

간행물 발간등록번호
11-B551219-000015-14

국토해양부 제정

철도설계기준(노반편)

2011. 5.



머 리 말

대한민국의 철도는 1899년 경인선 개통을 시작으로 국가의 대중교통 및 물류운송의 수단으로 국가 교통망의 근간을 유지하며 국가발전에 중요한 역할을 차지하였습니다. 최근에는 전세계가 경쟁적으로 녹색 및 친환경 교통수단인 철도를 미래 장거리 교통수단으로 인식하여 기존철도의 속도향상과 함께 고속 철도망의 확충으로 철도수송 능력을 증강시키는데 주력하고 있습니다

이러한 환경에서 우리나라는 2004년 4월 경부고속철도 개통과 함께 호남 및 수도권 고속철도를 건설하는 한편, 대내적으로는 고속열차 속도를 시속 400km 수준까지 향상시키기 위한 고속차량 개발 및 철도건설 기술 등 철도기술 전반에 걸쳐 국가발전과 국가 경쟁력을 향상시키는 핵심산업기술로 확고한 위치를 차지하고 있으며, 대외적으로는 철도선진국들과 경쟁할 수 있는 경쟁력을 확보하기 위하여 총력을 다하고 있습니다

이 기준서는 기존철도 등 일반철도의 열차속도를 시속 200km 이상으로 속도향상 시키는 데 필요한 기준들을 중점적으로 검토하고, 현재 일반철도와 고속철도로 구분되어 있는 설계기준을 체계적이고 일원화된 기준으로 통합하고, 그 동안 변경된 철도관련 상위법령, 설계기준 및 시방서 등의 개정된 내용을 반영하여 개정하였습니다. 또한 궤도, 전기 분야와의 인터페이스를 고려하였으며 향후 철도관련 기술발전 등의 변화에 대응할 수 있도록 개정을 하였습니다.

앞으로 철도건설기준 발전과 기술경쟁력 확보에 밑거름이 되도록 최신 기술을 반영 지속적으로 보완·개정해 나갈 계획이오니 관계 건설기술인 여러분의 많은 관심과 참여를 부탁드립니다.

끝으로 이번 철도설계기준(노반편) 개정에 참여해 주신 (사)대한토목학회와 한국철도기술연구원의 전문분야별 집필위원과 바쁜 업무에도 불구하고 자문과 의견을 주신 유관기관, 외부전문가, 중앙건설기술심의위원, 한국철도시설공단 임직원, 관계 공무원 여러분들께 진심으로 감사드립니다.

2011년 5월

국토해양부 철도정책관 최정호

설계기준 개정에 따른 경과조치

이 철도설계기준(노반편)은 시행일 이전에 이미 시행 중에 있는 설계용역이나 건설공사에 대하여는 발주기관의 장이 인정하는 경우 종전에 적용하고 있는 기준을 그대로 사용할 수 있습니다.

◆◆ 목 차 ◆◆

제 1 장 총칙	1 - 1
1.1 적용범위	1 - 1
1.2 관련 법령 및 기준	1 - 1
1.2.1 법령과 기준	1 - 1
1.2.2 참고 기준	1 - 2
1.3 용어의 정의	1 - 3
제 2 장 철도계획	2 - 1
2.1 철도건설 및 개량계획	2 - 1
2.1.1 계획의 일반	2 - 1
2.1.2 관련계획 조사분석	2 - 4
2.1.3 인문사회 현황조사 분석	2 - 4
2.1.4 자연환경 현황조사	2 - 5
2.1.5 문화재 지표조사	2 - 5
2.1.6 각종 영향조사 결과 반영	2 - 5
2.1.7 철도 시스템 계획	2 - 5
2.1.8 건설기준 계획	2 - 6
2.1.9 노선선정 및 정거장 입지 선정	2 - 6
2.1.10 노반구조물 및 정거장 계획	2 - 7
2.1.11 열차 운행계획 검토	2 - 8
2.1.12 노반공사 수량산출 및 공사비 추정	2 - 8
2.1.13 총 건설비 및 총 공사기간 추정	2 - 8
2.2 타당성조사(학술분야)	2 - 8
2.2.1 일반사항	2 - 8

2.2.2 사회경제지표 현황 분석	2 - 8
2.2.3 교통현황 분석	2 - 8
2.2.4 장래 여건 분석	2 - 9
2.2.5 장래 교통수요 예측	2 - 9
2.2.6 경제성 분석	2 - 9
2.2.7 재무성 분석	2 - 9
2.2.8 최적대안노선 세부분석 및 건설효과 분석	2 - 10
2.2.9 재원조달방안 검토	2 - 10
2.2.10 설명회 등 지자체 협의 및 자문 기타	2 - 10
2.3 노반계획 일반사항	2 - 10
2.3.1 일반사항	2 - 10
2.3.2 친환경적 철도노선선정	2 - 11
2.3.3 선형계획	2 - 11
2.3.4 구조물 계획	2 - 12
2.3.4 자재선정	2 - 15
2.4 설계일반사항	2 - 15
2.4.1 일반사항	2 - 15
2.4.2 계획	2 - 16
2.4.3 허용한계	2 - 18
2.4.4 내진설계	2 - 22
2.5 사업시행 환경조사	2 - 29
2.5.1 일반사항	2 - 29
2.5.2 지형 및 개발현황조사	2 - 30
2.5.3 측량과 지반조사	2 - 30
2.5.4 생태 및 환경현황조사	2 - 30
2.5.5 지장물 조사	2 - 32
2.5.6 골재원 조사	2 - 32
2.5.7 토취장 및 사토장 조사	2 - 32
2.5.8 공사용 시설 및 설비조사	2 - 33

2.5.9 토지 등 보상권 조사.....	2 - 34
2.5.10 사업시행 관련법 조사.....	2 - 34
2.5.11 사업시행(사후) 환경영향 조사.....	2 - 34
2.6 설계의 단계별 업무구분	2 - 35
2.6.1 일반사항.....	2 - 35
2.6.2 설계의 단계별 업무내용.....	2 - 35

제 3 장 측량 및 지반조사..... 3 - 1

3.1 일반사항.....	3 - 1
3.1.1 적용범위.....	3 - 1
3.1.2 측량 용어의 정의.....	3 - 1
3.1.3 지반조사 용어의 정의.....	3 - 2
3.2 철도측량.....	3 - 5
3.2.1 철도측량 일반.....	3 - 5
3.2.2 기준점측량.....	3 - 7
3.2.3 답사 및 예측	3 - 9
3.2.4 실측.....	3 - 11
3.2.5 용지측량.....	3 - 14
3.2.6 지장물측량.....	3 - 15
3.3 지반조사.....	3 - 15
3.3.1 지반조사 개요.....	3 - 15
3.3.2 예비조사.....	3 - 16
3.3.3 본조사.....	3 - 18
3.3.4 추가조사.....	3 - 22
3.3.5 시공중 조사.....	3 - 22
3.3.6 지반조사 성과의 정리.....	3 - 23

제 4 장 흙구조물..... 4 - 1

4.1 일반사항	4 - 1
4.1.1 적용범위	4 - 1
4.1.2 용어의 정의	4 - 1
4.2 설계일반	4 - 2
4.2.1 일반사항	4 - 2
4.2.2 흙구조물의 설계하중	4 - 3
4.2.3 암반상의 흙구조물	4 - 4
4.2.4 흙구조물 동상대책	4 - 4
4.2.5 부대설비	4 - 5
4.3 쌓기	4 - 7
4.3.1 일반사항	4 - 7
4.3.2 접속부 지반 처리	4 - 17
4.3.3 강화노반	4 - 18
4.3.4 쌓기 지지지반	4 - 25
4.3.5 비탈면 보호공법	4 - 26
4.4 깎기	4 - 28
4.4.1 일반사항	4 - 30
4.4.2 깎기 및 본바닥	4 - 31
4.4.3 깎기 비탈면 보호공법	4 - 34
4.4.4 비탈면 보강공법	4 - 35
4.4.5 계측관리	4 - 38
4.5 연약지반	4 - 38
4.5.1 일반사항	4 - 38
4.5.2 연약지반의 판정	4 - 39
4.5.3 연약지반의 조사 및 시험	4 - 39
4.5.4 연약지반의 설계	4 - 40
4.5.5 연약지반개량공법	4 - 41
4.5.6 계측관리	4 - 41
4.6 본선부속	4 - 42

4.6.1 길내기	4 - 42
4.6.2 개천내기	4 - 43
4.6.3 방음벽	4 - 43
4.6.4 낙석방지공	4 - 45

제 5 장 구교 및 배수시설 5 - 1

5.1 구교	5 - 1
5.1.1 적용범위	5 - 1
5.1.2 용어의 정의	5 - 1
5.1.3 구교의 설계	5 - 3
5.1.4 설계방법	5 - 11
5.1.5 사용재료	5 - 14
5.1.6 구조설계	5 - 16
5.2 배수시설	5 - 22
5.2.1 일반사항	5 - 22
5.2.2 수리 · 수문조사 및 분석	5 - 29
5.2.3 쌓기부 및 깎기부 배수시설	5 - 35

제 6 장 흙막이 구조물 6 - 1

6.1 일반사항	6 - 1
6.1.1 적용범위	6 - 1
6.1.2 용어의 정의	6 - 1
6.2 조사	6 - 3
6.2.1 일반내용	6 - 3
6.3 계획	6 - 3
6.3.1 일반내용	6 - 3
6.3.2 기본조건	6 - 3

6.4 설계일반	6 - 4
6.4.1 일반내용	6 - 4
6.4.2 하중 및 하중의 조합	6 - 5
6.4.3 토압	6 - 6
6.4.4 철근 및 콘크리트	6 - 6
6.4.5 구조물의 안정검토	6 - 7
6.5 옹벽, 흙막이벽 및 비탈면보호벽	6 - 7
6.5.1 일반내용	6 - 7
6.5.2 옹벽의 보통설계	6 - 16
6.5.3 옹벽의 특수설계	6 - 16
6.5.4 옹벽 본체설계	6 - 19
6.5.5 옹벽의 내진설계	6 - 24
6.5.6 비탈면 보호벽	6 - 27
6.5.7 낙석방지공	6 - 27
6.5.8 암반비탈면 변위 원인과 계측	6 - 27
6.6 보강토 옹벽	6 - 28
6.6.1 일반사항	6 - 28
6.6.2 보강토 옹벽의 설계	6 - 34
6.6.3 보강토 옹벽의 배수	6 - 39
6.7 가시설 구조물설계	6 - 40
6.7.1 일반내용	6 - 40
6.7.2 흙막이공	6 - 53
6.7.3 노면복공	6 - 77
6.7.4 계측	6 - 79

제 7 장 지하구조물 7 - 1

7.1 일반사항	7 - 1
7.1.1 목적	7 - 1

7.1.2 적용범위	7 - 1
7.1.3 용어의 정의	7 - 1
7.1.4 적용기준	7 - 3
7.2 설계방향	7 - 3
7.2.1 설계	7 - 3
7.3 구조물 설계	7 - 5
7.3.1 일반사항	7 - 5
7.3.2 설계하중 및 설계강도	7 - 5
7.3.3 재료의 특성	7 - 15
7.3.4 구조해석 및 단면설계	7 - 16
7.3.5 구조상세	7 - 18
7.3.6 철도지하횡단공법	7 - 21
7.4 내진설계	7 - 21
7.4.1 내진설계의 방침	7 - 21
7.4.2 설계지반운동의 결정	7 - 21
7.4.3 내진해석 및 설계에 대한 규정	7 - 23
7.4.4 내진해석 방법	7 - 24
7.4.5 철근 콘크리트 구조부재의 내진 설계	7 - 25

제 8 장 교량 일반사항

8.1 일반사항	8 - 1
8.1.1 적용범위	8 - 1
8.1.2 용어의 정의	8 - 1
8.1.3 표준열차하중	8 - 6
8.1.4 조사	8 - 6
8.1.5 계획	8 - 6
8.1.6 설계의 기본	8 - 8
8.1.7 철도교의 요구사항	8 - 10

8.1.8 기록	8 - 14
8.2 하중	8 - 14
8.2.1 하중의 종류	8 - 14
8.2.2 영구하중	8 - 15
8.2.3 운행하중	8 - 31
8.2.4 기타하중	8 - 45
8.2.5 특수하중	8 - 52
8.3 설계방법 및 하중조합	8 - 56
8.3.1 일반사항	8 - 56
8.3.2 변형 검토를 위한 하중조합	8 - 57
8.3.3 허용응력설계법에 따른 하중조합	8 - 57
8.3.4 강도설계법에 따른 하중조합	8 - 61
8.4 사용재료	8 - 62
8.4.1 강재	8 - 62
8.4.2 콘크리트	8 - 67
8.5 사용성 및 내구성	8 - 70
8.5.1 일반사항	8 - 70
8.5.2 피로	8 - 70
8.5.3 균열	8 - 71
8.5.4 처짐	8 - 71
8.5.5 내구성 설계	8 - 76
8.6 운행을 위한 한계조건	8 - 83
8.6.1 주행안전성 및 승차감 검토 일반	8 - 83
8.6.2 주행안전성 및 승차감 검토를 위한 절차 및 방법	8 - 84
8.6.3 주행안전성 및 승차감 검토 기준	8 - 86
8.6.4 궤도/교량 종방향 상호작용력 검토	8 - 89
8.7 받침부 및 부속설비	8 - 90
8.7.1 받침부	8 - 90
8.7.2 부속설비	8 - 100

8.8 내진설계	8 - 106
8.8.1 일반사항	8 - 106
8.8.2 내진설계의 기본방침	8 - 111
8.8.3 설계일반사항	8 - 112
8.8.4 해석 및 설계에 대한 규정	8 - 114
8.8.5 해석방법	8 - 120
8.8.6 기초 및 교대의 내진설계	8 - 124
8.8.7 강교 설계	8 - 127
8.8.8 콘크리트교 설계	8 - 127
8.8.9 지진격리교량의 설계	8 - 140
부록 I. 철근콘크리트 기둥의 연성도 내진설계	8 - 150
I.1 일반사항	8 - 150
I.2 소요연성도	8 - 151
I.3 심부구속 횡방향철근량	8 - 153
I.4 전단 설계	8 - 155

제 9 장 강교 및 강합성교	9 - 1
9.1 일반사항	9 - 1
9.1.1 적용범위	9 - 1
9.1.2 용어의 정의	9 - 1
9.1.3 하중	9 - 3
9.2 재료	9 - 3
9.2.1 일반내용	9 - 3
9.2.2 구조용 강재	9 - 5
9.2.3 연결용 재료	9 - 13
9.2.4 받침용 재료	9 - 15
9.2.5 재료의 특성치	9 - 15
9.3 설계일반	9 - 16

9.3.1 일반내용	9 - 16
9.3.2 부재의 세장비	9 - 16
9.3.3 2차응력	9 - 17
9.3.4 부재단면의 구성	9 - 19
9.3.5 강재의 최소두께	9 - 20
9.3.6 최소 L형강	9 - 20
9.3.7 솟음	9 - 20
9.3.8 연속구조 및 캔틸레버구조	9 - 20
9.4 허용응력	9 - 22
9.4.1 일반내용	9 - 22
9.4.2 구조용 강재 및 용접부의 허용응력	9 - 23
9.4.3 허용피로응력	9 - 34
9.4.4 볼트 및 핀의 허용응력	9 - 45
9.4.5 반침의 허용응력	9 - 47
9.5 부재에 관한 일반사항	9 - 47
9.5.1 일반내용	9 - 47
9.5.2 부재의 휨응력	9 - 49
9.5.3 축방향력과 휨모멘트를 받는 부재의 검토	9 - 50
9.5.4 부재의 전단응력	9 - 52
9.5.5 휨모멘트와 전단력과의 합성응력 검토	9 - 53
9.5.6 부재의 유효단면적	9 - 56
9.6 판요소의 폭-두께비와 보강재	9 - 57
9.6.1 일반내용	9 - 57
9.6.2 축방향 압축력을 받는 판요소	9 - 58
9.6.3 축방향 압축력과 휨모멘트를 받는 판요소	9 - 62
9.6.4 전단력과 휨모멘트를 받는 부재의 복부판	9 - 65
9.7 바닥틀과 바닥판	9 - 72
9.7.1 일반내용	9 - 72
9.7.2 바닥틀	9 - 73

9.7.3 강바닥판	9 - 74
9.7.4 콘크리트 바닥판	9 - 76
9.8 연결	9 - 81
9.8.1 일반내용	9 - 81
9.8.2 용접이음	9 - 82
9.8.3 고장력볼트 및 핀 이음	9 - 88
9.8.4 핀이음	9 - 93
9.9 브레이싱 및 다이아프램	9 - 98
9.9.1 일반내용	9 - 98
9.9.2 브레이싱 부재	9 - 98
9.9.3 수평브레이싱	9 - 98
9.9.4 제동트러스	9 - 98
9.9.5 중간수직브레이싱 및 다이아프램	9 - 99
9.9.6 지점부 단수직브레이싱 및 다이아프램	9 - 99
9.9.7 교문브레이싱	9 - 99
9.9.8 병렬거더의 연결	9 - 100
9.10 플레이트거더	9 - 100
9.10.1 일반내용	9 - 100
9.10.2 플랜지	9 - 102
9.10.3 하중집중점의 보강재	9 - 107
9.10.4 하로플레이트거더의 주거더 상부플랜지의 고정	9 - 109
9.10.5 강바닥판으로서의 응력과 상부플랜지로서의 응력의 합성	9 - 110
9.11 합성거더교	9 - 110
9.11.1 일반내용	9 - 110
9.11.2 합성거더의 단면	9 - 111
9.11.3 설계도에 기재하는 사항	9 - 112
9.11.4 하중	9 - 113
9.11.5 재료	9 - 113
9.11.6 설계일반	9 - 114

9.11.7 강거더	9 - 118
9.11.8 바닥판	9 - 119
9.11.9 전단연결재	9 - 122
9.12 트러스	9 - 125
9.12.1 일반내용	9 - 125
9.12.2 부재	9 - 125
9.12.3 격점	9 - 128
9.12.4 다이아프램 및 브레이싱	9 - 129
9.12.5 트러스의 2차응력	9 - 130
9.12.6 포니트러스(pony truss)	9 - 130
9.13 아 치	9 - 130
9.13.1 일반내용	9 - 130
9.13.2 변위의 영향	9 - 131
9.13.3 아치의 좌굴	9 - 133
9.13.4 부재의 설계	9 - 136
9.13.5 극한강도의 검사	9 - 138
9.14 라멘구조	9 - 139
9.14.1 일반내용	9 - 139
9.14.2 설계일반	9 - 140
9.14.3 구조상세	9 - 149
9.14.4 라멘의 전체좌굴	9 - 153
9.14.5 방 식	9 - 153
9.15 인성요구조건	9 - 153
9.15.1 일반내용	9 - 153
9.15.2 인성요구조건	9 - 153

제 10 장 콘크리트교 10 - 1

10.1 일반사항 10 - 1

10.1.1 적용범위	10 - 1
10.1.2 용어의 정의	10 - 1
10.1.3 기호	10 - 7
10.2 재료	10 - 9
10.2.1 콘크리트	10 - 9
10.2.2 강재	10 - 15
10.3 설계일반	10 - 18
10.3.1 일반내용	10 - 18
10.3.2 설계계산	10 - 18
10.4 철근 상세	10 - 24
10.4.1 일반내용	10 - 24
10.4.2 철근가공	10 - 24
10.4.3 철근배치	10 - 27
10.4.4 최소피복두께	10 - 29
10.4.5 압축부재의 최소철근	10 - 32
10.4.6 부재에서 횡철근	10 - 32
10.4.7 기둥철근의 특별배근상세	10 - 35
10.4.8 수축 및 온도철근	10 - 35
10.5 철근의 정착 및 이음	10 - 36
10.5.1 일반내용	10 - 36
10.5.2 철근의 정착	10 - 38
10.5.3 용접철망의 정착	10 - 43
10.5.4 프리스트레싱 강연선의 정착	10 - 44
10.5.5 정착철근의 상세	10 - 45
10.5.6 철근의 이음	10 - 48
10.5.7 용접철망의 이음	10 - 51
10.5.8 기둥철근 이음에 관한 특별 규정	10 - 52
10.6 강도설계법	10 - 53
10.6.1 일반내용	10 - 53

10.6.2 강도	10 - 56
10.6.3 설계일반	10 - 57
10.6.4 휨부재	10 - 58
10.6.5 압축부재	10 - 62
10.6.6 전단에 대한 설계	10 - 73
10.6.7 비틀림에 대한 설계	10 - 87
10.6.8 지압강도	10 - 94
10.7 프리스트레스트 콘크리트	10 - 95
10.7.1 일반내용	10 - 95
10.7.2 원리 및 정의	10 - 98
10.7.3 적용범위 및 재료	10 - 98
10.7.4 해석	10 - 100
10.7.5 설계일반	10 - 105
10.7.6 프리스트레싱	10 - 108
10.7.7 하중과 응력	10 - 116
10.7.8 단면	10 - 118
10.7.9 휨에 대한 설계	10 - 119
10.7.10 휨강도	10 - 123
10.7.11 철근 및 PS강재의 제한	10 - 126
10.7.12 전단에 대한 설계	10 - 128
10.7.13 비틀림에 대한 설계	10 - 135
10.7.14 정착부 설계	10 - 135
10.7.15 정착구역과 단부스트럿 및 하단 코너부의 안정성검토	10 - 136
10.7.16 바닥판	10 - 149
10.7.17 구조상세	10 - 150
10.8 슬래브	10 - 153
10.8.1 일반내용	10 - 153
10.8.2 1방향 슬래브	10 - 156
10.8.3 2방향 슬래브의 설계절차	10 - 158
10.8.4 직접설계법	10 - 161

10.8.5 등가골조법	10 - 166
10.8.6 2방향 슬래브의 배근 상세	10 - 169
10.8.7 슬래브 시스템의 개구부	10 - 171
10.9 벽체	10 - 174
10.9.1 일반내용	10 - 174
10.9.2 설계일반	10 - 174
10.9.3 최소 철근비	10 - 175
10.9.4 벽체의 설계	10 - 176
10.9.5 비내력벽과 지중보	10 - 179
10.9.6 벽체에 대한 전단설계	10 - 180
10.9.7 기둥, 벽체 또는 받침대 저면에서 힘의 전달	10 - 181
10.10 바닥판	10 - 183
10.10.1 일반내용	10 - 183
10.10.2 설계일반	10 - 184
10.10.3 바닥판 지간	10 - 184
10.10.4 바닥판 최소두께	10 - 186
10.10.5 바닥판 설계휨모멘트	10 - 189
10.10.6 구조상세	10 - 195
10.11 슬래브교	10 - 200
10.11.1 일반내용	10 - 200
10.11.2 설계일반	10 - 201
10.11.3 구조해석	10 - 202
10.11.4 구조상세	10 - 202
10.12 T형교	10 - 210
10.12.1 일반내용	10 - 210
10.12.2 설계일반	10 - 210
10.12.3 구조해석	10 - 211
10.12.4 구조상세	10 - 212
10.13 연속형교	10 - 214

10.13.1 일반내용	10 - 214
10.13.2 구조해석	10 - 215
10.13.3 중간지점상의 설계휨모멘트	10 - 216
10.13.4 고정받침부	10 - 217
10.13.5 구조상세	10 - 218
10.14 라멘교	10 - 219
10.14.1 일반내용	10 - 219
10.14.2 구조해석	10 - 220
10.14.3 라멘부재 절점부	10 - 222
10.14.4 토압이 작용하는 라멘교	10 - 224
10.14.5 구조상세	10 - 224
10.15 박스거더교	10 - 227
10.15.1 일반내용	10 - 227
10.15.2 설계일반	10 - 228
10.15.3 구조 해석	10 - 229
10.15.4 횡방향 설계	10 - 230
10.15.5 지점 가로보 및 다이아프램의 설계	10 - 232
10.15.6 구조상세	10 - 232
10.16 아치교	10 - 234
10.16.1 일반내용	10 - 234
10.16.2 설계일반	10 - 235
10.16.3 구조해석	10 - 236
10.16.4 하중의 취급	10 - 236
10.16.5 아치리브 단면의 선정	10 - 237
10.16.6 구조상세	10 - 238
10.17 허용응력설계법	10 - 238
10.17.1 일반내용	10 - 238
10.17.2 설계일반	10 - 240
10.17.3 허용응력	10 - 240

10.17.4 철근의 정착과 이음	10 - 242
10.17.5 휨부재	10 - 242
10.17.6 축력 또는 휨모멘트와 축력을 동시에 받는 압축부재	10 - 242
10.17.7 전단설계	10 - 243

제 11 장 교량하부 및 기초 11 - 1

11.1 총칙 11 - 1

11.1.1 적용범위 11 - 1

11.1.2 용어의 정의 11 - 1

11.1.3 설계조건 11 - 4

11.1.4 계산의 정밀도 11 - 4

11.2 조사 및 계획 11 - 4

11.2.1 조사 11 - 4

11.2.2 계획 11 - 7

11.3 부재 설계 일반 11 - 8

11.3.1 기호 11 - 8

11.3.2 일반사항 11 - 8

11.3.3 휨부재 및 압축부재의 설계 11 - 9

11.3.4 전단력이 작용하는 철근콘크리트부재의 설계 11 - 11

11.3.5 구조상세 11 - 11

11.3.6 허용응력 11 - 13

11.4 교대, 교각 및 확대기초 설계 11 - 17

11.4.1 일반사항 11 - 17

11.4.2 설계하중 11 - 18

11.4.3 반침부 및 폭이 큰 구체의 설계 11 - 23

11.4.4 교대의 설계 11 - 23

11.4.5 교각의 설계 11 - 25

11.4.6 확대기초의 설계 11 - 27

11.5 기초 설계의 기본 사항 11 - 29

11.5.1 기초의 종류.....	11 - 29
11.5.2 기초의 지지층.....	11 - 29
11.5.3 설계지반면.....	11 - 30
11.5.4 지반정수.....	11 - 31
11.5.5 기초의 변위량과 지반반력.....	11 - 31
11.5.6 압밀침하가 생기는 지반의 깊은기초.....	11 - 32
11.5.7 편심하중을 받는 기초.....	11 - 32
11.5.8 내진설계.....	11 - 33
11.5.9 하중 및 하중조합.....	11 - 33
11.5.10 재료의 품질.....	11 - 33
11.5.11 허용응력.....	11 - 34
11.5.12 기초의 유효근입깊이.....	11 - 34
11.5.13 액상화 평가.....	11 - 34
11.5.14 부정정 구조물의 기초.....	11 - 34
11.6 얇은기초의 지반공학적 설계.....	11 - 34
11.6.1 기본조건.....	11 - 34
11.6.2 하중의 분담.....	11 - 35
11.6.3 얇은기초의 연직지지력.....	11 - 35
11.6.4 얇은기초의 수평지지력.....	11 - 36
11.6.5 얇은기초의 전도.....	11 - 36
11.6.6 얇은기초의 침하.....	11 - 36
11.6.7 지반반력계수.....	11 - 37
11.6.8 특수조건에서의 얇은기초 설계.....	11 - 37
11.6.9 얇은기초 본체의 설계.....	11 - 37
11.6.10 얇은기초 저면의 처리 및 되메움 재료.....	11 - 38
11.7 깊은기초의 지반공학적 설계.....	11 - 38
11.7.1 말뚝기초.....	11 - 38
11.7.2 케이슨기초.....	11 - 43
11.8 깊은기초의 구조공학적 설계.....	11 - 45

11.8.1 말뚝 본체의 설계	11 - 45
11.8.2 말뚝의 이음	11 - 45
11.8.3 말뚝과 확대기초의 결합부	11 - 46
11.8.4 말뚝시공시 검토사항	11 - 46
11.8.5 말뚝기초의 구조상세	11 - 47
11.8.6 케이슨 설계의 기본 사항	11 - 49
11.8.7 케이슨의 크기와 형상	11 - 50
11.8.8 케이슨 본체의 설계	11 - 51
11.8.9 케이슨기초의 구조상세	11 - 52

제 12 장 터널 12 - 1

12.1 총칙 12 - 1

12.1.1 적용범위 12 - 1

12.1.2 용어의 정의 12 - 1

12.2 계획 12 - 11

12.2.1 계획일반 12 - 11

12.2.2 터널의 기본계획 12 - 11

12.3 설계일반 12 - 16

12.3.1 설계의 기본방향 12 - 16

12.3.2 설계방법의 선정 12 - 17

12.3.3 설계의 기본요건 12 - 18

12.4 조사 12 - 21

12.4.1 일반사항 12 - 21

12.4.2 환경조사 12 - 21

12.4.3 지장물조사 12 - 23

12.4.4 보상대상조사 12 - 24

12.4.5 공사용 설비 및 사토장 조사 12 - 24

12.4.6 수리·수문조사 12 - 25

12.4.7 관계법규조사 12 - 25

12.4.8	지반조사	12 - 25
12.4.9	시험	12 - 30
12.4.10	시공중 보완조사	12 - 31
12.4.11	지반조사 성과의 정리	12 - 31
12.5	터널지보재	12 - 33
12.5.1	터널 지보대의 설계일반	12 - 33
12.5.2	강지보재	12 - 34
12.5.3	-shot크리트	12 - 36
12.5.4	록볼트	12 - 39
12.6	콘크리트라이닝	12 - 42
12.6.1	콘크리트라이닝의 역할	12 - 42
12.6.2	콘크리트라이닝의 재료 및 강도	12 - 42
12.6.3	콘크리트라이닝의 형상 및 두께	12 - 43
12.6.4	인버트 형상 및 콘크리트라이닝의 설치	12 - 43
12.6.5	균열방지대책	12 - 44
12.6.6	터널바닥처리	12 - 45
12.6.7	터널천장부 콘크리트라이닝 뒤채움	12 - 45
12.7	터널안정성해석	12 - 45
12.7.1	일반사항	12 - 45
12.7.2	해석입력특성	12 - 47
12.7.3	하중결정	12 - 48
12.7.4	해석방법	12 - 48
12.7.5	해석결과의 평가	12 - 49
12.8	배수 및 방수	12 - 49
12.8.1	설계일반	12 - 49
12.8.2	배수형식의 선정	12 - 50
12.8.3	배수방법의 세부사항	12 - 51
12.8.4	방수방법의 세부사항	12 - 52
12.8.5	허용누수량	12 - 53

12.8.6 하저 및 해저 터널의 방수형식	12 - 55
12.9 굴착 및 계측	12 - 55
12.9.1 굴착방법	12 - 55
12.9.2 굴착공법	12 - 58
12.9.3 계측	12 - 59
12.10 갱구부	12 - 62
12.10.1 갱구부 설계 일반	12 - 62
12.10.2 갱구부 설계	12 - 64
12.10.3 갱문 설계	12 - 65
12.11 단면확폭부 및 접속부	12 - 66
12.11.1 터널 단면확폭부 설계방안	12 - 66
12.11.2 단면확폭부 설계	12 - 67
12.11.3 접속부 설계	12 - 67
12.12 연직갱 및 경사갱	12 - 68
12.12.1 설계일반	12 - 68
12.12.2 연직갱 설계	12 - 69
12.12.3 경사갱의 설계	12 - 72
12.13 TBM 터널	12 - 74
12.13.1 TBM 터널 일반	12 - 74
12.13.2 계획	12 - 81
12.13.3 조사	12 - 85
12.13.4 TBM 터널의 설계	12 - 86
12.13.5 TBM 선정 및 제작	12 - 87
12.13.6 지보재 및 보조공법	12 - 92
12.13.7 세그먼트 설계	12 - 92
12.13.8 작업장 및 발진구	12 - 94
12.13.9 기타 설비	12 - 96
12.13.10 뒤택움 주입재의 설계	12 - 99
12.13.11 방수설계	12 - 100

12.13.12 콘크리트라이닝의 설계	12 - 101
12.14 환기, 조명설비	12 - 101
12.14.1 환기설비	12 - 101
12.14.2 조명설비	12 - 102
12.14.3 공사 중 환기설비	12 - 103
12.14.4 공사 중 조명설비	12 - 104
12.14.5 공사 중 배수설비	12 - 105
12.15 방재설비	12 - 105
12.15.1 목적	12 - 105
12.15.2 적용범위	12 - 106
12.15.3 관계법령 및 참고기준	12 - 106
12.15.4 설계일반 및 방재시설 계획	12 - 106
12.16 내진설계	12 - 107
12.16.1 내진설계 일반	12 - 107
12.16.2 성능수준에 기초한 내진설계	12 - 108
12.16.3 내진설계 방법	12 - 108
12.16.4 액상화 평가법	12 - 109
12.16.5 내진설계시 주의 사항	12 - 110
12.16.6 내진설계 품질관리	12 - 110
12.17 개착터널	12 - 111
12.17.1 설계일반	12 - 111
12.17.2 단면설계	12 - 111
12.17.3 적용하중	12 - 113
12.17.4 구조해석	12 - 113
12.17.5 접합부 및 되메움 세부사항	12 - 114
 제 13 장 정거장	 13 - 1
13.1 총칙	13 - 1

13.1.1 적용범위	13 - 1
13.1.2 용어의 정의	13 - 1
13.2 정거장계획	13 - 5
13.2.1 정거장계획 일반	13 - 5
13.2.2 정거장 시설계획	13 - 6
13.3 정거장의 배선	13 - 12
13.3.1 배선계획 일반	13 - 12
13.3.2 유효장	13 - 17
13.3.3 안전측선 설치	13 - 19
13.3.4 여객정거장 배선	13 - 20
13.3.5 화물정거장	13 - 21
13.4 여객설비	13 - 22
13.4.1 여객설비 일반	13 - 22
13.4.2 여객통로	13 - 22
13.4.3 승강장	13 - 23
13.4.4 역 광장	13 - 24
13.5 화물설비	13 - 25
13.5.1 화물설비 일반	13 - 25
13.5.2 화물적하장	13 - 25
13.5.3 화물적하선	13 - 27
13.5.4 컨테이너 적치장 및 작업장 포장설계	13 - 27
13.6 차량기지	13 - 28
13.6.1 차량기지 일반	13 - 28
13.6.2 객차기지	13 - 32
13.6.3 화물기지	13 - 35
13.6.4 전동차기지	13 - 37
13.6.5 고속철도 차량기지	13 - 39
13.6.6 기관차기지	13 - 40
13.6.7 디젤동차기지	13 - 42

제 1 장 총 칙

제 1 장 총칙

1.1 적용범위

- (1) 이 설계기준은 철도건설법 제2조에서 정의한 철도건설사업 시행에 따른 철도노반(토공, 교량, 터널, 지하구조물, 본선부속, 정거장 등)을 설계 하는데 적용한다. 다만, 특별한 조사, 연구설계에 대하여는 이 기준을 적용하지 않을 수 있다. 이 경우에는 설계기준에 대한 근거를 명시하여야 한다.
- (2) 이 설계기준은 다음 각 장으로 구성한다.

- 제 1 장 총칙
- 제 2 장 철도계획
- 제 3 장 측량 및 지반조사
- 제 4 장 흙구조물
- 제 5 장 구교 및 배수시설
- 제 6 장 흙막이 구조물
- 제 7 장 지하구조물
- 제 8 장 교량 일반사항
- 제 9 장 강교 및 강합성교
- 제 10 장 콘크리트교
- 제 11 장 교량하부 및 기초
- 제 12 장 터널
- 제 13 장 정거장

1.2 관계 법령 및 기준

1.2.1 법령과 기준

이 설계기준을 적용하는데 있어 관련되는 법령과 기준은 다음과 같다.

- (1) 철도건설법과 그의 시행령, 시행규칙(국토해양부)

- (2) 철도건설규칙과 철도의 건설기준에 관한 규정(국토해양부)
- (3) 철도 안전법과 그의 시행령, 시행규칙(국토해양부)
- (4) 건설기술관리법과 그의 시행령, 시행규칙(국토해양부)
- (5) 건설공사 설계도서작성기준(국토해양부)
- (6) 기본설계 등에 관한 세부시행기준(국토해양부)
- (7) 콘크리트 표준시방서(국토해양부)
- (8) 콘크리트 구조설계기준(국토해양부)
- (9) 구조물 기초 설계기준(국토해양부)
- (10) 토목공사표준시방서(국토해양부)
- (11) 터널 설계기준(국토해양부)
- (12) 하천 설계기준(국토해양부)
- (13) 도로 설계기준(국토해양부)
- (14) 도로교 설계기준(국토해양부)
- (15) 도로공사 표준시방서(국토해양부)
- (16) 도로교 표준시방서(국토해양부)
- (17) 도로교 안전시설 설치 및 관리지침(국토해양부)
- (18) 도로공사 노천 발파설계 시공지침(국토해양부)
- (19) 환경친화적 철도건설지침(환경부, 국토해양부)
- (20) 저탄소 녹색성장 기본법(국무총리실)
- (21) 자연환경보전법(환경부)
- (22) 환경영향평가법(환경부)
- (23) 소음·진동규제법(환경부)
- (24) 자연재해대책법(소방방재청)

1.2.2 참고 기준

이 설계기준을 적용하는데 있어 이 기준에 정하여 있지 않거나 특별하게 외국 등의 기준을 적용할 필요가 있을 경우는 적용상 기술성을 충분히 검토하고, 적용기준에 대한 근거를 명시 하여야 한다. 참고기준은 다음과 같다.

- (1) 내진설계기준 연구(Ⅰ,Ⅱ편) (국토해양부)
- (2) UIC(International Union of Railways), CEN(Comité Européen de

Normalisation) 등 Euro Code

- (3) 鐵道構造物等 設計標準・同解説 (日本鐵道總合技術研究所,)
- (4) Manual for Railway Engineering, (AREMA : American Railway Engineering and Maintenance-of-Way Association)
- (5) Standard Specifications for Highway Bridges, (AASHTO : American Association of State Highway and Transportation Officials)

1.3 용어의 정의

이 설계기준에서 사용하는 용어의 의미는 다음과 같으며 각 장 별로 관련 용어를 별도로 정의 한다.

- (1) 건축한계 : 차량이 안전하게 운행될 수 있도록 궤도상에 설정한 일정한 공간을 말한다.
- (2) 고속철도 : 열차가 주요구간을 매시 200km이상의 속도로 주행하는 철도로서 국토해양부 장관이 그 노선을 지정·고시하는 철도를 말한다.
- (3) 구축한계 : 전기동차전용선에서 전기·신호·통신·통로·대피장소 및 기타 시설의 설치를 위하여 구조물과 건축한계와의 사이에 설치하는 여유공간을 말한다.
- (4) 궤도 : 레일·침목 및 도상(道床)과 이들의 부속품으로 구성된 시설을 말한다.
- (5) 기본계획 : 예비타당성조사 자료를 토대로 실현 가능한 철도노선 및 역입지를 조사하여 기술성과 경제성을 검토하고 계획의 기본을 수립하는 것을 말한다.
- (6) 기본설계 : 예비타당성조사, 기본계획·타당성조사를 감안하여 시설물의 규모, 배치, 형태, 공사방법 및 기간, 공사비 등에 관한 조사·분석, 비교·검토를 거쳐 최적 안을 선정하고, 설계기준·설계조건 등 실시시설계용역에 필요한 기술자료를 작성하는 것을 말한다.
- (7) 기본설계도(basic design drawing)
 - ① 건축물, 시설물 또는 각종 사물의 기본적인 계획도면을 말한다.
 - ② 건설사업을 실시하기 위해 타당성 조사 후 시행하는 기본설계 과업

에서 요구되는 성과 도면으로서 실시설계의 기본방향과 지침 등 실시설계를 준비하기 위한 설계도면을 말한다.

- (8) 기준점 측량 : 건설사업을 위하여 측량의 기준이 되는 도근점 및 수준점 등을 설치하기 위하여 실시하는 측량을 말한다.
- (9) 노반(路盤 : road bed) : 궤도를 부설하기 위한 흙구조물 및 토목구조물을 말한다.
- (10) 노선선정 : 철도노선이 지역여건, 문화재, 환경 등에 미치는 영향을 최대로 고려하고 안정성, 기술성, 시공성, 경제성 등을 감안하여 가장 합리적인 노선을 선정하는 것을 말한다.
- (11) 답사 : 도상계획에서 선정된 여러 비교노선이 현지에 적용될 수 있는지, 수집된 자료가 현지에 잘 부합되고 있는지 등 노선을 비교 검토할 자료를 얻기 위하여 현지를 조사하는 것을 말한다.
- (12) 도상(道床) : 레일 및 침목으로부터 전달되는 차량하중을 노반에 넓게 분산시키고 침목을 일정한 위치에 고정시키는 기능을 하는 자갈 또는 콘크리트 등의 재료로 구성된 구조부분을 말한다.
- (13) 도상(圖上)선정 : 국토지리정보원에서 발행하는 지도(1/50,000, 1/25,000, 1/5,000 등)를 이용하여 철도노선을 개략적으로 검토하고 여러 개의 대안노선을 지도상에 선정하는 것을 말한다.
- (14) 본선 : 열차운전에 상용할 목적으로 설치한 선로를 말하며, "측선"이란 본선이 아닌 선로를 말한다.
- (15) 선로 : 열차 또는 차량을 운행하기 위한 통로로서 궤도와 이것을 지지하기 위한 노반 및 전기시설을 총칭한다.
- (16) 선로용량 : 일정구간의 선로상에서 운행할 수 있는 1일 최대 열차 횟수를 말한다.
- (17) 설계감리 : 건설공사의 계획·조사 또는 설계가 관계법령 및 건설공사 설계기준, 건설공사 시공기준 등에 따라 품질 및 안전을 확보하여 시행될 수 있도록 관리하는 것을 말한다.
- (18) 설계감리 책임기술자 : 설계감리용역을 총괄하는 책임기술자를 말한다.
- (19) 설계도서 : 건설기술관리법 시행규칙 제14조의2 제3항에 따른 발주자가 발주한 건설공사의 설계용역업체가 작성한 설계도면, 설계내역서,

공사시방서, 부대도면 및 기타 관련서류를 말한다.

- (20) 설계책임기술자 : 예비타당성조사, 기본계획수립, 기본설계, 실시설계 등 설계용역 과업수행을 총괄하는 책임기술자를 말한다.
- (21) 설계속도 : 해당선로를 설계할 때 기준이 되는 상한속도를 말한다.
- (22) 승차감 : 차량 이용 승객의 안락감을 말하며 열차 주행 시 열차 내부의 진동가속도를 기준으로 평가한다.
- (23) 시공기면(FL) : 토공노반의 측량 중심선에서 높이를 표시하는 기준면을 말한다.
- (24) 시공상세도 또는 시공도(shop drawing)
 - ① 설계도를 기준하여 실제 현장 작업순서에 따른 시공순서도 또는 제작도를 말한다.
 - ② 현장에 종사하는 기능공 및 기술직원들이 설계도면 및 시방서 등의 불명확 부분을 쉽게 이해할 수 있고 시공시의 유의사항 등을 포함하여 작성한 도면 및 자료를 말한다.
 - ③ 기타 규격, 치수 등이 불명확하여 시공상 어려움이 예상되는 부분의 상세도 등을 말한다.
 - ④ 건설기술관리법 시행규칙 제14조의4(시공상세도면의 작성) 규정에 따라 작성한 도면을 말한다.
- (25) 시공측량 : 설계확인측량 및 시공관리측량으로 구분하며 건설사업을 추진하기 위한 시공에 관계되는 모든 측량을 말한다.
- (26) 시방서(specification) : 설계, 제작, 시공 등에 대하여 기준이 되는 최소요구사항을 규정한 문서를 말한다.
- (27) 실시설계 : 기본설계의 결과를 토대로 시설물의 규모, 배치, 형태, 공사방법과 기간, 공사비, 유지관리 등에 관하여 세부조사 및 분석, 비교·검토를 통하여 최적 안을 선정하고 시공 및 유지관리에 필요한 설계서, 도면, 시방서, 내역서, 구조 및 수리계산서 등을 작성하는 것을 말한다.
- (28) 실측 : 예측결과로 선정된 노선을 따라 선로중심선을 지상에 설치하고 설계에 필요한 자료와 정확한 공사비 및 공사량 등을 얻기 위한 측량을 말한다.

(29) 실시설계도면(detail design drawing)

- ① 건설사업을 실시하기 위하여 실시설계 과업에서 요구되는 성과도면을 말한다.
- ② 공사를 시행하기 위하여 작성하는 설계서의 기본이 되는 설계도면을 말한다.

(30) 예측 : 답사한 결과를 토대로 선정된 최적노선과 2~3개의 비교노선을 따라 중심선을 설정하고 개략공사비를 산출하여 노선을 선정하기 위하여 실시하는 측량을 말한다.

(31) 차량 : 선로를 운행할 목적으로 제작된 동력차·객차·화차 및 특수차를 말하며 “열차”란 정거장 외 본선을 운전할 목적으로 조성한 차량을 말한다.

(32) 차량한계 : 철도차량의 안전을 확보하기 위하여 궤도위에 정지된 상태에서 측정한 철도차량의 길이와 너비 및 높이의 한계를 말한다.

제 2 장 철도계획

제 2 장 철도계획

2.1 철도건설 및 개량계획

2.1.1 계획의 일반

(1) 건설사업계획

- ① 철도건설 및 개량사업(이하 “건설사업”이라 한다.)은 건설계획, 예비타당성조사, 기본계획수립, 기본설계, 실시설계, 공사 집행·시공, 준공·시운전, 개통·영업개시 등 단계별로 구분하여 효율적으로 추진한다.
- ② 건설계획은 건설사업의 목적과 필요성, 철도시스템, 선로구간 및 연장, 정거장입지, 건설기간 및 건설비추정 등을 구상하여 예비타당성조사, 기본계획수립, 기본설계, 실시설계, 공사 집행·시공, 준공·시운전, 개통·영업개시 등 단계별 시행계획을 수립하여 추진한다.
- ③ 예비타당성조사는 도로·철도부분의 예비타당성조사 표준지침(한국개발연구원)에 따라 타당성조사 업무를 시행한다.
- ④ 기본계획 수립은 예비타당성조사를 토대로 건설사업의 시스템 및 사업규모검토, 노선 및 정거장입지 선정, 교통영향 분석에 따른 수송수요 등 기술성과 경제성을 평가하여 노선 및 시설계획, 투자계획, 재원조달계획, 연차별 시행계획 등 건설사업계획을 수립할 수 있도록 시행한다.
- ⑤ 기본설계는 기본계획을 토대로 “기본설계 등에 관한 세부시행기준”(국토해양부고시 제2008-74호)에 의하여 시행하며 설계기준 및 실시설계에 필요한 기술자료를 작성한다.
- ⑥ 실시설계는 기본설계를 토대로 “기본설계 등에 관한 세부시행기준” 제3장(실시설계)의 기준에 의하여 시행하며 시공 및 유지관리 등의 필요한 기술자료를 작성한다.
- ⑦ 설계관리는 “기본설계 등에 관한 세부시행기준”에 의하여 시행한다.

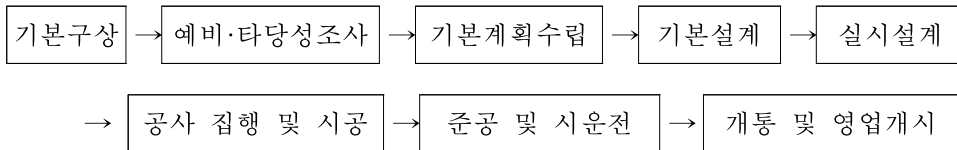
제 2 장 철도계획

⑧ 설계감리는 “건설기술관리법 제22조”에 의하여 시행한다.

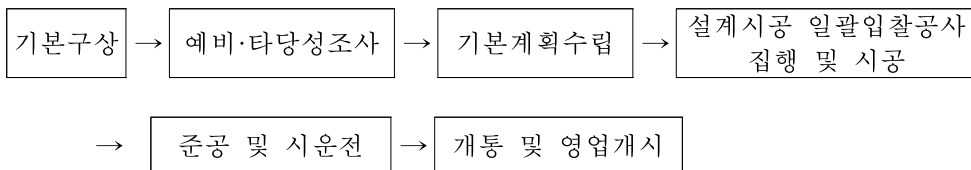
(2) 철도건설사업 시행

- ① 철도건설사업의 시행은 “철도건설사업 시행지침”(국토해양부고시 제 2009-218호)에 의하여 시행하며 필요할 경우 다른 지침 등에서 특별히 규정하고 있는 바에 따를 수 있다.
- ② 공사방식 결정은 철도건설사업 기본계획이 수립되면 “대형공사 등의 입찰방법심의기준”(국토해양부 고시 제2008-868호)에 따른 중앙건설 심의위원회 심의 등을 거쳐 결정한다.

가. 기타공사방식



나. 설계시공 일괄입찰공사방식



(3) 기본계획수립 조사 일반

- ① 기본계획수립 조사는 당해 사업의 수행을 결정하기 위하여 예비타당성조사 결과를 토대로 기본계획을 수립하기 위해 철도시스템 및 노선선정과 정거장입지선정, 선로시설물과 지장물 보상, 건설비의 적정성과 경제적 타당성을 검토한다.
- ② 최적대안으로 선정된 노선 및 정거장계획과 사업비산정, 수송수요예측 및 경제적 타당성분석 등 대상 사업에 대한 기술 및 학술적 검토 분석을 거쳐 사업의 기본계획을 수립한다.
- ③ 기본계획수립조사는 <그림 2.1.1>의 흐름도와 같은 내용으로 실시한다.

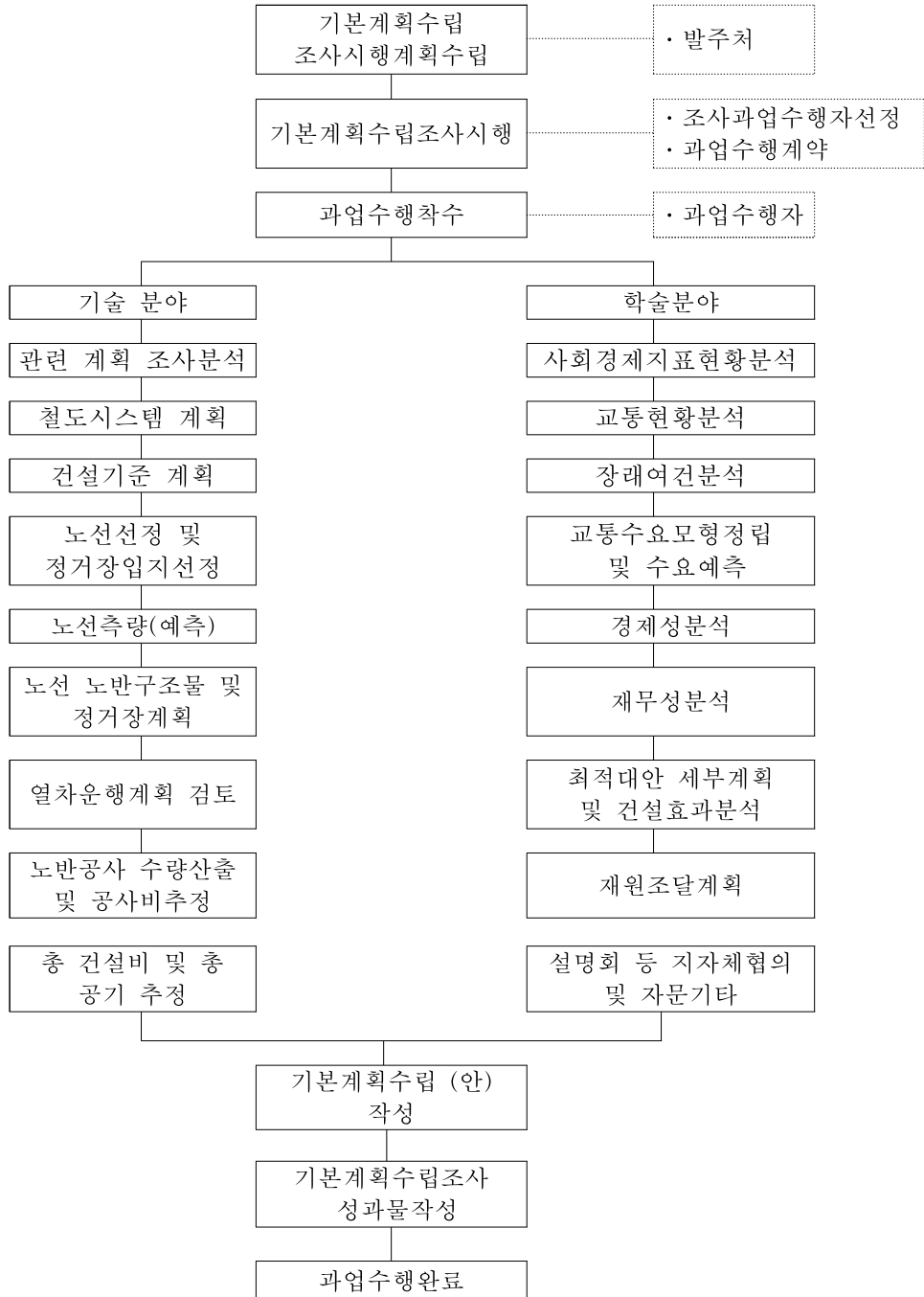


그림 2.1.1 기본계획수립조사 흐름도

2.1.2 관련 계획 조사분석

- (1) 상위계획 및 관련 계획을 조사 분석한다.
- (2) 기존철도 시설현황 및 시설계획을 조사하여 분석한다.
- (3) 현지답사 등 현장조건을 조사하여 분석한다.
- (4) 수리, 수문 및 하천, 기상, 해양 등 참고문헌 및 자료를 조사한다.
- (5) 필요한 경우 연약지반 등 지반조사를 한다.
- (6) 지장물보상, 민원 및 용지 등의 실태조사를 한다.
- (7) 필요한 경우 당해 사업과 관계된 지역의 자연환경을 조사한다.

2.1.3 인문사회 현황조사 분석

- (1) 사회·경제지표 등 교통 관련 자료 분석, 직접 및 간접 대상지역의 인구·고용·산업·교육 등 수송수요에 영향을 미칠 수 있는 주요 사회·경제적 자료를 수집 분석한다.
- (2) 대상지역의 토지이용계획, 도시기본계획, 지역개발계획, 교통수요를 유발시키는 산업단지 개발계획, 대규모 위락시설계획 등 관련 계획의 개발방향을 분석하고, 장기 철도망 정비계획과 주변 도로망의 신설 및 확장 등 교통시설 개발계획을 분석한다.
- (3) 신설역에 대한 역세권, 향후 발전계획, 수요유발 등을 분석한다.
- (4) 교통 현황조사 및 분석
 - ① 장래의 시설기준, 애로구간 판단 및 시설용량 등의 설정을 위해 철도·도로·항공 등 수송수단별로 현재의 시설상태, 운영체계, 수송능력, 한계용량 도달시기 및 연계 교통체계 등을 조사 분석한다.
 - ② 교통수단별 특성과 역할을 정립하기 위하여 교통량은 당해 지역 내의 수단별 통계자료 및 기존 관련조사 보고서를 활용하고 차종별, 방향별 통과량에 대한 교통량을 조사 분석한다.
 - ③ 기존의 여객 이용실태 및 화물 유통체계를 감안한 장래 수송체계를 수립하기 위하여 수단별, 여객·화물별 지역 간 시·종점을 조사한다.
 - ④ 새로운 교통체계의 도입 및 개선에 따른 여객 성향조사, 이용실태 조사를 통하여 차종별 평균 승차인원, 수단별 통행량 및 새로운 수단에 대한 전환율을 분석하고 화물은 차종별·품목별 평균적재톤수, 차종

별 공차율 등의 실태를 분석한다.

- ⑤ 철도, 도로, 항공 등 수단별 운행비용 및 물류 시간가치를 분석한다.

2.1.4 자연환경 현황조사

- (1) 자연환경 현황조사는 기본계획 및 노선선정 단계에서 실시하는 광역 환경조사와 실시설계 및 시공 단계에서 실시하는 철도입지 주변 환경조사로 구분하여 실시한다.
- (2) 자연환경 현황조사는 시공에 의하여 발생하는 시설물 주변환경 변화의 예측, 환경보전 대책의 입안, 대책의 효과확인 등을 위하여 실시하며 2.5 사업시행 환경조사를 준용한다.

2.1.5 문화재 지표조사

- (1) 노선구간의 문화유적을 조사하여 노선계획에 반영한다.
- (2) 향후 설계노선의 급격한 변동이 없는 대안노선의 범위까지 조사하여 후속 단계에서도 활용한다.

2.1.6 각종 영향조사 결과 반영

- (1) 철도건설사업의 행정계획수립 단계에서는 “환경정책기본법”에 의한 사전환경성검토 및 “자연재해대책법”에 의한 사전재해영향성 검토 결과를 반영한다.
- (2) 철도건설사업의 설계단계에서는 “환경영향평가법”에 의한 환경영향평가 및 “도시교통정비촉진법”에 의한 교통영향분석·개선대책 수립 결과를 반영한다.

2.1.7 철도 시스템 계획

- (1) 열차운행 최고속도, 여객 및 화물 혼용, 급행 및 완행, 열차 편성 등 열차운행 능력은 수송수요를 고려하여 수립한다.
- (2) 기존철도의 개량 및 복선화, 신선건설, 전철화, 장대레일화 등은 선로 구조물의 상태를 검토하여 계획한다.
- (3) 정거장배선은 시·종점 정거장, 중간정거장, 중간분기 정거장 등의 기능에 따라 통과대피선 및 유효장을 고려하여 계획한다.
- (4) 선로구축물 및 궤도구조는 궤간, 레일, 침목, 체결구, 유·무도상의 유

지보수 관리를 고려하여 계획한다.

- (5) 구조물은 여객열차와 화물열차의 속도향상과 서비스(안전성, 쾌적성, 안락성 등)를 고려하여 계획한다.
- (6) 열차폐색장치, 열차제어 장치 등 신호체계는 급행 또는 완행열차의 운행성능 및 열차운행속도 향상을 고려하여 계획한다.
- (7) 전기체계는 비전철 또는 전철화, 열차운행 및 선로 시스템, 궤도구조 시스템 등을 고려하여 계획한다.
- (8) 통신체계는 열차무선, 열차운전실 내부, 정거장 열차운용계획과 철도 종합정보처리 설비 기능을 고려하여 계획한다.
- (9) 정거장시설은 여객취급, 화물취급, 철도서비스 향상 등을 고려하여 타 교통수단과 쉽고 편리하게 환승 연계할 수 있는 종합교통터미널 기능을 검토하여 계획한다.
- (10) 차량기지, 보수기지, 현장사무소 등 기타 부대시설은 철도운용 및 유지보수 등을 고려하여 계획한다.

2.1.8 건설기준 계획

- (1) 노선의 기능과 성능수준을 토대로 하여 설계속도를 정한다.
- (2) 설계속도와 열차운행계획에 따라 철도시스템을 선정한다.
- (3) 설계속도와 운행할 차량의 성능 특성에 따라 노반, 궤도, 신호, 전기, 통신 등 시설계획을 수립하기 위한 적용기준을 선정한다.
- (4) 노반과 궤도의 선로구축물을 설계하기 위한 표준활하중, 곡선반경, 선로기울기, 건축한계 등의 건설기준을 선정한다.
- (5) 시·종점 및 중간 분기정거장 등 그 기능적 특성에 따라 정거장 유효장 등 배선계획기준을 선정한다.

2.1.9 노선선정 및 정거장 입지 선정

- (1) 예비타당성 노선을 토대로 1/25,000지도로 현지 상황을 사전 조사하여 노선 및 정거장입지를 계획한다.
 - (2) 관련 계획 조사분석 결과와 현지조건을 고려하여 실제 실현 가능한 대안노선 및 정거장입지를 계획한다.
- ① 정거장은 여객 및 화물의 집산이 쉽게 이루어지도록 다른 교통수단

과 연결되는 곳에 계획하되, 여객수와 화물수송량이 많은 지역에는 여객전용역과 화물전용역을 구분한다.

- (3) 대안노선 및 정거장입지는 철도건설규칙 등 관계규정에 적합하도록 한다.
- (4) 대안별 평면선형과 종단선형, 선로구조물을 선정하여 비교 계획한다.
- (5) 대안별 수송수요 예측에 따른 열차운영 계획을 비교 계획한다.
- (6) 대안별 선로구조물 등에 대한 노반공사비를 개략 산출하고 비교 계획한다.
- (7) 대안별 노선 및 정거장입지를 종합 비교 계획하여 관계기관 협의 후 최적대안을 선정한다.
- (8) 1/25,000지도로 계획한 최적대안을 1/5,000지도로 재검토하고 현지를 조사하여 측량노선을 결정한다.
- (9) 대안별 노선의 입지는 주변 자연 생태계에 미치는 영향을 검토하여 최적노선을 선정한다.

2.1.10 노반구조물 및 정거장 계획

- (1) 측량성과물을 토대로 선로평면선형과 선로종단선형을 계획한 후 현장을 답사하여 토공, 교량, 터널, 정거장 위치 등 선로구조물을 계획하고 선로평면도와 선로종단면도, 정거장 평면도를 작성한다.
- (2) 선로평면 및 종단면도, 선로구조물 계획을 기준하여 연약지반 등 특수한 지역은 추가로 지반조사를 하고 수리, 수문, 지장물 등 현지조건을 조사하여 선로구조물 표준을 계획한다.
- (3) 선로구조물 표준은 기존철도의 표준도와 정규도, 철도건설규칙 등을 참고하여 노반공사비를 추정하는데 필요한 표준공법을 설정하고 토공, 교량, 터널, 정거장 등 표준단면도와 일반측면도, 평면도를 작성할 수 있도록 계획한다.
- (4) 정거장은 열차운행계획에 따른 통과, 대피, 정차, 여객승강장, 화물적하장, 운전취급 및 영업시설, 지하도 광장 등을 고려하여 정거장 배선과 시설을 계획 한다.
- (5) 정거장시설은 1/1,000평면도로 계획하여 정거장 선로평면도를 작성한다.

2.1.11 열차 운행계획 검토

- (1) 수송수요에 따른 열차운행방식 및 소요 차량수, 1개열차 차량편성수, 선로용량, 열차운행 최고속도, 표정속도 등에 따른 열차운행능력을 검토한다.
- (2) 최적노선으로 선정한 선형에 대한 열차운행능력을 검토하고 이에 따른 차량 소요판단 등 열차 운행계획을 수립한다.

2.1.12 노반공사 수량산출 및 공사비 추정

- (1) 토공, 교량, 터널, 정거장 등 표준공법을 선정하여 노반공사 수량을 산출하고 사토량, 토취량 등 토공배분, 용지면적, 지장물 이설 등의 수량을 산출한다.
- (2) 노반공사 수량에 대한 표준단가를 추정하여 노반공사비를 산출한다.

2.1.13 총 건설비 및 총 공사기간 추정

- (1) 건설사업에 따른 용지 및 지장물 보상비 추정, 노반, 궤도, 건물, 신호, 전기, 통신, 부대시설 등 세부사업별 건설비를 추정한다.
- (2) 세부사업별 공정을 검토하여 건설사업 총공정을 계획하고 연차별 투자계획을 추정한다.

2.2 타당성조사(학술분야)

2.2.1 일반사항

- (1) 학술분야는 2.2.2~2.2.10항을 기준으로 하여 별도의 기준을 정하여 적용한다.

2.2.2 사회경제지표 현황 분석

- (1) 도시화 현황 및 토지이용 현황 분석
- (2) 총인구현황, 지역별 인구분포, 해당권역 인구현황 분석
- (3) 경제성장 및 자동차 보유대수 추이분석

2.2.3 교통현황 분석

- (1) 도로, 철도, 항공, 항만 등 교통현황 분석
- (2) 여객 및 화물 수송 실적과 수송수단별 분담구조 분석

- (3) 해당권역의 교통현황과 수송실적 분석

2.2.4 장래 여건 분석

- (1) 국토종합개발계획, 국가기간 교통망 계획, 지역사회 개발계획 등을 검토하여 장래 여건에 미치는 영향을 조사분석
- (2) 대상지역 및 주변지역에 대해 장래 사회경제지표를 전망하고 분석

2.2.5 장래 교통수요 예측

- (1) 교통수요 모형을 정립하고 통행발생, 통행분포, 수단분담 및 노선배정 등을 통해 장래 교통수요예측
- (2) 대안노선 및 정거장 입지별, 속도수준별, 교통수요예측
- (3) 교통수요분담 및 연도별 수요예측

2.2.6 경제성 분석

- (1) 경제성 평가기간, 기준연도, 사회적 할인율, 비용 및 편익 항목 등 기초지표의 결정
- (2) 차량운행비용 절감편익, 통행시간 절감편익, 교통사고 절감편익, 환경비용 절감편익 등을 검토
- (3) 편익/비용 비율(B/C Ratio), 순현재가치(NPV), 내부수익률(IRR) 등 경제적 타당성 분석기법과 판단기준 등을 검토
- (4) 건설비, 보상비 등 직접 건설비용과 개량 후 유지관리 등 시설운영에 따른 비용, 차량소요량과 차량운행비용 등을 추정하여 검토
- (5) 민감도 분석과 위험도를 분석하여 검토
- (6) 투자시기에 따른 경제성 변화를 분석하여 최적투자시기 분석
- (7) 대안노선 및 정거장 입지별 경제성을 비교 분석하여 최적대안을 선정

2.2.7 재무성 분석

- (1) 수송수입을 추정하여 손익분석과 재무상태 변동분석 등을 검토
- (2) 단기흑자연도, 누적흑자연도, 대체비용, 잔존가치 등을 검토하여 수익률을 분석
- (3) 대안노선 및 정거장 입지별 재무성 분석을 비교 검토하여 최적대안을 선정

2.2.8 최적대안노선 세부분석 및 건설효과 분석

- (1) 최적대안노선의 기능성 정립과 대안노선의 속도수준별 비용 및 성능 분석
- (2) 대안노선 및 정거장 입지별, 경제성, 재무성 및 기타 효과분석에 따라 최적 대안노선 및 정거장 입지를 선정하고 총사업비 및 공사기간에 대한 연차별 투자계획 및 재원대책 방안을 계획
- (3) 경제성, 재무성 세부검토 외 지역개발효과, 관광개발효과, 환경영향효과, 교통 접근성 변화에 따른 토지이용계획 및 지역개발효과 등을 분석
- (4) 에너지 절감, 관련 사업발전, 기술발전 등 효과 분석

2.2.9 재원조달방안 검토

- (1) 투입가능 자기자본 계획, 금융기관 등 타인자본 조달계획 등 투자재원 구성계획수립
- (2) 재원조달의 적정성 분석
- (3) 연차별 투자계획에 따른 재원대책을 계획

2.2.10 설명회 등 지자체 협의 및 자문 기타

- (1) 설명회를 개최할 필요성이 있는 경우에는 지자체의 의견 청취와 민원 해소 검토를 위한 설명회를 개최하며, 그러하지 않을 경우는 지자체의 의견청취와 민원해소방안을 계획
- (2) 전문가의 자문과 발주자의 의견을 수렴하여 계획을 조정

2.3 노반계획 일반사항

2.3.1 일반사항

- (1) 노선 및 정거장입지는 「철도건설규칙」 등 관계규정에 적합하여야 한다.
- (2) 관련 계획 조사분석 결과와 현지조건을 고려하여 노선 및 정거장입지를 대안별로 계획하여야 한다.
- (3) 평면선형과 종단선형은 선로구조물 계획과 관련 분야 간 인터페이스를 고려하여 계획하여야 한다.
- (4) 대안별 비교는 선로구조물 등에 대한 노반공사비를 개략 산출하고 비

교, 계획하여야 한다.

- (5) 노선의 입지는 주변 자연생태계에 미치는 영향을 검토하여 최적노선을 선정하여야 한다.
- (6) 토공, 교량, 터널, 정거장위치 등 선로구조물 계획을 반영한 지반조사를 시행하고, 특히 연약지반 등 특수한 지역의 지반조건 변화에 의한 사업비 변동이 예상되는 구간은 세부지반조사를 시행하여 수리, 수문, 지장물 등 현지조건의 조사결과와 지반조사 결과를 반영한 선로구조물 계획을 수립하여야 한다.
- (7) 정거장은 열차운행계획, 운전취급 및 영업시설, 건축시설계획, 각종시스템 시설계획, 교통영향평가 및 환경영향평가 결과 등을 고려하여 배선과 시설을 계획하여야 한다.
- (8) 노선은 지역사회의 편익이 크고 사업주체의 이익 또한 고려하여야 하므로 많은 비교안을 검토하여 최적의 노선으로 계획하여야 한다.
- (9) 노선선정 시 경합관계에 있는 건설비와 운영비는 수송수요 및 열차운행계획을 고려한 노선을 선정하여야 한다.

2.3.2 친환경적 철도노선선정

- (1) 환경친화적인 철도건설을 할 수 있게 철도노선선정은 타당성조사 및 기본계획단계에서부터 환경영향성을 검토하여야 한다.
- (2) 철도노선계획수립을 위한 관련 계획 검토와 현장조사에는 철도, 구조, 토질, 교통, 환경, 문화재 등 관련 분야 전문가가 참여하여 의견수렴을 거쳐 노선대안을 선정한다.
- (3) 초기단계 설계자문에서는 철도, 구조, 토질, 교통, 수자원, 시공 및 안전, 문화재, 환경분야 전문가 또는 관계기관이 참여하여 주요사항을 검토한다.
- (4) 노선설명회 등을 통해 주민 및 관계기관의 의견을 수렴하여 환경영향저감대책 등을 수립한다.

2.3.3 선형계획

- (1) 평면선형

- ① 평면선형은 노선의 기능과 설계속도에 따라 가능한 대안노선에 대하여 열차운행성 등 기술성과 경제성 검토 결과를 토대로 하여 관계기관 등의 의견을 수렴하여 최적노선으로 계획하여야 한다.
- ② 평면선형의 곡선반경은 설계속도에 따라 철도건설규칙 등 관계규정에서 정한 최소곡선반경 이상이어야 한다.
- ③ 평면선형은 노선의 기능과 설계속도에 적합하여야 하고, 노선 전구간의 평면 및 종단선형 상 균형성을 유지하며 장래 속도향상을 고려하여야 한다.
- ④ 지형 상 상습 홍수범람 지역이나 대규모의 연약지반, 비탈길이가 긴 깎기 지형 등의 취약지형은 가급적 피해야 한다.
- ⑤ 급경사의 비탈지형으로 토사붕괴나 눈사태지역, 용수 등의 상시 습한 지역은 피하고, 가급적 양지지형으로 계획한다.
- ⑥ 주요 도로의 평면교차, 밀집시가지지역, 문화유적보전지역 및 대규모의 묘지지역은 최대한 피해야 한다.

(2) 종단선형

- ① 종단선형은 해당 노선의 설계속도 수준과 차량성능을 감안하여 표정속도를 향상시킬 수 있게 선정하여야 한다.
- ② 종단선형은 전 구간에 걸쳐 평면 및 종단선형의 균형성을 확보할 수 있게 긴 구간의 최급기울기나 수평기울기를無理하게 설정하지 않도록 한다.
- ③ 선로의 시공기면은 가급적 자연지반 경사도를 감하여 지나치게 높거나, 낮지 않게 정하여야 한다.
- ④ 선로의 시공기면은 하천의 최대홍수위와 도로 등 입체교차시설의 다리밑 공간높이를 확보할 수 있게 정하여야 한다.
- ⑤ 하향최급기울기에서 상향기울기 변경점설정은 가급적 피하고, 부득이한 경우에는 양쪽 기울기 차이가 최소화되도록 설정해야 한다.
- ⑥ 기울기의 변경점은 평면선형의 직선 또는 원곡선 구간에 설치한다.

2.3.4 구조물 계획

(1) 교량 계획

- ① 하천지역에 설치되는 교량은 하천설계기준에 따라 경간장 등을 정하

여야 한다.

- ② 교량은 해당 하천의 하천정비계획 등 수리·수문 조사결과에 따라 경간장과 교량의 높이와 길이를 정하여야 하며, 하천정비계획이 수립되지 않은 하천은 수리·수문조사를 시행하여야 한다.
- ③ 하천정비계획은 수립되었으나, 하천정비사업이 시행되지 않은 하천은 하천정비계획을 토대로 하여 제방의 여유고 등을 확보할 수 있게 교량을 계획하여야 한다.
- ④ 교량은 가급적 하천의 유수방향에 직각되게 계획하여 홍수 시 등에 유수 상 지장을 최소화하게 하여야 한다.
- ⑤ 교량 전후에 작은 교량이나 구교를 연속해서 설치하는 것을 피할 수 있게 경간길이나 교량길이를 정하여야 한다.
- ⑥ 교대 등 하천공작물을 제방에 설치하는 것은 피해야 한다. 부득이한 경우 제방의 안정이 확보 될 수 있는 조치를 하여야 한다.
- ⑦ 하천의 종방향을 따라 설치되는 교량의 경우, 교각이 하천의 전체 폭에 걸쳐서 배치되지 않게 계획하여야 한다.
- ⑧ 다리밑 공간높이는 하천의 경우 “하천설계기준”을, 도로의 경우는 “도로의 구조·시설기준”에 따라야 하며, 해상 등 선박이 통행하는 교량은 이를 고려하여 교량을 계획하여야 한다.
- ⑨ 농경지의 농로와 마을간 도로에 설치되는 교량은 농경용 차량·장비와 농산품 운반차량이 원활하게 통행할 수 있게 교량의 경간과 다리밑 공간높이를 정하여야 한다.
- ⑩ 주거지역에 근접한 교량은 환경영향 평가결과 등을 토대로 하여 경관성 및 환경성을 최적화할 수 있게 하여야 한다.

(2) 터널 계획

- ① 터널은 단층, 파쇄대, 퇴적토, 편암 등 취약한 지형이나, 계곡을 피하여 가급적 능선을 따라 그 위치를 정하여야 한다.
- ② 터널의 길이는 평면곡선과 종단기울기, 갱구부의 편암이나 깎기 토량, 열차운행상 안정성과 유지보수성을 검토하여 정하여야 한다.
- ③ 터널구간의 선로기울기는 배수 및 자연환기를 위해 가급적 한 방향 기울기로 하여야 하며 부득이 양방향기울기로 할 경우 배수와 환기

가 원활하게 하여야 한다.

- ④ 터널의 갱구는 계곡부의 수로 등을 피하고, 갱문 뒤의 비탈길이를 가급적 짧게 하여야 하며, 지형상 낙석 등이 예상되는 구간은 터널길이를 길게 하거나 낙석방지시설을 설치하여 열차안전운행에 지장이 없도록 하여야 한다.
- ⑤ 터널내의 배수시설은 배수로 수위를 시공기면보다 낮게 하여 터널내 배수가 용이하게 하여야 한다.
- ⑥ 시가지나 집단마을 등의 하부를 통과하는 터널은 공사 중이나 열차 운행 중에 생활환경 또는 터널의 안전성에 지장이 없도록 터널의 구조와 시공법 등을 정하여야 한다.
- ⑦ 1km이상의 터널은 안전성 분석결과에 따라 방재시설에 대한 검토를 하여야 한다.
- ⑧ 터널단면은 열차고속주행에 따른 공기압 영향과, 곡선구간에서 선로 중심간격 및 건축한계의 변화를 고려하여 정하여야 한다.

(3) 정거장 계획

- ① 정거장위치는 선형 상 철도건설규칙 등 관계규정에서 정한 범위내에서 가급적 수평의 직선구간으로서 장래 확장 개량이 가능하고, 노선 및 정거장의 기능과 규모에 따라 필요한 시설을 배치할 수 있게 선정하여야 한다.
- ② 정거장은 노선의 기능과 열차운행계획 등에 따라 시·종착정거장, 중간 또는 분기정거장으로 구분하여 여객과 화물혼용이나 여객전용설비를 하여야 한다.
- ③ 정거장 부지규모는 최종 목표연도를 기준으로 하여 계획하되 장래 확장 가능성을 감안하여야 하며, 정거장설비는 장·단기로 구분하여 단계별 건설계획을 검토하여야 한다.
- ④ 정거장시설은 기능과 교통영향평가에 따라 계획하며 여객접근과 편의시설, 운전취급과 열차제어설비, 환승 및 연계 교통시설, 역세권 개발 등을 감안하여 시설종류와 규모를 검토하여야 한다.
- ⑤ 시·종점에 위치하는 정거장은 차량의 차량기지 진출입을 고려하여 시설의 종류와 규모를 검토하여야 한다.

- ⑥ 정거장의 배선은 열차운행계획에 따라 열차운행이 원활하도록 계획하여야 한다.
- ⑦ 차량기지과 보수기지 등은 그 기능과 취급규모에 따라 시설의 종류와 규모를 계획하여, 철도운영성을 최적화하여야 한다.

2.3.5 자재선정

모든 공사용 자재는 “산업표준화법”에 의한 한국산업규격 표시품(이하 “KS 표시품”이라 한다) 또는 이와 동등 이상의 성능을 지닌 자재이어야 하며, “친환경상품 구매촉진에 관한 법률”에 의한 친환경상품 또는 “중소기업제품 구매촉진 및 판로 지원에 관한 법률”에 따른 우선구매대상 기술개발제품이 설계에 반영될 수 있는지 검토하여야 한다.

2.4 설계일반사항

2.4.1 일반사항

(1) 기본 원칙

- ① 노반시설은 설계속도에 대하여 안정성, 기술성, 시공성, 경제성이 확보되고, 노선의 기능과 성능이 적합하여야 한다.
- ② 노반시설은 차량한계내의 차량이 안전하게 운행될 수 있도록 건축한계를 저촉하지 않아야 한다.
- ③ 노반시설은 환경친화적으로 설계하여야 한다.
- ④ 노반시설은 사용기간 중 화학적, 물리적 작용에 대하여 충분한 내구성을 확보하여야 한다.

(2) 하중

- ① 노반시설의 설계는 시공 중, 완성 후 구조물에 작용하는 모든 종류의 하중에 의한 영향을 고려하여야 한다.
 - 가. 재료, 자연환경의 하중과 같은 영구하중.
 - 나. 빈도에 관계없이 변동성 있는 하중.
 - 다. 차량과 보행자 같은 준영구적인 하중.
 - 라. 교통 또는 자연 환경 재해상 우발적인 하중.
- ② 열차하중은 표준화중을 기준으로 하며, 충격과 함께 열차운행에 의한

피로의 영향과 따로 정한 설계기준 등 관계 규정을 준용하여야 한다.

- ③ 장대레일 적용구간의 구조물은 온도변화에 대한 고려를 하여야 한다.

2.4.2 계획

(1) 일반사항

- ① 철도시설의 계획은 해당 노선의 기능과 성능, 안전성과 승차감을 확보할 수 있도록 계획하여야 한다.
- ② 시설물형식은 시공 시 품질관리가 용이하고, 완공 후 유지관리가 용이한 단순한 구조형식을 적용할 수 있도록 계획하여야 한다.
- ③ 주위의 자연환경과 어울리는 환경친화적인 계획을 하고, 특히 저소음 또는 소음 저감방안을 검토하여야 한다.
- ④ 철도운행으로 인하여 인접구조물에 미치는 영향이 예상될 경우 최소화 시킬 수 있는 대책을 강구하는 계획을 하여야 한다.
- ⑤ 구조물의 변형 및 안정성과 관계되는 규정 외에 재료의 거동, 고속차량운행에 따른 공진 등 구조물과 차량의 운행조건이 만족되는 계획을 하여야 한다.
- ⑥ 원활한 철도시스템 운영을 위한 인터페이스를 고려하여 계획하여야 한다.
- ⑦ 도로, 하천, 기타 기존시설물과 교차 되는 경우에는 교차조건에 대하여 면밀히 검토 후 입지여건을 고려하여 계획하여야 한다.
- ⑧ 고속철도 계획 시 운행에 따른 다음 사항을 특별히 고려하여 계획하여야 한다.

가. 열차풍의 영향

나. 공진발생의 영향

다. 터널구간의 공기압 영향

(2) 인터페이스

- ① 노반구조물은 궤도구조를 고려하여 계획하여야 한다.
- ② 차량형식과 구조물은 열차 속도유지, 승객의 쾌적성 및 안락성 등을 고려하여 계획하여야 한다.
- ③ 전기철도, 전차선로, 전력설비시스템 등을 고려하여 계획하여야 한다.
- ④ 열차폐색장치, 열차제어장치 등 신호체계는 열차운행속도를 고려하여

계획하여야 한다.

- ⑤ 전기체계는 열차운행 및 선로시스템, 궤도구조시스템 등을 고려하여 계획하여야 한다.
- ⑥ 통신체계는 열차운용계획과 철도종합 정보처리 설비기능을 고려하여 계획하여야 한다.
- ⑦ 정거장시설은 타 교통수단과 환승, 연계할 수 있는 기능을 검토하여 계획하여야 한다.
- ⑧ 부대시설은 철도운용 및 유지보수 등을 고려하여 계획하여야 한다.
- ⑨ 노반시설의 방재설비는 차량 및 열차운행조건을 감안하여 계획하여야 한다.

(3) 유지관리

- ① 세부적인 설계과정에서 필요할 경우 유지관리에 필요한 최소기준을 제시하여야 한다.
- ② 방재설비는 차량 및 열차운행조건에 따라 방재기준을 정하고, 안정성과 경제성을 종합적으로 분석 검토하여 노반구조물의 방재설비를 계획하여야 한다.
- ③ 유지관리용 접근로 및 방호울타리

가. 유지관리용 접근로

- ㉔ 토공, 교량, 터널 등의 구조물에 차량이 접근할 수 있는 진입로 설치하는 가급적 기존도로를 최대한 활용하고, 신설할 경우는 용지 및 공사비를 최대한 절감할 수 있도록 계획하여야 한다.

나. 주차장

- ㉔ 접근로 종점부에는 점검차량과 유지보수용 자재를 적치할 수 있는 주차장을 설치하되 대상구조물에서 이용이 편리한 위치를 선정하여야 한다.

다. 방호울타리

- ㉔ 열차안전에 지장을 초래할 우려가 있는 장소에는 안전사고를 사전예방하기 위한 방호울타리를 설치하여야 한다.
- ㉔ 깎기나 쌓기부, 교량구간은 용지경계선에, 터널깎기부 주위는 비탈면에 맞추어 설치하여야 한다. 다만, 다른 구조물과 접속개소는 연

속설치하고 인근 주민의 통행 등 현지어건을 고려하여 설치하여야 한다.

- ㉔ 교량하부에 쓰레기 등 유해적치물 등을 방치할 수 있는 장소에는 교량 방호울타리를 설치하여야 한다.

2.4.3 허용한계

(1) 철도의 건축한계 일반

- ① 건축한계 내에서는 건물, 기타 건조물을 설치하지 못한다. 다만, 가공 전차선 및 그 현수장치와 작업상 필요한 일시적 시설로서 열차 및 차량운전에 지장이 없는 경우에는 그러하지 않는다.
- ② 직선 선로구간 건축한계는 <그림 2.4.1>에 준용하여야 한다.
- ③ 전기동차 전용선인 경우에는 <표 2.4.1>을 기준으로 한다. 다만, 도시철도와 연결 되는 경우에는 연계성을 고려하여 이에 맞도록 하여야 한다.

표 2.4.1 전기동차 전용선의 건축한계 및 구축한계 (단위 : mm)

항목	구간별		폭	높이	비 고
건축한계	지상 · 고가		3,600	5,300	높이 : RL기준
	지하		3,600	4,800	
구축한계	지상 · 고가		3,600	5,800	
	지하	단선	4,700	4,850	폭 : 중앙기둥제외
		복선	4,100	4,850	

④ 곡선구간 건축한계

가. 곡선 선로구간 건축한계의 폭은 직선구간 건축한계에서 <식 2.4.1>에 의하여 산출한 치수 이상을 확보하여야 한다. 다만 가공 전차선과 그 현수장치를 제외한 상부의 한계는 그러하지 않는다.

$$W = \frac{50,000}{R} \quad (\text{전기동차 전용선인 경우 } \frac{24,000}{R}) \quad (2.4.1)$$

여기서, W : 궤도중심의 각 측으로 확대할 치수(mm)

R : 선로 곡선반경(m)

나. 위의 규정에 의한 확대치수는 완화곡선구간에서 이를 체크하여야 한다. 완화곡선이 없는 경우에는 원곡선 시·종점에 접속한 직선구간 26m이상의 길이에서 이를 체크하여야 한다.

다. 곡선구간 건축한계는 캔트에 따라 경사된 건축한계로 하여야 한다.

라. 철도를 횡단하는 시설물이 설치되는 구간의 건축한계의 높이는 전차선 가설높이에 지장이 없도록 건축한계의 높이를 일반철도는 RL에서 7,010mm이상, 고속철도는 RL에서 8,050mm이상 확보하여야 한다. 다만, 기존선 개량 등 부득이한 경우에는 승인을 받아 전차선 가설에 지장이 없는 범위로 축소할 수 있다.

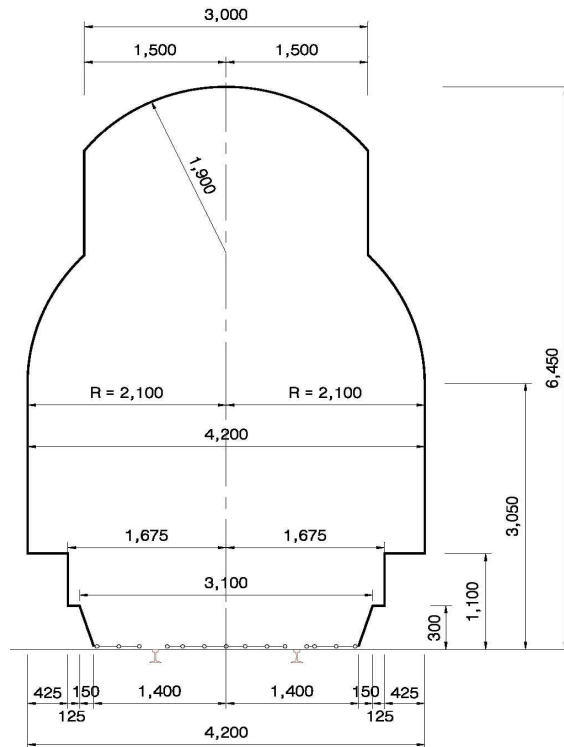


그림 2.4.1 건축한계

(2) 도로횡단 시설한계

- ① 도로횡단 시설한계(도로의 구조·시설기준에 관한 규칙 제18조.)의 통과높이 H는 4.5m로 한다. 동계 적설에 의한 한계높이의 감소 또는 포장 덧씌우기 등이 예상되는 경우를 고려하여 5.0m이상으로 하는 것이 바람직하다. 다만, 부득이한 경우에는 도로의 구조·시설기준에 관한 규칙에 따라 축소할 수 있다.
- ② 도로횡단 철도구조물이 규정된 다리밑 공간을 확보한 경우에도 적재높이 제한 위반차량으로 인한 충격이나 파손이 우려되는 개소는 차량통과한계틀을 설치하여야 한다.
- ③ 도로횡단 구조물의 다리밑 공간이 4.5m이하의 개소에는 차량통과한계틀 및 차높이 제한표지 설치하되 전후 고가도로 또는 보도육교 등 현지어건을 감안하여 설치여부 결정하여야 한다.

가. 차량통과한계틀 설치위치

- ㉠ 교량 : 전방 20~50m부근에 지형여건 감안 설치
- ㉡ 통로 BOX : 전방 5~15m부근에 지형여건 감안 설치

나. 차량통과한계틀 설치높이는 구조물의 실제 통과높이보다 0.1m 낮게 설치한다.

다. 차높이 제한표지에는 차량통과한계틀 설치높이보다 0.2m 낮게 표기 한다.

라. 차높이 제한표지는 도로교통법의 관계 규정을 준용하여야 한다.

(3) 하천 등의 다리밑 공간

- ① 교량 밑의 통행에 사용되는 공간 또는 교량 밑에서 수위(水位)까지의 공간높이를 말하며, 배가 지나다니는 수로 위의 공간높이는 다음과 같다.

- 가. 범선 또는 소기선 통과최고수면에서 30m
- 나. 대기선 군함최고수면에서 45~60m
- 다. 소증기선 최고수면에서 4.5m
- 라. 폰툰(pontoon), 바지선(barge)최고수면에서 3.0m

- ② 교량 계획 시 조사한 계획 홍수위가 주거터 밑에 있도록 계획하여야 한다. 선박의 운항이 없는 하천의 경우에는 하천설계 기준의 계획홍

수량에 따른 여유고를 고려하여 다리밑 공간은 <표 2.4.2> 이상으로 한다.

표 2.4.2 계획홍수량에 따른 다리밑 공간

계획홍수량(m^3/sec)	다리밑 공간(m)
200미만	0.6이상
200이상~500미만	0.8이상
500이상~2,000미만	1.0이상
2,000이상~5,000미만	1.2이상
5,000이상~10,000미만	1.5이상
10,000이상	2.0이상

※ 다리밑 공간은 하천 홍수위로부터 교각이나 교대 중 가장 낮은 위치의 받침 하면까지의 높이를 말하며, 라멘교의 경우에는 현치 하단까지의 높이를 말한다.

(4) 지하 구조물의 최소토피

- ① 철도 관련 지하시설물의 윗면에서부터 도로면, 지상면, 하천 하상고까지의 최소토피는 다른 지하매설물의 영향이 철도 운행에 미치지 않고, 철도시설물의 보호 및 안전이 확보되어 일정이상의 토피를 유지 할 수 있도록 계획·설계하여야 한다.
- ② 도로 및 지상부 최소토피는 기준으로 지하에 기 매설되어있는 시설물의 안전을 고려하고, 그 이외의 구간은 장래시설물의 설치 필요 공간을 확보하기 위하여, 도로면 또는 지면으로부터 지하구조물 윗면까지 일정 이상의 토피를 유지 할 수 있도록 계획하여야 한다. 다만 현 지역건상 부득이한 사유가 있거나 도로개구부 등 지형 상 특별한 경우에는 철도 시설물의 성능을 저하시키지 않는 범위에서 관리청과 협의하여 최소토피를 조정할 수 있다.
- ③ 하천을 횡단하는 철도 지하구조물 윗면까지 최소토피는 하천의 장래 계획 및 홍수 시 세굴 등을 고려하여 하상고(저수로 기준)와 일정한 깊이를 유지 할 수 있도록 계획하여야 한다.
- ④ 최소 토피에 관한 설계기준은 관계 법령 및 설계기준의 각 장에서

정한 기준을 준용하여야 한다.

2.4.4 내진설계

(1) 기본방침

- ① 인명피해를 최소화하여야 한다.
- ② 지진 시 시설물 부재들의 부분적인 피해는 허용하나 전체적인 붕괴는 방지하여야 한다.
- ③ 지진 시 가능한 한 시설물의 기본적인 기능은 발휘할 수 있게 하여야 한다.
- ④ 교량의 정상수명 기간내에 설계지진력이 발생할 가능성은 희박하다.
- ⑤ 설계기준은 남한 전역에 적용될 수 있다.
- ⑥ 이 설계기준을 따르지 않더라도 창의력을 발휘하여 보다 발전된 설계를 할 경우에는 이를 인정하여야 한다.

(2) 설계일반

- ① 내진등급 - 철도 구조물은 구조물의 중요도를 고려하여 〈표 2.4.3〉과 같이 내진등급을 분류한다.

표 2.4.3 철도의 내진등급

내진 등급	구분 내용	설계지진의 평균재현주기
내진 1등급	설계지진 발생후에도 교통수단을 유지하기 위한 중요시설물	1000년 (단 열차주행안전성 검토는 100년)
내진 2등급	내진1등급에 속하지 않는 철도구조물	500년

② 철도의 내진설계 시 검토해야 할 사항

가. 기본적인 검토사항

- ㉠ 내진등급 여부
- ㉡ 철도가 있는 지역 및 지반의 분류
- ㉢ 지진계수 결정
- ㉣ 재현주기별 지진 위험도계수결정

㉞ 설계지진의 응답스펙트럼 결정

나. 전반적인 검토 사항

㉠ 열차 주행안정성 검토

㉡ 설계지진 발생 시 감속된 상태로 운행하는 열차의 주행안전성을 보장하는 것으로 철도 구조물의 변형, 응력, 진동 및 궤도 틀림 등이 열차의 안전성을 위협해서는 안 되며, 탄성영역의 거동이 지배적이어야 함. 또한 기초지반의 영구적인 침하나, 액상화를 검토하여 열차주행안정성을 확보하여야 한다.

㉢ 구조물 진동에 의한 열차의 탈선을 방지하기 위하여 열차 속도별 허용침하량을 만족해야 하며 교축 직각 방향에 대한 충분한 강성을 확보토록 탄성설계를 하여야 한다.

㉣ 재현주기는 100년을 기준으로 한다.

㉤ 하중조합 $U = 1.0(D+L+E+Q+H)$ 이며 이 경우 활하중은 단선을 기준으로 한다. 다만, 하중기호는 “제8장 교량 일반사항”에 따른다.

㉦ 구조물 설계

㉧ 설계지진 발생 후의 피해정도를 최소화하고 구조물을 구성하는 부재들의 부분적인 피해는 허용하나 구조물의 전체적인 붕괴는 방지하여야 한다.

㉨ 기초지반 및 말뚝의 극한지지력, 기초 및 구조물의 설계지진력으로 적용하여야 한다.

㉩ 구조물은 <표 2.4.3> 내진등급에 따라 설계하며 비탄성 변형을 허용하는 경우에는 구조물의 연성거동을 확보하여야 한다.

㉪ 하중조합 $U=1.0(D+E+Q+H)$ 을 사용한다.

㉫ 교량의 내진설계에서는 연성 확보를 위해서 교각에 소성힌지를 형성시키거나, 필요한 경우 합리적이고 타당성 있는 지진격리장치를 사용할 수 있다. 소성힌지의 형성 위치는 유지관리와 보수, 보강이 가능한 곳을 선택하는 것으로 한다.

㉬ 철도구조물별 검토사항

㉭ 구조물별 내진설계기준에 따라 검토한다.

㉮ 별도의 내진 기준이 언급되지 않은 경우 지진하중을 고려하지 않

는다.

다. 궤도, 정거장, 신호 및 통신체계 관련 고려사항

㉔ 궤도 - 모든 유형의 궤도에 있어서 각 궤도구성품(레일, 체결장치, 침목, 도상 등)은 모든 수준의 지진하중에 견딜 수 있다고 인식되고 있기 때문에 궤도 구조 자체에 대해서는 별도의 내진설계를 수행할 필요는 없다.

㉕ 전차선주 및 전차선 - 고가교 상에 건설되는 전차선주의 경우에는, 지지되는 구조물과의 동적 상호작용을 고려한 내진설계법을 적용하여야 한다.

㉖ 신호 및 통신설비 - 신호 및 통신설비가 설치된 기준에 대한 내진설계의 기본방침과 그 설계 방법은 전차선주 및 전차선의 경우와 동일하며, 지중 또는 궤도상에 설치된 신호 및 통신설비는 별도의 내진설계를 수행하지 않는다.

③ 설계지반운동

가. 수준분류

㉗ 설계지반운동의 수준은 다음과 같이 분류하여야 한다.

㉗ 평균재현주기 100년 지진지반운동(10년 내 초과확률 10%)

㉘ 평균재현주기 500년 지진지반운동(50년 내 초과확률 10%)

㉙ 평균재현주기 1,000년 지진지반운동(100년 내 초과확률 10%)

나. 표현방법

㉚ 설계지반운동은 그 지역의 지반조건을 고려한 5% 감쇠비를 적용한 표준설계응답스펙트럼으로 표현하여야 한다. 그러나 지역특성을 잘 나타내는 합리적인 근거가 있는 응답스펙트럼의 사용도 가능하다.

④ 지진구역

가. 지진재해도 해석결과에 근거하여 남한 전지역을 2개의 지진구역으로 설정 하며, 각 지진구역별 구역계수(Z)는 <표 2.4.4>에 표시된 값과 같다.

표 2.4.4 지진구역구분

지진구역	행정구역		구역계수, Z
I	시	서울특별시, 인천광역시, 대전광역시, 부산광역시, 대구광역시, 울산광역시, 광주광역시	0.11
	도	경기도, 강원도 남부, 충청북도, 충청남도, 경상북도, 경상남도, 전라북도, 전라남도 북동부	
II	도	강원도 북부, 전라남도 남서부, 제주도	0.07

- 주) ① 강원도 북부(시, 군) : 춘천시, 속초시, 홍천, 철원, 화천, 횡성, 평창, 인제, 고성, 양양, 양구
- ② 강원도 남부(시, 군) : 삼척시, 강릉시, 동해시, 원주시, 태백시, 영월, 정선
- ③ 전라남도 북동부(시, 군) : 광양시, 나주시, 여수시, 순천시, 장성, 담양, 곡성, 구례, 장흥, 보성, 화순
- ④ 전라남도 남서부(시, 군) : 목포시, 무안, 신안, 완도, 영광, 진도, 해남, 영암, 강진, 고흥, 함평

나. 구역계수는 각 지진구역에서의 평균재현주기 500년에 해당하는 지진지반운동의 최대지반가속도 값을 중력가속도(g)로 나눈 값으로 무차원량으로 표시된다.

다. 다만, <표 2.4.4>의 지진구역에서 구분된 행정구역의 경계를 통과하는 시설물에는 상위 지진구역계수를 적용하여야 한다.

⑤ 가속도계수

가. 지진위험도계수(I)는 각 내진등급에 따른 평균재현주기별로, 500년 평균재현주기에 대한 최대지진지반가속도의 비를 나타내며 <표 2.4.5>과 같다.

표 2.4.5 지진위험도계수, I

재현주기(년)	100	500	1,000
지진위험도계수	0.57	1.0	1.4

나. 가속도계수(A)는 지진구역별로 내진등급에 따른 최대지진지반가속

도의 크기를 나타내기 위한 계수로서 구역계수(Z)에 지진위험도계수(I)를 곱함으로써 구할 수 있으며, 무차원으로 표시된다.

$$A = Z \cdot I \quad (2.4.2)$$

다. 따라서 내진등급과 지진구역에 따른 최대지진지반가속도의 크기는 가속도계수(A)에 중력가속도(g)를 곱한 값과 같다.

- ⑥ 지반의 영향을 고려하기 위하여 지반의 특성에 따라 지반을 분류하고 이에 따른 지반계수를 설정하여 설계응답스펙트럼에 반영하여야 한다.

가. 지반의 분류

- ㉠ 국지적인 토질조건, 지질조건과 지표 및 지하 지형이 지반운동에 미치는 영향을 고려하기 위하여 지반을 <표 2.4.6>와 같이 I, II, III, IV, V의 5종류로 분류한다.
- ㉡ 지반종류 V는 별도로 부지에 대한 특성조사를 할 필요가 있는 지반으로서 다음의 경우에 속하는 지반을 말한다.
 - ㉠ 액상화가 일어날 수 있는 지반, 매우 민감한 점토지반, 붕괴될 정도로 결합력이 약한 지반과 같이 지진하중 작용 시 잠재적인 파괴나 붕괴에 취약한 지반, 이탄이나 유기질 점토층의 두께가 3m를 초과하는 지반
 - ㉡ 점토층의 두께가 8m를 초과하고 소성지수(PI)가 75보다 큰 경우의, 매우 높은 소성을 가진 점토지반
 - ㉢ 연약 또는 중간균기의 점토층의 두께가 35m를 초과하는 지반
- ㉣ 지반종류를 결정할 만큼 지반의 물성치를 충분히 알 수 없는 경우에는 III종류가 사용된다. 발주자가 해당 지역의 지반종류를 IV 혹은 V로 판정하거나, 지질학적 자료에 의해 IV나 V로 판정되는 경우를 제외하고는 IV나 V로 가정할 필요가 없다.

표 2.4.6 지반특성

지 반 종 류	지반종류의 호칭	30.0m에 대한 평균 지반 특성		
		평균전단파속도 $\overline{V}_s$ (m/s)	평균표준관입시험, $\overline{N}$ ($\overline{N}_{CH}$ 비점착성 점토) (타격횟수/0.3m)	평균비배수전단 강도 $\overline{S}_u$ (kN/m ²)
I	경암지반 보통암지반	> 760	-	-
II	매우 조밀한 토사, 또는 연암지반	360 ~ 760	> 50	> 100
III	견고한 토사지반	180 ~ 360	15 ~ 50	50 ~ 100
IV	연약한 토사지반	< 180	< 15	< 50
V	부지의 특성 평가가 필요한 지반			

주) ① 지반종류Ⅳ에는 소성지수 $PI > 20$, 함수비 $w_{mc} \geq 40\%$ 그리고 비배수전단강도 $s_u < 24$ (kN/m²)의 연약점토층이 30m이상인 지반도 포함된다.

② 평균전단파속도, $\overline{V}_s$ 는 <식 2.4.3>에 따라 결정된다.

$$\overline{V}_s = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{V_{si}}} \quad (2.4.3)$$

여기서, d_i : 토층 i의 두께, m

V_{si} : 토층 i의 전단파속도, m/sec

나. 평균현장표준관입저항, $\overline{N}$ 과 점착력이 없는 토층에 대한 평균표준관입저항, $\overline{N}_{CH}$ 는 <식 2.4.4>에 따라 정해진다.

$$\overline{N} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i}}, \quad \overline{N}_{CH} = \frac{d_s}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i}} \quad (2.4.4)$$

여기서, d_i : 토층 i의 두께, m

d_s : 상부 30.0m에 있는 비점착성 토층의 총 두께, m

N_i : 공인된 표준에 따른 토층의 표준관입저항

다. 평균비배수 전단강도, $\overline{s_u}$ 는 <식 2.4.5>에 따라 결정된다.

$$\overline{s_u} = \frac{d_c}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{s_{ui}}} \quad (2.4.5)$$

여기서, d_c : 상부 30.0m에 있는 점착성 토층의 총 두께 (30.0 - d_s),
m

s_{ui} : 250kN/m²를 초과하지 않는 공인된 표준에 따른 비배수전
단강도

라. 지반계수

「2.4.4 (2)⑥항 가㉠」 지반의 분류의 지반종류에 따른 지반계수는 <표 2.4.7>과 같다.

표 2.4.7 지반계수

지반종류 지반계수	I	II	III	IV
S	1.0	1.2	1.5	2.0

㉠ 탄성지진 응답계수

가. 설계하중의 결정에 쓰이는 탄성지진응답계수(C_s)는 <식 2.4.6> 같은 무차원의 식으로 구하여야 한다.

$$C_s = \frac{1.2 AS}{T^{2/3}} \leq 2.5 A \quad (2.4.6)$$

여기서, A : 「2.4.4 (2)항⑤」에서 규정된 가속도계수
 S : 「2.4.4 (2)항⑥」에서 규정된 지반 특성에 대한 무차원
 의 지반계수
 T : 대상시설물의 주기

나. 다중모드 스펙트럼해석법을 사용할 경우, m번째 진동모드에 대한
 탄성지진응답계수 (C_{sm})는 <식 2.4.7>에 따라 구하여야 한다.

$$C_{sm} = \frac{1.2AS}{T_m^{2/3}} \leq 2.5A \quad (2.4.7)$$

여기서, T_m : m번째 진동 모드의 주기
 다. T_m 값이 4.0초를 넘는 구조물에 대해서 m번째 진동모드에 대한
 C_{sm} 값은 <식 2.4.8>에 따라 결정할 수 있다.

$$C_{sm} = \frac{3AS}{T_m^{4/3}} \quad (2.4.8)$$

(3) 품질보증 요구사항

- ① 내진시설물의 적절한 품질보증요건을 만족시키기 위하여 설계, 시공, 완공 후 공용기간의 단계별로 이루어져야 한다.
- ② 설계는 시설물 부재 재료의 특성과 세부사항 및 치수를 제시하여야 하며, 특별한 장치가 도입될 경우에는 이에 대한 특성도 포함하여야 한다.
- ③ 시공중에 특별한 검토를 요구하는 중요한 시설물의 부재는 설계도면에서 확인이 되어야 하고, 이에 대한 검토방법이 제시되어야 한다.

2.5 사업시행 환경조사

2.5.1 일반사항

- (1) 사업시행 환경조사는 환경영향평가, 교통영향평가, 수리·수문조사 외 실시설계 및 시공단계에서 철도입지주변을 조사하는 것이다.
- (2) 사업시행 환경조사는 목적물의 건설에 영향을 미치거나 이로 인해 영향을 받을 수 있는 사항에 대한 조사로서 지장물 조사, 지표수리시설과 지하수 부존 특성조사, 공사용 설비조사, 보상 및 관계 법령, 지형조사, 환경조사, 사토장 및 토취장조사 등으로 구분하여 시행한다.

2.5.2 지형 및 개발현황조사

- (1) 철도건설에 영향을 미치거나 공사로 영향을 받을 수 있는 지형을 지형도나 항공사진 등을 이용하여 분석하고 현장답사를 통하여 조사한다.
- (2) 불안정 지형이나 재해가 예측되는 지형 즉, 애추(talus), 붕괴지, 산사태로 매몰된 과거의 수로, 홍수 등으로 발생한 장소나 이러한 우려가 있는 지형은 자료조사, 항공사진 관독, 지표지질조사 및 유사공사 시공사례 조사 등을 시행한다.
- (3) 자료조사는 지형도(1/5,000~1/50,000), 지질도, 응용지질도, 산사태위험도, 수문기상자료, 인접지역 시추자료, 유사공사의 시공사례 등을 조사한다.
- (4) 노선경유지의 철도, 도로, 하천 기존 도시 등의 시설현황과 각종 개발계획현황을 조사한다.

2.5.3 측량과 지반조사

- (1) 측량과 지반조사는 제3장 측량 및 지반조사 기준을 적용하며 필요한 경우에는 별도로 정할 수 있다.

2.5.4 생태 및 환경현황조사

- (1) 생태 및 환경현황조사는 기본계획 및 노선선정 단계에서 실시하는 광역 환경조사와 기본계획수립 후 설계 및 시공 단계에서 철도입지 주변 환경현황조사로 구분하여 실시한다.
- (2) 환경현황조사에서는 해당 지역의 도시계획, 각종상위 계획에 대한 조사를 하여야 한다.

(3) 광역 환경현황조사는 구조물시공 및 사용에 의한 자연환경 및 사회환경에 대한 악영향을 최소로 줄이기 위하여 광범위하게 실시하여야 하며, 다음 사항을 포함하여야 한다.

- ① 수리수문 : 지형 및 하곡의 성상, 하천유량, 지하수위, 물이용 현황, 지하수에 영향을 미치는 타 공사의 유무, 대수층의 존재 여부
- ② 기상 : 기온, 강우, 강설, 바람 등의 영향, 눈보라와 돌풍의 발생빈도 및 현황
- ③ 재해 : 산사태, 눈사태, 붕괴, 지진, 홍수 등의 발생지 및 피해정도
- ④ 토지 : 토지이용 현황, 주요 구조물, 법에 의한 용도구분의 범위
- ⑤ 교통 : 기존철도, 도로 규격 등의 교통시설현황
- ⑥ 공공 시설물 : 학교, 병원, 요양소, 자연공원 등 공공시설물의 위치 및 규모
- ⑦ 문화재 : 사적, 문화재, 천연기념물 등의 위치, 규모 및 법 지정 현황
- ⑧ 지하자원 : 권리설정 현황, 광산현황 및 광물의 부존상태 등
- ⑨ 광산개발 ; 광산의 갱도나 폐갱도와 지하공동의 위치 및 규모
- ⑩ 기타 : 동식물의 분포상태 및 경관, 지역 개발계획 등

(4) 자연환경현황조사는 시공에 의하여 발생하는 시설물 주변환경 변화의 예측, 환경보전 대책의 입안, 대책의 효과확인 등을 위하여 실시하며 다음 사항을 포함한다.

① 물이용 현황 :

가. 지표수 및 지하수의 수질, 수위 현황, 탁수발생 가능성이 있는 인접공사, 유로 및 수위변화 가능성

나. 시공 중 발생하는 용수나 건설공사가 주변의 지표수 및 지하수에 미치는 영향예측

다. 건설공사로 인하여 갈수가 예상되는 우물, 저수지, 용천, 하천 등은 그 분포, 수량의 계절적 변화, 이용상황 등을 조사하여 갈수대책의 자료로 이용

② 소음 및 진동 : 소음 및 진동의 영향을 받을 수 있는 주변현황

③ 지반과 구조물의 변형 : 건물, 구조물 상태, 지형 및 지질, 토지이용 현황, 구조물의 변형발생 가능성이 있는 인접공사

제 2 장 철도계획

- ④ 수질오염 : 하천의 상태, 배수 상태, 수로의 상태, 공사로 인한 폐수 및 폐유 발생상태, 범규제 상태
- ⑤ 대기오염 : 대기중의 유해물, 기상현황
- ⑥ 교통장애 : 구조, 교통량 혼잡상태, 도로관리자, 도로주변의 환경 등

2.5.5 지장물 조사

- (1) 건설공사 전에 지역내에 이미 설치되어 있는 상수도 및 하수도관, 송유관, 통신 및 전력 케이블, 도시가스관, 지하통로 등의 지하지장물의 종류, 심도 및 크기를 파악하여 안전한 시공을 할 수 있도록 한다.
- (2) 시추조사 시는 관계 기관으로부터 지장물 매설도를 구하여 참조하고 반드시 터파기나 지구물리탐사를 이용하여 지하 지장물의 유무를 확인하고 유관기관과 협의하여 시행한다.
- (3) 사업노선에 저촉되는 지상지장물 및 지하매설 지장물을 관계기관과 협의, 이설 및 보상이 가능토록 상세히 조사하여야 한다.
 - ① 지상지장물 : 송유관, 광케이블, 철탑, 통신시설, 전기시설, 공공시설물, 분묘 등
 - ② 지하매설 지장물 : 전기, 통신, 송유관, 상하수도, 가스 등
- (4) 조사된 지장물은 시설물 관리기관별로 정리하여 필요한 협의를 할 수 있게 자료를 작성하여야 한다.

2.5.6 골재원 조사

- (1) 골재원 조사는 사용할 골재종류별로 매장량, 생산가능성 향후 여건변화 등 소정공사기간중 소정량의 공급이 가능한지를 검토하여야 한다.
- (2) 골재원은 품질기준에 적합하여야 하고, 운반거리와 운반방법을 조사하여야 한다.
- (3) 터널이나 흙깎기에서 발파암 등이 발생될 경우, 콘크리트 굵은 골재나 혼합골재, 쇠석골재 등으로 발생되는 암석류의 사용을 검토하여야 한다.
- (4) 콘크리트는 레미콘의 구입과 현장생산에 대하여 품질확보와 시공성, 경제성을 검토하여야 한다.

2.5.7 토취장 및 사토장 조사

- (1) 공사시행성과 경제성을 감안하여 토취 및 사토장을 선정하여야 하며 주변의 지형, 운반방법과 거리, 운반도로상태, 교통규제와 교통안전상의 특성, 환경적인 조건, 토취 및 사토 후 처리방안, 법령에 의한 규제 등을 사전에 조사하여야 한다.
- (2) 공사기간 중 소정량의 토사를 처리할 수 있어야 하며, 국토해양부의 토석정보시스템의 활용과 지역 내 공사현장의 토석정보도 조사하여야 한다.
- (3) 토취장은 시추조사 등으로 품질기준에 적합여부를 확인하여야 하고, 인허가 기관의 인허가와 토지소유자 및 지역주민의 동의 가능여부를 조사하여야 한다.
- (4) 사토장은 지반의 안전성, 토사유출, 환경 상 피해 발생여부를 조사하여야 한다.
- (5) 토취장과 사토장은 토취 및 사토 완료 후 경관 및 환경생태 보존방안에 대하여 조사하여야 한다.

2.5.8 공사용 시설 및 설비조사

- (1) 공사용 시설 및 설비로는 터널입구 설비, 환기 및 집진설비, 운반설비, 골재 및 콘크리트 플랜트 설비, 수배전 설비, 용배수 설비, 임시건물 설비 등이 있으며, 공사용 설비계획에 필요한 자료를 얻기 위하여 다음의 사항을 조사한다.
 - ① 지형과 지질 및 기상 : 설비기능 저해 혹은 위험 가능성이 있는 지형, 지질 및 기상
 - ② 주변환경 : 주변환경에 영향을 미치는 공사용 설비의 소음, 진동, 배수 및 교통
 - ③ 전력의 사용 : 기가설 송배전선의 용량, 주파수, 전압, 수변전의 난이, 수전소요시간, 개략산출비용, 발전설비 등의 동력원, 공사용 장비운용시의 소요 전력량
 - ④ 화약고 설치계획 : 화약취급에 관한 법률이나 지방자치단체 조례 등
 - ⑤ 용배수 : 콘크리트 혼합용수, 음용수, 기타 잡용수의 취수조건, 터널 시공에 수반한 용출수의 처리, 세척수의 방류조건
 - ⑥ 자재 및 버력 운반 등에 필요한 공사용 도로, 궤도 등의 규격, 교통

량, 안전, 교통규제의 현황 및 주변도로 이용현황

⑦ 노무자재 : 터널 외부 설비에 관계되는 콘크리트용 골재, 굳지 않은 콘크리트, 기타 자재의 공급경로, 공급사정의 현황 및 관리방법, 노무 사정의 현황

⑧ 법령, 기타에 의한 규제 : 인접 지역의 공사 유무, 규제사항

2.5.9 토지 등 보상권 조사

(1) 건설공사에 있어서의 보상대상 사항은 용지취득에 수반되는 토지, 건물, 수목 등의 매수 및 이전, 각종 권리(지상권, 지하권, 수리권, 온천권, 어업권, 광업권, 채석권 등)의 침해, 농림 및 어업 수익의 감소, 영업손실 등이 있고, 이들의 보상을 위한 자료를 얻기 위하여 착공 전의 제반사항에 대하여 충분한 조사를 한다.

2.5.10 사업시행 관계 법령 조사

(1) 건설공사에 있어서 법령에 의한 규제를 받는 경우에는 공사에 미치는 영향의 범위, 이에 대한 규제의 정도, 수속, 대책 등에 관한 관계법을 조사해야 한다.

(2) 공사시행과 관계하여 국내법, 국제협약 등 모든 표준 및 기준은 계약일 현재 유효한 최신본을 적용하여야 하며, 공사시행 중 개정되는 경우 개정본 적용여부는 협의 후 결정하여야 한다.

2.5.11 사업시행(사후) 환경영향 조사

(1) 철도건설법 제2조 제1항 및 제2항 또는 국토의 계획 및 이용에 관한 법률 제2조제6항에 따른 철도 또는 고속철도의 건설사업 중 4킬로미터 이상이거나 철도시설의 면적이 10만 제곱미터 이상의 경우에는 환경영향을 조사 하고 그 결과를 승인기관의 장과 환경부장관에게 통보하여야 한다.

(2) 사후환경영향조사 결과 해당 사업으로 인한 주변환경의 피해를 방지하기 위하여 조치가 필요한 경우에는 지체 없이 이를 승인기관의 장과 환경부장관에게 통보하고 필요한 조치를 하여야 한다.

(3) 사후환경영향조사의 조사내용, 조사방법, 조사주기, 그 밖에 필요한 사항은 환경부장관이 정한 고시 내용으로 한다.

(4) 철도건설 사업의 사후환경영향조사 기간은 사업 착수 시부터 사업 준공

후 3년까지로 한다.

2.6 설계의 단계별 업무구분

2.6.1 일반사항

- (1) 철도노반공사의 설계업무는 사업추진단계별로 과업목적과 특성에 맞게 표준화하여 설계성과의 품질향상과 설계업무의 효율화 및 내실화할 수 있게 하여야 한다.
- (2) 조사업무는 현지답사 각종 자연환경조사, 자료수집 등 각 설계용역단계에서 명시한 내용들을 조사·검토 분석하고, 그 결과를 종합하여야 한다.
- (3) 계획업무는 조사업무를 토대로 하여, 실행 가능한 여러 대안을 계획하고, 비교·분석하여 과업목적에 적합한 최적안을 선정할 수 있게 하여야 한다.
- (4) 설계업무는 조사와 계획업무의 결과에 따라 선정된 최적안을 바탕으로 하여 과업목적에 적합한 시설물과 부대사항 등을 기술적으로 구체화 하여야 한다.
- (5) 설계도면은 과업계획에서 제시된 목적물의 형상과 규격 등을 표현하기 위해 설계자가 작성한 도면으로서 물량산출과 내역산출의 기초가 되고, 시공자가 시공상세도를 작성할 수 있는 모든 지침이 표현되어야 하며, 복잡한 부분을 판독할 수 있는 상세 설계도와 구조계산을 포함하여야 한다.
- (6) 시공상세도면은 시공자가 목적물의 품질확보와 안전시공을 할 수 있게 공사진행 단계별로 요구되는 시공방법과 순서 등을 설계도면을 근거로 하여 작성하여야 하며 감리자의 승인을 받아야 한다.

2.6.2 설계의 단계별 업무내용

(1) 일반사항

- ① 설계는 사업추진단계에 따라 타당성조사(기본계획 포함), 기본설계, 실시설계를 순차적으로 시행하는 것으로 하며 다만, 공사의 규모와 특성에 따라 타당성조사와 기본설계 또는 실시설계를 함께 시행할

수 있다.

- ② 타당성조사와 기본설계 또는 기본설계와 실시설계를 함께 시행할 경우 통합 과업지시서는 개별 과업지시서의 내용을 충분히 반영하도록 작성하여야 한다.
- ③ 철도토목분야의 설계는 설계상 연계성이 많은 궤도, 건축, 전기, 통신, 신호 등 관계 기술분야의 설계를 동시에 시행하여 기술적 연계성을 최적화할 수 있게 하여야 한다.

(2) 설계업무의 구분

① 타당성조사(기본계획 포함)

대상사업의 기본구상을 토대로 하여 사업목표와 이를 위한 수단을 설정하여 경제적 및 기술적, 사회적, 환경적 타당성을 종합적으로 검토하여 사업시행의 타당성을 판단하며, 목적 시설물의 실현방법에 대한 여러 대안을 비교·검토하여 최적대안을 선정한 후 이에 대한 기본계획을 수립하고, 기본설계에 대한 기본방침과 기술자료를 작성하는 단계

② 기본설계

타당성조사를 토대로 하여 목적 시설물의 규모, 배치, 형태, 공사방법, 공사기간, 공사비 등에 대한 일반적인 조사 및 분석, 비교·검토를 거쳐 최적안을 선정하고, 주요시설에 대해서만 예비설계를 수행하며, 설계기준과 설계조건 등 실시설계에 필요한 기술자료를 작성하는 단계

③ 실시설계

기본설계를 토대로 하여 목적 시설물의 규모, 배치, 형태, 공사방법, 공사기간, 공사비, 유지관리 등에 대한 세부조사 및 분석, 비교·검토를 거쳐 최적안을 선정하고, 상세 설계를 수행하며, 시공 및 유지관리에 필요한 기술자료를 작성하는 단계

- ④ 설계용역수행을 위한 각 단계별 업무는 조사업무와 계획업무, 설계업무로 <표 2.6.1>와 같으며, 건설기술관리법시행령 제64조에 의한 설계의 경제성 등 검토를 시행하여야 한다.

표 2.6.1 설계용역 수행을 위한 각 단계별 업무

구 분		타당성 조사	기본 설계	실시 설계	비고
조 사 업 무	1. 관련 계획 조사 및 검토	○	△	△	
	2. 현지조사/답사	○	○	○	
	3. 수리·수문조사 (기상, 해상, 선박운행조사)	○ (△)	○ (△)	△	
	4. 교통량 및 교통시설조사	○	△	△	
	5. 환경영향조사(문화재조사)	△	○	△	
	6. 측량	△	○	○	
	7. 지질 및 지반조사(폐광, 지하공동)	△	○	○	
	8. 지장물, 구조물조사(지하매설물)		○	○	
	9. 토취장, 사토장, 재료원		△	○	
	10. 용지조사		△	○	
계 획 업 무	1. 전 단계 성과물 검토		○	○	
	2. 수송수요 예측 및 평가	○			
	3. 철도시스템 검토(인터페이스 검토)	○	(△)	(△)	
	4. 건설기준/설계기준 검토	○	○	○	
	5. 노선선정	노선대안	○		
		최적 노선선정	△	○	△
	6. 정거장선정	경유지 선정	○		
		위치선정	△	○	△
	7. 구조물계획(터널, 교량 등)	△	○	○	
	8. 열차운행계획 검토	○	△	△	
	9. 경제성, 재무분석	○			
	10. 환경 및 교통영향성 검토	○	○	○	
	11. 수리·수문검토	△	○	○	
	12. 관계기관 협의	○	○	○	
	13. 민원 검토	○	○	○	
설 계 업 무	1. 개략설계	○			
	2. 예비설계		○		
	3. 상세설계			○	

○ : 수행하는 업무 △ : 필요시 수행하는 업무

제 3 장 측량 및 지반조사

제 3 장 측량 및 지반조사

3.1 일반사항

3.1.1 적용범위

- (1) 이 설계기준은 노반, 건축물, 기계 등 지반에 축조되는 각종 구조물의 기초계획과 가설 흙막이구조물, 옹벽, 지하구조물, 터널 등 설계를 위한 관련 자료를 얻기 위하여 실시하는 조사에 적용한다.
- (2) 이 기준에 기술되지 않은 사항에 대해서는 국가 기준으로 제정된 타 기준을 적용할 수 있으며 국제적으로 검증되어 통용되는 기준도 발주자의 승인을 얻어 준용할 수 있다.
- (3) 특수여건에 대하여 별도의 기준을 정하여야 할 경우에는 발주자의 승인을 얻어 별도의 기준을 정하여 사용할 수 있다.
- (4) 이 기준에는 설계를 수행하기 위해 실시하는 기본적인 조사 관련사항을 포함하고 있으며 여기에서 기술하지 않는 사항에 대해서는 발주자와 협의된 별도의 기준을 사용할 수 있다.

3.1.2 측량 용어의 정의

- (1) 기준점측량 : 설계, 시공, 유지관리 등에 위치의 기준을 제공하는 기준점을 현장에 설치하기 위하여 실시하는 측량
- (2) 답사 : 도상계획에서 선정된 비교노선을 따라 노선 및 정거장입지 등이 실현가능하고 철도건설목적에 부합되는지에 대한 현장상황을 확인하는 작업
- (3) 실측 : 예측으로 확정된 노선의 중심선을 현장에 설치하고, 종·횡단측량 등을 실시하여 철도설계에 필요한 지형공간정보, 공사비, 공사량을 산출하는 측량
- (4) 예측 : 답사결과를 토대로 결정된 2~3개 유력 노선을 따라 임시절선으로 중심선을 설정하고 현황측량, 종단측량, 횡단측량결과로부터 건설비를 계산하여 비교노선의 우열을 판정하는 작업

- (5) 용지측량 : 지적공부상의 자료를 기초로 하여 철도건설을 위하여 필요한 토지 등의 경계를 구분하고자 실시하는 측량
- (6) 종단측량 : 표고가 결정된 기준점 등을 기준으로 노선의 중심선을 따라 설치된 중심점의 표고를 측정하는 작업
- (7) 중간점(TP) : 측량작업의 신속성 및 편의성을 제공하기 위하여 철도기준점사이 구간에 설치하는 측량지점으로 측량의 목적에 따라 기준점으로 활용가능
- (8) 중심선측량 : 계획, 답사, 예측, 설계 등의 과정에서 결정된 노선의 중심선을 현지에 설치하는 측량
- (9) 지장물측량 : 철도용지 및 인접용지의 지하, 지표, 공중에 있는 건물, 공작물, 시설, 축목, 농작물, 기타 물건 중 철도건설사업에 지장이 되는 물건의 위치, 크기, 수량 및 속성을 조사하는 측량
- (10) 철도기준점 : 철도의 설계, 시공, 유지관리 등에 있어 평면위치 및 표고의 기준을 제공하는 측량기준점
- (11) 항공레이저측량 : 항공기 탑재 레이저측량시스템에서 주사한 레이저의 반사파를 수신, 처리하여 측점의 3차원 위치와 속성을 취득하는 측량
- (12) 항공사진측량 : 항공기 탑재 사진측량카메라로 촬영한 입체사진을 해석, 도화하여 지형도를 제작하는 측량
- (13) 횡단측량 : 중심선의 종단측량점을 기준으로 하여 중심선의 직각방향 좌·우로 정해진 범위내에서 지형의 고·저차를 측정하는 작업
- (14) GNSS(Global Navigation Satellite System)측량 : 측점에 설치한 GNSS 수신기로 GNSS위성신호를 수신하여 측점의 측지학적 위치(지구중심 3차원 직각좌표, 경위도좌표, 평면직각좌표 및 표고)를 결정하는 측량
- (15) 네트워크 RTK측량 : 국토지리정보원의 위성기준점 네트워크에 기반한 실시간 이동측위방식의 GNSS 측량
- (16) 세션(Session) : 복수의 GNSS수신기를 이용하여 일정한 관측 간격을 두고 동시에 측량을 실시하는 단위작업을 말한다.

3.1.3 지반조사 용어의 정의

- (1) 관입저항측정시험(Sounding) : 표준관입시험, 콘관입시험 등 지중에 저항체를 관입시키면서 흙의 강도, 변형 등의 지반 특성을 판별하는 시험

-
- (2) 기초지반 : 구조물이 축조되고 그 안정성과 기능을 유지하는데 필요한 지표면 아래의 지반
 - (3) 다짐도 : 실내다짐시험으로 얻은 최대 건조밀도에 대한 현장 건조밀도의 비
 - (4) 딜라토미터(Dilatometer)시험 : 지반의 전단강도와 변형특성 등을 파악하기 위해 납작한 판형 시험 기구를 지중에 삽입하고 시험기구 속으로 압력을 가하여 강막(Steel Membrane)을 팽창시켜 지반의 공학적 특성을 측정하는 시험
 - (5) 배수강도정수 : 과잉간극수압이 영인 상태를 유지하며 지반이나 시험편을 압축, 인장 및 전단하였을 때 얻어지는 강도정수
 - (6) 배수조건 : 지반의 응력이 변화할 때 지반의 투수성과 응력변화 속도에 따라 발생하는 지반 내부의 지하수 상태를 나타내는 것으로 과잉간극수압이 발생하면 비배수조건, 과잉간극수압이 발생하지 않으면 배수조건으로 구분
 - (7) 본조사 : 예비조사 후 구조물이 위치하는 지점의 지반특성을 파악하기 위해 해당 지점에서 수행하는 일련의 지반조사
 - (8) 불연속면 : 절리(Joint), 벽개(Cleavage), 엽리(Foliation), 층리(Bedding), 단층(Fault), 파쇄대(Fracture Zone) 등 암반 내에 특정한 기하학적 특징을 갖고 발달한 면구조(Surface Structure)
 - (9) 비배수전단강도 : 투수성이 낮은 지반에 재하 하였을 경우, 발생하는 과잉간극수압을 배수를 통하여 저감시키지 않는 상태에서의 지반의 전단강도
 - (10) 상대밀도 : 사질토의 다짐 정도를 나타내는 값
 - (11) 슬라임 : 시추, 현장타설말뚝, 지중연속벽 등의 시공을 위한 지반굴착 시 지상으로 배출되지 않고 공내수에 부유해 있거나 굴착저면에 침전된 굴착 찌꺼기
 - (12) 슬레이킹-내구성 지수(Slaking-Durability Index) : 반복적인 건조와 침수 상태에 대한 암석의 저항 척도를 나타내는 지수
 - (13) 실내시험 : 원지반에서 채취한 불교란 혹은 교란시료에 대해 실험실에서 수행하는 일련의 시험
 - (14) 아터버그 한계 : 함수비에 따라 다르게 나타나는 흙의 특성을 구분하기 위하여 적용되는 함수비를 기준으로 한 값들로 일반적으로 액성한계, 소
-

성한계, 수축한계로 구분됨

- (15) 안정액(Slurry): 지중연속벽이나 현장타설말뚝 시공 등을 위한 지반굴착 시 공벽의 붕괴 방지를 목적으로 사용하는 현탁액으로 주로 소듐몬모릴로나이트(Sodium Montmorillonite)가 사용됨
- (16) 암반 : 균열 없는 견고한 암석과 불연속면을 포함한 암체
- (17) 암석 : 광물의 단단한 결합체를 의미하며 생성요인에 따라 화성암, 퇴적암, 변성암으로 구분됨
- (18) 압밀 : 점성토 지반의 간극수가 장기간에 걸쳐 배수되면서 점진적인 체적변화로 압축되는 현상
- (19) 압밀정수 : 포화된 점성토 지반에 하중이 재하될 때 시간에 따른 과잉간극수압 소산에 따라 나타나는 압축속도와 압축량에 관련되는 정수로 압축지수, 재압축지수, 선행압밀응력, 체적압축계수 및 압밀계수 등이 있음
- (20) 액상화 : 포화된 느슨한 모래나 실트층이 충격이나 진동을 받아 순간적으로 발생한 과잉간극수압에 의해 전단강도를 잃고 액체처럼 거동하는 현상
- (21) 예비조사 : 본조사 수행 전 철도가 계획된 지역을 포함하여 광역적으로 지형, 지질 특성 등을 파악하는 지반조사
- (22) 오거보링 : 주로 토사 지반에서 오거를 이용하여 시추하는 방법
- (23) 용출수 : 지표면으로 솟아오르는 지하수 또는 터널이나 터파기 공사 등을 할 때 굴착면에서 솟아나는 지하수
- (24) 유기물 함량 : 흙에 들어있는 유기물의 양으로 통상 유기물의 질량과 흙의 노건조 질량의 비를 백분율로 나타내며, 고 유기질토에서는 강열감량 시험으로, 그 밖의 흙에서는 유기물 함유량 시험으로 측정
- (25) 응력해방 : 시료 채취 후 시료가 원위치인 지중에서 받던 응력이 해방되는 현상
- (26) 일축압축강도 : 일축압축시험에서 구한 공시체의 최대 압축저항력을 말하며 포화 점토에서는 비배수전단강도의 2배가 됨
- (27) 자료조사 : 기초 설계에 필요한 지형도, 지질도, 기존 공사보고서, 인접 구조물 관련 자료, 지역 관련 자료를 비롯한 각종 자료와 정보를 수집하는 행위

- (28) 절리 : 열, 외력 등 여러 가지 요인에 의해 암반 내 발생하는 불연속면으로 단층과 달리 그 면을 기준으로 상대적인 변위가 없음
- (29) 지구물리탐사(물리탐사) : 탄성과 탐사, 전기 탐사, 중력 탐사, 자기 탐사, 방사능 탐사 등 지반의 물리적 특성을 측정함으로써 지반의 층상 구조 및 각 지층의 공학적 특성을 조사하는 방법
- (30) 지반변화 : 인접 지점에서 지반특성이 급격히 달라지는 현상
- (31) 지반조사 : 지반상에 건설되는 구조물 설계에 필요한 지반정보를 획득하기 위하여 수행하는 일련의 지표조사, 시추, 관입저항측정시험, 시료채취, 원위치시험, 실내시험, 물리탐사 등을 총칭
- (32) 추가조사 : 본조사 이후 설계 필요상 추가적으로 시행하는 지반조사
- (33) 층리 : 퇴적암에서 발달하는 불연속면의 일종으로 퇴적물의 퇴적과정에서 형성되는 지질구조로 성층(成層)이라고도 함
- (34) 콘지수 : 선단의 관입저항치(q_c), 콘 슬리브와 지반과의 단위마찰력(f_s) 및 피에조콘에서 측정되는 간극수압(u) 등 정적콘관입으로 측정되는 값
- (35) 투수계수(수리전도도) : 흙, 암반 또는 기타의 다공성 매체에 대한 물의 투과 특성을 속도의 단위로 표시한 값
- (36) 팽창(팽윤) : 점토광물의 결정 층 사이로 물이 침투되어 체적이 증가하는 현상
- (37) 표준관입시험(SPT) : 무게 623N(63.5kgf) 해머로 자유낙하고 760mm에서 외경 51mm, 내경 35mm, 길이 810mm의 분리형 샘플러를 타격하여 300mm관입하는데 소요되는 타격횟수(N값)를 구하는 시험
- (38) 프레스미터시험 : 시추공 내에 원주형의 팽창성 측정장비를 삽입한 후, 방사방향으로 압력을 가하여 시추공주변 지반의 변형특성을 구하는 시험
- (39) 피압수(피압 지하수) : 지하수면 없이 대기압이상의 압력을 받고 있는 불투수층 사이에 존재하는 대수층의 물
- (40) 현장시험 : 현장지반의 공학적 특성을 파악하기 위하여 현장에서 대상 지반을 상대로 시행하는 시험

3.2 선로측량

3.2.1 선로측량 일반

(1) 기준의 적용

- ① 철도건설 및 개량사업의 조사, 설계, 시공, 유지관리 등을 위한 측량은 이 기준에 따라야 하며, 이 기준에 규정되지 않은 사항은 「측량·수로조사 및 지적에 관한 법률」과 「공공측량 작업규정」을 준용한다.
- ② 이 기준 및 관련법규에 규정하지 않은 기술과 장비를 이용하여 이 기준에 규정된 품질의 측량성과를 얻고자 할 때에는 감독자의 승인을 받아야 한다.

(2) 측량기준 및 표시

- ① 위치는 세계측지계에 기준한 측지학적 경위도 및 높이로 표시한다. 다만, 지도제작 등 필요한 경우는 감독자의 승인을 얻어 평면직각좌표와 높이, 극좌표와 높이, 지구중심직각좌표로 표시할 수 있다.
- ② 세계측지계, 측량의 원점과 수치, 평면직각좌표의 기준은 「측량·수로조사 및 지적에 관한 법률 시행령 제7조」에 따른다. 다만, 표고는 국토지리정보원이 고시한 표고에 100m를 더하여 기준표고로 한다.
- ③ 선로의 곡선은 반지름으로 표시하며, 기울기는 로 표시한다.

(3) 측량단위 및 표시

- ① 거리 및 높이는 미터단위로 0.001자리까지, 작은 도분초단위로 0.1초까지 산출한다. 다만, 선로측량 목적상 산출 자리수를 따로 정한 경우는 이에 따른다.
- ② 측량표지는 영구표지와 임시표지로 구분하며, 표시의 설치 및 관리는 「측량·수로조사 및 지적에 관한 법률 제8조」 및 「공공측량 작업규정 제65조」를 준용한다. 다만, 선로측량의 목적과 지반상태에 따라 측량표지의 형상, 규격 및 재질을 따로 정한 경우는 이에 따른다.

(4) 공공측량 협의 및 심사

- ① 선로측량이 「측량·수로조사 및 지적에 관한 법률」 제2조 제3항의 공공측량에 해당될 때에는 「같은 법률 제17조」를 준수하여야 한다.
- ② 공공측량 시행자는 측량 착수 전에 공공측량작업계획서를 작성하여 국토해양부장관의 승인을 받아야 하며, 시·도지사에게 측량지역, 측량기간, 그밖에 필요한 사항을 통지하여야 한다.
- ③ 공공측량 시행자는 철도기준점측량을 설계에 앞서 시행하고 그 성과품은 「측량·수로조사 및 지적에 관한 법률 제18조」에 따라 관계심사기관의 심사를 받아야 한다.

(5) 측량작업 계획 및 공정관리

- ① 측량작업자(이하 “수급인”이라 한다.)는 작업착수 전 공종별로 과업명, 목적, 위치 및 수량, 소요기간, 투입 인원 및 장비, 사용할 측량성과의 종류 및 내용, 기타 감독자가 정한 사항이 포함된 측량작업계획서를 감독자에게 제출하여 승인을 받아야 한다.
- ② 수급인은 측량작업계획서에 따라 공정관리를 해야 하고, 그 진행상황을 감독자에게 보고하여야 한다.

(6) 측량기기

- ① 수급인은 「측량·수로조사 및 지적에 관한 법률 제92조 제1항」에 따라 성능검사를 필한 측량기기를 사용하여야 한다.
- ② 감독자는 수급인에게 필요시 측량기기 성능검사를 요구할 수 있으며, 수급인은 이에 응하여야 한다.

3.2.2 기준점측량

(1) 기준점측량은 다음 각 호와 같이 실시한다.

- ① 국가기준점 및 기준 철도기준점을 기준하여 GNSS측량 및 수준측량을 실시한다. 다만, 이 기준에 규정되지 않은 사항은 「공공측량 작업규정 제2편 공공기준점측량(1급 공공삼각점측량 및 2급 공공수준점측량)」에 따른다.
- ② 측량장비는 「측량·수로조사 및 지적에 관한 법률 시행규칙 제102조」의 1급 이상 성능을 가진 GNSS수신기, 트랜싯, 거리측정기, 토털스테이션, 레벨 및 이에 상당한 부속장비를 사용하여야 한다.
- ③ 철도기준점은 다음 각 호의 사항과 같이 설치하여야 한다.

가. 철도기준점은 지반변위의 우려가 없고 시계가 양호하며 GNSS전파수신 장애가 없는 지점에 선점하여야 한다.

나. 철도기준점은 예정노선을 따라 약 500m간격으로 설치하며, 산악지, 도심지 등에서 일정간격으로 설치할 수 없는 경우 감독자와 협의하여 기준점 설치간격을 조정할 수 있다.

(2) 철도기준점 평면위치측량

- ① GNSS관측을 고려하여 다음 각 호와 같이 관측계획도를 작성하여야 한다.
- 가. 국가기준점 중 위성기준점, 통합기준점, 삼각점, 수준점과 철도기준점으로 구성한다.

- 나. 관측망은 삼각형, 사각형 또는 이를 혼합하여 구성한다.
- 다. 세션간 중복점이 2점 이상 되도록 GNSS관측망을 구성하여야 한다.
- 라. 표고기준으로 사용될 철도기준점은 약 2km에 1점 이상으로 배치되어야 하며, 그 표고를 GNSS관측이전에 본 기준 「3.2.2(3) 철도기준점 표고측량」에 따라 결정하여야 한다.

② GNSS관측은 다음 각 호의 사항을 준수하여 실시하여야 한다.

- 가. GNSS관측은 세션 모두 정적간섭측위(정지측위) 방법으로 실시한다.
- 나. GNSS관측은 정상운영중이며 고도각 15°이상인 GNSS위성신호를 동시에 4개이상 수신하여야 한다.
- 다. GNSS관측은 세션당 2시간 이상 연속되어야 하며, 데이터 취득간격은 30초로 한다. 다만, 관측거리(기지점과 신점간 거리)가 10km를 초과할 경우는 2세션이상 관측하여야 한다.

③ 관측종료 후에 다음 각 호와 같이 점검계산 및 평균계산을 실시하여 철도기준점의 성과(경위도, 평면직각좌표 등)를 결정한다.

- 가. 기선해석은 국가기준점을 고정한 고정(FIX)해법으로 관측도에 표시된 모든 기선벡터를 산출한다.
- 나. 점검계산은 단위 삼각망의 환폐합차 및 중복 관측된 기선벡터의 교차를 구하며, <표 3.2.1>의 허용범위를 초과할 경우 재측하여야 한다.

표 3.2.3 철도기준점 평면위치측량의 허용범위

대상	점검사항	허용범위	비고
단위삼각망	기선해석에 의한 ΔX , ΔY , ΔZ , 각 성분의 폐합차	$2\text{PPM} \times \Sigma D$	D : 사거리(km)
중복 관측변	기선해석에 의한 ΔX , ΔY , ΔZ , 각 성분의 교차	20mm	

- 다. 평균계산은 위성기준점, 통합기준점, 삼각점,의 평면위치와 수준점과 철도기준점의 표고를 고정하여 실시한다.

④ 철도기준점 평면위치측량 성과품은 관측데이터 파일, 관측기록부, 각종 계산부, 성과표, 점의조서, 정확도관리표, 기준점망도, 보고서와 기타 감독자

가 정한 성과품을 포함하여야 한다.

(3) 철도기준점 표고측량

- ① 철도기준점 표고는 1등·2등 수준점과 철도기준점을 연결하는 수준노선을 선정하여 직접수준측량을 실시하여 결정한다. 다만, 기존선로와 연결할 때에는 기존선로 시공기면과의 관계를 명확히 하여야 한다.
- ② 수준측량은 왕복관측을 하여야 하며, 시준거리는 60m이내, 표척은 1mm 단위 이하까지 읽어야 한다.
- ③ 직접수준측량이 불가능한 하천, 바다 등의 수준노선은 도하(해)수준측량으로 연결하여야 한다.
- ④ 수준측량계산부로부터 노선왕복차, 환폐합차 또는 기지점에서 다른 기지점까지의 폐합차를 구하고, <표 3.2.2>의 허용범위를 초과할 경우 재측하여야 한다.

표 3.2.2 철도기준점 표고측량의 허용범위

대상	점검 사항	허용 범위	비고
수준노선	왕복차	mm	S : 편도거리(km)
	기지점간 결함오차	$15mm\sqrt{S}$	
수준환	환폐합차	$5mm\sqrt{S}$	

- ⑤ 철도기준점의 표고는 1등·2등 수준점을 고정한 수준망조정에 의하여 결정한다. 이때 관측값(표고차)의 경중률은 노선거리의 역수로 한다.
- ⑥ 철도기준점 표고측량 성과품은 관측망도(1/50,000~1/25,000), 관측기록부, 수준측량계산부, 점의조서, 보고서를 포함하여야 한다.

3.2.3 답사 및 예측

(1) 답사

- ① 국가기본도 또는 지방자치단체·공공기관 등이 제작한 지형도상에 계획(예정)한 선로의 시·종점, 통과지, 거리 및 최급 기울기, 곡선최소반경, 주요 구조물 위치를 비롯한 제반 조건을 현장과 대조하여 「철도분야 전자도면작성표준」에 따라 선로평면도 및 선로종단면도를 작성한다.

- ② 간단한 지형측량이 필요할 때는 줄자, 휴대용 레이저 거리측량기, 핸드레벨, 경사계, 나침반, 기타 필요장비를 사용할 수 있다.
- ③ 노선도, 개략예산 및 교통, 산업, 경제적 영향 등을 검토하여 보고서에 수록한다.

(2) 예측

- ① 기본계획 또는 기본설계 때에 시행하며, 답사에서 선정한 노선을 따라 평면측량, 수준측량, 현황측량 등을 실시하여 선로중심선, 시공기면, 정거장, 신호소 및 기타 필요시설을 개략적으로 계획하고, 계획선로의 기능과 성능에 적합한 최적노선을 선정하는 근거자료(수량 및 건설비)를 작성한다.
- ② 평면위치측량은 예비선로 주위에 매설된 국가기준점, 철도기준점, 공공삼각점을 기준으로 다음 각 호와 같이 수행하여야 한다.
 - 가. 중심선의 측점간격은 40m이하로 한다. 다만, 산지 등의 경사지역 또는 곡선부 기타 예측에 필요한 지점은 20m이하로 한다.
 - 나. 예측지점은 말뚝, 페인트 등으로 표시하며, 계속조사를 요하는 장소, 교점(IP) 및 기타 필요하다고 인정되는 지점에는 본 말뚝을 사용한다.
- ③ 중심선 및 주요 지점의 표고는 1등·2등 수준점, 철도기준점, 공공수준점을 기준으로 직접수준측량으로 측정한다. 다만, 급경사지역, 산악지역과 같이 직접수준측량이 난해한 지역에서는 토털스테이션, GNSS 등에 의한 간접수준측량을 할 수 있다.
- ④ 교량, 터널 등의 주요 시설물 설치위치를 예측·결정하는 기초자료로 활용하기 위하여 중심선에서 좌우 약 60m범위의 지형 및 지하·지상물 조사측량을 실시하여야 한다.
- ⑤ 측량장비는 「측량·수로조사 및 지적에 관한 법률 시행규칙 제102조」의 2급 이상 성능을 가진 GNSS수신기, 트랜싯, 거리측정기, 토털스테이션, 레벨 및 이에 상당한 부속장비를 사용하여야 한다.
- ⑥ 현장조사, 예측 등의 작업이 완료되면 「철도분야 전자도면 작성표준」에 따라 선로평면도(1/5,000), 선로종단면도(가로 1/5,000, 세로 1/1,000), 선로일람도, 보고서를 작성한다. 다만, 축척을 변경할 때에는 감독자의 승인을 받아야 한다.

3.2.4 실측

(1) 실시설계를 위한 현황측량, 중심선측량, 종단측량, 횡단측량, 기타측량으로 구분하여 시행한다.

(2) 실측을 원활히 수행하기 위하여 철도기준점 사이에 중간점을 설치할 수 있다. 중간점측량은 철도기준점을 기준하며, 그 방법 및 정확도는 다음과 같다.

① 중간점의 평면위치는 결합트래버스측량 또는 GNSS측량에 의해 결정하고, 표고는 수준측량에 결정한다.

② 트래버스측량(traverse surveying)

가. 측량은 한 점의 기지점(고정점)이 포함된 기선을 출발하여 다른 기지점이 포함된 기선 결합하는 결합트래버스 방법에 따른다.(1개의 트래버스망에서 최소기지점은 3점 이상)

나. 측점간 거리는 100m이상 300m이내로 한다.

다. 1개의 트래버스망에서 관측변수는 8변 이내로 한다. 다만, 터널구간은 예외로 한다.

라. 수평각 관측(1초단위관측)시 1개 측점에서 방향관측법에 의한 2대회(수평눈금위치 0도, 90도) 관측을 하고 대회교차 제한은 5초 이내로 한다.

마. 연직각 관측(1초단위관측)시 1개의 측점에서 망원경 정(D)·반(R)을 1대회로 한 2대회관측으로 하고 교차의 제한은 5초 이내로 한다.

바. 연직각은 양방향 관측을 한다.

사. 거리관측(밀리 미터위관측)은 1시준 3읽음을 1단위로 하고 1단위 관측 후 10분 이상의 간격으로 2단위 관측을 하여야 한다.

아. 거리관측 전후에 기상보정을 위한 온도와 기압을 측정하여야 하며, 기압의 경우 표준대기압을 이용할 수 있다.

자. 거리측량기 등으로 관측된 거리는 기상보정, 구면보정 및 좌표계에 의한 평면거리보정을 한 후 좌표계산을 위한 최종거리로 사용하여야 한다.

차. 결합트래버스 조정망에 의한 좌표계산시 기선방향에 대한 결합오차(방향각 오차)는 각 측점에 등분하여 배분하며, 기지점간 좌표의 결합오차(위거 및 경거차)는 각 측선의 거리합에 대한 각 측선의 관측거리 크기에 따라 배분한다.

카. 결합트래버스망 계산시 방향각의 결합차는 " $+7''$ n (n: 측각수) 이내로 하며, 평면위치의 결합비(정확도)는 1/50,000이하이어야 한다.

③ GNSS측량

- 가. 관측망은 철도기준점과 중간점을 연결하는 다각망을 구성한다.
- 나. 세션당, 1시간이상 연속관측하여야 하며, 데이터취득간격은 30초로 한다.
- 다. 철도기준점을 고정점으로 하여 평균계산을 한다.

④ 수준측량

- 가. 왕·복 관측을 하여야 하고 최대시준거리는 70m 이내로 하며, 표척의 읽음은 1mm단위로 한다.
- 나. 왕복차, 기지점간 결합오차, 환폐합차의 허용범위는 < 표 3.2.3 > 와 같으며, 허용범위를 초과하는 경우 재측하여야 한다.

표 3.2.3 수준측량의 허용범위

대상	점검 사항	허용 범위	비고
수준노선	왕복차	0mm	S : 편도거리(km)
	기지점간 결합오차	$15mm\sqrt{S}$	
수준환	환폐합차	$10mm\sqrt{S}$	

- ⑤ 측량장비는 철도기준점측량에 사용하는 측량장비에 준한다.
 - ⑥ 중간점에는 규격품의 플라스틱 말뚝, 목재말뚝 또는 금속제 표지를 견고하게 설치하고, 점의조서를 작성하여야 한다.
- (3) 현황측량은 다음 각 호의 사항을 준수하여 실시한다.
- ① 철도기준점을 기준으로 선로중심선 좌우 200m폭 내부의 지형 및 지장물과 1m간격의 등고선을 측정하여 수치현황도를 작성한다. 다만, 임시선 시설을 필요로 하는 장소에는 측정범위를 확대하여야 한다.
 - ② 현황측량을 항공사진측량에 의해 수행할 때에는 「항공사진측량 작업규정」에 따라야 한다.
 - ③ 소규모지역 또는 항공사진측량이 불가능한 지역에서 토털스테이션 등에 의한 현황측량을 실시할 경우에는 항공사진측량에 의한 지형도제작과 동등 또는 그 이상의 정확도가 확보되어야 한다.
 - ④ 현황도 또는 수치표고모델을 레이저측량에 의해 작성할 때에는 「항공레이저측량 작업규정」에 따라야 한다.

- ⑤ 현황측량을 네트워크 RTK측량으로 수행할 경우에는 「공공측량 작업규정, 제6편 네트워크 RTK측량」에 따라야 한다.
- (5) 중심선측량은 다음 각 호의 사항을 준수하여 실시한다.
- ① 철도기준점 또는 중간점을 기준점으로 한다.
 - ② 선로의 교점, 곡선 시·종점, 완화곡선 시·종점, 구조물 설치지점의 표지는 견고하게 설치하여야 하며, 망설·훼손·변위를 대비하여 인조점을 설치한다.
 - ③ 중심점 설치간격은 20m로 한다. 단, 지형상 중·횡단 변화가 심한 지점, 기타 주요 지점에는 중간점을 설치하여야 하며, 하천, 해안, 도심지 등과 같은 장애물이 많은 지역에서는 사전 감독자의 승인을 얻어 중심점 설치간격을 20m이상으로 할 수 있다.
 - ④ 중심선측량을 RTK-GNSS측량으로 수행할 때에는 기준국과 이동국간의 거리를 500m이내로 하며, 측량 착수 전과 종료 후에 현장주변의 철도기준점 또는 중간점을 검측하여 그 위치정확도를 확인하여야 한다.
 - ⑤ 점검측량은 인접하는 중심점간의 설계도서상 거리와 현장 측정값과의 교차를 구하며, 교차의 허용범위는 중심점간의 설계도서상 거리를 s 라 할 때, 평지에서 $s/3,000$, 산지에서 $s/2,000$ 이다.
- (6) 종단측량은 다음 각 호의 사항을 준수하여 실시한다.
- ① 철도기준점 또는 중간점으로부터 폐합 또는 결함수준측량 방식으로 실시하여야 하며, 직접수준측량 시준거리는 70m이내로 하고 표척은 1mm단위까지 읽는다.
 - ② 지형 및 기타 주변여건 상 직접수준측량이 불가능한 산림지, 도심지 등에서는 사전 감독자의 승인을 얻어 토털스테이션 등에 의한 간접수준측량을 할 수 있다.
 - ③ 선로중심선이 하천, 저수지 및 홍수 시 범람지구를 경유할 경우에는 평수위와 과거 최대홍수위 및 발생연월일을 조사하여야 하고, 해안에 근접할 경우에는 약 최고고조면 및 평균해면을 조사하여야 한다.
 - ④ 종단측량의 허용오차는 「3.2.4 실측, (2) ④ 수준측량」에 준한다.
- (7) 횡단측량은 다음 각 호의 사항을 준수하여 실시한다.
- ① 중심점을 기준으로 중심선의 직각방향 좌·우 단면(횡단면)에서 지반고가

변하는 지점의 표고차와 거리를 측정한다. 표고차는 직접수준측량 또는 토털스테이션에 의한 간접수준측량으로 측정하며, 거리는 거리측량기 또는 줄자 등을 사용한다. 또한 하천 및 해안에서의 횡단측량이 필요한 경우에는 적합한 방법을 선택하여 감독의 승인을 받아야 한다.

- ② 횡단측량의 폭(범위) 등은 중심점으로부터 좌우 50m이상으로 하나, 설계조건과 작업지역의 지형여건에 따라 감독자가 결정한다.
- ③ 횡단측량 시 지하시설물을 포함한 지상구조물은 재질, 형태, 명칭, 용도와 지하시설물의 경우 지하시설물탐사장비 등에 의해 측정된 지하심도, 위치를 별도로 기록하여야 한다.
- (8) 실측이 완료되면 「철도분야 전자도면작성표준」에 따라 선로평면도(1/1,000), 선로종단면도(가로 1/1,000, 세로 1/400), 선로횡단면도(1/100), 정거장 평면도(1/1,000)를 작성한다. 다만, 축척을 변경할 때에는 감독자의 승인을 얻어야 한다.
- (9) 감독자는 기준점, 중심선 및 종·횡단측량 결과를 항공사진측량 등에 따라 작성된 현황도에 투영하여 성과품을 상호 비교·검수하여야 하며, 허용정확도에 미치지 못하는 성과품에 대하여는 수급인으로 하여금 보완 또는 재측량을 하도록 한다.

3.2.5 용지측량

- (1) 실시설계에 근거하여 선로중심선 등에서 선로직각방향의 용지경계지점에 용지경계표지를 설치하는 측량과 실시설계의 과업지역에 편입되어 손실보상의 대상이 되는 토지에 대해 「철도건설법 제9조 및 제12조」에 의한 사업실시계획승인 신청, 「공익사업을 위한 토지 등의 취득 및 보상에 관한 법률시행령 제7조」에 의한 공공용지편입에 따른 손실보상을 위한 도면 및 세목조서 작성을 위한 측량을 수행한다.
- (2) 용지경계표지는 다음 사항을 준수하여 설치한다.
 - ① 용지경계지점은 철도기준점과 선로중심선을 기준으로 하여 토털스테이션 또는 GNSS를 사용하여 측량한다.
 - ② 용지경계표지(구분지상권 설정구간을 제외)는 평지의 직선구간에서는 200m이내, 곡선구간에서는 40m이내에 설치하고 산지부 및 경계변화가 심한 곳에서는 거리와 관계없이 변경점에 설치하여 경계가 명확하도록 한다.

- ③ 용지경계표지는 「측량·수로조사 및 지적에 관한 법률 시행규칙 제60조 제2항」의 경계점표지(목재 또는 철틀)를 설치한다.
- ④ 경계표지를 설치 할 수 없는 용지경계선상에 있는 구조물 및 지장물은 경계측량에 따라 전항의 철틀3호를 설치 한다 .
- (3) 용지측량은 다음 각 항을 준수하여 실시한다.
 - ① 용지도는 해당지자체의 협조를 받아 취득한 연속지적도를 기반으로 작성한다.
 - ② 용지도는 1/1,000로 작성한다. 또한, 세목조서상 영구편입, 구분지상권 해당 필지 및 임대사용 대상의 토지도 상세히 조사하여 사업실시계획 승인시 반영하여야 한다.
 - ③ 지적도와 용지도를 참조하여 등기부등본 및 토지대장(임야대장)을 해당 법원 및 시, 군, 구에서 발부받아 지적공부조사를 실시하고, 이를 기초로 토지에 대한 일반사항(면적, 지목 등)과 권리관계(소유자 및 관계인)를 조사한다.

3.2.6 지장물측량

- (1) 실시설계 시 과업지역에 편입되어 손실보상의 대상이 되는 지장물건 및 기타사항을 정확히 조사하여 「공공용지의 취득 및 손실보상에 관한 특별법」 및 「토지수용법」 등에 따른 손실보상에 필요한 현황조서를 작성한다.
- (2) 철도건설용지 좌·우 경계선으로부터 충분한 범위 내의 지형(언덕, 제방 등), 경계, 형질변경상태, 건물, 분묘, 관정, 전주를 비롯한 제반 물건을 실측, 조사하여야 한다.
- (3) 본 기준에 명시되지 않는 사항은 「지가공시 및 토지 등의 평가에 관한 법률」 · 「공공용지의 취득 및 손실보상에 관한 특별법」 · 「토지수용법」 및 기타 관계법령과 규정에 따라 조사·작성하여야 한다.
- (4) 지장물측량 성과품으로 용지 및 지장물현황조서, 성과품작성 근거자료, 지장물 사진첩을 감독자에게 제출하여야 한다.

3.3 지반조사

3.3.1 지반조사 개요

- (1) 지반조사는 예비조사와 본조사, 보완조사, 시공중 조사의 단계로 구분하여 시행한다.
- (2) 예비조사는 공사계획 단계에서 부지나 노선 또는 구조물의 위치선정을 위하여 실시하는 조사로서 예비설계, 본 설계의 계획에 필요한 자료를 얻기 위하여 하는 것으로 넓은 범위를 대상으로 시행하며 기존자료조사, 현장답사, 사례분석을 실시하여 개략적인 지반특성을 파악할 수 있도록 시행하며 필요할 경우 현장조사(시추조사, 핸드오거보링, 시험굴조사 등)를 시행한다.
- (3) 본조사는 실시설계나 시공에 필요한 지반의 상세한 정보를 얻기 위하여 시행하는 것으로서 지층의 분포, 지질구조, 공학적인 특성 등 설계정수를 파악하기 위하여 지표지질조사, 시추조사, 물리탐사 및 물리검층, 현장시험, 암석시험, 재하시험, 실내시험, 시료채취, 지표수 및 지하수조사, 환경조사(유해가스, 산소결핍 등의 조사), 특수한 조건에서의 지반조사 등을 포함하여야 하며, 공사의 목적이나 구조물의 종류에 따라 조사 및 시험의 진행방법이나 중점 조사사항을 다르게 할 수 있다.
- (4) 추가조사는 본조사 이후 설계변경이나 지반특성의 추가확인을 목적으로 실시할 수 있다.
- (5) 시공중 조사는 설계단계에서 조사가 시행되지 못한 경우 또는 시공 중 지반변화가 예상되어 추가 조사가 필요할 경우에 실시한다.
- (6) 소규모 공사의 경우에는 조사단계의 일부를 생략할 수 있으나 장대터널 및 도심지터널 공사, 기타 대규모 공사에서는 본조사 시 정밀조사를 실시한다.
- (7) 각 공종별 지반조사항목 및 기준은 「국토해양부고시 제2009-167호 기본설계」 등에 관한 「세부시행기준(2009. 4.)」 기준으로 하되, 해당 내용이 정부제정 전문분야별 설계기준과 상이할 경우 전문분야별 설계기준을 준용한다. 단, 필요할 경우 지반조사항목 및 기준을 별도로 정하여 실시한다.

3.3.2 예비조사

(1) 기존자료조사

- ① 기존자료 조사는 대상이 되는 지역의 지반 개략상황을 인공위성 및 항공사

진, 기존의 지반조사 자료와 지형도, 지질도, 지하매설물도, 기존구조물 도면, 지하수현황, 폐광 및 지반공동현황, 기타 자료를 이용하여 파악한다.

- ② 지반의 자료수집, 기록, 분석은 주의 깊게 수행하며, 지질구조, 지형구조, 지진활동, 수문학적 정보, 대상지역의 과거기록, 기타 주요 사항을 포함하여야 한다. 지반의 변화가 심할 것으로 판단되면 이를 반드시 기록, 보고하여야 한다.

- ③ 지반조사로부터 시공현장과 그 주변의 지반 및 지하수 상태와 관련된 자료를 얻을 수 있어야 한다.

- ④ 기존자료 조사는 현장답사에 우선하여 시행한다.

(2) 현장답사

- ① 현장답사는 야외조사를 통하여 지형이나 지질 및 지반상태를 확인하거나 지역 주민들의 청문을 통하여 과거의 지형변화 등에 대한 정보를 입수하여 조사자료에서 나타난 사항을 확인하고 도상계획에 참고할 수 있도록 하며, 조사수행에 영향을 줄 수 있는 제반 현장여건을 확인하여 원활한 본조사계획을 수립할 수 있도록 한다.

- ② 현장답사의 결과는 정리하여 계획 및 설계에 반영할 수 있도록 하며 이미 계획된 사항에 대해서는 문제점을 파악하여 변경하거나 보완할 수 있도록 한다.

- ③ 현장답사에서 조사하여야 할 주요 내용은 지형변화, 대규모 지질구조, 지표수 및 지하수, 인근구조물 유지상태, 지하 매설물, 수송통로 및 기타사항이 있다.

- ④ 조사구역 인근에 구조물이 있을 때에는 그 기초의 형식, 규모, 그 구조물의 침하나 경사 등의 유무와 그 정도를 조사한다.

(3) 현장조사

- ① 현장답사 시 필요할 경우 삽 또는 핸드오거 등의 간단한 조사장비를 이용하여 지역전반에 대한 개략적인 현장조사(핸드오거보링, 시험굴조사 등)를 실시하며, 경우에 따라 소규모의 시추조사도 시행하여 본조사의 시추조사계획에 반영한다.

- ② 시추조사는 지반의 성층상태, 지하수의 유무 및 기타 지반상태와 관련된 사항을 살핌과 동시에 표준관입시험이나 기타 원위치시험을 병용해서 지

지층을 선정한다.

- ③ 얻어진 시료로써 각종시험을 하여 압밀층의 유무나 지층의 투수성을 비롯한 지반의 공학적 특성을 추정한다.

3.3.3 본조사

(1) 지표지질조사

- ① 지표지질조사는 현장 정밀조사 이전에 지형, 토질, 지질구조, 암상과 지층, 지하수 등의 종류, 분포 및 상태 및 기타 주요 지질조건을 개괄적으로 파악하여 본조사를 실시할 때에 기본 자료로 활용하고 본조사의 경제적 및 시간적 효율을 높이기 위하여 실시한다.
- ② 지표지질조사를 통하여 단층, 습곡, 절리 등이 표시된 지질구조도 및 암종이 표시된 지질도를 작성하고 지질재해의 가능성 등을 검토하여야 한다.
- ③ 지표지질조사 시에는 표층지반, 암질, 지질구조, 지하공동, 암반거동, 지표수 및 지하수를 조사하여 그 결과를 응용지질도(engineering geologic map)로 표시한다.

(2) 시추조사

- ① 공사 구간내의 지반에 대한 지층의 구성과 지하수위를 파악하고 교란시료 또는 비교란 시료를 채취하며, 시추공을 이용한 현장시험을 수행하기 위하여 실시하는데, 구조물별 시추조사의 간격 및 심도는 <표 3.3.1>에 의하는 것을 최소로 하며 토피, 지형조건에 따라 변경할 수 있다.
- ② 시추는 NX규격의 이중 코아배럴을 사용하여 실시하며, 풍화대나 파쇄대, 기타 연약대에서는 코아의 회수율을 높이고 원상태의 시료를 채취하기 위하여 삼중 코아배럴이나 D-3 샘플러 등을 사용할 수 있다. 특히 터널구간에 대심도 시추 시에는 NQ 규격도 사용할 수 있다.
- ③ 시추는 수직시추 뿐만 아니라 조사목적과 현장조건을 고려하여 경사시추를 할 수 있다.
- ④ 단층이나 파쇄대와 같이 공사에 장애가 되는 구간이나 지층이 불규칙할 경우 또는 특수한 주변여건 때문에 지반상태를 확인할 필요가 있는 경우에는 시추간격을 축소 조정하여야 한다.
- ⑤ 시추공의 지하수위 측정은 시추종료 후 24, 48, 72시간 경과 시 마다 지하수위를 측정하여야 한다.

- ⑥ 시추공은 지하수법에 의거하여 폐공처리 하여야 한다.
- ⑦ 터널 입출구부 및 저토피 터널구간에서는 적어도 터널설계기준을 준용한 물리탐사를 시행하여 지층변화를 상세히 파악한 후 시추조사 위치를 선정하고 시행하여야 한다.
- ⑧ 터널에 있어서 시험터널 조사에는 다음 사항을 고려한다.
 - 가. 특수한 지반상태를 직접 확인할 필요가 있거나 특정의 원위치시험을 실시할 필요가 있을 때에는 시험터널을 굴착하여 조사할 수 있다.
 - 나. 시험터널 내에서 각종 원위치시험이나 계측을 실시할 경우 및 시료를 채취할 경우에는 원지반의 교란을 최소화하여야 한다.
 - 다. 시험터널 조사에는 터널의 지질도를 작성하여 종합분석에 참고한다.

제 3 장 측량 및 지반조사

표 3.3.1 시추공의 간격 및 심도

구분	시추공의 배치		시추심도기준	비고
땅깎기 구간 (NX)	기본계획	20m이상 대절토부는 개소당 1공	계획고 하 2.0m	현장시험 : 1회/개소
	기본설계	20m이상 대절토부는 개소당 1공 이상		
	실시설계	개소당 1공 이상		
흙쌓기 구간 (NX)	기본계획	불필요	지층의 종류를 판단할 수 있는 깊이까지 (N값 50/30 이상 3회 확인)	역사위치, 하수 BOX, 흙관 등 구조물 설치 개소는 우선 시행
	기본설계	500m간격		
	실시설계			
교량 구간 (NX)	기본계획	교량당 1공 이상	연암 2m 또는 경암 1m 암이 출현하지 않을 때는 풍화암 10m까지	
	기본설계	100m이상 교량 : 3공 이상		
	실시설계	100m이하 교량 : 최소한 교대위치 교대 및 교각 위치마다 시행		
연약 지반 (NX)	기본계획	연약지반 개소당 1공 이상	연약지반 심도를 결정할 수 있을 정도	공당자연시료채취는 최소 1회/50cm
	기본설계	100m간격		
	실시설계	50m~100m간격		
BOX 구간 (NX)	기본계획	필요시 BOX 개소당 1공	풍화대에서N값 50/30이상 3회 확인	횡단연장이 길 경우는 현장여건에 따라 책임기술자가 증가시킴
	기본설계	1공/개소		
	실시설계			
터널 구간 (NX)	기본계획	터널 입출구부에 각 1공	FL 하 D/2 (D : 터널최대직경)	토질, 지형조건, 산악터널 등과 단층, 파쇄대 지층이 불규칙한 경우는 증감
	기본설계	3공 이상(터널 입출구부 포함)		
	실시설계	50m ~ 200m간격(터널 입출구부 포함)		
토취장 구간	기본계획	불필요	경암 5m까지	시험굴조사 : 5개소이상
	기본설계	2공/개소		
	실시설계			

주) 이 기준은 일반적인 사항이므로 최적설계를 위한 지반조사 자료를 도출하기 위한 조사가 시행되어야 하며 이는 지반공학분야 책임기술자의 판단에 의한다.

(3) 물리탐사 및 물리검층

- ① 정부 제정 전문분야별 설계기준을 준용하되, 필요시 항목 및 수량을 증감할 수 있다.
- ② 물리탐사 및 검층으로 측정되는 각종 측정값은 지반의 역학적, 공학적 성질을 그대로 나타낸 것이 아니고 전체의 지반상태를 나타내는 것이다.
- ③ 다른 조사를 병용해서 그 해석에 틀림이 없도록 한다.
- ④ 터널지반조사에서의 지구물리탐사는 다음 사항을 고려한다.
가. 탄성과 탐사를 수행할 경우에는 전파속도로부터 지층의 두께, 종류, 상대

적인 지반강도, 연약대 및 파쇄대 등에 관한 정보를 얻을 수 있도록 한다.
나. 전기탐사를 수행할 경우에는 지층의 특성 및 지하수의 영향 등을 고려하여 해석한다.

다. 지표 탐사에 비해 조사 심도가 깊고 분해능력을 높이기 위해서 터널설계에 필요하다고 판단되는 경우 시추공 내에 송신원 또는 수신기를 삽입하여 실시하는 시추공 지구물리탐사 기법을 적용한다.

라. 산악터널의 경우에는 제반여건을 감안하여 전기비저항 탐사와 탄성파탐사를 시행하여야 하며 토피고가 클 경우 가탐심도를 고려하여 전자탐사를 수행할 수 있다.

마. 갱구부, 저토피 계곡부와 같이 심도가 50m이내인 구간에는 굴절법 탄성파탐사를 시추조사와 병행 실시 할 수 있다.

⑤ 지구물리 검층 시에는 다음 사항을 고려한다.

가. 지구물리 검층 시에는 지질학적, 수문지질학적, 지반공학적 특성과 연계하여 구성암석, 균열상태(Fracturing), 지하수 유용과 물리·화학적 성질을 비롯한 제반 지반정보를 얻을 수 있도록 한다.

나. 지구물리 검층 자료는 해석을 용이하게 할 수 있도록 조밀하게 측정한다.

다. 지구물리 검층 시에는 측정 자료의 질을 유지할 수 있도록 안정적인 측정 시스템을 적용한다.

(4) 현장시험

① 일반적인 현장시험의 종류와 시험회수는 전문분야별 설계기준을 준용하되, 설계목적 상 그 외의 현장시험을 추가할 수 있으며 시험회수도 증가시킬 수 있다.

(5) 실내시험

① 실내시험은 지반조건, 구조물의 규모, 지형의 변화, 지질구조 등을 감안하여 시험방법을 선정하여야 한다.

② 토질시험은 한국산업규격(KS F)에 제시된 시험방법에 따라서 수행한다. 다만, KS F에 명시되지 않은 시험은 국제적으로 인정되는 「미국재료시험협회(American Society of Testing Materials : ASTM)」, 「미국도로교통공무원협회(American Association of State Highway and Transportation Officials : AASHTO)」 시험방법 등을 준용할 수 있다.

- ③ 암석시험은 채취된 암석시료의 공학적 특성과 설계정수를 결정하기 위하여 수행하며 시료의 제작 및 시험방법은 「한국산업규격(KS F)」, 「국제 암반역학회(International Society for Rock Mechanics : ISRM)」, 「미국재료시험협회(American Society of Testing Materials : ASTM)」 등 국제적으로 공인된 방법을 적용한다.

(6) 특수한 조건에서의 지반조사

- ① 갱도나 채굴적과 같은 인공적인 지하공동이나 석회암동굴, 용암동굴을 비롯한 자연적 지하공동이 분포할 것으로 예상되는 지역의 경우에는 필요시 토모그래피탐사나 중력탐사 등을 시행할 수 있다.
- ② 도심지 터널의 지하정거장과 같이 사람이 일정시간 이상 머무는 구간에 대해서는 라돈가스에 대한 영향분석을 실시하여야 한다.
- ③ 불안정한 지반조건을 갖는 지역에 대해서는 각각의 불안정 요인에 따라 조사방법과 수량을 계획하여 시행하여야 한다.
- ④ 토양오염이나 수질오염이 우려되는 지역일 경우 관련 오염항목, 수준 등을 고려하여 조사항목과 수량을 계획하여야 한다.

3.3.4 추가조사

- (1) 본조사 실시 후 설계변경 등 부득이한 사유가 발생하였을 경우 시추, 물리탐사, 실내시험 및 현장시험을 실시하여 본조사 결과를 보완하여야 한다.

3.3.5 시공중 조사

- (1) 시공중 조사는 예비조사와 본조사 단계에서 민원, 인허가, 기타 부득이한 사유나 기술적 한계로 인하여 조사가 시행되지 못한 경우 또는 시공 중 지반 변화가 예상되어 추가조사가 필요한 경우에 실시하여야 하며, 현장여건을 고려하여 필요한 지반정보가 얻어질 수 있도록 조사항목과 조사수량을 계획하여야 한다.
- (2) 시공중 조사의 목적은 교량기초 지지층의 출현심도 재확인, 깎기 비탈면 구간 지반상태 파악, 터널 굴진면 전방과 주변 지반상태 파악 등이며, 시공 중 관찰되는 노출된 지반상태를 분석하여 예기치 않았던 지반 변화나 시공중의 예측결과가 이상치를 보일 경우 반드시 필요한 추가 조사 및 시험을 실시하여야 한다.

- (3) 깎기비탈면과 터널의 경우 시공 중 굴착면과 막장면에 대한 불연속면조사(Geological Mapping)가 일상적으로 시행되어야 하며, 필요한 경우 감지공 천공(Feeler Hole), 수평시추 및 터널 내 물리탐사 등을 통하여 막장면 전방에 대한 지질특성을 조사할 수 있다. NATM터널의 록볼트를 포함한 지보패턴 변경은 지질매핑 등 시공 중 보완조사결과에 근거하여야 하며, 필요시 굴진면 전방조사를 통하여 보조공법 적용 여부를 판단하는 등 사전공사 준비에 필요한 자료를 제공하여야 한다.
- (4) 연약지반의 경우 개량효과를 확인하기 위한 시추조사 및 현장시험을 실시하여야 한다.

3.3.6 지반조사 성과의 정리

(1) 성과분석사항

- ① 지반조사 특성 자료의 획득, 기록, 분석은 주의 깊게 수행하여야 하며, 성과 분석 자료에는 지층단면, 지질평면 및 단면, 시추주상도, 지형구조, 지진활동, 수문학적 정보, 대상지역의 과거 붕괴이력, 설계정수 등을 포함하여야 한다. 지층변화가 심하거나 지반상태가 불량할 것으로 판단되면 이를 반드시 기록, 보고하여야 한다.
- ② 시료 채취, 운반 그리고 보관은 국내 또는 국제적인 공인 절차에 따라 수행하여 지반조사가 완료된 이후에도 관찰할 수 있도록 하여야 한다.
- ③ 설계정수는 시험값 뿐만 아니라 유사 지반조건에서 실시한 시험값, 적용사례, 연구논문 및 기술보고 등의 문헌자료를 면밀히 검토하여 평가하여야 한다.
- ④ 퇴적토층, 풍화토층을 비롯한 토사층은 「흙의 통일분류법(USCS : Unified Soil Classification System)」에 따라 세분하여야 한다.
- ⑤ 가능한 현장 시추자료에 대해 각각 암반분류를 수행하여 RMR과 Q값을 산정한 후 그 값들의 상관관계를 적용하여야 한다. 다만 자료가 부족할 경우를 대비하여 Bieniawski가 1976년 제시한 「 $RMR=9\ln Q + 44$ 」와 Barton이 1995년에 제시한 「 $RMR=15\log Q + 50$ 」을 활용하여 상호 보완할 수 있다.
- ⑥ 조사와 시험으로부터 수집된 제반정보를 종합적으로 분석하여 설계 및 공사목적에 부합하게 지층을 분류한다.

⑦ 암반 분류는 다음 중 필요한 사항을 선정하여 분류한다.

가. 압축강도

나. 탄성과 속도

다. 변형계수

라. RQD(Rock Quality Designation)

마. 불연속면의 간격 또는 빈도

바. 불연속면의 상태(거칠기, 풍화도, 연속성, 틈새, 충전물의 두께와 특성 등)

사. 불연속면의 주향 및 경사

아. 지하수 상태

자. 초기응력 상태

차. 암석종류, 풍화도, 수침시의 특성 등 암반의 거동특성에 영향을 주는 지반 특성

(2) 성과분석 시 고려사항

① 지표지질조사 결과는 응용지질도로 정리하여야 하며 응용지질도는 터널구간을 포함하는 광역지질도(축척 1/25,000)와 정밀응용지질도(축척 1/5,000)로 구분하여 작성한다. 응용지질도 작성 시에는 지표지질조사 결과뿐만 아니라 시추조사, 물리탐사, 각종 시험결과와 비교분석하여 암질, 지하공동, 암종경계, 지하수 특성의 사항이 터널설계에 반영될 수 있도록 고려하여야 한다.

② 시추조사 결과는 일정한 양식의 시추 주상도에 정리하여야 하며, 지층설명은 색조, N값, 강도, 풍화도, 균열상태, 암석명, TCR(Total Core Recovery), RQD 등을 포함하여 상세하게 기록하고 시추 주상도와 지구물리탐사 등 기타 자료를 참고하여 터널구간의 지층단면도를 작성한다.

③ 채취된 시료는 일정한 규격의 시료병이나 시료상자에 정리하여야 한다.

④ 시료상자에 정리된 시추코어는 암석의 색조, 상태, 절리 등의 관찰이 용이하도록 직상부에서 천연색으로 촬영하여 사진첩에 정리하여야 하며 대표적인 것은 지반조사 보고서에도 수록한다.

⑤ 공내재하시험, 수압시험, 투수시험, 초기응력 측정시험 등 현장시험이나 지구물리탐사의 결과는 각각 그 목적에 적합한 정보가 자세히 기록될 수 있는 일정한 양식에 정리한다.

제 4 장 흡구조물

제 4 장 흙구조물

4.1 일반사항

4.1.1 적용범위

- (1) 이 장은 고속철도 및 일반철도의 선로건조물로서 흙구조물을 신설하는 경우 깎기, 쌓기, 연약지반, 본선부속의 설계에 적용한다.
- (2) 이 장은 설계, 시공방법 및 현장조건(토질, 지형, 재료 등)이 일반적이고 보편적인 경우로써 공통적으로 적용할 수 있는 사항에 대하여 규정한 것이다.
- (3) 이 기준에 기재되지 않은 사항은 별도로 정하여 설계할 수 있다.

4.1.2 용어의 정의

- (1) 강화노반 : 상부노반의 일부를 입도 조정 부순 골재, 슬래그 등의 재료로 조성한 것을 말한다.
- (2) 깎기 : 원지반을 깎아 시공기면을 형성하는 작업을 말한다.
- (3) 낮은 쌓기 : 쌓기 중 시공기면에서 원지반면까지의 높이가 3.0m이하(고속철도) 또는 1.5m이하(일반철도)인 쌓기를 말한다.
- (4) 본바닥 : 쌓기 및 깎기를 하지 않고 원지반이 그대로 상부노반이 되는 상태를 말한다.
- (5) 비탈끝 : 비탈면의 아래 쪽 끝부분을 말한다.
- (6) 비탈면 : 지반의 경사진 면을 말하며 형성 기원에 따라 쌓기 또는 깎기로 만들어진 인공비탈면과 원래 지형이 경사진 자연비탈면으로 구분된다.
- (7) 비탈어깨 : 비탈면의 최상부를 말한다.
- (8) 사토 : 깎기 작업에서 발생한 지반 재료 중 쌓기에 부적합한 재료가거나 유용하고 남은 재료를 말한다.
- (9) 상부노반 : 시공기면으로부터 일정한 깊이(고속철도 3.0m, 일반철도 1.5m)까지 쌓기한 부분을 말한다.

- (10) 선로중심 : 임의의 위치에서 철도노선의 중심위치이며 시공기면폭의 중심위치를 말한다.
- (11) 소단 : 비탈면의 점검 및 유지관리를 위하여 비탈면 가운데 일정한 높이 간격으로 설치하는 수평단을 말한다.
- (12) 시공기면 : 철도노반 마무리면상 철도중심선의 연직방향 위치로, 일반적으로 설계도면에서 높이 기준면을 말한다.
- (13) 원지반 : 원래의 흐트러지지 않은 자연지반을 말한다.
- (14) 하부노반 : 상부노반의 아래 부분으로 원지반까지의 쌓기 부분을 말한다.

4.2 설계일반

4.2.1 일반사항

(1) 흙구조물의 기능

- ① 흙구조물은 열차가 안전하게 주행하기 위해 궤도를 견고하게 지지하여야 한다.
- ② 흙구조물은 적당한 탄성을 가지고 궤도를 지지하여야 한다.
- ③ 흙구조물은 원지반의 연약화를 방지하여야 한다.
- ④ 흙구조물은 철도하중을 원지반으로 분산전달 하여야 한다.
- ⑤ 흙구조물은 배수기울기를 두어 우기 시 신속하게 자연배수 되도록 하여야 하며, 흙구조물의 배수와 관련한 설계는 제7장 구교 및 배수 시설의 관련 내용에 따라야 한다.

(2) 흙구조물의 시공기면 폭 및 횡단기울기

- ① 흙구조물의 시공기면 폭은 열차하중의 분산범위, 노반의 차수성, 시공기면의 배수성, 시공성 등을 고려하여 설계한다.
- ② 흙구조물의 시공기면 폭은 철도건설규칙에 따라 직선구간과 곡선구간으로 구분한다.
- ③ 깎기 구간의 시공기면 폭은 본선수로 또는 측구에 접속하는 위치까지로 하고 옹벽이나 본선수로 콘크리트 등 본선부속구조물을 설치할 때에는 구축물이 접속하는 위치까지로 한다.
- ④ 시공기면의 횡단기울기는 우기 시 배수를 위해 시공기면 폭 중심에

서 선로횡단 측구방향으로 3%의 기울기로 한다.

- ⑤ 쌓기 구간의 시공기면 폭은 본선부속구조물을 설치할 때에 구조물이 접속하는 위치까지로 한다.
- ⑥ 전철일 경우 선로중심에서 시공기면 폭은 철도건설규칙 등 관계규정에 의하여 4.0m이상으로 한다.
- ⑦ 복선전철인 경우는 흙구조물 시공기면의 폭은 철도건설규칙에 의하여 설계하여야 한다.
- ⑧ 쌓기 구간의 시공기면 폭은 침하에 대한 여유폭 등을 고려하여야 한다.

4.2.2 흙구조물의 설계하중

- (1) 설계하중의 크기는 제8장 교량일반사항의 하중을 적용한다. 다만 특정 차량을 운전하는 선로에서는 그 차량의 중량 및 통과빈도 등을 고려하여 활하중을 정할 수 있다.
- (2) 고정하중의 산출에 사용되는 재료의 중량은 <표 4.2.1>~<표 4.2.3>의 값으로 하며, 실제중량을 측정한 것은 그 값을 사용하여야 한다.

표 4.2.1 재료 단위중량표(단위: kN/m³)

재료	단위중량	재료	단위중량	재료	단위중량
강재	77	목재	8	역청포장	23
주철	71	석재	26	석괴포장	26
철근, PC콘크리트	24.5	도상자갈	19	보통벽돌 쌓기	20
콘크리트	23	고로슬래그 부순돌	15	하수	10.5
시멘트, 모르터	21	방수용역청재	11	해수	10.3

제 4 장 흙구조물

표 4.2.2 사질토의 단위중량(단위: kN/m^3)

밀도상태	매우 느슨함	느슨함	중간상태	조밀함	매우 조밀함
N값	4이하	4~10	10~30	30~50	50이상
단위중량	11~16	14~18	17~20	17~22	20~23

주) 사질토의 단위중량은 실내시험 결과를 우선으로 하며, 그 결과가 없을 경우 사용한다. 또한 이 표에서 N값은 참고용이므로 설계값으로 사용해서는 안된다.

표 4.2.3 점성토의 단위중량(단위: kN/m^3)

컨시스턴시	매우 연약함 (very soft)	연약함 (soft)	중간 상태 (medium stiff)	견고함 (stiff)	매우 견고함 (very stiff)	고결 (hard)
N값	2이하	2~4	4~8	8~15	15~30	30이상
일축압축강도 (q_u , kN/m^2)	25이하	25~50	50~100	100~200	200~400	400 이상
단위중량	11~19		17~20	17~22		

주) 점성토의 단위중량은 실내시험 결과를 우선으로 하며, 그 결과가 없을 경우 사용한다. 또한 이 표에서 N값과 일축압축강도값은 참고용이므로 설계값으로 사용해서는 안된다.

4.2.3 암반상의 흙구조물

- (1) 연암 및 취약암에 물이 있을 경우 반복 하중을 받거나 또는 건습의 반복으로 노반이 매우 약해지기 때문에 강화노반 구조로 설계한다.
- (2) 연암과 취약암이 극도로 약해지는 원인은 비화(slaking) 및 팽윤(swelling) 작용 등이며 이러한 작용을 방지하기 위해 물의 침입 방지와 건습의 반복을 받지 않도록 하고 암반의 온도 변화가 적게 0.5m 정도의 피복을 설치하여야 한다.
- (3) 암반상의 노반면은 암반이 비화, 팽윤작용 등을 받기 전의 양호한 상태를 기준하고 있으므로 절취 후, 장기간 경과된 후에 노반공을 시공하는 경우는 비화 및 팽윤작용을 받은 부분을 제거하도록 하며 시공 중에도 배수에 충분히 주의하여 설계한다.

4.2.4 흙구조물 동상대책

- (1) 원지반 또는 동상이 발생할 수 있는 토질로 구성된 노반의 경우에는

동결깊이까지 동상이 발생하지 않는 재료로 치환하여야 하며 횡단구조물 상부에 위치한 노반의 경우 구조물 내부로 통과한 냉기류로 인한 동상에 대하여 대책을 마련하여야 한다.

- (2) 동결깊이는 <식 (4.2.1)>에 의해 추정할 수 있으나 필요한 경우에는 조사공을 설치하여 실측자료로 설계한다.

$$Z = 100 \times C \cdot \sqrt{F} \quad (4.2.1)$$

여기에서, Z : 동결깊이(m)

C : 정수(3~5)

F : 동결지수(°C · days), <표 4.2.4> 참조

- (3) 자갈케도에서의 동결깊이는 상부노반 상면으로 부터의 깊이이며 강화노반은 동결깊이에 포함한다.
- (4) 콘크리트케도에서의 동결깊이는 보조도상콘크리트층(Hydraulically Stabilized Base)의 양쪽 측면에 토공 또는 자갈을 포설할 경우에는 그 상면으로 부터의 깊이로 하고, 보조도상콘크리트층이 상부노반 상면 위에 있을 경우는 상부노반 상면으로 부터의 깊이로 한다.
- (5) 성토구간에서 지하수위대가 쌓기 두께 내에 존재하지 않고, 쌓기용 재료가 양호할 경우 동상이 발생되지 않으므로 쌓기 높이가 2.0m 이상인 성토구간에서는 동상방지층을 생략할 수 있다.

4.2.5 부대설비

- (1) 측구 및 케이블 트러프 등의 연속하는 부대설비에는 충분한 강도를 가진 덮개를 설치하고, 그 설치 위치는 노반면과 동일 평면에 또는 노반에 접하는 위치로 한다.
- (2) 덮개는 노반면에 접하여 설치하고 노반표면에서의 배수가 직접 측구에 유입하도록 한다.
- (3) 측구와 케이블 트러프를 병설하는 경우, 케이블 트러프로 유입된 물이 측구로 신속히 배수되도록 한다.

제 4 장 흙구조물

표 4.2.4 측후소 지반고, 동결지수 및 동결기간

지 역	측후소 지반고(m)	동결지수 (℃ · 일)	동결기간 (일)	지 역	측후소 지반고(m)	동결지수 (℃ · 일)	동결기간 (일)
속초	17.6	181.6	66	합천	32.1	193.0	62
대관령	842.0	873.8	127	거창	224.9	278.2	74
춘천	74.0	539.0	92	영천	91.3	237.8	64
강릉	26.0	167.2	57	구미	45.5	278.1	76
서울	85.5	380.9	80	의성	73.0	425.2	78
인천	68.9	354.7	78	영덕	40.5	138.8	57
원주	149.8	613.0	94	문경	172.1	279.4	55
울릉도	221.1	129.3	32	영주	208.0	417.8	77
수원	36.9	468.4	79	성산포	17.5	-	-
충주	69.4	528.4	89	고흥	60.0	83.5	49
서산	26.4	313.2	76	해남	22.1	102.6	49
울진	49.5	121.6	57	장흥	43.0	130.1	52
청주	59.0	411.6	78	순천	74.0	179.9	64
대전	67.2	317.7	68	남원	89.6	272.4	67
추풍령	245.9	303.9	78	정읍	40.5	223.9	61
포항	2.5	98.5	52	임실	244.0	420.3	86
군산	26.3	194.9	61	부안	7.0	244.7	61
대구	57.8	160.9	54	금산	170.7	372.5	77
전주	51.2	233.5	61	부여	16.0	330.0	74
울산	31.5	83.6	46	보령	15.1	254.8	76
광주	73.9	141.4	55	아산	24.5	405.4	78
부산	69.2	49.6	27	보은	170.0	461.7	76
통영	25.0	37.4	27	제천	264.4	610.2	91
목포	36.5	75.6	33	홍천	141.0	635.4	98
여수	67.0	62.2	31	인제	199.7	614.5	91
완도	37.5	38.1	26	이천	68.5	511.0	89
제주	22.0	4.1	3	양평	49.0	619.7	91
남해	49.8	74.3	38	강화	46.4	486.2	89
거제	41.5	52.1	39	진주	21.5	132.8	51
산청	141.8	141.8	49	서귀포	51.9	-	-
밀양	12.5	180.2	62	철원	154.9	685.0	109

4.3 쌓기

4.3.1 일반사항

(1) 쌓기 두께

- ① 쌓기 시 한 층의 마무리 두께는 다짐규정을 만족하는 두께로 0.3m를 넘지 않도록 한다.
- ② 소요 다짐도를 만족하기 위한 적당한 한층 두께는 쌓기 재료, 다짐기계, 다짐회수 등에 따라 다르므로 실제 시공 전에 시험다짐시공에 의해 반드시 확인할 필요가 있다.
- ③ 쌓기 높이의 적용한계는 지지지반, 지형 및 지반지질, 지반모양, 쌓기 재료, 주변 환경조건, 건설비 및 보수비 등을 고려하여야 설계하여야 한다.

(2) 쌓기 재료

- ① 쌓기, 되메우기 및 뒤채우기에 사용할 재료는 압축성이 작고 활성도가 작은 무기질 흙이어야 하며 다짐이 쉽고 외력에 안정성을 확보해야 한다. 또한 유해한 변형이 발생하지 않는 재료를 사용한다.
- ② 일반철도와 고속철도 쌓기 재료는 <표 4.3.1>, <표 4.3.2>, <표 4.3.3>에 적합하여야 한다.

표 4.3.1 일반철도, 고속철도 쌓기 재료의 구분

구분	쌓기 재료로 사용가능한 재료			쌓기 재료로 사용할 수 없는 재료
	자갈궤도		콘크리트궤도	
	일반철도	고속철도		
상부 노반	[A군], [B군], 안정처리된[C군]	[A군], 안정처리된[B군], 안정처리된[C군]	[A군], 안정처리된 [B군]	[D2군] 및 주 ¹⁾ 의 흙
하부 노반	[A군], [B군], [C]군, 안정처리된 [D1군]	[A군], [B군], [C군]	[A군] 안정처리된 [B군]	

- 주¹⁾: a) 벤토나이트, 산성백토, 은천여토 등의 팽창성 흙, 암
 b) 사문암, 이암 등으로서 흡수 팽창에 의해 풍화가 현저한 암
 c) 고유기질토 등의 압축성이 높은 흙
 d) 동토

제 4 장 흙구조물

표 4.3.2 쌓기 재료의 강도정수 기준값

흙의 종류 (통일 분류법)	재료의 상태	건조단위중량 (kN/m^3)	내부 마찰각 (도)	점착력 (kN/m^2)
GW, GP	다진 것	20	40	0
SW, SP	입도분포가 좋은 것	20	35	0
	입도분포가 나쁜 것	19	30	0
SM, SC	다진 것	19	25	30이하
ML, MH, CL, CH	다진 것	18	15	50이하

표 4.3.3 쌓기 재료의 군분류

군기호	토질 및 암질
[A군]	GW, GP, GW-GM, GP-GM, GW-GC, GP-GC, GM, SW, SW-SM, SP-SM, SW-SC, SP-SC, 경암버력(박리성이 높은 것은 제외)
[B군]	GC, SP, SM, SC, 경암버력(박리성이 높은 것), 연암버력, 취약암버력([D2]군에 포함한 것은 제외)
[C군]	ML, CL, 유기질, 세립토를 함유한 조립토
[D1군]	MH, CH, 취약암버력(점토화하고 있는 것, 시공 후 풍화가 진행하고 또는 전압에 의해 이토화한 것)
[D2군]	OL, OH, Pt

주) 암석버력 및 암석질 재료의 최대입경은 300mm로 한다.

- ③ 쌓기와 구조물의 접속부 재료는 구조물 접속부에 규정된 재료의 기준을 만족해야 한다.
- ④ 쌓기 재료로서 고로슬래그, 탄광 또는 선광 작업 후 잔류분, 석탄회 및 기타 산업부산물 등이 사용될 수 있다. 이때 쌓기 재료로서의 적합성과 환경에 미치는 영향 등에 대한 검토가 반드시 이루어져야 한다.
- ⑤ 암석 쌓기를 위한 쌓기 시험시 재료에 대한 일반사항은 다음과 같다.
 - 가. 재료원: 본선암 유용
 - 나. 암질 : 연암 및 경암 사용
 - 다. 최대입경: 300m이하(시험시공 후 시공성 및 경제성을 고려하여 최

종적으로 결정하여야 한다)

(3) 쌓기 재료의 군분류

- ① 쌓기의 재료는 <표 4.3.3>과 같이 분류하고 조건에 부합되는 양질의 재료를 이용하여야 한다.
- ② 쌓기 재료는 토질 재료, 암석질 재료의 사용가능 여부, 적용조건 등에 따라 <표 4.3.4>과 같이 분류한다.
- ③ 자갈케도와 콘크리트케도에 대한 흙쌓기 상부노반과 하부노반의 재료 요건은 <표 4.3.5>와 같다.

표 4.3.4 쌓기 재료의 군분류별 공학적 특성

군분류	공학적 특성
[A군]	재하시험에 의한 소정의 다짐도가 손쉽게 확보될 수 있고 잔류침하가 극히 작으며 열차의 반복되는 하중에 의한 소성변형, 탄성변형량이 작은 쌓기에 가장 적합한 양질의 재료이다. 단, 세립분의 함유율이 많은 것 (30% 정도이상)에서는 다짐도의 확보에 주의가 필요하다.
[B군]	재하시험에 의한 소정의 다짐도가 손쉽게 확보될 수 있고 자중에 의한 압축침하가 장기간에 달하는 일이 없으며, 재료에 적절한 안정처리 공법을 시행함에 따라 노반의 다짐도를 손쉽게 확보될 수 있는 시공성이 양호한 재료로 쌓기에 적절하다.
[C군]	유기물을 포함하고 있는 역질토나 세립토로서 액성한계가 낮은 흙으로 시공관리를 충분히 하면 노반의 다짐도가 확보된다. 또한 재료에 적절한 안정처리 공법을 시행함에 따라 소정의 노반의 다짐도를 확보할 수 있다. 압축성 등의 점에서는 [B군]보다 떨어지고 보통 흙으로 쌓기 재료에 사용 가능한 최저한의 흙이다.
[D1군]	압축성이 높고, 시공성이 불량하여 쌓기에 사용하는 경우 안정처리가 필요한 흙이다. 상부노반에 이용하는 경우에는 다른 양질인 재료를 구입하는 것보다도 안정처리하여 사용하는 쪽이 유리한 경우에는 충분한 조사와 시험시공을 하여 사용하는 것으로 한다.
[D2군]	[D1군]과 마찬가지로 압축성이 높고, 시공이 불량하여 쌓기에 사용하는 경우 안정처리가 필요한 흙이다. 유기질계이므로 [D1군]에 비해 안정처리하기 어려운 재료이므로 일반적으로 사용하지 않는 것이 좋다.
팽창성 흙:	쌓기 재료로 사용할 수 없는 재료로써 팽창성이란 흙수 및 응력제거의 결과, 결빙기체적이 증가하는 것을 말한다. 팽창성 흙과 암석의 대표적인 것에는 벤토나이트, 산성백토, 온천여토, 팽윤성 이암 및 응회암, 엽편상 및 점토상 사문암, 점토상 편암 등이 있다.

표 4.3.5 흙쌓기 재료 요건

구분	자갈래도		콘크리트래도	
	상부노반	하부노반	상부노반	하부노반
최대입경	100mm이하	300mm이하	100mm이하	300mm이하
수정CBR	10이상	2.5이상	10이상	2.5이상
5mm체(4번체) 통과율	25~100%	-	25~100%	25~100%
0.08mm체(200번체) 통과율	0~25%	-	0~25%	0~25%
소성지수	10이하	-	10이하	10이하

④ 세립분의 함량은 시험시공을 통하여 조정할 수 있으며, 쌓기에는 다음과 같은 재료를 사용해서는 안 된다.

가. 벤토나이트, 온천여토, 산성백토, 유기질토 등 흡수성이 크며 압축성이 큰 흙

나. 빙토, 빙설, 초목, 나무등걸 및 다량의 부식물을 함유한 흙

다. 소요의 다짐도로 다져질 수 없을 만큼 너무 젖어 있고, 공사에 사용하기 전에 원위치에서 건조시킬 수 없는 재료

라. 액성한계 50%이상 되는 재료, 건조단위중량 15kN/m^3 이하인 재료, 간극률이 42%이상, 소성한계가 25%이상인 흙

마. 기타 사용에 부적합한 재료

(4) 쌓기 구분

① 쌓기 형상은 <그림 4.3.1>과 같으며 상부노반과 하부노반으로 구분된다.

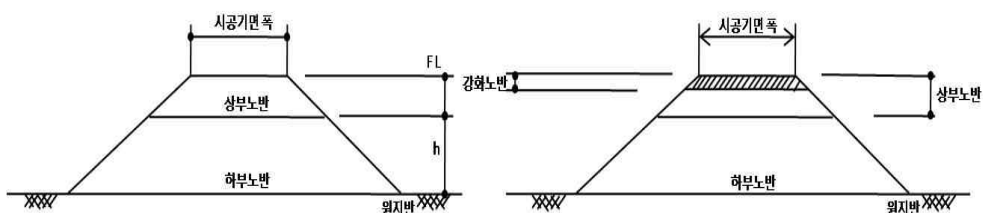


그림 4.3.1 쌓기 형상

② 쌓기의 상부노반은 시공기면으로부터 고속철도는 3.0m, 일반철도는 1.5m로 한다.

③ 하부노반은 상부노반 아래 부분부터 원지반까지의 쌓기 노반이다.

(5) 쌓기 비탈면 및 사면안정

① 쌓기 비탈면의 기울기는 설계속도, 궤도조건 등에 따라 <표 4.3.6>의 값을 표준으로 설계하여야 한다.

표 4.3.6 쌓기 비탈면의 표준기울기

시공기면까지의 높이(H)		일반철도 (자갈궤도)	고속철도 (자갈·콘크리트 궤도)
일반철도	고속철도		
H<5.0m	H<3.0m	1 : 1.5	1 : 1.8
5.0m≤H<10.0m	3.0m≤H<9.0m	1 : 1.8	1 : 1.8
10.0m≤H<15.0m	9.0m≤H<15.0m	1 : 2.0	1 : 2.0
H≥15.0m	H≥15.0m	1 : 2.3	1 : 2.3

② 쌓기 비탈면의 최종 기울기는 쌓기 지지지반의 형상 및 강도 등을 고려한 사면안정을 해석하여 결정하여야 하며 실제 시공시 변경된 사항이 있을 경우에는 반드시 재설계를 하여야 한다.

③ 소단은 일반철도의 경우 시공기면에서 매 5m마다 설치하고, 고속철도는 상부노반 쌓기와 하부노반 쌓기의 경계에 설치하고 다음 6.0m 높이마다 설치한다. 이때 일반철도와 고속철도의 소단 폭은 1.5m로 하고 외측으로 향하는 5%의 횡단기울기를 둔다. 그러나 결정된 소단의 위치가 쌓기 지지 지반면에서 3.0m이하인 경우에는 그 소단을 생략해도 좋다.

④ 쌓기 비탈면 붕괴 시 복구가 어렵거나 시간이 많이 소요되는 대규모 쌓기 비탈면의 경우에는 내진안정해석을 하여야 한다.

⑤ 쌓기 비탈면에 대한 기준안전율은 「건설공사 비탈면 설계기준(국토

해양부, 2009)」에 따르며 <표 4.3.7>과 같이 적용하여야 한다.

표 4.3.7 쌓기 비탈면 안전율 기준

구분	기준안전율	참조
건기	FS>1.5	· 지하수가 없는 것으로 해석
우기	FS>1.3	· 일반적인 쌓기 비탈면은 별도의 지하수위 조건 없음 한쪽 쌓기 한쪽 깎기 비탈면에서는 측정한 지하수위 또는 침투해석을 통한 지하수위를 이용하여 해석 · 쌓기 표면에 강우침투가 발생하는 경우에는 강우침투를 고려한 해석 실시
지진시	FS>1.1	· 지진관성력은 파괴토체의 중심에 수평방향으로 작용 · 지하수위는 실제 측정 또는 침투해석을 수행한 지하수위
단기	FS>1.1	· 기간 1년 미만의 단기간의 안정성 검토 시
<ul style="list-style-type: none"> · 쌓기 비탈면의 경우에는 필요시 우기 시 안전율을 검토하고 건기 시의 안전율도 만족하도록 설계함 · 강도정수를 최대강도가 아닌 잔류강도로 해석한 경우 : 위 기준에서 0.1 감소 · 비탈면 상하부 파괴범위 내에 가옥, 건물 등의 고정시설물이 있는 경우 : 위 기준에서 0.05 증가 · 비탈면 상부 파괴범위 내에 1, 2종 시설물의 기초가 있는 경우 : 별도 검토 · 상기 조건을 중복 적용하여 FS<1.1 인 경우에는 최소 안전율 1.1 적용 		

(6) 다짐

① 일반사항

가. 상부노반 및 하부노반 다짐은 각각 규정된 다짐 재료 및 다짐 요구 조건에 만족하도록 설계하여야 한다.

나. 원지반이거나 깎기한 시공기면은 최소 150mm깊이로 표면을 긁고 1중 다짐으로 설계한다.

다. 쌓기 다짐은 시공기면과 쌓기 비탈면을 고르게 다짐이 되도록 설계하여야 한다.

라. 종방향 및 횡방향의 깎기와 쌓기 접속부 등도 고르게 다짐하도록 설계하여야 한다.

마. 건조단위중량을 기준으로 상대다짐도를 규정할 경우에는 반드시 현

장 및 실내 다짐시험을 시행하도록 설계하고 사용재료와 다짐도는 쌓기 조건에 따라 적합하게 하여야 한다.

바. 현장에서 적절한 쌓기 시공에 필요한 작업기준을 결정하기 위해서는 시공에 앞서 시험다짐 시공을 수행하도록 설계하여야 한다.

② 일반철도

가. 상·하부노반의 흙노반 다짐은 <표 4.3.8>에 적합하여야 한다.

표 4.3.8 일반철도 상·하부노반의 다짐도 품질기준

시험항목	시험방법	상부노반	하부노반
평판재하	KS F 2310	$k_{30} \geq 110\text{MN/m}^3$	$k_{30} \geq 70\text{MN/m}^3$
다짐	KS F 2312의 D방법	최대건조밀도의 95% 이상	최대건조밀도의 90% 이상

나. 다짐 시 한 층의 마무리 두께는 300mm이며 시험시공을 통해 조정할 수 있다.

다. 일반철도 상·하부노반의 현장 품질관리 항목 및 시험빈도는 <표 4.3.9>과 같다.

표 4.3.9 일반철도 상·하부노반의 현장 품질관리 항목 및 시험빈도

시험항목	시험방법	시험빈도
평판재하	KS F 2310	<ul style="list-style-type: none"> · 상부노반: 층별 500m³ 마다 · 하부노반: 층별 1,000m³ 마다
현장밀도	KS F 2311	
다짐	KS F 2312의 D 방법	· 토질변화 시 마다
두께 측정		· 1일 1회 이상

③ 고속철도

가. 상·하부노반의 흙노반 다짐은 <표 4.3.10>의 기준에 적합하여야

한다.

표 4.3.10 고속철도 상·하부노반의 다짐도 품질기준

시험항목	시험방법	자갈·콘크리트궤도	
		상부노반	하부노반
평판재하	DIN 18 134	$E_{v2} \geq 80\text{MN/m}^2$ $E_{v2}/E_{v1} < 2.3$	$E_{v2} \geq 60\text{MN/m}^2$ $E_{v2}/E_{v1} < 2.7$
다짐	KS F 2312의 D방법	최대건조밀도의 95% 이상	최대건조밀도의 90% 이상

나. 다짐 시 한 층의 마무리 두께는 300mm이며 시험시공을 통해 조정할 수 있다.

다. 고속철도 자갈궤도의 노반의 현장 품질관리 항목 및 시험빈도는 각각 <표 4.3.9>를 따른다.

라. 고속철도 콘크리트궤도의 상·하부노반의 현장 품질관리 항목 및 시험빈도는 각각 <표 4.3.11>와 같다.

표 4.3.11 고속철도 콘크리트궤도의 상·하부노반 현장 품질관리 항목 및 시험빈도

시험항목	시험방법	시험빈도
평판재하	DIN 18 134	· 상부노반: 다짐 3층당, 노반의 선로종단 길이 50m마다
현장밀도	KS F 2311	· 하부노반: 다짐 5층당, 노반의 선로종단 길이 50m마다
다 짐	KS F 2312의 D방법	· 토질변화 시 마다
두께측정		· 1일 1회 이상

(7) 쌓기 층두께 관리재

- ① 쌓기 층마다 마무리 면에 층두께 관리재를 부설할 수 있다. 그러나 쌓기 재료가 경암버력 또는 자갈인 경우에는 부설하지 않는다.
- ② 층두께 관리재는 요구되는 재질, 강도, 인장 변형율, 내후성 등을 만족하는지 반드시 확인하여 설계하여야 한다.

(8) 쌓기와 구조물 접속부

- ① 쌓기가 교대나 터널, 횡단구조물에 접하는 경우에는 반드시 접속부를 설치하도록 설계하여야 한다.
- ② 접속부는 강화노반 재료와 동등한 재료를 사용하여 설계하여야 한다.
- ③ 쌓기와 구조물이 접하는 부분에 분기기 설치시는 접속부를 분기기까지 연장하고 사각구조물에서는 좌우 궤도강성의 균일성을 유지하도록 설계하여야 한다.

(9) 경사지 쌓기

- ① 원지반의 기울기가 1:4보다 급한 기울기를 가진 지반 위에 쌓기를 하는 경우에는 쌓기 지반과 원지반면이 밀착되도록 시공하고 지반변형과 활동을 방지하기 위하여 원지반면을 층따기하여야 한다.
- ② 층따기의 표준치수는, 기초지반이 토사인 경우에는 최소높이 0.6m 이상, 최소폭 1.0m(기계 토공사 시에는 3.0m이상)으로 하고, 암반인 경우에는 층따기 깊이를 암표면으로부터 연직으로 최소 0.4m로 하여야 한다.
- ③ 기초지반에 침출수가 있는 경우에는 원지반에 접한 쌓기 부분에 투수성 재료를 사용하거나 배수층을 설치하고 비탈끝에는 쌓기가 붕괴되지 않도록 돌쌓기 등으로 설계하여야 한다.

(10) 연약지반 위에 쌓기

- ① 쌓기 시 지지지반이 쌓기 지지지반으로서의 조건을 만족시키지 못하는 경우에는 원지반 조건이 만족하는 깊이까지 치환하거나 연약지반 처리대책으로 설계하여야 한다.
- ② 연약지반 처리대책으로 설계할 때에는 지반특성, 시공조건, 노선 특성 등을 고려하여야 한다.
- ③ 연약지반 처리대책으로 설계할 때에는 지반개량 목적, 공법의 특성, 지반 조건 등을 고려하여 가장 합리적이고 경제적인 방법으로 하여야 한다.
- ④ 연약지반 위에 쌓기는 파괴에 대한 안정성과 과도한 침하 또는 변형으로 파괴요인이 구분되며, 이를 고려하고 주변 지반에 미치는 영향에도 유의하여 설계하여야 한다.

- ⑤ 연약지반 위에 쌓기의 설계 당시에는 주어진 지반조건 및 배수조건과 관련된 설계정수들을 정확히 추정하는 것이 어려우므로 실제 시공 시 반드시 침하 및 안정성을 확인하도록 계측기 설치 및 관리 방안을 강구하여야 한다.

(11) 흙쌓아넓히기

- ① 기존 쌓기 노반을 쌓기로 넓히는 경우 신설할 궤도의 넓이(또는 폭) 범위는 시공기면부터 최소 1.0m 이상을 상부 노반재료로 치환하여야 한다.
- ② 가설 토류벽을 이용하여 치환부를 깎기하는 경우에는 토압이나 열차하중을 고려하여 안정검토를 하여야 한다.
- ③ 기존 쌓기 비탈면을 깎기가 어려운 경우는 기존선 열차운행에 안전한 방토설비를 하여야 한다.
- ④ 기존 쌓기면은 신설 쌓기 마무리 두께의 2배(0.6m) 높이로 층따기를 하여야 한다.

(12) 암석 쌓기

- ① 암석 쌓기를 위한 재료는 연암 또는 경암이어야 하며 상부노반과 하부노반에 암반의 간극이 충분히 메워질 수 있도록 입도를 조정하여 설계하여야 한다.
- ② 암석 쌓기를 위한 재료 및 다짐방법은 반드시 시험시공을 한 후 시공성 및 경제성을 고려하여 최종 결정하여야 한다.
- ③ 시공기면에서 0.6m 깊이까지는 암버력으로 하여서는 안 된다.
- ④ 암석 쌓기 위에 상부노반을 세립재료로 쌓는 경우에는 휠터의 역할을 충분히 할 수 있는 입상재료를 사용하여 암석쌓기 재료의 입도를 조정하여 성능을 확보할 수 있도록 설계하여야 한다.

(13) 방치기간

강화노반이나 궤도가 쌓기 침하에 의하여 받는 영향을 줄이기 위하여 <표 4.3.12> 에 표시한 방치기간을 설정하여야 한다. 또한, 침하계측자료로부터 예측된 침하량이 허용값을 만족하지 못할 경우 대책 공법을 실시하여야 한다.

4.3.12 쌓기의 방치기간

쌓기 재료 쌓기 지반	상, 하부 쌓기에서 [A군]재료의 경우	기타의 경우
세 립 토	3개월 이상	6개월 이상
상기 이외의 지반	1개월 이상	3개월 이상

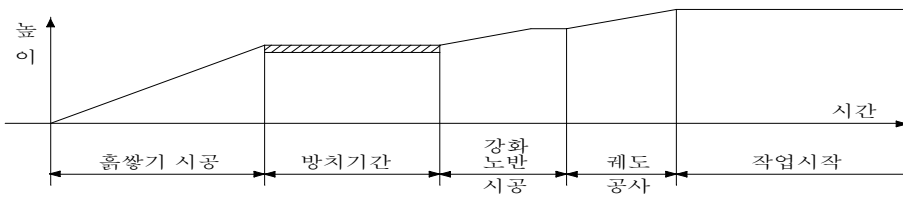


그림 4.0.0 방치기간

4.3.2 접속부 지반 처리

(1) 깎기와 쌓기의 접속부

- ① 노반과 궤도를 지지하는 조건이 급격하게 변화는 것을 피할수 있게 깎기와 쌓기 접속부, 교량과 토공노반 및 터널과 토공노반 접속구간은 완충구간을 설치하도록 설계 하여야 한다.
- ② 원지반면의 종단방향 경사가 1:1.5보다 완만하도록 원지반을 깎기하여야 하며 깎기한 원지반면은 층따기를 하여야 한다.
- ③ 현장여건상 깎기가 곤란한 경우는 쌓기부에 어프로치 블록(Approach block)을 설치하도록 설계하여야 한다.
- ④ 깎기와 쌓기의 접속부에는 필요시 배수공을 설치하여야 한다.
- ⑤ 특히 종단 기울기가 변화하는 변곡점부에는 노반의 연약화를 방지하기 위한 횡단배수 유도관을 설치하여 배수처리를 하여야 한다.

(2) 한쪽 깎기 및 한쪽 쌓기

- ① 시공기면이 깎기와 쌓기에 모두 해당되는 경우에는 궤도 아래의 침목 끝 양측에 도상 두께를 더한 범위가 쌓기와 깎기의 양쪽에 모두 걸친 경우는 그 범위에 대하여 시공기면으로부터 최소 1.0m의 깊이까지 원지반을 깎기하여 쌓기 재료로 치환하여야 한다.

- ② 쌓기 지반이 경사져 있는 부분에는 0.6m 높이로 층따기를 한다.
- ③ 상황에 따라 필요시 배수공을 설치하여야 한다.

4.3.3 강화노반

(1) 기능 및 설계요구 조건

- ① 강화노반은 궤도를 충분히 견고하게 지지하는 것과 함께 궤도에 대하여 적당한 탄성을 부여하고, 강화노반 하부의 노반 연약화를 방지하도록 설계하여야 한다.
- ② 강화노반은 상부노반이 견딜 수 있는 정도로 하중을 분산시킴과 함께 상부노반에 대한 우수의 침입을 방지하기 위해 차수의 기능을 갖도록 하여야 한다.
- ③ 강화노반이 충분히 다짐되어 도상자갈의 관입이 발생하지 않도록 설계하여야 한다.
- ④ 우수가 강화노반에 침투하여도 간극수압의 상승을 일으키지 않아야 한다.

(2) 구조

- ① 강화노반은 노반의 지지력을 확보하기 위해 상부노반내의 윗부분에 설치된다.
- ② 강화노반은 보조도상층과 입도조정층으로 구성된다.
- ③ 보조도상층은 궤도를 직접 지지하는 층으로 노반의 지지력을 확보하며 배수가 원활히 되도록 설치하여야 한다.
- ④ 입도조정층은 동상방지의 목적으로 지역별 동결심도를 고려하여 동상영향을 평가하여 적절한 두께가 되도록 설계하여야 한다.
- ⑤ 강화노반은 평지 및 깎기 구간에 필요에 따라서 강화노반 하부에 배수층을 설치한다.

(3) 강화노반 폭

- ① 강화노반 폭은 강화노반 표면에 배수경사를 설치한 상태에서 궤도중심으로부터 시공기면 끝단까지 설계하여야 한다.
- ② 곡선구간은 캔트에 의해 도상하단이 넓어지므로 이를 고려하여 설계하여야 한다.
- ③ 측구, 방음벽, 안전울타리 등은 강화노반에 접하여 설치하도록 설계

하여야 한다.

- ④ 기본사항 이외의 폭과 결붙이기에 대한 사항은 별도의 안정성을 검토하여 설계하여야 한다.

(4) 강화노반 두께

- ① 강화노반 두께는 궤도구조, 열차속도, 상부노반 또는 원지반의 지반 특성 및 동결심도에 대해 안정하도록 설계하여야 한다.
- ② 강화노반 두께는 <표 4.3.11>과 같이 열차설계속도, 도상조건 등을 고려하여 일반철도, 고속철도로 구분하여 설계하여야 한다.

표 4.3.11 고속철도와 일반철도의 강화노반 두께(mm)

궤도조건 노반형상			자갈궤도				콘크리트궤도	
			일반철도		고속철도			
			보조 도상층	입도 조정층	보조 도상층	입도 조정층	보조 도상층	입도 조정층
쌓 기	일반 철도	$k_{30} \geq 110\text{MN/m}^3$	200	-	200	200~300	200	200~300
	고속 철도	$E_{v2} \geq 80\text{MN/m}^2$						
꺾 기 및 평 지	일반 철도	$k_{30} \geq 110\text{MN/m}^3$	200	-	200	200~450	20	200~450
	고속 철도	$E_{v2} \geq 80\text{MN/m}^2$						

- ③ 암반상의 강화노반은 <표 4.3.12>과 같이 일반철도와 고속철도로 구분하여 설계하여야 한다. 꺾기 구간 중 암반이 100m이상 나타날 경우 강화노반은 원칙적으로 설치하지 않는 것으로 하되, 균열 상태, 풍화 및 암반의 특성에 따라 <표 4.3.12>을 적용할 수 있다. 또한, <그림 4.3.2>와 같이 변화구간을 두어 강성차이에 따른 침하량을 최소화하여야 한다.
- ④ 특수한 노반조건인 경우는 역학적 및 경험적 설계를 통해 별도의 두께로 설계하여야 한다.

표 4.3.12 암반상의 강화노반 두께(mm)

구분	자갈궤도				콘크리트궤도	
	일반궤도		고속궤도			
	보조 도상층	입도 조정층	보조 도상층	입도 조정층	보조 도상층	입도 조정층
암반구간 (중경암 및 경암)	200	-	200	150~250	200	150~200

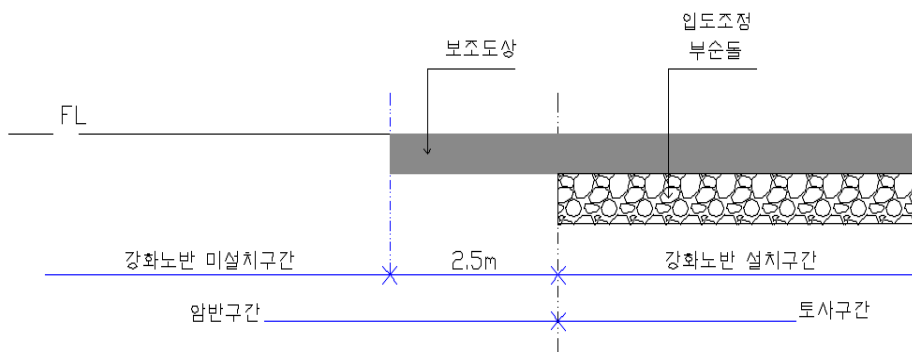


그림 4.3.2 변화구간

- ⑤ 강화노반 두께가 변화하는 개소에는 열차의 인접 대차 사이의 거리만큼의 완화구간을 설정하여 두께를 변화시켜 설계하여야 한다.

(5) 재료

- ① 강화노반 재료는 압축성이 작고 입도 분포가 양호한 재료를 사용하며, 견고하고 내구성을 가진 재료 및 공사 감독자가 승인한 규정에 적합한 재료로 한다.
- ② 위의 재료와 다른 종류의 재료를 이용하는 경우는 지지력, 내구성 등을 검토하여 상기의 노반재료와 동등이상의 성능을 가지는 것으로 하여야 한다.
- ③ 혈암, 점판암, 이암, 사암 등과 같은 강도가 현저히 낮거나 박리현상이 뚜렷한 암은 사용해서는 안 된다.

④ 일반철도 보조도상층 재료

가. 보조도상층은 KS F 2525(도로용 부순 골재)의 입도 조정 부순 골

재(M-40, M-30, M-25)의 규정에 적합한 재료로 한다.

- 나. 비중, 흡수량 및 마모감량은 KS F 2503(굵은 골재의 비중 및 흡수율 시험방법), KS F 2508(로스엔젤레스 시험기에 의한 굵은 골재의 마모 시험 방법)에 의해서 시험하고 <표 4.3.13>에 적합한 것으로 한다.

표 4.3.13 일반철도의 보조도상층 재료의 품질

비중	흡수량(%)	마모감량(%)
2.45이상	3.0이하	35 이하

- 다. 소성지수는 KS F 2303(흙의 액성한계, 소성한계 시험)에 의해서 시험하고 비소성(NP: Non Plastic)이어야 한다.
- 라. 함수량은 다짐할 때에 소요 밀도가 확실히 얻어지는 범위의 것이어야 한다.
- 마. 입도는 KS F 2502(골재의 체가름 시험), KS F 2511(골재에 포함된 잔 입자 시험)에 의해 시험하고, <표 4.3.14>에 적합한 것으로 한다.
- 바. 보조도상층 재료로 활용할 수 있는 철강 슬래그는 KS F 2535(도로용 철강 슬래그)에서 수경성 입도 조정 고로 슬래그와 입도 조정 철강 슬래그의 2종류로 한다.

표 4.3.14 보조도상층 재료의 입도

구분			체를 통과하는 물질의 질량 백분율(%)									
종류	호칭명	입도범위(mm)	표준망체(mm)									
			53	37.5	31.5	26.5	19.0	13.2	4.74	2.36	0.425	0.075
입도조정부순골재	M-40	40~0	100	95~100	-	-	60~90	-	30~65	20~50	10~30	2~10
	M-30	30~0		100	95~100	-	60~90	-	30~65	20~50	10~30	2~10
	M-25	25~0		-	100	95~100	-	55~85	30~65	20~50	10~30	2~10

제 4 장 흙구조물

사. 보조도상층 재료로 사용되는 수정성 입도 조정 고로 슬래그 (Hydraulically and Mechanically Stabilized Slag-25: HMS-25)와 입도 조정 철강 슬래그(Mechanically Stabilized Slag-25: MS-25, MS-40)를 사용하고 품질 및 입도분포는 <표 4.3.15>, <표 4.3.16>과 같다.

표 4.3.15 보조도상층용 고로 슬래그의 품질

종류	수정 CBR ^{*1} (%)	일축압축강도 ^{*2} (kN/m ²)	단위중량 ^{*3} (kN/m ³)	마모감량	흡수율 (%)
수정성 입도 조정 고로 슬래그(HMS-25)	80이상	2주 강도에서 1,200이상	15이상	35%이하	-
입도 조정 철강 슬래그 (MS-40, MS-25)	80이상	-	15이상	35%이하	3.5이하

주) 입도는 KS F 2502 「골재의 체가름 분석 시험」에 의한다.

*1 수정 CBR 시험은 KS F 2320에 의한다.

*2 일축 압축 강도 시험은 KS F 2535의 부속서 B에 의한다.

*3 단위중량 시험은 KS F 2505에 의한다.

표 4.3.16 고로 슬래그 보조도상층 재료의 입도규정

종류	호칭	입도 범위 (mm)	체를 통과하는 물질의 질량 백분율(%)									
			입도(mm)									
			50	40	30	25	20	13	5	2.5	0.4	0.08
수정성 입도 조정 고로 슬래그	HMS-25	25~0	-	-	100	95~100	-	60~80	35~60	25~45	10~25	3~10
입도 조정 철강 슬래그	MS-40	40~0	100	95~100	-	-	60~90	-	30~65	20~50	10~30	2~10
	MS-25	25~0	-	-	100	95~100	-	55~85	30~65	20~50	10~30	2~10

⑤ 고속철도 강화노반 재료

가. 고속철도 강화노반 재료의 품질기준은 <표 4.3.17>에 적합하게 설계하여야 한다.

표 4.3.17 고속철도 강화노반 재료의 품질기준

구분	보조도상층		입도조정층	
마모율	35이하		50이하	
편평 세장편 함유량	25이하		30이하	
모래당량	25이하		25이하	
최대입경(mm)	31.5이하		125이하	
입도	40mm	100	125mm	100
	31.5mm	99~85	106mm	95~76
	16mm	82~56	63.5mm	84~56
			25.4mm	61~32
			9.52mm	46~21
	5mm	53~27	5mm	37~15
	2.5mm	43~21	2.5mm	28~10
	1.2mm	35~16	1.2mm	21~7
	0.6mm	25~10	0.6mm	15~5
	0.3mm	18~8	0.3mm	10~3
	0.15mm	12~5	0.15mm	7~2
	-	-		
	-	-		
	0.08mm	8~4		

(6) 형상

- ① 시공기면 및 상부노반면에는 선로횡단방향에 3%의 배수기울기를 설치하여야 한다.
- ② 시공기면 내의 보수통로 부분에는 필요에 따라서 간이 포장 또는 RC판 포장을 할 수 있다.

(7) 품질관리

① 일반철도

가. 노반의 평탄성 및 상부노반 두께에 대한 시공관리 시험은 상부노반 연장 약 50m마다 시험단면을 설치하되 단선의 경우 궤도중심 및 궤도중심으로부터 양측으로 2.0m 떨어진 위치에서 시행한다. 복선 이상이 되는 경우에는 선로중심, 각 궤도중심 및 가장 외측 궤도중심으로부터 양 외측으로 2.0m 떨어진 위치에서 시행한다.

나. 상부노반의 다짐도 시험은 상부노반 연장 약 100m마다 시험단면을 설정하여 단선의 경우 침목 양 끝, 복선 이상의 경우에는 각 궤도 중심 및 가장 외측 침목의 외측 단부에서 시험한다.

다. 또한, 노반에 구조물 등이 100m 이내에 있는 경우에는 그 구간에 1개소의 시험 단면을 설정하도록 한다. 현장 품질관리시험 종료 시 생긴 측정공은 즉시 동일한 재료를 사용하여 충분히 다짐하여 복원한다.

② 고속철도

가. 고속철도 강화노반 재료의 품질관리 방법은 <표 4.3.18>을 따른다.

표 4.3.18 고속철도 강화노반 재료의 품질관리 방법

구분	시험방법	시험빈도
입도	KS F 2302	-재질변화시마다 자갈궤도 : 5,000m ³ 마다 콘크리트궤도 : 강화노반 연장 50m마다
마모율	KS F 2508	
편평 세장편 함유량	KS F 2575	
모래당량	KS F 2340	

나. 강화노반에 대한 현장 다짐관리 방법은 <표 4.3.19>을 따른다.

다. 강화노반에 대한 다짐관리는 노반연장 약 100m마다 검사단면을 선로중심 및 자갈궤도의 외측 침목 단부 또는 각 슬래브의 외측단부에서 실시하여야 한다.

라. 상부노반 및 강화노반의 평탄성 및 두께 검사는 연장 약 50m마다 검사단면을 선로중심, 궤도중심 및 궤도중심으로부터 외측으로 2.0m 떨어진 위치에서 실시하여야 한다.

표 4.3.19 고속철도 강화노반 현장 다짐관리 방법

시험 종목	시험방법	시험빈도
평판제하	DIN 18 134	-재질변화시마다 자갈궤도 : 5,000m ³ 마다 콘크리트궤도 : 강화노반 연장 50m마다
현장밀도	KS F 2311	

(8) 다짐기준

① 강화노반의 포설은 1층 다짐 완료 후 두께는 보조도상층은 200mm 이하, 입도조정층은 300mm 이하가 되도록 균일하게 포설한다.

② 일반철도

가. 일반철도의 강화노반 재료의 다짐도는 <표 4.3.20>에 적합하여야 한다.

나. 쇄석류의 다짐 시험은 각각 최대 입경이 모두 19mm보다 크기 때문에 시험은 호칭명 E로 한다.

다. 또한 쇄석은 1회의 다짐마다 파쇄에 의해 다소 세립화하고 입도 배합이 변화하므로 건조법으로서 비반복의 b법으로 한다.

표 4.3.20 일반철도 강화노반의 다짐도

시험항목	시험방법	품질기준
평판재하	KS F 2310	$k_{30} \geq 110 \text{MN/m}^3$
다짐	KS F 2312의 D방법	최대건조밀도의 95% 이상

③ 고속철도

강화노반의 다짐관리 기준은 <표 4.3.21>을 적용하여 관리하여야 한다.

표 4.3.21 고속철도 강화노반의 다짐관리 기준

시험 항목	자갈 · 콘크리트레도	
	보조도상층	입도조정층
DIN 18 134	$E_{v2} \geq 120 \text{MN/m}^2$ $E_{v2}/E_{v1} < 2.2$	$E_{v2} \geq 80 \text{MN/m}^2$ $E_{v2}/E_{v1} < 2.3$
KS F 2311	최대건조밀도의 100% 이상	-

4.3.4 쌓기 지지지반

- (1) 쌓기 시 지지지반은 쌓기를 안전하게 지지하는 한편 침하가 되지 않도록 하여야 하며 액상화가 일어나지 않는 지반이어야 한다.
- (2) 쌓기 지지지반의 지표에서 쌓기 폭의 약 2배(25m한도)의 깊이까지 지진 시 액상화 위험이 없도록 설계한다.

(3) 낮은 쌓기 지지강성 기준

높이가 3.0m 이하인 쌓기에서는 원지반이 쌓기 지반조건을 만족함과 동시에 고속철도의 경우 원지반의 E_{v2} 값이 60MN/m^2 이상이어야 하며, 일반철도의 경우 원지반의 k_{30} 값이 70MN/m^3 이상이어야 한다.

(4) 콘크리트궤도에서의 쌓기 총 허용잔류침하량

① 콘크리트궤도에서의 허용잔류침하량은 30mm이하로 한다.

가. 허용잔류침하량 30mm는 노반 인수인계 후 예상되는 원지반 침하량과 성토체 침하량 및 궤도구조에서의 침하량(총합 25mm), 그리고 열차하중에 의한 침하량(5mm로 가정)을 모두 포함한다.

나. <그림 4.3.3>과 같이 분지모양으로 잔류침하가 발생할 경우 큰 종곡선 반경으로 보정되는 것이 허용될 수 있으므로 경사부를 ra (보정된 종곡선 반경(m))가 $0.4 \times V^2$ (V 는 설계속도, km/h)보다 클 경우, 추가 검토를 통해 잔류침하량을 60mm까지 허용할 수 있다.

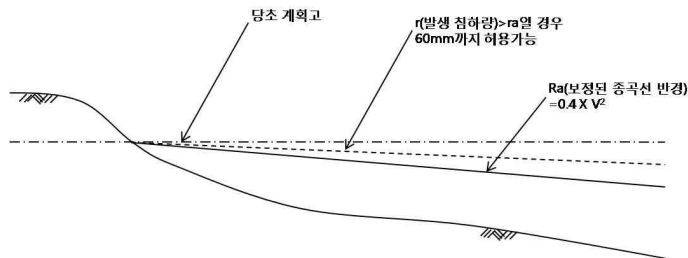


그림 4.3.3 분지모양 잔류침하

4.3.5 비탈면 보호공법

(1) 일반내용

① 쌓기 비탈면에는 표면의 침식 방지와 표토 강화를 위해 비탈면 보호공법을 설치하여야 한다.

② 비탈면 보호공법의 선정은 쌓기 재료, 비탈의 규모, 기타의 조건을 고려하여 최적의 공법을 선정하여야 한다.

(2) 식생공법

① 식생공법은 비탈면의 침식방지와 표면붕괴 방지를 위해 설치하며 생육기반의 안정을 확보하는 것으로 선정하여야 한다.

② 식생공법은 쌓기 재료, 기상조건, 시공시기, 식생종류 등을 고려하여 선정하여야 한다.

③ 식생공법은 씨앗뿌어붙이기공법, 식생매트공법, 때붙임공법, 식생대공법 등이 있다.

(3) 돌붙여깔기공법에 사용하는 암은 경암으로 한다.

(4) 블록붙임공법, 돌붙임공법

① 돌붙여깔기공법 및 식생공법이 적당하지 않은 쌓기 재료를 사용한 비탈면에는 블록붙임공법 또는 돌붙임공법으로 설계한다.

② 높이가 3.0m이상인 경우 프리캐스트 격자틀공법과 돌붙임공법을 조합하는 등의 공법을 설계한다.

③ 신설 쌓기면에 이용하는 돌붙임공법은 매붙임으로 설계한다.

(5) 프리캐스트 격자틀공법 및 기타

① 쌓기 비탈면에 사용하는 격자틀공법은 일반적으로 프리캐스트 격자틀공법으로 설계한다.

② 격자틀공법은 비탈면에 우수 및 간극수압의 영향이 있을 경우에 설계한다.

③ 비탈표면의 침식 방지를 위해서는 식생공법, 돌붙임공법, 막돌공법 등과의 조합을 검토하고 가장 유효한 공법을 사용하여야 한다.

④ 기타의 비탈면 보호공법은 돌망태공법, 편책공법 등으로 설계할 수 있다.

(6) 전철주 기초 주변의 비탈보호

① 쌓기 비탈면 부근에 호우 시 전주 등을 따라 우수가 비탈면에 집중되어 흘러내릴 우려가 있는 경우에는 침식 및 붕괴 등을 방지하기 위해 비탈면 방호를 설계하여야 한다.

가. 전주가 시공기면에 설치될 경우에는 우수가 배수로로 흐르게 하고 필요한 포장 및 테두리 콘크리트 등을 설치하여 한다.

나. 전주가 쌓기 비탈면에 설치된 경우는 전주 주변을 시공기면과 같은 높이 쌓기를 하고, 우수가 배수로로 흐르게 하거나 전주 주변에 돌붙임공 등 쌓기 비탈이 훼손되지 않게 비탈면 보호공을 설치하여야 한다.

4.4 깎기

4.4.1 일반사항

(1) 깎기 비탈면 기울기

- ① 깎기 비탈면 기울기는 지반조사 및 시험성과, 시추조사 시 코아회수율(TCR) 및 암질지수(RQD), 불연속면의 특성, 풍화정도 등을 고려하여 구간별로 안정성 해석을 실시하여 결정하여야 한다.
- ② 깎기 비탈면 기울기는 <표 4.4.1>과 <표 4.4.2>의 값을 기준으로 하여 안정성 해석을 실시하여 변경할 수 있다.

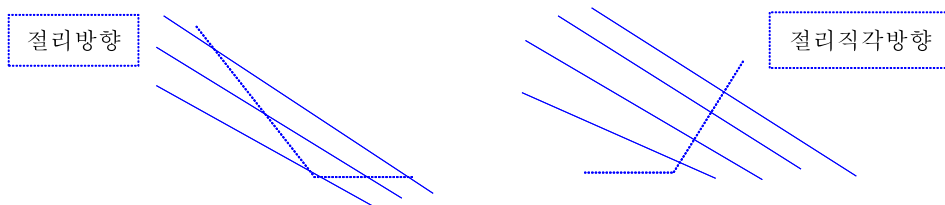
표 4.4.1 깎기 비탈면 기울기 표준

토질		깎기 높이	기울기		비고
			절리방향	절리직각방향	
암괴, 호박돌을 함유한 점성토		5m이하	1:1.0~1.2		GM, GC
		5~10m	1:1.2~1.5		
점성토		0~5m	1:1.0~1.5		ML, MH, CL, OL, CH
자갈	조밀하고 입도가 양호한 경우	10m이하	1:1.0		GW, GM, GC, GP
		10~15m	1:1.0~1.2		
	조밀하지 못하고 입도가 불량한 경우	10m이하	1:1.0~1.2		
		10~15m	1:1.2~1.5		
세립분이 함유된 모래	조밀한 경우	5m이하	1:1.0		SM, SC
		5~10m	1:1.0~1.2		
	조밀하지 않은 경우	5m이하	1:1.0~1.2		
		5~10m	1:1.2~1.5		
모래			1:1.5이상		SW, SP
풍화암			1:1.2이상		시편 미형성 암
연암			1:1.2	1:0.5~0.7	
경암			1:0.8	1:0.3~0.5	

표 4.4.2 암반의 특성에 따른 비탈면 기울기

암반 구분 (굴착 난이도)	암반 파쇄 상태		기울기		비고
	TCR	RQD	절리방향	절리직각방향	
리핑암	20%이하	0%	1:1.2	1:1.0	* NX 시추 기준
발파암	20~40%	0~25%	1:1.0	1:0.8	
	40~60%	25~50%	1:0.7	1:0.5	
	60% 이상	50% 이상	1:0.5	1:0.3	

주) 연암과 경암의 깎기 비탈면 기울기는 기존 암의 절리방향을 검토하여 조정한다.



(2) 소단설치

- ① 리핑암 및 흙 비탈면의 경우 소단 폭은 1.5m로 하고 비탈면 높이가 10m 이상일 경우에는 매 5.0m마다 설치하도록 한다. 또한 비탈면 높이에 관계없이 흙과 암과의 경계나 투수층과 불투수층과의 경계에는 필요에 따라 소단을 설치한다.
- ② 발파암 비탈면의 경우에는 10m 또는 20m마다 1.5m 폭의 소단을 설치하도록 한다. 그리고 리핑암과 발파암의 경계와 암반의 특성이 급격히 변화하는 곳에도 1.5m 폭의 소단을 설치한다.
- ③ 소단은 외측으로 향하여 5%의 횡단 기울기로 한다.

(3) 깎기 지반분류

- ① 깎기 지반분류는 「4.4.1」에서 정한 기준에 따라 분류한다.
- ② 특수한 경우는 별도로 분류할 수 있다.

(4) 깎기 구간의 원지반

- ① 깎기 구간의 원지반은 상부노반 조건을 만족하여야 하며 상부노반

조건에 부적절하다고 판단되는 경우에는 원지반 안정처리를 하여야 한다.

- ② 깎기 구간의 원지반은 지지력과 허용잔류침하 기준을 만족하여야 한다. 깎기 및 낮은 쌓기 구간의 지지강성은 일반철도는 평판재하시험 k_{30} 값이 110MN/m^3 이상, 고속철도는 E_{v2} 값이 80MN/m^2 이상 이어야 한다.
- ③ 깎기 구간의 원지반에는 유입 또는 침출하는 지표수와 지하수가 고이지 않도록 배수시설을 설치하여야 한다.
- ④ 원지반면은 노반의 측구를 향하여 5%의 횡단 기울기를 두어야 한다.
- ⑤ 원지반에 상시 지하수위가 있을 경우에는 모세관 현상으로 유발되는 지하수위 상승에 의한 강도저하 가능성을 사전에 검토하여야 한다.

(5) 깎기 비탈면 안정검토

- ① 자연지반은 매우 복잡하고 불균질하며, 깎기 비탈면은 시간에 따라 점차로 불안정하게 되고 강우 등의 주변 환경 변화에 따라 안정성이 영향을 받으므로 이들을 고려한 안정성 검토 및 보호대책이 이루어져야 한다.
- ② 풍화가 빠른 암반, 균열이 많은 암반, 바둑판 모양의 균열이 있는 암반, 구조선이 있는 지질 등의 붕괴성 요인을 갖는 암반 비탈면의 경우에는 반드시 이를 고려한 비탈면 안정성을 검토하여야 한다.
- ③ 중요한 깎기 비탈면의 경우에는 제2장 철도계획 2.4.4 내진설계의 등급을 고려한 비탈면 안정해석을 수행하여야 한다.

(6) 사토처리

- ① 깎기에서 발생한 재료는 그 재료의 사용 가능성 여부를 판단하기 위한 토질시험을 수행한 후 최대한 활용하도록 한다.
- ② 깎기에서 발생하는 사토 및 잔토는 적절히 처리될 수 있도록 하여야 하며 사토 작업이 완료된 구간의 사토 비탈면은 1:2보다 완만한 기울기로 한다.
- ③ 사토장은 우수로 인한 토사유출 및 붕괴 위험 방지를 위해 비탈면 배수, 기존 수로에 대한 대책, 옹벽 등의 보호공사 및 환경영향을 고려한 방재대책을 검토하여 사토장이 안정하도록 하여야 한다.

4.4.2 깎기 및 본바닥

(1) 깎기

① 깎기 비탈면의 형상

가. 비탈면 기울기, 소단 등 깎기 비탈면의 형상은 지형, 지질(흙, 암반)의 특성을 검토한 후 깎기 비탈면이 안정될 수 있도록 배수공법을 고려하여 결정하여야 한다.

나. <표 4.4.1>과 <표 4.4.2>는 비탈면 기울기의 기준이며, 연직 및 수평 방향으로 변화가 크거나 주변에 기존 깎기 비탈면의 붕괴가 발생한 흔적이 있는 곳에서는 별도의 적절한 비탈면 안정조치가 필요하다.

다. <표 4.4.3>과 같이 붕괴성 요인을 갖는 경우는 반드시 지반조사를 철저히 수행하여 비탈면 기울기에 대하여 면밀히 검토하고 필요한 경우 비탈면 안정대책을 마련하여야 한다.

라. 깎기 비탈면의 어깨 및 양단부는 모서리 정리를 하고 그 형상은 매끄러운 원형(라운딩)으로 한다.

표 4.4.3 붕괴성 요인을 갖는 지질

붕괴성 요인을 갖는 지질	대표 지질
풍화가 빠른 암석	이암, 응회암, 셰일, 점판암, 사문암, 편암류 등
균열이 많은 암석	편암류, 셰일, 사문암, 화강암, 찰트, 안산암 등
바둑판 모양의 균열이 있는 암석	층리, 절리가 경사면의 경사방향과 비슷한 편암류, 점판암 등
구조적 약선이 있는 지질	단층 파쇄대, 지반활동지역, 붕괴지 등

② 깎기 비탈면 안정검토

가. 깎기 비탈면의 기울기, 소단 등은 주어진 지반의 조건을 면밀히 검토하고 안정성과 배수성 등을 고려하여 설계하여야 한다.

나. 비탈면 기울기를 결정하는 경우 일반적인 지반조건이라면 기준 비탈면 기울기의 범위로서 거의 문제가 없지만 그렇다 하더라도 설

- 계 시 반드시 주어진 비탈면에 대한 안정성을 검토하여야 한다.
- 다. 붕괴성 요인을 갖는 지반조건이거나 주변 환경변화로 인한 비탈면의 안정성이 공사 후 변화될 여지가 있는 경우에는 반드시 이를 고려하여 비탈면 안정성을 별도로 검토하여야 한다.
- 라. 붕괴적토 지반은 지반이 치밀하지 못하고, 지하수의 통로역할을 하는 경우가 많아 지속적인 문제가 발생하므로, <표 4.4.4>와 같은 경험적 기울기를 적용할 수 있다.

표 4.4.4 붕괴적토 지반에서의 비탈면 기울기

지하수 조건	기울기
강우 시 지하수위가 설계에서 고려한 높이보다 낮은 경우	1:1.2
강우 시 지하수위가 설계에서 고려한 높이보다 높아질 경우	1:1.5
평상 시 지하수위가 설계에서 고려한 높이보다 높은 경우	1:1.8~1:2.0

- 마. 각 현장의 토량 배분계획이나 용지의 제약조건 및 적설 한랭지 특유의 제반조건 등을 고려하여, 기준의 비탈면 기울기만으로 설계하지 말고 시공성, 경제성 및 유지관리도 포함해서 충분히 안정성 및 경제성을 확보할 수 있도록 비교, 검토하여야 한다.
- 바. 깎기 비탈면의 최종 기울기는 주어진 지반의 강도 등을 고려하여 안정성 해석을 수행한 후 결정하여야 하며, 시공 시 설계와 변경된 지반조건 및 강도 등이 발견되었을 경우에는 반드시 재설계를 수행하여야 한다.
- 사. 깎기 비탈면에 대한 기준안전율은 「건설공사 비탈면 설계기준(국토해양부, 2009)」에 준하여 <표 4.4.5>와 같이 적용하여야 한다.
- 아. 특별히 중요한 깎기 비탈면의 경우 그 중요도에 따라 2.4.4 내진설계의 내진등급을 고려한 비탈면 안정해석을 수행하여야 한다.

(2) 본바닥

① 요구조건 및 설계

- 가. 본바닥은 「4.4.1」에 기술한 깎기 구간의 원지반 조건을 만족하여야 한다.

표 4.4.5 깎기 비탈면 안전율 기준

구분	기준안전율	참조
건기	FS>1.5	· 지하수가 없는 것으로 해석
우기	FS>1.2 또는 FS>1.3	<ul style="list-style-type: none"> · 암반비탈면은 인장균열의 1/2 심도까지 지하수를 위치시키고 해석수행 · 토층 및 풍화암으로 구성된 비탈면의 안정해석시, 지하수 조건은 지반 및 지형조건 등 현장여건을 종합적으로 판단하여 안정성에 가장 불리한 상태가 발생하는 조건으로 설계하되, 지하수 조건을 정확히 판단하는 것이 불가능할 경우에는 지표면에 지하수를 위치시켜 안전측으로 해석수행(FS=1.2 적용) · 강우의 침투를 고려한 해석을 실시하는 경우(FS=1.3 적용) · 위 두 가지 조건 중 선택적으로 1가지 조건을 만족시켜야 함
지진시	FS>1.1	<ul style="list-style-type: none"> · 지진관성력은 파괴토체의 중심에 수평방향으로 작용시킴 · 지하수위는 실제측정 또는 평상시의 지하수위 측정
단기	FS>1.0	<ul style="list-style-type: none"> · 기간 1년 미만의 단기간의 안정성 검토시
<ul style="list-style-type: none"> · 강도정수를 한계강도가 아닌 잔류강도로 해석한 경우 : 위 기준에서 0.1 감소 · 비탈면 상하부 파괴범위 내에 가옥, 건물 등의 고정시설물이 있는 경우 : 위 기준에서 0.05 증가 · 비탈면 상부 파괴범위 내에 1, 2종 시설물의 기초가 있는 경우 : 별도 검토 · 상기 조건을 중복 적용하여 FS<1.0 인 경우에는 최소 안전율 1.0 적용 		

나. 원지반면에는 노반 측구를 향하여 5%의 횡단배수 기울기를 설치하고, 평탄하게 마무리하여야 한다. 또한 원지반면은 굴착이나 정지 작업에 의해 교란되거나, 느슨해지기도 하므로 깎기 시공의 종료시에 다짐장비로 마무리하여야 한다.

다. 일반적인 경우 원지반 위 또는 원지반 측방에 배수공이 설치되므로 배수공 설계에 따라서 원지반의 형상을 결정하여야 한다.

② 검사사항

가. 평탄하게 마무리된 원지반면의 k_{30} 검사는 KS F 2310 평판재하시험법에 의하며, 직경 300mm의 재하판을 이용, 필요한 k_{30} 값 이상이 되도록 다음 각 위치에서 확인하여야 한다. k_{30} 값 측정 요령은 쌓기의 경우와 같다.

㉓ 검사단면은 시공연장 약 50m마다 한다.

㉔ 검사단면에서의 k_{30} 값 측정위치는 원지반면 강도의 균질성을 조사할 수 있도록 선로 당 1~2개소를 고려한다.

㉕ 50m이내에서 지질조건이 다른 경우는 그 때마다 대표 장소에서 검사를 한다.

㉖ 각 검사단면에서 단선일 때는 침목 양 끝부분, 복선 이상일 때는 각 선로간 중심 및 가장 바깥 측의 침목 바깥 끝에서 시험을 실시하여야 한다.(<그림 4.4.1> 참조)

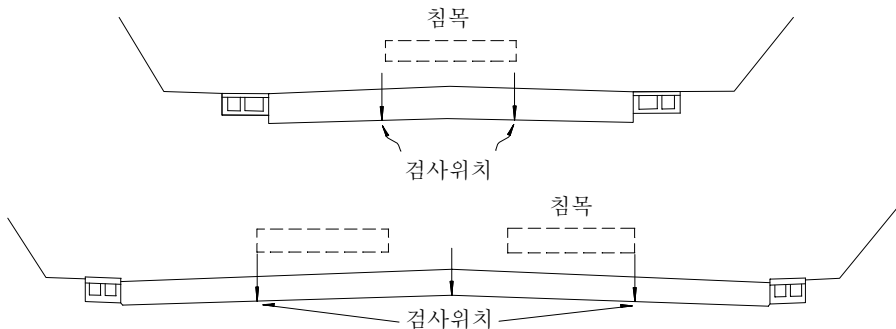


그림 4.4.1 깔기 원지반면의 k_{30} 값 검사위치

4.4.3 깔기 비탈면 보호공법

(1) 일반사항

① 깔기 비탈면에는 표면의 침식방지, 표층토의 강화, 암석의 풍화방지, 토사 및 암반비탈면의 보호 등을 위하여 비탈면 보호공법을 실시하여야 한다.

② 비탈면 보호공법은 비탈면이 우수나 침식 등에 의해 지표가 열화되는 것을 방지하거나 부분 열화되어도 표면유실이 발생하는 것을 방

지하기 위해 식생이나 구조물로 보호하는 공법이며 원지반의 토질, 시공지, 시공시기 등을 고려하여 선정하여야 한다.

(2) 비탈면 보호공법

- ① 비탈면 보호공법에는 식생공법, 콘크리트붙임공법, 블록붙임공법, 돌붙임공법, 격자틀공법, 건나이트(Gunite)공법, 쏫크리트(Shotcrete)공법 등이 있다. 비탈면 보호공법의 선택에 있어서는 본바닥의 지질, 비탈면의 규모, 기울기 등을 고려하여 가장 적절한 것을 선정하여야 한다.
- ② 흙 비탈면에 사용하는 비탈면 보호공법의 종류에는 식생공법, 콘크리트붙임공법, 블록붙임공법, 돌붙임공법, 격자틀공법 등이 있다.
- ③ 암반 비탈면의 비탈면 보호공법은 암석의 풍화방지와 균열의 확대 등에 의한 암석의 붕락방지를 목적으로 설치한다. 암반 비탈면에 유효한 비탈면 보호공법의 종류에는 콘크리트붙임공법, 건나이트공법, 쏫크리트공법 및 현장타설 격자틀공법이 있다.
- ④ 시공 후 암반 비탈면 거동, 붕괴 시 절리방향성 파악 등을 위한 경우는 비탈면이 보이게 철망 또는 담쟁이넝쿨 등을 고려 할 수 있다.

(2) 비탈면 보호공법의 선정

- ① 비탈면 보호공법의 선정은 통상 기본설계, 실시설계, 시공 등 각 시점에서 검토해야 한다.
- ② 동일 비탈면 내에도 토질이나 용수의 상태가 반드시 일정치 않은 경우가 많아서 각각의 조건에 적합한 공종을 선택하여야 하지만 가능한 한 유사한 공종을 선정하여야 한다.
- ③ 비탈면 보호공법의 공종을 결정함에 있어서 시험시공으로 사전에 동일 지질의 비탈에 여러 가지 보호공법을 실시하여 그 결과를 가지고 보호공법을 선정하여야 한다.

4.4.4 비탈면 보강공법

(1) 비탈면 돌망태공법(Gabion)

- ① 비탈면 돌망태공법은 비탈면에 용수가 있어서 토사가 유출할 위험성이 있는 경우, 또는 붕괴한 곳을 복구할 경우, 동상으로 비탈면이 붕괴할 위험이 있는 경우, 비탈면이 수로와 접하는 경우에 사용한다.

- ② 안정상 상당한 중량을 필요로 하는 경우는 방석망태가 좋다.(<그림 4.4.2> 참조)

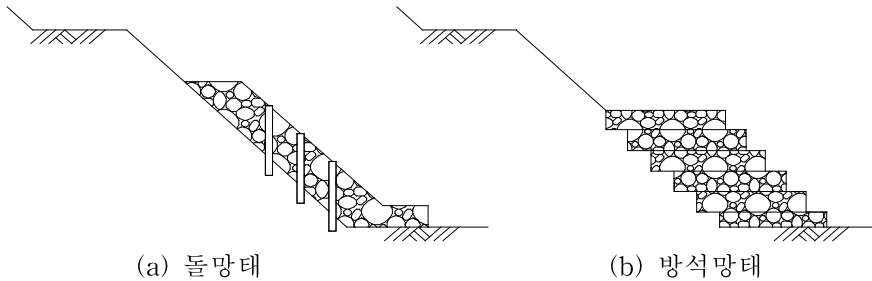


그림 4.4.2 비탈면 돌망태 및 방석망태의 예

(2) 암반 비탈면 보강공법

- ① 암반 비탈면에서 암반의 층리(Bedding Plane), 절리(Joint) 및 엽리(Foliation) 등으로 탈락(Rock Fall), 전도(Toppling) 및 활동(Sliding) 등이 유발될 수 있는 곳에는 암반 비탈면의 안정성을 높이기 위하여 보강공법을 실시한다. 보강공법의 종류에는 록볼트(Rock Bolt)공법, 록앵커(Rock Anchor)공법 등이 있다.

② 록앵커공법

가. 앵커공법은 단독으로 사용하는 것보다 현장타설 콘크리트 격자틀공법, 옹벽, 말뚝공법 등과 병용하는 것이 바람직하다.

나. 앵커공법의 설계에서는 다음 조건을 만족하여야 한다.

- ㉠ 설계 앵커력은 극한 인발력을 다음에 표시한 안전율로 제한한 값 이하이어야 한다.
 - ㉠ 2년 미만의 일시앵커 : 1.5
 - ㉡ 2년 이상의 영구앵커(정상시) : 2.5
 - ㉢ 2년 이상의 영구앵커(지진시) : 1.5~2.0
- ㉡ 극한 인발력은 주로 지반 조건에 좌우되며 파괴가 유발되는 힘을 말한다.
- ㉢ 안전율은 크리프 변형이 문제가 되는 지반이나, 반복하중을 받는

경우에는 지질조건을 충분히 검토하여 결정하여야 한다.

- ㉔ 인장재와 주입재와의 부착응력이 허용부착응력 이상이어야 한다.
 허용부착응력은 철근 콘크리트의 부착강도를 고려하는 방법을 준
 용하고, 이 경우 PS강선 등은 이형철근으로, 보통의 PS강봉 등은
 환강에 준하는 것으로 하여야 한다.
- ㉕ 인장재의 인장응력은 <식 (4.4.1)>, <식 (4.4.2)>로 구해지는 허용
 인장응력(σ_{ap})이하이어야 한다.

$$\sigma_{ap} \leq 0.6\sigma_{up} \quad (4.4.1)$$

$$\sigma_{ap} \leq 0.75\sigma_{yp} \quad (4.4.2)$$

여기서,

σ_{up} : 인장재의 인장강도

σ_{yp} : 인장재의 항복응력

- ㉖ 앵커의 총 길이는 설계 길이(자유 길이+정착 길이)에 긴장 및 정
 착을 위한 여유장(1m)을 고려하여야 한다.

다. 앵커가 영구적으로 설치되는 경우에는 인장강재 및 앵커머리에 방
 청 대책을 고려하여야 한다.

라. 앵커체의 그라우트가 소정의 강도에 달한 후에 앵커 총 개수의 5%
 이상, 또는 3개 이상에 대하여 인장시험을, 또 잔여 전 개수에 대
 해서 확인시험을 하여야 한다. 인장시험은 설계 앵커력의 1.2~1.3
 배의 하중을, 또 확인시험에서는 1.0~1.2배의 하중을 최대하중으로
 하여야 한다.

③ 록볼트공법

가. 록볼트는 암반과 기반암의 일체화, 혹은 불연속면을 갖는 여러 암
 반층을 일체화하여 보강하는 것을 목적으로 사용하여야 한다.

나. 록볼트는 부식하기 쉽고, 강산성 토양 지반이나 변전소 부근 등 지
 중으로 흐르는 전류가 발생하기 쉬운 곳에서의 사용은 피하여야
 한다.

다. 록볼트를 사용하는 경우에는 비탈면 표면의 얇은 위치에 견고한 암

반이 존재하여야 한다.

라. 록볼트의 정착력을 정확히 추정하는 것은 곤란한 경우가 많기 때문에 시공 시 인발시험을 실시하여 정착범위를 확인하여야 한다.

4.4.5 계측관리

(1) 비탈면 안정성 계측

- ① 비탈면의 안정성을 주의 깊게 관찰하기 위해 필요한 개소에 계측을 수행하도록 설계하여야 한다.
- ② 암반 비탈면 변위에 대한 계측방법은 <표 4.4.6>과 같은 방법들이 있다.

표 4.4.6 암반 비탈면의 변위에 대한 계측방법

계측방법	비고
- 단순한 기계적 변위측정	- 지표의 암반변위를 기계적으로 직접계측(정밀도 : 0.01mm) : 다이알 게이지(Dial Gage), 크랙 게이지(Crack Gage) 등
- 광학적 측정	- 사진 촬영한 것을 일지형식으로 기록 : 광학 사진 측정기
- 측지학적 측정	- 기준선, 거리측량, 삼각법과 사진측량의 방식
- 익스텐소미터(Extensometer)	- 2점 사이의 길이 변화를 측정하여 지중변위 측정(정밀도 : 10^{-6} mm) : 기계식, 전기계측식, 전기저항식, 음향식, 레이저 익스텐소미터 등
- 디플렉토미터(Deflectometer)	- 시험중 시추공의 휨 변형량을 측정
- 기울기 측정	- 기울기 변화의 측정 : 경사계(Tiltmeter) 등

4.5 연약지반

4.5.1 일반사항

연약지반은 성토규모나 구조물 목적에 따라 상대적인 의미로 평가되며, 원지반이 건설되는 구조물에 대해 안정성을 만족하지 못할 경우 연약지반으로 취급하여 지반보강이나 대책을 강구해야 한다.

4.5.2 연약지반의 판정

- (1) 연약지반 유무판단은 시추조사와 병행하여 실시하는 원위치 조사인 표준관입시험 등으로부터 개략적인 판단을 실시한 후 콘관입시험 등을 통해 판단하여야 한다.
- (2) 연약지반의 잠재성을 내포하고 있는 지반의 판정기준은 점성토 지반과 사질토 지반으로 나누어 판단한다.
- (3) 판정기준
 - ① 절대적 판정기준은 곤란하나 실무적 견지에서 판정기준은 필요하다. 점성토인 경우 $N \leq 4 \sim 6$ 의 기준이 일반적이며 설계사례 등에 의하면 $N \leq 10$ 으로 한 경우도 있다. 또한, 사질토는 일반적으로 $N \leq 10$ 으로 적용되고 있다.
 - ② 연약지반의 판정은 <표4.5.1>을 이용할 수 있다. 그러나 점성토 및 이탄질 지반에서의 N 값을 이용한 연약지반 판정은 신중하게 적용하여야 한다.

표 4.5.1 연약지반 판정기준

구분	점성토 및 이탄질 지반		사질토 지반
층두께	10m미만	10m이상	-
N치	4이하	6이하	10이하
$q_u(kN/m^2)$	60이하	100이하	-

4.5.3 연약지반의 조사 및 시험

- (1) 연약지반의 특성을 평가하기 위해서는 일정한 조사항목과 시험이 요구되며, 시험 종목에 대해 심도별 응력이력과 전단강도 분포의 추이를 구하기 위해서는 동일 지반정수에 대해 최소한 회귀분석이 가능한 시험 수량을 확보하여야 하며, 이를 토대로 안정적이고 경제적인 설계를 하여야 한다.

(2) 콘크리트 궤도 적용시 연약지반의 조사

- ① 허용잔류침하량이 엄격히 제한되므로 <표 4.5.2> 와 같은 상세한 지반조사를 해야 한다.
- ② 콘크리트 궤도의 노반침하 문제는 원위치조사에서 확인되지 않는 지형에서 주로 발생할 가능성이 있으므로, 전체노선에 대한 국부적인 연약지반대 평가가 필요하므로 필요구간에 대해 탄성과 탐사를 적용할 수 있다.

표 4.5.2 연약지반 조사항목

조사항목	시험목적
핸드오거	연약지반 확인
시추조사	지층 확인
피에조콘 관입시험	연약지반 파악 및 설계정수 획득
간극수압 소산시험	압밀계수 산정
베인시험	비배수 전단강도 산정
탄성과 탐사	연약대 파악
실내시험 (함수비, 비중, 체분석, 입도, 액성, 소성, 전단, 삼축 압축, 일축 압축, 압밀, 기타시험 등)	지반정수 산정

4.5.4 연약지반의 설계

(1) 일반사항

점성토층의 침하특성 파악을 위해 토성시험 및 압밀시험 결과로부터 선행압밀하중(P_c), 압축 및 재압축지수(C_c , C_r), 초기간극비(e_0), 압밀계수(C_v , C_h) 등을 분석하여야 한다.

(2) 침하량 계산

- ① 일반적으로 점토지반의 즉시침하는 매우 작아서 무시하고 압밀침하는 간극수압의 소산으로 발생하는 1차 압밀침하량과 토립자의 재배치에 의한 2차 압밀침하량으로 구분하여 계산한다.
- ② 침하량 계산방법은 현장 계측치와는 다소의 차이가 있을 수 있으므로 시공시 계측관리를 통하여 압밀침하를 검토하여야 한다.
- ③ 허용 잔류침하량은 공사목적물에 따라 지반처리공법의 수량 및 지반

의 안정, 공사기간에 큰 영향을 미치므로 지반의 특성 및 사용목적, 중요도, 공사기간, 경제성 등을 고려하여 결정해야 한다.

(3) 압밀시간

지반개량공사에는 공사기간이 중요한 요소로 작용하며 이를 예측하기 위해서는 시간에 따른 압밀도를 파악하여야 한다.

(4) 연직배수공법의 압밀이론

- ① 연직배수공법의 적용은 Barron의 압밀이론식과 Hansbo, Youshikuni, Onoue의 압밀이론식을 상호 보완하여 적용한다.
- ② 주어진 기간 내에 소요의 압밀도를 달성할 수 있도록 배수재 간격을 적정하게 설계하여야 한다.

(5) 전단강도 특성 분석

- ① 전단강도 특성 분석은 전응력 해석과 유효응력 해석으로 구분될 수 있으며, 전응력 해석시에는 비배수 전단강도를 이용하고, 유효응력 해석시에는 간극수압을 추정하여 해석하여야 한다.
- ② 연약지반에서는 성토 직후가 가장 위험한 경우이므로 이때를 대상으로 안정성 검토를 수행하여야 한다.

(6) 압밀에 의한 강도증가율 산정방법

강도증가율의 산정은 비배수비압밀 삼축압축시험(UU) 및 일축압축시험(q_u) 결과의 선형회귀분석에 의한 방법, 압밀비배수 삼축압축시험(CU), 경험식을 이용하는 방법 등을 종합하여 사용한다.

4.5.5 연약지반개량공법

연약지반 처리공법의 선정은 처리공법의 목적, 대상지반의 성질, 공기, 주변의 영향 등을 고려한 공법을 선정하여 소기의 목적을 달성할 수 있는지 비교·검토한 후에 최종적으로 경제적인 관점에서 최적공법을 선택하여야 한다.

4.5.6 계측관리

- (1) 연약지반 처리공법 설계는 복잡한 토층 및 토질특성을 단순화, 설계 시 추정치와 지반조사 자료의 부족 및 불확실성을 감안하여 시공 중 현장관리 과정에서 계측을 통하여 관리·검토되어야 한다.

- (2) 계측관리를 통하여 다음 단계에서 발생할 수 있는 지반거동을 사전에 파악해야 하며 이를 토대로 당초 설계의 적합성 파악 및 대책이 강구되어야 한다.
- (3) 지반이 복잡하고 주요 구조물이 축조된 경우 집중관리의 대상으로서 보다 철저하고 많은 계측기를 설치하여야 하며, 이때 연약지반의 쌓기 재하시 지반거동을 고려하여야 한다.
- (4) 목적에 맞는 계측기를 선정하여 배치하여야 하고, 위치 선정은 측정대상물의 규모나 주변 구조물의 영향 정도를 고려하여 결정하여야 하며, 측정 개소의 지형, 지질, 토질 특성 등을 검토하여 판단해야 한다.

4.6 본선부속

4.6.1 길내기

(1) 길내기 일반

농로 등 기존도로를 횡단하거나 철도건설로 인해 기존도로를 이설 또는 신설해야 할 경우는 길내기를 설계하여야 한다.

(2) 설계

- ① 도로와 철도가 교차하는 경우에는 입체 교차 되도록 설계하여야 한다. 다만, 관계기관과 협의 한 경우 평면교차로 설계할 수 있다.
- ② 철도와 도로의 교차개소는 기존위치에서 직각횡단 할 수 있게 하며 부득이한 경우 위치를 조정하여야 한다.
- ③ 철도를 고가 혹은 지하로 입체화 하는 경우, 철도를 횡단하는 구간의 도로 기울기는 가능한 한 수평으로 하고, 그 외 구간은 도로설계기준(도로구조령, 농어촌 도로구조령 등)에 따르며, 지하 횡단시설의 기울기는 특수차량(유류차, 컨테이너차)이 안전하게 통과할 수 있게 하여야 한다.
- ④ 지하 횡단시설의 통과높이는 제2장 철도계획의 (2)도로횡단시설한계기준에 따른다.
- ⑤ 자동차가 통행하는 농로와 마을진입도로에는 교행대피와 보도를 두어야 한다.

4.6.2 개천내기

(1) 개천내기 일반

- ① 기존 개천을 횡단하거나 철도건설로 인해 이설 또는 신설해야 할 경우는 개천내기를 하여야 한다.
- ② 개천내기 설계는 관할하천 관리청, 지방자치단체와 협의하고 하천설계기준 등 그의 시설기준에 따라 설계하여야 한다.

(2) 설계

- ① 개천내기는 수리 및 수문학적으로 검토하여 설계하여야 한다.
- ② 개천내기 폭, 유효높이 등은 최대 홍수 시 범람 등을 고려하여 안전하도록 설계하여야 한다.
- ③ 농경지를 횡단하는 구간은 설계된 개천내기로부터 농수로에 원활하게 유입 및 유출될 수 있도록 하여야 한다.

4.6.3 방음벽

(1) 방음벽 일반

- ① 설계하중은 고정하중, 풍하중을 적용하며 일반적으로 충돌하중은 고려하지 않는다.
- ② 고정하중 산출시 단위중량은 <표 4.6.1>을 기준으로 하고 실하중이 명백한 것은 그 값을 적용하여야 한다. <표 4.6.1>에 제시하지 않은 재료의 단위중량은 실하중을 적용한다.
- ③ 풍하중은 방음벽에 수직으로 적용하며 <표 4.6.2>와 같다.
- ④ 방음벽의 설계는 열차 통과 전후의 열차풍압, 진동 및 풍하중 등의 영향을 고려하여 방음벽 지주판인 플레이트의 고정너트 풀림방지장치를 설계하여야 한다.

표 4.6.1 재료의 단위중량(kN/m³)

재료	단위중량	재료	단위중량
강재	77.0	콘크리트방음판넬	2.25
철근콘크리트	24.5	알루미늄방음판넬	0.30

제 4 장 흙구조물

표 4.6.2 방음벽 기초 및 지주의 지역별 표준 설계 풍하중(단위:kN/m²)

기본풍속 (m/s)	지명	표준 설계 풍하중(kN/m^2)			교량부
		토공부			
		H≤4.5m	4.5m<H≤9.0m	H>9.0m	
30	서울, 인천, 대구, 대전, 광주, 춘천, 청주, 수원, 추풍령, 전주, 익산, 진주, 서산	0.7	0.9	1.0	1.1
35	부산, 울산, 강릉, 포항, 군산, 목포, 충무	0.9	1.2	1.3	1.5
40	여수, 속초	1.2	1.5	1.5	2.0
45	-	1.5	1.5	1.5	2.5

(2) 지주의 간격

- ① 토공부에 설치하는 방음벽 지주의 간격은 4.0m로 한다.
- ② 지주는 구조적으로 안정성을 확보하도록 설계하여야 한다.

(3) 방음벽 기초

- ① 설계하중은 고정하중, 풍하중, 토압, 활하중을 고려하여 설계하여야 한다.

가. 고정하중 및 풍하중은 방음벽지주 설계하중을 적용하며 토압은 「6.5 옹벽, 흙막이벽 및 비탈면보호벽」을 준용한다.

나. 활하중은 열차 활하중을 적용하여야 한다.

- ② 설계하중계수 및 조합, 구조해석, 구조 상세는 「6.5 옹벽, 흙막이벽 및 비탈면보호벽」을 준용한다.

(4) 기타

- ① 기초옹벽의 돌출높이는 시공기면에서 0.5m로 하여야 한다.
- ② 쌓기 구간의 방음벽 설치개소에는 주변여건을 감안한 배수공을 설치하여 집중 호우 시 노반에 피해가 없도록 설계하여야 한다.

4.6.4 낙석방지공

(1) 낙석방지공 일반

- ① 암반비탈면에서 낙석이나 낙반의 위험이 있는 개소는 비탈면을 보호하기 위해 낙석방지공을 설계하여야 한다.
- ② 낙석방지공은 비탈면의 하단부나 중간부 또는 옹벽 등의 구조물 상부에 설치하는 등 현장조건에 적합한 방법으로 설계하여야 한다.

(2) 낙석방지공 설계

- ① 낙석방지울타리는 충격하중 25kN/m에 견딜 수 있게 설계하며 낙석방지울타리는 지주, 벽체, 조립용 철물, 기초로 구성되며 어떠한 재료라도 장래 녹이 발생하는 재료는 사용할 수 없다.
- ② 낙석방지울타리는 깎기 비탈면 높이가 10m 이상인 구간에 설치하며 경암, 연암 및 전석이 섞인 혼합암 층의 높이가 5m 이상인 구간에 우선 설치한다. 지주 상단부는 일정한 길이가 노반 쪽으로 휘도록 제작하고 지주의 기초 상면(지면)과 철망하단부 사이는 유지보수를 감안하여 일정한 간격(0.3m)을 띄어 설치한다.
- ③ 낙석방지울타리는 깎기 비탈면 경사가 완만하여 낙석의 튀는 높이가 낙석방지울타리 높이보다 높지 않은 경우 설치하고 깎기 비탈면 경사가 급하여 낙석이 선로에 떨어질 우려가 경우에는 낙석방지망과 함께 설치하며, 토사가 혼합되어 낙하될 것으로 예상되는 경우에는 옹벽과 함께 설치한다.(「도로안전시설설치 및 관리지침-낙석방지시설편」 참조)
- ④ 낙석방지 울타리의 높이는 2.5m를 표준으로 한다. 이격거리는 비탈면으로부터 1~2m 이내에서 비탈면과 주변의 여건에 따라 결정하여야 한다.(「도로안전시설설치 및 관리지침-낙석방지시설편」 참조)
- ⑤ 농로, 지방도(군도, 면도), 국도, 고속국도 통과(교차)구간에는 낙석(설빙)방지 울타리를 설치하여야 한다.

제 5 장 구교 및 배수시설

제 5 장 구교 및 배수시설

5.1 구교

5.1.1 적용범위

- (1) 이 장은 구교 및 배수시설에 대한 설계기준을 정한 것으로 지중에 설치되어 통로나 배수시설로 이용되는 구교, B(함), 지중문형라멘 및 지중아치교 등의 구조물에 적용한다.
- (2) 거더 및 슬래브와 기둥이 일체로 강결된 철도구교에 적용한다.
- (3) 이 장에서 언급하지 않은 사항은 「제8장 교량일반사항 및 제10장 콘크리트교」의 해당요건에 따른다.

