발 간 등 록 번 호
11-1611000-000298-14

터널표준시방서

2009

국토해양부

시방서 개정에 따른 경과조치

이 터널표준시방서 발간 시점에서 이미 시행 중에 있는 설계용역이나 건설공사에 대하여는 발주기관의 장이 필요하다고 인정하는 경우 종전에 적용하고 있는 기준을 그대로 사용할 수 있습니다.

머 리 말

우리나라는 지형특성상 산지가 많아 국토의 효율적인 이용 및 사회기반시설 구축을 위하여 터널건설이 꾸준히 증가하고 있습니다. 또한 국내 터널건설의 기술수준은 다양한 설계 및 시공의 경험을 통해 향상되고 있으며, 터널건설을 위한 연구개발도 지속적으로 추진되고 있습니다.

터널표준시방서는 1999년 개정된 이래 10년이라는 시간이 흘러 그동안 제·개정된 각종 관련법, 기준, 지침의 연계성을 확보하고, 터널구조물의 안전성을 제고하고 품질향상을 위해 새로운 개정이 필요하게 되었습니다.

본 터널표준시방서는 최신 설계 및 시공기술, 신자재를 반영하고, 환경친화적인 터널건설이 되도록 보완하였습니다. 또한 시공 중 터널에서의 붕락 등 재난에 대비하여 시공관리를 더욱 강화하는 방향으로 개정하였습니다.

이번 개정작업을 통하여 터널시공기술을 한 단계 더 발전시키고자 많은 노력을 하였지만, 일부 미흡한 부분이 있을 수 있으리라 생각합니다. 향후에도 터널건설기술의 발전과 국가기술경쟁력의 강화에 밑거름이 되기 위해 지속적으로 보완하여 발전시킬 계획이오니 건설기술자 여러분의 많은 관심과 참여를 부탁드립니다.

끝으로, 개정작업에 참여하신 (사)한국터널공학회의 집필진과 자문위원, 중앙건설기술심의위원, 국토해양부 관계공무원의 노고에 마음 깊이 감사드립니다.

2009년 1월

국토해양부 도로정책관
이 재 홍 이 재홍

목 차

제1장 총칙 1

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

1-2 안전관리 및 환경관리 8
1. 일반사항 8
1.1 안전보건 및 시공설비 8
1.2 조명 9
1.3 환기 9
1.4 배수 10
1.5 통로 10
1.6 안전점검 11
1.7 노동위생 11
1.8 화재발생의 방지 12
1.9 폭발의 방지 12
1.10 긴급 시의 조치 12
1.11 시공 중 환경보전 13

제2장 시공계획 15

2-1 시공계획 수립 15
1. 일반사항 15
1.1 시공계획 작성 원칙 15
1.2 공사구간 분할계획 15
1.3 시공계획 15
1.4 공정계획 16
1.5 작업장계획 16
1.6 공사용 설비계획 17

1.7 사토장계획 ····· 17
1.8 시공계획의 변경 ····· 17
2. 재료 ····· 18
3. 시공 ····· 18

제3장 조사 및 측량 ····· 19

3-1 조사 ····· 19
3-1-1 조사계획 일반 ····· 19
1. 일반사항 ····· 19
1.1 조사의 원칙 ····· 19
1.2 조사의 구분 ····· 19
2. 재료 ····· 19
3. 시공 ····· 19

3-1-2 입지환경조사 ····· 20
1. 일반사항 ····· 20
1.1 지형조사 ····· 20
1.2 환경조사 ····· 20
1.3 지장물조사 ····· 21
1.4 사토장조사 ····· 21
1.5 공사용 설비조사 ····· 21
1.6 보상조사 ····· 22
2. 재료 ····· 22
3. 시공 ····· 22

3-1-3 지반조사 ····· 22
1. 일반사항 ····· 22
1.1 지반조사의 일반 ····· 22
1.2 기존자료 조사 ····· 23
1.3 현장답사 ····· 23
1.4 지표지질조사 ····· 24
1.5 시추조사 ····· 24
1.6 물리탐사 ····· 25

1.7 막장면 관찰조사 ····· 25
1.8 시험터널조사 ····· 26
2. 재료 ····· 26
3. 시공 ····· 27

3-1-4 시험 ····· 27
1. 일반사항 ····· 27
1.1 현장시험 ····· 27
1.2 실내시험 ····· 27
2. 재료 ····· 27
3. 시공 ····· 27

3-1-5 지반조사 성과의 정리 및 활용 ····· 28
1. 일반사항 ····· 28
1.1 조사성과 일반 ····· 28
1.2 조사성과의 정리 ····· 28
1.3 조사성과의 활용 ····· 28
2. 재료 ····· 28
3. 시공 ····· 28

3-2 측량 ····· 29
3-2-1 측량일반 ····· 29
1. 일반사항 ····· 29
2. 재료 ····· 29
3. 시공 ····· 29

3-2-2 터널 외부측량 ····· 29
1. 일반사항 ····· 29
1.1 참조규격 ····· 29
2. 재료 ····· 29
3. 시공 ····· 29

3-2-3 터널 내부측량 ····· 30

1. 일반사항 ····· 30
1.1 참조규격 ····· 30
2. 재료 ····· 30
3. 시공 ····· 30

제4장 터널의 굴착 ····· 31

4-1 터널굴착계획 ····· 31
1. 일반사항 ····· 31
1.1 굴착관련 법규 확인 ····· 31
1.2 주변지장물 조사 ····· 31
1.3 터널 갱구 및 접근로 ····· 31
1.4 터널 막장면 관찰 ····· 31
2. 재료 ····· 31
3. 시공 ····· 31

4-2 터널굴착방법 및 공법 ····· 32
1. 일반사항 ····· 32
1.1 굴착방법의 적용 ····· 32
1.2 굴착공법의 적용 ····· 32
1.3 여굴 ····· 33
1.4 막장 안정대책 ····· 33
2. 재료 ····· 34
3. 시공 ····· 34

4-3 기계굴착 ····· 34
1. 일반사항 ····· 34
1.1 기계굴착의 적용 ····· 34
1.2 굴착기계의 선정 ····· 34
2. 재료 ····· 34
3. 시공 ····· 35
3.1 기계의 운전 ····· 35

4-4 발파굴착 ····· 35
1. 일반사항 ····· 35
1.1 발파굴착의 일반 ····· 35
1.2 발파로 인한 지반진동 ····· 36
2. 재료 ····· 37
3. 시공 ····· 37
3.1 화약과 뇌관의 취급 및 관리 ····· 37
3.2 천공 ····· 38
3.3 장약 및 뇌관 연결 ····· 38
3.4 발파 시 경보 및 대피 ····· 39
3.5 뜬 돌 처리 ····· 40

4-5 버력처리 ····· 40
1. 일반사항 ····· 40
1.1 버력처리 일반 ····· 40
1.2 터널 내 운반 ····· 40
1.3 운반기기 ····· 41
1.4 부대설비 ····· 41
2. 재료 ····· 41
3. 시공 ····· 41
3.1 버력의 적재 및 운반 ····· 41
3.2 운전 ····· 42

제5장 터널지보재 ····· 43

5-1 지보재 시공계획 ····· 43
1. 일반사항 ····· 43
1.1 지보재 시공시기 ····· 43
1.2 지보재 시공순서 결정 ····· 43
1.3 지보재 시공 중 조치사항 ····· 43
2. 재료 ····· 43
3. 시공 ····· 44

5-2 강지보재 ····· 44

1. 일반사항 ····· 44
1.1 강지보재 일반 ····· 44
2. 재료 ····· 44
2.1 강지보재의 재질 ····· 44
2.2 강지보재의 제작 ····· 44
2.3 재료의 품질관리 ····· 45
3. 시공 ····· 45
3.1 강지보재의 설치 ····· 45
3.2 현장 품질관리 ····· 45

5-3 숏크리트 ····· 46
1. 일반사항 ····· 46
1.1 숏크리트 일반 ····· 46
2. 재료 ····· 47
2.1 숏크리트의 재질 ····· 47
2.2 숏크리트의 배합 ····· 47
2.3 재료의 품질관리 ····· 48
2.4 철망 ····· 49
3. 시공 ····· 50
3.1 사전준비 및 처리 ····· 50
3.2 숏크리트 타설기계 및 타설방법 ····· 50
3.3 숏크리트 작업 ····· 50
3.4 분진 및 반발량 처리 ····· 51
3.5 현장 품질관리 ····· 51

5-4 록볼트 ····· 54
1. 일반사항 ····· 54
1.1 록볼트 일반 ····· 54
2. 재료 ····· 55
2.1 록볼트의 재료 ····· 55
2.2 록볼트의 정착형식 ····· 55
3. 시공 ····· 55
3.1 천공기계의 선정 ····· 55
3.2 천공 및 청소 ····· 56

3.3 정착재료 및 충전 ····· 56
3.4 록볼트 조이기 ····· 57
3.5 용출수지역에서의 록볼트 시공 ····· 57
3.6 현장 품질관리 ····· 58

제6장 콘크리트라이닝 ····· 61

6-1 콘크리트라이닝 ····· 61
1. 일반사항 ····· 61
1.1 콘크리트라이닝 일반 ····· 61
1.2 콘크리트라이닝의 시공시기 ····· 61
2. 재료 ····· 61
2.1 콘크리트 ····· 61
2.2 콘크리트의 배합 ····· 62
3. 시공 ····· 62
3.1 콘크리트의 운반 ····· 62
3.2 콘크리트의 타설 및 양생 ····· 62
3.3 배면공동의 충전 ····· 63
3.4 콘크리트라이닝의 품질관리 ····· 63

6-2 철근조립 ····· 64
1. 일반사항 ····· 64
1.1 철근조립 일반 ····· 64
1.2 재료일반 ····· 64
2. 재료 ····· 64
3. 시공 ····· 64
3.1 철근의 가공 및 관리 ····· 64
3.2 철근 조립 ····· 65

6-3 거푸집 ····· 65
1. 일반사항 ····· 65
1.1 거푸집의 일반 ····· 65
1.2 거푸집 제작 ····· 65
2. 재료 ····· 66

3. 시공 ····· 66
3.1 거푸집 설치 및 검사 ····· 66
3.2 거푸집 떼어내기 ····· 66

제7장 배수 및 방수 ····· 67

7-1 배수 및 방수 일반 ····· 67
1. 일반사항 ····· 67
1.1 배수 및 방수형식의 구분 ····· 67
2. 재료 ····· 67
3. 시공 ····· 67

7-2 배수 ····· 67
1. 일반사항 ····· 67
1.1 배수의 일반 ····· 67
2. 재료 ····· 68
2.1 배수재 ····· 68
2.2 배수관 ····· 68
3. 시공 ····· 68
3.1 시공 중 배수시설 ····· 68
3.2 영구 배수시설 ····· 69
3.3 배수작업 시의 시공관리 ····· 69

7-3 방수 ····· 70
1. 일반사항 ····· 70
1.1 방수의 일반 ····· 70
2. 재료 ····· 70
2.1 방수막의 재질 ····· 70
3. 시공 ····· 70
3.1 사전준비 ····· 70
3.2 방수막 부착 ····· 71
3.3 방수막 연결 및 보수 ····· 71
3.4 방수작업 시의 시공관리 ····· 71

제8장 보조공법 ····· 73

8-1 보조공법 적용 시 고려사항 ····· 73
1. 일반사항 ····· 73
1.1 보조공법의 적용조건 ····· 73
2. 재료 ····· 73
3. 시공 ····· 73

8-2 휨폴링 ····· 74
1. 일반사항 ····· 74
1.1 휨폴링 일반 ····· 74
2. 재료 ····· 74
2.1 휨폴링의 재질 ····· 74
3. 시공 ····· 74
3.1 휨폴링의 설치 ····· 74

8-3 막장면 숏크리트 ····· 74
1. 일반사항 ····· 74
1.1 적용범위 ····· 74
2. 재료 ····· 75
2.1 막장면 숏크리트의 재료 ····· 75
3. 시공 ····· 75
3.1 막장면 숏크리트 시공 ····· 75

8-4 막장면 록볼트 ····· 75
1. 일반사항 ····· 75
1.1 적용범위 ····· 75
2. 재료 ····· 76
2.1 막장면 록볼트의 재질 ····· 76
3. 시공 ····· 76
3.1 막장면 록볼트의 시공 ····· 76

8-5 가인버트 ····· 76
1. 일반사항 ····· 76

1.1 적용범위 ····· 76
2. 재료 ····· 76
2.1 숏크리트 ····· 76
3. 시공 ····· 77
3.1 가인버트 ····· 77

8-6 주입공법 ····· 77
1. 일반사항 ····· 77
1.1 적용범위 ····· 77
2. 재료 ····· 77
2.1 주입재의 선정 ····· 77
3. 시공 ····· 77
3.1 주입 ····· 77

8-7 지하수위 저하공법 ····· 78
1. 일반사항 ····· 78
1.1 적용범위 ····· 78
2. 재료 ····· 78
3. 시공 ····· 78
3.1 배수공 시공 ····· 78

8-8 강관보강그라우팅 공법 ····· 78
1. 일반사항 ····· 78
1.1 적용범위 ····· 78
2. 재료 ····· 79
2.1 강관 및 충전재의 재질 ····· 79
3. 시공 ····· 79
3.1 강관보강그라우팅 공법의 시공 ····· 79

제9장 계측 ····· 81

9-1 계측일반 ····· 81
1. 일반사항 ····· 81

1.1 적용범위 ····· 81
1.2 계측계획의 수립 ····· 81
1.3 계측기기의 선정 ····· 81
1.4 계측기기의 보정 ····· 82
1.5 계측기기의 설치 ····· 82
1.6 계측기기의 관리 ····· 83
1.7 계측의 수행 ····· 83
1.8 계측관리기준 ····· 83
1.9 계측결과의 정리 및 분석 ····· 83
2. 재료 ····· 84
3. 시공 ····· 84

9-2 지표 및 지중침하 측정 ····· 84
1. 일반사항 ····· 84
1.1 적용범위 ····· 84
1.2 위치 및 배치 ····· 85
1.3 설치시기 ····· 85
1.4 측정기간 및 빈도 ····· 85
2. 재료 ····· 86
3. 시공 ····· 86

9-3 내공변위 및 천단침하 측정 ····· 86
1. 일반사항 ····· 86
1.1 적용범위 ····· 86
1.2 위치 및 배치 ····· 86
1.3 설치시기 ····· 87
1.4 측정기간 및 빈도 ····· 87
2. 재료 ····· 88
3. 시공 ····· 88

9-4 지중변위 측정 ····· 88
1. 일반사항 ····· 88
1.1 적용범위 ····· 88
1.2 위치 및 배치 ····· 88

1.3 설치시기 ····· 89
1.4 측정기간 및 빈도 ····· 89
2. 재료 ····· 89
3. 시공 ····· 89

9-5 록볼트 축력측정 ····· 89
1. 일반사항 ····· 89
1.1 적용범위 ····· 89
1.2 위치 및 배치 ····· 90
1.3 설치시기 ····· 90
1.4 측정기간 및 빈도 ····· 90
2. 재료 ····· 90
3. 시공 ····· 90

9-6 숏크리트 응력측정 ····· 91
1. 일반사항 ····· 91
1.1 적용범위 ····· 91
1.2 위치 및 배치 ····· 91
1.3 설치시기 ····· 91
1.4 측정기간 및 빈도 ····· 91
2. 재료 ····· 92
3. 시공 ····· 92

제10장 연직갱 및 경사갱 ····· 93

10-1 연직갱 ····· 93
1. 일반사항 ····· 93
1.1 적용범위 ····· 93
1.2 연직갱의 일반 ····· 93
2. 재료 ····· 93
3. 시공 ····· 93
3.1 굴착 ····· 93
3.2 지보재 ····· 95

3.3 콘크리트라이닝 ····· 95
3.4 배수시설 ····· 95
3.5 연직갱 공사의 안전대책 ····· 96

10-2 경사갱 ····· 98
1. 일반사항 ····· 98
1.1 적용범위 ····· 98
1.2 경사갱의 일반 ····· 99
2. 재료 ····· 99
3. 시공 ····· 99
3.1 굴착 ····· 99
3.2 지보재 ····· 100
3.3 콘크리트라이닝 ····· 101
3.4 배수시설 ····· 101
3.5 경사갱 공사의 안전대책 ····· 101

제11장 TBM ····· 103

11-1 시공계획 수립 ····· 105
1. 일반사항 ····· 105
1.1 시공계획 시 고려사항 ····· 105
1.2 특수한 조건 하의 고려사항 ····· 105
1.3 TBM 장비의 적합성 ····· 106
1.4 공사구간 분할 ····· 106
1.5 공종별 시공계획 ····· 106
1.6 공정계획 ····· 107
1.7 작업장계획 ····· 107
1.8 공사용 설비계획 ····· 107
1.9 사토장계획 ····· 107
2. 재료 ····· 107
3. 시공 ····· 107

11-2 조사 ····· 108
1. 일반사항 ····· 108

1.1 시공 중의 조사 ····· 108
2. 재료 ····· 108
3. 시공 ····· 108

11-3 터널측량 ····· 108
1. 일반사항 ····· 108
1.1 측량구분 ····· 108
1.2 측량방법 ····· 109
2. 재료 ····· 109
3. 시공 ····· 109

11-4 세그먼트 ····· 110
1. 일반사항 ····· 110
1.1 제작 시 고려사항 ····· 110
1.2 저장 및 운반 ····· 110
2. 재료 ····· 110
2.1 치수정확도 ····· 110
2.2 검사 ····· 111
3. 시공 ····· 112

11-5 작업구 ····· 114
1. 일반사항 ····· 114
1.1 작업구의 분류 및 기능 ····· 114
1.2 작업구의 크기와 형상 ····· 114
2. 재료 ····· 114
3. 시공 ····· 114
3.1 작업구 시공 ····· 114

11-6 TBM 장비 ····· 115
1. 일반사항 ····· 115
1.1 제작 ····· 115
1.2 조립 ····· 115
1.3 운반 ····· 115
2. 재료 ····· 116

3. 시공 ····· 116

11-7 발진과 도달 ····· 116
1. 일반사항 ····· 116
2. 재료 ····· 116
3. 시공 ····· 116
3.1 발진 ····· 116
3.2 도달 ····· 118
3.3 점검 및 커터교환 ····· 118

11-8 추진 ····· 119
1. 일반사항 ····· 119
2. 재료 ····· 119
3. 시공 ····· 119
3.1 TBM의 추진 공통사항 ····· 119
3.2 토압식 쉴드TBM의 추진 ····· 120
3.3 이수식 쉴드TBM의 추진 ····· 120

11-9 터널 내 운반 ····· 121
1. 일반사항 ····· 121
1.1 운반 일반 ····· 121
2. 재료 ····· 121
3. 시공 ····· 121
3.1 버력운반 ····· 121

11-10 세그먼트라이닝 설치 ····· 122
1. 일반사항 ····· 122
1.1 세그먼트라이닝 설치 일반 ····· 122
2. 재료 ····· 122
3. 시공 ····· 122
3.1 세그먼트라이닝의 시공 ····· 122
3.2 테이퍼 세그먼트라이닝의 시공 ····· 123
3.3 정원의 유지 ····· 123

11-11 뒤채움 주입 ····· 123
1. 일반사항 ····· 123
1.1 뒤채움 주입 ····· 123
2. 재료 ····· 123
2.1 주입재료의 특성 ····· 123
3. 시공 ····· 124
3.1 뒤채움 주입시공 ····· 124
3.2 뒤채움 주입관리 ····· 124

11-12 방수 ····· 124
1. 일반사항 ····· 124
1.1 방수 일반 ····· 124
2. 재료 ····· 125
2.1 방수 재료의 성질 ····· 125
3. 시공 ····· 125
3.1 실링 ····· 125
3.2 코킹 ····· 125
3.3 볼트구멍 및 뒤채움 주입구의 방수 ····· 125
3.4 특수 방수처리공 ····· 126

11-13 내부 콘크리트라이닝 ····· 126
1. 일반사항 ····· 126
1.1 내부 콘크리트라이닝 일반 ····· 126
2. 재료 ····· 127
3. 시공 ····· 127

11-14 터널 지보재 ····· 127
1. 일반사항 ····· 127
1.1 지보재 일반 ····· 127
2. 재료 ····· 127
3. 시공 ····· 128

11-15 급곡선부 ····· 128
1. 일반사항 ····· 128

2. 재료 ····· 128
3. 시공 ····· 128
3.1 급곡선부의 시공방법 ····· 128

11-16 지반안정과 구조물 보호 ····· 129
1. 일반사항 ····· 129
1.1 지반안정 ····· 129
1.2 구조물 보호 ····· 129
2. 재료 ····· 129
3. 시공 ····· 129

11-17 TBM 시공설비 ····· 130
1. 일반사항 ····· 130
1.1 시공설비 일반 ····· 130
2. 재료 ····· 130
3. 시공 ····· 130
3.1 TBM의 발진, 도달, 회전설비 ····· 130
3.2 재료보관소 및 창고 ····· 130
3.3 반입 및 반출설비 ····· 131
3.4 전력공급설비 ····· 131
3.5 조명설비 ····· 131
3.6 연락설비 ····· 131
3.7 환기설비 ····· 131
3.8 급기설비 ····· 132
3.9 안전통로 및 승강설비 ····· 132
3.10 공기압축설비 ····· 132
3.11 소화 및 방화설비 ····· 132
3.12 터널운반설비 ····· 132
3.13 급수 및 배수설비 ····· 133
3.14 침전설비 ····· 133
3.15 세그먼트설비 ····· 133
3.16 뒤채움주입설비 ····· 133
3.17 이수처리설비 ····· 134
3.18 작업대차 ····· 134

3.19 운전제어설비 ····· 134
3.20 기타 특수설비 ····· 134

11-18 시공관리 ····· 134
1. 일반사항 ····· 134
1.1 공정관리 ····· 134
1.2 작업관리 ····· 135
1.3 마감관리 ····· 135
2. 재료 ····· 135
3. 시공 ····· 135

제1장 총칙

1-1 일반사항

1.1 시방서의 적용범위

1.1.1 이 시방서는 지반을 개착하지 않고 굴착하여 시공하는 터널(bored tunnel)공사의 재료, 시공 및 품질 등을 만족하기 위하여 요구되는 기본사항을 제시한 표준시방서이다.

1.1.2 이 시방서의 규정을 기준으로 하여 당해 터널공사를 위한 공사시방서를 작성하여야 한다. 이 경우 이 표준시방서 내용을 준용하거나 당해 공사에 적합하도록 수정 또는 가감할 수 있다.

1.1.3 이 시방서에서 규정한 내용과 당해 공사시방서에서 규정한 내용이 서로 상이할 경우에는 당해 공사시방서의 규정 내용이 우선한다.

1.1.4 이 시방서는 터널의 시공과정에 필요한 전기, 설비분야 등의 기본사항을 포함하며 이 이외의 사항에 대해서는 관련 시방서에서 정하는 바를 따른다.

1.2 참조 관계법규

1.2.1 터널공사 시 제반 법규의 규제사항에 대하여 필요한 조치를 취해야 한다. 이 경우 각종 규제가 공사에 미치는 영향, 규제의 정도, 수속 및 절차 등을 조사하고 대책을 수립하여야 한다. 조사대상이 되는 주된 법규는 다음과 같다.

