

발 간 등 록 번 호

11-1611000-002699-14

도로교표준시방서

2013

국 토 해 양 부

표준시방서 개정에 따른 경과조치

이 도로교표준시방서 발간시점에서 이미 시행 중에 있는 설계용역이나 건설공사에 대하여는 발주기관의 장이 필요하다고 인정하는 경우 종전에 적용하고 있는 기준을 그대로 사용할 수 있다.

머리말

교량은 우리 사회의 교류와 소통을 지원하는 도로망을 구성하는 주요시설물로서 산업 및 경제발전에 지속적으로 기여해 왔습니다. 최근에는 서해대교, 광안대교, 인천대교 등의 장대교량을 우리 기술로 건설할 수 있을 만큼 기술의 발전을 가져오게 되었습니다.

그리고 요즘에는 건설재료의 발전과 함께 다양한 건설기술이 개발되어 안전성과 경제성을 유지하면서 고성능 재료 및 최신기술을 통한 보다 과감한 교량설계가 증가되고 있는 추세에 있습니다.

이러한 기술변화의 흐름에 맞추어 이번 도로교표준시방서 개정에서는 교량구조용 압연강재, 고강도콘크리트 등 고성능재료의 시공을 위한 규정을 신설하고, 원심력 콘크리트 말뚝의 품질관리기술을 추가하는 등 급속하게 발전하는 교량건설기술이 현장에서 반영할 수 있도록 개선하였습니다.

개정을 위한 과정에서 많은 토론과 검증을 거쳤으나 일부 미비한 부분이 있으리라 생각합니다. 이에 대해서는 지속적인 추가·보완 작업을 해나갈 예정이오니 건설기술자들의 많은 관심과 조언을 부탁드립니다.

끝으로 도로교표준시방서 개정에 참여하여 주신 한국도로교통협회 집필위원 및 자문위원, 중앙건설기술심의위원 그리고 관계 공무원 여러분의 노고에 깊은 감사의 뜻을 전합니다.

2013년 2월

국토해양부 도로정책관

이 승 호



제1장 총 칙

1. 일반사항	3
1.1 적용범위	3
1.2 용어의 정의	4
1.3 교량공사에 적용되는 법규	4
1.4 설계도서의 검토 및 시공상세도 작성	5
1.5 공정표 및 시공계획서	5
1.6 시공허용오차	6
1.7 환경오염 방지	6
1.8 안전관리	7
1.9 준공도의 작성 제출	7
2. 재료	8
3. 시공	8

제2장 강 교

2-1 일반요건

1. 일반사항	11
1.1 적용범위	11
1.2 용어의 정의	11
1.3 관련 시방서 및 기준	14
1.4 참조규격	14
1.5 제출자료	14
1.6 품질관리	17

Contents

2. 재료	17
2.1 일반사항	17
2.2 사용재료	18
3. 시공	18
3.1 일반사항	18
3.2 제작 및 시공	19

2-2 강재

1. 일반사항	20
1.1 적용범위	20
1.2 관련 시방서 및 기준	20
1.3 참조규격	20
1.4 제출자료	23
1.5 품질보증	24
1.6 운송, 보관 및 취급	24
2. 재료	26
2.1 일반사항	26
2.2 사용재료	26
2.3 자재의 허용오차	30
2.4 자재의 품질관리	33

2-3 제작

1. 일반사항	35
1.1 적용범위	35
1.2 관련 시방서 및 기준	35
1.3 참조규격	35
1.4 제출자료	36
1.5 품질보증	37
2. 재료	38
2.1 사용재료	38

3. 가공	38
3.1 현도작업(full-size drawing)	38
3.2 마킹	39
3.3 절단 및 가공	40
3.4 구멍 뚫기	44
3.5 휨(굽힘) 가공	46
3.6 지압면의 표면가공	47
3.7 가공검사	47
3.8 재편조립	48
3.9 단품 제작 검사	50
3.10 공장가조립	50
3.11 강재 표면처리	56
3.12 곡선거더	56
3.13 강바닥판(steel deck plate)	58
3.14 최종 제작자검사	59
3.15 제작품 운송 및 보관	60

2-4 용접

1. 일반사항	61
1.1 적용범위	61
1.2 관련 시방서 및 기준	61
1.3 참조규격	61
1.4 제출자료	63
1.5 품질보증	63
1.6 기술인력	68
2. 재료	69
2.1 사용재료	69
2.2 용접봉 사용구분	69
2.3 스터드형 전단연결재	71
2.4 품질관리	72
3. 시공	73
3.1 공통사항	73

Contents

3.2 예열	79
3.3 피복아크용접(SMAW)	83
3.4 서브머지드 아크용접(SAW)	84
3.5 가스메탈 아크용접(GMAW) 및 플렉스코어드 아크용접(FCAW)	87
3.6 일렉트로 슬래그 용접(ESW) 및 일렉트로 가스 용접(EGW)	88
3.7 플러그 및 슬롯 용접	88
3.8 스테드의 용접	89
3.9 고리 및 가설용 공구 붙이기	91
3.10 용접 검사	92
3.11 결함부의 보수	97
3.12 변형교정	98
3.13 열처리에 의한 응력제거	99
3.14 현장품질관리	100

2-5 볼트접합

1. 일반사항	102
1.1 적용범위	102
1.2 관련 시방서 및 기준	102
1.3 참조규격	102
1.4 제출자료	103
1.5 품질관리	103
1.6 운반, 보관 및 취급	104
2. 재료	104
2.1 사용재료	104
3. 시공	107
3.1 공통사항	107
3.2 고장력 볼트	108
3.3 토크-전단형 고장력 볼트(T/S 볼트)	109
3.4 용융아연도금 고장력 볼트	110
3.5 타입식 고장력 볼트	111
3.6 핀 및 롤러	111
3.7 아이바	112
3.8 접합검사	112

2-6 조립 및 설치

1. 일반사항	114
1.1 적용범위	114
1.2 관련 시방서 및 기준	114
1.3 참조규격	114
1.4 제출자료	114
1.5 품질보증	116
2. 재료	116
2.1 사용재료	116
2.2 자재의 품질관리	117
3. 시공	117
3.1 공통사항	117
3.2 가설공	117
3.3 교량의 형식별 가설검토	120
3.4 현장 품질관리	123
3.5 응력조정	124
3.6 안전시설	124
3.7 환경시설	124
3.8 가설용 부착물의 부착 및 제거	125
3.9 시공허용오차	125

2-7 상부 슬래브

1. 일반사항	126
1.1 적용범위	126
1.2 관련 시방서 및 기준	126
1.3 참조규격	126
1.4 제출자료	127
2. 재료	129
2.1 사용재료	129
2.2 재료의 허용오차	129
2.3 재료의 품질관리	129

3. 시공	129
3.1 공통사항	129
3.2 거푸집 및 동바리공	130
3.3 철근공	131
3.4 콘크리트공	132
3.5 현장 품질관리	133

제3장 콘크리트교

3-1 일반요건

1. 일반사항	137
1.1 적용범위	137
1.2 용어의 정의	137
1.3 관련 시방서 및 기준	141
1.4 참조규격	141
1.5 제출자료	143
2. 재료	143
3. 시공	143

3-2 일반콘크리트

1. 일반사항	144
1.1 적용범위	144
1.2 품질요건	144
1.3 관련 시방서 및 기준	144
1.4 제출자료	144
2. 재료	145
2.1 콘크리트 재료	145
2.2 재료의 저장	150

2.3 콘크리트 배합	152
2.4 계량 및 비비기	159
2.5 레디믹스트콘크리트	160
3. 시공	163
3.1 일반사항	163
3.2 운반	164
3.3 콘크리트 타설	165
3.4 양생	167
3.5 이음	168
3.6 표면 마무리	170
3.7 유동화콘크리트	171

3-3 철근공

1. 일반사항	173
1.1 적용범위	173
1.2 품질요건	173
1.3 관련 시방서 및 기준	173
1.4 제출자료	173
2. 재료	174
2.1 철근	174
2.2 철근의 저장	174
3. 시공	175
3.1 철근가공	175
3.2 철근조립	175
3.3 철근이음	176

3-4 거푸집 및 동바리

1. 일반사항	178
1.1 적용범위	178
1.2 관련 시방서 및 기준	178
1.3 제출자료	178

Contents

1.4 작용하중	179
1.5 설계	179
2. 재료	180
3. 시공	180
3.1 거푸집 및 동바리 설치	180
3.2 거푸집 및 동바리 검사	181
3.3 거푸집 및 동바리 떼어내기	181
3.4 특수 거푸집 및 동바리	182

3-5 품질관리 및 검사

1. 일반사항	183
1.1 적용범위	183
1.2 품질요건	183
1.3 관련 시방서 및 기준	183
2. 재료	183
3. 시공	184
3.1 시험	184
3.2 콘크리트의 품질관리	185
3.3 구조물의 검사 및 시험	187

3-6 매스콘크리트

1. 일반사항	188
1.1 적용범위	188
1.2 관련 시방서 및 기준	188
1.3 제출자료	188
1.4 온도균열의 제어	189
2. 재료	190
2.1 콘크리트 재료	190
2.2 배합, 비비기	190

3. 시공	190
3.1 일반사항	190
3.2 온도균열의 제어 시공방법	191

3-7 팽창콘크리트

1. 일반사항	194
1.1 적용범위	194
1.2 품질요건	194
1.3 관련 시방서 및 기준	194
1.4 제출자료	195
2. 재료	195
2.1 사용재료	195
2.2 배합	195
3. 시공	196
3.1 비비기	196
3.2 양생	196

3-8 섬유보강콘크리트

1. 일반사항	197
1.1 적용범위	197
1.2 품질요건	197
1.3 관련 시방서 및 기준	197
1.4 제출자료	198
2. 재료	198
2.1 섬유	198
2.2 배합	198
3. 성능	199
3.1 일반사항	199
3.2 강도특성	199
3.3 변형특성	199

Contents

4. 시공	200
4.1 비비기	200

3-9 고유동콘크리트

1. 일반사항	201
1.1 적용범위	201
1.2 일반사항	201
1.3 관련 시방서 및 기준	201
1.4 제출자료	202
1.5 고유동콘크리트의 자기충전 등급	202
2. 재료	202
2.1 재료	202
2.2 배합	203
2.3 거푸집	203
3. 시공	203
3.1 운반	203
3.2 타설	203
3.3 양생	204
3.4 품질관리	204

3-10 고강도콘크리트

1. 일반사항	205
1.1 적용범위	205
1.2 일반사항	205
1.3 관련 시방서 및 기준	205
1.4 제출자료	206
2. 재료	206
2.1 재료	206
2.2 배합	207
2.3 품질관리	207

3. 시공	208
3.1 운반	208
3.2 타설 및 양생	208

3-11 폴리머시멘트콘크리트

1. 일반사항	209
1.1 적용범위	209
1.2 품질요건	209
1.3 관련 시방서 및 기준	209
1.4 제출서류	209
2. 재료	210
2.1 시멘트 혼화용 폴리머 디스퍼전	210
2.2 시멘트 혼화용 재유화형 분말수지	210
2.3 시멘트	210
2.4 골재	210
2.5 혼화 재료	210
2.6 배합	210
2.7 비비기	211
2.8 자재 품질관리	211
3. 시공	212
3.1 시공계획	212
3.2 혼합 및 타설	212
3.3 양생	212

3-12 한중콘크리트

1. 일반사항	213
1.1 적용범위	213
1.2 주의사항	213
1.3 관련 시방서 및 기준	213
1.4 제출자료	213

Contents

2. 재료	214
2.1 콘크리트 재료	214
2.2 배합	214
3. 시공	215
3.1 운반 및 타설	215
3.2 양생	215
3.3 거푸집 및 동바리	216
3.4 품질관리	217

3-13 서중콘크리트

1. 일반사항	218
1.1 적용범위	218
1.2 관련 시방서 및 기준	218
1.3 제출자료	218
2. 재료	218
2.1 콘크리트 재료	218
2.2 배합	219
3. 시공	219
3.1 운반 및 타설	219
3.2 양생	220

3-14 수중콘크리트

1. 일반사항	221
1.1 적용범위	221
1.2 품질요건	221
1.3 관련 시방서 및 기준	221
1.4 제출자료	221
2. 재료 및 배합	222
2.1 재료	222

2.2 배합	222
2.3 현장타설 말뚝에 사용하는 수중콘크리트	224
3. 시공	224
3.1 일반적인 수중콘크리트	224
3.2 수중불분리성콘크리트	226
3.3 현장타설 말뚝에 사용하는 수중콘크리트	226

3-15 해양콘크리트

1. 일반사항	228
1.1 적용범위	228
1.2 품질요건	228
1.3 관련 시방서 및 기준	229
1.4 제출자료	229
2. 재료 및 배합	229
2.1 사용재료	229
2.2 배합	230
3. 시공	231
3.1 콘크리트 시공	231
3.2 콘크리트 표면의 보호	232
3.3 프리캐스트 콘크리트 부재 설치	232

3-16 철골철근콘크리트

1. 일반사항	233
1.1 적용범위	233
1.2 품질요건	233
1.3 관련 시방서 및 기준	233
1.4 제출자료	233
2. 재료	234
2.1 사용재료	234
2.2 재료의 저장	234

Contents

3. 시공	234
3.1 공장제작	234
3.2 가설	234
3.3 콘크리트의 시공	235
3.4 시험	235

3-17 프리스트레스트콘크리트

1. 일반사항	236
1.1 적용범위	236
1.2 품질요건	236
1.3 관련 시방서 및 기준	236
1.4 제출자료	236
2. 재료	237
2.1 콘크리트 재료	237
2.2 프리스트레싱 재료	237
2.3 재료의 저장	238
3. 시공	239
3.1 긴장재의 배치	239
3.2 거푸집 및 동바리	240
3.3 프리스트레싱	241

3-18 프리캐스트 부재

1. 일반사항	243
1.1 적용범위	243
1.2 관련 시방서 및 기준	243
1.3 제출자료	243
2. 재료	243
2.1 콘크리트 재료	243
2.2 강재	244
2.3 기타재료	244

3. 시공	244
3.1 부재의 제작	244
3.2 검사	245
3.3 운반	245
3.4 보관	245
3.5 접합면의 처리	245
3.6 프리캐스트 블록의 접합	245

3-19 그라우트의 시공

1. 일반사항	247
1.1 적용범위	247
1.2 품질요건	247
1.3 관련 시방서 및 기준	247
1.4 제출자료	248
2. 재료	248
2.1 일반사항	248
2.2 그라우트의 품질	248
2.3 그라우트 재료	249
3. 시공	249
3.1 일반사항	249
3.2 시공기구	249
3.3 비비기 및 휘젓기	250
3.4 주입	250
3.5 한중 및 서중에서의 시공	250

3-20 가설 및 시공 허용오차

1. 일반사항	252
1.1 가설계획	252
1.2 안전성의 확인	252
1.3 시공 정밀도의 확보	252
1.4 관련 시방서 및 기준	252

Contents

2. 재료	253
3. 시공	253
3.1 철근 배치의 시공 허용오차	253
3.2 PS강재 배치의 시공 허용오차	253
3.3 부재치수의 시공 허용오차	253

3-21 콘크리트의 내구성 평가

1. 일반사항	255
1.1 적용 범위	255
1.2 일반사항	255
1.3 관련 시방서 및 기준	256
1.4 제출자료	256
2. 내구성 평가 원칙	256
2.1 일반사항	256
2.2 콘크리트 교량의 내구성 평가 원칙	257
2.3 배합 콘크리트의 내구성 평가 원칙	257
2.4 환경계수와 내구성 감소계수	258

제4장 하부구조

4-1 일반요건

1. 일반사항	261
1.1 적용범위	261
1.2 용어의 정의	261
1.3 관련 시방서 및 기준	263
1.4 참조규격	263
1.5 제출자료	263

2. 재료	264
3. 시공	264

4-2 교대 및 교각

1. 일반사항	265
1.1 적용범위	265
1.2 관련 시방서 및 기준	265
1.3 참조규격	265
1.4 제출자료	265
2. 재료	266
2.1 콘크리트	266
2.2 철근	266
3. 시공	266
3.1 시공일반	266
3.2 교대공사	267
3.3 교각공사	268
3.4 교대 및 교각의 균열방지	268

4-3 직접기초

1. 일반사항	270
1.1 적용범위	270
1.2 관련 시방서 및 기준	270
1.3 참조규격	270
1.4 제출자료	271
2. 재료	271
2.1 콘크리트	271
2.2 철근	271
3. 시공	271
3.1 시공준비	271
3.2 토공작업	272

Contents

3.3 지지층 검사	272
3.4 시공기록	273

4-4 기성말뚝기초

1. 일반사항	274
1.1 적용범위	274
1.2 관련 시방서 및 기준	274
1.3 참조규격	274
1.4 제출자료	275
2. 재료	277
2.1 H형강말뚝	277
2.2 강관말뚝	277
2.3 PS콘크리트말뚝	277
3. 시공	278
3.1 시공일반	278
3.2 말뚝 작업	279
3.3 항타말뚝	281
3.4 내부굴착말뚝	281
3.5 선굴착말뚝	282
3.6 시공기록	282
3.7 재하시험	282

4-5 현장타설 콘크리트말뚝기초

1. 일반사항	284
1.1 적용범위	284
1.2 관련 시방서 및 기준	284
1.3 참조규격	284
1.4 제출자료	284
2. 재료	285
2.1 콘크리트 재료 및 배합	285

3. 시공	285
3.1 시공일반	285
3.2 굴착	286
3.3 공벽의 붕괴방지	287
3.4 말뚝설치	288
3.5 재하시험	289

4-6 케이슨기초

1. 일반사항	291
1.1 적용범위	291
1.2 관련 시방서 및 기준	291
1.3 참조규격	291
1.4 제출자료	291
2. 재료	292
2.1 콘트리트 재료 및 배합	292
2.2 철근	292
2.3 강판재와 용접	292
3. 시공	292
3.1 시공일반	292
3.2 공기케이슨 공법	293
3.3 오픈케이슨 공법	297

4-7 강관 널말뚝기초

1. 일반사항	299
1.1 적용범위	299
1.2 관련 시방서 및 기준	299
1.3 참조규격	299
1.4 제출자료	299
2. 재료	299
3. 시공	300

Contents

3.1 시공일반	300
3.2 말뚝작업	300

4-8 토류구조물

1. 일반사항	303
1.1 적용범위	303
1.2 관련 시방서 및 기준	303
1.3 참조규격	303
1.4 제출자료	303
2. 재료	304
2.1 응벽	304
2.2 가설토류벽	304
2.3 보강토옹벽	304
2.4 그라운드앵커	304
3. 시공	305
3.1 응벽	305
3.2 가설토류벽	305
3.3 보강토옹벽	306
3.4 그라운드앵커	307

제5장 신축이음 및 받침

5-1 신축이음

1. 일반사항	311
1.1 적용범위	311
1.2 관련 시방서 및 기준	311
1.3 참고규격	311
1.4 용어의 정의	311
1.5 제출자료	312

2. 재료	312
2.1 일반사항	312
2.2 재료	313
2.3 시험항목	314
3. 시공	315
3.1 일반사항	315
3.2 조립	316
3.3 조정	316
3.4 현장이음	317
3.5 설치	318

5-2 받침

1. 일반사항	320
1.1 적용범위	320
1.2 관련 시방서 및 기준	320
1.3 참고규격	320
1.4 용어의 정의	321
1.5 제출자료	322
1.6 제조, 보관, 취급	322
2. 재료	323
2.1 일반사항	323
2.2 탄성받침	323
2.3 포트받침 및 디스크받침	324
2.4 스페리컬받침	325
2.5 지진격리받침	325
2.6 받침 구성부품	326
3. 시공	327
3.1 시공일반	327
3.2 탄성받침	330
3.3 포트받침 및 디스크받침	334
3.4 스페리컬받침	337

Contents

3.5 지진격리받침	337
3.6 받침 구성부품의 설치	339
3.7 무수축 모르타르	340

제6장 도 장

6-1 일반요건

1. 일반사항	343
1.1 적용범위	343
1.2 용어의 정의	343
1.3 관련 시방서 및 기준	347
1.4 참조규격	347
1.5 제출자료	347
2. 시공개요	347
2.1 시공계획	347
2.2 시공방법	348
2.3 시공관리	348
3. 시공기록	348
3.1 사용재료	348
3.2 작업진행사항	349
4. 공정관리 및 안전관리	349
4.1 공정관리	349
4.2 안전관리	349
5. 강교량의 도장계열 선택기준	350
5.1 강교량의 설치환경 구분	350
5.2 설치형태의 구분	350

6-2 재료

1. 도료의 개요	351
1.1 도료의 정의	351
1.2 도료의 구성성분	351
2. 강교용 중방식 도료	352
2.1 금속의 부식기구	352
2.2 중방식 도료	352
2.3 중방식 도료의 특성	352
3. 강교용 중방식 도료의 종류	353
3.1 연단계 방청페인트	353
3.2 알키드계 마감도료	353
3.3 무기질 아연말 도료	353
3.4 염화고무계 도료	354
3.5 역청질계 도료	354
3.6 에폭시계 도료	354
3.7 폴리우레탄계 도료	355
3.8 자연건조형 불소도료	355
3.9 콜탈 에폭시계 도료	356
3.10 세라믹계 도료	356
3.11 실록산계 도료	356
3.12 수용성 우레탄 도료, 수용성 에폭시 도료	357
4. 도장시방	357
4.1 도장계열	357
4.2 강교량 내부 및 외부용 도장계열의 선정	358
4.3 강교량의 유지보수 도장	358
4.4 강교량의 연결판 및 볼트의 도장	359
5. 일반중방식 도장	359
5.1 일반중방식 재래식 부분 보수도장	359
5.2 일반 중방식 도장(염화고무 마감)의 부분보수도장	360
5.3 일반 중방식 도장(우레탄계 마감 Type I)	361
5.4 일반 중방식 도장(우레탄계 마감Type I)의 부분보수도장	362

Contents

5.5 일반 중방식 도장(우레탄계 마감 Type II)	362
5.6 일반 중방식 도장(우레탄계 마감 Type II)의 부분보수도장	364
5.7 일반 중방식 도장(우레탄계 마감 Type III, 아연알루미늄 용사)	365
5.8 일반 중방식 도장(우레탄계 마감 Type III, 아연알루미늄 용사)의 부분보수도장	366
5.9 일반 중방식 도장(세라믹계 우레탄 마감 Type I)	367
5.10 일반 중방식 도장(세라믹계 우레탄 마감 Type I)의 부분보수도장	368
5.11 일반 중방식 도장(세라믹계 우레탄 마감 Type II)	369
5.12 일반 중방식 도장(세라믹계 우레탄 마감 Type II)의 부분보수도장	370
5.13 일반 중방식 도장(세라믹계 우레탄 마감 Type III, 아연알루미늄 용사)	371
5.14 일반 중방식 도장(세라믹계 우레탄 마감 Type III, 아연알루미늄 용사)의 부분보수도장	372
5.15 일반 중방식 도장(실록산계 마감 Type I)	373
5.16 일반 중방식 도장(실록산계 마감 Type I)의 부분보수도장	374
5.17 일반 중방식 도장(실록산계 마감 Type II)	375
5.18 일반 중방식 도장(실록산계 마감 Type II)의 부분보수도장	376
5.19 일반 중방식 도장(실록산계 마감 Type III, 아연알루미늄 용사)	377
5.20 일반 중방식 도장(실록산계 마감 Type III, 아연알루미늄 용사)의 부분보수도장	378
5.21 일반 중방식 도장(불소수지계 마감 Type I)	379
5.22 일반 중방식 도장(불소수지계 마감 Type I)의 부분보수도장	380
5.23 일반 중방식 도장(불소수지계 마감 Type II, 아연알루미늄 용사)	381
5.24 일반 중방식 도장(불소수지계 마감 Type II, 아연알루미늄 용사)의 부분보수도장	382
6. 친환경 중방식 도장	383
6.1 친환경 중방식 도장(수용성 우레탄계 마감 Type I)	383
6.2 친환경 중방식 도장(수용성 우레탄계 마감 Type I)의 부분보수도장	384
6.3 친환경 중방식 도장(수용성 우레탄계 마감 Type II)	385
6.4 친환경 중방식 도장(수용성 우레탄계 마감 Type II)의 부분보수도장	386
6.5 친환경 중방식 도장(수용성 우레탄계 마감 Type III, 아연알루미늄 용사)	387
6.6 친환경 중방식 도장(수용성 우레탄계 마감 Type III, 아연알루미늄 용사)의 부분보수도장	388
6.7 친환경 중방식 도장(무용제 에폭시계 / 수용성 우레탄계 도로 마감)의 전면보수도장	389
 6-3 시공	
1. 도장시공	390
1.1 표면처리 관리	390
1.2 표면처리 작업	390

1.3 표면처리 연마재의 선택	392
1.4 표면처리 방법	392
1.5 도료의 관리	395
1.6 도료의 혼합	395
1.7 도장 방법	396
1.8 재도장 간격	397
1.9 도장작업시의 기후조건	397
1.10 용접부 및 볼트체결 부위의 도장	398
1.11 연결부 틈새의 실란트 충전 작업	398
1.12 터치업(touch up)	399
1.13 미스트코트(mist coat)	399
1.14 도막외관 및 도막두께	399
1.15 작업절차별 점검사항	401
1.16 교각의 내염도장	402
1.17 내후성 강재(무도장 강재)교량의 도장	402
1.18 데크 플레이트(deck plate)의 노출부 도장	403
2. 도장 검사	403
2.1 검사항목	403
2.2 도료의 품질검사	404
2.3 도막두께 검사	404
2.4 각 단계별의 검사항목	405
2.5 검사기기	407
2.6 강교용 도료의 품질관리 기준	408

제 1 장 총 칙

제 1 장 총 칙

1. 일반사항

1.1 적용범위

1.1.1 대상교량

도로교 표준시방서(이하 「시방서」라 한다)는 우리나라의 일반적인 조건하에서 도로법에서 규정하는 도로상에 건설하는 교량에 적용함을 원칙으로 한다. 그러나 특수한 형식의 장대교량이나 독특한 환경하에서 이루어지는 교량공사에 특별하게 고려하는 규정을 제외하고는 이 시방서를 준용한다.

1.1.2 외국시방서, 별도 규정 적용

- (1) 이 시방서에 규정되지 않은 사항에 대해서는 대한민국 제정 관련규정 및 시방서나 권위있는 외국의 시방서를 인용하는 것으로 한다.
- (2) 객관적으로 품질, 성능이나 경제성이 이 시방서에 제시된 규정보다 동등 이상으로 유리하다고 판단되면 별도 규정을 적용하여도 좋다.

1.1.3 전문시방서와 공사시방서 작성

이 시방서는 도로교량공사의 시공에 관한 일반적인 표준을 제시한 것으로, 현장 적용에 필요한 세부적인 사항에 대해서는 전문시방서와 공사시방서를 작성하여 시행할 수 있다.

1.1.4 이 시방서는 다음의 각 장으로 구성된다.

- (1) 제1장 총칙
- (2) 제2장 강교
- (3) 제3장 콘크리트교
- (4) 제4장 하부구조
- (5) 제5장 신축이음 및 받침
- (6) 제6장 도장

1.2 용어의 정의

- (1) 감독자 : “건설기술관리법 제35조”의 규정에 의하여 발주기관장이 임명한 감독자를 말한다. 다만 건설기술관리법 제27조의 규정에 의하여 책임감리를 하는 공사에 있어서는 당해 공사의 감리를 수행하는 감리원을 말한다.
- (2) 감리원 : “건설기술관리법 제28조”의 규정에 의한 감리전문회사의 감리원으로 등록된 자로서 일정한 자격을 갖추고 감리전문회사에 종사하면서 책임감리업무를 수행하는 자를 말한다.
- (3) 납품자 : 공사에 사용할 제품을 공급하는 업체로서 납품업자 또는 공급업자를 말한다.
- (4) 발주자 : 해당공사의 시행주체로서 계약상대자에 대한 계약당사자이며, 시공주라고도 한다.
- (5) 설계도 : 과업계획에 의해 요구되는 구조물의 형상과 규격 등을 표현하기 위하여 설계자에 의하여 작성된 도면을 말하며 물량산출과 내역산출의 기초도면으로서 시공상세도면을 작성할 수 있도록 모든 지침이 표현되어야 하고 구조물의 복잡한 부분은 혼동이 없도록 확대한 상세설계도면을 포함하여야 한다.
- (6) 시공상세도 : 계약상대자가 현장에서 공사를 충실하게 진행시키기 위하여 작성하는 도면, 계산서, 서류 및 카탈로그 등의 일체의 문건을 말하며 시공순서, 가시설 등 시공과 관련된 설치도(installation drawing)와 공장제작을 위한 제작도(shop drawing)로 분류할 수 있다.
- (7) 계약상대자 : 발주자로부터 공사를 도급받아 공사를 실시하는 시공자이며 수급인이라고도 한다.
- (8) 제작자 : 공사에 사용할 제품을 제조 또는 제작하여 공급하는 제조업체 또는 제작업체를 말한다.

1.3 교량공사에 적용되는 법규

교량공사에 기본적으로 적용되는 법규는 다음과 같다.

- (1) 건설기술관리법
- (2) 건설산업기본법
- (3) 근로기준법
- (4) 대기환경보전법
- (5) 산업안전보건법
- (6) 수질환경보전법

- (7) 소음, 진동규제법
- (8) 폐기물관리법
- (9) 환경영향평가법
- (10) 저탄소 녹색성장 기본법

1.4 설계도서의 검토 및 시공상세도 작성

1.4.1 도서검토, 시공상세도 작성

- (1) 계약상대자는 설계도에 제시된 구조물을 완벽하게 축조하기 위하여 시공장소의 개별적인 현장조건과 동원 가능한 인력, 자재, 장비 및 기계기구 등을 종합적으로 검토하고 각종 계산서와 설계도의 오류를 점검한 후 현장상황에 가장 적합한 시공상세도를 작성하여 감독자의 승인을 받아야 한다.
- (2) 감독자의 승인을 받았다고 하더라도 시공의 안전, 재료나 구조물의 강도 및 세부치수 등에 대한 책임은 계약상대자에게 있다.

1.4.2 신기술, 신공법 활용

건설기술관리법 시행령 제41조에 의거 신기술로 지정 고시된 신기술, 신공법을 활용할 경우에는 주관부서(발주기관장 등)에게 신기술 활용 실적을 제출하여야 한다.

1.5 공정표 및 시공계획서

계약상대자는 공정표 및 시공계획서를 작성하여 시공전에 감독자의 승인을 받아야 하며, 시공계획서에는 다음 사항을 포함해야 한다.

1.5.1 강교

- (1) 재료 및 부품 조달계획
- (2) 제작계획(현도, 가공도, 용접)
- (3) 가조립계획
- (4) 공장도장
- (5) 수송계획
- (6) 가설계획
- (7) 바닥판 공사계획
- (8) 현장도장

- (9) 검사계획
- (10) 기타 필요한 사항

1.5.2 콘크리트교

- (1) 재료 및 부품 조달계획
- (2) 철근 및 강선의 가공계획 및 조립계획
- (3) 부재제작계획
- (4) 수송계획
- (5) 가설계획
- (6) 상부슬래브 공사계획
- (7) 인력 및 장비동원계획
- (8) 기타 필요한 사항

1.5.3 하부구조

- (1) 시공관리상 필요한 토질 및 주변조사
- (2) 재료 및 부품 조달계획
- (3) 시공공법 및 가설설비
- (4) 동원기계기구 및 가설설비 배치계획
- (5) 시공기록 작성계획
- (6) 기타 필요한 사항

1.6 시공허용오차

교량의 시공시는 현장여건과 동원할 수 있는 장비 및 기구에 따라 적합한 정도로 부위별, 재료별로 각종 치수의 시공 허용오차를 규제하기 위한 기준을 공사시방서에 제시하여야 한다.

1.7 환경오염 방지

1.7.1 방지대책

- (1) 도심이나 주거지역에 인접하여 시공되는 모든 교량건설 공사장에서는 시공기간 중 비산먼지, 소음, 진동, 오폐수, 건설폐기물 등으로 환경이 오염되지 않도록 하여야 한다.
- (2) 비산먼지가 환경기준을 초과하지 않도록 비산먼지 발생 억제시설을 설치하여야 한다.

1.7.2 관련법규

환경오염 방지에 대해서는 대기환경보전법, 수질환경보전법, 폐기물관리법 및 소음, 진동규제법 등 관련법규의 정하는 바에 따른다.

1.8 안전관리

1.8.1 안전대책

교량시공 중에는 필요한 모든 안전대책을 강구하여야 한다.

1.8.2 관련법규

시공시의 안전대책에 관한 사항은 산업안전보건법과 건설기술관리법상의 규정을 따라야 한다.

1.9 준공도의 작성 제출

1.9.1 준공도서 제출

- (1) 계약상대자는 향후 발주자가 인수 후 유지관리 및 보수시 참고로 할 수 있는 준공도를 작성하여 감독자의 승인을 얻은 후 제출하여야 한다.
- (2) 준공도에는 사용재료의 규격, 강도, 철근의 위치, 용접의 크기와 길이 등 준공 후 육안으로 식별되지 않는 부분과 시공중 당초 설계를 변경한 부분을 유의해서 제시하여야 한다.
- (3) 지표나 수면 밑으로 묻히는 기초부분의 토질 및 수심과의 상관관계는 물론이고 인접한 장애물이나 구조물과의 관계를 상세히 제시하여야 한다.

1.9.2 1종 및 2종 시설물 준공도서 제출

시설물의안전관리에관한특별법 제2조 제2, 3호의 1종 및 2종 시설물에 해당되는 시설물을 시공하는 계약상대자는 준공도서 사본을 발주기관, 관리주체와 한국시설안전공단 등에 각각 1부씩을 제출하여야 한다.

2. 재료

해당사항 없음.

3. 시공

해당사항 없음.

제2장 강 교

제1장 총 칙

제2장 강 교

제3장 콘크리트교

제4장 하부구조

제5장 신축이음
및 받침

제6장 도장

제 2 장 강 교

2-1 일반요건

1. 일반사항

1.1 적용범위

- (1) 이 시방서는 「도로교 설계기준」에 따라 설계한 강도로교 및 강과 콘크리트의 합성 도로교의 제작 및 가설에 적용한다.
- (2) 이 시방서에 기재하지 않은 사항은 당해 공사의 공사시방서에 따른다.

1.2 용어의 정의

- (1) 가붙임용접(tack welding) : 본용접 전에 용접되는 부재를 정해진 위치에 잠정적으로 유지시키기 위해서 수행되는 비교적 짧은 길이로 된 용접
- (2) 가스메탈 아크용접(GMAW : Gas Metal Arc Welding) : 외부에서 용융금속을 대기 영향으로부터 보호하기 위하여 보호가스를 공급하면서 연속으로 공급되는 용가재를 사용하는 아크용접
- (3) 가조임볼트(temporary tightening bolt) : 부재의 가조립 또는 가설(설치) 시 연결부에 위치를 이음 고정하여 부재의 변형 등을 막기 위해서 임시로 사용하는 볼트
- (4) 고장력강(high tensile strength steel) : 보통 인장강도 490 MPa급 이상의 압연재로서 용접성, 노치인성 및 가공성이 우수한 강재
- (5) 기공(blowhole, porosity) : 용융금속 중에 발생한 기포가 응고 시에 이탈하지 못하고 용접부내에 잔류하여 생기는 공동현상
- (6) 단조품(steel forging) : 단조품을 적당한 단련 성형비를 주도록 강괴 또는 강편을 단련성형하여 보통 소정의 기계적 성질을 주기 위하여 열처리를 시행한 것
- (7) 단조품(forging product) : 흑피품이라고도 하며 단조성형된 채로의 형상인 것으로 형태단조품, 자유단조품, 중공단조품 등이 있고 단조작업 온도에 따라 열간단조품, 온간단조품, 냉간단조품이 있음.

- (8) 단품 제작 : 제작품의 중량, 설치 및 운송을 고려하여 일정 규모의 단일 부재로 제작하는 공정
- (9) 뒷담재(weld backing) : 맞대기 용접을 한 면으로만 실시하는 경우 충분한 용입을 확보하고 용융금속의 용락을 방지할 목적으로 동종 또는 이종의 금속판, 입상 플렉스, 불성 가스 등을 루트 뒷 면에 받치는 것
- (10) 브리넬경도(brinell hardness) : 강구압지를 사용하여 시험편에 구상의 압입자국을 만들었을 때의 하중을 압입자국의 직경으로부터 구한 압입자국의 표면적으로 나눈 값
- (11) 비커스경도(vickers hardness) : 대면각 136 °의 정사각뿔인 다이아몬드 압자를 일정한 시험하중으로 시료의 시험면에 압입하여, 생긴 영구오목부의 표면적으로 나눈 값
- (12) 샤르피 충격시험(charpy impact test) : 샤르피 충격시험기를 사용하여 시험편에 충격하중을 가하여 재료의 취성, 인성을 측정하는 시험법
- (13) 서브머지드 아크용접(SAW : Submerged Arc Welding) : 입상의 플렉스 내에서 와이어와 모재 사이 또는 와이어끼리의 사이에 아크를 발생시켜 열로 실시하는 용접
- (14) 스트롱백(strong back) : 맞대기 용접 시에 이음판의 상호엇갈림 치수차를 수정함과 동시에 각변화를 방지하기 위해서 일시적으로 붙이는 보강재
- (15) 스파터(spatter) : 용접부의 일부를 이루지 않는 용융 용접 중 배출된 금속입자
- (16) 아크에어가우징(arc air gouging) : 탄소봉을 전극으로하여 아크를 발생시켜 용융금속을 홀더(holder)의 구멍으로부터 탄소봉과 평행으로 분출하는 압축공기로서 계속 불어내어 흠을 파는 방법
- (17) 엔드탭(end tab) : 용접이 시작되거나 또는 종료되는 곳에 설치되는 별도의 재료
- (18) 열가공제어강(TMC steel : Thermo-Mechanical Control processed steel) : 제어압연 후 공냉 또는 강제적인 제어 냉각을 하여 제조한 강재로서 일반 압연강재보다 용접성이 우수함. 열가공 압연 및 가속냉각이 여기에 포함됨.
- (19) 열처리 고장력강(quenched & tempered high tensile strength steel) : 강을 담금질(quenching)한 후 뜨임질(tempering : 뜨임온도는 400 °C 이상)을 하여 강의 결정입자를 곱게 해서 재질을 조정하고 강인화시켜 열처리를 하여 고장력강으로서의 성질을 지니도록 한 강재. 일명 조질고장력강이라고도 칭함.
- (20) 용락(burn-through) : 용접금속이 흠의 뒷면에 녹아내리는 현상. 박판용접에 봉용극을 사용하거나 용접해야 될 판두께가 용융금속을 지탱할 수 있을 만큼의 루트면 치수가 없을 경우 또는 루트간격이 너무 클 경우 발생하는 현상
- (21) 일렉트로가스 용접(EGW : Electro-Gas Welding) : 용접할 모재 사이에 물로 냉각시킨 2매의 구리받침판을 이용하여 용융풀(molten pool) 위로부터 차폐가스를 공급

- 하면서 와이어를 용융부에 연속적으로 공급하여 와이어 선단과 용융풀 사이에 아크를 발생시켜 그 열로 모재를 용융시켜 용접하는 방법
- (22) 일렉트로슬래그 용접(ESW : Electro-Slag Welding) : 용융슬래그와 용융금속이 용접부에서 흘러나오지 않게 용접의 진행과 함께 수냉시킨 구리판을 위로 이동 시키면서 연속주조 방식에 의해 용접하는 방법
- (23) 재편조립(assembly of piece) : 재단도에 의하여 절단한 판재나 형강 등을 조립하는 공정
- (24) 저온균열(cold crack) : 약 200 ℃ 이하의 저온에서 발생하는 균열로 저온균열에는 루트균열, 토우균열, 비드하부균열 등이 있음.
- (25) 주강품(steel casting) : 용해된 강을 주형에 주입하여 소요모양의 제품으로 한 것, 주입주강품, 주방 주강품 등이 있음.
- (26) 층분할방식(split layer technique) : 용접층이 두꺼울 경우 단일층의 용접으로 시행하지 못하고 여러 층으로 나누어 용접을 시행하는 방법
- (27) 케스케이드법(cascade method) : 다층 용접을 할 경우 각 비드의 일부를 인접 비드 위에 겹쳐 용착하는 방법
- (28) 코킹(caulking) : 불연속을 밀폐(seal) 시키거나 또는 감추기 위해 기계적인 방법으로 용접부나 모재의 표면에 소성변형을 가하는 작업
- (29) 크레이터(crater) : 용접비이드가 끝나는 곳에 있는 함몰 자국
- (30) 탄소강(carbon steel) : 철과 탄소의 합금으로서 탄소함유량이 보통 0.02 % ~ 약 2 % 범위의 강으로서 소량의 규소, 망간, 인, 유황 등을 함유하고 있음. 탄소 함유량에 따라 저탄소강, 중탄소강, 고탄소강으로 분류되고, 정도에 따라 극연강, 연강, 경강으로 구분됨.
- (31) 토크-전단형 고장력 볼트(Torque-Shear type high tension bolt, 이하 「T/S 볼트」라 칭함.) : 제작 시 만들어진 핀꼬리(pintail)의 노치부분이 체결 시 볼트 조임력에 의한 전단파단으로 절단될 때 볼트에 도입되는 축력을 공장에서 규격화시킨 제품으로 볼트머리 부에는 와셔를 두지 않음.
- (32) 플럭스코어드 아크용접(FCAW : Flux Cored Arc Welding) : 코어드 와이어나 플럭스코어드 와이어 용접봉을 사용하는 용접
- (33) 피닝(peening) : 충격타를 가하여 금속을 기계적으로 가공하는 작업
- (34) 피복아크 용접(SMAW : Shield Metal Arc Welding) : 용접하려는 모재표면과 피복 아크용접봉의 선단과의 사이에 발생하는 아크열에 의해 모재의 일부를 용융함과 동시에 용접봉에서 녹은 용융금속에 의해 결합하는 용접 방법

- (35) 합금강(alloy steel) : 강의 성질을 개선 향상시키기 위하여, 또는 소정의 성질을 구비시키기 위하여 합금원소를 1종 또는 2종 이상 함유시킨 강철
- (36) PS강봉(steel bars for prestressed concrete) : 탄소강, 저합금강, 스프링강 등을 사용, 스트레칭, 냉간드로잉, 열처리 등 어느 특정한 방법 또는 이들의 조합으로서 끝맺임된 강봉

1.3 관련 시방서 및 기준

- 1.3.1 토목공사 표준일반시방서
- 1.3.2 강구조공사 표준시방서
- 1.3.3 철도공사 전문시방서
- 1.3.4 콘크리트 표준시방서
- 1.3.5 도로교 설계기준
- 1.3.6 콘크리트구조 설계기준
- 1.3.7 강도로교 상세부 설계지침

1.4 참조규격

한국산업표준(KS)

1.5 제출자료

1.5.1 일반사항

계약상대자는 제작 착수 전 강교의 제작, 조립, 설치 등에 관한 시공계획서를 제출하여 감독자의 승인을 받아야 한다.

1.5.2 시공계획서

시공계획서 내용에는 아래사항이 포함되어야 한다.

(1) 공정표 및 공정관리계획

- ① 상세 설계도서 검토

- ② 강재구입 및 조달
- ③ 제작(현도, 가공, 용접)
- ④ 가조립
- ⑤ 도장(공장도장, 현장도장)
- ⑥ 수송계획
- ⑦ 조립 및 가설
- ⑧ 상부슬래브공
- (2) 강재구입 및 조달
 - ① 강판(판재류) 및 형강
 - ② 용접재료, 볼트 및 연결재 등
 - ③ 구조품 및 부속품 등
- (3) 제작 및 제작관리
 - ① 제작 시설용량 및 주요기기
 - ② 제작도(shop drawing)
 - ③ 용접 시공시험 계획서
 - ④ 용접 시공요령 및 절차서
 - ⑤ 용접 검사 및 절차서
 - ⑥ 제작품 검사 계획서
- (4) 가조립
 - ① 가조립 계획서
 - ② 장비사용 계획서
 - ③ 가조립 시공요령 및 절차서
 - ④ 가조립 검사 계획서
- (5) 도장계획(공장 및 현장도장)
 - ① 도료사용 계획서
 - ② 도장시공요령 및 절차서
 - ③ 도장검사 계획서
- (6) 수송계획
- (7) 조립 및 가설계획
 - ① 조립 및 가설(설치) 계획도
 - ② 가설 상세도
 - ③ 장비사용 계획서

- ④ 부재연결 요령 및 절차서
- ⑤ 조립 및 가설 요령 및 절차서
- ⑥ 가설검사 계획서
- ⑦ 시공검측 및 측량 계획서
- (8) 상부 슬래브공
 - ① 철근가공 및 콘크리트타설 계획서
 - ② 가설 계획서
 - ③ 콘크리트 혼화재 사용 계획서
 - ④ 콘크리트 품질관리 계획서
 - ⑤ 응력조정 계획서
 - ⑥ 시공검측 및 측량 계획서
- (9) 품질관리계획(시험 및 검사계획)
 - ① 강재류 및 부속품류
 - ② 제작도 및 제작공정(현도, 절단, 용접 등)
 - ③ 용접공자격, 용접기자재, 용접절차
 - ④ 공장도장 및 현장도장
 - ⑤ 조립 및 가설
 - ⑥ 상부 슬래브공
 - ⑦ 완성품검사
 - ⑧ 응력조정
 - ⑨ 시공검측 및 측량 계획
- (10) 안전관리계획
 - ① 안전관리 개요 및 계획
 - ② 작업장 주변 안전관리 대책
 - ③ 공종별 안전관리 대책

1.5.3 추가사항

계약상대자는 계약상대자 및 제작자의 이름이 명기된 제작보고서 또는 시공보고서를 제출하여야 한다.

1.6 품질관리

1.6.1 강교제작

강교제작은 「건설기술관리법 제24조 3항」 및 시행령 제87조의 규정에 따라 인증된 해당 제작능력 등급에 적합한 강구조물 제작공장에서 제작한 것으로서 품질이 보증된 것을 사용하여야 한다.

1.6.2 추가사항

이 시방서가 정한 제반규정 이외의 강교제작 및 품질관리에 필요한 추가사항에 대해서는 공사시방서 또는 계약상대자 및 제작자가 작성한 절차서에 의하여 시행하되 감독자의 승인을 받아 시행한다.

1.6.3 강교제작 공정과 제작 품질

강교제작 공정과 제작 품질에 대해서는 사전에 시간을 두고 검사를 받을 수 있도록 검사조서를 의뢰하여 감독자에게 승인을 받아야 한다.

1.6.4 가공 시 구분

가공 시 주요부재 및 2차 부재의 구분은 제작 전에 감독자의 승인을 받은 작업계획서에 따른다.

1.6.5 공사실명제

강교제작 및 시공의 품질확보와 품질보증을 위하여 공사실명제를 실시하여야 한다. 제작 및 계약상대자는 해당공사의 시공작업 계획서, 품질관리 절차서 및 품질검사 절차에 따라 제작자 또는 계약상대자의 이름을 제작보고서 또는 시공보고서에 명기하여 제출하여야 한다.

2. 재료

2.1 일반사항

2.1.1 사용재료

강교제작에 사용되는 강재, 용접재, 볼트 및 연결재 등의 재료는 소정의 규격 또는 품질관리 시방규격에 합격한 재료를 사용하여야 한다.

2.1.2 재료규격

재료의 규격은 한국산업표준(이하 「KS」라 칭함)를 적용하되 KS 규격품 이외의 것은 소정의 절차에 의하여 감독자의 승인을 받아 사용한다.

2.1.3 재료의 운반, 저장관리

재료의 운반, 저장관리는 자재가 손실 또는 변형되지 않도록 관리규정에 적합하게 관리하여야 한다.

2.2 사용재료

2.2.1 강재, 용접재, 볼트 및 연결재

강재, 용접재, 볼트 및 연결재 등은 이 시방서 「2-2 강재」, 「2-4 용접」, 「2-5 볼트 접합」의 해당규격에 따른다.

2.2.2 예비부품 및 부속재료

해당재료의 예비부품 및 부속재료는 소정의 수량을 확보하여야 한다.

2.2.3 현장재료 관리시험

필요시 사용재료의 현장재료관리시험은 필요시 감독자의 요구에 의하여 시행할 수 있다.

3. 시공

3.1 일반사항

3.1.1 계약상대자의 임무

계약상대자는 도로 기능에 적합한 교량이 될 수 있도록 교량의 평면 및 종단계획과 횡단계획에 맞추어 정밀한 제작과 시공을 하여야 하며 배수시설 및 기타 부대시설 등은 교량의 유지관리에 편리하고 교량의 수명에 안전성을 갖도록 하여야 한다.

3.1.2 시공도면과 제작도 및 절차서 제출

계약상대자와 제작자는 강교의 가공(제작), 용접, 볼트접합, 부재의 조립 및 설치, 상부슬래브 공사에 대하여 각기 작성한 시공도면과 제작도 및 절차서를 제출하여 감독자가 승인한 도서에 한하여 제작 및 시공할 수 있다.

3.1.3 제작 및 시공 허용기준

제작 및 시공의 허용기준은 각 해당분야의 시방서나 기준에 정한 규정에 적합하여야 하며 이를 확인하기 위하여 측량 및 계측, 품질검사 및 시험성적서를 제출하여 감독자의 승인을 받아야 한다.

3.1.4 현장품질 관리시험

현장품질 관리시험은 필요시 감독자의 요구에 의하여 시행하며 시험결과는 소정의 규격 및 시방에 적합하여야 한다.

3.1.5 선행 단계 승인

제작 및 시공은 단계별로 소정의 절차에 의하여 시행하되 선행시공 또는 제작분에 대하여 감독자의 승인을 받은 후 다음 단계의 업무를 수행한다.

3.1.6 환경 및 안전관리

계약상대자 및 제작자는 환경 및 안전관리를 제1장 총칙에 규정한 내용에 따라 완벽하게 준비하여야 한다.

3.2 제작 및 시공

3.2.1 강재의 반입

계약상대자는 운송계획에 따라 제작에 필요한 강재를 공장제작 공정에 맞추어 적시에 공장 반입하여야 한다.

3.2.2 공구, 부속재료의 공급

계약상대자는 강교제작과 설치에 필요한 주자재 및 부속품 이외의 필요한 공구, 부속 재료를 계약상대자 부담으로 공급한다.

3.2.3 제작 및 시공오차의 수정

가공(제작) 및 설치 시에 발생한 제작오차 및 시공오차는 계약상대자 부담으로 수정하여야 한다.

2-2 강재

1. 일반사항

1.1 적용범위

1.1.1 일반사항

이 장은 강교 제작에 사용되는 강재의 종류와 규격, 운반 및 저장 관리업무에 적용한다.

1.1.2 범위

강재는 구조용 강판, 강관, 형강, 선재, 봉강, 볼트 및 연결재, 정착재, 주조품 등과 이들의 부속재료를 포함한다.

1.2 관련 시방서 및 기준

1.2.1 토목공사 표준일반시방서

1.2.2 강구조공사 표준시방서

1.2.3 철도공사 전문시방서

1.2.4 도로교 설계기준

1.2.5 콘크리트구조 설계기준

1.2.6 강도로교 상세부 설계지침

1.3 참조규격

KS A 0011	물체색의 색이름
KS A 0062	색의 3속성에 의한 표시방법
KS B 0101	나사용어
KS B 0161	표면거칠기 정의 및 표시
KS B 0201	미터 보통나사
KS B 0211	미터 보통나사의 허용한계 치수 및 공차

KS B 0233	강제볼트 작은 나사의 기계적 성질
KS B 0239	나사부품의 정밀도 측정방법
KS B 0250	주조품 치수 공차 및 절삭여유 방식
KS B 0401	치수 공차 및 끼워 맞춤
KS B 0405	주조품의 둥글기
KS B 0418	주강품의 보통공차
KS B 0500	철강제품의 표면가공 표준
KS B 0501	촉침식 표면거칠기 측정기
KS B 0507	비교 표면거칠기 표준편
KS B 0529	머리붙이 스티드 용접부의 굽힘 시험 방법
KS B 0547	체결용부품 표면결함 - 제1부 : 일반용 볼트·나사 및 스티드볼트
KS B 0617	제도 - 표면의 결 도시 방법
KS B 0802	금속 재료 인장 시험 방법
KS B 0804	금속 재료 굽힘 시험
KS B 0805	브리넬 경도 시험방법
KS B 0806	로크웰 경도 시험 방법
KS B 0810	금속재료 충격 시험방법
KS B 0811	금속재료 비커스 경도 시험방법
KS B 0816	침투탐상 시험방법 및 침투 지시모양의 분류(PT)
KS B 0817	금속재료의 펄스반사법에 따른 초음파탐상 시험방법 통칙
KS B ISO 3269	파스너 - 인수 검사
KS B 1002	6각 볼트
KS B ISO 273	볼트 구멍 및 카운터 보어지름
KS B 1010	마찰접합용 고장력 6각볼트, 6각너트, 평와셔의 세트
KS B 1012	6각 너트
KS B 1016	기초볼트
KS B 1017	접시 머리 볼트
KS B ISO 2338	평행 핀
KS B ISO 1234	분할핀
KS B ISO 2339	비경화 테이퍼 핀
KS B 1326	평와셔
KS B 2819	토크-전단형 고장력 볼트·6각너트·평와셔의 세트

KS B 5221	미터 보통 나사용 한계 게이지
KS B 14731	용접 업무 조절 - 임무와 책임
KS D 0001	강재의 검사통칙
KS D 0028	단강품의 검사통칙
KS D 0213	철강재료의 자분탐상 시험방법 및 자분 모양의 분류
KS D 0227	주강품의 방사선 투과시험방법
KS D 0248	탄소강 및 저합금강 단강품의 초음파 탐상시험방법
KS D 0401	주강품의 제조, 시험 및 검사통칙
KS D 0402	주강품 주물 표면의 결모양 시험방법 및 등급분류
KS D 3051	열간압연 봉강 및 코일봉강의 모양, 치수 및 무게와 그 허용차
KS D 3500	열간압연 강판 및 강대의 모양, 치수, 무게 및 그 허용차
KS D 3502	열간압연 형강의 모양, 치수 및 무게와 그 허용차
KS D 3503	일반구조용 압연강재
KS D 3509	피아노 선재
KS D 3514	와이어로프
KS D 3515	용접구조용 압연강재
KS D 3529	용접구조용 내후성 열간 압연강재
KS D 3868	교량구조용 압연강재
KS D 3530	일반구조용 경량형강
KS D 3542	고내후성 압연강재
KS D 3557	리벳용 원형강
KS D 3558	일반구조용 용접 경량 H형강
KS D 3559	경강선재
KS D 3566	일반구조용 탄소강관
KS D 3568	일반구조용 각형강관
KS D 3592	냉간 압조용 탄소강 선재
KS D 3698	냉간압연 스테인리스강판 및 강대
KS D 3701	스프링 강재
KS D 3710	탄소강 단강품
KS D 3752	기계구조용 탄소강재
KS D 4101	탄소강 주강품
KS D 4102	구조용 고장력 탄소강 및 저합금강 주강품

KS D 4106	용접구조용 주강품
KS D 4118	도로교량용 주강품
KS D 4301	회주철품
KS D 4302	구상흑연 주철품
KS D 7002	PC 강선 및 PC 강연선
KS D 7009	PC 경강선
KS M 661	방진 고무용 고무재료
KS Q 1001	계량규준형 1회 샘플링 검사

1.4 제출자료

1.4.1 강재 구입 시 제출자료

계약상대자 및 제작자는 강재 구입 시 강재 제조공정, 시험 및 검사계획, 운송계획 등 강재 생산과 품질에 관련된 자료를 제출하여야 한다.

1.4.2 강재 및 부속품 구입품 품질확인 및 검증

계약상대자는 강재 및 부속품 구입품의 품질확인 및 검증을 위하여 KS D 0001(강재의 검사통칙), KS D 0028(단강품의 검사 통칙), KS D 0401(주강품 제조, 시험 및 검사통칙), KS Q 1001(계량규준형 1회 샘플링 검사) 등에 의하여 작성된 각 재료의 밀시트, 재료시험보고서, 제품 검사보고서 및 제품 검사성적서 등을 제출하여 감독자의 승인을 받아야 한다.

1.4.3 구입품별 제출자료

구입품별 제출자료는 표 2.2.1에 따른다.

표 2.2.1 구입품별 제출자료

품명	자료
강재	재료의 밀시트 및 입고명세서
교량받침 및 부속품	재료시험 보고서, 제품검사 보고서, 재료의 밀시트
고장력 볼트	재료의 밀시트, 세트의 검사 성적서
볼트 및 앵커볼트	재료의 밀시트(일반볼트 제외), 볼트의 제품 검사 성적서
스터드	재료의 밀시트

1.4.4 KS 등재 강재

- (1) KS에 등재된 강재라도, 해당 KS에 따른 기본적인 요구성능의 검증과 더불어 다음의 1.4.6에 따라 용접부의 성능을 검증하여야 한다.
- (2) 시공시험을 통해 일반적으로 요구되는 강교 품질의 정상적인 확보 여부를 확인할 수 있는 강재 공급원의 기술자료, 제작보고서 등을 제출하여 감독자의 승인을 받아야 한다.

1.4.5 KS 미등재 강재

- (1) KS에 등재되지 않는 강재는 강재 공급원별로 사용되는 최대 두께의 강재에 대해 해당 KS 또는 동등 이상의 유사한 기준에 따른 기본적인 요구성능의 검증과 더불어 다음의 1.4.6에 따라 용접부의 성능을 검증하여야 한다.
- (2) 시공시험을 통해 일반적으로 요구되는 강교 품질의 정상적인 확보 여부를 확인할 수 있는 강재 공급원의 기술자료, 제작보고서 등을 제출하여 감독자의 승인을 받아야 한다.

1.4.6 용접부 성능검증

- (1) 계약상대자는 국내 최초로 사용되는 강재(강종과 최대 판두께에 따라 구분) 및 이와 관련한 용접재료가 적용된 접합부에 대하여, 해당 접합부의 제작성능 및 피로성능을 검증할 수 있는 실적 자료를 강재 공급원으로부터 제출 받아 감독자의 승인을 받아야 한다.
- (2) 제작성능에 대한 평가는 「2-4 용접」의 「1.5.4 용접시공시험」에 따른다.
- (3) 피로성능에 대한 평가는 「2-4 용접」의 「1.5.5 완전용입 맞대기 용접부의 피로시험」에 따른다.

1.5 품질보증

1.5.1 강재의 제조

강재는 KS 인증 업체에서 제조되어야 한다.

1.5.2 감독자 입회

주요 부품의 제조, 시험에 감독자가 입회할 수 있다.

1.6 운송, 보관 및 취급

1.6.1 일반사항

강재의 운송, 보관 및 취급 시는 강재의 휨, 굽힘 및 과재응력은 피하여야 한다. 휘거나 손상을 입을 수 있는 내민 부분은 나무로 막거나 다른 방법으로 보호하여야 한다.

1.6.2 강종 식별방법의 강구

동일 교량에 여러 종류의 강재를 사용하는 경우는 혼동을 피하기 위하여 색칠 등에 의하여 강종을 식별하는 방법을 강구하여야 한다.

1.6.3 식별색의 종류

식별색의 종류는 KS A 0011(물체색의 색이름)에 의하고 기준색은 KS A 0062(색의 3속성에 의한 표시방법)에 따른다.

1.6.4 전처리 도장에 의한 강재 식별

전처리 도장에 의한 강재 식별은 표 2.2.2에 준하며 전처리 시 강재 표면 전체에 지정 색상을 도포한다. 표 2.2.2에서 구분되지 않은 세부 강종(-A, -B, -C, -L)이나 내후성강의 강재 식별이 필요한 경우에는 제작사에서 자율적인 방법으로 강재를 식별할 수 있다.

표 2.2.2 전처리 도장에 의한 강재 식별

강재 종류	식별색		색칠 방법
	색의 종류	기준색	
SS400	백색	N 9.5	전처리 시 강재 표면 전체에 지정 색상 도포
SM400	청색	3.4G 6.3/7.3	
SM490	회색	N 7.0	
SM490Y	등황색	2.5YR 6/13	
SM520	녹색	5G 5.5/6	
SM570	적색	5R 4/13	
HSB500(L)	연한녹색	5G 8.7/1.2	
HSB600(L)	연한황색	5.6Y 9.0/1.0	
HSB800(L)	연한적색	1.6YR 8.9/2.5	
SMA400 SMA490 SMA570 HSB500W HSB600W HSB800W	-	기준색 없음	필요에 따라 공장에서 색상 선정

1.6.5 구조용 강재

구조용 강재는 금속이 깨끗하게 유지되고, 상처를 받지 않게 상차, 운송, 하차 및 보관하여야 한다. 재료는 지상의 마루, 받침목 또는 기타 지지물 위에 보관하고, 부식되지 않게 덮어서 보호하여야 한다.

1.6.6 볼트 및 연결재

볼트 및 연결재는 KS B ISO 3269(파스너 - 인수 검사)에 의하여 인수검사가 완료된 것을 상자로 포장하여 운반하도록 하며 실내 보관관리 한다. 다만, 제품의 표시와 포장의 표시방법은 사용강재의 해당 산업규격에 따른다.

2. 재료

2.1 일반사항

2.1.1 강재

강재는 KS에 적합한 재료를 사용하되 강재의 검사통칙 KS D 0001에 의하여 작성된 밀시트와 대조·확인하여야 한다(1.4.4 참조).

2.1.2 규격품 이외의 강재

강재의 종류는 해당 산업규격의 기준에 준하되 규격품 이외의 강재를 사용하고자 할 때는 사용강재의 해당 산업규격 절차에 의하여 제 시험에 합격한 품질확인서를 제출하여 감독자의 승인을 받아 사용할 수 있다(1.4.5 참조).

2.2 사용재료

2.2.1 강판

- (1) 일반구조용 압연강재 : KS D 3503
- (2) 용접구조용 압연강재 : KS D 3515
- (3) 용접구조용 내후성 열간 압연강재 : KS D 3529
- (4) 교량구조용 압연강재 : KS D 3868

표 2.2.3 강재 사용 규격

규격	종류	기호	두께 t(mm)
KS D 3503	SS400	—	$8 \leq t \leq 100$
KS D 3515	SM400	A	$8 \leq t \leq 32$
		B	$8 < t \leq 40$
		C	$8 < t \leq 100$
	SM490	A	$8 < t \leq 25$
		B C, C-TMC	$8 \leq t < 40$ $8 < t \leq 100$
	SM490Y	A	$8 \leq t \leq 16$
		B	$8 \leq t \leq 40$
	SM520	B C, C-TMC	$8 \leq t \leq 40$ $8 \leq t \leq 100$
	SM570	— TMC	$8 \leq t \leq 100$
KS D 3529	SMA400	A	$8 \leq t \leq 25$
		B	$8 < t \leq 40$
		C	$8 < t \leq 100$
	SMA490	A B C	$8 \leq t \leq 16$ $8 < t \leq 40$ $8 < t \leq 100$
	SMA570		$8 < t \leq 100$
KS D 3868	HSB500	— L W	$8 \leq t \leq 100$
	HSB600	— L W	$8 \leq t \leq 100$
	HSB800	— L W	$8 \leq t \leq 80$

주 : 교량용 주부재는 8 mm 이상의 두께를 갖는 강관을 사용하는 것이 좋다. 다만, I형강 및 C형강의 웨브는 7.5 mm 이상의 두께 사용을 권장하며 플레이트거더 및 박스형 거더의 리브 보강재는 부식 환경이 좋거나 또는 부식을 고려할 경우 6 mm 이상을 사용해도 좋다.

2.2.2 강관 및 형강

(1) 일반구조용 탄소강관 : KS D 3566

- (2) 일반구조용 각형강관 : KS D 3568
- (3) 일반구조용 경량형강 : KS D 3530
- (4) 일반구조용 용접경량H형강 : KS D 3558

2.2.3 선재 및 봉강

- (1) 와이어로프 : KS D 3514
- (2) 냉간 압조용 탄소강선재 : KS D 3592
- (3) PS강선 및 강연선 : KS D 7002
- (4) PS경강선 : KS D 7009

주 : KS에는 PC로 되어 있으나, 토목분야에서 일반화된 용어인 PS를 사용함.

2.2.4 볼트 및 핀

- (1) 6각볼트 너트 : KS B 1002, KS B 1012
- (2) 마찰접합용 고장력 6각볼트, 6각너트, 평와서의 세트 : KS B 1010
- (3) 구조물용 토크 - 전단형 고장력 볼트·6각너트 평와서의 세트 : KS B 2819
- (4) 핀 : KS B ISO 2338(평행 핀)
KS B ISO 1234(분할핀)
KS B ISO 2339(비경화 테이퍼 핀)
- (5) 접시머리볼트 : KS B 1017

표 2.2.4 고장력볼트 및 일반볼트표

종 별	규 격	볼 트 등 급
마찰접합용 고장력볼트	KS B 1010 (마찰접합용 고장력 6각볼트, 6각너트, 평와서 세트)	F8T, F10T, F13T
	KS B 2819 (구조물용 토크-전단형 고장력 볼트, 6각너트, 평와서 세트)	F10T, F13T
지압접합용 고장력볼트	KS B 1010 (마찰접합용 고장력 6각볼트, 6각너트, 평와서 세트)	F8T, F10T, F13T
일반볼트	KS B 1002(6각볼트) KS B 1012(6각너트) KS B 1326(평와서)	4T, 5T, 6T

주 : 1) 볼트의 종류 및 규격은 「2-5 볼트접합」의 「2.1.3 볼트의 종류의 선정」 참조

2) 마찰접합용(T/S 볼트 포함), 지압접합용 고장력 볼트는 체결 방식의 차이로서, 볼트의 강도 등급은 F기호를 동일하게 사용함.

2.2.5 스티드형 전단연결재

- (1) 형상, 치수 및 허용오차는 표 2.4.7에 따른다.
- (2) 강도는 표 2.4.8에 따른다.

2.2.6 주조품

교량 받침용 재료는 KS D 4118(도로교량용 주강품)을 주로 사용하되 산업 규격이외의 재료를 사용할 경우는 표 2.2.5에 따른다. 다만, 「동합금 받침판」과 함께 「고경도 롤러 및 받침판」은 그 성능이 확인된 것을 사용한다.

표 2.2.5 받침용 재료

종 별	규 격	기 호
단강	KS D 3710(탄소강단강품)	SF 490A 및 SF 540A
주강	KS D 4101(탄소강주강품)	SC450
	KS D 4106(용접구조용 주강품)	SCW410 및 SCW480
	KS D 4102 (구조용고장력 탄소강 및 저합금강 주강품)	SCMn 1A 및 SCMn 2A
주철	KS D 4301(회주철품)	GC 150, GC 250
	KS D 4302(구상흑연 주철품)	GCD 400, GCD 450
합금강	KS D 3752(기계구조용 탄소강재)	SM35C 및 SM45C
스프링 강재	KS D 3701(스프링강재)	SPS3
크롤로플렌계고무	KS M 6617 (방진고무용 고무재료)	CO8-B1
보강 강판	KS D 3698 (냉간 압연 스테인리스 강판)	STS 304

2.2.7 기초 및 앵커볼트

- (1) 기초볼트 : KS B 1016
- (2) 앵커볼트 : KS D 3503(SS400), KS D 3752(SM35C, SM45C)
- (3) 핀 : KS D 3503(SS400), KS D 3752(SM35C, SM45C)

2.2.8 용접재료 : 「2-4 용접」의 해당요건에 따른다.

2.2.9 페인트 : 제6장 도장의 해당요건에 따른다.

2.3 자재의 허용오차

2.3.1 강판

- (1) 강판두께의 허용오차는 「KS D 3500(열간압연강판 및 강대의 형상, 치수, 무게와 그 허용오차)의 표 4」에 있는 두께의 허용오차를 적용하되, (-)측의 허용오차는 공칭 두께의 5 %에 해당하는 값과 「KS D 3500의 표 4」의 값 중에서 절대치가 작은 값으로 한다.
- (2) 강판은 표면에 KS B 0161(표준거칠기 정의 및 표시)에 규정한 100S(0.1 mm)를 초과하는 깊이의 흠이 없는 것을 사용하여야 한다. 강판에 흠이 있을 경우 보수방법은 표 2.2.6에 준하여 시행하되 그라인더 손질 후의 두께는 강판두께의 허용오차 범위 이내로 하며 강판의 손질부분은 깨끗하여야 한다.
- (3) 용접보수는 강재의 종류에 따라 보수방법을 선정하되 강판에 용접할 경우에는 언더컷이나 겹침이 없어야 하고 덧살용접은 압연 면에서 적어도 1.5 mm 이상으로 하고 이것을 그라인더로 마무리하여 동일 높이로 한다.

표 2.2.6 강재결함의 보수방법

흠	보 수 방 법
깊이 0.1 mm ~ 1 mm	그라인더로 갈아서 균일하게 한다.
깊이 1 mm 이상	덧살용접 후 그라인더로 다듬질하고, 비파괴 검사를 실시하여 건전성을 보장한다.

- (4) 강재의 층상 갈라짐 및 절단면의 불연속은 이 시방서 「2-3 제작」의 「3.3.10 절단면 검사 및 결함보수」에 준하여 보수하여야 한다. 다만, 보수한 강재의 표면은 KS B 0161에 규정한 100S(0.1 mm)를 초과해서는 안 된다.
- (5) 열처리한 강판은 용접보수 후 다시 열처리하여야 한다. 열처리에 의한 응력제거는 이 시방서 「2-4 용접」의 「3.13 열처리에 의한 응력제거」에 준하되 열처리대상 및 범위는 승인된 열처리계획 및 절차서에 따른다.

2.3.2 강관 및 형강

탄소용강관 및 각관(角管)의 제작 허용오차는 KS D 3566(일반구조용 탄소강관), KS D 3568(일반구조용 각형강관)의 「5항과 7항」을 기준으로 하며 형강은 KS D 3502(열간압연 형강의 모양, 치수 및 무게와 그 허용차)에 따른다.

2.3.3 선재 및 봉강

- (1) 와이어 로프의 소선지름의 허용오차는 「KS D 3514(와이어로프) 표 6」에 의하고 와이어 로프 지름의 허용오차는 로프의 지름이 10 mm 이하는 로프 지름의 +10 % 이내, 로프의 지름이 10 mm 이상은 +7 % 이내로 한다. 와이어 로프용 선재는 KS D 3559(경강선재)로서 선재의 허용오차는 선재지름의 ± 0.5 mm이며 편경차는 0.5 mm 이하로 한다.
- (2) 냉간압조용 탄소강선재의 지름의 허용차 및 편경차는 「KS D 3592(냉간압조용 탄소강선재)의 표 5」에 따른다.
- (3) PS 강선 및 강연선의 치수 및 허용차는 「KS D 7002(PC 강선 및 PC강연선) 표 4」에 따르고 강연선 선재는 KS D 3509(피아노선재)에 따른다.
- (4) PS 경강선의 표시, 치수, 허용차, 공칭단면적 및 단위무게는 KS D 7009(PC 경강선)에 따르고 선의 제조에 사용하는 재료는 KS D 3559(경강선재)의 선재 또는 이와 동등 이상의 선재로 한다.
- (5) KS D 3557(리벳용 원형강)의 허용오차는 KS D 3051(열간압연 봉강 및 코일 봉강의 모양, 치수 및 무게와 그 허용차)에 따른다.

2.3.4 볼트 및 연결재

- (1) 6각볼트 너트(「일반볼트」라 칭함)의 허용오차는 해당규격이 정한 규정에 따른다. 허용오차 측정은 KS B 0211(미터 보통나사의 허용 한계 치수 및 공차), KS B 0239(나사부품의 정밀도 측정방법), KS B 5221(미터 보통나사용 한계 게이지)에 따른다. 볼트의 결함 및 표면검사는 KS B 0547(체결용 부품 표면결함 - 제1부: 일반용볼트·나사 및 스테드 볼트), KS B 0507(비교 표면거칠기 표준편), KS B 0501(촉침식 표준거칠기 측정기)에 따른다.
- (2) 마찰 이음용 고장력 6각볼트·6각너트 및 평와셔(「고장력 볼트」라 칭함)의 허용오차는 해당규격이 정한 규정에 따른다. 허용오차의 측정은 KS B 0211(미터 보통나사의 허용한계 치수 및 공차), KS B 0239(나사부품의 정밀도 측정방법), KS B 5221(미터 보통나사용 한계 게이지)에 따른다. 겉모양 검사는 KS B 0547(체결용 부품-표면결함), KS B 0507(비교 표면 거칠기 표준편), KS B 0501(촉침식 표면거칠기 측정기)에 준하며 표면결함 시험은 KS B 0816(침투탐상 시험방법 및 지시모양의 분류) 및 KS D 0213(철강재료의 자분탐상 시험방법 및 자분 모양의 분류)에 따른다.
- (3) 토크-전단형 고장력 볼트(「T/S 볼트」라 칭함), 6각너트 및 평와셔의 품질규격은 「(2)항」의 고장력 볼트 규정에 따른다.

- (4) 핀(평행핀, 분할핀, 테이퍼핀)은 KS B 0401(치수 공차 및 끼워 맞춤) 및 KS B 0617(제도 - 표면의 결 도시 방법)에 따른다. 경도시험은 KS B 0806(로크웰 경도시험) 이나 KS B 0811(금속재료 비커스 경도시험법)에 따른다.
- (5) 핀제작의 경우 KS D 3503을 제외한 사용재료의 제작은 이 시방서 「2-5 볼트접합」의 「3.6 핀 및 롤러」에 따른다.

2.3.5 주조품

- (1) 주조품은 압탕에서 제조된 것을 사용하되 주조응력을 제거한 주조품을 사용해야 하며 품질이 균일하고 틈, 변형 등의 해로운 결점이 없어야 한다.
- (2) 핀 및 롤러 지름의 허용오차는 $\pm 0.2 \text{ mm}$ 이내이어야 하며, 서로 이웃하는 롤러의 지름의 허용오차는 0.1 mm 이내이어야 한다.
- (3) 단강품의 검사방법은 KS D 0028(단강품의 검사통칙)에 따른다. 표면가공은 설계도에 명시한 수치에 준하되 특별히 명기하지 않았을 경우는 KS B 0500(철강제품의 표면가공표준)에 따르고 표면검사 및 시험은 KS B 0817(금속재료의 펄스반사법에 따른 초음파 탐상 시험방법 통칙), KS D 0248(탄소강 및 저합금강 단강품의 초음파 탐상시험방법), KS D 0213(철강재료의 자분탐상 시험방법 및 자분 모양의 분류)에 따른다.
- (4) 주강품의 허용오차는 KS B 0418(주강품의 보통공차)에 준하되 검사방법은 KS D 0401(주강품의 제조, 시험 및 검사통칙)에 따른다. 표면가공은 설계도에 명시한 수치에 준하되 특별히 명기하지 않았을 경우는 KS D 0402(주강품 주물 표면의 결모양 시험방법 및 등급분류)에 따르고 표면검사 및 시험은 KS B 0817, KS D 0227(주강품의 방사선 투과시험방법) 또는 KS D 0213에 따른다.
- (5) 주철품의 허용오차는 KS B 0250(주조품 치수 공차 및 절삭여유 방식), KS B 0405(주조품의 둥글기)에 따른다. 표면가공은 설계도에 명시한 수치에 준하되 특별히 명기하지 않았을 경우는 KS B 0500에 따르고 표면검사 및 시험은 KS B 0817, KS D 0227, KS B 0816에 따른다.

2.3.6 기초 및 앵커볼트

- (1) 기초볼트는 KS B 1016(기초볼트)에 따른다.
- (2) 지름 40 mm를 초과하는 기초볼트는 제작도면 및 시방서에 따르며, 사용재료는 KS D 3503(일반구조용 압연강재) SS400, 또는 인장강도 $400 \text{ MPa} \sim 510 \text{ MPa}$, 브리넬경도 HB 114 ~ 238 , 파단 후 최소 연신율 22 %를 동시에 만족하는 재료, 또는 설계에서 지정한 강재로 한다.

- (3) 볼트 및 나사는 KS B 0201(미터 보통나사)에 준하며 그 등급은 KS B 0211(미터 보통나사 허용한계 치수 및 공차)에 따른다.
- (4) 재료의 기계적 성질검사는 KS B 0233(강제볼트 작은 나사의 기계적 성질) 준하며 나사검사는 KS B 5221(미터 보통나사용 한계 게이지)에 따른다.
- (5) 기초 및 앵커볼트의 외관모양은 볼트의 터짐 및 사용상 유해한 잔금, 뒤말림 및 흠 등의 표면 결함이 없어야 한다. 또한 표면결함의 허용한계의 기준을 별도로 지정하지 않았을 경우는 KS B 0101(나사용어)의 참고에 따른다.
- (6) 기초판 베이스 플레이트는 설계도나 KS B ISO 273(볼트구멍 및 카운터 보어지름)에 따른다.
- (7) 「강도로교 상세부 설계지침」이 정한 다듬볼트 제작의 경우 KS D 3503 강재는 「일반 볼트」제작 시방에 따르고 KS D 3752 및 KS D 3710 재료는 「고장력볼트」기준에 따른다. 다만, 볼트의 결함검사는 KS B 0547(체결용 부품 - 표면결함 - 제1부 : 일반용 볼트·나사 및 스톨드 볼트)에 따른다.
- (8) 편제작의 경우 KS D 3503을 제외한 사용재료의 제작은 이 시방서 「2-5 볼트접합」의 「3.6 편 및 롤러」에 따른다.

2.4 자재의 품질관리

2.4.1 자재 품질관리시험이 필요한 경우

계약상대자는 KS에 등재되지 않은 재료나 규격증명서와 제품의 대조가 불가능할 경우 또는 추가시험이 필요할 시에는 자재 품질관리시험을 실시하여 그 결과를 감독자에게 제출하여 승인을 받아야 한다.

2.4.2 품질시험 또는 검사의 생략

품질검사 전문기관의 시험성적서가 제출된 자재, KS 표시품, 관계 법령에 의하여 품질검사를 받았거나 품질을 인증받은 자재에 대해서는 품질시험 또는 검사를 실시하지 아니할 수 있다.

2.4.3 일반시험

자재품질관리 시험 중 일반시험은 다음에 준하되 해당강재에 적합한 시험을 실시하여야 한다. 다만, 이 시험 이외의 추가시험이 필요할 시는 해당강재 규격이 정한 제 시험 기준에 따른다.

- | | |
|---------------------------------|-----------------|
| (1) 금속재료 인장 시험방법 | : KS B 0802 |
| (2) 금속재료 굽힘 시험방법 | : KS B 0804 |
| (3) 브리넬 경도 시험방법 | : KS B 0805 |
| (4) 로크웰 경도 시험방법 | : KS B 0806 |
| (5) 금속재료 충격 시험방법 | : KS B 0810 |
| (6) 금속재료 버커스 경도 시험방법 | : KS B 0811 |
| (7) 침투탐상 시험방법 및 지시모양의 분류 | : KS B 0816 |
| (8) 철강재료의 자분탐상 시험방법 및 자분 모양의 분류 | : KS D 0213 |
| (9) 주강품의 방사선 투과 시험방법 | : KS D 0227 |
| (10) 파스너 - 인수 검사 | : KS B ISO 3269 |
| (11) 라미네이션 테스트 | |
| (12) 용접성 시험 | |

2-3 제작

1. 일반사항

1.1 적용범위

1.1.1 일반사항

이 절은 강교 제작에 필요한 가공, 용접, 가조립 공사 및 운송에 적용한다.

1.1.2 가공의 범위

가공은 현도, 마킹, 절단 및 개선가공, 구멍뚫기, 굽힘가공, 지압면, 마찰면 및 도장면 그리고 결합 등의 표면가공, 재편조립 및 단품제작검사를 포함한다.

1.1.3 가조립 및 운송의 범위

가조립 및 운송은 공장 제작을 위한 조립 가붙임용접 및 공장 내 가조립 방법과 검사기준 그리고 공장 제작품의 운송에 관한 내용을 포함한다.

1.2 관련 시방서 및 기준

1.2.1 토목공사 표준일반시방서

1.2.2 강구조공사 표준시방서

1.2.3 철도공사 전문시방서

1.2.4 도로교 설계기준

1.3 참조규격

KS B 0052 용접기호

KS B 0161 표면거칠기 정의 및 표시

KS B 0416 금속판 셰어링 보통공차

KS B 0428 가스절단가공 강판 보통허용차

KS B 5209 강제 줄자

KS B 0810 금속재료 충격 시험방법

1.4 제출자료

1.4.1 작업절차서

제작자는 제작도(필요시 현도 포함), 마킹, 절단 등 가공은 물론 가불임용접, 임시용접, 용접, 용접검사, 공장가조립, 공장가조립검사 등에 대한 작업절차서를 작성하여야 한다.

1.4.2 검사 및 시험계획서

제작자는 제작도, 현도, 마킹 및 절단에 대한 검사 및 시험계획을 수립하여야 한다.

1.4.3 시공계획서

- (1) 공정계획에는 상세 설계서 검토, 강재구입 및 조달, 제작(현도, 가공, 용접), 공장가조립, 도장(공장도장), 운송계획 등이 포함되어야 한다.
- (2) 제작자는 부재의 공장가조립·해체 및 부재(제작품)의 운송계획을 수립하여야 한다.
- (3) 부재의 운송 및 부재의 야적관리는 부재의 취급요령 및 부재의 운송방법과 부재의 야적관리 요령 등을 포함하여야 한다.
- (4) 제작자는 필요에 따라 제작품의 현장 조립 및 가설 계획, 작업 반경 및 양중장비 동선을 고려한 시공계획을 수립하여야 한다.

1.4.4 시공상세도

- (1) 제작자는 치수, 제작방법, 연결재(판), 정착재 및 부대품의 위치를 표기한 상세 제작도를 작성하여 제출하여야 한다.
- (2) 제작도에는 부재의 기호, 용접기법, 절단, 커버플레이트, 연결, 구멍, 볼트 및 연결재, 솟음, 제작 및 설치허용 오차, 마무리종류, 페인트계열, 부재의 무게 및 주요여유고 등 특기사항을 포함하여야 한다.
- (3) 제작도에서 조립도는 현장에서 설치하는데 편리하도록 각 부재의 기호를 일정한 위치에 기입하여 설치자가 부재의 방향을 혼동하지 않도록 하여야 한다.
- (4) 제작도에서 부재의 부분 상세도(절취부, 구멍간격 등)가 설계서와 일치하지 않는 경우는 전문기술자의 구조검토 후 감독자의 승인을 받아야 한다.
- (5) 제작도에서 공장 및 현장용접은 KS B 0052의 표준 용접기호로 명시되어야 하고 각 도면마다 용접의 치수, 길이 및 형식을 명확히 나타내야 한다.
- (6) 제작도 검사는 현도, 가공, 조립 등과 같은 이후 공정에 대한 작업의 기본으로서 설계서와 비교 검사하여야 한다.

1.4.5 제품자료

- (1) 강재는 「2-2 강재」의 해당요건에 따른다.

1.4.6 제작보고서

- (1) 제작자는 제작완료 후 제작보고서를 제출하여야 한다.
- (2) 제작완료 보고서는 제작시험 검정결과, 공장가조립 성적서, 사용재료에 대한 품질보증서, 제품자료, 품질확인서 등을 포함하여야 한다.

1.5 품질보증

1.5.1 용접공 및 용접기술자의 자격

용접공 및 용접기술자의 자격은 「2-4 용접」의 해당요건에 따른다.

1.5.2 감독자에 대한 통지

제작자의 공장 또는 시설은 제작작업을 시작하기 전에 감독자의 검사와 승인을 받아야 한다. 검사 및 승인대상은 품질관리계획, 품질관리조직, 품질관리자의 자격, 주요장비 및 시설능력 등으로 제작작업을 시작하기 최소한 10일 전에 서면으로 감독자에게 검사를 요청하여야 한다.

1.5.3 현도검사

제작자는 제작착수 전 현도 또는 그에 준하는 내용을 작성하여 검사를 받아야 한다. 현도작업 시 주요사항에 대해서는 필요시 감독자의 입회 검사를 받아야 한다.

1.5.4 제작 기준온도

강교의 부재 제작 시 제작온도 기준에 대하여 별도 명기한 것이 없으면 제작 기준온도를 10 ℃로 하여 구조물의 팽창이음에 대하여 제작에 반영하여야 한다.

1.5.5 측정장비와 시험기기

- (1) 제작 및 가설 시 사용되는 측정장비와 시험기기는 사용 전 검사 또는 검정을 받아 합격품을 사용하여야 한다.
- (2) 감독자는 검정장치의 정확성에 대하여 의문이 있을 경우에는 정확성을 확인 받도록 요구할 수 있다.

1.5.6 공장 내 기준자

공장 내에서 사용하는 기준테이프는 KS B 5209에 규정된 핸드테이프 1급(50 m) 이상으로 하며 강제 줄자(기준자)는 24개월 이내에 교정 검사를 필한 것을 사용한다.

1.5.7 용접자 신원 기록

공사기록도면(준공도면)에는 개별용접공의 신원을 명시하여야 한다. 다만, 기재가 불가능할 시는 용접자의 신원을 알 수 있도록 준공보고서에 수록하여야 한다.

2. 재료

2.1 사용재료

- (1) 공장제작에 사용되는 강재는 「2-2 강재」의 해당요건에 따른다.
- (2) 용접재료 및 스티드형 전단연결재는 「2-4 용접」의 해당요건에 따른다.
- (3) 볼트 및 핀 등 연결재는 「2-5 볼트접합」의 해당요건에 따른다.
- (4) 도장재는 제6장 도장의 해당요건에 따른다.

3. 가공

3.1 현도작업(full-size drawing)

3.1.1 일반사항

- (1) 현도작업은 제작도를 기준으로 제작 전에 작성하되 제작물의 기본 형상과 제작상의 지장유무를 확인하여야 한다. 다만, 문제가 있을 경우는 감독자의 지시에 따른다.
- (2) 컴퓨터 이용 제작(CAM : Computer Aided Manufacturing)시에는 컴퓨터 이용 제도(CAD : Computer Aided Drawing)로 현도작업을 대체할 수 있다.

3.1.2 추가사항

- (1) 마킹용 형판(템플레이트) 및 띠철(타이플레이트)은 필요시 감독자의 입회검사를 받아야 하며, 자동가공기(CNC) 등을 사용할 경우에는 형판 및 띠철의 제작을 생략할 수 있다.
- (2) 줄자 대조는 공장제작용 기준 줄자와 공사 현장용 기준 줄자의 대조를 실시하고, 그 오차를 측정 확인하여 감독자의 승인을 받아야 한다. 다만, KS제품은 예외로 한다.
- (3) 띠철은 보 및 트러스의 현재 및 복부재 등의 길이 방향의 세부적인 소재에 대한 마킹용

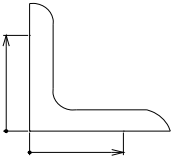
으로, 형판은 연결판, 이음판, 2차 부재 등의 마킹용으로 사용하며, 설계도에 표시되어 있는 사항이 정확히 기입되고 있는지 확인하여야 한다.

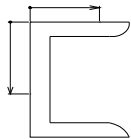
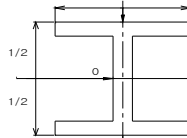
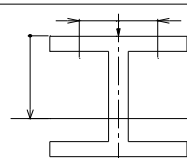
3.2 마킹

- (1) 강판 위에 주요부재(플랜지, 웨브)를 마킹 할 때는 주된 응력의 방향과 압연 방향을 일치시켜야 한다. 다만, 제조업체에서 압연 직각방향으로 기계적 시험을 시행하여 KS를 만족한 경우는 예외로 한다.
- (2) 마킹을 할 때는 구조물이 완성된 후에 구조물의 부재로서 남을 곳에는 강판에 상처를 내어서는 안 된다.
- (3) 주요부재의 강판에 마킹할 때에는 펀치(punch) 등을 사용하지 않아야 한다.
- (4) 마킹 시 용접열에 의한 수축 여유를 고려하여 최종 교정, 다듬질 후 정확한 치수를 확보할 수 있도록 조치하여야 한다.
- (5) 마킹검사는 띠철이나 형판 또는 자동가공기(CNC)를 사용하여 정확히 마킹되었는가를 확인하고 재질, 모양, 치수 등에 대한 검토와 마킹이 현도에 의한 띠철, 형판대로 되어 있는가를 검사하여야 한다.
- (6) 강재의 마킹
 - ① 강판에는 공사번호와 현도 목록에 따른 정리번호를 기재한다.
 - ② 강판의 마킹에는 가능한 한 필름을 사용하지 않는 것으로 하되 부득이 필름을 사용할 경우에는 그 필름의 최대 치수를 3 m, 최소 폭 50 mm로 하고 신축성 있는 재료는 사용하지 않는다.
 - ③ 강판 절단이나 형강 절단 등, 외형 절단을 선행하는 부재는 미리 부재 모양별로 마킹 기준을 정한다.
- (7) 형강의 기준선

형강의 기준선은 표 2.3.1에 따른다.

표 2.3.1 형강의 기준선

항목	도해	비고
┐형강		플랜지 면의 교차선을 기준으로 한다.

항목		도해	비고
ㄷ형강			플랜지와 웨브의 외면의 교차선을 기준으로 한다.
H형강	기둥		웨브은 폭의 1/2을 기준으로 한다. 플랜지는 웨브의 중심을 기준으로 한다.
	보		웨브은 상부플랜지를 기준으로 하며, 플랜지는 기둥의 규정에 따른다.

3.3 절단 및 가공

3.3.1 절단방향

주요 부재(플랜지, 웨브)의 강판 절단은 주된 응력의 방향과 압연방향을 일치시켜 절단하며 절단작업 착수 전 재단도를 작성한다. 다만, 제강업체에서 압연 반대방향으로 기계적 시험을 시행하여 KS를 만족할 경우 예외로 한다.

3.3.2 절단가공

주요 부재의 절단은 자동가스절단기로 하여야 한다. 가스절단 및 가스 가공한 강판의 허용오차는 KS B 0428에 준하되 절단면의 품질은 표 2.3.2에 따른다.

표 2.3.2 가스절단면의 품질

부재의 종류	주요 부재	2차 부재
표면거칠기 ¹⁾	50S 이하	100S 이하
노치 깊이 ²⁾	노치가 없어야 한다.	1 mm 이하
슬래그	슬래그 덩어리가 점점이 부착되어 있을 경우 흔적이 남지 않게 제거해야 함.	
절단된 모서리의 상태	약간은 둥근 모양을 하고 있지만 매끄러운 상태의 것	

주 : 1) 표면 거칠기란 KS B 0161에 규정하는 표면의 조도(粗度)를 나타내며 50S란 표면 거칠기 50/1,000 mm의 요철을 나타낸다.

2) 노치깊이는 노치 마루에서 끝끝까지의 깊이를 나타낸다.

3.3.3 전단가공

채움재, 락(타이플레이트), 형강, 판두께 10 mm 이하의 연결판, 보강재 등은 전단 절단할 수 있다. 전단가공품의 허용오차는 KS B 0416에 따른다. 절단선 부위가 손상을 입은 경우에는 손상부를 제거할 수 있도록 깎아 내거나 또는 그라인더로 평활하게 마무리하여야 한다. 이때 마무리 표면의 품질은 표 2.3.2에 따른다.

3.3.4 절단재의 표면준비

절단할 강재의 표면에 녹, 기름, 도료가 부착되어 있는 경우는 제거 후 절단한다.

3.3.5 개선팔가공

개선팔각도(그루브 각도)와 루트는 자동가스절단기 또는 기계절단기로 정밀하게 가공되어야 한다. 개선팔가공품의 품질은 표 2.3.2에 따르며, 개선팔가공 허용오차는 표 2.3.8에 따른다.

3.3.6 부재의 모서리가공

- (1) 주요부재의 모서리는 약 1 mm 이상의 모따기 또는 반지름을 가지도록 그라인드 가공 처리 한다.
- (2) 2차 부재의 모서리는 약 1 mm의 모따기 또는 반지름을 가지도록 그라인드 가공 처리한다.

3.3.7 극후판의 가공

두께 50 mm를 초과하는 극후판의 경우 압연강재의 최외측 10 mm 부분은 자동가스 절단하여 drag line을 없애야 하는 정도로 절삭 처리 후 사용하여야 한다.

3.3.8 모퉁이 따기

용접선의 교차부분 또는 한 부재를 다른 부재에 접합시킬 때 불필요한 접촉을 피하기 위하여 모퉁이따기를 할 경우에는 10 mm 이상 둥글게 한다.

3.3.9 거더 웹의 절단

플레이트거더 및 박스거더의 웹은 설계에서 주어진 치짐과 제작 중에 발생하는 부가 치짐을 고려하여 절단하여야 한다. 상·하 플랜지에 부착되는 종·횡 리브 및 스테드(stud)의 용접에 의한 부가 치짐 값을 정하여 가조립정도 기준에 대비하여야 한다.

3.3.10 절단면 검사 및 결함보수

- (1) 절단면의 검사는 표 2.3.2를 기준으로 시행하며 이 값을 초과하는 거친 면, 노치 및 깊이는 기계연마나 그라인더로 다듬질하여 제거하여야 한다.
- (2) 절단면의 보수는 보수된 강재가 적기에 사용될 수 있도록 재편 조립작업 전에 보수를 완료해야 하며 다음에 준하여 보수하여야 한다.

- ① 가스절단면 거칠기가 규정치를 초과하는 부분은 그라인더로 다듬질하여 규정치 이내로 한다. 그라인더로도 규정치 이내로 되지 않는 부분에 대해서는 그 부분을 덧살용접 후 그라인더로 다듬질한다.
- ② 가스절단면 노치 깊이가 1 mm를 초과하는 부분은 그 부분을 덧살용접 후 그라인더로 마무리한다. 다만, 두께가 50 mm를 넘는 강판에 대해서는 노치를 허용하지 않는다.
- ③ 가스 절단면의 직각도가 강판두께 20 mm 이하인 경우 1 mm 이하, 20 mm를 초과하는 경우는 $t/20(\text{mm})$ 이하로서 이 규정치를 초과하는 부분은 그라인더로 다듬어 규정치 이내로 하여야 한다.
- (3) 절단면의 결함은 육안검사로 하고 용접이음부는 방사선 투과검사 또는 초음파 탐상 검사에 의하여 확인하여야 한다. 절단면의 결함은 강재의 라미네이션 및 관상현상(파이프)으로 나타나는 가스공, 다공성뿐만 아니라 수축간극으로 요철, 슬래그 및 강재 내의 이물질 용착으로 나타나는 내화물이나 산화물의 결함도 포함한다. 동일 평면에 존재하는 여러 개의 결함은 모재 두께의 5 % 이내, 또는 인접한 두 결함들이 이들 중 짧은 쪽 결함의 길이 이내에 존재하는 경우는 연속으로 간주하여 이들 인접 결함의 시·중점까지의 길이를 결함의 길이로 정한다.
- (4) 절단면의 결함 허용오차 및 보수는 표 2.3.3에 따른다.
- (5) 결함 보수로 제거되는 강재량은 최소량이거나 그 허용범위를 초과해서는 안 된다.
- (6) 형강표면의 결함 보수는 제작자가 해당 산업규격에 준하여 시행해야 하며 절단면의 품질은 표 2.3.2에 따른다.

표 2.3.3 절단면의 결함 허용오차 및 보수방법

결함	보수방법
• 길이 25 mm 이하의 결함	불필요, 조사 불필요
• 길이 25 mm 초과 최대깊이 3 mm 이하의 결함	불필요, 깊이는 조사
• 길이 25 mm 초과 깊이 3 mm ~ 6 mm 결함	제거, 용접할 필요는 없음
• 길이 25 mm 초과 깊이 6 mm ~ 25 mm인 결함	완전하게 제거 후 용접 용접부의 총길이는 보수하는 부재단부 길이의 20 % 이하
• 길이 25 mm 초과 깊이 25 mm 초과하는 결함	3.3.8의 (8)항에 의하여 보수

주 : 1) 결함의 길이는 강재 절단면의 긴 변(주된 응력 방향)의 치수이며 결함의 깊이는 절단면에서 강재방향으로 연장된 결함거리임

- 2) 품질저하의 우려가 되는 산소절단면의 결함 10 %에 대해 깊이를 결정하기 위해서 절단면을 그라인딩하여 무작위 추출조사를 실시하여야 한다. 이때 조사된 결함 중 하나라도 그 깊이가 3 mm를 초과하면 절단면의 나머지 부분도 깊이를 결정하기 위해 절단면을 그라인딩 조사하여야 한다. 만약 10 % 무작위 추출조사 때 어떠한 결함도 그 깊이가 3 mm를 초과하지 않을 경우 절단면의 나머지 부분은 조사할 필요가 없다.

- (7) 그림 2.3.1의 Y-형과 같은 모재 내의 결함은 불연속 제거 후 실제 순단면적의 공칭치수를 기준으로 계산한 부재단면적의 98 % 이상의 경우에만 기계연마나 그라인딩으로 제거하여야 한다. 결함 제거의 경우 경사가 1/10을 초과하지 않도록 강재 단부를 균일하게 다듬질한다. 고장력강의 Y-형 결함은 용접보수를 하지 않아도 좋다.
- (8) 결함 길이가 25 mm를 초과하고 깊이가 25 mm 보다 큰 불연속 보수는 다음에 준하여 보수하여야 한다.
- ① 그림 2.3.1에서 「W, X, Y-형」의 결함은 이음을 완료하기 전에 그 크기와 모양을 초음파 탐상검사 방법에 의하여 확인·결정하여야 한다.
 - ② 「W, X, Z-형」의 결함 허용면적은 강판면적의 4 %를 초과하여서는 안 된다. 또한 결함 길이나 깊이가 모재의 폭과 길이의 각각 20 %를 초과해서는 안 된다.
 - ③ 위 ②항의 허용면적을 초과하지 않는 Z-형 결함은 용접면에서 25 mm 이상 떨어져 있을 경우는 보수할 필요가 없으나 25 mm 이내일 경우는 용접열영향부에서 25 mm까지 치핑, 아크에어가우징, 또는 그라인더에 의하여 제거하고 층당 3 mm를 초과하지 않는 최소 4개 층을 가스메탈 아크용접을 실시하고 나머지는 서브머지드 아크용접 또는 승인된 용접방법에 의하여 용접하여야 한다.
 - ④ 그림 2.3.1에서 「W, X, Y, Z-형」의 결함이 ②항의 허용기준을 초과할 경우 다른 재료로 대체하여야 한다.
 - ⑤ 용접보수의 전체길이가 모재단부 길이의 20 %를 초과하는 경우 다른 재료로 대체하여야 한다.
 - ⑥ 그림 2.3.1에서 「W와 X-형」의 결함에 대한 고장력강의 용접보수는 지름 4 mm의 저수소계 용접봉을 사용하여야 한다. 고장력강재의 용접부 검사는 용접보수 완료 후 48시간 이후에 검사해야 하며 그루브용접 보수는 감독자의 승인을 받아 시행하여야 한다.
 - ⑦ 모든 보수용접은 승인된 용접절차서에 준하여 시행하여야 한다.

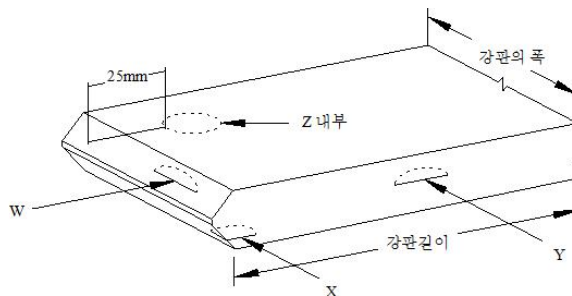


그림 2.3.1 절단강재의 단부 결함

- (9) 가스절단면은 절단에 의한 강재의 변형이나 잔류응력이 발생하도록 해서는 안 되며, 만일 절단면에 허용치를 초과하는 변형이나 잔류응력이 발생했을 경우는 교정기나 또는 열간가공으로 교정·처리하여야 한다. 열간가공 교정은 이 시방서 「2-4 용접」의 해당요건에 따른다.
- (10) 불합격된 용접부재 모재의 결함부는 백가우징(back gouging), 기계연마 또는 치핑과 그라인더로 제거시켜야 한다. 가우징 표면의 탄소침전물 등은 그라인더로 제거하여야 한다.
- (11) 상기한 결함 이외의 보수에 대해서는 감독자가 승인한 용접절차서에 준하여 보수하여야 한다.

3.4 구멍 뚫기

3.4.1 구멍 뚫기

- (1) 구멍뚫기는 소정의 지름으로 정확하게 뚫어야 하되 드릴 및 리머 다듬질을 병용하여 마무리하여야 한다. 가조립하기 이전에 소정의 지름으로 구멍을 뚫을 때에는 형판 또는 자동천공기를 사용하여야 한다.
- (2) 2차부재에서 판두께 16 mm 이하 강재에 구멍을 뚫을 때는 눌러뚫기에 의하여 소정의 지름으로 뚫을 수 있으나 구멍 주변에 생긴 손상부는 깎아서 제거하여야 한다.
- (3) 볼트 구멍의 중심에서 연단까지의 최소거리는 설계도에 특별히 지정한 경우를 제외하고는 표 2.3.4에 따른다.

표 2.3.4 볼트 구멍중심에서 연단까지의 최소거리

(단위 : mm)

볼트의 호칭	구멍중심에서 연단까지의 거리	
	전단연	자동가스 전단연, 압연연 및 다듬질한 연
M8	18	15
M10	20	17
M12	22	19
M16	27	23
M20	32	28
M22	37	32
M24	42	37
M27	50	45
M30	55	50

3.4.2 볼트구멍의 지름 및 정밀도

(1) 볼트 구멍의 공칭치수는 표 2.3.5 및 표 2.3.6에 표시한 것으로 한다.

표 2.3.5 볼트 구멍의 지름

(단위 : mm)

볼트의 호칭	고장력볼트	일반볼트
M8	—	10.0
M10	—	12.0
M12	—	14.0
M16	18.0	18.0(17.5)
M20	22.5	22.5(21.5)
M22	24.5	24.5(23.5)
M24	26.5	26.5(25.5)
M27	30.5	30.5(29.5)
M30	33.5	33.5(32.5)

주 : 1) 고장력볼트에는 T/S 볼트, 방청처리 고장력볼트, 용융 아연도금 고장력볼트, 내후성 고장력볼트를 포함한다.

2) ()안은 공사용 거더 등 주요부재에 일반볼트를 지압접합으로 사용한 경우이고, 이 경우의 볼트품질은 마무리 볼트로 한다.

3) M20 이상의 볼트에 대하여는 AASHTO LRFD 교량설계기준보다 0.5 mm의 여유를 두고 정한 것이다.