5.1.2 용어의 정의

- (1) 갈고리 : 철근의 정착 또는 겹침이음을 위하여 철근 끝의 구부린 부분
- (2) 계수하중(factored load) : 강도설계법에 의해 부재를 설계할 때 사용되는 하중으로서, 사용하중에 하중계수를 곱한 하중
- (3) 공칭강도(nominal strength) : 강도설계법의 규정과 가정에 따라 계산된 부재 또는 단면의 강도를 말하며 강도감소계수를 적용하기 이전의 강도
- (4) 구교(溝橋) : 일반적으로 경간이 1m 이상이고 5m 미만인 구조를 말하나 이 장에서는 설계적용성을 감안하여 경간에 관계없이 지중에 설치되어 거더 및 슬래브와 기둥이 일체로 강결된 구조
- (5) 단면력 : 하중작용에 의해 부재단면에 생기는 휨모멘트, 전단력, 축방향력(또는 축력) 및 비틀림모멘트
- (6) 레디믹스트 콘크리트(ready mixed concrete) : 콘크리트 제조설비를 갖춘 공장으로부터 수시로 구입할 수 있는 굳지 않은 콘크리트
- (7) 땀 암거(mole drainage) : 흙 속에 배수가 가능하도록 유공관, 섬유다발, 다발관, 막돌, 자갈 등을 매설하여 정형 또는 비정형의 단면을 가진 지하수로를 형성시키는 것

- (8) 배수공 : 본선수로, 지축수로, 도수로, 집수정, 배수관 및 배수암거와 그 부속물
- (9) 배수시설 : 노반의 분수를 방지하고, 노반강도를 확보함과 동시에 열화방지 및 호우시 쌓기부의 붕괴방지, 깔기 비탈면의 붕괴방지, 철도 횡단 수로의 확보 등을 위한 모든 배수공
- (10) 배합강도 : 콘크리트의 배합을 정하는 경우에 목표로 하는 압축강도
- (11) 부력 : 지반 중 또는 지반과 구조물 사이에 간극수가 존재하는 구조물의 저면에 작용하는 상향의 정수압에 의해 생기는 힘
- (12) 부의 휨모멘트 : 바닥판 및 부재상측에 인장응력을 생기게 하는 휨모멘트
- (13) 부철근 : 부의 휨모멘트에 의하여 생긴 인장응력에 저항하도록 배치하는 철근
- (14) 사용하중(service load) : 고정하중 및 표준열차하중으로서 하중계수를 곱하지 않은 것이며, 작용하중이라고도 함
- (15) 사인장 철근 : 휨응력과 전단응력과 합성에 의해 부재측에 경사지게 생긴 인장응력에 저항하도록 배치하는 철근으로 전단철근이라고도 함
- (16) 설계강도 : 공칭강도에 강도감소계수(ϕ)를 곱한 강도
- (17) 설계기준강도(specific compressive strength) : 콘크리트부재의 설계에 있어 기준으로 한 압축강도. 일반적으로 재령 28일의 압축강도를 기준으로 함
- (18) 설계하중 : 부재를 설계할 때 사용되는 적용 가능한 모든 하중으로서, 강도설계법에 의한 설계에서는 하중계수를 곱한 하중(계수하중)이고 허용응력설계법에 의한 설계에서는 하중계수를 곱하지 않은 하중(사용하중)이 설계하중이 됨
- (19) 소요강도 : 하중조합에 따른 계수하중을 지탱하는데 필요한 부재 또는 단면의 강도, 또는 이와 관련된 휨모멘트, 전단력, 축방향력 및 비틀림 모멘트 등으로 나타낸 설계단면력
- (20) 양압력 : 구조물 전후의 수위차 또는 파랑 등에 의한 구조물 위치에서 일시적인 수위상승에 의해 생기는 상향의 힘
- (21) 유효깊이 : 휨모멘트가 작용하는 부재 단면에서 콘크리트의 압축면으

로부터 인장장재의 도심까지 거리

- (22) 정의 휨모멘트 : 바닥판 및 부재하측에 인장응력을 생기게 하는 휨모멘트
- (23) 정철근 : 정의 휨모멘트에 의하여 생긴 인장응력에 저항하도록 배치하는 철근
- (24) 주철근 : 철근콘크리트 부재의 설계에서 하중작용에 의해 생긴 단면력에 대하여 소요 단면적을 산출한 철근
- (25) 축방향철근 : 부재축방향으로 배치하는 철근
- (26) 콘크리트의 크리프 : 콘크리트에 일정한 응력이 작용한 상태에서 시간의 경과에 따라 변형이 계속 증가하는 현상
- (27) 피복두께 : 콘크리트 표면과 그에 가장 가까이 배치된 철근표면 사이의 콘크리트 두께
- (28) 횡방향철근 : 부재축에 직각방향으로 배치하는 철근
- (29) B(함) : 철도노반하부에 설치되는 경간장 5.0m 이상의 박스형 암거

5.1.3 구교의 설계

(1) 구교설계 일반

- ① 구교의 형식은 박스형, 문형라멘, 아치형으로 구분하며, 아치의 경우 이 장에서는 고정아치를 기준으로 한다.
- ② 구교의 형식은 사용목적과 현장조건, 내공단면의 크기, 기초지반의 상태, 시공성, 경제성, 유지관리성 등을 고려하여 선정하여야 한다.
- ③ 구교는 상재하중 및 토압에 저항하면서 내부공간을 이용하는 것이기 때문에 그 목적에 따라 위치와 구조를 선택하여야 하며, 지지지반의 역학적 특성(허용지지력, 허용침하량) 상에 큰 문제가 없는 한 불필요하게 말뚝기초 등을 사용하지 말아야 한다.
- ④ 구교의 입지는 본선과 직각방향으로 교차되도록 선정하여야 하며, 부득이한 경우에는 사용목적과 현장조건에 부합되도록 사각으로 설치할 수 있으나, 토피가 낮은(1.50m 이하) 박스형 구교의 상부에 사방향으로 열차가 재하될 경우에는 좌우 진동 방지턱의 설치를 고려하여야 한다.
- ⑤ 구교의 설치는 <그림 5.1.1>, <그림 5.1.2>와 <표 5.1.1>에 따르며

신축이음매 간격 L_1 , L_2 는 10m~15m를 기준으로 한다.

- ⑥ 연약지반 통과구간이나 장기침하량 발생이 예상되는 구간에 구교를 설치할 경우에는 지지지반의 역학적 특성을 고려하여 신축이음설치를 가급적 피하고, 시공관리상 신축이음매를 계획할 경우에는 구조물 형식을 고려한 단차방지공을 설계에 반영하여 유지관리상, 사용성에 문제가 없도록 조치하여야 한다.

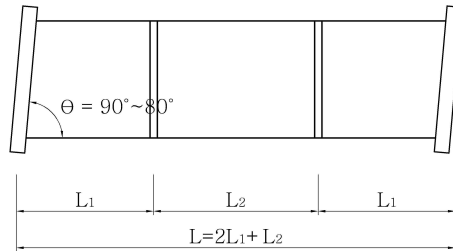


그림 5.1.1 $\theta = 80^\circ \sim 90^\circ$

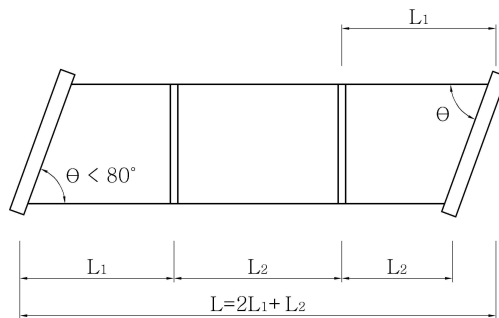


그림 5.1.2 $\theta < 80^\circ$

표 5.1.1 구교평면계획기준

지반조건	L_0/L_1	θ
연약지반	0.5이상	70°이상
보통지반	0.5이상	60°이상

⑦ 구교의 유형과 크기는 다음 조건 및 현장여건 등을 고려하여 선정한다.

가. 배수유역

나. 지표수 인자

다. 홍수위 또는 다른 제한 요소

라. 시공기면으로부터 암거 상부까지의 최소높이

마. 비탈면 경사와 노반의 폭

바. 선로의 수와 간격

사. 평탄부의 경사도와 유선

아. 철도선로와 암거의 사각

자. 유지관리

⑧ 수로용 구교는 계획유량을 통과시킬 수 있는 단면이고, 내공높이는 고수위(HWL)+여유고를 합한 높이 이상으로 한다.

⑨ 도로용 구교는 도로 건축한계 이상이고 차도, 보도, 매설관, 조명 등 기타 필요한 시설을 설치할 수 있는 공간을 확보하여야 한다.

⑩ 구교설계는 일반적으로 사용목적에서 정한 허용침하량 이하로 하고, 이음부는 유해한 틈과 어긋남이 발생하지 않도록 하여 각 부재가 소요강도 이상이 되도록 설계하여야 한다.

⑪ 구조계산은 가장 불리하게 재하된 고정하중 및 활하중에 의한 구조물의 응력, 변형, 안정, 피로 등의 구조거동을 검토하여 소요 안전도를 확보하여야 한다.

⑫ 부재의 설계는 사용하중이 설계하중으로 작용할 때 부재단면의 처짐 및 균열 등을 고려하여 사용성 및 내구성이 있어야 하고, 계수하중이 설계하중으로 작용할 때 부재단면의 강도 등 안정성을 검토하여야 한다.

⑬ 부재 설계시 단면력은 탄성해석으로 계산하며 부재의 휨강성 및 비틀림 강성은 콘크리트의 전단면을 유효로 하여 계산한다.

⑭ 휨모멘트를 결정하거나 부재를 설계할 때는 현치를 고려하여야 한다.

(2) 하중

① 하중의 종류

가. 구교의 설계하중은 허용응력설계법을 적용시 주하중(P), 주하중에
상당하는 특수하중(PP), 부하중에 상당하는 특수하중(PA)으로 구
분하며, 가설지점의 조건과 구조에 따른 하중 및 하중조합을 선정
하여 설계하여야 한다.

나. 주하중(P)

- ㉠ 고정하중(D)
- ㉡ 활하중(L)
- ㉢ 충격(I)
- ㉣ 장대레일 종하중(LR)
- ㉤ 콘크리트 크리프의 영향(CR)
- ㉥ 콘크리트 건조수축의 영향(SH)
- ㉦ 토압(H)
- ㉧ 수압, 부력 또는 양압력(Q)

다. 주하중에 상당하는 특수하중(PP)

- ㉠ 지반변동의 영향(GD)
- ㉡ 지점이동의 영향(SD)

라. 부하중에 상당하는 특수하중(PA)

- ㉠ 온도변화의 영향(T)
- ㉡ 지진의 영향(E)
- ㉢ 가설시 하중(ER)
- ㉣ 기타하중

② 고정하중을 산출할 때는 「제8장 교량 일반사항 8.2항」을 준용한다.

③ 활하중

가. 활하중은 「제8장 교량 일반사항 8.2항」을 준용한다.

나. 활하중에 의해 구교 상면에 작용하는 연직토압 및 측면에 작용하
는 수평토압은 복토두께를 고려하여 결정하여야 한다.

다. 활하중은 토피에 따라 <식 (5.1.1)> 및 <식 (5.1.2)>에 의해 계산
하며또한, 활하중에 의해 증가되는 구교측면의 측압을 고려하고 구

교 측면의 측압을 구할 때는 0.4의 가상토압계수를 적용할 수 있다.

㉓ <0.5m일 때

$$\frac{P}{a(b+d)} \quad (5.1.1)$$

㉔ $H \geq 0.5\text{m}$ 일 때

$$W_L = \frac{2P}{a \{c+b+(d+H_e)\}} \quad (5.1.2)$$

여기서, H_e : FL에서의 토피고(m)

W_L : 박스상부에 작용하는 활하중 kN/m^2)

P : 축중

a : 동륜의 축간거리(m)

b : 침목길이(m)

c : 복선 선로중심간격(m)

d : 침목하면의 도상두께(m)

④ 충격하중

구교에 작용하는 충격하중의 크기는 열차하중에 다음의 충격계수를 곱한 값으로 한다.

가. 단선을 지지하는 구교의 충격계수는 <표 5.1.2>의 값을 이용한다.

표 5.1.2 표준열차하중이 작용하는 단선 지지 구교의 충격계수

지간 L(m)	0	5	10	20
충격계수(i)	0.6	0.48	0.43	0.37

연속 경간을 갖는 구교 등에서 각 지간이 같지 않고 최소지간이 최대지간의 70% 이상인 경우에는 그 평균 지간으로 <표 5.1.2>의

계수를 사용하고, 70% 미만인 경우에는 최소지간에 해당하는 충격 계수를 사용한다.

<표 5.1.2>에 없는 지간의 충격계수는 보간법으로 구한다.

나. 복선을 지지하는 부재의 충격은 두 궤도의 전 충격으로 한다.

다. 구교 상면에 흙이 1.0m 이상 덮어져 있는 경우의 값은 <식 (5.1.3)>에 의하여 감소시켜 적용한다.

$$= i \left(\frac{2.5 - H}{1.5} \right) \quad (5.1.3)$$

단, $H \leq 1.0\text{m}$ 에서는 $i = i_o$

$H \geq 2.5\text{m}$ 에서는 $i = 0$

여기서 i : 상부슬래브에 작용하는 충격계수

i_o : 지간에 따라 정해진 기본 충격계수

H : 침목하면에서의 토피고(m)

라. 구조물 측면의 측압에 가중되는 충격력은 없는 것으로 한다.

⑤ 장대레일 중하중

장대레일 중하중은 필요시에 고려하여야 하며, 1궤도당 10kN/m로 하고 작용위치는 상부슬래브 축선으로 한다. 단, 토피가 1.0m 이상인 경우는 이를 무시한다.

⑥ 콘크리트의 크리프와 건조수축의 영향

지하에 설치되는 구교를 설계할 때는 일반적으로 온도변화는 고려하지 않고 건조수축의 영향은 고려하여야 한다.

⑦ 토압

가. 연직토압

㉠ 토피가 있는 경우 연직토압은 <식 (5.1.4)>로 구한다.

$$P_v = \gamma H \quad (5.1.4)$$

여기서 : 상부슬래브에 작용하는 토압(kN/m²)

γ : 토피의 단위체적중량(kN/m³)

H : 토피높이(m)

- ㉔ 기존지반면에 설치된 구교 상부 또는, 말뚝기초를 통해 견고한 지반에 지지되는 연약지반상의 구교 상부에 신규로 쌓기를 함으로써 지반하중 증가로 구교 주변지반이 침하하는 경우 등 주변 지반과의 상대변위가 고려되는 경우에는 토피의 연직하중을 할증하여야 한다. 다만, 좌우에 어프로치블록을 설계하는 경우에는 일반적으로 연직하중에 대한 할증을 하지 않는다.

$$P_v = (1 + \lambda) \gamma \cdot H \quad (5.1.5)$$

여기서, λ : 할증계수($\lambda = 0.25 \frac{H}{B}$)

B : 박스의 폭(m)

나. 평상시의 수평토압

평상시의 수평토압은 「제8장 교량 일반사항 8.2.2.(4)항」을 따라 산출한다.

⑧ 수압

- 가. 정수압은 <식 (5.1.6)>에 의해 산출하고, 구조물의 지반 속에 작용하는 수압이 이론수압의 값까지 작용하지 않는 것이 확실한 때에는 그 확실한 값까지 감소할 수 있다.

$$P_h = \gamma_w \cdot h \quad (5.1.6)$$

여기서, P_h : 수면에서 h만큼 깊은 곳의 정수압(kN/m²)

h : 수면에서의 깊이(m)

: 물의 단위중량(kN/m^3)

⑨ 부력 또는 양압력

가. 부력 및 양압력은 연직방향으로 작용하는 것으로 하고 구조물에 가장 불리하도록 재하한다.

나. 부력 및 양압력의 작용을 받는 구교의 안전율은 1.2 이상이어야 한다.

⑩ 지반변동 및 지점이동의 영향

가. 하부구조 완성 후 기초지반의 압밀침하 등에 의해 다음과 같은 지반변동이 예상되는 경우에는 그 영향을 고려하여야 한다.

㉞ 기초 주변지반의 압밀침하

㉟ 배면 쌓기에 의한 연약지반의 측방유동

㊱ 하천의 흐름, 파랑에 의한 세굴, 하상저하

나. 구교는 부정정 구조물로 지반의 부등침하 등으로 인하여 생기는 기초구조물의 침하, 수평이동, 회전 등에 의하여 부재응력이 증가되므로 최종 이동량을 추정하여 단면력을 산정하여야 한다.

⑪ 지진의 영향

구교는 일반적으로 배제된 흙의 중량보다 가볍기 때문에 보통지반의 일반적인 구교에서는 지진에 의한 영향이 작으므로 지진의 영향을 고려하지 않는다.

⑫ 가설시 하중

가설시 하중이란 시공단계에 따라 작용하는 하중이다. 가설시 하중으로 인한 응력은 가설방법에 따라서는 가설 후의 응력보다 큰 값을 나타낼 경우가 있다.

따라서 시공 중에는 가설에 따른 단계별 가설방법과 가설 중의 구조를 고려하여 자중, 가설장비, 기자재, 바람의 영향 등 모든 재하조건에 대한 안전도 검토를 하여야 한다.

5.1.4 설계방법

(1) 설계방법 및 기호

- ① 콘크리트 구교는 일반적으로 강도설계법을 기준으로 하나 지반지력 검토, 사용성 검토 및 강구조일 경우는 허용응력설계법을 적용한다.

② 기호

A_b : 지압을 받는 재하면적

A_c : 지지하는 콘크리트의 전면적

D : 고정하중 또는 이에 따른 단면력

G : 부등침하, 크리프, 건조수축, 제작 또는 시공시 치수의 착오, 습도변화 또는 온도변화 등으로 인한 팽창 또는 수축변형으로 유발된 변형력 또는 이에 따른 단면력

H : 토압 또는 이에 따른 단면력

I : 충격 또는 이에 따른 단면력

L : 활하중 또는 이에 따른 단면력

L_R : 장대레일 종하중 또는 이에 따른 단면력

Q : 부력 또는 양압력, 수압, 파압 등의 하중 또는 이에 따른 단면력

U : 소요강도

(2) 강도설계법

- ① 강도설계법에서 콘크리트 구조물의 부재나 단면은 설계하중조합과 강도감소계수에 의해 해석한 설계단면력 이상의 설계강도가 되도록 설계하여야 한다.

- ② 부재는 사용하중 하에서도 필요한 성능과 기능을 확보하여야 한다.

③ 설계하중조합

가. 소요강도

- ㉔ 부재나 단면의 소요강도는 「나.항」의 기준에 의한 하중계수 및 하중조합에 따라 계산한 휨, 축방향력, 전단 및 비틀림 등의 극한외력에 대한 설계단면력을 기초로 한다.

- ㉕ 구조물이나 구조부재는 가장 불리한 재하조건으로 계산한 극한외력에 대하여 설계하여야 한다.

- ㉔ 가장 불리한 재하조건이란 해석과정에서 상쇄작용으로 인하여 각종 하중 가운데 일부가 작용하지 않는 경우의 재하조건을 말하는 것으로 유의하여 설계하여야 한다.
- ㉕ 콘크리트 구조물에 적용한 강도설계법에서는 설계강도가 소요강도보다 커야 한다.
- ㉖ 소요강도는 사용하중 뿐만 아니라 초과하중이나 구조해석상의 단순화 가정 등과 같이 가능한 여러 요인들로부터 발생하는 초과작용 외력을 고려한 하중계수를 곱하여 구한다.
- ㉗ 구조요소의 설계강도는 콘크리트 구조물의 강도설계법일 경우는 공칭강도에다 1보다 작은 값인 강도감소계수(ϕ)를 곱하여 계산한다.
- ㉘ 「나.항」의 기준에 의한 하중조합 중에 가장 불리한 외력을 일으키는 조합을 사용하여 소요강도를 계산하여야 한다. 이때 구조물의 특성, 강설, 강우 또는 특수 상재하중 등이 재하되는 경우에는 이와 같은 특수하중의 재하효과도 하중조합에 포함시켜야 한다.

나. 주요 하중조합의 하중계수

- ㉙ 고정하중+활하중+토압+지하수압

$$U = 1.4D+2.0(L+I)+1.7H+1.4Q \quad (5.1.7)$$

$$U = 1.7\{D+(L+I)+H+Q\} \quad (5.1.8)$$

- ㉚ 고정하중+활하중+토압+지하수압+크리프, 건조수축 또는 온도변화+장대레일 종하중

$$U = 1.4D+1.4(L+I)+1.7H+1.4Q+1.4G+1.4L_R \quad (5.1.9)$$

편도압의 작용시 또는 1/2경간에 작용하는 활하중에 대하여도 위 조합을 기준으로 한다.

다. 「나.항」의 모든 하중조합에서 고정하중계수와 토압하중계수를 바꾸어 설계하는 경우에는 <표 5.1.3>에서 기준한 값을 적용하여야 한다. <표 5.1.3>에는 각각의 특수하중조합에서 사용되는 고정하중 및 토압하중계수를 나타냈다. 「②항」에서 사용된 고정하중계수는 휨과 인장력을 받는 부재의 경우나 기둥에서 최대축하중과 최소모멘트에 대하여 검토할 경우에 해당되는 것으로서 <표 5.1.3>의 각 경우에 대하여 설계할 때는 고정하중계수와 토압하중계수를 <표 5.1.3>에 제시한 값으로 대치하여 설계하여야 한다.

표 5.1.3 주요하중조합에서 고정하중계수와 토압하중계수를 바꾸어 설계하는 경우

식	고정하중계수	토압하중계수	
	① 기둥설계시 최소 축하중 및 최대 모멘트 또는 최대 편심에 대하여 설계할 경우	② 라멘구조에서 횡 토압에 의해 상판의 정모멘트를 검토하는 경우	연직토압에 대하여 설계할 경우
(5.1.7)~(5.1.9)	0.8	0.6	1.4

④ 설계강도

가. 공칭강도 및 설계강도

공칭강도 및 설계강도는 「제10장 콘크리트교 10.6.2항」을 따른다.

나. 강도감소계수(ϕ)

강도감소계수는 「제10장 콘크리트교 10.6.2항」을 따른다.

다. 연결부의 설계강도

㉠ 프리캐스트 부재 사이 또는 프리캐스트 부재와 현장타설 콘크리트

부재사이 연결부의 설계강도는 작용하는 외력에 대한 공칭강도에 수정한 강도감소계수를 곱하여 구한 값으로 설계하여야 한다.

- ㉞ 수정한 강도감소계수는 「나.항」의 해당 ϕ 값에 연결부에 대한 추가 강도감소계수인 0.85를 곱하여 구한 값으로 설계하여야 한다.

라. 정착길이의 기준

철근의 정착길이 산정시는 ϕ 계수를 적용할 필요가 없다.

5.1.5 사용재료

(1) 기호

E_c : 콘크리트의 탄성계수(MPa)

f_{ck} : 콘크리트의 설계기준강도(MPa)

G_c : 콘크리트의 전단탄성계수(MPa)

(2) 구교에 사용되는 강재는 「제9장 강교 및 강합성교」의 해당요건에 따른다.

(3) 콘크리트

① 콘크리트의 설계기준강도

가. 구교에 사용하는 콘크리트의 설계기준강도는 <표 5.1.4>에 나타난 값 이상이어야 한다.

표 5.1.4 콘크리트의 최저 설계기준강도

부재의 종류	최저 설계기준강도(MPa)
무근콘크리트부재	18
철근콘크리트부재	21

나. 확대기초 하면에 타설하는 기초바닥정리 콘크리트 등은 무근콘크리트의 최저 설계기준강도 이하의 콘크리트를 사용할 수 있다.

다. 하부구조에 이용하는 철근콘크리트 부재의 설계기준강도는 21MPa 이상으로 한다.

② 콘크리트의 재료는 「제8장 교량 일반사항 8.4.2항」의 해당요건에 따른다.

(4) 설계계산에 사용하는 설계상수

① 콘크리트의 할선탄성계수는 다음 규정에 따른다.

단위질량 m_c 의 값이 $1,450 \sim 2,500 \text{kg/m}^3$ 인 콘크리트

$$0.077m_c^{1.5} f_{cu} \text{ (MPa)} \quad (5.1.10)$$

보통 골재를 사용한 콘크리트($m_c=2,300 \text{kg/m}^3$)에서는 <식 (5.1.11)>을 사용한다.

$$E_c = 8,500 \sqrt[3]{f_{cu}} \text{ (MPa)} \quad (5.1.11)$$

$$\text{여기서, } f_{cu} = f_{ck} + 8 \text{ (MPa)} \quad (5.1.12)$$

② 콘크리트의 전단탄성계수는 <식 (5.1.13)>에 따라 계산한다.

③

$$G_c = \frac{E_c}{2(1+\nu)} \text{ (MPa)} \quad (5.1.13)$$

여기서, G_c : 콘크리트의 전단탄성계수(MPa)

E_c : 콘크리트의 탄성계수(MPa)

ν : 콘크리트의 포아송비

콘크리트의 포아송비는 실험에 의하여 결정되지 않는 경우에는 일반적으로 1/6으로 가정한다.

5.1.6 구조설계

(1) 구조계산

- ① 구조해석은 라멘으로 해석하고 부정정력은 탄성이론으로 구하여야 한다.
- ② 단면설계시 연직부재는 모멘트 외에 축력을 고려하여야 한다. 수평 부재도 구조물의 기하학적 형상 및 하중조건 등을 감안하여 설계자가 필요하다고 판단하는 경우는 축력을 고려하여 설계하여야 한다.

(2) 박스형 구교

- ① 박스형 구교는 정, 부 휨모멘트가 슬래브와 벽체에 작용하는 연속구조로 해석한다.
- ② 설계하중은 고정하중, 활하중, 충격하중, 토압 및 수압, 건조수축 등을 적용하며 열차의 출발과 정지 시 발생하는 선로 종방향하중은 고려하지 않아도 된다.
- ③ 열차하중으로 인한 연직하중 및 수평하중은 각각 부재에 대해서 안전하도록 재하되어야 한다. 물론 다경간의 구교에 작용하는 연직하중의 재하방법은 라멘교에 준하도록 한다.
- ④ 단면의 두께가 두껍거나 시멘트의 사용량이 많아서 구조물에 수화열에 의한 균열발생이 우려되는 경우에는 수화열에 의한 응력해석을 실시하여 그 결과를 설계에 반영하여야 한다.
- ⑤ 박스형 구교를 설치하는 기초지반이 부등침하가 예상되는 경우는 구교의 종방향에 대한 구조해석을 실시하여 설계에 반영하여야 한다.

⑥ 지반반력 계수

가. 박스형 구교 해석시 지점의 경계조건은 기초지반의 종류에 관계없이 저판의 모든 부위에 지반반력계수와 설치간격으로 환산된 스프링을 설치한 모델로 계산하고 부력 등에 의하여 스프링에 인장이 발생할 경우 인장을 받는 스프링은 차례로 제외시켜 최종적으로 압축만 받는 스프링만 남겨둔 상태의 모델해석결과를 취하여야 한다.

나. 박스형 구교의 설계에 사용하는 지반반력계수는 지반강도 및 구교

의 크기를 고려하여 산출하여야 한다.

다. 박스형 구교의 설계에 사용하는 지반반력계수(K_v , K_H , K_s)의 산정은 「제7장 지하구조물 7.3.4(3)③항」의 지반반력계수를 준용한다. 지반반력계수의 산출시 이용되는 환산폭 B의 산정은 암거의 모든 저면적 및 측면적으로부터 산출하여야 한다. 그러나 암거의 길이가 길어 종방향 거동상 문제가 발생할 수 있는 경우에는 수치해석에 의한 방법으로 안정성을 확인하여야 한다.

라. 박스형 구교가 위치에 따라 지반반력계수의 차이가 큰 지반에 접하는 경우는 그 영향을 고려해서 환산폭을 구하고, 또한 부등침하 및 그것에 반하는 응력의 산정은 해당면적으로부터 환산폭을 산출하여야 한다.

⑦ 안정 검토

가. 박스형 구교는 일반적으로 침하에 대한 안정성을 검토하여야 한다. 특히, 지하수위가 높은 경우에는 구교의 부상(浮上)에 대하여 검토하여야 한다.

나. 일반적으로 박스형 구교의 안정(수평지지 및 전도)에 관한 검토는 생략하나, 연직지지력 및 침하에 대한 안정성 검토는 수행하여야 한다. 또한, 교각 등을 지지하는 박스형 구교에서는 기초로서의 안정검토는 반드시 수행하여야 한다.

다. 평상시 부상에 대한 안정은 지하수위의 상태 및 구교 자체와 흙과의 마찰력 등에 따라서 달라지지만 보통 <식 (5.1.14)>에 의하여 검토하여야 한다. 양압력은 지형, 지질, 시공방법 등 현장의 실제상태를 고려하여 결정하지만, 일반적으로는 사질토, 점성토 모두 구교저면에 작용하는 높은 수위 때의 수두에 의한 압력으로부터 산정하여야 한다.

$$\text{상재하중} + \text{복토중량} + \text{암거중량} + \text{측면마찰력} > \text{양압력} \quad (5.1.14)$$

여기서, F_s : 부상에 대한 안전율

⑧ 종단방향의 단면력 검토

가. 구교의 종방향 단면력 검토는 구교를 탄성체 위에 놓인 보로서 작용하는 것으로 가정하여야 한다.

나. 지지지반이 변하는 경우와 연약지반 상에서 쌓기 등으로 인한 큰 하중이 실리는 경우 등에서는 종방향의 검토가 필요하다. 종방향 단면력의 산정은 일반적으로 <그림 5.1.4>를 따른다. 또한, 연직지반반력의 분포에 의해서 횡단면 설계를 재검토하는 것이 필요하다.

㉡ 구교를 지지반력으로 지지되는 탄성체 위에 놓인 보로 가정하여야 한다.

㉢ 단면력의 산정은 유효 전단면으로부터 산출하여야 한다.

또한, 신축이음매 위치선정을 통하여 종단방향 단면력을 줄일 수 있다. 그러나, 부등침하가 발생되기 쉽기 때문에 암거의 주변 환경 및 사용목적 등에 의해서 이해득실을 검토해야 한다.

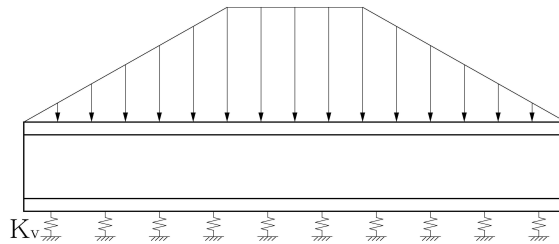


그림 5.1.4 종단방향의 검토 모델

⑨ 구조상세

가. 구교 모서리부에는 현치를 설치하고 보강철근을 배치하여야 한다.

나. 열하중이 상부슬래브에 작용하는 경우 철근의 피로에 대한 검토는 상부슬래브의 중앙부 및 모서리부에 대해서 수행하여야 한다.(<그림 5.1.5> 참조) 복토가 있는 구교에 작용하는 활하중의 영향은 복토 두께가 클수록 작아진다. 일반적으로 복토두께(도상두께 포함)가 2.5m 이상이 되면 활하중에 의한 진폭이 작아지기 때문에 철근의 피로에 대한 검토를 하지 않아도 좋다. 또한 하부슬래브에 직접 활하중이 재하되는 경우에 있어서도 그 영향은 작기 때문에

일반적으로 피로를 고려하지 않는다.

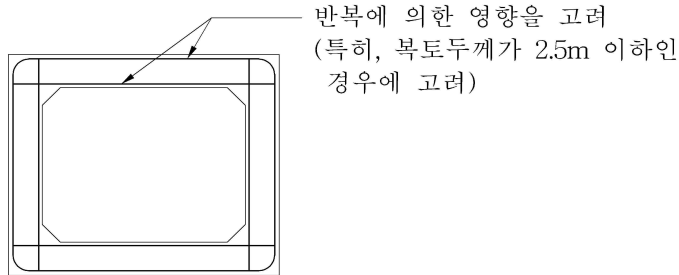


그림 5.1.5 반복에 의한 영향을 고려한 철근

- 다. 기초지반이 흙인 경우로써 종방향으로 영향을 받는 구교에서 상부 슬래브, 하부슬래브와 벽체에 있어서 종방향 최소철근량은 복토의 깊이가 3.0m 이하인 경우는 콘크리트 단면적의 0.4%, 복토가 3.0m 이상인 경우는 복토 깊이가 30m인 경우의 사용량인 1.0%를 기준으로 선형변화량을 사용하되 이때 종방향 철근량은 주철근량 미만이어야 한다.
- 라. 단단한 지반 위에 놓인 경우와 말뚝기초로 지지되는 경우로써 종방향 부등침하가 우려되지 않는 경우에는 「다.항」의 기준을 적용하지 않는다. 따라서 어느 정도 견고한 지반에 놓이는 일반적인 구교로써 신축이음매가 설치되어 상세한 종방향 해석이 필요하지 않다고 판단되는 경우 종방향 철근량은 슬래브의 경우 콘크리트 단면적의 0.25%, 벽체의 경우 0.3%를 적용한다.
- 마. 또한 구교의 종방향 철근량은 단위폭주변의 인장 주철근량의 1/5 이상으로 하여 구교 종방향으로 계산외의 응력이 발생하는 것을 고려하여야 한다.
- 바. 신축이음매의 간격은 일반적으로 10~15m이며 국부적인 하중이 재하되는 경우나 지반이 불균일한 경우에는 종방향 단면력을 최소로 하는 위치에 두어야 한다.
- 사. 부재의 접합부 및 그 부근의 주철근은 이음을 두지 않아야 한다.
- 아. 날개벽은 제방을 보존하고 구교 개구부를 유지하기 위하여 주변지

형 및 현황에 부합되는 경사와 길이를 갖도록 설계하여야 한다.

(3) 문형라멘 구교

- ① 토피가 있는 문형라멘 구교는 박스형 구교를 기준으로 해석하되 기둥 및 벽에 대한 토압, 수압 및 지점침하 등은 별도로 검토하여야 한다.
 - ② 단면력을 계산할 때의 부재축선은 부재단면의 도심축선에 일치시킨다. 그러나 수직부재와 수평부재의 비가 4이상인 경우에는 수평부재의 축선변화 영향을 고려하여 단면력을 계산하여야 한다.
 - ③ 현치의 크기가 부재단면에 비해 작고, 단면의 응력계산에서 무시될 수 있는 정도의 크기를 가지는 현치인 경우에는 휨강성의 변화를 무시해도 좋다.
 - ④ 지간이 비교적 긴 라멘교에서는 강역의 영향을 무시하여 해석해도 좋다. 그러나 기둥과 보의 절점부에 특히 큰 현치가 있는 경우나 보 또는 기둥의 부재 두께가 매우 큰 경우에는 강역의 영향을 고려하여 해석한다.
 - ⑤ 단면이 크거나 시멘트의 사용량이 많아서 구조물에 수화열에 의한 균열발생이 우려되는 경우에는 수화열에 의한 응력해석을 실시하여 그 결과를 설계에 반영하여야 한다.
- ⑥ 구조상세
- 가. 거더 및 슬래브와 기둥의 주철근은 절점부에서 서로 간의 배치를 고려하여 단면력이 확실히 전달되도록 설계해야 한다.
 - 나. 라멘교 기둥의 띠철근 및 중간절점부의 스티럽은 일반적으로 다음과 같이 배치한다.
 - ㉠ 거더에는 기둥전면으로부터 거더높이의 1.5배되는 구간까지 0.2% 이상의 띠철근을 배치하여야 한다.
 - ㉡ 기둥하부에는 기둥의 가로치수와 동일한 길이의 구간까지 0.2% 이상의 띠철근을 배치하여야 한다.
 - ㉢ 기둥상부에는 기둥의 가로치수와 2배되는 길이의 구간까지 0.25% 이상의 띠철근을 배치하여야 한다.
 - ㉣ 기둥의 그 밖의 위치에는 0.15% 이상의 띠철근을 배치하여야 한다.

다.

다. 단절점부에서는 절점부에서 결합하는 부재의 주철근량의 1/2 이상을 외측에 연해서 배치하여야 한다.

라. 기둥의 하단이 고정된 경우, 기둥의 주철근은 기초의 상단부터 기초높이의 1/2되는 곳을 지나 소정의 정착길이를 정착하여야 한다. 시공상 부득이한 경우에는 축방향철근을 확대기초 하단까지 연장하여 직각갈고리로 정착시켜야 한다.

마. 현치에는 계산상 철근이 필요 없는 경우에도 별도로 현치 단면에 연하여 철근을 배치하여야 한다.

바. 부재절점부 및 그 부근에는 주철근의 이음을 두지 않는다.

(4) 아치형 구교

① 아치축선은 가능한 한 하중에 의한 압력선과 일치하도록 한다.

② 아치의 축선은 곡선으로 되어 있기 때문에 경간이 긴 아치의 경우 휨좌굴, 휨 및 비틀림을 동시에 받아 일어나는 좌굴 등에 대한 안전도 검사를 반드시 수행하여야 한다.

③ 아치의 축선은 아치리브의 단면도심을 연결하는 선으로 한다.

④ 부정정력을 계산하는데 있어 아치리브의 단면변화를 고려하여야 한다.

⑤ 아치의 기초는 아치에서 발생하는 수평력에 저항할 수 있어야 한다.

⑥ 아치에 있어서 부정정력은 탄성이론에 의해 산출하여야 한다.

⑦ 아치를 설계하는 경우 연직 및 수평하중과 건조수축 등을 고려하여야 한다.

⑧ 아치는 아치축선 형상 및 각 단면의 단면2차모멘트의 변화 등이 부정정력에 미치는 영향을 고려하여 설계하여야 한다.

⑨ 구조상세

가. 철근 콘크리트 아치는 아치의 상·하면에 따라서 대칭인 축방향철근을 배치하여야 한다. 철근량은 각각 아치리브폭 1m당 600mm^2 이상, 상하면의 철근을 합하여 콘크리트 단면의 0.15% 이상으로 하여야 한다.

나. 철근콘크리트 아치에서는 아치 상하면의 축방향철근을 감는 스트럽

또는 띠철근의 지름은 6mm 이상, 또 축방향철근 지름의 1/4 이상으로 하고, 그 간격은 축방향철근 지름의 15배 이하, 아치단면의 최소치수 이하로 배치하여야 한다.

5.2 배수시설

배수시설의 계획은 노반과 주변의 물을 신속히 배제하여 철도노반의 안정성을 보장하기 위한 것이다. 하천유역의 종합적인 분석과 홍수로 인한 재해 방지대책 및 배수시설계획을 수립하여야 하며 철도노선 선정에도 이를 감안하여야 한다.

5.2.1 일반사항

철도의 배수시설은 일반적으로 표면배수, 지하배수, 선로횡단배수로 구분하며, 배수시설의 구분 및 명칭은 <그림 5.2.1>과 같다.

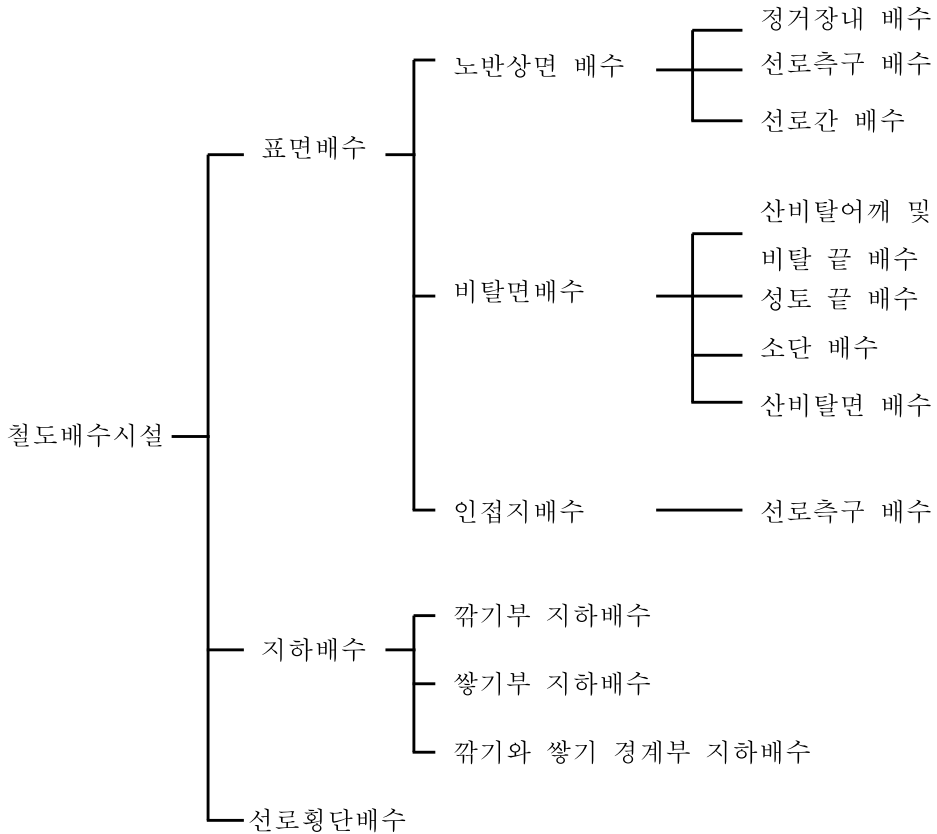


그림 5.2.1 철도배수시설의 구분

(1) 배수시설의 용량

- ① 배수시설의 용량은 배수시설의 기능에 따라 다르며 표면배수의 경우 강우에 의한 유출량, 동결기에 눈 녹은 물로 인한 유량 및 기타의 공급원에 대한 유량의 합계로 한다.
- ② 유량의 발생 시차가 있는 경우는 중복될 가능성이 있는 유량의 합계 중에서 최대치를 배수용량으로 한다.

(2) 설계빈도의 결정

- ① 수문학적 설계규모는 수문설계자의 공학적 판단과 경험을 바탕으로 결정하는 것이 바람직하다. 특히 극한 수문사상에 대한 추정 한계치

나 대소 수공구조물의 설계빈도를 결정하기 위해서는 이러한 공학적 판단과 함께 내용년한을 초과하지 않는 설계기간에 닥칠 위험도를 평가하고, 치수경제성분석과 설계기술자의 설계 경험이나 현장 경험을 바탕으로 구조물의 종류, 중요도, 홍수지역의 개발정도 등을 감안하여 설계빈도를 결정한다. 일반적으로 주요 수공구조물의 설계빈도는 다음과 같이 기준을 정한다.

가. 배수로 및 방수로 : 20년 이상

나. 배수제 및 배수문(배수펌프): 20년 이상

다. 유수지 및 저류지 : 20년 이상

- ② 수공구조물의 설계빈도 결정시 구조물의 중요도, 도시화 등 수문학적 요소가 가장 중요하나, 사회적, 경제적인 요소에 따라 설계기준이 달라질 수 있다. 따라서 특정 수공구조물의 설계빈도를 일률적으로 100년 또는 200년으로 결정하는 것은 바람직하지 못하다.

(3) 하천중요도에 따른 설계빈도

표 5.2.1 하천중요도에 따른 설계빈도

하천중요도	적용하천범위	설계빈도	관리자	비고
A	국가하천의 주요구간	200년 이상	국토해양부	
B	국가하천	100~200년	국토해양부	
C	지방하천	50~200년	광역단체	
D	소하천	30~100년	기초단체	

주) 1. 소하천은 행정자치부의 소하천정비법의 적용을 받는 하천

2. 출처 : 하천설계기준·해설(한국수자원학회, 2009)

(4) 유출량

- ① 배수구조물의 단면을 결정하는 유출량(설계유량) 산출, 즉 계획홍수량을 추정하는 방법은 관측유출량 자료가 있는 경우에는 빈도해석을 이용하여 직접 산정하며, 이외의 경우에는 유역면적이 4 km^2 미만이거나 유역 또는 하도의 저류효과를 기대할 수 없는 소규모인 경우 합리식을 적용하고, 4 km^2 이상인 중규모인 경우에는 하천설계기준에서 제시한 설계홍수량 산정방법을 사용하여 계획홍수량을 산정

한다.

- ② 유역면적은 노반 침수면적과 철도 인근지대에서 우수가 유입하는 지역의 면적을 합한 것으로 하며 인접지역에서 우수가 유입하는 지역의 면적은 1/5,000 또는 1/25,000 축척의 지형도에서 분수령을 찾아서 구하여야 한다.

가. 중·대규모 유역의 유출량 산정(단위도법)

중·대규모 유역의 유출량(설계홍수량) 산정은 「㉠~㉣」 절차로 수행한다.

- ㉠ 설계대상 규모 또는 계획빈도를 특정 재현기간 또는 최대가능홍수량(Probable Maximum Flood)으로 결정하고, 특정 재현기간의 확률강우량 또는 최대가능강우량(Probable Maximum Precipitation)을 설계강우량으로 결정하게 된다. 설계강우량은 임계지속기간을 고려하기 위하여 강우지속기간을 변화시켜가며 산정하여야 한다.
- ㉡ 강우지속기간별 설계강우량을 시간분포시켜 설계 우량주상도를 작성한 다음, 설계 우량주상도에서 손실우량을 분리하여 설계 우량주상도를 작성한다.
- ㉢ 강우지속기간별 설계 유효우량주상도를 단위도(Snyder, SCS, Nakayasu, Nash, Clark 방법 등)에 적용하고 여기에 기저유량을 고려하여 소유역별 홍수수문곡선을 산정한다.
- ㉣ 강우지속기간별로 소유역별 홍수수문곡선이 산정되면 하도추적 및 저수지추적, 홍수수문곡선 합성 등을 통하여 전체 유역의 홍수수문곡선을 산정한다.
- ㉤ 최종 설계홍수량은 홍수량 산정지점별로 채택된 임계지속기간의 홍수수문곡선으로 결정된다. 여기서, 임계지속기간은 비저류용 구조물에는 침투홍수량이 최대로 산정되는 조건, 저류용 구조물에는 필요저류량이 최대가 되는 조건으로 결정한다.

나. 소규모 유역의 유출량 산정(합리식)

저류효과를 기대할 수 없는 소유역의 경우 합리식을 적용하여 유출량(계획홍수량)을 산정할 수 있다.

$$0.278 \cdot C \cdot I \cdot A \quad (5.2.1)$$

여기서, Q_d : 유출량(합리식), (m^3/sec)

C : 강우에 대하여 배수구역의 특성에 따라 결정되는 유출계수

I : 강우지속시간이 t 인 설계강우강도(mm/hr)

A : 유역면적(km^2)

- ㉔ 합리식은 강우유출과 직접 연관을 가지며, 유역면적이 $4.0km^2$ 이 내일 때 적용하며 해석적인 면에서 0.8% 이내의 오차가 있으므로 모든 수문계산시 간이해석으로 사용하여야 한다.
- ㉕ 유출계수는 유역의 형상, 지표면 피복상태, 식생 피복상태 및 개발 상황, 강우지속시간 등을 감안하여 결정하나, 자연하천 유역 및 토지이용에 따른 유출계수(C)에 대한 값은 <표 5.2.2>와 같다.
- ㉖ 유출계수는 유역의 개발로 인하여 큰 변화를 받는 일이 많으므로 계획치로 적용하는 유출계수는 장래 예상되는 개발계획 등을 고려하여야 한다.
- ㉗ 강우강도 I 는 강우강도표 또는 확률 강우강도식으로 부터 구하고, 합리식에서는 전 지역에 균일한 우수가 발생하는 것으로 하여야 한다.
- ㉘ 유역면적 A 는 지형작업을 통해 직접 산출하며 우수가 발생하는 지역에서 강우지속시간이 구해지면 강우강도-지속시간-빈도곡선을 이용하여 강우강도를 구하여야 한다.

표 5.2.2 토지이용도에 따른 합리식의 유출계수 범위^{*1}(Ponce, 1989)

토지이용		기본유출계수 C	토지이용			기본유출계수 C	
상업 지역	도심지역 근린지역	0.70-0.95	차도 및 보도			0.75-0.85	
		0.50-0.70	지붕			0.75-0.95	
주거 지역	단독주택*2	0.30-0.50	잔디	사질토	평탄지	0.05-0.10	
	독립주택단지	0.40-0.60			평균	0.10-0.15	
	연립주택단지	0.60-0.75		경사지	0.15-0.20		
	교외지역 아파트	0.25-0.40 0.50-0.70		중토	평탄지	0.13-0.17	
		평균	0.18-0.22				
				경사지	0.25-0.35		
산업 지역	산재지역	0.50-0.80	농경지	나지	평탄한 곳	0.30-0.60	
	밀집지역	0.60-0.90			거친곳	0.20-0.50	
공원, 묘역		경작지		사질토	작물 있음	0.30-0.60	
운동장					작물 없음	0.20-0.50	
철로				점토	작물 있음	0.20-0.40	
미개발지역					작물 없음	0.10-0.25	
도로	아스팔트 콘크리트 벽돌			0.70-0.95 0.80-0.95 0.70-0.85	관개 중인 답		0.70-0.80
					초지	사질토	0.15-0.45
		점토	0.05-0.25				
					산지*3	급경사 산지	
		완경사 산지		0.30-0.70			

*1 유출계수는 재현기간 5-10년에 적용되므로 재현기간이 이보다 길 경우

Ponce(1989, Engineering Hydrology)등의 보정그래프를 활용토록 한다.

*2 단독주택인 경우 미국의 주거사항과 한국의 주거사항이 같지 않으므로 유출계수 추정시 주의를 요한다.

*3 산지의 경우 유출계수 추정시 현장조건을 감안한 판단이 필요하며, 유역면적이 작은 지역에서는 비교적 큰 유출계수를 사용하고 유역면적이 큰 지역에서는 비교적 적은 유출계수를 사용하여 홍수량이 과소 또는 과다 추정되지 않도록 유의한다.

(5) 표면배수량

- ① 표면배수는 노반의 안정을 위하여 노반이나 부근에 내린 우수나 눈 또는 얼음의 녹은 물을 신속히 배수하여야 한다.
- ② 표면배수량은 노반기능의 안전성과 구조물의 안전성, 배수시설의 중요성 및 경제성에 의해 결정되어야 한다.

(6) 지하배수량

- ① 지하배수량은 기상, 지형, 토질, 지하수위와 경사 등에 따라 크게 달라지므로 이들의 조건을 고려하여 설계하여야 한다.
- ② 배수층의 투수계수는 현장 투수시험을 실시하여 결정해야 하나 시험을 할 수 없을 때는 <표 5.2.3>의 값을 참고하여 적용할 수 있다.

표 5.2.3 대표적인 흙의 투수계수의 값(Terzaghi & Peck)

대표적인 흙	투수계수(mm/sec)	투수성
자갈이 섞인 흙 모래, 세립모래 모래질 롬(Loam) 실트 점토	1 이상 1×10^{-2} $1 \times 10^{-2} \sim 1 \times 10^{-4}$ $1 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-6}$ 1×10^{-6} 이하	투수성이 상당히 큼 투수성이 중간 투수성이 작음 투수성이 상당히 낮음 불투수성

(7) 배수구교의 위치 및 방향

- ① 구교의 위치 및 방향은 통수의 원활을 기하고 물흐름의 장애가 되지 않도록 해야 한다.
- ② 산악지 철도 배수시설 계획은 지형적인 여건으로 인하여, 대규모 깎기 비탈면이나 대규모 쌓기 비탈면 등이 발생되므로, 주변의 지형적인 요소와 토질상태 등을 고려하여 강우시 배수시설물로 유입되는 토석류 및 유송잡물 등이 배수시설물에 영향을 미치지 않도록 계획한다.
- ③ 하천 제방과 철도 등에 직각방향으로 설치하면 공사비는 적게 들지만 흐름이 변경되어 세굴, 침수, 침전을 일으키는 원인이 되므로 피하도록 한다.

(8) 배수구교의 수리설계

- ① 선로횡단 배수시 계 하류로 소통시킬 수 있는 가장 경제적인 단면과 매설경사를 결정한다.
- ② 배수시설의 수리설계는 수문분석으로 결정되는 계획배수량과 허용상류수심, 암거하류부의 수심 값이다.
- ③ 산악지에 설치되는 횡단배수시설은 토석류 또는 유송잡물의 유입을 고려하여 그 용량을 결정한다.
- ④ 설계에서 결정해야 할 사항은 구교단면의 최적 크기, 암거의 경사, 유입부의 모양 선택 및 암거 출구부 감쇄공 등이다.
- ⑤ 설계조건을 만족시키는 구교 내의 흐름조건은 경제적인 조건에 맞도록 시산법에 의해서 설계하여야 한다.

5.2.2 수리·수문조사 및 분석

강수는 강우와 강설을 포함하고 있으며, 우리나라의 경우 최고 유출량에 영향을 주는 것은 강우가 지배적이므로 철도배수시설 기준의 유출량은 강우를 대상으로 한다.

(1) 조사 및 분석

배수계획에서 배수구역, 하천의 특성, 범람원, 수문자료 등은 배수시설을 결정하는 데 중요한 자료가 된다.

① 배수구역

지리적 특성이 같은 지역에서 구역의 규모는 유출량에 비례하므로 구역의 규모를 결정하는 것은 배수시설의 규모를 결정하는 주요 요인이다. 구역의 규모는 국토정보지리원에서 발간되는 지형도와 현장조사를 통해 결정한다. 배수구역 내 수로의 경사와 단면은 배수계획을 수립하는 자료가 된다. 토지이용에 대한 조사는 현장조사를 통한 현재시점의 조사와 해당 지자체와 중앙정부의 지역개발계획 등을 수집, 조사하고 유출량에 영향을 주는 지질과 토질에 대한 자료는 지질도, 현장 지표조사 및 시추조사 등을 통하여 얻을 수 있다.

② 하천의 특성

지표수와 지하수의 유출은 하천을 통해 흘러 나간다. 자연하천과 수로의 변동사항은 유출량과 유출률에 영향을 미치므로 철도계획 및

배수계획시 검토하여야 한다.

③ 범람원

범람원은 수로가 정비되어 있지 않은 지역으로 철도의 배수계획 시 하천이나 수로보다 더 많은 영향을 줄 수 있다. 산지가 많은 우리나라의 경우, 능선부에 위치한 작은 골이나 계곡부의 농경지는 중요한 범람원이다. 범람유출의 발생가능성은 범람원의 폭에 대한 깊이의 비로부터 예측할 수 있다. 일반적으로 폭/깊이의 비가 클수록 유속의 변화가 크고, 조도계수 및 식생변화에 영향이 커져 유출량의 변화가 크게 된다. 현장조사를 통해 범람원의 유로방향을 찾고 유출량을 분석하여 철도 배수계획을 수립한다.

④ 수문자료

기록 이전의 홍수발생을 역사적 홍수라 하는데 이러한 과거의 자료는 오래된 신문, 지역주민의 증언을 통해 얻거나 또는 담벽이나 나무에 새겨진 고수위 흔적조사를 통해 얻을 수 있다. 기존 철도, 도로 및 기타 공공시설물의 관리자료에서 홍수에 대한 기록을 찾을 수 있으며 다음 사항에 대한 자료는 배수계획에 직접적인 도움이 된다.

가. 홍수의 최고 수위

나. 배수구조물 및 하천 상·하류의 수위차

다. 과거 홍수발생기록

라. 홍수발생의 지속기간 및 발생규모

마. 침수지역의 세굴, 침식 및 침전 정도

바. 암거의 수두

사. 여유고에 대한 정보

아. 교량의 경간장

자. 최소한의 공사공간 확보

차. 기타 홍수에 영향을 주는 자료

(2) 배수시설 계획시 고려사항

배수시설 계획시에는 현장상황 및 지형, 침식과 침전, 수로변경, 비탈면에 미치는 물의 영향 등을 고려하여야 한다.

① 유역현황 및 지형

철도건설공사에서 유역의 현황과 지형의 특성을 고려한 배수계획은 매우 중요하다. 철도노반의 침수가능성이 있는 지역에 위치하는 경우 침수로 인한 재해방지대책 및 배수시설계획을 수립하여야하며, 저지대의 경우 내수피해에 대한 영향을 고려하고 노반이 침수되지 않도록 별도의 검토가 이루어져야한다. 또한, 산지에서는 배수시설의 통수능을 확보하여 노반이 유실되지 않도록 계획되어야 한다.

② 침식과 침전

철도건설공사에 따라 토지가 교란되고 침식이 가속화되어 침식량이 증가할 수 있다. 침식으로 토립자가 물에 의해 운반되며, 수로에서 유속이 감소되면 운반능력이 감소하여 토립자가 침전된다. 수로에서 침전이 발생하면 배수용량이 줄어 배수에 문제가 발생하고 침전물 제거를 위한 유지관리비용이 증가하므로 침식과 침전에 대한 대책 수립이 필요하다.

가. 철도계획 단계시 침식과 침전방지

철도의 노선선정 단계에서 침식과 침전으로 인한 환경적, 경제적 손실이 최소화 할 수 있도록 계획한다.

- ㉠ 하천횡단시 곡류부를 피하고 유수방향과 직각으로 횡단하도록 한다.
- ㉡ 하천횡단을 최소화하고 수로변경시 침식과 침전에 대한 대책을 수립한다.
- ㉢ 침식성이 강한 지반활동지역, 황토, 충적토 지역은 피한다.
- ㉣ 침전에 대비하여 표면수의 집수시설은 유지관리가 용이하도록 계획한다.

나. 세부설계시 침식과 침전방지

세부설계에서는 침식과 침전발생이 최소화되도록 해야 한다.

- ㉠ 선형결정시 침전이 발생하지 않도록 최소중단경사를 결정한다.
- ㉡ 깎기, 쌓기부의 높이를 최소화하고 경사면에는 식생피복과 소단배수로를 설치한다.
- ㉢ 유속이 빠르거나 급변하는 수로는 피복을 하거나 콘크리트 수로를 계획한다.

- ㉠ 유수의 집중을 피할 수 있도록 배수시설을 배치한다.
- ㉡ 관로의 유출부는 유속을 검토하여 감속시설, 잡석 깔기 및 세굴방지시설을 계획하고 침전토사의 청소가 용이한 형태로 계획한다.
- ㉢ 침식성의 토질조건의 경사면에는 파이프 도수로로 계획한다.
- ㉣ 소단이 설치된 경사면의 도수로는 도수방지용 덮개를 설치한다.

다. 공사중 침식과 침전방지

공사중 발생하는 침식과 침전은 자연환경훼손, 민원 등의 문제를 야기시킬 수 있으며 공사안전, 공사기간, 토공의 균형에 영향을 미치므로 세심한 대책이 필요하다.

- ㉠ 공사기간동안의 강우 발생을 고려하여 공사일정을 계획한다.
- ㉡ 토공작업과 병행하여 배수시설물 공사를 시행한다.
- ㉢ 벌개제근 지역을 최소화하고, 강우시를 대비한 일시적 침식방지작업을 수행한다.
- ㉣ 쌓기부 및 깎기부의 비탈은 식생이 정착될 때까지 부직포, 벚짖 등으로 보호한다.
- ㉤ 공사장에서 발생하는 토사의 유출을 방지하기 위하여 방수로와 침사수조를 설치한다.
- ㉥ 하천횡단 구조물로 인한 하상 굴착시 폐자재가 하상에 버려지지 않도록 한다.

라. 수로의 변경

자연수로에 대한 순기능은 매우 다양하며 특히, 환경적, 생태학적 측면의 기능은 보호되어야 한다. 그러나 수로의 형상과 철도 선형조건의 상충으로 수로변경을 고려하는 경우에는 자연수로와 철도의 양립성이 전제되어야 하며 「㉠, ㉡, ㉢항」을 고려한다.

- ㉠ 수로용량을 증가시키기 위한 짧은 구간의 수로변경은 효과적이지 못하다. 수위와 유량 변화의 가능성이 있는 경우에 수로용량을 증가시키기 위해서는 하류의 유량조절 작업을 시행해야 한다.
- ㉡ 정비되지 않은 하천수로를 횡단하는 교량은 수로개구부(수로의 통수단면)를 확폭시킬 수 있으나, 이는 하천의 수위-유량 관계에 영향을 미치지 못한다. 그러나 교량하부의 수로개구부를 확폭 또는

증가시켜 홍수수위의 역류발생을 감소시킬 수 있다. 이 경우 정기적인 유지관리가 없으면 퇴적현상으로 인해 자연수로의 형태로 되돌아간다.

- ㉔ 일부 환경조건에서 수로선형을 변경하여 개수로 형태의 효율적인 유로선형을 만들 수 있다. 수로선형 변경을 위한 일반기준을 공식화하기는 어렵지만 만곡부의 반경, 만곡정도, 수로경사 등에 대한 검토가 필요하다.

마. 자유로운 물의 흐름

물의 유출은 철도노반, 퇴적물, 수로의 변형 또는 기타 철도시설물에 의해 방해되어서는 안 된다. 노반배수시설인 노반상면, 비탈면, 인접지 등의 배수시설은 퇴적물, 수목 등에 의해 기능이 저하되지 않도록 한다. 암거는 수목의 뿌리에 의해 추가로 압박을 받지 않도록 지면으로부터 거리를 두고 설치한다.

바. 배수로에 유도되는 물

철도선로의 배수시설은 표면수 및 흙속의 비흡착수 등의 우수만 처리하고 가정이나 영업 및 산업폐수와 같은 오수를 유입시켜서는 안 된다. 철도선로의 배수시설로부터 유출되는 물은 자연적인 흐름으로 되돌려 주어야 한다. 집수되어 배수로에 의해 유도되는 물보다 배수시설 인접의 침투수를 우선적으로 고려해야 한다.

사. 배수시설의 설정

철도시설로 수로의 변경이 불가피한 경우 자유로운 물의 흐름이 이루어지도록 선형을 결정하고 상·하류 수로에 침식과 침전이 발생하지 않도록 계획한다.

- ㉕ 수로의 종단기울기 $\geq 0.3\%$
 ㉖ 토공 노반의 횡단기울기 = 3%
 ㉗ 평평한 지역에서는 시공기면이 주변보다 최소한 0.5m 이상 높게 쌓기를 한다.

(3) 설계강우강도

강우강도는 유역의 강우도달시간과 동일한 강우 지속기간 동안에 특정 발생확률로 내릴 수 있는 최대 강우강도로서 단시간 호우로부터 작

성된 지속기간별 연최대치 또는 연초과치 계열의 빈도 해석에 의해 강우 재현기간별로 결정되며 여러 가지 형태의 강우강도식으로 표시될 수 있다. 강우강도-지속기간-재현기간 관계는 「1999년도 수자원관리기법개발연구조사 보고서(2000. 6., 국토해양부) 제1권 한국 확률강우량도의 작성」에서 제시된 지점 확률강우량 및 확률강우량도나 그 지역에서 산정되어 최근 적용된 하천기본계획 등에서 사용되는 확률강우강도식을 사용한다.

(4) 설계 통수단면

배수 시설물은 설계 홍수량을 통과시킬 수 있는 통수단면이 확보되도록 설계하여야 한다.

① 통수유량

통수유량은 평균유속과 통수단면적의 곱으로 <식 (5.2.2)>와 같다.

$$V \cdot A \quad (5.2.2)$$

여기서, Q 는 통수유량(m^3/sec)

A 는 통수단면적(m^2)

V 는 평균유속(m/sec)이다.

② 설계통수량

토사 등의 퇴적에 의한 단면축소와 유지관리의 효율성을 고려하여 설치 위치 및 종류에 따라 설계통수량을 산정한다.

가. 배수관 및 수로암거(박스형)

㉠ 일반적인 경우 : 최대통수량의 80%

㉡ 현장여건상 경사 0.2% 이하 또는 유속 0.6m/sec 이하 : 최대통수량의 70%

㉢ 경지 정리된 논경작지, 거주지, 도심지 등 : 최대통수량의 70%

나. 선로간 배수관, 선로 횡단배수관 : 최대통수량의 75%

다. 노반상면 배수의 선로 측구, 비탈면 배수의 비탈끝 배수, 도수로 및 기타시설

㉓ 일반적인 경우 : 최대통수량의 80%

㉔ 현장여건상 경사 0.2% 이하 또는 유속 0.6m/sec 이하 : 최대통수량의 70%

㉕ 경지 정리된 논경작지, 거주지, 도심지 등 : 최대통수량의 70%

라. 배수시설의 홍수위는 구조물 상부의 수위를 과다하게 상승시키지 않는 상태에서 홍수량을 하류로 배제할 수 있도록 계획하고 홍수위산정은 HEC-RAS에 의한 해석을 이용하는 것을 권장한다.

5.2.3 쌓기부 및 깔기부 배수시설

(1) 배수계통

- ① 배수공의 계획 및 설계는 쌓기지역 및 깔기지역 주변의 배수면적, 표면형상, 주위의 지형, 지하수의 상황, 기상조건 등을 감안하여 배수계 전체에 대해서 균형이 이루어질 수 있도록 하여야 한다.
- ② 배수공의 목적은 분니방지, 강화노반과 원지반의 강도확보 및 열화방지, 그리고 비탈면 등 비탈면표층의 침식 및 활동방지 등이다. 이 범위에 들어가지 않는 지반활동, 토석류 등의 대규모 붕괴에 대해서는 별도 대책을 고려하여야 한다.
- ③ 배수계통을 계획, 설계할 때는 지형도(축척 1/5,000 정도) 상에 집수역, 유출방향 및 유출계수와 배수구조물을 표시한 배수계통도를 작성하고 확률강우, 강우강도, 유달시간 및 유출량 등을 결정하여 배수공의 배수능력과 비교하도록 하여야 한다.
- ④ 배수공의 기능 상실은 노반의 유실, 매물, 침수로 인한 피해를 유발하게 되므로 계획 및 설계 시 토사의 침전, 배수구조물의 침하, 배면의 토사 유실 등이 발생치 않도록 하여야 한다.
- ⑤ 배수로의 기울기는 유수의 흐름을 위하여 최소 3/1,000 이상으로 하되 토사의 침전이 우려될 때에는 기울기를 조정하여야 한다.
- ⑥ 토사 등의 침전을 적게 하고 청소가 쉽도록 최소 내공단면은 폭 300mm, 깊이 300mm로 하여야 한다. 물의 흐름이 급격하게 충돌하는 개소 및 유속이 급격히 감소하는 개소에는 집수정을 설치하고, 그 영향의 완화 및 토사 등의 침전을 도모하여야 한다. 이 경우 집수정의 구조는 유속의 완화를 위해서 단면확폭 200mm(좌우

제 5 장 구교 및 배수시설

100mm 정도) 이상, 토사의 침전부분 깊이 150mm 이상으로 하되 필요에 따라서 덮개를 하여야 한다.

(2) 배수공법

① 강화노반 배수공

가. 시공기면 및 비탈면의 표면수를 배제하기 위해, 강화노반 및 비탈 어깨 부근에 배수를 저해하는 케이블 트러프(Cable Trough) 등이 있는 경우에는, 선로측구를 설치하는 것으로 하여야 하며, 지하수를 배수하기 위해 지하배수공 등을 설치하여야 한다.

나. 시공기면의 형상에 따라서 물이 고이기 쉽고, 선로측구 만으로는 배수가 곤란할 때는, 선간 배수공과 선로횡단배수공을 동시에 설치하여야 한다. 구조 및 설치 위치는 <표 5.2.4>를 고려하여야 한다.

표 5.2.4 구조 및 설치개소

목적	형식	구조	명칭	설치개소
시공기면 및 비탈면의 표면수 배수	배수구	배수로단면 폭 : 300mm 이상 깊이 : 300mm 이상	선로측구	전체 구간
			선간 배수구	<ul style="list-style-type: none"> • 복선 이상의 구간 • 복선 이상으로 시공기면에 단차가 있는 구간 • 시공기면의 횡단기울기가 오목부로 되는 구간
	배수관	내경 300mm 이상	선로횡단 배수공	<ul style="list-style-type: none"> • 경사구간에 설치된 구조물의 위쪽의 개소 • 선간배수구와 선로측구 연결 개소
			지하 배수공	선로측구 및 선간배수구 하부
지하수의 배수	배수층	두께 150mm		강화노반 아래 전폭

다. 배수의 횡단기울기는 3% 이상으로 하여야 한다. 노반이 원지반 압반으로 구성된 경우 지하배수공(배수관+배수층)이 필요하지 않다. 또한 원지반이 세립분이 적은 흙(입도 74 μ m 이하가 10% 이하인

흙)으로 투수성이 좋은 경우와 강화노반에서는 배수층을 생략하고 배수관만 설치한다.

라. 강화노반 및 비탈면의 표면수를 배수하기 위해서 강화노반 양측에 선로측구를 설치하여야 한다. 또한, 강화노반의 끝부분에 배수를 저해하는 케이블 트러프 등이 있는 경우는 시공성 및 배수성 등을 고려하여 선로측구와 케이블 트러프를 병설한다.

마. 깎기부에서 지하수위가 노반면 부근에 있다면, 지하배수공을 시공하거나, 지하수 공급을 차단할 수 있는 시설을 계획하여야 한다.

② 비탈면 배수구

가. 높은 깎기에서 소단을 설치하는 경우에는 소단위에 배수구를 설치하여야 한다. 구조 및 설치개소는 <표 5.2.5>를 고려하여야 한다. 배수기울기는 10% 이상으로 하고, 50m에 1개소 정도로 도수로로 설치하여 선로측구로 배수하여야 한다.

나. 쌓기 높이가 20m 이상인 경우 2단마다 1개소씩 소단에 배수구를 설치하기로 하여야 한다. 단, 쌓기재료로 경암버력, GW, GP를 사용할 경우 및 비탈면 규모가 작거나 암석 등으로 비탈면 침식의 위험성이 적다고 판단 될 때는 설치하지 않아도 된다.

표 5.2.5 구조 및 설치개소

목적	명칭	형식	구조	설치개소
비탈면의 표면수의 배수	비탈 배수구	배수구	배수로 단면 폭 : 300mm 이상 깊이 : 300mm 이상	소단 위

다. 외부에서 대량의 표면수가 직접 비탈면에 유입하지 않도록 비탈면 어깨부에는 산마루 측구를 설치하는 것과 함께 비탈면에는 식생공 등의 비탈면 보호공을 시공하여야 한다.

라. 비탈면에서 지층이 변화하는 부분 및 지표가 오목부로 된 부분 등에는 지하수가 용출하거나 침출할 수도 있으며, 계절에 따라 용출

또는 침출이 예상되는 개소가 발견되면 침출수량, 침출개소의 분포 등을 고려하여 배수공의 구조 등을 결정하여야 한다.

- 마. 쌓기 내에서 간극수압의 상승을 방지하기 위하여 배수층을 설치하여야 한다. 쌓기 재료가 GW, GP, 경암버력, 굵은모래(투수계수 $k=1\text{mm/sec}$ 이상) 또는 원지반이 투수성 재료(쌓기 재료보다 투수성이 큼)로, 지하수위가 원지반면 보다 0.5m 이하가 되는 경우는 배수층은 설치하지 않아도 된다.
- 바. 비탈면은 용수상황에 따라 지하배수구를 화살형이나 W형 등으로 배치하여야 한다. 그리고 용수에 의한 비탈면의 파괴에 대처하기 위해 여러 가지 필터매트와 비탈격자공 등을 겸용하여야 한다.
- 사. 비탈면 망태공은 용수가 많은 비탈면에서는 지하배수구와 겸용하고 비탈 끝에 설치하여 배수와 비탈면의 붕괴 방지를 목적으로 하여야 한다. 또 작은 비탈면 등에서는 지하배수구 대신 사용하여야 한다.
- 아. 비탈면에 용수가 있을 때는 수평방향 배수공을 굴착, 유공관 등을 삽입하여 배수하여야 한다. 수평배수공의 길이는 2m 이상이 바람직하며, 유공관으로는 경질염화 비닐관, 합성수지 네트관, 합성수지 해면상관, 다공질 콘크리트관 등이 사용되어야 한다.
- 자. 쌓기의 바깥쪽 및 쌓기 비탈면으로부터 빗물 등을 배수하거나 노반의 물을 하천 등에 유도 처리하기 위한 수로로서 비탈끝 배수공을 설치하여야 한다. 배수공의 단면 구조에 대해서는 현지의 상황을 고려하여 결정하여야 한다.
- 차. 기타의 용수처리
- ㉔ 비탈면에 용수 등이 있는 곳은 콘크리트 비탈격자, 돌붙임, 블록붙임 등의 구조물에 의한 보호공을 시공하여야 한다. 이러한 구조물에는 수발공으로 조치하나 경우에 따라서는 지하배수구 등과 겸하는 것도 고려하여야 한다.
- ③ 산마루 측구
- 가. 산마루 측구
- ㉔ 깎기부에 외부로부터 표면수가 유입되는 것은 방지하기 위해 비탈

어깨 부근에 배수구를 설치하는 것으로 하여야 한다. 배수구의 단면 등의 구조는 현지의 상황을 고려하여 결정하여야 한다.

㉔ 강우시에 외부에서 표면수가 유입하기 쉬운 다음의 경우 산마루 측구가 고려되어야 한다.

㉕ 깎기 비탈면의 어깨에 도로 등이 있는 경우

㉖ 지형이 선로를 향하여 경사져 있는 경우

㉗ 최소 배수단면은 폭 300mm, 깊이 300mm로 하여야 한다. 또한 배수기울기의 변화, 토사 등의 유입상황, 배수구내의 식생 가능성 및 현지의 상황 등을 고려하여 편리하게 집수통을 설치하고 배수기울기를 크게 하거나 배수구의 단면을 크게 하는 등의 조치가 필요하다.

나. 건널목 유입방지공

㉘ 건널목에 대해서는 특히 도로가 건널목을 향하여 아래쪽으로 경사진 경우, 선로측구만이 아니고 건널목 통로면의 선로방향에 덮개 붙은 배수구를 설치하여야 한다.

㉙ 이 배수구의 구조는 덮개를 포함하여 그 위를 통과하는 자동차 등의 하중에 견디도록 설계하여야 한다. 또한 이들 유입방지공에 의한 배수는 가능한 한 선로 외로 처리하고 선로측구에는 떨어지지 않도록 한다.

④ 도수로

가. 비탈 배수구 및 산마루 측구에 집수된 표면수를 비탈면을 따라서 떨어뜨리는 경우는 도수로로 설치하며, 구조 및 설치개소는 <표 5.2.6>를 고려하여야 한다.

표 5.2.6 구조 및 설치개소

목적	명칭	형식	구조	설치개소
비탈 배수구 및 산마루 측구에 집수된 표면수의 배수	도수로	배수구	배수로단면 폭 300mm 이상 깊이 300mm 이상	비탈면 위 간격 50m 정도 및 필요한 개소

- 나. 도수로는 낙석의 영향을 고려 이음부분을 소켓이나 칼라로 하는 것과 함께 3m 간격 정도에 돌기를 설치한 U형구 또는 미끄러짐에 대한 저항이 큰 현장타설 콘크리트로 한다.
- 다. 배수구 내에 약간이라도 장애물이 있는 개소나 기울기가 급한 개소(1:1.0이상)에서는 도수로의 좌우 1m 정도에 블럭붙임공을 설치하고, 또한 기울기가 급격히 변화하는 비탈어깨, 비탈 끝에는 도수로에 덮개를 반드시 설치하던가 또는 상자형 배수구를 설치한다.
- 라. 덮개는 도수의 충격에 의하여 탈락되지 않도록 하는 것은 물론, 사람 통행 등의 필요한 하중에 대하여 안전하여야 한다.
- 마. 덮개를 이용할 수 없는 상자형의 배수구는 유지관리가 곤란하므로 2m 이상 연속하여 사용하지 않는다.
- 바. 도수로를 설치하는 경우에 산마루 측구의 배수는 가능하면 선로외로 처리하고 선로측구에는 떨어지지 않도록 한다.
- 사. 비탈 배수구로 집수한 물은 50m에 1개소 정도 도수로를 설치하여 선로측구에 떨어뜨리도록 한다. 이 경우 도수로는 확일적으로 50m에 1개소 정도 설치하는 것은 아니고 주위의 지형 등을 감안하여 결정할 필요가 있으며, 소단배수구 연장이 100m를 넘을 때는 유량 계산에 의해 도수로의 위치를 결정하나 최대간격은 100m를 한도로 한다.

⑤ 기타의 배수공

- 가. 쌓기와 깎기의 경계 및 한쪽흙깎기, 한쪽쌓기 구간 등에는 현지의 상황에 따라 필요한 배수대책을 추가하여야 한다. 쌓기와 깎기부로부터 지하수를 쌓기부에 침투시키지 않기 위하여 지하 배수공을 설치하여야 하고, 항상 용수량이 많은 경우는 지하 배수공의 쌓기 측면에 불투수성재 등의 차수시설을 설치하여야 한다.
- 나. 한쪽흙깎기, 한쪽쌓기 구간의 비탈면부에 배수층을 시공하는 것은 일반 쌓기부와 동일하나 배수층을 설치한 이외의 쌓기부 원지반면에 상시 또는 강우시에 용수가 있는 경우 배수층을 그 위치까지 연장하고, 용수의 배제를 도모할 필요가 있다. 용수량이 특히 많은 경우, 배수층 속에 배수관을 설치하는 등의 조치를 하여야 한다.

제 6 장 흙막이 구조물

제 6 장 흠막이 구조물

6.1 일반사항

6.1.1 적용범위

- (1) 이 장은 흠막이를 위한 구조물 중 옹벽 및 흠막이벽 등의 흠막이 구조물 설계에 대한 일반적인 기준을 나타낸 것으로 흠막이 구조물은 이를 바탕으로 하여 현장의 실정에 맞도록 설계 및 시공을 하여야 한다.
- (2) 특별한 검토를 해야 하는 경우 별도의 기준이나 공법을 검토하여 적용할 수 있다.
- (3) 시가지내 지하에 철도구조물을 설계할 때에는 서울시 지하철구조물 설계 지침을 참고하여 설계하며 지하매설물에 대한 관리사항은 다음의 관련지침을 기준으로 한다.
 - ① 「건설공사 시공과 관련한 지하매설물 안전관리요령 1995. 5. 건설교통부」
 - ② 「지하철 건설공사 도시기상 안전관리 지침 1995. 5. 서울특별시 지하철건설본부」
 - ③ 「주요 지하매설물 시공 및 관리지침 1995. 6. 서울특별시」

6.1.2 용어의 정의

- (1) 가외철근 : 콘크리트의 건조수축, 온도변화, 기타의 원인에 의하여 콘크리트에 발생하는 인장력에 대비하여 가외로 더 넣는 보조적 철근을 말한다.
- (2) 간극수압 : 흙의 간극 속에 존재하는 물의 압력을 말한다.
- (3) 관성력 : 운동하는 물체에 작용하는 힘으로 크기가 질량에 가속도를 곱한 것과 같고 방향이 가속도와 반대되는 힘을 말한다.
- (4) 단주(short column) : 세장비가 작아(강재기둥인 경우 약 100이하) 좌굴이 발생하기 전에 압축응력이 허용응력을 초과하게 되는 기둥을 말한다.
- (5) 보일링(boiling) : 터파기 바닥면의 흙이 모래지반인 경우 상향의 침투수압에 의한 동수경사가 모래지반의 한계동수 경사보다 크게 되면 모래입자 사이의 유효응력이 상실되어 분사현상이 발생하는 것을 말한다.

- (6) 수동토압 : 흙막이벽이 횡방향 압력으로 흙을 뒤편채움한 흙 쪽으로 밀 때 흙이 압축을 받아 파괴상태에 이를 때의 토압을 말한다.
 - (7) 세장비 : 압축부재에서 부재의 길이를 단면회전반경으로 나눈 값으로 일반적으로 이 값이 100이상이면 장주, 그 이하이면 단주로 구분한다.
 - (8) 엄지말뚝 : 흙막이벽 시공시에 수평나무뿔을 설치할 수 있도록 일정간격으로 설치하여 벽체를 형성할 수 있게 사용되는 H형강 또는 그와 비슷한 기능을 하는 부재를 말한다.
 - (9) 옹벽 : 깎기 또는 쌓기시 측방토압에 대하여 구조물의 자중, 강도 및 강성으로 지지하고, 안정을 유지하는 구조물
 - (10) 임계파괴면 : 벽체가 움직여서 횡방향으로 팽창되거나 압축되어 파괴상태에 이를 때의 파괴면을 말한다.
 - (11) 임계활동면 : 비탈면에서 활동파괴가 발생할 때에 최소안전율을 가지는 때의 파괴면을 임계활동면이라고도 한다.
 - (12) 양압력 : 중력방향의 반대방향으로 작용하는 연직성분의 수압을 말한다.
 - (13) 정지토압 : 벽체의 횡이동이 전혀 없거나 있더라도 극히 적은 상태의 토압을 말한다.
 - (14) 주동토압 : 흙막이벽이 횡방향 압력에 의해 뒤편채움 흙 외측으로 변위가 발생하여 흙이 횡방향으로 팽창되어 소성극한상태에 이를 때의 횡토압을 말한다.
 - (15) 측방유동 : 연약한 지반에서 쌓기 등의 재하하중에 의해 지반이 측방으로 변위 하는 것을 말한다.
 - (16) 활동방지 벽(Shear key) : 저관하부에 횡방향 저항력을 높이기 위해 돌출되게 만든 부분.
 - (17) 흙막이 구조물 : 흙막이벽, 옹벽 등 이에 준하는 구조물의 총칭
 - (18) 흙막이벽 : 깎기 또는 쌓기에 의해 지지되면서, 토압, 수압 등 외력에 대하여 안정을 유지하는 구조물
 - (19) 허빙 : 연약한 점성토 지반에서 터파기 외측의 흙의 중량으로 인하여 터파기된 저면이 부풀어 오르는 현상
 - (20) 파이핑 : 흙막이벽의 모래지반 굴착시 배면의 수위가 높아지면 굴착저면에 상향의 침투류가 발생되고 유효중량보다 커지게 되면 보일링이 일어
-

나 발전되어 물의 통로가 생기면서 세굴되어 가는 과정을 파이프이라고 한다.

6.2 조사

6.2.1 일반내용

(1) 조사는 「제3장 측량 및 지반조사」에 따른다.

6.3 계획

6.3.1 일반내용

(1) 흙막이 구조물의 설계계획은 관련 구조물 등의 설계계획과 종합하여 검토하고 다음 각 조건에 대하여 설계시공상 안전하고 경제적인 구조형식과 기초 형식을 계획하여야 한다.

6.3.2 기본조건

(1) 지형 및 지질조건

① 지형 및 지질조건에 관해서는 다음 각항에 대하여 검토하여야 한다.

② 지형에 대한 검토

가. 흙막이 구조물에서 쌓기를 동반하는 경우 부분깎기, 부분쌓기의 경우는 지표수와 지하수가 쌓기내에 유입하여 쌓기 자체의 안정에 문제가 생기기 쉽다. 이 경우 안정에 주어지는 영향이 큰 경우에는 교량 등 다른 형식으로 설계하여 쌓기나 흙막이 구조물 설치의 피하는 것이 바람직하다.
나. 흙막이 구조물이 대규모 비탈 지형의 경우에는 노선변경을 포함한 종합적인 검토가 필요하다.

다. 비탈면상에 교대 옹벽 등 흙막이 구조물을 설치하는 경우에는 터파기나 쌓기하중에 의한 비탈면의 안정에 대한 검토가 필요하다. 이 경우 쌓기에 의한 상재하중을 감소시키는 것이 비탈면 안정에 효과적이다.

③ 지지층 및 중간층에 대한 검토

가. 옹벽은 변위량이 허용되어 있는 것으로 옹벽의 기초형식 및 지지조건은 지지층 및 중간층의 조건이 옹벽의 안정조건을 만족하는 지지층을 기준으로 하여야 하고 연약층이 분포하는 경우 연약지반처리 등의 지반개량

을 시행하고 직접기초로 하는 것이 경제적으로 되는 경우가 있다.

④ 지하수에 대한 검토

가. 옹벽의 변형 또는 진도 등의 원인으로서, 물의 영향으로 인한 경우가 많으므로 배수대책은 중요하다. 특히 깎기 자연비탈면에 있어서 옹벽 등의 경우에는 지하수에 의해 옹벽에 큰 수압이 작용하는 경우가 있으므로 배수대책이 필요하다.

나. 따라서 지하수에 대한 고려를 하여야 하고 옹벽 등 구조물을 포함한 전체 비탈면의 안정을 검토하여야 한다.

⑤ 지반변위에 대한 검토

가. 연약지반에 있어서는 옹벽이나 교대 등의 흙막이 구조물은 배면의 쌓기하중에 의해 지반이 변형하고, 구조체나 기초에 변형이 생기는 것으로 이것을 측방유동이라 하고 「6.4.5항」에 의하여 검토하여야 한다.

나. 측방유동 문제의 경우 박스암거는 교대형식과 비교하여 문제가 적고 짧은 경간의 경우 유리하게 되는 것이 많다.

⑥ 하상저하 및 세굴에 대한 검토

⑦ 그 이외의 특수조건에 대한 검토

(2) 접속부 처리조건

① 일반적으로 쌓기는 비교적 양질의 지반에 지지시키고 자체의 압축침하를 극히 작게 함으로서 배면쌓기와의 접속부에 유해한 부등침하가 발생하지 않도록 설계하여야 한다.

② 쌓기를 연약지반에 시공하여 지지지반의 압밀침하로 배면쌓기와의 사이에 유해한 부등침하가 발생한다고 판단될 경우에는 「제4장 흙구조물 4.4항」을 참조하여 대책을 검토하여야 한다.

6.4 설계일반

6.4.1 일반내용

(1) 흙막이 구조물은 쌓기 및 원지반을 포함하는 구조물 전체가 안전함과 동시에 유해한 변위가 발생하지 않도록 해야 하며 설계시 아래의 사항을 만족하여야 한다.

① 구조물이 전체로서 안정하여야 한다.

- ② 구조물의 변위량이 허용값 이하이어야 한다.
 - ③ 구조물의 각 부재가 소요강도 이상이어야 한다.
- (2) 설계구분
- ① 흙막이 구조물은 그 형식에 따라 다음과 같이 설계하는 것으로 하여야 한다.
가. 옹벽 및 가설 흙막이벽 : 「6.5항」에 준용하여야 한다.
 - ② 흙막이 구조물은 설계조건에 따라 다음과 같이 설계하는 것으로 하여야 한다.
가. 일반적인 설계조건에 대한 것 : 보통설계
나. 특수한 설계조건에 대한 것 : 특수설계
- (3) 내진설계법의 구분
- ① 흙막이 구조물의 구체설계를 할 때는 다음과 같이 하여야 한다.
가. 옹벽 : 지진에 의한 등가정적 하중은 Mononobe-Okabe의 의사정적 해석 방법으로 산정할 수 있으며, 이외의 내진설계에 대한 기준은 「제2장 2.4.4 내진설계」를 준용하여야 한다.

6.4.2 하중 및 하중의 조합

- (1) 흙막이 구조물은 다음 각 하중상태에 대하여 설계하여야 한다.
 - ① 상시
 - ② 일시
 - 공사중 설계에 고려하여야 할 일시적인 상재하중
 - ③ 지진시
 - ④ 시공시
- (2) 각 하중상태에 있어서 고려하중에 대해서는 토압을 제외하고 「제2장 철도계획 2.4항」을 준용하여야 한다.
- (3) 토압에 대해서는 「6.4.3항」을 준용하여야 한다.
- (4) 필요에 따라 다른 하중에 대해서도 고려하는 것으로 하여야 한다.
- (5) 하중의 산정 및 조합에 대해서는 「제8장 교량일반 8.2항 및 8.3항」을 준용하여야 한다.
- (6) 시공시의 안정에 대한 안전율 등은 하중의 상태에 따라 정하지만 일반적으로 지진시와 동일하게 준용하여야 한다.
- (7) 연약지반상의 옹벽이나 흙막이벽 등의 경우에는 배면쌓기 하중에 의한

지반의 변위가 발생하고 기초에 큰 변형이나 응력이 발생하는 경우가 있으므로 측방유동에 대하여 검토하여야 한다.

6.4.3 토압

- (1) 토압은 「①, ②, ③항」을 상시설계에 고려하고 지진시에 주동, 수동 및 정지토압을 고려하여야 한다.
 - ① 주동토압(상시, 지진시)
 - ② 수동토압(상시, 지진시)
 - ③ 정지토압(상시 지진시)
- (2) 옹벽에 작용하는 토압계산에 이용하는 토질정수는 토질시험치를 참고로 하여 정하여야 한다.
- (3) 벽체에 작용하는 토압은 변위에 따라 토압을 적용하여 설계하여야 한다.
- (4) 배면쌓기에 의한 토압을 산정할 때에는 쌓기재료의 단위체적중량, 내부마찰각, 점착력 등의 토질정수를 산정하여야 한다.
- (5) 일반적으로 현장 흙의 상태는 불균질하고 시험결과의 해석이 용이하지 않으나 다짐의 정도에 따른 변동이 큰 것 등은 쌓기재료를 토질분류하고 그것에 따라 토질시험을 통하여 토압을 산정하여야 한다.
- (6) 정지토압은 다음과 같이 구분하여 산정할 수 있는데 지하수면 이하의 경우에는 수압을 고려하여야 한다.
 - ① 연직면에 작용하는 정지토압
 - ② 연직면에 작용하는 지진시 정지토압

6.4.4 철근 및 콘크리트

- (1) 재료의 품질
 - ① 흙막이 구조물에 이용하는 철근 및 콘크리트 재료의 품질은 「제10장 콘크리트교 10.2항」에 의하여야 한다.
- (2) 기준 허용응력
 - ① 흙막이 구조물에 이용하는 철근 및 콘크리트의 기준허용응력은 「제10장 콘크리트교 10.17항」에 의하여야 한다.
 - ② 흙막이 구조물의 균열검토는 콘크리트 구조설계기준 내용 중 보의 경우를 적용하여야 한다.

- ③ 흙막이 구조물의 전단에 대한 검토는 「제10장 콘크리트교 10.6.6항」에 의하며 그 외에 하중, 부재 상태를 고려하여야 한다.

6.4.5 구조물의 안정검토

- (1) 구조물하중에 대한 안정에 관해서는 다음 사항에 대하여 검토하여야 한다.
- ① 연직방향의 지지에 대한 안정
 - ② 수평방향의 지지에 대한 안정
 - ③ 전도에 대한 안정
- (2) 구조물하중 이외의 하중 조건을 포함한 전체에 대한 안정
- (3) 액상화에 대한 안정

6.5 옹벽, 흙막이벽 및 비탈면보호벽

6.5.1 일반내용

- (1) 옹벽은 가능한 한 토압이 작게 발생하는 위치를 정함과 동시에 시공법 및 경제성을 고려하여 현장의 실상에 맞는 형식 및 기초구조를 선정하여 설계하여야 한다.
- (2) 옹벽의 설계방침
- ① 설계방침
 - 가. 옹벽은 높이가 커짐에 따라 순차로 중력식옹벽, 캔틸레버식 옹벽, 부벽식 옹벽을 이용 하는 것이 일반적인데 그 외에 현장의 실상에 알맞은 특수한 옹벽이나 구조형식으로 설계할 수 있다.
 - 나. 옹벽은 토압에 저항하는 구조물이므로 가능한 한 토압이 작게 발생하도록 그 위치를 선정하여야 한다.
 - 다. 옹벽배면의 뒷채움 설계시 토압은 물론, 토압보다도 큰 수압이 작용하지 않도록 배수기능을 고려하여야 한다.
 - ② 옹벽설계 및 시공을 위한 조사
 - 가. 기초지지력 등 안정검토에 필요한 설계정수를 구하기 위한 토질조사
 - ㉠ 높이 8m이하의 옹벽인 경우 뒷채움재의 종류에 따라 단위체적중량이나 토압계수가 결정되므로 뒷채움재를 흙의 분류방법에 따라 자갈 또

는 모래와 자갈의 혼합물, 사질토 및 실트, 점성토(단, $WL < 50\%$)의 3 종류로 구분하는 것이 좋다.

- ㉡ 높이 8m초과 옹벽에 대해서는 뒷채움재에 대한 역학시험결과를 판단하여 설계정수를 산정하여야 한다.
- ㉢ 기초지반의 조사깊이는 지지력, 활동, 침하 등에 영향을 미치는 범위에 대해 실시하여야 한다. 일반적으로 기초지반이 활동파괴를 일으키는 범위는 배면 쌓기 높이의 1.5배 이내의 깊이로 접지압에 의한 침하의 영향범위는 쌓기 높이의 1.5~3배 이내인 것으로 알려져 있으므로 기초지반 조사의 범위를 설정하여야 한다. 그러나 산정된 범위를 넘어 활동파괴나 압밀침하가 발생할 수 있는 연약층이 존재하면 그 층 전체에 대해 활동 및 침하에 대한 공학적 성질을 조사할 필요가 있다.

나. 주변 조건의 조사

- ㉡ 옹벽파괴원인의 대부분은 집중호우 등에 의한 배수불량과 동시에 기초지반의 불량에 의한 것이므로 배면지반의 배수계통과 기초의 지반조건을 검토하여 설계하여야 한다.
- ㉢ 옹벽을 특수한 조건의 지반에 설치해야 하는 경우 예를 들면 비탈면상의 옹벽에는 비탈면 전체로서의 안정을 우선 고려해야 하며 연약지반에서는 압밀침하나 수평변위, 인접구조물과의 상대변위 등의 영향을 고려하여 옹벽의 형식, 기초의 구조나 지지방식을 결정하여야 한다.
- ㉣ 좁은 용지에서는 기초폭을 가능한 한 작게 한 특수한 기초형식을 이용해야 하는 경우가 많다. 이러한 경우에 이용되는 옹벽은 설계가 복잡함과 동시에 다소의 약점을 가지므로 그 적용에 있어서는 신중하게 장·단점을 검토하여야 한다.

③ 옹벽의 종류 및 적용높이

가. 중력식 옹벽은 벽체 자중만으로 토압에 저항하도록 설계하고 기초지반이 양호한 곳에 설치하여야 한다.

나. 반중력식 옹벽은 중력식 옹벽에 비해 벽체두께는 얇게 하고 인장철근을 배치한 옹벽형태로 중력식 옹벽에 비하여 경제적일 수 있다.

다. 캔틸레버식 옹벽은 역T형 옹벽 또는 L형 옹벽이라고 부르기도 하며 L형 옹벽은 벽체 전면이 부지 경계면에 접하고 있든지 앞굽판을 크게

설치할 수 없는 경우에 적용한다. 캔틸레버식 옹벽은 옹벽자중과 저판위의 흙의 중량에 의하여 토압에 저항하는 철근콘크리트 구조로 옹벽높이가 좀 큰 경우 조인트(필렛, fillet)를 설치하면 더 경제적이 될 수 있으며 활동(sliding)저항력을 증가시키기 위한 활동방지벽인 돌출부(key)를 설치할 때도 있다. 내구성 측면에서 중력식 옹벽이나 반중력식 옹벽에 비하여 불리하나 3m내지 10m이하 높이의 옹벽에서는 경제적이다.

라. 캔틸레버식 옹벽 높이가 높아지면 벽체하단에서의 휨 모멘트가 크게 증가되어 벽체와 저판 단면이 커지고 철근량이 과다하게 증가하여 비경제적이다. 이 경우 뒷부벽을 설치한 뒷부벽식 옹벽을 이용하거나 돌출부를 설치하는 경우도 있다.

(3) 옹벽의 보통설계와 특수설계의 구분

- ① 옹벽의 보통설계와 특수설계의 구분은 뒷채움흙의 조건, 지반조건 및 구조조건 등을 고려하여 정하며 특수설계로 하는 경우는 각각의 조건에 알맞은 검토를 하여야 한다.
- ② 옹벽의 보통설계는 연약하지 않은 평탄한 지반상에 중력식, 캔틸레버식 및 부벽식 옹벽을 이용하고 일반적인 형상의 쌓기를 한 경우이다. 이 이외의 경우에는 특수설계로 적용조항을 표시하여야 한다.

(4) 옹벽에 적용하는 토압

① 토압의 정의 및 벽체 변위

가. 옹벽에 작용하는 토압은 크게 정지토압, 주동토압 및 수동토압 3가지로 구분되는데 그 구별은 전적으로 옹벽의 변위와 관계된다. 변위가 전혀 없다면 정지토압이 되고 벽체가 뒷채움으로부터 외측 파괴변위를 일으키면 주동토압, 뒷채움쪽으로 파괴변위를 일으키면 수동토압이 된다.

나. 토압계수는 수평유효응력에 대한 연직유효응력의 비(σ_h'/σ_v')로 정의되며 흙의 종류에 따른 주동 및 수동상태에 이르는 변위량은 다음과 같다.

- ㉠ 수동토압을 발생시키는 변위가 주동토압을 발생시키는 변위보다 크다는 사실을 알 수 있다. 정지토압계수(K_o)와 관련한 많은 경험식들이 제안되어 있으나 일반적으로 정규압밀점토나 모래질 흙인 경우는 $K_o = 1 - \sin \phi$ 를 적용한다.

- ㉡ 과압밀 흙인 경우는 과압밀비(OCR)가 클수록 K_o 가 증가되는 $K_o =$

$(1 - \sin \phi') \sqrt{OCR}$ 을 적용한다.

㉔ 변위를 전혀 허용하지 않는 옹벽의 경우는 정지토압으로 설계되어야 한다.

다. 옹벽과 뒷채움 흙과의 마찰각(벽면마찰각, δ)과 옹벽연직변위도 주동토압에 영향을 끼친다. δ 값에 따른 주동토압크기의 영향은 옹벽이 연직으로 많은 침하를 일으키지 않는다면 크지 않으나 수동토압에 미치는 영향은 매우 크다.

② 토압의 계산

가. 토압공식은 Coulomb, Rankine, Terzaghi의 공식 등 여러 가지이지만 실 내의 실험결과 Coulomb의 토압공식이 비교적 측정치에 가까운 값을 보이기 때문에 Coulomb의 토압공식을 사용하여야 한다. 그러나 강널말뚝 등 변형하기 쉬운 구조물에 작용하는 토압은 복잡한 곡선분포를 보이므로 이 경우에는 Coulomb의 토압을 사용할 수 없다. 그리고 역 T형 옹벽 또는 부벽식 옹벽과 같이 뒷굽 에서부터 연직하게 세운 가상면에 토압이 작용할 때에는 Rankine 토압을 사용하여야 한다.

나. 벽면 마찰각의 부호는 주동토압의 경우에는 정(正), 수동토압의 경우에는 부(負)를 취하여야 한다. Coulomb의 수동토압이 벽면마찰각 등의 영향으로 과대하게 되지 않도록 설계시 벽면마찰각 등을 제한하는 것이 바람직하다.

다. 토압의 계산에 적용하는 흙의 단위중량은 현장에서 채취한 토질시료에 대한 시험치를 이용하고, 점성토의 경우에는 주동토압과 수동토압 계산시에 점착력의 영향을 고려하여야 한다.

라. 일반적으로 점성토는 함수비에 의해 현저하게 그 성질이 변화하며 설계시에 원위치시험 혹은 채취시료에 의한 실내시험의 결과에서 점착력을 구해도 그 당시의 값을 파악하는 것에 불과하므로 이러한 이유들로 인하여 흙의 점착력을 정확히 추정할 수 없는 경우에는 점착력의 영향을 무시하고 전단저항각을 작게 산정하여 토압계수를 계산하여야 한다.

마. 벽체배면의 지표면에 하중이 작용하는 경우의 토압은 재하하중에 토압계수를 곱하여 그 영향을 고려하여야 한다.

바. 옹벽의 설치위치에 따라 지표면 형상이나 재하자중이 불규칙한 경우

Coulomb의 흙췘기론을 기초로 한 토압의 도해법(시행췘기법)을 적용할 수 있다.

③ 옽벽에 작용하는 주동토압의 작용면 및 작용방향

가. 중력식 옽벽 이외의 경우

㉡ 안정계산 및 저판설계를 하는 경우

㉢ 저판 뒷굽에서부터 연직으로 세운 연직면을 가상배면으로 하고 토압은 가상배면에 작용하는 것으로 한다.

㉣ 작용 방향은 가상배면의 수선에 대해 $\delta = \phi$ 의 경사를 이루는 것으로 하여야 한다. ϕ 는 흙의 내부마찰각이다.

㉤ 벽체설계를 하는 경우

㉢ 벽체배면을 토압의 작용면으로 하고, 토압의 작용면의 벽면마찰각은 <표 6.5.1>과 같이 옽벽형식, 계산의 종류 및 상시, 지진시에 따라 적용하여야 한다.

표 6.5.1 토압작용면의 벽면마찰각

옽벽형식	계산의 종류	벽면마찰각 δ	
		상시	지진시
중력식 옽벽	안정 계산	$\phi/3$	0
반중력식 옽벽	벽의 단면계산	$\phi/3$	0
역T형 옽벽	안정 계산	0	0
부벽식 옽벽	벽의 단면계산	$\phi/3$	0

㉡ 가상배면 선정

㉢ 토압 산정시 가상배면을 벽체정점의 후단과 뒷굽을 연결한 선으로 하는 방법과 이 항과 같이 뒷굽에서부터 연직으로 세운 연직면으로 하는 방법이 있다. 이 기준에서는 일반적으로 후자에 의한 것으로 하여야 한다.

나. 중력식 옽벽의 경우

㉡ 안정계산 및 저판의 설계를 하는 경우

㉢ 벽체정점의 후단과 뒷굽에서부터 세운 연직면을 가상배면으로 하고

토압은 가상배면에 작용하는 것으로 하여야 한다.

㉞ 토압의 작용방향은 중력식옹벽 이외의 경우와 동일하게 적용한다.

㉟ 벽체설계를 하는 경우

㉠ 중력식 옹벽이외의 경우와 동일하게 한다.

(5) 옹벽에서의 상재하중

① 옹벽 설계시 필요한 상재하중을 고려하여야 한다. 설계상 필요 없다고 생각되는 경우에도 경사면을 제외하고 15kN/m^2 의 상재하중을 고려하여야 한다.

② 궤도중량이나 열차하중은 선로규격 등에 의하여 달라지지만 그에 따른 하중의 차이가 옹벽에 미치는 영향이 크지 않으므로 일반적으로 <그림 6.5.1>과 <표 6.5.2>에서 나타낸 상재하중으로 하여도 좋다.

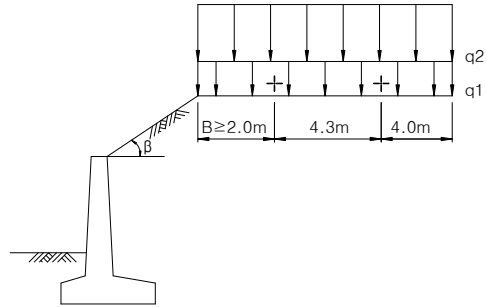
(6) 옹벽에서의 하중의 조합

① 옹벽설계에 이용하는 하중의 조합은 「6.4.2항」에 의하여야 한다.

표 6.5.2 상재하중(kN/m²)

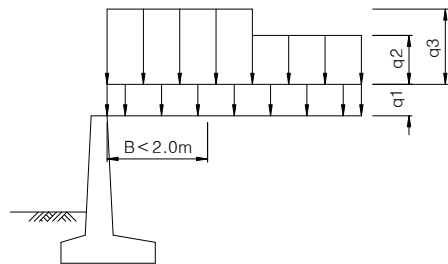
구분	일반철도	고속철도
q ₁	15	15
q ₂	35	35
q ₃	73/B	80/B

여기서, B : m



주) q₁ : 기타 상재하중

q₂ : 궤도중량에 의한 상재하중



q₃ : 열차하중에 의한 상재하중

그림 6.5.1 상재하중의 크기 및 분포

② 안정검토시에는 하중의 조합에 부력을 고려하여야 한다.

③ 수압, 풍하중, 설하중, 지반변위의 영향 등은 필요에 따라 고려하여야 한다.

(7) 옹벽의 안정 조건

① 일반내용

가. 활동에 대한 안전율은 건기시 1.5, 지진시 1.2를 초과하여야 한다. 다만 옹벽 전면의 수동토압을 활동 저항력에 포함할 경우의 안전율은 2.0이상이어야 한다. 그리고 우기시 침투수의 영향을 받는 특별한 경우에 대해서

는 별도의 검토가 필요하며 이 경우 안전율은 1.3이상이어야 한다.

나. 전도 및 지지력에 대한 안정조건을 만족하며 활동에 대한 안정조건만 만족하지 못할 경우에는 활동방지벽을 설치하여 활동저항력을 증대시킬 수 있다.

다. 전도에 대한 저항 모멘트는 횡토압에 의한 전도모멘트의 2.0배 이상이어야 한다. 모든 힘들의 합력작용위치가 저판 폭의 중앙 1/3(지진시 토압에 대해서는 2/3) 이내에 있다면 전도에 대한 안정성 검토는 생략할 수 있다. 만일 기초지반이 암반인 경우라면 그 합력이 중앙 1/2이내에 있어도 된다.

라. 기초지반에 작용하는 최대압축응력이 기초지반의 허용지지력을 초과하지 않아야 한다.

마. 기초지반의 지지력 산정과 침하에 대한 검토는 「제11장 교량하부 및 기초」를 준용하여야 한다.

바. 기초지반이 연약하거나 하부로 갈수록 연약해지는 토층구조인 경우에는 침하에 대하여 특별한 검토가 필요하다.

사. 연약지반이나 경사지를 깎기하고 옹벽을 축조하는 경우에는 옹벽과 기초 하부 및 벽체 배면 지반을 포함한 비탈면 안정성 검토를 수행하여야 한다.

아. 모든 옹벽은 작용토압에 대해 구조적으로 안전하도록 설계되어야 할 뿐만 아니라 옹벽의 활동, 전도, 지지력에 대한 안정조건이 만족되어야 한다.

② 활동에 대한 안정

가. 옹벽에 작용하는 토압의 수평성분에 의해서 옹벽은 수평방향으로 활동하려는 특성을 지닌다. 옹벽의 수평활동에 대하여 옹벽바닥면이 저항하지 못하면 옹벽이 활동하여 파괴에 이를 수 있다. 따라서 옹벽은 활동에 대해 안전하여야 한다.

나. 옹벽 저판의 설치깊이는 동결심도 이상이어야 하며 동결심도가 얇은 지반이라 하더라도 지표면 아래로 최소한 1.0m이상의 깊이에 설치하여야 한다. 그리고 비록 저판이 소요깊이를 확보하더라도 다음과 같은 점에서 수동토압에 의한 저항을 무시하는 것이 안전적이다.

㉠ 수동토압이 발생하기 위해서는 상당한 옹벽의 변위가 필요하다.

㉡ 우수나 유수에 의해 옹벽 앞굽 주변의 흙이 세굴될 수 있다.

㉢ 옹벽 앞굽 주변은 되메움한 흙으로서 초기 강도를 기대하기 곤란하다.

다. 옹벽 앞굽 앞에 있는 저판 바닥 위의 토피 두께가 그대로 유지될 수 있다면 활동에 대한 안정 검토시 본 수동토압을 고려할 수 있으나 이때의 최소 안전율은 2.0이상이어야 한다.

라. 저판과 흙 사이의 마찰력이나 부착력에 의한 저항만으로 활동에 대한 안정이 제대로 얻어지지 못하는 경우에는 저판 바닥면에 돌출부를 설치하거나 말뚝을 설치하여 활동에 대한 저항력을 증대시킬 수 있다.

③ 전도에 대한 안정

가. 옹벽은 횡방향 토압으로 인해 저판의 앞굽을 중심으로 회전하려는 경향을 갖는데 만약 이에 대해 저항하지 못하면 전도에 의해 옹벽이 불안정해질 수 있다. 따라서 옹벽은 전도에 대해서도 안정하여야 하며 전도에 대한 안전율은 2.0이상이어야 한다.

나. 한편 모든 힘들의 합력작용위치가 저판 폭의 중앙 1/3내에 있다면 전도에 대한 안정성 검토는 생략해도 좋다. 만일 기초지반이 암반인 경우라면 그 합력이 중앙 1/2이내에 있어도 된다.

④ 지지력에 대한 안정

가. 기초지반에 작용하는 최대압축응력(σ_{max})이 기초지반의 허용응력(σ_a)을 초과한다면 기초지반의 지지력에 대한 안정을 유지할 수 없다. 즉, 지지력에 대한 안정을 검토하여야 한다.

나. 기초지반의 허용지지력(q_a)은 일반적으로 극한지지력(q_{ult})을 안전율 3.0으로 나눈 값을 사용하여야 한다.

⑤ 굴착면 전체의 안정

가. 전체 안정성이란 옹벽구조물 뿐만 아니라 옹벽기초 아래 및 옹벽 벽체 뒤의 지반이 포함된 전체의 안정성을 의미한다. 특히 연약지반상에 구조물이 축조되는 경우 전체 안정성이 문제될 수 있으며 이에 대한 평가를 위해서는 현장에 대한 지질학적 탐사, 토질역학적 조사 및 시험과 이를 바탕으로 한 안정성 해석이 필요하다. 전체안정성 해석에는 수정 Bishop 법, Janbu의 간편법, Spencer방법 등이 사용될 수 있다. 전체 안정성이 문제될 수 있는 연약지반의 경우 다음과 같은 현상이 발생할 수 있다.

㉠ 옹벽 구조물 하중으로 인한 압밀침하

㉡ 장기간의 경과에 따른 크리프 침하

- ㉔ 지반의 측방유동으로 인한 구조물의 수평이동
- 나. 옹벽을 포함한 굴착면 전체의 안전율이 1.5이하인 경우 「㉔~㉞항」 방법을 취하여야 한다.
- ㉕ 기초 슬래브 하부의 돌출부 깊이를 증가시킨다.
- ㉖ 기초지반이 연약하고 비교적 얇은 곳에 지지층이 있는 경우, 연약층을 치환하여야 한다. 치환재료는 뒷채움재와 동등 이상의 것으로 하고, 지하수가 있는 경우에는 쇄석 등 양질의 것을 사용하여야 한다.
- ㉗ 일반적으로 연약층이 얇은 경우는 양질의 재료로 치환하는 것이 경제적이지만, 치환재료 획득이 곤란하거나 수동토압을 기대할 수 있는 옹벽에서는 기초 슬래브 저면을 지지층까지 내리는 것이 경제적인 수 있으므로 치환여부는 현장조건을 감안하여 결정하여야 한다.
- ㉘ 기초지반이 경사진 경우 또는 기초 슬래브 저면의 일부가 불량한 경우, 그 부분을 굴착하여 콘크리트로 치환하여야 한다. 치환하는 위치의 저면은 수평으로 굴착하고 필요에 따라 최소 0.5m정도의 받침대를 설치하는 것이 좋다.
- ㉙ 말뚝기초를 검토하여야 한다.
- ㉚ 상기 방법에 의해서도 안전율을 확보할 수 없는 경우, 옹벽설치에 관한 전체계획을 변경하여야 한다.

6.5.2 옹벽의 보통설계

(1) 옹벽의 보통설계법

- ① 옹벽의 보통설계는 「6.4.3(1)항」에 표시한 토압을 적용하여 설계하여야 한다.
- ② 옹벽은 구조형식 및 하중상태에 따라 「제7장 지하구조물」에 기술되어 있는 슬래브, 보 등에 준하여 설계계산을 하여야 한다.

6.5.3 옹벽의 특수설계

(1) 옹벽의 특수설계법

- ① 옹벽의 특수설계는 다음에 해당하는 항목에 대한 것으로 각 경우 활동, 전도, 지지력과 변위 및 부재의 강도가 필요한 안전도를 갖도록 설계하여야 한다.

-
- 가. 주동토압 산정에 배면토의 점착력을 고려하는 경우
 - 나. 배면의 지표면 형상이 복잡한 경우
 - 다. 옹벽배면이 원지반 또는 구조물에 근접한 경우
 - 라. 국부 하중이 작용하는 경우
 - 마. 연약지반상의 옹벽
 - 바. 비탈면상의 옹벽
 - 사. 특수한 구조의 옹벽
- ② 특수설계 조건인 경우에는 보통설계의 검토만으로는 불안전하거나 비경제적이 될 수 있으므로 조사 설계에 있어서 검토가 필요하다.
 - ③ 특수조건에 대한 검토는 아직 규명되지 않고 있는 사항도 있으므로 조사와 계산결과에 대한 세심한 판단이 필요하다.
- (2) 연약지반상의 옹벽
- ① 옹벽은 배면쌓기 하중에 의해 지반의 과도한 변위나 전단파괴의 영향을 직접 받는다. 특히 지반이 연약한 경우에는 이 영향이 크므로 옹벽을 이용하는 것이 바람직하지 않지만, 부득이 이용하는 경우에는 다음 각항에 대하여 주의가 필요하다.
- 가. 비탈면안정
- 「6.5.1(7)⑤항」에 의해 검토하여야 한다.
- 나. 압밀침하
- ㉡ 직접기초인 경우에는 「제11장 교량하부 및 기초」에 준하여 검토하여야 한다. 이 경우 배면의 쌓기하중에 의한 압밀침하와 함께 기초저면에 작용하는 하중에 의해서도 압밀 침하가 생기며 침하형태는 복잡하게 되므로 주의가 필요하다.
 - ㉢ 말뚝기초의 경우에는 「제11장 교량하부 및 기초」에 준하여 검토하여야 한다.
- (3) 비탈면상의 옹벽
- ① 비탈면상의 옹벽설계는 옹벽의 안정검토를 행함과 동시에 비탈면 전체의 안정검토를 하여야 한다.
 - ② 비탈면에 쌓기를 하여 옹벽을 만드는 경우 시공전의 자연비탈면보다 안정이 악화되므로 그 영향에 대하여 검토하여야 한다.
-

(4) U형 옹벽

- ① U형 옹벽의 설계는 형상, 토압, 지반반력 등을 검토하여야 한다.
- ② 측벽의 내측공간을 사용한 U형 옹벽의 설계는 일반적으로 다음과 같이 하는 것이 바람직하다.

가. 토압의 산정

- ㉔ 측벽의 높이가 유사한 경우 측벽 및 저판의 단면산출에는 정지토압이 수평으로 작용하는 것으로 생각하여야 한다. U형 옹벽에는 일반적으로 배수공을 만들지 않기 때문에 지하수의 영향을 고려할 필요가 있다.
- ㉕ 측벽의 높이가 다른 경우에는 그 정도와 지반조건에 따라 좌우의 측벽에 작용하는 토압을 변화시키도록 하여야 한다.

나. 부상 및 침하에 대한 검토

U형 옹벽은 증가하중이 적어서 부(-)로 되는 경우가 많으므로 부상의 검토를 수행할 필요가 있다. 특히 느슨한 사질토의 경우에는 액상화에 의한 부상 및 침하에 대하여 검토할 필요가 있다.

(5) 흙채움 U형 옹벽

- ① 흙채움 U형 옹벽의 설계는 형상, 토압 등을 검토하여야 한다.
- ② 부재설계에 있어서는 일반적으로 정지토압으로 고려하는 것이 바람직하다. 측면에 작용하는 토압은 채워진 흙의 성질과 다짐 정도에 영향을 받는다. 일반적으로 정지토압 계수는 $K_0 = 0.5$ 로 하여야 한다.
- ③ 저판설계에 있어서는 측벽으로부터 전달된 휨모멘트와 축방향 인장력을 고려하여야 한다. 흙채움 U형 옹벽에는 옹벽내부로부터의 배수에 주의할 필요가 있다.

(6) 기타 특수형식의 흙막이벽

- ① 특수형식의 흙막이벽을 이용하는 경우에는 그 특성을 고려하여 현장의 조건에 맞는 형식의 것을 선정하여야 한다. 어떠한 형식에 있어도 설계상 여러 가지 문제에 대한 가능성이 있을 때는 그 영향에 대하여 검토하여야 한다.
- ② 타이바(Tie Bar)식 옹벽
토압을 타이바(인장강재)에 부담시키는 형식인데 옹벽에 작용하는 토압

및 타이바의 수평력의 분담은 시공순서, 옹벽의 변형, 타이바의 신장이나 휨 등에 의해서도 크게 달라진다. 또 쌓기의 침하에 의해 타이바가 변형하면 과도한 응력이 발생하므로, 쌓기에 의한 압밀침하가 생기는 지반에서는 사용해서는 안 된다. 한편 타이바의 부식에 대해서도 검토가 필요하다.

③ 말뚝식 흙막이벽

말뚝식 흙막이벽에는 엄지말뚝(H 형강, 강관 및 PHC말뚝)과 널말뚝, 현장 타설말뚝(주철식, SCW, SPW 등) 및 지하연속벽 등이 있으며 자립식과 버팀대, 앵커 등으로 지지되는 형식이 있다. 널말뚝은 일반적으로 강성이 적으므로 토압에 의해 변형하기 쉽고 특히 자립식은 지표부근의 지반에 큰 수평 지지력을 기대하므로 수평변위량이 크게 된다. 배수공을 만들지 않는 경우에는 수압을 고려하여야 한다.

④ 박스(Box)식 흙막이벽

일반적으로 원지반의 경사지, 연약지반상 쌓기의 흙막이 등 조건이 열악한 위치에 이용되는 예가 많다. 박스식 흙막이벽은 배수, 통수가 매우 좋고 시공이 용이하고 빠르며 지반변형에 대해 유연한 구조적 장점이 있다.

6.5.4 옹벽 본체설계

(1) 옹벽 본체설계

① 중력식 옹벽

자중에 의해 토압을 지지하는 형식으로, 토압과 자중의 합력에 의해 구체단면이 콘크리트 허용인장응력 이상의 인장응력이 발생하지 않도록 설계하여야 한다.

② 반중력식 옹벽

가. 중력식 옹벽과 같이 자중에 의해 토압을 지지하는 형식으로 지형 및 기타 물리적 제약에 의해 중력식 옹벽의 경우보다 벽체 두께를 얇게 해야 하는 경우에 적용하여야 한다.

나. 설계방법은 중력식 옹벽과 동일하나 토압과 자중의 합력에 의해 단면 내에 생기는 인장력을 담당할 수 있도록 필요한 양의 철근을 배근하여야 한다.

다. 반중력식 옹벽의 인장철근 설계

반중력식 옹벽에서 인장영역이 발생되면 인장응력을 철근이 부담하도록

배근하여야 한다.

③ 캔틸레버식 옹벽

가. 캔틸레버식 옹벽의 벽체와 기초는 접합부를 고정단으로 하는 캔틸레버로 설계하여야 한다.

나. 벽체는 자중을 무시하고 토압의 수평분력을 고려해서 설계하여야 한다.
다. 앞판은 상향의 지반반력과 하향의 앞판 자중을 고려하여 설계하여야 한다.

라. 뒷판은 뒷판 상부의 흙의 중량, 토압의 연직분력, 지표면의 상재하중, 뒷판 자중 및 지반반력을 고려하여 설계하여야 한다.

마. 기초슬래브의 앞판 상측과 뒷판 하측은 균열방지 등을 위해 반대측 주철 근량의 1/2를 배근하여야 한다.

바. 수동토압을 고려하는 경우에는 앞판위의 가상 지표면 아래 흙의 중량을 고려하여야 한다.

사. 벽체설계에 사용하는 토압은 옹벽배면이 경사진 경우 안정계산을 할 때와 같은 위치의 토압을 취하면 매우 크게 되므로 일반적으로 전벽 배면 위치에서의 토압으로 설계하여야 한다.

아. 기초 슬래브의 뒷판 설계에 있어서 뒷판(벽체 연결부)의 휨모멘트가 벽체의 휨모멘트를 초과하는 경우 설계계산에 있어 휨모멘트는 벽체의 휨모멘트를 쓰는 것으로 하여야 한다.

④ 뒷부벽식 옹벽

가. 벽체는 뒷부벽으로 지지된 연속판이 토압의 수평분력에 저항하도록 설계하여야 한다.

나. 뒷부벽은 저판에 고정된 변단면 T형 캔틸레버 보로 간주하여 벽체에 작용하는 전 토압의 수평분력에 저항할 수 있도록 설계하여야 한다.

다. 기초 슬래브는 뒷부벽으로 지지된 연속판으로서 저판 위의 흙의 중량, 토압의 연직분력, 지표면의 상재하중, 판의 중량 및 지반반력을 고려하여 설계하여야 한다.

라. 기초 슬래브의 앞판 설계는 캔틸레버식 옹벽을 준용하여야 한다.

마. 벽체 및 기초 슬래브의 양쪽 단부는 부벽에 지지된 캔틸레버 보로 설계하여야 한다.

⑤ 앞부벽식 옹벽

가. 앞부벽식 옹벽의 부벽은 저판에 지지된 구형보로 설계하며 벽체 및 기초는 앞부벽으로 지지된 연속판으로 보아 설계하여야 한다.

나. 앞부벽, 벽체, 기초의 설계에 있어서 외력의 고려방법은 뒷부벽식 옹벽을 준용하여야 한다.

(2) 옹벽의 배수공

① 옹벽에는 배면상의 배수를 위하여 배수공을 만들어야 한다. 부득이 배수 설치를 할 수 없는 경우에는 수압의 영향을 고려하여야 한다.

② 옹벽 배면에 침투하는 물의 처리

가. 옹벽 배면토에 물이 침투함으로써 함수량이 증가하면 흙의 단위중량의 증가, 내부마찰각 및 점착력의 감소, 점성토의 팽창 등으로 인하여 토압의 증가를 초래하게 된다. 더욱이 배면토내의 간극, 균열 등에 물이 유입하여 배수가 불량하면 큰 수압이 가해져서 옹벽파괴의 원인이 된다. 또 배면에서 저판아래에 침투수가 유입되면 지반지지력의 저하를 초래하게 된다.

나. 옹벽 배면에 침투하는 물을 구분하면 배면토 위에 강우의 직접침투에 의한 것, 광범위한 지역으로부터 배면부근에 모여진 우수, 수로로부터 넘쳐 들어온 물 등에 의한 표면수에 의한 것, 산기슭의 깎기부, 지하수위가 높은 장소에 있어서의 지하수나 상하수도로부터의 누수 등에 의한 것이다.

다. 옹벽의 설계에 있어서 우선 배면 및 기초지반에 침투하는 물을 방지해야 하며 배면에 침투한 물이 토압, 수압의 증대를 초래하지 않도록 신속하게 배제하기 위한 배수공에 관하여 검토하여야 한다.

라. 침투수의 방지에 대해서는 현장의 지질, 기상, 지하수 등의 조건에 알맞은 조치를 취하여야 한다.

③ 배수설비

가. 배수구멍은 옹벽배면에 모인 물을 배수하기 위한 최종설비로서 만들어지는 것이며 벽체의 전면으로 용이하게 배수할 수 있는 높이의 범위에서 배면 배수공의 면적을 합하여 2~4m²에 1개소를 만들어야 한다.

나. 배수구멍은 내경 60~100mm 정도의 경질염화비닐관 등의 재료를 수평 또는 완만한 구멍배열이 가능하도록 매입하여 만드는데 콘크리트 찌꺼

기, 토사 등에 의해 막히지 않도록 주의하여야 한다. 부벽식 옹벽에는 각 판넬마다 배수구멍을 만들어야 한다.

다. 배수공의 재료는 종래부터 사용되어 온 자갈, 쇄석 등과 근래 사용되게 된 부직포 등의 인공재료가 있다. 또 배수구멍에 대한 필터재로서는 일반적인 막자갈 외에 부직포, 다공 콘크리트판 등을 사용하여야 한다.

라. 배수공의 재료 선택은 「다.항」의 배수공재료 이외의 세립분이 함유되는 경우 「구조물기초설계 기준해설(국토해양부)」에 준한다.

(3) 옹벽의 구조상세

철근콘크리트의 철근배근, 이음 등은 「제10장 콘크리트교」 및 다음 규정에 의하여야 한다.

① 배근

가. 피복두께는 벽의 노출면에서는 50mm이상, 콘크리트가 흙에 접하는 면에서는 50mm이상, 직접 흙 중에 묻히는 기초 슬래브에서는 80mm이상으로 하여야 한다.

나. 철근콘크리트에서는 수축 및 온도변화에 의한 균열을 방지하기 위하여 벽의 노출면에 가깝게 수평방향으로 벽의 높이 1m당 5cm²이상의 단면적을 가진 철근을 중심간격 0.3m이하로 배치하여야 한다. 이 철근은 가는 것을 좁은 간격으로 배치하는 것이 좋다.

다. 뒷부벽식 옹벽에서는 전면벽과 기초 슬래브에 의해 부벽에 전달되는 응력을 지지하기 위해 필요한 철근을 부벽에 배근하여야 한다. 또 전면벽과 기초 슬래브에는 인장철근의 20%이상의 배력철근을 두어야 한다.

라. 앞부벽식 옹벽의 전면벽에는 인장철근의 20%이상의 배력철근을 두어야 한다.

마. 수평철근의 콘크리트 총 단면적에 대한 최소비는 「㉠~㉣항」 같아야 한다.

㉠ 설계기준항복강도 400MPa이상으로서 지름이 16mm이하인 이형철근: 0.0020

㉡ 기타 이형철근 : 0.0025

㉢ 지름이 16mm이하인 용접강선망 : 0.0020

㉣ 수평철근의 간격은 벽체 두께의 3배 이하 또는 450mm이하

② 연결부

가. 시공이음부에는 시공이음, 수축변형의 영향을 줄이기 위한 수축이음, 전 단면에 걸쳐 일정간격으로 신축이음을 두어야 한다. 다만 옹벽의 길이가 짧거나 콘크리트의 수화열, 온도변화, 건조수축 등 부피변화에 대한 별도의 구조해석을 수행한 경우에는 종방향 철근을 연속으로 배근하여 신축, 수축이음을 두지 않을 수 있다. 또한 응력집중이 발생하는 모서리에는 이음을 두지 않아야 한다.

나. 시공이음(construction joint)

- ㉠ 중력식 옹벽의 시공이음에는 가외철근을 사용하고 시공이음은 계산상 요구되지 않더라도 흙막이벽에서 배근된 만큼 가외 철근을 배근하여야 한다.

다. 수축이음(contraction joint)

- ㉡ 벽체의 전면에 수축이음부를 두면 콘크리트의 수축변형에 의한 영향을 줄일 수 있다. 일반적으로 폭 6~8mm, 깊이 12~16mm인 수축이음부의 홈을 9m이하의 간격으로 만들며 옹벽 기초 슬래브 상부에서 벽체 상단까지 연속시킨다. 이때 철근을 끊지 않아야 한다.
- ㉢ 부벽식 옹벽의 경우에는 수평방향의 철근량이 많으므로 수축이음을 설치하지 않아도 좋다.

라. 신축이음

- ㉣ 길이가 긴 옹벽의 경우 온도변화나 지반의 부등침하가 콘크리트 구조물에 미치는 영향에 대비하여 길이방향으로 유연성 재료의 신축이음을 설치하여야 한다.
- ㉤ 중력식 옹벽의 경우는 10~15m간격, 기타 옹벽에서는 30m이하의 간격으로 신축이음을 설치하는 것이 좋다. 신축이음에서는 철근이 끊겨야 한다.
- ㉥ 신축이음부 양측의 일체성을 유지하기 위하여 강철봉을 사용하여 벽체(stem)를 가로지르는 방향으로 보강을 실시하여야 한다. 강철봉이 콘크리트에 강하게 부착되면 신축이음의 효과가 상실될 수 있으므로 강철봉 표면에 윤활유를 바르는 방법 등을 적용하여야 한다.

③ 본체

가. 노선에 접해있는 벽체의 전면은 미관 및 주행상 일반적으로 1:0.02이상의 경사로를 설치하여야 한다.

나. 옹벽 상단에는 소단을 설치하는 것이 좋다. 소단의 길이(l)는 설치장소에 따라 다르지만 일반적으로 0.7m를 적용하여야 한다.

다. 연속된 옹벽에서 옹벽의 상단 또는 저면의 높이가 변하는 경우 설치위치, 구조형식 등을 고려하여 접속시켜야 한다. 일반적으로 설치위치에 의해 정해지는 근입깊이를 기준으로 1블럭의 길이를 결정하며 저판은 수평으로 시공하는 것이 좋다.

라. 옹벽저면에 배수시설, 배수관 등을 설치하거나 저판 앞면에 U형 측구, 우수받이 등을 설치함으로써 유효단면의 감소가 있을 때에는 다음 사항에 주의하여야 한다.

㉠ 가정하는 단면에서 옹벽 블록사이의 단면감소의 합계가 1블럭길이 L 의 6%이하로 되게 하고 가능한 한 균등하게 분포시킨다. 이와 같이 하면 철근간격을 조절하는 등의 조치만으로 충분하며 별도로 보강할 필요는 없다.

㉡ 「㉠항」의 제한을 넘을 경우에는 단면 감소가 있는 부분의 응력을 계산하여 필요시 철근으로 보강하여야 한다.

④ 활동방지 벽(Shear key)

가. 활동에 대한 효과적인 저항을 위하여 저판에 활동방지벽을 적용하는 경우 저판과 일체로 설치하여야 한다.

나. 활동방지 벽의 형상은 돌출부의 깊이, 토질상태 등에 따라 구조물 굴착선에 맞는 형상으로 설치하여야 한다.

다. 사질토 지반에서는 유효하나 점성토 지반에서는 점성토의 비배수 전단강도에 의하여 활동에 대한 저항력이 결정되기 때문에 효과가 적을 수 있으므로 세부검토를 통해 적용 여부를 결정하여야 한다.

6.5.5 옹벽의 내진설계

지진에 의한 지반운동이 발생하는 동안에는 옹벽의 파괴나 변위로 인한 설계 및 세부사항에 대한 세심한 주의가 요구된다.

(1) 해석 및 설계에 대한 규정

- ① 철도 시설물 중 옹벽의 내진설계에 관해서만 다룬다. 기타 시설물들은 지진으로 인한 하중 이외의 일반적인 수평 및 수직하중에 대해서 안전한 것으로 간주하여야 한다.
- ② 옹벽의 설계시 토압은 상시토압과 지진에 의해 발생하는 동적영향에 의한 추가적인 토압의 합력으로 설계하여야 한다.
- ③ 옹벽의 내진해석방법은 등가정적해석법을 적용하여야 한다.
- ④ 보다 정밀한 해석이 필요하다고 판단되는 경우 설계자의 판단에 따라 타당한 방법을 선정하여 해석을 수행할 수 있다.
- ⑤ 해석 및 설계에 사용되는 입력지반운동은 내진등급별 평균재현주기를 가진 지반운동을 사용하여야 한다. 등가정적해석을 위한 수평지진계수(K_h) 및 수직지진계수(K_v)는 가속도계수(A)를 이용하여 다음과 같이 적용하여야 한다.

가. 수평지진계수(K_h)

㉓ 옹벽의 영구변위를 허용하는 경우

경제적인 구조물이 되기 위해서는 변위가 전혀 발생하지 않도록 설계하기보다는 작은 허용변위에 대해 설계하는 것이 좋다. 일반적으로 옹벽의 설계허용수평변위를 $254A(\text{mm})$ 이내로 하는 경우에는 K_h 를 $0.5A$ 로 보고 등가정적하중은 Mononobe-Okabe의 의사정적해석방법에 따라 토압을 산정하여야 한다.

㉔ 옹벽의 영구변위를 허용하지 않는 경우

변위를 구속하는 독립식 옹벽은 수평지진계수(K_h)를 $1.0A$ 로 적용하여 등가정적하중으로 토압을 계산하여야 한다.

나. 수직지진계수(K_v)의 결정

특별한 요구가 없는 한 수직지진계수(K_v)는 0으로 본다.

- ⑥ 옹벽의 기초는 정적하중 성분에 지진에 의한 하중성분을 추가로 고려하여 지지력 파괴 및 전도 및 활동을 일으키지 않도록 설계되어야 한다.
 - ⑦ 설계하중의 조합
- 가. 옹벽의 설계는 강도설계법을 준용하되 허용응력설계법도 사용할 수 있

다.

나. 지진하중 고려시 하중조합의 하중계수는 <식 (6.5.4)>의 값으로 하여야 한다.

$$U = 1.0 (D + H + Q + E) \quad (6.5.4)$$

여기서, U : 설계하중 또는 이에 따른 단면력

D : 고정하중 또는 이에 따른 단면력

H : 토압 또는 이에 따른 단면력

Q : 부력 또는 양압력, 수압, 파압 등의 하중 또는 이에 따른 단면력

E : 지진의 영향 또는 이에 따른 단면력

다. 허용응력설계법에서는 지진하중 고려시 하중조합과 허용응력 증가계수를 <표 6.5.3>의 값으로 하여야 한다.

표 6.5.3 하중조합과 허용응력 증가계수

하중 조합	허용응력 증가계수
활하중 및 충격하중 이외의 주하중 + 지진하중	1.40

(2) 해석방법

① 지진 동안에 수평방향으로 파괴가 유발될 수 있는 중력식 또는 캔틸레버식 옹벽에 작용 하는 지진에 의한 주동 및 수동토압의 계산은 Mononobe-Okabe의 방법으로 산정하여 등가정적해석법을 이용하여야 한다.

② 토압의 합력이 옹벽에 작용하는 높이 h_a 는 토압의 정적분력이 옹벽밀면으로부터 $H/3$ 에 작용하고 지진에 의한 추가적인 동적영향이 $0.6H$ 의 높이에 작용한다고 가정하여 구할 수 있다. 그러나 대부분의 경우에는 토압이 균등하게 분포되어 있고 h_a 를 $H/2$ 로 가정하는 것으로 충분하다.

(3) 설계상세

- ① 옹벽의 내진설계상세는 「6.5.3항」과 「6.5.4항」에 준용하여야 한다.

6.5.6 비탈면보호벽

(1) 비탈면보호벽의 형상 및 적용조건

① 깎기부에 이용하는 비탈면보호벽

깎기부의 비탈면보호벽은 깎기면이 자립함과 동시에 비탈면 전체의 안정을 확보할 수 있는 장소에 사용하여야 한다. 또 지지지반이나 배면이 암인 경우에는 현장조건에 준용하여야 한다. 한편 지지지반 강도가 조건에 만족하지 않는 경우에는 저부의 폭을 넓게 하거나 근입깊이를 크게 하여야 한다. 가. 평상시 깎기 후 비탈면의 안전율은 1.5이상으로 하여야 한다.

나. 비탈면보호벽의 근입깊이는 기초전면에 배수공을 고려하여 최소 1.0m를 확보하여야 한다.

다. 또 배수공의 설치위치가 1.0m보다 깊은 경우 근입을 깊게 할 필요가 있다.

다만 지지지반이 경암인 경우 및 지하수위가 깊은 경우에는 지하배수공을 만들지 않고 근입깊이를 0.5m까지 얇게 하여도 된다.

라. 표준도의 설계에 이용한 배면쌓기의 조건은 $\phi = 35^\circ$ 이다.

마. 표준도의 조건에 만족 못하는 경우 비탈면보호벽의 안정검토는 석축안정검토방법을 준용한다.

6.5.7 낙석방지공

(1) 암반비탈면에서 낙석이나 낙반의 위험이 있는 개소는 비탈면을 보호하기 위해 낙석방지공을 설계하여야 한다.

(2) 낙석방지공 방법에는 비탈면의 하단부나 중간부에 단독으로 설치하는 방법과 옹벽 등의 구조물 상부에 설치하는 방법 중 현장조건에 대한 적용성을 고려하여 설계하여야 한다.

6.5.8 암반비탈면 변위 원인과 계측

암반비탈면에서 진행 중이거나 예상되는 변위를 주의 깊게 관찰하기 위해 필요한 개소에 계측을 설계하여야 한다.

6.6 보강토 옹벽

6.6.1 일반사항

(1) 보강토 옹벽

- ① 이 절은 금속성 또는 토목섬유 재료의 보강재를 이용하여 시공하는 보강토 옹벽의 설계에 적용한다.
- ② 보강토 옹벽은 성토체 내부에 설치된 보강재(띠형, 그리드형 또는 전면포설형)의 인장저항력 및 주변 흙과의 결속력에 의하여 전단강도가 향상된 성토체(보강토체)에 의하여 배면토압에 저항하는 일종의 중력식 옹벽이다.

(2) 보강토 옹벽의 구성요소

- ① 보강토 옹벽의 전면벽체(Facing)로는 콘크리트 패널이나 콘크리트 블록을 사용해야 한다. 다만, 설계수명이 짧은 보강토 임시구조물의 경우에는 토목섬유를 사용한 포장형(Wrapped Around) 전면벽체를 적용할 수도 있다.
- ② 보강토 옹벽에서 지반을 보강하기 위하여 사용되는 보강재는 흙과의 결속력이 우수해야 하며, 흙 속에서 장기적인 내구성을 확보할 수 있어야 한다. 이러한 보강재는 금속성 또는 토목섬유 재료로 된 띠형, 그리드형 및 전면포설형 등과 같은 형태로 적용된다.
- ③ 보강재의 허용인장강도(Allowable Tensile Strength, T_a)는 각 보강재의 특성을 고려하여 결정해야 한다.

가. 금속성 보강재는 금속 재료의 부식을 방지하기 위하여 표면에 아연도금 처리해야 하며 최소 아연도금량은 0.61kg/m^2 또는 두께 $85\mu\text{m}$ 이상이어야 한다.

아연도금된 금속성 보강재는 최초 2동안은 연간 $15\mu\text{m}$, 그 이후는 연간 $4\mu\text{m}$ 의 부식속도를 고려하여 구조물의 내구연한에 따른 부식두께를 결정한다.

나. 금속성 보강재의 허용인장강도(T_a)는 <식 (6.6.1)>과 같이 내구연한에 따른 부식두께를 제외한 나머지 단면적(A_c)에 대해서 재료의 항복강도(f_y)에 안전율(FS)을 고려하여 결정해야 한다. 즉,

$$T_a = \frac{T_d}{FS} = \frac{1}{FS} \frac{f_y A_c}{b} \quad (6.6.1)$$

이 때 안전율(FS)은 1.82(=1/0.55)를 사용한다. 다만 콘크리트 패널이나 블록에 연결된 강재 그리드(Steel Grid)형 보강재의 경우에는 국부적으로 과응력이 발생할 가능성이 있기 때문에 2.08(=1/0.48)을 사용해야 한다. 토목섬유 보강재의 허용인장강도(T_a)는 장기설계강도(T_d)에 여러 가지 불확실성을 고려한 안전율(FS_{UN} 보통 1.5)을 고려하여 결정해야 한다. 즉,

$$T_a = \frac{T_d}{FS_{UN}} \quad (6.6.2)$$

라. 토목섬유 보강재의 장기설계강도(Long Term Design Strength, T_d)는 보강재의 극한인장강도(T_{ult})에 내구성(RF_D), 내시공성(RF_{ID}), 장기적인 크리프 특성(RF_{CR}) 등을 고려한 감소계수(Reduction Factor, RF)를 적용하여 산정해야 한다. 즉,

$$T_d = \frac{T_{ult}}{\Sigma RF} = \frac{T_{ult}}{RF_D RF_{ID} RF_{CR}} \quad (6.6.3)$$

토목섬유 보강재의 재질별 감소계수는 <표 6.6.1>에 제시된 값 보다 크거나 같은 값을 사용해야 한다. 다만, 공인된 시험기관의 시험결과가 있다면 <표 6.6.1>에 제시된 값 대신 시험결과 값을 사용할 수 있다.

표 6.6.1 토목섬유 보강재의 재질별 감소계수

재질	RF_D	RF_{ID}	RF_{CR}	ΣRF
PET 지오토크리드	1.10	1.30	1.60	2.29
HDPE 지오토크리드	1.10	1.20	2.60	3.43
PP 지오토크리드	1.10	1.20	4.00	5.28
띠형섬유보강재	1.10	1.10	1.60	1.94

- ④ 보강토 뒤채움 재료는 다음과 같은 특성을 갖추어야 한다.
- 가. 보강재와의 마찰효과가 커야한다.
 - 나. 배수성이 양호하고 함수비 변화에 따른 강도변화가 적어야 한다.
 - 다. 입도분포가 양호해야 한다.
 - 라. 보강재의 내구성을 저하시키는 성분이 적어야 한다.
- ⑤ 보강토 뒤채움 재료는 보강토 옹벽의 성능에 큰 영향을 미치므로 설계에 적용된 뒤채움 재료의 내부마찰각, 입도기준, 다짐관리기준 등을 설계도서에 명확하게 규정하여야 한다.
- 가. 보강토 옹벽 뒤채움재료의 내부마찰각은 30도 이상이라야 하며, 소성지수 (PI)는 6이하라야 한다.
 - 나. 보강토 옹벽 뒤채움재료의 입도기준은 <표 6.6.2>와 같다.

표 6.6.2 보강토 옹벽 뒤채움 재료의 입도기준

입경(mm)	통과중량백분율(%)	비고
53	75~100	
19	75~100	
4.75(No.4)	20~100	
0.425(No.40)	0~60	
0.075(No.200)	0~15	
※ No.200체 통과량이 15%이상인 경우라도, 0.015mm입경 통과율이 10%이하이면 사용가능하고, 0.015mm입경 통과율이 10~20%이고, 흙의 내부마찰각이 30도 이상이면 사용가능 ※ 뒤채움 재료의 최대입경은 102mm까지 사용할 수 있으나, 시공시 손상을 입기 쉬운 보강재를 사용하는 경우에는 최대입경을 19mm로 제한할 수 있다.		

(3) 설계일반사항

① 설계목표

가. 보강토 옹벽은 설계수명 동안 보강토체의 내적 및 외적안정성 뿐만 아니라 국부적인 안정성도 유지되어야 한다.

나. 보강토 옹벽의 사용성을 위해서 과도한 부등침하나 횡방향 변위가 발생하지 않아야 한다. 특히 열차주행 안정성에 영향이 없도록 검토하여야 한다.

② 보강토 옹벽의 설계에는 고정하중, 상재하중(열차활하중 포함), 토압, 지진하중, 풍하중 등을 고려하여야 하며 열차에 의한 진동하중은 특별히 고려하지 않는다.

가. 고정하중 : 보강토체의 자중, 상재성토 하중 등

나. 상재하중 : 궤도하중, 열차의 활하중

다. 토압

라. 지진하중 : 보강토체의 지진관성력, 동적토압 증가분

마. 풍 하 중 : 방음벽에 작용하는 풍하중

③ 보강토 옹벽의 안정성 검토는 외적안정성과 내적안정성으로 구분하여 수행해야 한다.

가. 보강재에 의하여 결속된 보강토체를 중력식 옹벽으로 가정하여 저면활동, 전도, 지반지지력 등과 같은 보강토 옹벽의 외적안정성을 검토해야 한다.

나. 보강토체가 일체로 작용하기 위해서는 보강재가 파단 되거나 인발되지 않아야 하므로, 내적안정성 검토에서는 보강재의 파단파괴와 인발파괴에 대한 안정성을 검토해야 한다.

다. 내적안정성 검토 시에는 보강토체 내부의 가상의 파괴면을 기준으로 토체로부터 분리되어 나가려는 활동영역과 그 힘에 저항하려는 저항영역으로 나누어 고려해야 하며 이러한 가상파괴면은 사용하는 보강재의 특성에 따라서 하나 또는 두 개의 직선으로 가정하는 것이 일반적이다.

라. 보강토 옹벽의 내적 및 외적 안정성 외에도 보강토 옹벽을 포함한 전체사면활동에 대한 안정성을 검토해야 하며 「㉠~㉢항」 경우에는 특히 주의하여 전체사면활동에 대한 안정성을 검토해야 한다.

㉠ 기초지반이 연약지반인 경우

㉢ 보강토 옹벽이 높은 사면위에 위치하는 경우

- ㉔ 보강토 옹벽 상부에 성토고가 높은 성토사면이 계획된 경우
 - ㉕ 2단이상의 다단식 보강토 옹벽이 설치될 경우
 - ㉖ 우각부에 보강토 옹벽이 설치될 경우
 - ㉗ 수변부에 보강토 옹벽이 설치되거나 지하수의 영향을 받는 경우
 - ㉘ 기타 사면활동이 발생할 가능성이 있다고 생각되는 경우
- ④ 지진 발생 시에는 정적하중에 추가적으로 보강토체의 관성력과 동적토압 증가분이 보강토 옹벽에 작용하므로 이러한 동적하중을 추가로 고려하여 보강토 옹벽의 내적 및 외적안정성을 검토해야 한다.
- ⑤ 설계기준 안전율
보강토 옹벽의 설계에 적용되는 설계기준 안전율은 「건설공사비탈면설계 기준」에 제시된 보강토 옹벽의 설계안전율 기준을 따른다.
- ⑥ 보강토 옹벽 적용기준
가. 보강재의 최소길이는 보강토 옹벽 높이의 0.7배 또는 최소 2.5m이상으로 해야 하며 보강토 옹벽의 설계기준 안전율을 만족시킬 수 있도록 보강재 길이를 결정한다.
이 때 보강토 옹벽의 높이는 <그림 6.6.1(a)>, <그림 6.6.1(b)>에서와 같이 보강토 옹벽의 선단에서 1:0.3의 경사로 그은 선이 옹벽 상부의 사면과 만나는 점까지의 높이인 가상의 옹벽 높이(H_m)으로 해야 한다.

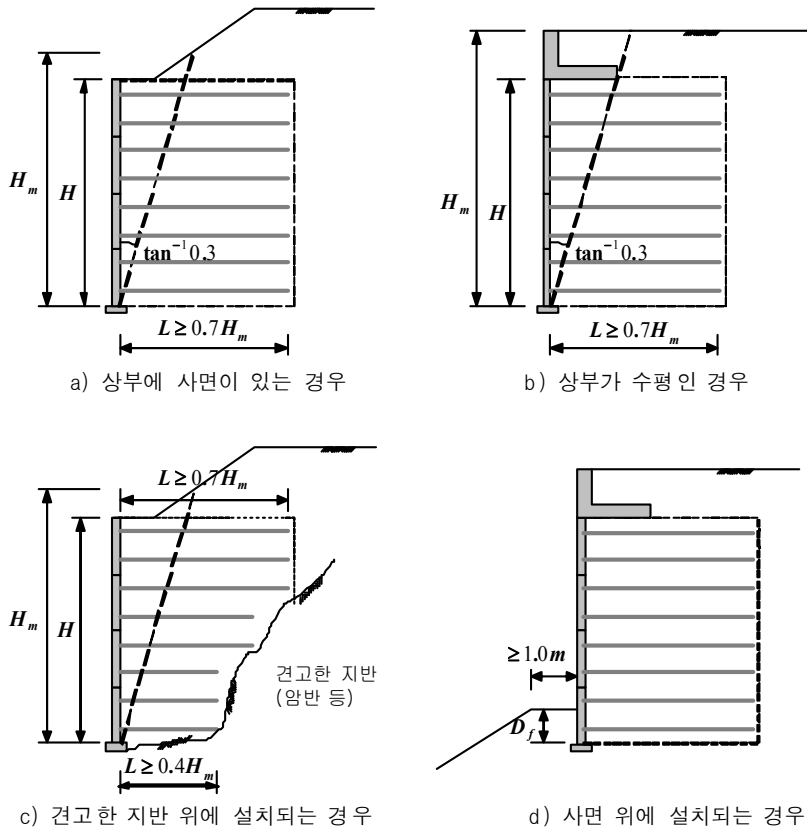


그림 6.6.1 보강토 옹벽 설치기준

나. 보강토 옹벽 높이에 따른 각 층별 보강재의 길이는 전체 높이에 걸쳐 동일하게 한다.

특별한 경우에는 각 층별로 보강재의 길이를 짧거나 길게 할 수 있으며 견고한 지층을 굴착하고 보강토 옹벽을 설치하는 경우에는 굴착량을 줄이기 위하여 <그림 6.6.1(c)>와 같이 하부의 보강재를 줄일 수 있으나 이 때 하부의 보강재의 길이는 옹벽 높이의 0.4배 이상, 상부의 보강재 길이는 옹벽 높이의 0.7배 이상이라야 한다. 하부의 보강재 길이를 짧게 하는 경우에는 보강토 옹벽의 내적 및 외적안정성은 물론 전체사면활동에 대한 안정성을 확보할 수 있도록 보강재 길이를 결정해야한다.

다. 보강재의 수직간격은 0.8m를 초과하지 않도록 배치해야 하며 블록식 보강

- 토 옹벽의 경우 최상단 보강재의 수직간격은 그 아래 보강재 수직간격의 1/2정도로 배치하여 국부적인 안정성을 보완해 주어야 한다.
- 라. 가상파괴면 뒤쪽의 저항영역내의 각 층별 보강재 유효길이(L_e)는 최소한 1.0m이상이 되도록 해야 한다.
- 마. 보강토 옹벽은 최소 0.6m 또는 동결심도 이상의 근입깊이를 확보해야 한다. <그림 6.6.1(d)>와 같이 보강토 옹벽이 경사지반에 설치되는 경우에는 벽체 전면에 최소 폭 1.0m이상의 소단을 설치해야 하며, 최소근입깊이는 0.6m이상 확보되어야 한다.
- 바. 보강토 옹벽을 2단 이상으로 설계할 경우, 최상단 보강토 옹벽의 보강재 길이는 그 높이의 0.7배 이상을 확보해야 하며 하단 옹벽은 상부 보강토 옹벽 높이를 포함한 전체 보강토 옹벽 높이의 0.6배 이상의 보강재 길이를 확보해야 한다.

6.6.2 보강토 옹벽의 설계

(1) 외적안정성 검토

- ① 보강토 옹벽의 외적안정성은 보강토체를 중력식 옹벽으로 가정하여 「가.~라.항」 대하여 안정성을 검토해야 한다.
- 가. 저면활동에 대한 안정성 검토
- 나. 전도에 대한 안정성 검토
- 다. 지반지지력에 대한 안정성 검토
- 라. 전체사면활동에 대한 안정성 검토

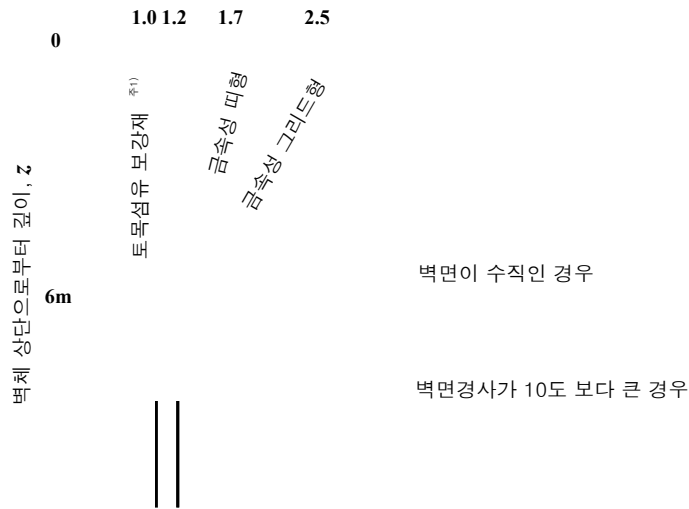
(2) 내적안정성 검토

- ① 보강토체의 내적안정성은 각 층별 보강재의 최대작용하중(T_{max})을 계산한 후 보강재의 파단 및 인발파괴에 대하여 검토해야 한다.
- ② 각 층별 보강재의 최대작용하중(T_{max})은 각 층별 보강재 위에 작용하는 수직응력(σ_v)과 토압계수(K) 및 보강재의 수직 및 수평간격을 고려하여 결정해야 한다.

$$T_{max} = \sigma_v S_v S_h \quad (6.6.4)$$

- 여기서, σ_h : 보강재 층에서의 수평응력($\sigma_h = K\sigma_v + \Delta\sigma_h$)
 K : 토압계수(<그림 6.6.2> 참조)
 σ_v : 보강재 위에 작용하는 수직응력
 $\Delta\sigma_h$: 상재하중에 의해 보강재 층에 유발되는 수평응력 증가분
 S_v, S_h : 보강재의 수직 및 수평 간격

이 때 보강토체 내부의 토압계수(K)는 주동토압계수(K_a)를 사용하며, 비신장성 보강재(예, 강재 띠형, 띠형 섬유보강재 등)를 사용하는 경우에는 <그림 6.6.2>와 같이 벽체 상단에서 깊이 6m까지 직선적으로 변화하고 6m 이상의 깊이에서는 일정한 값을 가지는 토압계수의 비(K/K_a)로부터 보강토체 내부의 토압계수를 결정해야 한다.



주1) 띠형 섬유 보강재는 금속성 띠형 보강재와 같이 취급함

그림 6.6.2 보강토체 내부의 토압계수

- ③ 파단파괴에 대한 안정성을 확보하기 위하여 각 층별 보강재의 파단에 대한 안전율($FS_{to} = T_d / T_{max}$)은 각 보강재의 종류별 파단에 대한 설계기준 안전

을 보다 커야한다.

- ④ 인발파괴에 대한 안정성을 확보하기 위하여 각 층별 보강재의 인발에 대한 안전율($FS_{po} = T_{pull} / T_{max}$)은 보강재 인발에 대한 설계기준 안전율 보다 커야한다. 이 때 인발저항력은 가상파괴면 뒤쪽의 저항영역내의 보강재 유효길이(L_e)에 대해서만 고려해야 하며, 보강재의 특성에 따라서 적절한 인발저항계수를 적용해야 한다. 시험결과가 없는 경우에는 <그림 6.6.3>을 참고하여 보강재 종류별 인발저항계수를 결정할 수 있다.

$$T_{pull} = 2L_e b \sigma_v f^* \quad (6.6.5)$$

여기서, L_e : 저항영역내의 보강재 유효길이

b : 보강재의 폭

σ_v : 보강재 위에 작용하는 수직응력

f^* : 흙/보강재 인발저항계수

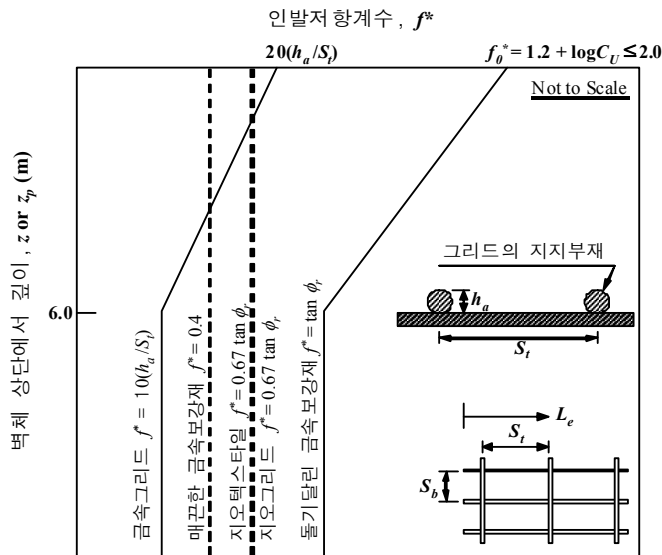


그림 6.6.3 보강재 종류별 인발저항계수(f^*)의 값

- ⑤ 가상과괴면은 각 층별 보강재의 최대작용하중이 발생하는 위치를 연결한 선이며 <그림 6.6.4(a)>와 같이 대수나선(Log-Spiral)의 형태로 나타나는 것이 일반적인 견해이지만, 계산상의 편의를 위하여 직선(신장성 보강재를 사용하는 경우) 또는 이중직선(비신장성 보강재를 사용하는 경우)으로 가정한다.

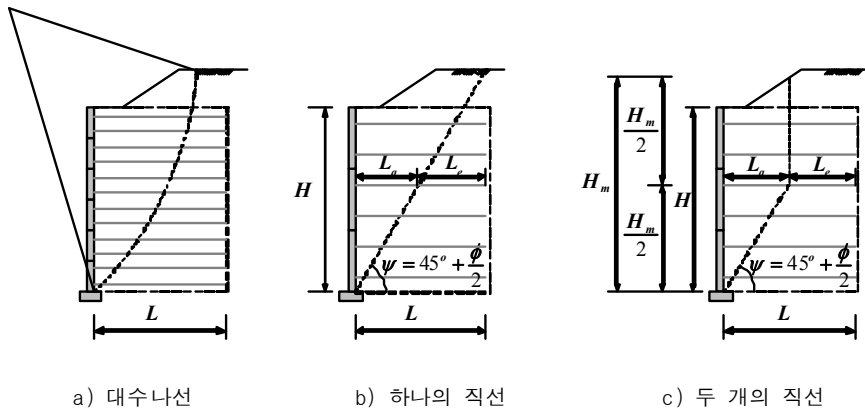


그림 6.6.4 보강토 옹벽의 가상과괴면

(3) 지진시 보강토 옹벽의 안정성 검토

- ① 지진시 보강토 옹벽의 안정성 검토에서는 정적하중에 추가적으로 보강토체의 관성력과 동적토압 증가분을 고려하여 보강토 옹벽의 외적안정성과 내적안정성을 검토해야 하며, 일시적인 상재하중은 고려하지 않는다.

② 지진시 외적안정성 검토

가. 지진시 보강토 옹벽의 외적안정성 검토에서는 <그림 6.6.6>과같이 정적하중에 보강토체의 지진관성력(P_{IR})과 동적토압 증가분(ΔP_{ae})의 50%를 추가로 고려하여 저면활동, 전도, 지반지지력 등의 외적안정성에 대하여 검토해야 한다.

나. 보강토체의 지진관성력(P_{IR})은 지진관성력을 받는 보강토체의 자중(W_{IR})과 보강토체의 지진계수(A_m)를 곱하여 산정하고 관성력을 받는 부분의 도심에 수평으로 작용시킨다. 이 때 보강토체의 지진계수

$A_m = (1.45 - A)A$ 와 같이 계산한다.

다. 동적토압 증가분(ΔP_{ae})은 Monobe-Okabe의 동적토압공식을 사용하여 산정한 동적토압에서 정적토압을 차감하여 계산하고, 동적토압을 받는 높이의 0.6배 되는 위치에 작용하는 것으로 가정한다.

이 때 Monobe-Okabe의 식에 적용되는 수평방향지진가속도계수(k_h)는 $0.5A$ 를 적용한다.

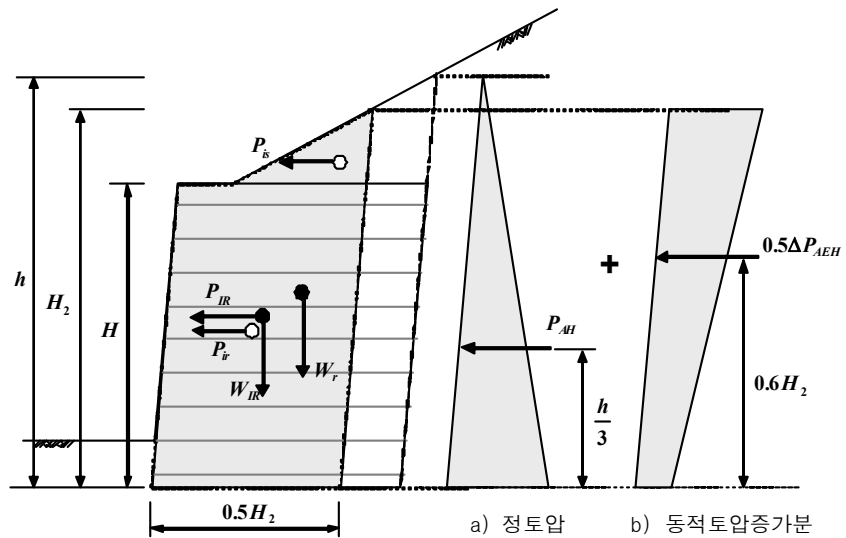


그림 6.6.6 지진시 보강토 옹벽의 외적안정성 검토시 고려하는 하중

③ 지진시 내적안정성 검토

가. 지진시의 내적안정해석은 활동영역의 지진관성력(P_{IA})에 의해 각 층별 보강재에 추가되는 하중을 고려하여 보강재 파단파괴와 인발파괴에 대하여 검토해야 한다.

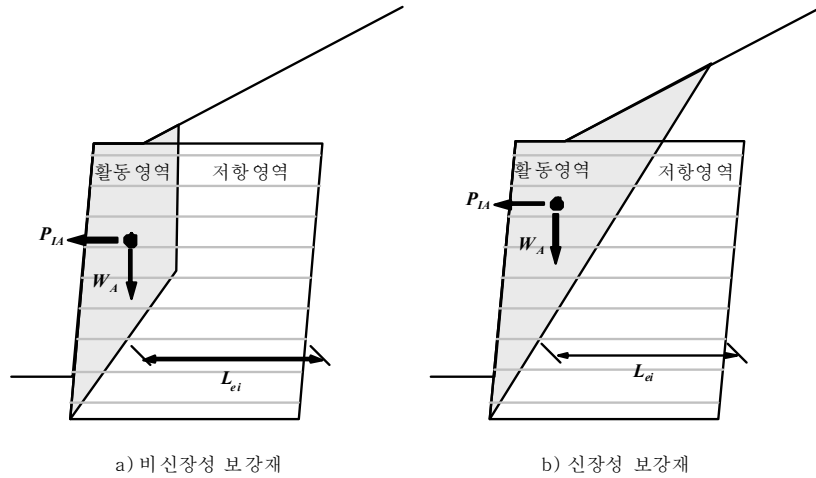


그림 6.6.7 지진시 보강토 옹벽의 내적안정성 검토시의 하중

나. 내적안정해석에서 지진관성력(P_{IA})은 활동영역의 자중(W_A)과 보강토체의 지진계수($A_m = [1.45 - A]A$)를 곱하여 계산하고, 이를 저항영역 내에서 차지하는 각 층별 보강재의 면적비에 따라 분담시킨다. 즉,

$$\Delta T_{md} = P_{IA} (L_{ei} / \Sigma L_{ei})$$

다. 지진 시 보강토 옹벽의 내적안정성 검토에서 보강재의 허용인장강도 산정에는 크리프 특성의 영향은 고려하지 않으며, 인발저항력은 정적안정성 검토시의 인발저항력의 80%를 적용한다.

(4) 기타 본 설계기준에 언급되지 않은 사항은 「건설공사비탈면설계기준」을 따른다.

6.6.3 보강토 옹벽의 배수

(1) 일반사항

- ① 보강토 뒤채움 재료로 비교적 배수성가 양호한 양질의 토사를 사용하지만, 다량의 유입수로 인하여 뒤채움 흙이 포화되면 흙의 전단강도가 저하되어 불안정한 상태가 될 수 있으므로 배면용출수의 유무, 수량의 과다 등 형상 여건에 따라 배수시설을 설치하여야 한다.

(2) 지표수의 배수

- ① 보강토 옹벽 상단부와 상부 쌓기 비탈면에는 차수공 및 배수공을 설치하여

지표수가 보강토체 내부로 유입되는 것을 차단해야 한다.

- ② 보강토 옹벽이 철도노반을 직접 지지하는 경우에는 강우 시 우수가 보강토체 내부로 유입될 수 있으므로 보강토체 상단에 차수매트 또는 지오템브레인과 같은 차수층을 설치하여 지표수가 보강토체 내부로 유입되는 것을 차단해야 한다.

(3) 지하수의 배수

- ① 보강토체 배면에 지하수의 유출이 예상되는 경우에는 보강토체 배면에 배수층을 설치하여 지하수가 보강토체 내부로 유입되지 않도록 해야 한다. 수량이 많은 경우에는 보강토체 내부에도 투수성이 양호한 재료를 사용하여 배수가 원활히 이루어질 수 있도록 해야 한다.

(4) 침수시의 대책

- ① 보강토체가 수중에 잠기는 경우, 내외수면이 같아지도록 투수성이 양호한 뒤채움 재료를 사용해야 한다. 또한 전면판 또는 전면보호재의 이음부에도 원활한 배수가 가능하고 토립자의 유실을 방지할 수 있는 필터재를 적용해야 한다.
- ② 또한 보강토 옹벽 전면의 침식 및 세굴에 대해서도 저항할 수 있도록 설계해야 한다.

6.7 가시설 구조물 설계

6.7.1 일반내용

(1) 가시설 설계일반

- ① 이 기준은 가시설 흠막이공과 가시설 노면복공의 설계에 적용한다.
- ② 가시설 구조물의 설계는 허용응력설계법 적용을 기준으로 한다. 다만, 특수한 경우는 별도로 정하여 설계할 수 있다.
- ③ 가시설 구조물 설계에서는 공사 단계별로 구조물 자체의 안정성을 검토하고 지하매설물과 인접구조물에 미치는 영향을 검토하여 대책을 강구한다.
- ④ 설계시 계측 및 분석계획을 수립하여 시공 중 안전성을 확보할 수 있는 방안을 강구한다.

(2) 하중

- ① 하중의 종류 및 조합

가. 가시설 구조물은 고정하중, 활하중, 충격, 토압 및 수압, 기타하중을 고려하여 설계한다.

나. 가시설 구조물의 종류나 시공지점의 모든 조건에 따라서 <표 6.7.1>과 같이 하중을 조합하여 설계하여야 한다.

표 6.7.1 하중의 조합

하중의 종류	노면복공		흙막이공			중간말뚝		버팀보	띠장
	처짐	단면	근입장	지지력	단면	지지력	단면	단면	단면
사하중		○		○	○	○	○	○	
활하중	○	○	○	○	○	○	○		
충격		○		○	○	○	○		
토압 및 수압			○		○			○	○

② 고정하중

고정하중 산출에 쓰이는 중량은 실 중량에 의하며 재료의 단위중량과 궤도의 중량은 <표 6.7.2> 와 <표 6.7.3>을 고려하여 설계하여야 한다.

표 6.7.2 재료의 단위중량(단위 kN/m^3)

재료의 종류	단위중량	재료의 종류	단위중량
강, 주강	78.5	시멘트 모르타르	21.5
주철	72.5	목재	8.0
철근콘크리트	25.0	아스콘포장	23.0
무근콘크리트	23.5	도상자갈, 쇠석	19.0

표 6.7.3 궤도의 단위중량(1궤도당 kN)

궤도 구조	기존철도	고속철도
자갈도상구조	4.5	7.0
콘크리트도상구조	7.0	7.0

③ 활하중

가. 열차하중

- ㉞ 열차하중은 「제8장의 교량일반」의 열차하중을 적용한다.
- ㉟ 상재하중은 「제6장 6.5.1항」의 상재하중을 적용하며 가시설 구조물 중 열차하중을 지지하는 주형의 경우는 「제9장 강교 및 강합성교」의 판형교를 준용한다.

나. 자동차 하중

- ㉞ 자동차 하중은 「건설교통부제정 도로교 설계기준 2.1.3 활하중」에서 규정하는 DB하중을 사용한다.
- ㉟ 보도부분에는 5 kN/m^2 의 균집하중을 사용한다.

다. 충격하중

- ㉞ 열차하중과 자동차하중에 의한 충격하중을 고려하여야 하며, 균중하중에 의한 충격하중은 고려하지 않는다.
- ㉟ 열차하중에 대한 충격 계수 - 「제 8장 교량편 8.2.3 운행하중」
- ㊱ 자동차하중에 의한 충격계수 - 「도로교 설계기준」

라. 종하중

- ㉞ 열차하중 또는 자동차하중을 받는 흙막이공, 가교량 및 노면복공에 있어서는 흙막이벽 가교량 및 복공판 지지형에 대해 제동하중 또는 시동하중에서 큰 값을 택하여 수평으로 작용하는 것으로 하여야 한다.
- ㉟ 열차하중에 의한 영향은 <표 6.7.4>와 같으며 자동차하중에 의한 제동하중은 DB 하중의 10%로 하고, 교면상 1.8m의 위치에서 자동차 진행방향으로 작용하는 것으로 하여야 한다.

표 6.7.4 열차의 제동 및 시동하중

구분	LS하중	HL하중
작용위치	레일면상 2.0m	「제8장 8.3 하중 및 하중조합」 참조
제동하중	LS 하중의 15%	
시동하중	동륜의 25%	

주) L은 부재길이에 최대 영향을 주는 열차제하길이

④ 가설구조물에 작용하는 상재하중

가. 가설구조물의 설계에는 상재하중을 고려하며, 구조물위의 복토, 열차 및 자동차하중, 인접한 중장비 및 인접구조물에 의한 영향을 고려하여야 한다.

나. 구조물위에 복토가 있는 경우에는 흙의 단위중량에 흙 두께를 곱한 값을 상재하중으로 하여야 한다.

다. 열차에 의한 상재하중

㉞ 열차의 주행방향과 토류벽의 방향이 평행한 경우

㉟ 일반의 경우($B \geq 2.0\text{m}$, <그림 6.7.1(a)>)

$$q_1 = 15 \text{ kN/m}^2 \text{ 궤도사하중 (도상포함)} \quad (6.7.1)$$

$$q_2 = 35 \text{ kN/m}^2 \text{ 활하중 (ML 하중)} \quad (6.7.2)$$

$$q_2' = 20 \text{ kN/m}^2 \text{ NP 하중}$$

㊱ 흙막이벽이 궤도 중심에 근접한 경우($B < 2.0$, <그림 6.7.1(b)>)

$$q_3 = \frac{\text{HL 하중}}{\text{축거} \times 2B} = \frac{250}{1.6 \times 2B} = \frac{78}{B} \approx \frac{80}{B} \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad (6.7.3\text{항})$$

$$q_3' = \frac{\text{NP 하중}}{\text{축거} \times 2B} = \frac{170}{2.2 \times 2B} = \frac{40}{B} \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

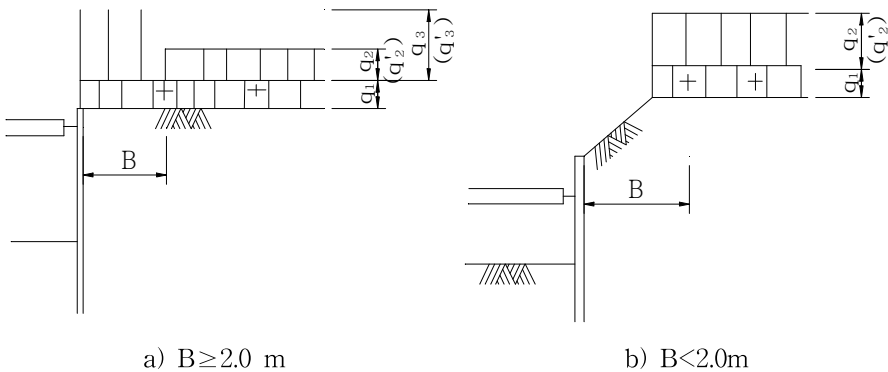


그림 6.7.1 열차에 의한 상재하중

- ㉔ 부분하중이 흙막이벽에 미치는 영향은 <그림 6.7.2>를 고려하여야 한다.

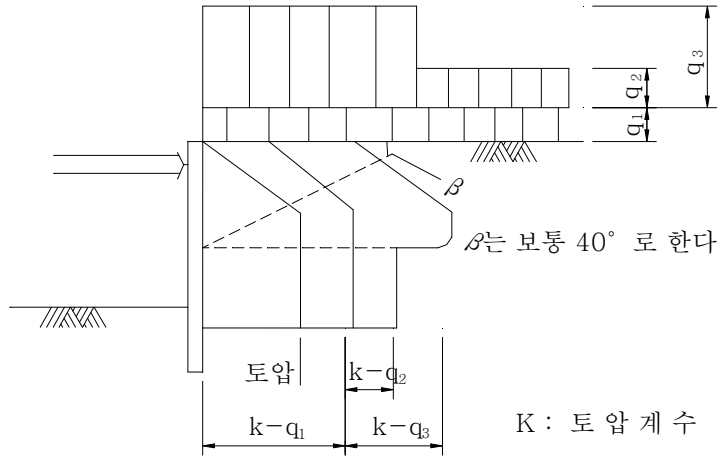


그림 6.7.2 부분하중 재하의 경우

- ㉕ 열차의 주행방향과 흙막이벽의 방향이 직각인 경우

$$q = \frac{p}{a \times b} \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad (6.7.4)$$

q : 열차하중에 의한 상재하중 p : 1동륜 윤중(kN)

b : 열차하중 횡방향 분포폭(m) a : 축거(m)

- ㉖ 흙막이공에 작용하는 자동차에 의한 상재하중은 일반적으로 등분포하중 15 kN/m^2 로 하며 중장비가 흙막이공에 근접하여 작업할 때는 별도로 고려하여야 한다.
- ㉗ 중장비가 흙막이공에서 <표 6.7.5>의 안전거리 이상 떨어져 작업할 때는, 중장비 하중에 의해 증가된 토압의 크기 및 분포를 별도로 조사하지 않고, 전체적으로 $p=10 \text{ kN/m}^2$ 인 등분포상재하중으로 간주하여야 한다.

표 6.7.5 안전거리

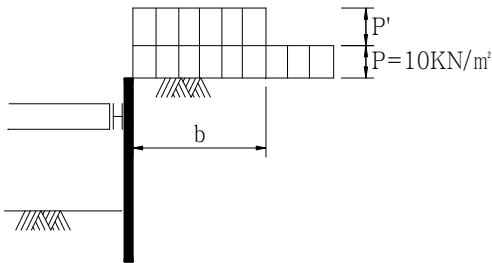
장비중량(kN)	100	300	500	700
안전거리(m)	1.50	2.50	3.50	4.50

중장비가 위의 안전거리보다 근접하여 작업할 때는 <표 6.7.6>의 띠하중 p' 를 추가로 흙막이벽에 상재하중으로 작용하는 것으로 간주하여야 한다.

표 6.7.6 중장비에 의한 추가 상재하중

장비중량 (t)	띠하중 p' (kN/m ²)		띠하중의 폭 b (m)
	거리 0m	거리 0.6m이상	
10	50	20	1.50
30	110	40	2.00
50	140	50	2.50
70	150	60	3.00

주) 표에서 중간 값은 직선변화로 간주하여 구하여야 한다.



p : 중장비에 의한 등분포
상재하중(kN/m²)
 p' : 중장비의 근접으로 인한
추가 상재하중
 b : 추가상재하중의 폭(m)

그림 6.7.3 중장비에 의한 추가 상재하중

㉮ 흙막이공에 근접한 구조물이 있는 경우에는 구조물의 규모, 기초형식, 지반조건 등을 고려하여야 한다. 흙막이공 배면에 낮은 쌓기가 있는 경우 쌓기하중은 상재하중으로 고려하여야 한다.

⑤ 토압, 수압 및 기타하중

가. 가설 흙막이벽체에 작용하는 토압은 벽체의 종류와 시공방법, 지지구조물

제 6 장 흙막이 구조물

의 종류, 설치위치, 설치시기 등에 따라 변화하므로 지반조건, 지하수위, 주변 상황 등을 고려하여 시공 단계별 토압분포를 검토한다.

나. 흙막이 벽체를 설계함에 있어 굴착단계별 검토시와 근입장 검토에는 Rankine, Coulomb 등의 삼각형 토압분포를 적용하고 굴착 및 버팀구조가 완료된 후에는 경험적인 토압을 적용한다. 안정성과 부재단면 검토 시 두 가지 토압분포를 적용하여 최적의 설계를 수행한다.

다. 흙막이벽에 작용하는 경험토압

㉔ 사질토의 경우

㉔ 사질토의 경우는 <그림 6.7.4>와 같이 개수성 흙막이, 차수성 흙막이 공을 구분하여 현장조건에 고려한 공법을 선정하여 설계하여야 한다.

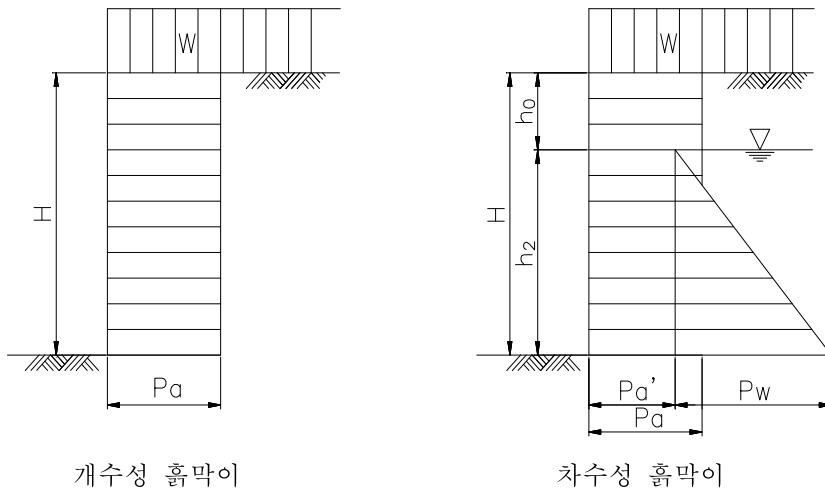


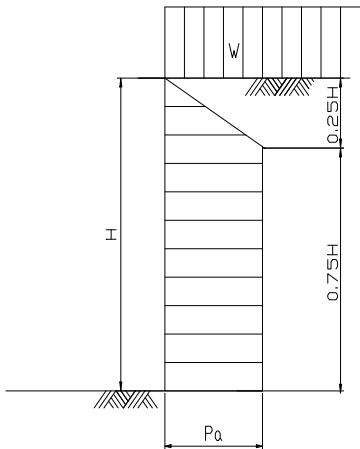
그림 6.7.4 사질토의 토압분포

- $P_a : 0.65K_a (\gamma H + W) \text{ (kN/m}^2\text{)}$
- $P_{a'} : 0.65K_a (\gamma' H + W) \text{ (kN/m}^2\text{)}$
- $P_w : h_w \gamma_w \text{ (kN/m}^2\text{)}$
- $K_a : \text{주동토압계수 } [= (1 - \sin \phi) / (1 + \sin \phi)]$
- $\phi : \text{흙의 내부마찰각(도)}$

- γ : 흙의 습윤 단위중량(kN/m^3)
- γ' : 흙의 수중 단위중량(kN/m^3)
- γ_w : 물의 단위중량(kN/m^3)
- H : 굴착심도로써 공사용 측구 하단까지 포함(m)
- W : 지표면 과재하중 (kN/m^2)

㉞ 점성토의 경우

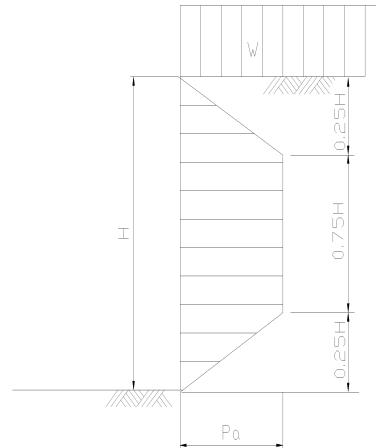
- ㉞ 점성토의 경우는 <그림 6.7.5>와 같이 $\frac{\gamma H}{C} > 4$ 의 경우, $\frac{\gamma H}{C} \leq 4$ 의 조건으로 구분하여 설계한다.



$$\frac{\gamma H}{C} > 4 \text{의 경우}$$

$$P_a = K_a (\gamma H + W)$$

(보통, 연약점토)



$$\frac{\gamma H}{C} \leq 4$$

$$P_a = 0.4 (\gamma H + W)$$

(견고한 점토)

그림 6.7.5 점성토의 토압분포

여기서, K_a : 토압계수($=1-m \frac{4C}{\gamma H} \times 10$)

m : 체감율($=1.0$)

C : 흙의 점착력(kN/m^2)

γ : 흙의 습윤 단위중량(kN/m^3)

W : 지표면의 과재하중

㉔ 다층으로 구성된 지반의 경우

㉔ 점토층 위에 모래층이 있는 경우와 이질의 점성토층으로 이루어지는 경우는 $\phi=0$ 개념을 근거로 <그림 6.7.5>와 같은 제형분포토압을 사용할 수 있는데, 이때의 흙의 점착력과 단위중량은 평균점착력 C_{av} 와 평균단위중량 γ_a 를 적용한다.

㉔ 점토층 위에 모래층이 있는 경우

$$C_{av} = \frac{1}{2H}[\gamma_s K_s H_s^2 \tan \Phi_s + (H - H_s) n q_u] \quad (6.7.5)$$

$$\gamma_a = \frac{1}{H}[\gamma_s H_s + (H - H_s) \gamma_c] \quad (6.7.6)$$

γ_s : 모래의 단위중량

K_s : 모래층의 수평토압계수(≈ 1.0)

ϕ_s : 모래의 내부마찰각

H : 굴착깊이

H_s : 모래층의 두께

H_c : 점토층의 두께

q_u : 점토의 1축압축강도

γ_c : 점토의 단위중량

n : 점진파괴계수(0.5~1.0), 평균=0.75

(점토의 크리프 특성, 굴착 후 방치시간과 굴착에 있어서의 주의 정도에 따라 차등적용)

㉔ 이질의 점토층이 다층으로 있는 경우

$$C_{av} = \frac{1}{H}(H_1 C_1 + H_2 C_2 + \dots + H_n C_n) \quad (6.7.7)$$

$$\gamma_a = \frac{1}{H}(\gamma_1 H_1 + \gamma_2 H_2 + \dots + \gamma_n H_n) \quad (6.7.8)$$

여기서, $C_1, C_2, \dots, C_n$: 중 1, 2, $\dots$, n의 비배수점착력

$\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n$: 중 1, 2, $\dots$, n의 단위중량

H : 굴착깊이

$H_1, H_2, \dots, H_n$: 중 1, 2, $\dots$, n의 두께

라. 암반에서의 토압은 암반의 강도뿐 아니라 불연속면의 특성에 따라 달라지므로 토사구간과는 달리 일반 토압론의 적용이 곤란할 수 있으므로 조사와 적용 시 유의하여야 한다.

마. 굴착 배면의 지하수위는 강우조건, 굴착심도, 지반의 특성, 흙막이벽체의 종류 등에 따라 변하므로 이를 감안하여 벽체에 작용하는 수압을 결정한다. 지하수 침투류 해석을 하여 침투류로 인한 감소된 수압을 적용할 수 있다.

바. 온도 변화의 영향을 크게 받는 버팀대는 온도 차이에 의한 축력을 고려한다.

(3) 재료의 허용응력

① 허용응력 증가계수

가. 가설구조물의 경우 : 1.5(철도하중을 직접 지지하는 경우 1.3)

나. 영구구조물로 사용되는 경우

㉕ 시공도중 : 1.25

㉖ 완료 후 : 1.0

다. 공사기간이 2년 미만인 경우에는 가설구조물로 2년 이상인 경우에는 영구구조물로 간주하여 설계한다.

② 철근 및 콘크리트

가. 콘크리트의 허용응력

$$\text{허용휨응력} \quad f_{ca} = 0.40f_{ck} \quad (6.7.9)$$

$$\text{허용전단응력} \quad v_a = 0.08 \sqrt{f_{ck}} \quad (6.7.10)$$

나. 철근의 허용(압축 및 인장) 응력

$$\text{허용휨인장응력} \quad f_{sa} = 0.5f_y \quad (6.7.11)$$

$$\text{허용압축응력} \quad f_{sa} = 0.4f_y \quad (6.7.12)$$

③ 강재의 허용응력

가. 구조용 강재

일반구조용 압연강재의 허용응력은 <표 6.7.7>의 값 이하로 한다.

표 6.7.7 강재의 허용응력(신강재기준) (MPa)

종류		일반구조용 압연강재 - SS400, SM400		비고
		철도하중을 직접 지지하는 경우	일반의 경우	
축방향 인장 (순단면)		185	210	$140 \times 1.3 \approx 185$ $140 \times 1.5 = 210$
축방향 압축 (총단면)		$\cdot 0 < \ell/r \leq 9$ 일 경우 175	$\cdot 0 < \ell/r \leq 20$ 일 경우 210	$140 \times 1.25 = 175$ ℓ (mm) : 유효좌굴장 r (mm) : 단면회전반지름
		$\cdot 9 < \ell/r \leq 130$ 일 경우 $175 - 0.98 (\ell/r - 9)$	$\cdot 20 < \ell/r \leq 93$ 일 경우 $210 - 1.3 (\ell/r - 20)$	
		$\cdot 130 < \ell/r$ 일 경우 $\frac{905,000}{(\ell/r)^2}$	$\cdot 93 \leq \ell/r$ 일 경우 $\frac{1,800,000}{6,700 + (\ell/r)^2}$	
휨압축응력 (총단면)	인장연 (순단면)	185	210	
	압축연 (총단면)	<ul style="list-style-type: none"> 강축에 대한 휨은 상기의 세장비(ℓ/r) 대신에 다음 등가세장비 (ℓ/r)_e를 사용 $(\ell/r)_e = F \cdot \ell/b$ I형 단면의 경우 $F = \sqrt{12 + 2\beta/\alpha}$ 	<ul style="list-style-type: none"> $A_w/A_c \leq 2$인 경우에 사용 $\ell/b \leq 4.5$일 경우 : 210 $4.5 < \ell/b \leq 30$일 경우 : $210 - 3.6(\ell/b - 4.5)$ 여기서, A_w =복부판의 총단면적 A_c =압축 플랜지의 총단면적	ℓ : 플랜지의 고정점간거리 b : 압축 플랜지의 폭 β : 복부판높이(h)와 플랜지폭(b)의 비(h/b) α : 플랜지두께(t_f)와 복부판두께(t_w)의 비(t_f/t_w)
전단 응력 (총단면)		105	120	
지압 응력		260	315	강관과 강판
용접 강도	공장	모재의 100%	모재의 100%	
	현장	모재의 90%	모재의 90%	

주) 가시설 허용응력 증가가 고려된 값임

나. 강널말뚝 (SY 30) - 신강재기준

강널말뚝의 허용응력은 다음 값 이하로 한다.

허용 휨 인장응력 270MPa

허용 휨 압축응력 270MPa

허용 전단응력 150MPa

주) 가시설 허용응력 증가가 고려된 값임

다. 현장의 자재수급계획에 따라 설계와 다르게 재사용 강재를 사용할 경우 재사용 강재의 허용응력은 책임기술자가 반복사용정도, 부식정도, 변형상태, 볼트구멍 등을 종합적으로 검토하여 강재종류별, 용도별로 응력보정계수를 설정하여 사용한다.

④ 목재의 허용응력

가. 목재의 섬유방향의 허용휨응력, 허용 압축응력 및 허용 전단응력의 값은 <표 6.7.8>의 목재 허용응력 값 이하로 한다.

표 6.7.8 목재의 허용응력 (일반의 경우)

목재의 종류		허용응력(MPa)		
		휨	압축	전단
침엽수	소나무, 해송, 낙엽송, 노송나무, 솔송나무, 미송	13.5	12.0	1.05
	삼나무, 가문비나무, 미삼나무, 전나무	10.5	9.0	0.75
활엽수	참나무	19.5	13.5	2.10
	밤나무, 느티나무, 졸참나무, 너도밤나무	15.0	10.5	1.50

주) 1. 가시설 허용응력 증가가 고려된 값임

2. 철도하중을 직접 지지하는 경우는 <표 6.7.8>값에 1.3 또는 1.5를 곱하여 적용한다.

나. 목재의 섬유방향의 허용 좌굴응력의 값은 <식 (6.7.13)~(6.7.14)>으로 산출한 값 이하로 한다.

$$l_k/r \leq 100 \text{ 인 경우 } f_k = f_c(1 - 0.007l_k/r) \quad (6.7.13)$$

$$l_k/r > 100 \text{ 인 경우 } f_k = \frac{0.3f_c}{(l_k/100r)^2} \quad (6.7.14)$$

l_k : 지주길이(지주의 구속점 사이의 길이 가운데 최대의 길이) (mm)

r : 지주의 최소단면 2차반지름(mm)

f_c : 허용 압축응력(MPa)

f_k : 허용 좌굴응력(MPa)

⑤ 볼트의 허용응력

보통볼트 및 고장력 볼트의 허용응력은 <표 6.7.9>값 이하로 한다.

표 6.7.9 볼트의 허용응력(일반의 경우)

볼트의 종류	응력의 종류	허용응력(MPa)	비고
보통볼트	전단	135	SS400 기준
	지압	315	
고장력볼트	전단	150	F8T 기준
	지압	360	SS400 기준

주) 1. 가시설 허용응력 증가가 고려된 값임

2. 철도하중을 직접 지지하는 경우는 표 값에 1.3 또는 1.5를 곱하여 적용한다.

⑥ 기둥의 유효좌굴 길이

구조용 강재의 허용응력 계산 시 유효좌굴 길이는 「제9장 강교 및 합성교」에 따라 설계한다.

6.7.2 흙막이공

(1) 흙막이공의 선정

- ① 가시설 흙막이구조물 벽체형식과 지지구조는 지형과 지반조건, 지하수위와 투수성, 주변구조물과 매설물 현황, 교통조건, 공사비, 공기, 시공성을 고려해야하며 공사시의 소음과 진동, 굴착배면의 지하수위저하, 주변지반침하가 미치는 주변 및 환경영향 등을 고려하여 선정한다.
- ② 가시설 흙막이 벽체는 구조적 안전성, 인접건물의 노후화 및 중요도, 지하수위, 차수성, 굴착깊이, 공기, 공사비, 민원 발생 가능성, 장비의 진출입 가능성, 시공성, 공사시기 등을 검토하여 가장 유리한 형식을 선정한다.
- ③ 가시설 흙막이 벽체의 지지구조는 벽체의 안전성, 시공성, 민원발생 가능성, 인접건물의 이격거리 및 지하층 깊이와 기초형태 등을 검토하여 가장 유리한 형식을 선정한다.
- ④ 차수나 지반보강 등이 필요한 경우에는 적용목적에 부합하는 보조공법을 선정한다.

(2) 흙막이공의 해석방법

- ① 흙막이 벽체와 지지구조의 해석은 벽체의 종류, 지지구조, 지반조건 및 근접 시공여부 등을 고려하여 실시한다.
- ② 흙막이 벽체와 지지구조 해석방법으로는 벽체를 보로 취급하는 관용적인 방법과 흙-구조물 상호작용을 고려하여 벽체와 지반을 동시에 해석하는 방법이 있으며 설계자는 현장조건을 고려한 해석법을 적용하여야 한다.
- ③ 지지구조를 가지는 버팀 흙막이 벽체형식에 대해서는 굴착진행과 버팀보 해체에 따라 변화하는 토압에 대하여 단계별로 해석하며 해석방법은 탄소성 지반상 연속보해석법과 유한요소법 및 유한차분법 등이 있다. 유한요소법 또는 유한 차분법은 토압을 입력하지 않으며 변위와 부재력은 지반물성치에 의하여 결정되므로 해석결과 변위의 방향, 변위의 크기, 부재력 등이 통상의 범위를 벗어나는지 확인할 필요가 있다. 자립식 또는 앵커지지, 타이로드로 지지되는 널말뚝 벽체형식에 대해서는 관용법을 적용할 수 있다.
- ④ 굴착이 끝나고 버팀구조가 완료된 후의 벽체해석에는 경험적인 토압을 적용하며 단순보해석, 연속보해석 및 탄성지반상 연속보 해석법 등을 적용한다. 이때 수압, 토층분포 등의 현장조건과 해석조건을 고려하여 설계한다.
- ⑤ 지중 가상지지점의 위치는 다음과 같다.

굴착도중 : 굴착저면하 0.5m로 취하되 연약지반일 경우에는 그 이상으로 한다.

굴착완료후 : 평형근입장을 계산하여 수동토압의 합력의 작용점으로 취한다.

(3) 안정성 검토

- ① 흙막이 구조체 설계시 굴착저면의 안정성, 부재단면의 안정성과 지하수 처리 등을 검토한다.
- ② 지반정수는 지반조사 자료와 문헌자료 등을 종합적으로 검토하여 선정하고 지반조사 자료와 문헌자료가 상이할 경우 지반조사 자료를 우선적으로 적용한다.
- ③ 굴착저면의 안정성 검토는 최소 근입장의 확보여부와 히빙, 파이핑 및 지반 융기의 발생 가능성에 대하여 실시한다. 단 굴착저면의 지층이 풍화암 이상의 단단한 지반으로 구성되어 있는 경우에는 히빙과 파이핑에 대한 안정성 검토를 생략할 수 있다.

가. 근입깊이에 대한 검토

- ㉔ 엄지말뚝의 근입깊이에 대한 안정은 최하단 버팀보 위치를 중심으로 수동토압에 의한 저항모멘트가 버팀보 하단의 주동토압에 의한 활동모멘트의 1.2배 이상이어야 한다.
- ㉕ 엄지말뚝에 작용하는 수동토압의 작용폭은 <표 6.7.10>엄지말뚝의 토압작용 폭을 기준하나 책임기술자의 판단에 따르며 주동토압의 작용폭은 굴착저면 이상은 말뚝의 간격, 굴착면 이하는 플랜지 폭만을 적용한다.

표 6.7.10 엄지말뚝의 토압작용폭(근입부)

지반의 상태	사질토	$N > 30$	$30 \geq N > 10$	$N \leq 10$
	점성토	$N > 8$	$8 \geq N > 4$	$N \leq 4$
토압의 작용폭		플랜지폭의 3배	플랜지폭의 2배	플랜지폭

- ㉔ 엄지말뚝의 최소 근입깊이는 선단폐색효과의 발생깊이를 고려하여 토사 지반을 지지층으로 하는 경우 말뚝직경(폭)의 5배 이상 암반을 지지층으로 하는 경우 1.0m이상으로 한다.
- ㉕ 지보공이 없는 자립식의 경우 평형깊이 결정은 수평력과 모멘트의 평형을 동시에 고려하는 방법과 모멘트의 평형만을 고려하는 방법이 있다. 수평력과 모멘트를 동시에 고려할 때의 근입깊이는 평형깊이에 20%를 가산하여 정하고 모멘트 평형만을 고려할 경우에는 30%를 가산하여 정한다.

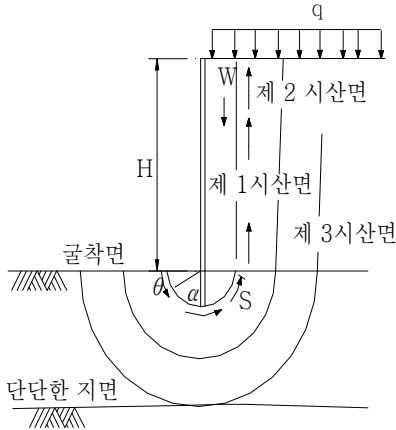
나. 지반융기(heaving)에 대한 검토

- ㉔ 점성토 지반은 융기에 대한 검토를 시행한다.
- ㉕ 굴착폭이 클 때는 체보타리오프(Tschebotarioff)의 방법에 의하여 검토하여 안전율을 1.2이상으로 한다.(모멘트 균형에 의한 검토식)

$$M_r > F_r \cdot M_d \quad (6.7.15)$$

$$M_r = \alpha \int_0^S S(\alpha \, d\theta) + SH \quad (6.7.16)$$

$$M_d = (W + q\alpha) X \alpha / 2 \quad (6.7.17)$$



여기서

M_r : 저항 모멘트

M_d : 회전 모멘트

F_s : 안전율=1.2

H : 굴착깊이

a : 말뚝과 굴착지면 교점으로부터의 임의의 반경

S : 굴착지면으로부터 하부지반의 전단강도

S' : 굴착지면으로부터 상부지반의 전단강도

W : 흙의 중량= $(\gamma H + W)X$

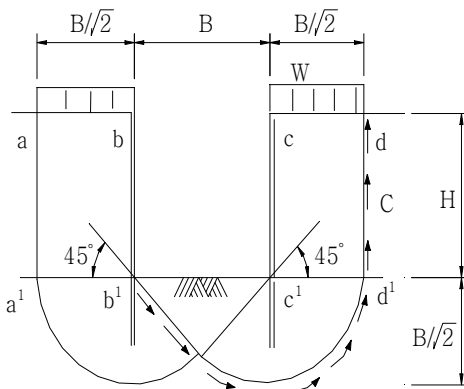
γ : 흙의 단위중량

q : 지표면에 작용하는 과재하중

그림 6.7.6 지반응기에 대한 검토(Tschebotarioff 방법)

- ㉔ 굴착폭이 작을 때는 테르자키-팩(Terzaghi-Peck)의 방법에 의하여 검토하여 안전율을 1.5이상으로 한다.

테르자키-팩의 방법



$$F_s = \frac{q_d}{p_v} = \frac{5.70 \ c}{\gamma \cdot H + W - \frac{\sqrt{2cH}}{B}} \quad (6.7.18)$$

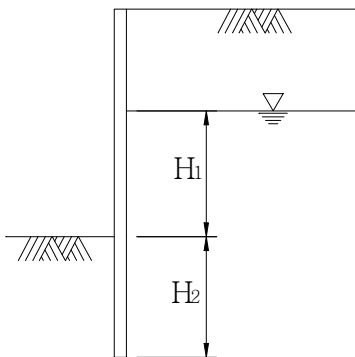
F_s : 안전율 (1.5이상)
 q_d : 극한지지력
 p_v : 재하한도
 c : 흙의 점착력
 γ : 흙의 체적단위 중량
 H : 굴착심도
 W : 지표면에 작용하는 과재하중

그림 6.7.7 지반용기에 대한 검토(테르자키-팩의 방법)

다. 보일링(boiling)에 대한 검토

- ㉠ 사질지반에서 차수성 흙막이를 설치할 때는 보일링 현상에 대한 검토를 시행한다.
- ㉡ 배면의 수두손실을 고려할 경우의 안전율은 2.0이상으로 한다.

$$10f \cdot i \leq \gamma' \quad (6.7.19)$$



$$i = \frac{H_1}{H_1 + 2H_2} \quad (6.7.20)$$

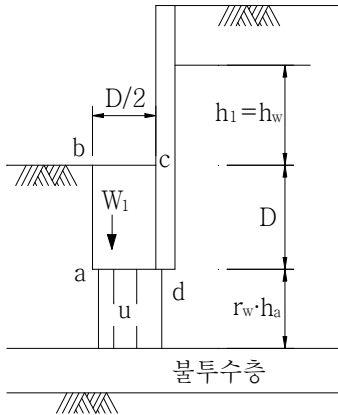
- H_1 : 지하수위에서 굴착면 저면까지의 값 (m)
 H_2 : 흙막이 말뚝근입 깊이(m)
 γ' : 수중에서의 흙의 단위체적중량 (kN/m³)
 i : 동수정사
 f : 안전율

그림 6.7.8 보일링검토(수두손실 고려)

㉔ 배면의 수두손실을 고려하지 않을 경우 안전율은 1.2 이상으로 한다.

ad 면상의 전과잉수압

$$U = \frac{1}{2} D \cdot \gamma_w \cdot h_a \quad (6.7.21)$$



$$\text{저항중량 } W = \frac{1}{2} D^2 \gamma'$$

$$F_a = \frac{W}{U}$$

$$h_a = \frac{1}{2} h_1$$

$$F_0 = \frac{2D\gamma'}{h_1\gamma_w} = \frac{2D}{h_1} \times \frac{1+e}{G_s-1}$$

γ' : 흙의 습윤 단위중량(kN/m³)

γ_w : 물의 단위중량(kN/m³)

F_s : 안전율($1.2 \leq F_a$)

G_s : 토립자의 비중

e : 간극비

D : 흙막이 근입깊이(m)

h_1 : 지하수위에서 굴착면까지 깊이(m)

그림 6.7.9 보일링검토(수두손실 미고려)

㉔ 투수계수가 다른 다층지반에서는 토층마다 수두 손실이 다르므로 침투류 해석을 수행하여 안전을 확인할 필요가 있다.

라. 부력에 대한 검토

㉔ 굴착 바닥면에 점성토와 같은 불투수토층(가압층)이 있고 그 하부에 투수성의 피압대수층이 있을 때 지반용기에 대한 검토가 필요하다.

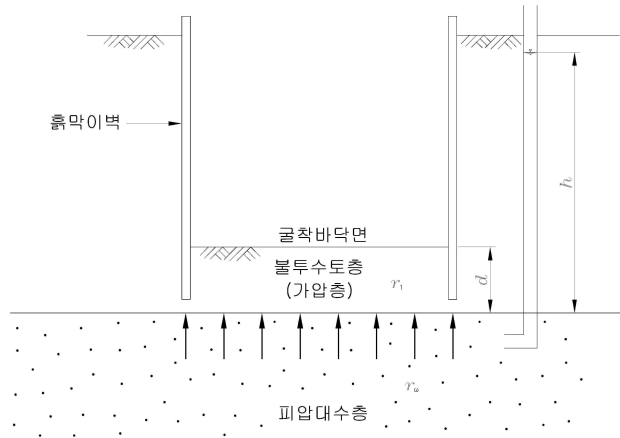


그림 6.7.10 피압 지하수에 의한 지반용기

그림에서 불투수토층의 바닥면에 작용하는 하향력이 피압수압보다 커야 안전하다.

$$\gamma_t d > \gamma_w h \quad (6.7.22)$$

여기서, γ_t : 불투수토층의 전체 단위중량(kN/m^3)

d : 불투수토층의 두께(m)

γ_w : 물의 단위중량(kN/m^3)

h : 불투수토층 하부까지의 지하수두(m)

㉞ 되메우기 과정에서 미완성된 구조물의 중량보다 지하수로 인한 부력이 더 크면 구조물이 부상할 수 있으므로 임시 배수 등의 대책이 필요하다.

- ④ 굴착현장에 인접하여 건물이나 주요 지하지장물이 존재하는 경우 건물이나 지장물의 침하(부등 및 균등침하)에 대한 안정성을 검토한다. 이때 흙막이 벽체 변위는 단계별 굴착에서 지하구조물 시공을 위한 버팀보 해체완료 시까지 누적 변위를 기준으로 한다.

(4) 부재 단면의 설계

① 흙막이 벽체의 설계

가. 공통사항

- ㉔ 흙막이 벽체는 휨모멘트와 전단력에 대하여 안전하여야 한다.
- ㉕ 경사앵커의 수직분력, 복공하중, 과재하중 등의 연직하중이 있을 때는 합성응력에 대해서도 안전하여야 한다.
- ㉖ 연직하중은 말뚝의 허용지지력 보다 작아야 한다. 정역학적 공식에 의한 극한 지지력으로부터 허용지지력 산정시 안전율은 2.0을 적용한다.
- ㉗ 흙막이 벽체의 수평변위는 배면지반 침하량 및 부등침하 경사각을 검토하여 판정하되, 최대수평 변위는 최종 굴착깊이(H)의 0.2%로 한다. 0.2%를 초과할 때는 주변시설물에 대한 별도의 안전검토가 필요하다.

나. 엄지말뚝

㉔ 단면검토

엄지말뚝에 작용하는 하중은 복공판을 지지하는 보의 최대반력과 토압에 의한 모멘트를 사용하여 검토한다.

$$\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_b}{f_{ba} \left(1 - \frac{f_c}{f_{cax}}\right)} \leq 1.0 \quad (6.7.23)$$

여기서, f_c : 압축 응력

f_{ca} : 허용 압축응력

f_b : 휨응력

f_{ba} : 허용휨응력

f_{cax} : 오일러 공식에 의한 허용 압축응력

- ㉕ 암반구간에서 엄지말뚝에 작용하는 측압을 무시할 수 있는 경우에도 말뚝의 좌굴영향을 검토하여야 하며 록볼트와 숏크리트 등으로 좌굴 및 변형을 방지하고 안전을 확보하여야 한다. 다만 암반의 심도가 깊을 경우에는 중간 중간에 별도의 방식으로 보강하여야 한다.

- ㉔ 엄지말뚝 배면흙이 배수 등의 원인에 의해 침하할 우려가 있는 경우에는 이로 인해 발생하는 부마찰력을 별도의 축하중으로 엄지말뚝에 가산하여야 한다.

다. 지하연속벽

- ㉕ 지하연속벽 공법은 현장타설 콘크리트 지하연속벽과 PC지하연속벽 등이 있으며 대심도 굴착에서 주변지반의 이동이나 침하를 억제하고 인접구조물에 대한 영향을 최소화하도록 설계한다.
- ㉖ 지하연속벽 벽체는 하중지지벽체와 현장타설말뚝 역할을 할 수 있으며 내부의 지하 슬라브 층과 연결 시에는 영구적인 구조체로 설계할 수 있다.
- ㉗ 지하연속벽 벽체에 작용하는 하중은 주로 토압과 수압이며 본체 구조물로 사용하는 경우에는 각종 구조물하중에 대한 검토가 필요하다.
- ㉘ 지하연속벽 시공시에 주변지반의 침하 및 거동을 최소화하고 영구벽체로서 안정된 지하구조물을 형성하기 위한 트렌치 내에 사용하는 안정액의 조건은 굴착면의 안정성을 확보할 수 있도록 한다.
- ㉙ 콘크리트의 설계기준강도는 콘크리트 타설시의 지하수의 유무와 특성에 따라 다음과 같이 감소시켜서 정하여야 한다.

지하수위가 없는 경우 : $0.875 \sigma_{ck}$

정수중에 타설하는 경우 : $0.800 \sigma_{ck}$

혼탁한 물에 타설하는 경우 : $0.700 \sigma_{ck}$

- ㉚ 철근의 피복은 부식을 고려하여 100mm이상으로 한다.
- ㉛ 지중연속벽이 가설구조물로 이용되는 경우는 허용응력을 50%증가시켜서 사용하며, 지중연속벽이 본 구조물로 이용되는 경우는 콘크리트의 허용응력을 시공 중에는 25%증가시키고 시공 완료 후에는 증가시키지 않는다.

라. 강널말뚝

- ㉜ 강널말뚝에 작용하는 주동토압과 수동토압의 분포폭은 강널말뚝 폭전폭으로 한다.
- ㉝ 강널말뚝 응력계산에 사용되는 단면계수는 이음부가 완전 결합된 단

면계수를 채감하여 사용하며 일반적으로 80%로 한다.

- ㉔ 강널말뚝의 허용응력은 부재의 역할에 따라 <㉑~㉓항>과 같이 다르게 적용하도록 하여야 한다.

$$\sigma = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{Z} < \sigma_{SA} \quad (6.7.24)$$

- ㉑ 축방향 압축력에 지배되는 단면 $\left(\frac{N}{A} > \frac{M}{Z} \right)$

$$\frac{\ell}{r} < 17 \quad \text{경우,} \quad \sigma_{SA} = 255 \text{ Mpa}$$

$$17 < \frac{\ell}{r} < 86 \quad \text{경우,} \quad \sigma_{SA} = 255 - 1.69 \left(\frac{\ell}{r} - 17 \right)$$

$$86 < \frac{\ell}{r} \quad \text{경우,} \quad \sigma_{SA} = \frac{1,500,000}{5,700 + \left(\frac{\ell}{r} \right)^2}$$

- ㉒ 모멘트에 의해 지배되는 단면 $\left(\frac{M}{Z} > \frac{N}{A} \right)$

$$\frac{\ell}{b} < 4.5 \quad \text{경우,} \quad \sigma_{SA} = 255 \text{ Mpa}$$

$$4.5 < \frac{\ell}{b} < 30 \quad \text{경우,} \quad \sigma_{SA} = 255 - 4.8 \left(\frac{\ell}{b} - 4.5 \right)$$

마. 주열식 철근콘크리트 벽체(CIP)

- ㉕ 주열식 벽체는 천공경의 면적과 등가인 등가사각형의 단철근보로 설계할 수 있다.

- ㉖ 흙막이벽에 작용하는 모멘트와 전단력을 H형강이 모두 부담하는 것으

로 하는 경우에는 주열식 벽체 검토를 생략할 수 있다.

- ㉔ 철근 피복은 80mm이상으로 하고 주철근의 형상이 정확히 유지되도록 하여야 한다.
- ㉕ 띠철근은 D13이상의 철근으로 하고 그 간격은 천공경, 축방향철근의 12배 이하, 그리고 300mm 중 작은 값 이하이어야 한다.

바. SCW

- ㉔ SCW 벽체에 작용하는 축력은 H형강 간격을 지간으로 하는 아치 (arch)에 작용하는 등분포하중에 의한 아치로 보고 해석한다.
- ㉕ 전단력은 H형강 순간격을 지간으로 하는 보로 계산한다.
- ㉖ 허용압축응력은 소일시멘트(soil cement) 일축압축강도의 1/2을 사용하고, 허용전단응력은 일축압축강도의 1/3을 적용한다.
- ㉗ 시멘트 모르타르의 물-시멘트 비와 설계배합비는 현장의 토질, 지하수의 상황 등 종합적인 조건을 고려하여 결정하며 <표 6.7.11>을 기준으로 한다.

표 6.7.11 토질별 소일시멘트 배합 기준

토질	배합량(1m ³ 당)			압축강도 (kN/m ² {kgf/cm ² })
	시멘트 (kg)	벤토나이트 (kg)	물(ℓ)	
점성토	250~400	5~10	550~600	981~1960{10~20}
사질토	250~300	10~20	550~700	1960~7840{20~80}
사력토	250~350	20~30	550~700	5880~11800{60~120}

② 중간말뚝의 설계

- 가. 중간말뚝에 작용하는 연직하중은 자중, 버팀보의 자중 및 적재하중, 노면 복공으로 부터의 하중(충격하중 포함), 매설물로 부터의 하중으로 한다.

나. 중간말뚝의 종방향 강성을 증가시키기 위해 중간말뚝 사이에 사재 등의 보강부재를 조립시킨 경우에는 하중분배를 고려할 수 있다. 다만, 트러스 형태의 보강이 없는 중간말뚝은 단독으로 연직하중을 지지하는 것으로 한다.

다. 중간말뚝에 작용하는 연직하중이 그 허용지지력을 넘지 않도록 하여야 한다.

③ 흙막이판의 설계

가. 토압은 흙막이벽에 작용하는 토압을 적용한다.

나. 전단력과 휨모멘트를 구하는 지간은 엄지말뚝의 플랜지폭을 고려하여 <식 (6.7.25)>로 정한다.

$$\ell = L - \frac{3}{4}b \quad (6.7.25)$$

ℓ : 계산지간(m)

L : 연직말뚝 중심간격(m)

b : 연직말뚝 플랜지폭(m)

다. 흙막이판의 두께는 모멘트와 전단력 모두 만족 시킬 수 있도록 정한다.

㉔ 휨응력에 대한 소요두께 t_1

$$t_1 = \sqrt{\frac{6M \times 10^5}{f_a}} \quad M = \frac{1}{8}wt^2 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \quad (6.7.26)$$

w : 토류판에 걸리는 토압(kN/m)

t_1 : 토류판의 두께(m)

f_a : 목재의 허용휨응력도(kN/m²)

㉞ 전단력에 대한 소요두께 t_2

$$t_2 = \frac{w \cdot \ell}{2\tau_a} \quad (6.7.27)$$

τ_a : 목재의 허용전단응력도(kN/m²)

④ 띠장의 설계

가. 띠장은 흙막이벽에서의 하중을 받아 이것을 버팀보 등에 평균하여 전달시키기 때문에 하중을 전달할 수 있는 강성을 갖는 것이어야 한다.

나. 버팀보 또는 앵커의 반력이 띠장에 등분포 한다고 가정하고 계산한 휨모멘트 및 전단력에 대하여 안전하여야 한다. 엄지말뚝과 흙막이판으로 된 흙막이 벽의 경우는 엄지말뚝에 반력이 집중한다고 가정한다.

다. H 형강을 띠장으로 사용할 때는 버팀보 또는 앵커와 띠장의 접합부에 압축력이 크게 작용하므로 플랜지가 변형되지 않도록 보강재(stiffener)를 반드시 2개소 이상 설치하여야 한다.

라. 버팀보로 지지되는 띠장의 설계

㉟ 사보강재가 있는 버팀보로 지지되는 띠장의 유효지간은 <그림 6.7.11>과 같이 한다.

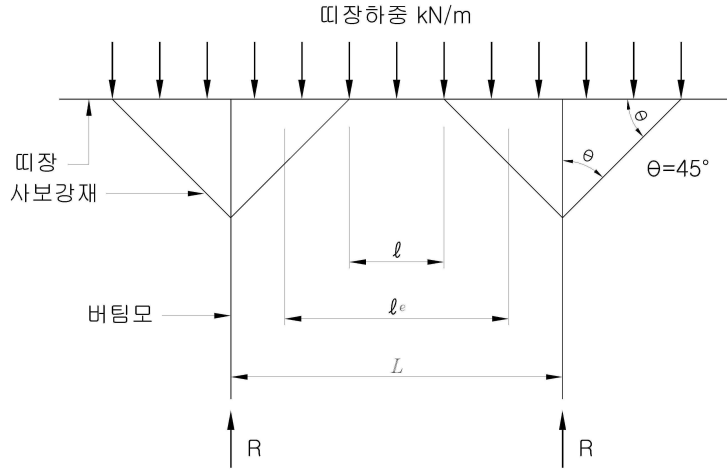


그림 6.7.11 버팀보가 있는 띠장의 유효지간

$$\text{유효지간 } \ell_e = \frac{1}{2}(L + \ell) \quad (6.7.28)$$

사보강재가 없을 때의 지간은 버팀보의 간격 L 이다.

㉡ 띠장의 부재력

$$\text{띠장하중 } W = \frac{R}{L}, \quad R : \text{버팀보의 반력(kN)}$$

$$\text{휨모멘트 } M = \frac{1}{8} \sim \frac{1}{10} W \cdot \ell_e^2 \quad (6.7.29)$$

보통의 경우 $\frac{1}{10} W \cdot \ell_e^2$ 을 사용하며 띠장의 연속성이 없어 단순보로

보아야 할 경우는 $\frac{1}{8} W \cdot \ell_e^2$ 을 사용한다.

$$\text{전단력 } Q = \frac{1}{2} W \cdot \ell_e \quad (6.7.30)$$

$$\text{사보강재의 축방향력 } N = \frac{W\ell_2}{\sin\theta} \quad (6.7.31)$$

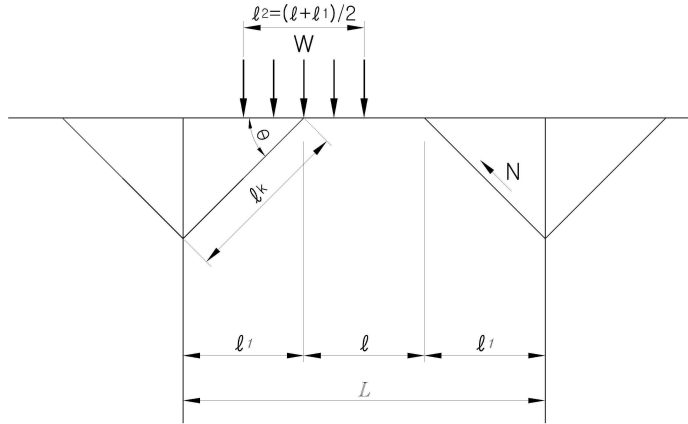


그림 6.7.12 사보강재에 작용하는 축력

$$\text{띠장에 작용하는 압축력 } N' = N \cdot \cos\theta = W\ell_2 \cdot \frac{\cos\theta}{\sin\theta} \quad (6.7.32)$$

띠장은 모멘트 및 압축력의 합성응력과 전단응력에 대하여 각각 안전하여야 한다.

마. 앵커로 지지되는 띠장의 설계

㉓ 앵커로 지지되는 띠장은 앵커의 수평분력과 수직분력에 의한 부재력이 발생한다.

㉔ 수평분력에 의한 부재력

앵커의 설계축력 $R(\text{kN})$

앵커의 수평면과 이루는 각도 θ

앵커의 수평분력 $R_h = R \cdot \cos\theta$

앵커의 간격 L 을 지간으로 하는 띠장을 「버팀보로 지지되는 띠장의 설계」에 준하여 설계한다. 반력 R 대신 R_h 를 사용한다.

- ㉔ 수직분력에 의한 축력

$$\text{앵커의 수직분력 } R_V = R \cdot \sin\theta$$

띠장을 수직방향으로 지지해주는 브라켓의 간격 ℓ 을 지간으로 하고 앵커위치에 수직력 R_V 가 작용하는 보로 부재력을 계산한다.

- ㉕ 띠장에 작용하는 수직 및 수평응력의 합성응력에 대해서 안전해야 한다.

⑤ 버팀보의 설계

가. 설계일반

- ㉑ 버팀보는 압축재로서 좌굴하지 않도록 단면과 강성을 가져야 한다. 또, 버팀보가 긴 경우에는 중간말뚝 등을 설치하여 보강하여야 한다.
- ㉒ 버팀보 위에는 재하해서는 안 된다. 그러나 부득이 재하할 경우에는 축력과 휨이 작용하는 부재로 설계하여야 한다.
- ㉓ 버팀보에는 이음을 설치하지 않는 것이 바람직하나 부득이 이음을 설치할 때는 보강을 하여 강도를 확보하여야 한다.
- ㉔ 버팀보와 띠장의 접합부는 느슨함이 생기지 않는 구조로 하여야 한다.
- ㉕ 버팀보의 축방향력 및 휨모멘트에 의한 합성응력은 좌굴을 고려한 허용응력보다 작아야 한다.

나. 좌굴길이

버팀보는 압축부재로 계산하며 좌굴길이는 다음과 같이 취한다.

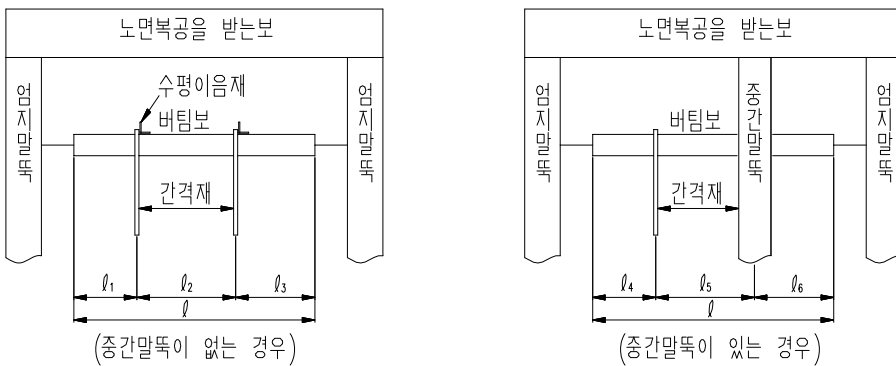


그림 6.7.13 버팀보 좌굴길이 취급방법

- ㉑ 수직방향(강축방향) 연지 말뚝 또는 중간말뚝에 연결된 버팀보의 전길

이(ℓ 또는 ℓ')를 고정점간 거리로 한다.

㉔ 수평방향(약축방향)

㉑ 수평방향 좌굴에 대하여 효과적으로 구속되어 있지 않을 경우 엄지말뚝 또는 중간말뚝에 연결된 버팀보의 전 길이(ℓ 또는 ℓ')를 고정점간 거리로 한다.

㉒ 수평방향 좌굴에 대하여 효과적으로 구속되어 있을 경우(브레이싱 또는 이에 상응하는 지지방법 사용시)

- 중간말뚝이 없는 경우

1.5 ℓ 1, 1.5 ℓ 3, 2.0 ℓ 2 중 큰 것을 고정점간 거리로 한다.

단 이 값이 전장 ℓ 를 넘을 경우는 ℓ 로 한다.

- 중간말뚝이 있을 경우

1.5 ℓ 4, 1.5 ℓ 5 (다만, 이 값이 ℓ 4+ ℓ 5를 넘을 때는 ℓ 4+ ℓ 5)와 ℓ 6 중 큰 것을 고정점간 거리로 한다.

다. 응력검토

$$\frac{f_c}{f_{caz}} + \frac{f_{bcy}}{f_{bagy} \left(1 - \frac{f_c}{f_{eay}}\right)} \leq 1.0 \quad (6.7.33)$$

여기서, f_c : 조사하는 단면에 작용하는 축방향 압축응력

f_{bcy} : 강축에 대한 휨 압축응력

f_{caz} : 약축에 대한 허용 축방향 압축응력

f_{bagy} : 국부좌굴을 고려하지 않은 강축에 대한 허용 휨 압축응력

f_{eay} : 강축에 대한 오일러 좌굴응력

라. 세장비의 기준

세장비 λ 는 100이하로 하고 부득이한 경우라도 120을 초과할 수 없다.

마. 버팀보의 보강

- ㉔ 버팀보는 가시설구조물 전체의 강성을 확보할 수 있도록 일정간격으로 인접버팀보와 수평브레이싱을 설치하여 보강하여야 한다.
- ㉕ 브레이싱의 설치는 좌굴해석에 의해 위치 및 부재규격을 결정하여야 하며 일반적으로 <표 6.7.12>의 최소설치간격의 기준을 초과하지 않도록 설계한다.
- 다만 정확한 해석에 의할 경우는 그러하지 아니할 수 있다.

표 6.7.12 버팀보의 종방향 브레이싱 최소설치간격

버팀보 간격	2.0~2.5m	2.5~3.0m
중간말뚝이 없는 경우	버팀보 10개마다 설치	버팀보 9개마다 설치
중간말뚝이 1개인 경우	"	"
중간말뚝이 2개인 경우	"	"

주) 브레이싱재 : H200×150×6×9 또는 L175×175×12

바. 대형버팀보

굴착폭이 특히 넓은 곳이나 편심하중이 작용하는 곳 혹은 지질이 연약한 곳에서 대형강재를 이용하여 지보공의 강성을 높이고 흙막이의 비틀림이나 변형을 방지한다.

사. 작업구 설치구간의 버팀보

작업구 설치구간의 버팀보 간격은 일반적인 구간보다 넓게 되므로 사보강재를 설치하여 간격조절을 할 수 있다. 이때 증가되는 측압에 저항할 수 있는 버팀보 규모를 결정하여야 한다.

아. 사보강재의 설계

㉔ 설계일반

- ㉕ 사보강재는 버팀보의 수평간격을 넓게 할 때, 모서리의 띠장하중의 받침 또는 띠장을 보강할 목적으로 설계한다.
- ㉖ 사보강재의 접합부는 활동에 대하여 내력이 있는 구조로 하여야 한다.
- ㉗ 사보강재를 버팀보에 설치하는 경우에는 반드시 좌우대칭으로 하여

자. 경사 버팀보(레이커)의 설계

- ㉓ 레이커와 띠장의 연결부에는 상향력이 작용하므로 이에 대하여 보강하여야 한다.
- ㉔ 레이커를 지지하는 블록은 활동, 전도 및 지지력에 대하여 안전하여야 한다.

⑥ 지반 앵커의 설계

가. 설계일반

- ㉕ 앵커의 사용목적, 사용기간 및 환경조건 등을 고려하여 부식방지에 관해 검토하여야 한다.
 - ㉖ 영구앵커는 정착지반의 장기적 안정성, 부식에 대한 안정성 및 공사 후 유지관리 방법 등을 검토하여야 한다.
 - ㉗ 앵커의 사용기간이 지난 후 제거하는 방법에 관해서도 만족해야 하며, 사용기간 동안에 그 성능이 안정되어야 한다.
 - ㉘ 지반 앵커는 대상으로 하는 구조물의 규모, 형상, 지반조건을 고려하여 선정하고, 설계하중에 대해서 안전한 인발저항력을 갖도록 설계하여야 한다.
 - ㉙ 지반 앵커는 양호한 지반에 정착하는 것으로 하고, 그 길이 및 배치는 토질 조건, 시공조건, 환경조건, 지하매설물의 유무, 흙막이벽의 응력, 변위 및 구조체의 안정을 고려하여 설계한다.
 - ㉚ 지반 앵커의 초기 긴장력은 지반조건, 흙막이벽의 규모, 설치기간, 시공방법 등을 고려하여 설계하여야 한다.
 - ㉛ 좌대 및 지압판은 설계 정착력에 대하여 강도를 갖고, 유해한 변형이 발생하지 않도록 설계한다.
 - ㉜ 앵커의 자유장은 예상 파괴면까지의 길이에 여유길이를 더하여 정한다. 따라서 앵커의 자유장은 토사지반의 경우 최소 4.5m이상을 확보하여야 한다.
 - ㉝ 앵커의 정착장은 앵커체와 지반과의 마찰저항장과 앵커강재와 그라우트체와의 부착저항장을 비교하여 큰 값으로 한다. 최소길이는 4.5m로 한다. 진행성 파괴를 고려하여 10m이내로 한다.
-

- ㉔ 정착부의 최소 토피고 즉 앵커의 정착부부터 지표면까지의 높이는 토사 5.0m이상, 신선한 암반 1.5m이상으로 한다.
- ㉕ 흙막이 벽체와 앵커 전체를 포함한 안정해석을 한다.
- ㉖ 앵커의 긴장력은 정착장치에 의한 감소와 릴렉сей션에 의한 감소를 고려하여 정한다.

나. 앵커의 소요강선 결정

$$n = \frac{T_d}{P_a} \quad (6.7.35)$$

여기서, n : 인장재 본수

T_d : 설계정착력 (kN)

P_a : 인장재 허용인장력(kN/m², <표 6.7.13>참조)

표 6.7.13 앵커의 허용인장력

구분		사용기간	인장재 극한하중 (Tus)에 대하여	인장재 항복하중 (Tys)에 대하여
일시앵커		2년 미만	0.65 Tus	0.80 Tys
영구앵커	상시	2년 이상	0.60 Tus	0.75 Tys
	지진시	2년 이상	0.75 Tus	0.90 Tys

다. 앵커의 정착길이

앵커의 정착길이(L_a)는 설계 정착력으로부터 산출한 앵커의 정착길이(L'_a)와 인장재의 부착길이(L_{sa})중 큰 값을 적용하며 진행성 파괴를 고려하여 3~10m 범위로 한다.

앵커의 정착길이

$$L'_a = \frac{T_d F_s}{\pi D \tau} \quad (6.7.36)$$

제 6 장 흙막이 구조물

여기서, T_d : 설계정착력(kN)

F_s : 안전율(<표 6.7.14> 참조)

D : 앵커체지름(m)

τ : 인장전단저항력(kN/m², <표 6.7.15 참조>)

표 6.7.14 앵커내력의 안전율

조건		사용기간	극한인발력(Tug)에 대한 안전율
지반앵커	단기	2년 미만	2.0
	장기	2년 이상	3.0

표 6.7.15 인장전단 저항력(τ) 의 기준값

지반의 종류		τ (kN/m ²)
암반	경암	1500 - 2500
	연암	1000 - 1500
	풍화암	600 - 1000
	풍화토	500 - 800
사력	N = 10	100 - 200
	20	170 - 250
	30	250 - 350
	40	350 - 450
	50	450 - 700
모래	N = 10	100 - 140
	20	180 - 220
	30	230 - 270
	40	270 - 350
	50	300 - 400
점성토		1.0 - 1.3 c

주) 1. 자유길이가 4m이하의 경우는 4m에서 자유길이를 뺀 길이부분의 τ 는 상기 값의 50~70%로 저장한다.

2. 본 표는 토피가 깊은 경우 또 압력 Grouting을 실시할 때의 값이며
그렇지 않은 경우는 감소시켜서 사용되어야 할 것이다.
3. <표 6.7.15>에서는 암의 종류 및 상태를 세분화하고 있지 않으므로
풍화상태나 균열, 절리 등의 상태를 감안해서 주면마찰저항값을
결정해야 하며, 특히 풍화암에서 풍화가 진행 중인 경우는 표의
값보다 작게 한다.
4. c : 점착력(kN/m^2)
앵커의 부착길이

$$L_{sa} = \frac{T_d}{\pi n d \tau_a} \quad (6.7.37)$$

여기서, n : 인장재 본수

d : 인장재 지름(m)

τ_a : 허용부착응력(kN/m^2 , <표 6.7.16> 참조)

표 6.7.16 주입재와 인장재의 허용부착응력(τ_a , kN/m^2)

인장재의종류	주입재의 압축강도(kN/m^2)	
	15000~25000	25000
PC강봉, PC강선	500	700
PC 강연선	800	1100
PC 이형강봉	1100	1500

⑦ 그 외의 흙막이 공

본 기준에 언급되지 않은 소일네일, 락볼트, 주열식 강관벽체, 강관버팀보 등은 국내외에서 널리 쓰이는 설계법 중에서 합리적이고 안전한 설계방법을 사용한다.

(5) 배면 지반침하와 인접구조물에 대한 영향검토

- ① 주변의 기존 구조물이나 매설물에 근접하여 시공시에는 가시설 흙막이구조

제 6 장 흙막이 구조물

- ① 물 자체의 안정뿐 아니라 인접구조물에 미치는 영향을 검토한다.
- ② 근접시공시에는 지반특성, 횡토압, 지하수위 변화와 지반손실, 굴착이 주변 지반에 미치는 영향, 대상구조물의 특성 등을 고려하여 설계한다.
- ③ 근접시공으로 인한 지하수위 변화가 인접 시설물에 영향을 미치는 경우에는 차수식 벽체로 설계하는 것이 바람직하며 이때 지하수에 의한 배면수압을 고려한다.
- ④ 주변 지반침하 예측방법은 이론적 및 경험적 추정방법이 있으며 이 중 설계자가 현장여건, 지층조건, 굴착방법, 흙막이벽체와 지지체의 형식을 종합적으로 고려하여 선택한다.
- ⑤ 굴착에 의한 배면 지반의 변위를 산정한 후, 허용변위량을 기준으로 인접구조물의 손상여부를 분석하고 필요시 대책을 강구한다.
- ⑥ 인접구조물의 허용 각 변위 및 침하량은 <표 6.7.17>과 <표 6.7.18>을 참고하도록 하여야 한다.

표 6.7.17 여러 가지 구조물에 대한 각 변위의 한계(Bjerrum, 1963)

[illegible]

표 6.7.18 구조물의 종류에 따른 허용침하량(Sowers, 1962)

침하형태	구조물의 종류	최대 침하량
전체 침하	배수시설	0.15~0.30m
	출입구	0.30~0.60m
	부등침하의 가능성	
	석적 및 조적구조	0.025~0.05m
	뼈대구조	0.05~0.10m
	굴뚝, 사이로, 매트	0.075~0.30m
전도	탑, 말뚝	0.004 S
	물품적재	0.01 S
	크레인 레일	0.003 S
	빌딩의 조적벽체	0.0005 S ~ 0.002 S
부등침하	철근콘크리트 뼈대구조	0.003 S
	강 뼈대구조(연속)	0.002 S
	강 뼈대구조(단순)	0.005 S

⑦ 필요시 3차원적인 지반거동도 고려하여 설계한다.

6.7.3 노면복공

(1) 공통사항

- ① 활하중은 실제 작업에 동원되는 차량이나 장비하중을 비교하여 큰 하중으로 한다.
- ② 복공판, 주형, 주형보 받침은 휨모멘트 및 전단력에 대하여 안전하여야 한다.
- ③ 활하중(충격을 포함하지 않음)에 의한 주형의 허용처짐량은 지간의 1/400 이하 또는 25mm이하로 한다.

(2) 복공판

- ① 복공판은 공사기간 중 재하되는 어떠한 하중에도 강도와 강성을 갖는 구조이어야 한다.
- ② 노면 복공판은 받침부의 중심간 거리를 지간으로 하는 단순보로 취급하여 계산한다.
- ③ 복공판 설계시 활하중(DB하중)에 대한 충격계수는 0.4를 적용한다.

(3) 주형

- ① 하중의 적용

가. 고정하중

고정하중은 복공판의 자중과 보의 자중으로 한다.

나. 활하중

㉠ 차도부 : 표준트럭 하중을 연행 이동하여 최대 단면력이 발생하도록 한다. 다만, 통과차량을 제한할 경우에는 예외로 한다.

㉡ 활하중의 동시재하로 최대응력이 발생하는 경우 그 활하중 응력은 3차선은 90%, 4차선 이상은 75%를 적용하여 감소시킨다.

㉢ 충격계수 $i = \frac{15}{40+L} \leq 0.3$ 을 적용한다.

㉣ 보도부 : 5 kN/m² 균집하중을 만재한다.

㉤ 기타하중 : 공사용 중기 및 기타 대형 차량하중 재하시는 별도로 고려한다.

② 구조계산 및 검토

가. 복공판을 지지하는 주형의 간격은 2.0m를 최소간격으로 한다.

나. 주형의 응력계산은 엄지말뚝 전면을 지점으로 하는 단순보로 계산한다. 다. 도로의 기울기가 있는 곳은 수평하중에 의한 보의 안정을 검토하고 교차점 등에 있어서는 자동차 진행방향이 평행 또는 직각의 두 경우에 대하여 검토한다.

라. 보의 플랜지와 복공판의 연결은 틈이 없도록 하여야 하며, 현장이음으로 플랜지에 구멍이 생길 경우에는 인장응력 계산시 플랜지 단면을 감소시켜야 한다.

마. 부득이한 경우에 한하여 구조검토 결과 안전측에 미달될 경우 현지여건에 부합되도록 보강공법을 채택한다.

(4) 주형의 지지보

① 하중의 적용

주형의 최대반력과 지지보의 자중을 하중으로 한다. 지하매설물 매달기 전용빔을 설치할 경우에는 그 최대반력을 고려해야 한다.

② 구조계산

주형을 지지하는 보의 계산지간은 지지보를 지지하고 있는 말뚝의 중심간격을 지점으로 하는 단순보로 계산한다.

③ 볼트 연결

주형을 지지하는 보와 말뚝을 연결하는 볼트는 지지보의 최대반력으로 하여 설계한다.

6.7.4 계측

(1) 계측의 목적 및 계획

① 계측목적

지반을 굴착할 때 발생하는 흠막이 구조물, 주변지반 및 인접구조물의 거동을 파악하여 설계, 시공 및 유지관리에 활용토록하며 흠막이 구조물의 안정성과 경제성을 확보하고, 주변지반 및 인접구조물의 안전을 기한다.

② 계측계획

가. 계측계획은 흠막이 구조물, 인접구조물, 지반, 시공 및 계측기기의 특성 등을 고려하여 계획한다.

나. 계측계획 시에는 발생 가능성이 있는 문제를 미리 예측하여 합리적인 지점을 선택, 계측기기를 배치한다.

다. 각종 계측기 센서의 작동방식을 가능한 한 같은 형식으로 선정하여 호환성이 양호한 시스템으로 구성한다.

라. 계측하고자 하는 현장의 규모, 계측기의 종류 및 수량, 실시간 모니터링의 필요성 등에 따라 수동, 자동 및 수동자동 혼합 시스템을 선택한다.

③ 계측항목 선정

계측항목의 선정은 터파기 규모 혹은 지반조건 등에 따라서 달라지기 때문에 구체적인 계측결과의 활용목적, 평가수법을 명확하게 수립한 후 필요한 계측항목을 선정하여야 한다.

(2) 계측의 위치선정 및 빈도

① 계측위치 선정은 경제성, 시공성을 고려하여 흠막이구조물 및 배면지반의 거동을 대표할 수 있는 최소한의 위치를 선정하여 최대효과를 얻도록 해야 하며 다음과 같은 개소를 우선적으로 선정한다.

가. 원위치시험 등에 의해서 지반조건이 파악되어 있는 곳

(또는 비교적 단순하고 대표적인 지반상태를 갖는 지점)

나. 설계와 시공면에서 토류구조물을 대표할 수 있는 장소

다. 중요 구조물이 인접한 곳

- 라. 우선적으로 굴착공사를 진행할 곳
 - 마. 토류구조물이나 지반에 특수한 조건이 있어 공사에 영향을 미칠 것으로 예상되는 장소(지반상태 및 재료가 변경되는 지점)
 - 바. 교통량이 많은 장소
 - 사. 하천주위 등 지하수의 분포가 다량이고 수위의 상승, 하강이 빈번한 곳
 - 아. 가능한 한 계측기기의 훼손이 적은 곳(기기 설치와 측정이 용이한 지점)
 - 자. 과도한 변위가 우려되는 지점
 - 차. 현장작업에 용이한 곳에 설치하여야 한다.
 - 카. 각 계측항목별 측정결과는 상호 긴밀한 연관성을 갖기 때문에 계측위치를 선정한 후 가능한 한 계측기가 동일단면에 설치되도록 해야 한다.
- ② 계측빈도는 굴착의 진행상태와 계측치의 변화속도에 따라 결정하며, 읽음치 간에 급격한 변화가 없도록 빈도를 정하여야 한다. 계측기 설치초기에는 계측치의 정상작동 여부와 초기치 설정을 위하여 빈도를 늘인다. 계측빈도는 <표 6.7.19>를 기준으로 한다.

표 6.7.19 흙막이 계측빈도

계측항목	측정시기	측정빈도	비고
지하수위계	설치 즉시 공사진행 중 공사완료 후	1회/일 1일간 1회/일* 2회/주*	초기치 선정 우천 이후 3일간 연속측정
하중계	설치 즉시 공사진행 중 공사완료 후	3회/일 2일간 1회/일* 2회/주*	초기치 선정 다음단 설치시 추가 측정 다음단 해체시 추가 측정
변위계	설치 즉시 공사진행 중 공사완료 후	3회/일 1회/일* 2회/주*	초기치 선정 다음단 설치시 추가 측정 다음단 해체시 추가 측정
지중경사계	설치 즉시 4일후 공사진행 중 공사완료 후	1회/일 3일간 1회/일* 2회/주*	초기치 선정 다음단 설치시 추가 측정 다음단 해체시 추가 측정
건물경사계	설치 즉시 공사진행 중 공사완료 후	1회/일 3일간 1회/일* 2회/주*	초기치 선정
지표침하계	설치 즉시 공사진행 중 공사완료 후	1회/일 3일간 1회/일* 2회/주*	초기치 선정

- 주) 1. 공사 중은 굴착공사를 의미함.
 2. 상기측정빈도는 경우에 따라 (계측분석반에 승인을 득한 후) 조정, 수행할 수 있음.
 3. (*) 표시된 빈도는 외부하중 및 지반거동 변화시 추가측정을 실시하며 공사중단 중인 경우 측정빈도를 재조정해야 함.
 4. 계측기(특히 센서)는 강제 설치 전에 부착해야 하고, 말뚝위치에 설치하여야 함

(3) 계측의 결과 활용

- ① 계측 결과치와 비교 대상이 되는 관리기준치로써 허용치를 사용하는 방법과 설계시의 추정치를 사용하는 방법이 있으며 계측 항목에 따라 합리적으로 택한다.
- ② 계측치와 관리기준치를 비교하여 정상, 주의 및 위험단계로 판정하며, 주의

제 6 장 흙막이 구조물

및 위험단계일 때는 필요한 대책을 수립한다. 관리기준치의 예는 <표 6.7.20>과 같다.

표 6.7.20 흙막이공사의 계측관리 기준치(예)

측정항목	안전, 위험의 판정기준치	판정법			
		지표 (관리기준)	위험	주의	안전
측압 (토압, 수압)	설계시에 이용한 토압 분포 (지표면에서 각단계 근입 깊이)	$F_1 = \frac{\text{설계시에이용한토압}}{\text{실측에의한측압(예측)}}$	$F_1 < 0.3$	$0.8 \leq F_1 \leq 1.2$	$F_1 > 1.2$
벽체변형	설계시의 추정치	$F_2 = \frac{\text{설계시의추정치}}{\text{실측의변형량(예측)}}$	$F_2 < 0.8$	$0.8 \leq F_2 \leq 1.2$	$F_2 > 1.2$
흙막이 벽 내응력	철근의 허용인장응력	$F_3 = \frac{\text{철근의허용인장응력}}{\text{실측의인장응력(예측)}}$	$F_3 < 0.8$	$0.8 \leq F_3 \leq 1.0$	$F_3 > 1.0$
	흙막이 벽의 허용 휨모멘트	$F_4 = \frac{\text{허용휨모멘트}}{\text{실측에의한휨모멘트(예측)}}$	$F_4 < 0.8$	$0.8 \leq F_4 \leq 1.0$	$F_4 > 1.0$
STRUT 축력	부재의 허용축력	$F_5 = \frac{\text{부재의허용축력}}{\text{실측의축력(예측)}}$	$F_5 < 0.7$	$0.7 \leq F_5 \leq 1.2$	$F_5 > 1.2$
굴착지 면의 히빙 (Heaving) 량	T.W. Lambe에 의한 허용 히빙량		실측결과가 위험영역에 저촉 (plot)되는 경우	실측결과가 위험영역에 저촉되는 경우	실측결과가 위험영역에 저촉되는 경우
침하량	각 현장마다 허용치를 결정	각 현장상황에 맞는 허용침하량을 지정하고, 그 허용침하량을 넘으면 위험 또는 주의 신호로 판단한다.			
부등침하량	건물의 허용부등 침하량	기둥간격에 대한 부등 침하량의 비	1/300 이상	1/300 ~ 1/500	1/500 이하

주) 실측값은 말뚝위치에서 측정된 값을 기준으로 한다.

- ③ 계측치는 관리기준치와 비교하여 안전하더라도 값의 변화속도가 클 때는 위험에 다다를 수 있으며 변화속도가 안전관리 기준이 될 때가 있다.
- ④ 안전관리를 위한 계측관리기법으로는 절대치관리와 예측관리로 나눌 수 있다.
 - 가. 절대치관리란 시공 전에 미리 설정한 관리기준치와 실측치를 비교, 검토하여 그 시점에서 공사의 안전성을 평가하는 방법이다.
 - 나. 예측관리는 이전 단계의 실측치에 의하여 예측된 잔여 단계의 예측치와 관리기준치를 대비하여 안전성 여부를 판정하는 기법이다. 잔여단계의 예측치를 추정하는 방법에는 역해석 기법을 사용할 수 있다.

제 7 장 지하구조물

제 7 장 지하구조물

7.1 일반사항

7.1.1 목 적

본 설계기준은 지하철도 구조물을 건설하는데 필요한 설계상의 제반기준을 규정한 것으로, 건설목적에 부합하고 안전하며 경제적으로 시행함으로써 설계의 일관성을 기하고 설계품질의 향상을 기하는데 그 목적이 있다.

7.1.2 적용범위

지하철도 본선 및 정거장과 부대시설을 건설하는데 시행되는 개착구조(무근 및 철근콘크리트 구조, 강구조)와 가시설구조 및 기타 지하철도와 관련된 부대시설의 설계에 적용한다.

7.1.3 용어의 정의

- (1) 관성력 : 운동하는 물체에 작용하는 힘으로 크기가 질량에 가속도를 곱한 것과 같고 방향이 가속도와 반대되는 힘
- (2) 계수하중(factored load) : 강도설계법에 의해 부재를 설계할 때 사용하중에 하중계수를 곱한 하중
- (3) 공칭강도 : 강도설계법의 규정과 가정에 따라 계산된 부재 또는 단면의 강도를 말하며, 강도감소계수를 적용하기 전의 강도
- (4) 단면력 : 하중작용에 의해 부재단면에 생기는 휨모멘트, 전단력, 축방향력(또는 축력) 및 비틀림모멘트를 말한다.
- (5) 라멘 : 여러 개의 직선부재를 강철로 연결한 구조
- (6) 사용하중 : 하중계수를 곱하지 않은 하중으로서, 작용하중이라고도 함
- (7) 설계강도 : 공칭강도에 강도감소계수 ϕ 를 곱한 강도
- (8) 설계기준강도 : 콘크리트 구조물의 설계에서 기준이 되는 콘크리트의 압축강도
- (9) 설계하중 : 부재 설계시 적용되는 하중으로, 강도설계법에 의한 설계에

서는 하중계수를 곱한 하중(계수하중)이고 허용응력설계법에 의한 설계에서는 하중계수를 곱하지 않은 하중(사용하중)이 설계하중이 된다.

- (10) 소요강도 : 철근콘크리트 부재가 사용성과 안전성을 만족할 수 있도록 요구되는 단면의 단면력
 - (11) 수동토압 : 토류벽이 횡방향 압력으로 흙을 뒤편채움 흙 쪽으로 밀 때 흙이 압축을 받아 파괴상태에 이를 때의 토압
 - (12) 수화열 : 시멘트와 물이 혼합하여 응결경화 현상이 생길 때 발생하는 열
 - (13) RQD : 시추코아 중 100mm이상 되는 코아편의 길이의 합을 이론상 시추길이로 나누어 백분율로 표시한 값으로서 암질의 상태를 나타내는 데 사용한다.
 - (14) 액상화 : 진동하중에 의해 간극수압 상승과 유효응력 감소로 전단하중에 대한 전단저항을 상실하는 현상
 - (15) 응답수정계수 : 탄성해석으로 구한 각 요소의 내력으로부터 설계지진력을 산정하기 위한 수정계수
 - (16) 정지토압 : 벽체의 횡이동이 전혀 없거나 있더라도 극히 적은 상태에 있는 토압
 - (17) 주동토압 : 토류벽이 횡방향 압력으로 뒤편채움 흙 쪽으로부터 멀어져가는 방향으로 움직여서 흙이 횡방향으로 팽창되어 소성극한상태에 이를 때의 횡토압을 말한다.
 - (18) 주철근 : 철근콘크리트 부재의 설계에서 하중작용에 의해 생긴 단면력에 대하여 소요 단면적을 산출한 철근
 - (19) 지진구역계수 : 우리나라의 지진재해도 해석 결과에 근거한 지진구역에서의 평균재현주기 500년에 해당되는 암반상 지진지반운동의 세기를 나타내는 계수
 - (20) 콘크리트의 건조수축 : 건조에 의해 콘크리트가 수축하는 현상
 - (21) 피복두께 : 콘크리트 표면과 그에 가장 가까이 배치된 철근 표면 사이의 콘크리트 두께
 - (22) 하중 : 구조물 또는 부재에 응력 및 변형을 발생시키는 일체의 작용
 - (23) 하중계수 : 하중의 공칭값과 실제 하중 사이의 불가피한 차이 및 하중을 작용외력으로 변환시키는 해석상의 불확실성, 환경작용 등의 변동
-

을 고려하기 위한 안전계수

- (24) 하중조합 : 구조물 또는 부재에 동시에 작용할 수 있는 각종 하중의 조합
- (25) 헌치 : 벽체와 슬래브 연결부 위치의 두께를 국부적으로 증가시킨 부분
- (26) 철도지하횡단공법 : 건설 또는 운행 중인 철도노선을 지하로 횡단하여 차도, 보도 및 수로 등의 시설을 설치하는 공법

7.1.4 적용기준

널리 알려진 이론이나 시험에 의해 기술적으로 증명된 사항에 대해서는 발주자의 승인을 얻어 관련 설계기준의 적용을 대체할 수 있으며 관계법규나 기준 및 시방서의 변경 등으로 설계시행에 변경 또는 조정을 수반하는 사유가 있을 때에는 개정된 관계규정에 따라 시행하여야 한다.

7.2 설계방향

7.2.1 설계

설계자는 현장답사, 측량, 지반조사, 교통영향평가, 환경영향평가, 원설계성과, 과업지시서, 관계기관에서 수집한 자료 등을 분석, 검토하여 최적의 설계내용이 되도록 설계하여야 한다.

(1) 설계개념 및 기본방향

지하철도 구조는 현장여건이 복잡하고 구조적으로 특수한 상황의 출현이 빈번하므로 구조물의 구조적 안전과 시공성 및 유지관리 등에 대한 검토를 통해 합리적인 설계가 되도록 하여야 한다.

① 설계개념

철근콘크리트 부재는 강도설계법의 규정에 따라 구조적 안정성을 확보할 수 있도록 설계한다. 또한 본선 및 정거장 본체 등의 중요 구조물들은 최소 100년의 내구연한으로 설계하여야 하며 그에 따른 시방규정과 유지관리 지침을 마련해야 한다.

② 기본방향

가. 지반조사와 지장물조사 및 설계와 관련된 제반조사를 정밀도 있게 시행하고 설계에 반영하여야 한다.

- 나. 설계하는 구조물은 구조적으로 안전성을 확보하여야 한다.
- 다. 설계는 시공 및 유지관리 등을 고려하여 합리적인 구조물 설치계획을 수립하여야 한다.
- 라. 구조물 설계는 현장여건에 부합되고 시공성이 용이하여야 한다.
- 마. 지하구조의 특성을 감안하여 궤도 차재투입구, 환기구, 환승연결통로 등 후속 공정을 고려한 시설계획을 수립하여야 한다.
- 바. 구조물 설계시 환기시설과 같은 방재계획과 배수 또는 누수 등을 고려한 유지관리계획을 고려하여야 한다.
- 사. 콘크리트 구조물에 대하여는 수화열에 대한 대책을 수립하도록 하여야 한다.
- 아. 지하철도 건설 또는 운영시 발생하는 진동에 대하여 검토하고 그에 따른 저감방안을 고려하여야 한다.
- 자. 철도지하횡단공법은 안전성, 용도 적합성, 열차운행 및 주변 영향 등을 고려하여 구조형식과 시공법을 선정하여야 한다.
- 차. 선형 특성에 따른 구조물의 확폭에 유의한다.
- 카. 구조계산서와 도면은 일치하여야 한다.

(2) 노선

- ① 공사 시행으로 도로교통에 지장이 되거나 상·하수도 및 가스관등 지하 매설물과 철탑, 전주, 가옥 등에 저촉될 경우 대책방안을 설계하여야 한다.
- ② 도로, 하천, 상·하수도, 공동구, 가스관 등 기존시설에 저촉될 경우 이설 또는 확장계획 등을 설계에 반영하여야 한다.
- ③ 기존 시가지나 주거지역 통과로 민원이 야기될 우려가 있는 경우에는 그 대책을 강구하여야 한다.

(3) 정거장

- ① 교통영향평가지 분석한 제반요소들을 검토하여 설계에 반영하도록 하여야 한다.
- ② 출입구, 개집표구, 계단 및 승강장등 승객이용시설과 기계전기실, 매표소 등 역무시설은 교통영향 평가서에서 제시한 수송수요를 기준하여 설계하여야 한다.

7.3 구조물 설계

7.3.1 일반사항

(1) 적용범위

본 설계기준은 지하철도의 개착식 구조물 설계에 적용한다.

(2) 부재설계법

철근콘크리트 구조물은 강도설계법의 규정에 따라 구조적 안전성을 확보할 수 있도록 설계하여야 하며 균열 및 처짐 등의 사용성 검토도 수행하여야 한다. 다만 특별한 경우에는 허용응력설계법에 따라 설계할 수도 있다.

7.3.2 설계하중 및 설계강도

(1) 설계하중

① 일반사항

구조물의 설계에는 시공 및 구조물 사용 기간 중에 작용이 예측되는 모든 하중을 고려하고 극한상태에 따라 조합을 고려하여야 한다.

② 하중의 종류

가. 일반사항

구조물의 설계에는 시공 및 사용 중 구조물에 작용할 것으로 예측되는 모든 종류의 하중에 의한 영향을 고려하여야 한다.

나. 고정하중

㉠ 재료의 중량

고정하중 산출에 사용되는 재료의 중량은 <표 7.3.1>의 단위중량을 사용하고 실중량이 명확한 것은 그 값을 사용한다.

제 7 장 지하구조물

표 7.3.1 재료의 단위중량

재료	단위중량 (kN/m ³)	재료	단위중량 (kN/m ³)
강재, 주강, 단강	77.0	도상자갈, 쇠석	19.0
주철	71.0	목재	8.0
알미늄	27.5	역청재 (방수용)	11.0
철근 콘크리트	24.5	역청포장	23.0
무근 콘크리트	23.0	석피포장	26.0
프리스트레스트 콘크리트	24.5	벽돌포장	24.0
시멘트 모르타르	21.0	벽돌 쌓음	20.0
석재	26.0		

㉠ 기계실 하중

구조물내 상판하중 가운데 펌프실, 신호실, 전기실, 환기기계실 등의 기계하중은 <표 7.3.2>의 값으로 하되 기능실 배치의 변동 등을 고려하여 변전소 및 물탱크 이외의 기계실 하중은 모두 25.0kN/m²을 적용할 수 있다. 특수기계에 대하여는 실중량에 의하고 진동하중 및 교번하중이 생기는 기계에 대하여는 이를 특별히 고려하여야 한다. 실하중이 확인되는 것은 그 값을 사용할 수 있다.

표 7.3.2 각 실의 상판하중

실명	상판하중 (kN/m ²)	실명	상판하중 (kN/m ²)
변전소	실하중	방송실	10.0
전기실	25.0	통신기기실	10.0
개폐실	10.0	교환기실	15.0
전력지령실	15.0	축전지실	25.0
신호취급소	20.0	환기기계실	25.0
신호기지실	20.0	소화펌프실	20.0~25.0
컴프레샤실	20.0	오수펌프실	20.0~25.0
운전지령실	20.0	배수펌프실	20.0~25.0

주: 1) 건축마감중량(천장, 환기덕트, 배관설비 등) 5.0kN/m²을 고려한 하중이다.

2) 물탱크실 설계하중은 위치에 따라 별도로 고려하여야 한다.

㉔ 궤도중량

1궤도(체결구 포함)의 최소중량은 1.5kN/m로 한다.(침목 및 도상 중량 제외)

다. 활하중

㉕ 노면 활하중

지하구조물에 대한 도로면의 활하중은 <표 7.3.3>의 값을 적용한다.

표 7.3.3 도로면 활하중의 등가 등분포하중(DB-24 기준)

- $D/B_o \geq 0.5$

토피고 (D , m)	노면활하중 (P_{vl} , kN/m ²)	비고
1.0	39	• 토피의 중간 값은 노면 활하중 상위의 값을 적용
1.5	25	
2.0	18	
2.5	14	
3.0	11	
3.5이상	10	

- $D/B_o < 0.5$

D/B_o	($P_{vl} \times D$, kN/m ²)	비고
0.1	17	• D/B_o 의 중간 값은 $P_{vl} \times D$ 의 상위 값을 적용 • D/B_o 노면 활하중(P_{vl})은 표의 값을 D 로 나누어 구한다.
0.2	27	
0.3	33	
0.4이상	36	

※ D : 토피고(m)

B_o : 암거폭(다련 BOX인 경우 외측 1BOX의 폭, 벽체두께포함) (m)

㉖ 열차하중

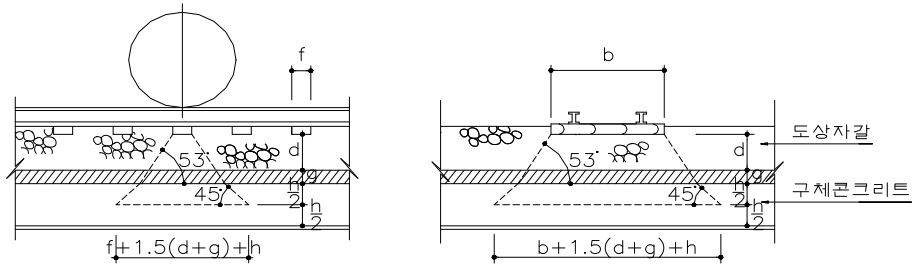
선로 밑을 통과하는 지하구조물에 작용하는 열차의 HL하중, LS하중 및 EL하중을 기준으로 설계하여야 한다. 열차 표준활하중은 「8.2.3 운

행하중」에 따른다.

㉔ 본선 하부슬래브에 작용하는 열차하중

윤하중의 분포영향을 검토할 때 일반적으로 궤도방향 분포는 고려하지 않고 집중하중으로 해도 좋으며, 그 분포폭과 궤도 직각방향의 분포폭은 <그림 7.3.1>과 같다.

[자갈도상인 경우]



[콘크리트도상인 경우]

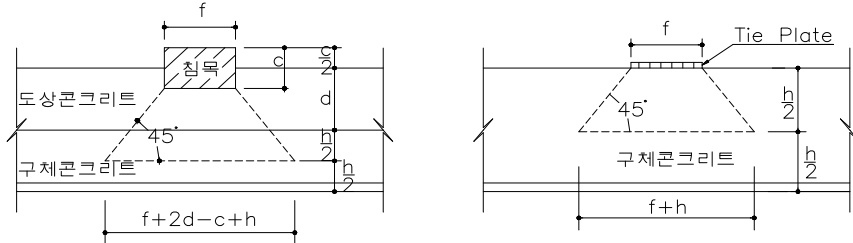


그림 7.3.1 슬래브바닥에 작용하는 열차하중의 분포

㉕ 균집하중

균집하중은 5.0kN/m^2 의 등분포하중을 재하하며 충격은 고려하지 않는다.

라. 충격하중

「8.2.3 운행하중」의 충격하중을 적용한다.

마. 토압

㉖ 정지토압

- ㉠ 정지토압은 지하박스 구조물과 같이 정지토압을 적용하는 것이 타당한 경우에 적용한다.
- ㉡ 구조물에 전설계토압이 작용하는 경우와 전설계토압의 1/2이 작용하는 경우, 주동토압 및 특수한 경우 현장조건에 의한 최소토압 중에서 가장 불리한 경우의 단면력에 대하여 설계하여야 한다.
- ㉢ 정지토압의 계산은 <식 (7.3.1)>에 의한다.

$$H = K_o(L + \gamma_t \cdot h_1 + \gamma_{sub} \cdot h_2) \quad (7.3.1)$$

여기서, H : 토압(kN/m³)

K_o : 정지토압계수($K_o = 1 - \sin\phi'$)

L : 상재하중(kN/m³)

γ_t : 지하수면 이상의 흙의 단위중량(kN/m³)

γ_{sub} : 지하수면 이하의 흙의 단위중량(kN/m³)

h_1 : 지표에서 지하수면까지의 깊이(m)

h_2 : 지하수면에서 측압을 구하려는 위치까지의 깊이(m)

ϕ' : 흙의 내부 마찰각(rad)

- ㉣ 연암층 이상의 암반층에 굴착 시공된 박스구조물에 작용하는 측압에 대해서는 시추조사 및 지질구조 조사 결과에 나타난 절리 및 단층 등의 불연속면의 방향성 및 경사각을 고려한 암반사면 안전성 분석을 시행하여 암반의 자립여부를 판단, 토압의 증감여부를 고려할 수 있다.

㉤ 주동토압

- ㉥ 주동토압은 옹벽 구조물 등 주동토압 적용이 타당한 경우에 적용한다.
- ㉦ 주동토압 계산은 <식 (7.3.2)>에 의한다.

$$H = K_a(L + \gamma_t \cdot h_1 + \gamma_{sub} \cdot h_2) \quad (7.3.2)$$

여기서, 주동토압계수(K_a)의 산정식은 안정검토시에는 Rankine토압 공식, 부재계산시에는 Coulomb토압공식을 사용한다.

㉔ 흙의 단위중량과 내부마찰각

흙의 단위중량과 내부마찰각은 시추자료, 토질시험 값 등과 같이 지반조사 자료의 분석과 경험을 종합적으로 고려하여 책임기술자가 제시한 값을 사용한다.

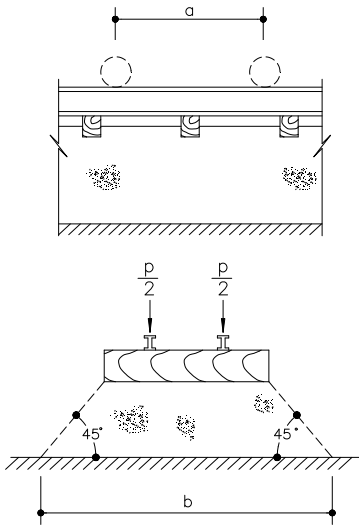
다만, 사질토로서 시험에 의하지 않았을 경우에는 책임기술자의 판단 아래 토질공학적 근거에 입각한 관계식이나 <표 7.3.4>의 일반적인 시험값을 참고적으로 사용할 수 있다.

표 7.3.4 토압계산에 사용되는 일반적인 흙의 단위중량과 내부마찰각(참고사항)

흙의 종류	상대밀도	단위중량 (kN/m ³)	내부마찰각 (rad)
모래, 자갈	조밀	20.0	0.576
	보통	19.0	0.524
	느슨	18.0	0.489

㉕ 상재하중

㉑ 열차하중에 의한 상재하중은 <식 (7.3.3)>으로 계산한다.



$$q = p / (a \times b) \quad (7.3.3)$$

q : 등분포하중(kN/m²)

p : 열차하중의 축하중(kN)

a : 축간의 거리(m)

b : 열차하중의 횡방향 분포폭(m)

그림 7.3.2 열차하중에 의한 상재하중

㉠ 연도건물 하중은 W/A 로 산정 고려한다. (W : 건물중량, A : 건물면적)

㉡ 기타 상재하중은 각기 그 하중에 대한 산출방법으로 산출한다.

바. 수압

지하수에 의한 수압계산은 정수압을 기준으로 하며 <식 (7.3.4)>에 의한다.

$$F = \gamma_w \cdot h \quad (7.3.4)$$

여기서, F : 정수압(kN/m²)

γ_w : 물의 단위중량(kN/m³)

h : 지하수의 깊이(m)

정수압 산정에 적용되는 지하수위는 실제 조사수위를 기준으로 지하수 변동요인을 고려하여 정한다.

사. 부력

㉢ 지하박스 구조물 설계시 부력에 대한 안정성 여부를 검토하여야 한다.

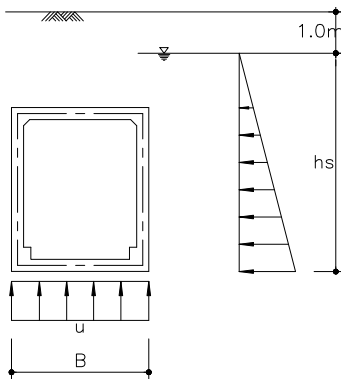
㉣ 부력에 대한 안전여부는 공사중과 완공후로 구분하여 검토하여야 하

며, 공사중에 공사단계별 조건 중에서 가장 위험한 조건에서 검토하여야 하며, 완공후의 안전검토는 「㊸항」의 기준에 의한다.

㊸ 부력 계산의 세부기준

㉠ 부력

부력(U)은 구조물 바닥폭(B) 전면에 수압(u)을 균등하게 작용시킨다.



$$U = \gamma_w \cdot h_s \cdot B \quad (7.3.5)$$

$$(u = \gamma_w h_s)$$

여기서,

U : 부력(kN/m)

γ_w : 물의 단위중량(kN/m³)

h_s : 지하수의 침도(m)

B : 구조물에 작용하는 부력의 폭(m)

그림 7.3.3 부력작용도

㉡ 저항력

- 부력에 대한 저항력(R)은 고정하중인 구체자중 및 상재 고정하중과 측면 마찰력(P_s)의 총합으로 한다.
- 구체자중(W_1)은 구조물자중 만을 고려한다.
- 상재고정하중(W_2)은 포장하중과 지하수의 영향을 고려하여 구한다.
- 지하수위 이하의 토피하중은 지하수위 이하 흙의 단위중량(γ_{sub})을 기준으로 하고 연직수압은 추가로 고려하여야 한다.

$$R = W_1 + W_2 + P_s \quad (7.3.6)$$

$$P_s = 2 \cdot C \cdot D + K_u \cdot \gamma \cdot D^2 \cdot \tan \delta$$

여기서, C : 점착력(kN/m²)

D : 적용점의 침도(m)

K_u : 토압계수로서 흙의 변형상태로부터 발생하는 정지토 압계수 K_o 에서 수동토압계수 K_p 사이에 있는 값이나 안전을 고려하여 정지토압계수($K_o = 1 - \sin\phi$) 적용

γ : 양압력을 고려하는 습윤상태의 단위중량(kN/m³)

$\tan\delta$: 파괴면이 비교적 구조물 벽면에 인접하여 있으므로 구조물과 지반의 상대마찰각이며 $\delta = 2/3\phi$ 로 적용 ($\tan 2/3\phi$ 단, 구조물 벽체와 주변 뒷채움 흙과의 측면마찰력은 재질간의 불확실성을 고려하여 무시한다.

㉞ 안정 검토

- 부력에 대한 안전율(F_s)은 <식 (7.3.7)>을 만족하여야 한다.

$$F_s = \frac{R}{U} \quad (7.3.7)$$

- 실제조사수위 적용시 : $F_s \geq 1.2$
- 공사중 적용시 : $F_s \geq 1.1$
- 지하수위 GL-1.0m 적용시(극한상황) : $F_s \geq 1.05$
- 부력에 대한 안전율 부족시에는 별도의 필요한 조치를 하여야 한다.

㉞ 영구 구조물에서 부력방지용 인장말뚝 설치시에는 인장말뚝의 앵커 인장력을 구조 계산시 고려하여야 한다.

아. 온도변화

온도변화는 공사중과 완공후로 분리하여 검토하여야 한다. 복토 후 토피가 1.0m이상일 경우에는 온도변화를 고려치 않으며, 토피가 1.0 m 이하일 경우에는 <식 (7.3.8)>에 따른다.

$$t = \alpha \times t_o \quad (7.3.8)$$

t : 박스 구조물의 상부 슬래브에 작용하는 온도변화

α : 토피 심도에 따른 저감률 $\alpha = 1 - h_o$ (h_o : 토피심도)

t_o : 지표면에서의 기본온도 변화

- 상부 슬래브 700mm 이상인 경우 $t_o = \pm 10^\circ\text{C}$

- 상부 슬래브 700mm 미만인 경우 $t_o = \pm 15^\circ\text{C}$

자. 콘크리트의 건조수축

- ㉠ 구조물의 설계에는 콘크리트 건조수축의 영향을 고려하여야 한다.
- ㉡ 부정정구조물의 설계에 사용하는 건조수축 변형률은 일반적으로 0.00015로 한다.
- ㉢ 특히 구조물의 횡단면, 정거장과 본선연결부 주위, 갱구접합부분, 환기구 주위 등에서는 온도변화 및 건조수축에 의한 영향을 고려하여야 한다.

차. 지진의 영향

지하철도 구조물은 지진의 영향을 고려하여 「7.4 내진설계」에 대하여 설계하여야 한다.

카. 가설하중

시공시에 완성시보다 불리한 하중이 작용한다면 시공시 하중을 고려하여야 한다. 특히 정거장, 환기구, 집수정 등의 중간슬래브 설계시 중간슬래브가 상부슬래브 콘크리트 타설 하중을 지지할 수 있도록 고려하여야 한다.

타. 기타하중

상기하중 이외의 하중을 고려할 필요가 있는 경우에는 그 상황에 따라 정한다.

③ 하중계수 및 하중조합

가. 본 장에 따라 구조물을 설계할 때의 하중계수와 하중조합은 「8.3 설계방법 및 하중조합」에 따른다.

나. 내진설계시의 하중계수 및 하중조합은 「7.4.5 철근 콘크리트 구조부

재의 내진설계」에 따른다.

(2) 설계강도

① 설계강도

구조물의 부재, 부재간의 연결부 및 각 부재 단면의 휨모멘트, 축력, 전단력, 비틀림모멘트에 대한 설계강도는 공칭강도에 강도감소계수(ϕ)를 곱한 값으로 하여야 한다.

② 강도감소계수(ϕ)

강도감소계수는 「10.6.2 강도」에 따른다.

7.3.3 재료의 특성

(1) 콘크리트의 강도

콘크리트의 설계기준강도는 재령 28일의 원주형 공시체의 강도로 한다.

(2) 철근의 강도

① 철근의 강도는 KS D 3504(철근콘크리트용 봉강)에 따라야 한다.

② 지하철도 구조물에 사용되는 철근의 종류는 일반적으로 SD 400 이하로 한다.

(3) 구조물별 기준 강도

① 콘크리트

콘크리트 설계기준 강도는 <표 7.3.5>의 값 이상을 적용한다.

표 7.3.5 구조물 종류별 콘크리트 설계기준강도

f_{ck} (MPa)	적용대상 구조물
27이상	· 지하부 본선 구체, 정거장, U형 옹벽 · 출입구, 환기시설등 주요 부대시설
24이상	· 옹벽 구체 (중력식 옹벽 제외)
18이상	· 중력식 옹벽 · 무근 콘크리트 구조 · 토류벽 콘크리트
15이상	· 바닥 고르기 콘크리트 (생산 가능한 설계 기준강도 적용)

② 철근

철근 종류별 항복점 응력은 「9.2.2 구조용 강재」에 따른다.

(4) 탄성계수 및 포아송비

콘크리트의 탄성계수 및 포아송비는 「10.2.1 콘크리트」에 따른다.

7.3.4 구조해석 및 단면설계

(1) 일반사항

- ① 단면의 설계에는 「7.3.2 설계하중 및 설계강도」에 따라 지하수가 있을 때와 없을 때의 2가지 경우로 하중을 각각 산정하여 필요한 하중조합으로 재하시켜 얻은 부재력 중 가장 불리한 부재력으로 단면을 설계한다.
- ② 구조해석시 지점조건은 연직, 수평방향 스프링을 설치하거나 힌지, 롤러를 설치하는 방법이 적용될 수 있으며 실제 지반조건을 고려한 방법을 적용토록 한다.
- ③ 구조형상 및 단면은 구조물의 내공치수를 확보하고, 관련규정에 부합되며 안전도와 사용성을 고려하여 설계하여야 한다.
- ④ 기초지반이나 단면의 변화가 있는 구간에 대하여는 단면별 계산단면을 선정하여 구조검토를 실시하여야 한다.
- ⑤ 구조물 특성에 따른 균열, 처짐, 진동, 피로에 따른 사용성 검토를 하여야 한다.

(2) 경간

- ① 받침부와 일체로 되어 있지 않은 단순부재의 경간은 순경간에 보나 슬래브의 두께를 더한 값을 경간으로 한다. 그러나 그 값은 받침부의 중심간 거리를 넘을 필요는 없다.
- ② 골조 또는 연속구조물의 해석에서 휨모멘트를 구할 때 사용하는 경간은 받침부의 중심간 거리로 한다. 이때 받침부와 일체로 시공된 보나 주형의 단면설계에서는 받침부 전면에서의 모멘트 값을 사용해도 좋다.
- ③ 받침부와 일체로 된 3.0m이하의 순경간을 갖는 슬래브에서는 그 지지보의 폭이 없는 것으로 보아 순경간을 경간으로 하는 연속보로 설계할 수 있다.