(1) 환경오염 방지 및 환경보전 관계 : 대기환경보전법, 자연환경보전법, 자연공원법, 산림법, 조수보호 및 수렵에 관한 법률, 소음·진동규제법, 수질환경보전법, 해양오염방지법, 수도법, 하수도법, 광업법, 지하수법, 철도건설법, 폐기물관리법, 토양환경보전법, 환경정책기본법, 환경·교통·재해 등에 관한 영향평가법 등

(2) 재해방지 관계 : 사방사업법, 택지개발촉진법, 농어업재해대책법, 자연재해대책법 등

(3) 국토개발 관계 : 국토기본법, 국토의 계획 및 이용에 관한 법률 등

(4) 하천 관계 : 하천법, 공유수면관리법, 지하수법, 온천법 등

(5) 도시계획 관계 : 도시계획법, 도시공원 및 녹지에 관한 법률 등

(6) 도로 및 교통 관계 : 도로법, 철도건설법, 도시철도법 등

(7) 군사 관계 : 군사기밀보호법, 군사시설보호법 등
(8) 문화재 관계 : 문화재보호법 등
(9) 안전보건 관계 : 시설물의 안전관리에 관한 특별법, 건설기술관리법, 산업안전보건법, 철도안전법 등
(10) 위험물 관계 : 총포·도검·화약류 등에 관련된 단속법 등
(11) 관련 시방서 : 가설공사 표준시방서, 건설공사 비탈면 표준시방서, 도로공사 표준시방서, 도시철도(지하철)공사 표준시방서, 콘크리트 표준시방서, 조경공사 표준시방서 등

1.3 용어의 정의

1.3.1 이 시방서에서 사용한 용어에 대한 정의는 다음과 같다.

- **강섬유보강 숏크리트** : 숏크리트의 역학적 특성을 보완하기 위하여 강섬유(steel fiber)를 혼합하여 타설하는 숏크리트를 말한다.
- **가인버트** : 굴착에 따른 지반변위를 억제할 목적으로 터널 바닥부에 설치하는 단면폐합용 임시 지보부재를 말한다.
- **경사** : 층리면, 단층면, 절리면과 같은 지질구조면의 기울기 각으로서 주향과 직각으로 만나는 연직면 내에서 수평면과 지질구조면이 이루는 사이각을 말한다.
- **계측** : 터널굴착에 따른 주변지반, 주변 구조물 및 각 지보재의 변위 및 응력의 변화를 측정하는 방법 또는 그 행위를 말한다.
- **공기시험기** : 공기압을 이용하여 방수막의 이음상태를 확인하는 시험기기를 말한다.
- **굴착공법** : 굴진면 또는 터널굴착방향의 굴착계획을 총칭하는 것으로서 전단면굴착공법, 분할굴착공법, 선진도갱굴착공법 등이 있다.
- **굴착방법** : 지반을 굴착하는 수단을 말하며 인력굴착, 기계굴착, 파쇄굴착, 발파굴착방법 등이 있다.
- **권양기** : 중량물을 달아 올리는 장치로서 일반적으로 전동기, 감속기 및 와이어로프를 감기 위한 드럼 등으로 구성된다.
- **기계굴착** : 브레이커(핸드, 소형, 대형), 굴착기, 전단면 터널굴착기계(TBM) 등을 이용하여 터널을 굴착하는 방식을 말한다.
- **내공변위량** : 터널굴착으로 발생하는 터널 내공의 변화량으로 통상 내공단면의 축소량을 양(+)의 값으로 한다.
- **뇌관** : 폭약 또는 화약을 폭발시키기 위해 사용되는 기폭약 또는 첨장약이 장전된

관 형상의 기폭체를 말한다.

- **다단발파 방법** : 발파 시 진동의 크기를 감소시킬 목적으로 시간차를 둔 뇌관 또는 발파기를 사용하여 발파영역을 수 개의 소 영역으로 분할하여 순차적으로 발파하는 방법을 말한다.
- **디스크커터** : TBM 등의 기계굴착기에 부착되어 회전력과 압축력에 의하여 암반을 압쇄시키는 원반형의 커터를 말한다.
- **랜덤록볼트** : 일률적으로 정해진 설치형식을 가지지 않는 록볼트 형식으로서 취약한 지반 지역만을 대상으로 불규칙하게 설치하는 록볼트를 말한다.
- **록볼트** : 지반 중에 정착되어 단독 또는 다른 지보재와 함께 지반을 보강하거나 변위를 구속하여 지반의 지내력을 증가시키는 막대기 모양의 부재를 말한다.
- **록볼트 인발시험** : 록볼트의 인발내력을 평가하기 위한 시험을 말한다.
- **록볼트 축력** : 지반에 설치된 록볼트에 발생하는 축방향 하중을 말한다.
- **롤링(rolling)** : TBM 장비의 회전축을 중심으로 회전방향과 회전반대방향으로 번갈아가며 장비가 요동하는 현상을 말한다.
- **물리탐사** : 물리적 수단에 의하여 지질이나 암체의 종류, 성상 및 구조를 조사하는 방법으로서 탄성파탐사, 전기탐사, 중력탐사, 자기탐사, 전자탐사 및 방사능탐사 등이 있다.
- **발진터널** : TBM의 초기 굴착 시 TBM 본체의 발진을 위한 터널로서 발파공법에 의하여 굴착하며, 일반적으로 TBM 본체 길이 정도의 터널을 말한다.
- **발파굴착** : 화약의 폭발력을 이용하여 암반을 굴착하는 방법을 말한다.
- **배치플랜트** : 대량의 콘크리트를 제조하는 설비를 말하며 일반적으로 대규모 공사장 부근에 설치한다.
- **버력** : 터널굴착 과정에서 발생하는 암석덩어리, 암석조각, 토사 등의 총칭이다.
- **변형여유량** : 굴착에 따른 지반변형이 있더라도 계획 내공단면이 확보될 수 있도록 미리 예상되는 지반변형량만큼 여유를 두어 굴착하는 내공 반경방향의 여유량을 말한다.
- **벤치** : 터널단면을 상·하로 분할하여 종방향으로 굴착하는 경우의 분할면을 말한다.
- **벤치길이** : 분할굴착 시 상부 굴진면과 하부 굴진면 간의 터널 축방향 이격거리를 말한다.
- **보조지보재** : 굴착 시 지반의 지지능력을 보완해 주는 지보재로서 주지보재를 제

외한 지보재의 총칭이다.

- **불연속면** : 암반 내에 존재하는 절리, 층리, 엽리, 단층 또는 파쇄대 등의 연약면을 총괄하여 일컫는 말이다.
- **섬유보강 숏크리트** : 숏크리트의 역학적인 특성을 보완하기 위하여 강 또는 기타 재질의 섬유를 혼합하여 타설하는 숏크리트를 말한다.
- **세그먼트** : 터널라이닝을 구성하는 단위조각의 부재를 말하며, 사용하는 재질에 따라 강재 세그먼트, 철근으로 보강한 콘크리트 세그먼트, 주철 세그먼트 및 합성 세그먼트 등으로 구분되고 주로 쉴드TBM터널에 사용된다.
- **숏크리트** : 굳지 않은 콘크리트를 가압시켜 노즐로부터 뿜어내어 소정의 위치에 부착시키는 콘크리트를 말한다.
- **스프링라인** : 터널의 상반 아치의 시작선 또는 터널단면 중 최대폭을 형성하는 점을 종방향으로 연결하는 선을 말한다.
- **쉴드TBM** : 주변지반을 지지할 수 있는 보호강관이 부착되어 있는 TBM을 말한다.
- **시설한계** : 터널 이용 목적을 원활하게 유지하기 위한 공간적 한계를 말하며 시설한계 내에는 다른 시설물을 설치할 수 없도록 규제하고 있다.
- **시스템 록볼트** : 일정한 간격과 길이로 규칙적으로 배열하는 록볼트 설치형식을 말한다.
- **신호기** : 운행 중인 차량이나 열차에 통행의 우선권 등 포괄적인 지시를 하는 장치를 말한다.
- **안전영역** : 터널의 안전에 영향을 미치는 정도를 규정한 터널주변의 영역으로서 각 영역별로 터널 안전을 위한 대책을 강구하도록 규제하는 영역을 말한다.
- **RBM(raise boring machine)공법** : 기계굴착으로 상부에서 하부로 유도공을 뚫은 후 회전식 굴착기를 연결하여 상향으로 굴착하는 공법을 말한다.
- **RC(raise climber)공법** : 터널벽체에 레일을 설치하고 이를 따라 운행하는 차량(climber)에서 상향천공 및 발파굴착하는 공법을 말한다.
- **RMR(rock mass rating)분류** : Bieniawski가 제안한 정량적인 암반분류 방법이며 암석강도, RQD, 불연속면 간격, 불연속면 상태, 지하수 상태, 불연속면의 상대적 방향 등을 반영하여 암반상태를 분류하는 방법을 말한다.
- **RQD(rock quality designation, 암질지수)** : 시추코어 중 100mm 이상 되는 코어편 길이의 합을 시추 길이로 나누어 백분율로 표시한 값으로서 암질의 상태를 나타내는 데 사용한다. 이때 코어의 직경은 NX 규격 이상이어야 한다.

- **압착성 지반** : 시간의존성 전단변위를 나타내는 성질을 가지는 지반으로 스퀴징 록(squeezing rock)을 의미한다.
- **애추(talus)** : 식생피복이 되어 있지 않은 급한 기울기의 비탈면 아래에 풍화암 부스러기가 풍화작용 및 중력작용에 의하여 낙하함으로써 군집 형성된 돌무더기의 퇴적물을 말한다.
- **어깨** : 터널의 천장과 스프링라인의 중간점을 말한다.
- **엔트란스 패킹(entrance packing)** : 쉴드터널의 시점과 종점 입구에 설치하는 패킹으로서 지하수 또는 굴착토사가 터널과 작업구 사이로 유출입하는 것을 방지할 목적으로 설치하는 시설물을 말한다.
- **여굴** : 터널굴착공사에서 계획한 굴착면보다 더 크게 굴착된 것을 말한다.
- **엽리** : 변성암에 나타나는 지질구조로 암석이 재결정 작용을 받아 같은 광물이 판상으로 또는 일정한 띠를 이루며 형성된 지질구조를 말한다.
- **외판(skin plate)** : 쉴드TBM에서 굴진장치, 세그먼트 조립장치 등을 감싸고 있는 원통형의 판을 말한다.
- **요잉(yawing)** : TBM 장비의 진행 축방향으로부터 TBM 장비가 좌우 방향으로 이동하는 현상으로서 연직 축에 대한 장비의 좌우 방향 회전현상을 말한다.
- **이수식 쉴드TBM** : 이수에 소정의 압력을 가하여 굴진면의 안정을 유지하며, 이수의 순환에 의하여 굴착토의 액상수송을 시행하는 방식의 쉴드TBM이다.
- **이완영역** : 터널굴착으로 인하여 터널주변의 지반응력이 재분배되어 다소 느슨한 상태로 되는 범위를 말한다.
- **인력굴착** : 삽, 곡괭이 또는 픽햄머, 핸드브레이커 등의 소형장비를 이용하여 인력으로 굴착하는 방법을 말한다.
- **인버트** : 터널단면의 바닥 부분을 통칭하며, 원형터널의 경우 바닥부 90° 구간의 원호 부분, 마제형 및 난형 터널의 경우 터널 하반의 바닥 부분을 지칭한다. 인버트의 형상에 따라 곡선형 인버트와 직선형 인버트로 분류하며, 인버트 부분의 콘크리트라이닝 타설 유무에 따라 폐합형 콘크리트라이닝과 비폐합형 콘크리트라이닝으로 분류한다.
- **일상계측** : 일상적인 시공관리를 위하여 실시하는 계측으로서 지표침하, 천단침하, 내공변위 측정 등이 포함된 계측이다.
- **장대터널** : 터널의 연장이 1,000m 이상인 터널을 말한다.
- **전기탐사** : 물리탐사법의 일종으로 지반전류의 물리현상을 대상으로 하여 자연전

위, 비저항을 측정하며 지반구조, 지하수 등을 조사하는 방법이다.

- **절리** : 암반에 존재하는 비교적 일정한 방향성을 갖는 불연속면으로서 상대적 변위가 단층에 비하여 크지 않거나 거의 없는 것을 말하며 이 성인은 암석 자체에 의한 것과 외력에 의한 것이 있다.
- **정밀계측** : 정밀한 지반거동 측정을 위하여 실시하는 계측으로서 계측항목이 일상계측보다 많고 주로 종합적인 지반거동 평가와 설계의 개선 등을 목적으로 수행한다.
- **주지보재** : 굴착 후 굴착면에 붙여 지반과 일체가 되도록 시공하는 숏크리트, 강지보재 및 록볼트로 조합된 지보체계를 말한다. 단, 콘크리트라이닝으로 이와 같은 지보체계의 역할을 대신하는 경우에는 콘크리트라이닝을 주지보재에 포함할 수 있다.
- **주향** : 불연속면(층리면, 단층면, 절리면 등)과 수평면의 교선방향을 진북방향 기준으로 측정한 방위를 말한다.
- **지보재** : 굴착 시 또는 굴착 후에 터널의 안정 및 시공의 안전을 위하여 지반을 지지, 보강 또는 피복하는 부재 또는 그 총칭을 말한다.
- **지보패턴** : 터널굴진면의 지반상태와 터널 천장부 및 그 상부의 지반상태, 시공성 등을 고려하여 터널의 안정성이 확보되도록 미리 설정해 놓은 지보 형태를 말하며, 터널굴착 후 조기에 설치하여 터널의 안정을 꾀하기 위하여 설치하는 숏크리트, 록볼트, 강지보공과 보조공법 등을 조합한 것이다.
- **지중변위** : 터널굴착으로 인하여 발생하는 굴착면 주변지반의 변위로서 터널반경방향의 변위를 말한다.
- **지중침하** : 터널굴착으로 인해 발생하는 터널 상부 지반의 깊이별 침하를 말한다.
- **진공시험기** : 부분적으로 접합된 방수막의 접합상태를 확인시키는 기기를 말한다.
- **천단침하** : 터널굴착으로 인하여 발생하는 터널 천단의 연직방향 침하를 말하며, 기준점에 대한 하향의 절대 침하량을 양(+)의 천단침하량으로 정의한다.
- **천장부** : 터널의 천단을 포함한 좌우 어깨 사이의 구간을 말한다.
- **초기응력** : 굴착 전에 원지반이 가지고 있는 응력을 말한다.
- **추력(thrust force)** : 커터헤드에서 굴착면으로 가해지는 추진력을 말한다.
- **측벽부** : 터널어깨 하부로부터 바닥부에 이르는 구간을 말한다.
- **층리** : 퇴적암이 생성될 때 퇴적 조건의 변화에 따라 퇴적물 속에 생기는 층을 이루는 구조를 말한다.
- **카피커터(copy cutter)** : 곡선부에서 쉴드TBM의 원활한 추진을 위하여 내측곡선부분에서 곡선반경방향으로 확대 굴착하기 위하여 쉴드TBM 커터헤드의 측면에

설치한 커터를 말한다.

- **커터(cutter)** : TBM의 커터헤드에 토사 또는 암반의 굴착을 위하여 부착하는 금속으로 디스크커터, 커터비트, 카피커터 등이 있다.
- **커터비트** : 쉴드TBM의 커터헤드에 부착하는 칼날형의 고정식 비트로 본체와 팁으로 구성되어 있다.
- **커터헤드(cutter head)** : TBM의 맨 앞부분에 배열 장착되는 디스크커터 또는 커터비트 등 각종 커터를 부착하여 회전·굴착하는 부분을 말한다.
- **케이지(cage)** : 연직갱을 통하여 버력이나 작업원 등을 운반할 때 사용하는 바구니 형상의 운반용구를 말한다.
- **코어(core)** : 토사지반 또는 연약한 지반에서 터널굴착 시 막장면의 밀려나옴을 억제하기 위하여 막장면 중앙부에 일부 남겨둔 미굴착 부분을 말한다.
- **K형 세그먼트** : 쉴드TBM 작업에서 세그먼트 조립 시 마지막으로 끼워 넣는 세그먼트를 말한다.
- **Q-시스템** : Barton 등이 제안한 정량적인 암반 분류의 하나이며 RQD, 불연속면군(joint set)수, 불연속면 거칠기, 불연속면 변화 정도, 지하수에 의한 감소계수, 응력감소계수 등을 반영하여 암반을 분류하는 방법을 말한다.
- **테이퍼링(taper ring)** : 곡선부의 시공 및 선형수정에 사용하는 테이퍼 처리한 링을 말한다. 특히, 폭이 좁은 판상은 테이퍼 플레이트링(taper plate ring)이라 한다.
- **테이퍼량** : 테이퍼링에 있어서 최대폭과 최소폭과의 차이를 말한다.
- **테일 보이드(tail void)** : 세그먼트로 형성된 링의 외경과 쉴드TBM 외판의 바깥 직경 사이의 환상형의 공극을 말한다. 즉, 테일 스킨 플레이트의 두께와 테일 클리어런스의 두께의 합을 말한다.
- **테일 스킨 플레이트(tail skin plate)** : 쉴드TBM 테일부의 외판을 말하며 일반적으로 외판보다 약간 두껍다.
- **테일 실(tail seal)** : 쉴드TBM의 외판 내경과 세그먼트 간에 틈이 생기는데 이곳으로 지하수의 유입 또는 뒤채움 주입재의 역류를 막기 위하여 쉴드TBM 후단에 부착하는 것을 말한다.
- **테일 클리어런스(tail clearance)** : 테일 스킨 플레이트의 내면과 세그먼트 외면 사이의 간격을 말한다.
- **토압식 쉴드TBM** : 회전 커터헤드로 굴착·교반한 토사를 굴진면과 격벽 사이에 충만시켜 쉴드TBM의 추진력에 의하여 굴착토를 가압함으로써 굴진면 전체에 작

용시켜 굴진면의 안정을 유지하면서 스크류컨베이어 등으로 배토하는 쉴드TBM을 말한다.

- **특수지반** : 팽창성 지반, 함수미고결 지반, 압착성 지반 등을 말한다.
- **TBM** : 소규모 굴착장비나 발파방법에 의하지 않고 굴착에서 버력처리까지 기계화·시스템화되어 있는 대규모 굴착기계를 말하며, 일반적으로 개방형TBM(open TBM)과 쉴드TBM으로 구분한다.
- **파쇄굴착** : 유압장비, 가스, 팽창성 모르터, 특수저폭속화약 등을 이용하여 암반을 파쇄시켜 굴착하는 방법을 말한다.
- **팽창성 지반** : 터널굴착에서 팽창으로 인하여 문제를 일으키기 쉬운 지반으로서, 제3기층의 열수 변질을 받은 화산분출물, 팽창성 이암 및 온천 여토 등을 말한다.
- **표준지보패턴** : 지반의 등급에 따라 미리 표준화한 지보패턴을 지칭한다.
- **피칭(pitching)** : TBM 장비의 진행 축방향으로부터 TBM 장비가 상하 방향으로 이동하는 현상으로서 수평 축에 대한 장비의 상하 방향의 회전현상을 말한다.
- **필러(pillar)** : 굴착면 사이에 남아 있는 기둥이나 벽 모양의 지반을 말한다.
- **함수미고결 지반** : 신생대 3기 말부터 4기에 형성된 퇴적물, 암석의 풍화대, 파쇄대 등의 미고결 또는 물을 포함하고 있어 고결도가 낮은 지반을 말한다.
- **회전력** : 커터헤드를 회전시키는 힘의 크기를 말한다.
- **훠폴링** : 불량한 지반조건에서 주로 국부적인 천장부 지반붕락을 방지하기 위하여 굴착하기 전에 터널진행방향으로 강관 또는 철근을 관입하는 보조공법을 말한다.
- **휨인성(flexural toughness)** : 숏크리트에 균열이 발생한 후 하중을 유지할 수 있는 능력을 말하며 에너지 흡수능력이라고도 한다.

1-2 안전관리 및 환경관리

1. 일반사항

1.1 안전보건 및 시공설비

1.1.1 터널시공 시에는 관계되는 제반 법규를 준수하고 안전보건에 대한 대책을 수립하여야 한다.

1.1.2 작업원의 작업환경을 쾌적하게 유지하고 안전을 확보하기 위한 시공 중 설비를 갖추도록 하여야 한다.

1.1.3 현장 실정에 적합한 안전관리 체제를 수립하고 작업원의 안전교육, 지도, 현장의 정기적 점검 및 개선을 통하여 근로재해 방지에 노력하여야 한다.

1.1.4 안전보건 및 사고방지 전담 책임자 등을 지정하여 관리지도를 실시하여야 한다.

1.1.5 현장방문자에게는 현장에 상존하는 위험요인과 지정된 활동범위에 대한 교육을 실시하여야 하며 현장 순회 시에는 현장안전관리자가 동행하여야 한다.

1.2 조명

1.2.1 작업장소와 통로에는 적합한 조명 설비를 설치하여 작업 중의 위험요인을 제거할 수 있도록 하여야 한다.

1.2.2 막장 또는 작업을 하는 장소는 70룩스(lux) 이상의 조도를 확보하여야 하며 밝고 어두운 차이가 심하지 않고 눈부심이 생기지 않도록 조치하여야 한다.

1.2.3 작업이 이루어지지 않는 터널 중간구간은 50룩스(lux) 이상의 조도를 확보하며 터널 입출구부, 연직갱 구간은 30룩스(lux) 이상의 조도를 확보하여야 한다. 조명시설로 인해 차량운전자들의 눈부심이 발생하지 않도록 조치하여야 한다.

1.2.4 작업 중에 분진이나 매연 등으로 인하여 조도가 저감되지 않도록 조명기구를 관리하여야 하며, 위험한 장소에는 경계 표시등을 설치하여야 한다.

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

1.2.6 터널의 진입과 진출부의 조도는 명암에 순응할 수 있도록 조치하여야 한다.

1.3 환기

1.3.1 위생적이며 안전한 작업환경을 조성하기 위하여 터널 내의 환기를 실시하여 발파 후의 가스, 분진 및 내연기관의 배기가스를 터널 외부로 배출하여야 한다.

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

1.3.3 자연환기를 기대할 수 없는 터널공사에 있어서는 기계 환기를 하여야 하며, 기계 환기방식에는 송기식, 배기식 및 이를 조합하는 방법을 적용할 수 있다.

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

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

1.4 배수

1.4.1 작업구와 터널 내부로 유입되는 지하수를 배수할 수 있는 배수설비를 계획하여 터널 내부에 유입 지하수가 고여 작업여건을 악화시키거나 지반을 이완시키는 경우가 발생하지 않도록 조치하여야 한다.

1.4.2 배수설비는 주기적으로 점검하고 정비하여 원활한 기능을 유지시키도록 하여야 한다.

1.4.3 펌프설비는 유지수선이 용이하고 유입되는 지하수를 원활하게 배출할 수 있는 용량으로 계획하여야 한다. 배수펌프의 고장 시를 대비하여 예비 펌프를 설치하고 정전 시의 배수대책도 강구하여야 한다.