표 2.3.6 접시머리형 볼트구멍의 형상 및 치수

(단위 : mm)

호칭	타입식고장력 접시머리형 볼트				보통접시 머리형 볼트				도 해
	θ	h	D	d	θ	h	D	d	
M12					90°	5	24.0	14.0	
M16						6	30.0	18.0	
M20	60°	9.5	32.2	21.2		7	36.5	22.5	
M22		11.0	35.9	23.2	60°	10	36.0	24.5	

(2) 볼트구멍 허용오차

볼트구멍의 직각도는 1/20 이하로 하며 볼트구멍의 허용오차는 표 2.3.7에 따른다. 그러나 마찰접합일 때에는 한 볼트군의 20 %에 대하여 +1.0 mm까지 인정할 수 있다.

표 2.3.7 볼트 구멍의 허용오차

볼트의 호칭(mm)	허용오차(mm)	
	마찰접합	지압접합
M20	+0.5	± 0.3
M22	+0.5	± 0.3
M24	+0.5	± 0.3
M27	+1.0	± 0.3
M30	+1.0	± 0.3

(3) 볼트구멍의 직선도 및 구멍간격

제작 시 구멍중심선 축에서 구멍의 어긋남은 ± 1 mm 이하로 하며 볼트그룹에서 처음 볼트와 마지막 볼트의 최대연단 거리의 오차는 ± 2 mm 이하로 한다. 다만, 볼트구멍 간격의 허용오차는 ± 0.5 mm 이하로 한다.

(4) 볼트구멍의 엇갈림

마찰접합으로 재편을 조립할 경우, 구멍의 엇갈림은 1.0 mm 이하로 하고, 지압접합으로 재편을 조립할 경우, 구멍의 엇갈림은 0.5 mm 이하로 한다.

3.5 휨(굽힘) 가공

3.5.1 휨 가공의 곡률반경

- (1) 주요부재를 휨가공 할 경우와 (2)항 이외의 부재를 냉간 휨가공 할 경우에는 휨 가공된 부재의 내측 곡률반경이 강재 두께의 15배 이상으로 한다.
- (2) 강재의 화학성분 중 질소함유량이 0.006 %를 넘지 않는 재료로서 KS B 0810(금속 재료 충격 시험방법)에 규정된 샤르피 충격시험의 결과가 150 Joule 이상인 경우에는 내측 곡률반경을 강재 두께의 7배 이상, 200 Joule 이상인 경우에는 5배 이상으로 할 수 있다. 압연직각방향으로 냉간 휨가공을 할 경우는 압연직각방향의 샤르피 흡수 에너지 값을 적용한다.

(3) 전항에 규정된 내측 곡률반경 미만으로 냉간 휨가공 할 경우에는 다음과 같은 시공시험에 의해 확인된 방법에 의하여야 한다.

- ① 냉간 휨가공을 하고자 하는 강재로부터 KS B 0802(금속 재료 인장 시험 방법)에 규정된 방법에 의거 시편을 채취한다
- ② 냉간 휨가공의 내측 곡률반경-두께비 R/t 에 일치하는 소성변형을 KS B 0802 금속 재료 인장 시험 방법에 따라 시편에 가한다. 이 때, 압연직각방향으로 냉간 휨가공을 할 경우는 압연방향으로 변형을 가하여야 한다.
- ③ KS B 0810(금속재료 충격 시험방법)에 규정에 따라 충격시험 시편을 채취한 후 1시간 이상 250 ℃로 가열 및 상온 냉각한 후 충격시험을 실시한다.
- ④ 강재의 화학성분 중 질소함유량이 0.006 %를 넘지 않는 재료로서 KS B 0810(금속재료 충격 시험방법)에 규정된 샤르피 충격시험의 결과가 KS 3868(교량 구조용 압연강재) 또는 KS D 3515(용접 구조용 압연 강재)에 제시된 해당 설계 요구 강재의 기준 이상이어야 하며, 천이온도는 해당 설계 요구 강재의 시험 기준온도 이하이어야 한다.

3.5.2 열간가공

SM570 및 SMA570 이상의 열처리강(Q)과 열가공 제어강(TMC 및 HSB)의 열간 휨가공은 불가피한 경우를 제외하고는 해서는 안 된다. 열간 휨가공이 불가피한 경우에는 강재 공급원이 추천한 방법에 의하거나 시험을 통해 열간 휨가공 후의 강재 물성치에 대한 요구 성능 확보를 확인하여야 한다.

3.5.3 역변형

미리 역변형을 줄 필요가 있을 경우에는 강재의 품질에 손상이 없게 주의한다.

3.6 지압면의 표면가공

지압면의 면가공은 국제규격 또는 동등한 조건에 따른다.

3.7 가공검사

가공검사는 용접을 위한 재편조립하기 전에 형강 및 판의 절단상태, 마무리상태, 모양, 치수 등을 검사하여 가조립 전에 소재의 교정을 실시한다.

3.7.1 형강류의 검사

ㄱ형강, ㄷ형강 등의 절단상태, 치수, 볼트구멍의 크기 및 위치, 부재의 변형, 결함에 대하여 검사한다.

3.7.2 연결판, 리브, 보강재류의 검사

절단면의 상태, 모양, 크기 및 치수, 홈형 상부의 상태, 판의 변형, 볼트 구멍의 위치, 볼트의 간격, 게이지, 구멍의 크기, 개수 및 마찰면의 마무리 등에 관해 검사한다.

3.7.3 용접제작 부재의 검사

절단된 소재의 재질 변형, 크기, 치수, 용접될 홈 형상, 볼트구멍의 위치, 볼트의 간격, 게이지, 구멍의 크기, 볼트의 개수 및 마무리 상태 등에 관하여 검사하여야 한다.

3.7.4 휨가공 검사

재질의 손상, 인장 측의 변형으로 인한 손상 등에 관하여 육안으로 검사하여야 한다.

3.7.5 솟음 검사

교형, 트리스 등 솟음이 주어진 부재를 제작할 때 역솟음 가공현상이 생기지 않도록 사전에 모양, 치수 및 크기를 정확히 검사하여야 한다.

3.8 재편조립

3.8.1 일반사항

- (1) 필릿용접에 의한 재편조립은 재편이 용접부에서 실현가능한 한 가깝게 밀착되도록 한다. 루트의 간격은 표 2.3.8을 따른다.
- (2) 플러그 또는 슬롯용접 접합부의 서로 접하는 면 사이의 간격과 맞대기용접부의 강판과 뒷덮재의 접하는 면 사이의 간격은 2 mm를 초과해서는 안 된다.
- (3) 정렬된 재편은 임시용접과 조립 가불임용접에 의해 그 위치를 유지시켜야 하며 필요할 경우 임시 고정장치, 지그, 클램프, 볼트 등으로 그 형상을 유지시켜야 한다.
- (4) 용접에 의한 강재의 변형이나 수축에 의하여 용접응력이 발생하게 될 경우, 이를 최소화 할 수 있도록 용접순서를 정해야 하며 필요에 따라서 임시 지지재를 사용할 수 있으나 임시 지지재는 가급적 모재에 붙이는 것을 될 수 있는 대로 피한다. 부득이 임시 지지재의 임시용접으로 인하여 모재의 손상이 생겼을 때에는 이 시방서 「2-4 용접」의 해당요건에 따라 보수한다.
- (5) 재편 조립시 채움재는 설계도에 표시되어 있거나 특별히 감독자가 승인한 경우에만 사용할 수 있다.
- (6) 재편 조립시 주의사항
 - ① 부재의 취급은 조심스러워야 하며 불필요한 망치의 타격을 해서는 안 된다. 불가피하게 망치를 사용할 경우 간접 타격법으로 모재를 보호한다.

- ② 옥외 작업에서 용접부에 녹이 생기기 쉬운 장소는 보호장치를 하며, 특히 루트면 및 홈에 녹이 발생한 경우에는 그라인더 및 와이어 브러쉬(wire brush)로 녹을 제거한 후에 한다.
- ③ 조립작업대는 제품의 모양에 따라 다양하나 항상 수평도를 유지하며 이음용 지그(strong back) 등을 임시용접 한 흔적은 그라인더로 표면처리 한다. 작업대 위에 기준선을 표시하여 치수검토의 기준으로 이용할 수 있다.
- ④ 부재편의 조립은 용접에 의한 변형을 적게 하기 위하여 역변형이나 구속을 실시하며 용접에 의한 수축량을 감안하여 완성 시 치수, 모양을 정확하게 유지할 수 있도록 적절한 조치를 취하여야 한다.
- ⑤ 보의 제작을 위한 용접은 소요 솜음을 얻을 수 있도록 용접순서를 조립제품에 표기하여 시행한다. 이때 웨브의 상하단의 용접순서, 종리브 및 수평·수직 보강재의 용접순서 등이 솜음에 미치는 영향을 면밀히 분석하고, 그 결과를 고려한다.
- ⑥ 용접이 있는 조립편은 기름, 먼지, 수분 등 이물질이 없는 깨끗한 상태에서 조립한다.

3.8.2 재편 조립정밀도

- (1) 재편의 조립정밀도는 용접부의 응력전달이 원활하고 용접불량이 생기지 않는 정도라야 한다.
- (2) 재편의 조립정밀도는 표 2.3.8의 값으로 한다.

표 2.3.8 재편의 조립정밀도

구 분	형 상	허용오차
그루브용접	루트 면 높이 (1) 루트 가우징 안 할 경우 (2) 루트 가우징 할 경우	± 2 mm 제한 없음
	강재 뒷담재 없는 용접부의 루트간격 (1) 루트 가우징 안 할 경우 (2) 루트 가우징 할 경우	± 2 mm +2 mm, -3 mm
	강재 뒷담재 있는 용접부의 루트간격 (1) 루트 가우징 안 할 경우 (2) 루트 가우징 할 경우	+6 mm, -2 mm 해당 사항 없음
	판두께 방향의 재편의 편심	얇은 쪽 판두께의 10 %, 또는 3 mm 중 작은 값
	뒷담재를 사용할 때의 밀착도 (1) 루트 가우징 안 할 경우 (2) 루트 가우징 할 경우	2 mm 해당 사항 없음
	그루브 개선각도	$+10^{\circ}$, -5°
필릿용접	루트 간격 ¹⁾	2 mm

주 : 1) 필릿용접부 루트간격 2 mm 이상인 경우에는 필릿용접의 다리길이를 루트 간격만큼 증가시켜야 한다.

- (3) 시공시험에 의한 오차의 허용량이 확인된 경우에는 감독자의 승인을 득한 후 재편의 조립정밀도를 변경할 수 있으며, 표 2.3.8 이외의 조립정밀도는 「2-1 일반요건」의 「1.5 제출자료」의 품질관리 계획서를 제출하여 감독자의 승인을 받아 시행하여야 한다.

3.9 단품 제작 검사

- (1) 단품 제작이 완료된 부재는 정밀도를 검사해야 하며 단품 제작의 허용기준은 이 시방서의 해당요건에 따른다.
- (2) 전항 이외의 단품 제작 정밀도 검사기준은 외국의 관련 규정과 동등한 조건에 따른다.

3.10 공장가조립

3.10.1 일반사항

- (1) 계약상대자는 공장가조립(이하 가조립)의 범위, 조립, 해체, 가조립검사 방법 등의 계획을 수립하여 사전에 감독자의 승인을 받아야 한다.
- (2) 가조립을 할 때에는 강교의 전 경간을 동시에 일체로 시행하는 것으로 한다. 단, 구조물의 특성상 분리하여 가조립을 하더라도 전체 구조계의 내용을 평가할 수 있을 경우는 승인된 절차서에 의하여 분리하여 시행할 수도 있다.
- (3) 정밀 가공되어 컴퓨터 시뮬레이션 또는 레이저 측정 등의 방법으로 가조립 정밀도를 확인할 수 있는 경우 감독자의 승인을 받아 가조립을 생략할 수 있으나, 다음의 경우는 가조립을 시행한다.
- ① 새로운 구조형식 또는 아직 시공 경험이 없는 구조물
 - ② 복잡한 구조물로 특별히 감독자의 지시가 있을 경우
 - ③ 현장 가설 시 공정, 건설조건 등의 제약이 있을 경우
- (4) 가조립장
- ① 가조립장은 대상 구조물을 동시에 가조립을 할 수 있는 면적을 확보하여야 한다.
 - ② 가조립 장소는 전문 가조립장이나 가조립을 실시했을 때 제품 중량에 의해 침하되지 않는 견고한 지반으로 한다.
- (5) 가조립 순서 및 방법
- ① 가조립 순서는 현장가설방법의 제약조건을 고려하여 현장가설 순으로 한다.
 - ② 가조립 구조물의 솟음 및 경사는 설계도서와 일치되도록 한다.

- ③ 가조립대는 작업형편에 맞게 가능한 지상으로부터 700 mm 이상 높이를 유지해야 하며 제품의 특성에 맞게 배치하여 각 부재가 가능한 한 무응력 상태가 되도록 한다.
- ④ 가조립 구조물 받침부에는 반드시 지지대를 설치한다.
- ⑤ 공장여건에 따라 분리하여 가조립 할 경우는 분리되는 부분이 중복되게 가조립한다.
- (6) 주요부재의 연결
- ① 가조립 시 주요부재의 연결에는 드리프트 핀이나 볼트를 사용한다.
- ② 각 부재에 사용하는 드리프트 핀이나 볼트 수량은 조임 고장력 볼트 수량의 25 % 이상(웨브는 15 % 이상) 사용하는 것으로 한다.
- ③ 볼트구멍의 관통율 및 정지율은 표 2.3.9에 따르며 가조립용 볼트시공은 「2-5 볼트 집합」의 해당요건에 따른다.

표 2.3.9 볼트구멍의 관통율 및 정지율

	볼트의 지름	관통 게이지(mm)	관통율(%)	정지 게이지(mm)	정지율(%)
고장력 볼 트	M16	17.0	100	19.0	80 이상
	M20	21.0		23.0	
	M22	23.0		25.0	
	M24	25.0		27.0	
	M27	27.7		30.0	
	M30	30.7		33.3	
일 반 볼 트	M8	9.0	100	11.0	80 이상
	M10	11.0		13.0	
	M12	13.0		15.0	
	M16	17.0(16.0)		19.0(18.0)	
	M20	21.0(20.0)		23.0(22.0)	
	M22	23.0(22.0)		25.0(24.0)	
	M24	25.0(24.0)		27.0(26.0)	
	M27	27.7(26.7)		30.0(29.0)	
	M30	30.7(29.7)		33.0(32.0)	

주 : ()안은 공사용 거더 등 주요부재에 일반 볼트를 지압집합으로 사용한 경우로 하고, 이 경우의 볼트품질은 마무리 볼트로 한다.

3.10.2 가조립 검사

- (1) 가조립 검사의 정확성을 확보하기 위해서는 기준점을 정해야 하며 이 기준점을 근거로 하여 교량의 솟음, 비틀림, 각 격점의 위치, 소울플레이트의 중심간 길이 및 높이 등의 허용차를 검측 한다.
- (2) 가조립 검사는 태양열에 의한 변형을 고려하여 오전 일찍 또는 오후 늦게 실시하며 그 외의 시간에 실시할 경우에는 반드시 시간과 기온을 기록·유지하여 현장설치 시 온도보정에 참고토록 한다.
- (3) 가조립검사에 사용되는 계측용 장비는 국가기관 검정에 합격한 것으로 한다.
- (4) 가조립 상태는 명시된 도면과 이상이 없도록 준비하여 감독자의 확인을 거쳐야 한다.

3.10.3 가조립 품질 관리

- (1) 가조립의 정밀도는 표 2.3.10에 따른다.
- (2) 주요 접합부 연결재의 가조립 정밀도 확보를 위한 접합부 연결재의 틈은 다음과 같다.
 - ① 연결부에서 부재의 가장자리 어긋남은 3 mm 이내로 한다.
 - ② 볼트접합하는 주요부재 단부의 틈은 설계도서 규정치보다 5 mm를 초과해서는 안된다.

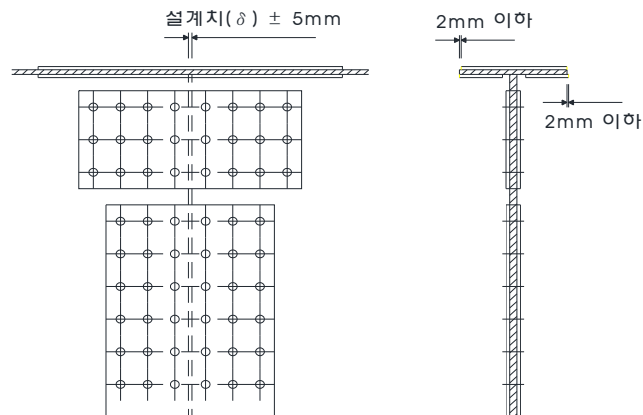


그림 2.3.2 접합부 연결재의 틈

- (3) 연결판과 모재는 밀착되어야 한다. 연결부 모재의 단차는 3 mm를 초과해서는 안 된다. 모재의 단차가 1 mm ~ 3 mm인 경우는 그라인더로 모재표면의 경사가 1/10 이하의 경사가 되도록 단차부를 가공한 후 연결판을 밀착시켜야 하고, 부득이 단차가 3 mm를 초과할 경우에는 채움판을 사용하여 연결판과 밀착시킨다.

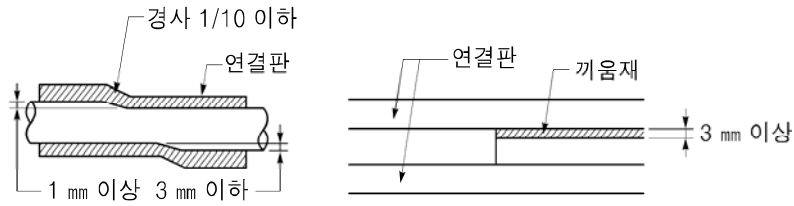


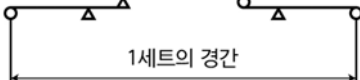
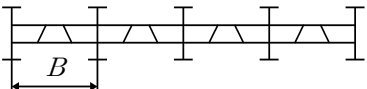
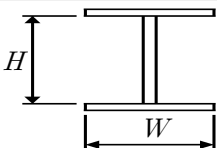
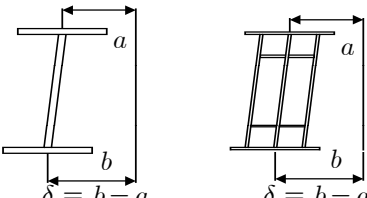
그림 2.3.3 모재의 단차

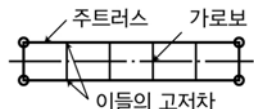
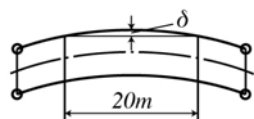
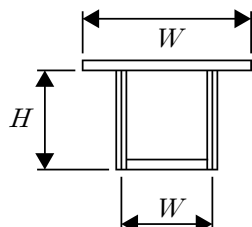
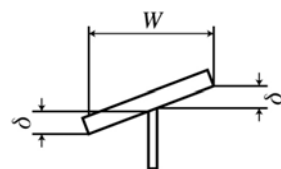
(4) 가조립 검사 후에 주요 이음부의 천공을 실시할 경우에는 다음의 순서에 의한다.

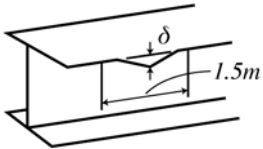
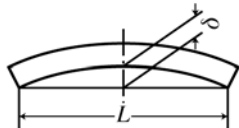
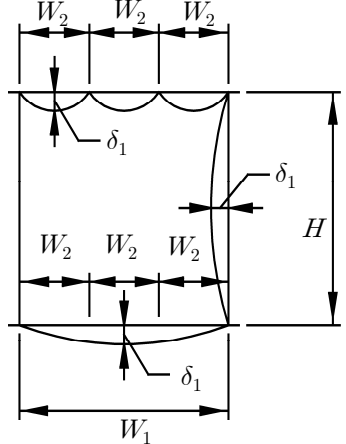
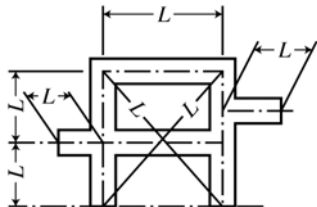
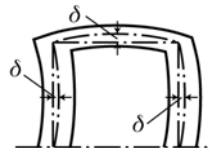
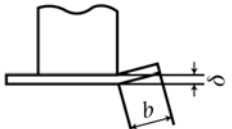
- ① 가조립 후에 필요한 용접(stud 및 bracket 등)은 천공 전에 한다.
- ② 기준 구멍은 미리 천공하여 천공이 정확하게 되도록 완성된 연결판 또는 형판을 천공 전에 조임 한다.

표 2.3.10 제작치수 허용차 및 가조립 정밀도

(단위 : mm)

항목	허용차(mm)	적용
전장 공간	$\pm\{10 + (0.1L/1000)\}$ L : 공간 (mm)	게르버교 등에서는 한 세트의 공간에도 적용 
주거더 또는 주 트러스의 중심 간격	$\pm\{3 + (0.5B/1000)\}$ B : 주거더 또는 주트러스의 중심 간격(mm)	
상부중심 간격과 하부중심 간격 차이	$\{2 + (2B/1000)\} \leq 10 \text{ mm}$ B : 주형 또는 트러스의 중심 간격(mm)	플레이트거더류에서는 상부플랜지 중심 간격과 하부플랜지 중심 간격, 트러스에서는 상현재 중심 간격과 하현재 중심 간격
주거더 또는 주트러스 높이	$\pm\{4 + (0.5H/1000)\}$ H : 거더 또는 트러스의 높이(mm)	
주거더 또는 주트러스의 경사	$\delta = (3 + H/1000)$ H : 거더 또는 트러스의 높이(mm)	

항목		허용차(mm)		적용
지지부의 고저차		5		같은 거더, 모든 받침 상호의 고저차
경간 중앙의 제작 솟음	과대시	{3 + (0.15L/1000)} ≤ 20 mm L : 경간(mm)		좌우 주형이 단독이고 고정하중을 적용치 않을 때 (실측 솟음) - (필요 솟음)
	부족시	{3 + (0.05L/1000)} ≤ 6 mm L : 경간(mm)		
트러스 격점의 높이 차이	교축방향으로 인접한 격점들	5		
	교축 직각 방향에 대치되는 격점들	단선	5	
		복선	7	
지점간의 수평차	경간 중앙에서	$\delta = \{3+(0.1L/1000)\}$ ≤ 12 mm L : 경간(mm)		
중간부의 수평 차이	임의의 위치에서 측정 길이 20 m의 중앙에서	$\delta = 5$		
플랜지 폭	초과량	+ {2+(1.5W/1000)} W : 플랜지폭(mm)		
	부족량	-(1+W/1000) W : 플랜지폭(mm)		
용접 I 형의 웨브와 플랜지의 각도오차 (합성형 상부 플랜지는 제외)	웨브, 플랜지	$\delta = (5W/1000)$ W : 플랜지폭(mm)		

항목		허용차(mm)	적용
플랜지 끝의 요철 (합성형 상부 플랜지는 제외)	임의의 위치에서 측정 길이 1.5 m에 대한 그 중간지점에서	$\delta = 2$	
주요부재의 휨	임의의 중간지점에서	$\delta = L/1000$ $\leq 8 \text{ mm}$ L : 경간(mm)	
웨브의 처짐		$\delta_1 = \frac{H}{250}$ 또는 (2/3)t 중 작은 쪽 t : 웨브의 두께	
플랜지의 처짐	웨브에서	$\delta_2 = \frac{W_1}{150}$ 또는 t 중 작은 쪽 t : 플랜지의 두께	
	웨브와 리브사이, 또는 리브사이에서	$\delta_3 = \frac{W_2}{150}$	
라멘교각	기둥중심간격(L) 기둥 길이(h) 보의 길이(b) 대각 길이(d) (평균, 입면)	$\pm \{5 + (0.15L/1000)\}$ $\pm \{5 + (0.15h/1000)\}$ $\pm \{5 + (0.15b/1000)\}$ $\pm \{5 + (0.15d/1000)\}$	
	보의 솟음 및 기둥의 휨	$\delta = L/1000$ L : 측정 길이(mm)	
	받침판의 수평도	$\delta = \frac{b}{200}$	

주 : 1) 기준 솟음선은 완성 솟음에서 경간중앙의 제작솟음 허용차를 고려하여 결정한다.

2) 허용차를 계산하는 식에 사용된 부재 치수는 별도의 명기가 없는 경우(mm) 단위를 기준으로 적용한다.

3.10.4 가조립의 해체

- (1) 조립검사가 끝난 후 부재 연결부분에 맞춤표시를 실시하여 현장 가설 시 맞춤이 쉽도록 한다.
- (2) 가조립 검사, 맞춤표시가 끝난 후 가조립 역순으로 해체하여 변형 및 손상이 가지 않도록 한다.

3.11 강재 표면처리

3.11.1 표면처리

강재면의 표면처리는 이 시방서 「제6장 도장」의 해당요건에 따른다.

3.11.2 페인트 및 바탕처리 시설

페인트 칠하기 시설과 페인트 칠하기를 위한 바탕처리 시설은 환경관리 규제에 저촉되지 않는 시설을 갖추어야 한다.

3.12 곡선거더

3.12.1 일반사항

- (1) 제작자는 곡선거더 제작에 앞서 강재의 절단 및 가공에 대한 계획서를 제출하여 감독자의 승인을 받아 시행한다. 열가공에 의한 곡선거더를 제작할 경우는 계획서에 가열 방법, 가열온도 및 시간, 가열자세, 작업절차 등에 관련된 내용이 포함되어야 한다.
- (2) 최소 항복강도 340 MPa 이상의 강재에 대한 열가공은 시험 등을 통해서 열가공 후의 강재 품질보장이 입증된 경우에만 감독자의 승인을 받아 시행할 수 있다.
- (3) 곡선거더 가공에 필요한 선긋기, 그루브가공, 구멍뚫기 및 재편조립 등은 이 절의 해당요건에 따른다.
- (4) 곡선거더 제작에 필요한 용접이음 시공은 「2-4 용접」의 해당요건에 따른다.

3.12.2 곡선거더 가공

- (1) 수평곡선 용접거더교의 곡선플랜지와 웨브 수평보강재는 설계도에 표시된 곡선 반지름에 맞추어 가스로 절단한 절단재를 사용하며, 웨브와 상·하플랜지 종방향 리브 롤러가공에 의하여 곡선화 한다.
- (2) 아치리브 등을 포함한 종단곡선 용접거더교의 웨브와 플랜지 종방향 리브는 곡선 반지름에 맞추어 가스로 절단한 절단재를 사용하며, 플랜지와 웨브 수평보강재는 롤러가

공에 의하여 곡선화하여야 한다.

- (3) 형강재의 수평 및 종단곡선 가공은 기계가공 또는 열가공에 의하여 곡선화하며, 플랜지 리브 및 웹 수평보강재는 「(1) 및 (2)」에 따른다. 조립된 플레이트거더를 열가공에 의하여 곡선화 할 경우는 제작에 앞서 감독자의 승인을 얻어 시행한다.
- (4) 열가공에 의한 곡선화 작업은 열가공 절차서 및 요령서에 준하되 일반사항은 다음 사항에 따른다.

3.12.3 가열방법 및 가열온도

- (1) 보와 거더의 곡선화를 위한 가열방법은 V-형 가열 또는 연속 가열방법에 의하여 시행하되 가열범위 및 온도는 감독자가 승인한 열가공 절차서 및 요령서에 따른다.
- (2) 연속 가열방법은 상부 또는 하부플랜지의 단부를 따라서 표면 또는 층상에 플랜지의 폭과 두께에 따라 연속적으로 가열하며 표면 가열면적은 필요곡선을 이룰 수 있는 온도와 폭으로 시행한다.
- (3) V-형 가열방법은 상부와 하부플랜지가 삼각원뿔이나 쐐기모양의 가열로 각 플랜지를 따라 등간격으로 단부를 따라 가열한다. 다만, 가열간격과 온도는 곡선을 얻을 수 있는 요건에 충족되며 가열은 상·하 플랜지에 같은 비율로 진행시킨다.
- (4) 플랜지 내·외면의 가열은 플랜지 두께가 30 mm 이상인 경우는 동시에 가열하여야 한다.
- (5) 강판의 가열온도는 650 ℃를 초과해서는 안 되며 350 ℃가 될 때까지 수냉을 해서는 안 된다. 인공냉각 방법은 감독자의 승인을 받아야 한다. 단, 별도로 가열온도와 시간, 냉각속도 등에 대한 제철소의 시험자료와 품질보증에 있는 경우에는 감독의 승인을 받아 제철소의 권고를 따를 수 있다.

3.12.4 열가열 자세

- (1) 거더는 수직이나 수평자세로 웹과 함께 곡선화하여야 한다.
- (2) 수직자세로 곡선화 할 때는 가열에 의한 거더의 지나친 곡선화 방지를 위하여 횡방향으로 지지재나 사재를 설치한다.
- (3) 수평자세로 곡선화 할 때는 거더의 단부와 중앙부를 지지하며, 거더중량에 의하여 플랜지의 휨응력이 허용응력을 초과해서는 안 된다. 특히 플랜지가 소성 좌굴에 의하여 급격히 내려앉음이 발생하지 않도록 거더 중간부는 플랜지의 변위가 50 mm 이내가 되도록 한다.

3.12.5 작업절차

- (1) 거더는 페인트를 칠하기 전에 제작소에서 가공한다. 열가열 작업은 거더의 수직보강재를 용접하기 전이나 후에 시행하되 거더의 수축이 없는 한 연결판 및 지압보강재는 가열 후에 설치하여야 한다.

- (2) 수평보강재가 필요할 경우 절단한 보강재를 거더에 용접한다.
- (3) 덮개판이 있는 형강의 경우, 보는 덮개판을 부착하기 전에 열가공하고, 절단한 덮개판을 곡선보에 용접한다. 단, 플랜지와 덮개판의 두께 합이 65 mm 이하이고, 곡률반경이 300 m 이상인 경우 열가공 전에 덮개판을 부착할 수 있다.

3.12.6 솟음

- (1) 거더는 열가공 전에 비틀림에 대한 처짐과 곡선에 대한 편기울기 등을 고려하여 소정의 솟음을 준다. 플레이트거더교의 웨브는 절단, 용접 및 열가공에 의한 수축을 고려하여 적절한 솟음을 준다.
- (2) 열가공 방법에 의한 솟음은 감독자의 승인을 받아 시행한다.

3.12.7 정밀도

곡선거더 제작완료 후 거더의 수평곡선도 및 솟음에 대하여 검측을 실시한다. 부재의 정밀도는 표 2.3.10에 준하며 검측결과 보수작업이 필요한 경우 감독자가 승인한 절차서에 의하여 보완한다.

3.13 강바닥판(steel deck plate)

3.13.1 일반사항

- (1) 강바닥판은 상세설계도 또는 제작자의 제작상세도 및 용접시공 절차서 등에 따라 제작한다.
- (2) 강바닥판의 규격은 교량의 형태에 따른 주부재나 부부재의 보강에 맞추어 제작하되 장폭비 1:1.5를 권장한다.
- (3) 강바닥판의 판 이음부는 종방향 및 횡방향 리브의 위치에서 이음부 최소 판 두께의 15배 이상 떨어진 곳에 두는 것이 바람직하다.
- (4) 종방향 보강재와 횡방향 보강재가 만나는 지점은 스켈럽 및 용접형상, 용접순서에 따라 허용피로강도에 큰 영향을 미치므로 검토하여 감독자의 승인을 얻어 시공한다.
- (5) 강바닥판은 판의 뒤틀림이나 구부러짐이 없도록 지지재나 클램프 등을 사용하여 정밀하게 제작한다.
- (6) 강바닥판의 판절단 및 가공은 이 절의 해당요건에 준하며 용접시공은 「2-4 용접」에 따른다.

3.13.2 평탄도 및 직선도

- (1) 평탄도는 강바닥판 블록 전체를 기준으로 하는 경우와 보강재 사이의 패널크기를 기준

으로 하는 경우가 있다. 패널의 평탄도는 최대편차가 다음 값을 초과해서는 안 된다.

$$\frac{15}{32}(\text{mm}) \text{ 또는 } \frac{D}{50} \sqrt{T}(\text{mm})$$

여기서, D : 패널 경계의 최소길이(mm)

T : 패널 강판의 최소두께(mm)

(2) 압축력을 받는 보강재와 강바닥판 리브의 직선도

압축력을 받는 종방향 보강재, 또는 강바닥판 중 리브의 직선도는 보강재 또는 리브의 횡 방향 최대 오차가 다음 값을 초과해서는 안 된다.

$$\frac{L}{480}$$

여기서, L : 보강재 또는 리브의 길이, 가로보 또는 횡 리브의 간격(mm)

(3) 웹의 횡방향 보강재와 압축력을 받지 않는 기타 보강재

웹의 횡방향 보강재, 또는 압축력을 받지 않는 기타 보강재의 직선도는 보강재의 횡 방향 최대 오차가 다음 값을 초과해서는 안 된다.

$$\frac{L}{240}$$

여기서, L : 보강재의 길이, 보강재의 횡방향 지지점 사이의 길이(mm)

3.13.3 강바닥판 검사

- (1) 강바닥판 제작완료 후 제작검사는 전체크기에 대해 수행하며, 이때 검사에 필요한 시설이나, 재료 등은 제작자가 준비한다.
- (2) 제작검사 결과 강바닥판의 평탄도와 직선도가 허용오차를 초과할 경우는 감독자의 승인을 받아 수정 또는 보완 조치를 취한다.

3.14 최종 제작자검사

완성 제품에 대한 최종단계의 제작자 검사는 제작자검사 성적표를 작성하여 감독자의 입회 검사를 받는 것으로 한다.

3.15 제작품 운송 및 보관

3.15.1 제작품 운송

- (1) 제작자(계약상대자)는 제작품이 안전하게 운송될 수 있도록 제작품의 규모, 중량 및 형상과 교량가설지점까지 운반로의 지형적 특성을 고려하여 운송방법을 계획하여야 한다.
- (2) 도로 운송 시 국토해양부에서 정한 운행제한 차량 등 법령에 의한 차량제한 규정을 검토하여 운송방법을 결정 한다.
- (3) 철도운송은 철도 노선별 최소곡선반경, 터널크기, 전철, 건축한계 제한구간, 교량현장 근접역 하역 또는 하역조건 등을 검토하여 운송방법을 결정한다.
- (4) 제품운송 절차 및 방법에 대해서는 감독자를 포함한 현장 관계자와 협의하여 결정한다.
- (5) 현장반입 시 제작품은 가급적 현장 내에서 2차 운송이 발생하지 않도록 조립장까지 운송한다. 부득이 2차 운송이 필요할 경우는 안전하게 운송되도록 이에 대한 계획을 수립한다.
- (6) 제작자는 최종검사가 끝난 제작품을 운송 중에 변형, 파손, 분실되지 않도록 적절한 조치를 취하여 감독자의 승인을 받은 후 현장설치 작업순서에 따라 포장 목록표를 작성하여 발송한다.
- (7) 중량이 50 kN 이상의 부재는 그 중량 및 중심위치를 눈에 잘 띄는 곳에 표시한다. 중량물의 경우 리프팅 러그를 무게중심 또는 취급하기 편리한 위치에 견고하게 부착한다.

3.15.2 제작품 보관

제작품의 보관은 받침목 또는 지지목을 설치하여 제작품의 변형 또는 손상이 발생하지 않도록 한다. 제작품을 겹쳐서 적치하는 것은 가능한 한 피하며, 조립에 편리하도록 보관하여야 한다.

2-4 용접

1. 일반사항

1.1 적용범위

이 절은 강교제작에 필요한 용접공사에 적용한다.

1.2 관련 시방서 및 기준

1.2.1 토목공사 표준일반시방서

1.2.2 강구조공사 표준시방서

1.2.3 철도공사 전문시방서

1.2.4 도로교 설계기준

1.3 참조규격

KS B 0052 용접기호

KS B 0106 용접용어

KS B 0529 머리붙이 스티드 용접부의 굽힘 시험 방법

KS B 0801 금속재료 인장 시험편

KS B 0802 금속재료 인장 시험방법

KS B 0804 금속재료 굽힘 시험

KS B 0809 금속재료 충격 시험편

KS B 0810 금속재료 충격 시험방법

KS B 0811 금속재료 비커스 경도 시험방법

KS B 0816 침투탐상 시험방법 및 지시모양의 분류

KS D 0064 강용접부의 수소량 측정 방법

KS B 0825 아크용접이음의 한쪽인장 피로시험방법

KS B 0826 용착금속의 경도시험방법

KS B 0832 맞대기 용접이음의 굽힘 시험방법

- KS B 0833 맞대기 용접이음의 인장 시험방법
- KS B 0841 금속 재료 용접부의 파괴 시험-십자 및 겹치기 이음 인장 시험
- KS B 0842 측면 필릿 용접이음의 전단 시험방법
- KS B 0844 T형 필릿 용접이음의 굽힘 시험방법
- KS B 0845 강용접부의 방사선 투과 시험방법 및 투과사진의 등급분류방법(RT)
- KS B 0870 Y형 용접균열 시험
- KS B 0885 용접기술 검정에 있어서의 시험방법 및 그 판정기준
- KS B 0896 강 용접부의 초음파탐상 시험방법
- KS B 1062 머리붙이 스티드
- KS D 0064 강용접부의 수소량 측정방법
- KS D 0210 강의 매크로 조직시험방법
- KS D 0213 철강재료의 자분탐상 시험방법 및 자분 모양의 분류
- KS D 3503 일반 구조용 압연 강재
- KS D 3515 용접 구조용 압연 강재
- KS D 3529 용접 구조용 내후성 열간 압연 강재
- KS D 7004 연강용 피복아크 용접봉
- KS D 7005 연강용 가스용접봉
- KS D 7006 고장력강용 피복아크 용접봉
- KS D 7023 저온용 강용 피복아크 용접봉
- KS D 7025 연강 및 고장력강용 마그 용접 솔리드 와이어
- KS D 7101 내후성강용 피복아크 용접봉
- KS D 7102 탄소강 및 저합금강용 서브머지드 아크용접 플럭스
- KS D 7103 탄소강 및 저합금강용 서브머지드 아크용접 와이어
- KS D 7104 연강, 고장력강 및 저온용 강용아크 용접플럭스 코어선
- KS D 7105 일렉트로 가스 아크용접용 플럭스 코어선
- KS D 7106 내후성강용 탄산가스 아크용접 솔리드 와이어
- KS D 7109 내후성강용 탄산가스 아크용접 플럭스 충전 와이어
- KS B 0952 용접치수-치수, 허용차, 제품의 상태, 표시 및 포장

1.4 제출자료

1.4.1 작업절차서

- (1) 계약상대자는 용접시공에 앞서 용접방법과 용접절차서, 용접품질 검사방법 및 절차서를 작성하여야 한다.
- (2) 용접절차서 및 검정기록서 작성에 필요한 용접기호 및 용접용어는 KS B 0052 및 KS B 0106에 따른다.

1.4.2 용접 기술인력 자료

용접에 관련된 각 기술인력에 대한 자료를 신분증 사본과 함께 제출하여야 한다.

1.4.3 용접시험 시공기록

용접 시험시공 기록을 제출하여 감독자의 승인을 받아야 한다.

1.4.4 용접기록 및 자료

- (1) 제작이 완료되면 계약상대자는 용접재료, 용접시공 및 용접검사에 관한 기록을 제출하여야 한다. 용접 검사기록은 KS B 0816, KS B 0845, KS B 0896, KS D 0213 중 해당 검사를 실시한 시험기록서를 작성하여야 한다.
- (2) 현장용접이 허용된 경우에는 현장용접기기에 대한 명세서와 용접기록서를 작성하여 제출하여야 한다.

1.4.5 제작확인서

- (1) 계약상대자는 제작이 완료되면 이 절에서 규정한 재시험과 KS에 준한 모든 시험과 분석에 대한 자료 및 용접시공에 관한 실명날인한 보고서의 사본을 제출하여야 한다.
- (2) 제작완료보고서에는 (1)항 이외에 부재의 변형교정, 응력제거 방법 및 내용, 용접결함 보수사항 및 현장 품질관리기록서를 포함한다.

1.5 품질보증

1.5.1 제작기기의 승인

강교제작을 위한 용접에 필요한 주요시설 및 기기 등은 사전에 감독자에게 승인을 받아야 한다. 다만, 「건설기술관리법 제24조 3항」규정에 의한 철강구조물제작 인증공장인 경우에는 감독자의 사전승인을 생략할 수 있다.

1.5.2 용접 절차서 및 절차검정 기록서

계약상대자는 용접시공에 필요한 모든 용접법에 대해서 용접 절차서와 절차 검정기록서를 작성해야 하며 이를 5년간 보관하여야 한다.

1.5.3 강재의 용접성 시험

충격시험을 요하는 구조용 강재와 부식저항성이 있는 구조용 강재에 대해서는 강재의 용접성과 강재를 용접하는 절차를 정하여 시행한다.

또한 사용강재의 용접성 시험은 KS B 0859, KS B 0867, KS B 0869, KS B 0870, KS B 0872, KS B 0893의 해당시험 규격에 준하여 시행한다.

1.5.4 용접시공시험

(1) 다음의 각 항의 어느 것에 해당될 경우에는 용접시공시험을 하고 그 결과를 사전에 감독자에게 승인을 받는다. 용접시공시험은 표 2.4.1에 따르되, 필요에 따라 추가 용접성 시험을 실시할 수 있다. 그러나 동일 조건 또는 그 이상의 조건에서 용접시공 시험을 실시하고, 또 시공 경험이 있는 공장에서는 그 당시의 시험보고서를 제출하여 감독자의 승인을 받는 경우는 용접시공시험을 생략할 수 있다.

- ① 강판두께가 50 mm를 초과하는 용접구조용 압연강재(KS D 3515)나 강판두께가 40 mm를 초과하는 내후성 열간압연강재(KS D 3259)의 경우
- ② 강종별로 용접법에 따라 한 패스의 입열량이 표 2.4.2의 최대 입열량을 초과할 경우
- ③ 피복아크용접(수용접의 경우만), 가스메탈 아크용접(CO₂ 가스 혹은 Ar과 CO₂의 혼합가스), 서브머지드 아크용접, FCAW 이외의 용접을 할 경우
- ④ 이 기준의 요건을 충족시킬 수 있음을 보여주는 사용실적이 없는 공급원이 공급한 재료(모재, 용접봉 또는 와이어, 플럭스)를 사용하는 경우

(2) 용접시공시험을 할 경우에 시험강판의 선정, 용접조건의 선정 등에 대해서는 다음을 고려한다.

- ① 시험강판으로는 같은 용접조건으로 취급하는 강판 중 가장 조건이 나쁜 것을 사용한다.
- ② 용접은 실제의 시공에 사용하는 용접조건으로 하고 용접자세는 실제로 행하는 자세 중 가장 불리한 것으로 한다.
- ③ 서로 다른 강재의 그루브 용접시험은 실제의 시공과 동등한 조합의 강재로 실시하며 용접재료는 낮은 강도의 강재 규격을 따른다. 같은 강종으로 판두께가 다른 이음에 대하여는 판두께가 얇은 쪽의 강재로 시험하여도 좋다.
- ④ 재시험은 처음 개수의 2배로 한다.

표 2.4.1 용접시공시험

시험의 종류	시험항목	시험편의 형상	시험편 개수	시험방법	판정기준
그루브 용접 시험	인장시험	KS B 0801 1호	2	KS B 0833	인장강도가 모재의 규격치 이상
	파괴시험 (굽힘시험)	KS B 0832	2	KS B 0832	결함길이 3 mm 이하
	충격시험 ¹⁾	KS B 0809	3	KS B 0810	용착금속으로 모재의 규격치 이상 (3개의 평균치)
	마크로시험 ²⁾		2	KS D 0210	균열없음. 언더컷 1 mm 이하 용접치수 확보
	방사선 투과시험		시험편 이음전장	KS B 0845	2류 이상(인장측) 3류 이상(압축측)
필릿용접 시험	마크로시험	KS D 0210	1	KS D 0210	균열없음. 언더컷 1 mm 이하 용접치수 확보 루트부 용융
Y형 용접 균열 시험	Y형 용접 균열 시험 ³⁾	KS B 0870	1	KS B 0870	균열없음.
최고경도 시험	최고경도시험 ⁴⁾	KS B 0811	1	KS B 0811	Hv ≤ 370
스터드 용접시험	스터드굽힘 시험	KS B 0529	3	KS B 0529	용접부에 균열이 생겨서는 안 된다.

주 : 1) 표 2.4.2의 강종별 용접법에 따른 한 패스의 최대 입열량을 초과하거나 별도의 감독자 요구가 있을 경우에는 추가적으로 열영향부(FL, FL + 1 mm, FL + 2 mm, FL + 3 mm, FL + 4 mm, FL + 5 mm)에 대한 충격시험을 수행하여야 함.

2) AWS에 따른 표준용접상세가 아닌 경우에 적용되며, 표준상세인 경우에는 별도의 감독자 요구가 있을 때로 한정함.

3) Y형 용접 균열 시험은 인장강도 800 MPa 이상의 고강도 강재를 적용하거나, 별도의 감독자의 요구가 있을 때로 한정함.

4) 최고경도시험은 인장강도 800 MPa 이상의 고강도 강재를 적용하는 경우, 표 2.4.2의 강종별 용접법에 따른 한 패스의 최대 입열량을 초과하는 경우, 그리고 별도의 감독자의 요구가 있는 경우로 한정함.

표 2.4.2 강종별 용접법에 따른 한 패스의 최대 입열량

강종	서브머지드 아크용접	가스메탈 아크용접 또는 플렉스코어드 아크용접
SM490, SM490Y, SMA490, SM520, SM570, SMA570, HSB500W, HSB600W, HSB800, HSB800L	7,000 Joule/mm	2,500 Joule/mm
HSB500, HSB500L, HSB600, HSB600L	10,000 Joule/mm	3,000 Joule/mm
HSB800W	5,000 Joule/mm	2,500 Joule/mm

1.5.5 완전용입 맞대기 용접부의 피로시험

- (1) 완전용입 맞대기 용접부의 피로성능에 대한 평가 실적이 없는 공급원이 공급한 재료 (모재, 용접봉 또는 와이어, 플렉스)를 사용하는 경우에는 용접부 인장 시험체에 대해 다음의 피로시험법에 따라 피로시험을 수행하고 그 합격 여부를 판단한다.
- (2) 시험체의 용접
 - ① 철구조제작공장 또는 공사현장 작업조건과 동일하거나 그보다 가혹한 조건에서 피로 성능평가용 시험체를 용접한다.
- (3) 판두께별 시험체의 형상
 - ① 시험체의 단면 폭(W)은 판두께(T)의 1.5배 이상으로 설정한다.
 - ② 그립부 폭(B)이 단면 폭(W)의 1.5배 이상으로 설정한다.
 - ③ 시험체의 단면 평행길이(L)는 판두께(T)의 3배 이상으로 설정한다.
 - ④ 변화부 반경은 단면 폭(W)의 2.5배 이상 또는 구조해석을 통해 응력집중도(=변화부 응력/시험단면 응력)가 1.1 이하가 되도록 설정한다. 표 2.4.3은 판두께별 피로시험체의 크기와 형상에 대한 예시이다.

표 2.4.3 판두께별 피로시험체의 크기와 형상의 예시

(단위 : mm)

판두께 (T)	그립부폭 (B)	단면폭 (W)	평행부 길이(L)	변화부 반경(R)	그립부 길이	시험체 총길이
20	90	40	170	100	250	802
40	100	60	200	160	250	855
60	140	90	250	240	250	963
80	190	120	350	320	250	1,141

(4) 시험체의 정합도(alignment) 평가

- ① 하중 축과 편심에 의한 시험체에 발생한 휨 변형율을 축방향 변형율로 나눈 값 (Percent Bending)이 5 % 이내 임을 정적 재하시험을 통해 확인 후 피로시험을 수행한다.

(5) 피로 시험체의 개수 및 시험조건

- ① 피로 시험체의 개수는 최소 9개 이상으로 하며, 3개의 피로하중 응력범위에 대해 각각 3개씩 실험한다.
- ② 반복횟수 50만회 이상에서 피로파단이 일어나도록 피로하중 응력범위를 설정하되, 피로수명 200만회에 해당하는 피로강도 이하의 값이 포함되도록 한다. 표 2.4.4는 판두께별 피로하중의 크기와 응력범위에 대한 예시이다.
- ③ 작용하중의 응력비는 0.05 이상으로 한다.

표 2.4.4 판두께별 피로하중의 크기와 응력범위의 예시

판두께 (mm)	순단면적 (m ²)	최대하중 (kN)	최소하중 (kN)	최대응력 (MPa)	최소응력 (MPa)	응력범위 (MPa)
20	0.0008	98	9.8	122	12	110
		123	12.3	153	15.5	137.5
		147	14.7	183	18	165
40	0.0024	293	29.3	122	12	110
		366	36.6	153	15.5	137.5
		439	43.9	183	18	165
60	0.0054	659	65.9	122	12	110
		824	82.4	153	15.5	137.5
		989	98.9	183	18	165
80	0.0096	1,167	116.7	122	12	110
		1,462	146.2	153	15.5	137.5
		1,756	175.6	183	18	165

(6) 피로 시험결과의 판정

- ① 모든 피로 시험체가 도로교설계기준에 규정된 설계 피로등급의 피로강도 이상일 경우 합격한 것으로 한다.

(7) 재시험

- ① 불합격의 경우 같은 방법으로 일차로 재시험을 수행하여 모든 피로 시험체가 설계 피로등급의 피로강도 이상일 경우 합격한 것으로 한다.

- ② 일차 재시험이 불합격된 경우에는 추가적으로 이차 재시험을 수행하여, 총 27개의 시험결과를 통계 처리하여 하한 5 % 피로강도 곡선이 설계 피로등급의 피로강도 이상일 경우 합격한 것으로 한다.
- (8) 사용하고자 하는 강재에 대한 피로 성능 평가 실적이 있더라도, 제강사(mill), 강종, 용접재료가 기존 실적자료와 다른 경우에는 해당 부재에 대한 피로성능 평가를 별도로 실시하여야 한다. 강종과 용접재료가 동일하더라도 최대 판두께, 개선형상, 용접자 세, 최대 입열량, 최소 예열온도, 용접 비드 개선 등이 다른 경우에는 가혹한 조건을 기준으로 피로 성능 평가의 추가 실시 여부를 감독자가 판단한다.

1.6 기술인력

1.6.1 용접사의 자격

- (1) 공사에 참여하는 각 용접사에 대한 신분증과 자격증 사본을 제출하여야 한다.
- (2) KS B 0885의 해당요건에 따라 자격을 갖추었거나, 해당 작업에 2년 이상 경험이 있는 자로서 작업 투입 당시 해당 용접에 대하여 숙련된 기량을 갖고 있거나 제작자 자체 검증시험으로 확인된 사람으로 한다.

1.6.2 용접업무 조절담당자

- (1) 용접업무 조절담당자는 용접이나 용접 관련 업무에 관한 생산작업을 책임지며, 교육과 훈련 및 경험 등을 통하여 지식과 능력이 입증된 사람으로 한다. 용접업무 조절담당자의 기술적 지식은 KS B ISO 14731에 따른다.
- (2) 용접업무 조절담당자의 업무 내역은 KS B ISO 14731에 따르며, 계약, 설계검토, 모재 및 소모품, 하청계약, 생산계획, 장비, 용접작업, 시험, 용접 승인, 문서화 등의 활동에 관련된 명세 또는 준비, 업무조절, 통제관리, 검사 및 점검 또는 입회의 임무와 책임을 포함한다.
- (3) 용접업무 조절담당자는 하나 또는 다수의 업무조절과제를 수행한다. 다수에 의해 용접업무가 조절되는 경우 각 개인에게 임무와 책임을 배정한다.
- (4) 제작자는 적어도 1명 이상의 공인된 또는 감독자의 승인을 받은 용접업무 조절담당자를 임명한다.

1.6.3 용접검사원

- (1) 제작자 자체 품질관리의 일환으로 시행하는 용접검사는 최소 5년 이상 경력자로서 자격 있는 용접검사원이 수행하여야 한다.

- (2) 비파괴 시험검사원은 비파괴 검정시험에 합격한 자이거나 감독자가 확인한 비파괴 교육과정을 이수한 자라야 한다.

2. 재료

2.1 사용재료

2.1.1 피복아크용접(SMAW)

- | | |
|---------------------|-------------|
| (1) 연장용 피복아크 용접봉 | : KS D 7004 |
| (2) 고장력 강용 피복아크 용접봉 | : KS D 7006 |
| (3) 저온용 강용 피복아크 용접봉 | : KS D 7023 |
| (4) 내후성 강용 피복아크 용접봉 | : KS D 7101 |

2.1.2 서브머지드 아크용접(SAW)

- | | |
|--------------------------------|-------------|
| (1) 탄소강 및 저합금강용 서브머지드 아크용접 플렉스 | : KS D 7102 |
| (2) 탄소강 및 저합금강용 서브머지드 아크용접 와이어 | : KS D 7103 |

2.1.3 가스메탈 아크용접(GMAW) 및 플렉스 코어드 아크용접(FCAW)

- | | |
|----------------------------------|-------------|
| (1) 연장용 가스용접봉 | : KS D 7005 |
| (2) 내후성 강용 탄산가스 아크용접 플렉스 충전 와이어 | : KS D 7109 |
| (3) 연장 및 고장력강 마그마 용접용 솔리드 와이어 | : KS D 7025 |
| (4) 연장, 고장력강 및 저온강용 아크용접 플렉스 코어선 | : KS D 7104 |
| (5) 내후성 강용 탄산가스 아크용접 솔리드 와이어 | : KS D 7106 |

2.1.4 일렉트로 슬래그 용접(ESW) 및 일렉트로 가스용접(EGW)

- | | |
|---------------------------|-------------|
| (1) 일렉트로 가스 아크용접용 플렉스 코어선 | : KS D 7105 |
|---------------------------|-------------|

2.2 용접봉 사용구분

- 2.2.1 강재의 종류 및 강도와 용접방법에 따른 용접봉의 사용구분 및 규격과 재질은 감독자의 승인을 받은 용접절차서에 준하며 사용용접봉의 재질은 모재의 화학적 성분과 기계적 성질(공칭 강도 및 인성)과 동등하거나 그 이상의 재료를 사용하여야 한다.

2.2.2 사용 용접봉은 「2.1 사용재료」에 준하여 사용하되 이 규격 이외의 사용용접봉은 국제규격과 동등한 제품을 사용하여야 한다.

2.2.3 사용 용접봉은 용접시공 시험에 합격한 제품을 사용하여야 한다. 다만, 피복아크 용접봉과 무도장 내후성 강재에 사용되는 용접재료는 표 2.4.5 및 표 2.4.6에 따른다.

2.2.4 KS D 3529에 따른 용접구조용 내후성 열간 압연강재를 무도장 상태로 외부에 노출하여 사용하는 경우의 용접재료는 표 2.4.6을 기본으로 한다. 사용 용접봉은 모재의 화학적 성분과 기계적 성질이 동등하거나 그 이상의 재료를 사용하여야 한다.

2.2.5 용접재료의 사용구분

- (1) 강도가 같은 강재를 용접할 경우에는 모재의 규격치와 동등하거나 그 이상의 기계적 성질을 갖는 용접재료를 사용한다.
- (2) 강도가 다른 강재를 용접할 경우에는 낮은 강도를 갖는 모재의 규격치와 동등하거나 그 이상의 기계적 성질을 갖는 용접재료를 사용한다.
- (3) 인성이 같은 강재를 용접할 경우에는 모재에 요구되는 값과 같거나 그 이상의 인성을 나타내는 용접재료를 사용한다.
- (4) 인성이 다른 강재를 용접하는 경우에는 인성이 낮은 모재에 요구되는 값과 같거나 그 이상의 인성을 나타내는 용접재료를 사용한다.
- (5) 내후성강재와 보통강재를 용접하는 경우에는 모재와 같거나 그 이상의 기계적 성질과 인성을 만족하는 용접재료를 사용한다.
- (6) 내후성강과 내후성강을 용접할 경우에는 모재와 동등 이상이거나 그 이상의 기계적 성질, 인성 그리고 내후성능을 만족하는 용접재료를 사용한다.

표 2.4.5 피복아크 용접봉 사용구분

피복아크 용접봉의 종류	적용 강종 및 판 두께(mm)
연강용 피복아크 용접봉	SS400, SM400($t < 25$) SS400, SM400($25 \leq t < 33$: 예열을 할 때)
저수소계 피복아크 용접봉	SS400, SM400($25 \leq t < 33$: 예열을 하지 않을 때) SM490, SM520, SM570, SMA400, SMA490, SMA570 HSB500, HSB500L, HSB500W HSB600, HSB600L, HSB600W HSB800, HSB800L, HSB800W

표 2.4.6 무도장 내후성 강재에 사용되는 용접재료

용 접 방 법	용접봉 규격	승인가능한 용접봉(mm)
피복아크용접	KS D 7101	1) 용접봉 등급(G,P,W)에 적합한 용착금속을 갖는 용접봉 2) 모재의 C, Si, Mn, P, S 이외에 Cu, Cr, Ni 함량에 만족하는 용착금속의 화학성분과 기계적 성질을 갖는 용접재료
서브머지드 아크용접	KS D 7102 / 7103 KS B 0531	
플렉스코어드 아크용접	KS D 7109	
가스메탈 아크용접	KS D 7106	

주 : 서브머지드 아크용접은 KS D 7102 및 D 7103에 의해 얻어진 용착금속의 품질을 KS B 0531의 규격에 의해 규정하는 것으로 함

2.3 스티드형 전단연결재

2.3.1 스티드 규격

- (1) 형상은 머리불이 스티드로 한다.
- (2) KS B 1062 또는 국제규격과 동등한 제품을 사용한다.

2.3.2 스티드 종류 및 치수

합성형 교량에 사용되는 스티드의 지름은 13 mm, 16 mm, 19 mm, 22 mm 및 25 mm를 표준으로 하며 형상, 치수 및 허용오차 등은 표 2.4.7에 준한다.

2.3.3 스티드 기계적 성질

스티드의 재질 요구사항 중 기계적 성질은 표 2.4.8에 따른다.

2.3.4 기타 품질 요건

- (1) 스티드 연결재는 상온에서 제작되며, 마무리된 스티드 연결재는 품질이 균일하고 해로운 겹침, 균열, 비틀림, 굽힘 또는 결함이 없어야 한다.
- (2) 스티드 연결재는 머리부분이나 몸부분에 단면축소나 내부 결함 및 용접균열이 없어야 한다.
- (3) 스티드 연결재는 용접을 위해서 열 저항성이 있는 세라믹 링이나 기타 적합한 재료와 함께 공급하여야 한다.

표 2.4.7 스테드의 형상, 치수 및 허용오차

(단위 : mm)

호칭	직 경(d)		머 리 직 경(D)		최소 머리 두께 (T)	현치부 반지름 (r)	표준형상 및 치수 표시기호
	기준치수	허용오차	기준치수	허용오차			
13	13.0	±0.3	22.0	±0.4	10	2~3	
16	16.0		29.0				
19	19.0	±0.4	32.0				
22	22.0		35.0				
25	25.0		38.0				

주 : 길이(L)의 허용오차는 ±1.6 mm를 기준으로 함

표 2.4.8 스테드의 기계적 성질

인장강도 (MPa)	항복점 또는 0.2 % 내력(MPa)	연신율(%)
400 ~ 550	235 이상	20 이상

2.4 품질관리

2.4.1 용접봉 및 플렉스

- (1) 구조용 강판, 형강, 관, 단관 및 강봉에 사용할 용접봉은 해당 KS에 합치해야 하며, 실제 사용할 위치와 기타조건에 대하여 제작자가 추천하는 크기와 분류번호를 가진 피복된 용접봉이나 철선이어야 한다.
- (2) 용착금속은 해당 KS의 요건에 합치하여야 한다.
- (3) 모재의 종류와 용접방법에 따라 사용할 용접봉은 해당사용 규격별 용접시험 결과와 성적서를 제출하여 감독자의 승인을 받아야 한다.
- (4) 용접봉은 제조년월일, 공급시기 등이 가급적 동일한 제품으로 한다. 다만, 용접용강 와이어 감기모양, 감기치수 및 무게는 KS B 0952 기준에 따른다.
- (5) 서브머지드 아크용접에 사용되는 플렉스와 용접와이어에 대해서는 두 재료의 조합 시험보고서를 제출하여야 한다.

2.4.4 보호가스

- (1) 피복아크용접 및 플럭스코어드 아크용접에 사용되는 보호가스나 보호 가스 혼합물은 이슬점이 -40°C 이하인 용접등급을 가져야 한다.
- (2) 제작자는 사용하고자 하는 가스 및 가스혼합물이 사용기준에 적합해야 하며 이슬점 요구조건을 만족시킨다는 가스제조업자의 인증서를 제출하여야 한다.

2.4.5 스티드

- (1) 제작자는 스티드 제품의 품질확인서를 제출하여야 한다.
- (2) 현장품질관리를 위하여 스티드의 추가 인장시험이 필요할 경우, KS B 0801의 표준 시편 4호를 기준으로 KS B 0802에 의하여 시험하여야 한다.

3. 시공

3.1 공통사항

3.1.1 재편의 청소와 건조

- (1) 용접을 하려는 부분에는 기공이나 균열을 발생시킬 염려가 있는 흑피(黑皮), 녹, 도료, 기름 등이 있어서는 안 된다. 잘 제거되지 않는 흑피, 얇은 녹 방지용 코팅, 스패터 방지막 등은 남아 있을 수 있다.
- (2) 재편에 수분이 있는 상태로 용접을 하여서는 안 된다. 또한 조립 후 12시간 이상 경과한 부재를 용접할 때는 용접선 부근을 건조시켜야 한다.

3.1.2 용접재료 선택 및 주의사항

- (1) 피복아크 용접봉 및 플럭스는 사용에 앞서 건조로에서 건조한 상태에서 사용하여야 한다.
- (2) 피복아크 용접봉은 피복재가 벗겨지거나 나쁜 상태로 손상된 것을 사용해서는 안 된다.
- (3) 용접봉의 적열(赤熱)이 발생되지 않도록 사용에 주의하여야 한다.
- (4) 사용하는 용접재료는 강재의 종류에 따라 「2.2.5 용접재료의 사용구분」에 따른다.
- (5) 피복아크용접의 용접봉에 대해 다음 규정을 적용한다.
 - ① 저수소계 용접봉을 사용하며, Y형 용접균열시험(KS B 0870) 등으로 용접성능이 입증된 경우에는 다른 용접봉을 사용할 수 있다.
 - ② 응력을 전달하는 피복아크용접봉은 지름이 4 mm ~ 6 mm 인 것을 표준으로 한다.

- ③ 피복아크용접봉은 피복제가 오염되거나 손상 입은 것을 사용해서는 안 된다.
- ④ 탄소강 피복아크용접봉은 밀폐용기에 포장된 것이거나 230 ℃ ~ 260 ℃에서 적어도 2시간 이상 건조한 것을 사용하여야 한다.
- ⑤ 저합금강 피복아크용접봉은 밀폐용기에 포장된 것이거나 370 ℃ ~ 425 ℃에서 1시간 이상 건조한 것을 사용하여야 한다.
- ⑥ 용접봉은 밀폐용기를 개봉한 경우 또는 건조로에서 발급한 경우에는 즉시 최소 120 ℃의 오븐에 보관되어야 한다.
- ⑦ 밀폐용기, 또는 건조로나 보관로에서 발급한 용접봉은 표 2.4.9의 허용시간 이내에 사용하여야 한다. 허용시간에 사용하지 못한 용접봉은 1회에 한하여 230 ℃ ~ 290 ℃에서 최소 2시간 동안 재건조 시켜야 사용할 수 있다.
- ⑧ 「④ ~ ⑦」의 사항에 대해 용접봉 제조자가 별도로 보증한 경우에는 생산규격 및 보증조건을 따르는 것으로 한다.

표 2.4.9 저수소계 용접봉의 허용노출시간 및 재건조

용접봉의 종류	용접봉의 규격	허용노출시간	건조온도(℃)	건조 시간
저합금강 피복아크용접봉	E 70XX-X	4시간	230 ~ 290	2시간 이상
	E 80XX-X	2시간		
	E 90XX-X	1시간		
	E 100XX-X	30분		
	E 110XX-X	30분		
탄소강 피복아크용접봉	E 70XX	4시간	230 ~ 290	2시간 이상

(6) 서브머지드 아크용접의 용접와이어와 플럭스에 대해 다음 규정을 적용한다.

- ① 용접와이어의 지름은 6.4 mm를 초과하지 않아야 한다.
- ② 플럭스는 최소 6개월 보관하였을 때 용접 성능에 영향을 주지 않는 포장된 상태로 구입하여야 한다. 포장이 손상되었을 경우 플럭스를 버리거나 사용 전 최소 260 ℃에서 1시간 동안 건조하여야 한다. 48시간 용접작업이 중단된 상태에서 용접기의 플럭스 공급층에 보관된 플럭스는 새로운 플럭스 또는 건조시킨 플럭스로 교환시켜야 한다.
- (9) 가스메탈 아크용접 또는 플럭스코어드 아크용접의 보호가스 및 용접와이어에 대해 다음 규정을 적용한다.
 - ① 보호가스(shield gas)는 이슬점이 -40 ℃ 이하로 한다.

- ② 용접와이어는 건조하고 사용에 적합한 상태로 한다. 용접와이어의 지름은 아래보기 자세 및 수평자세의 경우 4.0 mm, 수직자세의 경우 2.4 mm, 그리고 위 보기자세의 경우 2.0 mm 이하로 한다.

3.1.3 용접시공 일반사항

- (1) 용접순서 및 방향은 가능한 한 용접에 의한 변형이 적고, 잔류응력이 적게 발생하도록 하고 용접이 교차하는 부분이나 폐합된 부분은 용접이 안 되는 부분이 없도록 용접순서에 대하여 특별한 고려를 하여야 한다.
- (2) 용접부에서 수축에 대응하는 과도한 구속은 피하고 용접작업은 조립하는 날에 용접을 완료하여 도중에 중지하는 일이 없도록 하여야 한다.
- (3) 항상 용접열의 분포가 균등하도록 조치하고 일시에 다량의 열이 한 곳에 집중되지 않도록 하여야 한다. 이러한 경우가 있을 때에는 용접순서를 조절하여야 한다.
- (4) 완전용입 용접을 수동용접으로 실시 할 경우의 뒷면은 건전한 용입부까지 가우징한 후 용접을 실시하여야 한다.
- (5) 용접자세는 가능한 한 회전지그를 이용하여 아래보기 또는 수평 자세로 한다.
- (6) 결함이 존재하는 경우는 검사대장에 기입하고 결함의 보수는 표 2.4.16에 따른다.
- (7) 아크 발생은 필히 용접부내에서 일어나도록 하여야 한다.
- (8) 스칼롭이나 각종 브라켓 등 재편의 모서리부에서 끝나는 필릿용접은 크레이터가 발생하지 않도록 모퉁이부를 돌려서 연속으로 용접하여야 한다.
- (9) 용접개시 전 용접의 종류, 전압, 전류 및 용접방향 등을 점검하여 용접조건을 설정하고 이에 따라서 작업해야 하며 용접관리도를 현장에 비치하여야 한다.
- (10) 더뎂기는 맞이음 용접에서 용접표면의 마무리 가공이 규정되어 있지 않는 경우는 판두께의 10 % 이하의 더뎂기 용접을 한 후 끝마무리를 하여야 한다.
- (11) 한랭지용 강재의 주요부재 맞대기 용접은 수동용접 및 탄산가스 용접으로 하며 특히 용착금속의 샤르피 흡수에너지는 모재의 규격 값 이상이 되어야 한다.
- (12) 부재이음에는 용접과 볼트를 병용해서는 안 되나, 불가피하게 병용 할 경우에는 용접 후에 볼트를 조인다.

3.1.4 용접시공상의 주의

(1) 엔드탭

그루브 용접 및 거더의 플랜지와 웹 사이의 필릿용접 등의 시공에 있어서는 부재와 동등한 힘을 가진 엔드탭을 붙여야 한다. 용접의 시작과 끝의 처리는 엔드탭 위에서 50 mm 이상으로 하여 크레이터가 부재에 포함되지 않도록 하여야 한다. 엔드탭은 용접 종료 후 가스절단법에 따라 제거하고 그 부분을 그라인더로 다듬질하여야 한다.

(2) 부분용입 그루브용접의 시공

부분용입 그루브용접의 시공에서 연속된 용접선을 2종의 용접법으로 시공할 때에는 앞의 비드의 단부를 깎아 내고 결합이 없는 것을 확인한 다음에 용접을 하여야 한다. 다만, 완전한 수동용접 비드가 선행할 때는 이를 따르지 않을 수 있다.

(3) 필릿용접 및 부분용입 그루브용접의 시공

재편의 모서리 부에서 끝나는 필릿용접은 모서리 부를 돌면서 연속적으로 시공하여야 한다.

3.1.5 가불임용접 및 임시용접

(1) 본용접의 일부가 되는 가불임용접에는 본용접을 실시하는 용접공과 동등한 기술을 가진 자가 용접하여야 한다.

(2) 용접 자세는 본용접의 경우와 똑같은 자세로 용접한다.

(3) 조립을 위한 가불임용접 개소는 최소화하여야 한다.

(4) 모든 가불임용접부는 다음 사항을 제외하고는 본용접부와 동일한 품질조건을 가져야 한다.

① 연속되는 서브머지드 아크용접에 의해 채용되어 그 일부분으로 포함되는 단일패스의 가불임용접부

② 언더컷, 채워지지 않은 크레이터 및 다공성과 같은 불연속을 갖는 가불임용접부를 서브머지드 아크용접에 의해 용접을 실시하는 경우

(5) 조립용접을 위한 가불임용접의 위치는 본용접의 시·종단 모서리 등의 강도 상, 제작 상 지장을 받는 곳은 피한다. 또 그루브용접부의 홈내에는 가불임용접을 하지 않는다. 백가우징(back gouging)을 하는 용접부의 조립 용접은 백가우징을 하는 쪽에 가불임용접한다. 부득이 그루브 내에 가불임용접 할 경우에는 필히 가불임용접을 제거한 후 본용접을 한다. 다만 서브머지드 아크용접, 가스메탈 아크용접과 같이 용입이 깊은 용접일 경우에는 그루브 내에 가불임용접을 두어도 무방하다.

(6) 최종용접부에 포함되는 가불임용접부는 본용접에 사용되는 용접봉과 동일한 용접봉을 사용한다. 다중패스용접의 가불임용접부는 케스케이드법으로 용접한다.

(7) 최종용접부에 포함되지 않는 임시용접부 및 가불임용접부는 모재가 손상되지 않도록 제거한다.

(8) 강재 뒷담재의 가불임용접은 일반적으로 이음부 내에서 이루어지도록 하며 모든 가불임용접은 본용접 시 채용되어 본용접에 포함되도록 한다.

(9) 조립을 위한 가불임용접면에 기름, 먼지, 수분 등이 부착하여 있는 경우는 와이어 브러쉬 등으로 청소한다. 또 자동용접하는 부분에 방청도장이 되어 있을 때는, 주거

터의 경우 용접기기의 능력에 따라 용접열의 영향이 크게 미치는 용접선 주변의 도장을 그라인더로 완전히 제거한 후 용접한다.

- (10) 부재표면에 용접흠이 생기거나 아크스트라이크(arc strike)의 발생은 허용되지 않는다. 이들이 극후판에 발생된 경우에는 완벽히 보수한다.
- (11) 고장력 볼트의 처리는 「2-5 볼트접합」에 따른다.
- (12) 조립용접은 용접의 일부로 용접과 동종의 용접봉 및 와이어를 사용해야 하며, 고장력 강 및 강판두께 25 mm 이상의 조립 용접에는 저수소계 용접봉을 사용한다.
- (13) 가불임용접 길이는 40 mm 이상으로 하고, 용접과 동일한 방법을 적용하여 용접 개소에 시공하여야 한다. 다만, 가불임용접의 다리길이는 4 mm 이상으로 하고 그 간격은 400 mm 이하로 한다.
- (14) 열처리 고장력강을 사용하는 부재의 가불임용접 층두께는 5 mm 이상, 간격 300 mm 이하, 길이 100 mm 이상으로 하며, 트러스부재의 모서리 용접의 가불임용접 두께는 본용접 시에 가불임용접부분이 재용용되는 크기로 하고, 균일한 용입선이 얻어지도록 한다. 모서리 용접의 가불임용접은 반자동 용접으로하고 용접은 직선비드로 한다. 또, 가불임용접간의 비드사이의 실링비드(sealing bead)를 실시하고, 그 사이즈, 용접방법 등은 가불임용접과 동일하게 한다.
- (15) 부재의 단부에 남게 되는 가불임용접은 피한다. 부득이 한 경우는 부재단부를 온돌레 돌림 용접으로 하거나, 또는 부재단부에서 30 mm 이상을 띄워서 가불임용접 한다.
- (16) 지그의 일부를 부재에 임시용접 한 경우는 용접 완료 후 모재에 손상이 가지 않도록 제거하고 결함이 되는 흠이 잔류하지 않도록 다듬질 한다.
- (17) 임시용접은 조립완료 전까지 슬래그를 제거하고, 용접부 표면에 균열이 없는가를 확인한다. 임시용접부에 균열이 발견된 경우는 그 원인을 규명하고, 대책을 강구한 후에 필요하다면 그 근방에 새로운 임시용접을 실시하고 균열이 발생한 임시용접은 「2-4 용접」의 해당요건에 따라 제거 또는 보수 한다.
- (18) 임시용접 및 가불임용접 시 모재의 예열작업은 「3.2 예열」의 해당요건에 따른다.

3.1.6 용접부 사전 청소 및 건조

- (1) 용접을 하려는 부위에는 기공(氣空)이나 균열을 발생시킬 염려가 있는 흑피(黑皮), 녹, 도료, 기름 등이 있어서는 안 된다.
- (2) 재편에 수분이 있는 상태로 용접을 하여서는 안 된다. 또한 조립 후 12시간 이상 경과한 부재를 용접할 때는 용접선 부근을 건조시켜야 한다.

3.1.7 용접부 뒷담재

- (1) 강재 뒷담재를 사용한 그루브용접부는 용접금속이 뒷담재와 완전히 용융되도록 한다.
- (2) 강재 뒷담재는 각 용접부의 전 길이에 걸쳐 연속으로 사용한다. 연속되는 강재 뒷담재는 다음 조건에 만족시키도록 짧은 조각을 용접시켜서 사용할 수 있다.
 - ① 모든 용접은 본용접과 동일한 방법으로 완전용입 그루브용접을 실시한다.
 - ② 용접부는 초음파 탐상시험 또는 방사선 투과시험을 실시한다.
 - ③ 강재 뒷담재의 용접과 시험은 강재 뒷담재를 하기 전에 실시하여야 한다.
- (3) 응력방향에 직각으로 설치한 강재 뒷담재와 이음은 완만하게 다듬 가공을 한다. 다만, 감독자의 승인을 받은 경우 응력방향과 평행 하거나 또는 소요응력을 받지 않는 뒷담재는 제거시키지 않아도 된다.
- (4) 강재 뒷담재는 모재와 밀착시켜 설치하되, 강재 뒷담재와 모재 사이의 최대간격은 2 mm로 한다.
- (5) 그루브용접부 및 필릿용접부는 적절한 뒷면 비드형상의 유지 또는 용락방지의 목적으로 동판, 플렉스, 유리테이프 또는 유사한 재료를 뒷담재로 사용할 수 있으나, 용접작업 전에 감독자의 승인을 받아야 한다. 또한 용접부의 루트는 저수소계 피복아크 용접 봉이나 승인된 아크용접절차에 의한 루트용접 패스로 용접하여야 한다. 용접아크가 동판을 스트라이크할 가능성이 있을 경우에는 동판을 뒷담재로 사용해서는 안 된다.

3.1.8 피닝 및 코킹

- (1) 균열을 방지하기 위해 두꺼운 용접부에서 수축응력을 제거할 목적으로 중간 용접층에서 피닝을 사용할 수 있다.
- (2) 용접부의 루트나 표면층 또는 용접부 단부에 있는 모재위에는 피닝을 실시해서는 안된다.
- (3) 용접부의 루트나 표면층 또는 용접단부의 모재위에는 슬래그 및 스파터를 제거시킬 목적으로 수동 슬래그 해머, 끌 및 경량 진동장비를 사용할 수 있는데 이는 피닝으로 간주하지 않는다.
- (4) 용접부에 대한 코킹은 허용되지 않는다.

3.1.9 일렉트로 슬래그 용접법(ESW)과 일렉트로 가스 용접법(EGW)

일렉트로슬래그용접과 일렉트로가스 용접은 열처리 고장력강에 사용해서는 안 되며, 또한 인장응력이나 교변응력을 받기 쉬운 부재의 용접에도 사용해서는 안 된다.

3.2 예열

3.2.1 일반사항

(1) 다음의 경우는 예열을 하여야 한다.

① 강재의 밀시트에서 다음 식에 따라서 계산한 탄소당량, C_{eq} 가 0.44%를 초과 할 때

$$C_{eq} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Ni}{40} + \frac{Cr}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{V}{14} + \frac{Cu}{13} \quad (\%)$$

단, ()항은 $Cu \geq 0.5$ 일 때에 더하는 것으로 한다.

② 경도시험에 있어서 예열하지 않고 최고 경도(H_v)가 370을 초과 할 때

③ 모재의 표면온도가 0 ℃ 이하일 때

(2) 모재의 최소예열과 용접충간 온도는 강재의 성분과 강재의 두께 및 용접구속 조건을 기초로 하여 설정한다. 최소예열 및 충간온도는 용접절차서에 규정한다. 최대 예열온도는 감독자의 별도의 승인이 없는 경우 230 ℃ 이하로 한다.

(3) 이중금속간에 용접을 할 경우는 예열과 충간온도는 상위등급을 기준으로 하여 실시한다.

(4) 두꺼운 재료나 높은 구속을 받는 이음부 및 보수용접에서는 균열방지나 층상균열을 최소화하기 위해 규정된 최소온도 이상으로 예열한다.

(5) 용접부 부근의 대기온도가 -20 ℃ 보다 낮은 경우는 용접을 금지한다. 그러나 주위온도를 상승시킨 경우, 용접부 부근의 온도를 요구되는 수준으로 유지할 수 있으면 대기온도가 -20 ℃ 보다 낮아도 용접작업을 수행할 수 있다.

3.2.2 예열온도

(1) 예열은 용접선의 양측 100 mm 및 아크 전방 100 mm의 범위 내의 모재를 표 2.4.10에 표시한 최소 예열온도의 기준값 이상으로 가열한다.

(2) 모재의 표면온도가 0 ℃ 미만인 경우는 적어도 20 ℃ 이상 예열한다.

(3) 특별한 실험자료에 의하여 균열방지가 확실히 보증될 수 있거나 강재의 용접균열 감응도 P_{cm} 이 표 2.4.11의 조건을 만족하는 경우는 강종, 강판두께 및 용접방법에 따라 표 2.4.10 값을 조절할 수 있다. 이 경우 예열온도는 다음 식과 같이 조절하거나 표 2.4.12에 나타낸 P_{cm} 의 값에 따른 최소 예열온도를 따른다.

$$T_p(^{\circ}\text{C}) = 1,440 P_w - 392$$

여기서, T_p : 예열온도($^{\circ}\text{C}$)

$$P_w = P_{\text{cm}} + \frac{H_{GL}}{60} + \frac{K}{400,000}$$

H_{GL} : 용접금속의 확산성수소량

K : 용접계수의 구속도

(4) 2전극과 다전극 서브머지드 아크용접의 최소예열과 층간 온도는 감독자의 승인을 받아 조절할 수 있다.

표 2.4.10 최소 예열온도의 기준값($^{\circ}\text{C}$)

강종	용접 방법	예열온도($^{\circ}\text{C}$)			
		판 두께 구분(mm)			
		25이하	25초과 40이하	40초과 50이하	50초과 100이하
SM400	저수소계 이외의 용접봉에 의한 피복아크용접	예열없음	50	—	—
	저수소계 용접봉에 의한 피복아크용접	예열없음	예열없음	50	50
	서브머지드 아크용접, 가스실드아크용접	예열없음	예열없음	예열없음	예열없음
SMA400W	저수소계 용접봉에 의한 피복아크용접	예열없음	예열없음	50	50
	서브머지드 아크용접, 가스실드아크용접	예열없음	예열없음	예열없음	예열없음
SM490	저수소계 용접봉에 의한 피복아크용접	예열없음	50	80	80
SM490Y	서브머지드 아크용접, 가스실드아크용접	예열없음	예열없음	50	50
SM520	저수소계 용접봉에 의한 피복아크용접	예열없음	80	80	100
SM570	서브머지드 아크용접, 가스실드아크용접	예열없음	50	50	80
SMA490W	저수소계 용접봉에 의한 피복아크용접	예열없음	80	80	100
SMA570W	서브머지드 아크용접, 가스실드아크용접	예열없음	50	50	80
HSB500 HSB500L HSB500W	저수소계 용접봉에 의한 피복아크용접	예열없음	예열없음	예열없음	예열없음
HSB600 HSB600L HSB600W	서브머지드 아크용접, 가스실드아크용접	예열없음	예열없음	예열없음	예열없음

강종	용접 방법	예열온도(℃)			
		판 두께 구분(mm)			
		25이하	25초과 40이하	40초과 50이하	50초과 100이하
HSB800	저수소계 용접봉에 의한 피복아크용접	예열없음	50	50	50
HSB800L	서브머지드 아크용접, 가스실드아크용접	예열없음	50	50	50
HSB800W	저수소계 용접봉에 의한 피복아크용접	50	80	80	80
	서브머지드 아크용접, 가스실드아크용접	예열없음	50	50	50

주 : 1) 예열 없음에 대하여는 모재의 표면온도가 0 ℃ 이하일 경우는 20 ℃ 정도로 가열한다.

2) 가스실드아크용접 : 가스메탈 아크용접 또는 플럭스코어드 아크용접

표 2.4.11 최소 예열온도를 적용하는 경우의 P_{cm} 조건

강재두께	SM400	SMA400	SM490 SM490Y	SM520 SM570	SMA490 SMA570	HSB500 HSB500L HSB600 HSB600L	HSB500W HSB600W	HSB800 HSB800L	HSB800W
$t \leq 25$	0.24 이하	0.24 이하	0.26 이하	0.26 이하	0.26 이하	0.20 이하	0.22 이하	0.25 이하	0.27 이하
$25 < t \leq 50$	0.24 이하	0.24 이하	0.26 이하	0.27 이하	0.27 이하	0.20 이하	0.22 이하	0.25 이하	0.27 이하
$50 < t \leq 100$	0.24 이하	0.24 이하	0.27 이하	0.29 이하	0.29 이하	0.20 이하	0.22 이하	0.25 이하	0.27 이하

주 : 1) P_{cm} 산정식

$$P_{cm} = C + \frac{Si}{30} + \frac{Mn}{20} + \frac{Cu}{20} + \frac{Ni}{60} + \frac{Cr}{20} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{10} + 5B(\%)$$

표 2.4.12 P_{cm} 값과 최소 예열온도

P_{cm}	용접 방법	예열온도(℃)		
		판 두께 구분(mm)		
		25이하	25초과 40이하	40초과 100이하
0.21	저수소계 용접봉에 의한 피복아크용접	예열없음	예열없음	예열없음
	서브머지드 아크용접, 가스실드아크용접	예열없음	예열없음	예열없음
0.22	저수소계 용접봉에 의한 피복아크용접	예열없음	예열없음	예열없음
	서브머지드 아크용접, 가스실드아크용접	예열없음	예열없음	예열없음

P_{cm}	용접 방법	예열온도(°C)		
		판 두께 구분(mm)		
		25이하	25초과 40이하	40초과 100이하
0.23	저수소계 용접봉에 의한 피복아크용접	예열없음	예열없음	50
	서브머지드 아크용접, 가스실드아크용접	예열없음	예열없음	예열없음
0.24	저수소계 용접봉에 의한 피복아크용접	예열없음	예열없음	50
	서브머지드 아크용접, 가스실드아크용접	예열없음	예열없음	예열없음
0.25	저수소계 용접봉에 의한 피복아크용접	예열없음	50	50
	서브머지드 아크용접, 가스실드아크용접	예열없음	예열없음	50
0.26	저수소계 용접봉에 의한 피복아크용접	예열없음	50	80
	서브머지드 아크용접, 가스실드아크용접	예열없음	예열없음	50
0.27	저수소계 용접봉에 의한 피복아크용접	50	80	80
	서브머지드 아크용접, 가스실드아크용접	예열없음	50	50
0.28	저수소계 용접봉에 의한 피복아크용접	50	80	100
	서브머지드 아크용접, 가스실드아크용접	50	50	80
0.29	저수소계 용접봉에 의한 피복아크용접	80	100	100
	서브머지드 아크용접, 가스실드아크용접	50	80	80

주 : 가스실드아크용접 - 가스메탈 아크용접 또는 플럭스코어드 아크용접

3.2.3 예열방법

- (1) 예열방법은 전기저항 가열법, 고정버너, 수동버너 등에서 강종에 적합한 조건과 방법을 선정하되 버너로 예열하는 경우는 직접적으로 개선면에 가열해서는 안 된다.
- (2) 온도관리는 용접선에서 75 mm 떨어진 위치에서 표면온도계 또는 온도쥬크 등에 의하여 온도관리를 한다.
- (3) 온도저하를 고려하여 아크발생시의 온도가 규정온도인 것을 확인하고 이 온도를 기준으로 예열직후의 계측온도로 설정한다.

3.2.4 가불임용접의 최소 예열온도

가불임용접의 최소 예열온도 및 용접층간 온도는 이 시방서 표 2.4.10에 따른다.

3.3 피복아크용접(SMAW)

3.3.1 일반사항

- (1) 용접봉의 등급, 크기, 아크길이, 전압 및 전류는 재질의 두께, 흠형상, 용접자세 및 작업과 관련된 기타 주변환경 등에 적합하도록 한다. 용접전류는 용접봉 제조업자의 권장범위 이내로 한다.
- (2) 수직자세에서의 하향용접은 용접 승인시험에서 책임 용접기술자의 인증을 받지 못하면 적용해서는 안 되며, 수직자세의 모든 용접진행 방향은 상향으로 한다.
- (3) 강재 뒷댐재를 사용하지 않는 완전용입 그루브용접이음부는 뒷면의 루트부를 가우징한 후 용접을 실시하여 건전한 용접부가 되도록 한다.

3.3.2 용접봉 규격

용접봉의 최대지름은 다음을 기준으로 한다.

- (1) 루트패스를 제외한 아래보기자세의 모든 용접 : 6 mm
- (2) 수평 필릿용접부 : 6 mm
- (3) 아래보기자세로 수행한 필릿용접의 루트패스와 루트간격이 6 mm 이상이고 뒷댐재가 있는 그루브용접 : 6 mm
- (4) 수직자세 및 위보기자세 용접 : 4 mm
- (5) 그루브용접부의 루트용접 및 위에서 언급한 경우를 제외한 기타 용접 : 5 mm

3.3.3 루트패스

루트패스의 최소 두께는 균열을 방지할 수 있을 정도로 하여야 한다.

- (1) 그루브용접 루트패스의 최대 두께는 6 mm로 한다.
- (2) 단일패스 필릿용접과 다중패스 필릿용접 루트패스의 최대치수는 다음에 따른다.
 - ① 아래보기자세 : 10 mm
 - ② 수평자세 및 위보기자세 : 8 mm
 - ③ 수직자세 : 12 mm

3.3.4 용접층의 최대두께

- (1) 그루브용접 및 필릿용접의 루트패스 후속 용접층의 최대두께는 다음을 기준으로 한다.
 - ① 아래보기자세 : 3 mm
 - ② 수평자세, 수직자세, 위보기자세 : 5 mm

3.4 서브머지드 아크용접(SAW)

3.4.1 일반사항

- (1) 서브머지드 아크용접은 하나 또는 다수의 단일전극이나, 하나 또는 다수의 병렬전극 또는 단일전극과 병렬전극을 조합하여 시행할 수 있다. 아크 사이의 간격은 선행 아크에 의해 형성된 용접금속의 슬래그가 후행 전극의 적절한 용착을 방해할 정도로 냉각되지 않도록 한다. 다중전극을 사용하는 서브머지드 아크용접은 모든 그루브용접 또는 필릿용접에 사용할 수 있다.
- (2) 열처리 고장력강을 용접할 때 입열량과 예열온도의 최대 허용조합은 강재 생산자의 권장값을 따른다.
- (3) 용접봉의 지름은 6.4 mm를 초과하지 않도록 한다.
- (4) 서브머지드 아크용접에 의해 용착되는 모재 표면과 인접 주위는 깨끗하고 습기가 없어야 한다.
- (5) 용입이 규정된 루트부의 용접은 뒷면 가우징하지 않고 용접할 경우 마크로시험, 방사선 투과검사 또는 기록된 검사자료에 의해 용접품질을 인증 받아야 한다.
- (6) 그루브용접에서 루트용접은 용융되는 강재 뒷담재나 또는 용융되지 않는 뒷담재를 사용할 수 있다. 필릿용접부의 루트는 모재의 용락을 방지하기 위해 뒷담재로 지지할 수 있다.
- (7) 각 용접층에서 용착금속 단면의 높이와 최대 폭은 용접표면의 폭을 초과해서는 안 된다.
- (8) 서브머지드 아크용접은 용접 도중에 아크를 끊어서는 안 된다. 부득이 아크를 끊을 경우 비드 단부를 50 mm 이상 경사지게 그라인딩 작업한 후 다시 용접을 시작한다.
- (9) 서브머지드 아크용접은 부재를 조립한 당일 중에 실시한다. 다음 날 이후에 시공할 경우는 발청이 없는 것을 확인한 후 청소하고 습기를 제거한 후에 실시한다.
- (10) 서브머지드 아크용접의 단부에 연결시켜서 수동용접을 할 경우에는 서브머지드 아크용접의 비드 단부를 50 mm 이상 가우징 한 후 수동용접을 실시한다.
- (11) 서브머지드 아크용접의 비드 시작점과 종료점은 엔드탭 위에 둔다.
- (12) 서브머지드 아크용접에 사용되는 플럭스는 용접와이어와 조합으로 승인받아야 한다. 플럭스의 보관 및 사용은 이 장 「3.14.2 플럭스」의 규정에 따른다.
- (13) 개선 가공 시 루트높이 치수는 별도 용접절차서에 따른다.
- (14) 루트용입부에 8 mm 이하의 가불임용접은 본용접에 그대로 포함시킬 수 있으나 용접부의 외관을 문제가 될 정도로 변화시키거나 용입을 감소시켜서는 안 된다. 이 조건

에 충족되지 않은 가붙임용접은 본용접 이전에 제거하거나 그 크기를 줄인 후 본용접을 실시한다. 두께 8 mm 미만의 강재 뒷담재를 붙인 이음부의 루트에 용접한 가붙임용접은 제거하거나 또는 저수소계 용접봉을 사용한 피복아크용접으로 접합 전길이에 서 연속되도록 한다.

3.4.2 단일전극을 사용한 서브머지드 아크용접 절차

- (1) 단일전극은 하나 또는 다수의 동력단위로 구성된 하나의 동력원에 단독으로 연결된 1개의 전극을 의미한다.
- (2) 필릿용접 이외의 경우에 모든 서브머지드 아크용접은 아래보기자세로 용접한다. 필릿용접은 아래보기자세나 또는 수평자세로 할 수 있으나 수평자세로 할 경우 단일전극을 사용한 단일패스 필릿용접의 크기는 8 mm를 초과하여서는 안 된다.
- (3) 루트 및 표면층을 제외하고 용접층의 두께가 6 mm를 초과하여서는 안 된다. 루트간격이 12 mm 이상 또는 용접층의 폭이 16 mm를 초과할 시는 다중패스의 층 분할방식으로 실시한다.
- (4) 용접전력, 아크전압 및 진행속도는 각 용접층이 인접한 모재와 용접금속에 완전히 융합되도록 하고 오버랩 또는 과도한 언더컷이 발생되지 않도록 정한다.

3.4.3 병렬전극을 사용한 서브머지드 아크용접 절차

- (1) 병렬전극은 동일한 동력원에 단독으로 병렬 연결된 2개의 전극이다. 이 2개의 전극은 보통 하나의 전극공급기에 의해 공급된다. 명시된 경우의 용접전류는 2개의 전극을 합한 값으로 한다.
- (2) 필릿용접 이외의 경우에 병렬전극을 사용한 서브머지드 아크용접은 아래보기자세로 한다. 필릿용접은 아래보기자세 또는 수평자세로 할 수 있으나 수평자세로 할 경우, 병렬전극을 사용한 단일패스 필릿용접의 크기는 8 mm를 초과해서는 안 된다.
- (3) 용접층의 두께에 대한 제한은 없다. 그루브용접의 루트패스에는 단일전극 또는 병렬전극을 사용할 수 있다. 뒷담재나 루트면은 용락을 방지할 수 있는 두께로 한다. 그루브용접에서 용접층이 용착되는 그루브 내의 표면 폭이 12 mm를 초과할 경우는 귀퉁이 부분의 융합을 보장할 수 있도록 병렬전극을 횡방향으로 배치하거나 또는 층 분할방식을 적용한다. 앞서 용착된 층의 폭이 16 mm를 초과할 경우는 용접방향을 따라 앞뒤로 배치한 전극으로 층 분할방식을 적용한다.
- (4) 용접전류, 아크전압, 용접속도 및 전극들의 상대위치는 각 용접 층이 모재와 완전히 융합되고 용접부의 토우(지단부)에 함몰자국이나 과도한 언더컷이 발생하지 않도록 정한다. 구속된 이음부의 루트에 균열이 발생하지 않도록 초기 용접패스의 지나친 오

목한 비드형상은 피하여야 한다.

- (5) 병렬전극을 사용한 서브머지드 아크용접을 수행할 때 예열 및 층간 온도는 「2-4 용접」의 해당요건에 따른다. 단일패스 그루브용접 및 필릿용접에 대해서 감독자가 승인한 경우 열영향부의 경도를 모재 인장강도 415 MPa 미만인 강재는 비커스 경도지수 225 미만, 인장강도 415 MPa 이상 485 MPa 이하인 강재는 비커스 경도지수 280 미만으로 감소시킬 수 있도록 모재와 입열량의 조합에 대해 예열 및 층간 온도를 정할 수 있다.

3.4.4 다중전극을 이용한 서브머지드 아크용접 절차

- (1) 다중전극은 둘 이상의 단일전극 또는 병렬전극을 조합한 것으로 각각의 전원과 독립적인 전극공급기를 가지고 있다.
- (2) 필릿용접 이외의 경우에 다중전극을 사용한 서브머지드 아크용접은 아래보기자세로 수행한다. 필릿용접은 아래보기자세나 또는 수평자세로 할 수 있으나 수평자세로 할 경우 다중전극을 사용한 단일패스 필릿용접의 크기는 12 mm를 초과해서는 안 된다.
- (3) 용접층의 두께에 대한 제한은 없다. 그루브용접의 루트패스에는 단일전극 또는 다중전극을 사용할 수 있다. 뒷담재나 루트면은 용락을 방지할 수 있는 두께로 한다. 그루브용접에서 용접층이 용착되는 그루브 내의 표면 폭이 12 mm를 초과할 경우는 귀퉁이 부분의 용합을 보장할 수 있도록 병렬전극을 횡방향으로 배치하거나 또는 층 분할방식을 적용한다. 앞서 용착된 층의 폭이 25 mm를 초과하고, 2개의 전극만이 사용될 경우 용접방향을 따라 앞뒤로 배치한 전극으로 층 분할방식을 적용한다.
- (4) 용접전류, 아크전압, 용접속도 및 전극들의 상대위치는 각 용접 층이 모재와 완전히 용합되고 용접부의 토우(지단부)에 함몰자국이나 과도한 언더컷이 발생하지 않도록 정한다. 구속된 이음부의 루트에 균열이 발생하지 않도록 초기 용접패스의 지나친 오목한 비드형상은 피하여야 한다.
- (5) 다중전극을 사용한 서브머지드 아크용접을 수행할 때 예열 및 층간 온도는 「2-4 용접」의 해당요건에 따른다. 단일패스 그루브용접 및 필릿용접에 대해서 감독자가 승인한 경우 열영향부의 경도를 모재 인장강도 415 MPa 미만인 강재는 비커스 경도지수 225 미만, 인장강도 415 MPa 이상 485 MPa 이하인 강재는 비커스 경도지수 280 미만으로 감소시킬 수 있도록 모재와 입열량의 조합에 대해 예열 및 층간 온도를 정할 수 있다.

3.5 가스메탈 아크용접(GMAW) 및 플렉스코어드 아크용접(FCAW)

3.5.1 일반사항

- (1) 용접와이어는 건조하고 사용에 적합한 상태로 관리되어야 한다.
- (2) 용접와이어의 최대지름은 아래보기자세 및 수평자세의 경우 4.0 mm, 수직자세의 경우 2.4 mm, 위보기 자세의 경우 2.0 mm로 한다.

3.5.2 용접층 두께

- (1) 단일패스로 이루어진 필릿용접부의 최대 용접 목두께는 아래보기자세 및 수직자세의 경우 12 mm, 수평자세의 경우 10 mm, 위보기자세의 경우 8 mm로 한다.
- (2) 가스메탈 아크용접 및 플렉스코어드 아크용접의 루트와 표면층을 제외한 그루브용접 부에서 한 용접층의 두께는 6 mm를 초과하지 않도록 한다. 루트간격이 12 mm 이상일 경우는 다중패스의 분할-층(split-layer) 기법을 사용한다. 모든 용접자세의 가스메탈 아크용접과 수직자세를 제외한 플렉스코어드 아크용접의 용접층의 폭이 16 mm를 초과할 경우와 수직자세의 플렉스코어드 아크용접 용접층의 폭이 25 mm를 초과할 경우에도 다중패스 용접의 분할-층 기법을 사용한다.

3.5.3 용접절차

- (1) 용접전류, 아크전압, 가스유동, 용접봉의 끝단에서 모재로 용착되어지는 금속의 이행 형식, 용접속도는 각 용접패스가 인접한 모재와 용착금속에 완전히 융합되고, 오버랩이나 과도한 기공 또는 언더컷이 없도록 선정한다.
- (2) 수직용접자세로 용접할 경우 용접의 진행 방향은 상향으로 한다. 다만, 감독자의 승인을 받은 시험에 의해 용접의 하향진행을 인증 받은 경우에 한하여 하향진행을 할 수 있다.
- (3) 뒷댐재를 사용하지 않는 완전용입그루브용접인 경우, 앞면의 용접을 수행한 후 뒷면에서 용접을 시작하기 전에 가우징이나 치핑 또는 기타의 방법으로 결함이 있는 부분이 모두 제거될 때까지 루트부의 용접금속을 제거하여야 한다.
- (4) 가스메탈 아크용접 또는 보호가스를 사용하는 플렉스코어드 아크용접은 바람이 심한 곳에서는 보호막을 설치하여 용접하여야 한다. 이와 같은 보호막은 용접부 주변의 최대 풍속을 2.2 m/s 까지 감소시킬 수 있는 적절한 방풍시설을 갖추어야 한다.
- (5) 단락이행 가스메탈 아크용접은 감독자의 서면 승인이 없는 경우 교량 부재의 제작에 사용할 수 없다.

3.6 일렉트로 슬래그 용접(ESW) 및 일렉트로 가스 용접(EGW)

3.6.1 일반사항

- (1) 일렉트로슬래그용접 및 일렉트로가스 용접은 QT(quenched and tempered) 강의 용접이나 인장응력 또는 교변응력을 받는 부재의 용접에 사용해서는 안 된다.
- (2) 일렉트로가스 용접 용접에 쓰이는 보호가스는 용접의 등급과 같은 것으로 하며, 용접 절차서의 모든 요구조건을 만족시켜야 한다. 용접현장에서 혼합할 경우는 적절한 측정 장치를 사용하여 가스를 배합시키도록 한다. 가스비율은 용접절차서의 요건에 따른다.
- (3) 사용 용접봉의 종류와 지름은 용접절차서의 요구조건에 따른다.

3.6.2 용접절차

- (1) 용접은 시작점에서 출발하기 전에 연결부의 그루브 면에 용접금속을 완전 용융시키기 위해 필요한 열이 축적될 수 있는 방식으로 시작되어야 한다. 슬래그나 용융된 용접금속이 응고되기 시작할 정도의 기간 동안 용접을 중단한 경우는 용접 재시작부 양측 최소 150 mm 이상에서 초음파 탐상검사와 방사선 투과검사(RT가 가능한 용접부의 경우)에 의해 용접부의 건전성이 확인된다면 용접을 재시작 할 수 있다. 이러한 모든 재시작부의 위치는 기록되고 감독자에게 보고되어야 한다.
- (2) 이 용접방법은 입열량이 크므로 일반적으로 예열이 필요하지 않다. 그러나 용접 시 모재의 온도가 0 ℃미만일 경우는 용접을 해서는 안 된다. 시작점의 용접품질 개선을 위하여 용접절차서에 따른 예열이 요구될 수 있다.
- (3) 보호가스를 사용하는 일렉트로가스 용접은 풍속이 2.2 m/s 이상일 경우 용접을 해서는 안 된다. 부득이 용접을 실시할 경우에는 용접부 주변의 최대풍속을 2.2 m/s 이하까지 감소시킬 수 있는 적절한 방풍시설을 갖추어야 한다.
- (4) 주부재의 모든 맞대기 그루브용접은 용접검사 규정에 따라 방사선 투과시험을 실시해야 하며 용접결함은 표 2.4.16에 의하여 교정하여야 한다.

3.7 플러그 및 슬롯 용접

3.7.1 일반사항

플러그용접은 피복아크용접, 가스메탈 아크용접 및 플럭스코어드 아크용접에 의하여 시행한다.

3.7.2 용접절차

- (1) 아래보기자세 용접 시는 연결부 루트를 따라 용착시키고 홀의 중심을 향하여 원주방향으로 용착시켜 루트와 바닥에서부터 용접금속층이 융합되고 쌓여서 요구되는 높이로 홀을 채우도록 반복하여야 한다. 용접이 완료될 때까지 용착된 부위의 슬래그는 용융상태로 유지시켜야 하되 아크가 중단되거나 슬래그가 냉각되면 슬래그를 완전히 제거한 후 재용접하여야 한다.
- (2) 수직자세로 용접할 경우 구멍의 아래쪽 루트에서 시작해서 윗쪽으로 향하여 용접하되 구멍의 내측 강판 면에서 구멍 주변쪽으로 실시한다. 아크는 구멍의 윗부분에서 끝내고 슬래그를 완전히 제거한 후 구멍의 반대편에서 다시 용접을 시작한다.
- (3) 위보기자세 용접 시는 아래보기자세에 준하여 시행하되 슬래그는 각 용접층 용착 후 냉각시켜서 완전히 제거한다.
- (4) 슬롯 용접은 「(3)항」을 적용하는 슬롯의 길이가 용접폭의 3배 이상, 또는 슬롯이 부재의 단부까지 연장된 경우를 제외하고는 플러그 용접과 동일한 방법으로 시행한다.
- (5) 플러그 용접이나 슬롯 용접을 앞서 용착한 용접비드 위에 용융된 슬래그를 뚫고 계속하고자 할 때 단속아크, 과대한 스파터, 과대한 가스를 동반한 슬래그 끓음 등 용융불연속이 형성되어 있는 동안 나타나는 상태의 징후로 아크와 슬래그 커버를 볼 수 있다. 용접흡이 발생할 경우는 용접을 중단하고 슬래그를 냉각시킨 후 슬래그나 용접층을 완전히 제거하고 재용접 한다.