(3) 지하철도 구조물의 해석 모델

- ① 모든 구조물은 해석 가능한 모델로 이상화 하고 부재는 도심축과 일치

하도록 하며 현치에 의한 도심의 변화는 고려하지 않는 것으로 한다.

- ② 지점의 경계조건은 기초지반의 종류에 관계없이 저판의 모든 부위에 지반반력 계수와 설치 간격으로부터 환산된 스프링을 설치(간격 1.0m 이내)한 모델로 계산하는 것으로 하고 부력에 의하여 스프링에 인장이 발생할 경우 인장을 받는 스프링은 차례로 제외시켜 최종적으로 압축만 받는 스프링만 남겨둔 상태의 모델해석 결과를 취하여야 한다. 다만, 암반지반에서는 벽체 또는 기둥 하단부위에 회전 또는 이동지점의 경계조건을 부여할 수 있다.

③ 지반반력계수

가. 토사지반

연직방향 지반반력계수는 각종 조사 및 시험결과에 의해 얻어진 변형계수 및 기초의 재하폭의 영향을 고려하여 정한다.

$$K_v = K_{vo} (B_v/0.3)^{-3/4} \quad (7.3.9)$$

여기서, K_v : 연직방향 지반반력계수(kN/m³)

K_{vo} : 지름 300mm의 강체원판에 의한 평판재하시험의 값에 상당하는 연직방향 지반반력계수(kN/m³)로서 각종 토질시험·조사에 의해 구한 변형계수로부터 추정하는 경우는 다음 식에 의한다.

$$K_{vo} = \frac{1}{0.3} \alpha E_o$$

B_v : 기초의 환산재하폭(m)으로 구조물 저판의 지간을 적용

E_o : <표 7.3.6>에 표시한 방법으로 측정 또는 추정한 설계의

대상이 되는 위치에서의 지반의 변형계수(kN/m³)

α : 지반반력계수의 추정에 쓰이는 계수(<표 7.3.6> 참조)

표 7.3.6 E_o 와 α 값

변형계수 E_o (MPa)	α	
	정상시	지진시
지름 300mm의 강체원판에 의한 평판재하시험을 반복시킨 곡선에서 구한 변형계수의 1/2	1	2
보오링공 내에서 측정한 변형계수	4	8
공시체의 1축 또는 3축 압축시험에서 구한 변형계수	4	8
표준관입시험의 N값에서 $E_o = 2,800N$ 으로 추정된 변형계수	1	2

나. 암반지반

지반반력 계수는 시험성과가 있을 때에는 시험값을 사용하되, 시험값이 없는 경우에는 암반의 공학적 특성값(변형계수, 일축압축강도, RQD 등)과의 상관관계에서 구하여 사용한다.

(4) 연속 휨부재의 부모멘트 재분배

「콘크리트구조설계기준 3.4.2 연속 휨부재의 부모멘트 재분배」에 따른다.

(5) 사용성 검토

구조물 또는 부재가 설계목표 년한중 기능과 성능을 유지하기 위하여, 사용하중 하에서의 사용성과 내구성을 검토하여야 한다. 사용성 검토는 균열, 처짐, 피로의 영향 등을 말하며 「콘크리트구조설계기준 제4장 사용성 및 내구성」에 따른다.

7.3.5 구조상세

(1) 철근에 대한 일반 구조상세

① 철근상세 일반사항

「10.4.1 일반내용」에 따른다.

② 철근의 가공

「10.4.2 철근가공」에 따른다.

③ 철근의 배치

「10.4.3 철근배치」에 따른다.

④ 철근의 피복두께

「10.4.4 최소피복두께」에 따른다.

⑤ 개구부 주변의 보강

출입구, 환기구 등의 개구부에 대해서는 별도의 단면해석을 하여 배근하고 특히, 끝부분은 별도 보강하여야 한다. 슬래브 개구부에 대해서는 「10.8.7 슬래브 시스템의 개구부」에 따른다.

⑥ 구조변화 경계부의 종방향 보강

구조변화 경계부의 종방향 보강은 횡방향 보강보를 설치하여 접속부를 종방향으로 확실하게 보강하여야 하며, 특수한 구간에 대해서는 구조해석을 하여 검토하여야 한다.

가. 지하철도 구조물중 본선과 정거장 경계부 또는 본선과 유치선 경계부등 기둥배치가 끝나는 부분이나 종방향으로 단면이 변경되어 접속되는 구조물

나. 종방향으로 토질조건이 급격한 변화부

다. 기존구조물의 영향으로 종방향 힘의 증대가 예상되는 부분

라. 종방향으로 상부토피가 급격하게 변화되는 부분

마. 연약지반 구간

⑦ 수축 및 온도에 대한 철근

휨철근이 1방향으로만 배치되어 있는 경우에는 이 휨철근에 직각방향으로 최소 철근을 두어야 한다. 이때 콘크리트 총단면적에 대한 철근비 ρ 는 온도에 대한 구조거동을 검토하지 않는 한 벽체 $\rho_{\min} = 0.0030$ 이상, 슬래브 $\rho_{\min} = 0.0025$ 이상 이어야 한다.

⑧ 철근의 정착

「10.5.2 철근의 정착」에 따른다.

⑨ 철근의 이음

「10.5.6 철근의 이음」에 따른다.

⑩ 전단과 비틀림

「10.6.6 전단에 대한 설계」 및 「10.6.7 비틀림에 대한 설계」에 따른다.

(2) 기둥의 구조상세

압축부재의 설계 상세는 「10.4.5 압축부재의 최소철근」 및 「10.4.6 부재에서 횡철근」에 따른다.

(3) 라멘의 구조상세

① 일반사항

- 가. 라멘의 접합부 모서리에는 헌치를 두는 것으로 한다.
- 나. 라멘 접합부의 주철근은 서로간의 배치관계를 고려하여 단면력이 확실하게 전달되도록 배치하여야 한다.
- 다. 구조물의 최외측 접합부는 「10.14.5 구조상세」의 조건에 따라 배근한다.
- 라. 접합부 모서리 측면은 시공 중에 동바리의 변형이나 기둥이 연직방향반력의 영향에 의해 연직방향으로 균열이 발생할 위험이 있으므로 수평방향의 보강철근을 배치하여야 한다.
- 마. 헌치는 경사면에 연하여 보강철근을 추가로 배치해야만 한다. 헌치는 계산상 필요로 하지 않는 경우에도 보강철근을 배치하여야 한다.
- 바. 라멘의 접합부 모서리 부분은 콘크리트의 시공이음을 고려하여 배근하여야 한다.
- 사. 부재 접합부 및 그 부근은 주철근의 이음을 두지 않아야 한다.

② 구조상세

「10.14.5 구조상세」에 따른다.

(4) 신축이음

- ① 지하철도의 개착식 박스구조물은 일반적으로 신축이음이 없는 연속한 구조물로 하는 것으로 하고, 연약지반으로 인한 부등침하나 지진의 영향이 크다고 생각되는 경우는 신축이음을 설치할 경우가 있다.
- ② 특히 지하철도 본체구조물과 부대시설(환기구, 출입구등)의 접합부는 상이한 설계조건 및 외부온도 변화의 영향 등에 따라 발생할 수 있는 구조적으로 다른 거동과 힘을 흡수 또는 통과시킬 수 있도록 설계되어야 하며 접합부에는 신축이음을 둘 수 있다.
- ③ 구조물의 시공이음은 길이방향으로 18m를 초과해서는 안 된다.
- ④ 시공이음의 구조에서는 철근을 연결하고 단면 내에 홈을 두는 등 전단키를 설치하여 힘의 전달이 확실하게 되도록 하며, 물의 침투가 되지 않도록 사용되는 재료의 재질, 규격, 설치방법 등을 검토하여야 한다.

7.3.6 철도지하횡단공법

(1) 철도지하횡단 구조물 계획

철도지하횡단 구조물 공사는 선로조건, 입지조건, 기존 구조물, 선로하부 지장물, 지형, 지질, 지하수, 환경, 관련 법규 및 규제 등을 고려하여 계획하여야 한다.

(2) 철도지하횡단 구조물 선정

철도지하횡단공법은 현장조건을 고려한 여러 가지 구조형식과 시공법을 대상으로 공사비, 공사기간을 비교 검토하고, 열차서행 유무 및 정도, 선로폐쇄 대상 여부, 향후 선로 유지관리 등을 종합적으로 고려하여 선정하여야 한다.

7.4 내진설계

7.4.1 내진설계의 방침

(1) 내진설계의 개념

내진설계란 지진이나 지진이 발생된 후에도 구조물이 안전성을 유지하고 그 기능을 발휘할 수 있도록 설계시에 지진하중을 추가로 고려하여 설계를 수행하는 것을 의미한다. 지하철도 구조물 내진설계는 성능에 기초한 내진설계개념을 도입하였으며 설계 기본원칙은 비교적 큰 규모의 지진에 의한 지반진동에 의해서도 구조물의 전부 또는 일부가 붕괴되어서는 안 되며 가능하면 지진에 의한 피해의 예측이 가능하고 피해조사와 보수를 위해 현장접근이 가능하도록 설계를 하여야 한다.

(2) 내진등급 및 내진성능 목표

본 내진설계기준에서 내진설계의 대상으로 선정하고 있는 지하철도 구조물은 내진 1등급의 내진성능을 갖도록 하며 등급별 내진성능 목표에서 고려하는 설계지진강도는 평균재현주기 1000년에 해당되는 지진지반운동으로 한다.

7.4.2 설계지반운동의 결정

(1) 일반사항

본 장에서는 지하철도 구조물에 대한 내진설계를 위한 설계지반운동 결

정시 고려하여야 할 사항을 서술하고 설계지반운동의 수준을 정의한다.

본 기준은 지하철도 구조물의 내진성 확보에 필요한 최소 설계요구조건을 규정한 것으로서, 지진시 지하철도의 기능을 유지하여 대중교통에 중대한 지장을 초래하지 않도록 하는 것을 목적으로 한다.

(2) 설계지진 응답스펙트럼의 작성

① 표준 설계응답스펙트럼

가. 지반운동의 공간적 변화 특성 고려 방법

- ㉠ 구조물의 모든 위치에서 똑같은 지반운동으로 가진되는 것이 비합리적으로 판단되는 구조물에 대해서는 지반운동의 공간적 변화를 고려할 수 있는 모델을 사용해야 한다.
- ㉡ 지반운동의 공간적 변화에 관한 구체적인 내용은 필요한 경우에는 관련 기술기준에서 규정한다.

나. 가속도시간이력

- ㉢ 지반운동은 지반가속도의 시간이력으로 표현될 수 있다.
- ㉣ 공간적인 모델이 필요할 때 지반운동은 동시에 작용하는 3개의 가속도 성분(수평2방향, 수직방향)으로 구성되어야 한다.
- ㉤ 필요시에는 「다.항」에 기술되어 있는 인공가속도시간이력을 사용할 수 있다.

다. 인공가속도시간이력

- ㉥ 인공가속도시간이력은 응답스펙트럼과 잘 부합되도록 생성되어야 한다.
- ㉦ 지반운동의 장주기 성분이 구조물의 거동에 미치는 영향이 중요하다고 판단될 경우에는 지진원의 발진기구 특성과 국지적인 영향을 고려하여 시간이력을 생성하여야 한다.
- ㉧ 인공가속도시간이력의 지속시간은 지진의 규모와 발진기구특성, 전파경로 및 부지의 국지적인 조건이 미치는 영향을 고려하여 합리적으로 결정되어야 한다.
- ㉨ 3방향성분의 인공가속도시간이력 상호간에는 통계적 독립성이 유지되어야 한다.

② 설계지진 응답스펙트럼

가. 설계지진 응답스펙트럼은 표준 설계응답스펙트럼에 성능수준에 대한

보정, 지반적용 위치에 대한 보정, 감쇠율에 대한 보정 등을 고려하여 결정한다.

㉞ 지반적용위치에 대한 보정

㉟ 지상구조물의 내진설계에는 지반분류를 고려한 지표면의 설계응답스펙트럼을 이용하지만 지하구조물의 내진설계의 경우 응답변위를 산정하기 위하여 기반면에서의 설계 속도응답스펙트럼을 이용한다.

㊱ 기반면의 설계 속도응답스펙트럼

기반면에서의 설계 속도응답스펙트럼은 S_A 지반의 지표면 가속도 응답스펙트럼을 적분하여 사용한다.

㊲ 감쇠율에 대한 보정

성능수준별 감쇠율을 적용하며 표준 설계응답스펙트럼에 감쇠율에 대한 보정계수를 곱한 값으로 정의된다.

㉟ 성능수준별 감쇠율(h) : $h = 0.2$

㊱ 감쇠율에 대한 보정계수, C_D

$$C_D = \frac{1.5}{(40h + 1)} + 0.5 \quad (7.4.1)$$

단, 별도의 합리적인 해석에 의하여 구한 값을 적용할 수 있다.

7.4.3 내진해석 및 설계에 대한 규정

(1) 일반사항

지하철도 구조물의 내진설계는 지진 발생시 지반 변위의 영향을 고려하여 구조물이 소요의 내진성능을 만족할 수 있도록 하는 것이다.

(2) 내진해석 방법

- ㉟ 지하철도 구조물의 내진해석은 지반 조건, 구조 조건 등을 고려하여 “응답변위법” 혹은 “시간이력해석법”을 사용하여 수행할 수 있다.
- ㊱ “응답변위법”은 지하철도 구조물의 내진해석을 위한 표준해석법으로 사용하고 “시간이력해석법”은 상세한 검토를 필요로 하는 경우나 구조 조건, 지반 조건이 복잡한 경우, 지반과 구조물의 상호작용을 고려하는 경우에 사용하는 것이 좋다.

- ③ 지하철도구조물의 내진해석은 2차원 횡단면해석을 원칙으로 하되 지반 상태가 급격히 변화하는 구간 통과 등의 경우에는 종방향에 대한 내진 구조해석을 추가로 수행하여야 한다.

(3) 응답수정계수

- ① 설계지진하중은 구조물에서 발생하는 소성변형을 허용한다.
- ② 구조물이 비탄성 거동을 하게 되면 탄성거동을 하는 경우보다 부재력이 작아진다.
- ③ 일반 구조물의 경우 이를 고려하기 위하여 부재 설계시 탄성해석으로 구한 탄성부재력을 응답수정계수(R , 연성계수)로 나눈 값이 지진에 대한 설계부재력이 되며 설계자는 이 설계 부재력을 다른 하중에 의한 부재력과 조합하여 부재의 안전성을 검토해야 한다. 이때 응답수정계수는 모멘트 부재력에 대하여만 적용한다.

표 7.4.1 응답수정계수(R)

구분	기둥	보	비고
철근콘크리트 부재	3	3	
강 부재 또는 합성부재	5	5	

※특기사항 : 내진 성능을 갖도록 탄성해석과 소성해석을 필요에 따라 선택할 수 있다.

가. 탄성해석을 수행하는 경우에는 계산 결과를 응답수정계수로 나눠줌으로써 탄성해석만으로 소성변형까지도 고려할 수 있다.

나. 소성해석을 수행하는 경우에는 계산 결과를 그대로 사용하고 응답수정계수는 고려하지 않아야 한다.

7.4.4 내진해석 방법

(1) 응답변위법

지진 발생시에 생기는 지반변위에 의한 지진 토압과 지하철도 구조물과 주변지반 관계에서의 경계조건을 모델링하여 정적으로 계산하는 방법인 응답변위법을 적용한다.

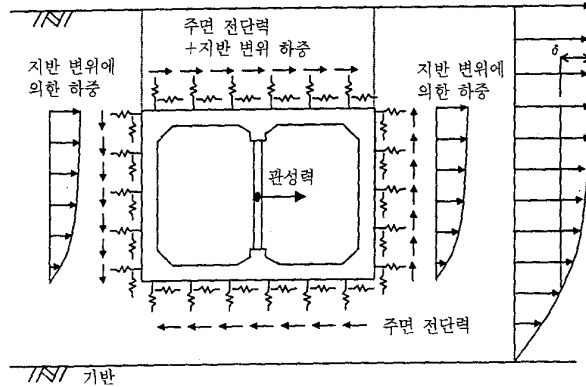


그림 7.4.1 응답변위법의 개념도

(2) 시간이력해석법

설계지진하중(가속도)의 시간이력은 내진 I 등급에 해당하는 평균재현 주기를 가진 지반운동이 되어야 한다.

7.4.5 철근 콘크리트 구조부재의 내진 설계

(1) 일반사항

- ① 설계 방법은 강도설계법으로 한다.
- ② 내진설계는 설계 지진하중에 대하여 안전하도록 설계하여야 한다.

(2) 하중조합

① 상시 상태의 설계

상시상태에 대한 설계는 「8.3 설계방법 및 하중조합」에 따른다.

② 지진시 상태의 설계

지진시 상태에 대한 하중조합은 <식 (7.4.2)>으로 구한다.

$$U = 1.0D + 1.0E + 1.0H + 1.0Q \quad (7.4.2)$$

여기서, D : 고정하중

E : 지진하중

H : 토압

Q : 수압 및 부력

(3) 내진설계 구조상세

① 적용범위

지하철도 구조물 중 지하에 건설되는 정거장 구조물 본체 등 주요 구조물에 적용한다.

② 관련 설계기준

지하철도의 내진설계에 있어서 구조상세는 「8.8.8 콘크리트교 설계」에 따른다.

③ 부재 접합부

구조적 성능이 현저하게 다른 두 구조물의 접합부는 특별한 경우를 제외하고 분리구조로 한다. 접합부는 보강하여 안정성을 확보하여야 한다.

제 8 장 교량 일반사항

제 8 장 교량 일반사항

8.1 일반사항

8.1.1 적용범위

- (1) 이 기준은 철도건설 및 개량에 따라 철도선로 상에 건설하는 경간 150m이하의 교량에 적용하는 것으로 한다.
- (2) 경간이 150m를 넘는 경우에도 장대교량의 종류, 구조형식, 가설지점의 상황 등에 따라 합리적인 보정을 해야 하는 사항을 제외하고는 이 기준을 준용한다.
- (3) 다만, 특별한 조사연구에 의하여 설계할 때에는 이 기준을 적용하지 않을 수 있는데, 이 경우에는 그 설계근거를 명시하여야 한다.

8.1.2 용어의 정의

이 장에서 쓰이는 용어의 의미는 다음과 같다.

- (1) 가도교 : 도로위에 가설된 교량
- (2) 가속도 계수(Acceleration Coefficient, A) : 구역계수(Z)에 지진위험도 계수(I)를 곱한 값(무차원량)
- (3) 강도감소계수(Strength Reduction Factor) : 재료의 공칭강도와 실제강도 간의 불가피한 차이, 제작 또는 시공, 저항의 추정 및 해석 모형 등에 관련된 불확실성 등을 고려하기 위한 안전계수
- (4) 고유주기(Natural Period) : 자유진동하는 구조물의 진동이 반복되는 시간 간격(sec)
- (5) 고유진동수(Natural Frequency) : 감쇠효과가 무시된 구조물의 자유진동에서 시간 당 발생 진동수(Hz)
- (6) 공칭강도(Nominal Strength) : 강도설계법의 규정과 가정에 따라 계산된 부재 또는 단면의 강도를 말하며 강도감소계수를 적용하기 이전의 강도
- (7) 과선교 : 철도선로 위에 가설된 교량

- (8) 경간(Span) : 교량에서 교대와 교각, 또는 교각과 교각사이 공간을 말함. 연속교인 경우 그 위치에 따라 측경간, 중앙경간 등으로 부르고, 경간 수에 따라 3경간, 5경간 연속교 등으로 부름
- (9) 계수하중(Factored Load) : 강도설계법으로 부재를 설계할 때 사용하는 하중으로서, 사용하중에 하중계수를 곱한 하중
- (10) 교량 종방향 상대변위 : 장대레일 축력 제한을 위한 검토에서 판단기준의 한 항목. 단위교량이 연속되었을 때 단위교량의 바닥판과 바닥판 사이, 혹은 교대로 연결되는 부위의 교대 전면과 교량의 바닥판의 사이에 발생하는 각각에 대한 상대변위
- (11) 교량의 전복(뒤집힘) : 차량의 탈선 또는 바람의 상향력으로 교량이 뒤집히는 현상
- (12) 구조물 가동 끝단 : 궤도가 실린 구조물에서 교대와 만나거나 인접한 구조물과 만나는 상부구조의 단부 끝단
- (13) 구조물 안전성 설계 : 일반적인 구조물 안전조건과 변형조건을 포함하는 의미로 구조물에 작용하는 외력이나 주변 조건에 대하여 구조부재가 안전한 내력을 보유토록 설계를 하는 것
- (14) 구조물 온도 신축길이 : 구조물의 온도 고정점 간의 길이. 여기서 온도 고정점이란 온도변화에도 구조물의 종방향 변위가 생기지 않는 점을 말하며, 양쪽 교대 사이에 설치되는 구조물의 경우에는 교대의 받침 중심점으로부터 온도 고정점까지의 거리
- (15) 궤도-구조물간 종방향 상호작용 : 장대레일과 교량 구조물과의 결합과 그 상호작용에 의한 장대레일의 파단, 좌굴과 관련된 궤도 종방향력 문제와 변형문제를 야기시키는 작용
- (16) 기초 수평변위 : 기초의 지반상태에 따라 교량 축 방향이나 교량 축 직각방향으로 확대기초 저부의 수평이동에 의해 발생하는 변위. 이 이동변위에 의한 상부구조의 종방향 변위량은 높은 교각과 낮은 교각이 같은 양으로 계산됨
- (17) 기초 회전각변위 : 기초의 지반상태에 따라 교량 축 방향이나 교량 축 직각방향으로 확대기초 저부의 회전에 의해 발생하는 변위. 이 기초 회전각에 의한 변형은 상대적으로 높은 교각이 낮은 교각에 비해 교량

중방향 변형에 미치는 영향을 크게 함

- (18) 내진등급(Seismic Importance Classification) : 구조물의 중요도에 따라서 정해지는 내진설계상의 등급
- (19) 단부각변위 : 실제 열차하중에 의한 동적 안정성 검토에서 교량 바닥판의 단부와 단부사이의 상대각변위 또는 교량 바닥판 단부와 교대 사이의 상대각변위
- (20) 다중모드 스펙트럼 해석법(Multi-Mode Spectrum Analysis Method) : 여러 개의 진동모드를 사용하는 스펙트럼 해석법
- (21) 단일모드 스펙트럼 해석법(Single-Mode Spectrum Analysis Method) : 하나의 진동모드만을 사용하는 스펙트럼 해석법
- (22) 동륜하중 : 동력차의 구동차륜 하중
- (23) 부가 궤도 중방향응력 : 교량의 존재에 의해 부가적으로 발생하는 온도, 시동, 제동하중, 교량 바닥판의 휨 등에 의한 부가적인 응력
- (24) 부하중 : 교량의 주요 구조부를 설계하는 경우에 항상 또는 자주 작용하지는 않지만 내하력에 영향을 미칠 수 있고, 통상 다른 하중과 동시에 작용하는 하중으로서 하중의 조합에서 반드시 고려하여야 하는 하중의 총칭
- (25) 붕괴유발부재(Fracture Critical Member) : 그 부재의 파괴가 교량의 붕괴를 초래하거나 교량의 설계기능을 발휘할 수 없도록 하는 부재
- (26) 사용하중(Service Load) : 고정하중 및 표준열차하중으로서 하중계수를 곱하지 않은 것이며, 작용하중이라고도 함
- (27) 상로 플레이트거더교 : 통로가 주거더의 상면위치에 배치되는 교량
- (28) 설계강도(Design Strength) : 공칭강도에 강도감소계수(ϕ)를 곱한 강도
- (29) 설계기준강도(Specific Compressive Strength) : 콘크리트부재의 설계에 있어 기준으로 한 압축강도. 일반적으로 재령 28일의 압축강도를 기준으로 함
- (30) 설계사용기간 : 구조물 또는 부재가 그 사용에 있어서 목적하는 기능을 완수하도록 설계상에 고려하는 기간
- (31) 설계하중 : 부재를 설계할 때 사용되는 적용 가능한 모든 하중으로서,

강도설계법에 의한 설계에서는 하중계수를 곱한 하중(계수하중)이고 허용응력설계법에 의한 설계에서는 하중계수를 곱하지 않은 하중(사용하중)이 설계하중이 됨

- (32) 소요강도(Required Strength) : 하중조합에 따른 계수하중을 저항하는데 필요한 부재나 단면의 강도, 또는 이와 관련된 휨모멘트, 전단력, 축방향력 및 비틀림모멘트 등으로 나타낸 설계단면력
 - (33) 순경간(Clear Span) : 교대와 교각, 또는 교각과 교각사이 전면간의 거리
 - (34) 슬랙(Slack) : 곡선선로에서 차량의 원활한 운행을 위하여 외측레일을 기준으로 내측레일을 넓혀준 것
 - (35) 실제 열차하중 : 동적해석에 사용되는 실제 열차의 차축하중을 모델로 만든 하중
 - (36) 2차부재 : 주요부재 이외의 2차적인 기능을 갖는 부재로 그 일부가 파괴되어도 열차운행에는 직접 지장이 없는 부재
 - (37) 열차풍 : 열차의 통과시 발생하는 풍압에 의한 기류의 변화현상
 - (38) 연성(Ductility) : 비탄성응답을 허용하는 부재나 접합부의 성질
 - (39) 응답수정계수(Response Modification Factor) : 탄성해석으로 구한 각 요소의 탄성지진력으로부터 설계지진력을 산정하기 위한 수정계수
 - (40) 응답스펙트럼(Response Spectrum) : 일정한 감쇠비를 가진 구조물의 고유주기나 진동수에 따른 지진의 최대응답을 나타낸 그래프
 - (41) 정규교량(Regular Bridge) : 경간을 따라 질량, 강성이나 기하학적 특성에 특별한 변화가 없는 교량
 - (42) 주하중 : 교량의 주요 구조부를 설계하는 경우에 항상 또는 자주 작용하여 내하력에 결정적인 영향을 미치는 하중의 총칭
 - (43) 주행안전성 검토 : 고속열차의 동적 안정성 등을 포함하는 열차의 안전확보를 위한 최소 요구조건에 대한 검토
 - (44) 지반계수(Site Coefficient) : 지반상태가 탄성지진응답계수에 미치는 영향을 반영하기 위한 보정계수
 - (45) 지반종류(Soil Profile Type) : 지진 시에 지반의 진동특성에 따라 공학적으로 분류하는 지반의 종류
-

-
- (46) 지진위험도 계수(Seismic Risk Factor) : 500년 재현주기를 기준으로 한 지진의 위험도를 나타내는 계수(무차원량)
 - (47) 지진구역계수(Zone Factor, Z) : 각 지진구역에서의 평균재현주기 500년에 해당하는 지진지반운동의 최대 지반가속도 값을 중력가속도(g)로 나눈 값(무차원량)
 - (48) 최대 지진지반가속도(Peak Seismic Ground Acceleration) : 지진에 의해 발생하는 최대의 지반가속도. 가속도계수에 중력가속도를 곱한 값으로 정의(m/sec^2)
 - (49) 차축하중 : 차량의 좌우측 바퀴의 하중을 합한 하중
 - (50) 충격계수 : 정적설계시 동적 충격효과를 고려할 수 있도록 표준열차하중에 곱해지는 계수. 열차 또는 차량의 주행에 의해 구조물에 발생하는 정적응답에 대한 동적응답의 증가비율을 나타냄
 - (51) 캔트 : 곡선 선로에서 열차의 원심력에 대항하여 차량의 안전을 도모하기 위해 내측레일을 기준으로 외측레일을 높게 하는데 이때의 고저차
 - (52) 특수하중 : 교량의 주요 구조부를 설계하는 경우에 교량의 종류, 구조형식, 가설지점의 상황 등의 조건에 따라 특별히 고려하여야 하는 하중의 총칭
 - (53) 탄성지진응답계수(Elastic Seismic Response Coefficient) : 모드 스펙트럼 해석법에서 지진하중을 구하기 위한 무차원량
 - (54) 평균재현주기(Mean Return Period) : 어떤 크기나 특성을 가진 지진이 발생하는 평균 시간간격
 - (55) PS강봉 : KS D 3505의 PS강봉을 말함
 - (56) 하로 플레이트거더교 : 통로가 주거더의 하면위치에 배치되는 교량
 - (57) 하중계수(Load Factor) : 하중의 공칭값과 실제 하중간의 불가피한 차이, 하중을 작용외력으로 변환시키는 해석상의 불확실성, 예기치 않은 초과하중, 환경작용 등의 변동을 고려하기 위하여 사용하중에 곱해주는 안전계수
 - (58) 허용응력(Allowable Stress) : 탄성설계에서 재료의 기준강도를 안전율로 나눈 것
-

- (59) 합성거더교 : 주거더와 현장치기 바닥판이 전단연결재에 의해 결합되어 주거더와 바닥판이 일체로 된 합성단면으로 하중에 저항하는 교량

8.1.3 표준열차하중

- (1) 교량구조는 해당 노선의 기능 별 <표 8.1.1>의 표준열차하중에 대하여 열차의 주행안전성을 확보할 수 있어야 한다.

표 8.1.1 표준열차하중

구분	표준열차하중	비고
고속철도	HL-25	관계장관이 지정, 고시한 노선
일반철도	LS-22	고속철도와 도시철도를 제외한 철도
전동차 전용선	EL-18	도시철도 운행이 주목적인 철도

- (2) 특정 기능 목적의 선로에 대하여 새로운 표준열차하중 적용 시에는 실제 운행될 열차하중 및 향후 운행가능성이 있는 열차하중에 대하여 안전성을 확보할 수 있어야 한다.

8.1.4 조사

- (1) 철도교량의 합리적이고 경제적인 설계와 시공을 위해서는 교량가설 예정지점의 상황, 구조물의 규모 등에 따라 필요한 조사를 하여야 한다. 조사가 불충분하면 설계가 부실해지고 시공단계에서 심각한 문제가 발생될 수도 있기 때문에 시공단계별로 필요한 조사를 실시하는 것이 중요하다.
- (2) 조사내용 및 방법 등 조사에 관한 제반사항은 「제2장 철도계획 2.5항」을 준용하여야 한다.

8.1.5 계획

- (1) 계획에 관한 사항은 「제2장 철도계획 2.3, 2.4항」을 준용하여야 한다.
- (2) 가설위치와 형식선정
- ① 철도교량의 계획에 있어서 가교위치를 선정할 때 열차속도가 향상됨에 따라 선형을 위주로 하여 선정하되 부수되는 문제를 사전에 고려하여

야 한다.

- ② 종래에는 노선전체의 선형만을 중시한 결과 사각이 매우 큰 교량이 계획되는 경우도 있었는데 이를 미연에 방지하기 위해서는 교량의 정적 및 동적거동의 안정성, 시공성 등의 측면을 고려한 교량의 종평면 선형, 사각, 교대 및 교각 위치 등을 유념하여 계획하여야 한다.
- ③ 교량의 형식을 선정할 때도 지형, 지질, 기상, 교차물 등의 외부적 조건이나, 열차의 주행안전성, 전차선주의 설치, 시공성, 유지관리, 경제성 및 환경과의 미적인 조화를 고려하여 가설위치 및 교량의 형식을 선정하여야 한다.

(3) 교차조건과의 관계

- ① 가교위치, 경간분할, 교각위치, 교각형상 등은 관련기관과 협의하여 정한다.
- ② 교량의 계획단계에서는 교량가설 예정지점의 관할기관과 협의하여야 하고, 특히 다음의 여러 입지조건을 고려하여야 한다.

가. 하천에 가교(架橋)하는 경우

- ㉠ 가교위치, 교량길이와 교대의 위치결정에는 하천의 형상과 개수(改修) 계획 등
- ㉡ 경간장, 다리밑 공간, 교각형상의 결정에는 계획홍수위, 계획홍수량, 향운조건, 인접구조물 등
- ㉢ 기초상단의 높이 결정에는 개수계획, 세굴상태 등

나. 해협이나 운하에 가교하는 경우

- ㉠ 경간장과 다리밑 공간의 결정에는 항로통과 선박의 크기 등

다. 도로나 철도위에 가교하는 경우

- ㉠ 교량길이, 경간장, 다리밑 공간, 교각의 위치와 형상 등의 결정에는 도로나 철도의 폭원 구성, 건축한계, 시거 등
- ㉡ 교대, 교각 및 기초의 위치와 형상의 결정에는 지하매설물, 지하구조물 등

(4) 건축한계 및 다리밑 공간

- ① 교량의 설계에 있어서 건축한계 및 다리밑 공간(거더밑 공간)에 대한 한계 등은 「제2장 철도계획 2.4.3항」에 정한 기준을 준용하여야 한다.

- ② 교량설계 시 규정 등에 정한 건축한계 외에 다리밑 공간에 대한 한계, 교측보도 설치 등의 각종 한계를 고려하여야 한다.

8.1.6 설계의 기본

(1) 설계의 원칙

- ① 철도교량은 안전하고도 경제적이며 목적에 맞는 것이어야 한다. 따라서 실험결과 및 과거의 경험을 바탕으로 하여, 구조물이 받는 정적 및 동적하중, 온도변화, 궤도-교량간 상호작용, 지진의 영향, 기상작용, 지반의 지지력 등에 대응할 수 있도록 하고 구조물의 중요도, 시공검사 및 유지관리, 환경조건, 미관 등을 고려해서 교량의 형식, 사용하는 재료 및 강도, 구조세목 등을 정하여 교량을 설계하여야 한다.
- ② 철도교량의 설계에 있어서는 일반적으로 교량 및 부재의 강도, 안정, 정적 및 동적변형, 내구성 등에 대하여 검토하여야 한다. 필요한 경우에는 부재의 좌굴, 콘크리트의 균열에 대해서도 검토하여야 한다.
- ③ 지진의 영향을 고려하는 경우에는 특히 다음 사항에 대하여 검토하여야 한다.
- 가. 지진의 영향으로 과대한 변형, 비틀림, 응력집중 등이 생기지 않는 구조로 한다.
 - 나. 재현주기 100년 지진에서도 열차가 주행기능을 수행할 수 있는 궤도 안정성이 확보되도록 구조물에 대한 검토를 하여야 한다. 이때 구조물은 탄성설계를 기본으로 하여야 한다.
 - 다. 설계지진 발생 후의 피해정도를 최소화하고 구조물을 구성하는 부재들의 부분적인 피해는 허용하나 구조물의 전체적인 붕괴는 방지할 수 있도록 구조물에 대한 검토를 하여야 한다.
 - 라. 교량 전체의 붕괴를 방지하기 위해 구조상 소성힌지가 생기는 부분에는 급격한 파괴가 생기지 않도록 연성을 갖게 해야 한다.
 - 마. 일반적인 내진계산은 교량의 직교 2방향에 대하여 각각 독립적으로 지진의 영향을 고려해서 계산하고 있으나 실제의 지진 진동은 수평 2방향과 연직방향의 3개 성분이 합성된 것이므로 구조물에 수평비틀림이 생기지 않도록 구조물의 강성의 중심과 질량의 중심이 가급적 일치되는 구조형식으로 하여야 한다.

- ④ 기초 및 교대, 교각의 단면이 상당히 큰 경우 수화열해석에 의한 검토를 수행하여야 하며, 온도해석 및 응력해석, 이들 결과를 사용한 균열 발생의 평가방법은 콘크리트표준시방서의 매스콘크리트편에 따른다.

(2) 설계 계산

- ① 교량 안전성설계는 정적해석에 의하여 수행하여야 하며, 지진이나 충격 등의 영향을 계산하는 경우와 주행안전성 검토는 실제 열차하중을 사용한 동적해석에 의한 검토를 하여야 한다.
- ② 강교의 설계는 허용응력설계법으로 하는 것을 원칙으로 하되 강합성형 교의 콘크리트 바닥판 등의 설계에는 강도설계법을 적용하는 것을 원칙으로 하여야 한다.
- ③ 콘크리트교량의 설계는 강도설계법으로 하는 것을 원칙으로 하되 하부구조의 안정성 검토, 기초구조 검토, 프리스트레스가 도입되는 부재의 사용성 검토 등에 대해서는 허용응력으로 적정성을 검토할 수 있다.
- ④ 구조물의 안정검토에서는 일반적으로 받침면, 기초저면 등에서의 전도, 그리고 지반 및 말뚝 등의 수평 및 연직지지 등에 대한 안전도가 확보되도록 한다.
- ⑤ 구조물의 변형은 일반적으로 열차의 주행안전성, 승객의 승차감, 궤도-교량간 종방향 상호작용을 고려한 허용변위량 이내라야 한다.
- ⑥ 철도교의 설계 내용기간(耐用期間)은 요구되는 공용기간과 환경조건에 대한 교량의 안전성과 내구성능을 고려해서 정한다. 특히, 별도로 규정하지 않는 경우 철도교의 설계 내용기간은 100년으로 한다.

(3) 설계도 및 설계 계산서

① 설계도

가. 설계자가 설계한 구조물이 실제로 시공될 경우에 설계자의 의도대로 구조물이 만들어지지 않는다면 구조물의 안전도가 확보될 수 없고 또 구조물이 그 목적에 맞지 않게 된다. 따라서 설계도에는 시공에 필요한 사항, 장래 구조물을 유지 관리하는데 필요한 사항 등을 명시해 둘 필요가 있다.

나. 또 필요한 경우에는 응력, 흙의 내부마찰각, 기초지반의 허용지지력, 기초말뚝의 허용지지력, 지질도, 철근의 이음종류나 이음위치 등도

기재하여야 한다.

다. 설계도는 구조물 또는 부재의 형상 치수, 철근의 형상 치수, 배치 등을 도시하여야 한다.

라. 설계도에는 기본적으로 다음에서 제시하는 설계계산의 기초적 사항, 시공의 조건 등을 명기하여야 한다.

㉡ 구조물의 위치 및 명칭

㉢ 설계하중

㉣ 사용재료의 종류 및 설계기준강도(또는 허용응력) 또는 안전도

㉤ 콘크리트의 내구성 또는 수밀성으로부터 정해지는 물-시멘트비의 최대값

㉦ 굵은골재의 최대치수

㉧ 설계 책임자의 소속, 성명

㉨ 설계 년월일

㉩ 치수단위와 축척

㉪ 관련도면 및 시방서

② 설계 계산서

가. 설계 계산서에는 일정한 조건하에서 구조물 및 부재가 안전도를 갖고 있음을 보여주는 계산과정을 명시해야 한다.

나. 일반적으로 구조물의 구조와 시공방법과는 밀접한 관계가 있으므로 계산과정에서 일치되어야 한다. 특히 부재접합의 조건(고정, 힌지, 연속 등) 및 시공순서는 계산의 과정과 일치해야 한다.

다. 따라서 만일 설계 계산의 조건과 시공의 조건이 일치하지 못하는 경우에는 다시 설계 계산을 하여, 설계 계산서에 그 과정을 명기해야 한다.

8.1.7 철도교의 요구사항

(1) 일반내용

① 철도교는 열차의 운행 안전성, 승차감, 그리고 향후 유지관리를 위하여 관련되는 엄격한 기준을 만족하여야 한다.

② 철도교는 작용하중이 매우 크고, 많은 불리한 하중조건을 만족하여야 할 뿐만 아니라 차량 운행과 관계된 특별한 인터페이스를 만족하여야

하므로 다음에 기술하는 바와 같은 조건들에 대해 특별히 엄격하고 주의 깊은 설계와 시공, 유지관리, 통제관리 등이 수행되어야 한다.

가. 정적하중 조건(고정하중, 차량하중, 일반 환경적 하중)

나. 동적하중 조건(동적 구조응답, 공진현상 검토)

다. 운행 하중 조건(제동하중, 시동하중, 차량횡하중 등)

라. 반복적인 차량 차축하중에 대한 피로 조건

마. 승차감 확보 조건

바. 궤도-교량간 상호작용 효과(변형 한계조건, 온도 신축길이 제한)

사. 상부구조와 하부구조사이의 인터페이스 조건

아. 교량진단과 유지관리 과정에서 열차의 운행중지를 하지 않을 조건

자. 열차 특수운행 요구사항

③ 「②항」에서 언급한 조건에 맞는 교량의 설계를 위해 다음 특성을 고려하여야 한다.

가. 동적안정성의 확보와 작은 처짐을 유도하여 높은 수준의 편안함과 승객의 안전을 보장하여야 한다.

나. 차량 운행에 따른 공진을 가능한 한 방지할 수 있도록 하거나 공진 시 구조물 변형 안전성을 확보할 수 있어야 한다.

다. 구조물에 위험 요소가 발생할 수 있는 요인을 제한하기 위하여 교량 상부구조의 경우 가급적 단일구조체로 설계하는 것으로 하고 다음 형식을 피하여야 한다.

㉠ 연결부위가 취약한 구조체

㉡ 품질관리가 어려운 복잡한 구조체

㉢ 구조물 점검이 어렵고 복잡한 구조체

라. 시공성과 품질관리의 용이성을 높이고, 보다 고품질의 시공 결과물과 고효율 유지관리를 위해 개념적으로 단순한 형식을 적용하도록 하여야 한다.

마. 열차운행 시 소음문제를 최소화할 수 있는 환경친화적 저소음 형식을 적용하거나 그에 대한 대책을 강구하여야 한다.

(2) 하중의 특성

① 작용하중의 특성치는 합리적으로 계산되어지고 공인될 수 있는 통계적

인 값을 사용하여야 한다.

② 통계적인 분포가 없을 경우에는 공칭하중이 사용될 수 있다.

③ 하중들은 다음의 3가지의 형태를 가진다.

가. 영구적인 작용하중(고정하중, 프리스트레싱, 영구적인 주위환경의 하중 등)

나. 빈도에 관계없이 변동성 있는 하중 또는 준영구적인 작용하중으로 차량과 보행자하중, 기타 여러 작용원인에 의한 다양한 하중들(동적인 증폭관련 외의 어떠한 우발적 사고 상황은 포함시키지 않음)

다. 우발적인 하중(열차운행 상의 우발적인 하중 또는 기타 환경적인 우발적 하중)

(3) 운행을 위한 조건

① 교량은 재료의 특성과 관계된 사항 이외에 추가적으로 진동 한계와 엄격한 변형 제한을 만족하여야만 한다.

② 다음과 같은 4가지의 독립적인 항목이 반드시 고려되어야 한다.

가. 주행의 안전성

나. 승객의 승차감

다. 교량의 동적 안정성

라. 궤도-교량 간 상호작용

③ 차량 운행 조건 검토 시 다음 사항을 만족하여야 한다.

가. 차량 운행에 대한 조건은 열차속도 또는 차축간격, 수직하중, 열차의 특성으로 인해 수반되는 운행 조건에 의해 평가되어야 한다.

나. 운행 조건 중에서 열차의 수, 열차의 구성과 그 크기는 특히 강구조물의 경우 피로검토를 위해서 반드시 고려되어야 한다.

다. 정적설계에 적용되는 교량에 재하되는 운행 하중은 표준열차하중을 사용하여야 한다.

라. 표준열차하중에 동적 충격효과를 고려하기 위한 충격계수가 포함될 때 선로의 운행 하중에 상응하는 수평효과들이 고려되어야 한다.

마. 교량의 동적해석을 수행하기 위해서는 실제 열차하중이 적용되어야 한다.

(4) 궤도-교량 간 상호작용

- ① 교량 등 선로 상부구조물이 두개의 교대에 걸쳐져 있는 단순구조 형식 이거나, 또는 하나의 교대를 포함하는 상부구조를 가지거나, 혹은 레일 신축이음장치(REJ)를 가지고 있거나 가지지 않는 복잡한 연속구조물 인 경우 등의 모든 경우에 있어서, 장대레일에서 기인하는 교축방향 하중은 구조물과의 상호작용으로 복잡하게 분산되어진다. 이러한 하중 들의 일부분은 다른 선로에 전달되어지며, 또한 교량 구조물은 다음과 같은 영향을 받을 수 있으므로 검토하여야 한다.

가. 교량의 종방향 변위에 대한 궤도의 저항

나. 탄성받침 등 종방향 강성을 고려할 수 있는 특정한 형식의 받침에 의한 종방향 변위에 대한 상부구조의 저항

- ② 다음의 하중에 의한 영향은 복합적인 수평방향 거동을 유발하여 반드시 고려하여야 한다.

가. 온도변화에 따른 레일과 구조물에서의 서로 다른 거동의 영향

나. 제동과 시동에 준용하는 수평하중의 영향

다. 다음 사항을 유도할 수 있는 수직하중에 의한 교량 휨에 기인한 영향

㉠ 받침 위의 상부구조 단부각변위

㉡ 교량상부구조의 종방향 변위

㉢ 레일에서의 추가 휨응력

- ③ 궤도에 추가되는 하중들은 레일, 체결구 등 궤도 구성요소의 특성과 함께 고려되어야 한다. 특히, 장대레일이 부설된 콘크리트궤도에서의 교량 변위발생에 따른 체결구의 압상(Uplift) 및 압축에 대한 안정성을 검토하여야 한다.

(5) 유지관리

- ① 유지관리를 위한 최소치인 유지관리 요구도를 제시하기 위하여 세부적인 설계과정 동안 유지관리에 대한 계획이 수립되어야 한다.
- ② 설계도서에는 유지관리를 위한 사전 고려사항 및 유지관리 시설이 반영되어야 한다.
- ③ 유지관리 계획은 별도의 「유지관리계획 작성지침」에 의거하여 작성되

어야 한다.

8.1.8 기록

(1) 교량대장

- ① 교량대장은 유지관리, 금후의 계획, 각종 조사를 위하여 필요한 것으로 특별히 유의하여 정비하고 보관하여야 한다.
- ② 교량대장에는 교량의 길이, 교량 폭, 설계하중(시방서명), 설계지진의 크기, 기초의 형식과 근입깊이, 지반조건, 주요부분의 구조도, 준공년월일, 기타 장래의 유지관리에 필요한 기재사항을 기재하여 이것을 보관하여야 한다.

(2) 교명판

- ① 교량에는 교명판을 부착시킴을 기본으로 한다.
- ② 교명판에는 교량 명칭, 총연장, 교량 폭, 설계하중, 공사기간, 시행청, 설계자, 시공자, 책임감리원, 준공검사자 등을 기재하여야 하며, 교량종류에 따른 교명판의 구체적인 제작요령과 부착위치는 시행청이 정한 바에 따른다.

8.2 하중

8.2.1 하중의 종류

설계에 있어서는 다음 하중을 고려한다.

(1) 영구하중

- ① 고정하중(자중)
- ② 2차 고정하중(부가되는 고정하중)
- ③ 환경적인 작용하중
- ④ 간접적인 작용하중

(2) 운행 하중

- ① 표준열차하중
- ② 충격
- ③ 수평하중 ; 차량횡하중, 캔트효과, 원심하중, 시동하중과 제동하중

(3) 기타하중

- ① 풍하중
- ② 온도변화의 영향 : 교량 설계시 온도변화, 단면에서의 온도변화율, 궤도-구조물간의 상호작용
- ③ 장대레일 종하중
- ④ 2차 구조부분, 장비, 설비 등에 작용하는 하중 : 유지보수 통로하중, 균중하중, 승강장에 재하되는 하중, 난간하중, 방음벽, 지주 하단에 작용하는 하중, 마찰저항하중, 화물하중
- ⑤ 기타하중 ; 마찰저항하중 등

(4) 특수하중

- ① 충돌하중
- ② 탈선하중
- ③ 가설시의 하중
- ④ 지진의 영향

교량을 설계할 때 고려하여야 할 하중의 종류를 모두 열거한 것인데, 가교지점의 여러 조건과 구조에 따라 하중 및 하중의 조합을 선정하여야 하며 모든 하중을 모두 고려할 필요는 없다.

8.2.2 영구하중

(1) 영구하중의 종류

- ① 고정하중(자중)
- ② 2차고정하중(부가되는 고정하중)
 - 가. 고정된 시설과 상부구조의 설비, 장치 등
 - 나. 제거 가능한 영구하중(자갈도상 등)
- ③ 환경적인 작용작용 : 토압, 수압, 파압, 설하중
- ④ 간접적인 작용하중 : 프리스트레싱, 콘크리트 크리프의 영향, 콘크리트 건조수축의 영향, 지점변위(반침의 변위, 지반변동의 영향, 지점이동의 영향, 구조물에 영향을 미치는 변형)의 영향

(2) 고정하중

- ① 고정하중은 전체구조물의 자중으로 인한 수직방향 하중과 모든 영구적으로 설치되어진 부재들, 예를 들어 벽체, 기둥, 칸막이, 마루, 지붕, 토공, 선로, 도상, 각종 관, 신호기, 강봉, 강선 등(강선에 관련된 인장으

로 인한 하중, 전차선로(catenary) 지지 등은 제외)과 그 외 다른 고정된 시설장치를 말한다.

- ② 고정하중은 전체 구조물의 중량으로 다루어진다. 여러 가지 재료의 단위중량은 <표 8.2.1>의 값을 사용하는 것으로 한다.

표 8.2.1 재료 단위중량

재료	단위중량 (kN/m ³)	재료	단위중량 (kN/m ³)
강, 주강, 단강	77	프리스트레스트 콘크리트	24.5
연철	76.5	인공경량골재콘크리트	15~17
주철	71	모르타르	21
목재	8	방수용아스팔트	11
도상(자갈 또는 쇄석)	19	석재	26
무근콘크리트	23	모래, 자갈, 부순돌, 흙	16~20
철근콘크리트	24.5	석탄, 탄가루	10

- 주 : (1) 표에 제시된 값은 각종 측정치의 평균치보다 조금 큰 값을 취하였음
 (2) 목재의 중량은 수령과 함수비에 따라 다르고, 8kN/m³는 흔히 사용되는 목재에 비해 좀 과대한 편이지만 못, 꺾쇠, 볼트 등의 쇠붙이를 포함하는 것으로 보고 <표 8.2.1>의 값으로 정하였음
 (3) 흙의 단위중량에 대해서는 <표 8.2.2>를 참조하여야함

(3) 2차 고정하중(부가되는 고정하중)

- ① 2차 고정하중은 궤도, 방수, 방음벽, 신호기 기둥, 전차선 지주 등을 포함하여야 한다. 제거 가능한 2차 고정하중은 자갈도상, 케이블 등이 있다.
- ② 자갈 및 콘크리트 도상 궤도의 2차 고정하중은 정량적으로 계산하여 적용하는 것으로 하며, 단선 궤도에 대한 재료의 중량은 다음 값을 사용할 수 있다.

가. 레일(체결구 포함) 1.5kN/m

나. 침목 : 일반철도용	4.1kN/m
고속철도용	5.0kN/m
다. 자갈도상	19kN/m ³
보조도상	16kN/m ³
라. 콘크리트궤도 도상	24.5kN/m ³
콘크리트궤도 보조도상	24.5kN/m ³

- ③ 자갈도상의 중량은 보선작업과정을 고려하여 30%할증된 값을 사용한다. 또 곡선부에서는 캔트부설에 따른 증가량을 추가하여 사용한다.
- ④ 무도상 판형교에서의 경우 교량침목 부설궤도는 7kN/m(단선), 직결궤도는 3 kN/m(단선)으로 한다.
- ⑤ 전선 및 신호케이블 등의 2차 고정하중은 1kN/m로 하고 트러프 하중은 별도로 계산한다.

(4) 토압

- ① 토압효과의 산정을 위해, 토질조사는 건조밀도, 습윤밀도, 정착력, 내부마찰계수에 대한 특성치를 제공하여야 한다.
- ② 계산을 쉽게 하기 위해, 궤도에 수평한 교대와 옹벽의 배면의 연속 궤도에 의한 하중효과는 무한길이로 정의될 수 있는 해당 궤도 당 3.5m 폭의 침목 하부에 30kN/m²이 균등히 작용한다고 가정하여야 한다. 이때 토압은 (1±0.05)배 증감치에 대해서도 불리한 경우를 고려하여 검토하여야 한다.
- ③ 평상시 수평토압
- 가. 교대, 교각, 날개벽 및 옹벽 등에 작용하는 횡방향 토압의 크기는 구조물의 종류나 토질에 따라 다르다.
- ㉠ 구조물이 강체로서 회전하거나 전면으로 밀려나오는 경우에는 횡방향 토압의 분포는 일반적으로 3각형 분포로 볼 수 있다. 이 경우의 토압을 구하는 공식에는 Coulomb토압공식, Rankine토압공식 등이 있지만 실내외 시험에서 Coulomb토압공식이 비교적 실험결과와 가까운 값을 보이므로 Coulomb토압공식을 사용하는 것으로 하여야 한다.
- ㉡ 역T형 옹벽 또는 부벽식 옹벽과 같이 뒷굽판이 비교적 긴 경우에는

뒷굽판에서 연직으로 세운 가상면에 토압이 작용하는 것으로 간주해서 이 면에 작용하는 횡방향 토압은 Rankine토압공식으로 구하여야 한다.

- ㉔ 강널말뚝 등과 같이 변형되기 쉬운 연성구조물에 작용하는 횡방향 토압은 복잡한 곡선분포를 보이므로 이 경우에는 Coulomb토압을 사용해서는 안 되며, 벽체의 변형을 고려한 토압공식을 적용하여야 한다.

나. 가동벽에 작용하는 횡방향 토압은 <식 (8.2.1)>, <식 (8.2.2)>, <식 (8.2.3)>, <식 (8.2.4)>로 구하여야 한다. Coulomb토압을 구할 때의 토압계수는 <식 (8.2.5)>과 <식 (8.2.6)>을 적용하며, 토압의 작용방향은 벽배면의 직각방향과 벽면마찰각만큼 기울어진 방향으로 본다. Rankine토압을 구할 때의 토압계수는 <식 (8.2.7)>과 <식 (8.2.8)>을 적용하며, 토압의 작용방향은 뒤채움 지표면과 나란한 방향으로 본다.

- ㉕ 사질토에서의 주동토압과 수동토압 :

$$p_a = K_a \gamma z + K_a q \quad (8.2.1)$$

$$p_p = K_p \gamma z + K_p q \quad (8.2.2)$$

- ㉖ 점성토에서의 주동토압과 수동토압 :

$$p_a = K_a \gamma z - 2c \sqrt{K_a} + K_a q (\text{다만, } p_a \geq 0) \quad (8.2.3)$$

$$p_p = K_p \gamma z + 2c \sqrt{K_p} + K_p q \quad (8.2.4)$$

<식 (8.2.1)> ~ <식 (8.2.4)>에서, 토압계수는 다음과 같이 구하여야

한다.

㉔ Coulomb토압의 경우 :

$$K_a = \frac{\cos^2(\phi - \theta)}{\cos^2\theta \cos(\delta + \theta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \alpha)}{\cos(\delta + \theta) \cos(\theta - \alpha)}} \right]^2} \quad (8.2.5)$$

$$K_p = \frac{\cos^2(\phi + \theta)}{\cos^2\theta \cos(\delta + \theta) \left[1 - \sqrt{\frac{\sin(\phi - \delta) \sin(\phi + \alpha)}{\cos(\delta + \theta) \cos(\theta - \alpha)}} \right]^2} \quad (8.2.6)$$

다만, $\phi \pm \alpha < 0$ 인 경우에는 $\sin(\phi \pm \alpha) = 0$ 으로 하여야 한다.

Rankine토압의 경우 :

$$K_a = \cos\alpha \frac{\cos\alpha - \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\phi}}{\cos\alpha + \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\phi}} \quad (8.2.7)$$

$$K_p = \cos\alpha \frac{\cos\alpha + \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\phi}}{\cos\alpha - \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\phi}} \quad (8.2.8)$$

여기서, p_a : 깊이 z 에서의 주동토압(kN/m²)

p_p : 깊이 z 에서의 수동토압(kN/m²)

K_a : 주동토압계수

K_p : 수동토압계수

γ : 흙의 단위중량(kN/m³)

z : 횡방향 토압을 구하고자 하는 깊이(m)

c : 흙의 점착력(kN/m²)

q : 지표면 상재하중(kN/m²)

ϕ : 흙의 전단저항각(°)

- α : 지표면과 수평면이 이루는 각(°)
 θ : 벽배면과 연직면이 이루는 각(°)
 δ : 벽배면과 흙 사이의 벽면마찰각(°)

다. 고정벽에 작용하는 횡방향 토압은 <식 (8.2.9)>로 구하여야 한다.

$$p_0 = K_0 \gamma z + K_0 q \quad (8.2.9)$$

여기서, p_0 : 깊이 z 에서의 정지토압(kN/m²)

K_0 : 정지토압계수

정지토압계수는 $K_0 = 1 - \sin\phi$ 로 구하는 것으로 하며, 토질조건에 따라 보다 합리적인 공인된 경험공식 또는 경험치를 사용할 수 있다.
(ϕ =흙의 배수내부마찰각)

라. 토압의 계산에 적용하는 흙의 단위중량 γ 는 시공장소에서 채취한 토질시료를 이용하여 구하며, 개략설계의 경우에는 <표 8.2.2>의 값을 이용할 수도 있다.

표 8.2.2 흙의 단위중량(단위:kN/m³)

지반	토질	느슨한 경우	축축한 경우
자연지반	모래 및 모래질 자갈	18	20
	사질토	17	19
	점성토	14	18
성토	모래 및 모래질 자갈	20	
	사질토	19	
	점성토	18	

- 주 : (1) 지하수위 아래에 있는 흙의 단위중량은 표의 값에서 9를 뺀 값으로 하여야 한다.
- (2) 부순돌의 단위중량은 자갈과 같은 값으로 하여야 한다. 또 슬래그, 암괴 등의 경우에는 종류, 형상, 크기 및 간격 등을 고려하여 정하여야 한다.

(3) 자갈 섞인 사질토 또는 자갈 섞인 점성토에 있어서는 혼합비율과 상태에 따라 합리적인 값으로 하여야 한다.

(4) 지표면 재하하중은 교대와 같이 벽면 치수에 비해 재하면적이 큰 경우에는 일반적으로 교량의 등급에 관계없이 활하중 $q=35\text{kN/m}^2$ 로 볼 수 있다. 지진시 수평토압은 별도 내진설계 조항에 따른다.

(5) 수압

① 정수압

가. 정수압은 <식 (8.2.10)>에 의해 산출하여야 한다. 구조물의 지반 속에 있는 부분에 작용하는 수압이 이 이론수압의 값까지 작용하지 않는 것이 확실한 경우에는 그 확실한 값까지 감소시킬 수 있다.

$$P_h = \omega_0 \cdot h \quad (8.2.10)$$

여기서, P_h : 수면에서 h 만큼 깊은 곳의 정수압(kN/m^3)

h : 수면에서의 깊이(m)

ω_0 : 물의 단위중량(kN/m^3)

나. 수위의 변동이 현저한 곳에 계획된 교대의 경우, 전면의 수위와 안쪽의 수위 사이에 수위차가 생기는 수가 있다. 이와 같은 경우에는 이 수위차에 따른 잔류수압을 고려하여야 한다.

② 유수압

가. 유수압은 유수방향에 대한 교각의 연직투영면적에 작용하는 수평하중으로 하고 <식 (8.2.11)>에 의해 산출하여야 한다. 작용위치는 하저(河底)에서 $0.6H$ 로 하여야 한다.

$$P = K \cdot v^2 \cdot A \quad (8.2.11)$$

여기서, P : 유수압(kN)

K : <표 8.2.3>에 나타난 교각의 형상에 따라 정해지는 계수

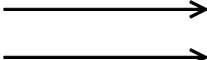
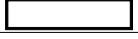
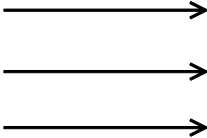
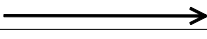
제 8 장 교량 일반사항

v : 최대유속(m/s)

A : 교각의 연직투영면적(m²)

H : 수심(m)

표 8.2.3 교각형상에 따른 저항계수, K

교각의 유수방향	단부의 형상	계수
	 	0.7
	  	0.4
		0.2
	유송잡물이 집적되는 교각	0.7

주 : 유송잡물이란 집중호우 시 우수의 흐름에 의해 나뭇가지, 토사, 자갈, 유목 등이 원 지반으로부터 분리되어 이송되는 것을 말한다.

나. 세굴의 영향이 있는 경우의 유수압을 산출할 때 사용하는 수심은 평상시에는 하부구조에 의한 세굴의 영향이 없을 때의 수심에 평상시 하부구조의 영향에 의해 발생하는 세굴의 깊이와 교량의 내용기간 중에 예상되는 전반적인 하상 저하량을 더한 깊이로 하여야 한다. 홍수시에는 평상시의 설계수심에 홍수시 수위의 증가와 홍수시 세굴 깊이를 더한 깊이로 하여야 한다. 곧, 교각부근의 수심은 세굴이 있는 경우 일반적으로 <그림 8.2.1>과 같은 양상을 보인다고 생각하면 된다. 이와 같은 경우의 전유수압은 <식 (8.2.12)> 혹은 <식 (8.2.13)>으로 산출하면 된다.

$$P = K \cdot v_n^2 \cdot A = K \cdot v_n^2 \cdot \left(\frac{B_a + B_b}{2} \cdot H_n \right) (\text{평상시}) \quad (8.2.12)$$

$$\text{혹은, } P = K \cdot v_f^2 \cdot \left(\frac{B_a' + B_b'}{2} \cdot H_f \right) \quad (\text{홍수시}) \quad (8.2.13)$$

한편, 작용위치는 평상시는 b 에서 $0.6H_n$ 까지, 홍수시는 b' 에서 $0.6H_f$ 의 높이가 된다.

여기서, K : <표 8.2.3>에 주어진 교각의 저항계수

H_n : 평상시의 설계수심(m)

H : 평상시 유수의 수심(m)

ΔH_d : 예상 하상 저하량(m)

ΔH_{sn} : 평상시의 세굴깊이(m)

H_f : 홍수시의 설계수심(m)

ΔH_f : 홍수시의 H에 대한 증가 수심(m)

ΔH_{sf} : 홍수시 평상시 세굴선에서의 세굴깊이(m)

(이 양은 홍수 후에는 없어진다.)

$B_a, B_{a'}$: a 또는 a' 에 있어서 구체의 폭(m)

$B_b, B_{b'}$: b 또는 b' 에 있어서 구체의 폭(m)

v_n : 평상시의 최대유속(m/s)

v_f : 홍수시의 최대유속(m/s)

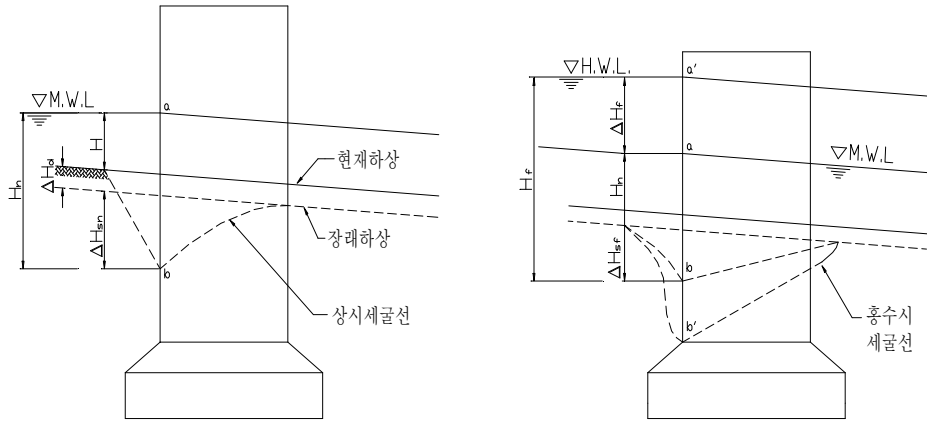


그림 8.2.1 교각부근에서 수심을 취하는 법

다. 부력 또는 양압력

- ㉠ 부력 또는 양압력은 연직방향으로 작용하는 것으로 하고 구조물에 가장 불리하도록 재하 시킨다. 양압력이란 구조물의 전후의 수위차 또는 파랑 등에 의한 구조물 위치에서의 일시적인 수위의 상승에 의해 생기는 상향의 힘을 말한다.
- ㉡ 부력 또는 양압력의 작용이 확실한 경우의 예를 <그림 8.2.2>에, 확실하지 않은 경우의 예를 <그림 8.2.3>에 나타내었다.
- ㉢ 부력 또는 양압력의 작용이 확실한 경우에는 이것을 고려해야 하며, 그 작용이 확실하지 않더라도 경년적(經年的)인 물의 침투 또는 구조물의 접지상태에 따라 이 힘들의 작용을 예측할 수 있다. 따라서 설계는 안전측이 되도록 그 작용을 고려하는 것이 좋다. 즉, 안정 계산 가운데 전도나 활동 등의 경우에는 고려하고, 지지력의 경우에는 무시하여 계산할 수 있다. 부력 또는 양압력의 작용을 받는 구조물의 안정에 대한 안전율은 1.2이상이어야 한다.

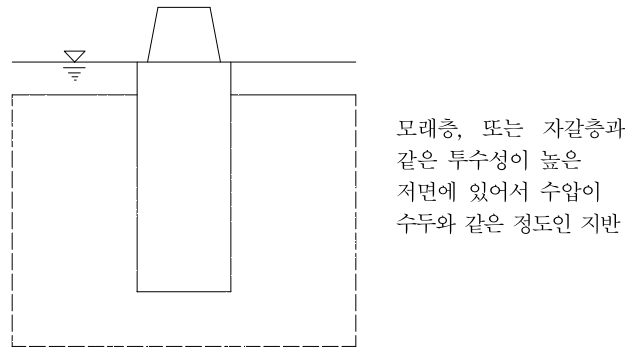


그림 8.2.2 부력 또는 양압력의 작용이 확실한 경우

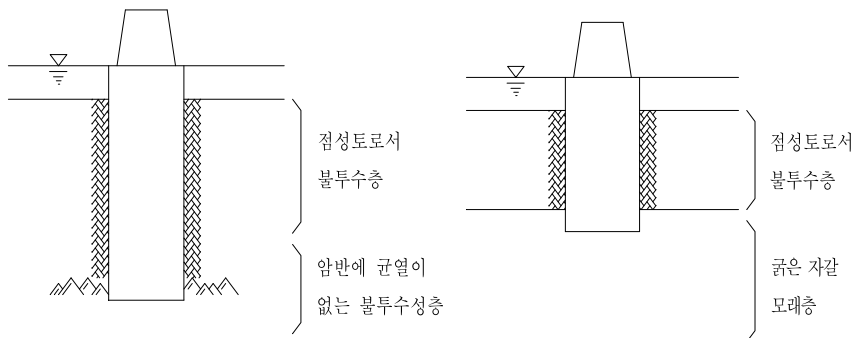


그림 8.2.3 부력 또는 양압력의 작용이 확실하지 않은 경우

(6) 파압

- ① 연직벽에 작용하는 쇄파의 파력은 <식 (8.2.14)>에 의해 산출한다. 파력은 정수면상 $1.25H_0$ 의 높이에서 해저까지 균일하게 분포한다.

$$p = 1.5w H_0 \quad (8.2.14)$$

여기서, p : 쇄파(碎波)의 압력(kN/m²)

w : 해수의 단위중량(kN/m³)

H_0 : 심해파(deep water wave)의 파고(m)

<식 (8.2.14)>는 쇄파의 파력의 식이므로 수심이 파고의 2배 이하일 때에만 적용한다. 이 한계를 넘으면 작용하는 파(波)는 중복파(重複波)로서 고려하여야 한다.

- ② 하천이나 호수 등에 설치된 교각에 대해서는 일반적으로 수심이 얇고 파압의 영향이 작아서 무시하여도 좋으며, 근처를 통과하는 선박에 의한 파력을 받는 경우도 파압의 영향을 무시해도 좋다.

(7) 설하중

적설이 많은 지역에 설치하는 구조물에는 필요에 따라 설하중을 고려해야 한다. 일반적인 경우 1kN/m^2 정도면 충분하며 상세한 산식은 <식 (8.2.15)>으로 구할 수 있다.

$$SW = P \cdot Z_s \quad (8.2.15)$$

여기서, SW : 설하중(kN/m^2),

P : 눈의 평균단위중량(kN/m^3),

Z_s : 설계적설깊이(m)

(8) 프리스트레스 힘

구조물에 프리스트레스 힘을 도입하는 경우에는 설계에 이를 고려하여야 하며, 프리스트레스 콘크리트에 도입하는 프리스트레스 힘에 관해서는 다음과 같이 정하며 구체적인 사항은 별도 콘크리트교 설계조항에서 정하는 바에 따른다.

- ① 설계시에 고려하여야 할 프리스트레스 힘은 프리스트레싱 직후의 프리스트레스 힘과 그 후 콘크리트의 크리프, 건조수축 및 PS강재의 릴렉세이션 등이 끝났을 때의 유효프리스트레스 힘이다. 필요에 따라서는 프리스트레싱 직후의 프리스트레스 힘과 유효프리스트레스 힘 사이의 중간의 프리스트레스 힘에 대해서도 고려하여야 한다.

또 부정정구조물에서 프리스트레스 힘에 의해 부정정력이 일어나는 경우에는 이들을 고려하여야 한다.

- ② 프리스트레싱 직후의 프리스트레스 힘의 감소는 프리텐션 방식에서는 콘크리트의 탄성변형만을 고려하여야 하고, 포스트텐션 방식에서는 콘크리트의 탄성변형, PS강재와 쉬스의 마찰, 정착장치 및 긴장기구 내부의 마찰, 정착장치에서의 활동을 고려하여야 한다.

가. 콘크리트의 탄성변형에 의한 PS강재의 인장력의 감소량은, 프리텐션 방식의 경우에는 배치된 PS강재 모두가 동시에 프리스트레싱되기 때문에 PS강재의 도심 위치에서의 콘크리트 응력에 탄성계수비(n)를 곱하여 산출하지만, 포스트텐션 방식의 경우에는 일반적으로 1케이블 또는 한 그룹마다 단계적으로 프리스트레싱되며 긴장단계마다 이미 정착된 PS강재의 인장력이 순차로 변해가므로 이들을 고려하여 감소량을 계산해야 한다.

나. 마찰에 의한 PS강재의 인장력의 감소는 주로 쉬스와 PS강재의 마찰 손실에 의해서 생기지만 PSC공법에 따라서는 정착장치의 마찰과 긴장기구 내부의 마찰도 있기 때문에 이들에 의한 영향도 고려해야 한다. 쉬스 및 PS강재의 마찰 손실은 쉬스 및 PS강재의 종류나 각각의 녹슨 정도 및 배치상태에 따라 많은 차이가 있다. 일반적으로 마찰에 의한 PS강재의 인장력 감소는 PS강재의 각 변화와 길이의 영향으로 나누어 산출할 수 있다.

다. 정착장치(碇着裝置)의 활동에 의한 PS강재 인장력의 감소는 각종 PSC 공법에 따라 다르다. 나사식 및 단추식의 정착방식에서는 활동이 근소하므로 무시할 수 있으나, 췌기식의 정착 방식에서는 비교적 큰 활동이 일어나므로 정착시의 활동을 과거의 실적 등으로부터 미리 가정하여 PS강재 인장력의 감소량과 그 영향범위를 검토해두어야 한다.

- ③ 유효프리스트레스 힘은 「(2)항」의 규정으로 산출한 프리스트레싱 직후의 프리스트레스 힘에 다음의 영향을 고려하여 산출한다.

가. 콘크리트의 크리프

이 경우에 고려하는 지속하중은 프리스트레스 힘과 고정하중이다.

나. 콘크리트의 건조수축

다. PS강재의 릴랙세이션(relaxation)

- ④ 유효프리스트레스 힘에 의한 부정정력은 부재 전체에 걸쳐 평균한 PS 강재 인장력의 유효계수값을 프리스트레싱 직후의 부정정력에 곱하여 산출할 수 있다. 프리스트레스 힘을 작용시킨 직후에 발생하는 부정정력은 콘크리트의 크리프, 건조수축 및 PS강재의 릴랙세이션에 의한 PS강재의 인장력의 감소에 따라 변화한다. 이 변화량은 단면에 따라 다른데 최종의 부정정력을 엄밀하게 구하자면 대단히 번잡한 계산이 필요하게 되지만 그 결과는 일반적으로 작다. 콘크리트를 균일하다고 가정하고, PS강재의 인장력의 시간적 변화만을 고려하여 엄밀한 계산을 시행한 결과에서는 PS강재 인장력의 변화에 의한 부정정력은 프리스트레싱 직후의 부정정력의 10%정도이고 방향은 다르게 나타난다. 한편, PS강재의 유효인장력을 P_e , 프리스트레싱 직후의 인장력을 P_t 라 할 때, 각 단면의 유효계수 $\eta (= P_e/P_t)$ 의 값은 일반적으로 80%~85%정도이지만, 부재 전체에 걸친 평균값은 이것보다 큰 값이 되므로 일반적인 경우에는 위에서 기술한 부재 전체에 걸쳐 평균한 PS강재 인장력의 유효계수를 프리스트레싱 직후의 부정정력에 곱하여 유효 프리스트레스 힘에 의한 부정정력으로 본다. 또 근사적으로는 부재 전체에 걸쳐서 평균값을 0.9로 보아도 좋다.

(9) 콘크리트의 크리프의 영향

콘크리트부재 외에 강합성거더교와 같이 강재 주거더와 콘크리트 바닥판이 합성된 경우에 대해서는 콘크리트의 크리프와 건조수축의 영향을 고려하여야 한다.

- ① 콘크리트 크리프는 「콘크리트 구조설계기준」을 따른다.
- ② 크리프에 대한 실험은 KS F 2453(콘크리트의 압축 크리프 시험방법)에 따라야 한다.
- ③ 프리캐스트 콘크리트에서는 최종 크리프 변형과 즉시변형 사이의 최종 크리프 계수는 2로 가정할 수 있다.
- ④ 현장타설 공법을 적용한 교량 또는 타설한 직후 중량의 하중제하조건이 부여되는 시공 방법을 적용한 경우는 최종 크리프 계수는 3으로 가

정될 수 있다. 예를 들면 FCM(Free Cantilever Method)공법이 적용되는 경우 이 계수를 3으로 적용할 수 있다.

- ⑤ 크리프 값은 노출되는 교량상부구조와 같은 조건의 경우 30%증가된 값을 적용하여야 한다.

(10) 콘크리트의 건조수축의 영향

- ① 프리스트레스 손실량 산정시 콘크리트의 건조수축 변형률은 <표 8.2.4>의 값을 사용하도록 한다. 콘크리트의 건조수축 변형률의 크기는 <표 8.2.4>의 값보다 실제 더 큰 값을 나타내지만 이 표의 값은 콘크리트 내에 배치되어 있는 축방향 강재량에 의한 영향을 어느 정도 고려하여 정한 것이다.

표 8.2.4 콘크리트의 건조수축 변형률 (10^{-6})

프리스트레스를 도입할 때 콘크리트의 재령(일)	4-5	28	90	365
건조수축 변형률	270	200	140	70

<표 8.2.4>는 상대습도 70~75%, 증기양생, 등가 부재두께 130mm 등의 표준조건에 해당하는 옥외의 경우에 대해 나타낸 값이다. 옥외의 경우라는 것은 부재가 외기에 접촉하는 상태이고, 옥내의 경우라는 것은 외기와 차단되는 상태를 의미한다.

- ② 콘크리트의 건조수축에 의한 부정정력을 계산할 때 콘크리트의 건조수축 변형률은 150×10^{-6} 으로 한다. 다만, 축방향 강재량이 부재의 콘크리트 단면적의 0.5%미만인 경우에는 200×10^{-6} 으로 한다. 이때 구조물에 배치되어 있는 강재량, 콘크리트의 크리프 등을 고려하여 콘크리트의 건조수축 변형률을 적용하는 것이 바람직하므로 콘크리트 그 자체의 건조수축 변형률보다 작은 값을 사용한다.
- ③ 경량 콘크리트의 건조수축 변형률은 콘크리트에 배합된 경량골재의 건조수축 변형률을 고려하여 정하여야 한다.
- ④ 건조수축 변형률은 다음 값을 준용할 수 있다.

가. 철근콘크리트 구조물	15×10^{-5}
나. 라멘구조물	15×10^{-5}
다. 아치구조물	20×10^{-5}

(11) 지점변위의 영향

- ① 지점변위는 받침의 변위, 지점이동의 영향, 지반침하와 기초회전 각변위, 수평변위 등으로 발생하는 변위이다.
- ② 지반침하는 토질조사로부터 토질 정수 등의 특성치 값과 지진으로 인한 액상화의 위험도로부터 추정할 수 있다.
- ③ 상부구조와 하부구조의 설계는 여러 변화하는 토질조건을 가지는 어느 구역의 정해진 시간에 어느 하나의 교각에 대한 지반침하들과 받침의 전위, 지점이동의 영향 등을 고려하여 수행하여야 한다.
- ④ 균질의 흙의 경우 5mm의 지반침하가 적용되어야 한다.
- ⑤ 지점변위의 영향에서는 변화된 콘크리트 탄성계수(장기탄성계수)가 고려되어야 한다.

⑥ 하부구조에 대한 지반변동의 영향

하부구조 완성 후 기초지반의 압밀침하 등에 의해 지반 변동이 예상되는 경우에는 그 영향을 고려한다. 지반변동의 예는 다음과 같다.

- 가. 기초주변지반의 압밀침하
- 나. 배면성토에 의한 연약지반의 측방유동
- 다. 하천의 흐름, 파랑에 의한 세굴, 하상저하

⑦ 상부구조에 대한 지점이동의 영향

가. 교각, 교대 등의 모든 하부구조는 인접 교각이나 교대간의 부등침하를 고려하여 상부구조 설계 시 고려하여야 하며, 이때 하부구조가 콘크리트구조일 경우 크리프, 건조수축 등을 고려한 장기 탄성계수를 적용하여야 한다.

나. 연속보나 라멘구조, 교각과 같은 부정정 구조물에서는 지반의 부등침하 등으로 인하여 생기는 기초구조물의 침하, 수평이동, 회전 등에 따라 부재응력이 증가되는 곳이 생기므로 이들 영향을 고려하여야 할 경우에는 최종 이동량을 추정하여 단면력을 산정하여야 한다. 단면력의 산정은 탄성계산에 따르면 된다.

- 다. 콘크리트교에서는 콘크리트의 크리프 영향에 따라 그 응력은 상당히 작게 되어 크리프계수 $\phi=2.0$ 의 경우 탄성계산에 의한 값의 50%정도로 된다. 따라서 크리프의 영향을 고려하지 않고 계산하는 경우에는 계산치의 50%를 소요강도로 보면 된다. 그러나 처음부터 크리프의 영향을 고려하여 엄밀하게 계산할 경우에는 그렇지 않다.
- 라. 강교에서는 콘크리트교와 같은 크리프현상은 없으므로 탄성계산으로 구한 단면력을 그대로 소요강도로 하여야 한다.
- 마. 교각의 길이가 보의 길이에 비하여 아주 짧은 라멘구조에서는 지점의 이동 및 회전에 따라 큰 응력이 생기는 곳도 있으므로 특히 유의하여야 한다. 또 지점 이동의 영향에 대한 허용응력은 증가시키지 않는다.

8.2.3 운행하중

(1) HL 표준열차하중

① HL하중 재하도

- 가. 시속 200km이상의 고속철도 구조물은 HL하중 재하도에 나타낸 하중을 견디도록 설계되어야 한다.

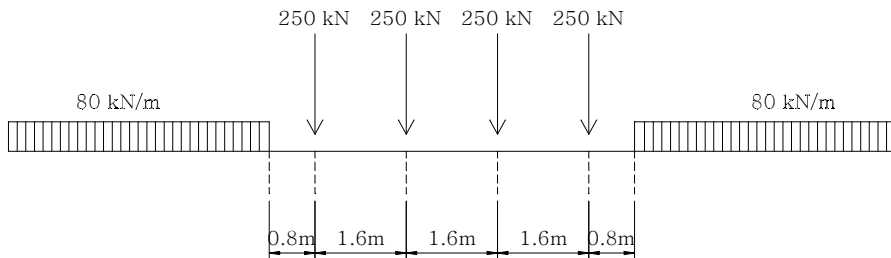


그림 8.2.4 HL 표준열차하중도(여객전용 HL표준열차하중의 경우 등분포하중부에 대해 75%인 60kN/m적용)

- 나. 고속철도열차재하로 인한 동적인 해석은 실제적인 고속철도 열차의 하중이 사용되어야 하며, 모든 하중은 구조물의 가장 불리한 위치에 대해서 검토되어야 한다.
- 다. 하나 혹은 두개의 궤도를 가지는 구조물은 각각의 궤도에 HL하중이

적용되어지며 두개이상의 궤도를 가지는 구조물은 다음 두 경우 중 불리한 조건을 적용하여 검토하여야 한다.

㉔ 두개의 궤도에는 HL하중을 전부 재하하고 세 번째 궤도에는 HL하중 50%, 나머지 궤도에는 비 재하

㉕ 모든 궤도에 HL하중의 75%를 재하

② 표준열차하중 편심

수직하중의 편심은 고려되어야 한다.

③ 구조물에 대한 표준열차하중의 전달

도상구조물이나 비 도상구조물 모두 침목과 레일로 인한 표준열차하중의 분산이 고려되어야 한다.

④ 피로의 영향을 검토할 때의 표준열차하중

피로의 영향을 검토할 때는 단선을 지지하는 부재는 단선재하의 응력으로, 복선의 경우에도 단선재하의 상태에서 검토한다. 다만 동시재하 가능성이 높은 경우에는 동시재하 확률을 고려하여 검토한다.

⑤ 바람의 영향을 검토할 때의 표준열차하중

바람에 의한 교량의 전도에 대한 검토에서 공차하중을 사용할 때는 1 궤도당 16kN/m의 등분포 하중으로 하고 충격은 가산하지 않는다.

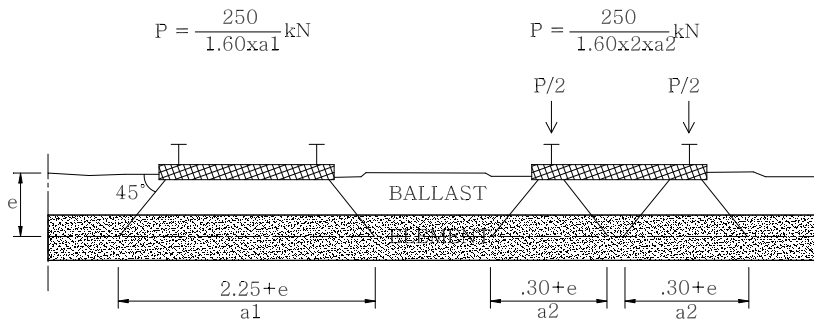


그림 8.2.5 횡방향 하중분포도

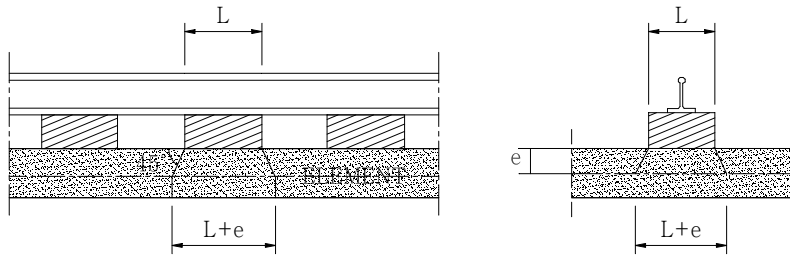


그림 8.2.6 콘크리트 도상 경우의 하중 분포도

(2) 시속 200km이하 표준열차하중

시속 200km이하의 표준열차하중은 선로등급에 관계없이 LS-22 표준열차하중을 적용하고, 전동차 전용선인 경우에는 EL-18 표준열차하중을 적용한다. 그러나 특정차량만을 운전하는 선로에서는 그 차량의 중량 및 통과빈도 등을 고려하여 표준열차하중을 정할 수 있다.

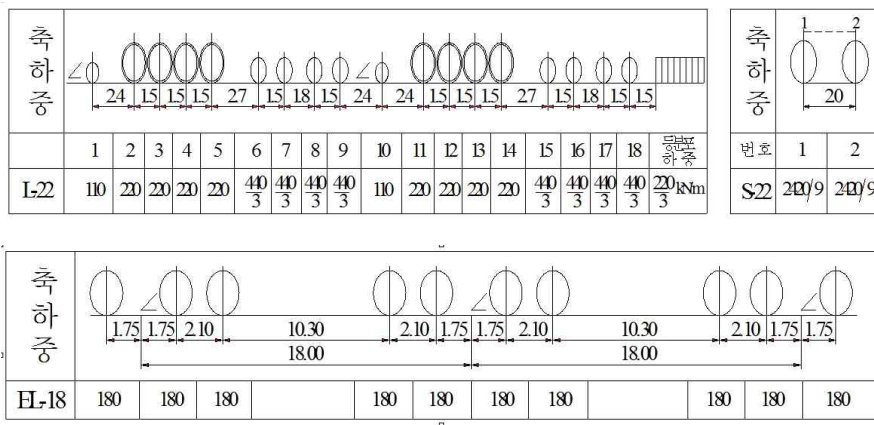


그림 8.2.7 표준열차하중(단위:kN/m)

① L하중의 재하방법

L하중에 있어서 기관차 하중은 단기 또는 중련으로 하고, 등분포 하중은 임의 길이로 하되 부재에 최대응력이 발생하도록 재하 하여야 한다. 다만, 하중을 단속시켜서는 안 된다.

복선의 표준열차하중은 복선을 같은 방향으로 재하하고 3선의 경우 복선하중과 나머지 1선은 1/2하중을 재하 한다. 4선의 경우에는 복선하중과 1선은 1/2하중으로 나머지 1선은 1/4하중을 재하 한다.

② S하중의 재하방법

지간이 3m미만과 교량의 상판구조(floor system)에서는 S하중으로도 응력을 계산한다.

③ 피로의 영향을 검토할 때의 표준열차하중

피로의 영향을 검토할 때는 단선을 지지하는 부재는 단선재하의 응력으로, 복선의 경우에도 단선재하의 상태에서 검토한다. 다만 동시재하 가능성이 높은 경우에는 동시재하 확률을 고려하여 검토한다.

④ 바람의 영향을 검토할 때의 표준열차하중

바람에 의한 교량의 전도에 대한 검토에서 공차하중을 사용할 때는 1궤도당 16kN/m의 등분포 하중으로 하고 충격은 가산하지 않는다.

(3) HL 열차하중에 대한 동적 효과(충격계수)

① 충격계수

가. HL열차 하중은 충격계수에 의한 하중이 곱해지는 동적 충격효과를 포함하여야 한다.

나. 충격계수는 구조물의 진동효과와 응력의 동적확대로 산정되어진다. 그러나 공명효과와 상부구조에서 초과 진동은 이 값에서 고려되지 않으며 그 효과는 별도 해석으로 검토되어야 한다.

다. 충격계수는 철근콘크리트, 프리스트레스 콘크리트와 강구조 또는 합성구조물에서 동일한 값을 갖는다.

라. 충격계수의 값은 구조물의 길이 특성치 $L_c(m)$ 에 의존하여야 한다.

$L_c(m)$ 의 크기는 <표 8.2.5>을 따른다.

마. 충격계수는 다음으로서 계산하여야 한다.

㉞ 모멘트에 관한 충격 계수 :

$$I_m = \frac{1.44}{\sqrt{L_c - 0.2}} - 0.18 \quad (8.2.16)$$

여기서, $0 < I_m \leq 0.67$

㉞ 전단에 관한 충격 계수 :

$$I_s = \frac{0.96}{\sqrt{L_c} - 0.2} - 0.12 \quad (8.2.17)$$

여기서, $0 < I_s \leq 1.0$

제 8 장 교량 일반사항

표 8.2.5 충격계수 산정을 위한 구조물 길이 특성치 L_c

번호	교량 부재, 교량 유형		L_c					
바닥 부재								
1	레일베어러(Rail Bearer)		가로거더 간격 + 3.0 m					
2	단순 지지된 레일베어러에 의해 재하된 가로거더		가로거더 간격의 2배 + 3.0 m					
3	연속 상판 부재(deck elements)에 의해 재하된 가로거더		주거더의 지간 또는 가로거더 지간의 2배 중 작은 값					
4	단부 가로거더		4.0 m					
5	상판 슬라브(deck slabs)		각각의 주 지간 방향에 대하여 번호 1-4에 해당하는 값					
6	캔틸레버로 된 가로거더		가로거더에 해당하는 값 (번호 2-4)					
7	캔틸레버로 된 레일베어러		0.50m					
8	오직 가로거더에 의해서만 재하된 서스펜션 바(Suspension Bars) 또는 지지(Supports)		가로거더에 해당하는 값 (번호 2-4)					
9	박스거더 돌출(Box Girder Overhang)		2× 돌출 폭					
10	박스거더 슬라브		복부(webs) 사이 거리					
주거더								
11	거더	2개 지지점 위에서	주거더의 지간					
12		n개 지간에 걸쳐서 연속		2	3	4	5	지간
		$L_m = \frac{1}{n} (L_1 + L_2 \dots + L_n)$	L_c	1.2	1.3	1.4	1.5	$\times L_m$ (최소 L_{max})
13	캔틸레버/		캔틸레버 거더		거더의 지간			
14	현수(suspended) 지간 교량		현수(suspended) 거더		현수(suspended) 거더의 지간			
15	아 치		지간 절반					
16	주거더 위에 침목을 바로 놓는 경우, 보와 이음매에 대하여		주거더의 L_c					
17	교량 부재의 L_c 는 강기둥, 지지 뼈대(support frame), 가로보, 연결 조인트, 베어링, 앵커, 주춧돌(bed stone) 등과 같은 부재들과 주춧돌과 벽돌 사이 및 베어링 아래의 압력의 지지에 적용된다.							
18	부재에서의 총응력이 몇몇 항들의 합인 경우, 각 상응하는 지지 함수, 즉, 상판 슬라브 또는 레일베어러 경우의 방정식은 만약, 그 단면이 주거더의 계산에 고려된다면, 총 응력의 각 항은 상응하는 특성치 지간 L_c 를 사용하여(4, 14번은 제외), 문제에 있어서의 운반 함수(carrying function)에 대한 동적 인자를 고려하여 계산되어야 한다.							

바. 충격계수가 적용된 하중은 다음과 같은 부분의 설계에 적용하여야 한다.

- ㉔ 상부구조, 강재 또는 콘크리트로 지지하는 기둥, 라멘구조의 기둥, 그리고 일반적으로 일부 주 기초에 까지 이르는 구조부분도 확장 적용하여야 할 필요가 있다.
- ㉕ 콘크리트 또는 강과일의 지반선위의 부분으로서 상부구조와 직접 연결된 강결형식이나 연속형식의 구조

사. 충격하중은 다음의 구조물에는 적용하지 않는다.

- ㉔ 교대, 옹벽, 벽식 기초, 그리고 말뚝기초나 가구
- ㉕ 기초와 지반, 터널안의 기초 바닥 슬래브
- ㉖ 보도부

② 실제 열차 하중 하에서의 동적 해석

가. 차량속도 s 가 200km/h보다 클 경우, 실제 열차재하 하중에 의한 특별한 동적해석이 필수적으로 수행되어야 한다.

나. 실제 동적 증폭계수는 <식 (8.2.18)>과 같다.

$$I_r = \max \left[\frac{z_{dyn}}{z_{stat}} \right] \quad \text{for} \quad 0 < s \leq s_{\max} \quad (8.2.18)$$

여기서, z_{dyn} : 실 열차를 동적 재하 해석하였을 때의 최대 처짐량

z_{stat} : 실 열차하중을 정적하중으로 재하 해석하였을 때의 최대 처짐량

다. <식 (8.2.18)>에 의해 실 열차하중으로 계산된 구조물의 응력이나 변형량이 「(1)항」의 방법으로 계산된 충격계수를 사용하여 HL하중에 의해 계산된 값들보다 크게 되는 경우에는 구조물의 응력이나 변형치를 <식 (8.2.18)>로 계산한 실제 차량 하중에 의한 값으로 적용하여야 한다.

라. 활모양으로 불룩한 단면의 상판 내민 슬래브에서는 고정하중에서 20%의 동적충격을 적용하여 계산하여야 한다.

(4) 시속 200km이하 열차하중에 대한 동적 효과(충격계수)

충격은 표준열차하중에 따라 일어나는 것으로서 충격에 의한 응력은 표준열차하중 응력에 다음 충격계수 i (%)를 곱한 값으로 한다.

① 강교 및 강합성교

가. 디젤전기기관차 및 전기기관차

$$l \leq 24\text{m}; \quad i = 50 - \frac{l^2}{48} \quad (8.2.19)$$

$$l > 24\text{m}; \quad i = \frac{180}{l-9} + 26 \quad (8.2.20)$$

l : 세로보, 세로보가 없는 가로보, 주거더 및 트러스에 대하여는 각 지지점 중심간 거리(m) 다만, 가로보, 세로보 현수재, 트러스와 부사재(副斜材), 가로보와 세로보의 지지부 및 육교각주(陸橋脚柱)의 충격에 대해서는 인접된 주거더, 긴세로보, 트러스 등의 길이중 긴 길이를 l 로 취한다. 연속교, 연속라멘교 등에서 각 지간이 동등하지 않을 경우 최소지간이 최대 지간의 70%이상의 경우에는, 지간 l 로 각 지간의 평균치를 취한다. 최대지간의 70%를 넘지 않는 지간에 대해서는 당해 지간을 취한다. 자갈궤도 및 콘크리트궤도에 대해서는 위의 값에 대해 90%를 적용하며, 무도상 직결궤도에 대해서는 100%를 적용한다.

② 철근콘크리트교 및 프리스트레스트 콘크리트교

충격계수 i (%)는 아래와 같다.

$$\begin{aligned} L \leq 4\text{m} & \quad i = 60\% \\ 4\text{m} < L \leq 39\text{m} & \quad i = 125/\sqrt{L}(\%) \\ L > 39\text{m} & \quad i = 20\% \end{aligned}$$

여기서 L 은 부재의 지간 길이(m)이다.

③ 복선 이상을 지지하는 부재의 충격은 다음과 같이 취한다.

가. 복선을 지지하는 부재의 충격은 다음과 같이 취한다.

$l < 50 \text{ m}$	두 궤도의 전충격
$50 \text{ m} \leq l \leq 70 \text{ m}$	한 궤도의 전충격과 다른 궤도 전충격의 $(350 - 5l) \%$
$l > 70 \text{ m}$	한 궤도만의 전충격

나. 3선 이상에 대하여는 2궤도의 전충격만 취한다.

- ④ 라멘교 및 아치교 등에서 구조물의 상면에 흙이 1m이상 덮여져 있는 경우의 값은 <식 (8.2.21)>에 따라 감소시켜도 좋다.

$$i = i_0 - 0.1(H_c - 1.0) \geq 0 \quad (8.2.21)$$

여기서, i : 구조물의 충격계수

i_0 : 구조물에 복토가 없다고 보았을 때의 충격계수

H_c : 구조물 상면에서 침목상단까지의 복토 높이(m)

- ⑤ 하부구조의 설계에 사용하는 상부구조 반력에는 표준열차하중에 의한 충격을 고려하지 않아도 된다. 그러나 받침부나 콘크리트 및 강재로 된 기둥형의 교각 또는 이와 유사한 경량의 구체로 된 하부구조의 구체부분에는 충격을 고려하여야 한다.

(5) 차량횡하중

① HL차량의 차량횡하중

가. 차축으로부터 레일로 전달되는 차량 횡 하중은 <그림 8.2.8>같이 연행집중이동 하중으로 적용하여야 한다.

나. 이 하중은 가장 불리한 위치에서 궤도중심선과 직각을 이룬 레일의 윗면에 수평하게 작용하는 것으로 하여야 한다.

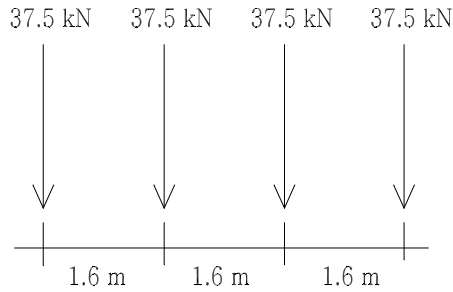


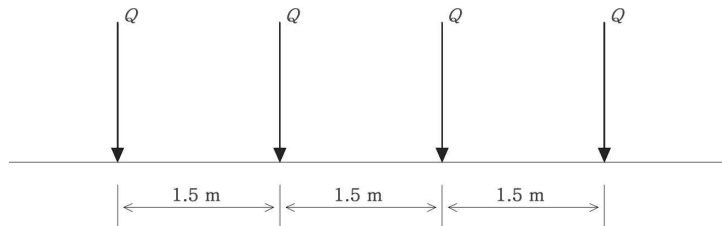
그림 8.2.8 HL하중의 차량횡하중

다. 차량횡하중은 레일 체결구와 직접적으로 접촉하는 구조 부재(자갈도상이 없는 궤도가 사용되어질 때)에 고려하며, 자갈도상을 가지는 교량상부의 설계에는 고려하지 않는다. 그러나 슬래브 궤도구조(콘크리트도상)인 경우에는 고려되어야 한다.

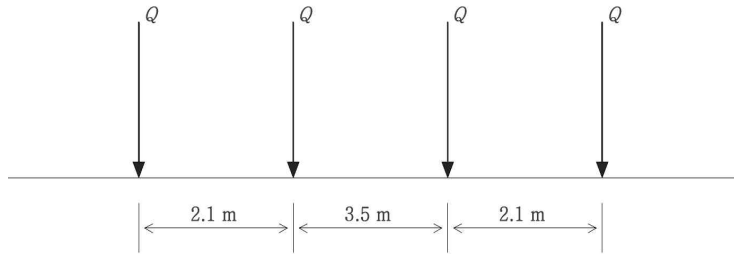
② 시속200km이하 차량의 차량횡하중

가. 횡하중은 <그림 8.2.9>과 같이 연행집중이동하중으로 하고, 레일면의 높이에서 교축에 직각이고 수평으로 작용하는 것으로 한다. 그 크기 Q 는 L하중의 1동륜축중의 15%와 EL하중 축중의 20%로 값으로 한다.

나. 복선 이상의 선로를 지지하는 구조물인 경우, 차량횡하중은 1궤도에 대한 것만을 고려하는 것으로 한다.



(a) L하중의 차량횡하중



(b) EL하중의 차량횡하중

그림 8.2.9 L하중과 EL하중의 차량횡하중

(6) 캔트(cant) 효과

- ① 곡선궤도를 가지는 구조물에서는 캔트(cant) 효과를 고려하여야 한다.
이 효과는 횡방향으로 열차의 중심을 이동시키는 것으로 고려하여야 한다.
- ② 캔트(cant) 효과를 적용하는 데에 있어 다음의 두 가지 경우가 고려되어야 한다.

가. 정지상태 열차

나. 운행 중인 열차 : 이 경우는 원심하중이 고려되어야 한다.

(7) 원심하중

- ① 교량상의 궤도가 일부 또는 전 구간에 걸쳐 곡선부를 갖는 경우에는 원심력을 고려한다.
- ② 원심력은 표준열차하중에 다음의 계수를 곱한 값을 수평하중으로 계산하여야 한다.

$$\alpha = \frac{V^2 f}{127 R} \quad (8.2.22)$$

여기서, V : 최대설계속도(km/h), (350km/h)

f : 곡선 궤도에서의 교장 L 과 속도 s 에 의존하여 고려되는 감소계수

R : 곡율반경(m)

L : 교량에서 곡선으로 된 궤도에 하중이 재하된 부분의 길이(m)

③ <표 8.2.6>는 감소계수(f)를 계산한 결과를 표로 나타낸 값이다.

$$f = 1 - \left(\frac{V-120}{1000} \right) \times \left(\frac{814}{V} + 1.75 \right) \times \left(1 - \sqrt{\frac{2.88}{L}} \right) \quad (8.2.23)$$

④ 원심하중은 레일상면에서 HL하중은 1.8m, LS하중은 2.0m, EL하중은 1.5m높이에 수평방향으로 곡선 바깥쪽으로 작용하도록 하여야 한다.

⑤ 원심하중에는 충격계수를 고려하지 않는다.

⑥ 자갈도상이 없는 직결식 궤도 등에 있어서와 같은 레일 체결구와 직접적으로 접하는 구조부재에서는 원심하중과 100kN의 수직하중 크기를 갖는 차축부의 차량에 의한 차량횡하중이 동시에 작용한다고 본다.

⑦ 원심하중과 횡하중이 동시에 작용하는 경우 큰 쪽의 하중이 작용하는 것으로 가정한다.

⑧ 원심하중으로 인해 발생된 하중은 연직하중과 하중조합을 한다. 이때 최고 속도가 120km/h이상인 경우는 다음과 같은 2가지를 고려하여야 한다. $V=120\text{km/h}$

가. 총 연직하중+원심하중($V=120\text{km/h}$)

나. 감소 연직하중(f 와 동일비례 감소)+원심하중($V=V_{\max}$)

표 8.2.6 HL하중에 대한 원심력 감소계수

지간 L_m	선로 최대 속도				
	≤ 120	160	200	250	≥ 300
≤ 2.88	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
3.0	1.00	0.99	0.99	0.99	0.98
4.0	1.00	0.96	0.93	0.90	0.88
5.0	1.00	0.93	0.89	0.84	0.81
6.0	1.00	0.92	0.86	0.80	0.75
7.0	1.00	0.90	0.83	0.77	0.71
8.0	1.00	0.89	0.81	0.74	0.68
9.0	1.00	0.88	0.80	0.72	0.65
10	1.00	0.87	0.78	0.70	0.63
12	1.00	0.86	0.76	0.67	0.59
15	1.00	0.85	0.74	0.63	0.55
20	1.00	0.83	0.71	0.60	0.50
30	1.00	0.81	0.68	0.55	0.45
40	1.00	0.80	0.66	0.52	0.41
50	1.00	0.79	0.65	0.50	0.39
60	1.00	0.79	0.64	0.49	0.37
70	1.00	0.78	0.63	0.48	0.36
80	1.00	0.78	0.62	0.47	0.35
90	1.00	0.78	0.62	0.47	0.34
100	1.00	0.77	0.61	0.46	0.33
≥ 150	1.00	0.76	0.60	0.44	0.31

(8) 시동하중과 제동하중

① 작용

가. 시동 및 제동하중은 레일의 윗면에 레일방향인 교량 종방향 하중으로 작용하여야 한다. HL하중은 1.8m, LS하중은 2.0m, EL하중은 1.5m 높이에서 교축방향으로 수평으로 작용하는 것으로 하고 구조물에 고려되어진 하중의 작용 영향길이 L_f 위에 일정하게 분포되어야 한다. 복선이상의 경우에는 복선재하 상태에서 검토한다. 여기에서 충격은 모두 고려하지 않는다.

나. 시동, 제동하중의 값은 연속궤도(장대레일)에 대하여 다음의 값을 취하여야 한다.

㉠ HL열차하중에 대하여

시동하중 : $33\text{kN/m} \times L(\text{m}) \leq 1000\text{kN}$

제동하중 : $20\text{kN/m} \times L(\text{m}) \leq 6000\text{kN}$

여기서, $L(\text{m})$ 은 하중의 재하된 길이이며 다음과 같다.

상부구조, 받침 : 상부구조물의 길이

교각, 교대 : 상부구조의 길이로서 이들 교각, 교대 부분이 상부와 고정단으로 연결된 부분에 해당하는 부분으로서 그 상부구조의 수평하중이 전달되는 길이

이 때, 시동 및 제동하중은 최대값 제한치 이내에서 해당 하중의 전체길이 L 에 적용되어 진다.(시동하중에 대해서는 시동 축하중이 재하된 길이만큼, 제동하중에 대해서는 전 열차 길이만큼 적용)

㉞ 시속 200km이하 열차하중에 대하여

시동하중 : 동륜하중의 25%

제동하중 : LS 하중의 15%

㉞ EL하중에 대하여

시동하중 : $(0.27 + 0.95 \times L/L_v) \times T$

제동하중 : $(0.27 + 1.00 \times L/L_v) \times T$

여기서, L_v 는 차량장(1차량길이), L 은 부재에 최대영향을 주는 하중재하 길이, T 는 EL하중의 축중을 나타낸다.

다. 시동 및 제동하중은 표준열차하중과 조합하여 검토되어야 한다.

㉞ 교량에 의한 시동/제동하중의 저항

가. 궤도가 교량 구조의 양쪽 또는 한쪽 끝에서 끊어지지 않고 연속으로 이어지는 장대레일이 적용되어 있을 때, 시동하중 또는 제동하중의 그 중 일부는 궤도를 통해 연속된 부분으로 전달되어지고 그 나머지가 상부구조를 통해 받침에 전달되어진다. 궤도를 통해 전달되어지는 그 일부 하중은 교대 뒤에서 저항되는 힘으로 고려하여야 한다.

나. 상부구조를 통해 받침에 전달되어지는 하중의 비는 <표 8.2.7>에 주어진다.

표 8.2.7 상부구조를 통해 받침에 전달되어지는 하중의 비

단위 교량의 연장	연속 장대레일	한쪽 끝이 REJ가 있는 장대레일
	단선 또는 복선의 경우	단선 또는 복선의 경우
30	0.50	/
60	0.50	0.60
90	0.60	0.65
120	0.70	0.70
150	0.75	0.75
180	/	0.80
210	/	0.85
≥240	/	0.90

주) 여기서 단위교량이란 독립적인 한 개의 교량상부구조 또는 연속된 다수의 독립적인 교량상부구조 형식에서 그것을 구성하는 각각의 독립적인 교량상부구조를 말한다.

8.2.4 기타하중

(1) 풍하중

- ① 풍하중은 교량에 대하여 1방향으로 수평 및 직각으로 작용하는 것으로 하고, 그 크기는 다음 각 항에 의한다.

가. 교량상에 열차가 없을 때

㉠ 교량의 연직투사면 : 3.0kN/m^2

㉡ 트러스의 바닥틀과 겹쳐지지 않는 바람맞이 반대편 주트러스의 연직투사면 : 2.0kN/m^2

나. 교량상에 열차가 있을 때

㉠ 교량의 연직투사면 : 1.5kN/m^2

㉡ 트러스의 바닥틀과 겹쳐지지 않는 바람맞이 반대편 주트러스의 연직투사면 : 1.0kN/m^2

㉢ 통과열차에 대하여 연직투사면 : 1.5kN/m^2

다만, 열차의 연직투사면은 레일상면으로부터 4.0m높이의 폭으로 하

고, 열차와 겹쳐지는 보의 바람맞이 쪽과 바람맞이 반대쪽의 부재에 대하여는 풍하중을 고려하지 않는다.

- ② 지간 80m까지의 하로트리스에 대하여는 전항의 규정에 관계없이 바람맞이 쪽과 바람맞이 반대쪽을 합계하여 <표 8.2.8>의 값을 사용하도록 한다.

표 8.2.8 지간 80m까지의 하로트리스의 풍하중 크기(단위:kN/m)

구분	상현재	하현재
교량상에 열차가 없는 경우	5.0	6.0
교량상에 열차가 있는 경우	3.0	8.0 *

주 * : 열차에 대한 풍하중을 포함한 값이다.

- ③ 대상지역의 풍속기록과 구조물 주변의 지형 및 환경 등에 대한 특별한 조사연구에 따라 설계풍속을 결정하였을 때에는 「① 또는 ②항」에 제시된 풍하중 값을 결정된 설계풍속의 제곱과 기본설계풍속의 제곱의 비율에 따라 증가시킬 수 있는데, 이 경우 풍하중의 산정근거를 명시하여야 한다. 다만, 「①항」의 값은 최소값이다.
- ④ 원형 또는 이에 준하는 단면을 갖는 부재에 고려하는 풍하중은 「①항」에 규정한 수치의 0.6배로 한다.

(2) 온도변화의 영향

① 강교 설계시 온도변화의 범위

가. 강교에서 온도변화의 승강(昇降)은 가설시 온도를 기준으로 하여 계산하여야 한다. 온도변화의 범위는 -20°C 에서 $+50^{\circ}\text{C}$ 로 하되, 특히 추운 지방에서는 -30°C 에서 $+50^{\circ}\text{C}$ 까지로 하여야 한다.

나. 가설시 온도의 예상이 어려운 경우 온도의 승강은 기후가 보통인 지방에서는 $\pm 35^{\circ}\text{C}$, 기후가 특히 한냉한 지방에서는 $\pm 45^{\circ}\text{C}$ 로 하여야 한다.

다. 타이드 아치나 보강거더가 있는 아치 및 라멘, 강바닥판교 등에서는 아치부분이나 행거 등과 같이 태양광선의 직사를 받는 부분과 타이(tie)나 보강거더와 같이 그늘 부분에 있는 것이 있다. 이러한 교량에

서는 여름철에 두 부분의 온도차가 크므로 이로 인한 응력을 고려하여야 할 경우도 있다. 이 경우의 온도차는 토지의 상황 및 도료(塗料)의 색에 따라 일정하지 않으나 15°C 로 하여야 한다.

- ② 합성보에서 콘크리트슬래브와 강재주거더와 온도차는 10°C 로 하고 슬래브쪽이 고온일 때와 강재주거더 쪽이 고온일 때의 각각에 대해 조사한다. 온도의 분포에 대해서는 <그림 8.2.10>에 보인 상태들 중에서 양자의 경계에서의 온도차가 다른 (a)의 상태를 고려한다.

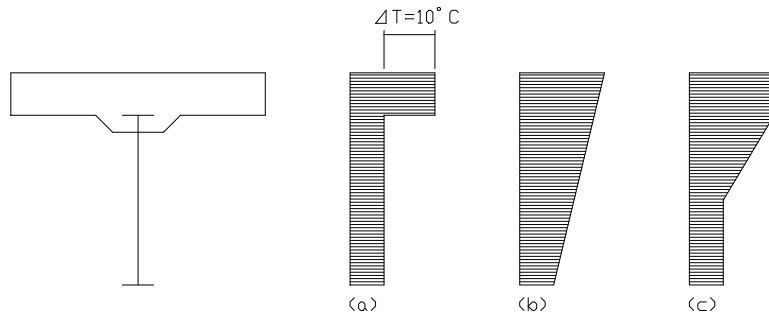


그림 8.2.10 온도차의 분포상태

- ③ 콘크리트교 설계시 단면에서의 온도변화의 범위

가. 콘크리트교의 온도변화 범위는 지역별 평균기온을 고려하여 정하여야 한다. 보통의 경우 온도의 증강은 각각 15°C 로 하면 된다. 단면의 최소 치수가 700mm이상인 경우에는 10°C 로 하면 된다.

- ㉠ 바닥판과 기타 부분의 온도차에 의해 생기는 단면력을 산출하는 경우의 온도차는 5°C 로 하고 온도분포는 바닥판과 기타부분에 있어서 균일하다고 본다. 실측에 의하면 바닥판의 상면과 하면에서는 $5\sim 15^{\circ}\text{C}$ 의 온도차가 <그림 8.2.11(a)>에 보인 바와 같이 발생하고, 복부부의 온도분포는 거의 일정하다. 따라서 계산의 편의상 온도분포를 <그림 8.2.11(b)>에 보인대로 온도차를 5°C 라고 가정한다. 이 값은 실측된 온도분포에서 산출된 응력과 큰 차이가 없는 응력이 발생하

도록 환산한 것이다.

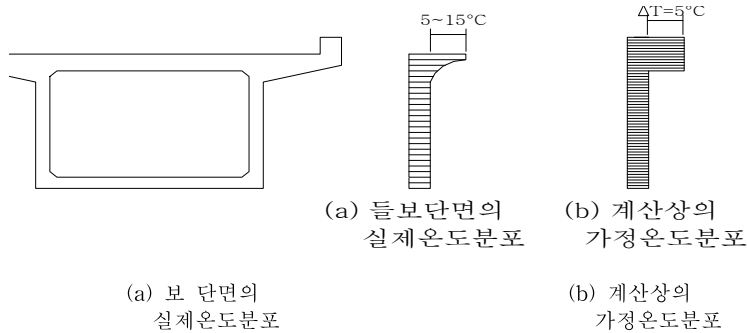


그림 8.2.11 바닥판과 보의 온도차

- ㉞ 부재 해석을 위한 수직방향의 거더의 온도변화에 대한 검토에는 거더의 가장 윗쪽과 가장 아래쪽면 사이의 온도 변화를 적용하며 다음의 값을 적용 할 수 있다.

무도상 교량 : 10℃

운행면을 보호하는 도상을 가지는 교량: 5℃

- ㉞ 교량이 영구적으로 직사광선을 차단하는 구조물로 건설되어져 있을 경우에는 온도 변화율이 무시될 수 있다. 온도변화율은 상부구조의 상하면을 통해 선형으로 가정하여야 한다.

④ 설계시 선팽창계수

가. 강교에서 강재의 선팽창계수는 12×10^{-6} 으로 하여야 한다.

나. 콘크리트교에서 철근 및 콘크리트의 선팽창계수는 10×10^{-6} 으로 하여야 한다.

다. 강재와 콘크리트의 합성거더교에서 강재 및 콘크리트의 선팽창계수는 12×10^{-6} 으로 하여야 한다.

- ㉞ 수중 또는 토중에 있는 구조물에 대해서는 온도변화의 영향을 고려하지 않는다.

- ㉞ 신축이음과 받침의 이동 크기를 정할 때, 반드시 현장에서 이들 장치의 설치시 실제 온도가 고려되어 재산정 되어야 한다.

(3) 장대레일 중하중

- ① 교량상의 궤도에 장대레일을 적용하는 경우 궤도에 있어서 궤도와 슬래브 각각에서의 신축이음 적용여부에 따라 종방향 응력 결과가 다르다.
- ② 이러한 응력은 궤도에서부터 슬래브 위쪽 면으로 마찰 등에 의해 전달되거나 상호 작용하게 된다.
- ③ 다음 공식은 한쪽 끝단에 고정받침을 가지는 자갈도상이 있는 상부구조에 사용될 수 있다.

가. 레일신축이음장치가 없을 경우

$$f_{i0} = \pm 3L \text{ (kN) (1 레일 당)} \quad (8.2.24)$$

여기서, L = 슬래브의 팽창이 고려될 수 있는 길이

나. 구조물의 가동끝단에서 레일 신축이음이 있는 경우

$$f_{i0} = \pm 500 \text{ (kN) (1 레일 당)} \quad (8.2.25)$$

- ④ 다음 공식은 한쪽 끝단에 고정받침을 가지는 콘크리트도상이 있는 상부구조에 사용될 수 있다.

가. 레일 신축이음장치가 없을 경우

$$f_{i0} = \pm 6L \text{ (kN) (1 레일 당)} \quad (8.2.26)$$

여기서, L = 슬래브의 팽창이 고려될 수 있는 길이

나. 구조물의 가동끝단에서 레일 신축이음이 있는 경우

$$f_{\text{w}} = \pm 1,000 \text{ (kN) (1 레일 당)} \quad (8.2.27)$$

- ⑤ 기타 다른 특별한 경우는, 그에 합리적으로 적용될 수 있는 특별한 해석을 수행 하여야 한다.
- (4) 2차 구조부분, 장비, 설비 등에 작용하는 하중
- ① 유지보수통로 하중
- 가. 교량의 주거더 설계에 있어서, 유지보수 등을 위한 보행시설 상에 작용하는 해당 수직하중은 적용하지 않는다.
- 나. 유지보수 통로 등 보행시설을 지지하는 부재의 설계에는 5.0kN/m^2 의 등분포 수직하중이 작용하는 것으로 본다. 단, 특별한 구성 부재의 설계에서 이 보다 더 불리한 값을 나타내는 경우에는 2kN 의 집중하중을 가장 불리한 재하위치에 두고 계산할 수 있다.
- 다. 이때 집중하중은 $0.2 \times 0.2\text{m}$ 면적에 작용하는 것으로 가정하며 하중 경감효과는 고려하지 않는다.
- ② 군중하중, 승강장에 재하되는 하중
- 가. 교량의 주거더 설계에 있어서 만약 일반 보행자용 보도시설이 포함되어 있을 경우에는 보도 위에 2kN/m^2 의 하중을 철도차량에 따른 하중에 추가하여 고려하여야 한다.
- 나. 일반 보행자용 보도부를 직접 지지하는 구조에 적용되는 설계에서는 5kN/m^2 이 적용되어야 한다.
- 다. 승강장에 공공 교통용 차량이 올라타지 않는 이상 승강장 면 위에는 5kN/m^2 의 등분포 하중을 적용할 수 있다. 또한 이 등분포 하중 재하 상태에서 가장 불리한 구조 위치에 20kN 의 집중하중을 추가로 올릴 수 있다.
- 라. 구조계산의 대상에 따라 다음의 군중하중을 재하할 수 있다.

표 8.2.9 균중하중

구조계산의 대상	구조종별	상시 (kN/m ²)
콘크리트 슬래브	승환과선교, 승강장	5.0
	역부고가교의 중간층 슬래브 등, 캔틸레버 슬래브, 교측보도(도상궤도의 교량거더)	
	캔틸레버 슬래브, 교측보도 (슬래브궤도 또는 무도상의 교형)	3.0
보, 기둥	승환과선교, 승강장	3.5
	역부고가교의 중간층 보 등	
교량점검 시설		4.0

③ 난간하중

가. 일반보도 위의 난간은 난간의 끝에서 800N/m의 수평하중이 작용하는 것으로 설계되어야 한다. 특별한 경우에는 2.5kN으로 하고, 보도 면에서는 1.5m의 높이에 또 난간의 상단에 직각과 수평으로 작용한다.

나. 일반보도 위에 핸드레일이 있는 난간은 핸드레일의 높이에 하중이 작용하는 것으로 설계되어야 한다. 또한, 보도 위 난간의 핸드레일의 끝에서 800N/m의 수직하중이 작용하는 것으로 설계되어야 한다.

다. 난간의 높이는 소음을 경감시키는 형식으로 된 경우라면 난간 높이에 따른 소음 저감효과에 따라 그 높이를 결정하여야 한다.

라. 이 하중은 풍하중과 조합하여야 한다.

④ 방음벽

가. 구조물과 방음벽의 연결정착부 및 방음벽 자체는 「제4장의 <표 4.6.2> 지역별 풍하중」의 압력에 저항할 수 있어야 한다.

나. 열차 통과로 인한 후폭풍의 압력에도 저항할 수 있도록 비교 검토하여야 하며 설계속도에 따라 다음 식을 적용할 수 있다.

$$P_V = k_v \times \frac{4100}{d} \quad (\text{N/m}^2) \quad (8.2.28)$$

여기서, P_v : 설계속도에 따른 후폭풍의 압력

k_v : 설계속도에 따른 계수 $((\frac{V}{350})^3)$

V : 설계속도 (km/h)

d : 열차 중심에서부터 벽의 안쪽 면까지의 거리(m)

⑤ 지주 하단에 작용하는 하중

가. 대부분 교량 상부 플랜지 상단에 설치되는 전차선주나 신호 지주 등의 지주 설계에 적용되는 하중은 일반적인 사용상태의 하중 이외에 지진, 태풍 등의 하중이 고려되어야 한다.

⑥ 마찰저항하중

마찰저항하중은 마찰면에 수직한 하중에 가동받침 마찰계수를 곱하여 얻어진 값으로 한다.

⑦ 화물하중

화물하중은 <표 8.2.10>의 값으로 한다.

표 8.2.10 화물 하중

화물의 종류	중량(kN/m)
소화물	10
일반 화물	15
큰 화물	30

8.2.5 특수하중

(1) 충돌하중

① 자동차의 충돌

자동차가 충돌할 염려가 있는 각주(脚柱)에는 콘크리트벽 등으로 안전한 방호시설을 설치하여야 한다. 이들 방호시설을 설치하지 않는 경우에는 다음 충돌하중이 노면 위 1.8m에서 수평으로 작용하는 것으로 보고 각주를 설계하여야 한다.

가. 차도방향에 대하여 1,000kN

나. 차도직각방향에 대하여 500kN

② 유목(流木) 등의 충돌

가. 유목 및 기타의 유송물(流送物)이 충돌할 우려가 있는 경우에는 <식 8.2.29>에 의해 충돌력을 산출한다. 그 작용높이는 수면으로 한다.

$$P = 0.1 W v \quad (8.2.29)$$

여기서 P : 충돌력(kN)

W : 유송물의 중량(kN)

v : 표면유속(m/s)

나. 유송물의 중량을 결정함에 있어서는 가교지점 부근의 주민의 경험담, 상류의 교량 하천구조물, 산지의 상황 등을 조사한 후 합리적인 값을 정한다.

③ 선박의 충돌

가. 항로상 또는 항로근처에 교각을 설치하여 선박과 충돌할 우려가 있는 경우에는 이것을 설계에 고려하여야 한다. 즉, 하천의 하류부에서 항해가 행하여지는 경우에, 통상의 하부구조에 대해 소형선박의 충돌은 거의 교량의 안정조건을 좌우하지 않는다. 그러나 하구(河口)에 가까운 항만구역의 일부든지 바다에 건설되는 교각의 경우에는 대형강철선의 충돌이 예상되기 때문에 이때는 선박의 영향을 설계에 고려하여야 한다.

나. 그러나 일반적으로 선박이 충돌하는 데는 기상 악조건에서 방향타를 잘못 잡는 경우, 기관에 고장을 일으켜 표류하는 경우 등이며 순항속도(巡航速度)로 충돌하는 경우는 거의 없기 때문에 이를 고려하여 충돌하중을 정하여야 한다.

(2) 탈선하중

① HL 열차하중의 탈선하중

가. 고속선의 HL 열차가 재하되는 교량은 탈선 사고로 인한 교량 손상이 최소가 되도록 설계하여야 하고 특히 교량의 전복이나 구조물의 파괴가 방지되도록 설계하여야 한다.

나. 다음과 같은 하중이 고려되어야 한다.

- ㉔ 표준 HL하중도의 동력 축중 구성과 동일한 구성인 각각 1.6m떨어진 250kN 축중하중 4개가 궤도 위치로부터 1.5m 교축직각방향으로 탈선 이동된 하중으로 재하되도록 하여야 한다. 그러나 80kN/m로 등분포 재하되는 나머지부분 표준열차하중은 궤도 위치에 그대로 남아있도록 재하하여야 한다. 이러한 하중경우에 대해서 구조물 설계 하중조합에서 다음의 하중계수를 사용하여 검토하여야 한다.

$D + \text{프리스트레싱} + 0.6 \text{ 온도효과} + \text{탈선하중}$

- ㉕ 언급된 4축의 HL차량 차축하중은 교량상부구조의 전도안정 검토를 위하여 가장 불리한 위치에 재하하며, 예를 들어 PSC 박스거더의 경우 상부 슬래브 캔틸레버 단부까지 이들 차축하중 4개를 최대한 붙여서 재하 하여야 한다. 이때 지지부에서 전 교량상부구조의 전도 등의 안정성이 검토되어야 한다. 이 하중의 경우에는 캔틸레버 슬래브가 부분적으로 파괴되는 것을 허용 할 수 있다.

- ㉖ 교축직각방향 탈선 이동을 막아주는 장치적인 역할로서 케이블 홈통(ditch) 등에 설치하게 되어있는 탈선 방호벽 등의 교량 상부면 돌출 구조에는 150kN의 교축직각방향 수평하중을 적용하여 탈선시 열차의 수평 이탈을 제어 할 수 있도록 하여야 한다.

② 시속 200km이하 열차하중의 탈선하중

가. LS하중의 집중하중을 선로중심에서 1.5m씩 편기하여 작용시켜 단면 검토한다.

나. 상대편 선로에는 L하중을 불리한 경우로 재하 한다.

③ EL하중의 탈선하중

가. EL하중의 집중하중을 선로중심에서 1.5m씩 편기하여 작용시켜 단면 검토한다.

나. 상대편 선로에는 EL하중의 등분포하중을 불리한 경우로 재하 한다.

(3) 가설시 하중

- ① 교량 가설시에는 가설단계별 가설방법과 가설중의 구조를 고려하여 자중, 가설장비, 기자재, 바람 지진의 영향 등 모든 재하조건에 대한 안전도 검토를 하여야 한다.

- ② 가설시 하중이란 교량가설시 작용하는 하중이다. 가설시 하중으로 인한 응력은 가설방법에 따라서는 가설 후의 응력보다 큰 값을 나타낼 경우가 있어 때로는 교량주거터의 좌굴, 낙교 등의 사고가 생긴다. 또, 하부구조에서는 케이슨기초 본체 외부에 돌출하여 가설중의 상부구조를 지지하고 있는 교각이나 두부(頭部) 힌지고정의 유연한 교각 등에 대해서는 시공시의 안정이나 단면조사로부터 구체와 기초의 치수나 제원이 결정되는 경우가 많다. 따라서 교량의 설계시에는 시공방법과 시공 중의 구조를 고려하여 자중, 시공기재, 바람, 지진, 온도변화 등에 대해 검토하여야 한다.

(4) 지진의 영향

- ① 지진의 영향은 교량 설계시 필요에 따라 고려하여야 한다. 내진 설계에 대한 구체적인 사항은 별도 내진 설계 조항에서 정하는 바에 따른다.
- ② 설계자는 단층이 횡단하는 선에서 고가교의 사용을 가능한 한 피하여야 한다.
- ③ 단층이 횡단하는 선 지역에 고가교의 적용이 필요한 경우에는 설계자는 발주자에게 해석 결과를 제시하여야 한다.
- ④ 고속철도의 설계에서는 고속도로 교량이나 일반 철도교량에 비해 지진 발생 후 그리고 발생하는 동안 보다 주의 깊은 변위해석을 요구하여야 한다.
- ⑤ 시속 200km/h이상 고속철도의 경우에는 요구하는 안전도를 제공하기 위하여, 다음에 추가하는 지침을 준용하여야 한다.

가. 변위 억제장치가 상부구조와 하부구조사이의 연결을 유지하기 위해 각각의 교각위에 설치하는 것이 검토될 수 있다. 이러한 변위 억제장치는 크리프와 건조수축, 온도로 인한 구조물의 선형변화를 고려하여 설계되어야 한다.

나. 두 지지점에서의 변위 억제장치의 적용과 낙교방지를 위한 최소반침 지지길이의 적용에 있어서는 두개의 독립된 상·하부구조 사이의 예상 수평변위가 주의 깊게 검토되어야 한다.

다. 지진을 고려한 하중조합에서 PSC거터의 교량상판에서의 인장응력

발생이 제한되어야 한다.

- 라. 기초의 지질 상태로부터 얻어지는 지반구속조건은 변화하는 높이에
서 다양한 자유장 굴곡에 대하여 조절된 수평 지반반력계수를 사용
하여 깊은 기초 전체를 통하여 자유장 운동이 고려되는 방식으로 결
정되어야 한다.

8.3 설계방법 및 하중조합

8.3.1 일반사항

강교와 강재교각은 허용응력설계법을 따른다. 그러나 콘크리트교와 콘크리트 교대, 교각 등은 우선적으로 강도설계법을 따르되 허용응력설계법도 사용할 수 있다.

철도 교량의 설계하중조합에 적용되는 하중의 기호는 다음과 같다.

CF : 원심하중 또는 이에 따른 단면력

CO : 충돌하중 또는 이에 따른 단면력

D : 고정하중 또는 이에 따른 단면력

E : 지진의 영향 또는 이에 따른 단면력

F : 이동이 허용되는 부분의 받침에서 전단저항과 마찰로 인한 종방향 하중

G : 부등침하, 크리프, 건조수축, 제작 또는 시공시 치수의 착오, 습도 변화
또는 온도변화 등으로 인한 팽창 또는 수축변형으로 유발된 변형력 또는
이에 따른 단면력

H : 토압 또는 이에 따른 단면력

I : 충격 또는 이에 따른 단면력

L : 활하중 또는 이에 따른 단면력

LF : 활하중에 의한 차량횡하중

LR : 장대레일 종하중 또는 이에 따른 단면력

Q : 부력 또는 양압력, 수압, 파압 등의 하중 또는 이에 따른 단면력

SB : 시동 또는 제동하중 또는 이에 따른 단면력

W : 풍하중 또는 이에 따른 단면력

WL : 차량하중에 작용하는 풍하중 또는 이에 따른 단면력

8.3.2 변형 검토를 위한 하중조합

고속철도 교량 구조물의 변형은 안전한 운행 조건의 확보를 위하여 아래에서 주어진 하중조합으로 검토하여야 한다.

$$\text{하중조합 I} : D + L + [I] + CF + \blacksquare$$

여기서, $\blacksquare$ 는 $Q + WL$ 또는 E 와 같음.

$[I]$: 필요한 경우 고려하여야 하는 하중

활하중(L) 재하선로수는 표준활하중이 가장 불리하게 재하되는 상태(복선포함)로 적용하여야 한다.

$$\text{하중조합 II} : \text{하중조합 I} + LF + F + G$$

8.3.3 허용응력설계법에 따른 하중조합

(1) 총칙

- ① 주하중 및 주하중에 해당하는 특수하중에 대한 허용응력은 각 편에 규정한 값으로 한다.
- ② 부하중 및 부하중에 해당하는 특수하중을 고려하는 경우의 허용응력은 각 편에 규정한 허용응력에 「8.3.3(3)항」에 주어진 허용응력 증가계수를 곱한 값으로 한다.

(2) 하중의 종류

설계조합하중을 위하여 하중의 종류는 주하중(P), 부하중(S), 주하중에 상당하는 특수하중(PP), 부하중에 상당하는 특수하중(PA)으로 구분한다.

① 주하중(P)

- 가) 고정하중(D)
- 나) 활하중(L)
- 다) 충격(I)
- 라) 장대레일 종하중(LR)
- 마) 콘크리트 크리프의 영향(CR)
- 바) 콘크리트 건조수축의 영향(SH)
- 사) 토압(H)
- 아) 수압, 부력 또는 양압력(Q)

② 부하중(S)

- 가) 차량횡하중(LF)
- 나) 시동하중 또는 제동하중(SB)
- 다) 풍하중(W)
- ③ 주하중에 상당하는 특수하중(PP)
 - 가) 설하중(SW)
 - 나) 지반변동의 영향(GD)
 - 다) 지점이동의 영향(SD)
 - 라) 파압(WP)
- ④ 부하중에 상당하는 특수하중(PA)
 - 가) 온도변화의 영향(T)
 - 나) 지진의 영향(E)
 - 다) 가설시 하중(ER)
 - 라) 충돌하중(CO)
 - 마) 탈선하중(DR)
 - 바) 기타하중
- (3) 하중조합 및 허용응력 증가계수
 - 여기서는 강교, 콘크리트교, 하부구조의 허용응력설계법을 위한 하중조합 및 허용응력 증가계수를 나타내었다. 세부사항에 대해서는 각 편에 그 내용이 상술되어 있다.

① 강교

표 8.3.1 강교에서의 하중조합 및 허용응력 증가계수

하중 조합			허용응력 증가계수
1	주하중+주하중에 해당하는 특수하중+온도변화의 영향	P+PP+T	1.15
2	주하중+주하중에 해당하는 특수하중+차량횡하중	P+PP+LF	1.25
3	주하중+주하중에 해당하는 특수하중+시동하중 또는 제동하중	P+PP+SB	1.25
4	주하중+주하중에 해당하는 특수하중+풍하중	P+PP+W	1.25
5	주하중+주하중에 해당하는 특수하중+차량횡하중+풍하중	P+PP+LF+W	1.35
6	주하중+주하중에 해당하는 특수하중+시동하중 또는 제동하중+풍하중	P+PP+SB+W	1.35
7	차량횡하중+주하중에 해당하는 특수하중+풍하중	LF+PP+W	1.25
8	풍하중+시동하중 또는 제동하중	W+SB	1.25
9	주하중*+지진의 영향	P+E	1.55
10	주하중+충돌하중	P+CO	1.60
11	가설하중	ER	1.25

주 : 주하중* - 이 경우에는 주하중에 활하중(충격포함)과 원심하중을 포함시키지 않는다.

가설하중의 경우, 특히 가설기간이 길거나 신품법으로 가설되는 교량에 대해서는 허용응력을 증가시키지 않는다.

② 콘크리트교

가. 가설하중에 대한 허용응력 증가계수의 값은 가설시 하중으로서 가설시의 풍하중 및 지진의 영향을 고려하지 않은 경우에 대한 규정이다. 따라서 이를 고려하는 경우에는 허용응력 증가 계수를 <표 8.3.1> 및 <표 8.3.2>에 주어진 값과 관계없이 가교지점의 조건, 시공 중의 구조계 등을 고려하여 별도로 정한 값으로 하여야 한다.

나. 콘크리트교에서 부하중 및 부하중에 해당하는 특수하중을 고려하는 경우에 PS강재의 허용인장응력은 PS강재 항복점의 90%이하의 값으로 하며, 프리스트레싱 직후의 콘크리트 및 PS강재의 허용응력은 증가시키지 않는다.

제 8 장 교량 일반사항

표 8.3.2 콘크리트교에서의 하중조합 및 허용응력 증가계수

하중 조합			허용응력 증가계수
1	주하중+주하중에 해당하는 특수하중+온도변화의 영향	P+PP+T	1.15
2	주하중+주하중에 해당하는 특수하중+차량횡하중	P+PP+LF	1.25
3	주하중+주하중에 해당하는 특수하중+시동하중 또는 제동하중	P+PP+SB	1.25
4	주하중+주하중에 해당하는 특수하중+풍하중	P+PP+W	1.25
5	주하중+주하중에 해당하는 특수하중+차량횡하중+풍하중	P+PP+LF+W	1.35
6	주하중+주하중에 해당하는 특수하중+시동하중 또는 제동하중+풍하중	P+PP+SB+W	1.35
7	차량횡하중+주하중에 해당하는 특수하중+풍하중	LF+PP+W	1.25
8	풍하중+시동하중 또는 제동하중	W+SB	1.25
9	주하중*+지진의 영향	P+E	1.40
10	주하중+충돌하중	P+CO	1.50
11	가설하중	ER	1.25

주 : 주하중* - 이 경우에는 주하중에 활하중(충격포함)과 원심하중을 포함시키지 않는다.

③ 하부구조

가. 철근 및 무근 콘크리트, 강구조

표 8.3.3 하부구조에서의 하중조합 및 허용응력 증가계수

하중 조합			허용응력 증가계수
1	주하중+주하중에 해당하는 특수하중+온도변화의 영향	P+PP+T	1.15
2	주하중+주하중에 해당하는 특수하중+차량횡하중	P+PP+LF	1.25
3	주하중+주하중에 해당하는 특수하중+시동하중 또는 제동하중	P+PP+SB	1.25
4	주하중+주하중에 해당하는 특수하중+풍하중	P+PP+W	1.25
5	주하중+주하중에 해당하는 특수하중+차량횡하중+풍하중	P+PP+LF+W	1.35
6	주하중+주하중에 해당하는 특수하중+시동하중 또는 제동하중+풍하중	P+PP+SB+W	1.35
7	차량횡하중+주하중에 해당하는 특수하중+풍하중	LF+PP+W	1.25
8	주하중+충돌하중	P+CO	
	강구조에 대하여		1.60
	무근 및 철근콘크리트 구조에 대하여		1.50
9	주하중*+지진의 영향	P+E	
	강구조에 대하여		1.55
	무근 및 철근콘크리트 구조에 대하여		1.40
10	가설하중의 조합	ER	
	완성 후의 응력이 현저히 저하되는 경우		1.50
	완성 후의 응력이 허용응력과 같은 정도로 되는 경우		1.25

주 : 주하중* - 이 경우에는 주하중에 활하중(충격포함)과 원심하중을 포함시키지 않는다.

나. 프리스트레스트 콘크리트 말뚝

지진의 영향을 고려할 때, 프리스트레스트 콘크리트말뚝의 허용휨인장응력은 <표 8.3.4>에 주어진 값을 따른다.

표 8.3.4 지진의 영향을 고려할 때 프리스트레스트 콘크리트 말뚝의
콘크리트 허용휨인장응력 (단위:MPa)

유효프리스트레스 f_{ce} (MPa)	$4 \leq f_{ce} < 7$	$7 \leq f_{ce}$
허용휨인장응력	3	5

8.3.4 강도설계법에 따른 하중조합

강도설계법을 적용하는 교량의 하중조합은 다음을 준용하여야 한다.

(1) 주요 하중조합의 하중계수

$$U = 1.4D + 2.0(L + I) + 1.4CF + 1.7H + 1.4Q \quad (8.3.1)$$

$$U = 1.7(D + L + I + CF + H + Q) \quad (8.3.2)$$

$$U = 1.4D + 1.7H + 1.4Q + 1.4W \quad (8.3.3)$$

$$U = 1.4D + 1.4(L + I) + 1.4CF + 1.7H + 1.4Q + 1.4(0.5W + WL + SB + LR) \quad (8.3.4)$$

$$U = 1.4D + 1.4(L + I) + 1.4CF + 1.7H + 1.4Q + 1.4G \quad (8.3.5)$$

$$U = 1.4D + 1.7H + 1.4Q + 1.4W + 1.4G \quad (8.3.6)$$

$$U = 1.4D + 1.4(L + I) + 1.4CF + 1.7H + 1.4Q + 1.4(0.5W + WL + SB + LR) + 1.4G \quad (8.3.7)$$

$$U = 1.0D + 1.0H + 1.0Q + 1.0E \quad (8.3.8)$$

$$U = 1.4D + 1.4(L + I) + 1.7H + 1.4Q + 1.4CO \quad (8.3.9)$$

$$U = 1.2D + 1.5H + 1.2Q + 1.2W + 1.2CO \quad (8.3.10)$$

제 8 장 교량 일반사항

- (2) (1)항의 모든 하중조합에서 <표 8.3.5>의 각 경우에 대한 고정하중계수와 토압하중계수는 각 표에 제시한 값을 사용하여야 한다.

표 8.3.5 주요하중조합에서 고정하중계수와 토압하중계수를 바꾸어 설계하는 경우

식	고정하중 계수	토압하중 계수	
	① 기둥설계시 최소축하중 및 최대 모멘트 또는 최대 편심에 대하여 설계할 경우	② 라멘구조에서 횡토압에 의해 상판의 정모멘트를 검토하는 경우	③ 연직토압에 대하여 설계할 경우
(8.3.1)~(8.3.7), (8.3.9)	0.8	0.6	1.4
(8.3.10)	0.9	0.8	1.2

- (3) 기초를 설계할 경우 토압이나 파일하중 등에는 하중계수에 의한 하중증가를 시키지 않는다. 또한 전도, 활동 등에 대한 안전율을 사용하여 구조물 기초의 안정성을 검토하는 경우에도 하중계수를 사용하지 않는다.

8.4 사용재료

8.4.1 강재

(1) 일반사항

강철도교에 일반적으로 사용되는 재료는 구조용 강재, 연결용 강재, 받침용 재료가 있으며 이들 재료는 특별한 것을 제외하고는 「한국산업규격(KS)」에 규정된 것을 사용하여야 한다.

기술의 진보에 따라 새로운 재료를 적용할 때는 타당한 근거를 가지고 사용하여야 한다. KS 규격은 <표 8.4.1>과 같다.

표 8.4.1 한국산업규격(KS)번호 및 규격명

규격번호	규격명	규격번호	규격명
KS B 1002	6각볼트	KS F 2453	콘크리트의 압축 크리프 시험방법
KS B 1010	마찰접합용 고장력 6각볼트·6각너트·평와서의 세트	KS F 2526	콘크리트용 골재
KS B 1012	6각너트	KS F 2527	콘크리트용 부순골재
KS D 3503	일반구조용 압연강재	KS F 2544	콘크리트용 고로슬래그 골재
KS D 3504	철근콘크리트용 봉강	KS F 2560	콘크리트용 화학혼화제
KS D 3505	PS 강봉	KS F 4009	레디믹스트 콘크리트
KS D 3509	피아노 선재	KS F 4301	원심력 철근 콘크리트 말뚝
KS D 3515	용접구조용 압연강재	KS F 4303	프리텐션 방식 원심력 PC 말뚝
KS D 3529	용접구조용 내후성 열간 압연강재	KS F 4306	프리텐션 방식 원심력 고강도 콘크리트 말뚝
KS D 3559	경강선재	KS F 4420	교량지지용 탄성받침
KS D 3566	일반구조용 탄소강관	KS F 4424	교량지지용 포트받침
KS D 3698	냉간압연 스테인리스 강관 및 강대	KS F 4602	강관말뚝
KS D 3710	탄소강 단강품	KS F 4603	H 형강 말뚝
KS D 3752	기계구조용 탄소강재	KS F 4605	강관 시트파일
KS D 4101	탄소강 주강품	KS L 5201	포틀랜드 시멘트
KS D 4102	구종요 고장력 탄소강 및 저합금강 주강품	KS L 5210	고로 슬래그 시멘트
KS D 4106	용접구조용 주강품	KS L 5211	플라이애쉬 시멘트
KS D 4301	회주철품	KS L 5405	플라이애쉬
KS D 4302	구상흑연 주철품	KS M 6617	방진고무용 고무재료
KS D 7002	PC 강선 및 PC 강연선		
KS D 7004	연강용 피복 아크 용접봉		
KS D 7006	고장력 강용 피복아크 용접봉		

(2) 구조용 강재

구조용 강재는 「제9장 강교 및 강합성교」의 규정에 따른다.

(3) 연결용 재료

용접재료 및 볼트재료는 「제9장 강교 및 강합성교」의 규정에 따른다.

(4) 받침용 재료

① 받침용 재료는 <표 8.4.2>의 것을 사용한다.

주조기술의 발달에 의해 GC 250은 GC 150과 큰 가격 차이가 없고 인

성도 높기 때문에 주철에 관해서는 GC 250을 사용한다.

최근에 주강받침에서 용접성이 요구되는 경우가 많고, 강도가 높은 것을 필요로 하므로 KS D 4106의 1종 및 2종과 KS D 4102중 저망간강 주강품 1종 및 2종을 첨가했다. 기계구조용 탄소강 강재는 종래 기계부품으로서 사용되어 온 것이지만 생산량 및 사용실적이 많고 재질면에서도 안정되어 있어 도입되었다.

롤러 및 받침판에 이용하는 특수 스테인레스강에 관해서는 KS화 되어 있지 않으므로 품질 등을 검토해서 이용하는 것이 좋다.

동합금 받침판에 관해서는 고체윤활제와 천연흑연과 함께 사용되는데 동합금 받침판이란 받침의 마찰을 줄이기 위해 사용하는 고장력 황동 주물판으로서 그 미끄럼면에 흑연을 주체로 한 고체윤활제를 주입한 것을 말한다.

표 8.4.2 받침용 재료

종류	규격	기호
주강	KS D 4101(탄소강주강품) 3종 및 4종	SC 450 및 SC 480
	KS D 4106(용접구조용주강품) 1종 및 2종	SCW 410 및 SCW 480
	KS D 4102(구조용고장력탄소강 및 저합금강주강품)저망간주강품 1종 및 2종	SCMn 1A 및 SCMn 2A
주철	KS D 4301(회주철품)4종	GC 250
합금강	KS D 3752(기계구조용탄소강재)	SM 30CN 및 SM 35CN

② 받침에 사용하는 강재의 기준허용응력

강재의 기준 허용휨응력 및 허용 전단응력은 <표 8.4.3>에 의하여야 한다.

표 8.4.3 받침에 사용하는 강재의 기준 허용휨응력 및 허용 전단응력(MPa)

강재종류		허용응력			허용전단응력	
		인장축	압축축	휨	일반	핀
압연강재	SS400	140		200	80	105
	SM400	140		200	80	105
	SM490	190		270	105	145
주철품	GC250	60	120	-	45	-
주강품	SC450	110	125	-	80	-
	SC480	120	140	-	90	-
	SCW410	130	140	-	80	-
	SCW480	160	170	-	100	-
	LMnSC1A	160	170	-	100	-
	LMnSC2A	180	190	-	110	-
구조용 합금강	SM35C	190	190	260	110	140
	SM45C	210	210	290	120	150

강재의 기준허용지압응력은 다음과 같이 정하여야 한다.

가. 선받침 (Line bearing)

$$K_1 \left(\frac{r_1 r_2}{r_1 - r_2} \right) \quad (\text{N/mm}) \quad (8.4.1)$$

나. 로울러받침 (Roller bearing)

$$0.8 K_1 r_2 \quad (\text{N/mm}) \quad (8.4.2)$$

다. 구면받침 (Spherical bearing)

$$K_2 \left(\frac{r_1 r_2}{r_1 - r_2} \right)^2 \quad (\text{N}) \quad (8.4.3)$$

라. 여기서, K_1 , K_2 의 값은 <표 8.4.4>에 준용하고 r_1 , r_2 (m)는 <그림 8.4.1>에 의하여야 한다.

표 8.4.4 재료의 조합(MPa)

조합 계수	SS400과 GC250	SS400	SC450 SCW410	SM490	SC480 SCW480 LMnSC1A	SM35C과 LMnSC2A
K_1	15	10		13		15
K_2	-	0.08		0.13		0.16

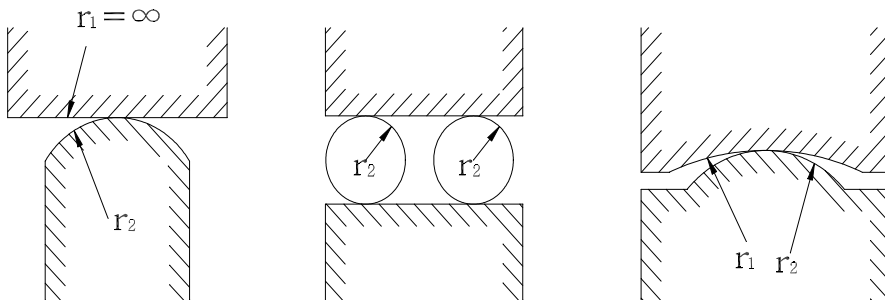


그림 8.4.1 선받침, 로울러받침, 구면받침

- ③ 동합금 받침판의 기준허용지압응력은 35MPa로 하여야 한다.
- ④ 탄성받침의 재료는 관련항목 참조
- ⑤ 받침용 고무판 및 그 보강 강판에는 <표 8.4.5>의 것을 사용한다.
고무를 이용한 받침에는 여러 가지 구조가 있으나 고무판 1개 또는 여러 개를 강판에 중첩한 것을 대상으로 했다. 고무의 재질은 KS M

6617 C 08-b1에 부합되는 양질의 클로로필렌계의 것이 일반적으로 자주 이용되고 있으나 강도, 강성, 내구성 등이 확보되어야 한다. 다른 재질을 이용하는 경우에는 성능을 확인할 필요가 있다. 보강판에 관해서는 내후성강판을 이용한 것도 있지만 접촉면이 반복되어 마찰되는 상황을 고려하면 적당하지 않으므로 일단 스테인레스강판을 사용하는 것으로 제한한다.

표 8.4.5 받침용 고무판 및 보강 강판

종별	규격	기호
클로로필렌계 고무	KS M 6617(방진고무용 고무재료)	C 08-b ₁
보강 강판	KS D 3698(냉간압연 스테인레스 강판 및 강대)	STS 304

(5) 강재의 재료 특성치

강재의 재료 특성치는 「제9장 강교 및 강합성교」의 규정에 따른다.

8.4.2 콘크리트

(1) 일반사항

이 설계기준을 이용하여 설계하는 강교, 철근콘크리트교, 프리스트레스트 콘크리트교 및 하부구조에 사용하는 콘크리트 재료에 대하여 규정한 것이다.

(2) 콘크리트 재료

콘크리트 재료는 다음 각 항에 나타난 재료를 사용하는 것으로 한다.

① 시멘트는 한국산업규격(KS L 5201, 5205, 5210, 5211, 5217, 5401)에 규정한 것과 같거나, 또는 이와 동등 이상의 것을 사용하여야 한다.

② 골재의 품질과 크기는 다음의 규정에 따라야 한다.

가. 골재는 한국산업규격(KS)에 규정한 것과 같거나, 또는 이와 동등 이상의 것을 사용하여야 한다.

나. 골재는 요구되는 경도나 입도를 가지며 깨끗하고 내구성이 있는 것으로, 점토 덩어리, 유기물, 세장석판 등의 해로운 물질을 포함하지 않아야 하며, KS F 2526, KS F 2527, KS F 2543, KS F 2544, KS F 2573에 규정된 품질로 하여야 한다.

다. 위 규격품이 아니더라도 KS F 2502, KS F 2503, KS F 2504, KS F 2529, KS F 2533, KS F 2468의 골재와 관련된 한국산업규격(KS)에 규정한 것과 같거나, 또는 이와 동등 이상의 것을 사용하여야 한다. 그리고 이외에는 시험에서 요구되는 입도로서 소요 품질의 콘크리트를 만들 수 있다고 입증되는 경우에만 책임기술자의 승인을 얻은 후에 사용할 수 있다.

라. 굵은골재의 공칭 최대 치수는 다음 값을 초과하지 않아야 한다. 그러나 이러한 제한은 콘크리트를 공극 없이 칠 수 있는 다짐 방법을 사용할 경우에는 책임기술자의 판단에 따라 적용하지 않을 수 있다.

㉡ 거푸집 양 측면 상의 최소 거리의 1/5

㉢ 슬래브 두께의 1/3

㉣ 개별 철근, 다발철근, 긴장재 또는 덕트 사이 최소 순간격의 3/4

마. 잔골재에는 가능한 한 해사를 사용하지 않는 것이 바람직하다. 부득이 해사를 사용해야 하는 경우에는 해사에 포함된 염화물 이온량은 잔골재의 절대 건조중량에 대해 0.022%(염화나트륨으로 환산하면 약 0.04 %에 상당)이하로 하는 것이 좋다.

③ 화학혼화제의 품질과 사용은 다음 규정에 따라야 한다.

가. 화학혼화제는 한국산업규격 KS F 2560에 규정한 것과 같거나, 또는 이와 동등 이상의 것을 사용하여야 한다.

나. 화학혼화제를 사용할 경우에는 품질조사와 시험을 거친 후 책임기술자의 승인을 얻어야 한다.

다. 화학혼화제는 콘크리트 배합을 결정할 때에 사용했던 제품과 동일한 성분 및 성능을 공사 중 일관되게 유지하여야 한다.

라. 염화칼슘 또는 염소이온을 포함하는 화학혼화제는 프리스트레스트 콘크리트, 알루미늄 제품을 매입한 콘크리트 또는 아연 도금한 고정형 금속형틀을 사용한 콘크리트의 경우에 사용하지 않아야 한다.

마. KS F 2560에 규정되어 있지 않은 종류의 혼화제를 사용하는 경우에는 적합시험 등에 의해 그 적용성을 확인하여 사용하여야 한다. 부득이하게 유동화제를 사용하는 경우에는 사용방법에 대해서 사전에 검토하여 품질관리를 하여야 한다. 혼화제 가운데는 다량의 염화물을

포함하고 있는 것이 있으므로 사용할 때 주의를 요하는 것이 있다. 특히 촉진형인 것은 염화칼슘 등이 주성분의 하나로 되는 것이 많으므로 특히 주의를 요한다.

- ④ 콘크리트를 제조할 때 사용되는 물은 다음 규정에 따라야 한다.
 - 가. 콘크리트 배합에 사용되는 물은 청정한 것으로서 일반적으로 산, 기름, 알칼리, 염분, 유기물 그리고 콘크리트 및 철근에 유해한 물질을 포함하지 않아야 한다.
 - 나. 콘크리트의 배합에 사용되는 물은 KS F 4009 부속서 2에 적합한 것으로 한다.
 - 다. 프리스트레스트 콘크리트 또는 알루미늄 제품을 매입한 콘크리트 배합에 사용하는 물과 골재의 표면수는 유해량의 염소이온을 함유하지 않아야 한다.
 - 라. 식수로 부적당한 물은 다음에 열거한 사항을 만족하지 못하면 콘크리트에 사용될 수 없다.
 - ㉠ 동일 수원의 물을 사용하여 이에 배합설계를 하여야 한다.
 - ㉡ 식수가 아닌 물로 만들어진 모르타르 시험체의 7일과 28일 강도는 식수로 만들어진 같은 형태의 공시체 강도의 90%이상의 강도를 각각 가져야 한다. 사용한 물의 차이에 따른 강도비교 시험은 물 이외에는 같은 조건의 모르타르를 사용하여 실시하고, 그 시험을 KS L 5105에 따라 준비, 시험하여야 한다.
- ⑤ 콘크리트를 제조할 때 사용되는 혼화재료는 다음 규정에 따라야 한다.
 - 가. 혼화제로 사용할 플라이애쉬는 KS L 5405에 적합한 것이어야 한다.
 - 나. 혼화제로 사용할 콘크리트용 팽창제는 KS F 2562에 적합한 것이어야 한다.
 - 다. 혼화제로 사용할 고로슬래그 미분말은 KS F 2563에 적합한 것이어야 한다.
 - 라. 혼화제로 사용할 실리카폼은 KS F 2567에 적합한 것이어야 한다.
 - 마. 「가. 나. 및 다.항」 이외의 혼화재료로서는 규산질 미분말 및 고강도용 혼화제 등이 있다. 이들 혼화제에 대한 것은 아직 품질의 규격이 없고 또 사용방법도 다양하므로 이를 사용할 때는 미리 조사, 시험을

하여 품질을 확인하고 사용방법도 검토하여 제조한 콘크리트의 내구성에 영향이 없도록 하여야 한다.

바. 어떠한 혼화재료를 사용하는 경우에도 재료 특성뿐만 아니라 시공방법에도 특별한 배려가 필요하기 때문에 사전에 검토하여야 한다.

(3) 콘크리트의 재료 특성치

철도교에 사용하는 콘크리트의 재료 특성치는 「제10장 콘크리트교」의 규정에 따른다.

8.5 사용성 및 내구성

8.5.1 일반사항

(1) 구조물 또는 부재가 사용기간 중 기능과 성능을 유지하기 위하여 사용하중을 받을 때의 사용성과 내구성을 검토하여야 한다.

(2) 사용성 검토는 피로, 균열 및 처짐의 영향 등을 고려하여 이루어져야 한다.

8.5.2 피로

(1) 적용범위

① 이 규정은 하중 중에서 변동하중이 차지하는 비율이 높거나 작용빈도가 크기 때문에 피로에 대한 안전성 검토를 필요로 하는 경우를 위한 것이다.

② 강교량의 피로검토는 「강교량 피로편」을 적용하여야 한다.

③ 콘크리트교량의 피로검토는 다음과 같이 하여야 한다.

가. 보 및 슬래브는 휨 및 전단에 대하여 검토하여야 한다.

나. 기둥은 검토하지 않아도 좋다. 다만 휨모멘트나 축방향 인장력의 영향이 큰 경우에는 보에 준하여 검토하여야 한다.

(2) 피로응력한계

① 사용하중하에서 표준열차하중과 충격에 의해 야기되는 직선철근의 최대 인장응력과 최소응력 사이의 범위는 <식 (8.5.1)>의 값을 초과할 수 없다.

$$f_f = 165 - 0.33f_{\min} \quad (8.5.1)$$

여기서, f_f : 응력범위(MPa)

$f_{\min}$: 최소응력 수준으로 인장은 정(+), 압축은 부(-)의 값
(MPa)

- ② 높은 응력범위의 구역에서는 주철근을 구부리는 일은 피해야 한다.
- ③ 근사방법에 따라 설계되는 주철근의 방향이 차량 진행방향에 직각인 콘크리트 바닥판에 대해서는 피로응력한계를 고려할 필요가 없다.

8.5.3 균열

- (1) 「8.5.3(2) 및 (3)항」의 경우를 제외하고는 「10.6.4③항」을 포함하여 이 설계기준의 다른 모든 규정을 만족하는 경우 균열에 대한 검토가 이루어진 것으로 간주할 수 있다.
- (2) 특별히 수밀성이 요구되는 구조는 균열에 대한 검토를 하여야 한다. 이 경우 소요 수밀성을 갖도록 하기 위한 허용균열폭을 설정하여 콘크리트 구조설계기준(2007)의 부록V에 따라 검토할 수 있다.
- (3) 미관이 중요한 구조는 미관상의 허용균열폭을 설정하여 콘크리트 구조설계기준(2007)의 부록V에 따라 균열을 검토할 수 있다.
- (4) 부재는 하중에 의한 균열을 제어하기 위해 필요한 철근 외에도 필요에 따라 온도변화, 건조수축 등에 의한 균열을 제어하기 위한 추가적인 보강철근을 「10.4.8항」에 따라 배치하여야 한다. 그리고 균열 제어를 위한 철근은 필요로 하는 부재 단면의 주변에 분산시켜 배치하여야 하고, 이 경우 철근의 지름과 간격을 가능한 한 작게 하여야 한다.

8.5.4 처짐

(1) 일반사항

- ① 교량구조물의 휨부재는 강성을 가짐으로써 사용하중과 충격으로 인해 발생한 처짐 또는 변형이 구조물의 강도나 실제사용에 해로운 영향을 주지 않도록 설계하여야 한다.
- ② 처짐 검토를 위한 하중조합 및 기준은 「8.6.3항」 주행안전성 및 승차감

검토를 따르도록 한다.

- ③ 부등변위에 대한 검토를 할 때의 하중조합은 「8.3.2항」과 <표 8.5.1>에 준용하여야 한다.

표 8.5.1 하중조합

검토 항목		하중 조합
부등변위	상시	고정하중 + 열차하중 + 충격
	지진시	고정하중 + 지진의 영향

- ④ 부재의 최소두께는 <표 8.5.2>에 따라야 한다. 다만, 처짐계산에 의하여 「8.6.3항」을 만족하는 경우에는 <표 8.5.2>의 최소 두께를 적용할 필요가 없다.

표 8.5.2 높이가 일정한 부재의 최소 두께

부재의 종류	최소 두께(m)	
	단순경간	연속경간
주철근이 차량 진행방향에 평행한 교량 슬래브	$\frac{1.2(I+3)}{30}$	$\frac{(I+3)}{30}$
T형 거더	0.070 <i>I</i>	0.065 <i>I</i>
박스 거더	0.060 <i>I</i>	0.055 <i>I</i>

주) 가. 변단면 부재가 사용되는 경우, <표 8.5.2>은 정모멘트 단면과 부모멘트 단면에서의 상대강성의 변화를 고려하기 위해 수정될 수 있다.

나. *I*는 지간의 길이를 나타낸다.(m)

(2) 처짐의 산정

- ① 균열이 발생하지 않는 구조물 또는 부재의 순간처짐은 전단면을 유효로 보고 탄성이론으로 구하여도 좋다. 이때 난간, 연석, 보도 및 거푸집이 제거되기 전에 상부구조 단면과 일체로 치지 않는 요소는 모두

제외하여야 한다.

- ② 균열이 발생하는 구조물 또는 부재의 순간처짐은 균열의 발생에 따른 강성의 저하를 고려하여 구하여야 한다.
- ③ 장기처짐은 지속하중하에서의 콘크리트와 철근의 응력을 고려하고 콘크리트의 크리프 및 건조수축의 영향을 고려하여 구하여야 한다.
- ④ 부재의 강성도를 엄밀한 해석방법으로 구하지 않는 한, 부재의 순간처짐은 「10.2.1(3)항」에 규정된 콘크리트의 탄성계수와 종단면적의 단면 2차모멘트 I_g 나 <식 (8.5.2)>로 나타낸 유효단면 2차모멘트 I_e 를 사용하여 구하여야 한다.

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 \right] I_{cr} \leq I_g \quad (8.5.2)$$

여기서, M_{cr} 은 균열모멘트로서 <식 (8.5.3)>으로 표시된다.

$$M_{cr} = \frac{f_r I_g}{y_t} \quad (8.5.3)$$

M_a : 처짐이 계산되는 단계에서의 부재의 휨모멘트

I_{cr} : 콘크리트로 환산된 균열단면의 단면 2차모멘트

y_t : 철근을 무시한 종단면의 중심축에서 인장 연단까지의 거리

f_r : 콘크리트의 휨인장강도 $f_r = 0.63\sqrt{f_{ck}}$

다만, 경량콘크리트가 사용된 경우에는 다음과 같이 f_r 의 값을 수정하여야 한다.

- 가. f_{ct} 가 명시된 경우에는 f_r 를 구할 때 $\sqrt{f_{ck}}$ 를 $1.76 f_{ct}$ 로 대체하되, $1.76 f_{ct}$ 의 값은 $\sqrt{f_{ck}}$ 이하라야 한다.

나. f_{ct} 가 명시되지 않은 경우에는 전 경량 콘크리트 (all-light weight concrete)에 대해서는 0.75, 모래경량 콘크리트(sand-light weight concrete)에 대해서는 0.85를 각각 f_r 에 곱한다. 일부의 모래만이 경량골재로 대치된 경우에는 직선보간법을 사용해도 좋다.

- ⑤ 연속지간에 대해서는 정모멘트와 부모멘트에 대한 위험단면의 단면 2차모멘트를 <식 (8.5.11)>에 의해 구하여 그 평균치를 사용하여야 한다. 균열의 영향을 고려한 지간 중앙단면의 강성은 주로 처짐에 의해 지배되기 때문에 연속부재에 대한 지간 중앙단면의 성질을 이용하면 이 규정은 만족할 만한 정확도를 얻을 수 있다.
- ⑥ 엄밀한 해석에 의하지 않는 한, 일반 및 경량콘크리트로 된 휨부재의 크리프 및 건조수축에 의해 생기는 추가적인 장기처짐은 해당 지속하중에 의해 발생한 순간처짐에 다음 계수를 곱하여 구할 수 있다.

$$\lambda = \frac{\xi}{1+50\rho'} \quad (8.5.4)$$

여기서 ρ' 은 단순 및 연속지간에서는 지간 중앙단면, 그리고 캔틸레버에서는 지지부에서의 단면의 압축철근비이다. ξ 는 지속하중의 재하기간에 따라 달라지는 다음 값의 시간경과계수이다.

5년 이상	2.0
12 개월	1.4
6 개월	1.2
3 개월	1.0

(3) 열차하중에 의한 부등변위량 검토

- ① 부등변위량의 검토에는 일반적으로 열차하중은 단선재하로 하고 충격은 필요에 따라 고려하여야 한다.
- ② 열차하중에 의한 궤도면의 허용부등변위량은 지진이 작용하지 않는 경우에는 <표 8.5.3>의 값 이하로 또한 지진이 작용하는 경우에는 <표

8.5.4>의 값 이하로 하여야 한다.

표 8.5.3 열차를 지지하는 구조물의 레일수준에서의 허용부등변위량(상시)

변위의 방향	열차속도 (km/h)	평행처짐 (mm)	굴절각(θ) (1/1000 rad.)			
			평행이동각		꺾임각	
			$L_b < 30m$	$30m \leq L_b$	$L_b < 30m$	$30m \leq L_b$
연직	120	2	7.5	9	9	9
	150		5	6	6.5	7
	200		4.5	4	5.5	4.5
	250		3.5	3	4	3
	300 이상	1.5	3	2.5	3	2
수평	120	2	4	5.5	5	6
	150		3	3	3.5	4
	200		2.5	2	3	2.5
	250	1.5	2	1.5	2.5	2
	300 이상	1.0	1.5	1.0	2	1.5

표 8.5.4 열차를 지지하는 구조물의 레일수준에서의 허용부등변위량(지진시)

변위의 방향	열차속도 (km/h)	평행처짐 (mm)	굴절각(θ) (1/1000 rad.)			
			평행이동각		꺾임각	
			$L_b < 30m$	$30m \leq L_b$	$L_b < 30m$	$30m \leq L_b$
연직	120	20	20	20	20	20
	150		18	16	20	18
	200	16	12	10	14	11
	250	11	8.5	7	9.5	7.5
	300이상	6	5	4	5	4
수평	70	10	12	12	12	12
	120		9	12	11	12
	150		6.5	7.5	8	9.5
	200		5.5	5	6.5	6
	250	6	5.5	4	5.5	4
	300이상	3.3	2.5	2.2	3	2.2

- 주) 가. 도상궤도의 경우는 평행처짐에 대한 검토를 하지 않아도 좋다. 자갈
 도상궤도의 경우는 실제 발생하는 평행처짐량은 도상이 고체거동을
 한다고 보고 해석한 결과보다 그 변형량이 최소 자갈두께의 5%까지
 줄어들 수 있다.
- 나. 정적부등변위량도 고려한 것
- 다. 용어의 의미는 <그림 8.5.1>과 같다.

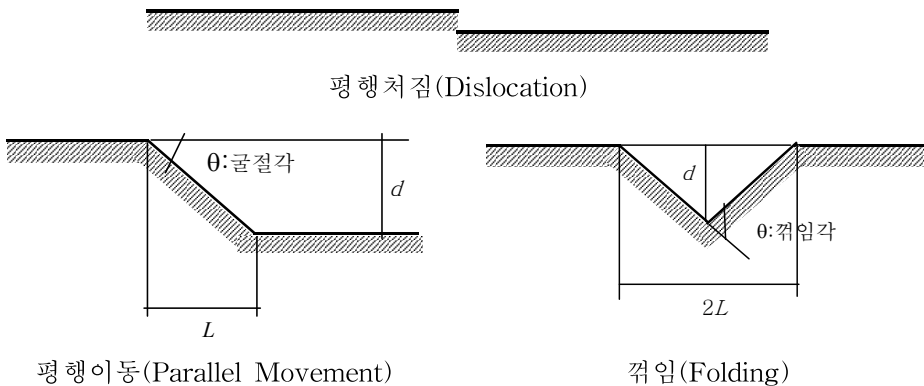


그림 8.5.1 평행처짐, 평행이동, 꺾임

8.5.5 내구성 설계

(1) 일반 사항

- ① 철도교량은 주어진 주변 환경조건하에서 목표내구수명 동안에 안전성, 사용성, 미관, 내구성을 갖도록 설계, 시공, 유지관리 되어야 한다.
- ② 설계 착수 전에 시공주와 설계자는 구조물의 목표내구수명과 환경조건을 결정하여야 한다. 결정시에는 구조의 환경조건, 구조거동, 중요도, 유지관리방법 등을 고려하여 선정하여야 한다.
- ③ 배수시설, 줄눈, 신축이음장치, 받침부, 난간 및 방호책, 부재연결부, 조명시설, 계측기 및 기타 부속물들은 구조의 수명보다 공용기간이 짧으므로 별도의 방법에 의하여 내구성이 검토되어야 한다.

(2) 강구조물 강재부재의 내구성 설계

- ① 강구조물의 부재에는 부식에 의한 기능상의 저하를 방지하기 위해 방

청, 방식 대책을 세워야 한다.

- ② 강재의 방청, 방식법을 선정하기 위해서는 구조물 가설 지점의 환경, 부재 및 규모, 부재 형상 및 경제성 등을 종합적으로 고려하여야 한다.
- ③ 강구조물 설계시 방청, 방식법을 선정할 때는 세부구조의 형상 및 재료 조합 등을 고려하여야 한다.

표 8.5.6 강구조물의 대표적인 방청방식법

구분	주된 방청방식원리	성능저하 형태	성능 상실시의 보수방법
도장	도막에 의한 대기환경 차단	도막의 열화	재도장
내후성 강재	치밀한 녹발생에 의한 부식억제	층상박리 녹의 발생과 이에 의한 단면 감소	도장
아연용융도금	아연화합물에 의한 보호 피막 및 아연에 의한 희생방식	아연층의 감소	용사 혹은 도장
금속용사	용사금속의 보호피막 및 용사금속에 의한 희생방식	용사금속층의 감소	용사 혹은 도장

(3) 콘크리트 구조물의 내구성 설계

① 설계 일반

- 가. 콘크리트 구조는 주어진 주변환경 조건에서 설계 공용기간 동안에 안전성, 사용성, 내구성, 미관을 갖도록 설계, 시공, 유지관리하여야 한다.
- 나. 설계착수 전에 구조물 발주자와 설계자는 구조물의 중요도, 환경조건, 구조거동, 유지관리방법 등을 고려하여야 한다.
- 다. 콘크리트 구조물의 손상이 우려되는 노출 환경에 시공될 경우, 내구수명을 확보할 수 있도록, 콘크리트 재료 및 설계기법을 선정해야 한다.
- 라. 설계사항이 내구수명을 확보하는지의 여부를 내구성 평가를 실시하여 확인해야 한다. 다만, 설계할 때 사용재료, 환경 등이 파악되거나 내구성 문제가 중요한 구조물인 경우 설계단계에서 검토한다.

마. 내구성 검토 시 콘크리트 재료, 피복두께 등으로 내구수명을 만족하지 못할 경우, 표면 보호, 방식 성능을 갖는 재료 등을 비롯한 부가적인 방법으로 내구성능을 증진시키지 않으면 안 된다.

② 내구성 설계기준

가. 콘크리트 구조물의 손상이 우려되는 환경에 시공될 경우, 노출환경을 고려하여 본 항목에서 규정한 요구사항을 만족하는 콘크리트를 사용하여 한다.

나. 내구성을 고려한 설계를 위한 노출 환경의 구분

설계자는 콘크리트 구조물 부재가 건설되는 위치의 노출환경 정도를 고려해 설계해야 한다. 구조물 성능에 영향을 미치는 노출환경의 정도는 <표 8.5.7>을 참조한다.

표 8.5.7 구조물의 노출 환경 구분

노출환경	정도	구분	설명	
F (동결융해 ¹⁾)	무시	F0	동결융해 사이클에 노출되어 있지 않음	
	보통	F1	동결융해 사이클에 노출되어 있고 때때로 수분에 접촉하고 있음 ²⁾	
	심함	F2	동결융해 사이클에 노출되어 있고 항상 수분에 접촉하고 있음 ²⁾	
	매우 심함	F3	동결융해 사이클에 노출되어 있고 항상 수분에 접촉하고 있으며, 동결방지제에 노출되어 있음	
C (강재 부식)	무시	C0	기건 상태에 있거나 수분으로부터 차단되어 있음	
	보통	C1	수분에 노출되어 있으나 염화물 ³⁾ 에 노출되어 있지 않음	
	심함	C2	수분에 노출되어 있고 염화물에 노출되어 있음 해수중부, 해안선으로부터 250미터 이내 지역	
	매우 심함	C3	수분에 노출되어 있고 염화물에 노출되어 있음 해상의 간만대, 비말대	
S (황산염)			토양 중의 수용성 황산염(SO ₄)농도 (wt%)	수중에서의 황산염(SO ₄)농도 (ppm)
	무시	S0	SO ₄ < 0.10	SO ₄ < 150
	보통	S1	0.10 ≤ SO ₄ < 0.20	150 ≤ SO ₄ < 1500
	심함	S2	0.20 ≤ SO ₄ ≤ 2.00	1500 ≤ SO ₄ ≤ 10,000
	매우 심함	S3	SO ₄ > 2.00	SO ₄ > 10,000

- 주1) 우리나라는 겨울철 평균기온이 대부분 영하로 내려가므로, 동결융해 사이클에 노출되어 있다고 볼 수 있다.
- 주2) 교각 받침대, 교각, 옹벽, 터널 복공 등과 같이 수면 가까이에서 포화된 부분 및 이러한 구조물 외에도 수면에서 떨어져 있지만 융설, 유수, 물방울 등의 영향을 받는 부분 등이 포함된다.
- 주3) 바닷물, 염화물계 동결방지제 등

다. 노출환경에 대한 콘크리트 요구사항

콘크리트 구조물이 내구성을 필요로 하는 위치에 놓일 경우, 다음의 노출환경에 따른 요구사항을 만족시켜 설계하여야 하고, 노출환경이 복합적일 경우, 안전한 측면에서 보다 엄격한 기준을 만족시키도록 해야 한다.

표 8.5.8 동결융해 환경에 노출된 콘크리트에 대한 요구사항

환경 구분	최대 물-결합재비	최소설계 기준강도 (MPa)	공기량(%)			사용결합재																			
F0	-	18	-			-																			
F1	0.45	30	<table><tr><th>최대 골재 치수 (mm)</th><th>F1</th><th>F2,F3</th></tr><tr><td>10</td><td>6</td><td>7.5</td></tr><tr><td>15</td><td>5.5</td><td>7</td></tr><tr><td>20</td><td>5</td><td>6</td></tr><tr><td>25</td><td>4.5</td><td>6</td></tr><tr><td>40</td><td>4.5</td><td>5.5</td></tr></table>			최대 골재 치수 (mm)	F1	F2,F3	10	6	7.5	15	5.5	7	20	5	6	25	4.5	6	40	4.5	5.5	-	
최대 골재 치수 (mm)	F1	F2,F3																							
10	6	7.5																							
15	5.5	7																							
20	5	6																							
25	4.5	6																							
40	4.5	5.5																							
F2	0.45	30	-																						
F3	0.45	30	<table><tr><th>광물성 혼화재</th><th>최대 혼합량 (%)</th></tr><tr><td>플라이애시</td><td>25</td></tr><tr><td>고로슬래그</td><td>50</td></tr><tr><td>실리카폼</td><td>10</td></tr><tr><td>플라이애시+ 고로슬래그+ 실리카폼 사용시</td><td>50</td></tr><tr><td>플라이애시+ 실리카폼 사용시</td><td>35</td></tr></table>		광물성 혼화재	최대 혼합량 (%)	플라이애시	25	고로슬래그	50	실리카폼	10	플라이애시+ 고로슬래그+ 실리카폼 사용시	50	플라이애시+ 실리카폼 사용시	35									
			광물성 혼화재	최대 혼합량 (%)																					
			플라이애시	25																					
			고로슬래그	50																					
			실리카폼	10																					
			플라이애시+ 고로슬래그+ 실리카폼 사용시	50																					
플라이애시+ 실리카폼 사용시	35																								

제 8 장 교량 일반사항

표 8.5.9 강재부식 환경에 노출된 콘크리트에 대한 요구사항

환경구분	최대 물-결합재비	최소 설계기준강도(MPa)
C0	-	18
C1	-	18
C2	0.45	30
C3	0.40	35

표 8.5.10 황산염 환경에 노출된 콘크리트에 대한 요구사항

환경구분	최대 물-결합재비	최소설계 기준강도(MPa)	사용결합재
S0	-	18	
S1	0.50	27	보통포틀랜드시멘트(1종)+포졸란 ¹⁾ 플라이애시시멘트(KS L 5211) 중용열포틀랜드시멘트(2종) (KS L 5201) 고로슬래그시멘트(KS L 5210)
S2	0.45	30	내황산염포틀랜드시멘트(5종) (KS L 5201)
S3	0.45	30	내황산염포틀랜드시멘트(5종) (KS L 5201)±포졸란 ²⁾

주1) 1종 시멘트가 포함된 콘크리트에 사용될 때, 황산염에 대한 저항을 개선시킨 실적이 있거나 또는 실험에 의해 증명된 포졸란

주2) 5종 시멘트가 포함된 콘크리트에 사용될 때, 황산염에 대한 저항을 개선시킨 실적이 있거나 또는 실험에 의해 증명된 포졸란

③ 내구성 평가

가. 일반사항

㉔ 콘크리트 구조물의 내구성이 요구되는 경우, 「②항」 규정에 따라 콘크리트를 선정하여 설계를 실시하고, 시공 착수 전 시공계획 단계에서 목표 내구수명 동안 내구성을 확보하도록 내구성 평가를 실시한다. 다만, 설계할 때 사용재료, 환경 등이 파악되거나 내구성 문제가 중요한 구조물인 경우 설계단계에서 검토한다.

㉕ 내구성 평가는 염해, 탄산화, 동결융해, 황산염 손상을 포함하는 화학적 침식, 알칼리 골재반응 등을 주된 열화원인으로 고려하며, 시공

할 구조물이 갖게 될 열화환경을 조사하여 이에 따라 열화원인별 내구성 평가 항목을 선정하여야 한다.

- ㉡ 콘크리트 구조물이 복합열화가 지배적인 특수한 환경에 시공되는 경우는 각각의 열화인자에 대하여 내구성 평가를 수행하여 가장 지배적인 열화인자에 대한 내구성 평가결과를 적용하여야 한다.
- ㉢ 콘크리트 구조물의 목표 내구수명은 구조물을 특별한 유지관리 없이 일상적으로 유지관리 할 때 내구적 한계상태에 도달하기까지의 기간으로 정한다. 시공될 콘크리트 구조물의 내구등급 결정은 구조물을 설계할 때 설정된 콘크리트 구조물의 목표 내구수명에 따라 정하여야 한다. 구조물의 내구등급은 <표 8.5.11>에 따라 결정한다.

표 8.5.11 콘크리트 구조물의 목표내구수명에 따른 내구등급

구조물 내구등급	구조물의 내용	목표 내구수명
1등급	특별히 높은 내구성이 요구되는 구조물	100년
2등급	높은 내구성이 요구되는 구조물	65년
3등급	비교적 낮은 내구성이 요구되는 구조물	30년

나. 내구성 평가의 원칙

- ㉡ 시공될 콘크리트 구조물에 사용될 콘크리트에 대한 내구성 평가는 내구성능 예측값에 환경계수를 적용한 소요 내구성값을 내구성능 특성값에 내구성 감소계수를 적용한 설계 내구성값과 비교함으로써 <식 (8.5.5)>에 따라 수행한다. 염해의 경우 염화물 이온농도, 탄산화의 경우 탄산화 깊이, 동해의 경우 상대동탄성계수 등과 같이 각 열화요인에 대해 내구성능 특성값과 내구성능 예측값을 비교하여 수행한다.

$$\gamma_P A_P \leq \phi_K A_K \quad (\text{식 } 8.5.5)$$

여기서, γ_P : 콘크리트 구조물에 관한 환경계수

ϕ_K : 콘크리트 구조물에 관한 내구성 감소계수

A_P : 콘크리트 구조물의 내구성능 예측값

A_K : 콘크리트 구조물의 내구성능 특성값

- ㉞ 배합콘크리트의 내구성 평가는 <식 (8.5.6)>과 같이 콘크리트의 내구성능 예측값에 환경계수를 적용한 소요 내구성값을 내구성능 특성값에 내구성 감소계수를 적용한 설계 내구성값과 비교함으로써 수행하고, 내구성 평가결과에 따라 사용재료 및 배합을 선택한다.

$$\gamma_p B_p \leq \phi_k B_k \quad (\text{식 8.5.6})$$

여기서, γ_p : 콘크리트에 관한 환경계수

ϕ_k : 콘크리트에 관한 내구성 감소계수

B_p : 콘크리트의 내구성능 예측값

B_k : 콘크리트의 내구성능 특성값

- ㉞ 환경계수는 시공될 콘크리트 구조물과 콘크리트 재료의 열화 환경조건에 대한 안전율로서 적용하고, 내구성 감소계수는 내구성능 특성값 및 내구성능 예측값의 정밀도에 대한 안전율로서 적용한다. 각 열화별로 설정된 환경계수, 내구성 감소계수, 안전율은 <표 8.5.12>와 같다.

표 8.5.12 각 열화별 환경계수, 내구성 감소계수와 안전율의 설정

열화	콘크리트 구조물			콘크리트		
	γ_f (환경계수)	ϕ_K (내구성 감소계수)	α (안전율)	γ_f (환경계수)	ϕ_K (내구성 감소계수)	α (안전율)
염해	1.11	0.86	1.3	1.11	0.86	1.3
탄산화	1.1	0.92	1.2	1.1	0.92	1.2
동결융해	1.0	1.0 ~ 0.8	1.0 ~ 1.25	1.0	1.0 ~ 0.8	1.0 ~ 1.25
화학적침식	1.1	0.92	1.2	1.1	0.92	1.2
알칼리골재반응	1.1	0.92	1.2	1.1	0.92	1.2

다. 내구성 평가의 실시

내구성 평가는 구조물 성능에 영향을 미치는 환경 영향 중 필요한 인자에 대해서 실시하고, 평가 방법은 「콘크리트 표준시방서 부록 2 내구성 평가(2009년)」, 「철도설계기준 내구성 설계 실무 지침(가칭)」을 참조하도록 한다.

라. 내구성 평가 결과의 반영

콘크리트 구조물의 내구성 평가를 실시한 후, 구조물 설계 내용이 내구수명을 확보하지 못하였을 경우, 설계내용을 변경해 재검토하여 내구수명을 확보할 수 있도록 한다. 이 때 1차적으로는 콘크리트 재료, 피복두께 등의 변경을 우선적으로 실시하고, 이를 만족하지 못할 경우, 표면 보호, 비부식성 보강재 등의 부가적인 대책의 실시를 검토해야 한다.

8.6 운행을 위한 한계조건

8.6.1 주행안전성 및 승차감 검토 일반

- (1) 이 규정은 고속·일반 철도 모두를 포함하는 철도교량의 주행열차하중에 대한 주행안전성, 승차감 및 교량의 동적안전성 확보를 위한 것이다.
- (2) 열차 주행속도가 200km/h이상인 고속철도 교량은 일정간격의 연행하중 작용에 의한 공진위험 등이 항상 존재하므로 모든 교량에 대하여 이 규정에 의한 동적거동 검토를 필수적으로 수행한다.

- (3) 설계속도 200km/h이하의 일반철도 교량에 대해서는 교량의 첫 번째 휨 고유진동수가 3.0Hz이하일 경우에는 동적거동에 대한 검토를 수행한다. 단, 이는 KTX, 새마을열차, 무궁화열차, 티팅열차가 최대운행속도 200km/h이하로 운행할 경우와 화물열차가 최대운행속도 150km/h이하로 운행할 경우에 해당된다. 이 이상의 속도로 운행되거나 위에 서술한 열차 외에 상이한 차량 중심간 간격을 갖는 열차가 운행될 경우에는 동적해석에 의한 검토를 수행한다. 우선 「8.6.2(2)항」에 따라 공진이 발생하는 임계속도를 계산하여 설계속도 내에서 해당 노선 운행열차에 대하여 공진발생 가능성이 있으면 이 규정에 의한 동적거동 검토를 수행한다.
- (4) 실 운행열차 하중에 의한 동적거동은 속도별 최대응답을 검토하며, 검토항목은 상판의 연직가속도, 교량의 연직처짐, 상판의 면틀림이다. 검토 및 모델링 방법은 「8.6.2항」를 따르며, 각 항목의 검토기준은 「8.6.3항」을 따른다.
- (5) 연직처짐과 면틀림의 경우엔 충격계수를 고려한 표준열차하중 단선 재하에 의한 응답과 실 운행열차에 의한 동적응답을 비교하여 불리한 측을 설계에 적용한다.

8.6.2 주행안전성 및 승차감 검토를 위한 절차 및 방법

본 기준에서는 설계자의 해석 절차 및 방법에 따른 검토 상의 오류 및 차이를 방지하기 위해 다음과 같이 주행열차하중에 대한 동적해석 절차 및 방법을 정의한다.

- (1) 철도 교량의 주행열차하중에 대한 동적해석은 시간이력해석 혹은 모드중첩법에 의한 동적해석을 적용한다. 시간간격은 작아야(절점과 절점사이 3회 이상 각 축이 재하될 수 있도록) 하며, 모드중첩법을 사용할 경우 첫번째 휨모드와 비틀모드가 반드시 포함되어야 하며 국부모드를 제외한 전체모드를 최소 5번째 모드까지 고려한다. 동적해석은 교량 시점부터 출발하여 열차가 교량을 완전히 통과할 때까지 시간간격별로 수행되어야 한다.
- (2) 동적해석은 설계속도의 1.1배까지 10km/h간격으로 수행한다. 주행열차하중에 대한 동적해석 전에 자유진동해석을 수행하여 공진을 일으킬

수 있는 임계속도를 미리 산정하고 이 속도에 대한 해석도 반드시 포함하여 수행하여야 한다. 임계속도 산정은 <식 (8.6.1)>과 같다.

$$V_{cr} = \omega_1 \times S_{eff} \quad (8.6.1)$$

여기서, ω_1 은 교량의 첫번째 휨 고유진동수이며, S_{eff} 는 열차의 지배적 타격간격(꺾차 간 중심간격)으로 <표 8.6.1>과 같다.

표 8.6.1 국내 운행열차의 유효타격간격

	유효타격간격
새마을호, 무궁화호, 티팅열차	23.50m
화물열차 (유조차)	13.95m
KTX, KTX 산천	18.70m

- (3) 대상열차하중은 해당 노선의 실제 운행열차에 대해 수행하며 하중크기 및 축간격을 실 운행열차와 동일하게 적용한다.
- (4) 열차하중의 모델링은 연행이동집중하중으로 적용한다. 정밀해석이 필요한 경우 교량-열차 상호작용 고려가 가능한 다차원 열차 수치모델을 사용할 수 있으며 이 경우 해석 프로그램에 대한 신뢰성이 입증되어야 하며 이동집중하중에 의한 해석과 동시에 수행하여 비교하여야 한다.
- (5) 교량의 모델링은 연속교의 경우 전체 경간 구성을 모델링하며, 단순교가 병행 구성될 경우 단순교 1개에 대해서만 해석을 수행하며 지간이 상이한 단순교에 대해서는 모두 검토를 수행한다.
- (6) 교량의 모델링은 정적설계 시 사용한 격자모델 이상의 모델을 적용하는 것으로 한다. 박스거더 교량 등에 대하여 공간뼈대요소로 단순화할 경우 실제 하중 위치를 적용할 수 있도록 편심이 반드시 고려되어야 한다. 교량의 모델링에 사용되는 재료 및 단면특성치는 정적설계에서 적용한 값을 사용한다.
- (7) 탄성받침을 교좌장치로 사용할 경우 강성이 무한대인 지점처리를 해석하는 안 되며, 스프링요소 등을 사용하여 해당 탄성받침의 강성을 적용하여 해석하여야 한다.

제 8 장 교량 일반사항

- (8) 동적해석 시 자중 및 궤도구조의 질량 등 2차 고정하중을 포함한 모든 부재의 질량이 고려되어야 한다.
- (9) 동적해석 시 하중 재하는 단선, 복선교량에 관계없이 <그림 8.6.1>과 같이 궤도 중심에 따른 단선재하로 한다.

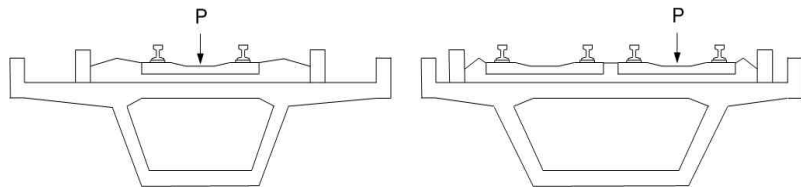


그림 8.6.1 하중재하 위치

- (10) 교량형식 별 감쇠비 적용은 <표 8.6.2>을 따른다. <표 8.6.2>의 감쇠비는 각 형식별 감쇠비의 하한값이며, 이 이하의 값을 적용하여야 한다. 단, 실험 등에 의한 정밀 분석 자료가 있을 경우 조정된 감쇠비를 적용할 수 있다.

표 8.6.2 구조형식별 감쇠비

교량형식	감쇠비(%)	
	경간<20m	경간≥20m
강구조(강판형교)	$0.5+0.125(20-L)$	0.5
강합성구조, PSC 구조	$1.0+0.07(20-L)$	1.0
철근콘크리트	$1.5+0.07(20-L)$	1.5

8.6.3 주행안전성 및 승차감 검토 기준

철도교량의 주행열차하중에 대한 주행안전성은 교량의 연직가속도, 연직처짐 및 면틀림에 대한 검토를 수행하며, 승차감(진동사용성)에 대한 검토로선 연직처짐에 대한 검토를 수행한다.

(1) 교량 상판의 연직가속도

- ① 주행열차하중에 의해 발생하는 철도교량 상판의 최대 연직가속도는 다음 값을 초과해서는 안 된다.

자 갈 퀘 도 : 0.35g

콘크리트퀘도 : 0.50g

- ② 하중재하 방법 및 해석방법은 「8.6.2항」를 따르며, 퀘도를 따라 위치한 교량 상판부에 대해 검토를 수행한다.

(2) 교량의 연직처짐

- ① 열차하중에 의한 연직처짐 검토의 하중조합은 주행안전성 및 승차감 평가에 대해 각각 <표 8.6.3>과 같이 적용한다.

표 8.6.3 연직처짐 검토를 위한 하중조합

주행안전성	표준열차하중+충격계수(복선 이상 재하)
승차감	1. 표준열차하중+충격계수(단선재하) 2. 실 열차하중 속도별 동적해석(단선재하) 승차감에 대한 연직변위는 1과 2중 불리한 값을 적용한다.

- ② 주행안전성에 대한 연직처짐 검토는 충격계수가 고려된 표준열차하중이 가장 불리하게 재하된 상태(복선재하 포함)에서 <식 (8.6.2)>의 값으로 제한하여야 한다.

$$\frac{f}{L} \leq \frac{1}{600} \quad (8.6.2)$$

여기서, f : 교량 상판의 최대 처짐

L : 시간길이

상판의 최대 처짐검토를 위한 재하퀘도수는 <표 8.6.4>를 따른다.

표 8.6.4 상판의 최대 처짐검토를 위한 하중재하 퀘도 수

궤도 수		
1	2	3 이상
1	1 또는 2 (가장 불리한 경우를 재하)	1 또는 2 또는 3 이상 (가장 불리한 경우를 재하)

- ③ 승객의 승차감 만족을 위한 실 운행 열차하중 동적해석에 의한 최대 연직처짐은 <표 8.6.5>의 규정을 적용하여 제한한다. 실 열차하중에 의한 속도별 동적해석 응답의 최대값과 충격계수를 고려한 표준열차하중 단선재하에 의한 최대값 중 불리한 값을 적용한다.

표 8.6.5 최대연직처짐 제한(승차감='매우양호')

설계속도 (V)(km/h)	거더 또는 부재의 경간(m)										
	0~20	25	30	35	40	45	50	55	60~75	80~95	100~120
270<V≤350	L /1500	L /1500	L /1600	L /1750	L /1900	L /2100	L /2200	L /2350	L /2500	L /2200	L /1900
200<V≤270	L /1300	L /1400	L /1500	L /1600	L /1700	L /1900	L /2000	L /2100	L /2000	L /1700	L /1400
V≤200	L /1100	L /1200	L /1300	L /1500	L /1500	L /1400	L /1300	L /1200	L /1100	L /800	L /600

- ④ 하중재하 방법 및 해석방법은 「8.6.2항」를 따르며 계산위치는 교량 전체에 대한 응답을 검토 후 최대값을 결정한다. <표 8.6.5>는 경간 120m까지 유효하며, 이 이상의 장대교량은 탈선에 대한 주행안전성 및 승객 승차감에 대해 교량-열차 상호작용해석을 통한 객차 내 연직 가속도 평가 등 세밀한 평가를 수행한다.
- ⑤ 주행안전성에 대한 연직처짐과 승차감 검토를 위한 연직처짐, 두 가지 모두에 대한 검토를 수행한다.

(3) 면틀림

- ① 면틀림은 차륜과 레일의 접촉에 대한 안전을 확보하여 탈선 위험을 최소화하기 위한 것으로 교량의 교축직각방향 회전에 의한 캔트 변화(비틀림 각변화) 제한규정이다. 면틀림에 대한 규정은 1개 대차에 존재하는 4개 차륜이 같은 평면에서 벗어나지 않도록 제한하기 위한 것이

다.

- ② 면틀림은 3m떨어진 두 지점에서의 양쪽레일에 대한 캔트의 변화량 (mm/궤도1m)을 의미한다.

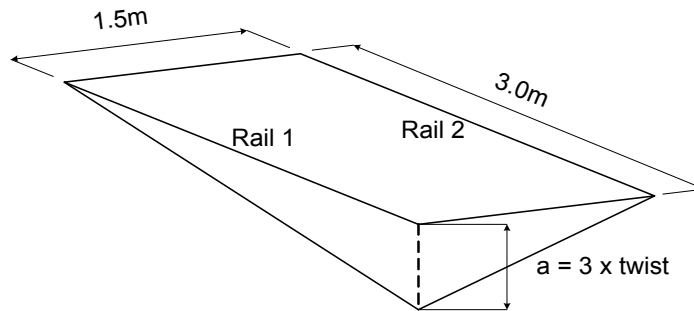


그림 8.6.2 면틀림의 정의

- ③ 상판 면틀림은 <표 8.6.6> 규정을 따른다. 면틀림 검토를 위해 표준열차하중 재하 시는 <표 8.6.3>, <표 8.6.4>를 따라 재하하며, 실 운행열차 동적해석은 「8.6.2항」의 규정대로 단선재하하여 동적해석을 수행한다. 교량 종방향 레일부를 따라 검토하며, 임의의 속도에서의 최대값 발생위치를 파악한 후 그 위치에서의 각 속도별 최대값을 산출하여 검토한다.

표 8.6.6 면틀림 기준

설계속도 (V) (km/h)		면틀림(mm/m)	3m기준 면틀림 변화량
표준열차하 중재하	$V \leq 200$	1.0	3.0mm/3m
	$200 < V$	0.5	1.5mm/3m
실 운행열차 동적해석		0.4	1.2mm/3m

- ④ 충격계수를 고려한 표준열차하중에 의한 것과 실 열차하중에 의한 동적해석 결과 중 불리한 값을 적용한다.

8.6.4 궤도/교량 종방향 상호작용력 검토

- (1) 구조물 신축-레일신축과 관련한 구조물-레일-온도의 상호작용으로 인

한 레일에서의 과도한 압축응력과 인장응력의 발생을 막기 위해서는 궤도, 체결구, 상부구조의 축강성 및 휨강성, 하부구조의 강성, 기초의 회전과 수평이동이 고려되는 상세해석에 의하여 장대레일 안정성이 확인되어야 한다.

- (2) 장대레일 안정성 상세 검토방법은 「궤도/교량 종방향 상호작용력 설계 지침」을 따른다.
- (3) 콘크리트궤도에서 교량의 변위발생에 따른 체결구의 압상(Uplift) 및 압축에 대한 안정성 검토는 「콘크리트궤도 부설교량의 상판 단부변형에 의한 궤도 사용성 검토지침」을 따른다.

8.7 받침부 및 부속설비

8.7.1 받침부

(1) 일반사항

- ① 받침부의 기능은 상부구조와 하부구조의 사이에서 받침의 종류에 따라 수직방향과 교축방향 및 교축직각방향의 힘들 중 일부 또는 전부를 안전하게 전달하는 것이다.
- ② 받침부는 주거더의 종류, 사각의 정도, 하부구조 및 지반 조건 등을 고려하여 설계하여야 한다. 여기서 받침부란 받침, 스톱퍼, 받침자리, 거더 단부, 낙교방지공 등을 포함한다.
- ③ 교량 상부구조에 작용하는 수평력을 받침으로만 하부구조에 전달하지 못하는 불가피한 경우에는 스톱퍼 또는 크리프커플러 등의 변위억제장치를 설치할 수 있다.
- ④ 장대레일-구조물간 상호작용력은 레일 응력, 상판에 대한 궤도 체결력 그리고 감쇠 특성치들을 고려하여 스톱퍼 또는 크리프커플러 등의 변위억제장치를 사용하여 조정할 수 있다. 부가적인 억제장치들도 필요할 경우 적용할 수 있다.
- ⑤ 계산상 부반력이 작용하지 않는 경우에도 들림에 대하여 저항할 수 있는 구조로 하여야 한다. 부반력에 있어서 계산상 생기는 부반력은 물론 지진 등에 의하여 발생할 수 있는 힘을 고려하여 상하받침을 연결하는 구조로 해야 한다. 계산상 부반력이 작용하지 않는 경우에도 들

림에 대하여 여유를 두어야 한다.

- ⑥ 받침의 앵커 볼트를 설계할 때 받침과 상부구조 또는 하부구조의 접합면에서의 마찰력을 고려할 수 있다.
- ⑦ 받침의 내진설계는 「8.8항」 내진설계의 규정에 따르는 것으로 한다.
- ⑧ 받침의 유지 관리를 위해 이들에 대한 접근성을 확보하여야 한다. 또한 필요한 경우 조명 시설 등과 같이 내부 관찰을 돕기 위한 시설이 박스 단면의 내부와 같은 폐합단면 내측에 설치하여야 한다.
- ⑨ 받침은 열차운행에 어떠한 방해를 주는 일 없이 구조물의 수명기간 동안 언제든지 교체할 수 있어야 한다.

(2) 받침에 작용하는 부의 반력

- ① 받침에 작용하는 부의 반력은 <식 (8.7.1)>에 의해 검토한다.

$$R = 1.6(R_I + R_i + R_{dl}) + \frac{R_{d2}}{1.3} \quad (8.7.1)$$

여기서, R : 지점에 생긴 반력(부의 반력이 생긴 경우 부(-) 부호로 하여야 한다.)

R_I, R_i : 각 지점에 부의 반력을 생기게 하는 부분에 열차하중을 재하한 경우의 지점반력 및 충격에 의한 지점반력

R_{dl} : 부의 반력을 생기게 하는 부분의 고정하중에 의한 지점반력

R_{d2} : 정의 반력을 생기게 하는 부분의 고정하중에 의한 지점반력

- ② 연속거더, 게르버거더는 부의 반력이 발생하지 않도록 설계하는 것으로 한다. 다만, <식 (8.7.1)>의 검토에 의해 부의 반력이 발생하는 경우에는 반드시 이에 저항할 수 있는 정착장치나 중량물을 설치하여야 한다.

(3) 가동받침의 종류

- ① 가동받침의 종류 및 그의 적용은 <표 8.7.1>에 제시한 것과 같다. 다

만 한 구조물에서 가동받침은 다른 종류의 것과 혼동되지 않도록 하는 것이 좋다.

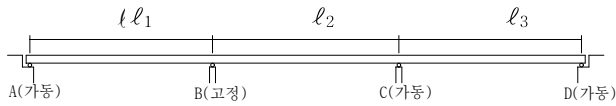
표 8.7.1 가동받침의 종류

받침종류	소울판과 받침판을 조합한 받침	주철 또는 주강의 미끄럼 받침, 탄성받침 및 포트받침		동합금 받침, 롤러 받침, 탄성받침 및 포트받침	
ℓ (m) 거더	$l < 8$	$8 \leq l < 35$	$l \geq 35$	$8 \leq l < 35$	$l \geq 35$
단경간	반력과 무관하게 사용	$R \leq 2000kN$	-	$R > 2000kN$	반력과 무관하게 사용
신축이 두경간 이상	-	$R \leq 2000kN$	$R \leq 1000kN$	$R \leq 2000kN$	$R > 1000kN$

주 : 가. l 은 교량에서 신축을 고려한 길이

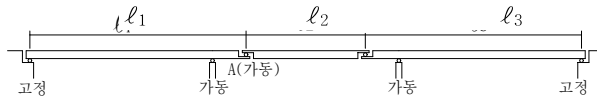
나. R 은 지점에서 최대 반력이고 복선재하인 경우 <표 8.7.1>의 값의 1.5배로 한다.

- ② 신축을 고려하는 주거더의 길이와 받침에 생기는 반력의 크기에 따라 받침의 종류를 명확히 하여야 한다. 신축을 고려하는 거더 길이는 <그림 8.7.1>과 같이 단순거더의 경우에는 그 단일지간이며, 연속거더, 캔틸레버 및 여러 경간을 갖는 단순거더가 라멘교각에 실리는 경우 등에서는 신축의 관계를 합계한 길이이다.

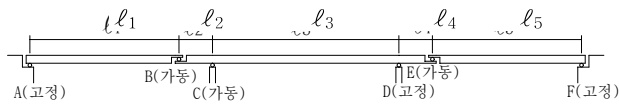


(a) 연속거더의 경우

A에 대해 l_1
 B에 대해 l_2
 C에 대해 $l_2 + l_3$

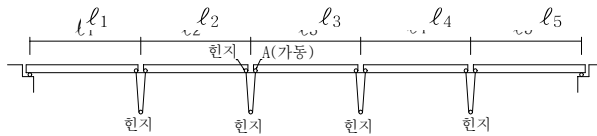


A에 대해 $l_1 + l_2 + l_3$



(b) 캔틸레버의 경우

B에 대해 $l_1 + l_2 + l_3$
 C에 대해 l_3
 E에 대해 $l_4 + l_5$



A에 대해 $l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5$

(c) 여러 경간을 갖는 단순거더가 라멘교각에 놓여있는 경우

그림 8.7.1 신축을 고려한 전체 지간길이 (I)

- ③ 가동지간이 8m이하인 플레이트 거더나 드와프 거더에서는 소울판(sole plate) 및 받침판(base plate)에 의한 받침으로 하며, 이 경우 주거더의 휨을 고려하여 받침판의 단부는 <그림 8.7.2>와 같이 깎는 것이 좋다.
- ④ 교축 직각 방향의 수평력에 대하여는 모든 받침이 저항하도록 설계하는 것으로 한다. 다만, 교축직각방향의 신축을 무시하지 못할 정도로 교량의 폭이 큰 경우에는 교축직각방향의 신축을 고려하여 받침을 배치하여야 한다.

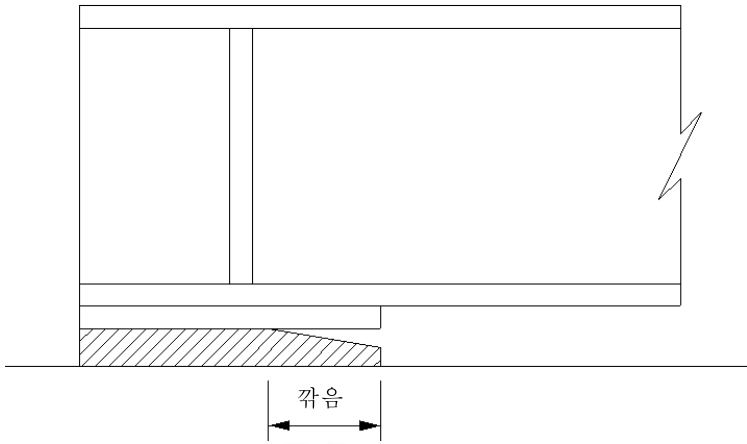


그림 8.7.2 받침판의 단부가공

(4) 가동받침의 이동량

- ① 가동받침은 상부구조의 온도변화, 처짐, 콘크리트의 크리프 및 건조수축, 프리스트레스에 의한 부재의 탄성변형 등에 의해 생기는 이동량에 대해서 여유있는 구조로 하여야 한다. 받침의 이동량 산정에 사용하는 온도변화와 선팽창계수는 「8.2.4.1 (2)항」의 규정에 따른다.
- ② 콘크리트교의 건조수축과 크리프의 영향에 의한 이동량은 일반적으로 다음과 같이 정의한다.

$$\Delta l_s = \Delta T \cdot \alpha \cdot l \cdot \beta \quad (8.7.2)$$

$$\Delta l_c = \frac{P_i}{E_c A_c} \cdot \phi \cdot l \cdot \beta \quad (8.7.3)$$

여기서,

- Δl_s : 콘크리트의 건조수축에 의한 이동량
 Δl_c : 콘크리트의 크리프에 의한 이동량

α	: 선팽창계수
l	: 신축거더 길이
β	: 건조수축, 크리프의 저감계수
P_i	: 프리스트레싱 직후의 PS강재에 작용하는 인장력
A_c	: 콘크리트의 단면적
E_c	: 콘크리트의 탄성계수
ϕ	: 콘크리트의 크리프계수 2.0
ΔT	: 건조수축에 해당하는 온도변화

표 8.7.2 콘크리트의 크리프계수와 건조수축량

콘크리트의 크리프 계수	$\phi = 2.0$
콘크리트의 건조 수축	20℃하강상당

표 8.7.3 건조수축, 크리프의 저감계수, β

콘크리트의 재령(월)	0.25	0.5	1	3	6	12	24
건조수축, 크리프의 저감계수(β)	0.8	0.7	0.6	0.4	0.3	0.2	0.1

- ③ 가동받침의 이동량 산정에는 상기의 계산이동량 외에 설치할 때의 오차와 하부구조의 예상 밖의 변위 등에 대처할 수 있도록 여유량을 고려하여야 한다. 이 여유량은 교량의 규모에 따라서 다른데, 일반 중소지간 교량의 경우에는 설치여유량으로서 $\pm 10\text{mm}$, 부가여유량으로서 $\pm 20\text{mm}$, 합계 $\pm 30\text{mm}$ 로 보는 것이 보통이다.

(5) 가동받침의 마찰계수

가동받침에 작용하는 수평력을 산정할 때 받침의 마찰계수는 제조자의 공인된 규격에 따르되 최소값은 <표 8.7.4>의 값을 사용하도록 한다. 탄성받침의 경우에는 받침의 수평변위에 따라 수평력을 산정한다.

표 8.7.4 가동받침의 마찰계수

마찰기구	접촉하는 재료	마찰계수
활동마찰 받침판 받침	강재의 선받침	0.25
	주철의 선받침	0.20
	고력황동주물 받침판 받침	0.15
	불소수지 받침판 받침	0.05
회전마찰	롤러 및 로커 받침	0.05

(6) 받침의 구조상세

- ① 소울플레이트(sole plate) 및 받침판의 두께는 22mm이상으로 한다. 소울플레이트는 주거더에 확실히 정착시켜야 한다. 주요부의 두께는 주강재 받침에 있어서는 25mm이상, 주철재 받침에서는 35mm 이상으로 한다.
- ② 앵커 볼트의 지름과 매입길이는 받침의 위치를 고정하고 종·횡 방향의 하중과 고정모멘트에 의해 생기는 축력, 부반력 등에 저항할 수 있도록 수평력 및 부착력을 고려하여 산정한다.
- ③ 앵커 볼트의 최소지름은 30mm로 한다.
- ④ 부반력이 발생하는 경우에는 정착장치를 설치하거나 부반력의 1.5배 이상을 견딜 수 있는 견고한 중량물에 고정시켜야 한다.
- ⑤ 하부구조와 받침의 고정 및 앵커 볼트의 매입은 무수축성 모르터를 사용하는 것으로 한다.
- ⑥ 물기가 있는 곳에 받침을 설치하는 경우에는 받침의 방청을 고려하여 배수가 양호한 구조로 한다.
- ⑦ 가동받침에는 지진과 같은 예측될 수 없는 사태가 발생했을 때 보의 비정상적인 이동을 방지하기 위한 장치를 설치하여야 한다.
- ⑧ 받침의 유지관리 및 재해시 보수 등을 위해 거더 밑 공간(하부구조물 상단과 상부 구조물 하단 사이의 공간)을 확보하여야 한다.
- ⑨ 받침에는 필요에 따라 방진장치를 설치한다.

(9) 크리프 커플러 및 스토퍼

- ① 크리프 커플러 또는 스토퍼 등의 변위 억제장치는 일반적으로 다음의

영향으로 인해 서로 연결되는 주거더 및 하부구조에 유해한 영향이 가해지지 않도록 설계하여야 한다.

가. 온도변화, 건조수축, 크리프 등에 의한 주거더의 신축

나. 수직, 수평하중에 의한 주거더의 변형 (주거더의 변형 및 단부 각 변화 등)

다. 지진

- ② 장대레일-구조물간 상호작용력을 조정하기 위해서 필요한 경우 변위억제장치를 교량에 적용할 수 있다. 이들 변위억제장치는 경우와 조건에 따라 다음과 같은 형식을 적용하여 사용할 수 있으며, 해석을 통하여 거동의 안정성을 규명할 수 있는 경우에는 이들의 새로운 조합도 사용할 수도 있다.

가. 상판 - 상판 연결 크리프 커플러(D-D C.C.) 형식

나. 상판 - 교각 연결 크리프 커플러(D-P C.C.) 형식

다. 고정, 가동의 구별이 있는 스톱퍼

라. 댐퍼식 스톱퍼

마. 반 고정 스톱퍼

- ③ 스톱퍼나 크리프커플러 등의 변위 억제장치의 설계에 사용하는 수평력은 받침부의 구조, 하부구조의 강성 등을 고려하여 모든 경우의 하중 상태에 대하여 해석 한 후 각각에 작용하는 최대 수평력을 적용하여야 한다.

- ④ 상판 - 상판 연결 크리프 커플러의 설계는 다음과 같이 하여야 한다.

가. 크리프커플러의 계산에서는 지속하중이나 점진적인 하중에 대하여는 어떠한 저항도 하지 않지만, 일시적인 충격이나 돌발하중에 대하여는 탄성체로 작용하여 주어지는 수평하중을 전달시키는 역할을 한다고 가정하여야 한다.

나. 콘크리트 또는 프리스트레스트 콘크리트 상판을 가지는 교량일 경우의 크리프커플러 연결부위 하중 집중점은 집중하중에 의한 표면응력, 좌열응력, 앵커부 교관영역의 국부응력을 동시에 검토하여야 한다.

다. 강으로 된 상부구조에 적용하는 경우 받침부 및 응력 집중부의 국부응력을 검토하여야 한다.

- 라. 크리프커플러가 일시적인 하중이나 돌발하중에 대하여 저항하는 경우에는 내부 물질의 일부 이동에 의한 유동체로서의 이동량과 탄성체로서의 탄성 수축이동량을 동시에 고려한 크리프커플러의 겉보기 탄성계수를 사용하여 그 변형을 고려하여야 한다.
- 마. 모든 크리프커플러의 설계에 사용하는 하중은 그 각각의 장치 위치에 따라 가장 불리한 조건의 것으로 계산하여야 한다.
- ⑤ 상판 - 교각 연결 크리프 커플러의 설계는 다음과 같이 하여야 한다.
 - 가. 상판-교각 연결 크리프커플러는 보통 일시적인 수평하중에 대하여 이들이 설치된 하부구조에서 이들 수평하중을 나누어 받게 하게 위하여 가동받침이 적용된 교각에 적용하여야 한다.
 - 나. 상판 연결부의 경우는 상판의 면과 평행한 힘을 받게 되므로 이에 대한 정착 설계를 하여야 한다.
- ⑥ 스톱퍼의 설계는 다음에 따라야 한다.
 - 가. 수평력(H_s)에 의하여 발생하는 하부구조 매립부 및 주거더 매립부에서의 콘크리트의 지압응력(f_c)은 $0.8f_{ck}$ 를 넘어서는 안 된다.
 - 나. 스톱퍼는 수평력(H_s)에 의하여 발생하는 휨모멘트 및 전단력에 대하여 안전하도록 설계하여야 한다.
 - 다. 댐퍼식 스톱퍼는 정한 분산률을 만족하도록 구조치수를 정하여야 한다.
 - 라. 댐퍼식 스톱퍼의 고정 스톱퍼 내 판 스프링은 상시 교축방향 수평력에 대하여 안전하도록 설계하여야 한다.
- (10) 받침자리 및 거더 단부
 - ① 받침자리 및 거더 단부는 받침 및 스톱퍼에 작용하는 하중을 확실하게 하부구조에 전달할 수 있는 구조이어야 한다.
 - ② 받침 및 스톱퍼에 작용하는 하중을 받침자리 및 거더 단부의 설계에 적용하여야 한다.
 - ③ 받침자리에는 수평 전단력에 대하여 지름 13mm이상의 철근을 최대 200mm의 간격으로 교축방향과 교축직각방향에 배치하여야 한다.
 - ④ 받침의 끝에서 거더 끝단까지의 거리는 받침에 작용하는 수평력 및 연직력에 대하여 안전하여야 하며, 주거더의 종류에 따라 다음 값 이상

이어야 한다.(<그림 8.7.3> 참조)

가. 철근콘크리트 거더 및 PSC 거더의 경우

$l < 15\text{m}$	$a = 150\text{mm}, b = 150\text{mm}$
$15\text{m} \leq l < 20\text{m}$	$a = 200\text{mm}, b = 150\text{mm}$
$20\text{m} \leq l < 30\text{m}$	$a = 250\text{mm}, b = 150\text{mm}$
$30\text{m} \leq l < 40\text{m}$	$a = 350\text{mm}, b = 150\text{mm}$
$40\text{m} \leq l$	$a = 400\text{mm}, b = 150\text{mm}$

나. 플레이트 거더의 경우

$l < 25\text{m}$	$a = 200\text{mm}, b = 150\text{mm}$
$25\text{m} \leq l$	$a = 250\text{mm}, b = 150\text{mm}$

다. 트러스의 경우 $a = 300\text{mm}, b = 150\text{mm}$

- ⑤ 사각을 가진 거더에서 받침 최외측선부터 거더 끝단까지의 교축방향으로의 최소거리는 일반적으로 150mm이상으로 하여야 한다.

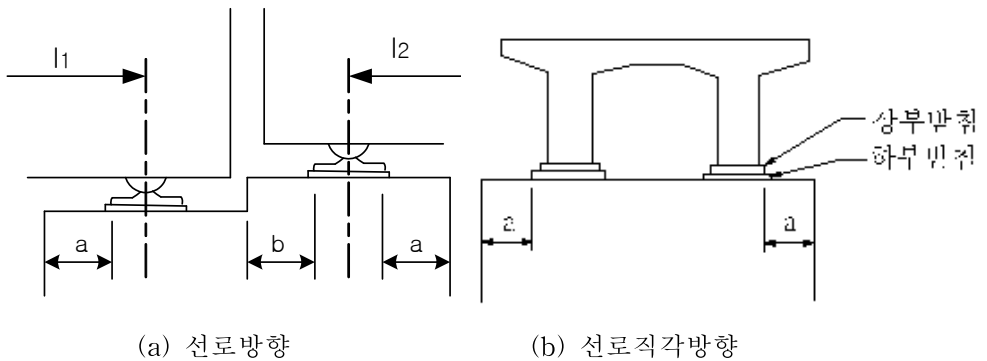


그림 8.7.3 받침의 끝에서 거더 끝단까지의 거리(a 및 b)의 값

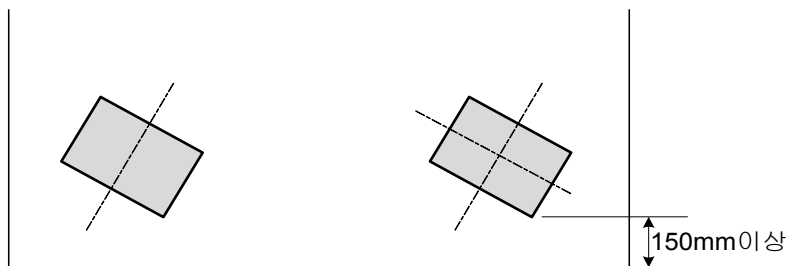


그림 8.7.4 사각을 가진 거더에서 받침의 배치

⑥ 스톱퍼 주변의 설계

가. 스톱퍼를 단부 가로보에 설치하는 경우 단부가로보는 주거더의 중심 간을 지간으로 하는 양단 고정보로 보고 설계하여야 한다.

나. 스톱퍼 주변에는 스톱퍼에 작용하는 수평력(H_s)에 저항할 수 있는 보강철근을 정착길이를 갖도록 배치하여야 한다.

(11) 낙교방지공

① 교량의 거더를 지지하는 곳에는 지진 시 낙교가 방지될 수 있어야 한다.

② 미끄럼 방지기구가 있는 받침으로 스톱퍼를 사용하지 않는 받침방식의 경우에는 지진시에 예상외의 변위가 생겨도 받침 상부슈가 하부슈로부터 이탈하지 않게 가동측 받침부에 이동제한장치를 설치함과 동시에 자리를 넓게 만들 필요가 있다. 이 경우 이동제한 장치가 상시 받침의 이동을 구속하지 않도록 하여야 한다.

③ 하부구조가 지진 시 상부구조의 변형을 제한 할 수 있도록 탄성구조로 설계되고 동일 교축직각방향 단면에 2개 이상의 고정 받침의 설치 등으로 교축직각방향 지지가 확실하게 보장되는 경우에는 낙교방지공을 추가로 설치하지 않아도 된다.

8.7.2 부속설비

(1) 상판에 부설하여야 하는 시설물

① 철도 운영과 연관해서 상판에 부설하여야 하는 시설물은 다음과 같다.

가. 접지 장치(전기적인 절연체에 대한 안전한 요구도)

나. 전차선로 지주 또는 신호기 프레임을 고정하는 장치

다. 방수재

라. 구조물 신축이음장치(자갈도상 궤도에서)

마. 배수로

바. 공동관로(cable ditches, 전기장치의 인터페이스)

사. 난간과 방음벽

아. 탈선 방호벽

② 이러한 시설은 교량설계에서 매우 중요한 영향을 줄 수 있다. 교량 상판에 이들 시설이 놓일 자리와 관련하여 위치를 결정하기 전에 반드시

주의 깊게 검토하여야 한다.

- ③ 철도는 그 기하학적인 노선의 특성상 매우 연장이 긴 교량구간을 포함하므로, 모든 전기적이고 기계적이며 신호와 관련된 시설이 토공구간과 만나는 곳 또는 교량 상에서 만나는 곳들이 있으므로 주의 깊게 확인하고 고려하여야 한다.

④ 접지

가. 모든 구조물(상부구조와 하부구조)은 구조물의 수명기간 동안에 부식(전기부식)에 대한 보호를 하기 위하여 그들이 설치되는 강재 요소에 대하여 접지 장치를 관련 지침에 따라 설치하여야 한다.

나. 세부적인 설계와 도면은 이에 상응하는 상세를 제시하고 도면에 도시하여야 한다. 특별히 보강 강재 도면 등은 접지를 가능하게 하기 위해 각각의 요소에 대한 접지용 강재를 포함하는 설치 장치들을 제시하여야 한다.

⑤ 전차선로 지주와 신호기 고정장치

가. 교량상판에 설치되는 전차선로와 신호기 지주 고정블록은 특히 고속 주행시 발생하는 모든 하중과 휨을 견딜 수 있게 설계하여야 한다.

나. 상기와 동일한 요구사항은 신호 프레임과 그 지주에 대해서도 적용하여야 한다.

다. 정확한 설치위치와 상세사항은 도면에 제시되어야 하며 상세한 사항은 관련지침에 따라 설치하여야 한다.

⑥ 방수

가. 철근의 부식을 방지하여 교량의 내구성을 향상시키기 위하여 교량 상부 바닥판에 교면방수 등 보호공을 적용하여야 한다.

나. 교면방수 등 철도교량의 보호공법은 교량형식, 궤도형식, 하중조건, 환경조건 등을 고려하여 선정하여야 하며, 공법 선정시 보호성능, 시공성, 유지관리, 친환경성, 경제성 등을 평가하여 선정하여야 한다.

⑦ 신축이음장치

가. 레일신축이음장치

- ㉠ 레일신축이음장치는 레일에서 허용할 수 없는 초과 응력을 발생시키는 교량의 종방향 변위와 그 레일의 축력을 해결하기 위해 적용된

다.

- ㉔ 레일신축이음장치의 설치는 신축 길이가 80m부터 400m까지일 때 필요하다. 구조물의 신축길이는 온도 고정 점으로부터 400m이상 적용할 수 없다.
- ㉕ 연속 장대 교량에서는 레일신축이음장치를 특별히 분리된 단순지간에 설치하여야 한다.
- ㉖ 더욱 자세한 세부사항에 대하여는 추가적인 궤도 시방서에 규정하여야 한다.

나. 교량 구조물신축이음장치

- ㉗ 교량 구조물신축이음장치는 상세도면에 표현하여야 하며 반드시 철도시방에 의하여 완제품 시험을 시행하여야 한다.
- ㉘ 교량 구조물신축이음장치는 다음을 고려하여 설치하여야 한다.
 - ㉑ 건조수축, 온도 변화, 시동 및 제동 하중 등에 기인하는 교량 종방향 움직임에 대한 자유 신축공간의 제공
 - ㉒ 지진이 발생하는 동안 구조물들 사이에서 충돌에 의한 충격을 막기 위하여 다른 진동 모드를 고려함으로써 두개의 인접 구조물 사이의 공간을 제공
 - ㉓ 이음의 각 연결부 면에서 도상을 유지하기 위하여
 - ㉔ 특히 넓은 유간이 발생 할 수 있을 경우 인적손상의 방지를 위하여
 - ㉕ 교각 또는 교대 상에서의 어떠한 도상 자갈 이탈로 인한 하부로의 자갈낙하 방지
 - ㉖ 횡방향 도상 경사를 준용하는 수직방향 치수의 조절 허용
 - ㉗ 정기적인 절연
 - ㉘ 교체와 제거 등의 유지관리
 - ㉙ 크리프(creep)와 건조수축에 기인하는 큰 변형이 예상되는 경우에 장래의 수평 유간 조절에 대한 허용치 확보
- ㉙ 신축이음장치의 신축량 산정에는 상기의 기본 신축량 외에 설치할 때의 오차와 하부구조의 예상 밖의 변위 등에 대처할 수 있도록 여유량을 고려하여야 한다. 이 여유량은 교량의 규모에 따라 다음의 값으로 한다.

-신축장 100m 미만 : (기본 신축량 $\times$ 20%)+10mm

-신축장 100m 이상 : 설치 여유량(10mm)+부가 여유량(20mm)

여기서, 신축장은 신축하는 거더의 길이로서 일반받침 및 면진받침에 대하여 각각 고정단으로부터의 거리 및 교량의 중심에서부터의 거리이다.

㉞ 교량 구조물신축이음장치에는 상대변위의 크기에 따라 레일신축이음 장치의 설치여부를 결정하여야 한다.

㉟ 강재 플레이트 형식은 작은 상대 변위를 허용하는 곳에 대하여(레일 신축 이음이 없는 두개로 구성된 교량 상판사이의 상대변위는 레일과 구조물의 상호작용 때문에 최소치로 10mm이상) 레일 신축 이음 없이 적용하여야 한다.

㊱ 탄성계의 얇은 판을 사용하여 400mm까지의 큰 변위를 허용하여야 하는 경우(레일 신축 이음이 있는 두개의 교량 상판사이에서의 레일-구조물간의 상호작용 때문에 최소치는 30mm이상)에는 레일 신축이음을 제공하여야 한다.

⑧ 배수시설

가. 배수 장치는 모든 상세도면에 표현하여야 한다.

나. 바닥이 폐상식인 경우에는 가능한 한 큰 배수공 및 배수관을 설치하고 배수 경사는 1/100이상으로 하여야 한다.

다. 구조상 물이 고이는 부분은 배수공을 뚫거나 배수공을 설치하여야 한다.

라. 프리스트레스트 콘크리트 박스거더 교량의 경우 상판배수는 단면의 중심으로 2%의 경사를 가지고 있어야 한다. 배수구는 단면중심에 위치하도록 설계하여야 한다. 우수 등의 유입수는 박스의 안쪽에 있는 관으로 집수되어 교각 위치에서 지면으로 배수되도록 하는 것으로 한다.

⑨ 공동관로

가. 공동관로는 전기장치와의 접촉에 원활하도록 설계하여야 한다.

나. 공동관로 장치는 상세도면에 표현하여야 한다.

다. 도상자같이 공동관로를 덮지 않도록 설치높이를 설정하여야 하며, 특히

곡선부에서는 켄트 영향선을 고려하여 공동관로 높이를 설정하거나 자갈막이벽 등을 설치하여 공동관로에 덮힘이 발생하지 않도록 하여야 한다.

⑩ 난간과 방음벽

가. 이들 장치들은 상세도면에 표현하여야 한다.

나. 난간과 방음벽은 이들의 설치를 위하여 미리 제공하여야 하는 앵커나 고정장치를 그 정확한 위치와 함께 설계도면에 표현하여야 한다.

다. 난간 고정장치는 설계조건에 주어진 풍하중 외에 난간의 꼭대기부분에 800N/m의 수평하중을 추가로 건딜 수 있도록 설계하여야 한다.

라. 방음벽은 교량 부위에 작용하는 풍하중 등의 영향을 고려하여 설계하여야 한다.

⑪ 탈선방호벽

가. 고속철도에서 주행 중인 열차가 교량 위에서 탈선하는 것을 방지하는 시설물을 설치하여야 한다.

나. 탈선방호벽은 열차의 주행속도에 따른 탈선하중 및 직선구간, 곡선구간 시설물 높이, 폭 등의 설치조건을 고려하여 설계하여야 한다.

(2) 유지관리 설비

① 교량의 점검과 유지관리를 위하여 접근로, 점검통로, 교각점검시설 등을 설치하여야 한다.

② 각 종 유지관리 설비는 현지여건을 감안하여 관련 지침에 따라 설치하여야 한다,

(3) 방재 설비

① 교량 시·종점부에 무단침입을 방지하는 방호울타리를 설치하여야 하며, 교량 위에서 사고 발생 시 안전하고 신속한 대피가 가능하도록 대피로, 안전난간, 중간 대피통로 등을 설치하여야 한다.

② 각 종 방재 설비는 관련 지침에 따라 설치하여야 하며, 현지여건을 감안하여 조정하여 설치하여야 한다.

(4) 방음설비

① 방음설비의 설계에 있어서는 소음의 발생현황, 환경조건 등을 고려하여 선택하여야 하며 강도, 내구성 등에 대하여도 검토하고 그 형식은

다음의 조건 중에서 채택하는 것으로 한다.

- 가. 상부음 또는 구조음에 대처할 목적으로 교량의 측면 및 하면에 방음벽을 설치하는 차음공
 - 나. 구조음에 대처할 목적으로 강판면에 제진재를 붙이거나 콘크리트로 강부재를 둘러싸는 제진공
 - 다. 주거터 부재에 전해지는 진동에너지를 억제할 목적으로 발라스트 매트를 깔거나 궤도용 슬래브의 보자리에 고무를 붙인 방진 슬래브 등의 방진공
 - 라. 궤도면, 방음벽 등에 흡음재를 부설한 흡음공이 있고 이들을 조합시켜서 사용한다.
- ② 차음공의 구조 및 재료는 소요되는 차음효과, 강도를 가지는 것 이외에 보수에 대해서도 고려한 것이어야 한다.
- ③ 풍하중은 방음벽에 수직으로 적용하며 풍하중 강도는 「4.6.3항」의 <표 4.6.2> 지역별 설계풍하중을 적용한다.
- ④ 차음공에 이용하는 강재 및 볼트의 허용응력은 일반 허용응력의 1.25배로 한다. 다만 폭풍시 풍압에 대해서는 1.5배로 한다.
- ⑤ 차음공에 이용하는 강재의 세장비는 <표 8.7.5>의 값을 초과하지 않도록 하여야 한다.

표 8.7.5 차음공에 사용하는 강재의 세장비

부재의 종류	세장비
압축재	150
인장재	240

- ⑥ 제진공에 이용하는 제진재료는 소요되는 제진효과, 강도 및 내구성을 가진 것으로 하여야 한다.
- ⑦ 제진재료는 진동에 의해 떨어져 나가지 않도록 탄탄하게 고정하여야 한다.

8.8 내진설계

8.8.1 일반사항

(1) 기호

이 장에서 사용하는 기호와 정의는 다음과 같다.

- A_c : 횡방향철근을 계산하는데 사용되는 철근콘크리트 기둥 심부의 면적(mm^2)
- A_g : 횡방향철근을 계산하는데 사용되는 철근콘크리트 기둥의 총단면적(mm^2)
- A_{sh} : 직사각형 철근콘크리트 기둥에 쓰인 횡방향철근(후프 또는 스테럽)의 총단면적(mm^2)
- a : 횡방향철근을 계산하는데 사용되는 직사각형 철근콘크리트 기둥에서 횡방향철근(후프 또는 스테럽)의 수직 간격(mm)
- B : 하중조합시에 사용되는 부력으로 인한 하중
- C_s : <식 (8.8.4)>에서 정의되는 탄성지진응답계수(무차원량)
- C_{sm} : <식 (8.8.6)>에서 정의되는 탄성지진응답계수(무차원량)
- C_{si} : <식 (8.8.35), (8.8.36)>에서 정의되는 지진격리교량의 i 번째 모드
의 탄성지진응답계수(무차원량)
- D : <식 (8.8.1)>과 <식 (8.8.2)>의 그룹 하중조합시에 사용되는 고정하중으로 인한 하중
- d : 지반에 대한 상부구조의 총변위($d_i + d_{sub}$)
- d_i : 고려방향에 대한 강성중심에서의 등가지진력에 의한 지진 시 설
계변위
- d_n : 지진격리장치의 원형시험시, 한 cycle 동안의 최대부변위
- d_p : 지진격리장치의 원형시험시, 한 cycle 동안의 최대양변위
- d_{sub} : 등가지진력에 의한 하부구조의 지진 시 변위
- E_F : 「8.8.4(7)②항」에서 정의된, <식 (8.8.2)>의 그룹 하중조합시에
사용되는 기초 설계지진력
- E_M : 「8.8.4(7)①항」에서 정의된, <식 (8.8.1)>의 그룹 하중조합시에
사용되는 설계지진력

-
- EDC : 한 cycle 당 소산된 에너지
- EL_y : 축방향력을 고려한 교각의 항복강성(축방향철근의 항복)
- F : <식 (8.8.1)>과 <식 (8.8.2)>의 그룹 하중조합시에 사용되는 유체압으로 인한 하중
- F_e : 등가지진력
- F_n : 지진격리장치의 원형시험시, 한 cycle 동안의 최대부변위량 발생시의 수평력
- F_p : 지진격리장치의 원형시험시, 한 cycle 동안의 최대양변위량 발생시의 수평력
- FS_L : <식 (8.8.5)>에서 정의되는 액상화에 대한 안전율
- f_{ck} : 「8.8.8항」에서 횡방향철근을 계산하는데 사용되는 콘크리트의 설계기준강도(MPa)
- f_{yh} : 횡방향철근(띠철근 또는 나선철근)의 항복강도(MPa)
- g : <식 (8.8.9)>에서 교량의 주기를 계산하는데 사용되는 중력가속도(m/sec^2)
- H : 「8.8.4(8)항」에서 정의된 기둥 또는 교각의 높이(m), <식 (8.8.1)>과 <식 (8.8.2)>의 그룹하중조합시에 사용되는 토압으로 인한 하중
- h : 고려하는 방향으로의 단면 최대 두께
- h_c : 「8.8.8항」에서 횡방향철근을 계산하는데 사용되는 직사각형 철근콘크리트 기둥 심부의 단면치수(mm)
- I : 「8.8.3(1)항」에서의 위험도계수(무차원량)
- $I_{y,eff}$: 교각의 항복 유효단면2차모멘트
- I_g : 철근을 무시한 교각 전체 단면의 중심축에 대한 단면2차모멘트
- k_{eff} : <식 (8.8.28)>에서 원형시험에 의해 결정되는 지진격리받침의 유효강성
- K_{eff} : 변위 d_i 에서 계산된 모든 베어링과 상부구조물의 segment를 지지하고 있는 변위 d_{sub} 에서 계산된 하부구조물에서의 유효선형강성의 합
- K_h : 「8.8.6(3)②항」에서 정의된 횡토압 계산시에 사용되는 수평지진
-

계수(무차원량)

L : 「8.8.4(8)항」에서 정의된 교량 상부구조의 길이(m)

l_{ct} : 원형단면에 배근되는 보강띠철근의 길이(mm)

M_y : 축방향력을 고려한 교각의 항복모멘트(축방향철근의 항복)

N : 「8.8.4(8)항」에서 정의되는 주거더의 최소지지길이(mm)

$p_e(x)$: 「8.8.5(3)항」에서 진동의 기본모드를 나타내기 위해 작용된 등가 정적지진하중의 강도(힘/단위 길이)

p_o : 「8.8.5(3)항」에서 주기를 계산하기 위해 사용된, 가정한 균일 하중(힘/단위 길이)

P_u : 교각에 작용하는 계수 축력

R : 「8.8.3(4)항」에서의 응답수정 계수(무차원량)

R_i : 「8.8.9(6)항」에서의 지진격리교량의 응답수정 계수(무차원량)

S : 「8.8.3(3)항」에서의 지반계수(무차원량)

S_i : 「8.8.9(5)항」에서의 지진격리교량의 지반계수(무차원량)

s : 띠철근 또는 나선철근의 수직간격(mm)

T : 「8.8.5(3)항」에서 결정된 교량의 기본주기(초)

T_m : 「8.8.5(2)항」에서 사용된 교량의 m번째 진동모드의 주기(초)

T_{eff} : 고려 방향에 대한 지진격리교량의 주기(초)

T_i : 「8.8.9(7)④항」에서 사용된 지진격리교량의 i번째 진동모드의 주기(초)

v_d : 설계지진에 상응하는 등가의 평균반복전단응력

v_l : 설계지진(지진규모)에 상응하는 등가의 반복횟수에서 액상화를 일으키는 평균반복전단응력

$v_s(x), v_e(x)$: 「8.8.5(3)항」에 사용된, 각각 작용된 하중 p_o 와 p_e 로 인한 정적처짐형상(길이)

W : 지진격리받침의 설계를 위한 상부구조물의 총중량

$w(x)$: 「8.8.5(3)항」에 사용된 교량상부구조와 이에 부속된 하부구조의 단위길이당의 고정하중(힘/길이)

α : 「8.8.5(3)항」에서 교량 주기를 계산하는데 사용되는 계수(길이²)

β : 「8.8.5(3)항」에서 교량의 등가정적지진하중을 계산하는데 사용되는 계수(힘×길이)

β_i : 지진격리시스템의 등가감쇠비

- γ : 「8.8.5(3)항」에서 교량주기를 계산하는데 사용되는 계수(힘×길이²)
 θ : <식 (8.8.3)>에서 최소받침지지길이를 계산하는데 사용되는 받침 선과 교축직각방향의 사잇각(도)
 λ_o : 휨 초과강도계수
 ρ_l : 교각의 축방향철근비
 ρ_s : d_s 를 기준으로 결정된 콘크리트 심부 부피에 대한 나선철근 체적비
 ϕ_y : 축방향력을 고려한 교각의 항복곡률(축방향철근의 항복)

(2) 적용범위

이 장은 신설되는 교량의 내진설계에 적용한다. 적용하는 교량 및 준용의 방법은 「제1장 총칙」에 규정한 바와 같으며, 특수한 형식의 교량(아치교, 사장교, 현수교 등)은 이 장의 설계개념 및 기준을 준수하고 합리적인 보정을 한 내진설계기준을 작성하여 설계할 수 있다.

(3) 용어의 정의

이 장에서 사용하는 용어의 의미는 다음과 같다.

- ① 가속도계수(Acceleration Coefficient) : 내진설계에 있어 설계지진력을 산정하기 위한 계수로서 지진구역과 재현주기에 따라 그 값이 다르다
- ② 내진등급 : 내진등급은 중요도에 따라서 교량을 분류하는 범주로서 내진Ⅱ등급, 내진Ⅰ등급으로 구분된다.
- ③ 다중모드스펙트럼해석법(Multimode Spectral Analysis Method) : 여러 개의 진동모드를 사용하는 스펙트럼해석법
- ④ 단경간교(Single Span Bridge) : 경간이 하나인 교량
- ⑤ 단부구역 : 캔틸레버로 거동하는 기둥의 하단과 골조로 거동하는 기둥의 하단과 상단
- ⑥ 단일모드스펙트럼해석법(Single Mode Spectral Analysis) : 하나의 진동모드만을 사용하는 스펙트럼해석법
- ⑦ 말뚝의 p-y곡선 : 말뚝의 근입깊이 내에서 발생하는 말뚝의 수평변위 대 단위길이당 지반반력의 상관곡선
- ⑧ 모멘트-곡률 해석 : 철근콘크리트 구조물의 재료비선형 단면해석의 하

나로서, 횡방향철근에 의한 횡구속효과와 축력의 영향 등을 고려하고 철근과 콘크리트의 응력-변형률 곡선을 이용하여 모멘트와 곡률의 관계를 구하는 해석

- ⑨ 설계변위 : 지진격리시스템의 설계에서 요구되는 수평방향의 지진변위
- ⑩ 소성힌지구역 : 기둥과 말뚝가구의 단부구역 중 설계휨강도보다 큰 탄성지진모멘트가 작용하는 구역
- ⑪ 액상화 : 진동하중에 의해 간극수압 상승과 유효응력 감소로 전단하중에 대한 전단저항을 상실하는 현상
- ⑫ 옅셋변위 : 크리프, 건조수축 그리고 온도변위의 50%에 해당하는 지진격리받침의 수평 변위.
- ⑬ 유효강성 : 지진격리시스템이 최대수평변위를 일으키는 순간의 수평력을 최대수평변위로 나눈 값
- ⑭ 위험도계수 : 평균 재현주기별 지진구역계수의 비
- ⑮ 응답수정계수(Response Modification Factor) : 탄성해석으로 구한 각 요소의 내력으로부터 설계지진력을 산정하기 위한 수정계수
- ⑯ 지반계수(Site Coefficient) : 지반상태가 탄성지진응답계수에 미치는 영향을 반영하기 위한 보정계수
- ⑰ 지반응답해석 : 토층의 저면에 입사되는 지진하중이 지표면으로 진행될 때 토층의 동적거동에 대한 해석
- ⑱ 지반종류(Soil Profile Type) : 지진시에 지반의 응답특성에 따라 공학적으로 분류하는 지반의 종류
- ⑲ 지진격리받침 : 지진격리교량이 지진 시 수평방향으로 큰 축방향 변형을 허용할 수 있도록 수평방향으로는 유연하고, 수직방향으로는 강성이 높은 교량받침
- ⑳ 지진격리시스템 : 수직강성, 수평유연도, 그리고 감쇠를 경계면으로부터 시스템에 제공하는 모든 요소의 집합
- ㉑ 지진구역계수 : 우리나라의 지진재해도 해석결과에 근거한 지진구역에서의 평균재현주기 500년에 해당되는 암반상 지진지반운동의 세기를 나타내는 계수
- ㉒ 지진보호장치 : 교량구조물의 내진성능과 내진안정성을 향상시키기 위

한 모든 장치들로서, 지진격리받침, 감쇠기, 낙교방지장치 등이 이에 해당된다.

- ㉓ 총설계변위 : 지진격리받침의 최대 수평방향 지진변위로서 해석의 결과와 지진격리시스템의 설계에 필요한 변위로부터 산출되는 값이다. 이것은 강성중심에서의 병진변위 d_j 와 비틀림변위의 고려방향 성분을 포함한다.
- ㉔ 최대 소성인저력 : 교각의 소성인저구역에서 설계기준 재료강도를 초과하는 재료의 초과강도와 심부구속효과로 인하여 발휘될 수 있는 최대 소성모멘트(휨 초과강도)를 전단력으로 변환한 신뢰도 95%수준의 횡력
- ㉕ 탄성중합체 : 압력을 가하여 상당한 변형이 있는 후 그 압력을 제거하면 초기의 크기와 형상으로 복원되는 고분자 물질로서 여기에서는 고무부품이나 고무부품의 생상에 사용하는 복합화합물을 말한다.
- ㉖ 탄성지진응답계수(Elastic Seismic Response Coefficient) : 모드스펙트럼해석법에서 등가정적지진하중을 구하기 위한 무차원량
- ㉗ 평균반복전단응력 : 불규칙한 지진하중을 일정한 반복하중으로 치환할 때, 등가의 전단응력
- ㉘ 항복강성 : 축방향력과 콘크리트의 균열을 고려하여 축방향철근이 항복하는 시점의 강성으로서 항복모멘트와 항복곡률의 비율로 결정되는 교각의 강성
- ㉙ 항복유효 단면2차모멘트 : 축방향력과 콘크리트의 균열을 고려하여 축방향철근이 항복하는 시점의 단면2차모멘트 강성으로서 간편식으로 산정되는 단면2차모멘트

8.8.2 내진설계의 기본방침

(1) 목적

이 설계기준의 목적은 지진에 의해 교량이 입는 피해의 정도를 최소화시킬 수 있는 내진성 확보를 위해 필요한 최소 설계요구조건을 규정하는데 있다.

(2) 내진설계기준의 개념

이 설계기준은 건설교통부의 연구과제 「내진설계기준연구(II)(1997. 12.)」에서 제시된 내진설계성능기준 및 기타 연구결과 중 현재 수준에서 인정할 수 있는 일부 규정을 기존 설계기준의 체계에 맞도록 채택하여 제정되었다. 따라서 현재의 설계기준은 다음의 개념에 기초를 두고 있다.

- ① 인명피해를 최소화 한다.
- ② 지진시 교량 부재들의 부분적인 피해는 허용하나 전체적인 붕괴는 방지한다.
- ③ 지진시 가능한 한 교량의 기능은 발휘할 수 있게 한다.
- ④ 교량의 정상수명 기간 내에 설계지진력이 발생할 가능성은 희박하다.
- ⑤ 설계기준은 남한 전역에 적용될 수 있다.
- ⑥ 이 규정을 따르지 않더라도 창의력을 발휘하여 보다 발전된 설계를 할 경우에는 이를 인정한다.

이러한 개념을 구현하기 위해서는 낙교방지가 확보되어야 하며, 낙교방지는 가능하면 교각의 연성거동에 의한 연성파괴메커니즘을 유도하여 확보하고, 그렇지 않은 경우 낙교방지 대책(전단키, 변위구속장치 등)을 제시하여 확보하여야 한다. 또한, 필요한 경우 지진격리시스템을 설치할 수 있다.

(3) 품질보증 요건

내진설계에 관한 품질보증 요건은 「제1장 총칙편」의 해당규정에 준한다.

(4) 지진응답 계측

① 일반사항

내진 I 등급교와 내진 II 등급교에 대해서는 유지관리, 내진설계기술 개발 및 개선에 필요한 자료 확보를 위하여 관할기관은 지진계와 가속도계를 설치하고 운영하도록 요구할 수 있다.

② 계측기기의 설치와 관리

교량의 지진응답을 계측하기 위한 계측기기의 설치 위치와 종류, 개수와 관리는 이 설계기준의 목적을 달성할 수 있도록 결정되어야 한다.

8.8.3 설계 일반사항

(1) 설계지반운동

설계지반운동 일반사항과 가속도계수는 「2.4.4(2)항」의 「③과 ⑤항」에 따른다.

(2) 내진등급과 설계지진수준

내진등급과 설계지진수준은 「2.4.4(2)①항」에 따른다.

(3) 지반의 분류

지반의 분류는 「2.4.4(2)⑥항」에 따른다.

(4) 응답수정계수

- ① 「8.8.6항」과 「8.8.7항」에서 내진설계를 위해 추가로 규정한 설계요건과 「8.8.8항」에서 규정한 소성힌지구역에 관련된 모든 설계요건을 충족시키는 경우, 교량의 각 부재와 연결부분에 대한 설계지진력은 「8.8.4(7)항」에서와 같이 규정된 탄성지진력을 <표 8.8.1>의 응답수정계수로 나눈 값으로 한다. 다만 하부구조의 경우 축방향력과 전단력은 응답수정계수로 나누지 않는다.
- ② 철근콘크리트 기둥형식의 교각(단일기둥, 다주가구)과 말뚝가구의 소성힌지구역에 「8.8.8.(3)④항」에서 규정한 심부구속철근량을 배근하지 않는 경우에는 「부록 I」에 따라 설계하여야 하며, <표 8.8.1>의 하부구조에 대한 응답수정계수는 적용하지 않는다. 이때 철근콘크리트 기둥형식의 교각과 말뚝가구는 「8.8.8.(3)④항」의 심부구속철근량을 제외한 모든 설계요건을 만족시켜야 하며, 기초와 연결부분은 「8.8.4(7)①마.항」과 「8.8.8.(2)⑤항」에 따라 설계하여야 한다.
- ③ 응답수정계수 R 은 하부구조의 양 직교축방향에 대해 모두 적용한다.
- ④ 벽식교각의 약축방향은 「8.8.8항」의 기둥규정을 적용하여 설계할 수 있다. 이때 응답수정계수 R 은 단일 기둥의 값을 적용할 수 있다.

표 8.8.1 응답수정계수, R

하부구조	R	연결부분 ¹⁾	R
벽식 교각	2	상부구조와 교대	0.8
철근콘크리트 말뚝 가구(Bent)			
1. 수직말뚝만 사용한 경우	3	상부구조의 한 지 간내의 신축이음부	0.8
2. 한 개 이상의 경사말뚝을 사용한 경우	2		
단일 기둥	3	기둥, 교각 또는 말 뚝 가구와 캡빔 또 는 상부구조	1.0
강재 또는 합성강재와 콘크리트 말뚝 가구			
1. 수직말뚝만 사용한 경우	5	기둥 또는 교각과 기초	1.0
2. 한 개 이상의 경사말뚝을 사용한 경우	3		
다주 가구	5		

주 : 1) 연결부분은 부재간에 전단력과 압축력을 전달하는 기구를 의미하며, 교량받
침과 전단키 등이 이에 포함된다. 이 때, 응답수정계수는 구속된 방향으로
작용하는 탄성지진력에 대해서만 적용된다.

8.8.4 해석 및 설계에 대한 규정

(1) 일반사항

- ① 탄성지진력은 「8.8.5항」에 규정한 값으로 한다.
- ② 재료 및 기초 설계조건은 「8.8.6항」, 「8.8.7항」, 「8.8.8항」에 따른다.
- ③ 교량의 내진설계절차는 모든 내진등급의 교량에 대하여 동일하게 적용한다. 다만 단경간교에 대한 내진설계는 「8.8.4(5)항」와 「8.8.4(8)항」에 따른다. 또한 지진구역 II에 위치하는 내진II등급교의 내진설계는 「8.8.4(6)항」과 「8.8.4(8)항」에 의해서 수행될 수 있다.

(2) 해석방법

- ① 교량의 지진해석방법은 「8.8.5항」에서 규정된 단일모드스펙트럼해석법을 사용하는 것으로 한다.
- ② 정밀한 해석을 요한다고 판단되는 교량에 대해서는 다중모드스펙트럼해석법 또는 발주자가 인정하는 검증된 정밀 해석법을 사용할 수 있다.
- ③ 단경간교 및 지진구역 II에 위치하는 내진II등급교는 상세한 지진해석

을 할 필요가 없다.

(3) 탄성력 및 탄성변위

- ① 탄성력과 탄성변위는 「8.8.4(2)항」에 규정한 해석방법을 사용하여 두 개의 직교축에 대하여 독립적으로 해석하고 「8.8.4(4)항」에 규정한 방법으로 조합하여야 한다.
- ② 두 개의 직교축은 교량의 종방향축과 횡방향축으로 하는 것이지만 설계자가 임의로 정할 수 있다. 곡선교는 양측 교대를 연결하는 현을 종방향으로 정할 수 있다.

(4) 직교 지진력의 조합

부재의 각각의 주축에 대한 설계지진력은 「8.8.4(3)항」에 규정한 방법으로 구한 지진력을 다음과 같이 조합하여 사용한다.

하중경우 1...종방향축의 해석으로부터 구한 탄성지진력(절대값)에 횡방향축의 해석으로부터 구한 탄성지진력(절대값)의 30%를 합한 경우.

하중경우 2...횡방향축의 해석으로부터 구한 탄성지진력(절대값)에 종방향축의 해석으로부터 구한 탄성지진력(절대값)의 30%를 합한 경우.

(5) 단경간교의 설계규정

- ① 상부구조와 교대 사이의 연결부에 대하여 고정하중반력에 「8.8.3.(1)②항」에서 규정된 가속도계수와 「8.8.3(3)항」에서 규정된 기반계수를 곱한 값의 수평지진력이 작용한다고 보고 종방향 및 횡방향에 대하여 안전하도록 설계하여야 한다.
- ② 낙교방지를 위한 최소받침지지길이는 「8.8.4(8)항」에 규정한 값으로 한다.

(6) 지진구역 II에 위치하는 내진II등급교의 설계지진력

- ① 지진구역 II에 위치하는 내진II등급교에서 상부구조와 하부구조를 연결하는 교량받침이나 기계장치는 고정하중의 20%에 해당되는 수평지진력이 구속방향으로 작용한다고 보고 이에 저항하도록 설계하여야 한다.
- ② 종방향으로 구속되어 있을 경우 종방향의 수평지진력에 사용되는 고정하중은 상부구조의 각 세그먼트의 자중으로 정의된다.

- ③ 횡방향으로 구속되어 있을 경우 횡방향의 수평지진력에 사용되는 고정 하중은 그 교량받침에서의 고정하중 반력으로 정의된다.

(7) 설계지진력

① 구조부재 및 연결부의 설계지진력

가. 이 절에서 구하는 설계지진력은 다음의 각 경우에 대하여 적용한다.

- ㉠ 상부구조, 상부구조의 신축이음 및 상부구조와 하부구조상단 사이의 연결부
- ㉡ 하부구조 상단으로부터 기둥이나 교각의 하단까지(단 기초, 말뚝머리 및 말뚝은 포함하지 않는다.)
- ㉢ 상부구조와 교대의 연결요소

나. 「가.항」의 설계지진력은 「8.8.4(4)항」의 하중경우 1과 하중경우 2로부터 구한 탄성지진력을 「8.8.3(4)항」에 규정한 응답수정계수 R로 나눈 값으로 한다. 철근콘크리트 기둥형식의 교각(단일기둥, 다주기구, 말뚝기구)을 「부록 I」에 따라 설계하는 경우에는 이 항에 따라 기둥의 설계지진력을 결정할 필요가 없다.

다. 「나.항」의 각 설계지진력은 다른 설계력과 함께 전체 하중조합식에 조합하여야 하며 각 요소에 대한 최대하중은 <식 (8.8.1)>로부터 구한다. 이때 설계지진력의 부호는 양 또는 음 중 불리한 경우를 취한다.

$$\text{최대하중} = 1.0(D + H + Q + E) \quad (8.8.1)$$

여기서, D : 고정하중

H : 횡도압

Q : 유체압 및 부력

E : 「(나)」항의 설계지진력

라. 구조물의 각 요소에서 단면의 설계강도는 「8.3항」의 하중조합에 따라 구한 소요강도 이상이어야 하며, 「8.8.6항」, 「8.8.7항」, 「8.8.8항」의 설계규정을 만족하여야 한다.

마. <표 8.8.1>의 응답수정계수가 적용되지 않은 경우, 교각과 상부구조 또는 하부구조와의 연결부분의 설계지진력은 「8.8.8(2)⑤항」에 따라

결정된 교각의 최대소성힌지력과 응답수정계수를 적용하지 않은 탄성지진력 중 작은 값으로 한다.

바. <식 (8.8.1)>은 「제8장 교량 일반사항」의 하중조합과 함께 사용하여 한다. 강구조물의 설계에 허용응력설계법을 사용할 경우 허용응력은 규정된 허용응력에 <표 8.8.2>에 주어진 증가계수를 곱한 값으로 한다.

표 8.8.2 허용응력의 증가계수

구조물의 종류	허용응력 증가계수
강구조물	1.5

② 기초의 설계지진력

가. 확대기초, 말뚝머리 및 말뚝을 포함하는 기초의 설계지진력은 다음 중 하나의 방법으로 결정한다.

㉠ 기초의 설계지진력은 「8.8.4(4)항」의 하중경우 1과 하중경우 2로부터 구한 탄성지진력을 「8.8.3(4)항」에 따라 하부구조(기둥 또는 교각)에 적용한 응답수정계수 R 값의 1/2로 나눈 값으로 한다. 단, 이 규정은 기둥 또는 교각의 휨설계강도가 탄성지진모멘트를 「8.8.3(4)항」의 해당 응답수정계수 R 값으로 나눈 소성설계모멘트와 유사하도록 설계된 경우에 적용하여야 한다. 말뚝가구의 설계지진력은 탄성지진력을 해당 구조의 응답수정계수 R로 나눈 값으로 한다.

㉡ 기초의 설계지진력은 「8.8.8.(2)⑤항」에 따라 결정된 교각의 최대 소성힌지력과 응답수정계수를 적용하지 않은 탄성지진력 중 작은 값으로 한다.

나. 「가.항」의 각 설계지진력은 다른 설계력과 함께 전체 하중조합식에 조합하여야 하며 각 요소에 대한 최대하중은 <식 (8.8.2)>로부터 구한다. 이때 설계지진력의 부호는 양 또는 음 중 불리한 경우를 취한다.

$$\text{최대하중} = 1.0(D + H + Q + E) \quad (8.8.2)$$

여기서, D : 고정하중

H : 횡토압

Q : 유체압 및 부력

E : 「(가)」 항의 설계지진력

다. 기초의 각 요소에서 단면의 설계강도는 「제8장 교량 일반사항」의 강도설계법 하중조합에서 지진하중이 포함된 하중조합의 모든 종류의 하중에 하중계수 1.0을 사용하여 구한 소요강도 이상이어야 하며, 「8.8.6항」의 설계규정을 만족하여야 한다.

③ 교대 및 옹벽

가. 상부구조와 교대의 연결부(받침, 전단연결재 등)는 「8.8.4(7)①항」의 설계지진력에 저항하도록 설계하여야 한다.

나. 교대는 「8.8.6(3)항」의 규정에 따라 설계하여야 한다.

(8) 설계변위

- ① 이 절에서 정한 최소받침지지길이는 모든 거더의 단부에서 확보하여야 한다.
- ② 최소받침지지길이의 확보가 어렵거나 낙교방지를 보장하기 위해서는 변위구속장치를 설치해야 한다.
- ③ 단경간교와 지진구역 II에 위치하는 내진II등급교의 최소받침지지길이(N)는 <식 (8.8.3)>에 규정한 값보다 작아서는 안 된다.

$$N = (200 + 1.67L + 6.66H)(1 + 0.000125\theta^2) \text{ (mm)} \quad (8.8.3)$$

여기서,

L : 인접 신축이음부까지 또는 교량단부까지의 거리(m).

다만, 지간 내에 힌지가 있는 경우의 L은 힌지 좌·우측 방향의 거리인 L_1 과 L_2 의 합으로 한다(<그림 8.8.1>참조).

H : 다음 각 경우에 대한 평균 높이(m)

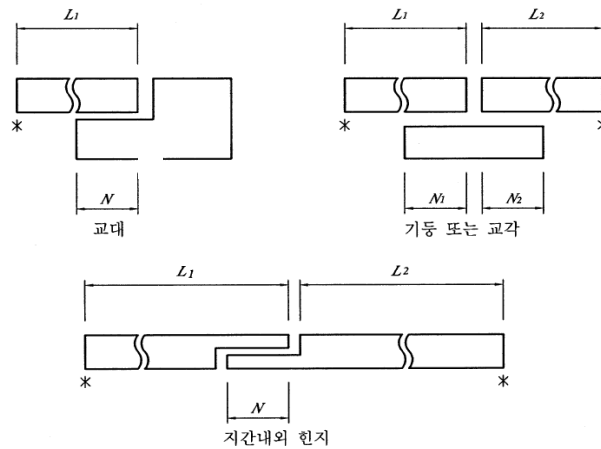
교대 : 인접 신축이음부의 교량상부를 지지하는 기둥의 평균 높이. 단경간교의 평균높이는 0으로 한다.

기둥 또는 교각 : 기둥 또는 교각의 평균높이

지간 내의 힌지 : 인접하는 양측 기둥 또는 교각의 평균높이

θ : 받침선과 교축직각방향의 사잇각(도)

- ④ 단경간교와 지진구역 II에 위치하는 내진II등급교를 제외한 모든 교량의 설계지진변위는 「8.8.4(3)항」에 규정된 값과 「8.8.4(8)항」에 규정된 값 중 큰 값으로 한다.



* 신축이음 또는 교량 상판의 단부

그림 8.8.1 최소 받침지지길이 규정에 관한 치수

(9) 지반의 액상화 평가

- ① 교량의 액상화 피해가 예상되는 경우에는 지반의 액상화 발생 가능성을 검토하여야 한다.

② 액상화 평가 기준

가. 액상화 평가시 설계 지진가속도는 「8.8.3 설계 일반사항」의 구조물 내진등급에 따라 결정한다.

나. 설계 지진 규모는 지진구역 I, II 모두 리히터규모 6.5를 적용한다.

다. 내진 I등급 교량인 경우에는 현장 및 실내시험 결과를 이용한 부지특성 평가 방법을 사용하여 지진응답해석을 수행하고, 액상화 진단저항 능력은 실내 반복시험 결과를 이용한다.

③ 액상화 평가 방법

- 가. 액상화 평가방법은 교량의 내진등급에 따라 표준관입시험의 N 값, 콘관입시험의 q_c 값과 전단파 속도 V_s 값 등과 같은 현장시험 결과를 이용한 간편예측법 또는 실내 반복시험을 이용한 상세예측법 등을 적용한다.
- 나. 액상화 발생 가능성은 대상 현장에서 액상화를 유발시키는 전단저항 응력비(CRR)를 지진에 의해 발생하는 반복전단응력비(CSR)로 나눈 값으로 정의되는 안전율(FSL)로 평가한다.
- 다. 간편예측법을 통해 획득한 안전율이 1.5보다 작을 경우에는 상세예측법을 실시한다. 상세예측법을 통해 획득한 안전율이 1.0미만인 경우에는 대책공법을 마련하며, 1.0이상인 경우에는 액상화에 대해 안전한 것으로 판정한다.

8.8.5 해석방법

(1) 일반사항

- ① 이 절의 규정은 「8.8.4(2)항」에서 규정한 교량의 지진해석에 대한 규정이며 다음과 같은 두 가지의 해석방법을 제시한다.
- 가. 단일모드스펙트럼해석법
- 나. 다중모드스펙트럼해석법
- ② 두 가지 방법 모두에 있어서 모든 고정된 기둥과 교각 또는 교대지점들은 동일 시점에 있어서 동일한 지반운동을 한다고 가정한다. 가동지점에서는 이 절에서 기술된 해석으로부터 구한 변위가 「8.8.4(8)항」에서 규정된 최소 요구치보다 큰 경우 이 값을 사용하여야 한다.

(2) 탄성지진응답계수

- ① 단일모드스펙트럼해석 시 설계하중의 결정에 쓰이는 탄성지진응답계수 C_s 는 <식 (8.8.4)>과 같은 응답스펙트럼으로부터 구한다.

$$C_s = \frac{1.2AS}{T^{2/3}} \quad (8.8.4)$$

여기서,

A : 가속도계수

S : 지반 특성에 대한 무차원의 계수

T : 교량의 주기

다만, C_s 값은 2.5A보다 크게 취할 필요는 없다.

- ② 다중모드스펙트럼해석 시 m 번째 진동모드에 대한 탄성지진응답계수 C_{sm} 은 <식 (8.8.5)>과 같은 응답스펙트럼으로부터 구한다.

$$C_{sm} = \frac{1.2AS}{T_m^{2/3}} \quad (8.8.5)$$

여기서,

T_m : m 번째 진동모드의 주기

다만, C_{sm} 값은 2.5A보다 크게 취할 필요는 없다.

- ③ T_m 값이 4.0초를 넘는 구조물에 대해서 m 번째 진동모드에 대한 C_{sm} 값은 <식 (8.8.6)>에 따라 결정할 수 있다.

$$C_{sm} = \frac{3AS}{T_m^{4/3}} \quad (8.8.6)$$

(3) 단일모드스펙트럼해석법

종방향 및 횡방향 지진에 의한 부재의 단면력과 처짐을 계산하는 등가 정적 지진하중 $p_e(x)$ 는 <식 (8.8.7)>으로 산정할 수 있다.

$$p_e(x) = \frac{\beta C_s}{r} w(x) v_s(x) \quad (8.8.7)$$

여기서,

$p_e(x)$: 등가정적 지진하중이며 진동의 기본모드를 대표하기 위

해 가하는 단위길이당 하중강도(<그림 8.8.3>)
 C_s : <식 (8.8.4)>로 주어지는 탄성지진 응답계수

여기서 교량의 주기 T 는 <식 (8.8.8)>과 같다.

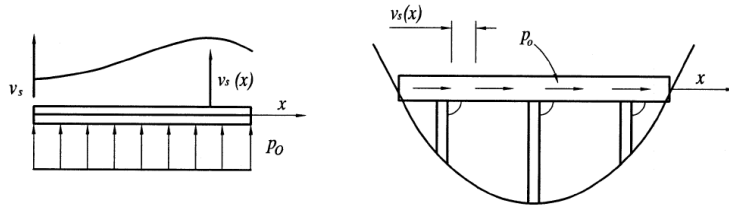
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{r}{\rho_o g \alpha}} \quad (8.8.8)$$

g : 중력가속도, 9.81m/s^2
 $w(x)$: 교량상부구조와 이의 동적거동에 영향을 주는 하부구조의 단위길이당 고정하중
 $v_s(x)$: 균일한 등분포하중 p_o 에 의한 정적처짐 (<그림 8.8.2>)

$$\alpha = \int v_s(x) dx \quad (8.8.9)$$

$$\beta = \int w(x) v_s(x) dx \quad (8.8.10)$$

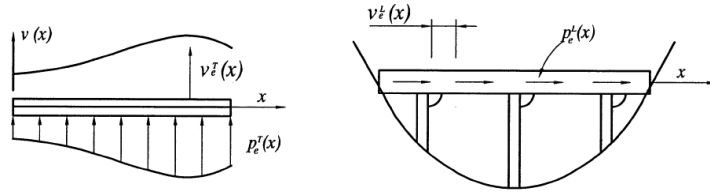
$$r = \int w(x) v_s(x)^2 dx \quad (8.8.11)$$



(a) 평면도, 횡방향하중

(b) 입면도, 종방향하중

그림 8.8.2 횡방향 및 종방향으로 가정된 하중을 받는 교량 상판



(a) 평면도, 횡방향하중

(b) 입면도, 종방향하중

그림 8.8.3 횡방향 및 종방향으로 등가하중을 받는 교량 상판

(4) 다중모드스펙트럼해석법

① 일반사항

다중모드스펙트럼해석법은 비정형 교량의 3방향 연계효과와 최종응답에 대한 다중모드의 기여 효과를 결정하기 위해 공인된 공간뼈대 선형 동적해석 프로그램을 사용하여 수행하여야 한다.

② 수학적 모형

가. 교량은 그 구조물의 강성과 관성효과를 실제에 가깝게 모형화하기 위해 연결부와 절점으로 구성된 3차원 공간 뼈대 구조물로서 모형화해야 한다.

나. 각 연결부와 절점은 6개의 자유도, 즉 3개의 이동 자유도와 3개의 회전 자유도를 가진다.

다. 구조 질량은 최소한 3개의 이동 관성향을 갖는 집중질량으로 모형화하여야 하며, 구조 질량은 하부 구조를 포함하여 관련된 모든 요소들을 고려하여야 한다.

라. 지진시에도 교량에 큰 활하중이 재하되어 있을 가능성이 많은 경우에는 그 활하중의 관성효과를 고려하여야 한다.

마. 상부구조는 최소한 각 경간단부의 연결부와 지간의 1/4지점마다 절점을 가진 공간뼈대부재의 집합체로 모형화해야 한다. 신축이음부와 교대의 불연속 부분도 상부구조에 포함하여야 하며, 이 때 집중질량의 관성효과를 분배시켜야 한다.

바. 하부구조에서 중간 기둥 또는 교각들은 일반적으로, 인접 지간길이의 1/3보다 짧은 길이를 갖는 짧고 강성이 강한 기둥에 대해서는 중간

절점이 불필요하나, 길고 유연한 기둥은 기둥단부의 연결부 외에 2개의 1/3지점을 중간 절점으로 모형화하여야 한다. 하부구조의 모형은 상부구조에 대한 기둥의 편심을 고려해야 한다. 기둥 또는 교각하부와 교대에서의 지반은 등가의 선형 스프링계수를 이용하여 모형화할 수 있다.

③ 진동모드의 형상과 주기

고려중인 방향에 대하여 해석에 필요한 교량의 주기와 모드형상은 고정지반 조건에 대해서 지진에 저항하는 전체 시스템의 질량과 강성을 고려하여 이론적으로 확립된 방법에 의해 계산하여야 한다.

④ 다중모드스펙트럼 해석

응답해석 시 고려되는 모드의 수는 지진 수의 3배 이상이어야 한다. 이 때, 잔여모드를 모두 포함하여 해석하더라도 응답이 10%이상 증가하지 않는 개수의 모드를 고려하여야 한다.

⑤ 부재력과 변위

부재의 단면력과 변위는 개별 모드들로부터 각각의 응답성분(예를 들면, 힘, 변위 또는 상대변위)은 CQC방법(Complete Quadratic Combination)으로 조합함으로써 계산한다.

8.8.6 기초 및 교대의 내진설계

(1) 적용범위

이 절에서는 교량의 기초 및 교대의 내진설계에 대해 규정한다. 이 설계 기준은 지진 하중이외의 수직 및 수평 하중에 대해 지지할 수 있도록 설계된 것을 전제로 한다. 이런 전제 조건은 기초를 위한 조사의 범위, 성토, 사면안정, 기초지반의 지지력 및 수평토압, 배수, 침하, 말뚝기초의 요건 및 지지력 등에 대한 기준을 포함한다.

(2) 기초

① 조사

지진구역 I에서는, 평상시 설계에 필요한 조사 이외에 지진에 대한 (1)사면의 불안정, (2)액상화, (3)성토지반의 침하, (4)수평토압 증가와 관련된 지진 피해 가능성 판단과 내진설계에 필요한 조사를 추가하여야 한다. 이때 최대 지반가속도는 가속도계수 A 또는 부지고유의 지반응답

해석결과를 사용한다.

② 기초설계를 위한 해석과 검토

기초는 등가정적 또는 동적해석을 수행하여 기초 구조체의 최대 응력 또는 단면력, 상부 구조의 최대 변위 그리고 기초의 전도, 활동, 침하 및 지지력을 검토한다.

가. 얽은기초에 대한 등가정적해석

- ㉠ 얽은기초에 작용하는 등가정적하중은 기초 지반과 상부구조물의 응답특성을 고려하여 결정한다.
- ㉡ 얽은기초는 미끄러짐, 지지력, 전도에 대하여 안전하여야 하고, 변형 및 침하량이 허용치를 넘지 않아야 된다.
- ㉢ 기초지반이 액상화가 발생할 수 있는 지반이라면 액상화 대책공법을 적용하여야 한다.

나. 말뚝기초에 대한 등가정적해석

- ㉠ 말뚝기초 등가정적해석에서는 기초 지반과 상부구조물의 특성을 고려하여 지진하중을 말뚝머리에 작용하는 등가정적하중으로 환산한 후 정적해석을 수행한다.
- ㉡ 등가정적하중을 말뚝머리에 작용시키고 균말뚝 해석을 수행하여 각 말뚝에 작용하는 하중을 산정한다. 이 때, 가장 큰 하중을 받는 말뚝을 내진성능평가를 위한 말뚝으로 선정하고, 등가정적해석을 수행한다.
- ㉢ 내진성능평가 대상 말뚝에 대해서는 말뚝 본체 및 두부의 응력 또는 단면력, 말뚝의 변위량 및 모멘트를 검토한다.

다. 동적해석

- ㉠ 기초에 대한 동적해석이 필요한 경우에는 기초와 지반, 구조물의 상호작용을 고려하는 동적해석방법을 사용할 수 있다.
- ㉡ 현장시험과 실내시험으로부터 얻은 지반의 물성치와 기초의 제반사항을 고려하여 기초를 스프링으로 모델링 한 후, 설계지진하중으로 전체 구조물에 대한 응답해석을 실시하여 기초에 작용하는 하중을 결정하고 이를 사용하여 기초의 안정성을 검토한다.

③ 말뚝설계시 특별히 요구되는 사항

지반과 교량의 불확실한 응답특성들을 고려하여 말뚝의 내진설계에서는 일반 설계에서의 요구조건 이외에 다음의 요구조건을 만족시켜야 한다.

- 가. 말뚝의 내진설계에서는 극한지지력 개념을 사용하며 설계지진하중에 대하여 지지력을 확보하여야 한다.
- 나. 말뚝은 파일캡에 연결하여야 한다.
- 다. 콘크리트로 채운 말뚝에 특별한 정착장치를 설치하지 않는 경우에는 말뚝으로 인발력이 전달될 수 있는 길이의 철근을 매립하여 정착하여야 한다.
- 라. 축재움이 없는 강관말뚝, 나무말뚝, 강말뚝은 말뚝의 허용지지력의 10%이상인 인발력이 전달될 수 있도록 정착하여야 한다.
- 마. 보강철근은 말뚝과 파일캡을 일체로 하며 하중전달을 용이하게 하기 위해서 파일캡까지 연장되어야 한다.
- 바. 말뚝의 내진설계에서는 기둥이 지표면 위에서 휨모멘트에 의하여 항복하기 이전에 말뚝이 지표면 아래에서 파괴되지 않도록 하여야 한다.

(3) 교대

① 일반사항

지진 시 교대의 파괴나 변위로 인한 교량의 손상 또는 파괴가 발생할 수 있으므로 교대의 설계는 신중하게 수행하여야 한다.

② 독립식 교대

가. 독립식 교대의 설계에서는 지진에 의한 수평토압과 교대의 관성력을 고려한다. 상부구조물이 자유롭게 미끄러질 수 없는 고정단 받침으로 지지되는 경우에는 상부구조물로부터 전달되는 지진력을 함께 고려하여야 한다.

나. 지진시에 독립식 교대에 작용하는 토압은 Mononobe-Okabe에 의해 개발된 등가정적하중법으로 계산할 수 있으며 이때 토압은 교대의 배면에 균등하게 분포하고 그 합력은 교대 높이의 1/2에 작용하는 것으로 가정한다.