1.4.4 지보재 기초부에 인접하여 배수로를 설치하는 경우에는 배수로의 물고임과 흐름현상에 의해 기초부 지반이 연화되는지 여부를 검토하고 필요시 적합한 대책을 수립하여야 한다.

1.5 통로

1.5.1 작업원의 통행을 위하여 안전한 통로를 확보하여야 한다. 통로는 작업차량 통행으로부터 안전을 보장받을 수 있는 곳에 설치하여야 하며 항상 평탄한 노면과 소요의 조도를 유지하여야 한다.

1.5.2 터널 내부에 궤도를 부설할 경우에는 운행하는 차량과 터널의 측벽 또는 장애물과의 안전거리를 최소 600mm 이상 확보하여야 한다.

1.5.3 안전거리가 600mm 이상 확보되지 않은 경우에는 적합한 간격으로 식별이 용이한 대피소 설치, 신호장치의 설치, 감시원 배치 등을 통하여 차량운행으로부터 작업원을 보호하도록 조치하여야 한다.

1.5.4 타이어 방식의 작업차량을 사용할 경우에는 가드레일, 안전로프 등으로 통로를 구분하여 작업원이 안전하게 통행하도록 하여야 한다. 이러한 통로설치가 어려운 경우에는 차량 간 교차운행 시를 제외하고는 차량이 측벽으로부터 최소 1.0m 이상 떨어져 운행하도록 조치하여야 한다. 이것이 불가능할 경우에는 대피소를 설치하여야 한다.

1.6 안전점검

1.6.1 시공 중에는 지반상태, 지보재의 시공상태, 작업환경, 각종 작업장비와 설비의 운전 및 가동상태 등을 정기적으로 점검하여 불안정 요인의 발생 유무를 파악하여야 한다.

1.6.2 안전관리 책임자는 법규로 정해진 항목 또는 이 시방서에서 제시한 점검항목 이외에도 필요하다고 인정되는 항목에 대하여도 점검하고 그 결과를 점검표에 기록하여야 한다. 점검표에는 다음 사항을 포함하여야 한다.

(1) 뜬돌이나 암괴의 밀려남 유무
(2) 가연성 가스 및 유독가스의 발생 유무
(3) 용출수 상태 및 배수로와 집수정 상태
(4) 숏크리트의 균열, 박리 유무
(5) 록볼트의 정착상태, 강지보재의 침하 및 변형
(6) 환기설비와 조명설비 및 배수설비의 작동상태
(7) 각종 기계설비 및 장비의 정비상태, 작업로와 궤도 등의 운반로 상태
(8) 각종 전기기기 및 전선류의 관리상태
(9) 안전통로의 정비상태

1.6.3 안전점검 시 이상 징후가 발견될 경우에는 감리원에게 보고하고 조속히 필요한 조치를 강구하여야 한다. 사태가 긴박한 경우에는 즉시 안전조치를 취하여야 한다.

1.7 노동위생

1.7.1 터널 내 작업원은 방진마스크를 착용하도록 하여야 하며 작업장에서 발생되는 먼지가 작업원의 건강을 위협하지 않도록 제반 조치를 취하여야 한다.

1.7.2 고온 다습한 터널 내에서 작업이 이루어지는 경우에는 터널 내부의 온도와 습도를 조절하여 작업원이 안전하고 효율적으로 작업할 수 있도록 조치하여야 한다.

1.7.3 작업원이 소음으로 인해 청각이나 건강에 장애를 일으키지 않도록 조치하여야 한다.

1.7.4 작업원이 착암기 등과 같은 진동을 수반하는 장비를 장시간 사용할 경우에는 방진장치를 구비하여 인체에 장애가 발생되지 않도록 조치하여야 하며 인체에 무리한 작업시간이 계획되지 않도록 작업원을 관리하여야 한다.

1.7.5 발파 및 굴착, 버력적재 및 운반, 숏크리트 타설 등의 작업 시에는 다량의 분진이 발생하기 때문에 분진의 농도를 정기적으로 측정하여 그 현황을 파악하고 필요한 조치를 강구하여야 한다.

1.8 화재발생의 방지

1.8.1 화재발생 방지를 위해 화재를 유발할 수 있는 원인을 제거하여야 하며 가연성 물질을 철저히 관리하여야 한다.

1.8.2 터널 내에서 화재가 발생한 경우에 대비하여 진화계획을 수립하고 작업원의 대피계획을 수립하여야 한다.

1.8.3 화재발생 시 중대한 재해로 발전될 수 있는 곳에 대해서는 철저한 화재 방지 대책을 수립하고 안전점검 등을 통하여 상시 관리하여야 한다.

1.8.4 예상되는 화재의 형태에 적합한 소화설비를 배치하고 작업원에게 그 설치장소 및 사용방법을 주지시키고 소화훈련을 실시하여야 한다. 소화설비는 항시 점검·정비하여 그 기능을 유지하도록 하여야 한다.

1.9 폭발의 방지

1.9.1 가연성 가스의 폭발을 방지하기 위하여 그 존재 유무를 파악하여야 한다. 필요에 따라서는 유해가스를 탐지하는 자동경보장치를 설치하여야 한다.

1.9.2 가연성 가스가 존재하는 경우에는 그 종류, 성분, 부존상태, 발생상황 등을 파악하고 신속하게 급기와 배기를 실시하여 터널 내부의 가스농도를 폭발에 안전한 농도 이하로 희석하여야 한다.

1.9.3 가연성 가스가 돌출할 염려가 있는 경우 또는 용출량이 현격하게 증가하여 환기설비의 증가만으로는 안전한 농도로 희석하는 것이 곤란하다고 판단되는 경우에는 시추 또는 기타의 천공 등으로 가스배출구를 별도로 설치하여 이를 통해 가스가 직접 배제될 수 있도록 조치하여야 한다.

1.9.4 화약고, 유류저장고, 발파장소 등에서 폭발사고나 화재사고 등이 발생하지 않도록 관리하여야 한다. 이를 위해 안전관리원은 각종 규정과 안전수칙을 숙지하고 해당 사항을 수시로 점검하고 관리하여야 한다.

1.10 긴급 시의 조치

1.10.1 작업원에게 긴급한 상황 발생 시의 조치사항을 주지시키고, 긴급 피난절차를

인지시켜야 한다. 또한 비상사태에 대한 대응조치와 대피훈련을 정기적으로 시행하여야 한다.

1.10.2 지반조건이 급변하며 낙반이 발생하고 막장면이 붕괴되며 지보재에 현격한 변상이 감지될 경우 또는 이상 용출수 출현과 화재발생 등과 같은 급박한 위험이 발생하거나 가연성 가스, 유해가스의 돌출 등에 의한 가스폭발 혹은 중독 발생의 우려가 있을 경우에는 즉시 작업을 중지하고 작업원을 안전한 장소로 신속히 대피시켜야 한다.

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

1.10.4 긴급대피 통로는 통행에 지장이 없도록 항시 정비하여야 하며 호흡용 보호구, 휴대용 조명기구 등의 피난용구를 터널 내부에 식별이 용이하고 접근이 쉬운 위치에 비치하여야 한다.

1.10.5 긴급사태가 발생한 후에도 터널 내부에 작업원이 남아 있는 경우에는 신속히 관계기관에 연락하고 관계기관과 협의하여 신속한 구호조치를 취하여야 한다.

1.11 시공 중 환경보전

1.11.1 시공 중에 발생하는 소음, 진동, 지반과 구조물의 변형, 대기와 수질오염, 교통장애, 분진, 유해가스 배출 등은 관련 관리기준치를 만족하도록 조치하여야 한다.

1.11.2 컴프레서, 배치플랜트, 크러셔플랜트, 버력저장소 등에는 방음피복과 방음벽을 설치하고 기계장비의 기초는 견고하게 하여야 한다.

1.11.3 발파시간의 제한, 진동저감 발파방식의 적용, 발파규정의 준수, 방음시설의 설치, 공사차량의 운행시간제한 등을 통해 발파에 따른 소음이나 진동의 피해가 발생하지 않도록 조치하여야 한다.

1.11.4 작업장에서 발생한 오염된 물을 방류할 경우에는 방류기준치 이하로 정화한 후 방류하여야 한다.

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

1.11.6 지하수위 저하 또는 지하수원 고갈에 대한 필요한 대책을 수립하여야 한다.

빈 면

제2장 시공계획

2-1 시공계획 수립

1. 일반사항

1.1 시공계획 작성 원칙

1.1.1 시공계획은 공사규모와 공사기간, 지반조건과 주변여건, 공사용 기계와 각종 설비 및 시공법과 시공순서 등을 포함하여 안전하고 경제적으로 계획되도록 하여야 한다.

1.1.2 공사 중 문제발생 시에는 시공계획의 수정과 변경이 가능하도록 하여야 한다.

1.1.3 시공계획은 각 공종 간 휴지시간을 최소화하여 연속적인 작업이 이루어지도록 하고 기계화 시공을 우선하여 계획되도록 하여야 한다.

1.1.4 시공계획은 공사의 안전성과 시공성, 공법의 적용성을 우선적으로 고려하여 계획하되 건설비와 유지관리비도 포함하여 경제적인 계획이 되도록 하여야 한다.

1.1.5 시공계획은 공사 중과 유지관리 중에 발생할 수 있는 환경피해를 최소화하고 건설폐기물의 저감, 재활용, 처리 및 처분 등 환경보존을 배려한 계획을 수립하여야 한다.

1.1.6 시공계획에는 품질 및 안전관리 대책을 포함하여야 한다.

1.2 공사구간 분할계획

1.2.1 공사구간을 분할하여 시공 및 관리할 필요가 있을 경우에는 공사규모와 공사기간, 터널의 단면크기, 선형조건, 지형 및 지반조건, 토지이용 현황, 작업장 여건, 환경에 미치는 영향 등을 고려하여 효율적인 시공이 가능하도록 분할하여야 한다.

1.3 시공계획

1.3.1 시공계획은 설계 도서를 기준하여 현장조건에 적합하도록 수립되어야 한다.

1.3.2 시공계획은 준비, 갱구부 시공, 굴착 및 버력처리, 지보재시공, 계측관리, 방수 및 배수, 콘크리트라이닝, 부대공 등으로 구분하여 효율적인 시공법이 되도록 하여야 한다.

1.3.3 환경친화적인 터널계획을 위해서 기존의 자연환경을 최대한 보전하고 지형변화를 가져오는 땅깎기와 흙쌓기 구간은 최소화되도록 시공계획을 수립하여야 한다.

1.3.4 시공계획 단계에서는 공사 중 화재, 폭발, 교통사고 등의 인적재난과 태풍, 홍수, 지진 등의 자연재해 발생 시를 고려하여 방재시설 및 비상대책을 계획하여야 한다.

1.3.5 갱구부 계획 시에는 비탈면의 안정성을 우선으로 하며 시공 중 우수유입으로 인한 침수피해 및 산사태 등의 발생가능성을 충분히 고려하여 계획하여야 한다.

1.3.6 하저 및 해저터널의 시공계획 시에는 홍수 시의 수위급변이나 조수간만의 차에 의한 수심영향 등을 적합하게 고려한 침수대책을 수립하여야 하며, 주변여건 및 지반조건으로 인한 재해가 발생하지 않도록 계획하여야 한다.

1.3.7 터널공사가 교량 하부, 터널 및 건축물 등 기존 시설물과 인접하여 시공되는 구간에서는 시공계획 및 계측계획 시 현장여건이 적정하게 반영될 수 있도록 하여야 한다.

1.4 공정계획

1.4.1 공정계획은 공사기간 내 시공을 완료할 수 있도록 수립하고 유사한 공사의 실적 통계를 근거로 자원투입 및 배분계획과 연계하여 수립되어야 한다.

1.4.2 공정계획에는 공사착공을 위한 사전 행정처리 기간과 작업장 및 공사장의 용지 확보를 위한 수용 또는 보상기간 등 준비일정을 포함하여야 한다.

1.4.3 공정계획은 공사규모, 순서, 시공방법 및 환경영향을 고려하고 전산화된 상용의 공정관리기법에 의한 작업수행이 가능하도록 하며 수립된 공정계획의 정당성과 일정계획, 진도계획, 자원계획, 예산 및 비용분석 평가의 기초자료가 될 수 있도록 수립되어야 한다.

1.5 작업장계획

1.5.1 작업장 및 작업터널의 계획은 터널의 선형, 토피, 단면형상, 연장, 공법 및 지형, 지반조건, 토지이용 현황, 환경조건, 주변 도로현황 등을 감안하여 수립되어야 한다.

1.5.2 작업장의 위치 및 규모는 공사용 설비의 배치와 사무실, 창고, 가공장, 작업

원의 숙소 등을 고려하여 적정하게 결정되어야 한다.

1.5.3 안전관리 책임자는 공사 중 작업자에게 발생 가능한 위험요인을 사전에 분석하고 안전한 작업공간을 확보하여야 한다.

1.5.4 작업장과 사토장 등의 공사부지는 해당공사 완료 시 배수공, 조경 및 비탈면 보호공 등에 의한 복원대책을 마련하고 시행되어야 한다.

1.6 공사용 설비계획

1.6.1 공사용 설비계획에는 전기설비, 환기설비, 급수설비, 배수설비, 오수 및 폐수설비 등이 포함되어야 하며 공사용 설비의 시공법, 사용 장비의 운용계획, 작업원의 보건위생 및 환경대책 등과 연계하여 수립하여야 한다.

1.6.2 공사용 설비는 터널내부설비와 터널외부설비로 구분 배치하고, 그 규모는 용도 및 작업장계획에 따라 결정되어야 한다.

1.6.3 공사용 설비는 현장여건에 따른 현지반입 가능여부 및 경제성, 유지관리 등을 종합적으로 검토하여 산정되어야 한다.

1.7 사토장계획

1.7.1 사토장 규모는 계획 사토량을 일괄처리할 수 있는 충분한 면적이 되도록 계획하여야 하며 계획 사토량에는 터널굴착 시 발생한 버력량과 함께 시공 중에 사용하고 남는 토량도 포함되어야 한다.

1.7.2 사토장의 용량은 토량의 변화율에 따른 용량증가를 고려하여 결정되어야 한다.

1.7.3 발생버력은 골재 또는 성토재로서 유용하는 방안을 강구하여 재사용하도록 하여 사토량을 줄일 수 있도록 계획되어야 한다.

1.7.4 사토장 입지는 현장주변의 토지이용 현황 및 도로상황을 사전 조사하여 대상용지의 확보가능성과 운반거리, 환경대책 등을 감안하여 선정되어야 한다.

1.7.5 사토장은 사전 배수계획이나 기존 수로에 대한 대책을 수립하여 강우 시 지역침수나 토사유출현상이 발생하지 않도록 계획되어야 한다.

1.8 시공계획의 변경

1.8.1 시공 중 설계내용이 현장 조건에 부적합하다고 판단될 때는 감독원의 승인을 받아 현장 조건에 적합한 설계내용으로 지체 없이 변경하여야 한다. 이 경우 지반조건, 시공조건, 계측자료 및 막장관찰 결과에 대한 분석 등 시공을 위한

기술적 검토로서 현장엔지니어링(field engineering)을 반드시 실시하여야 하며 필요시 추가의 지반조사 및 시험도 실시하여 변경된 시공이 안전하고 경제적이며 우수한 품질을 확보할 수 있는 것이 되도록 하여야 한다.

1.8.2 시공법 변경을 위해 시간이 지체되는 경우에는 터널의 안정성이 유지될 수 있는 임시조치를 취하여야 한다.

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

해당사항 없음

제3장 조사 및 측량

3-1 조사

3-1-1 조사계획 일반

1. 일반사항

1.1 조사의 원칙

1.1.1 시공 중의 조사는 설계 시의 조사내용의 확인 또는 변경 및 보완에 필요한 사항을 조사하도록 계획하여야 한다.

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

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

1.2 조사의 구분

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

1.2.2 시공 중의 지반조사는 터널 설계 시 제반 여건으로 인하여 불충분하게 실시된 조사내용을 보완하기 위한 조사로서 공사착공 시 또는 공사 중에 실시한다.

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

해당사항 없음

3-1-2 입지환경조사

1. 일반사항

1.1 지형조사

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

1.1.2 지형이 불안정하거나 또는 재해가 예측되는 지형 즉, 애추(talus), 붕괴지와 산사태, 눈사태, 홍수 등이 이미 발생한 장소나 이러한 우려가 있는 지형은 반드시 조사하여야 한다.

1.1.3 터널 갱구위치를 선정하기 위해서는 주변환경과의 조화, 인근 지하수 유입 유무, 갱구비탈면의 안정성 등을 고려한 조사결과를 반영하여야 한다.

1.2 환경조사

1.2.1 설계 시 수행된 터널주변 환경조사를 시공단계에서 다시 실시하여야 한다.

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

(1) 지표 및 지하수 현황 : 물이용 현황, 수원의 현황, 지하수의 유로 및 수위 변화 가능성

(2) 소음 및 진동 : 소음, 진동 영향 가능성

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

(4) 재해 : 산사태, 눈사태, 붕괴, 지진, 홍수 등의 발생지 및 피해 정도

(5) 토지 : 토지이용 현황, 주요 구조물, 법에 의한 용도구분의 범위

(6) 공공 시설물 : 학교, 병원, 요양소, 자연공원 등의 공공 시설물의 위치 및 규모

(7) 문화재 : 사적, 문화재, 천연기념물 등의 위치, 규모 및 법지정의 현황

(8) 수질오염 : 하천의 상태, 배수상태, 수로의 상태, 법규제 상태

(9) 대기오염 : 대기 중의 유해물, 기상현황

(10) 교통장애 : 구조, 교통량 혼잡상태, 도로 관리자, 도로주변의 환경 등

(11) 기타 : 동식물의 분포상태 및 축산현황, 주변경관, 광산의 갱도나 폐갱도의 위치 및 규모, 지역개발계획 등

1.3 지장물조사

1.3.1 터널공사 전에 지역 내에 기설치되어 있는 상수도 및 하수도관, 송유관, 통신 및 전력 케이블, 도시 가스관, 지하갱도 등의 지하 지장물의 종류, 심도 및 크기를 파악하여 안전한 시공이 가능하도록 하여야 한다.

1.3.2 시추조사 시에는 관련기관으로부터 지장물 매설도를 구하여 참조하고 반드시 터파기나 물리탐사 장비를 사용하여 지하 지장물의 유무를 확인하고 유관기관과 협의하여 시추하여야 한다.

1.3.3 지장물 조사결과는 후속공사 지장물 보호를 위해 활용하도록 조치하여야 한다.

1.4 사토장조사

1.4.1 공사 중에 발생하는 버력을 처리하기 위한 사토장이 필요할 때에는 지형, 운반방법, 운반거리, 운반도로의 교통규제, 교통안전 등의 운반조건을 조사하여야 한다.

1.4.2 사토장이 주변환경에 미치는 영향, 사토 후의 토지의 형태 변화, 법규에 의한 규제 등도 조사하여야 한다.

1.5 공사용 설비조사

1.5.1 공사용 설비인 터널입구설비, 환기 및 집진설비, 운반설비, 골재 및 콘크리트 플랜트설비, 수전 및 배전설비, 용수 및 배수설비, 임시건물설비, 폐수처리설비, 세륜설비 등에 대하여 조사하여야 한다.

1.5.2 공사용 설비계획 수립을 위하여 다음 사항을 조사하여야 한다.

(1) 지형, 지질 및 기상 : 설비기능 저해 혹은 위험 가능성이 있는 지형, 지질 및 기상

(2) 주변환경 : 주변환경에 영향을 미치는 공사용 설비의 소음, 진동, 배수 및 교통

(3) 전력의 사용 : 기 가설 송배전선의 용량, 주파수, 전압, 수변전의 난이, 수전까지의 소요시간, 발전설비 등의 동력원, 공사용 장비운용 시의 소요 전력량

(4) 급수 및 배수 : 컴프레서 용수, 콘크리트 혼합용수, 음료수, 기타 잡용수의 취수조건, 터널시공에 수반한 용수의 처리, 세척용수의 방류조건

(5) 자재 및 버력운반 : 기계 및 자재의 반출입, 버력운반 등에 필요한 공사용도로, 궤도 등의 규격, 교통량, 안전, 교통규제의 현황

(6) 노무자재 : 터널외부설비에 관계되는 콘크리트용 골재, 굳지 않은 콘크리트, 기타 자재의 공급경로, 공급사정의 현황 및 관리방법, 인접부근의 공사

(7) 법규, 기타에 의한 규제 : 인접 부근의 공사

1.6 보상조사

1.6.1 공사착공 전에 보상대상이 되는 사항을 상세하게 조사하여야 한다.

1.6.2 보상대상 사항에는 용지취득에 수반되는 토지, 건물, 수목 등의 매수 및 이전, 각종 권리(지상권, 지하권, 수리권, 온천권, 어업권, 광업권, 채석권 등)의 침해, 농림 및 어업 수익의 감소, 영업 손실 등을 포함하여야 한다.

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

해당사항 없음

3-1-3 지반조사

1. 일반사항

1.1 지반조사의 일반

1.1.1 시공 중 지반조사는 설계단계 조사결과의 확인, 보완 또는 설계변경에 필요한 제반 자료를 제공할 수 있도록 수행하여야 하며, 지반조사의 방법과 항목은 공사의 목적이나 구조물의 종류에 적합하도록 선정하여야 한다.

1.1.2 시공 중 지반조사는 설계 시 지반조사 결과를 바탕으로 실시하며, 기존자료조사, 현장조사, 지표지질조사, 시추조사, 물리탐사, 막장면 관찰조사, 시험터널조사, 실내 및 현장시험 등을 포함한다.

1.1.3 구조물의 변형이나 손상이 발생한 경우 또는 주변환경의 변화로 구조물의 안전에 문제가 있다고 판단될 경우에는 그 원인을 규명하고 대책을 수립하기 위해 지반조사를 실시하여야 한다.

1.2 기존자료 조사

1.2.1 기존자료 조사는 설계 시 작성된 자료를 토대로 실시하고 다음 사항을 검토하여 필요시 보완하여야 한다.

(1) 기존 구조물 : 기존 구조물의 배치, 설계도면, 시공관련자료, 현재의 상태 등을 검토하여 개략적인 주변지반 조건, 지지력, 위험요소 등을 파악

(2) 인접지역 조사자료 : 인접지역 조사자료를 활용하여 조사지역 지반의 종류 및 조건, 지하수 분포상태 등을 파악

(3) 지형도 및 항공사진 : 현재 및 과거의 지형도를 분석하여 지질경계, 선구조, 붕괴지형, 식생, 수계 등의 분포상태를 파악하여 시추, 골재원, 토취장, 혹은 채석장 등의 조사에 활용하고 현장조사 시의 시추위치, 시추장비의 진입 가능성 및 시추용수의 취득 가능성 등을 파악

(4) 지질도 : 암종, 지층의 분포, 지질구조(단층, 습곡, 절리, 선구조)의 발달과 특성, 공동 및 폐광의 존재 유무 등을 분석하여 터널굴착 조건을 예측하고 노선결정과 조사계획 수립에 반영

(5) 지하수개발 현황 : 지하수 이용을 위한 우물개발 현황으로부터 지하수 부존상태, 지하수위 상태 등의 지하수 특성파악

(6) 설계 시 작성한 지반조사 보고서

1.3 현장답사

1.3.1 현장을 직접 방문하여 지형이나 지반상태를 확인하거나 지역 주민들의 청문을 통하여 과거의 지형변화 등에 대한 정보를 입수하여 조사자료에서 나타난 사항을 확인하고 시공에 영향을 줄 수 있는 제반 현장여건을 파악하여야 한다.