3.8 스티드의 용접

3.8.1 일반사항

- (1) 스티드는 자동시간조절 아크스티드용접기에 적합하여야 한다.
- (2) 각 스티드는 열에 저항성이 있는 세라믹 또는 적합한 재료로 만든 링(ferrule)과 함께 사용한다.
- (3) 지름 8 mm 이상의 스티드는 탈산화와 아크안정을 위한 플럭스가 있어야 한다.

3.8.2 모재의 준비

- (1) 스티드가 용접되는 모재의 부위는 요구되는 용접이 이루어질 수 있도록 스케일, 녹, 습기 또는 기타 이물질이 없어야 한다.
- (2) 용접될 부위는 쇄슬질, 스케일링, 프릭-펀치 또는 연마로 깨끗이 준비하여야 한다.
- (3) 모재의 온도가 -20 ℃ 미만이거나 표면에 습기, 눈 또는 비에 노출된 경우에는 용접을

해서는 안 된다. 단, 모재의 온도가 $-20^{\circ}\text{C} \sim 0^{\circ}\text{C}$ 인 경우에는 추가의 육안검사와 굽힘시험 등을 통하여 감독자의 승인을 얻어 용접을 수행할 수 있다.

3.8.3 스티드 용접

- (1) 스티드는 직류 음극에 스티드를 연결하는 자동시간조절 스티드 용접장비로 용접하는 것을 기본으로 한다.
- (2) 용접전압, 전류, 시간 및 스티드의 장전과 밀어 넣기를 위한 스티드 총은 과거의 경험과 스티드 용접기 제조자의 지침에 따라 최적상태로 조절한다.
- (3) 두 개 이상의 스티드건을 동일한 전원으로 사용하는 경우, 한번에 하나의 스티드건만이 작동하도록 하고 하나의 스티드를 용접한 후 다른 스티드 용접을 시작하기 전에 동력이 완전히 회복되어야 한다.

3.8.4 스티드 용접의 인증시험

- (1) 스티드 용접 시공시험은 이 시방서 「2-4 용접」의 「1.5.4 용접시공시험」에 준하여 시행한다.

3.8.5 스티드 자동용접사의 자격인증

- (1) 「3.8.4」의 용접성 시공시험이 만족스러울 경우, 스티드 자동용접사는 자격이 인정된 것으로 하며 스티드 용접을 시공할 수 있다.
- (2) 「3.8.4」의 용접성 시공시험에 관여하지 않은 자동용접사는 스티드 용접을 실시하기 전에 2개의 스티드를 이 시방서 「2-4 용접」의 「1.5.4 용접시공시험」에 따라 용접 시공시험을 실시해야 하며, 그 결과가 만족스러울 경우, 해당 용접자는 스티드 용접을 시공할 수 있다.

3.8.6 스티드 용접보수

- (1) 스티드 자동용접에서 스티드가 완전한 360° 의 용착부를 얻지 못할 경우, 계약상대자는 누락된 용착부를 사전 인정된 플렉스코어드 아크용접 나 가스메탈 아크용접, 또는 피복아크용접 방법을 사용하여 최소 필릿 용접으로 적절하게 보수한다.
- (2) 보수용접은 보수하는 결함의 각 끝에서 최소 10 mm 이상을 연장하여 실시한다.

3.8.7 스티드 제거부위의 보수

- (1) 인장응력을 받는 부재에서 불합격 스티드를 제거한 부위는 인접모재와 편평하도록 매끄럽게 마무리하여야 한다.
- (2) 스티드 제거 중에 손상된 모재부분은 사전 인정된 용접절차서에 따라 손상된 부위를 용접금속으로 채우고 표면을 인접모재와 편평하게 마무리한다.

- (3) 스티드를 교체하는 경우, 모재의 보수는 교체용 스티드를 용접하기 전에 실시한다.
- (4) 교체된 스티드는 본래의 축으로 부터 약 15°의 각도로 굽힘시험을 실시한다.

3.8.8 스티드 필릿용접

- (1) 스티드 용접은 스티드 건에 의한 자동용접을 하며, 부득이 피복아크용접에 의한 필릿 용접으로 할 경우, 사전 감독자의 승인을 받아 시행하여야 한다. 사용 용접봉은 저수 소계의 용접봉으로 용접봉 지름은 4 mm ~ 5 mm를 사용하여야 한다. 스티드 지름이 10 mm 미만인 경우 또는 용접자세에서 벗어난 경우에는 더 작은 지름의 용접봉을 사용할 수 있다.
- (2) 필릿용접의 최소치수는 표 2.4.13에 따른다.

표 2.4.13 필릿용접의 최소치수

(단위 : mm)

스티드 지름	최소치수
$\varphi \leq 10 \text{ mm}$	6
$10 \text{ mm} < \varphi \leq 25 \text{ mm}$	8
$\varphi > 25 \text{ mm}$	10

- (3) 스티드의 필릿용접은 다음 규정에 준하여 시행한다.
 - ① 용접살의 높이 1 mm, 폭 0.5 mm 이상의 더듬기가 주위에 쌓이도록 한다.
 - ② 용접부의 균열 및 슬래그 혼입이 없어야 한다.
 - ③ 날카로운 흠 형상의 언더컷 및 깊이 0.5 mm 이상의 언더컷이 없어야 한다.
 - ④ 스티드의 마무리 높이는 설계 치수에 대해 $\pm 2 \text{ mm}$ 이내로 한다.
 - ⑤ 스티드의 기울기는 5° 이내로 한다.
 - ⑥ 스티드 용접은 아래보기 자세로 한다.
 - ⑦ 모재의 최소 예열온도는 표 2.4.10에 의한다.

3.9 고리 및 가설용 공구 붙이기

- (1) 운반 및 가설 등에 쓰이는 고리, 공구 등을 붙일 때의 용접은 공장 내에서 공장용접으로 수행한다. 부득이 현장에서 수행하는 경우에는 미리 감독자의 승인을 얻어야 하며, 그 조건은 공장용접과 동등 이상인 것이라야 한다.
- (2) 고리 및 공구 등의 제거는 모재에 유해한 결함을 남기지 않도록 주의하여 시행한다.

3.10 용접 검사

3.10.1 용접검사의 종류

- (1) 용접의 비파괴시험은 구조물의 중요도 및 용접의 종류 등에 따라 결정하되 비파괴검사 관련절차서를 제출하여 감독자의 승인을 받아 시행한다.
- (2) 비파괴검사의 적용분류는 전수검사, 부분검사 및 지정검사로 나누어 시행한다.

3.10.2 비파괴검사

- (1) 비파괴 검사는 육안검사에 합격한 용접부에 실시한다. 열처리한 고장력강은 용접 후 48시간이 경과된 후에 실시한다.
- (2) 육안검사
모든 용접부는 육안검사를 실시한다. 육안검사 결과가 이 장의 「3.10.4 육안검사」 및 「3.10.5 스티드의 검사」의 기준을 만족하면 그 용접부는 합격된 것으로 한다. 육안검사자는 관련분야에 5년 이상 종사한 자가 실시하는 것을 기본으로 한다.
- (3) 침투탐상 검사 및 자분탐상 검사
침투탐상 검사 및 자분탐상 검사는 KS D 0213과 KS B 0816 기준에 따른다.
- (4) 방사선 투과검사
방사선 투과검사의 합격기준은 KS B 0845에 따라 등급을 분류하고 그 판정은 다음에 따른다.
 - ① 인장 및 교변하중이 작용하는 부재의 용접부 : 2류 이상 합격
 - ② 압축 및 전단응력이 작용하는 부재의 용접부 : 3류 이상 합격
- (5) 초음파 탐상검사
초음파 탐상검사의 합격기준은 KS B 0896에 따라 등급을 분류하고 그 판정은 다음에 따른다.
 - ① 인장 및 교변하중이 작용하는 부재의 용접부 : 2류 이상 합격
 - ② 압축 및 전단응력이 작용하는 부재의 용접부 : 3류 이상 합격

3.10.3 비파괴검사의 적용범위

- (1) 일반사항
 - ① 용접부에 대한 비파괴검사는 주로 주부재를 대상으로 실시하는 것을 기본으로 하며, 2차 부재에 대해서는 주응력을 받는 부재에 한하여 시행하되 승인된 계획서 및 절차서에 의하여 실시한다.
 - ② 완전용입 그루브용접부에 대한 비파괴검사는 방사선투과검사 또는 초음파탐상검사를

기본으로 한다. 기존에 초음파탐상검사에 대한 충분한 근거자료가 있어 감독자가 이를 인정하는 경우, 방사선 투과검사의 적용이 곤란한 경우, 또는 설계도서에 별도로 명시된 용접부에 대해서는 초음파탐상검사를 실시한다. 또한 두께가 50 mm 이상인 경우에는 방사선투과검사 대신에 초음파탐상검사로 대체할 수 있다.

- ③ T이음부나 모서리 이음의 완전용입부는 초음파탐상검사를 기본으로 한다.
 - ④ 일렉트로슬래그용접 또는 일렉트로가스용접에 의해 용접된 완전용입 용접부에 대해서는 방사선투과검사와 초음파탐상검사를 모두 실시하는 것을 기본으로 한다.
- (2) 주부재의 완전용입 그루브용접부에 대해서는 방사선투과검사 또는 초음파 탐상검사를 다음과 같이 실시한다.
- ① 아래의 ②와 ③의 경우를 제외한 인장 또는 교번하중을 받는 용접부의 시, 종점부에 대해 방사선투과 검사(2매)를, 나머지 100 %에 대해 초음파탐상검사를 실시한다.
 - ② 거더 웹의 수직방향 맞대기이음부는 최대 인장점으로부터 웹 높이의 1/3까지의 범위 100 %와 나머지 부분의 25 %에 대해 초음파탐상검사를 실시한다. 다만, 교번부에 위치하는 이음부는 용접부 100 %에 대해 초음파탐상검사를 실시한다.
 - ③ 거더 웹의 종방향 맞대기이음은, 설계도서에 별도로 명기되어 있지 않는 한, 3.10.3 (3)의 규정에 따른다.
 - ④ 압축응력이나 전단응력을 받는 맞대기이음부는 용접부 25 %에 대해 초음파탐상 검사를 실시한다.
 - ⑤ 크로스빔의 상부플랜지와 주거더의 상부플랜지 또는 크로스빔의 상부플랜지와 스트링거의 상부플랜지 사이의 맞대기이음부는 용접부 100 %에 대해 초음파탐상검사를 실시한다.
 - ⑥ 방사선투과검사나 초음파탐상검사의 부분검사 대상은 용접 품질에 영향을 줄 수 있을 것으로 예상되는 요인들을 고려하여 이음부 전체에 균등히 분포하도록 선정한다. 검사결과 결함이 발견될 경우에는 동일한 용접품질이 예상되는 용접그룹의 나머지 용접부 전 길이에 대해 검사를 실시한다.
- (3) 주부재의 필릿용접부와 부분용입 그루브용접부에 대해서는 다음과 같이 자분탐상검사를 실시한다.
- ① 인장강도 520 MPa 급(모재의 강도가 서로 다른 경우 낮은 강도를 기준으로 함) 이하인 경우 주거더 플랜지와 웹 사이의 접합부, 웹의 종방향 맞대기이음부의 필릿용접부 또는 부분용입 그루브용접부는 단부를 포함하여 매 용접길이 3 m 당 300 mm의 구간에 대해 자분탐상검사를 실시한다. 용접치수와 이음 종류별 용접의 길이가 3 m 미만인 경우에도 각 용접에 대해 용접길이 300 mm의 구간을 검사하여야 한다.

- ② 인장강도 570 MPa 급(모재의 강도가 서로 다른 경우 낮은 강도를 기준으로 함) 이상의 경우 주거더 플랜지와 웨브 사이의 접합부, 플랜지와 종리브 사이의 접합부, 그리고 웨브의 종방향 맞대기이음부의 필릿용접부 또는 부분용입 그루브용접부는 단부를 포함하여 매 용접길이 3 m 당 300 mm의 구간에 대해 자분탐상검사를 실시한다. 용접치수와 이음 종류별 용접의 길이가 3 m 미만인 경우에도 각 용접에 대해 용접길이 300 mm의 구간을 검사하여야 한다.
 - ③ 용접결함이 발견될 경우에는 용접의 전체길이 또는 용접결함이 발견된 위치로부터 양쪽으로 각 1.5 m 중 짧은 쪽을 선택하여 자분탐상검사를 추가로 실시한다.
 - ④ 2차 부재의 필릿용접은 육안검사를 실시하는 것을 기본으로 하고, 균열의 의심이 있는 경우에만 위의 기준에 준하여 실시한다.
- (4) 주부재의 부분용입 그루브용접부에 대해서는 다음과 같이 초음파탐상검사를 실시하는 것을 기본으로 한다.
- ① 주부재의 부분용입 그루브용접부는 단부를 포함하여 매 용접길이 6 m 당 300 mm의 구간에 대해 초음파탐상검사를 실시한다. 용접치수와 이음 종류별 용접길이가 6 m 미만인 경우에도 각 용접에 대해 용접길이 300 mm의 구간을 검사하여야 한다.
 - ② 불합격될 경우에는 용접의 전체길이 또는 불합격된 위치로 부터 양쪽으로 각 1.5 m 중 짧은 쪽을 선택하여 초음파탐상검사를 추가로 실시한다. 단, 판정기준은 용입깊이 및 용입깊이 내의 중요 결함을 확인하는 것으로 하며, 3류 이상 합격으로 한다.
- (5) 결함을 보수한 후에는 보수 결과를 확인하기 위해 비파괴검사를 실시한다. 검사는 결함 보수부와 보수부 양쪽으로 최소한 50 mm 연장시킨 범위를 포함한다.
- (6) 현장용접의 검사는 다음에 따른다.
- ① 강바닥판을 제외한 주거더의 플랜지, 웨브, 종리브 그리고 강재교각의 보와 기둥의 용접부는 방사선투과 또는 초음파탐상 검사로 전수 검사한다.
 - ② 강바닥판의 데크플레이트간 용접부는 방사선투과검사 또는 초음파탐상검사를 실시한다. 방사선투과검사를 할 경우에는 시점과 종점에 연속해서 2매, 중간부에서는 1 m 당 1매 또는 용접와이어의 시점과 종점에서 1매를 검사한다. 십자 교차점에서는 사방으로 각 2매씩 검사한다. 방사선 투과검사에 의한 샘플링 검사를 실시한 경우에는 결함부의 양측 각 1 m의 범위에 대해서는 추가 검사를 실시하고, 이들 개소에서 결함이 발생된 경우에는 그 이음부 전체를 검사하여야 한다. 방사선투과검사 대신 초음파탐상검사로 할 경우에는 용접이음부 전 길이를 검사한다.
 - ③ 판정기준은 이 장 3.10.2의 (4) 및 (5)에 따른다.
 - ④ 현장용접에 필릿용접부 및 부분용입 그루브용접부가 있는 경우에는 이 장의 3.10.3의 (3) 및 (4)항에 따른다.

3.10.4 육안검사

(1) 용접균열의 검사

용접비드 및 그 근방에서는 어느 경우도 균열이 있어서는 안 된다. 균열검사는 육안으로 하되 특히 의심이 있을 때에는 자분탐상검사 또는 침투탐상검사로 실시하여야 한다.

(2) 용접비드 표면의 피트

주요 부재의 맞대기이음 및 단면을 구성하는 T 이음, 모서리 이음에 관해서는 비드 표면에 피트가 있어서는 안 된다. 기타의 필릿용접 또는 부분용입 그루브용접에 관해서는 한 이음에 대해 3개 또는 이음길이 1 m에 대해 3개까지 허용한다. 다만, 피트 크기가 1 mm 이하일 때는 3개를 한 개로 본다.

(3) 용접비드 표면의 요철

비드 표면의 요철은 비드길이 25 mm 범위에서의 고저차로 나타내고, 3 mm를 넘는 요철이 있어서는 안 된다.

(4) 언더컷

언더컷의 깊이는 표 2.4.14의 값을 초과해서는 안 된다.

표 2.4.14 언더컷의 깊이

언더컷의 위치	허용차(mm)
주요부재의 재편에 작용하는 1차응력에 직교하는 비드의 종단부	0.3
주요부재의 재편에 작용하는 1차응력에 평행하는 비드의 종단부	0.5
2차부재의 비드 종단부	0.8

(5) 오버랩

오버랩이 있어서는 안 된다.

(6) 필릿용접의 크기

필릿용접의 다리길이 및 목두께는 지정된 치수보다 작아서는 안 된다. 그러나, 한 용접선 양끝의 각각 50 mm를 제외한 부분에서는 용접길이의 10 %까지의 범위에서 -1.0 mm의 오차를 인정한다.

3.10.5 스테르드의 검사

(1) 검사범위

- ① 용접변수(스테르드건, 전원, 스테르드의 지름, 스테르드 장전과 밀어넣기의 양, 전류와 용접시간, 용접자세 등) 설정 후 매일 또는 매 생산용접 작업 전에 처음 2개의 스테르드를

시험용접하고 육안검사와 굽힘시험을 수행한다. 검사결과 문제가 있는 경우에는 용접 절차시방서(WPS)를 수정한 후, 두께와 물성이 모재와 유사한 재료 위에 다시 2개의 스티드를 용접하고 육안검사와 굽힘시험을 수행한다.

- ② 생산용접된 모든 스티드는 육안검사를 하고, 육안검사에 불합격되거나 보수용접한 스티드는 굽힘시험을 한다.
- ③ 모재의 온도가 0 ℃ 이하에서 용접된 스티드는 총 개수의 1 %에 대해 굽힘시험을 실시한다.

(2) 육안검사

육안검사는 스티드의 외관전체에 대해 행하며 표 2.4.15를 만족하여야 한다.

표 2.4.15 스티드용접부의 육안검사

결함	판정 기준
더듬기 형상의 부조화	더듬기는 스티드의 반지름 방향으로 균일하게 형성되어야 한다. 여기에서 더듬기는 높이 1 mm 폭 0.5 mm 이상의 것을 말한다.
균열 및 슬래그 혼입	허용되지 않는다.
언더컷	날카로운 노치 형상의 언더컷 및 깊이 0.5 mm 이상의 언더컷은 허용되지 않는다. 다만, 0.5 mm 이내로 그라인드 처리 할 수 있는 것은 그라인드 처리 후 합격하는 것으로 한다.
스티드	설계치에서 ± 2 mm를 넘어서는 안 된다.

(3) 스티드 굽힘시험

- ① 매 생산용접 작업 전 또는 용접변수를 변경한 경우의 시험용접 한 스티드에 대한 굽힘 시험은 용접부가 냉각된 후 원래의 스티드 축 방향에서 30 °까지 굽히는 것으로 한다. 굽힘 후 용접부에 균열이나 파단이 있으면 안 된다.
- ② 생산용접된 스티드에 대한 굽힘시험은 원래의 스티드 축 방향에서 15 °까지 굽히는 것으로 한다. 육안검사 결과 불합격되거나 보수용접 한 경우에는 더듬기가 부족하거나 결함이 있는 쪽의 반대방향으로 스티드를 굽혀야 한다. 굽힘 후 용접부에 균열이나 파단이 있으면 안 된다.
- ③ 스티드의 굽힘은 스티드 머리부분을 해머로 타격하거나 스티드에 강관 등의 기구를 씌워서 수동 또는 기계적으로 힘을 가해서 만든다. 온도가 10 ℃ 이하인 경우에는 연속적으로 천천히 힘을 가하여 굽히는 것이 좋다.
- ④ 굽힘시험을 실시한 스티드는 굽혀진 상태 그대로 두고 콘크리트를 타설한다.

3.11 결함부의 보수

3.11.1 결함의 종류 및 보수방법

- (1) 용접결함부의 종류 및 보수방법은 표 2.4.16에 표시한 요령으로 한다.
- (2) 표 2.4.16에 표시된 것 이외의 용접부 결함 보수방법 및 보수 허용 규정치는 사전에 그 요령과 절차를 제출하여 감독자의 승인을 받아 시행하여야 한다.

3.11.2 용접의 더돈기와 마무리

(1) 그루브용접

설계에서 마무리를 지정하지 않은 그루브용접을 하는 경우는 표 2.4.17에 표시한 범위 내의 더돈기는 용접한 대로 두어도 좋다. 다만, 더돈기가 표 2.4.17의 값을 초과할 때는 비드 형상의 끝부분(지단)을 매끄럽게 마무리 하여야 한다.

(2) 필릿용접

한 용접선 양끝의 각 50 mm 이외 부분에서 용접길이의 10 %까지 -1 mm의 차를 허용하나 비드 형상이 불량한 경우는 결함보수 기준에 따라 덧살용접으로 보수한다.

표 2.4.16 용접결함부의 보수

순번	결함의 종류	보수 방법
1	강재의 표면상처로 그 범위가 분명한 것	덧살용접 후, 그라인더 마무리, 용접 비드는 길이 40 mm 이상으로 한다.
2	강재의 표면상처로서 그 범위가 불분명한 것	정이나, 아크에어가우징에 의하여 불량 부분을 제거하고, 덧살용접을 한 후 그라인더 마무리를 한다.
3	강재 끝면의 층상 균열	판두께의 1/4정도의 깊이로 가우징을 하고, 덧살용접을 한 후, 그라인더 마무리를 한다.
4	아크 스트라이크	모재표면에 오목부가 생긴곳은 덧살용접을 한 후 그라인더 마무리를 한다. 작은 흔적이 있는 정도의 것은 그라인더 마무리만으로 좋다. 용접비드의 길이는 이 표의 1의 경우와 같다.
5	가불임용접	용접비드는 정 또는 아크에어스커핑법으로 제거한다. 모재에 언더컷이 있을 때는 덧살용접 후, 그라인더 마무리를 한다. 용접비드의 길이는 이 표의 1의 경우와 같다.
6	용접 균열	균열부분을 완전히 제거하고 발생원인을 규명하여 그것에 따른 재용접을 한다.
7	용접비드 표면의 피트, 오버랩	아크에어가우징으로 그 부분을 제거하고 재용접한다. 용접비드의 최소길이는 40 mm로 한다.
8	용접비드 표면의 요철	그라인더 마무리를 한다.

순번	결함의 종류	보수 방법
9	언더컷	비드 용접한 후 그라인더 마무리를 한다. 용접비드의 길이는 40 mm 이상으로 한다.
10	스터드용접의 결함	해머 타격검사로 파손된 용접부는 완전히 제거하고 모재면을 절리한 후 재용접한다.

표 2.4.17 그루브용접의 더듬기(mm)

비드폭(B)	더듬기 높이(h)
$B < 15$	$h \leq 3$
$15 \leq B < 25$	$h \leq 4$
$B \geq 25$	$h \leq 4B/25$

3.12 변형교정

3.12.1 강재의 표면온도

용접에 의해서 생긴 부재의 변형은 프레스나 가스화염 가열법 등에 의하여 교정할 수 있다. 가스화염 가열법에 의해 교정을 실시하는 경우의 강재 표면온도 및 냉각법은 표 2.4.18에 의한다.

표 2.4.18 가스화염법에 의한 선상가열시의 강재 표면온도 및 냉각법

강 재		강재 표면온도	냉 각 법
조질강(Q)		750 ℃ 이하	공냉 또는 공냉 후 600 ℃ 이하에서 수냉
열가공제어강 (TMC, HSB)	$C_{eq} > 0.38$	900 ℃ 이하	공냉 또는 공냉 후 500 ℃ 이하에서 수냉
	$C_{eq} \leq 0.38$	900 ℃ 이하	가열 직후 수냉 또는 공냉
기타 강재		900 ℃ 이하	적열상태에서의 수냉은 피한다

3.12.2 교정방법의 승인

이 규정 이외의 비틀림 제어 및 수축에 따른 변형교정은 교정방법과 절차서를 제출하여 감독자의 승인을 받아 시행한다.

3.13 열처리에 의한 응력제거

3.13.1 일반사항

계약도면이나 특별시방서에서 요구될 때에, 용접 구조물에 대해서는 열처리에 의해 응력을 제거시켜야 하되, 열처리대상 및 범위는 승인된 열처리계획서에 준하여 시행하여야 한다. 다만, 용접 후 기계가공이 필요시는 응력제거 후에 기계가공을 수행하여야 한다.

3.13.2 응력제거 열처리 실시방법

- (1) 용접된 조립품(부재)을 열처리로에 투입할 때 노 내온도가 315 ℃를 초과해서는 안 된다.
- (2) 315 ℃ 이상에서의 가열비(℃/hr)는 가장 두꺼운 부재를 기준으로 25 mm 당 1시간에 220 ℃를 초과해서는 안 된다. 또한 어떠한 경우도 단위 시간당의 가열온도가 220 ℃를 초과해서는 안 된다. 가열 중에 가열시키는 부재의 전 부위의 온도편차는 5 m 길이 이내에서 140 ℃ 이하가 되도록 하여야 한다.
- (3) 열처리 고장력강이 최대온도 600 ℃에 도달된 후 또는 기타 다른 강재가 평균온도범위 590 ℃와 650 ℃ 사이에 도달된 후에는, 용접두께에 따라 표 2.4.19의 규정시간 이상 동안 조립품의 온도를 유지시켜야 한다. 응력제거가 치수안정을 목적으로 하는 경우, 유지시간은 두꺼운 쪽의 부재를 기준으로 하여 표 2.4.19에 기록된 시간 이상으로 유지시켜야 한다. 또한 유지시간 동안 가열된 부재의 전 부분에 걸쳐서 최고온도와 최저온도 차이가 80 ℃ 이상이 되어서는 안 된다.

표 2.4.19 최소유지시간

두께 6.0 mm 이하	두께 6.0 mm 초과 50 mm 이하	두께 50 mm 초과
15분	25 mm 당 1시간	2시간+50 mm를 초과하는 두께에 대해서 25 mm 당 15분 추가

- (4) 315 ℃ 이상에서의 냉각비(℃/hr)는 밀폐된 노(爐) 또는 용기 내에서 가장 두꺼운 부재를 기준으로 25 mm 당 1시간에 315 ℃ 이하가 되며, 어떠한 경우에도 단위시간당의 냉각온도가 260 ℃를 초과해서는 안 된다. 또, 315 ℃ 미만에서는 조립품을 공냉시킬 수 있다.

3.13.3 응력제거 열처리의 다른 방법

다른 방법으로 앞의 3.13.2항에 기술한 온도까지 후열처리 시키는 것이 비현실적인 경우 용접시킨 조립품은 표 2.4.20에 준하여 더 긴 시간동안 더 낮은 온도에서 응력을 제거시킬 수도 있다.

표 2.4.20 응력제거 열처리의 다른 방법

최소규정온도 이하의 온도감소(℃)	온도감소시의 최소지속시간 두께 25 mm 당의 최소 유지시간
30	2
60	3
90	5
120	10

3.14 현장품질관리

3.14.1 용접재료

- (1) 용접재료는 적절하게 보관, 관리되고 있는 것을 확인한 후에 사용하여야 한다.
- (2) 피복아크용접봉 건조는 표 2.4.21에 따른다.

표 2.4.21 용접봉의 건조

용접봉 종류	용접봉건조상태	건조온도	건조시간
연강용 피복아크용접봉	건조(개봉) 후 12시간 이상 경과한 경우 또는 용접봉이 흡습할 우려가 있는 경우	100 ℃ ~ 150 ℃	1시간 이상
저수소계 피복 아크용접봉	건조(개봉) 후 4시간 이상 경과한 경우 또는 용접봉이 흡습할 우려가 있는 경우	300 ℃ ~ 400 ℃	1시간 이상

- (3) 용접봉은 한번 이상 재건조 시켜서는 안 되며, 또한 젖은 용접봉을 사용하여서도 안 된다.

3.14.2 플렉스

- (1) 서브머지드 아크용접에 사용되는 플렉스는 건조상태를 유지하여야 하며, 먼지, 밀스 케일 또는 기타 이물질 등의 오염물질이 없어야 한다.

- (2) 서브머지드 아크용접용 플렉스의 건조는 표 2.4.22에 따른다.

표 2.4.22 플렉스 건조

플렉스 종류	건조온도	건조시간
용융플렉스	150 ℃ ~ 200 ℃	1시간 이상
소결플렉스	200 ℃ ~ 250 ℃	1시간 이상

- (3) 용접장비, 호퍼, 탱크 등의 모든 플렉스는 용접작업이 48시간 이상 중단될 때는 언제든지 새로운 플렉스로 대체시켜야 한다. 플렉스는 항상 습기 및 오염물질로부터 보호되어야 하며, 젖은 플렉스를 사용해서는 안 된다.

- (4) 용접 시 용융된 플렉스의 재사용은 금지한다.

3.14.3 용접 품질관리시험

계약상대자는 이 장의 1.5.4항의 시공시험 이외의 추가 용접시험이 필요시는 감독자의 승인을 받아 다음 중 해당시험을 실시하여야 한다.

- (1) 용착금속의 인장 및 충격시험 : KS B 0821
- (2) 아크용접 이음의 한쪽 인장피로시험 : KS B 0825
- (3) 금속재료 용접부의 파괴시험
 - 경도시험- 제1부 : 아크용접부의 경도시험 : KS B 0826
- (4) 금속재료 용접부의 파괴시험 - 금속 재료 용접부의 파괴 시험
 - 십자 및 겹치기 이음 인장 시험 : KS B 0841
- (5) 측면 필릿 용접이음의 전단시험방법 : KS B 0842
- (6) T형 필릿 용접이음의 굽힘시험방법 : KS B 0844
- (7) 강용접부의 수소량 측정방법 : KS D 0064
- (8) 강부재 구조상세의 피로에 관련된 시험은 제작과정상 특별한 문제가 없는 한 별도로 실시하지 않는다.

2-5 볼트접합

1. 일반사항

1.1 적용범위

이 절은 강교제작 및 조립시공에 필요한 볼트 및 연결재 시공에 적용한다.

1.2 관련 시방서 및 기준

1.2.1 토목공사 표준일반시방서

1.2.2 강구조공사 표준시방서

1.2.3 철도공사 전문시방서

1.2.4 도로교 설계기준

1.3 참조규격

1.3.1 한국 산업규격

KS B ISO 3269	파스너 - 인수 검사
KS B 1002	6각 볼트
KS B 1010	마찰접합용 고장력 6각볼트, 6각너트, 평와서의 세트
KS B 1012	6각 너트
KS B 1017	접시 머리 볼트
KS B ISO	2338 평행 핀
KS B ISO	1234 분할핀
KS B ISO	2339 비경화 테이퍼 핀
KS B 1326	평와서
KS B 2819	구조물용 토크-전단형 고장력볼트·6각너트·평와서의 세트
KS B 5221	미터 보통 나사용 한계 게이지
KS D 3710	탄소강 단강품
KS D 4101	탄소강 주강품

KS D 4118	도로교량용 주강품
KS Q 1001	계량 규준형 1회 샘플링 검사

1.4 제출자료

1.4.1 작업절차서

계약상대자는 볼트 및 연결재의 시공방법과 검사요령에 대한 작업절차서를 작성한다.

1.4.2 시공상세도

부재의 이음부별 사용 볼트 및 연결재의 규격 및 종류를 명기한 목록과 수량서를 제출한다.

1.4.3 제출자료

- (1) 볼트 및 연결재의 제품검사기록, 시험성적서 등을 제출한다.
- (2) 볼트조임 기구 및 연결재용 장비의 검사결과와 조절 또는 보정 기록서를 제출한다.
- (3) 볼트시공이 완료될 시는 볼트 및 연결재의 제품검사기록, 시험성적서, 각종 시공기록을 실명 날인한 보고서를 제출한다.

1.5 품질관리

1.5.1 볼트세트의 확인

볼트, 너트, 와셔 등의 등급에 따른 기계적 성질에 대한 시험 및 검사가 필요시는 다음에 의한 시험을 실시한다.

- (1) 모양, 치수에 대해서는 KS B 1010의 부표 1-3에 따른다.
- (2) 외관은 KS B 1010의 8항 겉모양에 따른다.
- (3) 나사정밀도는 KS B 5221의 규정에 맞는 6H/6g 용 한계 게이지로 검사하며 2급 나사용 한계 게이지로 대신할 수 있다.
- (4) 기계적 성질은 KS Q 1001에 의하여 확인 검사한다.

1.5.2 토크계수값 시험

토크계수값 시험은 각 로트의 고장력 볼트세트에 대해 5개 이상 실시하고 토크값의 평균과 편차를 조사하여 제작자 검사결과와 비교하되 토크값이 5 % 이상 다를 경우는 재검사를 실시한다.

1.5.3 볼트조임 검사 기구의 교정

볼트조임 검사 기구는 사용 중 6개월에 1회 이상 교정을 받아야 한다. 다만, T/S 볼트 전용 조임기구는 예외로 할 수 있다.

1.5.4 축력계의 교정

축력계는 반입시 1회, 사용 중에는 최소 12개월에 1회 이상 교정을 실시해야 하며 정밀도는 $\pm 3\%$ 의 오차범위가 되도록 하여야 한다.

1.5.5 볼트접합면의 상태

볼트접합면의 미끄럼 상태는 규정값 이상의 미끄럼계수를 가져야 되며, 볼트접합면에 도장되는 도장재는 미끄럼 내력시험에 인증된 것을 사용한다.

1.6 운반, 보관 및 취급

1.6.1 볼트 및 연결재의 운반

볼트 및 연결재의 운반은 이 시방서 「2-2 강재」의 「1.6 운송, 보관 및 취급」의 해당 요건에 따른다.

1.6.2 볼트세트의 보관 및 관리

- (1) 볼트세트는 공장출하 당시의 상태가 현장에서 시공할 때까지 유지될 수 있도록 포장 및 보관에 주의하여야 한다. 관련규정은 KS B ISO 3269에 따른다.
- (2) 하루의 작업을 종료했을 때 남은 볼트는 신속히 포장하여 보관하도록 하되 미사용 볼트는 현장에 방치해서는 안 된다.
- (3) 제작 후 6개월 이상 경과된 볼트는 현장예비시험을 기준으로 하여 토크계수 값으로 측정하여야 한다.

2. 재료

2.1 사용재료

2.1.1 볼트의 규격

- (1) 마찰접합용 고장력 6각볼트, 6각너트, 평와서의 세트 : KS B 1010

(2) 구조물용 토크-전단형 고장력볼트, 6각너트 평와서의 세트 : KS B 2819

(3) 용융아연도금 고장력 볼트

볼트재료 세트 : KS B 1010의 제1종(F8T)

미끄럼계수 0.4 이상을 얻기 위해 표면거칠기를 50S 이상이 되도록 블라스트 처리하고 너트회전법으로 체결하는 볼트

(4) 비전해식 아연말 피막처리 고장력 볼트 : KS B 0553

비전해식 아연말 피막은 아연말 화성피막과 같다.

(5) 기타 피막처리 고장력 볼트

기타 피막처리방법, 피막두께, 내식성 및 기계적, 물리적 성질에 따른 제 성질이 국내 및 국제규격과 동등 이상인 제품

(6) 일반볼트

6각볼트 : KS B 1002

6각너트 : KS B 1012

평와서 : KS B 1326

2.1.2 연결재

스터드형 전단연결재는 이 시방서 「2-2 강재」의 「2.2.5 스테드형 전단연결재」 및 「2-4 용접」의 「2.3 스테드형 전단연결재」의 규정에 따른다.

2.1.3 볼트의 종류의 선정

- (1) 사용볼트의 종류 및 규격은 「2.1.1 볼트의 규격」의 규정을 만족하는 표 2.5.1에 준하되, 체결방법 및 연결방법에 따라 필요한 기계적 성질 등의 특성 및 품질을 만족하는 것으로 한다.
- (2) 마찰접합용 고장력볼트, 너트 및 와서는 특별히 정한 경우를 제외하고 KS B 1010에 규정된 제 1종부터 제 2종까지의 M20, M22, M24, M27, 및 M30, 제 4종의 M20, M22, M24를 사용하는 것으로 한다.
- (3) 마찰접합용 고장력볼트 세트로 (2)항의 고장력 6각볼트 세트 대신에 동일한 등급의 KS B 2819에 따른 T/S 볼트 세트를 사용할 수 있다.
- (4) 지압접합에는 마찰접합용 제 1종, 제 2종 및 제 4종의 고장력볼트 세트를 사용하거나, 다른 KS에 준용하고 강도가 (2)항의 고장력볼트와 같은 볼트세트를 사용할 수 있다.
- (5) 일반볼트는 KS B 1002의 육각볼트, KS B 1012의 너트, KS B 1326의 평와서 세트를 사용하는 것으로 한다.

표 2.5.1 사용볼트의 종류 및 규격

구분	종류	토크계수값	등 급		
			볼트	너트	와셔
마찰접합용 고장력볼트	1종	A	F8T	F10	F35
		B			
	2종	A	F10T		
		B			
	4종	A	F13T	F13	
		B			
	T/S 볼트		F10T	F10	
			F13T	F13	
지압접합용 고장력볼트	1종	A	F8T	F10	F35
		B			
	2종	A	F10T		
		B			
	4종	A	F13T	F13	
		B			
일반볼트	6각볼트(C)		4T, 5T, 6T	4T, 5T, 6T	-

주 : 토크계수값의 A는 윤활유 처리 등으로 1제조 로트의 토크계수값의 평균치가 0.11 ~ 0.15 사이, B는 방청유 도포 등으로 토크계수값의 평균치가 0.15 ~ 0.19사이의 값을 나타낸다. C는 부품의 등급을 나타낸다.

2.1.4 핀 및 롤러

핀 및 롤러의 사용재는 이 시방서 「2-2 강재」의 「2.2.4 볼트 및 핀」 및 「2.2.6 구조품」에 준하되 다음 재료 중에서 사용한다.

- (1) 탄소강 단강품 : KS D 3710
- (2) 탄소주강품 : KS D 4101
- (3) 도로교용 주강품 : KS D 4118

3. 시공

3.1 공통사항

3.1.1 일반사항

- (1) 볼트는 나사를 손상하지 않고 정확하게 구멍 속에 끼워 넣어야하며 볼트 끼우기 중 나사부분과 볼트머리는 손상되지 않게 보호하여야 한다. 모든 볼트머리와 너트 밑에는 와셔를 끼우고 와서는 볼트머리와 너트에 평행하게 놓는다. 다만, T/S 볼트는 너트 측에만 1개의 와셔를 사용한다.
- (2) 볼트가 볼트 축에 직각인 평면과 1/20 보다 큰 경사를 갖는 경사표면(傾斜表面)이나 원형면(圓形面) 위에 사용될 경우에는 볼트머리나 너트가 완전히 지지되도록 경사진 와셔나 원형 와셔를 사용한다.
- (3) 볼트의 나사부는 하나 이상의 나사산이 연결되는 부재 안쪽에 남아있도록 한다.

3.1.2 그룹볼트의 조임

그룹볼트의 조임은 중앙의 볼트에서 단부의 볼트 방향으로 작업을 진행하며, 1차 예비조임과 본조임으로 나누어 2회 시행한다. 1차조임은 소요 토크 값의 60 % 정도로 전체볼트를 조인다.

3.1.2 볼트접합면의 표면처리

- (1) 볼트접합면의 표면처리는 블라스트 등에 의해 녹, 흑피 등을 제거하여 미끄럼계수가 0.4 이상 얻어지도록 처리한다.
- (2) 볼트조임에 앞서 접합면의 들뜬 녹, 기름, 먼지 등을 청소하여 제거한다.
- (3) 마찰접합의 경우도 볼트접합면에는 도장을 해서는 안 되나 지압접합일 때는 프라이머 도장의 제거를 생략할 수 있다. 다만, 마찰접합의 경우 무기질 아연말 프라이머(징크 리치 페인트) 도장을 할 수 있으며, 표 2.5.2에 준하여 시행하는 것이 좋다.

표 2.5.2 무기질 아연말 프라이머를 도장할 경우의 조건

항목	조건
접촉면 편면당 최소건조 도막두께	30 μm 이상
접촉면의 합계 건조 도막두께	90 μm ~ 200 μm
건조 도막 중 아연함유량	80 % 이상
아연분말 입경(50 % 평균입경)	10 μm 정도 이상

3.1.4 두께차이가 있는 이음부재의 연결

이음부재와 연결판은 볼트조임에 의하여 밀착하도록 한다. 두께의 차이가 있는 이음부재를 연결시공 할 때에는 표 2.5.3에 준하여 시행한다.

표 2.5.3 두께 차이가 있는 이음부재의 연결

실제 차이량	처리방법
1 mm 이하	처리 불필요
1 mm 초과 3 mm 미만	모재의 두께 차이를 경사지게 가공
3 mm 이상	채움판으로 간격을 채움

3.1.5 주의사항

- (1) 볼트 체결작업의 2차 본조임은 강우 및 결로 등 습한 상태에서 실시해서는 안 된다.
- (2) 토크계수값을 줄이기 위해서 표면처리를 실시한 와서를 사용할 경우는 이것을 너트 측에만 사용하고 볼트머리 측에는 표면처리를 하지 않은 것을 사용한다.
- (3) 용접과 고장력볼트의 마찰접합을 병용할 때에는, 용접완료 후에 고장력볼트의 조임 시공을 실시하는 것으로 한다. 고장력볼트를 조인 후에 용접할 때에는 구속에 의한 영향을 고려한다.
- (4) 볼트조임 토크계수값 시험은 이 장의 1.6.2항에 준하여 시행한다.

3.2 고장력 볼트

3.2.1 볼트의 조임

- (1) 볼트의 조임을 위한 기구(機具)의 보정은 작업개시 전 그 정밀도를 확인한다.
- (2) 볼트의 조임은, 특별한 제한 사유가 있는 경우를 제외하고는 너트를 돌려서 축력을 도입한다. 볼트돌림을 할 때는 토크 계수값의 변화를 확인한다. 볼트의 조임을 토크법에 따라 할 때에는 표준 볼트축력이 균일하게 도입되도록 조임 토크를 조절한다.
- (3) F8T 볼트의 경우에는 회전법으로 볼트를 체결할 수 있다. 회전법으로 볼트를 체결할 때에는 판의 접합면 사이에 틈이 없을 정도로 볼트를 토크렌치로 조인 상태, 또는 조립용 스패너로 힘 있게 조인 상태에서 표 2.5.4의 회전각만큼 추가의 회전이 이루어지도록 조인다.

표 2.5.4 회전법에 의한 볼트체결

구분	회전각
(가) 볼트 길이가 지름의 5배 이하일 때 (나) 볼트 길이가 지름의 5배를 초과할 때	1/3회전(120°) $\pm 30^{\circ}$ 시공조건과 일치하는 예비시험을 통하여 목표 회전각을 결정한다.

3.2.2 볼트의 축력

- (1) 마찰접합 및 지압접합의 볼트는 표 2.5.5에 표시된 볼트의 설계축력을 얻을 수 있도록 조여야 한다.
- (2) 볼트의 조임축력은 설계축력에 10 %를 증가시킨 값으로 한다.

표 2.5.5 볼트축력 및 볼트조임축력

(단위 : kN)

등급	볼트호칭	설계볼트 축력	조임축력	5본 이상 볼트의 평균축력 ¹⁾	
				하한치	상한치
F8T	M20	130	145	135	150
	M22	160	180	170	185
	M24	190	210	195	215
F10T	M20	160	180	170	185
	M22	200	220	210	230
	M24	235	260	245	270
	M27	310	340	315	355
	M30	375	415	390	435
F13T	M20	215	235	220	240
	M22	265	290	275	300
	M24	305	340	320	350

주 : 1) 시공 전 시험시공 검사값의 상·하한치

3.3 토크-전단형 고장력 볼트(T/S 볼트)

3.3.1 볼트의 조임

- (1) 볼트의 본조임은 상온($10^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$)에서 조임 시공하는 것으로 하며 상온 이외의 경우는 적절한 조임축력을 갖도록 조임 시공한다.

- (2) 본조임은 전용 조임기를 사용하여 핀테일이 파단(破斷)될 때까지 조임 시공한다. 다만, 본조임에서 적절한 조임력이 얻어지지 않은 볼트는 신제품으로 교체한다.
- (3) 와서는 너트 측에만 1개를 사용한다.

3.3.2 볼트의 축력

- (1) 볼트의 조임축력은 표 2.5.6에 준한 조임축력을 갖도록 시공하여야 한다.
- (2) T/S 볼트는 온도변화에 의한 영향이 크므로 조임 시 온도를 확인한 후 시공한다.

표 2.5.6 T/S 볼트의 설계볼트축력

(단위 : kN)

등 급	볼트호칭	설계볼트 축력	온도 10 ° ~ 30 °		0 ° ~ 10 ° / 30 ° ~ 60 °	
			하한	상한	하한	상한
F10T	M20	160	170	205	160	210
	M22	200	210	250	200	260
	M24	235	240	290	230	305
	M27	310	315	375	315	395
	M30	375	390	455	380	480

3.4 용융아연도금 고장력 볼트

3.4.1 볼트의 조임

- (1) 볼트의 본조임 방법은 너트 회전법에 따르고 1차 조임은 프리-세트형 토크렌치를 사용한다.
- (2) 1차 조임 후 볼트, 너트, 와셔 및 부재에는 금메김을 하고 본조임은 1차 조임 후 금메김 위치에서 너트가 120 ° ± 30 ° (1/3회전)의 위치까지 회전시켜 조임 시공한다.

3.4.2 연결부재의 이음면 상태

연결되는 판의 접합면 거칠기는 50S 정도로 마무리하고 미끄럼 계수는 역시 0.4 이상이 되어야 한다.

3.4.3 볼트의 축력

볼트의 축력은 표 2.5.5에 따른다.

3.5 타입식 고장력 볼트

3.5.1 볼트의 조임

- (1) 타입식 고장력볼트의 와서는 너트 측에만 1개를 사용한다.
- (2) 지압접합에 타입식 고장력볼트를 이용할 경우에는 체결 시공 전에 구멍의 어긋남에 대해 확인하여 타입 작업성에 문제가 발생하지 않도록 한다. 또한 볼트 타입시 구멍 주위 연단에 유해한 손상이 가지 않도록 주의한다.
- (3) 타입식 고장력볼트 체결은 볼트의 나사부에 너트가 걸릴 때까지 타입한 후에 너트를 회전하여 볼트 속으로 끌어넣는 방법을 택한다.

3.5.2 볼트의 축력

볼트의 축력은 표 2.5.5에 따른다.

3.6 핀 및 롤러

3.6.1 일반사항

- (1) 핀과 롤러는 도면에 명기한 치수에 맞추어 표면의 흠을 제거하고 평탄하고 매끄럽게 제작한다.
- (2) 지름이 230 mm 이상 되는 핀과 롤러는 KS D 3710의 소둔한 제품을 사용해야 하며 230 mm 보다 작은 지름의 롤러나 핀은 단조강이나 소둔한 제품 또는 냉간 탄소강을 사용할 수 있다. 다만, 냉간 탄소강을 사용할 때에는 품질확인서를 제출 감독자의 승인을 받아야 한다.
- (3) 지름이 230 mm 보다 큰 핀의 경우는 단조강을 소둔하기 전에 단조강을 임계온도 범위 이하로 냉각시키거나 또는 급속냉각에 의하여 흠이 발생하지 않도록 하고 이 상태에서 봉의 축을 따라 전체길이에 걸쳐 구멍을 뚫어야 한다.

3.6.2 핀구멍의 허용오차

핀과 핀구멍의 차이는 핀지름 130 mm 미만에는 0.5 mm, 핀지름 130 mm 이상의 것에 대해서는 1 mm로 한다.

3.6.3 핀의 길이

핀의 마무리부의 길이는 나사부가 부재에 닿지 않도록 부재의 외측 면 사이의 거리보다 6 mm 이상 길게 하고, 핀의 양쪽 끝에는 로마스 너트 또는 와셔가 붙은 보통너트를 사용한다.

3.6.4 주의사항

- (1) 핀의 나사는 미터나사를 사용하며 그 피치는 4 mm로 한다.
- (2) 핀의 끝마무리 다듬기 및 핀구멍의 면처리는 설계도 기준에 따른다.
- (3) 핀구멍이 있는 부분의 인장부재의 웹 두께는 인장부재 순폭(純幅)의 1/8 이상으로 한다.

3.7 아이바

3.7.1 아이바의 단면적

아이바의 단면적은 계산상 필요단면적의 135 % 이상으로 한다.

3.7.2 아이바의 머리모양

아이바의 머리모양은 핀구멍과 동심원으로 한다.

3.7.3 주의사항

아이바의 두께는 최소 25 mm 이상으로 하고 핀의 지름은 아이바 폭의 8/10 보다 크게 하는 것이 좋다.

3.8 접합검사

3.8.1 일반사항

볼트접합 검사는 연결면의 처리, 연결이음부의 두께차이, 볼트구멍의 엇갈림, 볼트조임 상태 등을 제규정에 맞추어 시공했는지를 확인한다.

3.8.2 토크법에 의한 조임

- (1) 볼트조임 검사는 조임 후 신속히 실시한다.
- (2) 자동기록계의 기록용지에 따라 검사를 할 경우는 기록용지 전부를 검사하는 것으로 한다.
- (3) 토크법으로 조임한 볼트의 조임검사는 각 볼트군의 10 %에 해당하는 개수의 볼트를 대상으로 하며, 토크렌치에 의한 검사를 실시한다. 이 경우 검사의 적부판정기준은 체결 토크 값이 교정 검사에서 설정한 토크 값의 $\pm 10\%$ 범위 내를 합격으로 한다.
- (4) 불합격한 볼트군에 대하여는 다시 처음 검사한 개수의 2배에 해당하는 볼트를 선택하여 재검사하되, 재검사에서 다시 불합격한 볼트가 발생하였을 때는 그 군의 전체를

검사한다. 정해진 토크 값에 못 미치는 볼트에 대하여는 정해진 토크 값까지 추가 체결하고, 정해진 토크 값을 10 % 이상 초과한 볼트에 대하여는 새로운 볼트로 교체하여야 한다.

- (5) 일정한 축력에 달하면 자동적으로 체결이 완료되는, 예를 들면 T/S 볼트, 또는 NUT RUNNER와 같은 캘리브레이티드 랜치 등의 보증된 체결방법이 아닌 일반 토크법에 의한 볼트에 대하여는 전항의 규정에 의하여 소정의 체결이 이루어지고 있는 것을 검사에 의해 확인하여야 한다.

- (6) 너트나 와셔가 뒤집혀 체결되어 있는지 확인하며 뒤집힌 경우에는 재시공한다.

3.8.3 너트 회전법에 의한 조임

- (1) 너트 회전법에 의해 조인 볼트의 조임검사는 1차조임을 완료한 후에 표시한 금매김에서 너트의 회전량을 육안으로 검사한다. 조임 결과의 판정은 1차조임 후 너트의 회전량이 「3.2.1 볼트의 조임 (3)」에서 규정한 범위에 있으면 합격으로 한다.
- (2) 불합격한 볼트세트는 새로운 것으로 교체하여야 한다.

3.8.4 T/S 볼트의 조임검사

- (1) 검사는 볼트조임 후 실시한다.
- (2) 너트나 와셔가 뒤집혀 체결되어 있는지 확인하여 뒤집힌 경우에는 재시공한다.
- (3) 핀테일의 파단 및 금매김의 어긋남을 육안으로 확인하여 검사한다. 핀테일이 정상적인 모습으로 파단 되었으면 적절한 체결이 이루어진 것으로 판정하되, 금매김의 어긋남이 없는 볼트에 대하여는 기타의 방법으로 체결을 실시하여 공회전이 확인될 경우에는 새로운 볼트세트로 교체한다.

2-6 조립 및 설치

1. 일반사항

1.1 적용범위

이 절은 강교제작에 따른 현장조립 및 설치공사에 적용한다.

1.2 관련 시방서 및 기준

1.2.1 토목공사 표준일반시방서

1.2.2 강구조공사 표준시방서

1.2.3 철도공사 전문시방서

1.2.4 콘크리트 표준시방서

1.2.5 도로교 설계기준

1.3 참조규격

해당 한국산업표준은 이 시방서 「2-2 강재」, 「2-3 제작」, 「2-4 용접」, 「2-5 볼트접합」에 따른다.

1.4 제출자료

1.4.1 작업절차서

계약상대자는 가설작업, 부재이음, 용접방법, 품질검사 및 시험요령 등에 대한 작업절차서를 작성하여야 한다. 계약도면이나 특별시방서에서 요구될 때에는 가설 후 응력계측을 작업절차서에 포함하여야 한다.

1.4.2 검사 및 시험계획서

1.4.3 시공계획서

(1) 시공계획서는 교량가설지점의 지형, 지세의 지리적 조건과 교량형, 사용 장비계획

및 환경조건을 고려하여 세밀히 작성하여야 한다.

- (2) 계약상대자는 교량가설에 필요한 중요 안전시설 계획을 수립하고 이에 따른 보호 시설도와 안전장비 등의 시방서 등을 제출하여 감독자의 승인을 받아야 한다.
- (3) 공사시 발생하는 소음, 진동 등 자연훼손에 대한 보호시설과 건설잔재 등의 처리 등 환경보호 시설계획을 수립하여 제출하여야 한다.

1.4.4 시공상세도

다음 사항이 추가로 포함되어야 한다.

- (1) 시공도서에는 가설 설계도 및 시공상세도, 부재의 조립 및 설치도를 포함하여야 한다.
- (2) 가설 설계도와 시공상세도는 교량형식과 교량설치 지점의 지형, 지세 등을 고려한 설계도와 가설방법에 따른 시공도면을 작성하여야 한다.
- (3) 부재의 조립 및 설치도에는 부재의 크기와 중량, 조립순서 및 조립방법, 조립위치, 솟음, 제작 및 설치허용오차, 정착재, 받침재의 위치 및 설치요령서 등이 포함되어야 한다.
- (4) 현장 용접시공도는 KS B 0052의 표준용접기호를 사용하여 작성해야 하며, 현장용접의 위치, 용접규모 등이 포함되며 공사기록 도면에는 용접공의 개별 신원을 명기하여야 한다.
- (5) 볼트접합 시공은 볼트접합위치, 연결판, 구멍, 볼트의 종류, 조임방법 등이 포함되어야 한다.
- (6) 가설 시 또는 가설 후 응력계측 및 응력조절이 필요할 시는 계측장비 사용계획 및 계측위치, 응력조절방법 등을 포함하여야 한다. 가설응력의 발생이 예견될 시는 사전에 응력검토를 실시하여 안전여부를 확인해야 하며, 그 결과를 보고서로 제출하여야 한다.
- (7) 구조물의 구체, 정착볼트, 지지판 및 기타 매설물의 설치를 위한 설치도, 규격을 및 지침을 제시하여야 한다.

1.4.5 제품자료

- (1) 부재의 조립 및 설치에 사용되는 주요 재료의 제품 견본을 필요시 제출하여야 한다.
- (2) 하중지시와서(압축성 와셔형의 직접장력지시계)를 사용할 때는 제작자의 제품 자료를 제출하여야 한다.

1.5 품질보증

1.5.1 현장조립 또는 용접

현장조립 또는 현장용접 시는 공장용접과 상응한 보호시설을 해야 하며 용접공 및 용접기술자의 자격과 용접절차는 「2-4 용접」의 해당요건에 따른다.

1.5.2 현장조립의 허용오차

현장조립의 허용오차는 공장가조립의 허용오차범위 내의 기준치를 적용한다.

1.5.3 토크렌치의 교정

현장볼트 연결에 따른 토크렌치의 검정은 다음에 따른다.

- (1) 검정된 토크렌치를 설정하는 검정장치는 계약상대자의 자격 있는 직원이 공사에 처음 사용하기 전 30일 이내에 정확성을 점검해야 하며, 그 이후에는 매 6개월마다 1회 이상 점검하여야 한다.
- (2) 감독자가 검정장치의 정확성에 대하여 의문을 갖는 경우에는 제작자에게 반환해서 정확성을 확인받도록 요구할 수 있다.

1.5.4 현장품질관리 성적서 제출

현장품질관리 성적서를 제출하여 감독자의 확인을 받아야 한다.

1.5.5 재가공 또는 수정보완

현장조립의 제작오류에 의하여 재가공 또는 수정보완할 경우에는 계약상대자의 책임 하에 재제작 또는 시공하여야 한다.

2. 재료

2.1 사용재료

- (1) 사용강재는 「2-2 강재」의 해당요건에 따른다.
- (2) 용접재료는 「2-4 용접」의 해당요건에 따른다.
- (3) 볼트 및 연결재는 「2-5 볼트접합」의 해당요건에 따른다.
- (4) 현장 페인트공은 제6장 도장의 해당요건에 따른다.
- (5) 콘크리트용 재료는 「2-7 상부 슬래브」의 해당요건에 따른다.

2.2 자재의 품질관리

2.2.1 강재

강재의 품질관리는 이 시방서 「2-2 강재」의 「2.4 자재의 품질관리」에 따른다.

2.2.2 용접재료

용접재료의 품질관리는 이 시방서 「2-4 용접」의 「2.4 품질관리」에 따른다.

3. 시공

3.1 공통사항

3.1.1 일반요건

이 공사에 적용할 일반요건은 이 시방서 「2-1 일반요건」의 「3.1 일반사항」에 따른다.

3.1.2 강재의 운반, 보관관리

이 공사에 사용될 강재의 운반, 보관관리는 이 시방서 「2-2 강재」의 「1.6 운송, 보관 및 취급」에 따른다.

3.1.3 시공오차

조립 및 설치의 시공오차는 이 시방서 「2-3 제작」의 「3.10.4 가조립 품질 관리」의 표 2.3.10에 따른다.

3.1.4 부재의 운반, 보관관리

부재의 운반, 보관관리는 이 시방서 「2-3 제작」의 「3.16 제작품 운송 및 보관」에 따른다.

3.1.5 용접재료의 현장품질관리

용접재료의 현장품질관리는 이 시방서 「2-4 용접」의 「3.14 현장품질관리」에 따른다.

3.2 가설공

3.2.1 교량받침

(1) 교량받침은 「5-3 교량 받침」의 해당요건에 따른다.

3.2.2 부재의 설치와 조립

부재의 설치는 명시된 도면에 따라 설정된 기선과 표고에 맞추어 정확하게 설치하여야 한다. 부재의 조립은 조립 기호, 소정의 조립순서, 솟음 등에 따라 정확하게 시행하고 조립 중 부재는 신중하게 취급하여 손상이 없도록 한다.

3.2.3 임시조임용 볼트 및 드리프트핀

임시조임용 볼트 및 드리프트핀의 합계는 볼트수의 1/2로 하고 드리프트 핀의 수는 구멍을 맞추기에 필요한 정도로 하고 볼트의 수를 될 수 있는 한 증대시켜야 한다.

3.2.4 부재의 현장조립

- (1) 부재를 사용 장비 및 시공계획에 따라 몇 개를 지상에서 조립하여 일체로 가설하고자 할 때는 현장조립을 위한 받침대 및 비계는 부재의 휨이나 변형이 발생하지 않도록 견고하게 설치하여야 한다.
- (2) 강교의 조립에는 소요리벳 또는 고장력 볼트수의 1/2 이상의 가조임볼트 및 드리프트 핀을 사용하고 볼트구멍을 잘 맞추어 볼트조임을 하여야 한다. 이때 드리프트핀에 의하여 구멍을 확대시키거나 손상시키지 않도록 하여야 한다.
- (3) 강구조물에 부득이 구멍을 뚫어야 할 때에는 감독자의 승인을 받아야 한다.
- (4) 현장 조립품을 일체로 운반하여 설치할 경우는 조립부재의 길이, 중량 및 형상을 고려하여 장비의 종류와 소요대수를 계획해야 하며 부재의 변형이 발생하지 않도록 안전하게 설치하여야 한다.

3.2.5 임시 버팀대

임시 버팀대에 의하여 부재를 설치할 때는 가설이 완료될 때까지 버팀대를 유지시켜야 하며 구조물의 솟음을 고려한 높이 조절과 비틀림이나 손상이 발생하지 않도록 견고하게 버팀대를 시공한다.

3.2.6 공법 변경

설계된 공법에 의하여 부재를 설치하지 않고 다른 공법으로 순서를 변경시는 변경된 공법에 따라 가설응력과 변형을 검토하여 안전성 여부를 확인하여야 한다.

3.2.7 가설 시 볼트조임

가설 시 볼트조임은 1차 예비조임 후 2차 본조임은 구조전체가 완전히 시공된 상태에서 계측을 하거나 또는 시공측량 및 검측을 완료한 후 시행한다. 다만, 접합면의 청결 상태를 확인하고 녹, 기름 등 불순물이 있을 경우는 깨끗이 청소한다.

3.2.8 가조임볼트

부재의 이음이 용접이음인 경우 가조임볼트는 제거해야하나 특별히 제거하도록 규정

된 사항이 아니면 볼트시공 기준에 맞추어 조임시공하여 영구볼트로 사용할 수 있다. 다만, 가조임볼트를 제거할 경우는 볼트를 제거 후 볼트구멍을 플러그 용접으로 채우고, 용접면은 강판 표면정도 규정에 맞게 매끈하게 마무리하여야 한다. 이때, 용접재는 강교의 사용강판 재질에 맞는 용접봉을 사용하여야 한다.

3.2.9 구멍맞춤 교정

구멍맞춤이 규정치 이상으로 당초계획 볼트를 사용할 수 없을 경우는 당초 사용 규격보다 큰 볼트를 사용하도록 볼트 구멍을 조절하여야 하되 천공을 위한 가스화염의 사용을 해서는 안 된다.

3.2.10 드리프트핀

- (1) 드리프트핀은 여러 부재를 함께 조립하는 경우에만 사용하여야 하되 허용오차를 벗어나 제작된 부재나 부품을 조립하는데 사용하여서는 안 된다.
- (2) 부재의 조립에 사용하는 가조임볼트와 드리프트 핀의 합계는 1개소의 연결 고장력 볼트 수의 25 % 이상(웨브는 15 % 이상)으로, 그 중의 5 % 이상을 드리프트 핀으로 하는 것이 좋다. 단, 큰 가설응력이 작용하는 경우는 그 가설 응력에 견딜 수 있는 가조임볼트와 드리프트 핀을 사용하여야 한다.
- (3) 드리프트핀은 재료가 비틀리게 하거나 손상될만한 힘을 주어서 사용하여서는 안 되며, 정교하게 제작되지 않은 부재가 있을 시는 감독자의 승인을 받아 처리한다.

3.2.11 제작오차의 교정 및 결함보수

- (1) 제작오차의 교정은 감독자가 승인한 방법에 의하여 수행하여야 하며, 주요부재의 제작오차를 교정하기 위해 현장에서 가스절단 화염을 사용하여서는 안 된다.
- (2) 용접결함 보수방법은 이 시방서 「2-4 용접」의 「3.11 결함부의 보수」 및 「3.12 변형교정」의 규정에 따른다.

3.2.12 접합시공

- (1) 현장조립은 볼트접합 또는 현장용접으로 한다. 현장용접을 할 경우는 사전에 현장용접 계획과 절차서를 제출하여 감독자의 승인을 받아 실시해야 하되 공장용접 규정에 준하는 보호시설을 설치한 후 시공한다.
- (2) 볼트접합 시공은 「2-5 볼트접합」의 해당요건에 따른다.
- (3) 용접 시공은 「2-4 용접」의 해당요건에 따르며, 현장용접할 때의 기상조건이 다음에 해당할 경우에는 용접결함의 발생을 방지하기 위하여 용접을 하여서는 안 된다. 다만, 방풍, 방우설비 및 예열 등이 공장용접 조건을 갖춘 경우는 예외로 한다.

- ① 우천시 및 우천의 가능성이 있는 경우
- ② 우천 직후
- ③ 바람이 강한 경우
- ④ 대기온도가 -20°C 이하인 경우, 단 모재의 온도가 0°C 이하이면 모재를 최소 20°C 이상으로 예열하여야 한다.

3.3 교량의 형식별 가설검토

3.3.1 플레이트거더교

- (1) 가설 시 횡전도에 의한 좌굴을 막기 위하여 지지점에 전도방지 시설을 갖추고 아울러 경간 내에도 버팀줄 등으로 전도가 되는 것을 방지하여야 한다.
- (2) 바닥판 콘크리트를 타설할 때 일어나는 전체좌굴에 의한 횡전도를 방지할 수 있도록 횡브레이싱을 설치하여야 한다.
- (3) 주거더는 자중이 적은 것에 비하여 풍압면적이 크므로 바람에 의하여 전도될 염려가 크므로 전도가 되지 않도록 방지 시설을 확실히 하여야 한다.
- (4) 10분 평균 풍속이 산들바람($3.4\text{ m/sec} \sim 5.4\text{ m/sec}$) 이상의 기상조건에서는 I형 주거더의 단독 가설작업을 중지하여야 한다.

3.3.2 박스거더교

- (1) 박스거더교의 주거더는 일조(日照)의 영향이 크므로 한 장소에서 연결 작업할 때에는 온도차에 의한 변형과 응력차가 크지 않도록 연속해서 설치하여야 한다.
- (2) 박스거더교의 주거더를 여러 개소의 지지점을 갖는 공법으로 설치할 때에는 잭 등에 의해서 올리고 내리는 지지점을 보강하여야 한다.
- (3) 박스거더교의 주거더는 한부재의 블록 중량이 크기 때문에 취급이 용이하도록 미리 공장에서 무게 중심부에 리프팅러그를 설치하여야 한다.
- (4) 주거더를 횡이동시킬 경우는 각 지점의 이동량이 일정하도록 관리하여야 한다.

3.3.3 연속교

- (1) 연속교의 주거더를 켄틸레버식 공법이나 블록공법으로 가설할 경우는 가설응력 조절 내용을 사전에 예측하여 둔다.
- (2) 끼어넣기식 공법에 의하여 가설할 경우는 사전에 셋백량을 고려하여야 한다.
- (3) 주거더를 양측에서 올리고 내리는 공법에 의하여 가설할 경우는 각점의 변위로 인한 초과응력이 발생되지 않도록 한다.

- (4) 횡이동 시는 각 지점의 이동량이 일정하도록 관리하여야 한다.
- (5) 연속교의 바닥판 슬래브 콘크리트 타설할 경우 경간 중앙부를 먼저 타설하고 경간 지점부를 향하여 타설함으로써 지점부에서 발생할 수 있는 균열을 방지하도록 한다.

3.3.4 곡선교

- (1) 곡선교의 주거더를 가설할 때에는 전도되지 않도록 주거더의 중량을 고려해서 보의 중심 위치를 확인하여 둔다. 횡이동 또는 마주 들어 올리고 내릴 경우는 하중의 편심을 예견해서 지지점을 보강하여야 한다.
- (2) 곡선 주거더의 경우 조립방향을 정확히 측정하는 것이 곤란하므로 사전에 그 방향을 검토하여 둔다.
- (3) 주거더를 가설 후 가로보(크로스 빔)를 연결할 경우 주거더의 비틀림이나, 주거더의 처짐으로 인해 가로보의 연결이 곤란할 경우, 가로보 연결부의 유간 확보나, 연결볼트를 위한 긴 구멍 뚫기나 공구연결 등의 대책이 필요하다.

3.3.5 사교

- (1) 가로보를 주거더에 직각으로 연결시킬 경우는 주거더마다 가로보의 연결 지점이 다르므로 주거더의 처짐 변위차이를 고려하여 연결방안을 수립한다.
- (2) 지지점에 설치할 가로보는 지지점과 같은 방향으로 배치하여야 한다.
- (3) 신축이음장치는 사각방향으로 정확하게 이동할 수 있도록 배치하여야 한다.

3.3.6 트러스교

- (1) 쉐틀레버 공법 및 대블럭 공법에 의하여 가설 시 인장재가 압축재로 되는 경우가 있으므로 가설 시의 응력을 검토하여 필요한 조치를 하여야 한다.
- (2) 축력 부재로서 설계된 현재에 자주식 크레인 등의 가설중기를 주행시켜 가설하는 경우는 이들의 중량을 합해서 힘의 영향을 검토하여야 한다.
- (3) 트러스교는 부재수가 많으므로 부재의 연결위치 및 격점부의 조립순서를 사전에 결정하여 가설하여야 한다.
- (4) 경간이 긴 트러스교는 가로보의 연결부에 슬롯 등으로 조절부를 두어야 한다.

3.3.7 상로 아치교

- (1) 아치를 우선 가설하고 보강거더를 나중에 가설하는 경우 아치의 변형이 커서 보강거더의 연결이 곤란한 경우가 있으므로 이 경우 변형에 관한 응력을 사전에 검토하여 보강거더의 가설순서 및 방법을 정하여야 한다. 보강거더의 가설순서는 일반적으로 중앙부에서 양방향으로 대칭이 되도록 가설해야 하며 지점의 고저차가 큰 아치에는 변형이 비대칭으로 되어 수평변위가 크게 되므로 주의가 필요하다.

- (2) 아치의 폐합은 일조의 영향이 크므로 영향이 적을 때 실시하여야 한다. 가설 중 아치는 공간장에 비해 휨강성이 작고 처짐 변형이 크므로 폐합 시에는 결합부의 맞닿는 면의 형상이 소정의 치수가 되도록 검측하여 조절하여야 한다.
- (3) 아치 받침은 측량작업을 실시하여 정확하게 거치하여야 하며 받침부의 소정 회전량이 넘지 않도록 관리하여야 한다.
- (4) 아치 설치 후 스펜드럴 기둥은 수직도가 정확하여야 하며 기둥변위에 의하여 아치 응력 및 변위가 발생하지 않도록 하며, 가급적 보강재와 함께 가설하여야 한다.
- (5) 바닥판 가설 시 주거더 및 횡거더, 가로보 및 세로보는 아치 및 스펜드럴 기둥의 면의 변형으로 정확하게 맞지 않을 경우가 있으므로 설치 전 검측을 실시하고 정확하게 시공하여야 한다.

3.3.8 하로 아치교

- (1) 타이드 아치교, 로제교 및 랭거 아치교의 아치를 선행으로 가설할 경우 상로교의 아치 설치와 동일하게 한다.
- (2) 수직재 가설은 아치의 각 접합점의 변위가 각각 다르므로 변위를 고려하여 부재 길이 및 설치 포인트를 정하여야 한다.
- (3) 하로교 교면의 주거더, 보강거더 및 가로보, 세로보는 상로아치교 가설과 동일하게 시행하는 방법이 좋다.
- (4) 하로교 중 가벤트에 의하여 하로교의 주거더 및 교면을 우선 설치한 후 아치를 설치할 경우는 가벤트 철거 후 전체 구조계의 변위를 고려하여 아치부재와 수직부재를 설치하여야 한다. 다만, 아치부재의 좌굴방지용 보강재는 중앙부로부터 대칭이 되도록 설치한다.
- (5) 널센 아치교는 케이블 설치 이전에 아치와 상판에 가설재를 설치한 후 케이블을 2차로 설치할 수 있다.

3.3.9 라멘교

- (1) 선정된 공법에 따라 부재의 폐합과 응력조절을 사전에 검토하여야 한다.
- (2) 받침의 거치정도에 따라 부재의 솟음과 응력에 영향을 주므로 정확하게 시공이 되도록 하여야 한다.

3.3.10 강바닥판교

- (1) 강바닥판은 강성이 작기 때문에 설치할 때 변형이 적도록 하여야 한다.
- (2) 강바닥판을 주거더에 먼저 설치한 후 중간에 강바닥판을 설치할 경우에는 교축방향에 연결차가 생기므로 사전 대책이 필요하다.

- (3) 용접 수축에 의한 추가 솟음을 고려하여야 한다.

3.3.11 강재교각

- (1) 강재교각은 기둥부분과 보부분이 상자형인 경우는 일조에 의한 영향이 크므로 가급적 기온이 일정한 상태에서 조립한 후 가설하여야 한다.
- (2) 강재교각의 기둥부 이음이 볼트접합일 경우는 메탈터치에 의하여 접합할 수 있도록 하고 상부이음부재는 가설용 내부 라이너를 설치하여 가설이 용이하도록 하여야 한다. 볼트접합 시공순서는 기둥부의 플랜지나 웨브를 우선 연결하고 보강재를 연결하여야 한다.
- (3) 강재교각의 기둥부 이음이 현장용접 연결일 경우는 뒤틀림재를 사용하는 것이 유리하나 뒤틀림재를 사용하지 않는 경우에는 별도 내부 라이너를 설치하도록 하고, 루트간격 유지를 위한 내부 라이너의 스톱퍼를 두도록 한다.
- (4) 교각의 보 부분은 지상에서 조립하도록 하며, 특히 교량받침용 앵커볼트는 설치기준에 맞추어 정확히 설치하여야 한다.
- (5) 현장용접 시 용접순서 및 용접규모 등은 부재의 변형이 최소가 되도록 관리하여야 한다.
- (6) 현장용접 교각 내에는 적절한 환기관리 시설을 하여야 한다.

3.4 현장 품질관리

3.4.1 강재 및 제작품

- (1) 사용강재의 품질관리는 「2-2 강재」의 해당요건에 따른다.
- (2) 제작품 관리는 이 시방서 「2-3 제작」의 해당요건에 따른다.

3.4.2 시공시험 및 검사

- (1) 용접재료 및 시공시험은 이 시방서 「2-4 용접」의 해당요건에 따른다.
- (2) 볼트 및 연결재 시험은 이 시방서 「2-5 볼트접합」의 해당요건에 따른다.

3.4.3 측량, 계측 및 검사

- (1) 시공측량은 부재의 조립설치시 본조임 전후에 실시하여 시공상태를 확인하여야 한다.
- (2) 주요부재는 시공시 설치공법에 따른 변형과 응력상태를 확인하기 위하여 필요한 곳에 소정의 계측장비를 설치하여 시공상태를 확인점검하여야 한다.

3.5 응력조정

3.5.1 일반사항

응력조정 시공의 경우, 도입응력이 설계조건을 만족하고 있는가를 확인하여야 한다. 응력조절을 할 때에는 한 번에 전 도입량을 주지 않고 몇 회로 나누어 주거더에 무리가 생기지 않도록 하는 것이 좋다.

3.5.2 응력조정에 의한 교량길이 및 솟음의 변화

응력조정에 의한 교량길이 및 솟음의 변화를 고려하여, 주거더의 제작 치수, 받침 설치에 대하여 검토하여야 한다.

3.5.3 가설공법에 의한 응력조정

가설공법에 의해 응력을 조절할 경우에는 설계에서 정해진 주거더의 상호관계에 변화가 생기지 않도록 주거더의 이동에 주의하여야 한다.

3.5.4 프리스트레스재에 의한 응력

프리스트레스를 이용하여 응력조절을 할 때에는 프리스트레싱 강재의 굴곡부에서 접촉면의 마찰을 감소시키도록 주의할 뿐만 아니라 정착부의 시공을 확실히 하여야 한다.

3.6 안전시설

3.6.1 일반사항

계약상대자는 현장조립 및 설치시 고소작업과 현장상황에 적합한 안전시설을 설치하여야 한다.

3.6.2 안전시설용 장비

안전시설용 장비의 경우는 장비의 성능시험에 합격한 장비를 사용하여야 한다.

3.6.3 안전관리

공사에 대한 안전관리는 산업안전보건법 관리규정에 적합하여야 한다.

3.7 환경시설

3.7.1 일반사항

계약상대자는 공사시 소음, 진동, 먼지 등 환경에 영향을 주는 사항에 대해서는 주위에 영향이 없도록 보완시설을 하여야 한다.

3.7.2 파괴나 피해시 조치

시공으로 인하여 자연환경파괴나 피해가 발생시는 관련 환경법규에 따라 조치하여야 한다.

3.8 가설용 부착물의 부착 및 제거

- (1) 강교블럭 이동 및 가설 운반 시 필요에 의해 임시로 부착하는 브라켓(bracket)이나 러그(lug) 등의 부착은 설계자 또는 구조물의 거동을 이해하고 있는 전문기술자의 검토 후 감독자의 승인을 받아야 한다.
- (2) 강교 가설 시 가설용 임시 부착물은 설계자 또는 부착부에 대한 구조물의 거동을 이해하고 있는 전문기술자의 검토 후 감독자의 승인을 받아 제거방법을 결정하여야 한다.

3.9 시공허용오차

- (1) 가설이 완료되면 조립완료 검사를 실시하여야 한다. 조립완료 검사는 부재의 휨 및 솟음의 계측, 이음부 구멍의 정밀정도 및 이음부재면 사이의 표면간격 등을 검사한다.
- (2) 부재의 조립 및 설치의 시공오차는 표 2.3.10에 따른다. 단 강구조물 가설 후 거더의 솟음에 대한 허용차는 표 2.7.1에 따른다.

표 2.7.1 강구조물 가설 후 거더 경간의 솟음에 대한 허용차

경간, L(m)	거더 경간 중앙의 솟음 허용차(mm)
$L \leq 20 \text{ m}$	-10 ~ +15
$20 \text{ m} < L \leq 40 \text{ m}$	-10 ~ +20
$40 \text{ m} < L \leq 200 \text{ m}$	$-\{(L/2) - 10\} \sim +(L/2)$

주 : 1) 경간부의 솟음에 대한 허용오차는 지점에서 0, 경간 중앙에서 위 표의 허용차를 최대 값으로 하는 2차 포물선을 기준으로 한다.

- 2) 강교 가설 후 최종 솟음을 만족시키기 위해서는 강구조물의 자중에 의한 처짐과 콘크리트 슬래브 등 부가되는 자중에 의한 처짐을 분리하여 관리하여야 한다.

(3) 강교의 하부 플랜지, 솔플레이트, 교량받침의 접촉면적

- ① 지점부 보강재, 웹, 다이아프램 등 하중을 지지하는 부재는 플랜지 안쪽 표면과 75 % 이상의 접촉면적을 가져야 한다.
- ② 하부 플랜지와 솔플레이트의 틈새 및 솔플레이트와 교량 받침의 틈새는 하중을 지지하는 부재 투영 면적의 75 % 이상이 0.25 mm 이내로 접촉되고, 25 % 이하는 1 mm 이내로 관리되어야 한다.

2-7 상부 슬래브

1. 일반사항

1.1 적용범위

1.1.1 일반사항

이 절은 강교의 바닥판 콘크리트 공사에 적용한다.

1.1.2 프리스트레스트 바닥판 콘크리트

강교의 바닥판 콘크리트가 프리스트레스트 콘크리트일 경우 제3장 콘크리트교의 「3-11 프리스트레스트 콘크리트」에 준하여 시행한다.

1.2 관련 시방서 및 기준

1.2.1 콘크리트 표준시방서

1.2.2 토목공사 표준일반시방서

1.2.3 강구조공사 표준시방서

1.2.4 철도공사 전문시방서

1.2.5 도로교 설계기준

1.3 참조규격

KS A 9001-9003	품질 시스템 규격
KS D 0244	철근콘크리트용 봉강의 가스압접 이음의 검사방법
KS D 0273	철근콘크리트용 이형봉강 가스압접부의 초음파탐상 시험방법 및 판정기준
KS D 3504	철근콘크리트용 봉강
KS D 3527	철근콘크리트용 재생봉강
KS D 3613	철근콘크리트용 아연도금 봉강
KS F 3110	콘크리트 거푸집용 합판
KS F 8006	금속재 거푸집 패널

1.4 제출자료

1.4.1 시공상세도면

(1) 거푸집 및 동바리공

- ① 계약상대자는 콘크리트 시공 전에 거푸집 및 동바리 제작도면과 구조계산서를 제출하여 감독자의 승인을 받아야 한다.
- ② 동바리 제작 및 설치도면은 동바리 사용자재, 치수, 동바리 공법 및 설치방안, 지반지지 방안 및 침하대책, 지상통로계획, 임시난간, 솟음, 보정방법, 적재 하중 및 부가하중 등이 포함되어야 한다.
- ③ 거푸집 동바리 설치도면에는 콘크리트 타설 순서, 시공이음 위치를 나타낸 상부구조물 설치도를 포함하여야 한다.
- ④ 거푸집 제작도면에는 도관, 개구부, 덕트 등 부착품의 치수와 위치를 표시하여야 한다.
- ⑤ 누수 방지재료 및 거푸집 박리제 사용계획
- ⑥ 거푸집 철거계획

(2) 철근공

- ① 계약상대자는 모든 철근에 대한 무게를 기재한 목록, 굵힘 상세도, 수량표 및 철근가공 및 설치계획서를 제출하여야 한다.
- ② 계약상대자는 철근이음 방법에 대한 계획서 및 설명서를 제출하여 감독자의 승인을 받아야 한다. 철근이음이 용접이나 압접일 경우는 용접기술자, 용접장치, 작업공정, 압접부의 품질 및 안전관리 등에 대한 계획서를 포함하여야 한다.
- ③ 용접에 대해서는 이 시방서 「2-4 용접」의 제규정에 따른다.
- ④ 압접 또는 용접이음시는 접합부의 외관검사 또는 비파괴 및 파괴검사를 실시하여 그 성적서를 제출하여야 한다. 각 시험에 대한 제규정은 각기 시험에 따른 공업규격에 따른다.

(3) 콘크리트공

- ① 콘크리트 혼화재료의 사용계획
콘크리트 혼화재를 사용할 경우는 사용 전에 이들의 사용계획을 제출하여 감독자의 승인을 받아야 한다.
- ② 콘크리트 타설공법 및 시공 이어타설 방법
- ③ 콘크리트 양생계획
- ④ 시멘트, 골재 및 혼화재에 관하여 시방요건에 합치하는 보증서를 제출하여야 한다. 다만, KS에 합치하는 공장시험 성과나 제작자의 보증서는 이들 시험을 대신 할수 있다.

- ⑤ KS F 4009의 요건에 합치하도록 현장에 운반되는 콘크리트의 계량표를 제출하여야 한다.
- ⑥ 계약상대자는 콘크리트 배합시 배합설계 요건과 합치된 재료의 관리 및 균일성을 보증하기 위하여 품질관리 계획서를 제출하여야 한다.

1.4.2 품질보증

(1) 가설공

강재동바리 및 철재 거푸집은 제작자의 제품자료 및 설치요령서, 품질시험 성적서를 제출하여야 한다.

(2) 철근공

- ① 현장에 매회 반입된 철근에 대해서는 철근의 등급과 물리, 화학적 성질은 KS B 0802, KS B 0804, KS B 0814, KS B 0815를 포함한 KS에 합치하는 제증명서나 시험보고서 또는 품질을 보증할 수 있는 확인서를 제출하여야 한다.
- ② 도금한 철근에 대해서는 아연도금 봉강에 대한 KS D 3613의 요구에 합치하는 확인서를 제출하여야 한다.
- ③ 용접공에 대해서는 용접확인서나 KS B 0885의 해당요건에 따라 명시된 용접을 할 수 있는 용접공의 자격증명서를 제출하여야 한다.
- ④ 철근의 압접 또는 용접이음시는 본공사에 앞서 시험시공을 실시하여 품질을 확인해야 하며 외관검사, 비파괴 검사 또는 파괴검사를 실시하여 그 성적서(보고서) 등을 제출하여야 한다.

(3) 콘크리트공

- ① 계약상대자는 시멘트, 골재의 시험을 실시하여야 한다. 다만, KS에 합치하는 공장시험 및 공급자의 보증서는 이들 시험을 대신하여 인정할 수도 있다.
- ② 시험은 다음 사항을 포함한다.
 - 가. KS L 2501에 합치하는 포틀랜드 시멘트 시험
 - 나. KS F 2526에 합치하는 골재와 KS F 2502에 합치하는 잔골재 및 굵은 골재의 체가름
 - 다. 건조수축과 크리프를 감소시키기 위한 특수골재 시험
- ③ 시험 및 분석을 위해 필요한 재료는 필요한 양만큼 비치 또는 제출하여야 한다.

2. 재료

2.1 사용재료

제3장 콘크리트교 참조

2.2 재료의 허용오차

사용재료의 허용오차는 해당 산업규격 허용오차 기준에 따른다.

2.3 재료의 품질관리

2.3.1 가설재 및 철근

가설재 및 철근의 재료시험 및 검사기준은 콘크리트 표준시방서 또는 이 시방서 「2-2 강재」의 제규정에 따른다.

2.3.2 골재

콘크리트용 골재의 사용규격, 배합설계, 운반, 검사 및 시험은 콘크리트 표준시방서 제규정에 따른다.

3. 시공

3.1 공통사항

3.1.1 일반사항

계약상대자는 거푸집, 동바리공, 철근공 및 콘크리트공사 시행시 주간 및 일간공사 추진계획을 감독자와 사전협의하고 각 공사 단계별 시공결과를 감독자에게 승인을 받아 다음 단계의 공사를 시행하여야 한다.

3.1.2 매입시설

콘크리트 시공 전 콘크리트의 매입시설인 배수구, 통신전선관 및 전력구등 각종 부대 시설에 대한 시공도면을 검토하고 시공절차와 요령서를 제출하여 감독자의 승인을 받아 시공하여야 한다.

3.1.3 교량부대시설

철근조립 및 콘크리트 시공 전 교량부대시설인 신축이음장치, 방호 울타리, 중앙분리대, 가로등 설치 등을 사전검토하고, 이에 대한 시공절차와 요령서를 제출하여 감독자의 승인을 받아 시공하여야 한다.

3.1.4 기타사항

이 시방서에 기술한 이외의 시공기준, 시공허용오차, 보수 및 재시공 현장 품질관리 등 제반사항에 대해서는 제3장 콘크리트교 및 콘크리트 표준시방서에 준하여 시행하여야 한다.

3.2 거푸집 및 동바리공

3.2.1 일반사항

거푸집과 동바리는 정확하게 배치할 수 있도록 모든 기선과 수평 및 표고를 설정하고 승인된 도면에 합치하도록 정확하게 시공하여야 한다.

3.2.2 거푸집의 이음부와 접합부

거푸집의 이음부와 접합부는 모르타르가 새지 않도록 완전히 봉합해야 하며 콘크리트 타설시 움직이지 않도록 단단히 결속하여야 한다.

3.2.3 거푸집 설치시 고려사항

도관, 관슬리브, 설비박스, 배수구, 금속긴결봉, 삽입재, 접지 및 정착물 등 다른 공사의 부착에 필요한 긴결장치 등을 설치하여야 한다.

3.2.4 강제 거푸집

강제 거푸집은 녹슨거푸집을 사용할 수 없으며 거푸집면에 승인된 박리제를 도포하여 사용할 수 있다.

3.2.5 거푸집 철거 최소기간

거푸집 철거 최소기간은 표 2.7.1에 따른다.

다만, 동바리를 필요로 하는 시공에서는 마지막 콘크리트를 치고 21일 이전이나 부재가 설계 압축강도의 90 %에 달하기 전에 거푸집을 제거해서는 안 된다.

표 2.7.1 거푸집 철거시 콘크리트 강도

부재면의 종류	예	콘크리트 압축 강도(MPa)
두꺼운 부재의 연직 또는 연직에 가까운 면 경사진 상면 작은 아치의 외면	확대 기초의 측면	3.5
얇은 부재의 연직 또는 연직에 가까운 면 45° 보다 급한 경사의 하면, 작은 아치의 내면	기둥, 벽, 보의 측면	5
교량, 건물 등의 슬래브 및 보 45° 보다 느린 경사면의 하면	슬래브, 보의 저면 아치의 내면	14

3.3 철근공

3.3.1 철근가공

- (1) 철근의 품질은 KS 규격품 이상이어야 하며 가공은 감독자의 승인을 받은 가공도에 의하여 정확히 가공하여야 한다.
- (2) 철근이음을 가스압접에 의하여 시행할 경우 이와 관련된 품질시험은 KS D 0244(철근 콘크리트용 봉강의 가스압접 이음의 검사방법), KS D 0273(철근콘크리트 이형봉강 가스압접부의 초음파 탐상시험)에 의하여 시행한다.
- (3) 철근이음이 용접합일 경우는 사용 용접봉은 KS D 7004에 의하여 시행하고 이와 관련된 품질시험은 KS B 0802(금속재료의 인장시험방법), KS B 0833(맞대기 용접이음의 인장시험 방법), KS B 0845, KS B 0896 규정에 따른다.

3.3.2 철근조립

철근은 설계도면에 준하여 간격 맞추기를 정확히 하고 이음부는 동일 선상에 두지 않도록 하며 철근이 움직이지 않도록 결속을 단단히 하여야 한다. 철근간격의 허용오차는 ± 20 mm 이내로 해야 하며 철근 간격이 넓은 곳은 10 mm 이내가 되어야 한다.

3.3.3 콘크리트 피복과 간격재

콘크리트 피복은 콘크리트 표준시방서에 따르고 간격을 유지할 수 있도록 간격재를 설치하여야 한다.

3.3.4 청소

철근조립 후는 콘크리트를 시공할 수 있도록 깨끗이 청소를 하여야 한다.

3.4 콘크리트공

3.4.1 콘크리트 품질

- (1) 콘크리트 품질은 설계기준 강도를 기준으로 하되 비합성인 경우 사용콘크리트 최소강도는 24 MPa 이상, 합성형인 경우 27 MPa 이상으로 하고, 목표 슬럼프치는 80 mm를 기준으로 하되 100 mm를 초과할 수 없다.
- (2) 콘크리트의 운반시간이 길 경우 또는 기온이 높을 경우에는 슬럼프가 크게 저하하므로 운반중의 슬럼프 저하를 고려한 배합을 정해주어야 한다.
- (3) 유동화 콘크리트의 슬럼프는 3.7.2 (4)항과 (5)항을 참고한다.
- (4) 콘크리트의 공기함유량은 4 % $\pm$ 1 % 를 기준으로 한다.

3.4.2 콘크리트 시공시기

- (1) 콘크리트 타설은 우천 또는 강풍시에는 시행하지 않는 것을 원칙으로 한다. 부득이 콘크리트 타설을 하고자 할 경우는 방풍 및 방우 시설을 하여야 한다.
- (2) 기온이 영하가 되는 시기에는 원칙적으로 시행하지 않는 것으로 한다.
- (3) 기온이 4 ℃ 이하가 되는 예상되는 시기에 시공을 할 경우는 바람을 차단하고 더욱이 적절한 보온을 유지할 수 있는 설비를 준비하여야 한다.
- (4) 서중 콘크리트를 시공할 경우는 타설시 콘크리트의 온도 및 양생 등에 충분히 주의를 하여야 한다.

3.4.3 콘크리트 타설

- (1) 콘크리트 공사는 시공 전 최소 24시간 내에 콘크리트 반입과 시공계획을 감독자에게 통지해야 하며, 콘크리트 타설은 가급적 정상 작업시간 내에 이루어지도록 하여야 한다.
- (2) 레디믹스트 콘크리트 운반 시 콘크리트 배합의 물-시멘트비, 슬럼프, 공기량 등의 변화로 콘크리트 품질의 균일성과 물성이 나쁘게 변동하지 않도록 하여야 한다.
- (3) 콘크리트 타설은 콜드조인트가 생기지 않고 재료의 분리나 손실이 없이 타설해야 하며 콘크리트 다짐을 충분히 하여 콘크리트의 불량면이 없도록 하여야 한다.
콘크리트 다짐은 바이브레이터를 사용해야 하되 바이브레이터를 철근에 닿게 해서는 안 된다.
- (4) 콘크리트를 이어타설 할 경우는 면을 치핑 또는 정리하여 콘크리트가 일체가 될 수 있도록 하여야 한다.

3.4.4 양생

- (1) 콘크리트 양생기간은 보통 포틀랜드 시멘트를 사용할 경우는 적어도 10일간, 조강포를

- 랜드 시멘트를 사용할 경우는 적어도 5일간은 충분히 습윤양생을 유지하여야 한다.
- (2) 기온이 낮은 시기에는 콘크리트의 압축강도가 15 MPa 정도에 달할 때까지 적당한 보온 설비에 의하여 양생을 하여야 한다.
 - (3) 서중 콘크리트는 콘크리트 표면이 늘 습윤상태가 유지되도록 충분히 주의하여 양생하지 않으면 안 된다.

3.4.5 방수층

- (1) 철근콘크리트 바닥판, 특히 강교의 상부 슬래브는 방수층을 두어야 한다.
단, 온도변화 및 운영 중 차량하중, 교량진동 등에 의해 균열의 우려가 없으며 방수기능을 갖는 특수포장 적용시 별도로 감독자의 협의를 거쳐 포장층 일부를 방수층으로 볼 수 있다.
- (2) 시공 전에 시공계획서를 작성, 검토하고 시공시기, 기후조건 등을 감안하여 방수기능 저하가 없도록 하여야 한다.

3.4.6 슬래브의 시공허용오차

- (1) 콘크리트 표면은 기복이 없이 면이 일정해야 하며 표면마무리 계획에 준하여 시공하여야 한다. 콘크리트 슬래브 두께의 허용오차는 최소 -10 mm, +20 mm 이내가 되어야 한다.

3.5 현장 품질관리

3.5.1 거푸집 및 동바리

거푸집의 조립설치의 허용오차한계, 박리제 사용 및 동바리공의 지지하중, 좌굴 등에 대한 검사를 하여야 한다.

3.5.2 철근공

- (1) 철근의 압접 및 맞대기 이음에는 외관검사, 파괴 및 비파괴 검사를 실시하여 접합의 품질정도를 확인하여야 한다.
- (2) 철근의 간격, 간격재의 사용 및 피복 두께에 대한 검사

3.5.3 콘크리트공

콘크리트공의 현장 품질관리 시험 등은 이 시방서 제3장 콘크리트교 또는 콘크리트 표준시방서의 제규정에 따른다.

제3장 콘크리트교

제1장 총 칙

제2장 강 교

제3장 콘크리트교

제4장 하부구조

제5장 신축이음
및 받침

제6장 도장

제 3 장 콘크리트교

3-1 일반요건

1. 일반사항

1.1 적용범위

1.1.1 일반사항

이 장은 「도로교 설계기준」의 규정에 바탕을 두고 설계된 철근콘크리트교 및 프리스트레스트콘크리트교의 시공에 관한 일반적인 표준을 규정한 것이다. 현장 여건상 이 장의 규정을 따르기가 어려운 경우에는 설계에 대한 안전도 등을 별도로 검토하여야 한다.

1.1.2 특별시방 사항

콘크리트 교량의 구조형식 및 공사여건에 따른 특별시방 사항에 대해서는 발주기관별 전문시방서 또는 설계도서와 같이 작성되는 공사시방서에서 규정하여 시공하여야 한다.

1.2 용어의 정의

- (1) 가외철근(additional bar) : 콘크리트의 건조수축, 온도변화, 기타의 원인에 의하여 콘크리트에 일어나는 인장응력에 대비해서 더 넣는 보조적인 철근이다.
- (2) 감수제(water reducing agent, water-reducing admixture) : 시멘트 입자를 분산시켜 콘크리트의 워커빌리티를 얻기에 필요한 단위수량을 감소시키는 것을 주목적으로 사용하는 화학혼화제의 일종이다.
- (3) 강재(steel) : 철을 주성분으로 한 구조용 탄소강의 총칭으로서 철근콘크리트용 봉강, PS강재, 형강, 강판 등을 포함한다.
- (4) 건조수축(drying shrinkage) : 경화 중이거나 경화한 콘크리트의 수분이 증발하면서 발생하는 수축이다.
- (5) 결합재(binder) : 물과 반응하여 콘크리트 강도발현에 기여하는 물질을 생성하는 것의 총칭으로 시멘트, 고로슬래그 미분말, 플라이애시, 실리카폼, 팽창재 등을 함유하는 것이다.

- (6) 고성능 감수제(high range water-reducing admixture, superplasticizer) : 감수제 보다도 높은 감수성능 및 양호한 슬럼프 유지성능을 가지는 화학혼화제의 일종이다.
- (7) 골재(aggregate) : 모르타르 또는 콘크리트를 만들기 위하여 시멘트 및 물과 혼합하는 것의 총칭으로서 잔골재, 부순 잔골재, 굵은 골재, 부순 굵은 골재, 바닷모래 등을 포함한다.
- (8) 골재의 조립률(fineness modulus of aggregate) : 80 mm, 40 mm, 20 mm, 10 mm, 5 mm, 2.5 mm, 1.2 mm, 0.6 mm, 0.3 mm, 0.15 mm 체 등 10개의 체를 1조로 하여 체가름 시험을 하였을 때, 각체에 남는 누계량의 전체 시료에 대한 질량백분율의 합을 100으로 나눈 값이다.
- (9) 굵은 골재(coarse aggregate) : 5 mm 체에 남는 입자의 비율이 질량으로 85 % 이상의 골재이다.
- (10) 굵은 골재의 최대치수(maximum size of coarse aggregate) : 질량비로 90 % 이상을 통과시키는 체 중에서 최소치수인 체의 호칭치수로 나타낸 굵은 골재의 치수이다.
- (11) 내구성(durability) : 콘크리트가 설계조건 하에서 시간경과에 따른 성능저하가 적고, 소요의 사용기간 중 요구되는 성능의 수준을 지속시킬 수 있는 성질이다.
- (12) 레디믹스트콘크리트(ready mixed concrete) : 정비된 콘크리트 제조설비를 갖춘 공장으로부터 구입자에게로 배달되는 지점에 있어서의 품질을 지시하여 구입할 수 있는 굳지 않은 콘크리트이다.
- (13) 레이턴스(laitance) : 블리딩으로 인하여 콘크리트나 모르타르의 표면에 떠올라서 가라앉은 물질로서 시멘트나 골재 중의 미립자로 되어 있다.
- (14) 모르타르(mortar) : 시멘트, 잔골재, 물 및 필요에 따라 첨가하는 혼화재료를 구성재료로 하여, 이들을 비벼서 만든 것이다.
- (15) 물-결합재비(water-binder ratio, water cementitious materials ratio) : 굳지 않은 콘크리트 또는 굳지 않은 모르타르에 포함되어 있는 물과 결합재의 질량비이다(기호 : W/B). 다만, 결합재로서 시멘트만을 사용할 경우 물-결합재비를 물-시멘트비라 한다(기호 : W/C).
- (16) 반죽질기(consistency) : 주로 물의 양이 많고 적음에 따른 반죽이 되고 진 정도를 나타내는 굳지 않은 콘크리트의 성질이다.
- (17) 배합강도(required average concrete strength) : 콘크리트의 배합을 정하는 경우에 목표로 하는 압축강도를 말한다. 일반적으로 재령 28일의 압축강도를 기준으로 한다.(기호 : f_{cr})
- (18) 블리딩(bleeding) : 굳지 않은 콘크리트나 모르타르에서 물이 상승하는 현상이다.

- (19) 설계기준강도(specified concrete strength) : 콘크리트 부재의 설계에 있어서 기준으로 한 압축강도를 말하며, 일반적으로 재령 28일의 압축강도를 기준으로 한다.
(기호 : f_{ck})
- (20) 순환골재(recycled aggregate) : 콘크리트 또는 각종 콘크리트 제품에 사용되는 폐 콘크리트를 크러셔로 분쇄하여 인공적으로 만든 골재로서 순환 잔골재와 순환 굵은 골재로 나누어진다.
- (21) 시멘트 풀(cement paste) : 시멘트와 물 및 필요에 따라 첨가하는 혼화재료를 구성재 료로 하여, 이들을 비벼서 만든 것이다.
- (22) 시방배합(specified mix) : 소정의 품질을 갖는 콘크리트가 얻어지도록 시방서 또는 감독자가 지시한 배합이며, 배합비는 비빈 콘크리트의 1 m³에 대한 재료 사용량으로 나타낸다.
- (23) 연행공기(entrained air) : 공기연행제, 공기연행감수제, 고성능 공기연행감수제 등 의 표면활성 작용에 의하여 콘크리트 내부에 생기게 되는 미세하고 독립된 기포로서 AE공기라고도 한다.
- (24) 에폭시 피복 철근(epoxy coated bar) : 에폭시를 정전 스프레이 방법에 의해 피복한 철근콘크리트 보강용 철근이다.
- (25) 온도 균열지수(thermal crack index) : 매스콘크리트의 균열발생 검토에 쓰이는 것 으로, 콘크리트의 인장강도를 온도에 의해 발생하는 콘크리트의 최대 인장응력으로 나눈 값이다.
- (26) 워커빌리티(workability) : 재료분리를 일으키는 일 없이 운반, 타설, 다지기 및 마무리 등의 작업이 용이하게 될 수 있는 정도를 나타내는 굳지 않은 콘크리트의 성질이다.
- (27) 유동화콘크리트(flowing concrete) : 미리 비빈 콘크리트에 유동화제를 첨가하여 이 를 교반해서 유동성을 증대시킨 콘크리트이다.
- (28) 이형철근(deformed bar) : 표면에 리브와 마디 등의 돌기가 있는 봉강으로서 KS D 3504에 규정되어 있는 이형철근 또는 이와 동등한 품질과 형상을 가지는 철근이다.
- (29) 자기수축(autogenous shrinkage) : 시멘트의 수화반응에 의해 콘크리트, 모르타르 의 체적이 감소하여 수축하는 현상이다.
- (30) 잔골재(fine aggregate) : 10 mm 체를 전부 통과하고 5 mm 체를 통과하는 입자의 비율 이 질량으로 85% 이상의 골재이다.
- (31) 잔골재율(fine aggregate ratio) : 골재 중 5 mm 체를 통과한 부분을 잔골재로 보고, 5 mm체에 남은 부분을 굵은 골재로 보아 산출한 잔골재량을 전체 골재량에 대한 절대 용적 백분율로 나타낸 것이다.(기호 : S/a)

- (32) 주철근(primary reinforcement) : 설계하중에 의하여 그 단면적이 정해지는 철근이다.
- (33) 증가계수(multipling factor) : 배합강도를 정하는 경우 품질의 변동을 고려하여 설계기준강도를 증가시키기 위해 곱하는 계수이다.
- (34) 철골철근콘크리트(steel framed reinforced concrete) : 철골과 철근으로 보강한 콘크리트이다.
- (35) 철근콘크리트(reinforced concrete) : 철근을 사용한 콘크리트로서 외력에 대해 양자가 일체로 작용 하도록 한 것이다.
- (36) 콘크리트(concrete) : 시멘트, 물, 잔골재, 굵은 골재 및 필요에 따라 첨가하는 혼화재료를 구성재료로 하여 이들을 비벼서 만든 것이다.
- (37) 콜드조인트(cold joint) : 계속하여 콘크리트를 칠 때, 먼저 친 콘크리트와 나중에 친 콘크리트 사이에 완전히 일체화가 되지 않은 시공 불량한 이음이다.
- (38) 크리프(creep) : 응력을 작용시킨 상태에서 탄성변형 및 건조수축 변형을 제외시킨 변형이 시간과 더불어 증가되어 가는 현상이다.
- (39) 표준양생(standard curing) : $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 로 유지하면서 수중 또는 습도 100 % 에 가까운 습윤상태에서 실시하는 양생이다.
- (40) 프리스트레스트콘크리트(prestressed concrete) : 외력에 의하여 일어나는 응력을 소정의 한도까지 상쇄할 수 있도록 미리 인공적으로 그 응력의 분포와 크기를 정하여 내력을 준 콘크리트를 말하며, PS콘크리트 또는 PSC라고 약칭하기도 한다.
- (41) 프리캐스트콘크리트(precast concrete) : 콘크리트가 굳은 후에 제자리에 옮겨 놓거나 또는 조립하는 콘크리트 부재를 말하며 PC콘크리트라고 약칭하기도 한다.
- (42) PS강재(prestressing steel) : 프리스트레스를 주기 위하여 사용하는 고강도의 강재이다.
- (43) 현장배합(mix proportion at job site) : 시방배합의 콘크리트가 얻어지도록 현장에서 재료의 상태와 계량방법에 따라 정한 배합이다.
- (44) 호칭강도(nominal strength) : 레디믹스트콘크리트(KS F 4009)에 있어 콘크리트의 강도 구분 또는 수준을 나타내기 위한 호칭이다.
- (45) 혼화재(mineral admixture) : 혼화재료 중 사용량이 비교적 많아서 그 자체의 부피가 콘크리트 등의 비비기 용적에 계산되는 것이다.
- (46) 혼화재료(admixture) : 시멘트, 골재, 물 이외의 재료로서 콘크리트 등에 특별한 성질을 주기 위해 타설하기 전에 필요에 따라 더 넣는 재료이며, 혼화재와 혼화제로 구분된다.
- (47) 혼화제(chemical admixture) : 혼화재료 중 사용량이 비교적 적어서 그 자체의 부피가 콘크리트 등의 비비기 용적에 계산되지 않은 것이다.

