

42000-58823-67-9813

터 널 표 준 시 방 서

1999.

대 한 터 널 협 회	
주 소 88.1	집수번호
발행일	DM 012103
분류기호	624.023

사 단 법 인 대 한 터 널 협 회

발 간 사

정부의 건설기준 정비계획에 따라 터널표준시방서의 체계를 터널설계 기준과 터널표준시방서를 분리 개편, 보완하게 되어 우리협회가 정부보조금을 지원받아 개정작업을 수행하였습니다

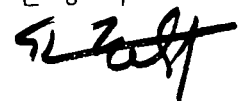
이 터널표준시방서는 터널공사의 일반적인 표준을 규정하였으므로 전문시방서와 공사시방서는 당해공사의 특성을 고려 현장조건에 적합한 시공기준과 품질관리기준을 보완하여 적용하도록 발전시켜야 할 것입니다

이 시방서의 개정작업은 제한된 연구기간과 부족한 자료 등 어려운 여건에서 최선을 다하였으나, 시방서 내용이 일부 부족한 부분이 있더라도 사용자 여러분들께서 잘 이해하여 주시고 많은 의견을 주시면 계속 보완, 개선하겠습니다

이 시방서 개정 작업을 지원해 주신 건설교통부의 관계 공무원과 중앙건설기술심의위원회의 심의위원님, 이 분야의 전문가인 자문위원님, 그리고 개정작업을 주관한 우리협회의 정형식 교수님과 집필진 여러분에게 진심으로 감사를 드리며 이 시방서가 우리나라 터널 기술발전에 기여하기를 바랍니다

1999년 4월

사단법인 대한터널협회 회장 신 종 서



시방서 개정에 따른 경과조치

이 터널표준시방서 발간시점에서 이미 시행중에 있는 설계
용역이나 건설공사에 대하여는 발주기관의 장이 필요하
다고 인정하는 경우 종전에 적용하고 있는 기준을 그대로 사
용할 수 있습니다.

목 차

제 1 장 총 칙	1
-----------------	---

1-1 일반사항 .	1
1.1 지방서의 적용범위 .	1
1.2 참조 관계법규 .	1
1.3 용어의 정의 .	2

1-2 안전관리 및 환경관리	7
1. 일반사항 .	7
1.1 안전위생 및 시공설비 ..	7
1.2 조명	7
1.3 환기	8
1.4 배수	8
1.5 통로 ..	9
1.6 안전점검 .	9
1.7 노동위생 .	10
1.8 화재	10
1.9 폭발 .	10
1.10 긴급시의 조치	11
1.11 시공중 환경보전 ..	11

제 2 장 시공계획 .	13
--------------	----

2-1 시공계획 수립 ...	13
1. 일반사항	13
1.1 시공계획 작성 원칙 .	13
1.2 공구분할 계획 .	13

13 시공 계획	13
14 공정계획	14
15 작업장 계획	14
16 공사용 설비계획	14
17 사토장 계획	14
18 시공계획의 변경	15
2. 재료	15
3. 시공	15
 제 3 장 조사 및 측량	 16
 3-1 조사	 16
3-1-1 조사계획 일반	16
1. 일반사항	16
11 조사의 원칙	16
12 조사의 구분	16
2. 재료	16
3. 시공	17
 3-1-2 입지환경조사	 17
1. 일반사항	17
1.1 지형조사	17
1.2 환경조사	17
1.3 지장물 조사	18
1.4 사토장 조사	18
1.5 공사용 설비조사	18
1.6 보상조사	19
2. 재료	19
3. 시공	19
 3-1-3 지반조사	 20
1. 일반사항	20
1.1 지반 조사의 원칙	20

1.2 기존자료 조사	20
1.3 현장답사	21
1.4 지표지질 조사	21
1.5 터널내 조사	22
1.6 시험터널 조사	23
2. 재료	24
3. 시공	24
 3-1-4 시험	 24
1. 일반사항	24
1.1 현장시험	24
1.2 실내시험	24
2. 재료	25
3. 시공	25
 3-2 측량	 25
3-2-1 터널 외부측량	25
1. 일반사항	25
1.1 참조규격	25
2. 재료	25
3. 시공	25
3.1 기준점	25
3.2 범위 및 축척	26
 3-2-2 터널 내부측량	 26
1. 일반사항	26
1.1 참조규격	26
2. 재료	26
3. 시공	26
3.1 기준점	26
3.2 측점	27
3.3 측점관리	27

제 4 장 터널의 굴착	28
4-1 굴착공법의 선정	28
1. 일반사항	28
1.1 굴착방법의 선정	28
1.2 굴착공법의 선정	28
1.3 여굴	29
2. 재료	29
3. 시공	29
4-2 기계굴착	30
1. 일반사항	30
1.1 기계굴착의 적용	30
1.2 굴착기계의 선정	30
2. 재료	30
3. 시공	30
3.1 기계의 운전	30
4-3 발파굴착	31
1. 일반사항	31
1.1 발파굴착의 일반	31
1.2 발파진동	32
2. 재료	33
3. 시공	33
3.1 화약 및 뇌관의 취급, 관리	33
3.2 천공	34
3.3 장약 및 뇌관 연결	34
3.4 발파시 경보 및 대피	35
3.5 뜯돌처리	35

4-4 터널내 운반	36
1. 일반사항	36
1.1 버력처리 일반	36
1.2 터널내 운반 일반	36
1.3 운반기기	36
1.4 부대설비	37
2. 재료	37
3. 시공	37
3.1 버력의 적재 및 운반	37
3.2 운전	37

제 5 장 터널 지보재 38

5-1 지보재 시공계획	38
1. 일반사항	38
1.1 터널지보재 시공시기	38
1.2 터널지보재 시공순서 결정	38
1.3 터널지보재 시공중 조치사항	38
2. 재료	38
3. 시공	39
5-2 강지보재	39
1. 일반사항	39
1.1 강지보재 일반	39
2. 재료	39
2.1 강지보재의 재질	39
2.2 강지보재의 형상과 제작	39
2.3 재료의 품질관리	40
3. 시공	40
3.1 강지보재의 설치	40
3.2 현장 품질관리	41

5-3	숏크리트	41
1.	일반사항	41
11	숏크리트 일반	41
2.	재료	42
21	숏크리트의 재질	42
22	숏크리트의 배합	42
23	재료의 품질관리	42
3.	시공	44
31	사전준비 및 처리	44
32	숏크리트 타설기계 및 타설방법	44
33	숏크리트 작업	44
34	분진 및 반발량 처리	45
35	현장 품질관리	45
5-4	록볼트	48
1.	일반사항	48
11	록볼트 일반	48
2.	재료	48
21	록볼트의 재료	48
22	록볼트의 정착형식	49
3.	시공	49
31	천공기계의 선정	49
32	천공 및 청소	49
33	정착재료 및 충전	49
34	록볼트 조이기	50
35	용수지역에서의 록볼트 시공	51
36	현장 품질관리	51
5-5	철망	53
1.	일반사항	53
11	철망의 일반	53
2.	재료	53
21	철망의 재질 및 규격	53

3. 시공	53
3.1 철망의 설치	53
3.2 철망의 품질관리	53
제 6 장 콘크리트 라이닝	55
6-1 콘크리트 라이닝 시공	55
1. 일반사항	55
1.1 콘크리트 라이닝 일반	55
1.2 콘크리트 라이닝의 시공시기	55
2. 재료	55
2.1 콘크리트의 배합 및 운반	55
3. 시공	56
3.1 콘크리트의 타설 및 양생	56
3.2 공극충전	57
3.3 콘크리트라이닝의 품질관리	57
6-2 철근조립	58
1. 일반사항	58
1.1 철근조립 일반	58
1.2 재료일반	58
2. 재료	58
3. 시공	58
3.1 철근의 가공 및 관리	58
3.2 철근조립	58
6-3 거푸집	59
1. 일반사항	59
1.1 거푸집의 일반	59
1.2 거푸집 제작	59
2. 재료	59
3. 시공	59
3.1 거푸집 설치 및 검사	59
3.2 거푸집 떼어내기	60

제 7 장 배수 및 방수	61
7-1 배수형식의 선정	61
1. 일반사항	61
1.1 배수 및 방수형식의 구분과 적용	61
2. 재료	61
3. 시공	61
7-2 배수	61
1. 일반사항	61
1.1 배수의 일반	61
2. 재료	62
2.1 부직포	62
2.2 배수관	62
3. 시공	62
3.1 시공중 배수시설	62
3.2 영구 배수시설	63
3.3 배수작업시의 시공관리	63
7-3 방수	64
1. 일반사항	64
1.1 방수의 일반	64
2. 재료	64
2.1 방수막의 재질	64
3. 시공	64
3.1 사전준비	64
3.2 방수막 부착	65
3.3 방수막 연결 및 보수	65
3.4 방수작업시의 시공관리	65

제 8 장 보조공법	66
8-1 보조공법 선정	66
1. 일반사항	66
1.1 보조공법의 적용조건	66
2. 재료	66
3. 시공	66
8-2 휘폴링(Forepoling)	66
1. 일반사항	66
1.1 휘폴링 일반	66
2. 재료	67
2.1 휘폴링의 재질	67
3. 시공	67
3.1 휘폴링의 설치	67
8-3 막장면 슛크리트	67
1. 일반사항	67
1.1 적용범위	67
2. 재료	68
2.1 막장면 슛크리트의 재료	68
3. 시공	68
3.1 막장면 슛크리트 시공	68
8-4 막장면 록볼트	68
1. 일반사항	68
1.1 적용범위	68
2. 재료	68
2.1 막장면 록볼트의 재질	68
3. 시공	69
3.1 막장면 록볼트의 시공	69

8-5 주입공법	69
1. 일반사항	69
1.1 적용범위	69
2. 재료	69
2.1 주입재의 선정	69
3. 시공	69
3.1 그라우팅	69
8-6 지하수위 저하공법	70
1. 일반사항	70
1.1 적용범위	70
2. 재료	70
3. 시공	70
3.1 배수공 시공	70
8-7 강관다단 그라우팅 공법	71
1. 일반사항	71
1.1 적용범위	71
2. 재료	71
2.1 강관의 재질	71
3. 시공	71
3.1 강관다단 그라우팅의 시공	71
제 9 장 계측관리	72
9-1 계측일반	72
1. 일반사항	72
1.1 적용범위	72
1.2 계측계획의 수립	72
1.3 계측기기의 선정	73
1.4 계측기기의 보정	73
1.5 계측기기의 설치	73

1.6	계측기기의 관리	74
1.7	계측의 수행	74
1.8	계측결과의 정리 및 분석	74
2.	재료	75
3.	시공	75
9-2	지표 및 지중침하 측정	75
1.	일반사항	75
1.1	적용범위	75
1.2	위치 및 배치	76
1.3	설치시기	77
1.4	측정기간 및 빈도	77
2.	재료	77
3.	시공	77
9-3	내공변위 및 천단침하 측정	78
1.	일반사항	78
1.1	적용범위	78
1.2	위치 및 배치	78
1.3	설치시기	79
1.4	측정기간 및 빈도	79
2.	재료	80
3.	시공	80
9-4	지중변위 측정	80
1.	일반사항	80
1.1	적용범위	80
1.2	위치 및 배치	80
1.3	설치시기	81
1.4	측정기간 및 빈도	81
2.	재료	81
3.	시공	81

9-5 록볼트 축력측정	81
1. 일반사항	81
11 적용범위	81
12 위치 및 배치	82
13 설치시기	82
14 측정기간 및 빈도	82
2. 재료	83
3. 시공	83
9-6 숏크리트 응력측정	83
1. 일반사항	83
1.1 적용범위	83
1.2 위치 및 배치	83
1.3 설치시기	84
1.4 측정기간 및 빈도	84
2. 재료	84
3. 시공	84
제 10 장 수직갱 및 사갱	85
10-1 수직갱	85
1. 일반사항	85
11 적용범위	85
12 수직갱의 일반	85
2. 재료	85
3. 시공	85
31 굴착	85
32 수직갱의 지보재	86
33 콘크리트 라이닝	87
34 배수시설	87
35 수직갱공사의 안전대책	87

10-2 사갱	89
1. 일반사항	89
1.1 적용범위	89
1.2 사갱의 일반	89
2. 재료	89
3. 시공	89
3.1 굴착	89
3.2 사갱의 지보재	90
3.3 콘크리트 라이닝	91
3.4 배수시설	91
3.5 사갱공사의 안전대책	92

제 11 장 TBM 터널 94

11-1 시공계획 수립	94
1. 일반사항	94
1.1 시공계획 수립원칙	94
1.2 TBM 기종의 선정	94
1.3 공구분할 계획	95
1.4 공중별 시공계획	95
1.5 공정계획	95
1.6 작업장계획	95
1.7 공사용설비 계획	95
1.8 사토장계획	96
2. 재료	96
3. 시공	96

11-2 조사	96
1. 일반사항	96
1.1 시공 중의 조사	96
2. 재료	97
3. 시공	97

11-3 측량	97
1. 일반사항	97
1.1 측량구분	97
1.2 측량방법	97
2. 재료	98
3. 시공	98
11-4 TBM 굴착	98
1. 일반사항	98
1.1 굴착일반	98
2. 재료	99
3. 시공	99
3.1 발진과 도달	99
3.2 점검 및 커터 교환	99
11-5 터널내 운반	101
1. 일반사항	101
1.1 운반 일반	101
2. 재료	101
3. 시공	101
3.1 버력운반	101
11-6 터널지보재	102
1. 일반사항	102
1.1 지보재 일반	102
2. 재료	102
3. 시공	103
11-7 TBM 터널의 시공설비	103
1. 일반사항	103
1.1 시공설비 일반	103

1.2 재료적치장 및 창고	103
1.3 버력 및 재료의 반출, 반입설비	103
1.4 전력설비	103
1.5 조명설비	104
1.6 연락통신설비	104
1.7 환기설비	104
1.8 안전통로	104
1.9 급수설비	104
1.10 배수설비	105
1.11 소화 및 방화설비	105
1.12 침전설비	105
1.13 급기설비	105
1.14 기타설비	105
2. 재료	106
3. 시공	106

제 12 장 설드 107

12-1 시공계획 수립	107
1. 일반사항	107
1.1 시공계획시 고려사항	107
1.2 설드의 선정	107
2. 재료	107
3. 시공	107
12-2 조사	108
1. 일반사항	108
1.1 시공 중의 조사	108
2. 재료	108
3. 시공	108

12-3 측량	108
12-3-1 터널측량	108
1. 일반사항	109
11 측량구분	109
12 측량방법	109
2. 재료	109
3. 시공	110
12-4 세그먼트의 제작 및 취급	110
1. 일반사항	110
1.1 제작시 고려사항	110
1.2 제작 규격서	110
1.3 기호	110
1.4 저장	111
1.5 운반 및 취급	111
2. 재료	111
2.1 치수정확도	111
2.2 검사	112
3. 시공	114
12-5 작업구	114
1. 일반사항	114
1.1 작업구의 분류 및 기능	114
1.2 작업구의 크기와 형상	115
2. 재료	115
3. 시공	115
3.1 작업구 시공	115
12-6 발진과 도달	116
1. 일반사항	116
2. 재료	116
3. 시공	116
3.1 발진	116
3.2 도달	117

12-7 추진	118
1. 일반사항	118
2. 재료	118
3. 시공	119
3.1 일반 쉘드의 추진	119
3.2 이토압식 쉘드의 추진	119
3.3 이수식 쉘드의 추진	120
12-8 세그먼트 라이닝 설치	120
1. 일반사항	120
1.1 세그먼트 라이닝 설치 일반	120
2. 재료	120
3. 시공	121
3.1 세그먼트 라이닝의 시공	121
3.2 테이퍼(Taper) 세그먼트 라이닝의 시공	121
3.3 정원의 유지	121
12-9 뒤펀 주입	122
1. 일반사항	122
1.1 뒤펀 주입의 목적	122
1.2 뒤펀 주입의 방법	122
2. 재료	122
2.1 주입재료의 특성	122
3. 시공	123
3.1 뒤펀 주입시공	123
3.2 뒤펀 주입관리	123
12-10 방수	123
1. 일반사항	123
1.1 방수 일반	123
2. 재료	124
2.1 방수 재료의 성질	124

3. 시공	124
3.1 실제의7 시공	124
3.2 코킹의 시공	124
3.3 볼트구멍 및 뒤통 주입구의 방수	124
3.4 특수 방수처리공	125
 12-11 내부 콘크리트 라이닝	125
1. 일반사항	125
1.1 내부 콘크리트 라이닝 일반	125
2. 재료	125
3. 시공	125
12-12 급곡선부	126
1. 일반사항	126
2. 재료	126
3. 시공	126
3.1 급곡선부의 시공방법	126
 12-13 지반안정과 구조물 보호	127
1. 일반사항	127
1.1 지반안정	127
1.2 구조물 보호	127
2. 재료	127
3. 시공	127
 12-14 쉼드 시공설비	128
1. 일반사항	128
1.1 시공설비 일반	128
2. 재료	128
3. 시공	128
3.1 쉼드의 발진, 도달, 회전설비	128
3.2 재료보관소 및 창고	128

3.3 반입 및 반출 설비	129
3.4 전력설비	129
3.5 환기설비	129
3.6 공기압축설비	129
3.7 터널운반설비	129
3.8 급수 및 배수설비	130
3.9 세그먼트설비	130
3.10 뒤채움주입설비	130
3.11 이수처리설비	130
3.12 작업대차	130
3.13 기타 특수설비	130
12-15 시공관리	131
1. 일반사항	131
1.1 공정관리	131
1.2 품질관리	131
1.3 작업관리	131
2. 재료	132
3. 시공	132

부 록 유지관리 및 보수와 보강

부록-1 유지관리	133
1. 일반사항	133
1.1 적용범위	133
1.2 자료의 관리	133
1.3 유지관리 계획	134
1.4 안전점검 및 진단	134
1.5 점검기구 및 장비	135

16 점검기록양식	135
1.7 비상시설물의 유지관리	136
18 배수시설의 유지관리	136
1.9 유지관리 계획	136
2. 재료	138
3. 시공	138
 부록-2 보수 및 보강	 144
1. 일반사항	144
1.1 적용 범위	144
2. 재료	144
2.1 재료선정	144
2.2 재료특성	145
3. 시공	149
3.1 지압 대책	149
3.2 노후화 대책	150
3.3 누수보수 대책	151
3.4 동해 대책	152
3.5 균열 대책	152
3.6 수압처리	154
3.7 콘크리트 라이닝의 보수	154
3.8 배수시설의 보수	154

집 필 위 원

분 야	성 명	소 속 · 직 위
총 괄	정 형 식	한양대학교 교수
제 1 장	김 승 렬 박 남 서	에스코컨설팅 대표이사 대덕공영 대표이사
제 2 장	김 승 렬 김 교 원	에스코컨설팅 대표이사 경북대학교 교수
제 3 장	김 교 원 정 명 근	경북대학교 교수 에스코컨설팅 이사
제 4 장	김 승 렬 김 주 봉	에스코컨설팅 대표이사 바우컨설팅 대표이사
제 5 장	김 승 렬 정 명 근	에스코컨설팅 대표이사 에스코컨설팅 이사
제 6 장	이 인 모 김 승 렬	고려대학교 교수 에스코컨설팅 대표이사
제 7 장	김 승 렬 이 인 모	에스코컨설팅 대표이사 고려대학교 교수
제 8 장	이 인 모 정 명 근	고려대학교 교수 에스코컨설팅 이사
제 9 장	김 교 원 김 주 봉	경북대학교 교수 바우컨설팅 대표이사
제 10 장	신 희 순 박 남 서	한국자원연구소 수석연구원 대덕공영 대표이사
제 11 장	배 규 진 박 남 서	한국건설기술연구원 수석연구원 대덕공영 대표이사
제 12 장	배 규 진 신 희 순	한국건설기술연구원 수석연구원 한국자원연구소 수석연구원
부 록	박 남 서 구 응 회	대덕공영 대표이사 한국철도기술공사 이사

제1장 총 칙

1-1 일반사항

1.1 시방서의 적용범위

- 1.1.1 이 시방서는 터널공사에 관한 일반적이고 기본적인 표준을 제시한 것이다. 건축, 전기, 설비분야 등 터널공사와 관련되는 토목분야 이외의 사항은 이 시방서에 포함하지 아니한다.
- 1.1.2 이 시방서는 지반을 개착하지 않고 시공하는 터널(Mined Tunnel)공사에 국한하여 적용한다.
- 1.1.3 발주기관은 공사발주시 이 시방서의 규정을 기준으로 하여 당해공사에 적합한 공사시방서를 작성하여 적용하도록 하여야 한다. 이 경우 본 시방서의 내용을 수정 보완할 수 있다.

1.2 참조 관계법규

- 1.2.1 터널건설에 있어서 법규에 의한 규제를 받는 경우에는 공사에 미치는 영향의 범위, 이에 대한 규제의 정도, 수속, 대책 등에 관하여 조사하여야 하며 주된 규제법은 다음과 같다.
- (1) 공해방지 및 환경보전 관계 : 자연환경 보전법, 자연공원법, 산림법, 조수 보호 및 수렵에 관한 법률, 소음진동 규제법, 수질환경 보전법, 해양오염 방지법, 수도법 및 하수도법, 광업법, 지하수법, 폐기물 관리법, 토양환경 보전법
 - (2) 재해방지 관계 : 사방 사업법, 택지개발 촉진법, 농어업 재해대책법, 풍수해 대책법
 - (3) 국토개발 관계 : 국토건설 종합계획법, 국토이용 관리법
 - (4) 하천 관계 : 하천법, 공유수면 관리법, 지하수법, 온천법
 - (5) 도시계획 관계 : 도시계획법, 도시공원법
 - (6) 도로 및 교통 관계 : 도로법, 도로교통법, 철도법
 - (7) 군사 관계 : 군사기밀 보호법, 군사시설 보호법

1-1 일반사항

- (8) 문화재 관계 문화재 보호법, 전통구조물 보존법
- (9) 안전관계 시설물 안전관리에 관한 특별법, 건설기술 관리법, 산업안전보건법
- (10) 총포 및 화약류 단속법

1.3 용어의 정의

131 이 지방서에서의 용어의 정의는 다음과 같다.

- 강섬유보강 슛크리트(Steel Fiber Reinforced Shotcrete) 슛크리트의 강도 특성을 보완하기 위하여 강섬유를 혼합하여 타설하는 슛크리트를 말한다.
- 건축한계 · 터널 이용목적에 원활하게 유지하기 위한 한계이며 열차 또는 차량을 위한 건축한계 내에는 시설물을 설치할 수 없도록 규제하고 있다.
- 경사 · 충리면, 단충면, 절리면과 같은 지질구조면의 기울기 각으로서 주향과 직각으로 만나는 연직면내에서 수평면과 지질구조면이 이루는 사이각을 말한다.
- 계측 · 터널굴착에 따른 주변지반, 주변구조물 및 각 지보부재의 변위 및 응력의 변화를 측정하는 방법 또는 그 행위를 말한다.
- 공기시험기 공기압을 이용하여 방수막의 이음상태를 확인하는 시험기기를 말한다.
- 굴착공법 막장면 또는 터널의 길이 방향의 굴착계획을 총칭하는 것으로서 전단면굴착, 분할굴착, 선진도갱굴착공법 등이 있다.
- 굴착방법 · 막장의 지반을 굴착하는 수단을 말하며 인력굴착, 기계굴착, 파쇄굴착, 발파굴착방법 등이 있다.
- 기계굴착 중장비에 부착된 브레이커, 파워쇼벨, 커터붐 등을 이용하여 굴착하는 방법을 말한다. TBM, 쉘드 등에 의한 굴착도 기계굴착에 속한다.
- 내공변위량 : 터널굴착후에 생기는 터널 내공의 변화량으로 통상 내공단면의 축소량을 양(+)의 값으로 한다
- 뇌관 폭약 또는 화약을 기폭시키기 위해 사용되는 기폭약 또는 첨가약이 장전된 관체를 말한다.
- 다단발파 · 발파시 진동을 억제할 목적으로 시간차를 둔 뇌관 또는 발파기를 사용하여 단계적으로 발파하는 방법을 말한다.

1-1 일반사항

단차 : 뇌관의 폭파시간 간격을 말한다.

단층 : 외력에 의하여 지반이 상대적으로 이동된 단열구조로서 이동면을 따라 심한 파쇄암이나 점토를 협재하며 발생유형에 따라 정단층, 역단층, 충상단층(Thrust Fault) 등으로 구분된다

당초설계 : 터널공사 발주사의 설계를 말한다.

뜯돌(부석) : 낙석의 위험이 있는 암편을 말한다.

랜덤 볼트(Random Bolt) : 지반의 취약한 부분만을 보강하기 위해 국부적으로 설치하는 록볼트이다.

록볼트(Rock Bolt) : 지반중에 정착되어 단독 또는 다른 지보재와 함께 지반을 보강하거나 변위를 구속하여 지반의 지내력을 증가시키는 막대기 모양의 부재를 말한다.

록볼트 인발시험 : 록볼트의 인발내력을 평가하기 위한 시험을 말한다.

록볼트 축력 : 지반에 설치된 록볼트에 발생하는 축방향 하중을 말한다.

롤링(Rolling) : 쉘드진행방향의 좌우방향으로 쉘드가 이동하는 현상을 말한다.

막장 : 터널내에서 굴착작업이 수행되는 최전방 지역을 말한다.

물리탐사 : 물리적 수단에 의하여 지질이나 암체의 종류, 성상 및 구조를 조사하는 방법으로서 탄성파탐사, 전기탐사, 중력탐사, 자기탐사, 방사능탐사 등이 있다.

바닥부 : 터널단면의 바닥부분을 말한다.

발파공 : 발파시에 화약을 장전하기 위해서 천공하는 구멍이다

발파굴착 : 화약의 폭발력을 이용하여 암반을 굴착하는 방법을 말한다

버력 : 터널 굴착과정에서 발생하는 암석덩어리, 암석조각, 토사 등의 총칭이다.

변형여유량 : 굴착에 따른 지반 변형량에 의해 계획내공단면이 축소되지 않도록 미리 예상되는 지반 변형량 만큼 여유를 두어 굴착하는 내공 반경 방향의 여유량을 말한다

벤치(Bench) : 터널 단면을 수평면으로 분할하여 굴착하는 경우에 분할면을 벤치(Bench)라 한다.

벤치길이 : 분할굴착시 분할면의 터널 축방향의 길이를 말한다

보조지보재 : 막장전방에 설치하여 굴착시 지반의 자체 지보능력을 발휘하

1-1 일반사항

도록 도와주는 지보재로서 주지보재를 제외한 지보재의 총칭이다.

- 슛크리트(Shotcrete) : 굳지 않은 콘크리트를 가압시켜 노즐로부터 뿜어내어 소정의 위치에 시공하는 콘크리트이다
- 스프링 라인(Spring Line) : 터널 단면중 최대폭을 형성하는 점중 최상부의 점을 종방향으로 연결하는 선이다.
- 시스템 볼트(System Bolt) : 일정한 간격과 길이로 규칙적으로 배열하는 록볼트 설치 형식을 말한다
- 안전영역(Safety Zone) : 터널의 안전에 영향을 미치는 정도를 규정한 터널 주변의 영역으로서 각 영역별로 터널 안전을 위한 대책을 강구 하도록 규제하는 영역을 말한다
- RMR(Rock Mass Rating) 분류 : 비에니아스키(Bieniawski)가 제안한 정량적인 암반분류방법이며 암석강도, RQD, 절리면 간격, 절리면 상태, 지하수 상태, 절리면의 상대적 방향 등을 반영하여 분류하는 방법을 말한다.
- RQD(Rock Quality Designation) : 시추코아중 10cm 이상되는 코아편의 길이의 합을 시추길이로 나누어 백분율로 표시한 값으로서 암질의 상태를 나타내는데 사용한다. 이때 코아의 직경은 NX규격이어야 한다.
- 어깨(Shoulder) : 터널의 천단과 스프링 라인의 중간점을 말한다.
- 엔트란스 패킹(Entrance Packing) : 쉘드 터널의 시점과 종점 입구에 설치하는 패킹으로서 지하수 또는 굴착토사가 터널과 작업구 사이로 유출입하는 것을 방지할 목적으로 설치하는 시설물을 말한다.
- 열접착기 : 열을 이용하여 방수막을 접합하는 기기이다.
- 엽리 : 암석이 재결정 작용을 받아 같은 광물이 판상으로 또는 일정한 띠를 이루며 형성된 지질구조를 말한다.
- 요잉(Yawing) : 터널진행방향과 쉘드진행방향이 이루는 수평면상의 편차를 말한다.
- 용수 : 터널의 굴착면으로 부터 용출되는 지하수를 말한다.
- 이완영역 : 터널굴착으로 인해 터널 주변의 지반응력 재분배에 의해 다소 느슨한 상태로 되는 범위를 말한다.
- 인력굴착 : 삽, 곡괭이 또는 픽햄머, 핸드브레이커 등의 소형장비를 이용하여 인력으로 굴착하는 방법을 말한다.
- 인버트(Invert) : 터널 단면의 바닥부분에 설치되어 터널단면을 폐합시키기

1-1 일반사항

위하여 슛크리트 또는 콘크리트 등으로 설치한 지보부재를 말한다

일상계측 : 일상적인 시공관리를 위해 실시하는 계측으로서 지표침하, 천단침하, 내공변위 측정 등이 포함된 계측이다.

전기탐사 · 물리탐사법의 일종으로 지반전류의 물리현상을 대상으로 하여 자연전위, 비저항을 측정하며 지반구조, 지하수 등을 조사하는 방법이다.

절리 : 암반중에 발달되어 있는 비교적 일정한 방향을 갖는 갈라진 틈이며 그 양측 암석의 상대이동량이 없거나 거의 없는 불연속면을 말한다.

정밀계측 : 정밀한 지반거동 측정을 위해 실시하는 계측으로서 계측항목이 일상계측보다 많고 주로 종합적인 지반거동 평가와 설계의 개선 등을 목적으로 수행한다.

주 지보재 : 굴착후 시공하는 지보재로서 보조 지보재 및 콘크리트 라이닝을 제외한 지보재의 총칭이며, 강지보재, 슛크리트, 록볼트, 철망 등으로 구성된다.

주향 : 지층, 단층과 같은 판상의 평면과 수평면이 이루는 교선의 방향을 북쪽을 기준으로 측정한 방위를 말한다.

지반 : 건설행위의 대상이 되는 지표 구성물질로서 토사 및 암반층을 총칭한다.

지보재 : 굴착시 또는 굴착후에 터널의 안정 및 시공의 안전을 위하여 지반을 지지, 보강 또는 피복하는 부재 또는 그 총칭을 말한다.

지보패턴 : 각 지보재들의 규격, 시공위치, 시공순서, 수량을 정한 것을 말한다.

지중변위 · 터널 굴착으로 인해 발생하는 굴착면 주변 지반의 변위로서 터널 반경방향의 변위를 말한다.

지중침하 : 터널 굴착으로 인해 발생하는 터널 상부 지반의 깊이별 침하를 말한다.

지표침하 : 터널 굴착으로 인해 발생하는 터널 상부 지표면의 침하를 말한다.

지하매설물 : 지표하부에 묻혀있는 인공구조물로서 지장물이라고도 말한다.

진공 시험기 · 부분적으로 접합된 방수막의 접합 상태를 확인시키는 기기를 말한다.

천단침하 : 터널 굴착으로 인해 발생하는 터널 천단(천정)부의 연직방향의 침하를 말하며 기준점에 대한 하향방향의 절대 침하량을 양(+)의 천단 침

1-1 일반사항

하량으로 정의한다

- 천정부(Crown) 터널의 천단을 포함한 좌우 어깨 사이의 구간을 말한다.
- 초기응력 · 굴착전에 원지반이 가지고 있는 응력을 말한다.
- 최대 정하중 · 인원 또는 자재중량, 운반기기 자체중량, 로프의 길이×로프의 단위중량의 합계중 최대값을 말한다.
- 최대 총하중 · 하중 견인시 로프에 가해지는 최대정하중, 가속도하중, 권동의 감김 휨하중의 합계 중 최대값을 말한다
- 추가볼트 · 설계된 지보패턴에 추가하여 시공되는 록볼트이다
- 측벽부(Wall) 터널어깨 하부로부터 바닥부에 이르는 구간을 말한다
- 측선 계측을 위해 설정한 측점사이의 최단거리에 해당하는 가상의 선을 말한다.
- 충리 퇴적암이나 충적토 등이 충상으로 쌓이며 생성되는 불연속면이다.
- 카피커터(Copy Cutter) · 곡선부에서 쉘드의 원활한 추진을 위하여 내측곡선 부분에서 곡선반경방향으로 확대 굴착하기 위하여 쉘드의 측면에 설치한 커터를 말한다.
- K형 세그먼트 쉘드의 세그먼트 조립시 마지막으로 끼워 넣는 세그먼트를 말한다 .
- 콘크리트 라이닝(Concrete Lining) 무근 또는 철근 콘크리트로 구축되는 터널의 가장 내측에 시공되는 터널의 부재를 말한다.
- Q-시스템 · 바톤(Barton) 등이 제안한 정량적인 암반분류의 하나이며 RQD, 절리군수, 절리면 거칠기, 절리면 변화정도, 지하수에 의한 감소계수, 응력감소계수 등을 반영하여 분류하는 방법을 말한다.
- 토피 · 터널 천단으로부터 지표까지의 연직두께를 말한다.
- 특수지반 · 특수지반이라함은 팽창성 지반, 함수미고결 지반 등을 말한다.
- 틈새 · 절리 등의 불연속면의 벌어진 정도를 말한다
- TCR(Total Core Recovery) 단위 시추길이에 대한 회수된 코아의 길이비를 백분율로 표시한 값이다
- 파쇄굴착 · 유압가스, 팽창성 모르터, 특수저폭속화약 등을 이용하여 암반을 파쇄시켜 굴착하는 방법을 말한다.
- 편압 : 터널 좌우 또는 진후 방향으로 불균등하게 작용하는 지반압력을 말한다.
- 팽창성 지반 팽창성 광물을 다량 함유한 토사 또는 암반을 말한다

1-2 안전관리 및 환경관리

- 표준지보패턴 · 지반의 등급에 따라 미리 표준화한 지보패턴을 지칭한다.
- 피칭(Pitching) : 쉼드의 종단상에서 쉼드두부와 후미가 상하 독립적으로 종단선을 이탈하여 이동하는 현상을 말한다.
- 필러(Pillar) : 굴착면 사이에 남아 있는 기둥이나 벽모양의 지반을 말한다.
- 함수미고결 지반 : 신생대 3기말부터 제4기에 형성된 퇴적물, 암석의 풍화대, 파쇄대 등의 미고결 또는 고결도가 낮은 지반을 말한다.
- 허용편차 · 변형 여유량에 시공상 피할 수 없는 정확도를 합한 값을 말한다.

1-2 안전관리 및 환경관리

1. 일반사항

1.1 안전위생 및 시공설비

- 1.1.1 터널 시공시에는 관계 제법규를 준수하고 안전 위생에 대한 대책을 수립하여야 한다
- 1.1.2 작업원의 작업환경을 쾌적하게 유지하고 안전을 확보하기 위한 시공중 설비를 갖추도록 하여야 한다.
- 1.1.3 현장 실정에 적합한 안전관리 체제를 수립하고 작업원의 안전 교육, 지도, 현장의 정기적 점검 및 개선을 통하여, 근로재해 방지에 노력하여야 한다.
- 1.1.4 안전위생 및 사고방지 전담 책임자 등을 지정하여 관리 지도를 행하여야 한다.