1.3.2 현장답사는 반드시 경험 있는 관련기술자가 실시하여야 한다.

1.3.3 현장답사의 결과를 정리하여 시공에 반영할 수 있도록 하여야 하며, 계획 및 설계상의 문제점을 파악하여 변경하거나 보완할 수 있도록 하여야 한다.

1.3.4 삽 또는 핸드오거 등의 간단한 조사장비를 이용하여 지역전반에 걸친 개략적인 지반조건을 조사하고 추가 지반조사계획에 반영할 수 있도록 하여야 한다.

1.3.5 현장답사 시 조사하여야 할 주요 내용은 다음과 같다.

(1) 지형변화 : 옛 제방, 수로, 철도, 성토 매립 등의 흔적이나 상태, 산사태 흔적이나 범위 등

(2) 지표수 및 지하수 : 용수, 우물의 수위와 그의 계절적 변동, 피압지하수의 유

무, 호우·강설 시 등의 저수, 배수의 상태 등

(3) 인근 구조물 유지상태 : 도로 및 철도의 제방, 교대 및 교각, 기타 중요 구조물의 침하균열이나 경사도, 굴곡 등의 변상 유무 등

(4) 지하 매설물 : 상하수도, 가스관, 통신 및 전력케이블, 지하철, 지하도, 공사현장 부근에 있는 경우는 그 영향의 정도, 건물기초 등

(5) 수송로 : 트럭, 중차량의 출입제한 유무, 도로의 교통상황, 진동소음, 공해 등

1.4 지표지질조사

1.4.1 지표지질조사는 지형, 지질구조, 암질, 토질, 지하수 등의 종류, 분포 및 상태 등을 파악하여야 하며, 필요시 기작성된 응용지질도 등을 보완하여야 한다.

1.5 시추조사

1.5.1 시추조사는 터널시공구간 내의 지층구성 및 지하수위를 확인하고, 추가시험의 시료채취를 위하여 실시한다.

1.5.2 시추는 NX 규격 이상의 이중 코어베럴을 사용하여 실시하며, 풍화대나 파쇄대 등의 연약구간에서 코어의 회수율을 높이거나 원상태의 시료채취가 필요한 경우에는 이와 동등 이상의 기능을 갖는 장비를 사용하여야 한다. 단, 심도가 깊은 경우에는 NQ 규격도 사용할 수 있다.

1.5.3 시추는 지표에서 연직으로 실시하되 조사목적과 현장조건을 고려하여 경사시추를 할 수 있다.

1.5.4 시추위치는 터널시공 시 문제가 예상되는 구간을 검토하여 지층 및 암질상태 확인이 필요한 지점을 선정하여야 하며, 이 경우 시공 중 위해한 영향을 주는 위치는 피하여야 한다.

1.5.5 시추심도는 원칙적으로 터널 바닥부의 계획심도에서 터널 최대직경의 1/2 이상의 깊이까지 실시하되, 지반상태를 고려하여 시추심도를 조정할 수 있다.

1.5.6 시추공은 터널시공 중 계속적인 지하수위 변화 등을 확인하기 위한 목적으로 활용할 수 있으며, 이 목적으로 사용하지 않는 시추공은 반드시 관련법규를 준수하여 폐공하여야 한다.

1.5.7 터널시공구간 내의 지반에 단층, 파쇄대 및 기타 연약대 등 터널공사에 장애를 초래하는 지반조건과 지하수 유출이 예상된 경우, 이를 확인하고 처리방안을 결정하기 위한 자료를 얻기 위하여 시료채취와 현장시험을 병행한 갱내시

추조사를 실시하여야 한다.

1.5.8 갱내시추는 터널 내에서 수평방향으로 실시하되 조사목적과 현장조건을 고려하여 시추각도 및 시추길이를 조정할 수 있다.

1.6 물리탐사

1.6.1 지표, 터널막장 또는 시추공에서 시행하는 물리탐사는 지질구조 및 지반상태를 파악할 수 있도록 현장여건과 지반조건을 고려하여 탐사방법을 선정하여야 한다.

1.6.2 탄성파탐사는 인공 탄성파 발생, 수진기 배열 등이 탐사목적에 부합하는지 확인하여 시행하여야 한다.

1.6.3 발파에너지가 필요한 탐사 시에는 발파로 인한 사고를 방지하기 위하여 안전원을 배치하고 사이렌, 호각 등을 사용하여 안전조치를 취한 후에 시행하여야 하며, 화약의 사용과 보관은 관계 법령에 따라 관리하여야 한다.

1.6.4 전자기 탐사는 터널 및 터널주변에 설치된 전기시설로부터 유도된 전류로 인한 영향이 최소화되도록 시행하여야 하며, 해석상 오류가 발생하지 않도록 탐사 주변부의 전기시설상태를 점검하여야 한다.

1.6.5 갱내물리탐사는 터널시공 중 막장전방의 광범위한 지질상태를 파악하기 위하여 실시하도록 하며, 탐사방법, 위치 및 빈도는 현장여건과 지반조건을 고려하여 선정하여야 한다.

1.6.6 물리탐사자료는 막장관찰자료, 시추조사자료, 기타 지반정보자료 등과 함께 분석하여야 하며, 현장지반여건과 일치 여부를 비교하여야 한다. 또한 현장측정자료를 보관하여 탐사결과의 신뢰성을 확인할 수 있도록 하여야 한다.

1.7 막장면 관찰조사

1.7.1 터널시공 중에는 설계단계에서 조사된 지질 및 지반조건을 확인하고, 막장면 지반의 변화상태를 파악하기 위하여 터널 내 막장면 관찰조사를 실시하여야 한다.

1.7.2 막장면 관찰조사의 기본사항은 다음과 같다.

(1) 막장 관찰자는 소정의 양식지를 이용하여 공사 시에 노출되는 막장의 지반상태를 관찰하고 조사하여 설계 시의 조사결과 및 판정한 지반조건이 실제의 지반조건과 같은지 여부를 확인하여야 한다.

(2) 막장면 관찰조사에서는 다음 사항을 상세히 조사하여, 막장관찰도를 작성하여야 하며 이를 바탕으로 암반분류 및 평가를 수행하여야 한다.
① 막장의 붕괴 여부 및 붕괴 위치, 형태 및 규모
② 암종분포, 풍화 정도, 고결 정도, 강도 및 암반등급
③ 불연속면의 주향과 경사 및 터널굴진방향과의 관계
④ 불연속면의 간격, 틈새, 충전물 유무와 성상 및 충전물의 특성
⑤ 용출수의 위치, 토립자 유실 및 유출상태
⑥ 기타 필요한 사항

(3) 막장면 관찰 시에는 막장면에 대한 사진을 촬영하여 막장관찰도에 첨부하도록 한다.

(4) 막장면 관찰은 매 굴진장마다 실시하여야 하며, 지반조건에 따라 관찰빈도를 조정할 수 있다.

(5) 막장관찰도를 종합 분석하여 터널 지질도를 작성하도록 하여 터널 운영 시의 유지관리, 보수 및 보강을 위한 기본자료로 활용할 수 있게 보존하여야 한다.

(6) 막장관찰자는 지반공학 및 지질관련분야를 전공한 자 또는 동등 이상의 자격이나 경험을 구비한 자로서 막장관찰 결과를 바탕으로 터널지질도를 작성할 수 있는 자이어야 한다.

(7) 막장면의 지반상태가 설계 시의 적용조건과 상이하여 설계보완이 필요한 경우는 막장관찰도 및 현장 시공자료를 근거로 하여 설계내용을 보완하되, 지반조건이 특이하여 추가조사가 필요한 경우에는 상세 지반조사를 실시하여야 한다.

1.8 시험터널조사

1.8.1 지반상태를 직접 확인할 필요가 있거나 현장시험을 실시할 필요가 있을 때에는 시험터널을 굴착하여 조사할 수 있다.

1.8.2 시험터널 내에서 각종 현장시험이나 계측을 실시할 수 있으며, 필요에 따라서 흐트러진 또는 흐트러지지 않은 시료를 채취하여 필요한 시험을 하여야 한다.

1.8.3 시험터널조사 시에는 지질 및 지반특성을 파악하고, 시험터널의 지질도를 작성하여 종합분석에 참고할 수 있도록 하여야 한다.

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

해당사항 없음

3-1-4 시험

1. 일반사항

1.1 현장시험

1.1.1 현장 지반특성을 파악하기 위하여 시추공 내, 터널 내 또는 시험터널 내에서 현장시험을 실시할 수 있다.

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

1.2 실내시험

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

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

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

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

해당사항 없음

3-1-5 지반조사 성과의 정리 및 활용

1. 일반사항

1.1 조사성과 일반

1.1.1 시공 중 지반조사 결과는 조사목적, 조사결과의 정도 등을 고려하여 평가하여야 하며, 설계단계의 조사결과와 비교분석하여 그 결과를 시공에 반영하여야 한다.

1.1.2 시공 중 지반조사 결과를 바탕으로 터널구간의 지질, 지반 및 암반상태 등을 반영하여 지질단면도를 수정하고 보완하여야 한다.

1.2 조사성과의 정리

1.2.1 시추조사, 실내 및 현장시험, 물리탐사결과 등은 각각 그 목적에 적합한 정보가 자세히 기록될 수 있도록 일정한 양식에 정리하여야 한다.

1.2.2 암반분류는 설계 시 적용된 방법에 따라 실시하되, 다른 분류방법도 적용할 수 있다.

1.3 조사성과의 활용

1.3.1 시공 중 암반분류 결과와 설계단계의 암반분류 결과가 상이한 경우 암반상태에 적합한 지보패턴을 변경하는 데 조사결과를 반영하여야 한다.

1.3.2 시공 중 지반조사 결과는 일정한 양식으로 정리하여 터널 유지관리 시에도 활용될 수 있도록 하여야 한다.

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

해당사항 없음

3-2 측량

3-2-1 측량일반

1. 일반사항

1.1 측량은 터널시공에 필요한 정도를 확보할 수 있도록 정확하게 시행하여야 한다.

1.2 측량작업은 터널 외부측량과 터널 내부측량으로 구분하며, 측량은 지형조건, 터널 규모, 용도, 시공방법 및 측량목적 등에 따라 적합하게 수행하여야 한다.

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

해당사항 없음

3-2-2 터널 외부측량

1. 일반사항

1.1 참조규격

1.1.1 측량의 정도는 공공작업 측량기준의 규정을 따른다.

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

3.1 터널 외부에는 터널시공의 기준이 되는 기준점을 설치하고 기준점 상호간은 필요한 정도를 유지하도록 하여야 한다.

3.2 기준점은 기존 삼각점 등으로부터 도입하되 기존 삼각점 등 기준이 되는 측량점의 성과를 확인한 후 그 제원을 사용하여야 한다.

3.3 기준점 설치 시에는 터널 길이, 지형 상황 등을 감안하여 적합한 측량방법을 선택하여 시행하고 필요한 정도를 확보하여야 한다.

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

3.5 터널입구 및 터널가설계획에 필요한 상세 지형측량을 실시하여야 하며, 상세 지형측량의 축척은 1/100～1/1,200으로 한다.

3-2-3 터널 내부측량

1. 일반사항

1.1 참조규격

1.1.1 측량의 정도는 공공작업 측량기준의 규정을 따른다.

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

3.1 터널 내부의 기준점 및 수준점은 터널 외부에 설치한 기준점으로부터 도입하고 측량은 필요한 정도가 유지되도록 실시하여야 한다. 또한 연직갱 또는 경사갱으로부터 수준점을 도입하는 경우에는 연직갱 또는 경사갱의 종류, 길이, 방향 및 경사 등을 고려하여야 한다.

3.2 기준점이나 수준점은 시공 중에 움직이지 않도록 견고하게 설치하고 손상되지 않도록 보호하여야 한다.

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

3.4 측량 작업 시에는 관측, 측정에 지장이 없도록 조명, 환기, 작업공정 간의 마찰이 적은 시간대 책정 등의 필요한 조치를 강구하여야 한다.

3.5 터널 내 측점의 검측은 터널 규모, 용도, 굴진속도, 굴착공법 및 굴착방법 등을 고려하여 적합한 빈도로 터널 외부의 기준점으로부터 실시하여야 하며, 검측횟수는 적어도 1개월에 1회 이상 실시하여야 한다.

3.6 터널굴착 시에는 내공단면과 선형을 관리하기 위한 측량을 실시하여야 한다.

제4장 터널의 굴착

4-1 터널굴착계획

1. 일반사항

1.1 굴착관련 법규 확인

1.1.1 터널굴착 시 굴착과 관련된 제반 행정법규, 총포·도검·화약류 등 단속법, 진동 및 소음 관련 환경법규, 공사장 안전관리법규 등을 확인하여야 한다.

1.2 주변지장물 조사

1.2.1 터널굴착계획 시 현장 주변의 지장물 현황을 파악하여야 한다.

1.3 터널 갱구 및 접근로

1.3.1 터널 갱구부는 토피가 작고 풍화의 영향을 받기 쉽기 때문에 굴착 전에 보강대책의 적정성을 확인하여야 한다.

1.3.2 터널 갱구에 형성된 비탈면이 붕괴되거나 낙반이 일어나지 않도록 하는 보강대책의 적정성을 확인하여야 한다.

1.3.3 공사용 접근로는 산림훼손이 적고 공사차량의 소통이 원활하도록 계획하여야 한다.

1.4 터널 막장면 관찰

1.4.1 막장면 관찰조사는 '제3장 조사 및 측량'에서 정하는 바를 따른다.

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

해당사항 없음

4-2 터널굴착방법 및 공법

1. 일반사항

1.1 굴착방법의 적용

1.1.1 굴착방법에는 기계, 발파, 파쇄굴착 등이 있으며, 적용 시에는 지반, 지하수, 토피, 환경, 터널단면의 크기, 형상, 연장 등의 조건을 고려하여야 한다.

1.1.2 기계굴착은 지반이 연약하여 중장비에 의한 굴착이 가능하고 소음 및 지반진동을 억제하여야 하는 경우에 적용한다.

1.1.3 발파굴착은 암반이 견고하여 기계굴착의 효율이 저하되는 곳에 적용하며, 소음 및 지반진동을 억제하여야 할 경우에는 조절발파를 적용할 수 있다.

1.1.4 파쇄굴착은 기계 또는 저진동 발파에 의한 굴착방법을 채택하기 어려운 경우에 압력이나 약액 등을 사용하여 암반을 파쇄할 때 적용한다.

1.2 굴착공법의 적용

1.2.1 굴착공법은 <표 4-2.1>과 같이 분류되며, 막장의 자립성, 원지반의 지보능력, 지표면 허용 침하량 등을 검토한 후, 시공성 및 경제성을 고려하여 적용하여야 한다.

1.2.2 전단면굴착은 터널의 상·하반을 동시에 굴착하는 공법으로 터널 단면적이 작거나 지반의 자립성과 지보능력이 충분한 경우에 적용한다.

1.2.3 수평분할굴착은 터널의 상반, 하반 또는 인버트로 분할하여 굴착하는 공법으로 막장면의 자립시간이 적어 전단면 굴착이 곤란할 경우에 적용한다.

1.2.4 연직분할굴착은 대단면 터널을 좌우로 양분 또는 삼분할하는 공법으로 터널 막장면의 안정을 증대시키고 지표면 침하량을 저감시킬 목적으로 적용한다.

1.2.5 선진도갱굴착은 파이로트 갱을 선 굴착하는 공법으로 지반이 연약하여 소분할 굴착이 필요하거나 막장 전방의 지층조건이 복잡하여 확인할 필요가 있을 때 적용한다.

<표 4-2.1> 터널굴착공법의 분류

굴착공법			정의	비고
전단면 굴착			전단면을 1회에 굴착	
분할굴착	수평분할굴착	롱벤치	벤치길이 : 3D 이상	D : 터널의 직경
		숏벤치	벤치길이 : 1D~3D	
		미니벤치	벤치길이 : 1D 미만	
		다단벤치	벤치수 : 3개 이상	
	연직분할굴착		연직방향으로 분할굴착	
	선진도갱굴착		단면의 일부분을 먼저 굴착	

1.3 여굴

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

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

1.3.3 여굴의 발생부위에는 신속하고 적합한 보강조치를 실시하여 진행성 여굴이 발생하지 않도록 하여야 한다.

1.3.4 여굴이 과대하게 발생한 곳은 응력 집중에 따른 불안정 상태가 발생하지 않도록 숏크리트와 록볼트로 신속히 보강하고 잔여 부분은 모르터 또는 콘크리트로 치밀하게 채워야 한다.

1.4 막장 안정대책

1.4.1 막장의 지반이 불량하여 안정을 확보하기 곤란할 경우에는 막장 보강대책을 수립하여야 한다.

1.4.2 막장의 안정을 유지하기 위해서는 먼저 소단면 분할굴착을 적용하고, 지지코어, 막장면 숏크리트, 막장면 록볼트, 선진 주입보강 등을 병용하여 적용할 수 있다.

1.4.3 막장면에서 다량의 용출수가 발생할 경우에는 차수 또는 유도배수공을 설치

하여야 한다.

1.4.4 막장굴착을 장기간 존치하여야 할 경우에는 막장면의 장기 안정을 확보할 수 있는 대책을 적용하여야 한다.

1.4.5 막장이 연약지반에 위치하여 과대변위가 예상될 경우에는 가인버트 또는 인버트를 설치하여 굴착단면을 조기에 폐합하여야 한다.

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

해당사항 없음

4-3 기계굴착

1. 일반사항

1.1 기계굴착의 적용

1.1.1 기계굴착은 쇼벨, 브레이커 등의 중장비를 사용하여 굴착하는 방법으로, 지반의 이완을 최소화하고 막장의 안정을 유지하여야 하며 여굴이 적게 발생하도록 하여야 한다.

1.1.2 기계굴착은 절리가 심하게 발달한 암반이나 토사지반에 적용한다.

1.1.3 TBM과 쉴드TBM에 의한 굴착은 '제11장 TBM'에서 정한 바를 따른다.

1.2 굴착기계의 선정

1.2.1 굴착기계는 지반조건, 주위환경, 터널단면의 크기, 형상, 연장, 굴착공법, 버력처리방법 등을 고려하여 선정하고 지반의 특성에 적합하고 경제성이 있는 기종을 선정하여야 한다.

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

3.1 기계의 운전

3.1.1 절리면의 발달상태를 관찰하며 암괴의 밀려나옴이 발생하는지 유의하여 굴착하여야 한다.

3.1.2 기계운전원은 회전, 전진, 후진 시 다른 작업원이 다치지 않도록 주의하며 운전하여야 한다.

3.1.3 기계운전원과 다른 작업원과의 신호방법을 정하여 의사소통이 원활할 수 있도록 조치하여야 한다.

3.1.4 기계굴착을 적용할 경우에는 굴착패턴을 준수하고 기계운전에 의해 바닥면이 약화되지 않도록 바닥면 보호를 실시하여야 한다.

4-4 발파굴착

1. 일반사항

1.1 발파굴착의 일반

1.1.1 발파계획은 지반조건, 주위환경, 터널단면의 크기와 형상, 굴착공법, 굴진장, 벤치길이 등에 적합한 천공깊이, 천공배치, 폭약의 종류와 양, 뇌관의 형식, 발파순서 등을 종합적으로 판단하여 수립하여야 한다.

1.1.2 발파계획은 지반의 이완영역을 최소로 억제하고, 평활한 굴착면을 얻을 수 있도록 수립하여야 한다.

1.1.3 발파에 의해 발생된 버력의 크기는 활용계획 및 버력적재방법과 운반장비에 적합하도록 하여야 한다.

1.1.4 발파로 인한 소음, 지반진동 등 주변환경에 미치는 영향을 고려하여 필요한 경우에는 그 대책을 강구하여야 한다.

1.1.5 발파작업 시에는 총포·도검·화약류 등 단속법 및 동 시행령, 근로 안전관리규정, 기타 관계법규 등을 준수하여야 한다.

1.1.6 발파작업은 화약류관리 보안책임자의 감독 하에 진행되어야 한다.

1.1.7 발파 후 소정의 시간이 경과한 후 막장에 접근하여야 하며 불발 장약공, 잔류 폭약 유무를 점검하고 잔류 폭약의 제거 등의 필요한 조치를 강구하여야 한다.

1.1.8 발파 후 굴착면을 따라 뜬 돌의 잔존여부를 확인하고 뜬 돌이 확인될 경우 안

전하게 제거하여야 한다. 이를 위하여 필요한 도구를 상시 마련해 두고 정기적인 점검을 실시하여야 한다.

1.1.9 발파결과가 당초 계획과 상이할 경우에는 그 원인을 규명하여 후속 발파작업에 반영하여야 한다.

1.2 발파로 인한 지반진동

1.2.1 발파진동 측정에 대해서는 다음의 세부사항을 준수하여야 한다.

(1) 진동측정 계기는 발파진동의 주파수 범위에 적합하고 입자변위, 입자속도, 입자가속도를 측정할 수 있는 것이어야 하며 정밀분석이 필요할 경우에는 주파수 분석이 가능하도록 시간이력을 기록할 수 있는 것을 사용하여야 한다.

(2) 진동측정 항목은 입자변위, 입자속도, 입자가속도의 3가지로 구분하며 측정목적에 따라 측정항목을 다르게 할 수 있다.

(3) 발파에 의한 지반진동의 크기 및 파형의 측정은 원칙적으로 연직방향과 이에 직교하는 수평 2방향의 3성분을 동시에 측정하여야 하며 지반진동 수준의 거리에 따른 감쇠를 측정할 필요가 있는 경우에는 최소한 3측점 이상을 동시에 측정하여야 하며 이때 수진기는 지반과 밀착되도록 설치하여야 한다.

(4) 대상 시설물에 대한 지반진동은 발파원으로부터 가장 근접한 구조물 기초 부위에서 측정하고 여건상 이것이 불가능한 경우에는 이에 근접한 지표에서 측정할 수 있다.

(5) 측정 빈도는 다음의 기준을 표준으로 하되 현장의 작업여건이나 입지여건에 따라 조정할 수 있다.

① 시험발파 또는 발파패턴 변경 시에는 목표의 발파효과와 진동 관리치 도달 시까지 매 발파마다 측정한다.

② 일상적 발파작업이 이루어질 경우에도 주 1회 이상 주기적으로 측정하여 발파작업의 효과확인과 작업원에 대한 안전의식을 반복적으로 점검하도록 하여야 한다.

③ 문화재 및 진동예민 시설물에 대하여는 지반진동 영향권 전구간을 통과할 때까지 매 발파마다 측정하여야 한다.

1.2.2 발파지점 주변에 보호하여야 할 시설물이나 구조물이 있는 경우, 대상시설물 위치에서의 지반진동 허용치는 최대입자속도 측정치를 기준하여 <표 4-3.1>에 의하여 결정하되 공사발주 시방서 작성 시 조정할 수 있다.