1.3 관련 시방서 및 기준

- 1.3.1 도로교 설계기준
- 1.3.2 콘크리트 표준시방서
- 1.3.3 콘크리트구조 설계기준
- 1.3.4 토목공사 표준일반시방서
- 1.3.5 도로공사 표준시방서

1.4 참조규격

- | | |
|-------------|---------------------------------------|
| KS A 5101-1 | 시험용 체-제1부 : 금속망 체 |
| KS D 3503 | 일반구조용 압연 강재 |
| KS D 3504 | 철근콘크리트용 봉강 |
| KS D 3505 | PC 강봉 |
| KS D 3515 | 용접구조용 압연 강재 |
| KS D 3527 | 철근콘크리트용 재생 봉강 |
| KS D 7002 | PC 강선 및 PC 강연선 |
| KS D 7017 | 용접 철망 및 철근 격자 |
| KS F 2401 | 굳지 않은 콘크리트의 시료 채취 방법 |
| KS F 2402 | 콘크리트의 슬럼프 시험방법 |
| KS F 2405 | 콘크리트의 압축강도 시험방법 |
| KS F 2409 | 굳지 않은 콘크리트의 단위용적질량 및 공기량 시험방법(질량방법) |
| KS F 2426 | 주입 모르타르의 압축강도 시험방법 |
| KS F 2432 | 주입 모르타르의 컨시스턴시 시험방법 |
| KS F 2433 | 주입 모르타르의 블리딩률 및 팽창률 시험방법 |
| KS F 2455 | 믹서로 비빈 콘크리트 중의 모르타르와 굵은 골재량의 변화율 시험방법 |
| KS F 2456 | 급속 동결융해에 대한 콘크리트의 저항 시험방법 |
| KS F 2502 | 굵은 골재 및 잔골재의 체가름 시험방법 |
| KS F 2503 | 굵은 골재의 밀도 및 흡수율 시험방법 |
| KS F 2504 | 잔골재의 밀도 및 흡수율 시험방법 |
| KS F 2505 | 골재의 단위용적질량 및 실적률 시험방법 |

KS F 2507	골재의 안정성 시험방법
KS F 2508	로스앤젤레스 시험기에 의한 굵은 골재의 마모 시험방법
KS F 2509	잔골재의 표면수 측정방법
KS F 2510	콘크리트용 모래에 포함되어 있는 유기불순물 시험방법
KS F 2511	골재에 포함된 잔입자(0.08 mm 체를 통과하는) 시험방법
KS F 2512	골재중에 함유되는 점토 덩어리량의 시험방법
KS F 2513	골재에 포함된 경량편 시험방법
KS F 2515	골재 중의 염화물 함유량 시험방법
KS F 2516	굵기경도에 의한 굵은 골재의 연석량 시험방법
KS F 2526	콘크리트용 골재
KS F 2527	콘크리트용 부순 골재
KS F 2560	콘크리트용 화학 혼화제
KS F 2561	철근콘크리트용 방청제
KS F 2562	콘크리트용 팽창재
KS F 2563	콘크리트용 고로슬래그 미분말
KS F 2567	콘크리트용 실리카 폼
KS F 2573	콘크리트용 순환골재
KS F 2594	굳지 않은 콘크리트의 슬럼프 플로 시험방법
KS F 3110	콘크리트 거푸집용 합판
KS F 4009	레디믹스트콘크리트
KS F 8008	가경식 믹서
KS F 8009	강제혼합 믹서
KS L 5102	수경성 시멘트의 표준 주도 시험방법
KS L 5104	수경성 시멘트 모르타르의 인장강도 시험방법
KS L 5105	수경성 시멘트 모르타르의 압축강도 시험방법
KS L ISO 679	시멘트의 강도 시험방법
KS L 5106	공기투과장치에 의한 포틀랜드 시멘트의 분말도 시험방법
KS L 5110	시멘트의 비중 시험방법
KS L 5201	포틀랜드 시멘트
KS L 5210	고로슬래그 시멘트
KS L 5211	플라이애시 시멘트
KS L 5401	포틀랜드 포졸란 시멘트

KS L 5405 플라이애시
KS M 6070 분체 도로

1.5 제출자료

1.5.1 시공계획서

시공자는 공사단계별로 콘크리트의 재료, 배합설계, 시공, 철근과 PS강재의 설치, 또는 부재의 가설 등에 관한 시공계획서를 제출하여 감독자의 승인을 받은 후 공사를 착수하여야 한다. 또한 시공계획서에는 제1장 총칙의 1.5.2절에 규정되어 있는 사항이 포함되어야 한다.

1.5.2 공사단계별 제출자료

공사단계별로 필요한 시공 상세도면, 공정관리계획, 가설계획, 자재조달계획, 재료의 품질관리 계획 등이 추가되어야 한다.

2. 재료

콘크리트교의 시공에 이용되는 재료는 「도로교설계기준」, 「콘크리트구조 설계기준」 및 이 장의 규정에 준하며, 제반규정에 의하여 품질이 확인된 것을 사용하여 그 사용목적에 적합한 품질이 보증되어야 한다.

3. 시공

시공은 설계 시 의도한 구조물의 안전성, 내구성, 기능성 및 미관이 확보되도록 이루어져야 하며, 설계된 평면 및 종단계획, 횡단 및 배수계획 그리고 사하중에 대한 솟음계획 등을 시공시 반영하여 원만한 도로기능을 갖춘 교량이 되도록 하여야 한다. 시공에 있어서는 공사개시 전에 품질관리 및 공정관리 등을 포함한 충분한 시공계획을 세워 시공계획서 및 시공 상세도면을 작성하여야 한다.

3-2 일반콘크리트

1. 일반사항

1.1 적용범위

이 절은 포틀랜드시멘트를 사용한 콘크리트의 재료, 배합, 비비기, 운반, 타설, 양생, 이음 및 마무리, 레디믹스트콘크리트 그리고 유동화콘크리트의 시공에 관한 일반적인 표준을 규정한 것이다.

1.2 품질요건

도로교 구조물에 사용할 콘크리트는 소요의 강도, 내구성, 수밀성 및 강재 보호 성능을 가지며 품질이 균일한 것이어야 하며, 시공 시에는 작업에 적합한 워커빌리티를 갖고 있어야 한다.

1.3 관련 시방서 및 기준

- 1.3.1 도로교 설계기준
- 1.3.2 콘크리트 표준시방서
- 1.3.3 콘크리트구조 설계기준
- 1.3.3 토목공사 표준일반시방서
- 1.3.4 도로공사 표준시방서

1.4 제출자료

- 1.4.1 재료에 관한 자료 제출
 - (1) 시멘트, 골재, 혼화재료, 이음재료 등에 관해 시방규정에 합치하는 보증서를 제출하여야 한다.
 - (2) 콘크리트 혼화재료는 사용 전에 이들의 사용계획을 제출하여 감독자의 승인을 받아야 한다.

1.4.2 배합설계 성과 제출

시험결과를 포함하여 배합설계 성과를 제출하여야 하며 시험시료를 비치하여야 한다.

1.4.3 품질관리 계획서 제출

이 지방서의 품질요건에 합치하도록 승인된 배합설계에 알맞은 재료의 관리 및 균일성을 보증하기 위한 품질관리 계획서를 제출하여야 한다. 품질관리 계획서는 시공자가 지방요건에 합치함을 보여주는 모든 시험을 포함하며 시공자는 필요한 시험을 실시하여야 한다.

1.4.4 시공 상세도면 제출

콘크리트의 타설순서, 이음위치, 양생방법 등을 명시한 시공 상세도면을 제출하여야 한다.

1.4.5 레디믹스트콘크리트에 관한 자료 제출

레디믹스트콘크리트는 KS F 4009의 요건에 합치되도록 현장에 운반되는 콘크리트의 계량표를 제출하여야 한다.

2. 재 료

2.1 콘크리트 재료

2.1.1 시멘트

- (1) 보통포틀랜드시멘트, 중용열포틀랜드시멘트, 조강포틀랜드시멘트, 저열포틀랜드시멘트, 내황산염포틀랜드시멘트는 KS L 5201, 고로슬래그시멘트는 KS L 5210, 플라이애시시멘트는 KS L 5211, 포틀랜드포졸란시멘트는 KS L 5401에 적합한 것이어야 한다.
- (2) 상기 이외의 시멘트에 대해서는 그 품질을 확인하고, 그 사용법을 충분히 검토하여 신뢰할 수 있을 때 사용하여야 한다.

2.1.2 물

물은 기름, 산, 유기불순물, 혼탁물 등의 유해량을 함유하지 않는 것으로 하며, 바닷물을 혼합수로 사용해서는 안 된다.

2.1.3 잔골재

(1) 일반사항

- ① 잔골재로 콘크리트용 잔골재는 KS F 2526, 부순 골재는 KS F 2527, 순환 잔골재는 KS F 2573의 규정에 적합한 것이어야 한다. 단, 혼합하여 사용한 경우에는 KS F 2526의 품질 규정에 적합하여야 한다.
- ② 잔골재는 깨끗하고, 강하고, 내구적이고, 알맞은 입도를 가지며, 먼지, 흙, 유기불순물, 염화물 등 유해물이 유해량 허용한도 이내이어야 한다.

(2) 물리적 품질

- ① 잔골재의 절대건조밀도는 원칙적으로 2.5 g/cm^3 이상이어야 한다.
- ② 잔골재의 흡수율은 원칙적으로 3.0 % 이하이어야 한다.

(3) 입도

- ① 잔골재의 입도는 표 3.2.1의 범위를 표준으로 하고, 체가름 시험은 KS F 2502에 따른다.

표 3.2.1 잔골재 입도의 표준

체의 호칭치수(mm)	체를 통과한 것의 질량 백분율(%)	
	천연 잔골재	부순 잔골재
10	100	100
5	95 ~ 100	90 ~ 100
2.5	80 ~ 100	80 ~ 100
1.2	50 ~ 85	50 ~ 90
0.6	25 ~ 60	25 ~ 65
0.3	10 ~ 30	10 ~ 35
0.15	2 ~ 10	2 ~ 15

- ② 표 3.2.1의 입도 범위 내의 잔골재를 사용하여야 하며, 입도가 이 범위를 벗어난 잔골재를 사용하는 경우에는 2종류 이상의 잔골재를 혼합하여 입도를 조정해서 사용하여야 한다. 혼합 잔골재의 경우 천연 잔골재의 입도규정에 따른다. 또한 표 3.2.1에 표시된 연속된 두개의 체 사이를 통과하는 양의 백분율이 45 %를 넘지 말아야 한다.

- ③ 잔골재의 조립률이 콘크리트 배합을 정할 때 가정한 잔골재의 조립률에 비하여 ± 0.20 이상의 변화를 나타내었을 때는 배합을 변경하여야 한다.

(4) 유해물 함유량의 한도

- ① 잔골재의 유해물 함유량의 한도는 표 3.2.2의 값으로 한다. 표 3.2.2에 지시하지 않은 종류의 유해물에 관해서는 감독자의 지시를 받아야 한다.

표 3.2.2 잔골재의 유해물 함유량의 한도 (질량백분율)

종 류	최 대 치
점토 덩어리	1.0 ¹⁾
0.08 mm 체 통과량	
콘크리트의 표면이 마모작용을 받는 경우	3.0
기타의 경우	5.0
석탄, 갈탄 등으로 밀도 2.0 g/cm ³ 의 액체에 뜨는 것	
콘크리트의 외관이 중요한 경우	0.5
기타의 경우	1.0
염화물(NaCl 환산량)	0.04

주 : 1) 시료는 KS F 2511에 의한 0.08 mm 체 통과량 시험을 실시한 후에 체에 남는 것

② 점토 덩어리 시험은 KS F 2512, 0.08 mm 체 통과량 시험은 KS F 2511, 석탄, 갈탄 등 밀도 2.0 g/cm³의 액체에 뜨는 것에 대한 시험은 KS F 2513에 따른다. 또 염화물 함유량의 시험은 KS F 2515에 따른다.

③ 잔골재에 함유되는 유기불순물은 KS F 2510에 의하여 시험하여야 한다. 이때 잔골재 위에 있는 용액의 색깔은 표준색보다 진해서는 안 된다.

④ 부순 잔골재 및 순환 잔골재의 경우, 씻기 시험에서 0.08 mm의 통과량은 7 % 이하이어야 하며, 마모작용을 받는 경우 5 % 이하로 한다.

(5) 내구성

① 잔골재의 안정성은 KS F 2507에 따라 시험하며, 내동해성은 KS F 2456에 따라 시험한다.

② 잔골재의 안정성은 황산나트륨으로 5회 시험을 실시하여 평가하며, 그 손실질량은 10 % 이하를 표준으로 한다.

③ 손실질량이 10 % 넘는 잔골재는 이를 사용한 콘크리트가 유사한 기상작용에 대하여 만족스러운 내동해성을 나타낸 실례가 있거나 시험결과가 있을 경우 감독자의 승인을 얻어 사용할 수 있다.

④ 내동해성을 고려할 필요가 없는 구조물에 쓰이는 잔골재는 ①, ② 및 ③에 관하여 고려할 필요가 없다.

⑤ 화학적 혹은 물리적으로 불안정한 잔골재는 사용해서는 안 된다. 다만, 사용실적이 있거나 사용조건에 대하여 화학적 혹은 물리적 안전성에 관한 시험결과가 유해한 영향을 주지 않는다고 인정되는 경우에는 사용할 수 있다.

2.1.4 굵은 골재

(1) 일반사항

① 콘크리트용 굵은 골재는 KS F 2526, 부순 굵은 골재는 KS F 2527, 순환 굵은 골재는 KS F 2573의 규정에 적합한 것이어야 한다. 다만, 혼합하여 사용하는 경우에는 KS F 2526의 품질규정에 적합하여야 한다.

② 굵은 골재는 깨끗하고 강하고 내구적이고 알맞은 입도를 가지며 얇은 석편, 가느다란 석편, 유기불순물, 염화물 등의 유해량을 함유해서는 안 된다. 특히 고강도 콘크리트에 사용하는 굵은 골재의 경우에는 실제의 제조 조건과 거의 같은 조건하에서 콘크리트를 만들어 소요의 강도가 충분히 얻어질 수 있는가를 확인하여야 한다.

(2) 물리적 품질

① 굵은 골재의 절대건조밀도는 원칙적으로 2.5 g/cm^3 이상이어야 한다.

② 굵은 골재의 흡수율은 원칙적으로 3.0 % 이하이어야 한다.

(3) 입도

굵은 골재의 입도는 표 3.2.3의 범위를 표준으로 하며, 체가름 시험은 KS F 2502에 따른다.

표 3.2.3 굵은 골재 표준 입도

골재번호	체호칭치수 (mm) 골재의 크기 (mm)	각 체를 통과하는 것의 질량 백분율												
		100	90	75	65	50	40	25	20	13	10	5	2.5	1.2
1	90 ~ 40	100	90~100		25~60		0~15		0~5					
2	65 ~ 40			100	90~100	35~70	0~15		0~5					
3	50 ~ 25				100	90~100	35~70	0~15		0~5				
357	50 ~ 5				100	95~100		35~70		10~30		0~5		
4	40 ~ 20					100	90~100	20~55	0~15		0~5			
467	40 ~ 5					100	95~100		35~70		10~30	0~5		
57	25 ~ 5						100	95~100		25~60		0~10	0~5	
67	20 ~ 5							100	90~100		20~55	0~10	0~5	
7	13 ~ 5								100	90~100	40~70	0~15	0~5	
8	10 ~ 2.5									100	85~100	10~30	0~10	0~5

(4) 유해물 함유량의 한도

- ① 굵은 골재의 유해물 함유량의 한도는 표 3.2.4의 값으로 한다. 표 3.2.4에 지시하지 않은 종류의 유해물에 관해서는 감독자의 지시를 받아야 한다.

표 3.2.4 굵은 골재의 유해물 함유량의 한도 (질량백분율)

종 류	최 대 치
점토 덩어리	0.25 ¹⁾
연한 석편	5.0 ²⁾
0.08 mm 체 통과량	1.0
석탄, 갈탄 등으로 밀도 2.0 g/cm ³ 의 액체에 뜨는 것 콘크리트의 외관이 중요한 경우 기타의 경우	0.5 1.0

주 : 1) 시료는 KS F 2511에 의한 0.08 mm 체 통과량의 시험을 실시한 후에 체에 남는 것으로부터 채취한다.

2) 교통량이 많은 슬래브 또는 표면의 경도가 특히 요구되는 경우에 적용한다.

- ② 점토 덩어리 시험은 KS F 2512, 연한 석편의 시험은 KS F 2516, 0.08 mm체 통과량의 시험은 KS F 2511, 석탄 및 갈탄 등 밀도 2.0 g/cm³의 액체에서 뜨는 것에 대한 시험은 KS F 2513에 따른다.
- ③ 점토 덩어리 함유량은 0.25 %, 연한 석편은 5.0 % 이하이어야 하며, 그 합은 5.0 %를 초과하지 않아야 한다. 다만, 순환골재의 점토 덩어리 함유량은 0.2 % 이하로 한다.
- ④ 부순 굵은 골재 및 순환 굵은 골재의 0.008 mm 체 통과량은 1.0 % 이하로 한다.

(5) 내구성

- ① 굵은 골재의 안정성은 KS F 2507에 따라 시험하며, 내동해성은 KS F 2456에 따라 시험한다.
- ② 굵은 골재의 안정성은 황산나트륨으로 5회 시험을 실시하여 평가하며, 그 손실질량은 12 % 이하를 표준으로 한다.
- ③ 손실질량이 12 %를 넘는 굵은 골재는 이를 사용한 콘크리트가 유사한 기상작용에 대하여 만족스러운 내동해성을 나타낸 실례가 있거나 시험결과가 있을 경우 감독자의 승인을 받아 사용할 수 있다.
- ④ 내동해성을 고려할 필요가 없는 구조물에 사용하는 굵은 골재는 이 조항의 ①, ② 및 ③에 관하여 고려할 필요가 없다.

- ⑤ 화학적 혹은 물리적으로 불안정한 굵은 골재는 사용해서는 안 된다. 다만, 사용실적이 있거나 사용조건에 대하여 화학적 혹은 물리적 안정성에 관한 시험결과 유해한 영향이 없다고 인정되는 경우에는 사용할 수 있다.

2.1.5 혼화재료

혼화재료로서 사용하는 혼화재 및 혼화제는 그 품질을 충분히 확인한 후에 사용하여야 한다.

(1) 혼화재

- ① 혼화재로 사용할 플라이애시는 KS L 5405에 적합한 것이어야 한다.
- ② 혼화재로 사용할 콘크리트용 팽창재는 KS F 2562에 적합한 것이어야 한다.
- ③ 혼화재로 사용할 고로슬래그 미분말은 KS F 2563에 적합한 것이어야 한다.
- ④ 혼화재로 사용할 실리카폼은 KS F 2567에 적합한 것이어야 한다.
- ⑤ ①, ②, ③ 및 ④ 이외의 혼화재에 대해서는 그 품질을 확인하고, 사용방법을 충분히 검토하여야 한다.

(2) 혼화제

- ① 혼화제로 사용할 공기연행제, 감수제, 공기연행감수제 및 고성능 공기연행감수제는 KS F 2560에 적합한 것이어야 한다.
- ② 혼화제로 사용할 유동화제는 한국콘크리트학회 표준 KCI-AD 101 「콘크리트용 유동화제의 품질 기준」에 적합한 것이어야 한다.
- ③ 혼화제로 사용할 수중불분리성 혼화제는 한국콘크리트학회 표준 KCI-AD 102 「콘크리트용 수중불분리성 혼화제의 품질 기준」에 적합한 것이어야 한다.
- ④ 혼화제로 사용할 철근콘크리트용 방청제는 KS F 2561에 적합한 것이어야 한다.
- ⑤ ①, ②, ③ 및 ④ 이외의 혼화제에 대해서는 그 품질을 확인하고 사용방법을 충분히 검토하여야 한다.

2.2 재료의 저장

재료는 품질이 변하지 않도록 저장하여야 한다.

2.2.1 시멘트의 저장

- (1) 시멘트는 방습적인 구조로 된 사일로 또는 창고에 품종별로 구분하여 저장하여야 한다.
- (2) 시멘트를 저장하는 사일로는 시멘트가 바닥에 쌓여서 나오지 않는 부분이 생기지 않도록 하여야 한다.

- (3) 저장 중에 약간이라도 굳은 시멘트는 공사에 사용해서는 안 된다. 3개월 이상 장기간 저장한 시멘트는 사용하기에 앞서 시험을 하여 그 품질을 확인하여야 한다.
- (4) 시멘트의 온도가 너무 높을 때는 그 온도를 낮추어서 사용하여야 한다. 시멘트의 온도는 일반적으로 50 ℃ 정도 이하를 사용하는 것이 좋다.

2.2.2 골재의 저장

- (1) 잔골재 및 굵은 골재에 있어 종류와 입도가 다른 골재는 각각 구분하여 따로따로 저장하여야 한다. 특히, 원석의 종류나 제조방법이 다른 부순 잔골재는 분리하여 저장하여야 한다.
- (2) 골재의 받아들이기, 저장 및 취급에 있어서는 대소의 알이 분리되지 않도록, 먼지, 잡물 등이 혼입하지 않도록 또 굵은 골재의 경우에는 골재알이 부서지지 않도록 설비를 정비하고 취급 작업에 주의하여야 한다.
- (3) 골재의 저장설비에는 적당한 배수시설을 설치하고 그 용량을 알맞게 하며, 표면수가 균일한 골재를 사용할 수 있도록, 또 받아들여진 골재를 시험한 후에 사용할 수 있도록 되어 있어야 한다.
- (4) 골재는 겨울에 빙설의 혼입 또는 동결을 방지하기 위한 대책을 강구하여야 한다.
- (5) 골재는 여름에 골재의 건조나 온도의 상승을 방지하기 위하여 일광의 직사를 피할 수 있는 대책을 강구하여야 한다.

2.2.3 혼화제의 저장

- (1) 혼화제는 방습적인 사일로 또는 창고 등에 품질별로 구분하여 저장하고, 입하된 순서대로 사용하여야 한다.
- (2) 장기간 저장한 혼화제는 이것을 사용하기 전에 시험하여 품질을 확인하여야 하며, 시험결과 규정된 품질을 얻지 못할 때는 그 혼화재료는 사용해서는 안 된다.
- (3) 혼화제는 날리지 않도록 취급에 주의하여야 한다.

2.2.4 혼화제의 저장

- (1) 혼화제는 먼지, 기타의 불순물이 혼입되지 않도록, 분말상의 혼화제는 습기를 흡수하거나 굳어지는 일이 없도록 하고 액상의 혼화제는 분리하거나 변질하거나 하는 일이 없도록 저장하여야 한다.
- (2) 장기간 저장한 혼화제나 이상이 인정된 혼화제는 이것을 사용하기 전에 시험하여 그 성능이 떨어져 있지 않다는 것을 확인한 후에 사용하여야 한다.

2.3 콘크리트 배합

2.3.1 일반사항

콘크리트의 배합은 소요의 강도, 내구성, 수밀성, 균열저항성, 철근 또는 강재를 보호하는 성능을 갖도록 하여야 한다. 또한 작업에 적합한 워커빌리티를 갖는 범위 내에서 단위수량을 될 수 있는 대로 적게 하여 양질의 콘크리트를 만들 수 있도록 하여야 한다. 특히 염해의 영향을 받는 해안지역이나 심한 동결융해 작용을 받는 한랭지에 가설되는 콘크리트 교량의 경우 배합에 대해서 충분히 검토하여야 한다.

2.3.2 배합강도

- (1) 구조물에 사용된 콘크리트의 압축강도가 설계기준 압축강도보다 작아지지 않도록 콘크리트의 배합강도(f_{cr})를 설계기준 압축강도(f_{ck})보다 충분히 크게 정하여야 한다.
- (2) 콘크리트의 배합강도는 설계기준 압축강도 35 MPa 이하의 경우 식(3.2.1) 및 식(3.2.2), 35 MPa 초과인 경우 식(3.2.3) 및 식(3.2.4) 각 두 식에 의한 값 중 큰 값으로 정한다.

$f_{ck} \leq 35$ MPa인 경우

$$f_{cr} = f_{ck} + 1.34s \quad (\text{MPa}) \quad (3.2.1)$$

$$f_{cr} = (f_{ck} - 3.5) + 2.33s \quad (\text{MPa}) \quad (3.2.2)$$

$f_{ck} > 35$ MPa인 경우

$$f_{cr} = f_{ck} + 1.34s \quad (\text{MPa}) \quad (3.2.3)$$

$$f_{cr} = 0.9f_{ck} + 2.33s \quad (\text{MPa}) \quad (3.2.4)$$

여기서, s : 압축강도의 표준편차 (MPa)

- (3) 콘크리트 압축강도의 표준편차는 실제 사용한 콘크리트의 30회 이상의 시험실적으로부터 결정하는 것을 원칙으로 한다. 그러나 압축강도의 시험횟수가 29회 이하이고 15회 이상인 경우는 그것으로 표준편차에 표 3.2.5의 보정계수를 곱한 값을 표준편차로 사용할 수 있다.

표 3.2.5 시험횟수가 29회 이하일 때 표준편차의 보정계수

시험횟수	표준편차의 보정계수
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30 이상	1.00

주 : 위 표에 명시되지 않은 시험횟수에 대해서는 직선 보간한다.

- (4) 콘크리트 압축강도의 표준편차를 알지 못할 때, 또는 압축강도의 시험횟수가 14회 이하인 경우, 콘크리트의 배합강도는 표 3.2.6과 같이 정한다.

표 3.2.6 압축강도의 시험횟수가 14회 이하인 경우의 배합강도

설계기준 압축강도 f_{ck} (MPa)	배합강도 f_{cr} (MPa)
21 미만	$f_{ck} + 7$
21 이상 35 이하	$f_{ck} + 8.5$
35 초과	$f_{ck} + 10$

2.3.3 물-결합재비

물-결합재비는 2.3.2항에서 규정하는 콘크리트의 배합강도, 내구성, 수밀성 및 균열 저항성 등을 고려하여 정하여야 한다.

- (1) 콘크리트의 압축강도를 기준으로 하여 물-결합재비를 정할 경우

- ① 압축강도와 물-결합재비와의 관계는 시험에 의하여 정하는 것을 원칙으로 한다. 이 때 공시체는 재령 28일을 표준으로 한다.
- ② 배합에 사용할 물-결합재비는 기준 재령의 결합재-물비와 압축강도와의 관계식에서 배합강도에 해당하는 결합재-물비 값의 역수로 한다.

- (2) 콘크리트의 내동해성을 기준으로 하여 물-결합재비를 정할 경우 그 값은 표 3.2.7의 값 이하이어야 한다.

표 3.2.7 특수 노출상태에 대한 요구사항

노출상태	보통골재 콘크리트 최대 물-결합재비 ¹⁾	보통골재 콘크리트와 경량골재 콘크리트의 최소 설계기준 압축강도(MPa)
물에 노출되었을 때 낮은 투수성이 요구되는 콘크리트	0.50	27
습한 상태에서 동결융해 또는 제설제에 노출된 콘크리트	0.45	30
제설제, 염, 소금물, 바닷물에 노출되거나 이런 종류들이 살포된 콘크리트의 철근부식 방지	0.40	35

주 : 1) 표 3.2.7과 표 3.2.8를 동시에 고려해야 할 때에는 두 표의 값에서 보다 엄격한 기준을 따라야 한다.

- (3) 콘크리트의 황산염에 대한 내구성능 기준으로 하여 물-결합재비를 정하는 경우 그 값은 표 3.2.8의 값 이하이어야 한다.

표 3.2.8 황산염을 포함한 용액에 노출된 콘크리트에 대한 요구사항

황산염 노출정도	토양내의 수용성 황산염(SO ₄) 질량비(%)	물 속의 황산염(SO ₄) (ppm)	결합재 종류	최대 물-결합재비	최소 설계기준 강도(MPa)
				보통골재 콘크리트 ¹⁾	보통골재 또는 경량골재 콘크리트
무시	0.0 ~ 0.1	0 ~ 150	-	-	-
보 통 ²⁾	0.1 ~ 0.2	150 ~ 1,500	중용열포틀랜드시멘트 보통포틀랜드시멘트 + 포졸란 ³⁾ 또는 고로슬래그 미분말 플라이애시시멘트 고로슬래그시멘트	0.5	27
심 함	0.2 ~ 2.0	1,500 ~ 10,000	내황산염포틀랜드시멘트	0.45	30
매우 심함	2.0 초과	10,000 초과	내황산염포틀랜드시멘트 + 포졸란 ⁴⁾ 또는 고로슬래그 미분말	0.45	30

주 : 1) 동결융해 또는 매입물질의 침식에 대한 보호, 또는 낮은 침투성을 위해서는 보다 낮은 물-결합재비나 높은 강도가 요구됨.

2) 바닷물은 노출 정도를 보통으로 함

3) 1종 시멘트가 포함된 콘크리트에 사용될 때 황산염에 대한 저항성을 개선시킨 실적이 있거나 실험에 의해 증명된 포졸란.

4) 5종 시멘트가 포함된 콘크리트에 사용될 때 황산염에 대한 저항성을 개선시킨 실적이 있거나 실험에 의해 증명된 포졸란.

- (4) 제설제가 사용되는 콘크리트의 물-결합재비는 0.45 이하로 하여야 한다.
- (5) 콘크리트의 수밀성을 기준으로 하여 물-결합재비를 정할 경우에는 0.5 이하를 표준으로 한다.
- (6) 해양구조물에 쓰이는 콘크리트의 물-결합재비를 정할 경우에는 「3-15 해양콘크리트」의 「2.2 배합」에 따라야 한다.
- (7) 콘크리트의 탄산화 저항성을 고려해야 하는 경우 물-결합재비는 0.55 이하로 하여야 한다.

2.3.4 단위수량

단위수량은 작업이 가능한 범위 내에서 될 수 있는 대로 적게 되도록 시험에 의해 정하여야 한다.

2.3.5 단위시멘트량

단위시멘트량은 원칙적으로 단위수량과 물-결합재비로부터 정하는 것으로 한다. 다만, 최소 단위시멘트량은 표 3.2.9의 값을 표준으로 한다.

표 3.2.9 최소 단위시멘트량

부재의 종류		최소 단위시멘트량
철근콘크리트부재		250 kg/m ³
프리스트레스트 콘크리트부재	프리텐션 방식	350 kg/m ³
	포스트텐션 방식	300 kg/m ³

2.3.6 굵은 골재의 최대치수

- (1) 굵은 골재의 공칭 최대치수는 다음 값을 초과해서는 안 된다. 그러나 이런 제한은 콘크리트를 공극 없이 칠 수 있는 다짐방법을 사용할 경우에는 감독자의 판단에 따라 적용하지 않아도 된다.
 - ① 거푸집 양 측면 사이 최소거리의 1/5
 - ② 슬래브 두께의 1/3
 - ③ 개별 철근, 다발철근, 긴장재 또는 덕트 사이 최소 순간격의 3/4
- (2) 굵은 골재의 최대치수는 표 3.2.10의 값을 표준으로 한다.

표 3.2.10 굵은 골재의 최대치수

구조물의 종류	굵은 골재의 최대치수(mm)
일반적인 경우	20 또는 25
단면이 큰 경우	40
무근콘크리트	40 부재 최소치수의 1/4을 초과해서는 안 됨.

2.3.7 잔골재율

- (1) 잔골재율은 소요의 워커빌리티를 얻을 수 있는 범위 내에서 단위수량이 최소가 되도록 시험에 의해 정하여야 한다.
- (2) 공사 중에 잔골재의 입도가 변하여 조립률이 ± 0.20 이상 차이가 있을 경우에는 워커빌리티가 변화하므로 배합을 수정할 필요가 있다. 이 때 잔골재율에 대해서도 그 적합 여부를 시험에 의해 확인해 놓을 필요가 있다.
- (3) 유동화콘크리트의 경우, 유동화 후 콘크리트의 워커빌리티를 고려하여 잔골재율을 결정할 필요가 있다.
- (4) 고성능 공기연행감수제를 사용한 콘크리트의 경우로서 물-결합재비 및 슬럼프가 같으면, 일반적인 공기연행감수제를 사용한 콘크리트와 비교하여 잔골재율을 1 % ~ 2 % 정도 크게 하는 것이 좋다.

2.3.8 슬럼프

- (1) 콘크리트의 슬럼프는 운반, 타설, 다짐 등의 작업에 알맞은 범위 내에서 될 수 있는 대로 작은 값으로 정하여야 한다. 콘크리트를 타설할 때의 슬럼프 값은 표 3.2.11과 같다.

표 3.2.11 슬럼프의 표준값(mm)

종 류		슬럼프 값
철근콘크리트	일반적인 경우	80 ~ 150
	단면이 큰 경우	60 ~ 120
무근콘크리트	일반적인 경우	50 ~ 150
	단면이 큰 경우	50 ~ 100

- (2) 콘크리트의 운반시간이 길 경우 또는 기온이 높을 경우에는 슬럼프가 크게 저하하므로 운반중의 슬럼프 저하를 고려한 배합을 정해주어야 한다.
- (3) 유동화 콘크리트의 슬럼프는 3.7.2 (4)항과 (5)항을 참고한다.
- (4) 콘크리트의 슬럼프 시험은 KS F 2402에 따른다.

2.3.9 공기량

- (1) 콘크리트는 공기연행콘크리트로 하는 것을 원칙으로 하고, 공기량은 굵은 골재 최대 치수와 내동해성을 고려하여 표 3.2.12와 같이 정하며, 운반 후 공기량은 이 값에서 $\pm 1.5 \%$ 이내이어야 한다.

표 3.2.12 공기연행콘크리트 공기량의 표준값

굵은 골재의 최대치수(mm)	공기량(%)	
	심한 노출 ¹⁾	보통 노출 ²⁾
10	7.5	6.0
15	7.0	5.5
20	6.0	5.0
25	6.0	4.5
40	5.5	4.5

주 : 1) 동절기에 수분과 지속적인 접촉이 이루어져 결빙이 되거나, 제설제가 사용되는 경우

2) 동절기에 가끔 수분과 접촉하여 결빙되지만, 제설제가 사용되지 않는 경우

- (2) 공기연행콘크리트의 공기량은 같은 단위 공기연행제량을 사용하는 경우라도 여러 조건에 따라 상당히 변화하므로 공기연행콘크리트 시공에서는 반드시 KS F 2409 또는 KS F 2421에 따라 공기량 시험을 하여야 한다.

2.3.10 혼화재료의 단위량

- (1) 공기연행제, 공기연행감수제 및 고성능 공기연행감수제 등의 단위량은 소요의 슬럼프 및 공기량을 얻을 수 있도록 시험에 의해 정한다.
- (2) (1) 이외의 혼화재료의 단위량은 시험결과나 기존의 경험 등을 바탕으로 효과를 얻을 수 있도록 정한다.
- (3) 제설제에 노출된 콘크리트에 있어서 플라이애시, 고로슬래그 미분말 또는 실리카 폼을 시멘트 재료의 일부로 치환하여 사용하는 경우 이들 혼화재의 사용량은 표 3.2.13의 값을 초과하지 않도록 한다.

표 3.2.13 제설제에 노출된 콘크리트에서의 최대 혼화재 비율

혼화재의 종류	시멘트와 혼화재 전체에 대한 혼화재의 질량백분율(%)
플라이애시	25
고로슬래그 미분말	50
실리카폼	10
플라이애시 또는 기타 포졸란, 고로슬래그 미분말 및 실리카폼의 합	50 ¹⁾
플라이애시 또는 기타 포졸란과 실리카폼의 합	35 ¹⁾

주 : 1) 플라이애시 또는 기타 포졸란의 합은 25%, 실리카폼은 10 % 이하여야 한다.

2.3.11 배합의 표시법

(1) 배합의 표시법은 일반적으로 표 3.2.14와 같이 한다.

표 3.2.14 콘크리트 배합의 표시법

굵은 골재의 최대치수 (mm)	슬럼프 범위 (mm)	공기량 범위 (%)	물-결합 재비 ¹⁾ W/B	잔골재율 S/a (%)	단 위 량 (kg/m ³)						
					물 W	시멘트 C	잔골재 S	굵은 골재 G		혼화재료	
								mm ~ mm	mm ~ mm	혼화재 ¹⁾	혼화재 ²⁾

주 : 1) 포졸란 반응성 및 잠재수경성을 갖는 혼화재를 사용하지 않은 경우 물-결합재비는 물-시멘트비가 된다.

2) 같은 종류의 재료를 여러 가지 사용할 경우에는 각각의 난을 나누어 표시한다. 이 때 사용량에 대하여는 ml/m³ 또는 g/m³로 표시하며, 희석시키거나 녹이지 않는 것으로 나타낸다.

(2) 시방배합에서 잔골재는 5 mm를 전부 통과하는 것을 말하고 굵은 골재는 5 mm 체에 전부 남는 것을 말하며, 잔골재 및 굵은 골재는 각각 표면건조포화상태이어야 한다.

(3) 시방배합을 현장배합으로 변경할 경우에는 골재의 함수상태, 5 mm 체에 남는 잔골재의 양과 5 mm 체를 통과하는 굵은 골재의 양 및 혼화제를 희석시킨 희석수량을 고려하여야 한다.

2.4 계량 및 비비기

2.4.1 계량

- (1) 콘크리트의 각 재료는 소정의 품질을 얻을 수 있도록 정확하게 계량하여야 한다.
- (2) 각 재료의 계량방법 및 계량장치는 공사에 적합하고 또 각 재료를 소정의 계량 오차 내에서 계량할 수 있는 것이어야 한다.
- (3) 각 재료의 계량장치는 공사 개시 전 및 공사 중에 정기적으로 점검하여 조정하여야 한다.
- (4) 재료는 시방배합을 현장배합으로 고친 다음 현장배합에 의해 계량한다. 골재의 표면 수량 시험은 KS F 2509 및 KS F 2550 방법에 따라야 한다. 골재가 건조되어 있을 때의 유효 흡수율의 값은 골재를 적절한 시간 흡수시켜서 구한다.
- (5) 1회분의 비비기 양은 공사의 종류, 콘크리트 타설의 양, 비비기 설비, 운반방법 등을 고려하여 정하여야 한다.
- (6) 각 재료는 1회의 비비기 양마다 질량으로 계량한다. 다만 물과 혼화제는 부피로 계량할 수 있다.
- (7) 계량오차는 1회 계량분에 대하여 표 3.2.15의 값 이하이어야 한다.

표 3.2.15 재료의 계량 오차

재료의 종류	측정단위	1회 계량 분량의 한계오차
시멘트	질량	-1 %, +2 %
물	질량 또는 부피	-2 %, +1 %
골재	질량	±3 %
혼화재	질량	±2 %
혼화제	질량 또는 부피	±3 %

2.4.2 비비기

- (1) 콘크리트의 재료는 반죽된 콘크리트가 균질하게 될 때까지 충분히 비벼야 한다.
- (2) 믹서는 KS F 2455에 의해 비비기 성능시험을 하여 소요의 비비기 성능을 가지고 있음을 확인하여야 한다.
- (3) 가정식 믹서 및 강제혼합 믹서는 원칙적으로 각각 KS F 8008 및 KS F 8009에 적합한 것이어야 한다.
- (4) 믹서는 비빈 콘크리트를 배출할 때 재료분리를 일으키지 않는 것이어야 한다.

- (5) 재료를 믹서에 넣는 순서는 미리 적절하게 정해 놓아야 한다.
- (6) 비비기 시간은 시험에 의해 정하여야 한다. 비비기 시간은 믹서 안에 재료를 투입한 후 가경식 믹서일 경우에는 1분 30초 이상, 강제혼합 믹서일 경우에는 1분 이상을 표준으로 한다.
- (7) 비비기는 미리 정해 둔 비비기 시간의 3배 이상 계속하지 말아야 한다.
- (8) 비비기를 시작하기 전에 미리 믹서 내부를 모르타르로 부착시켜야 한다.
- (9) 믹서 안의 콘크리트를 전부 꺼낸 후가 아니면 믹서 안에 다음 재료를 넣지 말아야 한다.
- (10) 믹서는 사용 전후에 충분히 청소하여야 한다.
- (11) 비벼놓아 굳기 시작한 콘크리트는 되비벼서 사용해서는 안 된다.

2.5 레디믹스트콘크리트

2.5.1 일반사항

레디믹스트콘크리트를 사용하는 경우에는 이 절의 2.5.2항에 규정하는 공장에서 비비고 KS F 4009에 규정하는 품질을 만족하는 콘크리트를 사용하는 것으로 한다.

2.5.2 공장 선정

- (1) 레디믹스트콘크리트를 사용하는 경우에는 현장까지의 운반시간, 배출시간, 콘크리트의 제조능력, 운반차의 수, 공장의 제조설비, 품질관리 상태 등을 고려하여 공장을 선정하는 것으로 한다.
- (2) KS F 4009의 규정 및 심사기준을 참고로 사용재료, 제 설비, 품질관리 상태 등을 조사하여 사용목적에 맞는 공장을 선정하거나 설치하여야 한다.

2.5.3 레디믹스트콘크리트 품질에 대한 지정

- (1) 레디믹스트콘크리트로 발주할 경우에는 KS F 4009의 기준에 따라 품질을 지정하는 것으로 한다.
- (2) 레디믹스트콘크리트의 종류는 보통콘크리트, 경량골재콘크리트, 포장콘크리트, 고강도콘크리트로 하고, 구입자는 굵은 골재의 최대치수, 슬럼프 또는 슬럼프 플로 및 호칭강도를 조합한 표 3.2.16에 표시한 ○표를 한 범위 내에서 종류를 지정하는 것으로 원칙으로 한다.

표 3.2.16 레디믹스트콘크리트의 종류

콘크리트의 종류	굵은 골재 최대치수 (mm)	슬럼프 또는 슬럼프 플로 (mm)	호칭강도 ¹⁾ MPa(=N/mm ²)													힘 4.0 ²⁾	힘 4.5 ²⁾
			18	21	24	27	30	35	40	45	50	60					
보통 콘크리트	20, 25	80, 120, 150, 180	○	○	○	○	○	○	-	-	-	-	-	-	-		
		210	-	○	○	○	○	○	-	-	-	-	-	-	-		
		500, 600 ³⁾	-	○	○	○	○	○	-	-	-	-	-	-	-		
	40	50, 80, 120, 150	○	○	○	○	○	-	-	-	-	-	-	-	-		
경량골재 콘크리트	15, 20	80, 120, 150, 180, 210	○	○	○	○	○	○	○	-	-	-	-	-	-		
포장 콘크리트	20, 25, 40	25, 65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	○		
고강도 콘크리트	20, 25	80	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-		
		120, 150, 180, 210	-	-	-	-	-	○	○	○	-	-	-	-	-		
		500, 600, 700 ³⁾	-	-	-	-	-	○	○	○	○	○	-	-	-		

주 : 1) 호칭강도를 보증할 재령에 대하여 강도시험에서 공시체의 재령은 지정이 없는 경우 28일, 지정이 있는 경우는 구입자가 지정한 일수로 한다.

2) 힘 4.0, 힘 4.5는 포장용 콘크리트에서 힘 호칭강도를 의미한다.

3) 슬럼프 플로값을 의미한다.

(3) 콘크리트 강도는 1회의 시험결과 호칭강도의 85 % 이상, 3회의 시험결과 평균값은 호칭강도 이상이어야 한다.

(4) 슬럼프 및 슬럼프 플로

① 슬럼프는 KS F 2402의 규정에 따라 시험한 후 그 결과값과 호칭 슬럼프의 허용차는 표 3.2.17의 값 이내이어야 한다.

표 3.2.17 슬럼프의 허용차

(단위 : mm)

슬 럼 프	허 용 차
25	± 10
50 및 65	± 15
80 이상	± 25

- ② 슬럼프 플로 품질을 지정하는 경우 KS F 2594의 규정에 따라 시험하고 슬럼프 플로의 허용오차는 표 3.2.18에 따라야 한다.

표 3.2.18 슬럼프 플로의 허용차

(단위 : mm)

슬럼프 플로	허 용 차
500	± 75
600	± 100
700 ¹⁾	± 100

주 : 1) 굵은 골재의 최대치수가 15 mm 인 경우에 한하여 적용한다.

- (5) 공기량은 표 3.2.19에 따라야 한다.

표 3.2.19 공기량의 허용차

(단위 : %)

콘크리트 종류	공기량	허 용 차
보통콘크리트	4.5	± 1.5
경량골재콘크리트	5.5	
포장콘크리트	4.5	
고강도콘크리트	3.5	

- (6) 콘크리트에 포함된 염화물량은 출하지점에서 염소이온으로 0.3 kg/m^3 이하이어야 한다. 다만, 구입자의 승인을 얻은 경우에는 0.6 kg/m^3 이하로 할 수 있다.

2.5.4 받아들이기

- (1) 콘크리트 타설에 있어서는 미리 납품일시, 콘크리트의 종류, 수량, 배출장소 및 방법, 배차의 간격 등을 검토하여 원활하게 될 수 있도록 하여야 한다.

- (2) 콘크리트 타설 중에도 생산자와 긴밀하게 연락을 취하여 콘크리트 타설이 중단 되는 일이 없도록 하여야 한다.
- (3) 콘크리트를 배출하는 장소는 운반차가 안전하고 원활하게 출입할 수 있으며 배출하는 작업이 쉽게 될 수 있는 장소이어야 한다.
- (4) 콘크리트 배출시 재료분리가 일어나지 않도록 하여야 한다.
- (5) 트럭 교반기나 트럭 믹서를 사용할 경우, 콘크리트는 혼합하기 시작하고 나서 1.5시간 이내에 공사지점에 배출할 수 있도록 한다. 덤프 트럭으로 콘크리트를 운반하는 경우, 1시간 이내로 한다. 다만, 주문자의 지시가 있을 때에는 운반시간의 한도를 단축 또는 연장시킬 수 있다.
- (6) 콘크리트의 품질은 슬럼프, 공기량 및 염소이온 함유량 등의 시험에 의하여 확인하여야 한다. 또 콘크리트의 강도에 대해서는 시험용 공시체를 만드는 것으로 한다.
- (7) 받아들이기 검사는 KS F 4009에 따라야 한다.

3. 시공

3.1 일반사항

3.1.1 계획

콘크리트의 운반방법, 운반로, 타설 방법, 타설 순서, 1회 타설 양, 시공이음의 위치 등에 대하여 미리 충분한 계획을 세워 놓아야 한다.

3.1.2 타설 시간

- (1) 콘크리트는 재료분리가 적게 되도록 신속하게 운반하여 즉시 타설하고 충분히 다져야 한다.
- (2) 비비기로부터 타설이 끝날 때까지의 시간은 원칙적으로 외기온도가 25 ℃ 이상일 때에는 1.5시간, 25 ℃ 미만일 때에는 2시간을 넘지 말아야 한다. 다만, 양질의 지연제 등을 사용하여 응결을 지연시키는 등의 특별한 조치를 강구한 경우에는 콘크리트의 품질변동이 없는 범위 내에서 감독자의 승인을 얻어 상기 시간제한을 변경할 수 있다.

3.2 운반

3.2.1 운반용 자동차

운반용 자동차를 사용하는 경우에는 내리는 작업이 쉬워야 하며, 교반기, 보온덮개 등의 설비를 설치하여야 한다.

3.2.2 버킷

버킷을 사용하여 콘크리트를 타설할 장소로 최종 운반하는 경우에는 배출 시에 재료분리가 없고 배출이 신속 용이한 것이어야 한다.

3.2.3 콘크리트 펌프

콘크리트 펌프를 사용하는 경우에는 콘크리트의 품질, 타설 장소, 1회 타설 양 등을 고려하여 적절한 콘크리트 펌프의 기종을 선정하여야 한다. 또한, 압송 가능성 평가는 수평배관시험 또는 콘크리트 재료의 레올로지 특성을 통해 평가 가능하며, 레올로지 평가방법은 한국콘크리트학회 표준 KCI-CT 104(콘크리트 레올로지 측정 방법)에 따른다. 수송관의 배치에 있어서는 철근, 거푸집 및 동바리에 유해한 진동이나 변형을 주지 않도록 하여야 한다. 또 압송조건은 관내에 콘크리트가 막히는 일이 없도록 정하여야 한다.

3.2.4 콘크리트 플레이서

콘크리트 플레이서를 사용할 경우에는 그 기종, 형식 및 사용방법에 대하여 감독자의 지시를 받아야 한다.

3.2.5 벨트컨베이어

벨트컨베이어를 사용할 경우에는 콘크리트의 품질을 해치지 않도록 벨트컨베이어를 적당한 위치에 배치하고, 또 벨트컨베이어의 끝부분에는 조절판 및 깔때기를 설치하여 재료분리를 방지하여야 한다.

3.2.6 슈트

슈트를 사용하는 경우에는 원칙적으로 연직슈트를 사용하여야 하며, 연직슈트는 깔대기 등을 이어대서 만들어 재료분리가 적게 일어나도록 하여야 한다. 부득이 경사슈트를 사용할 경우 슈트의 경사는 콘크리트가 재료분리를 일으키지 않을 정도의 것이어야 하며, 일반적으로 경사는 수평 2에 대하여 연직 1정도가 적당하다.

3.3 콘크리트 타설

3.3.1 준비

- (1) 콘크리트 타설은 우천 또는 강풍 시에는 실시해서는 안 된다.
- (2) 콘크리트를 타설하기 전에 철근, 거푸집, 동바리 등에 관해서는 시공 상세도 및 철근 가공조립도에 정해진 대로 배치되었는지를 확인하여야 한다.
- (3) 콘크리트 타설 전에 운반 및 타설 설비 등이 타설 계획에 충분히 일치하는가를 확인하여야 한다.
- (4) 콘크리트를 타설할 때는 미리 타설 설비 및 거푸집 내를 청소하여 콘크리트 속에 잡물이 들어가지 않도록 하여야 한다. 콘크리트의 수분을 흡수할 염려가 있는 부분에는 미리 습윤 상태로 해놓아야 한다.
- (5) 터파기안의 물은 타설 전에 제거하여야 하며 터파기안에 흘러 들어온 물에 새로 타설한 콘크리트가 씻기지 않도록 적당한 조치를 강구하여야 한다.

3.3.2 타설 순서

- (1) 콘크리트의 타설 순서는 다음 사항을 고려해서 결정하여야 한다.
 - ① 거푸집 및 동바리가 유해한 침하를 일으켜서는 안 된다.
 - ② 먼저 타설한 콘크리트에 유해한 균열이 발생하지 않도록 침하량이 큰 곳부터 타설한다.
 - ③ 충분한 다짐을 행하기 위해서 적당한 층 두께로 한다.
 - ④ 경사면에 타설할 경우는 일반적으로 낮은 쪽부터 타설한다.
- (2) 거더 높이가 큰 I형, T형 또는 박스형 단면의 경우 먼저 복부 상단까지 콘크리트를 타설한 후 약간의 시간을 두고 상부 플랜지의 콘크리트를 타설하여야 한다.
- (3) 박스형 단면의 경우 하부 플랜지에 콘크리트가 골고루 치밀하게 투입되도록 타설해야 하고, 각 복부에 콘크리트 높이가 균등하게 되도록 타설하여야 한다.

3.3.3 콘크리트 타설

- (1) 콘크리트의 타설 작업을 할 때에는 철근 및 강재의 배치나 거푸집이 변형되거나 손상되지 않도록 주의하여야 한다.
- (2) 타설한 콘크리트는 거푸집 안에서 횡방향으로 이동시키지 않아야 하며 한 구획내의 콘크리트는 타설이 완료될 때까지 연속해서 타설하여야 한다.
- (3) 타설 도중에 심한 재료분리가 생겼을 때에는 재료분리를 방지할 방법을 강구하여야 한다.
- (4) 콘크리트는 그 표면이 한 구획내에서는 거의 수평이 되도록 타설하는 것을 원칙으로 한다. 콘크리트 타설의 1층 높이는 다짐 능력을 고려하여 결정하여야 한다.

- (5) 콘크리트를 2층 이상으로 나누어 타설할 경우, 상층의 콘크리트는 원칙적으로 하층의 콘크리트가 굳기 시작하기 전에 타설하여야 하며 상층과 하층이 일체가 되도록 시공하여야 한다. 또한 콜드조인트가 발생하지 않도록 하나의 시공구획의 면적, 콘크리트의 공급능력, 이어치기 허용시간 간격 등을 정하여야 하며, 이어치기 허용시간 간격은 외기온 25 ℃ 초과 시 2.0시간, 25 ℃ 이하 시 2.5시간을 표준으로 한다.
- (6) 거푸집의 높이가 높을 경우, 재료분리를 방지하기 위하여 상부의 철근 또는 거푸집에 콘크리트가 부착하여 경화하는 것을 방지하기 위해 거푸집에 투입구를 설치하거나, 연직슈트 또는 펌프배관의 배출구를 타설면 가까운 곳까지 내려서 콘크리트를 타설하여야 한다. 이 경우 슈트, 펌프배관, 버킷, 호퍼 등의 배출구와 타설면까지의 높이는 1.5 m 이하로 하여야 한다.
- (7) 콘크리트 타설 도중 표면에 떠올라 고인 블리딩수가 있을 경우에는 적당한 방법으로 이 물을 제거한 후가 아니면 그 위에 콘크리트를 타설해서는 안 된다.
- (8) 벽 또는 기둥과 같이 높이가 높은 콘크리트를 연속해서 타설할 경우에는 타설 및 다질 때 재료분리가 될 수 있는 대로 적게 되도록 콘크리트의 반죽질기 및 타설 속도를 조정하여야 한다.

3.3.4 다지기

- (1) 콘크리트의 다지기는 내부 진동기를 쓰는 것을 원칙으로 하고, 얇은 슬래브 등 내부 진동기의 사용이 곤란한 곳에서는 거푸집 진동기를 병용하는 것으로 한다.
- (2) 콘크리트는 타설 후에 바로 충분히 다지고 콘크리트가 철근 또는 강재의 주위 및 거푸집의 구석구석에 잘 채워지도록 하여야 한다.
- (3) 층상으로 쳐진 콘크리트의 다지기에 있어서는 진동기를 하층의 콘크리트 속에 0.1 m 정도 들어가도록 하여야 한다. 또 진동기는 콘크리트에서 천천히 빼고, 뒤에 구멍이 남아 있지 않도록 하여야 한다.
- (4) 내부 진동기는 연직으로 찢러 놓으며, 그 간격은 진동이 유효하다고 인정되는 범위의 지름 이하로서 일정한 간격으로 한다. 삽입간격은 일반적으로 0.5 m 이하로 하는 것이 좋다.
- (5) 1개소 당 진동시간은 5초 ~ 15초로 한다.
- (6) 단면이 변하는 경계부나 철근의 상부에서는 콘크리트 침하의 정도에 차이가 생겨 균열이 발생할 우려가 있으므로 이를 방지할 방법을 강구하여야 하며, 침하균열이 발생한 경우에는 즉시 다짐이나 재진동을 실시하여 균열을 제거하여야 한다.
- (7) 거푸집 진동기는 거푸집의 적절한 위치에 단단히 설치하여야 한다.

- (8) 재진동을 할 경우에는 콘크리트에 유해한 영향이 생기지 않도록 초결이 일어나기 전에 실시하여야 한다.

3.4 양 생

3.4.1 일반사항

콘크리트는 타설한 후 소요기간까지 경화에 필요한 온도, 습도조건을 유지하며 유해한 작용의 영향을 받지 않도록 충분히 양생을 실시하여야 한다. 구체적인 방법이나 필요한 일수는 각각 해당하는 조항에 따라 구조물의 종류, 시공조건, 입지조건, 환경조건 등 각각의 상황에 따라 정한다.

3.4.2 습윤 양생

- (1) 콘크리트를 타설한 후 경화를 시작할 때까지 직사광선이나 바람에 의해 수분이 증발하지 않도록 방지하여야 하며, 거푸집판이 건조할 염려가 있을 때에는 살수하여야 한다.
- (2) 콘크리트의 표면을 해치지 않고 작업이 될 수 있을 정도로 경화하면 콘크리트의 노출 면은 양생용 매트, 모포 등을 적셔서 덮거나 또는 살수를 하여 습윤 상태로 보호하여야 한다. 습윤 상태로 보호하는 기간은 표 3.2.20을 표준으로 한다.

표 3.2.20 습윤 양생 기간의 표준

일평균기온	보통포틀랜드시멘트	고로슬래그시멘트 플라이애시시멘트 2종	조강포틀랜드시멘트
15 ℃ 이상	5일	7일	3일
10 ℃ 이상	7일	9일	4일
5 ℃ 이상	9일	12일	5일

- (3) 막양생을 할 경우에는 충분한 양의 막양생제를 적절한 시기에 균일하게 살포하여야 한다.

3.4.3 온도제어 양생

- (1) 콘크리트는 경화가 충분히 진행될 때까지 경화에 필요한 온도조건을 유지하여 저온, 고온, 급격한 온도변화 등에 의한 유해한 영향을 받지 않도록 양생하여야 한다.
- (2) 온도제어 양생을 실시할 경우에는 온도제어 방법 및 양생일수를 콘크리트의 종류, 형상 및 치수 등을 고려하여 적절히 정해야 하고 콘크리트에 국부적으로 온도차가 생기지 않도록 하여야 한다.

3.4.4 유해한 작용에 대한 보호

콘크리트의 양생기간에는 유해한 영향을 주는 진동, 충격, 하중 등을 받지 않도록 보호하여야 한다.

3.4.5 촉진양생

- (1) 증기양생을 실시할 경우에는 콘크리트를 타설한 후 3시간 이상 경과한 후에 가열을 시작하여야 하고 양생실의 온도상승은 원칙적으로 1시간 당 온도차를 15 ℃ 이하로 한다. 또 양생실의 온도는 65 ℃를 넘지 말아야 한다.
- (2) 기타 촉진양생을 실시할 경우에는 콘크리트에 유해한 영향이 미치지 않도록 양생을 개시하는 시기, 온도의 상승속도, 양생온도 및 양생시간 등을 정하여야 한다.

3.5 이음

3.5.1 일반사항

- (1) 설계에 정해져 있는 이음의 위치와 구조는 지켜져야 한다.
- (2) 설계에 정해져 있지 않은 이음을 설치할 경우에는 구조물의 강도, 내구성 및 외관을 해치지 않도록 위치, 방향 및 시공방법을 시공계획서 및 시공상세도에 정해 놓아야 한다.

3.5.2 시공이음

- (1) 시공이음은 될 수 있는 대로 전단력이 작은 위치에 설치하고, 부재의 축력이 작용하는 방향과 직각되게 설치하여야 한다.
- (2) 부득이 전단이 큰 위치에 시공이음을 설치할 경우에는 시공이음에 요철 또는 홈을 만들거나 적절한 강재를 배치하여 보강하여야 한다.
- (3) 시공이음을 계획할 때 온도, 건조수축 등에 의한 균열의 발생에 대해서도 고려하여야 한다.
- (4) 외부의 염분에 의한 피해를 받을 우려가 있는 구조물에 있어서 시공이음부를 되도록 두지 않는 것이 좋다. 부득이 시공이음부를 설치할 경우에는 초고조위로부터 위로 0.6 m와 최저조위로부터 아래로 0.6 m 사이인 감조부 부분을 피하여야 한다.

3.5.3 수평 시공이음

- (1) 수평 시공이음이 거푸집에 접하는 선은 될 수 있는 대로 수평한 직선이 되도록 주의하여야 한다.

- (2) 콘크리트를 이어서 타설 할 경우에는 구 콘크리트 표면의 레이턴스, 품질이 나쁜 콘크리트, 느슨해진 골재알 등을 완전히 제거하고 충분히 흡수시켜야 한다.
- (3) 새 콘크리트를 타설하기 전에 거푸집을 바로잡고 새 콘크리트를 타설할 때 구 콘크리트와 밀착되게 다짐을 잘 하여야 한다.
- (4) 시공이음부가 될 콘크리트 면은 느슨해진 골재알 등이 없도록 마무리하고, 경화가 시작되면 되도록 빨리 쇄솔(wire brush)이나 모래분사 등으로 면을 거칠게 하며 충분히 습윤 상태로 양생하여야 한다.
- (5) 역방향 타설 콘크리트의 시공 시에서는 콘크리트의 침하를 고려하여 시공이음이 일체가 되도록 콘크리트의 재료, 배합 및 시공방법을 선정하여야 한다.

3.5.4 연직 시공이음

- (1) 연직 시공이음 면에는 거푸집을 설치하여야 한다.
- (2) 연직 시공이음의 시공에 있어서는 시공이음면의 거푸집을 견고하게 지지하고 이음부분의 콘크리트는 진동기를 사용하여 충분히 다져야 한다.
- (3) 구 콘크리트의 시공이음면은 쇄솔로 그 표면을 제거하거나 쪼아내기 등에 의하여 거칠게 하고, 수분을 충분히 흡수시킨 후에 시멘트 풀, 모르타르 또는 습윤면용 에폭시수지 등을 바른 후 새 콘크리트를 타설하여 이어나가야 한다.
- (4) 새 콘크리트를 타설할 때는 신·구 콘크리트가 충분히 밀착되도록 잘 다져야 한다. 또 새 콘크리트를 타설한 후 적당한 시기에 재진동 다지기를 하는 것이 좋다.

3.5.5 바닥틀과 일체로 된 기둥, 벽의 시공이음

바닥틀과 일체로 된 기둥 또는 벽의 시공이음은 바닥틀과의 경계부근에 설치하여야 한다. 현치는 바닥틀과 연속해서 콘크리트를 타설하여야 하며 내민 부분을 가진 구조물의 경우에도 마찬가지로 시공하여야 한다. 현치부 콘크리트는 다짐이 불량하기 쉬우므로 다짐에 각별히 주의하여 조밀한 콘크리트가 얻어지도록 하여야 한다.

3.5.6 바닥틀의 시공이음

바닥틀의 시공이음은 슬래브 또는 보의 지간중앙 근처에 두어야 한다. 다만, 보가 그 지간 중앙부에서 작은 보와 교차할 경우에는 작은 보의 폭의 약 2배 거리만큼 떨어진 곳에 보의 시공이음을 설치하고, 시공이음을 통하는 45°의 경사진 인장철근을 배치하여 전단력에 대하여 보강하여야 한다.

3.5.7 아치의 시공이음

아치의 시공이음은 아치 축에 직각이 되도록 설치하여야 하며 아치의 폭이 넓을 때는 지간방향의 연직 시공이음을 설치하여야 한다.

3.5.8 신축이음

신축이음에는 구조물이 서로 접하는 양쪽부분을 절연시켜야 하며 필요에 따라 이음재, 지수판 등을 배치하여야 한다.

3.5.9 균열유발 이음

균열 제어를 목적으로 균열유발 이음을 설치할 경우에는 구조물의 강도 및 기능을 해치지 않도록 그 구조 및 위치를 정하여야 한다.

3.6 표면 마무리

3.6.1 일반사항

노출면에서 균일한 외관을 얻고자 할 경우에는 재료, 배합, 콘크리트의 타설방법 등이 바뀌지 않도록 하여 미리 정해진 구획의 콘크리트를 연속해서 타설하여야 한다.

3.6.2 거푸집판에 접하지 않은 면의 마무리

- (1) 다지기를 끝내고 거의 소정의 높이와 형상으로 된 콘크리트의 윗면은 블리딩수를 처리한 후에 마무리하여야 한다. 마무리에는 나무흙손이나 적절한 마무리 기계를 사용하여야 하며 마무리 작업은 과도하게 되지 않도록 주의하여야 한다.
- (2) 마무리 작업 후 콘크리트가 굳기 시작할 때까지의 사이에 일어나는 균열은 다짐 또는 재마무리에 의해서 제거하여야 한다.
- (3) 매끄럽고 치밀한 표면이 필요할 때는 작업이 가능한 범위에서 될 수 있는 대로 늦은 시기에 쇠손으로 강하게 힘을 주어 콘크리트 윗면을 마무리하여야 한다.

3.6.3 거푸집판에 접하는 면의 마무리

- (1) 노출면이 되는 콘크리트는 평활한 모르타르 표면이 얻어지도록 하여야 한다.
- (2) 콘크리트 표면에 혹이나 줄이 생긴 경우에는 이들을 매끈하게 따내야 하고, 허니컴과 흠이 생긴 경우에는 그 언저리의 불완전한 부분을 쪼아내고 물로 적신 후 적당한 배합의 콘크리트 또는 모르타르로 땀질을 하여 매끈하게 마무리하여야 한다.
- (3) 거푸집을 떼어낸 후 온도응력, 건조수축 등에 의하여 표면에 발생한 균열은 필요에 따라 적절히 보수하여야 한다.

3.6.4 마모를 받는 면의 마무리

슬래브 등과 같이 마모를 받는 면의 경우에는 콘크리트의 마모에 대한 저항성을 높이기 위해 강경하고 마모저항이 큰 양질의 골재를 사용하는 동시에 물-결합재비를 작게

하여야 한다. 또 밀실하고 균등질의 콘크리트로 되게 하여야 하며, 동시에 충분히 양생하여야 한다.

3.6.5 특수마무리

특수한 마무리는 구조물 본체의 표면을 특수한 방법으로 마무리하는 것이며 이로 인하여 단면의 결손, 조직의 이완 등 구조물 본체에 나쁜 영향을 미치지 않도록 하여야 한다.

3.7 유동화콘크리트

3.7.1 일반사항

유동화콘크리트의 시공 시에는 유동화 후 소요의 품질이 얻어지도록 사전에 베이스콘크리트의 재료, 배합, 유동화 방법, 타설, 양생, 품질관리 방법 등에 대하여 충분히 검토하여야 한다.

3.7.2 재료 및 배합

- (1) 유동화제는 한국콘크리트학회 표준 KCI-AD 101 「콘크리트용 유동화제 품질 기준」의 유동화제 품질에 적합한 것이어야 한다.
- (2) 공기연행제, 감수제, 공기연행감수제 및 고성능 공기연행감수제는 KS F 2560에 적합하고 또한 유동화제와 병용할 경우에는 유동화콘크리트에 유해한 영향을 미치지 말아야 한다.
- (3) 베이스콘크리트의 배합은 소요의 강도, 내구성, 수밀성 및 작업에 적당한 워커빌리티를 가지며, 품질의 변동이 적어지도록 콘크리트의 배합 및 유동화제의 첨가량을 정하여야 한다.
- (4) 유동화콘크리트의 슬럼프는 작업에 적절한 범위로서 210 mm 이하로 결정하여야 하며, 슬럼프의 증가량은 50 mm ~ 80 mm를 표준으로 한다.
- (5) 베이스콘크리트의 슬럼프는 콘크리트의 유동화에 지장이 없는 범위로 정하여야 한다.

3.7.3 콘크리트의 유동화

- (1) 다음 중 한 가지 방법에 따라서 콘크리트를 유동화시킨다.
 - ① 콘크리트 플랜트에서 운반한 콘크리트에 공사현장에서 유동화제를 첨가하여 균일하게 될 때까지 교반하여 유동화시킨다.
 - ② 콘크리트 플랜트에서 트럭 교반기 내의 콘크리트에 유동화제를 첨가하여 즉시 고속으로 교반하여 유동화시킨다.

- ③ 콘크리트 플랜트에서 트럭 교반기 내의 콘크리트에 유동화제를 첨가하여 저속으로 교반하면서 운반하고 공사현장 도착 후에 고속으로 교반하여 유동화시킨다.
- (2) 유동화콘크리트의 재 유동화는 원칙적으로 금지한다. 부득이한 경우 감독자의 승인을 받아 1회에 한하여 재 유동화할 수 있다. 그러나 처음 비비기로부터 타설이 끝날 때까지의 시간은 원칙적으로 일반콘크리트의 규정에 따른다.
- (3) 유동화제는 원액으로 사용하고 미리 정한 소정량을 한꺼번에 첨가하며, 계량은 질량 또는 용적으로 계량하고 그 계량 오차는 1회에 3 % 이내로 한다.

3.7.4 품질관리 및 검사

베이스콘크리트 및 유동화콘크리트의 슬럼프 및 공기량 시험은 50 m³ 마다 1회씩 실시하여야 하며 그 외의 조항에 대해서는 3-5절에 따른다.

3-3 철근공

1. 일반사항

1.1 적용범위

- (1) 이 절은 철근의 공급, 가공, 조립, 이음에 관한 일반적인 시공표준을 규정한 것이다.
- (2) 이 절은 D51 이하의 이형철근, 지름 18 mm 이하의 용접철망에 적용한다.

1.2 품질요건

철근은 설계에 정해진 원칙에 의해 그려진 철근 상세도에 따라 정확한 치수 및 형상을 가지도록 가공하고, 이것을 소정의 위치에 정확하고 견고하게 조립하여야 한다.

1.3 관련 시방서 및 기준

- 1.3.1 도로교 설계기준
- 1.3.2 콘크리트 표준시방서
- 1.3.3 콘크리트구조 설계기준
- 1.3.4 토목공사 표준일반시방서
- 1.3.5 도로공사 표준시방서
- 1.3.6 고속도로공사 전문시방서

1.4 제출자료

1.4.1 시공상세도면

- (1) 모든 철근에 대한 무게를 기재한 철근목록, 가공상세도, 수량표 및 설치작업 계획서와 상세자료 등을 제출하여야 한다.
- (2) 철근에 대한 설명, 상세, 치수, 배근, 조립 및 위치를 명시하고, 겹침이음과 맞대기, 지지물과 부대품, 그리고 가공 및 설치에 필요한 사항을 명시하여야 한다.

1.4.2 기타 제출자료

- (1) 시공자는 철근이음 방법에 대한 계획서 및 설명서를 제출하여 감독자의 승인을 받아야 한다.
- (2) 압접 또는 용접이음 시는 접합부의 품질검사를 실시하여 그 성적서를 제출하여야 한다.
- (3) 현장에 반입된 매회 운반분의 철근에 대해서 철근의 등급과 물성을 증명하는 품질확인서를 제출하여야 한다.
- (4) 용접공과 압접공에 대해서는 자격증명서를 제출하여야 한다.

2. 재료

2.1 철근

2.1.1 일반사항

- (1) 철근은 깨끗하여야 하며 들뜬 녹 등의 유해한 부식, 더러움, 흠, 변형 등이 없는 것이어야 한다.
- (2) 철근은 KS D 3504에 적합한 것이어야 하며, 그렇지 않은 경우에는 시험을 하여 설계 강도 및 사용여부를 결정하여야 한다.

2.1.2 에폭시 피복 철근

에폭시 피복 철근은 KS D 3504에 적합하여야 하고, 에폭시 피복 분체도료의 품질검사는 KS M 6070에 따른다.

2.2 철근의 저장

- (1) 철근은 땅에 닿지 않도록 하고 적당한 간격으로 지지하여 창고 내에 저장하여야 한다. 단, 옥외에 적치할 경우에는 방수기능이 있는 씌우개로 덮어서 저장하여야 한다.
- (2) 철근은 재질별, 규격별로 저장하여야 하며, 묶음이 해쳐진 후에도 철근은 구별해 두어야 한다.

3. 시공

3.1 철근가공

3.1.1 철근은 설계도에 따라 작성된 철근가공 조립도에 표시된 형상과 치수에 일치하도록 재질을 해치지 않는 방법으로 가공하여야 한다.

3.1.2 철근가공 조립도에 철근의 구부리는 반지름이 명시되어 있지 않는 경우에는 「도로 교 설계기준」의 관련규정에 의하여 철근을 가공하여야 한다.

3.1.3 철근은 재질을 손상하지 않도록 상온에서 가공하여야 하며, 한번 구부린 철근은 다시 가공해서 사용해서는 안 된다.

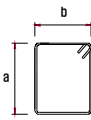
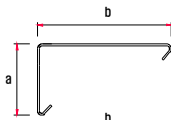
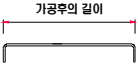
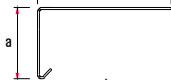
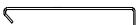
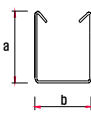
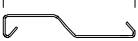
3.2 철근조립

3.2.1 철근을 조립함에 있어서는 콘크리트와의 부착을 저해하는 흙, 기름 또는 이물질 등을 미리 제거하여야 한다.

3.2.2 시공 허용오차

철근은 표 3.3.1에 규정하는 시공 허용오차를 만족하도록 배치하여야 한다.

표 3.3.1 가공치수의 허용오차

철근의 종류		부호 (오른쪽 그림)	허용오차 (mm)			
스티럽, 띠철근, 나선철근		a, b	±5			
그 밖의 철근	D25 이하의 이형철근	a, b	±15			
	D29 이상 D32 이하의 이형철근	a, b	±20			
가공 후의 전 길이		L	±20			

3.2.3 철근은 바른 위치에 배치하고, 콘크리트를 타설할 때 움직이지 않도록 충분히 견고하게 조립하여야 한다. 이를 위하여 필요에 따라서는 조립용 강재를 사용할 수 있

다. 또한 철근이 바른 위치를 확보할 수 있도록 결속선 또는 적절한 클립으로 결속하여야 한다.

3.2.4 철근의 피복두께를 정확하게 확보하기 위해 적절한 간격으로 간격재 및 고임재를 배치하여야 한다. 거푸집에 접하는 간격재 및 고임재는 콘크리트제 혹은 모르타르제를 사용하여야 한다.

3.2.5 철근조립 후 유의사항

- (1) 철근은 조립이 끝난 후 철근상세도에 맞게 조립되어 있는지를 검사하여야 한다.
- (2) 철근을 조립한 다음 장기간 경과한 경우에는 콘크리트를 타설하기 전에 다시 조립검사를 하고 청소하여야 한다.

3.3 철근이음

3.3.1 일반사항

- (1) 철근상세도에 표시되어 있지 않은 철근 이음을 둘 경우에는 그 이음의 위치 및 방법은 「도로교 설계기준」의 관련규정에 따라야 한다.
- (2) 철근의 이음에 용접이음, 기계적 이음, 슬리브 이음 등을 쓸 경우에는 그 성능을 미리 시험 등에 의한 방법으로 확인한 다음 철근의 종류, 지름 및 시공 장소 등을 고려하여 적당한 이음방법을 선정하여야 한다.
- (3) 장래의 이음을 대비하여 구조물로부터 노출시켜 놓은 철근은 손상이나 부식 등을 받지 않도록 보호하여야 한다.

3.3.2 겹침이음

- (1) 철근의 겹침이음은 소정의 길이를 겹쳐서 지름 0.9 mm 이상의 풀립 철선 또는 적절한 클립으로 긴결하여야 한다.
- (2) D35를 초과하는 철근은 겹침이음을 해서는 안 된다. 다만 서로 다른 크기의 철근을 압축부에서 겹침이음하는 경우 D35 이하의 철근과 이보다 큰 철근과의 겹침이음은 허용할 수 있다.

3.3.3 가스압접 이음

가스압접 이음은 압접공의 자격을 가진 기술자가 하여야 하며, 철근의 압접은 철근상세도 및 시공계획서에 위치를 표기하여 감독자 승인을 받아야 한다. 또한, 압접 완료 시 검사는 표 3.3.2에 따르고, 검사 성적서를 감독자에게 제출하여 승인을 받아야 한다.

3.3.4 용접이음과 기계적 이음

- (1) 용접이음과 기계적 이음을 하는 작업자는 관련 이음에 대해 충분한 경험과 지식을 가진 자로 감독자의 승인을 받아야 한다.
- (2) 용접이음과 기계적 이음의 검사는 표 3.3.2에 의하여 검사성적서를 감독자에게 제출하여 승인을 받아야 한다.

표 3.3.2 철근 이음의 검사

종류	항목	시험 · 검사 방법	시기 · 횟수	판정기준
접침 이음	위치	육안 관찰 및 스케일에 의한 측정	가공 및 조립때	철근상세도와 일치할 것
	이음길이			
가스 압접 이음	위치	외관 관찰, 필요에 따라 스케일, 버니어캘리퍼스 등에 의한 측정	전체 개소	철근상세도와 일치할 것
	외관 검사			
	초음파 탐사검사	KS D 0273	1검사 로트 ¹⁾ 마다 30개 소 발취	사용목적에 달성하기 위해 정한 별도의 것
	인장시험	KS D 0244	1검사 로트 ¹⁾ 마다 3개	설계기준항복강도의 125 %
기계적 이음	위치	육안 관찰, 필요에 따라 스케일, 버니어캘리퍼스 등에 의한 측정 (커플러 이음의 헐거움 여부를 중심으로 커플러 내·외경 및 길이, 철근 가공 치수 등이 이상 없을 것)	전체 개소	철근상세도와 일치할 것
	외관 검사			제조회사의 시험 성적서에 사용된 시편과 일치할 것
	인장시험	제조회사의 시험 성적서에 의한 확인 또는 별도 인장시험	설계도서에 의함	설계기준항복강도의 125 %
용접 이음	외관 검사	육안 관찰 및 스케일에 의한 측정	모든 이음부위 마다	철근상세도와 일치할 것
	용접부의 내부 결함	KS B 0845 또는 KS B 0896	500개 소 마다	
	인장시험	KS B 0802 KS B 0833		설계기준항복강도의 125 %

주 : 1) 1검사 로트는 원칙적으로 동일 작업반이 동일한 날에 시공 압접개소로서 그 크기는 200개 소 정도를 표준으로 함.

3-4 거푸집 및 동바리

1. 일반사항

1.1 적용범위

이 절은 계획된 형태로 교량구조물을 완성하기 위해 콘크리트 시공에 필요한 거푸집 및 동바리에 관해 일반적인 시공표준을 규정한 것이다.

1.2 관련 시방서 및 기준

- 1.2.1 도로교 설계기준
- 1.2.2 콘크리트 표준시방서
- 1.2.3 콘크리트구조 설계기준
- 1.2.4 토목공사 표준일반시방서
- 1.2.5 도로공사 표준시방서
- 1.2.6 고속도로공사 전문시방서
- 1.2.7 가설공사 표준시방서

1.3 제출자료

1.3.1 공통사항

- (1) 시공자는 콘크리트 시공 전에 거푸집 및 동바리 제작도면과 구조 계산서를 제출하여 감독자의 승인을 받아야 한다.
- (2) 거푸집 및 동바리 설치도면에는 콘크리트 타설순서, 시공이음 위치를 나타낸 상부 구조물 설치도를 포함하여야 한다.
- (3) 거푸집 및 동바리의 철거시기, 순서, 안전대책 등이 제시되어야 한다.

1.3.2 동바리

동바리 제작 및 설치도면은 동바리 사용자재, 치수, 동바리 공법 및 설치방안, 지반지

지방안 및 침하대책, 지상통로계획, 임시난간, 솟음 보정방법, 적재하중 및 부가하중 등이 포함되어야 한다.

1.3.3 거푸집

거푸집 제작도면에는 도관, 개구부, 덕트 등 부착품의 치수와 위치, 누수방지 재료 및 거푸집 박리제 사용계획을 표시하여야 한다.

1.4 작용하중

1.4.1 거푸집

거푸집의 설계에 있어서는 연직방향 하중으로 거푸집, 콘크리트, 철근, 작업원, 시공 기계기구, 가설비 등의 중량 및 충격 등을 또 수평방향 하중으로는 아직 굳지 않은 콘크리트의 측압을 고려하여야 한다.

1.4.2 동바리

동바리의 설계에 있어서는 연직방향 하중으로 거푸집, 동바리, 콘크리트, 철근, 작업원, 시공기계기구, 가설비 등의 중량 및 충격, 프리스트레스의 영향 등을 고려하고, 수평방향 하중으로는 작업할 때의 충격, 진동, 시공오차, 경사의 영향, 프리스트레스의 영향 이외에 필요에 따라서 풍압, 유수압 등을 고려하여야 한다.

1.5 설계

1.5.1 일반사항

- (1) 거푸집 및 동바리는 시공 중에 작용하는 하중으로 일어나는 가장 불리한 조합에 대해 충분한 강도와 안전성을 갖는 것이어야 한다.
- (2) 거푸집 및 동바리는 조립과 해체가 용이한 구조로 하여야 한다.

1.5.2 거푸집

- (1) 필요한 경우에는 거푸집의 청소, 검사 및 콘크리트 타설에 편리하도록 적당한 위치에 일시적인 개구부를 만들어야 한다.
- (2) 거푸집 널 또는 패널의 이음은 가능한 한 부재 축에 직각 또는 평행으로 하고, 모르타르가 새어나오지 않은 구조이어야 한다.

1.5.3 동바리

- (1) 동바리는 알맞은 형식과 재료를 선택하고, 하중을 완전하게 기초에 전달하도록 하여야 한다. 그 기초는 콘크리트의 타설 중 및 타설 후에도 과도한 침하나 부등침하가 일어나지 않도록 하여야 한다.
- (2) 동바리 설계에 있어서는 시공 시 및 시공 후의 콘크리트 자중에 따른 침하와 변형을 고려하여야 한다.

2. 재료

거푸집 및 동바리에 사용하는 재료는 강도, 강성, 내구성, 작업성, 콘크리트에 대한 영향 및 경제성 등을 고려해서 선정하여야 하며, KS에 규정된 규격재 또는 이와 동등 이상의 것을 사용하여야 한다.

3. 시공

3.1 거푸집 및 동바리 설치

3.1.1 거푸집

- (1) 거푸집은 형상 및 위치를 정확하게 유지하도록 기성제품의 거푸집 긴결재, 볼트 또는 강봉 등의 조임재 등을 사용하여 고정시켜야 한다.
- (2) 거푸집은 모르타르가 새지 않는 구조로 하여야 하며, 거푸집의 이음을 부재축에 직각 또는 나란하게 되도록 하여야 한다.
- (3) 거푸집판 내면에는 박리제를 도포하여야 한다.
- (4) 부재의 모서리는 모따기를 하여야 한다.
- (5) 거푸집의 조임재는 거푸집을 제거한 다음 콘크리트 표면에 남아 있지 말아야 한다.
- (6) 거푸집을 해체한 콘크리트 면이 거칠게 마무리된 경우, 구멍 및 기타 결함이 있는 부위는 땀질하고, 6 mm 이상의 돌기물은 제거하여야 한다.

3.1.2 동바리

- (1) 동바리는 지지하는 바닥이 소요 지지력을 갖도록 하고, 충분한 강도와 안정성을 갖도록 시공하여야 한다.

- (2) 동바리 부재의 이음부나 접속부등은 간극이나 느슨한 곳이 생기지 않도록 하여야 하며, 특히 이음에서는 축선을 일치시켜야 한다.
- (3) 동바리의 기초가 세굴될 가능성이 있는 경우에는 특히 물의 처리에 유의하여야 한다.
- (4) 동바리는 필요에 따라서 적당한 솟음을 두어야 한다.
- (5) 특수한 경우를 제외하고, 강관동바리는 2개 이하로 연결하여 사용하며, 높이가 3.6 m 이상인 경우에는 높이 2 m 이내 마다 수평연결재를 2개 방향으로 설치하고 수평연결재의 변위가 일어나지 않도록 이음부분은 견고하게 연결하여야 한다.
- (6) 동바리 하부의 받침판 또는 받침목은 2단 이상 삽입하지 않도록 하고, 작업자의 보행에 지장이 없어야 하며, 이탈되지 않도록 고정시켜야 한다.

3.2 거푸집 및 동바리 검사

거푸집 및 동바리는 콘크리트를 타설하기 전에 감독자의 검사를 받아야 하고, 콘크리트를 타설하는 동안 그 상태를 검사하여야 한다.

3.3 거푸집 및 동바리 떼어내기

3.3.1 거푸집 및 동바리 떼어내기

- (1) 거푸집 및 동바리는 콘크리트가 자중 및 시공 중에 가해지는 하중에 충분히 견딜만한 강도를 가질 때까지 떼어내지 말아야 한다.
- (2) 거푸집 및 동바리를 떼어내는 시기 및 순서는 시멘트의 성질, 콘크리트의 배합, 구조물의 종류와 중요도, 부재의 종류 및 크기, 부재가 받는 하중, 기온, 통풍 등을 고려하여 정하되 감독자의 승인을 얻어야 한다.

3.3.2 거푸집 및 동바리를 떼어낸 직후의 재하

- (1) 거푸집 및 동바리를 떼어낸 직후의 구조물에 재하할 경우에는 콘크리트의 강도, 구조물의 종류, 작용하중의 종류와 크기 등을 고려하여 유해한 균열이나 기타 손상을 받지 않도록 하여야 한다.
- (2) 동바리를 떼어낸 후에도 유해한 하중이 재하될 경우에는 동바리를 적절하게 재설치하여야 한다.

3.4 특수 거푸집 및 동바리

3.4.1 유의사항

높은 교각이나 특수가설 공법을 적용하는 콘크리트 교량에 쓰이는 특수 거푸집 및 동바리는 사용 시 각각에 요구되는 특별한 주의사항을 준수하여야 한다.

3.4.2 슬립폼

- (1) 슬립폼의 설계에는 본 절의 1.3항에 규정한 하중 외에 활동에 대한 저항력도 고려하여야 한다.
- (2) 슬립폼은 구조물이 완성될 때까지 또는 소정의 시공구간이 완료될 때까지 연속해서 이동시켜야 한다. 또 슬립폼은 충분한 강성을 가지는 구조이어야 하며, 부속장치는 소정의 성능과 안전성을 가지는 것이어야 한다.
- (3) 슬립폼의 활동속도는 슬립폼 떼어내기 직후 콘크리트의 압축강도가 그 부분에 걸리는 전 하중에 견딜 수 있도록 콘크리트의 품질과 시공조건에 따라 결정하여야 한다.

3.4.3 이동 동바리

- (1) 이동 동바리는 충분한 강도와 안전성 및 소정의 성능을 가진 것이어야 한다.
- (2) 이동 동바리에 작용하는 하중을 이미 설치된 구조물이 받게 될 경우에는 그것이 받는 모든 하중상태에 대한 구조물의 안전성을 확인하여야 한다.
- (3) 이동 동바리의 이동은 정확하고 안전하게 하여야 한다.
- (4) 이동 동바리는 조립 후 및 사용 중 콘크리트에 유해한 변형을 생기게 해서는 안 된다.
- (5) 이동 동바리는 필요에 따라 적당한 솜을 두어야 한다.

3.4.4 클라이밍폼

- (1) 클라이밍폼의 설계는 본 절의 「1.4 작용하중」에 규정한 하중 외에 작업 발판별 시공 하중, 양중에 의한 추가하중을 고려하여야 한다.
- (2) 클라이밍폼을 지지하는 앵커는 고정하중, 활하중, 풍하중 등의 하중에 대한 안전성을 확보하여야 하며 앵커가 정착되는 구조체의 안전성을 검토하여야 한다.
- (3) 클라이밍폼은 전용 횡수를 고려하여 충분한 강성과 강도를 확보하여야 하며, 충당 사이클에 적합한 양중방법을 고려하여야 한다.
- (4) 크레인을 사용하여 클라이밍폼을 인양할 경우에는 최대인양하중 및 크레인의 양중 능력을 고려하여야 한다.

3-5 품질관리 및 검사

1. 일반사항

1.1 적용범위

이 절은 콘크리트 교량 시공시의 시험, 품질관리 및 품질검사 그리고 완성 후 구조물의 검사 및 시험에 관한 일반적인 표준을 규정한 것이다.

1.2 품질요건

소요의 품질을 가지는 콘크리트 구조물을 경제적으로 만들기 위해서는 콘크리트의 재료, 강재, 기계설비, 작업과정 등을 관리하여야 한다.

1.3 관련 시방서 및 기준

- 1.3.1 도로교 설계기준
- 1.3.2 콘크리트 표준시방서
- 1.3.3 콘크리트구조 설계기준
- 1.3.4 토목공사 표준일반시방서
- 1.3.5 도로공사 표준시방서

2. 재료

해당사항 없음.

3. 시공

3.1 시험

3.1.1 시험방법

시험방법은 원칙적으로 KS 등에 정해진 방법에 따르는 것으로 하고 재료시험은 소정의 자격을 갖춘 전문기술자가 하여야 한다.

3.1.2 콘크리트용 재료의 시험

- (1) 공사개시 전에 필요한 모든 재료의 시험을 실시하여 각각의 품질을 확인하여야 한다.
- (2) 공사 중 재료의 품질 및 그 변동을 확인하기 위하여 필요에 따라 모든 재료의 시험을 실시한다.

3.1.3 콘크리트의 시험

- (1) 공사개시 전에 콘크리트의 배합을 정하기 위한 시험을 실시함과 아울러 기계 및 설비의 성능을 확인하여야 한다.
- (2) 공사 중에는 필요에 따라 다음의 시험을 실시한다.
 - ① 슬럼프 시험 또는 슬럼프 플로 시험
 - ② 공기량 시험
 - ③ 콘크리트의 단위용적질량 시험
 - ④ 콘크리트의 압축강도 시험
 - ⑤ 굳지 않은 콘크리트의 염소이온 함유량 시험
 - ⑥ 콘크리트의 온도
 - ⑦ 콘크리트의 배합 변경에 따른 시험
 - ⑧ 그 밖의 시험
- (3) 양생이 적당한지의 여부와 거푸집을 떼어 낼 시기 및 프리스트레스의 도입 시기를 정할 경우, 또는 조기에 재하할 때의 안전여부를 확인하고자 할 경우에는 될 수 있는 대로 현장의 콘크리트와 동일한 상태로 양생한 공시체를 사용하여 강도를 시험하여야 한다.
- (4) 공사종료 후 필요한 경우에는 콘크리트의 비파괴 시험, 구조물에서 절취한 콘크리트 공시체에 대한 시험을 실시한다.

3.1.4 강재의 시험

- (1) 철근은 사용하기 전에 그 품질을 확인하기 위한 시험을 실시하여야 하며, KS D 3504에 규정한 방법을 따라야 한다.

- (2) 철근이음에 용접이음, 기계적 이음 등을 사용할 경우에는 사전에 그 이음의 강도를 확인하기 위한 시험을 실시하여야 한다.
- (3) PS강재는 이것을 사용하기 전에 그 품질을 확인하기 위한 시험을 실시하여야 한다. PS강선, 이형 PS강선 및 PS강연선의 경우는 KS D 7002, PS강봉 및 이형 PS강봉의 경우는 KS D 3505에 규정한 방법을 따라야 한다.
- (4) 정착장치, 접속장치 및 쉬스 등은 사용하기 전에 그 품질을 확인하기 위한 시험을 하여야 한다. 다만, 그 품질이 보증되고 실적이 있는 것은 시험을 생략할 수 있다.

3.1.5 보고

시험결과는 신속히 감독자에게 보고하여야 한다.

3.2 콘크리트의 품질관리

3.2.1 콘크리트의 받아들이기 품질 검사

- (1) 콘크리트의 받아들이기 품질관리는 콘크리트를 타설하기 전에 표 3.5.1에 따른다.

표 3.5.1 콘크리트의 받아들이기 품질검사

항목	시험 · 검사방법	시기 · 횟수	판정기준
굳지 않은 콘크리트의 상태	외관관찰	콘크리트 타설 개시 및 타설 중 수시	워커빌리티가 좋고, 품질이 균질하며 안정할 것
슬럼프	KS F 2402	압축강도 시험용 공시체 채취시 및 타설 중 품질변화가 인정될 때	30 mm 이상 80 mm 미만 : 허용오차 ± 15 mm 80 mm 이상 180 mm 이하 : 허용오차 ± 25 mm
공기량	KS F 2409 KS F 2421 KS F 2449	압축강도 시험용 공시체 채취시 및 타설 중 품질변화가 인정될 때	허용오차 : ± 1.5 %
온도	온도측정		정해진 조건에 적합할 것
단위질량	KS F 2409		정해진 조건에 적합할 것
염소이온량	KS F 4009 부속서 1의 방법	바닥 잔골재를 사용할 경우 2회/일, 그 밖의 경우 1회/주	원칙적으로 0.3 kg/m^3

- (2) 워커빌리티의 검사는 굵은 골재 최대치수 및 슬럼프가 설정치를 만족하는지의 여부를 확인함과 동시에 재료분리저항성을 외관관찰에 의해 확인하여야 한다.
- (3) 강도검사는 콘크리트의 배합검사를 실시하는 것을 표준으로 한다. 배합검사를 하지 않을 경우에는 표 3.5.2에 따라 압축강도 시험에 의한 검사를 실시한다. 이 검사에서 불합격된 경우에는 구조물에 대한 콘크리트의 강도검사를 실시하여야 한다.
- (4) 내구성 검사는 공기량, 염소이온량을 측정하는 것으로 한다. 내구성으로부터 정한 물-결합재비는 배합검사를 실시하거나 강도시험에 의해 확인할 수 있다.
- (5) 검사결과 불합격으로 판정된 콘크리트는 사용할 수 없다.

3.2.1 압축강도에 의한 콘크리트의 품질 검사

- (1) 압축강도에 의한 콘크리트의 품질관리 검사는 표 3.5.2에 따른다.
- (2) 압축강도에 의한 콘크리트의 품질관리는 일반적인 경우 조기재령의 압축강도에 의한 다. 이 경우 공시체는 구조물의 콘크리트를 대표하도록 채취하여야 한다.

표 3.5.2 압축강도에 의한 콘크리트의 품질검사

종류	항목	시험 · 검사방법	시기 및 횟수 ¹⁾	판정기준	
				$f_{ck} \leq 35 \text{ MPa}$	$f_{ck} > 35 \text{ MPa}$
설계기준 압축강도로부터 배합을 정한 경우	압축강도 (일반적인 경우 재령 28일)	KS F 2405의 방법 ¹⁾	1회/일, 또는 구조물의 중요도와 공사의 규모에 따라 100 m ³ 마다 1회, 배합이 변경될 때 마다	•연속3회 시험값의 평균이 설계기준 압축강도 이상 •1회 시험값이(설계기준 압축강도 - 3.5 MPa) 이상	•연속3회 시험값의 평균이 설계기준 압축강도 이상 •1회 시험값이 설계기준 압축강도의 90 % 이상
그 밖의 경우				압축강도의 평균값이 소요의 물-결합재비에 대응하는 압축강도 이상일 것	

주 : 1) 1회의 시험값은 공시체 3개의 압축강도 시험값의 평균값

3.3 구조물의 검사 및 시험

3.3.1 일반사항

- (1) 콘크리트 구조물을 완성한 후에는 표면상태, 형상, 치수 및 콘크리트의 품질 등에 대해 구조물의 검사를 하여야 한다.
- (2) 검사결과 불합격이 되었을 경우 또는 비파괴 검사 등의 결과로부터 상세 검사의 필요성이 생긴 경우의 조치는 감독자의 지시에 따라야 한다.

3.3.2 재하시험에 의한 구조물 성능시험

- (1) 콘크리트 구조물의 완성 후 재하시험이 필요한 경우에는 그 목적에 적합하도록 시험방법을 결정하여야 한다. 이 경우 재하방법, 하중의 크기 등은 구조물에 위험한 영향을 주지 않도록 정하여야 한다.
- (2) 재하하중 및 재하 후의 처짐, 변형률 등이 설계에서 고려한 값에 대하여 이상이 있는지를 확인하여야 한다.
- (3) 시험결과, 구조물의 강도, 내구성 등에 결함이 있다고 판단될 때에는 감독자의 지시에 따라 구조물을 보강하는 등의 적절한 조치를 강구하여야 한다.

3-6 매스콘크리트

1. 일반사항

1.1 적용범위

1.1.1 이 절은 매스콘크리트 구조물의 시공, 시멘트의 수화열에 의한 온도응력 및 온도균열에 관련하여 필요로 하는 일반적이고 기본적인 사항을 규정한다.

1.1.2 매스콘크리트로 다루어야 하는 구조물의 부재치수는 일반적인 표준으로서 넓이가 넓은 평판구조의 경우 두께 0.8 m 이상, 하단이 구속된 벽조의 경우 두께 0.5 m 이상으로 한다. 그러나 프리스트레스트 콘크리트 구조물 등 부배합의 콘크리트가 쓰이는 경우에는 더 얇은 부재라도 구속조건에 따라 이 절의 적용 대상이 된다.

1.2 관련 시방서 및 기준

1.2.1 도로교 설계기준

1.2.2 콘크리트 표준시방서

1.2.3 콘크리트구조 설계기준

1.2.4 토목공사 표준일반시방서

1.2.5 도로공사 표준시방서

1.3 제출자료

1.3.1 다음과 같은 사항을 포함한 시공 상세도면을 제출하여야 한다.

- (1) 균열제어철근의 배치
- (2) 블록분할과 이음위치도
- (3) 콘크리트의 냉각을 위한 장치 설치도
- (4) 균열유발 이음의 설치위치와 간격을 표시한 전개도

1.3.2 다음과 같은 사항을 포함한 온도균열의 제어계획서를 제출하여야 한다.

- (1) 계획서에는 사용하는 시멘트의 종류, 혼화재료, 골재 등을 포함한 재료 및 배합의 적절한 선정, 블록분할과 이음위치, 콘크리트 타설의 시간간격의 선정, 거푸집의 재료와 구조, 콘크리트의 냉각, 양생방법의 선정, 균열제어철근의 배치 등 시공전반에 걸친 검토가 포함되어야 한다.
- (2) 계획서에는 수화열을 관리하기 위한 설계자료, 온도측정장비, 온도측정위치, 온도관리기록표 등의 검토 및 계획이 포함되어야 한다.

1.3.3 그 밖의 사항은 3-2절의 「1.4 제출자료」의 해당 규정에 따른다.

1.4 온도균열의 제어

1.4.1 매스콘크리트의 재료 및 배합을 결정할 때에는 설계기준강도와 소정의 워커빌리티를 만족하는 범위 내에서 콘크리트의 온도상승이 최소가 되도록 하여야 한다.

1.4.2 매스콘크리트를 시공할 때는 구조물에 필요한 기능 및 품질을 손상시키지 않도록 온도균열을 제어하여야 하며, 이를 위하여 콘크리트의 품질 및 시공 방법의 선정, 온도철근의 배치 등의 적절한 조치를 취하여야 한다.

1.4.3 매스콘크리트의 설계와 시공할 때 유의사항은 온도균열의 제어이기 때문에 건설되는 구조물의 용도, 필요한 기능 및 품질에 대응하도록 균열방지 대책을 수립하거나 균열의 폭, 간격, 발생 위치에 대한 제어를 실시하여야 한다.

1.4.4 매스콘크리트를 시공할 때는 시멘트, 혼화 재료, 골재 등의 재료 및 배합의 적절한 선정, 블록분할과 이음 위치, 콘크리트 타설 시간간격의 선정, 거푸집 재료 및 종류와 구조, 콘크리트의 냉각 및 양생 방법의 선정 등을 검토하여야 한다.

1.4.5 구조물을 설계할 때에 신축이음이나 수축이음을 계획하여 균열 발생을 제어할 수도 있으며, 이때 구조물의 기능을 고려하여 위치 및 구조를 정하고 필요에 따라서 배근, 지수판, 충전재를 설계한다. 특히, 외부구속을 많이 받는 벽체 구조물의 경우에는 수축이음을 설치하여 균열 발생 위치를 제어하는 것이 효과적이므로 이를 검토하여야 한다.

2. 재료

2.1 콘크리트 재료

2.1.1 시멘트

- (1) 시멘트는 콘크리트의 강도 및 내구성을 만족시키고, 되도록이면 콘크리트 부재의 내부 온도상승이 작은 것을 택하며, 구조물의 종류, 사용 환경, 시공조건 등을 고려하여 적절히 선정하여야 한다.
- (2) 온도균열의 제어를 위하여 중용열포틀랜드시멘트, 저열포틀랜드시멘트, 고로슬래그 시멘트, 플라이애시시멘트 등과 같은 저발열시멘트를 사용하는 것이 바람직하다.

2.1.2 혼화재료

- (1) 고로슬래그 미분말을 혼입하는 경우 온도 의존성이 크기 때문에 콘크리트의 타설온도가 높아지며, 고로슬래그 미분말을 사용하지 않는 경우보다 발열량이 증가하여 오히려 콘크리트 온도가 상승하는 경우도 있으므로 사용할 때에 시험에 의해 그 특성을 확인해 두어야 한다.
- (2) 저발열시멘트에 석회석 미분말 등을 혼합하여 수화열을 더욱 저감시킨 혼합형 시멘트는 실험을 통해 그 특성을 확인하여야 한다.
- (3) 저발열시멘트는 장기 재령의 강도증진이 보통포틀랜드시멘트에 비하여 크므로, 91일 정도의 장기 재령을 설계기준 압축강도의 기준재령으로 하는 것이 바람직하며, 구조체 콘크리트의 강도관리를 위한 공시체의 양생 방법은 표준양생으로 하여야 한다.

2.2 배합, 비비기

배합, 계량 및 비비기는 「3-2 일반콘크리트」의 해당요건에 따른다.

3. 시공

3.1 일반사항

매스콘크리트의 시공은 콘크리트 구조물이 소요의 품질과 기능을 만족할 수 있도록 사전에 시멘트의 수화열에 의한 온도응력 및 온도균열에 대한 검토를 한 후에 시공계획을 수립하여 이것에 따라 실시하여야 한다.