1.2 조명

- 1.2.1 작업장소와 통로에는 적절한 조명설비를 설치하여 작업중의 위험 요인을 제거하여야 한다.
- 1.2.2 막장 또는 작업을 하는 장소는 70룩스 이상의 조도를 확보하여야 하며 밝고 어두운 차이가 심하지 않고 눈부심이 생기지 않도록 조치하여야 한다.
- 1.2.3 작업통로 구간에 대해서는 작업원의 안전통행과 작업차량 등의 안전운행을 위하여 필요한 조명을 하여야 하며, 통로 전역에 걸쳐서 조도가 10룩스

1-2 안전관리 및 환경관리

이하인 곳이 발생되지 않도록 하여야 한다.

1.2.4 작업중에 분진이나 매연 등으로 인하여 조도가 떨어지게 될 경우에 대비 하여야 하며, 위험한 장소에는 경계 표시등을 설치하여야 한다.

1.2.5 비상시에도 필요한 조도를 확보할 수 있도록 예비전원을 설치하여야 하며 조명기구는 파손되지 않도록 보호하여야 한다

1.2.6 터널의 진입과 진출부의 조도는 명암에 순응할 수 있도록 조치하여야 한다

1.3 환기

1.3.1 위생적이며 안전한 작업환경을 조성하기 위하여 터널내의 환기를 실시하여 발파후의 가스, 분진 및 내연기관의 배기가스를 터널외부로 배출하여야 한다.

1.3.2 지반에서 가스가 나오는 경우에는 산소결핍 등에 주의하고, 필요한 경우에는 환기와 급기, 기타의 조치를 강구하여야 한다.

1.3.3 자연환기를 기대할 수 없는 터널공사에 있어서는 기계환기를 하여야 하며, 기계환기방식에는 송기식, 배기식 및 이를 조합하는 방법을 적용할 수 있다.

1.3.4 환기방식은 터널의 단면, 연장, 환기량, 작업기계의 종류에 따라 적절한 방식을 선정하여야 한다.

1.3.5 폭약 및 내연기관으로부터 배출되는 유해가스 발생량 산정은 폭약이나 장비 제조업체에서 제품의 제원으로 제시하는 기준치를 근거로 하여 산정하고 유해가스의 규제목표 농도는 근로환경 관계법규에 제정된 기준치를 따른다

1.3.6 먼지의 발생이 최소가 되도록 모든 여건을 개선하여야 하며 작업원들로 하여금 방진 마스크를 사용하여 먼지로 인한 인체에의 영향을 최소화하도록 조치하여야 한다

1.3.7 고온 다습한 터널내에서는 적절한 온습도 조절이 가능하도록 하여 쾌적한 작업환경을 유지하도록 노력하여야 한다.

1.4 배수

1.4.1 터널의 굴착공사 초기부터 유입된 지하수량을 배수할 수 있는 배수 설비를 계획하여 배수불량에 따른 지반이완이나 작업환경이 나빠지지 않도록 조치하여야 한다.

1.4.2 배수설비는 주기적으로 점검하고 정비하여 원활한 기능을 유지하도록 하

여야 한다.

- 1.4.3 펌프설비는 유지 수선이 용이하고 충분한 용량이 되도록 계획하여야 하며 고장시를 대비하여 항상 예비 펌프를 설치하여야 하고 정전시의 배수대책도 강구해 두어야 한다.

1.5 통로

- 1.5.1 작업원의 터널내의 통행을 위하여 안전한 통로를 확보하여야 한다. 통로는 작업차량 통행으로부터 안전을 보장받을 수 있는 곳에 설치하여야 하며 항상 평탄한 노면과 적절한 조명을 유지하여야 한다.
- 1.5.2 터널내에 궤도를 부설할 경우에는 운행하는 차량과 터널 측벽 또는 장애물과의 안전거리가 최소 0.6m 이상 되도록 궤도를 부설하여야 한다.
- 1.5.3 안전거리가 0.6m 이상 유지되지 않는 경우에는 식별이 용이한 대피소를 적당한 간격으로 두거나, 신호장치의 설치, 감시원을 배치하여 차량운행으로부터 작업원을 보호하도록 조치하여야 한다.
- 1.5.4 타이어 방식의 작업차량을 사용할 경우에는 가이드레일, 안전 로프 등으로 통로를 명확히 구분하여 작업원이 안전하게 통행하도록 하여야 한다. 이러한 통로를 설치하기가 곤란할 경우에는 차량간 교차 운행시를 제외하고는 차량이 측벽으로부터 최소 1.0m 이상 떨어져 운행하도록 하여야 한다. 이것이 불가능할 때에는 대피소를 두도록 하여야 한다

1.6 안전점검

- 1.6.1 시공중에는 지반, 지보재, 작업환경, 기계 및 설비 등에 대하여 정기적인 점검을 실시하여 안전에 만전을 기해야 한다.
- 1.6.2 안전 점검은 법규에 정해진 것 이외에도 필요하다고 예상되는 항목에 대하여 안전관리 책임자에 의하여 실시하고 점검표를 작성하여 그 결과를 기록하여야 한다. 점검표에는 다음 사항이 포함되어야 한다.
- (1) 뜯돌이나 암괴의 밀려남 유무
 - (2) 가연성 가스 및 유독가스의 발생유무
 - (3) 용수상태
 - (4) 숏크리트의 균열, 박리 유무
 - (5) 록볼트의 정착 상태, 강지보재의 침하 및 변형

1-2 안전관리 및 환경관리

- (6) 통로의 정비상태, 환기설비, 조명설비, 배수설비의 작동상태
- (7) 기계설비의 운반로, 궤도, 주행차량, 기계류의 정비 상태
- (8) 각종 전기기기 및 전선류 관리상태

1.6.3 점검의 결과 이상을 발견했을 때에는 즉시 보수하거나 적절한 조치를 강구하여야 한다

1.7 노동위생

- 1.7.1 시공중 소음, 진동, 분진 등에 따른 작업원의 건강장애의 방지는 물론 건강 관리에 노력을 기울여야 한다.
- 1.7.2 굴착, 버력적재, 버력운반, 숏크리트 기계 등의 작업시에는 다량의 분진이 발생하기 때문에 분진의 농도를 정기적으로 측정하여 그 현황을 파악하고 적절한 조치를 강구하여야 한다.
- 1.7.3 소음으로 청각에 장애를 일으킬 우려가 있는 경우에는 귀마개 등 보호구를 사용하도록 하여야 한다.
- 1.7.4 착암기 등과 같은 진동을 수반하는 장비와 공구를 장시간 사용할 경우에는 인체에 장애를 주지 않도록 방진장치를 설치하고, 적절한 작업시간계획을 수립하여 작업원들을 관리하여야 한다.

1.8 화재

- 1.8.1 화재방지를 위해 화재를 유발할 수 있는 원인을 제거하고 가연성 물질도 관리를 철저히 하여야 하며 소화설비 배치 등의 필요한 조치를 강구하여야 한다
- 1.8.2 터널내에서 화재가 발생한 경우에 대비하여 진화계획을 수립하고 작업원의 대피계획을 수립하여야 한다.
- 1.8.3 화재 발생시 중대한 재해가 발생될 우려가 있는 곳은 특별히 유의하여 관리하여야 한다.
- 1.8.4 예상되는 화재의 형태에 적합한 소화설비를 배치하고 작업원에게 그 설치 장소 및 사용방법을 주지시키고 소화훈련을 실시하여야 하며 소화설비는 항상 점검, 정비하여 그 기능을 유지하도록 하여야 한다.

1.9 폭발

- 1.9.1 가연성 가스의 폭발을 방지하기 위하여 그 존재유무를 파악하여야 한다

1-2 안전관리 및 환경관리

필요에 따라서는 유해 가스를 탐지하는 자동 경보장치를 설치하여야 한다

1.9.2 가연성가스가 발생할 우려가 있는 경우 또는 존재하는 경우에는 그 종류, 성분, 부존상태, 발생상황 등을 정확히 파악하고, 급배기를 실시하여 신속히 안전한 농도로 희석하여야 한다.

1.9.3 가연성 가스가 돌출할 염려가 있는 경우, 또는 용출량이 현저히 증가하여 환기설비의 증가만으로는 안전한 농도로 희석하여 배제하는 것이 곤란하다고 판단되는 경우는 시추 또는 기타의 천공 등으로 직접 가스를 배제하도록 조치하여야 한다.

1.10 긴급시의 조치

1.10.1 작업원에게 긴급시 조치사항을 주지시키고, 긴급 피난 절차를 인지시켜야 한다.

1.10.2 지반조건이 급변하여 낙반, 막장의 붕괴, 이상용수, 화재 등에 의한 급박한 위험이 발생하거나 가연성가스, 유해가스의 돌출 등에 의한 가스폭발 혹은 중독 발생의 우려가 있을 때에는 즉시 작업을 중지하고 작업원을 안전한 장소로 신속히 대피시켜야 한다

1.10.3 긴급시에 대응할 수 있는 통신 및 경보체계를 수립하고 필요한 설비와 장비를 준비하여 두어야 한다.

1.10.4 긴급대피 통로는 통행에 지장이 없도록 항상 정리, 정돈하여야 하며 호흡용 보호구, 휴대용 조명기구 등의 피난용구를 터널내의 적당한 위치에 비치하여야 한다.

1.10.5 긴급사태가 발생한후 터널내에 작업원이 남아있는 경우에는 신속히 관계기관에 연락하고 관계기관과 협의하여 신속한 구호조치를 취하도록 하여야 한다.

1.11 시공중 환경보전

1.11.1 시공에 있어서는 소음, 진동, 지반 및 구조물 등의 변형, 대기 및 수질오염, 운반작업에 의한 교통장애 등 환경에 미치는 영향을 최대한 억제하여야 한다

1.11.2 콤프레서, 배치프랜트, 크러셔프랜트, 버력저장소 등에는 방음피복과 방음

1-2 안전관리 및 환경관리

벽을 설치하고 기계장비의 기초는 견고하게 하여야 한다

1113 발파시간의 제한, 특수한 발파방식의 적용, 발파규정준수, 차량 소음발생 등을 규제하고 운행시간을 제한하여 소음과 진동피해를 최소화하여야 한다

1114 작업장의 오염된 모든 물은 정화하여 방류하도록 하여야 한다.

1115 운반로의 선정에 있어서는 좁은 도로, 보행자가 많고 보도와 차도가 분리되어 있지 않는 도로, 통학로 등은 피하여야 한다. 이것이 불가능할 경우에는 입체교차로의 설치, 도로의 확폭, 신호기, 커브브미러의 설치, 포장, 감시원의 배치, 운행시간, 속도의 제한 등의 조치를 취하여야 한다.

1116 지하수원 고갈에 따른 대책을 수립하여야 한다

1.117 터널공사에 관련된 환경보존 법령을 준수하고 환경보존을 위한 항목을 선정하여 이에 대한 적절한 조치가 이루어지도록 하여야 한다.

제2장 시공계획

2-1 시공계획 수립

1. 일반사항

1.1 시공계획 작성 원칙

- 1.1.1 시공계획은 공사 규모와 공사기간, 지반조건과 주변환경, 공사용 기계와 제반설비 및 시공법과 시공순서 등을 포함하여 안전하며 경제적인 계획이 되도록 하여야 한다.
- 1.1.2 공사중 문제 발생시에는 시공계획의 수정과 변경이 가능하도록 하여야 한다.
- 1.1.3 시공계획은 각 공종간 휴지시간을 최소화하여 연속적인 작업이 이루어지도록 하고 기계화 시공을 우선하여 계획하여야 한다.
- 1.1.4 시공계획은 공사의 안전성과 시공성, 공법의 적용성을 우선적으로 고려하여 계획하되 건설비와 유지관리비도 포함하여 경제적인 계획이 되도록 하여야 한다.
- 1.1.5 시공계획은 공사중과 공사완료후의 주변환경에 유해한 영향이 발생하지 않도록 계획하여야 한다.
- 1.1.6 시공계획에는 품질 및 안전관리 대책을 포함하여야 한다.

1.2 공구분할 계획

- 1.2.1 공구분할은 공사규모와 공사기간, 터널의 단면크기, 선형조건, 지형 및 지반조건, 토지이용현황, 작업장 여건 등을 고려하여 효율적인 시공이 가능하도록 분할하여야 한다.

1.3 시공 계획

- 1.3.1 시공 계획은 설계도서를 기준하여 현장조건에 적합하도록 수립하여야 한다.
- 1.3.2 시공 계획에는 준비, 갱구부 시공, 굴착, 지보재시공, 계측관리, 방수 및 배수, 콘크리트 라이닝, 부대공 등으로 구분하여 효율적인 시공법이 되도록 계획하여야 한다.

2-1 시공계획 수립

1.4 공정계획

- 1.4.1 공정계획은 공사기간내 시공을 완료할 수 있도록 수립하고 유사한 공사의 실적 통계를 근거로 자원투입 및 배분계획과 연계하여 수립하여야 한다
- 1.4.2 공정계획에는 공사착공을 위한 사전 행정처리 기간과 작업장 및 공사장의 용지 확보를 위한 수용 또는 보상기간 등 준비일정을 포함하여야 한다
- 1.4.3 공정계획은 네트 워크(Net Work) 기법으로 작성하여 전산화 관리에 의한 작업수행이 가능하도록 하며 수립된 공정계획의 정당성과 일정계획, 진도계획, 자원계획, 예산 및 비용분석 평가의 기초자료가 될 수 있도록 수립하여야 한다 단, 네트워크 기법 적용이 부적절하다고 판단되는 경우에는 기타의 기법을 활용할 수 있다.

1.5 작업장 계획

- 1.5.1 작업장 및 작업터널의 계획은 터널의 선형, 토피, 단면형상, 연장, 공법 및 지형, 지반조건, 토지이용현황, 환경조건, 주변 도로현황 등을 감안하여 수립하여야 한다.
- 1.5.2 작업장의 위치 및 규모는 공사용 설비의 배치와 사무실, 창고, 가공장, 작업원의 숙소 등을 고려하여 적정하게 결정하여야 한다

1.6 공사용 설비계획

- 1.6.1 공사용 설비계획은 시공법 및 사용장비의 운용계획, 작업원의 보건위생 및 환경대책 등과 연계하여 수립하여야 한다
- 1.6.2 공사용 설비는 터널내부설비와 터널외부설비로 구분 배치하고, 그 규모는 용도 및 작업장 계획에 따라 결정하여야 한다.
- 1.6.3 공사용 설비는 현장여건에 따른 현지반입 가능여부 및 경제성, 유지관리 등을 종합적으로 검토하여 산정하여야 한다

1.7 사토장 계획

- 1.7.1 사토장 규모는 계획사토량을 일괄처리할 수 있는 충분한 면적이 되도록 계획하여야 하며 계획사토량에는 시공시 사용후 버력과 함께 사토하여야 하는 사토량도 포함되어야 한다.

2-1 시공계획 수립

- 1.7.2 사토장의 용량은 토량의 변화율에 따른 용량증가를 고려하여 결정하여야 한다
- 1.7.3 발생버력은 골재 또는 성토재로서 유용방안을 강구하여 재사용 하도록 하여 사토량을 줄일 수 있도록 계획하여야 한다.
- 1.7.4 사토장 입지는 현장주변의 토지이용현황 및 도로상황을 사전조사하여 대상 용지의 확보가능성과 운반거리, 환경대책 등을 감안하여 선정하여야 한다.
- 1.7.5 사토장은 사전 배수계획이나 기존 수로에 대한 대책을 수립하여 강우시 지역침수나 토사유출현상이 생기지 않도록 계획하여야 한다

1.8 시공계획의 변경

- 1.8.1 시공중 설계내용이 현장 조건에 부적합하다고 판단될 때는 감독관 또는 감리원의 승인을 받아 현장 조건에 적합한 설계내용으로 지체없이 변경하여야 한다. 이 경우 지반조건 분석, 계측자료 분석 등 시공에 필요한 현장 엔지니어링(Field Engineering)을 반드시 실시하여야 하며 필요시 추가의 지반조사 및 시험도 실시하여 변경된 시공이 안전하고 경제적이며 우수한 품질을 확보할 수 있는 것이 되도록 하여야 한다.
- 1.8.2 시공법 변경을 위해 시간이 지체되는 경우에는 터널의 안정성이 유지될 수 있는 임시조치를 취하여야 한다.

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

해당사항 없음

3-1 조사

제3장 조사 및 측량

3-1 조사

3-1-1 조사계획 일반

1. 일반사항

1.1 조사의 원칙

1.1.1 시공 중의 조사는 설계 내용의 확인 또는 변경에 필요한 사항을 조사하도록 계획하여야 한다

1.1.2 시공 중의 조사내용은 완공 후 유지관리에 필요한 기초자료가 되도록 실시하고 결과를 기록하여 유지하도록 하여야 한다.

1.1.3 터널의 목적 및 규모 등을 고려하여 조사내용, 순서, 방법, 범위, 정확도 등을 결정하여야 한다.

1.2 조사의 구분

1.2.1 입지환경 조사는 터널의 건설에 영향을 미치거나 터널건설로 영향을 받을 수 있는 사항에 대한 조사로서 지형, 환경, 지장물, 지표 수리시설과 지하수 부존특성, 공사용 설비, 보상 및 관계 법규 조사를 포함한다.

1.2.2 시공 중의 지반조사는 터널 설계시 제반 여건으로 인하여 불충분하게 실시된 조사내용을 보완하기 위한 조사로서 공사착공시 또는 공사 중에 실시한다.

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

해당사항 없음

3-1-2 입지환경조사

1. 일반사항

1.1 지형조사

1.1.1 터널건설에 영향을 미치거나 터널공사로 영향을 받을 수 있는 지형은 설계도, 지형도나 항공사진 등을 이용하여 분석하고 현장답사를 통하여 조사하여야 한다.

1.1.2 불안정 지형이나 재해가 예측되는 지형 즉, 애추(Talus), 붕괴지와 산사태, 눈사태, 홍수 등이 이미 발생한 장소나 이러한 우려가 있는 지형은 반드시 조사하여야 한다.

1.2 환경조사

1.2.1 설계시 수행된 터널주변 환경조사를 시공단계에서 다시 실시하여야 한다.

1.2.2 터널주변 환경조사는 시공에 의하여 발생하는 터널주변 환경변화의 예측, 환경보전대책의 입안, 대책의 효과 확인 등을 위하여 실시하며, 다음 사항을 포함한다.

- (1) 지표 및 지하수 현황 : 물이용 현황, 수원의 현황, 지하수의 유로 및 수위 변화 가능성
- (2) 소음 및 진동 : 소음, 진동 영향 가능성
- (3) 지반과 구조물의 변형 : 건물, 구조물상태, 지형 및 지질, 구조물의 변형발생의 가능성이 있는 인접공사
- (4) 재해 : 산사태, 눈사태, 붕괴, 지진, 홍수 등의 발생지 및 피해 정도

3-1 조사

- (5) 토지 · 토지이용 현황, 주요 구조물, 법에 의한 용도구분의 범위
- (6) 공공 시설물 · 학교, 병원, 요양소, 자연공원 등의 공공 시설물의 위치 및 규모
- (7) 문화재 · 사적, 문화재, 천연기념물 등의 위치, 규모 및 범지정의 현황
- (8) 수질오염 : 하천의 상태, 배수 상태, 수로의 상태, 범규제 상태
- (9) 대기오염 : 대기중의 유해물, 기상현황
- (10) 교통장애 · 구조, 교통량 혼잡상태, 도로 관리자, 도로주변의 환경 등
- (11) 기타 · 동식물의 분포상태 및 축산현황, 주변경관, 광산의 갱도나 폐갱도의 위치 및 규모, 지역 개발계획 등

1.3 지장물 조사

- 13.1 터널 공사전에 지역내에 기설치되어 있는 상수도 및 하수도관, 송유관, 통신 및 전력 케이블, 도시 가스관, 지하갱도 등의 지하 지장물의 종류, 심도 및 크기를 파악하여 안전한 시공이 가능하도록 하여야 한다
- 13.2 시추조사시는 관련기관으로부터 지장물 매설도를 구하여 참조하고 반드시 터파기나 물리탐사 장비를 사용하여 지하 지장물의 유무를 확인하고 유관기관과 협의하여 시추하여야 한다
- 13.3 지장물 조사결과는 후속공사 지장물 보호를 위해 활용하도록 조치하여야 한다.

1.4 사토장 조사

- 14.1 공사중에 발생하는 버력을 처리하기 위한 사토장이 필요할 때에는 지형, 운반방법, 운반거리, 운반도로의 교통규제, 교통안전 등의 운반조건을 조사하여야 한다.
- 14.2 사토장이 주변 환경에 미치는 영향, 사토후의 토지의 형태 변화, 법규에 의한 규제 등도 조사하여야 한다.

1.5 공사용 설비조사

- 1.5.1 공사용 설비는 터널입구 설비, 환기 및 집진설비, 운반설비, 골재 및 콘크

3-1 조사

리트 플랜트 설비, 수전 및 배전 설비, 용수 및 배수 설비, 임시건물 설비 등으로 구분한다.

1.5.2 공사용 설비계획 수립을 위하여 다음 사항을 조사하여야 한다.

- (1) 지형, 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 · 기 가설 송배전선의 용량, 주파수, 전압, 수변전의 난이, 수 전까지의 소요시간, 발전설비 등의 동력원, 공사용 장비운용시의 소요 전력량
- (4) 용수 및 배수 : 콤프레서 용수, 콘크리트 혼합용수, 음료수, 기타 잡용수의 취수조건, 터널 시공에 수반한 용수의 처리, 세척용수의 방류조건
- (5) 자재 및 버력 운반 · 기계 및 자재의 반출입, 버력 운반 등에 필요한 공 사용도로, 궤도 등의 규격, 교통량, 안전, 교통규제의 현황
- (6) 노무자재 : 터널외부 설비에 관계되는 콘크리트용 골재, 굳지 않은 콘크리트, 기타 자재의 공급경로, 공급사정의 현황 및 관리방법, 인접부근의 공사
- (7) 법규, 기타에 의한 규제 : 인접 부근의 공사

1.6 보상조사

1.6.1 공사착공전에 보상대상이 되는 사항을 상세하게 조사하여야 한다.

1.6.2 보상대상 사항에는 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, 영업 손실 등을 포함하여야 한다.

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

해당사항 없음

3-1 조사

3-1-3 지반조사

1. 일반사항

1.1 지반조사의 원칙

- 1.1.1 공사의 목적이나 구조물의 종류에 따라 조사의 방법과 항목이 각각 상이할 수 있다.
- 1.1.2 공사 중의 지반조사는 설계의 확인 또는 설계변경에 필요한 제반 자료를 제공할 수 있도록 수행하여야 한다.
- 1.1.3 구조물의 변형이나 손상이 발생한 경우 또는 주변환경의 변화로 구조물의 안전에 문제가 있다고 판단될 경우에는 그 원인을 규명하고 대책을 수립하기 위한 목적의 지반조사를 실시하여야 한다.

1.2 기존자료 조사

- 1.2.1 기존 자료조사는 설계시 작성된 자료를 토대로 실시하고 다음 사항을 검토하여 필요시 보완하여야 한다
 - (1) 기존 구조물 · 기존 구조물의 배치, 설계도면, 시공관련자료, 현재의 상태 등을 검토함으로서 개략적인 주변 지반조건, 지지력, 위험요소 등을 파악
 - (2) 인접지역 조사자료 · 인접지역 조사자료를 활용하여 조사지역의 지반의 종류 및 조건, 지하수 분포상태 등을 파악
 - (3) 지형도 및 항공사진 · 현재 및 과거의 지형도를 분석하여 지질경계, 선구조, 붕괴지형, 식생, 수계 등의 분포상태를 파악하여 시추, 골재원, 토취장, 혹은 채석장 등의 조사에 활용하고 현장조사시의 시추 위치, 시추장비의 진입 가능성 및 시추 용수의 취득 가능성 등을 파악
 - (4) 지질도 : 지층의 분포, 지질구조(단층, 습곡, 절리, 선구조)의 발달과 특성 및 공동 및 폐광의 존재 유무 등을 분석하여 터널 굴착조건을 예측하고 노선결정과 조사계획 수립에 반영

- (5) 지하수개발 현황 · 지하수 이용을 위한 우물개발 현황으로부터 지하수 부존상태, 지하수위 상태 등의 지하수 특성파악
- (6) 설계시 작성한 지반조사 보고서

1.3 현장답사

- 1.3.1 현장을 직접 방문하여 지형이나 지반상태를 확인하거나 지역 주민들의 청문을 통하여 과거의 지형변화 등에 대한 정보를 입수하여 조사자료에서 나타난 사항을 확인하고 시공에 영향을 줄 수 있는 제반 현장여건을 파악하여야 한다.
- 1.3.2 현장답사는 반드시 경험있는 관련기술자가 실시하여야 한다.
- 1.3.3 현장답사의 결과를 정리하여 계획 및 설계를 재검토하고 문제점을 파악하여 변경하거나 보완할 수 있도록 하여야 한다.
- 1.3.4 삽 또는 핸드 오거 등의 간단한 조사장비를 이용하여 지역전반에 걸친 개략적인 지반조건을 조사하고 추가의 시추계획에 반영할 수 있도록 하여야 한다.
- 1.3.5 현장답사시 조사하여야 할 주요 내용은 다음과 같다
 - (1) 지형변화 : 옛 제방흔적과 범위 및 수로, 철도, 성토 매립 등의 토공 흔적이나 상태, 산사태지형을 표시하는 지역에서는 그 활동 흔적이나 범위
 - (2) 지표수 및 지하수 : 용수, 우물의 수위와 그의 계절적 변동, 피압지하수의 유무, 호우, 강설시 등의 저수, 배수의 상태
 - (3) 인근 구조물 유지상태 : 도로 및 철도의 제방, 교대 및 교각, 기타 중요 구조물의 침하균열이나 경사도, 굴곡 등의 변상 유무
 - (4) 지하 매설물 : 상하수도, 가스관, 통신 및 전력케이블, 지하철, 지하도, 공사 현장 부근에 있는 경우는 그 영향의 정도, 건물기초 등
 - (5) 수송로 : 트럭, 중차량의 출입제한 유무, 도로의 교통상황, 진동소음, 공해 등

1.4 지표지질 조사

- 1.4.1 지표 지질조사는 지형, 지질구조, 암질, 토질, 지하수 등의 종류, 분포 및 상태 등을 파악하여 기설시된 조사의 보완자료로 활용할 수 있도록 수행하여야 한다.

3-1 조사

1.5 터널내 조사

1.5.1 막장관찰에는 다음의 내용을 포함하여야 한다

- (1) 막장 관찰자는 소정의 양식지를 이용하여 공사시에 노출되는 막장의 지반상태를 관찰하고 조사하여 설계시의 조사결과 및 판정한 지반조건이 실제의 지반조건과 같은지 여부를 확인하여야 한다.
- (2) 막장관찰시에는 다음 사항을 조사하고 암반분류를 실시하여 지보패턴을 조정할 수 있도록 하며, 터널 지질도를 작성(Face Mapping)하여 터널 운영시의 유지관리 및 보수, 보강을 위한 기본자료로 활용토록 보존하여야 한다
 - ① 막장의 붕괴 여부 및 붕괴 위치, 형태 및 규모
 - ② 암중분포, 풍화정도, 고결정도, 강도 및 암반등급
 - ③ 층리, 엽리, 절리, 단층 등의 주향과 경사 및 터널 방향과의 관계
 - ④ 층리, 절리, 단층 등의 간격, 틈새, 충전물 유무와 성상 및 충전물의 특성
 - ⑤ 용수의 위치, 토립자 유실 유무 및 유출정도
 - ⑥ 기타 필요한 사항
- (3) 막장관찰자는 지반공학 관련분야를 전공한 자 또는 동등 이상의 자격이나 경험을 구비한 자로서 막장관찰결과를 바탕으로 터널지질도를 작성할 수 있는 자이어야 한다
- (4) 실제 지반상태가 설계시의 적용조건과 상이하여 설계보완이 필요한 경우는 현장자료를 근거로하여 설계내용을 보완하되 지반조건이 특이하여 추가의 조사가 필요한 경우에는 상세 지반조사를 실시하여야 한다.
- (5) 막장관찰은 매굴진장마다 실시하여야 한다. 단, 지반조건에 따라 관찰빈도를 조정할 수 있다.

1.5.2 수평시추조사의 기본사항은 다음과 같다.

- (1) 터널시공 구간내의 지반에 단층, 파쇄대 및 기타 연약대 등 터널공사에 장애를 초래하는 지반조건과 지하유출이 예상된 경우, 이를 확인하고 처리 방안을 결정하기 위한 자료를 얻기 위하여 시료채취와 현장시험을 병행한 수평시추조사를 실시하여야 한다.
- (2) 시추는 NX 규격 이상의 이중 코아베럴을 사용하여 실시하며, 풍화대나 파쇄대 등에서는 코아의 회수율을 높이고 원상태의 시료채취가 필요한 경우에는 삼중 코아베럴이나 D-3 샘플러 등을 사용할 수 있다

- (3) 시추는 터널내에서 수평으로 실시하되 조사목적과 현장조건을 고려하여 경사시추를 할 수 있다.

1.5.3 물리탐사의 기본사항은 다음과 같다.

- (1) 지반정보를 얻기 위해 실시하는 물리탐사기법은 반드시 현장적용성을 검토한 후 실시하여야 한다.
- (2) 지표, 터널막장 또는 시추공에서 시행하는 물리탐사는 지하의 지질구조 및 지반상태를 정밀하게 파악할 수 있도록 현장여건과 지반조건을 고려하여 탐사방법을 선정하여야 한다.
- (3) 지층의 두께, 종류, 상대적인 지반강도를 얻기 위하여 시행하는 탄성과 탐사는 인공 탄성과 발생, 수진기 배열 등이 탐사목적에 부합하는지 확인하여 시행하여야 한다
- (4) 탄성과 탐사를 위한 발파시에는 발파로 인한 사고를 방지하기 위하여 안전원을 배치하고 사이렌, 호각 등을 사용하여 안전조치를 취한 후에 시행하여야 한다.
- (5) 탄성과 탐사에 사용하는 화약의 사용과 보관은 관계 법령에 따라 관리하여야 한다.
- (6) 전기탐사는 터널 및 터널주변에 설치된 전기시설로 부터 유도된 전류로부터의 영향이 최소화되도록 시행하여야 하며, 해석상 오류가 발생하지 않도록 탐사 주변부의 전기시설상태를 점검하여야 한다.
- (7) 물리탐사 자료의 해석시에는 막장관찰자료, 시추조사자료, 기타 지반정보자료 등을 이용하여 현장지반조건과 대비할 수 있도록 하여야 한다.

1.6 시험터널 조사

- 1.6.1 특수한 지반상태를 직접 확인할 필요가 있거나 특정의 원위치시험을 실시할 필요가 있을 때에는 시험터널을 굴착하여 조사할 수 있다.
- 1.6.2 시험터널 내에서 각종 원위치시험이나 계측을 실시할 수 있으며, 필요에 따라서 호트러진 또는 호트러지지 않은 시료를 채취하여 필요한 시험을 하여야 한다

3-1 조사

16.3 시험터널 조사시에는 터널의 지질도를 작성하여 종합분석에 참고할 수 있도록 하여야 한다.

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

해당사항 없음

3-1-4 시험

1. 일반사항

1.1 현장시험

1.1.1 현장 지반특성을 파악하기 위하여 시추공내 또는 시험터널내에서 현장시험을 실시할 수 있다

1.1.2 시험항목과 빈도는 공사의 특성, 현장여건 등 제반사항을 감안하여 선정하여야 한다.

1.2 실내시험

1.2.1 토질시험은 한국산업규격(KS)에 제시된 시험방법에 따라서 수행하여야 한다. 단, 이 규격에 명시되지 아니한 시험은 국제적으로 인정되는 시험방법을 준용할 수 있다.

1.2.2 암석시험용 시료의 제작 및 시험방법은 국제 암반역학회(ISRM International Society for Rock Mechanics)에서 권장하는 시험방법 등 국제적으로 공인된 방법을 따른다.

3-2 측량

1.2.3 시험항목과 빈도는 공사의 특성, 현장여건 등 제반사항을 감안하여 선정하여야 한다

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

해당사항 없음

3-2 측량

3-2-1 터널 외부측량

1. 일반사항

1.1 참조규격

1.1.1 측량의 정도는 공공작업 측량기준의 규정을 따른다.

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

3.1 기준점

3.1.1 터널 외부에는 터널 시공의 기준이 되는 기준점을 설치하고 기준점 상호 간은 필요한 정도를 유지하도록 하여야 한다. 기준점은 기존 삼각점 등으로

3-2 측량

부터 도입하되 기존 삼각점 등 기준이 되는 측량점의 성과를 확인한 후 그 재원을 사용하여야 한다

31.2 기준점 설치시에는 터널의 길이, 지형의 상황, 정도 등을 감안하여 적합한 측량방법을 선택하여 시행하고 필요한 정도를 확보하여야 한다.

31.3 기준점들은 훼손, 이동의 우려가 없는 장소에 설치하고, 안전하게 보호하여야 한다.

3.2 범위 및 축척

32.1 터널입구 및 터널 가설 계획에 필요한 상세 지형측량을 실시한다 상세 지형측량의 축척은 1/100~1/1,200으로 한다.

3-2-2 터널 내부측량

1. 일반사항

1.1 참조규격

1.1.1 측량의 정도는 공공작업 측량기준의 규정을 따른다.

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

3.1 기준점

31.1 터널 내부의 기준점 및 수준점은 수직작업구 또는 작업 터널로부터 도입하고 측량은 수직구의 깊이와 크기 및 작업 터널의 길이, 경사, 방향 등을 고려하여 필요한 정도가 유지되도록 실시하여야 한다

31.2 기준점이나 수준점은 시공중에 움직이지 않도록 견고하게 설치하고 손상되지 않도록 보호하여야 한다.

3.2 측점

3.2.1 측점의 간격은 직선부에서는 약 100m 정도를 표준으로 하고, 곡선부에서는 곡선반경, 단면의 크기, 구배 등을 고려하여 적절한 간격을 결정하되 1측점에서 전후로 적어도 2점 이상 관측될 수 있는 측점간격으로 하여야 한다

3.2.2 측량작업시에는 관측, 측정에 지장이 없도록 조명, 환기, 작업공정간의 마찰이 적은 시간대 책정 등의 필요한 조치를 강구하여야 한다.

3.3 측점관리

3.3.1 터널내 측점의 검측은 굴진의 속도에 따라 적당한 빈도로 터널 외부의 기준점으로 부터 실시하여야 하며 적어도 1개월에 1회 이상 실시하여야 한다.

3.3.2 터널 굴착시에는 내공단면과 선형을 관리하기 위한 측량을 실시하여야 한다.

제4장 터널의 굴착

4-1 굴착공법의 선정

1. 일반사항

1.1 굴착방법의 선정

- 1.1.1 굴착방법에는 인력, 기계, 발파굴착, 파쇄굴착 등이 있으며, 방법 선정시에는 지반조건, 토피, 환경조건, 터널단면의 크기, 형상, 연장 등을 고려하여야 한다
- 1.1.2 굴착면 지반의 자립시간이 짧고 진동영향이 심한 지반을 소규모로 굴착하고 조기에 지보재를 설치하여야 하는 경우에는 인력굴착방법을 적용한다.
- 1.1.3 기계굴착방법은 중장비에 의한 굴착으로 소음, 진동을 억제하여야 하는 조건에 적용한다.
- 1.1.4 발파굴착방법은 가장 일반적인 굴착방법이며 발파가 필요없는 지반조건이거나 주변여건상 인력굴착방법이나 기계굴착방법을 적용하는 경우를 제외한 모든 굴착에 적용한다.
- 1.1.5 인력굴착방법을 적용할 수 없는 견고한 지반에서 기계 또는 발파에 의한 굴착을 채택하기 어려운 경우에는 압력에 의한 파쇄굴착방법을 적용한다.