<표 4-3.1> 구조물의 손상기준 발파진동 허용치

구분	문화재 및 진동예민 구조물	조적식(벽돌, 석재 등) 벽체와 목재로 된 천장을 가진 구조물	지하기초와 콘크리트 슬래브를 갖는 조적식 건물	철근콘크리트 골조 및 슬래브를 갖는 중소형 건축물	철근콘크리트 또는 철골골조 및 슬래브를 갖는 대형건물
최대입자 속도 (cm/sec)	02~0.3	1.0	2.0	3.0	5.0

단, 지반진동치를 주파수 대역별로 구분하여 관리할 필요가 있는 경우에는 외국의 법규나 공공기관의 기준치를 참조하여 별도로 정할 수 있다.

1.2.3 발파지점 주변의 주거민에 대한 생활 공해 방지를 위한 발파진동 허용치는 환경부 제정 '진동과 소음에 관한 규정'을 준용한다. 단, 가축사육 및 양식장 인접 공사의 경우에는 해당 전문가의 자문을 얻어 발파진동 허용치를 정하여야 한다.

1.2.4 현장에서 측정된 직교하는 3방향의 측정치 성분 중 어느 하나라도 허용치를 초과할 경우에는 천공을 포함한 일체의 발파작업을 중단하고 저폭속의 폭약사용, 다단발파 적용, 장약량 제한, 심발 발파방법 조정, 발파방식 변경 및 진동전파 방지방법 등을 활용하여 지반진동치가 허용범위 이내가 되도록 조치하여야 한다.

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

3.1 화약과 뇌관의 취급 및 관리

3.1.1 화약과 뇌관의 취급 및 관리는 반드시 관련 자격을 보유한 기술자가 하여야 하며 1일 사용량 이상을 초과하여 수령하여서는 안 된다.

3.1.2 화약과 뇌관은 각각 별도로 보관하고 잔여량은 반드시 반납하여야 한다.

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

3.1.4 발파 장소에서 화약류의 소운반은 소정의 용기, 운송방법에 준하되 지명된 작

업원에 의해서 시행하여야 한다.

3.1.5 여기에 언급되지 않은 사항은 '총포·도검·화약류 등 단속법'에 따른다.

3.2 천공

3.2.1 천공기계는 암질, 터널단면의 크기, 형상, 연장, 굴착공법, 발파계획, 버력처리방법, 공사기간 등을 고려하여 선정하여야 하며 로드(rod)와 비트(bit)는 천공기계, 암질 등에 적합한 것을 사용하여야 한다.

3.2.2 천공에 앞서 막장의 점검, 뜬 돌 제거, 잔류폭약의 유무 확인 및 회수 등의 조치를 취하여 천공 중 막장에서의 붕락, 잔류폭약에 의한 폭발사고 등을 방지하도록 하여야 한다.

3.2.3 천공 시에는 분진발생 억제 및 슬라임 제거 등이 가능한 방법으로 정해진 위치, 방향, 깊이대로 정확하게 천공하여야 하며 잔류폭약의 유무가 육안으로 확인되지 않은 전회 발파공을 다시 천공하여서는 안 된다.

3.2.4 천공 중에는 이상 용수, 가스의 분출, 지질의 변화 등이 있을 경우에는 즉시 천공을 중지하고 필요한 조치를 취하여야 한다.

3.3 장약 및 뇌관 연결

3.3.1 높은 위치에서의 장약은 작업대에서 실시하여야 하며, 장약 전에는 천공상태와 천공 중에 발생한 뜬 돌의 유무를 점검하고 이를 제거한 후 장약을 실시하여야 한다.

3.3.2 장약공은 발파효과를 높이기 위하여 소정의 채움재로 세밀하게 다지며 메워야 한다.

3.3.3 유출된 지하수가 잔류하는 막장의 하단 장약공은 수중으로 전달되는 충격압의 영향으로 불발될 우려가 있으므로 인접 장약공과 동일한 단수의 뇌관을 사용하는 등의 조치를 취하여야 한다.

3.3.4 전기뇌관을 사용할 경우에는 다음 사항을 준수하여야 한다.

(1) 반드시 누설전류 탐지기, 도선연결 시험기, 다짐봉 등 소정의 기구류를 사용하여 점검하고 순서에 따라 작업을 실시하여야 한다.

(2) 결선부는 절연재질로 된 비닐테이프, 방수캡 등을 사용하여 밀폐 조치하여 전류의 누설 또는 유입으로 인한 불의의 폭발이나 불발공이 발생하지 않도록 하여야 한다.

(3) 미주(迷走)전류, 누설전류, 정전기의 유무 및 크기를 측정하여 안전여부를 확인하여야 한다.

(4) 작업에 불필요한 모든 전동기 동력선은 전원으로부터 단절하고 필요한 전력선은 누전 차단장치를 설치하여야 한다.

(5) 발파모선은 완전 절연이 가능한 것을 사용하여야 하고 전기선로, 기타 대전의 우려가 있는 곳으로부터 완전히 격리시켜야 한다. 점화기에 접하는 발파모선의 단말은 점화 시 이외에는 점화기로부터 분리시켜야 한다.

(6) 발파회로는 결선작업을 종료한 이후 발파기에 연결하기 전까지 항상 개회로가 되도록 한다.

3.3.5 비전기식 뇌관과 전자식 뇌관을 사용할 경우는 제품에 따른 안전수칙을 준수하여야 한다.

3.4 발파 시 경보 및 대피

3.4.1 발파작업은 화약류관리보안 책임자의 통제 하에 실시하여야 한다.

3.4.2 화약류관리보안 책임자는 경보 및 대피와 관련하여 다음 사항을 수행하여야 한다.

(1) 위험구역, 대피장소 및 경로 지정

(2) 점화장소 지정

(3) 발파 예고, 점화, 해제 등의 각종 신호 및 경보 결정

(4) 점화자 지정

(5) 위험구역 표지 및 감시원 배치

3.4.3 터널의 양방향 굴착 시 관통이 가까워질 때에는 상호 긴밀한 연락 하에 발파작업을 수행하고 양방향에서 동시에 발파가 이루어지지 않도록 하여야 한다.

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

3.4.5 발파가 끝난 직후에는 신속한 환기가 되도록 하여야 한다.

3.4.6 발파 시 모든 작업원 및 주변 주민에게 발파를 알리는 사이렌 경보를 하여야 하며, 필요시 주민 대피, 교통 통제, 가축 대피 등을 실시하여야 한다.

3.4.7 안전에 대비하여 전기식 뇌관을 사용하는 발파는 발파 후 5분 이상, 비전기식

뇌관을 사용하는 발파는 발파 후 15분 이상을 경과한 후에 발파장소에 접근하여야 하며 불발 화약은 안전하게 제거하여야 한다.

3.5 뜬 돌 처리

3.5.1 발파 후 버력처리 전에 막장면, 측벽, 아치부 등을 점검하여 모든 뜬 돌을 제거하여야 한다.

3.5.2 분할발파 시의 뜬 돌 처리는 발파부위뿐만이 아니라 아직 지보재가 시공되지 않은 구간에 대해서도 실시하여야 한다.

4-5 버력처리

1. 일반사항

1.1 버력처리 일반

1.1.1 버력처리계획은 지반조건, 주위환경, 터널단면의 크기, 연장, 구배, 굴착공법, 굴착방법, 버력의 크기 및 사용 장비의 조건 등을 고려해서 수립하여야 한다.

1.1.2 터널의 연장이 긴 병렬터널인 경우에는 버력처리의 효율을 감안하여 일정한 간격으로 횡방향 연결통로를 설치하는 방안을 검토하여야 한다.

1.1.3 버력의 용적증가는 지반의 조건과 특성, 버력의 크기 및 혼합상태 등에 따라 다르므로 운반 시의 용적변화와 사토 시의 용적변화를 다르게 적용한다.

1.1.4 버력이 환경오염을 유발할 수 있는 암종으로 판명되어 환경관련 기준을 초과한 경우에는 중화처리 또는 2차오염이 발생하지 않도록 처리하여야 한다.

1.2 터널 내 운반

1.2.1 터널 내 운반방법은 지반조건, 환경조건, 터널단면의 크기, 연장, 구배, 굴착공법, 굴착방법, 안전성 및 운전효율 등을 고려해서 적합한 방법을 선정하여야 한다.

1.3 운반기기

1.3.1 운반기기의 크기는 터널 내를 안전하게 통과할 수 있는 것이어야 한다.

1.3.2 제동장치 및 연결 등의 기능은 항상 정상적인 기능을 갖도록 정비하여야 한다.

1.3.3 내연기관을 사용할 경우에는 환기설비를 가동하여 터널 내 공기가 인체에 유해하지 않도록 관리하여야 한다.

1.3.4 궤도방법으로 운반하는 경우에는 탈선 등의 장애가 발생하지 않도록 궤도의 설치 및 보수를 시행하여야 하고 일반 차량에 의한 경우에는 굴착바닥면을 보수하여 양호한 바닥면이 유지되도록 하여야 한다.

1.3.5 운행 시에는 안전 경보음을 내거나 경고등을 켜야 한다.

1.4 부대설비

1.4.1 터널 내 운반을 위한 부대설비는 운반방법, 운반기기, 버력처리 조건 등에 적합하도록 설치하여야 한다.

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

3.1 버력의 적재 및 운반

3.1.1 버력적재 작업 시 안전에 유의하고 기설치된 지보재, 가설설비 등을 손상시키지 않도록 하여야 한다. 버력적재 시 과도한 분진이 발생할 경우에는 살수 등 분진발생 억제조치를 취하여야 한다.

3.1.2 버력적재는 운반 도중에 버력이 떨어지지 않도록 덮개 등을 씌워야 하며 과적하지 않도록 하여야 한다. 단, 작업장 내의 단거리 운반 시에는 덮개를 씌우는 것을 생략할 수 있다.

3.1.3 운반방법은 타이어 혹은 크롤러 방법, 궤도방법, 컨베이어 방법 등으로 구분하며 터널의 경사, 크기, 연장 등을 고려하여 정하여야 한다.

3.1.4 터널 내 버력 적재 장소는 버력처리에 필요한 조명을 하여야 하며, 운반시설의 운영관리는 효율적이고 안전하게 시행하여야 한다.

3.1.5 작업구에서의 버력처리 시에는 안전신호에 의한 관리체계가 이루어져야 하며 상차장비 아래에서는 어떠한 작업행위도 이루어지지 않도록 조치하여야 한다.

3.2 운전

3.2.1 차량운행 시 운행관리 규정을 정하고 안전성을 확보하여야 한다.

3.2.2 운전원, 터널 작업인원 및 기타 관계자에게 안전운행에 관한 교육을 실시하고 운행관리 규정을 준수하도록 하여야 한다.

3.2.3 중간 작업장을 통과할 경우에는 안전거리를 유지하고 서행하여야 하며 경고음, 신호등으로 경고하여야 한다. 후진 운전인 경우에는 반드시 뒤를 잘 살피고 경고음을 울리면서 서행으로 안전운전이 되도록 하여야 한다.

제5장 터널지보재

5-1 지보재 시공계획

1. 일반사항

1.1 지보재 시공시기

1.1.1 지보재는 굴착 후 가능한 조기에 설치하여 지반이완이 최소가 되도록 하여야 하며, 굴착면 지반의 자립시간 이내에 설치를 완료하여야 한다.

1.1.2 지보재 공종 간에는 휴지시간이 없도록 설치시기를 계획하여야 하며 동일 작업조에 의하여 지보재 시공이 완료되도록 하여야 한다. 지보재 전공정 시공이 동일 작업조에 의해 수행될 수 없는 경우에는 공종별 작업조 간의 인수인계가 막장에서 이루어지도록 하여야 한다.

1.2 지보재 시공순서 결정

1.2.1 지보재의 시공순서는 지반조건, 터널단면의 크기와 형상, 주변여건, 안정성 및 경제성 등을 분석하여 결정하여야 한다.

1.2.2 지보재의 시공순서 변경이 요구되는 경우에는 지보재의 성능발생 특성에 따라 지반이 자체 지보능력을 발휘할 수 있도록 결정하여야 한다.

1.3 지보재 시공 중 조치사항

1.3.1 시공 중 지보재 혹은 지반에 이상 변형이 발생하였을 경우에는 지체 없이 지보재의 강성 증가, 록볼트의 추가 타설, 링폐합 등의 보강을 시행하고 계측빈도를 증가시키고 필요시 추가의 계측기를 설치하여 변위추이를 감시하여야 한다.

1.3.2 시공 중 실제 지반조건이 설계 시 예측된 지반조건과 다를 경우에는 감독원의 승인을 얻은 후 지체 없이 실제 지반조건에 적합한 지보방법으로 변경하여 시공하여야 한다.

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

해당사항 없음

5-2 강지보재

1. 일반사항

1.1 강지보재 일반

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

1.1.2 강지보재의 종류로는 구조용 H형강, U형강, 격자지보(lattice girder) 등이 있으며, 굴착면이나 숏크리트에 밀착되어 강지보재에 하중이 고루 분포되도록 하고, 콘크리트라이닝의 두께가 확보될 수 있도록 정확한 제작과 시공을 하여야 한다.

2. 재료

2.1 강지보재의 재질

2.1.1 강지보재는 연성이 크고 휨과 용접 등의 가공성이 양호한 강재를 사용하여야 한다.

2.1.2 H형강과 U형강의 재질은 KS D3503에 규정된 SS 300B 또는 KS D 3515에 규정된 SM400, 격자지보의 재질은 KS D3504에 규정된 SD500W를 표준으로 하며 이와 동등 이상의 성능을 발휘하는 구조용 강재로 한다.

2.1.3 강재 대신 고강도 플라스틱, 복합부재 등을 지보재로 사용할 경우 강지보재와 동등 이상의 성능을 발휘하여야 한다.

2.2 강지보재의 제작

2.2.1 강지보재는 작용하중, 숏크리트의 두께, 피복두께, 굴착공법 등을 고려하여 소요단면과 설계치수가 확보되도록 제작하여야 한다.

2.2.2 강지보재의 이음 개소는 거치 및 시공성을 고려하여 정하되 이음개소를 최소화하고 구조적으로 유리한 곳에서 견고하게 체결되도록 제작하여야 한다.

2.3 재료의 품질관리

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

2.3.2 강지보재 재질의 품질관리는 공인기관의 시험성적을 확인하는 것으로 대신한다.

3. 시공

3.1 강지보재의 설치

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

3.1.2 강지보재의 설치간격은 지반특성, 사용목적, 시공법 등을 고려하여 조정할 수 있다.

3.1.3 강지보재 기초부에는 목재, 콘크리트 블록, 강판 등의 받침을 설치하여 강지보재가 견고하게 지지되도록 하여야 한다. 단, 목재는 굴착경계부와 같이 임시 받침으로만 사용될 수 있다.

3.1.4 강지보재 기초부에 전달되는 하중이 큰 경우에는 지지력을 확보할 수 있도록 바닥보강 콘크리트 받침을 사용하여야 한다.

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

3.1.6 강지보재가 해체되거나 연결되는 곳에는 후속 시공이 용이하도록 조치를 취한 후 숏크리트를 타설하여야 한다.

3.1.7 강지보재 연결부는 강지보재 기능을 손상하지 않도록 체결하여야 하며, 강지보재 상호 간은 간격재로 견고하게 연결하여야 한다.

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

3.2 현장 품질관리

3.2.1 강지보재의 품질관리는 <표 5-2.1>과 같이 관리하여야 한다.

<표 5-2.1> 강지보재의 현장 품질관리 항목

관리항목	관리내용 및 시험	시험빈도
형상 및 치수	소정의 형상 및 치수대로 가공되었는가의 확인	물품반입 시
변형 및 손상	변형 및 녹 등의 이물질 부착여부 확인	시공 전
시공정확도	소정의 위치, 수직도, 높이 등을 확인	시공 직후
밀착	원지반 또는 숏크리트와의 밀착여부 확인	시공 직후
이음 및 연결상태	이음볼트, 연결재 및 용접상태 등의 시공상태 확인	시공 직후

5-3 숏크리트

1. 일반사항

1.1 숏크리트 일반

1.1.1 숏크리트는 다음과 같은 기능을 발휘할 수 있도록 시공하여야 한다.

(1) 숏크리트에 작용하는 외력을 지반에 분산시키고, 터널주변의 붕락하기 쉬운 암괴를 지지하며, 굴착면 가까이에 지반아치가 형성될 수 있도록 한다.

(2) 강지보재 또는 록볼트에 지반압을 전달하는 기능을 발휘하도록 연속적으로 타설하여야 한다.

(3) 굴착된 지반의 굴곡부를 메우고 절리면 사이를 접착시킴으로써 응력집중현상을 피하도록 한다.

(4) 굴착면을 피복하여 풍화, 누수 및 세립자 유출 등을 방지하도록 한다.

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

1.1.3 숏크리트는 일반숏크리트와 고강도숏크리트로 구분하며 숏크리트의 설치목적에 맞게 성능과 품질을 확보하여야 한다. 숏크리트의 재령 28일 설계기준강도는 일반숏크리트의 경우 21MPa 이상, 고강도숏크리트의 경우 35MPa 이상이고 재령 1일 강도는 10MPa 이상이 되도록 하여야 한다.

1.1.4 고강도숏크리트는 일반숏크리트 기능 이외에 다음과 같은 기능을 추가적으로 발휘할 수 있도록 하여야 한다.

(1) 고강도숏크리트 자체가 마감면이 되는 경우 화재에 대한 숏크리트의 안정성을 확보할 수 있는 대책을 세워야 한다.

(2) 조명, 환기 등 기타 부대설비를 충분히 고정시킬 수 있을 만큼 숏크리트의 강

도와 부착성능이 확보되어야 한다.

1.1.5 고강도숏크리트가 최종 마감재로 사용되는 경우에는 소요 두께 및 층별 기능을 위해 각 층별로 다른 성능의 숏크리트를 타설할 수 있다.

2. 재료

2.1 숏크리트의 재질

2.1.1 일반사항

(1) 숏크리트의 성능은 터널용도에 맞는 뿜어붙이기 성능과 초기 및 장기강도, 내구성능을 설정하여야 한다.

(2) 숏크리트의 뿜어붙이기 성능은 리바운드율, 분진 농도, 초기강도 및 장기강도로 설정할 수 있다.

(3) 숏크리트에 섬유를 첨가한 섬유보강 숏크리트의 성능은 초기 및 장기강도 이외에 휨강도와 휨인성을 설정하여야 한다.

2.1.2 고강도숏크리트를 최종 마감재로 적용할 경우 구조적 안정성과 박락에 대한 저항성을 확보하기 위해 암반 및 숏크리트 각 층 간의 부착강도를 높일 필요가 있으며 재령 28일 부착강도는 1MPa 이상이 되도록 관리하여야 한다.

2.1.3 급결제는 요구되는 급결성을 갖는 액상이나 분말형을 사용할 수 있으며 조기강도 발현 효과가 좋고 장기강도에 영향을 적게 미치는 것을 사용하여야 한다.

2.1.4 숏크리트용 시멘트는 KS L 5201(시멘트)의 기준에 적합한 1종의 보통 포틀랜드 시멘트 사용을 원칙으로 한다. 이 이외의 시멘트를 사용할 경우에는 규정된 숏크리트 성능기준 만족여부를 사전에 확인하여야 한다.

2.1.5 급결제 및 시멘트는 품질이 변질되지 않도록 보관하여야 한다. 동절기 및 혹서기에 골재가 동해되거나 가열되지 않도록 조치하여야 한다.

2.1.6 급결제는 KS F 2782의 규정에 적합하고 인체에 유해한 영향이 없어야 한다.

2.2 숏크리트의 배합

2.2.1 굵은 골재 및 잔골재의 규격, 입도기준과 재료별 배합비율은 설계시방배합에 따라야 하며 현장배합시험 결과에 따라 조정하여야 한다.

2.2.2 재료별 배합은 중량배합으로 하여야 한다.

2.2.3 강섬유의 혼입량은 설계휨강도와 휨인성값이 만족될 수 있도록 배합관리하여야 하며 실제 벽면에 타설된 혼입량은 최소 295N/m^3(30kgf/m^3) 이상이 되

어야 한다.

2.2.4 습식방식에 있어서 급결제 첨가 전의 베이스콘크리트는 굵은 골재의 최대치수, 슬럼프 및 배합강도를 기초로 정하며 베이스콘크리트를 펌프로 압송할 경우 슬럼프는 120mm 이상으로 한다.

2.3 재료의 품질관리

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

<표 5-3.1> 재료시험 사항

시험종별	시험내용	규정치	시험빈도
일상관리 시험	• 잔골재의 표면수량시험 (KS F 2509) • 콘크리트 모래에 포함되어 있는 유기불순물시험 (KS F 2510)		• 골재입하 시 • 필요시
정기관리 시험	• 시멘트(KS L 5201)	• 1종 보통 포틀랜트 시멘트	• 제품의 상표확인으로 대신함
	• 물 • 수질시험 (콘크리트 표준시방서)	• 기름, 산, 유기불순물, 흔탁물 등 콘크리트나 강지보재의 품질에 나쁜 영향을 미치는 물질을 함유해서는 안 된다 • 해수를 사용해서는 안 된다	• 터널공사 착수 전 1회 • 채취개소 또는 수질변경 시 1회(음료수는 제외)
	• 급결제(제품의 비중, 압축강도비, 응결시간 등의 제품사양과 공인기관 시험성적)	• 초기응결 (최소 90초, 최대 5분) • 초기응결 (최소 12분, 최대 20분)	• 제조공장 또는 품질이 바뀔 때마다 • 공인기관 시험성적으로 대신함(KS L 5103)
	• 잔골재 · 체가름시험(KS F 2502) · 밀도시험(KS F 2504) · 흡수율시험(KS F 2504) · 단위용적 질량(KS F 2505) · 0.08mm체통과량(KS F 2511) · 안정성시험(KS F 2507)	 · 2.5 이상 · 3.0% 이하 · 3.0% 이하 · 10% 이하	• 채취장소(납품사) 선정 시 1회 • 채취장소 또는 품질이 바뀔 때마다 1회
	• 굵은 골재 · 체가름시험(KS F 2502) · 밀도시험(KS F 2503) · 흡수율시험(KS F 2503) · 단위용적 질량(KS F 2505) · 입자모양 판정 실적률 (KS F 2527) · 점토덩어리 함유량 (KS F 2512) · 0.08mm체통과량 (KS F 2511) · 안정성시험(KS F 2507) · 마모감량시험(KS F 2508)	 · 2.5 이상 · 3.0% 이하 · 55% 이상(부순돌만) · 1.0% 이하 · 1% 이하 (부순돌 1.5% 이하) · 40% 이하	• 채취장소(납품사) 선정 시 1회 • 채취장소 또는 품질이 바뀔 때마다 1회

2.4 철망

2.4.1 일반사항

(1) 철망은 타설된 숏크리트가 자중으로 인해 박리될 가능성 등이 있는 경우에 숏크리트의 인장강도 및 전단강도의 향상, 숏크리트의 부착력 향상, 그리고 분할굴착 시 발생하는 시공이음부의 보강 등을 위하여 사용한다.

(2) 강섬유보강 숏크리트를 사용할 경우는 철망을 생략할 수 있다.

2.4.2 재료

(1) 철망은 KS D 7017에 규정된 용접철망을 사용하되 철망의 지름은 5mm 내외, 개구 크기는 100mm×100mm 또는 150mm×150mm를 표준으로 한다.