3.2 온도균열의 제어 시공방법

3.2.1 균열유발 이음의 설치

- (1) 온도균열을 제어하기 위하여 명시된 도면에 균열유발 이음을 둘 경우 구조물의 기능을 해치지 않도록 그 구조 및 위치를 정확히 설치하여야 한다.
- (2) 균열유발 이음에 발생한 균열이 내구성 등에 유해하다고 판단될 때에는 보수를 하여야 한다.

3.2.2 타설 시간간격

- (1) 매스콘크리트의 타설 시간간격은 균열제어의 관점으로부터 구조물의 형상과 구속조건에 따라서 적절히 정하여야 한다. 온도변화에 의한 응력은 신구 콘크리트의 유효탄성계수 및 온도 차이가 크면 클수록 커지므로 신구 콘크리트의 타설 시간간격은 지나치게 길게 하는 일은 피하여야 한다.
- (2) 매스콘크리트를 몇 개의 블록으로 나누어 타설할 경우, 타설 시간간격을 너무 짧게 하면 앞서 타설한 콘크리트 블록이 새로 타설한 콘크리트 블록의 온도에 영향을 주고, 결국 콘크리트 전체의 온도가 높아져서 균열 발생가능성이 커질 우려가 있으므로 이를 고려하여 타설 계획을 수립하여야 한다.

3.2.3 거푸집

- (1) 매스콘크리트의 거푸집은 온도균열 제어의 관점으로부터 그 재료 및 구조의 선정, 존치기간의 결정 등을 하여야 한다.
- (2) 매스콘크리트의 온도균열은 콘크리트 내부와 표면부의 온도 차이가 커지는 경우에 많이 발생하므로, 거푸집은 보온성이 좋은 것을 사용하고 존치기간은 길게 하여야 하며, 탈형 후 콘크리트 표면의 급랭을 방지하기 위해 양생포 등으로 콘크리트 표면을 일정기간 동안 보온해 주어야 한다.

3.2.4 콘크리트 타설온도

- (1) 매스콘크리트의 타설온도는 온도균열 제어의 관점에서 될 수 있는 대로 낮게 하여야 한다.
- (2) 콘크리트의 타설온도를 낮추는 방법으로 물, 골재 등의 재료를 미리 냉각시키는 프리쿨링 방법이 있으며, 프리쿨링 방법에는 냉수나 얼음을 따로따로 혹은 조합해서 사용하는 방법, 냉각한 골재를 사용하는 방법, 액체질소를 사용하는 방법 등이 있으므로 이를 고려하여야 한다.

3.2.5 운반, 타설 및 양생

- (1) 매스콘크리트의 시공에서는 사전 검토에 의한 온도균열제어 대책의 효과가 얻어지도록 하고 대량의 콘크리트를 연속적으로 시공하기 위한 모든 조건을 만족하도록 운반, 타설, 다지기, 양생 등에 대하여 면밀한 시공계획을 세워야 한다.
- (2) 매스콘크리트의 양생은 콘크리트의 온도변화를 제어하기 위하여 적절한 방법에 따라 실시하여야 하며, 콘크리트 온도를 가능한 한 천천히 외기온도에 가까워지도록 하기 위해 필요에 따라 콘크리트 표면의 보온 및 보호조치 등을 강구하여야 한다.
- (3) 매스콘크리트를 타설한 후의 온도제어 대책으로서 파이프쿨링도 유효한 방법이지만, 소정의 효과를 거둘 수 있도록 파이프의 지름, 간격, 냉각수의 온도, 순환속도 및 통수기간 등을 검토한 후 적용하여야 한다.
- (4) 넓은 면적에 걸쳐 콘크리트를 칠 경우에는 콜드조인트가 생기지 않도록 한 시공구간의 면적, 콘크리트 공급능력, 이어치기의 허용시간 등을 고려하여 시공순서를 정하여야 한다.
- (5) 매스콘크리트에서는 콘크리트를 타설한 후에 침강이 커서 침강균열이 생길 경우가 우려되면 재진동 다짐이나 다짐 등을 실시하여야 한다.

3.2.6 온도균열 발생의 검토

- (1) 매스콘크리트의 온도균열 발생에 대한 검토는 온도 균열지수에 의한 평가방법에 따라 실시하는 것을 원칙으로 한다.
- (2) 온도균열지수는 다음 식과 같이 임의의 재령에서의 콘크리트 인장강도와 수화열에 의한 온도응력의 비로서 구한다.

$$\text{온도균열지수 } I_{cr}(t) = \frac{f_{sp}(t)}{f_t(t)} \quad (3.6.1)$$

여기서, $f_t(t)$: 재령 t 일에서 수화열에 의하여 생긴 부재 내부의 온도응력 최대값 (MPa)으로 관련 실험은 한국콘크리트학회 표준 KCI-CT 103(콘크리트의 단열온도 상승 시험방법)에 따름.

$f_{sp}(t)$: 재령 t 일에서 콘크리트의 쪼갬인장강도(MPa)로서, 재령 및 양생온도를 고려하여 구함.

- (3) 온도균열지수는 구조물의 중요도, 기능 및 환경조건 등에 대응할 수 있도록 선정하여야 하며, 철근이 배치된 일반적인 구조물에서의 표준적인 온도균열 지수의 값은 다음과 같다.

- ① 균열발생을 방지해야 할 경우 : 1.5 이상
- ② 균열 발생을 제한할 경우 : 1.2 이상 1.5 미만
- ③ 유해한 균열발생을 제한할 경우 : 0.7 이상 1.2 미만

3.2.7 검사 및 보수

- (1) 매스콘크리트 구조물을 완성한 후 구조물의 균열검사를 하여 해로운 균열이 발생한 경우 이에 대한 조치를 하여야 한다.
- (2) 매스콘크리트 구조물에 발생한 균열의 상태 및 보수의 필요여부에 대한 판정을 하고 이 판정에 근거하여 적절한 보수방법을 선정하여야 하며, 보수는 구조물이 소요의 품질 및 기능을 만족시키도록 적절한 재료 및 공법에 의해 실시하여야 한다.

3-7 팽창콘크리트

1. 일반사항

1.1 적용범위

이 절은 수축보상용 콘크리트 및 화학적 프리스트레스용 콘크리트를 대상으로 하는 팽창콘크리트의 시공에서 특히 필요한 사항에 대하여 일반적인 표준을 규정하는 것이다.

1.2 품질요건

1.2.1 일반사항

팽창콘크리트는 소요의 팽창성능, 강도, 내구성, 수밀성 및 강재를 보호하는 성능 등을 가지며, 품질에 대한 변동이 적은 것이어야 한다.

1.2.2 팽창률

콘크리트의 팽창률은 일반적으로 재령 7일에 대한 시험치를 기준으로 하며, KS F 2562 「콘크리트용 팽창재」의 규정에 따른다.

- (1) 수축보상용 콘크리트의 팽창률은 150×10^{-6} 이상, 250×10^{-6} 이하이어야 한다.
- (2) 화학적 프리스트레스용 콘크리트의 팽창률은 200×10^{-6} 이상, 700×10^{-6} 이하이어야 한다.
- (3) 공장제품에 사용하는 화학적 프리스트레스용 콘크리트의 팽창률은 200×10^{-6} 이상, 1000×10^{-6} 이하이어야 한다.

1.2.3 압축강도

팽창콘크리트의 강도는 일반적으로 재령 28일의 압축강도를 기준으로 하며, 수축보상용 콘크리트의 압축강도시험은 KS F 2403 및 KS F 2405에 따르고, 화학적 프리스트레스용 콘크리트의 압축강도 시험은 KS F 2562의 규정에 따른다.

1.3 관련 시방서 및 기준

1.3.1 도로교 설계기준

1.3.2 콘크리트 표준시방서

1.3.3 콘크리트구조 설계기준

1.3.4 토목공사 표준일반시방서

1.3.5 도로공사 표준시방서

1.4 제출자료

1.4.1 팽창재에 대한 시험성적서를 제출하여야 한다.

1.4.2 팽창콘크리트의 배합설계 성과를 제출하여야 한다.

1.4.3 그 밖의 사항은 3-2절의 「1.4 제출자료」의 해당 규정에 따른다.

2. 재료

2.1 사용재료

2.1.1 시멘트

시멘트는 KS L 5201, KS L 5210 및 KS L 5211에 적합하고 또 팽창콘크리트로서의 소요의 성능을 얻을 수 있어야 한다.

2.1.2 팽창재

팽창재는 KS F 2562에 적합한 것으로서 팽창재를 저장할 때에는 그 품질이 변하지 않도록 충분히 주의하여야 하며 그 이외의 팽창재를 사용할 경우에는 품질을 확인하고 사용방법을 충분히 검토하여야 한다.

2.2 배합

2.2.1 일반사항

- (1) 팽창콘크리트의 배합은 소요의 강도, 내구성, 수밀성 및 워커빌리티를 만족하도록 정합과 동시에 건조수축 보상에 의한 균열감소 혹은 화학적 프리스트레스 도입에 의한 인장 또는 힘내력의 증대 등 그 목적에 따라 필요한 팽창성능을 갖도록 정하여야 한다.

- (2) 콘크리트의 단위수량 및 슬럼프는 작업에 적합한 워커빌리티를 갖는 범위 내에서 작은 값을 정하여야 한다.

2.2.2 단위팽창재량

단위팽창재량은 소요의 팽창률이 얻어지도록 시험에 의해 정하여야 한다.

2.2.3 단위결합재량

화학적 프리스트레스용 콘크리트의 단위결합재량은 단위팽창재량을 제외한 값으로서 보통콘크리트의 경우 260 kg/m^3 이상, 경량골재콘크리트인 경우 300 kg/m^3 이상으로 한다.

2.2.4 혼화재와 혼합사용

고로슬래그 미분말 등 혼화재료와 팽창재를 혼합하여 사용하는 경우에는 종류에 따라 팽창재의 성능이 발휘되지 않을 경우가 있으므로 사전에 충분히 검토하여 사용할 필요가 있다.

3. 시공

팽창콘크리트의 시공은 팽창재의 성질 및 팽창콘크리트의 성질을 충분히 고려하여 실시하여야 한다.

3.1 비비기

팽창재의 믹서 투입순서는 소정의 팽창콘크리트를 얻을 수 있도록 미리 정해 두어야 한다.

3.2 양생

팽창콘크리트는 타설한 후 적어도 5일간 지속적으로 습윤 상태로 유지시켜야 하며 증기양생, 그 밖의 촉진양생을 실시할 경우에는 소요의 품질이 얻어지는지를 시험에 의해 확인해 두어야 한다.

3-8 섬유보강콘크리트

1. 일반사항

1.1 적용범위

- 1.1.1 이절은 섬유보강콘크리트의 시공에서 특히 필요한 사항에 관한 일반적인 표준을 나타낸 것이다.
- 1.1.2 건재용 콘크리트 보강용 섬유는 섬유보강콘크리트의 물리적 및 역학적 성능시험과 구조성능에 미치는 영향에 대한 확인 시험 후 감독자의 승인을 얻어 관련 설계·시공지침 등에 준하여 사용하여야 한다.
- 1.1.3 압축강도 150 MPa 이상을 가지는 초고성능 섬유보강콘크리트와 변형률 연화, 변형률 경화의 특성을 가지는 고인성 섬유보강시멘트복합체도 포함한다.

1.2 품질요건

- 1.2.1 섬유보강콘크리트의 시공은 소요의 품질이 얻어지도록 재료, 배합, 비비기 설비, 시공관리 등에 대해 충분히 고려하여 실시하여야 한다.
- 1.2.2 섬유보강콘크리트는 소요의 강도, 인성, 내구성, 수밀성, 강재를 보호하는 성능, 작업에 적합한 워커빌리티를 가지고 품질의 변동이 적은 것이어야 한다.

1.3 관련 시방서 및 기준

- 1.3.1 도로교 설계기준
- 1.3.2 콘크리트 표준시방서
- 1.3.3 콘크리트구조 설계기준
- 1.3.4 토목공사 표준일반시방서
- 1.3.5 도로공사 표준시방서

1.4 제출자료

- 1.4.1 보강용 섬유에 대한 시험성적서를 제출하여야 한다.
- 1.4.2 섬유보강콘크리트의 배합설계 성과를 제출하여야 한다.
- 1.4.3 작업방법과 장비명세를 포함한 시공계획서를 제출하여야 한다.
- 1.4.4 그 밖의 사항은 3-2절의 「1.4 제출자료」의 해당 규정에 따른다.

2. 재료

2.1 섬유

2.1.1 일반사항

시멘트계 복합재료용 섬유는 강섬유, 유리섬유, 탄소섬유 등의 무기계 섬유와 아라미드섬유, 폴리프로필렌섬유, 비닐론섬유, 나일론 섬유 등의 유기계 섬유로 구별되며, 이들 섬유는 시멘트 결합재 사이와의 부착성이 양호하고, 섬유의 인장강도가 크며, 내구성, 내열성 및 내후성이 우수하여야 한다.

2.1.2 섬유의 품질규격

- (1) 강섬유를 사용할 경우에는 KS F 2564 「콘크리트용 강섬유」의 품질규격에 적합한 것이어야 한다. 특히 초고성능 섬유보강콘크리트에 사용되는 강섬유의 인장강도는 2,000 MPa 이상이어야 한다.
- (2) 상기 (1)항 이외의 섬유를 사용하는 경우에는 그 품질을 확인하여 사용방법을 충분히 검토하여야 한다.

2.2 배합

2.2.1 단위수량

섬유보강콘크리트의 배합은 소요의 품질을 만족하는 범위 내에서 단위수량이 될 수 있는 대로 적게 되도록 정하여야 한다.

2.2.2 섬유의 종류 및 혼입률

섬유의 형상, 치수 및 혼입률은 섬유보강콘크리트의 소요의 휨강도, 인성, 배합성 및 시공성을 고려하여 정하여야 한다.

3. 성능

3.1 일반사항

섬유보강콘크리트의 성능은 강도특성 및 변형특성 등에 대해 적절히 설정할 필요가 있다.

3.2 강도특성

3.2.1 압축강도

섬유보강콘크리트의 압축강도는 KS F 2405 및 KCI-SF 105에 의해 구하여야 한다.

3.2.2 인장강도

섬유보강콘크리트의 인장강도는 KS F 2423 또는 직접인장시험에 의해 구하여야 한다.

3.2.3 휨강도

섬유보강콘크리트의 휨강도는 실 구조물과 공시체 치수와의 크기효과를 고려할 필요가 있으며, KS F 2566에 의해 구하여야 한다.

3.3 변형특성

3.3.1 압축특성

섬유보강콘크리트의 압축 응력-변형률 곡선은 KCI-SF 105에 의해 구하여야 한다.

3.3.2 인장연화 특성

- (1) 섬유보강콘크리트의 인장연화 특성은 콘크리트 공시체의 직접인장시험 또는 휨시험 결과로부터 구하여야 한다.
- (2) 인장연화 특성은 사용목적에 따라 직선으로 모델화하는 등 적절히 결정하여야 한다.

3.3.3 힘인성

섬유보강콘크리트의 힘인성은 KS F 2566에 의해 구하여야 한다.

4. 시공

4.1 비비기

4.1.1 비비기 시간

섬유보강콘크리트는 소요의 품질이 얻어지도록 충분히 비벼야 하며 비비기 시간은 시험에 의해 정하여야 한다.

4.1.2 믹서

믹서는 가정식 또는 강제혼합식 배치믹서를 이용할 수 있으나, 섬유를 콘크리트 중에 균일하게 분산시킬 수 있는 믹서를 사용하여야 한다.

4.1.3 섬유를 믹서에 투입하는 방법

섬유를 믹서에 투입할 때에는 콘크리트 속에 균일하게 분산시킬 수 있는 방법으로 하여야 한다.

4.1.4 트럭 교반기에 투입하는 방법

섬유를 트럭 교반기에 투입할 때에는 소정의 품질을 확보할 수 있도록 고속으로 교반하여야 한다.

3-9 고유동콘크리트

1. 일반사항

1.1 적용범위

1.1.1 이 절은 고유동콘크리트의 재료 및 시공에 관한 일반적인 표준을 규정한 것이다.

1.1.2 이 절에서 명시되지 않은 사항은 3-2절을 따른다.

1.2 일반사항

1.2.1 고유동콘크리트는 높은 유동성 및 재료분리 저항성을 가져 다짐작업 없이 단지 자중에 의해 거푸집 구석구석까지 충전이 가능한 콘크리트로서 보통콘크리트로는 충전이 곤란한 구조체인 경우, 균질하고 정밀도가 높은 구조체를 요구하는 경우, 다짐작업에 따른 소음, 진동의 발생을 피해야 하는 경우에 적용이 기대된다.

1.2.2 고유동콘크리트의 제조방법은 분체계, 증점계, 병용계 등으로서 적용현장 여건에 따라 적합한 방법을 선정하여야 한다.

1.3 관련 시방서 및 기준

1.3.1 도로교 설계기준

1.3.2 콘크리트 표준시방서

1.3.3 콘크리트구조 설계기준

1.3.4 토목공사 표준일반시방서

1.3.5 도로공사 표준시방서

1.4 제출자료

1.4.1 제품 자료를 제출하여야 한다.

1.4.2 그 밖의 사항은 3-2절의 「1.4 제출자료」의 해당 규정에 따른다.

1.5 고유동콘크리트의 자기충전 등급

1.5.1 고유동콘크리트의 자기충전 등급은 대상 구조물의 형상, 치수 및 배근상태를 고려하여 설정하여야 한다.

1.5.2 고유동콘크리트의 자기충전성은 다음과 같이 3가지 등급으로 한다.

- (1) 1등급 : 최소 철근 순간격 35 mm ~ 60 mm 정도의 복잡한 단면 형상, 단면치수가 작은 부재 또는 부위에서 자기충전성을 가지는 성능
- (2) 2등급 : 최소 철근 순간격 60 mm ~ 200 mm 정도의 철근콘크리트 구조물 또는 부재에서 자기충전성을 가지는 성능
- (3) 3등급 : 최소 철근 순간격 200 mm 정도 이상으로 단면치수가 크고 철근량이 적은 부재 또는 부위에서 자기충전성을 가지는 성능

1.6 고유동콘크리트의 품질

1.6.1 고유동콘크리트의 유동성은 슬럼프 플로 600 mm 이상으로 한다.

1.6.2 고유동콘크리트의 재료분리 저항성은 슬럼프 플로 시험 후 중앙부에는 굵은 골재가 모여 있지 않고, 주변부에는 시멘트 풀이 분리되지 말아야 한다. 그리고 슬럼프 플로 500 mm 도달시간 3초 ~ 20초 범위를 만족하여야 한다.

2. 재료

2.1 재료

고유동콘크리트에 사용되는 시멘트, 골재 및 혼화재료는 3-2절 「2.1사용재료」의 규정에 따른다.

2.2 배합

고유동콘크리트의 배합강도는 3-2절 「2.3 콘크리트 배합」에서 정한 값과 이절 「1.5 고유동콘크리트의 자기충전 등급」에서 설정된 자기충전성을 만족할 수 있는 물-결합재비로부터 산정된 압축강도를 비교하여 큰 값으로 정하여야 한다.

2.3 거푸집

- 2.3.1 거푸집에 작용하는 고유동콘크리트의 측압은 원칙적으로 액압이 작용하는 것으로 보아야 한다.
- 2.3.2 거푸집은 시멘트 풀 또는 모르타르가 이음면으로부터 누출되지 않도록 긴밀하게 조립하여야 한다.
- 2.3.3 폐쇄공간에 고유동콘크리트를 타설하는 경우에는 거푸집 상면의 적절한 위치에 공기빼기 구멍을 설치하여야 한다.
- 2.3.4 기포가 미관상 결점이 되는 구조물에는 거푸집 판재의 재질이나 박리제의 종류 등에 주의하여야 한다.

3. 시공

3.1 운반

고유동콘크리트는 재료분리 및 슬럼프 플로값의 손실이 적은 방법으로 신속하게 운반하여야 한다.

3.2 타설

- 3.2.1 고유동콘크리트의 타설 속도는 배합, 구조 조건, 시공 조건 등을 고려하여 미리 허용할 수 있는 낙하높이나 유동거리를 설정해 놓아야 한다.
- 3.2.2 펌프의 압송조건으로서 100 mm 또는 125 mm 관을 사용할 경우 그 길이는 400 m 이하, 타설할 때 콘크리트의 최대 자유낙하 높이는 5 m 이하, 최대수평 유동거리는 8 m ~ 15 m 이하를 표준으로 한다.

3.3 양생

고유동콘크리트는 초기강도 발현이 매우 중요하므로 콘크리트 타설 후 경화에 필요한 온도 및 습도를 유지하여야 하며, 진동, 충격 등의 유해한 작용을 받지 않도록 조치를 취하여야 한다.

3.4 품질관리

고유동콘크리트의 자기 충전성에 대한 품질관리는 표 3.9.1과 같다.

표 3.9.1 고유동콘크리트의 자기 충전성의 현장 품질관리

자기 충전성 등급	시험 및 검사방법	시기 및 횟수	판정기준
등급 1	충전장치를 사용한 간극통과성 시험	50 m ³ 당 1회 이상	충전높이 300 mm 이상일 것
등급 2 및 등급3	충전장치를 사용한 간극통과성 시험	50 m ³ 당 1회 이상	충전높이 300 mm 이상일 것
	간극통과장치를 갖는 전량 시험 및 품질관리 담당자의 관찰	전량 대상	전량 시험장치를 전 콘크리트가 통과할 것 또는 관찰에 의해 재료분리가 확인되지 않을 것

3-10 고강도콘크리트

1. 일반사항

1.1 적용범위

- 1.1.1 이 절은 고강도콘크리트의 재료 및 시공에 관한 일반적인 표준을 규정한 것이다.
- 1.1.2 이 절의 규정은 공장 제품 등과 같은 특수양생 방법인 증기양생이나 오토클레이브 양생 등에 의해 얻어지는 고강도콘크리트에 적용해서는 안 된다.
- 1.1.3 이 절에서 명시되지 않은 사항은 3-2절을 따른다.

1.2 일반사항

- 1.2.1 고강도콘크리트의 설계기준 압축강도는 일반적으로 40 MPa 이상으로 하며, 고강도 경량골재콘크리트는 27 MPa 이상으로 한다.
- 1.2.2 일반적인 구조물에 사용하는 고강도콘크리트의 강도는 표준양생을 실시한 콘크리트 공시체의 소요기준 재령의 강도를 표준으로 한다.

1.3 관련 시방서 및 기준

- 1.3.1 도로교 설계기준
- 1.3.2 콘크리트 표준시방서
- 1.3.3 콘크리트구조 설계기준
- 1.3.4 토목공사 표준일반시방서
- 1.3.5 도로공사 표준시방서

1.4 제출자료

1.4.1 제품 자료를 제출하여야 한다.

1.4.2 그 밖의 사항은 3-2절의 「1.4 제출자료」의 해당 규정에 따른다.

2. 재료

2.1 재료

2.1.1 시멘트 및 혼화재료

고강도콘크리트에 사용되는 시멘트 및 혼화재료는 3-2절 「2.1사용재료」의 규정에 따른다.

2.1.2 골재

(1) 골재의 품질은 표 3.10.1의 기준을 따른다.

표 3.10.1 고강도콘크리트용 골재의 품질

종류 \ 항목	절건 밀도 (g/cm³)	흡수율 (%)	실적률 (%)	점토량 (%)	씻기시험에 의한 손실량(%)	유기 불순물	염화물 이온량 (%)	안정성 (%)
잔골재	2.5 이상	3.0 이하	—	1.0 이하	2.0 이하	표준색 이하	0.02 이하	10 이하
굵은 골재	2.5 이상	2.0 이하	59 이상	0.25 이하	1.0 이하	—	—	12 이하

(2) 고강도콘크리트에 사용되는 굵은 골재의 최대치수는 40 mm 이하로서 가능한 25 mm 이하로 하며, 철근 최소 수평 순간격의 3/4 이내의 것으로 사용하도록 한다. 단, 콘크리트를 공극 없이 타설할 수 있는 반죽질기나 다짐방법을 사용할 경우에는 감독자의 판단에 따라 적용하지 않을 수도 있다.

2.2 배합

2.2.1 고강도콘크리트의 배합은 3-2절 「2.3 콘크리트 배합」의 규정에 의하여 정하여야 한다.

2.2.2 물-결합재비의 결정은 다음 사항에 따른다.

- (1) 고강도콘크리트의 물-결합재비는 소요의 강도와 내구성을 고려하여 정하여야 한다.
- (2) 실제로 사용하는 콘크리트와 거의 동일한 재료를 사용하여 소요 슬럼프 또는 슬럼프 플로, 소요 공기량이 얻어지는 콘크리트에 관하여 물-결합재비와 콘크리트 강도의 관계식을 시험배합하여 구한다.
- (3) 배합강도에 상응하는 물-결합재비는 시험에 의한 관계식을 이용하여 결정하며 이 경우 관계식의 신뢰성을 고려하여 안전한 쪽으로 물-결합재비를 결정하여야 한다.

2.2.3 슬럼프는 작업이 가능한 범위내에서 되도록 적게 하며, 유동화콘크리트로 할 경우 슬럼프 플로의 목표값은 설계기준 압축강도 40 MPa 이상, 60 MPa 이하의 경우 구조물의 작업조건에 따라 500 mm, 600 mm, 700 mm로 구분하여 정하며, 그 이상의 고강도콘크리트의 경우 감독자의 지시에 따라야 한다.

2.3 품질관리

고강도콘크리트의 받아들이기 품질검사는 표 3.10.2에 따른다.

표 3.10.2 고강도콘크리트의 받아들이기 검사

종류	항목	시험 및 검사방법	시기 및 횟수	판정기준
배합	압축강도	KS F 2405의 방법	•받아들이기 시점	•연속 3회 시험값의 평균이 설계기준 압축강도 이상 •1회 시험값이 설계기준 압축강도의 90 % 이상
유동성	슬럼프 또는 슬럼프 플로	KS F 2402의 방법 또는 KS F 2594의 방법	•1일/일 또는 구조물의 중요도와 공사의 규모에 따라 20 m ³ ~ 100 m ³ 마다 1회	•슬럼프 : 설정값 ± 25 mm(180 mm 이하 의 경우) 설정값 ± 15 mm(180 mm를 초 과하는 경우) •슬럼프 플로 : 설정값 ± 50 mm

3. 시공

3.1 운반

3.1.1 고강도콘크리트는 재료분리 및 슬럼프 또는 슬럼프 플로 값의 손실이 적은 방법으로 신속하게 운반하여야 한다.

3.1.2 콘크리트 운반 차량은 운반 지연으로 인한 급격한 유동성 저하 가능성에 대비하여 고성능 감수제 투여장치 등의 보조 장치를 준비하여야 한다.

3.2 타설 및 양생

3.2.1 타설 순서는 구조물의 형상, 콘크리트의 공급 상태, 거푸집 등의 변형을 고려하여 결정하여야 한다.

3.2.2 고강도콘크리트는 콘크리트 타설 후 초기강도 발현을 위한 경화에 필요한 온도 및 습도를 유지하여야 하며, 진동, 충격 등의 유해한 작용을 받지 않도록 조치를 취하여야 한다.

3.2.3 고강도콘크리트는 낮은 물-결합재비를 가지므로 철저히 습윤 양생을 하여야 하며, 특히 경화될 때까지 직사광선이나 바람에 의해 수분이 증발하지 않도록 하여야 한다.

3-11 폴리머시멘트콘크리트

1. 일반사항

1.1 적용범위

이 절은 폴리머시멘트콘크리트의 재료 및 시공에 관한 일반적인 표준을 규정한 것이다.

1.2 품질요건

폴리머시멘트콘크리트로 시공할 때에는 소요의 품질이 얻어질 수 있도록 사전에 재료, 배합, 타설, 양생, 품질관리 방법 등에 대하여 충분히 검토하여야 한다.

1.3 관련 시방서 및 기준

- 1.3.1 도로교 설계기준
- 1.3.2 콘크리트 표준시방서
- 1.3.3 콘크리트구조 설계기준
- 1.3.4 토목공사 표준일반시방서
- 1.3.5 도로공사 표준시방서

1.4 제출서류

- 1.4.1 제품 자료를 제출하여야 한다.
- 1.4.2 그 밖의 사항은 3-2절의 「1.4 제출자료」의 해당 규정에 따른다.

2. 재료

2.1 시멘트 혼화용 폴리머 디스퍼전

시멘트 혼화용 폴리머 디스퍼전은 KS F 4916에 적합한 것으로 하여야 한다.

2.2 시멘트 혼화용 재유화형 분말수지

시멘트 혼화용 재유화형 분말수지는 KS F 4916에 적합한 것으로 하여야 한다.

2.3 시멘트

2.3.1 시멘트는 KS L 5201에 적합한 것으로 한다.

2.3.2 상기 (1) 이외의 시멘트는 품질을 확인하고, 사용 방법을 충분히 검토하여야 한다.

2.4 골재

골재는 유해량의 먼지, 흙, 유기불순물, 염화물 등 내구성 저하를 우려하여 KS F 2510의 품질을 갖는 것을 표준으로 한다.

2.5 혼화 재료

혼화재료는 시멘트 혼화용 폴리머 디스퍼전 및 재유화형 분말수지의 안정성 및 시멘트의 수화반응을 저해하지 않는 것을 사용하여야 한다.

2.6 배합

2.6.1 배합설계

폴리머 시멘트 풀, 모르타르 및 콘크리트는 물-결합재비, 골재-시멘트비 및 폴리머-시멘트비에 따라 성질이 변화하기 때문에 사용목적에 맞는 배합설계를 하여야 한다.

2.6.2 물-결합재비

물-결합재비는 요구되는 워커빌리티 지표의 하나인 플로우값 또는 슬럼프값으로부터 정하여야 하며, 혼합한 폴리머 디스퍼전 중의 수분과 거기에 첨가된 물의 양을 합하여 산정한다. 물-결합재비는 0.30 ~ 0.60의 범위로 하며, 가능한 한 적게 정하여야 한다.

2.6.3 폴리머-시멘트비

폴리머-시멘트비는 0.05 ~ 0.30의 범위로 하며, 최종적으로 예상되는 시공조건에서 시험배합을 통해 정하여야 한다.

2.7 비비기

2.7.1 비비기는 기계비빔을 원칙으로 하고 믹서에 재료를 투입하는 순서는 감독자의 지시에 따른다.

2.7.2 비비기 시간은 시험에 의해서 정하는 것을 원칙으로 한다.

2.8 자재 품질관리

시멘트 혼화용 폴리머의 품질은 KS F 4916의 규정을 따르며, 그 품질 규정값은 표 3.11.1과 같다.

표 3.11.1 시멘트 혼화용 폴리머의 KS F 4916에 의한 품질 규정값

시험의 종류	시험항목	규정
분산제 시험	겉모양	굵은 입자, 이물질, 응고물 등이 없을 것
	비휘발분	35.0 % 이상
분말수지 시험	겉모양	굵은 입자, 이물질, 응고물 등이 없을 것
	휘발분	5.0 % 이하
폴리머시멘트 모르타르 시험	힘강도	4.9 MPa 이상
	압축강도	14.7 MPa 이상
	부착강도	0.98 MPa 이상
	흡수율	15.0 % 이하
	투수량	20 g 이하
	길이 변화율	0~0.150 %

3. 시공

3.1 시공계획

3.1.1 시공온도는 5 ℃ ~ 35 ℃ 를 표준으로 한다.

3.1.2 바탕면은 각종 공법에 따라서 조정되며, 바탕면의 종류에 따라서 적절한 처리를 하여야 한다.

3.2 혼합 및 타설

3.2.1 폴리머 시멘트 풀, 모르타르 및 콘크리트의 가사시간을 고려하여 1회의 시공량에 대응하는 소정량의 재료를 계량하여 균일하게 혼합하여야 한다.

3.2.2 폴리머 시멘트 풀, 모르타르 및 콘크리트의 혼합은 기계 혼합하여 제조회사에서 지정한 가사시간 내에 사용하여야 한다.

3.2.3 바탕이 건조한 경우에는 물로 촉촉하게 하거나 또는 흡수조정재로 처리하고 시공하여야 한다.

3.2.4 흡손 마감의 경우는 수회에 걸쳐 누르며 필요 이상의 흡손질을 피하여야 한다.

3.3 양생

3.3.1 시공 후 1일 ~ 3일의 습윤 양생을 실시한 후, 시공장소가 사용될 때까지의 양생기간은 7일을 표준으로 하여야 한다.

3.3.2 동절기 시공 등에서 초기동해의 우려가 있는 경우는 폴리머 시멘트 풀, 모르타르 및 콘크리트가 동결되지 않도록 필요한 대책을 강구하여야 한다.

3.3.3 하절기의 옥외시공 등에서 급격한 건조가 우려되는 경우는 살수양생 등의 대책을 강구하여야 한다.

3-12 한중콘크리트

1. 일반사항

1.1 적용범위

하루의 평균기온이 4℃ 이하로 되는 것이 예상될 때는 콘크리트가 동결할 염려가 있으므로 한중콘크리트로 시공하여야 한다.

1.2 주의사항

1.2.1 응결경화 초기에 동결시키지 않도록 하여야 한다.

1.2.2 양생종료 후 따뜻해질 때까지 받는 동결융해작용에 대하여 저항성을 가지도록 하여야 한다.

1.2.3 공사 중의 각 단계에서 예상되는 하중에 대하여 충분한 강도를 가지도록 하여야 한다.

1.3 관련 시방서 및 기준

1.3.1 도로교 설계기준

1.3.2 콘크리트 표준시방서

1.3.3 콘크리트구조 설계기준

1.3.4 토목공사 표준일반시방서

1.3.5 도로공사 표준시방서

1.4 제출자료

1.4.1 사용 거푸집 및 보온양생 방법에 대한 자료를 제출하여야 한다.

1.4.2 제품 자료를 제출하여야 한다.

1.4.3 그 밖의 사항은 3-2절의 「1.4 제출자료」의 해당 규정에 따른다.

2. 재료

2.1 콘크리트 재료

- 2.1.1 재료는 3-2절 「2.1사용재료」의 규정에 따른다.
- 2.1.2 동결되어 있거나 빙설이 혼입되어 있는 골재는 그대로 사용해서는 안 된다.
- 2.1.3 고성능 감수제, 고성능 공기연행감수제, 방동·내한제 등의 특수한 혼화제를 사용할 경우에는 품질이 확인된 것을 사용하여야 한다.
- 2.1.4 재료를 가열할 경우에는 물 또는 골재를 가열하여야 하며, 시멘트는 어떠한 경우라도 직접 가열하지 말아야 한다. 골재는 온도가 균등하게 되고 과도하게 건조되지 않는 방법으로 가열하여야 하며, 물과 골재를 가열하는 장치, 방법 및 온도 등에 대해서는 감독자의 승인을 얻어야 한다. 재료를 가열했을 때 비빈 직후 콘크리트의 대체적인 온도 $T(^{\circ}\text{C})$ 는 다음 식으로 계산할 수 있다.

$$T = \frac{[0.22(T_s W_s + T_a W_a + T_c W_c) + T_w W_w + T_s W_{ws} + T_a W_{wa}]}{[0.22(W_s + W_a + W_c) + W_w + W_{ws} + W_{wa}]} \quad (3.12.1)$$

여기서, T : 콘크리트 온도($^{\circ}\text{C}$)

W_c 및 T_c : 시멘트의 질량(kg) 및 온도($^{\circ}\text{C}$)

W_s 및 T_s : 표면건조포화 상태 잔골재의 질량(kg) 및 온도($^{\circ}\text{C}$)

W_a 및 T_a : 표면건조포화 상태 굵은 골재의 질량(kg) 및 온도($^{\circ}\text{C}$)

W_w 및 T_w : 비빈 때 사용되는 물의 질량(kg) 및 온도($^{\circ}\text{C}$)

W_{ws} 및 W_{wa} : 잔골재 및 굵은 골재의 표면수 질량(kg)

2.2 배합

- 2.2.1 한중콘크리트에는 공기연행콘크리트를 사용하여야 하며, 단위수량은 초기동해를 작게 하기 위하여 소요의 워커빌리티를 유지할 수 있는 범위 내에서 가능한 한 적게 하여야 한다.
- 2.2.2 한중콘크리트의 배합은 초기동해 방지에 필요한 압축강도가 초기양생기간 내에 얻어지도록 하고, 또한, 콘크리트의 설계기준 압축강도가 소정의 재령에서 얻어지도록 정하여야 한다.

3. 시공

3.1 운반 및 타설

- 3.1.1 콘크리트를 비빈 직후의 온도는 기상조건, 운반시간 등을 고려하여 타설할 때에 소요의 콘크리트 온도가 얻어지도록 하여야 하며 각 배치마다 변동이 작아지도록 관리하여야 한다.
- 3.1.2 콘크리트의 운반 및 타설은 열량손실이 가능한 한 적게 되도록 하여야 한다.
- 3.1.3 콘크리트의 타설 온도는 구조물의 단면치수, 기상조건 등을 고려하여 5 ℃ ~ 20 ℃의 범위에서 정하여야 한다.
- 3.1.4 콘크리트를 타설할 때에는 철근이나 거푸집 등에 빙설이 부착해 있지 않아야 하며 동결된 지반에 타설해서는 안 된다.
- 3.1.5 시공이음부의 콘크리트가 동결되어 있는 경우에는 적당한 방법으로 이것을 제거하고 완전한 시공이음을 얻도록 하여야 한다.
- 3.1.6 타설이 끝난 콘크리트는 양생을 시작할 때까지 콘크리트 표면의 온도가 급랭할 가능성이 있으므로 시트나 기타 적당한 재료로 표면을 덮고, 특히 바람을 막아야 한다.

3.2 양생

- 3.2.1 양생방법 및 양생기간은 3-2 절의 「3.4 양생」에 따르는 외에 외기온도, 배합, 구조물의 종류 및 크기 등을 고려하여 정하여야 한다.
- 3.2.2 콘크리트는 타설한 후 동결하지 않게 충분히 보호하고 특히 바람을 막아야 한다. 보호방법은 감독자의 승인을 얻은 것이어야 한다.
- 3.2.3 심한 기상작용을 받는 콘크리트는 표 3.12.1의 압축강도가 얻어질 때까지 콘크리트의 온도를 5 ℃ 이상으로 유지하여야 하며, 특히 2일간은 구조물의 어느 부분이라도 0 ℃ 이상이 되도록 유지하여야 한다.
- 3.2.4 표 3.12.1의 강도를 얻기에 필요한 양생일수는 시험에 의해 정하는 것이 원칙이나 5 ℃ 및 10 ℃에서 양생할 경우의 일반적인 표준은 표 3.12.2와 같다.

표 3.12.1 심한 기상작용을 받는 콘크리트의 양생종료 시의 소요 압축강도의 표준

단 면 구조물의 노출	얇은 경우	보통의 경우	두꺼운 경우
① 계속해서 또는 자주 물로 포화되는 부분	15 MPa	12 MPa	10 MPa
② 보통의 노출상태에 있고 ①에 속하지 않는 부분	5 MPa	5 MPa	5 MPa

표 3.12.2 소요의 압축강도를 얻는 양생일수의 표준(보통의 단면)

시멘트의 종류 구조물의 노출상태		보통포틀랜드 시멘트	조강포틀랜드시멘트 + 보통포틀랜드시멘트 + 촉진제	혼합시멘트 2종
① 계속해서 또는 자주 물로 포 화되는 부분	5 ℃	9일	5일	12일
	10 ℃	7일	4일	9일
② 보통의 노출상태에 있고 ① 에 속하지 않는 부분	5 ℃	4일	3일	5일
	10 ℃	3일	2일	4일

3.2.5 콘크리트에 열을 공급하는 경우에는 콘크리트가 건조하거나 국부적으로 가열되지 않게 주의하여야 한다. 보온양생 또는 열공급 양생을 끝낸 후 콘크리트를 급격히 한기에 노출시켜서는 안 된다.

3.3 거푸집 및 동바리

3.3.1 거푸집은 보온성이 좋은 것을 사용하여야 하며, 콘크리트가 갑자기 냉각되면 콘크리트 내외부의 온도차가 커져 균열이 발생할 염려가 있으므로 거푸집 떼어내기는 콘크리트의 온도를 갑자기 저하시키지 않도록 하여야 한다.

3.3.2 동바리의 기초는 지반의 동결 및 융해에 의하여 변위를 일으키지 않도록 하여야 하며, 현장여건이 여의치 않을 경우에는 동결심도 이하에 말뚝기초로 시공하여야 한다.

3.4 품질관리

- 3.4.1 소정의 품질을 갖는 콘크리트를 만들기 위해서는 일반적으로 실시하는 관리시험 외에, 콘크리트의 타설온도와 양생중의 콘크리트 온도 또는 보온된 공간의 온도를 측정하여야 한다.
- 3.4.2 양생을 끝낼 시기 거푸집 및 동바리의 떼어낼 시기 등에 대해서는 현장의 콘크리트와 가급적 동일한 상태에서 양생한 공시체의 강도시험에 의하거나 콘크리트의 온도 기록으로부터 추정된 강도에 의해 정한다.

3-13 서중콘크리트

1. 일반사항

1.1 적용범위

이 절은 하루의 평균기온이 25℃를 초과하는 시기에 타설하는 서중콘크리트의 재료 및 시공에 대해 일반적이고 기본적인 사항을 규정한다.

1.2 관련 시방서 및 기준

- 1.2.1 도로교 설계기준
- 1.2.2 콘크리트 표준시방서
- 1.2.3 콘크리트구조 설계기준
- 1.2.4 토목공사 표준일반시방서
- 1.2.5 도로공사 표준시방서

1.3 제출자료

- 1.3.1 제품 자료를 제출하여야 한다.
- 1.3.2 그 밖의 사항은 3-2절의 「1.4 제출자료」의 해당 규정에 따른다.

2. 재료

2.1 콘크리트 재료

- 2.1.1 재료는 3-2절 「2.1 사용재료」의 해당규정에 따른다.
- 2.1.2 콘크리트의 재료는 온도가 될 수 있는 대로 낮아지도록 배려하여 사용하여야 한다.

- 2.1.3 감수제, 공기연행감수제 및 고성능 공기연행감수제는 KS F 2560의 「콘크리트용 화학혼화제」에 적합한 지연형을 사용하여야 한다.
- 2.1.4 유동화제는 한국콘크리트학회 기준 KCI-AD 101 「콘크리트용 유동화제의 품질 기준」에서 정한 지연형을 사용하여야 한다.

2.2 배합

- 2.2.1 콘크리트의 배합은 소요의 강도 및 워커빌리티를 얻을 수 있는 범위 내에서 단위수량 및 단위시멘트량이 될 수 있는 대로 적게 하여야 한다.
- 2.2.2 재료의 온도를 알 수 있을 때, 비빈 직후 콘크리트의 온도는 적절한 식으로 계산하여 적용할 수 있다.

3. 시공

3.1 운반 및 타설

- 3.1.1 비빈 직후의 콘크리트 온도는 기상조건, 운반시간 등의 영향을 고려하여 타설할 때 소요의 콘크리트 온도가 얻어지도록 하여야 한다.
- 3.1.2 콘크리트를 운반할 때에는 운반 도중 콘크리트가 건조되거나 가열되거나 하는 일이 발생하지 않도록 적절한 조치를 강구하여야 한다.
- 3.1.3 콘크리트를 타설하기 전에는 지반, 거푸집 등 콘크리트로부터 물을 흡수할 우려가 있는 부분을 습윤상태로 유지하여야 한다. 또 거푸집, 철근 등이 직사일광을 받아서 고온이 될 우려가 있는 경우에는 살수, 덮개 등의 적절한 조치를 하여야 한다.
- 3.1.4 콘크리트의 타설은 될 수 있는 대로 빨리 실시하여야 하며, 비벼서 타설이 완료될 때까지의 시간은 1.5시간을 초과해서는 안 된다.
- 3.1.5 타설할 때의 콘크리트 온도는 35 ℃ 이하이어야 한다.
- 3.1.6 콘크리트 타설은 콜드조인트가 생기지 않도록 적절한 계획에 따라 실시하여야 한다.

3.2 양생

- 3.2.1 콘크리트 타설이 끝났을 때에는 즉시 양생을 시작하여 콘크리트 표면이 건조하지 않도록 보호하여야 한다.
- 3.2.2 기온이 높고 습도가 낮은 경우에는 타설 직후의 급격한 건조에 의해 균열이 발생하는 수가 있으므로 직사광선, 바람 등을 방지하기 위하여 필요한 조치를 취하여야 한다.

3-14 수중콘크리트

1. 일반사항

1.1 적용범위

이 절은 일반적인 수중콘크리트, 수중불분리성콘크리트, 현장타설콘크리트 말뚝에 사용하는 수중콘크리트의 시공에서 특히 필요한 사항에 대하여 일반적인 표준을 규정하는 것이다.

1.2 품질요건

수중콘크리트는 그 성질을 충분히 고려하여 재료, 배합, 타설 및 시공장비 등에 특히 주의하여 재료분리가 될 수 있는 대로 적게 되도록 시공하여야 한다.

1.3 관련 시방서 및 기준

- 1.3.1 도로교 설계기준
- 1.3.2 콘크리트 표준시방서
- 1.3.3 콘크리트구조 설계기준
- 1.3.4 토목공사 표준일반시방서
- 1.3.5 도로공사 표준시방서
- 1.3.6 고속도로공사 전문시방서

1.4 제출자료

- 1.4.1 수중콘크리트용 혼화재료에 대한 시험성적서를 제출하여야 한다.
- 1.4.2 수중콘크리트의 배합설계 성과를 제출하여야 한다.
- 1.4.3 작업방법과 장비명세를 포함한 시공계획서를 제출하여야 한다.
- 1.4.4 그 밖의 사항은 3-2절의 「1.4 제출자료」의 해당 규정에 따른다.

2. 재료 및 배합

2.1 재료

2.1.1 일반사항

- (1) 콘크리트용 재료는 3-2절의 해당 항의 요건에 따라야 한다.
- (2) 철근은 3-3절의 해당 항의 요건에 따라야 한다.

2.1.2 혼화제

- (1) 수중불분리성혼화제의 품질은 콘크리트학회 표준 KCI-AD102 「콘크리트용 수중불분리성혼화제 품질기준」에 적합한 것이어야 한다.
- (2) 수중불분리성콘크리트에 사용되는 감수제, 공기연행감수제, 고성능 감수제 또는 이외의 혼화제는 품질이 확인된 것으로서 수중불분리성혼화제와 병용하여 유해한 영향을 미치지 않은 것이어야 한다.

2.2 배합

2.2.1 일반적인 수중콘크리트

- (1) 수중콘크리트는 다짐이 불가능하기 때문에 큰 유동성이 필요하며, 재료분리를 적게 하기 위하여 단위시멘트량을 많게 하고 잔골재율을 크게 한 점성이 풍부한 콘크리트를 사용하여야 한다.
- (2) 배합강도는 수중에서 시공할 때의 강도가 표준공시체 강도의 0.6 ~ 0.8배가 되도록 정한다.
- (3) 슬럼프는 트레미 및 콘크리트 펌프로 시공하는 경우 130 mm ~ 180 mm, 밀열림 상자, 밀열림 포대로 시공하는 경우 100 mm ~ 150 mm를 표준으로 한다.
- (4) 잔골재율은 40 % ~ 45 %를 표준으로 한다.
- (5) 물-결합재비는 0.50 이하, 단위결합재량은 370 kg/m³ 이상으로 하여야 한다.

2.2.2 수중불분리성콘크리트

- (1) 수중불분리성콘크리트의 배합은 설정된 소정의 수중분리저항성, 유동성, 강도 및 내구성 등의 성능을 만족하도록 시험에 의하여 정하여야 한다.
- (2) 수중불분리성콘크리트의 배합강도는 설계기준 압축강도 및 콘크리트의 품질변동을 고려하여 정하여야 한다.

- (3) 배합강도는 한국콘크리트학회 기준 KCI-CT 102 「수중불분리성콘크리트의 압축강도 시험용 수중 제작 공시체의 제작방법」에 의한 수중 제작 공시체의 재령 28일의 압축강도를 기준으로 정한다.
- (4) 수중불분리성콘크리트의 화학작용 및 철근의 부식작용 등을 고려하여 물-결합재비를 정할 경우 그 최대값은 표 3.14.1의 값을 표준으로 한다.

표 3.14.1 내구성으로부터 정해진 수중불분리성콘크리트의 최대 물-결합재비

환 경	콘크리트의 종류	무근콘크리트	철근콘크리트
	담수중	0.65	0.55
	해수중	0.60	0.50

- (5) 굵은 골재의 최대치수는 40 mm 이하를 표준으로 하고, 부재 최소치수의 1/5 및 철근 최소간격의 1/2를 넘지 말아야 한다.
- (6) 수중불분리성콘크리트의 유동성은 수중 슬럼프 플로값으로 나타내며 수중 슬럼프 플로 시험은 한국콘크리트학회 규격 KCI-CT 105 「수중불분리성콘크리트의 수중 슬럼프 플로 시험방법」에 따른다.
- (7) 수중불분리성콘크리트의 유동성은 그 시공조건에 따라 표 3.14.2에 나타난 수중 슬럼프 플로로 설정한다.

표 3.14.2 수중불분리성콘크리트의 수중 슬럼프 플로

시공 조건	수중 슬럼프 플로의 범위(mm)
급경사면의 장석(1:1.5 ~ 1:2)의 고결, 사면의 얇은 슬래브(1:8 정도까지)의 시공 등에서 유동성을 작게 하고 싶은 경우	350 ~ 400
단순한 형상의 부분에 칠 경우	400 ~ 500
일반적인 경우, 표준적인 철근콘크리트 구조물에 칠 경우	450 ~ 550
복잡한 형상의 부분에 칠 경우 특별히 양호한 유동성이 요구되는 경우	550 ~ 650

- (8) 공기량은 4% 이하로 하여야 한다.

2.3 현장타설 말뚝에 사용하는 수중콘크리트

2.3.1 배합강도

현장타설 콘크리트 말뚝에 사용하는 콘크리트는 수중 시공 시 강도가 대기 중 시공시 강도의 0.8배, 안정액 중 시공 시 강도가 대기 중 시공 시 강도의 0.7배로 하여 배합강도를 설정하여야 한다.

2.3.2 유동성

- (1) 슬럼프 값은 180 mm ~ 210 mm를 표준으로 한다. 특히 철근간격이 좁은 경우 등 슬럼프가 큰 콘크리트 타설이 필요할 때는 유동화제를 사용한 부배합 콘크리트로서 슬럼프가 240 mm를 넘지 말아야 한다.
- (2) 설계기준 압축강도가 50 MPa를 초과하는 경우에는 높은 유동성이 요구되므로 슬럼프 플로의 범위를 500 mm ~ 700 mm로 한다.

2.3.3 물-결합재비

물-결합재비는 0.55 이하로 하여야 한다.

2.3.4 단위결합재량

단위결합재량은 350 kg/m^3 이상으로 하여야 한다.

2.3.5 굵은 골재의 최대치수

굵은 골재의 최대치수는 철근 순간격의 1/2 이하 또는 25 mm 이하로 하여야 한다.

3. 시공

3.1 일반적인 수중콘크리트

3.1.1 콘크리트 타설의 원칙

- (1) 콘크리트는 물막이를 설치하여 정수중에서 타설하여야 한다. 완전히 물막이를 할 수 없는 경우에도 유속은 50 mm/s 이하로 하여야 한다.
- (2) 콘크리트는 수중에 자유 낙하시키지 말아야 한다.
- (3) 콘크리트 면을 가능한 한 수평하게 유지하면서 소정의 높이 또는 수면 상에 이를 때까지 연속해서 타설하여야 한다.
- (4) 레이턴스의 발생을 되도록 적게 하기 위하여 타설하는 도중에 될 수 있는 대로 콘크리트가 흐트러지지 않도록 주의하여야 한다.

- (5) 콘크리트가 경화될 때까지 물의 유동을 방지하여야 한다.
- (6) 한 구획의 콘크리트 타설이 완료된 후 레이턴스를 완전히 제거하고 다시 타설하여야 한다.
- (7) 콘크리트는 트레미나 콘크리트 펌프를 사용해서 타설하여야 하며, 부득이한 경우 및 소규모 공사의 경우 밀열림 상자나 밀열림 포대를 사용할 수 있다.

3.1.2 트레미에 의한 타설

- (1) 트레미는 수밀성을 가지며 콘크리트가 자유롭게 낙하할 수 있는 크기를 가져야 하므로 트레미의 안지름은 수심 3 m 이내에서 250 mm, 3 m ~ 5 m에서 300 mm, 5 m 이상에서 300 mm ~ 500 mm 정도가 좋으며 굵은 골재 최대치수의 8배 정도가 필요하다.
- (2) 트레미 1개로 타설할 수 있는 면적은 과대하지 않도록 30 m² 이하로 제한하여야 한다.
- (3) 트레미는 콘크리트를 타설하는 동안 그 하반부를 타설한 콘크리트 면보다 0.3 m ~ 0.4 m 아래로 유지하여야 한다.
- (4) 트레미는 콘크리트를 타설하는 동안 수평이동 시키지 말아야 한다.
- (5) 트레미의 취급은 각 단계에서의 상태를 미리 상세히 검토하여, 타설하는 동안 콘크리트에 좋지 않은 상태가 일어나지 않도록 예방조치를 강구하여야 한다.
- (6) 특수한 트레미를 사용할 경우에는 그 적합성을 확인하고 사용방법을 충분히 검토하여야 한다.

3.1.3 콘크리트 펌프에 의한 타설

- (1) 콘크리트 펌프의 배관은 수밀하여야 한다.
- (2) 콘크리트 펌프의 안지름은 0.10 m ~ 0.15 m 정도가 좋으며, 수송관 1개로 콘크리트를 타설할 수 있는 면적은 5 m² 정도이다. 콘크리트를 타설하는 방법은 트레미에 따른다.
- (3) 배관을 이동할 때에는 배관 속으로 물이 역류하거나 배관 속의 콘크리트가 수중낙하하는 일이 없도록 선단부분에 역류밸브를 붙이는 등의 대책을 취하여야 한다.
- (4) 압송압력이 큰 경우에는 관의 선단부분이 요동되지 않도록 선단부분에 충분한 질량을 붙여주거나 고정시켜야 한다.

3.1.4 밀열림 상자 및 밀열림 포대에 의한 타설

- (1) 밀열림 상자 및 밀열림 포대는 그 바닥이 콘크리트를 타설하는 면 위에 도달해서 콘크리트를 쏟아낼 때 쉽게 열릴 수 있는 구조여야 한다.
- (2) 콘크리트를 타설할 때는 밀열림 상자, 밀열림 포대를 조용히 수중에 내려 콘크리트를 배출한 후, 콘크리트 면으로부터 상당한 거리가 떨어질 때까지 천천히 끌어 올려야 한다.

- (3) 밀열림 상자나 밀열림 포대를 사용하여 수중콘크리트를 타설할 경우, 수심을 측정하여 깊은 곳에서부터 콘크리트를 타설하여야 한다. 또한, 이 방법에 의한 수중콘크리트는 1상자 또는 1포대별로 콘크리트 경계부분에서 일체성이 떨어지는 것을 고려하여 그 용도를 선정하여야 한다.

3.2 수중불분리성콘크리트

3.2.1 비비기

- (1) 수중불분리성콘크리트의 비비기는 제조설비가 갖추어진 플랜트에서 물을 투입하기 전에 20초 ~ 30초 간 건식으로 비빈 후 전 재료의 비비기를 하여야 한다.
- (2) 믹서는 강제식 배치믹서를 사용하여야 한다.
- (3) 1회 비비기 양은 믹서의 공칭용량의 80 % 이하로 하여야 한다.
- (4) 비비기 시간은 시험에 의해 정하여야 하며 90초 ~ 180초를 표준으로 한다.

3.2.2 콘크리트 타설

- (1) 타설은 유속이 50 mm/s 이하의 정수 중에서 수중낙하 높이 0.5 m 이하로 하여야 한다.
- (2) 타설은 콘크리트 펌프 또는 트레미를 사용하는 것을 원칙으로 하고 수중불분리성콘크리트의 품질을 저하시키지 않도록 하여야 한다.
- (3) 수중 유동거리는 5 m 이하로 하여야 한다.

3.2.3 콘크리트는 타설 후 경화할 때까지 유수, 파도 등에 씻겨져서 표면이 세굴되지 않도록 보호하여야 한다.

3.3 현장타설 말뚝에 사용하는 수중콘크리트

3.3.1 철근망태

- (1) 철근망태는 보관 운반 설치할 때 유해한 변형이 생기지 않도록 견고한 것으로 하여야 한다.
- (2) 철근의 피복두께는 100 mm 이상으로 충분히 취하여야 한다.
- (3) 간격재는 설계에서와 같은 철근의 피복두께가 확보되도록 적절한 형상, 배치가 되도록 한다.
- (4) 철근망태를 설치할 때 굴착 종료 후 될 수 있는 대로 빠른 시기에 실시하고 그 위치와 연직도를 정확히 유지하여 휨, 좌굴, 탈락, 공벽에 접촉되지 않도록 하여야 한다.

3.3.2 콘크리트 타설

- (1) 공벽내의 진흙 제거는 굴착 완료 후와 콘크리트 타설 직전에 2회 실시하여야 한다.
- (2) 콘크리트는 트레미를 써서 연속해서 타설하여야 한다.
- (3) 콘크리트를 타설하는 도중에는 콘크리트 속의 트레미 삽입깊이는 2 m 이상으로 하여야 한다.
- (4) 콘크리트의 쳐 올라가는 속도는 일반적으로 먼저 타설하는 부분의 경우 4 m/h ~ 9 m/h, 나중에 타설하는 부분의 경우 8 m/h ~ 10 m/h로 실시하여야 한다.
- (5) 콘크리트 상면에서는 설계면 보다 0.5 m 이상의 높이로 여유 있게 타설하고, 경화한 후 이것을 제거하여야 한다.
- (6) 사용한 안정액의 처리는 침전탱크, 진공차 등의 처리시설을 정비해 놓는 등의 충분한 배려가 필요하다.

3-15 해양콘크리트

1. 일반사항

1.1 적용범위

- 1.2.1 이 절은 해중이나 해상, 해안에 위치하여 해수, 파랑, 물보라, 조풍 등의 작용을 받는 콘크리트 교량의 시공에서 특히 필요한 사항에 대한 일반적인 표준을 규정하는 것이다.
- 1.2.2 해안선으로부터 250 m 이내의 육상지역에 위치한 콘크리트 교량은 염해를 받기 쉬우므로 해안으로부터 거리에 따라 구분할 필요가 있으며, 해상부는 해중, 간만대, 물보라 지역, 해상대기 중으로 구분하여 내구성 대책을 수립하여야 한다.

1.2 품질요건

- 1.2.1 재료 및 배합을 고려한 요건
해양환경에 설치되는 콘크리트 교량은 사용기간 중에 콘크리트의 내구성능 저하 및 강재의 부식 등에 의해 그 기능이 손상되지 않도록 하여야 한다.
- 1.2.2 콘크리트의 설계기준강도
해양콘크리트 교량에 사용되는 콘크리트의 설계기준 압축강도는 30 MPa 이상으로 한다.
- 1.2.3 시공조건을 고려한 요건
해양콘크리트 교량의 시공은 해풍, 파랑, 조류 등의 영향 및 항행선박이나 주변 어장 등의 영향 등을 충분히 고려하여야 한다.
- 1.2.4 환경보전을 위한 요건
해양콘크리트 교량의 시공 시에는 해양오염, 생태계에 나쁜 영향 등이 야기되지 않도록 환경보전에 충분히 주의하여야 한다.

1.3 관련 시방서 및 기준

- 1.3.1 도로교 설계기준
- 1.3.2 콘크리트 표준시방서
- 1.3.3 콘크리트구조 설계기준
- 1.3.4 토목공사 표준일반시방서
- 1.3.5 도로공사 표준시방서

1.4 제출자료

- 1.4.1 해양콘크리트의 제품자료를 제출하여야 한다.
- 1.4.2 해양환경 조사자료를 제출하여야 한다.
- 1.4.3 해양콘크리트의 내구성 확보방안을 포함한 시공계획서를 제출하여야 한다.
- 1.4.4 그 밖의 사항은 3-2절의 「1.4 제출자료」의 해당 규정에 따른다.

2. 재료 및 배합

2.1 사용재료

2.1.1 일반사항

해양콘크리트 교량에 사용하는 재료는 해수의 물리·화학적 작용, 기상작용, 파랑이나 표류물에 의한 충격과 마모, 염해 등에 대한 내구성을 가지는 것이어야 한다.

2.1.2 시멘트

시멘트는 해수의 작용에 대하여 내구적이어야 하므로 KS L 5210 고로슬래그시멘트, KS L 5411 플라이애시시멘트 등 혼합시멘트계 및 KS L 5201의 중용열포틀랜드시멘트 등을 사용하는 것이 바람직하다. 이들 시멘트는 내해수성 이외에도 장기재령의 강도가 크고, 수화열이 낮은 이점이 있지만 초기강도가 작은 결점이 있어 초기 습윤양생에 주의하여야 한다.

2.1.3 혼화재료

고로슬래그 미분말(KS F 2563)이나 플라이애시(KS F 5405)를 적당량 시멘트와 치환함으로써 수밀하고 해수의 화학작용에 대한 내구성이 강한 콘크리트를 제조할 수 있다. 그러나 이들 혼화재의 사용효과는 혼화재의 종류, 분말도 및 혼합률에 따라 크게 상이하므로 사용시에는 실험 등을 거쳐 품질을 확인한 후 사용방법을 정하여야 한다.

2.1.4 강재

강재는 KS규격에 적합한 것이어야 한다. PS강재와 같은 고장력강에서 작용응력이 인장강도의 60 %를 넘을 때에는 응력부식 및 강재의 부식피로에 대하여 검토하여야 한다.

2.1.5 기타

- (1) 상기 사용재료 이외의 규정에 대해서는 3-2절 콘크리트의 해당 규정에 따른다.
- (2) 해수에 의한 침식이 심한 경우에는 시멘트 콘크리트이외에도 폴리머시멘트콘크리트와 폴리머콘크리트 또는 폴리머합침콘크리트 등을 사용할 수 있다.

2.2 배합

2.2.1 물-결합재비

해양콘크리트 교량에서는 내구성으로부터 정하여지는 물-결합재비의 최대값을 표 3.15.1 과 같이 한다.

표 3.15.1 내구성으로 정해지는 최대 물-결합재비

환경구분	시공조건	일반 현장시공의 경우	공장제품 또는 동등이상의 품질이 보증될 경우
(1) 해 중		0.50	0.50
(2) 해상 대기중		0.45	0.50
(3) 물보라 지역 또는 간만대 지역		0.40	0.45

2.2.2 단위결합재량

단위결합재량은 교량의 규모, 중요성, 환경조건 등을 고려하여 소요의 내구성이 얻어지도록 표 3.15.2의 값 이상으로 하여야 한다.

표 3.15.2 내구성으로 정해지는 최소 단위결합재량 (kg/m³)

환경구분 \ 굵은 골재 최대치수	20 mm	25 mm	40 mm
물보라지역, 간만대 및 해상 대기중	340	330	300
해 중	310	300	280

2.2.3 공기량

- (1) 해양콘크리트 교량에 사용되는 공기연행 콘크리트의 공기량은 표 3.15.3의 값을 표준으로 한다.
- (2) 설계기준 압축강도가 35 MPa 이상인 경우 공기량은 표 3.15.3의 값에서 1 % 감소한 값으로 할 수 있다.

표 3.15.3 해양콘크리트 공기량의 표준값 (%)

환 경 조 건		굵은 골재 최대치수		
		20 mm	25 mm	40 mm
동결융해 작용을 받을 염려가 있는 경우	(1) 물보라, 간만대 지역	6	6	5.5
	(2) 해상대기 중	5	4.5	4.5
동결융해 작용을 받을 염려가 없는 경우 ¹⁾		4	4	4

주 : 1) 동결융해 작용을 받을 염려가 없는 경우란 항상 해중에 있는 구조물로서 기온이 0 ℃ 이하가 되는 일이 거의 없는 경우를 말함

3. 시공

3.1 콘크리트 시공

3.1.1 일반사항

해양콘크리트는 타설, 다지기, 양생 등에 대하여 특히 주의하여 시공하여야 한다.

3.1.2 시공이음

- (1) 시공이음은 될 수 있는 대로 피하는 것이 바람직하다. 특히 최고조위로부터 위로 0.6 m, 최저조위로부터 아래로 0.6 m 사이의 감조부분에는 시공이음이 생기지 않도록 시공 계획을 세워야 한다.

- (2) 부득이한 사정으로 시공이음을 피할 수 없는 경우에는 「3-2 일반콘크리트」의 3.5항 규정에 따르며 내구성에 결함이 없도록 충분한 조치를 강구하여야 한다.

3.1.3 보호기간

콘크리트는 보통포틀랜드시멘트를 사용할 경우 재령 5일이 되기까지는 해수에 씻기지 않도록 보호하여야 한다. 또 고로슬래그시멘트 등 혼합시멘트를 사용할 경우에는 설계 기준 압축강도의 75 % 이상의 강도가 확보될 때까지 이 기간을 연장하여야 한다.

3.1.4 강재와 거푸집판과의 간격

강재와 거푸집판과의 간격은 소정의 피복두께를 확보하도록 간격재의 사용 등 적절한 조치를 취하여야 한다.

3.2 콘크리트 표면의 보호

마모, 충격 등의 심한 영향을 받는 부분은 고무 완충재, 목재, 석재, 강재 및 고분자 재료 등 적당한 재료로 콘크리트 표면을 보호하거나 철근의 피복두께 또는 단면을 증가시켜야 한다. 또 조공의 영향으로 비래염분이 콘크리트 표면에 흡착될 우려가 있는 부분은 장기적인 내구성능 저하를 고려하여 콘크리트 표면 보호나 철근부식 방지 등을 위한 염해방지 대책을 강구하는 것이 바람직하다.

3.3 프리캐스트 콘크리트 부재 설치

3.3.1 프리캐스트 콘크리트 부재의 설치 시 주의사항

- (1) 프리캐스트 콘크리트 부재의 설계 및 시공을 할 때에는 부재를 설치 장소까지 안전하게 운반 또는 예항할 수 있도록 배려하여야 한다.
- (2) 프리캐스트 콘크리트 부재의 설치에 있어서는 설치될 지반의 지지력과 소요의 정밀도를 얻을 수 있도록 시공지반, 설치방법 등을 고려하여야 한다.

3.3.2 프리캐스트 콘크리트의 연결 시 주의사항

프리캐스트 콘크리트 부재의 연결방법 또는 다른 재료 부재와의 연결방법에 대해서는 가능한 한 해상에서 연결하는 작업을 줄이는 구조물 형식을 택하거나 충분한 내수성, 내염성을 가진 접합방법을 사용하여야 한다.

3-16 철골철근콘크리트

1. 일반사항

1.1 적용범위

이 절은 강재 교각 등에 사용되는 철골철근콘크리트의 시공에서 주로 철골의 제작, 운반, 가설, 시험 등에 대한 일반적인 표준을 규정하는 것이다.

1.2 품질요건

철골철근콘크리트의 시공에는 공사를 시작하기 전에 충분한 시공계획을 세워 시공계획서 및 시공상세도를 작성하여야 하며, 사용기간 중에 강재의 부식이나 콘크리트의 균열에 의해 그 기능이 손상되지 않도록 품질관리에 철저를 기하여야 한다.

1.3 관련 시방서 및 기준

- 1.3.1 도로교 설계기준
- 1.3.2 콘크리트 표준시방서
- 1.3.3 콘크리트구조 설계기준
- 1.3.4 토목공사 표준일반시방서
- 1.3.5 도로공사 표준시방서

1.4 제출자료

- 1.4.1 제작, 운반 및 가설계획을 명시한 시공 상세도면 및 시공계획서를 제출하여야 한다.
- 1.4.2 철골용 강재 및 부속재료에 대한 시험성적서를 제출하여야 한다.

2. 재료

2.1 사용재료

2.1.1 철골용 강재

철골용 강재는 KS D 3503 또는 KS D 3515에 적합한 것이어야 한다.

2.1.2 용접용 재료 및 접합용 재료

용접용 재료, 고장력 볼트 등의 접합용 재료는 원칙적으로 KS 등에 적합한 것이어야 한다.

2.2 재료의 저장

철골용 강재는 땅에 닿지 않도록 하고 적당한 간격으로 지지하여 창고 내에 저장하여야 한다. 단, 옥외에 적치할 경우에는 방수기능이 있는 씩우개로 덮어서 저장하여야 한다.

3. 시공

3.1 공장제작

철골철근 콘크리트의 공장제작에는 철골용 강재의 가공, 용접, 가조립 및 운반 등에 대하여 충분히 검토하여야 한다.

3.2 가설

3.2.1 설계도와 시공순서가 다른 경우

설계 시에 정해진 시공순서와 다른 방법으로 철골구조물을 가설할 때에는 가설시의 응력과 변형을 다시 검토하여 안전성을 확인하여야 한다.

3.2.2 현장에서 가설치 또는 조립하는 경우

철골구조를 현장에서 가설치하거나 조립할 때에는 철골구조의 손상이나 부식이 생기지 않도록 적당한 방법을 강구하여야 한다.

3.2.3 고장력 볼트 및 현장용접에 의하여 접합하는 경우

철골구조물을 고장력 볼트나 현장용접에 의하여 접합할 경우에는 그 구조물이 외력에 대하여 충분한 강성을 갖도록 세심한 검토를 하여야 한다.

3.3 콘크리트의 시공

3.3.1 일반사항

콘크리트의 시공은 원칙적으로 시공계획서 및 시공상세도에 따라야 하며, 콘크리트의 품질 및 충전 시공방법에 대해 충분히 검토하여야 한다.

3.3.2 타설 및 다짐 시 유의사항

콘크리트 타설 및 다짐은 콘크리트와 강재가 일체가 되도록 실시하여야 한다.

3.4 시험

3.4.1 콘크리트 시험

철골철근콘크리트에 사용하는 콘크리트의 시험은 3-5절의 3.1.3항에 따라 실시하여야 한다.

3.4.2 강재, 용접용 재료 및 고장력 볼트의 시험

철골용 강재, 철근, 용접용 재료 및 고장력 볼트의 시험은 KS 등에 규정되어 있는 방법에 따라야 한다.

3-17 프리스트레스트콘크리트

1. 일반사항

1.1 적용범위

이 절은 PS강재를 사용하는 프리스트레스트콘크리트 교량의 시공에 관한 일반적인 표준을 규정한 것이다.

1.2 품질요건

프리스트레스트콘크리트 교량을 시공하는 경우에는 시공계획서 및 시공상세도에 기재되어 있는 시공순서에 따라야 하며, 각 시공단계에 있어서의 시공정밀도가 구조물의 안전도에 미치는 영향을 고려하여 주의 깊게 시공하여야 한다.

1.3 관련 시방서 및 기준

- 1.3.1 도로교 설계기준
- 1.3.2 콘크리트 표준시방서
- 1.3.3 콘크리트구조 설계기준
- 1.3.4 토목공사 표준일반시방서
- 1.3.5 도로공사 표준시방서

1.4 제출자료

- 1.4.1 다음 사항을 명시한 시공계획서와 시공 상세도면을 작성하여 제출하여야 한다.
 - (1) 사용할 프리스트레싱 장비의 명세 및 프리스트레스트콘크리트 제작절차
 - (2) 부재의 조작, 운반, 보관 및 설치 등 절차
 - (3) 프리스트레싱 작업에 사용할 재료와 방법에 관한 상세
 - (4) PS강재의 응력-변형률 곡선

- (5) 재료 수량표, 설치도 및 다른 공사와의 연관도
 - (6) 정착장치의 치수와 두께, 기계적 특성값, 정착구 보강 철근에 대한 설계 계산서와 상세도
 - (7) 거푸집 및 동바리에 대한 계산서와 상세도
 - (8) 솟음계산서
 - (9) 프리스트레싱하는 부재에 작용하는 하중, 힘 및 응력계산서 등
- 1.4.2 PS강재 및 기타 프리스트레싱 재료에 대한 시료 또는 시편을 제출하고 동시에 제조업체의 시험성적서와 보증확인서를 제출하여야 한다.
- 1.4.3 그 밖의 사항은 3-2절의 「1.4 제출자료」, 3-3절의 「1.4 제출자료」 및 3-4절의 「1.3 제출자료」의 해당규정에 따른다.

2. 재료

2.1 콘크리트 재료

2.1.1 일반사항

프리스트레스트콘크리트 교량에 사용하는 콘크리트는 높은 프리스트레스 응력을 받을 수 있도록 안정된 품질을 가지고 있어야 한다.

2.1.2 굵은 골재의 최대치수

프리스트레스트콘크리트에 사용하는 굵은 골재의 최대치수는 PS강재, 쉬스, 철근, 정착장치 등의 주위에 콘크리트가 잘 채워질 수 있도록 정하여야 한다. 이를 위해 굵은 골재의 최대치수는 보통의 경우 25 mm를 표준으로 하나, 부재치수, 철근간격, 펌프압송 등의 현장 상황에 따라 최대치수는 감독자의 승인을 받아 조정할 수 있다.

2.2 프리스트레싱 재료

2.2.1 PS강재

- (1) PS 강선 및 PS 강연선은 KS D 7002에 적합한 것이어야 한다.
- (2) PS강봉은 KS D 3505에 적합한 것이어야 한다.

- (3) (1) 및 (2)에 규정되지 않은 PS강재를 사용할 때에는 시험에 의하여 그 품질을 확인하여 알맞은 강도, 기타의 설계용 값에 적합한 것을 사용하여야 한다.
- (4) 정착, 접속, 조립 혹은 배치를 위하여 PS강재를 재가공하거나 열처리를 할 경우에는 이와 같은 처리를 함으로써 PS강재의 품질이 저하되지 않는다는 사실을 시험에 의하여 확인해 두어야 한다. 이와 같은 처리에 의하여 PS강재의 품질이 저하하는 경우에는 시험에 의하여 그 저하의 정도를 확인하여 그에 알맞은 강도, 기타의 설계용 값에 적합한 것을 사용하여야 한다.
- (5) PS강재는 깨끗하여야 하며 유해한 녹, 더러움, 흠 등이 없는 것이어야 한다.

2.2.2 쉬스

쉬스는 콘크리트를 타설할 때 쉽게 변형되지 않는 것이어야 하며 이음부에서 시멘트 풀이 유입되지 말아야 한다.

2.2.3 정착장치와 접속장치

정착장치 및 접속장치는 PS강재의 규격에 정해진 인장강도 값의 95%에 이르기 전에 유해한 변형이나 파단이 생기지 않는 것이어야 한다. 또한 정착장치 및 접속장치는 PTI(Post-Tensioning Institute) 또는 ETAG(Guideline for European Technical Approval) 등 국내외에서 인정되고 있는 기준을 따라 감독자가 요구하는 각종 시험조건을 만족하여야 한다.

2.2.4 긴장재 피복재료

부착시키지 않는 경우의 긴장재 피복재료는 긴장재를 녹슬지 않게 하고 콘크리트에 해를 주지 않으며 프리스트레스 도입 시에 긴장재와 콘크리트 사이를 부착시키지 않는 것이어야 한다.

2.2.5 마찰 감소제

마찰 감소제는 긴장재, 쉬스 및 콘크리트에 유해한 영향을 주지 않는 것이어야 한다.

2.3 재료의 저장

2.3.1 PS강재

PS강재는 직접 지상에 놓지 않아야 하며 창고 내에 저장하거나 창고에 둘 수 없는 경우에는 적절한 방법으로 덮어서 저장하며, 유해한 기름, 염분, 먼지 등이 부착하지 않도록 하고 유해한 부식, 흠, 변형 등이 생기지 않도록 하여야 한다.

2.3.2 정착장치와 접속장치

정착장치 및 접속장치는 창고 내에 저장하되 나사부가 부식되지 않도록 하고, 콘크리트의 접촉부분에는 기름, 먼지 등이 부착하지 않도록 하여야 한다.

2.3.3 쉬스

쉬스는 창고 내에 저장하거나 창고에 둘 수 없는 경우에는 적절한 방법으로 덮어서 유해한 부식이 되지 않게 하며, 유해한 기름, 염분, 먼지 및 진흙 등의 부착을 막고 유해한 흠이나 변형이 생기지 않도록 하여야 한다.

3. 시공

3.1 긴장재의 배치

3.1.1 긴장재의 가공 및 조립

- (1) PS강재는 설계에 나타난 형상 및 치수와 일치하도록 재질이 손상되지 않게 하는 방법으로 가공하고 조립하여야 한다. 심하게 구부러진 PS강재, 급격한 열의 영향을 받은 PS강재 및 높은 온도에 접한 PS강재는 사용해서는 안 된다.
- (2) 부착식 PS강재는 조립 전에 부착을 해칠 우려가 있는 들뜬 녹, 기름, 기타 이물질을 제거하여야 한다.

3.1.2 덕트

덕트를 형성하는 재료 및 방법은 긴장재 및 콘크리트에 유해한 영향을 주지 않는 것이어야 한다.

3.1.3 쉬스 및 긴장재의 배치

- (1) 프리텐션 방식의 경우의 긴장재, 포스트텐션 방식의 경우의 쉬스는 표 3.20.2에 규정하는 시공 허용오차를 만족하도록 배치하고, 콘크리트 타설에 의해 움직이지 않도록 스페이서나 평평한 강재 등을 사용하여 적절한 간격으로 견고하게 지지하여야 한다.
- (2) 쉬스는 콘크리트를 타설할 때 변형되거나 파손되지 않는 적절한 강성을 갖는 것이어야 한다. 또한 손상된 쉬스나 내면에 녹이 심하게 슬어 있는 쉬스는 사용해서는 안 된다.
- (3) 쉬스는 소정의 위치 및 방향이 정확하게 그리고 손상되지 않게 배치하여야 한다. 쉬스의 이음은 콘크리트를 타설할 때 시멘트 풀이 새어 들어가지 않도록 충분히 견고하여야 한다.

- (4) 포스트텐션 방식의 경우에 긴장재는 서로 엉키지 않도록 덕트 내에 배치하여야 한다.
- (5) 부착시키지 않는 경우의 긴장재는 그 피복을 해치지 않도록 각별히 주의하여 배치하여야 한다.
- (6) 쉬스 및 긴장재의 배치가 끝난 후 반드시 검사를 하여 파손이나 위치의 변동 등이 있으면 보수, 수정하여야 한다.

3.1.4 정착장치 및 접속장치의 조립과 배치

- (1) 정착장치 및 접속장치는 설계도에 나타난 형상 및 치수와 일치하도록 조립하고 위치 및 방향을 정확하게 배치하여야 한다.
- (2) 정착장치의 지압면은 긴장재와 수직이 되도록 해야 하고 정착장치 부근의 긴장재에는 적당한 길이의 직선부를 두어야 한다.
- (3) 긴장재를 이어낼 경우 접속장치는 긴장재에 인장력을 줄 때 인장측으로 충분히 이동할 수 있도록 하여야 한다.
- (4) 정착장치 및 접속장치의 배치가 끝나면 반드시 검사를 하여 파손된 것은 교체하거나 보수를 하여야 하며, 또한 위치의 변동이 생긴 것은 바로 잡아야 한다.

3.1.5 정착장치 및 부재 끝단면의 보호

- (1) 프리텐션 방식의 부재는 프리스트레싱을 준 후 부재 끝단면의 긴장재를 가지런하게 끊고 긴장재가 부식되지 않도록 보호하여야 한다.
- (2) 포스트텐션 방식의 부재는 정착장치 및 부재 끝단면이 파손 또는 부식되지 않도록 보호하여야 한다.

3.2 거푸집 및 동바리

- 3.2.1 거푸집 및 동바리는 프리스트레싱을 할 때 콘크리트 부재의 변형을 방해하지 않는 구조이어야 한다.
- 3.2.2 거푸집은 부재가 완성된 후 소정의 형상이 되도록 프리스트레싱에 의한 콘크리트 부재의 변형을 고려하여 적절한 솟음을 고려하여야 한다.
- 3.2.3 프리스트레싱 중의 부재의 변형을 막는 거푸집은 콘크리트 부재에 유해한 영향을 주지 않는 범위에서 프리스트레싱 작업 전에 떼어내는 것이 좋다. 다만, 프리스트레싱이 끝난 후에 자중 등의 반력을 받는 부분의 거푸집 및 동바리는 떼어내지 말아야 한다.

3.3 프리스트레싱

3.3.1 일반 요구사항

- (1) 긴장재는 이것을 구성하는 PS강재의 각각에 소정의 인장력이 주어지도록 인장하여야 한다. 이때 인장력을 설계값 이상으로 주었다가 다시 설계값으로 낮추는 방법으로 시공해서는 안 된다. 부득이 일시적으로 설계값 이상으로 도입되었을 경우 인장력은 항복응력의 95 % 이하이어야 한다.
- (2) 프리텐션 방식에서 고온 축진양생을 하는 경우에는 고온으로 인해 긴장재의 인장력에 유해한 영향을 줄 수 있으므로, 이를 고려하여 소정의 값이 되도록 하여야 한다. 프리스트레스를 줄 때는 고정장치를 서서히 풀어서 각 긴장재가 고르게 풀어지도록 하여야 한다.
- (3) 포스트텐션 방식의 경우 긴장재에 주는 인장력은 마찰손실, 정착장치의 활동 등을 고려하여 소정의 값이 되도록 하여야 한다. 긴장재를 차례로 인장하는 경우에는 설계도에 명시된 순서에 따라야 하며, 각 단계마다 콘크리트에 유해한 응력이 생기지 않도록 하여야 한다. 또한 이 경우에는 콘크리트의 탄성변형에 의하여 각 긴장재에 주어지는 인장력이 변화하므로 이 영향을 고려하여 인장력을 정하여야 한다.
- (4) 긴장재를 인장하는 방향은 설계내용, 현장조건, 시공방법 등에 따라 결정하여야 하며, 일방향 인장 시에 프리스트레스가 균등하게 분포되도록 긴장재마다 인장하는 방향을 바꾸어야 한다.
- (5) 프리스트레싱 시에는 긴장재의 파단 또는 부재의 좌굴 등에 의한 안전사고 대책에 대해서 특히 유의하여야 한다.

3.3.2 프리스트레싱 장비의 검정

- (1) 프리스트레싱 장비는 검교정된 장비를 사용한다. 필요에 따라서는 사용 중에도 현장에서 검교정을 실시하여 그 결과를 기록해 두어야 한다.
- (2) 특정의 PSC공법에 대하여 정해진 프리스트레싱 장비가 있는 경우에는 그것을 사용하여야 한다. 정해진 프리스트레싱 장비 및 하중계가 없는 경우에는 정확히 프리스트레스를 줄 수 있는 형식 및 용량의 프리스트레싱 장비를 사용하여야 한다.

3.3.3 프리스트레싱 시의 콘크리트의 압축강도

- (1) 프리스트레싱 도입시 부재에 발생하는 최대 압축응력은 도입시 콘크리트 압축강도의 60%를 넘지 말아야 한다. 또는 특별한 규정이 없으면 포스트텐션 방식에서는 28 MPa, 프리텐션 방식에서는 30 MPa를 도입시 압축강도로 적용할 수 있다. 이때 압축강도의 확인은 구조물과 동일한 양생조건의 공시체를 사용한다.

- (2) 프리스트레싱 시의 정착부 부근의 콘크리트 강도는 정착에 의해 생기는 지압응력에 견딜 수 있도록 보장 되어야 한다.

3.3.4 초기재령에 프리스트레스를 주는 경우의 유의사항

- (1) 교량의 규모, 구조, 시공방법, 시공시기 및 현장조건 등에 따라 초기재령의 콘크리트에 프리스트레스의 일부를 주는 경우에도 3.3.3항의 규정을 준수하도록 특히 유의하여야 한다.
- (2) 캔틸레버공법으로 시공하는 교량인 경우에는 콘크리트 강도가 비교적 낮은 시기에 프리스트레싱이 순차적으로 수행되기 때문에 매 단계별로 면밀히 검토하여야 한다.

3.3.5 프리스트레싱의 관리

- (1) 프리스트레싱의 관리는 하중계의 지시값과 긴장재의 늘임량에 의해 해야 하고 하중이 증가함에 따라 그의 관계가 직선으로 되어가는 것을 확인하여야 한다. 직선이 되지 않는 경우에는 프리스트레싱을 다시 해야 하고 다시 한 후에도 이상상태를 나타내는 경우에는 작업을 중지하고 그 원인을 확인하여야 한다. 늘임량은 mm 단위로 측정이 되어야 하고, 현장에서 확인된 마찰계수와 탄성계수 등을 반영한 이론적인 계산값과의 차이는 15 m 이하의 짧은 텐던에서 각각의 텐던에 대해 $\pm 15\%$, 전체 텐던에 대해 $\pm 7\%$ 를 넘지 않아야 하며, 15 m 이상의 긴 텐던에서는 각각의 텐던에 대해서 $\pm 10\%$, 전체 텐던에 대해서 $\pm 5\%$ 를 넘지 말아야 한다.
- (2) 프리스트레싱의 관리에 있어서는 여러 가지 원인에 의해 마찰계수 및 탄성계수 등의 변동이 있을 수 있으므로 이를 고려하여 긴장재에 도입하는 인장력이 소정의 값 이하가 되지 않도록 하여야 한다.
- (3) 강연선 및 강봉의 탄성계수는 인정된 실험실에서 시험을 수행하며, 공급자가 제출한 시험성적서에 기준하도록 한다. 이때 탄성계수와 늘임량에 적용되는 단면적은 공칭단면적을 기준으로 한다.
- (4) 측정된 늘임량이 계산된 늘임량과 차이가 크거나 감독자에 의해 요구되는 경우 각각의 텐던 크기를 대표할 수 있는 두 개의 텐던에 대하여 마찰시험을 수행한다. 시험은 인장 및 고정단에 로드셀을 설치하여 수행된다. 시험 텐던에 대하여는 파단하중의 80 %까지 10단계로 나누어 인장하며 각 단계에서의 늘임량과 하중값을 기록하여야 한다. 필요하다고 판단되는 경우, 이론적인 계산 늘임량은 이 시험값에 의해 수정될 수 있으며 이 수정된 인장량은 감독자의 승인을 얻어야 한다.

3-18 프리캐스트 부재

1. 일반사항

1.1 적용범위

이 절은 프리캐스트 부재의 제작, 검사, 운반, 보관 및 접합에서 특히 필요한 사항을 규정한 것이다.

1.2 관련 시방서 및 기준

- 1.2.1 도로교 설계기준
- 1.2.2 콘크리트 표준시방서
- 1.2.3 콘크리트구조 설계기준
- 1.2.4 토목공사 표준일반시방서
- 1.2.5 도로공사 표준시방서

1.3 제출자료

- 1.3.1 다음 사항을 명시한 시공 계획서와 시공 상세도면을 작성하여 제출하여야 한다.
 - (1) 부재 및 부품의 치수와 단면을 나타낸 상세도
 - (2) 슬리브, 앵커, 브라켓, 삽입재, 철근, 고리장치, 부대품 등의 수량, 치수 및 위치 그리고 거푸집 속에 이들을 고정시키는 방법
- 1.3.2 사용재료에 대한 제조업체의 시험성적서와 보증확인서를 제출하여야 한다.

2. 재료

2.1 콘크리트 재료

프리캐스트 부재에 사용하는 콘크리트는 소요의 강도, 내구성, 수밀성, 강재보호성능 등을

가지며 품질변동이 적은 것이어야 하며, 3-2절의 2.1항과 3-11절의 2.1항의 규정을 만족하는 것이어야 한다.

2.2 강재

프리캐스트 부재에 사용하는 철근, PS강재 등은 3-3절의 2.1항과 3-11절의 2.2항의 관련규정을 만족하는 것이어야 한다.

2.3 기타재료

2.3.1 접합부 그라우트 재료

접합부의 채움재로 사용되는 그라우트 재료는 충분한 강도를 가지고 적용부위의 변형 및 거동, 수축 등에 저항할 수 있는 재료를 사용하여야 한다.

2.3.2 섬유보강 재료

부재의 균열이나 쪼개짐을 방지하기 위해 섬유보강 재료를 사용할 때에는 사전에 배합 시험을 통해 충분한 보강성능 및 시공성능이 확보되는 것을 확인하여야 한다. 기타 섬유보강재에 관한 내용은 3-7절을 참조한다.

3. 시공

3.1 부재의 제작

3.1.1 부재의 제작대

부재의 제작대는 프리캐스트 부재의 형상, 치수가 표 3.20.3에 규정하는 시공 정밀도를 만족함과 동시에 프리스트레싱에 의한 부재변형을 고려한 것이어야 한다.

3.1.2 블록공법

블록공법에 있어서 프리캐스트 블록의 형상치수, 접합면에서의 쉬스 및 전단키 등의 위치와 치수는 부재의 접합, 조립이 정확하게 이루어질 수 있는 것이어야 한다.

3.2 검사

프리캐스트 부재는 그 재료의 품질, 프리스트레스의 양, 균열의 유무, 외관, 치수, 기타 필요한 사항에 대하여 검사하여야 한다.

3.3 운반

프리캐스트 부재의 운반에 있어서는 부재에 유해한 응력이 생기지 않도록 지지함과 동시에 충격이나 비틀림을 주지 않도록 하여야 한다.

3.4 보관

3.4.1 프리캐스트 부재를 보관할 때는 소정의 위치에서 지지하도록 하여야 한다. 또한 지진, 기타의 예상외의 하중에 의하여 옆으로 넘어지는 일이 없도록 하여야 한다. 부재를 포개 쌓아서 보관할 때는 지지재를 소정의 위치에 확실하게 두고 부재에 예기치 않은 하중이 작용하거나 무너지지 않도록 하여야 한다.

3.4.2 그라우트를 주입하지 않은 포스트텐션 부재를 동절기에 장기간 보관해서는 안 된다. 다만, 부득이한 경우에는 덕트 내에 물이 고여서 얼지 않도록 하고 또 덕트 내의 긴장재가 부식하는 것을 막을 수 있는 대책을 강구해 두어야 한다.

3.5 접합면의 처리

프리캐스트 부재의 접합면은 느슨하게 붙어 있는 골재 알, 품질이 나쁜 콘크리트, 레이턴스, 진흙, 기름 등 부착을 해칠 만한 것을 완전히 제거하고 보수를 하여 건전하고 깨끗한 상태로 하여야 한다.

3.6 프리캐스트 블록의 접합

3.6.1 모르타르 및 콘크리트의 압축강도

프리캐스트 블록의 접합에 사용하는 모르타르 또는 콘크리트는 블록 콘크리트와 동등 이상의 압축강도를 갖고 있어야 한다.

3.6.2 접착제

블록의 접합에 쓰이는 접착제는 적절한 온도에서 접합면을 충분히 건조시킨 상태에서 사용하여야 한다.

3.6.3 유의사항

- (1) 접합할 때에는 부재의 위치, 형상 및 덕트가 잘 일치하도록 부재를 설치하고 접합 작업 및 프리스트레싱 중에 어긋나거나 비틀림이 생기지 않도록 하여야 한다.
- (2) 동바리는 접합작업 중의 하중 및 프리스트레싱에 의한 부재의 변형에 대응할 수 있는 것이어야 한다.
- (3) 프리캐스트 블록의 설치 시에는 설계도서에 나타난 조립순서와 프리스트레싱 순서를 따라야 한다.

3-19 그라우트의 시공

1. 일반사항

1.1 적용범위

이 절은 프리스트레스트콘크리트에서 PS강재의 인장 후에 덕트 내부를 충전시키기 위한 주입용 그라우트의 시공에 관한 일반적인 표준을 규정한 것이다.

1.2 품질요건

그라우트는 프리스트레스트콘크리트 교량의 내구성에 큰 영향을 주므로 항상 최선의 방법으로 시공하여 PS강재를 부식으로부터 보호하고, PS강재와 부재 콘크리트 사이의 일체성을 확보시킬 수 있도록 하여야 한다. 그라우트의 시공은 프리스트레싱이 끝난 후 될 수 있는 대로 빨리 하여야 한다. 강재에 대한 별도의 부식방지 대책이 없는 경우, 강재설치로부터 다음의 기간 내에 주입이 이루어져야 한다.

1.2.1 습한 지역 및 해상 (습도 > 70 %)	7일
1.2.2 습도 40 % 이상 70 % 이하	20일
1.2.3 40% 이하의 건조한 조건	40일

1.3 관련 시방서 및 기준

- 1.3.1 도로교 설계기준
- 1.3.2 콘크리트 표준시방서
- 1.3.3 콘크리트구조 설계기준
- 1.3.4 토목공사 표준일반시방서
- 1.3.5 도로공사 표준시방서

1.4 제출자료

- 1.4.1 그라우트에 사용되는 재료에 대한 시험성적서를 제출하여야 한다.
- 1.4.2 그라우트의 배합설계 성과를 제출하여야 한다.
- 1.4.3 그라우트 주입 작업방법과 장비명세를 포함한 시공계획서를 제출하여야 한다.

2. 재료

2.1 일반사항

그라우트는 덕트 내를 완전히 채워서 PS강재를 보호함과 동시에 부재 콘크리트와 PS강재를 부착에 의하여 일체로 할 수 있는 것이어야 한다.

2.2 그라우트의 품질

2.2.1 유동성

그라우트의 유동성은 KS F 2432에 준하여 구하는 유하시간에 의해 설정하며, 유하시간의 범위는 미리 실험에 의하여 정하여야 한다.

2.2.2 블리딩률

그라우트의 블리딩률은 KS F 2433에 의해 측정하며, 가능한 0 %에 가깝도록 한다.

2.2.3 팽창률

그라우트의 팽창률은 KS F 2433에 의해 측정하며, 비팽창성 그라우트에서는 $-0.5 \sim 0.5$ %, 팽창성 그라우트에서는 0 % ~ 10 %를 표준으로 한다.

2.2.4 압축강도

그라우팅의 압축강도는 KS F 2426에 의해 측정하고 재령 28일의 강도를 기준으로 한다. 비팽창성 그라우트의 경우는 30 MPa 이상, 팽창성 그라우트의 경우는 20 MPa 이상을 표준으로 한다.

2.3 그라우트 재료

2.3.1 시멘트

그라우트에 사용하는 시멘트는 KS L 5201에 적합한 것이어야 한다.

2.3.2 물-결합재비

그라우트의 물-결합재비는 0.45 이하로 하여야 한다.

2.3.3 염소이온의 총량

그라우트 중의 염소이온의 총량은 시멘트 질량의 0.08 % 이하를 원칙으로 한다.

2.3.4 그라우트에 사용하는 혼화재료의 사용여부, 사용방법 및 품질에 대해서는 감독자의 승인을 얻어야 한다.

3. 시공

3.1 일반사항

그라우팅 시공은 프리스트레싱이 끝난 후 8시간이 경과한 다음 가능한 빨리 하여야 하며, 1.2항에 따라 실시하여야 한다.

3.2 시공기구

3.2.1 그라우트 믹서는 5분 이내에 그라우트를 충분히 비빌 수 있는 것이어야 한다. 또한 주입작업을 중단하지 않고 계속할 수 있는 충분한 용량을 갖는 것이어야 한다.

3.2.2 교반기는 그라우트를 천천히 휘저을 수 있는 것이어야 한다.

3.2.3 그라우트 펌프는 그라우트를 천천히 그리고 공기가 혼입되지 않게 주입할 수 있는 것이어야 한다.

3.3 비비기 및 휘젓기

3.3.1 비비기

그라우트의 비비기는 그라우트 믹서로 하여야 한다. 재료는 물 및 감수제, 시멘트, 기타 미분말의 순서로 투입하는 것을 권장하며 균질한 그라우트가 얻어질 때까지 비벼야 한다.

3.3.2 휘젓기

그라우트는 주입이 끝날 때까지 천천히 교반하여야 한다.

3.4 주입

3.4.1 일반사항

그라우트를 주입할 때에는 덕트 내에 압축공기를 통과시켜 공기의 통과가 원활하고 또 기밀성이 확보되어 있다는 사실을 확인하여야 한다.

3.4.2 그라우트 주입

- (1) 그라우트 주입은 비빈 직후에 그라우트 펌프를 사용하여 적절한 주입압력으로 서서히 실시하여야 한다. 그라우트 호스는 공기가 들어가지 않도록 주입할 수 있는 것이어야 한다.
- (2) 그라우트는 그라우트 펌프에 넣기 전에 1.2 mm 체로 걸러야 한다.

3.4.3 그라우트 주입시 압력

그라우트 주입은 유출구에서 균등질의 그라우트가 유출될 때까지 중단하지 말아야 하며, 그라우트 주입시의 압력은 최소 0.3 MPa 이상으로 하여야 한다.

3.4.4 덕트가 긴 경우

덕트가 긴 경우에는 주입구 및 유출구를 적당한 간격으로 설치해 두어야 한다.

3.5 한중 및 서중에서의 시공

3.5.1 한중 시공

한중에서 시공하는 경우에는 덕트 주변의 온도를 주입 전에 5 ℃ 이상으로 해 놓아야 한다. 주입시의 그라우트의 온도는 10 ℃ ~ 25 ℃로 하며 그라우트의 온도는 주입 후 적어도 5일간 5 ℃ 이상으로 유지시켜야 한다.

3.5.2 서중 시공

서중에서 시공하는 경우에는 그라우트의 온도 상승, 그라우트의 급격한 경화 등이 생기지 않도록 하여야 한다.

3-20 가설 및 시공 허용오차

1. 일반사항

1.1 가설계획

1.1.1 가설에 있어서는 부재 및 구조의 특성을 충분히 고려해서 가설설비 및 가설작업에 대한 계획을 검토하여 안전하게 이를 수 있어야 한다.

1.1.2 설계 시에 고려한 가설방법과 다르게 가설하는 경우에는 미리 가설 시의 응력과 변형에 대해 검토하여야 한다.

1.2 안전성의 확인

가설에 있어서는 필요에 따라서 각 부재에 생기는 응력 및 변형에 대해 검토하고 안전성을 확인하여야 한다. 그리고 가설 시에 있어서 부재의 안전검토는 「도로교 설계기준」의 관련 규정에 따라야 한다.

1.3 시공 정밀도의 확보

강재의 배치 및 부재치수는 소정의 시공 허용오차 이내에 들도록 시공 정밀도를 확보하여야 한다.

1.4 관련 시방서 및 기준

1.3.1 도로교 설계기준

1.3.2 콘크리트 표준시방서

1.3.3 콘크리트구조 설계기준

1.3.4 토목공사 표준일반시방서

1.3.5 도로공사 표준시방서

2. 재료

해당사항 없음.

3. 시공

3.1 철근 배치의 시공 허용오차

철근 배치에 관한 시공 허용오차는 표 3.20.1의 값으로 하여야 한다.

표 3.20.1 철근 배치에 관한 시공 허용오차

항목	시공허용오차
유효높이	설계치수의 $\pm 3\%$ 또는 $\pm 30\text{ mm}$ 중에서 작은 값. 다만, 최소 피복두께는 확보하여야 한다. 바닥판의 경우 설계치수의 $\pm 10\text{ mm}$ 로 하고 소요 피복두께를 확보하여야 한다.

3.2 PS강재 배치의 시공 허용오차

PS강재 배치에 관한 시공 허용오차는 표 3.20.2의 값으로 하여야 한다.

표 3.20.2 PS강재 배치에 관한 시공 허용오차

	항목	시공허용오차
PS강재 중심과 부재연단과의 거리	주요한 설계단면의 양측 $l/10$ 의 범위 (l : 지간)	설계치수의 $\pm 5\%$ 또는 $\pm 5\text{ mm}$ 중에서 작은 값
	기타의 범위	설계치수의 $\pm 5\%$ 또는 $\pm 30\text{ mm}$ 중에서 작은 값. 다만, 최소 피복두께는 확보하여야 한다.

주: 주요한 설계단면이란 단면력이 크고, 지간 중앙부근, 지점상 부근 등의 위치의 단면을 말한다.

3.3 부재치수의 시공 허용오차

부재치수의 시공 허용오차는 표 3.20.3의 값을 표준으로 한다.

표 3.20.3 부재치수의 시공 허용오차

항목	시공허용오차
수직부재의 길이치수	설계치수의 $\pm 1\%$ 또는 $\pm 30\text{ mm}$ 중에서 작은 값
수평부재의 길이치수	설계치수의 $\pm 1\%$ 또는 $\pm 30\text{ mm}$ 중에서 작은 값
기둥 및 보의 단면치수	설계치수의 $\pm 2\%$ 또는 $\pm 20\text{ mm}$ 중에서 작은 값
바닥판의 두께	$+20\text{ mm} \sim -10\text{ mm}$

3-21 콘크리트의 내구성 평가

1. 일반사항

1.1 적용 범위

- 1.1.1 이 절은 시공에 착수할 콘크리트 교량이 목표 내구수명 동안에 내구성을 확보하도록 시공 착수 전 시공계획단계에서 내구성을 평가하는데 적용한다. 그러나 내구성이 특별히 요구되지 않는 교량, 또는 성능저하 환경에 따른 내구성에 대해 검증된 공법 및 재료를 사용하여 시공될 교량은 이 장의 규정을 따르지 않아도 된다.
- 1.1.2 내구성 평가에는 염해, 탄산화, 동결융해, 화학적 침식, 알칼리 골재반응 등을 주된 성능저하 원인으로 고려하며, 시공할 교량이 갖게 될 성능저하 환경을 조사하여 이에 따라 성능저하 원인별 내구성 평가 항목을 선정하여야 한다.
- 1.1.3 콘크리트 교량이 복합 성능저하가 지배적인 특수한 환경에 시공되는 경우는 각각의 성능저하 인자에 대하여 내구성 평가를 수행하여 가장 지배적인 성능저하 인자에 대한 내구성 평가결과를 적용하여야 한다.
- 1.1.4 콘크리트 내구성 평가에 관한 구체적인 사항은 「콘크리트 표준시방서」를 따른다.

1.2 일반사항

- 1.2.1 이 절은 콘크리트 교량의 공사 착공단계에서 내구성을 평가하기 위한 것으로서 내구성 평가 원칙, 설계에 따라 시공될 콘크리트 교량에 대한 내구성 평가 방법, 시공에 사용되기 위해 배합 설계된 콘크리트의 재료 자체에 대한 내구성 평가 방법에 대한 일반적이고 기본적인 표준을 규정하고 있다.
- 1.2.2 콘크리트 교량의 목표 내구수명은 교량을 특별한 유지관리 없이 일상적으로 유지관리 할 때 내구적 한계상태에 도달하기까지의 기간으로 정하여야 한다. 시공될 콘크리트 교량의 내구등급 결정은 설계할 때 설정된 목표 내구수명에 따라 정하여야 한다.
- 1.2.3 콘크리트 교량의 목표 내구수명은 구조물을 특별한 유지관리 없이 일상적으로 유지관리 할 때 내구적 한계상태에 도달하기까지의 기간으로 정한다. 시공될 콘크리트 교량의 내구등급 결정은 구조물을 설계할 때 설정된 콘크리트 구조물의 목표 내구수명에 따라 정하여야 한다. 내구등급은 표 3.21.1에 따라 결정하여야 한다.