1.2 굴착공법의 선정

- 1.2.1 굴착공법은 막장의 자립성, 원지반의 지보능력, 지표면 침하의 허용값 등을 충분히 조사한 다음, 시공성 및 경제성을 고려하여 선정하여야 한다.
- 1.2.2 굴착공법에는 전단면 굴착, 분할 굴착이 있으며 분할 굴착은 수평분할굴착, 연직분할굴착 및 선진도갱 공법으로 구분한다.
- 1.2.3 수평분할 굴착은 통상 벤치의 길이 및 수에 따라 롱벤치, 쇼트벤치, 미니벤치, 다단벤치 등으로 구분하며 벤치길이가 30m 이상인 경우를 롱벤치, 30m 미만으로부터 터널직경 이상인 경우를 쇼트벤치, 터널직경 미만인 경우를 미니벤치로 구분한다. 다단벤치는 벤치의 수가 3개 이상인 수평분할 굴착을 말하며 벤치의 길이는 통상 터널직경 이하로 한다

4-1 굴착공법의 선정

1.2.4 연직분할굴착은 시공성과 안전성 측면에서 유리한 경우 임시지보재를 설치할 수 있다.

1.2.5 갱구부 굴착은 터널의 크기, 토피, 지반조건, 갱구부 사면 형성조건 등을 고려하여 안전한 시공이 될 수 있는 방법으로 실시하여야 한다.

1.3 여굴

1.3.1 굴착시 여굴량이 최소가 되도록 하여야 한다. 이를 위하여 토사터널의 경우 보조공법을 적용할 수 있으며 암반터널의 경우 평활한 굴착면이 얻어지도록 제어발파를 고려할 수 있다.

1.3.2 여굴이 발생할 경우에는 여굴의 발생상태와 발생원인 등을 조사하여 여굴량을 줄일 수 있도록 시공법을 개선하여야 한다. 특히, 암반지역은 절리의 발달상태에 따라 발파공의 위치, 방향 등을 조절하여 여굴이 적게 발생하도록 하여야 한다.

1.3.3 여굴발생부위는 적절히 조치하여 진행성 여굴이 발생하지 않도록 하여야 한다.

1.3.4 여굴이 심하게 발생한 곳은 슛크리트와 록볼트로 보강하여 응력의 집중에 따른 진행성 여굴 또는 불안정상태 발생을 방지한 후 잔여 여굴부분을 모르터 또는 콘크리트로 치밀하게 채워야 한다.

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

해당사항 없음

4-2 기계굴착

4-2 기계굴착

1. 일반사항

1.1 기계굴착의 적용

1.1.1 굴착방법이 인력이나 발파에 의존하지 않고 기계로 굴착하는 방법이며, 기계굴착은 지반의 이완을 최소화하고 막장의 안정을 유지하여야 하며 여굴이 적게 발생하도록 하여야 한다

1.1.2 쇼벨, 브레이커 등의 컷터붐 기계굴착은 절리가 심하게 발달한 암반이나 토사 지반에 적용한다

1.1.3 TBM은 터널단면의 크기, 암반의 강도, 불연속면의 발달상태 등을 검토하여 적용 여부를 결정하여야 한다 TBM 적용이 가능할 경우에는 지반에 적합한 컷터의 종류, 컷터헤드의 회전수, 추력의 크기 등을 정하고, 굴착 효율의 향상과 사행 굴착이 발생되지 않도록 운전관리를 적절히 하여야 한다 이에 대한 상세한 내용은 제12장 TBM터널 시공에서 정한 바를 따른다.

1.2 굴착기계의 선정

1.2.1 굴착기계는 지반조건, 주위환경, 터널단면의 크기, 형상, 연장, 굴착공법, 버력처리 방법 등을 고려하여 선정하고 지반의 특성에 알맞고 경제성이 있는 기종을 선정하도록 하여야 한다

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

3.1 기계의 운전

3.1.1 절리면의 발달상태를 관찰하며 암괴의 밀려나움이 발생하는지 유의하여 굴착하여야 한다.

3.1.2 기계 운전원은 회전, 전진, 후진시 다른 작업원이 다치지 않도록 주의하며 운전하여야 한다

4-3 발파굴착

- 3.1.3 기계 운전원과 다른 작업원과의 신호방법을 정하여 의사소통이 원활할 수 있도록 조치하여야 한다.
- 3.1.4 붐 기계굴착을 적용할 경우에는 굴착패턴을 준수하고 기계운전에 의해 노면이 악화되지 않도록 노면보호를 실시하여야 한다.

4-3 발파굴착

1. 일반사항

1.1 발파굴착의 일반

- 1.1.1 발파계획은 지반조건, 주위환경, 터널단면의 크기와 형상, 굴착공법, 굴진장, 벤치길이 등에 적합한 천공깊이, 천공배치, 폭약의 종류와 양, 뇌관의 형식, 발파순서 등을 종합적으로 판단하여 수립하여야 한다.
- 1.1.2 발파계획은 지반의 이완영역을 최소로 억제하고, 평활한 굴착면을 얻을 수 있도록 수립하여야 한다.
- 1.1.3 발파에 의해 발생된 버력의 크기는 활용계획 및 버력적재 방법과 운반장비에 적합하도록 하여야 한다.
- 1.1.4 발파로 인한 소음, 진동 등 주변 환경에 미치는 영향을 고려하여 필요한 경우에는 그 대책을 강구하여야 한다.
- 1.1.5 발파 작업시에는 총포 화약류 단속법 및 동 시행령, 근로 안전관리 규정, 기타 관계법규 등을 준수하여야 한다.
- 1.1.6 발파작업은 정해진 책임자에 의해서 진행되어야 하며 이미 설치된 지보재들을 보호하여 손상되지 않도록 하여야 한다.
- 1.1.7 발파후 소정의 시간이 경과한 후 막장에 접근하여야 하며 불발 장약공, 잔류폭약 유무를 점검하고 잔류 폭약의 제거 등의 필요한 조치를 강구하여야 한다.
- 1.1.8 발파후 굴착면을 따라서 뜯돌의 잔존여부를 확인하고 뜯돌이 확인될 경우 안전하게 제거하여야 한다 이를 위하여 필요한 도구를 상시 마련해 두고 정기적인 점검을 실시하여야 한다.
- 1.1.9 발파결과가 당초 계획과 상이할 경우에는 그 원인을 규명하여 후속 발파작업에 반영하여야 한다

4-3 발파굴착

1.2 발파진동

1.2.1 발파진동 측정에 대해서는 다음의 세부사항을 준수하여야 한다.

- (1) 진동측정 계기는 발파진동의 주파수(통상 10Hz~500Hz) 범위에 적합하고 입자변위, 입자속도, 입자가속도를 측정할 수 있는 것이어야 하며 정밀분석이 필요할 경우에는 주파수 분석이 가능하도록 시간이력을 기록할 수 있는 것을 사용하는 것이 바람직하다
- (2) 진동측정 항목은 입자변위, 입자속도, 입자가속도의 3가지로 구분하며 측정목적에 따라 측정항목을 다르게 할 수 있다
- (3) 발파에 의한 지반진동의 크기 및 파형의 측정은 원칙적으로 연직방향과 이에 직교하는 수평 2방향(Longitudinal and Transversal)의 3성분을 동시에 측정하는 것이 바람직하며 진동크기의 거리에 따른 감쇠를 측정할 필요가 있는 경우에는 최소한 3측점 이상을 동시에 측정하여야 한다.
- (4) 대상 시설물에 대한 진동은 발파원으로부터 가장 근접한 위치의 시설물 부위에서 측정하고 여건상 이것이 불가능한 경우에는 이에 근접한 지표에서 측정할 수 있다.
- (5) 측정빈도는 다음의 기준을 표준으로 하되 현장의 작업여건이나 입지여건에 따라 조정할 수 있다
 - ① 시험발파 또는 발파패턴 변경시에는 목표의 발파효과와 발파진동 관리치 도달시까지 매 발파마다 측정한다
 - ② 일상적 발파작업이 이루어질 경우에도 주 1회 이상 주기적으로 측정하여 발파작업의 효과확인 및 작업원에 대한 안전 의식을 반복적으로 점검하도록 하여야 한다
 - ③ 문화재, 진동예민 시설물 및 특별관리대상 시설물에 대하여는 발파진동 영향권 전구간을 통과할 때까지 매 발파마다 측정하여야 한다.

1.2.2 발파지점 주변에 보호하여야 할 시설물이나 구조물이 있는 경우, 대상시설물 위치에서의 발파진동허용치는 입자속도를 기준하여 <표 4-3.1>에 정한 값 이하로 한다.

4-3 발파굴착

<표 4-3.1> 구조물 손상기준 발파진동허용치

구 분	진 동 예 민 구 조 물	조적식(벽돌, 석재 등) 벽체와 목재로된 천정을 가진 구조물	지하기초와 콘크리트 슬래브를 갖는 조적식 건물	철근콘크리트 골조 및 슬래브를 갖는 중소형 건축물	철근콘크리트 또는 철골골조 및 슬래브를 갖는 대형건축물
	문화재 등	재래가옥 저층 일반가옥 등	저층 양옥, 연립주택 등	중, 저층 아파트, 중소상가 및 공장	내진구조물 (고층아파트 대형건물 등)
허용입자속도 (cm/sec)	03	10	20	30	50

1.2.3 발파지점 주변의 주거민에 대한 생활공해방지를 위한 발파진동허용치는 환경부제정 진동과 소음에 관한 규정을 준용한다. 단, 가축사육 및 양식장 인접 공사의 경우에는 해당전문가의 자문을 얻어 발파진동허용치를 정하여야 한다.

1.2.4 발파진동치가 허용범위를 초과할 경우에는 저폭속의 폭약사용, 다단발파 적용, 장약량제한, 심발발파 방법 조정, 발파방식 변경 및 진동 전파 방지 방법 등을 활용하여 진동치가 허용범위 이내가 되도록 조치하여야 한다.

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

3.1 화약 및 뇌관의 취급, 관리

3.1.1 화약 및 뇌관의 수령 및 운반은 반드시 관련 자격을 보유한 기술자가 하여야 하며 1일 사용량 이상을 초과하여 수령하여서는 안된다.

3.1.2 화약과 뇌관은 각각 별도로 보관하고 잔여량은 반드시 반납하여야 한다.

3.1.3 화약고는 설치 기준에 따라 설치하고 안전사고가 발생하지 않도록 신중히 관리하여야 한다.

3.1.4 발파 장소에서의 화약류의 소운반은 소정의 용기, 운송 방법에 준하되 지명된 작업원에 의해서 시행하여야 한다.

4-3 발파굴착

3.2 천공

- 3.2.1 천공기계는 암질, 터널단면의 크기, 형상, 연장, 굴착공법, 발파계획, 버력처리방법, 공사기간 등을 고려하여 선정하여야 하며 로드(Rod)와 비트(Bit)는 천공기계, 암질 등에 적합한 것을 사용하여야 한다
- 3.2.2 천공에 앞서 막장의 점검, 뜯돌제거, 잔류폭약의 유무 확인 및 회수 등의 조치를 취하여 천공중 막장에서의 붕락, 잔류폭약에 의한 폭발사고 등을 방지하도록 하여야 한다
- 3.2.3 천공시에는 미리 정해진 위치, 방향, 깊이대로 정확하게 천공하여야 하며 장약 유무가 육안으로 확인되지 않은 전회 발파공을 다시 천공하여서는 안된다
- 3.2.4 천공중에는 이상 용수, 가스의 분출, 지질의 변화 등이 있을 경우에는 즉시 천공을 중지하고 필요한 조치를 취하여야 한다

3.3 장약 및 뇌관연결

- 3.3.1 장약전에는 천공상태를 점검하여야 하며 천공중에 발생한 뜯돌의 유무를 점검하고 이를 제거한 후 장약을 실시하여야 한다.
- 3.3.2 발파효과를 높이기 위하여 장약공은 소정의 채움재로 세밀하게 다지며 메꾸어야 한다.
- 3.3.3 유출된 지하수가 잔류하는 막장의 하단 장약공은 수중으로 전달되는 충격압의 영향으로 불발될 우려가 있으므로 인접 장약공과 동일한 단수의 뇌관을 사용하는 등의 조치를 취하여야 한다
- 3.3.4 전기뇌관을 사용할 경우에는 다음 사항을 준수하여야 한다.
 - (1) 반드시 누설전류 탐지기, 도선연결 시험기, 다짐봉 등 소정의 기구류를 사용하여 점검하고 순서에 따라 작업을 실시하여야 한다.
 - (2) 결선부는 비닐테이프, 방수캡 등을 사용하여 단락 또는 누전되어 불발되지 않도록 사전에 조치하여야 한다
 - (3) 미주(洩走)전류, 누설전류, 정전기의 유무 및 크기를 측정하여 안전여부를 확인하여야 한다.
 - (4) 작업에 불필요한 모든 전동기 동력선은 전원으로부터 단절하고 필요한 전력선은 누전 차단장치를 설치하여야 한다

4-3 발파굴착

- (5) 발파모선은 완전 절연이 가능한 것을 사용하여야 하고 전기선로, 기타 대전의 우려가 있는 곳으로부터 완전히 격리시켜야 한다. 접화기에 접하는 발파모선의 단말은 접화시 이외에는 접화기로부터 분리시켜야 한다.

3.3.5 비전기식 뇌관을 사용할 경우는 제품에 따른 안전수칙을 준수하여야 한다.

3.4 발파시 경보 및 대피

3.4.1 발파작업은 발파책임자의 통제하에 실시하여야 한다.

3.4.2 발파 책임자는 다음 사항을 수행하여야 한다.

- (1) 위험구역, 대피장소 및 경로지정
- (2) 접화장소 지정 및 발파예고, 접화, 해제 등의 각종 신호 및 경보 결정
- (3) 접화자 지정
- (4) 위험구역 표지 및 감시원 배치
- (5) 결선상태 확인

3.4.3 터널의 양방향 굴착시 관통이 가까워질 때에는 상호 긴밀한 연락하에 발파작업을 수행하고 양방향에서 동시에 발파가 이루어지지 않도록 하여야 한다

3.4.4 대피시 책임자가 최종 검사하고 특히 횡갱 등이 있는 경우 타 경로로 작업원이 접근하지 않도록 각 방향으로 안전대책을 수립하여야 한다.

3.4.5 발파시 모든 작업원 및 주변 주민에게 발파를 알리는 사이렌 경보를 하여야 하며 필요시 주민대피, 교통통제, 가축대피 등을 실시하여야 한다.

3.4.6 안전에 대비하여 전기식 발파의 경우에는 5분이상, 비전기식 발파의 경우에는 발파후 15분이상 경과한 후에 발파장소에 접근하여야 하며 불발 화약은 안전하게 제거하여야 한다.

3.5 뜯돌처리

3.5.1 발파후 버력처리에 앞서서, 막장면, 측벽, 아치부 등을 잘 점검하여 모든 뜯돌을 제거하여야 한다.

3.5.2 분할발파시의 뜯돌처리는 발파부위 뿐만이 아니라 아직 지보재가 시공되지 않은 구간에 대해서도 실시하여야 한다

4-4 터널내 운반

4-4 터널내 운반

1. 일반사항

1.1 버력처리 일반

- 1.1.1 버력처리 계획은 지반조건, 주위환경, 터널 단면의 크기, 연장, 구배, 굴착 공법, 굴착방법, 버력의 크기 및 사용장비와 조건 등을 고려해서 수립하여야 한다
- 1.1.2 터널의 연장이 긴 병렬터널인 경우에는 버력처리의 효율을 감안하여 일정한 간격으로 횡방향 연결통로를 설치하는 방안을 검토하여야 한다.
- 1.1.3 버력의 용적증가는 지반의 조건과 특성, 버력의 크기 및 혼합상태 등에 따라 다르며 운반시의 용적변화와 사토시의 용적변화를 다르게 적용한다.

1.2 터널내 운반 일반

- 1.2.1 터널내 운반방법은 지반조건, 환경조건, 터널단면의 크기, 연장, 구배, 굴착 공법, 굴착방법, 안전성, 운전효율 등을 고려해서 가장 적합한 방법을 선정하여야 한다.

1.3 운반기기

- 1.3.1 운반기기의 크기는 터널내를 안전하게 통과할 수 있는 것이라야 한다.
- 1.3.2 제동장치 및 연결 등의 기능은 항상 정상적인 기능을 갖도록 정비하여야 한다
- 1.3.3 내연기관을 사용할 경우에는 배기가스에 주의하고, 필요에 따라 환기설비가동 등 적절한 조치를 강구해야 한다
- 1.3.4 케도방법으로 운반하는 경우에는 탈선 등의 장애가 발생하지 않도록 케도의 설치 및 보수를 시행하여야 하고 일반 차량에 의한 경우에는 항상 굴착 바닥면을 보수하여 양호한 굴착바닥면이 유지되도록 하여야 한다.
- 1.3.5 운행시에는 안전 경보음을 내거나 경고등을 켜야 한다

1.4 부대설비

- 1.4.1 터널내 운반을 위한 부대설비는 운반방법, 운반기기, 버력처리 조건 등에 적합하도록 설치하여야 한다.

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

3.1 버력의 적재 및 운반

- 3.1.1 버력적재 작업시 안전에 유의하고 기 설치된 지보재, 가설설비 등을 손상시키지 않도록 하여야 한다. 버력적재시 과도한 분진이 발생할 경우에는 살수 등 분진발생 억제조치를 취하여야 한다.
- 3.1.2 버력적재는 운반도중에 버력이 떨어지지 않도록 덮개 등을 씌워야 하며 과적하지 않도록 하여야 한다. 단, 작업장내의 단거리 운반시에는 덮개를 씌우는 것을 생략할 수 있다.
- 3.1.3 운반방법은 타이어 혹은 크롤러 방법, 궤도방법, 컨베이어 방법 등으로 구분하며 터널의 구배, 크기, 연장 등을 고려하여 정하여야 한다.
- 3.1.4 버력 운반시설의 운영관리는 효율적이며 안전하게 시행하여야 한다.

3.2 운전

- 3.2.1 운반작업은 운행관리 규정을 정하고 차량 운행시 안전성을 확보해야 한다.
- 3.2.2 운전원을 포함한 터널작업인원, 기타 관계자에게 안전운행에 관한 교육을 실시하고 운행관리 규정을 준수하도록 해야 한다.
- 3.2.3 중간 작업장을 통과할 경우에는 경고음, 신호 등으로 경고하여야 하며 후진 운전인 경우에는 반드시 안전운전이 되도록 유도하여야 한다.

제5장 터널 지보재

5-1 지보재 시공계획

1. 일반사항

1.1 터널지보재 시공시기

- 111 주지보재는 굴착 후 굴착면 지반의 자립시간 이내에 설치하여 지반이완이 발생하지 않도록 하여야 한다
- 112 주지보재 공종간에는 휴지시간이 없도록 그 설치시기를 계획하여야 하며 동일 작업조에 의하여 주지보재 시공이 완료되도록 하여야 한다 단, 주지보재 전공정 시공이 동일작업조에 의해 수행될 수 없는 경우에는 공종별 작업 조간의 인수인계가 막장에서 이루어지도록 하여야 한다.

1.2 터널지보재 시공순서 결정

- 121 지보재의 시공순서 결정은 지반조건, 터널 단면의 크기와 형상, 주변환경, 안전성, 경제성 등을 고려하여 지반이 자체 지보능력을 발휘할 수 있도록 정 하여야 한다
- 122 시공중 실제 지반조건이 설계시 예측된 지반조건과 다르게 될 경우에는 감독원의 승인을 얻은 후 지체없이 실제지반조건에 적합한 지보방법으로 변경하여 시공하여야 한다

1.3 터널지보재 시공중 조치사항

- 1.3.1 시공중 지보재 혹은 지반에 이상 변형이 발생하였을 경우에는 지체없이 지보재의 강성증가, 록볼트의 추가타설, 링폐합 등의 보강을 시행하고 계측빈도를 증가하며 필요시 추가의 계측기를 설치하여 변위추이를 감시하여야 한다

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

해당사항 없음

5-2 강지보재

1. 일반사항

1.1 강지보재 일반

- 1.1.1 강지보재는 지반조건, 굴착방법, 굴착단면의 크기 등을 감안하여 제작하고 신속히 시공할 수 있도록 관리하여야 한다.

2. 재료

2.1 강지보재의 재질

- 2.1.1 강지보재는 연성이 크고 휨과 용접 등의 가공성이 양호한 강재를 사용하여 한다
- 2.1.2 강지보재의 재질은 KS D 3503에 규정된 SS400을 표준으로 하며 이와 동등 이상의 성능을 발휘하는 구조용 강재로 한다.

2.2 강지보재의 형상과 제작

- 2.2.1 강지보재는 구조용 H형강, U형강, 격자지보(Lattice Girder) 등을 사용하여 굴착면이나 숏크리트에 밀착되어 콘크리트 라이닝의 설계두께가 확보될 수 있도록 시공정확도와 지반 변형량을 반영하여 제작하여야 한다.
- 2.2.2 강지보재는 작용하중, 숏크리트의 두께, 피복덮개, 굴착공법 등을 고려하여 적절한 단면과 치수가 되도록 제작하여야 한다
- 2.2.3 강지보재의 이음 개소는 거치 및 시공성을 고려하여 정하되 이음개소를 최소화하고 구조적으로 유리한 곳에서 견고하게 체결될 수 있도록 제작하여야 한다

5-2 강지보재

2.2.4 강지보재 사이를 연결하는 간격재의 형상은 슛크리트의 일체성을 유지할 수 있는 형상을 사용하여야 한다

2.3 재료의 품질관리

2.3.1 강지보재의 휨가공, 절단, 구멍내기, 용접 등의 가공방법과 형상, 크기 등은 공사시방서에 정하여 관리하여야 한다.

2.3.2 강지보재 재질의 품질관리는 공인기관의 시험성적을 확인하는 것으로 대신한다.

3. 시공

3.1 강지보재의 설치

3.1.1 강지보재는 막장에 근접시켜 굴착 후 즉시 설치하여야 한다 단, 지반조건에 따라 강지보재를 생략할 수 있다

3.1.2 강지보재의 설치간격은 지반특성, 사용목적, 시공법 등을 고려하여 결정하여야 한다.

3.1.3 강지보재 설치시에는 목재, 콘크리트 블록, 강판 등의 받침을 설치하여 강지보재의 침하를 방지하여야 한다

3.1.4 강지보재 기초부에 전달되는 하중이 큰 경우에는 충분한 지지력을 제공할 수 있는 바닥보강 콘크리트 받침을 사용하여야 한다.

3.1.5 굴착면이 튀어나와 강지보재의 설치가 곤란한 경우에는 튀어나온 부분을 제거한 후 설치하여야 하며 여굴에 의해 강지보재가 지반을 지지하지 못하게 되는 부분은 강재 또는 콘크리트 재질의 췌기 등을 일정간격으로 설치하여 강지보재가 굴착면을 지지할 수 있도록 하여야 한다

3.1.6 후속 시공시 강지보재가 해체되거나 연결되는 곳에는 시공성을 향상시킬 수 있는 조치를 취한 후 슛크리트를 타설하여야 한다

3.1.7 강지보재 상호간은 간격재로 양호하게 연결하여야 한다.

3.1.8 시공된 강지보재를 수정하여야 할 경우에는 1조 단위로 하여야 한다.

3.2 현장 품질관리

3.2.1 강지보재는 시공전 및 시공후<표 5-2.1>과 같은 사항을 관리하여야 한다.

<표 5-2.1> 강지보재의 현장 품질관리 사항

관리항목	관리내용 및 시험	시험빈도
형상 및 치수	소정의 형상 및 치수대로 가공되었는가의 확인	물품반입시
변형 및 손상	변형 및 녹등의 이물질 부착여부 확인	시 공 전
시공정확도	소정의 위치, 수직도, 높이 등을 확인	시공직후
밀 착	원지반 또는 숏크리트와의 밀착 여부 확인	시공직후
이음 및 연결상태	이음볼트 및 연결재 등의 시공상태 확인	시공직후

5-3 숏크리트

1. 일반사항

1.1 숏크리트 일반

1.1.1 숏크리트는 다음과 같은 기능을 발휘할 수 있도록 시공하여야 한다.

- (1) 지반과의 부착 및 자체전단 저항효과로 숏크리트에 작용하는 외력을 지반에 분산시키고, 터널 주변의 붕락하기 쉬운 암괴를 지지하며, 굴착면 가까이에서 지반아치가 형성될 수 있도록 한다
- (2) 강지보재 또는 록볼트에 지반압을 전달하는 기능을 발휘하도록 하여야 한다.
- (3) 굴착된 지반의 굴곡부를 매우고 절리면 사이를 접착시킴으로써 응력집중현상을 피하도록 한다.
- (4) 굴착면을 피복하여 풍화방지, 지수, 세립자 유출 등을 방지하도록 한다.

1.1.2 숏크리트는 사용수의 혼합방법에 따라 건식과 습식으로 구분하여 강(鋼) 또는 기타 재질의 섬유도 혼합하여 사용할 수 있다.

5-3 숏크리트

2. 재료

2.1 숏크리트의 재질

- 2.1.1 숏크리트는 내구성이 확보되고 부착성과 시공성이 양호하여야 한다.
- 2.1.2 숏크리트의 재령 1일 강도는 100kg/cm^2 이상, 재령 28일 강도는 180kg/cm^2 이상이 되어야 한다.
- 2.1.3 급결제는 요구되는 급결성을 갖는 액상이나 분말형을 사용할 수 있으며 조기 강도 발현 효과가 좋고 장기강도에 영향을 적게 미치는 것을 사용하여야 한다.
- 2.1.4 숏크리트용 시멘트는 KS L 5201(시멘트)의 기준에 적합한 1종의 보통 포틀랜드 시멘트 사용을 원칙으로 한다
- 2.1.5 급결제 및 시멘트는 품질이 변질되지 않도록 보관하여야 한다. 동절기에 골재가 동해를 입지 않도록 조치하여야 한다.

2.2 숏크리트의 배합

- 2.2.1 굵은 골재 및 잔골재의 규격, 입도기준과 재료별 배합비율은 설계시방배합에 따라야 하며 현장 배합시험 결과에 따라 조정하여야 한다
- 2.2.2 재료별 배합은 중량배합으로 하여야 한다.
- 2.2.3 섬유(Fiber)를 혼합할 경우에는 섬유가 숏크리트에 균질하게 분포될 수 있도록 혼합하여야 한다.

2.3 재료의 품질관리

- 2.3.1 재료는 요구되는 시험과 검사를 통하여 품질을 확인하여야 하며 시험에 대한 규정은 <표 5-3.1>을 따른다.

5-3 슛크리트

<표 5-3.1> 재 료 시 험 사 항

시험종별	시 험 내 용	규 정 치	시 험 빈 도
일상관리 시 험	○ 골재의 표면수량시험 (KS F 2509) ○ 골재 입하시 입도상태, 진흙, 먼지등의 유해물의 함유상황 (KS F 2510)		○ 골재입하시 ○ 필요시
정기관리 시 험	○ 시멘트(KS L 5201)	○ 1종 보통 포틀랜드 시멘트	○ 제품의 상표확인 으로 대신함
	○ 물 ○ 수질시험(콘크리트 표준시방서)	○ 기름, 산, 유기불순물, 혼탁물 등 콘크리트나 강지보재의 품질에 나쁜 영향을 미치는 물질을 함유해서는 안된다 ○ 해수를 사용해서는 안된다.	○ 터널공사 착수전 1회 ○ 채취개소 또는 수질변경시 1회(음료수는 제외)
	○ 급결제(제품의 비중, 압축강도비, 응결시간등의 제품사양과 공인기관 시험성적)	○ 초기응결 (최소90초, 최대5분) ○ 초기응결 (최소12분, 최대20분)	○ 제조공장 또는 품질이 바뀔때마다 ○ 공인기관 시험성적으로 대신함 (KS L 5103)
	○ 잔골재 • 체가름시험(KS F 2502) • 비중시험(KS F 2504) • 흡수량시험(KS F 2504) • 단위용적 중량(KS F 2505) • 0.08mm체통과량(KS F 2511) • 안정성시험(KS F 2507)	25 이상 30% 이하 3.0% 이하 10% 이하	○ 채취장소(납품사) 선정시 1회 ○ 채취장소 또는 품질이 바뀔때마다 1회
	○ 굵은골재 • 체가름시험(KS F 2502) • 비중시험(KS F 2503) • 흡수량시험(KS F 2503) • 단위용적 중량(KS F 2505) • 입자모양 판정 실적률 (KS F 2527) • 점토덩어리 함유량 (KS F 2512) • 0.08mm체통과량(KS F 2511) • 안정성시험(KS F 2507) • 마모율시험(KS F 2508)	25 이상 30% 이하 55% 이상(부순돌만) 10% 이하 1%이하(부순돌 15%이하) 40% 이하	○ 채취장소(납품사) 선정시 1회 ○ 채취장소 또는 품질이 바뀔때마다 1회

5-3 솟크리트

3. 시공

3.1 사전준비 및 처리

- 3.1.1 굴착면으로부터 뜯돌을 주의하여 제거하여야 하며 솟크리트의 부착을 저해하는 요인들을 제거하여야 한다.
- 3.1.2 잔골재는 호스의 패쇄가 생기지 않고 먼지의 발생이 적도록 표면수를 함유하여야 한다
- 3.1.3 굴착면이나 이미 타설한 솟크리트면에 용수가 있을 경우에는 용수대책을 강구한 후 솟크리트를 타설하여야 한다.
- 3.1.4 용수대책으로는 배수관을 이용한 배수, 시멘트량이나 급결재량의 증가, 사 용수량의 감소 등의 방법을 적용할 수 있다.

3.2 솟크리트 타설기계 및 타설방법

- 3.2.1 솟크리트 타설기계는 내압에 대한 안전성, 내구성은 물론 양호한 기계적 특성 보유 유무, 시공조건 등을 검토하여 소정의 배합재료를 연속하여 압송할 수 있는 것을 선정하여야 한다
- 3.2.2 솟크리트 타설기계는 굴착면 인접부까지 접근이 가능하여야 하며 요구되는 기능을 발휘할 수 있는 부속기기를 갖추어야 한다.
- 3.2.3 솟크리트 타설 방법은 지반조건, 터널 연장, 굴착방법, 용수의 유무, 경제성 등을 검토하여 건식 또는 습식타설방법을 선정하여야 한다

3.3 솟크리트 작업

- 3.3.1 솟크리트는 굴착후 조속히 굴착면에 시공하여야 한다 이를 위해서는 미리 철저하게 준비해 두어야 한다.
- 3.3.2 강지보재가 있는 경우에는 솟크리트와 강지보재가 일체가 되도록 주의해서 뿔어붙여야 한다.
- 3.3.3 솟크리트를 타설한 후 저온, 건조, 급격한 온도변화 등 해로운 영향을 받지 않도록 보호하고 양생을 하여야 한다.
- 3.3.4 작업장 주위의 조명은 충분한 조도를 유지 하여야 하며 솟크리트 기계 작업원과 타설 작업원간의 거리는 상호 수신호가 가능한 거리 이내이어야 한다.

5-3 숏크리트

- 3.3.5 숏크리트의 타설 작업시에는 철망, 철근, 강지보재 등의 배면에 공극이 발생되지 않도록 하여야 하며, 철망, 철근은 숏크리트 타설로 인하여 이동, 진동 등이 생기지 않도록 고정하여야 한다.
- 3.3.6 숏크리트의 1회 타설 두께는 10cm 이내가 되도록 타설하고, 숏크리트가 지반과의 밀착은 물론 나누어 시공된 숏크리트 각층 상호간도 밀착되도록 타설하여야 한다.
- 3.3.7 숏크리트 타설시 반발된 숏크리트가 혼합되지 않도록 반발된 숏크리트는 모두 제거하여야 한다.
- 3.3.8 시공된 숏크리트 면은 평탄하게 하되 각 경우별로 평탄성의 허용치를 설정하여 관리할 수 있다.
- 3.3.9 노즐의 방향은 숏크리트 면에 직각이 되도록 유지하고 굴착면과의 거리는 반발량이 최소화 되도록 유지하여야 한다.
- 3.3.10 숏크리트의 타설 작업은 하부로부터 상부로 진행하되 강지보재 부분을 먼저 타설하여 강지보재와 숏크리트의 일체성을 증진하여야 한다.
- 3.3.11 건식타설방법에 있어서 물의 압력은 압축공기의 압력보다 1 kg/cm² 정도 높게 되도록 유지하여야 한다.
- 3.3.12 숏크리트 타설작업원은 골재의 반발이나 분진의 위험이 있을 경우에 대비하여 보호장비를 착용하여야 한다.

3.4 분진 및 반발량 처리

- 3.4.1 숏크리트 타설 작업장은 분진처리를 하여야 한다.
- 3.4.2 숏크리트 타설시 발생된 반발량은 굳기 전에 제거하여야 한다.

3.5 현장 품질관리

- 3.5.1 숏크리트는 설계기준 강도가 발휘되도록 하고 반발률을 적게하며 양호한 작업성을 갖도록 관리하여야 한다.
- 3.5.2 숏크리트는 시공중 및 시공후<표 5-3.2>와 같은 사항을 관리하여야 한다.

5-3 슛크리트

<표 5-32> 슛크리트의 현장 품질관리 사항

종 별	관리항목	관리내용 및 시험	시험빈도	비 고
일상 관리	배 합	배합비 및 사용량의 검사	매 타설시	현장배합시험을 기준
	시공상태	스�크리트의 부착, 성상, 반발, 분진발생 등의 관찰	매 타설시	
	두 계	편 등에 의한 확인	매 타설시	
	변 상	변형 및 균열 등의 관찰	매 일	현장계측결과에 따라 대책을 강구
정기 관리	두 계	스�크리트 두께의 검측	터널연장 20m 마다	아치부 5개소 측벽좌우 각 1개소
	강 도	재령1일 강 도	압축강도시험	○ 빔 거푸집 1회/200m ²
		재령28일 강 도	압축강도시험 휨강도 시험 (강섬유를 사용할 때)	○ 빔 거푸집 1회/200m ² ○ 코아채취 1회/1,000m ²
	기 타	단기재령 압축강도 시험 장기재령 압축강도 시험	○ 공사착수전 ○ 골재원, 급결 재 및 현장배 합설계가 바뀔 때마다 1회 ○ 필요할 때마다	① 빔 거푸집 (KS F 2422) ② 직접코아채취 (KS F 2405)
	반 발 른	반발률의 측정		빔거푸집 (KS F 2422)

3.5.3 슛크리트의 두께관리는 다음의 규정에 따라야 한다.

- (1) 슛크리트의 두께는 시공시에는 편 등을 이용하여 측정하고 정기관리를 위해서는 천공하여 측정하여야 한다
- (2) 슛크리트의 두께는 설계두께를 기준으로하여 검측된 평균 두께가 설계두께 이상이어야 하며 검측된 최소두께는 설계두께의 75% 이상이어야 한다
- (3) 슛크리트의 두께 측정결과 두께가 설계두께에 미달되는 구간은 좌우 1m 범위내에서 재측정하여 상기(2)항과 같은 기준으로 판정하고 재측정결과 판정기준에 미달하면 표본면적으로 대표된 전면적을 설계두께 이상으로 보완하여야 하며 보완시공의 최소두께는 30mm 이상으로 하여야 한다.