다. 구조물의 경제성을 도모하기 위해 교축방향 변위를 허용하는 독립식

교대를 설계할 수 있다. 이 때, 교대는 지진시에 미끄러짐만 허용하고 전도가 발생하지 않아야 하며, 교대받침의 손상을 최소로 하기 위하여 미끄러짐에 의한 교축방향 변위를 수용할 수 있도록 설계되어야 한다.

라. 교축방향 변위를 구속하는 독립식 교대에는 Mononobe-Okabe의 등가정적하중법에 의한 토압보다 큰 수평토압이 작용하므로 이를 고려해야 한다.

③ 일체식 교대

가. 일체식 교대는 지진 시 큰 상부관성력이 뒷채움흙에 전달되므로 과도한 상대변위가 발생하지 않도록 하기 위하여 수동저항력을 갖도록 설계되어야 한다.

나. 일체식 교대는 교대-뒷채움흙 구조와 기초의 강성을 계산하여 구조물의 내진설계 과정에 따라 설계할 수 있다.

8.8.7 강교 설계

(1) 일반사항

① 구조용 강재 기둥과 연결부의 설계와 시공은 도로교설계기준과 이 절의 추가 요구조건을 만족시켜야 한다.

② 허용응력설계법의 적용시에는 「8.8.4(7)①바.항」에 따라 허용응력 증가계수를 사용한다.

(2) P-Δ 효과

P-Δ 효과(지진변위로부터 발생하는 편심과 기둥 축력에 의한 모멘트)로 인한 2차 휨을 고려하여 축방향 응력과 휨응력을 계산할 때, 모든 축방향 하중을 받는 부재는 「제9장 강교 및 강합성교」에 따라 설계하여도 된다.

8.8.8 콘크리트교 설계

(1) 일반사항

① 일체로 현장타설 되는 교각, 확대기초, 연결부의 내진설계는 강도설계법을 사용하여야 하며, 이 절의 추가 요구조건을 만족시켜야 한다.

② 이 절에서의 교각은 기둥 형식의 교각(단일기둥과 다주가구), 벽식 교

각, 말뚝가구를 충칭한다.

- ③ 단일기둥, 다주가구, 말뚝가구를 설계할 때, 소성힌지구역에 배근되는 심부구속철근은 「8.8.3(4)항」의 응답수정계수와 「8.8.8.(3)④항」의 심부구속철근량에 대한 규정을 적용하는 대신 「부록 I 철근콘크리트 기둥의 연성도 내진설계」를 적용하여 설계할 수 있다.

(2) 교각의 해석 및 설계강도

① 일반사항

가. 철근콘크리트 교각에 대한 구조해석과 단면강도해석에는 균열의 영향과 축방향력의 영향 등 구조적 거동에 영향을 주는 요소를 고려하여야 한다.

나. 철근콘크리트 교각의 축방향철근은 설계기준항복강도가 500MPa을 초과하지 않아야 하며, 인장강도가 항복강도의 1.25배 이상이어야 한다. 철근콘크리트 교각의 횡방향철근은 설계기준항복강도가 500MPa을 초과하지 않아야 한다.

② 교각의 휨강성

가. 지진하중에 대한 구조해석으로 탄성해석을 수행할 때, 교각의 축방향철근이 항복할 것으로 예상되는 경우에는 <식 (8.8.12)>으로 결정되는 항복강성을 적용하여 단면력과 변위를 구하여야 한다. 단 지진하중에 의한 단면력을 구하기 위한 구조해석에서는, <식 (8.8.12)>의 항복강성 대신 철근을 무시한 콘크리트교각 전체 단면의 중심축에 대한 단면2차모멘트와 콘크리트의 탄성계수로 표현되는 휨강성을 적용할 수 있다.

$$EI_y = \frac{M_y}{\varphi_y} \quad (8.8.12)$$

여기서,

EI_y : 축방향력을 고려한 교각의 항복강성(최 외단 축방향철근의 항복)

M_y : 축방향력을 고려한 교각의 항복모멘트(최 외단 축방향

철근의 항복)

φ_y : 축방향력을 고려한 교각의 항복곡률(최 외단 축방향철근의 항복)

나. <식 (8.8.12)>로 정의되는 교각의 항복강성을 구하기 위하여 교각단면에 대한 비선형해석을 수행하지 않는 경우에는, 콘크리트의 탄성계수와 <식 (8.8.13)>으로 계산되는 항복유효 단면2차모멘트를 사용할 수 있다.

$$I_{y,eff} = \left(0.16 + 12 \rho_l + 0.3 \sqrt{\frac{P_u}{f_{ck} A_g}} \right) I_g \quad (8.8.13)$$

여기서,

A_g : 교각의 총단면적

f_{ck} : 콘크리트의 설계기준압축강도

I_g : 철근을 무시한 교각 전체 단면의 중심축에 대한 단면2차모멘트

P_u : 계수 축력

ρ_l : 교각의 축방향철근비

다. 지진하중에 대한 구조해석으로 탄성해석을 수행할 때, 교각의 축방향철근이 항복하지 않을 것으로 예상되는 경우에는 철근을 무시한 콘크리트교각 전체 단면의 중심축에 대한 단면2차모멘트와 콘크리트의 탄성계수로 표현되는 휨강성을 적용하여야 한다. 단, 교각의 축방향철근이 항복하지 않을 것으로 예상되는 경우에도 변위를 구할 때에는 교각의 항복강성을 적용하여야 한다.

③ 교각의 P-Δ효과

가. 철근콘크리트 교각의 총모멘트는 P-Δ효과를 고려하여 결정하여야 한다. 구조해석에 선형탄성해석을 수행하는 경우는, 지진해석에 의한 1차모멘트에 횡방향 지진변위와 축력에 의한 2차모멘트를 추가하여

총모멘트를 결정하여야 한다.

- 나. 엄밀한 해석에 의하여 $P-\Delta$ 효과를 고려하지 않는다면 「다.항」와 「라.항」에 따라 근사적으로 2차모멘트를 구할 수 있다.
- 다. 캔틸레버로 거동하는 교각에 대하여 「8.8.8.(2)②항」의 휨강성으로 탄성지진해석을 수행한 경우에는 기둥 상단과 하단의 횡방향 최대상대변위의 1.5배에 축력을 곱한 값을 2차모멘트로 취할 수 있다.
- 라. 골조로 거동하는 교각에 대하여 「8.8.8.(2)②항」의 휨강성으로 탄성지진해석을 수행한 경우에는 모멘트가 0인 위치를 기준으로 상단과 하단의 횡방향상대변위를 각각 구한 후 1.5배를 취한 각각의 횡방향상대변위에 축력을 곱하여 상단과 하단의 2차모멘트로 취할 수 있다.
- 마. 「8.8.3(4)항」의 응답수정계수를 적용하여 설계할 때에는 응답수정계수를 1차모멘트에만 적용하며 2차모멘트에는 적용하지 않는다.

④ 교각의 설계휨강도

- 가. 지진하중에 대한 철근콘크리트 교각의 축력-휨강도를 검토할 때에는, 공칭휨강도에 1.0의 강도감소계수를 적용하여 설계휨강도를 결정한다.
- 나. 철근콘크리트 교각의 휨강도는 콘크리트의 등가직사각형 응력분포를 이용한 휨강도 해석이나 콘크리트와 축방향철근의 응력-변형도 곡선을 이용한 모멘트-곡률 해석에 의하여 결정되어야 한다.
- 다. 철근콘크리트 교각의 휨강도 해석에는 축력의 영향이 고려되어야 하며, 「8.8.8.(3)⑤항」의 철근상세를 갖는 횡방향철근이 배근되는 구간에는 횡방향철근에 의한 심부구속효과를 고려할 수 있다.

⑤ 교각의 최대 소성힌지력

- 가. 이절의 규정은 교각과 연결된 기초, 교각과 일체로 시공된 상부구조, 교각의 전단설계, 그리고 교각과 상부구조 또는 기초의 연결부분에 적용한다.
- 나. 기둥 형식의 교각(단일기둥과 다주가구), 벽식 교각의 약축방향, 말뚝가구의 설계전단력은 「8.8.3(4)①항」에 따라 R계수를 1.0으로 하여 결정된 탄성전단력과 이절에 규정된 교각의 최대 소성힌지력 중 작은 값으로 할 수 있다.

- 다. 확대기초, 말뚝머리 및 말뚝을 포함하는 기초의 설계지진력은 「8.8.4(7)②가.항」에 명시된 바와 같이 교각에 대한 응답수정계수 R 의 1/2로 나눈 값으로 하거나, 이절에 규정된 교각의 최대 소성한지력과 응답수정계수를 적용하지 않은 탄성지진력 중 작은 값으로 할 수 있다.
- 라. 교각의 최대 소성한지력은 휨 초과강도에 해당하는 전단력으로 결정하여야 한다. 캔틸레버로 거동하는 교각의 최대 소성한지력은 교각 하단의 휨 초과강도를 교각의 길이로 나누어 결정한다. 다주가구에서 골조로 거동하는 방향에 대하여는 기둥 상단과 하단의 휨 초과강도 합을 교각의 길이로 나누어 결정한다. 이때 교각의 길이는 캔틸레버로 거동하는 방향에 대하여는 기둥 하단에서 수평하중이 작용하는 위치까지의 길이로 하며 다주가구에서 골조로 거동하는 방향에 대하여는 기둥 순높이로 한다.
- 마. 교각 단면의 휨 초과강도는 다음 두 가지 방법 중 하나를 적용하여 결정하여야 한다.
- ㉠ 설계기준 압축강도의 1.7배인 콘크리트 압축강도와 설계기준 항복강도의 1.3배인 축방향철근 항복강도를 적용하고, 소성한지구역 횡방향철근의 심부구속 효과와 축하중의 영향을 고려한 단면의 휨강도로써, 모멘트-곡률 해석을 수행한다.
 - ㉡ 콘크리트 설계기준압축강도가 60MPa이하이고, 계수 축하중이 $0.3 f_{ck} A_g$ 이하이며, 축방향철근비가 0.03이하인 교각의 경우에는, 모멘트-곡률 해석을 수행하는 대신, 콘크리트의 등가직사각형 응력분포를 이용한 축력-휨강도 해석으로 구한 공칭휨강도에 <식 (8.8.14)>로 계산되는 휨 초과강도계수 λ_o 를 곱하여 휨 초과강도를 결정할 수 있다. 여기서 R 은 설계에 사용한 응답수정계수이다.

$$\lambda_o = 1.25 + 0.05 R \quad (8.8.14)$$

⑥ 교각의 설계전단강도

가. 지진하중에 대한 철근콘크리트 교각의 전단강도를 검토할 때에는, 공칭전단강도에 1.0의 강도감소계수를 적용하여 설계전단강도를 결정한다.

나. 휨 설계에서 <표 8.8.1>의 응답수정계수가 적용된 교각에 대하여는, 소성힌지구역의 전단강도를 검토할 때 콘크리트에 의한 공칭전단강도를 다음 식으로 결정하여야 한다. 여기서 최소 계수축력 P_u 가 $0.1 f_{ck} A_g$ 이하인 경우에는 <식 (8.8.15)>를, $0.1 f_{ck} A_g$ 를 초과하는 경우에는 <식 (8.8.16)>을 적용한다. 여기서 A_e 는 전단 유효단면적으로 사각형단면은 $b_w d$, 원형단면은 $0.8 A_g$ 를 사용한다.

$$V_c = \frac{1}{6} \left(\frac{10 P_u}{f_{ck} A_g} \right) \left(1 + \frac{P_u}{14 A_g} \right) \sqrt{f_{ck}} A_e \quad (8.8.15)$$

$$V_c = \frac{1}{6} \left(1 + \frac{P_u}{14 A_g} \right) \sqrt{f_{ck}} A_e \quad (8.8.16)$$

다. 전단철근에 의한 공칭전단강도를 결정할 때 사각형 띠철근단면에 대해서는 <식 (8.8.17)>, 원형단면의 나선철근 또는 원형 후프띠철근에 대해서는 <식 (8.8.18)>을 적용한다. 원형 후프띠철근에 보강띠철근이 추가된 경우에는 <식 (8.8.19)>로 계산되는 보강띠철근에 의한 공칭전단강도를 추가할 수 있다.

$$V_s = \frac{A_v f_{yh} d}{s} \quad (8.8.17)$$

$$V_s = \frac{\pi}{2} \frac{A_{sp} f_{yh} D_c}{s} \quad (8.8.18)$$

$$V_s = \frac{\Sigma A_{ct} f_{yh} l_{ct}}{s} \quad (8.8.19)$$

여기서,

- A_v : 전단철근으로 작용하는 띠철근의 단면적(mm²)
- A_{sp} : 나선철근 또는 원형 후프띠철근의 단면적(mm²)
- A_{ct} : 원형단면에 배근되는 보강띠철근의 단면적(mm²)
- d : 사각형단면의 유효깊이(mm²)
- D_c : 원형후프띠철근이나 나선철근 중심 간의 심부콘크리트 지름(mm)
- f_{yh} : 띠철근 또는 나선철근의 항복강도(MPa)
- l_{ct} : 원형단면에 배근되는 보강띠철근의 길이(mm)
- s : 띠철근 또는 나선철근의 수직간격(mm)

(3) 기둥

① 일반사항

가. 최대단면치수에 대한 순높이의 비가 2.5이상인 교각은 일반 기둥으로 간주하여 단일기둥과 다주가구에 대한 「8.8.3(4)항」의 응답수정계수를 적용한다. 기둥상단에서 단면이 커지는 기둥의 경우에는 단면이 커진 부분을 무시하고 최대단면치수를 결정한다.

나. 최대단면치수에 대한 순높이의 비가 2.5미만인 교각은 짧은 기둥으로 간주하여 벽식 교각에 대한 「8.8.3(4)항」의 응답수정계수를 적용한다.

다. 벽식 교각은 강축방향에 대하여 「8.8.3(4)항」의 벽식 교각에 대한 응답수정계수를 적용하고 「8.8.8(4)항」에 따라 벽체로 설계하여야 한다. 벽식 교각의 약축방향은 일반 기둥으로 설계할 수 있다.

라. 이 절의 규정은 말뚝가구에도 적용된다.

② 단부구역과 소성힌지구역의 설계

가. 캔틸레버로 거동하는 기둥의 하단과 골조로 거동하는 기둥의 하단과 상단을 단부구역으로 한다. 기둥 하단의 단부구역은 기초의 상면에서

부터의 길이로 결정되며, 골조로 거동하는 기둥의 상단 단부구역은 기둥과 연결된 부재의 하면에서부터의 길이로 결정한다. 기둥에서 단부구역의 길이는 기둥의 최대 단면치수, 기둥 순높이의 1/6, 450mm 중 가장 큰 값으로 하여야 한다.

나. 말뚝가구의 상단 단부구역은 기둥의 상단 단부구역과 동일하게 결정 하여야 한다. 말뚝가구의 하단 단부구역은 모멘트 고정점에서 말뚝지름의 3배 길이만큼 내려간 위치로부터 진흙선에서 말뚝지름과 450mm 중 큰 값 이상의 길이만큼 올라간 위치까지의 구간으로 한다.

다. 「가.와 나.항」에서 정의된 단부구역은 「8.8.8(3)③항」과 「8.8.8(3)④항」의 규정을 만족하여야 한다.

라. 기둥과 말뚝가구의 단부구역 중 설계휨강도보다 큰 탄성지진모멘트가 작용하는 소성힌지구역은 <표 8.8.1>의 응답수정계수를 적용하고 「8.8.8(3)③항」에서 「8.8.8(3)⑤항」까지의 규정을 만족하도록 설계 하여야 한다. 단 기둥은 <표 8.8.1>의 응답수정계수를 적용하는 대신 「부록 I」에 따라 연성도 내진설계를 수행해도 좋다. 단부구역이 아닌 구역이라도 소성거동이 예측되는 구역은 소성힌지구역에 준하여 설계하여야 한다.

③ 축방향철근과 횡방향철근

가. 축방향철근 단면적은 기둥 전체 단면적의 0.01배 이상, 0.06배 이하로 하여야 한다.

나. 단부구역에 배근되는 횡방향철근은 D13이상으로서, 지름이 축방향철근 지름의 2/5이상이어야 한다.

다. 소성힌지구역에서는 축방향철근을 겹침이음하지 않아야 한다. 소성힌지구역에서 축방향철근의 연결은 완전 기계적 이음을 사용할 수 있다.

라. 소성힌지구역 이외의 구역에서 전체 축방향철근 중 1/2을 초과하여 겹침이음하지 않아야 한다. 기둥의 종방향으로 측정한 이웃하는 겹침이음 사이의 거리는 600mm이상이어야 한다. 이때 겹침이음 사이의 거리는 겹침이음의 끝 지점에서부터 기둥의 종방향으로 측정하여, 이

웃하는 새로운 겹침이음이 시작되는 지점까지로 한다.

- 마. 소성힌지구역의 심부구속 횡방향철근은 「8.8.8(3)④항」의 철근량과 「8.8.8(3)⑤항」의 철근상세를 만족하여야 하며, 최대 간격은 부재 최소 단면치수의 1/4 또는 축방향철근지름의 6배 중 작은 값을 초과하지 않아야 한다.
- 바. 심부구속 횡방향철근과 단부구역의 횡방향철근은 인접부재와의 연결면으로부터 기둥 치수의 0.5배와 380mm 중 큰 값 이상까지 연장해서 설치하여야 한다.
- 사. 소성거동이 예측되지 않는 단부구역은 모든 축방향철근이 겹침이음 없이 연속될 필요는 없으나, 횡방향철근은 「8.8.8(3)⑤항」의 철근상세를 만족하여야 하며, 간격은 부재 최소 단면치수의 1/4 또는 축방향철근지름의 6배 중 작은 값을 초과하지 않아야 한다.
- 아. 단부구역 이외의 위치에 배근되는 횡방향철근은 「8.8.8(3)⑤항」의 철근상세를 만족할 필요가 없으나, 축방향철근이 겹침이음된 구간은 횡방향철근의 간격이 100mm, 또는 부재 단면 최소치수의 1/4을 초과하지 않아야 한다.
- 자. 나선철근에 대하여는 최대 수직 순간격을 75mm로 규정한 나선철근의 일반규정을 적용하지 않는다.

④ 소성힌지구역에서의 심부구속 횡방향철근량

- 가. 기둥과 말뚝가구에서 소성힌지구역의 콘크리트 심부는 이 절에서 규정하는 철근량과 「8.8.8(3)⑤항」의 철근상세를 만족하는 심부구속 횡방향철근으로 구속하여야 한다.
- 나. 원형기둥의 나선철근비 ρ_s 는 <식 (8.8.20)>으로 정의되는 체적비로서, <식 (8.8.21)>과 <식 (8.8.22)>의 값 중 큰 값을 취한다.

$$\rho_s = \frac{4 A_{sp}}{d_s s} \quad (8.8.20)$$

여기서,

ρ_s : d_s 를 기준으로 결정된 콘크리트 심부 부피에 대한 나

선철근 체적비

A_{sp} : 나선철근의 단면적(mm^2)

d_s : 나선철근 외측표면을 기준으로 한 콘크리트 심부의
단면 치수(mm)

s : 나선철근의 수직간격(mm)

$$\rho_s = 0.45 \left(\frac{A_g}{A_c} - 1 \right) \frac{f_{ck}}{f_{yh}} \quad (8.8.21)$$

또는

$$\rho_s = 0.12 \frac{f_{ck}}{f_{yh}} \quad (8.8.22)$$

여기서,

A_c : 나선철근 외측표면을 기준으로 한 기둥 심부의 면적
(mm^2)

A_g : 기둥의 총단면적(mm^2)

f_{ck} : 콘크리트의 설계기준 압축강도(MPa)

f_{yh} : 횡방향철근의 설계기준 항복강도(MPa)

다. 원형기둥에서 심부구속철근으로 원형띠철근을 사용하는 경우, 원형후
프띠철근을 용접 또는 기계적 연결장치 등으로 연결하거나, 보강띠철
근을 추가하여 정착단에서 슬립이 발생하지 않게 함으로써 나선철근
과 동등한 심부구속효과를 발휘할 수 있다면, 완전원형후프로 인정하
여 나선철근식을 사용할 수 있다.

라. 사각형기둥에서 심부구속 횡방향철근의 총 단면적 A_{sh} 는

<식 8.8.23>과 <식 (8.8.24)>값들 중 큰 값을 취한다.

$$A_{sh} = 0.30 a h_c \frac{f_{ck}}{f_{yh}} \left(\frac{A_g}{A_c} - 1 \right) \quad (8.8.23)$$

또는

$$A_{sh} = 0.12 a h_c \frac{f_{ck}}{f_{yh}} \quad (8.8.24)$$

여기서,

a : 띠철근의 수직간격(mm)

A_{sh} : 수직간격이 a 이고, 심부의 단면치수가 h_c 인 단면을 가로지르는 보강띠철근을 포함하는 횡방향철근의 총 단면적(mm²), 직사각형 기둥의 두 주축 모두에 대하여 별도로 계산해야 한다.

h_c : 띠철근 기둥의 고려하는 방향으로의 띠철근 외측표면을 기준으로 한 심부의 단면 치수(mm)

⑤ 심부구속 횡방향철근상세

가. 나선철근은 소성힌지구간에서 겹침이음 하지 않아야 한다. 소성힌지구간에서 나선철근의 연결은 기계적 연결이나 완전 용접이음으로 하여야 한다.

나. 사각형 심부구속 횡방향철근으로는 하나의 사각형 후프띠철근 또는 중복된 사각형 폐합띠철근을 사용할 수 있으며, 후프띠철근과 같은 크기의 보강띠철근을 사용할 수 있다.

다. 사각형 후프띠철근은 외측 축방향철근들을 감싸는 폐합띠철근 형태이거나 또는 나선철근과 유사하게 연속적으로 감은 연속띠철근 형태로 사용할 수 있다. 사각형 폐합띠철근 형태는 양단에 띠철근 지름의 6배와 80mm 중 큰 값 이상의 연장길이를 갖는 135°갈고리를 가져야

한다. 사각형 연속띠철근 형태는 양단에 띠철근 지름의 6배와 80mm 중 큰 값 이상의 연장길이를 갖는 135°갈고리를 가져야 하며 이 갈고리는 축방향철근에 걸리게 하여야 한다.

라. 보강띠철근은 하나의 연속된 철근으로 한쪽 단에 135°이상의 갈고리를 갖고, 다른 쪽 단에 90°이상의 갈고리를 갖도록 하여야 한다. 이때, 135°갈고리는 띠철근 지름의 6배와 80mm 중 큰 값 이상의 연장길이를 가져야 하며 90°갈고리는 띠철근 지름의 6배 이상의 연장길이를 가져야 한다.

마. 사각형 후프띠철근에 추가되는 보강띠철근의 갈고리는 외측 축방향철근에 걸리게 하여야 하며, 보강띠철근을 연속적으로 같은 축방향철근에 걸리게 할 경우 90°갈고리가 연달아 걸리지 않도록 연속된 보강띠철근의 양단을 바꿔주어야 한다.

바. 사각형 심부구속 횡방향철근은 후프띠철근과 보강띠철근의 수평간격과 보강띠철근 간의 수평간격이 350mm를 초과하지 않도록 하여야 한다.

사. 원형 띠철근 중에서 양단에 90°갈고리를 갖고 1개소 또는 2개소에서 철근 지름의 40배 이상으로 겹침이음된 원형후프띠철근에 2개의 보강띠철근이 후프띠철근의 겹침이음 구간을 감싸는 경우에는 완전원형후프로 간주할 수 있다. 이때 후프띠철근의 90°갈고리는 축방향철근에 걸리게 하여야 하며, 2개의 보강띠철근은 후프띠철근의 겹침이음 구간의 양쪽 끝부분에 배치하여야 한다. 또 교각의 종방향과 단면 평면방향으로 보강띠철근의 90°갈고리가 연달아 걸리지 않도록 보강띠철근의 양단을 바꿔주어야 하며, 원형후프띠철근의 겹침이음 부분이 교각의 종방향으로 연달아 위치하지 않도록 배치하여야 한다.

⑥ 결합나선철근

가. 기둥의 횡방향철근으로 2개 이상의 나선철근을 결합한 결합나선철근(Interlocking Spirals)을 사용할 수 있다.

나. 소성힌지부에서의 결합나선철근량은 「8.8.8.(3)④항」 규정을 적용하여 각각의 나선철근에 대해 독립적으로 계산하여야 한다.

다. 소성힌지부에서의 결합나선철근량은 「8.8.3(4)항」의 응답수정계수와

「8.8.8(3)④항」의 심부구속 철근량에 대한 규정을 적용하는 대신 「부록 I」을 적용하여 설계할 수 있다.

라. 축방향철근 중심간 수평간격은 200mm이하여야 하며, 결합부분에는 최소한 4개 이상의 축방향철근을 배근하여야 한다.

마. 결합나선철근의 나선철근간의 중심간격(d_{int})은 심부단면치수(d_s)의 0.75배 이하여야 한다.

바. 원형후프띠철근을 용접 또는 기계적 연결장치 등으로 연결하거나, 보강띠철근을 추가하여 정착단에서 슬립이 발생하지 않게 함으로써 나선철근과 동등한 심부구속효과를 발휘할 수 있다면, 완전원형후프로 인정하여 결합원형띠철근을 사용할 수 있으며 결합나선철근과 동등하게 취급할 수 있다.

사. 이 절의 규정에 따라 설계된 결합나선철근 또는 결합원형띠철근의 배근구간과 철근상세는 「8.8.8항」의 해당 규정을 따라야 한다.

아. 결합나선철근 및 결합원형띠철근의 경우, 널리 알려진 이론이나 최신의 연구문헌, 실험 또는 해석적으로 안전성을 검증할 수 있는 경우에는 본 규정을 적용하지 않아도 좋다.

(4) 벽식 교각

- ① 벽식 교각의 약축방향은 일반 기둥으로 설계할 수 있다. 벽식 교각의 강축방향은 「8.8.3(4)항」의 벽식 교각에 대한 응답수정계수를 적용하고 이 절에 따라 벽체로 설계하여야 한다.
- ② 벽체의 양면에는 수평방향 및 수직방향철근을 배치하여야 하며, 인접하는 수평방향철근의 겹침이음이 동일한 위치에 있지 않도록 엇갈리게 배치하여야 한다.
- ③ 벽체의 수평방향 및 수직방향 철근비 ρ_h 와 ρ_v 는 0.0025 이상이어야 하며, 철근의 수평 및 수직 간격은 450mm이하이어야 한다.
- ④ 벽체의 전단철근은 연속되어야 하고 균일하게 배치되어야 하며, 공칭 전단강도 V_n 은 <식 (8.8.25)>과 <식 (8.8.26)>의 값 중 작은 값을 취한다.

$$V_n = 0.66 \sqrt{f_{ck}} b d \quad (8.8.25)$$

$$V_n = (0.165 \sqrt{f_{ck}} + \rho_h f_y) b d \quad (8.8.26)$$

8.8.9 지진격리교량의 설계

(1) 일반사항

① 적용범위

이 절은 신설되는 지진격리교량의 설계에 적용한다. 적용하는 교량 및 준용의 방법은 「8.1.1항」에 규정한 바와 같으며, 특수한 형식의 교량(아치교, 사장교, 현수교 등)은 이 절의 설계개념 및 기준을 준수하고 합리적인 보정을 한 지진격리교량 설계기준을 작성하여 설계할 수 있다. 이 절의 설계 규정들은 수평방향으로 지진 격리시키는 시스템에 대해서만 고려되었으며, 수직방향에 대해서는 강체라고 가정한다. 또한 이 절의 규정들은 외부에너지를 이용하지 않는 지진격리시스템에만 적용된다.

(2) 지진격리설계의 기본방침

① 목적

이 설계기준의 목적은 지진에 의해 교량이 입는 피해의 정도를 최소화시킬 수 있는 내진성의 확보를 위해 지진격리받침을 적용한 경우에 필요한 최소 설계요구조건을 규정하는데 있다.

② 기본개념

지진격리설계는 수평지진력에 의한 지진시 교량의 응답을 줄일 목적으로, 주로 상부구조와 하부구조 사이에, 지진격리받침을 적용하여 설계기준에서 요구하는 내진성을 확보하는 방법이다. 이때, 지진격리받침은 교량의 고유주기를 길게 함으로써 교량에 작용하는 지진력을 줄여주고, 지진에너지흡수능력 향상을 통하여 지진시 응답을 감소시키는 역할을 한다. 그 적용에 있어서 다음 사항을 검토하여야 한다.

가. 지진격리설계의 적용은 교량의 장주기화 혹은 지진에너지흡수능력

향상효과를 상시와 지진시의 양 측면에서 검토한 후에 판단해야 한다. 특히, 다음의 조건에 해당되는 경우에는 지진격리설계를 적용하지 않는 것으로 한다.

- ㉔ 하부구조가 유연하고 고유주기가 긴 교량
- ㉕ 기초주변의 지반이 연약하고 지진격리설계의 적용에 따른 교량 고유주기의 증가로 지반과 교량의 공진 가능성이 있는 경우
- ㉖ 받침에 부반력이 발생하는 경우

나. 교량의 장주기화로 인한 지진시 상부구조의 변위가 교량의 기능에 악영향을 주지 않도록 해야 한다.

다. 지진격리받침은 역학적 거동이 명확한 범위에서 사용하여야 한다. 또한 지진시의 반복적인 횡변위와 상하진동에 대하여 안정적으로 거동하여야 한다.

라. 이 절에서 규정하고 있는 지진격리받침 이외에도 그 특성의 안정성이 확인된 각종감쇠기, 낙교방지장치, 지진보호장치 등에 의하여 보다 발전된 설계를 할 경우에는 이를 인정한다.

(3) 지진격리교량의 가속도계수

「8.8.3(1)②항」의 일반교량의 내진설계에 사용되는 가속도계수가 지진격리교량의 내진설계에도 동일하게 사용된다.

(4) 지진격리교량의 내진등급과 설계지진수준

지진격리교량의 내진등급과 설계지진수준은 「8.8.3(2)항」에서 규정된 일반교량의 규정과 동일하다.

(5) 지진격리교량의 지반계수

지진격리교량의 지진하중을 결정하는데 사용되는 지진격리교량의 지반계수 S_i 는 <표 8.8.3>과 같으며, 지반종류는 <표 2.4.6>에서 정의된 일반교량의 지반종류를 동일하게 사용한다.

표 8.8.3 지진격리교량의 지반계수 S_i

지진격리교량의 지반계수	지반종류			
	I	II	III	IV
S_i	1.0	1.5	2.0	2.7

(6) 지진격리교량의 응답수정계수

- ① 「8.8.6항」과 「8.8.7항」에서 내진설계를 위해 추가로 규정한 설계요건과 「8.8.8항」에서 규정한 소성힌지구역에 관련된 모든 설계요건을 충족시키는 경우, 지진격리교량의 각 부재와 연결부분에 대한 설계지진력은 「8.8.9(7)항」에서 규정된 등가지진력을 <표 8.8.4>의 지진격리교량의 응답수정계수로 나눈 값으로 한다. 다만 하부구조의 경우, 축방향력과 전단력은 응답수정계수로 나누지 않는다.
- ② 「8.8.6항」과 「8.8.7항」에서 내진설계를 위해 추가로 규정한 설계요건과 「8.8.8항」에서 규정한 소성힌지구역에 관련된 모든 설계요건을 충족시키지 못하는 경우, 하부구조와 연결부분에 대한 응답수정계수는 1.0을 넘지 못한다. 이때, 지진응답해석을 통하여 설계지진시에 하부구조가 축방향철근이 항복하지 않는 탄성범위 내에서 거동함을 확인하여야 하고, 철근콘크리트 기둥 형식의 교각과 말뚝가구의 철근상세는 「8.8.8(3)항」의 해당요건을 만족시켜야 한다.

표 8.8.4 지진격리교량의 응답수정계수, R_i

하부구조	R_i	연결부분	R_i
벽식 교각	1.5	상부구조와 교대	0.8
철근콘크리트 말뚝가구 (Bent)			
1. 수직말뚝만 사용한 경우	1.5	상부구조의 한 지간내의 <u>신축이음부</u>	0.8
2. 한 개 이상의 경사말뚝을 사용한 경우	1.5		
단일 기둥	1.5	기둥, 교각 또는 말뚝 가구와 캡빔 또는 상부구조	1.0
강재 또는 합성강재와 콘크리트 말뚝 가구		기둥 또는 교각과 기초	1.0
1. 수직말뚝만 사용한 경우	2.5		
2. 한 개 이상의 경사말뚝을 사용한 경우	1.5		
다주 가구	2.5		

(7) 해석방법

- ① 일반사항

가. 이 항의 규정은 지진격리교량의 지진해석에 대한 규정이며 다음과 같은 네 가지 해석법 또는 발주자가 인정하는 검증된 정밀해석법을 사용할 수 있다.

- ㉠ 등가정적하중법
- ㉡ 단일모드스펙트럼해석법
- ㉢ 다중모드스펙트럼해석법
- ㉣ 시간이력해석법

나. 교량해석은 지진격리받침의 특성을 고려하여 수행한다. 지진격리받침의 비선형거동을 단순화하기 위해서 이중선형모델을 사용할 수 있다. 지진격리받침의 유효강성 k_{eff} 및 지진격리시스템의 등가감쇠비 β_i 는 <식 (8.8.27)> 및 <식 (8.8.28)>에 의해 산출한다. 해석에 사용되는 지진격리받침의 유효강성은 설계변위에서 계산되어야 한다.

$$k_{eff} = \frac{F_p - F_n}{d_p - d_n} \quad (8.8.27)$$

$$\beta_i = \frac{1}{2\pi} \frac{\text{전체 EDC면적}}{\sum (k_{eff} d_i^2)} \times 100(\%) \quad (8.8.28)$$

여기서,

F_n : 지진격리장치의 원형시험시, 한 cycle 동안의 최대부변위량 발생시의 수평력

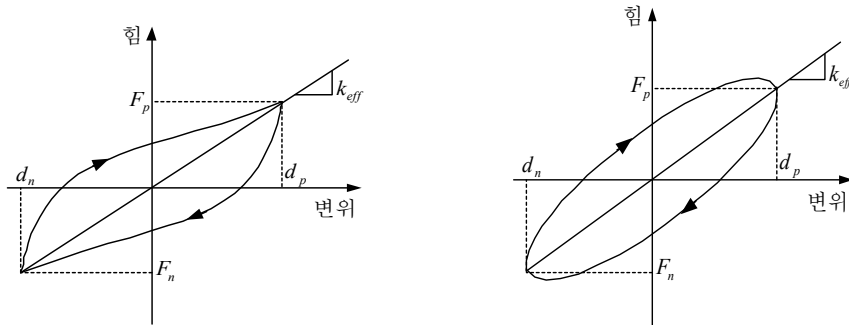
F_p : 지진격리장치의 원형시험시, 한 cycle 동안의 최대양변위량 발생시의 수평력

d_n : 지진격리장치의 원형시험시, 한 cycle 동안의 최대부변위

d_p : 지진격리장치의 원형시험시, 한 cycle 동안의 최대양변위

d_i : 고려하고 있는 방향에 대한 강성중심에서의 등가지진력에 의한 지진 시설계변위

EDC : 한 cycle 당 소산된 에너지이다.



(1) 이력 거동

(2) 점탄성 거동

그림 8.8.4 지진격리받침의 유효강성 및 지진격리시스템의
등가감쇠비 산출

유효주기가 3초보다 긴 교량 또는 등가감쇠비가 30%를 초과하는 지진격리받침을 사용하는 경우에는 지진격리받침의 비선형성을 고려한 시간이력해석을 수행해야 한다.

② 등가정적하중법

등가지진력은 <식 (8.8.29)>와 같다.

$$F_e = C_s W \quad (8.8.29)$$

여기서,

F_e : 등가지진력

W : 상부구조물의 총중량이다.

등가지진력을 결정하기 위해서 사용되는 탄성지진응답계수 C_s 는 <식 (8.8.30)>의 무차원식으로 구할 수 있다. 단, C_s 값은 $2.5A$ 보다 크게 취할 필요는 없다.

$$C_s = \frac{K_{eff} \times d}{W} = \frac{AS_i}{T_{eff}B} \quad (8.8.30)$$

지반에 대한 상부구조의 총변위 d 는 <식 (8.8.31)>으로 구한다.

$$d = \frac{250AS_iT_{eff}}{B} \text{ (mm)} \quad (8.8.31)$$

여기서, B 는 <표 8.8.5>로부터 구한다.

유효주기 T_{eff} 는 <식 (8.8.32)>으로 구한다.

$$T_{eff} = 2\pi \sqrt{\frac{W}{K_{eff}g}} \quad (8.8.32)$$

여기서, K_{eff} 는 지진격리교량의 유효강성이다.

표 8.8.5 지진격리교량의 감쇠계수 B

지진격리교량 의 감쇠계수	지진격리시스템의 등가감쇠비 β (%)				
	≤ 2	5	10	20	30
B	0.8	1.0	1.2	1.5	1.7

③ 단일모드스펙트럼해석법

종방향 및 횡방향 지진에 의한 부재의 단면력과 처짐을 계산하는 등가 정적 지진하중 $p_e(x)$ 는, 지진격리받침의 변위에 의하여 「8.8.9(7)②항」에 따라 결정된 등가지진력을 사용하여 「8.8.5(3)항」에 기술된 대로 수평2축 방향을 따라 구하고, 그 값을 「8.8.4(4)항」에 기술된 대로 조합하

여 사용한다.

$$p_e(x) = w(x)C_s \quad (8.8.33)$$

여기서,

$p_e(x)$: 등가정적 지진하중의 단위길이당 하중강도

$w(x)$: 상부구조의 단위길이당 고정하중

C_s : <식 (8.8.31)>에 의하여 계산되는 탄성지진응답계수이다.

④ 다중모드스펙트럼해석법

탄성지진응답계수는 <그림 8.8.5>와 같이 해당모드주기 T_i 가 $0.8T_{eff}$ 를 초과하는 경우에만 B에 의해 감소된 값이 적용된다.

$$C_{si} = \frac{AS_i}{T_i} \quad (T_i \leq 0.8T_{eff}) \quad (8.8.34)$$

$$C_{si} = \frac{AS_i}{T_i B} \quad (T_i > 0.8T_{eff}) \quad (8.8.35)$$

여기서,

C_{si} : i 번째 모드의 탄성지진응답계수

T_i : i 번째 모드의 주기이다.

다만, C_{si} 값은 $2.5A$ 보다 크게 취할 필요는 없다.

직교하는 지진력의 조합은 「8.8.4(4)항」에 의한다.

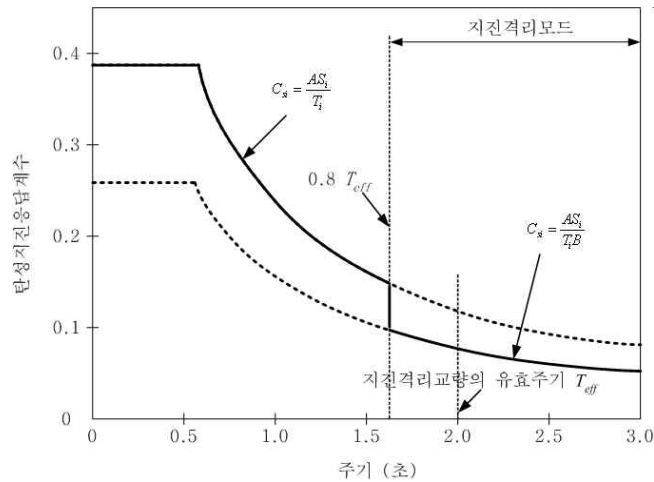


그림 8.8.5 지진격리교량의 탄성지진응답계수

⑤ 시간이력해석법

시간이력해석이 요구되는 지진격리교량의 경우에는 다음 조건들을 적용하여야 한다.

- 가. 지진격리받침의 비선형 특성을 고려하여야 한다.
- 나. 시간이력해석을 위한 지진입력 시간이력은 <그림 8.8.5>에 나타난 감쇠율 5%에 대한 설계지반응답스펙트럼에 부합되도록 실제 기록된 지진운동을 수정하거나 인공적으로 합성된 최소한 4쌍 이상의 지진운동을 작성하여 사용해야 한다.
- 다. 작성된 시간이력이 설계지반 응답스펙트럼에 부합되기 위해서는 작성된 시간이력의 평균 응답스펙트럼이 다음 요건을 만족해야 한다.
- ㉡ 시간이력의 응답스펙트럼 값이 설계지반 응답스펙트럼값보다 낮은 주기의 수는 5쌍 이하이고 낮은 정도는 10%이내 이어야 한다.
- ㉢ 시간이력의 응답스펙트럼을 계산하는 주기의 간격은, 주기의 간격을 축소할 경우, 계산된 스펙트럼 값의 변화가 10%이하가 되도록 작아야 한다.
- 라. 시간이력의 지속시간은 10~25초 또 강진구간 지속시간은 6~10초가 되도록 하여야 한다.
- 마. 두 방향 이상의 시간이력을 동시에 고려할 경우, 각 직교방향의 시간

이력은 통계학적으로 독립되어야 한다. 여기서, 두 시간이력 사이의 시작시간 차이를 고려하여 계산된 상관계수함수의 최대절대값이 0.3을 넘지 않는다면 두 시간이력은 통계학적으로 독립이라고 간주할 수 있다.

바. 7쌍 미만의 지반운동시간이력에 의한 해석결과로부터 얻어진 응답치의 최대값 혹은 7쌍 이상의 해석결과로부터 얻어진 평균값을 설계값으로 한다.

(8) 기타 요구조건

① 상시 수평력 안정성

가. 지진격리받침은 풍하중, 원심력, 제동력, 온도변위에 의한 하중을 포함하는 모든 상시 수평력 조합에 안정적으로 거동하도록 설계되어야 한다.

나. 지진격리받침 탄성중합체의 최대전단변형률은 상시 70%, 지진시 200%이내 이어야한다.

② 수직력 안정성

지진격리받침은 수평변위가 없는 상태에서 고정하중과 활하중을 더한 수직하중에 대하여 최소한 3이상의 안전율을 제공하여야 한다. 또한 1.2배의 고정하중, 지진하중으로 인한 수직 하중, 그리고 횡방향 변위로 인한 전도하중의 합에 대하여 안정적으로 거동하도록 설계하여야 한다. 여기서 전도하중을 계산할 때의 횡방향 변위는 옅셋변위와 설계지진에 의한 설계변위의 2.0배와 같다.

③ 회전 성능

지진격리받침의 회전성능은 고정하중, 활하중, 시공오차의 영향을 포함하여야 하고, 여기서 고려되는 시공오차의 설계회전각은 0.005rad보다 작아서는 안 된다.

④ 지진격리시스템의 성능확인

지진격리시스템에 사용되는 지진격리받침 및 각종 지진보호장치는 설계시 상정한 성능기준과 품질기준을 확보하고 있는지 다음 각 항의 시험을 행한다.

가. 성능시험 : 온도의존성, 주기의존성, 압축피로, 전단피로 시험 등을

통하여 해당 지진격리시스템이 신뢰할 수 있는 성능을 가지고 있는지 확인한다.

- 나. 원형시험 : 설계와 해석에 사용되는 지진격리시스템의 주기특성과 감쇠특성 등의 성능은 원형 혹은 축소모형시험에 의해 확인한다.
- 다. 품질시험 : 해당 받침 혹은 장치가 품질기준을 만족하고 있는지 전수 시험을 실시한다.

지진격리받침의 축소모형 및 시험에 대한 세부사항은 국내외에서 인정되고 있는 지진격리장치 관련 규준에 따른다.

⑤ 품질 기준

지진격리받침과 그 재료는 화학적, 물리적, 역학적 성질이 안정적이어야 하며, 전수 품질시험을 실시하여 다음의 조건을 만족하여야 한다.

- 가. 다수의 지진격리받침을 대상으로 측정한 평균 유효강성은 설계값의 $\pm 10\%$ 이내이어야 하고, 각각의 유효강성은 설계값의 $\pm 20\%$ 이내이어야 한다. 또한, 평균 EDC값은 설계값의 -15% 이상이어야 하고 각각의 EDC값은 설계값의 -25% 이상이어야 한다.

표 8.8.6 지진격리받침 유효강성과 EDC의 품질 기준

	k_{eff}	EDC
개체차	$\pm 20\%$	-25%
평균값	$\pm 10\%$	-15%

- 나. 지진격리받침의 유효강성 및 등가감쇠비는 지진설계변위에 의한 연속반복재하에 대해 안정적이어야 한다.
- 다. 지진격리받침은 지진 후에 교량의 기능에 악영향을 주는 잔류변위가 발생하지 않도록 설계해야 한다.
- 라. 지진격리받침의 유효강성 및 등가감쇠비는 「도로교설계기준 2.1.12항」의 온도범위에서 안정적이어야 한다.
- 마. 지진격리받침은 지진설계변위 범위에서는 항상 양의 접선강성을 가져야 한다.

부록 I. 철근콘크리트 기둥의 연성도 내진설계

I.1 일반사항

(1) 적용범위

- ① 이 부록의 규정은 일반 철도교의 내진설계에 적용한다.
- ② 이 부록의 규정은 콘크리트의 설계기준 압축강도가 50MPa이하인 철근 콘크리트 기둥의 내진설계에 적용한다.
- ③ 이 부록의 규정은 기둥 형식의 교각(단일기둥, 다주가구, 말뚝가구)에 대한 설계로서 「8.8.3(4)항」의 응답수정계수, 「8.8.8(3)④항」의 심부구속철근량, 「8.8.8(2)⑤나.항」와 「다.항」의 소성힌지구역 전단설계에 대한 규정을 대신하여 적용할 수 있다.
- ④ 이 부록의 규정은 「8.8.8(3)①항」에서 규정하는 최대단면치수에 대한 순높이의 비 제한값에 무관하게 모든 기둥에 적용할 수 있으며, 「8.8.8(3)②항」에서 규정하는 단부구역에 적용한다.
- ⑤ 이 부록의 규정에 따라 설계되는 횡방향철근의 배근구간과 철근상세는 「8.8.8항」의 해당 규정에 따른다.

(2) 용어의 정의

- ① 연성도 내진설계 : 철근콘크리트 기둥의 소요연성도에 따라 횡방향 심부구속철근을 설계하는 설계방법
- ② 소요 응답수정계수 : 기둥의 탄성지진모멘트와 설계휨강도의 비율로서 소요연성도를 산정하기 위한 계수
- ③ 통제주기 : 탄성지진응답계수가 최대 제한값과 같은 최대주기
- ④ 소요연성도 : 기둥의 소성힌지구역의 소요 심부구속철근량을 산정하기 위한 소요 곡률연성도와 소요 변위연성도
- ⑤ 곡률연성도 : 단면의 항복곡률에 대한 극한곡률의 비율
- ⑥ 변위연성도 : 기둥의 항복변위에 대한 극한변위의 비율

(3) 기호

D_c : 연성도 내진설계에서 교각 소성힌지 구간의 전단강도를 계산하기 위한 심부콘크리트 단면 치수(mm)

- k : 변위연성도에 따른 기둥의 전단강도계수
 L_s : 기둥 형상비의 기준이 되는 기둥 길이(캔틸레버로 거동하는 방향에 대하여는 기둥 하단에서 수평하중이 작용하는 위치까지의 길이, 다 주가구에서 골조로 거동하는 방향에 대하여는 기둥 순높이의 1/2)
 M_{el} : 지진하중을 포함한 하중조합에 따른 기둥의 탄성모멘트
 ϕM_n : 기둥의 설계휨강도
 R_{req} : 소요 응답수정계수
 T_s : 통제주기(초)
 α : 심부구속 횡방향철근량을 계산하는데 사용되는 계수
 β : 심부구속 횡방향철근량을 계산하는데 사용되는 계수
 γ : 심부구속 횡방향철근량을 계산하는데 사용되는 계수
 λ_{DR} : 변위연성도-응답수정계수 상관계수
 μ_Δ : 교각의 소요 변위연성도
 μ_θ : 교각의 소요 곡률연성도

I.2 소요연성도

- (1) 기둥의 소요연성도는 다음과 같이 결정하여야 한다.
- ① 원형단면 : 기둥 단면의 두 주축(강축과 약축)에 대한 소요연성도 중 큰 값으로 결정.
 - ② 원형 이외의 단면 : 기둥 단면의 두 주축(강축과 약축)에 대해 각각의 소요연성도를 독립적으로 결정.
- (2) 소요 응답수정계수는 <식 (I .1)>에 따라 결정한다. 지진하중에 따른 탄성지진모멘트는 「8.8.8(2)②항」의 휨강성을 적용한 탄성해석을 수행하여 결정하며, 「8.8.4(4)항」의 규정에 따라 조합하여야 한다.

$$R_{req} = \frac{M_{el}}{\phi M_n} \quad (I.1)$$

여기서,

R_{req} : 소요 응답수정계수

M_{el} : 지진하중을 포함한 하중조합에 따른 기둥의 탄성모멘트

ϕM_n : 「8.8.8(2)④항」의 규정에 따른 기둥의 설계휨강도

- (3) 「8.8.8(3)②항」에 규정된 단부구역 중에서 소요 응답수정계수가 1.0이하인 단부구역은 「8.8.8(2)⑤나.항」와 「8.8.8(2)⑥항」에 따라 전단강도를 검토하여야 하며, 횡방향철근은 「8.8.8(3)③항」의 해당 요구조건을 만족하여야 한다.
- (4) 소요 응답수정계수가 1.0이상인 소성힌지구역의 소요 변위연성도 μ_Δ 는 <식 (I .2)>에 따라 결정한다. 교량의 주축방향 1차 모드 주기 T 가 통제주기 T_s 의 1.25배보다 작은 경우에는 변위연성도-응답수정계수 상관계수 λ_{DR} 을 <식 (I .3)>에 따라 결정하며, 그 외에는 1.0으로 한다. 통제주기 T_s 는 「8.8.5(2)①항」의 <식 (8.8.4)>로 계산되는 탄성지진응답계수 C_s 가 제한값 2.5A와 같아지는 주기로서, 지반조건 I,Ⅱ,Ⅲ,Ⅳ에 대하여 0.33초, 0.44초, 0.61초, 0.94초를 각각 적용한다.

$$\mu_\Delta = \lambda_{DR} R_{req} \quad (I .2)$$

$$\lambda_{DR} = \left(1 - \frac{1}{R_{req}}\right) \frac{1.25 T_s}{T} + \frac{1}{R_{req}} \quad (I .3)$$

- (5) 소요 변위연성도의 최대값은 <식 (I .4)>에 따라 결정한다.

$$\mu_{\Delta, \max} = 2(L_s/h) \leq 5.0 \quad (I .4)$$

(6) 소요 곡률연성도 μ_ϕ 는 <식 (I.5)>에 따라 결정하여야 한다.

$$\mu_\phi = \frac{\mu_\Delta - 0.5 \left\{ 0.7 + 0.75 \left(\frac{h}{L_s} \right) \right\}}{0.13 \left(1.1 + \frac{h}{L_s} \right)} \quad (I.5)$$

여기서,

h : 고려하는 방향으로의 단면 최대 두께

L_s : 기둥 형상비의 기준이 되는 기둥 길이(캔틸레버로 거동하는 방향에 대하여는 기둥 하단에서 수평하중이 작용하는 위치까지의 길이, 다주가구에서 골조로 거동하는 방향에 대하여는 기둥 순높이의 1/2)

I.3 심부구속 횡방향철근량

- (1) 기둥에서 소요 응답수정계수가 1.0을 초과하는 소성힌지구역의 콘크리트 심부는 이 절에서 규정하는 소요 철근량 이상의 횡방향철근으로 구속하여야 한다.
- (2) 원형기둥의 나선철근비 ρ_s 는 <식 (I.6)>로 정의되는 체적비로서, 소요 나선철근비는 <식 (I.7)>에서 <식 (I.10)>까지를 적용하여 결정한다.

$$\rho_s = \frac{4 A_{sp}}{d_s s} \quad (I.6)$$

여기서,

ρ_s : d_s 를 기준으로 결정된 콘크리트 심부 부피에 대한 나선철근 체적비

A_{sp} : 나선철근의 단면적(mm²)

d_s : 나선철근 외측표면을 기준으로 한 콘크리트 심부의 단면 치수(mm)

s : 나선철근의 수직간격(mm)

$$\rho_s = 0.008 \alpha \beta \frac{f_{ck}}{f_{yh}} + \gamma \quad (I.7)$$

$$\alpha = 3(\mu_\phi + 1) \frac{P_u}{f_{ck} A_g} + 0.8 \mu_\phi - 3.5 \quad (I.8)$$

$$\beta = \frac{f_y}{350} - 0.12 \quad (I.9)$$

$$\gamma = 0.1(\rho_l - 0.01) \quad (I.10)$$

여기서,

- f_{ck} : 콘크리트의 설계기준 압축강도(MPa)
- f_{yh} : 횡방향철근의 설계기준 항복강도(MPa)
- f_y : 축방향철근의 설계기준 항복강도(MPa)
- A_g : 기둥의 총단면적(mm²)
- P_u : 기둥의 계수축력(N)
- μ_ϕ : 소요 곡률연성도
- ρ_l : 기둥의 축방향철근비

- (3) 원형기둥에서 심부구속철근으로 원형띠철근을 사용하는 경우, 원형후프띠철근을 용접 또는 기계적 연결장치 등으로 연결하거나, 보강띠철근을 추가하여 정착단에서 슬립이 발생하지 않게 함으로써 나선철근과 동등한 심부구속효과를 발휘할 수 있다면, 완전원형후프로 인정하여 나선철근식을 사용할 수 있다.
- (4) 사각형기둥에서 심부구속 횡방향철근의 총 소요 단면적 A_{sh} 는 <식 (I.11)>로 결정한다.

$$A_{sh} = 0.9 a h_c \left(0.008 \alpha \beta \frac{f_{ck}}{f_{yh}} + \gamma \right) \quad (I.11)$$

여기서,

- a : 띠철근의 수직간격(mm)
 A_{sh} : 수직간격이 a 이고, 심부의 단면치수가 h_c 인 단면을 가로지르는 보강띠철근을 포함하는 횡방향철근의 총 단면적(mm²). 직사각형 기둥의 두 주축 모두에 대하여 별도로 계산해야 한다.
 h_c : 띠철근 기둥의 고려하는 방향으로의, 띠철근 외측표면을 기준으로 한 심부의 단면 치수(mm)

I.4 전단 설계

- (1) 이절의 규정에 따라 변위연성도를 고려하여 콘크리트 교각의 전단강도를 검토할 때에는, 공칭전단강도에 1.0의 강도감소계수를 적용하여 설계전단강도를 결정하여야 한다.
- (2) 설계전단력은 「8.8.3(4)①항」에 따라 R계수를 1.0으로 하여 결정된 탄성전단력과 「8.8.8(2)⑤항」에 규정된 교각의 최대 소성힌지력 중 작은 값으로 한다.
- (3) 단부구역의 공칭전단강도는 <식 (I.12)>에 따라야 하며, 단부구역을 제외한 구역의 공칭전단강도는 「8.8.8(2)⑥항」의 규정에 따른다.

$$V_n = V_c + V_s + V_p \quad (\text{I.12})$$

여기서,

- V_c : 콘크리트에 의한 공칭전단강도
 V_s : 전단철근에 의한 공칭전단강도
 V_p : 축력 작용에 의한 공칭전단강도

- (4) 콘크리트에 의한 공칭전단강도는 전단강도를 검토하는 기둥의 주축에 대한 소요 변위연성도 μ_Δ 를 고려하여 <식 (I.13)>에 따라 계산하여야 한다. 소요 변위연성도가 2.0 이하인 경우에는 계수 k 로 0.3을 적용하며, 소요 변위연성도가 2.0을 초과하는 경우에는 <식 (I.14)>에 따른

값을 적용하여야 한다. 전단 유효단면적 A_e 는 원형단면과 사각형단면에 대하여 기둥 총단면적 A_g 의 0.8배를 적용하며, I형 단면이나 사각형 중공단면과 같이 복부가 구분되는 단면은 복부폭과 유효깊이의 곱($b_w d$)을 적용한다.

$$V_c = k \sqrt{f_{ck}} A_e \quad (I.13)$$

$$k = 0.3 - 0.1 (\mu_\Delta - 2) \quad (I.14)$$

- (5) 전단철근에 의한 공칭전단강도를 결정할 때 사각형 띠철근단면에 대해서는 <식 (I.15)>, 원형단면의 나선철근 또는 원형 후프띠철근에 대해서는 <식 (I.16)>을 적용한다. 원형 후프띠철근에 보강띠철근이 추가된 경우에는 <식 (I.17)>로 계산되는 보강띠철근에 의한 공칭전단강도를 추가할 수 있다.

$$V_s = \frac{A_v f_{yh} D_c}{s} \quad (I.15)$$

$$V_s = \frac{\pi}{2} \frac{A_{sp} f_{yh} D_c}{s} \quad (I.16)$$

$$V_s = \frac{\Sigma A_{ct} f_{yh} l_{ct}}{s} \quad (I.17)$$

여기서,

- A_v : 전단철근으로 작용하는 띠철근의 단면적(mm²)
 A_{sp} : 나선철근 또는 원형 후프띠철근의 단면적(mm²)
 A_{ct} : 원형단면에 배근되는 보강띠철근의 단면적(mm²)

- D_c : 고려하는 방향의 심부콘크리트 단면 치수로서, 원형 단면에서는 원형후프띠철근이나 나선철근 중심 간의 심부콘크리트 지름, 사각형 단면에서는 전단철근으로 작용하는 방향으로의 철근 길이로서 철근 단면의 중심을 기준으로 한 심부콘크리트 치수(mm)
- f_{yh} : 띠철근 또는 나선철근의 항복강도(MPa)
- l_{ct} : 원형단면에 배근되는 보강띠철근에서 갈고리 부분과 연장길이를 제외한 길이(mm)
- s : 띠철근 또는 나선철근의 수직간격(mm)

(6) 축력 작용에 의한 공칭전단강도는 <식 (I .18)>을 적용한다.

$$V_p = 0.15 \frac{P_u h}{L_s} \quad (I.18)$$

여기서,

- P_u : 교각의 최소 계수축력(N)
- h : 고려하는 방향으로의 단면 최대 두께
- L_s : 기둥 형상비의 기준이 되는 기둥 길이(캔틸레버로 거동하는 방향에 대하여는 기둥 하단에서 수평하중이 작용하는 위치까지의 길이, 다주가구에서 골조로 거동하는 방향에 대하여는 기둥 순높이의 1/2)

제 9 장 강교 및 강합성교

제 9 장 강교 및 강합성교

9.1 일반사항

9.1.1 적용범위

- (1) 이 장은 일반철도와 고속철도의 강교 및 강합성교 교량설계에 대한 일반적인 기준을 규정하는 것이다.

9.1.2 용어의 정의

- (1) 강축 : 부재의 단면상에서 휨에 대하여 강한 축
- (2) 고정하중 합성 : 현장타설 바닥판의 중량을 합성 작용의 상태에서 받도록 하는 방법
- (3) 교량거더 간격 : 주거더 중심 사이의 거리
- (4) 그루브용접 : 용접되는 모재사이에 용착금속을 채워 넣는 용접
- (5) 니브레이스 : 수평재와 수직재가 만드는 우각부를 보강하기 위해 설치하는 사재. 귀잡이라고도 함
- (6) 다이아프램 : 박스거더 단면 등의 폐단면 부재 형상을 유지하기 위하여 내부에 부재축에 직각으로 배치하는 판. 휨을 받는 박스거더 부재의 좌굴현상을 방지하고, 비틀림에 대하여 단면형상을 유지하기 위하여 설치됨
- (7) 맞대기 이음 : 둘 이상의 모재의 단과 단을 거의 동일한 평면 내에서 맞붙여서 접합하는 이음
- (8) 모재 : 절단, 용접 등에 의해 가공되는 구조의 본체가 되는 재료
- (9) 목두께 : 필릿용접의 유효단면두께
- (10) 바닥판의 유효폭 : 합성단면으로서 계산할 수 있는 바닥판의 폭
- (11) 볼트의 선간거리 : 볼트 인접선간의 거리 또는 L형 등 형강의 배면으로부터 첫 번째 볼트 중심선까지의 거리
- (12) 볼트의 순간격 : 인접한 볼트구멍 가장자리 간의 거리
- (13) 볼트의 순연단거리 : 부재 끝에서 볼트구멍 가장자리까지의 거리

- (14) 볼트의 연단거리 : 볼트의 중심으로부터 부재의 연단까지의 거리
- (15) 볼트의 피치 : 힘의 작용선 방향으로 겹 볼트구멍 중심 간의 거리
- (16) 붕괴유발부재 : 해당부재의 파괴가 교량의 붕괴를 초래하거나 교량의 설계기능을 발휘할 수 없도록 하는 인장부재, 인장압축 교번부재 또는 강교의 인장요소
- (17) 비드 : 1회의 패스에 의해 만들어진 용접금속
- (18) 상세범주 : 피로 분석 시 허용피로응력범위 결정의 기준이 되는 연결부의 등급
- (19) 세장비 : 부재의 좌굴길이를 부재의 단면이차반경으로 나눈 값
- (20) 스캘럽 : 용접선의 교차를 피하기 위하여 한쪽의 부재에 설치한 홈
- (21) 스테르드 : 강재 주거더와 콘크리트 슬래브와의 전단연결재로서 머리부와 줄기로 이루어짐
- (22) 스테르드용접 : 볼트, 환봉 등의 선단과 모재사이에 아크를 발생시켜 용융풀에 눌러 붙이는 용접
- (23) 약축 : 부재의 단면상에서 힘에 대하여 약한 축.
- (24) 연속구조 : 인접한 최소 두 경간에서 모멘트가 자유롭게 전달되는 주부재의 거더 또는 트러스구조.
- (25) 용접부 : 용착금속 및 열영향부를 포함한 부분의 총칭
- (26) 전단연결재 : 바닥판과 강거더가 합성 작용하도록 강거더에 붙인 것
- (27) 전단지연 : 큰 폭의 플랜지를 갖는 부재가 힘을 받을 때, 플랜지의 수직응력이 일정하게 분포되지 않고 복부판의 접합부에서 크게 되는 현상
- (28) 캔틸레버구조 : 한 경간 내에서만 모멘트가 자유롭게 전달되는 주부재의 거더 또는 트러스로서 최소 한 지점을 통과하여 인접경간으로 내밀고 있어서 모멘트가 인접경간으로 자유롭게 전달되지 못하는 구조
- (29) 트러스 : 여러 개의 직선부재로 구성된 골조구조로서, 구조역학적상 부재끼리 결합하는 점(격점)은 부재 양끝이 자유롭게 회전하도록 결합되어 있는 구조
- (30) 플레이트거더 : 상·하부플랜지와 복부판으로 구성된 I-단면 형상의

거더로서 압연 I형강과 용접 I형 플레이트거더가 주로 사용되며, 박판으로 이루어진 π 형 단면 및 박스형 단면의 거더도 넓은 의미로 이에 포함됨

- (31) 필릿용접 : 겹친 이음, T 이음, +자이음, 각이음 등에 있어서 교차하는 두 모재의 우각부를 용접하는 삼각형상의 단면을 갖는 용접
- (32) 합성거더 : 철근 콘크리트 바닥판과 강거더가 일체로 되어 작용하도록 이들을 적절한 전단연결재에 의하여 합성한 구조를 가진 거더
- (33) 활하중 합성 : 강거더의 자중 및 바닥판의 중량은 강거더가 받고 활하중 및 일부의 고정하중을 합성작용의 상태에서 받도록 하는 방법

9.1.3 하중

하중 및 하중조합은 교량일반 「8.2항」 및 「8.3항」을 준용한다.

9.2 재료

9.2.1 일반내용

- (1) 강철도교에 일반적으로 사용되는 재료는 구조용 강재, 연결용 강재, 받침용 재료가 있으며 이들 재료는 특별한 것을 제외하고는 한국산업규격(KS)에 규정된 것을 사용한다.
- (2) 기술의 진보에 따라 새로운 재료를 적용할 때는 타당한 근거를 가지고 사용한다. KS 규격은 <표 9.2.1>과 같다.

제 9 장 강교 및 강합성교

표 9.2.1 한국산업규격(KS)번호 및 규격명

규격번호	규격명	규격번호	규격명
KS B 1002	6각볼트	KS D 4106	용접구조용 주강품
KS B 1010	마찰접합용 고장력 6각볼트 6각너트	KS D 4301	회주철품
	평와서의 세트	KS D 4302	구상흑연 주철품
KS B 1012	6각너트	KS D 7002	PS 강선 및 PS 강연선
KS B 2819	구조물용 토크-전단형 고장력볼트, 6각너트, 평와서의 세트	KS D 7004	연강용 피복 아크 용접봉
KS D 3503	일반구조용 압연강재	KS D 7006	고장력강용 피복 아크 용접봉
KS D 3504	철근콘크리트용 봉강	KS D 7101	내후성강용 피복 아크 용접봉
KS D 3505	PC 강봉	KS D 7102	탄소강 및 저합금강용 서브머지드 아크 용접 플럭스
KS D 3509	피아노 선재	KS D 7103	탄소강 및 저합금강용 서브머지드 아크 용접 와이어
KS D 3515	용접구조용 압연강재	KS D 7106	내후성강용 탄산가스 아크 용접 솔리드 와이어
KS D 3529	용접구조용 내후성 열간 압연강재	KS D 7109	내후성강용 탄산가스 아크 용접 플럭스 충전 와이어
KS D 3559	경강선재	KS F 4420	교량지지용 탄성받침
KS D 3566	일반구조용 탄소강관	KS F 4424	교량지지용 포트받침
KS D 3698	냉간압연 스테인리스 강판 및 강대	KS F 4602	강관말뚝
KS D 3710	탄소강 단강품	KS F 4603	H 형강 말뚝
KS D 3752	기계구조용 탄소강재	KS F 4605	강관 시트파일
KS D 3780	철탑용 고장력강 강관	KS M 6617	방진고무용 고무재료
KS D 3858	냉간성형 강널말뚝		
KS D 3868	교량구조용 압연강재		
KS D 4101	탄소강 주강품		
KS D 4102	구조용 고장력 탄소강 및 저합금강 주강품		

9.2.2 구조용 강재

(1) 판두께에 따른 강재종류의 선정은 <표 9.2.2>를 준용한다.

표 9.2.2 판두께에 따른 강재종류 선정

판두께(mm)		6	8	16	25	32	40	50	100
강종	일반구조용압연강재	SS400							
	용접구조용압연강재	SM400A SM400B SM400C							
	용접구조용압연강재	SM490A SM490B SM490C SM490C-TMC							
	용접구조용압연강재	SM490YA SM490YB SM520B SM520C SM520C-TMC							
	용접구조용압연강재	SM570 SM570-TMC							
	용접구조용후열간압연강재	SMA400A SMA400B SMA400C							
	용접구조용후열간압연강재	SMA490A SMA490B SMA490C							
	교량구조용압연강재	SMA570							
	교량구조용압연강재	HSB500 HSB500L HSB500W							
	교량구조용압연강재	HSB600 HSB600L HSB600W							

주) 1) SS400의 교량적용은 비용접부재로 한정한다. 단, 판두께 22mm이하의 SS400을 가설부재에 사용하는 경우 또는 형강이나 박판으로 된 SM재의 사용이 곤란한 경우에는 사전에 용접성 문제가 없는지 확인한 후 사용해야 한다.

2) 판두께가 40mm를 초과하는 강재에 대하여는 「9.4항」 <표 9.4.1> 및 용접부의 허용응력에 규정한 바와 같이 허용응력이 감소하며, 용접예열온도의 선정에 주의를 기하여야 한다.

3) 판두께 25mm로부터 32mm사이의 SM490YB는 진정강괴로 제조되어야 한다.

제 9 장 강교 및 강합성교

표 9.2.3 구조용 강재의 기계적 성질

강종	인장시험								충격시험		
	항복점 응력(MPa)				인장강도 (MPa)	연신율			기 호	시 험 온 도 (℃)	샤르피 흡수 에너지 (J)
	강재의 두께(mm)					강재의 두께 (mm)	시 험 편	연신율 (%)			
	16이하	16초과 40이하	40초과 75이하	75초과 100이하							
SS400	245 이상	235 이상	215 이상	215 이상	400~510	16이하 16초과 50이하 40초과	1A호 1A호 4호	17이상 21이상 23이상	—	—	—
SM400	245 이상	235 이상	215 이상	215 이상	400~510	16이하 16초과 50이하 40초과	1A호 1A호 4호	18이상 22이상 24이상	A B C	— 0 0	— 27이상 47이상
SMA400	245 이상	235 이상	215 이상	215 이상	400~540	16이하 16초과 50이하 40초과	1A호 1A호 4호	17이상 21이상 23이상	A B C	— 0 0	— 27이상 47이상
SM490	325 이상	315 이상	295 이상	295 이상	490~610	16이하 16초과 50이하 40초과	1A호 1A호 4호	17이상 21이상 23이상	A B C	— 0 0	— 27이상 47이상
SM490C -TMC	325 이상	315 이상	315 이상	315 이상	490~610	16이하 16초과 50이하 40초과	1A호 1A호 4호	17이상 21이상 23이상	C	0	47이상
SM490Y	365 이상	355 이상	335 이상	325 이상	490~610	16이하 16초과 50이하 40초과	1A호 1A호 4호	15이상 19이상 21이상	A B	— 0	— 27이상
SMA490	365 이상	355 이상	335 이상	325 이상	490~610	16이하 16초과 50이하 40초과	1A호 1A호 4호	15이상 19이상 21이상	A B C	— 0 0	— 27이상 47이상
SM520	365 이상	355 이상	335 이상	325 이상	520~640	16이하 16초과 50이하 40초과	1A호 1A호 4호	15이상 19이상 21이상	B C	0 0	27이상 47이상
SM520C -TMC	365 이상	355 이상	355 이상	355 이상	520~640	16이하 16초과 50이하 40초과	1A호 1A호 4호	15이상 19이상 21이상	C	0	47이상
SM570	460 이상	450 이상	430 이상	420 이상	570~720	16이하 16초과 20초과	5호 5호 4호	19이상 26이상 20이상	—	—5	47이상
SM570- TMC	460 이상	450 이상	450 이상	450 이상	570~720	16이하 16초과 20초과	5호 5호 4호	19이상 26이상 20이상	—	—5	47이상
SMA570	460 이상	450 이상	430 이상	420 이상	570~720	16이하 16초과 20초과	5호 5호 4호	19이상 26이상 20이상	—	—5	47이상

표 9.2.3 구조용 강재의 기계적 성질(계속)

강종	인장시험								충격시험		
	항복점 응력(MPa)				인장강도 (MPa)	연신율			기 호	시 험 온 도 (℃)	샤르피 흡수 에너지 (J)
	강재의 두께(mm)					강재의 두께 (mm)	시 험 편	연신율 (%)			
	16이하	16초과 40이하	40초과 75이하	75초과 100이하							
HSB500	380 이상	380 이상	380 이상	380 이상	500이상	16이하 16초과 40초과	1A호 1A호 4호	15이상 19이상 21이상	- L	-5 -20	47이상 47이상
HSB600	450 이상	450 이상	450 이상	450 이상	600이상	16이하 16초과 20초과	5호 16초과 4호	19이상 26이상 20이상	- L	-5 -20	47이상 47이상

(2) 강재

이 설계기준을 이용하여 설계하는 강교 및 강합성교에 사용하는 강재는 <표 9.2.4>의 규격에 적합한 것을 표준으로 한다.

제 9 장 강교 및 강합성교

표 9.2.4 표준으로 하는 강재

강재의 종류	규격 강재기호		강재기호	
1. 구조용 강재	KS D 3503	일반구조용 압연강재	SS400	
	KS D 3515	용접구조용 압연강재	SM400, SM490, SM 490Y, SM520, SM570	
	KS D 3529	용접구조용 내후성 열간 압연강재	SMA400, SMA490, SMA570	
	KS D 3868	교량구조용 압연강재	HSB500, HSB600	
2. 강관	KS D 3566	일반구조용 탄소 강관	STK400, STK490	
	KS D 3780	철탑용 고장력강 강관	STKT590	
	KS F 4602	강관말뚝	SKK400, SKK490	
	KS F 4605	강관시트파일	SKY400, SKY490	
3. 접합용 강재	KS B 1010	마찰접합용 고장력 6각볼트, 6각너트, 평와서의 세트	F8T, F10T, F13T	
	KS B 2819	구조물용 토크-전단형 고장력볼트, 6각너트, 평와서의 세트	F10T, F13T	
4. 용접재료	KS D 7004	연강용 피복 아크 용접봉		
	KS D 7006	고장력강용 피복 아크 용접봉		
	KS D 7101	내후성강용 피복 아크 용접봉		
	KS D 7102	탄소강 및 저합금강용 서브머지드 아크 용접 플럭스		
	KS D 7103	탄소강 및 저합금강용 서브머지드 아크 용접 와이어		
	KS D 7106	내후성강용 탄소가스 아크 용접 솔리드 와이어		
	KS D 7109	내후성강용 탄소가스 아크 용접 플럭스 충전 와이어		
5. 주단조품	KS D 3710	탄소강 단강품	SF490A, SF540A	
	KS D 4101	탄소강 주강품	SC450, SC480	
	KS D 4106	용접구조용 주강품	SCW410, SCW480	
	KS D 4102	구조용 고장력 탄소강 및 저합금강 주강품	ScMn1A, ScMn2A	
	KS D 3752	기계구조용탄소강재	SM35C, SM45C	
	KS D 4301	회 주철품	GC250	
	KS D 4302	구상 흑연주철품	GCD400	
6. 선재, 선재2차 제품	KS D 3509	피아노 선재	SWRS	
	KS D 3559	경강 선재	HSWR	
	KS D 7002	PS 강선 및 PS 강연선	원형선SWPC1	이형선SWPD1
			2연선SWPC2	이형3연선SWPD3
			7연선SWPC7	19연선SWPC19
7. 봉강	KS D 3504	철근콘크리트용 봉강	SD300, SD350, SD400	
	KS D 3505	PC 강봉	A종 2호 SBPR 785/1030 B종 1호 SBPR 930/1080 B종 2호 SBPR 930/1180	

(3) 강관

현재 강관구조로서 많이 사용되고 있는 일반 구조용 탄소강관, 강관 말뚝, 강관 시트파일과 철탑용 고장력강 강관의 기계적 성질은 <표 9.2.5>와 같다.

표 9.2.5 강관의 기계적 성질

종류의 기호	인장시험				굽힘시험		편평시험 평판간의 거리 (D 는 판의 바깥지름)
	항 복 점 (MPa)	인장강도 (MPa)	연신율(%)		굽힘 각도	안쪽 반지름 (D 는 판의 바깥지름)	
			11호시험편 12호시험편	5호시험편			
			세로방향	가로방향			
STK400	235이상	400이상	23이상	18이상	90°	6D	2D/3
STK490	315이상	490이상	23이상	18이상	90°	6D	7D/8
SKK400	235이상	400이상	-	18이상	-	-	2D/3
SKK490	315이상	490이상	-	18이상	-	-	7D/8
SKY400	235이상	400이상	-	18이상	-	-	2D/3
SKY490	315이상	490이상	-	18이상	-	-	7D/8
STKT590	440이상	590~740	20이상	16이상	-	-	3D/4

- (4) 주단조품 - 단강품, 주강품, 주철품 등의 주단조품은 받침, 배수장치 난간, 특수한 신축장치, 핀(pin) 등에 사용되며 주단조품의 기계적 성질은 <표 9.2.6>과 같다.

제 9 장 강교 및 강합성교

표 9.2.6 주단조품의 기계적 성질

기계적 성질 재료의 종류	기호	인장시험(4호,10호,14호 시험편)				충격시험 (4호시험편)		경도 (H _b) ³⁾	탄소 당량 (%)
		항복점 (MPa)	인장 강도 (MPa)	연신율 (%)	극한응력 상태에서의 신장율(%)	시험 온도 (℃)	살피흡수 에너지 (N·m)		
탄소강 단강품	SF490A	245이상	490-590	22이상	40이상	-	-	134이상	-
	SF540A	275이상	540-640	20이상	35이상	-	-	152이상	-
탄소 주강품	SC450	225이상	450이상	19이상	30이상	-	-	-	-
용접 구조용 주강품	SCW410	235이상	410이상	21이상	-	0	27이상	-	0.40이하
	SCW480	275이상	480이상	20이상	-	0	27이상	-	0.45이하
구조용 고장력 탄소강 및 저합금강 주강품	SCMn1A	275이상	540이상	17이상	35이상	-	-	143이상	-
	SCMn2A	345이상	590이상	16이상	35이상	-	-	163이상	-
기계 구조용 탄소강재 ¹⁾	SM35C	304이상	510이상	23이상	-	-	-	149~207	-
	SM45C	343이상	569이상	20이상	-	-	-	167~229	-
회 주철품 ²⁾	GC250	250이상	-	-	-	-	-	241이하	-
구상흑연주철품	FCD400	250이상	400이상	15이상	-	-	-	180이하	-

주) 1) KS D 3752에서 참고값으로 제시한 값이다(노멀라이징 열처리를 한 경우).

2) 규격치는 주요두께 30~50mm인 것에 대한 것이다.

3) H_b는 브리넬경도이다.

(5) 선재, 선재2차 제품

① 피아노선재는 케이블 혹은 PS강선과 PS강연선 등의 선재2차제품 소재에 대한 규정이며, 기계적 성질을 <표 9.2.7>에 나타내었다.

② 이형 PS강선의 표면형상에 대해서는 KS D 7002에 규정되어 있지 않지만 표면형상에 따라서는 강선 자체의 피로강도가 저하되기도 하고, 프리텐션 방식을 사용한 경우에 부재 단부의 정착부에 큰 균열응력을 발생시키기도 하기 때문에 사용시에 주의를 필요로 한다.

표 9.2.7 PS강선과 PS강연선의 기계적 성질, 공칭단면적 및 단위중량

기호	호칭명	인장시험			릴렉세이션 (%)	공칭단면적 (mm ²)	단위중량 (N/m)
		0.2%영구연신율에 대한 하중(N)	인장 하중 (N)	연신율 (%)			
SWPC1 및 SWPD1	5mm	27,900이상 (1,420이상)	31,900이상 (1,630이상)	4.0이상	2.5이하	19.64	1.54
	7mm	51,000이상 (1,330이상)	58,300이상 (1,520이상)	4.5이상	2.5이하	38.48	3.02
	8mm	64,200이상 (1,280이상)	74,000이상 (1,480이상)	4.5이상	2.5이하	50.27	3.95
	9mm	78,000이상 (1,230이상)	90,200이상 (1,420이상)	4.5이상	2.5이하	63.62	4.99
SWPC2	2.9mm 2연선	22,600이상 (1,710이상)	25,500이상 (1,930이상)	3.5이상	2.5이하	13.21	1.04
SWPD3	2.9mm 3연선	33,800이상 (1,710이상)	38,200이상 (1,930이상)	3.5이상	2.5이하	19.82	1.56
SWPC 7A	9.3mm 7연선	75,500이상 (1,460이상)	88,800이상 (1,720이상)	3.5이상	2.5이하	51.61	4.05
	10.8mm 7연선	102,000이상 (1,460이상)	120,000이상 (1,720이상)	3.5이상	2.5이하	69.68	5.46
	12.4mm 7연선	136,000이상 (1,460이상)	160,000이상 (1,720이상)	3.5이상	2.5이하	92.90	7.29
	15.2mm 7연선	204,000이상 (1,470이상)	240,000이상 (1,730이상)	3.5이상	2.5이하	138.7	11.01
SWPC 7B	9.5mm 7연선	86,800이상 (1,580이상)	102,000이상 (1,860이상)	3.5이상	2.5이하	54.84	4.32
	11.1mm 7연선	118,000이상 (1,590이상)	138,000이상 (1,860이상)	3.5이상	2.5이하	74.19	5.80
	12.7mm 7연선	156,000이상 (1,580이상)	183,000이상 (1,860이상)	3.5이상	2.5이하	98.71	7.74
	15.2mm 7연선	222,000이상 (1,600이상)	261,000이상 (1,880이상)	3.5이상	2.5이하	138.7	11.01
SWPC 7C	12.7mm 7연선	182,000이상 (1,840이상)	214,000이상 (2,160이상)	3.5이상	2.5이하	98.71	7.74
	15.2mm 7연선	255,000이상 (1,840이상)	300,000이상 (2,160이상)	3.5이상	2.5이하	138.7	11.01
SWPC 19	17.8mm 19연선	330,000이상 (1,580이상)	387,000이상 (1,860이상)	3.5이상	2.5이하	208.4	16.52
	19.3mm 19연선	387,000이상 (1,590이상)	451,000이상 (1,850이상)	3.5이상	2.5이하	243.7	19.31
	21.8mm 19연선	495,000이상 (1,580이상)	573,000이상 (1,830이상)	3.5이상	2.5이하	312.9	24.82

주) 괄호속의 값은 규격치를 공칭단면적으로 나눈 값(단위:N/mm²)이다.

(6) 봉강

- ① 철근콘크리트용 봉강은 KS D 3504에 규정되어 있는 종류 중 교량에 가장 많이 사용되고 있는 것을 나타내었다.
- ② KS D 3504에 규정되어 있는 철근의 기계적 성질과 이형봉강의 단위 중량, 표준치수는 <표 9.2.8>, <표 9.2.9>와 같다.

표 9.2.8 철근콘크리트용 봉강의 기계적 성질

종류의 기 호	인장시험				굽힘성	
	항복점 혹은 0.2%내력(MPa)	인장 강도 (MPa)	인장 시험편	연신율 (%)	굽힘 각도	안쪽 반지름
SD300	300이상	440이상	2호에 준한 것	16이상	180°	D16이하 : 공칭지름의 1.5배
			3호에 준한 것	18이상		D16을 넘는 것 : 공칭지름의 2배
SD350	350이상	490이상	2호에 준한 것	18이상	180°	D16이하: 공칭지름의 1.5배
			3호에 준한 것	20이상		D16이상 D41이하 :공칭지름의 2배
SD400	400이상	560이상	2호에 준한 것	16이상	180°	공칭지름의 2.5배
			3호에 준한 것	18이상		

표 9.2.9 이형 봉강의 단위중량과 표준치수

호칭명	단위중량 (N/m)	공칭지름(d) (mm)	공칭단면적(s) (mm ²)	공칭둘레(l) (mm)
D 6	2.49	6.35	31.67	20
D 10	5.60	9.53	71.33	30
D 13	9.95	12.7	126.7	40
D 16	15.6	15.9	198.6	50
D 19	22.5	19.1	286.5	60
D 22	30.4	22.2	387.1	70
D 25	39.8	25.4	506.7	80
D 29	50.4	28.6	642.4	90
D 32	62.3	31.8	794.2	100
D 35	75.1	34.9	956.6	110
D 38	89.5	38.1	1140	120
D 41	105.0	41.3	1340	130
D 51	159.0	50.8	2027	160

9.2.3 연결용 재료

(1) 용접재료

- ① 용접봉의 선택은 양호한 용접을 하기 위해 중요하며, 제작에 있어서는 작업성 및 제품의 성능 등에 대해 충분한 검토가 있어야만 한다. 수동용접에 사용되는 용접봉은 각 강종에 대해서 KS의 규격에 적합한 것을 사용하는 것이 원칙이지만 490MPa급 강재 이상에서는 저수소계의 것을 사용한다. 또한 490MPa급 강재와 400MPa급 강재를 연결하는 경우에도 저수소계의 용접봉을 사용하고, 400MPa급 강재에서도 후판이나 구속이 큰 부분을 용접하는 경우에는 저수소계의 용접봉을 사용한다. 용접봉의 규격은 <표 9.2.10>을 준용한다.

표 9.2.10 용접재료

이음강재	용접봉 규격	용접봉 종별
SS400, SM400, SMA400	KS D 7004 (연강용 피복 아크용접봉)	420MPa급
SM490	KS D 7006 (고장력강용 피복 아크용접봉)	490MPa급 중에서 저수소계
SM490Y, SM520, HSB500		520MPa급 중에서 저수소계
SM570		570MPa급 중에서 저수소계
HSB600		610MPa급 중에서 저수소계
S M A 4 0 0 , SMA490	KS D 7101 (내후성강용 피복 아크용접봉)	490MPa급 중에서 저수소계 혹은 철분 저수소계
SMA570		570MPa급 중에서 저수소계 혹은 철분 저수소계

② 서브머지드 아크용접에 있어서 목적에 따라 강선이나 용제의 적절한 조합을 택하는 것이 중요하다. 최근 탄산가스 아크용접이 많이 사용되고 있으며, 이 경우에도 용접하는 강재에 따라 알맞은 것을 선택할 필요가 있다.

가. 내후성강재의 용접에서는 내후성이 있는 것을 사용하는 것이 바람직하다.

나. 한랭지용 강재의 용접부는 저온에서 인성이 저하되지 않아야 한다. 서브머지드아크 용접의 경우 인성저하의 우려가 있으므로 용접재료나 시공방법에 관해서 충분한 검토가 필요하다.

다. 자동용접으로는 서브머지드 아크용접 및 탄산가스 아크용접 외에 MAG용접, MIG용접, 엘렉트로슬래그용접 등 여러 가지 새로운 방법이 개발되어 있지만 목적에 따라 용접방법의 신뢰성 등을 충분히 검토할 필요가 있다.

(2) 볼트재료

① 고장력볼트 및 일반 볼트는 <표 9.2.11>의 것을 사용하는 것을 원칙으로 한다.

표 9.2.11 볼트재료

종별	규격	볼트의 등급
마찰이음용 고장력볼트	KS B 1010(마찰접합용 고장력 6각볼트 6각너트, 평와셔 세트)	F8T, F10T, F13T
	KS B 2819(구조물용 토크-전단형 고장력볼트, 6각너트, 평와셔의 세트)	F10T, F13T
일반 볼트	KS B 1002(육각볼트) 및 KS B 1012(육각너트)	강도구분 4.6

9.2.4 받침용 재료

재료는 「제8장 8.4.1(4)항」의 규정을 준용한다.

9.2.5 재료의 특성치

(1) 강재

- ① 설계계산에 사용하는 강재의 물리상수 값은 <표 9.2.12>의 값을 사용한다.
- ② KS규격이 아닌 많은 개수의 PS강선을 묶거나, 혹은 연선으로 만든 케이블로 된 PS강재의 탄성계수는 $2.0 \times 10^5 \text{MPa}$ 이하로 되는 경우가 있기 때문에 시험에 의해 별도로 정하여야 한다.

표 9.2.12 설계계산에 사용되는 강재의 물리상수

종류	물리상수의 값
강과 주강의 탄성계수	$2.05 \times 10^5 \text{MPa}$
철근의 탄성계수	$2.0 \times 10^5 \text{MPa}$
PS강선, PS스트랜드, PS강봉의 탄성계수	$2.0 \times 10^5 \text{MPa}$
주철의 탄성계수	$1.0 \times 10^5 \text{MPa}$
강의 전단탄성계수	$7.9 \times 10^4 \text{MPa}$
강과 주강의 포아송비	0.30
주철의 포아송비	0.25

- ③ 프리스트레스의 감소량을 산출하는 경우에 PS강재의 길보기 릴렉сей션율은 <표 9.2.13>의 값을 표준으로 한다. 다만, PS강재가 고온의 영향을 받는 경우에는 PS강재의 길보기 릴렉сей션율은 <표 9.2.13>의 값에 2%를 가산하는 것을 원칙으로 한다.

표 9.2.13 PS강재의 겹보기 릴렉세이션율(%)

PS강재의 종류	겹보기 릴렉세이션율
PS강선, PS강연선 PS강봉	5 3

- ④ 「③항」을 준용하기 힘든 경우에는 PS강재의 인장응력에 따라 측정된 릴렉세이션율에서 콘크리트의 크리프, 건조수축 등의 영향을 고려하여 별도로 PS강재의 겹보기 릴렉세이션율을 정한다.

(2) 콘크리트

콘크리트의 탄성계수, 전단탄성계수, 크리프계수와 건조수축률 등은 「제10장 콘크리트교편」의 규정을 준용한다.

9.3 설계일반

9.3.1 일반내용

- (1) 이 절은 강교 및 강합성교의 설계에 관한 설계제한사항을 규정한다.

(2) 기호

l = 부재의 좌굴길이(mm)

l/r = 부재의 세장비

r = 고려하는 축에 대한 단면2차반지름(mm)

9.3.2 부재의 세장비

- (1) 부재의 세장비 l/r 은 원칙적으로 <표 9.3.1>에 제시한 값 이하로 한다. 다만, l , r 의 값은 「9.4항」을 준용하는 것으로 한다.
- (2) 주압축부재는 열차하중에 의해 압축응력이 발생하는 부재를 말하며, 주요하중에 의해 힘을 받지 않는 <그림 9.3.1>에 표시된 것과 같은 부재들은 부압축재로 분류한다.

표 9.3.1 부재의 세장비

부재의 종류	세장비
주압축재	100
부압축재	120
인장재	200

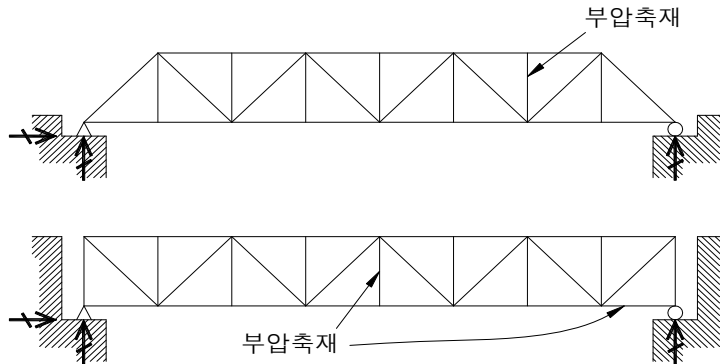


그림 9.3.1 부압축재

9.3.3 2차응력

- (1) 구조물의 각 부분에 대하여 다음 각 항의 원인에 의한 2차응력에 주의를 하여 설계한다.

① 부재의 편심

가. 부재의 설계에 있어서 부재의 편심결합에 의해 생기는 휨응력 및 비틀림 응력을 될 수 있으면 적게 되도록 주의한다.

나. 압축현재와 브레이싱의 연결은 다소의 편심은 피할 수 없지만, 이 영향이 될 수 있으면 작게 되도록 설계하는 것이 바람직하다.

② 격점의 강성

가. 일반 트러스에서는 격점을 회전이 자유로운 힌지로 생각해서 축방향응력만으로 설계하는 것이 보통이다. 그러나 격점을 힌지로 본 결합트러스도 핀 결합부분의 녹 등에 의해서 마찰이 증가하고 상당한 2차응력이 발생되며, 특히 격점이 리벳 또는 고장력볼트 결합의 경우는 거의 강결의 상태에 있어 큰 2차응력을 발생시킬 수 있

으므로 이에 대한 검토를 해야 한다.

나. 주 트러스현재와 바닥틀을 합성시킨 트러스교 등 현재와 격점이 현저히 강성이 큰 경우에는 휨의 영향을 고려해서 부재를 설계한다.

- ③ 가로보의 처짐 - 가로보가 충분한 강성을 가진 경우는 그 처짐이 작고, 따라서 주거더의 변형도 적다. 그러나 가로보의 처짐이 큰 경우에는 그 양단의 각 변화에 의해 주거더가 변형하여 하로플레이트거더에서는 주거더의 비틀림, 또 트러스에서는 수직재의 휨과 사재의 비틀림에 의해 2차응력이 증가하므로 주의해야 한다. 특히 포니트러스와 하로플레이트거더의 경우에는 가로보의 처짐에 의한 변형이 발생하기 쉬우므로 가로보는 충분한 강성을 갖도록 설계한다.

- ④ 현재의 길이 변화에 의한 바닥틀의 변형

가. 트러스 또는 하로플레이트거더의 바닥틀은 일반적으로 세로보와 가로보에 의해 구성된 격자구조가 많다. 이 같은 바닥틀에 하중을 재하하면 각 부재는 수직면내에 휨이 생기게 하지만 동시에 트러스의 현재가 힘을 받아 그 길이가 변화하고 그 영향이 바닥틀에도 전달되어 수평면내의 변형을 일으킨다. 거더 전체 길이가 길어지게 되면 가로보 플랜지에는 큰 응력이 발생할 가능성이 있기 때문에 「9.7.2(1)항」에 규정한 바와 같이 세로보에 신축장치를 두도록 하고 있다.

나. 상로트러스에서 가로보 위에 세로보를 놓는 경우에는 그 교차점 구성에 대하여 충분한 주의가 필요하다. 또, 현재의 길이가 변화하면 수평브레이싱에도 응력이 생겨 2차응력을 발생시키므로 수평브레이싱의 강성 등에 관해서도 고려해야 한다.(「9.9.2항 및 9.9.3항」 참조)

- ⑤ 자중에 의한 부재의 처짐

가. 부재의 세장비가 큰 경우에는 부재의 자중에 의한 2차응력이 커지고, 그 처짐 때문에 하중의 편심이 발생한다.

나. 인장재의 경우 인장력이 작용할 때의 편심은 작게 되는 경향이 있으므로 부재가 특별히 길지 않는 한 그다지 문제되지는 않지만, 압축재에서는 편심이 점점 증가하고 압축강도를 저하시키므로 바람직하지 못하다. 또, 열차통과에 의한 진동이 생기기 쉽고 피로의 측면에서 보아서도 바람직하지 못하다. 따라서 응력에 여유가 있는 경우라도 너무 세장비가 큰 부재를 사용해서는 안 된다.

- ⑥ 교량거더의 가동단받침의 마찰 - 교량거더의 가동단받침이 가동되지 않는 경우에는 구조물의 각 부분에 2차응력이 생기며, 교량거더뿐만 아니라 하부구조에도 예측하기 힘든 하중을 작용시키게 된다. 따라서 가동단은 마찰이 가능한 한 적게 되도록 하며, 보수도 용이한 구조로 설계해야 한다.
- ⑦ 부재의 진동 - 거더의 높이가 큰 박스거더의 복부판과 다이어프램이 열차주행에 의하여 가진되고 그로 인하여 보강재와 복부판의 용접부위가 파손되는 경우가 있다. 이들의 부재에 대해서는 공진을 피하기 위해 응력상 여유가 있어도 보강 등의 방법으로 고유진동수를 공진점에서 멀리 할 필요가 있다. 또, 연결판을 끼워서 부재를 연결하는 경우에 있어서도 부재단부를 깊숙이 밀어 넣도록 하는 것이 좋다.
- ⑧ 지점침하와 온도변화의 영향에 의한 2차응력과 단면의 급격한 변화, 재료의 부식 등에 의한 응력집중에 대해서 고려하되, 이 값들은 될 수 있는 한 작게 되도록 하며 어쩔 수 없는 경우에는 그에 대응하는 설계를 해야 한다.

9.3.4 부재단면의 구성

- (1) 교량거더 및 용접조립 부재의 단면구성은 가능한 한 용접부가 상하 좌우에 대하여 대칭의 위치에 있도록 고려해야 한다.
- (2) 부재 및 그 이음은 조립작업, 용접, 검사 등이 용이하도록 하고 가능한 용접의 집중이나 응력의 집중이 일어나지 않도록 설계하여야 한다. 또, 용접에 의한 수축응력 및 변형을 고려해야 한다.
- (3) 부재는 그 단면의 도심이 가능한 한 단면의 중심과 일치하고 골조선과 일치하도록 설계한다.

9.3.5 강재의 최소두께

- (1) 주부재에서는 원칙적으로 최소 9mm로 한다. 다만 강바닥판은 최소 12mm로 한다.
- (2) 2차부재에서는 원칙적으로 8mm이상으로 한다. 다만 채움재 깔판, 난간 등에 사용하는 경우는 이 제한을 적용하지 않는다.

9.3.6 최소 L형강

- (1) 수평브레이싱, 제동트러스, 수직브레이싱 등에 사용하는 최소 L형강의 다리길이는 90mm로 한다.

9.3.7 솟음

- (1) 지간 30m이상의 교량거더에 대해서는 주거더의 고정하중에 의한 처짐에 대하여 솟음을 두는 것을 원칙으로 한다. 다만 무도상의 개상식 교량거더의 경우는 다음의 열차하중도 고려한다.
 - ① HL 및 L 하중 : 기관차 뒤에 따르는 등분포 활하중의 1/3 크기의 등분포 하중
 - ② EL 하중 : 전동차 하중의 1/4 크기의 하중
- (2) 트러스 및 아치교의 솟음량은 고정하중과 「(1)항」의 열차하중도 고려한다. 단, 열차하중에 대한 솟음은 무도상 개상식일 경우만 고려한다.
- (3) 압연강재 거더에서의 솟음은 두지 않으며, 조립 및 시공 중 부득이하게 발생된 솟음은 상향이 되도록 한다.

9.3.8 연속구조 및 캔틸레버구조

- (1) 설계의 기본가정
 - ① 모멘트, 전단력, 그리고 반력은 일반적인 해석법에 따라 계산한다. 부재의 내력계산에서 정역학적 부정정구조물의 경우, 휨부재에 대해서는 전체 단면2차모멘트, 트러스부재에 대해서는 전체 단면적을 원칙으로 하고, 유공 덮개판을 사용하는 부재에 대해서는 유효단면적을 사용한다.

- ② 연속구조의 설계에서 받침구조 자체는 항복하지 않는 것으로 가정하며, 「제8장」에 규정된 지점침하를 고려하여야 한다. 받침구조 자체는 항복하지 않는 것으로 가정하여 설계 및 시공되는 경우가 많으므로 실제 구조물에서의 조건이 가정과 다른 경우, 받침구조의 합리적인 침하량을 근거로 한 지점침하를 고려한 설계를 해야 한다.
- ③ 활하중의 재하는 구조물에 최대부재력이 발생하도록 하여야 한다. 다만 원칙적으로 하중을 끊어서 2개소 이상 재하하지 않는다.
- (2) 충격하중 - 충격하중은 「제8장 8.2.3(3) 및 8.2.3(4)항」에 규정한 충격계수를 적용하여 구한다.
- (3) 브레이싱
 - ① 연속지간에서의 브레이싱은 「9.9항」의 규정에 따라 설치한다.
 - ② 부모멘트 구역뿐만 아니라 추가로 정모멘트 구역 플레이트거더의 상부플랜지에 대해서도 「9.9항」의 규정에 따라 브레이싱을 설치하고 길이에 관계없이 모든 하부플랜지에는 연속 횡방향 브레이싱을 설치한다.
- (4) 수평보강재
 - ① 복부좌굴을 방지하기 위해 부모멘트가 발생하는 연속 또는 캔틸레버 구조로서 높이가 큰 거더(deep girder)의 지점 상부에 수평보강재를 설치하여야 한다. 수직보강재와 서로 교차하는 곳에서의 수평보강재는 절단해도 무방하다. 수평보강재는 통상 복부판의 한쪽면에만 설치한다. 거더 응력의 일부분으로 고려되는 보강재의 응력값은 사용재료의 기본 허용휨응력 이하로 한다.
 - ② 수평보강재의 설치위치 및 설계는 「9.6.4(5)항」을 준용한다.
- (5) 휨부재의 이음
 - ① 연속 또는 캔틸레버 휨부재의 이음은 최대모멘트 상태에서의 전단력, 또는 최대전단력상태에서의 모멘트에 대하여 설계한다.
 - ② 이음은 연속구조의 경우 가급적 고정하중에 의한 변곡점 위치에 있도록 한다.
 - ③ 볼트를 이용한 플랜지 이음부 강도는 플랜지 모재 전 강도의 75% 이상 강도를 갖도록 한다.

9.4 허용응력

9.4.1 일반내용

- (1) 강교 및 강합성교에서 부재 각 부분은 이 장에 규정된 허용응력을 초과해서는 안 된다.
- (2) 피로의 영향에 관해서는 고정하중, 활하중, 충격 및 원심하중만을 고려해서 「9.4.3항」에 의해 검토해야 한다.
- (3) 주하중, 부하중 및 그 밖의 하중의 조합은 이 설계기준 「제8장 8.3.3항」의 하중조합을 준용하여야 한다. 이 경우의 허용응력은 「9.4.2항, 9.4.4항 및 9.4.5항」에 이 설계기준 「제8장」 <표 8.3.1>에서 제시하는 증가계수를 곱한 수치를 적용한다.
- (4) 기호

b = 플랜지의 폭(mm)

b^* = 박스형단면 및 U형 단면의 경우 복부판 중심간격, 하로플레이트거더의 경우 주거더 중심간격(mm)

f_R = 응력범위(MPa)

f_R^c = 용접루트부에서 용입되지 않은 것을 가정할 때 <표 9.4.7> 허용피로응력범위의 상세범주 C에 해당하는 허용응력범위(MPa)

f_{Rfat} = 허용피로응력범위(MPa)

L = 부재지간길이(m)

l = 부재의 좌굴길이, 플랜지의 고정점간 거리(mm)

$\left(\frac{l}{r}\right)$ = 세장비

$\left(\frac{l}{r}\right)_e$ = 등가세장비

N = 응력반복횟수

R = 용접에서의 반경(mm)

r = 고려하는 축에 대한 총단면의 단면2차반지름(mm)

α = 플랜지의 두께(t_f)와 복부판 두께(t_w)의 비

β = 복부판 높이(h)와 플랜지폭(b)의 비

η = 기둥의 유효좌굴길이 계산 시 곱하는 계수($\eta=l/H$)

9.4.2 구조용 강재 및 용접부의 허용응력

(1) 기본허용응력

- ① 구조용 강재 및 용접부에 대한 기본허용응력은 <표 9.4.1>에 제시한 값으로 한다.

제 9 장 강교 및 강합성교

표 9.4.1 강재 및 용접부의 허용응력(단위: MPa)

응력의 종류, 판두께				강종	SS400 SM400 SMA400	SM490	SM490Y SM520 SMA490	SM570 SMA570	비고
구조용 강재	인장응력 (순단면적 기준)	축방향응력	40이하	140	190	215	270	①	
			40초과 75이하	130	175	200	260		
			75초과 100이하			195	250		
		휨응력	40이하	140	190	215	270		
			40초과 75이하	130	175	200	260		
			75초과 100이하			195	250		
	압축응력 (총단면적 기준)	축방향응력	40이하	140	190	215	270		
			40초과 75이하	130	175	200	260		
			75초과 100이하			195	250		
		휨응력	40이하	140	190	215	270		
			40초과 75이하	130	175	200	260		
			75초과 100이하			195	250		
	전단응력	총단면적 기준	40이하	80	105	120	155	②	
			40초과 75이하	75	100	115	145		
			75초과 100이하			110	145		
	지압응력	강판과 강판	40이하	210	285	320	405	③	
			40초과 75이하	195	265	300	385		
			75초과 100이하			295	380		
용접부	공장용접	그루브용접	인장응력	40이하	140	190	215	270	④
				40초과 75이하	130	175	200	260	
				75초과 100이하			195	250	
			압축응력	40이하	140	190	210	270	
				40초과 75이하	130	175	200	260	
				75초과 100이하			195	250	
		전단응력	40이하	80	105	120	155	⑤	
			40초과 75이하	75	100	115	145		
			75초과 100이하			110	145		
		필릿용접	비드방향의 인장, 압축응력	40이하	140	190	215	270	⑥
				40초과 75이하	130	175	200	260	
				75초과 100이하			195	250	
	목두께에 대한 인장, 압축, 전단응력		40이하	80	105	120	155	⑦	
			40초과 75이하	75	100	115	145		
	75초과 100이하	110	135						
현장용접		공장용접에 준하는 품질을 얻을 수 없는 경우에는 상기의 90%로 한다.						⑧	

표 9.4.1 강재 및 용접부의 허용응력(단위: MPa)(계속)

강종 응력의 종류, 판두께(mm)				SM490C -TMC	SM520C -TMC	HSB 500	HSB 600 SM570- TMC	비 고	
구조용 강재	인장응력 (순단면적 기준)		축방향응력	100이하	190	215	230	270	①
			휨응력	100이하	190	215	230	270	
	압축응력 (총단면적 기준)		축방향응력	100이하	190	215	230	270	
			휨응력	100이하	190	215	230	270	
	전단응력		총단면적 기준	100이하	105	120	130	155	②
	지압응력		강판과 강판	100이하	285	320	345	405	③
용접부	공장용접	그루브용접	인장응력	100이하	190	215	230	270	④
			압축응력	100이하	190	210	230	270	
			전단응력	100이하	105	120	130	155	⑤
		필릿용접	비드방향의 인장, 압축응력	100이하	190	215	230	270	⑥
			목두께에 대한 인장, 압축, 전단응력	100이하	105	120	130	155	⑦
	현장용접		공장용접에 준하는 품질을 얻을 수 없는 경우에는 상기의 90%로 한다.						⑧

- 주) ① 강도가 다른 강종을 연결하는 경우의 용접부의 허용응력은 강도가 낮은 강종에 대한 값을 취한다.
- ② 「비고①」에 있어서의 부재의 순단면적은 총단면적에서 볼트구멍에 의해서 손실된 단면적을 제외한 것을 말한다.
- ③ 「비고④ 및 ⑧항」에 있어서 맞대기 용접의 경우 주요 부재에 관해서는 방사선 검사 또는 초음파 탐사검사를 행하여야 한다. 방사선 검사의 합격 기준은 KS B0845(강 용접부의 방사선 시험방법 및 투과사진의 등급분류방법)에 따라서 인장이음은 2류 이상, 압축이음은 3류 이상으로 하고 KS B0896(강 용접부의 초음파 탐상시험방법 및 시험결과의 등급 분류방법)에서는 2류 이상으로 해야 한다.
- ④ 「비고⑧」에 있어서 용접선 방향의 인장, 압축의 경우는 100%로 하여야 한다.

제 9 장 강교 및 강합성교

(2) 허용좌굴응력

① 허용좌굴응력은 <표 9.4.2>에 제시한 값으로 한다.

표 9.4.2 강재의 허용좌굴응력 (단위: MPa)

(a) 축방향 압축응력(충단면적 기준)

판두께 (mm)	강종 SS400 SM400 SMA400	SM490	SM490Y SM520 SMA490	SM570 SMA570
40 이하	$0 < \frac{L}{r} \leq 9$ 140	$0 < \frac{L}{r} \leq 8$ 190	$0 < \frac{L}{r} \leq 7.5$ 215	$0 < \frac{L}{r} \leq 7$ 270
	$9 < \frac{L}{r} \leq 130$ $140 - 0.80(\frac{L}{r} - 9)$	$8 < \frac{L}{r} \leq 110$ $190 - 1.26(\frac{L}{r} - 8)$	$7.5 < \frac{L}{r} \leq 105$ $215 - 1.51(\frac{L}{r} - 7.5)$	$7 < \frac{L}{r} \leq 95$ $270 - 2.14(\frac{L}{r} - 7)$
	$\frac{L}{r} > 130$ $740,000 / \left(\frac{L}{r}\right)^2$	$\frac{L}{r} > 110$ $740,000 / \left(\frac{L}{r}\right)^2$	$\frac{L}{r} > 105$ $740,000 / \left(\frac{L}{r}\right)^2$	$\frac{L}{r} > 95$ $740,000 / \left(\frac{L}{r}\right)^2$
40 초과 75 이하	$0 < \frac{L}{r} \leq 10$ 130	$0 < \frac{L}{r} \leq 8$ 175	$0 < \frac{L}{r} \leq 7.5$ 200	$0 < \frac{L}{r} \leq 7$ 260
	$10 < \frac{L}{r} \leq 135$ $130 - 0.72(\frac{L}{r} - 10)$	$8 < \frac{L}{r} \leq 115$ $175 - 1.12(\frac{L}{r} - 8)$	$7.5 < \frac{L}{r} \leq 110$ $200 - 1.36(\frac{L}{r} - 7.5)$	$7 < \frac{L}{r} \leq 95$ $260 - 2.04(\frac{L}{r} - 7)$
	$\frac{L}{r} > 135$ $730,000 / \left(\frac{L}{r}\right)^2$	$\frac{L}{r} > 115$ $730,000 / \left(\frac{L}{r}\right)^2$	$\frac{L}{r} > 110$ $730,000 / \left(\frac{L}{r}\right)^2$	$\frac{L}{r} > 95$ $730,000 / \left(\frac{L}{r}\right)^2$
75 초과 100 이하	$0 < \frac{L}{r} \leq 8$ 195	$0 < \frac{L}{r} \leq 7$ 250	$0 < \frac{L}{r} \leq 8$ 195	$0 < \frac{L}{r} \leq 7$ 250
	$8 < \frac{L}{r} \leq 110$ $195 - 1.32(\frac{L}{r} - 8)$	$7 < \frac{L}{r} \leq 95$ $250 - 1.92(\frac{L}{r} - 7)$	$8 < \frac{L}{r} \leq 110$ $195 - 1.32(\frac{L}{r} - 8)$	$7 < \frac{L}{r} \leq 95$ $250 - 1.92(\frac{L}{r} - 7)$
	$\frac{L}{r} > 110$ $730,000 / \left(\frac{L}{r}\right)^2$	$\frac{L}{r} > 95$ $730,000 / \left(\frac{L}{r}\right)^2$	$\frac{L}{r} > 110$ $730,000 / \left(\frac{L}{r}\right)^2$	$\frac{L}{r} > 95$ $730,000 / \left(\frac{L}{r}\right)^2$

(a) 축방향 압축응력(충단면적 기준)(계속)

강종 판두께 (mm)	SM490C-TMC	SM520C-TMC	HSB500	HSB600 SM570-TMC
100 이하	$0 < \frac{l}{r} \leq 8$ 190 $8 < \frac{l}{r} \leq 115$ $190 - 1.26 \left(\frac{l}{r} - 8 \right)$ $\frac{l}{r} > 115$ $730,000 / \left(\frac{l}{r} \right)^2$	$0 < \frac{l}{r} \leq 7.5$ 215 $7.5 < \frac{l}{r} \leq 110$ $215 - 1.51 \left(\frac{l}{r} - 7.5 \right)$ $\frac{l}{r} > 110$ $730,000 / \left(\frac{l}{r} \right)^2$	$0 < \frac{l}{r} \leq 7$ 230 $7 < \frac{l}{r} \leq 100$ $230 - 1.69 \left(\frac{l}{r} - 7 \right)$ $\frac{l}{r} > 100$ $730,000 / \left(\frac{l}{r} \right)^2$	$0 < \frac{l}{r} \leq 7$ 270 $7 < \frac{l}{r} \leq 95$ $270 - 2.15 \left(\frac{l}{r} - 7 \right)$ $\frac{l}{r} > 95$ $730,000 / \left(\frac{l}{r} \right)^2$

(b) 휨압축응력(충단면적 기준)

강종 휨 축	SS400 SM400 SMA400	SM490 SM490C-T MC	SM 490Y SM 520 SMA 490 SM520C-T MC	SM 570 SMA 570 SM570-TM C	HSB500	HSB600
강축에 대한 휨	<p>(1) 강축에 대한 휨 표(a)의 세장비 (l/r) 대신에 다음 식으로 표시한 등가세장비 $(l/r)_e$를 사용.</p> $\left(\frac{l}{r} \right)_e = F \frac{l}{b^*}$ <p>여기서, I 형단면의 경우 $F = \sqrt{12 + 2\beta/\alpha}$ 박스거더단면의 경우 $\beta < \beta_0$: $F = 0$ $\beta_0 \leq \beta < 1$: $F = \frac{1.05(\beta - \beta_0)}{1 - \beta_0} \sqrt{3\alpha + 1} \sqrt{b/I}$ $1 \leq \beta < 2$: $F = 0.74 \sqrt{(3\alpha + \beta)(\beta + 1)} \sqrt{b/I}$ $2 \leq \beta$: $F = 1.28 \sqrt{3\alpha + \beta} \sqrt{b/I}$ $\beta_0 = \frac{14 + 12\alpha}{5 + 21\alpha}$ U형단면의 경우 $F = 1.1 \sqrt{12 + 2\beta/\alpha}$</p>					
약축에 대한 휨	140	190	215	270	230	270

주) ① 표(a)의 l 은 부재의 좌굴길이(mm), r 은 고려하는 축에 대한 총단면의 단면 2차 반지름(mm)을 나타낸다. 또한 l 의 값은 <표 9.4.3>을 준용한다.

② 표(b)의 l 은 플랜지의 고정점간거리(mm), b 는 플랜지의 폭(mm)을 나타낸다. 다만 *표시의 b 는 박스거더단면 및 U형단면의 경우 복부판 중심간격(mm)을, 하로 플레이트거더의 경우 주거더 중심간격(mm)을 나타낸다. a 는 플랜지의 두께(t_f)와 복부판 두께(t_w)의 비(t_f/t_w), β 는 복부판 높이(h)와 플랜지폭(b)의 비(h/b)이다.

(3) 좌굴길이(l)의 산정방법

① <표 9.4.2>의 축방향응력에 관한 식은 부재의 양단이 힌지인 압축재의 좌굴길이를 기초로 한 것이고, 또한 휨응력의 식에서는 등가세장비를 사용하여야 한다. 다음에 실제로 자주 사용되는 구조물의 좌굴길이의 산정방법에 대해 예시하였다.

가. 상로 플레이트거더교 : 압축플랜지, 수평브레이싱, 버팀재 등에 대해서는 l 이 골조길이가 되는 것이 원칙이다. 수직브레이싱에 있어서는 2개의 부재가 교차하고 있는 경우에 면외좌굴길이(l)는 골조길이를, 면내 좌굴길이(l)는 교점이 용접 또는 고장력볼트로 견고하게 연결되어 있으면 골조길이의 반으로 해야 한다.

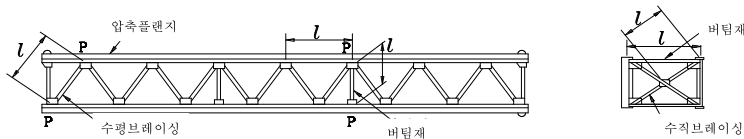


그림 9.4.1 상로 플레이트거더교

나. 상로 박스거더교 : 1실박스거더의 경우에 좌굴길이(l)는 지간을 취하지만, 복선에서 좌우의 박스거더가 견고하게 연결되어 있을 때에는 그 간격을 l 로 본다.

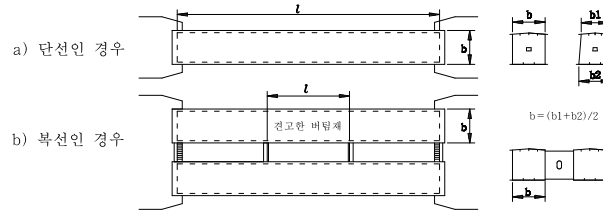


그림 9.4.2 상로 박스거더교

다. 하로 플레이트거더교 : 상부플랜지의 좌굴길이(l)는 가로보 및 니브레이스의 강도와 관계가 있는데 견고한 니브레이스가 있는 경우에는 가로보 간격으로 해야 한다. 또한 강바닥판식 하로 플레이트 거더의 경우에는 보통 사용되는 가로보의 간격과 강도라면 세장비가 작은 경우의 허용압축응력인 SM400의 140MPa, SM490의 190MPa, SM490Y 및 SM520의 215MPa, HSB500의 230MPa, HSB600 및 SM570의 270MPa를 사용해도 좋다. 하부수평브레이싱에 대해서는 X형으로 교차하는 2개중에서 1개만이 인장에 저항한다고 간주하는 것이 원칙이므로, 압축재로서 좌굴길이를 고려할 필요는 없고 인장재로서 세장비의 제한이 있다. 이때의 세장비의 계산에 사용하는 부재의 길이는 세로보 등으로부터 견고한 부재로 수평브레이싱 부재를 지지하는 경우는 수평브레이싱 면외방향에 대해서는 bb 또는 bp 를, 면내방향에 대해서는 ab 또는 bp 를 부재 길이로 간주할 수 있다.(<그림 9.4.3> 참조) 세로보의 상부플랜지에 수평브레이싱이 붙어 있는 경우는 「가.항」의 상로 플레이트거더 규정을 따른다. <그림 9.4.4>와 같이 중간에 버팀재와 보강재로 세로보의 전도에 저항하는 경우에는 l 은 버팀재에 의해 분할되는 것으로 한다.

라. 하로 박스거더교 : 가로보와 니브레이스가 있는 경우에는 l 을 가로보의 간격으로 하는 것이 일반적이나, 가로보의 강도가 충분하지 않은 경우에는 가로보의 강도를 고려하여 l 을 실제보다 길게 택할 필요가 있다.(<그림 9.4.5> 참조)

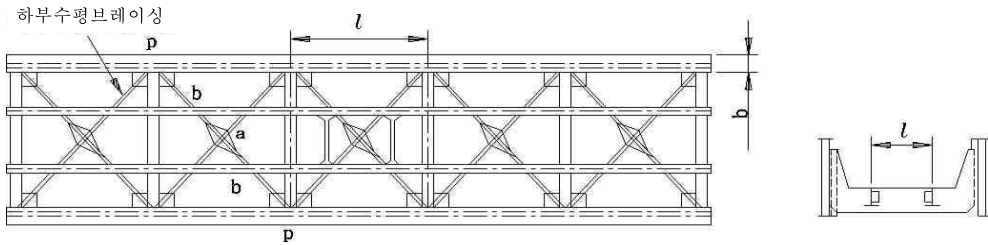


그림 9.4.3 하로 플레이트거더교

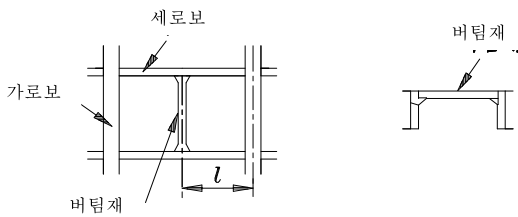


그림 9.4.4 세로보

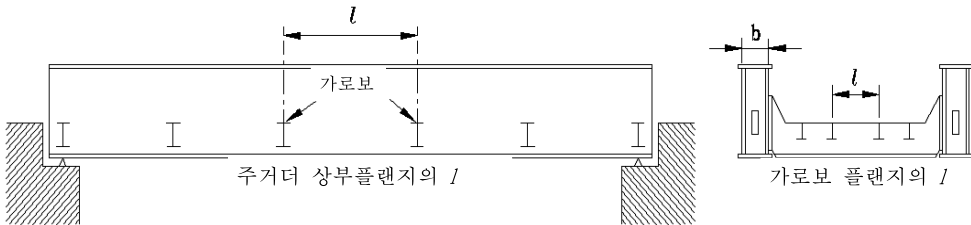


그림 9.4.5 하로 박스거더교

마. 상로 연속 박스거더교 : 박스거더 단면의 단선 상로 연속교의 경우는 <그림 9.4.6>을 준용하여야 한다. 복선에서 단일박스거더를 병렬배치하고 양박스거더를 중간에서 견고하게 결합한 경우에는 「나.항」을 기준으로 하여야 한다. 또한 하로 플레이트거더나 I형 단면의 2개 주거더를 수평브레이싱으로 연결한 경우, 주거더의 좌굴길이(l)는 「가.항」 및 「나.항」을 준용한다.

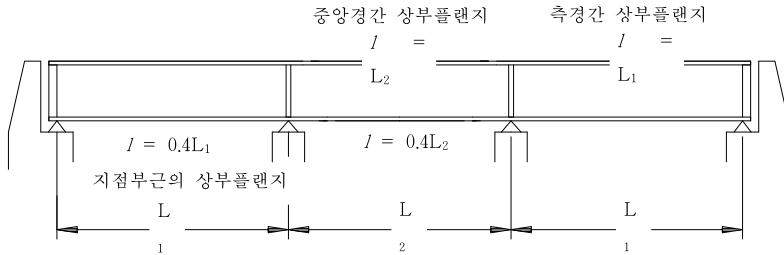


그림 9.4.6 상로연속박스거더교

바. 상로 게르버 박스거더교 : 1실박스거더의 경우, I 은 <그림 9.4.7>을 준용한다. 다만 그림(b)에 있어서 돌출길이 L_2 가 철도교에서는 일반적으로 작기 때문에 중앙 경간의 I 에 대해서는 연속거더의 중앙 경간의 경우와 다른 $I = L_3$ 를 취하는 것으로 하여야 한다. 병렬한 단선거더의 중간에서 서로 결합한 경우 및 하로 플레이트거더나 I형 단면 상로 플레이트거더의 경우 등에 대해서는 「마.항」에서 서술한 것과 동일하게 적용된다.

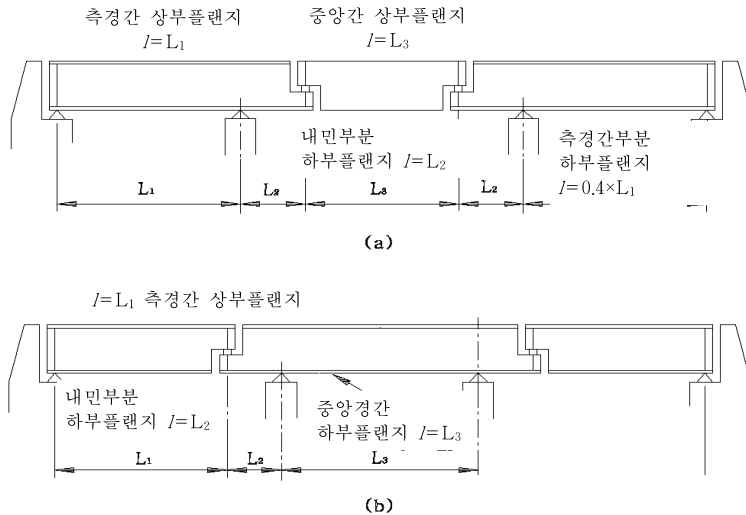


그림 9.4.7 상로 게르버 박스거더교

사. 드워프 거더교 : 드워프 거더의 경우는 우선 레일 지지부 간의 주 거더의 좌굴에 관해서 검토하고(<그림 9.4.8>의 I_1 과 b_1 참조), 1선로분(2주거더)의 부재의 좌굴을 검토해야 한다.(<그림 9.4.8>의 I_2 와 b_2 참조).

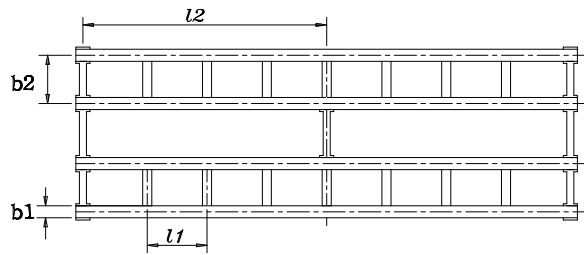


그림 9.4.8 드워프 거더교

아. 주트러스 부재 : <표 9.4.3>을 준용한다.(<그림 9.4.9> 참조).

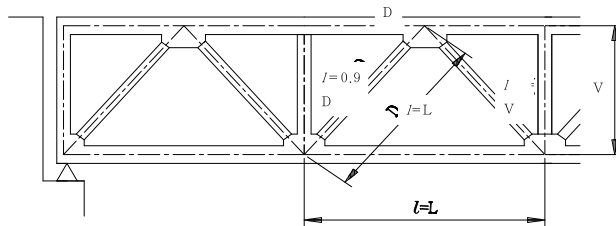


그림 9.4.9 트러스

표 9.4.3 부재의 좌굴길이

부재	I
트러스의 현재	골조길이
트러스의 복부재(면외)	골조길이
트러스의 복부재(면내)	골조길이의 0.9
수평브레이싱 및 수직브레이싱	골조길이

자. 라멘 교각 : 라멘 교각에 대해서는 거더와 기둥의 강성비, 지점 조건, 또는 라멘의 거더에 올려진 교량의 주거더가 라멘 구조를 어떻게 구속하고 있는가 등에 따라 압축부분을 검토하기 위한 I 의 산정방법이 달라진다. 라멘 구조 형식은 종류가 매우 많은데 <그림 9.4.10>에 나타낸 바와 같이 박스형 단면이며 1층 단경간 라멘의 거더 위에 교량의 주거더를 올려놓는 방식이 가장 많이 사용된다. 이러한 경우의 I 을 결정하는 방법을 <표 9.4.4>에 예시하였다. 기둥의 I 은 <표 9.4.4>의 값에 기둥의 길이 H 를 곱하여 구한다.

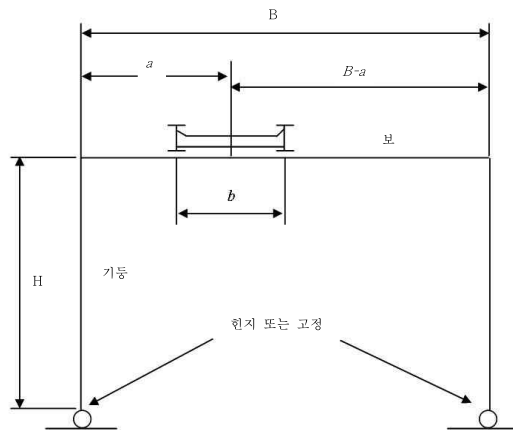


그림 9.4.10 라멘교각

표 9.4.4 라멘구조의 좌굴길이

기둥의 받침조건		힌지	고정
부재			
거더		$I = B$	$I = B$
기둥	라멘 면내	$\eta = 1.64 \sqrt{\frac{B}{B-a}}$ 단, $\eta \leq 2.32$	$\eta = 0.82 \sqrt{\frac{B}{B-a}}$ 단, $\eta \leq 1.16$
	라멘 면외	$\eta = \left(\frac{4a}{B} + 0.3\right) \left(1 - \frac{b}{B}\right)^2 + 0.7$ 단, $\eta \geq 1$	$\eta = 2$

여기서, B, H, b, a : <그림 9.4.10> 참조

η : 기둥의 좌굴 계산시 기둥길이에 곱하는 계수,

즉, $\eta = l/H$

차. 아치교 : 아치교의 경우는 「제 9장 9.13.3항」의 규정을 준용한다.

9.4.3 허용피로응력

(1) 일반내용

- ① 반복적인 응력을 받는 부재 및 연결부는 이 장에 규정된 일반허용응력조건과 함께 피로조건을 만족시켜야 한다. 다만, 압축응력만을 받는 부재는 피로 검토를 하지 않는다.
- ② 피로강도를 지배하는 주된 요소는 사용기간 중 예상되는 응력반복횟수, 응력범위의 크기 및 피로상세범주의 형태와 위치이다.
- ③ 응력반복횟수(N)는 예상통행량을 이용한 적절한 분석을 통해 결정해야 하지만, 교통량조사나 다른 고려사항이 없는 경우에는 <표 9.4.7>로부터 구한다. N은 종방향 부재에 대하여는 경간의 길이에 의해 결정되며 가로보와 행어 그리고 일부 트러스부재에 있어서는 궤도수에 따라 결정된다.
- ④ 피로설계에 적용하는 충격하중은 이 설계기준 「제8장 8.2.3(3) 및 8.2.3(4)항」에 규정된 충격하중을 <표 9.4.5>의 비율로 조정하여 구한다.

표 9.4.5 적용 비율

부재지간길이 L(m)	적용비율
$L \leq 9m$	100%
$L > 9m$	65%

- ⑤ 피로설계를 위한 활하중은 이 설계기준 「제8장 8.2.3항」의 규정을 준용한다.
- ⑥ 응력범위(f_R)은 활하중, 충격하중 그리고 원심하중에 의해서 계산된 최대응력값과 최소응력값의 차이로 규정한다.
- ⑦ 다양한 상세구조의 형식이나 위치는 <그림 9.4.11>과 <표 9.4.10>에 설명되어 있다.
- ⑧ 붕괴유발부재의 응력범위는 <표 9.4.8>에 기재된 허용응력범위를 넘어서는 안 된다.
- ⑨ 붕괴유발부재가 아닌 부재의 응력범위는 <표 9.4.9>에 기재된 허용응력범위를 넘어서는 안 된다.
- ⑩ 90m가 넘는 경간에 대하여는 반복횟수에 대한 적절한 분석이 필요하다.
- (2) 인장피로하중을 받는 고장력볼트 - 고장력볼트는 인장력을 받지 않도록 하는 것을 원칙으로 하나, 불가피한 경우 <표 9.4.6>에 따라 설계한다.

표 9.4.6 인장볼트의 허용피로응력범위(MPa)

반복 횟수	F8T	F10T(S10T)	F13T(S13T)
10만회	200	210	160
50만회	110	120	90
50만회 이상	100	110	80

제 9 장 강교 및 강합성교

표 9.4.7 응력반복횟수(N)

부재설명	휨부재 및 트러스부재의 지간길이(L) 및 하중조건	일정응력범위의 반복횟수(N)
분류 1 - 종방향 휨부재 와 그 연결부, 단주를 포 함하는 트러스 현재와 그 연결부	$L > 30m$	2,000,000회 미만
	$L \leq 30m$	2,000,000회 이상
분류 2 - 가로보와 연결 부, 가로보의 반력만을 전 달하는 트러스 행어, 부사 재와 그 연결부, 트러스 복부부재와 그 연결부	양궤도 하중	2,000,000회 미만
	단일궤도 하중	2,000,000회 이상

주) <표 9.4.7>은 「8.2.3항」에 규정된 활하중에 의하여 설계된 교량에 적용한
다.

표 9.4.8 허용피로응력범위(f_{Rfat}) - 붕괴유발부재인 경우(단위: MPa)

상세범주	응력반복횟수(N)	
	2,000,000회 미만	2,000,000회 이상
A	168	168
B	112	112
B'	77	77
C	70	63
	84 ¹⁾	77 ¹⁾
D	56	35
E	42	16
E' ²⁾	28	9
F	49	42

주) 1) 복부판과 플랜지의 수직보강재 용접부

2) 두께가 20mm이상인 플랜지를 갖는 붕괴유발부재에는 국부보강용 용접
덮개판을 사용해서는 안 된다.

표 9.4.9 허용피로응력범위(f_{Rfat}) - 붕괴유발부재가 아닌 경우(단위: MPa)

상세범주	응력반복횟수(N)	
	2,000,000회 미만	2,000,000회 이상
A	168	168
B	126	112
B'	101	84
C	91	70 또는 84 ¹⁾
D	70	49
E	56	31
E'	40	18
F	63	56

주) 1) 복부판과 플랜지의 수직보강재 용접부

제 9 장 강교 및 강합성교

표 9.4.10 피로상세범주

일반조건	상황	응력의 종류 ¹⁾	상세범주 (<표 9.4.8, 9.4.9> 참조)	적용 예 (<그림 9.4.11> 참조)
단순부재	압연면 또는 매끈한 면을 가진 모재	인장 또는 교변	A	1,2
아이바와 핀판	아이바와 핀판	인장	E	
코프	반경이 19mm보다 크거나 같은 표준 코프	인장 또는 교변	C	23
조립부재	응력방향과 평행하게 연속 완전용입 그루브용접(뒷담판 제거)이나 연속필릿 용접으로 접합되었으며 부착물이 없는 부재의 모재와 용접부	인장 또는 교변	B	3, 4, 5, 7
	응력방향과 평행하게 연속 완전용입 그루브용접(뒷담판 미제거)이나 연속 부분용입 그루브용접으로 접합되었으 며 부착물이 없는 부재의 모재와 용접 부	인장 또는 교변	B'	3, 4, 5, 7
	거더 복부판이나 플랜지에 설치된 수 직보강재의 용접단부	인장 또는 교변	C	6
	부분보강용 덮개판 끝의 모재(끝부분 의 용접처리 유무와 관계없이 끝이 직 각이나 테이퍼 처리된 플랜지보다 좁 은 덮개판, 또는 플랜지보다 넓고 끝 부분이 용접처리 되어 있는 덮개판) (a) 플랜지 두께 $\leq 20\text{mm}$ (b) 플랜지 두께 $> 20\text{mm}$	인장 또는 교변	E E'	7
	끝부분이 용접처리 되어 있지 않은 플 랜지보다 넓은 부분용접된 덮개판 끝 에서의 모재	인장 또는 교변	E'	7

표 9.4.10 피로상세범주(계속)

일반 조건	상황	응력의 종류 ¹⁾	상세범주 (<표 9.4.8, 9.4.9> 참조)	적용예 (<그림 9.4.11> 참조)
그루브 용접 연결부	비슷한 단면을 갖는 압연단면 또는 용접단면의 완전용입 그루브용접된 이음부나 인접부의 모재와 용접부(작용응력방향으로 용접부를 연마처리하고 용접부의 건전성을 비파괴검사를 통하여 검사한 경우)	인장 또는 교변	B	8, 10
	부재의 폭방향으로 600mm의 변화부 반경을 갖는 완전용입 그루브용접된 이음부나 인접부의 모재와 용접부(작용응력방향으로 용접부를 연마처리하고 용접부의 건전성을 비파괴검사를 통하여 검사한 경우)	인장 또는 교변	B	13
	부재의 폭방향 또는 두께방향 변화부(용접부경사가 1:2.5이하인 경우)에서의 완전용입 그루브용접된 이음부나 인접부의 모재와 용접부(작용응력의 방향으로 용접부를 연마처리하고 용접부의 건전성을 비파괴검사를 통하여 검사한 경우)	인장 또는 교변	B'	11, 12
	부재의 폭방향 또는 두께방향 변화부가 없거나 용접부경사가 1:2.5이하인 변화부가 있는 완전용입 그루브용접된 이음부나 그 인접부의 모재 또는 용접부(용접덧살을 제거하지 않고 용접부의 건전성을 비파괴검사를 통하여 검사한 경우)	인장 또는 교변	C	8, 10, 11, 12
종방향으로 응력을 받는 그루브 용접부착 ²⁾	응력방향으로의 이음부 길이 L이 50mm 이하인 경우, 완전 또는 부분용입 그루브 용접된 부착물의 이음부에 인접한 모재	인장 또는 교변	C	6, 15
	응력방향으로의 이음부의 길이 L이 50mm 이상이며 판두께의 12배 이하인 경우(단, 100mm이하), 완전 또는 부분용입 그루브 용접된 부착물의 이음부에 인접한 모재	인장 또는 교변	D	15

제 9 장 강교 및 강합성교

표 9.4.10 피로상세범주(계속)

일반 조건	상황	응력의 종류 ¹⁾	상세범주 (<표 9.4.8, 9.4.9> 참조)	적용예 (<그림 9.4.11> 참조)
종 방 향 으로 응 력을 받 는 그루 브 용 접 부착물 ²⁾ (계속)	응력방향으로의 이음부의 길이 L이 판두께의 12배 이상이거나 100mm이상인 경우, 완전 또는 부분용입 그루브용접으로 부착된 이음부에 인접한 모재 (a) 이음부 두께 < 25mm (b) 이음부 두께 ≥ 25mm	인장 또는 교변	E E'	15
	이음부의 길이와 상관없이 반경 R의 변화부를 갖는 완전 또는 부분용입 그루브용접으로 부착된 이음부에 인접한 모재. 아래의 원형반경을 갖고 용접단부를 연마처리한 경우: (a) $R \geq 600\text{mm}$ (b) $600\text{mm} > R \geq 150\text{mm}$ (c) $150\text{mm} > R \geq 50\text{mm}$ (d) $50\text{mm} > R \geq 0\text{mm}$	인장 또는 교변	B C D E	16
	변화부의 용접단부를 연마처리하지 않은 경우	인장 또는 교변	E	16
	이음부의 길이와 무관하고 비파괴검사를 통해 응력의 수직방향에 대한 용접의 건전성이 확인된 반경 R의 변화부를 갖는 완전용입 그루브용접으로 모재에 붙인 부착물	인장 또는 교변		16
횡 방 향 으로 응 력을 받 는 그루 브 용 접 부착물 ²⁾ ³⁾	- 판두께가 동일하며 용접덧살이 제거된 경우: (a) $R \geq 600\text{mm}$ (b) $600\text{mm} > R \geq 150\text{mm}$ (c) $150\text{mm} > R \geq 50\text{mm}$ (d) $50\text{mm} > R \geq 0\text{mm}$		B C D E	
	- 판두께가 동일하나 용접덧살이 제거되지 않은 경우: (a) $R \geq 150\text{mm}$ (b) $150\text{mm} > R \geq 50\text{mm}$ (c) $50\text{mm} > R \geq 0\text{mm}$	인장 또는 교변	C D E	16

표 9.4.10 피로상세범주(계속)

일반 조건	상황	응력의 종류 ¹⁾	상세범주 (<표 9.4.8, 9.4.9> 참조)	적용예 (<그림 9.4.11> 참조)
횡 방향으로 응력을 받는 그루브 용접 부착물 ^{2) 3)} (계속)	- 판두께가 다르고 용접덧살이 제거된 경우: (a) $R \geq 50\text{mm}$ (b) $50\text{mm} > R \geq 0\text{mm}$	인장 또는 교변	D E	16
	- 판두께가 다르고 용접덧살이 제거되지 않은 변화부 반경	인장 또는 교변	E	16
필릿용접 연결부	횡방향의 하중을 받고 응력방향에 수직하게 용접된 연결부의 모재	인장 또는 교변	C	14
	(a) 이음부의 두께 $\leq 12.5\text{mm}$ (b) 이음부의 두께 $> 12.5\text{mm}$	인장 또는 교변	그림참조	22
	불연속 필릿용접부의 모재	인장 또는 교변	E	
	필릿용접의 목부의 전단력	전단력	F(그림참조)	9
종 방향으로 응력을 받는 필릿용접부 착물 ^{2) 3) 4)}	응력방향으로 용접길이 L이 50mm보다 길지 않은 필릿용접으로 부착된 이음부에 인접한 모재: 스티드형태의 전단연결재	인장 또는 교변	C	15, 17, 18, 19, 20
	응력방향으로 용접길이 L이 50mm이상 그리고 판두께의 12배 이하(단, 100mm 이하)인 필릿용접으로 부착된 이음부에 인접한 모재	인장 또는 교변	D	15, 17
	응력방향으로 용접길이 L이 판두께의 12배 이상 또는 100mm이상인 필릿용접으로 부착된 이음부에 인접한 모재	인장 또는 교변	E	7, 9, 15, 17
	(a) 이음부두께 $< 25\text{mm}$ (b) 이음부두께 $\geq 25\text{mm}$	인장 또는 교변	E' E'	7, 9, 15
	이음부의 길이와 관계없이 반경 R의 변화부를 갖는 필릿용접으로 부착된 이음부에 인접한 모재: - 용접단부를 연마처리한 경우 (a) $R \geq 50\text{mm}$ (b) $50\text{mm} > R \geq 0\text{mm}$	인장 또는 교변	D E	16
	- 용접단부를 연마처리하지 않은 경우	인장 또는 교변	E	16

제 9 장 강교 및 강합성교

표 9.4.10 피로상세범주(계속)

일반 조건	상황	응력의 종류 ¹⁾	상세범주 (<표 9.4.8, 9.4.9> 참조)	적용예 (<그림 9.4.11> 참조)
주응력방향으로 용접된 횡방향으로 응력을 받는 필릿용접 부착물 ^{2) 4)}	이음부의 길이와 관계없이 반경 R의 변화부를 갖는 필릿용접으로 모재에 부착된 이음부(상세범주 F에 의해 결정되는 필릿용접 목부에 작용하는 전단응력): - 용접단부를 연마처리한 경우 (a) $R \geq 50\text{mm}$ (b) $50\text{mm} > R \geq 0\text{mm}$ - 용접단부를 연마처리하지 않은 경우	인장 또는 교번	D E	16
		인장 또는 교번	E	16
볼트 및 리벳 연결부	연결재에 면외 휨을 갖지 않는 고장력볼트 마찰이음부의 전단면에서의 모재	인장 또는 교번	B	21
	고장력볼트 지압이음의 순단면에서의 모재	인장 또는 교번	B	21
	리벳연결부의 순단면에서의 모재	인장 또는 교번	D	21

- 주) 1) 인장은 인장응력범위를 나타내고 교번은 반복응력 시 인장 및 압축이 모두 일어나는 응력범위를 나타낸다.
- 2) “종방향으로 응력”은 용접선에 평행한 응력의 방향을 나타내고, “횡방향으로 응력”은 용접선에 수직인 응력의 방향을 나타낸다.
- 3) 하중이 용접선에 수직으로 재하된 경우에는 부분용입 그루브용접을 피해야 한다.
- 4) 거더플랜지의 바깥 면에 연결된 연결판은 횡방향 필릿용접만으로 부착해서는 안 된다.

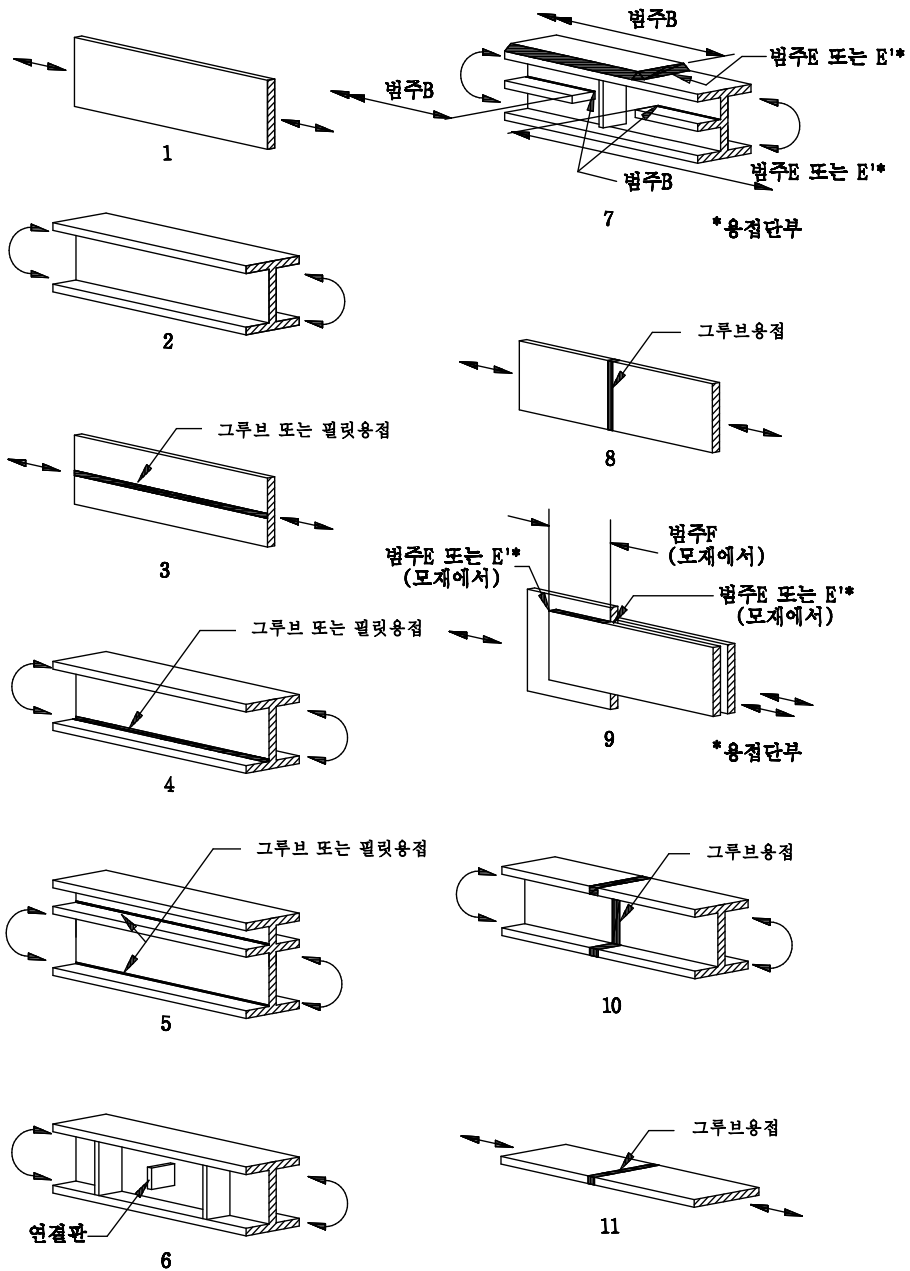


그림 9.4.11 피로상세범주

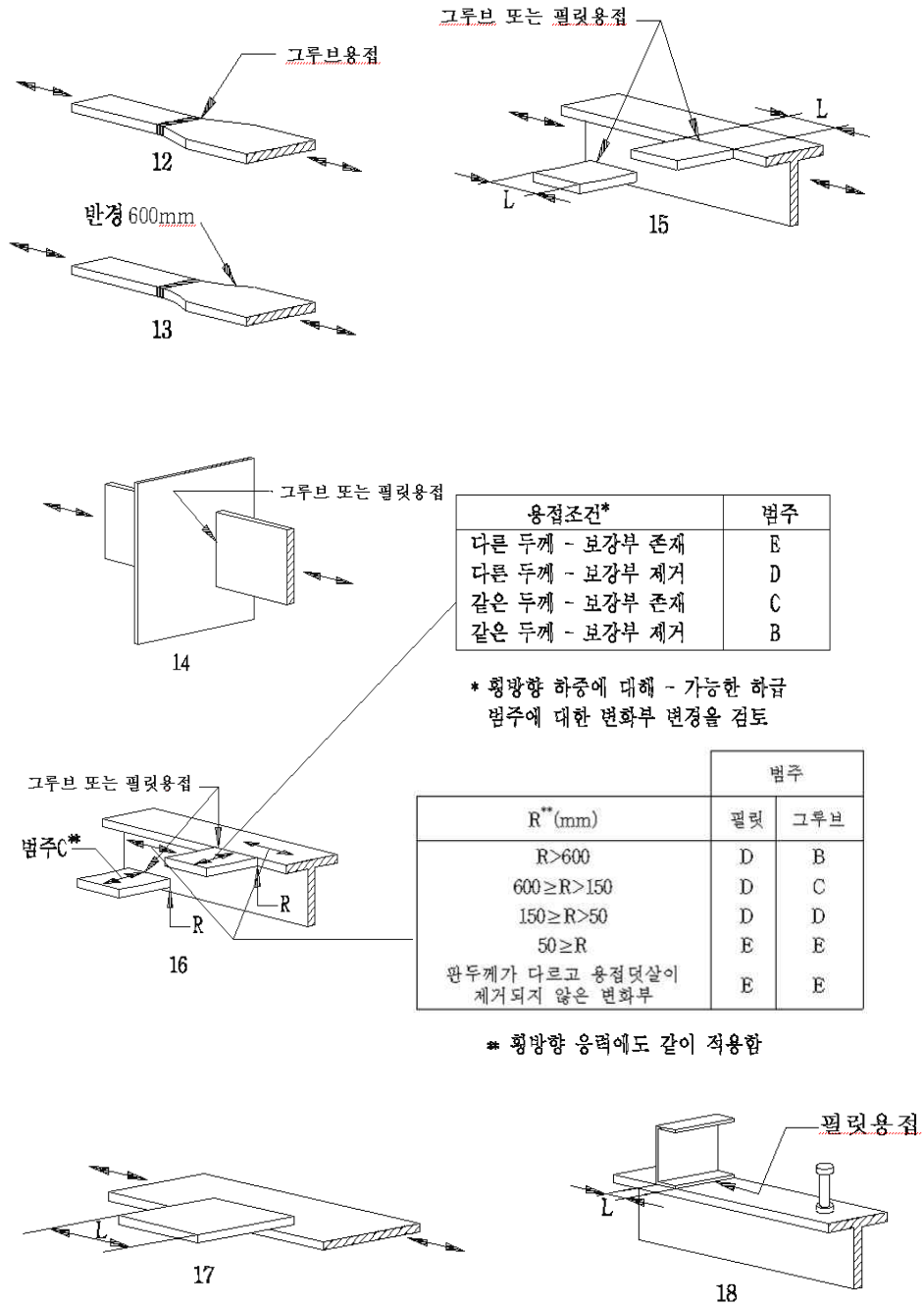
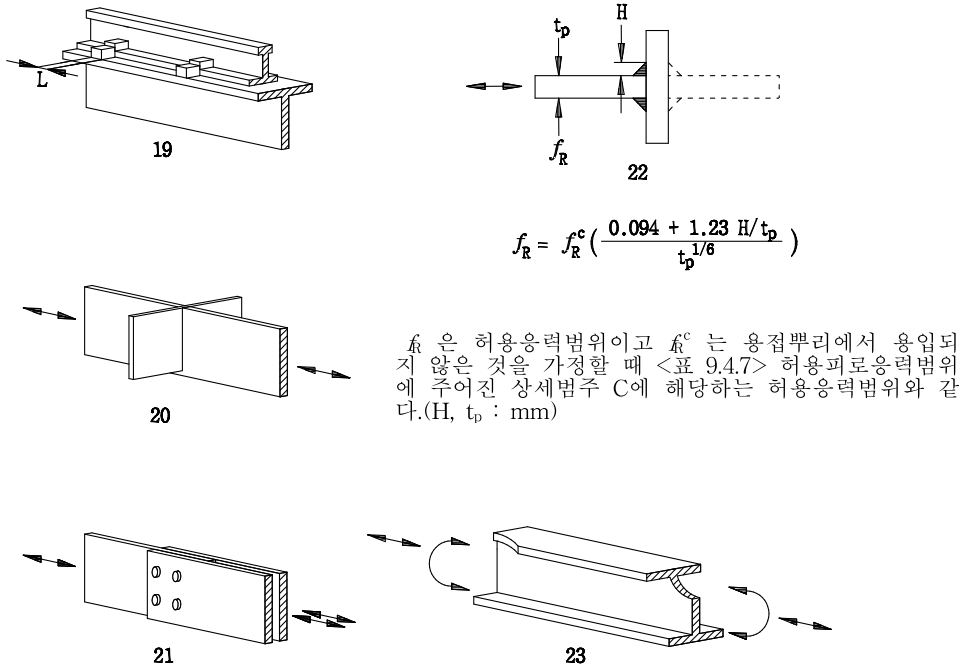


그림 9.4.11 피로상세범주(계속)



f_R 은 허용응력범위이고 f_R^c 는 용접뿌리에서 용입되지 않은 것을 가정할 때 <표 9.4.7> 허용피로응력범위에 주어진 상세범주 C에 해당하는 허용응력범위와 같다. (H, t_p : mm)

그림 9.4.11 피로상세범주(계속)

9.4.4 볼트 및 핀의 허용응력

(1) 볼트의 허용력 및 허용응력은 <표 9.4.11>, <표 9.4.12>, <표 9.4.13> 및 <표 9.4.14>에 표시한 값으로 한다.

표 9.4.11 마찰이음용 고장력볼트의 허용력(kN)(1볼트 1마찰면마다)

볼트의 등급 나사호칭	F8T	F10T	S10T ¹⁾	F13T	S13T ¹⁾
M20	31	39	39	50	50
M22	39	48	48	63	63
M24	45	56	56	73	73
M27	58	73	73	- ²⁾	- ²⁾
M30	71	89	89	- ²⁾	- ²⁾

주 : 1) S10T, S13T: T/S 볼트의 기계적 성질에 따른 등급을 나타내는 기호

2) 볼트등급 F13T의 나사호칭 M27과 M30은 본 기준에 포함되지 않음

제 9 장 강교 및 강합성교

3) 모재의 허용지압응력으로 결정되는 허용력을 초과할 수 없음

표 9.4.12 지압이음용 고장력볼트의 허용전단응력(MPa)

볼트의 등급	B8T	B10T	B13T
허용전단응력	150	190	245

표 9.4.13 지압이음용 볼트를 적용한 모재의 허용지압응력(MPa)

모재 및 거세트판의 강종 강재판두께(mm)	SS400 SM400 SMA400	SM490	SM490Y SM520 SMA490	SM570 SMA570
40 이하	235	315	355	450
40 초과 75 이하	215	295	335	430
75 초과 100이하			325	420

모재 및 거세트판의 강종 강재판두께(mm)	SM490C-TMC	SM520C-TMC	HSB500	HSB600 SM570-TMC
100 이하	315	355	380	450

표 9.4.14 일반볼트의 허용응력(MPa)

볼트의 등급	일반볼트 강도구분 4.6
허용전단응력	90
허용지압응력	190

(2) 핀에 대한 기본허용응력은 <표 9.4.15>에 표시한 값으로 한다.

표 9.4.15 핀의 허용응력(MPa)

응력의 종류 \ 강종		SS400	SM35C	SM45C
휨응력		190	260	290
전단응력		100	140	150
지압응력	회전을 동반하지 않는 경우	210	280	310
	회전을 동반하는 경우	105	140	155

9.4.5 받침의 허용응력

이 설계기준 「제8장 8.4.1(4)항」의 규정을 준용한다.

9.5 부재에 관한 일반사항

9.5.1 일반내용

(1) 이 절은 강교 및 강합성교의 설계에 적용하는 부재에 관한 일반사항을 규정하였다.

(2) 기호

- A = 복부판 및 플랜지의 중심선으로 둘러싸인 면적(mm²)
 A_{fg} = 강축에 대한 인장플랜지의 총단면적(mm²)
 A_{fg}' = 약축에 대한 인장플랜지의 총단면적(mm²)
 A_{fn} = 강축에 대한 인장플랜지의 순단면적(mm²)
 A_{fn}' = 약축에 대한 인장플랜지의 순단면적(mm²)
 A_g = 단면의 총단면적(mm²)
 A_n = 단면의 순단면적(mm²)
 A_w = 복부판의 총단면적(mm²)
 f = 「9.5.2 ①항」의 규정에 의해 산출한 휨응력(MPa)
 f_a = <표 9.4.1>의 ①, ④, ⑥, ⑧(MPa)
 f_c = 휨 압축연단 응력(MPa)
 f_{cao} = <표 9.4.2>에 나타낸 $l/r \approx 0$ 때의 허용압축응력(MPa)
 f_t = 휨 인장연단 응력(MPa)

- f_{ta} = <표 9.4.1>에 규정한 기본 허용인장응력(MPa)
 I = 플레이트거더의 총단면의 중립축에 대한 단면2차모멘트 (mm^4)
 I_x = 강축에 대한 총단면의 단면2차모멘트(mm^4)
 I_y = 약축에 대한 총단면의 단면2차모멘트(mm^4)
 I = 부재의 좌굴길이(mm)
 M = 휨모멘트($\text{N} \cdot \text{mm}$)
 M_{eq} = 휨모멘트가 직선적으로 변화하는 경우의 등가모멘트 ($\text{N} \cdot \text{mm}$)
 M_t = 전단 중심에서의 비틀림모멘트($\text{N} \cdot \text{mm}$)
 M_x = 강축에 작용하는 휨모멘트($\text{N} \cdot \text{mm}$)
 M_{xa} = 횡좌굴을 고려한 강축에 대한 허용휨모멘트($\text{N} \cdot \text{mm}$)
 M_y = 약축에 작용하는 휨모멘트($\text{N} \cdot \text{mm}$)
 M_{yao} = 약축에 대한 허용휨모멘트($\text{N} \cdot \text{mm}$)
 P = 부재에 작용하는 축방향력(N)
 P_{ca} = 강축 또는 약축에 관한 허용좌굴응력 가운데 작은 쪽의 값(N)
 r = 고려하는 축에 대한 총단면의 단면2차반지름(mm)
 S = 계산 단면에 작용하는 전단력(N)
 t = 복부판 또는 플랜지의 두께(mm)
 y = 플레이트거더 총단면의 중립축에서부터 응력을 계산하고자 하는 위치까지의 거리(mm)
 y_c = 플레이트거더 총단면의 중립축에서 압축연단까지의 거리 또는 강축에서부터 휨에 관한 압축연단까지의 거리(mm)
 y_c' = 약축에서부터 휨에 관한 압축연단까지의 거리(mm)
 y_t = 플레이트거더 총단면의 중립축에서 인장연단까지의 거리 또는 강축에서부터 휨에 관한 인장연단까지의 거리(mm)
 y_t' = 약축에서부터 휨에 관한 인장연단까지의 거리(mm)
 v = 「9.5.4항」 또는 「9.10.2(4)항」에 의해 산출한 전단응력
-

(MPa)

$$v_a = \text{<표 9.4.1>의 ②, ⑤, ⑦, ⑧(MPa)}$$

$$v_m = \text{복부판에 작용하는 평균 전단응력(MPa)}$$

$$v_t = \text{비틀림모멘트에 의한 전단응력(MPa)}$$

9.5.2 부재의 휨응력

- (1) 플레이트거더 및 이것과 유사한 구조물에 발생하는 휨모멘트에 의한 응력은 다음 각항에 따라 계산하여야 한다.

① 휨모멘트에 의한 응력

$$f = \frac{M}{I} y \quad (9.5.1)$$

여기서, f : 휨응력(MPa)

M : 휨모멘트(N · mm)

I : 총단면의 중립축에 대한 단면2차모멘트(mm⁴)(「②항」에서도 동일)

y : 총단면의 중립축에서부터 응력을 계산하고자 하는 위치까지의 거리(mm)

② 휨모멘트에 의한 연단응력

$$f_c = \frac{M}{I} y_c, \quad f_t = \frac{M}{I} y_t \frac{A_{fg}}{A_{fn}}$$

(9.5.2)

여기서, f_c : 휨 압축연단 응력(MPa)

f_t : 휨 인장연단 응력(MPa)

y_c : 총단면의 중립축에서 압축연단까지의 거리(mm)

y_t : 총단면의 중립축에서 인장연단까지의 거리(mm)

A_{fg} : 인장 플랜지의 총단면적(mm²)

A_{fn} : 인장 플랜지의 순단면적(mm²)

9.5.3 축방향력과 휨모멘트를 받는 부재의 검토

(1) 축방향력과 휨모멘트를 동시에 받는 부재는 각각에 대해 「9.4.1항 및 9.4.2항」의 규정 이외에 다음의 조건도 만족시켜야 한다.

(2) 응력 검토

① 축방향력이 인장인 경우

$$\text{가. 인장응력 검토 : } \frac{P}{A_n} + \frac{M_x}{I_x} y_t \frac{A_{fg}}{A_{fn}} + \frac{M_y}{I_y} y_t' \frac{A_{fg}'}{A_{fn}'} \leq f_{ta} \quad (9.5.3)$$

$$\text{나. 압축응력 검토 : } -\frac{P}{A_g} + \frac{M_x}{I_x} y_c + \frac{M_y}{I_y} y_c' \leq f_{cao} \quad (9.5.4)$$

② 축방향력이 압축인 경우

$$\text{가. 인장응력 검토 : } -\frac{P}{A_g} + \frac{M_x}{I_x} y_t \frac{A_{fg}}{A_{fn}} + \frac{M_y}{I_y} y_t' \frac{A_{fg}'}{A_{fn}'} \leq f_{ta} \quad (9.5.5)$$

$$\text{나. 압축응력 검토 : } \frac{P}{A_g} + \frac{M_x}{I_x} y_c + \frac{M_y}{I_y} y_c' \leq f_{cao} \quad (9.5.6)$$

(3) 좌굴검토

$$\frac{P}{P_{ca}} + \frac{M_x}{M_{xa}} + \frac{M_y}{M_{ya0}} \leq 1.0 \quad (9.5.7)$$

다만, 축방향 인장력의 경우에는 $P = 0$ 으로 하여야 한다.

여기서, P : 부재에 작용하는 축방향력(N) 다만 「8.3.3항」의 규정에 따라 허용응력을 할증하여 하중조합을 한 경우에는 <표

8.3.1>에 표시한 계수로 나눈 값이다.

M_x, M_y : 각각 강축 및 약축에 작용하는 휨모멘트(N·mm) 다만 「8.3.3항」의 규정에 따라 허용응력을 할증하여 하중조합을 한 경우는 <표 8.3.1>에 표시한 계수로 나눈 값이다. 또한 <식 9.5.3>, <식 9.5.4>, <식 9.5.5> 및 <식 9.5.6>에서의 휨모멘트는 검토하려는 단면에 대한 값이고, <식 9.5.7>에서의 휨모멘트는 한 끝의 모멘트 M_1 으로부터 다른 끝의 모멘트 M_2 까지 직선적으로 변화하는 경우 <식 9.5.8>으로 계산되는 등가모멘트 M_{eq} 로 하여야 한다.

$$M_{eq} = 0.6M_1 + 0.4M_2 \quad (9.5.8)$$

다만 $M_1 \geq M_2$ 이고 $M_{eq} \geq 0.4M_1$ 으로 하여야 한다.

I_x, I_y : 각각 강축 및 약축에 대한 총단면의 단면 2차 모멘트 (mm^4)

A_n, A_g : 각각 검토하려는 단면의 순단면적 및 총단면적(mm^2)

A_{fn}, A_{fg} : 각각 검토하려는 강축에 대한 플랜지의 순단면적 및 총단면적(mm^2)

A'_{fn}, A'_{fg} : 각각 검토하려는 약축에 대한 플랜지의 순단면적 및 총단면적(mm^2)

y_t, y_c : 각각 강축에서부터 휨에 관한 인장 및 압축연단까지의 거리 (mm)

y'_t, y'_c : 각각 약축에서부터 휨에 관한 인장 및 압축연단까지의 거리 (mm)

f_{ta} : 「9.4.2항」에 규정한 기본 허용인장응력(MPa)

f_{cao} : <표 9.4.2>에서 $l/r \approx 0$ 때의 허용 압축응력(MPa). 다만 최대폭-두께비를 완화한 경우에는 <표 9.6.3>에 나타난 거더의 압축 플랜지의 허용압축응력(MPa)(다만 <표 9.6.3>의 단

서는 고려하지 않는다.)

P_{ca} : 강축 또는 약축에 관한 허용좌굴응력(N) 가운데 작은 쪽의 값으로 $A_g f_{ca}$ 로 계산하여야 한다. 이 경우의 f_{ca} 는 <표 9.4.2>에 나타난 l/r 에 따라 변화하는 허용축방향 압축응력(MPa)이다. 다만 최대폭-두께비를 완화하는 경우에는 <표 9.6.3>에 나타난 기둥의 허용압축응력(MPa)을 적용한다.

M_{xa} : 횡좌굴을 고려한 강축에 대한 허용휨모멘트(N·mm)로서 $f_{ca} I_x / y_c$ 로 계산하여야 한다. 이 경우 f_{ca} 는 <표 9.4.2>에 나타난 $(l/r)_e$ 에 따라 변화하는 허용압축응력(MPa)이다. 다만 최대폭-두께비를 완화하는 경우에는 <표 9.6.3>에 나타난 거더의 압축플랜지의 허용압축응력(MPa)을 적용한다.

M_{yao} : 약축에 대한 허용휨모멘트(N·mm)로서 $f_{ca} I_y / y_c$ 로 계산하여야 한다. 이 경우 f_{ca} 는 <표 9.4.2>에 나타난 $(l/r)_e \approx 0$ 일 때의 허용휨압축응력(MPa)이다.

(4) 피로에 대해서는 「9.4.3항」의 규정에 따라 검토한다. 이 때 f_{max} 및 f_{min} 은 「9.5.2항」에 의한 휨응력과 「9.5.6(1)항」 또는 「9.5.6(3)항」에 의한 축방향력이 동시에 작용하는 경우에 대해 합산한 계산작용응력의 대수적 최대치 및 최소치를 적용해야 한다.

9.5.4 부재의 전단응력

(1) 플레이트거더 및 이것과 유사한 구조물의 복부판의 평균 전단응력은 <식 9.5.9>에 의해 계산한다.

$$v_m = \frac{S}{A_w} \quad (9.5.9)$$

여기서, v_m : 복부판에 작용하는 평균 전단응력(MPa)

S : 계산 단면에 작용하는 전단력(N)

A_w : 복부판의 총단면적(mm²)

위에서, 복부판의 평균 전단응력은 전단력이 복부판에 균일하게 작용하는 것으로 가정한 약산식으로 복부판의 전단응력에 의한 좌굴 검토 또는 허용전단응력을 비교하는 경우에 사용하여야 한다. 다만, 플랜지와 복부판을 연결하는 필릿용접부에 작용하는 전단응력을 계산하는 경우에는 「9.10.2(4)항」을 적용한다.

(2) 비틀림에 의한 전단응력

- ① 박스거더의 비틀림모멘트에 의한 전단응력은 <식 9.5.10>에 의해 계산한다.

$$v_t = \frac{M_t}{2At} \quad (9.5.10)$$

여기서, v_t : 비틀림모멘트에 의한 전단응력(MPa)

M_t : 전단 중심에서의 비틀림모멘트(N · mm)

A : 복부판 및 플랜지의 중심선으로 둘러싸인 면적(mm²)

t : 복부판 또는 플랜지의 두께(mm)

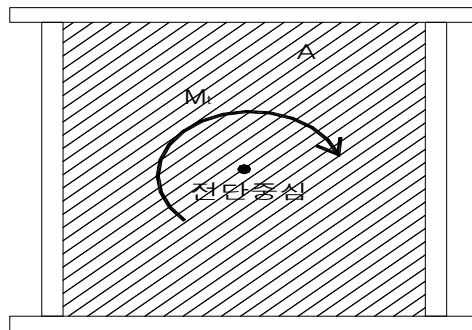


그림 9.5.1 전단중심 및 비틀림모멘트

- ② 일반적으로 철도교에 이용되는 박스거더의 경우 위에 나타난 식에 의해 전단력을 구해도 실용상 충분한 정밀도를 갖는다. 박스거더의 비틀림모멘트는 원심력, 차량횡하중 또는 차륜횡압하중, 곡선의 편심 및 열차제하시의 풍하중과 지진의 영향 등의 횡력에 의해 발생되므

로, 비틀림모멘트에 의한 전단응력 v_t 를 「9.5.4(1)항」에서의 전단응력에 가산해야 한다.

9.5.5 휨모멘트와 전단력과 합성응력 검토

(1) 합성응력의 검토

- ① 플레이트거더 및 이와 유사한 구조물에 휨응력 및 전단응력이 동시에 작용하는 경우에는 <식 9.5.11>에 의해 검토해야 한다.

$$\sqrt{\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{v}{v_a}\right)^2} \leq 1.1 \quad (9.5.11)$$

다만, f 및 v 는 각각 f_a 및 v_a 이하이어야 한다.

여기서, f : <식 9.5.1>에 의해 산출한 휨응력(MPa)

v : 「9.5.4항」 또는 「9.10.2(4)항」에 의해 산출한 전단응력 (MPa)

f_a : <표 9.4.1>에서의 ①, ④, ⑥, ⑧(「8.3.3항」의 규정에 의해 증가된 경우를 포함해야 한다.)

v_a : <표 9.4.1>에서의 ②, ⑤, ⑦, ⑧(「8.3.3항」의 규정에 의해 증가된 경우를 포함해야 한다.)

- ② 플레이트거더의 복부판과 플랜지를 연결하는 필릿용접, I형강 또는 H형강의 목부분 등에서 전단력이 상대적으로 큰 경우에는 휨모멘트와 전단력에 의한 합성응력의 검토가 필요하다.(<그림 9.5.2> 참조) 다만 복부판과 플랜지를 연결하는 필릿용접부의 목두께의 합계가 복부판 두께보다 크게 되어 복부판에 대한 검토가 된 경우에는 용접부를 특별히 검토할 필요는 없다. 그러나 두꺼운 복부판이 이용되거나 복부판에 작용하는 전단응력이 작을 경우 필릿용접치수가 상대적으로 작게 적용될 수 있는데, 이 경우에는 목두께면에 대하여 합성응력을 검토해야 한다.

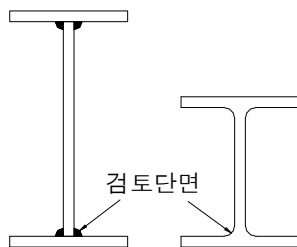


그림 9.5.2 검토단면

- ③ 연속 플레이트거더나 캔틸레버 거더의 중간지점 부근, 하로플레이트 거더나 트러스의 가로보 및 라멘 모서리부 부근 등은 f , v 가 동시에 크게 되므로 주의를 요한다. 또, 단순거더에서도 거더 끝에 가깝고, 전단력이 큰 위치에서 작은 플랜지 단면을 사용한 경우에는, 합성응력이 크게 되는 경우가 있으므로 검토해야 한다.

(2) 피로 검토

- ① 피로 검토는 원칙적으로 「9.4.3항」에 의한다. 즉, 수직응력과 전단응력의 각각에 대해 「9.4.3항」에 따라서 피로 검토를 한 경우에는 원칙적으로 합성응력에 대한 피로 검토를 하지 않아도 된다. 다만, 받침보와 가로보 등, 수직응력과 전단응력이 동시에 최대가 될 수도 있는 부재에 대해서는 합성응력에 대한 피로 검토를 하여야 한다. 그 경우 피로 검토는 <식 9.5.12>에 의해 산출한 합성응력의 응력범위 (Δf_p)와 「9.4.3항」에 규정한 허용피로응력범위를 이용해 검토하면 된다.

$$f_{pmax} = \frac{1}{2} (f_{max} + \sqrt{f_{max}^2 + 4v_{max}^2}) \quad (9.5.12)$$

$$f_{pmin} = \frac{1}{2} (f_{min} + \sqrt{f_{min}^2 + 4v_{min}^2}) \quad (9.5.13)$$

$$\Delta f_p = f_{pmax} - f_{pmin} \quad (9.5.14)$$

여기서, f_{max} : 최대휨응력(MPa)

f_{min} : 최소휨응력(MPa)

v_{max} : 최대전단응력(MPa)

$v_{\min}$: 최소전단응력(MPa)

f_{pmax} : 최대주응력(MPa)

f_{pmin} : 최소주응력(MPa)

Δf_p : 응력범위(MPa)

9.5.6 부재의 유효단면적

(1) 인장부재의 유효단면적

- ① 인장부재의 유효단면적은 순단면적을 적용한다.
- ② 피로 검토를 하는 경우 인장부재의 유효단면적은 고장력볼트 마찰이음에 대해서는 총단면적을 적용한다.
- ③ 관련세부사항은 「9.8항」을 참조한다.

(2) 인장 L형강의 유효단면적

1개 또는 2개의 L형강으로 구성된 인장 부재가 연결판의 한쪽 면에만 연결되어 편심에 의한 휨모멘트가 발생하는 경우에는 <그림 9.5.3(a),(b)>와 같이 연결판에 연결시킨 다리의 순단면적과 연결되지 않은 다리의 1/2높이까지의 단면적을 합한 면적을 유효단면적으로 한다. <그림 9.5.3(c)>와 같이 전체 인장 부재의 중심축이 연결판 면 내에 위치하는 편심 연결의 경우와 <그림 9.5.3(d),(e)>와 같이 전체 인장 부재의 중심축이 연결판의 중심축과 일치하여 연결부의 편심에 의한 휨모멘트가 발생하지 않는 경우에는 연결판에 연결되지 않은 다리의 전체 단면적을 포함한 인장 부재의 순단면적을 유효단면적으로 간주한다. 한편, 이 규정은 부재의 세장비를 계산할 경우에는 고려할 필요가 없다.

- (3) 압축부재의 유효단면적은 총단면적으로 하여야 한다. 단지, 일반볼트의 구멍과 핀을 위한 구멍은 공제하는 것으로 한다.
- (4) 휨과 부정정력 등을 계산하는 경우의 유효단면적은 총단면적을 적용한다.

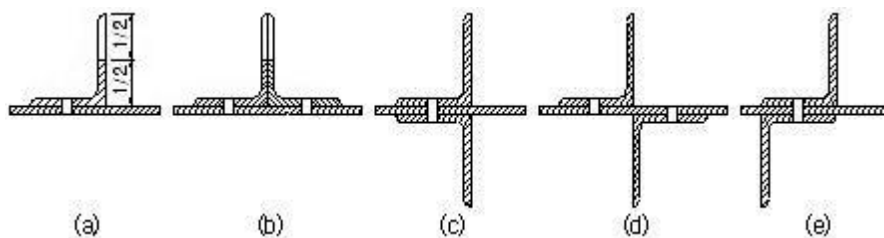


그림 9.5.3 편심의 영향을 고려한 인장 L형강의 유효단면적

9.6 판요소의 폭-두께비와 보강재

9.6.1 일반내용

- (1) 이 절은 강교 및 강합성교 판요소의 폭-두께비와 보강재에 관한 일반적인 사항을 규정하였다.
- (2) 보강재의 강종은 보강되는 판의 강종과 동등 이상의 강도를 가지는 재료를 사용해야 한다.
- (3) 기호

b = 판의 폭(mm)

$(b/t)_o$ = 판의 최대폭-두께비

$(b/t)_s$ = 실제 설계에 이용하는 폭-두께비

D = 복부판의 높이(mm)

d = 중간수직보강재의 간격(mm)

d_s = 실제 설계에서 정한 보강재 간격(mm)

f = 복부판의 연단압축응력(MPa)

f_1, f_2 = 축방향 압축력과 휨모멘트에 의해 양단에서 발생하는 합응력(MPa)

f_{cag} = I/r 에 의해 변화하는 허용압축응력(MPa)

f_{cao} = $I/r = 0$ 의 경우의 허용압축응력(MPa)

I = 수평보강재의 총단면의 단면2차모멘트(mm⁴)

l = 부재의 좌굴길이(mm)

- n = 보강재에 의해 나뉘어지는 수
 r = 고려하는 축에 대한 총단면의 단면2차반지름(mm)
 t = 판의 두께(mm)
 α = 판의 길이(a)와 판의 폭(b)과의 비(a/b)
 γ = 강성비
 δ = 보강재 1개의 단면적 (A_s)과 보강판의 단면적($b \cdot t$)과의 비
 Ψ = 판요소의 양단에서 발생하는 응력의 비($-1.0 \leq \Psi \leq 1.0$)
 v = 전단응력(보강재 사이의 평균치)(MPa)

9.6.2 축방향 압축력을 받는 판요소

(1) 최대폭-두께비

- ① 이 항목은 부재를 구성하는 판이 전 폭에 걸쳐 등분포된 압축력을 받을 경우, 판의 좌굴에 대해서 안전을 확보하기 위해 규정한 것이다. 기둥처럼 축방향 압축력을 받는 부재의 각 판요소뿐만 아니고, 휨을 받는 플레이트거더의 압축플랜지처럼 일정한 압축응력을 받는 판요소에 대해서도 적용한다.(「9.10항」 참조)
- ② 부재의 축방향으로 압축력을 받는 판의 최대폭-두께비는, 판 끝의 지지조건에 따라서 <표 9.6.1>을 적용한다.
- ③ 작용응력이 허용응력에 비해서 작은 부재 및 가설 시에 일시적인 압축응력을 받는 부재에 대해서, <표 9.6.1>의 판의 최대폭-두께비에 <표 9.6.2>의 계수를 곱해서 완화할 수 있다. 이 경우의 허용압축응력은 <표 9.6.3>에 의해 계산한다.

표 9.6.1 판의 최대폭-두께비 ($(b/t)_o$)

판 끝의 지지조건 강종	자유 돌출판	양연 지지판	양연 지지되고 판 폭의 n등분선 상에 각각 보강재가 있는 판 (보강된 판)
SS400, SM400 SMA400	12.5	40	28n
SM490 SM490C-T MC	11	34	24n
SM490Y SM520 SMA490 SM520C-T MC	10	32	22n
SM570 SMA570 SM570C-T MC	9	28	20n
HSB500	10	31	21n
HSB600	9	28	20n
적용 예			

표 9.6.2 판의 최대폭-두께비 완화계수 및 상한치

부재명	판의 종류	상시	가설시	
		계수	계수	폭-두께비 상한치
기둥	자유 돌출판	$\sqrt{\frac{f_{cag}}{f}}$ 단, 1.2이하	$\sqrt{\frac{f_{cag}}{f}}$	16
	양연 지지판			60
	보강판	$3 - \frac{2f}{f_{cag}}$ 단, 1.7이하	$3 - \frac{2f}{f_{cag}}$	60n
거더의 압축플랜지	자유 돌출판	$\sqrt{\frac{f_{cao}}{f}}$ 단, 1.2이하	$\sqrt{\frac{f_{cao}}{f}}$	16
	양연 지지판			60
	보강판	$3 - \frac{2f}{f_{cao}}$ 단, 1.7이하	$3 - \frac{2f}{f_{cao}}$	60n

표 9.6.3 최대폭-두께비 완화에 따른 허용압축응력

부재명	판의 종류	허용압축응력
기둥	자유 돌출판	$f_{ca} = f_{cag} \cdot \frac{(b/t)_o^2}{(b/t)_s^2}$
	양연 지지판	
	보강판	$f_{ca} = f_{cag} \cdot \left\{ 1.5 - \frac{(b/t)_s}{2(b/t)_o} \right\}$
거더의 압축플랜지	자유 돌출판	$f_{ca} = f_{cao} \cdot \frac{(b/t)_o^2}{(b/t)_s^2}$, 단 f_{bag} 이하
	양연 지지판	
	보강판	$f_{ca} = f_{cao} \cdot \left\{ 1.5 - \frac{(b/t)_s}{2(b/t)_o} \right\}$, 단 f_{bag} 이하

여기서, $(b/t)_o$: <표 9.6.1>에서 정하는 최대폭-두께비

$(b/t)_s$: 실제 설계에 이용하는 폭-두께비

n : 보강재에 의해 나누어지는 수(「9.6.2항」과 동일)

b : 보강된 판의 폭(mm)(표 9.6.1의 적용예를 참조)

t : 보강된 판의 두께(mm)(표 9.6.1의 적용예를 참조)

f : 최대작용압축응력(MPa) 다만 허용응력을 증가시켜도 좋은 하중의 조합이 되는 경우에는 「제8장」 <표 8.3.1>의 계수로 나눈 값이다.

f_{cag} : <표 9.4.2(a)>에서 I/r 에 의해 변화하는 허용압축응력(MPa)

f_{cao} : <표 9.4.2(a)>에서 $I/r = 0$ 의 경우의 허용압축응력(MPa)

f_{bag} : <표 9.4.2(b)>에서 $(I/r)_e = 0$ 에 의해 변화하는

허용 압축 응력(MPa)

(2) 보강재의 소요강도

- ① 양쪽에서 지지되고 있는 판에서, 판 폭의 n 등분선상에 각각 보강재가 있는 경우(<표 9.6.1>의 ③)의 종방향 보강재 하나의 소요단면2차 모멘트(I)는 <식 9.6.1>에 의해서 산출한 값 이상이어야 한다.

$$I = \frac{1}{11} b t^3 \gamma \quad (9.6.1)$$

여기서, b : <표 9.6.1>의 ③에 보이는 판의 폭(mm)

γ : <식 9.6.2>~<식 9.6.5>에 의해서 산출된 강성비

또한, 각 보강재의 최대폭-두께비는 <표 9.6.1>의 ①에 의하여야 한다. 다른 단면형태의 보강재를 이용하는 경우에는 이에 해당되지 않는다.

가. $\frac{(b/t)_s}{(b/t)_o} > \sqrt{\frac{1+a^2}{2n^2(1+n\delta)}}$ 의 경우

$$\frac{(b/t)_s}{(b/t)_o} \leq 1: \gamma = 4a^2n \left\{ \frac{(b/t)_s}{(b/t)_o} \right\}^2 (1+n\delta) - \frac{(1+a^2)^2}{n} \quad (9.6.2)$$

$$\frac{(b/t)_s}{(b/t)_o} > 1: \gamma = 4a^2n(1+n\delta) - \frac{(1+a^2)^2}{n} \quad (9.6.3)$$

나. $\frac{(b/t)_s}{(b/t)_o} \leq \sqrt{\frac{1+a^2}{2n^2(1+n\delta)}}$ 의 경우

$$\frac{(b/t)_s}{(b/t)_o} \leq 1: \gamma = \frac{1}{n} \left\{ \left[2n^2 \left\{ \frac{(b/t)_s}{(b/t)_o} \right\}^2 (1+n\delta) - 1 \right]^2 - 1 \right\} \quad (9.6.4)$$

$$\frac{(b/t)_s}{(b/t)_o} > 1: \gamma = \frac{1}{n} \{ [2n^2(1+n\delta) - 1]^2 - 1 \} \quad (9.6.5)$$

여기서, $(b/t)_s$: 실제의 설계에 이용하는 폭-두께비

$(b/t)_o$: <표 9.6.1>의 ③에서 정하는 최대폭-두께비

a : <그림 9.6.1>에 보인 판의 길이(a)와 판의 폭(b)
과의 비(a/b)

I : 보강재 충전면의 단면2차모멘트(mm^4)로, <그림 9.6.2>의 X 축에 관한 것

δ : 보강재 1개의 단면적(A_s)과 보강판의 단면적
($b \cdot t$)과의 비($\frac{A_s}{b \cdot t}$)

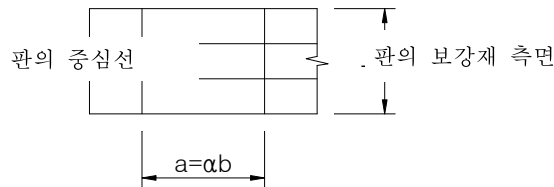


그림 9.6.1 판의 길이와 폭

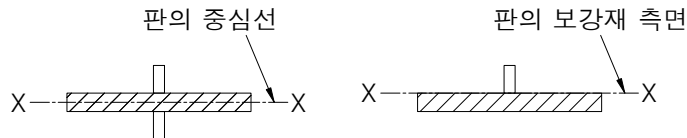


그림 9.6.2 판의 중심선 및 측면 보강재

9.6.3 축방향 압축력과 휨모멘트를 받는 판요소

- (1) 이 항에서는 축방향압축력과 휨모멘트를 동시에 받는 부재의 판요소가 국부좌굴을 일으키지 않도록 판두께를 규정한다.
- (2) 부재 전체의 면외 및 면내좌굴에 대한 안정에 관해서는 「9.5.3항」의 규정을 준용한다.
- (3) 콘크리트 바닥판 등에 의해서 판의 국부좌굴이 충분히 방지된 경우에는 이 조항에 의하지 않는다.
- (4) 최대폭-두께비
 - ① 축방향의 압축력과 휨모멘트를 받는 판의 최대폭-두께비는 판의 양

단이 지지되어 있는 경우, 판의 보강재 개수를 고려한 <표 9.6.4>의 값을 적용한다. 작용응력이 허용응력에 비해서 작은 부재 및 가설시 일시적인 압축응력을 받는 부재에 대해서는 <표 9.6.4>의 판의 최대 폭-두께비에 <표 9.6.5>의 계수를 곱하여 완화할 수 있다. 이 경우의 허용압축응력은 <표 9.6.3>의 기둥에 대한 규정을 적용한다.

표 9.6.4 판의 최대폭-두께비

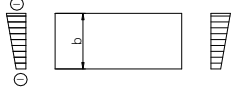
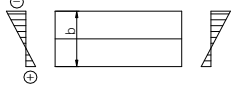
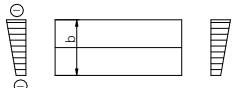
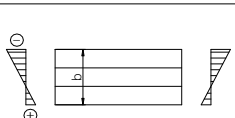
보강재 배치 및 수	Ψ 의 범위	판의 최대폭-두께비 (b/t) _o	적용	
보강재가 없는 경우	$-1.0 \leq \Psi \leq 0.25$	$\frac{710 - 1020\Psi}{\sqrt{f_{cao}}}$		①
	$0.25 < \Psi \leq 1.0$	$\frac{455}{\sqrt{f_{cao}}}$		
판 폭의 중앙 부근에 1개의 보강재가 있는 경우	$-1.0 \leq \Psi \leq 0$	$\frac{940 - 285\Psi}{\sqrt{f_{cao}}}$		②
	$0 < \Psi \leq 1.0$	$\frac{940 - 285\Psi}{\sqrt{f_{cao}}}$		
2개 이상의 보강재가 같은 간격으로 있는 경우	$-1.0 \leq \Psi \leq 1.0$	$\frac{325n + (1 - \Psi)(345 - 11n)}{\sqrt{f_{cao}}}$		

표 9.6.5 판의 최대폭-두께비 완화계수 및 상한치

판의 종류	상시	가설시	
	계수	계수	폭-두께비 상한치
양면 지지판	$\sqrt{\frac{f_{cag}}{f_1}}$ 단, 1.2 이하	$\sqrt{\frac{f_{cag}}{f_1}}$	60
보 강 판	$3 - \frac{2f_1}{f_{cag}}$ 단, 1.7 이하	$3 - \frac{2f_1}{f_{cag}}$	$60n$

여기서, (b/t)_o: <표 9.6.4>에 규정된 최대폭-두께비(「9.6.3(3)항」과 동일)

n : 보강재에 의한 분할수

t : 판의 두께(mm)

b : 판의 폭(mm)

$\Psi = f_2/f_1$: 판요소의 양단에서 발생하는 응력의 비. 다만, $-1.0 \leq \Psi \leq 1.0$

f_1, f_2 : 축방향 압축력과 휨모멘트에 의해 양단에서 발생하는 합응력(MPa) 다만 허용응력을 증가시켜도 좋은 하중조합이 되는 경우에는 「제8장」 <표 8.3.1>의 계수로 나눈 값이다.

f_{cao} : <표 9.4.2>에서 $I/r \approx 0$ 인 경우의 허용압축응력(MPa)

f_{cag} : <표 9.4.2>에서 I/r 에 의해 변화하는 허용압축응력(MPa)

(5) 보강재의 소요강도

① <표 9.6.4>의 「②항」에 표시한 판의 각 보강재의 소요 단면2차모멘트(I)는 <식 9.6.6>에 의해서 산출한 값 이상이어야 한다.

$$I = \frac{1}{11} b t^3 \gamma \quad (9.6.6)$$

여기서, b : <표 9.6.4>의 ②에 표시된 판의 폭(mm)

t : 실제의 설계에 사용하는 판두께(mm)

γ : <식 9.6.7>에 의해서 산출한 강성비

그리고 각 보강재의 최대폭-두께비는 <표 9.6.1>의 ①에 의하여야 한다. 다만 다른 단면형태의 보강재를 이용하는 경우에는 이에 해당되지 않는다.

$$\gamma = \frac{1}{k_{req} - k_o} \left\{ k_{req} \frac{(b/t)_s^2}{(b/t)_o^2} - k_o \right\} m \gamma^* \quad (9.6.7)$$

$$m = 1 - \frac{\alpha}{2(1+\alpha)} (1 - \Psi) \quad (9.6.8)$$

γ^* : <식 9.6.9>로 계산한다.

$\alpha \leq \sqrt{2n^2(1+n\delta)-1}$ 의 경우

$$\gamma^* = \frac{1}{n} \{4n^2(1+n\delta)\alpha^2 - (1+\alpha^2)^2\} \quad (9.6.9)$$

$\alpha > \sqrt{2n^2(1+n\delta)-1}$ 의 경우

$$\gamma^* = 4n(1+n\delta)\{(n-1)(n+1)+n^3\delta\} \quad (9.6.10)$$

k_o : <식 9.6.11> ~ <식 9.6.12>로 계산하여야 한다.

$0 \leq \Psi \leq 1$ 의 경우

$$k_o = \frac{8.4}{\Psi + 1.1} \quad (9.6.11)$$

$-1 \leq \Psi \leq 0$ 의 경우

$$k_o = 10\Psi^2 - 6.27\Psi + 7.63 \quad (9.6.12)$$

k_{req} : <식 9.6.13>으로 계산한다.

$$k_{req} = \frac{8.4n^3}{2.1n - 1 + \Psi} \quad (9.6.13)$$

$(b/t)_o$: <표 9.6.4>의 ②로 정해진 보강판의 전 폭에서의 최대폭-두께비

$(b/t)_s$: 실제의 설계에 사용하는 보강판의 전 폭에서의 폭-두께비
 α , δ 및 I 의 계산에 있어서의 축의 방향은 <그림 9.6.1>과 「9.6.2(2)항」에 의한다.

9.6.4 전단력과 휨모멘트를 받는 부재의 복부판

(1) I형 단면과 박스형단면의 플레이트거더를 휨에 대해서 경제적으로 설

계하기 위해서는 복부판을 될 수 있는 대로 얇게 하고 플랜지의 단면적을 크게 하는 것이 바람직하지만 복부판을 너무 얇게 하면 좌굴변형 또는 붕괴를 일으켜 플레이트거더 전체의 붕괴를 유발할 위험이 있으므로 이 조항으로 복부판의 최소두께를 규정하고 있다. 다만 판의 국부좌굴이 충분히 방지되어 있는 경우에는 이 조항을 적용하지 않아도 된다.

(2) 중간수직보강재가 있는 복부판의 최대폭-두께비

- ① 중간수직보강재가 있는 경우의 복부판의 최대폭-두께비는 사용재료 별로 <표 9.6.6>을 준용하여야 한다. 수평보강재가 없는 경우에 작용응력이 허용응력에 비해서 작은 부재에서는 <표 9.6.6>의 판의 최대폭-두께비를 $\sqrt{f_{ca0}/f}$ 배 증가시킬 수 있다. 다만 1.2배를 초과할 수 없다.

표 9.6.6 복부판의 최대폭-두께비 ($(D/t)_0$)

재료	수평보강재가 없는 경우		수평보강재가 1단인 경우	
	동일강종 단면	하이브리드 단면	동일강종 단면	하이브리드 단면
SM400, SMA400	150	120	250	200
SM490, SM490C-TMC	130	100	250	170
SM490Y, SM520, SMA490, SM520C-TMC, HSB500	120	90	250	160
SM570, SMA570, SM570-TMC, HSB600	110	80	250	140

여기서, $(D/t)_0$: <표 9.6.6>에서 정한 최대폭-두께비

t : 복부판의 두께(mm)(「9.6.4(3)(4)(5)(6)항」에서도 동일한 의미를 나타낸다.)

D : 복부판의 높이(mm)(「9.6.4(3)(4)(5)(6)항」에서도 동일한 의미를 나타낸다.)

f : 최대작용압축응력. 다만 허용응력을 증가시켜도 좋은 하중의

조합인 경우에는 이 설계기준 「제8장」 <표 8.3.1>에 주어진 허용응력증가계수로 나눈 값을 취한다.

f_{cao} : <표 9.4.2>에서 세장비가 $l/r \approx 0$ 일 때의 허용압축응력(MPa)

(3) 중간수직보강재가 없는 복부판의 최대폭-두께비

- ① 중간수직보강재를 설치할 필요가 없는 복부판의 최대폭-두께비는 열차하중의 재하조건과 사용재료별로 <표 9.6.7>의 값을 적용한다.

표 9.6.7 중간수직보강재가 없는 복부판의 최대폭-두께비 ($(D/t)_0$)

재료	플랜지에 직접 재하하는 부재의 복부판	플랜지에 직접 재하하지 않는 부재의 복부판
SM400, SMA400	70	630/ $\sqrt{v}$ 단, 110이하
SM490, SM490C-TMC	60	
SM490Y, SM520, SMA490 SM520C-TMC, HSB500	55	
SM570, SMA570 SM570-TMC, HSB600	50	630/ $\sqrt{v}$ 단, 100이하

여기서, v 는 「9.5.4항」에서 규정한 전단응력(MPa). 다만, 허용응력을 증가시켜도 좋은 하중조합인 경우에는 <표 8.3.1>에서의 허용응력 증가계수로 나눈 값을 취한다.

(4) 중간수직보강재의 간격

- ① 중간수직보강재를 설치할 경우 중간수직보강재의 간격(d)는 수평보강재의 유무에 따라서 다음의 각 호의 식에 의해 산출한 값으로 하여야 한다. 다만 $2D$ 를 넘어서는 안 된다.

가. 수평보강재가 없는 경우

$$d \leq 980 \frac{t}{\sqrt{v}} \quad (9.6.14)$$

다만 복부판 연단의 휨압축응력(f)가 <표 9.6.8>의 값을 넘을 경우 <식 9.6.15>~<식 9.6.16>에 의해서 중간수직보강재의 간격을

검토해야 한다.

$d/D \leq 1$ 경우

$$\left(\frac{D}{100t}\right)^4 \left\{ \left(\frac{f}{325}\right)^2 + \left[\frac{v}{54 + 72\left(\frac{D}{d}\right)^2} \right]^2 \right\} \leq 1 \quad (9.6.15)$$

$1 < d/D \leq 2$ 경우

$$\left(\frac{D}{100t}\right)^4 \left\{ \left(\frac{f}{325}\right)^2 + \left[\frac{v}{72 + 54\left(\frac{D}{d}\right)^2} \right]^2 \right\} \leq 1 \quad (9.6.16)$$

표 9.6.8 복부판 연단의 휨압축응력(수평보강재가 없는 경우)

재료	$f(\text{MPa})$
SS400, SM400, SMA400	85
SM490, SM490C-TMC	120
SM490Y, SM520, SMA490, SM530C-TMC	125
HSB500	170
SM570, SMA570, SM570-TMC, HSB600	140

나. 수평보강재를 압축 플랜지로부터 $0.2D$ 부근에 1단으로 배치할 경우

$$d \leq 870 \frac{t}{\sqrt{v}} \quad (9.6.17)$$

다만 복부판 연단의 휨압축응력 (f) 가 <표 9.6.9>의 값을 넘을 경우에는 <식 9.6.18>~<식 9.6.19>에 의해서 중간수직보강재의 간격을 검토해야 한다.

$d/D \leq 0.8$ 경우

$$\left(\frac{D}{100t}\right)^4 \left\{ \left(\frac{f}{1750}\right)^2 + \left[\frac{v}{85 + 72\left(\frac{D}{d}\right)^2} \right]^2 \right\} \leq 1 \quad (9.6.18)$$

$0.8 < d/D \leq 2$ 경우

$$\left(\frac{D}{100t}\right)^4 \left\{ \left(\frac{f}{1750}\right)^2 + \left[\frac{v}{113 + 54\left(\frac{D}{d}\right)^2} \right]^2 \right\} \leq 1 \quad (9.6.19)$$

표 9.6.9 복부판 연단의 휨압축응력(수평보강재가 있는 경우)

재료	$f(\text{MPa})$
SS400, SM400, SMA400	155
SM490, SM490C-TMC	140
SM490Y, SM520, SMA490, SM530C-TMC	130
HSB500	120
SM570, SMA570, SM570-TMC, HSB600	125

여기서, d : 중간수직보강재의 간격(mm)으로서, 그 값은 보강재가 용접되어 있는 경우에는 보강재 중심간격, 볼트로 연결되어 있는 경우에는 볼트선 간격으로 결정한다.(「9.6.4(5)(6)항」에 있어서도 동일한 의미를 나타낸다.)

v : 「9.5.4항」에 규정한 전단응력(MPa)으로 보강재 사이의 평균값을 적용한다.

f : 복부판 연단의 휨압축응력(MPa)으로 보강재 사이의 평균값을 적용한다.

또한 허용응력을 증가시켜도 좋은 하중의 조합인 경우에는, v 및 f 는 <표 8.3.1>에서의 허용응력증가계수로 나눈 값을 취한다.

(5) 수평보강재

- ① 수평보강재를 1단으로 사용하는 경우 그 위치는 압축플랜지로부터 $0.2D$ 부근에 배치하는 것으로 하고 수평보강재의 소요단면2차모멘트(I)는 <식 9.6.20>에 의해 산출한 값 이상이 되어야 한다.

$$I = 5dt^3 \quad \text{단, } d/D \leq 2 \quad (9.6.20)$$

② 또한 수평보강재의 최대폭-두께비는 <표 9.6.1>의 ①에 의하지만, 다른 단면형태의 수직보강재를 사용하는 경우에는 이를 적용하지 않아도 된다.

③ 여기서, I : 수평보강재의 총단면의 단면2차모멘트(mm^4)로 I 값 계산시의 기준축은 <그림 9.6.2>를 준용한다.

④ 수평보강재를 2단 이상 배치할 경우에는 <표 9.6.6>의 값을 준용하지 않아도 된다.

(6) 중간수직보강재

① 중간수직보강재의 소요단면2차모멘트 (I)는 <식 9.6.21>에 의해 산출된 값 이상이어야 한다.

$$I = \frac{5}{22} d_s t^3 \gamma \quad (9.6.21)$$

여기서, d_s : 실제 설계에서 정한 보강재 간격(mm)

I : 중간수직보강재의 총단면의 단면2차모멘트(mm^4)로서,

I 값 계산시의 기준축은 <그림 9.6.2>를 준용한다.

γ : <식 9.6.22>에 의해서 산출한 강성비

② 또한, 중간수직보강재의 최대폭-두께비는 16이하로 하지만 다른 단면형태의 보강재를 사용할 경우에는 이를 준용하지 않아도 된다.

$$\gamma = 25 \left(\frac{D}{d} \right)^2 - 20 \quad (9.6.22)$$

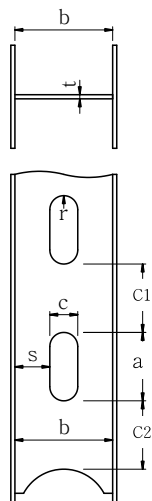
다만, $\gamma \geq 5$ 로 하여야 한다.

(7) 구멍 뚫린 판을 가진 부재

① 이 규정은 힘을 받는 거더에 대한 것이 아니며, 구멍 뚫린 판의 최소 두께는 표 9.6.10의 값으로 한다.

구멍 뚫린 판의 치수간의 관계는 다음과 같다.

$$a \leq 2c, \quad c_1 \geq b, \quad c_2 \geq 1.25b, \quad r \geq 40 \text{ mm}$$



여기서, b : 안쪽 용접선간의 거리(mm)

t : 구멍 뚫린 판의 두께(mm)

s : 안쪽 용접선으로부터 구멍까지의
최대폭(mm)

a : 응력방향에서 켜 구멍의 길이(mm)

c : 구멍의 폭(mm)

c_1 : 구멍과 구멍 사이의 판의 길이(mm)

c_2 : 단부 구멍의 끝과 구멍 뚫린 판 끝과의
응력방향에서 켜 최단거리(mm)

r : 구멍 끝의 곡률반경(mm)

구멍의 형상은 원, 타원 또는 원과 직선을 조합한 활과 같은 형상으로 구멍 끝의 곡률반경은 최소 40mm이상으로 한다.

- ② 구멍 뚫린 판을 가진 부재의 단면2차반경 및 유효단면적은 구멍의 폭이 최대인 단면에 대해서 계산하는 것으로 한다. 또한 2개 이상의 구멍이 뚫린 판을 사용하고 구멍의 위치가 상호 엇갈리는 경우에도 같은 단면에 구멍이 있는 것으로 고려하여 계산하는 것으로 한다.

표 9.6.10 구멍 뚫린 판

강종	최소 판두께(t)(mm)	안쪽 용접선으로부터 구멍까지의 최대폭(s)(mm)
SS400 SM400 SMA400	$b/50$	13t
SM490, SM490Y SM490C-TMC SM520 SM520C-TMC SMA490, HSB500	$b/40$	11t
SM570 SM570-TMC SMA570, HSB600	$b/35$	10t

9.7 바닥틀과 바닥판

9.7.1 일반내용

- (1) 이 절은 바닥판을 지지하고 있는 강바닥틀, 세로리브 및 가로리브로 보강된 강바닥판과 변장비가 2이상의 철근콘크리트 바닥판의 설계에 적용한다.
- (2) 철근콘크리트 바닥판의 변장비가 2미만인 경우 양방향 바닥판으로 고려하여야 하며, 정밀한 구조해석을 통하여 설계하여야 한다.
- (3) 기호

L = 「9.7.4(4)항」에서 보여준 하중에 대한 바닥판의 지간(mm)

M_o = 세로보를 단순거더로 보고 계산한 지간 중앙의(궤도-구조물 간의 상호작용을 제외한) 주하중에 의한 휨모멘트.

세로리브를 단순거더로 보고 계산한 지간 중앙의 휨모멘트

S_o = 세로리브를 단순거더로 보고 계산한 지점상의 반력.

9.7.2 바닥틀

(1) 세로보

- ① 세로보의 지간 : 설계계산에 쓰이는 세로보의 지간은 가로보의 중심 간 거리로 한 것을 원칙으로 한다.
- ② 세로보의 구조 : 세로보는 될 수 있는 한 연속구조로 하는 것이 좋다.
- ③ 연속세로보의 신축장치 : 전장 75m이상의 연속 세로보에는 가능한 한 교량 중앙부근에 신축장치를 설치하여야 한다.

(2) 연속 세로보의 휨모멘트 및 전단력

- ① 개상식 바닥틀에서 세로보를 연속보로 하여 계산할 때에 세로보의 지간모멘트 및 지점모멘트는 <표 9.7.1>에 표시한 값을 표준으로 한다.
- ② 전단력은 단순보로 가정하여 계산한다.

표 9.7.1 연속세로보의 휨모멘트

위치	휨모멘트
단부 세로보 및 그것에 준하는 세로보의 지간중앙의 휨모멘트	$0.8 M_o (0.95 M_o)$
중간 세로보의 지간중앙의 휨모멘트	$0.7 M_o (0.9 M_o)$
중간 지점상의 휨모멘트	$-0.7 M_o (0.8 M_o)$

- 주) ① M_o 는 세로보를 단순거더로 보고 계산한 지간 중앙의(궤도-구조물간의 상호작용을 제외한) 주하중에 의한 휨모멘트이다.
- ② ()안은 피로검산에 사용되는 식을 나타낸다.
- ③ 고정하중의 비율이 높은 도상식 등의 경우, 활하중에 대해서는 이 조항을 적용하고 고정하중에 대해서는 이 조항을 적용하지 않는다.

(3) 가로보

- ① 가로보의 배치 - 가로보는 가능한 한 주거더에 직각으로 배치한다.
- ② 가로보의 지간 - 설계계산에 쓰이는 가로보의 지간은 주거더의 중심

간 거리로 하는 것을 원칙으로 한다.

- ③ 단부가로보 - 하로플레이트거더의 단부에는 단부가로보를 두는 것을 원칙으로 한다. 단부가로보는 가능한 교량거더의 들어올림에 대해서도 견딜 수 있도록 설계한다.

(4) 세로보와 가로보의 연결

- ① 세로보와 가로보의 복부판을 연결할 때는 원칙적으로 전단력만을 고려하고, 그 값은 연속구조, 단순구조 중 어느 경우에도 세로보를 단순거더로 보고 계산한 반력의 1.2배로 한다.
- ② 세로보를 연속구조로 할 때에는 가로보와의 연결부분에서 세로보의 휨모멘트 및 전단력이 충분히 전달되는 구조로 한다.
- ③ 세로보는 원칙적으로 가로보의 복부판에 가로보의 보강재와 연결용 L형강을 이용해 연결한다. 이 때 가로보의 보강재도 L형강으로 하고 연결용 L형강은 세로보 복부판의 높이가 허용되는 한 길게 하고 그 두께는 11mm이상으로 하는 것이 좋다.

(5) 가로보와 주거더의 연결

- ① 가로보와 주거더를 연결할 때에는 주거더의 강성 및 연결부의 구조로 인하여 발생하는 휨모멘트를 고려하여야 한다.
- ② 하로플레이트거더에 있어서는 가로보의 복부판을 주거더의 복부판에 그 보강재 및 연결용 L형강을 통해서 고장력볼트로 연결하는 것을 원칙으로 한다.
- ③ 가로보의 하부플랜지와 주거더의 하부플랜지는 연결판을 통해 연결하는 것이 좋다. 그리고, 연결용 L형강의 길이는 적어도 가로보 복부판의 높이 정도의 길이로 하고, 그 두께는 10mm이상으로 하는 것이 좋다.

9.7.3 강바닥판

(1) 강바닥판의 구조

- ① 도상식인 경우 바닥강판의 최소두께는 12mm로 하고, 세로리브의 간격은 바닥강판 두께의 30배 이하로 하는 것을 원칙으로 한다.
- ② 세로리브의 높이는 직사각형 단면인 경우, 그 두께의 12배를 넘지 않는 것을 원칙으로 한다.

- ③ 세로리브와 가로리브의 교점에서는 세로리브를 관통시키고, 그 교점을 용접하는 것을 원칙으로 한다.

(2) 강바닥판 세로리브의 설계

- ① 강바닥판 세로리브의 설계는 다음의 각 항을 적용한다.

가. 하중 - 도상식인 경우의 열차하중은 표준화하중의 1축중이 침목의 길이에 걸쳐 등분포하는 선하중으로 재하한다.

나. 유효폭 - 바닥강판의 유효폭은 세로리브의 간격으로 하는 것을 원칙으로 한다.

다. 모멘트 및 전단력 - 지간모멘트, 지점모멘트 및 세로리브와 가로리브와의 연결부에서의 전단력은 <표 9.7.2>의 값을 표준으로 한다. 이 경우의 허용응력은 인장 및 전단에 관해서는 「9.4.2(1)항」에서 규정한 허용응력, 또 압축에 관해서는 「9.4.2(2)항」에서 규정한 허용좌굴응력에서 $l/r = 0$ 인 경우의 허용응력을 적용한다.

표 9.7.2 리브의 모멘트 및 전단력 산정

위치 \ 강종	SM400, SMA400	SM490, SM490Y, SMA490
단세로리브 및 이에 준하는 세로리브의 지간 중앙의 휨모멘트	$1.0 M_o$	$1.2 M_o$
중간 세로리브의 지간중앙의 휨모멘트	$0.8 M_o$	$1.0 M_o$
중간 지점상의 휨모멘트	$0.75 M_o$	$0.9 M_o$
세로리브와 가로리브의 연결부에서의 전단력	$1.2 S_o$	$1.2 S_o$

주) M_o : 세로리브를 단순거더로 보고 계산한 지간 중앙의 휨모멘트

S_o : 세로리브를 단순거더로 보고 계산한 지점상의 반력

(3) 강바닥판 가로리브의 설계

- ① 강바닥판의 가로리브의 설계는 다음 각 항을 적용한다.

가. 하중 - 도상식인 경우의 열차하중의 크기는 표준화하중의 4동륜축 하중이(침목의 길이×4800mm)의 면적에 등분포된 것으로 한다.

(<그림 9.7.1> 참조)

- 나. 유효폭 - 바닥장판의 유효폭은 가로리브의 간격으로 하는 것을 원칙으로 한다.
- 다. 휨모멘트 - 휨모멘트는 주거더 중심간 거리를 지간으로 하는 단순 거더로 보고 계산하는 것을 원칙으로 한다.

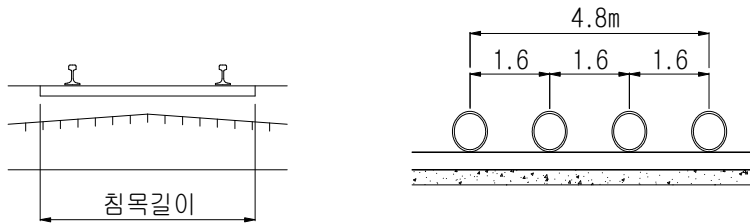


그림 9.7.1 열차하중의 분포

9.7.4 콘크리트 바닥판

- (1) 「9.7.4(5)항」의 바닥판 최소두께 규정을 만족하고 「10.10.5항」 바닥판의 설계휨모멘트의 규정에 따라 바닥판을 설계한 경우 전단력에 대한 검토를 생략할 수 있다.
- (2) 바닥판의 지간
 - ① 단순판 및 연속판의 열차하중 및 고정하중에 대한 지간은 주철근의 방향으로 켜 지지거더의 중심간격으로 하여야 한다. 그러나 단순판에 대하여는 주철근의 방향으로 켜 순지간에 지간 중앙의 바닥판의 두께를 더한 길이가 위의 지간보다 작은 경우에는 이것을 지간으로 할 수 있다.

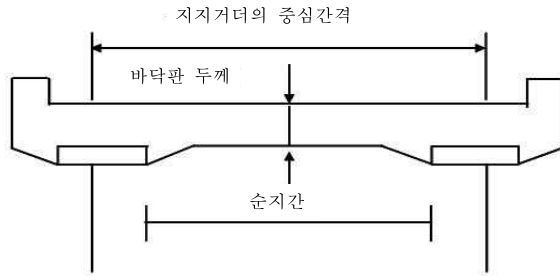


그림 9.7.2 단순판 및 연속판의 지간

② 사교의 지간은 주철근 방향으로 재는 것으로 한다.

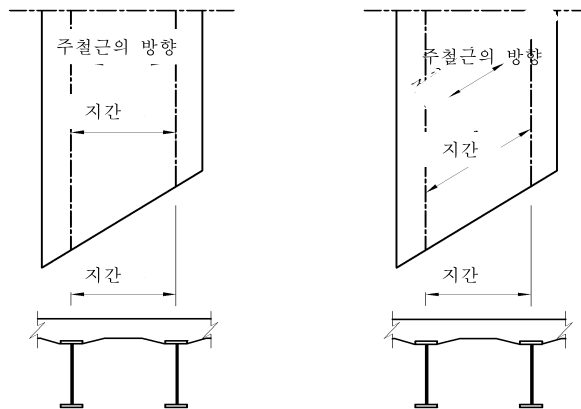


그림 9.7.3 사교의 바닥판의 지간

(3) 바닥판의 최소두께

- ① 궤도부분 바닥판의 최소두께는 <표 9.7.3>으로부터 얻어지는 값과 200mm 중에서 큰 값으로 하여야 한다. 그러나 바닥판에 손상이 생기면 보수작업이 곤란한 경우나 바닥판을 지지하는 거더의 강성이 현저히 차이가 나서 휨모멘트가 부가되는 경우 등 특수한 조건하에 있는 철도교의 바닥판 최소두께는 <표 9.7.3>에 있는 두께보다 크게 설계하는 것이 바람직하다.

표 9.7.3 바닥판의 최소두께(mm)

판의 구분	바닥판 지간의 방향	
	차량 진행방향에 직각	차량 진행방향에 평행
단 순 판	$0.040L + 110$	$0.065L + 130$
연 속 판	$0.030L + 110$	$0.050L + 130$
캔틸레버판	$0 < L \leq 250$ $0.280L + 160$ $L > 250$ $0.080L + 210$	$0.240L + 130$

주) L : 「9.7.4(2)항」에 규정된 하중에 대한 바닥판의 지간(mm)

② 보도부분 바닥판의 최소두께는 140mm로 한다.

(4) 바닥판의 헨치

- ① 바닥판에는 강재주거더 위에 가급적 헨치를 설치한다.
- ② 바닥판의 헨치의 경사는 1:3보다 완만한 것이 좋다. 바닥판 설계 시 기울기가 1:3보다 급한 경우에는 기울기 1:3까지의 두께를 설계상 유효한 바닥판 단면으로 간주한다.
- ③ 높이가 80mm이상의 헨치에는 헨치 아래면을 따라 주거더의 직각방향으로 가외철근을 배치하는 것이 좋다. 이 경우 가외철근은 지름 13mm이상으로 하고, 그 간격은 헨치 위치에 있어서 주거더에 직각방향으로 배치한 바닥판의 아래 측 철근 간격과 같은 것으로 한다.

(5) 구조상세

① 철근의 지름 및 배근

- 가. 철근은 이형철근을 사용하고, 그 지름은 13, 16, 19mm를 표준으로 하여야 한다. 다만 바닥판의 끝부분 등 철근을 많이 배치해야 하는 부분에는 22mm의 철근을 사용할 수 있다.
- 나. 철근의 피복두께는 30mm를 표준으로 한다.
- 다. 철근의 중심간격은 100mm이상으로 하고 주철근의 최대 중심간격은 바닥판의 두께 이하인 동시에 300mm이하로 하고, 배력철근의 중심간격도 300mm이하로 한다.
- 라. 철근은 단면의 압축측에 적어도 인장 측 소요 철근의 1/2이상을

배치하는 것을 원칙으로 한다.

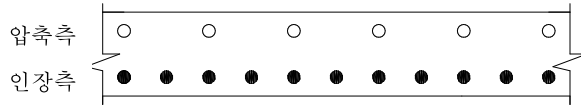


그림 9.7.4 바닥판의 배근 예

마. 연속판에 주철근을 구부리는 경우 <그림 9.7.5>에 표시한 것과 같이 지점으로부터 $L/6$ 되는 위치의 단면에서 구부리는 것으로 하여야 한다.

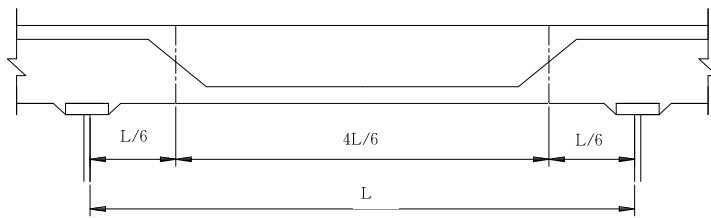


그림 9.7.5 연속판의 주철근을 구부리는 위치

② 배력철근

가. 단순지지된 1방향 슬래브의 배력철근의 단면적은 다음 사항을 적용한다.

- ㉠ 등분포하중을 받는 경우, 슬래브 폭 1m당의 인장철근 단면적의 $1/6$ 이상으로 하여야 한다.
- ㉡ 부분분포하중을 받는 경우는 ㉠의 배력철근에 부분분포하중에 대해 필요한 슬래브 폭 1m당의 인장철근 단면적의 α 배를 더한 것으로 하여야 한다. 이 α 는 다음 값을 적용한다.
- ㉢ 슬래브 중앙부근 재하의 경우

$$\text{아래쪽 배력철근 } \alpha = \left(1 - 0.25 \frac{L}{b}\right) \left(1 - 0.8 \frac{V}{b}\right) \quad (9.7.1)$$

다만, $\frac{L}{b} > 2.5$ 의 경우에는 $\frac{L}{b} = 2.5$ 일 때 α 값을 사용한다.

㉠ 슬래브 연단부근 재하의 경우

$$\text{위쪽 배력철근 } \alpha = \frac{L}{8000} \left(1 - 2 \frac{v}{b} \right) \quad (9.7.2)$$

여기서, v, b 는 지간직각방향의 하중폭(mm) 및 유효폭(mm), L 은 지간(mm)이다.

나. 1방향 슬래브의 배력철근은 일반적으로 정철근의 바로 위, 부철근의 바로 밑에 배치한다.

다. 배력철근의 간격은 슬래브의 유효높이의 3배 이하로 한다.

라. 양단 고정 1방향 슬래브의 배력철근의 단면적은 위의 가.항을 준용한다.

③ 주거더 단부의 바닥판

가. 주거더 단부의 궤도부분의 바닥판은 단부 가로보 및 단부 브라킷 등으로 지지시키는 것이 좋다. 이 경우 단부 가로보가 단독으로 하중에 저항하도록 설계한다.

나. 주거더 단부의 중간지간의 바닥판을 단부 가로보 등으로 지지하지 않는 경우, 주거더 단부로부터 바닥판 지간의 1/2 사이에 있는 바닥판에 대해서는, 주거더 단부 이외의 중간지간에 있는 바닥판에서 필요한 주철근량의 2배를 주철근으로 배치한다.

다. 주거더 단부의 캔틸레버부의 바닥판을 단브라킷 등으로 지지하지 않는 경우, 주거더단부 이외의 캔틸레버부 바닥판에서 필요한 주철근량의 2배를 주철근으로 배치한다. 그러나, 이 부분에는 주거더 단부 이외의 캔틸레버부 바닥판의 상측에 배력철근량의 2배를 배력철근으로 배치한다.

라. 주거더 단부의 궤도부분 바닥판은 바닥판 두께를 현치높이 만큼 증가시켜야 한다.

9.8 연결

9.8.1 일반내용

(1) 부재의 연결

- ① 고장력볼트 또는 용접에 의한 부재의 연결은 설계 단면력 또는 응력에 대해서 설계하는 것을 원칙으로 한다. 다만, 그루브용접을 이용한 맞대기이음은 전단면이 용접되어야 한다.
- ② 주요부재의 연결은 전항에 의한 것 외에 인장부재의 경우 허용인장응력, 압축부재의 경우 허용좌굴응력에(부재가 인장 및 압축의 양쪽을 받는 경우에는 어느 것이든 큰 쪽의 부재응력과 같은 부호의 허용응력에) 의한 부재강도의 75%이상의 강도를 갖도록 설계한다.
- ③ 부재의 연결부는 구성하는 각 재편에 대해서 가능한 한 편심을 최소화하도록 설계하는 것을 원칙으로 한다.
- ④ 힘 작용방향의 볼트 갯수는 가능한 한 적게 하여야 한다.

(2) 기호

A	= 볼트 몸체부 공칭직경을 기준으로 계산한 볼트의 공칭단면적(mm^2)
a	= 용접의 목두께(mm)
d	= 볼트구멍의 지름(mm)
e	= 힘 작용방향으로의 볼트의 최소연단거리(mm)
f	= 축력 또는 휨에 의해 용접부나 강재에 발생하는 수직응력(MPa)
f_a	= 용접부나 강재의 허용인장응력 및 허용압축응력(MPa)
g	= 힘 작용방향에 직각인 방향의 볼트간 거리(mm)
I	= 필릿용접의 목 단면을 부재 단면에 평행한 면에 전개해서 얻어진 도형의 단면 2차모멘트 또는 부재의 중립축에 관한 이음판 종단면의 단면2차모멘트(mm^4)
l	= 용접의 유효길이(mm)
M	= 이음 및 이음판에 작용하는 휨모멘트($\text{N} \cdot \text{mm}$)

n	= 이음에 사용한 볼트의 수 또는 이음선의 한쪽에 있는 고장력볼트의 총수
P	= 이음부에 작용하는 힘(kN)
P	= 힘 작용방향에 평행인 방향의 볼트간 거리(mm)
Q	= 이음선 외측의 종단면에 대한 단면1차모멘트로 플레이트거더 전체 단면의 중립축을 기준으로 계산한 값(mm ³)
S	= 단면에 작용하는 전단력(kN)
t	= 판 또는 형강의 두께(mm)
v	= 용접부에 발생하는 전단응력(MPa)
v_a	= 용접부의 허용전단응력(MPa)
y	= 부재의 중립축으로부터 응력계산 위치까지의 거리(mm)
α	= 볼트와 모재의 허용전단응력비
ρ	= 볼트 한 개에 작용하는 힘(kN)
ρ_h	= 교축방향 이음의 고장력볼트 한 개에 작용하는 힘(kN)
ρ_a	= 고장력볼트 한 개의 허용력(kN)

9.8.2 용접이음

(1) 용접의 종류

- ① 힘을 전달하는 용접이음은 그루브용접 또는 연속 필릿용접으로 하여야 한다.
- ② 용접선에 직각방향으로 인장응력을 받는 이음은 부분용입 그루브용접으로 접합해서는 안 된다.
- ③ 주요부재의 연결부는 단속용접, 플러그용접 및 슬롯용접으로 접합해서는 안 된다.

(2) 힘을 전달하는 용접의 목두께를 결정하는 방법은 다음 각 항에 의하여 한다.

- ① 그루브용접의 목두께는 <그림 9.8.1>에 나타난 바와 같이 연결되는 부재의 두께로 하고, 두께가 다를 경우에는 얇은 쪽 부재의 두께로 한다.

- ② 필릿용접의 목두께는 <그림 9.8.2>에 나타난 바와 같이 용접부 루트를 꼭지점으로 하는 내접이등변 삼각형의 높이로 한다.

(3) 용접의 유효길이

- ① 응력계산에 사용하는 용접의 유효길이는 설계상의 목두께를 확보할 수 있는 용접부의 길이로 하여야 한다.
- ② 그루브용접에서 용접선이 힘 작용방향에 직각이 아닌 경우의 유효길이는 <그림 9.8.3>에 나타난 바와 같이 실제의 용접길이를 힘 작용방향에 직각인 면에 투영한 길이로 하여야 한다.
- ③ 필릿용접에서 끝돌림용접을 한 경우에는 끝돌림용접 부분은 유효길이에 포함되지 않는 것으로 하여야 한다.

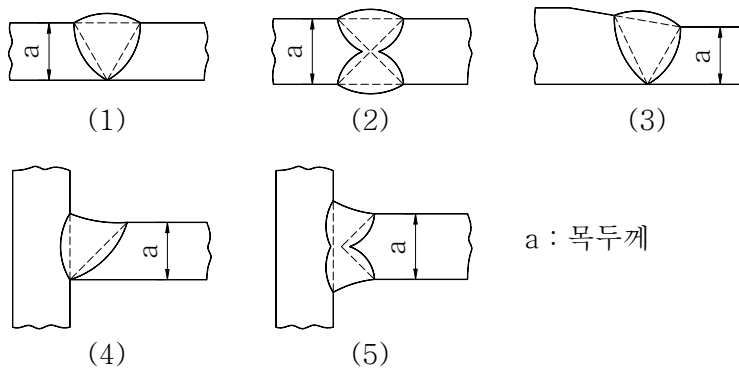


그림 9.8.1 그루브용접의 목두께

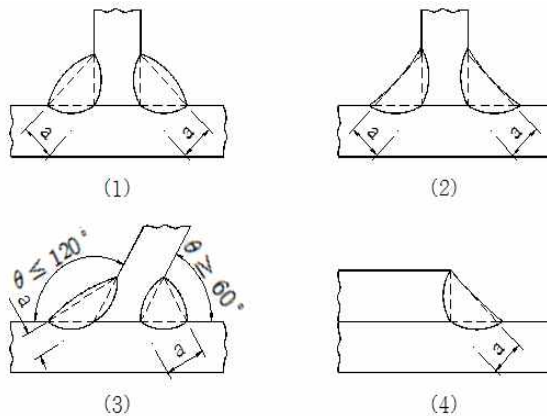


그림 9.8.2 필릿용접의 목두께

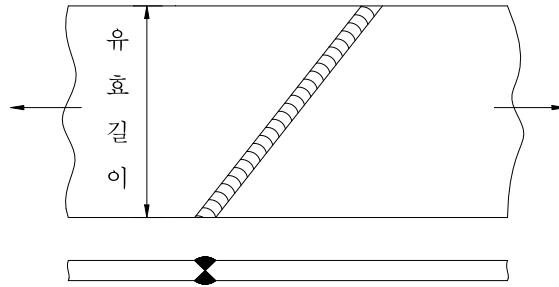


그림 9.8.3 경사진 용접그루브의 유효길이

(4) 그루브용접에 의한 맞대기이음

- ① 그루브용접에 의한 맞대기이음은 가능한 한 뒷면용접을 하여 전단면을 용접하도록 하여야 한다. 다만, 구조상 뒷면용접이 불가능 할 경우에는 뒷담재를 사용하도록 하여야 한다.
- ② 그루브용접으로 단면이 다른 주요부재를 맞대기이음 한 경우에는 크기가 서로 다른 두께 및 폭은 <그림 9.8.4>에 나타난 바와 같이 길이 방향의 경사가 1/2.5 이하가 되도록 서서히 변하여야 한다.
- ③ 두께가 다른 부재를 용접할 때 두꺼운 쪽 판의 두께가 얇은 쪽 판의 두께의 2배보다 커서는 안 된다.
- ④ 휨부재의 인장플랜지는 가용접을 사용해서는 안 된다.
- ⑤ 거세트 용접단부와 그루브용접한 판이음의 용접선 사이의 거리는 100mm이상으로 하는 것이 좋다.

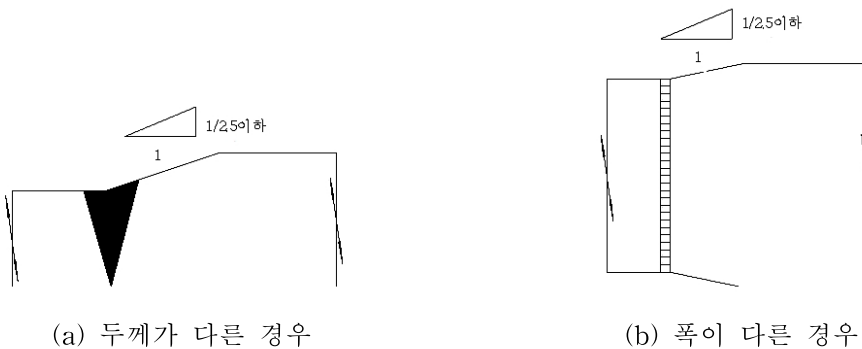


그림 9.8.4 단면이 다른 부재의 용접

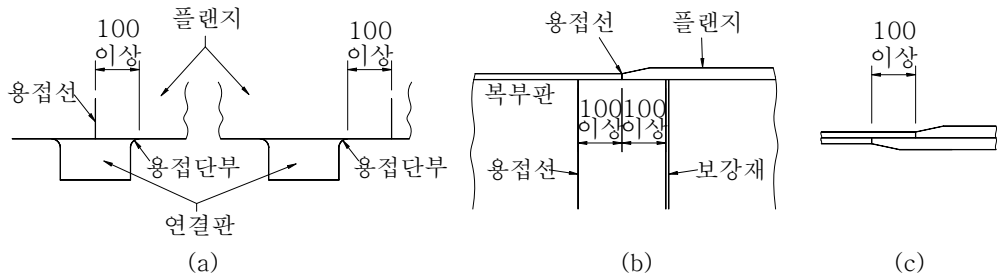


그림 9.8.5 거세트 용접 단부와 판이음 용접선 사이의 거리

(5) 필릿용접의 치수

- ① 필릿용접의 치수는 용접 단면의 형상이 이등변삼각형이 되는 등치수를 원칙으로 한다. 다만, 주요부재의 힘 작용 방향에 수직인 필릿용접은 응력방향으로 긴 치수를 갖는 부등치수로 하고 필요에 따라 다듬질하여야 한다.
- ② 주요부재의 힘을 전달하는 필릿용접의 치수는 표<9.8.1>의 최소치수 이상, 용접부의 얇은 쪽 모재 두께 미만의 범위로 한다.

표 9.8.1 필릿용접의 최소 치수

두꺼운 쪽 모재 두께	최소 필릿용접 치수	비고
20mm이하	6mm	1 패스 용접 적용
20mm초과	8mm	

- (6) 주요부재에 대한 필릿용접의 최소 유효길이는 용접치수의 10배 이상 또는 80mm이상으로 한다.
- (7) 용접선과 평행하지 않은 인장력을 받거나 반복하여 작용하는 힘을 받는 경우에는 필릿용접을 부재의 모서리에서 끝내지 말고 반드시 끝돌

림용접을 하여야 한다. 다만 끝돌림용접의 길이는 용접치수의 2배 이상으로 한다.

(8) 겹침이음

- ① 응력을 전달하는 겹침이음에는 2줄 이상의 필릿용접을 하도록 하고 부재가 겹치는 길이는 얇은 쪽 판두께의 5배 이상으로 한다.
- ② 축방향력을 받는 부재 끝의 겹침이음에서 모재의 측면에만 필릿용접을 할 경우 각 필릿용접의 길이는 용접선의 간격보다 크게 하여야 한다. 이 경우 용접선의 간격은 얇은 쪽 판두께의 16배 이하로 하는 것을 원칙으로 한다. 다만 인장력을 받을 경우에는 얇은 쪽 판두께의 20배 이하로 할 수 있다.

(9) 필릿용접 또는 부분용입그루브용접을 사용한 T이음

- ① T이음에서 필릿용접 또는 부분용입그루브용접은 부재의 양쪽에 하여야 한다. 다만 횡방향으로 지지되는 구조의 경우에는 한쪽에서만 용접하는 것도 허용된다.
- ② 용접부에서 재편이 서로 만나는 각이 60°미만 또는 120°를 넘는 T이음에는 완전용입그루브용접을 하는 것을 원칙으로 하여야 한다. 이 경우 필릿용접 또는 부분용입그루브용접은 힘을 전달하지 못하는 것으로 간주한다.

(10) 용접과 지압이음 볼트를 병용한 이음에서는 볼트는 힘을 전달하지 못하는 것으로 간주한다.

(11) 인장력, 압축력 또는 전단력을 받는 용접이음의 응력

- ① 용접이음에 인장력, 압축력 또는 전단력이 작용하는 경우, 그루브용접 또는 필릿용접부에서 발생하는 응력은 <식 9.8.1>으로 계산하여야 한다.

$$f = \frac{P}{\sum a l} \quad , \quad v = \frac{P}{\sum a l} \quad (9.8.1)$$

여기서, f : 용접부에서 발생하는 인장응력 또는 압축응력 (MPa)

v : 용접부에서 발생하는 전단응력(MPa)

P : 이음부에 작용하는 인장력, 압축력 또는 전단력(N)

a : 용접의 목두께(mm)(<그림 9.8.2> 참조)

l : 용접의 유효길이(mm)(<그림 9.8.3> 참조)

(12) T형이음의 필릿용접이 휨모멘트와 전단력 a :목두께 경우의 검토

① T형이음의 필릿용접이 휨모멘트 및 전단력을 받는 경우 필릿용접 이음에 발생하는 응력의 계산은 다음의 항들 a^4 따른다.

② 휨모멘트 a^5 에 의한 응력은 <식 9.8.2>로 구한다.

$$f = \frac{M}{I} y \quad (9.8.2)$$

여기서, f : 필릿용접에 발생하는 휨응력(MPa)

M : 이음에 작용하는 휨모멘트(N · mm)

I : 필릿용접의 목 단면을 부재단면에 평행한 면에 전개해서 얻어진 도형의 단면2차모멘트(mm⁴) (<그림 9.8.7> 참조)

y : 전개도형의 중립축에서 계산위치까지의 거리(mm)

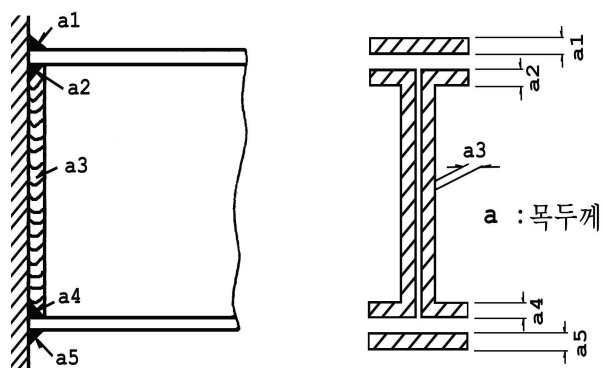


그림 9.8.7 필릿용접의 휨응력 계산을 위한 목 단면의 전개

③ 전단력에 의한 응력(v)은 「(11)항」의 <식(9.8.1)>에 의하여 구한다.

다만 L형강, H형강, ㄷ형강 및 이것과 유사한 단면에서의 전단력은

복부(또는 전단력을 주로 받는 부재요소)의 용접만으로 저항하는 것으로 가정한다.

- ④ 휨모멘트와 전단력을 동시에 받는 경우에는 <식 9.8.3>으로 검토한다.

$$\sqrt{\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{v}{v_a}\right)^2} \leq 1.1 \quad (9.8.3)$$

여기서, f : ① 항에 따라 산출한 응력(MPa)

v : ② 항에 따라 산출한 응력(MPa)

f_a : <표 9.4.1>과 <표 9.4.2>에 따른 허용응력(MPa)

v_a : 용접부의 허용전단응력(MPa)

다만 f 및 v 는 각각 f_a 및 v_a 를 넘어서는 안 된다.

9.8.3 고장력볼트 및 편이음

(1) 볼트이음 일반

- ① 고장력볼트 이음은 마찰이음, 지압이음 및 인장이음 등으로 할 수 있다.
- ② 고장력볼트 지압이음을 하는 경우에는 그 적용위치, 적합성 등에 관해서 충분한 검토가 있어야 한다.
- ③ 고장력볼트 인장이음을 하는 경우에는 이음부의 강성, 볼트의 강도, 체결축력 등에 대해 충분한 검토가 있어야 한다.
- ④ 받침부속품, 보도, 깔판, 배수설비 등 고장력볼트를 사용할 필요가 없는 경우에는 일반 볼트를 사용해도 좋다.

(2) 볼트의 종류 및 규격

- ① 마찰이음용 고장력볼트, 너트 및 와서는 특별히 정한 경우를 제외하고 KS B 1010에 규정하는 제 1종부터 제 2종까지의 M20, M22, M24, M27 및 M30, 제 4종의 M20, M22, M24를 사용하는 것을 표준으로 한다.

- ② 지압이음에는 마찰이음용 제 1종, 제 2종 및 제 4종의 고장력볼트 세트를 사용하거나, 다른 KS규격에 준용하고 강도가 「①항」의 고장력볼트와 같은 볼트세트를 사용할 수 있다.
- ③ 일반볼트는 KS B 1002의 육각볼트, KS B 1012의 너트, KS B 1326의 평와셔 세트를 사용하는 것을 표준으로 한다.
- (3) 볼트의 길이는 부재를 충분히 체결할 수 있도록 선택하여야 한다. 특히, 지압이음에 있어서는 나사부가 전단면(剪斷面)에 걸려서는 안 된다.
- (4) 볼트 및 핀의 작용력 계산
- ① 볼트의 맞이음 또는 겹침이음에 인장력, 압축력 또는 전단력이 작용하는 경우 각 볼트에 작용하는 힘은 <식 9.8.4>에 의해 산출한다.

$$\rho = \frac{P}{n} \leq \rho_a \quad (9.8.4)$$

여기서, ρ : 볼트 및 핀 1개에 작용하는 힘(kN)

P : 이음부에 작용하는 힘(kN)

n : 이음에 사용한 볼트의 수(<그림 9.8.8> 참조)

ρ_a : 볼트 및 핀 1개의 허용력(kN)

- ② 고장력볼트를 이용한 마찰이음의 경우에는 볼트 1개의 허용력은 <표 9.4.10>에 규정한 값에 따라 계산한다.
- ③ 지압이음용 고장력볼트의 허용력은, 그 공칭지름에 따라 허용전단력과 허용지압력을 계산하고, 그 가운데 작은 쪽의 값을 적용한다.
- ④ 볼트의 유효지압면적은 공칭지름과 지압을 받는 강재의 두께와의 곱으로 하여야 한다. 접시머리볼트의 유효지압면적을 계산할 때 접시머리부는 그 깊이의 1/2을 유효한 것으로 한다.(<그림 9.8.9> 참조)

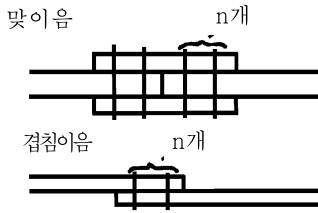


그림 9.8.8 응력계산에 사용되는 볼트의 수

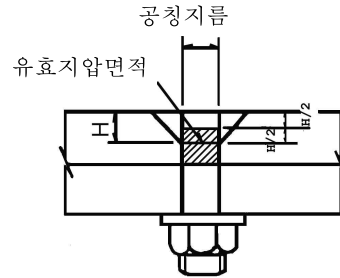


그림 9.8.9 접시머리볼트의 유효지압면적

- ⑤ 판의 지압력을 계산하는 경우의 유효지압면적은 그 지름과 지압을 받는 강재의 두께와의 곱으로 한다.
- (5) 플레이트거더 복부판의 이음
- ① 플레이트거더의 복부판 이음에는 이음판을 복부판의 양쪽에 대고, 이음선의 좌우 양쪽에 2열 이상으로 고장력볼트를 배열해야 한다.
- ② 복부판에 모멘트가 작용하는 경우의 볼트는 <식(9.8.5)>를 만족하도록 설계한다.

$$\rho = \frac{M}{\sum y_i^2} y_i \leq \frac{y_i}{y_n} \rho_a \quad (9.8.5)$$

여기서, ρ : 볼트 1개에 작용하는 힘(kN)

ρ_a : 볼트 1개의 허용력(kN)

M : 휨모멘트(kN-mm)

y_i : 판의 중립축으로부터 볼트까지의 거리(mm)

Σ : 접합선의 한쪽 편에 있는 볼트군의 집합

y_n : 판의 중립축으로부터 가장자리 볼트까지의 거리. 다만, 같은 연결부의 플랜지를 볼트로 연결한 경우에는 중립축으로부터 플랜지의 압축연 또는 인장연까지의 거리(mm)

- ③ 축방향력, 휨모멘트 및 전단력이 함께 작용하는 복부판을 연결할 경우의 볼트는 <식(9.8.6)>을 만족하도록 설계한다.

$$\sqrt{(\rho_p + \rho_m)^2 + \rho_s^2} \leq \rho_a \quad (9.8.6)$$

여기서, ρ_p : 축방향력에 의한 볼트 1개의 작용력(kN)

ρ_m : 휨모멘트에 의한 볼트 1개의 작용력(kN)

ρ_s : 전단력에 의한 볼트 1개의 작용력(kN)

ρ_a : 볼트 1개의 허용력(kN)

- ④ 플랜지 또는 복부판을 교축방향으로 따라가며 서로를 볼트이음하는 경우는 식(9.8.7)을 만족하도록 설계한다.

$$\rho_h = \frac{S Q p}{I n} \leq \rho_a$$

(9.8.7)

여기서, ρ_h : 교축방향 이음의 고장력볼트 1개에 작용하는 힘(kN)

S : 계산 단면에 작용하는 전단력(kN)

Q : 이음선 외측 총단면의 단면1차모멘트로 플레이트거더 총단면의 중립축에 대한 값(mm³)

I : 부재 총단면의 중립축에 대한 단면2차모멘트(mm⁴)

p : 고장력볼트의 피치(mm)

n : 접합선에 직각 방향의 볼트의 수

ρ_a : 볼트 1개의 허용력(kN)

(6) 이음판의 설계

① 고장력 볼트이음에 있어서, 이음판의 설계는 다음 규정에 의한다.

가. 인장력이 작용하는 판의 이음판은 「9.8.3(8)항」에 규정된 순단면에 생기는 응력이 허용인장응력 이하가 되도록 설계한다.

나. 압축력이 작용하는 판의 이음판은 총단면에 생기는 응력이 「9.4항」에 규정된 허용압축응력의 상한값 이하가 되도록 설계한다.

다. 휨모멘트가 작용하는 부재의 이음판은 <식 (9.8.8)>를 만족하도록 설계한다.

$$f = \frac{M}{I} y \leq f_a \quad (9.8.8)$$

여기서, f : 이음판의 연단에 생기는 응력(MPa)

M : 이음판 총단면에 작용하는 휨모멘트(N · mm)

I : 부재의 중립축에 관한 이음판 총단면의 단면2차모멘트(mm⁴)

y : 부재의 중립축으로부터 이음판 연단까지의 거리(mm)

f_a : <표 9.4.12>에 규정된 허용응력(MPa)의 상한값

라. 모재 한쪽의 이음판 소요 두께가 25mm를 초과하는 경우에는 두께 10mm이상, 21mm이하의 2개 또는 3개의 판재를 사용한다.

(7) 볼트의 구멍

① 부재의 순단면적을 산정하는 경우 볼트구멍의 지름은, M20, M22, M24에 대해서는 볼트의 공칭 지름에 3mm를 더한 값으로 하고, M27 및 M30의 경우에는 4mm를 더한 값으로 한다.

② 접시머리볼트에 대해서는 그 단면형상을 고려해서 공제단면적을 정한다.

(8) 순단면적의 계산

① 인장재의 순단면적은 판의 순폭과 판두께의 곱으로 한다. 이 경우 재편의 순폭은 총폭에서 볼트구멍의 폭을 뺀 것으로 한다. 다만 접시머리볼트의 경우는 총단면적에서 볼트 줄기단면 및 접시머리부 공제면적을 뺀 것으로 한다.

- ② 볼트구멍을 지그재그로 연결한 임의의 단면에 있어서 재편의 순쪽은 총폭에서 그 단면의 인접 볼트구멍에 대해 순차로 <식 (9.8.9)>에 의한 폭 w 를 뺀 것으로 한다.

$$w = d - \frac{p^2}{4g} \quad (9.8.9)$$

여기서, d : 볼트구멍의 지름(mm)

p : 볼트의 피치(mm)

g : 볼트의 선간거리(mm)

- ③ T형, +형, 박스형 등의 조합단면의 부재에 있어서는 단면을 구성하는 재편마다 「①항」 및 「②항」에 의한 방법으로 계산한다.
- ④ L형강의 전개 총폭은 <그림 9.8.11>에서와 같이 다리폭의 합에서 다리의 두께를 뺀 것으로 하고, 양다리의 볼트 선간거리(g)는 L형 배면에서 각 볼트 선까지의 거리의 합에서 다리의 두께를 뺀 것으로 한다.

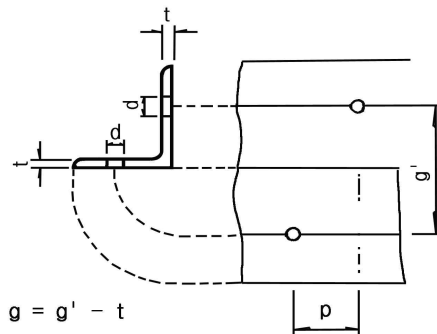


그림 9.8.11 L형강의 전개방법

- (9) 볼트의 최소 중심간격은 <표 9.8.2>에 나타난 값을 표준으로 한다. 다만, 특별한 경우에는 볼트 지름의 3배까지 감소시킬 수 있다.

표 9.8.2 볼트의 최소 중심간격

볼트의 호칭	최소중심간격(mm)
M30	105
M27	95
M24	85
M22	75
M20	65

(10) 볼트의 최대 중심간격은 다음의 각 항에 따른다.

- ① 이음 및 조립 압축부재에 있어서 볼트의 최대 중심간격은 <표 9.8.3>에 나타난 값 중 작은 쪽의 값으로 한다.

표 9.8.3 볼트의 최대 중심간격

볼트의 호칭	최대 중심간격(mm)		
	p		g
M30	210	$12t$, 지그재그배치의 경우는 $15t - \frac{3}{8}g$ 다만, $12t$ 이하	$24t$, 다만, 300mm이하
M27	190		
M24	170		
M22	150		
M20	130		

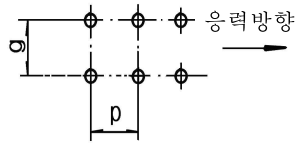
여기서, t : 외측 판 또는 형강의 두께(mm)

p : 피치, 힘 작용방향의 볼트간 거리(mm)

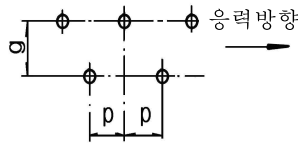
g : 게이지, 힘 작용직각방향의 볼트선간 거리(mm)

(g 및 p 는 <그림 9.8.12> 참조)

일반적인 경우



지그재그 배치의 경우

그림 9.8.12 볼트의 피치(p)와 선간거리(g)

② 인장재를 이음하는 볼트의 힘작용방향 최대 중심간격은 $24t$ 로 한다. 또한, 300mm를 초과해서는 안 된다.

③ 보도, 깔판, 배수설비 등에서는 위의 「①과 ②항」에 의하지 않아도 좋다.

(11) 최소연단거리

① 볼트의 중심에서 모재 또는 이음판의 가장자리에 이르는 최소연단거리는 <표 9.8.4>에 나타난 값으로 한다. 모재 두께가 50mm이상인 경우, 접합되는 모재의 단부가 서로 마주보는 쪽의 모재 최소연단거리는 인장의 경우 모재 두께, 압축의 경우 모재 두께의 0.75배로 한다.

표 9.8.4 볼트의 최소연단거리

볼트의 호칭	전단연단, 수동가스 절단연단(mm)	압연연단, 다듬질연단, 자동가스 절단연단(mm)
M30	55	50
M27	48	43
M24	42	37
M22	37	32
M20	32	28

② 지압이음에 있어서 응력방향의 볼트 수가 2개 이하의 경우, 힘 작용 방향의 최소연단거리는 <표 9.8.4>에 의하되 <식 9.8.10>을 만족하여야 한다.

$$\begin{aligned} \text{1면 전단의 경우 } e &\geq a \cdot \frac{A}{t} \\ \text{2면 전단의 경우 } e &\geq a \cdot \frac{2A}{t} \end{aligned}$$

(9.8.10)

여기서, e : 응력방향으로 겹 최소연단거리(mm)

a : 볼트와 모재와의 허용전단응력의 비

A : 나사부 바깥지름을 기준으로 계산한 볼트의 공칭단면적(mm^2)

t : 1면 전단의 경우에는 얇은 쪽 판의 두께(mm)

2면 전단의 경우에는, 모재의 두께와 연결판의 두께의 합계 중 얇은 쪽의 값(mm)

(12) 최대 연단거리

볼트의 중심으로부터 재편이 겹쳐지는 부분의 연단까지의 최대거리는 최외측의 판 또는 형강의 두께의 8배로 한다. 또한 150mm를 초과해서는 안 된다.

(13) L형강에 사용하는 볼트 - L형강에 사용하는 볼트의 지름은 L형강의 다리길이에 따라 <표 9.8.5>에 나타낸 값을 초과해서는 안 된다.

표 9.8.5 L형강에 사용하는 볼트

L형강 다리길이(mm)	주부재	2차부재
100이상	M24	M24
90	M22	M24
75	M20	M22

(14) 볼트의 최소개수

부재 연결부에서 한 무리를 이루는 고장력볼트의 개수는 2개 이상으로 하여야 한다.

(15) 경사진 와셔 및 곡면와셔

① 볼트머리 또는 너트가 놓이는 부재의 외측 면이 볼트축에 직각인 면

에 대해 1/20이상의 경사를 이룬 경우에는, 경사진 채움재, 또는 경사진 와서를 사용하여야 한다. 단 축방향으로 반복 인장력이 작용하는 볼트의 경우는 위의 경사를 1/50으로 한다.

- ② 볼트머리 또는 너트가 놓이는 부재의 외측 면이 곡률 반지름 500mm 이하의 곡면인 경우에는 곡면와서를 사용한다.

(16) 채움판

- ① 연결하려는 부재 또는 재편 사이에 채움판을 넣을 경우, 지압이음 고장력볼트의 설계는 다음 규정에 따른다.

가. 채움판의 두께가 6mm이상인 경우에는, 채움판이 없는 경우에 필요한 볼트 수보다 30%증가시키고, 그 두께가 6mm미만인 경우에는 증가시킬 필요는 없다.

나. 채움판의 두께가 9mm이상인 경우에는, 채움판을 밖으로 연장하고, 「가.항」의 규정에 의해 증가된 볼트는 될 수 있는 대로 채움판과 부재와의 연결에 사용하도록 하여야 한다.

- ② 두 개 이상의 채움판을 겹쳐 사용하는 것은 피한다.

(17) 핀연결

핀으로 부재를 연결하는 경우에는 그 연결부에서 부재가 이동하지 못하도록 하고, 또한 적당한 방법으로 너트가 풀어지지 않도록 한다.

(18) 핀의 설계

- ① 핀의 지름은 75mm이상으로 한다.
- ② 핀 몸통의 길이는 부재의 외측면간 거리보다 6mm이상 길게 하고, 핀의 양단에는 로마스너트(Lomas nut) 또는 와서가 붙은 일반너트를 사용한다.
- ③ 핀의 나사는 미터형나사를 이용하고 피치는 4mm를 표준으로 한다.

(19) 핀구멍 부재

- ① 핀과 핀구멍 지름의 차이는 핀지름 130mm미만의 것에 대해서는 0.5mm, 핀지름 130mm이상 것에 대해서는 1mm를 표준으로 한다.
- ② 인장재의 부재축에 직각인 방향으로 핀구멍의 중심을 지나는 순단면적은 그 부재의 계산상 필요한 순단면적보다 40%이상 크게 하고, 핀구멍과 부재 끝 사이의 축방향으로 측정한 순단면적은 그 부재의 계

산상 필요한 순단면적보다 크게 한다.

- ③ 편구멍이 있는 부분의 인장을 받는 복부판의 두께는 그 순폭의 1/8 이상으로 한다.

9.9 브레이싱 및 다이아프램

9.9.1 일반내용

- (1) 이 절은 강교 및 강합성교의 브레이싱 및 다이아프램 설계에 관한 규준을 정한다.

9.9.2 브레이싱 부재

- (1) 수평브레이싱, 제동트러스 및 다이아프램에는 조합부재 또는 형강을 사용하고 부재가 교차할 경우에는 교점을 연결하여야 한다.
- (2) 길이가 긴 브레이싱 부재에는 가능한 한 중복구조를 사용한다.

9.9.3 수평브레이싱

- (1) 교량거더에는 상부수평브레이싱 및 하부수평브레이싱을 설치하는 것을 원칙으로 하여야 한다. 다만 하로플레이트거더의 경우에는 하부수평브레이싱만 설치하고 폐상식으로서 충분히 강한 바닥틀이 있는 경우에는 간략하게 할 수 있다.
- (2) 적당한 수직브레이싱 또는 다이아프램이 있는 상로플레이트거더에서 궤도가 직선인 경우에는 지간 16m이하, 곡선의 경우에는 지간 12m이하의 것에 대해 하부수평브레이싱을 생략할 수 있다.
- (3) 트러스 압축현재간의 수평브레이싱은 이 설계기준 「제8장 8.5항」에서 규정한 하중 외에 해당 격간에 있는 좌우 현재에 작용하는 압축력 합계의 1%에 상당하는 격간 전단력에 저항할 수 있도록 설계하여야 한다. 또한 이 경우의 격간 전단력은 주하중으로 간주한다.

9.9.4 제동트러스

- (1) 무도상식인 경우 교량거더에는 필요에 의해 제동하중과 시동하중 또는 장대레일에 의한 종하중에 저항하는 제동트러스를 설치하여야 한다.

- (2) 제동트러스는 신축장치가 없는 연속세로보의 경우에는 세로보 전장의 중앙부에 설치하고 신축장치가 있는 세로보의 경우에는 신축장치의 좌우측 구간의 중앙부에 각각 설치하여야 한다.

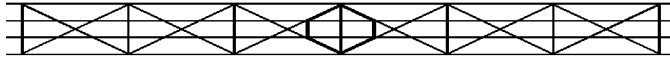


그림 9.9.1 보통의 제동트러스 위치

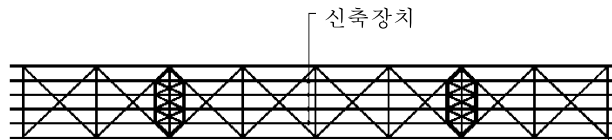


그림 9.9.2 신축장치가 있는 경우의 제동트러스 위치

9.9.5 중간수직브레이싱 및 다이아프램

- (1) 트러스에서는 가능한 한 각 격점에 수직브레이싱 또는 다이아프램을 설치한다.
- (2) 주거더가 I형단면의 상로플레이트거더인 경우에는 중간수직브레이싱 및 다이아프램의 간격은 압축플랜지 폭의 20배 이하, 또는 박스거더 단면의 상로플레이트거더의 경우에는 간격을 복부판 중심간격의 4배 이하로 하고 어느 경우에도 8m를 넘지 않도록 한다.
- (3) 무도상 바닥틀에는 중간 수직브레이싱 또는 다이아프램을 5.5m간격 이내로 설치한다.

9.9.6 지점부 단수직브레이싱 및 다이아프램

- (1) 상로플레이트거더 및 상로트러스의 지점부에는 원칙적으로 상부수평 브레이싱에 작용하는 전 횡하중을 지점에 전달할 수 있도록 단수직브레이싱 또는 다이아프램을 설치한다.

9.9.7 교문브레이싱

- (1) 하로트러스 또는 이것과 유사한 구조물에는 교문브레이싱을 설치하여

상현재에 작용하는 전 횡하중을 지점에 전달할 수 있는 구조로 하는 것을 원칙으로 하여야 한다. 다만 교문브레이싱에는 가급적 큰 니브 레이스를 설치한다.

9.9.8 병렬거더의 연결

- (1) 병렬거더를 연결하는 횡방향 연결구조는 휨이나 비틀림에 의해 과도한 응력이 발생되지 않도록 충분한 강성을 갖고, 휨이나 비틀림의 영향을 적게 받는 힌지 구조로 한다.

9.10 플레이트거더

9.10.1 일반내용

- (1) 이 절은 I형 단면, π 형 단면 및 박스형 단면의 주거더를 주구조로 하는 상부구조를 가진 교량(이하“플레이트거더교”라 한다.)의 설계에 적용하여야 한다. 여기에서는 주로 I형 단면으로 구성되는 플레이트 거더교를 그 대상으로 하며, 포괄적인 부분에 있어서는 박스거더 등에도 준용할 수 있다.
- (2) 하이브리드 단면의 적용
 - ① 플랜지의 항복강도가 복부판의 항복강도보다 높은 하이브리드 단면의 경우 복부판의 최대 휨응력이 허용응력을 초과하는 것은 허용되지만, 복부판의 최대 휨응력이 항복강도에 이르지 않도록 한다.
 - ② 사용하중하에서 복부판의 최대 휨응력이 항복강도에 도달하지 않도록 하기 위해서는 <표 9.10.1>에 제시된 강종 조합을 사용해야 한다.
 - ③ 하이브리드 단면의 경우 <표 9.6.6>의 복부판의 최대폭-두께비를 준수해야 하며, 「9.5.5항」의 합성응력의 검토에 주어진 <식 (9.5.10)>을 별도로 검토하지 않아도 좋다.

표 9.10.1 하이브리드 플레이트거더 단면의 강종조합

플랜지 강종	복부판에 적용 가능한 강종
HSB600, SM570, SMA570, SM570TMC	HSB500, SM490Y, SM520, SMA490, SM520C-TMC, SM490, SM490C-TMC,
HSB500, SM490Y, SM520, SMA490, SM520C-TMC	SM490, SM490C-TMC, SS400, SM400, SMA400
SM490, SM490C-TMC	SS400, SM400, SMA400

(3) 비틀림모멘트를 고려하는 범위

- ① 설계에서 비틀림모멘트를 고려하여야 할 경우에는 순수비틀림(St. Venant torsion)에 의한 전단응력과 뒤틀비틀림(warping torsion)에 의한 전단응력과의 합계 및 뒤틀비틀림에 의한 수직응력을 산출해야 한다.
- ② 그러나 비틀림 상수비 $\alpha < 0.4$ 일 경우에는 순수비틀림에 따른 응력계산을, 비틀림 상수비 $\alpha > 10$ 일 경우에는 뒤틀비틀림에 의한 응력계산을 각각 생략할 수 있다.

$$\alpha = I \sqrt{\frac{GK}{EI_w}} \quad (9.10.1)$$

여기서, I : 지점간의 부재길이(mm)

G : 전단탄성계수(MPa)

K : 순수비틀림상수(mm^4)

E : 탄성계수(MPa)

I_w : 뒤틀비틀림상수(mm^6)

(4) 2축응력 상태의 검토

- ① 주거더의 플랜지와 라멘 가로보의 플랜지가 직접 연결되는 경우와 같이 주거더의 2방향 응력이 작용하는 부분은 <식 (9.10.2)>로 검토

하여야 한다.

$$\sqrt{\left(\frac{f_x}{f_a}\right)^2 - \left(\frac{f_x}{f_a}\right)\left(\frac{f_y}{f_a}\right) + \left(\frac{f_y}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{v}{v_a}\right)^2} \leq 1.1 \quad (9.10.2)$$

여기서, f_x, f_y : 검토하는 곳에서 서로 직교하는 방향으로 작용하는 수직응력(MPa)

v : 검토하는 곳에 작용하는 전단응력(MPa)

f_a, v_a : 「9.4.1항」에 따른 허용인장응력과 허용전단응력(MPa)

② 다만 f_x, f_y 는 인장응력을(+), 압축응력을(-)로 하여야 한다.

9.10.2 플랜지

(1) 플랜지의 최소판두께

- ① 부재의 축방향으로 압축력을 받는 판의 최대폭-두께비 제한은 「9.6.2(1)항」에 준용하여야 한다.
- ② 침목을 직접 지지하는 플랜지 강판의 자유돌출폭은 판두께의 10배 이하로 하여야 한다. 다만, 그 최소폭은 200mm, 최소판두께는 <표 9.10.2>에 의하여야 한다. 또 침목받침을 사용하는 박스거더의 경우에는 이런 제한이 없다.
- ③ 플랜지 단면을 구성하는 강판은 가능한 한 2개 이하로 하는 것이 좋다.
- ④ 종방향 보강재가 연속구조로 되어 있는 경우에는 보강재의 단면적을 유효단면적에 포함시킬 수 있다.

표 9.10.2 강종에 따른 플랜지의 최소판두께

강재의 종류	최소판두께(mm)
SS400, SM400, SMA400	16
SM490, SM490Y, SM520, SMA490, SM490-TMC, SM520-TMC, HSB500	13
SM570, SMA570, SM570-TMC, HSB600	12

(2) 플랜지의 덮개판(Cover Plate)

- ① 플랜지에 덮개판을 겹쳐서 플랜지를 구성할 경우 덮개판의 두께는 플랜지판 두께의 1.5배 이하로 하고, 압축플랜지에서는 덮개판 폭의 1/24이상, 인장플랜지에서는 덮개판 폭의 1/32이상으로 하여야 한다.
- ② 덮개판을 플랜지에 연결하는 측면 필릿 용접간 거리는 얇은 쪽 판 두께의 12배 이하(단, 150mm이하)로 한다. 인장플랜지에 있어서는 30배 이하로 한다.
- ③ 덮개판의 길이는 거더높이의 2배에 1.0m를 더한 값보다 커야 한다. 덮개판의 양단에는 이론값보다 각각 300mm이상, 또는 덮개판 폭의 1.5배 이상인 여유길이가 있어야 한다. 인장측에 사용되는 덮개판의 양단은, 덮개판을 제외하고 계산한 플랜지의 연단응력(extreme fiber stress)이 허용응력의 90%가 되는 곳까지 연장하여야 한다.
- ④ 덮개판의 단부에 사용하는 필릿용접은 부등치수의 연속 필릿용접으로 하고 응력의 흐름이 원활하도록 마무리하여야 한다.

(3) 플랜지의 유효폭

- ① 플랜지의 한쪽편 유효폭 b_e 는 <식 (9.10.3)>에 의해 계산한다.

가. 단순보

$$b_e = \lambda_1 + \lambda_2 \quad (9.10.3)$$

여기서, λ_1 : 주거더 사이의 한쪽 편 유효폭

λ_2 : 내민부의 한쪽편 유효폭

λ_1 및 λ_2 는 다음 식으로 계산하여야 한다.

$b/l \leq 0.05$ 인 경우 $\lambda_1, \lambda_2 = b$ (전폭유효)

$b/l > 0.05$ 인 경우 $\lambda_1, \lambda_2 = \{1.1 - 2(b/l)\}b$

여기서, l = 지간

b = 주거더사이에서는 주거더사이 거리의 1/2, 내민부에서는 플랜지 돌출폭

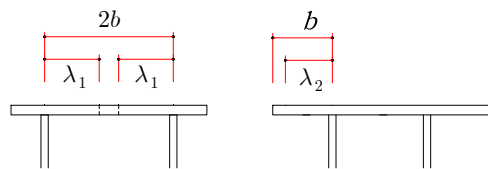


그림 9.10.1 플랜지의 유효폭

나. 연속거더

$$b_e = \lambda_1 + \lambda_2$$

㉞ 지간 중앙부

$b/l \leq 0.05$ 인 경우 $\lambda_1, \lambda_2 = b$ (전폭유효)

$b/l > 0.05$ 인 경우 $\lambda_1, \lambda_2 = \{1.1 - 2(b/l)\}b$

㉞ 중간 지점부

$b/l \leq 0.02$ 인 경우 $\lambda_1, \lambda_2 = b$ (전폭유효)

$b/l > 0.02$ 인 경우 $\lambda_1, \lambda_2 = \{1.06 - 3.2(b/l) + 4.5(b/l)^2\}b$

표 9.10.3 등가 지간장과 적용식

등가 지간장	지간 중앙부(Ⅰ) $I = 0.8L_1$ 지간 중앙부(Ⅱ) $I = 0.6L_2$ 중 간 지 점 $I = 0.2(L_1 + L_2)$
유효폭의 변화 상태	

㉔ 중간지점과 지간중앙부의 사이

<표 9.10.3>에서 그림의 사선 부분처럼 직선적으로 변화하는 것으로 한다.

(4) 플랜지판과 복부판을 연결하는 용접

- ① 플랜지판과 복부판의 연결부는 복부판 양측에서 필릿용접으로 접합하는 것을 원칙으로 한다.
- ② 플랜지판과 복부판을 접합하는 필릿용접 목두께의 합이 복부판 두께 이상인 경우에는 필릿용접부의 전단응력에 대한 검산을 생략할 수 있으며, 복부판 두께 미만인 경우에는 <식 (9.10.4)>에 의해 검산하여야 한다. 또한 휨응력과 합성응력에 대한 검산은 「9.5.5(1)항」에 따른다.

$$v_h = \frac{SQ}{I(\sum a)} \quad (9.10.4)$$

여기서, v_h : 필릿용접의 목두께 단면에 작용하는 전단응력(MPa)

S : 계산하는 단면에 작용하는 전단력(N)

Q : 총단면의 중립축에 관한 플랜지판의 단면1차모멘트
(mm³)

I : 플레이트거더의 총단면의 중립축에 대한 단면2차모멘트
(mm⁴)

Σa : 목두께의 합계(mm)

③ 상로플레이트거더로 직접 침목을 지지하는 경우에는 「①항」의 용접은 K형 용접으로 하는 것을 원칙으로 한다.

(5) 수직보강재의 부착방법

① 지점부와 같이 집중하중을 받는 위치에 설치되는 수직보강재는 완전 용입그루브용접으로 양쪽 플랜지에 접합시킨다.

② 다이어프램이나 수직브레이싱 등의 연결판으로도 사용되는 중간수직보강재는 양쪽 플랜지에 볼트나 용접으로 접합시킨다.

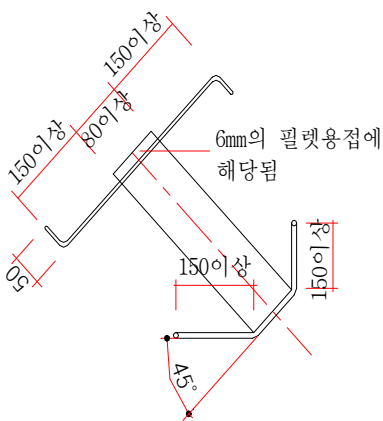
③ 연결판으로 사용되지 않는 중간수직보강재는 압축플랜지와 완전 밀착시켜야 하고, 인장플랜지와는 복부판 두께의 4배 이상, 6배 이하의 간격을 띄워야 한다.

④ 바닥판과 접하는 인장플랜지에는 수직보강재를 용접으로 접합시킨다.

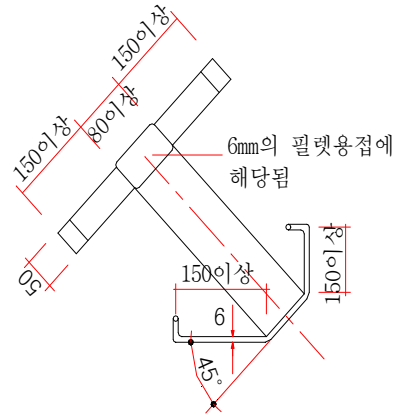
(6) 바닥판 앵커

① 바닥판의 합성효과를 기대하지 않는 부분에서도 주거더의 플랜지에 바닥판을 고정시키기 위하여 바닥판 앵커를 붙여야 한다.

② 바닥판 앵커의 간격은 1m이하를 원칙으로 하되, 강봉을 사용할 경우에는 지름 13mm이상으로, 강판을 사용할 경우에는 폭 50mm, 두께 6mm이상으로 하여야 한다. 어느 경우에 있어서도 한쪽 길이가 150mm이상의 정착길이를 요하며 또, 선단에는 반원형이나 L형의 갈고리를 붙여야 한다.



(a) 강판을 사용할 경우



(b) 강관을 사용할 경우

그림 9.10.4 바닥판 앵커(단위: mm)

9.10.3 하중집중점의 보강재

(1) 하중집중점의 보강재

- ① 플레이트거더의 지점 및 가로보, 세로보, 수직브레이싱 등의 연결부와 같은 하중집중점에는 반드시 보강재를 설치하여야 한다.
- ② 하중집중점의 수직보강재는 기둥으로 간주하고 「제2장」에서 규정한 허용축방향압축응력에 따라 설계하여야 한다. 이때 보강재 전단면과 복부판 가운데 보강재 부착부에서 양쪽으로 각각 복부판 두께의 12배까지를 유효단면이라고 생각할 수 있다.(〈그림 9.10.5〉 참조) 그러나 전체 유효단면은 보강재 단면의 1.7배를 넘어서는 안 된다.
- ③ 허용응력의 계산에 사용하는 단면 2차 반지름은 복부판의 중심선에 대하여 구하고 유효좌굴길이는 플레이트거더 높이의 1/2로 한다.

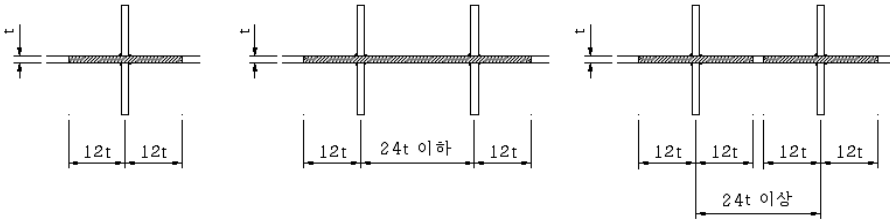


그림 9.10.5 하중집중점 보강재의 유효단면적

(2) 유효지압면적

- ① 하중집중점의 보강재 받침에 접하는 부분의 유효지압면적은 각각 다음과 같이 계산한다.

가. 선받침의 경우는 <그림 9.10.6> 과 같이 단보강재의 하부플랜지에 접하는 부분의 외연간의 폭 b 와 그 두께(t_s)의 면적으로 한다.

나. 강성이 큰 슬플레이트를 사용하는 경우

(보강재의 하부플랜지에 접하는 단면적) $+(24 t_w$ 혹은 상부받침의 폭 중 작은 값) $\times t_w$

여기서, t_w : 복부판의 두께

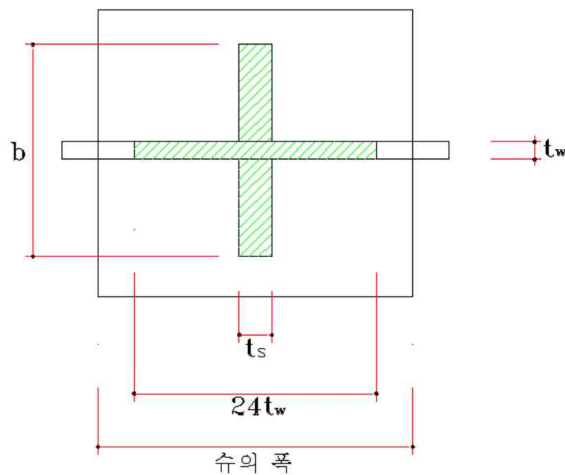


그림 9.10.6 유효지압면적

(3) 설계상세

- ① 보강재와 복부판과의 연결은 보강재가 집중하중 전부를 받은 것으로 보고 설계하여야 한다.
- ② 보강재의 판두께는 「9.5항」의 규정을 만족하여야 한다.
- ③ 지점상의 보강재는 양쪽에 대칭으로, 플랜지까지 연장시키는 것이 좋다.

9.10.4 하로플레이트거더의 주거더 상부플랜지의 고정

- (1) 하로플레이트거더교에서는 가로보와의 연결부에서 니브레이스(knee brace)를 설치하는 것을 원칙으로 한다.
- (2) 니브레이스를 설치하지 않는 경우에는 아래 각 항에 의한다.
 - ① 가로보와 수직보강재로서 형성되는 U자형구조는 그 상단에 가해지는 수평횡력에 대해서 <식 (9.10.5)>에 의해 그 강성을 검토하여야 한다.

$$k \geq \frac{8 \cdot A f_{ca}}{l} \quad (9.10.5)$$

여기서, k : U자형구조의 강성(N/mm), 즉 <그림 9.10.7>에서 $\delta = 1$ 인 경우의 수평력 ($k = K/\delta$)

A : 상부플랜지의 단면적(mm²), (「②항」의 경우도 같다)

f_{ca} : 주거더의 허용휨압축응력(MPa)

l : 주거더 플랜지의 가정한 좌굴길이(mm)

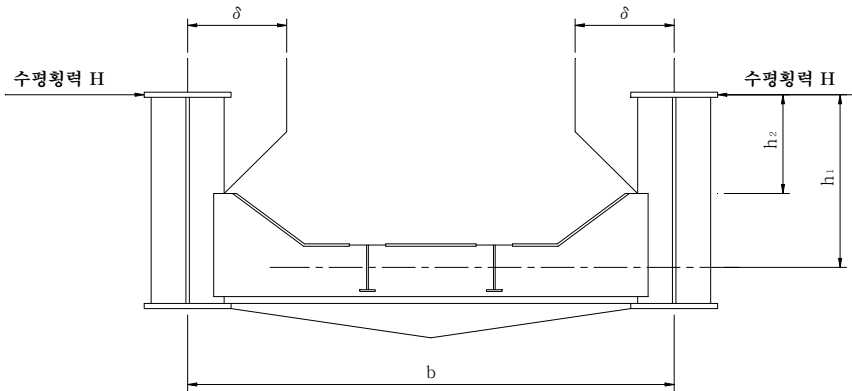


그림 9.10.7 하로플레이트거더교

- ② 「①항」의 구조는 그 상단에 <식 9.10.6>의 크기로 수평항력을 주었을 경우 충분한 강도가 있어야 한다.

$$H = A \cdot f_c / 100 \quad (9.10.6)$$

여기서, H : 강도를 검토하기 위한 수평력(N)

f_c : 상부플랜지에 작용하는 연단휨압축응력(MPa)

9.10.5 강바닥판으로서의 응력과 상부플랜지로서의 응력의 합성

- (1) 강바닥판을 적용한 플레이트거더에서 강바닥판을 주거더구조의 일부로 설계하는 경우 주거더작용으로서의 응력에 「9.7.3항」에서 규정하는 응력을 더하여야 한다. 이 경우 합성응력에 대한 허용응력은 「9.4.2(1)항」에서 규정하는 기본허용응력으로 한다.