표 3.21.1 콘크리트 교량의 목표 내구수명에 따른 내구등급

내구등급	구조물의 내용	목표 내구수명
1등급	특별히 높은 내구성이 요구되는 구조물	100년
2등급	높은 내구성이 요구되는 구조물	65년
3등급	비교적 낮은 내구성이 요구되는 구조물	30년

1.3 관련 시방서 및 기준

1.3.1 콘크리트 표준시방서

1.3.2 염해 및 탄산화에 대한 철근 콘크리트 구조물의 내구성 지침, 건설교통부

1.3.3 콘크리트 내구성 평가절차수립, 건설교통부

1.4 제출자료

1.4.1 콘크리트 교량에 사용된 재료시험 자료를 제출하여야 한다.

1.4.2 콘크리트 교량의 환경노출 조사 자료를 제출하여야 한다.

1.4.3 그 밖의 사항은 3-2절의 「1.4 제출자료」의 해당 규정에 따른다.

2. 내구성 평가 원칙

2.1 일반사항

2.1.1 내구성 평가는 내구성에 영향을 미치는 각종 성능저하 원인에 대해서 시공될 콘크리트 교량과 시공에 사용될 콘크리트에 대하여 수행하여야 한다.

2.1.2 시공될 콘크리트 교량 및 콘크리트를 사용하여 시공될 교량에 대해 시공 직후 초기 재령 상태의 콘크리트에 균열이 발생하는지를 평가하여야 한다. 이때 시공될 교량의 균열발생이 제어되지 않는 균열저항성 평가 결과를 얻는 경우에는 균열 제어

시공이 되도록 시공 방법을 수정하여야 하고, 시공 방법의 수정만으로 균열 제어가 되지 않는 경우에는 평가에 통과하는 결과를 얻도록 콘크리트 배합을 수정하여야 한다.

2.2 콘크리트 교량의 내구성 평가 원칙

시공될 콘크리트 교량에 사용된 콘크리트에 대한 내구성 평가는 내구성능 예측값에 환경계수를 적용한 소요 내구성 값을 내구성능 특성값에 내구성능 감소계수를 적용한 설계 내구성 값과 비교함으로써 다음 식에 따라 수행하여야 한다.

$$\gamma_p A_p \leq \emptyset_K A_K \quad (3.21.1)$$

여기서, γ_p : 콘크리트 교량에 관한 환경계수

$\emptyset_K$: 콘크리트 교량에 관한 내구성 감소계수

A_p : 콘크리트 교량의 내구성능 예측값

A_K : 콘크리트 교량의 내구성능 특성값

2.3 배합 콘크리트의 내구성 평가 원칙

배합 콘크리트의 내구성 평가는 다음 식과 같이 콘크리트의 내구성능 예측값에 환경계수를 적용한 소요 내구성 값을 내구성능 특성값에 내구성능 감소계수를 적용한 설계 내구성 값과 비교함으로써 수행하여야 한다.

$$\gamma_p B_p \leq \emptyset_K B_K \quad (3.21.2)$$

여기서, γ_p : 배합 콘크리트에 관한 환경계수

$\emptyset_K$: 배합 콘크리트에 관한 내구성 감소계수

B_p : 배합 콘크리트의 내구성능 예측값

B_K : 배합 콘크리트의 내구성능 특성값

2.4 환경계수와 내구성 감소계수

2.4.1 환경계수는 시공될 콘크리트 교량과 콘크리트 재료의 성능저하 환경조건에 대한 안전율로서 적용하여야 한다.

2.4.2 내구성 감소계수는 내구성능 특성값 및 내구성능 예측값이 정밀도에 대한 안전율로서 적용하여야 한다.

2.4.3 각 성능저하 요인에 대하여 내구성을 평가할 때 사용되는 환경계수와 내구성 감소계수는 각 성능저하 요인에 대해 독립적으로 적용하여야 한다.

2.4.4 각 열화별 환경계수, 내구성 감소계수, 안전율은 표 3.21.2와 같다.

표 3.21.2 각 열화별 환경계수, 내구성 감소계수와 안전율의 설정

열화	콘크리트 교량 구조물			콘크리트		
	γ_p (환경계수)	ϕ_K (내구성 감소계수)	α (안전율)	γ_p (환경계수)	ϕ_K (내구성 감소계수)	α (안전율)
염해	1.11	0.86	1.3	1.11	0.86	1.3
탄산화	1.1	0.92	1.2	1.1	0.92	1.2
동결융해	1.0	1.0 ~ 0.8	1.0 ~ 1.25	1.0	1.0 ~ 0.8	1.0 ~ 1.25
화학적침식	1.1	0.92	1.2	1.1	0.92	1.2
알칼리골재반응	1.1	0.92	1.2	1.1	0.92	1.2

제4장 하부구조

제1장 총칙

제2장 강교

제3장 콘크리트교

제4장 하부구조

제5장 신축이음
및 받침

제6장 도장

제 4 장 하부구조

4-1 일반요건

1. 일반사항

1.1 적용범위

1.1.1 이 장은 도로교 설계기준에 의해 설계된 하부구조 시공의 일반적인 표준을 규정하는 것이다. 시공이 이 장의 규정을 따르기가 어려운 경우에는 설계상의 안전도나 시공법 등에 관해서 별도로 검토하여야 한다.

1.2 용어의 정의

- (1) 가물막이 겸용방식 : 널말뚝기초 본체의 널말뚝을 가물막이에 겸용하여 상부슬래브, 구체를 축조한 후 상부슬래브 상단보다 윗부분의 가물막이 널말뚝을 전단, 철거하는 방식의 기초
- (2) 공기케이슨(pneumatic caisson) : 케이슨 하부에 작업실을 설치하고 작업실내에 압축공기를 불어넣어 작업실내의 물을 배제하고 인력 또는 기계로 토사를 굴착 배출하면서 침하시켜 소정의 지지층에 도달되게 하는 공법으로 잠함 또는 뉴메틱케이슨이라고도 부른다.
- (3) 구체(stem) : 교대, 교각의 기초를 제외한 몸체
- (4) 그라운드앵커(ground anchor) : 그라운드앵커는 자유길이를 갖는 인장재의 선단부를 지반 속에 그라우팅으로 정착시킨 후 인장재에 프리스트레스를 주어 지반과 구조물을 일체화하여 안정을 도모하는 장치로서 구성요소는 PS강재의 인장력에 대한 저항부분인 앵커체, 인장력을 앵커체에 전달시키는 인장부, 구조물에서의 힘을 인장부에 무리 없이 전달시키기 위한 앵커머리이며 지반조건에 따라 토사에 타설되는 지반앵커와 암반에 타설되는 록앵커로 분류된다.
- (5) 깊은기초(deep foundation) : 얕은기초 형식으로 불가능한 지층에 적용하는 기초형식

으로 지표면 가까운 곳에 지지층이 존재하지 않을 때 말뚝이나 케이슨 등으로 구조체의 하중을 깊은 곳의 지지층까지 도달되게 하여 안전하게 지지되게 하는 기초형식

- (6) 내부굴착말뚝(pile installation by inner excavation) : 선단개방형 말뚝의 내부에 오거 등을 삽입하여 굴착하면서 말뚝을 소정의 깊이까지 압입이나 경타(輕打)로 지중에 박은 뒤 소정의 지지력이 얻어지도록 해머로 두드려 박거나 말뚝 끝부분을 시멘트풀 또는 콘크리트로 처리하는 말뚝이다.
- (7) 내부브레이싱(internal bracing) : 지하구조물을 만들기 위해 지반을 굴착할 때 지반의 붕괴나 변형을 방지하기 위해 설치하는 버팀보, 레이커(raker)등의 지지체를 말하며 주로 H형강을 이용한다. 앵커나 타이로드(tie-rod) 등의 목적물 외부에서 지지하는 방식과 구분하여 내부브레이싱이란 표현을 사용한다.
- (8) 백타이(back-tie) 시스템 : 흙막이벽체에 설치된 지보재에 인장력이 작용되는 구조시스템으로 지보재와 주변지반 또는 암반의 마찰저항으로 흙막이벽체에 작용하는 토압 및 수압 등의 외력에 대응하는 방법이다.
- (9) 시험말뚝(test pile) : 재하시험 또는 말뚝박기 시험을 하는 말뚝을 말하며 시공성이나 시공시의 소음, 진동영향 및 말뚝박기 종료 조건 등을 파악하고 시공관리에 필요한 자료를 얻기 위해 실시한다. 시험말뚝은 설계말뚝과 동일한 단면 및 중량을 가지며 실제 시공조건과 동일하게 시공하여야 한다.
- (10) 직접기초(shallow foundation) : 구조체를 지지하기에 적당한 지지층이 지표면 가까운 곳에 존재하여 구조체 하중을 푸팅(footing)에 의해 지반에 직접 전달되도록 설치하는 기초형식이다.
- (11) 오픈케이슨(open caisson) : 철근콘크리트 등의 통모양 구조체의 저면에 크랩셀이나 그레브버킷으로 굴착을 하고 토사를 배출함에 따라 침하시켜 정해진 지지기반에 도달시키고 그 후에 바닥콘크리트와 상부슬래브를 타설하여 시공을 완료하는 기초구조를 말한다. 우물통 또는 웰이라고도 부른다.
- (12) 임시설비(假設備) : 건설공사 중 본 공사를 수행하기 위해 필요한 임시용 설비를 말한다.
- (13) 케이슨기초(caisson foundation) : 바닥부위가 개방된 콘크리트 통(筒)모양의 구조물을 지상에 구축하여 그 통내의 토사를 배출하면서 지중 속에 침하시켜 소정의 지지층에 침하시키는 기초를 말하며 시공법에 따라 크게 공기케이슨과 오픈케이슨으로 분류된다.
- (14) 텐던(tendon) : 프리스트레스트 구조물이나 앵커 등에서 인장력을 전달하기 위한 부재를 말한다. 앵커케이블로 사용되는 텐던은 PS강선이 가장 일반적이며 PS강연선, PS강봉, 다중 PS강연선 등도 이용된다.

- (15) 항타말뚝(driven pile) : 항타말뚝은 기성말뚝을 지반내로 타입하여 설치하는 말뚝을 말하며 타입장비는 디젤해머가 주로 사용되며 증기해머, 드롭해머, 바이브로 해머도 이용한다. 최근에는 소음이 적은 유압해머(hydraulic hammer)도 많이 이용되고 있다.
- (16) 현장타설 말뚝(cast-in-place pile/cast-in-situ pile) : 각종의 기계 또는 인력에 의해 굴착을 실시하여 굴착된 구멍에 콘크리트를 타설한 말뚝을 말하며 굴착된 공법에 따라 케이싱, 정수압, 안정액 등을 이용하여 유지한다.
- (17) 선굴착말뚝 : 지반에 굴착공을 천공한 후 시멘트풀을 주입하고 기성말뚝을 삽입하여 설치하는 말뚝을 말하며 필요에 따라 말뚝에 타격을 가하여 지지지반에 말뚝을 안착시킨다.

1.3 관련 시방서 및 기준

- 1.3.1 토목공사 표준일반시방서
- 1.3.2 콘크리트 표준시방서
- 1.3.3 도로공사 표준시방서
- 1.3.4 도로교 설계기준
- 1.3.5 콘크리트구조 설계기준
- 1.3.6 구조물기초 설계기준

1.4 참조규격

- 1.4.1 한국산업표준(KS)

1.5 제출자료

- 1.5.1 이 시방서 제1장의 1.5.3에 준한 공정표 및 시공계획서
- 1.5.2 설계도서 검토 및 시공상세도

설계도서 검토에는 지반조사 내용에 대해 충분히 검토하고, 하부구조의 기초형식이나 지반조건에 따라 정밀한 지반조사의 실시도 포함한다.

1.5.3 시험 및 검사계획서

1.5.4 지장물 조사

2. 재료

하부구조의 시공에 이용되는 콘크리트와 강재는 이 시방서 콘크리트교편 및 강교편에 준하며, 제반 규격에 의한 품질이 확인된 것으로 감독자의 승인을 받아 사용하여야 한다.

3. 시공

시공은 설계도서에 따라 합리적인 공사가 수행되도록 공사착수 전에 충분한 시공 자료조사와 품질관리 및 공정관리 등을 포함한 시공계획을 세워 시공에 임하여야 한다.

4-2 교대 및 교각

1. 일반사항

1.1 적용범위

1.1.1 이 절은 상부구조로부터의 하중을 기초로 전달하는 구체의 시공에 적용한다.

1.2 관련 시방서 및 기준

1.2.1 콘크리트 표준시방서

1.2.2 도로교 설계기준

1.2.3 콘크리트구조 설계기준

1.3 참조규격

1.3.1 한국산업표준(KS)

1.4 제출자료

1.4.1 이 시방서 제1장의 1.5.3에 준한 공정표 및 시공 계획서

1.4.2 설계도서 검토 및 시공상세도

1.4.3 품질관리 계획서

1.4.4 안전관리 계획서

1.4.5 지하매설물 처리 계획서

1.4.6 환경관리 계획서

2. 재료

2.1 콘크리트

이 시방서 「3-2 일반콘크리트」의 해당요건에 따른다.

2.2 철근

이 시방서 「3-3 철근공」의 해당요건에 따른다.

3. 시공

3.1 시공일반

3.1.1 시공준비 및 토공작업

- (1) 기초터파기는 공사착수 전에 지반조건 및 지하수의 상태 등을 충분히 검토하고 자연경사에 의한 굴착 또는 가설토류벽 설치를 신중히 결정하여야 한다.
- (2) 기초터파기가 완료되면 기초지반검사를 통해 실제 지반조건이 설계된 기초공법에 부합되는지를 확인하여야 한다.
- (3) 지반이 연약한 경우에는 측방유동과 깊은 활동파괴에 대한 안정성을 정밀히 검토하여야 한다.
- (4) 지하수위가 기초터파기 바닥면보다 높이 존재하는 경우에는 임시배수로와 집수정을 설치하여 지하수를 배제시켜 지하수위를 저하시키면서 터파기를 하여야 한다.

3.1.2 시공시 유의사항

- (1) 교대 및 교각의 완성위치는 상부구조의 가설에 직접적인 영향을 미치므로 정확히 마무리하여야 한다.
- (2) 마무리면은 평탄하게 미관성을 고려하여 시공하여야 한다.
- (3) 지하수위 아래에 축조되는 구체의 이음부는 철근부식에 취약하므로 부식방지공법으로 시공하여야 한다.
- (4) 구체의 돌출부위에 대한 콘크리트 타설은 연속적으로 시공하여야 한다.
- (5) 시공전 유관기관 담당자 입회하에 지하 터파기 실시 후 본공사 시행방법 검토

3.2 교대공사

3.2.1 활동방지벽

- (1) 거푸집 설치시 기초부위에 먼저 타설한 콘크리트바닥과 거푸집이 접하는 부위에 틈이 발생하는 경우 반드시 모르터 등으로 틈을 메워야 한다.
- (2) 거푸집 설치완료 후 나타나는 여굴부분에 대해서는 채움콘크리트를 타설하여 채워야 한다.
- (3) 채움콘크리트 양생 후 거푸집을 해체하고 활동방지벽과 바닥판의 철근배근 및 콘크리트를 일체로 시공하여야 한다.

3.2.2 벽체콘크리트 타설

- (1) 벽체구조의 특성상 하단부분의 콘크리트는 재료분리가 발생할 우려가 있으므로 주의하여야 한다.
- (2) 콘크리트 타설 중단으로 인한 콜드조인트가 발생하지 않도록 하여야 한다.
- (3) 벽체콘크리트가 설계강도 이상이 되도록 양생된 후에 벽체 배면 뒷채움을 시행하여야 한다.

3.2.3 콘크리트공

이 시방서 「3-2 일반콘크리트」의 해당요건에 따른다.

3.2.4 철근공

이 시방서 「3-3 철근공」의 해당요건에 따른다.

3.2.5 뒷채움 및 배수공

- (1) 교대의 뒷채움 작업은 구조물에 손상이 없도록 콘크리트가 충분히 양생된 후에 시행하여야 한다.
- (2) 뒷채움 부분이 좁아 다짐작업이 곤란한 경우 탬퍼, 램머 등을 사용하여 설계에 제시한 조건에 맞게 다짐작업을 하여야 한다.
- (3) 교대 뒷면에는 유입수가 고이지 않도록 뒷채움재료를 양질의 토사(잘 다져지고 투수성이 좋은 재료)로 하고 적절한 배수조치를 하여야 한다.

3.3 교각공사

3.3.1 시공준비

- (1) 작업지반과 각종 중장비의 진·출입로를 정비하여 작업효율을 높인다.
- (2) 자재적치장 및 작업공간을 확보하여야 한다.
- (3) 각종 기계·기구의 점검 및 정비를 철저히 한다.
- (4) 교각의 위치와 표고를 확인하고 시공 중 검측이 용이하도록 수준점이나 점검말뚝을 설치한다.

3.3.2 거푸집 및 동바리 공사

- (1) 이 시방서 「3-4 거푸집 및 동바리」의 해당요건에 따른다.
- (2) 교각의 높이가 높을 경우에는 안정성과 경제성을 고려하여 활동식거푸집 공법(slip form) 및 이동식거푸집 공법(climbing form) 등과 같은 특수거푸집 공법을 충분히 검토하여 시공하여야 한다.
- (3) 특수거푸집 공법으로 시공할 경우는 별도의 공사시방을 규정하여야 한다.

3.4 교대 및 교각의 균열방지

3.4.1. 교축방향의 수평력에 의한 균열

- (1) 교량 받침부 앵커볼트 부위의 균열방지를 위해 받침부와 교대 연단과의 일정한 거리를 확보하고 철근으로 보강하여야 한다.
- (2) 교량 받침부의 불완전한 기능이나 온도변화 또는 지진 등의 영향에 의해 발생하는 균열방지를 위해 교량 받침 밑의 철근을 관통하여 배치하여야 한다.

3.4.2 짧은 내민보를 갖는 교각의 균열

- (1) 교대 및 교각을 시공할 때는 필요한 기능 및 품질을 손상시키지 않도록 온도균열을 제어하기 위한 대책을 세워야 하며, 이를 위하여 콘크리트의 품질 및 시공방법의 선정, 온도철근의 배치 등 적절한 조치를 취하여야 한다.
- (2) 발생가능한 균열의 폭, 간격, 발생위치 등을 예측하고, 필요한 경우 이를 제어하기 위한 구체적인 방법을 강구하여야 한다.
- (3) 교대 및 교각을 시공할 때는 시멘트, 혼화재료, 골재 등의 재료 및 배합의 적절한 선정, 블록분할과 이음위치, 콘크리트 타설의 시간 간격의 선정, 거푸집 재료 및 종류와 구조, 콘크리트 냉각 및 양생방법 등을 검토하여야 한다.

- (4) 필요한 경우, 신축이음이나 수축이음을 계획하여 균열의 발생을 제어할 수 있으며, 이때 구조물의 기능을 고려하여 위치 및 구조를 정하고 필요에 따라서 배근, 지수판, 충전재 등을 설치하여야 한다.

4-3 직접기초

1. 일반사항

1.1 적용범위

- 1.1.1 이 시방서는 양질의 지지층이 지표면 가까운 곳에 존재하여 얕은기초 형식으로 지지층에 직접 지지되는 교량 기초공사에 적용한다.
- 1.1.2 지지층아래 압축성이 큰 토층이 존재하지 않아서 침하량이 허용치를 초과할 가능성이 없을 때 적용한다.
- 1.1.3 지지층아래 압축성이 큰 토층이 있다면 깊은기초를 선택하거나 지반개량을 전제로 한 얕은기초를 고려하여야 한다.
- 1.1.4 기초형식 적용의 적합성 여부를 판단하기 위해서는 다음사항을 검토하여야 한다.
 - (1) 기초지반이 전단파괴에 대해 안전하여야 한다.
 - (2) 전체침하나 부등침하가 허용범위를 초과하지 않아야 한다.

1.2 관련 시방서 및 기준

- 1.2.1 도로공사 표준시방서
- 1.2.2 토목공사 표준일반시방서
- 1.2.3 콘크리트 표준시방서 및 이 시방서 3-2절 및 3-3절
- 1.2.4 구조물기초 설계기준
- 1.2.5 도로교 설계기준

1.3 참조규격

- 1.3.1 한국산업표준(KS)
 - KS F 2444 확대기초에서 정적하중에 대한 흙의 지지력 시험방법

1.4 제출자료

1.4.1 이 시방서 제1장의 1.5.3에 준한 공정표 및 시공계획서

1.4.2 지반조건

설계시에 행하였던 지반조사 결과에 관하여는 충분히 검토하고, 하부구조의 기초형식이나 지반의 상황에 따라 정밀한 보링이나 각종 시험을 보충하는 등 보다 면밀한 조사를 시행하여야 한다.

1.4.3 시험 및 검사

필요한 각종 시험과 검사에 대한 계획서를 공사착수 전에 제출하여야 한다.

2. 재료

2.1 콘크리트

이 시방서 「3-2 일반콘크리트」의 해당요건에 따른다.

2.2 철근

이 시방서 「3-3 철근공」의 해당요건에 따른다.

3. 시공

3.1 시공준비

3.1.1 공사착수 전 조사 및 확인사항

- (1) 지하매설물 및 지상장애물을 사전에 조사하여 그 대책 방법을 강구하여야 한다.
- (2) 지반조건 및 현장조건이 설계된 기초공법에 적합한 지 확인하여야 한다.

3.1.2 기존시설물의 처리

- (1) 공사착수 전에 관련되는 모든 기존시설에 대한 설치깊이와 규모를 확인하여 토공작업으로 인한 피해가 없도록 하여야 한다.

- (2) 도면에 표시되지 않은 사용 중인 지하시설물이 발견되면 감독자에게 통보하고 적법한 절차에 따라 이설하여야 한다.

3.2 토공작업

3.2.1 기초터파기 및 바닥면 마무리

- (1) 기초터파기 경사는 토질조건과 지하수의 상태 등에 따라 안전한 굴착면 경사를 유지해야 하고 필요시 가설토류벽을 설치하여야 한다.
- (2) 기초바닥면은 평탄하게 마무리하여야 한다.
- (3) 기초바닥재로 $\phi 75$ mm 이상의 조약돌을 깔 경우에는 막자갈 또는 쇄석 등의 채움재료로 공극을 메우고 소형 로울러 또는 램머 등으로 다짐을 하여야 한다.
- (4) 기초바닥재로 자갈 또는 모래를 깔 경우 재료를 깐 후 소형 로울러, 램머 등으로 다짐을 하여 설계두께로 마무리하여야 한다.
- (5) 암반지지 기초의 경우 바닥면의 경사가 1 : 4 이상인 경우 계단식 또는 톱니식으로 마무리하여야 한다.
- (6) 바닥면에 용수, 우수 등의 유입이 우려될 경우에는 적절한 배수처리를 하여야 한다.
- (7) 바닥면이 암반일 경우에는 돌부스러기 등 이물질을 완전히 제거해야 하고 토사일 경우에는 적절한 다짐장비로 충분한 다짐을 하여야 한다.
- (8) 교량기초가 비탈면에 설치되는 지점은 기초터파기 부분의 되메우기 시 비탈면이 원래 상태로 복구되도록 되메우기를 하여야 한다.

3.2.2 비탈면 안정

- (1) 경사가 급한 위치에 놓이는 교대의 기초터파기에 있어서는 시공 중이나 교량구조체 완성 후 비탈면 안정에 대한 검토를 하여야 한다.
- (2) 비탈면에 놓이는 교대의 기초터파기 부분을 되메우기는 원래 상태의 비탈면이 형성되도록 복구한 후 식재정비를 하여 녹지축을 복원하여야 한다.

3.3 지지층 검사

- 3.3.1 기초바닥면의 실제조건과 지반조사 자료를 비교·검토하고 감독자의 검사를 받아야 한다.

- 3.3.2 지지층의 안전성은 평판재하시험(KS F 2444) 결과에 기초의 크기효과(size effect)를 고려하여 확인하여야 한다.

3.3.3 지지층 검사가 끝나면 즉시 고르기(lean) 콘크리트를 칠 수 있도록 준비하여야 한다.

3.4 시공기록

기초공의 시공에 관한 전반적 기록은 다음사항이 포함되어야 한다.

3.4.1 공사명, 공사개소, 사업주체, 시공자, 시행공정

3.4.2 완성된 기초공의 제원, 배치도, 구조도, 지반의 개요

3.4.3 임시시설비의 배치와 능력, 시공방법, 기계기구

3.4.4 각종 조사 및 시험성과

3.4.5 환경대책 및 안전대책

3.4.6 시공중에 발생한 특수상황과 그 대책

3.4.7 각 공정의 시공기록, 사진 등

4-4 기성말뚝기초

1. 일반사항

1.1 적용범위

- 1.1.1 이 절은 말뚝 기초공사를 수행함에 있어 시험말뚝을 포함한 모든 말뚝의 박기, 말뚝의 이음 및 품질관리사항, 운반 및 저장관리, 그리고 이들 사항들을 행하는데 필요한 부속자재와 장비의 공급을 포함한다.

1.2 관련 시방서 및 기준

- 1.2.1 토목공사 표준일반시방서
1.2.2 이 시방서 2-4절
1.2.3 도로교 설계기준
1.2.4 구조물기초 설계기준

1.3 참조규격

- 1.3.1 한국산업표준
- | | |
|------------------|--|
| KS A 9001 ~ 9003 | 품질시스템 - 설계, 개발, 생산, 설치 및 부가 서비스에 대한 품질 보증 모델 |
| KS B 0885 | 수동 용접기술검정에 있어서의 시험방법 및 판정기준 |
| KS B 0896 | 강용접부의 초음파 탐상 시험 방법 |
| KSCIEC 60245-6 | 정격전압 450/750V 이하 고무절연 케이블 제6부 : 아크용접용 케이블 |
| KS C 9602 | 교류아크 용접기 |
| KS C 9607 | 용접봉 홀더 |
| KS D 0272 | 용접부의 방사선 투과시험을 위한 시험방법 및 판정기준 |
| KS D 3503 | 일반 구조용 압연 강재 |
| KS D 3504 | 철근콘크리트용 봉강 |
| KS D 3508 | 피복 아크 용접봉 심선재 |

KS D 3515	용접구조용 압연강재
KS D 3566	일반구조용 탄소강관
KS D 7004	연강용 피복 아크 용접봉
KS F 2445	축하중에 의한 말뚝 침하 측정방법
KS F 4201	철근콘크리트 널말뚝
KS F 4208	콘크리트 널말뚝
KS F 4301	원심력 철근콘크리트 말뚝
KS F 4303	프리텐션 방식 원심력 PC 말뚝
KS F 4306	프리텐션 방식 원심력 고강도 콘크리트 말뚝
KS F 4307	프리텐션 방식 진동 PC 말뚝
KS F 4602	강관 말뚝
KS F 4603	H형강 말뚝
KS F 4604	열간 압연강 널말뚝
KS F 4605	강관 시트파일
KS F 7001	원심력 콘크리트 말뚝의 시공표준

1.4 제출자료

1.4.1 시공계획서

시공에 관한 계획서를 공사착공 전에 작성해야 하며, 시공조건에 변경이 있을 때는 즉시 수정계획서를 작성하여야 한다.

시공계획서의 주된 내용은 다음과 같다.

(1) 인원조직표

각종 작업에 종사할 주된 인원의 조직표로서 관련법규상 의무화되어 있는 담당자의 명단도 포함되어야 한다.

(2) 공정표

기초공에 대한 시공공정 및 임시설비를 포함한 공사전체의 공정, 또 몇기의 기초를 시공할 경우에는 착수순서를 기입한 평면도 등도 첨부한다.

(3) 시공방법

임시설비, 본체공과 아울러 기본적인 계획내용을 명기한다.

(4) 공사용 기계 기구 및 임시설비

사용 예정된 기계 기구라든지 임시설비에 관하여 계획 내용이나 그 배치를 명기한다.

(5) 품질관리 및 검사방법

본체뿐만 아니라 임시설비의 주요부분까지도 품질관리의 대상부위, 검사방법, 검사횟수 등을 포함한 계획 내용을 작성한다.

(6) 재하능력 확인방법

본체 및 임시설비의 주요부분에 대하여, 설계하중에 대한 재하능력 확보여부를 확인할 수 있는 직접 또는 간접방법을 수립한다.

(7) 시공기록의 방법

시공기록은 작업일 마다의 기록 외에, 개개의 기초 시공상황이 전체가 쉽게 이해될 수 있도록 되어야 한다.

(8) 환경의 보존대책

기초공의 시공에 따른 환경보전에 관해서는, 시공지점의 제조건을 충분히 고려하고 주변환경의 변화에 관하여 검토하여 그 대책을 세워 놓아야 한다.

(9) 안전대책

시공시의 안전확보에 대하여는 시공지점의 제조건을 충분히 고려하여 안전대책을 세워야 한다.

1.4.2 공사보고서

공사계획 및 진도, 현장작업원 목록, 자재반입, 지시사항 협의 및 조정내용, 박기장비 투입현황 등을 기재한 공사보고서를 작성한다.

1.4.3 일일 작업보고서(박기작업 기록)

시험말뚝을 포함한 모든 말뚝에 대한 일일보고서를 작성한다.

1.4.4 말뚝위치도

말뚝이 시공된 1주일 내에 말뚝설치 위치도를 작성한다. 도면은 설계된 위치와 실제 박힌 위치가 표시되어 두 위치의 오차도 포함되어야 한다.

1.4.5 말뚝 재하시험 계획서

시험 1주일 전에 시험말뚝 박기 및 본말뚝 박기에 대한 재하시험 계획서를 작성하여야 한다. 여기에는 시험자 및 검토자의 분야 및 자격기준, 독립된 시험기관에 의해 검증된 유압장치, 하중계 및 변위측정기 등의 검증서(2년 내)를 포함한다.

1.4.6 말뚝 박기장비의 운용계획

말뚝 박기가 시작되기 적어도 1주일 전에 감독자에게 해머와 크레인 등이 포함된 모든 말뚝 박기장비의 상세와 운용계획서를 제출하여 승인을 받아야 한다.

1.4.7 파동이론분석결과

공사착수 전에 공사에 투입예정인 모든 말뚝 박기장비를 대상으로 하여 파동이론분석 결과를 작성하여 감독자의 승인을 받아야 한다.

2. 재료

2.1 H형강말뚝

KS F 4603 H형강 말뚝의 요건에 적합하여야 한다.

2.2 강관말뚝

2.2.1 강관

KS F 4602 및 KS D 3566 강관말뚝의 요건에 적합하고, 명시된 지름과 두께를 가진 것이라야 한다.

2.2.2 철근

이 시방서 「3-3 철근공」의 해당요건에 따른다.

2.2.3 채움콘크리트

이 시방서 「3-2 일반콘크리트」의 해당요건에 따른다.

2.3 PS콘크리트말뚝

KS F 4303, KS F 4306 및 KS F 4307 등의 요건에 합치하고, 토목공사 표준일반시방서 04410의 해당요건에 따른다.

3. 시공

3.1 시공일반

3.1.1 공법적용

기성말뚝기초의 시공은 항타말뚝공법, 내부굴착말뚝공법 및 선굴착공법에 의하는 것으로 하였으나, 작업요인이나 환경조건으로 인하여 다른 공법을 채용 할 경우 그 내용을 충분히 검토한 후 신중히 시공하여야 한다.

3.1.2 시공기계 기구의 선정

- (1) 시공기계 기구의 선정에 있어서는 말뚝의 제원, 하중조건, 작업지점의 환경, 지반의 상태, 작업의 안전성 등에 대하여 충분히 검토해야 하며, 설계도서에 표시된 치수와 기능을 만족하도록 하여야 한다.
- (2) 말뚝박기 장비는 실 시공에 앞서 동재하시험기를 사용하여 시험시공을 실시하여 말뚝에 걸리는 응력 및 에너지 측정, 지지력 확인을 거친 후 최종적으로 해머를 승인하여야 한다.

3.1.3 시험말뚝

(1) 관련시방서

토목공사 표준일반시방서 03110에 따른다.

- (2) 시공성이나 시공시의 소음 및 진동영향, 말뚝 설치 종료조건 등을 파악하고 시공관리 에 필요한 자료를 얻기 위하여 공사착수 전에 시험말뚝을 시공하여야 한다. 다만 시공 지점에서의 말뚝의 시공성이 충분히 파악되어 있는 경우에는 시험말뚝을 생략할 수 있다.

3.1.4 운반, 저장 및 검사

- (1) 말뚝의 운반, 쌓기, 저장 등 말뚝의 취급에 있어서는 손상 방지에 유의하여야 한다.
- (2) 말뚝의 현장 반입시에는 말뚝의 외관, 형상, 치수 등에 대하여 KS F 4301, KS F 4303, KS F 4306, KS F 4602, KS F 4603에 따라 검사하여야 한다.

3.1.5 안전관리

- (1) 안전시공을 위하여는 관련법규를 준수하여야 한다.
- (2) 임시설비의 중요성과 안전성은 본구조체와 동등하게 해야 하므로 현장여건의 변화로 임시설비를 변경할 시에는 본구조체 변경과 같은 절차로 안전검토를 하여야 한다.
- (3) 기초공의 시공은 지하 또는 수면하에서 행해지는 특수성이 있으므로 시공법을 충분히 이해하여 안전성이 확보되도록 하여야 한다.

3.1.6 재하능력 확인

시공과정 중간에 나타나는 토성 및 계측자료 또는 실제 재하시험을 통해 해당 기초공과 주요 임시설비의 능력을 반드시 확인하여야 한다.

3.1.7 계측관리

시공 중에는 소음, 진동측정과 지하수위, 수질 및 지반침하, 구조물의 변위 등의 계측이라든지 인접구조물의 거동에 관한 관측을 하는 등 주변에 미치는 환경 변화에 관하여 필요에 따라 조사를 실시하여야 한다.

3.2 말뚝 작업

3.2.1 시공준비

말뚝의 시공에 앞서 설계도서 및 시공계획서에 표시된 내용에 따라서 다음 사항의 준비작업을 하여야 한다.

(1) 작업지반

사용되는 말뚝박기 기계의 접지압에 충분히 견딜 수 있도록 미리 원지반의 정비를 해 두어야 한다. 원지반이 연약하거나, 수상작업일 경우에는 안전성을 위한 특별한 대책이 강구하여야 한다.

(2) 말뚝 임시쌓기

현장에서 말뚝을 임시로 쌓아 두는 경우에는 말뚝에 유해한 변형을 주지 않도록 해야 하며 또한, 원지반의 지지력이나 주변의 상황을 고려하여 쌓는 높이를 결정하여야 한다.

(3) 측량

말뚝의 중심위치와 말뚝머리의 높이를 측정하기 위한 기준틀 설치는 현장상황에 의해 변위가 발생되지 않도록 견고하게 설치하여야 한다.

(4) 기계 기구의 점검, 정비

기계 기구 및 부속설비는 작업을 개시하기 전에 취급설명서에 따라서 점검·정비하여 기계가 그 기능을 충분히 발휘할 수 있게 한다.

(5) 장애물 제거

지중장애물은 제거해야 하고, 영향범위에 있는 지하매설물은 보호 또는 이설하여야 한다.

3.2.2 말뚝세우기

말뚝은 설계도서 및 시공계획서에 따라 정확하고 안전하게 세워야 한다.

- (1) 시공기계는 말뚝이 소정의 위치에 정확하게 설치될 수 있도록 견고한 지반위의 정확한 위치에 설치하여야 한다.
- (2) 말뚝을 정확하고도 안전하게 세우기 위해서는 정확한 기준틀을 설치하고 중심선 표시를 용이하게 해야 하며, 말뚝을 세운 후 검측은 직교하는 2방향으로부터 하여야 한다.
- (3) 말뚝의 연직도나 경사도는 1/100 이내로 하고, 말뚝박기후 평면상의 위치가 설계도면의 위치로부터 $D/4$ (D 는 말뚝의 바깥지름)와 100 mm 중 큰 값 이상으로 벗어나지 않아야 한다.

3.2.3 현장용접 이음

- (1) 말뚝의 현장이음은 아크용접 이음으로 하고 용접시는 수동용접기 또는 반자동 용접기를 사용한다.
- (2) 현장용접에 있어서는 지식과 경험이 있는 용접시공 관리기술자를 상주시켜야 하며, 용접 시공관리기술자는 양호한 용접이 이루어지도록 관리, 지도, 검사하여야 한다.
- (3) 이음부의 허용오차 등은 KS F 4602 강관말뚝에 준해야 하며 상·하 말뚝의 축선은 동일한 직선상에 위치하도록 조합시켜야 한다.
- (4) 용접 완료후 설계도서에 표시된 방법 각각에 대하여 지정된 개소에 대한 검사를 해야 한다. 말뚝연결 용접부위 25개소마다 1회 이상 비파괴검사를 KS B 0896의 각 용접부의 초음파 탐상 시험 방법에 의하여 중급기술자 이상의 자격을 갖춘자가 시행한다.
- (5) 말뚝의 현장용접 이음에 있어서는 용접조건, 용접작업, 검사결과 등을 기록하여야 한다.

3.2.4 말뚝머리 정리

- (1) 말뚝박기가 완료되면 설계도면에 따라 말뚝머리를 정리하여야 한다.
- (2) 말뚝머리 정리시 말뚝본체를 손상시키지 않도록 하여야 한다.
- (3) 강관말뚝의 경우 절단하여 발생하는 스크랩(scrap)은 깨끗이 절단하여 지정장소에 운반 정리하여야 한다. 이 경우 말뚝 잔여길이가 5 m 이상일 경우에는 이를 가공하여 말뚝이음시 재사용 할 수 있다.

3.2.5 시공기록

시공에 있어서 각 말뚝에 대하여 각 작업단계마다 일정 양식에 따라 기록을 하여야 한다.

3.3 향타말뚝

3.3.1 말뚝박기

- (1) 말뚝박기 순서는 공정, 지반조건, 말뚝형상 및 배치, 시공방법과 시공기계, 주변상황 등을 종합적으로 고려하여 정하여야 한다.
- (2) 경사말뚝의 박기는 말뚝이 어그러지거나 말뚝 본체의 손상이 없도록 해야 하고, 기계의 중심(重心)이동으로 인한 문제 등에 대해 충분히 검토 후 수행하여야 한다.

3.3.2 말뚝박기 종료

- (1) 설계도상의 말뚝박힘 깊이는 조사지점의 주상도에 의해 추정된 것으로 실제 말뚝박기에서는 차이가 있을 수 있으므로 시공자료 또는 시험말뚝 결과에서 확인된 자료에 따라 재 산정하여야 한다.
- (2) 말뚝종류에 따른 제한 총 타격 횟수 및 박기 종료시의 1타격 당 박힘량은 말뚝과 해머의 손상이 없는 범위에서 설정되어야 한다.
- (3) 동적 공식에 의한 축방향 지지력 추정은 공식의 신뢰도를 확인한 후 시공관리용 목적으로만 사용하여야 한다.
- (4) 지지층에 기복이 있어 목표깊이까지 도달해도 정해진 지지력이 얻어지지 않거나 목표 깊이에 도달하기 전에 박기가 곤란하게 되는 경우는 설계조건 및 시공조건을 충분히 검토하여 대처하여야 한다.

3.4 내부굴착말뚝

3.4.1 굴착 및 침설

말뚝 중공내부를 굴착하면서 말뚝을 침설함에 있어서는 토질성상의 변화나 말뚝의 침설상황을 충분히 관찰하여 말뚝선단부 및 말뚝둘레의 지반이 교란되지 않도록 해야 하며 소정의 깊이까지 침설하여야 한다.

3.4.2 굴착토사의 처리

굴착방법에 따라서는 니수를 사용하는 일이 있으므로 배출토사가 제3자 또는 환경오염의 원인이 되지 않도록 조치를 해야 하고, 폐기장소 등에 대해서도 사전에 검토하여 배출토사로 인한 문제가 발생되지 않도록 하여야 한다.

3.4.3 선단처리

말뚝선단이 소정의 깊이에 도달하면 설계도서에 표시된 방법으로 확실하게 선단처리를 하여야 한다.

3.5 선굴착말뚝

3.5.1 굴착

말뚝삽입용 굴착공의 직경은 말뚝직경보다 100 mm 이상 크게 하고, 수직이 되도록 하여야 하며, 굴착시 공벽의 붕괴 우려가 있거나 붕괴되는 토질에서는 케이싱을 사용한다. 최종 굴착깊이는 소요지지력을 만족할 수 있도록 결정하되, 이 깊이는 시험시공 자료를 바탕으로 확인된 것이어야 한다.

3.5.2 굴착토사의 처리

- (1) 굴착후 배토된 흙은 즉시 제거함으로서 공벽에 유입되는 것을 막고 다음 굴착시 말뚝 위치를 명확히 확인 가능하도록 하며 경타기록시 장애가 되지 않도록 한다.
- (2) 굴착방법에 따라서는 니수를 사용하는 일이 있으므로 배출토사가 제 3자 또는 환경오염의 원인이 되지 않도록 조치를 해야 하고, 폐기장소 등에 대해서도 사전에 검토하여 배출토사로 인한 문제가 발생되지 않도록 하여야 한다.

3.5.3 최종 경타

굴착 후 구멍에 안착된 말뚝은 수준기로 수직상태를 확인한 다음 경타용 해머로 두부가 파손되지 않도록 박아서 가능한 말뚝선단이 천공깊이 이상 도달되도록 한다. 이것이 만족스럽지 못할 경우는 시멘트풀의 배합을 부배합으로 하는 방안을 강구한다. 이와 같은 상황의 판단은 시험확인을 통해 결정하도록 한다. 말뚝선단이 소정의 깊이에 도달하면 설계도서에 표시된 방법으로 확실하게 선단처리를 하여야 한다.

3.6 시공기록

이 시방서 「4-3 직접기초」의 해당요건에 따른다.

3.7 재하시험

- (1) 말뚝재하시험에는 압축시험, 인발시험 및 횡방향 재하시험이 있다.
- (2) 말뚝재하시험을 실시하는 방법으로는 정재하시험 방법과 동재하시험 방법이 있다.
- (3) 말뚝재하시험을 실시하는 목적은 말뚝의 지지력 및 변위량, 건전도, 시공방법 및 시공 장비의 적합성, 부주면 마찰력, 하중전이 특성 등을 전부 또는 필요에 따라 부분적으로 파악하기 위한 것이다.
- (4) 말뚝재하시험은 시험이 목적에 따라 시험횟수, 시험방법, 시험실시 시기 등을 충분히

검토하여 계획하여야 한다. 이에 대한 상세는 구조물기초 설계기준(2009)의 해당요건에 따른다.

4-5 현장타설 콘크리트말뚝기초

1. 일반사항

1.1 적용범위

- 1.1.1 지반에 구멍을 뚫고 그 구멍 속에 철근 및 콘크리트를 넣어 지중에서 양생 제작하는 말뚝으로 시공법에 따라 올케이싱공법(all casing method)과 RCD공법(reverse circulation drill method), 어스드릴공법(earth drill method)을 기본으로 한다.
- 1.1.2 소음 및 진동 문제로 인해 항타말뚝으로 시공하기 어렵거나 상부구조물의 대형화에 따라 대구경 또는 대심도 말뚝이 필요할 때 채택한다.
- 1.1.3 현장타설 콘크리트말뚝은 그 시공법이 다양하고 각 공법마다 특허로 되어 있는 경우가 많고, 명칭도 다양하여 실제 현장에 적용함에 있어서는 적합한 공법인지 신중히 검토하여야 한다.

1.2 관련 시방서 및 기준

- 1.2.1 토목공사 표준일반시방서
- 1.2.2 이 시방서 3-2절 및 3-3절
- 1.2.3 도로교 설계기준
- 1.2.4 구조물기초 설계기준

1.3 참조규격

- 1.3.1 한국산업표준(KS)

1.4 제출자료

- 1.4.1 시공계획서
이 시방서 「4-4 기성말뚝기초」의 해당요건에 따른다.

1.4.2 공사보고서

공사계획 및 진도, 현장작업원 목록, 자재반입, 지시사항 협의 및 조정내용, 소요장비의 투입현황 등을 기재한 공사보고서를 작성한다.

2. 재료

2.1 콘크리트 재료 및 배합

2.1.1 이 시방서 「3-2 일반콘크리트」의 해당요건에 따른다.

2.1.2 토목공사 표준일반시방서 04320의 해당요건에 따른다.

3. 시공

3.1 시공일반

3.1.1 시공준비

- (1) 관련되는 시공기계의 안전한 설치 및 작업의 안전성 확보를 위해 작업지반을 정비하여야 한다.
- (2) 각 공법마다 본제 점유면적 이외에 크레인차, 굴착토사의 반출차, 트럭믹서의 진입이나 출로의 면적, 케이싱 튜브의 적치장 등의 부지를 확보하여야 한다.
- (3) 현황측량을 실시하여 말뚝의 평면위치와 표고를 명확히 하고 시공 중에 용이하게 검측할 수 있도록 수준점과 점검말뚝을 설치하도록 한다.
- (4) 굴착토의 반출, 안정액 처리설비, 급배수 및 전기설비 등에 대해 충분히 사전에 검토하여야 한다.

3.1.2 시공기계 기구의 선정

시공기계 기구의 선정에 있어서는 말뚝의 제원, 작업지점의 환경, 지반의 상태, 작업의 안전성 등에 대하여 충분한 검토를 하고, 설계도서에 표시된 치수와 기능을 만족하도록 기계 기구를 선정해야 하며, 정비와 점검을 하여 원활한 작업이 연속적으로 유지

되도록 한다. 또한 굴착중 공내수의 관리, 공바닥슬라임, 공내수나 굴착토의 처리 등에 대해서는 말뚝이 갖는 기능이나 시공여건 등을 고려하여 적합한 방법을 선정하여야 한다.

3.1.3 시험말뚝

공사착수 전에 시험말뚝을 시공하는 것을 원칙으로 한다. 다만 시공지점에 대해 말뚝의 시공성이 충분히 파악되어 있는 경우는 시험말뚝의 시공을 생략할 수도 있다. 시험말뚝을 통해 공내수의 비중, 굴착속도, 보일링 및 히빙여부, 용수량, 스탠드파이프의 길이, 슬라임 제거, 굴착깊이 등 본 공사를 위한 자료를 파악하여 활용되도록 한다.

3.2 굴착

3.2.1 공통사항

- (1) 굴착은 항상 연직을 유지하여야 한다.
- (2) 지질에 적합한 속도로 굴착하여야 한다.
- (3) 소정의 깊이까지 확실하게 굴착하여야 한다.
- (4) 인접한 구조물이나 이미 시공 완료된 말뚝에 나쁜 영향이 미치지 않도록 하여야 한다.
- (5) 굴착토사와 공내수는 공사에 나쁜 영향을 미치지 않도록 적절한 방법으로 처리하여야 한다.

3.2.2 올케이싱공법

- (1) 최초에 설치되는 케이싱튜브의 압입방향이 연직도를 결정하는 중요한 요인이 되므로 짧은 것을 사용하지 않아야 한다.
- (2) 중간층이나 지지층 등에서 케이싱튜브의 관입을 용이하게 하기 위하여 먼저 굴착해두는 경우를 제외하고는 해머그라브와 케이싱튜브 날끝은 거의 같은 깊이를 유지하면서 굴착하여야 한다.

3.2.3 RCD 공법 및 어스드릴공법

연직성 유지를 위해 굴착로트 등에 대해 직교 2방향으로 측량을 하며 경연(硬軟)이 있는 지층, 단단한 지층은 굴착속도를 다소 느리게 하며 안정기나 웨이트(weight)의 부착을 고려하여야 한다.

3.3 공벽의 붕괴방지

3.3.1 공통사항

굴착기계의 종류, 지반조건 및 시공내용에 따라 공 전체에 케이싱을 박고 콘크리트를 타설하면서 케이싱을 뽑아내는 올케이싱공법이나, 공속에 니수를 넣어 수압에 의해 공벽을 보호하고 지표면 근처에는 케이싱을 박는 슬러리공법 등으로 공벽의 붕괴를 방지하도록 한다.

3.3.2 올케이싱공법

- (1) 케이싱튜브는 이중관을 사용하도록 하며, 부득이 단일관을 사용하는 경우에는 작업시의 상황에 충분히 견딜 수 있는 안전성과 강성을 갖는 것을 사용하여야 한다.
- (2) 케이싱튜브의 조립은 일반적으로 공저로부터 길이 6 m인 규격품으로 된 것을 잇고 상부에서 짧은 치수의 것을 잇는 것이 원칙이다.
- (3) 지반조사 과정에서 피압수의 존재가 확인되면 이 지반은 굴착도중에 보일링이 발생할 수 있으므로 공속에 물을 넣어 공 밖의 수두와 균형을 이루도록 하여야 한다.
- (4) 지하수위가 공저보다 낮은 경우에는 공벽은 케이싱튜브에 의하여 보호되므로 굴착깊이와 튜브 하단 위치와의 관계를 엄수하면서 굴착하여야 한다.
- (5) 지하수위가 높은 경우에는 그 수위 이상으로 공내수위를 유지하여 보일링 발생을 방지하여야 한다.

3.3.3 RCD 공법

- (1) 스탠드파이프는 유해한 변형이 생기지 않는 강성이 있는 것을 사용하여야 한다.
- (2) 스탠드파이프의 설치시 파이프 주변지반의 교란을 방지하기 위하여 1회의 작업으로 확실하게 완료해야 하며, 지반에 따라서는 설치후의 방치시간이 지수성(止水性) 향상을 위하여 필요한 경우도 있으므로 이에 대해서는 신중한 배려가 있어야 한다.
- (3) 스탠드파이프의 길이는 지반이나 지하수의 상황과 밀접한 관계가 있으므로 시험말뚝의 결과를 참고로 하여 결정하여야 한다.
- (4) 굴착중에는 공내수위를 지하수위보다 높게 유지하여 공벽붕괴 및 보일링 발생을 방지하여야 한다.
- (5) 굴착중 투수에 따른 급격한 공내수위의 저하나, 압력을 동반하는 지하수 공급에 의한 공내수위의 상승 등 수위의 변화에 대응 가능한 설비를 비치하여 적절한 공내수위를 유지하여야 한다.
- (6) 굴착중에는 중간 불투수층을 뚫고 순간적으로 수위가 변동하는 등 긴급한 사태가 발생할 우려가 있는 경우에는 그에 대처할 수 있는 급수설비를 비치하여야 한다.

3.3.4 어스드릴공법

- (1) 이 공법은 안정액 또는 케이싱에 의하여 공벽의 붕괴를 방지하면서 굴착하여야 한다.
- (2) 지표근처에서 붕괴의 위험이 있는 지반에 대해서는 케이싱을 삽입하여야 한다.
- (3) 공벽의 붕괴를 방지하기 위하여 지반에 따른 안정액의 요구조건에 부합하는 품질관리를 해야 하며, 굴착중에 공내수위를 바깥 수위보다 저하시켜서는 안 된다.

3.4 말뚝설치

3.4.1 공바닥 처리

- (1) 공간에 슬라임이 많이 퇴적하면 시공이 완료된 후 말뚝의 선단지지력이 저하되므로 굴착 중에는 슬러리 농도를 잘 관리하여 슬라임이 많이 생기지 않도록 하고 콘크리트를 타설 전에는 슬라임을 제거하여야 한다.
- (2) 1차 슬라임 처리방법은 에어리프트방식, 수중펌프방식과 흡입펌프방식 등이 있으며 현장여건을 고려하여 효과적인 것을 선정하여야 한다.
- (3) 2차 슬라임 처리방법은 철근망을 넣은 후 콘크리트 타설 직전 슬라임을 처리하여야 한다. 이를 수행하는 방법으로는 에어젯 방식 등이 있다.

3.4.2 철근설치

- (1) 철근의 가공 및 조립은 설계도서에 따라야 하며 견고하도록 하여야 한다.
- (2) 철근의 세워넣기 중에는 연직도와 위치를 정확히 유지해야 하고, RCD공법이나 어스드릴공법에서는 공벽에 접촉하여 토사의 붕괴를 일으키지 않도록 주의하여 굴착공 내에 강하시켜야 한다.
- (3) 철근을 세워 넣는 중이나 넣은 후 비틀림, 휨, 좌굴탈락 등을 방지하여야 한다.
- (4) 철근망태의 매달아 넣기는 철물로 철근망태 상단의 조립용 띠철근을 매어 연직성을 유지하면서 흔들리는 것을 방지하여야 한다.
- (5) 철근망태에는 반드시 스페이서를 붙여서 소정의 덮개를 확보하여야 한다. 스페이서는 철근망태 삽입시에 떨어져 나가든가 공벽을 짖는 일이 없는 형상이어야 한다.
- (6) 스페이서는 보통 깊이 방향으로 3 m ~ 5 m 간격, 같은 깊이에 4개 ~ 6개 정도 붙이며 스페이서의 돌출높이 및 공벽 케이싱 내면과의 빈틈은 공벽면의 굴착정밀도와 케이싱을 뽑을 때에 따라오는 것을 방지 할 수 있도록 정하여야 한다.
- (7) 콘크리트 타설 및 케이싱 인발시 철근망태의 부상을 방지하기 위하여 방석철근을 하단 부에 배열하거나 기타방법을 강구해야 한다.

- (8) 해양환경에 설치되는 말뚝의 철근은 KS D 3504에 적합하게 도막된 철근 사용 등으로 부식에 대한 고려가 있어야 한다.

3.4.3 콘크리트타설

- (1) 현장타설 콘크리트말뚝의 콘크리트타설은 수중콘크리트에 의하는 것이 일반적으로 수중에서 콘크리트를 타설하여야 하는 경우에는 승인을 받은 트레미방법으로 연속성 있게 타설하여야 한다.
- (2) 콘크리트의 유출시에 타설면 부근의 레이탄스 및 밀고 올라가는 공바닥 침전물 등의 혼입을 막기 위하여 트레미를 굴착공의 중심에 설치하고 유출단은 콘크리트 속에 항상 2 m 이상 묻혀 있어야 한다.
- (3) 케이싱튜브 하단을 콘크리트타설 면으로부터 올리면 공벽토사가 붕괴되어 콘크리트 속으로 혼입되는 일이 있으므로 케이싱튜브 하단은 콘크리트 상면으로부터 2 m 이상 내려두어야 한다.
- (4) 콘크리트 타설량 및 타설높이는 항상 정확히 계측하여야 한다.
- (5) 말뚝머리에 대해서는 콘크리트의 품질이 저하된 부분을 예측하여 여유 있게 타설하고, 굳은 후에 설계높이까지 깨내야 한다.
- (6) 타설한 콘크리트의 양생에 주의하고 해로운 영향이 주어지지 않도록 하여야 한다.
- (7) 콘크리트의 수화열이 문제가 될만한 지름의 말뚝에 대해서는 수화열 검토를 할 필요가 있다.

3.4.4 품질검사

현장타설 콘크리트말뚝기초는 물이 있는 지중에서 시행되는 것이 일반적이므로 시공 완료 후 품질에 대한 검사가 필요하며, 검사방법은 다음 중에서 필요에 따라 일부 또는 전부를 실시하여야 한다.

- (1) 시편채취에 의한 직접검사 방법
- (2) 초음파 탐사에 의한 간접검사 방법
- (3) 탄성과 탐사에 의한 간접검사 방법
- (4) 말뚝재하시험에 의한 방법
- (5) 기타 지내력 확인시험 방법

3.5 재하시험

- (1) 말뚝재하시험에는 압축시험, 인발시험 및 횡방향 재하시험이 있다.

- (2) 말뚝재하시험을 실시하는 방법으로는 정재하시험 방법과 동재하시험 방법이 있다.
- (3) 말뚝재하시험을 실시하는 목적은 말뚝의 지지력 및 변위량, 건전도, 시공방법 및 시공 장비의 적합성, 부주면 마찰력, 하중전이 특성 등을 전부 또는 필요에 따라 부분적으로 파악하기 위한 것이다.
- (4) 말뚝재하시험은 시험이 목적에 따라 시험횟수, 시험방법, 시험실시 시기 등을 충분히 검토하여 계획하여야 한다. 이에 대한 상세는 구조물기초 설계기준(2009)의 해당요건에 따른다.

4-6 케이슨기초

1. 일반사항

1.1 적용범위

- 1.1.1 케이슨기초는 공기케이슨(pneumatic caisson)과 오픈케이슨(open caisson)으로 대별되는데 도로교의 기초로서 일반적으로 사용되고 있는 이 2종의 케이슨에 대하여 규정한다.
- 1.1.2 공기케이슨 기초공법은 지상작업과 함께 압축공기 상태에 있는 작업실내에서 건조(dry) 상태로 굴착을 하며, 오픈케이슨 공법은 지상에서 수중굴착을 주 작업으로 하는 것으로 이 두 공법 모두 공중은 본체의 구축, 굴착 침설의 반복작업으로 동일하다.

1.2 관련 시방서 및 기준

- 1.2.1 토목공사 표준일반시방서
- 1.2.2 이 시방서 3-2절 및 3-3절
- 1.2.3 도로교 설계기준
- 1.2.4 구조물기초 설계기준

1.3 참조규격

- 1.3.1 한국산업표준(KS)

1.4 제출자료

- 1.4.1 시공계획서
이 시방서 「4-4 기성말뚝기초」의 해당요건에 따른다.

1.4.2 공사보고서

이 시방서 「4-5 현장타설 콘크리트말뚝기초」의 해당요건에 따른다.

2. 재료

2.1 콘크리트 재료 및 배합

2.1.1 이 시방서 「3-2 일반콘크리트」의 해당요건에 따른다.

2.1.2 토목공사 표준일반시방서 04320의 해당요건에 따른다.

2.2 철근

2.2.1 이 시방서 「3-3 철근공」의 해당요건에 따른다.

2.3 강판재와 용접

토목공사 표준일반시방서 05110의 2.1 및 05210의 2.1에 따른다.

3. 시공

3.1 시공일반

3.1.1 시공준비 및 자료검토

케이스의 시공계획 수립에 있어 다음에 열거한 자료를 조사·수집하고, 면밀히 검토하여 최적의 공사가 되도록 하여야 한다.

- (1) 공사내용 및 현장의 개황
- (2) 설계 및 시공자료
- (3) 자연조건 : 지층구조, 지하수, 기상, 홍수위, 설치 위치의 수심, 조류 하상재료
- (4) 현장설비 및 준비자료 : 공사용지(工事用地), 공사용 자재, 운반관계

- (5) 공사비 분석자료, 기계기구, 전력, 전력설비
- (6) 시험케이슨 제작 및 시험 침하계획

3.1.2 시공기계 기구의 선정

본체의 구축, 굴착, 침설 중 굴착과 침설에 대해서는 특수한 기계 기구를 필요로 한다. 따라서 시공기계 기구선정에 있어서는 케이슨 기초의 제원, 시공기수(基數)와 그 배치, 지반의 상태, 공사기간, 작업지점의 환경, 작업의 안전성 등 시공에 관한 제조건을 충분히 검토하고, 설계도서상의 치수와 기능을 만족할 수 있도록 하여야 한다.

3.2 공기케이슨 공법

3.2.1 시공장비

- (1) 본체의 구축, 굴착, 침설 등 기본 작업 중, 지상작업에 더하여 압축공기 상태에 있는 작업실 내 건조상태에서 굴착을 원칙으로 한다. 따라서 본 공법에서는 송기(送氣), 의장(艤裝), 굴착 및 통신수단 등의 설비가 주된 대상이 된다.
- (2) 시공을 위한 일반적인 장비로는 안전용 설비, 시공관리용 설비, 작업대, 운반설비, 콘크리트타설 장비, 동력설비, 조명 및 급수시설, 굴착 및 침설설비, 송기설비, 의장설비 등이 있으나 시공규모나 현장여건에 따라 제외되거나 다른 특수한 장비가 추가될 수 있다.

3.2.2 주요 임시설비 계획

케이슨의 임시설비는 시공계획서에 의거 확실하게 설치할 것이며, 시공 중에는 항상 점검과 보수를 시행하여, 안전시공에 만전을 기하여야 한다. 더욱이 케이슨 공법은 신속한 시공을 요하고 작업상 상당한 위험이 따르므로 현장설비의 용량 및 안전도에 있어 충분한 여유를 확보하여야 한다.

(1) 가교 및 작업대

하천 양안을 연결하는 접근로 및 작업대는 그 구조형상, 제원 및 재질 등에 대하여는 공사기간 중 예상할 수 있는 각종 하중 및 외력에 대하여 충분히 안전하도록 계획하여야 하며 사전에 감독자의 승인을 얻어야 한다.

(2) 콘크리트설비

케이슨의 침설작업은 통상 주야로 계속되므로 콘크리트 작업도 이와 병행하여 시행될 수 있도록 콘크리트의 생산, 운반 및 타설장비를 준비하여야 한다. 콘크리트의 품질, 운반, 타설 등은 콘크리트 표준시방서에 따른다.

(3) 전력, 조명, 급수설비

(4) 송기설비

송기설비는 공기압축기, 공기냉각장치, 공기청정장치, 공기조 및 송기 본관으로 구성된다.

(5) 굴착설비

굴착설비는 일반적으로 크레인을 설치하고 있으며 크레인은 굴착작업 뿐만 아니라 의장, 콘크리트타설, 거푸집제거, 기타 재료의 운반 등 여러 용도로 사용되기 때문에 굴착작업에 지장이 없도록 계획하여야 한다.

(6) 구급, 보안설비

실내압(100 kN/m^2)이상의 공기케이슨을 시공하는 공사장에서는 필히 호스피탈 록크(hospital lock)를 설치하되 케이슨의 크기나 수효에 따라 1기 이상을 설치하여야 한다. 호스피탈 록크의 조작은 고압작업 안전규칙에 의하여야만 한다.

3.2.3 케이슨거치

(1) 케이슨의 거치는 본체, 거푸집, 동바리 등의 중량을 충분히 지지할 수 있고, 초기의 침설이 안전하게 이루어질 수 있는 지반에서 행하여져야 한다.

(2) 케이슨거치는 육상공법, 축도공법, 수중공법 등이 있는데 시공조건, 수심 및 콘크리트 중량 등을 검토한 후 적절한 공법을 선정하도록 한다.

3.2.4 날끝

(1) 케이슨의 날끝(shoe)은 설계도 및 시공계획서에 따라 정확히 시공하여야 한다.

(2) 날끝 쇠붙이의 제작은 이 시방서 제2장 강교에 따른다.

(3) 날끝 쇠붙이를 현장용접 할 때에는 변형이 가급적 작은 용접방법을 채택하여야 한다.

(4) 날끝이 놓이게 될 지반은 사전에 측량을 실시하고, 굴착이나 고르기 등을 완료한 후 감독자의 검측을 받아야 한다.

3.2.5 동바리

(1) 동바리의 구조는 날끝 및 작업실 천정슬래브를 구축할 때의 전 하중에 대하여 충분히 견고한 것이어야 한다.

(2) 동바리를 거치하는 지반은 동바리, 날끝 및 작업실 천정슬래브 등의 자중에 대하여 안전하게 지지 할 수 있도록 지반의 지지력이 확보되어야 한다.

(3) 동바리 해체에 있어서는 콘크리트의 강도를 검토하여 구조물에 악영향을 미치지 않도록 주의하여야 한다. 동바리를 해체해도 좋은 시기의 콘크리트 압축강도와 콘크리트 타설 후 동바리 존치 기간 등은 콘크리트 표준시방서 규정에 따른다.

3.2.6 본체의 제작

케이슨 본체의 제작은 작업실, 본체 및 구체와의 접속부 등으로서, 의장 및 가설 작업과의 조합으로 이루어지는데, 전 공정을 통하여 안전하면서도 원활한 시공이 가능하도록 계획되어야 한다. 철근콘크리트에 의한 본체 제작의 경우 주요공종은 거푸집의 조립, 철근의 가공이나 조립, 그리고 콘크리트의 타설 및 양생 등으로 이들 작업은 콘크리트 표준시방서 규정에 따른다.

3.2.7 의장

공기케이슨 공법에 있어서 케이슨을 지하수위까지 침설한 후 그 이하의 굴착 및 침설에 필요한 일체의 장치를 설치하는 것을 의장(艤裝)이라 하며 록크, 샤프트, 송기관, 배기관, 배선관 등의 모든 설비는 설계도서에 의거 정확하게 설치되어야 하며, 일상 정비점검을 하도록 한다. 또한, 의장의 철거는 시공계획서에 의거 확실하게 시행되어야 한다.

3.2.8 굴착 및 침설

- (1) 굴착은 시공 상황, 지질의 상태 등에 따라 침하관계도를 적절히 수정해 가면서 행하고, 케이슨 경사, 이동 및 회전에 주의함과 동시에 급격한 침하를 피하여야 한다.
- (2) 발파에 의한 암반 절취시에는 안전대책이 강구되어야 하고 케이슨에 손상이 가지 않도록 하여야 한다.
- (3) 침설은 케이슨 자중, 적재하중, 마찰저항의 감소 등에 의해 행해지는 것을 원칙으로 한다. 부득이 감압(減壓)침하를 병용할 경우에는, 케이슨 본체의 안정성과 작업원의 대피를 확인하고, 재차 인접구조물에 미칠 영향 등을 충분히 검토하여야 한다.
- (4) 침설 중 극심한 편심 및 경사가 발생한 경우에는 속히 그 원인을 조사하여 감독자에게 보고하고 그 대책을 협의한 후 시공하여야 한다.
- (5) 공기케이슨 침설 도중, 유해가스의 발생이나 산소결핍에 의한 재해를 막기 위하여 항상 가스검사를 실시하고, 유해가스 발생 및 산소결핍의 우려가 있는 경우에는 환기 등 기타 적절한 조치를 강구하여야 한다.
- (6) 침설 도중, 굴착토사와 토질주상도를 비교하면서 지질을 확인해야 하며, 설계깊이에 도달하였을 때에는 감독자의 입회하에 지지층을 확인하여야 한다.

3.2.9 마찰력의 감소

케이슨 침설시 침하에 대한 저항이 클 것으로 예상되는 경우 본체 외벽면과 지반사이의 마찰력 감소의 방법으로 가장 일반적인 것은 케이슨 날끝부에 설치되는 50 mm ~ 100 mm의 마찰끊기(friction cut)이며 케이슨의 형상, 치수 및 토질의 성질에 따라

다른 방법을 병용하여 원활한 침하를 도모하는 방안을 공사착수 전에 검토할 필요가 있다.

3.2.10 기초지지력 및 변형특성의 평가

공기케이스가 소정의 깊이에 도달하게 되면 지반의 지지력과 지반반력계수를 확인하기 위하여 작업실 천정슬래브를 이용하여 평판재하시험을 실시하여야 한다. 재하시험의 방법은 케이스 작업실내라는 환경을 고려하여, 다(多)사이클 방식에 의한 급속재하시험을 원칙으로 한다. 지반공학적 측면에서 평판재하시험외에 공내재하시험에 의한 평가도 가능하다.

3.2.11 속채움 콘크리트타설

속채움 콘크리트(sealing concrete)의 시공에 있어서는 먼저 케이스 바닥면에 돌출한 부분을 다듬어 고르고, 굴착시 이완되어 있는 토사나 암버력을 완전히 제거하고 작업실내를 청소한 다음, 실내의 기압을 관리해 가면서 작업에 적당한 워커빌리티의 콘크리트를 사용하여 실내를 충전하여야 한다.

3.2.12 상부슬래브

케이스의 상부슬래브는 작용하는 하중이 케이스 본체에 확실히 전달될 수 있도록 시공하여야 한다.

3.2.13 가설토류벽 및 차수벽

- (1) 가설토류벽 및 차수벽은 소요의 차수성을 가짐과 동시에 케이스 침설중의 토압과 수압 등 외력에 대하여 변형되거나 파손되지 않는 견고한 구조이어야 한다.
- (2) 구조물이 완료된 후 가설구조물이 본 구조물의 안전이나 주변환경에 영향을 미칠 수 있는 경우에는 가설구조물을 반드시 철거하여야 한다.

3.2.14 시공기록

- (1) 이 시방서 「4-3 직접기초」의 3.4를 참조하여 작성하도록 한다.
- (2) 공사기간중의 공사현황을 각 단계별로 사진 또는 비디오 촬영으로 기록을 남기고, 후일의 증거 또는 참고자료로 보관하여야 한다.
- (3) 케이스기초의 시공완료 후 설치된 상태의 위치, 경사 및 제치수를 실측하고 철근배근이나 철제류 등의 제작도, 설치도 등을 표기한 준공도면을 작성하여야 한다. 이 외에 공사단계별로 채택된 단계별 시공도, 각종 가시설의 시공도도 기록으로 보관하여야 한다.
- (4) 품질관리 계획 및 이행성과 또는 성적서는 공종별로 분류, 유지하여야 한다.

3.3 오픈케이슨 공법

3.3.1 공법적용

오픈케이슨은 연약한 점토, 실트, 모래 또는 자갈층 등 어느 지반에서나 그 내부로부터 흙을 퍼 올림으로써 침설시킬 수 있으나 전석이나 호박돌이 섞인 지층에는 부적당하다. 또 지지암반이 경사져 있든가 불규칙한 경우에는 케이슨이 암반에 도달한 후에 기울어질 우려가 있으므로 오픈케이슨 공법적용에 있어서는 침설에 특히 유의하여야 한다.

3.3.2 주요 임시설비 계획

이 시방서 「4-6 케이슨기초」의 3.2.2에 따른다.

3.3.3 케이슨거치

- (1) 오픈케이슨 공법의 경우는 케이슨 침설을 개시하면 공기케이슨과는 달리 작업기압에 의한 양압력이 없기 때문에 급격한 침하나 경사가 발생할 우려가 있다. 따라서 이에 대한 사전 예방대책을 마련하여야 한다.
- (2) 기초의 침하작업 중 필요한 경우에 잠수부를 동원하여 받침의 밀착기를 할 수 있다.

3.3.4 날끝

이 시방서 「4-6 케이슨기초」의 3.2.4에 따른다.

3.3.5 본체의 제작

케이슨 본체는 시공상의 모든 조건을 감안하여 그의 치수, 기능을 만족할 수 있도록 시공하여야 한다.

3.3.6 굴착 및 침설

이 시방서 「4-6 케이슨기초」의 3.2.8에 따른다.

3.3.7 마찰력의 감소

이 시방서 「4-6 케이슨기초」의 3.2.9에 따른다.

3.3.8 기초지반 검사

기초지반으로 예상되는 지층은 단단한 토사층 또는 기반암층이다. 따라서 토사층 일 때에는 지지력시험과 세굴에 대한 검토가 시행되어야 하고, 기반암층 일 때에는 다음과 같은 방법에 따라 기초지반의 안정성을 확인하여야 한다.

- (1) 육안관찰에 의한 암반특성 검사
- (2) 시료채취에 의한 암반의 강도측정

- (3) 사진촬영에 의한 간접검사
- (4) 기타방법에 의한 기초바닥면 검사

3.3.9 저면슬래브

- (1) 케이슨 침하 완료 후 날끝 내면이나 칸막이 선단부 등에 부착된 흙을 사수(射水)등을 이용하여 제거하고, 먼저 타설한 바닥 콘크리트사이에 잡물이 혼입되지 않도록 하여야 한다.
- (2) 육상으로 굴착하는 경우를 제외하고, 케이슨 내의 수위에 변동이 없는지를 확인한 후 수중콘크리트를 타설하여야 한다.
- (3) 수중콘크리트는 정수상태에서 타설되어야 한다.
- (4) 콘크리트타설은 재료의 분리를 막기 위하여 트레미 또는 콘크리트펌프를 사용하는 것을 원칙으로 하고 수중콘크리트는 그 상면이 수평이 되도록 유지하면서 소정의 높이에 이를 때까지 반드시 연속적으로 타설하여야 하며, 시멘트 풀의 유출을 방지하기 위해 관의 선단은 늘 콘크리트 내에 관입된 상태로 두어야 한다. 또 콘크리트의 타설 중에는 콘크리트량과 타설 높이를 항상 계측하면서 시공한다.
- (5) 바닥슬래브 콘크리트를 타설한 후 바닥 슬래브의 상면에 철근콘크리트 슬래브를 구축할 목적으로 케이슨내의 담수(湛水)를 배제하는 일이 있는데, 지하수의 양압력에 의한 바닥 슬래브의 파괴나 케이슨 본체의 균열발생 등, 심한 경우는 기초의 목적을 벗어나는 결과를 초래할 수도 있으므로 케이슨내의 담수를 배제할 때에는 신중하게 검토하여야 한다.

3.3.10 상부슬래브

이 시방서 「4-6 케이슨기초」의 3.2.12에 따른다.

3.3.11 가설토류벽 및 차수벽

이 시방서 「4-6 케이슨기초」의 3.2.13에 따른다.

3.3.12 시공기록

이 시방서 「4-6 케이슨기초」의 3.2.14에 따른다.

4-7 강관 널말뚝기초

1. 일반사항

1.1 적용범위

- (1) 강관 널말뚝기초의 시공은 원칙적으로 박기공법에 의하는 것으로 한다. 박기공법이외의 공법을 채용하는 경우에는 그 내용을 충분히 이해하여 별도로 검토한 후 시공하여야 한다.
- (2) 강관에 용접으로 이음금속을 붙여 서로 연결하여 널말뚝을 구성하므로써 강 널말뚝의 특징을 갖고 있을 뿐만 아니라 강 널말뚝에 비해 단면계수가 커 수평저항력이 크고, 강관말뚝의 특징인 연직지지력도 크게 받을 수 있다.

1.2 관련 시방서 및 기준

이 시방서 「4-4 기성말뚝기초」의 1.2에 따른다.

1.3 참조규격

1.3.1 한국산업표준

1.4 제출자료

이 시방서 「4-4 기성말뚝기초」의 1.4에 따른다.

2. 재료

이 시방서 「4-4 기성말뚝기초」의 2.1 및 2.2에 따른다.

3. 시공

3.1 시공일반

3.1.1 시공기계 기구의 선정

- (1) 이 시방서 「4-4 기성말뚝기초」의 3.1.2에 따른다.
- (2) 해머의 선정시 박기 중에 강관 널말뚝의 이동이나 회전에 따라 이웃한 강관말뚝 상호 간의 이음관의 영향에 의하여 박힘저항이 커지는 것을 고려하여야 한다.

3.1.2 시험시공

- (1) 강관 널말뚝의 시공에 있어서는 지지층의 확인, 말뚝박기 마감위치의 박힘량, 시공기계의 적부나 시공정도 등 시공관리상 필요한 자료를 얻기 위하여 시험시공을 하는 것을 원칙으로 하며, 설계도서와 상이할 경우에는 감독자의 승인을 받은 후 설계변경을 하여야 한다. 시험시공은 기초마다 최초에 지지층에 이르는 강관 널말뚝으로 실시하는 것으로 하나, 지지층의 상황에 따라서는 기초 1기 마다 몇 개의 시험시공을 하는 것이 좋다. 다만 시공지점에 있어서의 강관 널말뚝의 시공성이 충분히 파악되어 있는 경우는 시험시공을 생략할 수 있다.

3.1.3 운반, 저장 및 검사

- (1) 이 시방서 「4-4 기성말뚝기초」의 3.1.4에 따른다.
- (2) 검사는 KS F 4605에 따른다.

3.2 말뚝작업

3.2.1 유도재의 설치

- (1) 구조물의 안정성에 영향을 주는 박기 정밀도의 확보와 시공성의 향상을 목적으로 박기 방법에 알맞는 형상으로 필요한 강도를 갖는 유도재를 설치하여 시공하는 것으로 한다. 일반적으로 유도재는 정규재로서 유도거푸집과 이를 지지하는 유도말뚝으로 구성된다. 유도재는 H형강 등을 사용하되 강관 널말뚝의 치수, 동바리로서의 강도, 지반의 강도, 유도말뚝의 돌출길이 및 반복사용의 유무 등을 고려하여 그 치수 및 형상을 결정한다.
- (2) 유도재는 설계도서에 표시된 시공법선에 따라 보조말뚝을 2열로 박고(10 m 간격) 보조말뚝 내측에 보조 버팀보를 설치한다. 이 때 보조 버팀보의 내측 간격은 강관 널말뚝을 짝 물린 상태보다 20 mm ~ 50 mm의 여유를 주도록 한다.

- (3) 유도재의 설치 높이는 강관 널말뚝의 타입을 완료했을 때 해머가 유도재에 닿지 않도록 강관 널말뚝의 타입목표 높이보다 300 mm ~ 500 mm 정도 낮게 설치하여야 한다.

3.2.2 말뚝세우기 및 박기 끝마감

- (1) 이 시방서 「4-4 기성말뚝기초」의 3.2.1 및 3.2.2에 따른다.
- (2) 강관 널말뚝의 세우기에는 진동해머 사용을 원칙으로 하고, 세우기에 있어서는 유도 거푸집의 표시위치에 강관 널말뚝을 설치하고 직교하는 2방향으로부터 연직성을 확인하면서 세워 넣고, 수직에 대한 오차는 1/100 ~ 1/200 이내로 한다. 강관 널말뚝을 세워 넣는 위치가 어긋나거나 경사지는 경우에는 강관 널말뚝을 뽑아내어 재차 세워 넣어야 한다.
- (3) 강관 널말뚝은 설계도서 혹은 시험시공의 결과 확인된 박힌 깊이에서 박기 끝마감을 하는 것을 원칙으로 한다.
- (4) 강관 널말뚝의 매기 및 세우기부터 타입 시까지는 제반 안전사항을 고려하여 취급을 신중히 해야 하며, 특히 충돌 및 흔들림이 없도록 하여야 한다.

3.2.3 현장용접 이음

- (1) 이 시방서 「4-4 기성말뚝기초」의 3.2.3에 따른다.
- (2) 강관 널말뚝은 이음관과 방향성을 가지고 있어 상하의 강관 널말뚝이 어그러지는 경우 수정이 어려우므로 현장 용접에 있어서는 각 시공단계에 있어서 충분한 시공관리가 필요하다.

3.2.4 속채움 콘크리트 및 이음관의 처리

- (1) 가물막이 겸용방식의 경우 상부 슬래브 결합부 부근의 강관 널말뚝 본체를 보강하기 위하여 속채움 콘크리트를 타설하는 것을 원칙으로 한다.
- (2) 강관 널말뚝 우물통부의 강성을 확보하기 위해서 이음관 내부의 토사를 워터젯트 등을 이용하여 배제한 후 이음관 전장에 걸쳐서 모르터를 채우는 것을 원칙으로 한다.

3.2.5 가물막이의 시공

가물막이 겸용방식에서 가물막이 부분의 시공은 설계도서 및 시공계획서에 표시된 시공방법 및 시공순서대로 가물막이내의 굴착, 동바리의 설치 및 밑바닥 콘크리트 타설을 하여야 한다.

3.2.6 상부슬래브 결합부 및 상부슬래브

상부슬래브와 강관 널말뚝과의 결합부 및 상부슬래브는 상부슬래브에 작용하는 하중이 강관 널말뚝에 확실하게 전달되도록 시공하여야 한다.

3.2.7 동바리 및 가물막이 강관 널말뚝의 철거

가물막이 겸용방식의 경우 상부 슬래브, 구체 완성 후 동바리 및 가물막이 부분의 강관 널말뚝을 설계도서 및 시공계획서에 표시된 시공방법, 시공순서에 따라 철거하여야 한다.

3.2.8 시공기록

시공에 있어서는 각 강관 널말뚝에 대해서 각 작업단계마다 일정양식에 따라 기록을 하여야 한다.

4-8 토류구조물

1. 일반사항

1.1 적용범위

토류구조물로 시공되는 콘크리트옹벽, 철근콘크리트옹벽, 석조 중력식옹벽, 널 말뚝벽과 엄지말뚝 토류판벽, 그리고 보강토옹벽에 대한 시공에 적용한다. 여기서 널 말뚝벽과 엄지말뚝 토류판벽은 일반적으로 가설 토류구조물로 설치되는 것으로 한다.

1.2 관련 시방서 및 기준

1.2.1 콘크리트옹벽 및 철근콘크리트옹벽은 다음의 시방서에 따른다.

- (1) 토목공사 표준일반시방서
- (2) 콘크리트 표준시방서

1.2.2 널 말뚝벽과 엄지말뚝벽은 다음의 시방서에 따른다.

- (1) 이 시방서 4-4절
- (2) 토목공사 표준일반시방서
- (3) 구조물기초 설계기준

1.2.3 석조 중력식옹벽 및 보강토옹벽은 전문시방서 또는 공사시방서에 따른다.

1.3 참조규격

1.3.1 한국산업표준

1.4 제출자료

이 시방서 「4-3 직접기초」의 1.4에 따른다.

2. 재료

2.1 옹벽

이 시방서 「4-5 현장타설 콘크리트말뚝기초」의 2.1 및 2.2에 따른다.

2.2 가설토류벽

이 시방서 「4-4 기성말뚝기초」의 2.1 및 「4-6 케이슨기초」의 2.3에 따른다.

2.3 보강토옹벽

2.3.1 보강재 및 뒤채움 재료

- (1) 보강토옹벽용 보강재는 인장강도, 변형율, 마찰계수 및 내구성이 설계조건에 만족되어야 한다.
- (2) 보강토옹벽은 뒤채움 흙과 보강재 사이의 마찰저항 효과를 전제로 하는 토류구조물이므로 소정의 내부마찰각을 갖는 뒤채움 재료를 사용해야 하며, KS F 2343의 직접전단시험 또는 KS F 2346의 3축압축시험 결과, 설계도에서 제시한 내부마찰각 이상이어야 한다.
- (3) 배수성이 양호하고 함수비 변화에 따른 강도특성의 변화가 적은 재료를 사용하여야 한다.

2.4 그라운드앵커

2.4.1 강판재와 용접은 이 시방서 「4-4 기성말뚝기초」의 3.2.3 및 토목공사 표준일반시방서 05110과 05210에 따른다.

2.4.2 토목공사 표준일반시방서 04310에 따른다.

3. 시공

3.1 옹벽

- 3.1.1 이 시방서 「4-4 기성말뚝기초」의 1.4.1에 준하여 시공계획서를 수립하여 시공에 임하여야 한다.
- 3.1.2 설계도서에 따라 기초지반을 굴착하고 면정리를 하며, 지반조건이 설계시 가정한 조건과 다를 경우에는 지반개량 또는 기초처리에 대한 검토를 하여야 한다.

3.2 가설토류벽

- 3.2.1 가설토류벽은 설계도서 및 시공계획서에 의거 시공을 하되 현장상황에 따라 적절히 대처하여야 한다.
- 3.2.2 널말뚝벽은 목재, 강재, 콘크리트 널말뚝으로 연속벽체를 형성하는 것으로 흠막이의 기능을 충분히 발휘하여야 하고, 안전성이 확보되는 규격으로 시공하여야 한다.
- 3.2.3 엄지말뚝 토류판벽은 일정간격의 강재 엄지말뚝사이에 토류판을 끼워 형성시킨 벽체로 토압에 안전하게 견뎌야하고, 필요에 따라 보조공법으로 차수 그라우팅을 시행하여 설치목적에 부합되도록 하여야 한다. 이때 토류판 설치를 위한 굴토는 1.5 m 높이가 이내에서 이루어져야 하고 여굴이 많은 경우에는 굴토높이를 줄여야 한다.
- 3.2.4 엄지말뚝은 박기식에 의하거나 천공식으로 설치한다. 이때 설계 도서상의 말뚝간격과 근입깊이는 필히 준수하고 말뚝의 연직오차는 $\pm 1.0\%$ 이내로 유지되어야 하며, 인근시설물의 변위 및 파손을 극소화하여야 한다.
- 3.2.5 토류판 배면의 공간은 양질의 토사로 채운 후 잘 다지거나, 흙-시멘트 등으로 충전해야 한다.
- 3.2.6 가설토류벽을 지탱하는 지지구조로는 타이백(tie-back)시스템과 내부 브레이싱이 있는데 현장여건에 따라 적절한 방법을 선택하고, 안정성이 확보될 수 있도록 설계도서에 따라 시공하여야 한다.
- 3.2.7 지하수 유출, 지반의 이완 및 침하, 각종 부재의 변형 및 좌굴, 긴결부의 풀림 등을 수시로 점검하고, 이상이 있을 경우 즉시 보강하며, 그에 따른 안정성을 추가로 검토하여야 한다.

3.2.8 굴착 시에는 안전한 단계굴착 높이를 정하여 각 단계별로 굴착 후 즉시 띠장, 버팀보, 지반 앵커, 네일 등으로 가설토류벽의 안정성을 확보한 후 다음 단계의 굴착을 시행하여야 한다. 버팀보 등이 설치되기 이전의 굴착면은 지반특성을 고려하여 충분한 폭의 소단을 두어 안정성을 확보하여야 한다.

3.2.9 가설토류벽 공사 완료 이후에는 주변에 배수시설을 갖추어 가설토류벽 내로 지표수가 유입되지 않도록 하여야 한다.

3.2.10 가설토류벽 주변에 계획 이상의 하중이 적재되지 않도록 하여야 한다.

3.3 보강토옹벽

보강토 옹벽은 사질토의 뒷채움 흙에 인장력이 크고, 마찰력이 좋은 보강재를 수평으로 삽입하여 흙의 횡방향 변위를 억제함으로써 토체의 안정을 기하도록 한 것으로 보강재, 뒷채움용 사질토, 전면판 또는 전면보호재(facing armor)로 구성되며 설계도서 및 시공계획서에 따라 적합하게 시공하여야 한다.

3.3.1 배수대책

투수성이 양호한 뒷채움 재료를 이용하는 것이 원칙이나, 투수성이 불량한 뒷채움 재료를 이용할 경우에는 일정간격의 배수층 설치 및 지표수의 유입억제등의 대책을 강구하여야 한다. 또한 보강토체 전면판의 이음부에는 투수성이 좋은 필터 재료를 설치하여야 한다.

3.3.2 전면판과 보강재의 시공

전면판은 1매씩 신중하게 조립하고 기준점이나 규준틀을 설치하여 항상 전면판의 수직도를 확인하면서 시공하고, 보강재는 설계도에 표시된 소정의 규격, 형상, 길이로 정해진 위치에 부착한다.

3.3.3 뒷채움 포설 및 다짐

- (1) 뒷채움 포설 및 다짐중에 전면판에서 변위가 발생할 경우는 즉시 작업을 중단하고 원인조사를 하여 대책을 수립한다.
- (2) 벽면에서 1.5 m 이내의 포설은 인력으로 하고 소형 다짐기계로 신중하게 다져야 하며, 토공기계의 주행은 벽면에서 1.5 m 이상 떨어져서 벽면에 평행하게 주행한다.

3.3.4 전면판의 기초지반

전면판의 기초지반에 대한 안정성 검토는 필요한 조사와 시험결과를 토대로 하여 시행하여야 한다.

3.4 그라운드앵커

3.4.1 시공준비 및 계획

지중에 시멘트 그라우트되는 영구앵커의 시공과 관련된 규정으로 설계도서, 현장여건, 인근시설물, 지하매설물, 지반조건, 지하수위 등을 파악하여 시공계획을 수립하여야 한다. 특히 지중앵커의 시공은 지반조건 등의 변화에 따라 시공여건이 변경되는 경우가 많으므로 그럴 때에는 시공계획을 즉시 수정하여 공사에 임하여야 한다.

3.4.2 인장재의 설치

- (1) 인장재는 건조상태에서 유해한 녹이나 물질이 부착되지 않도록 보관하고, 숙달된 작업원에 의해 공장이나 현장에서 조립을 하여야 한다.
- (2) 천공방법은 천공구멍 주변의 지반손실을 방지하는 천공방법이어야 하며, 천공된 구멍의 위치, 경사 및 배열은 설계도서에 표시된 것과 같아야 한다.
- (3) 천공깊이는 소요 천공깊이보다 최소한 500 mm 이상 깊게 하여 천공면으로부터 교란된 이물질이 가라앉아 소요 천공깊이에 지장이 없도록 하여야 한다.
- (4) 천공 중에는 토층, 천공깊이, 천공지름, 각도, 천공시간을 확인하고, 토질조사보고서의 주상도와 비교하여 천공과정의 신뢰도를 검증한 후 시공하여야 한다.
- (5) 천공작업 중 인접 지하매설물이나 이상 물체에 부딪히는 경우에는 즉시 작업을 중단하고 매설물을 조사한 후 감독자/감리원의 승인을 얻어 공사를 재개하여야 한다.
- (6) 텐던은 어려움 없이 천공된 구멍 안에 소요의 깊이까지 장착되어야 한다.
- (7) 그라우팅을 위한 펌프는 주입압을 측정할 수 있는 압력게이지가 있어야 하고, 주입방법, 물-시멘트비등은 설계도서에 표시된 대로 시행하여야 한다.
- (8) 영구 그라운드앵커의 경우 텐던의 비정착부분, 트럼펫 및 정착부는 부식방지를 위한 조치가 있어야 한다.

3.4.3 긴장 및 정착

- (1) 성과시험 또는 강도시험에서 안전성이 확인된 후 소정의 긴장하중으로 정착하여야 한다.
- (2) 긴장을 하는 시기는 주입재의 강도가 일정기준 이상의 값에 도달했을 때 실시하여야 한다.

- (3) 정착은 적합한 긴장용 잭을 사용하여 신뢰성이 높은 인장재의 공칭 파단하중 이상의 정착내력이 있는 정착장치를 사용하여야 한다.
- (4) 점성토 지반이나 느슨한 사질토 지반에서는 그라운드앵커의 긴장력이 감소되는 것에 대비하여 재 긴장할 수 있는 여유길이를 남겨두어야 한다.
- (5) 정착시킨 후의 그라운드앵커는 정착부의 상태, 벽체의 변형 등을 관찰해야 하며, 계측 도면에 지정된 앵커는 가설토류벽 해체 시까지 긴장력을 계측하여야 한다.

3.4.4 시험

인장시험은 원칙적으로 실제로 사용되는 앵커에 있어서 설계 앵커력의 1.2배의 하중을 계획 최대 시험하중으로 하고 설계에 대한 앵커의 안정성을 확인하기 위하여 최소 3개 그리고 전체 그라운드 앵커의 5 % 이상에 대해 인장시험을 실시해야 하며, 나머지 앵커는 확인시험 절차에 따라 시험을 실시하여야 한다.

3.4.5 시공기록

시공에 있어서는 각 작업단계마다 지반조건, 작업공정, 시공방법, 시험결과 및 기타 특이한 사항을 기록하여 유지관리나 타공사에 참고자료가 되도록 하여야 한다.

제 5 장
신축이음
및 받침

제1장 총 칙

제2장 강 교

제3장 콘크리트교

제4장 하부구조

제5장 신축이음
및 받침

제6장 도장

제 5 장 신축이음 및 받침

5-1 신축이음

1. 일반사항

1.1 적용범위

- (1) 이 절은 교량 신축이음부의 품질관리 및 시공에 관한 일반적인 사항에 적용한다.
- (2) 신축이음은 개방형 신축이음, 밀폐형 또는 방수형 신축이음, 봉합재형 신축이음 등을 포함한다.

1.2 관련 시방서 및 기준

- 1.2.1 도로교 설계기준
- 1.2.2 토목공사 표준일반시방서

1.3 참고규격

- 1.3.1 한국산업표준(KS)
KS F 4425 교량 신축이음장치 시험방법

1.4 용어의 정의

- (1) 신축이음장치 : 온도변화, 하중, 크리프, 건조수축 등에 의한 상부구조의 신축량을 수용하고 이음부의 평탄성을 유지시킬 목적으로 교량의 연결부에 설치하는 장치
- (2) 신축량 : 설계 시 계산되는 값으로 교량 상부구조가 온도변화, 하중, 크리프, 건조수축 등에 의해 수축·팽창하는 길이 변화량
- (3) 유간 : 설계온도를 기준으로 상부구조의 수축·팽창이 가능하도록 신축량과 여유량을 포함한 신축이음장치의 간격

- (4) 설치 시 유간 : 신축이음장치의 설치 시의 온도 및 건조수축 등 환경조건을 고려하여 조정된 유간
- (5) 봉합재(sealant) : 노면으로부터 우수 또는 이물질이 신축이음장치로 유입되지 않도록 신축이음장치 사이에 삽입되는 고무 또는 기타 탄성재

1.5 제출자료

계약상대자는 시공 전에 다음과 같은 자료들을 감독자에게 제출하여 승인을 받아야 한다.

- (1) 시공계획서
- (2) 시험 및 검사계획서
- (3) 시공상세도면

시공상세도면은 다음을 포함하여 작성한다.

- ① 설치 시의 온도를 고려한 유간 보정량 및 여유량 등
 - ② 설치절차와 신축이음 부품 상세
- (4) 작업도면
- ① 신축이음 설치를 위한 유간이 설계도상에 주어지지 않은 경우, 신축이음 설치 승인을 받기 전에 신축이음 유간을 계산하여야 한다.
 - ② 특정 신축이음장치를 사용하기 위해서는 설치절차와 신축이음 부품을 나타낸 작업도면을 감독자에게 제출하여야 한다.
- (5) 제작도면
- 총 이동량이 45 mm 이상인 신축이음에 대해서는 감독자에게 제작도면을 제출하여 사전 승인을 받아야 한다.
- (6) 공급원 승인요청서

2. 재료

2.1 일반사항

신축이음장치의 기능 확인과 품질관리를 위하여 재료와 제품에 대하여 시험을 실시하여야 한다.

2.2 재료

- (1) 신축이음장치는 차륜이 직접 접촉되므로 미끄럼방지 표면을 가져야 하며, 모든 부품은 마모와 차량의 충격에 견딜 수 있어야 한다.
- (2) 용빙제에 노출되는 신축이음장치의 경우, 고장력볼트를 제외한 나머지 부분은 도장처리를 실시하거나 스테인리스 강재 등 내부식성 재료로 만들어져야 한다.
- (3) 신축이음장치는 설계도서에 제시된 신축량 및 유간을 충분히 확보할 수 있는 규격의 제품이어야 하며 당해제품의 제품자료를 제출하여 감독자의 승인을 얻은 제품이어야 한다.
- (4) 신축이음장치의 형식, 치수 및 신축량 등은 설계도에 나타나거나 감독자에 의해 지시된 것과 같아야 한다.
- (5) 신축이음장치에 사용하는 강재는 해당 규정에 합격한 것이어야 한다.
- (6) 신축이음장치에 들어가는 고무는 천연고무, 합성고무를 사용하며, 고무의 경도, 인장, 노화 등의 물리시험은 KS M 6518에 따라야 한다.
- (7) 봉합재(sealant)는 실리콘계, 에폭시고무계 또는 부틸고무계가 있으며, 바닥판 또는 포장과 밀착이 잘 되고 신축에 잘 견디는 고내후성 제품을 사용하여야 한다.
- (8) 신축이음장치의 봉합용 고무는 양질의 흑색 프로필렌계 고무를 성형한 것으로 표 5.1.1에 적합한 것이어야 한다.
- (9) 신축이음장치에 사용하는 알루미늄합금은 부식에 대한 저항성이 있어야 하며, 재료는 표 5.1.2의 품질기준에 적합하여야 한다.

표 5.1.1 봉합용 고무재 품질 기준

시험항목		단위	규격	시험방법
인장강도		MPa	15.0 이상	KS M 6518
연신율		%	300 이상	"
경도시험		경도	45 ~ 60	"
가열	인장강도	MPa	13.0 이상	"
노화	연신율	%	250 이상	"
시험	경도변화	경도	10 이하	"
압축영구변형		%	25 이하	"

표 5.1.2 알루미늄계 신축이음장치의 품질기준

〈알루미늄 합금 몸체〉

인장강도 (MPa)	항복점 (MPa)	연신율 (%)	경도	화학적 성분(%)					
				Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Ti
260 이상	260 이상	2 % 이상	90 이상	6.50 ~ 7.50	0.20 이하	0.10 이하	0.10 이하	0.45 ~ 0.70	0.08 ~ 0.25

〈프리스트레싱 볼트〉

인장강도 (MPa)	항복점 (MPa)	연신율 (%)	화학적 성분(%)						
			C	Si	Mn	S	P	Cr	Me
1080 ~ 1280	850 이상	10 % 이상	0.39 ~ 0.45	0.10 ~ 0.40	0.60 ~ 0.90	0.035 이하	0.035 이하	0.90 ~ 1.20	0.15 ~ 0.25

〈볼트 정착앵커(동 알루미늄)〉

인장강도 (MPa)	항복점 (MPa)	연신율 (%)	경도	화학적 성분(%)			
				Al	Fe	Ni	Mn
650 이상	250 이상	20 % 이상	160 이상	6.50 ~ 7.50	0.20 이하	0.10 이하	0.10 이하

주 : 신축이음에 사용하는 기타 재료는 제작도면에 따른다.

2.3 시험항목

2.3.1 재료시험

고무는 인장시험, 경도시험, 인열시험, 가열노화시험, 압축영구줄임률 시험, 오존균열시험을 실시하고, 강재는 항복점(또는 내력), 인장강도, 연신율, 굽힘성 등의 기계적 성질을 시험하여야 한다.

2.3.2 제품시험

제품시험은 수축신장시험과 피로반복시험을 실시한다. 시험방법은 KS F 4425 「교량 신축이음장치 시험방법」에 따른다.

3. 시공

3.1 일반사항

3.1.1 기본요건

- (1) 현장에 보관되는 신축이음장치의 재료와 조립품들은 원래의 형상과 배열상태가 유지되도록 하여야 한다.
- (2) 신축이음은 설계도에 따라 정밀하게 시공하여야 한다.
- (3) 바닥판 신축이음은 평탄한 승차감을 제공할 수 있도록 시공하여야 한다.
- (4) 바닥판 신축이음을 시공한 후, 바닥판을 최종적으로 정리할 때까지 신축이음부는 보호장치로 덮어주어야 한다.
- (5) 설치 후 그리고 최종 승인 전에 감독자의 입회하에 신축이음부의 누수시험을 실시하여야 한다.
- (6) 신축이음장치를 설치할 때는 필요한 측량(수준측량, 종횡방향 경사측량 등)을 실시하여 신축이음부 전후의 노면과 연속되도록 평탄성을 확보하여야 한다.

3.1.2 신축이음 누수시험

- (1) 신축이음장치가 완전히 설치된 후 최소한 5일 이내에 방수성을 입증하기 위해서 신축이음장치의 전체길이에 대해서 시험을 실시하여야 한다.
- (2) 신축이음장치 전 구간에 대해서 깊이 25 mm 이상 정도의 물을 흐르게 하거나 고이게 하여 15분 이상 차수시켜야 한다. 이와 같이 물이 공급되는 15분 동안 신축이음장치가 설치된 콘크리트면에 대해서 누수여부를 조사하여야 하며, 물 공급이 끝난 후 45분 동안 신축이음장치가 설치된 부위의 콘크리트면에서 물이 떨어지거나 습윤상태가 나타나는지를 조사하여야 한다.
- (3) 신축이음부 아래의 콘크리트면에 물방울이 맺혀 떨어지지 않는 경우 누수가 없다고 판단하여도 좋다. 그러나 극히 일부분에 나타나는 습윤면은 불합격의 요인으로 간주되지 않는다.
- (4) 신축이음부 시공 후 누수시험 과정에서 누수가 발생한 경우 누수가 발생하는 위치를 찾아서 누수를 차단하는데 필요한 모든 조치를 취해야 하며 원래의 시험과 동일한 방법으로 누수시험을 재 실시하여야 한다.

3.1.3 무수축콘크리트 타설

콘크리트 바닥판에 매입되는 앵커는 견고하게 설치하고, 신축이음장치 아래에 공동이 발생하지 않도록 무수축콘크리트를 밀실하게 채워야 한다.

3.1.4 배수처리

노면수가 하부구조로 유입되지 않도록 필요시 신축이음 단부를 적절한 높이까지 연장하거나 신축이음 단부에 배수장치를 설치하여야 한다.

3.2 조립

3.2.1 재료의 선정

형강이나 평판은 조립품을 견고하게 하고 용접에 의한 변형을 최소화하기 위해 충분한 두께를 가져야 한다.

3.2.2 조립 시 주의사항

신축이음장치의 적합성과 기능을 확보하기 위해 다음과 같은 사항들이 준수되어야 한다.

- (1) 신축이음 부재는 검사 및 승인을 받기 전에 공장에서 완전히 조립되어야 한다.
- (2) 신축이음과 봉합재는 완전히 조립된 상태로 현장에 반입되어야 한다.
- (3) 길이 18 m 이하로 조립된 신축이음 봉합재는 중간에 현장이음이 없이 반입되어야 한다.

3.3 조정

3.3.1 신축이음의 유간조정

- (1) 신뢰할 만한 자료가 없는 경우, 설치 시 온도는 콘크리트 구조물에서는 신축이음 설치 전 48시간 동안 구조물 아래 그늘의 평균온도를 취해야 하고, 주부재가 강재인 구조물에 대해서는 신축이음 설치 전 24시간 동안의 평균온도를 취하여야 한다.
- (2) 장대 구조물의 경우, 설치 시 온도의 부정확성과 신축이음 유간 설정 시기와 신축이음 설치 완료 시기 사이에 발생할 수 있는 상부구조의 이동에 대응하도록 규정된 신축이음 유간에 허용오차를 포함시켜야 한다.
- (3) 장대구조물의 신축이음 설계 시 최단 시간 내에 신축이음 조정과 설치가 가능한 장치, 세목 및 절차를 우선적으로 고려하여야 한다.
- (4) 주부재에 대한 신축이음 지지부의 연결은 수평, 수직, 회전의 조정이 가능하여야 한다.
- (5) 시공 줄눈과 블록아웃은 신축이음의 설치와 조정 전에 뒤채움 및 주요 구조부재 요소의 설치가 실질적으로 가능한 곳에 시공하여야 한다.

3.3.2 설치 시 유간 계산

- (1) 설치 시 신축이음의 유간(Δl_{set}) 계산은 식 (5.1.1)을 따른다.

$$\Delta l_{set} = \alpha \cdot (T_{max} - T_{set}) \cdot L + \text{여유량} \quad (5.1.1)$$

여기서, Δl_{set} : 설치 시 유간(mm), α : 선팽창계수

T_{max} : 최고온도(℃), T_{set} : 설치 시 온도(℃)

L : 신축길이(m)

여유량 : 도로교설계기준 2.4.22 설계신축량의 여유량에 따른다.

- (2) 현장으로 반입된 신축이음장치는 (1)항의 설치 시 유간을 확보하기 위해 식 (5.1.2) 만큼 유간을 조정하여 설치하여야 한다.

$$\Delta l_{cal} = \Delta l_{set} - \Delta l_m \quad (5.1.2)$$

여기서, Δl_{cal} : 제품의 유간 조정량(mm)

Δl_{set} : 설치 시 유간(mm)

Δl_m : 반입 시 제품의 유간(mm)

3.4 현장이음

3.4.1 현장이음 위치

- (1) 단계별 시공과 18 m 보다 긴 신축이음 봉합재를 사용하는 경우에는 현장이음에 대한 설계상세에 따라야 한다.
- (2) 현장 이음부는 가능한 한 차량 바퀴가 지나가는 곳에 위치하지 않도록 하여야 한다.
- (3) 이음부는 피로수명을 최대로 할 수 있도록 선정하여야 한다.
- (4) 단계별 시공을 위해 설치되는 현장이음은 이음 연결을 하기 위한 충분한 공간을 확보 하기 위해서 다른 시공 줄눈과 연관해서 위치시켜야 한다.
- (5) 고무를 사용한 신축이음의 경우 현장이음을 피할 수 없는 곳에서는 이음부를 가황 처리하여야 한다.