3.5.4 쏿크리트의 강도 시험은 다음의 규정에 따라야 한다

- (1) 시공전의 강도시험용 시료성형은 콘크리트의 휨강도 시험용 몰드(150×150×530mm · KS F 2422)를 사용하여 반발재가 유출되도록 70° 정도 경사지게 한 후 뿔어붙인다 뿔어붙인 후 몰드의 윗 부분을 조심하여 평탄하게 고르고 압축강도시험 및 휨강도시험용의 공시체로 사용하도록 한다.
- (2) 시공후 압축강도시험용의 시료채취는 쏿크리트 타설 후 28일 경과시 코어 보링머신(Core Boring Machine)을 이용하여 $\phi 100 \times 200\text{mm}$ 또는 $\phi 50 \times 100\text{mm}$ 의 규격으로 1회 시험당 3개씩의 원주형 시료를 채취하고 시료의 양단면은 콘크리트 절삭기 등으로 직각으로 절단하거나 KS F 2403에 준하여 컵핑하여야 한다.
- (3) 굳지 않은 쏿크리트의 시간에 따른 강도발현 상태를 파악하기 위하여 단기 및 장기 재령 강도시험을 시행하여야 하며 단기 재령강도시험은 8시간, 24시간, 장기재령강도는 3일, 28일로 하여야 한다.
- (4) 쏿크리트의 압축강도 및 강섬유보강 쏿크리트의 휨강도 시험은 1회 시험당 3개의 시료를 채취 또는 성형하여 3개의 시험결과중 2개 이상은 설계강도 이상이어야 하며 1개 이상이 설계강도의 85%보다 작아서는 안되며, 평균강도는 설계강도 이상이어야 한다.
- (5) 굳지 않은 콘크리트의 단기 및 장기재령강도시험에서 미달되는 경우는 재료의 변경 또는 현장배합설계를 조정하여 설계강도를 확보할 수 있도록 하여야 한다.
- (6) 시공된 쏿크리트의 재령 28일 압축강도가 1차 시험에서 미달되는 구간은 좌우 5m 범위내에서 재시험용 코어를 채취하여 상기(4)항과 같은 기준으로 판정하고 재시험결과 판정기준에 미달시에는 보완시공 또는 재시공 하여야 한다.

3.5.5 쏿크리트의 반발률 측정은 현장에서 쏿크리트를 타설하고 바닥에 떨어진 쏿크리트(반발재)를 수거, 계량하여 다음식에 의하여 반발률을 산출한다

$$\text{반발률} = \frac{\text{반발재의 전중량}}{\text{쏘크리트 재료의 전중량}} \times 100\%$$

3.5.6 상기와 같은 현장품질관리시험이 종료되면 시공자는 시험결과를 각 항목별로 일정양식에 정리하여야 한다.

5-4 록볼트

5-4 록볼트

1. 일반사항

1.1 록볼트 일반

- 1.1.1 록볼트는 굴착면 주변에 설치되어 이완된 암괴 또는 절리면들을 궤메어 지반을 보강하거나 내압을 가하여 지반이 아치나 보를 형성하도록 시공하여야 한다
- 1.1.2 록볼트 설치는 지반조건을 검토하여 록볼트의 효과와 기능을 발휘할 수 있는지 여부를 검토하여 소요의 기능을 발휘할 수 있는 록볼트를 시공하여야 한다
- 1.1.3 록볼트의 인장력을 발휘하도록 시공할 경우에는 발생축력을 검토하여 록볼트의 재질과 형상을 결정하고 인발내력을 검토하여야 한다.
- 1.1.4 록볼트의 재질, 지압판, 정착형식 및 정착재료의 선정 등에 있어서는 그 시공성을 검토하여야 한다.
- 1.1.5 록볼트에 프리스트레스를 도입할 경우의 프리스트레스는 록볼트 항복응력의 80% 이하가 되도록 하여야 한다.

2. 재료

2.1 록볼트의 재료

- 2.1.1 록볼트의 재질은 SD35 이상의 강재로서 연신율이 큰 재질이어야 하며, 이형봉강이나 강관, 팽창성 강관 등을 사용할 수 있다.
- 2.1.2 섬유보강 플라스틱(FRP)등의 기타 소재의 록볼트도 현장조건 및 시공여건에 따라 사용할 수 있다.
- 2.1.3 지압판의 두께는 6mm를 표준으로 하되 팽창성 지반에 대해서는 9mm 정도의 두께를 사용하여야 한다

2.2 록볼트의 정착형식

- 2.2.1 록볼트의 정착형식은 선단정착형, 전면접착형, 혼합형으로 구분한다.
- 2.2.2 선단정착형 록볼트는 록볼트의 선단을 지반에 정착한 후 프리스트레스를 도입하여 내압으로 굴착면 주변 지반의 지보능력을 향상시키도록 하여야 한다.
- 2.2.3 전면접착형 록볼트는 수지 또는 모르터 등을 사용하여 록볼트 전장을 지반에 정착시키는 형식으로서 굴착면 주변지반의 지보능력을 향상시키도록 하여야 한다.
- 2.2.4 혼합형 록볼트는 록볼트 선단을 지반에 정착시키고 프리스트레스를 도입한 후 록볼트 전장과 지반과의 공극을 정착재료로 충전하는 형식으로서 선단정착형식과 전면접착형식의 기능을 모두 발휘할 수 있도록 하여야 한다.

3. 시공

3.1 천공기계의 선정

- 3.1.1 천공기계는 지반조건, 터널단면의 크기와 형상, 연장, 굴착공법, 천공길이, 본수 등을 고려하여 선정하여야 한다.
- 3.1.2 천공도중 천공각도를 일정하게 유지시킬 수 있는 기계를 선정하여야 한다.
- 3.1.3 록볼트의 삽입, 정착, 조이기 등에 사용하는 기계는 록볼트의 정착형식에 적합한 것을 선정하여야 한다.

3.2 천공 및 청소

- 3.2.1 록볼트 천공은 소정의 위치, 직경, 깊이를 준수하여 굴착면에 직각이 되도록 천공하여야 한다. 단, 주철리면이 파악된 경우에는 절리면에 직각으로 천공하여야 한다.
- 3.2.2 록볼트 삽입전 천공된 구멍에 돌가루 등이 남지 않도록 청소하여야 한다.
- 3.2.3 록볼트는 삽입전에 유해한 녹, 기타의 이물질이 부착되지 않도록 관리하여야 한다.

3.3 정착재료 및 충전

- 3.3.1 록볼트의 정착재료는 유동성 및 접착성이 우수하고, 조강성을 가지며, 장기 안정성이 있는 것이라야 한다.

5-4 록볼트

3.3.2 록볼트는 소정의 깊이까지 삽입하여야 하며 소정의 정착력을 얻도록 정착하여야 한다

3.3.3 전면접착형 록볼트는 천공구멍과 록볼트 사이의 공극에 정착재가 완전히 채워져 록볼트가 충분한 정착력을 발휘할 수 있도록 하여야 한다.

3.3.4 록볼트 정착재로서 시멘트 모르타 등을 사용할 경우에는 다음의 규정을 따라야 한다.

- (1) 시멘트는 보통 포틀랜드 시멘트를 사용한다. 조기에 접착능력을 발휘하여야 할 경우에는 급결제 등을 혼합하거나 조강 시멘트를 사용하여야 한다
- (2) 사용하는 모래는 최대 직경이 2mm이하인 입도가 양호한 모래를 사용하여야 한다.
- (3) 시멘트와 모래의 배합은 1:1로 한다.
- (4) 물과 시멘트의 비는 40~50%이며 플로우값은 200~220정도를 기준으로 한다. 단, 지하수 및 지반조건에 따라 물의 양을 가감하여 시공중 시멘트 모르타의 유통성을 유지 하여야 한다

3.3.5 록볼트 정착재료로서 레진(Resin)을 사용할 경우는 다음의 규정을 따라야 한다.

- (1) 레진은 폴리에스터(Polyester)계 및 동등 이상의 재질이어야 하며 캡슐형태로 제공되어야 한다
- (2) 제조업자가 표시한 보관기간이 경과한 레진을 사용하여서는 안된다.
- (3) 용수, 염수, 산, 약 알칼리성에 대하여 영향을 받지 않아야 하며 보관 및 이동에서 영상 50℃ 이상 및 영하 30℃ 이하의 조건이 발생되지 않도록 하여야 하며 색깔이 변질된 것을 사용하여서는 안된다
- (4) 레진은 인발에 대한 저항도가 규정된 록볼트의 강도보다 1.2배 이상 이어야 하며 조기에 접착력을 발휘하여야 한다.
- (5) 레진에 대한 현장 품질관리의 일반시험으로서 소정의 설계 인발력 이상인됨을 확인하여야 한다. 단, 토사 및 완전 풍화된 암반구간에는 레진을 사용하지 않도록 하여야 한다

3.4 록볼트 조이기

3.4.1 록볼트의 조이기는 록볼트의 항복강도를 넘지 않는 범위에서 충분한 힘으로 조여야 한다.

5-4 록볼트

3.4.2 전면접착형 록볼트는 정착후, 지압판 등이 슛크리트 면에 밀착되도록 너트 등으로 조여야 한다.

3.4.3 선단정착형 록볼트의 경우에는 확고한 정착부를 형성하도록 하여 프리스트레스 도입후에도 록볼트에 긴장응력이 유지되어야 한다. 지반조건상 시간이 경과하며 정착부가 느슨해질 우려가 있거나 록볼트의 부식이 크게 우려되는 곳에는 프리스트레스 도입후 록볼트와 지반사이의 공극을 시멘트 풀 혹은 모르타르로 충전하여야 한다.

3.4.4 프리스트레스 록볼트의 경우는 록볼트 조이기를 실시한 후 1일 정도후에 다시 조여야 한다. 또 그 후에도 정기적으로 점검하여, 소요의 긴장력이 도입되어 있는지를 확인하고, 이완되어 있는 경우에는 다시 조여야 한다

3.5 용수지역에서의 록볼트 시공

3.5.1 용수가 있을 경우 원칙적으로 용수를 처리한 후 록볼트를 시공하여야 한다.

3.5.2 용수로 인해 록볼트 충전이 어려운 경우는 급결제 등을 사용하거나 팽창성 강관 록볼트를 사용하는 것이 바람직하다.

3.6 현장 품질관리

3.6.1 시공중 및 시공후 <표 5-4.1>과 같은 사항을 관리하여야 한다.

<표 5-4.1> 록볼트의 현장 품질관리 사항

종별	관 리 항 목	관리내용 및 시험	시험빈도	비 고
일상 관리	시공 정밀도	소정의 위치, 천공지름, 깊이로 시공되어 있는가의 확인	매타설시	록볼트의 검측
	충전상태	충전재가 록볼트와 원지반사이에 확실히 채워져 있는가를 확인	매타설시	함마 타격 확인
	정착효과	시공후의 정착효과를 확인 (토크렌치로 조임등)	매타설시	함마 타격 확인
	변 형	지압판의 변형 등을 관찰	매 일	현장계측결과 등에 의하여 대책을 강구
정기 관리	강 도	록볼트 인발시험	터널연장 20m 마다	3개/20m(천정, 양측벽 각 1개)
기타	유 동 성	모르타르의 플로우값 측정	필요할 때마다	KS F 2432
	강 도	모르타르의 압축강도 시험		KS F 2426

5-4 록볼트

3.6.2 인발시험을 실시할 록볼트는 시험 구간내에서 임의로 선택하며 선정된 록볼트의 지압판은 록볼트의 축과 직각을 이루도록 석고 또는 모르터 등으로 처리하여야 한다.

3.6.3 인발시험은 충분한 정착효과가 얻어진 후에 실시하여야 하며 인발하중의 재하속도는 1ton/분 내외로 하여야 한다

3.6.4 인발시험은 하중 단계별로 변위를 측정하여 하중 변위 곡선을 작성하고 판정시의 변위가 설계에서 고려한 록볼트의 효과를 발휘할 수 있는 범위이 내인지를 확인하여 합격여부를 판정하여야 한다.

3.6.5 록볼트 인발시험은 사용된 록볼트와 동종인 록볼트 자체에 대한 사전인발 시험을 실시하여 인발내력을 확인하고, 시공된 록볼트에 대한 실제 시험시에 는 설계인발내력의 80%에 달하면 합격하는 것으로 한다.

3.6.6 인발시험결과 불합격될 경우는 불합격 부위(천정, 아치, 측벽)에서 5개를 추가 시행하여 5개중 3개 이상이 불합격되면 표본구간으로 대표된 전구간에 대하여 설계와 동일수량의 록볼트를 재시공하여야 한다.

3.6.7 다음의 경우는 록볼트를 추가 시공하여야 한다

- (1) 내공변위 또는 지중변위 측정등의 계측결과로부터 얻어진 터널측면의 변형 이 록볼트 길이의 5%를 초과하는 경우
- (2) 록볼트 두부로부터 록볼트 길이의 1/2지점과 록볼트 단부사이에 록볼트 축 력의 최대치가 발생하는 경우
- (3) 소성영역의 확대가 록볼트 길이를 넘는다고 판단되는 경우
- (4) 슛크리트의 균열, 지압판의 변형, 과다변위 응력발생등 록볼트의 추가시공 이 필요하다고 판단되는 경우

3.6.8 지반조건이 매우 불량하여 특정구간 전체에서 소요의 인발 내력이 얻어지 지 않거나 록볼트가 시공되지 않는 경우에는 감리원 또는 감독원과 협의하 여 다른 조치를 강구할 수 있다.

3.6.9 록볼트에 대한 현장품질관리시험이 종료되면 시공자는 시험결과를 각 항 목별로 일정양식에 정리하여야 한다

5-5 철망

1. 일반사항

1.1 철망의 일반

- 1.1.1 타설된 슛크리트가 자중으로 인해 박리될 가능성이 있는 경우 또는 슛크리트의 인장강도 및 전단강도를 향상시키기 위하여 사용한다.
- 1.1.2 섬유 슛크리트를 사용할 경우는 철망을 생략할 수 있다.

2. 재료

2.1 철망의 재질 및 규격

- 2.1.1 철망은 KS D 7017에 규정된 용접철망을 사용하되 철망의 지름은 5mm 내외, 개구 크기는 100mm×100mm 또는 150mm×150mm를 표준으로 한다.
- 2.1.2 굴착면의 자립이 어렵고 슛크리트 타설시 슛크리트 박리가 발생하는 경우에는 슛크리트와 지반과의 부착을 증진시키기 위하여 개구크기와 철선지름이 적은 철망을 사용할 수 있다

3. 시공

3.1 철망의 설치

- 3.1.1 철망은 굴착면 또는 이미 타설된 슛크리트면에 밀착시켜 견고하게 고정하여 슛크리트 작업중 이동이나 진동이 발생하지 않도록 하여야 한다.
- 3.1.2 철망은 터널 종방향으로 100mm, 횡방향으로 200mm 정도 중첩하여 이음하여야 한다.

3.2 철망의 품질관리

- 3.2.1 철망은 보관 및 운반시에 변형, 유해한 녹, 기타의 이물질이 부착되지 않도록 조치하여야 한다
- 3.2.2 철망은 시공전 및 시공후 <표 5-5.1>과 같은 사항을 관리하여야 한다.

5-5 철망

<표 5-51> 철망의 현장 품질관리 사항

종별	관리항목	관리내용 및 항목	시험빈도
일 상 관 리	보관 및 청소상태	• 변형, 녹, 이물질의 부착상태 확인	물품반입후 및 시공전
	고정상태	• 콘크리트못, 앵커핀, 록볼트 등에 의해 흔들리지 않게 고정이 되었는지 확인	쑏크리트 타설전
	밀착상태	• 굴착면 또는 쑏크리트면에 밀착되었는지 확인	쑏크리트 타설전
	접이음상태	• 접이음이 확실히 되었는지 확인	쑏크리트 타설전

제6장 콘크리트 라이닝

6-1 콘크리트 라이닝 시공

1. 일반사항

1.1 콘크리트 라이닝 일반

- 1.1.1 굳지 않은 콘크리트를 사용하여 현장에서 타설하는 콘크리트 라이닝에 대하여는 본 공종에서 정하는 바를 따른다.
- 1.1.2 이 시방서에 규정되지 않은 사항에 대해서는 건설교통부 제정 「콘크리트 표준시방서」의 규정을 따른다

1.2 콘크리트 라이닝의 시공시기

- 1.2.1 콘크리트 라이닝은 주지보재의 시공이 완료된 후 계측결과를 토대로 변위가 수렴된 것을 확인한 후 시공하여야 한다.
- 1.2.2 팽창성 지반에서 변위가 완전 수렴되지 않은 상태에서 콘크리트 라이닝을 타설하게 될 경우에는 변위량과 변위속도를 기준하여 콘크리트 라이닝 타설시기를 결정하여야 한다.

2. 재료

2.1 콘크리트의 배합 및 운반

- 2.1.1 콘크리트는 설계조건을 만족시키며, 재료분리 및 공극이 발생되지 않을 정도의 워커빌리티를 갖도록 배합을 정하여야 한다
- 2.1.2 배합된 콘크리트는 비빈 후 가능한 한 빨리 타설하여야 한다. 비빈 후 타설이 완료할 때까지의 시간은 외기 온도가 25℃ 이상인 경우에는 1.5시간, 25℃ 이하일 때에는 2시간을 초과하여서는 안된다. 단, 지연제를 사용하는 경우에는 콘크리트의 품질의 변동이 없는 범위내에서 책임기술자의 승인을 얻어 상기의 시간제한을 조정할 수 있다.

6-1 콘크리트 라이닝 시공

- 2.1.3 콘크리트의 현장배합은 시방배합을 기준으로 사용재료, 타설방법 등을 고려하여 결정하여야 한다.
- 2.1.4 배치 플랜트 배합 콘크리트는 재료의 분리, 손실, 이물질의 혼입이 생기지 않는 방법으로 운반하여야 한다. 운반에는 교반기(Agitator)가 부착된 운반차를 사용하여야 하며, 기타의 운반방법에 의할 때는 운반방법의 적정성을 검증하여야 한다.

3. 시공

3.1 콘크리트의 타설 및 양생

- 3.1.1 콘크리트 타설시에는 재료 분리가 생기지 않고, 골고루 채워져서 공극이 발생하지 않도록 하여야 한다.
- 3.1.2 건조수축에 의한 균열이 발생하지 않을 길이로서 정해진 당해 타설분량의 콘크리트는 연속하여 타설하여야 하며, 재료분리가 일어나지 않는 타설 속도를 유지하여야 한다.
- 3.1.3 콘크리트 타설은 좌우 대칭이 되어 거푸집에 편압이 발생하지 않도록 하여야 하며 바이브레타 등을 이용하여 다짐을 시행하여야 한다.
- 3.1.4 콘크리트 타설에 슈트 혹은 벨트 컨베이어 등을 사용할 경우에는 책임기술자의 지시를 받아야 한다.
- 3.1.5 용수 혹은 유수에 의하여 콘크리트의 품질이 저하되지 않도록 적절한 방법을 강구하여야 한다
- 3.1.6 타설된 콘크리트는 경화에 필요한 온도 및 습도를 유지하며 양생하여야 한다
- 3.1.7 인버트 콘크리트를 타설하기 전 굴착면 또는 숏크리트면을 청결히 하고 배수를 충분히 하여야 한다
- 3.1.8 인버트 콘크리트에는 콘크리트의 건조수축으로 인한 균열을 방지하기 위해 적절한 간격으로 시공이음부를 두어야 한다.
- 3.1.9 콘크리트 라이닝에는 균열발생이 최소가 되도록 시공시 주의하여야 하며 균열발생이 예상되는 구간에는 필요한 대책을 강구하여야 한다.
- 3.1.10 터널내부와 외부와의 온도차이에 의한 영향으로 신축이음기 필요한 경우에는 신축이음을 둘 수 있다.

6-1 콘크리트 라이닝 시공

3.2 공극충전

- 3.2.1 숏크리트면 또는 굴착면과 콘크리트 라이닝 사이는 공극이 발생되지 않도록 하여야 하며 공극이 발생하는 경우는 공극이 완전히 채워질 수 있도록 적절한 시공 관리하에 채움주입을 실시하여야 한다
- 3.2.2 주입은 콘크리트 라이닝이 주입압력에 견딜 수 있는 강도에 도달한 후, 가능한 한 조기에 실시하여야 한다.
- 3.2.3 주입에 앞서 주입을 저해하는 장애물을 제거하여야 한다
- 3.2.4 주입의 순서 및 압력은 굴착면이 흐트러지지 않도록 하고 기 시공된 지보재에 편압이나, 과다하중이 걸리지 않도록 정하여야 한다
- 3.2.5 주입은 소정의 압력에 도달할 때까지 충분히 실시하여야 한다.

3.3 콘크리트 라이닝의 품질관리

- 3.3.1 콘크리트 라이닝 시공전에는 반드시 내공을 검측하여 콘크리트 라이닝의 설계두께를 확보할 수 있는지 여부를 확인하여야 하며 설계두께 확보가 곤란한 경우에는 추가 굴착 등의 적절한 조치를 취하여야 한다.
- 3.3.2 콘크리트 라이닝 두께는 설계두께 이상이 되도록 관리하여야 하며 국소부위는 10cm 또는 설계 두께의 1/3값중 작은값 이상을 초과하지 않는 범위내의 시공오차를 허용할 수 있다.
- 3.3.3 콘크리트 라이닝의 강도는 3회 이상의 시험결과로 판정하되 시험재령 28일 강도가 설계강도 이상이어야 하며, 1차 시험에서 미달될 경우 좌우 5m 범위내에서 재시험을 실시하고 그 결과가 설계강도에 미달할 경우 두께증가 등의 보완시공 또는 재시공하여야 한다
- 3.3.4 시공중 또는 시공후 <표 6-1.1>과 같은 사항을 관리하여야 한다.

<표 6-1.1> 콘크리트 라이닝 품질관리 내용

관리항목	관리내용 및 시험	시 험 빈 도	비 고
시공정확도 두께 균열, 변형	◦소정의 위치에 철근 및 거푸집 설치 상태 ◦콘크리트 라이닝 두께 관리 ◦콘크리트 라이닝 타설 후 균열, 변형 상태	◦시공전 ◦시공전 및 시공직후 ◦시공후 수시	
슬럼프 시험	콘크리트 슬럼프 값	필요할 때마다	KS F 2402
압축강도시험	콘크리트 압축강도		KS F 2405

6-2 철근조립

6-2 철근조립

1. 일반사항

1.1 철근조립 일반

1.1.1 건설교통부제정 콘크리트 표준시방서 규정을 따른다.

1.2 재료일반

1.2.1 건설교통부제정 콘크리트 표준시방서 규정을 따른다

2. 재료

콘크리트 표준시방서 규정을 따른다.

3. 시공

3.1 철근의 가공 및 관리

3.1.1 콘크리트 라이닝을 철근으로 보강하여야 할 경우에는 보강 목적에 부합하도록 시공하여야 하며 이의 가공 및 관리는 건설교통부 제정 콘크리트 표준시방서의 철근 세목에 따른다.

3.1.2 가공된 철근은 콘크리트가 타설되기 직전까지 철근 콘크리트의 기능 발휘에 유해한 요인이 개입되지 않도록 잘 관리하여야 한다

3.2 철근 조립

3.2.1 철근이 아치형으로 조립될 경우에는 철근망의 처짐이 발생되지 않도록 조립하여야 하며 소요 피복두께가 확보될 수 있도록 적절한 조치를 취하여야 한다

3.2.2 철근망 조립시 방수막이 손상되지 않도록 유의하여야 하며 이물질들을 깨끗이 청소한 후 콘크리트를 타설하여야 한다

6-3 거푸집

1. 일반사항

1.1 거푸집의 일반

1.1.1 이 시방서에 규정된 거푸집은 콘크리트 라이닝 타설을 위한 거푸집으로 제한하며 이 시방서에 규정되지 않는 사항에 대해서는 건설교통부 제정 콘크리트 표준시방서의 거푸집에 대한 규정을 따른다.

1.1.2 거푸집의 구조는 매회 타설량, 타설길이, 타설속도 등을 고려하여, 타설된 콘크리트의 압력에 충분히 견딜 수 있는 것이라야 한다.

1.1.3 1회 타설 거푸집의 길이는 시공성과 안전성을 감안하여 결정하여야 한다.

1.2 거푸집 제작

1.2.1 거푸집은 조립과 해체가 용이하며 이동성이 좋고, 견고한 구조가 되도록 제작하여야 하며 콘크리트 투입 및 타설상태 확인 등을 위한 적당한 크기와 수의 작업구를 두어야 한다

1.2.2 콘크리트의 투입구는 콘크리트가 넓게 잘 퍼지도록 배치하여야 한다.

1.2.3 측면판은 콘크리트의 압력에 견딜 수 있는 구조로 하고 콘크리트가 누출되지 않도록 설치하여야 한다

1.2.4 측면판에 지수판을 붙이는 경우에는 지수판의 기능이 충분히 발휘되도록 주의하여야 한다.

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

3.1 거푸집 설치 및 검사

3.1.1 거푸집의 설치는 측량을 실시하여 정확한 위치에 설치하여야 한다.

3.1.2 거푸집의 조립시에는 볼트, 너트 등이 이완되지 않도록 충분히 조여야 한다.

6-3 거푸집

3.13 거푸집을 이동할 경우에는 거푸집을 콘크리트면으로 부터 충분히 떨어지게 하여 거푸집 이동시 거푸집과 콘크리트 벽면이 손상되지 않도록 하여야 한다

3.14 이동용 궤도는 거푸집을 안정되게 이동할 수 있는 구조가 되어야 하며 콘크리트 타설시나 이동시 침하가 생기지 않도록 견고하게 설치하여야 한다.

3.15 거푸집을 떼어낼 때 거푸집면에 콘크리트가 부착되지 않도록 적절한 조치를 하여야 한다. 이를 위해 기름을 사용할 경우에는 환경을 오염시키지 않는 기름을 사용하여야 한다.

3.16 제작이 완료된 거푸집은 작업투입 전에 반드시 책임기술자의 검사를 받아야 하며 터널내에 설치가 완료된 거푸집 상태도 콘크리트의 타설에 앞서 책임기술자의 검사를 받아야 한다.

3.2 거푸집 떼어내기

3.2.1 콘크리트 라이닝의 거푸집은 부어넣은 콘크리트의 강도가 30kg/cm^2 이상 발현된 후, 또는 콘크리트 라이닝의 자중을 견딜 수 있는 강도가 발현된 후에 제거하여야 한다

제7장 배수 및 방수

7-1 배수형식의 선정

1. 일반사항

1.1 배수 및 방수형식의 구분과 적용

1.1.1 터널은 지하수의 처리형식에 따라 배수형 터널과 비배수형 터널로 구분한다.

1.1.2 배수형 터널은 굴착면을 통하여 터널로 유입되는 지하수를 배수관을 통하여 집수정으로 유도한 후 터널밖으로 배수하는 형식으로서 지하수위가 높거나 유입지하수량이 적은 경우에 적용한다

1.1.3 비배수형 터널은 굴착면을 통하여 터널로 유입되는 지하수를 인위적으로 배수하지 않는 터널형식으로서 지하수량이 많아 유지관리비가 크게 증가하는 경우 또는 지하수위가 그다지 크지 않는 경우에 적용한다.

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

해당사항 없음

7-2 배수

1. 일반사항

1.1 배수의 일반

1.1.1 배수형 터널에서는 유입지하수를 원활히 배수할 수 있는 배수시설을 설치하여 콘크리트 라이닝에 수압이 작용하지 않도록 하여야 한다.

7-2 배수

- 112 배수형 터널에서 터널내부로 유입수가 과다할 경우에는 차수그라우팅 등을 실시하여 유입수를 최소화 하여야 한다
- 113 배수형 터널 시공구간의 지반이 세립토사를 다량 함유하고 있을 경우에는 부직포 두께의 증가 또는 드레인보드 병용 등을 통하여 배수시설이 장기간 동안 기능을 유지할 수 있도록 조치하여야 한다.

2. 재료

2.1 부직포

- 211 터널의 아치부와 측벽부에 설치하는 배수용 부직포는 유입지하수를 원활히 배수할 수 있는 배수능력을 갖춘 것이어야 한다

2.2 배수관

- 22.1 인버트의 중앙부 또는 측방에 설치하는 주배수관은 콘크리트 홈관, 아연도강관, THP관 등을 사용할 수 있다. 이러한 주배수관의 직경은 200mm 이상이 되어야 하며 THP관을 주배수관으로 사용할 경우에는 외력으로부터 관을 보호할 수 있는 조치를 강구하여야 한다.
- 22.2 부직포를 통해 집수된 지하수를 배수하는 측방향의 배수관은 직경 100mm 이상의 유공관을 사용하여야 한다

3. 시공

3.1 시공중 배수시설

- 3.1.1 시공중 터널의 길이방향이나 막장부근에 지하수가 고여있지 않도록 배수시설을 설치하여야 한다.
- 3.1.2 측방향 배수구를 이용하여 배수를 실시하는 경우에는 지보재 하부지반이 연약화되지 않도록 조치하여야 한다.
- 3.1.3 터널을 하향구배로 굴진하는 경우에는 지하수가 신속히 배출될 수 있도록 펌프 등을 설치하고 비상시에 대비한 예비펌프 및 예비전력을 확보해 두어야 한다

3.2 영구 배수시설

- 3.2.1 배수시설은 터널의 내구연한동안 유지관리가 편리하도록 시공하여야 한다.
- 3.2.2 배수관의 시공이음부 시공시 모르타 등 이물질이 들어가 배수의 원활한 흐름을 방해하는 경우가 발생하지 않도록 세심한 시공을 하여야 한다.
- 3.2.3 유공관 내부로 지하수와 토사가 함께 들어가지 않도록 유공관 주위에 자갈이나 부직포 등을 설치하여야 한다.
- 3.2.4 측방유도배수관은 주배수관으로 연결하여 배수하도록 하되 연결부 시공시 토사 등이 유입되지 않도록 시공하여야 한다.
- 3.2.5 각종 배수관은 모두 주배수관으로 연결하고 배수관은 집수정으로 직접시켜 유지관리가 효율적으로 이루어지도록 하여야 한다.
- 3.2.6 청소구를 일정한 간격으로 설치하여 배수상태의 점검이나 배수관을 청소할 수 있도록 하여야 한다. 이때 청소구의 간격은 50m를 초과해서는 안된다.
- 3.2.7 분기 또는 접속되는 터널이 있을 경우에도 배수시설이 상호 연결되도록 시공하여야 한다.

3.3 배수작업시의 시공관리

- 3.3.1 시공중 또는 시공후 <표 7-2.1>과 같은 사항을 관리하여야 한다.

<표 7-2.1> 배수작업시의 품질관리내용

관리항목	관리내용 및 시험	시험빈도
시공정확도	· 배수구조물의 위치, 구배, 크기 등 확인	시공전 및 시공직후
부 직 포	· 부직포 부착상태 · 측벽 유공관 주변의 부직포와 인버트 부직포 겹침상태 · 인버트 부직포위에 비닐막 포설상태	시공직후
관	· 집수관, 유공관 연결관 등의 변형상태와 내부 이물질 유무 확인	시공직후
구 조 물	· 배수구, 확인공, 맨홀 등의 시공상태와 균열발생 등 확인	시공후 수시

7-3 방수

7-3 방수

1. 일반사항

1.1 방수의 일반

1.1.1 배수형 터널에서 방수가 필요한 경우 지하수가 떨어지지 않도록 콘크리트 라이닝의 재질을 수밀콘크리트로 하거나 콘크리트 라이닝과 숏크리트 사이에 방수막을 터널아치부에 설치하여야 한다. 경우에 따라서는 인버트 부분까지 방수막을 설치할 수 있다.

1.1.2 비배수형 터널의 경우에는 터널내부로 지하수가 유입되지 않도록 콘크리트 라이닝 전주면에 방수막을 설치하여야 한다. 이 경우 필요에 따라 콘크리트 라이닝을 수밀 콘크리트 라이닝으로 시공할 수 있다.

1.1.3 비배수형의 터널에서는 터널의 용도에 따라 방수등급을 규정하고 방수등급별로 별도의 허용누수량을 설정하여 관리할 수 있다.

1.1.4 콘크리트 라이닝의 시공이음부에는 지수판을 설치하여야 한다.

2. 재료

2.1 방수막의 재질

2.1.1 방수막은 상호 접착이 좋은 재질이어야 하며 한국산업규격(KS)에 규정된 제품을 사용하여야 한다

2.1.2 방수막은 내구성, 인성 및 유연성이 풍부한 재질로서 두께가 3mm 이상 되어야 한다.

3. 시공

3.1 사전준비

3.1.1 방수작업을 시작하기 전에 숏크리트면과 록볼트 두부의 요철을 스무스하게 정리하여 콘크리트 타설로 인해 방수막이 손상되거나 방수막과 콘크리트 사이에 과도한 공극이 발생하지 않도록 조치하여야 한다.

3.2 방수막 부착

- 3.2.1 방수막은 숏크리트면에 밀착시켜 부착하여 불룩하게 늘어지지 않도록 설치하여야 한다.
- 3.2.2 방수막 부착기구에 의해 방수막이 손상되어 지하수가 유입되지 않도록 하여야 한다.
- 3.2.3 지하수 유입이 심한 부분에는 방수막과 숏크리트면 사이에 유입지하수가 고이지 않도록 추가의 배수대책을 강구한 후 방수막을 부착하여야 한다.

3.3 방수막 연결 및 보수

- 3.3.1 방수막의 이음부는 콘크리트 타설시의 충격에 견디는 구조 및 방법에 의하여 연결하고 공기시험기 등으로 접합상태를 확인하여 부적합하다고 판단되는 경우에는 재시공하여야 한다. 이때 공기압 $1.5 \sim 2.0 \text{kg/cm}^2$ 상태를 5분 이상 지속할 수 있는 경우를 판정기준으로 한다.
- 3.3.2 이미 설치된 방수막이 손상되었을 경우에는 손상부위에 새로운 방수막을 덧붙여 용융접합하고 진공시험기로 접합상태를 확인하여야 한다.
- 3.3.3 방수막을 3점 이상 겹쳐서 접합하게 될 경우에는 접합부의 방수막 단부를 30° 이하의 예각으로 잘라낸 후 접합하도록 하여야 한다.

3.4 방수작업시의 시공관리

- 3.4.1 시공중 또는 시공후 <표 7-3.1>과 같은 사항을 관리하여야 한다.

<표 7-3.1> 방수작업시의 품질관리내용

관리항목	관리내용 및 시험	시험빈도
표면처리	록볼트 두부정리와 숏크리트 요철부분 정리 확인	방수공 시공전
고정상태	부직포와 방수막의 고정상태	시공직후
이음상태	공기주입시험에 의해 이음상태 확인	이음개소 마다
접합상태	진공시험기에 의해 접합상태 확인	접합부위 마다
손상상태	방수막 손상여부 확인	수시

8-2 휘폴링(Forepoling)

제8장 보조공법

8-1 보조공법 선정

1. 일반사항

1.1 보조공법의 적용조건

- 1.1.1 점착력이 적거나 파쇄 혹은 팽창성 등이 심하여 굴착면의 자립시간이 짧은 지반에서는 막장의 안정을 위한 보조공법을 적용하여야 한다.
- 1.1.2 막장 안정을 위한 보조공법에는 휘폴링, 파이프 루프, 막장면 슛크리트 타설, 막장면 록볼트 타설, 주입공법 등이 있으며 보조공법의 선정은 시공방법과 잘 부합하도록 선정하여야 한다
- 1.1.3 지하수 유입이 많아 슛크리트의 부착성을 저해하고 작업환경을 저해할 경우에는 지하수 처리대책을 수립하여야 한다.

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

해당사항 없음

8-2 휘폴링(Forepoling)

1. 일반사항

1.1 휘폴링 일반

- 1.1.1 휘폴링은 터널천단부의 굴착면 지반의 자립이 어려운 경우 굴착전에 지반을 미리 보강하기 위해 설치한다.

- 1.1.2 휘폴링의 길이는 1회 굴진장의 2.5~3배 정도로 한다.
- 1.1.3 휘폴링이 설치된 구간에는 록볼트를 생략할 수 있다.