9.11 합성거더교

9.11.1 일반내용

- (1) 이 절은 강거더와 철근콘크리트 바닥판을 전단연결재를 사용하여 합성(合成)한 철도교(이하 “합성거더”라 한다)의 설계에 적용한다.
- (2) 이 절에서 정하지 않은 사항에 대하여는 「제9장」 및 「제10장」을 준용한다.

(3) 기호

- A_c = 유효폭내의 바닥판의 단면적(mm²)
 A_s = 강거더의 단면적(mm²)
 b_e = 바닥판의 유효폭(mm)
 b_o = 바닥판과 강거더와의 접촉부에서 바닥판 헐치하단의 폭
 (mm)
 d = 스티드 줄기의 지름(mm)
 E_c = 콘크리트의 탄성계수(MPa)
 E_s = 강재의 탄성계수(MPa)
 f_{ck} = 콘크리트의 설계기준강도(MPa)
 f_{cl} = 바닥판과 강거더와의 접촉부에서 콘크리트의 응력(MPa)
 f_{cu} = 바닥판의 상연에 있어서의 교축방향의 콘크리트 응력(MPa)
 f_{sl} = 강거더 하연의 응력(MPa)
 f_{su} = 바닥판과 강거더와의 접촉부에서 강거더의 응력(MPa)
 I_c = 유효폭내 바닥판의 중립축(C-C)에 관한 단면2차모멘트
 (mm⁴)
 I_s = 강거더의 중립축(S-S)에 관한 단면2차모멘트(mm⁴)
 L = 지간(mm)
 $n = E_s / E_c$ = 강재와 콘크리트의 탄성계수비
 Q_a = 허용내하력 (N)
 ε_s = 콘크리트의 건조수축률
 ϕ_1, ϕ_2 = 콘크리트의 크리프계수

9.11.2 합성거더의 단면

(1) 합성거더의 계산에는 <그림 9.11.1>에 표시된 기호를 사용한다.

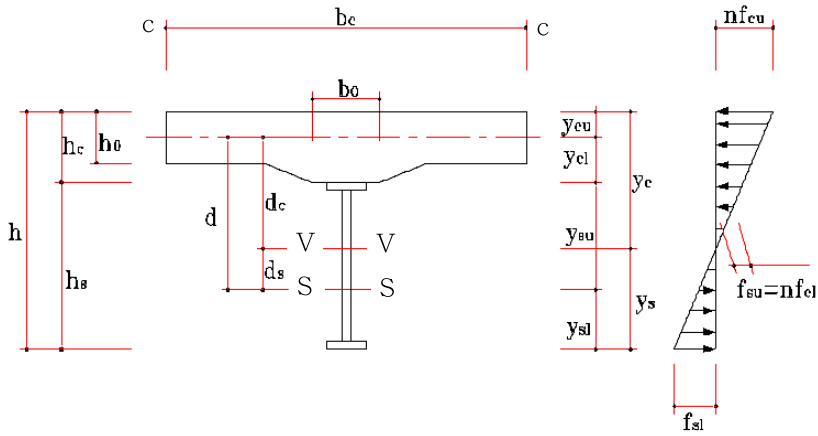


그림 9.11.1 합성거더의 기호

- 여기서, b_e : 바닥판의 유효폭(mm)
 b_o : 바닥판과 강거더와의 접촉부에서 바닥판 헌치하단의 폭(mm)
 h_o : 바닥판의 두께(mm)
 h_c : 강거더의 상부플랜지 상연에서 바닥판 상연까지의 거리(mm)
 h_s : 강거더의 높이(mm)
 $h = h_c + h_s$: 합성거더의 높이(mm)
C-C : 유효폭내의 바닥판 단면의 중립축
S-S : 강거더 단면의 중립축
V-V : 강재로 환산한 합성단면의 중립축
 d : C-C와 S-S와의 거리(mm)
 d_c : V-V와 C-C와의 거리(mm)
 d_s : V-V와 S-S와의 거리(mm)
 y_c : V-V에서 바닥판 상연까지의 거리(mm)
 y_s : V-V에서 강거더의 하연까지의 거리(mm)

9.11.3 설계도에 기재하는 사항

- (1) 합성거더 설계도에는 일반적으로 기재하는 사항 이외에 설계기준강도, 조골재의 최대치수, 설계에 사용한 탄성계수비, 콘크리트 치기의

조건, 공사 중의 하중 및 합성후의 고정하중의 재하시기, 기타 특히 필요한 사항을 명기한다.

9.11.4 하중

(1) 합성거더의 설계에는 「제8장」에서 정한 것 외에 바닥판 콘크리트의 크리프, 건조수축 및 바닥판과 강거더와의 온도차 등의 영향을 고려한다.

(2) 합성단면 하중

- ① 콘크리트 바닥판 타설과 양생시 거더를 받칠 임시 중간 지점이 없는 경우는 강재와 콘크리트 고정하중은 강거더에만 작용한다고 가정하고, 모든 후속하중은 합성단면에 작용한다고 가정한다.
- ② 콘크리트가 재령 28일 강도의 75%를 가질 때까지 거더에 유효 임시 중간지점이 주어진 경우, 콘크리트 고정하중과 모든 후속하중은 합성단면에 작용한다고 가정한다.
- ③ 충격에 의한 응력은 활하중에 의한 응력에 충격계수를 곱한 것으로 하며, 충격계수는 「제8장 8.2.3항」의 규정을 준용한다.

9.11.5 재료

- (1) 강재의 허용응력은 「9.3.3항」의 규정에 의한다.
- (2) 바닥판 콘크리트의 기준 허용응력은 <표 9.11.1>에 표시된 값으로 한다.

표 9.11.1 바닥판 콘크리트의 허용응력

	종별	허용응력(MPa)		
		$f_{ck} < 30$	$30 \leq f_{ck} < 40$	$40 \leq f_{ck} \leq 50$
휨압축응력	바닥판	$0.40 f_{ck}$		
	합성거더 플랜지			
전단응력	사인장철근을 두지 않는 경우	0.9	1.0	1.1
	사인장철근을 두는 경우	2.0	2.2	2.4

- (3) 바닥판에 사용되는 철근의 허용인장응력은 <표 9.11.2>에 표시된 값을 적용한다. 다만 주거더 단면 일부로서의 작용과 바닥판으로서의 작용을 동시에 고려할 경우에는 허용응력의 20%를 증가시킬 수 있다.

표 9.11.2 철근의 허용인장응력

철근의 종류 허용응력	SD300	SD350	SD400
허용인장응력(MPa)	150	160	160
허용압축응력(MPa)	150	175	180

- (4) 강거더에 대한 허용응력의 증가는 「제8장 8.3.3항」의 규정에 의하여야 한다.

9.11.6 설계일반

(1) 탄성계수비

- ① 강재의 탄성계수는 2.05×10^5 MPa로 하여야 한다.
- ② 합성단면으로서의 응력 및 처짐을 계산하는 경우에 강재와 콘크리트의 탄성계수비 n 은 8을 표준으로 한다.
- ③ 바닥판으로 단면계산을 하는 경우에 탄성계수비 n 은 「제10장」의 규정에 의한다.
- (2) 활하중에 의한 교량거더의 처짐은 「제8장 8.6.3항」의 규정에 의한다.
- (3) 사교
 - ① 사교의 각도는 30° 이하를 원칙으로 한다.
 - ② 사각을 갖는 교량거더의 경우에는 둔각 지점의 반력증가를 고려한다.
- (4) 합성거더의 압축플랜지로서의 바닥판 유효폭 b_e 는 <식 9.11.1>에 의하여 계산한 값을 넘어서는 안 된다.

$$b_e = \lambda_1 + \lambda_2 + 2b_s + b_o \quad (9.11.1)$$

여기서, b_s : 헌치의 수평폭, 헌치의 경사가 45° 보다 작은 경우에

는 <그림 9.11.2>와 같이 취한다.

λ_1 : 주거더 내측의 한쪽 유효폭

λ_2 : 돌출부의 한쪽 유효폭

λ_1 및 λ_2 는 다음 식에 의하여 계산한다.

$$b/L \leq 0.05 \quad \lambda_1 \text{ 또는 } \lambda_2 = b$$

$$0.05 \leq b/L < 0.3 \quad \lambda_1 \text{ 또는 } \lambda_2 = \{1.1 - 2(b/L)\}b$$

$$b/L \geq 0.3 \quad \lambda_1 \text{ 또는 } \lambda_2 = 0.15L$$

여기서, b : <그림 9.11.2> 참조

L : 지간

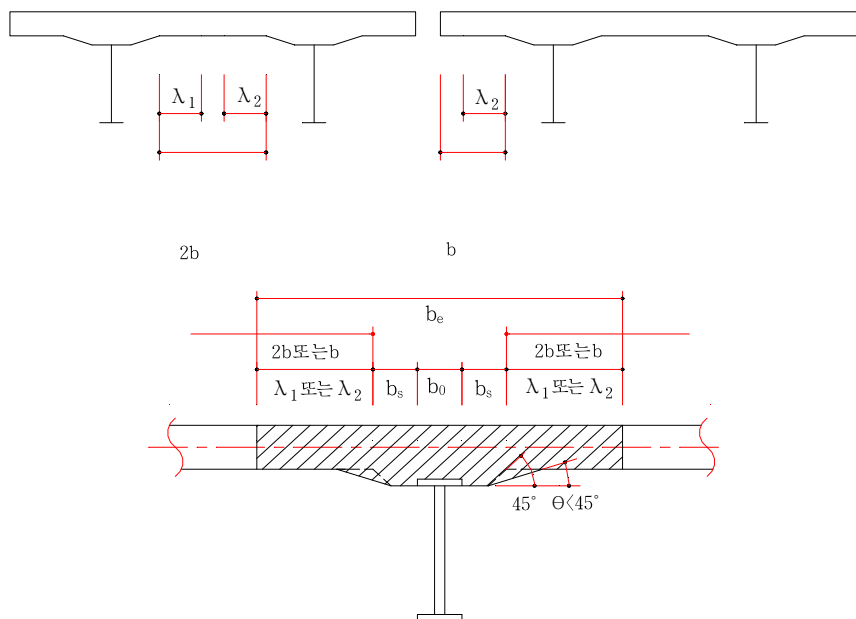


그림 9.11.2 바닥판의 유효폭

(5) 바닥판 콘크리트의 크리프

- ① 합성후 고정하중에 의한 주거더단면 응력을 계산하는 경우에 바닥판 콘크리트의 크리프계수 ϕ_1 은 2.0을 표준으로 한다.

- ② 콘크리트의 응력계산은 크리프를 고려한 콘크리트의 탄성계수를 사용하는 것이 좋다. 즉, 단면 환산을 하는 경우에는 n 대신에 $n(1+\phi_1)$ 을 사용한다.

(6) 바닥판 콘크리트의 건조수축

- ① 바닥판 콘크리트의 건조수축에 의한 합성단면의 응력계산에 사용하는 최종 건조수축률 ε_s 는 27×10^{-5} 을 표준으로 하고, 사용하는 크리프 계수 ϕ_2 는 $2.0\phi_1$ 을 표준으로 한다.
- ② 이 경우의 계산에는 <식 (9.11.2)>~<식 (9.11.8)>을 사용한다.

$$N_c = N_s = \frac{\varepsilon_s E}{\frac{n_\phi}{A_c} + \frac{1}{A_s} + \frac{n_\phi d^2}{I_c + n_\phi I_s}} \quad (9.11.2)$$

$$M_c = \frac{I_c}{I_c + n_\phi I_s} N_c d \quad (9.11.3)$$

$$M_s = \frac{n_\phi I_s}{I_c + n_\phi I_s} N_c d \quad (9.11.4)$$

$$f_{cu} = \frac{N_c}{A_c} - \frac{M_c}{I_c} y_{cu} \quad (9.11.5)$$

$$f_{cl} = \frac{N_c}{A_c} + \frac{M_c}{I_c} y_{cl} \quad (9.11.6)$$

$$f_{su} = -\frac{N_s}{A_s} - \frac{M_s}{I_s} y_{su} \quad (9.11.7)$$

$$f_{sl} = -\frac{N_s}{A_s} + \frac{M_s}{I_s} y_{sl} \quad (9.11.8)$$

여기서, $n_\phi = n(1+\phi_2/2)$: 콘크리트의 강재에 대한 탄성계수비

N_c, N_s, M_c, M_s : 시간 $T=0$ 에서 $T=\infty$ 사이에 콘크리트의 건조수축에 의해 바닥판 단면의 중심 및 강거더단면의 중심에 발생하는 축력과 휨모멘트

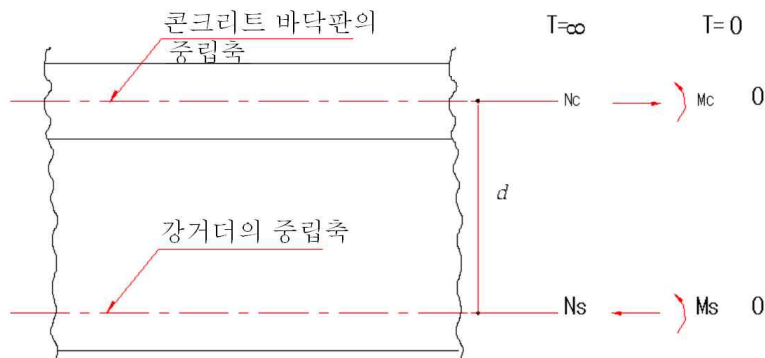


그림 9.11.3 건조수축에 의한 축력과 휨모멘트

(7) 바닥판 콘크리트와 강거더와의 온도차

- ① 바닥판 콘크리트와 강거더와의 온도차는 10℃를 표준으로 하고 현저한 온도차가 생기는 경우에는 별도로 고려하여야 한다.
- ② 온도분포는 강거더 및 바닥판 콘크리트에 있어서 각각 균일한 것으로 본다.
- ③ 바닥판 콘크리트와 강재의 선팽창계수는 12×10^{-6} 을 적용한다.
- ④ 온도차에 의한 응력의 계산에는 크리프의 영향은 고려하지 않고 <식 (9.11.9)> ~ <식 (9.11.15)>로 계산한다.

$$N_c = N_s = \frac{\alpha (\pm t) E_s}{\frac{n}{A_c} + \frac{1}{A_s} + \frac{nd^2}{I_c + nI_s}} \quad (9.11.9)$$

$$M_c = \frac{I_c}{I_c + nI_s} N_c d \quad (9.11.10)$$

$$M_s = \frac{nI_s}{I_c + nI_s} N_c d \quad (9.11.11)$$

$$f_{cu} = \frac{N_c}{A_c} - \frac{M_c}{I_c} y_{cu} \quad (9.11.12)$$

$$f_{cl} = \frac{N_c}{A_c} + \frac{M_c}{I_c} y_{cl} \quad (9.11.13)$$

$$f_{su} = -\frac{N_s}{A_s} - \frac{M_s}{I_s} y_{su} \quad (9.11.14)$$

$$f_{sl} = -\frac{N_s}{A_s} + \frac{M_s}{I_s} y_{sl} \quad (9.11.15)$$

여기서, N_c, N_s, M_c, M_s : 바닥판과 강거더의 온도차에 의해 바닥판 단면의 중심 및 강거더 단면의 중심에 발생하는 축력과 휨모멘트

α : 계산에 사용하는 선팽창계수

t : 온도차, t 앞의 부호는 바닥판이 강거더보다 낮은 경우(+), 높은 경우는(-)로 취하여야 한다.

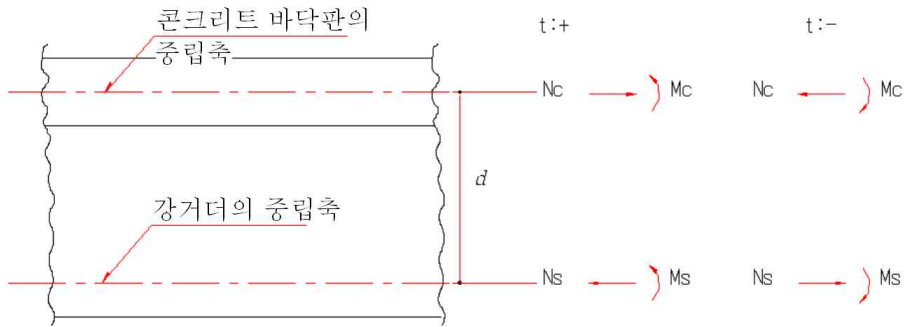


그림 9.11.4 온도차에 의해 발생하는 합성거더의 단면력

(8) 합성단면의 중립축은 강거더 내에 있는 것을 원칙으로 한다.

9.11.7 강거더

(1) 전단연결재를 설치하는 플랜지의 판두께는 「9.6.2(1)항」의 규정을 만족해야 할 뿐 아니라, 플레이트거더의 경우는 15mm이상, 또 박스거더의 경우는 13mm이상으로 하여야 한다. 특히 어느 경우에도 전단연결재의 필릿용접의 크기 이상으로 하여야 한다.

(2) 수평브레이싱

① 하부 수평브레이싱은 플레이트거더교의 경우에는 설치하는 것을 원

칙으로 하여야 한다. 단, 지간이 16m이하의 거더에서 적당한 수직브레이싱이 있는 경우에는 하부 수평브레이싱을 생략할 수 있다.

- ② 상부 수평브레이싱은 필요에 따라 설치하는 것으로 한다.

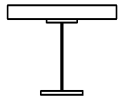
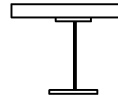
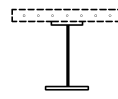
9.11.8 바닥판

- (1) 바닥판의 설계는 이 절에서 규정하는 이외는 「9.7.4항」의 규정에 의한다.

- (2) 바닥판의 합성작용

- ① 주거더의 단면응력을 산출하는 경우 바닥판의 합성작용을 취급함에 있어서는 <표 9.11.3>과 같이 하여야 한다. 전단연결재는 주거더의 전장에 걸쳐서 설치하여야 한다. 또 연속합성거더에서 <표 9.11.3>에 따라 설계를 하는 경우는 내부지점 부근의 균열에 대해 방수층 등의 처리를 강구함과 동시에 고정하중에 의한 휨모멘트의 부호가 변하는 부근에는 강한 하중분배 가로보를 설치하는 것으로 하고, 전단연결재의 배치 및 응력의 변동 상태 등을 충분히 검토하여야 한다.
- ② 주거더의 탄성변형 및 부정정력을 계산하는 경우에는 <표 9.11.3> 규정에 관계없이 바닥판 콘크리트의 합성작용을 고려한다.

표 9.11.3 합성작용의 취급

휨모멘트의 종류	합성작용의 취급	적용
정	바닥판 콘크리트를 주거더 단면의 일부로 본다.	
부	1. 인장응력을 받는 바닥판에서 콘크리트의 단면을 유효로 하는 경우. 바닥판의 콘크리트를 주거더 단면의 일부로 본다.	
	2. 인장응력을 받는 바닥판에서 콘크리트의 단면을 무시하는 경우. 바닥판 내의 교축방향 철근만을 주거더 단면의 일부로 본다.	

주) 프리스트레스하지 않는 연속합성거더의 경우 한 단면에서 활하중의 재하 상태에 따라 정 및 부의 휨모멘트가 생길 수 있다.

- (3) 인장력을 받는 바닥판의 배근
 - ① 인장력을 받는 바닥판에서 콘크리트의 단면을 유효로 하는 설계를 하는 경우에는 바닥판에 작용하는 전인장력을 철근이 받도록 한다.
 - ② 인장력을 받는 바닥판에서 콘크리트의 단면을 무시하고 설계를 하는 경우에는 바닥판 콘크리트 단면적의 2%이상의 교축방향 철근을 배근하여야 한다. 이 경우 교축방향 철근의 총주변장의 바닥판 콘크리트의 단면적에 대한 비, 즉 주장률은 $0.0045\text{mm}/\text{mm}^2$ 이상으로 하면 좋다. 또한 바닥판작용에 대처하기 위하여 배치된 철근을 교축방향 철근의 일부로 볼 수 있다.
 - ③ 철근은 고정하중에 의한 휨모멘트의 부호가 변하는 점을 지나서 바닥판 콘크리트의 압축측에 정착시켜야 한다.
- (4) 바닥판 콘크리트에는 구조이음을 설치해서는 안 된다.
- (5) 바닥판 콘크리트의 합성작용을 줄 때에 바닥판 콘크리트 압축강도는 f_{ck} 의 80%이상이 되어야 한다.
- (6) 교량거더의 단부 부근의 바닥판
 - ① 교량거더 단부의 바닥판은 <그림 9.11.5>과 같이 단부 버팀재로 지지하는 것으로 하여야 한다. 이 경우 단부 버팀재는 <그림 9.11.6>에서 나타낸 범위의 고정하중과 1축의 열차하중에 대해서 설계한다.
 - ② 교량거더 단부의 바닥판은 온도차에 의한 응력 및 건조수축에 의한 응력에 대하여 9.11.9(4)와 같이 설계한다.

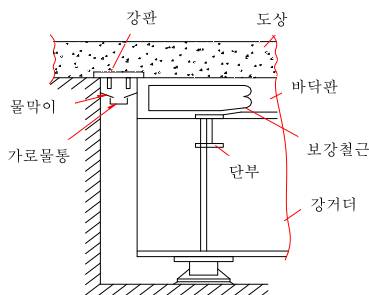


그림 9.11.5 교량거더 단부 바닥판 보강

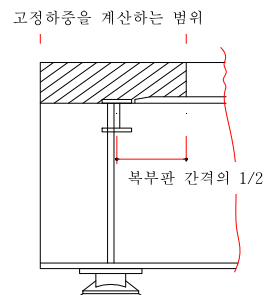


그림 9.11.6 단부 버팀재

(7) 사교의 바닥판

- ① 주철근 배치는 합성거더의 지간중앙부에서는 복부판에 직각 방향으로 하고 교량거더 단부에서는 <그림 9.11.7>에 표시된 범위에서 바닥판의 상측 및 하측에 사각 방향으로 배치하는 것을 표준으로 한다.
- ② 사교 바닥판의 둔각부 지점의 상측에는 보강철근을 <그림 9.11.8>에 표시된 범위로 배치하는 것을 표준으로 하여야 한다. 이때 가외철근량은 바닥판 지간중앙의 정(正)휨모멘트에 <표 9.11.4>에 표시된 계수를 곱한 값의 부(負)모멘트가 생기는 것으로 하여 구한다.

표 9.11.4 휨모멘트의 계수

사 각	휨모멘트의 계수
$\theta \leq 15^\circ$	0.6
$15^\circ < \theta \leq 30^\circ$	0.8

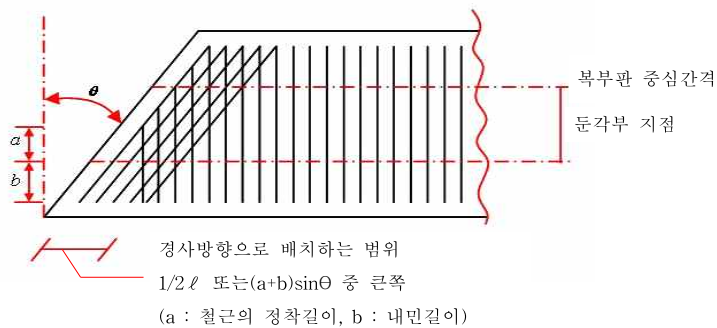


그림 9.11.7 사교바닥판의 주철근배치

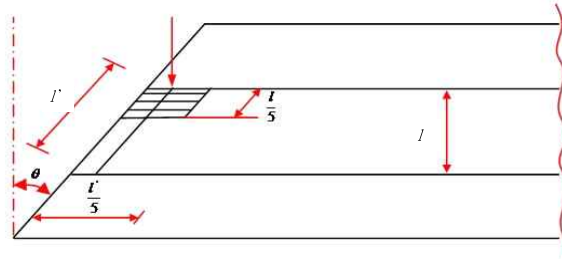


그림 9.11.8 사교바닥판의 보강철근 배치

(8) 방수공

- ① 바닥판 상면에는 방수공을 설치하여야 하며 적절한 보호공을 하여야 한다.
- ② 바닥판 상면에는 원칙적으로 2%이상의 횡방향 경사를 설치하는 것으로 한다.

9.11.9 전단연결재

(1) 전단연결재 일반

- ① 전단연결재에는 <그림 9.11.9>에 표시한 것과 같은 스테드(stud)를 표준으로 한다.
- ② 스테드는 머리불임 스테드를 사용하며 스테드 집합면 전체가 융합되는 스테드 용접을 하는 것을 원칙으로 하고, 스테드의 지름은 19mm 이상으로 한다.
- ③ 스테드의 형상, 치수 및 그의 허용차 등은 <표 9.11.5>를 표준으로 하여야 한다.

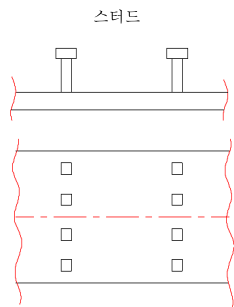
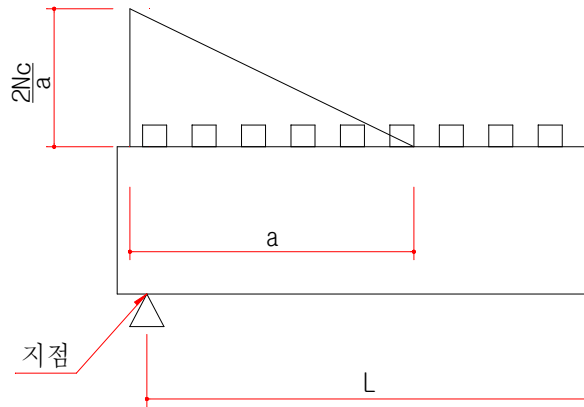


그림 9.11.9 전단연결재(스터드)

표 9.11.5 스터드의 형상, 치수 및 허용차(mm)

호 칭	줄기지름(d)		머리지름(D)		머리두께 (T) 최소	현치부 반지름(r)	표준형상 및 치수표시 기호
	기준치수	허용차	기준치수	허용차			
19	19.0	±0.4	32.0	±0.4	10	2~3	
22	22.0		35.0				
25	25.0		38.0				

- (2) 전단연결재는 바닥판과 강거더와의 사이에 작용하는 교축방향의 가장 큰 전단력에 대하여 설계한다.
- (3) 바닥판 콘크리트와 강거더 사이의 부착응력은 무시한다.
- (4) 콘크리트의 건조수축 및 바닥판과 강거더와의 온도차에 의하여 생기는 전단력 N_c 는 교량거더 단부에서 저변 a(a는 주거더 간격 또는 지간의 1/10 중 작은 값)에 삼각형 분포를 하는 것으로 하고 그 범위에 있는 전단연결재가 부담하도록 한다.(<그림 9.11.10> 참조)



L 을 취하는 법 : (1) 단순합성거더의 경우 L : 지간

(2) 연속합성거더의 경우 L : 지간의 합계

그림 9.11.10 전단력 분포

(5) 스테드의 허용내하력 및 배치

① 허용내하력

가. 스테드의 허용내하력(Q_a)는 <식 9.11.16>~<식 9.11.17>으로 계산한다.

$$H/d \geq 5.5 \text{의 경우} \quad Q_a = 9.5d^2\sqrt{f_{ck}} \text{ (N)} \quad (9.11.16)$$

$$H/d < 5.5 \text{의 경우} \quad Q_a = 1.74dH\sqrt{f_{ck}} \text{ (N)} \quad (9.11.17)$$

여기서, $v_{\min}$: 스테드에 작용하는 최소전단응력(MPa)

$v_{\max}$: 스테드에 작용하는 최대전단응력(MPa)

H : 스테드의 전 높이(mm)

d : 스테드의 줄기지름(mm)

② 전단연결재의 배치

가. 스테드의 머리는 현치 부분에서 그치지 않고 바닥판 속에 있는 것을 원칙으로 한다.

나. 스테드는 교축직각방향으로는 2개 이상을 배치한다.

- 다. 스티드의 최소 중심간격은 교축방향에 있어서 $5d$ (단, 100mm이상)로 하고 교축직각 방향에 있어서는 $d + 30 \text{ mm}$ 로 한다. 여기서, d 는 스티드 줄기의 지름이다
- 라. 스티드와 강거더 플랜지 연단과의 최소 순간격은 25mm로 한다.

9.12 트러스

9.12.1 일반내용

- (1) 이 절은 주구조가 트러스인 상부구조의 설계에 적용하여야 한다.
- (2) 스펀드렐 브레이스트 아치(spandrel braced arch) 또는 트러스 보강형 아치의 트러스 부재 등의 설계에 이 절을 준용할 수 있다.
- (3) 트러스를 구성하는 부재의 일반사항에 관한 것은 「9.3항 및 9.5항」의 규정을 준용하여야 한다.
- (4) 트러스에 설치되는 수평브레이싱, 수직브레이싱 및 교문브레이싱의 일반사항은 「9.9항」의 규정을 준용하여야 한다.
- (5) 트러스의 격점은 힘의 전달이 합리적이면서 확실하게 이루어지도록 설계하여야 할 뿐만 아니라, 가능하면 단순한 구조로 설계하여 각 부재의 연결이 쉽고 검사나 보수, 청소 등의 유지관리 작업이 지장없이 시행될 수 있도록 배려되어야 한다.

(6) 기호

b = 연결판 부재가 연결판에 접하는 부재폭(mm)

l = 트러스 부재의 유효좌굴길이(mm)

t = 연결판의 두께(mm)

P = 연결판에 연결된 한 부재의 최대 작용력 (kN)

9.12.2 부재

(1) 부재의 구성

- ① 단면의 구성에 있어서는 단면의 도심이 가능한 한 단면의 중심과 일치하도록 하고, 또한 골조선에 일치하도록 배려하는 등, 2차응력이 가능한 한 작게 되도록 한다.

- ② 부재의 조합에 있어서는 용접부가 좌우는 물론 상하로도 가급적 대칭인 위치에 있도록 고려하여 설계하는 것이 좋다.
- ③ 트러스의 현재, 단주 및 연속트러스의 중간지점에 설치한 사재 등은 박스거더 단면 부재로 설계하는 것이 좋다. 이 경우 트러스면에 평행한 판의 단면적은 부재 총단면적의 40%이상으로 하는 것이 좋다.
- ④ 「③항」에서 부재의 수직축 둘레의 단면2차반지름에 대한 세장비는 수평축에 대한 것보다 작게 하는 것이 좋다. 또 포니트러스에서는 수직과 수평세장비의 비를 1:1.5로 하는 것이 좋다.
- ⑤ 단주 등에 있어서 휨모멘트가 가해지는 경우에 강도의 검산은 「9.5.3항」의 규정을 준용한다.

(2) 부재의 길이

- ① 트러스 부재의 길이는 골조의 길이로 한다.
- ② 압축부재의 유효좌굴길이는 다음의 「(3)항」 규정에 의한다.
- ③ 인장력을 받는 복부재의 트러스면 내의 세장비를 구할 때의 부재의 길이는 골조 길이의 0.9배로 하여도 좋다. 또한 <그림 9.12.1>과 같은 수평브레이싱의 경우에는 수평브레이싱면에 수직인 면 내에서는 $\overline{pp}$, 그 이외의 면 내에서는 $\overline{pa}$ 를 부재의 길이로 본다. 이 경우 세로보 등으로부터 견고한 행어로 수평브레이싱 부재를 지지하는 경우에는 수평브레이싱면에 수직인 면 내에서는 $\overline{bb}$ 또는 $\overline{pb}$ 를, 기타의 면 내에서는 $\overline{ab}$ 또는 $\overline{pb}$ 를 부재의 길이로 취할 수 있다.

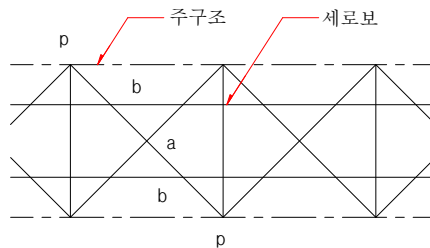


그림 9.12.1 수평 브레이싱에서 부재의 길이

(3) 트러스 부재의 유효좌굴길이

① 트러스면 내

가. 현재의 유효좌굴길이는 부재의 골조길이를 한다.

나. 연결판에 의해 현재에 연결된 복부재의 유효좌굴길이는 연결고장력 볼트군의 중심간 거리를 취하여도 무방하다. 다만 골조 길이의 0.8배 이하가 되어서는 안 된다. 또한 수평브레이싱이나 수직브레이싱 등의 부재에서 부재의 양면에 연결판을 대지 않은 구조에서는 골조 길이의 0.9배를 취한다.

다. 부재의 중간점을 다른 부재가 유효하게 지지하는 경우에는 그 지지점간을 유효좌굴길이를 해도 좋다. 여기에서 유효하게 지지한다는 뜻은 예를 들면, <그림 9.12.2>와 같이 사재 D와 버팀부재 T와의 연결이 충분하고, 또한 버팀부재가 「9.3.5항」에 규정된 부압축재로 설계되어 있는 경우를 말한다. 이때, 사재 D와 버팀부재 T와의 연결부의 강도는 적어도 사재 D와 현재와의 연결부의 강도의 1/4이상으로 한다.

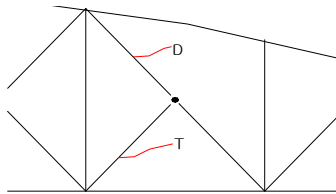


그림 9.12.2 버팀부재가 있는 사재

② 트러스면 외의 유효좌굴길이는 부재의 골조길이를 함을 원칙으로 하여야 한다. 다만, 수평브레이싱, 수직브레이싱 및 교문브레이싱에 의해 지지된 주트러스 현재 및 복부재는 그 지지점간을 유효좌굴길이를 해도 좋다.

③ <그림 9.12.3(a)>에 표시된 $\overline{aa}$ 부재와 같이 $\overline{ab}$, $\overline{ba}$ 에 크기가 다른 압축력이 작용하고 트러스면 외에 버팀부재가 없는 경우, 부재 $\overline{aa}$ 의 트러스면 외에 대한 유효좌굴길이(l)는 <식 (9.12.1)>에 의해 구할

수 있다.

$$I = \left(0.75 + 0.25 \frac{P_2}{P_1} \right) L \quad (9.12.1)$$

여기서, P_1, P_2 는 부재 $\overline{aa}$ 의 각 격간장 $\overline{ab}, \overline{ba}$ 에 작용하는 압축력이며 $P_1 \geq P_2$ 이다.

또한 <그림 9.12.3(b)>에 표시된 K트러스의 수직재 $\overline{aa}$ 와 같이 $\overline{ab}, \overline{ba}$ 에 부호가 반대인 축력이 작용하고 트러스면 외에 버팀부재가 없는 경우, 부재 $\overline{aa}$ 의 트러스면 외에 대한 유효좌굴길이(I)는 <식 9.12.2>에 의해 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} I &= \left(0.75 - 0.25 \frac{P_2}{P_1} \right) L & (P_1 \geq P_2) \\ I &= 0.5 L & (P_1 < P_2) \end{aligned} \quad (9.12.2)$$

다만, P_1 은 압축력의 절대치, P_2 는 인장력의 절대치이다. 또한 이들 식은 부재 $\overline{aa}$ 의 단면이 일정한 경우에 적용할 수 있다.

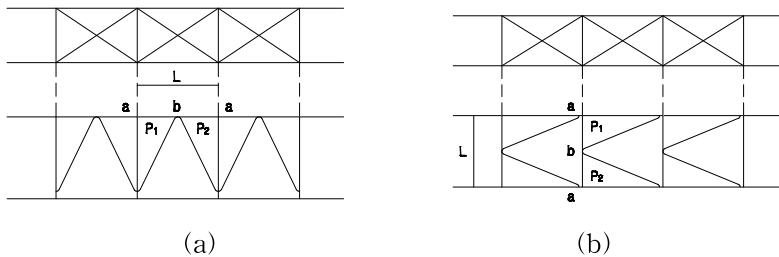


그림 9.12.3 축력이 다른 트러스 부재의 면외 유효좌굴길이

9.12.3 격점

(1) 연결판(gusset plate)

- ① 부재를 연결하는 연결판에 고장력볼트를 사용하는 경우에는 가급적 부재축에 대칭이 되게 배치하여야 하며, 또한 부재와 연결판의 접촉면 전체에 걸쳐 배치한다.
- ② 트러스 및 이와 유사한 구조물의 주트러스에 대하여 두 장의 연결판을 사용하는 경우에는 그 각각의 연결판의 두께는 <식 9.12.3>에 의해 산출한 값 이상, 또는 11mm이상으로 한다.

$$t = \frac{2.2 \cdot P}{b} \quad (9.12.3)$$

여기서, t : 연결판의 두께(mm)

P : 연결판에 연결된 한 부재의 최대작용력(kN)

b : 연결된 부재가 연결판에 접하는 부재의 폭(mm)

- ③ 연결판과 현재 또는 단주의 복부판을 일체로 하는 구조에서는 연결판의 두께는 복부판보다 얇게 해서는 안 된다.
- (2) 격점에서 현재의 단면변화는 부재력이 작은 쪽에서 판두께를 변화시켜 여유길이를 충분히 확보해야 한다.

9.12.4 다이어프램 및 브레이싱

(1) 다이어프램

- ① 트러스의 격점, 트러스 부재의 중간부에서 수평브레이싱 등을 연결하는 곳과 현장이음부의 양쪽에는 다이어프램을 설치한다. 또한, 현장이음부의 양쪽의 다이어프램은 밀폐형으로 한다.
- ② 트러스의 받침부, 가로보의 연결점과 같이 집중력이 작용하는 부분의 현재와 연결판에는 다이어프램을 설치하여 힘의 전달이 확실히 이루어질 수 있도록 한다.

(2) 브레이싱

- ① 수평브레이싱, 수직브레이싱 및 교문브레이싱은 주트러스와 함께 교량이 입체적인 기능을 유지할 수 있도록 충분한 강성을 확보해야 하며, 또한 그 배치가 적정해야 한다.
- ② 수평브레이싱이나 수직브레이싱에서 부재를 서로 교차시킬 경우에는

부재의 교점은 연결되어야 한다.

- ③ 수평브레이싱은 주트러스 현재의 응력 일부를 분담할 뿐만 아니라 중간 수직브레이싱의 영향에 의한 부가응력을 받는 경우가 있기 때문에 여유 있는 설계를 하는 것이 좋다.
- ④ 하로 트러스교의 스트럿의 높이는 적어도 부착할 현재의 높이와 같게 한다. 또한 비재하현에 설치하는 수평브레이싱 부재를 현재에 연결하는 부분에서 수평브레이싱 높이가 현재 높이보다 낮고 스트럿이 그 부분에 없다면 수평브레이싱 부재의 연결부 부근을 현재 높이와 같게 확대해서 현재의 전 높이에 걸쳐 설치하는 것이 좋다.

9.12.5 트러스의 2차응력

- (1) 트러스의 설계에 있어서, 격점의 강결의 영향으로 인한 2차응력이 가능한 한 작게 되도록 설계한다. 주트러스 부재의 부재높이는 부재길이의 1/10보다 작게 하는 것이 바람직하다.
- (2) 격점의 강결에 의한 2차응력이 무시할 수 없는 범위에 있는 경우에는 2차응력을 고려한 부재의 응력검토를 시행해야 한다.

9.12.6 포니트러스(pony truss)

- (1) 가로보와 수직보강재로 형성되는 U형구조는 「9.10.4항」에 규정하는 강성과 강도를 확보해야 한다. 단 이 경우에는 상부플랜지 대신에 현재의 값을 사용한다.

9.13 아 치

9.13.1 일반내용

- (1) 이 절은 강아치교의 설계에 적용한다.
- (2) 아치교의 하중집중점에서는 응력집중현상이나 복잡한 응력의 흐름이 생기므로 제작상의 작업성을 고려하면서 안전성 또한 합리적인 설계를 해야 한다.
- (3) 아치축선의 계획
 - ① 아치축선은 하중에 의한 압력선과 일치시키는 것을 원칙으로 한다.
 - ② 아치축선은 하중에 의한 압력선과 일치시키는 것이 바람직하지만, 활

하중 등의 변동하중이 있기 때문에 가능한 전체적인 응력의 균형을 고려하여 결정한다. 일반적으로 아치축선을 정하는 압력선을 구하는 하중은, 고정하중 또는 고정하중에 등분포 활하중의 1/2을 만재한 상태의 하중을 적용한다.

(4) 구조해석

- ① 아치리브에 발생하는 단면력은 축선이동의 영향을 받지만 일반적인 경우, 이 영향이 작아서 무시할 수 있으므로 미소변형이론에 기초하여 단면력을 계산해도 좋다.
- ② 단, 활하중에 의해 생기는 골조선의 모양의 변화가 「9.13.2항」의 규정에 의해 검사하여 무시할 수 없는 경우에는 그 영향을 고려하여야 한다.
- ③ 부정정력을 계산함에 있어서는, 아치리브 단면변화의 영향을 고려하여야 한다.

(5) 단면 검토 및 좌굴에 대한 안정 검사

- ① 아치의 모양과 부재단면의 모양을 선정할 때에는 면내·외의 전체 좌굴이 생기지 않도록 배려함과 동시에 부재는 휨모멘트와 축방향력을 받는 부재로서도 안전하도록 설계한다.
- ② 아치리브는 열차의 편재하 및 부분재하의 모든 경우에 대해 해석하고 해당되는 단면을 검사한다.

9.13.2 변위의 영향

- (1) 1개 아치구조당의 고정하중 강도가 <식 (9.13.1)>로 산출되는 w 보다 큰 아치교에서는 고정하중과 활하중을 재하함에 따라 생기는 골조선의 변위의 영향을 고려하여 주구조를 설계하여야 한다. 그러나 보강 거더에 축방향력이 생기는 아치교에서는 이것을 무시해도 좋다.

$$w = \frac{8a}{\gamma} \cdot \frac{EI}{L^3} \cdot \frac{f}{L} \quad (9.13.1)$$

여기서, E : 종탄성계수(MPa)

I : 아치면내의 휨에 대한 편축 아치 부재의 단면2차모멘트의 평균치(mm⁴), 보강아치의 경우에는 아치와

보강거더의 합을 취한다.

L : 아치의 지간(mm)

f : 아치의 높이(mm)

α : <표 9.13.1>에 표시한 아치의 면내좌굴계수

γ : <표 9.13.1>에 표시한 보정계수

표 9.13.1 면내좌굴계수 α 및 보정계수 γ

구조형식				f/L					γ
				0.00	0.10	0.15	0.20	0.30	
무보강 아치	2한지 아치			39.5	36.0	32.0	28.0	20.0	9
	고정 아치			81.0	76.0	69.5	63.0	48.0	
보강거더에 축방향력이 생기지 않는 2한지 보강아치	측경간이 없는 경우			39.5	36.0	32.0	28.0	20.0	12
	측경간이 있는 경우	λ	0.00	81.0	76.0	69.5	63.0	48.0	
			0.25	63.0	58.5	52.5	47.0	34.5	
			0.50	55.5	51.5	46.5	41.5	30.5	
			0.75	51.5	48.0	43.0	38.5	28.5	
			1.00	49.0	45.5	41.0	36.5	27.0	
			2.00	45.0	41.0	36.5	32.0	22.5	

$$\text{여기서, (a) } \lambda = \frac{a}{L} (1 + I_A / I_G) \quad (9.13.2)$$

a : 보강거더의 측경간의 지간길이(mm)

L : 아치의 지간길이(mm)

I_A : 면내의 휨에 대한 편축 아치부재의 단면2차모멘트의 평균치(mm⁴)

I_G : 편축보강거더의 단면2차모멘트의 평균치(mm⁴)

(b) f/L 및 λ 가 <표 9.13.1>에 표시한 값의 중간 값으로 될 경우에는 α 를 선형적으로 보간하여 산출해도 좋

다.

- (c) 2한지 보강아치로서 $\lambda > 2$ 인 경우 α 는 2한지 무보강 아치의 값을 사용해도 좋다. 다만 γ 는 12를 사용하는 것으로 하여야 한다.

9.13.3 아치의 좌굴

(1) 면내 좌굴

① 면내좌굴에 대한 안정검토

가. 아치교에 작용하는 수평력(H)는 <식 9.13.3>을 만족하여야 한다.

$$\nu H \leq H_{cr} \quad (9.13.3)$$

여기서, H : 아치교에 작용하는 교축방향 수평반력(N)

ν : 안전률(S.F.=1.7)

H_{cr} : ②항의 한계수평력(N)

② 한계수평력

가. 2한지 아치교 이외의 경우에 대해서도 한계수평력(H_{cr})은 <식 (9.13.4)>와 같이 쓸 수 있다.

$$H_{cr} = \alpha \frac{E \cdot I_y}{L^2} \quad (9.13.4)$$

여기서, α : <표 9.13.2>의 면내좌굴계수로서 양단핀의 2한지 아치의 경우 <식 (9.13.5)>와 같다.

$$\alpha = 4\pi^2 \left\{ 1 - 8 \left(\frac{f}{L} \right)^2 \right\} \quad (9.13.5)$$

(2) 면외좌굴

① 적용범위

가. 아치의 간격이 지간에 비하여 작은 아치교에서는 면외좌굴에 대한 안전성을 검토하여야 한다.

- 나. 지간과 아치의 간격의 비가 20이하이고, f/L 이 1/6 이하이며 충분한 브레이싱이 설치된 아치교에서는 일반적으로 면외좌굴에 대한 검토가 필요치 않다.
- 다. 아치교의 면외좌굴은 <그림 9.13.1>에 표시한 재하상태에 대하여 검토하는 것을 원칙으로 한다.

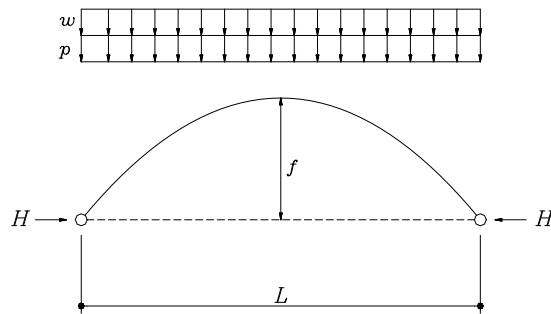


그림 9.13.1 면외좌굴의 검토에 사용하는 재하 상태
여기서, w, p : 주구조에 작용하는 등분포 고정하중 및 활하중

② 면외좌굴에 대한 안정검토

- 가. 아치축선이 연직면내에 있고 대칭 포물선을 이루며, 부재가 대체적으로 같은 높이의 아치에서 브레이싱이 9.9의 규정에 준하여 설치되어 있을 경우에는 아치의 면외좌굴의 검토는 <식 (9.13.6)>을 준용한다.

$$\frac{H}{A_g} \leq 0.85 f_{ca} \quad (9.13.6)$$

여기서, H : <그림 9.13.1>에 나타난 재하에 의하여 편측 아치 부재에 작용하는 축방향력의 수평성분(N)

A_g : 편측 아치부재의 총단면적의 평균치(mm²)

f_{ca} : 편측 아치부재의 $L/4$ 점의 허용축방향 압축응력(MPa)

단, 유효좌굴길이(mm) 및 단면2차반지름(mm)은 「③항」을 준용한다.

- ③ 「②항」의 검토에 있어서 유효좌굴길이(I) 및 단면2차반지름(r)은 각각 <식 (9.13.7)>을 준용한다.

$$\left. \begin{aligned} I &= \phi \beta L \\ r &= \sqrt{\{I_z + A_g(b/2)^2\} / A_g} \end{aligned} \right\} \quad (9.13.7)$$

여기서, I_z : 편축 아치부재의 연직축 주위에 대한 단면2차모멘트의 평균치(mm⁴)

A_g : 편축 아치부재의 총단면적의 평균치(mm²)

b : 아치축선의 간격(mm)

β : <표 9.13.2>에 표시한 값, 여기서 f/L 의 중간값에 대해서는 선형보간하여야 한다.

ϕ : <식 (9.13.8)>에 규정하는 값

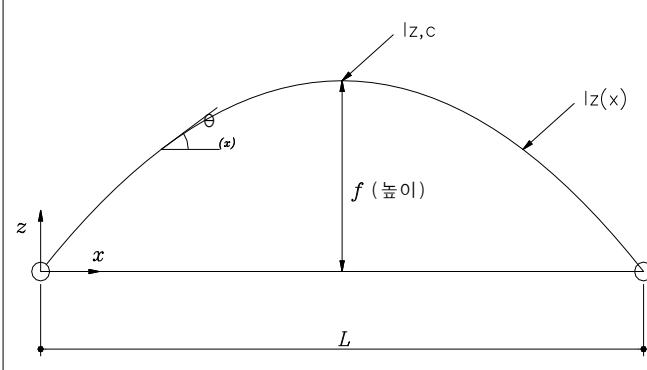
$$\left. \begin{aligned} \text{(i) 하로보강아치} \\ \phi &= 1 - 0.35k \\ \text{(ii) 상로보강아치} \\ \phi &= 1 + 0.45k \\ \text{(iii) 중로보강아치} \\ \phi &= 1 \end{aligned} \right\} \quad (9.13.8)$$

k : <그림 9.13.1>의 재하상태에 있어서 행어 또는 지주가 분담하는 하중을 $(p+w)k$ 로 보고 구해지는 k 의 값. 다만, 상로 보강 아치에서 아치와 보강 거더를 아치 크라운부위에서 강결하지 않았을 때는 $k=1$ 로 한다.

표 9.13.2 면외좌굴에 대한 β 의 값

아치높이의 비

f/L



단 면	0.05	0.10	0.20	0.30	0.40
$I_z = \text{일정}$	0.50	0.54	0.65	0.82	1.07
$I_z(x) = I_{z,c} / \cos \theta(x)$	0.50	0.52	0.59	0.71	0.86

9.13.4 부재의 설계

(1) 아치리브

- ① 아치리브는 축방향 압축력과 휨모멘트를 동시에 받는 부재로서 설계함을 원칙으로 한다.
- ② 좌굴의 검토에 사용할 환산 휨모멘트의 산출에 있어서는 부재단면의 도심의 골조선에 대한 편심량 및 부재축선이 곡선을 이루는 경우 서로 인접하는 격점을 잇는 직선과 부재축선과의 간격을 고려하여야 한다. 이 경우 격점의 휨모멘트보다 격간 중앙점의 휨모멘트가 크다면 큰 것을 환산 휨모멘트로 하여도 무방하다. 또한, 아치 곡선이 연속 곡선인 경우에 서로 인접하는 격점을 잇는 직선과 아치축선과의 격간 중앙점에 있어서의 간격은 <식 (9.13.9)>로 구한다.

$$e = \frac{f}{n^2} \quad (9.13.9)$$

여기서, e : 아치축선과 서로 인접한 격점을 잇는 직선과의 간격 (mm)

f : 아치의 높이(mm)

n : 격점수

- ③ 「9.13.2항」에 규정된 변위의 영향을 고려할 필요가 없이 아치축선이 각 격점간에서 직선을 이루며, 부재단면에 편심이 없고 부재높이가 격간의 1/10 이하이면서 아래의 조건을 충족시키는 경우에는 아치부재를 축방향력만을 받는 부재로 설계하여도 좋다. 또한, 이 경우의 유효좌굴길이는 격간 길이를 적용한다.

$$\beta \frac{f_{ca}^A}{f_{ta}} \times \frac{h^G}{h^A} > 1 \quad (9.13.10)$$

여기서, h^A : 아치부재의 부재높이의 전길이에 걸친 평균값(mm)

h^G : 보강거더의 부재높이의 전길이에 걸친 평균값(mm)

f_{ca}^A : 구조용 강재 및 용접부의 허용응력의 규정에 의한 아치부재의 허용축방향 압축응력의 평균값(MPa)

f_{ta} : 보강거더의 하부플랜지의 허용인장응력의 평균값(MPa)

β : $1.75 (0.04 + 0.004 \frac{I}{r})$ (보강 거더에 축력이 생기는 경우)

$0.04 + 0.004 \frac{I}{r}$ (보강 거더에 축력이 생기지 않는 경우)

$\frac{I}{r}$: 아치부재의 세장비

- (2) 보강아치교의 보강형은 축방향 인장력과 휨모멘트를 동시에 받는 부재로 설계한다.

- (3) 행어 또는 지주

- ① 행어 또는 지주의 단면력을 산출할 때는 이들 양단에서 아치면내의 변형에 대해서는 편이라고 가정하여도 좋다.
- ② 행어 또는 지주를 보강거더 또는 아치리브에 연결시키는 세부구조의 설계에 있어서는, 연결부에 응력집중이나 2차응력의 발생으로 인한

결함이 생기지 않도록 주의하여야 한다.

- ③ 행어의 경우, 풍하중에 의한 진동과 사용성, 안정성을 검토하여야 한다.
- ④ 행어의 허용응력은 강선 또는 강봉의 인장강도의 33%를 취하는 것을 원칙으로 하나, 하로아치교의 아치부재에 정착구를 핀으로 연결하는 형식의 평행강선 케이블을 사용하는 경우에는 그 시공실적과 정착구조에 대한 상세검토에 근거하여 허용응력을 별도로 정할 수 있다.

(4) 브레이싱

- ① 아치교에는 충분한 강도의 수평 및 수직브레이싱을 설치하여야 한다. 이 중 수평브레이싱은 풍하중과 같은 횡하중에 저항하는 구조이므로 소요강도를 갖고 있어야 할 뿐 아니라, 두 개의 아치리브를 일체로 만들어 아치교의 면외좌굴에 대한 저항을 높이기 위해 필요한 강도 부재이므로 이에 따른 충분한 강도를 갖도록 설계하여야 한다.
- ② 브레이싱을 생략하는 경우에는 아치리브 자체는 물론 전체 구조의 안정성 확보에 충분한 안전율을 확보하여야 한다.
- ③ 다이아프램 - 아치리브와 보강형의 행어 연결부, 주요부재의 브레이싱 연결부, 받침부, 가로보의 연결부와 같이 집중력이 작용하는 지점 부에는 다이아프램을 설치하여 힘의 전달이 확실히 되도록 한다.

9.13.5 극한강도의 검사

- (1) 「9.13.2항」의 규정에 의하여 변위의 영향을 고려할 경우에는, 고정하중의 1.7배 및 충격을 포함한 활하중의 1.7배에 의하여 생기는 응력은 <식 (9.13.11)>에 표시한 응력 f_u 를 넘어서는 안된다.

$$f_u = 1.7f_{ta} \quad (\text{인장응력의 경우})$$

$$1.7f_{cal} \quad (\text{압축응력의 경우}) \quad (9.13.11)$$

여기서, f_{ta} : 구조용 강재 및 용접부의 허용응력의 규정에 표시한 허용축방향 인장응력(MPa)

f_{cal} : 구조용 강재 및 용접부의 허용응력의 규정에 표시한

국부좌굴에 대한 허용축방향 압축응력(MPa)

- (2) 그러나 「9.6항」의 규정에 따라 부재의 폭-두께비를 완화한 경우에는 본 설계지침에 의한 최대 폭-두께비 완화에 따른 허용압축응력을 적용한다.

9.14 라멘구조

9.14.1 일반내용

- (1) 이 절은 라멘구조를 사용하는 교량의 상부구조 및 강교각의 설계에 적용한다.
- (2) 구조해석에 이용하는 골조선은 부재중심선으로 하며, 라멘의 계산에 있어서는 각 부재마다 강도를 가정하여 단면력을 산출한다.
- (3) 라멘교각을 설계할 때의 활하중은 상부구조의 반력이 라멘의 고려하는 점에 대해서 가장 불리하게 되도록 상부구조에 재하하여야 하며, T형교각의 경우에는 상부구조의 활하중에 의한 최대 반력을 사용해도 좋다. 이때 상부구조가 라멘교각상에서 연속구조가 아닌 경우 인접하는 두개의 상부구조에 작용하는 활하중에 의한 지점반력 가운데 고려하는 점에 큰 영향을 주는 쪽을 사용한다.
- (4) 라멘구조의 설계에서는 활하중에 의한 충격을 고려하여야 한다. 또한 라멘구조를 지지하는 기초구조의 회전이나 상대적 이동이 예상되는 경우 그 영향을 고려하여야 한다.
- (5) 기호

f = 전단지연을 고려한 수직응력(MPa)

f_a = 허용인장응력(MPa)

v = 작용전단응력(MPa)

v_a = 허용전단응력(MPa)

t_f = 거더의 플랜지 두께(mm)

t_{dw} = 다이아프램의 복부판 두께(mm)

t_{df} = 다이아프램의 플랜지 두께(mm)

t_b = 베이스 플레이트의 판두께(mm)

A_1, A_2 = 거더 및 기둥의 단면적(mm²)

W_1, W_2 = 거더 및 기둥의 단면계수(mm³)

9.14.2 설계일반

(1) 모서리부의 설계

① 설계휨모멘트

가. 모서리부에 작용하는 휨모멘트는 <그림 9.14.1>의 A-A 단면에 대해 M_1 , B-B 단면에 대해 M_2 를 사용하여 단면을 결정하여야 한다.

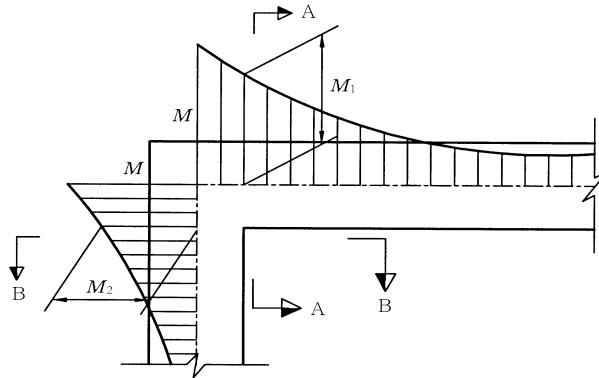


그림 9.14.1 모서리부의 설계휨모멘트

② 모서리부 응력의 검토

가. 플랜지 단면은 전단지연을 고려한 수직응력에 대하여 설계하여야 한다. 또한 수직응력은 플랜지와 복부판이 분담하는 것으로 하여야 한다. 다만, 원형 단면의 기둥과 박스형 단면의 거더 모서리부는 복부판을 끼워 넣지 않는 것으로 하고 수직응력은 플랜지 단면만으로 부담하도록 설계한다.

나. 거더 또는 기둥 플랜지의 수직응력은 <그림 9.14.2>의 AD 또는 AB부분에서 전단응력의 부호가 바뀌기 때문에 집중하중을 받는 것과 동일한 조건이 되고 전단지연에 의한 응력의 증가를 고려하여 결정한다.

다. 플랜지의 최대수직응력은 휨모멘트와 축력에 의한 수직응력과 전단지연에 의한 수직응력을 합한 값이며 다음의 방법에 의해 구한다.

㉠ 휨모멘트와 축력에 의한 수직응력

$$\left. \begin{aligned} f_{ol} &= \frac{M_1}{W_1} - \frac{N_1}{A_1}, & f_{il} &= -\frac{M_1}{W_1} - \frac{N_1}{A_1} \\ f_{o2} &= \frac{M_2}{W_2} - \frac{N_2}{A_2}, & f_{i2} &= -\frac{M_2}{W_2} - \frac{N_2}{A_2} \end{aligned} \right\} \quad (9.14.1)$$

㉡ 전단지연에 의한 수직응력

$$\left. \begin{aligned} f_{sl} &= \frac{b}{d} \cdot \frac{F}{A_w} \cdot S_I \\ S &= \frac{A_w}{A_f} \\ S_I &= 7.805 \times \frac{S}{(S+3)^2} \sqrt{\frac{10S+30}{10S+3}} \end{aligned} \right\} \quad (9.14.2)$$

㉢ 플랜지의 최대수직응력

$$f_{fmax} = f_{bc} + f_{sl} \quad (9.14.3)$$

여기서, M_1, M_2 : 거더 및 기둥에 작용하는 휨모멘트(N·mm)

N_1, N_2 : 거더 및 기둥에 작용하는 축방향력(N)

V_1, V_2 : 거더 및 기둥에 작용하는 전단력(N)

f_{bc} : $f_{ol}, f_{o2}, f_{il}, f_{i2}$ 의 응력 즉, 거더와 기둥의 외측 및 내측 플랜지의 휨모멘트 및 축방향력에 의한 응력(MPa)

f_{sl} : AD 및 AB 단면의 전단지연에 의한 플랜지 응력(MPa)

f_{fmax} : 거더 및 기둥의 플랜지 최대응력(MPa)

A_f : 거더 및 기둥의 플랜지 단면적(상·하 동일 플랜지의 전

체면적)(mm²)

A_w : 거더 및 기둥의 복부판 단면적(좌·우 복부판의 전체 면적)(mm²)

S_I : S 에 대한 값으로 <식 (9.14.2)> 또는 <그림 9.14.3>으로 부터 구하여야 한다.

b : 복부판 중심간격(mm)

d : 거더 및 기둥의 플랜지 중심간격(mm)

F : 플랜지의 집중력<그림 9.14.2>으로 거더의 전단지연응력은 기둥의 것을, 기둥의 전단지연응력은 거더의 것을 사용하여야 한다.

$$\left. \begin{aligned} F_{o1} &= \frac{M_1}{d_1} - \frac{N_1}{2}, F_{i1} = \frac{M_1}{d_1} + \frac{N_1}{2} \\ F_{o2} &= \frac{M_2}{d_2} - \frac{N_2}{2}, F_{i2} = \frac{M_2}{d_2} + \frac{N_2}{2} \end{aligned} \right\} \quad (9.14.4)$$

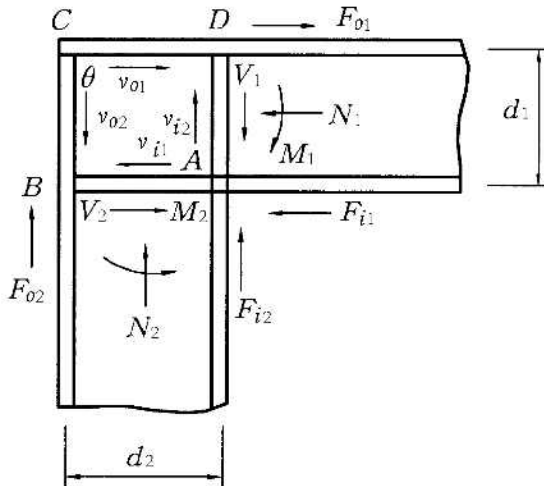


그림 9.14.2 모서리부에 작용하는 외력

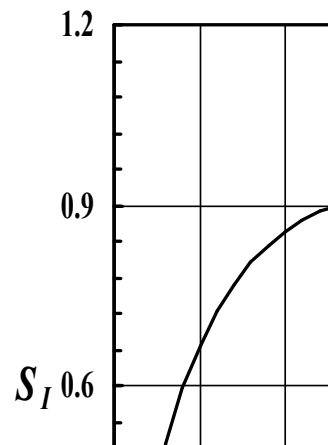
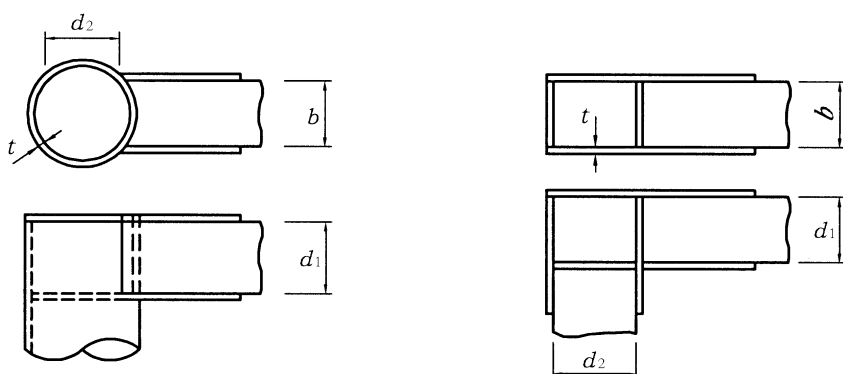


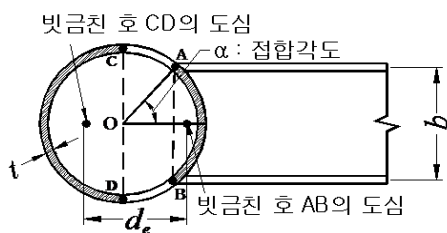
그림 9.14.3 전단지연의 추정도

라. <그림 9.14.4(a)>과 같은 원형 단면의 기둥과 박스형 단면의 거더로 구성된 모서리부에서 거더 플랜지의 전단지연에 의한 응력은 원형 기둥을 <그림 9.14.4(c)>의 개념을 이용, <그림 9.14.4(b)>에 나타낸 것과 같은 박스형 단면으로 환산하여 <식 (9.14.2)>에 의해 계산한다.



(a) 실제 단면

(b) 환산 단면

(c) d_e 의 산정방법

$$(d_e = 2R/\pi + R\sin(\alpha)/\alpha)$$

그림 9.14.4 원형 기둥의 모서리부

마. 복부판의 판두께는 전단응력에 의해 결정한다. 다만 L. S. Beedle의 방법으로 전단응력으로 검토시 허용전단응력 v_a 를 $0.45 f_{ta}$ 이하로 할 수 있다. 복부판의 최대 전단응력을 상세해석에 의해 산출한 경우는 허용전단응력 「9.4.1항」에 규정된 v_a 이하가 되도록 한다.

복부판의 전단응력은 <식 (9.14.5)>에 따라 구한다.(그림 9.14.2 참조)

$$\left. \begin{aligned} v_{ol} &= \frac{F_{ol}}{2d_2t} \\ v_{il} &= \frac{F_{il} - V_2}{2d_2t} = v_{ol} \\ v_{ol} &= \frac{F_{ol}}{2d_1t} \\ v_{il} &= \frac{F_{il} - V_1}{2d_1t} = v_{ol} \end{aligned} \right\} \quad (9.14.5)$$

여기서, F_{ol}, F_{il} : 기둥에 작용하는 보의 플랜지로부터의 집중력(N)

F_{ol}, F_{il} : 보에 작용하는 기둥의 플랜지로부터의 집중력(N)

$v_{ol}, v_{il}, v_{ol}, v_{il}$: 모서리부의 전단응력(MPa)

t : 모서리부의 복부판 두께(mm)

바. 플랜지 및 복부판 단면은 <식 9.14.6>에 따라 합성응력을 검토하여야 한다.

$$\left(\frac{f}{f_a}\right)^2 + \left(\frac{v}{v_a}\right)^2 \leq 1.0 \quad (9.14.6)$$

여기서, f : 전단지연을 고려한 수직응력(MPa)

v : 플랜지 단면에 대해서는 전단류이론에 의해 구한 전단응력, 복부판에 대해서는 L. S. Beedle의 방법에 의해 구한 전단응력(MPa)

f_a : 「9.4.2항」에 규정된 허용인장응력

v_a : 「9.4.2항」규정된 허용전단응력 또는 $0.45 f_{ta}$

③ 다이아프램

가. 다이아프램의 최소 판두께 t_{dw} 는 박스형보 하부플랜지 판두께 t_f 이상으로 하고, 재질은 거더 플랜지의 재질과 동일한 것으로 할 때, 다이아프램의 두께는 <식 (9.14.7)>로 구할 수 있다. 원형 단면

기둥 모서리부의 다이아프램 규격은 응력검토 결과에 따라 정하는 것을 원칙으로 하나, <식 (9.14.7)>을 적용하거나, 「다.항」의 조건을 만족할 경우에는 다이아프램의 응력계산을 생략할 수 있다.

$$t_{dw} = t_f \cdot \left[1.8 \cdot \left(\frac{R-r}{R} - 1 \right)^4 + 1 \right] \quad (9.14.7)$$

$$\text{단, } \frac{R-r}{R} \geq 0.25$$

나. 박스형 단면 모서리부의 다이아프램에는 모서리부의 플랜지와 동일 두께 이상의 판을 사용하여야 한다. 또한 모서리부의 다이아프램에 맨홀을 설치할 경우, 단면의 중앙 부근에 설치하고 단면손실분을 다이아프램의 두께를 증가시키거나 리브를 설치하여 보강하며, 이 리브와 다이아프램의 필릿용접은 응력을 전달할 수 있을 만큼 충분한 크기를 확보하여야 한다.

다. 원형 단면 모서리부의 다이아프램 규격에 대한 경험적인 방법으로 다음 조건을 만족할 경우 응력검토를 생략할 수 있다. 이때 재질은 거더 플랜지의 재질과 동일 이상의 것으로 한다.

- ㉠ $R \leq 1,500 \text{ mm}$
- ㉡ $t_f \leq 25 \text{ mm}$
- ㉢ $r \leq R/2$
- ㉣ $t_{dw} \geq t_f$ 및 $t_{dw} \geq b_d/17$
- ㉤ $t_{df} \cdot b_d \geq 250 t_f$

여기서, R : 원형 기둥의 반경(mm)

r : 맨홀의 반경(mm)

t_f : 거더의 플랜지 두께(mm)

t_{dw} : 다이아프램의 복부판 두께(mm)

t_{df} : 다이아프램의 플랜지 두께(mm)

b_d : 다이아프램의 플랜지 폭(mm)

b_{dw} : 다이아프램의 복부판 높이(mm)

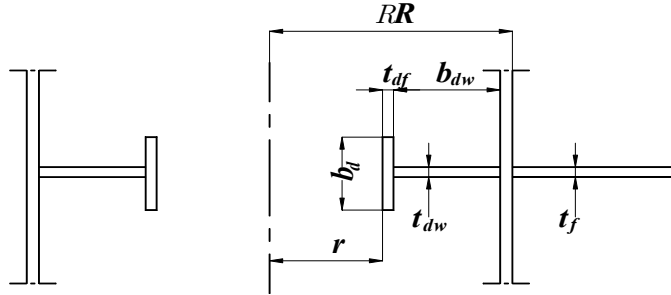


그림 9.14.5 원형 기둥의 다이아프램

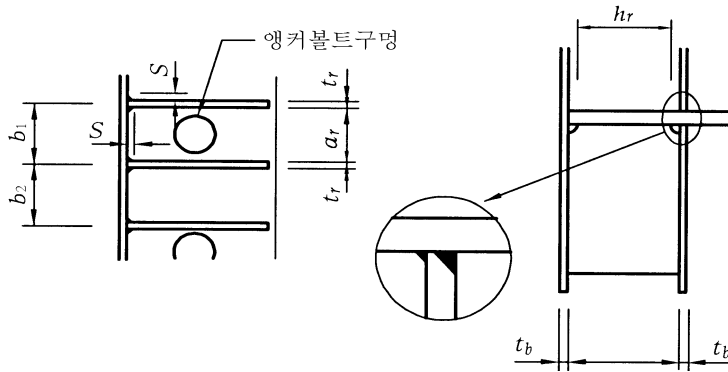


그림 9.14.6 리브의 설치

(2) 기둥 기초부의 설계

① 교각 기둥 기초부의 설계에 있어서 베이스 플레이트 하면의 콘크리트는 압축력에 저항하고, 인장력에 대해서는 앵커볼트 및 앵커프레임으로 저항하도록 설계한다.

② 베이스부의 설계

가. 앵커볼트의 인장응력 및 콘크리트의 압축응력은 합성단면의 중립축 위치를 고려하여 계산하며, 원형단면의 경우는 속빈 원형단면의 콘크리트 부재의 설계계산식을 이용하여 구한다.

나. 기둥 기초부에 작용하는 수평력은 앵커볼트로 저항하는 것으로 하

며, 그 전단력은 모든 앵커볼트에 균등하게 분포하는 것으로 한다.
다. 베이스 플레이트의 두께 결정 - 베이스 플레이트의 설계는 특별히
엄밀한 해석을 행하지 않을 경우에는 <식 (9.14.8)>에 의해 구한
다.

$$m = k \beta p a_r^2 \quad (9.14.8)$$

여기서, m : 베이스 플레이트가 받는 휨모멘트(N · mm/mm)

k : 계수, 앵커볼트 구멍이 있는 구획에 대해 $k=1.7$,
앵커볼트 구멍이 없는 구획 $k=1.0$

p : 베이스 플레이트에 작용하는 최대등분포압축력
(MPa)

a_r : 리브의 내측간격(mm)

β : 계수 <표 9.14.1>

$$t_b > \sqrt{\frac{6m}{f_{sa}}} \quad (9.14.9)$$

여기서, t_b : 베이스 플레이트의 판두께(mm) $\geq 25\text{mm}$

또한 앞 식에 의해 결정되는 판두께에 대해서는 전단응력에 대한 검토를 하여야 한다. 베이스 플레이트에 작용하는 전단력(q)은

$$q = k_a p a_r \quad (9.14.10)$$

여기서, a : 계수 <표 9.14.2>

표 9.14.1 휨에 대한 계수 (β)

b/a	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.25	1.5이상
β	0.0728	0.0764	0.0793	0.0817	0.0834	0.0847	0.0823

표 9.14.2 전단력에 대한 계수 (α)

b/a	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.25	1.5이상
α	0.750	0.717	0.685	0.656	0.628	0.570	0.527

라. 상하 베이스 플레이트 사이에는 리브를 설치하며, 리브의 관두께는 앵커볼트로 부터의 압축력, 전단력, 그리고 편심에 의한 휨모멘트를 검토하여 결정한다.

③ 앵커프레임의 설계

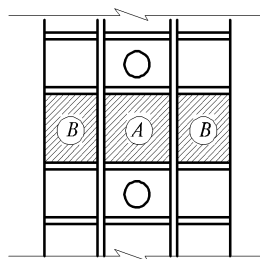
가. 앵커프레임은 베이스부로부터 작용하는 힘을 확실하게 기초 콘크리트에 전달할 수 있도록 설계한다.

나. 앵커프레임에는 앵커볼트 위치를 지점으로 한 연속 거더로서의 응력이 작용하고 앵커프레임의 상부 플랜지에는 콘크리트의 지압에 의한 판으로서의 응력이 작용하는 것으로 가정한다.

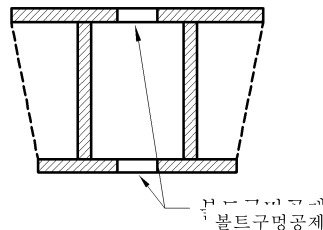
다. 앵커프레임에 작용하는 볼트축력은 복부판과 다이아프램의 지압에 의해 받는 것으로 하여야 한다. 이 때 다이아프램의 간격은 너트의 마주보는 면사이의 거리 중에서 작은 것으로 한다.

라. 플랜지 관두께

㉔ 관구조에 대한 계산 - <그림 9.14.7(a)>에 있어서 콘크리트의 지압을 검토할 경우, ㉔부분은 4변-고정으로 ㉔부분은 3변-고정, 1변-자유인 판으로 보고 응력검토를 한다.



(a) 판구조



(b) 거더구조

그림 9.14.7 앵커프레임의 구조

- ㉔ 거더구조에 대한 계산 - 콘크리트의 지압에 대해서 볼트위치를 지점으로 고려하여 거더의 휨모멘트를 계산하고, 그에 따른 앵커빔 단면의 휨에 대하여 응력을 검토하여야 한다. 이때 <그림 9.14.7(b)>에서와 같이 볼트구멍을 공제한 사선부분의 단면만을 고려한다.
- ㉕ 합응력 - 콘크리트의 지압을 받는 플랜지의 판두께는 「㉔항」과 「㉕항」에서 계산한 응력의 합으로 검토하여 판두께를 결정한다.
- ㉖ 전단저항면 - 인장력을 받는 앵커볼트군의 인발력에 대해서는 콘크리트의 전단저항면을 고려하여야 한다. 이 때 콘크리트의 허용전단응력은 주하중에 대해서 $v_a = 0.5 \text{ MPa}$ 로 하여야 한다.

9.14.3 구조상세

(1) 부재

① 거더 및 기둥

가. 부재의 판두께 변화는 <그림 9.14.8>에서 보는 바와 같이 화살표 (⇨) 방향으로 변화를 주는 것을 표준으로 하며, 거더 및 기둥의 단면변화수는 설계조건과 경제성을 고려하여 적절하게 산정하여야 한다. 또한 단면이 변할 때 인접하는 단면의 판두께 차이는 최대 12mm를 기준으로 하고 모서리로부터 일반 단면으로 이동하는 곳은 부득이한 경우 최대 20mm까지 허용해도 좋다.

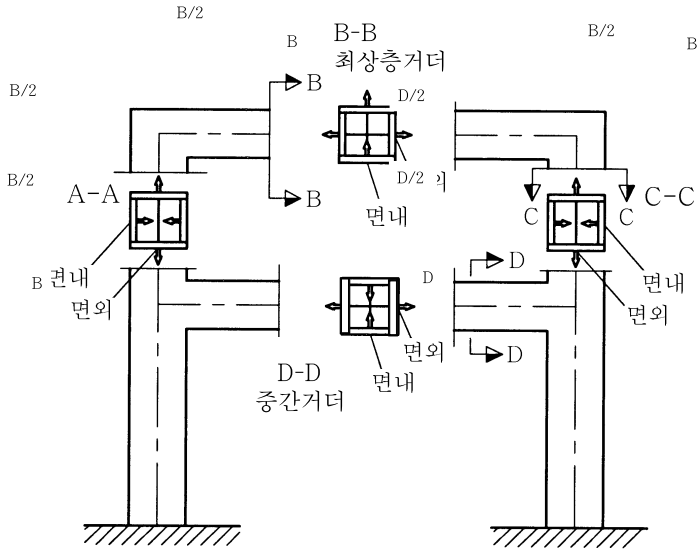


그림 9.14.8 관두께 변화의 방향

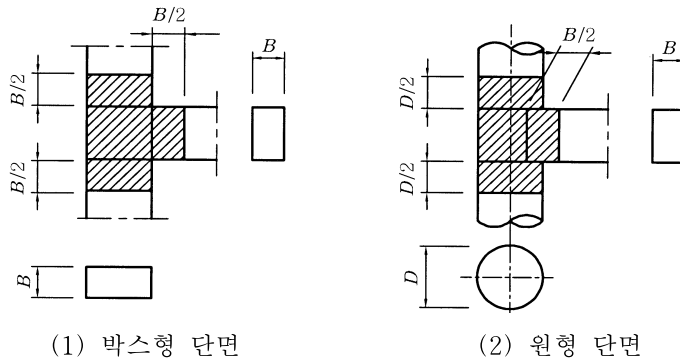


그림 9.14.9 모서리부의 범위

나. 모서리부 단면으로부터 일반부 단면으로 이동하는 위치는 박스형 단면의 경우 모서리부로부터 거더의 복부판 간격의 1/2 이상, 원형 단면의 경우 외경의 1/2이상 떨어진 지점으로 한다(그림 9.14.9 참조).

다. 기둥부재로 원형 단면을 사용하는 경우 기둥의 외경은 1m이상으로 하는 것이 좋다.

② 베이스부

가. 베이스 플레이트의 두께는 25mm이상이어야 한다.

나. 와서의 두께는 22mm를 표준으로 한다.

다. 앵커볼트의 지름은 50mm이상이어야 한다.

라. 와서의 지름은 앵커볼트 지름의 2배 정도로 한다.

마. 기둥의 외측 연단과 앵커볼트 중심까지의 거리는 200mm이상이어야 한다.

③ 앵커프레임 - 앵커프레임과 베이스부 사이에는 설치시 높이조정이 가능하도록 최소로 필요한 범위 내로 적절한 높이조절용 장치를 설치하는 것을 고려한다.

④ 다이아프램

가. 상부구조 교량받침부에는 상부반력을 전달하기에 충분한 강성을 갖는 다이아프램을 설치한다.

나. 교량받침부 이외의 일반부에 있어서는 5m이내의 간격으로 중간다이아프램을 설치하는 것을 원칙으로 한다. 다만, 원형 단면 기둥의 경우 외경의 3배 이내로 설치하여야 한다.

다. 원형 단면 모서리부의 다이아프램은 <그림 9.14.5>와 같이 하는 것을 표준으로 한다.

⑤ 종리브

가. 박스형 단면의 플랜지 또는 복부판에는 좌굴방지를 위한 종리브를 설치한다.

나. 기둥단면에 사용하는 종리브의 재질은 플랜지 또는 복부판과 동일한 것으로 한다.

다. 박스형 단면의 폭 또는 높이가 1.5m이하인 경우 종리브는 단면 산정 시 고려하지 않는 것이 좋다. 또한 이 경우 종리브는 연결하지 않는 것이 좋다. 다만, 이음부에 있어서는 판의 국부좌굴에 대해 특별히 주의를 하여야 한다.

(2) 맨홀

① 맨홀은 내부에 우수가 침투되지 않는 구조로 하고 강도 및 외관상 큰 지장이 없는 곳에 설치한다.

- ② 맨홀의 위치는 기둥의 경우 지상으로부터 2m이상인 위치에, 거더의 경우는 거더의 선단 혹은 상부 플랜지의 단면이 여유가 있는 위치에 설치하는 것이 좋다. 맨홀의 최소치수는 400mm×600mm로 한다.

(3) 교량받침

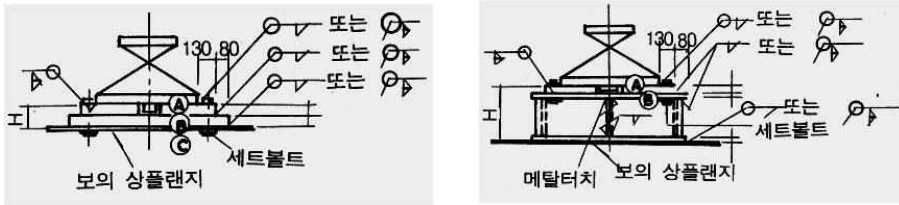
- ① 강재교각상에 설치하는 교량받침은 용접에 의해 연결하는 것을 표준으로 한다.
- ② 교량받침의 용접은 거더의 상부 플랜지와 교량 받침사이의 높이에 따라 다음과 같이 적용하여야 한다. 여기서 H 는 네모서리 중에 제일 낮은 높이로 취한다.

가. $H < 130\text{mm}$ 인 경우 판 받침 사용

나. $H \geq 130\text{mm}$ 인 경우 박스형 받침 사용

다만 용접목두께가 12mm를 초과하는 등 부득이한 경우에는 볼트로 연결하여야 한다.

- ③ ㉠㉢㉣의 판에 설치하는 세트볼트 구멍은 트랙형으로 하여 교축방향 및 교축직각방향의 가설오차를 흡수할 수 있는 구조로 하여야 한다. 또한 ㉠의 판에 설치하는 세트볼트구멍에는 세트볼트 설치 후 방수제를 충전하는 것으로 한다. 또한 t_1 및 t_2 는 최소 22mm이상으로 한다. 용접은 박스거더 받침의 조립용접 및 박스거더 받침의 보 플랜지의 연결용접을 제외하곤 공장 또는 현장 중 어느 곳에서 시공해도 좋다.
- ④ 상향력이 작용하는 교량받침부의 용접은 안전성이 확보되도록 충분히 검토해야 한다.



(a) 판 받침 사용

(b) 박스거더받침 사용

그림 9.14.10 교량받침의 연결방법

9.14.4 라멘의 전체좌굴

- (1) 라멘기둥의 유효좌굴길이(I)는 특별히 엄밀한 계산을 하지 않을 때는 <표 9.4.4>를 준용한다.
- (2) 축방향 압축력과 휨모멘트가 함께 작용하는 라멘부재의 좌굴에 대한 검토는 「9.5.3항」의 규정을 준용한다. 이 경우 허용압축응력(f_{ca})은 <표 9.4.4>에 표시한 유효좌굴길이(I)를 사용하여 「9.4.2항」의 규정에 따라 구한다. 그러나 특수한 구조형식의 라멘이나 단면이 현저하게 변화하는 경우에 대해서는 별도로 엄밀한 검토를 해야 한다.

9.14.5 방 식

- (1) 흙 속 또는 수중에 있는 라멘구조의 기둥 부분은 피복콘크리트, 방식판, 방식도장 등으로 보호하여야 한다. 또한 폐합단면인 경우에는 내부에 물이 고이지 않도록 물빼기 등의 구조상세에 주의해야 한다.

9.15 인성요구조건

9.15.1 일반내용

- (1) 이 절은 강교 및 강합성교에 적용되는 강재에 적용한다.

9.15.2 인성요구조건

- (1) 국내의 지역별 온도구역은 <표 9.15.1>에 따르며, 인장 또는 교변응력을 받는 주부재의 사용 강재는 <표 9.15.2>에 따라서 샤르피 흡수 에너지로 나타내는 저온인성 규격을 만족해야 한다.

제 9 장 강교 및 강합성교

- (2) 인장 또는 교변응력을 받는 주부재의 최대 허용 판두께는 교량이 건설되는 지역의 온도구역에 따라 <표 9.15.2>에 규정한 값으로 한다.
- (3) 인장 또는 교변응력을 받는 주부재는 도면과 공사시방서 등에 명시해야 한다.

표 9.15.1 국내 지역별 최저 공용온도에 따른 온도구역 구분

구분	최저 공용온도 ²⁾ (T)	대상지역 ¹⁾
온도구역 I	$-15^{\circ}\text{C} \leq T$	부산, 울산, 광주 전체 지역 전라남도 전체 지역 경상남도 전체 지역 경상북도 해안 지역 제주도 전체 지역
온도구역 II	$-25^{\circ}\text{C} \leq T < -15^{\circ}\text{C}$	서울, 인천, 대구, 대전 전체 지역 경기도 동부를 제외한 지역 충청남도 전체 지역 전라북도 전체 지역 경상북도 내륙 지역 강원도 해안 지역
온도구역 III	$-35^{\circ}\text{C} \leq T < -25^{\circ}\text{C}$	경기도 동부지역(동두천, 이천, 양평 등) 강원도 내륙 지역 충청북도 전체 지역

- 주) 1) 교량이 건설되는 지역의 온도구역 구분이 명확하지 않은 경우에는, 대상 지역의 기상청 관측자료를 기준으로 최근 30년 내 최저온도에 따라 온도구역을 구분한다.
- 2) 최저 공용온도(T)라 함은 교량이 건설되는 지역의 최근 30년 내 최저기온(100년 재현주기 최저기온과 유사)을 말한다.

표 9.15.2 인장 또는 교변응력을 받는 주부재의 강종별 인성규격과
온도구역별 최대 허용 판두께

강종		온도구역		온도구역 I (-15℃) ¹⁾	온도구역 II (-25℃) ¹⁾	온도구역 III (-35℃) ¹⁾
		충격시험 ³⁾		최대 허용 판두께 ²⁾ (mm)		
구분	기호	시험 온도	샤르피 흡수에너지			
용접 구조용 압연 강재	SM400B	0℃	27J이상	40	40	40
	SM400C	0℃	47J이상	100	100	95
	SM490B	0℃	27J이상	40	40	40
	SM490C	0℃	47J이상	95	80	70
	SM490C-TMC	0℃	47J이상	95	80	70
	SM490YB	0℃	27J이상	40	40	40
	SM520B	0℃	27J이상	40	40	40
	SM520C	0℃	47J이상	85	70	60
	SM520C-TMC	0℃	47J이상	85	70	60
	SM570	-5℃	47J이상	70	60	50
	SM570-TMC	-5℃	47J이상	70	60	50
용접 구조용 내후성 열간 압연 강재	SMA400B	0℃	27J이상	40	40	40
	SMA400C	0℃	47J이상	100	100	95
	SMA490B	0℃	27J이상	40	40	40
	SMA490C	0℃	47J이상	85	70	60
	SMA570	-5℃	47J이상	70	60	50
교량 구조용 압연 강재	HSB500	-5℃	47J이상	85	70	60
	HSB500W	-5℃	47J이상	85	70	60
	HSB500L	-20℃	47J이상	100	95	80
	HSB600	-5℃	47J이상	70	60	50
	HSB600W	-5℃	47J이상	70	60	50
	HSB600L	-20℃	47J이상	95	80	65

- 주) 1) 선형 보간법에 따라 최대 허용 판두께를 산정할 때 사용되는 각 구역별 기준 공용온도
- 2) 교량이 건설되는 지역의 최근 30년 내 최저기온(T)을 알고 있는 경우, 주 1의 기준 공용온도에 따른 선형 보간법을 적용하여 최대 허용 판두께를 산정해도 좋다. 예를 들어 SM520C의 경우, 어느 지역의 최저기온(T)이 -20℃라면 구역 I의 -15℃와 구역 II의 -25℃를 기준으로 하여 최대 허용 판두께는 77.5mm(≈78mm)로 된다. 단, 최저기온의 범위가 $-35℃ \leq T \leq -15℃$ 일 때만 선형 보간을 적용할 수 있다.
- 3) KS B 0810 “금속 재료 충격 시험 방법”에 따라 측정하며 강재의 인성을 충격에 대한 에너지 흡수능력으로 표현하는 값임

제 10 장 콘크리트교

제 10 장 콘크리트교

10.1 일반사항

10.1.1 적용범위

이 절은 선로를 지지·보호하는 철도교 구조물 중 철근콘크리트 및 프리스트레스 콘크리트 교량의 상부구조 설계에 주로 적용한다. 다만, 라멘교의 교각 등 상부구조와 하부구조의 구별이 명확하지 않은 부재의 설계에도 적용할 수 있다.

10.1.2 용어의 정의

- (1) 가외철근 : 콘크리트의 건조수축, 온도변화, 기타의 원인에 의하여 콘크리트에 일어나는 인장응력에 대비하여 가외로 더 넣는 보조적인 철근
- (2) 갈고리 : 철근의 정착 또는 겹침이음을 위하여 철근 끝의 구부린 부분을 말하며, 모양에 따라 180° 표준갈고리, 90° 표준갈고리, 135° 표준갈고리가 있음.
- (3) 강재의 인장강도 : 한국산업규격(KS)에 규정되어 있는 인장강도의 규격 최소값. PS강선 및 PS스트랜드에서는 인장하중의 최소값
- (4) 강재의 항복점 : 한국산업규격(KS)에 규정되어 있는 강재의 항복점 또는 내력의 규격 최소값. PS강선 및 PS스트랜드에서는 0.2% 영구오프셋(offset)에 대한 하중의 최소값
- (5) 검토등급 I : 사용하중에 대하여는 인장응력이 허용되지 않으며, 시공 중에만 인장응력을 허용하는 콘크리트 단면의 등급
- (6) 검토등급 II : 평상시의 사용하중에 대하여는 인장응력이 허용되지 않으며, 시공 중과 혼하지 않은 사용하중 조합에만 인장응력을 허용하는 콘크리트 단면의 등급
- (7) 검토등급 III : 총 단면을 고려하는 경우에는 혼하지 않은 사용하중 조합에만 인장응력을 허용하며, 콘크리트 피복두께 단면을 고려하는 경우

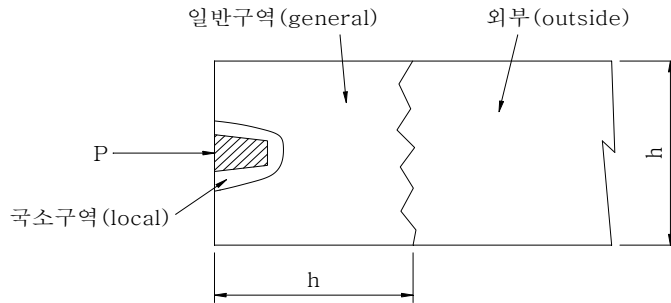
- 에는 평상시의 사용하중에 대하여 인장응력을 허용하나 반영구적 하중 조합에 대하여는 인장응력을 허용하지 않는 콘크리트 단면의 등급
- (8) 격벽 : 단면 형상을 유지시키기 위하여 거더에 배치하는 횡방향 보강재, 다이어프램, 또는 단일 박스 또는 다중 박스거더의 받침점부나 공간 내에 비틀림 등에 저항하기 위하여 설치하는 칸막이 벽
 - (9) 계수하중 : 강도설계법으로 부재를 설계할 때 사용되는 하중으로서, 사용하중에 하중계수를 곱한 하중
 - (10) 공칭강도 : 강도설계법의 규정과 가정에 따라 계산된 부재 또는 단면의 강도로 강도감소계수를 적용하기 전의 강도.
 - (11) 국소구역(local zone) : 정착장치 주위 및 바로 앞 콘크리트 부분으로 높은 국부지압응력을 받는 부분
 - (12) 긴장력(jacking force) : 긴장재에 인장력을 도입하는 장치에 의해 발휘되는 일시적인 힘
 - (13) 긴장재(tendon) : 콘크리트에 프리스트레스를 가하는 데 사용되는 강선, 강연선, 강봉 또는 이들의 다발
 - (14) 단부 스트럿(end strut) : 거더에 작용하는 모든 힘을 받침부로 전달시키는 통로로서 특별한 전단보강 철근이 필요한 곳
 - (15) 단블록(end block) : 정착부의 응력을 감소시키기 위해 부재의 단부를 확대하는 것
 - (16) 덕트(duct) : 포스트텐션 방식의 PSC부재에서 콘크리트 경화전이나 또는 후에 PS강재를 배치시켜 긴장할 수 있도록 미리 콘크리트 속에 설치해둔 원형의 관
 - (17) 마찰 : 프리스트레싱 동안 접촉하게 되는 긴장재와 덕트 사이의 표면 저항. 곡률마찰과 과상마찰이 있음
 - (18) 묻힘길이 : 위험단면을 넘어 더 연장하여 묻어 넣은 철근길이
 - (19) 바닥판 : 도상이나 침목, 레일 등을 통해 열차하중을 지지하고 다른 부재들에 의해 지지되는 판 부재
 - (20) 방향 변환력(deviation force) : 긴장재의 곡률 또는 방향변경에 의해 곡선부 또는 방향변경부에 작용하게 되는 힘
 - (21) 방향변환블록(deviation saddle): 거더단면 내외측에 PS강재(external

tendon)의 방향변환을 위해 복부, 플랜지, 복부와 플랜지의 접합부에 두는 블록

- (22) 배력철근(distributing bar) : 집중하중을 분포시키거나 균열을 제어할 목적으로 주철근과 직각에 가까운 방향으로 배치한 보조철근
- (23) 부모멘트 : 바닥판 및 부재 상측에 인장응력을 생기게 하는 휨모멘트
- (24) 부착된 긴장재(bonded tendon) : 직접 또는 그라우팅을 통해 콘크리트에 부착되는 긴장재
- (25) 부철근 : 부모멘트에 의하여 생긴 인장응력에 대하여 배치하는 철근
- (26) 브래킷 또는 내민받침(코벨) : 집중하중이나 보의 반력을 지지하기 위하여 기둥면 또는 벽체면에서부터 나와 있는 짧은 캔틸레버 부재
- (27) 블록공법 : 프리캐스트 부재를 부재 방향으로 몇 개의 블록으로 나누어서 제작하고, 블록을 서로 연결시키기 위해 프리스트레스를 주어 구조부재로 만든 공법
- (28) 사용 프리스트레스 힘(unfactored prestressing force) : 프리스트레싱에 의해 부재 단면에 작용하는 힘으로서 하중계수를 곱하지 않은 것
- (29) 사용하중 : 하중계수를 곱하지 않는 하중으로서, 작용하중이라고도 한다.
- (30) 사인장철근 : 철근 콘크리트 보에 하중 작용으로 인해 사인장 균열이 발생하며 균열은 휨균열과 달리 주로 전단응력에 지배되어 갑작스런 파괴를 유발하므로 이를 방지하기 위하여 전단(보강)철근을 배근하여야 한다. 이때 보에 배치하는 전단철근을 복부철근 또는 사인장철근이라 한다.
- (31) 설계강도 : 공칭강도에 강도감소계수 ϕ 를 곱한 강도
- (32) 설계단면력 : 하중작용에 의해 부재단면에 생기는 휨모멘트, 전단력, 축방향력 및 비틀림모멘트. 강도설계법에서는 계수하중작용에 의해 생기는 부재의 단면력이므로 소요강도라고도 함.
- (33) 설계하중 : 부재를 설계할 때 사용되는 적용가능한 모든 하중과 힘, 또는 이와 관련된 내적 모멘트와 힘으로서, 허용응력설계법에 의한 설계에서는 하중계수가 없는 하중(사용하중)이고, 강도설계법에 의한 설계에서는 적절한 하중계수를 곱한 하중(계수하중)이 설계하중이

된다.

- (34) 소요강도 : 하중조합에 따른 계수하중을 저항하는데 필요한 부재 또는 단면의 강도, 또는 이와 관련된 휨모멘트, 전단력, 축방향력 및 비틀림모멘트 등으로 나타낸 단면력
 - (35) 쉬스 : 덕트를 형성하기 위한 관
 - (36) 압출용 받침 (launching bearing) : 압출공법(Incremental launching method)으로 가설할 때 설치하는 마찰이 작은 임시가설용 받침
 - (37) 압출코(launching nose) : 교량을 압출하는 동안 상부구조의 휨모멘트를 감소시키기 위하여 압출되는 상부구조의 선단에 부착한 가설용 강재부재(temporary steel assembly)
 - (38) 읍셋 굽힘철근 : 기둥연결부에서 단면치수가 변하는 경우에 배치되는 구부린 주철근
 - (39) 유효깊이 : 휨모멘트가 작용하는 부재단면에서 콘크리트의 압축단에서 인장철근의 도심까지의 거리
 - (40) 유효폭 : T형보의 플랜지 등에서 유효하게 작용한다고 보는 플랜지 등의 폭
 - (41) 유효 프리스트레스 : 프리스트레싱에 의한 콘크리트내 응력 중 자중과 외력에 의한 영향을 제외하고 계산된 모든 응력 손실량을 뺀 나머지 응력, 또는 자중과 외력의 영향을 제외하고 모든 손실이 발생한 후에 프리스트레스 긴장재 내에 남아있는 응력
 - (42) 일반구역 : 집중된 프리캐스트레스 힘이 부재 단면상에 선형에 가까운 응력분포로 확산되는 구역, 또는 거더의 단부로부터 거더 높이(h)만큼 떨어진 일반단면 사이의 정착부 앞 구역을 의미하고, 부재의 단부가 아닌 보의 중간위치에 정착부가 있는 경우에는 정착장치 전방으로 거더 높이만큼 떨어진 구역(<그림 10.1.1> 참조)
 - (43) 일반단면 : 프리스트레스 힘이 콘크리트부재에 충분히 전달되어 단면내의 응력분포가 선형연속분포가 되는 단면. 일반적으로 단부 단면(end section)으로부터 거더의 높이만큼 떨어진 위치의 단면
 - (44) 전달길이(transfer length) : 프리텐션 부재에서 부착에 의해 콘크리트에 프리스트레스 힘을 전달하는데 필요한 길이
-



<그림 10.1.1> 정착구역

- (45) 접속구 또는 커플러(coupler) : PS강재와 PS강재 또는 정착장치와 정착장치를 접속하여 프리스트레스 힘이 전달되도록 하는 장치
- (46) 정모멘트 : 바닥판 및 부재 하측에 인장응력을 생기게 하는 휨모멘트
- (47) 정착구역(anchorage zone) : 부재에서 집중된 프리스트레스 힘이 정착장치로부터 콘크리트로 도입되고(국소구역), 부재 내로 넓게 분포되는(일반구역) 부분
- (48) 정착길이 : 위험단면에서 철근의 설계강도를 발휘하기 위해 필요한 철근의 묻힘길이
- (49) 정착 단면(anchored section) : 정착부가 있는 거더의 끝단부의 단면
- (50) 정착돌출부(anchorage blister) : 한 개 이상의 PS강재 정착부에서 면적 확보를 위하여 복부, 플랜지, 복부와 플랜지의 접합부에 돌출시킨 부분
- (51) 정착장치 : 포스트텐션방식에 의한 프리스트레스 콘크리트에서 인장력을 준 PS강재를 경화한 콘크리트에 고정시키기 위한 장치
- (52) 정착장치의 슬립량 : PS강재를 정착장치에 정착시킬 때 PS강재가 정착장치 내에 딸려 들어가는 양
- (53) 정철근 : 정모멘트에 의하여 생긴 인장응력에 대하여 배근하는 철근
- (54) 주철근 : 철근콘크리트 부재의 설계에서 하중작용에 의해 생긴 단면력에 대하여 소요단면적을 산출한 철근
- (55) 축방향철근 : 부재축 방향으로 배치하는 철근
- (56) 코팅재 : 철근 또는 긴장재를 부식에 대해 보호하거나 덕트와 긴장

재사이의 마찰을 감소시키기 위해 사용하는 재료

- (57) 콘크리트의 건조수축 : 콘크리트의 건조 또는 수화반응에 의해 시간 경과에 따라 발생하는 수축 변형
- (58) 콘크리트의 크리프 : 콘크리트에 일정한 응력이 장기 지속적으로 작용하는 상태에서 시간의 경과와 더불어 변형이 증가하는 현상
- (59) 콘크리트의 탄성수축(elastic shortening) : 축방향 압축력에 의해 부재가 수축되는 현상
- (60) 콘크리트 피복두께 단면(concrete covering area of section) : 단면의 좌선과 PS강재에서 PS강재의 최소 피복두께(c) 만큼 떨어진 휨 축에 평행한 두 직선으로 이루어진 단면
- (61) 파상마찰 : 프리스트레스를 도입할 때 쉬스 또는 덕트의 시공상 오차에 의해 발생하는 마찰
- (62) 파열력(bursting forces) : 정착장치 또는 교량받침 설치위치 등 하중 집중점에서 발생하는 파열력으로서, 콘크리트 부재의 치수와 집중하중의 크기, 방향, 위치에 따라 좌우되는 힘
- (63) 폐합부(closure) : 한 경간을 완성하기 위하여 사용하는 현장치기 콘크리트의 세그먼트
- (64) 포스트텐션 방식 : 콘크리트와 부착하지 않도록 쉬스를 통하여 배치한 PS강재를 콘크리트가 굳은 다음에 긴장시켜 프리스트레스를 주는 방식
- (65) 프리스트레스 : 외력의 작용에 의한 인장응력을 상쇄할 목적으로 미리 계획적으로 콘크리트에 준 응력
- (66) 프리스트레스 강재의 릴랙сей션률 : PS강재에 인장력을 주어 일정한 변형이 유지되는 상태에서 시간의 경과와 더불어 감소된 인장력을 최초로 준 PS강재 인장력에 대한 백분율로 나타낸 값
- (67) 프리스트레스 힘 : 프리스트레싱에 의하여 부재의 단면에 작용하고 있는 힘
- (68) 프리스트레스 힘의 전달(prestressing transfer) : 정착단면으로부터 일반단면으로 프리스트레스 힘이 전달되면서 단면 내에서의 응력분포곡선은 비연속 분포로부터 점차적으로 선형 연속 분포로 바뀌게

되는데 이 과정에서 단면 내에 수직응력(f)과 전단응력(τ)이 발생하는 3차원적인 현상

- (69) 프리스트레싱 : 프리스트레스를 주는 일
- (70) 프리텐션 방식: 콘크리트를 치기 전에 거푸집내의 소정의 위치에 PS 강재를 긴장시켜 놓고, 그 주위에 콘크리트를 치며, 콘크리트가 굳은 다음에 긴장력을 풀어주어 PS강재와 콘크리트의 부착력에 의하여 콘크리트에 프리스트레스를 주는 방식
- (71) 피복두께 : 철근, PS강재 또는 쉬스의 표면에서 콘크리트 표면까지의 최단거리
- (72) 하단 코너부(lower coner) : 받침 안쪽에서 시작하여 거더의 끝부분을 분리시키려는 힘에 저항하도록 설계하여야 하는 곳
- (73) 횡방향철근 : 부재축에 직각방향으로 배근하는 철근으로 기둥부재의 띠철근이나 보 부재의 스티럽 등
- (74) A형 이음부 : 현장타설콘크리트 이음부, 프리캐스트부재 사이의 습윤콘크리트나 에폭시 이음부
- (75) B형 이음부 : 프리캐스트 부재사이에 특별한 재료를 두지 않은 이음부(dry joint)

10.1.3 기호

A_c	= 부재의 단면적(mm ²)
E_c	= 콘크리트의 탄성계수(MPa)
E_{ci}	= 재령 28일에서 콘크리트의 초기 접선탄성계수(MPa)
$E_{ci}(t')$	= 재령 t' 일에서 콘크리트의 초기 접선탄성계수(MPa)
E_{dj}	= 장기변형을 고려할 경우의 탄성계수(MPa)
E_{ij}	= 콘크리트의 순간탄성계수(MPa)
E_s	= 철근의 탄성계수(MPa)
$f_c(t')$	= 재령 t' 일에서 콘크리트의 압축응력(MPa)
f_{ck}	= 콘크리트의 설계기준압축강도(MPa)

f_{cj}	= 콘크리트 타설 후 j 일의 압축강도(MPa)
f_{cr}	= 콘크리트의 배합강도(MPa)
f_{cu}	= 재령 28일에서 콘크리트의 평균압축강도(MPa)
$f_{cu}(t)$	= 재령 t 일에서 콘크리트의 평균압축강도(MPa)
f_{tj}	= 콘크리트 타설 후 j 일에서의 콘크리트의 인장강도(MPa)
h	= 개념 부재치수(mm) = $2A_c / u$
RH	= 외기의 상대습도, %
s	= 표준편차(MPa)
t	= 콘크리트의 재령, 일(day)
t'	= 하중이 가해질 때의 재령, 일(day)
t_s	= 콘크리트가 외기 중에 노출되었을 때의 재령, 일(day)
t'_T	= 온도가 20/℃가 아닌 $T/℃$ 에서 양생할 경우 등가재령, 일(day)
T	= 외기 또는 양생온도, ℃
u	= 단면적 A_c 의 둘레 중에서 수분이 외기로 확산되는 둘레길 이(mm)
$\beta(f_{cu})$	= 콘크리트 강도가 크리프에 미치는 영향함수
$\beta(t')$	= 지속하중이 가해지는 시간 t' 가 크리프에 미치는 영향함수
$\beta_c(t-t')$	= 재하기간에 따라 크리프에 미치는 영향함수
$\beta_{cc}(t)$	= 콘크리트 강도 발현에 대한 재령에 따른 보정계수
β_H	= 외기의 상대습도와 부재의 두께에 따른 계수
β_{RH}	= 외기습도에 따른 크리프와 건조수축에 미치는 영향계수
$\beta_s(t-t_s)$	= 건조기간에 따른 건조수축 변형률 함수
β_{sc}	= 시멘트 종류에 따른 건조수축에 미치는 영향계수

$\varepsilon_{ct}(t, t')$ = 재령 t' 일에서 $f_c(t')$ 의 응력이 가해졌을 때 시간 t 일에서의 탄성변형률과 크리프를 포함한 전체 변형률

$\varepsilon_{sh}(t, t_s)$ = 재령 t_s 에서 외기에 노출된 콘크리트의 재령 t 에서의 전체 건조수축 변형률

ε_{sho} = 개념 건조수축계수

$\phi(t, t')$ = 콘크리트의 크리프계수

ϕ_o = 콘크리트의 개념 크리프계수

ϕ_{RH} = 외기의 상대습도와 부재 두께가 크리프에 미치는 영향계수

ν = 콘크리트의 포아송비

10.2 재 료

10.2.1 콘크리트

(1) 일반내용

- ① 콘크리트의 설계기준 압축강도는 재령 28일 강도를 기준으로 하여야 한다.
- ② 설계시 적용한 각 부재의 설계기준 압축강도를 도면상에 명시하여야 한다.
- ③ 콘크리트의 설계기준 압축강도는 실무에서 적용가능한 강도범위내에서 정하여야 한다.
- ④ 콘크리트의 설계기준 압축강도는 원주형 표준공시체의 시험결과에 기초를 두어야 한다.

(2) 설계기준 압축강도

- ① 콘크리트의 설계기준 압축강도 f_{ck} 는 <표 10.2.1>에 규정된 값 이상 이라야 한다.

표 10.2.1 콘크리트의 최저 설계기준압축강도

부재의 종류		최저 설계기준압축강도(MPa)
무근 콘크리트 부재		18
철근 콘크리트 부재		21
프리스트레스트	프리텐션 방식	35
콘크리트 부재	포스트텐션 방식	30

주) PSM(Precast Span Method)공법 및 FCM(Free Cantilevered Method)공법의 경우 콘크리트 최저 설계기준압축강도 40MPa로 하여야 한다.

- ② 콘크리트 타설 후 j 일의 압축강도는 f_{cj} 로 표시한다.
- (3) 콘크리트의 탄성계수는 다음의 규정에 따른다.
- ① 콘크리트의 할선탄성계수는 콘크리트의 단위질량 m_c 의 값이 1,450~2,500kg/m³인 콘크리트의 경우 <식 (10.2.1)>에 따라 계산하여야 한다.

$$E_c = 0.077 m_c^{1.5} \sqrt[3]{f_{cu}} \text{ (MPa)} \quad (10.2.1)$$

다만 보통골재를 사용한 콘크리트($m_c=2,300\text{kg/m}^3$)의 경우는 <식 (10.2.2)>를 이용할 수 있다.

$$E_c = 8,500 \sqrt[3]{f_{cu}} \text{ (MPa)} \quad (10.2.2)$$

여기서, $f_{cu} = f_{ck} + 8 \text{ (MPa)}$

- ② 크리프 계산에 사용되는 콘크리트의 초기접선탄성계수와 할선탄성계수와의 관계는 <식 (10.2.3)>과 같다.

$$E_c = 0.85 E_{ci} \text{ (MPa)} \quad (10.2.3)$$

- (4) 콘크리트의 포아송비는 실험에 의하여 결정되지 않는 경우에는 일반적으로 1/6로 가정한다.
- (5) 콘크리트의 전단탄성계수는 <식 (10.2.4)>으로 계산한다.

$$G_c = \frac{E_c}{2(1 + \nu)} \quad (10.2.4)$$

여기서, G_c : 콘크리트의 전단탄성계수(MPa)

E_c : 콘크리트의 탄성계수(MPa)

ν : 포아송비

- (6) 온도팽창계수

- ① 보통 콘크리트의 온도팽창계수는 일반적으로 $10.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 로 가정한다.
- ② 경량 콘크리트의 온도팽창계수는 콘크리트에 배합된 경량골재의 온도팽창계수를 고려하여 정하여야 한다.

- (7) 콘크리트의 건조수축 및 크리프

- ① 콘크리트의 건조수축 변형률은 대기의 평균상대습도, 부재의 크기 등을 고려하여 <식 (10.2.5)>으로 구할 수 있다.

$$\varepsilon_{sh}(t, t_s) = \varepsilon_{sho} \beta_s(t - t_s) \quad (10.2.5)$$

여기서 ε_{sho} 와 $\beta_s(t - t_s)$ 는 <식 10.2.6>~<식 10.2.9>에 의해 계산하여야 한다.

$$\varepsilon_{sho} = \varepsilon_s(f_{cu}) \beta_{RH} \quad (10.2.6)$$

$$\varepsilon_s(f_{cu}) = [160 + 10\beta_{sc}(9 - f_{cu}/10)] \times 10^{-6} \quad (10.2.7)$$

$$\beta_{RH} = \begin{cases} -1.55[1 - (RH/100)^3] & (40\% \leq RH < 99\%) \\ 0.25 & (RH \geq 99\%) \end{cases} \quad (10.2.8)$$

$$\beta_s(t-t_s) = \sqrt{\frac{(t-t_s)}{0.035 h^2 + (t-t_s)}} \quad (10.2.9)$$

$$\beta_s = \begin{cases} 4 : 2\text{종 시멘트} \\ 5 : 1\text{종, 5종 시멘트} \\ 6 : 3\text{종 시멘트} \end{cases}$$

외기의 온도가 20℃가 아닌 경우 β_{RH} 및 $\beta_s(t-t_s)$ 는 <식 (10.2.10)>과 <식 (10.2.11)>에 의해 보정하여야 한다.

$$\beta_{RH} = \left[1 + \left(\frac{8}{103 - RH} \right) \left(\frac{T - 20}{40} \right) \right] \beta_{RH} \quad (10.2.10)$$

$$\beta_s(t-t_s) = \sqrt{\frac{(t-t_s)}{0.035 h^2 \exp[-0.06(T-20)] + (t-t_s)}} \quad (10.2.11)$$

② 콘크리트의 크리프는 다음의 규정에 따라 예측할 수 있다.

가. 시간 t' 에서 작용응력 $f_c(t')$ 에 의한 콘크리트의 순간 변형 및 크리프 변형을 함께 고려한 전체 변형률 $\varepsilon_{cr}(t, t')$ 는 1) 콘크리트의 압축강도 또는 설계기준압축강도, 2) 부재의 크기, 3) 평균 상대습도, 4) 재하시의 재령, 5) 재하기간, 6) 시멘트 종류, 7) 양생온도, 8) 온도변화, 9) 작용응력의 크기 등에 따라 <식 (10.2.12)>를 사용하여 구할 수 있다.

$$\varepsilon_{cr}(t, t') = f_c(t') \left[\frac{1}{E_{ci}(t)} + \frac{\phi(t, t')}{E_{ci}} \right] \quad (10.2.12)$$

여기서 E_{ci} 는 <식 10.2.29>에 의해 구하고, $E_{ci}(t')$ 는 <식 (10.2.30)>에 의해서 구한다.

나. <식 (10.2.12)>에서 크리프계수 $\phi(t, t')$ 는 양생온도가 20℃ 이고, 하중이 작용하는 동안의 기온도 20℃ 인 경우를 기준으로 한 것으로 <식 (10.2.13)>과 같이 구할 수 있다.

$$\phi(t, t') = \phi_0 \beta_c(t-t') \quad (10.2.13)$$

$$\text{여기서, } \phi_0 = \phi_{RH} \beta(f_{cu}) \beta(t') \quad (10.2.14)$$

$$\phi_{RH} = 1 + \frac{1-0.01RH}{0.10 \sqrt[3]{h}} \quad (10.2.15)$$

$$\beta(f_{cu}) = \frac{16.8}{\sqrt{f_{cu}}} \quad (10.2.16)$$

$$\beta(t') = \frac{1}{0.1 + (t')^{0.2}} \quad (10.2.17)$$

$$\beta_c(t-t') = \left[\frac{(t-t')}{\beta_{H^+}(t-t')} \right]^{0.3} \quad (10.2.18)$$

$$\beta_{H^+} = 1.5 [1 + (0.012RH)^{18}] h + 250 \leq 1,500 (\text{일}) \quad (10.2.19)$$

f_{cu} 는 <식 10.2.26>에 따른다.

다. 작용응력의 크기, 온도 및 시멘트의 종류에 따라 <식 (10.2.13)>의 크리프계수는 다음과 같이 보정하여야 한다.

㉔ 양생온도 및 시멘트 종류에 따른 보정계수

양생 동안 온도의 변화가 있거나 20℃가 아닌 대기에 노출되어 있는 경우, 또는 시멘트 종류에 따른 재하 재령 t' 는 <식 (10.2.20)>과 같이 보정하여야 한다.

$$t' = t_T' \left[\frac{9}{2 + (t_T')^{1.2}} + 1 \right]^\alpha \geq 0.5 (\text{일}) \quad (10.2.20)$$

$$t_T' = \sum_{i=1}^n \Delta t_i \exp \left(-\frac{4000}{273 + T(\Delta t_i)} + 13.65 \right) \quad (10.2.21)$$

$$\alpha = \begin{cases} -1 : 2\text{종 시멘트} \\ 0 : 1\text{종, 5종 시멘트} \\ 1 : 3\text{종 시멘트} \end{cases}$$

여기서, $T(\Delta t_i)$ 는 Δt_i 일 동안 지속된 온도(℃), Δt_i 는 일정한 온도가 지속된 기간(일)이고, n 은 일정한 온도를 유지한 단계의 수이다.

㉞ 작용응력의 크기에 따른 보정계수

작용응력 $f_c(t)$ 가 $0.4 f_{cu}(t) < |f_c(t)| < 0.6 f_{cu}(t)$ 인 경우 <식 10.2.14>의 ϕ_0 는 <식 (10.2.22)>와 같이 보정하여 크리프의 비선형성을 고려한다.

$$\phi_o = \exp \left[1.5 \left(\frac{|f_c(t)|}{f_{cu}(t)} - 0.4 \right) \right] \phi_o \quad (10.2.22)$$

여기서, $f_{cu}(t)$ 는 <식 (10.2.27)>과 <식 (10.2.28)>에 의해 구할 수 있다.

㉟ 온도변화에 따른 보정계수

지속하중이 작용하는 동안 온도가 5℃에서 80℃까지 변화할 때 크리프계수는 <식 (10.2.15)>의 ϕ_{RH} 를 <식 (10.2.24)>로, 그리고 <식 (10.2.19)>의 β_H 를 <식 (10.2.25)>로 보정하여 <식 (10.2.23)>에 의해 구하여야 한다.

$$\phi(t, t') = \beta_c(t-t') \phi_o + 0.0004 (T-20)^2 \quad (10.2.23)$$

$$\phi_{RH, T} = \phi_T + (\phi_{RH} - 1.0) \phi_T^{1.2} \quad (10.2.24)$$

$$\text{여기서, } \phi_T = \exp [0.015 (T-20)] \quad (10.2.24.a)$$

$$\beta_{H, T} = \exp \left[\frac{1,500}{273 + T} - 5.12 \right] \beta_H \quad (10.2.25)$$

라. 콘크리트의 압축강도는 $\phi 150 \times 300 \text{mm}$ 원주공시체의 시험결과에 따라 <식 (10.2.26)>과 같이 평균압축강도 f_{cu} 를 택하여야 하며, 시간에 따른 콘크리트의 강도발현 $f_{cu}(t)$ 는 <식 (10.2.27)>과 같이 구하여야 한다. 이때 f_{ck} 가 28일 때의 설계기준강도이면 <식 (10.2.26)>의 f_{cu} 는 f_{28} 과 같다.

$$f_{cu} = f_{ck} + 8 \quad (10.2.26)$$

$$f_{cu}(t) = \beta_{cc}(t) f_{28} \quad (10.2.27)$$

$$\beta_{cc}(t) = \exp \left[\beta_{sc} \left(1 - \sqrt{\frac{28}{t}} \right) \right] \quad (10.2.28)$$

$$\beta_{sc} = \begin{cases} 0.20 : 3\text{종 시멘트} \\ 0.25 : 1\text{종, 5종 시멘트} \\ 0.38 : 2\text{종 시멘트} \end{cases}$$

여기서, $\beta_{cc}(t)$ 는 시간에 따른 강도발현속도이고, β_{sc} 는 시멘트 종류에 따른 상수이다.

마. 크리프 변형을 계산할 때 콘크리트의 초기 접선탄성계수는 <식 (10.2.29)>와 같이 구하여야 한다.

$$E_{ci} = 10,000 \sqrt[3]{f_{cu}} \quad (10.2.29)$$

바. 초기 접선탄성계수 $E_{ci}(t)$ 의 시간에 따른 변화는 <식 (10.2.30)>과 같이 구해야 하며 $\beta_{cc}(t)$ 는 <식 (10.2.28)>과 같다.

$$E_{ci}(t) = \sqrt{\beta_{cc}(t)} E_{ci} \quad (10.2.30)$$

사. 크리프에 대한 실험은 KS F 2453(콘크리트의 압축 크리프 시험방법)에 따라야 한다.

10.2.2 강재

(1) 일반내용

- ① 설계시 적용한 철근의 항복강도는 도면상에 명시하여야 한다.
- ② 용접해야 할 철근은 도면상에 도시하여야 하고, 이 때 적용할 용접절차도 명시해 두어야 한다.
- ③ 보강철근은 이형철근만 사용하여야 한다. 다만 나선철근으로는 원형 철근 또는 원형 철선을 사용할 수 있다.

(2) 강재의 설계강도 및 탄성계수

- ① 프리스트레싱 긴장재를 제외하고는 철근의 설계기준항복강도 f_y 는 500MPa를 초과하지 않아야 한다. 다만, 전단철근의 항복강도 f_y 는 400MPa 보다 더 큰 값으로 설계할 수 없다.
- ② 철근의 탄성계수는 $E_s = 200,000$ (MPa) 값으로 한다.
- ③ 형강의 탄성계수는 $E_{ss} = 210,000$ (MPa) 값으로 한다.

(3) 강재의 온도팽창계수는 $10.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 로 한다.

(4) 프리스트레싱용 강재

- ① PS강재의 특성 중 고려할 사항은 다음과 같다.

가. 긴장재의 공칭 단면적, A_p

나. 긴장재의 인장강도(f_{pu}) 및 항복강도(f_{py})

다. 릴랙сей션 특성

라. 콘크리트에 대한 부착특성

마. 열팽창계수

바. 종방향 탄성계수

- ② PS강재의 온도팽창계수는 $10.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 의 값을 사용한다.
- ③ PS강재의 종방향탄성계수(E_p)는 PS강선인 경우나 PS 스트랜드 모두 200,000MPa의 값을 사용한다.
- ④ PS강재는 고강도의 강재로서 시험에 의하여 그 품질이 확인된 것이어야 하며 저 릴랙сей션 강재를 사용하여야 한다.
- ⑤ PS강선 및 PS 스트랜드는 KS D7002에 적합한 것이어야 한다.
- ⑥ PS강봉은 KS D3505에 적합한 것이어야 한다.
- ⑦ PS강봉의 기계적 성질과 종류는 <표 10.2.2>와 <표 10.2.3>와 같다.

(5) 정착장치 및 접속구

- ① 정착장치 및 접속구는 정착 또는 접속된 PS강재가 규정된 규격에 정해진 인장하중 값에 이르기 전에 파괴되거나 현저한 변형이 일어나는 일이 없는 구조 및 강도를 갖는 것이라야 한다.

표 10.2.2 PS강봉의 기계적 성질

종 류		기 호	인장시험			릴랙сей션값 (%)
			항복점 (MPa)	인장강도 (MPa)	연신율 (%)	
원형봉강 A종	2호	SBPR 785/1030	800이상	1,050이상	5이상	1.5이하
원형봉강 B종	1호	SBPR 930/1080	950이상	1,100이상	5이상	1.5이하
	2호	SBPR 930/1180	950이상	1,200이상	5이상	1.5이하

표 10.2.3 PS 강봉의 종류

호칭명	기본지름(mm)	나사의 호칭	핏치(mm)	공칭단면적(mm)	단위중량(N/m)
9.2mm	9.2	M10	1.25	66.48	5.2
11mm	11.0	M12	1.5	95.03	10.5
13mm	13.0	M14	1.5	132.7	10.4
17mm	110.0	M18	1.5	2210.9	110.8
23mm	23.0	M24	2	415.5	32.6
26mm	26.0	M27	2	530.9	41.7
32mm	32.0	M33	2	804.2	63.1

② PS강재의 정착장치 및 접속구는 정착 또는 접속되는 PS강재가 KS D 7002 혹은 KS D 3505에 규정된 인장강도를 발휘하기 전에 유해한 변형을 발생시키거나 파괴되어서는 안된다. 따라서 PS강재의 정착장치 및 접속구는 PS강재의 인장강도를 발휘할 수 있는지에 대하여 정적시험 및 피로시험에 의해 확인하지 않으면 안된다. 다만, 일반적으로 많이 사용되고 있어 안전성이 확인되어 있는 정착장치나 접속구에 대해서는 시험을 생략할 수 있다.

(6) 쉬스는 그 취급 중 또는 콘크리트 치기를 할 때에 쉽게 변형되지 않는 것이어야 하며 맞물림이나 이음부 등에서 시멘트 풀이 흘러들어가지 않는 것이어야 한다.

(7) PS 그라우트

① PS그라우트는 PS강재를 충분히 피복함으로써 녹슬지 않도록 보호하

고 부재 콘크리트와 긴장재가 확실하게 부착이 될 수 있는 품질이어야 한다.

- ② 그라우트는 재령 28일에서의 압축강도가 21MPa 이상으로 또 PS강재와 프리스트레스트 콘크리트 부재사이에서 충분한 부착이 있어야 한다.

10.3 설계일반

10.3.1 일반내용

- (1) 구조의 각 부재는 단순한 구조로 하고 시공, 검사, 배수, 유지관리 등에 편리하도록 설계하여야 한다. 여기서 단순하다는 의미는 단순보만을 의미하는 것이 아니라, 구조의 각 부재가 단순 명확한 구조로 되어야 한다는 것이다.
- (2) 설계계산에 있어서는 최종단계에서 유효숫자 3자리를 얻을 수 있도록 하여야 한다.

10.3.2 설계계산

(1) 설계계산의 원칙

- ① 부재를 설계함에 있어서 설계하중 작용시에 대하여 다음 사항을 검사하고, 부재가 안전함을 확인하여야 한다.
- 가. 계수하중이 설계하중으로 작용시 부재단면의 설계강도가 소요강도(설계단면력) 이상이 되어야 한다.
- 나. 사용하중이 설계하중으로 작용할 때의 부재단면의 응력은 허용응력 이하가 되어야 하고, 또 사용성 조건을 충족시키기 위해 처짐 등이 조절되어야 한다.
- ② 위에서 규정한 사용하중 및 계수하중 작용시의 하중조합은 각각 다음과 같다.
- 가. 강도설계법에서의 하중조합은 「제8장」에 규정된 하중의 조합으로 하여야 한다.
- 나. 허용응력설계법에서의 하중조합은 「제8장」에 규정된 하중의 조합으로 하여야 한다.

(2) 강성 및 단면력

- ① 연속구조물과 골조구조물 부재의 상대적 휨강성과 비틀림강성을 구할 때는 어떠한 합리적 가정도 사용될 수 있다. 그러나 사용된 가정은 해당 해석과정을 통하여 일관성이 있어야 한다. 부재의 강성은 부재단면의 균열 등을 고려하여 구한 강성을 사용하나, 부재에 생기는 단면력의 계산에 사용되는 강성은 부재상호의 강성비 즉 상대적 강성이므로 강성의 크기 그 자체로 인하여 단면력 계산에 미치는 영향은 작다고 볼 수 있다. 이러한 사유에서 상대적인 휨강성과 비틀림강성을 구할 때 어느 합리적 가정도 사용될 수 있다. 균열단면 대신에 콘크리트의 전단면에 준한 강성을 흔히 사용하고 있다.
- ② 휨모멘트를 결정할 때, 또 부재를 설계할 때 모두 현치의 영향을 고려하여야 한다.
- ③ 부재를 설계할 때 쓰는 단면력은 탄성해석에 의해 계산하는 것으로 하여야 한다. 콘크리트는 엄밀하게 말하면 응력과 변형률이 선형으로 비례하지 않으며 완전한 탄성체가 아니다. 그러나 이를 탄성체로 가정하여 해석하는 것이 단면력의 계산이 간단하고, 또 그 단면력에 의해 설계된 부재가 엄밀한 계산에 의해 설계된 부재와 비교하여 안전성이 떨어지지 않는다. 이와 같은 이유에서 부재를 설계할 때 쓰이는 단면력은 콘크리트를 완전한 탄성체로 보고 탄성이론에 의해 계산하도록 하였다. 이때 부재의 휨강성 및 비틀림강성은 콘크리트의 전 단면을 유효단면으로 하여 계산하여도 좋다. 콘크리트의 전 단면이란 덕트와 강재를 콘크리트 단면으로 환산한 단면이며, 균열의 발생을 무시한 단면이다.

(3) 콘크리트의 크리프 및 건조수축의 영향에 의한 부정정력

콘크리트의 크리프 및 건조수축에 의한 변형이 구속되는 부정정구조물에서 발생하는 부정정력은 다음의 규정에 따른다.

- ① 구조계에 변화가 없는 경우 : 구조물 전체를 한 번에 동바리 상에서 시공하여 시공 중의 구조계와 시공 후의 구조계에 변화가 없는 경우에는 다음의 규정에 의해 부정정력을 계산하는 것으로 한다.

가. 콘크리트의 크리프의 영향

일반적으로 고려하지 않아도 좋다. 그러나 장경간의 아치교 등에서 부재 축선의 이동을 고려하여 단면력을 계산하는 경우에는 크리프에 의한 변형이 단면력에 영향을 미치게 됨으로 검토하여야 한다.

나. 콘크리트의 건조수축의 영향

「10.2.1항」 (7)콘크리트의 건조수축 및 크리프에 의해 계산하는 것으로 한다.

- ② 구조계에 변화가 있는 경우 : 구조물 전체를 한 번에 시공하지 않아, 시공 중의 구조계와 시공 후의 구조계에 변화가 있는 경우에는 다음의 규정에 의해 부정정력을 계산하는 것으로 한다.

가. 콘크리트의 크리프 영향

「10.2.1항」 (7)콘크리트의 건조수축 및 크리프에 의해 계산하는 것으로 한다. 이때 고려할 지속하중은 고정하중, 프리스트레스 힘, 건조수축의 영향 등으로 한다. 한편 크리프에 의한 부정정력은 엄밀하게는 구조계가 변화할 때의 콘크리트의 재령으로부터 구조계 각부의 크리프계수를 구하여 지속하중에 의한 단면력을 고려하여야 한다. 그러나 엄밀한 방법은 구조계가 변화하는 회수가 많아짐에 따라 복잡하게 되므로 크리프에 의한 부정정력을 <식 (10.3.1)>에 의해서 크리프에 의한 반력의 변화량을 계산하여 근사적으로 계산할 수 있다.

$$\Delta R_{\phi} = (R_0 - R_1)(1 - e^{-\phi}) \quad (10.3.1)$$

나. 콘크리트의 건조수축의 영향

「10.2.1항」 (7)콘크리트의 건조수축 및 크리프에 의해 계산하는 것으로 한다. 한편, 건조수축에 의한 부정정력을 엄밀하게 계산하기 위해서는 각각의 구조계에 대해 각 시공기간에 따른 부정정력을 산출해서 합계하여야 한다. 그러나 건조수축에 의한 부정정력이 그리 크지 않다고 생각되는 경우에는 근사적으로 최종 구조계에 대한 건조수축에 의한 부정정력을 사용해도 좋다.

(4) 교량의 신축

- ① 일반적으로 단순지간에서는 지간길이가 12m를 초과할 때는 온도변화에 대해 고려하여야 한다.
- ② 연속교량에서는 설계시 온도응력 또는 로커, 활동판, 탄성패드 (elastomeric pad) 등을 사용하는 방법으로 온도이동 조절을 고려하여야 한다.
- ③ 보통 콘크리트에 대한 온도팽창 및 건조수축에 대해서는 「10.2.1항」의 규정에 따라야 한다.
- ④ 경량 콘크리트에 대한 온도팽창계수와 건조수축계수는 사용된 경량 골재의 종류에 따라 결정되어야 한다.

(5) 압축플랜지의 유효폭

- ① T형거더의 압축플랜지의 유효폭은 다음과 같이 결정하여야 한다.

가. 대칭 T형거더의 경우

유효폭 b 는 $12h_f + b_w$, 양쪽 슬래브의 중심간 거리, 거더 경간의 1/4 가운데 가장 작은 값으로 하여야 한다. 여기서 b_w 는 거더의 복부 폭, h_f 는 플랜지의 두께이다.

나. 반T형거더의 경우

유효폭 b 는 $6h_f + b_w$, 거더경간/12+ b_w , 인접거더와의 순경간/2+ b_w 가운데 가장 작은 값으로 하여야 한다. 여기서 b_w 은 거더의 복부 폭에 돌출된 플랜지의 길이를 더한 거리이다.

다. 독립 T형거더의 경우

독립 T형거더의 플랜지 두께는 거더의 복부폭의 1/2이상, 플랜지의 유효폭은 거더의 복부폭의 4배 이하라야 한다.

- ② 박스거더의 압축플랜지의 유효폭은 전체 슬래브 폭이 압축에 유효하다고 가정한다.

(6) 슬래브 및 복부의 최소두께

- ① 바닥판의 두께는 「10.10항」에 따라야 한다.
- ② 박스거더의 하부 슬래브의 두께는 거더 복부의 순지간의 1/16 이상, 또는 140mm 이상이라야 한다. 하부 슬래브에는 직접 활하중이 작용하지 않기 때문에 상부 슬래브보다 그 두께를 얇게 취하지만, 시공

성 및 박스거더로서의 특성 등을 고려하여 최소두께를 140mm로 규정한 것이다. 다만 두께가 설계에 의해 요구되지 않는 한, 상부 슬래브보다 클 필요는 없다.

- ③ 거더 복부의 폭이 높이에 따라 변하도록 설계하는 경우 이 변화는 복부폭의 차이의 12배 이상의 길이에 걸쳐서 변하게 하여야 한다.

(7) 격벽

- ① T형거더와 박스거더의 단부에는 다른 방법에 의해 횡력에 저항하지 못하거나 단면 형상을 유지하지 못할 경우에는 다이아프램을 사용한다. 단, 다이아프램을 시험이나 구조해석에 의해 충분한 강도가 있다고 확인될 경우에는 두지 않아도 좋다. T형거더와 박스거더는 다이아프램이 없으면 주거더 직각방향 강성의 감소로 인하여 바닥판, 받침 등의 구조에 해로운 영향을 미칠 수 있으므로 단부에는 다이아프램을 두어야 한다.
- ② T형거더에는 중간 다이아프램을 1경간에 1개소 이상 또 15m 이하의 간격으로 설치한다. 다만, 시험이나 구조해석에 의해 다이아프램이 필요하지 않다는 것이 확인되는 경우에는 두지 않아도 좋다.

(8) 지간

- ① 받침부와 일체로 되어있지 않는 부재에서는 순경간에 부재의 두께를 더한 값을 지간으로 하여야 한다. 그러나 그 값이 받침부의 중심간 거리를 초과할 수 없다.
- ② 연속구조물과 골조구조물 해석에서 휨모멘트를 구할 때 사용하는 지간은 받침부 중심간 거리로 한다. 그러나 받침부 내면에서의 모멘트를 부재설계에 사용해도 좋다. 헌치가 부재의 받침부와 일체로 만들어지고, 그 기울기가 연속부재나 구속부재의 축과 45°이상인 경우에는 받침부 내면은 부재와 헌치 부분이 결합된 높이가 적어도 부재 두께의 1.5배되는 단면으로 보아야 한다. 그러나 이 받침부 내면에서의 헌치 부분이 유효높이에 더해지는 것으로 보아서 안된다.

(9) 합성 휨부재

- ① 콘크리트 합성휨부재는 별개로 분리 시공되었으나 외력에 일체로 작용하도록 상호 연결된 프리캐스트 또는 현장치기 콘크리트 요소로

구성된다. 동바리를 제거하였을 때 모든 하중을 지지할 수 있을 뿐 아니라 요구되는 처짐 및 균열한계 등을 충분히 만족시킬 수 있을 정도로 충분한 강도를 발휘할 수 있을 때까지는 동바리를 제거하여서는 안된다.

- ② 전체 합성부재 또는 그 일부만이 전단 및 휨에 저항하도록 사용될 수 있다. 각각의 요소는 각 재하단계에서의 모든 위험한 하중조건에 대해 검토되어야 한다. 또 합성부재로서의 설계강도를 완전히 발휘하기 전에 작용하는 모든 작용외력을 지지할 수 있도록 설계되어야 한다.
- ③ 여러 요소간의 특정강도나 단위중량 또는 그 밖의 성질 등이 서로 다를 경우에는 설계시 각 요소들의 성질을 각각 사용하거나 또는 이들 중 가장 불리한 값을 사용하여야 한다.
- ④ 합성부재의 강도계산에서는 동바리를 받쳐 시공한 부재와 동바리없이 시공한 부재간의 구분은 하지 않도록 하여야 한다.
- ⑤ 각 요소의 분리를 막고, 균열을 억제하기 위해서 철근을 사용하여야 한다.
- ⑥ 전체 합성부재가 수직전단에 저항한다고 가정하는 경우, 전단설계는 동일한 단면 형상으로서 일체로 사용된 부재에 관한 강도설계법 또는 허용응력설계법의 전단규정에 따라야 한다.
- ⑦ 전단철근은 구조상세의 규정에 따라 상호 연결된 요소 내로 충분히 정착시켜야 한다. 연장되어 정착된 전단철근은 수평전단에 대한 연결재로 포함될 수 있다.
- ⑧ 상호 연결된 요소간의 접촉면에서 수평전단력이 충분히 전달되도록 설계하여야 한다. 수평전단에 대한 설계는 강도설계법 또는 허용응력설계법의 전단규정에 따라야 한다.

(10) 설계 방법

- ① 철근콘크리트 구조물 설계시에는 이 설계기준에서 규정한 강도설계법에 따라 하중계수와 강도감소계수를 사용하여 충분한 강도를 갖도록 부재 단면을 산정하며, 이와 같이 산정된 부재단면은 사용성 요구조건을 만족하여야 한다. 한편, 거동특성 및 기능을 감안하여 허용

응력설계법의 규정에 따라 설계할 수도 있다.

② 프리스트레스트 부재는 「10.7항」의 규정에 따라 설계하여야 한다.

10.4 철근 상세

10.4.1 일반내용

(1) 이 절의 규정은 철근콘크리트와 프리스트레스트 콘크리트 부재의 철근과 용접철망의 가공 및 배치 상세, 그리고 긴장재와 덕트의 배치에 적용 한다.

(2) 기호

d	= 보의 유효깊이(mm)
d_b	= 철근, 철선 또는 프리스트레싱 강연선의 공칭지름(mm)
f_y	= 인장철근의 설계기준항복강도(MPa)
l_d	= 철근의 정착길이, 「10.5항」 참조
ρ_s	= 나선철근비, 나선철근으로 보강된 압축부재에서 나선철근 바깥으로 측정한 지름으로 계산한 심부의 체적에 대한 나선철근 체적의 비

10.4.2 철근가공

(1) 표준갈고리

① 표준갈고리는 180°표준갈고리와 90°표준갈고리로 분류되며, 다음 규정을 만족하여야 한다.

가. 180°표준갈고리는 180°구부린 반원 끝에서 $4d_b$ 이상, 또한 60mm 이상 더 연장되어야 한다.

나. 90°표준갈고리는 90°구부린 끝에서 $12d_b$ 이상 더 연장되어야 한다.

② 스티럽과 띠철근의 표준갈고리는 90°표준갈고리와 135°표준갈고리로 분류되며, 다음과 같이 제작하여야 한다.

가. 90°표준갈고리

㉠ D16 이하인 철근은 90°구부린 끝에서 $6d_b$ 이상 더 연장하여야 한다.

- ㉔ D19, D22와 D25인 철근은 90°구부린 끝에서 $12d_b$ 이상 더 연장하여야 한다.

나. 135°표준갈고리

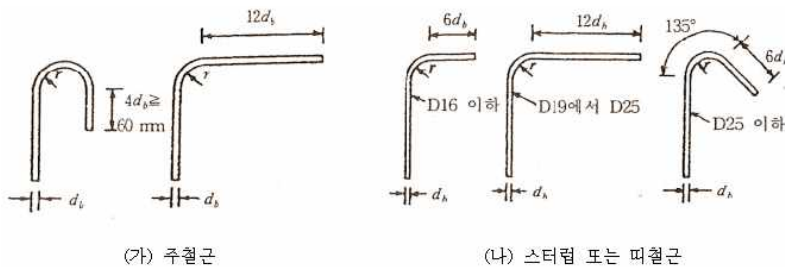
D25 이하의 철근은 135° 구부린 끝에서 $6d_b$ 이상 더 연장하여야 한다.

(2) 구부림의 최소 내면반지름

- ① 180°표준갈고리와 90° 표준갈고리의 구부림 내면반지름은 <표 10.4.1>의 값 이상으로 하여야 한다.

<표 10.4.1> 구부림 최소 내면반지름

철근 크기	최소 내면반지름
D10 ~ D25	$3d_b$
D29 ~ D35	$4d_b$
D38 이상	$5d_b$



<그림10.4.1> 표준갈고리

- ③ 스테럽과 띠철근용 표준갈고리의 내면반지름은 다음 규정에 따라야 한다.

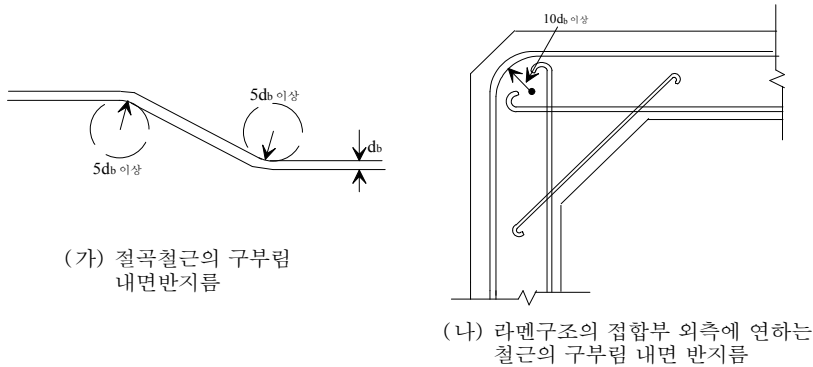
가. D16 이하의 스테럽과 띠철근으로 사용하는 표준갈고리의 구부림 내면반지름은 $2d_b$ 이상으로 하여야 한다.

나. D19 이상의 스테럽과 띠철근의 구부림 내면반지름은 <표 10.4.1>에 따라야 한다.

- ④ 스테럽 또는 띠철근으로 사용되는 용접철망(원형 또는 이형)에 대한 표준갈고리의 구부림 내면반지름은 지름이 7mm이상인 이형철선은

$2d_b$ 그 밖의 철선은 d_b 이상으로 하여야 한다. 또한 $4d_b$ 보다 작은 내면반지름으로 구부리는 경우에는 가장 가까이 위치한 용접 교차점으로부터 $4d_b$ 이상 떨어져서 철망을 구부려야 한다.

- ⑤ 굽힘철근의 구부리는 내면반지름은 <그림 10.4.2> (가)에 도시된 바와 같이 $5d_b$ 이상이어야 한다.



<그림 10.4.2> 철근 구부리기

- ⑥ 라멘구조의 모서리 부분의 외측에 연하는 철근의 구부림 내면반지름은 <그림 10.4.2> (나)에 도시된 바와 같이 $10d_b$ 이상이어야 한다.
- ⑦ 표준갈고리 외의 모든 철근의 구부림 내면반지름은 <표 10.4.1>의 값 이상이어야 한다. 그러나 큰 응력을 받는 곳에서 철근을 구부릴 때에는 구부림 내면반지름을 더 크게 하여 철근 반지름 내부의 콘크리트가 파쇄되는 것을 방지하여야 한다.

(3) 철근의 구부리기

- ① 책임기술자가 승인한 경우를 제외하고 모든 철근은 상온에서 구부려야 한다.
- ② 콘크리트 속에 일부가 묻혀 있는 철근은 현장에서 구부리지 않아야 한다. 다만, 설계도면에 도시되어 있거나 책임기술자가 승인한 경우에는 콘크리트 속에 묻혀 있는 철근을 구부릴 수 있다.

10.4.3 철근배치

(1) 배근원칙

- ① 철근, 프리스트레싱 긴장재 및 덕트는 콘크리트 치기 전에 시공이 편리하면서 정확하게 배치되고, 움직이지 않도록 적절하게 지지되어야 하며, 시공이 편리하도록 배치되어야 한다. 이 때 이들의 변위 오차는 허용오차 범위 내에 들어야 한다.
- ② 철근조립을 위해 교차되는 철근은 용접되지 않아야 한다. 다만, 책임기술자가 승인한 경우에는 용접할 수 있다.
- ③ 철근, 프리스트레싱 긴장재 및 덕트는 다음과 같은 허용오차 이내에서 규정된 위치에 배치하여야 한다. 다만, 책임기술자가 특별히 승인한 경우에는 허용오차를 벗어날 수 있다.

가. 유효깊이 d 에 대한 허용오차와 휨부재, 벽체, 압축부재에서 콘크리트의 최소 피복두께 허용오차는 철도공사전문시방서에 따라야 한다.

나. 종방향으로 철근을 구부리거나 철근이 끝나는 단부의 허용오차는 $\pm 50\text{mm}$ 이다. 다만 브래킷과 내민받침의 불연속단에서 허용오차는 $\pm 13\text{mm}$ 이며 그 밖의 부재의 불연속단에서 허용오차는 $\pm 25\text{mm}$ 이다.

다. 철근이 설계된 도면상의 배치 위치에서 d_b 이상 벗어나야 할 경우에는 책임기술자의 승인을 받아야 한다.

- ④ 경간이 3.0m 이하인 슬래브에 사용되는 지름이 6.4mm 이하인 용접 철망(철선 지름이 6.4mm 이하)이 받침부를 지나 연속되어 있거나 받침부에 확실하게 정착되어 있는 경우, 이 용접철망은 받침부를 지나 슬래브 상단 부근의 한 점으로부터 경간 중앙의 슬래브 바닥 부근의 한 점까지 구부릴 수 있다.

(2) 간격제한

- ① 동일 평면에서 평행하는 철근 사이의 수평 순간격은 25mm 이상, 또한 철근의 공칭 지름 이상으로 하여야 하며, 또한 굵은골재 최대치수의 4/3배 이상이어야 한다.
- ② 상단과 하단에 2단 이상으로 배치된 경우 상하 철근은 동일 연직면 내에 배치되어야 하고, 이 때 상하 철근의 순간격은 25mm이상으로

하여야 한다.

- ③ 나선철근과 띠철근 기둥에서 종방향 철근의 순간격은 40mm이상, 또한 철근 공칭 지름의 1.5 배 이상으로 하여야 하며, 굵은골재 최대치수의 4/3배 이상이어야 한다.
- ④ 철근의 순간격에 대한 규정은 서로 접촉된 겹침이음 철근과 인접된 이음철근 또는 연속철근 사이의 순간격에도 적용된다.
- ⑤ 벽체 또는 슬래브에서 휨 주철근의 간격은 벽체나 슬래브 두께의 3 배 이하로 하여야 하고, 또한 450mm이하로 하여야 한다. 다만, 콘크리트 장선구조의 경우 이 규정이 적용되지 않는다.
- ⑥ 다발철근은 다음의 규정을 따라야 한다.

가. 2 개 이상의 철근을 묶어서 사용하는 다발철근은 이형철근으로, 그 개수는 4 개 이하이어야 하며, 이들은 스티럽이나 띠철근으로 둘러싸여져야 한다.

나. 휨부재의 경간 내에서 끝나는 한 다발철근 내의 개개 철근은 $40d_b$ 이상 서로 엇갈리게 끝나야 한다.

다. 다발철근의 간격과 최소 피복두께를 철근지름으로 나타낼 경우, 다발철근의 지름은 등가단면적으로 환산된 한 개의 철근지름으로 한다.

라. 보에서 D35를 초과하는 철근은 다발로 사용할 수 없다.

- ⑦ 프리스트레싱 긴장재와 덕트는 다음 규정을 따라야 한다.

가. 부재단에서 프리텐서닝 긴장재 사이의 순간격은 강선은 $5d_b$, 강연선은 $4d_b$ 이상이어야 한다. 다만 프리스트레스를 도입할 때 콘크리트의 압축강도가 28MPa 보다 크면 공칭지름이 13mm 이하인 강연선에 대하여 최소중심간격 45mm를 공칭지름 15mm 이상인 강연선에 대하여 최소중심간격 50mm를 만족하여야 한다. 경간 중앙부의 경우 긴장재 간의 수직 간격을 부재단의 경우보다 좁게 하거나 다발로 사용할 수 있다.

나. 포스트텐서닝 부재의 경우 콘크리트를 치는 데 지장이 없고, 긴장시 긴장재가 덕트로 부터 튀어나오지 않도록 조치한 경우, 덕트를

다발로 사용할 수 있다.

10.4.4 최소피복두께

(1) 현장치기콘크리트

- ① 수중에서 타설하는 콘크리트..... 100mm
- ② 흙에 접하여 콘크리트를 친 후 영구히 흙에 묻혀있는 콘크리트
..... 80mm
- ③ 흙에 접하거나 옥외의 공기에 직접 노출되는 콘크리트
 - 가. D29 이상의 철근 60mm
 - 나. D25 이하의 철근 50mm
 - 다. D16 이하의 철근, 지름 16mm 이하의 철선 40mm
- ④ 옥외의 공기나 흙에 직접 접하지 않는 콘크리트
 - 가. 슬래브, 벽체, 장선
 - ㉠ D35 초과하는 철근 40mm
 - ㉡ D35 이하인 철근 20mm
 - 나. 보, 기둥 40mm

(이 경우 콘크리트의 설계기준강도 f_{ck} 가 40MPa 이상인 경우 규정된 값에서 10mm 저감시킬 수 있다.)

- 다. 쉘, 절판부재 20mm

(2) 프리캐스트콘크리트

- ① 흙에 접하거나 옥외의 공기에 직접 노출된 콘크리트
 - 가. 벽체
 - ㉠ D35를 초과하는 철근 및 지름 40mm를 초과하는 긴장재
..... 40mm
 - ㉡ D35 이하의 철근, 지름 40mm 이하인 긴장재 및 지름 16mm 이하의 철근..... 20mm
 - 나. 기타 부재
 - ㉠ D35를 초과하는 철근 및 지름 40mm를 초과하는 긴장재
..... 50mm
 - ㉡ D19 이상, D35 이하의 철근 및 지름 16mm를 초과하고 지름 40

- mm 이하인 긴장재 40mm
- ㉔ D16 이하의 철근, 지름 16mm 이하의 철선 및 지름 16mm 이하인
긴장재..... 30mm
- ② 옥외의 공기나 흙에 직접 접하지 않는 콘크리트
- 가. 슬래브, 벽체, 장선구조
- ㉔ D35를 초과하는 철근 및 지름 40mm를 초과하는 긴장재
..... 30mm
- ㉔ D35 이하의 철근 및 지름 40mm 이하인 긴장재
..... 20mm
- 나. 보, 기둥
- ㉔ 주철근 d_b
(다만, 15mm 이상이어야 하고, 40mm 이상일 필요는 없다.)
- ㉔ 띠철근, 스테럽, 나선철근 10mm
- 다. 쉘, 절판부재
- ㉔ 긴장재 20mm
- ㉔ D19 이상의 철근 15mm
- ㉔ D16 이하의 철근, 지름 16mm 이하의 철선 10mm
- (3) 프리스트레스트 콘크리트
- ① 흙에 접하여 콘크리트를 친 후 영구히 흙에 묻혀 있는 콘크리트
..... 80mm
- ② 흙에 접하거나 옥외의 공기에 직접 노출되는 콘크리트
- 가. 벽체, 슬래브, 장선구조 30mm
- 나. 기타 부재 40mm
- ③ 옥외의 공기나 흙에 직접 접하지 않는 콘크리트
- 가. 슬래브, 벽체, 장선 20mm
- 나. 보, 기둥
- ㉔ 주철근 40mm
- ㉔ 띠철근, 스테럽, 나선철근 30mm
- 다. 쉘, 절판부재
-

㉠ D19 이상의 철근 d_b

㉡ D16 이하의 철근, 지름 16mm 이하의 철선 10mm

- ④ 공장제품 생산조건과 동일한 조건으로 제작된 프리스트레스트 콘크리트 부재에서 프리스트레스 되지 않은 철근의 최소 피복두께는 「10.4.4 (2)항」에 따라야 한다.

(4) 다발철근

다발철근의 피복두께는 다발의 등가지름 이상으로 하여야 한다. 그러나 60mm 보다 크게 할 필요는 없다. 다만, 흠에 접하여 콘크리트를 타설하여 영구히 흠에 묻혀있는 경우는 피복두께를 80mm 이상, 수중에서 콘크리트를 타설한 경우는 100mm 이상으로 하여야 한다.

(5) 특수환경에 노출되는 콘크리트 및 철근휨과 축방향력

- ① 콘크리트가 다음과 같은 조건하에 있는 경우에는 피복두께를 적절히 증가시켜야 한다.

가. 고내구성이 요구되는 구조체의 경우

나. 해안에서 250m 이내에 위치하는 구조체로서 추가의 표면처리 공사를 수행하지 않고 직접 외부에 노출되어 염해를 받는 경우
다. 유수 등에 의한 심한 침식 또는 화학작용을 받는 경우

- ② 「10.4.4 (5) ①항」에서 규정한 경우에는 다음 값 이상의 피복두께를 확보하여야 한다.

가. 현장치기 콘크리트

㉠ D16 이하의 철근을 사용한 벽체, 슬래브 50mm

㉡ ㉠외의 모든 부재 80mm

나. 프리캐스트 콘크리트

㉠ 벽체, 슬래브 40mm

㉡ 기타 부재 50mm

- ③ 내화를 필요로 하는 구조물의 피복두께는 화열의 온도, 지속시간, 사용골재의 성질 등을 고려하여 정하여야 하며, 10.4.4에 규정된 최소 피복두께보다 더 큰 값이 요구될 때에는 동등한 내화성능의 재료나 피복재료를 사용하거나 피복두께의 값을 증가시켜야 한다.

10.4.5 압축부재의 최소철근

- (1) 비합성 압축부재의 축방향 주철근 단면적은 전체 단면적 A_g 의 0.01배 이상, 0.08배 이하로 하여야 한다. 축방향 주철근이 겹침이음이 되는 경우의 철근비는 0.04를 초과하지 않아야 한다.
- (2) 압축부재의 축방향 주철근의 최소 개수는 사각형이나 원형 띠철근으로 둘러싸인 경우는 4개, 삼각형 띠철근으로 둘러싸인 경우는 3개, <식 (10.4.1)>에 규정하는 나선철근으로 둘러싸인 경우는 6개 이하로 하여야 한다.

10.4.6 부재에서 횡철근

(1) 휨부재의 횡철근

- ① 보의 압축철근은 띠철근이나 스테럽 또는 등가의 단면적을 갖는 용접철망으로 둘러싸여져야 한다. 이 때 띠철근이나 스테럽의 크기와 간격은 「10.4.6 (2) ③항」의 규정을 만족하여야 한다. 또한, 이러한 띠철근이나 스테럽은 압축철근이 배근되는 전 구간에 배치되어야 한다.
- ② 받침부에서 응력의 반전 또는 비틀림을 받는 휨 골조부재의 횡철근은 폐쇄띠철근, 폐쇄스테럽 또는 나선철근으로 하여야 한다.
- ③ 폐쇄띠철근 또는 폐쇄스테럽은 종방향 철근 주위를 한 가닥의 스테럽이나 띠철근으로 한 바퀴 돌려서 교차되는 위치에 표준갈고리로 중첩시켜 만들거나 한 가닥 또는 두 가닥의 철근을 B급 이음(1.3 I_d 이음)으로 겹침이음한 형태로 만들거나 「10.5.5 (4)항」에 따라 정착시켜 만들어야 한다.

(2) 압축부재의 횡철근

- ① 압축부재에서 각 부재별 횡철근은 다음 규정을 따라야 한다.
 - 가. 압축부재에 대한 횡철근은 「10.4.6 (2) ②항과 ③항」의 규정을 따라야 하며, 전단이나 비틀림 보강철근이 요구되는 경우에는 「10.6.6항 및 10.6.7항」의 규정에도 따라야 한다.
 - 나. 합성압축부재에 대한 횡철근은 「콘크리트구조설계기준」 합성콘크리

트부재장의 합성콘크리트 압축부재의 설계항을 따라야 한다.

다. 프리스트레싱 긴장재에 대한 횡철근은 「콘크리트구조설계기준」 프리스트레스트 콘크리트장의 압축부재 설계항을 따라야 한다.

라. 횡철근에 대한 상기항목의 규정은 실험과 구조해석에 의해 압축부재가 횡철근이 없어도 충분한 강도와 구조적 적합성을 보인 경우에는 적용하지 않아도 좋다.

② 압축부재에 사용되는 나선철근은 나선철근으로서 역할을 하기 위해서 다음 규정을 따라야 한다.

가. 나선철근은 균등한 간격을 갖는 연속된 철근이나 철선으로 이루어지며, 설계된 치수로부터 벗어남이 없이 다룰 수 있고 제작, 설치할 수 있도록 그 크기가 확보되어야 한다.

나. 나선철근비 ρ_s 는 <식 (10.4.1)>의 값 이상으로 하여야 한다.

$$\rho_s = 0.45 \left(\frac{A_g}{A_c} - 1 \right) \frac{f_{ck}}{f_y} \quad (10.4.1)$$

여기서 f_y 는 나선철근의 설계기준 항복강도로 500MPa 이하이어야 하며, 400MPa를 초과하는 경우에는 「10.4.6 (2) ② 바.항」에 따른 겹침이음을 할 수 없다.

다. 현장치기 콘크리트 공사에서 나선철근 지름은 10mm 이상으로 하여야 한다.

라. 나선철근의 순간격은 25mm이상, 75mm 이하 또는 굵은골재 최대 치수의 2배 이상이어야 한다.

마. 나선철근의 정착은 나선철근의 끝에서 추가로 심부 주위를 1.5회전 만큼 더 확보하여야 한다.

바. 나선철근의 이음은 이형철근인 경우 지름의 48배 이상, 원형철근인 경우 지름의 72배 이상이고, 또한 300mm이상의 겹침이음 또는 기계적이음이나 용접이음으로 하여야 한다.

사. 나선철근은 확대기초판 또는 기초 슬래브의 윗면에서 그 위에 지지된 부재의 최하단 수평철근까지 연장되어야 한다.

아. 보 또는 브래킷이 기둥의 모든 면에 연결되어 있지 않을 때에는 나선철근의 끝나는 점에서부터 슬래브 또는 지판 밑면까지 띠철근을 연장하여야 한다.

자. 기둥머리가 있는 기둥에서 기둥머리의 지름이나 폭이 기둥지름의 2배가 되는 곳까지 나선철근을 연장하여야 한다.

차. 나선철근은 수직간격재에 의해 제 위치에 단단하고 곧게 조립되어야 한다.

③ 압축부재에 사용되는 띠철근은 다음 규정을 따라야 한다.

가. D32 이하의 축방향 철근은 D10 이상의 띠철근으로, D35 이상의 종방향 철근과 다발철근은 D13 이상의 띠철근으로 둘러싸야 하며, 띠철근 대신 등가단면적의 이형철선 또는 용접철망을 사용할 수 있다.

나. 띠철근의 수직간격은 종방향 철근지름의 16배 이하, 띠철근이나 철선지름의 48 배 이하, 또한 기둥 단면의 최소 치수 이하로 하여야 한다.

다. 띠철근은 모든 모서리에 있는 축방향 철근과 하나 건너 있는 축방향 철근이 135°이하로 구부린 띠철근의 모서리에 의해 횡지지 되도록 배치되어야 하며, 어떤 축방향 철근도 띠철근을 따라 횡지지된 축방향 철근의 양쪽으로 순간격이 150mm 이상 떨어진 경우에는 추가 띠철근을 배치하여 축방향 철근을 횡지지 하여야 한다. 또한 축방향 철근이 원형으로 배치된 경우에는 원형 띠철근을 사용할 수 있다.

라. 확대기초판 또는 기초 슬래브의 윗면에 배치되는 첫 번째 띠철근 간격은 다른 띠철근 간격의 1/2이하로 하여야 하고, 슬래브나 지판에 배치된 최하단 수평철근 아래에 배치되는 첫 번째 띠철근도 다른 띠철근 간격의 1/2이하로 하여야 한다.

마. 보 또는 브래킷이 기둥의 4 면에 연결되어 있는 경우에 가장 낮은 보 또는 브래킷의 최하단 수평철근 아래에서 75mm이내에서 띠철근을 끝낼 수 있다.

10.4.7 기둥철근의 특별배근상세

- (1) 기둥 연결부에서 단면치수가 변하는 경우 다음 규정에 따라 옹셋 굽힘철근을 배근하여야 한다.
- ① 옹셋 굽힘철근의 굽힘부에서는 경사는 1/6을 초과하지 않아야 한다.
 - ② 옹셋 굽힘철근의 굽힘부를 벗어난 상·하부 철근은 기둥축에 평행하여야 한다.
 - ③ 옹셋 굽힘철근의 굽힘부에는 띠철근, 나선철근 또는 바닥구조에 의해 수평지지가 이루어져야 한다. 이 때 수평지지는 옹셋 굽힘철근의 굽힘부에서 계산된 수평분력의 1.5배를 지지할 수 있도록 설계되어야 한다. 수평지지로 띠철근이나 나선철근을 사용하는 경우에는 이들 철근을 굽힘점으로부터 150mm 이내에 배치하여야 한다.
 - ④ 옹셋 굽힘철근은 거푸집 내에 배근하기 전에 구부려 두어야 한다.
 - ⑤ 기둥 연결부에서 상·하부의 기둥면이 75mm이상 차이가 나는 경우에는 축방향 철근을 구부려 옹셋 굽힘철근으로 사용할 수 없다. 이러한 경우에는 별도의 연결철근을 축방향 철근에 겹침이음하여 옹셋 굽힘철근으로 사용하여야 한다. 이 때 겹침이음은 「10.5.8항」의 규정을 따라야 한다.

10.4.8 수축 및 온도철근

- (1) 슬래브에서 휨철근이 1방향으로만 배치되는 경우에는 휨철근의 직각 방향으로 수축 및 온도철근을 배치하는 경우에는 다음 규정에 따라야 한다.
- ① 수축·온도철근으로 배치되는 이형철근은 다음의 철근비 이상으로 하여야 하나, 어떤 경우에도 0.0014 이상이어야 한다. 여기서, 수축·온도철근비는 콘크리트 전체 단면적에 대한 수축·온도철근 단면적의 비로 한다.

가. 설계기준항복강도가 400MPa 이하인 이형철근을 사용한 슬래브
 0.0020

나. 0.0035의 항복변형률에서 측정한 철근의 설계기준항복강도가 400

MPa 를 초과한 슬래브 $0.0020 \times (400/f_y)$

- ② 다만, ①에서 요구되는 수축·온도철근비에 전체 콘크리트 단면적을 곱하여 계산한 수축·온도철근 단면적을 단위 m당 $1,800\text{mm}^2$ 보다 크게 취할 필요는 없다.
- ③ 수축·온도철근의 간격은 슬래브 두께의 5배 이하, 또한 450mm 이하로 하여야 한다.
- ④ 수축·온도철근은 설계기준항복강도 f_y 를 발휘할 수 있도록 정착되어야 한다.
- (2) 교대, 기초 등 교량 하부구조에 배치하여야 하는 온도·수축철근의 단면적은 $0.0015 \cdot h \cdot s$ 이상이어야 한다. 여기서, h는 부재의 두께이며 s는 온도·수축철근의 간격이다. 다만, 부재의 두께가 1,200mm를 초과하는 기초판의 경우에는 h를 1,200mm보다 크게 취할 필요는 없다.

10.5 철근의 정착 및 이음

10.5.1 일반내용

- (1) 이 절의 규정은 철근과 용접철망의 정착 및 이음에 적용하여야 한다.
- (2) 기호
- a = 등가 직사각형 응력블록의 깊이
 - A_b = 철근 1개의 단면적(mm^2)
 - A_s = 인장철근의 단면적(mm^2)
 - A_{tr} = 정착된 철근을 따라 쪼개질 가능성이 있는 면을 가로질러 배치된 간격 s 이내에 있는 횡방향 철근의 전체 단면적(mm^2)
 - A_v = 간격 s 이내에 있는 전단철근의 단면적(mm^2)
 - A_w = 정착되거나 이어지는 철선 1개의 단면적(mm^2)
 - b_w = 복부폭(mm)
 - c = 철근 간격 또는 피복 두께에 관련된 치수(mm). 「10.5.2 (2) ④항」 참조
 - d = 부재의 유효깊이(mm)
-

d_b	= 철근, 또는 철선의 공칭지름(mm)
f_{ck}	= 콘크리트의 설계기준압축강도(MPa)
f_{ps}	= 공칭강도 발휘시 프리스트레스트 보강재의 인장응력, MPa
f_{pe}	= 프리스트레스트 보강재의 유효응력(모든 프리스트레스 손실이 발생된 후),(MPa)
f_{sp}	= 콘크리트의 평균 조깅인장강도(MPa)
f_y	= 철근의 설계기준항복강도(MPa)
f_{yt}	= 횡방향 철근의 설계기준항복강도(MPa)
h	= 부재의 전체 두께(mm)
K_{tr}	= 횡방향 철근지수 $= \left(\frac{A_{tr} f_y}{10.7 s n} \right)$ (상수 10.7의 단위는, MPa)
l_a	= 받침부에서 그 중심선을 지나 문힘길이 또는 반곡점에서 부재의 유효깊이와 12 d_b 중 큰 값(mm)
l_d	= 정착길이(mm) $= l_{db} \times \text{보정계수}$
l_{db}	= 기본정착길이(mm)
l_{dh}	= 위험단면으로부터 갈고리 외측 단부까지의 거리로 나타낸 인장을 받는 표준갈고리의 정착길이(위험단면과 갈고리 시작점 사이의 직선 문힘길이 + 구부림 내면반지름 + 철근지름), (mm) $= l_{hb} \times \text{보정계수}$
l_{hb}	= 인장을 받는 표준갈고리의 기본정착길이(mm)
M_n	= 단면의 공칭휨강도 $= A_s f_y (d - a/2)$
n	= 쪼개질 가능성이 있는 평면을 따라 정착되거나 이어지는 철근 또는 철선의 수
s	= 정착길이 l_d 구간 내에 있는 횡방향 철근의 최대 중심간격(mm)

s_w	= 정착되거나 이어지는 철선의 간격(mm)
V_u	= 단면의 계수전단력
α	= 철근배치 위치계수, 「10.5.2 (2) ③항」 참조
β	= 에폭시 도막계수, 「10.5.2 (2) ③항」 참조
β_b	= 전체 인장 철근량에 대한 절단된 철근량의 비
γ	= 철근 크기에 따른 계수, 「10.5.2 (2) ④항」 참조
λ	= 경량 콘크리트계수, 「10.5.2 (2) ③항」 참조

10.5.2 철근의 정착

(1) 정착일반

- ① 철근콘크리트 부재 각 단면의 철근에 작용하는 인장력 또는 압축력이 단면의 양측에서 발휘될 수 있도록 문힘길이, 갈고리, 기계적 정착, 또는 이들의 조합에 의하여 철근을 정착하여야 한다. 이 때 갈고리는 압축철근의 정착에 있어서 유효하지 않은 것으로 본다.
- ② 이 절에서 사용하는 $\sqrt{f_{ck}}$ 값은 8.4MPa를 초과하지 않아야 한다.

(2) 인장 이형철근 및 이형철선의 정착

- ① 인장 이형철근 및 이형철선의 정착길이 l_d 는 「10.5.2 (2) ②항」의 기본정착길이 l_{db} 와 해당하는 보정계수를 곱하여 계산하는 방법, 또는 「10.5.2 (2) ④항」에 의하여 계산하는 방법 중에서 어느 하나를 선택하여 적용할 수 있다. 그러나 이렇게 구한 정착길이 l_d 는 항상 300mm 이상이어야 한다.
- ② 인장 이형철근 및 이형철선의 기본정착길이 l_{db} 는 <식 (10.5.1)>에 의해 구하여야 한다. 그리고 철근 배치 위치, 에폭시 도막 여부 및 콘크리트의 종류에 따른 보정계수는 <표 10.5.1>에 의해 구하여야 한다.

$$l_{db} = \frac{0.6 d_b f_y}{\sqrt{f_{ck}}} \quad (10.5.1)$$

③ <표 10.5.1>에 수록된 α, β, λ 는 다음과 같이 구할 수 있다.

가. α =철근배치 위치계수

㉔ 상부철근(정착길이 또는 이음부 아래 300mm를 초과되게 굳지 않은 콘크리트를 친 수평철근) 1.3

㉕ 기타 철근 1.0

나. β =에폭시 도막계수

㉔ 피복두께가 $3d_b$ 미만 또는 순간격이 $6d_b$ 미만인 에폭시 도막철근 또는 철선 1.5

㉕ 기타 에폭시 도막철근 또는 철선 1.2

㉖ 도막되지 않은 철근 1.0

표10.5.1 보정계수

조 건	철근지름	D19 이하의 철근과 이형철선	D22 이상의 철근
정착되거나 이어지는 철근의 순간격이 d_b 이상이고 피복두께도 d_b 이상이면서 l_d 전 구간에 구조설계기준에서 규정된 최소 철근량 이상의 스테럽 또는 띠철근을 배치한 경우 또는 정착되거나 이어지는 철근의 순간격이 $2d_b$ 이상이고 피복두께가 d_b 이상인 경우		0.8 $\alpha \beta \lambda$	$\alpha \beta \lambda$
기 타		1.2 $\alpha \beta \lambda$	1.5 $\alpha \beta \lambda$

다. λ =경량 콘크리트계수

㉔ f_{sp} 가 주어지지 않은 경량 콘크리트 1.3

㉕ f_{sp} 가 주어진 경량 콘크리트 $\frac{\sqrt{f_{ck}}}{1.76f_{sp}} \geq 1.0$

㉖ 일반콘크리트 1.0

라. 에폭시 도막철근이 상부 철근인 경우에 상부 철근의 보정계수 α 와 에폭시 도막계수 β 의 곱 $\alpha \beta$ 가 1.7보다 클 필요는 없다.

④ 인장 이형철근 및 이형철선의 정착길이는 <식 (10.5.2)>에 따라 상세한 계산에 의해 구할 수 있으며, 이 때 「10.5.2 (2) ⑤항」에 해당하

는 경우에는 이를 적용하여야 한다. 그러나 구한 정착길이 I_d 는 항상 300mm이상이어야 한다.

$$I_d = \frac{0.90d_b f_y}{\sqrt{f_{ck}}} \left(\frac{\alpha \beta \gamma \lambda}{\frac{c + K_{tr}}{d_b}} \right) \quad (10.5.2)$$

여기서, $\frac{c + K_{tr}}{d_b}$ 은 2.5 이하이어야 한다. 그리고 <식 (10.5.2)>의 계수 γ , c 와 K_{tr} 은 다음과 같다.

γ = 철근 또는 철선의 크기계수

D19 이하의 철근과 이형철선 0.8

D22 이상의 철근 1.0

c = 철근간격 또는 피복두께에 관련된 치수

철근 또는 철선의 중심으로부터 콘크리트 표면까지의 최단 거리 또는 정착되는 철근 또는 철선의 중심간 거리의 1/2 중 작은 값을 사용하여 mm단위로 나타낸다.

$$K_{tr} = \text{횡방향 철근지수} = \frac{A_{tr} f_{yt}}{10.7 s n}$$

횡방향 철근이 배치되어 있더라도 설계를 간편하게 하기 위해 $K_{tr}=0$ 으로 사용할 수 있다.

- ⑤ 휨부재에 배치된 철근량이 해석에 의해 요구되는 소요철근량을 초과하는 경우는 계산된 정착길이에 $\left(\frac{\text{소요} A_s}{\text{배근} A_s} \right)$ 를 곱하여 정착길이를 감소시킬 수 있다. 다만 f_y 를 발휘하도록 정착을 특별히 요구하는 경우는 적용되지 않는다.

(3) 압축 이형철근의 정착

- ① 압축 이형철근의 정착길이 I_d 는 「10.5.2 (3) ②항」의 기본정착길이에 「10.5.2 (3) ③항」에 있는 적용가능한 모든 보정계수를 곱하여 구하여야 한다. 이 때 구한 I_d 는 항상 200mm 이상이어야 한다.
- ② 압축 이형철근의 기본정착길이는 <식 (10.5.3)>에 따라 구하여야 한다.

$$I_{db} = \frac{0.25 d_b f_y}{\sqrt{f_{ck}}} \quad (10.5.3)$$

다만, 이 값은 $0.043 d_b f_y$ 이상이어야 한다.

③ 압축에 대한 보정계수는 다음과 같다.

가. 해석결과 요구되는 철근량을 초과하여 배치한 경우

$$\dots\dots\dots \left(\frac{\text{소요 } A_s}{\text{배근 } A_s} \right)$$

나. 지름이 6mm이상이고 나선간격이 100mm이하인 나선철근 또는 중심간격 100mm 이하로 「10.4.6 (2) ③항」의 요구조건에 따라 배치된 D13 띠철근으로 둘러싸인 압축 이형철근

$$\dots\dots\dots 0.75$$

(4) 다발철근의 정착

① 인장 또는 압축을 받는 하나의 다발철근 내에 있는 개개 철근의 정착길이는 다발철근이 아닌 경우의 각 철근의 정착길이에 3개의 철근으로 구성된 다발철근에 대해서 20%, 4개의 철근으로 구성된 다발철근에 대해서 33%를 증가시켜야 한다.

② 다발철근의 정착길이 계산시 「10.5.2 (2)항」에 기술된 보정계수를 적절하게 선택하기 위하여 한 다발 내에 있는 전체 철근단면적을 증가 단면으로 환산하여 산정된 지름으로 된 하나의 철근으로 취급하여야 한다.

(5) 표준갈고리를 갖는 인장 이형철근의 정착

① 단부에 표준갈고리가 있는 인장 이형철근의 정착길이 I_{dh} 는 「10.5.2 (5) ②항」의 기본정착길이 I_{hd} 에 「10.5.2 (5) ③항」의 적용가능한 모든 보정계수를 곱하여 구하여야 한다. 그러나 이렇게 구한 I_{dh} 는 항상 $8 d_b$ 이상 또한 150mm 이상이어야 한다.

② 철근의 설계기준항복강도가 400MPa 인 경우, 기본정착길이 I_{db} 는 <식 (10.5.4)>에 의해 구할 수 있다.

$$l_{hb} = \frac{100 d_b}{\sqrt{f_{ck}}} \quad (10.5.4)$$

- ③ 표준갈고리를 갖는 인장철근의 정착길이 l_d 에 대한 보정계수는 다음과 같다.

가. 철근의 설계기준항복강도

$$f_y = 400\text{MPa 이 외의 철근} \dots\dots\dots \frac{f_y}{400}$$

나. 콘크리트 피복두께 - D35 이하 철근에서 갈고리 평면에 수직방향인 측면 피복두께가 70mm 이상이며, 90°갈고리에 대해서는 갈고리를 넘어선 부분의 철근 피복두께가 50mm 이상인 경우 0.7

다. 띠철근 또는 스테럽 - D35 이하 철근에서 갈고리를 포함한 전체 정착길이 l_{dh} 구간에 $3 d_b$ 이하 간격으로 띠철근 또는 스테럽이 둘러싸인 경우 0.8

라. 배치된 철근량이 소요철근량을 초과하는 경우 - 전체 f_y 를 발휘하도록 정착을 특별히 요구하지 않는 단면에서 휨철근이 소요철근량 이상 배치된 경우 $\left(\frac{\text{소요 } A_s}{\text{배치된 } A_s} \right)$

마. 경량 콘크리트 1.3

바. 예폭시 도막된 갈고리 철근 1.2

다만 「다.항」에서 첫 번째 띠철근 또는 스테럽은 갈고리 구부러진 부분 바깥면부터 $2 d_b$ 이내에서 갈고리의 구부러진 부분을 둘러싸야 한다.

- ④ 갈고리는 압축을 받는 경우 철근정착에 유효하지 않은 것으로 보아야 한다.

- ⑤ 부재의 불연속단에서 갈고리 철근의 양측면과 상부(또는 하부)의 피복두께가 70mm미만으로 표준갈고리에 의해 정착되는 경우에 전 정착길이 l_{db} 구간에 $3 d_b$ 이하 간격으로 갈고리 철근이 띠철근이나 스

터럽으로 둘러싸여야 한다. 그러나 이 경우 「10.5.2 (5) ③ 다.항」의 보정계수 0.8은 적용되지 않는다.

(6) 기계적 정착

- ① 콘크리트에 손상을 주지 않고 철근의 강도를 발휘할 수 있는 어떠한 기계적 정착장치도 정착방법으로 사용할 수 있다.
- ② 「①항」의 기계적 정착장치가 적합함을 보증하는 시험결과를 책임 기술자에게 제시하여야 한다.
- ③ 철근의 정착은 기계적 정착장치와 철근의 최대 응력점과 기계적 정착장치 사이의 추가 문힘길이의 조합으로 이루어질 수 있다.

10.5.3 용접철망의 정착

(1) 인장 용접이형철망의 정착

- ① 위험단면에서 철선 단부까지의 거리로 나타내는 용접이형철망의 정착길이 l_d 는 「10.5.2 (2) ②항」 또는 「③항」에서 구한 정착길이에 「10.5.3 (1) ⑤항」과 「⑥항」에 기술된 철망계수를 곱하여 구하여야 한다.
- ② 「10.5.2 (2) ④항」에 해당되는 경우는 위 「①항」에서 구한 정착길이를 줄일 수 있지만 200mm이상으로 하여야 한다. 다만 「10.5.7 (1) 항」의 규정에 따라 겹침이음길이를 계산하는 경우 「10.5.2 (2) ④항」의 규정은 적용되지 않는다.
- ③ 「10.5.3 (1) ⑤항과 ⑥항」의 철망계수를 사용하여 예폭시 도막된 용접이형철망의 정착길이를 구할 때, 「10.5.2 (2) ② 나.항」의 예폭시 도막에 따른 계수 β 는 1.0을 사용할 수 있다.
- ④ 원형철선이 정착길이방향으로 이형철선 내에 배치된 경우 철망은 「10.5.3 (2)항」에 따라 정착되어야 한다.
- ⑤ 정착길이 내에 1개 이상의 교차철선이 있고 이 교차철선이 위험단면에서 50mm 이상 떨어져 있는 용접이형철망의 철망계수는 다음 중 큰 값을 택하여야 한다. 그러나 이 계수는 1.0 이하이어야 한다.

$$\left(\frac{f_y - 245}{f_y} \right) \text{ 또는 } \left(\frac{5d_b}{s_w} \right)$$

- ⑥ 정착길이 내에 교차철선이 없거나 위험단면에서 50mm 이내에 1개의 교차철선이 있는 용접원형철망의 철망계수는 1.0으로 하고 정착길이는 이형철선의 정착길이 산정방법에 따라 구하여야 한다.
- (2) 인장 용접원형철망의 정착
- ① 정착길이 내에 2개 이상의 교차철선이 있고 이 중 위험단면에서 가장 가까이 있는 교차철선이 50mm이상 떨어져 있는 경우 용접원형철망은 정착된 것으로 볼 수 있다. 그러나 위험단면에서 가장 바깥에 위치한 교차철선까지의 거리로 나타내는 정착길이 l_d 는 「10.5.3 (2) ③항」의 <식 (10.5.5)>의 값 이상이어야 한다.
- ② l_d 는 150mm 이상이어야 한다. 다만 「10.5.7 (2)항」의 인장 용접원형철망의 겹침이음길이를 계산하는 경우에는 적용되지 않는다.
- ③ 인장 용접원형철망의 정착길이 l_d 는 <식 (10.5.5)>로 구한다.

$$l_d = 3.23 \frac{A_w}{s_w} \left(\frac{f_y}{\sqrt{f_{ck}}} \right) \lambda \times \left(\frac{\text{소요 } A_s}{\text{배근 } A_s} \right) \quad (10.5.5)$$

여기서 λ 는 「10.5.2 (2) ③항」의 규정에 따라 구하여야 한다.

10.5.4 프리스트레싱 강연선의 정착

- (1) 다음의 (2)항을 제외하고는 7가닥의 강연선은 위험단면을 지나서 다음 값 이상으로 부착되게 설계하여야 한다.

$$l_d = 0.145 \left(\frac{f_{se}}{3} \right) d_b + 0.145 (f_{ps} - f_{se}) d_b$$

괄호 안의 값은 단위가 없는 상수로 간주한다.

- (2) 임의 단면에서 강연선의 설계응력이 「콘크리트구조설계기준 8.4 (1)항」에 의해 정착길이 l_d 를 구할 때의 응력 f_{ps} 를 초과하지 않는다면 l_d 보다 짧은 문힘길이를 허용할 수 있다.
- (3) 강연선의 부착이 부재 단부까지 연속되어 있지 않고 사용하중 작용시 프리스트레싱된 인장구역에 「콘크리트구조설계기준 9.3.1 (2)」의 허용인장응력을 설계에 고려하는 경우에는 (1)에서 계산된 정착길이를

2배로 증가시켜야 한다.

- (4) 정착에 대한 검토는 계수하중 하에서 전체 설계강도를 발휘하여야 하는 부재 양 단부에서 가장 가까이 위치한 단면에 국한하여 실시할 수 있다. 다만, 적어도 하나의 강연선이 부재의 단부까지 연장되어 부착되어 있지 않거나, 강연선의 정착길이 내에 집중하중이 작용하는 경우는 이 검토를 제외할 수 있다.

10.5.5 정착철근의 상세

(1) 휨철근의 정착일반

- ① 휨부재에서 최대 응력점과 경간 내에서 인장철근이 끝나거나 굽혀진 위험단면에서 철근의 정착에 대한 안전을 검토하여야 한다. 이 때 「10.5.5 (2) ③항과 ④항」의 규정도 만족하여야 한다.
 - ② 휨철근은 휨모멘트를 저항하는데 더 이상 철근을 요구하지 않는 점에서 부재의 유효깊이 d 또는 $12d_b$ 중 큰 값 이상 더 연장되어야 한다. 다만 단순경간의 받침부와 캔틸레버의 자유단에서 이 규정은 적용되지 않는다.
 - ③ 연속철근은 구부러지거나 절단된 인장철근이 휨을 저항하는데 더 이상 필요하지 않은 점에서 정착길이 l_d 이상의 문힘길이를 확보하여야 한다.
 - ④ 인장철근은 구부러서 복부를 지나 정착하거나 부재의 반대 측에 있는 철근 쪽으로 연속하여 정착시켜야 한다.
 - ⑤ 철근응력이 직접적으로 휨모멘트에 비례하지 않는 휨부재의 인장철근은 적절한 정착이 마련되어야 한다. 이와 같은 부재는 경사형, 계단형, 또는 변단면 기초판, 브래킷, 깊은 휨부재 또는 인장철근이 압축면에 평행하지 않는 부재들이다. 깊은 휨부재에 대해서는 「10.5.5 (2) ⑥항과 10.5.5 (3) ④항」에 따라야 한다.
 - ⑥ 휨철근은 다음 조건 중 하나를 만족하지 않는 한 인장구역에서 절단할 수 없으며, 원칙적으로 전체 철근량의 50%를 초과하여 한 단면에서 절단하지 않아야 한다.
- 가. 절단점의 전단력이 전단철근에 의해 보강된 전단강도를 포함한 전

체 전단강도의 2/3를 초과하지 않는 경우

- 나. 절단점에서 부재 유효깊이의 3/4까지 구간 이상으로 절단된 철근 또는 철선을 따라 전단과 비틀림에 대해 필요한 양을 초과하는 스테럽이 배치되어 있는 경우.

이 때 초과되는 스테럽의 단면적 A_v 는 $0.42 b_w s / f_y$ 이상이어야 하고 간격 s 는 $d / (8\beta_b)$ 이내이어야 한다. 여기서 β_b 는 그 단면에서 전체 인장철근량에 대한 절단철근량의 비이다.

- 다. D35 이하의 철근이며, 연속철근이 절단점에서 휨모멘트에 필요한 철근량의 2배 이상 배치되어 있고 전단력이 전단강도의 3/4 이하인 경우

(2) 정철근의 정착

- ① 단순부재에서 정철근의 1/3 이상, 연속부재에서 정철근의 1/4 이상을 부재의 같은 면을 따라 받침부까지 연장하여야 한다. 보의 경우는 이러한 철근을 받침부 내로 150mm 이상 연장하여야 한다.
- ② 휨부재가 횡하중을 지지하는 주 구조물의 일부일 때, 「10.5.5 (2) ① 항」에 따라 받침부 내로 연장되어야 할 정철근은 받침부의 전면에서 설계기준항복강도 f_y 를 발휘할 수 있도록 정착되어야 한다.
- ③ 단순받침부와 반곡점의 정철근은 「10.5.2 (2)항」에 따라 f_y 에 대하여 계산된 정착길이 l_d 가 <식 (10.5.6)>을 만족하도록 철근지름을 제한하여야 한다.

$$l_d \leq \frac{M_n}{V_u} + l_a \quad (10.5.6)$$

- ④ 여기서 M_n / V_u 의 값은 철근의 끝부분이 압축 반력으로 눌러서 구속을 받는 경우 30% 증가시킬 수 있다.
- ⑤ 단순받침부의 중심선을 지나 절단되는 철근에서 표준갈고리 또는 적어도 표준갈고리에 등가되는 기계적 정착에 의해 정착되는 경우 <식 (10.5.6)>을 만족하지 않아도 된다.

- ⑥ 깊은 보의 단순받침부에서 정철근은 받침부 전면에서 f_y 를 발휘할 수 있도록 정착되어야 한다. 또한 깊은 보의 내부 받침부에서 정철근은 연속되거나 인접 경간의 정철근과 이어져야 한다.

(3) 부모멘트 철근의 정착

- ① 연속되거나 구속된 부재, 캔틸레버 부재 또는 강결된 골조의 어느 부재에서나 부모멘트 철근은 문힘길이, 갈고리 또는 기계적 정착에 의하여 받침부 내에 정착되거나 받침부를 지나서 정착되어야 한다.
- ② 부모멘트 철근은 「10.5.2 (1)항과 10.5.5 (1) ②항」에 의한 소요 문힘길이가 경간 내에 확보되어야 한다.
- ③ 받침부에서 부휨모멘트에 대해 배치된 전체 인장철근량의 1/3이상은 반곡점을 지나 부재의 유효깊이, $12d_b$ 또는 순경간의 1/16 중 가장 큰 값 이상의 문힘길이가 확보되어야 한다.
- ④ 깊은 휨부재의 내부 받침부에서 부모멘트 철근은 인접경간의 부철근과 연속되어야 한다.

(4) 복부철근의 정착

- ① 복부철근은 피복두께 요구조건과 다른 철근과의 간격이 허용하는 한 부재의 압축면과 인장면 가까이까지 연장되어야 한다.
- ② 한 가닥 단일U형 또는 다중U형 스테럽의 단부는 다음 중 한 가지 방법에 의해 정착되어야 한다.

가. D16 이하 철근 또는 지름 16mm이하 철선으로 종방향 철근을 둘러싸는 표준갈고리로 정착하여야 한다.

나. 항복강도 f_y 가 300MPa 이상인 D19, D22 및 D25 스테럽은 종방향 철근을 둘러싸는 표준갈고리 외에 추가로 부재의 중간깊이에서 갈고리 단부의 바깥까지 $0.17d_b f_y / \sqrt{f_{ck}}$ 이상의 문힘길이를 확보하여 정착하여야 한다.

다. U형 스테럽을 구성하는 용접원형철망의 각 가닥은 「㉗ 또는 ㉘」의 방법으로 정착하여야 한다.

- ㉗ U형 스테럽의 가닥 상부에 50mm간격으로 2개의 종방향 철선을 배치하여야 한다.

㉞ 종방향 철선 하나는 압축면에서 $d/4$ 이하에 배치하고 두 번째 종방향 철선은 첫 번째 철선으로부터 50mm 이상의 간격으로 압축면에 가까이 배치하여야 한다. 이 때 두 번째 종방향 철선은 굴곡부 밖에 두거나 또는 굴곡부 내면지름이 $8d_b$ 이상일 경우는 굴곡부상에 둘 수 있다.

라. 용접원형 또는 이형철망 한 가닥 스테럽에서 각 단부의 정착은 2개의 종방향 철선을 50mm 이상 떨어지도록 배치하되, 안쪽의 철선은 부재의 중간깊이 $d/2$ 에서 $d/4$ 또는 50mm 중 큰 값 이상 떨어지도록 배치하여야 한다. 이 때 인장면에 가장 가까이 배치된 종방향 철선은 인장면에 가장 가까이 배치된 휨 주철근보다 인장면에서 더 가까이 배치되어야 한다.

③ U형 스테럽의 양 정착단 사이의 연속구간 내의 굽혀진 부분은 종방향 철근을 둘러싸야 한다.

④ 전단철근으로 사용하기 위해 굽혀진 종방향 주철근이 인장구역으로 연장되는 경우에 종방향 주철근과 연속되어야 하고, 압축구역으로 연장되는 경우에는 부재의 중간깊이 $d/2$ 를 지나서 「10.5.2 (2) 항」의 규정에 따라 계산된 정착길이만큼을 확보하여야 한다.

⑤ 폐쇄형으로 배치된 한 쌍의 U형 스테럽 또는 띠철근은 겹침이음길이가 $1.3 l_d$ 이상일 때 적절하게 이어진 것으로 볼 수 있다.

⑥ 깊이가 450mm 이상인 부재에서 스테럽의 가닥들이 부재의 전 깊이까지 연장된다면 폐쇄스테럽의 이음이 적절한 것으로 볼 수 있다. 이 때 한 가닥의 이음부에서 발휘할 수 있는 인장력, $A_b f_y$ 는 40kN 이하이어야 한다.

10.5.6 철근의 이음

(1) 일반내용

① 철근은 설계도, 또는 시방서에서 요구하거나 허용한 경우 또는 책임기술자가 승인한 경우에만 이음을 할 수 있다.

② 겹침이음은 다음 규정에 따라야 한다.

가. D35를 초과하는 철근은 겹침이음을 하지 않아야 한다. 다만 「10.5.6 (3) ②항」의 경우에는 이 규정을 적용하지 않는다.

나. 다발철근의 겹침이음은 다발 내의 개개 철근에 대한 겹침이음길이를 기본으로 하여 결정되어야 하며, 각 철근은 「10.5.2 (4)항」에 따라 겹침이음길이를 증가시켜야 한다. 그러나 한 다발 내에서 각 철근의 이음은 한 군데에서 중복하지 않아야 한다. 또한 두 다발철근을 개개 철근처럼 겹침이음하지 않아야 한다.

다. 휨부재에서 서로 직접 접촉되지 않게 겹침이음된 철근은 횡방향으로 소요 겹침이음길이의 1/5 또는 150mm 중 작은 값 이상 떨어지지 않아야 한다.

라. 휨을 받는 철근을 한 단면에서 50%이상 동시 절단하거나 한 단면에서 인접철근을 동시절단하지 않아야 한다.

③ 용접이음과 기계적 이음은 다음 규정에 따라야 한다.

가. 용접이음은 철근의 기준항복강도 f_y 의 125%이상을 발휘할 수 있는 완전용접이어야 한다.

나. 기계적 이음은 철근의 설계기준항복강도 f_y 의 125%이상을 발휘할 수 있는 완전기계적 이음이어야 한다.

다. 가 또는 나에 요구조건을 만족하지 않는 용접이음이나 기계적 이음은 「10.5.6 (2) ④항」을 만족하여야 하며, D16이하의 철근에만 허용된다.

(2) 인장 이형철근 및 이형철선의 이음

① 인장력을 받는 이형철근 및 이형철선의 겹침이음길이는 A급, B급으로 분류하며 다음 값 이상으로 하여야 한다. 그러나 300mm이상이어야 한다.

가. A급 이음 : $1.0 I_d$

나. B급 이음 : $1.3 I_d$

여기서 I_d 는 「10.5.2 (2)항」에 따라 계산된 인장 이형철근의 정착 길이이다. 이 때 「10.5.2 (2) ⑤항」의 보정계수는 적용하지 않아야 한다.

- ② 겹침이음에서 A급 이음과 B급 이음은 다음과 같이 분류하여야 한다.
- 가. A급 이음 : 배치된 철근량이 이음부 전체 구간에서 요구되는 소요 철근량의 2배 이상이고 소요 겹침이음길이 내 겹침이음된 철근량이 전체 철근량의 1/2 이하인 경우
- 나. B급 이음 : 「가.항」에 해당되지 않는 경우
- ③ 이음부에 배치된 철근량이 요구되는 소요철근량의 2배 미만인 경우에 용접이음 또는 기계적 이음은 「10.5.6 (1) ③ 가.항 또는 나.항」의 요구조건을 만족시켜야 한다.
- ④ 「10.5.6 (1) ③ 가.항 또는 나.항」을 만족하지 않더라도 이음부에 배치된 철근량이 요구되는 소요철근량의 2배 이상이고 아래의 가와 나 의 요구조건을 만족하는 경우, D16이하의 철근에 대해서 용접이음 또는 기계적 이음을 허용한다.
- 가. 각 철근의 이음부는 서로 600mm이상 엇갈려야 하고, 이음부에서 계산된 인장응력의 2배 이상을 발휘할 수 있도록 이어져야 한다. 또한 배치된 전체 철근이 140MPa 이상의 응력을 발휘할 수 있어야 한다.
- 나. 각 단면에서 발휘하는 인장력을 계산할 때 이어진 철근은 규정된 이음강도를 발휘하는 것으로 보아야 한다. 이어지지 않은 연속철근의 인장응력은 실제로 짧게 배치된 정착길 이와 기준항복강도 f_y 를 발휘할 수 있도록 계산된 정착길이 l_d 와의 비를 f_y 에 곱하여 사용하여야 한다.
- ⑤ 인장부재의 철근이음은 「10.5.6 (1) ③ 가.항 또는 나.항」에 따라 완전용접이나 기계적 이음으로 이루어져야 한다. 이 때 인접철근의 이음은 750mm 이상 떨어져서 서로 엇갈려야 한다.
- (3) 압축이형철근의 이음
- ① 압축철근의 겹침이음길이는 f_y 가 400MPa 이하인 경우는 $0.072 f_y d_b$ 이상, f_y 가 400 MPa를 초과할 경우는 $(0.13 f_y - 24) d_b$ 이상이어야 하고, 어느 경우에도 300mm 이상이어야 한다. 이 때 콘크리트의 설계기준강도가 21MPa 미만인 경우는 겹침이음길이를 1/3 증가

시켜야 한다.

- ② 서로 다른 크기의 철근을 압축부에서 겹침이음하는 경우, 이음길이는 크기가 큰 철근의 정착길 이와 크기가 작은 철근의 겹침이음길이 중 큰 값 이상이어야 한다. 이 때 D41과 D51 철근은 D35이하 철근과의 겹침이음이 허용된다.
- ③ 압축부에서 사용하는 용접이음과 기계적 연결은 「10.5.6 (1) ③ 가.항과 나.항」의 요구조건을 만족하여야 한다.
- ④ 철근이 압축력만을 받을 경우는 철근과 직각으로 절단된 철근의 양 끝을 적절한 장치에 의해 중심이 잘 맞도록 접촉시킴으로써 압축응력을 직접 지압에 의해 전달할 수 있다. 이 때 철근의 양 단부는 철근 축의 직각면에 1.5° 이내의 오차를 갖는 평탄한 면이 되어야 하고 조립 후 지압면의 오차는 3° 이내이어야 한다.
- ⑤ 단부 지압이음은 폐쇄띠철근, 폐쇄스터럽 또는 나선철근을 배치한 압축부재에서만 사용하여야 한다.

10.5.7 용접철망의 이음

(1) 인장 용접이형철망의 이음

- ① 용접이형철망을 겹침이음하는 최소 길이는 두 장의 철망이 겹쳐진 길이가 $1.3l_d$ 이상 또한 200mm 이상이어야 한다. 이 때 겹침이음길이 내에서 각 철망의 가장 바깥에 있는 교차철선 사이의 간격은 50mm 이상이어야 한다. 여기서 l_d 는 「10.5.3 (1)항」의 규정에 따라 f_y 에 대하여 계산된 정착길이이다.
- ② 겹침이음길이 사이에 교차철선이 없는 용접이형철망의 겹침이음은 이형철선의 겹침이음 규정에 따라야 한다.
- ③ 원형철선이 겹침이음방향으로 이형철망 내에 있는 경우 또는 이형철망이 원형철망과 겹침이음되는 경우, 철망은 「10.5.7 (2)항」에 따라 겹침이음되어야 한다.

(2) 인장 용접원형철망의 이음

- ① 이음 위치에서 배치된 철근량이 해석결과 요구되는 소요철근량의 2배 미만인 경우 각 철망의 가장 바깥 교차철선 사이를 겹침이음

는 교차철선 한 마디 간격에 50mm를 더한 길이, $1.5 I_d$ 또는 150 mm 중 가장 큰 값 이상이어야 한다. 여기서 I_d 는 「10.5.3 (2)항」의 규정에 따라 철선의 f_y 에 대하여 계산된 정착길이이다.

- ② 이음 위치에서 배치된 철근량이 해석결과 요구되는 소요철근량의 2 배 이상인 경우 각 철망의 가장 바깥 교차철선 사이를 켜 겹침길이는 $1.5 I_d$ 또는 50mm 중 큰 값 이상이어야 한다. 여기서 I_d 는 「10.5.3 (2)항」의 규정에 따라 철선의 f_y 에 대하여 계산된 정착길이이다.

10.5.8 기둥철근 이음에 관한 특별 규정

- (1) 겹침이음, 맞댐용접이음, 기계적 연결 또는 단부 지압이음은 「10.5.8 (2)항」에서 「(7)항」까지의 제한조건에 따라 사용되어야 한다. 이와 같은 철근의 이음은 기둥의 모든 하중조합에 대한 요구조건을 만족하여야 한다.
- (2) 계수하중에 의해 철근이 압축응력을 받는 경우 겹침이음은 「10.5.6 (3) ①항과 ②항」에 따라야 하며 해당되는 경우에 다음의 「①항과 ②항」에도 따라야 한다.
 - ① 띠철근 압축부재의 경우 겹침이음길이 전체에 걸쳐서 띠철근이 $0.0015 \cdot h \cdot s$ 이상의 유효단면적을 갖는다면 겹침이음길이에 계수 0.83을 곱할 수 있다. 그러나 겹침이음길이는 300mm 이상이어야 한다. 여기서 유효단면적은 부재의 치수 h 에 수직한 띠철근 가닥의 전체 단면적이다.
 - ② 나선철근 압축부재의 경우 나선철근으로 둘러싸인 축방향 철근의 겹침이음길이에 계수 0.75를 곱할 수 있다. 그러나 겹침이음길이는 300 mm 이상이어야 한다.
- (3) 계수하중 하에서 철근이 $0.5 f_y$ 이하의 인장응력을 받고 어느 한 단면에서 전체 철근의 1/2을 초과하는 철근이 겹침이음되면 B급 이음으로, 전체 철근의 1/2 이하가 겹침이음되고 그 겹침이음이 교대로 I_d 이상 서로 엇갈려 있으면 A급 이음으로 하여야 한다.

- (4) 계수하중 하에서 철근이 $0.5 f_y$ 보다 큰 인장응력을 받는 경우 겹침이음은 B급 이음으로 하여야 한다.
- (5) 기둥철근의 용접이음이나 기계적 연결은 「10.5.6 (1) ③ 가.항과 나.항」의 요구조건을 만족하여야 한다.
- (6) 「10.5.6 (3) ④항과 ⑤항」에 따른 단부 지압이음은 이음이 서로 엇갈려있거나 이음 위치에서 추가철근이 배치된 경우 압축을 받는 기둥철근에 적용할 수 있다.
- (7) 기둥 각 면에 배치된 연속철근은 그 면에 배치된 수직철근량에 설계 기준항복강도 f_y 의 25%를 곱한 값 이상의 인장강도를 가져야 한다.

10.6 강도설계법

10.6.1 일반내용

- (1) 이 절은 철근콘크리트 및 프리스트레스트 콘크리트교량에 적용할 수 있다.
- (2) 기호

A_c	= 전단전달에 저항하는 콘크리트의 단면적(mm ²)
A_{cp}	= 콘크리트 단면의 바깥 둘레로 둘러싸인 단면적. 뚫린 단면에서도 뚫린 면적을 포함함(mm ²)
A_f	= 브래킷이나 내민받침에서 계수휨모멘트 [$V_u a_v + N_{uc}(h-d)$]에 저항하는 철근의 단면적(mm ²)
A_g	= 단면의 총단면적(mm ²)
A_l	= 비틀림에 저항하는 종방향 철근의 전체단면적(mm ²)
A_n	= 브래킷이나 내민받침에서 인장력 N_{uc} 에 저항하는 철근의 면적(mm ²)
A_{oh}	= 가장 바깥의 비틀림 저항철근의 중심선으로 폐합된 면적(mm ²)
A_s	= 인장철근의 단면적(mm ²)

A_s'	= 압축철근의 단면적(mm ²)
A_{st}	= 축방향 철근의 총단면적(mm ²)
A_t	= 거리 s 내의 비틀림에 저항하는 페쇄스터럽의 다리 1개의 면적(mm ²)
A_v	= 거리 s 내의 전단철근의 단면적 또는 깊은 보의 경우 간격 s 내의 횡인장철근에 수직인 전단철근의 전체 단면적(mm ²)
a	= 등가사각형 응력분포의 깊이
b	= 단면의 폭
b_v	= 수평전단을 고려할 때의 접촉면의 단면폭(mm)
b_w	= 복부의 폭
C_m	= 등가모멘트 수정계수
c	= 최대 압축변형률이 발생하는 연단에서 중립축까지의 수직 거리
d	= 압축연단에서 인장철근의 중심까지의 거리(유효깊이)
d'	= 압축연단에서 압축철근의 중심까지의 거리
d''	= 총단면의 중심에서부터 압축철근의 중심까지의 거리
E_s	= 철근의 탄성계수(MPa)
f_{ck}	= 콘크리트의 설계기준압축강도(MPa)
f_{ct}	= 경량 콘크리트의 평균조깅인장강도(MPa)
f_{sb}'	= 평형변형률 상태의 압축철근의 응력(MPa)
f_y	= 철근의 항복강도(MPa)
f_{yl}	= 종방향 비틀림 철근의 항복강도(MPa)
f_{yv}	= 폐합된 횡비틀림 철근의 항복강도(MPa)
I_g	= 단면의 도심에 대한 콘크리트 총단면의 단면 2차모멘트
I_{se}	= 단면의 도심에 대한 철근의 단면 2차모멘트
k	= 유효길이계수
l_n	= 지지부 내면 사이의 순지간

I_u	= 압축부재의 비지지장
M_n	= 단면의 공칭휨강도
M_u	= 소요 휨강도
M_{ux}, M_{uy}	= 2축휨을 받는 경우의 단면의 x, y 방향으로의 계수휨강도
M_{nx}, M_{ny}	= 2축휨을 받는 경우의 단면의 x, y 방향으로의 공칭휨강도
M_1, M_2	= 압축부재 끝단의 계수 모멘트, M_2 는 기둥의 상·하부 단모멘트 중 큰 값
M_c	= 부재곡률의 영향을 고려한 확대모멘트
P_c	= 임계하중
P_{nxy}	= 2축휨을 받는 경우의 공칭 축하중강도
P_{nx}	= 휨이 x 축 방향으로만 고려되는 경우의 M_{nx} 에 부합하는 단면의 공칭 축하중강도 ($M_{nx} = P_{nx}e_y, e_x = 0$)
P_{ny}	= 휨이 y 축 방향으로만 고려되는 경우의 M_{ny} 에 부합하는 단면의 공칭 축하중강도 ($M_{ny} = P_{ny}e_x, e_y = 0$)
P_o	= 순수 축하중강도 ($e_x = e_y = 0$)
P_u	= 계수축하중
p_h	= 외곽부 폐합 횡방향 비틀림 철근의 중심선의 둘레길이
p_{cp}	= 전단면의 둘레 길이
r	= 회전반경
s	= 부재 축방향으로의 전단철근의 간격
T_{cr}	= 비틀림 균열모멘트
T_u	= 계수 비틀림모멘트
V_n	= 단면의 공칭전단력
V_{nh}	= 공칭 수평전단강도
V_u	= 소요전단력
α	= 경사스터럽과 부재축선 사이의 각

α_f	= 전단마찰철근과 전단면 사이의 각
β_c	= 집중하중이나 반력면의 짧은 변에 대한 긴 변의 비
β_d	= (1) 횡변위가 지지된 경우 전체 계수축하중에 대한 최대 계수축고정하중의 비 (2) 횡변위가 지지되지 않은 경우 해당 층의 전체 계수전단력에 대한 해당 층의 최대 계수지속전단력의 비 (3) 안정성 검토의 경우 전체 계수축하중에 대한 최대 계수지속축하중의 비
Δ_o	= 일차탄성 골조해석으로 구한 V_u 로 인해 발생한 해당 층의 상·하부 사이의 상대횡변위
δ_{ns}	= 횡방향 변위가 방지된 골조구조에서 압축부재의 양단사이의 부재곡률의 영향을 반영한 모멘트 확대계수
ϕ_k	= 강성감소계수
μ	= 마찰계수

10.6.2 강도

(1) 소요강도

단면의 소요강도는 규정된 설계 하중조합에 의한 계수하중을 저항하는데 필요한 강도이다. 구조물과 구조부재의 모든 단면은 적어도 설계 단면력과 같은 크기의 설계강도를 가져야 한다. 강도설계법의 기본 요구조건은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\text{설계강도} \geq \text{설계단면력}$$

(2) 설계강도

- ① 하중, 휨, 전단 또는 응력으로 표시되는 부재나 단면의 설계강도는 강도설계법의 요구사항과 가정에 따라 계산되는 공칭강도에 강도감소계수 ϕ 를 곱한 강도이다.
- ② 강도감소계수는 다음과 같다.

- 가. 휨 $\phi_f = 0.85$
- 나. 전단과 비틀림 $\phi_v = 0.80$
- 다. 축방향 압축부재
- ㉔ 나선철근으로 보강된 부재 $\phi_c = 0.75$
- ㉕ 띠철근으로 보강된 부재 $\phi_c = 0.70$
- 압축부재의 축하중강도 $\phi_c P_n$ 이 $0.10 f_{ck} A_g$ 와 $\phi_c P_b$ 중 작은 값보다 작은 경우, ϕ_c 값은 직선 보간법을 적용하여 구하여야 한다.
- 라. 축방향 인장부재 $\phi_t = 0.85$
- 마. 콘크리트의 지압 $\phi_b = 0.70$
- 바. 무근 콘크리트의 휨, 압축, 전단, 지압 $\phi_{pc} = 0.65$
- 사. 압축부재의 안정(장주영향으로 「10.6.4 (4)항」의 모멘트 확대계수를 고려하여야 하는 압축부재) $\phi_s = 0.65$
- ③ 철근의 정착길 이와 이음길 이에는 강도감소계수를 적용할 필요가 없다.

10.6.3 설계일반

(1) 기본가정

- ① 휨모멘트나 축력 또는 휨모멘트와 축력을 동시에 받는 부재의 강도 설계에는 이 규정에 명시된 가정에 따라야 하며, 휨의 평형조건과 변형률 적합조건을 만족시켜야 한다.
- ② 철근과 콘크리트의 변형률은 중립축으로부터 거리에 비례하는 것으로 가정할 수 있다. 「10.6.4 (2) ④항」에 규정된 깊은 보의 경우에는 비선형 변형률 분포를 고려하거나 스트럿-타이 모델을 적용해야 한다.
- ③ 휨 또는 휨과 축력을 동시에 받는 부재의 콘크리트 압축연단의 극한 변형률은 0.003으로 가정하여야 한다.
- ④ 철근의 응력이 설계기준항복강도 f_y 이하일 때, 철근의 응력은 그 변형률에 E_s 를 곱한 값으로 하여야 한다. 철근의 변형률이 f_y 에 대응하

는 변형률보다 큰 경우 철근의 응력은 변형률에 관계없이 f_y 로 하여야 한다.

- ⑤ 콘크리트의 인장강도는 철근콘크리트 부재 단면의 축강도와 휨강도 계산에서 무시할 수 있다.
- ⑥ 콘크리트 압축응력의 분포와 콘크리트 변형률 사이의 관계는 직사각형, 사다리꼴, 포물선형 또는 강도의 예측에서 광범위한 실험의 결과와 실질적으로 일치하는 어떤 형상으로도 가정할 수 있다.
- ⑦ 상기 「⑥항」의 규정은 다음에 정의되는 등가 직사각형 응력블록으로 나타낼 수 있다.

가. 단면의 가장자리와 최대 압축변형률이 일어나는 연단부 $a = \beta_1 c$ 거리에 있고 중립축과 평행한 직선에 의해 이루어지는 등가 압축 영역에 $0.85 f_{ck}$ 인 콘크리트 응력이 등분포하는 것으로 가정한다.

나. 최대 변형률이 발생하는 압축연단에서 중립축까지 거리 c 는 중립축에 대해 직각방향으로 측정한 것으로 한다.

다. 계수 β_1 은 콘크리트 강도가 28MPa 이하인 경우는 0.85로 한다. 콘크리트 강도가 28MPa를 초과할 경우, 28MPa를 초과하는 매 1 MPa의 강도에 대하여 β_1 의 값을 0.007씩 감소시킨다. 그러나 그 값은 0.65보다 작지 않게 한다.

10.6.4 휨부재

(1) 일반원칙

- ① 인장철근이 설계기준항복강도 f_y 에 대응하는 변형률에 도달하고 동시에 압축 콘크리트가 가정된 극한변형률인 0.003에 도달할 때, 그 단면이 균형변형률 상태에 있다고 본다.
- ② 압축 콘크리트가 가정된 극한변형률인 0.003에 도달할 때 최 외단 인장철근의 순인장 변형률 ϵ_t 가 압축지배 단면이라고 한다. 압축지배 변형률 한계는 균형변형률 상태에서의 인장철근의 순인장변형률을 기준으로 하며 압축지배 변형률 한계는 0.002로 한다.
- ③ 압축 콘크리트가 가정된 극한변형률인 0.003에 도달할 때 최외단 인

장철근의 순인장 변형률 ϵ_t 가 0.005의 인장지배 변형률 한계 이상인 단면을 인장지배 단면이라고 한다. 다만 철근의 항복강도가 400MPa를 초과하는 경우에는 인장지배 변형률 한계를 철근 항복변형률의 2.5배로 한다. 순인장변형률 ϵ_t 가 압축지배 변형률 한계와 인장지배 변형률 한계 사이인 단면은 변화구간 단면이라고 한다.

- ④ 프리스트레스를 가하지 않은 휨부재 또는 휨모멘트와 축력을 동시에 받는 부재로서 계수축력이 $0.10 f_{ck} A_g$ 보다 작은 경우, 공칭축강도 상태에 있어서 순인장변형률 ϵ_t 는 휨부재의 최소허용변형률 이상이여야 한다. 휨부재의 최소허용변형률은 철근의 항복강도가 400MPa 이하인 경우 0.004로 하며, 철근의 항복강도가 400MPa를 초과하는 경우 철근 항복변형률의 2배로 한다.
- ⑤ 휨부재의 강도를 증가시키기 위하여 추가 인장철근과 이에 대응하는 압축철근을 사용할 수 있다.

(2) 휨부재 설계의 제한 사항

① 휨부재의 횡지지 간격

가. 보의 횡지지 간격은 압축 플랜지 또는 압축면의 최소폭의 50배를 초과하지 않도록 하여야 한다.

나. 하중의 횡방향 편심의 영향은 횡지지 간격을 결정할 때 고려되어야 한다.

② 휨부재의 최소 철근량

가. 해석에 의하여 인장철근 보강이 요구되는 휨부재의 모든 단면에 대하여 아래 「나., 다., 라.항」에 규정된 내용을 제외하고는 철근의 단면적 A_s 는 <식 (10.6.1)>과 <식 (10.6.2)>에 의해 계산된 값 중에서 큰 값 이상으로 하여야 한다.

$$A_{s, \min} = \frac{0.25\sqrt{f_{ck}}}{f_y} b_w d \quad (10.6.1)$$

$$A_{s, \min} = \frac{1.4}{f_y} b_w d \quad (10.6.2)$$

나. 정정구조물로서 플랜지가 인장 상태인 T형단면에 대하여 철근의 단면적 $A_{s, \min}$ 은 <식 (10.6.1)>과 <식 (10.6.2)>에서 b_w 에 플랜지의 유효폭 b 와 $2b_w$ 중 작은 값을 대입하여 계산되는 철근 단면적의 값 중 큰 값과 <식 (10.6.3)>에 의해 계산되는 값을 비교하여 두 값 중에서 작은 값 이상으로 하여야 한다.

$$A_{s, \min} = \frac{0.50\sqrt{f_{ck}}}{f_y} b_w d \quad (10.6.3)$$

다. 부재의 모든 단면에서 해석에 의해 필요한 철근량보다 1/3 이상 인장철근이 더 배치되는 경우에는 「10.6.4 (2) ② 가.항 및 나.항」의 규정을 적용하지 않을 수 있다.

라. 두께가 균일한 구조용 슬래브와 기초판에 대하여 경간방향으로 보강되는 인장철근의 최소 단면적은 「10.4.8항」에 규정한 값과 같아야 한다. 철근의 최대 간격은 슬래브 또는 기초판의 두께의 3배와 400mm 중 작은 값을 초과하지 않도록 하여야 한다.

③ 보 및 1방향 슬래브의 휨철근 배치

가. 보 또는 한 방향으로만 휨응력을 저항하도록 철근이 배치된 1방향 슬래브는 휨균열을 제어하기 위하여 휨철근의 배치에 대한 이 「10.6.4 (2) ③항」의 규정을 따라야 한다.

나. 2방향 슬래브의 휨철근 배치는 「10.8.6항」에 규정된 바에 따라야 한다.

다. 휨인장철근은 「라.항」에 규정된 바에 따라 부재 단면의 최대 휨인장 영역 내에 배치되어야 한다.

라. 콘크리트 인장연단에 가장 가까이에 배치되는 철근의 중심간격 s 는 <식 (10.6.4)>과 <식 (10.6.5)>에 의해 계산된 값 중에서 작은 값 이하로 하여야 한다.

$$s = 375 \left(\frac{210}{f_s} \right) - 2.5c_c \quad (10.6.4)$$

$$s = 300 \left(\frac{210}{f_s} \right) \quad (10.6.5)$$

여기서, c_c 는 인장철근이나 긴장재의 표면과 콘크리트 표면 사이의 최소 두께이다. 철근이 하나만 배치된 경우에는 인장연단의 폭을 s 로 한다. f_s 는 사용하중 상태에서 인장연단에서 가장 가까이에 위치한 철근의 응력으로 사용하중 휨모멘트에 대한 해석으로 결정하여야 하지만, 근사값으로 f_y 의 2/3를 사용할 수 있다.

마. T형보 구조의 플랜지가 인장을 받는 경우에는 휨인장철근을 「10.3.2 (5)항」에서 정의된 유효 플랜지 폭이나 경간의 1/10의 폭 중에서 작은 폭에 걸쳐서 분포시켜야 한다. 만일 유효 플랜지 폭이 경간의 1/10을 넘는 경우에는 약간의 종방향 철근을 플랜지 바깥부분에 배치하여야 한다.

바. 보나 장선의 유효깊이 d 가 900mm를 초과하면, 종방향 표피철근을 가장 가까운 곳에 위치한 휨인장철근으로부터 $d/2$ 지점까지에 부재 양쪽 측면을 따라 균일하게 배치하여야 한다. 이 때 한쪽면의 단위 m당 표면 철근의 면적 A_{sk} 는 $(d-750)\text{mm}^2$ 이상이어야 하고, 표피 철근의 최대 간격은 $d/6$ 와 300mm 중 작은 값을 초과하지 않아야 한다. 개개의 철근이나 철망의 응력을 결정하기 위하여 변형률 적합조건에 따라 해석을 하는 경우, 이러한 철근은 강도계산에 포함될 수 있으며, 양 측면의 종방향 표피 철근의 전체 면적은 필요한 휨인장철근의 1/2을 초과할 필요는 없다.

④ 깊은 보의 설계

가. 깊은 보는 한쪽 면이 하중을 받고 반대쪽 면이 지지되어 하중과 받침부 사이에 압축대가 형성되는 구조요소로서, 다음의 ㉠ 또는 ㉡에 해당하는 부재이다. 깊은 보는 비선형 변형률 분포를 고려하여 설계하거나 스트럿-타이모델 설계절차에 따라 설계하여야 하며, 횡좌굴을 고려하여야 한다.

㉔ 순경간 l_n 이 부재 깊이의 4배 이하인 부재

㉕ 받침부 내면에서 부재 깊이의 2배 이하인 위치에 집중하중이 작용하는 경우는 집중하중과 받침부 사이의 구간

나. 깊은 보의 전단강도는 「10.6.6 (9)항」에 따라 계산하여야 한다.

다. 최소 휨인장철근량은 「10.6.4 (2) ②항」에 따라야 한다.

라. 깊은 보의 양 측면의 수평 및 수직철근은 「10.6.6 (9)」 및 「10.9.3 (2)항과 (3)항」의 요구조건을 만족하도록 하여야 한다.

10.6.5 압축부재

(1) 일반내용

① 축방향력 또는 휨과 축방향력을 겸해 받는 부재의 설계는 「10.6.3 항」의 가정을 사용하여 응력과 변형률의 적합조건에 기초를 둔다. 장주효과는 「10.6.5 (4)항」의 요구조건에 따라 고려하여야 한다.

② 축방향 압축력과 휨을 겸해 받는 부재는 그 압축력에 수반될 수 있는 최대모멘트에 대해 설계하여야 한다. 주어진 편심에서의 계수축방향력 P_u 는 축방향 설계강도 ϕP_n 을 초과할 수 없으며 ϕP_n 은 다음과 같다.

가. 「10.4.6 (2) ②항」의 규정에 따른 나선철근을 갖고 있는 프리스트레스를 가하지 않은 부재의 경우 <식 10.6.6>에 따라야 한다.

$$\phi P_{n(\max)} = 0.85\phi[0.85 f_{ck}(A_g - A_{st}) + f_y A_{st}] \quad (10.6.6)$$

나. 「10.4.6 (2) ③항」의 규정에 따른 띠철근을 가진 프리스트레스를 가하지 않은 부재의 경우 <식 (10.6.7)>에 따라야 한다.

$$\phi P_{n(\max)} = 0.80\phi[0.85 f_{ck}(A_g - A_{st}) + f_y A_{st}] \quad (10.6.7)$$

여기서, A_g : 단면의 총단면적

A_{st} : 축방향 철근의 총단면적

(2) 압축부재의 강도 - 휨과 축방향력을 동시에 받는 부재에 대한 하중-모

멘트 상관관계의 범위를 정의하는 지침으로서 다음 규정을 사용한다.

- ① 순수압축 - 편심이 없는 축방향설계강도는 <식 (10.6.8)>으로 계산한다.

$$\phi P_o = \phi [0.85 f_{ck} (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}] \quad (10.6.8)$$

압축부재의 축방향강도는 「10.6.5 (1) ②항」에 따라 편심이 없는 축방향력의 80% 및 85%로 제한되므로 설계시 순수압축강도는 가설적 조건이다.

- ② 순수휨 - 「10.6.4항」에 의하여야 한다.
 ③ 평형변형률조건 - 단면에 대한 평형변형률 조건은 「10.6.4 (1)항」에서 정의된 바와 같다. 철근이 한 면 또는 모멘트축에서 거의 같은 거리로 두 면에 배치된 직사각형 단면에 대한 평형 축하중강도 ϕP_b 와 평형 휨강도 ϕM_b 는 <식 (10.6.9)>와 <식 (10.6.10)>로 계산한다.

$$\phi P_b = \phi [0.85 f_{ck} a b + A_s' f_{sb}' - A_s f_y] \quad (10.6.9)$$

$$\begin{aligned} \phi M_b = \phi [0.85 f_{ck} a b \left(d - d'' - \frac{a}{2} \right) \\ + A_s' f_{sb}' (d - d' - d'') + A_s f_y d''] \end{aligned} \quad (10.6.10)$$

여기서 등가 직사각형 응력분포의 깊이 a 와 평형변형률 조건에서의 압축철근의 응력 f_{sb}' 는 각각 <식 (10.6.11)>와 <식 (10.6.12)>과 같다.

$$a = \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \beta_1 d \quad (10.6.11)$$

$$f_{sb}' = 600 \left[1 - \frac{d'}{d} \left(\frac{600 + f_y}{600} \right) \right] \leq f_y \quad (10.6.12)$$

d'' = 종단면의 중심에서부터 압축철근의 중심까지의 거리

- ④ 휨과 축방향력을 겸해 받는 경우 - 단면의 강도는 공칭 축하중강도

P_n 이 평형 축하중강도 P_b 보다 작을 때는 인장에 의해 지배되고, P_n 이 P_b 보다 클 때는 압축에 의해 지배된다. 공칭 축하중강도 P_n 과 공칭 휨강도 M_n 에 「10.6.2 (2)항」에 주어진 축방향 압축에 대한 강도 감소계수 ϕ 를 곱하여야 한다.

- (3) 2축휨을 받는 압축부재 - 응력과 변형률 조건에 준한 일반적인 단면 해석 대신에 2축 휨을 받는 비원형 부재의 설계강도는 <식 (10.6.13)>로 구한다.

- ① 계수축하중 $P_u \geq 0.1 f_{ck} A_g$ 의 경우

$$\frac{1}{P_{nxy}} = \frac{1}{P_{nx}} + \frac{1}{P_{ny}} - \frac{1}{P_o} \quad (10.6.13)$$

여기서, P_{nxy} : 2축 휨을 받는 경우의 공칭 축하중강도

P_{nx} : 휨이 x축 방향으로만 고려되는 경우의 M_{nx} 에 부합하는 단면의 공칭 축하중강도 ($M_{nx} = P_{nx} e_y, e_x = 0$)

P_{ny} : 휨이 y축 방향으로만 고려되는 경우의 M_{ny} 에 부합하는 단면의 공칭 축하중강도 ($M_{ny} = P_{ny} e_x, e_y = 0$)

P_o : 순수축하중강도 ($e_x = e_y = 0$), 「10.6.5 (2) ①항」 참조

- ② 계수하중 $P_u < 0.1 f_{ck} A_g$ 의 경우

$$\frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi M_{ny}} \leq 1 \quad (10.6.14)$$

여기서, M_{ux}, M_{uy} : 2축휨을 받는 경우의 단면의 x, y방향으로의 계수휨강도

M_{nx}, M_{ny} : 위의 「①항」에서 정의된 각각 x, y방향으로의 공칭 휨강도

- (4) 장주효과

- ① 비선형 해석

가. 압축부재의 설계는 재료의 비선형성, 균열, 부재의 곡률, 하중의 지

속기간, 크리프와 건조수축, 지지하는 기초와의 관계를 고려한 2계 해석(second order analysis)에 의한 계수하중과 모멘트에 근거하여야 한다.

나. 해석에 사용되는 부재의 단면과 최종설계된 부재의 단면이 10%이상 차이가 나면 새로운 치수를 가진 부재로 계산하여 해석을 반복하여야 한다.

다. 압축부재의 설계는 위에 기술된 방법 대신 세장비에 따라 다음 「②항」에 제시된 근사 방법에 따라도 좋다.

- ② 장주효과의 고려 여부 - 계수축하중 P_u , 압축부재 끝단의 계수모멘트 M_1 과 M_2 , 상대횡변위 Δ_o 는 축력의 영향, 부재길이를 따라 발생한 균열영역의 존재, 하중지속의 영향들을 고려하여 결정된 단면에 대하여 선형탄성해석을 이용하여 계산하여야 한다.

가. 골조구조의 단면특성은 다음을 따라야 한다.

- ㉔ <표 10.6.1>에 주어진 단면특성은 균열을 고려한 해석에 사용되어도 좋다. 그러나 구조물의 사용하중 상태에서의 해석을 할 때는 표의 단면 2차모멘트를 $1/0.7 = 1.43$ 을 곱하여 사용하여야 한다.
- ㉕ 단면 2차모멘트는 지속하중이 작용하거나 안정에 대한 검토가 수행되었을 때 $(1+\beta_d)$ 로 나누어야 한다.

표 10.6.1 골조구조 해석을 위한 단면 2차모멘트

구 분	탄성계수	단면 2차 모멘트	단면적
보	「10.2.1 (3)항」 참조	$0.35 I_g$	$1.0 A_g$
기둥		$0.70 I_g$	
균열이 발생하지 않은 벽		$0.70 I_g$	
균열이 발생한 벽		$0.35 I_g$	
평편한 판과 슬래브		$0.25 I_g$	

나. 압축부재의 비지지장

- ㉔ 압축부재의 비지지장 l_u 는 바닥슬래브들 사이의 순거리, 보 및 거

더들 사이의 순거리, 기타 압축부재를 횡방향으로 지지하는 부재들 사이의 순거리로 취하여야 한다.

- ㉞ 현치가 있는 경우의 비지지장은 해당 평면 내에 있는 현치의 하단으로부터 켜 거리로 하여야 한다.

다. 회전반지름 r 은 직사각형 압축부재에 대해서는 좌굴이 고려되는 방향의 단면치수의 0.3배, 원형압축부재에 대해서는 지름의 0.25배를 사용할 수 있다. 그 외의 형상에 대한 r 은 콘크리트의 총단면적에 대하여 계산할 수 있다.

라. 장주효과의 근사적으로 고려하는 모멘트 확대계수 설계법에서는 횡변위가 지지된 구조물과 횡변위가 지지되지 않는 구조물을 구별하여야 한다. 횡구속 골조구조나 층의 기둥설계는 「10.6.5 (4) ③항」에 따라야 하고, 비횡구속 골조구조나 층의 기둥설계는 「10.6.5 (4) ④항」에 따라야 한다.

- ㉞ 구조물의 한 층에서 $P-\Delta$ 효과로 발생하는 횡하중 모멘트 증가가 1계 탄성해석에 의한 모멘트의 5%를 넘지 않으면 횡변위가 구속되어 있다고 가정할 수 있다.

- ㉞ 구조물의 한 층의 안정지수 $Q = \frac{\sum P_u \Delta_o}{V_u I_c}$ 가 0.05이하이면 구조물의 그 층은 횡변위가 구속되어 있다고 가정할 수 있다. 여기서 $\sum P_u$ 와 V_u 는 각각 해당층에서의 총 수직하중과 전단력이고, Δ_o 는 V_u 에 의한 해당 층의 상·하부의 1계 탄성해석에 의한 상대변위이다.

마. 압축부재의 유효길이 - 횡구속 압축부재의 경우, 유효길이계수 k 는 <그림 10.6.1>에 의해 구하되 1.0이하의 값을 사용해야 한다. 다만 좀 더 작은 값을 사용할 수 있다는 것을 해석에 의해 증명할 수 있는 경우는 예외로 한다. 비횡구속 압축부재의 경우, 유효길이계수 k 는 균열과 철근량이 반영된 상대강성을 고려하여 결정하되 1.0보다 커야 한다.

- ㉞ 유효길이계수 k 를 구하기 위한 예비설계자료로는 <그림 10.6.1>의

Jackson and Moreland Alignment Chart가 있다. 이 도표는 다경간 구조물에서 일정단면을 갖는 기둥에 대하여 k 를 도표로 결정하는 것이다.

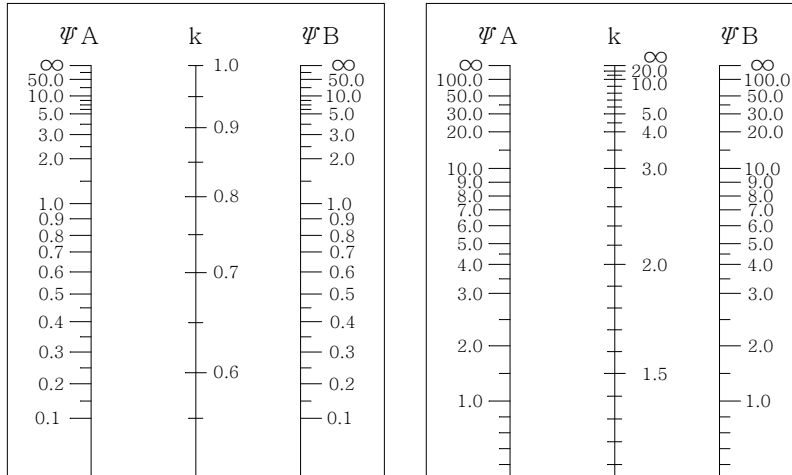


그림 10.6.1 Jackson and Moreland Alignment Chart

<그림 10.6.1>에서,

Ψ = 압축부재의 한 단부의 평면에서, 휨부재의 $\sum(EI/I)_b$ 에 대한 압축부재의 $\sum(EI/I)_c$ 의 비. Ψ_A 와 Ψ_B 는 기둥의 각 단부에서의 Ψ 값을 의미한다.

I = 절점의 중심간 거리로 측정된 휨부재의 경간길이

㉔ 유효길이계수 k 를 구하기 위해 간편식을 사용할 수도 있다.

㉕ 횡구속된 압축부재에 대한 유효길이계수의 상한치로서 <식 (10.6.15)>과 <식 (10.6.16)> 중 더 작은 값을 취하여야 한다.

$$k = 0.7 + 0.05(\Psi_A + \Psi_B) \leq 1.0 \quad (10.6.15)$$

$$k = 0.85 + 0.05\Psi_{\min} \leq 1.0 \quad (10.6.16)$$

여기서, Ψ_A, Ψ_B = 기둥의 각 단부에서의 Ψ 값

$\Psi_{\min}$ = Ψ_A 와 Ψ_B 중 더 작은 값

㉖ 양단 비횡구속 압축부재에 대한 유효길이는 <식 (10.6.17)>와 <식

(10.6.18)으로 구할 수 있다.

$\Psi_m < 2$ 에 대하여,

$$k = \frac{20 - \Psi_m}{20} \sqrt{1 + \Psi_m} \quad (10.6.17)$$

$\Psi_m \geq 2$ 에 대하여,

$$k = 0.9 \sqrt{1 + \Psi_m} \quad (10.6.18)$$

여기서, Ψ_m = 압축부재 양단에서의 Ψ 값의 평균치

㉔ 한 끝단이 힌지인 비횡구속 압축부재에 대한 유효길이계수는 <식 (10.6.19)>로 구할 수 있다.

$$k = 2.0 + 0.3\Psi \quad (10.6.19)$$

여기서, Ψ = 구속된 끝단에서의 Ψ 값

바. 장주효과의 고려

$\frac{kl_u}{r}$ 의 값에 따라 <표 10.6.2>와 같이 장주효과를 고려할 수 있다.

표 10.6.2 kl_u/r 값에 따른 장주효과의 고려

비횡구속골조		횡구속골조
$\frac{kl_u}{r} < 22$	장주효과 무시	$\frac{kl_u}{r} \leq 34 - 12(M_1/M_2)$
$22 \leq \frac{kl_u}{r} \leq 100$	$P-\Delta$ 효과를 고려한 근사방법 사용	$34 - 12(M_1/M_2) \leq \frac{kl_u}{r} \leq 100$
$\frac{kl_u}{r} > 100$	$P-\Delta$ 해석	$\frac{kl_u}{r} > 100$

주) ① 위에서 $M_1/M_2 \geq -0.5$ 이라야 한다. 기둥이 단일곡률로 휘는 경우, M_1/M_2 는 정(+)의 값을 갖는다.

② $\frac{kl_u}{r}$ 의 값이 100을 초과하는 모든 압축부재에 대해서는 「10.6.5 (4) ① 가. 항」에 따라 $P-\Delta$ 해석을 하여야 한다. 그러나 그보다 작은 세장비에 대

해서도 「10.6.5 (4) ① 가.항」의 적용은 가능하다.

③ 횡구속골조의 확대모멘트

가. 횡구속골조의 경우에는 압축부재는 계수축하중 P_u 와 부재곡률의 영향을 고려한 <식 (10.6.20)>의 확대 모멘트 M_c 를 사용하여 설계하여야 한다.

$$M_c = \delta_{ns} M_2 \quad (10.6.20)$$

나. 여기서, M_2 는 기둥의 상·하부 단모멘트 중 큰 값으로서 $P_u(15+0.03h)$ 보다는 커야하며, 15와 h 는 mm단위이다. 만일 계산된 단모멘트 M_2 가 매우 작거나 0이 나오면, 기둥의 설계는 최소모멘트 $M_{2,min} = P_u(15+0.03h)$ 에 따라야 한다. 그리고 δ_{ns} 는 횡구속골조구조에서 압축부재의 양단사이의 부재곡률의 영향을 반영한 모멘트 확대 계수이다.

$$\delta_{ns} = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{\phi_k P_c}} \geq 1.0 \quad (10.6.21)$$

$$P_c = \frac{\pi^2 EI}{(kl_u)^2} \quad (10.6.22)$$

다. 임계하중 P_c 를 정의할 때 중요한 문제는 균열이나 크리프, 콘크리트의 응력-변형률 곡선의 비선형성으로 인한 강성의 변화를 합리적으로 근사화한 휨강성 EI 를 선택하는 것이다. 매우 정확한 해석을 위한 경우가 아니라면 EI 값은 <식 (10.6.23)>과 <식 (10.6.24)>를 이용하여도 좋다.

$$EI = \frac{(0.2E_c I_g + E_s I_s)}{1 + \beta_d} \quad (10.6.23)$$

$$EI = \frac{0.4 E_c I_g}{1 + \beta_d} \quad (10.6.24)$$

라. <식 (10.6.23)>는 <식 (10.6.24)>을 근사화한 것으로, $\beta_d = 0.6$ 으로 가정하여 $EI = 0.25 E_c I_g$ 로 사용할 수도 있다. <식 (10.6.23)>과 <식 (10.6.24)>는 모두 실제의 단면특성 EI 의 하한값을 근사화한 것이기 때문에 상당히 보수적인 값이라고 할 수 있다. 지속하중과 콘크리트의 크리프 현상이 있는 철근콘크리트 기둥에서 콘크리트가 받는 하중의 일정량은 철근으로 전달되어 철근의 응력이 증가하게 된다. 과소철근보에서는 이러한 하중의 전달이 압축철근의 항복을 성급하게 유도하여 결과적으로 EI 의 유효값을 감소시킨다. 이러한 점을 고려하여 EI 를 $(1 + \beta_d)$ 로 나누는데, 횡방향 지지된 경우의 β_d 는 전체계수 축하중에 대한 최대계수 축방향 고정하중의 비로 정의된다.

마. C_m 은 등가모멘트 수정계수로서 <식 (10.6.25)>을 따라야 한다.

$$\begin{aligned} C_m &= 0.6 + 0.4 \frac{M_1}{M_2} \geq 0.4 \quad (\text{횡하중이 없는 경우}) \\ &= 1.0 \quad (\text{횡하중이 있는 경우}) \end{aligned} \quad (10.6.25)$$

④ 비횡구속골조의 확대모멘트

가. 장주효과를 고려할 필요가 있는 경우, 각 압축부재의 단모멘트 M_1 과 M_2 는 <식 (10.6.26)>과 <식 (10.6.27)>와 같이 취하여야 한다. 즉 기둥의 각 단부에서 확대된 횡변위가 가능한 모멘트 $\delta_s M_s$ 가 확대되지 않은 횡변위가 방지된 모멘트 M_{ns} 에 더해진다.

$$M_1 = M_{1ns} + \delta_s M_{1s} \quad (10.6.26)$$

$$M_2 = M_{2ns} + \delta_s M_{2s} \quad (10.6.27)$$

나. 횡변위 방지 모멘트 M_{1ns} 와 M_{2ns} 는 선형탄성해석을 통하여 계산하여야 한다.

다. 확대된 횡변위 가능 모멘트 $\delta_s M_s$ 는 다음 방법 중 택해서 구하여야 한다.

㉠ 2차 탄성 골조구조 해석(「10.6.5 (4) ① 가.항」 참조)

㉡ $\delta_s M_s$ 를 근사적인 2차해석에 의하면

$$\delta_s M_s = \frac{M_s}{1-Q} \geq M_s \quad (10.6.28)$$

여기서, Q는 「10.6.5 (4) ② 라.항」에 의하여야 한다. 위 방법에 의하면 δ_s 가 1.5이하인 경우는 횡변위 지지되지 않은 구조물에서 2차 모멘트를 매우 근사하게 예측하여야 한다. 그러나 δ_s 가 1.5를 초과하는 경우 $\delta_s M_s$ 는 「㉠항 또는 ㉡항」의 방법에 따라야 한다.

㉢ 근사적인 확대계수법

$$\delta_s M_s = \frac{M_s}{1 - \frac{\sum P_u}{\phi_k \sum P_c}} \geq M_s \quad (10.6.29)$$

여기서, $\sum P_u$: 해당 층의 모든 수직하중의 합

$\sum P_c$: 해당 층의 횡변위를 지지하는 기둥들의 임계하중의 합

$$P_c = \frac{\pi^2 EI}{(kl_u)^2}$$

$$EI = \frac{(0.2E_c I_g + E_s I_{se})}{1 + \beta_d} \quad \text{또는} \quad EI = \frac{0.4E_c I_g}{1 + \beta_d} \text{를 사용하여}$$

야 한다.

㉣ 유효길이계수 k 는 1.0보다 커야하며, <표 10.6.1>에 주어진 E 와 I 값에 의존하여야 한다. β_d 는 횡변위가 구속된 경우와 구속되지 않은 경우가 서로 다르다. 횡변위가 구속되지 않은 경우에는 해당

층의 전체 계수전단력에 대한 해당 층의 최대 계수지속전단력의 비라고 정의된다. 따라서 풍하중이나 지진하중과 같은 단기하중에 대해서는 $\beta_d=0$ 이며, 횡하중이 지속되는 경우에 대해서는 β_d 는 0이 아니다.

라. 부재 끝단의 확대되지 않은 횡변위 구속 모멘트가 같은 위치의 확대된 횡변위 가능 모멘트에 더해진다. 일반적으로 그 결과 나타나는 단모멘트 중 하나가 기둥의 최대모멘트가 된다. 그러나 높은 축력을 받는 가는 기둥(slender column)에서는 최대모멘트 발생 위치가 양 단의 사이에 있어서 단모멘트가 더 이상 최대모멘트가 아니다. 만일 I_u/r 가 <식 (10.6.30)>에 주어진 값을 초과하면 최대모멘트는 기둥의 양단사이에서 발생할 것이고 최대단모멘트를 5%이상 초과할 것이다.

$$\frac{I_u}{r} > \frac{35}{\sqrt{P_u/(f_{ck}A_g)}} \quad (10.6.30)$$

그런 경우, 기둥은 계수축하중 P_u 와 「10.6.5 (4) ③항」의 모멘트 M_c 에 대하여 설계된다. 최대모멘트는 <식 (10.6.20)>을 이용한 단모멘트를 확장함으로서 계산될 것이다.

$$M_c = \delta_s M_2 \quad (10.6.31)$$

$$= \left(\frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{0.75P_c}} \right) (M_{2ns} + \delta_s M_{2s})$$

k 는 「10.6.5 (4) ② 마.항」에 따르며, δ_{ns} 는 1.0 이상이다.

마. 연직하중 하에서의 횡방향의 안정성에 대한 검토는 다음의 세 경우에 대하여 실시하여야 한다.

㉔ <표 10.6.1>의 부재 강성에 의한 2차해석을 이용하여 $\delta_s M_s$ 가 계

산된 경우, $1.4P_D + 2.0P_L + \text{횡하중}$ 에 대하여, $\frac{2\text{차 횡방향처짐}}{1\text{차 횡방향처짐}} \leq 2.5$ 라야 한다.

㉞ <식 (10.6.28)>에 의하여 $\delta_s M_s$ 가 계산된 경우, $1.4P_D + 2.0P_L$ 에 대하여,

$$Q = \frac{\sum P_u \Delta_o}{V_u I_c} \leq 0.6 \text{ 라야 한다.}$$

㉟ <식 (10.6.29)>에 의하여 $\delta_s M_s$ 가 계산된 경우,

δ_s 가 $1.4P_D + 2.0P_L$ 에 상응하는 $\sum P_u$ 와 $\sum P_c$ 를 이용하여 계산되었을 때, $0 < \delta_s \leq 2.5$ 라야 한다.

10.6.6 전단에 대한 설계

(1) 전단강도

① 전단을 받는 단면의 설계는 <식 (10.6.32)>에 의하여야 한다.

$$V_u \leq \phi V_n \quad (10.6.32)$$

② 여기서 V_u 는 해당 단면에서의 계수전단력(하중계수를 곱한 전단력)이며, V_n 은 <식 (10.6.33)>에 의해 계산되는 공칭 전단강도이다.

$$V_n = V_c + V_s \quad (10.6.33)$$

③ 여기서 V_c 는 「10.6.6 (2)항」에 따라 콘크리트가 부담하는 공칭전단강도이며, V_s 는 「10.6.6 (3)항」에 따른 전단철근이 부담하는 공칭전단강도이다. 그리고 전단에 대한 콘크리트의 기여를 계산할 때, 전단과 비틀림 사이의 관계는 고려치 않는다.

④ 작용전단력 방향으로의 지지반력이 부재의 단부를 압축하는 경우에는 받침부 내면에서 d 거리 이내에 위치한 단면은 d 거리에서 구한 것과 동일한 전단력 V_u 에 대해 설계하여도 좋다. 다만 집중하중이 받침부 내면과 d 거리 사이에 작용하는 경우는 예외이며, 이 경우 d 거리

내의 단면은 d 거리에서의 전단력에 집중하중을 더한 전단력에 대해 설계되어야 한다.

(2) 콘크리트가 부담하는 전단강도

- ① 보, 슬래브 및 확대기초에서의 전단과 휨만을 받는 부재에 대해서는 <식 10.6.34>이나 <식 10.6.35>에 의해 V_c 를 계산하여야 한다.

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_{ck}} b_w d \quad (10.6.34)$$

또는

$$V_c = \left(0.16 \sqrt{f_{ck}} + 17.6 \rho_w \frac{V_u d}{M_u} \right) b_w d \quad (10.6.35)$$

여기서 b_w 은 복부의 폭, d 는 압축측 연단에서 종방향 인장철근 중심까지의 거리, $\rho_w = A_s / b_w d$ 이다. 원형 단면에서 b_w 는 지름이 되고 d 는 압축측 연단에서 반대측 반원에 있는 종방향 철근의 중심까지의 거리보다 작을 필요는 없다. 복부의 폭이 높이에 따라 변하는 경우에 b_w 는 폭의 평균치와 최소폭의 1.2배의 값 중에서 작은 값을 취하여야 한다. <식 10.6.35>에서 M_u 와 V_u 는 고려단면에서 동시에 발생하는 계수단면력으로 $V_u d / M_u$ 의 값이 1.0보다 커서는 안 되며, V_c 의 값은 $0.30 \sqrt{f_{ck}} b_w d$ 보다 커서는 안 된다.

- ② 압축부재에서의 전단 - 축방향 압축력을 받는 부재에 대해서는 <식 10.6.36>나 <식 (10.6.34)>에 의해 V_c 를 계산하여도 좋다.

$$V_c = \frac{1}{6} \left(1 + \frac{N_u}{14 A_g} \right) \sqrt{f_{ck}} b_w d \quad (10.6.36)$$

여기서, N_u 는 V_u 가 발생하는 단면에 수직한 계수 축방향하중으로서 압축일 때 정(+)의 값이며, N_u / A_g 의 단위는 MPa 이다.

- ③ 인장부재에서의 전단 - 축방향 인장력을 받는 부재에 대해서는 <식 (10.6.37)>을 사용하여 좀 더 상세한 계산을 하지 않을 경우에는 전단철근이 총 전단력을 받도록 설계하여야 한다.

$$V_c = \frac{1}{6} \left(1 + \frac{N_u}{3.5A_g} \right) \sqrt{f_{ck}} b_w d \quad (10.6.37)$$

여기서, N_u 는 인장일 때 부(-)의 값이며, N_u/A_g 의 단위는 MPa 이다.

- ④ 경량 콘크리트의 전단 - 콘크리트의 전단강도 V_c 에 대한 규정은 보통 콘크리트에 적용된다. 경량 콘크리트가 사용되는 경우에는 다음 중 한 방법이 적용되어야 한다.

가. 경량콘크리트의 평균조깅인장강도 f_{ct} 의 값이 명시되어 있는 경우에는 V_c 에 대한 규정은 $\sqrt{f_{ck}}$ 을 $1.76f_{ct}$ 로 대체하되, $1.76f_{ct}$ 의 값은 $\sqrt{f_{ck}}$ 을 초과할 수 없다.

나. f_{ct} 가 규정되어 있지 않은 경우, V_c 와 M_{cr} 에 영향을 주는 모든 $\sqrt{f_{ck}}$ 의 값은 전경량 콘크리트에 대해서 0.75, 모래경량 콘크리트에 대해서 0.85를 곱하여야 한다. 일부의 모래만이 치환된 경우는 직선보간법을 사용할 수 있다.

(3) 전단철근이 부담하는 전단강도

- ① 전단철근은 다음과 같이 구성될 수 있다.

가. 부재의 축에 직각이거나 주인장철근에 45°이상의 경사로 설치되는 스티럽

나. 부재의 축에 직각으로 배치된 용접강선망

다. 주인장철근에 30°이상의 경사로 구부린 굽힘철근

라. 나선철근, 띠철근

- ② 전단철근의 설계항복강도는 400MPa 을 초과할 수 없다. 그러나 이형 용접강선망을 사용할 때는 500MPa 까지 사용해도 좋다.

- ③ 전단철근의 정착전단철근으로 사용된 스티럽, 기타 철근이나 강선은 압축연단에서 d 거리까지 연장되어야 하며, 항복강도를 발휘할 수 있도록 「10.5.5항」에 따라 양단이 정착되어야 한다.

- ④ 전단철근의 간격제한

가. 부재축에 직각으로 배치된 전단철근의 가격은, 철근콘크리트 부재

일 경우는 $d/2$ 이하, 프리스트레스트 콘크리트 부재일 경우는 $0.75h$ 이하이어야 하고, 또 어느 경우이든 600mm 이하로 하여야 한다.

나. 경사스터럽과 굽힘철근은 부재의 중간높이인 $0.5d$ 에서 반력점 방향으로 주인장철근까지 연장된 45° 선과 한번 이상 교차되도록 배치하여야 한다.

다. V_f 가 $(\sqrt{f_{ck}/3})b_w d$ 를 초과하는 경우에 위 「(1), (2)」에서 규정된 최대 간격을 절반으로 감소시켜야 한다.

⑤ 최소전단철근

가. 계수전단력 V_u 가 콘크리트에 의한 설계전단강도 ϕV_c 의 1/2을 초과하는 모든 철근콘크리트 휨부재(프리스트레스트 콘크리트 휨부재도 포함)에는 다음의 경우를 제외하고 최소전단철근을 배치하여야 한다.

㉠ 슬래브와 기초판

㉡ 콘크리트 장선구조

㉢ 전체 깊이가 250mm 이하이거나 I형보, T형보에서 그 깊이가 플랜지 두께의 2.5배 또는 복부폭의 1/2 중 큰 값 이하인 보

㉣ 교대 벽체 및 날개벽, 옹벽의 벽체, 암거 등과 같이 휨이 주거동인 판 부재

나. 전단철근이 없어도 계수휨모멘트와 계수전단력에 저항할 수 있다는 것을 실험에 의해 확인할 수 있다면 「가.항」을 적용하지 않을 수 있다.

다. 「가.항」 또는 강도 요구조건에 의해 전단철근이 필요하고, 「10.6.7 항」에 의해 비틀림을 고려하지 않아도 되는 곳의 최소 전단철근량은 프리스트레스트 콘크리트 부재나 철근콘크리트 부재의 경우 <식 (10.6.38)>에 따라 산정하여야 한다.

$$A_{u, \min} = 0.0625 \sqrt{f_{ck} \frac{b_w s}{f_{yt}}} \quad (10.6.38)$$

그러나 최소 전단철근량은 $0.35b_ws/f_{yt}$ 보다 작지 않아야 한다. 여기서, b_w 와 s 의 단위는 mm이다.

⑥ 전단철근의 설계

가. 계수전단력 V_u 가 전단강도 ϕV_c 를 초과하는 곳에는 <식 (10.6.32)> 및 <식 (10.6.33)>이 만족되게 전단철근을 두어야 하며, 전단강도 V_s 는 다음 「나.항」에서 「아.항」까지의 규정에 따라 계산하여야 한다.

나. 부재축에 직각인 전단철근을 사용하는 경우에는 <식 (10.6.39)>에 따라야 한다.

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{s} \quad (10.6.39)$$

여기서, A_v : s 거리 내의 전단철근의 단면적

다. 경사스터럽이 사용되는 경우에는 <식 (10.6.40)>에 따라야 한다.

$$V_s = \frac{A_v f_y (\sin \alpha + \cos \alpha) d}{s} \quad (10.6.40)$$

라. 1개의 굽힘철근 또는 지점에서부터 모두 같은 거리에서 구부러진 평행한 1조의 철근으로 된 경우에는 <식 (10.6.41)>과 같다.

$$V_s = A_v f_y \sin \alpha \leq 0.25 \sqrt{f_{ck}} b_w d \quad (10.6.41)$$

여기서, α 는 굽힘철근과 부재축의 사이각

마. 지점에서부터 서로 다른 거리에서 구부러진 일련의 평행한 굽힘철근 또는 여러 조의 평행한 철근으로 된 경우에는 <식 (10.6.40)>에 따라야 한다.

바. 종방향철근을 구부려 전단철근으로 사용할 경우 그 경사길이의 중앙 3/4만이 유효하다고 보아야 한다.

사. 여러 종류의 전단철근이 부재의 같은 부분을 보강하기 위해 사용되

는 경우의 전단강도 V_s 는 각 종류별로 구한 V_s 를 합한 것이라야 한다. 여기서 어느 한 종류에 의한 저항이 전체 전단저항의 2/3를 넘을 수는 없다. 이 때 V_c 는 단 한 번만 포함되어야 한다.

아. 전단강도 V_s 는 $2/3\sqrt{f_{ck}}b_wd$ 를 초과할 수 없다.

(4) 전단마찰

- ① 이 규정은 해당되는 면에서 전단전달을 고려해야 하는 것이 적절한 경우에 적용된다. 이러한 면은 균열이 발생하거나 발생할 가능성이 있는 면, 서로 다른 재료간의 접촉면 또는 서로 다른 시기에 친 콘크리트 사이의 접촉면이다.
- ② 「①항」에서 기술된 전단전달을 받는 단면의 설계는 <식 (10.6.32)>에 기초를 두어야 하며, 이때 전단강도 V_n 은 「③항」이나 「④항」에 따라 계산하여야 한다.
- ③ 균열은 해당 전단면(shear plane)에 걸쳐 발생한다고 가정하여야 한다. 이 전단면상의 소요 전단마찰 철근단면적 A_{vf} 는 다음 「④항」에 따라 계산하거나 그 외의 전단전달 설계방법을 사용하여 계산하여도 좋으나, 이 때는 강도가 포괄적인 실험결과와 실질적으로 일치하여야 한다. 전단전달 강도의 모든 계산은 「10.6.6 (4) ④항」의 규정을 적용하여야 한다.
- ④ 전단마찰 설계방법
 - 가. 전단마찰철근이 전단면에 수직인 경우, 전단강도 V_n 은 <식 (10.6.42)>으로 계산하여야 한다.

$$V_n = A_{vf}f_y\mu \quad (10.6.42)$$

여기서, μ 는 「다. 항」에 규정된 마찰계수이다.

- 나. 전단철근이 전단면과 경사를 이룰 경우, 전단력은 전단마찰철근에 인장이 일어나게 하며 이 때의 전단강도 V_n 은 <식 (10.6.43)>로 구하여야 한다.

$$V_n = A_v f_y (\mu \sin \alpha_f + \cos \alpha_f) \quad (10.6.43)$$

여기서, α_f 는 전단마찰철근과 전단면사이의 각이다.

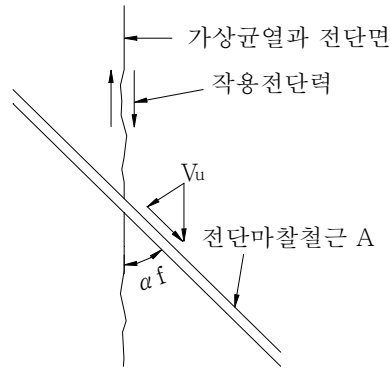


그림 10.6.2 균열과 전단마찰철근

다. <식 (10.6.41)> 및 <식 (10.6.42)>에서 마찰계수 μ 는 다음과 같다.

- ㉓ 일체로 친 콘크리트 1.4λ
- ㉔ 「10.6.6 (4) ④ 사.항」에 따라 일부러 표면을 거칠게 만든 굳은 콘크리트에 새로 친 콘크리트 1.0λ
- ㉕ 일부러 거칠게 하지 않는 굳은 콘크리트에 새로 친 콘크리트 0.6λ
- ㉖ 연결봉(headed stud)에 의하거나 철근에 의해 구조강에 정착된 콘크리트(「10.6.6 (4) ④ 아.항」참조) 0.7λ

여기서, λ 는 보통 콘크리트에 대해서는 1.0, 모래 경량 콘크리트에 대해서는 0.85, 전 경량 콘크리트에 대해서는 0.75이다. 일부의 모래만이 대치된 경우에는 직선보간법을 적용하여도 좋다.

라. 전단강도 V_n 은 $0.2 f_{ck} A_c$ 또는 $5.6 A_c$ (단위는 N) 이하라야 하며, 여기서 A_c 는 전단전달에 저항하는 콘크리트의 단면적이다.

마. 전단면상의 순인장에 저항하기 위해서는 철근을 추가로 두어야 한다. 소요 A_v 를 계산할 때 전단면상의 영구적인 순압축력을 전단

마찰철근의 힘 $A_v f_y$ 와 합하여도 좋다.

바. 전단마찰철근은 전단면에 걸쳐 적절하게 두어야 한다. 이 철근은 양측을 매입하거나 갈고리에 의하거나 특수장치에 용접하여 지정된 항복강도를 발휘할 수 있도록 정착되어야 한다.

사. 「10.6.6 (4) ④ 다 ㉔.항」의 규정이 효과적이 되기 위해서는 이미 굳은 콘크리트에 새로 콘크리트를 칠 때 전단전달을 위한 접촉면이 깨끗하고 레이턴스가 없어야 한다. μ 가 1.0 λ 와 같다고 가정하는 경우의 접촉면은 그 요철의 크기가 대략 6mm정도 되게 거칠게 만들어야 한다.

아. 연결봉을 사용하거나 철근을 용접하여 구조강과 콘크리트 사이에서 전단이 전달되는 경우에는 구조강은 깨끗하고 페인트가 없어야 한다.

(5) 합성휨부재의 수평전단강도

- ① 합성부재에서는 수평전단력이 상호 연결된 요소들의 접촉면에서 충분히 전달되는지 여부를 확인하여야 한다.
- ② 수평전단력을 받는 단면의 설계는 아래 「③항」이나 「④항」의 규정에 따르거나 또는 그 외의 전단전달 설계방법을 따라도 좋으며, 이때는 강도가 포괄적인 실험결과와 실질적으로 일치하여야 한다.
- ③ 단면의 설계는 <식 (10.6.44)>에 기초를 둘 수 있다.

$$V_u \leq \phi V_{nh} \quad (10.6.44)$$

여기서, V_u 는 고려되는 단면에서의 계수전단력이고, V_{nh} 는 공칭 수평전단강도로서 다음과 같이 규정된다.

가. 접촉면이 청결하고, 부유물이 없으며 일부러 거칠게 만들어진 경우, 전단강도 V_{nh} 는 $0.56b_v d (N)$ 보다 크게 취할 수 없다. 여기서 b_v 는 수평전단에 대해 조사되는 접촉면에서의 단면폭(mm)이며 d 는 총 합성단면에 대한 것이다.

나. 「10.6.6 (4) ④ 다.항」에 규정된 최소전단연결재가 있고, 접촉면이

청결하고 부유물이 없으나 표면이 일부러 거칠게 만들어지지 않은 경우, 전단강도 V_{nh} 는 $0.56 b_v d(N)$ 보다 크게 취할 수 없다.

다. 「10.6.6 (4) ④ 다.항」에 규정된 최소전단연결재가 있고, 접촉면이 청결하고 부유물이 없으며 표면이 대략 7mm 깊이로 일부러 거칠게 만들어진 경우, 전단강도 V_{nh} 는 $2.45 b_v d(N)$ 보다 크게 취할 수 없다.

라. 수평전단력은 합성부재의 임의 요소에서의 압축력이나 인장력의 실제 변화량을 계산함으로써 구할 수 있으며, 이러한 힘은 이를 지지하는 요소에 수평전단력으로 전달할 수 있도록 조치되어야 한다. 계수수평전단력은 「10.6.6 (5) ①항~④항」에 규정된 수평전단강도 ϕV_{nh} 를 초과해서는 안 된다. 이때, $b_v d$ 대신에 접촉면적 A_c 를 사용하여야 한다. 상호 연결된 요소사이에 접촉면을 가로질러 인장력이 존재할 경우에는 최소의 전단연결재가 「10.6.6 (5) ⑤항」에 따라 배치된 경우에만 접촉에 의한 전단전달을 허용하여야 한다. 접촉면을 통과하는 철근 중 「10.6.6 (5) ⑤항」에 규정된 최소량을 초과하는 철근량의 매 %당 전단강도 V_{nh} 를 $0.004 b_v d$ 씩 증가시켜도 좋다.

마. 고려하는 단면에서의 계수전단력 V_u 가 $\phi(2.45 b_v d)$ 를 초과하는 경우, 수평전단에 대한 설계는 「10.6.6 (4)항」의 전단마찰규정에 따라야 한다.

④ 수평전단에 대한 연결재

가. 연결재가 요구될 경우에는 연결재를 상호 연결된 요소사이에 두어야 하며, 이 연결재의 단면적은 $0.35 b_v s / f_y$ 보다 적어서는 안 된다. 또한 연결재의 간격 s 는 지지요소의 복부의 최소폭의 4배 이하, 600mm이하라야 한다.

나. 수평전단에 대한 연결재로는 단일철근이나 철선, 다중스터립 또는 용접강선망의 연직각부 등이 사용될 수 있다. 이러한 연결재는 모두 문힘길이나 갈고리로 상호 연결된 요소 내에 충분히 정착되어야 한다.

다. 보의 전단철근은 모두 현장치기 바닥 슬래브내로 연장되어야 한다.
연장된 전단철근이 연결재의 최소량을 충족시키는데 사용되어도 좋다.

(6) 슬래브와 확대기초의 전단

- ① 집중하중이나 반력 부근에서의 슬래브와 확대기초의 전단강도는 다음 두 가지 조건 중 불리한 것에 의해 결정된다.

가. 슬래브 또는 확대기초가 폭이 넓은 보처럼 작용함으로써 위험단면이 집중하중이나 반력지점에서 d 거리에 위치하고 전체 폭에 걸친 평면에 연장되는 경우에는 「10.6.6 (1)항」에서 「10.6.6 (3)항」까지의 규정에 따라 설계하여야 한다. 그러나 말뚝으로 지지된 확대기초에서는 위험단면의 전단력은 「10.4.6 (4)항」에 따라 결정되어야 한다.

나. 슬래브 또는 확대기초가 2방향 슬래브로 작용함으로써 슬래브의 면에 수직한 위험단면이 집중하중이나 반력을 받는 면적의 주위에 걸쳐 연장되는 경우에는 슬래브 또는 확대기초는 「②항」과 「③항」에 따라 설계하여야 한다. 이 때 둘레길이 b_p 는 최소로 되어야 하나, 집중하중이나 반력구역의 주변에서 $d/2$ 보다 가까이 위치시킬 필요는 없다.

- ② 2방향으로 작용하는 슬래브 또는 확대기초의 설계는 <식 (10.6.32)>에 기초를 두어야 한다. 콘크리트에 의한 공칭전단강도 V_c 는 ③ 또는 $(\sqrt{f_{ck}}/6)b_o d$ 이하이어야 하고, 전단철근에 의한 공칭전단강도 V_s 는 「10.6.6 (3)항」에 따라 구해야 한다. 아래 「③항」에 따라 전단철근을 두지 않는 한 <식 (10.6.39)>에서 A_v 는 전단위험단면에 따라 배치된 모든 전단철근의 단면적이다.
- ③ 철근콘크리트 슬래브와 확대기초판에 대한 공칭강도 V_c 는 <식 (10.6.45)>에 의해 구한 값 중 가장 작은 값으로 하여야 한다.

$$V_c = \frac{1}{6} \left(1 + \frac{2}{\beta_c} \right) \sqrt{f_{ck}} b_o d \quad (10.6.45.a)$$

$$V_c = \frac{1}{6} \left(1 + \frac{a_s d}{2 b_o} \right) \sqrt{f_{ck}} b_o d \quad (10.6.45.b)$$

$$V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f_{ck}} b_o d \quad (10.6.45.c)$$

여기서,

β_c : 집중하중이나 반력을 받는 면적의 긴 변의 짧은 변에 대한 비

b_p : 「10.6.6 (6) ① 나.항」에서 정의되는 위험단면의 둘레길이

a_s : 내부 기둥에 대해서 40, 외부기둥(모서리기둥 제외)에 대해서 30, 모서리기둥에 대해서 20이다.

④ 철근이나 철선으로 구성되는 전단보강 철근은 다음 규정에 따라 슬래브와 확대기초에 사용될 수 있다.

가. 전단강도 V_n 은 <식 (10.6.33)>에 의해 계산되어야 하며, V_c 는 아래

「라.항」에 따르고 전단강도 V_s 는 아래 「마.항」에 따라야 한다.

나. 전단강도는 「10.6.6 (6) ① 나.항」에서 정의되는 위험단면과 지점에서 좀 떨어진 축차적인 단면에서 검사되어야 한다.

다. 전단강도 V_n 은 $0.5 \sqrt{f_{ck}} b_p d$ 이하라야 한다. 여기서 b_p 는 「10.6.6 (6) ① 나.항」에서 정의되는 위험단면의 둘레길이이다.

라. 전단강도 V_c 는 어느 단면에서나 $\frac{1}{6} \sqrt{f_{ck}} b_p d$ 이하라야 한다. 여기서 b_p 는 「10.6.6 (6) ① 나.항」에서 정의되는 위험단면의 둘레길이이다.

마. 계수전단력 V_u 가 위 라. 에서 규정된 전단강도 ϕV_c 를 초과하는 경우에는 소요 전단철근 단면적 A_v 와 전단강도 V_s 는 「10.6.6 (3) 항」에 따라 계산되어야 한다.

(7) 박스형 암거슬래브의 전단

① 박스형 암거슬래브의 전단강도 V_c 는 그 위에 채움흙 높이가 60mm 이상의 경우 <식 (10.6.46)>에 의해 계산해도 좋다.

$$V_c = \left(0.178 \sqrt{f_{ck}} + 32.4 \frac{\rho V_u d}{M_u} \right) b d \quad (10.6.46)$$

- ② 그러나 V_c 는 $\frac{1}{3} \sqrt{f_{ck}} bd$ 를 초과할 수 없다. 다만, 단일 사각형 암거에 대해서만은 벽체와 일체로 된 슬래브의 V_c 는 $0.25 \sqrt{f_{ck}} bd$ 보다 작게 취할 필요는 없으며, 또 단순지지된 슬래브의 V_c 는 $0.20 \sqrt{f_{ck}} bd$ 보다 작게 취할 필요는 없다. M_u 와 V_u 는 고려되는 단면에서 동시에 발생하는 계수단면력으로서 $V_u d / M_u$ 의 값은 1.0보다 크게 취하여서는 안 된다.

(8) 브래킷 및 내민받침의 전단

- ① 「10.6.6 (8)항」의 규정은 전단지간-깊이의 비 a_v/d 가 1.0이하이고, V_u 보다 크지 않은 수평인장력 N_{uc} 를 받는 브래킷 및 내민받침에 적용하여야 한다. 깊이 d 는 받침부의 면에서 측정한 값이다.
- ② 지압면의 외단에서의 깊이는 적어도 $0.5d$ 이상으로 하여야 한다.
- ③ 받침부면의 단면은 전단력 V_u , 모멘트 $[V_u a_v + N_{uc}(h - d)]$ 및 수평인장력 N_{uc} 를 동시에 견디도록 설계하여야 한다. h 는 받침부 면의 총높이 이다.

가. 「10.6.6 (8)항」에 따른 모든 설계 계산에서는 강도감소계수 ϕ 는 0.80로 취하여야 한다.

나. 전단력 V_u 를 저항할 전단마찰철근 A_{vf} 의 설계는 「10.6.6 (4)항」에 따라야 한다. 보통 콘크리트에 대해서는 전단강도 V_n 은 $0.2 f_{ck} b_w d$ 또는 $5.6 b_w d$ (N)보다 크게 취해서는 안 된다. 전 경량 콘크리트 또는 모래 경량 콘크리트에 대해서는 $(0.2 - 0.07 a_v/d) f_{ck} b_w d$ 또는 $(5.6 - 2.0 a_v/d) b_w d$ (N)보다 크게 취하여서는 안 된다.

다. 모멘트 $[V_u a_v + N_{uc}(h - d)]$ 에 저항할 철근 A_f 는 「10.6.3항 및 10.6.4항」에 따라 구하여야 한다.

라. 인장력 N_{uc} 에 저항할 철근 A_n 은 $N_{uc} \leq \phi A_n f_y$ 로부터 결정하여야 한다. 인장력 N_{uc} 는 인장력을 피하도록 특별한 규정이 마련되어 있지 않은 한 $0.2 V_u$ 보다 작게 취해서는 안된다. 인장력 N_{uc} 는 이 인장력

이 비록 크리프, 건조수축 또는 온도변화에 기인한 경우라도 활하중으로 간주하여야 한다.

마. 주인장철근의 단면적 A_s 는 $(A_f + A_n)$ 와 $(2A_w/3 + A_n)$ 중에서 큰 값 이상이어야 한다.

④ A_s 와 나란한 폐쇄스터럽이나 띠철근은 그 총단면적 A_b 가 $0.5(A_f - A_n)$ 이상이라야 하고 A_s 에 인접한 유효깊이의 $2/3$ 내에 균등하게 배치하여야 한다.

⑤ 철근비 $\rho_w = A_s/b_w d$ 는 $0.04(f_{ck}/f_y)$ 이상이라야 한다.

⑥ 브래킷 또는 내민받침의 전면에서 주인장철근 A_s 는 다음 방법 중 한 방법에 의해 정착되어야 한다.

가. 적어도 같은 크기의 횡방향철근에 구조적으로 용접되어야 하며, 이러한 용접은 주인장철근 A_s 의 명시된 항복강도를 발휘할 수 있게 설계되어야 한다.

나. 주인장철근이 수평갈고리 형태가 되도록 구부린다.

다. 그 외 확실한 정착방법을 사용하여야 한다.

⑦ 브래킷 또는 내민받침 상에 작용하는 하중의 지압면은 A_s 의 직선부분 보다 나와 있게 해서는 안되며, 또 횡방향철근이 사용된 경우에는 이 철근의 내측면보다 나와 있게 해서는 안 된다.

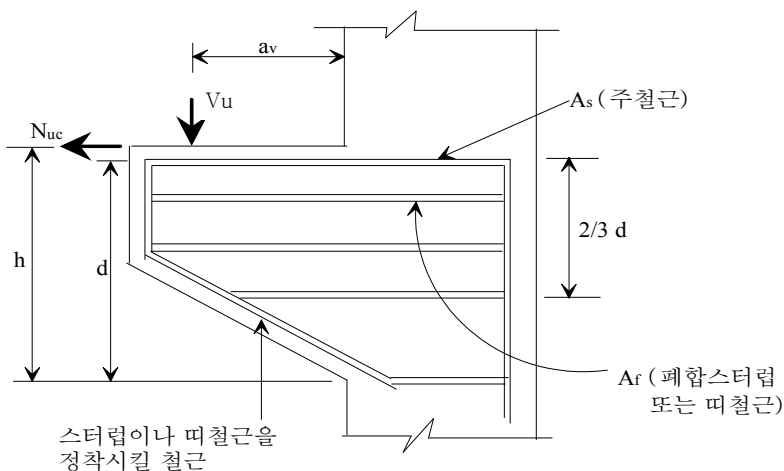


그림 10.6.3 브래킷 및 내민받침의 전단

(9) 깊은 보에 대한 전단설계

- ① 다음의 규정은 l_n 이 부재 깊이의 4배 이하이거나 하중이 받침부로부터 부재 깊이의 2배 거리 이내에 작용하고 하중의 작용점과 받침부가 서로 반대면에 있어 하중 작용점과 받침부 사이에 압축대가 형성될 수 있는 부재에 적용된다. 또한, 「10.5.5 (1) ⑤항」도 참고하여야 한다.
- ② 깊은 보는 「10.6.4 (2) ④항」에서 허용된 비선형해석 또는 스트럿-타이 모델 설계절차에 따라야 한다.
- ③ 깊은 보의 V_n 은 $(5\sqrt{f_{ck}}/6)b_w d$ 는 이하이어야 한다.
- ④ 휨인장철근과 직각인 수직전단철근의 단면적 A_v 는 $0.0025b_w s$ 이상으로 하여야 하며, s 는 $d/5$ 이하 또는 300mm이하라야 한다.
- ⑤ 휨인장철근과 평행한 수평전단철근의 단면적 A_{vh} 는 $0.0015b_o s_{vh}$ 이상으로 하여야 하며, s_h 는 $d/5$ 이하 또는 300mm이하라야 한다.
- ⑥ 「④, ⑤항」에 의한 최소철근 대신 스트럿-타이 모델 해석을 만족하는 철근을 배치할 수 있다.