(2) 굴착면의 자립이 어렵고 숏크리트 타설 시 숏크리트 박리가 발생하는 경우에는 숏크리트와 지반과의 부착을 증진시키기 위하여 개구 크기와 철선지름이 작은 철망을 사용할 수 있다.

2.4.3 시공 및 품질관리

(1) 철망은 굴착면 또는 이미 타설된 숏크리트면에 밀착시켜 견고하게 고정하여 숏크리트 작업 중 이동이나 진동이 발생하지 않도록 하여야 한다.

(2) 철망은 터널 종방향으로 100mm, 횡방향으로 200mm 정도 중첩하여 이음하여야 한다.

(3) 철망은 보관 및 운반 시에 변형, 유해한 녹, 기타의 이물질이 부착되지 않도록 조치하여야 한다.

(4) 철망의 품질관리는 <표 5-3.2>와 같이 하여야 한다.

<표 5-3.2> 철망의 현장 품질관리 사항

종별	관리항목	관리내용 및 항목	시험빈도
일상관리	보관 및 청소상태	· 변형, 녹, 이물질의 부착상태 확인	물품반입 후 및 시공 전
	고정상태	· 콘크리트못, 앵커핀, 록볼트 등에 의해 흔들리지 않게 고정이 되었는지 확인	숏크리트 타설 전
	밀착상태	· 굴착면 또는 숏크리트면에 밀착되었는지 확인	숏크리트 타설 전
	겹이음상태	· 겹이음이 확실히 되었는지 확인	숏크리트 타설 전

3. 시공

3.1 사전준비 및 처리

3.1.1 굴착면으로부터 뜬 돌을 주의하여 제거하여야 하며 숏크리트의 부착을 저해하는 요인들을 제거하여야 한다.

3.1.2 잔골재는 호스가 폐쇄되지 않고 먼지의 발생이 적도록 표면수를 함유하여야 한다.

3.1.3 굴착면이나 이미 타설한 숏크리트면에 용출수가 있을 경우에는 용출수 대책을 강구한 후 숏크리트를 타설하여야 한다.

3.1.4 용출수 대책으로는 배수관을 이용한 배수, 시멘트량이나 급결재량의 증가, 사용수량의 감소 등의 방법을 적용할 수 있다.

3.2 숏크리트 타설기계 및 타설방법

3.2.1 숏크리트 타설기계는 내압에 대한 안전성, 내구성은 물론 양호한 기계적 특성 보유 유무, 시공조건 등을 검토하여 소정의 배합재료를 연속하여 압송할 수 있는 것을 선정하여야 한다.

3.2.2 숏크리트 타설기계는 굴착면 인접부까지 접근이 가능하여야 하며 요구되는 기능을 발휘할 수 있는 부속기기를 갖추어야 한다.

3.2.3 숏크리트 타설방법과 공법은 지반조건, 터널연장 및 단면크기 굴착방법, 용출수의 유무, 경제성 등을 검토하여 변경할 수 있다.

3.3 숏크리트 작업

3.3.1 숏크리트는 굴착 후 조속히 시공하여야 하며, 지반과 밀착되도록 타설하여야 한다.

3.3.2 강지보재, 철망, 철근 등이 있는 경우에는 숏크리트와 강지보재가 일체가 되도록 주의해서 뿜어붙여야 한다.

3.3.3 숏크리트를 타설한 후 저온, 건조, 급격한 온도변화 등 해로운 영향을 받지 않도록 보호하고 양생을 하여야 한다.

3.3.4 숏크리트 기계작업원과 타설작업원 간의 거리는 상호 수신호가 가능한 거리 이내이어야 한다.

3.3.5 숏크리트의 타설작업 시에는 철망, 철근, 강지보재 등의 배면에 공동이나 틈이 발생되지 않도록 하여야 하며, 철망, 철근은 숏크리트 타설로 인하여 이동과 과도한 진동 등이 생기지 않도록 고정하여야 한다.

3.3.6 숏크리트를 나누어 타설하는 경우에는 숏크리트 각층이 상호 확실히 부착되도록 타설하여야 한다.

3.3.7 숏크리트 타설 시 반발된 숏크리트가 혼합되지 않도록 반발된 숏크리트는 모두 제거하여야 한다.

3.3.8 시공된 숏크리트면은 평탄하게 하되 각 경우별로 평탄성의 허용치를 설정하여 관리할 수 있다.

3.3.9 노즐의 방향은 숏크리트면에 직각이 되도록 유지하고 굴착면과의 거리는 반발량이 최소화되도록 유지하여야 한다.

3.3.10 숏크리트의 타설작업은 하부로부터 상부로 진행하되 강지보재 부분을 먼저 타설하여 강지보재와 숏크리트의 일체성을 증진하여야 한다.

3.3.11 건식타설 방법에 있어서 물의 압력은 압축공기의 압력보다 100kPa 정도 높게 되도록 유지하여야 한다.

3.3.12 숏크리트 타설작업원은 골재의 반발이나 분진의 위해가 있을 경우에 대비하여 보호장비를 착용하여야 한다.

3.4 분진 및 반발량 처리

3.4.1 숏크리트 타설작업장은 분진처리를 하여야 하며 양호한 작업환경을 유지하여야 한다.

3.4.2 숏크리트 타설 시 발생된 반발재는 굳기 전에 제거하여야 한다.

3.5 현장 품질관리

3.5.1 숏크리트는 설계기준 강도가 발휘되도록 하고 반발률을 적게 하며 양호한 작업성을 갖도록 관리하여야 한다.

3.5.2 숏크리트 품질관리는 <표 5-3.3>과 같이 하여야 한다.

<표 5-3.3> 숏크리트의 현장 품질관리 사항

종별	관리항목		관리내용 및 시험	시험빈도	비고
일상관리	배합		배합비 및 사용량 검사	매 타설 시	현장배합시험물 기준
	시공상태		숏크리트의 부착, 성상, 반발, 분진발생 등의 관찰	매 타설 시	
	두께		핀 등에 의한 확인	매 타설 시	
	변상		변형 및 균열 등의 관찰	매일	현장계측 결과에 따라 대책을 강구
정기관리	두께		숏크리트 두께의 검측	터널연장 20m마다	아치부 5개소 측벽 좌우 각 1개소
	강도	재령 1일 강도	압축강도시험	· 빔거푸집 : 1회/200m²	현장타설 숏크리트에 대한 핀관입시험으로 대체 가능
		재령 28일 강도	압축강도시험, 휨강도 및 휨인성시험 (보강섬유를 사용할 때)	· 빔거푸집 : 회/200m² · 코어채취 : 1회/1,000m²	① 빔거푸집(KS F 2422) ② 직접코어채취 ③ 압축강도시험 (KS F 2405) ④ 휨강도시험 (KS F 2408) ⑤ 휨인성시험 (KS F 2566)
기타	강도		단기재령 압축강도시험 장기재령 압축강도시험	· 공사착수 전 · 골재원, 급결제 및 현장 배합설계가 변경될 때마다 1회 · 필요할 때마다	빔거푸집(KS F 2422)
	반발률		반발률 측정		

주) 핀관입시험은 공기압식 핀관입시험을 표준으로 하여 현장 적용 시 초기압축 강도와 핀관입 깊이의 상관성을 검증한 후 적용하도록 한다.

3.5.3 숏크리트의 두께관리는 다음의 규정에 따라야 한다.

(1) 숏크리트의 두께는 시공 시에는 핀 등을 이용하여 측정하고 정기관리를 위해서는 천공하여 측정하여야 한다.

(2) 숏크리트의 두께는 설계두께를 기준으로 하여 검측된 평균두께가 설계두께 이

상이어야 하며 검측된 최소두께는 설계두께의 75% 이상이어야 한다.

(3) 숏크리트의 두께측정 결과두께가 설계두께에 미달되는 구간은 좌우 1m 범위 내에서 재측정하여 상기(2)항과 같은 기준으로 판정하고 재측정결과 판정기준에 미달하면 표본면적으로 대표된 전면적을 설계두께 이상으로 보완하여야 하며 보완시공의 최소두께는 30mm 이상으로 하여야 한다.

3.5.4 숏크리트의 강도시험은 다음의 규정에 따라야 한다.

(1) 시공 전의 강도시험용 시료성형은 콘크리트의 휨강도시험용 몰드(150×150×530mm KS F 2422)를 사용하여 반발재가 유출되도록 70° 정도 경사지게 한 후 뿜어붙인다. 뿜어붙인 후 몰드의 윗부분을 조심하여 평탄하게 고르고 압축강도시험 및 휨강도시험용의 공시체로 사용하도록 한다.

(2) 시공 후 압축강도시험용의 시료채취는 숏크리트 타설 후 28일 경과 시 코어보링머신을 이용하여 ϕ100×200mm 또는 ϕ50×100mm의 규격으로 1회 시험당 3개씩의 원주형 시료를 채취하고 시료의 양 단면은 콘크리트 절삭기 등으로 직각으로 절단하거나 KS F 2403에 준하여 캡핑하여야 한다.

(3) 숏크리트의 시간에 따른 강도발현 상태를 파악하기 위하여 단기 및 장기재령 강도시험을 시행하여야 하며 단기재령 강도시험은 24시간, 장기재령 강도는 28일로 하여야 한다. 숏크리트 기준강도는 ϕ150×300mm 규격의 성형시료를 기준으로 한 값이며, 시험시료의 크기가 달라질 경우에는 보정하여야 한다.

(4) 현장채취코어를 통한 숏크리트의 압축강도 및 강섬유보강 숏크리트의 시험은 1회 시험당 3개의 코어시료를 채취하고, 채취한 모든 시료의 시험강도는 설계강도의 75%보다 작아서는 안 되며, 산술평균강도는 설계강도의 85% 이상이어야 한다. 또한 시료를 성형하는 경우는 3개의 시험결과 중 2개 이상은 설계강도 이상이어야 하며 나머지 1개는 설계강도의 85%보다 작아서는 안 되며, 평균강도는 설계강도 이상이어야 한다.

(5) 숏크리트의 단기 및 장기재령 강도시험에서 미달되는 경우는 재료의 변경 또는 현장배합설계를 조정하여 설계강도를 확보할 수 있도록 하여야 한다.

(6) 시공된 숏크리트의 재령 28일 압축강도가 1차 시험에서 미달되는 구간은 좌우 5m 범위 내에서 재시험용 코어를 채취하여 상기(4)항과 같은 기준으로 판정하고 재시험결과 판정기준에 미달 시에는 보완시공 또는 재시공하여야 한다.

3.5.5 숏크리트의 반발률 측정은 현장에서 숏크리트를 타설하고 바닥에 떨어진 숏

크리트(반발재)를 수거, 계량하여 다음 식에 의하여 반발률을 산출한다.

$$\text{반발률}(\%) = \frac{\text{반발재의 중량}}{\text{숏크리트재료의 전중량}} \times 100$$

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

3.5.7 강섬유혼입량시험은 터널 내에 시공된 숏크리트에서 직접 코어(ϕ100mm 이상)를 채취한 후 KS F 2781 숏크리트용 강섬유보강 콘크리트의 강섬유 혼입률 시험방법에 따라 시험을 실시한다. 단, 적용된 숏크리트가 목표로 하는 휨강도, 휨인성을 만족할 경우 혼입량 검사를 생략할 수 있다.

5-4 록볼트

1. 일반사항

1.1 록볼트 일반

1.1.1 록볼트는 굴착면 주변에 설치되어 이완된 암괴 또는 절리면들을 꿰메어 지반을 보강하거나 내압을 가하여 지반이 아치나 보를 형성하도록 시공하여야 한다.

1.1.2 록볼트 설치는 지반조건을 분석하여 록볼트의 효과와 기능을 발휘할 수 있는지 여부를 검토하여 소요의 기능을 발휘할 수 있는 록볼트를 시공하여야 한다.

1.1.3 록볼트의 인장력을 발휘하도록 시공할 경우에는 발생축력을 검토하여 록볼트의 재질과 형상을 결정하고 인발내력을 확인하여야 한다.

1.1.4 록볼트의 재질, 지압판, 정착형식 및 정착재료의 선정 등에 있어서는 그 시공성을 검토하여야 한다.

1.1.5 록볼트에 프리스트레스를 도입할 경우의 프리스트레스는 록볼트 항복응력의 80% 이하가 되도록 하여야 한다.

1.1.6 록볼트 천공 시 지반조건상 공벽의 자립성이 불량한 경우에는 자천공 록볼트를 사용할 수 있다.

1.1.7 8m 이상의 긴 록볼트를 설치할 필요가 있는 경우에는 일반 록볼트와 함께 긴 케이블볼트를 조합하여 사용할 수 있다.

2. 재료

2.1 록볼트의 재료

2.1.1 록볼트의 재질은 SD350 이상의 강재로서 연신율이 큰 재질이어야 하며, 이형봉강이나 강관, 팽창성 강관 등을 사용할 수 있다.

2.1.2 현장조건 및 시공여건에 따라 섬유 또는 유리재질로 보강된 소재의 록볼트를 사용할 수 있다.

2.1.3 지압판의 두께는 6mm를 표준으로 하되 팽창성 지반에 대해서는 9mm 이상의 두께를 사용하여야 한다.

2.1.4 케이블볼트의 재질 및 형상은 원지반 조건 및 사용목적에 따라 정하여야 하며, 일반적으로 재질은 공칭지름 12.7mm 이상의 7연선으로 인장강도 및 연신율이 큰 것이어야 하고 1본의 케이블볼트가 지탱하는 소요강도에 따라 다양한 형상의 케이블볼트를 사용할 수 있다.

2.2 록볼트의 정착형식

2.2.1 록볼트의 정착형식은 선단정착형, 전면접착형, 혼합형으로 구분한다.

2.2.2 선단정착형 록볼트는 록볼트의 선단을 지반에 정착한 후 프리스트레스를 도입하여 굴착면 주변지반에 내압이 작용하도록 하여야 한다.

2.2.3 전면접착형 록볼트는 수지 또는 모르터 등을 사용하여 록볼트 전장을 지반에 정착시키는 형식으로서 굴착면 주변지반의 지보능력을 향상시키도록 하여야 한다.

2.2.4 혼합형 록볼트는 록볼트 선단을 지반에 정착시키고 프리스트레스를 도입한 후 록볼트 전장과 지반과의 공극을 정착재료로 충전하는 형식으로서 선단정착형식과 전면접착형식의 기능을 모두 발휘할 수 있도록 하여야 한다.

3. 시공

3.1 천공기계의 선정

3.1.1 천공기계는 지반조건, 터널단면의 크기와 형상, 연장, 굴착공법, 천공길이, 본수 등을 고려하여 선정하여야 한다.

3.1.2 천공 도중 천공각도를 일정하게 유지시킬 수 있는 기계를 선정하여야 한다.

3.1.3 록볼트의 삽입, 정착, 조이기 등에 사용하는 기계는 록볼트의 정착형식에 적합한 것을 선정하여야 한다.

3.2 천공 및 청소

3.2.1 록볼트 천공은 소정의 위치, 직경, 깊이를 준수하여 굴착면에 직각이 되도록 천공하여야 한다. 단, 암괴의 탈락이 예상되는 주절리면이 파악된 경우에는 절리면의 직각방향으로 추가공을 천공하도록 한다.

3.2.2 록볼트 삽입 전 천공된 구멍에 돌가루 등의 록볼트 정착에 유해한 물질이 남지 않도록 청소하여야 한다.

3.2.3 록볼트는 삽입 전에 유해한 녹, 기타의 이물질이 부착되지 않도록 관리하여야 한다.

3.3 정착재료 및 충전

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

3.3.2 록볼트는 소정의 깊이까지 삽입하여야 하며 소정의 정착력을 얻도록 시공하여야 한다.

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

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

(1) 시멘트는 보통 포틀랜드 시멘트를 사용한다. 조기에 접착능력을 발휘하여야 할 경우에는 급결제 등을 혼합하거나 조강 시멘트를 사용하여야 한다.

(2) 사용하는 모래는 최대 직경이 2mm 이하인 입도가 양호한 모래를 사용하여야 한다.

(3) 시멘트와 모래의 배합은 1:1로 한다.

(4) 물과 시멘트의 비는 40~50%이며 플로우값은 200~220 정도를 기준으로 한다. 단, 지하수 및 지반조건에 따라 물의 양을 가감하여 시공 중 시멘트 모르터의 유동성을 유지하여야 한다.

(5) 시멘트 모르터의 충전은 모르터피더를 이용하거나 캡슐형을 사용할 수 있다.

3.3.5 현장여건상 록볼트 정착재료로서 시멘트 풀을 사용할 경우에는 시멘트 모르터와 동등 이상의 성능을 발휘할 수 있어야 한다.

3.3.6 록볼트 정착재료로서 레진(resin)을 사용할 경우는 다음의 규정을 따라야 한다.

(1) 레진은 폴리에스터(polyester)계 및 동등 이상의 재질이어야 하며 캡슐형태로 제공되어야 한다.

(2) 레진은 제조업자가 표시한 보관기간이 경과하거나 변질 또는 용량이 불충분한 것을 사용하지 않도록 하여야 한다.

(3) 용수, 염수, 산, 약 알카리성에 대하여 영향을 받지 않아야 하며 보관 및 이동에서 영상 50℃ 이상 및 영하 30℃ 이하의 조건이 발생되지 않도록 하여야 하며 색깔이 변질된 것을 사용하여서는 안 된다.

(4) 레진의 인발내력은 규정된 록볼트의 허용인장강도보다 1.2배 이상 이어야 하며 조기에 접착력을 발휘하여야 한다.

(5) 레진에 대한 현장 품질관리의 일반시험으로서 소정의 설계 인발력 이상이 됨을 확인하여야 한다. 단, 토사 및 완전 풍화된 암반구간에는 레진을 사용하지 않도록 하여야 한다.

3.3.7 록볼트 정착재료 충전 시 소정의 인발내력과 장기내구성 확보를 위하여 정착재료가 흘러내리지 않도록 해야 한다.

3.4 록볼트 조이기

3.4.1 록볼트의 조이기는 록볼트의 항복강도를 넘지 않는 범위 내에서 견고하게 조여야 한다.

3.4.2 전면접착형 록볼트는 정착 후 지압판 등이 숏크리트면에 밀착되도록 너트 등으로 조여야 한다.

3.4.3 선단정착형 록볼트의 경우에는 확고한 정착부를 형성하도록 하여 프리스트레스 도입 후에도 록볼트에 긴장응력이 유지되어야 한다. 지반조건상 시간이 경과하며 정착부가 느슨해질 우려가 있거나 록볼트의 부식이 크게 우려되는 곳에는 프리스트레스 도입 후 록볼트와 지반 사이의 공극을 시멘트 풀 혹은 모르터로 충전하여야 한다.

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

3.5 용출수지역에서의 록볼트 시공

3.5.1 용출수가 있을 경우 원칙적으로 용출수를 처리한 후 록볼트를 시공하여야 한다.

3.5.2 용출수로 인해 록볼트 충전이 어려운 경우는 급결제 등을 사용하거나 팽창성

강관 록볼트 등을 사용할 수 있다.

3.6 현장 품질관리

3.6.1 록볼트의 현장 품질관리는 <표 5-4.1>과 같이 하여야 한다.

<표 5-4.1> 록볼트의 현장 품질관리

종별	관리항목	관리내용 및 시험	시험빈도	비고
일상관리	시공 정밀도	소정의 위치, 천공지름, 깊이로 시공되어 있는가의 확인	매 타설 시	록볼트의 검측
	충전상태	충전재가 록볼트와 원지반 사이에 확실히 채워져 있는가를 확인	매 타설 시	함마 타격 확인
	정착효과	시공 후의 정착효과를 확인(토크렌치로 조임 등)	매 타설 시	함마 타격 확인
	변형	지압판의 변형 등을 관찰	매일	현장계측 결과 등에 의하여 대책을 강구
정기관리	강도	록볼트 인발시험	터널연장 20m마다	3개/20m(천장, 양측벽 각 1개)
기타	유동성	모르터의 컨시스턴시 측정	필요할 때마다	KS F 2432
	강도	모르터의 압축강도시험		KS F 2426

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

3.6.3 인발시험은 충분한 정착효과가 얻어진 후에 실시하여야 하며 인발하중의 재하속도는 분당 10kN 내외로 하여야 한다.

3.6.4 인발시험은 하중 단계별로 변위를 측정하여 하중변위곡선을 작성하고 판정시의 변위가 설계에서 고려한 록볼트의 효과를 발휘할 수 있는 범위 이내인지를 확인하여 합격여부를 판정하여야 한다.

3.6.5 록볼트 인발시험은 사용된 록볼트와 동종인 록볼트 자체에 대한 사전인발시험을 실시하여 인발내력을 확인하고, 시공된 록볼트에 대한 실제 시험 시에는 설계인발내력의 80%에 달하면 합격하는 것으로 한다.

3.6.6 인발시험 결과 불합격될 경우는 불합격 부위(천장, 아치, 측벽)에서 5개를 추

가 시행하여 5개 중 3개 이상이 불합격되면 표본구간으로 대표된 전구간에 대하여 설계와 동일수량의 록볼트를 재시공하여야 한다.

3.6.7 다음의 경우는 록볼트를 추가 시공하여야 한다.

(1) 내공변위 또는 지중변위 측정 등의 계측결과로부터 얻어진 터널측면의 변형이 과다한 경우

(2) 록볼트 두부로부터 록볼트 길이의 1/2지점과 록볼트 단부 사이에 록볼트 축력의 최대치가 발생하는 경우

(3) 소성영역의 확대가 록볼트 길이를 넘는다고 판단되는 경우

(4) 숏크리트의 균열, 지압판의 변형, 과다변위, 응력발생 등 록볼트의 추가시공이 필요하다고 판단되는 경우

3.6.8 지반조건이 매우 불량하여 특정구간 전체에서 소요의 인발 내력이 얻어지지 않거나 록볼트 시공이 곤란한 경우에는 감독원과 협의하여 다른 조치를 강구할 수 있다.

3.6.9 록볼트에 대한 현장 품질관리시험이 종료되면 시공자는 시험결과를 각 항목별로 일정양식에 정리하여야 한다.

빈 면

제6장 콘크리트라이닝

6-1 콘크리트라이닝

1. 일반사항

1.1 콘크리트라이닝 일반

1.1.1 굳지 않은 콘크리트를 사용하여 현장에서 타설하는 콘크리트라이닝에 대하여는 본 공종에서 정하는 바를 따른다.

1.1.2 이 시방서에 규정되지 않은 사항에 대해서는 콘크리트 표준시방서의 규정에서 정하는 바를 따른다.

1.1.3 프리캐스트라이닝에 대하여는 별도로 정하는 바에 따른다.

1.2 콘크리트라이닝의 시공시기

1.2.1 콘크리트라이닝은 주지보재의 시공이 완료된 후 계측결과를 토대로 변위가 수렴된 것을 확인한 후 가능한 한 조기에 시공하여야 한다. 굴착과 병행하여 콘크리트라이닝을 시공하여야 하는 경우에는 발파진동으로 인한 영향을 고려하여 이격거리를 유지하여야 한다.