2. 재료

2.1 휘폴링의 재질

- 2.1.1 휘폴링은 구조용 이형강봉이나 강관으로 한다.
- 2.1.2 천공의 충전재로서는 시멘트 모르타 또는 시멘트 풀을 사용한다.

3. 시공

3.1 휘폴링의 설치

- 3.1.1 휘폴링은 강지보재에 의해 지지되도록 설치하여야 한다.
- 3.1.2 진행방향의 설치각도는 15° 이하가 되도록 하여야 한다.
- 3.1.3 설치구간은 천단부를 중심으로 좌우 60° 구간을 표준으로 하고 횡방향 설치간격은 50cm 이하가 되도록 하여야 한다.
- 3.1.4 휘폴링은 종방향 매굴진장마다 설치하여 굴진방향으로 휘폴링이 상호중첩되도록 설치하여야 한다.

8-3 막장면 숏크리트

1. 일반사항

1.1 적용범위

- 1.1.1 막장면 지반의 자립이 어려운 경우 숏크리트를 막장면에 타설하여 안정을 도모하도록 한다.
- 1.1.2 장기간 굴착을 중지하여야 할 경우 막장면에 숏크리트를 타설하여야 한다.
- 1.1.3 안정효과 증진을 목적으로 록볼트와 병행하여 시공할 수 있다.

8-4 막장면 콘크리트

2. 재료

2.1 막장면 숏크리트의 재료

2.1.1 막장면 숏크리트의 재료는 '5-3 숏크리트'항의 재료를 따른다.

3. 시공

3.1 막장면 숏크리트 시공

3.1.1 막장면에 용수가 발생하는 경우에는 물빼기공을 설치한 후 숏크리트를 타설하여야 한다.

3.1.2 숏크리트의 두께는 최소 3cm 이상 되도록 하여야 한다.

3.1.3 막장면에 공극이 발생하지 않도록 숏크리트를 타설하여야 한다. 숏크리트가 박리되는 경우에는 철망을 굴착면에 부착한 후 숏크리트를 타설하여야 한다.

8-4 막장면 록볼트

1. 일반사항

1.1 적용범위

1.1.1 막장면의 안정을 위협하는 불연속면이 출현하는 경우에는 막장면 록볼트를 시공한다.

1.1.2 막장면 지반이 터널내부로 밀려 들어오는 경우에 막장면 록볼트를 시공한다.

2. 재료

2.1 막장면 록볼트의 재질

2.1.1 막장면 록볼트는 굴착시 용이하게 제거될 수 있는 재질을 사용하여야 한다.

8-5 주입공법

2.1.2 막장면 록볼트의 규격이나 길이는 막장면의 크기에 따라 결정하고 간격은 록볼트 타설간격을 따르도록 한다.

3. 시공

3.1 막장면 록볼트의 시공

3.1.1 파쇄가 심하고 연약한 지반일 경우에는 막장면에 직각으로 시공하여야 한다.

3.1.2 뚜렷한 불연속면이 존재하는 경우에는 불연속면에 직각으로 시공하여야 한다.

3.1.3 선단정착형 록볼트는 사용하여서는 안된다.

8-5 주입공법

1. 일반사항

1.1 적용범위

1.1.1 굴착면 주변지반의 자립성을 증진시키고 투수성을 감소시킬 목적으로 그라우팅을 실시한다.

2. 재료

2.1 주입재의 선정

2.1.1 그라우팅 주입재는 내구성을 보유하여야 하며 환경을 오염시키지 않는 재료를 선정하여야 한다.

3. 시공

3.1 그라우팅

8-6 지하수위 저하공법

- 3.1.1 그라우팅은 소요의 목적을 달성할 수 있도록 주입재 주입범위와 주입방법을 결정하여야 한다
- 3.1.2 그라우팅 범위내의 그라우팅공의 주입범위는 상호 중첩될 수 있도록 주입하여야 한다
- 3.1.3 그라우팅공당 주입압력, 주입량 등을 정확히 기록하여야 한다.
- 3.1.4 그라우팅시 과도한 압력이 작용하여 이미 설치된 지보재에 손상을 주지 않도록 관리하여야 한다

8-6 지하수위 저하공법

1. 일반사항

1.1 적용범위

- 1.1.1 굴착면 안전성 증진과 유입지하수량을 감소시키기 위하여 지하수위 저하공법을 적용할 수 있다
- 1.1.2 지하수위 저하공법으로는 웰포인트공법, 심정에 의한 배수공법, 물빼기공 등을 적용할 수 있다

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

3.1 배수공 시공

- 3.1.1 배수시 토립자가 유출되지 않도록 조치하여야 한다
- 3.1.2 지하수위 저하공법을 적용하는 경우에는 주변시설물에 영향을 미치지 않도록 조치하여야 한다.
- 3.1.3 시공후에는 지하수위 저하공을 폐쇄하여야 한다

8-7 강관다단 그라우팅 공법

1. 일반사항

1.1 적용범위

- 1.1.1 천단부의 암피복이 얇거나 파쇄가 심한 지반에서 굴착전에 천단부 지반을 광범위하게 보강하여야 할 경우에 본 공법을 적용한다.

2. 재료

2.1 강관의 재질

- 2.1.1 강관은 직경 50mm 이상의 구조용 강관으로 한다.
- 2.1.2 그라우팅재료로는 시멘트 풀을 사용한다.

3. 시공

3.1 강관다단 그라우팅의 시공

- 3.1.1 강관은 강지보재에 의해 지지되도록 설치하여야 한다.
- 3.1.2 진행방향의 설치각도는 20° 이하가 되도록 하여야 한다.
- 3.1.3 강관의 길이는 6m 이상이 되어야 하며 막장 굴착면 높이 이상의 중첩길이가 확보되도록 하여야 한다.
- 3.1.4 그라우팅은 패커를 이용하여 여러단계로 나누어 실시하여 주입량을 기록하여야 한다.
- 3.1.5 경우에 따라 휘폴링과 병용하여 시공할 수 있다.

제9장 계측관리

9-1 계측일반

1. 일반사항

1.1 적용범위

1.1.1 이 지방서에서의 계측관리는 터널 시공중의 안전관리를 목적으로 한다.

1.1.2 위 1.1.1항 이외의 목적에 대한 계측관리는 별도로 계획한다.

1.2 계측계획의 수립

1.2.1 공사착수 전에 설계시 작성된 계획을 검토하고 현장여건을 반영하여 상세한 계측수행 및 분석계획을 작성하여 감독원의 승인을 득하여야 한다.

1.2.2 설계시 수립된 계측계획은 시공시 확인되는 현장여건, 지반상태 및 초기 계측결과 등에 근거하여 필요한 경우 보완하여 적용하여야 한다.

1.2.3 지상에서 수행하는 지표 및 지중침하 측정은 토피의 높이나 지상시설물의 유무에 따라 가감하거나 생략할 수 있다.

1.2.4 터널내부에서 수행하는 지중변위 측정, 내공변위 및 천단침하 측정, 록볼트 축력측정, 슛크리트응력 측정은 실제 노출되는 지반의 상태나 초기의 계측결과에 근거하여 설치간격이나 위치 등을 조정할 수 있다

1.2.5 터널 영향권 내의 특정 구조물 안전성을 판단하기 위한 지반수평변위 측정, 시설물경사도 측정, 균열 폭 측정, 지하수위 측정, 발파진동 및 소음측정 등도 필요에 따라 터널계측에 포함한다.

1.2.6 제반 여건상 장기적인 안전관리가 필요한 경우에는 이를 위한 계측기기를 설치하여야 하며, 이에 대한 모든 사항은 준공시 발주자에게 서면으로 이관하여 시설물 운영시에도 정기적인 계측이 가능하도록 하여야 한다.

1.3 계측기기의 선정

- 1.3.1 계측기기는 설치, 측정 및 유지관리가 용이하고 측정기간 동안의 내구성이 유지되어야 한다.
- 1.3.2 계측기기는 계측목적에 적합한 정확도를 가져야 하며 최대 예상변화량 이상의 측정범위를 가져야 한다.
- 1.3.3 측정시스템은 측정의 편리성, 측정빈도, 측정방법, 기기의 호환성 및 경제성 등을 고려하여 구성하여야 한다.
- 1.3.4 자동측정기기의 경우 이상작동에 대비하여 수동측정이 가능하도록 조치하여야 한다.

1.4 계측기기의 보정

- 1.4.1 계측기기는 설치 전 및 설치 직후에 작동성을 검사하고 필요시 보정하여야 한다.
- 1.4.2 계측수행 중 계측치가 특이하게 변화되는 경우 계측기의 이상유무를 확인하고 필요시 보정하여야 한다.

1.5 계측기기의 설치

- 1.5.1 계측기기는 설치되는 지점의 지반 또는 부재와 확실하게 부착되어 그 지점의 지반 또는 부재의 거동을 정확히 측정할 수 있도록 설치하여야 한다.
- 1.5.2 터널내부에 설치하는 계측기기는 굴착 직후 또는 부재 설치 직후에 막장과 근접하여 설치하여야 하며 터널 외부에 설치하는 계측기기는 터널의 굴착 영향이 측정위치에 미치기 전에 설치하여 초기치 측정을 완료하여야 한다.
- 1.5.3 계측책임자는 각 기기별 설치지침서를 사전에 검토하여 설치시 발생될 수 있는 제반 문제점을 파악하고 이에 대한 대책을 수립하여야 한다.
- 1.5.4 계측책임자는 계측기기의 제작사가 제공한 지침서에 명시된 절차에 따라서 정확하게 기기를 설치하여야 한다.
- 1.5.5 시공자 및 감리자는 계측책임자가 계측과 관련하여 요구하는 제반사항에 적극적으로 협조하여야 한다.

9-1 계측일반

156 설치된 계측기기는 공사 또는 기타의 영향으로 손상되지 않도록 보호하여야 한다

157 지중에 매설되는 계측기기는 지반의 교란을 최소화할 수 있는 천공장비를 사용하여 설치하여야 한다

1.6 계측기기의 관리

161 계측기기는 성능보존 및 계측결과의 신뢰성 확보를 위하여 제작사가 제시한 방법과 절차에 따라 관리하여야 한다

162 터널 내에 설치된 계측기 주변은 계측기기 관리 및 계측수행을 위하여 충분한 조도를 유지하여야 하며 계측명, 위치, 초기측정일자와 초기측정값이 기록된 표시판을 설치하여 관리하여야 한다

163 발파 또는 기타의 이유로 계측기가 손상되었을 경우에는 손상 계측기 인접부에 계측기를 재설치한 후 계측을 계속 수행하여야 한다

1.7 계측의 수행

171 계측의 수행과 관리는 계측진담반에 의하여 수행되어야 한다

172 계측책임자는 계측기기의 특성과 터널굴진에 따른 지반 및 지보재의 거동을 이해할 수 있는 건설관련분야의 기술자이어야 한다

1.8 계측결과의 정리 및 분석

181 모든 계측결과 기록지에는 사업명, 위치, 터널명, 측점, 계측항목, 계측위치, 측정일시, 측정자 등을 기재하여야 한다

182 계측결과는 측정일자, 경과일수, 막장거리(상반, 하반 구분), 초기치, 금회변위, 누계변위를 정해진 양식에 계측 항목별로 별도로 정리하여야 하며, '시간(경과일수)-계측치'와 '막장거리-계측치'를 그래프로 표시하여 계측치의 변화경향을 신속히 파악할 수 있도록 하여야 하며 그 결과를 후속작업에 활용할 수 있도록 하여야 한다

9-2 지표 및 지중침하 측정

- 1.8.3 계측결과는 지반거동을 이해하고 터널건설에 경험이 풍부한 건설관련분야의 기술자에 의하여 분석되어야 한다
- 1.8.4 계측결과는 당해 현장 또는 유사 현장에서 수행한 수치해석결과, 경험치, 타 계측결과 및 현장지반조건 등을 참조하여 분석하며, 계측치의 절대변화량 및 변화속도 등을 참고하여 계측관리기준치를 설정하고 그에 따라 안정성을 평가한다.
- 1.8.5 계측 분석결과 터널의 안전성에 영향이 있다고 판단되는 경우에는 이에 대한 적절한 응급조치를 취하고, 그 원인을 규명하여 항구적인 대책을 강구하여야 한다.
- 1.8.6 계측이 종료되면 계측결과를 정리하여 감독원에게 제출하여 확인을 얻은 후 후속작업을 진행하여야 한다.

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

해당사항 없음

9-2 지표 및 지중침하 측정

1. 일반사항

1.1 적용범위

- 11.1 토피가 터널직경의 3배 이내일 때에는 지표 및 지중침하를 측정하여 지반의 연직 변위에 대한 지상 구조물 및 지반의 안정성을 확인하여야 한다.

9-2 지표 및 지중침하 측정

- 1.1.2 토피가 터널직경의 3배 이상이더라도 지표 상에 지반의 연직 변위로 인하여 피해를 입을 구조물이 있는 경우에는 지표 및 지중침하를 측정하여야 한다.
- 1.1.3 지표침하는 $\pm 0.1\text{mm}$ 이내의 오차를 유지할 수 있는 수준측량으로 측정하며, 터널 내에서의 천단침하 측정과 동일한 수준점을 사용하여 측정결과와의 상호 비교가 가능하도록 하여야 한다
- 1.1.4 지중침하는 반드시 지표침하 측정과 함께 시행되어야 하며 지표침하 측정과 동일한 정확도로 심도별 지반의 연직 변위 양상을 확인할 수 있도록 하여야 한다

1.2 위치 및 배치

- 1.2.1 계측기기의 설치 위치는 터널 상부의 지표 또는 지중으로서 지표면 조건, 지반상태, 터널의 규모, 시공법 등에 따른 터널 굴진의 영향범위를 고려하여 선정하여야 한다.
- 1.2.2 지표침하 계측측선은 터널 축 방향을 따라 20m 간격으로 배치함을 원칙으로 하며, 갱구부 50m 구간과 토피가 터널직경의 2배 이하인 구간은 10m 간격을 표준으로 하여 지형여건을 고려한 배치를 하여야 한다.
- 1.2.3 지반상태가 양호하고 기 시공구간의 계측결과에 의하여 안정성이 확인된 경우에는 측선간격을 넓게 조정할 수 있으며, 지반조건이 불량한 구간이나 변화가 심한 구간에 대하여는 계측간격을 상기 표준간격보다 좁혀서 계측결과의 수렴 여부를 확인하여야 한다.
- 1.2.4 지표침하의 횡방향 측정범위는 터널하부 좌우 모서리에서 연직선과 45도를 이루는 선들로 포함된 지표부로 하며, 5~10m 간격으로 측정을 실시하여 횡단방향의 침하곡선이 작성될 수 있도록 하여야 한다 단, 뚜렷한 층리, 열리, 절리 등의 발달로 인하여 터널굴착의 영향범위가 상기 범위를 벗어난다고 판단되는 경우에는 계측범위를 확대하여야 한다.
- 1.2.5 지중침하 계측기기의 설치 간격은 500m를 표준으로 하며 심도별 침하를 측정할 수 있도록 하여야 한다 단, 주요 구조물 하부지반의 침하 등을 측정하고자 할 경우에는 이 지점을 고려하여 계측기기 설치간격을 조정할 수 있다.

9-2 지표 및 지중침하 측정

1.2.6 지중침하 측정 중 최하단 측점은 가능하면 터널 천정부에 근접되게 설치하여야 한다. 단, 여굴, 록볼트, 경사볼트 등 터널내의 작업에 의해 손상되지 않도록 하여야 한다.

1.3 설치시기

1.3.1 지표 및 지중 침하계는 설치위치로부터 터널직경의 3배에 해당하는 위치까지 터널의 막장이 도달하기 전에 초기치를 측정하여야 한다. 단, 특수지반 등 지반조건상 터널굴진의 영향이 터널직경의 3배거리 이상까지 미치게 될 것으로 예상되는 경우는 변위의 발생 전에 기기를 설치하고 초기치를 측정하여야 한다.

1.4 측정기간 및 빈도

1.4.1 지표 및 지중 침하계의 측정기간은 계측 기기 설치 후부터 변위의 수렴이 확인될 때까지로 한다.

1.4.2 지표 및 지중 침하계의 측정빈도는 막장거리, 굴진속도, 지반 및 지보재의 거동 상태를 고려하여 결정하되 계측결과에 따라 다음을 표준으로 적절히 조정한다. 여기서 D는 터널직경을 말한다.

- (1) 막장 전방 3D~막장 전방 2D 구간 : 1회/2일
- (2) 막장 전방 2D~막장 후방 1D 구간 : 1회/1일
- (3) 막장 후방 1D~막장 후방 3D 구간 : 1회/2일
- (4) 막장 후방 3D~변위 수렴 시까지 : 1회/3일

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

해당사항 없음

9-3 내공변위 및 천단침하 측정

1. 일반사항

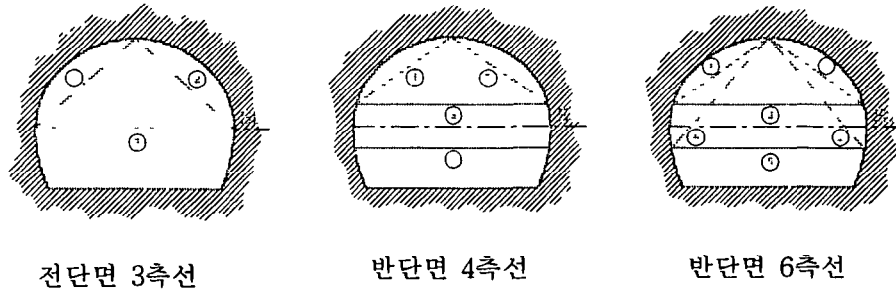
1.1 적용범위

- 1.1.1 굴착에 따른 터널 벽면의 변위를 측정하여 터널거동을 파악하고 안전시공을 도모하기 위하여 내공변위 및 천단 침하량을 측정하여야 한다.
- 1.1.2 내공변위 및 천단침하 측정의 오차는 $\pm 1\text{mm}$ 이내이어야 한다
- 1.1.3 천단침하 측정은 터널 외부에 설치한 수준점을 기준으로 측정하여 지표침하량과 상대비교가 가능하도록 하여야 한다.

1.2 위치 및 배치

- 1.2.1 내공변위 및 천단침하 측점은 동일 단면에 설치하고 계측 축선은 터널 축 방향을 따라 20m 간격으로 배치함을 원칙으로 하며, 갱구부 50m 구간과 토피가 터널직경의 2배 이하인 구간은 10m 간격을 표준으로 한다.
- 1.2.2 지반상태가 양호하고 기 시공구간의 계측결과에 의하여 안정성이 확인된 경우에는 측선 간격을 넓게 조정할 수 있으며, 지반조건이 불량한 구간이나 변화가 심한 구간에 대하여는 계측간격을 표준간격보다 좁혀서 계측결과 수렴 여부를 확인하여야 한다.
- 1.2.3 측선의 배치는 <그림 9-3.1>과 같이 전단면 굴착의 경우에는 3측선, 반단면 굴착의 경우에는 4측선을 표준으로 하며, 지반상태, 굴착방법, 굴착 단면적 등을 참고하여 측선 수를 조정할 수 있다.
- 1.2.4 내공 변위량이 예상보다 큰 경우나 편압 현상이 현저할 경우에는 측량 등에 의해 각 측점의 절대 변위량도 측정하여야 한다.

9-3 내공변위 및 천단침하 측정



<그림 9-3.1> 내공변위 계측의 측선 배치 예

1.3 설치시기

1.3.1 내공변위 및 천단침하 측점은 실링샷크리트(Sealing Shotcrete)가 타설된 직후 설치하고 다음 막장의 굴착이 진행되기 전에 초기치를 측정하여 터널 굴진에 따른 변위를 최대치로 측정할 수 있도록 하여야 한다

1.4 측정기간 및 빈도

1.4.1 내공변위 및 천단침하의 측정기간은 계측 기기 설치 후부터 변위의 수렴이 확인될 때 까지로 한다.

1.4.2 내공변위 및 천단침하의 측정 빈도는 다음 <표 9-3.1>와 같이 변위 속도 또는 막장 거리에 근거하여 결정하되 변위 양상에 따라 조정한다.

<표 9-3.1> 내공변위 및 천단침하 계측의 측정빈도

측정 빈도	변위 속도	막장 거리	비 고
2회/일	10mm/일 이상	0D ~ 1D	D는 터널 직경
1회/일	10~5mm/일	1D ~ 2D	
1회/2일	5~1mm/일	2D ~ 5D	
1회/주	1mm/일 이하	5D 이상	

9-4 지중변위 측정

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

해당사항 없음

9-4 지중변위 측정

1. 일반사항

1.1 적용범위

1.1.1 지중변위계는 터널 굴착면 주변지반의 심도별 반경방향 변위를 측정하기 위하여 설치하며 계측결과로부터 지반이완 영역의 범위를 확인한다.

1.1.2 지중변위계의 측점은 지반에 확실하게 고정되어서 지반변위가 충분히 반영되도록 설치하여야 하며, 측정 오차의 한계는 $\pm 0.1\text{mm}$ 이내이어야 한다.

1.2 위치 및 배치

1.2.1 지중변위 측정단면은 500m 간격을 표준으로 배치하되 터널의 규모나 지반 조건 등 터널상황에 따라 조정할 수 있으며, 내공변위 및 천단침하측정 단면과 동일 단면에 설치하여 계측결과를 종합적으로 분석하도록 하여야 한다

1.2.2 측정단면의 좌우 측벽부 및 천정부 등 3개소에 3~5 측정의 심도별 다중 측정 지중변위계를 설치하며 터널규모나 지반조건 등을 고려하여 증감한다.

1.2.3 지중변위계의 측점은 터널 벽면에서 터널직경의 0.5배 범위 또는 예상되는 이완영역을 충분히 포함하는 범위까지 배치하여야 한다.

1.3 설치시기

- 1.3.1 지중변위계는 1차 숏크리트가 타설된 직후 설치하고 다음 막장이 진행되기 전에 초기치를 측정하여 터널 굴진에 따른 변위를 최대치로 측정할 수 있도록 하여야 한다.

1.4 측정기간 및 빈도

- 1.4.1 지중변위계의 측정기간은 계측기기 설치 후부터 변위의 수렴이 확인될 때까지로 한다.
- 1.4.2 지중변위계의 측정빈도는 동일단면에 설치된 내공변위 및 천단침하 계측기기의 측정빈도와 같다.

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

해당사항 없음

9-5 록볼트 축력측정

1. 일반사항

1.1 적용범위

- 1.1.1 록볼트 축력계는 터널반경방향의 변위에 수반하여 발생하는 록볼트의 축력을 측정하여 록볼트의 지보 효과를 확인하기 위하여 설치한다.

9-5 록볼트 축력측정

112 록볼트 축력계는 지반에 확실하게 고정되어서 지반변위에 따른 축점 설치부의 축력 변화를 충분히 반영할 수 있어야 하며, 정확도는 0.1톤 이상이어야 한다

113 축력 측정용 록볼트의 재질, 규격, 충전재 등은 실제 시공되는 록볼트의 경우와 동일하여야 한다.

1.2 위치 및 배치

121 록볼트 축력 측정단면은 500m 간격을 표준으로하여 배치하되 터널의 규모, 단면당 록볼트 수, 지반조건 등 터널상황에 따라 조정할 수 있으며, 지중변위, 숏크리트 응력, 내공변위 및 천단침하측정 단면과 동일한 단면에 설치하여 다양한 계측결과를 종합적으로 분석하도록 하여야 한다.

1.2.2 록볼트 축력은 축력 측정용 록볼트를 실제의 록볼트 설치 위치에 동일한 방법으로 설치하여 측정하며, 측정단면의 좌우 측벽부 및 천정부 등을 포함하는 3~5개의 측정용 록볼트를 설치한다

123 축력 측정용 록볼트는 축점 간격이 0.5~1.0m 이어야 한다.

1.3 설치시기

1.3.1 록볼트 축력 측정계는 1차 숏크리트가 타설된 직후 설치하고 지반과 충분히 부착된 후 다음 막장굴착이 진행되기 전에 초기치를 측정하여 터널 굴진에 따른 축력변화를 최대한 측정할 수 있도록 하여야 한다.

1.4 측정기간 및 빈도

141 록볼트 축력계의 측정기간은 계측기기 설치 후부터 변위의 수렴이 확인될 때까지로 한다.

142 록볼트 축력계의 측정빈도는 동일단면에 설치된 내공변위 및 천단침하 계측기기의 측정 빈도와 같다.

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

해당사항 없음

9-6 숏크리트 응력측정

1. 일반사항

1.1 적용범위

1.1.1 숏크리트 응력계는 터널주변 변위에 수반하여 발생하는 숏크리트의 응력을 측정하여 허용응력과 비교함으로써 부재의 적정성을 확인하기 위하여 설치한다.

1.1.2 숏크리트 응력계는 0.1kg/cm^2 이상의 정확도를 가져야 하며 예상되는 최대 응력 이상을 측정할 수 있는 것이어야 한다.

1.2 위치 및 배치

1.2.1 숏크리트 응력계의 측정단면은 500m 간격을 표준으로하여 배치하되 터널의 규모, 지반조건 등 터널상황에 따라 조정할 수 있으며, 지중변위, 록볼트 축력, 내공변위 및 천단침하측정 단면과 동일한 단면에 설치하여 다양한 계측결과를 종합적으로 분석하도록 하여야 한다

1.2.2 숏크리트의 응력계는 숏크리트에 발생하는 응력과 배면 지반압의 크기 및 그 분포상황을 종합적으로 파악할 수 있도록 측정단면의 좌우 측벽부 및 천정부 등을 포함하는 3~5개소에 설치하여야 한다.

9-6 숏크리트 응력측정

12.3 터널 반경방향 및 접선방향의 숏크리트 응력을 측정하기 위하여 각 측정점에는 반경방향 및 접선방향에 직각이 되도록 2개의 응력계를 설치하여야 한다.

1.3 설치시기

1.3.1 숏크리트 응력계는 숏크리트 타설 시에 설치하고 다음 막장굴진이 진행되기 전에 초기치를 측정하여 터널 굴진에 따른 축력변화를 최대한 측정할 수 있도록 하여야 한다

1.4 측정기간 및 빈도

1.4.1 숏크리트 응력계의 측정기간은 계측기기 설치 후부터 변위의 수렴이 확인될 때까지로 한다

1.4.2 숏크리트 응력계의 측정빈도는 동일단면에 설치된 내공변위 및 천단침하 계측기기의 측정 빈도와 같다.

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

해당사항 없음

제10장 수직갱 및 사갱

10-1 수직갱

1. 일반사항

1.1 적용범위

- 1.1.1 수직이거나 수직에 가까운 터널의 시공에 적용한다.
- 1.1.2 수평터널에 해당되는 일반적인 사항은 본 장에서 제외한다.

1.2 수직갱의 일반

- 1.2.1 수직갱의 시공에서는 설치목적, 공사용설비, 공사 완료후의 조치 등을 고려한 제반조사를 실시하여 시공계획을 수립하여야 한다
- 1.2.2 수직갱의 시공에서는 작업여건이 특수하므로 안전관리체제를 강화하고 용수의 이상출수를 대비하는 등 현장여건에 적합하게 제설비의 규모와 배치를 결정하여 안정성, 시공성이 확립되도록 하여야 한다 .
- 1.2.3 완공후 작업용 수직갱을 타목적으로 전용하지 않는 경우에는 터널 본체 및 지표에 영향을 미치지 않도록 매립 등의 조치를 취하여야 한다.

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

3.1 굴착

- 3.1.1 굴착에 앞서 수직갱 전장을 시추하여 지반상태를 확인하고 시공중에도 필요에 따라 추가 선진시추 조사를 하여야 한다.
- 3.1.2 수직갱의 시공에 있어서 굴착대상인 지층에 대수층이 있거나 유입수가 많은 경우에는 시공전 또는 시공중에 지하수위저하, 지수, 지반강화 등의 보조공법을 적용하여야 한다.

10-1 수직갱

- 3.1.3 수직갱의 굴착공법에는 전단면하향굴착, 전단면상향굴착, 선진도강확대굴착으로 구분되며 수직갱의 심도, 단면크기, 지반조건, 입지조건, 공사기간, 공사비 등을 종합적으로 검토하여 공법을 선정하여야 한다
- 3.1.4 수직갱의 굴착공법은 지반조건, 굴착량, 지하수 등을 고려하여 선정하여야 한다.
- 3.1.5 굴착방법으로서 인력 또는 발파방법 외에 기계굴착방법도 고려할 수 있다.
- 3.1.6 수직갱내 발파계획은 지반조건, 지하수위, 굴착단면의 크기, 암질, 굴진장 등을 고려하여 수립하고 수직갱의 특수성을 고려하여 안전에 유의하여 작업을 하도록 하여야 한다.
- 3.1.7 사용되는 화약은 유해가스의 발생이 적거나 내수성이 좋으며 안전성이 높은 것을 사용하여야 한다.
- 3.1.8 발파굴착에 있어서는 굴착저면이 평탄하게 굴착될 수 있도록 천공하고 천공 후에는 구멍이 막히지 않도록 보호하며 지하수위 하부에서 굴착을 수행하는 경우에는 결선부를 철저히 절연하여야 한다
- 3.1.9 시공설비는 수직갱의 단면크기, 시공심도, 지반조건, 각 설비간의 균형, 공사기간, 시공성, 경제성 등을 고려하여 형식과 설비용량을 선정하여야 한다
- 3.1.10 권양기 선정시 시공기계의 중량, 버력 및 콘크리트의 최대적재량 등에 대하여 검토하여야 한다
- 3.1.11 버력처리계획은 지반조건, 수직갱의 단면크기, 심도, 시공법 등을 고려하여 수립하고 적절한 버력처리장비를 선정하여 시공성과 안전성이 있는 버력처리작업이 이루어지도록 하여야 한다.

3.2 수직갱의 지보재

- 3.2.1 지보재는 지반조건, 함수대 유무, 단면형태, 심도 등을 고려하여 안전하고 능률적인 갱내작업을 할 수 있도록 시공하여야 한다.
- 3.2.2 강지보재의 시공시에는 지반조건에 적절한 간격유지 및 연결재의 시공을 철저히 하여야 한다.
- 3.2.3 지반분류에서 설정한 지반등급에 따라 지보패턴을 정하고 굴착중 계측결과에 따라 필요한 경우 지보패턴을 실제지반조건에 적합하게 변경시켜야 한다.

3.3 콘크리트 라이닝

- 3.3.1 수직갱에 이용되는 거푸집은 콘크리트의 압력과 근접발파 및 버력적재기에 의한 충격에 견딜수 있는 견고한 구조이어야 하며 시공에 투입전 작동상태, 작동상태, 안전성 등을 확인하여야 한다.
- 3.3.2 콘크리트 라이닝의 시공시에는 수직갱의 심도, 단면형태, 지반조건, 지하수, 공정 등을 고려한 최적의 시공법을 택해야 하며 안전하고 능률적인 시공을 하여야 한다.
- 3.3.3 콘크리트 라이닝 시공과 굴착을 병행할 경우 근접발파에 따른 콘크리트 라이닝의 품질저하 방지대책을 고려하여야 한다.
- 3.3.4 콘크리트 타설시 철저한 침수처리가 되도록하여 유입수에 의해 콘크리트의 품질이 저하되지 않도록 하여야 한다.

3.4 배수시설

- 3.4.1 유입수 및 작업용수를 처리하기 위하여 수직갱 바닥에 배수설비를 설치하여야 한다.
- 3.4.2 배수설비는 예상용수량, 이상출수, 펌프설비의 유지 및 보수, 고장시 등을 고려하여 여유를 갖는 배수설비가 되도록 계획하여야 한다.
- 3.4.3 배수설비로서는 침전조, 저수조, 배수펌프, 터널내 배수관, 터널외부의 유량계, 예비발전설비 등이 마련되어야 한다.
- 3.4.4 저수조의 유효용량은 평상시 사용되는 저수량 외에 30분정도의 유입수를 추가로 저장할 수 있는 크기로 계획하여 정전사태에 대비하도록 하여야 한다.
- 3.4.5 배수파이프는 양수량에 따라 직경을 결정하며 보수작업을 고려하여 2열로 하여야 한다.
- 3.4.6 굴착중의 용수는 저면에 저수장을 만들고 수중펌프의 양정에 맞추어 갯벽에 중계펌프소를 설치하고 펌프로 중계하여 갯밖으로 배수하여야 한다.

3.5 수직갱공사의 안전대책

- 3.5.1 수직갱 작업환경의 특수성을 고려하여 비석방지 등 발파사고를 방지하여야 한다.
- 3.5.2 수중에서 장약, 결선을 하는 경우에는 특히 불발방지에 주의를 하여야 한다. 또한 결선시 나선이 노출된 부분은 비닐 등으로 보호하며 결선부를 공중에 띄우는 결선법을 사용하여 사고를 방지하여야 한다.

10-1 수직갱

- 353 수직갱에서의 발파시 작업원은 모두 갱밖으로 대피하여야 하며 발파 후 출입시에는 지보재 표면부를 공기나 비로 쓸어내어 낙하물을 제거하여야 한다.
- 354 수직갱에서는 추락, 낙하물에 의한 안전 사고의 위험성이 높으므로 수직갱입구에 안전울타리, 방호망, 출입문 설치 등 사고방지 대책을 강구하여야 한다
- 355 수직갱에서 권양장치와 작업원과의 접촉위험이 있을 경우는 해당 위치에 방호칸막이를 설치하여야 한다.
- 356 수직갱통로에는 발판 미끄러짐 방지시설 등을 설치하고, 추락의 위험이 있는 곳에는 중간가로부재가 설치된 튼튼한 손잡이를 설치하여야 하며 높이는 0.9m이상 이어야 한다. 수직갱내의 계단통로의 길이가 15m 이상인 곳은 10m 이내마다 계단참을 설치하여야 한다.
- 357 수직갱내 이동발판과 굴착기계 가대로서 설치되는 받침대(Scaffold)설비는 이동 및 고정이 용이한 것이어야 하며 수직갱의 깊이가 20m이상인 되는 경우에는 작업원의 승강기를 설치하여야 한다.
- 358 수직갱내의 유해가스, 분진 등을 제거하여 안전하고 위생적인 작업환경을 유지하여야 한다.
- 359 인원, 기자재, 버력 등의 반출입에 사용되는 권양기설비, 안전장치, 로프 등은 매일 안전점검을 철저히 하여 사고가 발생하지 않도록 하여야 한다.
- 35.10 로프의 안전율은 인원운반용의 경우에는 최대정하중에 대하여 10이상으로 하여야하며 최대총하중에 대하여 5이상으로 하여야 한다. 자재운반용 로프의 경우에는 최대정하중에 대하여 6이상, 최대총하중에 대하여 3이상으로 하여야 한다.
- 35.11 다음과 같은 로프는 사용하여서는 안된다
- (1) 한 절의 꼬임 사이에서 전체소선중 15퍼센트 이상의 소선이 끊어진 것이 나타난 것
 - (2) 부식 또는 만곡이 생긴 것
 - (3) 꼬임으로 인해 이상이 생긴 것
 - (4) 각 소선의 지름이 3분의 1이상 닳아 없어진 것
- 35.12 키블권양기 운전에 있어서 곤도라의 조작시 운전원의 부주의와 기계고장으로부터 발생하는 사고의 방지를 위하여 권양설비에 필요한 각종 안전

장치를 설치하여야 하며 권양기 운전시 신호체계를 정하여 사고를 방지하여야 한다.

10-2 사갱

1. 일반사항

1.1 적용범위

1.1.1 경사진 터널의 시공에 적용한다.

1.1.2 수평터널에 해당되는 일반적인 사항은 본 장에서 제외한다.