10.6.7 비틀림에 대한 설계

- (1) 비틀림에 대한 설계는 박벽관(thin-walled tube), 즉, 공간 트러스 해석에 의하여야 한다. 비틀림을 받는 부재는 단면의 중앙부가 무시되는 박벽관으로 가정하여야 한다.(<그림 10.6.4> 참조)

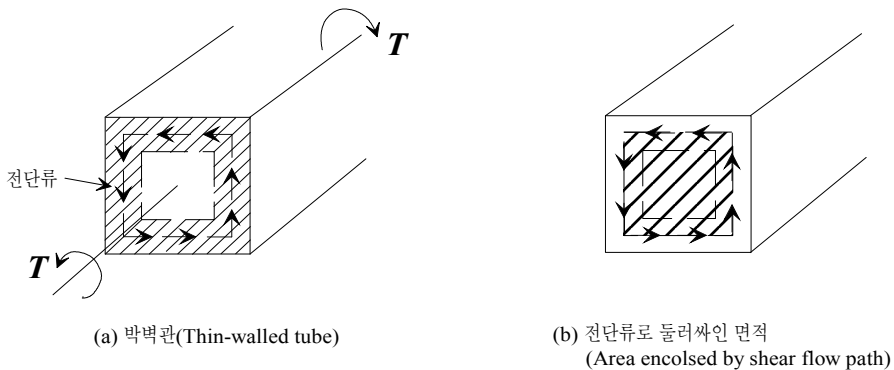


그림 10.6.4 박벽관(thin-walled tube)

(2) 비틀림이 고려되어야 하는 경우

① 비틀림은 계수 비틀림모멘트 T_u 가 $T_{cr}/4$ 보다 작은 경우 무시될 수

있다. T_{cr} 은 비틀림 균열모멘트로서 주인장응력이 $\frac{1}{3}\sqrt{f_{ck}}$ 에 도달할 때에 상응한다.

프리스트레싱되지 않은 부재의 비틀림 균열모멘트는 <식 10.6.47>과 같다.

$$T_{cr} = \frac{1}{3}\sqrt{f_{ck}} \frac{A_{cp}^2}{p_{cp}} \quad (10.6.47)$$

② 여기서, p_{cp} 는 전단면의 둘레의 길이이며 A_{cp} 는 콘크리트 단면의 바깥 둘레로 둘러싸인 단면적으로, 뚫린 단면에서는 뚫린 면적을 포함 하여야 한다.

프리스트레스트 부재의 비틀림 균열모멘트는 <식 (10.6.48)>와 같다.

$$T_{cr} = \frac{1}{3}\sqrt{f_{ck}} \frac{A_{cp}^2}{p_{cp}} \sqrt{1 + \frac{f_{pc}}{\frac{1}{3}\sqrt{f_{ck}}}} \quad (10.6.48)$$

③ 따라서 다음과 같은 경우는 비틀림에 대한 고려를 설계시 무시할 수 있다.

가. 프리스트레싱되지 않은 경우

$$T_u < \phi \frac{1}{12}\sqrt{f_{ck}} \frac{A_{cp}^2}{p_{cp}} \quad (10.6.49)$$

나. 프리스트레스트 콘크리트 부재의 경우

$$T_u < \phi \frac{1}{12}\sqrt{f_{ck}} \frac{A_{cp}^2}{p_{cp}} \sqrt{1 + \frac{f_{pc}}{\frac{1}{3}\sqrt{f_{ck}}}} \quad (10.6.50)$$

다. 축방향 인장 및 압축을 받는 철근콘크리트 부재의 경우

$$T_u < \phi \frac{1}{12} \sqrt{f_{ck}} \frac{A_{cp}^2}{p_{cp}} \sqrt{1 + \frac{N_u}{\frac{A_g}{3} \sqrt{f_{ck}}}} \quad (10.6.51)$$

④ 슬래브와 일체로 타설된 경우의 부재에서, A_{cp} 와 p_{cp} 를 계산할 때 필요한 내민 플랜지의 폭은 「10.8항」에 따라야 한다.

(3) 계수비틀림모멘트 - 계수비틀림모멘트 T_u 가 평형을 유지해야 하고, 「10.6.7 (1)항」의 최소값을 초과하면 부재는 비틀림모멘트에 저항하도록 설계되어야 한다.

① 내력의 재분배로 인해 비틀림모멘트의 감소가 발생할 수 있는 부정정 구조물의 경우, 최대 계수비틀림모멘트 T_u 는 다음과 같이 감소되어도 좋다.

가. 철근콘크리트 부재의 경우(「10.6.7 (2) ②항」에서 설명한 단면)

$$\phi \frac{1}{3} \sqrt{f_{ck}} \frac{A_{cp}^2}{p_{cp}} \quad (10.6.52)$$

나. 프리스트레스트 부재의 경우(「10.6.7 (2) ③항」에서 설명한 단면)

$$\phi \frac{1}{3} \sqrt{f_{ck}} \frac{A_{cp}^2}{p_{cp}} \sqrt{1 + \frac{f_{pc}}{\frac{1}{3} \sqrt{f_{ck}}}} \quad (10.6.53)$$

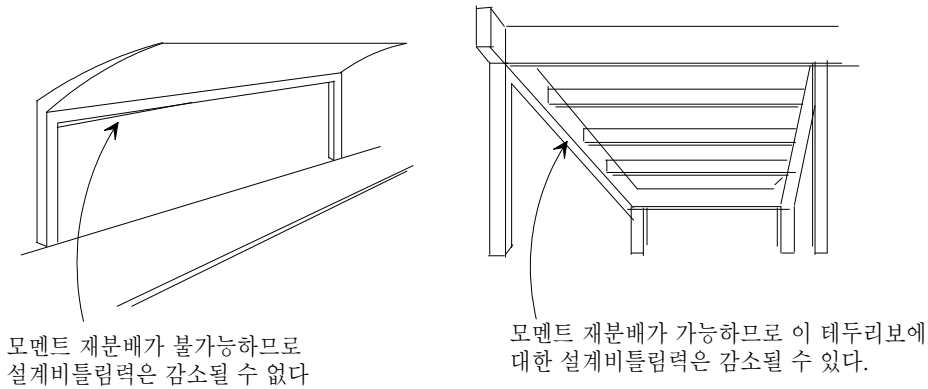


그림 10.6.5 비틀림모멘트의 재분배

- ② 프리스트레싱되지 않은 부재에서는, 지점으로부터 d 이내에 위치한 단면의 설계를 할 때 d 에서 계산된 T_u 보다 작지 않게 설계하여야 한다. 만일 d 이내에서 집중비틀림이 발생하면 설계의 임계단면은 지점면이 된다.
- ③ 프리스트레스트 부재에서 지점으로부터 $h/2$ 이내에 위치한 단면의 설계를 할 때 $h/2$ 에서 계산된 T_u 보다 작지 않게 설계하여야 한다. 만일 $h/2$ 이내에서 집중비틀림이 발생하면 설계의 임계단면은 지점면이 된다.
- (4) 비틀림모멘트 강도
- ① 단면의 치수는 2가지 이유로 제한할 수 있다. 첫째, 보기흉한 균열을 감소시키고 둘째, 전단과 비틀림의 경사압축응력에 의한 표면 콘크리트의 파괴를 방지하기 위해서이다.

가. 속찬 단면(solid section)

이 단면에서 전단에 의한 응력은 단면의 전(全) 폭에 걸쳐서 발생하지만, 비틀림에 의한 응력은 박벽관에 의해 저항한다고 가정하여야 한다. 따라서 전단에 의한 응력과 비틀림에 의한 응력 사이에 <식 (10.6.54)>와 같은 타원의 관계를 규정하여야 한다.

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d}\right)^2 + \left(\frac{T_u p_h}{1.7 A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w d} + \frac{2\sqrt{f_{ck}}}{3} \right) \quad (10.6.54)$$

나. 속빈 단면(hollow section)

이 단면에서는 전단과 비틀림에 의해 발생한 전단응력이 <그림 10.6.6>과 같이 직접 더해진다. 따라서 전단에 의한 응력과 비틀림에 의한 응력 사이에 <식 (10.6.55)>과 같은 선형의 관계를 규정하여야 한다.

$$\left(\frac{V_u}{b_w d} \right) + \left(\frac{T_u p_h}{1.7 A_{oh}^2} \right) \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w d} + \frac{2\sqrt{f_{ck}}}{3} \right) \quad (10.6.55)$$

여기서, V_c 는 전단에 대한 콘크리트의 저항이다. 그리고 <식 (10.6.55)>을 속빈 단면에 적용할 때 실제 벽의 두께 t 가 A_{oh}/p_h 보다 작은 경우에는 A_{oh}/p_h 대신 실제 벽의 두께가 사용되어야 한다.

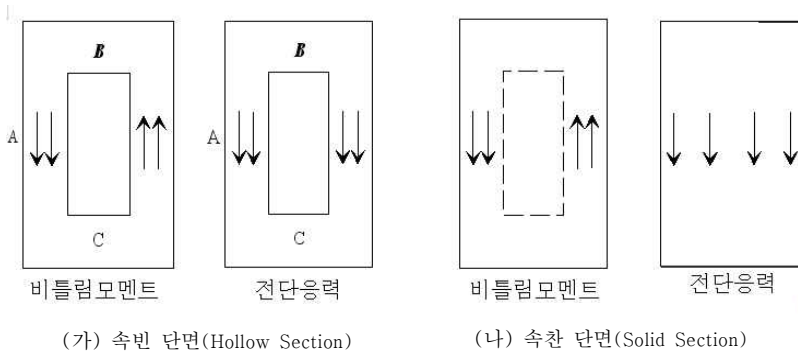


그림 10.6.6 전단응력과 비틀림응력의 합

- ② 만일 속빈 단면의 주위로 벽의 두께가 변한다면 <식 (10.6.55)>은 좌변이 최대가 되는 위치에서 계산되어야 한다.

- ③ 만일 벽의 두께가 A_{oh}/p_h 보다 작다면, <식 (10.6.55)>의 둘째 항을 $(T_u/1.7A_{oh}t)$ 로 하여야 한다. 여기서 t 는 응력이 계산되는 위치에서 속빈 단면의 벽의 두께이다.
- ④ 프리스트레싱되지 않은 비틀림 철근의 설계항복강도는 400MPa를 넘지 않아야 한다.
- 비틀림에 필요한 철근량은 <식 (10.6.56)>로부터 결정된다.

$$\phi T_n \geq T_u \quad (10.6.56)$$

- ⑤ 계수비틀림 저항 ϕT_n 은 계수하중에 의한 비틀림 T_u 이상이라야 한다. T_n 을 계산할 때는 모든 비틀림이 스티럽과 주철근에 의해 저항되고 $T_c = 0$ 이라고 가정하여야 한다. 동시에 콘크리트에 의한 전단 저항 V_c 는 비틀림에 의해서 변하지 않는다고 가정하여야 한다.
- ⑥ 비틀림에 대한 횡철근은 <식 (10.6.57)>을 이용하여 설계하여야 한다.

$$T_n = \frac{2A_o A_{tfyv}}{s} \cot \theta \quad (10.6.57)$$

여기서, $A_o = 0.85A_{oh}$ (단순화를 위한 가정)

A_{oh} = <그림 10.6.7>과 같이 비틀림 저항철근의 중심선으로 폐합된 면적

θ = 압축경사각으로 $30^\circ \sim 60^\circ$

프리스트레싱되지 않은 부재나 프리스트레싱 힘이 주철근의 인장강도의 40% 이하인 경우는 45°

프리스트레싱 힘이 주철근의 인장강도의 40% 이상인 경우는 37.5°

- ⑦ 비틀림에 저항하기 위한 종방향 철근량은 <식 (10.6.58)>값 이상이라야 한다.

$$A_l = \frac{A_t}{s} p_h \left(\frac{f_{yv}}{f_{yt}} \right) \cot^2 \theta \quad (10.6.58)$$

여기서, θ 는 <식 (10.6.57)>에 사용된 값이며, A_t/s 값은 <식 (10.6.57)>에서 계산되는 값으로써 최소 비틀림 철근량의 규정에 의해 수정되지 않는다.

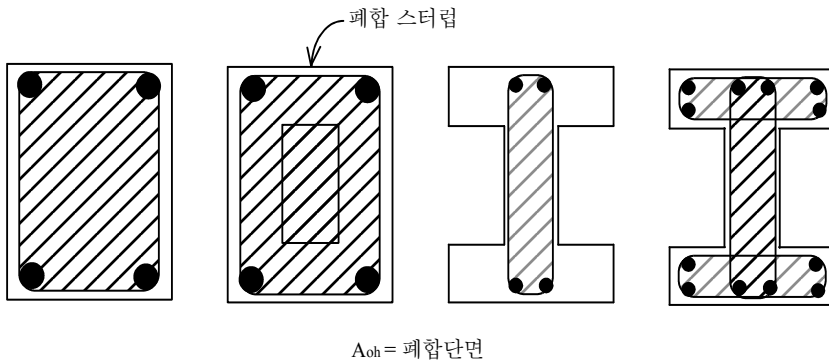


그림 10.6.7 A_{oh} 의 정의

- ⑧ 부재가 휨, 전단, 비틀림, 축력을 동시에 받을 때는 주철근과 횡철근량을 각각 구하여 중첩하여야 한다. 이때 철근간격과 배치의 제한사항은 만족되어야 한다.
- ⑨ 휨을 받는 부재에서는 휨에 의한 압축을 고려하기 위해 휨압축 영역의 종방향 비틀림 철근의 면적을 $M_u/(0.9df_{yt})$ 만큼 줄여도 된다. 여기서 M_u 는 T_u 와 함께하는 단면에서의 계수모멘트이다. 이때 필요한 철근량은 최소 비틀림 철근량의 규정을 만족시켜야 한다.
- ⑩ 프리스트레스트 부재에서는
가. 각 단면에서의 PS강재를 포함한 총 종방향 철근이 그 단면에서의 계수모멘트와 그 단면에서의 계수비틀림에 근거한 추가적인 집중 종방향 인장력 $A_l f_{yt}$ 에 저항할 수 있어야 한다.

나. PS강재를 포함한 종방향 철근의 간격은 비틀림 철근의 간격에 관한 규정을 만족시켜야 한다.

- ⑪ 프리스트레스트 부재는 휨에 의한 압축영역에서 종방향 비틀림 철근의 면적을 「⑨항, ⑩항」에서 요구한 양 이하로 줄일 수 있다.

(5) 비틀림 철근의 상세

- ① 비틀림 철근은 종방향 철근 또는 PS강재와 다음 중 선택된 것들로 구성된다.

가. 부재축에 수직인 폐쇄스터립 또는 폐쇄띠철근

나. 부재축에 수직인 횡방향 강선으로 구성된 폐쇄용접철망

다. 프리스트레싱되지 않은 부재에서 나선철근

- ② 횡방향 비틀림 철근은 다음 중의 하나로 정착된다.

가. 종방향 철근 주위의 135°로 꺾인 표준갈고리에 의해 정착

나. 철근상세에 의하면 정착부 근처의 콘크리트는 플랜지나 슬래브 또는 유사한 부재에 의하여 파괴가 억제된다.

- ③ 종방향 비틀림 철근은 양단에 정착되어야 한다.

- ④ 속빈 단면의 비틀림에서는 횡방향 비틀림 철근의 중심선에서 단면 내벽까지의 거리가 $0.5A_{oh}/p_h$ 이상이 되어야 한다.

(6) 최소 비틀림 철근

- ① 비틀림 철근의 최소면적은 계수 비틀림모멘트 T_u 가 「10.6.6 (1)항」에 규정된 값을 초과하는 경우 모든 영역에서 확보되어야 한다.

- ② 「①항」에 의해 비틀림 철근이 요구되는 경우, 횡방향 폐쇄스터립의 최소면적은 <식 (10.6.59)>에 의하여 계산된다.

$$(A_v + 2A_t) = 0.0625 \sqrt{f_{ck}} \frac{b_w s}{f_{yt}} \quad (10.6.59)$$

다만 $0.35b_w s/f_{yt}$ 이상이어야 한다.

- ③ 「①항」에 의하여 비틀림 철근이 요구되는 경우, 종방향 비틀림 철근의 총면적은 <식 (10.6.60)>에 의하여 계산된다.

$$A_{l,min} = \frac{0.42 \sqrt{f_{ck}} A_{cp}}{f_y} - \left(\frac{A_t}{s} \right) p_h \frac{f_{yt}}{f_y} \quad (10.6.60)$$

여기서, A_t/s 는 $0.175b_w/f_{yt}$ 보다 작아서는 안 된다.

(7) 비틀림 철근의 간격

- ① 횡방향 비틀림 철근의 간격은 $p_h/8$ 또는 300mm 중 작은 것보다 커서는 안 된다.
- ② 비틀림에 대해 필요한 종방향 철근은 최대간격 300mm인 페쇄스터럽의 주변을 둘러서 배치하여야 한다. 종방향 철근이나 PS강재는 스테럽의 내부에 배치되어야 하며 스테럽의 각 모서리에는 적어도 하나의 주철근 또는 PS강재가 있어야 한다. 종방향 철근은 스테럽 간격의 적어도 1/24 이상이 되어야 하며, D10이상이어야 한다.
- ③ 비틀림 철근은 이론적으로 필요한 위치로부터 적어도 $(b_t + d)$ 이상의 거리에 설치되어야 한다.

10.6.8 지압강도

- (1) 콘크리트의 설계지압강도는 아래 「(2)항, (3)항」 및 「(4)항」 경우를 제외하고는 $\phi(0.85f_{ck}A_1)$ 을 초과할 수 없다. 여기서 A_1 은 재하면적이다.
- (2) 지지표면이 재하면보다 모든 측면에서 큰 경우에는 설계지압강도는 $\sqrt{A_2/A_1}$ 을 곱한 값을 사용할 수 있으며, $\sqrt{A_2/A_1}$ 의 값은 2.0이하라야 한다. 여기서 A_2 는 재하면과 닮은 꼴이고 중심이 같은 지지표면 일부분의 최대면적이다.
- (3) 지지표면이 경사지거나 층을 이루고 있는 경우에는 재하면으로부터 수직과 수평을 1:2의 비율로 경사를 그렸을 때 형성되어 지지부내에 포함되는 가장 큰 절두체(截頭體)의 밑면적을 A_2 로 취하여야 한다.
- (4) 재하면이 처짐이나 편심하중으로 인하여 재하면의 단에서 큰 지압응력이 발생하는 경우에는 위의 「(1)항, (2)항」 및 「(3)항」에서 구한 설계지압강도에 0.75를 곱하여야 한다.

10.7 프리스트레스트 콘크리트

10.7.1 일반내용

(1) 이 항목은 철도교를 위한 프리스트레스트 콘크리트 교량 구조물의 설계에 관한 일반적인 표준을 규정한다.

(2) 기호는 「10.1.2항」 및 다음을 따라야 한다.

A_s = 인장철근의 단면적(mm²)

A_s = 압축철근의 단면적(mm²)

A_{ps} = 긴장재의 단면적(mm²)

A_{pf} = 플랜지의 압축강도를 발휘하기 위해 요구되는 철근량(mm²)

A_{pw} = 복부의 압축강도를 발휘하기 위해 요구되는 철근량(mm²)

A_v = 복부 철근량(mm²)

b = 플랜지를 갖는 부재의 플랜지 폭 또는 4각 거더 부재의 폭 (mm)

b_1 = 보의 복부폭 b_w 와 내민 플랜지의 길이를 합한 거리(mm)

b_w = 플랜지를 갖는 부재의 복부폭(mm)

D = 긴장재의 공칭지름(mm)

d_p = 압축축 연단에서 긴장재 도심까지의 거리 또는 프리캐스트 연속 거더교에서 압축축 연단으로부터 부모멘트 보강철근 도심까지의 거리(mm)

f_{cds} = 총고정하중하에 의해 발생하는 긴장재 도심에서의 콘크리트 평균압축응력(MPa)

f_{cir} = 프리스트레스 손실 후 긴장재의 도심에서의 콘크리트 평균 압축응력(MPa)

f_{ci} = 프리스트레스 도입시의 콘크리트 압축강도(MPa)

f_{ck} = 콘크리트의 설계기준강도(MPa)

f_{pe} = 손실이 일어난 후 유효 긴장응력(MPa)

f_{po}	= 포스트텐션 부재에서 정착단에서의 긴장응력(MPa)
f_{ps}	= 계수하중 하에서 긴장재의 평균응력(MPa)
f_{pu}	= 긴장재의 극한강도(MPa)
f_{ru}	= 콘크리트의 허용 휨강도, 파괴계수(MPa)
f_y	= 인장철근의 항복강도(MPa)
f_y'	= 압축철근의 항복강도(MPa)
f_{py}	= 긴장재의 항복점 응력(MPa)
Δf_p	= 마찰손실을 제외한 총 손실(MPa)
Δf_{pcr}	= 콘크리트의 크리프에 의한 손실(MPa)
Δf_{peI}	= 탄성수축에 의한 손실(MPa)
Δf_{pf}	= PS강재의 마찰에 의한 손실(MPa)
Δf_{pr}	= PS강재의 릴랙세이션에 의한 손실(MPa)
Δf_{ps}	= 정착장치에서의 슬립량에 의한 손실(MPa)
Δf_{psh}	= 콘크리트의 건조수축에 의한 손실(MPa)
h	= 부재의 총 높이(mm)
H_r	= 주위의 연간 평균상대습도(%)
h_f	= 플랜지를 갖는 부재의 플랜지 평균 두께(mm)
I	= 단면도심에서의 단면 2차모멘트(mm ⁴)
k	= 긴장재의 단위 길이당 파상마찰 계수 (1/m)
μ	= 곡률마찰계수 (1/rad)
L_x	= 패널의 중심에서 긴장재 중심까지의 거리(mm)
l_x	= 정착단으로부터 임의의 점 x 까지의 긴장재의 길이(mm)
M_{cr}	= 외부작용하중에 의한 휨균열 모멘트
M_{max}	= 계수하중에 의해 발생하는 단면의 최대 모멘트
M_n	= 부재의 공칭모멘트
M_u	= 단면의 계수모멘트($< \phi M_n$)
Q	= 단면도심에서의 단면 1차 모멘트(mm ⁴)

q_p	= 강재지수 ($= \rho_p f_{ps} / f_{dk}$)
s	= 복부철근의 횡방향 간격(mm)
v	= 횡방향 허용 수평 전단응력
V_c	= 콘크리트가 부담하는 공칭전단강도
V_{ci}	= 전단과 모멘트의 조합에 의해 사인장균열이 발생할 때 콘크리트가 부담하는 공칭전단강도
V_{cw}	= 복부의 과도한 주인장응력으로 인해 사인장균열이 발생할 때 콘크리트가 부담하는 공칭전단강도
V_d	= 사용 고정하중에 의해 발생하는 단면의 전단력
V_i	= M_{max} 를 발생시키는 외부 작용하중에 의해 발생하는 단면의 계수전단력
V_p	= 단면의 유효 프리스트레스 힘의 수직분력
V_s	= 전단철근이 부담하는 공칭 전단강도
V_u	= 단면의 계수 전단력
Z_c	= 외부 작용하중에 의해 인장응력이 발생하는 단면의 최외연에 대한 합성단면의 계수
m_c	= 콘크리트의 단위질량(kg/m^3)
y_t	= 철근을 무시한 총 단면의 도심축으로부터 인장축 연단까지의 거리(mm)
α	= 정착단에서 임의점 x 까지 프리스트레스 긴장재의 각의 총 변화 (rad)
β_1	= 등가직사각형 응력분포의 깊이와 중립축 거리와의 비
ρ	= 인장철근비 ($= A_s/bd$)
ρ_p	= 긴장재비 ($= A_{ps}/bd_p$)
ρ'	= 압축철근비 ($= A_s'/bd$)

10.7.2 원리 및 정의

- (1) 사용 콘크리트의 강도 - 이 절은 설계기준 압축 강도가 60MPa 이하인 콘크리트에 대하여 적용할 수 있다.
- (2) 검토등급
 - ① 콘크리트 단면의 세 개 검토 등급을 다음과 같이 정의한다.
 - 가. 등급 I - 사용하중에 대하여는 인장응력이 허용되지 않으며, 시공 중에만 인장응력을 허용하여야 한다.
 - 나. 등급 II - 평상시의 사용하중에 대하여는 인장응력이 허용되지 않으며, 시공 중과 혼하지 않은 사용하중 조합에만 인장응력을 허용하여야 한다. 축응력은 비균열단면으로 계산하여야 한다.
 - 다. 등급 III - 총 단면을 고려하는 경우에는 혼하지 않은 사용하중 조합에만 인장응력을 허용하여야 한다. 콘크리트 피복두께 단면을 고려하는 경우에는 평상시의 사용하중에 대하여 인장응력을 허용하나 반영구적 하중조합에 대하여는 인장응력은 허용되지 않는다.
 - ② 사용하중에 대하여 등급 I로 검토하여야 한다. 즉, 프리스트레스 구조물이며 계산된 단면에 철근이 배근된 경우에 최악의 사용하중 조합에 대하여 인장응력이 발생하지 않아야 한다.
 - ③ 철도선로를 가로지르는 도로교나 보도교는 관련기관에서 요구하지 않은 경우를 제외하고는 등급 II로 검토하여야 한다.
 - ④ 시공 중의 철도교량 또는 일시적으로 사용하는 철도교량에 대해서는 「9.7.1항」을 만족한다면 등급 II로 검토할 수 있다.
 - ⑤ 위에서 정하지 않은 프리스트레스 콘크리트구조물의 경우에는 관련 기관의 요구에 따라 검토하여야 한다.

10.7.3 적용범위 및 재료

(1) 콘크리트

구조물 각 부분의 콘크리트의 설계기준강도 f_{ck} 는 명확히 제시되어야 한다. 프리스트레스 콘크리트(PSC)에 쓰이는 콘크리트는 압축강도가 높아야 하고 건조수축과 크리프가 작아야 한다. PSC의 목적을 달성하

고 그 장점을 충분히 발휘시키기 위해서는 높은 압축강도의 콘크리트가 필요하다. 특히 설계계산에 사용한 압축강도 즉, 설계기준강도가 확실하게 현장시공에서 얻어져야 한다. PSC는 RC와 달라서 설계계산상의 큰 응력이 프리스트레싱에 의해서 실제로 콘크리트에 발생하기 때문이다. 따라서 PSC에서는 콘크리트의 설계기준강도 f_{ck} 을 적어도 다음 값 이상이 되게 하여야 한다.

- ① 프리텐션 방식의 경우 35 MPa
- ② 포스트텐션 방식의 경우 30 MPa

구조물에 사용한 실제의 콘크리트 강도가 위의 설계기준강도보다 작게 되는 일이 있어서는 안된다. 따라서 현장의 콘크리트 강도의 변동에 따라 콘크리트의 배합강도를 설계기준강도 f_{ck} 보다 크게 정하여야 한다.

(2) PS강재 및 철근

① PS강재

PS강선, PS강봉, PS강연선은 한국산업규격 KS D 7002, KS D 3505에 따라야 한다. 즉 PS용 강재는 일반적으로 다음과 같은 성질이 요구된다.

가. 초기 프리스트레스가 감소한 후에도 PSC가 성립되기 위해서는 소량의 유효 프리스트레스가 남아 있어야 하므로 PS강재를 높은 인장응력으로 긴장해 두어야 한다. 따라서 PSC에서는 고강도 강재가 필요하다. 보통의 PS강재는 연강의 2~4배 정도의 인장강도를 나타낸다. 즉 PS강선의 인장강도는 1,450~1,950MPa, 항복강도는 1,250~1,750MPa, PS강봉의 인장강도는 950~1,450MPa, 항복강도는 800~1,300MPa 정도를 요구하고 있다. 이것은 항복비(항복강도/인장강도, %)로는 PS강선이 86~90%, PS강봉이 84~90%정도이다.

나. PS강재의 릴랙сей션이 크면 프리스트레스가 많이 감소하기 때문에 PS강재는 장기간에 걸쳐서 릴랙сей션이 작아야 한다. KS규격에서는 PS강선 및 PS강연선의 릴랙сей션은 3%이하, PS강봉의 릴랙сей션은 1.5%이하를 요구하고 있다.

다. 파괴에 이르기까지 높은 응력에 견디며 큰 변형을 나타내는 재료의

성질을 연성(ductility)이라 하며, 연성이 큰 재료는 연신율도 크다. KS D 7002에서는 PS강재의 파단시의 연신율을 지름에 따라 3.5~4.5%, PS강연선에 대해서는 3.5%이상을 요구하고 있다. 또 KS D 3505에서는 PS강봉의 연신율을 5%이상 요구하고 있다.

- 라. 높은 응력을 받는 강재는 급속하게 녹스는 일이 있고 또 표면에 녹이 보이지 않더라도 조직이 취약해지는 경우가 있으므로 응력부식에 대한 저항성이 커야한다.
- 마. 프리텐션 방식과 같이 PS강재를 부착시켜 사용하는 경우에는 PS강재가 콘크리트와 부착강도가 커야 하며 콘크리트와의 부착강도를 높이기 위해서는 몇 개의 강선을 끈 PS강연선이나 이형 PS강재를 사용하는 것이 좋다. 곧은 상태로 출하된 PS강봉은 문제가 되지 않으나 타래로 감아서 출하되는 PS강재는 풀어서 사용하는 데, 이때 감기지 않고 곧게 잘 펴져야 한다. 즉, 직선성이 좋아야 하는데 이점이 시공상 중요하다. 타래의 지름이 소선 지름의 150배 이상인 것이 좋다.
- 바. 철도교와 같이 하중 변동이 큰 구조물에 사용할 PS강재는 피로강도를 조사해 두어야 한다.

② 철근

- 가. 철근의 항복강도는 계획시 주어져야 하고, 용접된 철근은 계획에 제시되어야 하며 용접과정도 규정되어야 한다.
- 나. 철근의 항복강도 f_y 는 500MPa를 초과하지 않아야 한다.
- 다. 나선철근이나 띠철근으로 사용하는 것이 허용된 원형철근이나 강선을 제외하고는 이형철근을 사용하여야 한다.

10.7.4 해석

(1) 일반사항

이 규정들을 사용하여 부재들이 적당한 강도를 갖도록 하여야 한다. 연속보와 부정정 구조물들은 적당한 강도를 갖고 만족스런 거동을 하도록 설계하여야 한다. 거동은 탄성해석에 의해 결정되며, 이때 프리스트레싱에 의해 유발되는 반력, 모멘트, 전단력 그리고 축력과 온도, 크리

프, 건조수축, 축방향 변형, 접촉된 구조요소의 구속 그리고 기초의 침하에 의한 영향 등을 고려하여야 한다.

(2) 교량의 신축

- ① 모든 교량은 온도응력에 저항하도록 설계하여야 하며, 온도의 변화에 의해 발생하는 이동을 고려하여 설계하여야 한다.
- ② 프리스트레스를 도입하는 동안에 발생하는 수축을 포함한 이동에 관해 적절히 대처하도록 설계하여야 한다.
- ③ 신축장치 형식의 결정시 중요한 요소는 신축량이다. 먼저 신축량으로 장치의 형식을 결정하고, 그 후 설치하는 장소에서는 어떤 요소가 우선하는가 등을 종합적으로 판단하여 정한다.

(3) 지간

단순지지된 보의 지간은 보의 순지간에 보의 높이를 더한 길이를 초과해서는 안된다. 연속 또는 구속된 바닥 슬래브와 보의 지간은 지점의 내측사이의 순길이이다. 연속 슬래브 또는 슬래브와 지지부가 일체로 만들어져 구속된 슬래브 축과 45° 또는 그 이상으로 현치가 만들어져 있는 경우에는 슬래브와 필렛의 조합된 두께가 슬래브 두께보다 적어도 1.5배 이상이 되는 단면으로부터 지간길이를 측정한다. 위와 같은 경우, 지간의 단부에 최대 부모멘트가 있으면 이를 고려하여야 한다. 필렛 부분을 부재의 유효깊이에 추가해서 고려하지는 않는다.

(4) 라멘 및 연속교

- ① 현장치기 포스트텐션 교량 작업하중으로 인해 발생하는 응력을 계산할 때에는 프리스트레싱에 의한 2차모멘트의 영향을 고려하여야 한다. 소요 모멘트강도 및 소요 전단강도를 계산할 때에는 프리스트레싱(하중계수 = 1.0)에 의해 유발되는 2차모멘트 및 전단력을 계수고정하중과 계수활하중에 의해 발생하는 모멘트 및 전단력에 더하여야 한다.

- ② 연속된 단순지간 프리캐스트 PSC거더의 합성에 의한 교량

가. 일반사항

활하중과 충격하중 및 고정하중에 의한 휨모멘트 계산시 구조적 연속성이 가정되었을 때, 단순지간 프리캐스트 프리스트레스트 거더와

두 개 이상의 지간으로 이루어진 바닥판 슬래브를 포함한 교량을 설계할 때에는 크리프와 건조수축의 영향을 고려하여야 한다.

나. 구체에 정모멘트 연결

- ㉠ 이 규정은 부모멘트 영역에서 거더와 바닥판 슬래브의 크리프와 건조수축의 조합된 영향 그리고 원거리 지간에서의 활하중과 충격하중에 의해서 발생하는 정모멘트에 대한 설계를 규정한다. 구체의 건조수축과 탄성수축이 중요할 때에는 이를 고려하여야 한다.
- ㉡ 구체에서의 정모멘트에 대한 연결철근(tie reinforcement)은 작용응력이 항복응력의 60% 이내가 되도록 설계하여야 하며 250MPa를 넘지 않아야 한다.

다. 부모멘트

- ㉢ 부모멘트에 대한 보강철근은 10.7.5절에 따라 저항계수가 곱해진 설계 모멘트 강도에 비례하여야 한다.
 - ㉣ 프리스트레스에 의한 최대 압축응력이 $0.4f_{ck}$ 보다 작고, 바닥판 슬래브의 연속 보강철근의 철근비($\rho = A_s/bd$)가 0.015보다 작으면 극한강도의 부모멘트를 계산할 때 프리스트레스로 인한 거더의 초기 프리컴프레션(Pre-compression)의 영향은 무시한다.
 - ㉤ 다이아프램(diaphragm) 콘크리트의 강도를 고려하지 않고 거더 콘크리트의 압축강도를 사용하여 계수 부(-)저항모멘트를 계산한다.
- 라. 사용하중상태에서 구체 근처 거더의 압축프리스트레스와 부 활하중 모멘트의 영향에 의한 구체 근처의 거더 단부에서의 압축응력은 $0.60f_{ck}$ 를 넘지 않아야 한다.

③ 세그멘탈 박스거더

가. 일반사항

- ㉠ 세그멘탈 박스거더 구조물의 설계에는 탄성해석과 보 이론을 사용한다.
- ㉡ 프리캐스트 박스거더 교량의 해석에서 세그멘탈의 가설하중이나 사용하중이 작용할 때 세그먼트 사이의 연결부에는 인장응력을 허용하지 않는다.

부 구조물의 설계시 일반적으로 고려되는 사항 이외에 세그먼트의

자중과 가설하중에 의한 불평형 캔틸레버 모멘트는 구체 또는 보조의 지보를 설계할 때에 고려되어야 한다. 이와 같은 불평형 모멘트를 제거할 수 있는 가설 장비를 사용할 수 있다.

나. 휨

세그멘탈 박스거더의 횡방향 휨을 해석할 때에는 판해석을 원칙으로 하되 세그멘트를 상자형 골조구조로 해석할 수도 있다. 상자형 골조구조로 해석하는 경우에는 플랜지와 복부사이의 변단면까지 고려하여 플랜지를 변단면 부재로 보고 해석하여야 한다.

다. 비틀림

편심을 갖는 하중이나 구조물의 형상으로부터 야기되는 복부전단력의 증가를 단면의 설계 시 고려하여야 한다.

(5) 유효 플랜지 폭

① T형보

가. 슬래브나 플랜지가 보와 일체로 작용하는 합성거더 프리스트레스트 구조에서의 유효플랜지 폭은 다음과 같이 취한다.

㉠ 대칭형 단면 : 다음 중에서 작은 값을 취한다.

㉡ 지간의 1/4

㉢ $b_w + 12h_f$

㉣ 거더의 중심간 거리

㉤ 비대칭 단면 : 다음 중에서 작은 값을 취한다.

㉡ $b_w + (\text{지간의 } 1/12)$

㉢ $b_w + 6h_f$

㉣ $b_w + (\text{인접거더와의 순지간의 } 1/2)$

㉥ 독립된 T형보

㉡ 플랜지의 두께는 복부폭의 1/2배 이상이어야 한다.

㉢ 유효 플랜지 폭은 보의 복부폭의 4배 이하이어야 한다.

㉦ 일체 벤트 캡

벤트 캡의 캔틸레버 부분의 유효 플랜지 폭은 슬래브 두께의 6배 이하, 벤트 캡 지간 길이의 1/10배 이하이어야 한다.

㉧ 캔틸레버 벤트 캡

지간은 캔틸레버 지간 길이의 2배로 취한다.

나. 보통의 슬래브 지간과 거더의 간격을 갖는 일체의(monolithic) 프리스트레스트 구조에서의 유효플랜지 폭은 보의 중심간 거리로 한다. 지간이 매우 짧거나 거더 간격이 과도한 경우에는 보와 함께 작용하는 플랜지의 예상폭을 결정하기 위해 해석적 연구를 수행하여야 한다.

다. 독립된 보를 갖는 일체의 프리스트레스트 구조의 설계에서는 플랜지 폭이 복부폭의 15배를 초과해서는 안되고, 모든 설계 하중에 대해 적절하여야 한다.

② 박스거더

가. 슬래브가 거더와 일체로 간주되는 보통의 슬래브 지간과 거더 간격을 갖는 현장치기 박스거더에서는 슬래브의 전 폭이 압축에 대해 유효하다고 가정한다.

나. 세그멘탈 박스거더를 포함한 특별히 큰 박스거더에서 횡방향 휨에 의해 발생하는 단면의 응력을 결정하기 위해서는 전단지연(shear lag)을 고려하는 해석방법을 사용한다.

다. 현치가 필요하지 않은 복부와 플랜지 하부와의 접촉부분을 제외하고는 박스거더의 표면과 교차되는 모든 곳에는 현치를 적절히 설치하여야 한다.

(6) 박스거더의 복부 및 플랜지 두께

① 상부플랜지

상부플랜지의 최소두께는 현치 또는 복부사이의 순길이의 $1/30$ 이상이어야 하고, 160mm 이상이어야 한다. 다만 공장에서 생산된 프리캐스트 프리텐션 요소에 대한 최소 두께는 140mm 이상이어야 한다.

② 하부플랜지

하부플랜지의 최소두께는 직접 활하중이 작용하지 않기 때문에 상부 플랜지보다 얇게 해도 좋다. 하지만 하부플랜지의 최소두께는 현치 또는 복부사이의 순길이의 $1/30$ 이상이어야 하고, 160mm 이상이어야 한다. 다만 공장에서 생산된 프리캐스트 프리텐션 요소에 대한 최소 두께는 140mm 이상이어야 한다.

③ 복부

박스거더에서 복부두께의 변화는 복부 두께 차이의 12배 이상이 되는 길이에 걸쳐서 점차적으로 변화하여야 한다.

(7) 격벽 및 가로보

실험결과나 정밀구조해석에 근거하여 격벽이나 가로보를 생략해도 되는 곳을 제외하고는 다음의 ①항과 ②항에 따라 격벽이나 가로보를 설계하여야 한다.

① T형보

슬래브의 가장자리 자유단을 보강하고 횡방향력을 부구조물에 전달하기 위해서 지간의 끝부분에 가로보를 설치한다. 지간이 12m를 넘는 경우에는 중간 가로보를 최대모멘트가 발생하는 지점에 있는 보와 보 사이에 설치한다.

② 박스거더

박스거더의 격벽 및 가로보는 「10.15.2」를 따른다.

(8) 바닥판

① 일반사항

가. 세로보(stringer) 사이에서 영구지간으로 사용되는 프리캐스트 프리스트레스트 바닥판은 추가 고정하중과 활하중을 지탱하기 위해서 슬래브의 현장치기 부분과 합성으로 설계되어야 한다.

나. 바닥판은 바닥판의 자중, 시공하중, 그리고 현장치기 콘크리트의 무게를 지탱하는 것으로 가정하고 해석하며, 추가 고정하중과 활하중에 의한 모멘트를 지탱하기 위해서 현장치기 콘크리트와 합성으로 작용한다고 가정하고 해석한다.

10.7.5 설계일반

(1) 일반사항

가. 설계이론 및 일반 고려사항

부재들은 규정된 요구강도에 부합하여야 한다. PSC구조물은 보수, 보강, 개량 등이 어려운 경우가 많으므로 설계에 앞서 충분히 조사하여 그 결과에 따른 적절한 판단을 내려야 하고 구조물에 유해한 균

열, 파손 등의 결함이나 변형이 생기지 않도록 하여야 한다. 이를 위하여 시험결과 및 과거의 경험을 기초로 구조물이 받는 하중, 온도변화, 기상작용, 지반의 지지력, 특별한 경우에는 지진의 영향 등을 충분히 조사하여야 한다. 그리고 구조물의 중요도 검사, 보수의 난이, 미관, 기타 현장의 실정을 고려하여 이들에 작용할 수 있는 구조물의 형식, 허용응력 및 구조상세 등을 결정하여 설계하여야 한다.

나. 설계는 강도(강도설계법)와 사용상태에서의 거동(허용응력설계)을 토대로 한다. 이때 사용되는 모든 하중단계에는 프리스트레스를 도입할 때부터 구조물의 수명이 다하는 동안에 일어날 수 있는 모든 극단적인 경우가 고려되어야 한다. 설계시 고려하여야 할 활하중 단계는 다음과 같다.

- ㉔ 프리스트레스 도입시 : 긴장재의 인장력은 최대인 반면에 콘크리트의 강도는 최소이다.
- ㉕ 사용하중 작용시: 하중이 장시간 작용하면 PSC구조물에 체적변화가 생긴다.
- ㉖ 계수하중 작용시: 부재의 안전성을 검토하기 위해서 내하력 계산이 필요하다.
이 밖에 균열하중단계, 수송 및 조립시의 하중단계에 대해서도 검토가 필요하다.

다. 프리스트레싱에 의한 응력집중 현상이 설계시 고려되어야 한다. 프리스트레싱을 함으로써 정착부나 긴장재의 굴곡부 또는 절곡부 등에 응력이 집중되게 된다. 이 응력집중이 부재에 주는 영향을 설계시 검토하여 이에 대한 적절한 보강을 하여야 한다.

라. 온도, 건조수축, 크리프와 강연선의 릴랙세이션에 의한 영향을 고려하여야 한다.

② 기본가정

다음의 가정들은 일체로 된 부재의 설계 목적에 적용된다.

가. 전체 하중범위에 걸쳐 변형률은 부재의 깊이에 따라 직선적으로 변한다. 그러나 깊은 보에서는 변형도 분포가 비선형이 되므로 이를 해석과 설계에 고려하여야 한다.

나. 균열이 발생하기 전에는 응력은 변형률에 직선적으로 비례한다.

다. 균열이 발생한 후에는 콘크리트의 인장력을 무시한다.

③ 합성 휨부재

프리캐스트 요소와 현장치기 콘크리트 요소로 구성되어 있으나, 작용 하중에 대해 일체로 거동을 하는 합성거더 휨부재는 다음의 규정에 따라 설계한다.

가. 모든 하중을 지탱하고 치짐과 균열을 제한하기 위해 요구되는 지지 부재가 완성될 때까지는 지주를 제거해서는 안된다.

나. 완전합성 또는 부분합성 부재는 전단력과 모멘트에 저항하도록 설계되어야 한다. 독립된 구조요소는 모든 임계하중단계에 대해 조사되어야 하고, 합성부재의 설계강도가 완전히 발휘하기 전에 도입되는 모든 하중에 대해 저항할 수 있도록 설계하여야 한다. 독립된 구조요소의 분리를 방지하기 위해 필요한 만큼 보강철근을 배근하여야 한다.

다. 여러 구조요소의 규정된 강도, 단위질량 또는 그 외의 성질들이 서로 상이한 경우에는 독립된 구조요소의 성질 또는 임계값이 설계에 사용된다.

라. 강도설계법에 의해서 합성부재의 휨강도를 계산할 때에는 지주로 받쳐진 부재와 받쳐지지 않은 부재를 구별하지는 않는다.

마. 전단보강철근은 전단철근의 정착규정에 따라 연결구조 요소에 완전 정착시켜야 한다. 정착된 전단보강철근은 수평전단에 대한 보강철근(ties)으로 포함시켜도 좋다.

바. 부재 전체가 수직 전단력에 저항한다고 가정되는 단면에서의 설계는 「10.7.12 (1)항」에서 「10.7.12 (4)항」의 규정을 따른다.

사. 교차요소의 접촉면에서는 수평전단력이 완전히 전달되도록 설계를 하여야 하며, 수평전단력에 대한 설계는 「10.7.12 (4) ④항」의 규정을 따른다.

아. 프리캐스트보 위에 현장치기된 슬래브로 이루어진 구조물에서는 서로 다른 건조수축으로 인하여 보의 하단부분과 슬래브에 인장응력이 발생한다. 인장건조수축은 지속된 시간에 걸쳐 발생하기 때문에

보에 대한 건조수축의 영향은 크리프에 의해 감소된다. 서로 다른 건조수축은 균열하중과 보의 처짐곡선에 영향을 준다. 이와 같은 요소들이 특별히 중요할 때에는 서로 다른 건조수축에 의한 영향을 하중에 의한 영향에 추가하여야 한다.

(2) 강도감소계수

계산된 부재의 강도가 하중계수 설계에서 계산한 값의 가장 큰 값보다 작지 않아야 한다. 강도감소계수는 다음과 같다.

- ① 휨부재, 휨과 축방향력을 겸하여 받는 프리스트레스트 콘크리트부재

$$\phi = 0.85$$

품질제어 조건하에서 공장 생산된 프리캐스트 프리스트레스트 부재

$$\phi = 0.90$$

- ② 전단강도

$$\phi = 0.80$$

그 외의 모든 경우에는 「10.6.2 (2) ②항」의 강도감소계수를 따른다.

10.7.6 프리스트레싱

- (1) 프리스트레스 힘은 외부 등가하중(external equivalent load)과 같이 고려하며, 「8.2.2 (8)항」에 따라 계산하여야 한다.

- (2) 프리스트레싱 긴장재의 허용응력

- ① 긴장을 할 때 프리스트레싱 긴장재의 인장응력은 $0.8 f_{pu}$ 또는 0.94

f_{py} 중 작은 값 이하로 하여야 한다.

- ② 프리스트레스 도입 직후에 프리스트레싱 긴장재의 인장응력은 다음 값 이하로 하여야 한다.

가. 프리텐서닝 $0.8 f_{pu}$ 또는 $0.9 f_{py}$ 중 작은 값

나. 포스트텐서닝 $0.7 f_{pu}$ 또는 $0.8 f_{py}$ 중 작은 값

- (3) 프리스트레스 도입시의 콘크리트 강도

- ① 프리스트레스를 도입할 때의 콘크리트의 압축강도는 프리스트레싱 직후에 콘크리트에 발생하는 최대압축응력의 1.7배 이상이 되지 않으면 안 된다. 프리스트레스 도입시의 콘크리트의 압축강도는 프리스

트레싱 직후의 최대압축응력에 대하여 어느 정도 안전율을 갖고 있지 않으면 안 된다. 이 최대압축응력은 PS강재의 릴랙세이션, 콘크리트의 크리프, 건조수축 및 고정하중 등에 의해 감소되는 것이므로 이 경우의 안전율은 설계하중 작용시의 안전율보다 작아도 좋다. 그러나 프리스트레스 힘이 과하면 콘크리트의 크리프가 응력에 비례하는 범위를 넘어 커지게 되므로 최대압축응력은 콘크리트 압축강도의 60%이하로 하여 1.7보다 큰 안전율을 갖도록 규정하였다. 다만, 특별한 규정이 없으면 부재의 양생조건과 동일한 상태에서 양생시킨 콘크리트 시편의 압축강도가 프리텐션 부재에서는 30 MPa, 포스트텐션 부재에서는 27 MPa 이 될 때까지 콘크리트에 힘을 가하지 않아야 한다. 프리텐션 방식에서 프리스트레싱시의 콘크리트 압축강도를 30 MPa 이상으로 한 것은 콘크리트에서의 최대압축응력에 대한 안전도를 갖게 할 뿐만 아니라 PS강재와 콘크리트의 충분한 부착응력이 필요하므로 이것을 고려하여 정한 것이다.

- ② 프리스트레스 도입시 정착부 부근의 콘크리트는 정착에 의해 생기는 지압응력에 견딜 수 있는 강도 이상이 되어야 한다. PS강재의 정착에 의하여 발생하는 정착부 부근의 국부적인 지압응력이나 인장응력은 정착장치의 종류, 정착장치의 간격 및 피복두께 등에 따라 다르므로 정착장치 부근의 콘크리트 강도가 각 PSC공법의 설계지침 등에 규정되어 있는 콘크리트의 강도에 도달한 후에 PS강재를 긴장하여야 한다. 특히, 콘크리트의 재령이 조기일 때 PS강재를 긴장하는 경우에는 정착장치의 간격이나 피복두께에 대하여 충분한 주의를 필요로 하고, 필요에 따라서는 시험에 의하여 그 외의 안전성을 확보하여야 한다.

(4) 프리스트레싱 손실

프리스트레스는 최초에 PS강재를 긴장할 때 긴장장치에서 측정된 인장능력과 같지 않다. PS강재의 긴장작업 중이거나 긴장작업이 끝난 후의 여러 가지 원인에 의해서 인장능력의 상당량이 손실된다. 최초에 긴장한 초기 프리스트레스에서 여러 가지 원인에 의한 손실량을 뺀 값이 유효프리스트레스이다. 계산된 프리스트레스 손실량과 실제 손실량과의

오차는 부재의 설계강도에는 영향을 미치지 않지만 사용하중 작용시 구조의 거동, 처짐, 슿음, 균열 등에는 영향을 미친다. 예를 들면 사용하중 작용시 프리스트레스 손실량을 과대하게 예측한 것은 실제 시공시 지나치게 큰 프리스트레스를 주는 효과를 가져 오고, 이로 인해 지나친 슿음과 구조물에 좋지 않은 수평변위가 생길 수 있다.

- ① 프리스트레싱 직후의 초기 프리스트레스 힘은 PS강재 인장단에 다음의 영향으로 인한 손실을 고려하여 계산하여야 한다.

가. PS강재와 쉬스 사이의 마찰

나. 정착장치에서의 슬립량

다. 콘크리트의 탄성수축

- ② 유효 프리스트레스 힘은 위 「①항」의 규정에 의하여 계산된 초기 프리스트레스 힘에 아래와 같은 시간 의존적 영향으로 인한 손실을 고려하여 계산하여야 한다.

가. 콘크리트의 크리프

나. 콘크리트의 건조수축

다. PS강재의 릴랙세이션

- ③ 상기의 각 영향인자별 손실량 계산은 다음과 같이 계산한다.

가. PS강재와 쉬스 사이의 마찰에 의한 손실량(포스트텐션 부재)

포스트텐션 부재에서 마찰에 의한 손실은 실험적으로 결정된 PS강재의 파상 및 곡률계수에 의해 계산되며, 긴장력을 도입하는 동안에 발생하는 마찰손실을 규명하여야 한다.

긴장재의 파상 및 곡률에 의한 마찰 손실은 <식 (10.7.1)>과 같이 계산한다.

$$\Delta f_{pf} = f_{po} [1 - e^{-(k l_x + \mu \alpha)}] \quad (10.7.1)$$

($k l_x + \mu \alpha$)가 0.3보다 크지 않으면, <식 (10.7.2)>의 근사식을 사용해도 좋다.

$$\Delta f_{pf} = f_{po}(k l_x + \mu \alpha) \quad (10.7.2)$$

여기서, k : 긴장재의 단위 길이당 파상마찰 계수

l_x : 정착단으로부터 임의의 점 x 까지의 긴장재의 길이

μ : 곡률마찰계수

α : 정착단에서 임의의 점 x 까지의 프리스트레스 긴장재의 각의 총변화(rad).

사용재료에 대한 상수 k 와 μ 의 실험자료가 없을 때에는 <표 10.7.1>의 값을 사용할 수 있다. 다만, <표 10.7.1>은 일반적으로 예측할 수 있는 값의 범위를 제시한 것으로서 특수한 긴장재와 쉬스를 사용하는 경우에는 이들 계수의 값을 제작자로부터 얻어야 한다. 정착을 하기 전에 일어나는 마찰손실은 설계시에 평가하여 프리스트레스를 도입하는 동안에 고려되어야 한다. 강성 덕트는 콘크리트를 치기하는 동안에 확연하게 나타나는 울퉁불퉁함이 없이 덕트의 정확한 위치를 유지할 수 있도록 충분한 강도를 가져야 한다. 강성 덕트는 서로 용접되거나 연결되어 만들어져야 한다. 용접 연결에 대해서는 아연도금이 요구되지 않는다.

표 10.7.1 파상마찰계수(k)와 곡률마찰계수(μ)

긴장재의 형태	덕트의 형태	파상마찰계수 k (/m)	곡률마찰계수 μ (/rad)
PS강선 또는 도금되지 않은 PS 강연선	금속쉬스	0.0066	0.30
	아연도금 금속쉬스	0.0050	0.25
	아스팔트 또는 그리스로 코팅되고 피복된 것	0.0066	0.30
	아연도금된 강성덕트	0.0007	0.25
고강도 강봉	금속쉬스	0.0010	0.20
	아연도금된 금속쉬스	0.0007	0.15

나. 정착장치에서의 활동에 의한 손실량

정착장치의 슬립에 의한 PS강재의 인장력 감소는 PSC공법에 따라 다르다. 나사식이나 단추식의 정착장치에서는 슬립량이 작기 때문에 무시할 수 있지만 켜기식의 정착장치에서는 비교적 큰 슬립량이 생긴다. 따라서 과거의 실적 등을 고려하여 정착할 때의 슬립량을 미리 가정하여 PS강재 인장력의 감소량과 그의 영향범위를 검토해 놓지 않으면 안 된다.

$$\Delta f_{ps} = E_p \cdot \Delta l / l \quad (10.7.3)$$

여기서, Δf_{ps} : 정착장치에서의 활동에 의한 PS강재의 인장응력의 감소량(MPa)

Δl : 슬립량(mm)

l : PS강재의 길이(mm)

E_p : PS강재의 탄성계수(MPa)

다. 콘크리트의 탄성수축에 의한 손실량

㉞ 프리텐션 부재

$$\Delta f_{peI} = \frac{E_p}{E_{ci}} f_{cir} \quad (10.7.4)$$

㉟ 포스트텐션 부재

$$\Delta f_{peI} = 0.5 \frac{E_p}{E_{ci}} f_{cir} \quad (10.7.5)$$

여기서, E_p : PS강재의 탄성계수(200,000MPa로 가정할 수 있다.)

E_{ci} : 정착시의 콘크리트의 탄성계수

$$E_{ci} = 0.077 m_c^{1.5} \sqrt[3]{f_{cu}} \text{ (MPa)}$$

여기서, m_c : 콘크리트의 단위질량(kg/m³)

f_{ci} : 프리스트레스 도입시의 콘크리트 압축강도(MPa)

f_{cir} : 정착 직후 보의 고정하중과 프리스트레스 힘에 의해 발생하는 긴장재 중심에서의 콘크리트 응력으로서 f_{cir} 은 최대모멘트가 발생하는 단면에서 계산한다. 이 단계에서, 프리텐션 부재에서는 콘크리트의 치기와 양생기간 동안에 발생하는 콘크리트의 탄성수축 및 긴장재의 릴랙세이션에 의해 긴장재의 초기응력이 감소하며, 포스트텐션 부재에서는 콘크리트의 탄성수축과 긴장재의 마찰에 의해서 긴장재의 초기응력이 감소한다. 이와 같은 인자들에 의한 긴장재의 초기응력 감소를 평가할 수 있으며, 감소된 긴장재의 응력은 응력제거 강연선(stress relieved strand)에 대해서는 $0.63f_{pu}$, 저릴랙세이션 강연선 (low relaxation strand)에 대해서는 $0.69f_{pu}$ 로 취할 수 있다.

라. 콘크리트의 크리프에 의한 손실량
프리텐션과 포스트텐션 부재에서

$$\Delta f_{pcr} = 12 f_{cir} - 7 f_{cds} \quad (10.7.6)$$

여기서, f_{cds} : 프리스트레스를 가한 당시 존재하는 고정하중을 제외한 그 이후에 추가되는 모든 고정하중에 의해 발생하는 긴장재 중심에서의 콘크리트의 응력(MPa)

마. 콘크리트의 건조수축에 의한 손실량
㉠ 프리텐션 부재

$$\Delta f_{psh} = 119 - 1.05H_r \quad (10.7.7)$$

㉡ 포스트텐션 부재

$$\Delta f_{psh} = 0.80 (119 - 1.05H_r) \quad (10.7.8)$$

여기서, H_r : 주위의 연간평균 상대습도(%)

바. PS강재의 릴랙세이션에 의한 손실량

㉠ 프리텐션 부재

인장강도가 1,750~1,900 MPa 인 강연선에서

㉡ 응력제거 강연선

$$\Delta f_{pr} = 140 - 0.4\Delta f_{pel} - 0.2(\Delta f_{psh} + \Delta f_{pcr}) \quad (10.7.9)$$

㉢ 저 릴랙세이션 강연선

$$\Delta f_{pr} = 35 - 0.1\Delta f_{pel} - 0.05(\Delta f_{psh} + \Delta f_{pcr}) \quad (10.7.10)$$

㉣ 포스트텐션 부재

인장강도가 1,750~1,900 MPa 인 강연선에서

㉤ 응력제거 강연선

$$\Delta f_{pr} = 140 - 0.3\Delta f_{pf} - 0.4\Delta f_{pel} - 0.2(\Delta f_{psh} + \Delta f_{pcr}) \quad (10.7.11)$$

㉥ 저 릴랙세이션 강연선

$$\Delta f_{pr} = 35 - 0.07\Delta f_{pf} - 0.1\Delta f_{pel} - 0.05(\Delta f_{psh} + \Delta f_{pcr}) \quad (10.7.12)$$

인장강도가 1,680 MPa 인 강선(wire)에서

$$\Delta f_{pr} = 126 - 0.3\Delta f_{pf} - 0.4\Delta f_{pel} - 0.2(\Delta f_{psh} + \Delta f_{pcr}) \quad (10.7.13)$$

인장강도가 1,015~1,120 MPa 인 강봉에서

$$\Delta f_{pr} = 21\text{MPa} \quad (10.7.14)$$

여기서, Δf_{pf} : 고려되는 시점인 $0.7f_{pu}$ 수준 이하에서 마찰손실에 의한 응력 감소로 「10.7.6(4)③가 항」에 의해 계산한다.

$\Delta f_{pef}, \Delta f_{psh}, \Delta f_{pcr}$: 프리텐션 또는 포스트텐션 부재에 대해 결정된 손실

④ 프리스트레스 전체 손실량의 간이계산법

앞에 소개된 방법에 의한 총 손실 대신에 프리스트레스트 부재 또는 구조물의 설계에 있어 총 손실량은 <표 10.7.2>와 같이 간이 계산된 값을 사용할 수 있다. 이 손실 값은 보통 콘크리트, 보통 프리스트레스 수준 그리고 평균 노출상태에 있는 프리스트레스트 구조물에 적용한다. 특별히 지간이 길거나 특별한 설계에 대해서는 앞서 소개된 방법에 의하거나 또는 더 정확한 방법에 의해 프리스트레스의 손실량을 계산하여야 한다. 따라서 이 간이계산법은 단순하고 작은 교량 이외에는 사용하지 않아야 한다.

표 10.7.2 프리스트레스 손실량(MPa)

긴장재의 형태	총손실량	
	콘크리트압축강도 $f_{ck} = 28 \text{ MPa}$	콘크리트압축강도 $f_{ck} = 35 \text{ MPa}$
프리텐션 강연선	-	-
응력제거 강연선		315
저 릴랙сей션 강연선		245
포스트텐션 강선 또는 강연선	-	-
응력제거 강연선	225	231
저 릴랙сей션 강연선	168	175
포스트텐션 강봉	155	160

*) <표 10.7.2>는 프리스트레스 감소량의 대략의 값으로 포스트텐션 방식에 대해서는 표의 값에는 마찰에 의한 감소는 포함되지 않았으며, 이 값은 ①항에 따라 별도로 계산하여야 한다. 표 10.7.2는 콘크리트의 설계기준강도

28 MPa과 35 MPa에 대한 감소량을 주고 있지만 이 강도보다 3.5 MPa정도 상하의 설계기준강도를 갖는 교량에 대해 사용해도 좋다. 즉, 24.5 MPa ~ 38.5 MPa 범위의 설계기준강도에 대하여 적용할 수 있다.

⑤ 실험 결과가 없는 경우 각 손실계수로서 다음 값을 사용할 수 있다.

가. 정착장치의 슬립량(draw-in coefficient) : $d = 10.0\text{mm}$ (10.7.15)

나. 곡률마찰계수(friction curvature coefficient): $\mu = 0.3 / \text{rad}$ (10.7.16)

다. 파상마찰계수(friction wobble coefficient): $K = 0.004 / \text{m}$ (10.7.17)

10.7.7 하중과 응력

(1) 하중

① 하중은 「제8장」에서 정의한 하중을 고려하여야 하며, 추가하여 다음 사항을 고려하여야 한다.

② 온도 경사 - 온도경사의 영향은 콘크리트의 초기 탄성계수로서 계산하여야 한다.

③ 추가 프리스트레싱

가. 포스트텐션을 적용한 철도 PSC 교량은 설계 계산에 필요한 프리스트레스 힘의 15%를 종방향으로 추가 프리스트레싱할 수 있도록 설계하여야 하며, 추가 프리스트레싱은 구조물의 공용기간 중 필요할 경우 언제나 가능하도록 설계하여야 한다. 이 추가 프리스트레싱은 이 설계기준의 10.1.2에서 정한 검토등급의 안전 조건을 유지하기 위하여 어떠한 단면에 대해서도 15%의 압축응력 손실의 보정이 가능하도록 하는 것이다.

나. 압축손실이 없는 경우에도 추가 프리스트레싱 하중을 상기의 안전 조건을 유지하기 위하여 고려하여야 한다.

다. 그러므로 추가적인 부벽(butress)과 방향변환블록(deviation blister)

이 콘크리트의 밖에 위치한 덕트 안의 추가 긴장재를 위하여 제공되어야 한다. 이는 국부적인 휨과 인장에 대하여 검토 되어야 한다.

(2) 설계검토

① 전체구조물은 다음에 따라 검토하여야 한다.

가. 피하여야 할 현상을 초래하지 않기 위한 사용하중 설계(사용하중 설계조합)

나. 구조요소의 정적 평형, 강도 및 안정성을 검토하기 위한 계수하중 설계(계수하중 설계조합).

② 안전 운행 기준은 홍수와 풍하중 또는 지진을 추가한 모든 사용하중 조건에 적합하여야 한다.

③ 모든 변위의 검토에는 여러 교각에 대하여 안정하다고 간주되는 기반 암 또는 견고하고 깊은 충적토 등의 지반을 사용하여야 한다. 이 지반에 재현 가능한 지진의 과장 및 진폭을 고려하여야 하며, 상대 변위를 변위의 검토에 추가 하여야 한다. 관련 지역에서의 단층 변위 또한 고려하여야 한다.

④ 변위는 기초, 교각, 받침, 바닥판, 체결구에 대한 변위 등의 개개의 변위의 합으로 계산하여야 하지만, 이 설계기준의 「8.6항」에 따라 검토하여야 하는 변위는 한 구조물과 인접 구조물 사이의 상대변위이다.

(3) 응력계산

① 대부분의 경우에서 응력계산을 위하여 선형탄성 모델을 사용할 수 있다. 이 선형탄성 모델은 부정정 구조물의 강도설계에는 적합하지 않지만, 관련기관에 의하여 명시되지 않은 경우를 제외하고는 이를 사용할 수 있다.

② 구조물은 가설공법을 고려하여 설계하여야 한다. 타설 시의 굳지 않은 콘크리트는 지지 구조물에 대하여 활하중으로 작용하는 등 교량에 대하여 응력과 변위를 유발할 수도 있다.

③ 여러 시공 공정을 포함하는 교량에서는 관련기관에 의하여 명시되었을 경우에 한하여 콘크리트의 크리프와 건조수축에 의한 변위와 응력의 계산에 간략식을 사용할 수 있다.

- ④ 프리스트레싱 하중 : 긴장재 정착구역과 국소구역에 대하여는 「10.7.15항」에 따라 특수해석을 수행하여야 한다.
- (4) 계산하중 : 「제8장」에서 정의된 하중조합과 하중계수를 고려하여야 한다.
- (5) 계수하중 설계응력 : 사고하중 등의 예외적인 하중조합을 포함하여 고려하여야 하는 계수 하중조합은 이 설계기준의 「8.3.4항」에 따라야 한다.
- (6) 사용하중 설계응력
- ① 고려하여야 하는 사용하중 조합은 이 설계기준의 「8.3.3항」에 따라야 한다.
 - ② 이 설계기준의 「10.7.7 (1) ③항」에 정의된 추가 프리스트레싱을 사용하중 조합에서 함께 고려하여야 한다.
- (7) 정적 안정 검토(static balance checking)
- ① 이 설계기준의 「제8장」에 따라 정적 안정 검토를 하여야 한다.
 - ② 정적 안정 검토는 전체 구조물과 각 시공 단계에 대하여 실시하여야 한다.
 - ③ 각 가설 단계에서 풍하중과 온도하중 및 가설하중을 고려하여 정적 평형을 만족시켜야 하며, 특히 MSS공법이나 FCM(Free cantilever method)공법 등 여러 시공 공정을 포함하는 교량에 대하여는 이에 대한 검토를 누락시켜서는 안된다.

10.7.8 단면

(1) 정의

- 가. 총 단면(gross section) - 총 단면은 강선 또는 덕트 등을 고려하지 않은 콘크리트의 외곽선으로 만들어지는 단면을 말한다.
- 나. 유효단면(effective section) - 유효단면은 총 단면에서 시공 완료 후에 채워지더라도 종방향 및 횡방향 강선을 넣기 위한 덕트의 구멍, 정착장치 등을 제외한 콘크리트의 순단면을 말한다.
- 다. 환산단면(transformed section, homogeneous section) - 환산단면은 PS강재가 완전 부착되어 있다고 가정하여 종방향 PS강재의 면적

에 탄성계수비를 곱한 면적을 유효단면에 더한 단면을 말한다.

(2) 응력계산에 적용되는 단면

① 총 단면은 다음을 산출하는 경우 사용하여야 한다.

가. 교량의 자중

나. 부정정력을 산출하기 위한 요소의 강성

다. 검토등급 II에 포함되는 교량 부재의 변형률

② 비균열 단면(유효단면 또는 환산단면)은 검토등급 I과 II의 단면응력을 산출하는 경우 사용하여야 한다.

③ 유효단면은 사용하중 설계시 고정하중에 의한 응력을 산출하는 경우 사용하여야 한다.

④ 콘크리트의 인장응력을 무시한 균열단면은 검토등급 III의 교량 또는 교량요소를 검토하는 경우 사용하여야 한다.

(3) 콘크리트 피복두께 단면

① 휨응력 성분이 없는 경우에 콘크리트 피복두께 단면은 총 단면이 된다.

② 휨응력 성분이 있는 경우에 콘크리트 피복두께 단면은 단면외곽선과 PS강재에서 c만큼 떨어진 휨 축에 평행한 두 직선으로 이루어진 단면을 말하며 여기서 c는 PS강재의 최소 피복두께이다.

10.7.9 휨에 대한 설계

(1) 사용하중 설계

① 검토 등급

가. 「10.1.2항」에 정의되어 있는 검토 등급을 적용하여야 한다.

㉠ 등급 I - 사용하중에서는 전체단면적에 대하여 인장응력이 발생하여서는 안 된다. 시공 중의 인장응력은 $0.7f_{ty}$ 를 넘지 않아야 한다.

㉡ 등급 II - 사용하중 하에서, 콘크리트 피복두께 단면에서의 상시 사용하중 조합에서는 인장응력이 발생하여서는 안되며, 혼치않은 사용하중 조합에서 콘크리트 피복두께 단면에서의 인장응력은 f_{ty} 를 넘지 않아야 하며 그 밖의 단면에서는 $1.5f_{ty}$ 를 넘지 않아야 한다. 시공 중에 콘크리트 피복두께 단면에서의 인장응력은 $0.7f_{ty}$

를 넘지 않아야 하며 그 밖의 단면에서는 $1.5 f_{tj}$ 를 넘지 않아야 한다.

여기서, f_{tj} 는 $0.6+0.06f_{cj}$ (MPa) 이며,

f_{cj} 는 j일에서의 콘크리트 압축강도(MPa)이다.

㉔ 등급 III - 축응력은 균열단면만으로 산출한다.

나. 철도교량에서 상시 사용하중 조합과 표준열차하중을 포함하는 흔치 않은 사용하중 조합에 대하여 인장응력이 발생하여서는 안된다.

다. 등급 II에서 시공 중 또는 일시적인 상황이나 가장 불리한 조합에 대하여 인장응력을 검토하여야 한다.

② 허용응력

프리캐스트 프리스트레스트 부재의 설계는 일반적으로 35MPa 을 표준으로 한다. 그러나 기술자가 일관된 강도를 유지할 수 있다고 판단하는 경우에는 콘크리트 강도를 42MPa 까지 증가시킬 수 있다. 특정한 영역(individual area basis)에서는 강도가 더 높은 고강도 콘크리트로 설계할 수도 있다. 이러한 경우에 설계도서에 기술자가 재료와 제작과정에 대한 감독을 완벽하게 하여 요구된 강도를 얻도록 주를 달아야 한다. 이 절의 규정들은 낮은 콘크리트 강도를 갖고 설계된 프리스트레스트 콘크리트 구조물과 구조 요소에 대해서도 동등하게 적용된다. PS강재의 허용인장응력은 일시적인 프리스트레스와 유효 프리스트레스 사이의 PS강재의 응력을 구별하지 않는다. 그 이유는 프리스트레스 도입 직후 초기 PS강재 응력이 구조물을 사용한 후에도 상당한 기간 지속되므로 초기 PS강재 응력을 일시적인 응력으로 간주할 수 없기 때문이다. 프리스트레스 손실로 인한 PS강재 응력의 지속적인 감소는 PS강재의 상태를 개선해주기 때문에 시방서에서는 이러한 응력감소에 대한 제한이 제시되어 있지 않다.

가. PS강재의 허용응력

㉕ 정착(seating)후 정착부에서의 응력

㉖ 프리텐션 부재

- 응력제거 강연선(stress relieved strands)

$$0.70 f_{pu}$$

- 저 릴랙세이션 강연선(low relaxation strands) $0.75f_{pu}$

정착장치의 활동에 의한 손실을 상쇄하기 위해서 짧은 시간동안에 응력이 $0.80f_{pu}$ 까지 증가하는 것을 허용하며, 정착후의 응력은 위의 값을 초과하지 않아야 한다.

- ㉠ 포스트텐션 부재 $0.70f_{pu}$

정착장치의 활동에 의한 손실과 마찰에 의한 손실을 상쇄하기 위해서 짧은 시간동안에 응력이 $0.90f_{py}$ 까지 증가하는 것을 허용하며, 정착 후 정착부에서의 응력은 위의 값을 초과하지 않아야 한다. 정착 후에 정착장치의 활동에 의한 손실구역의 끝부분에서의 응력은 $0.83f_{py}$ 를 초과하지 않아야 한다.

- ㉡ 손실이 일어난 후 사용하중 상태에서의 응력 $0.80f_{py}$

나. 콘크리트의 허용응력

- ㉢ 긴장 직후의 응력(크리프와 건조수축에 의한 손실이 일어나기 전의 일시적 응력)

- ㉣ 압축응력

- 프리텐션 부재 $0.60f_{ci}$

- 포스트텐션 부재 $0.55f_{ci}$

- ㉤ 인장응력

- 미리 압축력을 가한 인장구역 : 일시적인 허용응력이 규정되어 있지 않다.(「㉣항」에 있는 손실 후의 허용응력 참조)

- 그 외 지역 :

부착된 철근이 없는 인장구역 1.4MPa 또는 $0.25\sqrt{f_{ci}}$

계산된 인장응력이 위의 값을 초과하는 부분에서는 비균열단면으로 가정해서 계산된 콘크리트의 총 인장력에 저항하도록 부착된 철근을 배근해야 한다. 이때 최대 인장응력은 $0.5\sqrt{f_{ci}}$ 를 넘지 않아야 한다.

- ㉥ 사용하중 상태에서의 응력(모든 손실이 일어난 후의 응력)

- ㉦ 허용압축응력 $0.40f_{ck}$

㉞ 미리 압축력을 가한 인장구역에서의 인장응력 0

㉟ 균열응력

실험으로부터 얻은 휨인장강도를 사용하되, 실험자료가 없을 경우에는 다음 값을 적용한다.

㊱ 보통 콘크리트 $0.63\sqrt{f_{ck}}$

㊲ 모래 경량 콘크리트 $0.54\sqrt{f_{ck}}$

㊳ 전 경량 콘크리트 $0.47\sqrt{f_{ck}}$

㊴ 정착부의 지압응력

부재단부에 적절한 철근을 배치한 포스트텐션 부재의 정착장치에 의해 발생하는 콘크리트의 지압응력은 다음 값 이하로 하여야 한다.

㊱ 긴장재 정착 직후 $0.7f_{ci}\sqrt{A'_b/A_b-0.2} \leq 1.1f_{ci}$

㊲ 프리스트레스 손실 발생 후 $0.5f_{ck}\sqrt{A'_b/A_b} \leq 0.9f_{ck}$

다. 철근의 허용응력

㊱ 휨철근의 허용응력 : $f_{ca} = 0.50 f_y$ ($130 \text{ MPa} \leq f_{sr} \leq 180 \text{ MPa}$)

㊲ 압축철근의 허용응력: 철근의 항복강도의 40%

③ 시공 이음부 단면

가. 철근은 이음부를 관통하여야 하며, 일반적인 단면과 같은 방법으로 검토하여야 한다.

나. 시공 이음부 단면, 특히 박스거더의 복부판이나 바닥판과 같이 2단계로 시공된 수평 이음부 단면에는 건조수축의 차이에 의하여 전단응력이 발생하므로 이에 대비한 철근을 배근하여야 한다.

④ 접속구(coupler)

접속 장치를 사용할 경우에는 동일한 단면에서 텐던 총면적의 50% 이하가 되도록 하며 연결부 보강을 엄밀히 검토하여야 한다.

(2) 변형 해석

철도교량의 변형과 진동은 「8.6항」의 규정에 따라 검토하여야 한다.

(3) 계수하중 설계

① 전단설계는 「10.6.6항」을 따라야 한다.

- ② 풍하중과 선로 운영 적용의 존속시간은 1시간을 초과하지 않는다고 가정하여야 한다.

10.7.10 휨강도

(1) 일반사항

프리스트레스트 콘크리트 부재는 규정된 사용하중 하에서 축력과 휨을 동시에 받는 경우 비균열단면으로 가정한다. 부재의 단면 성질을 계산하는 경우, 프리텐션 부재와 그라우팅이 된 포스트텐션 부재에서는 부착된 보강재의 환산단면적을 사용한다. 긴장재의 부착 전에는 덕트의 개방된 단면적은 제외된다.

(2) 사각형 단면

- ① 사각형 단면 또는 중립축이 플랜지내에 있는 플랜지를 갖는 단면에 대한 설계휨강도는 <식 (10.7.18)>과 같이 계산한다.

$$\begin{aligned}\phi M_n &= \phi \left[A_{ps} f_{ps} d_p \left\{ 1 - 0.59 \frac{\rho_p f_{ps}}{f_{ck}} \right\} \right] \\ &= \phi \left[A_{ps} f_{ps} \left(d_p - \frac{a}{2} \right) \right]\end{aligned}\quad (10.7.18)$$

$$\text{여기서, } a = \frac{A_{ps} f_{ps}}{0.85 f_{ck} b}$$

- ② 강재지수 $\rho_p f_{ps}/f_{ck}$ 가 $0.36\beta_1$ 보다 큰 사각형단면에 대한 설계휨강도는 압축측 콘크리트가 먼저 파괴되는 취성거동을 방지하기 위하여 <식 10.7.19> 값보다 크지 않게 취하여야 한다.

$$\phi M_n = \phi [f_{ck}(0.36\beta_1 - 0.08\beta_1^2) b d_p^2] \quad (10.7.19)$$

여기서, β_1 : 등가직사각형 응력분포의 깊이와 중립축 거리와의 비

(3) 플랜지를 갖는 단면

- ① 플랜지의 두께가 a 보다 작거나 철근비 $[(A_{ps} - A_{pf})/b_w d] f_{ps}/f_{ck}$ 가 $0.36\beta_1$ 이하이면 설계휨강도는 <식 10.7.20>과 같이 계산한다.

$$\phi M_n = \phi \left[(A_{ps} - A_{pf}) f_{ps} \left(d_p - \frac{a}{2} \right) + 0.85 f_{ck} (b - b_w) h_f \left(d_p - \frac{h_f}{2} \right) \right] \quad (10.7.20)$$

$$\text{여기서, } a = \frac{(A_{ps} - A_{pf}) f_{ps}}{0.85 f_{ck} b_w}$$

A_{pf} : 플랜지를 갖는 단면의 플랜지가 극한 압축강도에 도달하는데 필요한 강재량

$$A_{pf} = 0.85 f_{ck} (b - b_w) \frac{h_f}{f_{ps}}$$

A_{pw} : 플랜지를 갖는 단면의 복부가 극한 압축강도에 도달하는데 필요한 강재량

$$A_{pw} = A_{ps} - A_{pf}$$

② 철근비 $[(A_{ps} - A_{pf}) / b_w d] f_{ps} / f_{ck}$ 가 $0.36\beta_1$ 보다 큰 경우, 설계휨강도는 <식 (10.7.21)> 값보다 크지 않게 계산하여야 한다.

$$\phi M_n = \phi [f_{ck} (0.36\beta_1 - 0.08\beta_1^2) b_w d_p^2 + 0.85 f_{ck} (b - b_w) h_f (d_p - 0.5 h_f)] \quad (10.7.21)$$

(4) PS강재의 응력(f_{ps})

① 변형률 적합방법 등의 자세한 해석을 수행하여 얻은 정확한 강재의 응력 f_{ps} 값을 모르는 경우에 대하여 f_{pe} 의 값이 $0.5f_{pu}$ 이상이면 f_{ps} 값을 <식 (10.7.22)>와 같이 근사적으로 취한다.

가. PS긴장재가 부착된 부재

$$f_{ps} = f_{pu} \left[1 - \frac{\gamma_p}{\beta_1} \left\{ \rho_p \frac{f_{pu}}{f_{ck}} + \frac{d}{d_p} \left(\rho \frac{f_y}{f_{ck}} - \rho' \frac{f_y}{f_{ck}} \right) \right\} \right] \quad (10.7.22)$$

여기서, f_{pu} : PS강재의 극한강도 (MPa)

f_y : 인장철근의 항복강도 (MPa)

f_{ck} : 콘크리트의 압축강도 (MPa)

γ_p : 긴장재의 항복비에 따른 계수

$$0.55 : \frac{f_{pv}}{f_{pu}} \geq 0.80$$

$$0.40 : \frac{f_{py}}{f_{pu}} \geq 0.85$$

$$0.28 : \frac{f_{py}}{f_{pu}} \geq 0.90$$

ρ_p : PS강재비

ρ : 인장철근비

ρ' : 압축철근비

$$f_{ps} \text{ 계산시 압축철근을 고려한다면 } \left[\rho_p \frac{f_{pu}}{f_{ck}} + \frac{d}{d_p} \left(\rho \frac{f_y}{f_{ck}} - \rho' \frac{f_y}{f_{ck}} \right) \right]$$

의 값이 0.17 이상이라야 하고, d' 은 $0.15d_p$ 이하라야 한다.

나. PS긴장재가 부착되지 않은 부재

㉔ 지간과 높이의 비가 35이하인 경우

$$f_{ps} = f_{pe} + 70 + \frac{f_{ck}}{100\rho_p} \quad (10.7.23)$$

여기서, f_{ps} 는 f_{py} 또는 $(f_{pe} + 400)$ (MPa) 이하라야 한다.

㉕ 지간과 높이의 비가 35보다 큰 경우

$$f_{ps} = f_{pe} + 70 + \frac{f_{ck}}{300\rho_p} \quad (10.7.24)$$

여기서, f_{ps} 는 f_{py} 또는 $(f_{pe} + 210)$ (MPa) 이하라야 한다.

② 계수하중에서 프리캐스트 바닥판 슬래브(deck panel)의 PS강재의 응력은

$$f_{ps} = 70 \frac{L_x}{D} + \frac{2}{3} f_{pe} \quad (10.7.25)$$

로 제한되며, <식 (10.7.22)>~<식 (10.7.24)>에 의한 f_{ps} 보다 크지 않아야 한다.

여기서, D : 강연선의 공칭지름 (mm)

f_{pe} : 손실이 일어난 후 긴장재의 유효프리스트레스 (MPa)

L_x : 패널의 중심에서 긴장재 끝까지의 거리 (mm)

10.7.11 철근 및 PS강재의 제한

(1) 최대 PS강재량

프리스트레스트 콘크리트 부재는 부재가 극한강도에 도달했을 때 PS강재가 항복하도록 설계한다. 프리스트레스트 콘크리트 부재가 극한 상태에 도달할 때 콘크리트의 압축축이 먼저 파괴되는 취성파괴를 방지하고 인장축 보강재가 먼저 항복강도에 도달한 다음 연성을 발휘하는 연성파괴를 유도하기 위해서 최대 강재량을 제한한 것이다. 일반적으로, 강재지수는 <식 (10.7.26)>, <식 (10.7.27)>과 같이 표시된다.

① 사각형 단면

$$q_p = \rho_p \frac{f_{ps}}{f_{ck}} \quad (10.7.26)$$

② 플랜지를 갖는 단면

$$q_p = \frac{A_{pw}}{b_w d_p} \frac{f_{ps}}{f_{ck}} \quad (10.7.27)$$

이 강재지수는 $0.36\beta_1$ 을 초과하지 않아야 하며 강재지수가 $0.36\beta_1$ 보다 큰 부재에서는 휨강도를 <식 (10.7.19)>과 <식 (10.7.21)>보다 크지 않아야 한다.

(2) 최소 PS강재량

① 프리스트레싱되지 않은 철근 및 PS강재량은 위험단면에서의 계수모멘트가 파괴계수에 기초를 하여 계산한 균열모멘트보다 최소한 1.2배 이상이 되도록 배치하여야 한다.

$$\phi M_n \geq 1.2 M_{cr} \quad (10.7.28)$$

여기서 $M_{cr} = (f_{ru} + f_{pe})Z_c$

이 규정은 균열발생 후 즉각적으로 발생하는 급작스런 휨파괴를 방지하기 위한 것이다. 시방서 규정에 따라 설계된 횡부재는 그 부재의 휨강도에 도달하기까지는 균열이 발생한 후에도 상당한 하중이 추가로 재하되어야 한다. 그러므로 부재가 발휘할 수 있는 휨강도에 접근하게 되면 상당량의 처짐이 나타나게 되어 위험을 경고해 준다. 그러나 균열발생 후 즉각적으로 휨강도에 도달하게 되면 위험을 경고해주는 처짐이 생길 틈이 없이 파괴된다. 따라서 본 시방서에서는 적어도 균열하중의 1.2배에 견딜 수 있는 최소 강재량을 요구하고 있다.

검토 단면의 휨강도(ϕM_n)가 외력에 의한 계수모멘트(ϕM_u)의 4/3배 이상인 경우에는 이 규정을 따르지 않아도 된다.

- ② 프리캐스트 프리스트레스트 바닥판을 활용하는 경우 슬래브의 현장 치기된 부분에 횡방향으로 배근되는 프리스트레싱되지 않은 철근의 최소량은 슬래브의 단위폭(m)당 600mm^2 이상이어야 한다.

(3) 철근

- ① 철근은 보의 계수 인장강도에 기여하는 것으로 고려한다. 이때 철근은 항복한 것으로 가정하며, 철근에 의한 인장력은 철근단면적에 철근의 항복강도를 곱한 것으로 계산한다.
- ② 항복강도보다 작은 응력이 발생하는 보강철근은 변형률 적합조건을 적용한 해석에 의해서 철근의 응력을 계산한다.

가. 사각형 단면

$$\frac{\rho f_y}{f_{ck}} \frac{d}{d_p} + \frac{\rho_p f_{ps}}{f_{ck}} - \frac{\rho' f_y}{f_{ck}} \leq 0.36\beta_1 \quad (10.7.29)$$

나. 플랜지를 갖는 단면

$$\frac{A_s f_y}{b_w d f_{ck}} + \frac{A_{pw} f_{ps}}{b_w d_p f_{ck}} - \frac{A_s' f_y}{b_w d f_{ck}} \leq 0.36 \beta_1 \quad (10.7.30)$$

<식 (10.7.29)>과 <식 (10.7.30)>에서 강제지수 계산시 복부폭을 b 와 b_w 로 각각 계산한다. 위 식들이 $0.36\beta_1$ 보다 큰 부재에서는 압축측 콘크리트가 먼저 파괴되는 과다보강으로 역시 휨강도를 <식 (10.7.19)>과 <식 (10.7.21)>보다 크지 않게 취하여야 한다.

10.7.12 전단에 대한 설계

(1) 일반사항

- ① 속이 찬 슬래브와 기초를 제외한 프리스트레스트 콘크리트 휨부재는 전단과 사인장응력에 대해 보강하여야 한다. 속이 빈 슬래브에 대해서는 전단에 대해 검토를 하여야 하며, 계수전단력 V_u 가 콘크리트가 부담하는 전단강도 ϕV_c 의 1/2배보다 작으면 전단에 대한 보강은 생략해도 좋다.
- ② 전단철근은 부재축에 직각방향으로 있는 스티럽 또는 부재축에 직각방향으로 위치한 용접된 강선(wire)으로 이루어진다. 전단철근은 압축연단으로부터 d 만큼 연장되어야 하고, 피복두께 규정과 다른 철근과의 근접이 허용되는 한도 내에서 부재의 압축면 및 인장면에 가깝게 배근하여야 한다. 전단철근이 설계 항복강도를 발휘하도록 전단철근의 양 끝을 철근의 정착규정에 따라 정착하여야 한다.
- ③ 전단력을 받는 부재는 다음 조건 <식 (10.7.31)>을 만족하도록 설계하여야 한다.

$$V_u \leq \phi (V_c + V_s) \quad (10.7.31)$$

여기서, V_u : 위험단면에서의 계수전단력

V_c : 콘크리트가 부담하는 공칭전단강도

V_s : 전단철근이 부담하는 공칭전단강도

- ④ 작용하중에 의한 반력이 부재의 단부 부근에 압축력을 유발할 때, 지점면으로부터 $h/2$ 보다 작은 거리에 위치한 단면은 $h/2$ 지점에서 계산한 계수전단력 V_u 에 대해 전단설계를 한다.
- ⑤ 프리캐스트 세그멘탈 박스거더의 복부에는 가설하중에 의한 전단력을 전달하기 위해서 전단연결재(shear key)를 설치한다. 특히 교각 근처에 있는 세그먼트에서는 전단연결재에 반대의 전단응력이 발생할 수 있다. 세그먼트의 가설시 전단연결재에 의해 전달되는 전달응력은 $\frac{\sqrt{f_{ck}}}{6}$ 를 초과하지 못한다.

(2) 설계 원리

- ① 전단력에 영향을 받는 거더는 다음과 같이 설계하여야 한다.
가. 복부판과 리브 등과 같은 모든 거더의 구성 요소들은 사용하중설계와 계수하중설계에 따라 설계하여야 한다.
나. 거더의 받침부위와 하단 코너부에 대한 안정성은 이 설계기준 「10.7.15 (4),(5)항」에 따라 검토하여야 한다.
- ② 응력은 이 설계기준 「10.7.7항」에 따라 산출하여야 하며, 종방향의 프리스트레스 힘을 포함하여 외부 작용력에 의한 전단력 V 는 거더 높이의 변화가 큰 경우 감소효과를 고려하여 산출하여야 한다. 이때 수정된 전단력은 V_{red} 로 표기하여야 한다.
- ③ 프리스트레싱은 관련기관에 의하여 명시되지 않은 경우를 제외하고는 전단력에 대한 전단철근으로 사용하여서는 안된다.

(3) 사용하중설계

- ① 설계 해석
가. 거더는 비균열단면으로서 선형탄성변형의 가정을 도입하여 해석하여야 하며, 종방향 응력(f_x), 횡방향 프리스트레싱에 의한 횡방향 응력(f_t , 횡방향 프리스트레싱이 없는 경우에는 f_t 는 0이다) 및 전단응력(τ)을 고려하여 단면을 설계하여야 한다.

나. f_x 는 유효단면적을 고려하여 산출하며, f_t 와 τ 는 저항부재의 유효폭을 고려하여 산출하여야 한다.

다. 복부판의 경우 유효폭은 다음과 같이 계산할 수 있다.

㉓ 강제 덕트가 그라우팅 되었을 경우

$$b_n = b_o - n \frac{\phi}{2} \quad (10.7.32)$$

㉔ 강제 덕트가 그라우팅 안 되었을 경우

$$b_n = b_o - n\phi \quad (10.7.33)$$

여기서, b_o 는 복부판의 최소 두께이며, n 은 수평방향에서의 총 덕트의 수이며, ϕ 는 덕트의 외경이다.

라. Q형방향 PS강재가 거더의 중립축과 직각을 이루는 경우의 각 응력은 <식 (10.7.34)>와 같이 구할 수 있다

$$f_x = f \quad f_t = \frac{P_t}{b_n S_t'} \quad \tau = \frac{V_{red} Q}{b_n I} \quad (10.7.34)$$

여기서, S_t' '는 횡방향 PS강재의 배치간격,

P_t 는 횡방향 PS강재 한 개의 긴장력

② 허용응력

가. 보와 일 방향 슬래브

㉓ 콘크리트의 허용전단 응력 : $\tau_{ca} = 0.08 \sqrt{f_{ck}}$

㉔ 철근의 추가된 부재의 최대 전단 응력 : $\tau_{ca} = 0.36 \sqrt{f_{ck}}$

나. 2방향 슬래브와 기초 : $\tau_{ca} \leq 0.08 \sqrt{f_{ck}}$

다. 미세균열을 피하기 위해서 시공 중과 사용하중 작용시의 전단응력은 3.0 MPa을 넘을 수 없다.

(4) 계수하중설계

① 일반내용

- 가. 계수하중설계는 이 설계기준 「10.7.9항」에 따라야 한다.
- 나. 관련기관에서 규정한 아주 특별한 경우를 제외하고는, 중앙부의 단면을 포함하여 모든 프리스트레스 콘크리트 요소에 전단철근을 배치하여야 한다.
- 다. 시공이음부에서 상·하 이음면의 건조수축의 차이에 의하여 발생하는 전단력은 이음면에 배치된 철근이 모두 부담하는 것으로 설계하여야 한다.
- 라. 시공이음면은 최소 5mm 크기의 요철이 생기도록 거칠게 접촉면의 처리를 하여야 하며, 이를 상세 도면에 표기하여야 한다.

② 콘크리트가 부담하는 전단강도

- 가. 휨철근에 의한 전체 인장강도의 40%보다 큰 유효 프리스트레스 힘을 받는 부재의 경우, 「나.항」에 따라 좀 더 정밀한 계산이 되지 않으면 전단강도 V_c 는 <식 (10.7.35)>에 따라야 한다.

$$V_c = \left(0.05\sqrt{f_{ck}} + 4.9 \frac{V_u d_p}{M_u} \right) b_w d_p \quad (10.7.35)$$

그러나 V_c 는 $0.17\sqrt{f_{ck}} b_w d_p$ 보다 작지 않아야 하며, $0.42\sqrt{f_{ck}} b_w d_p$ 나 「나.항」의 값보다 크지 않아야 한다. 그리고 $V_u d_p / M_u$ 는 1.0보다 크지 않아야 한다. 여기서 V_u 와 M_u 는 고려단면에서 동시에 발생하는 단면력이다. <식 (10.7.35)>를 적용할 때, $V_u d_p / M_u$ 에서 d_p 는 압축연단에서 프리스트레스 도심까지의 거리이다.

- 나. 콘크리트가 부담하는 전단강도 V_c 는 다음의 V_{ci} 또는 V_{cw} 중에서 작은 값으로 하여야 한다.

전단강도 V_{ci} 는 <식 (10.7.36)>을 따라야 한다.

$$V_{ci} = 0.05 \sqrt{f_{ck}} b_w d_p + V_d + \frac{V_i M_{cr}}{M_{\max}} \quad (10.7.36)$$

이 값은 $0.14 \sqrt{f_{ck}} b_w d_p$ 보다 작을 필요는 없고, d_p 는 $0.8h$ 보다 작게 취할 필요가 없다. 외부에서 작용한 계수하중은 상재 고정하중, 토압, 활하중을 포함하며, 이 계수하중으로부터 V_i 와 $M_{\max}$ 가 결정된다. 여기서, 외부하중에 의해 휨균열이 발생하는 균열모멘트는 <식 (10.7.37)>과 같다.

$$M_{cr} = \frac{I}{y_t} (0.5 \sqrt{f_{ck}} + f_{pe} - f_d) \quad (10.7.37)$$

외부하중에 의해 발생하는 단면의 최대계수모멘트 $M_{\max}$ 와 전단력 V_i 는 해당 단면에 최대모멘트를 유발하는 하중조합으로부터 계산하여야 한다.

㉔ 전단강도 V_{cw} 는 <식 (10.7.38)>을 따라야 한다.

$$V_{cw} = (0.29 \sqrt{f_{ck}} + 0.3 f_{pc}) b_w d_p + V_p \quad (10.7.38)$$

여기서 d_p 를 $0.8h$ 보다 작게 취할 필요는 없다.

다. 프리텐션 부재에서 지점면으로부터 $0.5h$ 거리에 있는 단면이 PS긴장재의 정착길이보다 더 가깝게 부재의 단부에 위치하면, f_{cw} 를 계산할 때 감소된 프리스트레스를 고려하여야 한다. 프리스트레스 힘은 PS강재의 끝에서 0, PS강재의 끝으로부터 정착길이와 같은 거리에서 최대값이 되는 직선적으로 변하는 값으로 가정해도 좋다. 정착길이는 스트랜드에 대해서는 지름의 50배, 단일 강선에 대해서는 지름의 100배로 가정하여야 한다.

③ 전단철근이 부담하는 전단력

가. 전단철근이 부담하는 전단력은 <식 (10.7.39)>과 같다.

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{s} \quad (10.7.39)$$

여기서, A_v 는 간격 s 내에 있는 전단철근의 단면적이다. V_s 는 $\frac{2}{3} \sqrt{f_{ck}} b_w d$ 보다 크게 취해서는 안되고, d 를 $0.8h$ 보다 작게 취할 필요는 없다.

나. 전단철근의 간격 s 는 $0.75h$ 또는 600mm보다 커서는 안 된다. 다만 V_s 가 $\frac{1}{3} \sqrt{f_{ck}} b_w d$ 를 초과하면 최대 철근간격은 1/2로 감소시킨다.

다. 전단철근의 최소 단면적은 <식 (10.7.40)>과 같다.

$$A_{v, \min} = 0.0625 \sqrt{f_{ck} \frac{b_w s}{f_{yt}}} \quad (10.7.40)$$

그러나 최소 전단철근량은 $0.35 b_w s / f_{yt}$ 보다 작지 않아야 한다. 여기서, b_w 와 s 의 단위는mm이다.

라. 휨철근 인장강도의 40% 이상의 유효 프리스트레스 힘이 작용하는 프리스트레스트 콘크리트 부재에 대한 최소전단철근량은 <식 (10.6.38)>과 <식 (10.7.41)>에 의해 구한 값 중 적은 값 이상으로 하여야 한다.

$$A_{u, \min} = \frac{A_{ps}}{80} \frac{f_{pu}}{f_{yt}} \frac{s}{d} \sqrt{\frac{d}{b_w}} \quad (10.7.41)$$

마. 전단철근의 설계 항복강도 f_y 는 400MPa를 초과해서는 안 된다. 그러나 이형 용접강선망에 대해서는 항복강도 500MPa의 사용을 허용하여야 한다.

④ 수평 전단설계 - 합성거더 휨부재

가. 합성거더 휨부재는 접촉면을 따라 전단력을 전달하고 각 요소의 분

리를 방지하기 위해서 다음 「나.항~라.항」의 규정에 따라 서로 연결되어야 한다.

나. 접촉면을 깨끗하게 하고 인위적으로 거칠게 만들고, 「라.항」에 따라 최소 수직연결철근을 배근하고, 모든 스테럽을 교차하는 모든 요소에 완전하게 정착시키고, 그리고 복부부재 전체의 수직 전단력에 저항하도록 설계되었을 때에는 계수수평전단력이 완전하게 전달된다고 가정하여야 한다. 그렇지 않으면 계수 수평전단응력은 「다.항」과 「라.항」에 따라 계산되고 제한되어야 한다.

다. 「나.항」의 규정 대신에 계수 수평전단응력은 $\tau = V_u Q / (I_b w)$ 식으로 계산할 수 있다. 계산된 전단응력에 저항하도록 하기 위하여 접촉면에서의 전단저항능력은 다음과 같이 가정하여야 한다.

㉠ 「라.항」의 최소 연결철근 규정을 만족할 때…………… 0.52 MPa

㉡ 「라.항」의 최소 연결철근 규정을 만족하고

프리캐스트 요소의 접촉면이 깨끗하고 인위적으로

거칠게 만들어 졌을 때 …………… 2.06 MPa

㉢ 연결부위를 가로질러 배근된 스테럽과 수직연결철근이

「④항」의 최소철근 규정을 초과하는 경우에는

위의 두 규정에 의한 값에다 초과하는 철근량의 단위 %당

다음의 값을 추가하여야 한다…………… 1.03 MPa

라. 모든 전단철근은 현장치기 바닥판으로 연장되어야 한다. 지간의 단위길이(m) 당 수직 전단철근의 최소 총단면적은 300mm 간격으로 배근된 2개의 D10 철근 단면적보다 작지 않아야 한다. 전단철근은 수직연결(ties) 철근의 규정을 만족시키기 위해 사용하여야 한다. 수직 연결철근의 간격은 합성플랜지의 평균두께의 4배 그리고 600 mm 보다 커서는 안 된다.

⑤ 수평 전단설계 - 박스거더

거더의 복부와 연결되는 일체로 치기된 헌치와 플랜지와 접합부에서의 수평전단응력은 $0.01f_{ck}$ 를 초과하지 않아야 한다.

(5) 총 전단 철근 - 전단력, 비틀림과 프리스트레스 힘의 전달해석 등으

로 인한 배치하여야 할 최종 전단철근량은 A_{px} 보다 작지 않아야 하며, A_s 에 1.5를 곱한 값과 A_{px} 와 A_s 를 더한 값 중 작은 값보다 작지 않아야 한다. 여기서, A_{px} 는 프리스트레싱 전달 철근이며, A_s 는 전단철근이다.

10.7.13 비틀림에 대한 설계

비틀림을 받는 부재의 설계는 본 설계기준 10.6.7 절 비틀림에 대한 설계에 따라야 한다.

10.7.14 정착 구역 설계

- (1) 포스트텐션 부재의 정착구역은 정착장치에 집중된 프리스트레스 힘을 횡방향으로 분산시켜 단면 전체에 선형의 응력 분포가 되도록 하는 콘크리트 부분을 말한다. 부재 또는 세그먼트의 단부에 있는 정착구역의 횡방향 규격은 단면의 깊이와 폭으로 취한다. 긴장재 방향으로의 정착구역 종방향 길이(정착장치 전방)는, 부재 길이나 세그먼트 길이를 초과할 수 없고 횡방향 규격 중 큰 값보다 작아서는 안 되며 1.5배보다 커서도 안된다. 중간에 정착되는 경우의 정착구역 길이는 정착장치 후방으로도 횡방향 규격 중 큰 값보다 작지 않은 거리만큼 연장하여야 한다. 정착 구역은 정착부 해석을 위한 구역 설정 값이므로 긴장재 방향으로 동일한 단면을 유지할 필요는 없으나 정착부 및 받침부 국부 해석, 전체 구조계 해석 등에 의해 안전성이 확보되도록 해야 한다.

슬래브에서 여러 개의 정착장치를 사용하는 경우의 정착구역 폭과 길이는 응력이 작용하는 긴장재 중심 간격으로 하되, 긴장재 축방향으로의 슬래브 길이보다 커서는 안 된다. 정착 구역의 두께는 슬래브 두께와 같게 취한다.

- (2) 프리텐션 부재에서는 정착구역 파열력에 대한 저항을 위해 긴장력 도입시 총 프리스트레스 힘의 4%이상을 저항하도록 수직 철근을 보의 단부로부터 $d/4$ 지점 안에 수직철근을 배근해야 하고, 수직철근을 가능하면 단부 가까이에 위치시켜야 한다. 이때 철근의 응력은 140

MPa을 초과할 수 없다. 보의 단부로부터 d 거리까지는 하부 플랜지에 배치되는 PS강재를 감싸도록 공칭보강철근을 배근하여야 한다. 박스 형상의 보에서는 횡방향 철근을 배근하여야 하고, 박스 보의 복부까지로 철근을 연장시켜 정착하여야 한다.

10.7.15 정착구역과 단부스트럿 및 하단 코너부의 안정성검토

(1) 많은 양의 PS강재가 배치되는 철도교량에 있어서 이 규정에 의한 검토를 누락하여서는 안된다.

(2) 프리스트레스 힘의 전달 과정

① 서론

가. 단면 S_a 에 PS강재가 정착될 경우, 정착단면 S_a 로부터 일반단면 S_r 로 프리스트레스 힘이 전달되면서 단면 내에서의 응력분포곡선은 비연속 분포로부터 점차적으로 선형 연속 분포로 바뀐다.

나. 위의 프리스트레스 힘의 전달과정에서 단면 내에는 수직응력(f)과 전단응력(τ)이 발생하게 되는데 이러한 3차원적인 현상은 단면내의 두 개의 주축을 고려하면 효과적으로 표현할 수 있다.

다. 다음의 각 영향에 저항하기 위하여 필요한 철근을 다음과 같이 정의한다.

㉠ 표면 효과 : A_s

㉡ 파열 효과 : A_b

㉢ 전달 : A_t

② 표면 효과

가. 표면 효과에 저항하기 위한 철근(A_s)량은 <식 (10.7.42)>으로부터 구할 수 있다.

$$A_s = 0.04 \frac{\max(F_j)}{f_{s, \text{lim}}} \quad (10.7.42)$$

여기서, $f_{s, \text{lim}}$ 은 철근의 설계강도로서 일반적으로 $\frac{2}{3} f_{sy}$ 이다.

F_j 는 PS강재 j 의 긴장력

나. A_s 는 단면 바로 밑에 배치하여야 한다.

③ 파열 효과

가. 각 PS강재에 대해, 파열 효과에 대한 검토를 다음 방법에 따라 수행하여야 한다.

나. <식 (10.7.43)>으로부터 구한 콘크리트의 횡방향 인장응력(f_{tej})은 콘크리트의 인장강도(f_{tj})의 1.25배보다 크지 않아야 한다.

$$f_{tej} = 0.5 \left(1 - \frac{a_j}{d_j} \right) \frac{F_{\theta}}{e' d_j} < 1.25 f_{tj} \quad (10.7.43)$$

여기서, a_j 는 계산단면에서의 정착장치의 크기

d_j 는 <그림 10.7.1>에서 표현된 얇은 사각형의 크기,

$d = 2 \times$ 작은 값 (c, c^*)

e' 는 단면 형좌표 t의 단면 BC에서의 거더의 두께

(<그림 10.7.4> 참조)

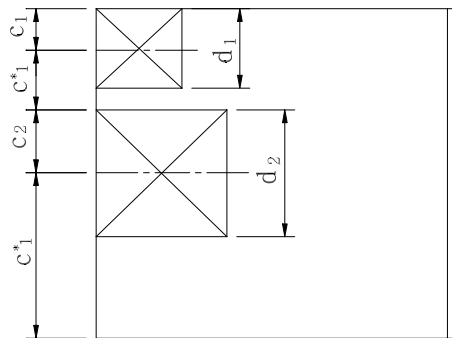


그림 10.7.1 대칭 프리즘에서의 파열효과

다. <식 (10.7.44)>으로 구한 콘크리트의 압축응력(f_{xmj})은 콘크리트의 압축강도의 2/3보다 크지 않아야 한다.

$$f_{xmj} = \frac{F_{\theta}}{e' d_j} < \frac{2}{3} f_{ck} \quad (10.7.44)$$

라. PS강재 j에 대한 파열 철근량은

$$A_{bj} = \frac{R_j}{k_j f_{s, \lim}} \quad (10.7.45)$$

여기서, $k_j = 1.0$ 는 외측 PS강재인 경우

$k_j = 1.5$ 는 중간에 위치한 PS강재인 경우

$R_j = 0.25 \left(1 - \frac{a_j}{d_j}\right) F_{\rho}$ 는 파열력(bursting effort)

마. 최종적으로 파열 효과에 저항하는 철근량(A_b)는 <식 (10.7.46)>와 같이 정하여야 한다.

$$A_b = \max \left\{ \begin{array}{l} \max(A_{bj}) \\ 0.15 \frac{\max(F_{\rho})}{f_{s, \lim}} \end{array} \right. \quad (10.7.46)$$

바. A_b 는 정착단면(S_a)으로부터 $\max(d_j)$ 떨어진 곳까지 배치하여야 한다.

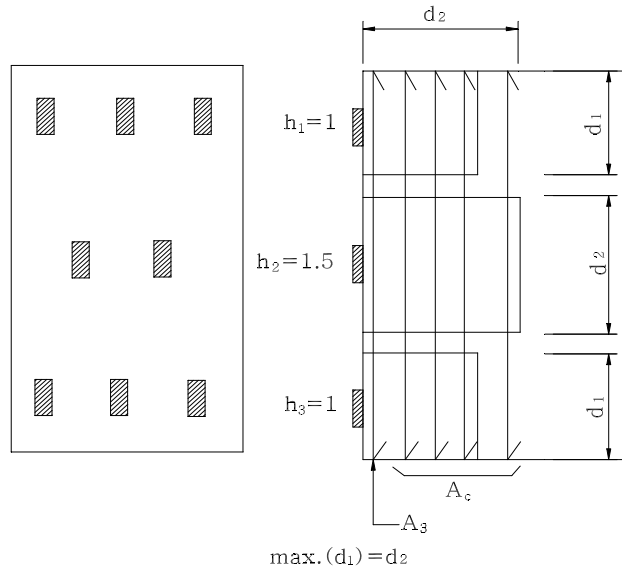


그림 10.7.2 파열효과와 표면효과에 대한 철근보강

(3) 프리스트레스 힘의 전달

① 원리

가. 프리스트레스 힘의 전달은 시공 중 또는 공용기간 중에서 가장 불리한 쪽에 대하여 계산하여야 한다.

나. 프리스트레스 힘의 전달을 계산하기 위하여 다음의 가정을 도입하여야 한다.

- ㉠ 도입길이는 단면의 높이와 같다.
- ㉡ 도입구간 내에서의 힘의 평형은 다음 두 가지 문제로 단순화시킬 수 있다.
- ㉢ 프리스트레스 집중력을 사다리꼴 분포의 하중으로 치환하여 도입구간 내의 평형조건을 적용하여야 한다.
- ㉣ 프리스트레스 집중력과 앞의 경우와 반대 방향의 사다리꼴 분포력과 평형조건을 적용하여야 한다. 이러한 평형을 순수확산평형(pure diffusion general balance)이라 한다.

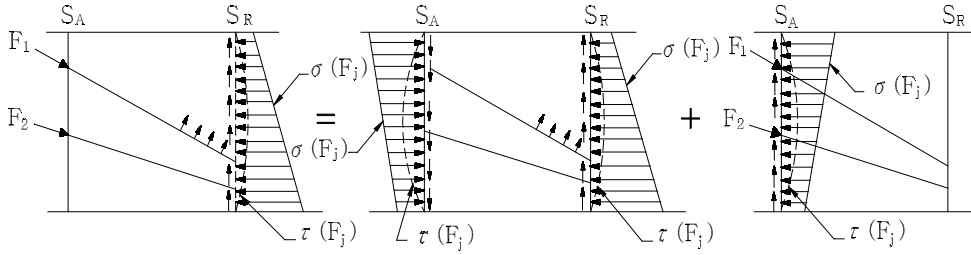


그림 10.7.3 프리스트레싱 전달 해석 원리

다. 앞의 가정으로부터 프리스트레스 힘의 전달과정에서 발생하는 단면
력을 <식 (10.7.36)>~<식 (10.7.38)>과 같이 산출할 수 있다.

$$\textcircled{가} \text{ 전단력} : V_x(t) = F_{lx} - X \quad (10.7.47)$$

$$\textcircled{나} \text{ 휨모멘트} : M_t(t) = F_{lx}(t - c_1) - Xa + \frac{e}{2}(T - F_{lt}) \quad (10.7.48)$$

$$\textcircled{다} \text{ 축력} : N_t(t) = F_{lt} - T \quad (10.7.49)$$

$$\text{여기서, } \begin{cases} X = \int_{AB} f(F_j) e' dt \\ T = \int_{AB} \tau(F_j) e' dt \end{cases}$$

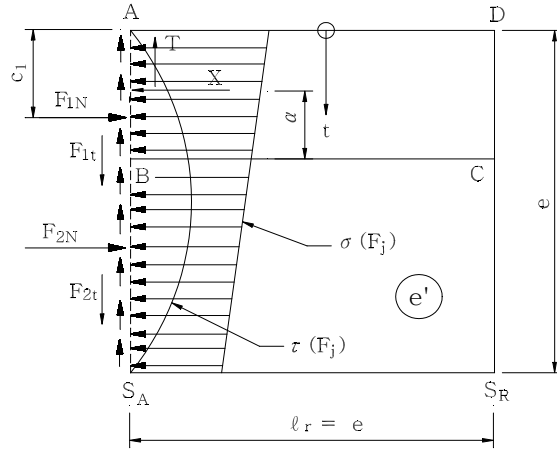


그림 10.7.4 작용력

라. 그러므로 프리스트레스 힘의 전달은 다음의 두 단계로 나누어 설계할 수 있다.

㉓ 첫 번째 조정 구역 : 표면 및 파열 효과에 대한 철근

㉔ 두 번째 조정 구역 : 순수확산평형에 대응하는 전달 철근

② 응력

가. 횡방향 좌표 t 에서 모든 단면의 표준 전달 전단응력은:

$$\tau_d = \frac{2V_x}{e'I_t} \quad (10.7.50)$$

여기서, I_t 는 도입길이(단면의 높이와 같다).

V_x 는 프리즘 ABCD에 작용하는 수평력.

나. 횡방향 좌표 t 의 단면의 최대 전단응력은 전달전단응력(τ_d)과 가장 불리한 하중조합에 의하여 결정된 최대 전단응력(τ)과의 합이며 단면에 발생하는 최대 전단응력은 콘크리트의 인장강도(f_{tj})의 1.5배보다 크지 않아야 한다.

$$\tau_{g, \max} = \max(\tau_d + \tau) < 1.5 f_{tj} \quad (10.7.51)$$

③ 철근

가. 정착단면(S_d)와 일반단면(S_r)사이에 배치하여야 하는 철근량은 <식 (10.7.52)> 같이 결정할 수 있다.

$$A_t = \frac{|V_{xe}| - N_{te}}{f_{s, \lim}} \quad (10.7.52)$$

여기서, N_{te} 는 압축력($N_{te} > 0$) 또는 인장력($N_{te} < 0$)이 될 수 있다.

$$V_{xe} = V_x \left[1 - \left(\frac{f_{tj}}{3 \tau_d} \right)^2 \right] \quad (10.7.53)$$

<식 (10.7.53)>에서 도입전단응력(τ_d)가 콘크리트의 인장강도(f_{tj})의 1/3보다 작아지면, 콘크리트가 전단력을 부담한다고 가정하여야 한다.

나. 위에서 계산된 철근의 단면적 A_t 이 $(A_s + A_b)$ 보다 작은 경우에는, 프리스트레스 힘의 도입으로 인한 추가 철근은 필요하지 않다.

다. 위에서 계산된 철근의 단면적 A_t 이 $(A_s + A_b)$ 보다 큰 경우에는, $A_t - (A_s + A_b)$ 의 철근량을 도입길이의 2/3 이내에 배치하여야 한다.

라. 위의 규정들은 모두 거더의 단부 단면에 대한 것으로서 중간부 단면에 대해서는 위에서 산정한 각각 철근 단면적에 각각의 계수를 곱함으로써 구할 수 있다. 이들 계수는 구조물의 시공 이력에 따라 <표 10.7.3>과 같이 정할 수 있다.

표 10.7.3 도입철근의 감소계수

	감소계수	경우 1	경우 2
PS강재 측	λ_s	1.0	1.0
	λ_b	1.0	1.0
	λ_t	0.6	1.0
PS강재 반대측	λ_s	0.6	0.3
	λ_b	0.6	0.3
	λ_t	0.6	0.3

주) ① 경우 1은 시공 중 한 번도 단부 단면이 되지 않는 중간부 단면

② 경우 2는 시공 중 일시적으로 단부 단면이 되는 중간부 단면

(4) 단부 스트럿(end strut)

- ① 거더에서 작용하는 힘은 거더의 종방향 축으로부터 <그림 10.7.5>에
서 β_u 도 경사진 하나의 스트럿을 통하여 받침에 전달된다. 여기서
 β_u 는 30° 보다 작아서는 안 된다.

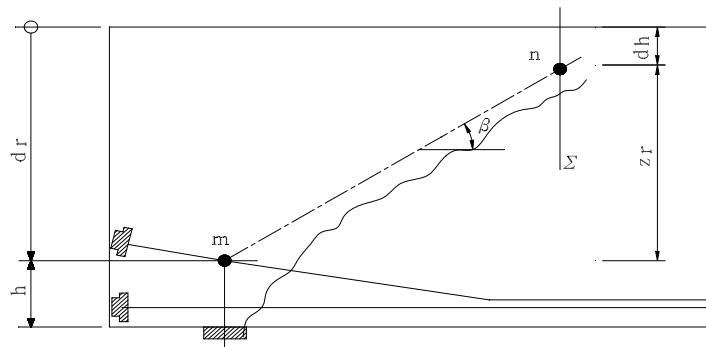
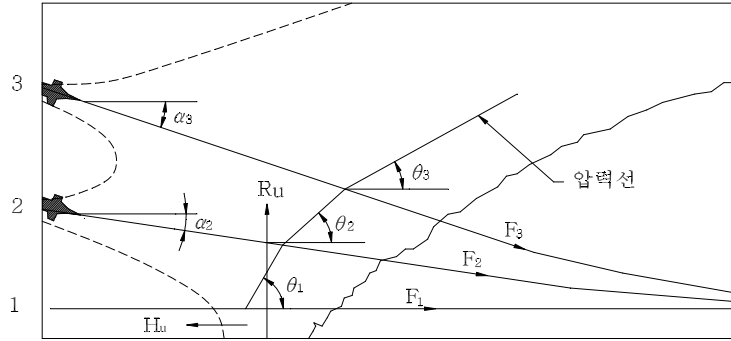


그림 10.7.5 단부 스트럿

- ② 여러 PS강재를 가지는 거더에서, 블록 내부의 압력선은 거더의 각
끝단에서 정착된 PS강재의 각 작용선을 보여주는 점선이다.



<그림 10.7.6> 압력선

③ 단부스트럿은 다음에 따라 설계하여야 한다.

가. 압력선의 각 θ_k 를 구하여야 한다.

㉔ 받침에서 가까운 순으로 PS강재의 번호를 매기면, 압력선의 각 θ_k 는 <식 (10.7.54)>으로 계산할 수 있다.

$$\tan \theta_k = \frac{R_u - \sum_{i=1}^k F_i \sin \alpha_i}{\sum_{i=1}^k F_i \cos \alpha_i - H_u} \quad (10.7.54)$$

여기서, α_i 는 PS강재 i 의 각

F_i 는 PS강재 i 의 인장

H_u 는 받침에서 수평력(존재하면)

R_u 는 받침에서 수직력

㉕ 실제의 설계에서는 <식 (10.7.54)>의 F_i 는 $F_{i,lim}$ 로 치환할 수 있으며, $F_{i,lim}$ 는 $f_{i,lim}$ 에 PS강재 i 의 단면적을 곱한 힘이다.

$$f_{i,lim} = \min \left\{ \frac{1.2 f_{pm}}{\gamma_p}, f_{pv} \right\} \quad (10.7.55)$$

f_{pm} 은 긴장 후 PS강재의 예상응력,

f_{py} 는 PS강재의 항복강도

$\gamma_p = 1.15$ (사용하중 조합의 경우)

$\gamma_p = 1.00$ (계수하중조합의 경우)

나. 압력선의 각이 β_u 보다 작게 되는 PS강재 r의 위치를 찾는다.

- ㉔ PS강재 r에서 다음의 조건을 만족하면 압력선의 각이 β_u 보다 작게 된다.

$$\begin{cases} \tan \theta_k \leq \tan \beta_u \\ \tan \theta_{k-1} > \tan \beta_u \end{cases}$$

- ㉕ PS강재 r의 위치는 <식 (10.7.56)>을 만족할 때에만 존재하여야 한다.

$$\sum_i F_{i, \text{lim}} \cos \alpha_i - H_u \geq \left(R_u - \sum_i F_{i, \text{lim}} \sin \alpha_i \right) \cot \beta_u \quad (10.7.56)$$

다. 수직력에 대한 평형방정식을 세운다.

- ㉔ 단부 스트럿 높이(z_r)를 <식 (10.7.57)>으로부터 구하여야 한다.

$$z_r = d_r - d_b \quad (10.7.57)$$

여기서, d_r 는 받침축에서의 거더 위에서 PS강재 r까지의 거리

d_b 는 일반적으로 $\frac{h}{10}$ 이며, h 는 거더의 높이이다.

- ㉕ 수직력에 대한 받침면적의 일반적인 평형식은 <식 (10.7.58)> 같이 표현할 수 있다.

$$W = R_u - \sum_i F_i \sin \alpha_i - \frac{z_r A_s f_{sy} \sin(\alpha + \beta_u)}{s_s \gamma_s \sin \beta_u} \quad (10.7.58)$$

여기서, W 는 콘크리트에 의하여 전달된 수직력

f_{sy} 는 철근의 항복강도

α 는 스테럽의 경사각으로 45도와 90도 사이의 값

s_s 는 스테럽의 간격

A_s 는 스테럽 한 개의 단면적

라. 수직철근의 양을 산정하여야 한다.

- ㉠ <식 (10.7.58)>의 양변을 $b_n z$ 으로 나누어 정리하면 <식 (10.7.59)>과 같이 된다.

$$\frac{W}{b_n z} = \tau_{u, red} - \frac{z_r A_s f_{sy} \sin(\alpha + \beta_u)}{z b_n s_s \gamma_s \sin \beta_u} \quad (10.7.59)$$

$$\text{여기서, } V_{u, red} = R_u - \sum_i F_{i, \lim} \sin \alpha_i$$

$$\tau_{u, red} = \frac{V_{u, red}}{b_n z}$$

$$z = \frac{I}{Q}$$

- ㉡ 콘크리트가 부담하는 전단력(W)은 <식 (10.7.60)>과 같다.

$$W \leq b_n z \frac{f_{cj}}{3} \quad (10.7.60)$$

- ㉢ <식 (10.7.61)>으로부터 수직철근의 양을 구할 수 있다.

$$\tau_{u, red} - \frac{z_r A_s f_{sy} \sin(\alpha + \beta_u)}{z b_n s_s \gamma_s \sin \beta_u} \leq \frac{f_{cj}}{3} \quad (10.7.61)$$

마. 위에서 산정한 수직철근의 양을 $\frac{z}{z_r}$ 의 크기에 따라 다음과 같이 조정하여야 한다.

- ㉣ $z_r \geq z$ 인 경우: 수직철근의 양은 충분하므로 조정할 필요가 없다.
 ㉤ $z_r < z$ 인 경우: 받침 축으로부터 $z_r \cot \beta_u$ 구간에서, 수직철근의

양을 $\frac{Z}{Z_r}$ 배 만큼 증가시킨다.

(5) 하단 코너부의 안정성

- ① 하단코너부는 받침 안쪽에서 시작하여 하단코너부를 분리시키려는 힘에 저항하도록 설계하여야 한다.
 - ② 예상 파열면에 작용하는 모든 힘의 합력이 파열면의 수직축과 이루는 각 α 가 콘크리트의 내부마찰각 β 보다 크지 않으면 파열은 발생하지 않으므로 하단코너부는 다음에 따라 설계하여야 한다.
- 가. 예상 파열면에 작용하는 모든 힘에 대한 안정방정식을 세운다.

$$\frac{A_l f_{sy}}{\gamma_s} \geq \lambda (R_u + F_{v, \lim}) + H_u - F_{H, \lim} \quad (10.7.62)$$

여기서, A_l 는 수평 철근량

R_u 는 받침에서의 수직력

H_u 는 받침에서의 수평력

$F_{H, \lim}$ 는 코너에서 정착된 프리스트레스 힘의 수평부분

$F_{v, \lim}$ 는 코너에서 정착된 프리스트레스 힘의 수직부분

θ 는 예상 파열면과 연직축과 이루는 각

$\beta = \arctan \frac{2}{3}$ 는 콘크리트의 내부마찰각

$$\lambda = \frac{\cot \beta - \tan \theta}{1 + \cot \beta \tan \theta} \quad (10.7.63)$$

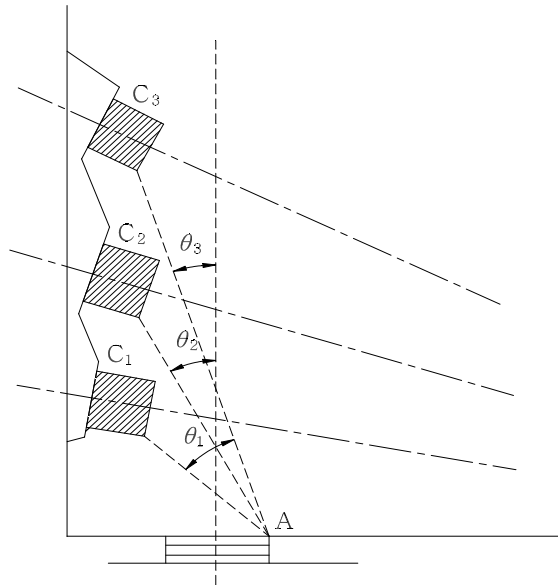
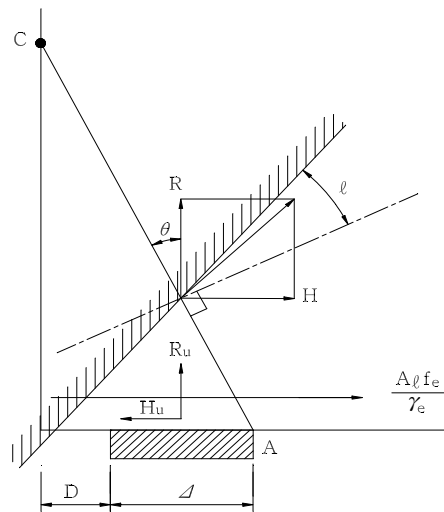


그림 10.7.7 계산방법



$$R = R_u + F_{v, \text{lim}}$$

$$H = \frac{A_v f_e}{\gamma_s} + F_{H, \text{lim}} - H_u$$

그림 10.7.8 계산 방법

나. 위 식으로부터 수평 철근량(A_t)을 산정하여야 한다.

다. 수평철근량은 <식 (10.7.64)>으로 산정된 최소철근량($A_{t,min}$) 이상이
어야 한다.

$$A_{t,min} = \frac{0.04 R_u}{f_{sy}} \times \gamma_s \times (5 - 4k) \quad (10.7.64)$$

여기서, k 는 <그림 10.7.9> 같이 결정된다.

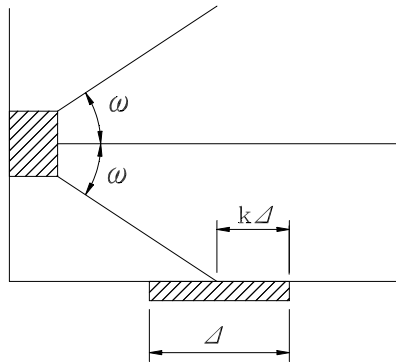


그림 10.7.9 최소 보강 계산 방법

10.7.16 바닥판

- (1) 바닥판은 프리텐션 혹은 포스트텐션 방식으로 프리스트레스를 가한다.
바닥판이 거더에 지지되어 있을 때에는 바닥판의 PS강재는 거더의
방향과 직각방향으로 배치하여야 한다. 프리캐스트 부분과 현장치기
콘크리트 부분이 일체로 거동하도록 바닥판의 상부표면은 거칠게 만
들어야 한다.
- (2) 바닥판의 단위폭(m)당 235 mm^2 의 철근을 배근하기 위해 보강철근 또
는 등가철망을 PS강재와 직각방향으로 배근하여야 한다.
- (3) 프리스트레스트 콘크리트 바닥판의 설계는 「10.10 바닥판」의 규정에
따른다.

10.7.17 구조상세

(1) 플랜지의 철근보강

현장치기 T형보와 박스거더 플랜지에 대한 철근보강은 다음과 같다.

① T형보와 박스거더의 바닥판 슬래브

가. 바닥판 슬래브의 종방향 보강철근 중에서 적어도 하부철근의 1/3은 거더의 외측면으로 연장시켜 90°표준갈고리로서 정착시켜야 한다.

나. 바닥판 슬래브가 외측거더의 복부보다 연장되는 경우에는 철근을 내민슬래브까지 연장시켜야 하며, 거더 복부의 외측면을 지나서 표준갈고리에 의해 정착하여야 한다.

② 박스거더의 하부슬래브

가. 플랜지 단면적의 0.4%에 해당하는 철근을 거더의 지간과 평행하게 하부슬래브에 배근하여야 한다. 이때 철근은 한 층으로 배근해도 좋으며 철근의 간격은 450mm를 넘지 않아야 한다.

나. 슬래브의 최소 두께로부터 계산한 플랜지 단면적의 0.5%에 해당하는 철근을 거더의 지간과 직각으로 하부슬래브에 배근하여야 한다. 이때 철근은 상하 양면에 배치하고 철근의 간격은 450mm를 넘지 않아야 한다. 하부 슬래브의 모든 횡철근은 거더 최외측 복부의 외측면까지 연장시켜서 정착하여야 한다.

(2) 철근 및 PS강재의 피복두께와 간격

① 다음의 콘크리트 최소 피복두께는 철근 및 PS강재 모두에 적용된다.

가. PS강재 및 주철근 40mm

나. 슬래브의 보강철근

㉠ 슬래브의 상부 40mm

제빙제(de-icer)가 사용되었을 때의 슬래브의 상부 50mm

㉡ 슬래브의 하부 30mm

다. 스티럽 및 전단철근 30mm

라. 해빙제가 사용되었을 때에 배수로의 구조상세는 프리스트레스트 거더와 계속적인 접촉 없이 해빙제의 용해를 처리하여야 한다. 이와 같은 접촉을 피할 수 없는 곳 또는 부재가 염분이나 화학물질에

노출된 곳에서는 콘크리트의 피복두께를 추가하여야 한다.

- 마. 흠 및 외기에 노출되거나 부식환경에 노출된 프리스트레스트 콘크리트 부재로서 「10.7.9항」에 규정된 허용인장응력을 초과하는 경우에 최소 피복두께를 50% 이상 증가시켜야 한다.

② 최소간격

가. 보의 단부에서 PS강재의 최소 순간격은 다음과 같다.

- ㉠ 프리텐션의 강재 : 강재 지름의 3배 또는 콘크리트 최대 골재치수의 4/3배중에서 큰 값
- ㉡ 포스트텐션의 강재 : 40mm 또는 콘크리트 최대 골재치수의 1.5배중에서 큰 값

나. 바닥판에서의 PS강재는 바닥판의 폭에 걸쳐 대칭이며 균일하게 배치한다. PS강재의 간격은 합성 슬래브 총두께의 1.5배 또는 400mm보다 커서는 안된다.

③ 다발

가. 포스트텐션 강재가 연직하향으로 처지는 경우 포스트텐션 덕트들을 최대 3개로 묶을 수 있으며, 이때 앞의 ②항에서 규정된 긴장재의 최소간격은 부재의 끝에서 1m 내에서 유지되도록 규정한다.

나. 프리텐션 강재가 다발지어 있으면 모든 다발은 보 지간의 중앙 1/3 지점에서 이루어져야 하고, 2차응력에 의해 발생하는 반곡점을 검토하여야 한다.

④ 덕트의 크기

가. 다수의 강선(wire), 강봉(bar) 그리고 강연선(strand)으로 이루어진 긴장재의 덕트 내부단면적은 PS강재의 순 단면적의 2배 이상이어야 한다.

나. 단일강선(wire), 강봉(bar) 그리고 강연선(strand)으로 이루어진 긴장재의 덕트 내부지름은 강선, 강봉, 그리고 강연선의 공칭지름보다 최소한 6.5mm이상 커야 한다.

(3) 포스트텐션 부재의 정착부 및 연결장치

- ① 부착된 포스트텐션 보강재에 대한 정착(anchorage), 연결구(couplers), 겹침이음(splices)은 부착되지 않은 상태에서 실험된 PS

강재 극한강도의 최소값의 95%이상이 발휘되도록 하여야 한다. 사용 하중과 계수하중 하에서 총 프리스트레스 힘이 요구되는 구역과 정착부 사이의 부착정착길이는 PS강재의 규정된 극한강도의 최소값을 발휘하기에 충분하여야 한다. 연결장치와 겹침이음은 책임기술자가 허가한 구역에 두어야 하고, 필요한 이동을 허용하기에 충분한 길이만큼의 장부축이음(housing)을 하여야 한다. 정착부나 이음부가 계수 하중 하에서 위험단면에 위치할 때에는 부착된 긴장재에 대해 요구되는 극한강도는 부착되지 않은 상태에서 정착장치와 연결장치를 포함하여 실험된 긴장재 다발의 극한강도를 초과하지 않아야 한다.

- ② 부착되지 않은 긴장재의 정착장치는 PS강재의 규정된 극한강도의 최소값의 95%가 발휘되도록 하여야 한다. 계수하중 하에서 긴장재의 총신장량은 3m의 최소 게이지 길이에서 측정된 값의 2%보다 작지 않아야 한다.
- ③ 부착되지 않은 긴장재에 대해서는 대표되는 시편에 대한 동적실험을 수행하여야 한다. 응력수준이 규정된 극한강도의 최소값의 60~66%인 반복하중을 가했을 때에는 500,000회, 응력수준이 규정된 극한강도의 최소값의 40~80%인 반복하중을 가했을 때에는 50회 동안 긴장재는 파괴가 일어나지 않고 견뎌야 한다. 각각의 반복시간 동안 하중은 낮은 응력수준에서 높은 응력수준으로 다시 낮은 응력수준으로 변하여야 한다. 두 번째 동적시험에 사용되는 시편은 첫 번째 시험시편과 같을 필요는 없다. 여러 개의 강연선, 강선, 강봉으로 이루어진 긴장재에 대한 실험은 실물 크기의 긴장재보다 작은 강도를 갖는 긴장재를 사용하여 실험을 한다. 실험한 긴장재는 실물 크기 긴장재의 거동과 같아야 하고, 일반적으로 실물 크기 긴장재의 강도의 10%이상은 되어야 한다. 정착장치가 반복하중이 작용하는 곳에 위치하지 않거나 그런 방식으로 사용되지 않았다면 부착된 긴장재에 대한 동적 실험은 필요치 않다.
- ④ 부착되지 않은 긴장재의 연결장치는 기술자에 의해 지시되거나 허락된 특별한 곳에서 사용한다. 연결장치는 긴장재의 곡률이 큰 곳에는 사용하지 않는다. 모든 연결장치는 PS강재 극한강도의 최소값의

95%이상이 발휘되도록 하여야 한다. 긴장재 자체의 요구조건을 만족시키면 긴장재의 연결구는 파괴시의 연신율을 감소시키지는 않는다. 연결구나 연결장치 구성재는 필요한 이동을 허용하기에 충분한 길이만큼의 장부축이음(housing)을 하여야 한다. 모든 연결 구성에는 최종 콘크리트를 치기 전에 코팅재료를 사용하여 완전하게 보호하여야 한다.

- ⑤ 정착장치, 단부의 고정장치, 연결장치, 그리고 노출된 긴장재는 부식에 대해 완전하게 보호하여야 한다.

(4) PS 강연선의 정착

- ① 3연선 또는 7연선은 위험단면을 넘어 <식 (10.7.65)>의 정착길이 이상으로 부착시켜야 한다.

$$l_d = 1.5(f_{ps} - \frac{2}{3}f_{pe})D \quad (10.7.65)$$

여기서, l_d : 정착길이(mm)

D : 강연선의 공칭지름(mm)

f_{ps} , f_{pe} 의 단위는 MPa

- ② 정착에 대한 검사는 설계강도가 요구되는 부재의 각 단 부근의 단면으로 국한해도 좋다.
- ③ 강연선이 부재의 단부에서 부착되어 있지 않고, 미리 압축력을 준 인장구역이 사용하중 작용시에 인장응력이 허용되는 곳은 「①항」에서 계산된 정착길이를 2배로 하여야 한다.

10.8 슬래브

10.8.1 일반내용

- (1) 이 절의 규정 중에서 「10.8.2항」의 규정은 1방향 슬래브에 적용하여야 하고, 그 외의 규정은 받침부 사이에 보의 유무에 관계없이 2방향 이상으로 휨 보강되는 슬래브 시스템 설계에 적용하여야 한다.
- (2) 속찬 슬래브와 장선 또는 리브 사이에 영구적이거나 제거할 수 있는

채움재에 의하여 움푹 파인 곳이나 구멍이 있는 슬래브도 이 절의 규정을 따라야 한다.

(3) 이 절의 규정에 따라 설계된 슬래브의 최소 두께는 「제8장 교량 일반 사항」의 규정에 따라야 한다.

(4) 기호

b_1 = 위험단면에서 휨모멘트가 결정되는 경간방향으로 측정된 위험단면의 폭(mm)

b_2 = 위험단면에서 b_1 에 수직한 방향으로 측정된 위험단면의 폭(mm)

c_1 = 휨모멘트가 결정되는 방향으로 측정된 직사각형 또는 등가 직사각형의 기둥, 기둥머리 또는 브래킷의 폭(mm)

c_2 = 휨모멘트가 결정되는 경간방향과 수직된 방향으로 측정된 직사각형 또는 등가직사각형의 기둥, 기둥머리 또는 브래킷의 폭(mm)

C = 비틀림 성질을 정의하는 단면상수

$$= \sum \left(1 - 0.63 \frac{x}{y} \right) \frac{x^3 y}{3}$$

T형 또는 L형단면의 C 값은 단면을 여러 개의 분리된 직사각형 영역으로 나눈 후 각 부분의 C 값을 더하여 산정하여야 한다.

E_{cb} = 보에 사용되는 콘크리트의 탄성계수

E_{cc} = 기둥에 사용되는 콘크리트의 탄성계수

E_{cs} = 슬래브에 사용되는 콘크리트의 탄성계수

h = 부재의 전체 두께(mm)

I_b = 「10.8.3 (1) ④항」에 정의된 비틀림 보단면의 중심축에 대한 단면 2차 모멘트

I_s = 슬래브 전체 단면의 중심축에 대한 단면 2차 모멘트

	$\left(\alpha \text{와 } \beta_t \text{에서 정의되는 슬래브 폭의 } \frac{h^3}{12} \text{ 배} \right)$
K_t	= 비틀림 부재의 비틀림강성. 단위회전각에 대한 비틀림모멘트. 「10.8.5 (5)항」 참조
I_n	= 휨모멘트가 결정되는 방향으로 측정한 받침부 사이의 순경간
I_1	= 휨모멘트가 결정되는 방향으로 측정한 받침부 중심 사이의 경간
I_2	= I_1 에 수직한 방향으로 측정한 받침부 중심 사이의 경간. 「10.8.4 (2) ③항」과 「10.8.4 (2) ④항」 참조
M	= 상하기둥이 저항하여야 할 계수휨모멘트. 「10.8.4 (9) ②항」 참조
M_o	= 하중계수를 적용한 전체 정적 계수휨모멘트
M_u	= 단면의 계수휨모멘트
V_c	= 콘크리트에 의한 공칭전단강도
V_u	= 단면의 계수전단력
w_d	= 단위면적당 계수고정하중
w_l	= 단위면적당 계수활하중
w_u	= 단위면적당 계수하중
x	= 단면의 직사각형 부분 중 단변의 치수
y	= 단면의 직사각형 부분 중 장변의 치수
α	= 보의 양 측 또는 한 측에 인접하여 있는 슬래브판의 중심선에 의해 구획된 폭으로 이루어진 슬래브의 휨강성에 대한 보의 휨강성의 비 $= E_{cb}I_b / E_{cs}I_s$
α_1	= I_1 방향으로의 α
α_2	= I_2 방향으로의 α

β_t	= 테두리보의 받침부 중심 간의 경간과 동일한 폭을 가진 슬래브의 휨강성에 대한 테두리보의 비틀림강성의 비
	$= E_{cb}C/2E_{cs}I_s$
γ_f	= 슬래브-기둥 접합부에 전달되는 전체 불균형휨모멘트에 대한, 슬래브 단면의 휨에 의해 전달되는 휨모멘트의 비율. 「10.8.3 (3)항」 참조
γ_v	= 슬래브-기둥 접합부에 전달되는 전체 불균형휨모멘트에 대한, 기둥 주위 슬래브의 전단편심에 의하여 전달되는 휨모멘트의 비율
	$= 1 - \gamma_f$
ρ	= 인장철근비
ρ_b	= 균형철근비
ϕ	= 강도감소계수

10.8.2 1방향 슬래브

(1) 설계 원칙

- ① 마주 보는 두 변에만 지지되는 1방향 슬래브는 「10.6항」의 규정에 따라 설계하여야 한다.
- ② 4변에 의해 지지되는 2방향 슬래브 중에서 단변에 대한 장변의 비가 2배를 넘으면 1방향 슬래브로서 해석하며, 이 경우 일반적으로 슬래브의 단변방향의 경간을 사용하여 「10.6항」의 규정에 따라 설계하여야 한다. 그리고 이 때 사용하는 경간은 「10.3.2 (8)항」의 규정에 따라야 한다.

(2) 철근콘크리트 보와 일체로 된 연속 슬래브

- ① 철근콘크리트 보와 일체로 만든 연속 슬래브의 휨모멘트 및 전단력을 구하기 위하여, 단순받침부 위에 놓인 연속보로 가정하여 탄성해석을 사용할 수 있다. 이 때 경간은 「10.3.2 (8)항」의 규정에 따라야 하고, 산정되는 휨모멘트는 다음과 같이 수정하여 설계하여야 한다.

가. 활하중에 의한 경간 중앙의 부휼모멘트는 산정된 값의 1/2만 취할 수 있다.

나. 경간 중앙의 정휼모멘트는 양단 고정으로 보고 계산한 값 이상으로 취하여야 한다.

다. 순경간이 3.0 m를 초과할 때 순경간 내면의 휼모멘트를 사용할 수 있다. 그러나 이 값들이 순경간을 경간으로 하여 계산한 고정단 휼모멘트 이상으로 하여야 한다.

② 슬래브 양단부의 보의 치짐이 서로 다를 때는 그 영향을 고려하여야 한다.

(3) 구조 상세

① 1방향 슬래브의 두께는 「제8장」을 따라야 하며, 최소 100 mm이상으로 하여야 한다.

② 슬래브의 정모멘트 철근 및 부모멘트 철근의 중심간격은 위험단면에서는 슬래브두께의 2배 이하이어야 하고, 또한 300 mm이하로 하여야 한다. 기타의 단면에서는 슬래브 두께의 3배 이하이어야 하고, 또한 450 mm이하로 하여야 한다.

③ 1방향 슬래브에서는 정모멘트 철근 및 부모멘트 철근에 직각방향으로 수축·온도철근을 「10.4.8항」에 따라 배치하여야 한다.

④ 슬래브 끝의 단순받침부에서도 내민슬래브에 의하여 부모멘트가 일어나는 경우에는 이에 상응하는 철근을 배치하여야 한다.

⑤ 슬래브의 장변방향과 직교하는 보의 상부에 부모멘트로 인해 발생하는 균열을 방지하기 위하여 슬래브의 장변방향 상부에 철근을 배치하여야 한다. 배치방법은 다음 「가.항, 나.항, 다.항」을 따라야 한다.

가. 횡방향 철근은 T형보의 내민 플랜지를 캔틸레버로 보고 그 플랜지에 작용하는 계수하중에 대하여 설계하여야 한다. 이 때 독립 T형보의 경우 내민 플랜지 전폭을 유효폭으로 보아야 하며, 그 밖의 T형보의 경우 「10.3.2 (5)항」에 따라 계산된 유효폭만 고려하여야 한다.

나. 횡방향 철근의 간격은 슬래브 두께의 5배 이하로 하여야 하고, 또한 450mm이하로 하여야 한다.

다. 슬래브와 보를 일체로 친 T형보의 유효폭 b 는 다음 중 가장 작은 값으로 결정하여야 한다.

㉠ T형보

- (양쪽으로 각각 내민 플랜지 두께의 6배씩) + b_w
- 양쪽의 슬래브의 중심간 거리
- 보의 경간의 1/4

㉡ 반 T형보

- (한쪽으로 내민 플랜지 두께의 6배) + b_w
- (보의 경간의 1/12) + b_w
- (인접 보와의 내측거리의 1/2) + b_w

10.8.3 2방향 슬래브의 설계절차

(1) 정의

- ① 슬래브 시스템은 기둥 또는 벽체로 지지될 수 있다. 슬래브가 기둥들에 의해 지지될 경우에는 c_1 과 c_2 그리고 순경간 l_n 은 슬래브 하부의 접촉면에 의해 정의된 유효 지지단면에 근거하여야 한다. 유효 지지단면은 슬래브의 바닥표면 또는 지판이 있는 경우는 이의 바닥표면이 기둥축을 중심으로 45° 내로 펼쳐진 기둥과 기둥머리 또는 브래킷 내에 위치한 가장 큰 정원추, 정사면추 또는 쐐기형태의 표면과 이루는 절단면으로 정의된다.
- ② 주열대는 기둥 중심선을 기준으로 양쪽으로 $0.25 l_2$ 와 $0.25 l_1$ 중 작은 값을 한 쪽의 폭으로 하는 슬래브의 영역을 가리킨다.
- ③ 중간대는 두 주열대 사이의 슬래브 영역을 가리킨다.
- ④ 보가 슬래브와 일체로 되거나 완전한 합성구조로 되어 있을 때, 보의 단면은 보가 슬래브의 위 또는 아래로 내민 높이 중, 큰 깊이만큼을 보의 양측으로 연장한 슬래브 부분을 포함한 것으로서, 보의 한 측으로 연장되는 거리는 슬래브 두께의 4배 이하로 하여야 한다.

(2) 해석 및 설계방법

- ① 슬래브 시스템은 평형조건과 기하학적 적합조건을 만족시킬 수 있다

면 어떠한 방법으로도 설계할 수 있다. 다만 모든 단면의 설계강도가 「10.6.2항」을 적용한 소요 강도 이상이어야 하고 처짐의 제한 등 사용하중 하에서 사용성을 만족시켜야 한다.

- ② 슬래브와 이를 지지하는 보(보가 있을 경우) 및 이들과 직교 골조를 이루는 기둥 또는 벽체를 포함하는 슬래브 시스템은 연직하중에 대하여 「10.8.4항」에서 규정하고 있는 직접설계법이나 「10.8.5항」에서 규정하고 있는 등가골조법으로 설계할 수 있다.
 - ③ 횡방향 변위가 발생하는 골조의 횡방향력 해석을 위해 골조 부재의 강성을 계산할 때 철근과 균열의 영향을 고려하여야 한다.
 - ④ 슬래브 시스템이 횡하중을 받는 경우 그 해석 결과는 연직하중의 결과와 조합하여야 한다.
 - ⑤ 받침부 사이의 슬래브와 보(보가 있을 경우)는 모든 단면에서 발생하는 계수휨모멘트에 저항할 수 있도록 설계하여야 한다.
- (3) 불균형휨모멘트의 전달

- ① 연직하중, 풍하중, 지진하중 또는 기타 횡방향 하중으로 인하여 슬래브와 기둥 사이에 휨모멘트가 전달될 때, 이 불균형휨모멘트 중 일부분은 다음 「③항」과 「④항」에 따라 휨으로 전달되도록 설계하여야 한다.
- ② 휨에 의해 전달되지 않은 불균형휨모멘트의 부분은 전단편심에 의해 전달되도록 설계하여야 한다.
- ③ 불균형휨모멘트 중에서 $\gamma_f M_u$ 만큼의 불균형휨모멘트는 슬래브 유효폭 내에서 휨에 의해 전달된다고 간주한다. 여기서 슬래브 유효폭은 기둥 또는 기둥머리면에서 양쪽으로 슬래브나 지판 두께의 1.5배($1.5h$)만큼 떨어진 폭을 말하고, M_u 는 전달되는 불균형휨모멘트이며 γ_f 는 <식 (10.8.1)>과 같이 구할 수 있다.

$$\gamma_f = \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{b_1}{b_2}}} \quad (10.8.1)$$

- ④ 외부 받침부의 변에 평행한 축으로 불균형휨모멘트가 가해질 때, 만약 가장자리 받침부의 V_u 값이 $0.75 \phi V_c$ 를 넘지 않거나 모서리 받침부의 V_u 값이 $0.5 \phi V_c$ 를 넘지 않으면 <식 (10.8.1)>에 의한 γ_f 값은 1.0까지 증가시킬 수 있다. 내부 받침부에서 불균형휨모멘트나 외부 받침부의 변에 대해 직각인 축에 대한 불균형휨모멘트의 경우는 <식 (10.8.1)>의 γ_f 값은 만약 받침부의 V_u 값이 $0.4 \phi V_c$ 를 초과하지 않는 경우 25%까지 증가시킬 수 있다. 이 때 「10.8.3 (3) ③항」에 정의된 슬래브 유효폭 내의 철근비 ρ 는 $0.375 \rho_b$ 를 넘을 수 없다. 프리스트레스트 슬래브 시스템에서는 γ_f 에 대한 수정을 할 수 없다.
- ⑤ 「10.8.3 (3) ③항」에서 규정된 슬래브 유효폭 내에서의 휨모멘트에 견디기 위하여 철근의 간격을 좁혀 배치하거나 철근을 추가함으로써 기둥 주위에 철근을 집중시켜 설계할 수 있다.
- ⑥ 전단과 비틀림에 의하여 슬래브로부터 기둥과 벽체로 전달되는 하중에 대한 설계는 「10.6.6항」에 따라야 한다.

(4) 플랫 슬래브의 지판

- ① 플랫 슬래브에서 기둥 상부의 부모멘트에 대한 철근을 줄이기 위하여 지판을 사용하는 경우 지판의 크기는 다음 「②항」에서 「④항」까지의 규정에 따라야 한다.
- ② 지판은 받침부 중심선에서 각 방향 받침부 중심간 경간의 1/6이상을 각 방향으로 연장시켜야 한다.
- ③ 지판의 슬래브 아래로 돌출한 두께는 돌출부를 제외한 슬래브 두께의 1/4이상으로 하여야 한다.
- ④ 지판 부위의 슬래브 철근량 계산시 슬래브 아래로 돌출한 지판의 두께는 지판의 외단부에서 기둥이나 기둥머리면까지 거리의 1/4이하로 취하여야 한다.

10.8.4 직접설계법

(1) 제한사항

- ① 직접설계법을 사용하여 슬래브 시스템을 설계하려면 다음 「②항」에서 「⑧항」까지의 규정을 만족하여야 한다.
- ② 각 방향으로 3경간 이상이 연속되어야 한다.
- ③ 슬래브판들은 단변 경간에 대한 장변 경간의 비가 2이하인 직사각형이어야 한다.
- ④ 각 방향으로 연속한 받침부 중심간 경간길이의 차이는 긴 경간의 1/3 이하이어야 한다.
- ⑤ 연속한 기둥 중심선으로부터 기둥의 이탈은 이탈방향 경간의 최대 10%까지 허용할 수 있다.
- ⑥ 모든 하중은 연직하중으로서 슬래브판 전체에 등분포되어야 한다. 활하중은 고정하중의 2배 이하이어야 한다.
- ⑦ 보가 모든 변에서 슬래브판을 지지할 경우, 직교하는 두 방향에서 <식 (10.8.2)>에 해당하는 보의 상대강성은 0.2이상 5.0이하이어야 한다.

$$\frac{\alpha_1 I_2^2}{\alpha_2 I_1^2} \quad (10.8.2)$$

- ⑧ 직접설계법으로 설계된 슬래브 시스템에 대한 휨모멘트 재분배는 「10.8.4 (7)항」을 참조하여야 한다.
- ⑨ 「10.8.3 (2)항」의 규정을 만족시키는 해석방법에 의해 증명할 수 있다면 「10.8.4 (1)항」의 제한 규정을 다소 벗어나도 직접설계법을 적용할 수 있다.

(2) 전체 정적 계수휨모멘트

- ① 어느 한 경간의 전체 정적 계수휨모멘트는 받침부를 잇는 중심선의 양측에 있는 슬래브판 중심선에 의해 구분되는 설계대에서 결정하여야 한다.

- ② 정계수휨모멘트와 평균 부계수휨모멘트의 절대값의 합은 어느 방향에서나 <식 (10.8.3)>이상으로 하여야 한다.

$$M_o = \frac{w_u I_2 I_n^2}{8} \quad (10.8.3)$$

- ③ 받침부를 잇는 중심선으로부터 측정한, 인접한 양측 슬래브판의 횡방향 경간이 서로 다른 경우, <식 10.8.3>의 I_2 는 이들 횡방향 두 경간의 평균값으로 하여야 한다.
- ④ 단부에 인접하고 이 단부에 평행한 경간을 고려할 경우, <식 (10.8.3)>의 I_2 는 단부로부터 슬래브판 중심선까지의 거리로 한다.
- ⑤ 순경간 I_n 은 기둥, 기둥머리, 브래킷, 또는 벽체의 내면 사이의 거리이다. 다만, <식 (10.8.3)>에서 사용된 I_n 값은 $0.65 I_1$ 이상으로 하여야 한다. 원형이나 정다각형의 받침부는 똑같은 단면적을 갖는 정사각형 받침부로 환산하여 취급할 수 있다.

(3) 정 및 부계수휨모멘트

- ① 부계수휨모멘트는 직사각형 받침부의 내면에 위치하는 것으로 하여야 한다. 원형이나 정다각형 받침부는 같은 면적의 정사각형 받침부로 환산하여 취급하여야 한다.
- ② 내부 경간에서는 전체 정적 계수휨모멘트 M_o 를 다음과 같은 비율로 분배하여야 한다.

가. 부계수휨모멘트 0.65

나. 정계수휨모멘트 0.35

- ③ 단부 경간에서는 전체 정적 계수휨모멘트 M_o 를 <표 10.8.1>에 따라 분배하여야 한다.
- ④ 만약 불균형휨모멘트를 인접한 부재의 강성에 따라 분배되도록 해석하지 않는다면, 부휨모멘트 단면은 받침부의 양쪽 경간에서 결정된 두 개의 부계수휨모멘트 중 큰 휨모멘트에 견디도록 설계하여야 한다.

- ⑤ 슬래브 단부 또는 테두리보는 외부 받침부의 부계수휨모멘트가 분배되는 만큼의 비틀림에 견디도록 설계하여야 한다.
- ⑥ 「10.8.3 (3) ②항」에 따라 슬래브와 외부 기둥 사이에 전달되는 연직하중에 대한 휨모멘트는 $0.3 M_o$ 로 하여야 한다.

표 10.8.1 단부 경간에서 정 및 부계수휨모멘트의 분배율

구 분	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	구속되지 않은 외부 받침부	모든 받침부 사이에 보가 있는 슬래브	내부 받침부 사이에 보가 없는 슬래브		완전 구속된 외부 받침부
			테두리보가 없는 경우	테두리보가 있는 경우	
내부 받침부의 부계수휨모멘트	0.75	0.70	0.70	0.70	0.65
정계수휨모멘트	0.63	0.57	0.52	0.50	0.35
외부 받침부의 부계수휨모멘트	0	0.16	0.26	0.30	0.65

(4) 주열대의 계수휨모멘트

- ① 주열대는 내부 받침부의 부계수휨모멘트가 <표 10.8.2>에 따른 비율로 분배되는 휨모멘트에 견디도록 설계하여야 한다.
- ② 주열대는 외부 받침부의 부계수휨모멘트가 <표 10.8.3>에 따른 비율로 분배되는 휨모멘트에 견디도록 설계하여야 한다.
- ③ M_o 계산에 이용된 경간 l_2 의 3/4 이상이 기둥이나 벽체로 길게 지지되어 있는 경우, 부모멘트는 전체 l_2 를 따라 균등하게 분포된다고 볼 수 있다.
- ④ 주열대는 정계수휨모멘트가 <표 10.8.4>에 따른 비율로 분배되는 휨모멘트에 견디도록 설계하여야 한다.
- ⑤ 받침부 사이에 보가 있는 슬래브인 경우에는 주열대의 슬래브 부분은 보가 부담하지 않는 주열대 휨모멘트에 견디도록 설계하여야 한다.

표 10.8.2 주열대 내부 받침부의 분배율(%)

I_2 / I_1	0.5	1.0	2.0
$(a_1 I_2 / I_1) = 0$	75	75	75
$(a_1 I_2 / I_1) \geq 1.0$	90	75	45

주) 위의 값 사이에서는 직선보간법을 적용하여야 한다.

표 10.8.3 주열대 외부 받침부의 분배율(%)

I_2 / I_1		0.5	1.0	2.0
$(a_1 I_2 / I_1) = 0$	$\beta_t = 0$	100	100	100
	$\beta_t \geq 2.5$	75	75	75
$(a_1 I_2 / I_1) \geq 1.0$	$\beta_t = 0$	100	100	100
	$\beta_t \geq 2.5$	90	75	45

주) 위의 값 사이에서는 직선보간법을 적용하여야 한다.

표 10.8.4 주열대 중앙부의 분배율(%)

I_2 / I_1	0.5	1.0	2.0
$(a_1 I_2 / I_1) = 0$	60	60	60
$(a_1 I_2 / I_1) \geq 1.0$	90	75	45

주) 위의 값 사이에서는 직선보간법을 적용하여야 한다.

(5) 보의 계수휨모멘트

- ① $(a_1 I_2 / I_1)$ 값이 1.0 이상인 경우, 받침부 사이의 보는 주열대 휨모멘트의 85%를 견디도록 설계하여야 한다.
- ② $(a_1 I_2 / I_1)$ 값이 1과 0 사이인 경우에는 보가 견딜 주열대 휨모멘트 분담률은 85%와 0% 사이를 직선보간법을 적용하여 구하여야 한다.
- ③ 보는 「10.8.4 (2) ②항, 10.8.4 (5) ①항」 및 「10.8.4 (5) ②항」의 규정에 따라 등분포 하중에 대하여 계산된 휨모멘트 이외에도, 슬래브 상하로 내민보 부분의 무게를 포함하여 보에 직접 작용하는 집중하중이나 선형하중에 의해 발생하는 휨모멘트에 견디도록 설계하여야 한다.

(6) 중간대의 계수휨모멘트

- ① 주열대가 부담하지 않는 정 및 부계수휨모멘트의 분담분은 주열대 양쪽의 1/2 중간대에 비례하여 할당하여야 한다.
- ② 각 중간대는 2개의 1/2 중간대에 할당된 휨모멘트들의 합에 견디도록 설계하여야 한다.
- ③ 벽체에 의해 지지되는 단부에 인접하고, 그에 평행한 중간대는 첫 번째 내부 받침부의 1/2 중간대에 할당된 휨모멘트의 2배를 견디도록 설계하여야 한다.

(7) 계수휨모멘트의 수정

- ① 고려된 방향에서 슬래브판에 대한 전체 정적 계수휨모멘트가 <식 10.8.3>에 의해 요구된 휨모멘트보다 작지 않은 범위 내에서 정 및 부계수휨모멘트는 10 %까지 수정할 수 있다.

(8) 보가 있는 슬래브의 계수전단력

- ① $(\alpha_1 I_2 / I_1)$ 의 값이 1 이상인 보는 슬래브판의 네 모퉁이에서 변과 45°의 각을 이루는 선과 장변에 평행한 슬래브판 중심선이 만드는 재하면적에 작용하는 계수하중에 의한 전단력에 견디도록 설계하여야 한다.
- ② $(\alpha_1 I_2 / I_1)$ 의 값이 1 미만일 때에는 $\alpha_1 = 0$ 인 경우 보가 하중을 받지 않는다고 가정하여 직선보간법을 적용하여 보가 부담하는 전단력을 구할 수 있다.
- ③ 보는 「10.8.4 (8) ①항」과 「10.8.4 (8) ②항」에 따라 산정된 전단력 이외에도 보에 직접 작용하는 계수하중에 의한 전단력에 견디도록 설계하여야 한다.
- ④ 슬래브의 전단강도는 하중이 「10.8.4 (8) ①항」과 「10.8.4 (8) ②항」에 따라 보에 분배된다는 가정 하에 산정하여야 한다. 또한 슬래브는 슬래브판에 일어나는 전체 전단력에 견디도록 설계하여야 한다.
- ⑤ 전단강도는 「10.6항」의 규정을 만족하여야 한다.

(9) 기둥과 벽체의 계수휨모멘트

- ① 슬래브 시스템과 일체로 이루어진 기둥과 벽체들은 슬래브 시스템에 작용하는 계수하중으로부터 발생하는 휨모멘트에 견딜 수 있어야 한다.

- ② 전체적인 해석을 하지 않는 한, 내부 받침부에서 슬래브 상하의 받침 부재는 상하부재의 강성에 직접 비례하여 <식 10.8.4>에 규정된 휨 모멘트를 견디도록 설계하여야 한다.

$$M = 0.07 [(w_d + 0.5 w_p) I_2 I_n^2 - w_d I_2 (I_n')^2] \quad (10.8.4)$$

여기서, w_d' , I_2' , I_n' 는 짧은 경간에 대한 값이다.

10.8.5 등가골조법

(1) 기본가정

- ① 등가골조법에 의한 슬래브 시스템의 설계는 「10.8.5 (2)항」부터 「10.8.5 (6)항」까지의 기본가정을 바탕으로 하고, 이로부터 얻은 휨 모멘트와 전단력에 견디도록 슬래브 및 받침부재의 모든 단면을 설계하여야 한다.
- ② 강재로 된 기둥머리를 사용하는 경우, 휨모멘트와 전단력에 대한 이들 기둥머리의 강성과 저항력을 고려할 수 있다.
- ③ 직접 응력에 의한 기둥과 슬래브의 길이 변화와 전단력에 의한 처짐은 무시할 수 있다.

(2) 등가골조

- ① 구조물 전체는 가로방향 및 세로방향의 기둥선에서 취한 등가골조들로 구성된다고 간주할 수 있다.
- ② 각 골조는 기둥이나 받침부의 중심선을 기준으로 한 좌우 슬래브판의 중심선에 의해서 구획된 일련의 기둥 또는 받침부와 슬래브-보 대로 구성하여야 한다.
- ③ 기둥이나 받침부는 비틀림 부재에 의해 슬래브-보 부재에 연결되어 있다고 가정한다.(「10.8.5 (5)항」 참조) 이 비틀림 부재는 휨모멘트가 결정되는 경간방향에 직교하고 기둥 측면으로부터 등가골조로 구획된 양측 슬래브판 중심선까지 연장되는 것으로 가정한다.
- ④ 단부에 인접하고 그에 평행한 골조는 그 단부와 인접한 슬래브판의 중심선에 의해 구획되어야 한다.

- ⑤ 각 등가골조는 전체적으로 해석할 수도 있고, 연직하중에 대하여 해석할 경우에는 그 상하 기둥의 면 단부가 고정된 것으로 하여 각 층별로 따로 해석할 수도 있다.
- ⑥ 슬래브-보를 층별로 따로 해석할 경우, 연속슬래브의 한 받침부에서의 휨모멘트는 슬래브-보가 그 받침부로부터 두 경간 떨어진 받침부가 고정되어 있다고 가정하여 결정할 수 있다.

(3) 슬래브-보

- ① 접합부나 기둥머리 바깥에 있는 단면에서 슬래브-보의 단면 2차모멘트는 콘크리트의 전체 면적을 기준으로 하여야 한다.
- ② 슬래브-보의 축을 따라서 변하는 단면 2차모멘트의 변화는 골조해석시 고려되어야 한다.
- ③ 기둥 중심에서 기둥, 브래킷 및 기둥머리면까지의 슬래브-보의 단면 2차모멘트는 기둥, 브래킷, 기둥머리면에서 슬래브-보 단면 2차모멘트를 $(1 - c_2/I_2)^2$ 으로 나눈 값과 같다고 가정한다. 여기서 c_2 와 I_2 는 휨모멘트가 결정되는 경간에 직교방향으로 측정한 값들이다.

(4) 기 등

- ① 접합부나 기둥머리 바깥에 있는 단면에서 기둥의 단면 2차모멘트는 콘크리트의 전체 면적을 기준으로 하여야 한다.
- ② 기둥의 축을 따라서 변하는 단면 2차모멘트의 변화는 골조를 해석할 때 고려하여야 한다.
- ③ 접합부에서 슬래브-보의 상면과 하면 사이에 있는 기둥의 단면 2차모멘트는 무한대로 가정한다.

(5) 비틀림 부재

- ① 비틀림 부재(「10.8.5 (2) ③항」 참조)는 부재의 전체 길이에 걸쳐서 일정한 단면을 가지는 것으로 가정하고, 이 단면은 다음 중 큰 것으로 택하여야 한다.
- 가. 휨모멘트가 결정되는 경간방향의 기둥, 브래킷, 또는 기둥머리의 폭과 같은 폭의 슬래브 부분
- 나. 일체식이거나 완전 합성구조물일 경우 앞의 「가. 항」에서 규정된 슬래브 부분에 슬래브 상하의 횡방향 보를 더한 것

다. 「10.8.3 (1) ④항」에서 정의된 횡방향 보

- ② 비틀림 부재의 강성 K_t 는 근사적으로 <식 (10.8.5)>로 계산할 수 있다.

$$K_t = \sum \frac{9E_{cs}C}{I_2(1-c_2/I_2)^3} \quad (10.8.5)$$

여기서, c_2 와 I_2 는 기둥 좌우에서 횡경간방향으로 측정 한 값들이다.

- ③ C는 비틀림 상수로서, 유효플랜지폭을 갖는 보에서는 단면을 여러 개의 직사각형으로 나누어 <식 (10.8.6)>에 따라 구한다.

$$c = \sum \left[\left(1 - 0.63 \frac{X}{Y} \right) \frac{X^3 Y}{3} \right] \quad (10.8.6)$$

여기서, X 는 직사각형 단면의 짧은 변, Y 는 긴 변을 나타낸다.

- ④ 휨모멘트가 결정되는 경간방향으로 보가 기둥에 연결되어 있을 경우의 비틀림강성은 보가 없는 슬래브만의 단면 2차모멘트에 대한 그 보를 포함한 슬래브 단면 2차모멘트의 비를 곱하여 구하여야 한다.

(6) 활하중의 배치

- ① 정확한 재하 상태를 알고 있을 때 등가골조는 그 하중에 대하여 해석하여야 한다.
- ② 활하중이 변하지만 고정하중의 3/4이하인 경우, 또는 활하중의 특성이 모든 슬래브판에 동시에 작용하는 것과 같을 경우에는 전체 슬래브 시스템에 활하중이 작용했을 때 모든 단면에서 최대 계수휨모멘트가 발생하는 것으로 가정할 수 있다.
- ③ 「10.8.5 (6) ②항」에서 정의된 것 이외의 하중조건인 경우, 슬래브판의 경간 중앙 부근에서의 최대 정계수휨모멘트는 전체 계수활하중의 3/4이 그 슬래브판과 한 경간씩 건너 슬래브판에 작용할 때 일어난다고 가정할 수 있다. 또한, 받침부의 최대 부계수휨모멘트는 전체

계수활하중의 3/4이 그 받침부에 인접한 두 슬래브판들에만 작용할 때 발생한다고 가정할 수 있다.

- ④ 어느 경우에도 계수휨모멘트는 전체 계수활하중이 모든 슬래브판에 함께 작용할 때 발생하는 값 이상으로 취하여야 한다.

(7) 계수휨모멘트

- ① 내부 받침부에서 부계수휨모멘트(주열대 및 중간대)에 대한 위험단면은 직사각형의 지지 부재면에서 취하되, 기둥 중심에서부터 $0.175 I_1$ 이내의 면에서 취하여야 한다.
- ② 브래킷이나 기둥머리가 있는 외부 받침부에서, 단부 모서리에 직교방향의 부계수휨모멘트에 대한 위험단면은 받침부재면에서부터 브래킷이나 기둥머리의 돌출길이의 1/2이내에서 취하여야 한다.
- ③ 받침부재가 원형이나 정다각형일 경우, 부계수휨모멘트에 대한 위험단면은 같은 면적을 갖는 정사각형 받침부재로 취급해서 구한다.
- ④ 「10.8.4 (1)항」의 제한사항을 만족하는 슬래브 시스템을 등가골조법으로 해석한 경우, 계산결과 얻은 휨모멘트는 설계에 이용되는 정모멘트와 평균 부모멘트의 절대값의 합이 <식 (10.8.3)>의 값을 초과할 필요가 없다는 사실을 근거로 그에 상응하게 감소시킬 수 있다.
- ⑤ 각 골조의 슬래브-보 대의 위험단면의 휨모멘트는, 「10.8.4 (1) ⑦항」의 제한조건을 만족시킨다면, 「10.8.4 (4)항」, 「10.8.4 (5)항 및 10.8.4 (6)항」의 규정에 따라 주열대, 보 및 중간대에 분배할 수 있다.

10.8.6 2방향 슬래브의 배근 상세

(1) 소요철근량과 간격

- ① 2방향 슬래브 시스템의 각 방향의 철근 단면적은 위험단면의 휨모멘트에 의해 결정 되지만 「10.4.8항」에서 요구되는 최소 철근량 이상이어야 한다.
- ② 위험단면에서 철근 간격은 슬래브 두께의 2배 이하 또한 300 mm이하로 하여야 한다. 다만 와플구조나 리브구조로 된 부분은 예외로 한다. 와플구조 상부의 슬래브 철근은 「10.4.8항」의 요구사항에 따

라야 한다.

(2) 철근의 정착

- ① 불연속 단부 모서리에 직교방향의 정모멘트에 대한 철근은 슬래브의 끝까지 연장하고 직선 또는 갈고리를 150 mm이상 테두리보, 기둥 또는 벽체 속에 묻어야 한다.
- ② 불연속 단부 모서리에 직각방향의 부모멘트에 대한 철근은 「10.5항」의 규정에 따라 받침면에 정착되도록 테두리보, 기둥 또는 벽체 속으로 구부리거나 갈고리로 하거나 그렇지 못하면 적절히 정착시켜야 한다.
- ③ 불연속 단부에서 슬래브가 테두리보나 벽체로 지지되어 있지 않은 경우, 또는 슬래브가 받침부를 지나 캔틸레버로 되어 있는 경우에는 철근을 슬래브 내부에서 정착시킬 수 있다.

(3) 외부 모퉁이의 보강 철근

- ① 받침부 사이에 α 값이 1.0보다 큰 보가 있는 슬래브의 경우, 다음 「②항」에서 「④항」의 규정에 따라 외부 모퉁이 부분의 슬래브에 특별한 상부 및 하부 보강철근을 배치하여야 한다.
- ② 슬래브 상하에 두는 이 특별 보강철근은 슬래브 단위폭당 최대 정모멘트와 같은 크기의 휨모멘트에 견딜 만큼 충분하여야 한다.
- ③ 이 휨모멘트가 작용하는 방향은 슬래브 상부에서는 모퉁이로부터 그 큰 대각선에 직각인 축에 대하여, 슬래브 하부에서는 이 대각선에 평행한 축에 대하여 작용하는 것으로 가정할 수 있다.
- ④ 특별 보강철근은 모퉁이로부터 긴 경간의 1/5 길이만큼 각 방향에 배치하여야 한다.
- ⑤ 특별 보강철근은 슬래브 상부에서 대각선에 평행한 방향으로 배치하고, 슬래브 하부의 경우 대각선에 직각방향으로 배치하여야 한다. 또는 특별 보강철근은 슬래브 상부와 하부에서 각각 슬래브 각 모서리에 평행하게 두 층으로 배치할 수 있다.

(4) 보가 없는 슬래브의 철근 상세

- ① 보가 없는 슬래브의 철근은 「10.8.6항」에서 규정된 모든 요구조건 외에 <그림 10.8.1>에 표시된 것과 같은 최소 길이 규정을 지켜야

한다.

- ② 인접한 경간의 길이가 다를 경우, 받침면에서부터 부모멘트에 대한 철근의 최소 연장은 <그림 10.8.1>에 보인 바와 같이 하되 그 기준은 긴 경간으로 하여야 한다.
- ③ 2방향 슬래브에서 굽힘철근은 슬래브 두께와 경간의 비가 굽힘철근의 굽힘각도가 45° 이하가 될 수 있는 경우에만 사용하여야 한다.
- ④ 횡력을 부담하여야 하는 골조의 슬래브에 대해서는 구조해석 결과에 의하여 철근의 길이를 결정하여야 하지만 <그림 10.8.1>에 규정된 길이 이상으로 하여야 한다.
- ⑤ 각 방향의 주열대 내의 모든 하부 철근이나 철선이 연속이거나 <그림 10.8.1>에 위치한 것과 같은 A급 겹침이음으로 이어져야 한다. 각 방향으로 적어도 2개의 주열대 하부 철근이나 철선이 기둥 위를 지나야 하며 외부 받침부에 정착하여야 한다.
- ⑥ 전단머리가 있는 슬래브나 리프트-슬래브의 시공에서는 적어도 각 방향으로 2개의 부착된 하부 철근이나 철선이 가능한 한 기둥에 근접하게 전단머리나 리프팅 칼라를 지나도록 하여야 하며, 연속이거나 A급 겹침이음으로 이어야 한다. 외부 기둥에서는 이 철근을 전단머리나 리프팅 칼라에 정착시켜야 한다.

10.8.7 슬래브 시스템의 개구부

- (1) 구조해석 결과 설계강도가 「제8장」의 규정을 고려한 소요 강도 이상이고, 처짐 한계를 포함한 모든 사용성을 만족할 경우 어떤 크기의 개구부도 슬래브 시스템 내에 둘 수 있다.
- (2) 「10.8.7 (1)항」에서 요구된 특별한 해석을 하지 않고도 보가 없는 슬래브 시스템의 경우 다음 항에 따라 개구부를 둘 수 있다.
 - ① 개구부 크기가 300mm이하이거나 슬래브 두께의 2배 이하이고, 개구부가 주철근을 절단하지 않을 경우에는 양방향의 중간대가 겹치는 부분에 개구부를 둘 수 있다.
 - ② 양 방향의 주열대가 겹치는 부분에서 어느 쪽의 경간에서나 주열대 폭의 1/8 이상이 개구부에 의해 차단되지 않아야 한다. 개구부에 의

해 감소된 철근량은 개구부 주변에 추가 배치하여야 한다.

- ③ 한 개의 주열대와 한 개의 중간대가 겹치는 부분에서 어느 설계대에서도 그 설계대의 $1/4$ 이상의 철근이 개구부에 의해 절단되지 않아야 한다. 개구부에 의해 감소된 철근량은 개구부 주변에 추가 배치하여야 한다.

- ④ 슬래브의 개구부가 집중하중이나 반력의 작용면에서 슬래브 두께의 10배 이내의 거리에 위치하거나 플랫슬래브의 개구부가 주열대 내에 위치한 경우 전단에 대한 위험단면은 다음과 같이 정의한다.

가. 전단머리가 없는 슬래브의 경우, 기둥 또는 집중하중이나 반력이 작용하는 면의 중심과 개구부의 경계점 사이로 그은 직선 내에 있는 단면의 둘레부분은 유효하지 않은 것으로 하여야 한다.

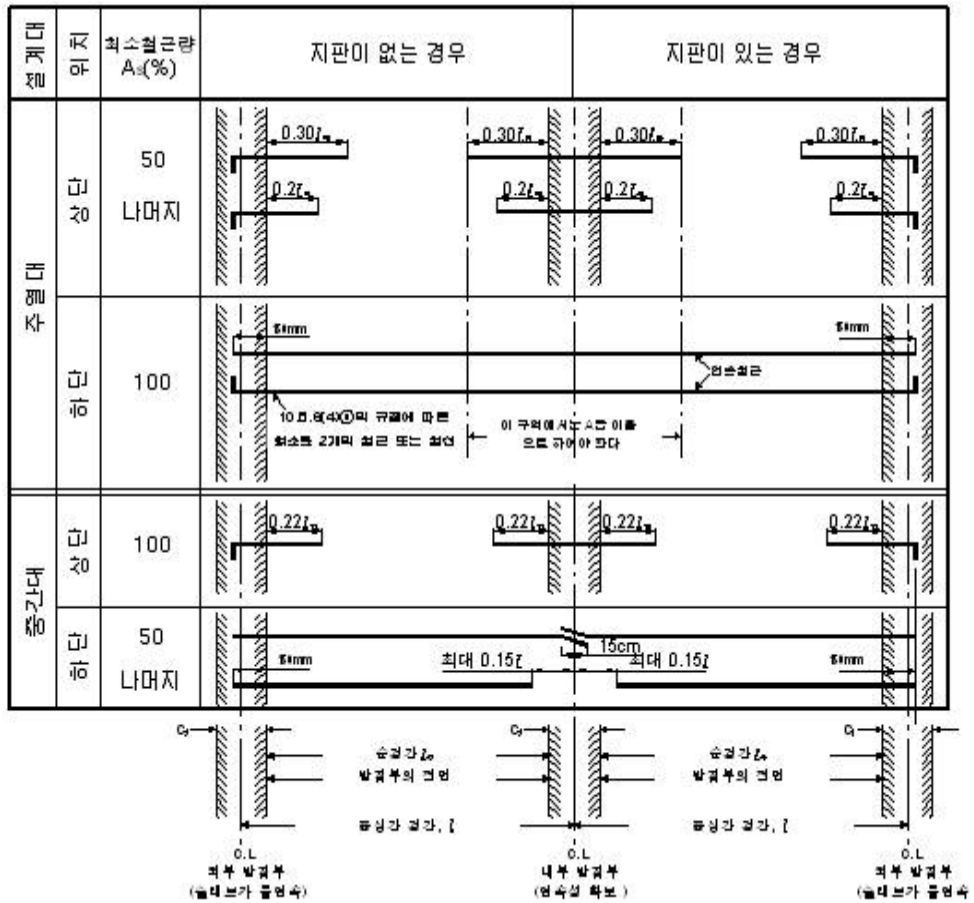
나. 전단머리가 있는 슬래브의 경우, 유효하지 않은 둘레부분은 상기 「(2)항」에서 정의된 부분의 절반으로 보아야 한다.

- (3) 개구부의 크기가 슬래브 판 크기에 비해 상대적으로 작은 경우 개구부에 의해 절단되는 철근과 같은 단면적의 철근을 개구부 양쪽에 보강하여야 한다.

- (4) 개구부가 슬래브판 크기에 비해 상대적으로 큰 경우 각 모서리에서 캔틸레버 슬래브로 가정하여 설계할 수 있으며, 인접슬래브를 설계할 때는 개구부의 영향을 고려하여야 한다.

- (5) 개구부가 크고 한쪽으로 치우쳐서 위치한 경우 3변 연속이고 1변 자유인 슬래브로 취급할 수 있으며, 인접슬래브를 설계할 때는 개구부의 영향을 고려하여야 한다.

제 10 장 콘크리트교



(10.5.5(2)①항의 받침부의 정착 참조)

그림 10.8.1 보가 없는 슬래브에서 철근의 최소 정착길이

10.9 벽 체

10.9.1 일반내용

- (1) 이 절의 규정은 휨모멘트의 작용 여부에 관계없이 축력을 받는 벽체의 설계에 적용하여야 한다.
- (2) 캔틸레버식 옹벽의 설계는 「제6장 흙막이구조물」에 따라야 한다.
- (3) 기호

A_g = 전체 단면적(mm²)

e = 편심거리

f_{ck} = 콘크리트의 설계기준강도(MPa)

h = 부재의 두께(mm)

k = 압축부재의 유효길이계수

l_c = 받침부 간의 수직길이(mm)

P_{nw} = 「10.9.4 (2) ②항」의 규정에 따라 산정한 벽체의 공칭축강도

ϕ = 강도감소계수

10.9.2 설계 일반

- (1) 벽체는 계수연직축력이 $0.4 A_g f_{ck}$ 이하이어야 하며, 공칭강도에 도달할 때 인장철근의 변형률이 0.004이상이어야 한다. 이외의 부재는 「10.4, 10.6항」의 압축부재의 설계 및 배근원칙을 따라야 한다.
- (2) 벽체는 이에 작용하는 편심축하중, 수평하중 및 기타 하중에 대하여 안전하게 저항할 수 있도록 설계하여야 한다.
- (3) 축하중을 받는 벽체의 설계는 「10.9.2항, 10.9.3항과 10.9.4 (1)항, 10.9.4 (2)항」 또는 「10.9.4 (3)항」의 규정에 따라야 한다.
- (4) 정밀한 구조해석에 의하지 않는 한, 각 집중하중에 대한 벽체의 유효수평길이는 하중 간의 중심거리, 또한 하중 지지폭에 벽체 두께의 4배를 더한 길이를 초과하지 않는 값으로 하여야 한다.
- (5) 전단력에 대한 설계는 「10.9.6항」의 규정에 따라야 한다.

- (6) 벽체와 일체가 된 압축부재는 하중에 의해 요구되는 단면보다 큰 단면으로 설계된 압축부재의 경우, 감소된 유효단면적을 사용하여 최소 철근량과 설계강도를 결정할 수 있다. 이 때 감소된 유효단면적은 전체 단면적의 1/2이상이어야 한다.
- (7) 벽체의 철근은 이와 교차하는 구조부재인 바닥, 지붕, 기둥, 벽기둥, 부벽, 교차벽체 및 기초 등에 충분히 정착되도록 하여야 한다.
- (8) 철근량 및 벽두께의 제한은 「10.9.3항과 10.9.4 (2)항」의 규정을 따라야 한다. 다만 정밀한 구조해석에 의하여 충분한 강도와 구조안정성을 확인할 수 있을 경우에는 이를 따르지 않을 수 있다.
- (9) 벽체의 밑면에서 기초판으로의 하중전달은 「10.9.7항」의 규정에 따라야 한다.

10.9.3 최소 철근비

- (1) 벽체의 수직 및 수평 최소 철근비는 「10.9.3 (2)항 및 10.9.3 (3)항」의 규정을 따라야 한다.
- (2) 벽체의 전체 단면적에 대한 최소 수직철근비는 다음 규정을 따라야 한다.
 - ① 설계기준항복강도 400 MPa 이상으로서 D16 이하의 이형철근
..... 0.0012
 - ② 기타 이형철근 0.0015
 - ③ 지름 16 mm 이하의 용접철망 0.0012
- (3) 벽체의 전체 단면적에 대한 최소 수평철근비는 다음 각 항에 따라야 한다.
 - ① 설계기준항복강도 400 MPa 이상으로서 D16 이하의 이형철근
..... 0.0020
 - ② 기타 이형철근 0.0025
 - ③ 지름 16 mm 이하의 용접철망 0.0020
- (4) 두께 250 mm 이상의 벽체에 대해서는 다음의 각 항에 따라 수직 및 수평철근을 벽면에 평행하게 양면으로 배치하여야 한다. 다만, 지하실 벽체에는 이 규정을 적용하지 않는다.

- ① 벽체의 외측면 철근은 각 방향에 대하여 전체 소요철근량의 1/2이상, 2/3 이하로 하며, 외측면으로부터 50 mm이상, 벽두께의 1/3이내에 배치하여야 한다.
- ② 벽체의 내측면 철근은 각 방향에 대한 소요철근량의 잔여분을 내측면으로부터 20mm이상, 벽두께의 1/3이내에 배치하여야 한다.
- (5) 수직 및 수평철근의 간격은 벽두께의 3배 이하, 또한 450 mm 이하로 하여야 한다.
- (6) 수직철근이 집중배치된 벽체부분의 수직철근비가 0.01배 이상인 경우 「10.4.6 (2) ③항」에 따른 횡방향 띠철근을 설치하여야 하며, 이외의 경우에는 횡방향 띠철근을 설치하지 않을 수 있다. 이 때 띠철근의 수직간격은 벽체두께 이하로 하여야 하며, 수직철근이 압축력을 받는 철근이 아닌 경우에는 횡방향 띠철근을 설치할 필요가 없다.
- (7) 모든 창이나 출입구 등의 개구부 주위에는 「10.9.3 (2)항」 및 「10.9.3 (3)항」에 규정된 최소 철근량 이외에도 D16이상의 철근을 2개 이상 배치하여야 하며, 그 철근은 개구부의 모서리에서 600 mm이상 연장하여 정착하여야 한다.

10.9.4 벽체의 설계

- (1) 압축재로서 벽체의 설계 - 축력을 받거나 축력과 휨모멘트를 동시에 받는 벽체의 설계는 「10.6.3 (1)항, 10.6.5항, 10.6.8항, 10.9.2항」 및 「10.9.3항」의 규정에 따라야 한다. 다만 해당 조건을 만족할 경우 「10.9.4 (2)항」의 실용설계법을 따를 수 있다.
- (2) 실용설계법
 - ① 직사각형 단면의 벽체로서 「10.9.2항, 10.9.3항」 및 「10.9.4 (2)항」의 모든 요구조건을 만족하고 계수하중의 합력이 벽두께의 중앙 1/3 이내에 작용하는 경우에는 이 「10.9.4 (2)항」에서 규정하는 실용설계법에 의하여 설계할 수 있다.
 - ② 위의 「10.9.4 (2) ①항」의 규정에 부합될 때 벽체의 설계축강도 ϕP_{nw} 는 <식 (10.9.1)>에 의하여 산정하여야 한다. 다만, 「10.9.4 (1)항」의 규정에 의할 때에는 이를 적용하지 않는다.

$$\phi P_{nw} = 0.55\phi f_{ck} A_g \left[1 - \left(\frac{K l_c}{32h} \right)^2 \right] \quad (10.9.1)$$

여기서, $\phi = 0.65$ 이고 유효길이계수 k 는 다음과 같다.

가. 상·하단이 횡구속 벽체로서

㉠ 상·하 양단 중의 한쪽 또는 양쪽의 회전이 구속된 경우 ... 0.8

㉡ 상·하 양단 모두 회전이 구속되지 않은 경우 1.0

나. 비횡구속 벽체 2.0

③ 벽체의 최소 두께는 다음 「가.항, 나.항」에 따라야 한다.

가. 벽체의 두께는 수직 또는 수평 받침점 간 거리 중에서 작은 값의 1/25이상이어야 하고, 또한 100 mm 이상이어야 한다.

나. 지하실 외벽 및 기초 벽체의 두께는 200 mm 이상으로 하여야 한다.

(3) 세장한 벽체의 대체설계법

① 휨인장이 벽체 설계를 지배하는 경우 이 「10.9.4 (3)항」의 규정은 「10.6.5 (1)항」을 만족하여야 한다.

② 이 「10.9.4 (3)항」에 따라 설계된 벽체는 다음의 규정을 만족하여야 한다.

가. 벽판은 단순지지되고 벽체 중앙에서 최대 모멘트 및 최대 처짐이 발생하는 면의 균등한 횡하중을 받는 압축재로 고려하여 설계하여야 한다.

나. 단면적은 전 높이에 대하여 일정한 것으로 한다.

다. 벽체는 인장이 지배적인 거동을 하도록 설계하여야 한다.

라. 철근은 <식 (10.9.2)>와 같은 설계강도를 확보하도록 산정하여야 한다.

$$\phi M_n \geq M_{cr} \quad (10.9.2)$$

마. 벽체의 설계 휨 단면 상부에 작용되는 집중 수직하중은 아래와 같은 폭에 분포된 것으로 가정한다.

- ㉞ 지압폭과 지압면 양측면에서 수직으로 2, 수평으로 1의 비율로 확대한 폭을 더한 값과 같다.
- ㉟ 집중하중 간격이하여야 한다.
- ㊱ 벽판의 연단을 초과하지 않아야 한다.
- 마. 벽체 높이의 중앙부분에서 수직응력 P_u/A_g 는 $0.06 f_{ck}$ 를 초과하지 않아야 한다.
- ③ 축력과 힘을 받는 벽체 높이의 중앙부에서의 설계모멘트 ϕM_n 는 <식 (10.9.3)>과 같은 조건을 만족하여야 한다.

$$\phi M_n \geq M_u \quad (10.9.3)$$

여기서:

$$M_u = M_{ua} + P_u \Delta_u \quad (10.9.4)$$

M_{ua} 는 계수 횡하중과 편심 수직하중에 의한 벽체 높이 중앙부에서의 모멘트이고 Δ_u 는 <식 (10.9.5)>에 의해 계산한다.

$$\Delta_u = \frac{5M_u l_c^2}{(0.75)48E_c I_{cr}} \quad (10.9.5)$$

M_u 는 처짐을 반복적으로 대입하여 계산하거나 <식 (10.9.6)>을 이용하여 직접 계산한다.

$$M_u = \frac{M_{ua}}{1 - \frac{5P_u l_c^2}{(0.75)48E_c I_{cr}}} \quad (10.9.6)$$

여기서:

$$I_{cr} = \frac{E_s}{E_c} \left(A_s + \frac{P_u}{f_y} \right) (d - c)^2 + \frac{I_w c^3}{3}, \quad \frac{E_s}{E_c} \geq 6 \quad (10.9.7)$$

- ④ P-Δ효과를 고려한 사용하중에 의한 최대 처짐 Δ_s 는 $I_c/150$ 을 초과하지 않아야 한다. 벽체 높이 중간에서의 Δ_s 는 <식 (10.9.8)>에 의해 계산한다.

$$\Delta_s = \frac{(5M)l_c^2}{48EJ_e} \quad (10.9.8)$$

$$M = \frac{M_{sa}}{1 - \frac{5P_s l_c^2}{48EJ_e}} \quad (10.9.9)$$

I_e 는 <식 (10.9.10)>에 준하여 계산하여야 하며, 다만 M_a 를 M 으로 대치하고 I_{cr} 은 <식 (10.9.7)>을 이용하여 계산한다.

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 \right] I_{cr} \quad (10.9.10)$$

여기서,

$$M_{cr} = \frac{f_r I_g}{Y_t} \quad (10.9.11)$$

$$f_r = 0.63\sqrt{f_{ck}} \quad (10.9.12)$$

10.9.5 비내력벽과 지중보

- (1) 비내력벽의 두께는 100 mm 이상이어야 하고, 또한 이를 횡방향으로 지지하고 있는 부재 간 최소 거리의 1/30 이상이 되어야 한다.
- (2) 지중보로 설계하는 벽체는 「10.6.3과 10.6.4항」의 규정으로부터 산정한 휨모멘트에 소요되는 철근을 벽체의 상부 및 하부에 배치하여야 한다. 전단보강에 대한 설계는 「10.6.6항」의 규정에 따라야 한다.
- (3) 지표면 위로 노출된 지중보 벽체의 부분에는 「10.9.3항」의 규정을 만족하여야 한다.

10.9.6 벽체에 대한 전단설계

(1) 설계 일반

- ① 벽체면과 나란한 수평전단력에 대한 설계는 이 「10.9.6항」의 규정에 따라야 한다. 그러나 벽체면에 수직인 전단력에 대한 설계는 「10.6.6 (6)항」의 규정에 따라야 한다. 또한 벽체의 높이가 벽체길이의 2배를 초과하지 않은 경우는 스트럿-타이모델과 「10.6.6 (2)항」의 규정에 따라 설계할 수 있다.
- ② 벽체면에서 전단력에 대한 수평단면의 설계는 <식 (10.6.30)>과 <식 (10.6.31)>에 기초하여야 하며, 전단강도 V_c 는 「10.9.6 (2) ①항」과 「10.9.6 (2) ②항」에 따라야 하고 전단강도 V_s 는 「10.9.6 (2) ⑤항」에 따라야 한다.
- ③ 벽체 평면에서 수평전단력에 대한 설계에서 d 는 $0.8I_w$ 로 취할 수 있다. 그러나 적합조건에 의해 해석할 경우에는 압축연단에서 인장철근의 힘의 중심까지의 거리인 d 를 사용할 수 있다.

(2) 전단강도 계산

- ① 전단강도 V_c 는 「10.9.6 (2) ②항」에 따라 계산하지 않는 한 N_u 가 압축인 벽체에 대해서 $(\sqrt{f_{ck}}/6)hd$ 이하로 취하여야 한다. 그러나 N_u 가 인장인 벽체의 경우 <식 (10.6.35)>의 값 이하로 취하여야 한다.
- ② 전단강도 V_c 는 <식 (10.9.13)>과 <식 (10.9.14)>에 의해 계산할 수 있으나, 두 값 중에서 작은 것을 취하여야 한다.

$$V_c = 0.28\sqrt{f_{ck}}hd + \frac{N_u d}{4I_w} \quad (10.9.13)$$

또는,

$$V_c = \left[0.05\sqrt{f_{ck}} + \frac{I_w \left(0.10\sqrt{f_{ck}} + 0.2 \frac{N_u}{I_w h} \right)}{\frac{M_u}{V_u} - \frac{I_w}{2}} \right] hd \quad (10.9.14)$$

여기서, N_u 는 인장력일 때 부(-)이다.

$\left(\frac{M_u}{V_u} - \frac{l_w}{2}\right)$ 의 값이 부(-)일 때는 <식 (10.9.14)>를 적용할 수 없다.

- ③ 벽체 평면에서 전단력에 대한 수평단면의 전단강도 V_n 을 $(5\sqrt{f_{ck}}/6)hd$ 이하로 취하여야 한다.
- ④ $l_w/2$ 와 벽체 높이의 1/2 중 작은 쪽의 거리보다 벽체 바닥에 가까이 위치한 단면을 $l_w/2$ 거리 또는 높이의 1/2에서 구한 V_c 에 대하여 설계할 수 있다.
- ⑤ 계수전단력 V_u 가 전단강도 ϕV_c 를 초과하는 곳은 <식 (10.9.13)>과 <식 (10.9.14)>가 충족되도록 수평전단철근을 배치하여야 하며, 전단강도 V_s 를 <식 (10.9.15)>에 의해 구하여야 한다.

$$V_s = \frac{A_{vh} f_y d}{s_h} \quad (10.9.15)$$

여기서, A_{vh} 는 s_h 거리 내의 수평전단철근의 단면적이며, d 는 「10.9.6 (1) ③항」에 따라야 한다. 그리고 연직전단철근을 「10.9.6 (3) ④항」에 따라 배치하여야 한다.

(3) 최소 철근량 및 배치

- ① 계수전단력 V_u 가 $\phi V_c/2$ 보다 작은 경우에 「10.9.6 (3) ②~⑤항」 또는 「10.9항」에 따라 철근을 배치하여야 한다. V_u 가 $\phi V_c/2$ 를 초과하는 경우는 전단력에 저항할 벽체 철근을 「10.9.6 (3) ②~⑤항」까지의 규정에 따라 배치하여야 한다.
- ② 콘크리트의 전체 연직단면적에 대한 수평전단철근 단면적의 비 ρ_h 를 0.0025이상으로 하여야 한다.
- ③ 수평전단철근의 간격 s_h 는 $l_w/5$ 이하, $3h$ 이하 또한 450mm이하로 하여야 한다.

- ④ 콘크리트의 전체 수평단면적에 대한 연직전단철근 단면적의 비 ρ_I 은 <식 (10.9.16)>의 값 이상, 또한 0.0025 이상으로 하여야 한다.

$$\rho_I = 0.0025 + 0.5 \left(2.5 - \frac{h_w}{I_w} \right) (\rho_h - 0.0025) \quad (10.9.16)$$

그러나 ρ_I 은 소요 수평전단철근량보다 크게 취할 필요는 없다.

- ⑤ 수직전단철근의 간격 s_v 는 $I_w/3$ 이하, $3h$ 이하, 또한 450mm이하로 하여야 한다.

10.9.7 기둥, 벽체 또는 받침대 저면에서 힘의 전달

(1) 힘의 전달장치

- ① 기둥, 벽체 저면에서 힘과 모멘트는 콘크리트의 지압과 철근, 다웰바 및 기계적 이음장치에 의해 기초판에 전달시켜야 한다.
- ② 받침부재와 지지되고 있는 부재와의 콘크리트 접촉면의 지압력은 「10.6.8항」에서 규정하는 콘크리트 지압강도를 초과하지 않아야 한다.
- ③ 받침부재와 지지되고 있는 부재와의 사이에 있는 철근, 다웰바 또는 기계적 이음장치는 다음의 「가.항」과 「나.항」같은 힘이 충분히 전달될 수 있어야 한다. 그 외에 철근, 다웰바 또는 기계적 이음장치는 「10.9.7 (2)항」의 규정을 따라야 한다.

가. 어느 한 쪽 부재의 콘크리트 지압강도를 초과하는 모든 압축력
나. 접촉면 사이의 인장력

- ④ 벽체 또는 기둥으로부터 휨모멘트가 지지 주각 또는 기초판에 전달되는 경우에는 철근이나 다웰바 또는 기계적 이음장치는 「10.5.8항」의 규정에 따라 설계하여야 한다.
- ⑤ 횡력은 「10.6.6 (4)항」의 전단마찰의 규정 또는 다른 적절한 방법에 의하여 지지 받침대 또는 기초판에 전달시켜야 한다.

(2) 프리캐스트 시공에서 힘 전달

- ① 프리캐스트 시공에서 「10.9.7 (1)항」을 만족시키는 보강방법으로서 앵커볼트나 다음의 「②~④항」과 같이 적절한 기계적 이음장치를

사용할 수 있다. 앵커볼트는 콘크리트용 앵커볼트 설계기준에 따라 설계하여야 한다.

- ② 프리캐스트 기둥 또는 받침대와 받침부재 간의 접합 요구조건으로, 프리캐스트 기둥은 $1.5 A_g$ (단위는 N) 이상의 공칭인장강도를 가져야 하며, 하중에 의해 필요한 단면적보다 더 큰 단면적을 가지는 기둥의 경우 감소된 유효단면적 A_g 를 사용할 수 있다. 다만 이 감소된 유효단면적은 전체 단면적의 1/2 이상은 되어야 한다.

- ③ 프리캐스트 벽체와 받침부재 간의 접합은 다음의 요구조건을 만족시켜야 한다.

가. 프리캐스트 벽패널은 벽 패널당 최소한 두 개의 연결철근을 사용해야 하며, 연결철근 하나의 공칭인장강도는 45,000 N 이상이어야 한다.

나. 해석결과 기초바닥 저면에 인장력이 발생되지 않을 때에는 「가.항」에 규정된 연결철근은 흙에 직접 지지되는 콘크리트 바닥슬래브에 정착시킬 수 있다.

- ④ 앵커볼트 및 기계적 이음장치는 정착구의 파괴나 주위의 콘크리트가 파괴되기 전에 설계강도에 도달하도록 설계하여야 한다.

10.10 바닥판

10.10.1 일반내용

- (1) 이 절은 콘크리트 거더로 지지되고, 지간과 한 변의 길이의 비가 1 : 2를 넘는 철근콘크리트 바닥판 및 프리스트레스트 콘크리트 바닥판의 설계에 적용하여야 한다.
- (2) 지간과 한 변의 길이비(변장비)가 1 : 2보다 작아 정사각형에 가까운 바닥판은 바닥판의 최소두께, 철근의 종류 및 철근 배치 등에 따라 이 절의 규정을 따를 수 있지만, 설계휨모멘트를 계산할 때에는 변장비의 영향을 고려할 필요가 있다.
- (3) 기호

a', b' = <그림 10.10.4>에 나타난 등분포하중이 분포되는 축거(軸

	距), (m)
c	= 부분분포하중의 분포폭의 단(端)에서 슬래브의 자유단까지의 거리(m)
l	= 「10.8.3항」에서 규정한 바닥판의 지간(m) 또는 슬래브의 지간(m)
l_d	= 고정하중에 대한 바닥판의 지간(m)
l_f	= 고정슬래브의 지간
M_d	= 「10.10.5 (1)항」에 규정되어 있는 고정하중에 의한 캔틸레버판의 설계휨모멘트
M_l	= 「10.10.5 (1)항」에 규정되어 있는 충격을 포함한 캔틸레버판의 열차하중에 의한 설계휨모멘트
P	= 축중(軸重), (kN)
s	= 피복층의 두께(mm)
t	= 슬래브의 두께(mm)
t_1, t_2	= 하중의 접촉면 길이(mm)
v	= 지간방향에 직각인 하중의 분포폭(m)
x	= 부분분포하중의 중심에서 가장 가까운 슬래브의 지지선까지의 거리(m)
w	= 등분포 고정하중(kN/m ²) 또는 환산등분포하중(kN/m ²)

10.10.2 설계일반

- (1) 바닥판의 설계를 할 때 난간에 작용하는 축방향력 및 방호책에 작용하는 충돌하중 등의 영향을 고려하여야 한다.
- (2) 철근콘크리트 바닥판에서 균열의 진전에 의해 부분적으로 콘크리트가 떨어져 나가는 것은 품질이 나쁜 콘크리트에서 생기기 쉽다. 따라서 바닥판에 사용되는 콘크리트의 설계기준강도는 24 MPa 이상으로 하여야 한다.
- (3) 「10.10.4항」에 규정하는 보위의 바닥판의 최소두께를 만족하고, 「10.10.5 (1)항」의 규정에 따른 설계휨모멘트에 의하여 바닥판을 설

계할 때에는 전단력에 대한 검토를 생략할 수 있다.

10.10.3 바닥판 지간

- (1) 단순판 및 연속판에 작용하는 열차하중 및 고정하중에 대한 지간은 <그림 10.10.1>과 같이 하여야 한다. 즉, 단순판 및 연속판의 지간은 순지간으로 하여야 한다. 사교(斜橋)의 지간은 받침부근을 제외하고 바닥판으로부터 지지보로의 응력 전달을 고려하여 바닥판의 지간을 지지보에 직각으로 켜 순지간으로 하여야 한다.

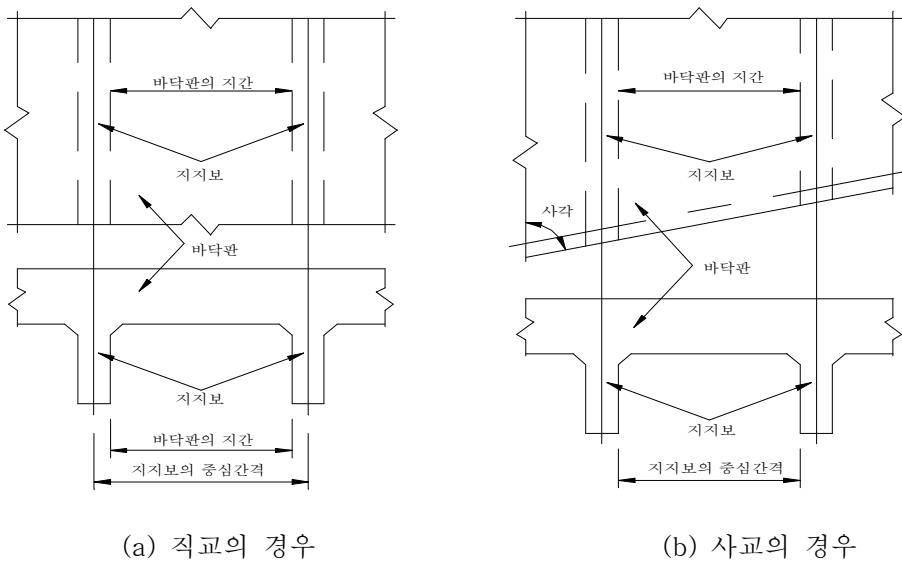
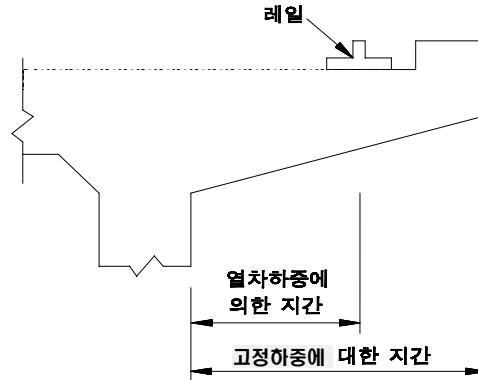


그림 10.10.1 단순판 및 연속판의 지간

캔틸레버판의 지간은 <그림 10.10.2>와 같이 하여야 한다.



궤도진행방향에 직각으로 캔틸레버판이 있는 경우

그림 10.10.2 캔틸레버판의 지간

10.10.4 바닥판 최소두께

(1) 철근콘크리트 바닥판

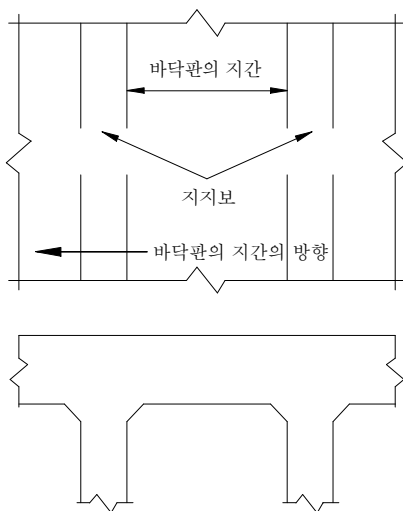
- ① 콘크리트교의 바닥판은 일반적으로 콘크리트로 된 지지보와 강철로 연결되어 있으므로 연속판 또는 캔틸레버판의 계산식을 적용하는 것이 좋다.
- ② <표 10.10.1>에 규정되어 있는 철근콘크리트 바닥판의 궤도부분에 대한 최소두께는 일반적인 조건하에서 궤도 바닥판의 최소두께에 대한 기준을 보인 것이다. 따라서 바닥판에 손상이 생기면 보수작업이 곤란한 철도교량, 바닥판을 지지하는 거더의 강성이 현저하게 차이가 나서 휨모멘트가 부가되는 철도교량 등 특수한 조건하에 있는 철도교량에 대하여는 그 영향을 고려하여 바닥판의 두께를 결정하는 것이 바닥판의 내구성을 확보한다는 관점에서 보면 합리적이다. 따라서, 궤도부분 바닥판의 최소두께는 200mm 또는 <표 10.10.1>에 있는 값 중에서 큰 값으로 하여야 한다. 그러나, 특수한 조건하에 있는 철도교량의 바닥판의 최소두께는 <표 10.10.1>에 있는 값보다 크게 하여야 한다. <표 10.10.1>에서 캔틸레버판의 최소두께는 지지보 복부 전면에서의 두께를 말한다.

제 10 장 콘크리트교

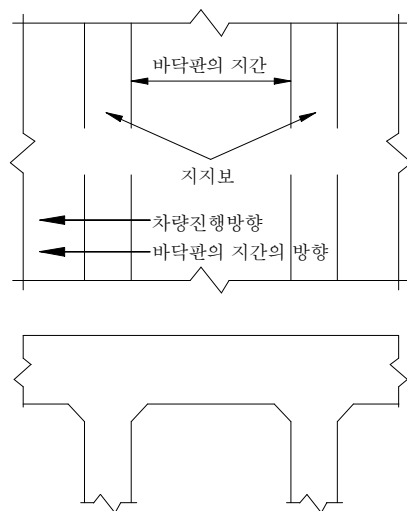
표 10.10.1 궤도부분 바닥판의 최소두께 (mm)

바닥판 지간의 방향(주)		궤도 진행 방향에 직각	궤도 진행 방향에 평행
바닥판의 구분			
단 순 판		$40l + 110$	$65l + 130$
연 속 판		$30l + 110$	$50l + 130$
캔틸레버판	$l \leq 0.25$	$280l + 160$	$240l + 130$
	$l > 0.25$	$80l + 210$	

주) 바닥판 지간의 방향은 <그림 10.10.3>에 따라야 한다. $l(m)$ 은 10.10.3에서 규정한 바닥판의 지간.



(a) 바닥판의 지간의 방향이
차량진행방향에 직각인 경우



(b) 바닥판의 지간의 방향이
차량진행방향에 평행인 경우

그림 10.10.3 바닥판 지간의 방향

- ③ 보도부분 바닥판의 최소두께는 140mm로 하여야 한다.
- (3) 프리스트레스트 콘크리트 바닥판
 - ① 궤도부분 바닥판의 최소두께는 다음의 규정에 따라야 한다.
 - 가. 궤도부분 바닥판의 최소두께는 시공성을 고려하여 어느 부분에서도

200mm보다 작아서는 안 된다.

- 나. 캔틸레버판의 끝부분의 두께는 「①항」의 규정을 따르는 것 외에 <표 10.10.1>에 규정되어 있는 캔틸레버판의 최소두께의 50%이상으로 하여야 한다. 프리스트레스트 콘크리트 캔틸레버판 끝부분의 최소두께는 규정에 따라 정하되 각종 PS강재 정착 장치의 배치 등을 고려하여 정하는 것이 좋다. 일반적으로 판 끝부분의 두께는 200mm이상으로 하여야 한다. 1방향으로만 프리스트레스를 도입하는 경우 프리스트레스를 도입하지 않는 방향은 철근콘크리트 구조이기 때문에 「10.10.4 (1) ①항」의 규정을 적용하여야 한다.
- 다. 바닥판의 1방향으로만 프리스트레스를 도입하는 경우 궤도부분 바닥판의 최소두께는 가항 및 나항의 규정에 따르는 것 외에 <표 10.10.2>의 값으로 하여야 한다. 다만 캔틸레버판의 최소두께는 지지거더의 복부 앞면에서의 두께를 말한다. 그러나, 지간 직각 방향으로 작용하는 휨모멘트는 지간방향으로 작용하는 휨모멘트보다 작아, 바닥판 지간의 방향이 궤도진행방향에 직각인 때는 90%정도, 궤도진행방향에 평행인 때에는 65%정도이므로 바닥판의 최소두께를 이 비율로 줄이는 것을 허용하였다. 이 경우에도 가항에 규정한 궤도부분 바닥판의 최소두께 200mm를 적용하는 것으로 하여야 한다.

표 10.10.2 바닥판의 1방향에만 프리스트레스를 도입한 경우 궤도부분
바닥판의 최소두께

바닥판의 지간방향* 프리스트레스를 도입하는 방향	궤도진행방향에 직각인 방향	궤도진행방향에 평행인 방향
바닥판지간 방향에 평행	표10.10.1에서 바닥판 지간의 방향이 궤도진행방향에 직각인 때의 90%	표10.10.1에서 바닥판 지간의 방향이 궤도진행방향에 평행인 때의 65%
바닥판지간 방향에 직각	표 10.10.1에서 바닥판 지간의 방향이 궤도진행방향에 직각인 때의 값	표 10.10.1에서 바닥판 지간의 방향이 궤도진행방향에 평행인 때의 값

주) 바닥판 지간의 방향은 <그림 10.10.3>에 따라야 한다.

- ② 보도부분 바닥판의 최소두께는 140mm로 하여야 한다.

10.10.5 바닥판 설계휨모멘트

(1) 궤도상의 차륜하중

궤도상의 열차하중은 다음의 규정을 따라야 한다.

① 거더의 휨모멘트 및 전단력을 계산하는 경우

가. 궤도상의 차륜하중은 일반적으로 지간방향의 분포를 고려하지 않고 집중하중으로 본다.

나. 슬래브 거더의 유효폭 계산에 사용하는 차륜하중의 궤도방향 분포 폭은 「③ 나.항」를 따라야 한다.

② 거더의 비틀림모멘트를 계산하는 경우

일반적으로 차륜하중은 궤도 방향 및 궤도 직각방향으로 「③ 나.항」에 의해 그 분포를 고려하여야 한다.

③ 거더에 지지된 슬래브를 설계하는 경우

가. 슬래브 궤도를 지지하는 1방향, 또는 2방향 슬래브의 차륜하중에 의한 휨모멘트의 설계에 있어서는 <식 (10.10.1)>의 환산등분포하중을 사용하여야 한다.

$$w = \frac{P}{a \times b'} \dots\dots\dots (10.10.1)$$

여기서, w : 환산등분포하중(kN/m²)

P : 축중(軸重), (kN)

a : 축거(軸距), (m)

b' : <그림 10.10.4>에 나타난 값 (m)

나. 특히 차륜하중의 분포의 영향을 검토하려는 경우, 차륜하중은 궤도 구조에 따라 <그림 10.10.4>에 나타난 부분분포하중으로 고려하여야 한다.

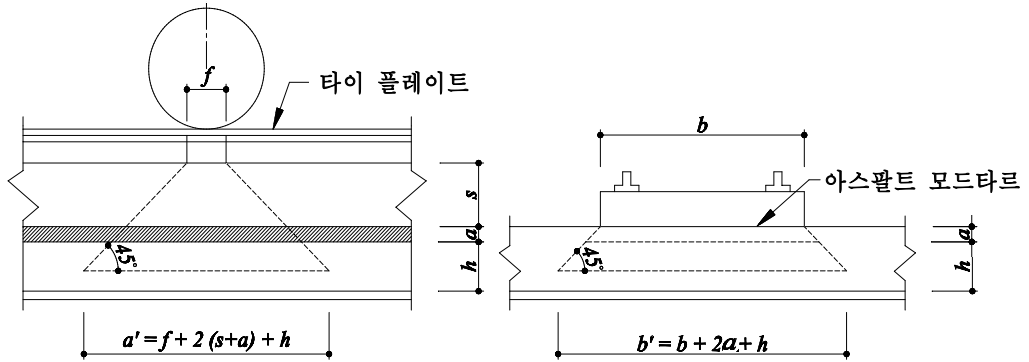


그림 10.10.4 슬래브 궤도의 열차하중 분포폭

여기서, f 는 궤도 중심선원호의 중심으로부터 곡선 내측지점을 연결한 선까지의 거리(m), s 는 슬래브궤도의 높이, a 는 방수공의 지름, h 는 슬래브의 두께

- ④ 등분포고정하중에 의한 연속판의 휨모멘트는 단지간과 중앙지간에서 다르지만 설계를 간략화하기 위해서 등분포 고정하중에 의한 바닥판의 단위폭(m)당의 설계휨모멘트는 <표 10.10.3>에 의해 계산하여야 한다.

표 10.10.3 등분포 고정하중에 의한 바닥판의 단위폭(m)당
설계휨모멘트(kN · m/m)

판의 구분	휨모멘트의 종류	바닥판 지간방향의 휨모멘트
단 순 판	지간 휨모멘트	$+ w l_d^2 / 8$
캔틸레버판	지점 휨모멘트	$- w l_d^2 / 2$
연 속 판	지간 휨모멘트	$+ w l_d^2 / 10$
	지점 휨모멘트	$- w l_d^2 / 10$

- ⑤ 설계휨모멘트의 방향과 강재의 배치방향이 다를 때에는 설계휨모멘트 방향에 대한 강재의 유효단면적을 사용하거나 또는 프리스트레스

힘의 분력을 이용하여 설계를 수행하여야 한다.

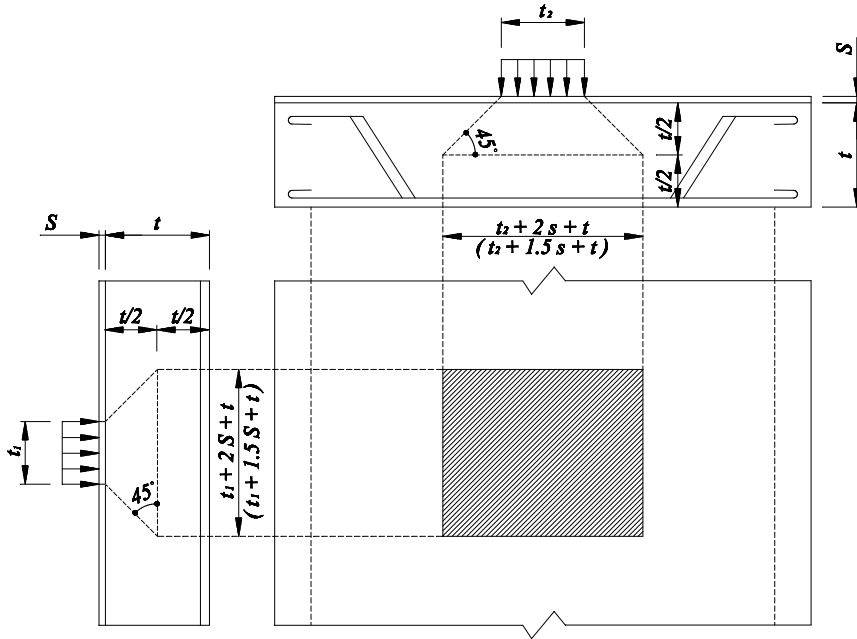
- ⑥ 연속바닥판에 프리스트레스를 도입하는 경우에는 PS강재의 편심량에 따라 큰 부정정력이 발생할 수 있으므로 프리스트레싱에 의해 생기는 부정정 휨모멘트를 고려하여야 한다. 다만, 부정정 휨모멘트가 작게 일어나도록 PS강재를 배치하는 경우에는 이 부정정 휨모멘트를 무시할 수 있다.

(2) 부분 분포하중

① 부분 분포하중의 분포폭

가. 슬래브 표면에 작용하는 하중은 <그림 10.10.5>에서 보인 바와 같이 그 접촉면의 외곽에서 슬래브 두께의 1/2거리만큼 떨어진 접촉면과 닻은끝의 범위에 분포되어 작용하는 것으로 본다.

나. 슬래브의 상부가 콘크리트 또는 아스팔트 콘크리트로 피복되어 있는 경우에는 위의 닻은끝에다 피복층의 두께만큼 더 연장시킨 범위에 분포되어 작용하는 것으로 하여야 한다. 피복재료가 유연한 경우에는 피복두께의 3/4을 사용하여야 한다.



*) ()안은 피복층이 유연한 재료의 경우를 표시함.

그림 10.10.5 하중의 분포폭

② 1방향 슬래브가 부분분포하중을 받는 경우의 설계계산

가. 단일 지간의 1방향 슬래브가 1개의 부분분포하중을 받는 경우, 슬래브의 단위폭당 최대 휨모멘트는 슬래브가 전(全)지간에 걸쳐서 「③ 가.항 또는 ④ 가.항」에서 정하는 유효폭을 갖는다고 보고, 이 유효폭과 같은 폭을 갖는 보로 보아 이를 구해도 좋다.

나. 단일 지간의 1방향 슬래브가 궤도상의 윤하중을 받는 경우, 슬래브의 단위폭당 휨모멘트 및 전단력은 슬래브가 전지간에 걸쳐서 「③ 나.항 또는 ④ 나.항」에서 정하는 유효폭을 갖는다고 보고, 이 유효폭과 같은 폭을 갖는 보로 보아 이를 구해도 좋다.

다. 위의 「가.항 및 나.항」에 의한 유효폭을 사용하여 계산할 경우는 「⑤항」에 따라 배력철근을 두어야 한다.

③ 단순지지된 1방향 슬래브의 유효폭

가. 단순지지된 1방향 슬래브가 1개의 부분분포하중을 받는 경우의 슬

래브의 유효폭 b_e 는 다음 값으로 하여야 한다.(<그림 10.10.6> 참조)

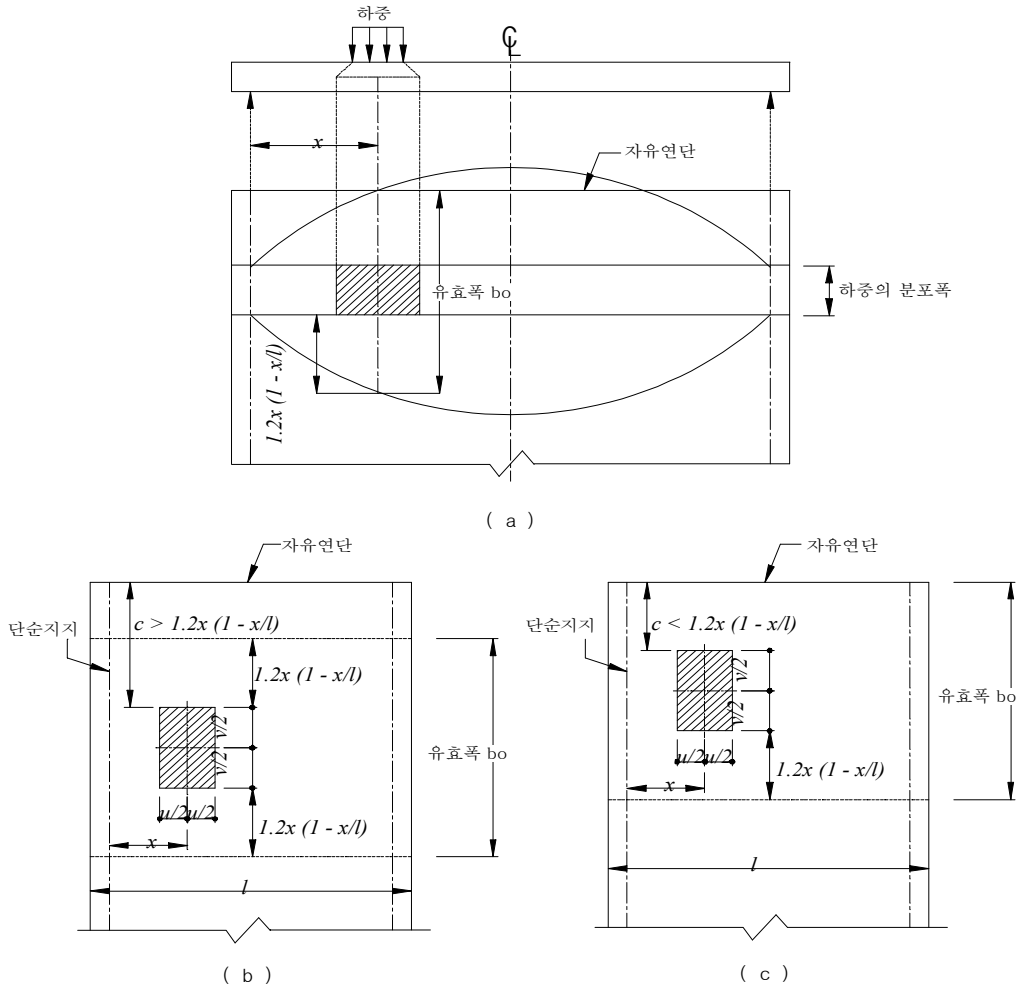


그림 10.10.6 1방향 슬래브의 유효폭

㉔ $c \geq 1.2x(1 - \frac{x}{l})$ 의 경우 (<그림 10.10.6(b)> 참조)

$$b_e = v + 2 \times 1.2x \left(1 - \frac{x}{l} \right) \quad (10.10.2)$$

㉔ $c < 1.2x(1 - \frac{x}{l})$ 의 경우(<그림 10.10.6(c)> 참조)

$$b_e = v + c + 1.2x \left(1 - \frac{x}{l} \right) \quad (10.10.3)$$

나. 단순지지된 1방향 슬래브가 궤도상의 윤하중을 받는 경우로서 윤하중의 이동 방향이 슬래브의 지간방향과 일치하는 경우에는 슬래브의 유효폭은 슬래브 지간의 크기까지이고, 인접한 궤도의 중심간 거리 이하라야 한다.

④ 고정된 1방향 슬래브의 유효폭

가. 양단이 고정된 1방향 슬래브가 이동하지 않는 부분 분포하중을 받는 경우의 슬래브의 유효폭은 <식 (10.10.2)> 및 <식 (10.10.3)>의 l 을 $0.6 l_f$ 로 놓고 구한 값으로 하여야 한다.

나. 양단이 고정된 1방향 슬래브가 궤도상을 이동하는 윤하중을 받는 경우로서 윤하중의 이동방향이 슬래브의 지간방향과 일치하는 경우에는 슬래브의 유효폭은 슬래브의 지간에 0.6배 까지로 하고, 인접한 궤도의 중심간 거리 이하라야 한다.

⑤ 1방향 슬래브의 배력철근

가. 단순받침으로 된 1방향 슬래브의 배력철근의 단면적은 다음에 따라야 한다.

㉔ 등분포하중을 받는 경우, 슬래브의 길이 1m당 일반적으로 슬래브 폭 1m당의 인장철근 단면적의 1/6 이상으로 하여야 한다.

㉔ 부분분포하중을 받는 경우는 가.의 배력철근에 부분분포하중에 대해 필요한 슬래브 폭 1m당의 인장철근 단면적의 α 배를 더한 것으로 하여야 한다. 이 α 는 다음에 따라야 한다.

슬래브 중앙부근 재하

$$\text{아래쪽 배력철근 } a = \left(1 - 0.25 \frac{l}{b}\right) \left(1 - 0.8 \frac{v}{b}\right) \quad (10.10.4)$$

다만, $\frac{l}{b} > 2.5$ 의 경우에는 $\frac{l}{b} = 2.5$ 일 때 a 값을 사용하여야 한다.

슬래브 연단부근 재하

$$\text{위쪽 배력철근 } \alpha = \frac{l}{8} \left(1 - 2 \frac{v}{b}\right) \quad (10.10.5)$$

여기서, v, b 는 지간직각방향의 하중폭(m) 및 유효폭(m), l 은 지간(m)이다.

나. 1방향 슬래브의 배력철근은 일반적으로 정철근의 바로 위, 부철근의 바로 밑에 배치하여야 한다.

다. 배력철근의 간격은 슬래브의 유효높이의 3배 이하로 하여야 한다.

라. 양단 고정 1방향 슬래브의 배력철근의 단면적은 위의 「가.항」에 따라야 한다.

10.10.6 구조상세

(1) 현치

- ① 바닥판의 현치는 바닥판으로부터 지지보에 응력을 연속적으로 전달하기 위하여 바닥판에는 지지보 위에 현치를 둔다.
- ② 바닥판의 현치의 기울기는 1:3보다 완만하게 하여야 한다. 기울기가 1:3보다 급할 때에는 <그림 10.10.7>에 보인 것과 같이 기울기 1:3까지의 두께를 바닥판 설계시 유효한 단면으로 간주하여야 한다.

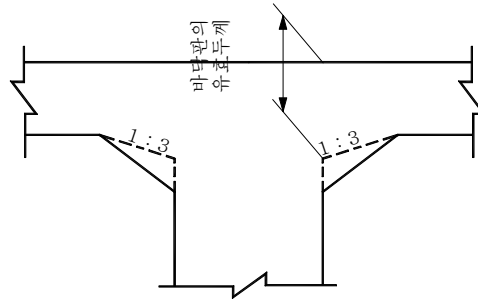


그림 10.10.7 현치부근 바닥판의 유효두께

- ③ 현치에는 그 안쪽에 철근을 두어야 하며, 사용하는 철근은 D13이상이어야 한다.

(2) 철근의 종류 및 배치

- ① 철근은 이형 철근을 쓰며, 바닥판과 같이 얇은 부재에서 지름이 큰 철근을 쓰는 경우에는 균열이 발생하기 쉽기 때문에 철근 지름의 표준을 규정한 것으로, 보통 부분에서는 D13~D19의 철근을 쓰는 것이 좋으며, D22의 철근은 바닥판의 끝부분 등 철근을 많이 배치하여야 하는 부분에 한하여 쓰는 것을 표준으로 하여야 한다.
- ② 철근의 간격이 너무 좁으면 콘크리트의 타설이 어려워지게 되며, 반대로 철근의 간격이 너무 넓으면 열차하중이 집중되어 작용하는 경우에 바닥판에 나쁜 영향이 생기는 것을 고려하여 철근 중심간격의 최대값 및 최소값을 규정하여야 한다. 따라서, 철근의 중심간격은 최소 100mm이상 최소 300mm이하로 하여야 한다. 다만, 바닥판 지간방향의 인장 주철근의 중심간격은 바닥판의 두께를 넘어서는 안 된다.
- ③ 철근콘크리트 연속판에서 바닥판 지간방향의 철근을 구부리는 경우에 <그림 10.10.8>에 있는 것과 같이 복부 앞면에서 $l/6$ 되는 단면에서 구부린다. 다만, 철근을 휘어 올리는 위치에서의 정모멘트는 지간 중앙부에서의 휨모멘트의 80% 정도이고 또 휘어 올리는 위치에서의 부모멘트는 지점위의 휨모멘트의 50% 정도 되기 때문에 바닥판 지간 중앙부 철근량의 80% 이상 및 복부 앞면 철근량의 50% 이상은 각각 구부리지 않고 연속하여 배치하여야 한다. 여기서, l 은 지지보의 중심간격이다.

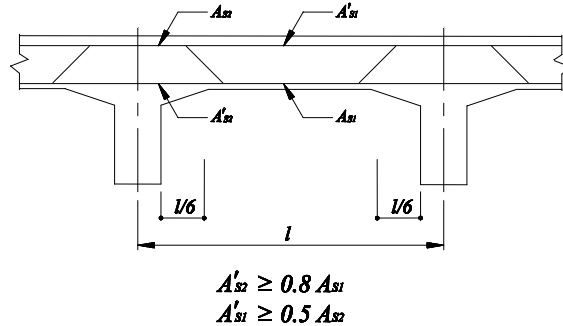


그림 10.10.8 바닥판 지간방향 철근의 절곡 위치 및 배근

- ④ 슬래브 끝의 단순지지부에서의 받침부 밖으로 약간 내민 부분 혹은 횡방향보와 강결된 슬래브단부분 등에 부모멘트가 발생할 수 있으므로 이들 부모멘트에 대한 철근을 배치하여야 한다.
 - ⑤ 사교의 받침부 부근에서는 사각의 영향을 받으므로 바닥판 지간방향의 철근은 받침선 방향으로 배치하는 것으로 하여야 한다.
- (3) PS강재의 배치
- ① 바닥판에 프리스트레스가 균일하게 도입되지 않으면 프리스트레스에 의하여 2차적인 휨모멘트 및 전단력이 생겨 복잡한 응력상태가 된다. 따라서, 프리스트레스 콘크리트 바닥판의 PS강재는 바닥판에 프리스트레스가 균일하게 도입될 수 있도록 배치하여야 한다.
 - ② 프리스트레스는 PS강재의 정착장치로부터 바닥판에 분포되기 때문에 PS강재의 배치간격은 정착장치의 크기, 프리스트레스 힘의 분포 폭 등을 고려하여 설계단면에서 프리스트레스가 과대 또는 과소가 되지 않도록 결정하여야 한다.
 - ③ 사교의 받침부 부근에서 바닥판 지간방향의 PS강재는 받침선 방향으로 배치하는 것으로 하여야 한다.
- (4) 캔틸레버판 단부 및 가로보 위의 바닥판
- ① 유한요소 해석 등에 의하면 캔틸레버판의 단부는 바닥판의 연속성이 없기 때문에 활하중에 의한 설계 휨모멘트가 「10.10.5항」의 규정에 의한 값의 2배 정도가 된다. 따라서, 캔틸레버판 단부에 작용하는 설계 휨모멘트는 $M_d + 2M_l$ 로 하여야 한다. 다만 철근콘크리트 바닥판

의 경우 일반적으로 거더의 단부외의 캔틸레버판에서 필요한 철근량의 2배를 배치하는 것이 좋다. 한편, 캔틸레버판의 단부에 강성이 있는 브래킷을 두는 경우에는 지지보와 브래킷으로 지지되는 바닥판으로 설계해도 된다.

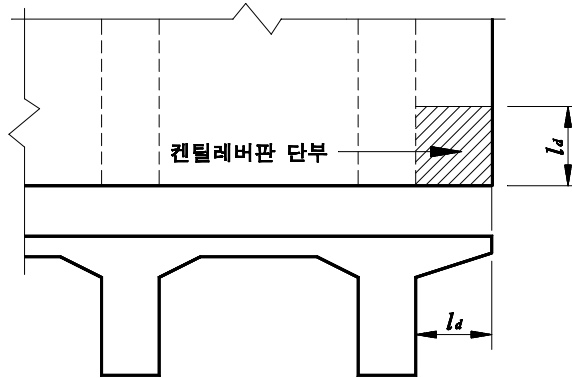


그림 10.10.9 캔틸레버판의 단부

② 바닥판 지간의 방향이 궤도진행방향에 직각이고, 가로보로 지지되는 바닥판의 설계는 다음과 같이 하여야 한다.

가. 콘크리트보로 지지되는 바닥판은 일반적으로 단부의 가로보 및 중간 가로보로 지지되기 때문에 가로보에 가로보의 직각 방향으로 부모멘트가 생긴다. 4변이 고정된 판의 해석결과에 따르면 바닥판 지간에 직각인 방향으로 생기는 휨모멘트와 같은 크기의 부모멘트가 가로보에 직각인 방향으로 가로보에 생긴다. 따라서 「10.10.5항」의 규정에 따라 바닥판 지간에 직각인 방향으로 생기는 휨모멘트를 써서 가로보에 직각인 방향으로 생기는 모멘트에 대하여 가로보를 설계하여야 한다.

나. 가로보의 윗부분에 바닥판 지간에 직각으로 생기는 휨모멘트의 분포는 바닥판 지간의 1/6 정도 되는 위치까지 급격하게 감소하여야 한다. 따라서, 설계휨모멘트에 대하여 가로보의 위쪽에 배치하는

강재는 가로보의 옆면부터 바닥판 지간의 1/6 이상 또는 500mm이상의 범위에 배치하여 정착시킨다.

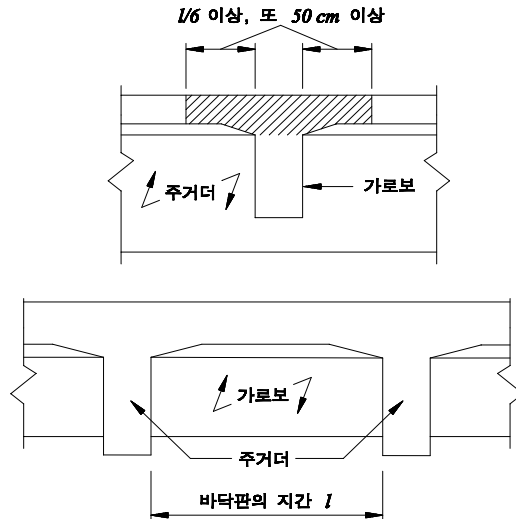


그림 10.10.10 가로보 위에 있는 바닥판에서 상부강재의 배치 범위

(5) 곡선궤도를 지지하는 직각거더

- ① 곡선궤도를 지지하는 슬래브교, T형거더교, 박스거더교, 합성거더교 등 직각교의 설계시 각각의 적용기준 외에 다음 사항을 따라야 한다.
- ② 지간 중앙에서의 교축선이 곡선궤도 중심선의 내측으로 이동되는 거리는, 거더의 지간을 현으로 하는 곡선궤도 중심선이 만드는 원호와 현 사이의 최대거리 C 는 단선의 경우 1/6, 복선의 경우 1/2을 표준으로 한다.
- ③ 궤도중심의 위치를 「②항」에 따르지 않을 경우에는 교량구조중심선과 궤도 중심선의 편기에 대한 영향을 차륜축배치를 고려하여 검토하여야 한다.

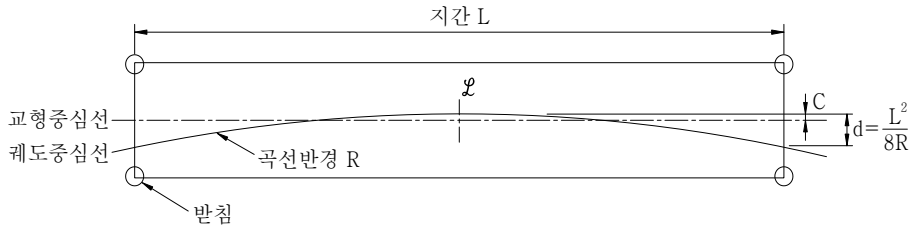


그림 10.10.11 곡선 궤도를 지지하는 직각교형의 배치

10.11 슬래브교

10.11.1 일반내용

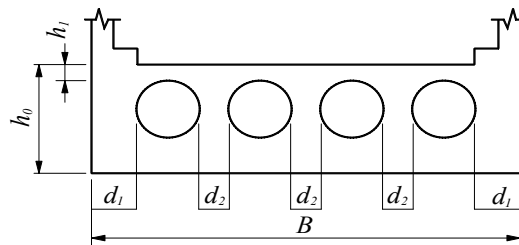
- (1) 이 절은 마주보는 2변이 자유단이고, 다른 2변이 지지된 판구조, 캔틸레버판이 있는 슬래브, 직각 및 경사 슬래브교, 속빈 슬래브교 및 여러 가지 지지조건을 갖는 슬래브형태의 판구조 철도교 설계에 적용된다.

(2) 기호

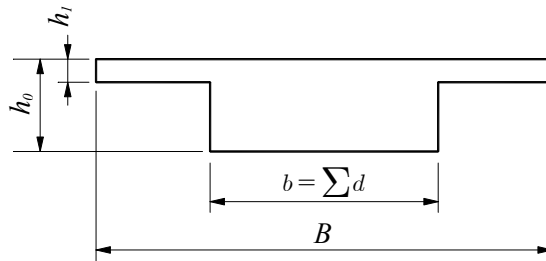
A_s	=	지간중앙의 경사단위폭(1m)당의 정철근단면적(mm ²)
B	=	슬래브의 전폭(m)
b	=	환산복부폭(mm)
d_1	=	속빈 부분과 슬래브측면의 최소폭(mm)
d_2	=	속빈 부분간의 최소폭(mm)
h_0	=	슬래브의 두께(mm)
h_1	=	속빈부분상의 최소두께(mm)
$K \cdot A_s$	=	받침부의 둔각부에 배치하는 경사단위폭(1m)당의 철근량으로, K의 값은 <그림 10.11.9>에서 구하여야 한다(mm ²).
l	=	슬래브교의 지간(m)
l_n	=	받침의 중심간격(m)
l_s	=	사각지간(m)
ϕ	=	사각

10.11.2 설계일반

- (1) 슬래브교의 단면력을 계산할 때에는 제8장에서 제시된 궤도상의 열차 하중을 고려하여, 이 중 최대의 단면력으로 설계하여야 한다.
- (2) 슬래브교를 설계할 때에는 난간에 작용하는 축방향력 등을 고려하여야 한다.
- (3) 선형 또는 그와 근사한 모양으로 지지된 속 빈 슬래브교를 제외한 슬래브교는 반력이 받침선상에 분포되어 작용하므로 일반적으로 전단력에 대해 안전하기 때문에 전단력에 대한 검토를 생략할 수 있다.
- (4) 속 빈 슬래브교의 전단력을 검토할 때에는 비지 않은 부분의 폭의 총합과 같은 복부폭을 갖는 <그림 10.11.1>의 가상 T형보의 단면으로 보아도 좋다. <그림 10.11.1>의 가상 T형단면은 전단응력검토에만 사용할 수 있고, 이 단면에 발생하는 전단력의 크기는 「10.11.3항」에서 제시하는 해석방법에 의하여 결정한다.



(a) 속빈 슬래브교의 단면형상



(b) 가상 T형단면

그림 10.11.1 속 빈 슬래브교의 가상 T형단면

10.11.3 구조해석

(1) 일반내용

- ① 슬래브교의 해석은 받침부의 조건 및 사각 등을 고려하여 판 이론에 따라 수행해야 하며, 보 이론에 의한 해석은 할 수 없다. 그러나 연속 슬래브교, 라멘 슬래브교 등과 같이 지지조건이 복잡한 경우 혹은 곡선교와 사교와 같은 경우에는 격자이론과 유한요소법 등에 의하여 해석하여도 좋다.
- ② 속 빈 슬래브교의 경우 이방성판으로 단면력을 계산하는 것이 바람직하지만, 「10.11.4 (1)항」에 규정된 최소치수 규정을 만족하는 속 빈 슬래브교의 경우에는 등방성판으로 보고 단면력을 계산하여도 좋다. 또, 프리캐스트보를 나란히 놓은 슬래브교에서 보의 직각방향으로 프리스트레스를 도입하여 필요한 강성을 갖도록 설계한 경우에는 등방성판으로 보고 단면력을 계산하여도 좋다.
- ③ 마주보는 2변이 선형 또는 선형과 근사한 형태로 단순지지되고, 등방성판으로 생각할 수 있으며 캔틸레버 부분이 없는 슬래브교는 「10.11.3 (2)항」의 규정에 따라 휨모멘트를 계산하여도 좋다.
- ④ 캔틸레버판이 있는 슬래브교의 구조해석은 캔틸레버 슬래브에 작용하는 하중 및 강성의 영향을 고려하여 수행하여야 한다. 단, 캔틸레버 부분의 설계는 「10.10 바닥판」의 규정에 따라 설계하여야 한다.
- ⑤ 지점반력 및 받침선 방향의 단면력은 받침의 배치 및 사각의 영향을 고려하여 계산하여야 한다.

(2) 슬래브판의 지간 및 설계휨모멘트

- ① 슬래브교의 설계휨모멘트의 계산은 「10.10.5항」의 규정에 따라야 한다.
- ② 고정하중에 의한 휨모멘트는 하중이 슬래브의 전면적에 고르게 분포되어 있는 것으로 보고 계산하여도 된다. 단, 피복두께, 난간 등 편재하중의 영향을 무시할 수 없는 경우에는 재하위치의 영향을 고려하여 휨모멘트를 계산하여야 한다. 고정하중에 의한 지간 직각방향의 휨모멘트는 근사적으로 지간방향의 휨모멘트에 <식 (10.11.1)>의

β 값을 곱하여 계산해도 좋다.

$$l/B < 0.7 : \beta = 1/6$$

$$0.7 \leq l/B < 2.0 : \beta = -0.074 (l/B) + 0.22 \quad (10.11.1)$$

사각이 30° 이상인 경우 $\beta=1/6$ 로 하는 것이 좋다.

- ③ 「10.11.3 (1)의 ④, ⑤항」의 규정에 따라 단면력을 계산하는 경우, 슬래브교의 지간은 직슬래브교에 있어서는 받침중심간격인 l_n 으로, 사각 45° 이하의 경사슬래브교에 있어서는 <식 (10.11.2)>에 따라 각각 결정하도록 한다.

$$l = l_s \quad (l_s/B \geq 1.5)$$

$$l = (l_s + l_n)/2 \quad (l_s/B < 1.5) \quad (10.11.2)$$

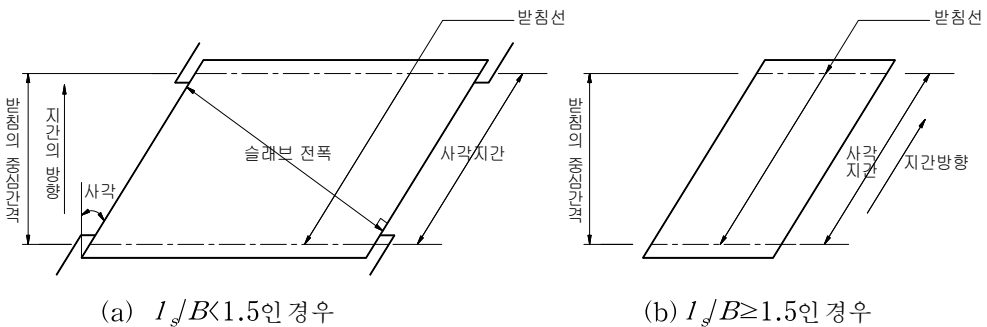


그림 10.11.2 사각슬래브교의 지간방향

10.11.4 구조상세

- (1) 슬래브교의 판두께의 최소치수는 250mm로 하여야 한다.
- (2) 현치 부분에서의 슬래브의 유효높이

슬래브의 단면을 계산할 때 현치부분에서의 유효높이 d 는 현치의 1 : 3보다 완만한 경사부분만을 유효한 것으로 가정하여야 한다.(<그림 10.11.3> 참조)

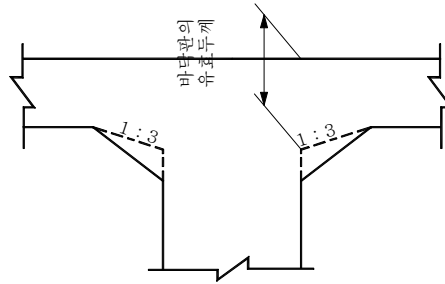


그림 10.11.3 현치부분의 슬래브의 유효높이

- (3) 현장치기 콘크리트로 시공되는 속 빈 슬래브교의 최소치수는 <그림 10.11.4>에 따른다. 프리캐스트보를 나란히 놓은 속빈 슬래브교의 경우에는 시공성 등을 고려하여 별도의 최소치수를 정하는 것이 좋다. 또한, 원형구멍의 지름이 1,200mm를 넘는 경우에도 별도의 최소치수를 정하는 것이 좋다. 그 외에도 속빈 슬래브교에서 빈 부분의 형상이 원형이 아니면 「10.12항」과 「10.15항」의 규정을 참고하여 단면의 최소치수를 별도로 정하는 것이 바람직하다. 지점부 중복단면의 범위는 교좌장치끝단으로부터 $H \cot 45^\circ$ 이상 확보해야 한다.

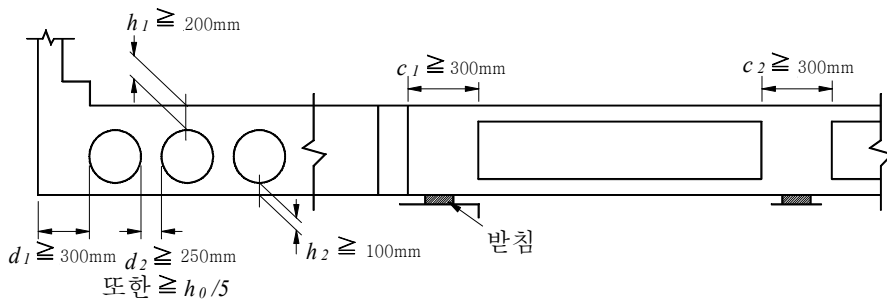


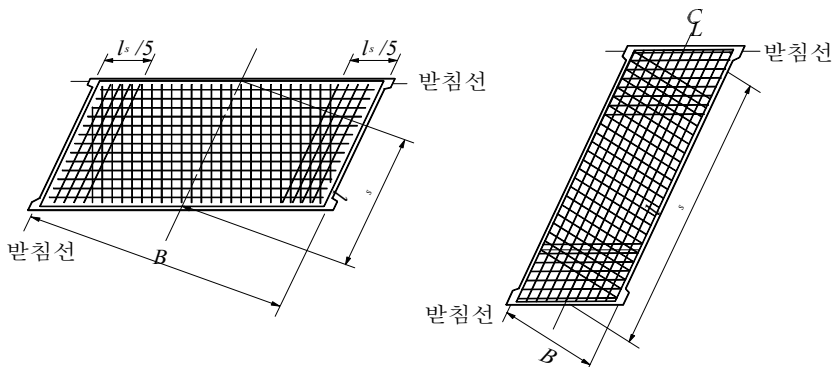
그림 10.11.4 속 빈 슬래브교 단면의 최소치수

- (4) 철근의 배근은 다음의 규정에 따라야 한다.

- ① 지간방향으로 배치되는 인장 주철근은 D13이상, 철근의 중심간격은 200mm이하로 하여야 한다.
- ② 슬래브 위쪽 및 아래쪽에는 지간방향 및 지간 직각방향으로 D13이상

의 철근을 각각 300mm이하의 중심간격으로 배치하여야 한다. 특히, 속빈 슬래브교의 경우에는 슬래브 아래쪽에 균열발생의 가능성이 크고, 콘크리트치기의 작업성 등이 좋지 않으므로 지름이 가는 철근으로 배근하고, 균열억제를 위한 가외의 철근을 고려하여야 한다. 한편, 속빈 슬래브교의 지간방향의 철근은 격벽부의 하부에 집중배근하는 것이 구조적으로 유리함으로 시공성 등을 감안하여 적절히 배근하여야 한다.

- ③ 경사슬래브교에 대하여는 <그림 10.11.5(a)> 및 <그림 10.11.5(b)>에 보인 것과 같이 배근하는 것을 원칙으로 한다. 그림에서 경사지간 방향에 철근을 배치하는 범위는 받침선 직각방향보다 경사지간 방향으로 인장응력이 더 큰 범위로 하면 된다. 이 범위는 사각지간 l_s 를 슬래브의 전폭으로 나눈 값 l_s/B 가 1.5 이상인 경우에는 슬래브 전폭, l_s/B 가 1.5 미만인 경우에는 자유단에서 $l_s/5$ 만큼 떨어진 위치까지를 범위로 한다.



여기서, l_s : 사각지간(mm), B : 슬래브 전폭(mm)

(a) $l_s/B < 1.5$ 인 경우

(b) $l_s/B \geq 1.5$ 인 경우

그림 10.11.5 사각슬래브교의 철근 배치

- ④ 캔틸레버 슬래브 부분은 온도차 혹은 건조수축에 대비하여 캔틸레버 슬래브의 위쪽 및 아래쪽에 가외철근을 배치하는 것으로 한다. 단,

연속슬래브교의 중간 받침점부에는 캔틸레버 슬래브 부분이 어느 정도 본 슬래브와 일체가 되어 부모멘트에 저항하기 때문에 캔틸레버 슬래브의 위쪽에 단위폭(1m)당 환산 인장 주철근의 1/2이상의 철근을 배치하는 것이 좋다.

(5) PS강재의 배치는 다음 규정에 따르는 것으로 한다.

- ① 경간방향의 PS강재는 단면의 단위폭(1m)당 프리스트레스 및 편심량이 같도록 배치하는 것이 바람직하다. 만일 프리스트레스 힘과 편심량이 단면내의 위치에 따라 다르게 되는 경우에는 단면력의 계산에 있어서 그 영향을 고려하여야 한다.
- ② 지간 직각방향으로 PS강재를 배치할 때에 프리스트레스 힘의 합력이 작용하는 위치와 단면의 도심이 일치하도록 배치하는 것이 바람직하다. 만일 이들이 일치하지 않으면 슬래브에 변형이 생기고 받침 반력이 불균일하게 되고 2차적인 휨모멘트 및 전단력이 생기기 때문에 주의하여야 한다.
- ③ 경사슬래브교에 있어서 경사지간 방향에 PS강재를 배치하면, <그림 10.11.6>에 보인 것과 같이 슬래브의 연단을 따라 프리스트레스 힘이 작용하고 평면 내에 전단력이 생기기 때문에 주의를 할 필요가 있다. 그런데, 사각이 0° 부터 25° 까지는 그 영향이 작기 때문에 사각을 따라 프리스트레스를 도입하여도 좋다.

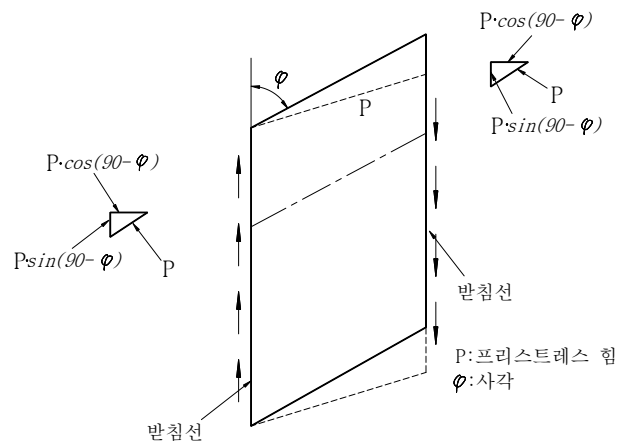


그림 10.11.6 프리스트레스 힘의 분포에 따른 슬래브의 변형

(6) 받침점 부근의 보강

- ① 슬래브 단부 등의 받침부에 받침선 방향으로 온도변화 및 콘크리트 건조수축에 의하여 생기는 인장응력에 대하여 가외철근을 배치하든가 PS강재를 배치하고 프리스트레스를 도입하여야 한다.(<그림 10.11.6>, <그림 10.11.7> 참조) 이 경우 가외철근은 D13이상, 중심 간격 200mm이하로 배치하는 것이 좋다.

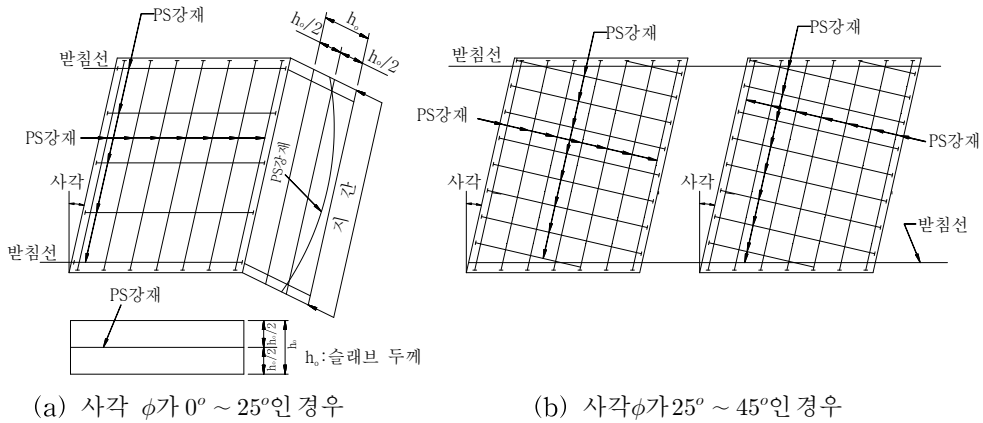


그림 10.11.7 사각슬래브고 PS강재의 배치

- ② 받침선보다 뒤에 있는 슬래브의 단부는 캔틸레버 슬래브이기 때문에 그 부분에 활하중이 재하된 경우에 생기는 휨모멘트에 저항하는데 필요한 철근을 지름 13mm이상, 중심간격 200mm이하로 배치하는 것으로 하여야 한다.

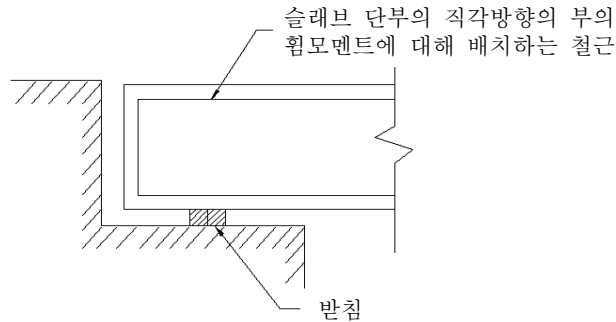
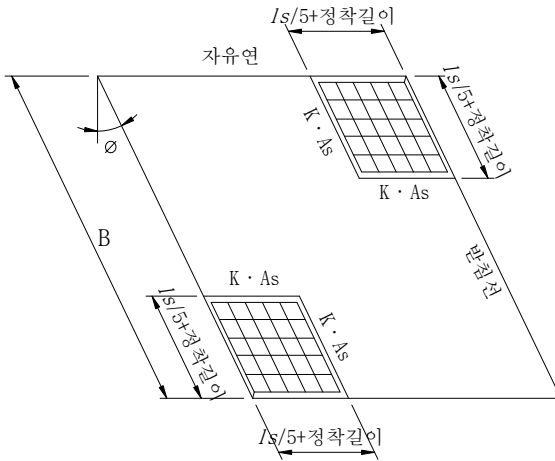


그림 10.11.8 슬래브 단부에서의 지간방향의 철근 배치

- ③ 경사슬래브교의 둔각부 슬래브 위쪽에는 부모멘트에 대하여 <그림 10.11.9>에 보인 것과 같이 경사지간 방향 및 받침선 방향으로 가외 철근을 배치하여야 한다. 따라서, 프리스트레스트 콘크리트 슬래브교에 있어서는 그 부분에 작용하는 프리스트레스의 효과를 고려하여 철근량을 감소시킬 수 있다. 사각이 45° 이하이고, 선형 또는 선형과 근사한 형상으로 지지된 경사슬래브교에 가외철근을 경사슬래브교의 변, 받침부 또는 받침에 평행하게 2방향으로 배치하는 경우의 각 방향의 단위폭(1m)당 가외철근량은 지간중앙부의 경사단위폭(1m)당의 정철근량에 사각의 크기에 따른 계수 K (<그림 10.11.10> 참조)를 곱하여 계산하는 것으로 한다. 이러한 경우 둔각부 슬래브의 위쪽에 배치되는 철근은 가외철근의 일부로 보아도 좋다. 가외철근의 배치 범위는 경사지간의 1/5되는 지점에 정착길이를 더한 범위로 하는 것이 좋다. 또, 프리텐션부재에서는 받침선 방향으로 PSC부재를 배치하는 것보다 부모멘트에 대하여 저항할 수 있도록 하는 것이 좋다.



여기서,

A_s : 지간 중앙의 경사단위폭(1m)

당의 정철근 단면적(mm^2)

$K \cdot A_s$: 받침부의 둔각부에 배치

하는 경사단위폭(1m) 당의

철근량으로, K 의 값을 <그림 10.11.10>에서 구한다.

(mm^2)

B : 슬래브 전폭(m)

l_s : 사각 지간(m)

ϕ : 사각

그림 10.11.9 받침부 둔각부의 부모멘트에 대한 가외철근 및 배치 범위

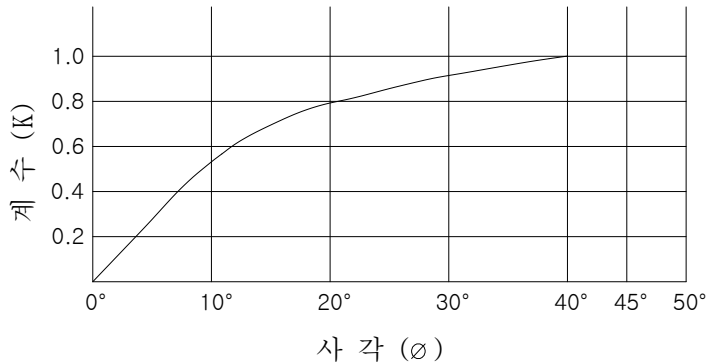


그림 10.11.10 계수 K 값

- ④ 경사슬래브교의 둔각부 슬래브 아래쪽에는 받침부 반력에 대하여 D13 이상의 가외철근을 200mm이하의 중심간격으로 배치하여야 한다. 둔각부 받침 부근에 생기는 지압응력은 받침부의 평균 지압력(전체반력을 전체받침 면적으로 나눈 것)보다 크게 된다. 이 지압응력에 대하여 <그림 10.11.11>에 보인 범위의 슬래브 아래쪽에 가외철근을 배치하여야 한다.

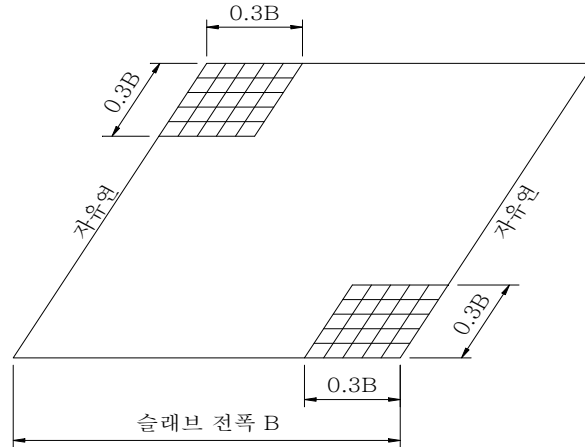


그림 10.11.11 둔각부 슬래브 아래 쪽의 가외철근

10.12 T형교

10.12.1 일반내용

- (1) 이 절은 단면이 T형인 철근콘크리트 및 프리스트레스트 콘크리트 주거더로 구성되고, 가로보에 의하여 하중이 분배되는 형식의 철도교량에 적용된다. T형의 주거더로 구성된 연속거더교, 라멘교 및 프리캐스트보와 현장치기 콘크리트 슬래브가 일체로 된 합성거더교의 설계에 관하여는 각각 「10.13 연속형교」, 「10.14 라멘교」 및 「10.15 박스거더교」의 규정에 따르는 것으로 한다.

(2) 기호

α, β = 주거더의 단면력 계산시 거더의 형태에 따라 곱하는 계수
(<표 10.12.1> 참조)

b = 바닥판의 현장타설 부분의 폭

10.12.2 설계일반

- (1) T형거더교는 주거더의 부등처짐이나 비틀림변형이 바닥판, 받침의 구조에 나쁜 영향을 줄 수 있으므로 주거더 직각방향의 강성을 높이기

위하여 가로보를 두어야 한다. 사각이 45° 이상인 경우에는 가로보를 주거더의 직각방향으로 두지만 이때 비틀림변형에 대한 충분한 검토를 해야 하며, 사각이 45° 미만인 경우에는 가로보를 받침선에 평행하게 설치해도 좋다.

- (2) 중간 가로보의 설치는 1경간에 1개소 이상 또는 15m이하의 간격으로 설치하여야 한다.

10.12.3 구조해석

- (1) 거더의 단면력은 격자 구조이론에 의하여 계산하여야 한다. 다만 직교로써 바닥판의 지간이 짧고 판구조로 볼 수 있을 때에는 직교이방성판 이론에 따라 단면력을 계산하여도 된다. 한편, 보도가 양측에 설치된 경우 캔틸레버 슬래브의 내민길이가 주거더 간격의 $1/2$ 이하인 경우, 그리고 「10.12.2 (1)항 및 (2)항」의 규정에 따라 가로보가 설치된 경우에는 다음의 방법에 따라 주거더의 단면력을 계산하여도 좋다. 고정하중은 전체 고정하중에 의한 단면력을 주거더의 개수로 나눈 값을 주거더의 단면력으로 하여야 한다. 열차하중은 바닥판의 폭에 주재하중을 만재시켜서 구한 단면력을 주거더의 개수로 나눈 값으로 하는데 이형(耳형) 계수 α , 그 밖의 형태의 거더에는 β 를 곱하여 주거더의 단면력으로 하여도 좋다.(<표 10.12.1> 참조)

표 10.12.1 계수 α 및 β 의 값

바닥판의 폭(m)	α	β
5.5m 이상	1.1	0.95
5.5m 미만	1.0	1.0

- (2) 격자구조이론에 의하여 단면력을 계산할 때에는 주거더 및 가로보의 비틀림강성을 무시하여도 좋다. 그러나 사각이 30° 이상인 사교의 경우에는 비틀림의 영향이 크게 나타나므로 비틀림강성을 고려한 격자구조이론에 의하여 해석을 수행하고 비틀림에 대하여 검토를 하여야 한다. 또, 단면력을 계산할 때에 가로보 플랜지의 유효폭은 전단면이

유효한 것으로 보며, 응력계산을 할 때에 가로보 플랜지의 유효폭은 시방서의 플랜지 유효폭에 대한 별도규정에 따라야 한다.

10.12.4 구조상세

- (1) 가로보의 보강은 프리스트레스트 콘크리트 T형거더교의 경우는 PS강재를 배치하여 횡방향으로 연결하고, 철근콘크리트 T형거더교의 경우는 축방향철근을 배치하여야 한다.

① 프리스트레스트 콘크리트 T형거더교

가. 프리스트레스트 주거더를 횡방향으로 일체가 되도록 하는 것이므로 가로보의 보강은 횡방향으로 하여야 한다. 사고에서 프리스트레스트 주거더와 가로보가 이루는 각도가 90°부터 55°까지의 범위에는 주거더와 가로보의 이음면에 칩핑(chipping) 등의 처리를 하여야 하고, 그 각도가 55°에서 45° 까지인 경우에는 이음면을 가로보의 축선에 직각이 되게 또는 적절한 방법의 맞물림을 두어야 한다.

나. 횡방향으로 연결하는 PS강재를 정착하는 경우에는 주거더에 홈 또는 돌기를 두고 정착면을 PS강재에 대하여 수직으로 두어야 한다. 다만 PS강재와 정착면이 이루는 각도가 70°를 넘는 경우에는 정착장치의 미끄럼 등에 대하여 안전성을 확인한 뒤에 이형 앵커 플레이트 등을 사용하는 것이 좋다.

② 철근콘크리트 T형거더교

가. 직선교에서 주거더의 간격이 2m정도 이하가 되는 철근콘크리트 T형거더교의 가로보에 배치되는 철근은 <표 10.12.2>에 보인 철근량을 <그림 10.12.1>에 보인 것과 같이 배치하는 것이 좋다.

표 10.12.2 가로보의 인장 철근량

고속철도교량의 폭(m)	철근 지름(mm)	철근의 개수
7m 미만	25	2
7m 이상 9m 미만	25	3
9m 이상 12m 이하	25	4

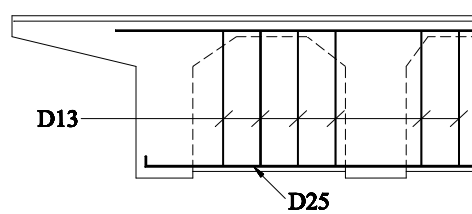


그림 10.12.1 가로보의 배근(철근콘크리트 T형거더교)

나. 주거더 간격이 2m를 넘는 경우, 또는 사교, 곡선교 등의 특수한 경우에 있어 T형거더교의 가로보에 배치하는 철근량은 <표 10.12.2>에 따르지 않고 격자구조이론에 따라 단면력을 계산하여야 한다.

- (2) 프리스트레스트 콘크리트 T형거더교의 바닥판에는 횡방향 PS강재를 두어야 한다. 한편, 현장치기로 시공되는 바닥판의 폭은 일반적으로 750mm이하이며, 프리캐스트보의 플랜지로부터 겹침이음길이 이상 내민 철근에 의하여 결합하는 것이 좋다. 그러나, 횡방향으로 연결되는 PS강재가 배치된 바닥판이 현장치기로 시공될 때 그 폭이 300mm이하인 경우 철근을 내밀지 않아도 좋다.

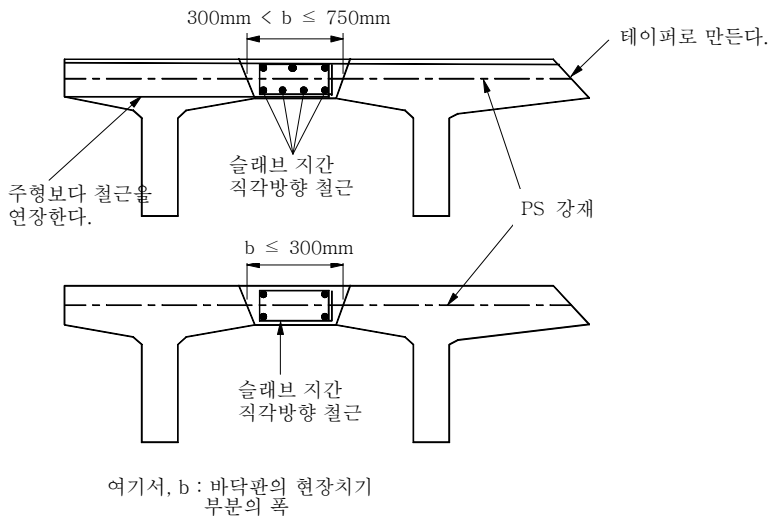


그림 10.12.2 바닥판을 현장치기하는 경우의 구조상세

- (3) 바닥판을 현장치기로 시공할 경우 그 폭은 750mm이하로 하여야 한다.

10.13 연속형교

10.13.1 일반내용

- (1) 이 절은 받침부에 의해 지지되는 2경간 이상 연속된 철도교의 설계에 적용하여야 한다. 또한, 이 절은 프리캐스트 단순 T형거더나 I형거더를 가설한 후, 중간지점 가로보를 현장에서 쳐서 철근콘크리트 구조로서 연결이 되는 중간지점상에 2점 받침부를 갖는 연속거더교, 또한 프리캐스트 단순거더를 가설한 후, 바닥판과 중간지점 가로보를 현장에서 쳐서 프리스트레스트 구조로서 연결이 되는 중간지점상에 1점 받침부를 갖는 연속거더교에 대해서도 적용하여야 한다. 다만, 구조해석에 있어서는 단순거더이나 신축이음부를 콘크리트 바닥판으로 연결하는 형식의 철도교에 대해서는 이 절은 적용되지 않는다.
- (2) 이 절에 규정하지 않은 사항에 대해서는 「10.11항, 10.12항, 10.15항」 등의 각 규정을 적용하여야 한다.
- (3) 기호

a	= 단면의 도심위치에서의 반력의 교축방향 가상분포폭(mm) 혹은 <식 (10.13.1)>의 거더의 간격(mm)으로서 주거더의 간격이 지간의 1/10보다 큰 경우는 지간의 1/10의 값을 취 하여야 한다.
b	= 거더의 위 플랜지폭(mm)
M	= 중간지점상의 휨모멘트(kN · m)
M_l	= 중간지점상의 설계휨모멘트 (kN · m)
N_{TS}	= 거더와 바닥판의 온도차나 건조수축차로 인해 거더와 바닥 판의 결합면에 발생하는 축방향력 (kN)
R	= 중간지점상의 반력 (kN)
w	= R/a (kN/mm)

10.13.2 구조해석

- (1) 복수의 고정받침부를 갖는 연속거더교에서는 온도변화, 건조수축, 프리스트레스 힘 등에 의한 변형이 구속됨에 따라 부정정력이 발생한다. 따라서 교각을 포함한 모델을 설정하여 구조해석을 수행하여야 한다. 프리캐스트 거더를 지점에서 연결하는 방식의 연속거더교에서는 연결 전에 작용하는 하중에 대해서는 단순거더, 연결 후에 작용하는 하중에 대해서는 연속격자로 보고 구조해석을 수행하는 것이 좋다. 즉 연속거더교의 구조 해석은 시공방법 및 받침부 조건 등을 고려하여 수행해야 하지만, 다음 형식의 연속거더교에 대해 하중분배작용의 영향을 근사적으로 구할 때는 다음의 근사해법에 따라도 좋다.
- ① 연속보를 각각의 지간 고정하중휨모멘트가 0이 되는 2점간 거리를 지간으로 한 단순보로 치환하여야 한다. 이 경우의 지간은 <그림 10.13.1>에서와 같은 가상지간을 써도 좋다.
 - ② 각각의 단순보의 하중분배계수를 계산하여야 한다.
 - ③ 연속보를 1개의 보로 하여, 보이론에 의하여 단면력을 계산하고 이 하중분배계수를 곱해서 각각의 보의 설계단면력을 계산하여야 한다.

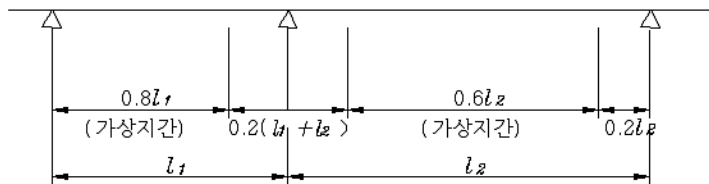


그림 10.13.1 연속슬래브교의 가상지간

- ④ 중간지점부의 단면력에 대해서는, 그 지점의 양쪽 지간의 하중분배계수의 평균값을 하중분배계수로 하여 위와 같이 각각의 보의 설계단면력을 계산하여야 한다.
- (2) 교축 직각방향의 지진의 영향 및 풍하중에 대한 구조해석은 교각의 휨강성을 고려하여 행하여야 한다. 교각의 휨강성 평가방법으로는 <그림 10.13.2>에서와 같이 등가스프링 받침부로 치환하는 방법 등이

있다.