1.2.2 변위가 완전히 수렴되지 않은 상태에서 콘크리트라이닝을 타설하게 될 경우에는 변위량과 변위속도를 기준으로 콘크리트 타설시기를 결정하되, 콘크리트라이닝은 변위를 억제할 수 있는 기능을 보유하여야 한다.

2. 재료

2.1 콘크리트

2.1.1 콘크리트라이닝에 사용하는 골재는 내구성이 우수하여야 하며 골재에 포함된 염분 및 유기물 등은 콘크리트 표준시방서에서 제시하는 허용기준치 이하이어야 한다.

2.1.2 섬유보강 콘크리트와 혼합시멘트계 콘크리트에 사용하는 혼화재는 균열억제, 내구성 및 내화성 증진을 달성할 수 있는 재료이어야 한다.

2.1.3 이 시방서에 규정하지 아니한 콘크리트관련 재료는 콘크리트 표준시방서의 규정에서 정하는 바를 따른다.

2.2 콘크리트의 배합

2.2.1 단위수량은 소요강도, 내구성, 수밀성 및 작업성에 영향을 주지 않는 범위 내에서 가능한 한 적게 하여야 한다.

2.2.2 콘크리트의 현장배합은 시방배합을 기준으로 사용재료, 타설방법 등을 고려하여 결정하여야 한다.

3. 시공

3.1 콘크리트의 운반

3.1.1 배치 플랜트 배합 콘크리트는 재료의 분리, 손실, 이물질의 혼입이 생기지 않는 방법으로 운반하여야 한다. 운반 시에는 교반기가 부착된 운반차를 사용하여야 하며, 기타의 운반방법에 의할 때는 운반방법의 적정성을 검증하여야 한다.

3.2 콘크리트의 타설 및 양생

3.2.1 배합된 콘크리트는 비빈 후 가능한 한 빨리 타설하여야 한다. 비빈 후 타설을 완료할 때까지의 시간은 외기 온도가 25℃ 이상인 경우에는 1.5시간, 25℃ 미만일 때에는 2시간을 넘어서는 안 된다. 다만, 지연제 등을 사용하여 응결시간을 지연시키는 경우에는 콘크리트의 품질변동이 없는 범위 내에서 책임기술자의 승인을 얻어 상기의 시간제한을 조정할 수 있다.

3.2.2 콘크리트 타설 시에는 재료분리가 발생하지 않도록 하여야 하며, 타설된 콘크리트에 공극이 형성되지 않도록 하여야 한다.

3.2.3 계획된 분량의 콘크리트는 연속하여 타설하여야 하며, 재료분리가 일어나지 않는 타설 속도를 유지하여야 한다.

3.2.4 콘크리트는 좌우 대칭이 되도록 타설하여 거푸집에 편압이 발생하지 않도록 하여야 하며 진동기 등을 이용하여 다짐을 시행하여야 한다.

3.2.5 콘크리트 타설에 슈트 혹은 벨트 컨베이어 등을 사용할 경우에는 책임기술자의 지시를 받아야 한다.

3.2.6 용출수 혹은 유수에 의하여 콘크리트의 품질이 저하되지 않도록 하여야 한다.

3.2.7 타설된 콘크리트는 경화에 필요한 온도 및 습도를 유지하며 양생하여야 한다.

3.2.8 인버트 콘크리트는 굴착면 또는 숏크리트면을 청결히 하고 배수를 실시한 후에 타설하여야 한다.

3.2.9 인버트를 포함한 모든 콘크리트라이닝은 건조수축 등으로 인한 균열을 방지

하기 위해 적합한 간격으로 시공이음부를 두어야 한다.

3.2.10 터널 내부와 외부의 온도차이 또는 단면변화에 의한 영향으로 균열발생이 예상되는 경우에는 신축이음을 둘 수 있다.

3.2.11 콘크리트라이닝에는 균열발생이 최소가 되도록 하여야 하며 균열발생이 예상되는 구간에는 필요한 대책을 강구하여야 한다.

3.3 배면공동의 충전

3.3.1 콘크리트라이닝 배면에 공동이 발생되지 않도록 하여야 하며, 공동이 발생된 경우에는 채움주입을 실시하여야 한다.

3.3.2 채움주입은 콘크리트라이닝이 주입압력에 견딜 수 있는 강도에 도달한 후, 가능한 한 조기에 실시하여야 한다.

3.3.3 주입에 앞서 주입을 저해하는 장애물을 제거하여야 한다.

3.3.4 주입의 순서 및 압력은 굴착면이 흐트러지지 않도록 하고 기시공된 지보재에 편압이나 과다하중이 걸리지 않도록 정하여야 한다.

3.3.5 주입은 소정의 압력에 도달할 때까지 충분히 실시하여야 한다.

3.4 콘크리트라이닝의 품질관리

3.4.1 콘크리트라이닝 시공 전에는 반드시 내공을 검측하여 콘크리트라이닝의 설계두께를 확보할 수 있는지 여부를 확인하여야 하며 설계두께 확보가 곤란한 경우에는 추가 굴착 등의 조치를 취하여야 한다.

3.4.2 콘크리트라이닝 두께는 설계두께 이상이 되도록 관리하여야 하며 국소부위에서는 100mm 또는 설계 두께의 1/3값 중 작은값 이상을 초과하지 않는 범위내의 시공오차를 허용할 수 있다. 단, 허용오차 범위 내인 경우에도 콘크리트라이닝의 구조적 기능을 유지할 수 없는 경우에는 재시공 등 별도의 대책을 수립하여야 한다. 여기서, 국소부위는 설계 두께의 2배와 같은 일변의 길이를 갖는 정사각형의 면적 또는 이와 동일한 면적을 갖는 독립된 부위를 말한다.

3.4.3 현장채취코어를 통한 콘크리트라이닝의 압축강도시험은 1회 시험당 3개의 코어시료를 채취하고, 채취한 모든 시료의 시험강도는 설계강도의 75%보다 작아서는 안 되며, 평균강도는 설계강도의 85% 이상이어야 한다. 1차 시험에서 상기 조건을 만족하지 아니한 경우 좌우 5m 범위 내에서 재시험을 실시하고

그 결과가 미달할 경우 두께증가 등의 보완시공 또는 재시공하여야 한다.

3.4.4 콘크리트라이닝의 품질관리는 <표 6-1.1>과 같이 하여야 한다.

<표 6-1.1> 콘크리트라이닝 품질관리 내용

관리항목	관리내용 및 시험	시험빈도	비고
시공정확도 두께 균열, 변형	· 소정의 위치에 철근 및 거푸집 설치 상태 · 콘크리트라이닝 두께 관리 · 콘크리트라이닝 타설 후 균열, 변형 상태	· 시공 전 · 시공 전 및 시공 직후 · 시공 후 수시	
슬럼프시험	콘크리트 슬럼프값	압축강도시험용 공시체 채취 시 및 타설 중에 품질변화가 인정될 때	KS F 2402
압축강도시험	콘크리트 압축강도	1회/일, 또는 구조물의 중요도와 공사의 규모에 따라 150m³마다 1회, 배합이 변경될 때마다	KS F 2405

6-2 철근조립

1. 일반사항

1.1 철근조립 일반

1.1.1 콘크리트 표준시방서의 규정을 따른다.

1.2 재료일반

1.2.1 콘크리트 표준시방서의 규정을 따른다.

2. 재료

콘크리트 표준시방서의 규정을 따른다.

3. 시공

3.1 철근의 가공 및 관리

3.1.1 콘크리트라이닝을 철근으로 보강하여야 할 경우에는 보강 목적에 부합하도록

시공하여야 하며 이의 가공 및 관리는 콘크리트 표준시방서의 철근 세목에 따른다.

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

3.2 철근 조립

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

3.2.2 철근망 조립 시 방수막이 손상되지 않도록 유의하여야 하며 이물질을 깨끗이 청소한 후 콘크리트를 타설하여야 한다.

6-3 거푸집

1. 일반사항

1.1 거푸집의 일반

1.1.1 이 시방서에 규정된 거푸집은 콘크리트라이닝 타설을 위한 거푸집으로 제한하며 시방서에 규정되지 않은 사항에 대해서는 콘크리트 표준시방서의 거푸집에 대한 규정을 따른다.

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

1.1.3 1회 타설 거푸집의 길이는 시공성, 안전성 및 콘크리트 품질에 미치는 영향 등을 감안하여 결정하여야 한다.

1.2 거푸집 제작

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

1.2.2 콘크리트의 투입구는 콘크리트가 넓게 퍼지도록 배치하여야 한다.

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

1.2.4 측면판에 지수판을 붙이는 경우에는 지수판의 기능이 발휘되도록 하여야 한다.

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

3.1 거푸집 설치 및 검사

3.1.1 거푸집의 설치는 측량을 실시하여 정확한 위치에 설치하여야 한다.

3.1.2 거푸집의 조립 시에는 볼트, 너트 등이 이완되지 않도록 조여야 하며, 유압식 장치의 경우 정상작동 상태를 점검하여야 한다.

3.1.3 거푸집을 이동할 경우에는 거푸집을 콘크리트면으로부터 이격시켜 거푸집 이동 시 거푸집과 콘크리트 벽면이 손상되지 않도록 하여야 하며, 콘크리트라이닝에 손상을 주는 충격은 가하지 않도록 하여야 한다.

3.1.4 이동용 궤도는 거푸집을 안정되게 이동할 수 있는 구조가 되어야 하며 콘크리트 타설 시나 이동 시 침하가 생기지 않도록 견고하게 설치하여야 한다.

3.1.5 거푸집을 떼어낼 때 거푸집면에 콘크리트가 부착되지 않도록 조치를 하여야 한다. 이를 위해 박리제를 사용할 경우에는 환경을 오염시키지 않는 것을 사용하여야 한다.

3.1.6 제작이 완료된 거푸집은 작업투입 전에 반드시 감독원의 검사를 받아야 하며 터널 내에 설치가 완료된 거푸집 상태도 콘크리트의 타설에 앞서 감독원의 검사를 받아야 한다.

3.2 거푸집 떼어내기

3.2.1 콘크리트라이닝의 거푸집은 부어넣은 콘크리트의 강도가 3MPa 이상 발현된 후, 또는 콘크리트라이닝의 자중을 견딜 수 있는 강도가 발현된 후에 제거하여야 한다. 거푸집 제거시기에 대한 별도의 검증을 실시하는 경우에는 제거시기를 조정할 수 있다.

제7장 배수 및 방수

7-1 배수 및 방수 일반

1. 일반사항

1.1 배수 및 방수형식의 구분

1.1.1 터널은 지하수의 처리방법에 따라 배수형 방수형식과 비배수형 방수형식 터널로 구분한다.

1.1.2 배수형 방수형식 터널은 굴착면을 통하여 터널로 유입되는 지하수를 배수관을 통하여 집수정으로 유도한 후 터널 밖으로 배수하는 형식으로서 다음과 같이 구분한다.

(1) 완전 배수형 방수형식은 터널부에 전 주면으로 배수를 허용하는 형식이다.

(2) 부분 배수형 방수형식은 터널 천장과 측벽에만 방수막을 설치하여 유입수를 유도하여 배수하는 형식이다.

(3) 외부 배수형 방수형식은 방수막을 터널 전 주면에 설치하고 방수막 외부에 별도의 배수시설을 두어 지하수를 배수하는 형식이다.

1.1.3 비배수형 방수형식 터널은 굴착면을 통하여 터널로 지하수가 유입되지 않도록 방수막을 터널 전 주면에 설치하고 지하수를 인위적으로 배수하지 않는 형식으로서 배수 시스템을 설치하지 않는다.

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

해당사항 없음

7-2 배수

1. 일반사항

1.1 배수의 일반

1.1.1 배수형 방수형식 터널에서는 유입 지하수를 원활히 배수할 수 있는 배수시설

을 설치하여 콘크리트라이닝에 수압이 작용하지 않도록 하여야 한다.

1.1.2 배수형 방수형식 터널에서 터널 내부로의 유입수가 과다할 경우에는 차수그라우팅 등을 실시하여 유입수를 최소화하여야 한다.

1.1.3 배수형 방수형식 터널 시공구간의 지반이 세립토사를 다량 함유하고 있을 경우에는 부직포 두께의 증가 또는 드레인보드 병용 등을 통하여 배수시설이 장기간 동안 기능을 유지할 수 있도록 조치하여야 한다.

2. 재료

2.1 배수재

2.1.1 터널의 아치부와 측벽부에 설치하는 배수재는 유입 지하수를 원활히 배수할 수 있는 배수능력을 갖춘 것이어야 한다. 배수재가 부직포인 경우에는 80mm 이상의 겹이음을 적용한다.

2.2 배수관

2.2.1 인버트 중앙부 또는 측방에 종방향으로 설치하는 주배수관은 직경 200mm 이상의 콘크리트 흄관, 아연도강관 등을 사용하며, 현장여건에 따라 외력에 대한 보호조치와 화재에 대한 위험성을 판단하여 유연성이 좋은 THP관을 사용할 수 있다.

2.2.2 배수재를 통해 집수된 지하수를 배수하는 측방향의 배수관은 직경 100mm 이상의 유공관을 사용하여야 하며 유입수를 원활하게 배수할 수 있는 구조이어야 한다.

3. 시공

3.1 시공 중 배수시설

3.1.1 시공 중 터널의 길이방향이나 막장부근에 지하수가 고여 있지 않도록 배수시설을 설치하여야 한다.

3.1.2 측방향 배수구를 이용하여 배수를 실시하는 경우에는 지보재 하부지반이 연약화되지 않도록 조치하여야 한다.

3.1.3 터널을 하향구배로 굴진하는 경우에는 지하수가 신속히 배출될 수 있도록 펌프 등을 설치하고 비상시에 대비한 예비펌프와 예비전력설비를 확보해 두어야 한다.

3.2 영구 배수시설

3.2.1 배수시설은 터널의 내구연한 동안 유지관리가 편리하도록 시공하여야 한다.

3.2.2 배수관의 시공이음부 시공 시 모르터 등 이물질이 들어가 배수의 원활한 흐름을 방해하는 경우가 발생하지 않도록 세심한 시공을 하여야 한다.

3.2.3 유공관 내부로 토사가 지하수와 함께 들어가지 않도록 유공관 주위에 자갈이나 배수재 등을 설치하여야 한다.

3.2.4 측방유도배수관은 주배수관으로 연결하고 연결부 시공 시 토사 등이 유입되지 않도록 시공하여야 한다.

3.2.5 각종 배수관은 모두 주배수관으로 연결하고 주배수관은 집수정으로 연결시켜 유지관리가 효율적으로 이루어지도록 하여야 한다.

3.2.6 청소구를 일정한 간격으로 설치하여 배수관의 유지관리가 용이하도록 하여야 하며 부득이한 경우에는 배수관의 유지관리가 가능한 범위 내에서 설치간격을 조정할 수 있다.

3.2.7 분기 또는 접속되는 터널이 있을 경우에도 배수시설이 상호 연결되도록 시공하여야 하며 연결부위에는 청소구를 설치하여야 한다.

3.3 배수작업 시의 시공관리

3.3.1 시공 중 또는 시공 후 <표 7-2.1>과 같은 사항을 관리하여야 한다.

<표 7-2.1> 배수작업 시의 시공관리 내용

관리항목	관리내용 및 시험	시험빈도
시공정확도	• 배수구조물의 위치, 구배, 크기 등 확인	시공 전 및 시공 직후
배수재	• 배수재 부착상태 • 측벽 유공관 주변의 배수재 • 인버트 배수재위의 비닐막 포설상태	시공 직후
관	• 집수관, 유공관, 연결관 등의 변형상태와 내부 이물질 유무 확인	시공 직후
구조물	• 배수구, 확인공, 맨홀 등의 시공상태와 균열발생 등 확인	시공 후 수시

7-3 방수

1. 일반사항

1.1 방수의 일반

1.1.1 터널 내에 낙수를 방지하여야 할 경우에는 부분 배수형 방수형식을 적용하며, 이 경우 콘크리트라이닝의 재질을 수밀 콘크리트로 하거나 콘크리트라이닝과 숏크리트 사이에 방수막을 설치할 수 있다.

1.1.2 비배수형 방수형식 터널의 경우에는 터널 내부로 지하수가 유입되지 않도록 콘크리트라이닝 전 주면에 방수막을 설치하여야 한다. 이 경우 필요에 따라 콘크리트라이닝을 수밀 콘크리트라이닝으로 시공할 수 있다.

1.1.3 터널의 용도에 따라 방수등급을 규정하고 방수등급별로 별도의 허용 누수량을 설정하여 관리할 수 있다.

1.1.4 비배수형 방수형식 터널에서는 콘크리트라이닝의 시공이음부에 지수판을 설치하여야 한다. 배수형 방수형식 터널의 경우에도 필요시 지수판을 설치할 수 있다.

2. 재료

2.1 방수막의 재질

2.1.1 방수막은 상호 접착이 좋은 재질이어야 하며 한국산업규격(KS)을 만족하는 제품을 사용하여야 한다.

2.1.2 방수막은 내구성, 인성 및 유연성이 기준을 만족하고 콘크리트라이닝 시공에 의해 파손되지 않는 재질이어야 한다.

3. 시공

3.1 사전준비

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

3.2 방수막 부착

3.2.1 방수막은 숏크리트면에 밀착시켜 부착하여 불룩하게 늘어지지 않도록 설치하여야 한다.

3.2.2 방수막 설치작업 시 부착기구, 배근 등에 의해 방수막이 손상되지 않도록 하여야 한다.

3.2.3 지하수 유입이 심한 부분에는 방수막과 숏크리트면 사이에 유입 지하수가 고이지 않도록 추가의 배수대책을 강구한 후 방수막을 부착하여야 한다.

3.3 방수막 연결 및 보수

3.3.1 방수막의 이음부는 콘크리트 타설 시의 충격에 견디는 구조 및 방법에 의하여 접합하고 공기시험기 등으로 접합상태를 확인하여 부적합하다고 판단되는 경우에는 재시공하여야 한다.

3.3.2 방수막은 중앙부에 공기시험용 미접합부를 갖는 2줄 용융접합으로 이음하며 각 용융접합부의 폭은 15mm 이상이어야 한다. 시험공기압은 200kPa이며 시험공기압이 10분 동안 20% 이상 저하되지 않았을 때 적합한 접합으로 판정한다.

3.3.3 이미 설치된 방수막이 손상되었을 경우에는 손상부위에 새로운 방수막을 덧붙여 용융접합하고 진공시험기로 접합상태를 확인하여야 한다. 이때 진공시험기의 압력은 20kPa로 한다.

3.3.4 방수막을 3겹 이상 겹쳐서 접합하게 될 경우에는 접합부위의 방수막 단부를 30° 이하의 예각으로 잘라낸 후 접합하도록 하여야 한다.

3.4 방수작업 시의 시공관리

3.4.1 시공 중 또는 시공 후 <표 7-3.1>과 같은 사항을 관리하여야 한다.

<표 7-3.1> 방수작업 시의 시공관리 내용

관리항목	관리내용 및 시험	시험빈도
표면처리	록볼트 두부정리와 숏크리트 요철부분 정리 확인	방수공 시공 전
고정상태	배수재와 방수막의 고정상태 확인	시공 직후
이음상태	공기주입시험에 의해 이음상태 확인	이음개소마다
접합상태	진공시험기에 의해 접합상태 확인	접합부위마다
손상상태	방수막 손상여부 확인	수시

빈 면

제8장 보조공법

8-1 보조공법 적용 시 고려사항

1. 일반사항

1.1 보조공법의 적용조건

1.1.1 설계에 반영된 보조공법이 적합하지 않은 것으로 판명된 경우 또는 터널시공 중에 보조공법이 필요하다고 판단된 경우에는 효과, 경제성 및 시공법 등을 검토하여 적합한 공법을 적용하여야 한다.

1.1.2 보조공법에는 훠폴링, 강관보강그라우팅, 막장면 숏크리트, 막장면 록볼트, 가인버트, 주입공법 및 지하수위 저하공법 등을 고려할 수 있으며 여건에 따라 이외의 보조공법을 적용할 수 있다.

1.1.3 시공 중 보조공법을 추가 또는 변경하는 조건은 다음과 같다.

(1) 원지반의 전단강도가 작거나 파쇄 혹은 팽창성 등으로 인해 굴착면의 안정성 확보가 어려운 경우

(2) 지하수 유입이 많아 숏크리트의 부착성이 불량하거나 작업환경을 저해할 경우

(3) 과다변위가 발생한 경우

(4) 기타의 경우

1.1.4 보조공법 적용 시에는 시공구간, 시공방법, 시험방법 및 계측계획 등 시공계획을 수립하고 시험시공을 통하여 공법의 효과를 확인하여야 한다.

1.1.5 보조공법은 단독 또는 다른 보조공법과 조합하여 계획할 수 있다.

1.1.6 지하수위 저하공법을 사용하는 경우에는 지하수위가 목표치만큼 저하된 것을 확인한 후 터널굴착작업을 하여야 한다.

1.1.7 보조공법 적용 시에는 환경피해가 최소화되는 시공법을 선정하여야 한다.

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

해당사항 없음

8-2 훠폴링

1. 일반사항

1.1 훠폴링 일반

1.1.1 훠폴링은 터널 천장부 지반의 자립이 어려운 경우 주지보재 설치 시까지의 진행성 지반변형을 억제하기 위해 굴착 전에 설치한다.

1.1.2 훠폴링의 설치길이는 1회 굴진장의 2.5배 이상으로하고, 종방향 매 굴진장마다 굴진방향으로 훠폴링이 상호 중첩되도록 설치하여야 한다.

2. 재료

2.1 훠폴링의 재질

2.1.1 훠폴링은 구조용이형강봉(KS D 3504)이나 구조용강관(KS D 3566)으로 한다.

2.1.2 천공공의 충전재로서는 시멘트 모르터, 시멘트 풀, 또는 환경에 무해한 합성수지계열을 사용할 수 있다.

3. 시공

3.1 훠폴링의 설치

3.1.1 훠폴링용 강재의 한쪽 끝은 강지보재에 의해 지지되도록 설치하여야 한다.

3.1.2 종방향의 설치각도는 15° 이하가 되도록 하여야 한다.

3.1.3 훠폴링의 횡방향 설치범위는 균질한 지반인 경우 천단을 중심으로 좌우 60° 구간을 표준으로 하고 절리방향과 파쇄대 형상에 따라 설치범위를 조정할 수 있다. 횡방향 설치간격은 500mm 이하가 되도록 하여야 한다.

8-3 막장면 숏크리트

1. 일반사항

1.1 적용범위

1.1.1 시공 중 막장면 숏크리트를 타설하는 경우는 다음과 같다.

(1) 막장면 지반의 자립이 어려운 경우

(2) 막장면 지반이 터널 내로 밀려들어 오는 경우

(3) 장기간 굴착을 중지하여야 할 경우

1.1.2 막장면의 안정효과 증진을 목적으로 막장면 록볼트 및 지지코어 등과 병행하여 시공할 수 있다.

2. 재료

2.1 막장면 숏크리트의 재료

2.1.1 막장면 숏크리트의 재료는 '5-3 숏크리트 2항'의 재료를 따른다.

3. 시공

3.1 막장면 숏크리트 시공

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

3.1.2 숏크리트의 두께는 최소 30mm 이상이 되도록 하여야 한다.