3.4.2 신축이음 봉합재

신축이음 설치가 완전히 끝날 때까지는 영구적인 봉합재를 설치하지 않아야 하며 가능한 하나의 부재로 된 봉합재를 사용하여야 한다.

3.5 설치

3.5.1 신축이음장치 설치

- (1) 신축이음 상부 면은 인접한 콘크리트 마감 면과 일치하도록 시공하여야 한다.
- (2) 신축이음은 3.3.2와 같이 설치 시 온도를 고려하여 유간을 결정하여야 하며 어떠한 경우에도 유간이 축소되지 않도록 시공하여야 한다.
- (3) 슬래브 콘크리트 타설을 위한 블록아웃부의 거푸집은 돌출 철근을 고려하여 설치하여야 한다. 설치된 거푸집은 타설된 콘크리트의 다짐이 충분히 이루어질 수 있도록 견고해야 하며, 블록아웃부로 굳지 않은 콘크리트가 흘러나오지 않도록 조치하여야 한다.
- (4) 블록아웃부는 포장시공 시 모래 등을 사용하여 임시로 채워 노면 평탄성에 영향을 주지 않도록 하여야 한다.
- (5) 포장이 완료된 후에 블록아웃부는 커팅하여 포장체에 균열이 발생하는 것을 방지하고 모래와 각종 이물질은 제거하여 다시 유입되지 않도록 조치한다.
- (6) 신·구 콘크리트의 접착성을 확보하기 위하여 블록아웃부의 콘크리트 면을 쪼아내기와 신축이음장치의 앵커를 돌출철근에 용접하여 견고히 고정한 후 횡방향 철근을 배근한다.
- (7) 블록아웃부에 타설되는 콘크리트는 강도가 바닥판 콘크리트 보다 높고 유동성이 우수한 무수축콘크리트로 하여야 하며, 콘크리트 타설할 때의 온도는 5℃ 이상이어야 한다.
- (8) 블록아웃부의 콘크리트에 발생하는 균열을 방지하기 위해 철저한 양생을 하여야 하며, 충분한 양생이 될 때까지 어떠한 하중도 작용하지 않도록 신축이음을 보호하여야 한다.

3.5.2 봉함재의 설치

- (1) 개방식 신축이음은 나무재료, 금속판 또는 승인된 재료를 사용하여 시공하여야 한다.
- (2) 형판의 삽입 및 제거 시 콘크리트에 손상을 주지 않도록 하여야 한다.
- (3) 주입형 봉함 신축이음장치 시공 전에 신축이음부 주변의 이물질을 깨끗이 청소하여야 하며 봉함재와 접촉하는 콘크리트 면은 샌드블라스팅을 하여야 한다.
- (4) 봉함재가 작업 중 잘못 놓이거나 손상을 받지 않도록 주의하여야 한다.
- (5) 방수봉함재가 콘크리트에 묻힐 때 봉함재의 모든 표면은 기름 또는 윤활유, 모르타르 혹은 다른 이물질이 없어야 하며 매입되는 봉함재는 밀실한 콘크리트로 마감하여야 한다.

3.5.3 임시지지 장치

신축이음은 영구 연결부재가 만들어질 때까지 또는 타설 콘크리트의 초결이 끝날 때까지는 적정 위치에서 연결부재를 지지하기 위한 임시지지 장치를 설치하여야 한다. 이와 같은 임시 지지부재는 신축이음장치 설치 시 온도 변동에 대한 유간 조정을 위해 설치된다.

5-2 받침

1. 일반사항

1.1 적용범위

- (1) 이 절은 교량받침의 품질관리 및 시공에 관한 일반적인 사항에 적용한다.
- (2) 이 시방이 적용되는 받침 형식으로는 탄성받침, 로커받침, 롤러받침, 포트받침, 스페리컬받침, 디스크받침, 지진격리받침 등이 있다.

1.2 관련 시방서 및 기준

- 1.2.1 토목공사 표준일반시방서
- 1.2.2 도로교설계기준
- 1.2.3 Guide Specifications for Seismic Isolation Design, AASHTO
- 1.2.4 Standard Specifications for Highway Bridges, AASHTO

1.3 참고규격

- 1.3.1 한국산업표준(KS)
 - KS B 1002 6각볼트
 - KS B 1012 6각너트
 - KS B 1016 기초볼트
 - KS B 0418 주강품의 보통 공차
 - KS D 0001 강재의 검사통칙
 - KS D 0028 단강품의 검사통칙
 - KS D 0233 압력 용기용 강판의 초음파 탐상 검사방법
 - KS D 3501 열간압연 연강판 및 강대
 - KS D 3503 일반 구조용 압연 강재
 - KS D 3515 용접 구조용 압연강재
 - KS D 3698 냉간 압연 스테인리스 강판 및 강대

KS D 4102 구조용 고장력 탄소강 및 저 합금강 주강품
 KS D 6002 청동주물
 KS D 6008 알루미늄 합금 주물
 KS D 6010 인청동주물
 KS F 4420 교량지지용 탄성받침
 KS F 4424 교량지지용 포트받침
 KS M 6518 가황 고무 물리 시험 방법
 KS M 6676 가황 고무 및 열가소성 고무-저온 특성 측정 방법
 KS M 6783 가황고무의 인열 시험 방법

1.4 용어의 정의

- (1) 교량받침 : 교량의 상부구조를 지지하면서 필요시 회전, 활동 등에 적절히 대응하고 하중을 하부구조로 원활하게 전달하기 위한 장치
- (2) 가동받침 : 일방향 혹은 양방향으로 활동이 가능한 받침
- (3) 고정받침 : 양방향 모두 활동이 제한된 받침
- (4) 로커받침 : 가동받침의 일종으로 진자(振子)와 같이 움직임이 가능한 교량 받침
- (5) 롤러받침 : 구름 축 받침의 일종으로 원통롤러, 테이퍼롤러, 구면롤러, 니들롤러 등이 있다.
- (6) 스페리컬받침 : 한쪽 접촉면은 평면, 다른 쪽을 구면으로 한 베어링플레이트를 사용하여 평면접촉부는 신축기능, 곡면접촉부는 회전기능을 갖게 한 교량 받침.
- (7) 탄성받침 : 탄성체의 변형에 의해 변위나 회전이 가능한 교량 받침
- (8) 포트받침 : 강재 용기 내에 고무판과 불소수지 미끄럼판으로 이루어진 교량받침
- (9) 디스크받침 : 폴리에테르 우레탄 디스크와 불소수지 미끄럼판으로 이루어진 교량 받침
- (10) 지진격리받침 : 지진하중 작용 시 미끄럼판이나 감쇠장치에 의해 구조물의 고유주기를 증가시키거나 지진하중을 감쇠시켜 지진의 영향을 최소화하고 복원력 확보가 가능한 교량 받침
- (11) 소울플레이트 : 거더의 하면 경사를 수평으로 보정하기 위하여 교량 받침의 상면과 거더의 하면 사이에 설치되는 강판

1.5 제출자료

계약상대자는 시공 전에 다음과 같은 자료들을 감독자에게 제출하여 승인을 받아야 한다.

- (1) 시공 계획서
- (2) 시험 및 검사 계획서
- (3) 시공상세도면

시공상세도면은 다음을 포함하여 작성하여야 한다.

- ① 설치 시의 온도를 고려한 가동받침의 이동량 및 여유량 등
- ② 설치 절차와 받침 부품 상세

- (4) 작업도면

- ① 시공상세도면에 받침과 그 정착 장치에 대한 세부사항이 구체적으로 나타나 있지 않으면 계약상대자는 받침에 대한 작업도면을 준비하여 제출하여야 한다.
- ② 작업도면에는 사용할 받침과 자재의 모든 세부사항을 나타내고 받침 제조 전에 감독자의 승인을 받아야 한다.

- (5) 공급원 승인요청서

1.6 제조, 보관, 취급

- (1) 각 제품마다 식별이 용이한 곳에 제품형식, 제조일자, 제조회사, 주문번호, 로트(LOT) 번호, 제품 일련번호, 부속품의 종류 등을 주물로 표기하거나 스틸 스탬프(steel stamp) 또는 알루미늄 스티커로 견고하게 부착하거나 지워지지 않는 잉크나 페인트 등으로 표기하여야 한다.
- (2) 교량 받침은 고정단과 가동단이 혼동되지 않게 미리 색상 등으로 구분하여 반입하여야 한다.
- (3) 교량 받침 반입 시 운반 중에 손상을 입었는지 외관검사를 철저히 하여야 한다.
- (4) 교량 받침은 검사와 설치에 반드시 필요한 경우가 아니라면 현장에서 분해하는 일이 있어서는 안 되며, 항상 조립된 상태로 보관하여야 한다.
- (5) 모든 교량 받침과 구성부품들은 환경적 손상 및 물리적 손상으로부터 보호받을 수 있는 장소에 보관하여야 한다.
- (6) 받침은 서늘하고 통풍이 잘 되는 창고에 보관하여야 하고, 수평상태를 유지하며 지면으로부터 100 mm ~ 200 mm 정도 높게 보관하여야 한다.
- (7) 계약상대자는 현장반입 즉시 도면에 따라 설치위치와 방향을 받침 윗부분에 표시하여 보관하여야 한다.

2. 재료

2.1 일반사항

- (1) 받침 장치에 들어가는 모든 재료는 신생재료이어야 한다.
- (2) 받침 장치나 그 조립품은 이 장에 규정된 재료 규정을 만족하는 부재들로 구성되어야 한다.
- (3) 이 절에서 정의한 탄성받침에는 비보강 패드(고무로만 구성된)와 강판 또는 섬유층을 갖는 보강 탄성받침이 포함된다.
- (4) 탄성받침은 도면에서 요구하는 치수와 재질, 적층형식 등을 만족하는 제품이어야 한다.
- (5) 특별한 사항이 없는 경우, 탄성받침은 고무와 보강강재로 구성되며, 강재보강 탄성받침에 대한 설계방법에 상응하는 하중시험 요구사항을 만족하여야 한다.

2.2 탄성받침

2.2.1 고무의 재질

- (1) 고무 원료는 신생 합성고무(polychloroprene) 또는 신생 천연고무이어야 한다. 고무 혼합물은 설계도서에 의해 별도로 규정되지 않았으면 KS F 4420의 요구사항을 만족하여야 한다.
- (2) 시험규정은 중간경도의 고무에 대해서 보간법을 이용하여 결정할 수 있다. 재료의 강도가 전단강도로 규정되어 있다면 측정된 전단강도는 규정된 값의 $\pm 15\%$ 이내에 들어야 한다. KS F 4420의 시험을 위한 한계를 규정하기 위해 적합한 값의 경도를 제공하여야 한다.
- (3) 완제품에서 시편을 얻었을 경우에는 그 물리적 특성이 KS F 4420에 규정된 값의 10% 이내의 변화를 허용한다. 모든 재료 시험은 달리 표시되어 있지 않으면 $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 에서 수행하여야 한다.

2.2.2 강재 보강판

보강을 위해 사용하는 강판은 기술자에 의해 달리 규정되어 있지 않으면, KS D 3501 또는 KS D 3503에 따르는 압연강재로 만들어야 한다.

2.3 포트받침 및 디스크받침

2.3.1 고무판

- (1) 포트받침에 사용되는 고무판의 원료는 폴리머로서 신생재료이고 결정화에 저항성이 있는 폴리크로로프렌(합성고무)이나 신생의 자연산 폴리아이소프렌(천연고무)을 사용한다.
- (2) 합성고무와 천연고무의 물리적 특성은 2.2.1(3)항과 함께 KS F 4424의 요구사항을 만족하여야 한다.
- (3) 영구압축률 시험용 표본은 지름 $13.0 \text{ mm} \pm 0.2 \text{ mm}$, 두께 $6.0 \text{ mm} + 0.2 \text{ mm}$ 로 준비하여야 한다.

2.3.2 폴리에테르 우레탄 디스크(elastomeric disk)

- (1) 디스크받침에 사용되는 폴리에테르 우레탄 디스크는 폴리에테르 우레탄 혼합물을 성형하여 일체로 제조하여야 한다. 폴리에테르 우레탄의 물리적 성질은 표 5.2.1의 필요조건 중 한 가지를 만족하여야 한다.
- (2) 폴리에테르 우레탄 디스크는 다음의 사항을 만족하도록 설계되어야 한다.
 - ① 총설계하중에 의한 즉시처짐이 무응력상태 디스크 두께의 10 %를 넘지 않아야 하고, 크리프에 의한 추가처짐도 무응력상태 디스크 두께의 8 %를 넘지 않아야 한다.
 - ② 받침의 구성부품들은 어느 위치에서도 서로 들뜨지 않아야 한다.
 - ③ 디스크의 평균압축응력은 35 MPa을 넘지 않아야 한다. 만약 디스크의 외측면이 연직이 아닌 경우에는 응력계산 시 디스크의 평면 상 가장 작은 면적을 사용하여야 한다.

표 5.2.1 폴리에테르 우레탄

물리적 성질		필요조건			
		화합물 A		화합물 B	
		최소	최대	최소	최대
경도(D형 경도)		46	50	60	64
인장응력 (MPa)	신장률 100 %	10.3	—	13.8	—
	신장률 200 %	19.3	—	25.5	—
인장강도(MPa)		27.6	—	34.5	—
극한신장률(%)		350	—	220	—
영구압축률(%) (70 °C에서 22시간)		—	40	—	40

2.3.3 PTFE(Poly Tetra Fluoro Ethylene, 불소수지)판

PTFE판은 2.6.4절의 요구조건을 만족하여야 한다.

2.3.4 강재

받침의 스테인리스강 부재를 제외한 모든 강재는 탄소강 또는 용접용 고강도 저합금 구조강에 대해 규정된 요구조건에 따라야 한다.

2.3.5 스테인리스강

- (1) 스테인리스강은 KS D 3698, STS 316의 요구사항에 따라야 한다.
- (2) PTFE판과 접촉하는 스테인리스강은 Mirror #8 이상으로 마무리 되어야 하며 두께는 1.3 mm 이상이어야 한다.

2.3.6 봉합재(sealant)

봉합재를 사용하는 경우 강재 포트와 상부 받침판 사이에 들어가는 봉합재 형태는 제조자가 추천한 것과 같아야 한다.

2.3.7 봉합 링(sealing ring)

- (1) 포트받침의 강재 피스톤과 고무판 사이의 봉합 링은 제조자가 추천한 크기로 만들어진 황동이어야 한다.
- (2) 두 개 이상의 판형 봉합 링이 사용되는 경우 링과 링 사이의 틈은 링의 둘레를 따라 일정하여야 한다.

2.4 스페리컬받침

- (1) 스페리컬받침에 사용되는 강재의 종류 및 등급은 도면에 표시되거나 규정된 것이어야 한다.
- (2) PTFE 코팅이 필요한 경우에는 2.6.4절에 따라야 한다.

2.5 지진격리받침

지진격리받침은 다음에 따른 합리적인 재료를 사용하여 제조되어야 한다.

- (1) 강재, 납, 고무판 및 폴리에테르 우레탄 등의 재료는 해당 재료를 사용하는 각 교량 받침 시방서에 따라 제조되어야 한다.
- (2) KS 표준에 근거한 재료를 사용하며, KS 표준에 등재되지 아니한 재료를 사용하는 경우

에는 이에 대한 객관적인 검증이 선행되어야 한다.

- (3) 이 시방서 규정 외에도 각 교량 받침 시방서 규정을 준수하여 제조하여야 한다.

2.6 받침 구성부품

2.6.1 받침의 구성부품

받침의 구성부품에는 황동판, 구리합금판, 받침판, 소울플레이트, 썬기형 판(shim plate), PTFE판, 앵커볼트 등이 있다.

2.6.2 받침용 황동판 및 구리합금판

- (1) 황동판과 구리합금판은 설계도에 나타난 세부 규정에 따라 주조 및 제조되어야 한다.
- (2) 별도의 세부사항이 규정되어 있지 않다면, 미끄럼면은 이동방향에 평행하게 계획되어야 하며 매끈하게 마무리되어야 한다. 그러나 평평하고 매끄러운 표면을 가진 압연 판의 마무리는 필요하지 않다.

2.6.3 받침판, 소울플레이트, 썬기형 판

- (1) 받침판, 소울플레이트, 그리고 썬기형 판에 사용되는 금속판은 달리 규정되어 있지 않으면 KS D 3503 또는 KS D 3515에 따라야 한다.
- (2) 받침판의 구멍은 드릴, 펀칭 또는 정확하게 조절되는 산소절단에 의해 형성되어야 하며 모든 군더더기는 그라인딩으로 제거하여야 한다.

2.6.4 받침용 PTFE판

- (1) PTFE 수지는 신생재료이어야 하며, 비중은 2.13 ~ 2.19, 녹는점은 $328\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 이어야 한다.
- (2) 채움재 사용 시 채움재는 유리섬유, 탄소 또는 활성이 없는 승인된 채움재이어야 한다. 접착제는 감독자에 의해 승인된 것 또는 동등한 요구사항을 만족하는 에폭시 수지이어야 한다.
- (3) 채움재를 넣지 않은 PTFE판은 신생 PTFE 수지로 만들어져야 하며, 인장강도는 최소 17.9 MPa 이상, 신장율은 최소 200 % 이상이어야 한다.
- (4) 채움재를 넣은 PTFE판은 활성이 없는 채움재와 균일하게 혼합된 신생의 PTFE 수지로 만들어야 한다. 유리섬유나 탄소 등의 채움재를 넣은 PTFE판은 표 5.2.2의 요구사항을 만족하여야 한다.

표 5.2.2 채움재를 넣은 PTFE판

구분		순수 불소수지판	15 % 유리섬유	25 % 탄소
역학적	인장강도(최소)	17.2 MPa	14.0 MPa	9.0 MPa
	신 장 율(최소)	200 %	150 %	75 %
물리적	비 중(최소)	2.10 ~ 2.23	2.20 이상	2.10 이상
	녹 는 점	327 ℃ ± 10 ℃	327 ℃ ± 10 ℃	327 ℃ ± 10 ℃

- (5) 일반적인 PTFE 섬유의 인장강도는 17 MPa이상, 신장률은 75 % 이상이어야 한다.
- (6) 맞물려 있는 청동과 채움재를 넣은 PTFE 구조물은 납/ PTFE 합성물이 들어간 두께 0.25 mm의 다공성 청동 표층을 가진 인청동판으로 구성되어야 한다. 그리고 두께 0.025 mm보다 작지 않은 합성 PTFE로 덧씌워야 한다. 인청동 후판은 KS D 6010을 따라야 하고, 다공성 청동층은 KS D 6002에 따라야 한다.
- (7) PTFE 금속 합성물은 각 측면에서 33.5 mm의 구멍이 있는 스테인리스 강 KS D 3698, STS 316 판을 완전히 통과하여 성형된 한 번도 사용하지 않은 PTFE로 이루어져야 한다.
- (8) PTFE판을 에폭시로 부착하는 경우, 승인 받은 제조자가 PTFE판의 한쪽 면을 염화나프탈렌 또는 염화암모니아 공정에 의해 공장 내에서 처리하여야 한다.

2.6.5 앵커볼트

- (1) 앵커볼트는 KS D 0233 또는 설계도에 나타난 것과 같거나 또는 특별 규정에서 규정된 요구사항을 만족하여야 한다.
- (2) 앵커볼트를 볼트구멍에 묻을 때 사용하는 재료는 만족할 만한 정착을 확보하기 위해 요철을 만들거나 끝을 볼록하게 하여야 한다.

3. 시공

3.1 시공일반

3.1.1 교량 받침의 시공

- (1) 받침은 제조자나 기술자가 기술한 사항과 도면에 표기된 교량 받침의 배치내용을 확인한 후 설치 시 온도와 설치 후 교량의 이동을 고려하여 필요한 만큼 조정하여 설치하여야 한다.

- (2) 교량의 받침은 정확한 위치에 수평으로 설치되어야 하고 받침 평면상에서 완전하고 균일한 지지력을 가져야 한다.
- (3) 받침면의 높이가 도면과 일치하지 않거나 수평이 아닌 경우, 원 설계에서 의도한 것과 같이 받침이 설치되도록 받침부 면을 수정하여야 한다.
- (4) 콘크리트에 묻히지 않는 금속 받침 부품은 2.6.4절의 채움재나 섬유재료와 함께 콘크리트 위에 안치시켜야 한다.
- (5) 탄성받침 패드는 안치재료를 사용하지 않고 적절히 준비된 콘크리트 표면에 직접 설치하여야 한다. 강재 위에 직접 받침이 설치될 경우, 수평 및 평탄성을 유지할 수 있도록 설치될 표면을 가공하여야 한다.
- (6) 하부구조 설계 시 받침의 형상을 고려하여 설계도에 블록아웃도를 작성하고, 앵커볼트 위치와 하부구조 주철근의 간섭이 없도록 견고히 결합하도록 시공하여야 한다.
- (7) 교량 받침은 설계 시 계산된 반력이 작용하도록 상부구조물과 밀착되도록 시공하여야 한다.

3.1.2 교량 받침 시공 시의 측량

- (1) 인조점(예비말뚝)의 위치는 사용에 편리하고 공사에 지장이 없는 위치에 선택하여야 한다.
- (2) 시공측량 시 하부구조 코핑면의 받침 위치 및 높이를 도면에 명시하여야 한다.
- (3) 교량 상부구조 시공 시에는 정밀한 기준점측량과 수준측량을 행하여 받침의 설치위치를 결정하여야 한다.
- (4) 지간 측량 결과 하부구조의 위치에 오차가 있을 경우에는 이후의 시공에 지장을 초래하지 않고 완성한 교량의 기능을 손상하지 않도록 감독자의 승인을 얻어 오차를 배분하여 받침 중심위치를 결정하여야 한다.
- (5) 상부구조의 수준측량에는 전용 임시 벤치마크를 설치하여야 하며, 시공 중에도 수시로 침하의 유무를 조사하여야 한다.
- (6) 교량의 경우 시준거리가 길기 때문에 교대로 수준측량을 하여 오차를 적게 하여야 한다.

3.1.3 설치 시 검사기준

설치된 받침이 표 5.2.3의 검사기준을 만족하지 못하면 교정하거나, 감독자의 지시에 따라야 한다.

표 5.2.3 받침 설치 검사기준

검사항목		콘크리트교	강교
받침 중심간격(교축직각방향)		$\pm 5 \text{ mm}$	$4 + 0.5(B - 2) \text{ mm}^{1)}$
가동받침의 이동가능량		설계이동량 + 10 mm 이상	
가동받침의 교축방향의 이동편차 동일 받침선 상의 상대오차		5 mm	
설치 높이		$\pm 5 \text{ mm}$	
교량 전체 받침의 상대높이 오차		6 mm	
단일 box를 지지하는 인접 받침의 상대높이 오차		3 mm ³⁾	
받침의 수평도 ²⁾ (교축 및 직각방향)	포트받침	1/300	
	기타 받침	1/100	
앵커볼트의 연직도		1/100	

주 : 1) B : 받침 중심간격(m)

2) 받침의 상·하면 사이의 수평도

3) 받침에 유해한 영향이 있는 경우는 감독자의 지시에 따른다.

3.1.4 방식처리

달리 규정되어 있지 않으면 스테인리스 강재가 아닌 일반 강재 받침 부재(앵커볼트 포함)는 아연도금, 아연용사 또는 도장을 실시하여야 한다.

표 5.2.4 방식처리 품질기준

방청방법	도장		용사	용융아연도금
방청원리	징크 도료 도막에 의한 방청		균일한 아연도막층에 의한 방청	아연 층에 의한 방청
처리방법	중방식도장 (스프레이도장)		용사 건에 의한 도막형성	용융아연도금(dipping) 처리조에 침적
방청규격	•하도(75 μm) : 무기징크 •중도(100 μm) : 에폭시 •상도(80 μm) : 우레탄계	•하도(50 μm) : 에폭시프라이머 •중·상도(100 μm + 100 μm) : MIO에폭시, 폴리마이드수지	아연용사 최소두께: 100 μm 이상 (KS D ISO 2063)	아연부착량 550 g/m ² 이상 (KSD 8308)

방청방법	도장	용사	용융아연도금
적용에 따른 구조상의 제한	특별히 없음	특별히 없음	용융아연도조 또는 미도막구간 등의 치수 제한
표면처리작업	블라스팅처리	블라스팅처리	산세정
색상	선택가능	색제한정 (추가도색 필요)	색제한정 (추가도색 필요)
추가 및 보수도장	•하도 : 보수도장용 에폭시계 도장 (MIO ¹⁾ 또는 알루미늄 계) •상도 : 우레탄계 80 μ m		

주 : 1) MIO 에폭시(Micaceous Iron Oxide epoxy, 운모상 산화철 에폭시)

3.2 탄성받침

3.2.1 조립

- (1) 형상 및 치수는 도면에 의한다.
- (2) 탄성받침은 유해한 상처 또는 흠, 기공 등이 없어야 한다.

표 5.2.5 치수 허용차

(단위 : mm)

구분		허용차
완제품 치수	길이	+6, -0
	폭	
	전체 평균두께(H)	$H \leq 32 : -0, +3$ $H > 32 : -0, +6$
내부 고무층 두께(t)	받침 내부의 모든 곳	설계값의 $\pm 20\%$ (다만 ± 3 mm 이하)
반대편 면과의 평행성	상단과 하단	0.005 rad 이하
	측면	0.002 rad 이하
연결 부재의 노출 위치	구멍, 끼움새나 흠	± 3 mm
고무 덮개층	상하 두께	설계값의 -0, ± 2.0 mm와 공칭표층두께의 $\pm 20\%$ 중 작은 값
	측면 두께	설계값의 -0, -3 mm
크기	구멍, 끼움새나 흠	설계값의 ± 3 mm
내부 보강 강판	길이	설계값의 ± 3 mm
	폭	+2, -1(최소두께 : 2 mm)

3.2.2 표기 및 품질 보증

- (1) 제조자는 각 탄성받침이 설계의 요구조건을 만족하고 있음을 보증하여야 하며 재료시험 결과 보증서 사본을 제출하여야 한다.
- (2) 각각의 탄성받침은 지워지지 않는 잉크나 유연성이 있는 페인트로 제조장소, 주문번호, 로트번호, 받침 인식번호, 그리고 고무 종류를 표기하여야 한다. 계약도서에 별도로 규정되어 있지 않으면 교량을 가설한 후에 보일 수 있는 면에 표기하여야 한다.

3.2.3 시험

(1) 범위

탄성받침의 재료와 완성된 탄성받침은 이 절에 기술된 시험을 거쳐야 한다. 재료시험은 KS F 4420과 일치하여야 한다.

(2) 성능시험

- ① 탄성받침의 성능시험은 KS F 4420에 규정된 완제품 성능시험 규정 및 시험방법에 따라 시험하며 그 기준을 요약하면 표 5.2.6과 같다.

표 5.2.6 탄성받침 완제품 성능 규정

시험항목		품질기준			비고
전단 계수	(G_k) kgf/cm ² (MPa)	7.14(0.7)	9.18(0.9)	11.73(1.15)	23 ℃ ± 2 ℃
	저온	$G(\text{저온}) \leq 3G_k$			-25 ℃ ± 2 ℃에서 7일간 냉각
	노화후	$G(\text{노화후}) \leq G_k + 1.53 \text{ kgf/cm}^2 (0.15 \text{ MPa})$			70 ℃에서 3일간
전단 부착	대기온도	최대 변형률에서 고무의 균열이 없어야 한다			23 ℃ ± 5 ℃
	노화후	최대 변형률에서 고무의 균열이 없어야 한다			70 ℃ 에서 3일간
압축강도		- 최대 하중에서 고무에 균열이 없어야 하고 보강 강판의 배치가 정확하여야 한다. - 정적압축 탄성계수(E_{cs})는 최대하중 30 % ~ 100 % 사이에 결정			23 ℃ ± 2 ℃
압축반복 재하 (피로시험)		- 압축계수 증가율이 피로시험전의 12 % 이내 - 부착결함, 균열이 없어야 한다.			시험반복횟수 : 2,000,000회 주파수 < 3 Hz 응력변화는 7.5 MPa ~ 25 MPa 이내

시험항목		품질기준	비고
정적 회전	편심 재하시험	편심이 가해진 상태에서 최대회전각의 검증	$23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$
	복원모멘트 시험(M_e)	설계값 이내	$23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 압축하중 7 MPa로 회전 0.03 Hz이하 주파수로 10회 반복재하
오존저항시험		균열이나 부착결함이 없어야 함	압축응력 $1.3\text{ G}\cdot\text{SF}$, 전단변형률 $V_x = 0.7 \cdot T_0$, $40\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 에서 72시간

② KS F 4420에 주어진 규격 이외의 이형규격에 대해서는 실 규격의 제품을 이용하여 시험하여야 한다.

③ 제품 시험이나 검사결과가 만족스럽지 못하면 즉시 이를 보완하기 위해서 필요한 조치를 하여야 하고 그 요건에 부적합한 제품은 구분하여 표기한다.

(3) 시험빈도

① 시험

가. 형식시험 : 생산의 중대한 변화로 규격과의 일치에 영향을 미칠 때 승인된 시험기관에서 반복적으로 실시하는 일종의 선정시험

나. 정기시험 : 제조자가 지속적으로 실시하는 일종의 관리시험

② 시료크기

표 5.2.7 시료형식에 따른 크기

(단위 : mm)

시료형식 (TYPE)	a	b	고무층수	고무층과 보강판의 두께
I	200	300	3	$8(t_e) + 3(t_s)$
II	400	500	5	$12(t_e) + 4(t_s)$
III	600	700	7	$16(t_e) + 5(t_s)$

여기서, a: 가로 길이 b: 세로 길이 t_e : 고무층 두께 t_s : 보강판 두께

③ 재료특성 시험형식 및 시험빈도

표 5.2.8 시험항목에 따른 시험형식 및 빈도수

시험항목	시험형식	시험 빈도수(회)
인장강도	형식시험	1/년
	정기시험	각 배치별
신장률	형식시험	1/년
인열저항시험	형식시험	1/년
	정기시험	4/년
압축영구줄임률	형식시험	1/년
	정기시험	4/년
노화시험	형식시험	1/년
	정기시험	4/년
오존저항시험	형식시험	1/년
	정기시험	4/년

④ 완제품의 시료형식 및 시험빈도

표 5.2.9 시험항목에 따른 시험·시료형식 및 시험 빈도수

No.	시험항목	시험형식	시료형식	빈도수 (회/년)
1	전단계수(G) 대기온도(상온)	형식시험	I, II, III	1
2	저온	정기시험	생산되는 전 규격	생산 시마다
3	노화 후	형식시험	I	1
		형식시험	I, II, III	1
4	전단부착 대기온도(상온)	형식시험	I, II, III	1
5	노화 후	정기시험	I	생산 시마다
		형식시험	I, II, III	1
6	압축강도	형식시험	I, II, III	1
		정기시험	생산되는 전 규격	생산 시마다
7	반복압축재하	형식시험	I	1

No.	시험항목	시험형식	시료형식	빈도수 (회/년)
8	복원모멘트 또는 편심률재하	형식시험	I	1
			I , II , III	1
9	오존저항	형식시험	I	1

주 : 압축강도시험은 제품의 특성(G : 전단계수)값의 차이로 상이함.

3.2.4 설치

- (1) 탄성받침의 외부판은 용접부와 고무사이에 적어도 38 mm의 이격이 존재하지 않는다면 용접을 해서는 안 된다. 어떠한 경우라도 고무와 부착부는 200 ℃ 이상으로 가열되어서는 안 된다.
- (2) 탄성받침은 상부구조 설치 시 미끄럼이 일어나지 않도록 주의하여야 한다. 최소반력이 작을 경우 미끄럼에 대한 저항시스템을 설치하여야 한다.

3.3 포트받침 및 디스크받침

3.3.1 제조 세목

- (1) 계약상대자는 감독자에게 받침 제조를 시작하기 30일 전에 문서로 통보하여야 한다.
- (2) 포트받침의 고무판 또는 디스크받침의 폴리에테르 우레탄 디스크를 만들기 위해 사용되는 몰드는 기계 제작장의 실무에 적합하여야 한다.
- (3) PTFE판은 접착제 제조자의 지시에 따라, 조절 가능한 공장조건하에서 에폭시수지 접착제를 사용하여 샌드브라스팅을 한 강재에 부착되어야 한다. PTFE판은 두께의 1/2 이상이 강재의 홈에 끼워져야 한다. 수직면의 경우에는 PTFE판을 강재에 기계적으로 고정시킬 수 있다.
- (4) 제조 후 공기에 노출되는 표면 중에서 스테인리스 강판을 제외한 강판표면은 계약도서나 시방서에 따라 부식을 방지하기 위한 공장 도장이나 코팅을 하여야 한다. 코팅을 하기에 앞서 코팅 제조자의 추천에 따라 노출된 강판의 표면을 청결하게 하여야 한다.
- (5) 현장 용접되는 금속표면이 용접을 실시하기 전에 노출되는 기간이 3개월 이상이면 현장용접되는 면을 깨끗한 도료로 코팅하거나 감독자가 승인한 보호코팅을 하여야 한다. 용접시 래커코팅은 제거하여야 한다. 이러한 면의 최종 도장과 코팅은 용접을 완료한 후에 실시하여야 한다.

- (6) 스테인레스 강판은 완전한 접착이 이루어지도록 하기 위해 공인된 에폭시를 사용하여 강재에 부착시킨 후 연속 봉인 용접으로 밀폐시킨다.
- (7) 포트받침용 강재 피스톤과 강재 포트는 각각 일체로 된 강재를 가공하여 제조하여야 한다. 모든 받침의 강재 포트는 일체로 가공하여 홈을 만들거나 하부 저판에 연속으로 용접하여 제조하여야 한다.
- (8) 피스톤의 외경은 피스톤과 고무판이 접하는 높이에서 포트의 내경에 비해 0.7 mm 보다 작아서는 안 된다. 피스톤의 측면은 회전을 원활하게 하기 위해 경사를 주어야 한다.
- (9) 디스크받침용 폴리에테르 우레탄 디스크는 상·하부 받침판에 링을 용접하거나 받침판에 홈을 내어 만든 구속링에 의해 구속되어야 한다. 링의 내경은 디스크의 직경보다 4 % ~ 6 % 커야 한다.
- (10) 전단 저항 장치는 용접이나 그 밖의 가능한 방법으로 받침판에 연결하여야 한다. 공인된 용접방법에 의한 요구조건에 따라 모든 용접이 실시되어야 하며 용접기술자는 자격요건을 구비하여야 한다.
- (11) 앞에서 언급한 사항 이외에 강판으로 된 모든 받침의 표면은 0.8 mm/m 이내로 평평하게 마무리하거나 가공하여야 한다. 0.8 mm/m 보다 편평도가 크면 불합격이다. 받침 패드에 놓이도록 설계된 하부 받침판(저판)의 하면은 편평도가 5.2 mm/m 이내가 되도록 하여야 한다. 산소용접기로 절단한 면은 조도가 25×10^3 mm를 넘지 않도록 하여야 한다. 전체 받침의 허용치수는 -0, +3 mm 이내이어야 한다.
- (12) 모든 받침은 공사 식별번호, 로트번호 그리고 개개의 받침번호를 설치 후에도 볼 수 있도록 한쪽 면에 잉크로 지워지지 않게 표기하여야 한다.

3.3.2 표본선정과 시험

(1) 로트 크기

표본선정, 시험 그리고 승인여부는 로트를 근거로 하여 결정한다. 로트는 특정 시간이나 날짜에 검사를 위해 제출하는 받침으로 정의한다. 로트는 더 나아가서 다음 기준에 의해 결정되는 가장 적은 받침 수량으로 정의한다.

- ① 1 로트는 하나의 계약 또는 공사 물량을 넘지 않아야 한다.
- ② 1 로트는 하중용량에 관계없이 같은 형식의 받침으로 구성된다. 받침 형식은 고정, 가동 형식으로 분류된다. 일방향 가동과 양방향 가동받침은 동일 형식으로 취급된다.

(2) 표본선정 및 시험 요구사항

① 제조자가 하는 시험

제조자는 「제조자가 하는 시험」을 하기 위해 완료된 받침의 로트로부터 임의로 표본을

선정하여야 한다. 제조자는 필요한 시험을 모두 끝내고 품질승인, 검사, 시험, 가부판정을 위해 로트를 제출하기 전에 이 시방서와 일치한지를 결정하여야 한다. 제조자는 시험결과를 감독자에게 제공하여야 한다.

② 감독자가 하는 시험

- 가. 특정한 규정에 의해 품질승인 시험이 요청되는 경우에 제조자는 감독자에게 표 5.2.10에 따라 품질승인 시험에 요구되는 소요개수의 표본을 제공하여야 한다. 받침과 부품재료의 시험, 검사 그리고 품질 승인 시험을 위해 최소 30일이 허용되어야 한다.
- 나. 표본 받침의 모든 외부면은 평평해야 하고 시험과정에 장애를 주는 불규칙성이나 돌출이 없도록 하여야 한다. 시험을 하기 위해 선정된 받침의 소울플레이트가 경사져 있다면, 그것에 맞는 부착되지 않은 경사판이 있는 시험장소로 운반하여야 한다. 이러한 판은 경사진 판과 동일한 재료와 크기를 가져야 한다. 또한 경사판은 경사진 소울 플레이트와 접하게 놓을 때 두 물체는 일체, 직사각형, 균일한 두께를 이루도록 제조하여야 한다.
- 다. 감독자는 품질승인시험을 위해 무작위로 받침의 완성된 로트로부터 표본 받침을, 그리고 고무 및 PTFE 재료로부터 표본을 선정할 수 있다.

표 5.2.10 표본 추출

시험	표본의 요건
재하시험	로트당 한 개의 받침
고무판의 물리적 성질	로트당 한 개의 고무 요소
PTFE판의 물리적 성질	공사당 PTFE 250 mm × 125 mm판 한개
폴리에테르 우레탄 구조 요소의 물리적 성질	로트당 폴리에테르 우레탄 250 mm × 125 mm 판 한 개 (두께 1.6 mm × 3 mm)

(3) 성능시험

- ① 포트받침의 성능시험은 KS F 4424(교량 지지용 포트 받침)에 따라 실시한다.
- ② 디스크받침의 성능시험은 1시간 동안 설계용량의 150 %까지의 하중과 0.02 rad의 회전량과 설계회전량 중에서 큰 회전을 함께 가해서 실시한다.
- ③ 받침은 시험동안 그리고 시험 후에 분해하여 육안으로 검사하여야 한다. 돌출되거나 변형된 폴리에테르 우레탄 또는 PTFE, 손상된 구속링 또는 균열이 발생한 강재 등과 같이 육안으로 관찰되는 결함은 불합격의 원인이 된다. 시험하는 동안에 폴리에테르

우레탄 디스크와 받침판 사이에서 그리고 상부 미끄럼 강판과 상부 받침판 사이에서 연속적이고 균일한 접촉이 유지되어야 한다. 들뜬 것이 발견되면, 이것은 해당 로트의 불합격 요인이 된다.

3.3.3 설치

포트받침 및 디스크받침은 계약도서와 승인된 작업도면에 나타난 배치 및 설치계획과 일치하도록 설치하여야 한다.

3.4 스페리컬받침

3.4.1 제조

받침의 제조는 도면에 나타낸 세부사항과 일치하여야 한다. 제조 중 발생한 균더더기, 날카롭고 거친 모서리나 흠집 등은 제거하여야 한다.

3.4.2 설치

- (1) 받침의 수평을 맞추기 위해서는 설치 시에 교량 지간의 평균온도의 변화 및 설치에 영향을 미칠 수 있는 다른 요인 등을 고려하여야 한다.
- (2) 부적절하게 받침을 설치하거나 조정하여 가동받침에서 상부구조물의 자유로운 이동을 제한하지 않도록 주의하여야 한다.
- (3) 설계에 명시된 요구사항에 따라 제조되고 시험, 설치되어야 한다.

3.5 지진격리받침

3.5.1 표기 및 품질보증

- (1) 제조자는 각 지진격리받침이 설계의 요구조건을 만족하고 있음을 보증하여야 하며 재료시험 결과와 보증서를 제출하여야 한다.
- (2) 각각의 지진격리받침은 지워지지 않는 잉크나 유연성이 있는 페인트로 제조장소, 주문번호, 로트(lot)번호, 받침 인식번호, 그리고 고무 종류를 표기하여야 한다. 계약도서에 별도로 규정되어 있지 않으면 교량을 가설한 후에 보일 수 있는 면에 표기하여야 한다.

3.5.2 시험

- (1) 지진격리받침은 설계 시 요구하는 성능기준과 품질기준을 확보하고 있는지 다음 각 항의 시험을 통하여 확인하여야 한다.

- ① 성능시험 : 온도의존성, 주기의존성, 압축피로, 전단피로 시험 등을 통하여 해당 지진 격리시스템이 신뢰할 수 있는 성능을 가지고 있는지 확인한다.
 - ② 원형시험 : 설계와 해석에 사용되는 지진격리시스템의 주기특성과 감쇠특성 등의 성능은 원형 또는 축소모형시험에 의해 확인한다.
 - ③ 품질시험 : 해당 받침 또는 장치가 품질기준을 만족하고 있는지 전수시험을 실시한다. 다만, 시험 후 사용이 불가능한 받침 또는 장치는 발주처의 승인을 거쳐 통계적으로 신뢰성 있는 표본을 선정하고 표본에 대한 시험과 전수검사를 실시한다.
- (2) 지진격리시스템의 축소모형 및 각 시험에 대한 세부사항은 ISO 22762(2010), guide specifications for seismic isolation design(AASHTO, 2010), 일본 도로교받침편람(일본도로협회, 2004) 등 국내외에서 인정되고 있는 지진격리장치 해당규정에 따른다.

3.5.3 품질기준

- (1) 지진격리받침과 그 재료는 전수 품질시험을 실시하여야 한다.
- (2) 지진격리받침의 전수 품질시험에 의해 측정된 평균 전단유효강성(k_{eff})은 설계값의 $\pm 10\%$ 이내이어야 하고, 각각의 전단유효강성은 설계값의 $\pm 20\%$ 이내이어야 한다. 또한, 평균 EDC 값은 설계값의 -15% 이상이어야 하고 각각의 EDC 값은 설계값의 -25% 이상이어야 한다.

표 5.2.11 지진격리받침 전단유효강성과 EDC의 품질 기준

	k_{eff}	EDC
평균값	$\pm 10\%$	-15% 이상
개체차	$\pm 20\%$	-25% 이상

※ EDC(energy dissipation per cycle) : 지진격리장치의 하중-변위 이력곡선의 면적

- (3) 지진격리받침의 전단유효강성 및 등가감쇠비는 설계변위를 연속적으로 반복 재하하는 경우에도 설계 시 요구하는 성능을 유지하여야 한다.
- (4) 지진격리받침의 전단유효강성 및 등가감쇠비는 도로교설계기준 2.1.12의 온도범위 내에서 성능의 변화가 없어야 한다.
- (5) 지진격리받침은 지진설계변위 범위에서는 항상 복원력을 보유하고 있어야 한다.
- (6) 지진격리받침 탄성중합체의 최대전단변형률은 상시에는 70% , 지진 시에는 200% 이하 이어야 한다.

3.5.4 설치

- (1) 지진격리받침을 설치할 때는 설치 도면상에 나타나 있는 규격 및 치수를 확인한 후 종류에 따라 정확히 구분하여 설치하여야 하며, 설치하기 전 받침의 수평여부를 확인한 후 고강도 모르타르를 사용한다. 모든 설치는 현장 기술자 및 감독자의 감독 하에 이루어져야 한다.
- (2) 지진격리받침은 3.5.2의 시험규정에 따라 시험 후 안전성이 검증된 제품만 설치하여야 한다. 설계에서 검토된 제품이라도 현장설치 전에 본 시험 규정에 따라 객관적인 안전성을 검증하지 아니한 경우에는 설치하여서는 안 된다.
- (3) 성능시험을 통해 객관적인 안전성이 검증된 제품일지라도 현장에 설치하기 전에 설계 시 고려된 받침 특성치가 실제와 동일한 지 확인하여야 한다.

3.5.5 지진격리받침 배치

- (1) 지진격리받침은 설계에서 요구되는 단면력 및 변위 외에도 복원력 기준을 충족하도록 배치되어야 한다.
- (2) 받침 배치는 대칭성에 따라 적용되어야 하며 받침의 서로 다른 수직처짐과 회전특성이 설계에서 고려되지 않은 경우 다른 종류의 받침이 동일 횡단면에 대해 적용되어서는 안 된다.
- (3) 하나의 교량에 대하여 적용된 모든 교량 받침은 동시에 지진하중에 저항하도록 배치하여야 한다.

3.6 받침 구성부품의 설치

3.6.1 받침판

- (1) 받침판은 설계도에 나타난 것과 같은 제 높이 및 위치에 정확하게 설치되어야 하고, 전체 면적에 걸쳐 균등하게 지지되어야 한다.
- (2) 받침판을 콘크리트에 묻을 때, 콘크리트 타설 동안에 판이 정확한 위치에 놓이도록 하기 위한 설비가 있어야 한다.

3.6.2 앵커볼트

- (1) 계약상대자는 앵커볼트를 위한 구멍을 뚫고 포틀랜드시멘트로 그라우팅 하여 설치하거나, 설계도에 나타난 바와 같이 또는 감독자에 의해 규정되거나 지시된 바와 같이 앵커볼트를 미리 설치하여야 한다.
- (2) 앵커볼트의 위치를 정할 때에는 설치 시의 상부 구조물의 평균온도 변화와 설치 후

고정하중에 의한 하현재 또는 하부 플랜지의 예상 신축량 등을 고려하여, 평균온도와 고정하중하에서 가동받침의 고정 볼트가 가능하면 구멍의 중심부에 위치하도록 주의 를 기울여야 한다.

- (3) 가동받침에서는 상부구조물의 완전하고 자유로운 이동이 너트나 앵커볼트에 의해 방해받지 않도록 주의하여야 한다.

3.7 무수축 모르타르

- (1) 무수축 모르타르의 시공에 관해서는 설계도서 및 감독원의 지시에 따라야 한다.
- (2) 모르타르와 접촉되는 콘크리트 면은 부착에 방해가 되는 이물질 등을 제거하여 깨끗이 하고, 콘크리트 면에 물을 부은 후 표면건조상태가 되면 모르타르를 타설한다.
- (3) 승인된 모르타르를 사용하여 받침 하면과 교각 또는 교대의 상면에 충분히 밀착되도록 정밀 시공하여야 한다. 특히, 주입 시에는 모든 공기를 빼내어 받침 하단에 공극이나 기포가 생기지 않도록 한다.
- (4) 양생은 반드시 습윤양생을 실시하여야 하며, 감독자에 의해 달리 허용되지 않는다면 타설 후 72시간 내에는 받침에 어떠한 하중도 가해서는 안 된다.
- (5) 무수축 모르타르는 상부구조(거더, 슬래브 등) 시공하기 최소 7일 전에 타설하여 충분한 강도가 발휘 될 수 있어야 한다.
- (6) 모르타르가 부적절하게 양생되거나 다른 결함을 가지고 있다면 계약상대자는 모르타르를 제거하고 재시공하여야 한다.

제6장 도장

제1장 총칙

제2장 강교

제3장 콘크리트교

제4장 하부구조

제5장 신축이음
및 받침

제6장 도장

제 6 장 도 장

6-1 일반요건

1. 일반사항

1.1 적용범위

본 시방은 강교량 등의 신설 및 유지보수시의 도로 및 도장에 대한 선택기준, 시공방법 및 검사방법 등에 대한 도장공사에 적용한다.

1.2 용어의 정의

- (1) 가사시간(pot life, pot stability) : 2액형 이상의 도료를 사용하기 위해 혼합했을 때 겔화, 경화 등이 일어나지 않고 사용하기에 적합한 유동성을 유지하고 있는 시간
- (2) 가열건조(baking, stoving) : 칠한 도료의 층을 가열하여 경화시키는 공정. 가열은 더운 공기의 대류, 적외선의 조사 등에 따른다. 가열하여 건조시켜서 얻은 도막은 일반적으로 단단하다. 보통 66 ℃(150 ℉) 이상의 온도에서 건조시킬 경우를 말한다.
- (3) 가열잔분(불휘발분)(non volatile content, solid content, heating residue) : 도료를 일정한 조건에서 가열했을 때에 도료 성분의 일부가 휘발 또는 증발한 후 남은 무게를 본래 무게에 대한 백분율로 계상한 값. 잔분은 주로 전색재 속의 불휘발분 또는 안료이다. 도료 일반 시험방법에서는 가열 조건은 105 ℃ ± 2 ℃ 에서 3시간으로 규정되어 있다.
- (4) 건조(drying) : 칠한 도료의 얇은 층이 액체에서 고체로 변화되는 현상. 도료 건조의 기구에는 용매의 휘발, 증발, 도막 형성 요소의 산화, 중합, 축합 등이 있고, 건조의 조건에는 자연건조, 강제건조, 가열건조 등이 있다. 또 건조 상태에 따라 다음의 용어로 구분한다.
 - ① 지촉건조(set to touch) : 도막을 손가락으로 가볍게 대었을 때 접착성은 있으나 도료가 손가락에 묻지 않는 상태
 - ② 점착건조(dust free)

- 가. 손가락에 의한 방법 - 손가락 끝에 힘을 주지 않고 도막면을 가볍게 좌우로 스칠 때 손톱자국이 심하게 나타나지 않는 상태
- 나. 숨에 의한 방법 - 탈지면을 약 30 mm 높이에서 도막 면에 떨어뜨린 다음, 입으로 불어 탈지면이 쉽게 떨어져 완전히 제거되는 상태
- ③ 고착건조(take free) : 도막 면에 손끝이 닿는 부분이 약 15 mm가 되도록 가볍게 눌렀을 때 도막 면에 지문 자국이 남지 않는 상태
- ④ 경화건조(dry-through) : 도막 면에 팔이 수직이 되도록 하여 힘껏 엄지손가락으로 누르면서 90 ° 각도로 비틀어 볼 때 도막이 늘어나거나 주름이 생기지 않고 다른 이상이 없는 상태
- ⑤ 완전건조(full hardness) : 도막을 손톱이나 칼끝으로 긁었을 때 흠이 잘 나지 않고 힘이 든다고 느끼는 상태
- (5) 건조시간(drying time) : 도료가 건조하는 때에 필요한 시간, 가열 건조에서는 가열 장치에 넣고부터 건조 상태로 될 때까지의 시간
- (6) 겔화(gel, gelation) : 액상인 것이 불용성의 겔 상으로 되는 것, 도료에서는 용기 속에서 굳어져서 희석제를 가하여 휘저어도 전색제가 고르게 녹지 않는 상태
- (7) 경도(hardness) : 도막의 단단한 정도
- (8) 경화(curing) : 도료를 열 또는 화학적인 수단으로 축합, 중합시키는 공정. 요구하는 성능의 도막이 얻어진다.
- (9) 경화제(hardener, curing agent) : 도막을 경화시키는 물질
- (10) 광명단(red lead) : 사삼 산화납을 주성분으로 한 오렌지색 안료, 방청 안료로서 사용한다.
- (11) 광택(gloss) : 물체 표면에서는 받는 정반사광 성분의 다소에 따라서 일어나는 감각의 속성. 일반적으로 정반사광 성분이 있을 때에 광택이 많다고 말한다. 도막에서는 광택을 사용해서 입사각, 반사각을 45 ° : 45 °, 60 ° : 60 ° 등으로 하여 거울 면 광택도를 측정해서 광택의 대소의 척도로 한다.
- (12) 균열(cracking) : 노화된 결과 도막에 나타나는 부분적인 절단, 균열의 상태에 따라서 다음과 같이 분류된다.
- ① 헤어크랙(hair cracking) : 가장 위층 도막의 표면에서만 생기는 아주 가느다란 균열, 모양은 불규칙하고 장소에 관계없이 생긴다.
- ② 얇은 균열(checking) : 가장 위층 도막의 표면에만 생기는 가느다란 균열로 분산된 무늬가 되어서 분포한다.
- ③ 크레이징(crazing) : 얇은 균열과 비슷하며 그보다도 깊고 폭이 넓은 것
- ④ 악어가죽 균열(alligatoring) : 깊은 균열이 심한 것. 악어가죽 무늬로 생긴 것

- (13) 내구성(durability) : 물체의 보호, 미장 등 도료의 사용 목적을 달성하기 위한 도막 성질의 지속성
- (14) 내수성(water resistance, waterproof) : 도막이 물의 화학적 작용에 대해서 잘 변화되진 않는 성질. 내수시험에서는 시험편을 물에 담가서 주름, 팽창, 균열, 벗겨짐, 광택의 감소, 흐림, 변색 등의 유무나 정도를 조사 한다.
- (15) 내후성(weathering, weather resistance, weatherproof) : 옥외에서 일광, 풍우 이슬, 서리, 한난, 건습 등 자연의 작용에 저항해서 잘 변화하지 않는 도료의 성질
- (16) 노화(aging, ageing) : 시간의 경과에 따라서 도막의 성질, 성능, 외관이 열화 하는 것.
- (17) 녹(rust) : 보통은 철 또는 강 의 표면에 생기는 수산화물 또는 산화물을 주체로 하는 화합물. 넓은 의미로는 금속이 화학적 또는 전기 화학적으로 변화해서 표면에 생기는 산화 화합물
- (18) 도포량(quantity for application) : 일정한 면적에 칠하는 도료의 양(kg/m^2 , l/m^2)
- (19) 밀스케일(mill scale) : 철재의 표면에 생기는 검은 껍질
- (20) 변색(discoloration) : 도막의 색의 색상, 채도, 명도 중 어느 하나 또는 하나 이상이 변화하는 것
- (21) 부착성(adhesive property, adhesion, adhesive strength) : 도막이 하지 면에 부착되어 잘 떨어지지 않는 성질
- (22) 상도도료(top coat) : 도료를 여러 번 칠하여 도장 마무리를 할 때 마감도료로 사용되는 도료
- (23) 상용성(compatibility, compatible) : 2종류 또는 그 이상의 물질이 서로 친화성을 가지고 있어서 혼합했을 때에 용액 또는 균질의 혼합물을 형성하는 성질, 도료에 있어서는 2종류 또는 그 이상의 도료를 혼합시 침전, 응고, 겔화와 같은 불량한 결과로 나타나지 않는 성질
- (24) 흐름현상(sagging, run, curtaining) : 수직면에 칠했을 때 건조까지의 사이에 도료의 층이 부분적으로 아래쪽으로 흘러서 두께가 불균등한 곳이 생겨 반원상, 고드름상, 액상 등이 되는 현상. 너무 두껍게 칠했을 때 도료의 유동 특성의 부적합 내지 상태의 부적합 등에 의해서 일어나기가 쉽다.
- (25) 샌드블라스트(sandblasting, blast cleaning) : 금속 제품에 건조된 규사 등의 연마재를 고압의 공기와 함께 분사하여 표면의 녹을 제거하여 깨끗하게 하는 것
- (26) 스프레이 도장(spray coating) : 스프레이 건으로 도료를 미립화하여 뿜어내면서 칠하는 방법
- (27) 아연말(zinc dust) : 금속 아연을 주성분으로 한 회색 분말, 방청 안료로서 사용한다.

- (28) 안료(pigment) : 물이나 용매에 녹지 않는 무기체 또는 유기체의 분말. 착색, 보강, 증량 등의 목적으로 도료, 인쇄잉크, 플라스틱 등에 사용한다. 굴절률이 큰 것은 은폐력이 크다.
- (29) 에폭시 수지(epoxy resin) : 분자 속에 에폭시기를 2개 이상 함유한 화합물을 중합하여 얻은 수지 모양 물질로, 에피클로로히드린과 비스페놀을 중합하여 만든 것이 대표적이다. 에폭시 수지를 사용해서 만든 도료는 경화시간(건조시간)이 짧고, 도막은 화학적, 기계적 저항성이 대체로 크다.
- (30) 열경화성(thermosetting property) : 수지 등이 가열하면 경화되어서 불용성이 되어 본래의 연성으로 되돌아가지 않는 성질
- (31) 염수분무 시험(salt spray testing, salt spray test) : 식염수 용액을 분무상으로 해서 뽑어 넣는 용기 속에 시험판을 넣고 금속재료, 피복 금속재료, 도장 금속재료 등의 방식성을 비교하는 시험
- (32) 염화고무(chlorinated rubber) : 염소화 시킨 고무 폴리에틸렌 및 폴리프로필렌의 염소화물도 이에 포함된다.
- (33) 용제(solvent) : 도료에 사용하는 휘발성의 액체로, 도료의 유동성을 증가시키기 위해서 사용한다. 협의로는 도막 형성요소의 용매를 말하고 달리 조용제, 희석제가 있다. 본래는 증발 속도의 대소에 의해서 구분하지만, 비등점의 고저에 따라서 고비등점 용제, 중비등점 용제, 저비등점 용제로 분류되는 수도 있다.
- (34) 유기안료(organic color, organic pigment) : 유기물을 발색 성분으로 하는 안료
- (35) 자연건조(air drying, cold curing) : 도료가 상온의 공기 속에서 건조하는 것
- (36) 전색제(vehicle) : 도료 속에서 안료를 분산시키고 있는 액상의 성분
- (37) 주도(consistency) : 액체를 변형할 때에 발생하는 역학적인 저항, 유체의 유동에는 점성 유동, 소성 유동, 요변성(thixotropic) 등이 있어 저항의 상태에 차이가 있다. 정량적으로는 응력 미끄럼 속도 특성을 사용해서 점도 변화, 항복치 등으로 나타낼 수 있다.
- (38) 중도(intermediate coat) : 하도, 상도의 중간층으로서 중도용의 도료를 칠하는 것. 하도 도막과 상도 도막 사이의 부착성의 향상, 종합 도막층 두께의 증가, 평면 또는 입체성의 개선 등을 위해서 한다. 영어에서는 목적에 따라서 under coat, ground coat, surfacer 등으로 말한다.
- (39) 체질안료(extender, filler, extender pigment) : 도막의 보강, 증량의 목적으로 사용하는 굴절률이 작은 흰색 안료
- (40) 촉진내후성 시험(accelerated weathering test, accelerated weathering,

artificial weathering) : 도막은 옥외에 노출되면 일광, 풍우 등의 작용을 받아서 열화한다. 열화하는 경향의 일부를 단시간에 시험하기 위해서 자외선 또는 태양빛에 근사한 광선 등을 조사하고 물을 뿜어내는 등의 인공적인 실험실적 시험

- (41) 프라이머(primer) : 도장재 중에서 소지에 최초로 사용되는 도료. 프라이머는 소지의 종류나 도장재의 종류에 따라 여러 가지 종류가 있다.
- (42) 핀홀(pin hole) : 도막에 생기는 극히 작은 구멍
- (43) 소지(substrate) : 도료를 칠할 바탕면
- (44) 희석제(thinner) : 도료의 점도를 낮추기 위하여 사용하는 휘발성 액체

1.3 관련 시방서 및 기준

1.3.1 토목공사 표준일반시방서

1.4 참조규격

1.4.1 한국산업표준(KS)

1.4.2 한국페인트잉크공업협동조합 단체규격

1.5 제출자료

- 1.5.1 시공계획서는 시방서 제1장 총칙의 1.5.2절에 규정되어 있는 사항이 포함되어 있어야 한다.

2. 시공개요

시공자는 시공 전 다음과 같은 시공계획을 수립하여야 한다.

2.1 시공계획

- (1) 공사개요 : 공사명, 공사기간, 공사장소, 시공내용, 기준 및 시방서

- (2) 공정표
- (3) 현장조직 : 현장조직도, 작업자명부(경험 년 수, 취득자격 포함)
- (4) 사용도료 : 품명, 규격, 색, 제조회사명, 사용량
- (5) 사용기기 : 표면처리 및 도장작업에 필요한 기기의 명칭, 규격, 형상, 성능 및 대수.
- (6) 안전대책 : 현장의 안전관리조직, 비상연락망, 환기대책, 화재대책, 안전회의 및 안전 순찰자
- (7) 환경대책 : 주변지역에 대한 오염, 소음방지 대책
- (8) 가설준비계획 : 현장사무소나 창고 등의 위치도, 구조약도 및 전화번호

2.2 시공방법

- (1) 일반사항 : 시공순서, 기상조건, 주야간별
- (2) 표면처리 : 표면처리의 방법, 정도
- (3) 도장작업 : 도장방법, 터치업(touch up) 방법
- (4) 작업대 : 작업대 구조, 설치방법
- (5) 조명, 환기 : 조명, 환기방법

2.3 시공관리

- (1) 공정관리 : 日(週, 月) 진척도, 관리도
- (2) 품질관리 : 도료의 희석률, 도장횟수, 도막두께, 건조, 재도장간격, 도막외관
- (3) 사진관리 : 공정사진, 작업사진
- (4) 관리용 기구 : 온도계, 습도계, 표면온도계, 도막측정기기 및 검사에 필요한 제반 기기

3. 시공기록

시공기록에는 다음 사항을 기록하고 유지하는 것으로 한다.

3.1 사용재료

- (1) 사용재료의 명칭
- (2) 사용도료의 종류

3.2 작업진행사항

- (1) 기상상태
- (2) 표면처리 상태
- (3) 도장작업 내용
- (4) 중복도장의 간격

4. 공정관리 및 안전관리

4.1 공정관리

- (1) 적절한 공정관리를 위해서는 공사착수 전에 현지의 상황을 충분히 조사하여 세밀한 관리계획을 입안하도록 하여야 한다.
- (2) 공정관리에서는 도장공정에 맞는 도로 및 작업원의 수급, 각 층간의 중복도장 간격 등을 충분히 배려하도록 하여야 한다.

4.2 안전관리

- (1) 도장작업에서의 사고방지를 위한 계획을 수립하고, 확인하여야 한다.
- (2) 도로나 철도 상에서 작업하는 경우는 각 관리자는 시공시간, 시공범위, 보안설비, 연락 체계 등을 충분히 협의하고, 그 내용을 시공계획서에 명기하도록 한다.
- (3) 박스 거더형 강교 내부에서의 작업에서는 충분한 조명과 환기를 유지하도록 한다.
- (4) 도료는 일반적으로 인화성의 액체이고, 용제가 함유되어 있어, 그러한 것들이 고농도로 인체에 작용하는 경우에는 건강상 유해하다. 따라서 도료의 운반, 보관 및 도장작업 등의 각 단계에서 안전관리 방법 및 대책을 수립하여야 한다.
- (5) 현장에서의 도장작업은 지상 작업 이외에는 거의 대부분이 작업대에 의한 고공작업이므로, 작업원의 추락이나 도료의 비산에 의한 제3자의 피해가 발생하기 쉽다. 또한 가설 발판의 해체, 철거작업은 위험도가 높으므로 주의를 요한다.

5. 강교량의 도장계열 선택기준

5.1 강교량의 설치환경 구분

5.1.1 일반적 환경구분

- (1) 일반지구 : 도로상 공장 및 제설 등의 영향이 없는 지구
- (2) 해안지구 : 해염 입자의 영향으로 강재의 부식이 빠른 지구
- (3) 공장지구 : 공장과 근접한 지구로 질산화물 등의 영향으로 강재의 부식이 빠른 지구
- (4) 대기오염지구 : 도시 등에서 대기오염도가 대단히 높아서 강재의 부식이 빠른 지구
- (5) 해상지구 : 해상에 설치된 강구조물 또는 이와 동등한 부식환경에 놓여 있는 지구
- (6) 해안공업지구 : 해안과 공장의 환경조건이 중복된 지구

5.2 설치형태의 구분

- (1) 교량의 외부표면
- (2) 박스 거더형 내부표면(밀폐상태에 있는 부분)
- (3) 외부 연결판 및 볼트 부분
- (4) 내부 연결판 및 볼트 부분
- (5) 콘크리트와 접촉하는 강부재

6-2 재료

1. 도료의 개요

1.1 도료의 정의

도료란 물체의 표면에 도포하여 건조된 피막층을 형성시켜 물체에 소기의 성능을 부여하는 유동상태의 화학제품을 말한다. 도료가 도막으로 되어 발휘할 수 있는 소기의 성능이란 다음 중 어느 하나 또는 그 이상의 성능을 가져야 한다.

- (1) 물체의 보호 : 방습, 방청, 방식, 내유, 내약품성 등
- (2) 외관이나 형상의 변화 : 색, 광택의 변화, 미관, 표식, 평활화, 입체화 등
- (3) 특수기능 : 기타 파동의 발산, 반사 및 흡수, 색에 의한 온도의 지시, 전자파 차폐, 대전 방지, 곰팡이 방지, 착빙 방지, 태양열 반사 또는 흡수 등

도료의 구성성분을 기준으로 분류하면 도막을 형성하는 수지 및 안료와 도막형성 과정에 휘발하는 용제로 나누어지며, 또 도료를 제조, 보관, 도장 및 건조하는 과정을 도와주는 기능과 문제발생을 억제하는 기능을 갖는 소량의 첨가제로 이루어져 있다. 도장의 결과로 얻어지는 도막의 성능은 주로 수지와 안료의 성능에 의해서 결정된다. 따라서 도료의 좋고 나쁨은 수지와 안료의 선택에 기인된다.

1.2 도료의 구성성분

도료의 조성을 크게 나누면 수지, 안료, 용제, 첨가제의 4가지 성분으로 나눌 수 있다.

- (1) 수지는 도막 내에서 접착(binder) 역할을 하며 도막의 물성을 좌우하는 요소이며, 특히 에폭시계 수지 또는 우레탄계 수지는 화학반응형 2액형 도료용 수지로서 각종 물성이 탁월하다.
- (2) 안료는 색이 있는 분말상의 물질로서 수지와 혼합하여 물체의 표면을 착색하거나 방청 등의 기능을 부여하기 위하여 사용된다. 철의 부식을 방지하기 위한 방청안료로서 광명단과 같이 철의 부식을 억제하는 효과가 있는 억제제(inhibitor)류와 편상의 알루미늄 박편(flake), 운모산화철(MIO)과 같이 차단(barrier)효과를 갖는 것과 금속아연말과 같이 전기화학적으로 철을 보호하는 음극보호방식의 방청안료가 사용된다.
- (3) 첨가제는 도료의 제조에서부터 도료가 건조되어 내구력을 지속시킬 때까지 각각의 단계에서 도료에 필요한 기능을 충분히 발휘할 수 있도록 가하여지는 보조적인 역할을 하는 약품이다.

(4) 용제는 문자 그대로 수지를 녹이거나 도료를 묽게 할 때 쓰이는 액체이다.

2. 강교용 중방식 도료

2.1 금속의 부식기구

부식은 크게 나누어 건식(dry corrosion)과 습식(wet corrosion)으로 나눌 수 있으며 건식은 금속표면에 액체인 물의 작용이 없이 발생하는 부식이며, 습식은 액체인 물 또는 전해질 용액에 접하여 발생하는 부식으로 우리 주변에서 경험하는 부식의 대부분이다. 그리고 부식기구는 현재까지 물에 관여하는 부식의 대부분은 전기 화학적인 기구에 의한 것으로 알려져 있다.

즉, 부식은 물과 산소의 존재하에 철이 산화철로 변화하는 과정이다.

2.2 중방식 도료

중방식도료로서의 방청효과는 위의 발청(부식)의 원인을 억제시키거나 근본적으로 역행시킴으로서 얻어진다.

도장으로 얻어지는 방청은 앞서서 설명한 바와 같이 부식의 원인이 되는 물 및 공기의 침투를 차단하는 방법으로서 차단효과는 도료 중에 차단효과가 큰 전색제(예 : 화학반응 경화형인 에폭시 또는 우레탄수지) 및 안료(알루미늄 또는 M.I.O 안료)의 선택에 따른 경우, 광명단과 같은 방청안료를 사용하여 철 표면이 알칼리성이 되도록 하여 부동태화 시키는 경우 및 철보다 이온화 경향이 큰 안료(아연말)를 사용하여 금속아연이 전지의 양극화가 되어 철이 이온화하는 것을 막아주는 방법이 있다.

2.3 중방식 도료의 특성

- (1) 내수성, 내습성이 좋아야 한다.
- (2) 내이온 투과성, 내산성, 내알칼리성이 우수하여야 한다.
- (3) 물리적 성질이 우수하여야 한다.
- (4) 내후성, 내구성이 우수하여야 한다.
- (5) 보수도장성, 도장작업성이 우수하여야 한다.
- (6) 금속면이나 상도에 대한 밀착성이 우수하여야 한다.
- (7) 1회에 두꺼운 도막으로 도장이 가능하여야 한다.

3. 강교용 중방식 도료의 종류

이 시방에 언급된 도료를 제품별로 요약하면 다음과 같다.

3.1 연단계 방청페인트

연단계 방청페인트는 주로 오일 또는 알키드 수지와 연단(일명 광명단)을 배합하여 제조한 방청목적의 하도용 도료로서 재래로부터 많이 사용되었다. 오일 또는 알키드계 수지는 공기 중의 산소와 반응하는 산화경화형으로 망상구조에 의해 단단한 도막을 형성한다. 또 연단(광명단)은 수분 및 산소에 의한 철재의 부식을 억제하는 기능(inhibitor)을 갖는 방청안료이다.

이 도료는 근래에 개발된 중방식 도료와 비교하여 방청력이 열세하며, 환경문제 등으로 인하여 신설 교량에 대한 도장 시방에서는 제외한다.

3.2 알키드계 마감도료

알키드계 도료는 주로 산과 알콜의 축합반응(에스테르 반응)에 의하여 만들어진 알키드 수지나 혹은 여기에 오일 등으로 변성하여 만든 수지에 착색안료를 배합하여 만든 마감도료(일명 에나멜)를 총칭한다. 이 도료는 다른 중방식도료에 비해 도막의 물성(내수성, 내약품성, 내구성 등)이 열세하므로 연단계 방청페인트의 상도로서 주로 사용된다. 값이 비교적 싸며 작업이 편리하다는 장점이 있다.

3.3 무기질 아연말 도료

무기질 아연말 도료는 반응기구(反應機構)에 따라 여러 가지 형태가 있는데, 이 도료는 내구성이 특히 우수한 무기질 수지(주로 에틸 실리케이트가 사용됨)에 음극보호 방식에 의한 탁월한 방청력을 갖는 아연말을 배합하여 만든 도료로서 장기 내구성 및 방청력을 갖는 방청목적의 하도 도료이다.

이 무기질 아연말 도료는 도장 후 공기 중의 수분과 반응하여 실리케이트 망상구조 $[(\text{SiO}_2)_n]$ 를 이루어 치밀하고 강인한 도막을 이루는 무기질 형태이므로 내수성, 내유성, 내용제성 및 각종 기계적 물성이 우수하다.

무기질 아연말 도료는 건조가 빠르고 후도막으로 도장이 가능하여 작업이 편리하고 생산성을 높일 수 있다. 또 내열성이 우수하므로 400℃까지 온도가 올라가는 철재의 하도로서도 그 적용이 가능하다. 무기질 아연말 도료의 방청력 및 마찰계수는 건조도막중의 아연말의

함량에 따라 좌우되며, 최상의 방청 품질을 유지하기 위하여 건조도막중의 아연말의 함량이 85 %(무게비) 이상인 제품을 사용하여야 한다.

3.4 염화고무계 도료

염화고무계 도료는 수(水)투과성 및 공기투과성이 아주 낮은 염화고무수지에 체질안료 및 착색안료를 배합하여 만든 도료로서, 건조가 빠르며, 층간 밀착성이 우수하고, 내수성 및 내약품성이 우수한 특성을 갖는 일액형 도료이다. 염화고무 수지의 제조 중에 환경에 유해한 물질의 발생문제 및 휘발성 유기용제의 저감화가 어렵다는 문제 등으로 인하여 사용이 제약되고 있다. 따라서 기존교량의 보수 등을 제외한 신설교량에 대한 도장 시방에서는 제외한다.

3.5 역청질계 도료

역청질계 도료는 내수성이 우수한 역청질 수지(bitumen)를 용제에 녹인 상태로 체질안료를 배합하여 만든 도료로서 내수성이 우수하고 값이 아주 싸다는 장점이 있다. 그러나 색상이 흑색이고 내후성이 불량(햇볕에 의한 변색)하므로 외부 환경에 노출되는 구조물에는 사용이 제한된다는 단점이 있다. 장기 내구성에 한계가 있고 어두운 색(흑색)으로 인하여 교량 내부의 검사 및 점검 시 결함의 발견이 어렵다는 점이 있다. 따라서 기존교량의 보수 등을 제외한 신설교량에 대한 도장 시방에서는 제외한다.

3.6 에폭시계 도료

에폭시 수지계 도료는 에폭시기를 2개 이상 가진 화합물(주제)이 활성수소기를 가진 경화제(아민 또는 아마이드계)와 부가, 중합하여 얻어지는 고분자 화합물을 형성하는 2액형 도료이다. 화학반응에 의한 망상구조를 가지므로 부착력, 내약품성, 내수성 및 기계적 물성(내마모성, 내충격성 등)이 아주 우수한 강인한 도막을 형성한다. 단, 화학구조상의 특성 때문에 자외선에 대한 내후성이 약하므로 외부에 노출되는 구조물의 마감재로서는 부적합하다.

3.6.1 에폭시계 프라이머

에폭시계 프라이머는 전술한 에폭시 수지에 방청안료를 배합하여 만든 도료로서 철재의 방청 프라이머로서 유용하다. 강교용으로는 무기질 아연말 프라이머를 사용하기에 적합한 정도의 표면처리(SSPC-SP10 정도의 표면처리)를 할 수 없는 부위(현장에서

발생한 부분적인 손상부위, 볼트 및 연결판을 체결한 부위에 대한 현장도장 등)에 프라이머로 사용된다.

3.6.2 후막형 에폭시계 도료(교량 외부용 중도)

후막형 에폭시계 도료는 에폭시 수지에 체질안료 및 착색안료를 배합하여 제조한 도료로서 하도(무기질 아연말 도료 등)와 상도(폴리우레탄계도료, 자연건조형 불소수지 도료 등)의 가교 역할 및 중도로서 차단(barrier)역할을 하는 도료로 사용된다. 교량 외부의 중도용의 후막형은 건조도막 기준으로 1회 100 μm 또는 그 이상 도장할 수 있는 제품을 기준으로 하여야 한다.

3.6.3 고고형분 에폭시계 도료 및 고고형분 후막형 에폭시계 도료(교량 내부용 중상도)

고고형분 후막형 에폭시계 도료는 에폭시 수지에 약간의 체질안료 및 착색안료를 배합하여 제조한 도료로서 하도(무기질 아연말 도료 등)와 부착력이 우수하며 내수성, 방청력 등을 고려하여 설계된 제품이다. 교량내부에서 작업시 용제에 의한 작업자의 작업환경을 고려하여 가능한 한 용제의 사용을 저감시킨 고고형분 에폭시계 도료로 고형분 용적비 기준으로 최소한 80 % 이상인 것으로 한다. 교량 내부의 중상도로서 후막형은 건조도막 기준으로 1회 150 μm 또는 그 이상 도장할 수 있는 제품을 기준으로 하여야 한다.

3.7 폴리우레탄계 도료

폴리우레탄계 도료는 이소시아네이트기(-NCO)를 다수 가진 가교성분과 하이드로 옥시기(-OH)를 가진 폴리올 성분이 반응하여 도막을 형성하는 도료로서 에폭시도료와 같이 화학반응에 의한 경화기구를 갖는 도료이므로 치밀하고 단단한 도막을 형성한다. 일반적으로 에폭시계 도료와 같이 물성이 우수하고 에폭시의 단점(내후성이 불량)을 극복할 수 있는 도료로서 내후성이 우수하여 해안 또는 도시환경의 강교량의 상도도료로서 적합하다.

3.8 자연건조형 불소도료

자연건조형 불소도료는 플루오로 올레핀(fluoro olefin)과 비닐에테르(vinyl ether)를 공중합시켜 유기용제에 용이하게 용해되는 상온건조가 가능한 도료이다.

불소의 특성은 탄소원자와 불소원자간(C-F)의 결합 에너지가 유기화합물중 가장 크기 때문에 자외선이나, 대기오염, 산성비 등의 공격에 대해 20년 이상의 내후성과 내구력이 가능하다. 또한 비닐에테르에 결합되는 특수한 물질이 도막의 광택, 투명성, 경도, 굴곡성, 부

착성, 안료와의 상용성 등을 부여하므로 유기계 자연 건조형 도료 중 가장 우수한 성능을 발휘하는 도료로서 알려져 있다. 그러므로 장기간의 내구력이 요구되거나 보수도장이 어렵거나, 보수도장 기간을 연장시키기 위한 목적으로 사용된다.

자연건조형 불소도료의 특성을 열거하면 다음과 같다.

- (1) 초내후성 : 수지의 화학구조상 내자외선에 대한 저항성이 크기 때문에 광택유지율이 매우 높다.
- (2) 경화방식 : 우레탄 결합으로 치밀한 도막을 형성하여 내약품성 등의 물성이 우수하다.
- (3) 방청성 : 공기 중 산소에 대한 투과계수가 적으므로 방식성이 우수하다.
- (4) 약품성 : 내산성, 내알칼리성 등의 내화학성이 탁월하여 중화학공장의 플랜트나 임해지역 등의 가혹한 조건하에서 탁월한 성능을 발휘한다.
- (5) 보수도장 : 타도막 및 불소도료와의 부착성이 우수하여 재도장이 가능하다.

3.9 콜탈 에폭시계 도료

콜탈 에폭시계 도료는 위에서 설명한 에폭시 수지에 내수성이 특히 탁월한 콜탈을 배합하여 만든 내수성 및 방청력이 우수한 도료이다. 가격면에서도 순수 에폭시에 비해 저렴하고, 내수성 등이 우수하므로 강재를 장기적으로 보호하기에 적합하다. 그러나 콜탈 에폭시계 도료는 내후성이 불량하고 색상이 제한(흑색 및 적갈색)되므로 노출 구조물에는 적용이 제한된다. 주로 침수부위 또는 시각적으로 문제가 되지 않는 내부구조에 적용하기 적합한 도료이다. 교량 내부에 내수성이 우수하고, 가격적인 문제로 많이 사용되었으나, 교량 내부에서 도장작업시 콜탈 성분의 취기로 인하여 작업자의 작업환경이 열악하며 어두운 색(흑색)으로 인하여 교량 내부의 검사 및 점검시 결함의 발견이 어렵다는 점이 있다. 따라서 기존교량의 보수 등을 제외한 신설교량에 대한 도장 시방에서는 제외한다.

3.10 세라믹계 도료

우수한 세라믹의 기능과 방청성 금속분말을 폴리머재료로 결합시킨 도료로서 접착력, 마모성, 충격성, 내후성, 방청성 등 여러 기능에서 우수하며, 특히, 세라믹재료 자체가 내구성 및 내후성에서 우수한 장점을 갖음으로 보수 및 용접 부위 등 여러 가지 용도로 사용이 가능한 도료이다.

3.11 실록산계 도료

실록산계 도료는 아크릴이나 에폭시에 실록산을 결합시켜 만들었으며, 일반 환경 및 특수

환경에 노출되는 교량 외부의 상도 도로로 장기간에 걸친 폭로 환경하에서도 우수한 내후성과 내구성을 발휘하도록 설계된 제품으로서, 1회 도장으로 후도막 적용이 가능하도록 설계되었다. 특히 이소시아네이트 성분을 사용하지 않음으로써 도장 작업시의 안전성을 확보하였을 뿐만 아니라 고내후성을 발휘함으로써 교량의 보수 도장 주기를 연장시켜 경제적인 유지 보수가 가능하다.

3.12 수용성 우레탄 도료, 수용성 에폭시 도료

친환경 도장에 적합한 수용성우레탄 수지, 수용성 에폭시 수지를 이용한 도료로서 물성은 기존의 우레탄 수지, 에폭시 수지와 유사하나 휘발성 유기용제 함량을 저감시키기 위하여 수용성화한 친환경 도료이다.

4. 도장시방

4.1 도장계열

강교량에 쓰이는 일반중방식 및 친환경중방식 도장계열은 표 6.2.1에 따라야 한다.

표 6.2.1 도장계열

구분			표면처리	제1층	제2층	제3층	제4층	제5층
일반중방식계열	우레탄계 마감	Type I	SSPC-SP10	무기질 아연말 도료	미스트코트	고고형분 에폭시계도료	우레탄계 도료	우레탄계 도료
		Type II	SSPC-SP10	무기질 아연말 도료	미스트코트	고고형분 에폭시계도료	우레탄계 도료	우레탄계 도료
		Type III	SSPC-SP10	아연알루미늄 용사	미스트코트	고고형분 에폭시계도료	우레탄계 도료	우레탄계 도료
	세라믹계 우레탄 마감	Type I	SSPC-SP10	무기질 아연말도료	미스트코트	세라믹계 방식도료	세라믹계 우레탄 도료	세라믹계 우레탄 도료
		Type II	SSPC-SP10	무기질 아연말도료	미스트코트	세라믹계 방식도료	세라믹계 우레탄 도료	세라믹계 우레탄 도료
		Type III	SSPC-SP10	아연알루미늄 용사	미스트코트	세라믹계 방식도료	세라믹계 우레탄 도료	세라믹계 우레탄 도료

구분			표면처리	제1층	제2층	제3층	제4층	제5층
일반 중방식 계열	실록산계 마감	Type I	SSPC-SP10	무기질 아연말도료	미스트코트	고고형분 에폭시계도료	실록산계도료	실록산계도료
		Type II	SSPC-SP10	무기질 아연말도료	미스트코트	고고형분 에폭시계도료	실록산계도료	실록산계도료
		Type III	SSPC-SP10	아연알루미늄 용사	미스트코트	고고형분 에폭시계도료	실록산계도료	실록산계도료
	불소수지계 마감	Type I	SSPC-SP10	무기질 아연말도료	미스트코트	고고형분 에폭시계 도료	불소수지계 도료	불소수지계 도료
		Type II	SSPC-SP10	아연알루미늄 용사	미스트코트	고고형분 에폭시계 도료	불소수지계 도료	불소수지계 도료
친 환 경 중 방 식	수용성 우레탄계 마감	Type I	SSPC-SP10	수용성무기질 아연말도료	미스트코트	수용성 에폭시계 도료	수용성 우레탄계 도료	수용성 우레탄계 도료
		Type II	SSPC-SP10	수용성무기질 아연말도료	미스트코트	수용성 에폭시계 도료	수용성 우레탄계 도료	수용성 우레탄계 도료
		Type III	SSPC-SP10	아연알루미늄 용사	미스트코트	수용성 에폭시계 도료	수용성 우레탄계 도료	수용성 우레탄계 도료
		Type IV	SSPC-SP10	무용제 에폭시계 도료	무용제 에폭시계 도료	수용성 우레탄계 도료	수용성 우레탄계 도료	

4.2 강교량 내부 및 외부용 도장계열의 선정

- (1) 도장계열의 선정 시 도장수명은 설치환경에 의해 크게 좌우된다.
- (2) 도장 계열은 일반 중방식과 친환경 중방식으로 나누어지며, 교량의 중요도, 유지관리, 보수도장기간, 내구수명 등을 고려하여 선정한다.
- (3) 강교량의 플레이트 거더인 경우에는 모든 부위를 외부용으로 선정한다.

4.3 강교량의 유지보수 도장

- (1) 부분 보수 도장의 적용은 시공 중 또는 시공 후 유지관리시 국부 부식이 발생된 구간에 적용하여야 한다.
- (2) 일반적 전면 보수도장은 신설 도장규격과 동일하게 적용하여야 한다.

4.4 강교량의 연결판 및 볼트의 도장

- (1) 연결판 및 볼트의 외부와 내부의 도장계열은 본체의 외부 및 내부의 도장계열과 같은 도장계열을 사용하여야 한다.
- (2) 설치 후 도장작업 시 예상되는 주변의 환경문제(대기 중의 먼지, 분진의 비산, 수자원오염 등)를 고려하여 동력공구 세정(SSPC-SP3) 후 도장하여야 한다.

5. 일반중방식 도장

5.1 일반중방식 재래식 부분 보수도장

일반중방식 재래식 도장계열의 부분 보수도장은 표 6.2.2에 따라야 한다.

표 6.2.2 일반중방식의 재래식 부분 보수도장 계열

구 분	공정	구도장계	도료 및 표면처리	도막두께 (μm)	도료 및 표면처리	도막두께 (μm)
교량 외부 (볼트 및 연결판 포함)	표면처리		SSPC-SP3		SSPC-SP10	
	제1층	연단계 방청페인트	에폭시계 방청도료 (터치업)	75	에폭시계 방청도료	75
	제2층	연단계 방청페인트	고고형분 에폭시계 도료	80	고고형분 에폭시계 도료	80
	제3층	알키드계 마감도료	우레탄계 도료	30	우레탄계 도료	30
	제4층	알키드계 마감도료	우레탄계 도료	30	우레탄계 도료	30
교량내부 (볼트 및 연결판 포함)	표면처리		SSPC-SP3			
	제1층	연단계 방청페인트	에폭시계 방청도료 (터치업)	75		
	제2층	연단계 방청페인트	고고형분 에폭시계 도료	100		

5.2 일반 중방식 도장(염화고무 마감)의 부분보수도장

일반 중방식 도장 염화고무계 마감의 부분 보수도장은 표 6.2.3에 따라야 한다.

표 6.2.3 일반 중방식 도장(염화고무계 마감)의 부분 보수도장

구분	공정	구도장계	구도장계와 동등한 수준의 내구성능				구도장계보다 내구성능을 향상시킬 경우			
			도료 및 표면처리	도막 두께 (μm)	도료 및 표면처리	도막 두께 (μm)	도료 및 표면처리	도막 두께 (μm)	도료 및 표면처리	도막 두께 (μm)
교량 외부 (볼트 및 연결판 포함)	표면 처리		SSPC-SP3		SSPC-SP10		SSPC-SP3		SSPC-SP10	
	제1층	무기질 아연말도료	염화고무 MIO도료 (터치업)	100	에폭시계 방청도료	75	에폭시계 방청도료 (터치업)	75	에폭시계 방청도료	75
	제2층	염화고무계 도료	염화고무계 중도	60	염화고무계 중도	60	고고형분 에폭시계 도료	80	고고형분 에폭시계 도료	80
	제3층	염화고무계 도료	염화고무계 상도	60	염화고무계 상도	60	우레탄계 도료	30	우레탄계 도료	30
	제4층						우레탄계 도료	30	우레탄계 도료	30
교량 내부 (볼트 및 연결판 포함)	표면 처리		SSPC-SP3							
	제1층	무기질 아연말도료	에폭시계 방청도료 (터치업)	75						
	제2층	역청질계 도료	고고형분 에폭시계 도료	100						

5.3 일반 중방식 도장(우레탄계 마감 Type I)

일반 중방식 도장(우레탄계 마감 Type I)은 표 6.2.4에 따라야 한다.

표 6.2.4 일반 중방식 도장(우레탄계 마감 Type I)

구분	공정		도료명칭 또는 방법	추천 도막 두께(μm)	도장횟수
교량 외부	1차 표면처리		SSPC-SP10		
	샙 프라이머		무기질 아연말 샙프라이머	20	1
	2차 표면처리		SSPC-SP10		
	공장 도장	제1층	무기질 아연말도료	75	1
		제2층	미스트 코트	80	1
		제3층	고고형분 에폭시계 도료		1
		제4층	우레탄계 도료	30	1
	공장 / 현장도장	제5층	우레탄계 도료	30	1
계				215	
교량 내부	1차 표면처리		SSPC-SP10		
	샙 프라이머		무기질 아연말 샙프라이머	20	1
	2차 표면처리		SSPC-SP10		
	공장 도장	제1층	무기질 아연말도료	75	1
		제2층	미스트 코트	100	1
		제3층	고고형분 에폭시계 도료		1
	계			175	
연결판 (내·외부)	표면처리		SSPC-SP10		
	공장도장	제1층	무기질 아연말도료	50	1
	계			50	
교량외부 볼트 및 연결판	표면처리	연결판	SSPC-SP3		
		볼트	아연알루미늄 피막처리		
	현장도장	제1층	에폭시계 방청도료	75	1
		제2층	고고형분 에폭시계 도료	80	1
		제3층	우레탄계 도료	30	1
		제4층	우레탄계 도료	30	1
	계			215	
교량내부 볼트 및 연결판	표면처리	연결판	SSPC-SP3		
		볼트	아연알루미늄 피막처리		
	현장도장	제1층	에폭시계 방청도료	75	1
		제2층	고고형분 에폭시계 도료	100	1
	계			175	
콘크리트 접합부위	표면처리		SSPC-SP10		
	공장도장	제1층	무기질 아연말도료	75	1
	계			75	

5.4 일반 중방식 도장(우레탄계 마감Type I)의 부분보수도장

일반 중방식 도장(우레탄계 마감Type I)의 부분보수도장은 표 6.2.5에 따라야 한다.

표 6.2.5 일반 중방식 도장(우레탄계 마감Type I)의 부분보수도장

구분	공정	구도장계	도료 및 표면처리	도막두께 (μm)	도료 및 표면처리	도막두께 (μm)
교량외부 (볼트 및 연결판 포함)	표면 처리		SSPC-SP3		SSPC-SP10	
	제1층	무기질 아연말 도료	에폭시계 방청 도료 (터치업)	75	에폭시계 방청 도료	75
	제2층	고고형분 에폭시계 도료	고고형분 에폭시계 도료 (터치업)	80	고고형분 에폭시계 도료	80
	제3층	우레탄계 도료	우레탄계 도료	30	우레탄계 도료	30
	제4층	우레탄계 도료	우레탄계 도료	30	우레탄계 도료	30
교량내부 (볼트 및 연결판 포함)	표면 처리		SSPC-SP3			
	제1층	무기질 아연말 도료	에폭시계 방청 도료 (터치업)	75		
	제2층	고고형분 에폭시계 도료	고고형분 에폭시계 도료	100		

5.5 일반 중방식 도장(우레탄계 마감 Type II)

일반 중방식 도장(우레탄계 마감 Type II)은 표 6.2.6에 따라야 한다.

표 6.2.6 일반 중방식 도장(우레탄계 마감 Type II)

구분	공정	도료 및 표면처리	추천도막 두께(μm)	도장 횟수
교량 외부	1차 표면처리	SSPC-SP10		
	샴 프라이머	무기질 아연말 샴프라이머	20	1

구분	공정		도로 및 표면처리	추천도막 두께(μm)	도장 횟수
교량 외부	2차 표면처리		SSPC-SP10		
	공장 도장	제1층	무기질 아연말도료	75	1
		제2층	미스트 코트	100	1
		제3층	고고형분 에폭시계 도료		1
		제4층	우레탄계 도료	40	1
	공장 / 현장도장	제5층	우레탄계 도료	40	1
	계			255	
교량 내부	1차 표면처리		SSPC-SP10		
	샵 프라이머		무기질 아연말 샵프라이머	20	1
	2차 표면처리		SSPC-SP10		
	공장 도장	제1층	무기질 아연말도료	75	1
		제2층	미스트 코트	150	1
		제3층	고고형분 에폭시계 도료		1
		제4층	고고형분 에폭시계 도료	150	
	계			375	
연결판 (내·외부)	표면처리		SSPC-SP10		
	공장도장	제1층	무기질 아연말도료	50	1
	계			50	
교량외부 볼트 및 연결판	표면처리	연결판	SSPC-SP3		
		볼트	아연알루미늄 피막처리		
	현장도장	제1층	에폭시계 방청도료	75	1
		제2층	고고형분 에폭시계 도료	100	1
		제3층	우레탄계 도료	40	1
		제4층	우레탄계 도료	40	1
	계			255	
교량내부 볼트 및 연결판	표면 처리	연결판	SSPC-SP3		
		볼트	아연알루미늄 피막처리		
	현장 도장	제1층	에폭시계 방청도료	75	1
		제2층	고고형분 에폭시계 도료	150	1
		제3층	고고형분 에폭시계 도료	150	
	계			375	
콘크리트 접합부위	표면처리		SSPC-SP10		
	공장도장	제1층	무기질 아연말 도료	75	1
	계			75	

5.6 일반 중방식 도장(우레탄계 마감 Type II)의 부분보수도장

일반 중방식 도장(우레탄계 마감 Type II)의 부분보수도장은 표 6.2.7에 따라야 한다.

표 6.2.7 일반 중방식 도장(우레탄계 마감Type II)의 부분보수도장

구분	공정	구도장계	도료 및 표면처리	도막 두께 (μm)	도료 및 표면처리	도막 두께 (μm)
교량외부 (볼트 및 연결판 포함)	표면 처리		SSPC-SP3		SSPC-SP10	
	제1층	무기질 아연말 도료	에폭시계 방청 도료 (터치업)	75	에폭시계 방청 도료	75
	제2층	고고형분 에폭시계 도료 (후막형 에폭시계 도료)	고고형분 에폭시계 도료 (터치업)	100	고고형분 에폭시계 도료	100
	제3층	우레탄계 도료 (폴리 우레탄계 도료)	우레탄계 도료	40	우레탄계 도료	40
	제4층	우레탄계 도료 (폴리 우레탄계 도료)	우레탄계 도료	40	우레탄계 도료	40
교량내부 (볼트 및 연결판 포함)	표면 처리		SSPC-SP3			
	제1층	무기질 아연말 도료	에폭시계 방청 도료 (터치업)	75		
	제2층	고고형분 에폭시계 도료 (콜탈 에폭시계 도료) (타르 에폭시계 도료) (고고형분 후막형 에폭시계 도료)	고고형분 에폭시계 도료 (터치업)	150		
	제3층	고고형분 에폭시계 도료 (콜탈 에폭시계 도료) (타르 에폭시계 도료) (고고형분 후막형 에폭시계 도료)	고고형분 에폭시계 도료	150		

5.7 일반 중방식 도장(우레탄계 마감 Type Ⅲ, 아연알루미늄 용사)

일반 중방식 도장(우레탄계 마감 Type Ⅲ, 아연알루미늄 용사)은 표 6.2.8에 따라야 한다.

표 6.2.8 일반 중방식 도장(우레탄계 마감 Type Ⅲ, 아연알루미늄 용사)

구분	공 정		도료 명칭 또는 방법	추천 도막 두께(μm)	도장 횟수
교량외부	1차 표면처리		SSPC-SP10		
	샙 프라이머		무기질 아연말 샙프라이머	20	1
	2차 표면처리		SSPC-SP10		
	공장 도장	제1층	아연알루미늄 용사	100	1
		제2층	미스트 코트	100	1
		제3층	고고형분 에폭시계 도료		1
			제4층	우레탄계 도료	40
	공장 / 현장도장	제5층	우레탄계 도료	40	1
계			280		
교량내부	1차 표면처리		SSPC-SP10		
	샙 프라이머		무기질 아연말 샙프라이머	20	1
	2차 표면처리		SSPC-SP10		
	공장 도장	제1층	아연알루미늄용사	100	1
		제2층	미스트 코트	150	1
		제3층	고고형분 에폭시계 도료		1
			제4층	고고형분 에폭시계 도료	150
	계			300	
연결판 (내·외부)	표면처리		SSPC-SP10		
	공장도장	제1층	아연알루미늄 용사	100	1
	계			100	
교량외부 볼트 및 연결판	표면처리	연결판	SSPC-SP3		
		볼트	아연알루미늄피막처리		
	현장도장	제1층	에폭시계 방청도료	75	1
		제2층	고고형분 에폭시계 도료	100	1
		제3층	우레탄계 도료	40	1
		제4층	우레탄계 도료	40	1
	계			255	
교량내부 볼트 및 연결판	표면 처리	연결판	SSPC-SP3		
		볼트	아연알루미늄 피막처리		
	현장 도장	제1층	에폭시계 방청도료	75	1
		제2층	고고형분 에폭시계 도료	150	1
		제3층	고고형분 에폭시계 도료	150	1
	계			375	
콘크리트 접합부위	표면처리		SSPC-SP10		
	공장도장	제1층	아연알루미늄 용사	100	1
	계			100	

주 : 구조물 단부(모서리)의 경우 품질관리를 위해 아연알루미늄 용사 도장 전에 조면 형성제(아연알루미늄업계 추천)를 30 μm 사용할 수 있다.

5.8 일반 중방식 도장(우레탄계 마감 Type Ⅲ, 아연알루미늄 용사)의 부분보수도장

일반 중방식도장(우레탄계 마감 Type Ⅲ, 아연알루미늄 용사)의 부분보수도장은 표 6.2.9에 따라야 한다.

표 6.2.9 일반 중방식도장(우레탄계 마감 Type Ⅲ, 아연알루미늄 용사)의 부분보수도장

구분	공정	구도장계	도료 및 표면처리	도막두께 (μm)	도료 및 표면처리	도막두께 (μm)
교량외부 (볼트 및 연결판 포함)	표면 처리		SSPC-SP3		SSPC-SP10	
	제1층	아연알루미늄용사	에폭시계 방청 도료 (터치업)	75	에폭시계 방청 도료	75
	제2층	고고형분 에폭시계 도료	고고형분 에폭시계 도료 (터치업)	100	고고형분 에폭시계 도료	100
	제3층	우레탄계 도료	우레탄계 도료	40	우레탄계 도료	40
	제4층	우레탄계 도료	우레탄계 도료	40	우레탄계 도료	40
교량내부 (볼트 및 연결판 포함)	표면 처리		SSPC-SP3			
	제1층	아연알루미늄용사	에폭시계 방청 도료 (터치업)	75		
	제2층	고고형분 에폭시계 도료	고고형분 에폭시계 도료 (터치업)	150		
	제3층	고고형분 에폭시계 도료	고고형분 에폭시계 도료	150		

5.9 일반 중방식 도장(세라믹계 우레탄 마감 Type I)

일반 중방식 도장(세라믹계 우레탄 마감 Type I)은 표 6.2.10에 따라야 한다.

표 6.2.10 일반 중방식 도장(세라믹계 우레탄 마감 Type I)

구분	공정		도료명칭 또는 방법	추천도막두께 (μm)	도장 횟수
교량외부	1차 표면처리		SSPC-SP10		
	샴프라이머		무기질 아연말 샴프라이머	20	1
	2차 표면처리		SSPC-SP10		
	공장 도장	제1층	무기질 아연말 도료	75	1
		제2층	미스트코트	75	1
		제3층	세라믹계 방식도료		1
		제4층	세라믹계 우레탄	40	1
	공장/현장도장	제5층	세라믹계 우레탄	35	1
계				225	
교량내부	1차 표면처리		SSPC-SP10		
	샴프라이머		무기질 아연말 샴프라이머	20	
	2차 표면처리		SSPC-SP10		
	공장도장	제1층	무기질 아연말 도료	75	1
		제2층	미스트코트	120	1
		제3층	세라믹계 방식도료		1
	계			195	
연결판 (내·외부)	표면처리		SSPC-SP10		
	공장도장	제1층	무기질 아연말 도료	75	1
	계			75	
교량외부 볼트 및 연결판	표면처리	연결판	SSPC-SP3		
		볼트	아연알루미늄피막처리		
	현장도장	제1층	세라믹계 방식도료	50	1
		제2층	세라믹계 방식도료	50	1
		제3층	세라믹계 우레탄	25	1
		제4층	세라믹계 우레탄	25	1
	계			150	
교량내부 볼트 및 연결판	표면처리	연결판	SSPC-SP3		
		볼트	아연알루미늄피막처리		
	현장도장	제1층	세라믹계 방식도료	60	1
		제2층	세라믹계 방식도료	60	1
	계			120	
콘크리트 접합부위	표면처리		SSPC-SP10		
	공장도장	제1층	무기질 아연말 도료	75	1
	계			75	

5.10 일반 중방식 도장(세라믹계 우레탄 마감 Type I)의 부분보수도장

일반 중방식 도장(세라믹계 우레탄 마감 Type I)의 부분보수도장은 표 6.2.11에 따라야 한다.

표 6.2.11 일반 중방식 도장(세라믹계 우레탄 마감 Type I)의 부분보수도장

구분	공정	구도장계	도료 및 표면처리	도막 두께 (μm)	도료 및 표면처리	도막 두께 (μm)
교량외부 (볼트 및 연결판 포함)	표면 처리		SSPC-SP3		SSPC-SP10	
	제1층	무기질 아연말 도료 (세라믹계 방식도료)	세라믹계 방식도료 (터치업)	75	세라믹계 방식도료	75
	제2층	세라믹계 방식도료	세라믹계 방식도료 (터치업)	75	세라믹계 방식도료	75
	제3층	세라믹계 우레탄	세라믹계 우레탄	40	세라믹계 우레탄	40
	제4층	세라믹계 우레탄	세라믹계 우레탄	35	세라믹계 우레탄	35
교량 내부 (볼트 및 연결판 포함)	표면 처리		SSPC-SP3			
	제1층	무기질 아연말 도료	세라믹계 방식도료 (터치업)	75		
	제2층	세라믹계 방식도료	세라믹계 방식도료	120		

5.11 일반 중방식 도장(세라믹계 우레탄 마감 Type II)

일반 중방식도장(세라믹계 우레탄 마감 Type II)은 표 6.2.12에 따라야 한다.

표 6.2.12 일반 중방식도장(세라믹계 우레탄 마감 Type II)

구분	공정		도료 및 표면처리	추천도막 두께(μm)	도장 횟수
교량 외부	1차 표면처리		SSPC-SP10		
	샴프라이머		무기질 아연말 샴프라이머	20	1
	2차 표면처리		SSPC-SP10		
	공장 도장	제1층	무기질 아연말 도료	75	1
		제2층	미스트코트	100	1
		제3층	세라믹계 방식도료		1
		제4층	세라믹계 우레탄	40	1
	공장 / 현장도장	제5층	세라믹계 우레탄	35	1
계				250	
교량 내부	1차 표면처리		SSPC-SP10		
	샴프라이머		무기질 아연말 샴프라이머	20	
	2차 표면처리		SSPC-SP10		
	공장 도장	제1층	무기질 아연말 도료	75	1
		제2층	미스트코트	75	1
		제3층	세라믹계 방식도료		1
		제4층	세라믹계 방식도료	75	1
	계			225	
연결판 (내·외부)	표면처리		SSPC-SP10		
	공장도장	제1층	무기질 아연말 도료	75	1
	계			75	
교량외부 볼트 및 연결판	표면 처리	연결판	SSPC-SP3		
		볼트	아연알루미늄피막처리		
	현장 도장	제1층	세라믹계 방식도료	60	1
		제2층	세라믹계 방식도료	60	1
		제3층	세라믹계 우레탄	30	1
		제4층	세라믹계 우레탄	25	1
	계			175	
교량내부 볼트 및 연결판	표면 처리	연결판	SSPC-SP3		
		볼트	아연알루미늄피막처리		
	현장도장	제1층	세라믹계 방식도료	75	1
		제2층	세라믹계 방식도료	75	1
	계			150	
콘크리트 접합부위	표면처리		SSPC-SP10		
	공장도장	제1층	무기질 아연말 도료	75	1
	계			75	

5.12 일반 중방식 도장(세라믹계 우레탄 마감 Type II)의 부분보수도장

일반 중방식 도장(세라믹계 우레탄 마감 Type II)의 부분보수도장은 표 6.2.13에 따라야 한다.