1.2 사갱의 일반

1.2.1 사갱의 시공에서는 설치목적, 공사용설비, 공사 완료후의 조치 등을 고려한 제반조사를 실시하여 시공계획을 수립하여야 한다.

1.2.2 사갱의 시공에서는 여건이 특수하므로 안전관리체제를 강화하고 용수의 이상출수에 대비하여 안정성, 시공성을 고려한 시공계획을 세워야 한다.

1.2.3 완공후 공사용 사갱을 타목적으로 전용하지 않는 경우에는 터널 본체 및 지표에 영향을 미치지 않도록 매립 등의 조치를 취하여야 한다.

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

3.1 굴착

3.1.1 막장 전방의 지반조건과 지하수 등을 확인하고, 사갱 통과지역에 함수대가 있을 때에는 그 특성에 따라 굴진전에 지수작업 등 지반안정 조치를 실시하여야 한다.

3.1.2 시공중에도 필요에 따라 추가 선진시추 조사를 하여야 한다.

10-2 사갱

- 3.1.3 유효단면, 구배에 적합한 굴착, 보강, 운반, 환기, 배수 방법을 확립하여 신속하고 안전한 시공이 되도록 하여야 한다.
- 3.1.4 사갱의 굴착공법에는 전단면하향굴착, 전단면상향굴착, 선진도강확대굴착으로 구분되며 사갱의 연장, 구배, 단면의 형태 및 크기, 지반조건, 입지조건, 굴착방향, 용도, 공기, 공사비 등을 종합적으로 검토하여 시공법을 선정하여야 한다.
- 3.1.5 굴착방법으로서 인력 또는 발파방법 외에 기계굴착방법도 고려할 수 있다
- 3.1.6 하향굴착시 막장에 용수가 고이지 않도록 조치해야 한다. 수중펌프의 설치위치는 굴착의 진행에 따라 이동되므로 필요한 경우에 중간에 집수구를 만들어 중계배수 하여야 한다.
- 3.1.7 사갱의 굴착시 용수로 인하여 막장의 지반이 약화될 가능성이 있는 경우 이에 대한 방지대책을 강구하여야 한다.
- 3.1.8 버력의 운반방법은 벨트콘베어방법, 레일방법, 타이어방법 등이 있으며 구배, 연장, 접속터널의 운반방법, 안전성, 능률 등을 고려하여 선정하여야 한다.
- 3.1.9 사갱과 접속터널과의 교차각도는 직각을 표준으로 하되 시공성과 운반기계의 선회반경 등 운행조건을 고려하여 결정할 수 있다.
- 3.1.10 사갱의 시공장비는 지반조건, 단면, 구배, 안전성, 능률 등을 고려하여 선정하여야 한다.
- 3.1.11 사갱의 구배가 11° 이상인 경우에는 사갱 특유의 기계설비가 필요하게 되어 시공성, 작업효율이 저하되므로 수평터널과 비교하여 시공순서, 시공공정, 공사기간 등을 고려하여 시공설비계획을 수립하여야 한다.
- 3.1.12 주요설비의 재원과 설비용량은 사갱단면의 크기, 연장, 구배, 소요능력, 각 설비의 능력, 공사기간 등을 고려하여 정하여야 한다
- 3.1.13 버력처리설비는 본 터널의 단면, 시공연장, 공기, 운반능력, 지반조건 등을 고려하여 규모, 배치 등을 정하여야 한다.

3.2 사갱의 지보재

- 3.2.1 지보재는 사갱의 구배를 고려하여 시공하여야 한다
- 3.2.2 강지보재를 설치할 경우 사갱의 직각방향, 연직방향, 직각방향과 연직방향의 중간 방향으로 설치할 수 있으며 지반상태와 막장상태를 고려하여 가장 적합한 방법을 선택하여야 한다.

- 3.2.3 급구배의 사갱에서 있어서 강지보재는 지반조건에 적절한 간격유지 및 연결재의 시공을 철저히 하여야 한다.
- 3.2.4 지보패턴의 선정과 지보시공은 수평터널의 경우에 준하여 시행하되 수평 터널의 지보재보다 다소 보수적인 지보가 이루어지도록 하여야 한다.

3.3 콘크리트 라이닝

- 3.3.1 사갱에 이용되는 거푸집은 하부로 낙하되지 않도록 사갱의 구배에 대하여 확실히 고정될 수 있는 견고한 구조이어야 한다.
- 3.3.2 콘크리트의 타설시 구배, 운반량 등을 고려하여 적절한 방식을 택하여 연속적으로 타설이 가능하도록 하여야 한다
- 3.3.3 인버트 콘크리트의 타설시 인버트 거푸집을 사용하여 타설하여야 하며 또한 인버트 거푸집은 콘크리트 타설시 압력을 충분히 견딜 수 있어야 한다
- 3.3.4 콘크리트 라이닝은 상향으로 시공하여야 한다.
- 3.3.5 콘크리트 라이닝의 시공은 수평터널에 준하지만 급구배의 사갱 및 수압 관로의 경우는 주변지반조건에 적합한 두께와 구조가 되도록 시공하여야 한다.

3.4 배수시설

- 3.4.1 터널바닥 배수설비는 예상용수량, 이상출수, 펌프설비의 보수, 고장시의 예비, 정전시 등을 고려하고 양정, 용량 등에는 충분히 여유를 두도록 설비 용량을 정하여야 한다.
- 3.4.2 배수설비로서는 사갱바닥의 침전조, 저수조, 배수펌프, 갱내의 배수관, 펌프실의 규모, 갱외의 유량계, 예비발전설비 등이 마련되어야 한다.
- 3.4.3 저수조의 유효용량은 정전시 예비발전으로 대체하기 위한 작업시간을 고려하여 계획의 상시 용수량에 비해 적어도 30분이상 저수가능한 크기가 되어야 한다.
- 3.4.4 사갱의 시공이 완료된 후에는 용수의 상태, 용수개소, 용수량에 대하여 효율적인 배수계통이 되도록 정비하여야 한다.
- 3.4.5 본 터널에서 발생하는 용수를 사갱으로부터 배수하는 경우에는 사갱의 발생용수량과 본 터널의 발생용수량을 동시에 고려하여 배수시설을 설치하여야 한다

10-2 사갱

3.5 사갱공사의 안전대책

3.5.1 사갱의 출입을 위해서 안전통로를 설치하여야 한다. 갱내의 통로는 최소 0.75m 이상의 폭을 확보하고 사갱의 구배가 15° 이상인 경우에는 발판미끄러짐 방지시설을 설치하며 구배가 30° 이상의 경우에는 계단을 설치하여야 한다. 사갱연장이 긴 경우에는 작업원 수송설비가 설치되어야 한다.

3.5.2 사갱의 시공에 있어서는 상부로부터의 낙하물에 의한 사고위험성 등에 대한 사고방지 대책을 강구하고 안전시공에 노력을 하여야 한다.

3.5.3 사갱에서 권양장치와 작업원과의 접촉위험이 있을 경우는 해당 위치에 칸막이를 설치하여야 하며 추락의 위험이 있는 곳에는 중간가로부재가 설치된 높이 0.9m 이상의 안전난간을 설치하여야 한다.

3.5.4 작업원 승강기와 측면벽과 장애물 기타 시설물의 간격의 한쪽을 0.75m 이상, 그외의 간격은 0.3m 이상으로하며 승강기와 상부, 장애물과의 간격을 0.3m 이상으로 하여야 한다.

3.5.5 권양기와 승강기설비에 있어서는 안전관리를 충분히 하고 사고방지에 노력을 기울여야 한다. 특히 작업원 수송설비의 구조, 탈선예방장치의 장착, 와이어로프의 규격 등 충분한 안전대책을 강구하여야 한다.

3.5.6 권양기용 와이어로프는 마찰에 의한 손상과 지하수나 습기로 인한 급격한 부식방지를 위하여 오일을 충분히 바르고 항상 점검하여 안전한 상태를 유지하도록 하여야 한다.

3.5.7 로프의 안전율은 인원운반용의 경우에는 최대정하중에 대하여 10이상으로 하여야하며 최대총하중에 대하여 5이상으로 하여야 한다. 자재운반용 로프의 경우에는 최대정하중에 대하여 6이상, 최대총하중에 대하여 3이상으로 하여야 한다.

3.5.8 다음과 같은 로프는 사용하여서는 안된다.

- (1) 한 절의 꼬임 사이에서 전체소선중 15퍼센트이상의 소선이 끊어진 것이 나타난 것
- (2) 부식 또는 만곡이 생긴 것
- (3) 꼬임으로 인해 이상이 생긴 것
- (4) 각 소선의 지름이 3분의 1이상 닳아 없어진 것

3.5.9 케도에는 이탈방지설비를 설치하고 각 설비에는 비상 정지장치를 설치하여 추락, 낙하 등의 사고가 발생하지 않도록 하여야 한다.

10-2 사경

- 3.5.10 막장에는 항상 물로 채워진 발파공이 많으므로 발파시 불발공이 되지 않도록 결선을 철저히 절연 하여야 한다
- 3.5.11 발파시 대피에 있어서 구배가 급한 경우에 대피거리를 충분히 확보하여야 하며 설치된 대피소 또는 대피박스 등을 사용하여야 한다.

제11장 TBM 터널

11-1 시공계획 수립

1. 일반사항

1.1 시공계획 수립원칙

11.1 시공계획은 공사규모, 공사기간, 주변여건 등을 고려하여 안전하고 경제적으로 수립되어야 한다

11.2 시공계획시 TBM 투입에 따른 운반, 조립 및 해체 계획, 버력처리 방안, 각종 가 설비계획 등을 충분히 검토하여야 하며 품질, 안전 및 환경관리 대책마련도 계획에 포함시켜야 한다.

1.2 TBM 기종의 선정

1.2.1 TBM은 조기지보가 필요하지 않은 연암이상의 암반에서 사용될 수 있으므로 TBM공법 적용에 앞서 현장지반의 조건, 터널의 크기, 연장 및 구배, 주변환경 등을 재조사하여 이의 적합성을 검토하여야 한다

1.2.2 TBM은 굴진 후 설계된 지보재를 즉시 시공할 수 있는 시스템과 부대장비를 갖춘 것을 선정하여야 한다.

1.2.3 TBM의 직경은 커터의 허용마모량, 지반의 변위량, 강지보재의 시공 여유 등을 감안한 크기가 되도록 선정하여 굴착단면 부족으로 인해 콘크리트 라이닝의 두께가 부족하게 되는 경우가 발생하지 않도록 하여야 한다.

1.2.4 터널시공 연장중 조기지보가 요구되는 연약지반 구간이 길어 공기지연 및 TBM 매몰 등의 우려가 높은 현장에서는 지보용 세그먼트 라이닝이 설치되는 쉴드형 TBM (Shielded TBM)으로의 기종 변경이나 세그먼트 라이닝 설치기의 투입 등을 사전에 검토해야 한다.

1.2.5 세그먼트 라이닝이 설치되는 경우는 “제12장 쉴드” 에서 정하는 바를 따른다.

1.3 공구분할 계획

- 1.3.1 공구분할은 공사규모와 공사기간, TBM의 단면크기, 선형조건, 지형 및 지반조건, 토지이용현황, 작업장 여건 등을 고려하여 효율적인 시공이 가능하도록 분할하여야 한다.

1.4 공종별 시공계획

- 1.4.1 공종별 시공계획은 설계도서를 기준하여 현장조건에 적합하도록 수립되어야 한다.
- 1.4.2 공종별 시공계획은 효율적인 공사가 수행될 수 있도록 현장에 투입되는 TBM의 특성을 고려하여 작업장부지 계획, TBM 시운전, 굴착 및 버력처리, 지보, 방수 및 배수, 콘크리트 라이닝 타설, 전기설비 설치, 계측관리, 부대공 등 세부공종별로 수립되어야 한다

1.5 공정계획

- 1.5.1 TBM 공정관리는 지속적으로 작업실적과 계획을 대비하여 공정 지체요인을 분석하고 지체시간을 최소화하는 방법으로 관리하여야 한다.
- 1.5.2 공정계획은 전체공정이 원활하게 진행될 수 있도록 하여야 하며, 공정이 지체되는 경우에는 원인분석과 함께 공정 만회 대책을 세워야 한다.

1.6 작업장계획

- 1.6.1 작업장의 시공계획은 투입 TBM의 조립, 해체, 발진방법, 지반 및 주변 환경조건 등을 고려하여 수립하여야 하며, 필요시 영구 구조물로서의 기능, TBM 굴착에 따른 버력반출, 지보재 반입, 가시설 설치 등의 작업이 소정의 공정에 따라 원활히 진행될 수 있도록 하여야 한다.
- 1.6.2 작업구가 좁아 버력반출에 지장이 있는 경우는 본터널과 접속한 횡갱을 뚫어 버력을 일시 적재할 수 있게 하여 공사가 원활히 진행될 수 있도록 하여야 한다.

1.7 공사용설비 계획

- 1.7.1 TBM관련 공사용설비 계획은 TBM 및 버력처리 장비의 종류와 특성을 고려하여 필요한 세부설비들을 종합적으로 검토한 후 수립하여야 한다.

11-2 조사

172 기타 설비계획은 “제2장 21.6 공사용 설비계획”에서 정하는 바를 따른다.

1.8 사토장계획

181 “제2장 217 사토장 계획”에서 정하는 바를 따른다

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

해당사항 없음

11-2 조사

1. 일반사항

1.1 시공중의 조사

11.1 TBM 굴착중에는 막장 관찰이 불가하므로 TBM 헤더의 회전력과 추력의 크기, TBM의 편향정도 등, TBM 운전시 각종 계기에 나타나는 수치들을 분석하여 암반상태의 변화를 예측함과 아울러 파쇄되어 나오는 버력의 크기 및 형태를 조사하여 막장지반상태를 파악하도록 하여야 한다.

(1) 시공중에는 굴착벽면에 대한 지반조사를 실시하여 터널지보패턴의 적합성, 보조공법의 적용 등을 검토하여야 한다.

(2) 굴진중에는 암버력의 크기 및 형태조사, 암석의 강도시험 등을 실시하여 지반조건에 적합한 커터의 종류, 커터헤드의 회전수, 추력의 크기, 커터의 교체시기 등을 조정함으로써 경제적인 시공이 되도록하여야 한다.

11.2 TBM 가동시 각종계기나 버력으로부터 얻어지는 정보는 제한적이기 때문에 다음과 같은 현장조건에서는 TBM 막장에서 수평선진보링이나 막장면 전방탐사 등의 지반조사를 시행하여 막장면 전방의 지반상태를 확인한 후 굴착 및 보강대책을 수립하여야 한다.

- (1) 단층대 및 파쇄대의 존재로 TBM 굴진중 문제가 발생 할 수 있는 지역
- (2) TBM 운전실의 각종 계기에 나타나는 수치가 급격한 변동을 일으키는 지역
- (3) 지하수가 다량유출 되는 지역

1.1.3 시공중 일반 조사사항에 대해서는 “제3장 조사 및 측량”에서 준하는 바를 따른다.

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

해당사항 없음

11-3 측량

1. 일반사항

1.1 측량 구분

1.1.1 측량은 터널 외부측량과 터널 내부측량으로 구분하여 시행하며, 터널 외부 측량은 “제3장 3-2-1 외부측량”에서 정하는 바에 준한다.

1.1.2 터널내부측량은 TBM에 장착된 레이저 측정장치를 이용하는 수준측량과 기준점의 편차여부를 확인하는 점검측량으로 구분하여 실시하여야 하며, 각 측량의 측정오차는 1mm 이내가 되도록 하되 시공오차는 터널의 용도에 따라 별도로 규정하여야 한다.

1.2 측량방법

1.2.1 레이저 건은 움직이지 않도록 견고하게 설치하여야 하며 레이저 빔의 호 트러짐을 방지하기 위해서 최대측정 연장이 120m를 넘지 않도록 레이저 건을 이동 설치하여야 한다.

11-4 TBM 굴착

1.2.2 TBM 본체의 레이저 빔 타켓은 TBM의 전방 및 후방에 각각 투명타켓을 설치하여 측량의 정확도를 높여야 한다.

1.2.3 레이저 상태점검은 TBM의 선형이탈을 방지할 수 있도록 굴진중에는 매일 1회 이상 실시하여야 하며, TBM이 연약지반을 통과할 경우에는 수시로 실시하여야 한다

1.2.4 터널 곡선부는 TBM 1회 굴진장 마다 계산된 편차를 고려하여 굴진하여야 하며, 굴착길이가 30m를 넘기전에 레이저 확인측량을 실시하여야 한다

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

해당사항 없음

11-4 TBM 굴착

1. 일반사항

1.1 굴착일반

1.1.1 최초 굴진시는 시험굴진을 실시하여 정상굴진에 필요한 TBM 굴진정보를 파악하여야 한다

1.1.2 TBM 1회 굴진장은 주변 암반상태와 TBM의 가동조건을 고려하여 결정하여야 하며, 시공시는 그 길이가 적합한지를 검토하여야 한다.

1.1.3 TBM 운전자는 TBM의 기능을 이해하고 기계를 정확히 제어할수 있는 전문 기능공이어야 한다.

1.1.4 TBM 운전자는 TBM 굴진시 지반정보를 제공받아 TBM 운전속도 조절 등을 통하여 상하 또는 좌우 편차를 최소화하도록 하여야 한다

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

3.1 발진과 도달

- 3.1.1 TBM 발진시는 TBM을 소정의 위치에 바르게 고정시킨 후 선 시공된 발진터널로 진입시켜 TBM 헤더가 정해진 방향과 위치대로 관입될 수 있도록 하여야 한다.
- 3.1.2 작업장이 협소한 경우는 TBM의 본체, 후속대차, 버력대차 등 부위별로 진입시키는 방법을 검토하여야 한다.
- 3.1.3 TBM은 설계 선형을 따라 허용편차 범위내에서 굴진될 수 있도록 하여야 하며, 정해진 위치까지 안전하게 도달할 수 있어야 한다.
- 3.1.4 TBM이 연약지반이나 파쇄대 발달구간을 통과하는 경우는 TBM의 침하, 선형이탈, 클램핑 패드(Clamping Pad)부의 지반붕락 등이 발생할 수 있으므로 그라우팅, 슛크리트 타설, 침목보강, 철망 또는 보강용 쉬트 등을 설치하여 TBM이 안전하게 도달할 수 있도록 하여야 한다.
- 3.1.5 지반조건이 불량하고 터널 토피가 2D(D는 TBM의 직경) 이하인 얇은 구간을 TBM이 통과하는 경우는 프리그라우팅 등의 지반보강을 실시하고 조기에 지보재를 설치하여야 한다.
- 3.1.6 TBM이 함몰된 경우는 리밍(Rimming)을 하거나 그라우팅 또는 우회갱을 이용하여 TBM의 굴진이 가능하도록 만들어야 한다.

3.2 점검 및 커터교환

- 3.2.1 현장에서는 TBM기계의 굴착능력을 충분히 발휘할 수 있도록 TBM굴진 기록부 및 기계의 이상 유무 등을 점검해야 한다.
- 3.2.2 TBM 점검은 수시점검, 일일점검, 주간점검, 월간점검 등으로 구분되며, 점검내용은 TBM 종류에 따라 차이가 있으나 <표 11-4.1>의 내용을 참고하여 점검토록 하여야 한다.

11-4 TBM 굴착

<표 11-41> TBM 점검

구 분	점 검 내 용	비 고
수시점검	기계파손 및 작동 중단시 그 원인부 및 해당부위의 파악 연약지반 통과시 레이저 측량장치, 클램핑 패드, 버력크기 및 형태, 각종 운전계기의 작동상태	
일일점검	커터의 점검 급수 및 배수설비 컨베이어 벨트 시스템 등의 운반 설비 운전실 게이지 상태 가동모터, 실린더, 밸브 등의 TBM 부품류 유압 및 클러치 라인 누수 각종 배선 및 클램핑 패드 조명, 환기장치 레이저 측정장치	
주간점검	커터헤더 용접부 기어박스 및 각종 오일상태 볼트 체결부 및 TBM 판넬 베어링 및 구동부 구리스 도포 상태 전동모터 및 각종계기 상태	
월간점검	유압 게이지들의 점검 각 밸브류 규정치 확인 컨베이어 벨트의 두께 및 상태측정 림버롤러(Limber Roller) 점검 및 교체 각종 오일 필터 점검 및 교환 실린더, 기어박스, 헤더체결상태 확인 주 가동모터의 구리스제거 및 주입 전기 조정 패널 내부 및 S/W 점검	

3.2.3 커터의 교환시기는 커터의 종류나 암질상태에 따라 변화할 수 있으나 TBM의 굴진효율이 떨어지지 전에 교환하도록 하여야 한다.

11-5 터널내 운반

1. 일반사항

1.1 운반 일반

- 1.1.1 버력처리 계획은 버력량, 버력의 상태, 굴진연장, 터널구배, 사용장비의 특성, 주변환경 등을 고려해서 공정에 차질이 없도록 수립하여야 한다.
- 1.1.2 버력은 굴착과 동시에 터널외부로 운반될 수 있는 운반체계를 수립하여야 한다.
- 1.1.3 터널내 운반장비의 안전 운행을 위해서는 운행규정을 수립하고 운전원 및 터널내 작업원들에게 안전운행에 관한 교육을 실시하여야 하며, 터널벽면 안전손잡이 등 필요한 안전설비를 터널내에 설치하여야 한다.

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

3.1 버력운반

- 3.1.1 버력운반 시스템은 터널의 크기, 연장, 구배, 공사기간 등을 감안하고 안전성과 운전효율을 고려하여 선정하여야 한다.
- 3.1.2 버력운반을 위해 광차를 사용할 경우는 버력적재 및 대기시간이 최소화되도록 하여야 하며 3km가 넘는 장대 터널인 경우는 TBM 굴진능률 향상을 위해 운반차의 교행장치(레일 스위칭 포인트)를 설치하여야 한다
- 3.1.3 교행장치의 설치간격은 TBM 가동지체시간을 최소화할 수 있도록 광차의 속도, 버력량 및 적재속도 등을 고려하여 최대 3km를 넘지 않도록 하여야 한다.
- 3.1.4 버력운반용 광차의 용량은 터널의 크기, 구배, 연장, 버력발생량 등을 고려하여 선정하여야 한다.

11-6 터널지보재

- 3.1.5 버력운반을 위해 덤프트럭을 사용할 경우는 덤프트럭의 교행을 위한 터널 확폭구간을 최대 1km 마다 설치하여야 한다
- 3.1.6 내연기관을 사용할 경우는 배기가스에 주의하고 환기설비 등 적절한 조치를 사전에 강구하여야 한다

11-6 터널지보재

1. 일반사항

1.1 지보재 일반

- 1.1.1 TBM터널의 지보재는 “제5장 터널지보재”에서 정하는 바를 따르도록 하나 지반조건이 열악한 경우에는 TBM 본체 직후방의 협소한 공간에서도 조기에 지보재를 설치할 수 있도록 하여야 한다
- 1.1.2 슛크리트를 타설하는 경우는 슛크리트와 지반과의 부착성을 높힐 수 있도록 TBM 터널의 벽면에 묻어있는 파쇄암가루를 먼저 제거한 후 슛크리트를 타설하여야 한다.
- 1.1.3 지반이 연약하여 강지보재를 사용하는 경우는 켄기목 등을 사용하여 지반과 강지보재가 밀착될 수 있도록 하여야 하며, 원형으로 조기에 폐합시켜야 한다
- 1.1.4 TBM 굴진 후 부서져 내리는 작은 낙석들은 록볼트와 철망 또는 보강쉬트를 이용하여 바닥에 떨어지지 않도록 처리하여야 하며, 향후 이 낙석들은 슛크리트 타설 전에 제거하여야 한다.
- 1.1.5 TBM 굴진시 켄기형태의 암탈락이 예상되거나 파쇄대가 출현할 때는 길이가 짧은 볼트 등의 응급지보재를 조기에 시공하여 터널의 안정을 도모하여야 한다.

2. 재료

“제5장 터널지보재”에서 정하는 바를 따른다

3. 시공

“제5장 터널지보재”에서 정하는 바를 따른다

11-7 TBM 터널의 시공설비

1. 일반사항

1.1 시공설비 일반

1.1.1 시공설비는 계획공정을 만족시킬 수 있어야 하며, 공사의 규모와 시공법에 적합하고 안전하며 환경보전을 고려한 것이어야 한다.

1.1.2 시공설비설계가 시공현장조건과 상이한 경우는 TBM 굴착공사이전 단계에서 설비변경조치를 취하여 본 공사에 지장이 없도록 하여야 한다.

1.2 재료적치장 및 창고

1.2.1 재료적치장 및 창고는 공정의 진척에 지장이 없는 장소에 위치하여야 하며, 각종 설비용 재료, 시공용 기계 및 기구 등을 저장할 수 있는 충분한 공간을 가져야 한다.

1.3 버력 및 재료의 반출, 반입설비

1.3.1 버력 및 재료의 반출, 반입설비는 작업 및 입지조건등을 고려하여 계획공정을 만족시킬 수 있는 것이어야 한다.

1.4 전력설비

1.4.1 전력설비는 전력설비 기준 및 노동안전위생 규칙등에 근거하여 설치되고 유지관리되어야 한다.

1.4.2 고압의 설비는 폐쇄형 분전반(Cubicle) 등을 사용하고 전선로에는 절연전선을 사용하여 전선이 노출되지 않도록 하여야 한다.

1.4.3 TBM 전력설비는 터널내에서 사용하는 설비용량과 TBM 연장등을 고려하여 충분한 전력을 공급할 수 있는 설비가 되도록 해야 한다

11-7 TBM터널의 시공설비

1.4.4 시공현장에는 전력공급의 중단에 대비하여 예비전원 설비를 설치하여야 한다.

1.5 조명설비

1.5.1 TBM 굴진부에는 TBM 가동 및 보수에 지장이 없는 조도를 유지할 수 있도록 조명설비를 설치하여야 하며, 이 조명설비는 누전방지를 위한 실외용 방수형 또는 이것에 준하는 것이어야 한다.

1.5.2 기타 터널조명에 대해서는 “제1장 1-2 안전관리 및 환경관리”에서 정하는 바를 따른다

1.6 연락통신설비

1.6.1 터널내부에는 터널공정을 파악하고 터널시공의 안전을 확보하며 각 작업 개소 및 각 설비간의 연락을 긴밀하게 하기 위한 통신장비와 함께 비상사태의 발생을 즉시 알릴 수 있는 경보장치를 설치하여야 한다.

1.7 환기설비

1.7.1 TBM 터널에서는 TBM 본체외에 버력처리장비, 지보 및 운반장비 등 작업장비들의 배기량과 작업원수를 감안한 소요환기량을 검토하여 환기설계의 적합성을 평가한 후 환기설비를 갖추어야 한다

1.7.2 기타 터널환기에 대해서는 “제1장 1-2 안전관리 및 환경관리”에서 정하는 바를 따른다.

1.8 안전통로

1.8.1 안전통로는 작업원이 안전하게 통행할 수 있도록 측벽 또는 장애물간의 사이공간을 확보하여 만들어야 하며, 터널길이가 길어지면 대피소, 터널벽면 안전 손잡이, 작업원 발판, 신호장치 등을 설치하고 감시인도 배치하여야 한다.

1.8.2 기타 안전통로에 대해서는 “제1장 1-2 안전관리 및 환경관리”에서 정하는 바를 따른다.

1.9 급수설비

1.9.1 급수설비는 커터헤드 전면에 부착된 커터의 개수에 의해 결정되는 굴착소

11-7 TBM 터널의 시공설비

요 급수량과 터널내 장비운용 및 지보공으로 인해 소요되는 급수량등을 충분히 처리할 수 있는 용량을 갖추도록 하여야 하며, 공사기간중에 고장없이 운용될 수 있도록 관리하여야 한다.

1.9.2 커터헤드에 공급되는 급수는 소요압력을 유지시켜 공급하여야 한다.

1.10 배수설비

1.10.1 배수설비는 TBM에 급수된 수량과 터널내의 자연용수량을 충분히 배수할 수 있어야 하며, 또한 예비배수설비를 설치하여 예기치 못한 출수에 대비하여야 한다

1.11 소화 및 방화설비

1.11.1 TBM 공사시는 많은 전력이 소요되므로 누전 및 화재방지를 위해 필요한 소화 및 방화설비 등을 설치하여야 한다.

1.12 침전설비

1.12.1 시공현장에는 TBM에 급수된 수량 및 자연용수량을 저수하여 이물질을 침전시킬 수 있는 침전설비를 갖추어야 하며, 격벽 및 교반기의 설치와 응집제의 투여로 침전효과를 극대화시키고 수질오염 등 환경오염이 발생하지 않도록 하여야 한다.

1.12.2 기타 침전설비에 관한 세부사항은 환경관리법에서 정하는 기준을 만족시킬 수 있어야 한다.

1.13 급기설비

1.13.1 터널현장에는 비상시 작업원의 안전을 위하여 일반급기설비 외에 강관으로 된 비상급기설비를 설치하여야 한다

1.14 기타설비

1.14.1 TBM 터널현장에는 TBM 커터의 보관, 기관차의 충전, TBM 기계설비의 수리등을 위한 작업소가 추가로 설치되어야 한다.

1.14.2 그 밖의 설비에 대해서는 “제1장 1-2 안전관리 및 환경관리”에서 정하는 바를 따른다.

11-7 TBM터널의 시공설비

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

해당사항 없음

제12장 설 드

12-1 시공계획 수립

1. 일반사항

1.1 시공계획시 고려사항

1.1.1 시공계획은 공사의 목적, 규모, 기간이 충분히 반영되고 설계도서, 특별규정, 현장조건 등이 고려되어 안전하고 경제적인 시공이 되도록 수립되어야 한다.

1.1.2 설드공법은 발진후의 공법변경이 곤란하므로 시공계획시 공법의 적정성에 관한 확인검토를 하여야 한다.

1.1.3 기타 세부적인 일반시공계획은 “제2장 시공계획”을 따른다.

1.2 설드의 선정

1.2.1 설드는 막장의 안정확보가 가능하며, 안전하고, 경제적인 시공을 이룰 수 있는 것이어야 한다.

1.2.2 설드에는 다음과 같은 형식들이 있으므로 현장에 투입하기 전에 설드기의 기계적, 재료적 특성을 파악하여 현장지반조건과 주변환경여건에 적합한 설드인지를 검토하여야 한다.

- (1) 인력굴착, 기계굴착이 가능한 전면개방형
- (2) 블라인드식의 부분개방형
- (3) 토압 또는 이수압을 이용하는 밀폐형

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

해당사항 없음

12-3 측량

12-2 조사

1. 일반사항

1.1 시공 중의 조사

1.1.1 밀폐형 쉘드 굴진 중에는 막장관찰이 불가하므로 쉘드 헤더의 회전력과 추력의 크기, 쉘드의 편향 정도 등, 쉘드 운전시 각종 계기에 나타나는 수치들을 분석하여 지반상태의 변화를 예측하고 이를 시공에 반영하여야 한다

1.1.2 쉘드 굴진시는 배토되는 버력량과 입도분포를 조사하여 막장지반상태를 파악하고 굴착단면을 초과한 과굴착 여부를 파악하여야 한다.

1.1.3 쉘드 가동시 각종 계기나 버력으로부터 얻어지는 정보는 제한적이기 때문에 다음과 같은 현장조건에서는 막장 전방의 지반조사를 실시하여 지반상태를 확인한 후 굴착 및 보강대책을 수립하여야 한다.

- (1) 막장부에 옥석이 출현하여 쉘드 굴진에 지장을 주는 지역
- (2) 지하수가 다량으로 유출되는 지역
- (3) 쉘드 운전시의 각종 계기에 나타나는 계수가 급격한 변동을 일으키는 지역

1.1.4 시공 중 일반조사사항에 대해서는 “제3장 조사 및 측량”에서 정하는 바를 따른다.

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

해당사항 없음

12-3 측량

12-3-1 터널측량

1. 일반사항

1.1 측량구분

1.1.1 터널측량은 터널외부측량과 터널내부측량으로 구분하여 시행하며, 터널외부측량은 “제3장 3-2-1 외부측량”에서 정하는 바를 따른다.

1.1.2 터널내부측량은 측량기준점의 편차여부를 확인하는 점검측량과 쉘드추진궤도 확인을 위한 추진관리 측량으로 구분하여 실시하여야 하며, 각 측량은 1mm 이하의 오차를 갖는 정확도를 유지하여야 한다.

1.2 측량방법

1.2.1 터널 선형과 내공관리를 위해서는 터널내부에 측량기준점을 설치하고 이를 검측할 수 있는 점검측량을 실시하여야 한다.

(1) 기준점은 쉘드 추력 등의 영향을 받지 않은 곳으로 하여 시공중 이동하거나 없어지지 않도록 견고하게 설치하여야 한다.

(2) 작업구의 중심선 및 수준의 기점은 측량의 기본이 되므로 측량정확도가 최대가 되도록 하여야 한다.

(3) 측점의 간격은 직선부에서 약 50m 정도를 표준으로 하고, 곡선부에서는 곡선반경, 단면의 크기, 구배 등을 고려하여 20m를 표준으로 하되 한 측점에서 전방 및 후방으로 1측점 이상씩 관측할 수 있는 간격이 되도록 하여야 한다.

1.2.2 쉘드 추진시 계획선에서의 쉘드 이탈여부를 조기에 파악하고 쉘드 추진궤도의 수정을 위해서는 쉘드 추진관리측량을 수행하여야 한다.

(1) 추진관리측량은 1일 2회를 표준으로 하며, 측량을 통하여 조립된 세그먼트에 대한 쉘드의 상대위치 측정 또는 쉘드 자체의 피칭, 요잉 및 롤링 등을 측정하여 쉘드의 위치와 방향을 파악하여야 한다.

(2) 추진관리측량은 계획에 따라 레이저 빔 장치 등 적절한 기구를 이용하여 신속하고 정확하며, 효율적인 측정이 되도록 해야 한다.

2. 재료

해당사항 없음

12-4 세그먼트의 제작 및 취급

3. 시공

해당사항 없음

12-4 세그먼트의 제작 및 취급

1. 일반사항

1.1 제작시 고려사항

1.1.1 세그먼트 제작자는 재료, 제조, 검사 등에 관한 필요사항이 상세히 기재된 제작요령서, 제작도 및 제작공정표를 작성하여 관련 책임자의 승인을 받아야 한다.

1.1.2 세그먼트 제작시에는 설계서에서 요구하는 정확도를 반드시 유지하여야 한다.

1.2 제작 규격서

1.2.1 세그먼트 제작 규격서에 기재하여야 할 사항은 다음과 같다.

- (1) 강재 세그먼트 : 재료의 명세, 절단, 가공, 조립용접 (용접공의 자격, 용접재료, 용접자세, 용접순서, 용접상의 주의사항 등), 검사, 저장 및 기호 등을 상세히 기재하여야 한다.
- (2) 주철재 세그먼트 : 재료의 명세, 용해, 조형, 처리, 열처리, 기계가공, 검사, 저장 및 기호 등을 상세히 기재하여야 한다.
- (3) 콘크리트 세그먼트 : 재료의 명세(시멘트, 골재, 철근, 철골, 부재료 등), 형틀, 콘크리트의 배합, 제조법(철근 등의 가공조립, 체결방법, 양생방법 등), 검사 및 기호 등을 상세히 기재하여야 한다.

1.3 기호

1.3.1 모든 세그먼트에는 제조번호, 제작자명(약호), 각 부분 번호, 제조일 등을 명기하여야 한다

1.4 저장

1.4.1 세그먼트를 저장할 때는 손상 및 부식 등이 발생하지 않도록 보호하여야 한다

1.5 운반 및 취급

1.5.1 세그먼트는 손상되지 않도록 주의하여 운반하고 취급하여야 한다 운반 및 취급 중에 손상된 세그먼트의 처리에 대해서는 관련책임자의 지시에 따라야 한다.