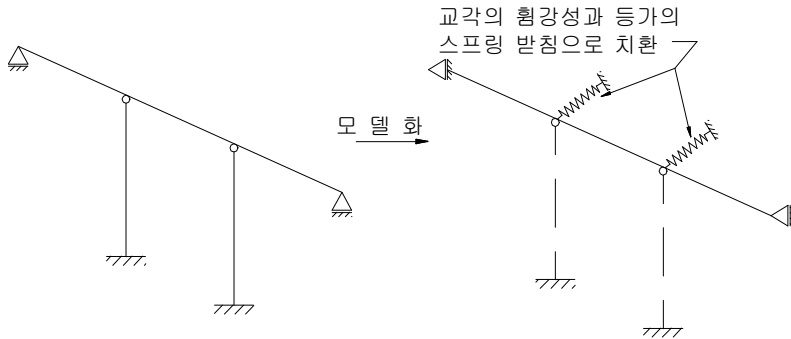


그림 10.13.2 교축 직각방향의 검토 모델의 예

10.13.3 중간지점상의 설계휨모멘트

- (1) 연속거더교의 중간지점상의 휨모멘트는 보 이론으로는 지점상에서 뿔족한 분포로 나타나나 실제의 거더에서는 받침부쪽, 거더의 높이, 가로보 등의 영향을 받아 <그림 10.13.3>에서와 같이 된다. 따라서 중간지점상의 설계휨모멘트는 <식 (10.13.1)>에 의하여 계산할 수 있다.

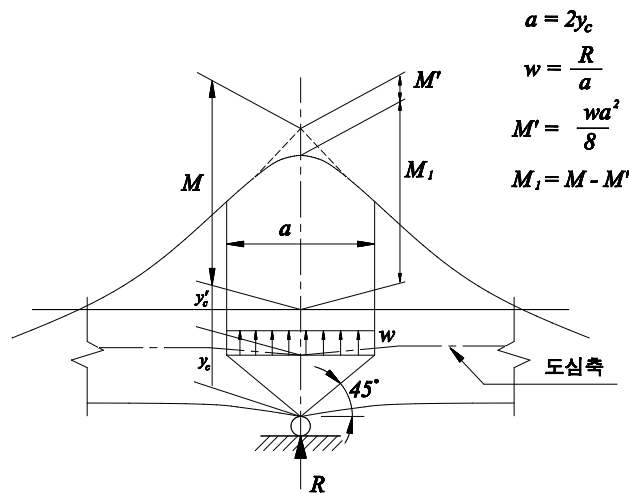


그림 10.13.3 중간지점상의 설계휨모멘트

$$M_1 = M - \frac{wa^2}{8} \quad (10.13.1)$$

다만, $M_1 \geq 0.9M$

- (2) 한편, 거더의 아래 연단측에는 보 이론으로 계산한 경우 보다 큰 압축 응력이 발생할 수 있으므로 이 부분에서는 「10.13.5항」의 규정에 따라 가외철근을 배치할 필요가 있다. 또한 지점상에 가로보나 격벽이 있는 경우의 설계단면은 이를 무시한 단면으로 보는 것이 좋다.(<그림 10.13.4> 참조)

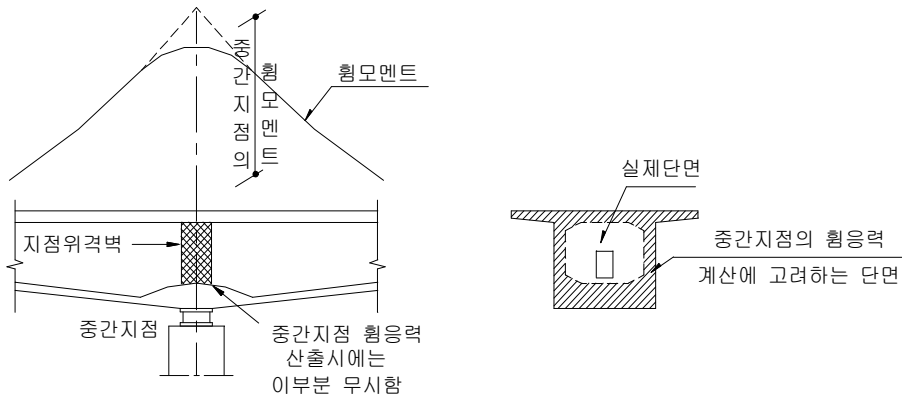
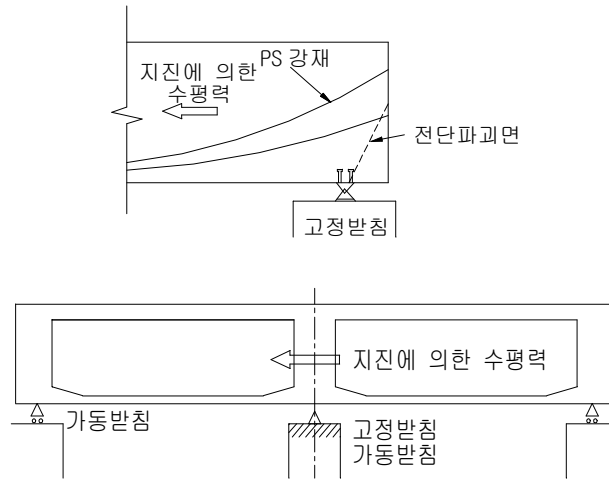


그림 10.13.4 중간지점의 휨모멘트에 대한 응력계산에 쓰이는 단면

10.13.4 고정받침부

- (1) 연속거더교의 고정받침부는 <그림 10.13.5>에서 나타난 바와 같이 지진의 영향에 의한 수평반력이 거더에 작용하게 되므로 이로 인한 응력에 대해 철근이나 프리스트레스트에 의해 보강하여 설계하여야 한다.



(a) 단지점을 고정받침부로 하는 경우 (b) 중간교각에 고정받침부를 설치
그림 10.13.5 고정받침부에서의 수평반력

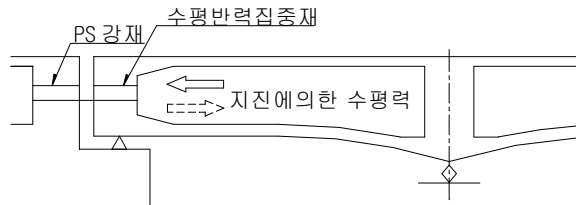


그림 10.13.6 단지점의 격벽으로부터 직접 교대에 수평반력을 전달하는 경우

10.13.5 구조상세

- (1) 연속거더교의 중간지점 부근에서는 휨모멘트와 전단력이 모두 최대가 되는 단면이고, 또한 집중적인 받침반력을 받아 응력상태가 복잡하고, 거더 아래 측에는 보 이론으로 해석한 경우보다 큰 압축응력이 발생할 수 있다. 따라서 <그림 10.13.7>에서와 같이 복부와 거더 아래 측에 가외철근을 충분히 배치하여야 한다.

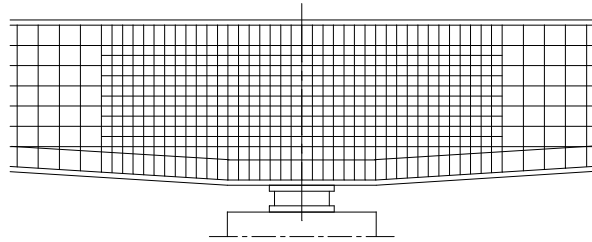


그림 10.13.7 가외철근 배치의 한 예

10.14 라멘교

10.14.1 일반내용

- (1) 이 절은 거더 및 슬래브와 기둥이 일체로 강결(剛結)된 철도교량의 설계에 적용하여야 한다. 이 절은 라멘교 고유의 사항에 대해 규정한 것으로, 슬래브교, T형거더교, 박스거더교 등의 단면형상의 고유 사항에 대해서는 각각의 절의 규정에 따라야 한다.
- (2) 라멘교의 기둥 및 벽에 대해서는 이 절에서 규정하고 있지 않는 사항들인 토압, 수압 및 지점침하 등에 대해서도 추가로 검토하여야 한다.
- (3) 기호

A_s	= 보강철근량(mm ²)
a	= 스티럽 또는 띠철근의 간격(mm) 혹은 연직방향부재의 높이(mm)
b	= 수평방향부재의 높이(mm)혹은 <그림 10.14.7>의 보의 폭 또는 기둥의 폭(mm)
D	= 연직부재의 지름 <그림 10.14.6> 혹은 <그림 10.14.7>의 벽체 또는 기둥의 폭
D_1, D_2, D_3, D_4	= 라멘부재 절점부에서의 강역선정을 위한 접합부재의 제원(그림 10.14.3 참조)
H	= 헌치부의 높이
h	= 기둥의 폭

- I = 라멘부재 절점부의 휨강성
- I_a = 정착길이 혹은 기둥의 축방향 철근의 확대기초에서의 정착길이

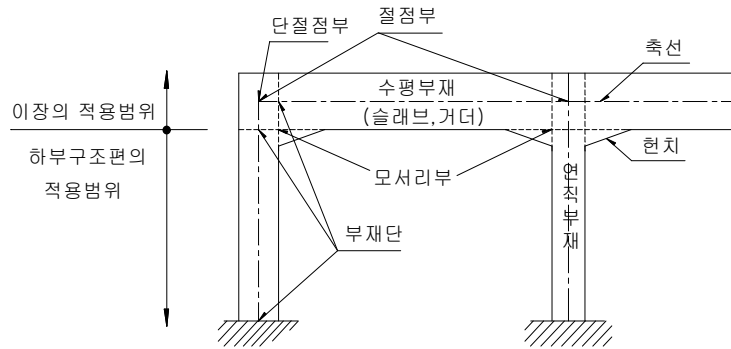


그림 10.14.1 라멘교 각부의 명칭

10.14.2 구조해석

- (1) 단면력을 계산할 때의 라멘축선(軸線)은 <그림 10.14.2(a)>에서와 같이 부재단면의 도심축선에 일치시킨다. 그러나 <그림 10.14.2(b)>에서와 같이 수평부재와 연직부재의 길이의 비가 4정도 이상이거나 단면의 변화가 매우 심한 경우는 거더의 축선변화의 영향을 고려하여 단면력을 계산하는 것이 좋다.

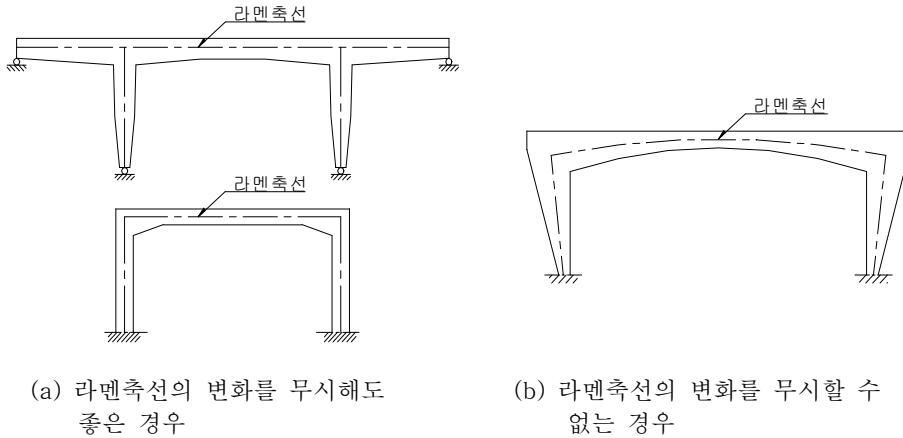


그림 10.14.2 라멘교에 대한 구조모델

- (2) 기둥의 축선의 하단은 기둥이 기초구조와 일체로 강결된 경우에는 기초구조의 상면으로 하고, 힌지구조에 결합되어 있는 경우에는 힌지의 중심으로 하여야 한다.
- (3) 힌치의 크기가 부재단면에 비해 작고, 단면의 응력계산에서 무시될 수 있는 정도의 크기의 힌치인 경우는 휨강성의 변화를 무시해도 좋다. 또한 지간이 비교적 긴 라멘교에서는 강역(剛域)의 영향을 무시하여 해석하더라도 그 오차는 작기 때문에 일반적으로 강역의 영향을 무시할 수 있다. 이 경우 휨강성의 변화의 영향을 고려하여 해석하려면 라멘부재 절점부의 설계휨모멘트는 <그림 10.14.5>에 따라 구해도 좋다. 그러나, 기둥과 보의 절점부에 특히 큰 힌치가 있는 경우나 보 부재 또는 기둥부재의 부재두께가 매우 큰 경우에는 강역의 영향이 무시될 수 없으므로 아래의 방법으로 구하는 강역 <그림 10.14.3>을 고려하여 구조해석을 수행하는 것이 좋다.
 - ① 부재단부가 다른 부재와 접합할 때는 그 부재단에서 부재두께의 1/4 안쪽 점에서부터 절점까지로 하여야 한다.
 - ② 부재가 그 축선에 대해 25°이상 경사진 힌치를 갖는 경우에는 부재 두께가 1.5배가 되는 점에서부터 절점까지로 하여야 한다. 다만, 힌치의 경사가 60°이상의 경우는 힌치의 시점(始點)부터 부재 두께의

1/4안쪽 점에서부터 절점까지로 하여야 한다.

- ③ 양측의 현치의 크기가 다른 경우 등의 사유로 「① 및 ②」로 정한 점이 2점 이상 동시에 존재하는 경우에는 강역의 범위는 큰 쪽을 취하여야 한다.

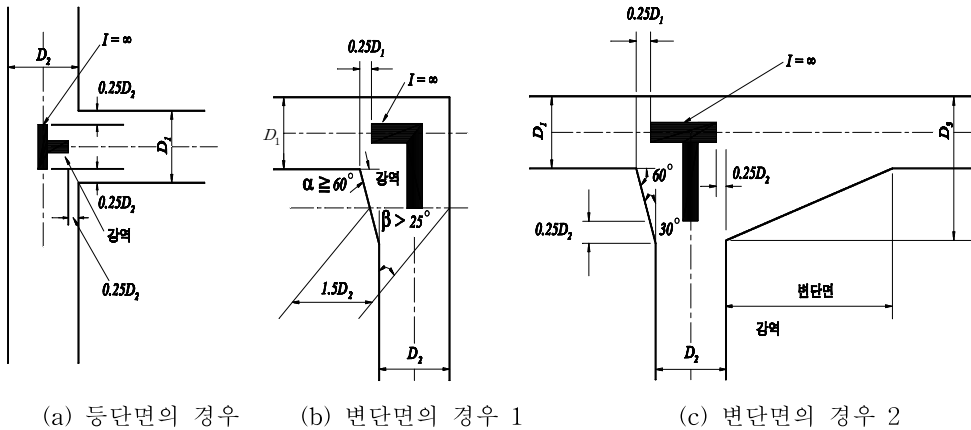
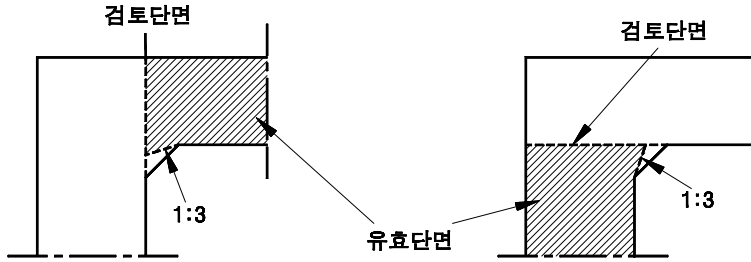


그림 10.14.3 라멘교 절점부에서의 강역

10.14.3 라멘부재 절점부

- (1) 라멘부재의 절점부(節點部)는 접속하는 부재 서로가 단면력을 확실하게 전달시킬 수 있도록 하여야 한다.
- (2) 라멘부재 절점부 모서리부에는 현치를 붙인다. 그러나 부재가 변단면(變斷面)인 경우 혹은 라멘 중간 절점부인 경우에는, 특히 절점부의 안정성에 대하여 검토한 경우 등의 절점부에는 현치를 붙이지 않아도 좋다.
- (3) 응력을 검사할 때 현치의 유효부분은 <그림 10.14.4>와 같다고 본다.

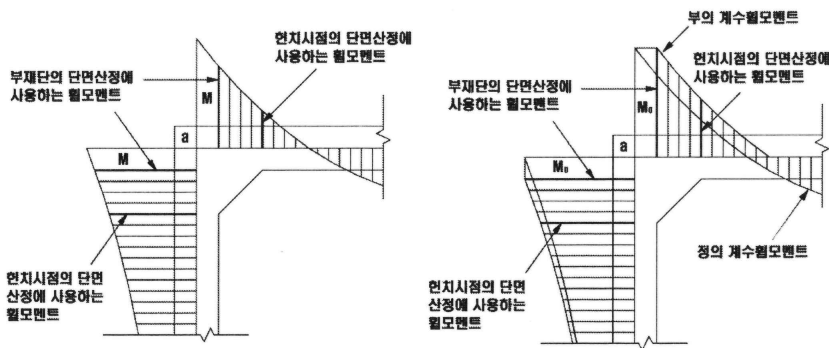


(a) 보 부재

(b) 기둥부재

그림 10.14.4 헌치의 유효부분

(4) 라멘부재 절점부의 설계휨모멘트는 <그림 10.14.5>와 같다고 본다.



(a) 헌치영향고려

(b) 헌치 영향무시

그림 10.14.5 라멘부재 절점부의 설계휨모멘트

(5) 기둥의 단면이 원형인 경우는 거더 또는 슬래브의 응력 등을 검사할 단면의 위치는 <그림 10.14.6>과 같이 기둥 표면에서 기둥 직경의 1/10 만큼 들어간 위치로 하거나 단면적이 같은 가상의 정사각형 단면으로 원형 단면을 치환했을 때의 표면 위치로 하여도 좋다.

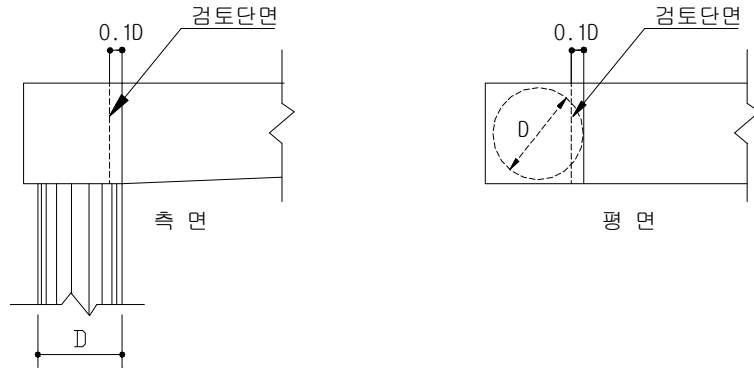


그림 10.14.6 기둥 단면이 원형인 경우의 설계단면

10.14.4 토압이 작용하는 라멘교

- (1) 벽식 교각의 라멘교 등에서는 교각에 토압이 작용할 때, 토압이 여러 가지요인에 의해 설계대로 작용하지 않을 경우가 있다. 이렇게 토압이 작게 작용하는 경우에는 작은 토압을 고려하여야 한다.
- (2) 시공 중에 토압이 작용하지 않을 경우, 혹은 부분적으로 작용하는 경우 등에 대해서도 검토할 필요가 있다.

10.14.5 구조상세

- (1) 거더 및 슬래브와 기둥의 주철근은 절점부에서 서로간의 배치관계를 고려하여 단면력이 확실하게 전달되도록 배치하여야 한다.
- (2) 라멘 절점부는 각종의 철근이 교차하고 있고, 그 외에 큰 단면력이 작용하고 있기 때문에 철근의 배치에 대해서는 각별히 주의하고, 철근의 조립 및 배근, 콘크리트의 치기 등에 지장이 없도록 설계하여야 한다.
- (3) 단절점부(端節點部)에서는 <그림 10.14.7>에서 보여주는 바와 같이 절점부에서 결합하는 부재의 주철근량의 적어도 1/2은 외측에 연해서 배치하는 것이 좋다. <그림 10.14.7>에서 파선으로 표시된 철근은 계산상 필요한 경우에 배치하는 철근이다.

- ① 부힘모멘트가 최외측 접합부에 작용하는 경우에 계수하중 휨모멘트에 의해 대각선 방향의 단면에 생기는 인장응력 f_t 가 $\sqrt{f_{ck}}/3$ 를 넘을 경우는 철근을 배치하여야 한다.
- ② 접합부에 정휨모멘트가 작용하면, 접합부 대각선 방향으로 인장응력이 작용하므로 경사방향으로 철근을 배치해서 보강하여야 한다.

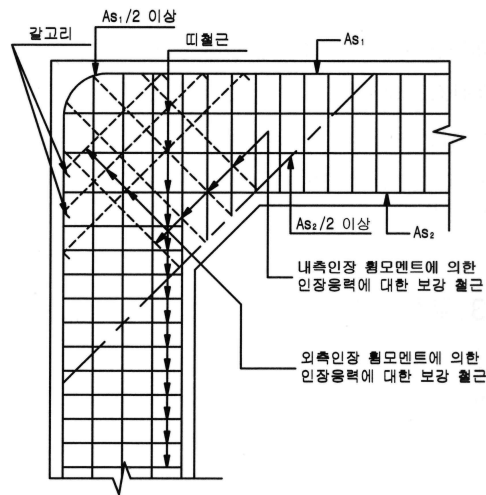


그림 10.14.7 라멘 단 절점부의 철근의 배치

- (4) 중간 절점부에서의 기둥의 주철근은 모서리에서 거더 및 슬래브의 부재 높이의 1/2 또는 기둥의 유효높이의 1/2 중 작은 값만큼 지나서 이 점부터 정착길이 이상 연장하여야 한다. 즉, 박스거더 등에서는 격벽에 설치된 개구부 등으로 인해서 축방향철근이 끊기는 경우가 많으므로 이 경우도 <그림 10.14.8>의 a-a단면에서 소요 철근량은 이 규정에 따라 정착시키는 것이 필요하다.

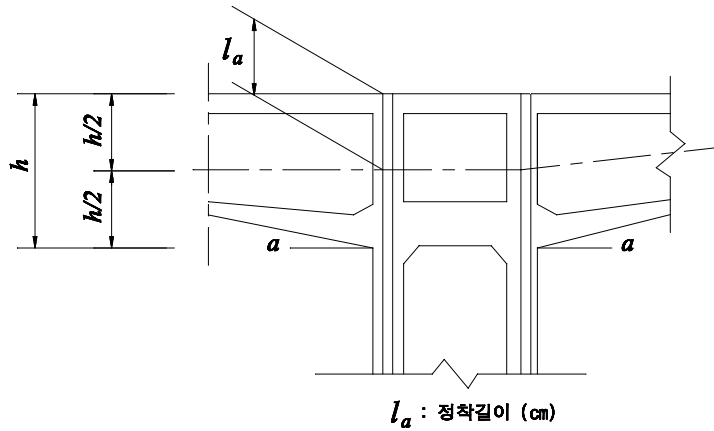


그림 10.14.8 기둥의 주철근의 묻힘길이

- (5) 그리고, 기둥의 하단이 고정된 경우에도, 기둥의 주철근은 기초의 상단부터 위의 「10.14.5.(4)항」과 같이 정착시킨다. 다만 시공상 부득이한 경우에는 <그림 10.14.9>과 같이 축방향철근을 확대기초 하단까지 연장하여 직각갈고리를 만들어 정착시켜도 좋다.

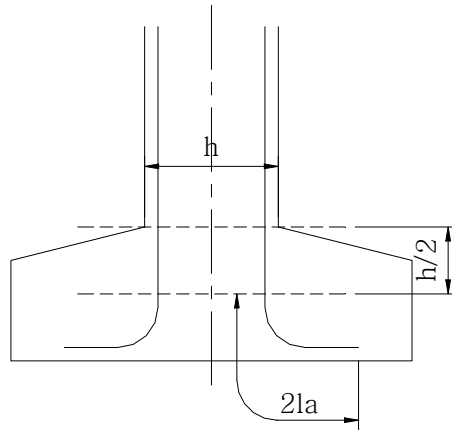


그림 10.14.9 확대기초 내에서의 축방향철근의 정착

- (6) 현치에는 계산상 철근이 필요없는 경우에도 경사면에 연하여 보강철근을 추가로 배치하여야 한다.

- (7) 부재 접합부 및 그 부근에는 주철근의 이음을 두지 않아야 한다.
- (8) 접합부 모서리 측면은 시공 중에 동바리의 변형이나 기둥이 연직방향 반력의 영향에 의한 연직방향으로 발생하는 균열을 방지하기 위하여 수평방향 철근을 추가 배치하여야 한다.
- (9) 라멘의 접합부 모서리 부분은 콘크리트의 시공이음을 고려하여 철근을 배치하여야 한다.

10.15 박스거더교

10.15.1 일반내용

- (1) 이 절은 단면이 박스 모양으로 구성된 철도교량의 설계에 적용된다.
- (2) 박스거더교의 기본적인 단면형상에는 <그림 10.15.1>에 보인 것처럼 단일박스 거더교, 다열박스 거더교 및 다중박스 거더교가 있다.
- (3) <그림 10.15.2>에는 상자단면의 특성을 갖는 여러 가지 형상의 박스 거더교를 보여준다.

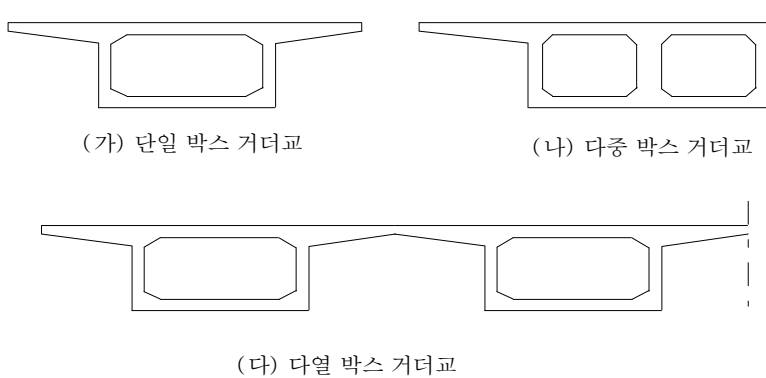
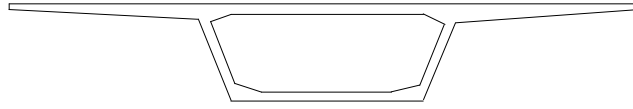
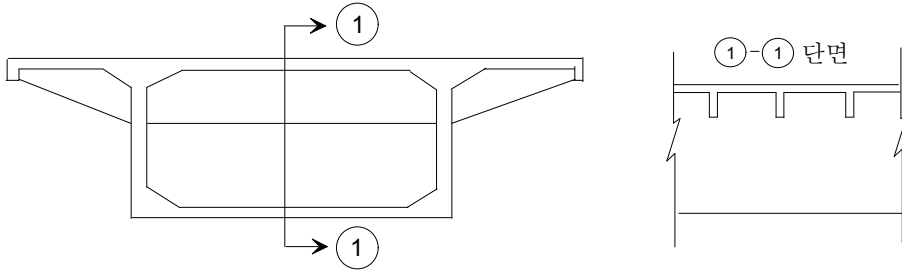


그림 10.15.1 박스거더교의 기본 단면 형상



(가) 경사 복부를 갖는 박스거더교



(나) 보강재를 갖는 박스거더교

그림 10.15.2 여러 가지 형상의 박스거더교

10.15.2 설계일반

- (1) 주거더의 받침점상에는 가로보 및 격벽을 둔다.
- (2) 지간이 24m 이상인 다열형 박스거더에서는 중간 가로보 및 중간 격벽을 설치한다. 경간 내에 가로보를 둘 경우에는 휨모멘트가 가장 큰 위치에 배치하는 한다.
- (3) 단일 및 다중 박스거더로서 직선교이거나 내측 곡률반경이 240m이상인 곡선교일 경우에는 중간 격벽을 설치할 필요가 없다.
- (4) 단일 및 다중 박스거더의 곡률반경이 240m미만일 경우에는 중간 격벽이 필요할 수 있으며 중간 격벽 간격과 강도는 설계 시에 신중히 검토해야 한다. 이 경우에 중간 격벽의 간격은 12m이하로 하는 것이 바람직하다.
- (5) 전단응력의 계산에 쓰이는 복부의 폭은 복부 축선의 직각방향의 두께로 하여야 한다. 예를 들면 경사진 복부의 경우에는 <그림 10.15.3>에 보인 것과 같이 전단류의 직각방향의 폭을 사용하면 된다.

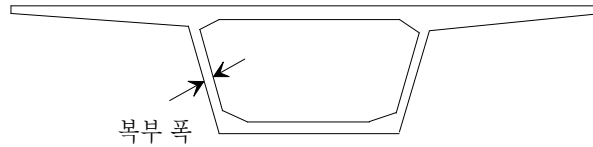


그림 10.15.3 전단응력의 계산에 쓰이는 복부의 폭

- (6) 플랜지 폭이 복부 또는 플랜지의 두께에 비하여 클 때에는 플랜지에 생기는 전단력에 대하여 검토하는 것이 좋다. 특히 복부폭이 플랜지 두께의 4배를 넘거나, 보강 리브가 있는 박스거더교 등에 대하여는 플랜지에 생기는 수평전단응력에 대하여 조사를 하는 것이 좋다.

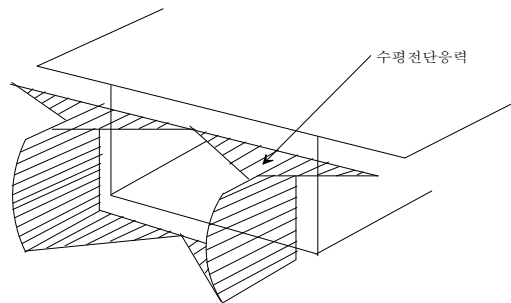


그림 10.15.4 플랜지에 생기는 수평전단응력의 분포

- (7) 박스거더의 압축플랜지의 유효폭

전체 슬래브 폭이 압축에 유효하다고 가정하여야 한다.

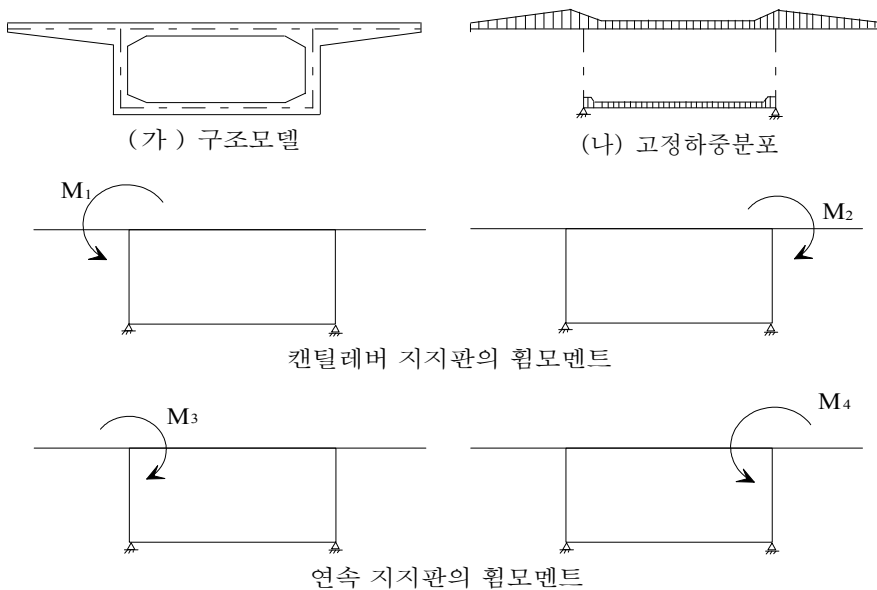
10.15.3 구조 해석

- (1) 단일박스 거더교 및 다중박스 거더교의 단면력은 보이론에 따라 계산하면 된다. 일반적으로 단일박스 거더교 및 다중박스 거더교는 교축 직각방향의 강성이 크고 하중분배작용이 좋기 때문에 박스거더 전단면을 하나의 보로 보고 해석하여도 된다. 그러나 지간에 대한 전체폭의 비(전체폭/지간)가 0.5를 넘는 비교적 폭이 넓은 다중박스 거더교는 격자이론에 따라 단면력을 계산하는 것이 좋다.
- (2) 사각이 있는 박스거더교 및 다열 박스거더교의 단면력은 격자이론에 따라 계산하여야 한다. 다만 단일 박스거더교 및 다중 박스거더교에서 사각이 20° 미만이면 격자이론을 따르지 않고 보이론에 따라 해석

하는 것도 좋다.

10.15.4 횡방향 설계

- (1) 하부플랜지 및 복부의 응력은 박스거더를 복부 및 상하 플랜지로 구성된 라멘 구조로 보고 해석하여도 좋다. <그림 10.15.5>에 보인 것처럼 교축방향으로 1m의 두께가 있는 박스 라멘 구조로 모델링하여 계산하여도 실제적으로 충분한 정도의 해를 얻을 수 있기 때문에 일반적인 경우에 이 방법을 써서 구하여도 좋은 것으로 하였다. 프리스트레스 이외의 하중에 의하여 부재에 생기는 축방향력은 일반적으로 작기 때문에 하부 플랜지 및 복부를 설계할 때 축방향력은 고려하지 않아도 좋다.



(다) 활하중에 의한 휨모멘트

그림 10.15.5 하부플랜지 및 복부의 휨모멘트

- (2) 경사진 복부 및 보강 리브가 있는 박스거더교의 하부플랜지 및 복부의 단면력은 복부의 경사와 보강 리브의 영향을 고려하여 구하여야 한다. 경사진 복부가 있는 박스거더교에서 복부에 배치된 교축방향의

PS강재가 위로 휘어진 경우 프리스트레스 힘의 연직방향분력에 의하여 생기는 단면력 등에 대하여 검토할 필요가 있다. 다만 보강 리브가 있는 박스거더교의 단면력은 리브의 영향을 고려하여 계산하여야 한다. 거더 높이의 변화가 있는 박스거더교는 하부플랜지에 작용하고 있는 수직응력 및 프리스트레스 힘의 수직분력에 의하여 단면력이 생기게 된다. 따라서 하부플랜지의 폭이 넓고 그 영향을 무시할 수 없는 경우에는 설계시 이를 고려하는 것이 좋다.

- (3) 복부의 휨모멘트에 대하여 배치된 철근량의 1/2은 교축방향의 설계를 할 때 사인장철근으로 간주하여도 된다. 사인장 철근량을 계산할 때의 재하상태가 「10.15.4 (1)항」에 규정된 재하상태인 복부에 최대휨모멘트가 생기는 재하상태와 반드시 일치하는 것은 아니기 때문에 복부에 생기는 휨모멘트에 저항하기 위하여 필요한 철근량의 1/2까지 사인장철근으로 볼 수 있도록 하였다.

$$A_s = A_{\text{사}} + 0.5 A_{\text{교}} + A_t \quad (10.15.1)$$

여기서, A_s : 1개의 복부에 배치된 철근량

$A_{\text{사}}$: 복부 1개당 필요한 사인장 철근량

$A_{\text{교}}$: 복부에 생기는 휨모멘트에 저항하는데 필요한 철근량(복부 내측 또는 외측의 것 중 큰 값)

A_t : 비틀림모멘트에 대한 복부 1개당의 횡방향 필요철근량

그러나 복부 내측 및 외측에 대하여는 복부에 생기는 정·부모멘트에 대하여 각각 필요한 철근량 이상의 철근을 배치하여야 한다.

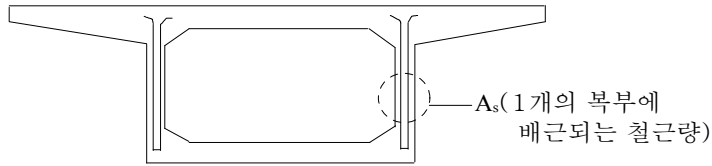


그림 10.15.6 복부에 배치되는 철근량

10.15.5 지점 가로보 및 다이아프램의 설계

- (1) 지점 가로보 및 다이아프램의 단면력은 지점과 부재의 결합조건에 따라 해석모델을 설정하고 보이 론에 의하여 계산하는 것이 좋다.
- (2) 가로보 및 다이아프램의 단면력을 계산할 때, 플랜지의 유효폭은 시방서의 규정에 따라 구하면 된다. 다만 지점 가로보 및 다이아프램에 개구부가 있을 때에는 그 영향을 고려하여 구조모델을 설정하고 단면력을 계산하여야 한다.

10.15.6 구조상세

- (1) 열차하중을 받는 박스거더의 상부슬래브 및 하부슬래브의 두께는 200 mm이상으로 하여야 한다.
- (2) 플랜지의 두께를 주거더방향으로 변화시킬 경우에는 1/5보다 완만한 경사로 하는 것이 좋다. 다만 그 이상의 급한 경사로 할 필요가 있는 경우의 설계계산에 사용되는 유효단면적은 1/5 이하의 완만한 경사내의 부분으로 하여야 한다.

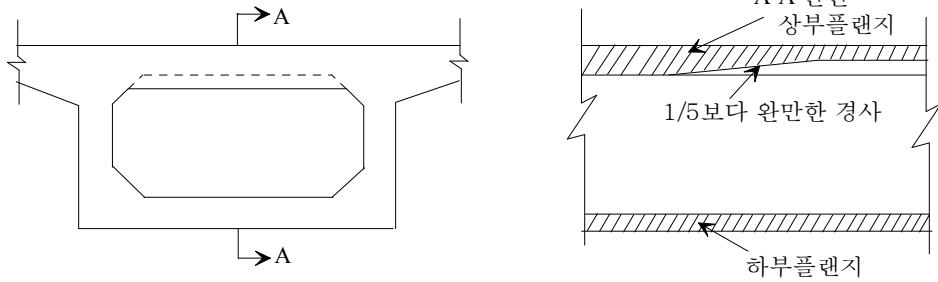


그림 10.15.7 플랜지 두께의 변화

- (3) 복부의 종방향 철근은 건조수축 및 온도철근(0.2%) 이상으로 전단면에 걸쳐서 균등하게 배치해야 하고, 하부슬래브의 종방향 및 횡방향 철근의 배군은 「10.4.3항」에 따라야 한다.
- (4) 철근콘크리트 박스거더교의 주거더에 배치하는 주철근은 복부 및 헌치부 내에서 2단 이하로 배치하는 것이 좋다. 그러나 부득이 플랜지 내에 배치할 경우에는 복부의 측면에서 주거더의 지간의 1/10의 범위 내에 배치하고, 철근 중심간격의 최대값은 250mm로 하는 것이 좋다.

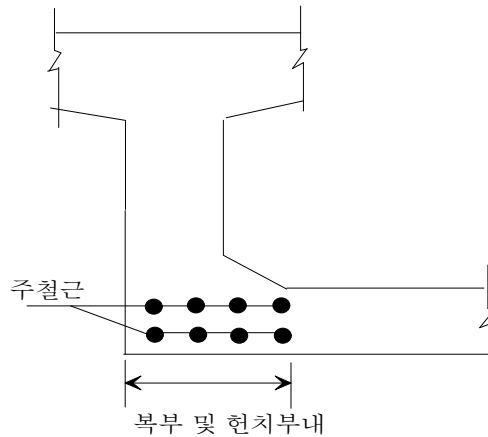


그림 10.15.8 주철근의 배치

- (5) 개구부를 둘 경우에는 그 주위를 보강하여야 한다. 개구부는 될 수 있

으면 응력의 크기가 작은 곳에 두며, 개구부에 의하여 절단된 철근량 이상의 철근을 보강철근으로 배치하는 것으로 하여야 한다. <그림 10.15.9>과 같이 PS강재의 정착은 개구부로부터 충분히 떨어진 곳에 하도록 하여야 한다.

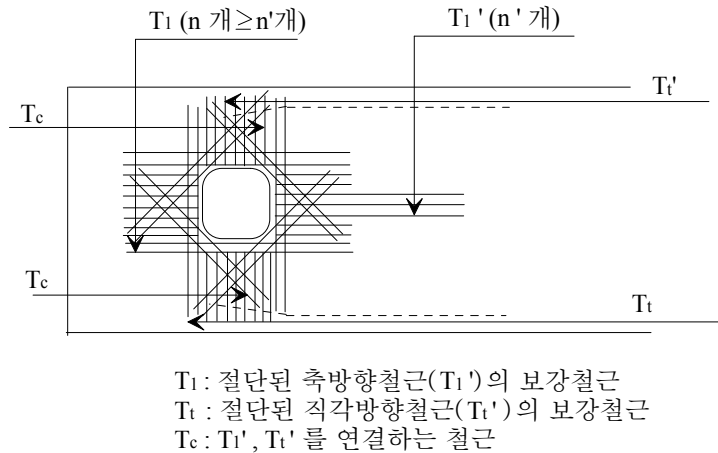


그림 10.15.9 하부플랜지 개구부 구조의 한 예

10.16 아치교

10.16.1 일반내용

- (1) 이 절은 철근콘크리트 아치교의 설계에 적용하여야 한다. 아치교를 구조역학적으로 분류하면, 고정아치, 1한지아치, 2한지아치, 3한지아치 등으로 구분된다.
- (2) 아치교의 구조형식별에는 개방식(開腹式)아치 및 폐복식(閉腹式)아치교가 있다.
- (3) 기호

f	= 아치의 높이
a	= 스프링잉(springing)에서 단위길이당 고정하중 (kN/m)
c	= 크라운에서 단위길이당 고정하중 (kN/m)

λ = 세장비

10.16.2 설계일반

(1) 아치축선

- ① 아치축선은 하중에 의한 압력선에 가능한 일치하도록 선택하여야 한다.
- ② 일반적으로 아치축선을 정하는 압력선을 구하는 하중은, 고정하중 또는 고정하중에 등분포활하중의 1/2를 만재한 상태의 하중으로 하여야 한다.
- ③ 아치축선은 일반적으로 <식 (10.16.1)>에 의해 정하여야 한다.

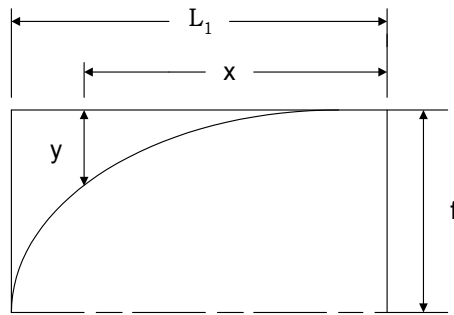


그림 10.16.1 아치축선

$$y = \frac{f}{m-1} (\cosh(k\xi) - 1) \quad (10.16.1)$$

$$\begin{aligned} \text{여기서, } m &= \frac{W_a}{W_c} \\ k &= \cosh^{-1} m \\ \xi &= x / L_1 \end{aligned}$$

(2) 아치 상부구조

- ① 개복아치의 상부구조는 라멘구조로서 설계하여야 한다.
- ② 폐복아치의 측벽에는 적당한 간격마다 횡방향으로 칸막이를 붙이면 좋다. 측벽과 아치가 일체로 움직이지 않도록 하기 위하여 측벽에는

적당한 간격으로 연직이음을 설치하여야 한다.

- (3) 지간이 긴 아치에서는 좌굴에 대하여 안전한가를 검토하여야 한다.
- (4) 아치의 기초는 아치에서 발생하는 수평력에 충분히 저항할 수 있도록 하여야 한다.
- (5) 아치리브가 포함하는 면내에서의 좌굴이나 면외에서의 좌굴에 대하여 안전한가를 확인하여야 한다.
- ① 아치리브를 설계할 때는 응력이나 단면력의 검사 외에 면내 및 면외 방향의 좌굴에 대한 안정성을 확인하여야 한다. 철근콘크리트 아치교의 면내좌굴에 대한 검토의 일례로서, 「DIN (1981.4)」에 규정된 검사방법의 적용기준은 다음과 같다.

가. $\lambda \leq 20$: 좌굴검사는 필요치 않음

나. $20 < \lambda \leq 70$: 유한변형에 의한 영향을 편심하중에 의한 휨모멘트로 치환하여 발생 모멘트에 더하여 단면의 계수 휨모멘트에 대한 안정성을 검토하여야 한다.

다. $70 < \lambda \leq 200$: 유한변형에 의한 영향에 더하여, 철근콘크리트 부재의 재료의 비선형성에 의한 영향을 고려하여 좌굴에 대한 안정성을 검사하여야 한다.

라. $200 < \lambda$: 구조물로서 적합하지 않음.

10.16.3 구조해석

- (1) 아치에는 2 힌지아치, 3 힌지아치, 고정아치 등이 있지만, 이 절에서는 철도교에서 주로 이용되는 고정아치에 대해서만 언급한다.
- (2) 아치에 있어서 부정정력은 탄성이론에 의해서 구하여야 한다.
- (3) 아치를 설계하는 경우는 연직 및 수평하중 뿐만 아니라 온도변화 및 콘크리트 건조수축에 의한 영향도 고려하여야 한다.
- (4) 아치는 아치축선의 형상, 각 단면의 단면 2차모멘트의 변화 등이 부정정력에 미치는 영향을 고려하여 설계하여야 한다.

10.16.4 하중의 취급

- (1) 일반적으로 고정하중+열차하중+충격+온도변화+건조수축하중의 조합

에 의하여 단면을 정하고, 다른 하중조합에 관해서도 검토하여 만일 단면이 부족하면 단면을 수정하도록 하여야 한다.

(2) 열차하중은 <표 10.16.1>의 등가등분포하중을 이용하여야 한다.

표 10.16.1 레일당의 등가등분포하중 (kN/m)

지간 (m)	LS-18	LS-22	고속철도하중
10 ~ 15	60	70	110
15 ~ 20	55	65	100
20 이상	50	60	90

(3) 건조수축은 <표 10.16.2>에 나타난 값을 표준으로 하여야 한다.

표 10.16.2 건조수축률

철근 콘크리트 아치	철근량 0.5% 이상	15×10^{-5}
	철근량 0.1% 이상 0.5% 미만	20×10^{-5}
무근 콘크리트 아치		25×10^{-5}

(4) 아치에 작용하는 제동하중 및 시동하중과 장대 레일 종하중은 개복아치의 경우에는 상부구조의 수평부재의 축선에 수평으로 작용하는 것으로 하며, 폐복아치의 경우에는 폐복부의 상연에 작용하는 것으로 하여야 한다.

(5) 아치에 작용하는 차량횡하중은 「제8장」에 표시한 차량횡하중이 아치 축선의 크라운에 수평으로 작용하는 것으로 하면 좋다.

(6) 아치에 미치는 지진의 영향은 아치의 축방향과 아치축의 직각방향에 관해 검토하여야 한다.

10.16.5 아치리브 단면의 선정

(1) 아치링의 두께는 온도변화 및 건조수축의 영향을 고려해서 크라운을 될 수 있는 한 얇고, 스프링잉 부근에서는 두껍게 하는 것이 좋다.

10.16.6 구조상세

- (1) 철근 콘크리트 아치에서는, 아치의 상하면에 따라서 대칭으로 축방향 철근을 배치하여야 한다. 철근량은 각각 아치리브폭 1m당 600mm^2 이상, 상하면의 철근을 합하여 콘크리트 단면의 0.15%이상으로 하여야 한다.
- (2) 철근 콘크리트 아치에서는 아치 상하면의 축방향 철근을 감는 스티럽 또는 띠철근의 규격은 D10mm이상, 또 축방향 철근지름의 1/4이상으로 하고, 그 간격은 축방향 철근 지름의 15배 이하, 아치단면의 최소 치수 이하로 배치하여야 한다.
- (3) 폐복아치의 측벽에는 스프링잉 및 그 외의 적당한 위치에 신축이음을 설치하여야 한다.
- (4) 배수공 개복아치에 있어서는 상부구조의 상면에, 폐복아치에 있어서는 아치의 상면에 시공하고, 배수한 물이 아치 측면을 따라 흐르지 않도록 하여야 한다.

10.17 허용응력설계법

10.17.1 일반내용

- (1) 프리스트레스를 가하지 않은 일반적인 철근콘크리트 부재는 하중계수를 적용하지 않은 사용하중의 작용하에 선형탄성이론에 의한 응력해석과 설계법에 따라 설계할 수 있다

(2) 기호

A_g = 단면의 전체 면적(mm^2)

A_v = 간격 s 이내에 있는 전단철근의 단면적(mm^2)

A_s = 인장철근의 단면적(mm^2)

A_1 = 재하면적(mm^2)

A_2 = 재하면적과 기하적으로 유사하고 같은 중심을 가지는 받침면의 부분 중 최대면적(mm^2)

b_o	= 슬래브와 확대기초판에 있어 2방향 전단에 대한 위험단면의 둘레길이(mm)
b_w	= 복부의 폭(mm)
d	= 부재의 유효깊이(mm)
f_{ba}	= 콘크리트의 허용지압응력(MPa)
f_{ca}	= 콘크리트의 허용휨압축응력(MPa)
f_{ck}	= 콘크리트의 설계기준압축강도(MPa)
f_{sa}	= 철근의 허용인장응력(MPa)
f_{ta}	= 콘크리트의 허용휨인장응력(MPa)
M	= 설계 휨모멘트
n	= 탄성계수비 = E_s/E_c
N	= 전단력 V와 동시에 작용하는 단면에 수직한 설계축력으로서 축력이 압축력일 때는 양(+)의 값, 인장력일 때는 음(-)의 값을 취하며, 크리프와 건조수축에 의한 인장력을 포함시킨다.
N_u	= 전단력 V와 동시에 작용하는 단면에 수직한 계수축력
P_u	= 주어진 편심에서 계수축력
s	= 축방향 철근과 나란한 방향으로 측정한 전단철근의 간격(mm)
v_c	= 설계전단응력(MPa)
v_{ca}	= 콘크리트의 허용전단응력(MPa)
v_{ha}	= 콘크리트의 허용수평전단응력(MPa)
V	= 단면의 설계전단력
α	= 경사 스티럽과 부재의 축이 이루는 각
β_c	= 집중하중 또는 반력의 작용면에서 짧은 변에 대한 긴 변의 비

$$\rho_w = \text{인장철근비} = A_s / b_w d$$

$$\phi = \text{강도감소계수}$$

10.17.2 설계일반

- (1) 사용하중 하에서의 모든 응력은 「10.17.3항」의 허용응력을 초과해서는 안 된다.
- (2) 철근의 정착과 이음은 「10.5항」의 규정에 따라야 한다.
- (3) 단면의 소요강도 계산시의 설계하중조합 및 증가계수는 「8.3.3항」의 규정에 따라야 한다.

10.17.3 허용응력

- (1) 콘크리트의 허용응력 - 콘크리트의 각종 허용응력은 설계기준압축강도 f_{ck} 를 기준으로 하여 산정하며, 특히 별도의 규정이 없을 때는 다음 「①항」에서 「④항」까지의 값을 초과하지 않아야 한다.

① 휨 - 압축연단에서의 허용휨압축응력, $f_{ca} \dots\dots\dots 0.40 f_{ck}$

② 전단

가. 보, 1방향 슬래브 및 확대기초판

㉔ 전단보강철근이 없을 때의 콘크리트 단면에서 콘크리트의 허용전단응력, v_{ca} (보다 상세한 계산은 「10.17.7 (2)항」에 따라야 한다.)
 $\dots\dots\dots 0.08\sqrt{f_{ck}}$

㉕ 전단보강철근과 콘크리트에 의해 허용되는 최대 전단응력
 $\dots\dots\dots v_{ca} + 0.32\sqrt{f_{ck}}$

나. 장선구조에서 콘크리트의 허용전단응력,

$v_{ca} \dots\dots\dots 0.09\sqrt{f_{ck}}$

다. 2방향 슬래브 및 확대기초판에서 콘크리트 허용전단응력,

$v_{ca} \dots\dots\dots 0.08\left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right)\sqrt{f_{ck}}$

다만, v_{ca} 는 $0.16\sqrt{f_{ck}}$ 이하로 취하여야 한다.

③ 허용지압응력, f_{ba} 가. 전단면에 재하될 때 $0.25 f_{ck}$ 나. 부분적으로 재하될 때 $0.25 f_{ck} \sqrt{\frac{A_2}{A_1}}$ 다만 $\sqrt{A_2/A_1}$ 은 2 이하로 취하여야 한다.④ 허용휨인장응력(무근의 확대기준판과 벽체), $f_{ta} \cdots 0.13 \sqrt{f_{ck}}$

(2) 철근의 허용응력

① 철근의 허용응력은 D32 이하의 철근에 대하여 <표 10.7.1> 값으로 한다.

표 10.7.1 철근의 허용응력

응력 및 부재의 종류			철근의 종류	SD300	SD350	SD400
인장 응력	하중의 조합에 충돌하중 혹은 지진의 영향을 포함하지 않는 경우	(1) 일반적인 부재	150	175	180	
		(2) 바닥판, 경간 10m 이하의 슬래브교	150	160	160	
		(3) 수중 혹은 지하수위 이하에 설치하는 부재	150	160	160	
	(4) 하중의 조합에 충돌하중 혹은 지진의 영향을 포함하는 경우의 허용응력의 기본값		150	175	180	
(5) 압 축 응 력			150	175	180	

② 직선으로 배근된 철근에서 활하중과 충격에 의해 발생하는 최대인장응력과 최소인장응력 사이의 응력차는 피로응력한계의 규정에 부합해야 한다. 그리고 응력이 큰 부분에서는 주철근의 굽힘을 피하여야 한다.

(3) 온도변화와 건조수축 고려시의 허용응력 - 온도변화나 건조수축을 다른 주요 하중과 함께 고려하는 경우에는 허용응력을 「10.7.3 (1)항과 (2)항」에 규정된 허용응력의 1.15배까지 높일 수 있다.

10.17.4 철근의 정착과 이음

- (1) 철근의 정착과 이음은 「10.5항」의 요구조건에 따라야 한다.
- (2) 이 설계기준의 「10.5.5 (2) ③항」의 요구조건을 적용할 때, M_n 은 단면의 모든 정철근이 허용인장응력에 도달하였다는 가정 하에 계산된 휨모멘트 크기이며, V_u 는 단면에서 하중계수를 곱하지 않은 사용하중에 의한 전단력으로 하여야 한다.

10.17.5 휨부재

- (1) 휨부재는 「제8장」 및 「10.6.4항」의 요구사항을 만족시켜야 한다.
- (2) 사용하중 하에서의 응력을 계산할 때, 다음의 가정에 따라 선형탄성이론을 휨부재에 적용하여야 한다.
 - ① 콘크리트와 철근의 변형률은 높이가 큰 보를 제외하고는 휨부재의 중립축으로부터 떨어진 거리에 비례하여야 한다. 높이/지간의 비가 4/5 이상인 단순보, 2/5 이상인 연속보 등과 같이 높이가 큰 보에서는 변형률의 비선형 분포를 고려하여야 한다.
 - ② 철근콘크리트 부재에서 콘크리트의 인장강도는 무시하여야 한다.
 - ③ 탄성계수비 $n = E_s / E_c$ 는 가장 가까운 정수를 사용하되 6이상, 경량 골재콘크리트의 n 값은 같은 강도의 보통 콘크리트의 것으로 가정해도 좋다.
 - ④ 복철근보의 응력계산에서 압축철근의 환산단면을 구할 때는 유효 탄성계수비 $2E_s / E_c$ 를 사용하여야 한다. 이 경우에도 압축철근의 압축응력은 허용인장응력 이하이어야 한다.

10.17.6 축력 또는 휨모멘트와 축력을 동시에 받는 압축부재

- (1) 휨모멘트와 축력이 조합된 압축부재의 축하중 내력은 10.6의 규정으로 계산한 값의 40%로 취하여야 한다.
- (2) 이 구조설계기준의 「10.6.5 (4)항」에서 규정한 사항에 따라 장주효과를 고려하여야 한다. 이 때 P_u 는 설계축력에 2.5배를 곱한 값으로 취하고, 계수 $\phi=0.75$ 는 1.0으로 대체시켜야 한다.

10.17.7 전단설계

(1) 설계전단응력

- ① 전단응력, v_c 는 <식 (10.17.1)>에 의해 구하여야 한다.

$$v_c = \frac{V}{b_w d} \quad (10.17.1)$$

여기서, V 는 고려하는 단면에서의 설계전단력이다.

② 받침부 부근의 설계전단응력

반력이 작용전단력방향으로 부재의 단부를 압축할 경우에는 받침부 내면에서 d 거리 이내에 위치한 단면은 d 거리에서 구한 것과 동일한 전단응력 v_c 에 대해 설계할 수 있다.

(2) 콘크리트가 부담하는 전단응력

- ① 전단력과 휨모멘트만을 받는 부재에서 콘크리트가 부담하는 허용전단응력 v_{ca} 는 「10.17.7 (2) ④항」에 따른 더 상세한 계산에 의하지 않는 한 $0.08\sqrt{f_{ck}}$ 를 초과할 수 없다.

- ② 축방향 압축력을 받는 부재에서 콘크리트가 부담하는 허용전단응력 v_{ca} 는 「10.17.7 (2) ⑤항」에 따라 상세한 계산에 의하지 않는 한 $0.08\sqrt{f_{ck}}$ 를 초과할 수 없다.

- ③ 축방향 인장력을 받는 부재의 경우 <식 (10.17.2)>에 의해 상세한 계산을 하지 않는 한 전단철근이 전체 전단력을 부담하도록 설계하여야 한다.

$$v_{ca} = 0.08 \left(1 + \frac{N}{1.75 A_g} \right) \sqrt{f_{ck}} \quad (10.17.2)$$

여기서, N 은 인장력일 경우 부(-)의 값이며, $\frac{N}{A_g}$ 의 단위는 MPa이다.

- ④ 전단력과 휨모멘트만을 받는 부재에 대한 허용전단응력 v_{ca} 는 <식 (10.17.3)>으로 계산하여야 한다.

$$v_{ca} = 0.07\sqrt{f_{ck}} + 7.8\rho_w \frac{Vd}{M} \leq 0.13\sqrt{f_{ck}} \quad (10.17.3)$$

여기서, M 은 고려하는 단면에서 전단력 V 와 동시에 발생하는 단면의 휨모멘트로서 $\frac{Vd}{M}$ 의 크기는 1.0이하로 취하여야 한다.

- ⑤ 축방향 압축력을 받는 부재에 대한 허용전단응력 v_{ca} 는 <식 (10.17.4)>로 계산하여야 한다.

$$v_{ca} = 0.08 \left(1 + \frac{N}{11.5A_g} \right) \sqrt{f_{ck}} \quad (10.17.4)$$

여기서, $\frac{N}{A_g}$ 의 단위는 MPa 이다.

- ⑥ 콘크리트의 허용전단응력 v_{ca} 는 보통 콘크리트에 적용하여야 한다. 그러나 경량 콘크리트가 사용되는 경우는 다음의 수정사항 중 하나를 적용하여야 한다.

가. 경량 콘크리트의 평균 쪼갬인장강도 f_{sp} 의 값이 규정되어 있는 경우 $\sqrt{f_{ck}}$ 를 $1.76 f_{sp}$ 로 대신할 수 있으나, $1.76 f_{sp}$ 의 값은 $\sqrt{f_{ck}}$ 를 초과하지 않아야 한다.

나. f_{sp} 의 값이 규정되어 있지 않은 경우 $\sqrt{f_{ck}}$ 의 값은 전경량 콘크리트에 대하여 0.75, 모래경량 콘크리트에 대하여 0.85를 곱하여야 한다. 부분적으로 모래를 사용하였을 경우는 직선보간법을 사용할 수 있다.

- ⑦ 콘크리트가 부담하는 전단응력을 결정할 때 구속된 부재의 크립와 건조수축으로 인한 축방향 인장력의 영향은 적용 가능할 경우 언제나 이를 고려하여야 하며, 변단면 부재에서 경사방향의 휨압축응력의 영향을 포함시켜야 한다.

(3) 전단철근이 부담하는 전단응력

① 전단철근은 다음과 같이 구성할 수 있다.

가. 부재의 축에 직각인 스티럽

나. 종방향 인장철근과 45°이상의 각을 갖는 부재의 축에 직각으로 설치되는 철선으로 된 용접철망

다. 종방향 인장철근과 30°이상의 경사로 구부린 종방향 주철근

라. 스티럽과 종방향 굽힘철근을 병용한 것

마. 나선철근

② 전단철근의 설계기준항복강도는 400 MPa를 초과하지 않아야 한다.

③ 전단철근으로 사용된 스티럽과 기타 철근 또는 철선은 압축연단부에서 d 거리까지 연장되어야 하며, 철근의 항복강도를 발휘할 수 있도록 이 기준 「10.5.5 (4)항」에 따라 양단에 정착하여야 한다.

④ 전단철근의 간격은 다음의 규정을 만족하여야 한다.

가. 부재축에 직각으로 설치되는 스티럽의 간격은 0.5 d이하로 하여야 하고, 또한 600mm 이하로 하여야 한다.

나. 스티럽과 굽힘철근은 부재의 중간 높이(0.5 d)에서 반력점 방향으로 주인장철근까지 연장 45° 경사선과 한 번 이상 교차하도록 배치하여야 한다.

다. $(v_c - v_{ca})$ 가 $0.16\sqrt{f_{ck}}$ 를 초과할 경우 위의 가와 나에서 규정한 최대 간격은 1/2로 감소시켜야 한다.

⑤ 최소 전단철근량은 다음 규정을 따라야 한다.

가. 설계전단응력 v_c 가 콘크리트에 의한 허용전단응력 v_{ca} 의 1/2를 초과하는 철근콘크리트 부재는 다음의 경우를 제외하고 최소 단면적의 전단철근을 두어야 한다.

㉠ 슬래브와 확대기초판

㉡ 콘크리트의 장선구조

㉢ 부재의 깊이가 250 mm이하이거나 플랜지 두께의 2.5배 또는 복부 폭의 1/2 중 큰 값 이하인 보의 경우

나. 전단철근이 없어도 소요휨강도와 전단강도에 저항할 수 있다는 것을 실험에 의해 확인할 수 있다면 위의 「가.항」의 최소 전단철근

은 적용하지 않아도 좋다.

- 다. 「가.항」 또는 해석에 의해 전단철근이 요구되는 경우, 전단철근의 최소 단면적은 <식 (10.17.5)>로 구하여야 한다.

$$A_{v, \min} = 0.0625 \sqrt{f_{ck} \frac{b_w s}{f_{yt}}} \quad (10.17.5)$$

그러나 최소 전단철근량은 $0.35 b_w s / f_{yt}$ 보다 작지 않아야 한다. 여기서, b_w 와 s 의 단위는 mm이다.

- ⑥ 전단철근의 설계는 다음 규정에 따라야 한다.

- 가. 설계전단응력 v_c 가 콘크리트의 허용전단응력 v_{ca} 를 초과하는 곳은 다음 「나.항」에서 「아.항」까지의 규정에 따라 전단철근을 두어야 한다.

- 나. 부재축에 직각인 전단철근을 사용하는 경우 전단철근 단면적 A_v 는 <식 (10.17.6)>에 따라 구하여야 한다.

$$A_v = \frac{(v_c - v_{ca}) b_w s}{f_{st}} \quad (10.17.6)$$

- 다. 경사스터럽이 전단철근으로 사용되는 경우, 전단철근 단면적 A_v 는 <식 (10.17.7)>로 구하여야 한다.

$$A_v = \frac{(v_c - v_{ca}) b_w s}{f_{st} (\sin \alpha + \cos \alpha)} \quad (10.17.7)$$

- 라. 전단철근이 1개의 굽힘철근 또는 받침점에서 모두 같은 거리에서 구부린 평행한 1조의 철근으로 될 경우의 전단철근 단면적 A_v 는 <식 (10.17.8)>로 구하여야 한다.

$$A_v = \frac{(v_c - v_{ca}) b_w s}{f_{sa} \sin \alpha} \quad (10.17.8)$$

다만, $(v_c - v_{ca})$ 는 $0.11 \sqrt{f_{ck}}$ 를 초과할 수 없다.

- 마. 전단철근이 받침점에서 서로 다른 거리에서 구부린 일련의 평행한 굽힘철근 또는 여러 조의 평행한 철근으로 되는 경우의 전단철근 단면적은 <식 (10.17.7)>에 따라 구하여야 한다.
- 바. 종방향 철근을 구부려서 전단철근으로 사용할 때는 그 경사길이의 중간 3/4만이 전단철근으로서 유효하다고 보아야 한다.
- 사. 여러 종류의 전단철근이 부재의 같은 부분을 보강하기 위하여 사용되는 경우, 필요한 전단철근 단면적은 각 종류별로 구한 단면적의 합으로 되어야 한다. 이 때 v_{ca} 는 한 번의 계산에서만 포함되어야 한다.
- 아. $(v_c - v_{ca})$ 의 값은 $0.28 \sqrt{f_{ck}}$ 를 초과할 수 없다.

(4) 전단마찰

- ① 균열이 발생하거나 발생할 가능성이 있는 면, 다른 재료 사이의 접촉면 또는 다른 시기에 친 두 콘크리트 사이의 접촉면 상에서 전단전달을 고려하는 것이 적절한 경우는 이 기준 「10.6.6 (4)항」의 전단마찰 규정을 적용하여야 한다.
- ② 전단응력에 대한 최대 제한값은 이 기준 「10.6.6 (4) ④ 라항」에 주어진 값의 47%로 취하여야 한다.
- ③ 전단마찰철근의 허용응력은 「10.17.3 (2)항」에 주어진 값을 사용하여야 한다.

(5) 합성휨부재의 수평전단철근

합성콘크리트 휨부재의 설계에 있어서 허용수평전단응력 v_{ha} 는 「콘크리트구조설계기준 17.3.2」에서 주어진 수평전단강도의 47%를 넘지 않도록 하여야 한다.

(6) 슬래브 및 확대기초에 대한 전단설계

- ① 집중하중이나 반력 부근에서 슬래브와 확대기초판의 전단에 대한 설계는 다음 두 가지 조건 중 불리한 것에 의해 결정하여야 한다.

- 가. 슬래브 또는 확대기초판이 폭이 넓은 보와 같이 작용하여 위험단면이 집중하중이나 반력 구역에서 d 거리에 위치한 단면에서 전체폭에 걸친 면에 연장되는 경우, 슬래브 또는 확대기초는 「10.17.7 (1) ②」에서 「10.17.7 (3)」까지의 규정에 따라 설계하여야 한다.
- 나. 슬래브 또는 확대기초가 2방향 슬래브로 작용하여 슬래브의 면에 수직한 위험단면이 집중하중이나 반력을 받는 면적의 주위에 걸쳐 연장되는 경우에는 슬래브 또는 확대기초판은 「10.17.7 (6) ②」 및 「10.17.7 (6) ③」에 따라 설계하여야 한다. 이 때 위험단면의 둘레 길이 b_0 는 최소로 되어야 하나 집중하중이나 반력을 받는 면적의 주변에서 $d/2$ 보다 가까이 위치시킬 필요는 없다.
- ② 설계전단응력 v_c 는 <식 (10.17.9)>에 의해 구해야 한다.

$$v_c = \frac{V}{b_o d} \quad (10.17.9)$$

여기서, V 와 b_0 는 각각 「10.17.7 (6) ① 나.항」에서 정의된 위험단면에서 전단력과 둘레길이이다.

- ③ 전단철근을 두지 않은 경우 설계 전단응력 v_c 는 <식 (10.17.10)>에 의해 주어지는 허용전단응력 v_{ca} 를 초과하지 않아야 한다.

$$v_{ca} = 0.08 \left(1 + \frac{2}{\beta_c} \right) \sqrt{f_{ck}} \quad (10.17.10)$$

다만, v_{ca} 는 $0.16\sqrt{f_{ck}}$ 를 초과할 수 없다. 여기서 β_c 는 집중하중이나 반력을 받는 면적의 짧은 변에 대한 긴 변의 비이다. 경량 콘크리트가 사용되는 경우에는 「10.17.7 (2) ⑥항」으로 수정된 값을 적용시켜야 한다.

- ④ 철근이나 철선이 「콘크리트구조설계기준 7.12.2」에 따라 전단보강으로 사용되는 경우 v_{ca} 는 $0.08\sqrt{f_{ck}}$ 를 초과할 수 없으며, 또 v_c 는 $0.24\sqrt{f_{ck}}$ 를 초과할 수 없다.

- ⑤ I형강 또는 ㄷ형강으로 된 전단머리가 「콘크리트구조설계기준 7.12.4」에 따라 사용되는 경우, 「10.17.7 (6) ①항」에서 정의된 위험단면에서 v_c 는 $0.28\sqrt{f_{ck}}$ 를 초과할 수 없으며, 또 「콘크리트 구조설계기준 7.12.4 (8)항」에서 정의된 위험단면에서 v_c 는 $0.16\sqrt{f_{ck}}$ 를 초과할 수 없다. 「콘크리트구조설계기준 7.12.4」의 <식 (7.12.5)>와 <식(7.12.6)>의 V_u 는 설계전단력 V 에 2.0을 곱한 값으로 대신하여야 한다.

(7) 상자거더암거 슬래브의 전단설계

- ① 600mm이상의 토피를 가진 상자거더암거 슬래브의 전단응력 v_c 는 <식 (10.17.11)>로 구해도 좋다.

$$v_c = 0.08\sqrt{f_{ck}} + 15.4\rho_w \frac{Vd}{M} \leq 0.15\sqrt{f_{ck}} \quad (10.17.11)$$

- ② 단일 암거이고, 슬래브와 벽체가 일체로 시공되었을 경우에는 v_c 를 $0.11\sqrt{f_{ck}}$ 보다 작게 취할 필요는 없고, 단순지지된 슬래브에서는 $0.09\sqrt{f_{ck}}$ 보다 작게 취할 필요가 없다. Vd/M 는 1.0이하이어야 하고, M 은 고려하는 단면에서 V 와 동시에 발생하는 실제의 설계휨모멘트이다.

(8) 브래킷과 내민받침에 대한 전단설계

브래킷과 내민받침에 대한 전단설계는 이 설계기준 「10.6.6 (8)항」에 따라야 한다.

(9) 비틀림 설계

비틀림을 받는 부재의 설계는 이 설계기준 「10.6.7항」에 따라야 한다.

제 11 장 교량하부 및 기초

제 11 장 교량하부 및 기초

11.1 총칙

11.1.1 적용범위

이 장은 「제8장 교량 일반사항」에서 규정한 철도교의 교대, 교각 및 그
의 기초 등 하부구조의 설계에 적용한다.

이 장에서 규정하지 않은 사항에 대해서는 국토해양부 및 관련학회에서 제
정한 설계기준에 따른다.

11.1.2 용어의 정의

이 장에서 쓰이는 용어의 의미는 다음과 같다.

- (1) 강성 기초 : 기초의 변위 및 안정 계산에서 기초 자체의 탄성변형을
설계상 무시할 수 있는 강성이 큰 기초
- (2) 공기케이슨 : 케이슨 하부에 작업실을 설치하고 작업실 내에 압축공
기를 주입하여 작업실 내의 물을 배제하고 인력 또는 기계로 토사를
굴착 배출하면서 침하시켜 소정의 지지층에 도달시키는 케이슨
- (3) 구체 : 하부구조의 한 부분으로 상부구조로부터의 하중을 기초에 전
달하는 교각 또는 교대의 부분
- (4) 극한지지력 : 구조물을 지지할 수 있는 지반의 최대저항력
- (5) 근입깊이(관입깊이) : 현 지반면에서 기초저면 또는 끝까지의 깊이
- (6) 기계굴착에 의한 현장타설말뚝공법 : 올케이싱공법(All Casing 공법
또는 Benoto 공법), 리버스 서큘레이션 드릴공법(Reverse Circulation
Drill 공법 : RCD 공법) 또는 어스드릴공법(Earth Drill 공법)에 의하
여 소정의 깊이까지 굴착하는 현장타설말뚝공법
- (7) 기성말뚝 : 공장에서 제작된 RC말뚝-PC말뚝(KS F 4303 프리텐션방
식 원심력 PC말뚝), PHC말뚝(KS F 4306 프리텐션방식 원심력 고강
도 콘크리트말뚝) 및 강말뚝(KS F 4602 강관말뚝 및 KS F 4603 H
형강 말뚝)

- (8) 기준변위량 : 탄성 기초의 수평방향 지반반력계수를 산출할 때 기준이 되는 변위량
- (9) 기초 : 하부구조의 한 부분으로 구체로부터의 하중을 지반에 전달하는 부분
- (10) 깊은기초 : 양질의 지지층이 비교적 깊은 곳에 있는 경우에 사용하는 기초로서, 말뚝기초, 케이슨기초 등이 있음
- (11) 내부굴착말뚝 : 선단이 개방된 기성말뚝의 내부를 통하여 굴착하면서 말뚝을 소정의 깊이까지 압입하거나 가볍게 타격하여 관입시킨 뒤 소정의 지지력이 얻어지도록 해머로 두드려 박거나 말뚝선단 부분을 시멘트나 콘크리트로 처리하는 말뚝
- (12) 독립기초 : 단일 기둥의 축력을 기초 저판으로 하중전이 하여서 지반으로 전달하는 구조체
- (13) 리버스 서클레이션 드릴말뚝 : 원칙적으로 수두차에 의하여 공벽을 보호하면서 회전 비트를 사용하여 굴착하고 이수(泥水)의 역류에 의하여 토사를 배출시켜 현장에서 설치하는 현장타설말뚝
- (14) 마찰말뚝 : 지지력의 대부분을 주면 마찰력에 의존하는 말뚝으로 지지층의 깊이가 매우 깊은 경우에 말뚝을 지지층에 도달시키지 않고 중간 지지층과 말뚝 주면의 마찰력을 지지력으로 이용
- (15) 말뚝기초 : 양질의 지지층이 깊은 곳에 있는 경우에 타입말뚝공법, 매입말뚝공법 및 현장타설말뚝공법 등으로 설치하는 기초로서, 말뚝의 머리 부분을 확대기초와 연결하여 일체화시키는 탄성 기초
- (16) 무리말뚝 : 두 개 이상의 말뚝을 인접 시공하여 하나의 기초를 구성하는 말뚝
- (17) 베노토 말뚝 : 케이싱튜브로 공벽을 보호하면서 주로 해머그랩 버킷으로 굴착하여 현장에서 설치하는 현장타설말뚝
- (18) 복합기초 : 두 개 이상의 기둥 축력을 기초의 저판으로 하중전이 하여서 지반으로 전달하는 구조체
- (19) 선굴착 기성말뚝공법 : 지반을 천공한 후 기성말뚝을 삽입, 타격하는 공법
- (20) 설계지반면 : 현 지반면에 대하여 장래 지반이 변하는 상태를 고려

하여 정한 설계상의 지반면

- (21) 양질의 지지층 : 기초로부터의 하중을 안전하게 지지할 수 있는 양질의 지반(암반층, N값이 약 30 이상인 사질토층, N값이 약 20 이상인 점성토층 등으로 충분한 층두께를 갖는 지반)
- (22) 얕은기초 : 양질의 지지층이 비교적 얕은 곳에 있는 경우에 사용하는 기초로서, 지반을 얕고 넓게 굴착하여 설치하는 강성 기초
- (23) 연속기초 : 벽 아래를 따라 또는 일련의 기둥을 묶어 띠모양으로 설치하는 기초의 저판에 의하여 상부 구조로부터 받는 하중을 지반에 전달하는 형식의 기초
- (24) 오거드릴말뚝 : 원칙적으로 벤토나이트 이수(泥水)에 의하여 공벽을 보호하면서 회전 버킷을 사용하여 굴착하고, 토사를 배출하여 현장에서 설치하는 현장타설말뚝
- (25) 오픈케이슨 : 케이슨 내의 토사를 크람셸이나 그레브버킷 등으로 굴착 배출하면서 침하시켜 소정의 지지층에 도달시키는 케이슨
- (26) 유효근입깊이 : 설계지반면에서 기초저면 또는 끝까지의 깊이
- (27) 인력굴착에 의한 현장타설말뚝공법 : 굴착 전깊이에 걸쳐 측면의 흠막이를 설치하면서 인력에 의하여 소정의 깊이까지 굴착하고 원칙적으로 흠막이재를 철거하지 않는 현장타설말뚝공법(이하 인력공법이라 한다.)
- (28) 외말뚝 : 외말뚝(single pile)은 말뚝이 단독으로 설치되는 경우나 주변에 무리를 형성하여 설치되더라도 무리말뚝효과에 의한 지지력 감소현상을 고려할 필요가 없는 말뚝
- (29) 전면기초 : 접지면적을 넓히기 위해 여러 개의 기둥 기초를 하나의 기초 슬래브로 시공하는 기초
- (30) 지지말뚝 : 말뚝의 끝이 땅속에 있는 굳은 지반이나 암반 등에 닿아 기둥과 같이 상부의 하중을 지반 하부에 전달하는 말뚝
- (31) 콘크리트말뚝 : 타입말뚝 등에 사용되는 철근콘크리트말뚝이나 프리스트레스트 말뚝의 총칭
- (32) 케이슨기초 : 양질의 지지층이 깊은 곳에 있는 경우에 케이슨공법으로 설치하는 기초로서, 일반적으로 근입깊이가 폭에 비하여 큰 강성

기초

- (33) 타입말뚝 : 디젤해머, 드롭해머, 진동해머, 유압해머 등을 사용하여 소정의 깊이까지 두드려 박는 말뚝
- (34) 탄성(연성)기초 : 기초의 변위 및 안정 계산에서 기초 자체의 탄성 변형을 설계상 고려할 필요가 있는 강성이 작은 기초
- (35) 특수지반: 지진시 발생하는 지반변위가 크고, 그 영향을 고려하여 기초의 내진설계를 해야 하는 지반
- (36) 허용변위량 : 상·하부구조의 기능성과 안전성이 손상되지 않는 범위 내에서 하부구조가 허용할 수 있는 변위량
- (37) 허용지지력 : 극한지지력을 소정의 안전율로 나눈 지지력과 허용변위량으로부터 정하여지는 지지력 중 작은 값
- (38) 현장타설말뚝 : 기계나 인력에 의하여 굴착한 구멍 안에 철근콘크리트를 타설하여 만드는 말뚝
- (39) 확대기초 : 구조체인 기둥 또는 벽체를 지지하면서 그 하중을 말뚝이나 지반에 전달하는 판상 구조물

11.1.3 설계조건

하부구조의 설계는 상부구조에서 전달되는 하중과 하부구조 자체에 작용하는 하중을 안전하게 지반에 전달시킴과 동시에 상부구조에서 주어진 설계조건을 만족하도록 실시하여야 한다.

11.1.4 계산의 정밀도

설계계산의 최종단계에서 검토의 대상이 되는 수치의 유효숫자는 셋째 자리까지 확보하여야 한다.

11.2 조사 및 계획

이 절은 하부구조에 대한 조사 및 계획내용으로서 조사에 대한 상세내용은 「3.3 지반조사」를 참조한다.

11.2.1 조사

조사는 하부구조의 설계 및 시공에 필요한 자료를 얻기 위하여 실시하며, 입지환경조사, 지반조사, 하천조사, 시공환경조사 및 기타조사로 구분할 수 있다.

(1) 입지환경조사

- ① 입지환경조사에는 환경영향평가, 교통영향평가, 수리·수문조사 등이 있으며, 이외에도 실시설계 및 시공단계에서 구조물 주변을 조사해야 한다.
- ② 지형조사는 구조물 건설에 영향을 미치거나 공사로 영향을 받을 수 있는 지형을 지형도나 항공사진 등을 이용하여 분석하고 현장답사를 통해 실시해야 한다.
- ③ 환경조사는 구조물 계획단계에서 실시하는 광역 환경조사와 시공계획 수립 후 실시설계 및 시공단계에서 구조물 주변 환경조사로 구분하여 실시해야 한다.
- ④ 지장물조사는 건설공사 지역 내에 이미 설치되어 있는 상수도 및 하수도관, 송유관, 통신 및 전력 케이블, 도시가스관, 지하통로 등을 대상으로 하며, 지하지장물의 종류, 심도 및 크기를 파악하여 안전한 시공을 할 수 있도록 해야 한다.
- ⑤ 기타 필요시 사토장 조사, 공사용 설비 조사, 보상 조사 및 관계법 조사를 사전에 수행해야 한다.

(2) 지반조사

① 조사의 구분

지반조사는 예비조사와 본조사, 추가조사 및 시공 중 조사의 단계로 구분하여 실시한다.

② 예비조사

예비조사는 공사계획 단계에서 구조물의 위치선정을 위하여 실시하는 조사로서 넓은 범위를 대상으로 하여 자료조사(기존 지반자료의 조사, 기존 구조물의 조사), 항공사진 판독 및 분석, 현지답사 등을 실시하며, 필요할 경우에는 물리탐사, 시추 및 시굴조사를 실시한다.

③ 본조사

본조사는 실시설계나 시공에 필요한 지반의 상세한 정보를 얻기 위하여 실시하는 조사로서 지층의 분포, 지질구조, 공학적인 특성 등 설계정수를 파악하기 위하여 상세지표지질조사, 시추조사, 시료채취, 사운딩, 토질시험, 암석시험, 지하수조사, 재하시험, 물리탐사 및 물리검

층, 유해가스, 산소결핍공기 등의 조사를 포함하며, 공사의 목적이나 구조물의 종류에 따라 조사 및 시험의 진행방법이나 중점 조사사항을 다르게 할 수 있다.

④ 추가조사

추가조사는 본조사 실시 후 설계변경이나 지반특성의 추가확인이 필요한 경우에 시추, 물리탐사, 실내시험 및 현장시험을 실시하여 본조사 결과를 보완해야 한다.

⑤ 시공 중 조사

시공 중 조사는 예비조사, 본조사 및 추가조사 단계에서 민원, 인허가 등 부득이한 사유나 기술적 한계 등으로 인하여 일부 조사가 시행되지 못한 경우 또는 시공 중 지반 변화가 예상되어 부가적인 조사가 필요한 경우에 실시해야 하며, 현장 여건을 고려하여 필요한 지반정보가 얻어질 수 있도록 조사항목과 조사수량을 계획해야 한다.

(3) 하천조사

① 하천조사는 유수에 의한 교량의 피해를 방지하고 하부구조의 설치나 시공이 이수나 주운 등에 지장을 주지 않도록 하기 위하여 실시한다.

② 따라서, 하천 관리자들과 사전에 협의해야 하며, 관계법령 특히 하천시설기준을 준수해야 한다.

③ 하천에 관한 조사로는 수위, 유량, 유속과 과거의 수심, 하상의 변동, 홍수나 고조의 기록 등을 조사한다. 또한, 관개, 수력발전 등의 이수 상황, 어업권, 주운 등에 관해서도 조사를 하고 관계기관 등과 협의를 해야 한다.

(4) 시공환경조사

시공의 안전성, 작업공간의 확보성 등을 고려한 설계를 하기 위해서는 기존자료의 조사, 주변환경의 조사 및 작업환경의 조사로 구분하여 실시한다.

(5) 기타조사

연약지반, 산지부 및 근접시공과 같이 특별한 경우에는 기존자료, 지형과 지질, 주변환경 등에 대하여 특히 유의해서 조사를 실시해야 한다.

11.2.2 계획

(1) 설계계획 기본 방침

기초 설계계획은 구조물 사용목적에 따라 구조물 전체 설계계획과 조화시켜 검토해야 하고, 기초의 형식은 지형 및 지질조건, 구조물의 특성, 시공환경, 공기(工期), 지진 조건에 대하여 시공성, 안정성, 경제성 등을 고려하여 유리한 것을 선정해야 한다.

(2) 지형 및 지질조건

① 지형 및 지질조건은 구조물에 큰 영향을 미치므로, 설계자는 노선선정에서부터 구조물을 염두에 두고 지형조건을 검토해야 한다.

② 지형 및 지질조건에 관한 검토는 지형, 지지층, 중간층, 표층, 지하수, 지반변위, 하천지역 및 그 외 특별조건에 대하여 실시해야 한다.

(3) 구조물의 특성에 관한 검토

구조물의 특성에 관한 검토는 하중 방향과 크기, 구조물의 허용변위량에 대하여 실시해야 한다.

(4) 시공환경에 관한 검토

시공중이나 완료 후에 기존 구조물과 매설물에 악영향을 미치지 않도록 기초를 설계해야 하므로, 시공환경에 관해서는 기존 구조물과 매설물, 작업공간, 공사용 가설물 등에 대하여 검토해야 한다.

(5) 공기 검토

공기에 제약이 있는 경우에는 공기에 대하여 검토하고 지지방식과 기초형식을 결정해야 한다.

(6) 지진에 관한 검토

구조물의 내진설계는 지진에 의하여 구조물이 해로운 손상을 받지 않고, 그 위를 통과하는 열차주행의 안전이 확보되는 것을 목표로 하며, 아울러 경제성을 고려해야 한다.

11.3 부재 설계 일반

11.3.1 기호

- A : 콘크리트의 전단면적(mm^2)
 b_w : 부재단면의 폭(mm)
 d : 부재단면의 유효깊이(mm)
 e : 콘크리트 단면의 도심축으로부터 축방향력 작용점까지의 거리(mm)
 f_c : 콘크리트 단면의 연단압축응력(MPa)
 f_{ck} : 콘크리트 설계기준강도(MPa)
 f_{sr} : 철근의 허용인장응력(MPa)
 f_t : 콘크리트 단면의 연단인장응력(MPa)
 f_y : 철근의 항복강도(MPa)
 M : 부재단면에 작용하는 휨모멘트($N \cdot mm$ 또는 $kN \cdot m$)
 N : 축방향력(N)
 v : 설계전단응력(MPa)
 V : 부재단면에 작용하는 설계전단력(N)
 V_h : 부재 유효깊이 변화의 영향을 고려한 설계전단력(N)
 Z : 콘크리트 단면의 단면계수(mm^3)
 β : 부재 압축연단이 부재 축방향과 이루는 각도
 γ : 인장 철근이 부재 축방향과 이루는 각도

11.3.2 일반사항

(1) 부재 설계계산의 원칙

- ① 부재의 설계단면력은 콘크리트부재, 강부재에 관계없이 탄성이론에 의하여 산출한다. 그러나 콘크리트 부재의 휨강성, 전단강성 및 비틀림강성은 계산을 간략화하기 위해 강재를 무시하고 콘크리트 전단면을 유효단면으로 해서 산정한 값을 사용할 수도 있다.
- ② 부재의 설계는 강도설계법에 따르는 것을 원칙으로 하되 허용응력 설계법에 따라 설계할 수도 있다.

- ③ 강도설계법에 의해 콘크리트부재를 설계할 경우에는 「제8장 교량일반사항 8.3.4 강도설계법」에 따른 하중조합에서 규정하는 하중계수와 「제10장 콘크리트교 10.6.2항」규정에 따른 강도감소계수를 적용한다.
 - ④ 허용응력설계법의 경우에는 하중작용시 단면에 생기는 콘크리트, 강재의 응력은 「11.3.6항」에 규정된 허용응력 이하가 되도록 설계하여야 한다.
- (2) 콘크리트의 물리상수
- ① 탄성계수 및 전단탄성계수는 「제10장 콘크리트교 10.2.1항」의 규정에 의한다.
 - ② 크리프계수 및 건조수축률은 「제10장 콘크리트교 10.2.1항」의 규정에 의한다.
- (3) 강재의 물리상수
- ① 설계계산에 사용하는 강재의 물리상수는 「제9장 강교 및 강합성교량의 9.2.5항」의 규정에 의한다.
 - ② PC 말뚝 및 PHC 말뚝은 일반적으로 증기 양생되는 것이 많아서 PC강재의 겉보기 릴렉сей션 값은 고온의 영향을 받는 경우의 값을 적용한다.

11.3.3 휨부재 및 압축부재의 설계

- (1) 강도설계법으로 콘크리트부재 단면을 설계하는 경우에는 「제10장 콘크리트교 10.6.4 휨부재」 및 「10.6.5 압축부재」에서 규정하는 여러 사항을 만족하여야 한다.
- (2) 허용응력설계법으로 설계하는 경우에는 다음 사항을 만족하여야 한다.
 - ① 철근콘크리트부재 단면의 설계는 「제10장 콘크리트교 10.17.5 휨부재」 및 「10.17.6 축력 또는 휨모멘트와 축력을 동시에 받는 압축부재」의 규정에 따라 계산한다.
 - ② 축방향 편심하중을 받는 무근콘크리트 구체는 그 작용점이 핵안에 작용하도록 즉, 단면에 인장응력이 생기지 않도록 설계한다.
 - ③ 축방향 편심하중을 받는 무근콘크리트 부재의 콘크리트의 응력은

<식 (11.3.1)>에 의하여 산출하도록 한다.

$$f_c = \frac{N}{A} \pm \frac{N \cdot e}{Z} \quad (11.3.1)$$

여기서, f_c : 콘크리트 단면의 연단응력(MPa)

N : 축방향력(N)

A : 콘크리트의 전단면적(mm^2)

e : 콘크리트 단면의 도심축으로부터 축방향력 작용점
까지의 거리(mm)

Z : 콘크리트 단면의 도심축에 관한 단면계수(mm^3)

- ④ 무근콘크리트로 설계한 구체의 연단인장응력이 허용휨인장응력을 넘는 경우에는 콘크리트의 전인장응력은 철근으로 부담시킨다. 이때 철근의 단면적은 단면에 생긴 전인장응력을 철근의 허용인장응력으로 나누어 얻어진 값으로 한다.

<그림 11.3.1>에서와 같은 직사각형 단면인 경우에는 <식 (11.3.2)>에 의하여 소요철근량(A_s)를 구할 수 있다.

$$x = \frac{h \cdot f_t}{f_c + f_t} \quad (\text{mm}) \quad (11.3.2)$$

$$A_s = \frac{x \cdot b \cdot f_t}{2 f_{st}} \quad (\text{mm}^2)$$

여기서, f_{st} : 철근의 허용인장응력(MPa)

f_t : 콘크리트 단면의 연단인장응력(MPa)

f_c : 콘크리트 단면의 연단압축응력(MPa)

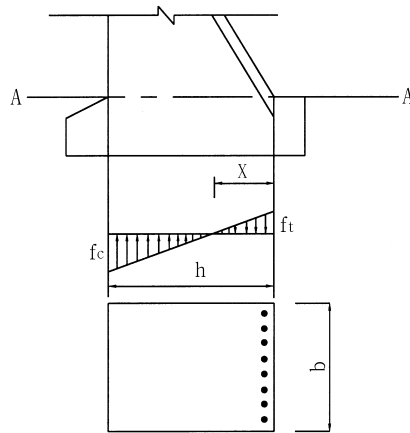


그림 11.3.1 인장응력이 생기는 무근콘크리트

11.3.4 전단력이 작용하는 철근콘크리트부재의 설계

- (1) 강도설계법으로 철근콘크리트부재 단면을 설계하는 경우에는 「제10장 콘크리트교」 「10.6.6 전단에 대한 설계」 및 「10.6.7 비틀림에 대한 설계」에서 규정하는 사항 중 해당사항을 만족하여야 한다.
- (2) 허용응력설계법으로 철근콘크리트부재 단면을 설계하는 경우에는 「제10장 콘크리트교 10.17.7 전단설계」 규정에 따른다.

11.3.5 구조상세

(1) 휨부재의 최소철근

휨부재의 최소철근은 「제10장 콘크리트교 10.6.4 휨부재 (2) 휨부재 설계」의 제한사항에 따른다.

(2) 압축부재의 철근제한

- ① 압축부재의 축방향 철근량은 총 단면적의 1%이상 8%이하이어야 한다. 그리고 축방향 철근은 철근배치가 원형일 경우에는 6개 이상, 사각형일 경우에는 4개 이상으로 배치하여야 한다. 이때 철근의 크기는 D16 이상이어야 한다.
- ② 하중에 의해 요구되는 단면보다 큰 단면으로 설계된 압축부재에서

는 감소된 유효단면적을 사용하여도 된다. 이때 감소된 유효 콘크리트 단면적은 총 단면적의 1/2이상이고, 하중을 지지하기 위해 1%의 축방향 철근을 요구하는 단면 이상이어야 한다.

(3) 철근의 배치

① 철근의 피복두께

가. 철근의 피복두께는 「제10장 콘크리트교 10.4.4 최소피복두께」 규정에 따른다.

나. RC말뚝, PC말뚝, PHC말뚝의 최소피복두께는 다음과 같다.

㉠ RC말뚝의 축방향 철근 및 나선형 철근의 피복두께는 RC말뚝의 바깥지름 200mm에서는 10mm이상으로 하며, 바깥지름 250~600mm에서는 15mm이상이어야 한다.

㉡ PC말뚝 및 PHC말뚝의 PC 강재 및 나선형철근의 피복두께는 15mm이상이어야 한다.

다. 부식이나 염해의 영향을 받는 콘크리트는 「제10장 콘크리트교 10.4.4 (5) 특수환경에 노출되는 콘크리트」 규정에 따라 최소피복두께를 적절히 증가시켜야 한다. 부식을 방지하는 방법으로는 에폭시피복 철근을 사용하거나 특수콘크리트로 덧씌우기 한다.

② 철근의 배치 및 간격은 「제10장 콘크리트교 10.4.3 철근배치」 규정에 따른다.

③ 철근의 갈고리와 구부리기는 「제10장 콘크리트교 10.4.2 철근가공」 규정에 따른다.

④ 주철근의 배치

가. 주철근의 지름은 D13 이상의 철근으로 한다.

나. 철근을 여러 단으로 배치하면 콘크리트의 타설 및 다짐이 곤란하므로 주철근은 2단 이하로 배치하는 것이 바람직하다.

⑤ 전단철근의 배치는 「제10장 콘크리트교 10.4.6 부재에서 횡철근」 규정에 따른다.

⑥ 띠철근의 배치는 「제10장 콘크리트교 10.4.6 부재에서 횡철근」 규정에 따른다.

⑦ 철근의 정착과 이음에 대해서는 「제10장 콘크리트교 10.5 철근의 정

착 및 이음」 규정에 따른다.

11.3.6 허용응력

(1) 일반

- ① 주하중 및 주하중에 상당하는 특수하중에 대한 콘크리트 및 강재의 허용응력은 「(2)~(5)항」에서 규정한 값으로 한다.
- ② 부하중 및 부하중에 상당하는 특수하중을 고려할 때의 콘크리트 및 강재의 허용응력은 「(2)~(5)항」에 규정한 허용응력에 「(6)항」에 규정한 증가계수를 곱한 값으로 한다.

(2) 콘크리트의 허용응력

① 대기 중에서 시공하는 철근콘크리트부재

가. 콘크리트의 허용응력은 「제10장 콘크리트교 10.17.3 허용응력」 규정에 따른다.

나. 대기 중에서 시공하는 현장타설말뚝의 콘크리트 치기는 좁은 구멍 내에서의 작업이기도 하고 시공관리나 검사가 지상의 구조물에 비하여 불편하므로, 대기 중에서 시공하는 현장타설말뚝에 사용되는 콘크리트의 허용압축응력과 허용전단응력은 「가.항」 값의 90%로 한다.

다. 처짐이나 편심하중으로 인하여 지압면 단부에 큰 응력을 받는 경우에는 재하단면의 허용지압응력은 「가.항」 값의 75%로 한다.

② 수중에서 시공하는 철근콘크리트부재

수중에서 시공하는 철근콘크리트부재중에서 현장타설말뚝의 콘크리트 허용응력은 <표 11.3.1>의 값으로 한다. 다만, 콘크리트의 배합은 단위시멘트량 350kg/m^3 이상, 물-시멘트비 55%이하, 슬럼프 150~210mm로 한다.

표 11.3.1 수중에서 시공하는 현장타설말뚝의 콘크리트 허용응력(MPa)

표준양생 공시체의 28일 압축강도		30	35	40
수중콘크리트의 설계기준강도		24	27	30
압축응력	휨압축응력	9.6	10.8	12
	축압축응력	6	6.8	7.5
전단응력	콘크리트만으로 전단응력을 부담하는 경우	0.39	0.41	0.43
	전단철근으로 보강된 경우	1.8	1.9	2.0

③ 무근콘크리트 부재

콘크리트의 허용응력은 <표 11.3.2>의 값으로 한다.

표 11.3.2 무근콘크리트의 허용응력 (MPa)

응력의 종류	허용응력	비 고
압축응력	$0.25f_{ck} \leq 5.5$	f_{ck} : 콘크리트의 설계기준강도
휨인장응력	$0.13\sqrt{f_{ck}} \leq 0.5$	
지압응력	$0.25f_{ck} < 6$	

다만, 받침면을 철근으로 보강하는 경우의 허용지압응력은 7MPa까지 높여도 된다. 또 국부 재하 경우의 허용지압응력은 12MPa를 초과해서는 안 된다.

④ 프리스트레스트 콘크리트 부재

프리스트레스트 콘크리트 부재의 허용응력은 「제10장 콘크리트교 10.7.9 허용응력」 규정에 따른다.

⑤ 기성 콘크리트 말뚝

RC, PC, PHC 말뚝의 콘크리트의 허용응력은 <표 11.3.3>의 값으로 한다.

표 11.3.3 RC, PC, PHC 말뚝의 콘크리트의 허용응력 (MPa)

말뚝의 종류 응력의 종류	RC말뚝	PC말뚝	PHC말뚝
설계기준강도	40	50	80
휨압축응력	14	17.5	28
축 압축응력	10	12.5	20
휨인장응력	-	0	0

콘크리트의 탄성계수는 RC말뚝 및 PC말뚝에 대해서는 「제10장 콘크리트교 10.2.1항」의 규정에 따르되 PHC말뚝에 대해서는 $4.2 \times 10^4 \text{MPa}$ 를 사용할 수도 있다.

(3) 철근의 허용응력

- ① 철근의 허용응력은 지름 51mm이하의 철근에 대하여 <표 11.3.4>의 값으로 한다. 하부구조에서는 지름 51mm보다 큰 철근을 사용할 수도 있다. 큰 지름의 철근을 쓸 경우에는 균열제어, 응력 분산을 고려하여 설계하여야 한다.

표 11.3.4 철근의 허용응력 (MPa)

응력, 부재의 종류			철근의 종류			SD300	SD350	SD400
인장 응력	하중의 조합시 충돌	1) 일반부재	150	175	180			
	하중 혹은 지진의 영향을 포함하지 않는 경우	2) 수중 및 지하수위 아래에 설치되는 부재	150	160	160			
	3) 하중의 조합시 충돌하중 혹은 지진의 영향을 포함하는 경우		150	175	180			
	4) 압축응력		150	175	180			

- ② 용접이음의 허용응력은 충분한 시험 및 관리가 되어 있을 때 모재의 허용응력과 같이 본다.
- ③ 철근의 이음에 아크용접이음, 기계적 이음, 슬리브이음 등을 사용할 때는 철근의 종류, 지름, 응력상태, 이음위치 등 사용조건을 고려한

시험에 의하여 이음강도를 정한다.

- ④ 철근과 다른 강재와의 아크용접에 의한 필렛용접부의 허용전단응력은 <표 11.3.5>의 값으로 한다.

다만, 철근보다도 강도가 낮은 강재와 접합하는 경우의 허용전단응력은 강재의 허용전단응력을 사용한다.

표 11.3.5 아크 용접에 의한 필렛용접부의 허용응력 (MPa)

철근의 종류 용접의 종류	SD300	SD350	SD400
공장 용접	105	105	105
현장 용접	위의 90%		

(4) 구조용 강재의 허용응력

구조용강재 및 용접부에 대한 기본허용응력은 「제9장 강교 및 강합성교 9.4.2 구조용강재 및 용접부의 허용응력 (1) 기본허용응력 및 (2) 좌굴허용응력」 규정에 따른다. 다만, 강관널말뚝기초의 연결부 용접부분에 대해서는 공장용접부의 80% 값을 허용응력으로 한다.

- ① 강관말뚝은 SKK 400, SKK 490 또는 STKT 590, 강관널말뚝은 SKY 400 또는 SKY 490을 사용하는 것으로 하며, 허용응력 상한값은 <표 11.3.6>과 같다.

표 11.3.6 허용응력 상한값(MPa)

철근의 종류 용접의 종류	SKK 400 SKY 400	SKK 490 SKY 490	STKT 590
압축응력	140	190	255
인장응력	140	190	255
전단응력	80	110	145

(5) PC강재의 허용응력

프리스트레스트 콘크리트 부재의 PC강재의 허용응력은 「제10장 콘크리트교 10.7.9 PC강재의 허용응력」 규정에 따른다.

(6) 허용응력의 증가

① 철근 및 무근 콘크리트, 강구조

부하중 및 부하중에 상당하는 특수하중을 고려할 때의 허용응력은 「(2)~(5)항」에 규정한 허용응력에 「제8장 교량 일반사항 8.3.3 허용응력설계법」에 따른 하중조합의 하부구조에서의 증가계수를 곱한 값으로 한다.

가. 하부구조의 설계는 표시한 하중의 조합 중 가장 불리한 조합에 대하여 응력이 조합한 허용응력을 넘지 않아야 한다.

나. 말뚝을 박을 때의 응력에 대한 허용응력의 증가는 가설하중(ER)의 조합 중 완성후의 응력이 현저히 저하되는 경우의 증가계수를 사용한다.

다. 철근의 허용응력을 증가시키고자 할 때는 하중의 조합에 따라서 <표 11.3.4>의 허용응력에 대해서는 「제8장 교량 일반사항 8.3.3 허용응력설계법」에 따른 하중조합의 하부구조에서의 증가계수를 곱한 값으로 한다.

11.4 교대, 교각 및 확대기초 설계

11.4.1 일반사항

(1) 적용범위

이 절은 상부구조와 하부구조가 받침 등에 의해서 명확히 구별되어 있는 콘크리트 구조의 교대와 교각 및 확대기초의 설계에 주로 적용하며 강재교각의 설계는 「제9장 강교 및 강합성교」 관련규정에 따른다.

강교나 라멘교 혹은 PSC구조 등에 대하여 이 장에서 규정하지 않은 사항은 「제8장 교량 일반사항」, 「제9장 강교 및 강합성교」, 「제10장 콘크리트교」에 준한다.

(2) 교대 및 교각의 형상

① 교대 및 교각은 가설되는 교량의 기준지점 상황에 가장 적합한 형

상으로 하여야 한다.

- ② 교대 및 교각의 형상은 가교지점의 상황, 상부구조의 설계조건, 경제성, 미관 등을 고려하여 결정한다. 하천에 가설되는 교량에 대해서는 「하천설계기준」에 따라야 한다.

(3) 충돌물에 대한 방호

하천에 설치하는 교대 및 교각에 유목, 선박 및 기타의 유송물 등이 충돌할 우려가 있는 경우에는 충돌에 의한 구체의 파손을 방지하기 위하여 방호를 하여야 한다.

콘크리트 구체에 있어서 방호공을 설치하지 않는 경우에는 충돌면의 피복 두께를 증가하여 철근을 보호함과(필요하면 2중으로 배근한다) 동시에, 콘크리트 표면이 밀실하게 시공되도록 하여야 한다.

11.4.2 설계하중

교대·교각을 설계함에 있어서는 「제8장 교량 일반사항 8.3 설계방법 및 하중조합」에 규정한 하중조합 중 가장 불리한 하중조합에 대하여 부재력 결정 및 안정검토를 하여야 한다.

(1) 교대에 작용하는 하중의 조합

- ① 교대의 부재계산 및 안정계산에서의 일반적인 하중의 조합은 「제8장 교량 일반사항 8.3 설계방법 및 하중조합」에 따른다. 다만, 지진의 영향은 「8.8 내진설계」에 따른다.

가. 하중조합시 필요한 경우 수압을 고려한다.

나. 안정에 대해 검토할 경우 고정하중은 현장여건에 따라 부력을 고려하여야 한다. 그러나 설계의 안전을 고려하여 전도에 대한 안정 검토시는 부력을 포함하고 지지력에 대한 안정 검토시는 부력을 고려하지 않을 수 있다.

다. 수위 변동이 현저한 하천 또는 조위의 변화가 큰 해중에 설치된 교대는 필요한 경우 교대배면에 작용하는 수압을 고려하여야 한다.

라. 기초의 안정을 검토할 경우 장대레이중하중은 고려하지 않는다.

마. 교대를 설계할 때는 열차에 의한 충격하중의 영향을 고려하지 않아도 된다. 다만, 받침설계에 있어서는 열차에 의한 충격하중의 영

향을 고려하여야 한다.

바. 배면토상에 상재하중이 있는 경우 이를 고려하여야 하며, 교대 배면의 상재하중은 다음과 같이 설정하여야 한다.

㉡ 궤도 중량 : $q_1=15 \text{ kN/m}^2$

㉢ 열차하중은 <식 (11.4.1)>에 의해 분포하중으로 취급하여야 한다.

$$q_2 = \frac{p}{ab} \quad (11.4.1)$$

여기서, q_2 : 환산등분포하중(kN/m^2)

p : 열차하중의 1 동륜축하중(kN)

a : 축거(m)

b : 선로 직각방향에 대한 열차하중의 분포폭(m)

(일반적으로, 단선교대는 교대의 전폭, 복선교대는 전폭의 1/2로 하면 된다.)

(2) 작용 토압

① 중력식 교대와 같이 뒷굽판의 내민길이가 200~300mm이하로 짧은 경우의 토압은 구체 콘크리트 배면에 직접 작용하는 것으로 간주한다.(<그림 11.4.1> 참조)

② 역T형 교대와 부벽식 교대의 토압작용면은, 벽의 단면 계산에서는 구체 콘크리트의 배면, 안정계산에서는 뒷굽판 연단에서의 가상 연직면으로 간주한다.(<그림 11.4.2> 참조)

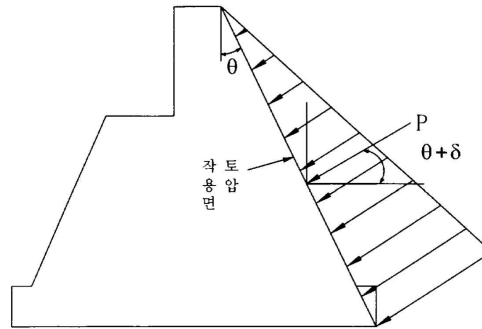


그림 11.4.1 중력식 교대의 토압작용면

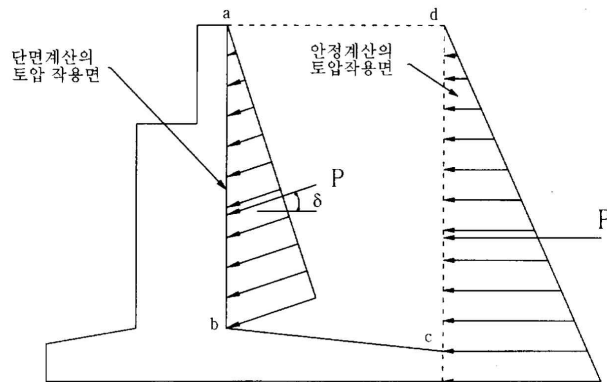


그림 11.4.2 역T형 교대 및 부벽식 교대의 토압작용면

지진시의 경우에도 안정계산에서는 하중으로서 자중, 상재하중 및 뒷굽판 상재토의 중량과 관성력을 고려하는 외에 가상연직면(dc면)에 지진시 토압을 작용시켜서 계산한다. 벽의 단면계산에서는 지진시 토압을 구체 콘크리트 배면에 직접 작용시키고 뒷굽판 상재토의 중량과 관성력은 고려하지 않는다.

- ③ 벽면마찰각 δ 는 <표 11.4.1>의 값을 사용한다.

표 11.4.1 벽면마찰각

교대의 종류	계산의 구분	벽면마찰각 δ	
		평상시	지진시
중력식 교대 반중력식 교대	안정 계산	$\phi/3$	0
	벽의 단면계산	$\phi/3$	0
역T형 교대 부벽식 교대	안정 계산	0	0
	벽의 단면계산	$\phi/3$	0

주) ϕ : 흙의 전단저항각 (내부마찰각, °)

(3) 교대 저면에 작용하는 하중

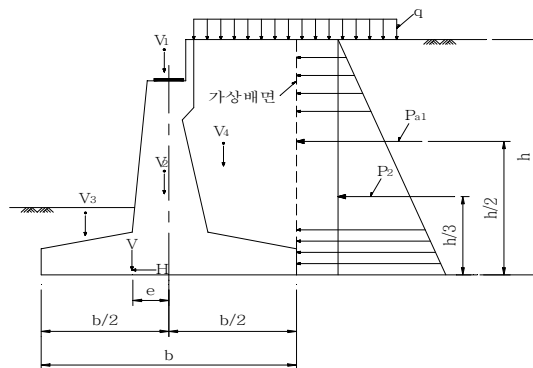


그림 11.4.3 안정계산(평상시)

$$P_{a1} = K_a q h, \quad P_{a2} = \frac{1}{2} K_a \gamma h^2, \quad V = \sum V_i, \quad H = \sum P_{ai}, \quad M = V e \quad (11.4.2)$$

여기서, K_a : 주동토압계수

γ : 흙의 단위중량(kN/m³)

e : 하중 편심량

q : 지표면 상재 하중

h : 교대 높이(m)

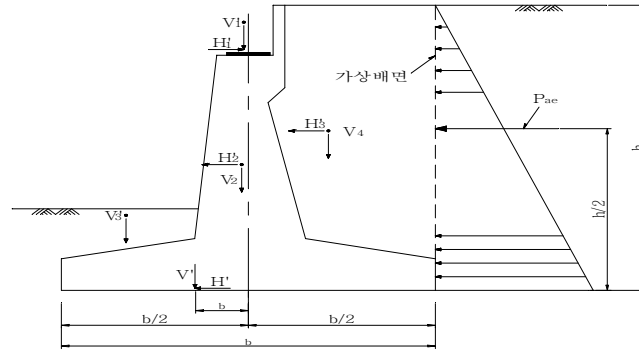


그림 11.4.4 안정계산(지진시)

$$P_{ae} = \frac{1}{2} K_{ae} \gamma h^2, \quad V' = \sum V_i', \quad H' = \sum H_i' + P_{ae}, \quad M' = V'e \quad (11.4.3)$$

여기서, P_{ae} : 지진시 주동토압

K_{ae} : 지진시 주동토압계수

- (4) 교대배면의 토압은 「제8장 교량 일반사항」에 따라 산출하여 안정검토시는 Rankine토압, 단면검토시는 Coulomb토압을 적용하여야 한다.
- (5) 토압 또는 부력 산정시, 수위는 일시상태에 대해서는 고수위 및 저수위로 평상시 상태 및 지진시 상태에 대해서는 평상시 수위로 하여야 한다.
- (6) 고정단 또는 가동(可動)단에 작용하는 수평하중은 「제8장 교량 일반사항」에 준하여 산정하여야 한다.
- (7) 교대설계에서의 검토방향

교축직각방향에 대해서는 일반적으로 검토하지 않아도 좋으나 교축직각방향의 수평력이 큰 교대, 교축방향의 기초폭에 비하여 교축직각방향의 기초폭이 작은 교대, 교축직각방향의 폭이 특히 넓은 교대 등의 경우에 대해서는 교축직각방향에 대하여 검토하여야 한다.

(8) 교각에 작용하는 하중의 조합

- ① 교각의 부재계산 및 안정계산에서의 일반적인 하중의 조합은 「제8장 교량 일반사항 8.3 설계방법 및 하중조합」에 따른다. 다만, 지진의 영향은 「8.8 내진설계」에 따른다.
- ② 각 교각의 설계에 사용되는 거더로부터의 수평력은 지지부의 구조, 하부 구조의 강성 등을 고려하여 구하는 것을 원칙으로 하며, 이 수평력은 받침상면에 작용하는 것으로 한다. 또한, 교축직각방향 수평력은 각각의 작용점에 작용하는 것으로 한다.

(9) 활하중의 재하방법

- ① 하부구조의 설계에 사용하는 활하중은 구조물에 가장 불리한 영향을 미치도록 계획 하여야 한다.
- ② 열차하중을 결정할 때는 교대에 작용하는 제동하중, 시동하중 등의 수평하중과 조합하여야 한다.
- ③ 하중은 안정에 가장 위협을 주는 곳이나 부재력 및 응력이 가장 크게 되는 곳을 위주로 배치하여 검토하여야 한다.

11.4.3 받침부 및 폭이 큰 구체의 설계

(1) 받침부

받침부의 설계는 「제8장 교량 일반사항 8.7.1 받침부」의 해당규정에 따른다.

(2) 폭이 큰 구체

폭이 큰 구체는 온도변화와 건조수축에 의한 연직균열 및 횡방향 부등침하를 고려해서 설계하여야 한다.

11.4.4 교대의 설계

(1) 작용 토압

- ① 교대에 작용하는 토압은 「제8장 교량 일반사항 8.2.2.3 수평토압」에 따른다.
- ② 토압의 작용면은 다음 규정에 따른다.
가. 중력식 교대의 경우는 구체 콘크리트 배면으로 한다.
나. 역T형 교대와 부벽식 교대의 경우는, 벽의 단면 계산에서는 구체

콘크리트 배면, 안정계산에서는 확대기초 뒷쪽 연단에서 연직인 가상배면으로 한다.

(2) 역T형 교대

역T형 교대의 벽, 앞굽판 및 뒷굽판은 켄틸레버보로 설계하여야 한다.

(3) 부벽식 교대

- ① 부벽식 교대의 벽은 부벽으로 지지된 연속보로 설계하여야 한다.
- ② 부벽은 확대기초에 고정되고 보의 높이가 변화하는 T형 단면 켄틸레버보의 복부로 한다.

(4) 경사 교대

경사 교대의 부재계산과 안정계산은 배면의 직각방향 및 교축방향에 대해서 하여야 한다.

(5) 흉벽의 설계

교대의 흉벽은 교대배면에 작용하는 열차하중과 토압 및 열차하중의 충격에 대하여 안전하도록 설계하여야 한다.

(6) 날개벽의 설계

날개벽은 활하중에 의한 재하하중과 토압을 받는 판으로 설계하여야 한다. 이 경우 판은 벽에 고정된 켄틸레버판 또는 벽과 확대기초에 고정되어진 2변 고정판으로 한다.

(7) 교대 배면

교대 뒤채움은 특별히 양질이고 충분히 다져지는 재료를 사용해서 설계 시공하여야 한다.

(8) 특수조건에서의 교대 설계

다음과 같은 경우에는 교대의 특수조건으로 간주하여 연직지지, 수평지지, 전도, 변위, 부재강도가 소요 안전도를 가지도록 관련 요소를 종합적으로 판단하여 설계하여야 한다.

- ① 주동토압 계산시 배면토의 점착력을 고려하는 경우
- ② 교대배면이 절취한 원지반면 또는 구조물에 근접한 경우
- ③ 교대가 연약지반에 놓여 있는 경우

- ④ 교대가 경사면상에 놓여 있는 경우
- ⑤ 사각교대의 경우
- ⑥ 특수구조의 교대

11.4.5 교각의 설계

(1) T형 교각

① 내민보의 설계

가. 교각의 내민보는 기둥 전면의 연직단면을 고정단으로 하는 캔틸레버로 설계한다.

나. 캔틸레버보의 내민길이는 기둥단면이 직사각형인 경우 기둥 앞면에 있어서 연직 단면으로부터 보의 끝까지의 길이로 한다. 원형이나 정다각형 기둥인 경우는 기둥단면적과 같은 면적의 정사각형 기둥단면으로 치환하여 내민길이를 구하도록 한다. 또 기둥단면이 타원형인 경우에는 단면이 반원형과 직사각형으로 이루어진 것으로 하여 원형인 경우의 규정에 따라 내민길이를 구한다.

다. 내민보는 교축방향의 수평력에 대해서도 설계하여야 한다.

② 기둥의 설계

가. 기둥은 가장 불리하게 작용하는 축력과 휨모멘트의 조합에 대해서 설계하여야 한다.

나. 축력과 휨모멘트에 대한 기둥의 설계는 「제10장 콘크리트교」의 해당규정에 따른다.

다. 기둥의 설계에서 비틀림을 고려하는 경우는 「제10장 콘크리트교」의 해당규정에 따른다.

③ 확대기초의 설계

확대기초는 「11.4.6항」의 규정에 의하여 설계하여야 한다.

(2) 라멘교각

① 라멘부재의 절점부는 접속하는 부재 상호간에 단면력이 확실히 전달되도록 하여야 한다.

② 라멘부재의 모서리는 헌치를 붙이는 것을 원칙으로 한다.

③ 응력을 검토하는 경우의 헌치의 유효부분은 <그림 11.4.5>와 같이 한다.

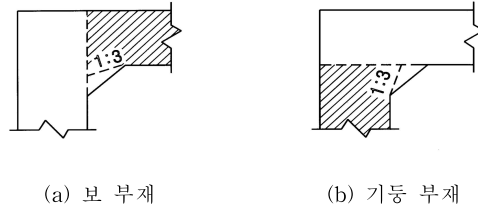


그림 11.4.5 현치의 유효부분

- ④ 단면력을 산출할 때의 축선은 부재단면의 도심축선에 일치시키는 것으로 한다.
- ⑤ 라멘부재 절점부의 설계 휨모멘트는 <그림 11.4.6>과 같이 구한다.

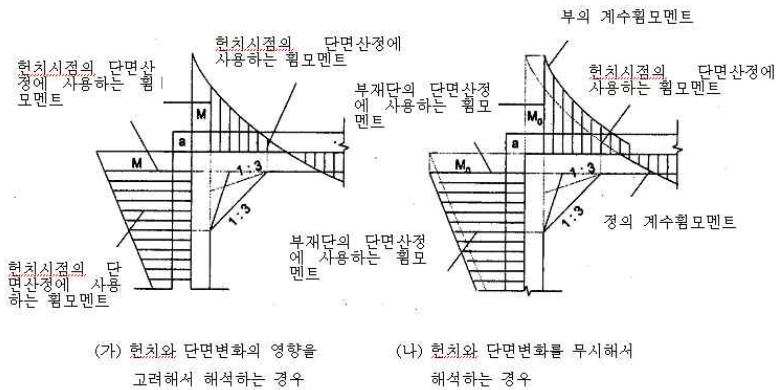


그림 11.4.6 라멘부재 절점부의 설계 휨모멘트

- ⑥ 확대기초가 연속되어 있지 않은 라멘교각에서는 부등침하 및 상대적 수평이동을 고려해서 설계하여야 한다.
- ⑦ 라멘교각의 면외하중에 대한 기둥의 부담률은 강도비에 따라 정합을 원칙으로 하나 기둥의 강도가 별 차가 없을 때는 축력에 비례하여 분배해도 된다.
- ⑧ 내민보 및 기둥은 「11.4.5(1)항」의 규정, 확대기초는 「11.4.6항」의 규정에 따라 설계하여야 한다.

11.4.6 확대기초의 설계

(1) 기본 사항

- ① 확대기초는 캔틸레버, 단순보, 연속보, 고정보 등 보 부재로 설계하여야 한다.
- ② 확대기초는 확대기초 자중 및 흙 등의 상재하중을 기본적으로 고려한다. 또한, 직접기초에서는 지반반력, 말뚝기초에서는 말뚝반력 및 부력을 설계상 가장 불리한 방향으로 고려하도록 한다.

(2) 확대기초의 두께

확대기초는 휨모멘트, 전단력, 편칭전단력 등에 대하여 부재로서 필요한 두께를 확보함과 동시에 강체로 취급되는 두께를 가져야 함을 원칙으로 한다. 또 확대기초 상면의 경사는 원칙적으로 1:2보다 완만하도록 한다.

(3) 휨설계

① 휨모멘트의 계산

- 가. 독립확대기초 및 벽확대기초의 휨모멘트는 캔틸레버보로서 산출하여야 한다.
- 나. 연속확대기초의 기둥사이의 확대기초부는 구조물의 연속성 및 구속조건을 고려하여 설계하여야 한다.
- 다. 연속확대기초의 캔틸레버로서 작용하는 부분은 독립확대기초와 같이 설계하여야 한다.
- 라. 설계단면에 있어서 휨모멘트는 기둥 또는 벽 앞면의 확대기초 전면에 작용하는 하중에 의하여 발생하는 휨모멘트로 한다.

② 휨에 대한 위험단면

- 가. 직사각형단면의 기둥 또는 벽체를 지지하는 확대기초의 위험단면은 기둥 또는 벽체의 전면으로 한다.
- 나. 강철저판을 갖는 기둥을 지지하는 확대기초의 위험단면은 강철저판연단과 기둥전면의 중간으로 한다.
- 다. 원형이나 정다각형 기둥을 지지하는 확대기초는 기둥 단면적과 같은 면적의 정사각형 기둥단면으로 취급하여 위험단면을 결정한다.

(4) 전단설계

① 전단에 대한 위험단면

확대기초의 전단강도를 결정할 때는 다음 위험단면 중 가장 불리한 것으로 하여야 한다.

가. 1방향작용의 위험단면은 기둥 또는 벽체의 전면에서 d거리에 위치하는 전체폭을 가로지르는 평면으로 한다.

나. 2방향작용의 위험단면은 집중하중이나 반력을 받는 구역에서 d/2 거리에 위치하는 둘레에 수직하는 평면으로 한다.

다. 말뚝으로 지지된 확대기초에서는 위험단면의 전단력은 콘크리트구조설계기준 「12.3.2항」에 따라 결정되어야 한다.

② 전단강도 및 설계

확대기초의 전단강도 및 설계는 「제10장 콘크리트교」의 해당규정에 따른다.

(5) 휨철근의 배근

① 확대기초의 주철근은 2방향으로 배근하고, 배근방향은 말뚝배치를 고려하여야 한다.

② 1방향 확대기초와 정사각형 확대기초의 휨철근은 전폭에 걸쳐 균등하게 배치하여야 한다.

③ 2방향 직사각형 확대기초의 휨철근은 다음과 같이 배치하여야 한다.

가. 긴 변 방향의 휨철근은 전폭에 걸쳐 등간격으로 배치하여야 한다.

나. 짧은 변 방향의 휨철근은 <식 (11.4.4)>으로 결정되는 철근량을 확대기초의 짧은 변의 폭만큼의 중심구간 폭에 걸쳐 균등하게 배치하여야 하며, 중심구간폭의 중심선은 기둥 또는 교각의 중심선으로 한다. 나머지 철근량은 기초 중심구간 폭의 외측부분에 균등하게 배치하여야 한다.

$$A_{s,m} = \frac{2}{1 + \beta} A_{s,s} \quad (11.4.4)$$

여기서, $A_{s,m}$: 기초 중심구간 폭에 배치하여야 할 철근량(mm²)

$A_{s,s}$: 기초 짧은 변 방향에 대하여 필요한 총 철근량
(mm²)

β : 확대기초의 짧은 변에 대한 긴 변의 비

- ④ 윗면 철근은 아랫면 철근의 1/3이상을 배근하여야 한다.
- ⑤ 말뚝에 인발력이 생기는 경우는 윗면에 철근을 배근한다.

11.5 기초 설계의 기본 사항

11.5.1 기초의 종류

(1) 기초의 구분

기초의 종류에는 얇은기초와 깊은기초가 있다. 얇은기초는 상부구조물의 하중을 기초저면을 통하여 지반에 직접 전달하는 기초형식으로 독립기초(확대기초), 연속기초, 복합기초, 전면기초 등이 있다. 깊은기초는 상부구조물의 하중을 기초의 선단과 주면을 통하여 지반 속에 전달하며, 여기에는 말뚝기초, 케이슨기초 등이 있다.

(2) 기초의 선정

기초의 종류는 「제3장」 및 「11.2.1항」에서 규정한 조사결과를 토대로 지형 및 지질조건, 구조물의 특성, 시공조건, 환경조건 등을 상세히 검토한 후에 선정해야 한다.

11.5.2 기초의 지지층

(1) 양질의 지지층

양질의 지지층은 구조물의 중요도나 기초에 작용하는 하중의 규모에 따라 달라질 수 있으므로, 일반적으로 다음 사항을 표준으로 한다.

- ① 점성토층을 지지층으로 할 때는 검토가 필요하다.
- ② 사질토층은 N값이 약 30이상이면 양질의 지지층으로 간주한다.
- ③ 강도가 크고 균질한 암반을 지지층으로 하는 경우에는 큰 지지력을 기대할 수 있다. 그러나 암반에 불연속면이 존재하거나 슬레이킹

(Slaking) 등의 영향을 받기 쉬운 경우에는 이들 영향에 대하여 검토를 해야 한다.

(2) 얇은기초 및 케이슨기초

- ① 얇은기초는 측면마찰력을 거의 기대할 수 없으므로 양질의 지지층에 직접 지지시켜야 한다.
- ② 케이슨기초는 양질의 지지층에 관입시켜야 한다.

(3) 말뚝기초

- ① 말뚝기초의 근입깊이(관입깊이)는 상부구조의 형식과 기능, 말뚝의 지지방식, 시공성 등을 고려하여 결정해야 한다.
- ② 지지말뚝에서 말뚝선단의 지지층 내 근입깊이는 말뚝지름 이상을 확보해야 한다.
- ③ 상부구조의 형식이나 기능, 하중규모, 시공성, 지질조건, 특히, 지지층의 깊이 등을 종합적으로 고려하여 지지말뚝으로 하는 것이 불가능하거나 비경제적인 경우에는 필요한 근입깊이를 확보해서 마찰말뚝을 사용할 수도 있다.
- ④ 지반침하가 진행되고 있는 매립지 등에서는 부주면마찰력의 영향을 받으므로 이에 대한 검토를 해야 한다.

11.5.3 설계지반면

(1) 평상시의 설계지반면

기초구조물의 설계지반면은 오랫동안에 걸쳐서 안정된 지층으로 지력을 기대할 수 있어야 하며, 다음 사항을 고려하여 정해야 한다.

- ① 세굴
- ② 압밀침하
- ③ 동결융해
- ④ 시공에 의한 지반의 흐트러짐
- ⑤ 홍수시의 부유물, 동절기의 부빙(浮氷), 또는 선박의 충돌 등의 영향

(2) 내진설계의 설계지반면

얇은기초와 말뚝기초는 기초바닥, 케이슨기초는 상부 슬래브의 윗면을 내진설계의 지반면으로 정해야 한다. 단, 토층이 기초바닥이나 케이슨 상부슬래브의 윗면까지 존재하는 경우에는 이들 토층의 바닥

면을 지반면으로 취해야 한다.

(3) 설계지반면의 결정

설계상 지반면은 다음 조건 중에서 기초설계에 가장 불리한 조건을 택하여 결정한다.

- ① 상시 및 일시상태
- ② 지진시 상태

11.5.4 지반정수

기초의 설계에 필요한 지반의 여러 정수는 지반조사 및 토질시험의 결과를 종합적으로 판단해서 정해야 한다. 특수한 지반조건에서는 하중조건에 따라 보정해야 한다.

11.5.5 기초의 변위량과 지반반력

(1) 기초의 변위량

기초의 변위량에는 단기하중에 의한 탄성변위량과 지속하중에 의한 변위량이 있다. 탄성변위량은 기초에 작용하는 하중이 허용범위 내에 있고 지반을 탄성체로 취급할 수 있는 범위 내의 변위량이다. 지속하중에 의한 변위량에는 압밀침하량과 2차 압축침하량이 있다.

(2) 탄성변위량과 지반반력의 산정

기초에 작용하는 하중에 의한 탄성변위량과 지반반력은 지반을 탄성체로 보고 지반반력계수로부터 산출한다.

(3) 압밀침하량의 산정

- ① 압밀침하량은 기초 최소폭의 2배 깊이 사이에 압밀을 일으키는 점성토층이 존재하는 경우에 산출한다.
- ② 점성토층의 압밀침하량은 기초에 작용하는 하중에 의한 지반내의 수직응력의 증가량에 대해서 구하며, 압밀침하량을 계산하기 위해서는 점성토의 비교란시료에 대한 압밀시험의 결과가 필요하다.
- ③ 특성이 다른 여러 압밀층이 있는 경우에는 각 층의 압밀침하량을 합하여 구한다.

(4) 지반반력계수

지반반력계수는 각종의 조사와 시험 결과를 이용하여 구하고, 기초의

종류, 재하폭, 지반조건, 기초의 설계조건 등을 고려하되, 기초의 종류별로 구분하여 산정한다.

(5) 지진시의 지반의 변위량

지진시의 지반의 변위량은 A, B, C의 3종 지반상태로 나누어 산정해야 한다. 여기에서 각 지반의 정의는 다음과 같다.

- ① A 지반 : 지반의 강도가 표층지반의 깊이방향으로 균일한 경우
- ② B 지반 : 지반의 강도가 표층지반의 상부는 작고 하부에서 큰 삼각형 분포의 경우
- ③ C 지반 : 표층지반의 강도가 2층 이상으로 나누어지는 지반

(6) 구조물의 변위검토

변위의 형태는 연직변위(침하 또는 융기), 수평변위, 경사(회전)로 구분된다. 지진시의 구조물의 변위량은 아래와 같이 산정해야 한다.

- ① 구조물의 변위량은 하중의 종류와 크기, 지반의 성질, 기초와 구조물의 강성 등을 감안하여 산정해야 한다.
- ② 구조물의 변위량은 시방서에서 규정한 허용변위량 이내이어야 한다.
- ③ 구조물과 기초의 허용변위량은 열차를 지지하는 구조물, 하천, 도로, 철도 등을 횡단하는 구조물, 부정정 구조물 등을 고려하여 정해야 한다.
- ④ 기초의 허용변위량은 구조물의 허용변위량과 기초의 변위에 따른 지반의 영향을 고려하여 정해야 한다.

11.5.6 압밀침하가 생기는 지반의 깊은기초

압밀침하가 생기는 지반을 관통하여 양질의 지지층에 닿았기초나 케이슨 기초와 같은 깊은기초를 설치할 경우에는 기초 주변에 생기는 부주면마찰력, 설계지반면이 지반침하의 영향으로 변화함에 따라 수평저항을 기대할 수 없는 부분의 발생, 연직 저항의 저하 등에 대하여 검토해야 한다.

11.5.7 편심하중을 받는 기초

- (1) 연약지반에 설치한 교대와 같이 성토하중에 의해 평상시에 편심하중을 받는 구조물에서 기초의 측방이동의 염려가 있는 경우에는 그 영향에 대하여 검토해야 한다.

- (2) 측방이동에 대한 대책으로는 교대 높이를 낮추어 편심하중을 작게 하거나, 교대의 기초지반을 개량하는 방법 등을 고려할 수 있다. 또한 공법 선정시 성토지반의 안정성을 향상시키는 것이 필요하다.

11.5.8 내진설계

- (1) 기초의 내진설계는 기본적으로 등가 정적해석법에 의한다. 단, 고유주기가 긴 구조물 또는 지반-구조물 동적 상호작용을 엄밀히 분석할 필요가 있는 경우에는 동적해석법을 적용하여 설계할 수 있다.
- (2) 지반의 특성을 고려하여 구조물의 고유주기가 2초 이상인 구조물은 동적해석법에 의하여 설계한다.
- (3) 연약한 지반과 같이 지반의 변위가 크게 발생할 수 있는 경우에는 이를 고려하여 구조물을 설계할 필요가 있다.

11.5.9 하중 및 하중조합

- (1) 기초설계에는 주로 하중 재하시간과 빈도 등을 감안하여 하중상태를 상시, 일시 및 지진시의 3가지로 구분한 후, 각각의 상태에 대한 안정성과 침하량을 검토해야 한다. 또한 하중과 구조계가 상시와 다른 건설 중에 대해서도 검토할 필요가 있다.
- (2) 구조물의 설계에 사용되는 하중조합은 구조물 설계표준에 규정되어 있으므로 그것을 따르되, 기초 설계에 있어서는 그 외에도 부력, 지반변위에 의한 하중 등을 고려할 필요가 있다. 또한, 필요에 따라 다른 하중조합을 고려할 수도 있다.
- (3) 설계계산에 있어서 하중 작용방향은 일반적으로 교축방향과 교축 직각방향을 고려하나, 구조물과 기초의 형상, 경사각 등에 의해 필요하다고 생각되는 방향에 대해서도 검토해야 한다.

11.5.10 재료의 품질

- (1) 기초, 케이슨본체 및 현장타설말뚝 등에 사용하는 철근과 콘크리트의 품질은 콘크리트 표준시방서(2009)를 따른다.
- (2) 강(鋼)말뚝은 그 종류에 따라 그에 해당되는 한국산업표준(KS)에 맞는 품질이나 그 이상의 것을 사용해야 한다.
- (3) 기성 콘크리트 말뚝은 그 종류에 따라 그에 해당되는 한국산업표준

(KS)에 맞는 품질이나 그 이상의 것을 사용해야 한다.

11.5.11 허용응력

- (1) 얕은기초의 기초, 말뚝기초의 기초 및 케이슨본체의 허용응력은 「11.3.6 허용응력」의 값을 기준으로 해야 한다.
- (2) 현장타설말뚝의 허용응력은 「11.3.6 허용응력」의 값을 기준으로 해야 한다.
- (3) 강관 말뚝 및 기성 콘크리트 말뚝의 허용응력은 강재 및 콘크리트 종류에 따라 정해야 한다.
- (4) 조합하중에 대한 허용응력은 기준 허용응력에 「제8장 교량 일반사항 8.3.3 허용응력 설계법」에 규정된 계수를 곱하여 얻는 값으로 해야 한다.
- (5) 시공시의 허용응력은 하중의 성질에 따라 정해야 한다.

11.5.12 기초의 유효근입깊이

연직지지력 산정에 사용되는 기초의 유효근입깊이를 구하는 경우의 지표면은 일반적으로 상시상태의 설계 지반면을 취할 수 있다.

11.5.13 액상화 평가

- (1) 액상화 평가는 간이평가와 상세평가의 순서로 수행해야 한다.
- (2) 액상화 간이평가 방법은 Seed와 Idriss방법 등을 사용한다.
- (3) 액상화 상세평가는 지진응답해석과 실내 진동삼축시험을 사용한다.

11.5.14 부정정 구조물의 기초

부정정 구조물에서는 기초의 안정검토와 구조물의 단면력 산정, 기초에 작용하는 하중의 산정 등을 구할 때 구조물과 기초를 함께 고려한 종합적인 검토가 필요하다.

11.6 얕은기초의 지반공학적 설계

11.6.1 기본조건

- (1) 얕은기초는 지표면 가까운 곳에 견고한 지지층이 존재하고 그 아래 압축성이 큰 토층이 존재하지 않아서 침하량이 허용치를 초과할 가

능성이 없을 때 사용한다.

- (2) 얽은기초의 설계는 다음과 같은 조건을 만족해야 한다.
 - ① 얽은기초에 작용하는 외력에 대하여 지지력이 확보 될 것.
 - ② 얽은기초의 변위가 허용치 이내일 것.
 - ③ 얽은기초의 각 부재가 소요의 강도를 가질 것.
- (3) 기초 주변의 변형, 지질 등의 조건에 따라서 구조물의 영향이 미치는 범위의 안정에 대해서도 검토해야 하며 기초저면은 최소한 동결심도보다 하부에 위치해야 한다.

11.6.2 하중의 분담

- (1) 얽은기초의 지지력 및 침하량 계산시에는, 기초 상부에 작용하는 연직하중, 기초의 자중, 기초 바닥면에 작용하는 수압, 수평하중, 모멘트 등을 고려한다.
- (2) 얽은기초는 측면의 마찰저항을 거의 기대할 수 없으므로 연직하중은 얽은기초 저면지반의 연직지반반력만으로 지지되는 것으로 간주한다.
- (3) 얽은기초는 양질의 지지층에 근입된 깊이가 작기 때문에 수평하중은 근입부분에서는 저항하지 않고 기초저면의 전단력만으로 저항하는 것으로 간주한다. 다만, 안정된 지지층을 지표면 근처에서 확보할 수 있는 경우에는 근입부분에 수평하중을 분담시킬 수 있다.

11.6.3 얽은기초의 연직지지력

- (1) 얽은기초는 기초가 놓인 지반이 파괴(전반, 국부, 편칭파괴)되지 않는 지지력을 갖도록 설계해야 한다.
- (2) 지반의 허용연직지지력은 극한연직지지력을 소정의 안전율로 나눈 값으로 한다.
- (3) 이론적인 극한 지지력은 지반조건, 하중조건(경사하중, 편심하중), 기초형상, 근입깊이, 지반경사, 지하수 영향 등을 고려하여 산정하며, 지지력 계산 방법에 따라 서로 다른 지지력이 계산될 경우에는 설계자의 판단에 따라 적용방법을 선택한다.
- (4) 경험적 방법으로 지지력을 산정하는 경우에는 각 방법의 적용조건을 고려하여 신중하게 적용해야 하며, 기초의 크기, 근입깊이, 지하수위

등에 따라 수정하여 적용한다.

- (5) 평판재하시험, 표준관입시험, 콘관입시험, 공내재하시험, 현장베인시험 등의 현장시험 결과를 이용하여 지반의 지지력을 산정할 수 있으며, 지반상태, 경계조건, 시험특성을 고려한다.
- (6) 암반에 기초가 놓이는 경우에는 암석의 강도, 불연속면의 특성, 풍화 정도, 지하수 등을 고려하여 지지력을 산정한다.

11.6.4 얕은기초의 수평지지력

- (1) 얕은기초의 허용수평지지력은 기초 저면의 전단지지력을 소정의 안전율로 나눈 값으로 한다. 지표면 근처에서 안정된 지지층을 확보할 수 있는 경우에는 기초 전면에 작용하는 수동토압을 안전율로 나눈 값을 적용하여 허용수평지지력으로 고려할 수 있다.
- (2) 기초저면에 있어서 전단저항력이 부족할 경우에는 활동방지벽을 설치하여 전단저항력을 증가시킬 수 있다. 활동방지벽을 설치한 경우의 전단저항력은 기초저면이 아니라 활동방지벽의 선단을 통하는 기초 저면과 평행한 면을 따라 전단저항력을 산출하며, 이 전단면을 가상의 기초저면으로 간주한다.

11.6.5 얕은기초의 전도

기초에 가해진 하중에 따라 기초와 구조물이 전도되지 않도록 안전성을 확보한다.

11.6.6 얕은기초의 침하

- (1) 얕은기초의 침하는 즉시침하, 1차압밀침하, 2차압축침하를 합한 것을 말하며, 기초하중에 의해 발생된 지중응력의 증가량이 초기응력에 비해 상대적으로 작지 않은 영향깊이 내 지반을 대상으로 침하를 계산한다. 쌓기층에 놓이는 구조물은 쌓기층 자체의 장기침하(Creep 침하)를 고려해야 한다.
- (2) 즉시침하는 탄성이론, 평판재하시험의 하중-침하 곡선, 공내재하시험에서 구한 변형계수 등을 이용하여 산정할 수 있다.
- (3) 구조물의 위치에 따라 침하의 크기가 다른 부등침하가 일어나면 구조물에 균열이 발생되거나 구조물이 기울어져 기능과 안전성에 영향

을 받으므로, 부등침하가 허용치를 초과하지 않도록 해야 한다.

- (4) 허용침하량은 균등침하, 부등침하, 각변위 등으로 규정할 수 있으며 구조물의 종류, 형태, 기능에 따라 별도로 정한다. 별도의 기준이 없는 경우에는 국제적인 기준을 적용한다.
- (5) 일반적으로 지반의 침하거동은 특정지점에 대한 제한된 자료로부터 예측된다. 따라서 지반의 침하거동의 예측치를 실제에 적용하는 데에는 한계성이 있으므로 예측한 지반의 침하거동은 현장측정을 통해서 확인되어야 한다.
- (6) 사용하중상태에서 침하속도 및 침하량이 예측값과 부합되는지를 판단하고 대책이 요구되는 경우 구조물 준공 후 일정기간동안 침하를 관측한다.

11.6.7 지반반력계수

- (1) 지반반력계수는 지반의 탄성변형에 의한 변위량과 지반반력을 계산하고 얕은기초의 안정을 해석하는데 이용한다.
- (2) 지반반력계수는 지반의 변형계수 뿐만 아니라 기초 재하면의 형상과 치수 및 강성, 지반변형의 크기, 재하속도, 반복횟수 등에 따라 달라지므로 이를 고려하여 정한다.

11.6.8 특수조건에서의 얕은기초 설계

다음과 같은 경우에는 얕은기초의 특수조건으로 간주하여 설계한다.

- (1) 강도가 작은 토층을 지지층으로 하거나, 높이가 높은 구조물에 대해서는 지진의 영향을 고려하여 설계한다.
- (2) 지지층의 변화가 현저한 경우, 비탈면에 인접한 경우, 기초 지반이 2개층 이상인 경우, 평면치수가 현저히 큰 경우에 대해서는 관련 요소를 종합적으로 판단하여 설계한다.
- (3) 시공에 의해 지반이 교란되어 다짐 등으로 지반강도를 회복할 수 없는 경우와 단계 시공으로 각 단계가 일체구조로 되는 경우에는 필요한 안정검토를 수행해야 한다.

11.6.9 얕은기초 본체의 설계

얕은기초의 본체는 상부구조의 하중, 자중, 토압, 지반반력 등으로부터 결

정되는 단면력에 대해서 「11.3 부재설계일반」을 따라 설계한다. 단, 지진의 영향을 고려하는 경우에는 「11.5.8 내진설계」에서 정한 바에 따른다.

11.6.10 얕은기초 저면의 처리 및 되메움 재료

(1) 기초저면의 처리

얕은기초의 저면은 지지지반에 밀착되고 수평하중에 대한 전단저항을 갖도록 처리해야 한다.

(2) 되메움 재료

기초의 근입부분에 수평력을 분담시키는 경우에는 되메움 재료, 시공조건 등을 설계서에 명시해야 한다.

11.7 깊은기초의 지반공학적 설계

11.7.1 말뚝기초

(1) 기본 조건

말뚝기초는 작용 외력이 허용지지력 이하가 되게 하고, 기초 및 상부구조물의 변위가 각각 허용치 이하가 되도록 설계해야 한다. 허용지지력 및 허용변위는 각각 말뚝의 축방향 및 횡방향의 경우에 대하여 검토해야 하며, 허용지지력은 지반의 허용지지력과 말뚝의 허용하중을 비교하여 작은 값으로 해야 한다.

(2) 하중의 분담

① 말뚝기초의 연직하중은 말뚝에 의해서만 지지되는 것으로 설계하며 기초 푸팅의 지지효과는 무시한다. 다만, 기초의 지지효과에 대하여 신뢰할 수 있는 경우에는 이를 고려한다.

② 말뚝기초의 횡방향 하중은 말뚝에 의해서 지지되는 것으로 한다. 다만, 기초의 깊이가 깊고 되메움이 잘 다져져서 횡방향 하중을 분담할 수 있다고 판단될 때에는 기초 측면의 횡방향 지지력을 고려할 수 있다.

(3) 말뚝의 배열과 간격

① 말뚝의 배열은 연직하중 작용점에 대하여 가능한 한 대칭을 이루며 각 말뚝의 하중 분담률이 큰 차이가 나지 않도록 한다.

- ② 말뚝 간격은 최소한 말뚝중심 간의 거리가 말뚝직경의 2.5배 이상, 기초측면과 말뚝중심 간의 거리는 최소한 말뚝직경의 1.25배 이상으로 한다.

(4) 말뚝의 축방향 허용압축지지력

- ① 말뚝의 축방향 허용압축지지력은 말뚝을 지지하는 지반이 지지력 부족으로 인한 전단파괴를 일으키지 않는 조건을 고려한 허용하중, 말뚝의 허용변위를 고려한 허용하중 및 말뚝 본체 재료의 허용압축응력을 고려한 허용하중을 비교하여 그 중 작은 값을 취해야 한다.
- ② 외말뚝 조건에서 지반의 축방향 허용압축지지력은 축방향 극한압축지지력을 소정의 안전율로 나눈 값으로 한다.
- ③ 외말뚝의 축방향 극한압축지지력은 다양한 방법으로 구할 수 있으나 반드시 신뢰도 및 적용성에 주의해야 한다. 무리말뚝의 경우에는 무리말뚝 효과를 고려해야 한다.

(5) 말뚝의 횡방향 허용지지력

- ① 외말뚝의 횡방향 허용지지력은 실제 말뚝의 거동을 고려하여 허용지지력을 구해야 한다. 외말뚝의 횡방향 허용지지력은 재하시험에 의하여 구하되, 횡방향 재하시험을 실시할 수 없는 경우에는 해석적 방법 또는 횡방향 재하시험 이외의 다른 현장시험 결과를 이용한 방법으로 추정할 수 있다.
- ② 무리말뚝의 경우에는 무리말뚝 효과를 고려해야 하며, 하중특성을 고려하여 횡방향 허용지지력을 감소시켜야 한다.
- ③ 말뚝의 횡방향 허용지지력은 다음의 두 가지를 만족하도록 정해야 한다.

가. 말뚝에 발생하는 휨응력이 말뚝재료의 허용휨응력을 넘어서는 안 된다.

나. 말뚝머리의 변위량(휨방향 변위량)이 상부구조에서 정해지는 허용 변위량을 넘어서는 안 된다.

(6) 말뚝의 축방향 허용인발저항력

- ① 외말뚝의 허용인발저항력은 지반의 축방향 허용인발저항력에 말뚝의 무게를 더한 값과 말뚝본체의 허용인장응력을 고려한 허용하중

중 작은 값으로 한다.

- ② 말뚝의 축방향 허용인발저항력은 인발재하시험을 실시하여 판정하는 것이 가장 바람직하다.
- ③ 인발재하시험 결과를 얻을 수 없는 경우에는 압축재하시험 결과를 통해 얻어진 극한압축주면마찰력으로부터 극한 인발저항력을 추정할 수 있다.
- ④ 무리말뚝의 허용인발저항력에 대해서는 무리말뚝의 영향을 고려한다.

(7) 말뚝기초의 침하

- ① 침하에 의한 구조물의 안정성을 판정할 때에는 외말뚝의 침하량, 무리말뚝의 침하량, 부주면마찰력에 의한 외말뚝의 침하량, 부주면마찰력에 의한 무리말뚝의 침하량 및 부등침하량뿐만 아니라 상부 구조물의 특성도 고려해야 한다.
- ② 허용침하량은 상부구조물의 구조형식, 사용재료, 용도, 중요성 및 침하의 시간적 특성 등에 의해 정한다.
- ③ 외말뚝의 침하량은 압축 정재하시험을 실시하여 평가하는 것이 가장 바람직하다. 압축 정재하시험 결과를 얻을 수 없는 경우에는 침하량 산정 공식이나 해석적 기법을 이용하여 추정할 수 있다.

(8) 말뚝재하시험

- ① 말뚝재하시험은 설계자료를 확보하기 위한 설계목적용과 설계결과의 적정성을 확인하기 위한 확인목적용으로 구분할 수 있다. 재하시험은 단순히 지지력을 확인하는 것 외에 변위량, 말뚝재료의 건전성, 시공방법의 적정성, 지반조건과 시공방법에 따른 말뚝지지력의 시간경과효과, 부주면마찰력 및 지지력의 하중전이 특성 등 다양한 내용들을 확인하기 위하여 실시한다.
- ② 말뚝재하시험을 계획할 때에는 시험의 목적을 달성할 수 있도록 면밀히 검토해야 한다. 계획 시에는 현장상황, 설계개념에의 적합성, 시험 종류 및 방법 선정의 적합성, 시험하중 결정의 적정성, 관련시험규정에의 충족여부, 결과분석방법 및 분석능력의 적정성, 말뚝종류 및 시공방법과의 관련성, 시험횟수와 방법 그리고 시험실시 시기

의 적합성 등을 검토해야 한다.

- ③ 말뚝재하시험에는 정적재하시험방법 또는 동적재하시험방법을 고려할 수 있으며, 하중의 작용방향에 따라 압축시험, 인발시험, 횡방향 시험 등을 고려할 수 있다. 압축재하시험에는 말뚝 및 재하하중 규모에 따라 선정할 수 있는 말뚝머리 재하방법과 말뚝본체에 미리 설치한 가압장치를 이용한 양방향재하시험방법이 있다.

- ④ 말뚝재하시험의 실시시기 및 횟수는 다음 사항을 고려하도록 시방에 명기한다.

가. 말뚝의 지지력은 말뚝종류와 시공방법 및 지반조건에 따라 영향을 받으므로 시험결과의 활용목적에 따라 시험시기를 결정하여 시행해야 한다. 특히 시간경과에 따른 지지력 변화 파악, 설계지지력의 만족여부 평가 등을 목적으로 할 때에는 소정의 시간이 경과한 조건에서 시험한다.

나. 압축정재하시험의 수량은 지반조건에 큰 변화가 없는 경우 최소한 말뚝 250개당 1회 또는 구조물별로 특성을 고려하여 실시한다.

다. 동재하시험의 시공 중 시험(EOID, End Of Initial Driving test)은 시공장비의 성능 확인, 장비의 적합성 판정, 지반조건 확인, 말뚝의 전진도 판정, 시공관리기준 설정 등을 목적으로 실시한다. 시험수량은 지반조건에 큰 변화가 없는 경우 전체 말뚝 개수의 1% 이상(말뚝이 100개 미만인 경우에도 최소 1개)을 실시한다.

라. 시간경과효과 확인을 위하여 지반조건에 따라 시공 후 일정한 시간이 경과한 후 재향타 동재하시험(Restrike test)을 실시한다. 재향타 동재하시험의 빈도는 「다.」항에서 정하는 바와 같다.

마. 지반조건, 시공장비, 말뚝종류 등 제반 시공조건이 변경될 때는 시험횟수를 추가한다. 또한, 중요 구조물일 때에는 시험횟수를 증가시킨다.

(9) 부주면마찰력

- ① 침하가 발생할 우려가 있는 지반에 시공된 말뚝에서는 말뚝주면에 하향으로 작용하는 부주면마찰력이 작용할 수 있다. 이런 경우에는 말뚝본체의 손상을 막고 구조물의 기능을 확보하기 위해서 말뚝의

압축지지력, 말뚝본체 응력 그리고 말뚝머리 침하량에 대하여 부주면마찰력이 미치는 영향을 검토해야 한다.

- ② 말뚝을 설계할 때 부주면마찰력의 영향을 검토하기 위한 하중은 고정하중만 고려하는 것으로 하며 지진시에는 부주면마찰력을 고려할 필요가 없다.
- ③ 부주면마찰력이 큰 경우에는 부주면마찰력 감소방법을 적용해야 한다.

(10) 지반반력계수

- ① 외말뚝의 지반반력계수는 시공방법, 말뚝형상, 하중방향 등의 조건을 고려하여 결정해야 한다.
- ② 무리말뚝의 지반반력계수는 무리말뚝의 영향을 고려하여 산정해야 한다.

(11) 말뚝의 스프링정수

말뚝의 스프링정수에는 축방향 및 축직각방향 스프링정수가 있으며, 이 값은 말뚝반력을 산정하거나 말뚝기초의 탄성침하량을 추정하는데 이용된다.

(12) 말뚝의 반력과 변위량의 산정

- ① 말뚝머리의 반력과 변위량은 확대기초를 강체로 보고 말뚝기초 전체에 작용하는 수평력, 연직력, 회전모멘트에 관해 평형방정식을 푸는 탄성해석법(변위법)을 이용하여 계산한다.
- ② 기초를 강체로 가정할 수 없는 경우로서 기초의 강성과 비교하여 상부구조의 강성이 작은 경우에는 기둥하단에 작용하는 단면력을 하중으로 취급하여 구조계산 모델로 골조해석하여 단면력, 변위량 등을 산정한다.
- ③ 말뚝기초를 라멘구조의 한 부재로서 취급하는 경우는 구조설계 모델에 따라 골조해석을 수행하여 단면력 및 변위량을 구한다.

(13) 말뚝기초의 특수설계

말뚝기초의 특수설계에 있어서는 특수항목에 대한 면밀한 검토와 더불어 축방향지지, 횡방향지지, 변위 및 부재강도가 소요의 안전율을 갖도록 설계해야 한다.

11.7.2 케이슨기초

(1) 기본조건

- ① 케이슨기초란 지상에 구축하거나 지중에 양질의 지지층까지 속파기 공법 등에 의하여 침하시킨 후 그 바닥을 콘크리트로 막고 속을 채우는 중공 대형의 철근콘크리트 구조물로 된 기초형식을 말한다.
- ② 케이슨기초는 상부구조물의 하중과 토압 및 수압뿐만 아니라 시공 중에 받게 되는 모든 하중조건에 대해서도 검토하여 안전하도록 설계한다.
- ③ 케이슨기초의 연직지지력은 주변지지에 의한 하중분담이 작고 거의 저면에서 부담하기 때문에 지내력이 확보되는 지지층에 지지시키도록 하며, 공사 착수 전에 지지지만 확인을 위한 지반조사를 해야 한다.

(2) 하중의 분담

- ① 연직하중은 저면 지반의 지반반력만으로 저항하도록 하되, 케이슨기초의 주변 지반이 양질이어서 케이슨 시공에 의한 교란이 작은 경우에는 주변지반에 의한 마찰저항을 고려할 수도 있다.
- ② 수평하중은 전면 지반의 수평지반반력 및 저면 지반의 전단지반반력으로 저항하는 것으로 한다.

(3) 안정계산

연직하중에 대한 케이슨의 안정계산은 케이슨 저면의 최대지반반력이 지반의 허용지지력을 초과하지 않아야 하며, 케이슨 상단의 침하량이 상부구조물의 허용침하량보다 작아야 한다.

(4) 케이슨의 허용지지력

① 케이슨기초 저면 지반의 허용연직지지력

케이슨기초의 허용연직지지력은 저면 지반의 극한연직지지력과 기초의 침하량을 고려하여 결정하며, 지반의 극한연직지지력에 대하여 소정의 안전율을 확보해야 한다.

② 케이슨기초 저면 지반의 극한연직지지력

가. 케이슨기초 저면 지반의 극한연직지지력은 지반조사 및 시험결과를 이용하여 정역학적 공식에 의해 구할 수 있다.

나. 평판재하시험의 결과를 이용하여 구하는 경우에는 재하판 면적이 실제 구조물 면적과 다르다는 것을 고려하여 시험결과로부터 구한 극한연직지지력을 수정해야 한다.

③ 케이슨기초 전면 지반의 허용수평지지력

가. 케이슨기초 전면 지반의 허용수평지지력은 그 위치에 있어서 지반의 수동토압을 소정의 안전율로 나누어 구한다.

나. 수동토압은 지반조사 및 시험결과에 기초하여 산출해야 한다.

④ 케이슨기초 저면 지반의 허용전단저항력

케이슨기초 저면 지반의 허용전단저항력은 기초 저면과 지반 사이에 작용하는 전단저항력을 소정의 안전율로 나누어 구한다.

(5) 부주면마찰력

침하를 일으킬 우려가 있는 지반을 통과하여 지지층에 도달시킨 케이슨기초는 주면에 작용하는 부주면마찰력에 대하여 검토해야 한다.

(6) 케이슨의 반력과 변위량의 산정

① 지반반력계수

케이슨기초의 설계에 이용하는 지반반력계수는 지반조사 및 시험결과를 검토하여 결정하되, 실제 시공상황을 고려하여 기초저면 하부지반 및 기초 측면지반의 이완계수를 이용하여 구할 수도 있다.

② 지반반력 및 변위량

가. 케이슨기초의 지반반력과 변위량은 케이슨 본체를 강체로 하고, 지반반력계수를 이용하여 계산한다.

나. 케이슨 기초지반의 연직지반반력은 케이슨을 통하여 저면지반에 전달되는 모든 연직하중을 케이슨 저면적으로 나눈 값으로 한다.

다. 케이슨의 주면마찰력은 일반적으로 고려하지 않는다. 그러나 주면마찰력이 분명하게 발생할 것으로 판단될 때에는 그 영향을 고려한다.

라. 연직하중에 의한 케이슨 상단의 총 침하량은 케이슨 본체의 탄성 변위량과 케이슨 저면지반의 침하량을 합한 값으로 한다.

11.8 깊은기초의 구조공학적 설계

11.8.1 말뚝 본체의 설계

- (1) 축방향 압축력 또는 축방향 인발력으로 인한 말뚝 본체 각 부분의 축력은 지반의 하중전이 특성을 고려하여 구한다. 하중전이 특성은 말뚝재하시험시 측정된 말뚝축하중으로부터 결정할 수 있다.
- (2) 축직각방향력과 말뚝머리 모멘트에 의한 말뚝본체 각 부의 휨 모멘트 및 전단력은 말뚝을 탄성지반 상의 보로 가정하여 구한다.
- (3) 말뚝본체 각 부분은 축력, 휨모멘트 및 전단력에 대해 안전하여야 한다. 그리고 전길이가 땅속에 근입된 말뚝은 좌굴을 고려하지 않아도 되며, 지반위로 돌출된 말뚝에서는 좌굴에 의해 단면을 정할 수도 있다.

11.8.2 말뚝의 이음

- (1) 말뚝의 이음은 구조물이 완공된 후에 작용하는 하중에 의한 축방향 압축력, 축방향인발력, 축직각방향력은 물론 시공시의 타입에 따른 하중에 대해서도 충분히 안전하도록 설계해야 한다. 그리고 이음구조는 말뚝본체의 전체강도에 상당하는 강도를 갖도록 설계해야 한다.
- (2) 말뚝을 이음 시공하면 이음부에서의 응력집중, 휨강성의 감소 및 이음부 재료의 피로 등으로 인하여 말뚝의 허용하중이 감소한다. 말뚝 이음에 의한 허용하중의 감소율은 현장조건을 감안하여 <표 11.8.1>의 값을 사용하며, 천공말뚝의 경우에는 말뚝타격에 의한 이음부의 손상이 없기 때문에 감소율을 반으로 줄일 수 있다.

표 11.8.1 말뚝이음에 의한 허용하중의 감소율(이음 1개소당)

이음방법	용접이음	볼트식 이음	콘크리트 채움식 이음
감소율	5%	10%	최초 2개소까지 20% 3개소 이후 30%

- (3) 기성말뚝의 이음부를 시공하려면 현장작업이 빠르기 때문에 이음부

는 시공관리의 영향을 받기 쉽다. 일반적으로 단면력, 이음 개수, 시공성, 경제성 등을 종합적으로 검토하여 선정하여야 한다.

11.8.3 말뚝과 확대기초의 결합부

(1) 기본조건

- ① 말뚝과 확대기초의 결합 방식으로는 강결합과 현지결합이 있으며, 교량 기초의 경우에는 강결합으로 설계하는 것을 원칙으로 한다.
- ② 말뚝과 확대기초의 결합부는 말뚝머리 부분에 작용하는 압축력, 인발력, 수평력 및 모멘트 등 모든 외력에 대해 저항할 수 있도록 설계한다.

(2) 결합방법

말뚝과 확대기초의 결합 방법은 다음 중 적당한 것을 취한다.

① 방법 A

확대기초 속에 말뚝을 일정 깊이만큼 근입시키고, 근입된 부분으로 말뚝머리 휨모멘트에 저항하는 방법이다. 말뚝머리부의 근입길이는 말뚝지름 이상으로 하며, 강관말뚝, PC말뚝, PHC말뚝, RC말뚝 등에 적용할 수 있다.

② 방법 B

확대기초 속으로 근입되는 말뚝의 길이를 최소한으로 하고, 주로 철근을 보강함으로써 말뚝머리 휨모멘트에 저항하는 방법이다. 말뚝머리부의 근입길이는 100mm로 하며, 강관말뚝, PC말뚝, PHC말뚝, RC말뚝, 현장타설말뚝 등에 적용할 수 있다.

11.8.4 말뚝시공시 검토사항

- (1) 말뚝을 운반하거나 설치할 때의 응력에 대해 검토하여야 한다.
- (2) 말뚝을 타입할 때 말뚝본체에 발생하는 충격응력은 말뚝 주변 지반과 선단지반의 성질에 관계되며, 일반적인 지반 조건의 경우에는 특별히 검토할 필요는 없다. 다만, 말뚝의 선단지반이 단단한 경우에는 말뚝선단부분에 생기는 응력이 다른 부분에 생기는 응력보다 증대할 가능성이 있고, 또 말뚝선단이 연약지반에 타입될 경우에는 압축응력과 동일한 정도의 인장응력이 반사된다. 따라서 이와 같은 경우에는

타입시의 안전성을 확보하여야 한다.

11.8.5 말뚝기초의 구조상세

(1) 기성 철근콘크리트 말뚝

- ① 기성 철근콘크리트 말뚝은 KS F 4301(원심력 철근콘크리트 말뚝)의 규격에 적합한 것을 표준으로 한다.
- ② 기성 철근콘크리트 말뚝의 선단(대부분 폐쇄형)은 타입에 대해 충분히 안전함과 동시에 지반에 알맞은 구조라야 한다.
- ③ 기성 철근콘크리트 말뚝의 머리부는 타격시 편타 등으로 인해 말뚝 머리부에 작용하는 응력이 과도하게 커질 수도 있으므로 충분한 보강이 필요하다.
- ④ 기성 철근콘크리트 말뚝의 이음은 원칙적으로 이음 철구를 이용한 아크용접 이음으로 한다.

(2) PC말뚝과 PHC말뚝

- ① PC말뚝과 PHC말뚝은 KS F 4303(프리텐션 방식 원심력 PC말뚝), KS F 4306(프리텐션방식 원심력 고강도 말뚝)의 규정에 적합한 것을 표준으로 한다.
- ② PC말뚝과 PHC말뚝의 선단(대부분 개방형)은 타입에 대하여 충분히 안전하고 시공법을 고려한 구조이면서 지반에 알맞은 구조이어야 한다.
- ③ PC말뚝과 PHC말뚝의 머리 부분은 타격시 편타 등에 의해 말뚝머리에 국부적으로 큰 응력이 발생할 수도 있으므로 충분히 보강해야 한다.
- ④ PC말뚝과 PHC말뚝의 이음은 원칙적으로 이음철구를 사용한 아크용접 이음으로 한다.
- ⑤ PC말뚝과 PHC말뚝의 머리부를 절단할 경우에는 필요에 따라 머리 말뚝의 머리부에 보강철근을 배치한다. 보강철근의 배치는 철근의 덮개와 간격, PC강재의 배치 및 말뚝머리 절단에 의한 PC강재의 응력 감소 범위(강재 지름의 50배)에 따른 정착길이를 고려하여 결정한다.

(3) 현장타설말뚝

- ① 현장타설말뚝에는 공법이나 사용장비, 재료에 따라 표준이 되는 말뚝지름이 있다. 일반적으로 사용되고 있는 설계지름은 올케이싱공법, RCD공법 및 어스드릴공법에서 각각 1m, 1.2m, 1.5m정도이다. 또 인력공법에서는 시공의 안전성면에서 설계지름과 최대굴착깊이의 관계를 지름 1.4m일 때 깊이 10m정도, 지름 2m일 때 깊이 20m정도, 지름 3m일 때 깊이 30m정도로 하는 것이 적당하다.
- ② 현장타설말뚝 표면에서 주철근 중심까지의 간격은, 케이싱의 존재, 지반의 요철, 철근망의 집어넣기 등 현장타설말뚝의 시공성을 고려하여, 150mm를 표준으로 한다. 인력공법에서는 흙막이재를 철거할 경우에는 250mm, 철거하지 않을 경우에는 100mm를 표준으로 한다.
- ③ 주철근은 지름 22mm이상의 이형철근을 6개 이상 사용하며, 철근량은 0.4%이상 6%이하(인력공법은 제외), 철근의 순간격은 철근 지름의 2배 이상 또는 조골재 최대치수의 2배 이상으로 하여야 한다. 주철근에는 갈고리를 붙이지 않으며, 주철근의 배근은 한겹배근으로 한다.
- ④ 띠철근은 지름 13mm이상의 이형철근을 사용하고, 중심간격을 500mm이하로 기준하되 상세내용은 콘크리트구조설계기준을 준용한다. 다만, 확대기초 저면으로부터 말뚝지름의 2배의 범위 안에는 띠철근의 중심간격을 150mm이하로 하고 철근량을 측단면적의 0.2% 이상으로 한다.
- ⑤ 철근망을 조립할 때는 보관, 운반 및 매달림시의 변형을 방지하기 위해 조립용 띠철근으로 보강해야 한다.
- ⑥ 철근의 이음은 「제10장 콘크리트교편 10.5 철근의 정착 및 이음」 또는 콘크리트구조설계기준의 해당항목을 따른다.

(4) 강관말뚝

- ① 강관말뚝은 KS F 4602(강관말뚝)의 규격에 적합한 것을 표준으로 한다. 강관말뚝의 길이는 수송방법이나 시공장비의 능력에 따라 다르지만, 일반적으로 표준길이를 6m이상 12m이하(0.5m 단위로 증가)

로 한다.

- ② 강관말뚝의 두께는 압축, 인장, 휨, 전단 등 말뚝에 생기는 모든 응력에 대해 안전한 두께에 부식에 의한 감소두께를 더한 값 이상으로 하며, 최소 9mm이상으로 한다. 시공시 말뚝에 생기는 응력에 대해서는 전단면이 유효한 것으로 한다.
- ③ 강관말뚝의 부식에 의한 감소 두께는 말뚝이 흙이나 물에 접하는 면에 대해서 고려한다. 다만, 강관의 안쪽면에 대해서는 고려하지 않아도 된다.
- ④ 방식처리는 도장, 유기질 라이닝, 무기질 라이닝, 철판감기 및 전기 방식 방법 등을 적절하게 사용할 수 있다.
- ⑤ 말뚝머리가 타입에 의해 손상을 입을 우려가 있는 경우에는 강관말뚝의 두께를 증가시키거나 해머의 선택에 주의하여야 한다.
- ⑥ 말뚝 선단이 장애물 등에 의해 손상을 입을 우려가 있거나 굳은 지반에 쉽게 타입되도록 할 경우에는 필요에 따라서 보강하여야 한다.
- ⑦ 강관말뚝의 현장이음은 원칙적으로 이음철구를 이용한 전둘레, 전두께 아크용접 이음으로 한다.

11.8.6 케이슨 설계의 기본 사항

- (1) 케이슨기초의 설계 계산에 있어서는 준공 후의 지반반력, 변위량 및 케이슨 각부의 응력 및 시공시의 케이슨 각 부분의 응력 등을 고려해야 한다.
- (2) 케이슨기초는 시공시의 응력검토가 매우 중요하므로, 시공시의 여러 조건으로 케이슨 각부의 응력계산을 실시하여야 한다. 검토를 요하는 시공과정에서의 특별한 경우는 다음과 같다.
 - ① 케이슨이 침하 작업에 들어간 직후
 - ② 침하 작업 중에 각 리프트 사이에 생기는 매달린 상태
 - ③ 최종침하가 끝나기 직전에 작업실 내압이 정전 등의 사고로 급격히 감소되는 경우와 같은 최악의 하중상태
 - ④ 케이슨의 침하 완료 후, 물푸기를 실시하는 경우에 케이슨 내부가 빈 상태

11.8.7 케이슨의 크기와 형상

(1) 케이슨 본체의 크기

- ① 케이슨 본체의 크기는 기초의 안정 계산에 대하여 충분히 안전하여야 하며, 케이슨 상단의 치수는 케이슨으로 지지하는 구조물의 형상과 치수에 대하여도 여유를 가져야 한다.
- ② 오픈케이슨의 평면 크기는 시공의 확실성, 용이성, 안전성을 생각하여 20m이하로 하고, 이것보다 클 때는 특별한 배려를 하여야 한다.
- ③ 공기케이슨의 최소 크기는 작업성을 생각하여 안쪽 크기를 4m이상으로 하고, 작업실의 높이는 굴착작업을 고려할 때 2m정도가 필요하다. 케이슨 상부슬래브와 구체의 이음부 및 지수벽과 구체사이에 있어서 시공상 여유를 필요로 하는 경우에는 케이슨 본체를 크게 하여야 한다.

(2) 케이슨 단면의 형상

- ① 케이슨기초의 단면형상으로는 직사각형, 원형, 트랙형으로 구분할 수 있다.
- ② 케이슨 단면이 클 경우에는 벽체에 생기는 휨응력, 구체의 비틀응력을 작게 하기 위하여 칸막이를 둘 필요가 있다. 다만, 오픈케이슨의 경우에는 칸막이를 두면 작업이 어렵게 되기 때문에 경제성도 생각하여 검토한다.
- ③ 왕복차선이 분리되어 있는 교량은 하나의 큰 케이슨 위에 상부구조를 세우지 않고 2개의 케이슨으로 나누는 경우가 있는데, 이 경우에는 시공중에 두 개의 케이슨 사이에 미치는 종합적인 영향을 고려하여야 하며 지반반력계수를 감소시켜야 한다.

(3) 케이슨의 침하관계도 작성

- ① 케이슨의 형상과 크기가 결정되면, 케이슨의 침하관계를 가정하고 침하작업에 지장이 있는지 여부를 검토한다. 그 결과, 케이슨의 구체중량이 상당히 가벼운 경우에는 벽을 두껍게 하는 등의 조치가 필요하다.
- ② 케이슨의 침하저항에는 케이슨 주면마찰력, 케이슨의 경사로 인한 저항, 케이슨의 날끝저항 등이 있다. 케이슨의 주면마찰력의 크기는

경험적으로 <표 11.8.2>과 같다. 이 값은 케이슨의 경사가 작고, 마찰 컷이 부착되어 있으며, 날끝저항은 전혀 없다는 조건을 만족하는 비교적 침하여건이 좋은 경우에 대한 값이다.

표 11.8.2 케이슨의 주변마찰력(kN/m^3)

토질 \ 케이슨 깊이	8 m	16m	25m	30m	40m
점성토	5	6	7	9	10
사질토	14	17	20	22	24
모래자갈	22	24	27	29	31

11.8.8 케이슨 본체의 설계

(1) 케이슨 본체의 측벽과 칸막이

케이슨 본체의 측벽과 칸막이는 시공시와 완성 후의 각종 하중의 조합에 대해서 설계한다.

(2) 상부 슬래브

케이슨 측벽과 교각 구체 사이에 설치하는 상부 슬래브는 측벽과 상부 슬래브의 결합 상태를 고려하여 설계한다.

(3) 상부 슬래브 지지부

상부 슬래브 지지부를 단순지지로서 설계하는 경우에는 다음의 규정을 따른다.

- ① 상부 슬래브 지지부는 상부 슬래브 밑면에 작용하는 외력을 받는 것으로 하여 설계한다.
- ② 상부 슬래브 지지부는 상부 슬래브의 부상, 지지부의 지압, 활동에 대하여 검토한다.
- ③ 활동에 대해서는 지지면에 요철을 만들어 충분히 밀착시켜 마찰로 저항하도록 한다. 그리고 마찰만으로 저항할 수 없는 경우에는 활동 방지벽을 두는 방법을 강구한다.

(4) 오픈케이슨의 저면 슬래브

저면 슬래브의 두께는 안전성과 시공오차를 고려하여 최소 2 m 이상을 확보한다. 오픈케이슨에서는 저면 슬래브를 통하여 저면지반의 반력을 측벽 또는 칸막이에 전달시킨다.

(5) 날끝

- ① 날끝은 케이슨의 침하가 용이한 형상으로 하고, 침하 중에 안전하도록 설계하여야 한다.
- ② 날끝은 예상할 수 있는 최악의 하중에 대하여 캔틸레버로서 계산한다.

(6) 공기케이슨의 작업실 천정 슬래브 및 천정 슬래브 행거빔

- ① 공기케이슨의 작업실 천정 슬래브는 시공시 및 완성 후의 하중상태에 가장 불리한 조합에 대하여 안전하여야 한다.
- ② 칸막이를 가지는 케이슨 작업실 천정 슬래브 행거빔은 칸막이 하부를 이용하고 작업실 천정 슬래브에 작용하는 하중을 분담하는 보로 설계하는 것으로 한다.

(7) 흉벽

흉벽은 그 상부에 설치될 차수벽의 구조형식을 고려하여 설계한다.

11.8.9 케이슨기초의 구조상세

(1) 시공 이음

케이슨의 침하 도중에 주위 흙의 붕괴, 장기간의 방치에 의한 벽면의 부착 또는 케이슨의 경사 등에 의해 부분적으로 구체가 들뜨는 상태로 되는 수가 있다. 따라서 이들의 최악의 상태를 예상하여, 각 리프트 사이의 시공 이음에 측벽연직방향의 보강철근을 넣어야 한다.

(2) 차수벽 또는 토류벽

침하 완료시의 케이슨 상단이 수면 또는 지반면보다 아래에 있는 경우에는 교대나 교각 구체를 구축하기 위해서 차수벽이나 토류벽을 설치한다.

(3) 칸막이에 설치하는 통수구멍

칸막이를 둔 케이슨을 침하시키는 경우에는 칸막이에 통수구멍을 설치하는 것이 좋다. 통수구멍은 지름 40~50mm 정도로 칸막이의 하부

에 1m^2 당 1개 정도 설치한다. 통수구멍을 설치하지 않는 경우에는 칸막이의 수평철근이 수압에 충분히 견딜 수 있도록 사전에 보강한다.

(4) 공기케이슨의 샤프트구멍 주변

샤프트는 앵커 볼트에 의해 작업실 천정 슬래브에 결합되어 있으나, 이 주변 부분은 작업실 천정슬래브의 주철근이 불연속으로 되므로, 환상철근이나 경사철근으로 충분히 보강한다.

제 12 장 터널

제 12 장 터널

12.1 총칙

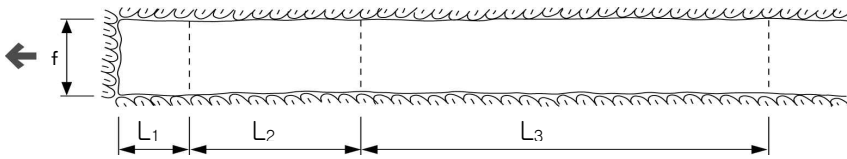
12.1.1 적용범위

- (1) 이 터널편은 지반을 개착하지 않고 굴착(Mined)하여 시공하는 철도터널공사의 계획, 설계에 대한 기준이다. 조사와 관련된 사항은 「12.4 조사」에서 정하는 바에 따르며 개착식터널은 「12.17 개착터널」의 기준을 따른다.
- (2) 설계를 위한 조사의 제한성 및 실제지반 변화의 다양성 등 터널설계의 특성으로 인하여 설계내용을 현장여건에 적합하도록 변경하는 경우에도 이 기준을 적용한다.
- (3) 이 기준에서 규정하지 않은 사항은 다른 관련 설계기준에서 정하는 바에 따라 설계하며 특수한 경우에는 별도로 정하여 설계할 수 있다.

12.1.2 용어의 정의

이 설계기준에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

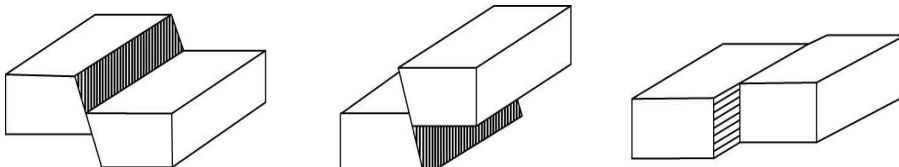
- (1) 경사 : 층리면(지층면), 단층면, 절리면 등의 지질 불연속면이 수평면에 대하여 최대로 기울어진 각도를 말하며, 경사방향은 주향과 항상 직교하게 나타나며, 진북을 기준으로 측정한다.
- (2) 계측 : 터널굴착에 따른 주변지반, 주변구조물 및 각 지보재의 변위 및 응력의 변화를 측정하는 방법 또는 그 행위를 말한다.
- (3) 굴진면(또는 막장면) : 터널굴진방향에 대한 굴착면을 말하며 거의 연직에 가까운 것이 대부분이다. 또한 굴진면 후방의 20~30m 구간의 굴착작업이 주체적으로 실시되는 영역을 굴착부(막장부)라고 한다.
- (4) 굴착공법 : 굴진면 또는 터널굴착방향의 굴착계획을 총칭하는 것으로서 전단면굴착공법, 분할굴착공법, 선진도갱굴착공법 등이 있다.
- (5) 굴착방법 : 굴진면의 지반을 굴착하는 수단을 말하며 인력굴착, 기계굴착, 파쇄굴착, 발파굴착방법 등이 있다.



(f : 굴진면, L_1 : 굴진구역,
 L_2 : 굴착구역, L_3 : 후방구역)

그림 12.1.1 굴진면과 굴착부

- (6) 기계굴착 : 브레이커(핸드, 소형, 대형), 굴착기, 전단면 터널굴착기계(TBM) 등을 이용하여 터널을 굴착하는 방식을 말하며, 전단면 터널굴착은 양호한 암반에서 전단면을 굴착하는 open TBM 방식과 연암 이하의 지반에서 전단면을 굴착하는 쉴드(shield) TBM 방식이 있다.
- (7) 내공변위 : 터널굴착으로 발생하는 터널 내공형상의 변화를 말하며 통상 내공단면의 축소량을 양(+)의 값으로 한다.
- (8) 뇌관 : 폭약 또는 화약을 기폭시키기 위해 사용되는 기폭약 또는 침장약이 장전된 관체를 말한다.
- (9) 단면확폭부 : 일반구간보다 단면이 확폭 변화된 단면구간을 말한다.
- (10) 단층 : 지각의 응력에 따라 생긴 일정 규모 이상의 전단파괴면에서 양측에 상대적으로 어긋남을 가지는 선상 또는 대상의 부분을 말한다.



(a) 정단층

(b) 역단층

(c) 주향이동단층

그림 12.1.2 단층의 종류

- (11) 대피로 : 터널 내의 화재 발생시 안전지역으로 대피자를 탈출시키기 위한 공간으로 본선터널과 평행한 별도의 터널이나 경사갱 및 연직갱 등을 말한다.
- (12) 동상방지층 : 노상의 동결에 따른 동상피해를 억제하기 위하여 동결깊

이 만큼의 노상을 동상방지 재료로 치환하는 층을 말한다.

- (13) 동적해석법 : 지반 및 구조물의 거동을 동적으로 산정하는 해석법으로 가속도의 시간이력을 사용하는 시간이력 응답해석법과 응답스펙트럼을 사용하는 설계 스펙트럼 해석법이 있다.
- (14) 디스크커터(Disk Cutter) : TBM 등 각종 기계굴착기에 부착되는 원반 형의 커터로 회전력과 압축력에 의해 암반을 압쇄시켜 굴착한다.
- (15) 록볼트(Rock Bolt) : 굴착암반면의 보강을 위하여 삽입하는 볼트이며, 암반을 일체화함으로써 원지반의 안정을 위하여 설치한다. 록볼트의 정착방식에는 선단정착방식, 전면정착방식 및 병용방식이 있다.
- (16) 록볼트 인발시험 : 록볼트의 인발내력을 평가하기 위한 시험을 말한다.
- (17) 록볼트 축력 : 지반에 설치된 록볼트에 발생하는 축방향 하중을 말한다.
- (18) 미기압파(Micro Pressure Wave) : 열차의 터널 진입으로 인하여 발생된 압축파가 터널을 따라 열차진행 방향으로 전파되어 출구에서 급격히 방출 팽창됨으로써 생성되는 큰 음압레벨의 충격파(Impulsive Wave)를 말한다.
- (19) 밀폐형 쉘드TBM : 격벽을 갖고 있으며 굴진면과 격벽 사이의 챔버(Chamber) 내를 버력 또는 이수로 채우고, 버력 또는 이수에 필요로 하는 압력을 유지시켜 굴진면의 안정을 도모하는 구조의 쉘드TBM을 말한다.
- (20) 바닥부 : 터널단면의 바닥부분을 말한다.
- (21) 발진터널 : TBM의 초기 굴착 시 TBM본체의 발진을 위한 터널로서 발과굴착, 기계굴착 등에 의해 시공되며, 일반적으로 TBM 본체길이 정도의 공간이 필요하다.
- (22) 발과굴착 : 착암기나 점보드릴 등 천공장비에 의해 천공된 공에 화약을 장약하여 그 폭발력을 이용하여 암반을 굴착하는 방법을 말한다.
- (23) 배연(Smoke Exhaust) : 화재 시 발생하는 연기 및 열기류를 화재지점으로부터 외부로 배출하는 것을 말한다.
- (24) 버력 : 터널 굴착과정에서 발생하는 암석덩어리, 암석조각, 토사 등의 총칭이다.

- (25) 벤치(Bench) : 터널 단면을 상·하로 분할하여 굴착하는 경우에 분할면을 벤치(Bench)라 한다.
- (26) 벤치길이 : 분할굴착 시 상단부 굴진면과 하단부 굴진면 간의 터널 축방향 이격거리를 말한다.
- (27) 변형여유량 : 굴착에 따른 지반 변형이 있더라도 계획 내공단면이 확보될 수 있도록 미리 예상되는 지반 변형량 만큼 여유를 두어 굴착하는 내공 반경방향의 여유량을 말한다.
- (28) 보조지보재 : 굴착 시 지반의 지지능력을 보완해 주는 지보재로서 주지보재를 제외한 지보재의 총칭이다.
- (29) 불연속면(Discontinuities In Rock Mass) : 모든 암반 내에 존재하는 절리, 퇴적암에 존재하는 층리, 변성암에 존재하는 엽리, 대규모 지질구조와 관련된 단층과 파쇄대 등 암반에서 나타나는 모든 연약면을 총괄하여 일컫는 말이다.
- (30) 비상전원 : 상시전원(정상적인 상태에서 외부로부터 전력을 공급받아 사용하고 있는 전력공급원)이 사고나 고장으로 인하여 공급되지 못할 경우에 사용하기 위한 전력공급원을 말한다.
- (31) 비상조명 : 화재 등 사고로 인한 갑작스런 정전 시 이차사고를 방지하고 안전하고 원활한 피난활동을 할 수 있도록 설치하는 예비조명을 말한다.
- (32) 섬유보강 쏿크리트(Fiber Reinforced Shotcrete) : 쏿크리트의 역학적 특성을 보완하기 위하여 강(steel) 또는 기타 재료의 섬유를 혼합하여 타설하는 쏿크리트를 말한다.
- (33) 세그먼트(Segments) : 터널, 특히 쉴드터널공법에 사용되는 라이닝을 구성하는 단위조각으로, 재질에 따라 강관을 용접한 강재세그먼트, 철근콘크리트제의 콘크리트 세그먼트, 주조에 의하여 제조된 주철 세그먼트 및 콘크리트 세그먼트의 단면에 지벨이 붙은 강관을 배치한 합성 세그먼트 등이 있다.
- (34) 쏿크리트(Shotcrete) : 굳지 않은 콘크리트를 가압시켜 노즐로부터 뿜어 내어 소정의 위치에 부착시켜 시공(타설)하는 콘크리트를 말한다.
- (35) 쉴드TBM(Shield TBM) : 주변 지반을 지지할 수 있는 보호강판

- (Shield)이 부착되어 있는 TBM을 말한다.
- (36) 스프링 라인(Spring Line) : 터널의 상반 아치의 시작선 또는 터널단면 중 최대폭을 형성하는 점을 중방향으로 연결하는 선을 말한다.
- (37) 스킵(Skip) : 연직갱을 통하여 버력 등을 운반하는 데 사용되는 운반용구를 말한다.
- (38) 습곡(Fold) : 화성암, 변성암, 퇴적암에서 변형 전 평면에 가까운 면들이 변형에 따라 물결처럼 굽어 있는 구조를 말한다.
- (39) 시스템 록볼트(System Rock Bolt) : 일정한 간격과 길이로 규칙적으로 배열하는 록볼트 설치형식을 말한다.
- (40) 신호기 : 운행 중인 차량이나 열차에 통행의 우선권 등 포괄적인 지시를 하는 장치를 말한다.
- (41) 안전영역(Safety Zone) : 터널의 안전에 영향을 미치는 정도를 규정한 터널 주변의 영역으로서 각 영역별로 터널안전을 위한 대책을 강구하도록 규제하는 영역을 말한다.
- (42) 애추(Talus) : 식생피복이 되어 있지 않은 급한 기울기의 비탈면 아래에 풍화암 부스러기가 풍화작용 및 중력 작용으로 인하여 낙하함으로써 군집 형성된 돌무더기의 퇴적물을 말한다.
- (43) 어깨(Shoulder) : 터널의 천장과 스프링 라인의 중간점(사이구간)을 말한다.
- (44) 언더피닝(Underpinning) : 기존 구조물이나 기초를 변경 혹은 확대하거나 인접공사 등으로 보완이 필요한 경우 기존 구조물을 보강 또는 지지하는 공법을 말한다.
- (45) 여굴 : 터널굴착공사에서 계획한 굴착면보다 더 넓게 굴착된 것을 말한다.
- (46) 엽리 : 변성암에 나타나는 지질구조로 암석이 재결정 작용을 받아 같은 광물이 판상으로 또는 일정한 띠를 이루며 형성된 지질구조를 말한다.
- (47) 외판(Skin Plate) : 쉴드TBM에서 굴진장치, 세그먼트 조립장치 등을 감싸고 있는 원통형의 판을 말한다.
- (48) 용출수 : 터널의 굴착면으로부터 용출되는 지하수를 말한다.
- (49) 응답변위법 : 표층지반의 진단진동에 따른 변위를 지반 속에 위치한 터

널에 입력함에 따라 터널의 변형과 응력을 산정하는 내진설계의 한 방법을 말하며, 지진 시 지층지반의 변위는 일반적으로 수평변위를 대상으로 하고 응답스펙트럼에서 계산식으로 구하는 방법과 유한요소법 등의 진동모델에서 진동파형을 입력하여 구하는 방법이 있다.

- (50) 이렉터(Erector) : TBM의 구성요소로 세그먼트를 들어 올려 링으로 조립하는데 사용하는 장치를 말한다.
- (51) 이완영역 : 터널굴착으로 인해 터널 주변의 지반응력이 재분배되어 다소 느슨한 상태로 되는 범위를 말한다.
- (52) 인버트(Invert) : 터널단면의 바닥 부분을 통칭하며, 원형터널의 경우 바닥부 90°구간의 원호 부분, 마제형 및 난형 터널의 경우 터널 하반의 바닥 부분을 지칭한다. 인버트의 형상에 따라 곡선형 인버트와 직선형 인버트로 분류하며, 인버트 부분의 콘크리트라이닝 타설 유무에 따라 폐합형 콘크리트라이닝과 비폐합형 콘크리트라이닝으로 분류한다.
- (53) 일상계측 : 일상적인 시공관리를 위해 실시하는 계측으로서 지표침하, 천단침하, 내공변위 측정 등이 포함된 계측이다.
- (54) 자가발전설비 : 외부 전원의 정전에 대비하여 전기 수용자가 별도로 설치한 발전전원설비를 말한다.
- (55) 잭 스트로크(Jack Stroke) : 쉴드TBM의 추진과 세그먼트의 조립을 위한 잭의 유효 길이를 말한다.
- (56) 전기탐사 : 물리탐사법의 일종으로 지반전류의 물리현상을 대상으로 하여 자연전위, 비저항을 측정하며 지반구조, 지하수 등을 조사하는 방법이다.
- (57) 절리 : 암반에 존재하는 비교적 일정한 방향성을 갖는 불연속면으로서 상대적 변위가 단층에 비하여 크지 않거나 거의 없는 것을 말하며 성인은 암석 자체에 의한 것과 외력에 의한 것이 있다.
- (58) 접속부 : 단면의 형태 및 규모가 같거나 다른 터널이 서로 접속되는 구간을 말한다.
- (59) 정밀계측 : 정밀한 지반거동 측정을 위해 실시하는 계측으로서 주로 종합적인 지반거동 평가와 설계의 개선 등을 목적으로 수행한다.
- (60) 제연(Smoke Control) : 화재 시 연기 및 열기류의 흐름방향을 제어하

는 것을 말한다.

- (61) 주지보재 : 굴착 후 시공하는 지보재로서 보조지보재 및 콘크리트라이닝을 제외한 지보재의 총칭이며 강지보재, 슛크리트 및 록볼트 등으로 구성된다.
- (62) 주향 : 불연속면(층리면, 단층면, 절리면 등)과 수평면의 교선방향을 진북 방향으로 기준하여 측정한 방위를 말한다.
- (63) 지구물리탐사(Geophysical Exploration) : 지구물리학적 방법에 의해 파쇄대의 존재, 지하수분포의 상태, 지질특성 및 지질구조 등을 조사하는 방법으로서, 중력탐사, 자력탐사, 전기탐사, 전자탐사, 탄성파탐사, 방사능탐사 등이 있다.
- (64) 지반 : 건설공사에 관련한 지구의 표층 부분이며, 구조물의 기초나 굴착 등의 대상이 되는 부분이다.
- (65) 지반조건(Ground Condition) : 터널주변 지반의 지형, 지질, 수리·수문 조건 등을 말한다.
- (66) 지보재 : 굴착 시 또는 굴착 후에 터널의 안정 및 시공의 안전을 위하여 지반을 지지, 보강 또는 피복하는 부재 또는 그 총칭을 말한다.
- (67) 지보패턴 : 터널굴진면의 지반 상태와 터널 천단부 및 그 상부의 지반 상태, 시공성 등을 고려하여 터널의 안정성이 확보되도록 미리 설정해 놓은 지보 형태를 말하며, 터널굴착 후 조기에 설치하여 터널의 안정을 피하기 위하여 설치하는 슛크리트, 록볼트, 강지보공과 보조공법 등을 조합한 것이다.
- (68) 지중변위 : 터널굴착으로 인해 발생하는 굴착면 주변지반의 변위로서 터널 반경방향의 변위를 말한다.
- (69) 지중침하 : 터널을 굴착할 때 인접된 원지반은 침하변위를 일으키며 터널 천장부를 기점으로 하여 지표로 갈수록 각 지층의 침하량은 깊이별로 서로 다르게 나타나는데 이때의 깊이별 침하를 말한다.
- (70) 지표침하 : 터널굴착으로 인하여 지표면이 침하되는 형상을 말한다.
- (71) 지하매설물 : 지표하부에 묻혀있는 인공구조물 또는 인공시설물로서 지장물이라고도 말한다.
- (72) 질소산화물(NOx) : 엔진 내에서 연료의 연소 시 고온에 의하여 공기

중의 질소와 산소가 열반응하여 생성되는 물질을 말한다.

- (73) 천단침하 : 터널 굴착으로 인해 발생하는 터널 천장의 연직방향의 침하를 말하며, 기준점에 대한 하향방향의 절대 침하량을 양(+)의 천단 침하량으로 정의한다.
- (74) 천장부(Crown) : 터널의 천단을 포함한 좌우 어깨 사이의 구간을 말한다.
- (75) 초기응력 : 굴착 전에 원지반이 가지고 있는 응력을 말한다.
- (76) 추력(Thrust Force) : TBM 등의 기계굴착방법에서 커터헤드의 굴착면으로의 추진력을 말한다.
- (77) 측벽부(Wall) : 터널어깨 하부로부터 바닥부에 이르는 구간을 말한다.
- (78) 측선 : 계측을 위해 설정한 측점 사이의 최단거리에 해당하는 가상의 선을 말한다.
- (79) 층리 : 퇴적암이 생성될 때 퇴적 조건의 변화에 따라 퇴적물 속에 생기는 층을 이루는 구조를 말한다.
- (80) 커터(Cutter) : TBM의 커터헤드에 토사 또는 암반의 굴착을 위하여 부착하는 금속으로 디스크커터, 커터비트, 카피커터 등이 있다.
- (81) 커터비트(Cutter Bit) : TBM의 커터헤드에 부착하는 칼날형의 고정식 비트로 본체와 팁으로 구성되어 있다. 크롬몰리브덴강, 니켈크롬몰리브덴강 등의 내마모강으로 만든 본체의 끝부분에 텅스텐, 코발트, 카본으로 만든 초경합금인 팁을 용접하여 사용한다.
- (82) 커터숍(Cutter Shop) : TBM에 의한 작업 시, 특히 암반부 굴착 시 다량 소요되는 예비 커터를 보관하고, 커터를 정비하는 공간이다.
- (83) 커터슬릿(Cutter Slit) : 쉴드 굴착 시 굴착토를 커터헤드의 회전에 따라 쉴드기 안으로 끌어 담는 역할을 한다.
- (84) 커터헤드(Cutter Head) : TBM의 맨 앞부분에 배열·장착되는 디스크 커터 또는 커터비트 등 각종 커터를 부착하여 회전·굴착하는 부분을 말한다.
- (85) 케이지(Cage) : 연직갱을 통하여 버력이나 작업원 등을 운반 시 사용하는 바구니 형상의 운반용구를 말한다.
- (86) 콘크리트라이닝 : 터널의 가장 내측에 시공되는 무근 또는 철근 콘크리트의 터널부재를 말한다.

-
- (87) 테일 보이드(Tail Void) : 세그먼트로 형성된 링의 외경과 쉘드TBM 외판의 바깥 직경사이의 원통형의 공극을 말한다. 즉, 테일 스킨 플레이트의 두께와 테일 클리어런스의 두께의 합을 말한다.
 - (88) 테일 스킨 플레이트(Tail Skin Plate) : 쉘드TBM 테일부의 외판(Skin Plate)을 말하며 일반적으로 외판보다 약간 두껍다.
 - (89) 테일 실(Tail Seal) : 쉘드TBM의 외판 내경과 세그먼트간의 틈이 생기는데 이곳에서 지하수 유입 또는 뒤채움 주입재의 역류를 막기 위해 쉘드TBM 후단에 부착하는 것을 말한다.
 - (90) 테일 클리어런스(Tail Clearance) : 테일 스킨 플레이트의 내면과 세그먼트 외면 사이의 간격을 말한다.
 - (91) 토피 : 터널 천장으로부터 지표까지의 연직두께를 말한다.
 - (92) 틈새 : 불연속면에 대하여 수직한 방향으로 벌어진 거리를 말한다.
 - (93) 파쇄굴착 : 유압가스, 팽창성 모르타르, 특수저폭속화약 등을 이용하여 암반을 파쇄시켜 굴착하는 방법을 말한다.
 - (94) 팽창성 지반 : 터널굴착 시 팽창으로 인하여 문제를 일으키기 쉬운 지반으로써, 제3기층의 열수 변질을 받은 화산분출물, 팽창성 이암 및 온천 여토 등을 말한다.
 - (95) 편압 : 터널 좌우 또는 전후 방향으로 불균등하게 작용하는 지반압력을 말한다.
 - (96) 표준지보패턴 : 지반의 등급에 따라 미리 표준화한 지보패턴을 말한다.
 - (97) 필러(Pillar) : 굴착면 사이에 남아 있는 기둥이나 벽모양의 지반을 말한다.
 - (98) 함수미고결지반 : 신생대 3기말부터 제4기에 형성된 퇴적물, 암석의 풍화대, 파쇄대 등의 미고결 또는 물을 포함하고 있는 고결도가 낮은 지반을 말한다.
 - (99) 허용편차 : 변형 여유량에 시공상 피할 수 없는 오차를 합한 값을 말한다.
 - (100) 환기설비 : 터널 내 공기질을 유지하기 위하여 신선공기를 유입 또는 급기하거나 오염공기를 배출하기 위한 설비를 말한다.
 - (101) 회전력(Torque) : TBM의 커터헤드를 회전시키는 힘의 크기를 말한다.
-

- (102) 후드부 : 쉴드강관의 일부로 선단부에 있어서 굴진면의 안전을 유지하고 작업공간의 확보와 안전을 꾀하기 위하여 정상부를 보호하는 부분을 말한다.
- (103) DGPS(Differential Global Positioning System) : 상대측위방식 GNSS(Global Navigation Satellite System) 측량을 말한다.
- (104) K-Segment : 쉴드의 세그먼트 조립시 마지막으로 끼워 넣는 세그먼트를 말한다.
- (105) open TBM : 무지보 상태에서 기기전면에 장착된 커터의 회전과 주변 암반으로부터 추진력을 얻어 터널 전단면을 절삭 또는 파쇄하여 굴진하는 터널굴착기를 말한다.
- (106) Q-System : 바톤(Barton) 등이 제안한 정량적인 암반분류의 하나이며 RQD, 절리군수, 불연속면 거칠기, 불연속면 변화정도, 지하수에 의한 감소계수, 응력감소계수 등을 반영하여 암반을 분류하는 방법을 말한다.
- (107) RMR(Rock Mass Rating) 분류 : 비에니아스키(Bieniawski)가 제안한 정량적인 암반 분류방법이며 암석강도, RQD, 불연속면 간격, 불연속면 상태, 지하수 상태, 불연속면의 상대적 방향 등을 반영하여 암반 상태를 분류하는 방법을 말한다.
- (108) RQD(Rock Quality Designation) : 시추코아 중 10cm 이상되는 코아편의 길이의 합을 시추길이로 나누어 백분율로 표시한 값으로서 암질의 상태를 나타내는데 사용한다. 이때 코아의 직경은 NX규격 이상이어야 한다.
- (109) TBM(Tunnel Boring Machine) : 소규모 굴착장비나 발파방법에 의하지 않고 굴착에서 버력처리까지 기계화·시스템화 되어 있는 대규모 굴착기계를 말하며, 일반적으로 Open TBM과 쉴드TBM으로 구분한다.
- (110) TCR(Total Core Recovery) : 전체 시추길이에 대한 회수된 전체 코아의 길이비를 백분율로 표시한 값을 말한다.
- (111) WGS-84(World Geodetic System, 1984) : GPS의 기준좌표계인 지구 고정 지구중심 3차원 직각좌표계를 말한다.

12.2 계획

12.2.1 계획일반

- (1) 터널계획은 지역여건, 지형상태, 토지이용 현황 및 장래전망, 지반조건 등 사전조사 성과를 기초로 하여 계획하여야 한다.
- (2) 터널계획은 철도터널의 건설 목적과 기능의 적합성, 공사의 안전성과 시공성, 공법의 적용성을 우선하여 수립하되 건설비와 유지관리비 등을 포함하여 경제성이 있도록 하여야 한다.
- (3) 터널계획은 공사 중은 물론 유지관리 시에도 주변환경에 유해한 영향을 미치지 않도록 하고 환경보전에 대해서도 배려하여야 하며 건설 폐기물의 저감, 재활용, 적정한 처리 및 처분에 대한 계획을 수립하여야 한다.
- (4) 터널의 내공단면의 크기는 단선터널과 복선터널 또는 대단면터널로 구분하고 터널의 기능과 목적에 따라 계획하여야 한다.
- (5) 터널계획은 터널길이에 따라 1,000m 미만은 짧은터널, 1,000m~5,000m는 장대터널, 5,000m 이상은 초장대터널로 구분하여 계획하여야 한다.
- (6) 터널의 구조와 형상은 사용목적, 지형, 지반, 시공법 및 하중조건 등을 고려하여 결정하여야 한다.
- (7) 터널계획 시 운영 중 유지관리도 고려하여야 한다.

12.2.2 터널의 기본계획

- (1) 평면선형 계획 시에는 다음 사항을 고려하여 계획하여야 한다.
 - ① 터널노선은 가능한 한 지반조건과 시공성이 양호하고 유지관리가 용이하며 주변환경에 미치는 영향이 적은 곳을 통과하도록 결정하여야 한다. 특히, 편압이 예상되는 비탈면과 습곡지역, 애추(Talus) 분포지역, 용출수나 지표수가 많을 것으로 판단되거나 조사된 지역, 안정성이 우려되는 단층 및 과쇄대지역 등은 피하여 계획하되 현장조건에 따라 변경할 수 있다.
 - ② 터널의 개구위치는 안정된 지반으로 지형조건이 좋은 위치에 선정하도록 하며 토지이용 현황과 토피 등을 감안하고 시공성을 우선하여 결정

하되 비탈면에 직교하도록 선정하며 현장조건에 따라 변경할 수 있다.

- ③ 터널을 2개 이상 병렬 또는 인접하여 계획하는 경우에는 터널의 단면 크기, 굴착대상 지반의 공학적 특성, 발파진동 영향, 터널 전·후 구간의 용지보상 규모, 지장물 및 민원물건 등을 감안하여 터널 굴착공사로 인한 주변 지반거동 및 발파진동이 인접 터널에 나쁜 영향을 미치지 않도록 상호 이격시켜야 한다. 터널 간 이격거리를 줄여야 할 경우에는 안정성을 확보할 수 있도록 굴착방법, 굴착공법 및 보강공법 등 적절한 대책을 수립하여야 한다.

- ④ 계획된 터널이 지상구조물, 지하구조물, 터널 등 기존 시설물에 근접하여 통과하는 경우에는 기존 시설물의 중요도 및 구조적인 특성에 따라 터널 굴착공사로 인한 상호 영향을 검토하여야 하며 장래 지상 및 지하개발 계획을 감안하여 필요 시 방호공 등의 사전대책을 수립하여야 한다.

- ⑤ 선형계획 시 제반 제약조건으로 인해 편압이 작용하는 곳에 갱구를 설치하거나 갱구주변 지반에서 비탈면 활동, 낙석, 토석류, 홍수, 눈사태 등이 예상되는 경우에는 갱문의 구조선정에 유의하고 방호설비 등을 검토하여야 한다.

- ⑥ 터널의 부속시설인 환기터널, 피난터널, 장대터널에서 작업터널, 사토장, 진입로 및 기타 터널외부 설비 등의 입지조건을 검토하여야 한다.

- ⑦ 환경친화적인 터널계획을 위해서 보전가치가 있는 지형 및 지질유산의 보전과 대규모 지형 변화를 가져오는 깎기와 쌓기가 최소화되도록 평면선형 및 종단선형을 계획하여야 한다.

- ⑧ 선형계획 시에는 부대설비와 공사용 설비의 설치도 고려하여야 한다.

- ⑨ 조사결과에 따라 여러 노선을 선정하여 비교검토 후 예정노선을 결정하고 예정노선에 대해 지형도를 작성하고 터널 예정위치를 상세히 검토하여야 한다.

- (2) 종단선형 계획 시에는 다음 사항을 고려하여 계획하여야 한다.

- ① 터널의 기울기는 자연배수가 가능하도록 2%이상으로 계획하고, 설계속도에 따라 철도건설규칙에 규정된 설계속도에서 정하는 기울기 이하가 되도록 계획하여야 한다.

- ② 계획기울기는 터널입구에서 진행방향으로 가능한 한 오르막기울기가 되도록 하여 자연배수가 원활히 이루어지도록 하는 것을 원칙으로 하되, 현장조건과 터널의 목적이나 시공계획, 환기계획 등의 조건상 터널 중앙부가 입구부보다 낮은 내리막기울기가 불가피할 경우에는 배수설비를 계획하여야 한다.
- ③ 종단계획에 따른 터널의 최소 토피는 터널의 구조적 안전영역의 범위가 확보되도록 지표와 지하구조물의 현황, 지반조건, 시공방법 및 굴착단면의 크기 등을 고려하여 결정하여야 하며, 최소 토피에는 장래 예상되는 토지이용 한계심도를 반영하여야 한다.
- (3) 내공단면 계획 시에는 다음 사항을 고려하여 계획하여야 한다.
- ① 내공단면은 터널목적 및 기능에 따른 건축한계(시설한계)와 평면선형이 곡선인 구간은 캔트에 의한 차량경사량과 슬랙량을 더하여 확대하고 측량(궤도)중심으로부터 구축중심 이격거리를 설정하고, 터널 내 신호, 통신 등 설비의 시설공간, 유지관리에 필요한 여유폭, 보도 등을 고려하여 정하며 시공 중 터널변형 등 시공오차에 대한 여유를 예상하여 결정하여야 한다.
- ② 건축한계(시설한계)는 「2.4.3 허용한계」를 따른다.
- ③ 터널의 내공단면 계획 시에는 지형, 지반조건 및 토피정도에 따라 2개 이상의 소 · 중단면 병렬터널이나 1개의 대단면 터널 또는 특수단면터널의 채택 여부를 검토하여 안정성, 시공성 및 경제성을 확보하여야 한다.
- ④ 정거장 전후구간 또는 지하터널식 정거장일 경우의 터널은 단선, 복선 또는 대단면 터널을 조합하여 기능과 목적에 부합하도록 종합적인 검토를 하여 안정성, 시공성, 경제성 및 유지관리성 등을 고려하여 계획하여야 한다.
- ⑤ 지반조건이 열악하고 주변여건상 터널시공이 장래 문제를 유발할 가능성이 있는 지역인 경우나 터널길이가 내공단면의 크기를 결정하는 데 주요 인자로 적용되는 경우에는 가급적 중 · 소단면 병렬터널을 계획하여야 한다.
- ⑥ 터널의 굴착단면 계획은 내공단면을 기준으로 하여 지보재의 총두께,

콘크리트라이닝의 두께 및 허용편차를 고려하되, 구조적으로 유리한 형상으로 결정하여야 한다.

- ⑦ 동일 작업구간내의 터널 내공단면은 가급적 동일한 규격 및 형상으로 표준화하여 시공성을 높일 수 있도록 계획하여야 한다.
- ⑧ 내공단면 계획 시에는 열차의 고속주행에 의하여 터널 내에 발생하는 공기저항 및 공기압 변화와 차량 밀폐도, 승차감 및 미기압파의 영향 등을 고려하여야 한다.
- (4) 터널길이 및 열차 종류에 따른 단면계획 시에는 다음 사항을 고려하여 계획하여야 한다.
 - ① 화물열차와 여객열차가 혼용 운행하는 터널은 가급적 단선병렬로 계획하고 여객열차 전용으로 운행하는 터널은 위험부담이 적기 때문에 복선터널을 허용한다.
 - ② 본선터널의 길이가 15km 이상인 터널에서 방재 요구조건이 미흡하다고 판단되는 경우에는 해당 터널특성에 적합한 별도의 대책을 수립하여야 한다.
 - ③ 장대터널과 초장대터널에서는 열차가 비교적 오랜 시간 터널 내부에서 운행되므로 이에 따른 열차 내 승객의 쾌적성, 안전성, 비상시 대피 및 터널의 유지보수 등을 검토하고 취약한 부분의 성능이 개선될 수 있도록 관련 구조물이나 설비를 설계에 반영하여야 한다.
 - ④ 장대터널과 초장대터널에서는 시공방법, 버력반출, 사토장, 공사용 설비, 환기탑의 설치 등을 고려하여 작업구의 위치를 결정함으로써 경제적이고 공기에 맞는 시공계획을 수립하여야 한다.
- (5) 부속설비 계획 시에는 다음 사항을 고려하여 계획하여야 한다.
 - ① 터널의 부속설비는 운영 시의 유지관리용 영구설비와 공사 중 시공을 위한 임시설비로 구분하여 계획하여야 한다.
 - ② 부속설비의 계획에는 기능의 부합성과 함께 경제성 및 유지관리성을 종합적으로 검토하여 수립하여야 한다.
 - ③ 일반적인 영구설비에는 환기설비, 전기설비, 급·배수설비, 방재설비, 신호·통신 및 조명설비, 보안설비, 점검설비, 대피설비 등이 있으며 터널의 목적과 기능에 따라 설비종류 및 규모를 결정하여야 한다.

- ④ 공사용 임시설비에는 자재저장 시설, 자재반입 및 버력처리 설비, 급수 및 배수설비, 오수 및 폐수 정화설비, 환기 및 수전설비, 전기설비, 방음 및 방진설비, 슛크리트 배합 및 타설설비, 가설 건물설비, 비상급기 설비 등이 있으며 설비의 종류와 규모 결정은 공사규모와 공법, 공사 기간, 현장여건 등을 고려하여야 한다.
- (6) 계측 계획 시에는 다음 사항을 고려하여 계획하여야 한다.
- ① 터널의 계측관리 계획은 터널굴착에 따른 지반의 거동과 각 지보재의 효과를 파악하고 공사의 안정성과 경제성을 확보하여야 하는 공사 중 계측과 터널 준공 후 운영 중의 안전을 확보하기 위하여 시행되는 유지관리 계측으로 구분하여 수립하여야 한다.
- ② 공사 중 계측계획 수립 시에는 터널의 기능과 중요도 및 지반조건에 적합하도록 계측의 항목 및 설치위치, 측정빈도 등을 계획하여야 한다.
- ③ 운영 중 시행하는 유지관리계측은 터널의 기능과 중요도에 따라 계측의 목적을 정하고, 목적에 적합한 계측계획을 별도로 수립하며, 가능한 시공 중 계측계획과 연계하여 관리될 수 있도록 계획하여야 한다.
- (7) 터널 갱구부와 작업구의 계획 시에는 우수유입으로 인한 침수피해가 발생되지 않도록 하며 유사시에 대비한 배수대책을 세워야 한다.
- (8) 방수형식 계획 시에는 다음 사항을 고려하여 계획하여야 한다.
- ① 방수형식은 터널 전체 주위 벽면 중 일부분에 지하수의 배수경로를 만들어 지속적으로 지하수를 배수하여 콘크리트라이닝에 수압이 작용하지 않도록 하는 배수형 방수형식과 터널 전체 주위 벽면에 방수재를 설치하여 지하수가 터널내부로 유입되는 것을 차단하여 콘크리트라이닝이 수압을 받도록 하는 비배수형 방수형식으로 구분한다.
- ② 방수형식은 지형, 지상 토지이용 현황, 토피정도, 지하수의 특성과 수위, 주변지반 상태 등 현장 지반조건과 터널형상 및 규모 등의 조건을 감안하여 시공성, 경제성 및 유지관리성 등을 종합 검토한 후 결정하여야 한다.
- ③ 비배수형 터널에는 시공 특성에 부합되는 방수형식 및 재료를 선정하고 작용수압에 안전하게 견딜 수 있는 콘크리트라이닝을 계획하여야 하며 유사시 또는 과도한 누수에 대비하여 적정 용량의 배수시설을 설

치하는 것을 검토하여야 한다.

- ④ 배수형 방수형식의 터널에는 원활한 배수계통과 배수단면을 확보하여야 하며 유지관리상 배수계통의 기능 확인과 보수가 용이하도록 계획하여야 한다.
- (9) 환기계획 시에는 다음 사항을 고려하여 계획하여야 한다.
 - ① 터널의 환기설비는 터널 내 오염물질의 농도가 허용수준이하로 유지될 수 있도록 터널길이와 열차용량 등 시설물의 목적에 적합한 형식으로 계획하여 필요로 하는 기능을 발휘할 수 있도록 하여야 한다.
 - ② 터널의 환기계획은 기관차, 기상, 환경, 지형, 지물 및 관련 법규를 바탕으로 소요환기량을 산정하여 자연환기와 기계환기 중 적합한 방법을 선정하여야 한다.
 - ③ 기계환기 선정 시에는 구조설계, 배치 및 환기장소를 고려하여 설비제원을 결정하여야 한다.
 - ④ 환기설비는 화재 등 비상 시 안전 확보를 위한 배연이나 제연시설로 운용되므로 환기방식의 선정은 비상시 안정성을 고려하여 검토되어야 한다.
- (10) TBM터널 및 연직갱, 경사갱, 분기부, 확폭부 등의 계획에 대해서는 해당 공종에서 정하는 바를 따라야 한다.
- (11) 방재시설은 사고 시 피해의 확산을 제어하고 인명피해를 최소화 시킬 수 있도록 국토해양부 「철도시설안전기준에 관한 규칙」과 「철도시설 안전세부기준」에 따라 계획하여야 한다.
- (12) 터널계획 단계에서는 재난을 유발할 수 있는 주요 위험요인을 파악하여 근본원인을 제거하여야 하며, 제거가 불가능한 경우에는 재난발생 시 피해를 최소화할 수 있는 방재설비를 계획하여야 한다.

12.3 설계일반

12.3.1 설계의 기본방향

- (1) 터널설계는 단선터널, 복선터널, 대단면터널 등으로 구분하여 전철화를 고려하여 설계하여야 한다.
- (2) 터널설계는 짧은터널, 장대터널, 초장대터널로 구분하여 그 기능과 목

적에 적합하도록 설계하여야 한다.

- (3) 장대터널과 초장대터널은 방재대책을 고려하여 설계하여야 한다.
- (4) 터널설계는 조사결과를 토대로 안정성, 시공성, 경제성과 내구성이 확보되고 유지관리가 편리한 시설이 되도록 하되 실제 시공조건이 설계당시에 예측한 조건과 상이한 경우에 대비한 변경방법 및 조치사항 등을 포함하여야 한다. 이를 위하여 설계 시에 적용한 모든 적용자료와 분석 및 예측사항을 명확하게 제시하여야 한다.
- (5) 터널설계는 제반조사 자료들을 근거로 지반특성을 고려하여 터널주변 원지반이 보유하고 있는 지보능력을 최대한 활용할 수 있도록 단면형상, 굴착공법과 방법, 지보재 형식, 콘크리트라이닝, 터널 입구와 출구부, 방재 및 부대시설, 시공순서 등을 선정하여야 한다.
- (6) 터널설계 시 환기, 조명, 방재시설 등의 제반설비 사항도 고려하고 이들의 역할이 잘 발휘되도록 설계하여야 한다.
- (7) 터널굴착 시 원지반의 손상이나 여굴발생이 최소화되도록 설계하며 원지반의 손상이나 여굴발생 시 그 처리방안을 설계하여야 한다.
- (8) 터널안정성을 확보하기 위하여 터널구조물의 안전뿐만 아니라 주변 위험 영향도 최소화되도록 하여야 하며, 터널 주위에 미치는 영향에 대해서는 필요 시 합리적인 대책을 강구하여야 한다.
- (9) 터널설계는 지반의 불확실성, 지반조사의 기술적 한계 및 지하공간에서의 제한적 작업특성 등이 고려되어야 한다.

12.3.2 설계방법의 선정

- (1) 설계방법 선정은 지반의 거동특성과 지보재의 지보력이 상호 연합하여 일체가 되게 거동하여 터널의 안정성이 유지될 수 있는 방법을 선정하여야 한다. 다만, 지반의 거동특성상 지반의 지보능력 활용이 불가능할 경우에는 지반보강을 시행하거나 지보재가 지반하중을 모두 지지하도록 하는 설계방법을 채택한다.
- (2) 암반분류 후 해당 등급에 적용할 표준지보패턴과 굴착방법을 정하여 설계할 수 있다. 이 경우 유사암반조건에서의 시공실적 또는 RMR 방법 및 Q-system 등에서 제안한 지보패턴을 참조하여 지보패턴을 정하는 것을 원칙으로 하되 현장조건에 따라 변경할 수 있다.

- (3) 굴착공법과 지보패턴은 선정조건에 따라 각 조건별 해석적인 방법을 통하여 그 안정성을 검증하며 작용하중, 공학적 특성치, 해석기법 및 경계조건 등을 종합적으로 검토하여야 한다.
- (4) 설계조건이 특수하거나 유사조건에서의 시공사례도 없는 경우에는 예상되는 문제들을 면밀히 검토한 후 굴착방법, 지보패턴 및 보조공법 등을 선정하고 정밀한 해석적인 검증을 통하여 설계를 확정하여야 한다.

12.3.3 설계의 기본요건

- (1) 터널설계에는 다음 사항을 포함하여야 한다.
 - ① 평면 및 종단선형
 - ② 굴착 대상지반의 분석 및 분류
 - ③ 터널단면의 형상
 - ④ 지보패턴 및 지보패턴 적용구간 선정
 - ⑤ 굴착공법 및 굴착방법
 - ⑥ 각종 지보재의 규격 및 시공순서
 - ⑦ 필요한 보조공법 및 보강공법
 - ⑧ 방수 및 배수방법
 - ⑨ 콘크리트라이닝의 시공
 - ⑩ 계측계획 및 수행방법
 - ⑪ 환기, 방재 등을 비롯한 각종 부대시설
 - ⑫ 유지관리계획
 - ⑬ 터널시공에 따른 환경영향분석
 - ⑭ 공사시방서
- (2) 터널 설계는 안정성 확보를 우선으로 하고 지보재가 최적화 되도록 설계한다. 이 경우 해석적인 방법 외에 설계·시공사례 등의 경험적인 방법도 고려하여야 한다.
- (3) 신선한 암반을 통과하는 터널은 지보재의 내구성이 확보될 경우 콘크리트라이닝의 역할을 분석하여 이의 미설치 여부를 검토할 수 있다.
- (4) 터널 부대시설에 사용하는 재료는 화재에 대한 내화성을 가진 재료를 사용하여야 한다.
- (5) 터널 공사용 자재는 「산업표준화법」에 의한 한국산업규격 표시품(이

하 「KS 표시품」이라 한다) 또는 이와 동등 이상의 성능을 지닌 자재 이어야 하며, 「친환경상품 구매촉진에 관한 법률」에 의한 친환경상품 또는 「중소기업제품 구매촉진 및 판로지원에 관한 법률」에 따른 우선 구매대상 기술개발제품이 설계에 반영될 수 있는지 검토하여야 한다.

- (6) 향후 운영 시의 유지관리에 필요한 사항을 고려하여야 한다.
- (7) 시공 시의 제반여건이 설계당시의 조건과 상이할 수 있는 문제점에 대한 대책을 제시하여야 하며 <표 12.3.1>의 사항을 포함한다.

표 12.3.1 설계내용의 변경사항

주요항목	주요내용
지반의 재분류	· 적용지반의 분류
설계단면의 변경	· 지보재
	· 변형 여유량
	· 단면형상
적용지보패턴의 변경	· 숏크리트 두께
	· 숏크리트의 재질
	· 록볼트의 길이, 본수
	· 강지보재 설치간격 및 규격
굴착공법의 변경	· 벤치커트 공법(코아(core)남김, 링커트 포함)
	· 선진도강공법
	· 기타 굴착단면 분할
보조공법 도입	· 막장(굴진면) 안정화 대책
	· 지반보강 대책
	· 용수대책
	· 지표면 침하 대책
	· 근접 구조물 대책
단면의 폐합	· 인버트 콘크리트(조기 시공)
	· 인버트 숏크리트(가폐합)
	· 콘크리트라이닝 강성 증대
	· 이중 라이닝(임시 라이닝)
터널공법 변경	· 개착터널 공법으로 전환
	· 토공구간으로 전환
기 타	· 기타 변경이 요구되는 사항

12.4 조사

12.4.1 일반사항

- (1) 조사는 터널의 노선선정, 설계, 시공 및 완공 후의 유지관리에 중대한 영향을 미치는 사항으로 필요로 하는 기초자료를 얻을 수 있도록 실시하여야 하며, 상세한 내용은 「2.5 사업시행환경조사」 및 「3.3 지반조사」를 따른다.
- (2) 터널의 목적, 규모 및 위치 등을 고려하여 조사의 내용, 순서, 방법, 범위, 정도, 수량 및 기간 등을 결정하여야 하며 터널의 설계 및 시공 시 활용방법 등을 고려하여 조사성과를 정리하여야 한다.
- (3) 터널공사는 설계 시의 조사 결과만으로 토질 및 암반조건, 지질조건, 지하수 등 지반조건을 정확하게 파악하기 어려우므로, 시공단계에서도 계속적인 조사를 실시하여야 한다. 또한, 계획 및 설계단계에서 적용한 암반분류 기준이 시공 시 조사에도 일관성 있게 적용되도록 하여야 한다.
- (4) 조사는 입지환경조사, 지반조사 및 시공 중 보완조사로 구분되며 각 조사에서는 다음 사항을 포함하여야 한다.
 - ① 입지환경조사는 터널의 건설에 영향을 미치거나 터널건설로 영향을 받을 수 있는 사항에 대한 조사로서 지형, 환경, 지장물, 사토장, 수리·수문특성, 공사용 설비, 보상 및 관련법규 조사를 포함하여야 한다.
 - ② 지반조사는 터널건설의 기본계획 및 노선 선정을 위한 예비조사, 터널 노선 결정 이후 공사 착공전의 설계 및 시공계획을 위한 본조사, 그리고 시공 중 보완조사로 단계를 구분하여 시행한다.
 - ③ 시공 중 보완조사는 조사결과에서 나타난 지반의 문제점과 설계당시 사회적 제약 또는 민원발생으로 실시하지 못한 조사 및 시공 중 발생한 문제점에 대하여 추가조사를 계획하여 실시하여야 한다.

12.4.2 환경조사

- (1) 환경·입지조건조사는 터널건설에 영향을 미치는 관련 환경, 법규 및 기타 사항에 대하여 조사하는 것으로서 조사내용, 방법, 범위 등에 대

해서는 조사목적, 단계, 철도의 특성 등을 고려하여 계획하여야 하며, 상세한 내용은 「2.5 사업시행환경조사」를 따른다.

(2) 지형조사 시에는 다음 사항을 고려하여야 한다.

- ① 터널건설에 영향을 미치거나 터널공사로 영향을 받을 수 있는 지형은 지형도나 항공사진 및 인공위성사진 등을 이용하여 분석하고 현장답사를 통하여 조사하여야 한다.
- ② 급경사, 편압, 애추(Talus), 붕괴지, 계곡 및 매몰된 수로 등 불안정한 지형이나 산사태, 눈사태 및 홍수 등 재해가 예상되는 지형에 대해서는 자료조사, 현장답사, 측량 및 지반조사 등을 병행하여 지형 현황과 특성을 파악하고 터널 건설에 미치는 영향을 분석하여야 한다.

(3) 환경조사 시에는 다음 사항을 고려하여야 한다.

- ① 환경조사는 기본계획 및 노선선정 단계에서 실시하는 광역 환경조사와 설계 단계에서 수행하는 터널주변 환경조사로 구분하여 실시한다.
- ② 광역 환경조사는 터널 시공 및 이용으로 인하여 자연환경 및 사회환경에 미치는 악영향을 최소화하기 위하여 광범위하게 실시하여야 하며, 다음 사항을 포함한다.

가. 수리·수문 : 지형 및 하곡의 정상, 하천유량, 지하수위, 물이용 상황, 지하수에 영향을 미치는 타공사의 유무, 대수층의 존재여부

나. 기상 : 기온, 강우, 강설, 바람 등의 영향, 눈보라와 돌풍의 발생빈도 및 현황

다. 재해 : 산사태, 눈사태, 붕괴, 지진, 홍수 등의 발생지 및 피해정도

라. 토지 : 토지이용 현황, 주요 구조물, 법에 의한 용도구분의 범위

마. 교통 : 기존철도, 도로의 규격, 구조, 수송력 등

바. 공공 시설물 : 학교, 병원, 요양소, 자연공원 등 공공시설물의 위치 및 규모

사. 문화재 : 사적, 문화재, 천연기념물 등의 위치, 규모 및 법지정의 현황

아. 지하자원 : 권리설정 현황, 광산현황 및 광물의 부존상태 등

자. 광산개발 : 광산의 갱도나 폐갱도와 지하공동의 위치 및 규모

차. 기타 : 동식물의 분포상태 및 경관, 지역 개발계획 등

③ 터널주변 환경조사는 터널 건설로 인하여 발생하는 터널주변 환경변화

의 예측, 환경보전 대책의 입안, 대책의 효과확인 등을 위하여 실시하며 다음 사항을 포함하여야 한다.

- 가. 물이용 현황 : 지표수 및 지하수의 수질, 수원의 현황, 탁수발생 가능성이 있는 인접공사, 유로 및 수위변화 가능성
- 나. 소음 및 진동 : 소음, 진동, 지형, 지질, 토지이용 현황
- 다. 지반침하 : 도로, 철도, 지하철, 건물, 구조물, 지하매설물, 폐광, 토지이용현황
- 라. 지반과 구조물의 변형 : 건물, 구조물 상태, 지형 및 지질, 토지이용현황, 구조물의 변형발생 가능성이 있는 인접공사
- 마. 수질오염 : 하천의 상태, 배수 상태, 수로의 상태, 법규제 상태
- 바. 대기오염 : 대기중의 유해물, 기상현황
- 사. 교통장애 : 구조, 교통량 혼잡상태, 도로관리자, 도로주변의 환경 등
- 아. 동식물 분포 : 동식물의 현황 및 분포와 천연기념물 등 법적 보호종의 현황조사

12.4.3 지장물조사

- (1) 지장물조사 시에는 다음 사항을 고려하여야 하며, 상세한 내용은 「2.5 사업시행환경조사」를 따른다.
 - ① 터널공사 전에 지역내에 기설치되어 있는 상수도 및 하수도관, 송유관, 통신 및 전력 케이블, 도시가스관, 지하통로, 인접터널 등 지하지장물의 종류, 평면상 위치 심도 및 크기 등을 파악하여 안전한 시공이 될 수 있도록 하여야 한다.
 - ② 시추조사 위치는 관련기관으로부터 지장물 매설도를 구하여 참조하고 유관기관과 협의 후 반드시 인력터파기나 탐사방법 등을 이용하여 지하매설물의 유무를 확인한 후에 선정하여야 한다. 또한 시추공이 터널을 직접 관통하지 않도록 위치를 계획하여야 한다.
 - ③ 터널 굴착으로 인하여 영향을 받을 수 있는 주변 건물, 교량 및 기타 구조물 등 지상지장물의 종류, 용도, 특징 및 상태 등을 조사하여 터널 굴착으로 인한 영향 검토시 자료로 활용하여야 한다.
 - ④ 지장물 조사결과는 후속공사시 지장물 보호를 위해 활용하여야 한다.

12.4.4 보상대상조사

- (1) 터널공사에 있어서의 보상대상 사항은 용지취득에 수반되는 토지, 건물, 수목 등의 매수 및 이전, 각종 권리(지상권, 지하권, 수리권, 온천권, 어업권, 광업권, 채석권 등)의 침해, 농림 및 어업 수익의 감소, 영업손실 등이 있고, 이들의 보상을 위한 자료를 얻기 위하여 필요한 조사를 하여야 하며, 상세한 내용은 「2.5 사업시행환경조사」를 따른다.

12.4.5 공사용 설비 및 사토장 조사

공사용 설비 조사시에는 다음 사항을 고려하여야 하며, 상세한 내용은 「2.5 사업시행환경조사」를 따른다.

- (1) 공사용 설비로는 터널입구 설비, 환기 및 집진설비, 운반설비, 골재 및 콘크리트 플랜트 설비, 수배진 설비, 용배수 설비, 임시건물 설비 등이 있으며, 공사용 설비계획에 필요한 자료를 얻기 위하여 다음의 사항을 조사하여야 한다.
- ① 지형과 지질 및 기상 : 설비기능 저해 혹은 위험 가능성이 있는 지형, 지질 및 기상
 - ② 주변환경 : 주변환경에 영향을 미치는 공사용 설비의 소음, 진동, 배수, 교통, 분진
 - ③ 전력의 사용 : 기가설 송배전선의 용량, 주파수, 전압, 수변전의 난이, 수전까지의 소요시간 및 거리, 개략산출 비용, 발전설비 등의 동력원, 공사용 장비 운용 시의 소요전력량
 - ④ 화약고 설치계획 : 화약에 관한 법률이나 지방자치단체조례 등
 - ⑤ 용배수 : 콘크리트 혼합용수, 음용수, 기타 잡용수의 취수조건, 터널시공에 수반한 용출수의 처리, 세척수의 방류조건
 - ⑥ 자재 및 버력운반 : 기계 및 반출입, 버력운반 등에 필요한 공사용 도로, 궤도 등의 규격, 교통량, 교통규제의 현황 및 주변도로 이용 현황
 - ⑦ 노무자재 : 터널외부 설비에 관계되는 콘크리트용 골재, 군지 않은 콘크리트, 기타 자재의 공급경로, 공급사정의 현황 및 관리방법, 노무사정의 현황
 - ⑧ 법규, 기타에 의한 규제 및 인접 지역의 공사 유무

(2) 사토장 조사 시에는 다음 사항을 고려하여야 한다.

- ① 공사 중에 발생하는 버력을 처리하기 위한 사토장이 필요할 때에는 지형, 운반방법, 운반거리, 운반도로의 교통규제, 교통안전 등의 운반조건, 사토장이 주변환경에 미치는 영향, 사토후의 토지의 형태변화, 법규에 의한 규제 등에 대하여 사전에 조사하여야 한다.
- ② 사토를 위한 용지취득 및 사토에 따른 보상에 대해 조사하여야 한다.
- ③ 대규모 사토장을 계획할 경우에는 사토장의 활용계획에 대하여 검토하여야 한다.
- ④ 사토장의 계획시 사토에 따른 지반의 안정성, 토사유출, 유해광물에 의한 환경오염방지에 관한 조사를 실시하여야 한다.

12.4.6 수리·수문조사

(1) 수리·수문 조사시에는 다음 사항을 고려하여야 하며, 상세한 내용은 「2.5 사업시행환경조사」를 따른다.

- ① 수리·수문조사는 시공 중 발생하는 용출수나 터널공사가 주변의 지표수 및 지하수에 미치는 영향을 예측시 필요한 정보가 제공되도록 실시하여야 한다.
- ② 터널공사로 인하여 갈수가 예상되는 우물, 저수지, 용천, 하천 등에 대하여는 그 분포, 수량의 계절적 변화, 이용상황 등을 조사하여 갈수대책의 자료로 이용하여야 한다.

12.4.7 관계법규조사

(1) 터널공사에 있어서 법규에 의한 규제를 받는 경우에는 공사에 미치는 영향의 범위, 이에 대한 규제의 정도, 수속, 대책 등에 관한 관계법을 조사하여야 하며, 상세한 내용은 「2.5 사업시행환경조사」를 따른다.

12.4.8 지반조사

(1) 지반조사는 예비조사, 본조사, 보완조사로 구분하며 각 단계에서 다음 사항을 고려하여야 하며, 상세한 내용은 「3.3 지반조사」를 따른다.

- ① 예비조사는 계획 단계에서 부지나 노선 또는 구조물의 위치 선정을 위하여 실시하는 조사로서 넓은 범위를 대상으로 수행하며, 기존 자료조사, 인공위성사진 분석, 항공사진 판독 및 분석, 현장답사 등을 통해 개

략적인 지반특성을 파악할 수 있도록 수행하며 필요시에는 시추조사도 시행하여야 한다.

② 본조사는 기본설계 단계에서의 개략조사와 실시설계 단계에서의 정밀조사로 구분되며 부지나 노선 또는 구조물의 위치가 결정된 후 지층의 분포, 지질구조, 공학적인 특성 등 설계정수를 파악하기 위하여 수행하는 조사로서 지표지질조사, 지구물리탐사, 시추조사, 현장시험, 실내시험 등을 포함하며, 터널현황 등을 고려하여 조사 및 시험의 진행방법이나 중점 조사사항을 다르게 할 수 있다.

③ 설계단계에서 정밀한 조사가 수행되었다고 하더라도 조사자체에는 한계성이 있으므로 시공 시 노출되는 실제지반을 관찰하여 시공의 안전성을 확보할 수 있도록 하여야 한다.

④ 소규모 공사의 경우에는 조사단계의 일부를 생략할 수 있으나 장대터널 및 도심지터널 공사 등에서는 본 조사 또는 보완조사시에 정밀조사를 실시하여야 한다.

⑤ 유지관리 시 터널의 주변환경변화로 구조물의 안정에 문제가 발생할 것으로 예상될 경우에 대비한 지반조사를 시행하여야 한다.

⑥ 조사 및 시험은 목적에 따라 적절하게 수행하되, 조사결과가 당초 예상한 바와 상이할 경우에는 조사계획을 변경하거나 보완조사를 추가로 시행하여야 한다.

⑦ 지반조사항목 및 기준은 기본설계 등에 관한 세부시행기준(국토해양부), 터널설계기준(국토해양부), 건설공사 비탈면 설계기준(국토해양부)을 따르며 필요할 경우 별도로 정하여 실시한다.

(2) 기존 자료조사 시에는 다음 사항을 고려하여야 한다.

① 기존 자료조사는 터널 대상 지역의 지형, 지질 조건을 파악하기 위한 것으로 이에 필요한 기초 자료를 수집하여 검토하여야 한다.

② 자료조사는 지형도, 지질도, 지하수개발현황, 지하매설물도, 기존 구조물 도면, 터널주변 지역의 재해이력 등의 자료를 수집하여 지형과 지반 및 입지여건과 관련된 사항을 파악할 수 있도록 하여야 한다.

(3) 현장답사시에는 다음 사항을 고려하여야 한다.

① 지형이나 지질 및 지반상태를 확인하거나 과거의 지형변화 등에 대한

정보를 입수하여 조사자료에서 나타난 사항을 확인하고 시공에 영향을 줄 수 있는 제반 현장여건을 파악하여야 한다. 또한, 향후 지반조사 및 시험 계획 수립에 필요한 사항을 현장에서 파악하는 것으로, 지표의 지형 및 지질을 상세히 관찰 검토하여야 한다.

② 현장답사 시 조사하여야 할 주요 내용은 다음과 같다.

- 가. 지형변화 : 옛 제방흔적과 범위 및 수로, 철도, 쌓기 매립 등의 토공 흔적이나 상태, 산사태지형을 표시하는 지역에서는 그 활동 흔적이나 범위
- 나. 지표수 및 지하수 : 용출수, 우물의 수위와 그의 계절적 변동, 피압 지하수의 유무, 호우, 강설 시 등의 저수, 배수의 상태
- 다. 인근 구조물 유지상태 : 도로 및 철도의 제방, 교대 및 교각, 기타 중요 구조물의 침하균열이나 경사도, 굴곡 등의 변상 유무
- 라. 지하 매설물 : 상하수도, 가스관, 통신 및 전력케이블, 지하철, 지하도, 공사현장 부근에 있는 경우는 그 영향의 정도, 건물기초 등
- 마. 수송로 : 트럭, 중차량의 출입제한 유무, 교통상황, 소음, 진동, 공해 등
- 바. 조사위치 및 장비 이동통로 : 지반조사 항목별 조사실시위치와 대형 장비의 이동 가능한 경로 등

(4) 지표 지질조사 시에는 다음 사항을 고려하여야 한다.

- ① 지표 지질조사는 지형, 토질, 지질구조, 암상과 지층, 지하수 등의 종류, 분포 및 상태 등을 파악하여 기 실시된 조사의 보완자료로 활용할 수 있도록 수행하여야 한다.
- ② 일반적으로 지표 지질조사를 목적으로 하는 항공사진 판독은 1/10,000 이상의 축적으로 촬영된 항공사진의 이용이 바람직하며 인공위성 사진인 경우에는 별도의 제한이 없다.
- ③ 지표 지질조사에 이용되는 지형도의 축척은 1/5,000을 기본지형도로 하며 지질분포의 복잡성에 따라 축척은 조정하여 사용할 수 있다.
- ④ 지표 지질조사는 터널공사에 제한조건으로 작용하는 층리, 절리, 습곡, 단층 및 단층대 등과 같은 지질구조, 지표에서 관찰되는 공동, 암중 분포 등과 같은 지질특성을 파악하고 필요시 물리탐사결과와 비교분석하여 큰 축척의 지질도를 1차적으로 작성한 후 본조사의 효율적 계획수

립에 반영하여야 한다.

- ⑤ 1차적으로 작성된 지질도는 본조사의 시추조사, 시험결과 및 물리탐사 결과와 비교분석하여 지질구조의 특성을 보완하고 표층지반, 암질, 지하공동, 암종경계, 지하수 등의 사항을 표시한 지질평면도, 지질종단면도 등을 최종적으로 작성하여 터널설계에 반영하여야 한다.

(5) 시추조사 시에는 다음 사항을 고려하여야 한다.

- ① 터널시공 구간내의 지반에 대한 지층의 구성과 지하수위를 파악하고 흐트러진 또는 흐트러지지 않은 시료를 채취하며 현장시험을 수행하기 위하여 시추조사를 실시하여야 한다.
- ② 시추는 NX규격 이중 코아배럴을 사용하여 실시하는 것을 원칙으로 하되 현장조건에 따라 대심도 시추 시에는 NQ규격도 사용할 수 있다. 또한, 풍화대나 파쇄대 등에서는 코아의 회수율을 높이고 원상태의 시료를 채취하기 위하여 삼중 코아배럴이나 D-3 샘플러 등을 사용할 수 있다.
- ③ 시추공 내 횡방향 재하시험, 현장투수시험, 간극수압 측정 등을 수행할 경우 시추공의 크기는 NX 이상이어야 한다.
- ④ 시추는 연직으로 실시하되 조사목적과 현장조건을 고려하여 경사 및 수평시추를 할 수 있다.
- ⑤ 터널 갱구부 및 저토피 구간에서는 필요로 하는 시추조사 및 물리탐사를 등을 시행하여 지층 변화를 상세히 파악하여야 한다.
- ⑥ 도심지 터널에서 시추공은 노선방향으로 50~200m 간격으로 배치하는 것을 표준으로 하되, 산악터널에서는 토피, 지형조건 또는 장비의 접근성 등을 고려하여 증감시킬 수 있다.
- ⑦ 시추심도는 터널 바닥부의 계획심도에서 터널 최대직경의 1/2 이상의 깊이까지 실시하되 특정한 목적 또는 물리탐사 등으로 파쇄대·연약대 등의 존재 확인시는 필요한 심도까지 증가시킬 수 있다.
- ⑧ 시추공의 간격 및 심도는 <표 12.4.1>에 의하는 것을 표준으로 하되 도심지와 산악지, 단층 파쇄대 등의 지형 및 지질 특성에 따라 최적설계를 위한 지반조사 자료 도출을 위해 시추공수를 증대시킬 수 있다.

표 12.4.1 시추공의 간격과 심도

구분	시추공의 배치		시추심도기준	비 고
터널 구간 (NX)	기본 설계	4개소 이상 (터널입, 출구부 포함)	FL하방0.5D (D : 터널최대직경)	터질, 지형조건, 산악터널 등과 단층, 파쇄대 지층이 불규칙한 경우는 증감
	실시 설계	50m~200m간격 (터널입, 출구부 포함)		

- ⑨ 시추공의 배치 시 갱구부는 반드시 포함하도록 하며 터널 노선에 대하여 지반조건 파악이 가능하도록 취약구간을 포함한 시추조사 계획을 수립해야 한다.
- ⑩ 시추조사를 위한 접근이 곤란한 산악지형은 시추공 간격을 조정할 수 있으며 항공(위성)사진 판독과 탄성파탐사 및 전기비저항 탐사를 실시하고 그 결과를 토대로 지반조건이 불량한 구간에는 시공 중 수평시추조사를 계획하여야 한다. 접근 가능한 갱구부는 필요한 개소만큼의 시추조사를 실시하여야 한다.
- (6) 시험터널 조사 시에는 다음 사항을 고려하여야 한다.
- ① 특수한 지반상태를 직접 확인할 필요가 있거나 특정 원위치 시험을 실시할 필요가 있을 때에는 시험터널을 굴착하여 조사할 수 있다.
 - ② 시험터널 내에서 각종 원위치 시험이나 계측을 실시할 경우 및 시료를 채취할 경우에는 원지반의 교란을 최소화하여야 한다.
 - ③ 시험터널 조사 시에는 터널의 지질도를 작성하여 종합분석에 참고하여야 한다.
- (7) 하·해저터널의 지반조사 시에는 다음 사항을 고려하여야 한다.
- ① 조수간만의 차이가 발생하는 경우 지반조사 자료의 품질향상 및 안전을 고려하여 적절한 조사장비 및 자재를 선정하여야 한다.
 - ② 시추위치를 선정할 때 특별한 언급이 없을 경우는 DGPS에 의하여 결정한다.
 - ③ 해상 지층탐사는 고정밀 분해능력을 갖는 탄성과 탐사장비를 탑재한

조사선을 등심선에 직각방향으로 운항하여 실시하는 것을 원칙으로 하
되 현장조건에 따라 조정할 수 있으며, 위치는 WGS-84 등 국제 공용
좌표계로 표시한다.

- ④ 탐사기는 기반암과 퇴적층을 명확히 기록할 수 있도록 최대한 일정간
격으로 기록하여야 하며, 암반의 심도는 기본수준면 하의 깊이(수심+퇴
적층 두께)로 표기한다.

12.4.9 시험

- (1) 현장시험 시에는 다음 사항을 고려하여야 하며, 상세한 내용은 「3.3
지반조사」를 따른다.

- ① 자연상태의 현장 지반특성을 파악하기 위한 현장시험은 시험항목별로
대상 지반에서의 적용성을 검토하여 수행하여야 한다.
- ② 시험항목과 빈도는 공사의 특성, 현장여건 등 제반사항을 감안하여 선
정하며 상기의 시험항목 이외에도 필요한 목적이 있을 경우 목적에 적
합한 시험방법을 선정할 수 있다.

- (2) 실내시험시에는 다음 사항을 고려하여야 한다.

- ① 실내시험은 대상지반에 따라 토질시험과 암석시험으로 구분하여 시행
하여야 한다.
- ② 실내시험은 지반조건, 지질구조, 굴착방법, 설계기법 등을 감안하여 적
절한 시험방법을 선정하여야 한다.
- ③ 실내시험은 한국산업규격(KS) 및 국토해양부 발행 기술지도서에 제시
된 시험방법에 따라서 수행하여야 한다. 단, 동 규격에 명시되지 아니
한 시험은 국제적으로 인정되는 시험방법을 준용할 수 있다.
- ④ 암석시험은 채취된 암석시료의 공학적 특성과 설계정수를 결정하기 위
하여 수행하며 시료의 제작 및 시험방법은 국·내외에서 권장하는 시
험방법 등 국제적으로 공인된 방법을 적용하여야 한다.
- ⑤ 내진검토를 위한 동적지반정수 산정을 위하여 공진주시험, 비틀전단시
험, 자유단공진주시험, 진동삼축압축시험 등과 물리탐사인 하향식탄성
파탐사, 시추공간 탄성파탐사, S-PS검층, 음파검층, 밀도검층 등을 설
계 목적에 적합하게 선정하여 수행하여야 한다.

12.4.10 시공 중 보완조사

- (1) 시공 중 보완조사 시는 다음 사항을 고려하여야 하며, 상세한 내용은 「3.3 지반조사」를 따른다.
- ① 시공 중 보완조사는 예비조사와 본조사 단계에서 민원 등 부득이한 이유나 기술적 한계 등으로 인하여 필요로 하는 조사가 시행되지 못한 경우, 또는 시공 중 지반변화가 예상되어 추가조사가 필요한 경우에 실시하여야 하며 현장여건을 고려하여 필요한 지반정보가 얻어질 수 있도록 조사항목을 선정하여야 한다.
 - ② 시공 중 보완조사의 목적은 굴진면 전방과 굴진면주변의 지반상태를 파악하는데 있으며 시공 중 관찰되는 노출된 지반의 상태를 분석하여 예기치 않았던 지반변화나 시공 중의 계측결과가 이상치를 보일 경우 반드시 필요한 추가조사 및 시험을 실시하여야 한다.
 - ③ 시공 중 보완조사는 일상적으로 굴진면 지질매핑(Geological Mapping)이 시행되어야 하며, 필요한 경우 감지공 천공(Feeler Hole), 수평시추 및 터널 내 물리탐사 등을 통하여 굴진면 전방에 대한 지질특성을 조사할 수 있다. 경암반 터널의 록볼트를 포함한 지보패턴 변경은 지질매핑 등 시공 중 보완조사 결과에 근거해야 하며, 필요시 굴진면전방조사를 통하여 보조공법 적용여부를 판단하는 등 사전 공사준비를 위한 자료로 제공되어야 한다.

12.4.11 지반조사 성과의 정리

- (1) 조사 성과는 터널노선 계획, 설계 및 시공, 유지관리 시 활용할 수 있도록 정리하여야 하며, 상세한 내용은 「3.3 지반조사」를 따른다.
- (2) 터널 공사는 막장의 자립성, 막장내 용출수, 편압의 작용, 갱구부의 비탈면붕괴 및 활동가능성, 인접 구조물에 대한 영향, 지반의 팽창성 등이 중요한 요소가 되므로 다음과 같은 취약 지반조건에 대한 평가가 수행되어야 한다.
- ① 미고결 사질지반이나 단층, 파쇄대에서는 돌발적인 용수가 발생할 수 있으므로 이에 따른 지반 자립성의 저하 및 붕괴 가능성에 대한 검토가 수행되어야 한다.

- ② 갱구부에서의 비탈면붕괴나 활동은 공사의 진척에 영향을 미칠 수 있으므로 광범위한 지형관찰, 과거의 산사태나 비탈면붕괴 기록 등을 검토하여야 한다.
 - ③ 토피가 얇은 구간, 편압 발생 지형, 애추 구간, 산사태 지역 등은 터널 굴착시 붕괴 및 지반활동을 야기할 우려가 있으므로 굴착공법, 지보공, 보조공법 등을 면밀하게 검토하여야 한다.
 - ④ 지반평가는 패턴설계, 시공방법의 결정 및 시공 시 예측결과와 판정 등에 중요한 기준을 제공하므로 조사 및 시험 결과와 설계·시공사례를 토대로 객관적으로 평가되어야 한다.
- (3) 지반분류시에는 다음 사항을 고려하여야 한다.
- ① 조사와 시험으로부터 수집된 제반정보를 종합적으로 분석하여 설계 및 공사목적에 부합되도록 지반을 분류하여야 한다.
 - ② 토사층은 ‘흙의 통일분류법(USCS) 등에 따라서 세분하여야 한다.
 - ③ 암반분류시에는 다음 사항 중 필요한 사항을 선정하여 분류하여야 한다.
 - 가. 압축강도
 - 나. 탄성과 속도
 - 다. 변형계수
 - 라. RQD
 - 마. 불연속면의 간격 또는 빈도
 - 바. 불연속면의 상태(거칠기, 풍화도, 연속성, 틈새, 충전물의 두께와 특성 등)
 - 사. 불연속면의 주향 및 경사
 - 아. 지하수 상태
 - 자. 초기응력 상태
 - 차. 암석종류, 풍화도, 수침시의 특성 등 암반의 거동특성에 영향을 주는 지반특성
 - ④ 지보재 설계를 위한 암반분류는 RMR, Q-system 등을 적용할 수 있으며 특히 RMR의 경우 일축압축강도나 RQD등 계량화가 가능한 평가요소의 경우는 Bieniawski의 제안 그래프(1989)를 이용하여 점수를 산정할 수 있다. RMR에 의한 암반분류는 5등급으로 분류하는 것을 원칙으

로 하되, 터널의 크기, 용도 및 지역특성을 고려하여 5등급 이상으로 세분화할 수 있다. 함수미고결지층 등과 같이 특수한 지반조건이 존재할 경우에는 이를 별도의 지반등급으로 분류하여야 한다.

(4) 조사결과의 정리시에는 다음 사항을 고려하여야 한다.

- ① 지표지질조사 결과는 응용지질도로 정리하여야 하며 응용지질도는 터널구간을 포함하는 광역지질도(1/25,000)와 정밀응용지질도(1/5,000)로 구분하여 작성하여야 한다.
- ② 시추조사 결과는 일정한 양식의 시추 주상도에 정리하여야 하며, 지층 설명은 색조, N값, 강도, 풍화도, 균열상태, 암석명, TCR, RQD 등을 포함하여 상세하게 기록하고 시추 주상도와 지구물리탐사 등 관련자료를 참고하여 터널구간의 지질단면도를 작성하여야 한다.
- ③ 채취된 시료는 일정한 규격의 시료병이나 시료상자에 정리하여야 한다.
- ④ 시료상자에 정리된 시추코어는 암석의 색조, 상태, 절리 등의 관찰이 용이하도록 직상부에서 천연색으로 촬영하여 사진첩에 정리하여야 하며 대표적인 것은 지반조사 보고서에도 수록하여야 한다.

(5) 조사자료는 추후 유지관리시 활용가능토록 보존하여야 한다.

12.5 터널지보재

12.5.1 터널지보재의 설계일반

- (1) 터널의 지보는 원지반의 지보능력을 적극적으로 활용함을 원칙으로 하되, 터널지보재는 터널주변의 지반거동 특성에 부합하도록 설계하여 시공 중이나 완공 후에도 터널의 안정을 유지할 수 있도록 하여야 한다.
- (2) 지보재는 굴착지반을 조기에 안정시키며 지반굴착에 따른 영향이 인접 구조물의 안정을 해치지 않도록 설계하여야 한다.
- (3) 터널 내부에서의 작업효율성, 안정성을 고려하여 각종 지보재를 설계하여야 한다.
- (4) 터널의 지보재는 강지보재, 록볼트, 슛크리트 등으로 구성되어 있는 주지보재와 굴착의 용이성 및 안정성 증진을 목적으로 주지보재에 추가하여 시공하는 강봉, 굴진면 슛크리트, 굴진면 록볼트, 주입재, 강관 등의 보조지보재로 구분하여 설계하여야 한다.

- (5) 지보재의 설계에 있어서는 지반의 분류 등급과 해당 지보재의 선정에 대한 기준을 제시함으로써 시공 시 실제지반조건이 설계 시의 예측조건과 상이할 경우 적합한 지보재의 종류와 물량으로 변경할 수 있도록 하여야 한다.
- (6) 지보설계는 단·복선 등 터널단면의 규모별로 암반 분류에 의한 표준 지보패턴 설계를 원칙으로 하되, 대규모 단층대, 함수 미고결층, 분기·확폭부 등의 대단면, 석회암층 통과부 및 기타 풍화가 용이한 암반층 등의 구간에서는 별도의 지보패턴을 설계하여야 한다.

12.5.2 강지보재

- (1) 강지보재의 설계 시 다음 사항을 고려하여야 한다.
 - ① 다음의 기능이 요구될 때 강지보재를 사용하여야 하며, 강지보재의 역할이 필요 없는 경우에는 생략할 수 있다.
 - 가. 숏크리트 또는 록볼트의 지보기능이 발휘되기까지 굴착면의 안정을 도모
 - 나. 굴진면 휘폴링 등 보조공법의 반력지지점
 - 다. 큰 지압으로 인한 지보재의 강성 증가 필요
 - 라. 지표침하 등 지반변위의 억제 필요
 - ② 강지보재는 숏크리트, 록볼트 등의 다른 지보재와 일체가 되어 소요의 지보기능을 발휘하도록 규격과 배치간격을 정하여야 한다.
 - ③ 강지보재의 이음은 시공순서 및 시공성을 고려하여 이음개소가 최소가 되도록 정하되 제거와 추가이음이 필요한 곳에는 시공이 가능하도록 설계에 반영하여야 한다.
- (2) 강지보재의 형상 및 치수는 다음 사항을 준수하여야 한다.
 - ① 강지보재의 단면은 강지보재의 설치 후에도 숏크리트의 타설이 용이하고, 숏크리트와 일체화되기 쉬운 형상을 가진 것이어야 하며, H형강, U형강, 격자지보(Lattice Girder) 등을 사용하여야 한다.
 - ② 강지보재의 치수는 작용하중 외에 숏크리트의 두께, 강지보재의 최소 덮개, 굴착공법, 굴착방법 등을 고려하여 결정하여야 한다. 또한, 소요의 강성이 발휘되고, 좌굴, 비틀림 및 국부적인 하중에 대하여 저항성이 크고 시공능률을 높일 수 있는 것이어야 한다.

- (3) 강지보재의 재질은 다음 사항을 준수하여야 한다.
- ① 강지보재는 연성이 크고 휨과 용접 등의 가공성이 양호하여야 한다.
 - ② H형강, U형강의 재질은 KS D3503에 규정된 SS 300B 또는 KS D3515에 규정된 SM 400, 격자지보의 재질은 KS D3504에 규정된 SD500W를 표준으로 하며, 필요시 이와 동등 이상의 성능을 발휘하는 구조용 강재로 하여야 한다.
 - ③ 강재 대신 고강도 플라스틱, 복합부재 등을 지보재로 사용할 경우 강지보재와 동등 이상의 성능을 발휘하여야 한다.
- (4) 강지보재의 이음 및 설치간격은 다음 사항을 따라야 한다.
- ① 강지보재는 운반, 거치 및 시공성을 고려하여 분할 제작하는 것을 원칙으로 하되 이음개소를 최소화하고 부재 상호간은 견고한 이음이 되도록 설계하여야 한다. 특히, 구조적으로 불리한 위치에서의 이음은 가능한 한 피하도록 하여야 한다.
 - ② 팽창성 지반 등과 같이 내공변위가 크게 발생하는 지역에서는 강지보재의 이음을 가축변형(可縮變形)이 허용되는 조인트 구조로 할 수 있다. 이 경우에는 가축 허용량 산정에 주의하여야 한다.
 - ③ 강지보재의 설치간격은 지반특성, 사용목적, 시공법 등을 고려하여 정하여야 한다.
 - ④ 상반과 하반으로 나누어 굴착하는 경우 지반조건에 따라 상부 강지보재의 연직 지지점 확보가 가능하도록 조치한 후 하반의 강지보재를 일부 생략할 수 있다.
- (5) 강지보재의 간격재와 바닥판 받침은 다음 사항을 준수하여야 한다.
- ① 숏크리트에 따라 강지보재가 고정되기 전까지 전도를 방지하기 위하여 강지보재 사이에 적절한 크기의 강재 간격재를 일정한 간격으로 설치하여야 한다. 이때 간격재의 형상은 숏크리트의 일체화에 저해되는 형상을 사용하여서는 안 되며 그 설치간격은 2.0m이내를 표준으로 하되 현장조건에 따라 조정할 수 있다.
 - ② 강지보재 하단에는 바닥판을 붙이고 필요에 따라 받침을 설치하여 필요로 하는 지지력을 확보할 수 있도록 하여야 한다.
 - ③ 강지보재 바닥판의 받침으로는 목재, 철근 콘크리트 블록, 강판 등을

사용할 수 있으며 강지보재에 작용하는 하중이 큰 경우는 필요에 따라 바닥보강 콘크리트를 사용하여야 한다.

12.5.3 숏크리트

(1) 숏크리트 설계는 그 사용목적, 지반조건, 시공성 등을 고려하여 지보재로서 다음 사항을 고려하여 설계하여야 한다.

- ① 숏크리트는 일반 숏크리트와 고강도 숏크리트로 구분할 수 있다.
- ② 숏크리트는 지반과의 부착 및 자체전단 저항효과로 숏크리트에 작용하는 외력을 지반에 분산시키고, 터널 주변의 붕락하기 쉬운 암괴를 지지하며, 굴진부에서 지반아치가 형성될 수 있도록 한다.
- ③ 휨압축 또는 축력에 의한 저항효과로 주변 원지반에 내압효과를 발휘하도록 하여 굴착면 주변지반이 3축 응력상태를 유지하도록 한다.
- ④ 강지보재 또는 록볼트에 지반압을 전달하는 기능을 발휘할 수 있도록 한다.
- ⑤ 굴착된 지반의 굴곡부를 메우고 절리면 사이를 접착시킴으로써 응력집중 현상을 피할 수 있도록 한다.
- ⑥ 굴착면을 피복하여 풍화방지, 지하수 및 세립자 유출 등을 억제할 수 있도록 한다.

(2) 숏크리트는 다음과 같은 특성을 보유하여야 한다.

- ① 설계목적과 기준에 부합하는 소요 강도를 확보하여야 한다.
- ② 조기에 필요한 강도를 발휘할 수 있어야 한다.
- ③ 지반과 필요로 하는 부착성을 확보하여야 한다.
- ④ 반발률(Rebound Ratio) 및 분진발생량을 최소화하여야 한다.
- ⑤ 평활한 굴착면을 확보하여 방수 및 배수시공이 용이하여야 한다.

(3) 일반 숏크리트의 배합 및 강도는 다음 사항을 준수하여야 한다.

- ① 숏크리트는 설계목적에 적합한 조기 및 장기강도를 발휘하여야 하며, 다음 사항을 고려하여 설계강도를 결정하여야 한다.

가. 지반 강도 및 지보재로서의 기능

나. 배합재료의 품질 및 조달의 용이도

다. 시공성 및 숏크리트 타설 작업의 숙련도

- ② 숏크리트용 시멘트는 보통 포트랜드 시멘트를 사용하는 것을 원칙으로

하되 현장조건에 따라 변경할 수 있으며, 잔골재에는 입경 0.1mm 이하의 세립물을 포함하지 않아야 하고, 굵은 골재의 최대 치수는 10mm 이하가 되어야 한다.

- ③ 숏크리트는 필요한 강도와 내구성이 확보되고 부착성과 시공성이 양호하며 재령 1일 압축강도가 10MPa 이상, 재령 28일 강도가 21MPa 이상 되도록 배합하여야 한다.
- ④ 숏크리트 사용수(水)의 혼합방법에 따라 건식과 습식으로 구분하며 필요에 따라 강(鋼) 또는 기타 재질의 섬유(Fiber)도 혼합하여 사용할 수 있다.
- ⑤ 강섬유는 인장강도 700MPa 이상, 직경 0.3~0.6mm, 길이 30~40mm를 표준으로 하되 현장조건에 따라 조정할 수 있으며, 숏크리트와의 부착 성능이 양호하게 발현되고 숏크리트 타설 시 뭉침현상이나 막힘현상이 발생하지 않아야 한다.
- ⑥ 실제 벽면에 타설된 강섬유 혼입량은 30kg/m³ 이상이 되어야 하며, 설계 휨강도와 휨인성을 만족하여야 한다. 이때 재령 28일의 강섬유 보강 숏크리트의 휨강도는 4.5MPa 이상, 그리고 휨인성을 나타내는 등가 휨강도는 3.0MPa 이상이어야 한다. 강섬유 이외의 기타 섬유를 적용할 경우에는 상기 강섬유 보강 숏크리트의 성능기준 이상을 발현할 수 있도록 설계하여야 한다.
- ⑦ 숏크리트의 조기강도를 위하여 급결제를 사용할 수 있다. 이때 사용되는 급결제의 사용량은 시멘트 중량의 5~10%를 표준으로 하며, 다음의 특성을 보유했어야 한다.

가. 콘크리트의 응결경화를 촉진하여야 함

나. 장기강도의 저하가 적어야 함

다. 부착성이 우수하여야 함

라. 강지보재를 사용하는 경우는 강재를 부식시키지 않아야 함

마. 사용상의 안전성이 확보되어 있어야 함

- ⑧ 장대터널에서는 콘크리트 배합부터 숏크리트 타설까지 상당한 시간이 소요되어 작업성이 저하될 수 있으므로 감수제의 사용을 검토하여야 한다.

- (4) 고강도 숏크리트의 배합 및 강도는 다음 사항을 따라야 한다.
- ① 고강도 숏크리트는 필요한 강도와 내구성이 확보되고 부착성과 시공성이 양호하여야 하며, 재령 1일에 10MPa 이상 그리고 재령 28일 강도가 35MPa 이상이 되도록 배합하여야 한다.
 - ② 다음과 같은 경우에는 고강도 숏크리트를 사용할 수 있다.
 - 가. 콘크리트라이닝을 설치하지 않는 경우
 - 나. 터널의 조기 안정화가 요구되는 경우
 - 다. 장기내구성이 요구되는 목적구조물로서 활용되는 경우
 - 라. 대단면 터널에서 숏크리트 두께 축소를 목적으로 하는 경우
 - 마. 안전성, 시공성, 경제성 향상을 목적으로 하는 경우
 - ③ 숏크리트의 강도 증진을 위하여 혼화재를 사용할 경우에는 실리카 흙, 메타카올린, 플라이애쉬 등과 같은 미분말 혼화재를 사용할 수 있다.
 - ④ 기타 사항은 일반 숏크리트에 대하여 제시된 내용에 따르는 것을 원칙으로 하되 현장조건에 따라 조정할 수 있다.
- (5) 터널의 지보재로 사용되는 숏크리트의 최소 두께는 사용 목적, 지반 조건, 단면의 크기, 지보재 안정성 및 시공성 등을 고려하여야 하며, 50mm 이상으로 하는 것을 원칙으로 하되 현장조건에 따라 조정할 수 있다.
- (6) 타설된 숏크리트가 고정하중으로 인하여 박리될 가능성이 있는 경우 또는 숏크리트의 인장강도 및 전단강도 등 인성을 향상시키기 위하여 철망을 사용할 수 있다. 단, 강섬유 또는 기타 재료의 섬유를 혼합한 숏크리트의 경우는 철망을 생략할 수 있다. 철망의 재질 및 규격은 다음 사항을 따라야 한다.
- ① 철망은 KS D 7017에 규정된 용접철망을 사용하여야 하며, 철망의 지름은 5mm 내외, 개구크기는 100×100mm 또는 150×150mm인 철망을 표준으로 하되 현장조건에 따라 변경할 수 있다.
 - ② 굴착면의 자립이 어렵고 숏크리트 타설 시 숏크리트 박리가 발생하는 경우에는 숏크리트와 지반과의 부착을 증진시키기 위하여 개구크기와 철선지름이 작은 철망을 사용할 수 있다.
 - ③ 철망은 종방향 및 횡방향으로 겹이음을 실시하며 터널 종방향으로는

100mm, 횡방향으로는 200mm 이상의 이음장을 표준으로 하되 현장조건에 따라 증감할 수 있다.

12.5.4 록볼트

(1) 록볼트 설계 시 다음 사항을 고려하여야 한다.

- ① 록볼트 설계 시에는 록볼트 소재와 록볼트 자체의 항복하중과 정착방법을 면밀히 검토하여야 한다.
- ② 록볼트의 설계에 있어서는 지반상태, 불연속면의 분포, 발생응수 등을 고려하여 다음에 언급한 효과가 사용 목적에 적합하도록 발휘되어야 한다.
 - 가. 봉합작용 : 발파 등에 의해 이완된 암괴를 이완되지 않은 원지반에 고정하여 낙하를 방지하는 기능이다.
 - 나. 보형성작용 : 터널 주변의 층을 이루고 있는 지반의 절리면 사이를 조여줌으로써 절리면에서 전단력의 전달을 가능하게 하여 합성보로서 거동시키는 효과이다.
 - 다. 내압작용 : 록볼트에 작용하는 인장력과 동등한 힘이 내압으로 터널 벽면에 작용하면 2축응력 상태에 있던 터널 주변 지반이 3축응력 상태로 되는 효과가 있으며, 이것은 3축 시험시 구속력(축압)의 증대와 같은 의미를 가지며 지반의 강도 혹은 내하력 저하를 억제하는 작용을 한다.
 - 라. 아치형성 작용 : 시스템 록볼트의 내압효과로 인하여 굴착면 주변의 지반이 내공측으로 일정하게 변형하는 것에 의해 내하력이 큰 아치를 형성한다.
 - 마. 지반보강 작용 : 지반 내에 록볼트를 설치하면 지반의 전단 저항능력이 증대하여 지반의 내하력을 증대시키고 지반의 항복 후에도 잔류강도 향상을 도모한다.
- ③ 록볼트의 작용효과 중 특히 봉합작용이 강조되어 인장력이 발생하는 경우는 소요의 인발내력에 대하여 필요로 하는 안전율을 갖는 재질과 형상의 록볼트를 채택하여야 한다.
- ④ 록볼트의 재질, 지압판, 정착형식 및 정착재료 등을 선정할 경우에는 그 시공성을 고려하여야 한다.

- ⑤ 굴착으로 인한 응력해방에 따라 내공변위가 크게 발생하는 경우에는 선단정착형 또는 혼합형의 록볼트 형식으로 프리스트레스를 도입할 수 있다. 프리스트레스를 도입하는 경우에는 도입된 프리스트레스가 지속적으로 유지될 수 있는 지반조건이어야 하며, 프리스트레싱에 의한 록볼트의 응력이 항복강도의 80% 이내가 되도록 하여야 한다.
- ⑥ 대단면 터널, 터널 교차부 등과 같이 8m 이상의 긴 록볼트를 설치할 필요가 있는 경우에는 시공성 등을 고려하여 록볼트와 함께 케이בל볼트를 조합하여 설계할 수 있다.
- (2) 록볼트 재질 및 형상은 다음 사항을 따라야 한다.
- ① 록볼트는 소요의 강도 이상을 가지는 이형봉강으로 제작하는 것을 기준으로 하나 강관, 팽창성 강관 또는 이와 동일한 강도와 기능을 가지는 섬유보강 플라스틱(FRP) 등 기타 소재의 록볼트도 사용할 수 있으며, 재질 및 강도는 한국산업규격(KS)에 적합한 것이어야 한다.
- ② 록볼트의 재질은 원지반 조건 및 사용목적에 고려하여 정하여야 하며, 영구지보재로 사용하는 경우는 장기 내구성이 우수한 것이어야 한다. 일반적으로 SD 350 이상의 강재로서 재질 인장강도 및 연신율이 큰 것이어야 한다. KS E 3132 및 KS D 3504에 제정되어 있는 봉강의 기계적 성질은 <표 12.5.1>과 같다.

표 12.5.1 록볼트로 사용되는 봉강의 기계적 성질

종 류	직 경 (mm)	재 질 기 호	기 계 적 성 질		
			항복강도 (MPa)	인장강도 (MPa)	연신율 (%)
이 형 봉 강	22이상	SD600 이상	600 이상	710 이상	10 이상
		SD700 이상	700 이상	800 이상	10 이상
	25이상	SD350 이상	350 이상	490 이상	18 이상
		SD400 이상	400 이상	560 이상	16 이상

- ③ 지압판은 록볼트와 슛크리트를 일체화시키는 역할을 담당하며, 예상되

는 응력에 대하여 필요로 하는 면적과 강도를 갖는 것이어야 한다. 지압판 두께는 6mm를 표준으로 하되 팽창성 지반의 경우는 9mm 이상을 사용하여야 한다.

(3) 록볼트의 정착방법의 선정 시에는 다음 사항을 따라야 한다.

- ① 록볼트의 정착방법으로는 선단정착형, 전면접착형, 혼합형 등이 있으며 사용목적, 지반조건, 시공성 등을 고려하여 정착방법을 선정하여야 한다.
- ② 정착재료는 시멘트계와 수지계를 현장 여건에 따라 사용할 수 있다. 설치위치에 따라 정착재료의 흘러내림을 최대한 방지하도록 조치하여야 한다.
- ③ 지반이 연약하여 록볼트 천공의 자립이 어려운 경우에는 자천공(自穿孔)형 록볼트를 사용할 수 있다.
- ④ 긴급한 록볼트 기능 도입이 요구되는 경우에는 마찰력을 즉시 발휘시킬 수 있는 구조의 록볼트를 사용하여야 한다.
- ⑤ 록볼트의 정착재료는 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하는 것을 원칙으로 하되 현장조건에 따라 변경될 수 있으며, 사용하는 모래는 최대 직경이 2mm 이하의 입도가 양호한 모래를 사용하여야 한다.

(4) 록볼트의 배치 및 길이 선정은 다음 사항을 따라야 한다.

- ① 록볼트는 굴착에 따라 영향을 받는 영역을 보강하도록 배치하는 것을 원칙으로 하되 현장조건에 따라 조정할 수 있다.
- ② 록볼트의 배치 및 길이는 그 사용목적, 지반조건, 터널 단면의 크기 및 형상, 굴착공법, 절리의 간격 등을 고려하여 결정하여야 한다.
- ③ 록볼트를 일정한 간격으로 배치할 필요가 있는 경우에는 터널단면의 방사선 방향으로 굴착면에 직각으로 설치하는 것을 원칙으로 하되 현장조건에 따라 변경할 수 있고, 절리가 발달하였으나 암질이 양호한 불연속면을 관통하는 경우에는 절리면을 고려한 방향으로 록볼트를 설치하여야 하며, 인접한 록볼트 간에는 상호작용 발휘가 가능하도록 록볼트를 배치하여야 한다. 단, 록볼트를 조기에 타설할 필요가 있는 경우에는 터널진행방향으로 경사진 경사록볼트 형식을 적용할 수 있다.
- ④ 록볼트의 길이는 굴착단면의 크기와 이완영역의 발달 깊이에 따라 조

정하여야 하며, 설치간격의 2배 정도를 표준으로 하고, 1회 굴진장 및 암반의 절리상태에 따라 조정하여야 하며, 지반자체의 지보능력을 원활히 발휘할 수 있는 간격으로 배치하여야 한다.

- ⑤ 록볼트의 직경은 1본의 록볼트가 지탱하는 암괴의 중량 또는 지반에 필요한 전단 보강력에 따라 결정할 수 있으나 일반적으로 D25의 규격을 표준으로 한다.
- ⑥ 터널 상부에 강관보강공법이 적용된 구간에서 록볼트에 의한 보강효과를 얻을 수 없거나 매우 저감되는 경우에는 지반 조건을 면밀히 검토한 후 록볼트를 생략할 수 있다.

12.6 콘크리트라이닝

12.6.1 콘크리트라이닝의 역할

- (1) 콘크리트라이닝은 터널이 계획된 지역주변의 지반상태, 환경조건 및 주 지보재의 지보능력을 고려하여 사용목적 및 사용조건에 적합하고 내구연한 동안 필요로 하는 안정성과 누수 등에 의한 침식이나 강도의 감소 등이 없는 내구성을 가지도록 설계하여야 한다.
- (2) 콘크리트라이닝은 다음과 같은 기능을 보유하도록 설계하여야 한다.
 - ① 내구연한 동안 구조체로서의 역학적 기능
 - ② 비배수형 방수형식 터널에서의 내압기능
 - ③ 터널 내장재로서 미관유지 기능
 - ④ 터널내 점검 및 보수 관리 기능
- (3) 콘크리트라이닝의 타설 시기는 굴착 후 지반 및 지보재의 지지능력 저감을 감안하여 가능한 조속히 시공토록 계획하여야 한다.
- (4) 비배수형 방수형식 터널에서는 콘크리트라이닝에 수압이 작용하므로 수압을 고려하여 설계하여야 한다.