표 6.2.13 일반 중방식 도장(세라믹계 우레탄 마감 Type II)의 부분보수도장

구분	공정	구도장계	도료 및 표면처리	도막두께 (μm)	도료 및 표면처리	도막두께 (μm)
교량외부 (볼트 및 연결판 포함)	표면처리		SSPC-SP3		SSPC-SP10	
	제1층	무기질 아연말 도료 (세라믹계 방식도료)	세라믹계 방식도료 (터치업)	75	세라믹계 방식도료	75
	제2층	세라믹계 방식도료	세라믹계 방식도료 (터치업)	100	세라믹계 방식도료	100
	제3층	세라믹계 우레탄	세라믹계 우레탄	40	세라믹계 우레탄	40
	제4층	세라믹계 우레탄	세라믹계 우레탄	35	세라믹계 우레탄	35
교량내부 (볼트 및 연결판 포함)	표면처리		SSPC-SP3			
	제1층	무기질 아연말 도료	세라믹계 방식도료 (터치업)	75		
	제2층	세라믹계 방식도료	세라믹계 방식도료 (터치업)	75		
	제3층	세라믹계 방식도료	세라믹계 방식도료	75		

5.13 일반 중방식 도장(세라믹계 우레탄 마감 TypeⅢ, 아연알루미늄 용사)

일반 중방식 도장(세라믹계 우레탄 마감 TypeⅢ, 아연알루미늄 용사)은 표 6.2.14에 따라야 한다.

표 6.2.14 일반 중방식 도장(세라믹계 우레탄 마감 TypeⅢ, 아연알루미늄 용사)

구분	공정		도료명칭 또는방법	추천도막두께(μm)	도장횟수
교량 외부	1차 표면처리		SSPC-SP10		
	샴프라이머		무기질 아연말 샴프라이머	20	1
	2차 표면처리		SSPC-SP10		
	공장도장	제1층	아연알루미늄용사	100	1
		제2층	미스트코트	75	1
		제3층	세라믹계 방식도료		1
		제4층	세라믹계 우레탄	40	1
	공장/현장도장	제5층	세라믹계 우레탄	35	1
교량 내부	계			250	
	1차 표면처리		SSPC-SP10		
	샴프라이머		무기질 아연말 샴프라이머	20	
	2차 표면처리		SSPC-SP10		
	공장도장	제1층	아연알루미늄용사	100	1
		제2층	미스트코트	120	1
		제3층	세라믹계 방식도료		1
	계			220	
연결판 (내·외부)	표면처리		SSPC-SP10		
	공장도장	제1층	아연알루미늄용사	100	1
	계			100	
교량외부 볼트 및 연결판	표면처리	연결판	SSPC-SP3		
		볼트	아연알루미늄피막처리		
	현장도장	제1층	세라믹계 방식도료	50	1
		제2층	세라믹계 방식도료	50	1
		제3층	세라믹계 우레탄	25	1
		제4층	세라믹계 우레탄	25	1
	계			150	
교량내부 볼트 및 연결판	표면처리	연결판	SSPC-SP3		
		볼트	아연알루미늄피막처리		
	현장도장	제1층	세라믹계 방식도료	60	1
		제2층	세라믹계 방식도료	60	1
	계			120	
	표면처리		SSPC-SP10		
콘크리트 접합부위	공장도장	제1층	아연알루미늄용사	100	1
	계			100	

주 : 구조물 단부(모서리)의 경우 품질관리를 위해 아연알루미늄 용사 도장 전에 조면 형성제(아연알루미늄업계 추천)를 30 μm 사용할 수 있다.

5.14 일반 중방식 도장(세라믹계 우레탄 마감 TypeⅢ, 아연알루미늄 용사)의 부분보수도장

일반 중방식 도장(세라믹계 우레탄 마감 TypeⅢ, 아연알루미늄 용사)의 부분보수도장은 표 6.2.15에 따라야 한다.

표 6.2.15 일반 중방식 도장(세라믹계 우레탄 마감 TypeⅢ, 아연알루미늄 용사)의 부분보수도장

구분	공정	구도장계	도료 및 표면처리	도막두께 (μm)	도료 및 표면처리	도막두께 (μm)
교량외부 (볼트 및 연결판 포함)	표면 처리		SSPC-SP3		SSPC-SP10	
	제1층	아연알루미늄용사 (세라믹계 방식도료)	세라믹계 방식도료 (터치업)	75	세라믹계 방식도료	75
	제2층	세라믹계 방식도료	세라믹계 방식도료 (터치업)	75	세라믹계 방식도료	75
	제3층	세라믹계 우레탄	세라믹계 우레탄	40	세라믹계 우레탄	40
	제4층	세라믹계 우레탄	세라믹계 우레탄	35	세라믹계 우레탄	35
교량 내부 (볼트 및 연결판 포함)	표면 처리		SSPC-SP3			
	제1층	아연알루미늄 용사	세라믹계 방식도료 (터치업)	75		
	제2층	세라믹계 방식도료	세라믹계 방식도료	120		

5.15 일반 중방식 도장(실록산계 마감 Type I)

일반 중방식 도장(실록산계 마감 Type I)은 표 6.2.16에 따라야 한다.

표 6.2.16 일반 중방식 도장(실록산계 마감 Type I)

구분	공정		도료 및 표면처리	추천도막 두께(μm)	도장 횟수
교량외부	1차 표면처리		SSPC-SP10		
	샵 프라이머		무기질 아연말 샵프라이머	20	1
	2차 표면처리		SSPC-SP10		
	공장도장	제1층	무기질 아연말 도료	75	1
		제2층	미스트 코트	80	1
		제3층	고고형분 에폭시계 도료		1
		제4층	실록산계 도료	30	1
	공장 /현장도장	제5층	실록산계 도료	30	1
계				215	
교량내부	1차 표면처리		SSPC-SP10		
	샵 프라이머		무기질 아연말 샵프라이머	20	1
	2차 표면처리		SSPC-SP10		
	공장 도장	제1층	무기질 아연말도료	75	1
		제2층	미스트 코트	100	1
		제3층	고고형분 에폭시계 도료		1
	계			175	
연결판 (내·외부)	표면처리		SSPC-SP10		
	공장도장	제1층	무기질 아연말 도료	75	1
	계			75	
교량외부 볼트 및 연결판	표면처리	연결판	SSPC-SP3		
		볼트	아연알루미늄피막 처리		
	현장도장	제1층	에폭시계 방청도료	75	1
		제2층	고고형분 에폭시계 도료	80	1
		제3층	실록산계 도료	30	1
		제4층	실록산계 도료	30	1
	계			215	
교량내부 볼트 및 연결판	표면처리	연결판	SSPC-SP3		
		볼트	아연알루미늄 피막처리		
	현장도장	제1층	에폭시계 방청도료	75	1
		제2층	고고형분 에폭시계 도료	100	1
	계			175	
콘크리트 접합부위	표면처리		SSPC-SP10		
	공장도장	제1층	무기질 아연말 도료	75	1
	계			75	

5.16 일반 중방식 도장(실록산계 마감 Type I)의 부분보수도장

일반 중방식 도장(실록산계 마감 Type I)의 부분보수도장은 표 6.2.17에 따라야 한다.

표 6.2.17 일반 중방식 도장(실록산계 마감 Type I)의 부분보수도장

구분	공정	구도장계	도료 및 표면처리	도막두께 (μm)	도료 및 표면처리	도막두께 (μm)
교량외부 (볼트 및 연결판 포함)	표면 처리		SSPC-SP3		SSPC-SP10	
	제1층	무기질 아연말 도료	에폭시계 방청 도료 (터치업)	75	에폭시계 방청 도료	75
	제2층	고고형분 에폭시계 도료	고고형분 에폭시계 도료 (터치업)	80	고고형분 에폭시계 도료	80
	제3층	실록산계 도료	실록산계 도료	30	실록산계 도료	30
	제4층	실록산계 도료	실록산계 도료	30	실록산계 도료	30
교량내부 (볼트 및 연결판 포함)	표면 처리		SSPC-SP3			
	제1층	무기질 아연말 도료	에폭시계 방청 도료 (터치업)	75		
	제2층	고고형분 에폭시계 도료	고고형분 에폭시계 도료	100		

5.17 일반 중방식 도장(실록산계 마감 TypeⅡ)

일반 중방식 도장(실록산계 마감 TypeⅡ)은 표 6.2.18에 따라야 한다.

표 6.2.18 일반 중방식 도장(실록산계 마감 TypeⅡ)

구분	공정		도료명칭 및 방법	추천도막 두께(μm)	도장 횟수
교량 외부	1차 표면처리		SSPC-SP10		
	샙 프라이머		무기질 아연말 샙프라이머	20	1
	2차 표면처리		SSPC-SP10		
	공장도장	제1층	무기질 아연말 도료	75	1
		제2층	미스트 코트	100	1
		제3층	고고형분 에폭시계 도료		1
		제4층	실록산계 도료	40	1
	공장/현장도장	제5층	실록산계 도료	40	1
계				255	
교량 내부	1차 표면처리		SSPC-SP10		
	샙 프라이머		무기질 아연말 샙프라이머	20	1
	2차 표면처리		SSPC-SP10		
	공장 도장	제1층	무기질 아연말도료	75	1
		제2층	미스트 코트	150	1
		제3층	고고형분 에폭시계도료		1
		제4층	고고형분 에폭시계도료	150	
	계			375	
연결판 (내·외부)	표면처리		SSPC-SP10		
	공장도장	제1층	무기질 아연말 도료	75	1
	계			75	
교량외부 볼트 및 연결판	표면처리	연결판	SSPC-SP3		
		볼트	아연알루미늄피막 처리		
	현장도장	제1층	에폭시계 방청도료	75	1
		제2층	고고형분 에폭시계 도료	100	1
		제3층	실록산계 도료	40	1
		제4층	실록산계 도료	40	1
	계			255	
교량내부 볼트 및 연결판	표면 처리	연결판	SSPC-SP3		
		볼트	아연알루미늄피막처리		
	현장 도장	제1층	에폭시계 방청도료	75	1
		제2층	고고형분 에폭시계도료	150	1
		제3층	고고형분 에폭시계도료	150	
	계			275	
콘크리트 접합부위	표면처리		SSPC-SP10		
	공장도장	제1층	무기질 아연말 도료	75	1
	계			75	

5.18 일반 중방식 도장(실록산계 마감 TypeⅡ)의 부분보수도장

일반 중방식 도장(실록산계 마감 TypeⅡ)의 부분보수도장은 표 6.2.19에 따라야 한다.

표 6.2.19 일반 중방식 도장(실록산계 마감 TypeⅡ)의 부분보수도장

구분	공정	구도장계	도료 및 표면처리	도막두께 (μm)	도료 및 표면처리	도막두께 (μm)
교량외부 (볼트 및 연결판 포함)	표면 처리		SSPC-SP3		SSPC-SP10	
	제1층	무기질 아연말 도료	에폭시계 방청 도료 (터치업)	75	에폭시계 방청 도료	75
	제2층	고고형분 에폭시계 도료	고고형분 에폭시계 도료 (터치업)	100	고고형분 에폭시계 도료	100
	제3층	실록산계 도료	실록산계 도료	40	실록산계 도료	40
	제4층	실록산계 도료	실록산계 도료	40	실록산계 도료	40
교량내부 (볼트 및 연결판 포함)	표면 처리		SSPC-SP3			
	제1층	무기질 아연말 도료	에폭시계 방청 도료 (터치업)	75		
	제2층	고고형분 에폭시계 도료	고고형분 에폭시계 도료 (터치업)	150		
	제3층	고고형분 에폭시계 도료	고고형분 에폭시계 도료	150		

5.19 일반 중방식 도장(실록산계 마감 TypeⅢ, 아연알루미늄 용사)

일반 중방식 도장(실록산계 마감 TypeⅢ, 아연알루미늄 용사)은 표 6.2.20에 따라야 한다.

표 6.2.20 일반 중방식 도장(실록산계 마감 TypeⅢ, 아연알루미늄 용사)

구분	공정		도료 및 표면처리	추천도막 두께(μm)	도장 횟수
교량외부	1차 표면처리		SSPC-SP10		
	샙 프라이머		무기질 아연말 샙프라이머	20	1
	2차 표면처리		SSPC-SP10		
	공장도장	제1층	아연알루미늄용사	100	1
		제2층	미스트 코트	80	1
		제3층	고고형분 에폭시계 도료		1
			제4층	실록산계 도료	30
	공장 / 현장도장	제5층	실록산계 도료	30	1
계			240		
교량내부	1차 표면처리		SSPC-SP10		
	샙 프라이머		무기질 아연말 샙프라이머	20	1
	2차 표면처리		SSPC-SP10		
	공장 도장	제1층	아연알루미늄용사	100	1
		제2층	미스트 코트	100	1
		제3층	고고형분 에폭시계 도료		1
	계			200	
	연결판 (내·외부)	표면처리		SSPC-SP 10	
공장도장		제1층	아연알루미늄용사	100	1
계			100		
교량외부 볼트 및 연결판	표면처리	연결판	SSPC-SP3		
		볼트	아연알루미늄피막 처리		
	현장도장	제1층	에폭시계 방청도료	75	1
		제2층	고고형분 에폭시계 도료	80	1
		제3층	실록산계 도료	30	1
		제4층	실록산계 도료	30	1
	계			215	
	교량내부 볼트 및 연결판	표면처리	연결판	SSPC-SP3	
볼트			아연알루미늄 피막처리		
현장도장		제1층	에폭시계 방청도료	75	1
		제2층	고고형분 에폭시계 도료	100	1
계			175		
콘크리트 접합부위	표면처리		SSPC-SP10		
	공장도장	제1층	아연알루미늄용사	100	1
	계			100	

주 : 구조물 단부(모서리)의 경우 품질관리를 위해 아연알루미늄 용사 도장 전에 조면 형성제(아연알루미늄업계 추천)를 30 μm 사용할 수 있다.

5.20 일반 중방식 도장(실록산계 마감 TypeⅢ, 아연알루미늄 용사)의 부분보수도장

일반 중방식 도장(실록산계 마감 TypeⅢ, 아연알루미늄 용사)의 부분보수도장은 표 6.2.21에 따라야 한다.

표 6.2.21 일반 중방식 도장(실록산계 마감 TypeⅢ, 아연알루미늄 용사)의 부분보수도장

구분	공정	구도장계	도료 및 표면처리	도막두께 (μm)	도료 및 표면처리	도막두께 (μm)
교량외부 (볼트 및 연결판 포함)	표면 처리		SSPC-SP3		SSPC-SP10	
	제1층	아연알루미늄용사	에폭시계 방청 도료 (터치업)	75	에폭시계 방청 도료	75
	제2층	고고형분 에폭시계 도료	고고형분 에폭시계 도료 (터치업)	80	고고형분 에폭시계 도료	80
	제3층	실록산계 도료	실록산계 도료	30	실록산계 도료	30
	제4층	실록산계 도료	실록산계 도료	30	실록산계 도료	30
교량내부 (볼트 및 연결판 포함)	표면 처리		SSPC-SP3			
	제1층	아연알루미늄용사	에폭시계 방청 도료 (터치업)	75		
	제2층	고고형분 에폭시계 도료	고고형분 에폭시계 도료	100		

5.21 일반 중방식 도장(불소수지계 마감 Type I)

일반 중방식도장(불소수지계 마감 Type I)은 표 6.2.22에 따라야 한다.

표 6.2.22 일반 중방식도장(불소수지계 마감 Type I)

구분	공정		도료 및 표면처리	추천도막 두께(μm)	도장횟수
교량외부	1차 표면처리		SSPC-SP10		
	샴 프라이머		무기질 아연말 샴프라이머	20	1
	2차 표면처리		SSPC-SP10		
	공장 도장	제1층	무기질 아연말 도료	75	1
		제2층	미스트 코트	100	1
		제3층	고고형분 에폭시계도료		1
			제4층	불소수지계 도료	25
	현장 / 공장도장	제5층	불소수지계 도료	25	1
계			225		
교량내부	1차 표면처리		SSPC-SP10		
	샴 프라이머		무기질 아연말 샴프라이머	20	1
	2차 표면처리		SSPC-SP10		
	공장 도장	제1층	무기질 아연말 도료	75	1
		제2층	미스트 코트	150	1
		제3층	고고형분 에폭시계 도료		1
			제4층	고고형분 에폭시계 도료	150
	계			375	
연결판 (내·외부)	표면처리		SSPC-SP10		
	공장도장	제1층	무기질 아연말 도료	75	1
	계			75	
교량외부 볼트 및 연결판	표면 처리	연결판	SSPC-SP3		
		볼트	아연알루미늄피막처리		
	현장 도장	제1층	에폭시계 방청도료	75	1
		제2층	고고형분 에폭시계 도료	100	1
		제3층	불소수지계 도료	25	1
		제4층	불소수지계 도료	25	1
	계			225	
교량내부 볼트 및 연결판	표면 처리	연결판	SSPC-SP3		
		볼트	아연알루미늄 피막처리		
	현장 도장	제1층	에폭시계 방청도료	75	1
		제2층	고고형분 에폭시계 도료	150	1
		제3층	고고형분 에폭시계 도료	150	
	계			375	
콘크리트 접합부위	표면처리		SSPC-SP10		
	공장도장	제1층	무기질 아연말 도료	75	1
	계			75	

5.22 일반 중방식 도장(불소수지계 마감 Type I)의 부분보수도장

일반 중방식도장(불소수지계 마감 Type I)의 부분보수도장은 표 6.2.23에 따라야 한다.

표 6.2.23 일반 중방식도장(불소수지계 마감 Type I)의 부분보수도장

구분	공정	구도장계	도료 및 표면처리	도막두께 (μm)	도료 및 표면처리	도막두께 (μm)
교량외부 (볼트 및 연결판 포함)	표면 처리		SSPC-SP3		SSPC-SP10	
	제1층	무기질 아연말 도료	에폭시계 방청 도료 (터치업)	75	에폭시계 방청 도료	75
	제2층	고고형분 에폭시계 도료 (후막형 에폭시계 도료)	고고형분 에폭시계 도료 (터치업)	100	고고형분 에폭시계 도료	100
	제3층	불소수지계 도료 (자연건조형 불소수지 도료)	불소 수지계 도료	25	불소 수지계 도료	25
	제4층	불소수지계 도료 (자연건조형 불소수지 도료)	불소 수지계 도료	25	불소 수지계 도료	25
교량내부 (볼트 및 연결판 포함)	표면 처리		SSPC-SP3			
	제1층	무기질 아연말 도료	에폭시계 방청 도료 (터치업)	75		
	제2층	고고형분 에폭시계 도료 (콜탈 에폭시계 도료) (타르 에폭시계 도료) (고고형분 후막형 에폭시계 도료)	고고형분 에폭시계 도료 (터치업)	150		
	제3층	고고형분 에폭시계 도료 (콜탈 에폭시계 도료) (타르 에폭시계 도료) (고고형분 후막형 에폭시계 도료)	고고형분 에폭시계 도료	150		

5.23 일반 중방식 도장(불소수지계 마감 TypeⅡ, 아연알루미늄 용사)

일반 중방식도장(불소수지계 마감 TypeⅡ, 아연알루미늄 용사)은 표 6.2.24에 따라야 한다.

표 6.2.24 일반 중방식도장(불소수지계 마감 TypeⅡ, 아연알루미늄 용사)

구분	공정		도료 및 표면처리	추천 도막 두께 (μm)	도장 횟수
교량외부	1차 표면처리		SSPC-SP10		
	샴 프라이머		무기질 아연말 샴프라이머	20	1
	2차 표면처리		SSPC-SP10		
	공장 도장	제1층	아연알루미늄용사	100	1
		제2층	미스트 코트	100	1
		제3층	고고형분 에폭시계도료		1
		제4층	불소수지계 도료	25	1
	현장 / 공장도장		제5층	25	1
교량내부	계			250	
	1차 표면처리		SSPC-SP10		
	샴 프라이머		무기질 아연말 샴프라이머	20	1
	2차 표면처리		SSPC-SP10		
	공장 도장	제1층	아연알루미늄용사	100	1
		제2층	미스트 코트	150	1
		제3층	고고형분 에폭시계 도료		1
		제4층	고고형분 에폭시계 도료	150	
연결판 (내·외부)	계			300	
	표면처리		SSPC-SP10		
	공장도장	제1층	아연알루미늄용사	100	1
교량외부 볼트 및 연결판	계			100	
	표면 처리	연결판	SSPC-SP3		
		볼트	아연알루미늄피막처리		
	현장 도장	제1층	에폭시계 방청도료	75	1
		제2층	고고형분 에폭시계 도료	100	1
		제3층	불소수지계 도료	25	1
		제4층	불소수지계 도료	25	1
	계			225	
교량내부 볼트 및 연결판	표면 처리	연결판	SSPC-SP3		
		볼트	아연알루미늄 피막처리		
	현장 도장	제1층	에폭시계 방청도료	75	1
		제2층	고고형분 에폭시계 도료	150	1
		제3층	고고형분 에폭시계 도료	150	
	계			375	
콘크리트 접합부위	표면처리		SSPC-SP10		
	공장도장	제1층	무기질 아연말 도료	100	1
	계			100	

주 : 구조물 단부(모서리)의 경우 품질관리를 위해 아연알루미늄 용사 도장 전에 조면 형성제(아연알루미늄업계 추천)를 30 μm 사용할 수 있다.

5.24 일반 중방식 도장(불소수지계 마감 Type II, 아연알루미늄 용사)의 부분보수도장

일반 중방식도장(불소수지계 마감 Type II, 아연알루미늄 용사)의 부분보수도장은 표 6.2.25에 따라야 한다.

표 6.2.25 일반 중방식도장(불소수지계 마감 Type II, 아연알루미늄 용사)의 부분보수도장

구분	공정	구도장계	도료 및 표면처리	도막두께 (μm)	도료 및 표면처리	도막두께 (μm)
교량외부 (볼트 및 연결판 포함)	표면 처리		SSPC-SP3		SSPC-SP10	
	제1층	아연알루미늄용사	에폭시계 방청 도료 (터치업)	75	에폭시계 방청 도료	75
	제2층	고고형분 에폭시계 도료 (후막형 에폭시계 도료)	고고형분 에폭시계 도료 (터치업)	100	고고형분 에폭시계 도료	100
	제3층	불소수지계 도료 (자연건조형 불소수지 도료)	불소 수지계 도료	25	불소 수지계 도료	25
	제4층	불소수지계 도료 (자연건조형 불소수지 도료)	불소 수지계 도료	25	불소 수지계 도료	25
교량내부 (볼트 및 연결판 포함)	표면 처리		SSPC-SP3			
	제1층	아연알루미늄용사	에폭시계 방청 도료 (터치업)	75		
	제2층	고고형분 에폭시계 도료 (고고형분 후막형 에폭시계 도료)	고고형분 에폭시계 도료 (터치업)	150		
	제3층	고고형분 에폭시계 도료 (고고형분 후막형 에폭시계 도료)	고고형분 에폭시계 도료	150		

6. 친환경 중방식 도장

6.1 친환경 중방식 도장(수용성 우레탄계 마감 Type I)

친환경 중방식 도장(수용성 우레탄계 마감 Type I)은 표 6.2.26에 따라야 한다.

표 6.2.26 친환경 중방식 도장(수용성 우레탄계 마감 Type I)

구분	공정		도료명칭 또는 방법	추천도막 두께(μm)	도장횟수
교량외부	1차 표면처리		SSPC-SP10		
	샴 프라이머		무기질 아연말샴프라이머	20	1
	2차 표면처리		SSPC-SP10		
	공장도장	제1층	수용성 무기질 아연말 도료	75	1
		제2층	미스트 코트	80	1
		제3층	수용성 에폭시계 도료		1
		제4층	수용성 우레탄계 도료	30	1
	공장/현장도장	제5층	수용성 우레탄계 도료	30	1
	계			215	
교량내부	1차 표면처리		SSPC-SP10		
	공 장 도 장	제1층	수용성 무기질 아연말 도료	75	1
		제2층	미스트 코트	80	1
		제3층	수용성 에폭시계 도료		1
	계			155	
연결판 (내·외부)	표면처리		SSPC-SP10		
	공장도장	제1층	수용성 무기질 아연말 도료	75	1
	계			75	
교량외부 볼트 및 연결판	표면처리	연결판	SSPC-SP3		
		볼트	아연알루미늄피막처리		
	현장도장	제1층	수용성 에폭시계 방청도료	75	1
		제2층	수용성 에폭시계 도료	80	1
		제3층	수용성 우레탄계 도료	30	1
		제4층	수용성 우레탄계 도료	30	1
	계			215	
교량내부 볼트 및 연결판	표면처리	연결판	SSPC-SP3		
		볼트	아연알루미늄피막처리		
	현장도장	제1층	수용성 에폭시계 방청도료	75	1
		제2층	수용성 에폭시계 도료	80	1
	계			155	
콘크리트 접합부위	표면처리		SSPC-SP10		
	공장도장	제1층	수용성 무기질 아연말 도료	75	1
	계			75	

6.2 친환경 중방식 도장(수용성 우레탄계 마감 Type I)의 부분보수도장

친환경 중방식 도장(수용성 우레탄계 마감 Type I)의 부분보수도장은 표 6.2.27에 따라야 한다.

표 6.2.27 친환경 중방식 도장(수용성 우레탄계 마감 Type I)의 부분보수도장

구분	공정	구도장계	도료 및 표면처리	도막두께 (μm)	도료 및 표면처리	도막두께 (μm)
교량외부 (볼트 및 연결판 포함)	표면 처리		SSPC-SP3		SSPC-SP10	
	제1층	수용성 무기질 아연말 도료	수용성 에폭시계 도료 (터치업)	75	수용성 에폭시계 도료	75
	제2층	수용성 에폭시계 도료	수용성 에폭시계 도료 (터치업)	100	수용성 에폭시계 도료	100
	제3층	수용성 우레탄계 도료	수용성 우레탄계 도료	30	수용성 우레탄계 도료	30
	제4층	수용성 우레탄계 도료	수용성 우레탄계 도료	30	수용성 우레탄계 도료	30
교량내부 (볼트 및 연결판 포함)	표면 처리		SSPC-SP3			
	제1층	수용성 무기질 아연말 도료	수용성 에폭시계 도료 (터치업)	75		
	제2층	수용성 에폭시계 도료	수용성 에폭시계 도료	100		

6.3 친환경 중방식 도장(수용성 우레탄계 마감 TypeⅡ)

친환경 중방식 도장(수용성 우레탄계 마감 TypeⅡ)은 표 6.2.28에 따라야 한다.

표 6.2.28 친환경 중방식 도장(수용성 우레탄계 마감 TypeⅡ)

구분	공정		도료명칭 또는 방법	추천도막 두께(μm)	도장횟수
교량외부	1차 표면처리		SSPC-SP10		
	샴 프라이머		무기질 아연말샴프라이머	20	1
	2차 표면처리		SSPC-SP10		
	공장도장	제1층	수용성 무기질 아연말 도료	75	1
		제2층	미스트 코트	100	1
		제3층	수용성 에폭시계 도료		1
		제4층	수용성 우레탄계 도료	40	1
	공장/현장도장	제5층	수용성 우레탄계 도료	40	1
교량내부	계			255	
	1차 표면처리		SSPC-SP10		
	공 장 도 장	제1층	수용성 무기질 아연말 도료	75	1
		제2층	미스트 코트	100	1
		제3층	수용성 에폭시계 도료		1
	계			175	
연결판 (내·외부)	표면처리		SSPC-SP10		
	공장도장	제1층	수용성 무기질 아연말 도료	75	1
	계			75	
교량외부 볼트 및 연결판	표면처리	연결판	SSPC-SP3		
		볼트	아연알루미늄피막처리		
	현장도장	제1층	수용성 에폭시계 방청도료	75	1
		제2층	수용성 에폭시계 도료	100	1
		제3층	수용성 우레탄계 도료	40	1
		제4층	수용성 우레탄계 도료	40	1
	계			255	
교량내부 볼트 및 연결판	표면처리	연결판	SSPC-SP3		
		볼트	아연알루미늄피막처리		
	현장도장	제1층	수용성 에폭시계 방청도료	75	1
		제2층	수용성 에폭시계 도료	100	1
	계			175	
콘크리트 접합부위	표면처리		SSPC-SP10		
	공장도장	제1층	수용성 무기질 아연말 도료	75	1
	계			75	

6.4 친환경 중방식 도장(수용성 우레탄계 마감 TypeⅡ)의 부분보수도장

친환경 중방식 도장(수용성 우레탄계 마감 TypeⅡ)의 부분보수도장은 표 6.2.29에 따라야 한다.

표 6.2.29 친환경 중방식 도장(수용성 우레탄계 마감 TypeⅡ)의 부분보수도장

구분	공정	구도장계	도료 및 표면처리	도막두께 (μm)	도료 및 표면처리	도막두께 (μm)
교량외부 (볼트 및 연결판 포함)	표면 처리		SSPC-SP3		SSPC-SP1 0	
	제1층	수용성 무기질 아연말 도료	수용성 에폭시계 도료 (터치업)	75	수용성 에폭시계 도료	75
	제2층	수용성 에폭시계 도료	수용성 에폭시계 도료 (터치업)	100	수용성 에폭시계 도료	100
	제3층	수용성 우레탄계 도료	수용성 우레탄계 도료	40	수용성 우레탄계 도료	40
	제4층	수용성 우레탄계 도료	수용성 우레탄계 도료	40	수용성 우레탄계 도료	40
교량내부 (볼트 및 연결판 포함)	표면 처리		SSPC-SP3			
	제1층	수용성 무기질 아연말 도료	수용성 에폭시계 도료 (터치업)	75		
	제2층	수용성 에폭시계 도료	수용성 에폭시계 도료	100		

6.5 친환경 중방식 도장(수용성 우레탄계 마감 TypeⅢ, 아연알루미늄 용사)

친환경 중방식 도장(수용성 우레탄계 마감 TypeⅢ, 아연알루미늄 용사)은 표 6.2.30에 따라야 한다.

표 6.2.30 친환경 중방식 도장(수용성 우레탄계 마감 TypeⅢ, 아연알루미늄 용사)

구분	공정		도료명칭 또는 방법	추천도막 두께(μm)	도장횟수
교량외부	1차 표면처리		SSPC-SP10		
	샵 프라이머		무기질 아연말샵프라이머	20	1
	2차 표면처리		SSPC-SP10		
	공장도장	제1층	아연알루미늄 용사	100	1
		제2층	미스트 코트	80	1
		제3층	수용성 에폭시계 도료		1
		제4층	수용성 우레탄계 도료	30	1
	공장/현장도장 제5층		수용성 우레탄계 도료	30	1
	계			240	
교량내부	1차 표면처리		SSPC-SP10		
	공 장 도 장	제1층	아연알루미늄 용사	100	1
		제2층	미스트 코트	80	1
		제3층	수용성 에폭시계 도료		1
	계			180	
연결판 (내·외부)	표면처리		SSPC-SP10		
	공장도장	제1층	아연알루미늄 용사	100	1
	계			100	
교량외부 볼트 및 연결판	표면처리	연결판	SSPC-SP3		
		볼트	아연알루미늄피막처리		
	현장도장	제1층	수용성 에폭시계 방청도료	75	1
		제2층	수용성 에폭시계 도료	80	1
		제3층	수용성 우레탄계 도료	30	1
		제4층	수용성 우레탄계 도료	30	1
	계			215	
교량내부 볼트 및 연결판	표면처리	연결판	SSPC-SP3		
		볼트	아연알루미늄피막처리		
	현장도장	제1층	수용성 에폭시계 방청도료	75	1
		제2층	수용성 에폭시계 도료	80	1
	계			155	
콘크리트 접합부위	표면처리		SSPC-SP10		
	공장도장	제1층	수용성 무기질 아연말 도료	100	1
	계			100	

주 : 구조물 단부(모서리)의 경우 품질관리를 위해 아연알루미늄 용사 도장 전에 조면 형성제(아연알루미늄업계 추천)를 30 μm 사용할 수 있다.

6.6 친환경 중방식 도장(수용성 우레탄계 마감 TypeⅢ, 아연알루미늄 용사)의 부분보수도장

친환경 중방식 도장(수용성 우레탄계 마감 TypeⅢ, 아연알루미늄 용사)의 부분보수도장은 표 6.2.31에 따라야 한다.

표 6.2.31 친환경 중방식 도장(수용성 우레탄계 마감 TypeⅢ, 아연알루미늄 용사)의 부분보수도장

구분	공정	구도장계	도료 및 표면처리	도막두께 (μm)	도료 및 표면처리	도막두께 (μm)
교량외부 (볼트 및 연결판 포함)	표면 처리		SSPC-SP3		SSPC-SP10	
	제1층	아연알루미늄 용사	수용성 에폭시계 도료 (터치업)	75	수용성 에폭시계 도료	75
	제2층	수용성 에폭시계 도료	수용성 에폭시계 도료 (터치업)	100	수용성 에폭시계 도료	100
	제3층	수용성 우레탄계 도료	수용성 우레탄계 도료	30	수용성 우레탄계 도료	30
	제4층	수용성 우레탄계 도료	수용성 우레탄계 도료	30	수용성 우레탄계 도료	30
교량내부 (볼트 및 연결판 포함)	표면 처리		SSPC-SP3			
	제1층	아연알루미늄 용사	수용성 에폭시계 도료 (터치업)	75		
	제2층	수용성 에폭시계 도료	수용성 에폭시계 도료	100		

6.7 친환경 중방식 도장(무용제 에폭시계 / 수용성 우레탄계 도료 마감) 의 전면보수도장

친환경 중방식 도장(무용제 에폭시계 / 수용성 우레탄계 도료 마감)의 전면 보수도장은 표 6.2.31에 따라야 한다.

표 6.2.31 친환경 중방식 도장(무용제 에폭시계 / 수용성 우레탄계 도료 마감)의 전면 보수도장

구분	공정	구도장계	도료 및 표면처리	도막두께 (μm)
교량외부 (볼트 및 연결판 포함)	표면 처리		SSPC-SP10	
	제1층	무관	무용제 에폭시계 도료	200
	제2층	무관	무용제 에폭시계 도료	200
	제3층	무관	수용성 우레탄계 도료	40
	제4층	무관	수용성 우레탄계 도료	40
	계			480
교량내부 (볼트 및 연결판 포함)	표면 처리	무관	SSPC-SP10	
	제1층	무관	무용제 에폭시계 도료	200
	제2층	무관	무용제 에폭시계 도료	200
	계			400

6-3 시공

1. 도장시공

1.1 표면처리 관리

1.1.1 표면처리의 중점관리사항.

표면처리에 관한 것은 기록, 보관하여야 하며, 확인사항은 다음과 같다.

- (1) 표면처리의 규정 및 그 결과
- (2) 표면조도의 규정 및 그 결과
- (3) 표면처리 방법의 준수 및 그 과정
- (4) 연마재와 블라스트 에어의 청정도
- (5) 표면처리 장비의 적합성

1.1.2 표면처리 기준

표면처리에 대한 기준(규정)은 보편적으로 SSPC, NACE 및 ISO규격을 사용하고 있으며 약어는 아래와 같다.

- (1) SSPC : 미국중방식도장학회(the society for protective coatings)
- (2) NACE : 미국부식학회(national association of corrosion engineers)
- (3) ISO : 국제표준화기구(international organization for standardization)

1.2 표면처리 작업

우수한 강교량의 도장은 엄정한 표면처리의 결과로부터 얻어지므로 강교량 도장의 성패는 강재의 표면처리 기술에 좌우된다. 표면처리 방법은 화학적인 처리와 기계적 처리 등 여러 종류가 있으나 일반적으로 제청 또는 탈청에 대해서는 기계적인 표면처리가 주로 사용된다.

1.2.1 표면처리의 목적

표면처리의 목적은 다음과 같다.

- (1) 소지면을 불활성화(안정화)하여 내식성을 향상시킨다.
- (2) 소지면에 부착, 생성된 이물질들을 완전히 제거하고 표면의 조도를 형성시키므로써 도료의 밀착성을 높인다.
- (3) 소지면과 도료의 친화력과 습윤성을 준다.
- (4) 소지면의 돌출부를 제거하여 소지면을 평탄하게 한다.

1.2.2 원판의 표면처리 기준

원판의 표면처리 기준은 다음과 같다.

- (1) 가능한 한 자동전처리 라인(line)에서 실시하여야 한다.
- (2) 표면처리 작업은 반드시 블라스트 세정 방법으로 하여야 한다.
- (3) 표면처리 세정도는 표면처리 등급으로 SSPC-SP10(준나금속 블라스트 세정) 이상이
어야 한다.
- (4) 표면처리된 강판의 표면조도는 녹발생이 없거나 아주 적은 상태의 철판을 표면처리한
경우를 기준으로 별도의 규정이 없으면 25 μm ~ 75 μm 을 기준으로 한다.
- (5) 연마재의 종류 및 크기는 목표로 하는 표면조도에 따라 선택되어야 한다.
- (6) 안개 및 고습도 조건에서는 제습기 등을 사용하여 규정조건이 되도록 한다.

1.2.3 샵프라이머의 도장 기준

- (1) 원판 블라스트 세정이 끝난 직후 온라인(on line) 상태에서 즉시 샵프라이머가 도장되
어야 한다.
- (2) 샵프라이머는 규정된 도막두께로 도장되어야 한다.

1.2.4 2차 표면처리 기준

제작 및 가조립이 완료된 상태에서 블라스트 세정에 의한 방법으로 규정 등급 및 조도
에 도달되도록 표면처리를 하여야 한다.

- (1) 용접시 발생한 결함은 표면처리 전에 수정작업을 한다.
- (2) 표면처리는 별도의 규정이 없으면 SSPC-SP10 등급으로 처리한다.
- (3) 표면조도는 별도의 규정이 없으면 25 μm ~ 75 μm 을 기준으로 한다.
- (4) 표면처리가 완료되어 검사된 후 4시간 이내에 프라이머를 반드시 도장하여야 하며,
다시 녹이 발생한 경우에는 표면처리를 다시 실시하여야 한다.

1.2.5 용접부의 표면처리

용접부의 표면처리는 다음과 같이 실시하여야 한다.

- (1) 용접부는 특히 발청되기 쉬운 부분이므로 별도의 언급이 없는 한 반드시 블라스팅방법
에 의해 표면처리 등급 기준 SSPC-SP10 이상으로 처리한다.
단, 무기질 징크계 하도가 도장된 후 용접수정이 필요한 극소부위일 경우에는 동력공구
세정 등급인 SSPC-SP3로 처리 후 동일계열의 도장재나 또는 유기계(에폭시)징크리치
프라이머로 터치업을 실시할 수 있다.
- (2) 용접과정에서 발생한 용접비드의 결함은 완전히 수정한 후에 표면처리를 한다.
- (3) 용접시에 발생한 용접주위의 스패터 및 잔류물은 사전에 제거하여야 한다.

- (4) 용접부 주위에 스패터의 부착을 방지하기 위해 처리약품 등이 사용되었을 경우에는 표면처리 작업시에 이들을 제거하여야 한다.

1.2.6 고장력 볼트 및 현장표면처리(설치 후)

볼트는 형상에 요철이 많고 부식이 쉬우므로 도장하기 전에 방식 대책을 철저히 수립하여야 한다.

- (1) 볼트를 표면처리하지 않은 상태에서 연결판을 체결한 경우에는 볼트 및 연결판에 동력 공구세정(SSPC-SP3)으로 처리하고 후속도장을 실시한다.
- (2) 볼트를 체결하기 전에 볼트에 적절한 전처리 후 도금, 화성피막처리 또는 무기질 징크리치 페인트를 한 경우에는 연결판에 볼트를 체결한 후 설계된 도장시방에 따라 후속도장을 실시한다. 이 경우 도금 또는 화성피막을 처리한 볼트가 제반성능에 문제가 없는지를 검증하고 확인하여야 한다.
- (3) 콘크리트 타설시 강교에 부착된 시멘트 오염물은 제거한 후 도장하여야 한다.

1.3 표면처리 연마재의 선택

표면처리 연마재는 작업효율 및 조도를 고려하여 선택하여야 한다.

1.3.1 연마재의 종류

연마재의 종류로는 구사, 쇼트, 그리트 등을 사용하는 것이 보통이나, 기타 슬래그류(구리등의 환원 부산물), 천연 연마재(석류석, 부싯돌 등) 및 비금속류(탄화규소, 산화알루미늄)도 사용된다.

1.3.2 연마재의 청결성

연마재는 유분 및 염분이 규정치 이하인 깨끗하고 건조한 것이어야 한다.

1.4. 표면처리 방법

1.4.1 기계적인 표면처리

표면의 기계적인 표면처리는 다음과 같이 실시하여야 한다.

- (1) 강교량 도장의 표면처리 방법은 기계적인 표면처리 방법으로 처리하여야 한다.
- (2) 기계적인 표면처리 방법 중 블라스트 세정으로 처리하는 것을 기본으로 한다.
- (3) 특별히 허용되는 경우에는 동력공구 방법으로 표면처리를 실시할 수도 있다.

1.4.2 블라스트 세정에 의한 표면처리

블라스트 세정에 의한 표면처리는 다음과 같이 실시하여야 한다.

- (1) 원판 표면처리 및 제품 표면처리는 원칙적으로 블라스트 세정으로 실시하여야 한다.
- (2) 연마재 및 장비의 선택은 표면처리 기준을 만족할 수 있는 수준이어야 한다.

1.4.3 기계적 표면처리 기준

표면처리시 기계 및 공구에 의한 표면처리 기준은 표 6.3.1 및 표 6.3.2와 같다.

표 6.3.1 표면처리 규격요약(SSPC 및 NACE 규격)

등급			정의	비고
NACE	SSPC	명칭		
	SP 2	수공구 세정	느슨하게 부착되어 있는 밀스케일, 녹, 페인트, 기타 이물질들을 완전히 제거하여야 한다. 밀착 되어있는 밀스케일, 녹, 페인트는 제대로 제거하지 못한다.	Hand Tool Cleaning
	SP 3	동력공구 세정	느슨하게 부착되어 있는 밀스케일, 녹, 페인트, 기타 이물질들을 완전히 제거하여야 한다. 밀착 되어있는 밀스케일, 녹, 페인트는 제대로 제거하지 못한다.	Power Tool Cleaning
	SP 11	나금속 동력공구 세정	육안으로 관찰시 기름, 그리스, 먼지, 밀스케일, 녹, 페인트, 산화물, 부식생성물, 기타 이물질이 없어야 한다. 단 피팅이 있는 소지의 피트 하부에는 녹과 현도막의 잔류상태가 미량 허용되며, 표면조도는 최소 25 μm 이상 이어야 한다.	Power tool cleaning to Bare Metal
	SP 14	산업등급 세정	육안으로 관찰시 기름, 그리스, 먼지가 없어야 한다. 단 밀착하여 붙어있는 밀스케일, 녹, 현도막은 최대 10 %까지 허용된다.	Industrial Blast Cleaning
	SP 15	상용등급 동력공구 세정	육안으로 관찰 시 기름, 그리스, 먼지, 밀스케일, 녹, 현도막, 산화물, 부식생성물, 기타, 이물질이 없어야 한다. 단, 밀스케일, 또는 구도막의 얼룩(때)에 의하여 생긴 가벼운 색바래이나 흔적의 함이 고루 퍼져 있으되 33 %를 초과해서는 안 되며, 표면조도는 최소 25 μm 이상이어야 한다.	Commercial Grade Power tool Cleaning
No.1	SP 5	나금속 세정	육안으로 관찰 시 기름, 그리스, 먼지, 밀스케일, 녹, 구도막, 산화물, 부식생성물, 기타 이물질이 없어야 한다.	White Metal Blast Cleaning
No.2	SP 10	준나금속 세정	육안으로 관찰 시 기름, 그리스, 먼지, 밀스케일, 녹, 구도막, 산화물, 부식생성물, 기타 이물질이 없어야 한다. 단, 녹, 밀스케일, 또는 구도막의 얼룩(때)에 의하여 생긴 얼은 그림자나 줄무늬, 또는 경미한 변색의 함이 고루 퍼져 있으되 5 %를 초과해서는 안 된다.	Near-White Metal Blast Cleaning

등급			정의	비고
NACE	SSPC	명칭		
No.2	SP 10	준나금속 세정	육안으로 관찰 시 기름, 그리스, 먼지, 밀스케일, 녹, 구도막, 산화물, 부식생성물, 기타 이물질이 없어야 한다. 단, 녹, 밀스케일, 또는 구도막의 얼룩(때)에 의하여 생긴 얼은 그림자나 줄무늬, 또는 경미한 변색의 합이 고루 퍼져 있으며 5 %를 초과해서는 안 된다.	Near-White Metal Blast Cleaning
No.3	SP 6	상용등급 세정	육안으로 관찰 시 기름, 그리스, 먼지, 밀스케일, 녹, 구도막, 산화물, 부식생성물, 기타 이물질이 없어야 한다. 단, 밀스케일, 또는 구도막의 얼룩(때)에 의하여 생긴 얼은 그림자나 줄무늬, 또는 경미한 변색의 합이 고루 퍼져 있으며 33 %를 초과해서는 안 된다.	Commercial Blast Cleaning
No.4	SP 7	경등급 세정	육안으로 관찰 시 기름, 그리스, 먼지, 느슨하게 부착되어 있는, 녹, 밀스케일, 구도막이 없어야 한다. 단, 밀착되어 있는 밀스케일, 녹, 구도막은 허용된다. 이때 둔한 퍼티용 칼로 제거하려 해도 제거가 안 될 경우에는 밀착된 것으로 간주한다.	Brush-off Blast Cleaning

표 6.3.2 표면처리 규격요약(ISO 8501-1)

명칭	등급	정의	비고
나금속 세정	Sa 3	육안으로 관찰 시 기름, 그리스, 먼지, 밀스케일, 녹, 구도막 기타 이물질이 전혀 없어야 한다. 그리고 균일한 금속 광택을 띄어야 한다.	Blast Cleaning to Visually Clean Steel
준나금속 세정	Sa 2½	육안으로 관찰 시 기름, 그리스, 먼지, 밀스케일, 녹, 구도막, 기타 이물질이 없어야 한다. 오염의 잔류 흔적은 작은 점이나 줄무늬 형태로 아주 가벼운 상태이면 허용 된다	Very Thorough Blast Cleaning
상용등급 세정	Sa 2	육안으로 관찰 시 기름, 그리스, 먼지가 없어야 한다. 단 밀스케일, 녹, 구도막과 기타 이물질 중 소지에 밀착되어 있는 것은 소량 허용된다.	Thorough Blast Cleaning
경등급 세정	Sa 1	육안으로 관찰 시 기름, 그리스, 먼지, 느슨하게 붙어 있는 밀스케일, 녹, 구도막 및 기타 이물질이 없어야 한다.	Light Blast Cleaning
수공구나 동력공구 세정	St 2	기름, 그리스, 먼지, 소지에 느슨하게 부착되어 있는 밀스케일, 녹, 구도막, 기타 이물질이 없어야 한다.	Thorough Hand and Power Tool Cleaning
수공구나 동력공구에 의한 철저한 세정	St 3	기름, 그리스, 먼지, 소지에 느슨하게 부착되어 있는 밀스케일, 녹, 구도막, 기타 이물질을 제거하여 금속 광택을 띄는 정도이어야 한다.	Very Thorough Hand and Power Tool Cleaning

1.5 도료의 관리

1.5.1 도료의 품질 관리

도료의 품질관리는 다음과 같이 실시하여야 한다.

- (1) 도장작업 개시 전에 도료의 품질, 제조년월일, 제조번호, 색상, 수량을 도료캔에 부착된 라벨에 의해서 확인하여야 한다.
- (2) 도료가 저장가능기간(shelf life)을 초과하였는지의 여부를 확인하여야 한다.
- (3) 도료의 품질에 이상이 있는 경우에는 그것과 동일한 제조번호의 도료는 사용을 금한다.

1.5.2 도료의 소요량 관리

도료가 도장면적과 대비하여 적정한 물량이 사용되고 있는가를 확인하여야 한다.

1.5.3 도료의 보관

- (1) 도료 및 희석제는 인화의 위험성이 있으므로 보관이나 취급시에는 각별히 주의하여야 한다.
- (2) 건냉암소에 보관하며, 특별한 경우에는 도료제조회사의 지시에 따른다.

1.6 도료의 혼합

1.6.1 도료 품질의 확인

도료의 품질확인은 다음과 같이 실시하여야 한다.

- (1) 도료는 사용 전에 저장가능기간을 경과하였는지의 여부를 확인한 다음 캔을 개봉하는 것으로 한다.
- (2) 용기 내에 있는 도료상태의 이상 유무를 확인하고 사용하여야 한다.

1.6.2 교반

- (1) 도료를 사용할 때에는 교반봉이나 교반기를 사용하여 충분히 저어서 섞은 다음, 통안의 도료를 균일한 상태로 만든 후 사용하여야 한다. 특히 밀도가 큰 금속안료(MIO, 아연말 등)를 함유한 도료나 또는 다액형 도료인 경우 균일하게 혼합되도록 특별한 주의를 하여야 한다.
- (2) 혼합된 도료가 덩어리 등이 있어 작업성 및 도막외관에 영향을 줄 우려가 있는 경우는 적절한 크기의 망으로 거른 후 사용하여야 한다.
- (3) 도료의 시료검사를 할 경우에도 도료를 충분히 교반하고 나서 시료를 채취한다.

1.6.3 가사시간과 숙성시간

가사시간과 숙성시간은 다음과 같이 실시하여야 한다.

- (1) 다액형 도료는 사용직전에 주제(主劑), 경화제등을 혼합하여 사용하는데, 혼합 후에는 서서히 반응이 진행되어 고화되기 때문에 사용가능시간(가사시간)내에 사용하여야 한다.
- (2) 사용 중 가사시간이 경과한 경우는 사용을 중지하고 혼합된 잔여물은 폐기한다.
- (3) 가사시간과 숙성시간은 제조회사의 기술자료에 따라 관리하여야 한다.

1.6.4 점도와 희석

점도와 희석은 다음에 준하여 실시하여야 한다.

- (1) 도료는 사용에 적절한 점도로 조정후 사용하며, 제조사의 허용범위를 준수하여야 한다.
- (2) 희석은 작업성을 향상시키기 위해 실시되는데 작업시의 온도, 도장방법, 도장면의 상태에 적합한 점도가 우선적으로 유지되어야 한다.

1.7 도장 방법

강교량의 도장작업에는 주로 에어리스 스프레이(airless spray)도장이 가장 많이 사용되며, 붓도장, 롤러 도장도 병행되는데 도장방법의 선택은 도료의 종류, 지정된 도막두께, 주위환경 등을 고려하여 결정하여야 한다.

1.7.1 에어리스 스프레이 도장

에어리스 스프레이 도장은 도장기에 의해 도료를 직접 가압하고 노즐팁으로부터 무화(霧化)가 된 도료를 분사하는 방법이다. 시공능률이 높고 도료를 균일한 두께로 도장하기 쉬운 방법으로서 에폭시수지 도료나 징크리치 페인트 등의 후막형 도료의 도장에도 적합하며, 에어리스 스프레이 도장은 다음과 같이 실시하여야 한다.

- (1) 무기질 아연말 도료, 후막형 에폭시 도료 등은 특별한 이유가 없으면 에어리스 스프레이로 도장하여야 한다.
- (2) 스프레이 도장을 할 경우에는 비산방지대책을 사전에 강구하여 작업하여야 한다.
- (3) 세밀한 부분이나 각진 부분, 요철부분, 협소한 부분 등에 대해서는 붓도장을 먼저하고 나서 스프레이도장을 실시하여야 한다.
- (4) 에어리스 스프레이 도장을 효과적으로 실행하기 위해서는 피도물과 도장 건(gun)과의 거리, 도장 건의 이동속도, 분사압력, 노즐팁 등이 조건에 맞도록 선정 및 작업되어야 한다.

1.7.2 붓 또는 롤러 도장

별도 지정된 부분이나, 스프레이 도장이 어려운 부분, 부분적인 보수도장 등에는 붓 또는 로울러 도장을 할 수도 있다.

1.7.3 에어스프레이 도장

수용성 무기질 아연말 도료는 수용성 전용 에어스프레이 장비를 사용하여야 한다.

1.8 재도장 간격

동일한 도료를 추가로 도장하거나 다른 도료로 후속 도장하는 경우에는 신속히 도장하여야 한다. 도장 간격은 장기간 경과함에 따라 표면오염, 부착력 저하 등의 원인이 발생된으로 신속히 후속도장을 하여야 한다.

재도장전 표면 결함이 발견된 경우에는 샌드페이퍼로 표면을 거칠게 하거나 또는 도료 제조 회사의 지침에 따라 표면처리를 한 후에 후속도장을 하여야 한다.

1.9 도장작업시의 기후조건

도장작업시의 기후조건은 도장작업뿐만이 아니라 도막의 내구성에 큰 영향을 미치므로 다음 사항을 반드시 준수하여 작업하여야 한다.

1.9.1 일반적인 도장작업은 대기온도가 5 ℃ 이상, 상대습도 85 % 이하인 조건에서 작업하여야 한다. 제품에 따라 이보다 악조건에서 작업이 가능한 제품의 경우에는 제조업체의 기술 자료에 따라 감리원이 작업가능 여부를 판단하여야 한다.

1.9.2 온도가 너무 높은 경우에 건조가 비정상적으로 빨라지고 가사시간이 짧아지므로 제조사의 안내서를 참조하고 특별한 규정이 없는 경우는 43 ℃ 이상에서는 작업을 하지 않는다.

1.9.3 소지 표면온도는 이슬점 온도보다 3 ℃ 이상 높아야 한다.

1.9.4 옥외에서 시공시 비, 눈, 이슬이 내리는 환경에서는 작업을 중지하여야 한다.

1.9.5 강풍(풍속이 평균 초속 8 m 시, 단 작업높이가 5 m 이상이면 초속 5 m 이상)이 부는 환경에서는 작업을 중지하여야 한다.

1.10 용접부 및 볼트체결 부위의 도장

1.10.1 용접부 도장

용접부는 일반부위에 비해 도막결함이 발생하기 쉽고, 조기에 발청하기 쉬운 부분이므로 6-3의 1.2항에 따라 표면처리를 실시한 후 도장하여야 한다. 도막의 성능 및 내구력을 높이기 위해서 하도를 1회 추가 도장하고 도장사양에 따라 작업하여야 한다.

1.10.2 고장력 볼트 체결부위 도장

부재를 고장력볼트로 집합하는 연결판부위는 볼트를 체결한 후 연결판 및 볼트를 표면 처리한 다음 설계시방에 따라 도장하여야 한다.

- (1) 하도가 무기질 아연말 도료로 설계된 경우에는 연결판이 부착될 면에 규정된 표면처리를 한 후에 무기질 아연말 도료를 도장할 수 있다. 단, 무기질 아연말 도료는 구조물이 요구하는 수준의 마찰계수를 만족하여야 하며 도막두께는 과도막이 되지 않도록 주의하여야 한다.
- (2) 작은 붓을 이용하여 세밀한 부분까지 충분히 도장하여야 하며, 도막의 성능 및 내구력을 높이기 위해서 하도를 1회 추가 도장하여 보완하는 것이 좋다.
- (3) 볼트와 볼트링이 접하는 가장자리부분에 균일한 도막두께로 도장하기가 어려워 방청성의 차이가 우려될 경우, 가장자리 부분은 특수한 도장구를 사용하여 고점도 초후막형 에폭시수지계 도료를 감독자의 승인을 받은 후에 사용할 수 있다.

1.11 연결부 틈새의 실란트 충전 작업

강교의 연결부분에 틈이 발생되며, 이 틈으로 수분이 유입되어 내부에 물이 고일 수 있으므로 이를 차단하기 위한 충전재 작업은 다음과 같이 실시하여야 한다.

1.11.1 적용부위

박스 거더형 강교의 맨 바깥쪽부분 중 수직 및 수평 연결부위의 틈새에 적용하여야 한다.

1.11.2 충전방법

- (1) 바탕면에 묻은 이물질 등은 신나로 깨끗이 닦아내고, 건조시킨다.
- (2) 도장면이 오염되거나 손상될 우려가 있는 곳은 마스킹 작업을 하여야 한다.
- (3) 후면과 관통되어 있는 곳은 후면에 종이테이프를 부착하여 충전재가 손실되지 않도록 하여야 한다.
- (4) 두께가 균일하고 평활하도록 충전재를 시공하여야 한다.

1.11.3 충전재의 재료

- (1) 강교량의 도장계열 중 외부에 마감되는 하도 및 상도와의 상용성이 좋은 재료로서 현장에서 시공이 용이한 1액형 우레탄 실란트를 사용하여야 한다.
- (2) 1액형 우레탄 실란트는 KS F 4910 “건축용 실링재” 규격에 만족하여야 한다.
- (3) 색상은 강교의 마감색상을 고려하여 백색, 회색 중 택일하며, 특별한 규정이 없는 한 백색을 사용하여야 한다.

1.12 터치업(touch up)

운송, 가설, 설치 및 부분용접 등으로 손상이 발생한 부분은 최초와 동일한 표면처리 및 도장시방대로 도장하여야 한다. 단 별도로 규정된 경우에는 예외로 적용하여야 한다. 손상부분이 극소일 경우, 동력공구로 녹을 제거하고 손상된 도막면은 샌드페이퍼를 사용하여 주변 도막과의 단차를 적게 하여야 하며, 손상된 면주위를 활성화시켜 도료가 부착하기 쉽게 하여야 한다. 터치업 재료는 본체에 적용되는 동일계열의 하도로 도장하며 동력공구 세정조건에 적합한 재료를 사용한다. 터치업 부분의 면적이 큰 경우에는 블라스트 세정 방법으로 처리한 후 도장하여야 한다.

1.13 미스트코트(mist coat)

무기질 아연말 도료를 도장하고 후도막형 중도 도료를 도장할 경우에는 부풀음 현상(popping) 및 미세한 기공(pinhole)등이 발생되므로 이런 결함을 차단하기 위해서 반드시 미스트코트를 실시하여야 한다. 미스트코트 방법은 무기질 아연말 도막위에 후속도장되는 도료에 신나를 약 50 % 정도 희석하여 30 μm ~ 50 μm 두께로 도장 한 다음 약간 건조된 상태에서 추가도장을 하는 방법이며, 이때 후속 도장되는 도료는 최초 설계된 도막과 일치하도록 도막두께를 관리하여야 한다.

1.14 도막외관 및 도막두께

1.14.1 도막외관

도장 중 또는 건조 후 도막외관을 관찰하여 평가하여야 하며 결함이 발견될 경우에는 발견 즉시 수정하여야 한다.

1.14.2 도막두께

도막두께에 대한 규정은 다음과 같다.

- (1) 도막두께는 규정에 따라 검사하여야 하며, 그 결과는 반드시 기록하고 유지되어야 한다. 단 도막두께가 미달되는 경우에는 후속 도장 전에 이에 대한 보정이 되어야 한다.
- (2) 도막두께의 편차를 최소화하기 위해서는 도장작업시 사용량, 작업성 등에 충분히 유의하여야 한다.
- (3) 습도막두께의 측정은 건도막두께의 정확한 관리를 위한 방법으로 도장작업과정에서 수시로 습도막두께를 측정하여 작업표준을 설정하고 유지하여야 하며, 건도막두께와의 관계를 사전에 인지하고 측정하여 그 변화를 확인하여야 한다.
- (4) 건도막두께의 측정은 건조가 완료된 후 시행하여야 하며 그 결과를 반드시 기록 유지하여야 한다.
- (5) 도막두께측정기의 정확성을 확보하기 위하여 검교정된 기기를 사용하여야 한다.
- (6) 건도막의 두께 측정방법과 판정방법은 SSPC-PA2에 따르며, 그 요건의 개요는 다음과 같다.
 - ① 10 m² 당 5개소(spot)를 기본으로 측정한다. 1개소는 직경 40 mm로서 3개 지점값(gage reading)을 1개소에서 측정한다.
 - 가. 1개소내의 3개 지점값은 값에 제한이 없으나, 3개 지점의 평균값, 즉 1개소의 평균값은 시방서 요건인 최소값의 80 % 이상이어야 하며, 최대값의 120 % 이내이어야 한다.
 - 나. 5개소의 최종 평균값은 시방서의 범위값에 들어와야 한다.
 - ② 총면적이 30 m² 이하 : 각 10 m² 씩 블록을 선정하여 1블록 당 5개소를 측정한다.
 - ③ 총면적이 100 m² 이하 : 10 m² 씩 블록 3개를 임의로 선정, 1블록 당 5개소를 측정한다.
 - ④ 총면적이 100 m² 초과 : 처음 100 m² 당 10 m² 씩 3블록을 선정, 1블록 당 5개소를 측정한다. 추가 100 m² 마다 10 m² 크기의 블록을 임의로 한군데 선정하여 5개소를 측정한다.
 - ⑤ 10 m² 블록 측정결과가 기준에 벗어나면 그 부위는 부적합 부위로 처리하고 추가로 10 m²을 선정하여 측정한다
 - ⑥ 두께 요건 : 건도막두께 요건은 최소값과 최대값이 제시되어야 하며 만약 최대값이 주어지지 않았으면 명시된 두께요건은 최소값 요건으로 간주한다.
- (7) 도막두께 기준에 미달되는 부위는 최상층도료를 추가 도장하여 수정하거나 도장감리원의 의견에 따른다. 도막두께 기준에 초과한 도막이 심한 균열, 주름 등 외관에 문제

가 발생한 경우에는 문제가 발생한 도막부분을 제거하고 수정 작업을 하여야 하며, 외관 및 경화상태가 양호하며 상기와 같은 결함이 없는 경우에는 도료제조회사의 의견에 따라 도장감리원이 수정여부를 결정하여야 한다.

1.15 작업절차별 점검사항

도장작업에서 품질의 확보 및 오류를 미연에 방지하기 위해서는 다음과 같은 사항을 지켜서 작업하고 표 6.3.4에서 기술한 작업절차별의 각 항목을 중점 점검하여야 한다.

표 6.3.4 작업절차별 점검항목

NO	작업내용	중점 점검 사항
1	1차 표면처리(원판상태)	•표면처리 세정도(SSPC-SP10) •표면조도($25\ \mu\text{m} \sim 75\ \mu\text{m}$) •연마재와 블라스트에어의 청정도 여부
2	샙프라이머(shop primer) 도장(무기질 아연말 도료)	•도막두께 •경화상태
3	절단	•샙프라이머의 절단장애 여부
4	용접 제작	•샙프라이머의 용접장애 여부
5	2차 표면처리 (용접 및 절단면)작업	•표면처리 세정도 (SSPC-SP10) •표면조도($25\ \mu\text{m} \sim 75\ \mu\text{m}$) •연마재와 블라스트에어의 청정도 여부
6	하도도장 (무기질 아연말 도장)	•도막두께, 도장작업중 교반 여부 •도막상태(경화, 외관) •마찰계수의 설계상 이상유무(연결판 접촉면)
7	중도도장 및 내부 상도도장	•도막두께 •2액형 도료의 혼합 및 교반 •미스트코트 작업 여부 •도장이 난해한 부위의 선행작업 여부 •작업환경(온도, 습도) •연결판 접촉면의 마스킹(masking) 여부
8	설치	•기계적 손상의 유무
9	현장 표면처리 (볼트 및 연결판)	•표면처리 세정도(SSPC-SP3) •주위도막의 보호 •연마재의 비산대책

NO	작업내용	중점 점검 사항
10	연결판 및 볼트부분도장	•도막두께 •재도장 간격 •작업환경(온도, 습도) •도장시의 비산대책
11	현장 마감도장	•오염물 제거여부 •도장시의 비산대책 •도막두께 •재도장 간격 •도막의 외관

1.16 교각의 내염도장

콘크리트는 잠재적으로 발생하는 미세한 균열, 공극부 등으로 침투되는 수분, 이산화탄소, 염소 및 기타 이온화합물 등의 투과를 억제하므로 콘크리트의 중성화 및 알칼리 골재 반응을 막아 균열, 백화, 열화 및 중성화 진행을 감소시키기 위한 부위에는 침투성이 우수한 콘크리트 보호재를 시공할 수 있으며, 아래와 같은 특성이 있는 내염성 도료를 사용하여야 한다.

1.16.1 내염도장의 요구물성(KS F 4936 콘크리트 보호용 도막재에 따름)

- (1) 부착성이 우수하여야 한다.
- (2) 침투성이 우수하여야 한다.
- (3) 통기성, 호흡성이 있는 도막이어야 한다.
- (4) 내후성이 우수하여야 한다.
- (5) 내약품성, 내염해성이 우수하여야 한다.
- (6) 내수성, 내마모성이 우수하여야 한다.

1.17 내후성 강재(무도장 강재)교량의 도장

내후성 강재는 무도장을 원칙으로 하지만, 다음과 같은 부위에 대해서는 부분적으로 공장이나 현장에서 도장을 하여야 한다.

1.17.1 박스 거더형 강교의 내부

박스 거더형 교량의 내면은 통풍이 나쁘기 때문에 빗물의 침투 및 결로현상 등에 의해서 다습한 상태가 되기 쉽다. 이와 같은 부위에는 안정화된 녹층의 생성이 곤란하기

때문에 도장을 실시하여야 한다. 단, 도장을 하지 않는 경우에는 아래의 각 사항이 반드시 지켜져야 한다.

- (1) 내부의 모든 표면은 블라스팅 방법에 의하여 표면의 흑피를 완전히 제거하여야 한다.
- (2) 강교 내부에 물이 고이지 않도록 배수구를 설치하는 등의 조치를 하여야 한다.
- (3) 3년 이내의 주기로 주기적으로 내부의 녹 발생 정도 등 이상 유무를 확인하여야 한다.

1.17.2 신축이음부 주변 및 특히 부식이 쉬운 환경에 있는 부위

강교의 시점, 신축이음부 주변 및 기타 부식이 쉬운 환경에 있는 개소에는 도장을 실시하여야 한다. 신축이음부 주변의 내측은 끝단에서 첫 번째 diaphragm까지, 외측은 끝단에서 3 m까지 도장하여야 한다.

1.18 데크 플레이트(deck plate)의 노출부 도장

강교량의 데크플레이트 노출부분은 외부의 마감도장계열과 동일하게 마감하되 소지의 종류에 따라 하도가 다르다.

- 1.18.1 아연도금 소재 : 신나로 표면의 오염물 등을 깨끗이 닦아내고 건조시킨 후 비닐계 워시프라이머나 또는 비철금속 바탕에 부착력이 양호한 에폭시계 하도를 선행 도장한 후 외부도장계열의 마감 상도를 도장하여 마감한다. 이때 상도는 하도와 의 상용성에 문제가 없어야 한다.
- 1.18.2 철재 : 블라스트 세정방법으로 바탕처리를 한 후 외부와 동일한 계열의 도장시방으로 도장되어야 한다. 단, 현장조건상 블라스팅 처리가 불가능한 경우는 공장에서 노출면을 도장한 후 현장에 설치하고 외부 도장계열과 동일한 시방으로 도장하여야 한다.

2. 도장 검사

2.1 검사항목

- 2.1.1 작업상황과 작업방법 등에 대한 검사항목은 표 6.3.5와 같다

표 6.3.5 검사항목

검사항목	검사 실시 요령
도료	시험 성적표의 심사
공장도장	1. 시행관리의 기록
	2. 건도막두께의 관리 및 기록
보수도장 및 현장도장	1. 시행관리 기록
	2. 시행 전·후 도막상태 및 건도막 관리 및 기록
	3. 표면처리
	4. 사용도료의 시험성적표 심사

2.1.2 도장검사자의 자격

도장검사는 대외적으로 인정되어 있는 공인 받은 교육기관(NACE, KACE, FROSIO 등)에서 자격을 인증한 고급이상의 전문도장 검사자에 의하여 수행되어야 한다.

2.2 도료의 품질검사

2.2.1 제작자 시험성적표

모든 도료에 대한 시험성적표를 감리원에게 제출하여야 하며, 감리원은 제조자의 시험 성적표가 규격에 적합한 것인지 또는 동등 이상인지를 해당도료를 사용하기 전에 확인하여야 한다. 시험성적표는 도료의 종류별, 제조 롯트별로 확인하여야 한다.

2.2.2 용기의 표기사항 확인

감리원은 용기에 표시된 제품명, 규격번호, 색상 및 롯트 번호 등이 정확하게 표기되었는지 확인하여야 한다.

2.2.3 감독자는 도장면적이 대단히 넓은 장대교량인 경우 임의의 롯트로 시료를 채취하여 공인된 시험기관에 의뢰하여 품질검사를 실시할 수 있다.

2.3 도막두께 검사

도막의 두께를 측정하여 기준값에 적합한가를 검사하여야 한다.

2.4 각 단계별의 검사항목

도장작업 전, 중 또는 후에 작업과정을 검사하여 성공적인 도장 작업 및 결과를 얻을 수 있도록 하여야 한다. 도장작업은 완벽한 장비 및 시설, 작업자의 숙련도, 양질의 도료사용 등이 충족되는 경우에만 도막이 제반기능을 발휘한다. 표면처리는 작업 성패에 대한 영향이 지대하므로 검사 전에 규격을 숙지하고 검사에 임하여야 한다. 전 과정을 절차에 따라 검사하고 그 결과를 기록 유지하여야 한다.

2.4.1 표면처리 검사항목

표면처리 작업시의 검사항목사항은 표 6.3.6과 같다.

표 6.3.6 표면처리 작업시 검사항목

확인사항	비고
(1) 표면처리 연마재와 블라스트에어의 청정도 여부 검토	
(2) 표면조도 및 표면처리 세정도는 적합한가	표 6.3.12의 (4), (6), (9)
(3) 용접 불량부 즉 노치, 스패터, 슬래그 잔존 및 표면 돌출의 제거여부	
(4) 온도, 습도의 영향은 없는가	표 6.3.12의 (1), (2)
(5) 철표면 온도는 이슬점보다 3 ℃ 이상 높은가	표 6.3.12의 (1), (2)

2.4.2 도장 작업 전 검사항목

도장작업전의 검사항목사항은 표 6.3.7과 같다.

표 6.3.7 도장작업 전 검사항목

확인사항	비고
(1) 공사기간에 따른 계절적인 변화 및 주위환경을 파악하여 도장 시 방상의 문제점 여부 검토	
(2) 공사에 필요한 장비의 구비 여부 확인	표 6.3.12
(3) 도장시방의 관계자 인지 및 배포 여부	
(4) 온도조건은 5 ℃ ~ 43 ℃(제조업체의 기술자료에 따름)	표 6.3.12의 (1)
(5) 습도조건은 85 % 이하(제조업체의 기술자료에 따름)	표 6.3.12의 (1), (2), (5)
(6) 철표면 온도는 이슬점보다 3 ℃ 이상 높은가	표 6.3.12의 (5), (13)

2.4.3 프라이머 도장 작업시 검사항목

프라이머 도장 작업시의 검사항목사항은 표 6.3.8과 같다.

표 6.3.8 프라이머 도장 작업시의 검사항목

확인사항	비고
(1) 표면처리 후 장시간 방치하지 않았는가	4시간 이내
(2) 온도, 습도, 이슬점 및 안개, 바람의 영향은 없는가	표6.3.12의 (1),(2),(5),(13)
(3) 2액형 도료의 경화제 및 경화제 혼합비율은 정상인가	교반기 사용
(4) 도료의 희석률은 적합하며, 규정 희석제인가	
(5) 도장시방에 따른 습도막 관리두께는 적정한가	표 6.3.12의 (11)
(6) 도료는 가사시간 내 사용하고 있는가	
(7) 도장 시 주위환경에 문제는 없는가(조명, 환기, 안전)	
(8) 도장 외관상 결함 발생은 없는가	
(9) 기타 사용도료의 제조번호 및 제조일자 확인	
(10) 도장 순서는 내부 또는 끝부분의 작업이 난이한 곳부터 작업이 진행되는가	

2.4.4 중도 및 상도 도장 작업시의 검사항목

중도 및 상도 도장작업시의 검사항목사항은 표 6.3.9와 같다.

표 6.3.9 중·상도 도장작업시 검사항목

확인사항	비고
(1) 하도도장시의 확인사항은 공통	
(2) 1회 도장된 도막은 표준에 미달 또는 과도하지 않은가	표 6.3.12의 (10)
(3) 1회 도장의 건조상태, 부착상태 등 도막결함은 없는가	
(4) 재도장 간격은 적합한가	
(5) 1회 도장이 무기아연계인 경우 미스트코트는 실시하는가	
(6) 용접선, 구석진 부분 등 도장작업이 난이한 곳과 도막 누락을 막기 위해 선행 터치업 도장은 실시되었는가	용접부, 볼트구멍, 스캘럽
(7) 해상 수송을 하는 경우나, 해안가에 설치되는 부재의 경우 표면에 부착된 염분량을 측정하고, 부착염분량이 150 mg/m ² 이상인 경우는 수세하여 염분을 제거하였는가	표 6.3.12의 (15)

2.4.5 도장작업후의 검사항목

각 도장작업후의 검사항목사항은 표 6.3.10과 같다.

표 6.3.10 도장작업후의 검사항목

확인사항	비고
(1) 외관상태는 양호하며, 도막 결함은 없는가	마감상태의 색상, 광택정도
(2) 건조, 경화, 부착상태는 양호하며, 도막두께도 문제는 없는가	표 6.3.12의 (8), (10), (11)
(3) 피도물의 침적조건 또는 폭로조건에 따른 도장조건은 되었는가	시공 전·후
(4) 도장장비 및 도구의 세척은 되었는가	
(5) 도료 보관은 적당한 곳에 조치되었는가	건냉암소
(6) 작업 보고서는 작성하였는가	

2.4.6 도막의 품질기준

도장작업이 완료된 도막의 품질기준은 표6.3.11과 같다.

표 6.3.11 도막의 품질기준

항목	품질기준	비고
건도막의 기준	“1.14.2 도막두께”에 따른다.	
부착력 ¹⁾	x-cut test 3A 이상일 것	테이프 부착시험
외관상태	핀홀 등이 없고 양호할 것	육안판정

주 : 1) 부착력시험은 도막 층간의 부착력에 문제가 있을 것으로 의심되는 경우에 한하여 실시하며 시험횟수를 최소화하여 도막손상을 방지하여야 한다.

2.5 검사기기

2.5.1 검사기기 및 장비

도장작업에 있어서 완벽한 관리를 수행하기 위해서는 표 6.3.12의 기기 및 장비가 필요하며, 기기는 항상 사용할 수 있도록 준비되어야 한다.

표 6.3.12 검사기기 및 장비

확인사항	비고
(1) 온도계/대기측정용 또는 소지 및 대기검용	
(2) 상대습도 측정기	
(3) 카메라	
(4) 표면처리 표준사진첩(SSPC 또는 ISO 책자)	
(5) 소지표면 측정 온도계	
(6) 표면조도 측정기	
(7) 핀홀 탐지기(pinhole detector)	
(8) 부착력 시험기기(adhesion tester) 또는 컷트 칼(cut-knife)	
(9) 확대경	
(10) 건도막두께 측정기(DFT gauge)	
(11) 습도막두께 측정기(WFT gauge)	
(12) 검사용 거울(inspection mirror)	
(13) 이슬점 환산표 또는 이슬점 계산자	
(14) 리트마스지(pH 측정용)	
(15) 염분도 측정기	
(16) 작업복(boiler suit)	
(17) 손전등(flashlight)	
(18) 작업 안전화	
(19) 작업 안전모	
(20) 검사용 분필 또는 마킹펜(marking pen)	
(21) 검사용 스크레이퍼(scraper)	

2.6 강교용 도료의 품질관리 기준

강교에 적용되는 도료는 제품별로 아래의 각 시험항목의 품질 기준을 만족하여야 한다. 시험소요기간이 장시간이 걸리는 시험항목(도료를 도장한 후 도막을 경화시켜서 시험하는 항목)에 대하여는 선정시험에서만 적용하고 관리시험에서는 생략한다.

여기에 언급되지 않은 제품은 발주자와 공급자간에 별도로 규격을 정하여 관리하여야 한다.

2.6.1 무기질 아연말 샵프라이머(SPS-KPIC 5006-1759)

표 6.3.13 무기질 아연말 샵프라이머(SPS-KPIC 5006-1759)

항목	품질	방법
건도막의 상태	이상 없을 것 (흐름, 핀홀, 주름 등)	KS M 5000-2421
용기내에서의 상태	덩어리, 응결피막이 없을 것	KS M 5000-2011
가사시간(혼합, h, 20 ℃)	5 이상	SPS-KPIC 5006-1759
건조시간(경화, h, 25 ℃)	24 이내	KS M 5000-2511, 2512
비휘발분(혼합, 중량 %)	45 이상	KS M ISO 3251
가열잔분(혼합) 중 아연 함량(중량 %)	50 이상	KS M 5000-5171 KS M ISO 3549
방청성(168 h)	점록이나 도막의 부풀음 박리가 없을 것	KS D 9502

2.6.2 무기질 아연말 도료(SPS-KPIC 5001-1754)

표 6.3.14 무기질 아연말 도료(SPS-KPIC 5001-1754)

항목	품질	방법
건도막의 상태	이상 없을 것 (흐름, 핀홀, 주름 등)	KS M 5000-2421
용기내에서의 상태	덩어리, 응결 피막이 없을 것	KS M 5000-2011
비중(주제, 25 ℃)	1 이상	KS M ISO 2811-1
비휘발분(주제, 중량 %)	30 이상	KS M ISO 3251
가사시간(혼합, h, 20 ℃)	5 이상	SPS-KPIC 5001-1754
건조시간(경화, 혼합, h, 25 ℃)	48 이내	KS M 5000-2511
충고형분(혼합, 중량 %)	78 이상	KS M ISO 3251
안료분(충고형분 중, 중량 %)	85 이상	KS M ISO 14680-1
총아연말분(1)(안료분 중, 중량 %)	87 이상	KS M 5000-5171
총아연말분(1)(충고형분 중, 중량 %)	74 이상	KS M ISO 3549

2.6.3 염화고무계 중도, 상도 도료(SPS-KPIC 5007-1760)

표 6.3.15 염화고무계 중도, 상도 도료(SPS-KPIC 5007-1760)

항목	품질		방법
	중도	상도	
연화도(N.S)	3 이상	5 이상	KS M 5000-2141
주도(KU, 25 ℃)	90 ~ 100	70 ~ 85	KS M 5000-2122
용기내에서의 상태	덩어리, 응결피막이 없을 것		KS M 5000-2011
비중 (25 ℃)	1.1 이상	0.9 이상	KS M ISO 2811-1
흐름성(μm)	300 이상	100 이상	KS M 5980
비휘발분(중량 %)	50 이상	35 이상	KS M ISO 3251
건조시간(경화, h)	24 이내		KS M 5000-2511, KS M 5000-2512

2.6.4 염화고무 MIO 도료(SPS-KIPC 5008-1761)

표 6.3.16 염화고무 MIO¹⁾ 도료(SPS-KIPC 5008-1761)

항목	품질	방법
건도막의 상태	이상 없을 것 (흐름, 핀홀, 주름 등)	KS M 5000-2421
용기내에서의 상태	덩어리, 응결피막이 없을 것	KS M 5000-2011
주도(KU, 25 ℃)	90 ~ 110	KS M 5000-2122
비중(25 ℃)	1.3 이상	KS M ISO 2811-1
비휘발분(중량 %)	55 이상	KS M ISO 3251
흐름성(μm)	350 이상	KS M 5980

주 : 1) MIO : micaceous iron oxide(운모상 산화철)

2.6.5 예폭시계 방청도료(SPS-KPIC 5005-1758)

표 6.3.17 예폭시계 방청도료(SPS-KPIC 5005-1758)

항목	품질	항목
건도막의 상태	이상 없을 것 (흐름, 핀홀, 주름 등)	KS M 5000-2421
용기내에서의 상태	덩어리, 응결 피막이 없을 것	KS M 5000-2011
주도(KU, 25 ℃)	80 ~ 100	KS M 5000-2122
비중(혼합)	1.3 이상	KS M ISO 2811-1
비휘발분(혼합, 중량 %)	65 이상	KS M ISO 3251
흐름성(혼합, μm)	300 이상	KS M 5980
건조시간(경화, h, 25 ℃)	10 이내	KS M 5000-2511, KS M 5000-2512
가사시간(혼합, h, 20 ℃)	4 이상	SPS-KPIC 5005-1758

2.6.6 고고형분 예폭시계 도료(SPS-KPIC 5002-1755)

표 6.3.18 고고형분 예폭시계 도료(SPS-KPIC 5002-1755)

항목	품질	방법
건도막의 상태	이상 없을 것 (흐름, 핀홀, 주름 등)	KS M 5000-2421
용기내에서의 상태	덩어리, 응결 피막이 없을 것	KS M 5000-2011
혼합성(혼합)	균일하게 혼합될 것	SPS-KPIC 5002-1755
비중(주제)	1.3 이상	KS M ISO 2811-1
주도(주제, KU, 25 ℃)	90 이상	KS M 5000-2122
비휘발분(주제, 중량 %)	80 이상	KS M ISO 3251
건조시간(경화, h, 25 ℃)	24 이내	KS M 5000-2511, KS M 5000-2512
가사시간(혼합, h, 20 ℃)	2 이상	SPS-KPIC 5002-1755
흐름성(혼합, μm)	500 이상	KS M 5980
부피 고형분(%)	80 이상	KS M ISO 3233

2.6.7 우레탄계 도료(SPS-KIPC 5003-1756)

표 6.3.19 우레탄계 도료(SPS-KIPC 5003-1756)

항목		품질	방법
건도막의 상태		이상 없을 것 (흐름, 핀홀, 주름 등)	KS M 5000-2421
용기내에서의 상태		덩어리, 응결 피막이 없을 것	KS M 5000-2011
색상		견본품과 비교하여 차이 없을 것	KS M 5000-3011
비중(주제)		1.1 이상	KS M ISO 2811-1
주도(주제, KU)		70 ~ 90	KS M 5000-2122
비휘발분(주제, 중량 %)		60 이상	KS M ISO 3251
연화도(주제, N.S)		6 이상	KS M 5000-2141
광택(60°, %)		80 이상	KS M ISO 2813
건조시간(경화, h, 25 °C)		24 이내	KS M 5000-2511, KS M 5000-2512
가사시간(혼합, h, 20 °C)		4 이상	SPS-KIPC 5003-1756
흐름성(혼합, μm)		175 이상	KS M 5980
은폐율(%) (1)(2)	백색	90 이상	KS M ISO 2814
	기타색	80 이상	
축진 내후성(300 h, (%))		90 이상	KS M ISO 11507

주 : 1) 기타색은 백색을 제외한 나머지 색상으로 한다.

2) 특녹색이나 특정색과 같이 프탈로시아닌계 아조 또는 디아조계 안료를 사용한 도료는 은폐율을 적용하지 않는다.

2.6.8 불소 수지계 도료(SPS-KPIC 5004-1757)

표 6.3.20 불소 수지계 도료(SPS-KPIC 5004-1757)

항목		품질	방법
건도막의 상태		이상 없을 것 (흐름, 핀홀, 주름 등)	KS M 5000-2421
용기내에서의 상태		덩어리, 응결 피막이 없을 것	KS M 5000-2011
비휘발분 (주제, 중량 %)	백색	50 이상	KS M ISO 3251
	기타색	40 이상	
연화도(주제, N.S)		6 이상	KS M 5000-2141
광택(60°)		70 이상	KS M ISO 2813
건조시간(경화, h, 25℃)		8 이내	KS M 5000-2511, KS M 5000-2512
가사시간(혼합, h, 20℃)		5 이상	SPS-KPIC 5004-1757
용제 가용분 중의 불소(주제, %)		15 이상	SPS-KPIC 5004-1757
은폐율(%) ¹⁾²⁾	백색	90 이상	KS M ISO 2814
	기타색	80 이상	
충간 부착성(중/상도) ³⁾		이상 없을 것	KS M ISO 2409
유연성 ³⁾		이상 없을 것	KS M ISO 1519
내알칼리성 ³⁾		이상 없을 것	SPS-KPIC 5004-1757
내산성 ³⁾		이상 없을 것	SPS-KPIC 5004-1757
냉열반복시험 ³⁾		이상 없을 것	SPS-KPIC 5004-1757
내충격성 ³⁾		균열, 벗겨짐이 없을 것	KS M ISO 6272-1
촉진 내후성 (1,000 h) ³⁾	광택유지율(%)	90 이상	KS M ISO 11507
	쥬킹	1 이하	KS M ISO 4628-6

2.6.9 세라믹계 방식 도료(SPS-KPIC 5009-1762)

표 6.3.21 세라믹계 방식 도료(SPS-KPIC 5009-1762)

항목	품질	방법
용기내에서 상태	덩어리, 응결, 피막이 없을 것	KS M 5000-2011
건조시간(경화, h, 25 °C)	24 이내	KS M 5000-2511, KS M 5000-2512
가사시간(혼합, h, 20 °C)	2 이상	KS M ISO 9514
흐름성(혼합, μm)	250 이상	KS M ISO 16862
부피고형분(혼합, %)	60 이상	KS M ISO 3233
비중(주제)(25 °/25 °C)	1.3 이상	KS M ISO 2811-1
주도(주제, KU)(25 °/25 °C)	95 이상	KS M 5000-2122
연화도(주제, NS)	4 이상	KS M 5000-2141
염수분무시험(168 h)	녹과 부풀음이 없을 것	KS D 9502

2.6.10 세라믹계 우레탄 도료(SPS-KPIC 5010-1763)

표 6.3.22 세라믹계 우레탄 도료(SPS-KPIC 5010-1763)

항 목	품 질	방 법
건도막의 상태	이상 없을 것 (흐름, 핀홀, 주름 등)	KS M 5000-2421
용기내에서의 상태	덩어리, 응결, 피막이 없을 것	KS M 5000-2011
색상	견본품과 비교하여 차이 없을 것	KS M 5000-3011
비휘발분(주제, 중량 %)	50 이상	KS M ISO 3251
연화도(주제, N.S)	6 이상	KS M 5000-2141
광택(60 °)	70 이상	KS M ISO 2813
건조시간(경화, h, 25 °C)	24 이내	KS M 5000-2511, KS M 5000-2512
흐름성(혼합, μm)	175 이상	KS M ISO 16862
은폐율(%) ¹⁾²⁾	백색	KS M ISO 2814
	기타색	
내산성 ³⁾ (168 h)	도막의 갈라짐, 부풀음, 주름, 떨어짐, 벗겨짐, 변색 등이 없을 것	KS M ISO 2812-1
내알칼리성 ³⁾ (168 h)	도막의 갈라짐, 부풀음, 주름, 떨어짐, 벗겨짐, 변색 등이 없을 것	KS M ISO 2812-1
촉진내후성 ³⁾ (300 h, %)	80 이상	KS M ISO 11507

주 : 1) 기타색은 백색을 제외한 나머지 색상으로 한다.

2) 특녹색이나 특청색과 같이 프탈로시아닌계 아조 또는 디아조계 안료를 사용한 도료는 은폐율을 적용하지 않는다.

3) 시험편은 도장계열의 최상층까지 도장한 상태에서 시험한다.

2.6.11 실록산계 도료(SPS-KPIC 5011-1764)

표 6.3.23 실록산계 도료(SPS-KPIC 5011-1764)

항목		품질	방법
건도막의 상태		이상 없을 것 (흐름, 핀홀, 주름 등)	KS M 5000-2421
용기내의 상태		덩어리, 응결 피막이 없을 것	KS M 5000-2011
색상		견본품과 비교하여 차이 없을 것	KS M 5000-3011
비중(주제, 25 ℃)		1.1 이상	KS M ISO 2811-1
주도(주제, KU, 25 ℃)		80 ~ 100	KS M 5000-2122
비휘발분(주제, 중량 %)		60 이상	KS M ISO 3251
연화도(주제, N.S)		6 이상	KS M 5000-2141
광택(60°, %)		70 이상	KS M ISO 2813
건조시간(경화, h, 25 ℃)		24 이내	KS M 5000-2511, KS M 5000-2512
가사시간(혼합, h, 20 ℃)		4 이상	SPS-KPIC 5011-1764
흐름성(혼합, μm)		250 이상	KS M 5980
은폐율(%) ¹⁾²⁾	백색	90 이상	KS M ISO 2814
	기타색	80 이상	
촉진 내후성 (700h) ³⁾	광택유지율(%)	90 이상	KS M ISO 11507
	초킹	1 이하	KS M ISO 4628-6

주: 1) 기타색은 백색을 제외한 나머지 색상으로 한다.

2) 특녹색이나 특청색과 같이 프탈로시아닌계 아조 또는 디아조계 안료를 사용한 도료는 은폐율을 적용하지 않는다.

3) 시험편은 도장계열의 최상층까지 도장한 상태에서 시험한다.

2.6.12 수용성 무기질 아연말 도료(SPS-KPIC 5012-1765)

표 6.3.24 수용성 무기질 아연말 도료(SPS-KPIC 5012-1765)

항목	품질	방법
건도막의 상태	이상 없을 것 (흐름, 핀홀, 주름 등)	KS M 5000-2421
용기내에서의 상태	덩어리, 응결 피막이 없을 것	KS M 5000-2011
가사시간(h, 20 ℃)	5 이상	SPS-KPIC 5012-1765
경화건조시간(h, 25 ℃)	24 이하	KS M 5000-2511
비휘발분(주제부, 중량 %)	18 이상	KS M ISO 3251
VOCs 함량 (g/L)	10 이하	KS M ISO 11890-1, KS M ISO 11890-2
비중(주제, 25 ℃)	1 이상	KS M ISO 2811-1
균열성	이상 없을 것	SPS-KPIC 5012-1765
총고형분(혼합도료중, 중량 %)	65 이상	KS M ISO 3251
안료분(총고형분 중, 중량 %)	85 이상	KS M ISO 14680-1
총아연말분(안료분중, 중량 %)	92 이상	KS M 5000-5171
총아연말분(총고형분중, 중량 %)	85 이상	KS M ISO 3549

2.6.13 수용성 에폭시계 도료(SPS-KPIC 5013-1766)

표 6.3.25 수용성 에폭시계 도료(SPS-KPIC 5013-1766)

항목	품질	방법
건도막의 상태	이상 없을 것 (흐름, 핀홀, 주름 등)	KS M 5000-2421
용기내에서의 상태	덩어리, 응결 피막이 없을 것	KS M 5000-2011
가사시간(h, 20 ℃)	2 이상	SPS-KPIC 5013-1766
경화건조시간(h, 25 ℃)	24 이하	KS M 5000-2511, 2512
비휘발분(주제부, 중량 %)	55 이상	KS M ISO 3251
VOCs 함량(g/L)	80 이하	KS M ISO 11890-1, KS M ISO 11890-2
비중(주제부, 25 ℃)	1.3 이상	KS M ISO 2811-1
저장 안정성(주제)	주격으로 저었을 때 쉽게 균일한 상태로 되며, 덩어리짐, 엉김, 겔 및 기타 결함이 없어야 한다.	KS M 5000-2031
흐름성(혼합도료, μm)	300 이상	KS M 5980
주도(주제, KU, 25 ℃)	85 이상	KS M 5000-2122

2.6.14 에폭시계 아연말 도료(SPS-KPIC 5015-1918)

표 6.3.26 에폭시계 아연말 도료(SPS-KPIC 5015-1918)

항목	품질	방법
건도막의 외관	이상 없을 것 (흐름, 핀홀, 주름 등)	KS M 5000-2421
용기 내의 상태	덩어리, 응결, 피막이 없을 것	KS M 5000-2011
비중(주제, 25 ℃)	1.8 이상	KS M ISO 2811-1
주도(주제, KU, 25 ℃)	70 이상	KS M 5000-2122
비휘발분(주제, 중량 %)	80 이상	KS M ISO 3251
가사시간(혼합, h, 20 ℃)	4 이상	SPS-KPIC 5015-1918
건조시간(경화, 혼합, h, 25 ℃)	24 이하	SPS-KPIC 5015-1918
충고형분(혼합, 중량 %)	70 이상	KS M ISO 3251
안료분(충고형분 중, 중량 %)	83 이상	KS M ISO 14680-1
아연함량(안료분 중, 중량 %)	93 이상	SPS-KPIC 5015-1918
아연함량(충고형분 중, 중량 %)	77 이상	SPS-KPIC 5015-1918

2.6.15 무용제 에폭시계 방청도료(SPS-KPIC 5016-1917)

표 6.3.27 무용제 에폭시계 방청도료(SPS-KPIC 5016-1917)

항목	품질	방법
건도막의 외관	이상 없을 것 (흐름, 핀홀, 주름 등)	KS M 5000-2421
용기 내의 상태	덩어리, 응결, 피막이 없을 것	KS M 5000-2011
가사시간(혼합, h, 20 ℃)	1 이상	SPS-KPIC 5016-1917
건조시간(경화, h, 25 ℃)	24 이하	SPS-KPIC 5016-1917
비휘발분(혼합, 중량 %)	96 이상	KS M ISO 3251
VOCs 함량(g/L)	80이하	KS M ISO 11890-1, KS M ISO 11890-2
비중(주제, 25 ℃)	1.2 이상	KS M ISO 2811-1
염수분무시험(168 h)	녹과 부품이 없을 것	KS D 9502
흐름성(혼합도료, μ m)	300 이상	KS M 5980
주도(주제, KU, 25 ℃)	140 이하	KS M 5000-2122

2.6.16 수용성 에폭시계 방청도료(SPS-KPIC 5017-1919)

표 6.3.28 수용성 에폭시계 방청도료(SPS-KPIC 5017-1919)

항목	품질	방법
건도막의 외관	이상 없을 것 (흐름, 핀홀, 주름 등)	KS M 5000-2421
용기 내의 상태	덩어리, 응결, 피막이 없을 것	KS M 5000-2011
가사시간(혼합, h, 20 ℃)	2 이상	SPS-KPIC 5017-1919
건조시간(경화, h, 25 ℃)	24 이하	SPS-KPIC 5017-1919
비휘발분(주제, 중량 %)	45 이상	KS M ISO 3251
VOCs 함량(g/L)	80이하	KS M ISO 11890-1, KS M ISO 11890-2
비중(주제, 25 ℃)	1.1 이상	KS M ISO 2811-1
염수분무시험(168 h)	녹과 부품이 없을 것	KS D 9502
흐름성(혼합도료, μm)	300 이상	KS M 5980
주도(주제, KU, 25 ℃)	80 이상	KS M 5000-2122

2.6.17 수용성 우레탄계 도료(SPS-KPIC 5018-1920)

표 6.3.29 수용성 우레탄계 도료(SPS-KPIC 5018-1920)

항목		품질	방법
건도막의 상태		이상 없을 것 (흐름, 핀홀, 주름 등)	KS M 5000-2421
용기 내의 상태		덩어리, 응결, 피막이 없을 것	KS M 5000-2011
색상		견본품과 비교하여 차이 없을 것	KS M 5000-3011
비중(주제, 25 ℃)		1.1 이상	KS M ISO 2811-1
주도(주제, KU, 25 ℃)		80 이상	KS M 5000-2122
비휘발분(주제, 중량 %)		40 이상	KS M ISO 3251
VOCs 함량(g/L)		90 이하	KS M ISO 11890-1, KS M ISO 11890-2
연화도(주제, NS)		6 이상	KS M 5000-2141
광택(60°, %)		70 이상	KS M ISO 2813
건조시간(경화, h, 25 ℃)		24 이하	SPS-KPIC 5018-1920
가사시간(혼합, h, 20 ℃)		2 이상	SPS-KPIC 5018-1920
흐름성(혼합, μm)		175 이상	KS M 5980
은폐율(%) ⁽¹⁾⁽²⁾	백색	90 이상	KS M ISO 2814
	기타색	80 이상	KS M ISO 2814
촉진 내후성(300 h, (%))		90 이상	KS M ISO 11507

2.6.18 아연알루미늄 용사 재료규격

표 6.3.30 아연알루미늄 용사 재료규격

표면처리	SSPC-SP10
함 량	아연(Zn) : 알루미늄(Al) : 지르코늄(Zr) 10 % ~ 15 % : 85 % ~ 90 % : 0.5 이상(%)
아연(Zn) 순도	99.99 %
알루미늄(Al) 순도	99.7 %

주 : 1) KS D ISO 2063 규격 참조

2.6.19 고형분 용적비의 관리기준

표 6.3.31 고형분 용적비의 관리기준

도료 명칭	고형분 용적비 관리기준	비고
무기질 아연말계 도료	60 % 이상	KS M ISO 3233
에폭시계 방청도료	50 % 이상	
고고형분 에폭시계도료	80 % 이상	
우레탄계 도료	50 % 이상	
불소수지계 도료	30 % 이상	
실록산계 도료	60 % 이상	
세라믹계 방식도료	80 % 이상	
세라믹계 우레탄도료	50 % 이상	

2.6.20 회수 사용되는 철을 함유한 금속 연마재의 청정도 규격

표 6.3.32 회수 사용되는 철을 함유한 금속 연마재의 청정도 규격(Specification for Cleanliness of Recycled Ferrous Metallic Abrasives : SSPC-AB2 연마재 기준 No.2)

구분	기준	비 고
비 마찰재 잔류물	1 % 미만	질량비
납 성분함량	0.1 % 미만	질량비
수용성 오염물	1000 micro-ohms/cm 미만	전기 전도성
기름함량	물 속에 침지 시 오일이 육안으로 검출되지 않을 것	
요구사항	상기조건이 모두 충족 시 재사용하며, 불합격 시 재정제 되어야 함.	

2.6.21 아연 알루미늄 피막처리

표 6.3.33 아연 알루미늄 피막처리

시험항목	품질기준	방법
외관	이상 없을 것	ASTM F 1136
부착력	5 % 이하	
부식저항성 (염수분무시험, 720시간)	적청이 없을 것	
부풀음(염수분무시험 후)	부풀음 및 박리가 없을 것	
도막두께	6 μm ~ 12 μm	

집필 위원

구 분	성 명	소 속	직 위
위 원 장	박 영 석	명지대학교	교수
부 위 원 장	김 수 보	동일기술공사	사장
	서 석 구	서영엔지니어링	부사장
총 괄 간 사	황 훈 희	한국도로교통협회	수석연구원
제1장 총 칙	김 수 보	동일기술공사	사장
	황 훈 희	한국도로교통협회	수석연구원
제2장 강 교	윤 태 양	포항산업과학연구원	소장
	이 종 관	포항산업과학연구원	책임연구원
	경 갑 수	한국해양대학교	교수
	김 기 석	포항산업과학연구원	책임연구원
	김 영 국	한국검정주식회사	부장
	박 건 정	삼부토건	부장
	박 영 석	명지대학교	교수
	배 두 병	국민대학교	교수
	유 동 호	엔비코컨설팅트	사장
	이 종 섭	포스코	그룹장
	임 영 섭	대림C&S	부장
	정 경 섭	충북대학교	교수
	조 재 병	경기대학교	교수
	한 종 욱	명지대학교	연구교수

구 분	성 명	소 속	직 위
제3장 콘크리트교	김 병 석	한국건설기술연구원	소장
	고 경 택	한국건설기술연구원	연구위원
	김 영 진	대우건설	부원장
	김 상 철	한서대학교	교수
	김 영 진	한국건설기술연구원	연구위원
	김 홍 삼	한국도로공사 도로교통연구원	책임연구원
	박 찬 민	코비코리아	대표이사
	원 종 필	건국대학교	교수
	이 광 명	성균관대학교	교수
	이 만 섭	브이에스엘코리아	대표이사
	정 해 문	한국도로공사 도로교통연구원	수석연구원
제4장 하부구조	서 석 구	서영엔지니어링	부사장
	정 상 섭	연세대학교	교수
	조 천 환	삼성물산 건설부문	마스터
제5장 신축이음 및 받침	이 원 태	한국도로공사 도로교통연구원	수석연구원
	이 선 호	도담이앤씨	전무
	홍 현 석	평화엔지니어링	전무
제6장 도 장	이 창 근	한국도로공사 도로교통연구원	차장
	조 성 기	한국페인트잉크협동공업조합	전무이사
	문 제 춘	한국도장인증기술협회	전무이사
	이 용 무	지식경제부기술표준원	연구관

자문 위원

분야	성명	소속	직위
총칭	구재동	한국건설기술연구원	연구위원
강교	권영봉	영남대학교	교수
	길홍배	한국도로공사	수석연구원
콘크리트교	신현목	성균관대학교	교수
	이승태	군산대학교	교수
하부구조	문상조	유신	부사장
	정충기	서울대학교	교수
신축이음 및 받침	허정희	도화엔지니어링	상무
	유동우	한국시설안전공단	팀장
도장	문석환	한국투수개발	부사장
	이승범	단국대학교	교수

중앙건설기술심의 위원

분야	성명	소속	직위
녹색기술정책	손원표	동부엔지니어링	부사장
도로	이창운	삼보기술단	사장
	노성열	동부엔지니어링	사장
토목구조	이행기	한국과학기술원	교수
	윤영조	한국재난연구원	대표이사
토목시공	권석현	도명이엔씨	대표이사
품질 및 안전	안영기	한국건설품질연구원	상임이사

국토해양부 담당관

성명	직책
이 승 호 (前 도 태 호)	교통정책실 도로정책관
손 종 철 (前 권 오 성)	간선도로과장
정 상 (前 백 봉 기)	시설사무관
홍 석 표 (前 김 태 호)	담 당

관리주체

성명	소속	직위
박 광 철 (前 최 동 식)	한국도로교통협회	부 회 장
이 병 응 (前 정 민)	한국도로교통협회	기술국장
최 장 원	한국도로교통협회	팀장
황 훈 희	한국도로교통협회	수석연구원
노 성 규	한국도로교통협회	수석연구원
이 정 윤	한국도로교통협회	책임연구원
유 동 민	한국도로교통협회	책임연구원
여 인 수	한국도로교통협회	책임연구원
방 영 선	한국도로교통협회	선임연구원

국토해양부 제정

도로교표준시방서

1972년 12월 제정

1977년 12월 개정

1983년 12월 개정

1992년 11월 개정

1996년 4월 개정

2000년 7월 개정

2005년 2월 개정

2013년 2월 개정

관리주체 : 사단법인 한국도로교통협회

서울시 강남구 대치2동 987-14

한도빌딩 5층

TEL : 02-3490-1000

FAX : 02-552-5875

www.krta.co.kr

이 책의 무단 복제를 절대 금합니다.