2. 재료

2.1 치수정확도

2.1.1 세그먼트의 치수 허용정확도는 <표 12-4.1>을 기준으로 한다.

<표 12-4.1> 치수 허용정확도

(단위 : cm)

종류 항목		강재 세그먼트				주철재 세그먼트				콘크리트계 세그먼트			
세그먼트두께 (주형고)		± 15				$+ 50$ $- 10^{(3)}$				$+ 50$ $- 10^{(3)}$			
세그먼트 폭		± 15				± 05				± 10			
길이		± 15				± 05				± 10			
볼트공피치		± 10				± 05				± 10			
각부두께		$-^{(2)}$				$- 10^{(3)}$				$- 10^{(3)}$			
수평 조립 시 진 원 도	세그먼트 링의 외경 2Ro(m)	2Ro <4	4≤2Ro <6	6≤2Ro <8	8≤2Ro <10	2Ro <4	4≤2Ro <6	6≤2Ro <8	8≤2Ro <10	2Ro <4	4≤2Ro <6	6≤2Ro <8	8≤2Ro <10
	볼트피치	±7	±10	±10	±15	±5	±7	±8	±12	±7	±10	±10	±15
	외경	±7	±10	±15	±20	±7	±10	±15	±20	±7	±10	±15	±20

(1) 수평 조립시의 진원도는 세그먼트 링을 2단으로 겹쳐서 측정한다.

(2) 강재의 각부 두께는 한국산업규격(KS)에 규정된 강재공차에 의한다.

12-4 세그먼트의 제작 및 취급

- (3) 주철재 세그먼트 및 콘크리트제 세그먼트에서 국부적인 두께감소의 허용치는 -1.0mm 이다.
- (4) 표 상에 나타난 수치는 기계마감 경우의 정확도를 나타내고 있지만 기계가공을 하지 않을 경우는 강재에 준한다.

2.2 검사

2.2.1 세그먼트의 품질관리를 위해서는 다음과 같이 재료검사, 외관검사, 형상치수검사, 가조립검사, 성능검사 등을 행하여야 한다.

1) 강재 세그먼트의 검사

(1) 실물검사

현장에서 주형 및 이음판의 실물도를 보고 형상, 크기 및 볼트공 위치를 설계크기와 대비하여야 한다.

(2) 재료검사

한국산업규격(KS)에서 규정하는 시험방법에 의해 재료의 역학적 성질을 조사하는 검사를 실시하여야 한다. 다만, 밀쉬트(Mill Sheet)등의 품질보증이 있는 강재 및 한국산업규격품으로 제작된 볼트, 너트 등에 대해서는 시험을 생략할 수 있다

(3) 도구시험

강판의 벤딩, 천공, 절단, 부재조립용 형틀 등의 제조에 필요한 도구에 대해 검사하여야 한다.

(4) 용접검사

용접부의 두께 및 비트 길이에 관해서는 측정게이지를 이용하고 그 외는 육안 등에 의해 검사를 하여야 한다.

(5) 수평 가조립검사

제작중인 세그먼트 중에서 2링을 추출하여 수평 가조립하고 정원도(正圓度)를 조사하여야 한다.

(6) 성능검사

세그먼트 만곡시험 및 잭 추력시험 등을 통해 강도를 조사하여야 한다.

2) 주철재 세그먼트의 검사

(1) 재료검사

주물의 화학성분, 주조 후의 현미경조직 및 테스트 피스의 기계적 성질을 조사하여야 한다

12-4 세그먼트의 제작 및 취급

(2) 형상치수검사

기계가공 후의 치수는 검사도구등을 이용하여 조사하여야 한다.

(3) 다이체크 검사

주철재 세그먼트는 탈형 후의 냉각에 의해 드물게 코너부에 미세한 균열을 나타내는 수가 있으므로 이것을 조사하기 위해 행하여지는 염색시험이며, 100링에 1회 정도의 비율로 실시하여야 한다.

3) 콘크리트제 세그먼트의 검사

(1) 재료검사

콘크리트제 세그먼트의 품질은 콘크리트 재료 및 제조방법에 따라 큰 영향을 받기 쉬우므로 <표 12-4.0>, <표 12-4.3>을 참고하여 세밀한 관리를 실시하여야 한다.

<표 12-4.2> 품질관리항목

구분	관 리 항 목	시 험 방 법	관리장소	빈 도
골재	골재의 입도시험	골재 채가름시험방법(KS F 2502)	골 재 야적장	1회/월
	비중 및 흡수량	잔골재의 비중 및 흡수율 시험방법 (KS F 2504) 굵은골재의 비중 및 흡수율 시험방법 (KS F 2503)		1회/월 또는 산 지 변경시
	셋기시험	골재에 포함된 잔입자 시험방법		
	모래의 유기불순물	모래의 유기불순물 시험방법 (KS F 2510)		
	마 모 량	로스엔젤레스 시험기에 의한 굵은골재의 마모시험방법(KS F 2508)		산 지 변경시
	잔골재의 표면수율	잔골재의 표면수율 시험방법 (KS F 2509)	플랜트 계량호퍼	2회/일
	염화물량	굳지 않은 콘크리트 중의 물의 염소이온 농도시험방법 (KS F 2515)	타설장소	1회/주
기타	슬 럽 프	콘크리트의 슬럼프 시험방법 (KS F 2402)	타설장소	1회/일
	공 기 량	굳지 않은 콘크리트의 압력에 의한 시험방법 (KS F 2421)	타설장소	1회/일
	워커빌리티	육안	타설장소	배치마다
	강 도	콘크리트의 압축강도 시험방법 (KS F 2405)	타설장소	1회/일

12-5 작업구

<표 12-4.3> 제조관리항목

검사 번호	관 리 항 목
1	골재표면수량
2	철근수량, 휨 형상, 조립상황, 치수
3	철근망 형상, 스페이서, 부속설치부품
4	콘크리트 투입량, 타설상황, 슬럼프
5	양생온도 및 시간
6	탈형시의 규격, 외관, 형상
7	야적장의 외관형상, 표시, 재령, 수량
8	형틀청소, 설치상황, 규격정도

(2) 외관검사

모서리 부분의 파손과 균열부에 대하여 검사하여야 한다.

(3) 성능검사

세그먼트 만족시험, 이음부 만족시험, 잭 추력시험, 인양고리 인발시험 등을 통하여 강도를 조사하여야 한다.

3. 시공

해당사항 없음

12-5 작업구

1. 일반사항

1.1 작업구의 분류 및 기능

1.1.1 작업구는 본 구조물로서의 기능 외에 월드굴진에 따르는 버력반출, 세그먼트와 각종 자재의 반입 등의 작업이 소정의 계획공정에 따라 진행되도록 설치되어야 한다.

1.1.2 쉼드용 작업구는 발진작업구, 중간작업구, 도달작업구, 방향전환 작업구 등 4개로 분류하여 현장조건과 공사목적에 맞게 시공되어야 한다.

- (1) 발진작업구는 장비의 조립이 용이하고 배수가 원활하게 이루어질 수 있어야 하며, 토압과 발진력을 견딜 수 있는 구조로 갖추어야 한다.
- (2) 도달작업구는 발진작업구와 같은 구조로 하여야 하나 크기에 있어서는 시공오차 및 장비반출을 감안하여 결정하여야 한다.
- (3) 터널 연장이 길고 버력의 반출과 지보재의 반입이 어려워질 경우 또는 쉼드의 원활한 점검을 위해서는 중간 작업구를 설치하여야 한다.
- (4) 쉼드의 방향전환이 필요할 경우에는 방향전환 작업구를 설치하여야 한다.

1.2 작업구의 크기와 형상

1.2.1 작업구의 크기와 형상은 쉼드의 형식, 크기, 투입, 조립, 발진방법, 발진시 반력에 대한 조치, 발진점 부근 지반의 안정처리, 본 구조물과의 연결, 주변의 영향 등을 고려하여 결정하여야 한다.

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

3.1 작업구 시공

3.1.1 작업구는 지반조건, 노면의 조건, 교통량, 공사중의 소음, 진동의 영향 등을 고려하여 안전하고 경제적인 공법으로 시공하여야 한다.

3.1.2 시가지 등에서 본 노선에 적합한 작업부지의 확보가 곤란할 경우에는 터널노선을 벗어난 위치에 작업구를 설치하고 진입갱을 통해 터널 본 노선에 접근할 수 있도록 하여야 한다.

3.1.3 작업구는 다음 사항들을 고려하여 시공하여야 한다.

- (1) 쉼드기의 투입 및 반출
- (2) 쉼드기 투입 후 후방대차 및 자재의 반출입

12-6 발진과 도달

12-6 발진과 도달

1. 일반사항

해당사항 없음

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

3.1 발진

3.1.1 쉘드의 발진은 소정의 위치에 쉘드를 바르게 고정시킨 후 이루어져야 하며, 발진 추력이 작업구 흠막이, 주변도로, 지중매설물 등에 영향을 미치지 않도록 주의하여야 한다

3.1.2 발진시 쉘드의 고정 위치는 설계상의 쉘드 중심 및 높이를 기본으로 하여 정하나 지반이 연약하여 쉘드 처짐이 예상되는 경우는 위치를 상향 보정하여야 한다.

3.1.3 발진에 필요한 반력대 설비는 주로 가조립 세그먼트 방식과 형강을 주재로 하는 설비 등으로 분류할 수 있으나 어떠한 경우든 필요한 추력에 대해 충분히 견딜 수 있어야 하고, 유해한 변형을 발생시키는 일이 없도록 필요한 강성을 확보하여야 한다.

3.1.4 발진작업구에서 쉘드의 관입을 위해 수행하는 개구작업은 지반의 붕괴, 노면의 함몰 등이 발생하지 않도록 주의하여 시공하여야 한다.

3.1.5 발진작업구에서 가벽을 해체시키는 경우는 단계별로 신속하고 주의깊게 행하여야 한다.

3.1.6 발진작업구에서 밀폐형 쉘드를 관입시킬 때에는 지하수와 토사의 유입을 막을 수 있도록 엔트런스 패킹을 실시하여야 하며, 작업구나 세그먼트 배면에서의 양호한 지수를 위해서는 쉘드기 관입후 후미를 조기에 충전시켜야 한다.

3.1.7 발진부 보강방법은 다음 표와 같은 여러가지가 있으므로 지반조건, 쉘드형식, 토피, 작업여건 등의 제조건을 고려하여 선택하도록 하여야 한다. 이들

12-6 발진과 도달

방법의 선택에 있어서는 단독사용과 병용의 경우가 있으나 어떠한 경우에도 발진구조체의 안전성을 확보할 수 있어야 한다

<표 12-61> 발진부 보강방법

발진부 보강방법	시 공 법
막장보강후 발진	• 약액주입공법 • 치환공법(이수고화공법 등) • 동결공법 • 작업구 압기공법
강철판을 이용하여 발진	• 이중강철판공법 • 개착, 매설공법
가벽자체를 절삭하여 발진	• 가벽절삭공법

3.1.8 굴진은 초기굴진과 본굴진으로 분류할 수 있으며, 초기굴진시에는 쉼드의 굴진방향을 정확히 잡을 수 있도록 하고 향후 본 굴진을 위한 각종 정보를 얻도록 하여야 한다.

3.1.9 초기 굴진거리는 쉼드의 길이와 쉼드추력의 영향을 받는 구간의 길이를 합한 것이나 쉼드의 길이와 후방설비의 길이를 합한 것으로 하며, 이중 긴것을 택하도록 하여야 한다.

3.1.10 초기굴진과 관련하여 검토하여야 할 사항들은 다음과 같다.

- (1) 발진부에 대한 사전 지반개량 유무
- (2) 쉼드의 발진반력대의 구조 및 강도
- (3) 가설세그먼트의 해체시기
- (4) 후방설비의 배치 및 토사의 반출입 방법

3.2 도달

3.2.1 도달은 굴진노선에 있어서 미리 준비된 도달작업구에 도달하는 일련의 작업을 말하며, 쉼드 도달 후에는 시공성과 경제성을 고려하여 쉼드 본체를 작업구에서 인양하거나 작업구 내에 매몰할 수 있다.

12-7 추진

3.2.2 작업구 도달방법에는 작업구 개구를 미리 개방시키는 것과 쉴드가 벽에 도달한 후에 개구를 개방시키는 방법이 있으나 지하수, 지질조건 등을 감안하여 결정하여야 한다

3.2.3 도달에 있어서는 쉴드의 위치를 측정하면서 설계노선을 따라 주변 도로, 지중매설물 등에 영향을 미치지 않도록 하며, 정해진 위치까지 굴진하여야 한다

3.2.4 도달과 관련하여 검토하여야 할 사항들은 다음과 같다

- (1) 도달부에 대한 사전 지반개량
- (2) 예정위치에 도달하기 위한 쉴드의 측량방법과 터널내외의 연결방법
- (3) 추진속도를 늦추고 미속전진 시켜야 하는 위치
- (4) 이수식 쉴드인 경우 이수압의 감압개시 위치
- (5) 추력의 영향에 의한 도달작업구 내 토류의 필요유무와 그 대책
- (6) 작업구 도달면의 개구방법과 그 착수시기
- (7) 쉴드 본체와 도달벽과의 간격 및 토사유출방지 또는 배수대책
- (8) 쉴드를 매립하는 경우 정지위치
- (9) 도달부 부근의 배면주입
- (10) 쉴드를 작업구 내에 인출할 경우 쉴드 받침대 등의 가설비

12-7 추진

1. 일반사항

해당사항 없음

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

3.1 일반 쉘드의 추진

- 3.1.1 쉘드는 지반의 안정을 도모하면서 설계 노선을 따라 정확하게 추진될 수 있도록 하여야 한다.
- 3.1.2 쉘드의 추력은 지반의 조건, 쉘드의 형식, 여굴의 발생여부, 사행수정의 유무, 터널의 선형 등에 의해 달라지게 되므로 추력의 크기와 쉘드방향을 조절할 수 있는 쉘드 잭을 적정하게 사용하여 추진시켜야 한다
- 3.1.3 터널막장의 안정을 이룰 수 있도록 굴착 직후 또는 굴착과 동시에 쉘드를 추진하여야 한다.
- 3.1.4 세그먼트 등, 후방구조물을 손상하지 않도록 하기 위하여 1본당 잭 추력을 적정하게 유지하도록 하고 쉘드의 소요추력은 전 잭을 사용하여 얻어야 한다. 곡선부, 경사변환부, 사행수정을 위해서 일부 잭만을 사용하여야 하는 경우에도 가능한 한 많은 수의 잭을 사용하여야 한다.
- 3.1.5 쉘드를 추진시킬 때는 피칭, 요잉 및 롤링의 발생을 억제하도록 해야 한다.
- 3.1.6 일반 쉘드의 추진과 관련하여 검토하여야 할 사항들은 다음과 같다.
 - (1) 인근의 가옥 및 주요 구조물에 대한 보강대책
 - (2) 지반 조건에 적합한 추진잭의 사용여부
 - (3) 막장붕괴 및 이상누수에 대한 비상대책
- 3.1.7 압기쉘드를 이용할 경우는 압기압의 크기, 추진방법 등, 세부사항을 책임기술자의 검토를 받아 결정하여야 한다.

3.2 이토압식 쉘드의 추진

- 3.2.1 쉘드의 추진에 따른 원만한 배토가 이루어질 수 있도록 토압과 굴착량을 측정하여 굴착속도를 조정하여야 하며, 커터헤더의 회전속도와 추력의 크기도 파악하여 막장유지관리를 실시하여야 한다.
- 3.2.2 지하수의 유출이 많은 모래 자갈층에서는 적절한 첨가제를 주입하여 양호한 시공성을 확보하여야 하며, 버력의 반출은 터널단면의 크기, 터널길이, 1회 추진시의 버력량, 사이클 타임 등을 검토하여 그 최적방법을 결정하여야 한다.
- 3.2.3 이토압식 쉘드의 추진과 관련하여 검토하여야 할 사항들은 다음과 같다.
 - (1) 인근의 가옥 및 주요 구조물에 대한 보강대책

12-8 세그먼트 라이닝 설치

- (2) 지반조건에 따른 추진속도, 커터헤더의 회전속도, 쉴드의 추력
- (3) 굴착토량 및 배토된 토량의 균형유지
- (4) 막장의 지반상태에 적합한 토압유지

3.3 이수식 쉴드의 추진

- 3.3.1 이수에 의한 굴착 막장의 유지 및 버력반출시스템은 시공성을 고려하여 자동화 체계로 운용되도록 하여야 한다.
- 3.3.2 사용되는 이수의 농도, 밀도, 비중, 점성, 이수압 등은 토압, 지하수 압력 등을 고려하여 설정하여야 한다
- 3.3.3 이수과 버력은 이수분리장치를 통하여 완전히 분리될 수 있도록 하여야 하며 터널 단면크기, 터널길이, 1회 추진시의 버력량, 사이클 타임 등을 검토하여 이수 분리장치의 용량을 결정하여야 한다.
- 3.3.4 이수식 쉴드의 추진과 관련하여 검토하여야 할 사항들은 다음과 같다.
 - (1) 인근의 가옥 및 주요 구조물에 대한 보강대책
 - (2) 지반조건에 따른 추진속도, 커터헤더의 회전속도, 쉴드체의 추진력
 - (3) 굴착토량 및 배토된 토량의 균형유지
 - (4) 막장의 토질에 적합한 이수 관리

12-8 세그먼트 라이닝 설치

1. 일반사항

1.1 세그먼트 라이닝 설치 일반

- 1.1.1 세그먼트는 조립 전에 이물질을 완전히 제거한 후 조립순서에 따라 신속, 정확하게 조립하여야 한다.
- 1.1.2 세그먼트의 본체 및 실링부는 손상받지 않도록 시공하여야 하며, 필요한 우 정원(正圓)유지장치 등의 보조기구를 사용하여야 한다.

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

3.1 세그먼트 라이닝의 시공

- 3.1.1 세그먼트를 조립할 때 쉘드 잭을 한번에 제거하면 토압 또는 막장의 이수압에 의해 쉘드가 후진하는 일이 있으므로 세그먼트 조립 순으로 수 본씩 단계별로 제거하면서 조립하여야 한다.
- 3.1.2 세그먼트의 링이음은 교차형 배열로 조립하여야 한다. 조립은 세그먼트의 방수기능을 손상하지 않도록 하고, 세그먼트 이음부에는 이물질이 없도록 하여 서로 잘 밀착하도록 하여야 한다.
- 3.1.3 세그먼트의 조립은 설치기 또는 미동장치를 이용하여 주위의 세그먼트를 손상시키지 않도록 정확하게 조립하여야 한다.
- 3.1.4 세그먼트 이음볼트는 조립시 세그먼트에 손상을 주지 않고 정한 힘으로 충분히 체결하여야 한다

3.2 테이퍼(Taper)세그먼트 라이닝의 시공

- 3.2.1 원활한 곡선부의 시공을 위하여 시공부위의 곡선에 맞는 테이퍼 세그먼트를 제작하여 사용하여야 한다
- 3.2.2 쉘드시공 구간은 곡선부가 없더라도 사행수정을 위하여 테이퍼 세그먼트를 전체 세그먼트 링수의 5% 이상으로 제작하여 비치하여야 한다. 그러나 테이퍼 세그먼트의 사용량이 많아지면 라이닝이 변형될 수도 있으므로 테이퍼 세그먼트의 사용에 주의하여야 한다.

3.3 정원의 유지

- 3.3.1 세그먼트를 정원으로 조립하는 것은 터널단면의 확보, 시공속도, 지수효과의 향상 및 지반침하의 감소 등에서 중요하므로 쉘드의 후미 내에서 세그먼트를 조립한 후 정원을 유지하여야 한다.

12-9 뒤채움 주입

1. 일반사항

1.1 뒤채움 주입의 목적

1.1.1 뒤채움 주입은 쉼드 후미 공극으로 인한 지반의 변형방지와 세그먼트에서의 누수방지, 세그먼트의 조기 안정성 확보를 위하여 실시하여야 한다

1.2 뒤채움 주입의 방법

1.2.1 뒤채움 주입은 다음의 방법들 중 쉼드기종과 현장 지반조건 등을 고려하여 선정하여야 한다.

- (1) 동시주입 : 쉼드기 측면에서 추진과 동시에 주입하는 방법
- (2) 반동시주입 : 세그먼트 주입공에서 추진에 맞춰 주입하는 방법
- (3) 즉시주입 : 1개 세그먼트 링 설치 완료시 마다 주입하는 방법

2. 재료

2.1 주입재료의 특성

2.1.1 주입재료에는 시멘트 모르터, 발포성 모르터, 섬유혼합 모르터, 슬래그 또는 석탄회를 사용하는 가소성 주입재, 자갈 등 여러 가지가 있으며, 현장에서 지반조건, 쉼드형식, 주입재특성 등을 고려하여 가장 적합한 재료를 선정하여야 한다.

2.1.1 주입재료는 다음과 같은 조건들을 만족시킬 수 있는 것이어야 한다.

- (1) 블리딩 등의 재료분리를 일으키지 않고 유동성을 잃지 않은 재료
- (2) 주입 후의 경화현상 등에 따라 용적감소가 적은 재료
- (3) 지반강도에 상당하는 균일한 강도를 조기에 얻을 수 있고 설계강도 이상을 발휘할 수 있는 재료
- (4) 수밀성이 뛰어난 재료
- (5) 주변환경에 영향이 없는 무공해 재료

3. 시공

3.1 뒤채움 주입시공

3.1.1 뒤채움 주입은 세그먼트 배면을 완전히 충전시킬 수 있도록 세그먼트에 작용하는 외압보다 $1\sim 2 \text{ kg/cm}^2$ 큰 압력으로 실시하여야 한다.

3.1.2 주입량은 설드후미의 공극크기, 주입재의 지반에 대한 침투성, 지반의 투수성, 여굴 등을 고려하여 결정하여야 한다.

3.2 뒤채움 주입관리

3.2.1 뒤채움 주입관리방법은 주입압력에 의한 관리방법과 주입량에 의한 관리방법으로 구분하며, 현장에서는 두가지 방법을 혼용하여 종합 관리하여야 한다.

3.2.2 세그먼트 조립후 1차 주입시에 미충전부가 발생하거나 설드의 추력에 의해 세그먼트와 지반 사이에 틈이 발생하는 경우에는 2차 주입을 수행하여야 한다.

3.2.3 뒤채움 주입시 과다압력은 지반과 세그먼트의 변형 또는 K형 세그먼트의 볼트를 절단시킬 수 있으므로 압력관리를 철저히 하여야 한다.

12-10 방수

1. 일반사항

1.1 방수 일반

1.1.1 세그먼트 라이닝은 지하수압에 견딜 수 있고 방수가 될 수 있도록 세그먼트간의 이음부, 볼트구멍, 뒤채움 주입구 등의 시공에 유의하여야 한다.

1.1.2 터널내의 누수는 완성 후 터널의 기능 및 유지관리에 문제를 일으킬 수 있으므로 방수공법의 선정시에는 터널의 사용목적과 작업환경에 적합한 공법을 선정하여야 한다.

1.1.3 방수에는 실(Seal), 코킹, 볼트 등이 있으며, 사용목적과 현장여건에 부합하도록 한가지 또는 여러가지의 방법을 조합하여 사용할 수 있다.

12-10 방수

2. 재료

2.1 방수 재료의 성질

2.1.1 실재에는 합성고무계, 복합고무계, 수팽창 고무계 등이 있으며, 현장조건을 고려하여 수밀성, 내구성, 압착성, 복원성, 시공성 등이 우수한 것을 선택하여야 한다

2.1.2 코킹재에는 에폭시, 치오콜계, 요소수지계 등의 재료가 있으며, 현장조건을 고려하여 적합한 재료를 선정하여야 한다.

3. 시공

3.1 실재의 시공

3.1.1 세그먼트에 부착된 실재(Sealing Material)는 세그먼트의 작업구 내 운반이나 적하시 손상되기가 쉬우므로 시공시 세심한 주의를 요한다.

3.1.2 실재의 부착위치는 원칙적으로 이음볼트 외측에 두어야 한다.

3.1.3 실재 중 수팽창 고무계는 물에 접촉하지 않도록 보관하여 팽창박리가 생기지 않도록 하여야 한다.

3.2 코킹의 시공

3.2.1 세그먼트의 누수를 막기 위해 세그먼트 내측의 이음부에 미리 홈을 만들어 두고 이곳에 코킹재를 충전하여야 하며 코킹은 추력의 영향이 없을 때 시공하여야 한다.

3.3 볼트구멍 및 뒤편 주입구의 방수

3.3.1 세그먼트를 볼트로 연결하는 경우 볼트구멍의 방수를 위해서는 볼트와서와 볼트구멍 사이에 고리형의 패킹재를 넣고 볼트를 조여야 한다

3.3.2 뒤편 주입공의 플러그부 및 주입공 배면은 패킹재를 설치하여 방수하여야 한다.

3.4 특수 방수처리공

3.4.1 콘크리트 세그먼트에서 주입구나 볼트 체결부 주위에 누수가 많은 경우는 에폭시 등을 칠하여 방수하여야 한다.

3.4.2 시공 이음부에서 실, 코킹으로도 누수가 발생하는 경우는 그 장소에 추가적인 주입공을 설치하고 발포성 약액을 주입하여 누수가 발생하지 않도록 하여야 한다.

12-11 내부 콘크리트 라이닝

1. 일반사항

1.1 내부 콘크리트 라이닝 일반

1.1.1 외력을 지지할 수 있도록 콘크리트 라이닝을 세그먼트 라이닝과 합성구조체로 설계한 경우는 설계조건대로 내부 콘크리트 라이닝을 무근 또는 철근 콘크리트로 시공하여야 한다.

1.1.2 내부 콘크리트 라이닝은 세그먼트를 보호하고 방식, 방수, 방진, 사행수정 등을 위해서도 시공할 수 있다.

1.1.3 내부 콘크리트 라이닝의 두께는 사용목적, 시공성 등을 고려하여 결정하여야 하나 최소한 15cm 이상이 되도록 하여야 한다.

1.1.4 내부 콘크리트 라이닝은 세그먼트의 방수, 청소, 이음볼트의 확인 등의 사전처리를 철저히 행한 후 시공하여야 한다. 특히, 콘크리트의 품질관리에 유의하여야 하며 거푸집 제거시기 등, 상세한 사항은 “제6장 콘크리트 라이닝”에서 정한 바를 따른다.

2. 재료

“제6장 콘크리트 라이닝”에서 정하는 바를 따른다.

3. 시공

“제6장 콘크리트 라이닝”에서 정하는 바를 따른다.

12-12 급곡선부

12-12 급곡선부

1. 일반사항

해당사항 없음

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

3.1 급곡선부의 시공방법

3.1.1 급곡선부를 시공하는 경우에는 지반의 조건, 쉘드특성, 세그먼트 여굴량, 보조공법 등을 사전에 검토하여 정확한 시공이 되도록 하여야 한다. 특히 추진반력에 따른 터널의 변형방지, 선형이탈방지에 유의하여야 한다.

3.1.2 시공시 실제 쉘드 곡선반경은 설계곡선반경에 비하여 커지게 되는 경향이 있으므로 급곡선시공을 위해서는 다음사항을 고려하여야 한다.

- (1) 쉘드 : 길이는 가능한 한 짧게 하거나 중절기능을 갖도록 하고 편축추진에 대비하여 추력과 커터토크가 충분한 여유를 갖도록 하여야 한다.
- (2) 세그먼트 · 직선구간의 세그먼트보다 폭을 작게 하고 편심하중을 고려하여 리브, 스킨플레이트, 이음볼트를 보강하거나 세그먼트 외경을 작게 하여 쉘드 후미공극을 여유있게 두도록 한다
- (3) 여굴량 조정 : 카피커터 등으로 여굴량을 조절하여 급곡선 시공을 용이하게 한다.
- (4) 보조공법 적용 · 급곡선부 주변 지반의 이완방지와 지반반력의 증강을 위하여 지반보강을 실시한다
- (5) 뒤채움 주입 : 세그먼트가 지반에 밀착될 수 있도록 뒤채움주입을 실시하여야 한다

12-13 지반안정과 구조물 보호

1. 일반사항

1.1 지반안정

1.1.1 막장의 붕괴 및 함몰의 우려가 있는 경우에는 쉼트의 종류와 지반상태 등을 고려하여 적합한 막장 안정처리 공법을 적용하여야 하며, 공법의 선정 및 안정처리 범위는 책임기술자의 판단에 따른다

1.1.2 터널굴착에 따른 지반침하가 우려되는 경우에는 막장 안정처리, 굴착 및 지보, 뒤채움 주입 등에 대한 적합한 공법을 적용하여 지반침하를 억제하여야 한다.

1.1.3 터널 주변지반의 침하관리를 위해서는 현장계측을 실시하여야 하며, 침하관리를 위해 필요한 허용 최대침하량은 현장특성을 고려하여 책임기술자의 판단에 따르도록 한다.

1.2 구조물 보호

1.2.1 구조물에 근접하여 쉼드가 통과하는 경우에는 사전에 구조물 보호대책을 강구하여야 한다.

1.2.2 기존 구조물이나 방호공에 대해서는 계측을 실시하여 변형 유무를 파악하여야 한다

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

해당사항 없음

12-14 쉼드 시공설비

1. 일반사항

1.1 시공설비 일반

111 시공설비로는 쉼드의 발진, 도달, 회전설비, 세그먼트 조립설비, 재료보관소 및 창고, 반입 및 반출설비, 전력설비, 환기설비, 공기압축설비, 터널운반설비, 급수 및 배수설비, 세그먼트설비, 뒤채움주입설비, 이수설비, 작업대차 등 다양한 설비가 있으므로 사전에 각 설비별 세부설치계획을 체계적으로 수립하여야 한다.

112 시공설비계획은 굴진작업의 능력을 감안하고 공종별 가동 사이클타임을 조합해서 각 작업이 지체없이 안전하게 시공될 수 있도록 예비설비를 포함하여 계획하여야 한다. 특히, 공사장 면적, 주위환경 등을 검토하여 설비계획에 반영하여야 한다.

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

3.1 쉼드의 발진, 도달, 회전설비

3.1.1 쉼드발진설비로 쉼드 지지를 위한 받침대와 반력대, 뒤채움 주입재 및 이수의 누출방지를 위한 패킹설비 등을 설치하여야 한다

3.1.2 도달설비로 쉼드 지지를 위한 받침대, 도달 패킹설비를 설치하여야 한다

3.1.3 방향전환을 위한 설비로 턴테이블식 또는 트래버스식 등을 고려할 수 있으며, 직접 크레인으로 매달아 회전시키는 방법 등도 검토하여야 한다.

3.2 재료보관소 및 창고

3.2.1 재료보관소 및 창고는 공정의 진척에 지장이 없도록 세그먼트 및 부속재료, 가설비재료, 시공용 기계 및 기구 등을 저장할 수 있는 면적을 가진 곳이어야 한다.

3.3 반입 및 반출 설비

3.3.1 반입 및 반출설비는 버력의 특성을 고려한 반출방법, 사토장으로서의 운반방법, 재료의 반출 및 반입 방법 등을 고려하여 선정하여야 한다.

3.3.2 호퍼를 사용하는 경우 호퍼용량은 소요의 굴진공정에 지장을 초래하지 않는 용량이 되도록 하여야 하며, 버력의 특성을 고려한 기능을 갖추도록 하여야 한다.

3.3.3 재료의 반입 및 반출설비는 버력의 반출에 지장을 초래하지 않는 것이어야 한다.

3.4 전력설비

3.4.1 전력설비는 전기설비의 기술기준 및 노동안전위생규칙 등에 근거하여 설치되고 유지관리되어야 하며, 기타 세부적인 사항은 “제11장 11-6 TBM터널의 시공설비”에서 정하는 바를 따른다.

3.5 환기설비

3.5.1 쉴드터널에서는 쉴드작업장비들의 배기량과 작업원수 등을 감안한 소요환기량을 검토하여 환기설계의 적합성을 평가한 후 환기설비를 갖추어야 한다.

3.5.2 기타 터널환기에 대해서는 “제1장 1-2 안전관리 및 환경관리”에서 정하는 바를 따른다.

3.6 공기압축설비

3.6.1 압기공법을 적용하는 경우에는 소요의 공기압을 줄 수 있는 콤프레서 또는 송기설비를 예비기기와 함께 설치하여야 하며, 전력설비, 냉각설비, 저장탱크, 송기관 등을 설치하여 청정하고 적당한 온도의 공기를 공급하여야 한다.

3.6.2 고압공기를 사용하는 경우에는 소요용량의 고압 콤프레서 및 필요한 부대설비를 하여야 한다.

3.7 터널운반설비

3.7.1 터널운반설비는 다음 방법중 단면의 크기, 연장, 선형 등을 고려하여 선정하여야 한다.

- (1) 궤도방법
- (2) 컨베이어 방법

12-14 쉼드 시공설비

- (3) 슬러리 펌프방법
- (4) 펌프 압송방법
- (5) 기타 (트럭, 공기수송, 캡슐수송 등)

3.8 급수 및 배수설비

3.8.1 급수 및 배수설비는 “제11장 11-7 TBM터널의 시공설비”에서 정하는 바를 따른다.

3.9 세그먼트설비

3.9.1 세그먼트 설비는 설치기, 세그먼트 조립용 조임기구 및 정원유지장치 등으로 구분할 수 있으며, 세그먼트의 재질, 형상, 치수, 중량 등을 고려하여 선정하여야 한다.

3.10 뒤편채움주입설비

3.10.1 뒤편채움 주입설비로는 그라우트 믹서, 교반기, 흡입장치, 그라우트 펌프, 주입배관 등이 있으며 뒤편채움 주입이 능률적으로 이루어질 수 있도록 배치함과 동시에 소정의 작업 사이클 내에 쉼드후미의 공극을 완전히 충전할 수 있는 것이어야 한다.

3.11 이수처리설비

3.11.1 이수처리설비는 슬러리와 물을 효과적으로 분리할 수 있으며, 쉼드굴진속도를 증대시킬 수 있는 처리능력을 지닌 것이어야 한다.

3.12 작업대차

3.12.1 작업대차는 굴착, 뒤편채움 주입 등 일련의 작업에 사용되는 재료와 기계설비를 수용할 수 있는 규모를 가지며, 또한 각종 작업 발판으로서의 기능을 가진 것이어야 한다.

3.13 기타 특수설비

3.13.1 쉼드 종류에 따라서는 추가설비들이 요구될 수 있으므로 선정된 쉼드의 특성에 적합한 추가설비를 갖추어야 한다.

12-15 시공관리

1. 일반사항

1.1 공정관리

- 1.1.1 공정관리는 작업의 실적과 계획공정을 효율적으로 관리할 수 있도록 지속적으로 실시되어야 하며 필요한 경우에는 공정만회 대책을 세워 전체공정이 원활하게 진행될 수 있도록 하여야 한다.

1.2 품질관리

- 1.2.1 주요재료 및 제품은 소요의 시험과 검사를 행하여 그 품질, 형상, 치수, 강도 등이 적합한지 여부를 확인한 후 사용하여야 한다.
- 1.2.2 세그먼트의 치수 정확도 및 품질은 세그먼트의 조립 난이도, 쉘드추진 정확도, 터널의 변형, 누수, 지반침하 등에도 영향을 주므로 엄격한 관리하에 제작되어야 한다.
- 1.2.3 뒤택음 주입재의 우수한 품질을 유지하기 위하여 유동성, 점성, 블리딩, 응고시간, 압축강도 등을 정기적으로 측정하여야 하며 품질에 의문이 생길때는 세그먼트 배면주입공을 통해 주입재 코어를 채취하여 주입재의 품질을 관리하여야 한다.
- 1.2.4 내부 콘크리트 라이닝은 소요강도, 내구성, 수밀성을 지니고 품질의 변화가 적은 것이어야 하며, 그 품질관리에 대해서는 “제6장 콘크리트 라이닝”에서 정하는 바를 따른다

1.3 작업관리

- 1.3.1 쉘드 추진시에는 막장의 상황, 선형의 이탈, 세그먼트의 변형, 파손, 누수 및 지반의 침하 등에 유의하여야 한다.
- 1.3.2 지층의 변화가 심한 곳, 구하상, 우물 주변 또는 국부적 연약층을 통과시에는 필요한 조사를 실시하여 일상작업 관리의 자료로 활용하여야 한다.