12.6.2 콘크리트라이닝의 재료 및 강도

- (1) 콘크리트라이닝에 사용하는 재료는 터널 사용목적에 적합해야 하며 일반적으로 현장타설 무근 또는 철근 콘크리트를 사용할 수 있으며, 현장여건에 따라 프리캐스트라이닝도 적용할 수 있다. 콘크리트라이닝의 균

열 억제 및 내구성 증진 등을 위하여 철근 이외에 강섬유 또는 유리섬유를 사용할 수 있다.

- (2) 콘크리트라이닝의 소요강도는 지반특성, 콘크리트라이닝의 형상, 지보재의 종류 및 라이닝에 작용하는 하중 등에 적합하도록 설계하여야 한다. 일반적으로, 재령 28일 강도가 21~24MPa 인 콘크리트를 표준강도로 하나 경우에 따라서는 그 이상인 고강도 콘크리트를 사용할 수 있다.
- (3) 비배수형 방수형식 터널에서는 방수목적상 수밀콘크리트를 사용하여야 하며, 이 경우 재령 28일 강도는 27MPa 이상이 되도록 하여야 한다.
- (4) 터널의 장기 안정성이 확보되는 경우나 현장여건에 따라 라이닝을 설치하지 않을 수 있다.

12.6.3 콘크리트라이닝의 형상 및 두께

- (1) 콘크리트라이닝의 형상은 소요 내공단면을 포함하며 국부적인 응력집중을 방지하고 휨모멘트가 작게 발생하도록 급격한 만곡, 모서리, 요철 등을 피하여야 하며 필요시 모따기 등을 고려하여야 한다.
- (2) 콘크리트라이닝의 두께는 터널 단면의 크기와 형상, 지반조건, 작용하중, 수압, 사용재료 및 시공법 등을 고려하여 설계하여야 한다.
- (3) 콘크리트라이닝의 두께는 소단면 철도터널을 기준으로 300mm를 표준으로 하되 단면크기, 형상 및 지반조건 등 현장여건을 감안하여 증감할 수 있다.
- (4) 콘크리트라이닝을 철근으로 보강하는 경우에는 구조적 안전성과 시공성을 함께 고려하여 두께를 산정하여야 한다. 이 경우, 시공이음부에 타설하는 콘크리트의 품질을 향상시키고 시공성을 증진시키는 방안을 강구하여야 하며, 필요에 따라 종방향 철근을 단절시킬 수 있되 단절에 따른 보강조치를 취하여야 한다. 철근으로 보강하여 콘크리트라이닝을 타설할 경우 철근 처짐 방지 대책을 수립하여 소요피복두께와 건축한계(시설한계)를 확보하여야 한다.

12.6.4 인버트 형상 및 콘크리트라이닝의 설치

- (1) 원지반의 특성에 따라 인버트 부분에 콘크리트라이닝 설치여부를 결정하

여야 한다.

- (2) 팽창성 지반, 압축성지반 및 함수미고결층 지반 등 특수한 지반에서는 인버트 콘크리트라이닝의 타설 시기를 추가로 검토하여야 하며 특히 지반이 불량한 경우에는 숏크리트에 의한 인버트 부분의 보강도 고려하여야 한다.
- (3) 지형 조건상 편압으로 인하여 터널의 안정성에 문제가 발생할 것으로 예상될 경우 인버트 부분의 형상을 곡선형으로 적용하는 것을 하되 현장조건에 따라 다른 형상을 적용할 수 있다.
- (4) 인버트는 측벽과 일체가 되어 외력에 안전하게 저항할 수 있는 형상이 되도록 설계한다.
- (5) 곡선형 인버트의 곡선부분 깊이는 지형 및 지반조건에 따라 정하여야 하며, 시공성 및 경제성 등도 검토하여야 한다.
- (6) 직선형 인버트를 적용하는 터널의 경우도 터널의 용도, 유지관리 등을 고려하여 인버트 부분에 콘크리트라이닝을 타설할 수 있다.

12.6.5 균열방지대책

- (1) 콘크리트라이닝에 유해한 균열이 발생할 염려가 있는 경우에는 균열방지대책을 강구하여야 하며 외기온도의 영향을 많이 받는 구간은 필요에 따라 콘크리트 타설 시 신축 이음부를 설치하여야 한다.
- (2) 콘크리트라이닝 균열의 요인은 콘크리트 경화온도 강하에 의한 온도신축, 터널 내 온도 변화에 의한 온도신축, 터널내 습도의 저하에 의한 건조수축 등이 있으며 균열 방지를 위하여 다음 사항을 검토하여 설계하여야 한다.
 - ① 숏크리트와 콘크리트라이닝의 평활한 접속
 - ② 콘크리트 배합시 팽창제, 혼화제, 유동화제 등을 첨가하여 수화열과 건조수축량을 감소
 - ③ 콘크리트라이닝의 타설순서 조정
 - ④ 필요시 누수대책이 고려된 균열유발 줄눈의 설치
 - ⑤ 철근이나 철망 배치 및 섬유보강 콘크리트 사용
 - ⑥ 습윤양생 실시

12.6.6 터널바닥처리

- (1) 터널바닥에는 궤도시공 및 유지관리를 위하여 필요한 경우 보조도상 콘크리트를 타설하여야 한다.
- (2) 보조도상 콘크리트는 두께 150mm 이상, 재령 28일 강도 18MPa 이상이 되도록 하여야 하며 균열방지를 위하여 와이어메쉬를 설치하여야 한다.

12.6.7 터널천장부 콘크리트라이닝 뒤채움

- (1) 콘크리트라이닝의 천장부 채움을 설계 시 반영하고 주입재의 재료, 배합, 주입구의 구조 및 배열 등을 계획하여야 한다.
- (2) 주입작업시 배수체계의 훼손 및 구조물의 손상이 발생하지 않도록 주입압을 검토하여야 한다.
- (3) 주입 재료로 사용되는 모르타르는 주입 작업 시의 분리, 특히 고형물의 침전이 적고 주입 후의 체적 신축이 작아야 한다.
- (4) 콘크리트라이닝 천장부 채움시 주입관과 배기관을 설치하여 공극채움이 원활히 되도록 하여야 한다.

12.7 터널안정성해석

12.7.1 일반사항

- (1) 철도터널 안정성 해석의 목적은 터널 건설에 따른 주변 지반의 거동과 주변 시설물에 미치는 영향 및 지보재를 포함한 터널 구조물의 안정성을 사전에 검토하기 위함이다. 특히, 해석 결과의 분석과 적용에 있어서는 단순히 해석 결과에만 의존하는 설계가 되지 않도록 주의하여야 한다.
- (2) 해석 시에는 지형 및 지반 조건, 지하수 조건, 터널의 형상 및 위치, 시공방법 및 터널주변 지반의 지보특성을 고려하여야 하며, 해석기법은 2차원 해석이나 3차원 해석을 채택할 수 있다. 2차원 해석을 실시할 경우에는 3차원적 실제 지반거동을 고려하여야 한다.
- (3) 해석 수행 시 다음 사항을 고려하여야 한다.
 - ① 해석영역은 철도터널의 규모와 지반 조건 등을 고려하여 터널굴착에

따른 영향을 파악할 수 있는 범위로 설정하여야 한다.

- ② 해석모델은 단계별 굴착의 영향이 포함되도록 하되 경계요소, 무한요소 등의 탄성경계 조건을 부여하는 경우를 제외하고는 터널 좌·우면 터널굴착폭의 3배 이상, 하부는 터널높이의 2배 이상, 상부는 지표면까지를 해석영역으로 하여야 한다. 단, 상부토피가 상대적으로 높은 경우에는 상부지반 조건의 영향이 포함될 수 있는 별도의 모델을 적용할 수 있다.
- ③ 해석 시 사용하는 지반특성값들은 해당 지반의 시험 결과를 토대로 산정된 값을 사용하여야 한다. 단, 공사의 규모 또는 현장 여건상 시험 결과를 얻을 수 없는 경우에는 경험이 풍부한 기술자의 판단에 따라 유사지반의 지반특성값을 제한적으로 준용할 수 있다.
- (4) 해석에 사용되는 모든 프로그램은 그 적합성이 검증되고 지반의 거동을 적절하게 모사(Simulation)할 수 있는 기능을 보유하여야 하며, 터널의 단계별 굴착을 재현할 수 있는 기능과 지반, 지보재의 변위, 응력 그리고 모멘트 등을 계산하여 터널 설계 및 안정성 해석에 이용할 수 있어야 한다.
- (5) 터널 굴착에 대한 해석은 일반적으로 사전조사, 모형화, 계산, 결과출력 및 종합평가의 순서로 진행하는 것을 원칙으로 하되 해석조건에 따라 조정할 수 있다.
- (6) 사전조사에서는 지질조사 자료 및 철도터널 설계단면, 시공단계, 굴착공법, 표준지보패턴 등의 관련 자료를 바탕으로 해석모형과 지반특성값을 설정하여 해석을 실행하여야 한다.
- (7) 종합평가에 직접 적용된 수치 및 도표 등의 내용은 상세히 기술하여야 하며, 적용되지 않는 각종 해석 결과는 수록하지 않는 것을 원칙으로 하되 평가조건에 따라 변경할 수 있다.
- (8) 터널의 일반적인 해석 순서는 <그림 12.7.1>과 같다.

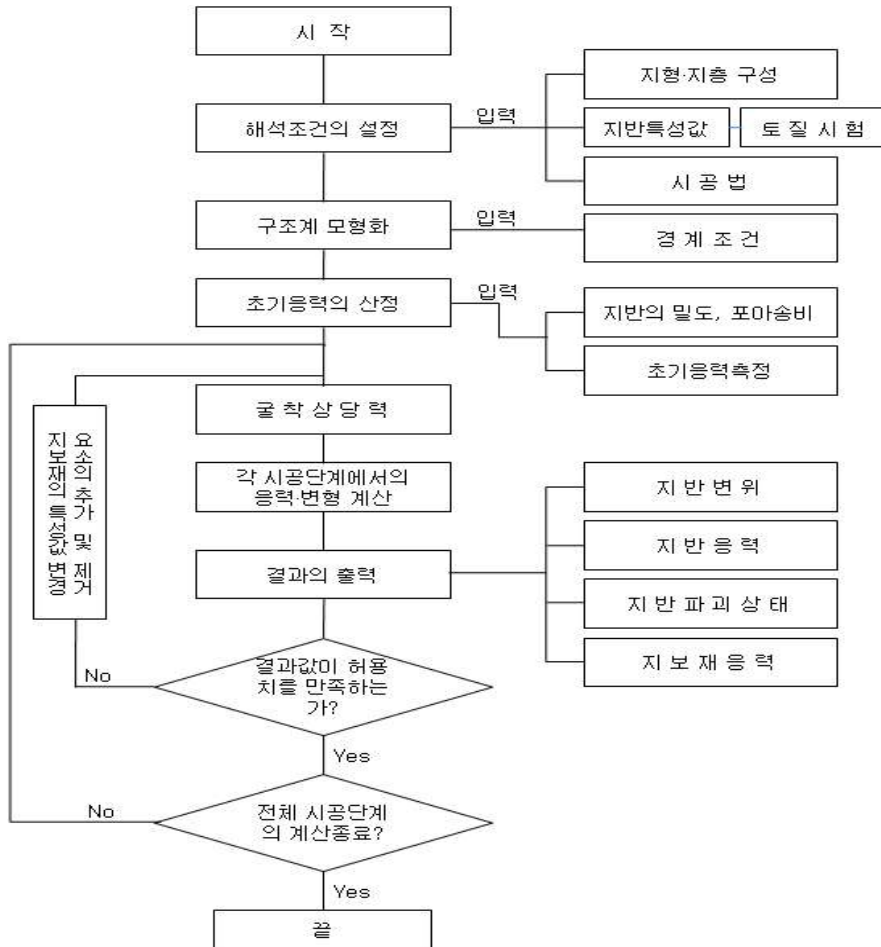


그림 12.7.1 일반적인 철도터널의 해석순서

12.7.2 해석입력특성

- (1) 해석에 필요한 해석입력값은 지반특성값, 지반의 초기응력, 지하수위, 지보재 특성값, 사용되는 보조공법재의 특성값 등이다.
- (2) 지반특성값은 터널 거동을 나타낼 수 있어야 하며, 지반의 초기응력은 터널거동에 큰 영향을 미치므로 현장에서 측정된 값, 경험식 또는 추정식으로 부터 산정하여야 한다.
- (3) 보조공법 중 지반보강을 목적으로 주입한 경우에는 보강된 지반특성값

이 필요하며, 기계적 보강을 실시한 경우에는 각각의 재료를 지보재로 보고, 지보재의 특성값을 입력하거나, 보강지반으로 환산하여 보강된 지반특성값을 사용하여야 한다.

12.7.3 하중결정

- (1) 해석에 사용되는 하중의 종류는 지반의 초기응력과 지하수위에 의한 수압이며, 필요 시 관련 외부하중을 고려하여야 한다.
- (2) 하중 선정 시에는 다음 사항을 고려하여야 한다.
 - ① 원지반의 초기응력은 지반의 단위중량, 철도터널심도, 측압계수 등을 고려하여야 한다.
 - ② 수압은 지하수위를 고려하여 결정하여야 한다. 비배수형 터널의 경우에는 지하수위를 고정하여 정수압으로 하고, 배수형 터널의 경우에는 지하수위의 변화를 고려하여 수압을 정하여야 한다.
 - ③ 터널 상부에 구조물이나 도로 및 철도 등에 의한 교통하중이 작용하는 경우에는 외력으로 고려하여야 한다.
 - ④ 지형 및 지반 조건 등의 이유로 철도터널에 편압이 작용할 우려가 있는 경우에는 편압에 대한 영향을 고려하여야 한다.
 - ⑤ 갱구부에 대하여는 지역적 특성, 철도터널 상부의 지층두께, 지형 및 지반조건 등에 따라 지진의 영향이 예상되는 경우에는 이의 영향을 설계에 반영하여야 한다.
 - ⑥ 장기간에 걸쳐 시간 의존적인 지반의 크리프(Creep)현상이 예상되는 경우에는 크리프하중을 고려하여야 하며, 일시적인 지보인 경우에는 이를 고려하지 않아도 된다.

12.7.4 해석방법

- (1) 터널 안정성 해석방법에는 수치해석적 방법, 이론해를 이용하는 방법, 경험적 방법 등이 있으므로 필요에 따라 적절한 방법을 선택하여 사용하여야 한다.
- (2) 수치해석적 방법을 이용할 경우에는 공학적으로 공인되어 널리 사용되고 있으며, 대상 지반 및 설계 조건들을 적절히 모사할 수 있고, 지반의 거동을 적절히 해석할 수 있는 기능을 보유한 해석 프로그램을 이

용하여야 한다.

- (3) 이론해를 이용하는 방법은 계산이 간편하여 시간을 절약할 수 있으나 한정된 가정 조건하에서만 해석이 가능하기 때문에 수치해석, 계측 결과 등의 설계, 시공사례의 분석을 통하여 유사한 결과를 보일 경우에만 사용하여 사용하여야 한다.
- (4) 경험적 방법은 기존의 철도터널 설계로부터 획득한 경험을 기초로 예상되는 상황을 가정하여 암반의 거동을 예측하고 적절한 지보재를 채택하는 방법이라 할 수 있다. 경험적 방법에 의한 안정성 해석은 다음에 정리한 단계로 수행하여야 한다.
 - ① 정량적인 암반분류법에 의한 암반등급 평가
 - ② 암반등급과 시공성과의 상관성 파악
 - ③ 무지보 유지시간, 무지보 터널폭, 필요 지보량 등을 정량적으로 표현한 시공성 검토

12.7.5 해석결과의 평가

- (1) 해석 결과는 다음과 같은 적절한 평가를 거쳐 설계에 반영하여야 한다.
 - ① 터널의 안정성 평가
 - ② 유사터널의 계측 결과와 검증 평가
 - ③ 인접 구조물과 상호 영향 평가
- (2) 터널은 굴착의 각 단계에 대한 각 지반요소 및 지보재의 변위, 응력, 파괴 접근도 등의 해석 결과를 검토하여 구조적인 안정성을 평가하여야 한다.
- (3) 해석 결과는 유사터널의 응력 및 내공변위, 지표침하, 지중변위 등의 계측 결과와 비교·검증하여 평가하여야 한다.

12.8 배수 및 방수

12.8.1 설계일반

- (1) 터널은 지하수의 처리 방법에 따라 배수형 방수형식과 비배수형 방수형식으로 구분한다.
- (2) 배수형 방수형식 터널은 유입되는 지하수를 배수하는 터널로서 배수방

법에 따라 다음과 같은 세 가지 형식으로 구분할 수 있다.

- ① 완전 배수형 : 터널내부의 전주면으로 배수를 허용하는 형식
- ② 부분 배수형 : 터널 천장부와 측벽부에만 방수막을 설치하여 유입수를 한 곳으로 유도하여 배수하는 형식
- ③ 외부 배수형 : 지수로부터 터널 내부 시설물이나 콘크리트라이닝을 보호하기 위하여 콘크리트라이닝 외부 전체를 방수막으로 둘러싸고 그 밖으로 터널 외부에 별도의 배수로를 설치하여 터널 내부로 들어오는 지하수를 차집하여 외부로 배수하는 형식
- (3) 비배수형 방수형식 터널은 지하수가 터널 내부로 유입될 수 없도록 차단하는 방수형식으로서 지하수를 배수시키지 않으므로 콘크리트라이닝에 지하수위 조건에 따른 수압작용을 고려하여야 한다.

12.8.2 배수형식의 선정

- (1) 배수형식의 선정은 터널의 구축 목적, 용도, 지반조건, 지하수 조건, 유지관리의 용이성, 환경성, 안정성, 경제성, 시공성 등을 고려하여 선정하여야 한다.
- (2) 배수형 방수형식 터널 선정 시 다음 사항을 고려한다.
 - ① 지반조건이 양호하여 유입수가 적은 반면 지하수위가 비교적 높은 지역은 배수형 방수형식 터널을 선정하는 것을 표준으로 하되 현장조건에 따라 다른 형식을 사용할 수 있다.
 - ② 지하수위가 비교적 높은(수압 약 0.6MPa 이상 정도) 경우에는 터널의 안정성을 위해 배수형 방수형식 터널로 선정하는 것을 표준으로 한다.
 - ③ 주변지반의 여건상 과다한 유입수가 예상되는 지역에 터널을 구축해야 하는 경우 유입수의 양수를 위한 유지관리비용의 절감을 위하여 터널 주위 지반에 차수 그라우팅을 실시하여 유입수를 최대한 저감시킨 후 배수형 방수형식을 채택할 수 있다.
 - ④ 터널을 통한 배수가 주변 구조물이나 시설에 영향을 주지 않도록 대책 수립이 가능하여야 한다.
 - ⑤ 배수 시스템은 자연흐름이 가능하도록 0.2% 이상의 기울기를 유지하여야 한다.
 - ⑥ 배수형 터널은 배수를 통하여 수압을 저감시키는 개념이 설계수명 동

안 유지되도록 하여야 하며, 배수와 수압을 배분한 부분배수형 방수형식을 채택할 수 있다.

- ⑦ 이중구조 라이닝의 경우 배수 시스템 안쪽의 내부 라이닝은 장기적으로 배수기능 저하에 따른 영향을 고려하여야 하며, 계측관리와 연계하여 별도의 내구연한을 갖는 비구조체로 설계할 수 있다.

(3) 비배수형 방수형식 터널 선정 시 다음 사항을 고려하여야 한다.

- ① 지하수의 저하로 터널주위 지반이 침하가 발생되고 인근 시설물에 영향을 미쳐 사회·경제적인 손실 발생이 우려되거나, 터널 내부에서 유입수 처리가 곤란한 경우 또는 지하수위를 환경을 보전해야 하는 경우에는 비배수형 방수형식 터널을 채택하여야 한다.
- ② 차수공법으로 지하수의 유입량을 감소시킬 수 없고, 배수형 방수형식을 채택하면 배수시설의 보수 및 유지관리에 큰 비용이 들 것으로 예상되는 경우에도 비배수형 방수형식 터널로 채택할 수 있다.
- ③ 비배수형 방수형식 터널은 방수기술상의 제한 때문에 작용수압이 0.6 MPa이하인 지역에서만 채택하는 것을 표준으로 한다.

12.8.3 배수방법의 세부사항

- (1) 부분배수형 방수형식 터널의 경우 숏크리트와 콘크리트라이닝 사이에 설치되는 방수막에 부직포를 설치하여 터널 측벽 하단으로 유입수를 유도하며, 사용 부직포는 유입 지하수를 배수시킬 수 있는 통수능력을 갖추어야 한다.
- (2) 세립분이 함유된 지반에서는 부직포의 막힘현상 가능성을 검토하고 필요에 따라 부직포의 두께를 증가시키거나 드레인 보드를 사용하여 터널의 내구연한 동안 통수능력을 확보할 수 있도록 하여야 한다.
- (3) 터널 내 유입수의 처리는 중앙집수관 또는 측방배수관을 통해 배수되는 것이 일반적이나 동등 이상의 통수능력을 갖는 배수방법을 적용할 수 있다. 또한 배수상태 점검이나 청소가 가능한 시설을 일정한 간격으로 설치하여야 한다.
- (4) 배수재는 외부로부터의 압력에 의한 압착, 주변 지반 토립자의 유동에 의한 폐색 등에 의하여 장기적으로 통수능의 저하 가능성이 있으므로 적절한 필터 조건 및 내구성을 고려하여 배수재를 선정하여야 하며, 경

우에 따라 방수막과 일체형으로 시공할 수 있다.

- (5) 배수재를 통해 집수된 지하수를 배수하는 측방배수관은 직경 100mm 이상의 유공관을 사용하여야 하며, 측방배수관 설치로 인한 라이닝의 구조적 안정성을 손상시키지 말아야 한다.
- (6) 인버트의 중앙부 또는 측방에 설치하는 배수관은 콘크리트관, 아연도강관, THP관 등을 사용할 수 있다. 이러한 관의 직경은 200mm 이상이 되어야 하며, THP관을 사용할 경우에는 외력으로부터 관을 보호할 수 있는 조치를 취하여야 한다.
- (7) 시공 중에도 유입되는 지하수를 배수할 수 있도록 「12.14.5 공사 중 배수설비」에서 정하는 바에 따라 적절한 배수시설을 갖추도록 하여야 한다.
- (8) 터널 내 배수 시스템은 침전물의 퇴적 등에 의한 통수능력 저하를 고려하여 적정 거리로 배수 확인공 또는 맨홀을 설치하여 청소가 용이하도록 하여야 한다.
- (9) 갱구부 등 동결이 우려되는 경우에는 배수 시스템 동결 방지대책을 강구하여야 한다.
- (10) 터널내 유입수가 중앙집수관 및 측방배수관 등 배수시설을 통하여 원활히 배수될 수 있도록 통수단면적을 확보하여야 한다.

12.8.4 방수방법의 세부사항

- (1) 부분 배수형, 외부 배수형, 비배수형의 방수방법으로는 숏크리트와 콘크리트라이닝 사이에 방수막을 설치하여 유입수를 차단하는 방법을 채택하여야 한다.
- (2) 방수재료는 인장강도 16MPa 이상, 인열강도 6MPa 이상, 신도 600% 이상 가열신축량이 신장 및 수축 시 각각 2.0mm 이하 및 4.0mm 이하의 재질로서 두께가 2mm 이상을 원칙으로 하되, 동등 이상의 재질인 경우 두께를 조정하여 사용할 수 있다.
- (3) 콘크리트라이닝에 철근을 배근하는 경우, 철근의 이음부에는 방수막을 보호할 수 있는 조치를 취하여 방수막 파손을 방지하여야 한다.
- (4) 터널 전 구간에 대한 배수계통도와 터널과 연직갱, 개착부, 연결부, 단면확폭부 등과의 접합부는 접합 및 방수 상세를 제시하여야 한다.

- (5) 비배수형 방수형식 터널의 경우 방수막과 함께 콘크리트라이닝은 수밀 콘크리트로 설계하여 수밀성을 유지하여야 한다.
- (6) 콘크리트라이닝의 시공 이음부 및 수축, 팽창 이음부에는 지수판을 설치하여야 한다.

12.8.5 허용누수량

- (1) 터널의 방수설계는 터널 용도에 적합한 방수등급을 정하고 각 방수 등급별로 <표 12.8.1>과 같은 누수량을 허용할 수 있다. 철도터널의 경우는 방수등급 2 및 3에 해당되며 단, 발주자의 여건에 따라 협의 하에 이 표에 규정한 값을 조정하여 적용할 수 있다.

제 12 장 터널

표 12.8.1 터널의 방수 등급별 허용누수량¹⁾

방수 등 급	내부 상태	용 도	상 태 정 의	터널연장을 기준한 허용누수량 ($\ell / \text{m}^2 / \text{day}$)	
				10m	100m
1	완전 건조	주거공간, 저장실, 작업실	벽면에 수분의 얼룩이 검출되지 않을 정도의 누수상태	0.02	0.01
2	거의 건조	동결위험이 있는 교통터널, 정거장 터널	벽면의 국부적인 장소에 약간의 수분 얼룩이 검출될 수 있는 정도, 수분의 얼룩을 건조한 손으로 접촉하여도 손 에 물이 묻지 않을 정도, 흡수지 또는 신문지를 붙여보아도 붙여진 부분이 습기로 인해 변색되지 않을 정도의 누 수	0.1	0.05
3	모 관 습윤	방수2등급 이상의 방수가 요구되지 않는 교통터널구간	벽면의 국부적인 장소에 수분얼룩이 검출되는 정도, 수분의 얼룩에 흡수지 또는 신문지를 붙였을 경우 습기로 인 해 변색되지만 수분이 방울져 떨어지 지 않을 정도의 누수	0.2	0.1
4	물방울 이 가끔 떨어짐	시설물 터널	독립된 장소에서 물방울이 가끔 떨어 지는 정도의 누수	0.5	0.2
5	물방울 이 자주 떨어짐	하수 터널	독립된 장소에서 물방울이 자주 떨어 지거나 방울져 흐르는 정도	1.0	0.5

1) 독일의 지하교통시설 연구협회(STUVA)의 추천 값을 참조한 것임

12.8.6 하저 및 해저 터널의 방수형식

- (1) 하저 및 해저 터널의 방수형식 관련 기준은 「터널설계기준(2007)」을 준용하여야 한다.

12.9 굴착 및 계측

12.9.1 굴착방법

- (1) 굴착방법에는 인력굴착, 기계굴착, 발파굴착, 파쇄굴착 등이 있으며 굴착방법 선정에 있어서는 다음 사항을 고려하여야 한다.
- ① 원지반이 본래 가지고 있는 지지능력을 최대한 보존할 수 있으며 안정성, 경제성 및 시공성이 우수한 굴착방법을 채택하여야 한다.
 - ② 지반조건, 지하수 유입정도, 굴착단면의 크기와 형태, 터널연장, 근접구조물 유무와 주변환경영향(진동, 소음 및 지표침하 등), 보조공법의 적용성을 고려하여 선정하여야 한다.
- (2) 인력굴착은 착암기, 소형 브레이커 등 간단한 굴착도구를 사용하여 인력으로 굴착하는 방법으로 주로 다음과 같은 조건에서 적용하여야 한다.
- ① 자립시간이 짧은 토사지반을 소규모로 분할굴착하고 조기에 지보재를 설치하여야 하는 경우
 - ② 진동영향을 크게 받는 지반을 소규모로 분할굴착하고 조기에 지보재를 설치하여야 하는 경우
 - ③ TBM 굴진에 어려움이 발생한 경우
- (3) 기계굴착은 쇼벨(Shovel), 브레이커(Breaker) 등 중장비 혹은 TBM 등 터널 굴진장비를 사용하여 굴착하는 방법으로 설계 시에 다음 사항을 고려하여야 한다.
- ① 중장비에 의한 기계굴착은 절리가 심하게 발달한 파쇄암이나 풍화암 등에서 지반이완을 최소화하고 여굴을 억제하는데 적용할 수 있다.
 - ② 굴착 중장비는 지반조건, 주위환경, 터널단면의 크기, 형상 및 연장, 버력처리방법 등을 고려해서 시공성과 경제성 있는 기종으로 선정하여야 한다.
 - ③ TBM 터널의 설계는 「12.13 TBM 터널」에서 정한 바에 따르는 것을

원칙으로 하되 현장조건에 따라 변경할 수 있다.

- (4) 발파굴착은 가장 일반적인 암반 굴착방법으로 설계 시에 다음 사항을 고려하여야 한다.

- ① 발파굴착은 경제성과 시공성은 양호하나 진동과 소음 등이 수반되기 때문에 지반조건 또는 주변여건에 따라서 적용여부를 결정하여야 한다.
- ② 발파설계는 지반조건을 고려하여 발파진동으로 인한 터널주변 지반의 이완영역을 최소화하며 평활한 굴착면이 형성되고, 버력의 크기가 적재 및 운반에 적합하도록 수행하여야 하며, 다음 사항을 포함하여야 한다.

가. 굴착 단면의 크기 및 형상

나. 굴진장

다. 심발 형식

라. 심발공, 발파공 및 주변공의 직경, 배치, 각도 및 천공 깊이

마. 화약의 종류와 장약량

바. 뇌관의 형식

사. 점화 및 기폭 순서

아. 현장 시험발파 계획

- ③ 발파설계 시에는 지반진동이나 소음이 주변 환경에 미치는 영향을 고려하여 제어발파 등의 대책을 수립하여야 하며 엄격한 진동규제를 필요로 할 때에는 방진대책을 제시하거나 미진동굴착공법, 정밀진동제어 발파 등을 검토하여 진동소음 허용기준을 만족시켜야 하며, 터널 갱구부에서 발파소음으로 인한 환경영향이 우려되는 경우 방음시설 (방음문, 방음둑, 방음벽 등)을 설치하는 등 적극적인 대책을 마련하여야 한다.
- ④ 발파지점 주변에 지반진동으로부터 보호하여야 할 시설물이나 구조물이 있는 경우, 대상 시설물 위치에서의 지반진동허용치는 최대입자속도를 기준으로 <표 12.9.1>에서 정한 값을 준용하여 설계한다. 단, 지반진동치를 주파수대역별로 구분하여 정밀관리가 필요한 경우에는 국제적으로 공인된 기준치를 참조하여 별도로 정할 수 있다.

표 12.9.1 구조물 손상기준 지반진동 허용치

구 분	구조 형식	문화재 및 지반진동 예민 구조물	조적식 (벽돌,석재등) 벽체와 목재로 된 천정을 가진 구조물	지하기초와 콘크리트 슬래브를 갖는 조적식 건물	철근 콘크리트 골조 및 슬래브를 갖는 중소형 건물	철근 콘크리트, 철근골조 및 슬래브를 갖는 대형 건물
	구조물 종류	문화재 등	재래가옥,저 층 일반가옥 등	저층 양옥, 연립주택 등	중, 저층아파트, 중소상가 및 공장	내진구조물, 고층아파트, 대형건물 등
최대 입자속도 (cm/s)		0.2-0.3	1.0	2.0	3.0	5.0

- ⑤ 진동에 아주 민감한 특정 시설의 경우에는 해당 시설의 진동규제치를 기준으로 설계하여야 하고 <표 12.9.1>에 의한 구조물의 구분이 명확히 적용하기 어려운 경우에는 시험발파 등의 방법을 통하여 별도로 진동 규제치를 정할 수 있다.
- ⑥ 발파지점 주변의 주민에 대한 생활 공해방지를 위한 지반진동 허용치는 환경부 제정 「진동과 소음에 관한 규정」을 준용하여야 한다. 단, 가축사육장, 양식장, 정밀기계공장 등에 대한 인접공사의 경우에는 해당 전문가의 자문이나 기존 판례를 고려하여 발파진동 허용치를 정하여야 한다.
- (5) 파쇄굴착은 기계 또는 저진동 발파에 의한 굴착을 채택하기 어려운 경우에 압력이나 약액을 사용하여 암반을 파쇄할 때 적용하며, 터널주변에 주택지나 주요구조물, 공공건물, 병원, 학교, 목장 등 주변환경으로 인하여 진동과 소음을 최소화 할 필요가 있는 경우에도 적용할 수 있다.
- (6) 굴진면 안정을 위한 보조공법에는 천장부 보강용으로 강봉 및 강관보강공법, 굴진면 보강용으로 굴진면 슛크리트, 굴진면 록볼트, 경사 록볼트, 주입재, 지지코어 등이 있으며 지반조건, 지하수 유입정도, 굴착단면의 크기 등을 고려하여 보조공법을 선정하여야 한다.
- (7) 굴착 시 발생하는 버력의 재활용 여부를 검토하여 설계에 반영하여야 한다.

12.9.2 굴착공법

- (1) 터널의 굴착공법은 일반적으로 <표 12.9.2>와 같이 분류할 수 있으며, 굴진면의 자립성, 원지반의 지보능력, 지표면 침하의 허용값 등을 조사한 후에 시공성과 경제성을 고려하여 다음 사항을 근간으로 선정하여야 한다.
- ① 전단면굴착은 지반의 자립성과 지보능력이 갖춰진 경우에 적용할 수 있으며, 주로 지반상태가 양호한 중소단면의 터널에서 적용할 수 있다.
 - ② 수평분할굴착은 주로 지반상태가 양호하고 단면적이 큰 경우에 시공성을 높이기 위하여 적용하거나, 지반상태가 다소 불량한 경우에 굴진면의 자립성을 높이기 위하여 적용한다.
 - ③ 연직분할굴착은 주로 지반상태가 불량하거나 단면적이 큰 경우에 적용하여야 하며 안전성 측면에서 임시지보재 설치를 검토하여야 한다.
 - ④ 선진도갱굴착공법은 주로 단면적이 특히 크거나 하저 및 해저통과 등 특수한 조건하에서 굴진면 전방의 지반 및 지하수상태를 확인할 목적으로 굴착하여야 하는 경우와 기계굴착공법을 적용하여 선진도갱하고, 발파공법으로 확장하여 굴착하는 경우에 적용할 수 있다.
 - ⑤ 지반이 연약하여, 굴착단면의 변형을 억제하거나 벤치의 길이를 길게 할 필요가 있을 경우에 가인버트 설치를 검토하여야 한다.

표 12.9.2 굴착공법의 분류

굴 착 공 법			정 의	비 고
전단면 굴착			전단면을 1회에 굴착	
분 할 굴 착	수평 분할 굴착	롱벤치	벤치길이 : 3D 이상	D : 터널의 직경
		쇼트벤치	벤치길이 : 1D~3D	
		미니벤치	벤치길이 : 1D 미만	
		다단벤치	벤치 수 : 3개 이상	
	연직분할굴착		연직방향으로 분할굴착	
	선진도갱굴착		단면의 일부분을 먼저 굴착	
	가인버트 굴착		벤치 상부에 숏크리트 타설 후 굴착	숏크리트로 가인버트 형성

12.9.3 계측

- (1) 터널의 계측설계는 계측항목, 계측위치, 배치간격, 계측기기의 선정과 설치시기, 측정기간과 빈도, 결과정리 및 분석 방법 등을 포함하며, 설계 시 다음 사항을 고려하여야 한다.
- ① 계측항목은 터널의 용도, 규모, 지반조건, 육상, 하저 및 해저 등의 주변환경, 시공방법 등을 고려하여 터널의 굴착에 따른 지반 및 주변 구조물의 거동을 파악하고 각종 지보재의 효과 및 품질을 확인하는 데 적합하도록 선정하여야 한다.
 - ② 계측위치 및 배치간격은 터널의 규모, 지반조건, 시공방법 등을 고려하여 계측목적에 부합하고 각 계측항목 사이의 상호 관련성을 파악할 수 있도록 선정하여야 한다.
 - ③ 계측기기의 선정을 위하여 설계자는 터널 안정관리상 요구되는 기기의 정도와 내구연한을 제시하여야 한다.
 - ④ 계측기기의 설치시기, 측정빈도 및 측정기간은 터널굴착에 따른 지반 및 지보재의 거동을 파악할 수 있도록 인버트 굴착 및 라이닝 타설시기를 감안하여 계획하여야 한다.
 - ⑤ 측정 결과의 정리방법은 계측결과를 확인할 수 있도록 계측치와 경시변화를 함께 제시하여야 하며, 분석방법은 계측항목별 측정치를 상호

비교하여, 지반거동과 지보재 효과의 상관성에 따른 터널의 안정성을 검토할 수 있도록 제시하여야 한다.

- ⑥ 3차원 변위 계측시 결과는 기존 변위 분석방법과 아울러 터널의 3차원 거동 파악이 가능한 분석방법을 도입하여 터널 종단선상의 터널변형 거동 파악 및 굴진면 전방 선행변위 예측이 가능하도록 분석하여야 한다.

(2) 계측은 일상적인 시공관리를 위한 일상계측과 지반거동의 정밀분석을 위한 정밀계측으로 구분하여 계획을 수립하여야 한다.

(3) 일상계측은 일상적인 시공관리상 반드시 실시해야 할 항목으로서, 터널 내 관찰조사, 내공변위 측정, 천단침하 측정, 록볼트 인발시험 등을 포함하며, 토피가 얇은 도심지에서는 지표침하 측정을 일상계측에 추가할 수 있으며, 설계 시 다음 사항을 고려하여야 한다.

- ① 터널 내 관찰조사는 매 굴진면마다 실시하는 것을 표준으로 하되, 지반상태에 따라 유지관리 시의 기초자료인 터널지질도를 작성하는데 필요한 최소한의 빈도로 조정할 수 있다.
- ② 내공변위 및 천단침하 측정 시 측정단면은 20m 간격을 표준으로 하되, 갱구부 50m 구간과 토피가 터널 직경의 2배 이하인 구간은 10m 간격을 표준으로 하며 현장조건에 따라 증감할 수 있다.
- ③ 지반조건이 불량한 구간이나 변화가 심한 구간에 대하여는 계측간격을 일반구간 간격보다 좁히고, 지반조건이 양호하고 구간 내에서 지반변화가 적을 때에는 사전 검토 결과를 토대로 계측간격을 일반구간 보다 넓히거나 계측을 생략할 수 있다.
- ④ 내공변위의 측선 수는 <그림 12.9.1>을 기준으로 하여 배치하되 갱구부근, 편압 예상구간, 단층 및 파쇄대, 과도한 지하수 용출이 예상되는 구간 등은 측선 수를 조정할 수 있으며, 필요한 경우에는 3차원 거동을 파악할 수 있도록 계측계획을 수립하여야 한다.

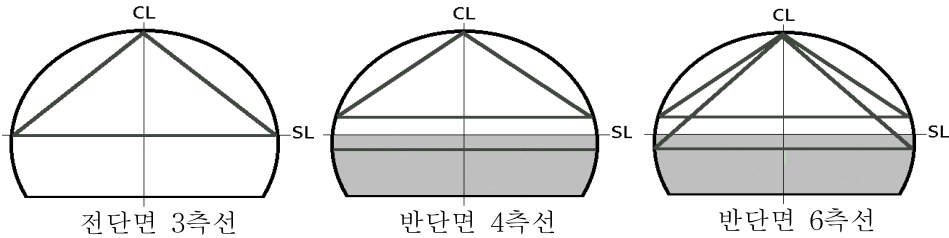


그림 12.9.1 내공변위 계측의 측선 배치 예

- ⑤ 천단침하하는 내공변위 측정과 동일단면에 배치하고 그 측점은 굴진면에 근접한 천단에 설치하여야 한다. 터널이 전체적으로 침하하는지를 확인 할 필요성이 있는 경우 천단침하와 더불어 터널의 하단부 침하량을 측정하여야 한다.
- ⑥ 일상계측으로서 지표침하 측정이 필요한 경우에는 측점을 내공변위 측정과 동일한 단면의 터널 중심선상의 지표면에 배치하고 터널 축에 직각 방향으로 여러 개의 측점을 거리별로 배치한다. 이때 가장 바깥쪽의 측점은 가능하면 터널 굴진의 영향을 받지 않는 부동점이 되도록 계획하여야 한다.
- ⑦ 록볼트 인발시험은 록볼트 종류의 선정 및 시공 후의 정착효과를 판정하기 위하여 굴착 초기단계에 실시하여야 한다.
- (4) 정밀계측은 지반조건 또는 주변여건에 따라 지반 및 구조물의 거동을 보다 상세히 관찰할 목적으로 일상계측에 추가하여 선정하는 항목으로서, 현장조건을 고려하여 지중변위 측정, 록볼트 축력 측정, 숏크리트 응력 측정, 지중침하 측정 등을 포함하며, 갱구부 또는 특정 구조물 주변, 도심지 공공주택 또는 다중이용시설의 직하부에는 설계 시 다음 사항을 고려하여야 한다.
 - ① 정밀계측 측선의 간격은 500m 간격으로 배치하는 것을 표준으로 하되, 터널의 규모나 지반 및 주변 조건 등에 따라 조정할 수 있으며, 가능한 한 설계 시의 터널해석 구간에 설치하여 해석결과와 시공 시의 계측결과를 비교 검토할 수 있도록 하여야 한다.
 - ② 지중침하 측정 위치는 터널 중심선상의 지표면 또는 측정해야 할 위치

에 배치하고 깊이별로 여러 개의 측점을 계획하여야 한다.

- ③ 정밀계측 항목 중 계기를 터널 내에 설치하는 지중변위 측정, 록볼트 축력 측정, 슛크리트 응력 측정 등의 계측항목에 대해서는 1단면마다 3~5점을 기준으로 터널의 설계패턴에 따라 효과적인 계측이 가능하도록 적절한 위치에 배치하여야 한다.
- ④ 설계자는 상기 항목 이외의 지반침하, 구조물 균열 및 경사도 등 터널 공사에서 수반되는 제반 영향을 검토할 필요가 있는 경우에는 관련계측에 대한 계획을 제시하여야 한다.
- ⑤ 확폭부, 접속부, 단층파쇄 등의 연약지반 구간, 그리고 별도의 정밀계측이 필요한 구간에는 3차원 계측을 도입할 필요가 있으며, 필요 시 물리탐사나 선진수평시추를 함께 실시하여 계측의 신뢰도를 높일 필요가 있다.
- ⑥ 터널공사로 인하여 환경피해 및 생태계 변화가 우려되는 구간에는 발파진동 및 소음, 지하수위 등의 환경영향 관련 계측계획을 수립하여야 한다.
- (5) 설계자는 계측의 허용오차, 계측기기의 정도, 내구성, 설치시기, 측정기간 및 빈도, 계측기의 유지관리, 계측결과의 정리 및 분석방안, 계측관리 기준치 등 계측기기 선정, 계측수행 및 분석에 필요한 모든 사항을 포함한 공사시방서를 작성하여야 한다.
- (6) 터널시공이 인접 구조물에 영향을 미칠 가능성이 높은 경우, 특수한 구조의 터널인 경우, 산사태나 지반거동의 가능성이 있을 경우, 지하수위와 지질학적인 문제 예상지역 등 터널완공 후 주변여건 및 지반조건상 터널 및 주변에 악영향이 예상되는 경우에는 준공 후 유지관리시의 안전성 확보를 위한 유지관리계측 계획을 수립하여야 한다.

12.10 갱구부

12.10.1 갱구부 설계 일반

- (1) 갱구부는 일반적으로 갱문구조물 배면으로부터 터널길이 방향으로 터널직경의 1~2배 범위 또는 터널 천장부로부터 토피고 3~5m에서 터널직경 1.5배의 토피고가 확보되는 범위까지로 정의한다. 단, 원지반 조건

이 양호한 암반층 또는 붕적층, 충적층 등의 연약토 사층에서는 별도의 구간을 갱구부 범위로 정의할 수 있다.

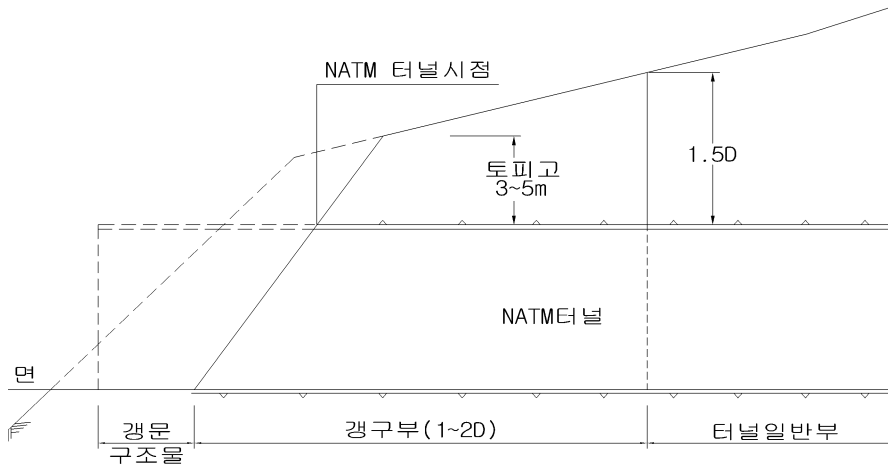


그림 12.10.1 갱구부의 범위

- (2) 갱구부는 터널 본선부와는 달리 지형, 기상, 입지조건, 근접시설물 등의 외적조건에 크게 영향을 받기 때문에 이를 고려하여 구조 및 시공법을 선정하여야 한다.
- (3) 갱구부의 설계에는 아래의 사항들을 검토하여 안정성을 확보하고 환경 훼손을 최소화할 수 있도록 하여야 한다.
 - ① 갱구의 위치 및 설치방법
 - ② 갱구부의 범위
 - ③ 갱구부의 굴착공법, 지보구조, 보조공법과 콘크리트라이닝 구조
 - ④ 갱구비탈면의 안정검토와 필요한 사면 안정공법
 - ⑤ 갱구비탈면의 지표수 및 지하수 배수 대책
 - ⑥ 기상재해의 가능성과 필요한 대책공법
 - ⑦ 갱구주변의 구조물에 미치는 영향

12.10.2 갱구부 설계

- (1) 갱구부의 위치는 지형이나 기상의 영향을 크게 받으므로 다음과 같은 특성을 고려하여 설계하여야 한다.
 - ① 갱구부가 평지보다 높은 경사면 상부에 위치할 때에는 공사용 접근도로와 인접 구조물과의 관계 등을 고려하여 설계하여야 한다.
 - ② 갱구부는 갱구부 깎기 최소화를 위하여 특수한 지형 및 지질조건을 제외하고는 갱구부 상단 토피 3~5m 또는 암토피고 1~2m 확보되는 지점에 갱구부를 형성하는 것을 표준으로 하되 현장조건에 따라 증감할 수 있다.
 - ③ 터널 중심축선이 지형 비탈면에 대하여 사각으로 진입하는 경우에는 비대칭의 깎기 비탈면이나 갭문이 형성되게 되므로 횡방향 토피 확보여부와 편압에 대한 검토를 하여야 한다.
 - ④ 터널 중심축선이 골짜기로 진입하여 골짜기에 갱구부를 위치시키는 경우에는 수리·수문학적인 검토를 하여 지표수와 갭문 배면의 침투수가 원활하게 배수처리 되도록 하여야 하며, 낙석, 산사태, 눈사태 등의 자연재해 발생 가능성에 대비하여야 한다.
- (2) 갱구부의 위치는 깎기 비탈면의 안정과 자연 지형 보존을 위하여 절토를 최소화 할 수 있는 위치로 선정하여야 하며 갱구위치별의 절토량에 대한 경제성, 시공성, 경관성, 환경영향 등을 비교 검토하여야 한다.
- (3) 갱구부의 설계는 비탈면의 안정성, 지반의 지내력, 터널중심 축선과 비탈면의 관계, 갱구비탈면 절토 및 터널의 안정성 등을 검토하여야 한다.
- (4) 갱구부 비탈면의 기울기는 지반 조건에 따라 안전한 기울기를 선정하여야 하며, 필요 시 비탈면 안정성 확보를 위한 보강공법으로 설계하여야 한다.
- (5) 갱구부 상부의 토피가 얇고, 지반 자체의 지보력 형성이 어려울 것으로 예상되는 경우에는 상재된 전토피 하중이 지보재에 작용하는지의 여부를 검토하여야 한다.
- (6) 갱구부는 누수, 결빙 등이 발생하기 쉽기 때문에 적합한 방수 및 배수 조치를 하여야 하며, 갱구부에 작용하는 하중 및 기상조건에 따른 영향을 고려하여 콘크리트라이닝의 철근 보강여부, 동상방지층, 제설 및 방

설시설의 적용여부를 검토하여야 한다.

- (7) 갱구부에서 지반상태가 불량하여 지진에 의한 영향이 예상될 경우에는 지진하중에 의한 영향을 검토하여야 한다.
- (8) 갱구부의 지반 특성상 지반이완과 비탈면 붕괴가 발생할 위험이 있는 경우에는 낙석방지와 비탈면을 안정시키는 보강대책을 수립하여야 한다.
- (9) 터널 중심축선과 비탈면의 위치관계에서 3차원 거동이 예상되거나 편압이 작용하는 경우에는 터널 안정 해석 시 이에 대한 검토를 하여야 하며, 안정성이 확보되지 않는 경우에는 압성토와 절토로서 지반압의 균형을 맞추도록 하거나 불균형의 응력 발생에 대비한 보강대책을 제시하여야 한다.
- (10) 갱구부 인접지표부에 침하의 제한이 필요한 시설물이 있는 경우에는 이에 대한 대책을 검토하여 안전한 공법으로 설계하여야 한다.
- (11) 터널 갱구부 주위에 태풍 등의 영향으로 쓰러지거나 가지가 끊어져 열차운행에 지장을 줄 수 있는 수종은 식재하지 않도록 하여야 한다.

12.10.3 갱문 설계

- (1) 갱문의 위치 선정시에는 기상 및 자연재해에 의한 영향을 최소화 할 수 있도록 갱문 배면의 지형, 지반조건, 절토 및 비탈면의 안정성 등을 검토하여야 하며, 갱구부 주변의 유지관리시설과의 관계와 터널 외부의 구조물형식을 고려하여야 한다.
- (2) 갱문은 비탈면에서의 낙석, 토사붕락, 눈사태, 지표수 유입 등으로부터 갱구부를 보호할 수 있는 기능을 갖도록 하고, 역학적으로 안정한 구조로 설계하여야 한다.
- (3) 갱문의 형식은 터널의 사용목적에 적합하고 주변경관과의 조화와 유지관리상의 편의성을 고려하여 다양한 형식으로 적용할 수 있으며, 갱구부의 지형 및 지반조건을 고려하여 다음과 같이 선정하여야 한다.
 - ① 면벽형은 급경사지에 터널 갱구부가 형성될 경우 갱구부와 분리된 갱문 구조물을 형성하는 것으로 구조적으로 중력식과 날개식 등으로 나눌 수 있고 갱문 배면의 지반압을 받는 토류 옹벽 구조로 설계하여야 한다.
 - ② 돌출형은 완경사지에 터널 갱구부가 형성될 경우, 갱구부와 연속된 갱

문 구조물이 지표로부터 돌출한 형식으로서 그 형상에 따라 파라펫트식, 원통절개식, 벨마우스식 등이 있으며, 지형 및 지반조건, 주변환경 등을 고려하여 선정하여야 한다.

- ③ 해빙기와 집중호우 시 낙석, 눈사태, 산사태로부터 이용자의 안전을 확보할 수 있도록 갭문 형식을 선정하여야 한다.
- (4) 갭문의 구조 설계는 소요하중 외에 지진, 온도변화, 콘크리트의 건조수축 등의 영향을 고려하여야 하며, 갭문 구조물 기초의 안정성도 검토하여야 한다.
- (5) 갭문 구조물의 일부로서 터널과 연결된 복개식 터널 구조물은 개착 구조물로 간주하여 설계하여야 하며 편압이 작용할 경우에는 이에 대한 영향을 고려하여 설계하여야 한다.
- (6) 갭문구조물과 본선티널의 접합부는 분리구조로 하고 적합한 조인트를 설치하여야 하며, 재질이 서로 다른 두 종류의 방수막이 접합되는 경우, 방수막 상호간 접합이 용이한 재료를 선정하여 사용한다. 특히, 접합부에는 누수에 대비하여 구조물 횡방향으로 도수로를 설치하여 유도배수하여야 한다.
- (7) 갭구부 개착구조물 설치 시 원지반의 특성을 감안하여 바닥 슬라브의 설치 여부를 검토하여야 한다.
- (8) 갭문 상부에는 낙석방지, 통행자의 안전을 위한 안전 난간 등의 보호시설을 설치하여야 한다.

12.11 단면확폭부 및 접속부

12.11.1 터널단면 확대 단면확폭부 설계방안

- (1) 단선티널과 복선티널 기본단면에서 대피소, 신호기, 전철기, 변압기, 터널내 교행역 설비 등 시설을 계획해야 할 경우 단면이 크고 복잡하며 특수한 형상이 되기 때문에 그 기능, 목적 및 지반조건을 고려하여 다음 경우의 터널과 주변지반의 안정을 확보할 수 있도록 설계하여야 한다.
- (2) 터널 단면을 확폭해야 하는 경우는 다음과 같다.
 - ① 단선티널 내 교행역이나 대피역 등의 시설로 확대확폭하는 구간

- ② 터널 내 분기기 설치로 확폭하는 구간
 - ③ 터널이 평면선형상 곡선부에 위치하여 건축한계(시설한계) 폭을 확폭하는 경우
 - ④ 터널 내 환기설비 설치로 확폭하는 구간
 - ⑤ 터널 내 본선이 단선병렬에서 복선으로 또는 복선에서 단선병렬로 선로간격이 변화되는 구간
 - ⑥ 대피소, 신호기, 전철기, 변압기 등 시설의 설치로 단면확폭이 필요한 구간
- (3) 기본단면을 확폭하는 터널은 지반의 조건이 양호한 위치에 설치하는 것을 기본으로 한다.
- (4) 단면확대확폭 개소는 터널과 주변지반이 역학적으로 안정하고 그 시공이 경제적이 되도록 단면확대확폭의 형상, 시공방법 및 순서, 지보재, 콘크리트라이닝, 보강공법 등을 검토하여 설계하여야 한다.

12.11.2 단면확폭부 설계

- (1) 단면확폭부는 안정성과 경제성을 고려하여 단면계획을 하여야 하며, 시공과정에서 단면의 형상이 여러 형태로 변화하므로 이를 고려하여 변화된 터널 단면의 안정성을 확보하여야 한다..
- (2) 단면확폭량이 적은 경우에는 지반 조건을 파악하여 지보패턴의 변경으로 대체할 수 있으며, 이 경우 지보재 증가수량을 합리적으로 산정하여야 한다.
- (3) 단면확폭부의 시공순서는 확대확폭단면의 크기, 확폭단부의 공간처리, 지반조건, 공기 등을 고려하여 결정하여야 한다.
- (4) 단면확폭부가 부득이 하게 지반조건이 불량한 위치에 계획된 경우에는 별도의 상세한 지반조사를 시행하여야 하며, 필요 시 3차원 해석을 통한 안정성을 검토하여야 한다.

12.11.3 접속부 설계

- (1) 접속부는 교행역, 대피역 및 분기기 설치개소 등이 해당된다.
- (2) 교행 대피역이나 분기기 설치개소는 터널 단면들이 여러 형태이므로 이에 대한 안정성을 검토하여 설계하여야 한다.

- (3) 분기기 설치개소의 시공법, 시공순서 및 시공 이격거리는 선행굴진 터널의 지보재 및 주변 지반에 미치는 영향을 고려하여 설계하여야 한다.
- (4) 터널이 분기된 경우에는 터널의 크기와 지반조건에 적합한 필러(Pillar)의 폭을 유지하여야 한다.
- (5) 터널 분기 시 소요의 필러 폭 확보가 곤란하거나 지반조건이 불량한 경우에는 강성이 큰 지보재로 필러를 보강하거나 단면확폭부를 이용한 분기를 적용 할 수 있다.
- (6) 교행 대피역이나 분기기의 구조 및 형상은 안정성이 확보되도록 계획하여야 하며, 부득이하게 지반조건이 불량한 위치에 계획된 경우에는 별도의 상세한 지반조사를 시행하여야 하고, 필요 시 3차원 해석 등을 통해 안정성을 검토하여야 한다.

12.12 연직갱 및 경사갱

12.12.1 설계일반

- (1) 연직갱의 설계는 본선티널의 보조터널로서 연직이거나 연직에 가까운 터널에 적용하여야 한다.
- (2) 경사갱의 설계는 본선티널의 보조터널로서 경사진 터널에 적용하여야 한다.
- (3) 연직갱 및 경사갱의 설계 시에는 사전에 필요로 하는 지반조사를 실시하여 지반의 상태 및 특성을 파악하고 이를 설계에 반영하여야 한다.
- (4) 연직갱에서는 특수한 작업기계를 사용하게 되므로 지형 및 지반조건에 적합한 장비를 선정하여 제시하여야 하고, 지하수 유입에 대비하여 안정성, 시공성이 고려된 계획을 세워야 한다. 특히, 동절기 시공 중 지표 부근의 누수로 인한 고드름 및 기타 낙하물에 대한 안전대책을 사전에 강구하여야 한다.
- (5) 연직갱을 작업용으로 사용하고 공사 완공 후 타목적으로 전용하지 않는 경우에는 터널 본체 및 지표에 영향을 미치지 않도록 보강, 폐쇄, 매립 등의 적절한 방안을 제시하여야 한다.
- (6) 경사갱의 설계 시에는 용도, 지반 조건, 버력 및 기자재의 반출입, 터널 내부설비, 측량, 시공, 유지보수, 점검 시의 안정성 등을 고려하여 위치,

유효단면, 기울기, 수평부의 연장, 수평분기점의 위치, 본선 터널과의 교차각도 등을 정하여야 한다.

- (7) 경사갱의 수평부 연장은 터널 내부설비 외에 측량의 정도, 버력설비, 차량의 교체작업 등을 고려하여 정하여야 한다.
- (8) 경사갱과 본선 터널과의 교차각도는 직각을 표준으로 하되 연결부의 구조, 시공성, 차량의 선회반경 등 운행 조건을 고려하여 교차각도를 별도로 정할 수 있다.
- (9) 연직갱 및 경사갱의 위치는 용도, 지반 및 지형조건, 유입 지하수, 연장 및 유지관리를 고려하여 경제적으로 유리한 장소를 선정하여야 한다. 유지 관리하여야 할 연직갱의 경우에는 필요시 인력 및 장비수송용 승강기를 연직갱 내에 설치하여야 하며, 심도에 따른 안전대책을 수립하여야 한다.
- (10) 연직갱 및 경사갱을 작업용으로 사용하는 경우에는 본선 터널과 연결하는 갱저설비의 배치, 측량, 완성 후의 처리 등을 고려하여 위치를 선정하여야 한다.
- (11) 연직갱 및 경사갱을 환기, 배수, 공기압 저감용, 비상용 통로 등 본 설비로 사용하는 경우에는 향후 지하시설의 확장에 대비하여 위치를 선정하여야 하며, 갱에서 배출되는 오염물질이 주변 환경에 미치는 영향을 검토하여야 한다.
- (12) 연직갱 및 경사갱의 굴착대상인 지층에 대수층이 있거나 유입 지하수가 많을 것으로 예상되는 경우에는 지하수위 저하, 지수, 지반 강화 등의 보조공법을 계획하여야 한다.
- (13) 차량의 터널 진입 시 발생하는 공기압 증가에 따른 이명감 및 공기 저항 증가 등을 해소하기 위하여 연직갱 또는 경사갱을 설계할 경우에는 사전에 필요로 하는 조사 및 검토를 실시하여야 한다.

12.12.2 연직갱 설계

- (1) 연직갱의 단면을 결정할 때에는 다음 사항을 고려하여야 한다.
 - ① 연직갱의 단면은 용도에 따른 소요 내공단면, 시공법, 연직갱 내에 설치될 모든 설비의 배치, 반입기자재의 크기, 지반 조건 등을 종합적으로 고려하여 그 크기와 형상을 정하여야 한다.

- ② 공기압의 저감을 위하여 설계하는 연직갱의 단면은 본선 터널의 단면, 열차속도 등 관련사항을 고려하여 결정하여야 한다.
 - ③ 환기용 연직갱은 본선 터널 내의 소요 환기량을 확보할 수 있는 단면적 이상이어야 하며, 연직갱의 단면은 연직갱 내 풍속이 20m/sec 이하가 되도록 결정하여야 한다.
 - ④ 작업용 연직갱의 설계 시에는 케이지(Cage), 스킵(Skip) 등의 버력처리 설비 및 배수관, 환기관, 급기관, 각종 배선류, 비상계단 등의 설치와 반입 기자재의 크기 등을 종합적으로 검토하여 단면을 결정하여야 한다.
 - ⑤ 지보설치 후의 연직갱 유효단면은 지하시설 건설공사를 가장 경제적으로 수행하기 위한 시간당 버력, 인원, 소요 자재 운반량과 반입할 장비, 설비의 크기, 시간당 환기량과 각종 설비, 지반 조건을 고려하여 설계하여야 한다.
- (2) 연직갱의 굴착 설계 시에는 다음 사항을 고려하여야 한다.
- ① 연직갱의 굴착공법은 전단면하향굴착, 전단면상향굴착, 선진도갱 확대 굴착으로 구분되며 연직갱의 용도, 심도, 단면크기, 지반 조건, 입지 조건, 공사기간, 공사비 등을 종합적으로 검토하여 적절한 굴착공법 및 버력반출방법 등을 선정하여야 한다.
 - ② 굴착방법으로서 인력 또는 발파방법 외에 기계굴착방법도 고려할 수 있다.
 - ③ 연직갱 내 발파계획 시 지반 조건, 지하수위, 굴착단면의 크기, 암질, 굴진장 등을 고려하여 설계하여야 한다.
- (3) 연직갱 지보재 설계 시에는 다음 사항을 고려하여야 한다.
- ① 연직갱 지보재는 지반 조건, 함수대 유무, 단면형태, 심도, 시공법, 라이닝의 시기 등을 고려하여 안전하고 능률적으로 터널 내부작업을 수행할 수 있도록 설계하여야 한다.
 - ② 강지보재의 크기와 간격 결정 시 연직갱 단면의 크기 및 지반 조건 등을 고려하여야 하며, 지반이 양호한 경우에는 강지보재를 록볼트와 슛크리트로 대체할 수 있다.
 - ③ 연직갱 지보재의 설계는 「제5장 터널지보재」 편에서 정하는 바에 따르

는 것을 원칙으로 하되 현장조건에 따라 조정할 수 있으며, 지반의 급격한 변화, 지하수의 유동성 등을 감안하여 안전측으로 설계할 수 있다.

- ④ 숏크리트의 탈락방지를 위하여 철망이나 섬유보강 숏크리트를 사용하여 한다.

(4) 연직갱의 라이닝 설계 시에는 다음 사항을 고려하여야 한다.

- ① 라이닝에 사용되는 재료는 터널의 사용 목적에 적합한 것이어야 하며, 일반적으로 콘크리트 사용을 기본으로 하되 지반 조건에 따라 콘크리트 블록(Concrete Block), 세그먼트(Segment), 라이너플레이트(Liner plate) 등을 사용할 수 있다.
- ② 라이닝의 길이 및 두께의 설계 시에는 연직갱의 용도에 적합한 단면의 크기 및 형상, 지반특성, 심도, 작용하중, 라이닝 재료, 시공법, 시공성, 기존 시공실적 등을 고려하여야 한다.
- ③ 지질구조가 복잡하지 않은 경우 적용하중이 균등하게 작용하는 것으로 간주하여 설계할 수 있다. 그러나 지질구조가 급격히 변하거나 지형 및 지반 특성상 현저하게 비대칭인 경우 편하중이 작용하는 것으로 설계하여야 한다.
- ④ 하향굴착 시 굴착, 발파, 버력처리 후 즉시 측벽을 라이닝으로 유지하는 경우에는 라이닝이 지반압을 받는 것으로 설계하여야 하며, 불량한 지반의 경우에는 측벽붕괴를 방지하기 위하여 라이닝 길이를 짧게 하고 강지보재를 추가하는 등 대책을 강구하여야 한다.
- ⑤ 굴착과 라이닝을 20~30m 정도로 교대로 시공하는 경우에는 굴착 후 지반변형을 숏크리트 등으로 억제하고, 지반 상태에 따라 일정 구간 일시에 라이닝을 시공하는 것으로 설계할 수 있다. 라이닝의 설계 시 지반압은 라이닝이 받는 것으로 설계하여야 한다.
- ⑥ 숏크리트와 록볼트를 시공하는 경우 콘크리트라이닝의 두께는 시공성, 단면의 크기 등을 고려하여 설계하고, 단면의 증감을 고려하여 두께도 적합하도록 증감시켜야 한다.
- ⑦ 콘크리트라이닝에 사용되는 콘크리트의 배합은 소요 강도, 내구성 및 양호한 시공성을 얻을 수 있도록 설계하여야 한다.

- (5) 연직갱의 터널바닥설비 설계 시에는 다음 사항을 고려하여야 한다.
- ① 연직갱의 터널바닥설비에는 배수설비와 버력처리설비가 있으며 지반 조건, 본선 터널의 시공법, 연직갱의 운반방법, 굴진공정 등을 고려하여 그 규모, 용량, 배치 등을 정하여야 한다.
 - ② 공사 중 배수설비는 「12.14.5 공사 중 설비」에서 정하는 바에 따르는 것을 원칙으로 하되 현장조건에 따라 조정할 수 있다.
 - ③ 배수설비 설계 시 침전조, 저수조, 배수펌프, 터널내 배수관, 펌프장, 배전실 및 충전실, 재료적치장 등에 대하여 검토하여야 한다.
 - ④ 연직갱 본체에 설치할 각종 부대시설 등은 지반 조건, 운반방법 등을 고려하여 그 규모와 배치를 결정하여야 한다.
 - ⑤ 안전설비로서 전화, 점멸장치, 사이렌 등의 비상용 경보장치와 소화기의 설치, 비상용 자재로서 가스마스크 등이 계획되어야 한다.
- (6) 연직갱의 터널외부설비 설계 시에는 다음 사항을 고려하여야 한다.
- ① 공사 중 발전설비는 「12.14.5 공사 중 설비」에서 정하는 바에 따르는 것을 원칙으로 하되 현장조건에 따라 조정할 수 있다.
 - ② 연직갱 내 과도한 지하수 유입으로 인하여 배수설비가 침수되는 경우에 대비하여, 인원탈출을 위한 케이지 권양기와 배수펌프의 전선을 별도계통으로 나누어 배선하여야 한다.

12.12.3 경사갱의 설계

- (1) 경사갱의 기울기 및 단면 결정 시에는 다음 사항을 고려하여야 한다.
- ① 경사갱의 기울기는 용도, 연장, 본선 터널과의 위치 관계, 지반 조건, 시공법, 공기, 운반방법의 특성, 환기방법, 경제성 등을 종합적으로 검토하여 정하여야 하며, 버력반출용 경사갱의 경우에는 장비의 등판능력을 고려하여 계획하여야 한다.
 - ② 경사갱에서는 설치하는 설비의 반출입, 설치의 용이성, 유지보수, 점검시의 안전성 등을 고려하여 기울기 및 연장을 정하여야 한다.
 - ③ 경사갱의 단면은 용도, 시공을 위한 운반설비, 작업용 통로 및 공사용 제설비의 배치 등을 종합적으로 고려하여 크기와 형태를 정하여야 한다.
 - ④ 작업용 경사갱의 단면은 버력반출설비, 배수관, 환기관, 급기관, 각종 배선류와 반입 기자재의 크기 등을 종합적으로 검토하여 정하여야 한다.

-
- ⑤ 배수관은 지하수의 유입 상태에 따라 증설의 필요성이 발생하므로 여유를 갖는 배치가 되도록 내공단면을 확보하여야 한다.
- (2) 경사갱의 굴착방법 설계 시에는 다음 사항을 고려하여야 한다.
- ① 기울기 및 유효단면에 적합한 굴착, 보강, 운반, 환기, 배수 방법 등을 확립하여야 한다.
 - ② 경사갱의 굴착공법은 전단면내리막굴착, 전단면오르막굴착, 분할굴착, 선진도갱확대굴착 등으로 구분되며 경사갱의 용도, 연장, 기울기, 단면의 형태 및 크기, 지반 조건, 입지 조건, 굴착방향, 공사기간, 공사비 등을 종합적으로 검토하여 적절한 굴착공법 및 버력반출방법 등을 선정하여야 한다.
 - ③ 굴착방법으로서 인력 또는 발파방법 외에 기계굴착방법도 고려할 수 있다.
 - ④ 경사갱 내 발파계획은 지반 조건, 지하수위, 굴착단면의 크기, 암질, 굴진장 등을 고려하여 수립하여야 한다.
- (3) 경사갱의 지보재 설계 시에는 다음 사항을 고려하여야 한다.
- ① 지보재는 시공법, 지반 조건 등을 고려하여 굴착 후 지반의 자체 지보능력이 발휘될 수 있도록 설계하여야 한다.
 - ② 강지보재는 경사갱의 직각방향, 연직방향, 직각방향과 연직방향의 중간방향으로 설치할 수 있으며 초기응력 및 지반 상태를 고려하여 가장 적합한 방법으로 선택하여야 한다.
 - ③ 지보재와 지보패턴은 수평터널의 경우에 준하여 설계하여야 하며, 경사갱의 특수성을 감안하여 수평터널의 지보재보다 안전측으로 설계할 수 있다.
- (4) 경사갱의 라이닝 설계 시에는 다음 사항을 고려하여야 한다.
- ① 라이닝은 경사갱의 용도, 기울기, 지반 조건, 시공법, 시공시기 등을 고려하여 설계하여야 한다.
 - ② 라이닝설계는 수평터널의 설계에 준하지만 기울기가 급한 경사갱이나 수압관로의 라이닝은 주변 지반의 상태 혹은 수압 크기 및 형태에 따라 적절한 두께와 구조를 확보하도록 하여야 한다.
 - ③ 라이닝두께는 단면의 형태와 크기, 라이닝에 작용하는 하중, 지반 조건,
-

라이닝재료, 시공성 등을 고려하여 정하여야 한다.

- ④ 라이닝두께는 일반적 경사갱에서는 하중의 크기에 견딜 수 있는 두께로 설계한다.
- ⑤ 콘크리트라이닝에 사용되는 콘크리트의 배합은 소요 강도, 내구성, 양호한 품질과 시공성을 얻을 수 있도록 설계하여야 한다.
- (5) 경사갱의 터널바닥설비 설계 시에는 다음 사항을 고려하여야 한다.
 - ① 경사갱 내부의 터널바닥설비는 배수설비와 버력처리설비 등이 있으며 지반 조건, 본선 터널의 시공법, 경사갱의 운반방법 등을 고려하여 그 규모, 용량, 배치 등을 정하여야 한다.
 - ② 버력처리설비는 기울기, 연장, 접속터널의 운반방법, 안전성, 능률 등을 고려하여 선정하여야 한다.
 - ③ 공사 중 배수설비는 「12.14.5 공사 중 설비」에서 정하는 바에 따르는 것을 원칙으로 하되 현장조건에 따라 조정할 수 있다.
- (6) 경사갱의 터널외부설비로서 공사 중 발전설비 설계 시에는 「12.14.5 공사 중 설비」에서 정하는 바에 따르는 것을 원칙으로 하되 현장조건에 따라 조정할 수 있다.
- (7) 경사갱을 화재 시 배연통로로 이용할 경우 별도의 대피통로계획을 수립하여야 한다.

12.13 TBM 터널

12.13.1 TBM 터널 일반

(1) 일반 사항

- ① 이 절은 철도단선터널과 복선터널을 TBM(Tunnel Boring Machine)으로 굴착할 경우의 설계기준이며, 이 기준에 기재되지 않은 사항은 별도로 정할 수 있다.
- ② 설계자는 현장 조건에 맞는 TBM을 선정할 수 있도록 기기의 종류와 그 특성을 사전에 숙지하여야 한다.
- ③ TBM 장비의 굴진을 위한 반력을 그리퍼(gripper)의 암반벽면 지지에 의해 얻는 Open TBM(또는 gripper TBM)과 세그먼트에 대한 반력을 이용하는 쉴드TBM으로 구분한다.

- ④ Open TBM은 디스크가 부착된 커터헤드, 추진장치, 버력운반 컨베이어 그리고 그리퍼로 구성되어 있으며, 터널 굴진시 보강을 위한 보조공법(휘폴링, 숏크리트, 록볼트 등)을 실시할 수 있는 장치를 갖출 수 있다.

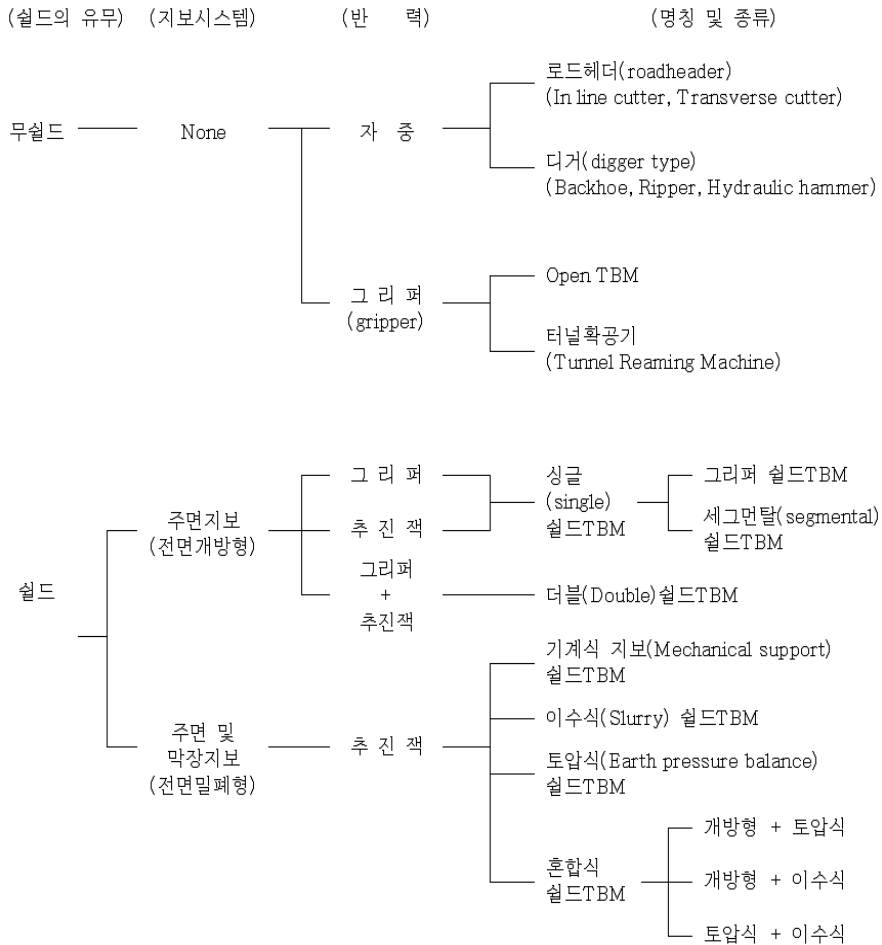


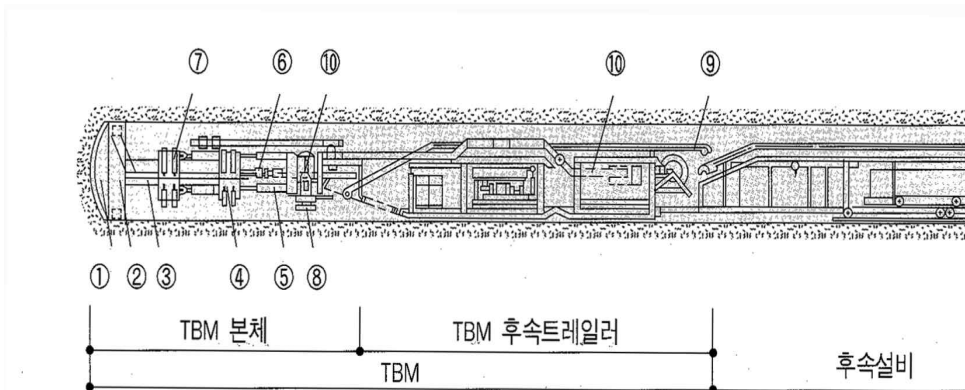
그림 12.13.1 터널 기계화시공법의 분류기준

- ⑤ Open TBM은 크게 Main beam TBM과 Kelly type TBM의 두 가지 형식으로 구분된다.

- ⑥ TBM은 터널의 원주면만을 지지하거나, 원주면과 굴진면을 동시에 지지하는 두 가지 방식으로 구분된다.

(2) TBM 터널의 분류 및 특징

- ① TBM은 제작사에 따라 터널굴착의 주요기능인 추진 및 회전의 기계적 방식이 다를 수 있으므로 설계 시 TBM 기종 선정 전에 <그림 12.13.1>의 분류기준을 참조하여 이러한 특성을 파악하고 검토하여야 한다.
- ② Open TBM은 일반적으로 <그림 12.13.2>와 같이 본체, 후속트레일러 그리고 후속설비로 크게 세 가지로 구성되며 보조공법을 위한 장치를 갖출 수 있다.



- ①커터헤드 ②커터 헤드 자켓 ③이너켈리 ④아우터켈리 ⑤추진 실린더 ⑥커터 헤드 드라이브 ⑦클램핑 패드 ⑧후방지지장치 ⑨벨트 컨베이어 ⑩집진기

그림 12.13.2 Open TBM의 구성(예)

- ③ 터널 전체노선이 전반적으로 양호한 지반상태에서는 기종의 제약을 많이 받지 않지만, 노선 상에 파쇄대 등 연약지반이 부분적으로 나타날 경우에는 헤드자켓(head jacket)이 부착된 TBM 등 지반조건에 적합한 TBM을 검토하여 적용하여야 한다.
- ④ 노선 중 상당 부분이 파쇄대 또는 풍화암일 경우에는 Open TBM 대신 보조공법 장치로 파쇄대에 대처할 수 있는 개량형 Open TBM을 사용하거나 본체부분이 원통형 강판으로 보호된 쉴드TBM을 사용하는

방안 등을 검토하여야 한다.

- ⑤ 쉴드TBM은 전면의 구조형식에 따라 전면개방형 쉴드TBM과 전면밀폐형 쉴드TBM으로 분류되며, 개방형 쉴드TBM은 전면 개방형과 부분 개방형으로, 밀폐형 쉴드TBM은 굴진면 지지 방식에 따라 기계식 쉴드TBM, 압축공기 쉴드TBM, 이수식 쉴드TBM, 토압식 및 이토압식 쉴드TBM, 혼합식 쉴드TBM 등으로 구별 할 수 있다.
- ⑥ 굴착 동안 굴진면 자립이 유지될 수 있는 지반조건에서는 개방형 TBM을 사용하고 굴진면 자립이 어려운 경우에는 밀폐형 쉴드TBM을 사용하여야 한다.
- ⑦ 일반적인 쉴드TBM은 본체와 후속설비 등으로 이루어져 있고 본체부분은 <그림 12.13.3>과 같이, 굴진면 측에서 부터 후드부, 거더부, 테일부의 3부분으로, 외피는 외판(Skin Plate)과 그 보강재로 구성되어 있으므로 설계자는 쉴드TBM기종을 결정하기 전에 이와 같은 쉴드TBM의 세부 구성사항을 파악하고 각 구성요소별 역할을 숙지하여야 한다.

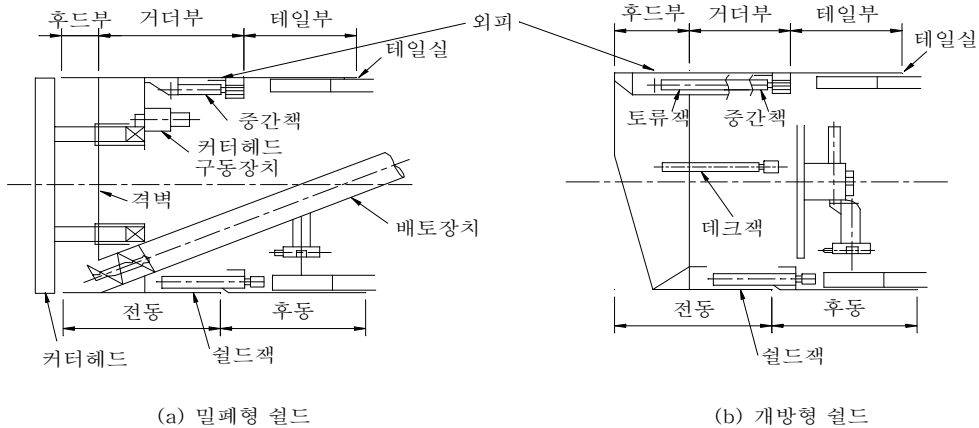


그림 12.13.3 쉴드TBM의 구성

- ⑧ 쉴드TBM의 커터헤드는 전면형상에 따라 스포크(Spoke)형과 면판형으로 분류되며, 스포크형은 커터의 일부하 토크의 저감, 굴착토사의 취입이 우수하고 면판형은 굴진면의 토류방지 기능과 주입재료의 굴진면에서 체류를 촉진하는데 유효하므로 이를 고려하여 커터헤드의 종류를

선정하여야 한다.

- ⑨ 커터 슬리트(Cutter Slit)는 지반조건에 따라 개구(開口)율 및 굴착기구(비트 또는 디스크 커터 등) 형식이 달라지는데, 그 형상과 치수는 지반의 조건, 굴진면 안전기구 및 굴착능률을 고려하여 결정하여야 한다.
- ⑩ 후드부의 형상은 <그림 12.13.4>와 같이 직형과 기울기형, 그리고 단절형 등으로 분류할 수 있으며, 지반의 조건에 적합하도록 결정하여야 한다.

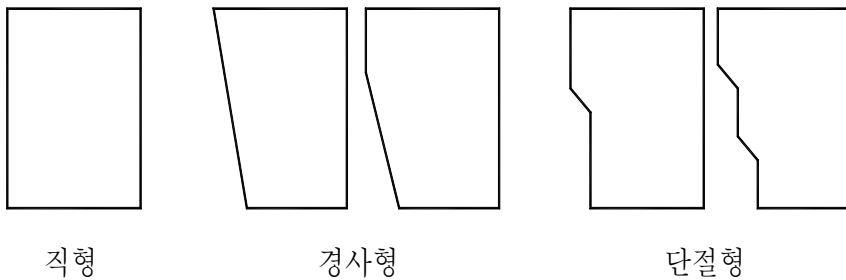


그림 12.13.4 후드형상

(3) TBM 굴착

- ① TBM의 굴착방법은 <그림 12.13.5>와 같이 버튼커터(Button Cutter)의 회전력을 이용한 절삭식과 디스크커터(Disk Cutter)의 회전력에 의한 압쇄식 굴착방법으로 구분할 수 있으며, 그 선정기준은 다음과 같다.
- 가. 일반적으로 압축강도 30~80MPa 정도의 풍화암 및 연암일 경우는 절삭식을, 100MPa 이상일 경우에는 압쇄식을 적용하여야 한다.
- 나. 최근 압쇄식이 다양한 지질에 적용할 수 있도록 개발되고 있으므로 지반조건, 굴진효율, 장비의 경제성 등을 고려하여 적합한 방식을 선정하여야 한다.

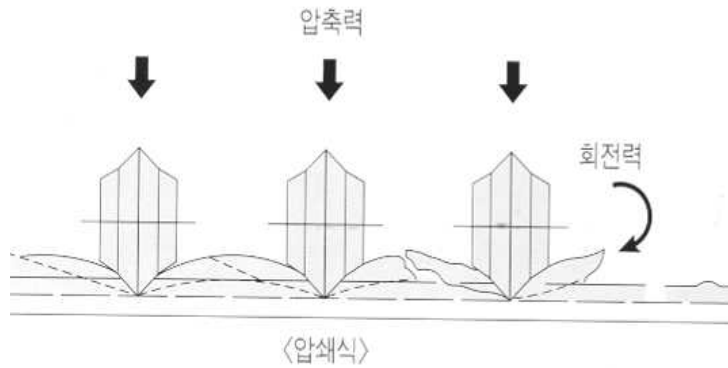


그림 12.13.5 커터에 의한 굴착방식

- ② 본선티널에서 장대터널일 경우는 단선병렬 전단면 굴착, 복선티널 전단면 굴착 등에 대하여 TBM의 기종선정과 경제성, 시공성, 기술성 등을 종합적으로 검토한 후 결정하여야 한다.

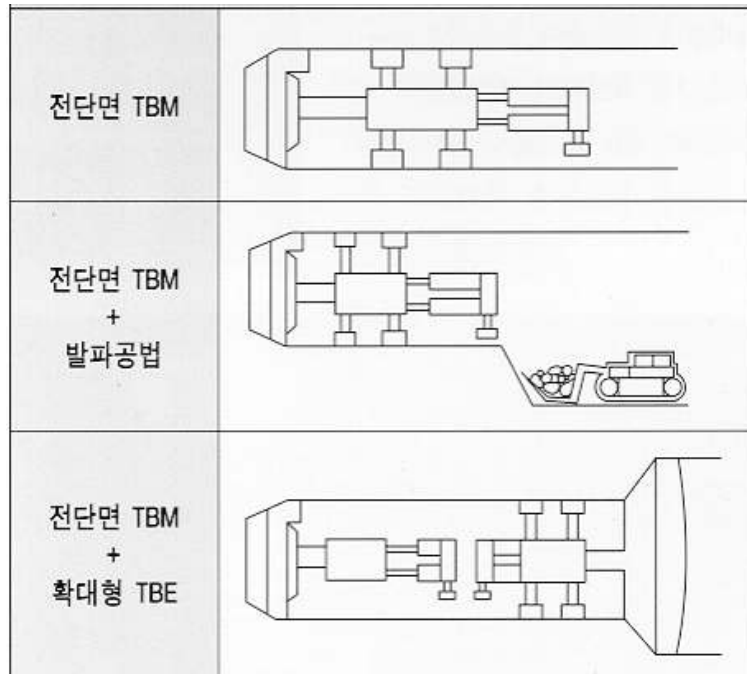


그림 12.13.6 TBM을 이용한 굴착공법

12.13.2 계획

(1) 선형

- ① TBM 공법의 선형계획 시에는 사용목적, 설계조건, 입지조건, 지형조건, 지장물 및 지반조건, 시공성, 장비특성, 인접 구조물, 방재설계 등을 고려하여야 한다.
- ② TBM 터널의 노선은 TBM굴진 효율을 고려하여 가급적 균질한 지반을 통과하도록 계획하여야 한다.
- ③ TBM 터널의 경우 궤도가 중요시되므로 TBM 굴진오차를 감안하여 선로중심 확인측량을 계획하여야 한다.
- ④ 선형계획은 「12.2.2 터널의 기본계획」을 따르는 것을 원칙으로 하되 현장조건에 따라 조정할 수 있다.
- ⑤ TBM 터널의 최소곡선반경은 지반조건, 현장여건, 굴착단면의 크기, 시공방법, 장비특성, 라이닝 등을 고려하여 설계하여야 한다.
- ⑥ 현장여건 상 평면선형이 급곡선으로 변화하거나 극단적으로 작은 곡선반경 또는 도중에 다른 터널과 접속하는 경우는 굴진반력에 의한 터널 변형방지와 세그먼트의 안정성을 고려하여 지반보강, TBM의 구조 및 세그먼트의 개량, 여굴에 의한 뒤채움 주입량, 방향전환 작업구, 지중접합 등의 대책을 검토하여야 한다.
- ⑦ 터널 갱구부의 위치는 「12.2.2 터널의 기본계획」을 따르는 것을 원칙으로 하되, TBM 장비의 조립 및 부대장비의 설치에 필요한 공간계획을 감안하여 계획하여야 한다.
- ⑧ 터널을 2개 이상 병렬로 계획하는 경우, 터널간의 순간격은 TBM 굴착외경 이상을 표준으로 하되 그 이하로 근접 계획할 경우에는 지반조건을 고려하여 설계하중을 결정하며 필요에 따라 지반보강을 위한 보조공법을 적용하여야 한다.
- ⑨ TBM 터널을 다른 구조물에 근접하여 계획하는 경우는 「12.2.2 터널의 기본계획」을 따르는 것을 원칙으로 하되 현장조건에 따라 조정할 수 있다.
- ⑩ TBM 터널의 토피는 굴착외경의 1.5배 이상을 기준으로 하고, 지하구조물의 현황, 지반조건, 굴착단면적의 크기, 시공방법 등을 검토하여 결

정하여야 한다.

(2) 종단기울기

- ① 종단기울기는 사용목적, 유지관리, 시공성, 공사 중 및 운영 시 배수처리문제, 지하수처리 및 오염방지 문제 등을 고려하여 결정하되, 「12.2.2 터널의 기본계획」을 따르는 것을 원칙으로 하되 현장조건에 따라 조정할 수 있다.
- ② 종단기울기는 터널 정거장처럼 부득이한 경우를 제외하고는 TBM 장비의 굴진효율 향상과 시공 중 및 운영 중 용출수를 자연유하시킬 수 있도록 3% 이상의 오르막을 원칙으로 하되 현장조건에 따라 조정할 수 있다. 또한 작업구 조건이나 지장물의 제약으로 종단기울기가 20%를 초과하는 경우에는 배수, TBM의 추진, 시공 중의 버력 및 재료의 운반 등 작업능률 저하와 안전을 고려하여야 한다.
- ③ 내리막 굴착계획 시에는 터널 내 배수 및 굴진능률 저하 등을 고려하여야 한다.
- ④ 급기울기 설계를 지양하며, 급기울기 설계 시에는 운반장비의 견인력과 제동력을 고려하여 굴진을 저하요인을 최대한 감소시켜야 한다.

(3) 내공단면

- ① TBM 터널의 내공단면 크기와 형태를 계획할 때에는 철도건설규칙 건축한계(시설한계)를 고려하여 계획하여야 한다.
- ② TBM 터널의 내공단면 크기는 단선터널과 복선터널의 경우, 건축한계(시설한계), 유지보수 관리용 통로, 환기설비, 전기 및 신호, 통신 등의 케이블과 변압기설비, 배수설비, 재해대책, 향후 전철화계획 등을 고려하여 계획하여야 한다.
- ③ TBM 터널은 시공 중 TBM 크기를 변경할 수 없으며, TBM의 굴진오차, 사용장비의 규격, 설계소요단면, 변형여유량, 지보재 및 라이닝 두께, 시공여유 등을 고려하여 계획하여야 한다.
- ④ 터널 내공단면의 허용시공오차는 설계선형에서 상하좌우로 100~200mm를 기준으로 하되, 상하·좌우의 선형오차, 변형·침하에 의한 오차, 굴착단면의 크기, 지반조건, TBM의 형식과 조종성, 굴진속도, 콘크리트라이닝의 유무, 평면선형과 기울기, 커터마모 보정, 구조물의 특성

등을 고려하여 결정하여야 한다.

- ⑤ 내공단면을 계획할 때에는 단면의 크기와 시공성, 경제성을 고려하여 TBM 굴착공법을 함께 검토하여야 한다.
- ⑥ 곡선부에서의 내공단면은 철도건설규칙 건축한계(시설한계) 규정내용을 고려하여 계획하여야 한다.
- ⑦ TBM 터널 내공단면 형태는 원형이므로 철도 단선터널이나 복선터널에서 인버트부의 여유공간에 배수로, 대피시설 등 부대설비를 계획할 수 있다.
- ⑧ 원형이외에도 다른 단면 형상을 선택할 수 있으며, 이 경우 TBM장비, 세그먼트의 강도, 형상 및 시공상의 문제점에 대하여 검토하여야 한다.

(4) 작업장 및 작업구

- ① TBM 공법의 작업장을 계획할 때에는 터널공사 및 조립장의 규모, 굴착공법에 따른 기중 선정 등을 고려하여 작업구, 터널외부설비, 굴착버력 처리장, 재료적치장 등을 위한 부지를 발진작업구 부근에 확보하여야 한다.
- ② 작업장 계획은 환기설비, 수전설비, 급수 및 배수설비, 커터숍(Cutter Shop), 레일 조립장, 컨베이어 조립장, 버력처리장 침전지, 급기설비, 재료적치장 등 각종 가시설의 기능과 규모 등을 감안하여 배치하여야 한다.
- ③ 암버력의 발생량을 산정하여 작업장에 버력처리장 배치계획을 하여야 한다.
- ④ TBM의 초기굴진은 발진부에 대한 사전 지반개량 여부, 발진반력대의 구조 및 강도, 가설세그먼트의 해체시기, 후방설비의 배치 및 토사의 반출입 방법 등을 고려하여 결정하여야 한다.
- ⑤ TBM의 발진 시 고정위치는 설계상의 TBM 중심 및 높이를 기본으로 하여 결정하고, 지반이 연약하여 TBM 처짐이 예상되는 경우는 위치를 상향 보정하도록 계획하여야 한다.
- ⑥ TBM의 반력대 설비는 주로 가조립 세그먼트 방식과 형강을 주재로 하는 설비 등으로 분류할 수 있으나 어떠한 경우든 필요한 추력에 대해 견딜 수 있어야 하고, 유해한 변형을 발생시키는 일이 없도록 필요

한 강성을 확보하도록 계획하여야 한다.

- ⑦ 이수식 쉴드TBM인 경우는 이수처리 설비장의 부지를 확보하여야 한다.
- ⑧ TBM의 작업구는 TBM 통과지의 지반조건과 현장여건을 고려하여 시공이 안전하고 능률적으로 행해지도록 위치, 규모 및 기능 등을 계획하여야 한다.
- ⑨ TBM의 반입과 조립, 세그먼트 등의 재료와 모든 기계기구의 반입, 굴착토사의 반출, 작업원의 출입 등을 위한 발진 작업구를 계획하여야 하며, 필요에 따라 방향전환용 또는 TBM 인양을 위해 터널 중간이나 종점에도 작업구를 설치하여야 한다.

(5) 버력처리

- ① 버력처리 장비는 공사기간, 버력 발생량, 터널내부 환경, 사토장위치 및 운반거리 등을 고려하여 수립하여야 한다.
- ② 장비는 가급적 굴착과 동시에 굴착량 전부를 터널외부로 반출할 수 있는 운반체계로 한다.
- ③ 장대 터널인 경우는 버력적재 및 대기시간의 시공성을 고려하여 TBM 굴진능력에 영향을 주지 않도록 버력운반차의 교행구간에 교행장치계획을 검토하여야 한다.

(6) 부속설비 및 보조공법

- ① 환기설비, 수전설비, 전력설비, 급수 및 배수설비, 침전지, 급기설비, 커터쉴 및 레일조립장 등 각종 부속설비는 기능과 시공성을 고려한 용량계산을 토대로 계획하며, 각종 설비별 특성을 고려하여 효율적인 공간배치를 계획하여야 한다.
- ② TBM 터널의 부속설비는 작업 환경성, 안전성, 경제성을 고려하여 계획하여야 하며, 사용목적이나 유지관리상의 필요성에 따라 배수, 환기, 방화 등의 설비와 맨홀 등을 설계에 포함하여야 한다.
- ③ 부속설비 계획은 운반장비의 통행을 감안하여 상호 간섭되지 않도록 작업공간을 계획하여야 한다.
- ④ TBM 터널시공에 따른 주변 지하구조물에 침하, 손상 등의 변위가 예측되는 경우에는 사용성, 안전성, 경제성, 공사기간 및 환경조건 등을 고려하여 효과적인 보조공법을 검토하여야 한다.

(7) 계측

- ① 계측계획의 수립 시 일반적 사항에 대하여는 「12.9 굴착 및 계측」을 따르는 것을 원칙으로 하되, 기계굴착의 장점을 고려하여 계측위치, 계측항목, 계측간격, 측정빈도 등을 조정하여 경제적인 계측계획을 수립하여야 하며, 정밀계측장비를 이용하여 계측오차를 최소화하여야 한다.
- ② TBM 굴착 시 지반붕괴로 인한 장비의 함몰이나 과굴착으로 인하여 과다한 지반침하 등이 우려되는 경우에는 굴진면 관찰 또는 조사장비에 의한 굴진면 전방예측, 과굴착 측정 등을 사전에 계획하여야 한다.

(8) 기술자료 수집 및 전문기술요원 확보

- ① TBM장비는 특수한 최첨단기술로 제작되어 특수한 공법으로 설계, 시공해야하므로 TBM 제작사별 생산기종 및 기계의 성능, 굴진능력, 기계고장, 부품교체 등 기술자료를 수집하여 비교평가하고 그 특성에 따라 설계하여야 한다.
- ② TBM 터널공법 설계기술과 설치 운용기술을 파악하여 확실하게 기술전수를 할 수 있는 전문기술요원을 확보하도록 설계에 반영하여야 한다.
- ③ TBM 터널에서는 효율적인 굴착을 위해 TBM 조작자와 지반기술자 등이 상호 협조하여 현장을 운용할 수 있는 조직과 기술인력을 확보하도록 설계에 반영하여야 한다.

(9) TBM 운영 및 유지관리

- ① 공사 중 TBM 장비의 원활한 작동 및 유지관리를 위해 사전에 부품수급 계획을 수립하여야 하며 암질에 따른 커터의 적정 교체시기 등도 함께 고려하여 계획하여야 한다.
- ② TBM 터널의 공용기간 동안 보유하여야 하는 성능의 수준을 유지하도록 적절한 유지관리계획을 세워야 한다.

12.13.3 조사

(1) 지반조사 및 시험

- ① TBM 터널의 시공을 위한 일반적인 시험사항은 「12.4 조사」에서 정하는 바를 따르고 TBM의 기계적인 특성을 고려하여 커터의 마모성을 평가할 수 있는 시험 및 팽창성시험(Swelling Test) 등을 추가로 실시하여야 한다.

- ② TBM 가동율 예측을 위하여 커터의 성능시험과 커터의 마모에 영향을 미치는 지반조사 및 시험을 실시하여야 한다.

(2) 입지조건 조사

- ① TBM 터널을 위한 입지조건 조사는 노선 선정과 적용 TBM종류의 결정, 터널의 규모와 내용설정 등을 위한 자료로 이용할 수 있도록 TBM 장비 운반을 위한 도로망, 교통상황조사, TBM 조립, 해체 및 공사용 부지조사, TBM에 소요되는 전력 및 급배수 시설, 진입로, 침사지 및 사토장 부지 등을 조사하여야 한다.

(3) 지장물 조사

- ① 지장물 조사는 「12.4.3 지장물조사」를 따르는 것을 원칙으로 하되 현장조건에 따라 조정할 수 있다.

(4) 지형 및 환경조사

- ① 지형 및 환경조사는 「12.4 조사」를 따르는 것을 원칙으로 하되 현장조건에 따라 조정할 수 있다. 특히 팽창성 지반이나 복합지반, 단층대, 지하수위가 높은 모래 자갈층이나 전석층 또는 토사와 암반의 경계부, 유해가스의 발생가능 지역에서는 TBM 공법 적용이 문제가 발생 할 수 있으므로 신중한 지반조사를 실시하여야 한다.
- ② 암석구조, 단층과쇄대, 점토대, 암석강도가 현격하게 높거나 석영함량이 높은 지반 등을 조사하여 시험한 자료로 TBM 굴착효율을 검토하여야 한다.

(5) 기타 조사

- ① 본 절에 기재되지 않은 조사 및 시험에 관한 사항은 「12.4 조사」에서 정한 기준에 따르며 특수한 경우는 별도로 정할 수 있다.

12.13.4 TBM 터널의 설계

(1) 설계일반

- ① 이 절에 기재되지 않은 설계일반 사항에 대하여는 「12.3 설계일반」에서 정한 기준에 따르는 것을 원칙으로 하되 현장조건에 따라 조정할 수 있다.
- ② 철도 단선터널과 복선터널을 TBM으로 굴착할 경우의 설계기준이며 이 기준에 기재되지 않은 사항은 별도로 정할 수 있다.

- ③ TBM 터널은 조사결과를 기초로 하여 사용목적의 적합성, 안전성, 경제성, 시공성이 확보되도록 설계하여야 하며 지보재는 기계굴착의 장점을 최대한 활용할 수 있도록 설계하여야 한다.
 - ④ 시공 중 관찰과 계측 결과로부터 실제 지반조건이 설계 시의 예측 지반조건과 상이할 경우는 설계변경을 통하여 조정하여야 한다.
- (2) TBM 터널설계 시 고려사항
- ① TBM 설계는 현장조건에 맞도록 기기의 종류와 그 특성을 사전에 숙지하여야 하며, 다음 사항을 검토하여 현장조건에 적합하게 하여야 한다.
 - 가. TBM 터널내공 단면크기
 - 나. TBM 장비의 선정
 - 다. 커트 헤드 설계
 - 라. TBM 조립장, 발진기지 및 도달기지
 - 마. 버력처리 및 운반 시스템
 - 바. 지보 및 변형 여유량
 - 사. 라이닝(세그먼트 및 콘크리트라이닝)
 - 아. 인버트
 - 자. 배수 및 방수
 - 차. 보조공법
 - 카. 가시설
 - 타. 작업자 통로
 - 파. 방재, 조명 및 환기
 - 하. 수전설비 등 각종 설비
 - 거. 부대시설 규모 및 소요 공간

12.13.5 TBM 선정 및 제작

(1) TBM 기종선정

- ① Open TBM의 본체는 커터헤드, 추진시스템, 클램핑 시스템으로 구성되며, 후속트레이러는 전동모터, 유압펌프, 집진기, 벨트컨베이어로, 후속설비는 버력반출을 위한 광차 또는 벨트컨베이어로 구성되어 있다.
- ② TBM의 기종은 장비의 효율 및 작업여건을 고려하여 경제적이고 시공성이 좋은 기종으로 선정하여야 하며, 노선의 지반조건에 적합하여야

한다.

- ③ 터널 전체노선이 전반적으로 양호한 지반상태에서는 기종의 제약을 많이 받지 않으나, 노선 상에 파쇄대 등 연약지반이 부분적으로 나타날 경우에는 헤드자켓(Head Jacket)이 부착된 Open TBM이나 본체 부분이 원통형 강관으로 보호된 쉘드TBM을 사용하는 방안을 검토하여야 한다.
- ④ TBM의 기종 선정은 TBM 적용구간의 지반조건, 지표의 상황, 단면치수, 지하지장물, 시공연장, 터널의 선형, 공사기간 및 사용목적 등의 조건과, 굴착이나 세그먼트 조립 등의 시공성 및 작업장 용지와 굴착토사 처리방법 등을 고려하여 안전하고 경제적인 시공이 가능한 형식을 선정하여야 한다.
- ⑤ TBM 기종은 개방형 또는 밀폐형 중 지반조건과 현장여건을 고려하여 가장 적합한 형식으로 선정한다.
- ⑥ 굴진면에 지하구조물 또는 기초말뚝 등의 지하장애물이 있는 경우에는 지반조건 외에도 장애물의 제거나 변위발생 등을 고려, 종합적으로 검토 선정하여야 한다.

(2) TBM 제작 설계

- ① TBM 제작시에는 다음 사항을 고려하여야 한다.

가. TBM 장비의 주요설비

- ㉠ 커터헤드(Cutter Head)
- ㉡ 커터헤드 구동부(Cutter Head Drive)
- ㉢ 세그먼트 이렉터(Segment Erector)
- ㉣ 전기설비(Electrics)
- ㉤ 작업장 가스 제어설비(Methane Gas Control)

나. 운영 관리자료 획득설비(Data Acquisition System)

다. 버력처리장비

- ㉦ 신축연장가능 벨트컨베이어(Extendable Belt Conveyor)
- ㉧ 트럭(Truck)과 호퍼(Hopper)
- ㉨ 기관차(Locomotive)와 광차(Muck Car)

라. 이수처리설비

마. 뒤채움 주입설비

- ② TBM은 연직 및 수평토압, 수압, 자중, 상재하중의 영향, 편향하중, 굴진면 전면압 등의 하중을 지지하도록 설계한다.
- ③ TBM 구조는 각각의 작용하중에 대하여 TBM 각부가 안전하고 확실하게 가동될 수 있는 구조로 설계한다.
- ④ TBM 장비는 무겁고 대형이므로 분할, 수송, 작업구로의 투입 등 제조건을 고려하여 제작하여야 하며, 또한 연약지반에서 쉘드TBM을 추진하는 경우에는 TBM의 중량 및 중심위치가 그 운전성능에 영향을 미치므로 TBM 제작설계 시 이를 고려한다.
- ⑤ TBM은 굴착, 추진, 라이닝 설치를 동시에 할 수 있는 기능을 갖는 장치군으로 구성되므로 외부에서 작용하는 하중에 대하여 내부를 보호할 수 있어야 한다.
- ⑥ TBM의 외경은 외판(Skin Plate)의 외경을 말하며, 세그먼트 외경, 테일 클리어런스(Tail Clearance) 및 테일 스킨 플레이트 두께를 고려하여야 한다.
- ⑦ 테일 클리어런스는 20~40mm가 일반적이나 세그먼트의 형상과 크기, 터널의 선형, 선형수정, 세그먼트 조립 시 여유, 테일 실(Tail Seal)의 설치 등을 고려하여 결정하여야 한다.
- ⑧ TBM의 길이는 지반의 조건, 터널의 선형, TBM 형식, 중절장치의 유무, 세그먼트 폭, K-세그먼트의 삽입형식, 테일 실의 단수 등을 고려하여 설계하여야 한다.
- ⑨ TBM의 길이는 외경과의 조화로, 운전 조작면에서는 가능한 한 짧은 것을 선택하여야 한다. 단, 길이가 극단적으로 짧으면 접지압이 커져 조향성이 나빠지므로 이를 고려하여야 한다.
- ⑩ 테일부의 길이는 세그먼트 폭과 형상 및 시공성을 고려하여 결정하여야 한다.
- ⑪ 테일 스킨 플레이트 두께는 유해한 변형이 발생하지 않는 범위내에서 가능한 얇게 설계하여야 한다.
- ⑫ 테일 실은 뒤채움 주입재나 토사를 동반하는 지하수의 역류방지 및 내구성, 내압성 등을 고려하여 선정하여야 한다.

(3) TBM 커터헤드 설계

- ① 커터헤드는 지반조건에 적합하고, 기능을 발휘할 수 있는 것으로 선정하여야 한다.
- ② 커터 비트(Cutter Bit)는 지반조건에 적합하도록 그 형상, 재질 및 배치를 결정하여야 한다.
- ③ 커터헤드의 지지방식은 TBM 외경, 원지반 조건 등에 적합하도록 선정하여 버력반출기구와의 조합 등에 대하여 고려하여야 한다.
- ④ 커터헤드의 개구부는 원지반 조건, 굴진면 안정기구 및 굴삭능률을 고려하여 개구 형식과 크기 및 개구율을 정하여야 한다.
- ⑤ 확공장치는 쉴드TBM의 조향성을 향상시키기 위한 장치로서 지반조건, 시공조건에 적합하게 설계하여야 한다.

(4) TBM 추진기구

TBM의 추진기구 설계 시에는 다음 사항을 고려하여야 한다

- ① Open TBM의 추진은 그리퍼를 사용하고 쉴드TBM에서는 추진잭 사용을 원칙으로 하되, TBM 총추진력은 TBM의 총 추진저항 여유를 고려하여 설계하여야 한다.
- ② 그리퍼와 잭의 선정과 배치는 TBM의 조향성, 세그먼트의 구조, 세그먼트 조립의 시공성 등을 고려하여 설계하며, 가능한 한 간단한 구조가 되도록 하고 경량으로 내구성이 크고, 보수, 교환이 용이하여야 한다.
- ③ 추진 잭은 TBM 외관 내측에 근접하여 등간격으로 배치하고 세그먼트에 가급적 균등하중이 가해지도록 하여야 하며, 그리퍼는 TBM 자중을 지지하면서 추진력을 얻을 수 있도록 적절히 배치하여야 한다.
- ④ 추진 잭의 스트로크 폭의 소요 여유를 고려하여 결정하여야 하며, 또한, TBM의 곡선시공을 위한 적정 길이가 되도록 하여야 한다.
- ⑤ 그리퍼와 잭의 작동속도는 굴진속도 및 시공능률을 고려하여 결정하여야 한다.

(5) 세그먼트 조립기구

세그먼트 조립기구 설계 시에는 다음 사항을 고려하여야 한다

- ① 이렉터(Erector)는 쉴드TBM의 형식과 규모, 세그먼트의 분할과 형상, 굴착토 처리방법, 작업주기 등을 고려하여 세그먼트의 조립이 정확하

고 능률적인 것으로 선정하여야 한다.

- ② 이렉터의 능력은 세그먼트의 종류, 형상, 중량 및 조립순서 등을 고려하여 결정하여야 한다.

(6) 유압, 전기, 제어기구

유압, 전기, 제어기구 설계 시에는 다음 사항을 고려하여야 한다.

- ① TBM용 유압기기는 일반건설기계의 경우와 달리 고압 대용량이고 사용환경이 나쁘므로 내구성, 효율, 소음 등을 고려하여 기종을 선정하여야 한다.
- ② 유압기구는 자가점검장치가 있거나 점검이 용이한 것으로 선택하여 사용조건하에서 적절한 상태로 유지관리가 가능하여야 한다.
- ③ 유압회로는 가능한 한 간단하여 각 기기가 확실하게 작동하고, 오조작이 있을 경우에도 안전을 보장하여야 한다.
- ④ 유압작동유는 유압기기에 적합한 양질의 것이어야 한다.
- ⑤ 전기 기기류는 방수, 방습, 방진 등에 유의해야 하며, 가능한 한 조작 및 점검보수가 용이한 위치에 설치하여야 한다.
- ⑥ 제어기기는 각 기기가 확실하게 작동하여 굴착, 추진, 버력처리 등을 위한 기기들과 상호 연관성을 양호하게 하고 이상 시에도 안전하게 대처할 수 있어야 한다.

(7) 부속기구

부속기구 설계 시에는 다음 사항을 고려하여야 설계한다.

- ① 중절장치는 원지반 조건, 터널의 선형, TBM의 형식 등에 적합하고, 그 기능이 확실하게 발휘될 수 있는 방식과 기구를 선정하여야 한다.
- ② 방향제어장치는 지반조건, TBM의 형식, 터널의 선형 등을 고려하여 확실한 TBM의 방향제어가 가능한 것으로 선정하여야 한다.
- ③ TBM에 탑재하는 측량장치는 TBM의 자세, 움직임 방향의 파악 등 측량 목적에 맞추어 선정하여야 하며, 터널 내 고온, 다습 등의 환경 조건에서도 필요로 하는 내구성을 확보하여야 한다.
- ④ 뒤채움 주입장치가 필요한 경우는 주입재료, 주입방법, 주입량 등을 고려하여 확실하게 충전될 수 있는 기구를 선정하여야 한다.
- ⑤ 후방대차는 TBM 굴진을 위한 기계장치 설치 및 굴진면의 작업에 이

용하는 재료 및 각종 작업받침대, TBM 굴진과 동시 이동 등의 기능과 규모를 가지도록 하여야 한다.

12.13.6 지보재 및 보조공법

(1) 지보재 설계

- ① 터널지보재는 TBM의 기계적 특성과 지보재 작업의 시공성 등을 고려하여 설계하여야 하며, 기타 일반적인 설계사항은 「12.5 터널지보재」를 따르는 것을 원칙으로 하되 현장조건에 따라 조정할 수 있다.
- ② 지보재 설계를 위한 암반분류는 반드시 TBM의 기종, TBM굴착으로 인한 암반이완대의 분포, 터널 벽면의 굴착상태 등을 고려하여야 한다.
- ③ open TBM 터널의 지보재는 양질의 지반조건에서는 생략할 수 있다.

(2) 보조공법 설계

- ① TBM 터널을 해석할 때에는 발파굴착에 비하여 주변 지반의 응력분포와 지반변형 특성이 상이한 점을 특별히 반영하여야 하며, 지보패턴의 등급을 조절하거나 지보재 설계의 경량화를 고려하여야 한다.
- ② Open TBM 터널의 보조공법인 철망은 슛크리트의 부착력과 보강효과 증가를 위하여 설치하는 철망과, 낙반 방지용 철망으로 구분하고 낙반 방지용 철망은 암질상태에 따라 철망의 종류를 달리 하여야 한다.
- ③ 보조공법은 사용목적에 적합하고, 원지반 조건, 환경조건, 안전성, 시공성, 경제성 등을 확보하도록 설계하여야 한다.

12.13.7 세그먼트 설계

(1) 세그먼트 라이닝 설계 시 주의사항

세그먼트라이닝의 설계 시에는 다음 사항을 고려하여야 한다.

- ① 세그먼트라이닝은 추진 책의 추력, 주변 지반의 토압과 수압 등의 하중에 견딜 수 있어야 하며, 소정의 터널 내공을 확보함과 동시에 터널의 사용 목적 및 시공 조건에 따른 역할과 기능을 보유할 수 있도록 안전하고 견고하게 설계하여야 한다.
- ② 쉘드TBM 터널에서는 지반의 조건 및 터널의 단면형상, 시공법 등에 따라 터널의 역학적 거동이 상이하므로 세그먼트라이닝의 설계 시 이를 고려하여야 한다.

③ 세그먼트라이닝의 설계계산서에는 계산상의 제반 조건, 가정 및 계산 과정을 명기하여야 한다.

④ 세그먼트라이닝은 강도설계법으로 설계하는 것을 원칙으로 하되, 필요 시 검증된 유사 설계법도 적용할 수 있다.

(2) 세그먼트의 재료 및 종류

① 세그먼트에 사용하는 재료는 한국산업규격(KS)을 표준으로 하되, 무근 및 철근 콘크리트에 관해서는 국토해양부 제정 「콘크리트 구조설계기준」 및 「콘크리트 표준시방서」의 규정에 따른다.

② 세그먼트의 종류는 재질에 따라 콘크리트, 강재, 합성(콘크리트+강재 또는 주철)세그먼트로 분류하고 형상에 따라 상자형, 평판형 세그먼트 등으로 분류하며 세그먼트의 강도, 내구성, 시공성 및 경제성 등을 고려하여 선정하여야 한다.

(3) 세그먼트의 구조 및 형상 설계

① 세그먼트의 강도, 구조, 형상 등은 지반조건, 시공법 등을 고려하여 선정하여야 한다.

② 상자형 또는 평판형 세그먼트를 볼트이음으로 조립한 링 구조는 강성이 같은 링으로 취급할 수 있으며, 재질에 따라 콘크리트, 강재, 합성세그먼트로 구별하여 설계하여야 한다.

③ 세그먼트의 형상치수는 사용목적, 시공성, 경제성을 고려하여 설계하여야 한다.

④ 세그먼트의 이음 구조는 소요 강도와 강성을 가짐과 동시에 조립의 확실성, 작업성 및 지수성을 고려하여 설계하여야 하며, 볼트 체결방식의 경우 적정 토크치를 산정하여야 한다.

⑤ 세그먼트는 수밀성을 확보하도록 설계한다.

⑥ 뒤채움 주입을 균등하게 행하기 위하여 각 세그먼트에는 1개소 이상의 주입공을 설치하고 주입공의 직경은 사용하는 주입재를 고려하여 결정하나 일반적으로 내경 50mm를 기준으로 하며, 주입공을 고리로 사용하는 경우는 작업성은 물론, 작업의 안전성과 자체 하중에 대한 인발력을 고려하여 주입공의 직경과 위치를 결정하여야 한다.

⑦ 소구경의 철제 세그먼트를 손으로 조립하는 경우는 고리를 필요로 하

지 않으나 일반 세그먼트에서는 운반, 조립 등을 위하여 고리를 설계하여야 한다.

- ⑧ 테이퍼 링은 터널 선형, 지반 조건, 보조공법, 이음의 강성, 세그먼트의 제작성, 시공성 등을 고려하여 그 수와 폭, 테이퍼량을 설계하여야 한다.

(4) 세그먼트 라이닝의 구조해석

- ① 세그먼트라이닝의 구조계산방법은 간편법, 스프링모델 및 수치해석법 등이 있으며, 구조계산은 횡단면과 종단면으로 나누어 수행하고, 시공도중의 각 단계 및 완성 후의 상태에 작용하는 하중을 고려하여 수행하여야 한다.
- ② 터널의 구조계산은 시공도중의 각 단계 및 완성후의 상태에 대응하는 하중을 고려하여 설계한다.
- ③ 터널 횡단면의 설계하중은 설계의 대상이 되는 터널구간 내의 가장 불리한 조건을 대상으로 결정하여야 한다.
- ④ 세그먼트라이닝에 걸리는 하중 산정 시에는 추진 잭의 추력, 연직 및 수평지반압, 수압, 자중, 상재하중의 영향, 지반반력, 내부하중, 시공 시 하중, 병설터널의 영향, 지반침하의 영향 등을 고려하여야 하며 특히, 철도 운행진동(반복진동)에 견딜 수 있도록 설계하여야 한다.
- ⑤ 종단면해석 시에는 시공단계 및 완성 후의 하중 상태와 세그먼트의 구조특성 등을 고려하여야 한다.
- ⑥ 세그먼트 단면력은 그 구조특성을 고려하여 설계하여야 한다.
- ⑦ 세그먼트의 이음 각도는 단면력의 전달과 조립 작업성을 고려하여 설계하여야 한다.

12.13.8 작업장 및 발진구

(1) 작업장 설계

- ① TBM 터널의 작업장은 터널공사의 규모, 굴착공법에 따른 기중 선정, 시공법 등을 고려하여 작업구, 터널외부설비, 굴착머력 처리장, 재료적치장 등을 위한 부지를 발진작업구 부근에 확보하여야 한다.

(2) 작업구 설계

- ① 각 작업구의 규모와 형상 및 시공방법은 그 사용목적 및 쉴드TBM의

단면, 본 구조물과의 연결 등을 고려하여 결정하여야 한다.

(3) 발진 터널

- ① TBM의 최초 터널내부로 진입을 위한 벽면지지용 발진터널을 계획하여야 하며, 일반적으로 발파 등 인력굴착방법으로 굴착하여야 한다.
- ② 발진터널의 구경은 TBM이 원활히 진입할 수 있는 여유폭을 감안하여 결정하여야 하며 TBM구경과 여유폭 300mm의 합을 표준으로 하되 현장조건에 따라 증감할 수 있다.
- ③ 발진터널의 길이는 TBM의 기종별 장비사양에 따라 변동이 있으며, 일반적으로 벽면지지가 필요한 TBM 본체의 길이와 암반상태를 감안하여 결정하여야 한다.
- ④ 발진터널은 양쪽 측면에서 TBM의 벽면지지가 가능하도록 벽면지지대를 계획하여야 한다.

(4) 발진기지

- ① 초기굴진은 발진부에 대한 사전 지반개량 여부, 쉘드TBM의 발진반력대의 구조 및 강도, 가설세그먼트의 해체시기, 후방설비의 배치 및 토사의 반출입 방법 등을 고려하여 결정하여야 한다.
- ② 발진시 쉘드TBM의 고정위치는 설계상의 쉘드TBM 중심 및 높이를 기본으로 하여 결정하고, 지반이 연약하여 쉘드TBM 처짐이 예상되는 경우는 위치를 상향 보정하도록 계획하여야 한다.
- ③ 발진에 필요한 반력대 설비는 주로 가조립 세그먼트 방식과 형강을 주재로 하는 설비 등으로 분류할 수 있으나 어떠한 경우든 필요한 추력에 대해 견딜 수 있어야 하고, 유해한 변형을 발생시키는 일이 없도록 필요한 강성을 확보하도록 설계하여야 한다.

(5) 조립장 및 버력처리장

- ① TBM 조립장은 TBM의 조립에 지장이 없도록 필요로 하는 공간이 확보되어야 하며, TBM 조립장의 폭은 TBM 본체의 폭과 크레인 작업폭을, 조립장 길이는 TBM 본체의 길이와 후속대차의 길이를 함께 고려하여야 한다. 일반적으로 TBM 조립 시 필요한 공간의 산정은 다음과 같다.

- 조립장 폭(B) = TBM 본체의 폭 + 크레인 작업폭

- 조립장 길이(L) = TBM 본체의 길이 + 후속대차의 길이

② 터널굴착 중 작업공간은 다음 사항을 고려하여 설계하여야 한다.

- 가. 환기설비, 수전설비, 급수 및 배수설비, 커터숍, 레일조립장, 침전지, 급기설비 등 각종 가시설의 기능과 규모를 감안하여 배치계획을 수립하여야 한다.
- 나. 버력운반 장비의 규격에 따라 버력하치장과 버력운반장비의 대기공간을 확보하여야 한다.
- 다. 버력하치장은 최소한 2~3일분의 굴착버력량을 적치할 수 있는 공간을 확보하여야 하며, 버력적하가 가능하도록 필요시 석축 또는 옹벽 등을 설치하여야 한다.

12.13.9 기타 설비

(1) 운반설비

- ① TBM 터널은 버력의 원활한 반출, TBM 가동에 필요한 장비 및 부품의 신속한 반입, 반출과 굴진면에서 이상 상황의 발생 시 작업자의 대피 등 즉각적인 대처가 가능하도록 통행로를 항상 확보하여야 하며, 어떠한 이유로도 통행로를 차단하는 일이 없도록 설계하여야 한다.
- ② 버력처리를 위한 장비계획은 공사기간, 버력 발생량, 터널 내 작업환경, 버력처리장과의 거리 등을 감안하여 수립하여야 한다.
- ③ 버력 운반장비의 계획 시 가급적 굴착과 동시에 굴착량 전부를 터널 외부로 반출할 수 있는 운반체계로 결정하여야 한다.
- ④ 버력의 외부반출 시 환경문제를 고려하여 사전에 대책을 수립하여야 한다.
- ⑤ 트럭, 광차, 벨트컨베이어를 사용하여 버력처리를 할 수 있으며, 3km 이상의 장대터널의 경우 공사 중 환기량, 교행구간의 설치 등을 고려하여 덤프트럭의 사용을 억제하고, 버력적재 및 대기시간을 최소화하고 TBM 굴진능력을 높이기 위하여 가급적 광차나 고속 컨베이어 시스템을 사용하여야 하며, 광차를 사용하는 경우 2~4km마다 교행가능지점(Rail Switching Point)의 설치를 검토하여야 한다.
- ⑥ 벨트컨베이어의 폭은 버력의 최대 입자크기, 버력처리 용량 및 운반속도 등을 고려하고, 벨트의 기울기는 18~20° 를 초과하지 않도록 설계

하여야 한다.

- ⑦ 굴진면의 안전유지 및 굴착버력의 배출을 위하여 이수를 사용하는 쉘드TBM의 경우 굴진면의 안정을 유지하기 위한 압력은 수압 및 토압에 대하여 일반적으로 20~50kPa 정도의 여유를 두고 유지해야 하기 때문에 중계 펌프를 적정 위치에 설치하여 압력 저하를 방지하도록 하여야 한다.

(2) 환기설비

환기설비 설계 시에는 다음 사항을 고려하여야 한다.

- ① TBM 터널에서의 터널 내 환기방법과 설비는 소요환기량을 계산하고 그 결과에 따라 적합한 설계를 하여야 한다.
- ② 소요환기량은 터널내 최대 작업원에 대하여 필요한 소요환기량, 분진에 의한 소요환기량, 터널내 장비운용에 따른 소요환기량과 기타 소요환기량 중 가장 큰 환기량으로 산정하여야 한다.
- ③ 소요환기량에 따라 환기 팬의 용량과 풍관의 구경을 결정하여야 한다.
- ④ 환기방법은 소요환기량과 풍관의 구경에 따라 터널 내 배치공간을 감안하여 송기식, 배기식, 송배기식 중 적합한 환기방법을 적용하여야 한다.

(3) 수전설비

수전설비 설계 시에는 다음 사항을 고려하여야 한다.

- ① 수전설비는 TBM의 전력소요량과 기타 부속설비에 필요한 전력소요량을 합산하여 계획하여야 한다.
- ② TBM 본체용 전력공급은 TBM 굴진에 따라 고압케이블을 100~200m 마다 연결하도록 계획하여야 한다.
- ③ 후속설비 및 터널내부 가시설용 전력공급은 터널의 길이에 따라 발생하는 선로손실 및 전압강하를 감안하여 800~1,000m 마다 변압기를 설치하도록 계획하여야 한다.

(4) 급수, 배수 설비

급수 및 배수 설비 설계 시에는 다음 사항을 고려하여야 한다.

- ① 급수설비는 소요되는 급수량을 고려하여 설계하여야 하며 소요급수량에 따라 급수펌프의 동력 및 급수관의 구경을 결정하여야 한다.
- ② 소요급수량은 TBM 커터에 필요한 소요급수량, 지보재설치에 따른 소

요급수량과 기타 소요급수량을 모두 합하여 산정하여야 한다.

- ③ 급수펌프의 동력과 급수관 구경은 TBM 헤드에서의 소요압력이 유지될 수 있도록 결정하여야 한다.
- ④ 배수설비는 TBM에 공급된 용수 중 퇴수되는 양과 터널내의 지하수 용수량을 배수할 수 있도록 하며, 지하수맥의 존재로 다량의 지하수가 존재할 경우 등의 예측하지 못한 출수에 대비하여 예비 배수설비를 계획하여 설계하여야 한다.
- ⑤ 소요배수량은 자연용수량, TBM 퇴수량, 지보재설치에 따른 퇴수량과 기타 퇴수량 및 비상시 퇴수량을 모두 합하여 산정하여야 한다.
- ⑥ 소요배수량에 따라 급수펌프의 동력과 급수관의 구경을 결정하여야 한다.
- ⑦ 장대터널에서는 TBM 굴진에 따라 400~500m 간격을 기준으로 펌프를 설치하여 배수시켜야 한다.

(5) 침전 설비

침전설비 설계 시에는 다음 사항을 고려하여야 한다.

- ① 침전설비는 터널 내의 배수용량에 따라 침전조의 규모 및 형태를 결정하고, 합리적인 수질 및 환경보호대책을 수립하여야 한다.
- ② TBM 굴진 시는 발파공법에 의한 굴착에 비해 작업용수와 혼합된 석분의 배출상태가 직접배수하기 곤란한 콜로이드 상태이므로 침전설비를 반드시 설계하여 황산알루미늄을 투입, 응집시킨 후 배출하여야 한다.

(6) 비상급기 설비

비상급기설비 설계 시에는 다음 사항을 고려하여야 한다.

- ① 비상급기설비는 터널작업 시 낙반사고 등 터널이 매몰될 경우를 대비하여 계획하여야 한다.
- ② 비상급기설비는 터널연장 및 대피인원 8~15명을 기준으로 공기압축기의 용량 및 급기관의 구경을 결정하여야 한다.

(7) 이수처리 설비

- ① 이수식 쉴드TBM인 경우는 이수처리 설비장의 부지를 확보하여야 한다.

- ② 이수식 쉼트TBM 적용 시에는 지하수, 지표수, 해수의 오염을 방지하도록 몇 차에 나누어 처리되는 플랜트를 설계하여야 한다. 이 경우 반드시 슬러지와 상급수를 분리하여 슬러지는 사토 처리하여야 하며, 상급수는 pH 조정 후 최종 방류하거나 굴진면에 재유입하여 재사용하도록 하여야 한다.
- ③ 이수처리 플랜트설계 시에는 쉼트TBM의 최대 굴진속도를 보장할 수 있는 처리용량을 확보하여야 하며, 긴급 상황에 대처할 수 있게 필요로 하는 예비 안정액을 확보하여야 한다.
- ④ 이수처리 플랜트에서 배출하는 처리수는 하천수질환경기준에 따른 배출허용기준을 만족하기 위하여 pH, 탁도, 배수량을 측정하고 자동 기록하는 시스템을 갖추도록 하여야 한다.

(8) 버력처리설비

버력처리 설비 설계 시에는 다음사항을 고려하여야 한다.

- ① 터널 내 버력처리 설비는 터널의 단면크기, 연장, 기울기 등을 감안하여 버력처리를 가장 효율적으로 할 수 있도록 설계하여야 한다.
- ② 터널 내 버력운반은 기관차와 광차를 이용하는 궤도방법, 벨트 컨베이어 방법, 덤프트럭 이용방법 등이 있으며 터널의 크기, 연장, 공사기간, 버력 발생량, 터널내부의 작업환경, 사토장위치 및 운반거리 등을 감안하여 결정하여야 한다.
- ③ 일반적으로 소구경 터널의 경우는 광차와 기관차를 사용하여 반출하는 것이 유리하며, 대구경 터널에서는 덤프트럭을 사용하나 터널연장이 길어지면 터널 내 작업환경, 안전성 등을 고려하여 버력처리방법을 결정하여야 한다.
- ④ 버력적재 및 운반 시는 기설치된 지보재, 가설시설 등을 손상시키지 않도록 설계하여야 한다.
- ⑤ 장비는 가급적 굴착과 동시에 굴착량 전부를 터널외부로 반출할 수 있는 운반체계로 하여야 한다.

12.13.10 뒤채움 주입재의 설계

(1) 주입재료

세그먼트 배면공극에 주입하는 뒤채움 주입재료는 다음 사항을 고려하여

설계하여야 한다.

- ① 뒤채움 주입재료에는 시멘트 모르타르, 발포성 모르타르, 경량기포 모르타르, 섬유혼합 모르타르, 가소성 주입재, 자갈 등 여러 가지가 있으며, 지반조건, 쉘드TBM형식, 주입재 특성 등을 고려하여 가장 적합한 재료를 선정하여야 한다.
- ② 뒤채움 주입재료는 블리딩(Bleeding) 등의 재료분리를 일으키지 않고 유동성을 잃지 않는 재료, 주입 후의 경화현상 등에 따라 용적감소나 용탈이 적은 재료, 지반강도에 상응하는 균일한 강도를 조기에 얻을 수 있고 설계강도 이상을 발휘할 수 있는 재료, 수밀성이 뛰어난 재료, 주변환경에 영향이 없는 무공해 재료로 선정하여야 한다.

(2) 뒤채움 주입방법

뒤채움 주입방법 설계 시에는 다음 사항을 고려하여야 한다.

- ① 뒤채움 주입방법은 쉘드TBM장비 측면에서 추진과 동시에 주입하는 동시주입방법, 세그먼트 주입공에서 추진에 맞춰 주입하는 반동시주입방법, 1개 세그먼트 링 설치 완료시 마다 주입하는 즉시주입방법이 있으며 쉘드TBM 기종과 현장 지반조건 등을 고려하여 설계하여야 한다.
- ② 소형단면에서는 쉘드TBM의 특성과 적용 조건에 적합한 뒤채움 주입방식을 선정하되, 대형단면에서는 테일 보이드에 의한 지반침하를 억제하기 위하여 동시주입을 계획하여야 한다.
- ③ 뒤채움 주입압은 세그먼트 배면을 완전히 충전시킬 수 있도록 세그먼트에 작용하는 외압보다 0.1~0.2MPa 정도 큰 압력으로 설계하여야 한다.
- ④ 뒤채움 주입량은 쉘드TBM 후미의 공극크기, 주입재의 지반에 대한 침투성, 지반의 투수성, 여굴 등을 고려하여 설계하여야 한다.

12.13.11 방수설계

(1) 방수방법의 선정

- ① 세그먼트 라이닝은 지하수압에 견딜 수 있고 방수가 될 수 있도록 반드시 세그먼트 사이의 이음부, 뒤채움 주입구 등에 방수설계를 하여야 한다.
- ② 방수방법의 선정 시에는 쉘드TBM 터널의 사용목적과 작업환경에 적

합한 방법을 선정하여야 한다.

- ③ 방수는 실(Seal), 코킹, 볼트 등이 있으며, 사용목적과 현장여건에 부합하도록 한 가지 또는 여러 가지의 방법을 조합하여 설계할 수 있다.

(2) 방수재료 및 특성

- ① 실(Seal)재는 합성고무계, 복합고무계, 수팽창 고무계 등이 있으며, 현장조건을 고려하여 수밀성, 내구성, 압착성, 복원성, 시공성 등이 우수한 재료를 선택하여 설계하여야 한다.
- ② 코킹재는 에폭시, 치오클계, 요소수지계 등의 재료가 있으며, 현장조건을 고려하여 적합한 재료를 설계하여야 한다.

12.13.12 콘크리트라이닝의 설계

(1) 설계일반

- ① 콘크리트라이닝(2차 라이닝) 설계는 「12.6 콘크리트라이닝」을 따르는 것을 원칙으로 하되 현장조건에 따라 조정할 수 있으며, 특히 세그먼트를 사용하는 쉘드TBM에서는 세그먼트의 종류와 특성, 세그먼트와 콘크리트라이닝의 접합 상황 등도 콘크리트라이닝의 설계 시 고려하여야 한다.

(2) 두께 및 안정성

- ① 콘크리트라이닝의 두께는 터널의 사용목적, 시공성 및 안전성을 고려하여 결정하여야 하나 최소한 150mm 이상이 되도록 하여야 한다.
- ② 콘크리트라이닝을 구조체로 이용하는 경우는 콘크리트라이닝에 작용하는 하중 및 세그먼트의 구조특성을 고려하여 단면력 및 응력을 계산하여 안정성을 확보하여야 한다.
- ③ 세그먼트 라이닝을 설치하는 쉘드TBM의 경우는 필요에 따라 방수처리 등 제반조치 후 콘크리트라이닝을 생략할 수 있다.

12.14 환기, 조명설비

12.14.1 환기설비

(1) 설계일반

- ① 터널을 통과하는 차량 열차에 의해서 발생하는 오염물질 및 발생열을

처리하여 공기질 및 열환경을 유지할 수 있도록 환기설비를 계획하여야 한다.

- ② 환기설비는 터널제원과 통과열차의 특성을 고려하여 소요환기량을 검토하고 자연환기가 불가능한 경우에 설치하여야 한다.
- ③ 환기설비는 터널화재 시 제연 또는 배연설비를 겸할 수 있으며, 환기설비계획 시에는 이를 고려하여 계획하여야 한다.
- ④ 이 기준에 기재되지 않은 사항은 터널설계기준에 의해서 설계하여야 한다.

(2) 환기설계

- ① 오염물질 배출열차가 운행되는 경우에는 호흡과 관련된 일산화탄소, 질소산화물, 분진을 환기대상 오염물질로 하며, 터널환경을 허용농도 이하로 유지할 수 있도록 환기설비를 계획하여야 한다.
- ② 열차의 주행, 차량 냉방기기, 조명, 일체의 발열 등에 의해 상승되는 터널내의 온도가 일정온도 이상을 초과하지 않도록 터널 내 온도를 제어하기 위한 환기량 이상을 확보하도록 한다.
- ③ 열차가 터널을 주행할 때 공기압변동에 의한 이명현상이 발생하지 않도록 계획하여야 한다.
- ④ 환기 설비가 설치될 경우에는 비상 시 승객의 안전한 대피환경을 제공하고 발생 매연을 신속하게 배출할 수 있도록 환기설비는 제연 및 배연을 고려하여 계획하여야 한다.
- ⑤ 상기 환기요소인자를 검토, 분석하고 열차의 교통환기력에 의한 자연환기량을 산출한 결과와 비교하여 경제적이고 신뢰성이 높은 환기방식 및 기기용량, 규모 등을 결정하여야 한다.

12.14.2 조명설비

- (1) 철도터널의 조명등 부하설비를 하는 터널의 길이는 다음 표에 의한다.

종 별	직 선	R=600 이상	R=600 미만
단선터널	120m 이상	100m 이상	80m 이상
복선터널	150m 이상	130m 이상	110m 이상
고속철도 터널	200m 이상	200m 이상	—

- (2) 조명기구의 시설위치는 신호기의 투시에 지장을 주지 아니하는 개소로 선정하되 조명기구의 설치 높이는 바닥면상 1.8~2.0m(고속철도 2.5m), 조작함은 1.2m, 콘센트는 0.5m, 유도등은 0.5m를 표준으로 하되 현장조건에 따라 증감할 수 있다. 조명기구의 설치간격은 10m(고속철도 20m)를 표준으로 하되 광원에 따라 간격을 달리할 수 있다. 완화조명을 위하여 고속철도 500m 이상의 터널은 150m까지 10m 간격, 일반철도 250m 이상의 터널은 70m 까지는 7m 간격으로 설치한다.
- (3) 전반조명의 소요 평균조도는 궤도 수평면을 기준으로 하여 10럭스(Lux)로 하여야 한다.
- (4) 전반조명은 백색 형광램프 32W, 또는 터널등(고압나트륨, 메탈할라이드, 무전극 램프, LED램프 등) 등을 사용하되 채점등 시간이 긴 전구를 시설할 경우에는 순시 점등형 전구를 고려하고 조명기구는 열차 통과에 의한 진동 및 풍압과 함께 산, 알칼리, 수분 등에 견디는 터널용으로 설계하여야 한다.
- (5) 대피소 내의 조명은 전반조명과 동일형상의 형광등 32W, 또는 터널등(고압나트륨, 메탈할라이드, 무전극 램프, LED램프 등)을 사용하고 중·소형 대피소는 1등, 대형 대피소는 2등으로 하여야 한다. 다만 소형 대피소는 터널 전반조명과 공용한다.

12.14.3 공사 중 환기설비

- (1) 터널연장 및 시공방식을 고려하여 산정하여야 하며, 환기량은 다음의 필요 환기량을 고려하여 산정하여야 한다.
- ① 터널 내 작업원이 필요로 하는 신선공기공급을 위한 환기량
 - ② 발파 후 가스에 처리를 위한 필요 환기량

- ③ 내연기관의 가동을 위한 공기공급 및 기관에서 발생하는 오염가스처리를 위한 환기량
- ④ 분진에 처리를 위한 환기량
- (2) 총 소요환기량은 병행작업이 예상되는 공종의 환기량 합량에서 가장 큰 환기량을 적용하여야 한다.
- (3) 터널 내 작업원이 필요로 하는 환기량은 $3\text{m}^3/\text{분}/\text{인}$ 을 기준으로 하여야 한다.
- (4) 폭약 1kg 당의 환기대상 유해가스 발생량은 일반적인 기준을 적용할 수 있으나 해당터널에서 사용은 폭약의 제조업체가 제시한 기준을 적용하여야 한다.
- (5) 내연기관의 유해가스 발생량은 일반적인 기준을 적용할 수 있으나 해당터널에서 사용하는 장비제조업체가 제시한 표준 배출량을 적용하고 엔진 출력당 배출에 관한 기준을 적용할 수 있다.
- (6) 숏크리트 타설로 인한 분진 발생량은 $25\text{mg}/\text{m}^3$ 을 적용하여야 한다.
- (7) 터널 공사 중의 유해가스 및 분진 허용농도는 근로환경 관계법규에 제시된 기준치를 만족하도록 한다.
- (8) 공사 중 터널에서 유해가스나 가연성가스가 발생하는 경우, 유해가스에 의한 인명사고 및 가연성가스의 폭발 방지를 위해 터널 내 지반에서 나오는 가스 발생유무를 측정 감시하여야 하며, 이를 고려한 환기를 수행하여야 한다.

12.14.4 공사 중 조명설비

- (1) 조명은 직접작업이 이루어지는 작업장에 일시적 및 국소적인 조명과, 작업이 이루어지지 않는 통로 등에 장기적 및 광역적인 조명으로 구분하여 설계하여야 한다.
- (2) 굴진면과 같이 직접작업이 이루어지는 장소는 필요로 하는 조도를 확보할 수 있도록 하며, 밝고 어두운 차이가 심하지 않도록 여러 개의 조명기구를 사용하여 $70\text{룩스}(\text{Lux})$ 이상의 조도를 확보할 수 있도록 한다.
- (3) 작업이 이루어지지 않는 터널 중간 구간은 50lx 이상, 터널 입출구부나 수직구 구간의 조도는 30lx 이상의 조도를 확보하여야 한다.
- (4) 터널 내에 사용하는 조명기구는 습기에 강하고 누전이 되지 않는 방수

형 보호장치를 부착한 기구로 하여야 한다.

- (5) 작업에 필요한 수전반, 분기전 등에는 점멸등을 설치하여 작업차량에 의한 손상이 발생되지 않도록 하여야 한다.

12.14.5 공사 중 배수설비

- (1) 터널내 용수는 정상적인 용수와 집중용수로 구분할 수 있으며 정상적인 용수는 터널이 관통하는 크기, 터널의 심도 위치, 누수층의 규모, 투수성을 고려하여 계획하여야 하며, 집중용수는 설계 시 집중용수의 가능성을 결정하여 그 규모를 고려한다.(보통의 암반상태에서의 용수의 발생량은 1km당 0.5~1.5m³/분 정도이다.)
- (2) 오르막 기울기로 계획하는 경우는 자연유하를 기준으로 하지만 가배수로를 설치하고, 내리막 기울기로 계획하는 경우는 막장 부근에 물을 모아 수중펌프로 배수하여야 한다. 터널연장이 긴 경우는 중계펌프를 두어 배수하며, 펌프대수는 용량 및 양정을 고려한다.
- (3) 펌프 전원은 비상시를 대비하여 자가발전설비와 예비펌프를 고려한다.
- (4) 배수관의 단면적이나 펌프의 능력은 터널 공사시 용출수 이외에 예상치 않은 대용수 또는 경사갱, 연직갱 및 기타 지선터널에서 물이 유입하는 경우를 고려하여 배수관의 단면적이나 펌프의 능력은 2배 정도의 여유를 두어 계획한다.
- (5) 배수된 물은 갱내의 급수원으로 사용하는 경우에는 사용용도에 적합하도록 수질조사를 실시한다.

12.15 방재설비

12.15.1 목적

- (1) 이 기준은 철도 터널의 계획, 조사, 설계를 수행하는데 있어서 터널 내 열차의 화재 등 비상사태를 대비하여 승객과 승무원들이 안전하게 대피·구조될 수 있도록 시설물의 규모 등 기준을 설정하고, 비상사태가 발생될 경우 그 피해를 최소화 할 수 있는 사고경감방안을 수립하여 이에 따른 안전성을 제고시키는데 그 목적이 있다.

12.15.2 적용범위

- (1) 이 기준은 신규 철도터널의 계획, 조사, 설계 및 시공에 적용하며 전철화 및 비전철화 구간을 모두 포함한다.
- (2) 연장 1km 이상인 철도 터널의 방재시설은 「철도시설 안전세부기준」에서 정하는 안전성 분석을 수행하여 계획하며, 안전성 분석은 객관성 및 신뢰성이 검증된 세부절차 및 자료에 근거하여 수행하여야 한다.
- (3) 본선터널의 길이가 15km 이상인 터널에서 이 기준의 방재 요구조건이 미흡하다고 판단되는 경우에는 해당 터널의 특성에 적합한 별도의 대책을 수립하여야 한다.
- (4) 도시철도 구간의 터널, 하저 또는 해저 터널, 지하승강장 구간, 화물열차 전용터널 및 열차운행계획에 따라 여객열차의 운행빈도가 매우 적게 계획된 터널은 본 기준 적용에서 제외한다.
- (5) 본 기준에서 규정하지 아니한 사항은 필요에 따라 국내관련 법규 또는 국제적으로 통용되고 있는 최신의 외국 관련법규를 준용하거나 관계기관과 협의하여 정할 수 있다.

12.15.3 관계법령 및 참고기준

- (1) 관계법령
 - ① 철도건설법
 - ② 철도사업법
 - ③ 철도안전법
 - ④ 시설물 안전관리에 관한 특별법
- (2) 참고기준
 - ① 철도시설 안전기준에 관한 규칙
 - ② 철도시설안전세부기준
 - ③ 철도차량 안전기준에 관한 규칙
 - ④ 철도차량 안전기준에 관한 지침

12.15.4 설계일반 및 방재시설 계획

- (1) 터널방재는 사고가 발생되지 않도록 사고예방을 가장 우선적으로 고려하여야 하며, 비상사태가 발생되었을 때에는 승객 및 승무원들이 안전

하게 대피할 수 있는 대피시설이 구비되어야 하며, 최종적으로 구조 및 소방활동을 원활하게 수행할 수 있는 시설 및 설비가 구축되어 안전수준이 확보되어야 한다.

- (2) 사고예방을 위해 터널 방재시설 관리자에 대한 교육 및 훈련계획을 반드시 수립하고 정기적으로 교육훈련을 실시하여 비상시 대응능력을 갖추 수 있도록 하여야 한다.
- (3) 터널 내에 운행 중인 차량에서 화재가 발생할 경우에는 열차의 운행이 가능한 경우에는 차량으로 신속하게 터널외부로 탈출시켜야 하며, 이를 고려하여 계획하여야 한다.
- (4) 화재의 차량이 터널내부에 정차하게 되는 경우에 대비하여 다른 차량이 외부로부터 사고터널 내부로 들어가지 못하도록 하는 제반조치를 계획하여야 한다.
- (5) 방재시설은 시설상호간의 연동 및 호환성을 고려하여 설계하여야 한다.
- (6) 터널 내부에 설치되는 신호, 전기 등의 시설물은 내화성, 내진성, 내구성이 만족되는 자재를 사용하여 방재시설을 구축하여야 한다.
- (7) 터널의 방재시설은 터널제원, 열차의 종류 및 운행 조건, 통행방식 등을 고려하여 종합적으로 검토하여 「철도시설 안전기준에 관한 규칙」 및 「철도시설 안전세부기준」에 준하여 계획하여야 한다.
- (8) 터널에 대한 방재 대책으로 사고예방 시설물대책, 사고피해감소 시설물대책, 대피축진 시설물대책, 구조축진 시설물대책으로 구분하여 계획한다.

12.16 내진설계

12.16.1 내진설계 일반

- (1) 터널의 내진설계는 지진 시 구조물의 기능 마비로 인한 사회적 간접피해 및 재산피해를 최소화하여야 한다.
- (2) 내진설계 시 국내의 중약지진특성에 맞는 설계지진규모를 반영하도록 한다.
- (3) 개착터널이 아닌 굴착터널에 대하여는 내진설계를 수행하지 않는 것을 원칙으로 하나, 다음의 경우에는 터널의 안정성 증진을 위하여 내진설

계를 수행하여야 한다.

- ① 토피가 작고 지반이 연약한 터널의 갱구부 및 주요 접속부
- ② 갱구부 사면의 불안정에 따른 편압 발생구간
- ③ 대규모 단층대 및 파쇄대 통과구간
- ④ 액상화가 우려되는 연약지반 내 터널구간

12.16.2 성능수준에 기초한 내진설계

- (1) 철도터널의 내진설계는 설계지진하중 발생 후 터널에 붕괴가 발생하지 않는 정도의 제한적인 구조적 피해는 허용되나 터널의 전체적인 붕괴는 허용하지 않고 긴급보수를 통해 터널의 기능을 회복할 수 있는 수준이며 내진설계는 「12.16.1(3)항」에 정리된 조건에 부합하는 경우만 수행한다.
- (2) 철도터널은 「2.4.4 내진설계」 규정에 의해 내진 1등급 또는 2등급으로 설계하여야 한다.
- (3) 구조물의 응답을 등가선형 또는 비선형 거동특성을 고려할 수 있는 해석방법을 이용하여 설계하여야 한다.

12.16.3 내진설계 방법

- (1) 터널 내진설계절차는 각호와 같은 주요 절차를 따라야 한다.
 - ① 터널 설치구간의 중요도에 따른 내진등급결정
 - ② 건설지점의 지반조사 및 액상화 가능성 평가
 - ③ 등급에 따른 내진안정성 해석법 결정
 - ④ 설계지진계수의 산정
 - ⑤ 내진안정성 검토
 - ⑥ 단면설계
- (2) 터널의 내진설계에 필요한 지반물성은 제반 동적 지반조사 및 실내시험결과와 기존 자료를 종합적으로 분석하여 선정하여야 한다.
- (3) 기반면은 상부 30m에 대한 평균 전단파속도가 760m/sec 이상인 견고한 암반으로 하는 것을 원칙으로 하되 현장조건에 따라 변경할 수 있다. 기반면이 철도터널의 위치보다 상당히 깊이 발달되어 있을 경우는 지반의 종류에 대한 표준설계 응답스펙트럼을 이용하여 사용할 수 있

다.

- (4) 터널은 설계지진 계수 산정시 지진재해도 또는 지진 재현 주기에 따른 지진구역계수(Z)와 위험도계수(I)를 따르는 것을 원칙으로 하되, 상세내용은 「2.4.4 내진설계」를 따른다.
- (5) 터널의 내진설계 대상 지반특성을 파악하기 위한 조사항목은 지층의 구성 및 각 지층별 공학적 특성 파악, 지하수위 측정 등을 포함하여야 하며 필요시 지반의 동적특성시험을 실시하여야 한다.
- (6) 내진해석의 지반운동은 철도터널의 길이방향과 횡방향의 지반운동 영향을 고려해야 한다.
- (7) 지반운동의 공간적 변화특성을 고려해야 한다.
- (8) 지형 및 지반조건의 변화가 지반운동에 미치는 영향을 고려해야 한다.
- (9) 터널의 내진설계해석 방법은 응답변위법, 동적해석법, 유사정적해석법을 다음 각 호와 같이 적용한다.
 - ① 터널은 그 내공부(內空部)를 포함한 단위체적중량이 주변 지반의 단위체적중량과 비교하여 일반적으로 같거나 가벼우므로 주변지반에 발생하는 변위, 변형 등을 중요하게 고려하여 응답변위법을 적용하여야 한다.
 - ② 내진 1등급 동적해석법에서의 입력지진파는 터널시공지역, 지반특성, 구조물의 고유 주기 등을 고려하여 유추한 인공지진 시간이력곡선을 적용하여야 한다.
 - ③ 유사정적해석법은 웅벽형식의 터널 갱구부에 국부적으로 적용하며, 동적인 시간이력 특성을 정적인 하중으로 단순화 시켜 보다 간편하고 보수적인 설계가 되도록 해야 한다.

12.16.4 액상화 평가법

- (1) 터널 내진설계 시 액상화 평가는 터널의 입출구부 및 연약지반이 광범위하게 분포한 지역을 통과하는 터널에 있어서 지하수의 영향을 받는 구간에 대하여 실시하는 것을 원칙으로 하되 현장조건에 따라 조정할 수 있다.
- (2) 액상화 가능성 평가는 예비평가, 간편평가 및 상세평가의 3단계로 구분하여 실시하는 것을 원칙으로 하되 현장조건에 따라 조정할 수 있다.

- (3) 토사터널의 액상화 예비평가에 있어서 아래 열거한 사항 중 하나 이상이 되는 경우에는 액상화 평가를 생략할 수 있다.
- ① 지하수위 위의 지반
 - ② 주상도상의 표준 관입 저항치(N 값)가 20 이상인 지반
 - ③ 대상지반 심도가 20m 이상인 지반
 - ④ 소성지수(PI)가 10 이상이고 점토성분이 20% 이상인 지반
 - ⑤ 세립토 함유량이 35% 이상인 경우
 - ⑥ 상대밀도가 80% 이상인 지반
- (4) 액상화 간편평가법은 국내 연약지반 내진설계에서 널리 사용되는 합리적인 방법으로 한다. 이때의 평가안전율은 1.5 이상으로 한다.
- (5) 간편평가 결과 안전율이 1.5 미만인 경우 현장 시료를 채취하여 액상화 상세평가법을 실시한다. 이때의 평가 안전율은 1.0이다

12.16.5 내진설계 시 주의 사항

- (1) 콘크리트라이닝이 지진력에 저항하도록 두께를 증가하는 것은 지진력을 증대시키는 역효과를 가져올 수 있으므로 콘크리트라이닝 두께를 증가시키는 대신에 철근을 넣어 인성을 증가시키도록 하여야 한다.
- (2) 기둥단면의 내진설계는 지진에 의한 수평력에 따라 기둥단면의 압축파괴나 전단파괴, 휨인장 파괴가 발생하지 않도록 보강하여 압축파괴나 전단파괴보다 휨인장파괴가 먼저 발생하도록 설계하여야 한다.
- (3) 갱구부는 표토의 활동붕괴를 방지하기 위하여 입구부의 절취면에 적당한 기울기를 확보하여 토류공을 설치하여야 한다.
- (4) 내진설계를 고려하는 구간의 신축이음부는 철도터널의 이음부에 강성이 작은 이음장치를 설치하여 구조물에 작용하는 지지력을 감소시킬 수 있도록 하며 강성이 작은 이음장치 설치에 따른 구조적인 약점에 대하여 검토하여야 한다.
- (5) 액상화 방지는 지반개량을 통하여 지반 액상화를 방지 또는 억제시키도록 하여야 한다.

12.16.6 내진설계 품질관리

- (1) 활성단층지역에는 터널을 건설하지 않는 것이 바람직하다. 단, 이를 피

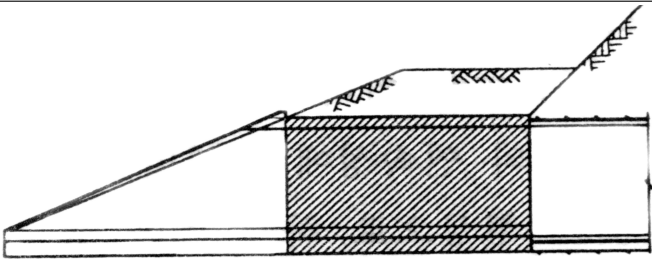
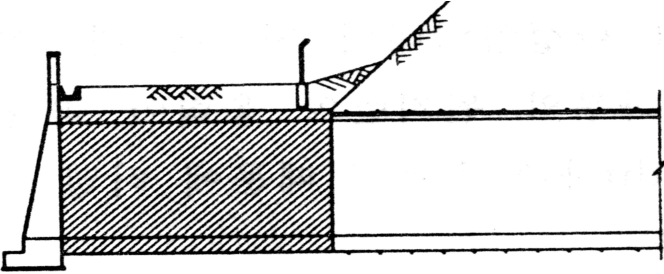
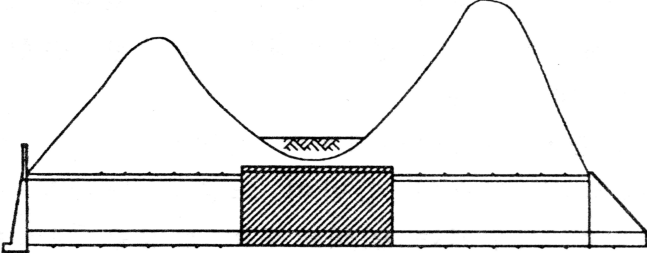
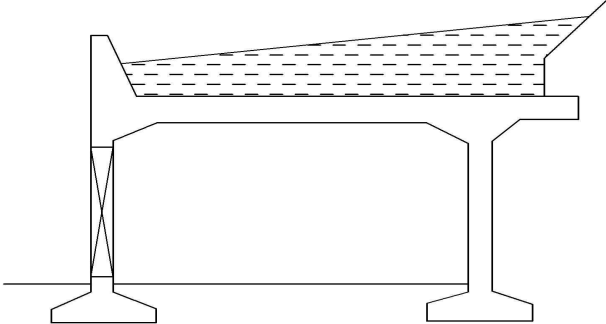
하기 어려울 경우에는 지진 발생에 따른 손상이 최소화되도록 설계하여야 한다. 또한 기능 손상이 발생할 경우에 대비하여 보수·보강이 용이하도록 설계하여야 한다.

- (2) 내진설계를 고려하는 구간의 경우에는, 내진설계 요구사항의 만족성, 내진설계기법 및 가정사항의 적절성, 법규요건에 대한 만족성, 내진설계 결과의 시공성 등의 검증을 실시하여야 한다.

12.17 개착터널

12.17.1 설계일반

- (1) 개착터널은 갱구부와 갱문사이 및 터널중간 계곡부의 개착부분이나 터널과 터널 사이의 거리가 가까워 하나의 터널로 연결하기 위해 지반을 굴착하고 구조물을 설치한 후 다시 되메우기 하는 터널을 말한다.
- (2) 설계 시 지형, 지질조건, 지하수 조건 및 기상 등의 자연조건과 민가, 구조물의 유무 등의 사회적 조건, 경사의 안정, 편토압, 기상재해의 가능성 및 주변경관과의 조화 등을 고려하여야 한다.
- (3) 개착터널부는 특별한 경우를 제외하고는 콘크리트 지중구조물 설계에 준하여 설계하여야 한다.(「제7장 지하구조물」참조)
- (4) 개착터널의 종류는 크게 설치위치, 사용 용도 및 구조물 형태에 따라 다음과 같이 구별할 수 있다.
 - ① 설치위치에 따른 분류
 - 가. 돌출형 갱문에서의 개착터널
 - 나. 면벽형 갱문에서의 개착터널
 - 다. 계곡부 통과시 개착터널
 - ② 사용용도에 따른 분류
 - 가. 피암용 개착터널
 - 나. 환경생태용 개착터널
 - ③ 구조물 형태에 따른 분류
 - 가. 마제형 개착터널
 - 나. 박스 컬버트형 개착터널

구 분	개 념 도
돌출형 갱문에서의 개착터널	
면벽형 갱문에서의 개착터널	
계곡부 통과시 개착터널	
피암용 개착터널	

- (5) 돌출형 갱문에서의 개착터널은 터널본체와 동일 이상의 내공단면을 갖는 형상으로 터널 갱구부에 연속해서 만들어지며, 완성 후에 성토에 의한 상재하중, 토압, 기타하중(적설하중 등)을 고려해서 단면력, 지반의 지지력에 대하여 설계하여야 한다.

- (6) 면벽형 갱문에서의 개착터널은 구조상 터널 본체에서 독립하여 외력에 저항하는 입체적 형상이므로 갱문 뒷면의 되메우기 흙에 대한 하중과 주동토압이 작용했을 때 구조적으로 안정하여야 한다.
- (7) 계곡부 통과시 터널의 상부 토피고가 낮으면 터널 굴착에 따른 붕괴의 우려가 있어 누수가 발생될 소지가 있으므로 누수방지 대책과 개착터널 상부의 세굴방지 대책을 수립하여야 한다.
- (8) 피암용 개착터널은 낙석 또는 비탈면 급경사에 의해 도로, 택지, 철도 등의 이격부에 여유가 없거나 혹은 낙석의 규모가 커서 낙석방지울타리, 낙석방지옹벽 등으로는 안전을 기대하기 어려운 경우에 설치할 수 있다.
- (9) 환경생태터널은 철도 건설로 단절된 지형을 복원하여 자연생물의 이동과 번식을 유도하기 위해 설치하는 개착터널로서 이용 동물의 종류와 이동경로를 파악하여 적절한 형식을 선정하여야 한다.

12.17.2 단면설계

- (1) 개착터널은 터널 본체와 동일 이상의 내공단면으로 연속해서 설치하여야 하며 완성후의 쌓기에 대한 상재하중, 토압 등의 하중을 고려하여야 한다. 또한, 개착터널에 작용하는 단면력, 지반의 지지력을 계산하여 적정 단면을 선정하여야 한다.
- (2) 개착터널은 온도변화, 건조수축, 지진의 영향 등을 받기 쉽기 때문에 필요에 따라 이를 고려하여 설계하여야 한다.

12.17.3 적용하중

- (1) 개착터널의 설계 시에는 터널외부에서 작용하는 하중, 자중, 터널 내부의 하중 및 이에 의해 생기는 지반반력을 고려하여야 한다.
- (2) 개착터널의 적용하중은 「7.3.2 설계하중 및 설계강도」를 따르도록 한다.

12.17.4 구조해석

- (1) 개착터널의 구조공학적 해석은 「제7장 지하구조물」을 따르도록 한다.
- (2) 개착터널의 내진설계는 「2.4.4 내진설계」를 따르도록 한다.
- (3) 개착터널의 부재안전검토는 「콘크리트 구조설계기준(2007)」을 따르도록 한다.

록 한다.

12.17.5 접합부 및 되메움 세부사항

- (1) 갯문 구조물과 본선타널, 개착터널과 본선타널이 접합하는 개소는 양 구조간 거동차이에 따라 접합부는 분리구조로 하고 조인트를 설치하여 구조물 손상을 방지하여야 한다.
- (2) 접합부의 구조물 계획시 누수 및 부등침하에 대한 대책을 사전에 수립하여야 한다.
- (3) 개착터널부의 되메움시에는 구조물에 가해지는 수압을 감소시키고 배면용출수를 원활히 배수하기 위하여 양 측면에 유공관을 매설하고 유공관이 막히지 않도록 대책을 수립하여야 한다.

제 13 장 정거장

제 13 장 정거장

13.1 총칙

13.1.1 적용범위

- (1) 이 설계기준은 정거장 시설 중 노반공사와 궤도공사에 관련되는 기준을 정하며 건물, 전기, 전차선, 신호, 통신 등 다른 시설은 별도로 정한다.
- (2) 이 기준에 기재되지 아니한 사항은 「제2장 철도계획, 제4장 홈구조물, 제5장 구교 및 배수시설, 제8장 교량 일반사항, 제9장 강교 및 강합성교」, 「철도건설규칙(2009)」 및 「철도의 건설기준에 관한규정(2009)」, 「열차운전시행세칙」, 기타 해당규정에 따라 설계하며 특수한 경우에는 별도로 정하여 설계할 수 있다.
- (3) 정거장은 선로의 성격, 정거장 입지성격에 따라 시설, 규모, 기능에 큰 차이가 있으므로 절대적인 기준을 제시하기 어려워 일반적인 사항과 수치를 제시하였다.

13.1.2 용어의 정의

이 기준에 사용하는 용어의 의미는 다음과 같다.

- (1) 교행선 : 단선운전구간에서 열차를 교행하기 위하여 설치하는 상하본선
- (2) 기지 : 화물취급 또는 차량의 유치를 목적으로 시설한 장소로서 다음의 시설을 말한다.
 - ① 보수기지 : 선로보수에 필요한 자재를 비치하거나 보수용 장비의 유치 및 검수하기 위하여 시설한 장소
 - ② 전동차기지 : 전동차의 청소, 검사, 정비, 유치를 위하여 시설한 장소
 - ③ 조차장 : 열차의 조성 또는 차량의 입환을 위하여 설치한 장소
 - ④ 주차기지 : 전동차, 여객차의 착발대기를 위하여 시설한 장소
 - ⑤ 차량기지 : 차량의 유치와 열차의 입환, 차량의 검수 및 정비를 위하여 시설한 장소로서 기관차, 전동차, 여객차, 화차 기지로 구분하며 열차를 운전하는 승무원의 거점
 - ⑥ 화차기지 : 화물취급을 위주로 하여 화차의 유치와 화차 입환 및 조성

과 검수를 위하여 시설한 장소

- (3) 대향, 배향 : 열차가 분기기 전단으로부터 후단으로 진입할 경우를 대향이라 하며 분기기 후단으로부터 전단으로 진입할 때를 배향이라 한다.
- (4) 부분선 : 주본선 다음으로 중요한 선로로서 평상시에는 차량의 유치를 제한하며, 정차 열차의 취급과 열차의 착발, 교행, 대피, 통과 열차의 취급을 주기능으로 하는 선로
- (5) 분기기 : 차량 또는 열차의 운행선로를 변경시키기 위한 궤도시설로서 포인트, 리드, 크로싱의 3개부로 구성되어 있다.
- (6) 선로전환기 : 차량 또는 열차의 운행선로를 변경시키기 위하여 포인트 및 노스 가동크로싱부에 전기식 또는 기계식 가동장치를 설치하여 진로를 변환시키기 위한 신호설비를 말한다.
- (7) 승강장 : 여객이 열차를 타고 내리기 위해 설치한 장소를 말하며, 전동차용, 일반여객 열차용으로 나눈다.
- (8) 여객통로 : 역사와 승강장 또는 승강장 상호간에 여객이 통행하기 위한 통로를 말하며 평면통로와 지하도, 구름다리(과선교)와 같은 입체통로가 있다.
- (9) 역 : 열차를 착발하고 여객, 화물을 취급하기 위하여 설치한 장소를 말하며 보통역, 여객역, 화물역으로 구분한다.
 - ① 보통역 : 여객과 화물을 같이 취급하는 역
 - ② 신호장 : 여객이나 화물취급 등 영업활동은 하지 않고 열차의 교행, 대피를 위하여 설치한 장소
 - ③ 여객역 : 여객을 취급하는 역
 - ④ 화물역 : 화물을 취급하는 역
- (10) 역사 : 여객이 열차이용을 위한 수속과 화주가 소화물이나 화물을 탁송하며 철도가 이에 필요한 여객업무나 화물 수송업무를 하기 위하여 설치한 건물을 말한다.
- (11) 유효장 : 인접 선로의 열차 및 차량 출입에 지장을 주지 아니하고 열차를 수용할 수 있는 당해 선로의 최대길이
- (12) 적하장 : 화물을 화차로 적재 및 화차로부터 하화함과 동시에 트럭과 같은 타 수송차량에 화물을 옮겨 싣고 내리는 장소

-
- (13) 정거장 : 여객 또는 화물의 취급을 하기 위하여 시설한 장소로서, 조차장, 신호장, 객차기지, 화차기지, 고속철도 차량기지, 전동차기지, 기관차기지를 포함한다.
- (14) 정위, 반위 : 분기기가 상시 개통하고 있는 방향을 정위라 하고 반대방향을 반위라 한다.
- (15) 주본선 : 열차의 착발 또는 통과 열차를 운전하는데 사용하는 선로
- (16) 지축 : 정거장내에 제반 시설물을 설치하기 위하여 조성하는 부지를 말한다.
- (17) 지축수로 : 지축내의 표면수를 처리하기 위하여 설치하는 배수로를 말한다.
- (18) 지축폭 : 정거장내에 제반시설물을 설치하기 위하여 조성한 부지의 양어깨간의 거리를 말한다.
- (19) 착발선 : 열차의 착발을 취급하는 전용선로로서 시종착역과 기지역의 경우 출발선과 도착선을 별도로 설치할 경우도 있다.
- (20) 측선 : 열차의 운전에 상용하는 선로 이외의 선로로서 유치선, 조성선, 인상선, 적하선, 예비차선, 검사선, 분별선, 기회선 등 본선 외의 선로
- ① 검수선 : 기관차, 전동차 또는 객화차의 검사, 수선을 하는 선으로 검사와 수선을 구분하기는 곤란하나 검사를 주체로 하는 선을 검사선, 수선을 주체로 하는 선을 수선선이라 한다. 검수의 종류에 따라 일상검사선, 월상검사선, 임시검사선으로 구분한다.
- ② 계중대선 : 화물의 적재중량이 허용하중을 초과하였는지 여부를 검사하기 위한 선으로 대규모 화물역, 화물기지에 필요시 배치한다.
- ③ 공차유치선 : 유치선의 일부로 공차를 일시 유치하여 두는 선. 일반적으로 조차장에서는 분별선 중에서 1~2개선을 공차유치선으로 지정해 두고 있다.
- ④ 기관차 대기선 : 기관차가 객차 또는 화차를 연결하여 열차를 조정하기 이전에 일시 대기시킬 목적으로 설치하는 선
- ⑤ 기회선 : 기관차가 열차 출발선 또는 도착선과 기관차고와의 사이를 출입할 때 역구내 입환작업에 지장을 주지 않고 왕복할 수 있도록 기관차만 주행시킬 목적으로 설치하는 선
-

- ⑥ 반복선(회차선) : 열차를 반복운전하기 위하여 설치하는 선
- ⑦ 분별선 : 차량을 행선별 또는 역 순위별로 조성하기 위한 선로이며, 큰 조차장에서는 방향별과 역별 분별선을 따로 설치할 수도 있다.
- ⑧ 세척선 : 차량을 세척할 목적으로 설치하는 선으로 급수설비, 세척대가 병설되어 있고 오물 수거 시설을 병행하는 경우도 있다.
- ⑨ 수수선 : 어떤 선 또는 선군(線群)에서 다른 선 또는 다른 선군에 차량을 이동할 때 그 차량을 일시 유치하여 두는 선으로 수도선이라고도 한다.
- ⑩ 안전측선 : 정거장내에서 2개 이상의 열차 또는 차량이 동시에 진입 또는 진출할 때에 과주로 인한 충돌의 사고를 방지하기 위하여 설치하는 선로
- ⑪ 예비차선 : 부속편성에 필요한 차량이나 수선하기 위하여 운휴차 대신에 사용할 예비차를 유치하는 선
- ⑫ 유치선 : 수용선이라고도 하며, 전동차나 객차, 화차를 수용 유치하는 선으로 운휴차를 수용하는 선로, 도착선, 출발선, 세척선, 검사선, 기회선을 제외한 선을 말한다.
- ⑬ 인상선 : 열차의 조성 작업시 차량을 다른 선로로 이동시키기 위하여 인상하는 선로
- ⑭ 장비유치선 : 선로 유지보수 장비를 유치하는 선으로 선로차단 시간내 유지보수 작업을 효율적으로 해야 하므로 가능한 측선이 계획된 정거장에 설치가 요망된다.
- ⑮ 적재정규선 : 화물의 적재상태가 차량한계 초과여부를 검사하기 위한 선으로 대규모 화물역, 화차조차장, 화차기지에 필요시 배치한다.
- ㉞ 조성선 : 열차를 조성하기 위하여 사용하는 선으로 유치선을 그대로 사용하는 경우도 있고 조성차의 유치선 및 해방차의 유치선 외에 1개선만 길게(열차길이에 여유를 봄) 따로 설치하는 경우도 있다.
- ㉟ 출입고선 : 차량이 기지를 출입하기 위한 전용의 통로선
- ㊱ 통로선 : 어떤 선군에서 다른 선군으로 차량 또는 차량열을 이동할 때 그 사이에 통로로 사용되는 선
- ㊲ 화물적하선 : 화물의 적하작업을 목적으로 하여 설치하는 선으로 화

물적하장에 연하여 설치한다.

(21) 통과선 : 통과열차의 운전에 사용할 목적으로 설치하는 선로

13.2 정거장계획

13.2.1 정거장계획 일반

(1) 시설계획

- ① 정거장계획은 기본계획에서 제시된 열차운영계획과 기본설계의 정거장계획을 근간으로 하여 시설을 계획한다.
- ② 정거장 시설계획은 「철도건설규칙」과 「철도건설기준에 관한규정」의 정거장 및 기지에 관한 기준에 따라 계획한다.
- ③ 정거장 시설계획은 노반시설, 운전설비용 시설물, 선로설비, 여객설비, 화물설비, 차량기지, 역사 및 부속건물과 그 외 각종 유틸리티의 시설을 종합하여 상호 지장이 없도록 계획한다.

(2) 종합도면 작성

- ① 지하정거장, 고가정거장, 차량기지 또는 구내선로가 8선 이상인 대규모 지상정거장의 경우에는 정거장 평면도와는 별도로 배선, 노반시설을 표시한 정거장 평면도를 토대로 하여, 건물 및 건물내 기계설비, 각종 지지주(조명, 신호, 통신, 전차선 등), 지하관로(우수, 오·폐수, 급유, 상수도 등), 각종 전선로(전차선, 전력, 신호, 통신), 관련 시설물들이 전·후 시공 공정 간에서 상호 지장이 없도록 각 분야가 협의하여 종합도면을 작성한다.
- ② 각종 시설물의 위치는 각 분야가 쉽게 이해하도록 차량기지 또는 구내선로가 8선 이상인 대규모 정거장 및 차량기지의 경우 독립된 지역좌표계(Local Coordinate System)를 이용 지하매설물 및 지상시설물을 각 분야가 상호 간섭 없이 효과적으로 시공토록 계획한다.

제 13 장 정거장

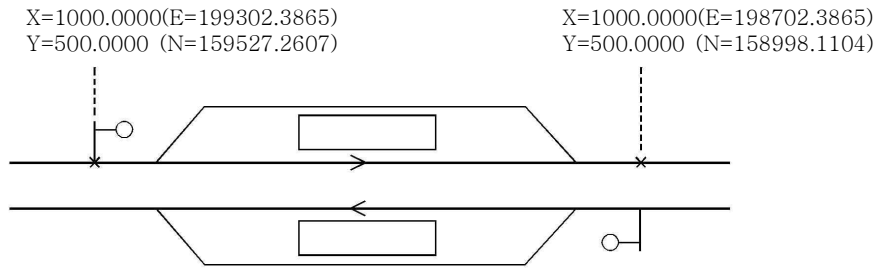


그림 13.1 독립된 지역좌표계(Local Coordinate System) 설정 개념도
※ 괄호안의 수치는 우리나라 평면직각좌표계 좌표 예시임

13.2.2 정거장 시설계획

(1) 정거장 설계 업무구분

정거장 시설물을 설계하는데 있어 분야별 업무를 다음과 같이 구분하여 계획·시행한다.

① 정거장(역) 설계

가. 토목분야

- ㉠ 정거장 부지조성, 배수, 도로와 같은 전반적인 기반시설 계획
- ㉡ 배선계획(운영, 신호, 전차선, 전력, 통신과 협의)
- ㉢ 인입선
- ㉣ 여객통로(교통영향 평가자료 반영, 건축분야와 협의) 구조체 설계
- ㉤ 고상홈 승강장 구조물, 저상홈 승강장 구조물 및 마감
- ㉥ 지하도 구조물 및 구내 작업통로
- ㉦ 화물 적하시설(교통영향 평가자료 반영)
- ㉧ 진입도로(교통영향 평가자료 반영)
- ㉨ 우수, 상수도, 오·폐수 등 옥외 배수시설(오, 폐수 처리설비 제외)
- ㉩ 방음벽 및 울타리(환경영향 평가결과 반영)
- ㉪ 역 광장(교통영향 평가자료 반영) 및 주차장 부지조성
- ㉫ 연계도로 및 환승통로(교통영향 평가자료 반영)
- ㉬ 부대시설(옹벽, 표면배수, 수로, 비탈면보호시설)

나. 궤도분야

- ㉭ 배선(절연이음매, 신축이음매 배치를 포함한 상세계획)
- ㉮ 궤도설시설계

다. 건축분야

- ㉠ 역사 및 역사 주위 울타리
- ㉡ 지하도, 여객통로, 환승통로(토목·교통분야와 협의수행) 계획 및 마감
- ㉢ 승강장(토목·교통분야와 협의수행) 마감
- ㉣ 광장 및 주차장 포장 또는 조경
- ㉤ 화물적하장 및 창고
- ㉥ 배수분야(오수, 폐수, 정화조, 정화조 이후의 관로는 토목이 담당)
- ㉦ 각종 급수시설(옥외분, 옥내분)
- ㉧ 광장 및 지축내 조경
- ㉨ 역구내 각종 사무소 및 현업용 건축물
- ㉩ 구름다리
- ㉪ 승강장 지붕

라. 교통영향 평가

- ㉠ 역 광장 및 주차장 규모
- ㉡ 진입도로 연결방법 및 규모
- ㉢ 도시계획 관련된 진입 도로연결 방법
- ㉣ 지하도, 구름다리, 승강장 폭원 계획

마. 환경영향 평가

- ㉠ 방음벽, 울타리 설치위치 및 규격
- ㉡ 구내 조경개소 및 수종
- ㉢ 오·폐수처리 시설방안

② 차량기지

가. 토목분야

- ㉠ 차량기지의 부지조성, 배수, 도로를 포함한 전반적인 기반시설계획
- ㉡ 배선계획(운영, 신호, 전차선, 전력, 통신과 협의)상세
- ㉢ 부지조성(옥외 토목시설)
- ㉣ 진입도로 및 구내도로(교통영향 평가)
- ㉤ 방음벽 및 울타리(환경영향 평가)
- ㉥ 옥외세척설비용 구조체(상, 하수 시설포함, 세척설비는 검수분야에서 시행)
- ㉦ 부대시설(옹벽, 운동장시설 등)

제 13 장 정거장

㉠ 우수, 상수도, 오·폐수 등 옥외배수 관로시설(오, 폐수 처리설비 제외)

나. 궤도분야

㉡ 배선(절연이음매, 신축이음매 배치를 포함한 궤도상세설계)

㉢ 궤도설시설계

다. 건축분야

㉣ 검수관련 건축시설(경수선공장, 중수선공장, 전삭고, 세척고, 환경시설
과 같은 건축시설의 상세제원을 담당분야로부터 제공받아 설계수행)

㉤ 행정시설(관리사무소, 복리후생동, 운전사령실, 환경관리실 등)

㉥ 지원시설(폐수처리장, 공기압축기실, 오물처리시설, 쓰레기처리장, 검
사고, 유류고, 동력실, 저수처리장, 변전소, 소각장 등)

(2) 정거장 시설계획 일반

① 배선계획

가. 열차운영계획에서 제시된 열차속도, 운전시격에 따라 본선 분기기의
제원을 결정한다.

나. 열차운영계획에서 제시된 최대열차길이에 따라 본선, 부분선 및 착발
선, 인상선의 표준유효장을 결정한다.

다. 기본계획에서 제시된 화물량에 따라 적하선 연장 및 선로수, 유치선
수, 착발선수, 조성선수를 결정한다.

라. 교통영향 평가결과에 따라 승강장 폭원 및 길이를 반영한다.

② 진입도로 및 역 광장 : 교통영향 평가에서 제시한 결과에 따라서 면적
및 기능을 배치한다.

③ 역사 및 부속건물 : 정거장의 기능과 여객 및 화물수요에 따라 결정된
역사와 각종부속건물의 면적과 같은 각종제원을 감안하여 배치를 결정
하고 배선계획과 직접 관련되는 경수선공장, 중수선 공장, 모터카고와
같은 차량정비관련 건물의 제원을 제공받아 배선계획에 반영한다.

④ 여객취급 시설 : 기본계획에서 제시된 열차당 여객수, 열차길이, 열차
시격 및 「교통약자의 이동편의 증진법」에 따라 승강설비배치를 결정
한다.

⑤ 화물취급 시설 : 기본계획에서 제시된 화물량 및 화물특성에 따라 필
요한 경우 컨테이너 적하장, 창고 및 헛간, 야적장, 양회싸일로, 주차장

면적을 결정한다.

- ⑥ 시설물 배치 : 배선계획을 근간으로 하며 역사, 부속건물, 적하장, 역광장, 접근도로를 배치한다.
 - ⑦ 안전시설물 배치 : 전동차 전용선과 같이 고정편성으로 운영하는 구간에는 안전울타리, 스크린도어(Screen Door) 설치를 계획한다.
 - ⑧ 방재설비 : 사람이 집중되는 곳을 감안 화재에 대비하여 대피로, 소화설비, 제연설비와 같은 각종 안전시설을 계획한다.
- (3) 정거장 배선계획 확정과정

정거장 배선계획은 아래와 같은 흐름도에 따라 확정한다.

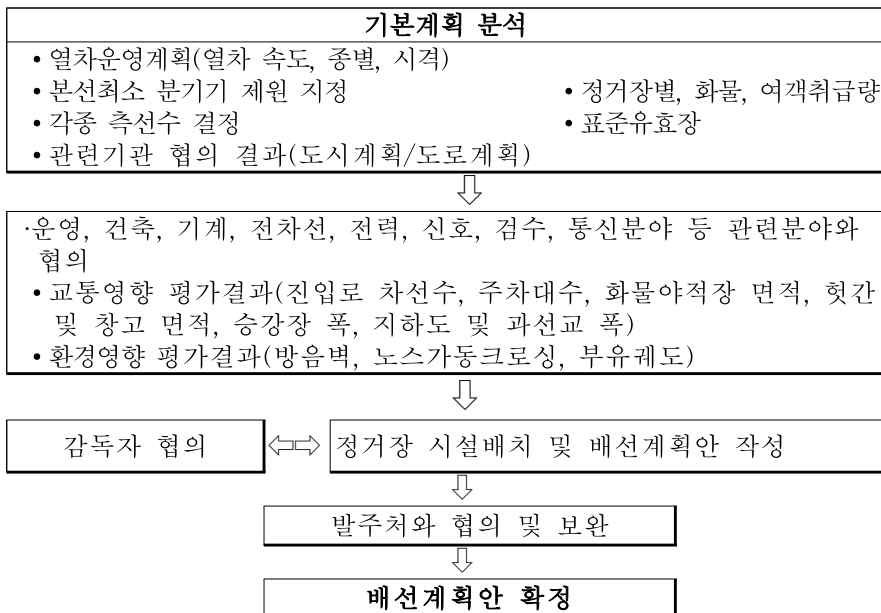


그림 13.2 정거장 배선계획 확정 흐름도

(4) 장애인 시설물

- ① 신체장애자를 위한 엘리베이터, 승강장에서의 교통약자 이동편의를 위한 통로유효폭(2.0m이상) 확보, 승강장연단과 차량간 이격거리를 일정한계치($10 \leq d \leq 50\text{mm}$)내로 유지하며, 부득이한 경우에는 안전발판을 설치, 장애자용 휠체어 승강기(Wheel Chair Lift), 장애자용 램프

(Ramp)를 설치한다.

② 시각장애자 대응설비로 유도블럭, 경고블럭, 유도방송설비를 설치한다.

(5) 연약지반에 설치되는 정거장 계획

① 여객통로 구간의 구조물은 연약지반의 잔류침하에 대응할 수 있게 일정한 경사를 유지하도록 어프로치 슬래브를 계획한다.

② 배수구조물은 부등침하에 의한 역류가능성을 배제하기 위하여 충분하게 통수 또는 배수기울기를 확보할 수 있도록 계획한다.

③ 선로 횡단구조물의 토피가 1.5m이하인 경우에는 노반강성변화와 연약지반 침하에 따른 최소한의 면맞춤을 유지하도록 길이 5.0m의 어프로치 슬래브를 계획한다.

④ 레일면과 상대적인 높이를 유지해야하는 승강장은 높이를 쉽게 조정할 수 있는 구조로 설치한다.

(6) 위치에 따른 정거장별 주요 검토사항

① 지상정거장

가. 지축폭은 최외방 선로중심에서 4.0m이상으로 하며 건물과 같이 부대시설이 설치되는 구간은 시설배치 조건에 따라 필요한 폭을 확보한다.

나. 종단기울기는 「철도건설규칙」 및 「철도의 건설기준에 관한 규정」에 따른다.

㉠ 차량을 해결하는 정거장 : 2%이하

㉡ 차량을 해결하지 않는 전기동차 전용선 : 10%이하, 그 외 정거장은 8%이하

다. 횡단기울기는 3%로 한다. 단 부득이한 경우 2%~5%까지 조정할 수 있다. 배수로는 연속하여 부설된 2-3개선마다 1개를 기준으로 설치한다.

라. 용지경계는 토공정규 및 설계기준에 의거하여 계획하며 환경영향발생구간은 환경영향 저감시설설치를 고려한 용지폭을 확보한다.

마. 배수시설은 부지내의 강우강도를 조사한 후 유출량을 산출하여 현장조건에 부합되는 표면수로, U형 측구, 맨홀, 집수정, 횡단배수로, 개천내기를 계획한다.

바. 울타리는 정거장부지 지축 끝에 주위여건에 따라 방음벽 또는 블록

울타리, 생 울타리를 설치한다.

사. 진입도로, 광장, 지하통로 및 구름다리, 주차장을 계획한다.

아. 분기기는 노반강도가 균등한 구간에 설치하며, 지하구조물의 토피가 1.5m이하인 경우 어프로치블록을 분기기 전연장에 설치하는 대책을 수립한다.

자. 교량과 토공구간에 걸쳐, 분기기를 설치하지 않으며 교량과 인접한 구간에서는 거더 신축에 의한 레일 부가응력이 허용기준 이내가 되도록 한다.

② 선하정거장 및 고가정거장

가. 정거장 구조물의 기둥간격과 층간높이는 건축분야와 협의하여 계획한다.

나. 종단기울기는 지상정거장의 기준을 따른다.

다. 횡단기울기는 배수가 원활하게 1%이상으로 하며 폭이 넓은 정거장은 별도의 배수계획을 수립한다.

라. 구조물 설계기준은 철도설계기준을 따라야 한다.

마. 표면배수는 슬래브에 배수구를 설치하며 교각 또는 교대에 설치하는 우수 유출관으로 집수되어 측구로 유출되게 한다.

정거장에 설치되는 엘리베이터, 에스컬레이터 등 승객 이동시설, 소방설비, 공조, 냉난방, 위생설비, 신호, 통신, 전기, 전차선 등 각종케이블 설치를 고려한 구조물을 계획한다.

바. 구조물의 공간 활용을 위하여 필요시 부대시설 계획한다.

사. 선하구조물은 승객과 근무하는 직원과 같이 이용자에게 쾌적한 환경을 제공할 수 있게 소음 및 진동저감을 할 수 있는 친환경적 구조로 계획하여야 한다.

아. 용지경계는 기초와 상부구조물 중 큰 폭을 기준으로 계획하며 지장물이 발생하는 구간은 시공성을 고려한 폭으로 한다.

③ 지하정거장

가. 지하정거장에서의 대기질 유지를 위하여 전동차 전용선, 전철 및 여객전용으로 운행하는 선로를 제외하고는 지하에 정거장을 설치하지 않는다. 단 전철전용 구간으로 컨테이너 전용열차 등 분진을 발생

- 하지 않는 화물을 운반하는 구간의 경우는 예외로 한다.
- 나. 열차 운영계획에 따라 필요시 대피선을 부설하며, 분기기 설치구간에 서는 분기기설치와 보수요원 대피공간을 확보한다.
 - 다. 종단기울기는 배수를 위하여 2‰이상으로 계획한다.
 - 라. 용지폭은 측벽 외측으로부터 1.0m이상을 확보한다. 다만 지상에 지장물이 있을 경우는 민원 및 지역여건에 따라 환경친화를 고려하여 별도로 정할 수 있다.
 - 마. 지하구조물 설계는 「철도설계기준 제7장 지하구조물」에 따른다.
 - 바. 지하정거장에는 오수, 누수를 분리하여 배수처리를 하되 집수정까지 자연배수가 되도록 하고 오수(청소수, 생활하수) 처리관을 매설하거나 배수로를 설치하여 별도 집수 처리토록 한다.
 - 사. 엘리베이터(15인승), 에스컬레이터(1200형, 상하행) 등 승객 이동시설, 소방설비, 환기, 공조, 냉난방, 위생설비, 신호, 통신, 전기, 전차선 등 각종케이블 설치를 고려한 구조물을 계획한다.
 - 아. 화재 발생시 방재프로그램에 의한 비상유도등, 급기, 배기, 제연설비, 방화문, 특별피난계단을 설치하기 위한 시설을 해당분야로부터 제원을 제공받아 설치한다.
 - 자. 전기동차의 시·종착역 승강장(또는 인상선)에는 열차 승무원이 이용할 수 있는 화장실을 건축분야에서 설치 할 수 있도록 공간을 계획한다.

13.3 정거장의 배선

13.3.1 배선설계 일반

(1) 일반사항

- ① 정거장 배선은 계획노선과 연계노선 체계상의 설치위치에 따른 종단역, 중간역, 분기역, 교차역으로 분류하고 정거장 기능에 따라 보통역, 조차장, 신호장, 기지와 같이 사용목적을 토대로 하여 계획한다.

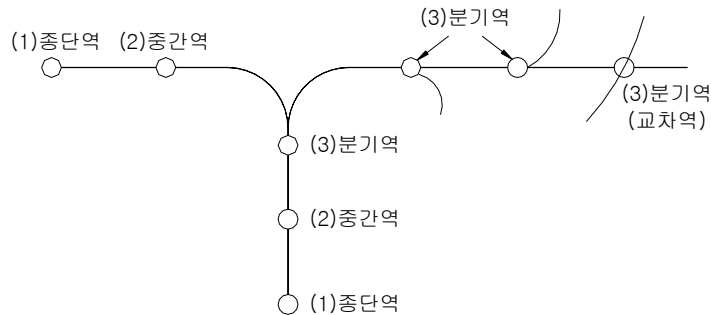


그림 13.3 연계노선 체계상의 위치에 따른 역 분류

- ② 정거장 배선은 여객전용 및 여객화물열차 혼용, 고속열차전용 또는 혼용 및 장거리 급·완행열차의 통과 및 대피, 도시철도와의 환승을 고려한다.
- ③ 정거장은 투시를 양호하게 하고, 부득이한 경우를 제외하고 직선으로 한다.
- ④ 구내의 입환작업 및 열차취급에 상호간섭이 가능한 한 작도록 배선한다.
- ⑤ 정거장에서 착발열차가 간섭되는 경우의 배선은 출발시보다 경합도가 많은 도착시의 경합을 줄이도록 배선한다.
- ⑥ 본선과 인상선, 분별선과 대기선을 분리하는 배선으로 하여 선로의 사용용도를 단순화한다.
- ⑦ 본선상의 분기기 수는 가능한 적게 하고 분기기의 설치는 통과열차가 직선으로 통과하도록 배치한다.
- ⑧ 분기기는 유지관리가 편하도록 집중배치하며 가능한 배향 분기기가 되도록 배치한다.
- ⑨ 특수분기기는 부득이한 경우를 제외하고는 설치하지 않도록 한다.
- ⑩ 선로간격은 「철도건설규칙」에 따라 배치한다.
- ⑪ 사고시에 대응하는 배선을 고려하여 각선 상호의 융통성을 확보하도록 배선한다.
- ⑫ 선로 배선시는 각종 건물배치, 지하도, 구내도로, 우수 배수관로, 오수 및 폐수관로, 상하수도관로, 전차선 지지주, 전력, 통신, 신호케이블 매설 및 조명주, 신호주 위치를 고려한다.

- ⑬ 기존정거장에서의 모양변경을 위한 배선시는 열차운행 및 영업에 지장이 없도록 단계별 시공계획을 수립한다.
 - ⑭ 배선시는 레일신축이음매, 절연이음매, 중계레일 설치를 고려한다.
 - ⑮ 보선장비 유치선은 가능한 측선이 부설되는 정거장에 부설토록 한다.
- (2) 정거장내 선로간격
- ① 궤도의 중심간격은 「철도의 건설기준에 관한 규정」에 따라야 하며, 열차의 운행 및 취급과 선로사이에 설치되는 각종 설비와 보수유지관리, 열차의 입환을 고려하여야 한다.
 - ② 정거장내의 선로의 중심간격은 신호기와 같이 선로에 인접한 시설을 설치할 경우 건축한계를 확보 할 수 있도록 선로의 중심간격을 확대하여야 한다.
 - ③ 선로사이에 보수용 재료를 운반하기 위한 손수레 포장용 도로를 설치하는 경우는 1.5m이상으로 한다.
 - ④ 고속철도 전용선은 통과본선과 부분선간 궤도중심 간격을 6.5m로 하며, 방풍벽을 설치할 경우 이를 축소 할 수 있다.
- (3) 배선설계시 경합금지
- ① 분기기와 완화곡선 및 종곡선과 경합하지 않도록 배치한다.
 - ② 분기기와 원곡선은 부득이한 경우를 제외하고 경합하지 않도록 배치한다.
 - ③ 분기기와 토피가 작은 지하횡단구조물은 가능한 피하도록 배치하며, 부득이한 경우에는 노반강도의 불균일이 분기기에 악영향을 미치지 않도록 조치한다.
 - ④ 분기기는 교량과 토공이 접하는 곳에 배치하지 않으며, 분기기와 거더 신축이음부는 경합되지 않도록 배치한다. 분기기는 교량과 토공이 접하는 곳에 배치하지 않으며, 분기기와 거더 신축이음부는 경합되지 않도록 배치한다. 단 경제성을 고려하여 통과속도 150km/h미만으로 운행하는 구간에서는 거더 신축에 따른 장대레일 축력을 고려하고 분기기의 스위치부 및 크로싱부가 거더 신축이음부와 경합되지 않도록 한다.
- (4) 분기기 부설
- ① 150km/h이상으로 주행하는 선로에서는 본선, 통과선과 같이 일반본선

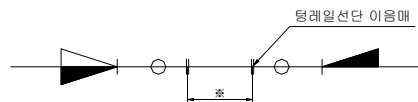
구간과 동일한 속도로 운행되는 선로는 60kg 탄성형 분기기를 부설한다. 단 환경영향평가에 따라 수음, 수신부와 인접하여 방음, 방진에 특별한 배려해야 하는 개소 또는 유지보수성을 제고해야하는 개소는 노스가동크로싱을 사용하며, SCO, DSS와 같이 특수분기기에 설치되는 특수크로싱은 예외로 한다.

- ② 150km/h이상으로 주행하는 선로에서도 부분선, 대피선과 같이 운행속도가 90km/h이하로 제한되는 구간은 경제성을 고려하여 50kg/m인 분기기 및 레일을 사용 할 수 있다.
- ③ 120km/h이하로 주행하는 선로로서 본선, 통과선과 같이 일반본선구간과 동일한 속도로 운행되는 선로는 50kg/m이상인 탄성형 분기기를 부설할 수 있다. 단지 환경영향 평가에 따라 수음, 수신부와 인접하여 방음, 방진에 특별한 배려해야 하는 개소는 노스가동크로싱을 사용한다.

④ 분기기의 간격

분기기를 연속하여 설치하는 경우 분기기간 간격은 <그림 13.4>와 같이 한다. 고속철도의 본선의 경우에는 운행속도, 운전시격, 통과열차 운영여부에 따라 12# - 46#을 적용한다.

가. 상대하는 분기기의 간격

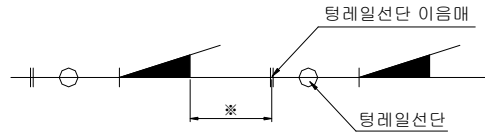


※상대하는 분기기의 텅레일선단 이음매간 거리

본선 10.0m 이상

측선의 경우 5.0m 이상

나. 분기기간 거리



※ 분기기간 최소 거리

본선 분기기후단-팅레일 선단이음매 : 최소 10.0m 부득이한 경우 5.0m

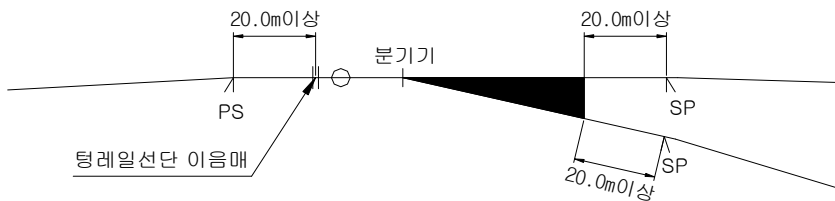
측선 분기기 후단-팅레일 선단이음매 : 최소 5.0m

그림 13.4 분기기간 최소간격

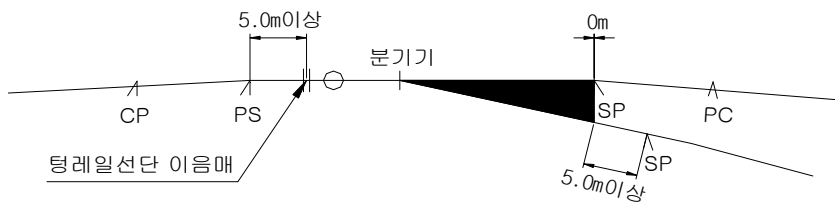
⑤ 분기기와 곡선간의 필요한 직선길이

분기기와 곡선간의 필요한 최소 직선거리는 <그림 13.5>에 표시한 거리 이상 확보한다.

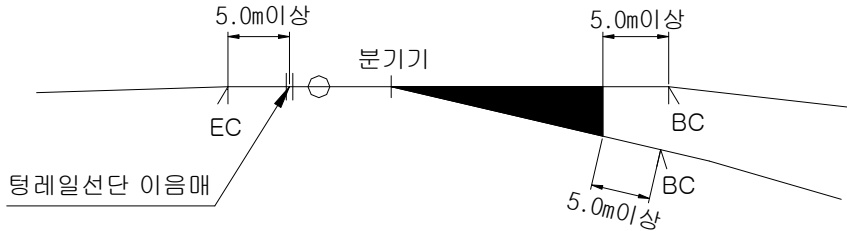
가. 바람직한 경우(완화곡선 있을 때)



나. 부득이한 경우(완화곡선 있을 때)



다. 부득이한 경우(완화곡선 없을 때)



<그림 13.5> 분기기와 곡선간의 필요직선길이

⑥ 분기기 설치

본선에 설치되는 분기기는 열차운전속도, 열차운전시각, 통과열차 취급 여부, 분기기에서 열차정지 목표까지의 거리에 따라서 별도로 정한다. 측선에 설치되는 분기기는 8#이상으로 한다.

⑦ 분기기의 표현

많은 종류의 분기기가 사용됨으로 인하여 분기기 공급자 및 현장부설 요원이 이해가 편리하도록 분기방향, 레일중량, 레일종류, 적용하는 텅레일, 크로싱의 제원을 포함한 분기기특성을 표현하도록 한다.

(5) 정거장평면도 작성

- ① 배선계획도의 축척은 1/1,000으로 하며 배선약도의 축척은 횡방향 1/1,000, 종방향 1/3,000으로 한다.
- ② 필요한 제 건물의 위치표시 및 소요용지를 확보한다.
- ③ 정거장 개량 도면에는 모양변경중인 정거장은 기존선, 계획선, 철거선을 색으로 구분한다.
- ④ 본선, 부분선, 착발선, 대피선, 통과선, 유치선, 측선은 열차운용 효율증대와 열차운행 보안을 위하여 상하선 방향별 배선을 계획한다.
- ⑤ 정거장에 설치되는 분기기는 종단기울기 8%(차량을 해결하지 않는 정거장 기준)이하에 설치한다. 단 차량을 해결하지 않는 전동차 전용 정거장에서는 종단기울기 10%이하에 설치한다.

13.3.2 유효장

(1) 유효장 설정

① 정거장안의 선로에는 「철도건설법 제7조」의 규정에 의해 철도건설 기본계획에서 정한 열차운행계획에 따라 유효장을 확보한다.

② 측선의 유효장은 유효장을 구하는 식에서 여유거리는 다음과 같다.

가. 인상선 : 20m

나. 기관차대기선 : 50m(중련 고려)

다. 객차 유치선 : 20m

③ 열차운행효율을 원활히 할 수 있게 가급적 연계되는 노선의 유효장을 고려하여 계획한다.

(2) 유효장 측정

선로의 유효장은 열차운전시행세칙에서 제시된 정의를 참조하며 그 길이는 아래와 같다.

① 본선

가. 선로의 양단에 차량접속한계표가 있을 때는 양 차량접속한계표 또는 절연이음매 사이

나. 출발신호기가 있는 경우 그 선로의 차량접속한계표 또는 절연이음매에서 출발신호기의 위치까지

다. 차막이가 있는 경우는 차량접속한계표(절연이음매) 또는 출발신호기에서 차막이의 연결기반이 전면위치 또는 절연이음매까지

라. 열차정지위치표가 설치되어 있는 경우는 열차정지 위치표에서 차량접속한계표 또는 절연이음매까지

② 측선

가. 양단에 분기기가 있는 경우는 전후의 차량접속한계표 사이의 길이 단 궤도회로의 설비가 있는 선로에서는 유효장 시종단 위치를 위의 위치에 있는 레일절연이음매로 한다.

나. 선로의 끝에 차막이가 있는 경우는 차량접속한계표에서 차막이의 연결기반이 전면까지 단 궤도회로의 설비가 있는 선로에서는 유효장 시종단 위치를 위의 위치에 있는 레일절연이음매로 한다.

다. 분기기 부근에 있어 유효장의 시종단의 측정은 최내방 분기기가 열차에 대하여 대향인 경우 분기기 포인트 전단 앞의 이음매 사이로 한다. 단 궤도회로의 설비가 있는 선로에서는 유효장 시종단 위치를

위의 위치에 있는 레일절연이음매로 한다.

라. 최내방 분기기가 열차에 대하여 배향인 경우 차량접속한계표의 위치로 한다. 단, 궤도회로의 설비가 있는 선로에서는 차량접속한계표 위치보다 내방의 레일절연이음 사이로 한다.

마. 분기기가 열차에 대하여 대향인 경우이며, 궤도회로의 설비가 있는 경우에는 스위치 작동소요시간을 고려하여 설치한 레일절연이음으로부터 측정한다.

(3) 선로유효장내의 분기기 설치

① 본선은 유효장내에는 안전확보를 위해 분기기를 설치하지 않도록 계획한다.

② 다음과 같은 경우에는 경제성을 고려하여 유효장내 분기기를 설치할 수 있다.

가. 인접한 측선을 열차 착발선으로 사용하지 않는 경우

나. 입환작업이 적은 화물적하선을 전환할 때

다. 입환작업이 적은 유치선을 전환할 때

라. 작업이 적은 인상선, 기관차대기선을 전환할 때

마. 보수용 차량의 유치선을 전환할 때

13.3.3 안전측선 설치

(1) 안전측선(인상선 포함)의 설치개소

① 2개 이상의 열차 또는 차량을 동시에 진입, 진출시킬 경우에 열차의 진로에 지장 우려가 있는 개소

② 본선 또는 중요한 측선이 다른 본선과 평면교차 또는 전환하는 경우에 열차상호간 충돌 가능성을 고려하여 방호할 필요가 있는 개소

가. 대향열차를 취급할 때

나. 동방향 열차를 취급할 때

③ 구내운전으로 차량이 과주(Over Run)하여 다른 열차에 지장을 줄 우려가 있는 개소

④ 안전측선의 길이는 안전측선을 설치하는 분기기의 차량접속한계에서 75m이상을 표준으로 한다.

제 13 장 정거장

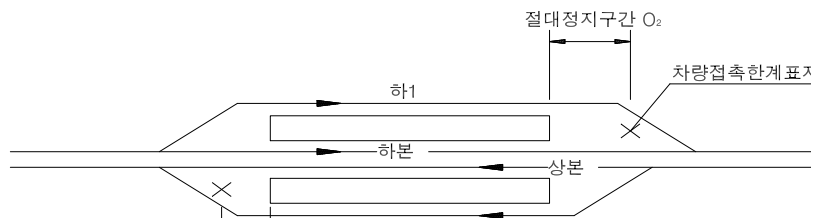
(2) 안전측선을 생략하는 경우

- ① 방호를 위해 신호기 외방의 신호기가 경계신호를 현시하는 장치를 가졌을 때
- ② ATS설비 신호기 또는 열차정지 장치의 위치에서 전방으로 200m이상의 과주여유 거리를 설정했을 때(동차 및 전동차는 150m이상) 단, 정거장내 측선의 경우는 입환 신호기 또는 차량정지 표식의 전방으로 50m이상의 과주여유거리를 설치했을 때 또는 구내운전속도를 25km/h 이하로 설정 되었을 때

③ ATC를 설치했을 때

가. 한 쪽의 장내신호가 진행 신호현시일 때 다른 쪽의 장내신호기가 반드시 정지신호현시 되도록 연동을 설치, 동시진입이 되지 않도록 하면 안전측선은 불필요하다.

나. 대향열차를 취급하는 경우는 경계신호에 의한 방법을 피하고 안전측선을 설치한다.



<그림 13.5> ATC를 설치한 경우

13.3.4 여객정거장 배선

여객정거장은 아래와 같이 분류하여 노선의 속도, 기능, 취급열차종류에 따라 기능을 극대화 할 수 있도록 배선한다.

- (1) 단선, 복선, 복복선
- (2) 정거장 규모
 - ① 대규모역
 - ② 소규모역

(2) 정거장 기능

- ① 중간역(대피역, 중간 반복역)
- ② 시종점역(후부 회차형, 두단식 정거장)
- ③ 차량기지 인접역(기지 직결형, 기지병렬형)

(3) 취급열차의 종류

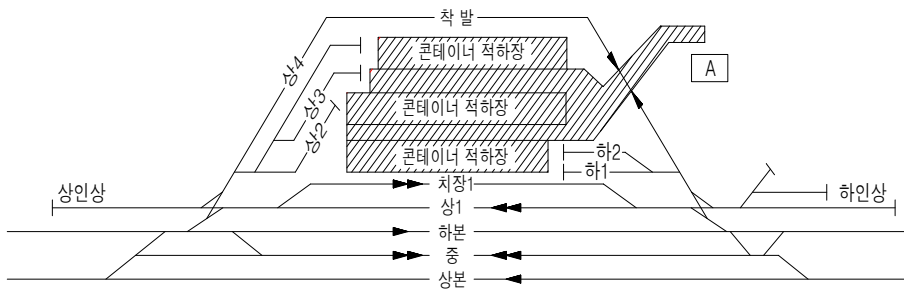
- ① 일반여객열차 전용
- ② 일반여객열차 및 화물열차 혼용
- ③ 전철전용
- ④ 고속철도 전용
- ⑤ 통과열차 및 대피열차 취급여부

13.3.5 화물정거장 배선

화물정거장은 아래와 같이 분류하여 역의 기능, 위치, 화물의 종류에 따라 기능을 충분하게 발휘할 수 있도록 배선한다.

(1) 컨테이너 취급정거장

- ① 컨테이너 취급정거장은 적하장 폭, 컨테이너 적치장에서 하역작업 설비가 작업에 협조하지 않도록 설비한다.



<그림 13.7> 착발선 컨테이너 하역 정거장 예

- ② 컨테이너 야드 기능에 따라 설비 및 배선방식이 상이하며 그 주요 요소는 아래와 같다.

가. 유형별, 기능별 배치할 시설

나. 야드, 적하장과 연계배선방식

다. 컨테이너 전용야드 또는 소규모 야드에 따른 배치방식

(2) 포용량 및 입환 가능량

- ① 포용량은 측선 중 화물측선, 열차유치선, 적하선과 같이 화차유치가 가능한 각 선로의 유효장/14.0m값에서 소수점 이하 버린 값을 합하여 산출한다.
- ② 입환 가능량은 포용량 $\times$ 0.7값에서 소수점 이하 버린 값으로 산출한다.
- ③ 상하 본선 및 부분선, 인상선, 장비 유치선, 세척선, 검수선, 기회선 등은 포용량 및 입환 가능량에서 제외한다.

13.4 여객설비

13.4.1 여객설비 일반

- (1) 여객설비는 기능적 특성 및 수송수요의 특성을 감안한 시설규모에 따라 정하며 승강장, 통로, 역 광장으로 구분하고 접근도로는 별도로 정한다.
- (2) 정거장내의 주차장, 건물, 승강장 및 승강장 계단과 같은 여객시설은 교통영향평가 결과를 반영하고, 건물규모, 건물내 기능배치는 건축설계결과를 반영한다. 부득이 건축분야에서 정거장구간 역사건물을 선착수 시행(설계 포함)할 경우 향후 건축설계에서 제시, 제안하는 설계내용 등을 토목설계에서 검토 후 반영한다.

13.4.2 여객통로

(1) 평면과 입체통로

- ① 여객통로는 여객통행 및 열차운행의 안전성확보를 위해 입체통로를 설치한다. 단 저상 승강장으로서 1일 승객수가 100인 미만이고 열차운행횟수가 적은 경우 평면통로로 할 수 있다.

(2) 평면통로(구내통로)

- ① 평면 통로폭은 3.0m이상으로 한다.
- ② 선로의 유지보수성 제고를 위하여 본선 및 부분선 횡단개소는 조립식 보판을 사용해야 한다.

(3) 구름다리(과선교)

- ① 승강장연단에서 기둥까지 (조명주, 전차선주 등 포함) 1.5m이상 이격하여 설치한다.

단, Wheel Chair장애인과 같은 교통약자의 통행에 지장이 없도록 계획한다.

- ② 레일면에서 철도를 횡단하는 구름다리(과선교)의 유효공간 높이는 「철도건설규칙」에서 정한 높이 이상을 확보한다.

(4) 여객지하도

- ① 지하도설계는 철근콘크리트 박스형을 일반으로 한다.
- ② 지하도는 선로 밑을 횡단하므로 방수와 배수를 고려해야 한다.
- ③ 지하도에는 기준에 부합되는 환기, 조명을 설치하도록 한다.

(5) 구름다리 및 지하도와 계단의 폭

- ① 구름다리 및 지하도와 계단의 폭은 교통 영향 평가에서 제시된 승·하차 인원과 관련기준에 따라 건축분야에서 결정한다.
- ② 교통약자의 이동편의증진을 위하여 다음 설비를 설치하여야 한다.

가. 역사와 각 승강장간 이동에 필요한 엘리베이터, 휠체어 승강기(Wheel Chair Lift)를 설치

나. 계단 앞에는 시각장애자 위험표시용 폭 600mm의 경고블록설치

다. 승강장에서 계단까지 유도블록설치

13.4.3 승강장

(1) 승강장설계 일반

- ① 승강장은 섬식, 상대식으로 구분하고 정거장의 특성에 맞게 적용한다.
- ② 일반여객열차는 낮은 승강장으로 전철전용 승강장은 높은 승강장으로 설치한다.
- ③ 지축이 깎기 구간인 경우에는 콘크리트 옹벽형, 쌓기 구간은 옹벽형 또는 콘크리트 블록형으로 계획한다.
- ④ 승강장 설계는 「철도건설규칙 및 철도의 건설기준에 관한규정 제22조 및 제23조」의 규정에 의거 설계한다.
- ⑤ 지하정거장에서는 승객의 안전 또는 쾌적성을 제고하기 위하여 스크린도어를 설치한다.

(2) 승강장의 폭

- ① 승강장 폭은 교통영향평가 한 자료를 토대로 승차 및 하차소요인원에 따라 건축분야에서 설계한다.

(3) 승강장 길이

- ① 승강장의 길이=최장열차 편성길이(1량 길이×연결량수)+과주여유거리
- ② 과주여유거리는 전동차 경우 지상구간은 10m, 지하구간은 5m, 일반의 경우 20m를 기준으로 한다.

(4) 승강장 높이

- ① 일반여객 승강장으로 객차에 승강계단이 있는 경우는 레일면에서 500mm로 한다.
- ② 전기동차전용 승강장으로 객차에 승강계단이 없는 경우는 레일면에서 1,135mm로 한다.

(5) 승강장 이격거리

- ① 궤도중심에서 승강장 연단까지 이격거리는 직선인 경우 낮은 승강장(일반열차)은 1,675mm로 하고 높은 승강장(전기동차전용)은 1,700mm로 한다. 단지 전기동차 전용선으로서 생력화(Maintenance Free)궤도로 시공된 구간에서는 차량 끝단으로부터 승강장 연단까지의 거리는 10mm이상 50mm를 초과하지 않도록 한다.
- ② 곡선승강장인 경우 설정캔트, 곡선반경, 슬랙, 차량치수를 고려하여 확대하고, 승강장과 차량간 간격이 넓어 안전사고의 우려가 있는 곡선개소에서는 안전발판설비를 설치한다.

(6) 승강장의 횡단기울기 및 종단기울기 기타

- ① 승강장에는 배수가 원활하도록 횡단기울기를 설치한다. 횡단기울기는 승강장 여건에 따라 양쪽기울기, 한쪽기울기로 계획 할 수 있으며 최급기울기는 2%로 한다.
- ② 승강장 끝의 종단기울기는 1/10이하로 설치한다.
- ③ 승강장 연단에는 경고블럭 미끄럼 방지타일을 붙여야 하며 승강장 연단에서 60~80cm떨어진 곳에 시각장애자 경고블럭을 설치하여야 한다.
- ④ 승강장에는 장래유지보수를 감안하여 직매(直埋)를 피하고 공동구 또는 파이프 매입을 계획한다.

13.4.4 역 광장

(1) 위치 및 모양

- ① 역 광장은 역사와 기존 도로와의 연결성 및 시가지 현황과 교통영향평

가 결과를 토대로 위치와 규모를 계획한다.

- ② 역 광장의 위치는 정거장의 위치와 배선, 정거장 시설의 배치 및 역사 및 각종 관련시설 등과 연계성을 고려하여 결정한다.
- ③ 역 광장은 보행자의 통로와 자동차와 같은 연계교통시설의 주정차 설비, 역사와 주변도로와의 접근성을 감안하여 계획한다.
- ④ 역 광장에는 보행자 통로 및 자동차, 도시철도와 같은 연계교통시설과 이를 유지관리 하는데 필요한 시설물을 설치한다.

13.5 화물설비

13.5.1 화물설비 일반

- (1) 화물설비는 정거장 화물취급규모와 종류에 따라 정하며 유치선, 입환선, 화물적하선 등 관련 선로시설, 화물적하장, 화물적하설비, 화물보관시설, 화물검사시설, 계중대, 적재정규, 컨테이너 적하장으로 구분한다.
- (2) 화물운반 접근도로와 화물의 연계시스템에 따른 설비, 화물적하장비, 화물임시보관시설에 대하여는 별도로 정하여 설계한다.

13.5.2 화물적하장

(1) 높은 적하장 주요치수

- ① 적하장의 유효면적은 계절별, 시간대별 할증계수, 연간 1일 평균화물 취급량을 감안하여 계산한다.

② 적하장 길이

적하장의 길이는 연간 1일 평균 해당 적하장 취급차수 및 계절별, 시간대별 할증계수, 평균회전수, 화차길이를 감안하여 계산하여 결정한다.

③ 적하장 횡단기울기

적하장의 종단기울기는 선로의 종단기울기에 따라서 설치하나 횡단 기울기는 우기시 자연배수가 되도록 현장조건에 따라 1%~3%기울기로 포장한다.

④ 적하장 높이

높은 적하장 높이는 선로측은 레일면에서 1,100mm를 표준으로 하고 통로측은 가장 많이 사용하는 운반차의 적재면과 같은 높이로 한다. 지게차와 같이 기계화 상하차 장비를 사용하는 경우는 낮은 적하장 기준

을 적용한다.

⑤ 중적하장

궤도중심에서 적하장 연단까지 2.0~2.5m, 램프구간을 제외한 수평부분의 연장은 5.0m이상, 적하장 끝부분 올라가는 기울기는 1/10, 수평부분의 높이는 레일면에서 1,100mm로 한다.

(2) 중계적하장 및 영차급 적하장

① 중계적하장의 폭은 9~12m로 한다.

② 중계적하장의 길이는 연간 1일 평균취급화물 개수, 1일 1m당 표준중계 개수, 계절별, 시간대별 할증계수를 감안하여 계산토록 한다.

③ 영차급 적하장의 폭은 5m정도를 표준으로 하고 있으나 조건에 따라 별도로 정할 수 있다.

(3) 낮은 적하장 주요치수

① 유효면적

낮은 적하장의 유효면적은 연간 1일 평균 낮은 적하장 화물취급수량, 1일 1m²당 표준화물취급수량(t), 계절별, 시간대별 할증계수를 고려하여 계산한다.

② 유효폭

산적화물전용 : 4.0m

기타의 경우 : 4.0~8.0m

※ 장비에 의한 화물적하의 경우는 기계의 구조성능에 따라 정한다.

③ 형태

화물적하장의 모양은 구형(장방형), 계단형, 톱날형, 빗형으로 구분한다.

④ 적하장 높이

낮은 적하장 높이는 선로측은 레일면에서 500mm를 표준으로 한다.

(4) 화물통로

① 통로 폭 설정

가. 화차에 가장 긴 화물자동차를 직각으로 놓고 가장 폭이 넓은 자동차가 통과 할 수 있는 폭 이상으로 한다.

나. 통로는 막힌 길로 하여서는 안 되며 부득이한 경우에는 화물적하장으로부터 이격된 위치에 회차에 지장 없도록 하여야 한다.

다. 통로의 포장은 콘크리트 또는 아스팔트로 하고 도로포장설계 기준을 참고한다.

13.5.3 화물적하선

(1) 적하선 연장

- ① 소요길이는 공차를 포함하여 화물발송 차수가 연간 1일 평균 10량 이하의 적은 취급역에서는 화물적하선의 유효장을 별도로 정하여 적용한다.

13.5.4 컨테이너 적치장 및 작업장 포장설계

(1) 컨테이너 적치장 설계 일반

- ① 컨테이너는 화물수송계획에 따라 취급규모를 설정하고 장래수송수요를 고려하여 소요면적을 산출한다. 이때 취급규모에 따라 적치장의 규모, 통로에 소요되는 면적을 산정한다.
- ② 컨테이너 취급업체가 다양할 때는 이를 고려하여 화물처리 업무용 부지를 확보하여야 한다.
- ③ 컨테이너 적하설비

컨테이너 하역용 장비(리치스테카 작업장, 적하트럭 정차대, 트럭통로, 크레인 설비, 갠트리 크레인)를 설치할 때는 이를 감안하여 선로 간격을 조정한다. 컨테이너 적하설비는 설비표준이 정해진 것은 없지만 다음 사항들을 고려한다.

가. 리치스테카 작업장

리치스테카가 화차에 컨테이너를 적재 및 하화하기 위하여 화차측면으로 부터 트럭내측(야드샤시) 혹은 컨테이너 유치장소까지의 폭은, 리치스테카의 작업반경 등을 감안 결정한다. 이때 포장은 리치스테카의 중량을 감안 설계토록 한다.

나. 적하트럭 정차대

1차선으로서 3.5m폭을 확보한다.

다. 트럭통로

1차선 폭으로서 3.5m를 취한다.

라. 크레인(T/T 설비)

컨테이너 수송을 중심으로 한 전용열차가 운행되므로 하역, 유치 및 검수작업을 편성단위로 작업할 수 있도록 설치하여 단순화하도록 계획

제 13 장 정거장

한다.

(2) 통로 및 착발선 하역

- ① 도착 컨테이너, 출발 컨테이너 일시유치, 화주가 휴일로 인해 운반되지 않는 컨테이너의 일시유치, 영업용 예비 컨테이너의 유치를 위하여 컨테이너를 1열로 놓는 경우 3m, 2열로 놓는 경우는 6m를 확보한다. 통로는 일반적으로 컨테이너 적하장 단면도와 같이 1차선으로 한다.

가. 10t 컨테이너 적하장

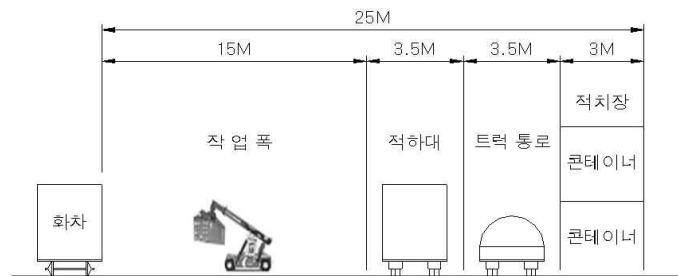


그림 13.8 컨테이너 적하장 단면도(예)

- ② 리치스테카 작업대는 리치스테카가 화차에 컨테이너를 적재하기 위하여 화차측면에서 트럭내측 또는 컨테이너 적치장까지의 소요거리는 약 15m로 기준한다.
- ③ 착발선 하역을 위한 컨테이너 적하장은 사용목적과 열차운영계획에 따라 계획한다.

13.6 차량기지

13.6.1 차량기지 일반

(1) 차량기지 계획일반

- ① 차량기지는 객차기지, 화차기지, 전동차기지, 고속철도 차량기지, 기관차(디젤기관차, 전기기관차)기지, 중합차량기지(각종 차량의 중합기지)로 구분하여 기능에 부합되도록 설비한다.
- ② 차량기지는 차량의 청소, 유치, 조성, 검사, 수선을 주요 업무로 하며, 열차를 운전, 승무하는 거점역할을 함을 감안하여, 각 차량기지 기능에

맞추어 배선함은 물론 검수고(경수선 공장), 정비고(중수선공장), 승무원숙소를 배치한다.

③ 차량기지 입지

차량기지의 위치는 기능에 따라 건설 및 운영시에 편리성, 유지관리에 적합하도록 위치선정시 다음과 같이 고려한다.

- 가. 관련법에 의해 차량기지 건설이 가능한 지역이고 차량기지 설치에 의한 교통, 환경영향이 적은 지역을 선정한다.
- 나. 차량기지는 가급적 시종착 열차를 취급하는 정거장내에 설치하며, 시·종착역 주변이 밀집된 시가지로 지장시설이 많을 경우에는 차량기지 규모에 따라 별도의 위치를 선정할 수 있다.
- 다. 차량기지는 가능한 역, 조차장에 가까이 설치하여 차량의 회송, 승무원의 운영손실을 적게 한다. 객차기지, 기관차기지, 화차기지 등 기지의 기능에 따라 역과의 상대적인 위치를 계획한다.
- 라. 차량기지는 역으로부터 입·출고가 편리한 위치를 선정한다.
- 마. 입출고 및 반복 운전 중 본선열차 운영에 지장을 최소화하도록 계획한다.
- 바. 건설비가 경제적이고 장래시설 확장을 고려한 위치를 선정한다.
- 사. 차량기지에 소요되는 전력, 가스, 상수와 같은 각종 기반시설의 공급이 원만한 위치에 배치한다.
- 아. 자재, 장비, 근무인원의 진출입이 원만한 지역에 배치한다.

④ 차량기지의 환경관리

차량기지의 경우 연료, 윤활유취급, 세척수, 오수 취급에 따른 환경오염을 감안하여 환경보존시설을 계획한다. 환경보존시설로는 유수 분리장치(Oil Separator), 폐수처리시설, 정화조, 집진기, 방음대 수림 또는 방음벽, 스켈소음 방지대책을 계획한다.

⑤ 차량기지내의 배선

- 가. 유치선(적하선), 검수고, 객차고, 화차고와 같은 건물내의 선로간격, 선로수, 소요유효장 등 열차운행계획 및 차량검수 계획에 따라 작업에 효율성을 극대화 할 수 있도록 배선한다.
- 나. 입환시 타작업에 지장이 없도록 배선한다.

다. DSS, SSS, DC, SCO 등 특수분기기는 유지보수자재 수급상 어려움이 있어 부지가 제한되는 경우와 같이 특수한 경우를 제외하고는 가능한 배제한다.

라. 기지내 배선은 검수규정에 부합되고 부지의 효율적인 사용을 고려하여 관통식 및 두단식을 혼용으로 계획하되 퇴행운전이 최소화하도록 계획한다.

마. 분기기는 가능한 집중하여 배치한다.

⑥ 차량기지내의 시설물 배치

가. 차량기지 주요시설은 배선계획 및 검수·정비·청소·유치의 기능 및 동선에 부합되도록 배치한다.

나. 종합사무실 및 복리후생동은 이용자의 편리성, 안정성, 접근성을 감안하여 배치한다.

다. 승무원이 이용하는 시설은 동선이 짧고 승무원들의 일반업무, 승무대기를 위한 휴식, 수면과 같이 승무원을 위한 기능의 특수성을 감안하여 배치한다.

라. 변전소는 전력부하, 전력공급원을 고려하여 배치한다.

마. 창고는 사용부서와 이동거리가 짧고 반입성과 운반성이 우수한곳에 배치한다.

바. 유류저장 시설은 사람의 접근이 적고, 열차로부터 하화가 가능하며 자동차 통행이 가능한곳에 배치한다.

사. 폐수처리장은 발생원과 인접하고 주변환경을 고려하여 배치한다.

아. 검사고(경수선공장), 정비고(중수선공장), 전삭고, 청소선, 자동세척고는 검수원들의 이동동선, 일부업무의 외주시행 가능성, 기능의 효율성을 감안하여 배치한다.

(2) 차량기지의 주요시설물 계획

① 궤도는 건물내, 구조물 위에 설치되는 특수한 경우를 제외하고는 자갈 궤도로 부설한다. 연약지반에 설치되는 피트, 하수Box, 공동구, 지하도와 같이 소요지지력이 크지 않은 일반구조물은 신축이음간격을 축소 조정하여 부등침하에 따른 구조물 균열을 최소화한다.

② 부지정지고는 기지의 중요성을 감안하여 주변 최고수위 보다 30cm이

상 높게 하며, 지하에 설치되는 각종 구조물은 표면수가 유입되지 않도록 계획한다.

③ 급수설비

가. 기지운영에 필요한 용수를 공급하기 위하여 급수탑 또는 건물옥상에 급수조를 설치하며 하부에는 지하 저수조를 설치하고 모든 용수가 급수탑으로부터 공급되도록 계획함으로 일정치 이상의 압력(단말관 기준 1bar)이 유지되도록 계획한다.

나. 상재하중 및 동결심도를 고려하여 매설심도를 계획한다.

④ 배수설비

가. 환경보존을 위하여 분류식(우수, 오수, 폐수)을 채택 배수토록 계획하며 오수 및 폐수의 경우 수질환경보전법상 배출허용기준을 준수한다.

나. 하수도법, 시설기준, 해당지역의 하천현황, 해당지역의 하수도 기본계획을 반영하여 기지에서 최단거리로 배수토록 계획한다.

다. 상재하중 및 동결심도를 고려하여 매설심도를 계획한다.

⑤ 구내도로

가. 포장은 유지보수성을 고려한다. 다만 유류를 취급하는 시설주변에는 콘크리트 포장을 시행한다.

나. 진입로 및 차량통행이 많은 주요건물 접근로는 2차선을 기타도로는 1차선 이상을 유지한다.

다. 변전소, 검사고(경수선 공장), 정비고(중수선 공장)와 같이 대형기기 및 자재가 반입되는 도로는 트레일러, 버스와 같은 대형차량의 원활한 소통을 위하여 포장 내측 곡선반경을 12m이상으로 한다.

라. 근무자 및 자재장비 이동동선을 고려하여 계획한다.

마. 해당지역의 동결심도를 고려하여 포장단면을 계획한다.

⑥ 공동구

가. 향후 유지보수 및 관리에 편리를 도모하기 위하여 기지에 운영에 필요한 각종 유틸리티를 설치하는 공동구를 계획한다.

나. 공동구의 평면선형은 각 시설에서 이용에 편리하도록 소정위치까지 도달하도록 한다.

다. 공동구의 중단선형은 타 지하구조물과의 상관관계 공동구 내부배수(집수정), 상수관로의 게이트 밸브위치, 기타 공동구의 전환, 환기, 조명, 유지보수요원의 출입성 제고를 감안하여 계획한다.

⑦ 운전취급실

가능한 차량기지로 입출고하는 열차 및 기지내 차량 움직임을 쉽게 파악할 수 있는 위치에 배치한다.

⑧ 차량기지 설치에 따른 민원

차량기지 설치에 따른 주변주민들의 민원사항을 사전에 파악하여 시설물 배치에 적극 반영한다.

⑨ 환경시설물

차량기지 설치에 따른 환경영향 평가를 반영하여 방음벽, 대기질, 수질 보존시설을 계획한다.

⑩ 세척기 설치계획

세척기는 객차기지와 전동차기지 전방에 배치하여 입고와 동시에 차체 외부 세척이 가능토록 하며, 세척기 전방에는 가능한 하향기울기로 계획하는 것이 바람직하나, 상향기울기로 계획시에는 1개 열차길이 구간을 곡선보정포함 +3%이내 기울기로 계획하며, 세척기시점 및 종점으로 부터 각각 세척하는 1개 차량길이 이상의 직선구간을 확보토록 한다.

⑪ 궤도시설

가. 시운전선 및 기지시점부에 설치되는 입출고선의 침목배치는 본선에 준하여 계획한다.

나. 가능한 장대레일화를 적용하여 유지보수성을 제고토록 한다.

다. 공장(차고)내에는 선로 종점부에는 검수차량이 일주를 방지하기 위하여 차막이를 설치한다. 공장내 설치되는 차막이는 속도가 낮은 점을 감안 차륜막이를 사용한다.

⑫ 전차선 사구간(Dead Section) 설치

차량기지의 상시운영을 위하여 본선과 연결하는 구간인 차량기지 전방에 전차선 사구간을 설치한다.

13.6.2 객차기지

(1) 객차기지는 객차의 검사, 정비, 청소 및 세척, 유치를 포함한 기지의 기

능을 안전하고 쾌적한 상태로 운영, 유지할 수 있게 계획한다.

- (2) 객차가 대부분 고정 편성으로 운행함을 감안하여 가급적 편성단위로 도착선, 조성선, 세척선(오물 제거작업 포함), 청소선(린넨 교체작업 기능 포함), 기회선, 검사선 및 정비선, 출발선, 소독선, 수선선, 유치선, 인상선, 객차회송선, 급유선, 급수선, 기관차대기선, 전착고선으로 구분하여 배선한다.
- (3) 도착선은 10개 열차에 대하여 1개선을 기준으로 한다.
- (4) 조성선은 1개열차를 수용할 수 있는 유효장을 확보한 선과 별도로 분별한 차량이나 조성차량을 유치하기 위하여 객차를 량 단위로 유치하는 소선군을 배치한다.
- (5) 유치선(수용선)은 운용차량 및 예비차의 유치를 목적으로 설치되는 선군이며 총 소요선수에서 도착, 세척, 출발의 각 선을 제외한 나머지를 유치선으로 하며 유효장은 취급열차의 최장열차를 수용할 수 있어야 한다. 또 유치선은 출발선을 겸할 수 있다. 또 유치선에서 차내 청소, 객차내 급수, 오물제거, 시트교체 작업을 같이 수행하기 위하여 급수관로의 설치, 작업용 차량이 운행 가능토록 계획하며, 오물제거는 오수관로로 직접 연결하도록 배치한다.
- (6) 검사고에 설치하는 검사선은 검사작업을 위하여 일정치 이상의 선로간격을 확보해야하며 검사선과 차고외벽간의 간격은 3.0m이상을 확보한다.
- (7) 객차검사선 및 1선의 유효장
 - ① 객차검사선수는 1일 평균 검사편성수와 같은 수로 한다.
 - ② 1선의 유효장은 $23 \cdot L \cdot m$ (L : 최대편성량수, m : 1일 취급하는 평균 검사 편성수)로 하여 최대편성을 수용할 수 있도록 하고 검사선이 2선 이상의 개소는 각 선 다같이 $23 \cdot L \cdot m$ 에 의하지 않고 편성길이의 길고 짧음에 따라 선의 유효장을 변경할 수 있으며 입환여유를 감안하여 여유거리 20m를 확보한다.
- (8) 객차 수선선
 - ① 객차 수선고에 설치하는 수선선은 수선작업 및 이에 따른 자재운반, 장비이동을 위하여 수선선과 차고 외벽간의 간격은 3.0m이상을 확보한다.

- ② 객차의 검사에 대한 객차 수선량수 비율은 30%로 한다.
- ③ 객차 수선선 선수, 연장 및 기타
 - 가. 수선차 1량에 대한 소요연장은 37m로 한다. 1선의 수용력은 3량을 한도로 하고 전후차고와의 간격을 5m로, 차량 간격은 2.5m를 기준으로 한다.
 - 나. 수선선은 수선고 전후에서 입고 및 출고가 가능토록하고 작업의 특수성을 감안하여 직선으로 계획한다.
 - 다. 입환여유를 감안하여 여유장 20m를 확보한다.
- (9) 선로중심간격
 - ① 검사선, 수선선과 차고 측벽간은 작업장측 4.5m, 반대측 3.0m
 - ② 검사선과 수선선간은 5.0m, 5.5m(트로리선을 부설하는 경우)
 - ③ 수선선 상호간은 6.5m(리프트 작키 설치 개소)
 - ④ 검사고, 수선고, 세척선과 차고외선과의 간격 3.0m이상
- (10) 포장은 차고내 및 검수선, 수선선은 기름에 적용성이 우수한 콘크리트 포장으로 하고 차체해체 개소는 목, 벽돌포장으로 한다.
- (11) 기관차고선의 선로수와 유효장은 기관차 운영계획에 의한 수용할 기관차 수를 토대로 하여 계획하며 기관차고선은 주박 및 유치할 기관차의 검사 및 정비를 위한 검사 및 정비 핏트선, 급유, 급사, 급수, 유치선을 포함한 측선을 배선한다.
- (12) 도착열차의 기관차를 교체하기 위하여, 출고한 기관차를 유치하는 기관차 대기선의 유효장은 기관차 고장기관차를 견인하는 경우를 감안 2량 길이에 신호현시 등을 감안 다소 여유를 두어야 하며, 인상선을 활용할 수도 있다.
- (13) 객차기지의 출발선은 검수 및 정비, 청소와 같이 작업이 끝난 출발 열차가 대기하는 선으로서 필요시 객차의 급수 및 예열난방과 관통제동 검사를 하게 되며 유효장은 도착선과 같으며, 선수는 15개 열차당 1개 선을 표준으로 한다.
- (14) 소독선은 객차 소독을 주기능으로 하는 선으로 소독용품, 침구와 같은 용품창고 부근에 설치한다.
- (15) 기회선은 기관차의 정비고 입출고와 기지내 입환용 기관차의 선로별

이동운전하는 전용선로로서 본선과 착발선에 지장 없도록 배선한다.

- (16) 인상선은 도착열차가 본선에 지장없이 인상하여 각 선군으로 입환이 원활하게 배선하고, 유효장은 최대 열차장을 기준으로 하며, 큰 기지에서는 선군별로 인상선을 계획 할 수 있다.
- (17) 자동세척선은 주로 입고선의 일부구간에 자동세척기를 설치하며, 차량길이 1량 이상의 세척기시점 또는 종점으로부터 직선거리와 세척고 폭을 감안한 선로간격을 확보하여야 한다.

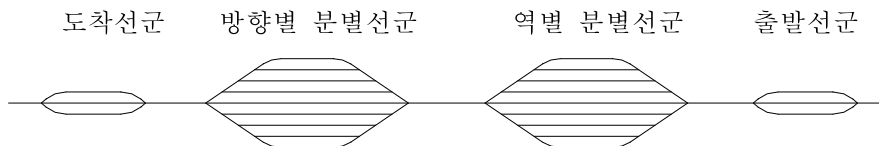
13.6.3 화물기지

(1) 화물기지의 배치

- ① 화차기지는 화물취급을 주기능으로 하는 시설로서 화물이 집중되는 대도시, 산업공단과 같은 물류거점 지역에 설치한다.
- ② 화물열차의 효율적인 운영을 위하여 가급적 대도시 및 시점 및 종점 정거장에 근접되고, 기지의 시점 및 종점에서는 본선으로 직통운행이 가능하게 설치한다.
- ③ 화물의 집하와 분산이 쉽도록 주변의 기존 도로망과의 연계성이 우수하여야 한다.

(2) 화차기지의 선군

- ① 화물기지는 화물취급과 화물열차의 유치, 입환 및 조성, 정비 및 검수 기능을 할 수 있게 선군별로 계획한다.
- ② 기지는 평면기지, 중력기지, 험프기지의 종류로 구분하며, 도착선군 방향별 및 역별선군, 출발선군의 3개선 군으로 계획한다.
- ③ 취급규모에 따라 도착과 출발선군, 방향별 및 역별선군과 분별선군을 겸용 할 수 도 있다.



<그림 13.9> 작업별 선군

- ④ 유치선, 예비차 유치선, 중계 소화물 취급선 검사 및 수선선, 제동시험

선, 기관차 기회 및 대기선, 화물적하선, 계중대선으로 구분하여 배선한다.

(3) 도착선군 및 출발선군

① 유효장은 본선에서 적용하고 있는 표준유효장 이상을 확보토록 한다.

② 도착선의 배선

가. 도착선의 유효장은 최대열차장보다 20m이상 여유 있게 하며, 분별선과 같이 조차선군으로 신속히 전선할 수 있게 계획한다.

나. 도착선군과 조차선군과 같이 관련 있는 선군을 집중화시켜 계획한다.

다. 인상선은 도착선군 및 조차선군과 같은 동일측으로 계획하며 기관사 및 구내원이 작업상태를 쉽게 볼 수 있도록 계획한다.

라. 도착선군은 기관차의 해결 및 연결에 따른 기관차 기회선을 두어야 하고, 도착열차의 점검업무를 감안하여 선로중심 간격을 4.3m이상으로 하며 전주 등 지장물이 있는 경우는 별도로 이격시켜야 한다.

③ 착발선의 선수는 열차 운행횟수를 기준으로 하여, 도착선은 종착열차 15개에 1선, 출발선은 출발열차 10개에 1선을 표준으로 하며, 통과열차가 많은 경우 별도 계획한다.

④ 열차 횟수만으로 산정하는 경우는 착발열차 및 종착열차 1선에 15개 열차 출발열차 1선에 10개 열차 단, 통과열차가 많을 때는 조정한다.

(4) 인상선 및 일시유치선

① 인상선은 구내투시가 양호하며, 조차선로를 확인해야함을 감안하여 가급적 직선 및 수평으로 계획한다.

② 인상선의 유효장은 본선유효장과 같게 하여야 하나, 부득이한 경우에는 본선유효장의 1/2이상으로 할 수 있다.

③ 임시 유치선은 방향별 조차를 고려하여 2~3선 확보한다.

(5) 검수설비

① 화차검수기지에는 검수고, 수선고, 세척선을 설치하고 작업장 기타를 부속시킨다.

② 차고내의 검사선고는 검사 후 운영을 위해 출고할 발생량 수에서 검사선 1선의 회전수로 나눈 값으로 하며 검사선 1선의 회전수는 2~4로 한다.

③ 차고내 선로의 중심간격 기타

가. 검사선 상호간	5m
나. 검사선 선로중심과 측벽주의 내측	4m
다. 검사선의 선로중심과 작업장 측벽	4.5m
라. 검사선, 수선선 상호간 - 리프팅 작키 설치개소	6m
검사선, 수선선 상호간 - 기타개소	5m
마. 수선선 상호간 - 리프팅 작키 설치개소	6m
수선선 상호간 - 기타개소	5m
바. 수선선 선로중심과 측벽주의 내측	4m
사. 수선선의 선로중심과 작업장측벽	4.5m

(6) 검사 펫트 등 기타시설

- ① 검사펫트의 깊이는 1.0m를 표준으로 하며, H형보로 지지하도록 하고 레일면은 건물바닥과 동일 수평 상에 있도록 한다.
- ② 기타 구내에는 자동차용 통로와 직원 및 물품운반통로를 설치하고 구내 배수, 특히 검사장내 배수는 양호하게 하고 필요에 따라 배수펌프를 설치한다.

13.6.4 전동차기지

(1) 전동차기지 계획의 일반사항

- ① 전동차 기지는 시점 또는 종점역에 근접 배치하여, 입출고동선을 최대한 짧게 한다.
- ② 전동차 기지는 고정편성의 전동차를 검수 및 정비 할 수 있게 입고→세척→검사(정비)→유치 →출발하는 기능을 효과적으로 수행할 수 있도록 계획한다.
- ③ 전동차기지내에서는 임시검사, 정비시설을 제외하고는 분리를 하지 않는 특성을 감안하여 모든 작업이 편성단위로 작업하도록 계획한다.
- ④ 해당노선의 차량 총 소요편성수와 편성량수는 열차 운영계획에 따라 정하며 전동차기지에 유치할 편성수는 총 편성수에서 정거장에서 주박하는 기지외 주박을 제외한다. 검사 및 정비설비는 총 편성수에 따라 계획한다.
- ⑤ 전동차기지내에 경수선공장(검사고) 및 중수선공장(정비고)에 소요되는

선로수 및 면적은 검사 및 정비계획, 검사 편성수 및 정비 편성수에 따라 검수분야로부터 자료를 제공받아 결정한다.

- ⑥ 검수고내에는 전차선로 가압에 따른 안전사고 예방을 위하여 안전설비를 설치하여야 한다.

(2) 전동차기지의 배선

- ① 입고→청소(세척대선)→유치(검사대기)→검사→유치→출고로 운영되는 전동차기지의 기능효율성을 제고하도록 배선한다.
- ② 입고→청소(세척대선)→유치(검사대기)→검사로 이어지는 기본 동선은 가능한 직통식(관통식)이 되도록 배선한다.
- ③ 유치선의 최소유효장은 열차장+10m(여유길이)이상으로 한다.
- ④ 경수선공장, 중수선공장, 전삭고, 기취고, 세척대와 같은 검수시설은 업의 효율화를 위하여 집중배치 되도록 배선한다.
- ⑤ 검수업무에 경합요인을 완전 배제토록 하며, 타 분야와의 연계성을 유지하도록 계획한다.
- ⑥ 세척기는 차량기지 전방에 배치하여 입고와 동시에 차체외부 세척이 가능토록 하며, 세척기 전방에는 1개 열차장 이상 구간을 3‰이내 기울기로 계획하며, 세척기 전방 및 후방은 1차량길이 이상의 직선구간을 확보토록 한다.
- ⑦ 유치선은 1개선에 1편성으로 계획한다. 단 1개선에 2편성을 유치 시는 열차간 거리 30m이상을 유지토록 계획한다.

⑧ 선로중심간격

- 가. 일상검사선간 6.0m이상, 정기검사선간 7.0m이상
- 나. 임시 검사선 8.0m이상(리프트작키 설치공간 감안)
- 다. 중수선 공장내 선로(입창선, 출창선, 예비선 간) 8.0m이상
- 라. 경수선공장, 세척선과 차고외선과의 간격 3.0m이상
- 마. 검사선과 경수선공장 측벽간 3.5m이상

⑨ 시험선

- 가. 시험선은 신규반입, 정비, 수선한 열차의 기본성능을 확인 할 수 있는 연장을 확보토록 계획한다.
- 나. 시험선은 직접 연관되는 경수선 공장 및 중수선공장과 인접하게 배

치 동선거리의 최소화로 입환 효율성을 제고하고 타 작업에 지장이 최소화되도록 배치한다.

- ⑩ 차륜 전삭고선은 전삭고 전후에 1개 편성 이상을 유치토록 계획한다.
- ⑪ 부지여건이 가능시 차륜 및 팬터그래프의 편마모를 방지하기 위한 루프(Loop)선 또는 삼각선을 계획한다.

13.6.5 고속철도 차량기지

(1) 고속철도차량기지 계획의 일반사항

- ① 차량기지는 시·종점역에 근접 배치하여 입·출고동선을 최대한 짧게 한다.
- ② 차량기지의 부지는 차량의 검사 및 정비, 유치 업무를 일관작업으로 할 수 있게 장방형의 부지를 선정하여야 하며, 장래 확장을 감안한다.
- ③ 차량기지는 고정편성의 고속차량을 검사 및 정비하기 위하여 입고 중 차륜검사→외부세척→내부청소→검사(필요시 대차교환, 정비)→유치→출발하는 기능을 효과적으로 수행 할 수 있도록 계획한다.
- ④ 차량기지내 설비는 대차교환, 검사 및 정비 작업 이외는 차량을 분리하지 않으므로 모든 작업을 차량편성단위로 할 수 있게 계획한다.
- ⑤ 차량기지의 소요용량과 규모는 열차 운영계획상의 총 편성수와 총 차량수에 따라 계획한다.
- ⑥ 차량기지의 경수선 및 중수선 공장의 면적과 소요선로수는 검수 및 건축 분야의 검토자료에 따라 결정한다.
- ⑦ 경수선 공장내에는 전차선로 가압에 따른 안전사고 예방을 위하여 안전설비를 설치한다.
- ⑧ 차량기지의 냉·난방, 수도, 전기, 가스와의 공급설비는 공동구를 설치하여 집중 배치한다.

(2) 고속철도 차량기지 시설물 배치계획

- ① 검수고, 전삭고, 자동세척고, 차륜검사고, 도착검사고는 차량 입·출고의 용이성과 검수체계를 고려하여 배치한다.
- ② 도착검사고는 기지운영에 효율성을 제고하기 위하여 착발선군에 배치한다.
- ③ 승무 및 기지관리사무소는 차량기지 업무의 작업동선과 시설배치와 연계하여 접근성이 유리하게 배치한다.

- ④ 오수 및 폐수처리시설은 발생시설 부근에 배치하여 운영의 효율성을 제고한다.

(3) 고속철도 차량기지의 배선

- ① 입고→차륜검사→외부세척 및 내부청소→대차교환(필요시)→유치(내부 청소 및 소독)→출고로 운영되는 고속철도 차량기지 작업흐름의 기능 효율성을 제고하도록 배선한다.
- ② 유치선의 최소유효장은 열차장+20m(여유길이)로 한다.
- ③ 경수선공장, 중수선공장과 같은 중요 검수시설은 작업의 효율화를 위하여 집중배치 되도록 배선한다.
- ④ 검수업무에 경합요인을 완전 배제토록 하며, 타 분야와의 연계성을 유지하도록 계획한다.
- ⑤ 차량기지내 열차흐름과 각 시설물 배치가 합리적으로 될 수 있도록 계획한다.
- ⑥ 차량기지내 작업효율성 제고를 위하여 가능하면 관통식 배선으로 계획한다.
- ⑦ 전삭고 전방 및 후방에는 1편성이상의 유효장을 확보토록 계획하여 차륜 전삭시 타 열차 운영에 지장이 없도록 계획한다.
- ⑧ 열차가 정차한 상태에서 세척기가 이동하는 방식의 경우에는 세척시 차량입환에 지장이 없도록 세척고 전후에 여유거리를 확보토록 해야 한다. 고정식 세척설비는 차량기지에 입고와 동시에 차체외부 세척이 가능토록 배치하며, 전·후방에 열차길이의 1/2이상 구간을 1‰이내 기울기로 계획하고, 세척기 전방 및 후방에는 1차량길이 이상의 직선구간을 확보토록 한다.
- ⑨ 선로중심간격
 - 가. 유치선 : 4.3m이상
 - 나. 착발선 : 4.5m이상
 - 다. 전차선주 건식 : 6.0m이상
 - 라. 검수고내 : 6.0m이상

13.6.6 기관차기지

- (1) 차고내 선로의 용량

-
- ① 차륜적입선 1선
 - ② 월간검사선은 월간검사시행 일수가 25일 넘는 경우 N/25량분
 - ③ 급유작업 검사선은 1시간 최대 급유작업 검사량수 4량에 대하여 1량분
 - ④ 유치선은 배치량수의 5%로 한다.
 - ⑤ 난방차선은 배치 난방차 전부를 수용한다.
 - ⑥ 정비선 차고 및 정기검사고의 선로중심간격은 6.0m이상으로 한다.
 - ⑦ 월간검사선 및 유치선은 양쪽으로 진출입이 가능하도록 한다.
- (2) 차고내 선로중심간격 및 기타
- ① 수선선간 선로간격 8.0m
단, 기관차기지의 기관차가 30량 이하의 경우는 6.5m로 한다. 같은 차고에서 3선을 설치하는 경우 선로중심간격은 8m, 6.5m로 한다.
 - ② 수선선과 차륜보관선 4.0m
 - ③ 선로중심과 측벽 또는 기둥의 내측면 4.0m
단, 1동의 차고에 수선선만 설치하는 경우는 편측을 6.0m로 한다.
 - ④ 월간검사선 급유작업(서서하는 일) 검사선 상호 5.0m
 - ⑤ 월간검사선 급유작업검사선과 측벽내측 4.0m
 - ⑥ 수용선 상호 4.5m
단 선로 사이에 기둥이 있는 경우는 5.0m
 - ⑦ 수용선과 측벽내측 3.5m
- (3) 기관차 차고 부속설비
- ① 검사핏트
 - 가. 트라프 핏트
 - ㉠ 트라프 핏트는 수선선에 설치한다.
 - ㉡ 핏트의 폭과 길이 : 폭 3.6m, 길이 6.35m
 - ㉢ 핏트의 깊이 : 2.20m
 - ㉣ 트라프 핏트의 중심은 차고입구에서 : 5.5m
 - ㉤ 선로중심에서 트라프 핏트 연단까지 : 1.2m
 - 나. 월간검사고
 - ㉦ 검사핏트의 깊이는 1m로 하고 차고 길이방향 양단의 여유 2.5m를 제외한 전장에 걸쳐 설치한다.
-

㉞ 궤도는 H형 빔과 기둥으로 지지하고 궤도 밑은 내측핏트 측면 핏트 간을 통행할 수 있는 구조로 한다.

② 차고 외 선로

가. 기관차 구내배선은 일방통행을 기준으로 하고 입환 할 때에는 본선로와 역구내에 지장이 없도록 배선한다.

나. 차고 외에 별도로 기회선을 설치한다.

다. 기관차 기지의 여건에 따라 인상선 및 도착선을 설치한다.

③ 차고 외 유치선

가. 차고 외 유치선은 출고 대기선을 포함하는 것으로 하고 입출고선에서 직접 진출입할 수 있는 배선으로 한다.

나. 차고 외 유치선은 양쪽 출입선을 기준으로 하고 1선의 수용력은 4량 이내로 한다.

다. 창고에는 창고선을 부설하고 필요에 따라 적하설비를 한다.

라. 기관차 기지에서는 연장 500m이상의 시운전선 1선을 설치한다.

마. 차고 외 선로의 중심간격은 4m로 한다. 단, 선로의 중간에 전주와 같이 지장물이 있는 경우 및 측구를 설치하는 장소는 별도로 고려한다.

13.6.7 디젤동차 기지

디젤동차의 경우는 최대 4량/편성으로 소규모로 운행되고 있는 점을 감안 별도의 디젤동차 전용기지가 아닌 기관차 기지에서의 정비, 검수 업무도 가능토록 계획한다.

(1) 차고내 선로의 용량

차고내 선로용량은 수선선, 월상검사선 등 기능에 따라서 정한다.

(2) 검사선

① 검사

가. 세척선은 1일 세척 3량 또는 3편성에 대하여 1량분 또는 1편성분으로 계획한다.

나. 월간검사선, 조업검사선, 세척선의 수용능력을 포함 체박량 수에 맞도록 계획한다.

② 차고와 인접한 선로의 이격거리

차고벽면과 인접한 선로중심과의 간격은 3m이상으로 한다.

③ 검사고선의 출입

월간검사선, 작업검사선 및 유치선은 양쪽출입으로 하고 특별한 경우를 제외하고는 1선의 길이는 4~2량/편성 이내로 한다.

④ 차고부속설비

가. 수선차고의 검사핏트는 깊이 1m, 폭 850mm로 하고 차량양단의 여유 2m를 제외한 차고 전장에 걸쳐 설치한다.

나. 월간검사고의 검사핏트는 궤도내 핏트와 측면 핏트로 나누고 궤도아래는 1량에 대하여 2개소의 궤도내 핏트와 측면핏트 간을 통행 할 수 있는 구조로 한다.

다. 깊이는 내 핏트를 1m, 측면 핏트를 600mm로 하고, 차고양단의 여유 2.0m를 제외한 차고전장에 걸쳐 설치한다.

라. 검사선의 중심에서 측면 핏트 측벽까지의 거리는 1.5m로 한다.

⑤ 작업검사고

가. 검사핏트의 깊이는 1m, 폭은 850mm로 한다.

⑥ 세척설비

가. 세척선의 길이는 최대 열차편성길이에 10.0m의 여유를 확보하며, 세차대 길이는 1량당 20.0m로 하되, 양쪽 끝에 6.0m의 여유길이를 확보한다.

나. 급수 밸브는 필요에 따라 10m마다 설치한다.

다. 세척대의 세척선은 콘크리트도상으로 하고, 도상면에는 적당한 기울기를 붙여 배수구를 설치한다.

라. 필요에 따라 쓰레기 소각장을 설비할 경우는 세척선과 소각로 사이에 쓰레기 운반용 포장도로를 설치한다.

⑦ 급수설비

가. 양수기는 상수도와 공업용수(중수도)의 소요판단을 하여 이에 따라 정한다.

나. 디젤동차 세척용수 : 0.5m³/량

다. 수조가 장착된 디젤동차의 급수 : 0.5m³/량

라. 기관냉각용수 : 0.5m³/량

마. 기타 잡용수를 적당히 고려한다.

바. 저수조의 용량은 1일 사용량의 약 1/4로 하고 각 시설에 필요한량을 얻도록 설비한다.

⑧ 차고외 선로

가. 디젤동차기지 구내배선은 1방향 동선체계로 하고, 입환 할 때는 본선 또는 역구내에 지장 되지 않도록 배선한다.

나. 입출고선은 다른 작업에 지장없이 입출고 할 수 있는 배선으로 하고 상황에 따라 도착선 및 인상선을 설치한다.

다. 급유선은 입출고선에 직접 연결할 수 있는 배선으로 한다.

라. 급유선에는 매 1량분마다 급유구를 설치한다.

마. 수용선 및 조성선

㉠ 수용선은 입출고선에 직접 연결할 수 있는 배선으로 한다.

㉡ 수용선은 양쪽 입출고선으로 하고, 1선의 수용력은 4량 이내 또는 2편성 이내로 한다.

㉢ 수용선에는 필요에 따라 급수전, 급유전을 설치한다.

㉣ 수용선의 용량은 차고선 및 세척선을 포함하여 최대 체박량수를 수용할 수 있도록 하고, 필요에 따라 약간의 조성선을 설치한다.

⑨ 기타선로

가. 창고에는 창고선을 부설하고 필요에 따라 적하시설을 한다.

나. 연료유에 부속시켜 탱크차선을 설치하고 필요에 따라 적하설비를 설치한다.

⑩ 선로간격

차고 외 선로중심간격은 4.3m로 하고 선로의 중간에 전주, 하수구, 기타의 지장물이 있는 경우의 간격은 별도로 고려한다.

◇ 집 필 위 원 ◇

분 야	성 명	소 속 · 직 위	E-mail
사업책임자	유 호식	(주)유신 부회장	y12056@yooshin.co.kr
총괄간사	황 선근	한국철도기술연구원 책임연구원	skhwang@krri.re.kr
철도분야간사	김 동희	(주)도화엔지니어링 부회장	kimdh@dohwa.co.kr
구조분야간사	박 성국	수성엔지니어링 부사장	skpark@soosungeng.com
제1장 총칙, 제2장 철도계획	김 동희	(주)도화엔지니어링 부회장	kimdh@dohwa.co.kr
	박 재홍	(주)제일엔지니어링 부사장	jhpark@cheileng.com
	유 호식	(주)유신 부회장	y12056@yooshin.co.kr
	최 석운	(주)도화엔지니어링 부사장	Swchoi@dohwa.co.kr
제3장 측량 및 지반조사	강 휴택	(주)동부엔지니어링 전무	htkang@dbeng.co.kr
	고 태훈	한국철도기술연구원 선임연구원	thkoh@krri.re.kr
	김 기석	(주)희송지오택 대표이사	kskim@hsgeo.co.kr
	김 홍택	홍익대학교 교수	htaek@hongik.ac.kr
	남 순성	(주)이제이텍 회장	ssnam@ejtech.net
	백 세환	도화지질 대표이사	jeffb@dohwageo.co.kr
	이 우진	고려대학교 교수	woojin@korea.ac.kr
	이 창경	군산대학교 교수	leeck@kunsan.ac.kr
제4장 흙구조물	구 기욱	(주)선진엔지니어링 부사장	gwkoo@krtc.co.kr
	구 옹희	(주)서영엔지니어링 부사장	guandrea@paran.com
	이 성진	한국철도기술연구원 선임연구원	geolsj@krri.re.kr
	이 승래	KAIST 교수	seungrae@kaist.ac.kr
	채 영수	수원대학교 교수	yschae@suwon.ac.kr
	최 찬용	한국철도기술연구원 선임연구원	cychoi@krri.re.kr
	황 선근	한국철도기술연구원 책임연구원	skhwang@krri.re.kr
제5장 구교 및 배수시설	김 남훈	(주)서영엔지니어링 상무	nhk@seoyeong.co.kr
	유 양규	태평이앤씨 대표이사	ryuygu@chol.com
	임 영수	(주)서영엔지니어링 전무	limys@seoyeong.co.kr

분 야	성 명	소 속 · 직 위	E-mail
제6장 흙막이 구조물	김 경모	보강기술(주) 연구소장	kgmong@hotmail.com
	김 학문	단국대학교 교수	khm1028@dankook.ac.kr
	박 종면	(주)지승컨설팅 대표이사	pjmaaaa@naver.com
	이 봉렬	(주)시지이엔씨 전무	tojo@unitel.co.kr
	장 찬수	(주)지오그룹이엔지 회장	yesdot@hanmail.net
제7장 지하구조물	성 근열	(주)케이알티씨 상무	concrete21@nate.com
	유 제남	(주)도화엔지니어링 부사장	stryoo@empal.com
제8장 교량 일반사항	김 성일	한국철도기술연구원 선임연구원	sikim@krri.re.kr
	박 홍기	(주)태조엔지니어링 부회장	hongkpark@hanmail.net
	백 인열	경원대학교 교수	pinyeol@kyungwon.ac.kr
	손 혁수	GS건설(주) 과장	hsson@gsconst.co.kr
	신 수봉	인하대학교 교수	sbshin@inha.ac.kr
	신 현목	성균관대학교 교수	hmshin@skku.ac.kr
	이 도형	배재대학교 교수	dohlee@pcu.ac.kr
	이 재훈	영남대학교 교수	jholee@yu.ac.kr
	정 영수	중앙대학교 교수	chung47@cau.ac.kr
	정 해문	한국도로공사 수석연구원	haimoon@ex.co.kr
	주 환중	(주)교량과고속철도 대표이사	joohj@ibrec.com
	황 의승	경희대학교 교수	eshwang@khu.ac.kr
제9장 강교 및 강합성교	김 선원	BNSE 엔지니어링 대표이사	swkim@bnse.co.kr
	김 우종	(주)DM엔지니어링 대표이사	wjkim@dm-eng.com
	박 영석	명지대학교 교수	pys@mju.ac.kr
	배 두병	국민대학교 교수	dbbae@kookmin.ac.kr
	정 경섭	충북대학교 교수	ksjung@chungbuk.ac.kr
	조 재병	경기대학교 교수	joj@kyomggi.ac.kr
	주 환중	(주)교량과고속철도 대표이사	joohj@ibrec.com
	최 동호	한양대학교 교수	samga@hanyang.ac.kr
	황 원섭	인하대학교 교수	hws@inha.ac.kr

분 야	성 명	소속 · 직위	E-mail
제10장 콘크리트교	김 기두	건국대학교 교수	kimkd@konkuk.ac.kr
	김 병석	한국건설기술연구원 연구위원	bskim@kict.re.kr
	김 상철	한서대학교 교수	schkim@hanseo.ac.kr
	김 우	전남대학교 교수	wkkim@chonnam.ac.kr
	방 윤석	(주)동부엔지니어링 전무이사	ysbahng@dbeng.co.rk
	변 윤주	(주)동호 부사장	yjbyun@dongho.co.kr
	서 석구	(주)서영엔지니어링 부사장	sksuh@seoyeong.co.kr
	심 종성	한양대학교 교수	jssim@hanyang.ac.kr
	정 철현	단국대학교 교수	chchung5@dankook.ac.kr
제11장 교량하부 및 기초	정 휘석	(주)유신 부사장	jhsuk@yooshin.co.kr
	김 범주	동국대학교 교수	bkim1@dongguk.edu
	김 은겸	서울과학기술대학교 교수	ke6507@snut.ac.kr
	김 형목	(주)대한콘설탄트 전무이사	hrkim51010@hanmail.net
	남 현우	(주)서영엔지니어링 전무	hwnam@seoyeong.co.kr
	손 혁수	GS건설(주) 과장	hsson@gsconst.co.kr
	오 명석	(주)서영엔지니어링 전무	msoh@seoyeong.co.kr
	이 도형	배재대학교 교수	dohlee@pcu.ac.kr
	이 수형	한국철도기술연구원 선임연구원	geoxlee@krri.re.kr
	이 원제	로드테스트코리아 대표이사	geo2001@empal.com
	이 장덕	(주)파일테크 전무	ctyii@hanmail.net
	이 재환	(주)서영엔지니어링 부장	pileejh@seoyeong.co.kr
	정 상섭	연세대학교 교수	soj9081@yonsei.ac.kr
	조 천환	삼성건설 지반마스타	dunwhancho@samsung.com
제12장 터널	김 승렬	(주)에스코컨설턴트 대표이사	srkim@escoeng.com
	문 상조	(주)유신 부사장	y12389@yooshin.co.kr
	박 광준	(주)대정컨설턴트 대표이사	khoon@djenc.co.kr
	박 인준	한서대학교 교수	geotech@hanseo.ac.kr
	서 상진	상진기술엔지니어링(주) 대표이사	sje@sjenc.com

분 야	성 명	소속 · 직위	E-mail
제12장 터널	신 희순	한국지질자원연구원 책임연구원	shinhs@kigam.re.kr
	유 광호	수원대학교 교수	khyou@suwon.ac.kr
	유 지오	신홍대학 교수	jolew@hananet.net
	이 준석	한국철도기술연구원 책임연구원	jslee@krri.re.kr
	전 석원	서울대학교 교수	sjeon@snu.ac.kr
	정 경환	동아지질 대표이사	ghjeong@dage.co.kr
	황 제돈	(주)에스코컨설팅 사장	hwangjd@escoeng.com
제13장 정거장	이 덕영	(주)유신 부사장	dylee53@empal.com
	김 충익	(주)R.T.Korea 사장	sseng00@yahoo.co.kr
	박 종복	(주)유신 상무	y10491@yooshin.co.kr

◇ 장 별 집 필 위 원 ◇

분 야	집 필 위 원	분 야	집 필 위 원
제1장 총칙	김동희	제9장 강교 및 강합성교	박영석
1.1 적용범위	최석운	9.1 일반사항	박영석
1.2 관련법규 및 기준	최석운	9.2 재료	박영석 배두병
1.3 용어의 정의	최석운	9.3 설계일반	정경섭 조재병 김선원
제2장 철도계획	김동희	9.4 허용응력	배두병 조재병
2.1 철도건설 및 개량계획	김동희	9.5 부재에 관한 일반사항	조재병 최동호
2.2 타당성조사(학술분야)	유호식	9.6 판요소의 폭-두께비와 보강재	배두병 최동호
2.3 노반계획 일반사항	김동희	9.7 바닥틀과 바닥판	정경섭 주환중
2.4 설계일반사항	김동희	9.8 연결	정경섭 조재병
2.5 사업시행 환경조사	박재홍	9.9 브레이싱 및 다이아프램	주환중
2.6 설계의 단계별 업무구분	유호식	9.10 플레이트거더	최동호 김우중 김선원
제3장 측량 및 지반조사	김홍택	9.11 합성거더교	배두병 김우중
3.1 일반사항	이우진 김기석 이창경	9.12 트러스	주환중
3.2 선로측량	김기석 남순성 강휴택	9.13 아치	김우중 김선원
3.3 지반조사	백세환 고태훈	9.14 라멘구조	황원섭 김선원
제4장 흙구조물	채영수	9.15 인성요구조건	박영석 배두병
4.1 일반사항	이성진	제10장 콘크리트교	심중성
4.2 설계일반	구용희	10.1 일반사항	심중성 서석구
4.3 쌓기	황선근 최찬용	10.2 재료	심중성 서석구
4.4 깎기	이승래	10.3 설계일반	심중성 서석구
4.5 연약지반	채영수	10.4 철근상세	김기두 변윤주
4.6 본선부속	구기욱	10.5 철근의 정착 및 이음	김우 정휘석
제5장 구교 및 보수시설	임영수	10.6 강도설계법	심중성 서석구
5.1 구교	임영수 김남훈	10.7 프리스트레스트 콘크리트	정철현 김병석
5.2 보수시설	유양구	10.8 슬래브	김상철 방윤석
제6장 흙막이 구조물	김학문	10.9 벽체	김상철 방윤석
6.1 일반사항	김학문 이봉렬	10.10 바닥판	정철현 김병석
6.2 조사	김학문 이봉렬	10.11 슬래브교	김상철 방윤석
6.3 계획	김학문 이봉렬	10.12 T형교	정철현 김병석
6.4 설계일반	김학문 이봉렬	10.13 연속형교	정철현 김병석
6.5 옹벽, 흙막이벽 및 비탈면 보호벽	박종면 이봉렬	10.14 라멘교	김우 정휘석
6.6 보강토옹벽	김경모	10.15 박스거더교	정철현 김병석
6.7 가시설 구조물설계	장찬수 이봉렬	10.16 아치교	김기두 변윤주
제7장 지하구조물	유제남	10.17 허용응력설계법	김기두 변윤주
7.1 일반사항	유제남 성근열	제11장 교량하부 및 기초	김은겸 조천환
7.2 설계방향	유제남 성근열	11.1 총칙	김은겸
7.3 구조물 설계	유제남 성근열	11.2 조사 및 계획	김은겸 이재환
7.4 내진설계	유제남 성근열	11.3 부재 설계일반	김형목
제8장 교량 일반사항	신현목	11.4 교대, 교각 및 확대기초 설계	오명석 손혁수
8.1 일반사항	박흥기	11.5 기초설계의 기본사항	정상섭
8.2 하중	주환중 김성일	11.6 얕은기초의 지반공학적인 설계	이수형 이장덕
8.3 설계방법 및 하중조합	황의승 백인열	11.7 깊은기초의 지반공학적인 설계	이원제 김범주
8.4 사용재료	신수봉	11.8 깊은기초의구조공학적 설계	남현우
8.5 사용성 및 내구성	신현목 정해문		김형목 이도형
8.6 운행을 위한 한계조건	김성일		
8.7 받침부 및 부속설비	신현목		
8.8 내진설계	정영수 이재훈 손혁수		
부록 I. 철근콘크리트 기둥의 연성도 내진설계	이도형 이재훈 손혁수		

분 야	집 필 위 원
제12장 터널	김승렬
12.1 총칙	김승렬
12.2 계획	김승렬
12.3 설계일반	김승렬
12.4 조사	신희순
12.5 터널지보재	문상조
12.6 콘크리트라이닝	이준석
12.7 터널안정해석	박인준 이준석
12.8 배수 및 방수	유광호
12.9 굴착 및 계측	박광준
12.10 갱구부	박광준
12.11 단면확폭부 및 접속부	황제돈
12.12 연직갱 및 경사갱	전석원
12.13 TBM터널	정경환 전석원
12.14 환기, 조명설비	유지오 서상진
12.15 방재설비	유지오 황제돈
12.16 내진설계	박인준
12.17 개착터널	황제돈
제13장 정거장	이덕영
3.1 총칙	이덕영
13.2 정거장계획	이덕영 김충익
13.3 정거장의 배선	이덕영
13.4 여객설비	이덕영
13.5 화물설비	이덕영
13.6 차량기지	이덕영 박종복

◇ 철도설계기준 자문위원 ◇

분 야	성 명	소 속 · 직 위
제1장 총칙, 제2장 철도계획	강 기 동	삼성물산 고문
	서 상 교	경기도청 녹색철도국장
	신 동 수	신성엔지니어링 부사장
	이 동 훈	동명기술공단 부회장
제3장 측량 및 지반조사	이 봉 직	충주대학교 교수
	정 충 기	서울대학교 교수
	한 춘 득	(주)한국해양과학기술 상무
제4장 흙구조물	남 열 우	(주)신성엔지니어링 부사장
	박 용 원	명지대학교 교수
제5장 구교 및 배수시설, 제7장 지하구조물	백 영 현	청석엔지니어링 사장
	정 찬 목	우송대학교 교수
	한 경 달	(주)유신 상무
제6장 흙막이 구조물	이 중 규	단국대학교 명예교수
	천 병 식	한양대학교 교수
제8장 교량 일반사항	손 회 중	(주)도화엔지니어링 부사장
	정 천 양	신성엔지니어링 사장
	조 선 규	서울과학기술대학교 교수
제9장 강교 및 강합성교	신 경 철	(주)서영엔지니어링 부사장
	이 성 철	동국대학교 교수
	이 학 은	고려대학교 교수
제10장 콘크리트교	변 형 균	(주)bns엔지니어링 전무
	안 주 옥	경희대학교 교수
	이 선 구	(주)동부엔지니어링 전무
제11장 교량하부 및 기초(기초분야)	이 상 덕	아주대학교 교수
	홍 성 완	(주)에스코컨설팅 고문
제11장 교량하부 및 기초(구조분야)	박 명 식	동부엔지니어링 부사장
	정 경 희	철도전문대학교 교수
제12장 터널	안 상 로	한국시설안전공단 실장
	이 인 모	고려대학교 교수
	정 형 식	용마엔지니어링 고문
제13장 정거장	김 관 형	한국철도공사 천안시설사업소장
	신 동 수	신성엔지니어링 부사장
	이 동 훈	동명기술공단 부회장
전 체 장	구 재 동	한국건설기술연구원 연구위원

◇ 중앙건설기술 심의위원 ◇

분 야	성 명	소 속 · 직 위
철 도	강 보 순	배재대학교 교수
	권 순 섭	남광토건주식회사 본부장
	나 상 주	(주)서현기술단 전무이사
	배 용 득	(주)동명기술공단 사장
토목구조	조 충 영	평화엔지니어링 부사장
토목시공	권 석 현	(주)도명이앤씨 대표이사
토질 및 터널	지 왕 룰	태조엔지니어링 부사장
전기전력	이 기 식	단국대학교 교수
통신전자제어	이 종 우	서울과학기술대학교 교수

◇ 국토해양부 담당관 ◇

성 명	직 위
권 석 창	간선철도과장
이 인 식	공업사무관
천 홍 식	시설주사

◇ 한국철도시설공단 담당 ◇

성 명	직 위
김 병 호	설계기술실장
이 현 정	기준심사처장
정 한 욱	노반궤도부장
김 영 인	기준담당

국토해양부 제정

철도설계기준(노반편)

2011년 05월 제정

관 리 주 체 한국철도시설공단
대전시 동구 중앙로 242
TEL. 1588-7270
FAX. 042-607-3629
www.krnetwork.or.kr

비매품 무단복제 절대금함

정부간행물 발간등록번호 : 11-B551219-000015-14

ISBN 978-89-954002-5-8 93500

비매품



9 788995 400258

ISBN 978-89-954002-5-8