12-15 시공관리

2. 재 료

해당사항 없음

3. 시 공

해당사항 없음

부록. 유지관리 및 보수와 보강

부록-1 유지관리

1. 일반사항

1.1 적용 범위

- 1.1.1 이 시방내용은 완성된 터널의 기능을 보전하고 이용자의 편의와 안전을 높이기 위한 제반 유지관리 사항에 대한 것이다.
- 1.1.2 유지관리의 업무는 터널시설물을 일상적으로 점검, 정비하고 손상된 부분을 원상 복구하여 경과시간에 따라 요구되는 터널시설물의 개량, 개수, 보강에 필요한 업무활동을 포함하여야 한다.
- 1.1.3 유지관리의 관리주체는 관계법령에 의하여 터널의 관리자로 규정된 자, 터널시설물의 소유자, 터널시설물의 관리를 위임받은자로서 터널시설물에 대한 각종 자료를 관리하고 유지관리 계획 등을 수립하며 안전점검과 정밀안전진단을 수행하여야 한다.
- 1.1.4 터널시설물의 관리주체는 유지관리 방안을 작성하여야 하며 이런 경우 고려사항은 다음과 같다.
 - (1) 건설공사중의 계측관리 기록 및 붕락발생 등의 특이사항
 - (2) 터널주변의 지표침하, 지하수변동현황 및 민원발생현황
 - (3) 점검 및 진단시 도출된 취약분야에 대한 유지관리 방안
 - (4) 보수 및 보강공법 시행 후 유지관리 방안
 - (5) 보수, 보강 이외 부분의 예상되는 향후 문제점에 대한 유지관리 방안
 - (6) 유지관리를 위한 계측시스템의 도입
 - (7) 근접시공에 따른 터널구조물 안전성 확보 방안
 - (8) 기타 관리주체 입장에서 필요한 사항

1.2 자료의 관리

- 1.2.1 관리주체는 터널시설물의 준공도면, 설계보고서, 제제산서, 공사시방서 시공상 특기한 사항에 대한 자료 등을 보관하여야 한다

부록-1 유지관리

1.2.2 정기적인 안전점검을 통하여 발견한 구조물의 손상상태는 터널시설물 관리대장에 기록하여야 한다

1.2.3 터널시설물 관리대장에는 터널에 대하여 점검이력, 보수이력 및 사고이력 등이 포함되어야 한다.

(1) 점검이력서에는 날짜, 점검종류, 진단현황 등 모든 점검활동을 포함하여야 한다

(2) 보수이력서에는 날짜, 개요, 보수위치, 보수경위, 보수방법 등을 포함하여야 한다.

(3) 사고이력서에는 날짜, 사고경위, 손상현황 및 보수현황 등을 포함하여야 한다

1.3 유지관리 계획

1.3.1 유지관리계획 수립시 포함되어야 할 사항은 아래와 같다.

(1) 터널시설물별 안전 및 유지관리 체계

- ① 터널시설물의 유지 관리 목표
- ② 일상점검·정비 및 청소 등 유지관리 세부활동 계획
- ③ 터널시설물 개수 및 보수 실시계획
- ④ 긴급사항 발생시 조치체계
- ⑤ 계획의 실시에 대한 확인체계

(2) 터널시설물 유지관리를 위한 조직

- ① 안전 및 유지관리를 위한 조직구성 및 인원계획
- ② 점검에 필요한 장비계획

(3) 안전점검 및 정밀안전진단의 실시계획

- ① 일상점검·정기점검 및 정밀안전진단 실시시기
- ② 터널시설물 관리에 필요한 설계도서 등 터널시설물 자료 활용계획

(4) 안전 및 유지관리에 필요한 비용 및 예산확보

- ① 일상관리비용, 안전점검 및 정밀안전진단비용과 보수 및 보강비용은 관리주체의 예산편성기준 및 시설물의 안전관리에 관한 법규에 따라 확보

1.4 안전점검 및 진단

부록-1 유지관리

- 1.4.1 점검 및 진단은 터널시설물의 유지관리를 효과적으로 시행하기 위하여 『시설물안전관리에 관한 특별법』에 의거 시행하여야 한다.
- 1.4.2 초기점검은 최초의 정기점검으로서 터널에 대한 시공상태를 평가하고 터널의 제반 관리항목의 초기치를 설정하여 향후 점검 및 진단의 기초자료로 활용하기 위한 점검으로 신설 터널의 경우 준공 후 90일 이내에 시행한다.
- 1.4.3 일상점검은 손상을 조기에 발견하기 위하여 관련 법규에 따라 점검주기를 결정하여 시행하여야 한다.
- 1.4.4 정기점검은 터널의 물리적, 기능적 상태를 판단하고 변화 추이를 확인하며 현재의 사용 조건을 계속 만족시키고 있는지를 확인, 점검하여야 한다. 정기점검의 주기는 분기별로 관련 법규에 따라 시행하는 것을 표준으로 하되 관리주체가 별도로 점검주기를 규정하여 관리할 수 있다.
- 1.4.5 긴급점검은 재해나 사고에 의해 비롯된 손상의 평가가 필요한 경우에 수행하는 비계획적인 점검으로서 시설물의 기능 및 안전에 우려가 되는 경우에 시행하며 보수, 보강, 지속적인 사용 여부를 판단하여야 한다.
- 1.4.6 정밀안전진단에서는 터널시설물의 구조적 안전성 및 결함의 원인을 조사, 측정, 평가하여 보수, 보강 등의 방법을 제시하여야 하며 시설물의 안전관리에 관한 법규에 따라 시행하여야 한다.

1.5 점검기구 및 장비

- 1.5.1 점검원은 점검종류 및 작업내용에 따라서 필요한 점검기구를 준비, 휴대하여야 하며 점검장비로는 일상적 휴대장비, 접근장비, 비파괴시험장비 등을 포함하여야 한다

1.6 점검기록양식

- 1.6.1 점검 및 진단결과는 터널시설물의 규모와 용도에 따라 소정의 양식을 사용하여 기록 유지하여야 한다 (별표양식 1~5 참조)
- 1.6.2 점검 및 진단결과를 기록하는 양식에는 관리번호, 시공자, 관리주체, 터널 위치, 제원, 준공연도, 공법형식, 평면 및 종단구배, 위치도면과 터널명, 점검 책임기술자, 점검자, 점검일자를 기록하여야 하며 터널시공에 관한 상세내용을 포함하여야 한다
- 1.6.3 터널시공 상세내용에는 구간, 표준패턴, 지반상태, 콘크리트 라이닝 및

부록-1 유지관리

쏿크리트 두께, 강지보 규격 및 설치간격, 록볼트 시공현황, 방수형식 및 터널보강 등이 포함되어야 한다

1.6.4 터널점검양식은 위치별로 구분하여 균열, 누수, 백태, 박리, 박락, 함몰, 부풀음 상태 및 배수상태를 기록할 수 있도록 작성되어야 한다

1.6.5 점검결과와 확인과 기록을 위하여 터널의 전경과 손상 현황을 나타낼 수 있는 사진촬영을 실시하고 정리 보관하여야 한다.

1.7 비상시설물의 유지관리

1.7.1 비상시설물은 터널시설물에 긴급상황이 발생하는 것에 대비하여 각종 시설의 기능이 정상적으로 작동할 수 있도록 수시점검과 시운전관리를 수행하여야 하며 년1회 이상 공인 검사기관의 정기검사를 받아야 한다

1.8 배수시설의 유지관리

1.8.1 분기터널이 설치되는 경우 본선터널과 분기터널 하부에 설치되는 중앙 집수관을 각각 연결하고 청소가 가능한 시설을 설치하여야 한다.

1.8.2 터널바닥에 설치하는 종방향 배수관과 횡방향 배수관은 배수의 흐름이 원활하도록 이물질이 들어가 막히지 않게 유지관리 하여야 한다.

1.8.3 배수상태점검이나 청소가 가능한 시설을 일정한 간격으로 설치하는 경우 이물질이 유입되지 않도록 탈착식 스크린망을 설치하는 것이 바람직하며 탈착식 스크린망에 끼거나 퇴적되는 이물질은 적기에 제거하여야 한다.

1.8.4 중앙집수관에 직결되는 배수관은 유지관리시 배수기능이 상실되지 않도록 하여야 한다

1.9 유지관리 계측

1.9.1 유지관리 계측은 터널이 완공된 후 사용기간 중에 굴착면 주변지반의 변화와 영향으로 인하여 발생하는 콘크리트 라이닝의 변화양상을 측정하는 행위로 정의한다.

1.9.2 유지관리 계측의 목적은 터널이 완공된 후 터널구조물의 변상여부를 사전에 확인하여 터널 자체의 안정성을 확인하는데 있다.

1.9.3 유지관리 계측은 대통령령이 정하는 1, 2종 시설물 중 지반변형이 예상되는 터널, 터널 주변의 특정 건물로 인해 위해가 예상되는 터널, 하저터

부록-1 유지관리

널, 해저터널, 장대터널 등에 설치하는 것을 원칙으로 하며, 자동화 시스템으로 설치하여 장기적으로 터널의 변상상태를 조사하는 것이 바람직하다.

1.9.4 계측계획은 터널의 용도, 규모, 지반조건, 주변환경, 계측의 목적 등을 고려하여 체계적으로 계획을 수립하여야 하며 반드시 정확한 초기치를 획득하여야 한다.

1.9.5 계측항목은 반사경, 전기저항식센서 및 광섬유센서 등을 이용하여 측정하는 내공변위 측정, 천단침하측정, 간극수압측정, 토압측정, 콘크리트 라이닝 응력측정, 철근 응력측정 등이 있으며 터널의 용도, 규모, 지반조건, 주변환경 등을 고려하여 선정하여야 한다.

1.9.6 계측 배치간격은 터널의 용도, 규모, 지반조건, 시공이력 등을 고려하여 계측목적에 부합되도록 하여야 하고 계측위치는 각 계측항목 사이의 상호 관련성을 파악할 수 있도록 하여야 하며 특히 지반이 취약하고 지질변화가 심하여 과다변위가 예상되는 구간, 주요구조물 인접지나 향후 구조물이 터널에 근접하여 신축이 예상되는 구간, 공사 중에 큰 범위로 붕락이 발생된 부위 등을 고려하여 선정하여야 한다.

1.9.7 터널의 유지관리를 위한 계측기기는 내구성이 좋고 설치 및 유지관리가 용이하며 계측목적에 맞는 계측범위와 정밀도를 가져야 하며 기기 특성에 대한 사전 검증을 실시하여야 한다.

1.9.8 측정 시스템의 구성은 계측항목에 따른 정도와 측정의 편리성, 측정빈도, 시스템으로는 수동측정, 장기기록계를 이용한 측정, 전기식 원격측정, 전자식 원격측정 등을 고려할 수 있으며 진동, 온도, 습도, 먼지, 전기, 침수 등에 의하여 장애가 없어야 하고 향후 계측관리를 광역화할 수 있도록 호환성이 가능한 것으로 하는 것이 바람직하다.

1.9.9 측정빈도는 터널의 용도, 규모, 지반조건, 시공이력 등을 고려하여 결정하되 계측결과에 따라 적절히 조정할 수 있다.

1.9.10 일상적인 유지관리 기간동안은 <표 1-1>을 기준으로 정기계측을 시행하고 지진, 홍수, 화재, 사고 등이 발생하거나 터널구조물에 인접하여 공사가 시행될 경우에는 계측빈도를 조정하여 특별계측을 실시하여야 한다.

부록-1 유지관리

<표 1-1> 유지관리계측 측정빈도

구조물 경과 년도	측 정 빈 도
준 공 시	초 기 치 측 정
준공후 1년간	4회 /년
준공후 2~3년간	2회 /년
준공후 4~5년간	1회 /년
준공후 5년	중 합 측 정
준공후 6년 경과	1회 /2년
준공후 10년 경과	1회 /5년

1.9.11 계측기기는 정확한 계측결과와 획득을 위하여 설치전 및 설치후에 작동성을 검사하고 필요시 보정하여야 한다

1.9.12 계측기기 설치는 주로 공사 완료후 콘크리트 라이닝 작업중에 이루어지며 예상치 못한 문제에 접하게 될 경우 수정에 어려움을 받게 되므로 원활한 기기설치를 위해서는 계측수행팀과 시공자, 감리자간의 상호 공조체계가 구성되어 계측기기가 정상적인 기능을 발휘할 수 있도록 정밀하게 설치하여야 한다.

1.9.13 계측기기의 성능보존 및 계측결과와 신뢰성 확보를 위하여 적절한 방법과 절차에 따라 유지관리하여야 한다

2. 재 료

해당사항 없음

3. 시 공

해당사항 없음

[별표양식 1]

터널 안전점검 결과

- 관 리 번 호 :
- 터 널 명 :
- 책임기술자명 :
- 책임기술자의 지시사항

- 점검자의 의견

- 점검자 성명 .
- 점 검 일 자 : 199 . . . ~199(일간)

부록-1 유지관리

[별표양식 2]

시 공 현 황

노 선 번 호	터널 명	위 치				제 원(m)			준 공 년 도	공 법 형 식	평 면 선 형 (R)	중 단 구 배 (%)	시공 자	관 리 주 체	비 고
		시 (도)	구 (군)	동 (면)	리	연 장	폭 원	높 이							

위치도 S = 1 / 25,000

위치도 S = 1 / 25,000

[별표양식 3]

일 반 현 황

○ 터널시공상세

구 간 (측 점 번 호)		~	~	~	~	~
표준패턴 No						
설계 지반 상태	풍 화 정 도					
	일 축 압 축 강도(kg/cm ²)					
	RQD(%)					
췌크리트 두께(cm)						
강 지 보 재 (규격 및 설치간격)						
록 볼 트						
휨 폴 링						
콘크리트 라이닝(cm)						
방 수 형 식						
그 라 우 텅						

○ 부속시설

시 설 물 명	설 치 내 용	존재여부		손상여부	
		유	무	유	무
전 화					
전 기					
소 화 기					
상 수 도					
대 피 소					
환 기 시 설					
갱 문 형 식					
집 수 정					
기 타					

부록-1 유지관리

[별표양식 4]

일 상 점 검

○ 터널내 점검

위 치	바 닥 (포장면)			배수 시설		측 벽										천 정					보 수 · 보 강			
	좌					우																		
	누 수	균 열	부 풀 음	좌	우	균 열	누 수	백 태	박 리	박 락	합 물	균 열	누 수	백 태	박 리	박 락	합 물	균 열	누 수	백 태		박 리	박 락	합 물

주) 이상이 있는 부분만 작성

○ 입출구 점검

구 분	시점측 날개벽		중점측 날개벽		비탈면처리	비 고
	좌	우	좌	우		
누 수						
균 열						
배수시설						
기 타						

○ 배수상태 등 부기

[별표양식 5]

정 기 점 검

○ 터널내 점검

[illegible]

주) 이상이 있는 부분만 작성

○ 입출구 점검

구 분	시점측 날개벽		종점측 날개벽		비탈면처리	비 고
	좌	우	좌	우		
누 수						
균 열						
배수시설						
기 타						

○ 배수상태 등 부기

부록-2 보수 및 보강

1. 일반사항

1.1 적용 범위

- 11.1 이 시방내용은 완성된 터널의 기능유지 및 안전성을 향상시키는 것을 주목적으로 하는 보수 및 보강의 제반사항을 규정한다
- 11.2 터널의 보수는 터널이 변상되었거나 변상 가능성이 있어서 터널의 기능 저하 또는 안전상 문제가 예상되는 경우에 터널의 변상상태를 정확히 조사하여 시행하여야 한다
- 11.3 터널의 보강은 터널의 내하력 저하시 설계목적에 맞도록 기능을 회복시키거나 증가시킬 필요가 있는 경우에 터널의 변상상태를 정확히 조사하여 적절한 공법을 선정하여야 한다.

2. 재 료

2.1 재료선정

- 21.1 유지보수재로서 균열보수재 선정시에는 균열 보수목적인 표면처리, 주입, 충전 공법에 따라 적절한 재료를 선정하여야 한다(<표 2-1> 균열보수 재료와 공법과의 관계 참조).

<표 2-1> 균열보수 재료와 공법과의 관계

재 료 종 류		표면처리공법	주입공법	충전공법
수지계	레진 모르터	-	-	◎
	에폭시 수지	-	◎	◎
	가소성 에폭시수지	-	◎	◎
	탄성 실링재	◎	-	◎
	도막 탄성방수재	◎	-	-
시멘트계	폴리머 시멘트 슬러리	-	◎	-
	폴리머 시멘트 페이스트	◎	-	-
	폴리머 시멘트 모르터	-	-	◎
	시멘트 휠러	◎	-	-
	팽창 시멘트 그라우트	-	◎	-

2.2 재료특성

2.2.1 균열보수재는 크게 수지계와 시멘트계로 대별될 수 있으며 특히 수지계의 경우 내구성과 접착성이 우수하여야 하고 시멘트계는 체적변화가 적고 시공성과 내수성이 우수하여야 한다(<표 2-2> 수지계 보수재료의 성능비교, <표 2-3> 수지계 표면피복재의 특징, <표 2-4> 수지계 주입재의 특징, <표 2-5> 수지계 충전·단면복구재의 특징, <표 2-6> 시멘트계 보수재료의 특징 참조).

<표 2-2> 수지계 보수재료의 성능비교

구 분	에폭시계	폴리에스터계	폴리우레탄계	고무·아스팔트계
접착성	◎	○	○	△
가요성	△	△	◎	○
내구성	◎	○	○	×
내수성	◎	○	○	△
내알칼리성	◎	×	○	△
수축성	무	대	소	대
시공성	○	○	○	◎
경제성	△	○	○	◎

(주) ◎우수, ○ 양호, △보통, ×불량

<표 2-3> 수지계 표면피복재의 특징

재료명	주요성분	특징·용도
아크릴실리콘도료	아크릴실리콘수지	○ 내구성, 방식성, 상온경화성, 내산, 내알칼리성 우수 ○ 무기계 바탕과의 접착이 양호
도막계 콘크리트 보호재	에폭시수지, 아크릴우레탄수지	○ 콘크리트 보호재로 요구성능·시공조건에 따라 재료·공법의 선정이 가능
에폭시수지계 콘크리트 피복재	에폭시수지, 폴리우레탄수지	○ 내수·내염수·내화학약품성이 뛰어나 ○ 도막의 외관이 균일함 ○ 콘크리트 구조물이 염해대책에 적합
우레탄계 도장재	우레탄수지	○ 구체의 진동에 대한 추종성 양호
불소계 도장재	1액 상온건조형 불소 수지	○ 재도장(덧바름)이 가능 ○ 내수성, 내산성, 내알칼리성, 염분차단성등 우수 ○ 침투성 흡수방지제 병용시 콘크리트와 부착성 증대
실리콘계 도장재	실리콘수지	○ 내후성, 내열성, 내한성, 균열추종성, 발수성, 방수성, 내약품성, 접착성, 방청성, 투습성, 난연성 등 우수 ○ 콘크리트 및 강구조물의 보호피막제로 사용

부록-2 보수 및 보강

<표 2-4> 수지계 주입재의 특징

재 료 명	주 요 성 분	특징 · 용도
에폭시 수지계 균열주입재	에폭시수지	○균열 추종성이 양호 ○적용가능 균열 폭은 0.2~20mm
	유연형 에폭시수지	○경화물의 유연성이 풍부하여 진행성 균열에 적합 ○균열 및 알칼리 골재반응의 성능저하 보수에 적합
	자기유화형 에폭시수지	○수중경화, 콘크리트 중의 수분과 반응 ○강도특성이 뛰어남 ○균열 폭 0.15mm 이상에 적용
	에폭시수지, 포틀랜드 시멘트	○수중경화형 에폭시수지와 시멘트의 반응으로 발포 ○적용 균열 폭 1mm~10mm
실런트계 충전재	우레탄수지	○단일성분으로 작업성이 뛰어남 ○탄성계수가 작아 균열 추종성이 우수 ○구조물의 신축 줄눈부에 사용
폴리머 시멘트계 주입재	에폭시수지계 에밀전, 미분말충전재, 조강시멘트	○균열폭 5.0mm 이상에 적용 ○습윤면에 대하여 접착성이 우수 ○알칼리골재반응에 의한 성능저하의 보수에 적합

<표 2-5> 수지계 충전·단면복구재의 특징

재 료 명	주 요 성 분	특징·용도
에폭시 수지계 충전재	에폭시 수지	○조성을 변화시켜 진행성 및 비진행성 균열에 적용 가능 ○구조물 표면수, 요철부 조정, 수평 및 상향 시공 가능 ○중량이며 진동이 있는 좌대 보강 등에도 적용 가능 ○수중 및 지수용은 물에 젖어 있거나 누수부위에도 적용가능
에폭시계 모르터	특수변형 에폭시수지	○부착성이 높으며 경량, 바름 두께를 두껍게 할 수 있으며 공기가 짧고 작업성이 뛰어나 ○결손부위의 충전에 적합
	에폭시수지 경량골재	○비중이 낮아 상향시공성 양호 ○얇게 시공하여도 드라이아웃이 없음 ○단면보수용으로 적합
	에폭시수지, 특수골재	○용변성 에폭시수지와 골재로 구성되어 천정부 시공가능 ○비투수성, 콘크리트 구조물의 방식, 방청, 결손부 보수, 요철부 조정
실런트계 충전재	2성분형 실리콘	○내후성·내수성·내구성 우수, 프라이머 사용으로 대부분의 피착재에 접착가능, 연신특성 우수하며 진동 신축에 대한 추종성이 뛰어나
합성수지계 프리팩트콘크리트	불포화 폴리에스터수지, 골재	○저온시의 강도 발현성이 뛰어나
우레탄계 충전재	2성분형 우레탄수지	○신축 추종성이 뛰어나며 홀러내림이 없음 ○5mm 이상의 균열에 적용
에폭시계 단면복구재	에폭시수지	○초경화성, 물로 반죽질기 조절가능 ○습윤부에 대한 접착성 양호 ○대형 균열이나 결손부에 적합

부록-2 보수 및 보강

<표 2-6> 시멘트계 보수재료의 특징

재 료	장 점	단 점	적 용
실리카 흙	초고강도, 수밀성·내구성 향상	고가, 단위수량·점성증가	고품질 뿔철, 내마모성이 요구
뿔철콘크리트	부착력 대, 수축 소, 시공이 용이	품질이 기능공에 의존 기능공 필요	
섬유보강 콘크리트	균열저항성 대, 피로저항 향상	표면부 섬유 부식 섬유 의 분산이 곤란	균열제어, 뿔철, 프리캐스트
폴 리 머	부착성 대, 양생 1일이내, 투수·투기성소, 내화학 저항성 대	가사시간이 짧음 혼합·취급이 특수, 기능공 필요	포장, 충전, 화학적 침식개소
팽창시멘트계 (팽창성·무수축 그라우트)	취급용이, 동결융해 저항성 증가	배합이 시멘트 성분이나 비빔온도에 영향을 줌, 거푸집이 필요	공극충전, 균열충전
석고계(무수축· 팽창성그라우트)	취급용이, 경화가 빠름, 공기양생	습윤상태에서 불안정 경화가 빠름 물에 용해되기 쉬움	건조조건에서 볼트·파이프 고정
팽창시멘트계 (팽창성·무수축 그라우트)	취급용이, 시공이 빠름, 내산·내황산염, 내열	습윤양생이 필요	볼트고정, 작은공극의 충전, 포스트텐션의 텐돈 의 충전
칼슘·알루미늄 이트계(팽창성· 무수축 그라우 트)	경화가 매우 빠름, 내산·내황산염, 내열	가사시간 짧음 표면요철의 처리 필요 암모니아 냄새가 심함	지수용의 충전
마그네슘 인산염	취급용이, 큰 부착력, 동결 온도하에 사용가	가사시간 짧고 수축성, 비교적 고가	저온하에서의 보수
초미립시멘트	침투성이 높음, 블리딩이 적음	다량의 물이 필요 먼지가 다량으로 발생	구조물·지반, 암반의 그라우팅

3. 시 공

3.1 지압 대책

3.1.1 지압의 증가에 의해 변상이 생긴 터널, 또는 변상이 발생할 가능성이 있는 터널은 변상의 원인이 될 수 있는 소성압, 편압·사면활동, 지반이완에 의한 연직압, 수압, 지반침하, 지반활동, 지진 등을 고려한 적절한 대책공법을 수립하여야 한다(<표 2-7> 변상원인과 대책공법 참조).

<표 2-7> 변상원인과 대책공법

변상원인 대책공법		소 성 압	편압 · 사면 활동	지반 이완에 의한 연직압	수 압	지 반 침 하	지 반 활 동	지 진	비 고
보강판, 철망		△	△	○	△	△	△	○	
배면주입공		●	●	●	●	●	●	●	
라이닝 보강공	숏크리트	○	○	△	△	△	○	○	큰 변위가 예상될 때, 강섬유 보강된 숏크리트(SFRC)사용
	현장타설 콘크리트	○	○	△	△	×	○	○	
강지보재 보강(Saddle)		○	○	○	△	●	○	○	
록볼트 보강공		●	●	△	△	△	○	○	
다짐 콘크리트 공		×	○	×	×	×	△	△	
스트리트 공		○	○	×	△	△	○	△	
인버트 콘크리트 설치		○	○	×	△	○	○	○	
지반 주입공		×	△	△	△	△	×	○	
배수공 개량 또는 신설		△	△	△	●*	×	○	△	*도수공 개량·신설에 의한 배수 처리 개선
사면안정공			○				●	●	

(주) 표에서 대책공법은 각각의 변상 원인에 대해 적절한 공법들을 조합시켜 사용하는 일이 많다.

(주) ●최적의 공법, ○적합한 공법, △경우에 따라 유효한 공법, ×적합하지 않은 공법

부록-2 보수 및 보강

3.2 노후화 대책

3.2.1 터널 콘크리트 라이닝의 재료가 노화되어 보수를 요하는 터널로서 철근부식 및 균열·박리 등으로 일반적인 노후화 현상이 발생하였을 경우 적절한 대책공법을 수립하여야 한다(<표 2-8> 노후화 현상별 원인과 대책 참조).

<표 2-8> 노후화 현상별 원인과 대책

노후화 현상	원인	구분	영향인자	억제대책
철근 부식	염해	내적요인	콘크리트 내부 허용CI량 초과	해사세척에 의한 CI 제거
		외적요인	제설제살포 또는 해안환경에 의한 염화물 침입	표면을 기밀성 도료로 도장
	중성화	내적요인	콘크리트 W/C, 공극이 큼	직접의 W/C 선정
		외적요인	대기의 CO ₂ 농도증가, 중성화가 철근 깊이까지 도달	기밀성 도료로 표면도장
균열, 박리	알칼리 골재 반응	내적요인	알칼리 반응성 골재를 사용할 때 시멘트 중의 K ₂ O가 다량 있음	반응성 골재의 사용제한 저 알칼리성 시멘트를 사용
		외적요인	콘크리트가 습윤상태에 있음	콘크리트를 건조상태로 보존, 수밀성 도장
	건조 수축	내적요인	단위수량이 높은	단위수량이 적은 무수축 시멘트 사용
		외적요인	콘크리트의 건조속도가 빠름	초기양생을 충분히 실시

3.3 누수보수 대책

3.3.1 누수량과 동해 가능성, 기설치된 방수기능의 저하방지, 콘크리트 라이닝의 훼손정도 등을 고려하여 대책공법의 효과, 시공성, 경제성 및 내구성을 고려하여 안전하게 시행할 수 있어야 한다(<표 2-9> 누수 대책공의 선정 참조).

<표 2-9> 누수 대책공의 선정 (누수의 동결이 없는 경우)

요인 분류	누수 상태	선상				면상				비고
	누수량	소량		다량		소량		다량		
	내공단면여유	유	무	유	무	유	무	유	무	
선상 대책 공법	도수공법	○	-	○	-	△	-	△	-	
	흙파기공법	-	○	○	○	-	○	-	○	• U,V커트 등 • 면상대책공법의 전처리로서도 시행
	지수공법	△	△	-	-	-	-	-	-	• 누수량이 물방울 형성 정도이고 범위가 한정되는 경우 적용 가능
면상 대책 공법	샷크리트공법	-	-	-	-	○	-	○	-	• 철망, 앵커 및 도수공의 병용 필요
	도포공법	-	-	-	-	△	△	-	-	• 누수 정도가 경미할 때에만 적용
	방수판	-	-	-	-	-	-	○	-	
	방수시트	-	-	-	-	○	-	○	-	• 내부라이닝 개축 등을 행할 경우
배면주입공법		-	-	○	○	-	-	○	○	• 토피가 작고 지표수와 우수가 터 널 배면공동을 통하여 직접 터널 내로 유입하는 경우
수위저하공법		-	-	○	○	-	-	○	○	• 지하수위가 높은 상태에서 용수 나 열차 하중의 반복하중에 의한 지반재료의 배출

주) ○ : 적용 가능한 공법 △ 경우에 따라 적용할 수 있는 공법

부록-2 보수 및 보강

3.4 동해 대책

3.4.1 터널의 환경조건에 따라 효율성, 내구성 및 경제성을 고려하여 적절한 동해 대책을 수립하여야 한다(<표 2-10> 동해대책공의 선정 참조).

<표 2-10> 동해대책공의 선정

선정요인		누수·동결상태	선 상		면 상		비 고
			유	무	유	무	
단 열 공 법	흙파기 단열재 삽입공법		○*	○**			* 한냉정도가 작은 경우에 유효 ** : 단열재 폭이 U홈의 폭 이상으로 필요
	표면단열처리공법		○		○		
	이중라이닝 단열처리공법				○	○	라이닝 강화가 필요한 경우, 개축과 병용
가열공법(전열난방기, 열관)			○				한냉이 심하고 국부적인 누수 경우 (전원이 필요)

주) 1 누수·동결상태 · 「선상」 - 누수·동결이 선상으로 분포하고 있는 경우

「면상」 - 누수·동결이 면상으로 분포하고 있는 경우

2 내공단면의 여유 : 「유」 - 라이닝표면에 단열재를 시공할 만큼의 여유량이 있는 경우

「무」 - 라이닝표면에 단열재를 시공할 만큼의 여유량이 없는 경우

3.5 균열 대책

3.5.1 콘크리트 라이닝의 균열보수는 일반 콘크리트 구조물의 경우와 같이 표면 처리공법, 충전공법, 도포공법 등으로 구분할 수 있으며, 균열의 원인,

부록-2 보수 및 보강

폭, 깊이, 길이, 형태와 환경조건을 고려하여 콘크리트 라이닝의 성능을 유지할 수 있는 공법을 선정하여야 한다(<표 2-11> 균열 보수공법의 분류 참조)

<표 2-11> 균열 보수공법의 분류

보수 목적	균열현상 · 원인		균열폭 (mm)	보 수 공 법				
				표 면 처 리 공 법	주입 공법	충전 공법	그 밖의 공법	
							침투성방수제 도포공법	기 타
방수성	철근이 부식되지 않은 경우	균열폭의 변동이 적다	0.2이하 0.2~1.0	○ △	△ ○	○	○	
		균열폭의 변동이 크다	0.2이하 0.2~1.0	△ △	△ ○	○	○	
내구성	철근이 부식되지 않은 경우	균열폭의 변동이 적다	0.2 이하 0.2~1.0 1.0이상	○ △	△ ○ △	△ ○ ○		
		균열폭의 변동이 크다	0.2이하 0.2~1.0 1.0이상	△ △	△ ○ △	△ ○ ○		
	철근부식		-			○		
	염 해		-					●
	반 응 성 골 재		-					●

※ 1. 균열폭 3.0mm 이상의 균열은 구조적인 결함을 수반하는 일이 많으므로 여기에 표시하는 보수공법 뿐만 아니라 구조내력의 보강을 포함하여 실시하는 일이 보통이다.

2. ○적당 ● 연구단계 △ 조건에 따라 적당

부록-2 보수 및 보강

3.6 수압처리

3.6.1 장기간의 호우시 강우의 지하침투 또는 인접한 지역에 댐을 신설하여 터널주변의 수압이 급상승하게 되는 경우에는 위험이 예상되는 개소의 순찰을 강화하여 용출수의 발생 등을 관찰하고 콘크리트 라이닝에 구조적 결함이 발견되면 즉시 대책을 강구하여야 한다

3.6.2 배수시설의 기능저하로 인하여 수압이 터널구조물의 안전을 해친다고 판단되는 경우에는 배수시설기능을 증진시키는 방안을 강구하여야 한다.

3.7 콘크리트 라이닝의 보수

3.7.1 콘크리트 라이닝의 건전도에 손상이 발생하는 경우에는 즉각적인 처리가 필요하며 점검은 육안검사, 타음검사와 재료시험 등을 실시하여야 한다.

3.7.2 콘크리트 라이닝의 보수는 열화의 정도와 원인과 건축한계의 여유를 고려하여 경제성이 있고 시공이 간편하며 내하력과 내구성을 증대시킬 수 있는 방법을 선정하여야 한다.

3.8 배수시설의 보수

3.8.1 배수계통은 배수능력을 제대로 발휘할 수 있도록 하여야 한다

3.8.2 배수시설의 점검 및 청소에 필요한 핏트(Pit)는 이물질이 유입되지 않도록 탈착식 스크린망을 설치하며, 탈착식 스크린망 표면에 퇴적되는 퇴적물들은 배수시설의 기능이 저하되지 않도록 적절한 시기에 제거하여야 한다.

자 체 자 문 위 원

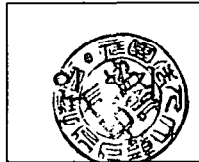
성 명	소 속 · 직 위
문 상 조	유신코퍼레이션 상무이사
선 용	청석엔지니어링 부회장
이 두 화	삼보기술단 대표이사
이 성 민	삼안건설기술공사 부사장
최 강 희	한국철도기술공사 회장
최 상 열	쌍용건설(주) 부사장

중 앙 건 설 기 술 심 의 위 원

분 야	성 명	소 속 · 직 위
도 로	박 민 규	한맥기술 사장
철 도	유 호 식	유신코퍼레이션 전무이사
토 질	우 제 윤 장 연 수	건설기술연구원 수석연구원 동국대학교 교수
터 널	권 기 옥 신 용 석 임 한 옥 지 왕 름	삼안건설기술공사 부사장 시설안전기술공단 부장 강원대학교 교수 동아건설산업 부장
토목 시공	송 재 곤	건화엔지니어링 부사장
전 문 가	천 갑 병 배 일 영 황 해 성	삼부토건 전무이사 국립기술품질원 전자재료류표준과장 건설교통부 도로건설과장

건설교통부담당

성 명	소 속 · 직 위
남 인 회	건설기술심의관
이 영 근	건설기준과장
전 성 문	건설기준과 토목사무관
양 성 희	건설기준과 담당



건설교통부 제정

터널표준시방서

1975년 월 제정

1985년 12월 개정

1996년 5월 개정

1999년 4월 개정

1999년 5월 발행

관리주체 : 사단법인 대한터널협회

서울시 관악구 남현동 602-25번지

TEL. 598-3138

FAX. 598-3139

· 이 책의 무단 복제를 절대 금합니다.