3.1.3 숏크리트는 막장면에 밀착되어 공동이 없어야 하며 일반숏크리트로 시공 시 숏크리트가 박리되는 경우에는 굴착면에 철망을 설치한 후 숏크리트를 타설하여야 한다.

8-4 막장면 록볼트

1. 일반사항

1.1 적용범위

1.1.1 막장면 록볼트를 시공하는 경우는 다음과 같다.

(1) 막장면의 안정을 저해하는 불연속면이 출현한 경우

(2) 막장면 지반이 터널 내로 밀려들어 오는 경우

1.1.2 막장면 록볼트의 직경과 길이는 막장면의 크기에 따라 결정하고 막장면의 국부적인 파괴를 억제할 수 있는 간격 이내로 설치하여야 한다.

1.1.3 안정효과 증진을 목적으로 막장면 숏크리트 및 지지코어와 병행하여 시공할 수 있다.

2. 재료

2.1 막장면 록볼트의 재질

2.1.1 막장면 록볼트는 굴착 시 용이하게 제거될 수 있는 재질을 사용하여야 하며 상세한 록볼트의 재질은 '5-4 록볼트 2항'의 재료를 따른다.

3. 시공

3.1 막장면 록볼트의 시공

3.1.1 파쇄가 심하고 연약한 지반일 경우에는 막장면에 직각으로 시공하여야 한다.

3.1.2 뚜렷한 불연속면이 존재하는 경우에는 불연속면에 직각으로 시공하여야 한다.

3.1.3 선단정착형 록볼트는 사용하여서는 안 된다.

8-5 가인버트

1. 일반사항

1.1 적용범위

1.1.1 가인버트를 시공하는 경우는 다음과 같다.

(1) 막장의 안정을 저해하는 과대한 변위가 예상되거나 발생하는 경우

(2) 터널 바닥부의 지반이 연약하여 숏크리트라이닝이 침하하는 경우

(3) 터널 측벽하단의 숏크리트가 터널 내측으로 과다하게 밀려들어 오는 경우

(4) 터널 바닥부 지반이 융기되는 경우

1.1.2 가인버트 설치는 숏크리트 단독 혹은 강지보재와 병행하여 설치하여야 한다.

2. 재료

2.1 숏크리트

2.1.1 가인버트의 숏크리트 재료는 '5-3 숏크리트 2항'의 재료를 따른다.

2.1.2 가인버트용 강지보재의 재료는 '5-2 강지보재 2항'의 재료를 따른다.

3. 시공

3.1 가인버트

3.1.1 가인버트는 소요의 목적을 달성할 수 있는 형상으로 시공하여야 한다.

3.1.2 가인버트가 설치되는 바닥부 지반은 가능한 한 교란이 최소화되도록 하여야 한다.

3.1.3 가인버트는 시공장비에 의해 파손되지 않도록 조치하여야 한다.

8-6 주입공법

1. 일반사항

1.1 적용범위

1.1.1 주입공법은 굴착면 주변지반의 자립성을 증진시키거나 투수성을 감소시킬 목적으로 적용하며 주입재료, 주입범위 및 주입방법은 소요의 목적을 충족시킬 수 있도록 결정하여야 한다.

2. 재료

2.1 주입재의 선정

2.1.1 주입재는 주입목적에 부합되는 내구성을 보유하여야 하며 시멘트 이외의 주입재에 대해서는 환경기준에 부합된 재료를 선정하여야 한다.

2.1.2 주입재는 대상지반의 입도나 절리발달 정도 등을 고려하여 주입가능한 주입재를 선정하여야 한다.

3. 시공

3.1 주입

3.1.1 그라우팅은 소요의 목적을 달성할 수 있도록 주입재 주입범위와 주입방법을 결정하여야 한다.

3.1.2 공당 주입범위는 상호 중첩될 수 있도록 시공하여야 한다.

3.1.3 주입 시에는 공당 주입시간, 주입압력, 주입량 등을 정확히 기록하여야 한다.

3.1.4 주입 시 과도한 압력이 작용하여 이미 설치된 지보재와 인접 시설물 등에 손

상을 주지 않도록 관리하여야 한다.

8-7 지하수위 저하공법

1. 일반사항

1.1 적용범위

1.1.1 지하수위 저하공법을 적용하는 경우는 다음과 같다.

(1) 굴착면 인근 침투수력을 감소시켜 막장면의 안정성 증진을 도모하는 경우

(2) 터널 내 유입 지하수량을 감소시켜 작업여건을 개선하는 경우

1.1.2 지하수위 저하공법은 웰포인트공법, 심정에 의한 배수공법 및 물빼기공 등이 있다.

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

3.1 배수공 시공

3.1.1 배수 시 토립자가 유출되지 않도록 조치하여야 한다.

3.1.2 지하수위 저하공법을 적용하는 경우에는 주변시설물에 영향을 미치지 않도록 조치하여야 한다.

3.1.3 시공 후에는 지하수위 저하공을 폐쇄하여야 한다.

8-8 강관보강그라우팅 공법

1. 일반사항

1.1 적용범위

1.1.1 천장부의 암피복이 얇거나 지반이 연약하여 굴착 전에 천장부 지반을 광범위하게 보강하여야 할 경우에 적용한다.

2. 재료

2.1 강관 및 충전재의 재질

2.1.1 강관은 직경 50mm 이상의 구조용 강관이어야 하며 이와 동등 이상의 보강효과를 발휘하는 다른 재질의 관도 사용할 수 있다.

2.1.2 충전재는 환경기준을 만족시키는 재료이어야 하며 강관과 지반을 양호하게 결합시키는 역할을 보유하여야 한다.

3. 시공

3.1 강관보강그라우팅 공법의 시공

3.1.1 강관의 한쪽 끝은 강지보재에 의해 지지되도록 설치하여야 한다.

3.1.2 터널 종방향의 설치각도는 20° 이하가 되도록 하여야 한다.

3.1.3 강관의 길이는 6m 이상이 되어야 하며 중첩길이는 굴착면의 지반상태 및 단면크기에 따라 안정성을 고려하여 결정하여야 한다.

3.1.4 강관의 충전재는 1회 또는 수회에 나누어 주입할 수 있다.

3.1.5 충전재 주입 시에는 충전재의 종류, 배합비, 주입압, 주입량 및 주입속도 등을 기록하여 보존하여야 한다.

3.1.6 강관보강그라우팅 공법 적용구간에는 록볼트에 의한 보강효과를 얻을 수 없거나 매우 저감되는 경우에는 지반조건 등을 고려하여 록볼트를 생략할 수 있으며 강관하단의 낙반으로 여굴이 커질 우려가 있는 경우에는 휨폴팅을 병행 시공할 수 있다.

빈 면

제9장 계측

9-1 계측일반

1. 일반사항

1.1 적용범위

1.1.1 계측은 터널시공 중의 안전관리를 위한 계측기기의 설치, 측정, 자료관리를 포함한다.

1.1.2 위 1.1.1항 이외의 목적에 대한 계측은 별도로 계획한다.

1.2 계측계획의 수립

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

1.2.2 설계 시 수립된 계측계획은 시공 시 확인되는 현장여건, 지반상태 및 초기 계측결과 등에 근거하여 필요한 경우 보완하여 적용하여야 한다.

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

1.2.4 터널 내부에서 수행하는 지중변위 측정, 내공변위 및 천단침하 측정, 록볼트 축력 측정, 숏크리트응력 측정은 실제 노출되는 지반의 상태나 초기의 계측결과에 근거하여 설치간격이나 위치 등을 조정할 수 있다.

1.2.5 터널의 시공 영향권 내에 특별한 관리가 요구되는 구조물의 안전성을 판단하기 위하여 1.2.4항 계측항목 이외의 지반수평변위, 시설물경사도, 균열폭, 지하수위, 막장선행변위, 발파진동 및 소음측정 등도 필요에 따라 계측항목에 추가할 수 있다.

1.2.6 제반 여건상 장기적인 안전관리가 필요하여 계측기기를 설치하는 경우에는, 이에 대한 모든 사항은 준공 시 발주자에게 서면으로 이관하여 시설물 운영 시에도 정기적인 계측이 가능하도록 하여야 한다.

1.3 계측기기의 선정

1.3.1 계측기기는 설치, 측정 및 유지관리가 용이하고 측정기간 동안의 내구성이 유지되어야 한다.

1.3.2 계측기기는 계측목적에 적합한 정확도를 가져야 하며 최대 예상변화량 이상

의 측정범위를 가져야 한다.

1.3.3 측정시스템은 측정의 편리성, 측정기간 및 빈도, 측정방법, 기기의 호환성 및 경제성 등을 고려하여 구성하여야 한다.

1.3.4 자동측정기기의 경우 이상 작동에 대비하여 수동측정이 가능하도록 조치하여야 한다.

1.3.5 유지관리 시까지 계측을 하여야 할 계측기기는 계측수행기간 동안 기능을 유지할 수 있는 것으로 선정하여야 하며, 계측기기 수명 내에 교체가 가능한 시스템으로도 계획할 수 있다.

1.4 계측기기의 보정

1.4.1 계측기기는 설치 전 및 설치 직후에 작동성능을 검사하고 필요시 보정하여야 한다.

1.4.2 측정장비는 주기적으로 이상 유무와 정확도 등을 점검하여야 한다.

1.4.3 계측수행 중 계측치가 특이하게 변화되는 경우 계측기기의 이상 유무를 확인하고 필요한 조치를 강구하여야 한다.

1.5 계측기기의 설치

1.5.1 계측기기는 지반 또는 지보재와 확실하게 부착되어 그 지점의 지반 또는 지보재의 거동을 정확히 측정할 수 있도록 설치하여야 한다.

1.5.2 터널 내부에 설치하는 계측기기는 굴착 직후 또는 지보재 설치 직후에 막장과 근접하여 설치하여야 하며 터널 외부에 설치하는 계측기기는 터널의 굴착 영향이 측정위치에 미치기 전에 설치하여 초기치 측정을 완료하여야 한다.

1.5.3 계측책임자는 각 기기별 설치지침서를 사전에 검토하여 설치 시 발생될 수 있는 제반 문제점을 파악하고 이에 대한 대책을 수립하여야 한다.

1.5.4 계측책임자는 계측기기의 제작사가 제공한 지침서에 명시된 절차에 따라서 정확하게 기기를 설치하여야 한다.

1.5.5 시공자 및 감리원은 계측책임자가 계측과 관련하여 요구하는 제반사항에 적극적으로 협조하여야 한다.

1.5.6 설치된 계측기기는 공사 또는 기타의 영향으로 손상되지 않도록 보호하여야 한다.

1.5.7 지중에 매설되는 계측기기는 지반의 교란을 최소화할 수 있는 천공장비를 사

용하여 설치하여야 한다.

1.6 계측기기의 관리

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

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

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

1.7 계측의 수행

1.7.1 계측의 수행과 관리는 계측전담반에 의하여 수행되어야 한다.

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

1.8 계측관리기준

1.8.1 계측관리기준치는 지반조건, 터널단면의 크기, 시공방법, 지보재량 등을 고려하고 과거의 유사한 시공실적을 참조하여 정하여야 한다.

1.8.2 세부계측관리기준치는 각 사업별 현장여건에 따라 공사시방서에서 정한다.

1.9 계측결과의 정리 및 분석

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

1.9.2 계측결과는 측정일자, 경과일수, 막장이격거리(상반, 하반 구분), 초기치, 금회 측정치, 누계 측정치를 정해진 양식에 계측 항목별로 별도로 정리하여야 하고, '시간(경과일수)-계측치'와 '막장이격거리-계측치'를 그래프로 표시하여 계측치의 변화경향을 신속히 파악할 수 있도록 하여야 한다.

1.9.3 계측결과의 분석은 지반거동을 이해하고 터널건설에 경험이 풍부한 건설관련분야의 기술자에 의하여 수행되어야 한다.

1.9.4 계측결과는 당해 현장 또는 유사 현장에서 수행한 수치해석 결과, 경험치, 타

계측 결과 및 현장지반조건 등을 참조하여 분석하며, 계측치의 절대변화량 및 변화속도 등을 참고하여 안정성을 평가한다.

1.9.5 계측분석 결과 터널의 안정성에 영향이 있다고 판단되는 경우에는 이에 대한 응급조치를 취하고, 그 원인을 규명하여 항구적인 대책을 강구하여야 한다. 이를 위하여 시공책임자는 시공자와 감리원, 계측전담반 등 공사관계자가 서로 유기적으로 공조할 수 있는 응급조치 조직 및 대응체제를 공사착공 전 수립하여야 한다.

1.9.6 계측이 종료되면 계측결과를 정리하여 감독원에게 제출하여 확인을 얻은 후 후속작업을 진행하여야 한다.

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

해당사항 없음

9-2 지표 및 지중침하 측정

1. 일반사항

1.1 적용범위

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

1.1.2 토피가 터널직경의 3배 이상이더라도 지표상에 지반의 연직 변위로 인하여 피해를 입을 구조물이 있는 경우에는 지표 및 지중침하를 측정하여야 한다.

1.1.3 지표침하는 ±1.0mm 이내의 오차를 유지할 수 있는 수준측량으로 측정하며, 터널 내에서의 천단침하 측정과 동일한 수준점을 사용하여 측정결과의 상호 비교가 가능하도록 하여야 한다.

1.1.4 지중침하는 반드시 지표침하 측정과 함께 시행되어야 하며 지표침하 측정과 동일한 정확도로 심도별 지반의 연직 변위 양상을 확인할 수 있도록 하여야 한다.

1.2 위치 및 배치

1.2.1 계측기기의 설치 위치는 터널 상부의 지표 또는 지중으로써 지표면 조건, 지반상태, 터널의 규모, 시공법 등에 따른 터널굴진의 영향범위를 고려하여 선정하여야 한다.

1.2.2 지표침하 계측측선은 터널 축방향을 따라 20~40m 간격으로 배치함을 표준으로 하며, 갱구부 50m 구간과 토피가 터널직경의 2배 이하인 구간은 10m 간격을 표준으로 하여 지형여건을 고려한 배치를 하여야 한다.

1.2.3 지반상태가 양호하고 기 시공구간의 계측결과에 의하여 안정성이 확인된 경우 또는 측정이 곤란한 산, 논, 장애시설물 등에는 지형여건을 고려하여 측선간격을 넓게 조정할 수 있으며, 지반조건이 불량한 구간이나 변화가 심한 구간에 대하여는 계측간격을 상기 표준간격보다 좁혀서 계측결과의 수렴 여부를 확인하여야 한다.

1.2.4 지표침하의 횡방향 측정범위는 터널하부 좌우 모서리에서 연직선과 45도를 이루는 선들로 포함된 지표부로 하며, 5~10m 간격으로 측정을 실시하여 횡단방향의 침하곡선이 작성될 수 있도록 하여야 한다. 단, 뚜렷한 층리, 엽리, 절리 등의 발달로 인하여 터널굴착의 영향범위가 상기 범위를 벗어난다고 판단되는 경우에는 계측범위를 확대하여야 한다.

1.2.5 지중침하계는 침하양상을 심도별로 측정할 필요가 있는 곳이나 주요 구조물 하부지반 등 특별한 계측관리가 필요한 지점에 설치한다.

1.2.6 지중침하 측점 중 최하단 측점은 가능하면 터널 천장부에 근접되게 설치하여야 한다. 단, 여굴, 록볼트, 경사볼트 등 터널 내의 작업에 의해 손상되지 않도록 하여야 한다.

1.3 설치시기

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

1.4 측정기간 및 빈도

1.4.1 지표 및 지중 침하계의 측정기간은 계측기기 설치 후부터 변위의 수렴이 확인

될 때까지로 한다. 단, 변위가 수렴되었다고 판단된 경우에도 최소 30일 동안은 변위 수렴상태가 유지되고 있는지를 확인하여야 한다.

1.4.2 지표 및 지중 침하계의 측정 빈도는 막장이격거리, 굴진속도, 지반 및 지보재의 거동상태를 고려하여 결정하되 계측결과에 따라 다음을 표준으로 적절히 조정한다. 여기서 D는 터널직경을 말한다.

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

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

해당사항 없음

9-3 내공변위 및 천단침하 측정

1. 일반사항

1.1 적용범위

1.1.1 굴착에 따른 터널 벽면의 변위를 측정하여 터널거동을 파악하고 안전시공을 도모하기 위하여 내공변위 및 천단침하량을 측정하여야 한다.

1.1.2 내공변위 및 천단침하 측정의 오차는 ±1mm 이내이어야 한다.

1.1.3 천단침하 측정은 터널 외부에 설치한 수준점을 기준으로 측정하여 지표침하량과 상대비교가 가능하도록 하여야 한다.

1.2 위치 및 배치

1.2.1 내공변위 및 천단침하 측점은 동일 단면에 설치하고 계측 측선은 터널 축방향을 따라 20~40m 간격으로 배치함을 표준으로 하며, 갱구부 50m 구간과 토

피가 터널직경의 2배 이하인 구간은 10m 간격을 표준으로 한다.

1.2.2 지반상태가 양호하고 기 시공구간의 계측결과에 의하여 안정성이 확인된 경우에는 측선 간격을 넓게 조정할 수 있으며, 지반조건이 불량한 구간이나 변화가 심한 구간에 대하여는 계측간격을 표준간격보다 좁혀서 계측결과의 수렴 여부를 확인하여야 한다.

1.2.3 측선의 배치는 전단면 굴착의 경우에는 3측선, 반단면 굴착의 경우에는 4측선을 표준으로 하며, 지반상태, 굴착방법, 굴착단면적 등을 참고하여 측선 수를 조정할 수 있다.

1.2.4 내공변위량이 과다할 것으로 예상되는 경우나 파쇄대, 습곡, 단층, 탄층 등 편압현상의 우려가 있는 경우 또는 확폭부나 접속부 등의 특수구간에는 필요에 따라 3차원 계측을 적용할 수 있다.

1.2.5 가능한 절대좌표를 사용하도록 하나 장대터널이나 곡선터널에서는 거동이 수렴된 구간에 기준점을 설치할 수 있다.

1.2.6 3차원 계측에는 자동 광파기, 3D영상촬영장비, 레이저스캐닝 등의 최신기법을 사용할 수 있다.

1.2.7 필요시 자동화 계측을 적용하여 계측의 신뢰도를 제고한다.

1.3 설치시기

1.3.1 내공변위 및 천단침하 측점은 실링숏크리트가 타설된 직후 설치하고 다음 막장의 굴착이 진행되기 전에 초기치를 측정하여 터널굴진에 따른 변위를 최대로 측정할 수 있도록 하여야 한다.

1.4 측정기간 및 빈도

1.4.1 내공변위 및 천단침하의 측정기간은 계측기기 설치 후부터 변위의 수렴이 확인될 때까지로 한다. 단, 변위가 수렴되었다고 판단된 경우에도 최소 30일 동안은 변위 수렴상태가 유지되고 있는지를 확인하여야 한다.

1.4.2 내공변위 및 천단침하의 측정 빈도는 다음 <표 9-3.1>과 같이 변위속도 또는 막장이격거리에 근거하여 결정하되 변위 양상에 따라 조정한다.

<표 9-3.1> 내공변위 및 천단침하 계측의 측정 빈도

측정 빈도	변위속도	막장이격거리	비고
2회/일	10mm/일 이상	0D~1D	D는 터널직경
1회/일	10~5mm/일	1D~2D	
1회/2일	5~1mm/일	2D~5D	
1회/주	1mm/일 이하	5D 이상~수렴 후 30일까지	

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

해당사항 없음

9-4 지중변위 측정

1. 일반사항

1.1 적용범위

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

1.1.2 지중변위계의 측점은 지반에 확실하게 고정되어서 지반변위가 충분히 반영되도록 설치하여야 하며, 측정 오차의 한계는 ±1.0mm 이내이어야 한다.

1.2 위치 및 배치

1.2.1 지중변위계는 터널의 규모나 지반조건 등 터널상황에 따라 측정이 필요한 곳에 설치하되, 내공변위 및 천단침하측정 단면과 동일 단면에 설치하여 계측결과를 종합적으로 분석하도록 한다.

1.2.2 측정단면의 좌우 측벽부 및 천장부 등 3개소에 3~5 측점의 심도별 다중측점 지중변위계를 설치하며 터널규모나 지반조건 등을 고려하여 증감한다.

1.2.3 지중변위계의 측점은 터널 벽면에서 터널직경의 0.5배 범위 또는 예상되는

이완영역을 포함하는 범위까지 배치하여야 한다.

1.3 설치시기

1.3.1 지중변위계는 1차 숏크리트가 타설된 직후 설치하고 다음 막장이 진행되기 전에 초기치를 측정하여 터널굴진에 따른 변위를 최대로 측정할 수 있도록 하여야 한다.

1.4 측정기간 및 빈도

1.4.1 지중변위계의 측정기간은 계측기기 설치 후부터 변위의 수렴이 확인될 때까지로 한다. 단, 변위가 수렴되었다고 판단된 경우에도 최소 30일 동안은 변위 수렴상태가 유지되고 있는지를 확인하여야 한다.

1.4.2 지중변위계의 측정 빈도는 동일 단면에 설치된 내공변위 및 천단침하 계측기기의 측정 빈도와 같다.

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

해당사항 없음

9-5 록볼트 축력측정

1. 일반사항

1.1 적용범위

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

1.1.2 록볼트 축력계는 지반에 확실하게 고정되어서 지반변위에 따른 측점 설치부의 축력 변화를 충분히 반영할 수 있어야 하며, 정확도는 1kN 이상이어야 한다.

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

1.2 위치 및 배치

1.2.1 록볼트 축력계는 터널의 규모, 단면당 록볼트 수, 지반조건 등 터널상황에 따라 측정이 필요한 곳에 설치하되, 지중변위, 숏크리트 응력, 내공변위 및 천단침하측정 단면과 동일한 단면에 설치하여 다양한 계측결과를 종합적으로 분석하도록 하여야 한다.

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

1.2.3 축력 측정용 록볼트는 측점 간격이 0.5~1.0m이어야 한다.

1.3 설치시기

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

1.4 측정기간 및 빈도

1.4.1 록볼트 축력계의 측정기간은 계측기기 설치 후부터 변위의 수렴이 확인될 때까지로 한다. 단, 변위가 수렴되었다고 판단된 경우에도 최소 30일 동안은 변위 수렴상태가 유지되고 있는지를 확인하여야 한다.

1.4.2 록볼트 축력계의 측정 빈도는 동일 단면에 설치된 내공변위 및 천단침하 계측기기의 측정 빈도와 같다.

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

해당사항 없음

9-6 숏크리트 응력측정

1. 일반사항

1.1 적용범위

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

1.1.2 숏크리트 응력계는 10kPa 이하의 오차범위를 가져야 하며 예상되는 최대응력 이상을 측정할 수 있는 것이어야 한다.

1.1.3 터널반경방향 숏크리트 응력계는 숏크리트의 건조수축 등에 관계없이 지반과 확실하게 접촉되어 응력이 전달될 수 있도록 설치하여야 한다.

1.2 위치 및 배치

1.2.1 숏크리트 응력계는 터널의 규모, 지반조건 등 터널상황에 따라 측정이 필요한 곳에 설치하고, 지중변위, 록볼트 축력, 내공변위 및 천단침하측정 단면과 동일한 단면에 설치하여 다양한 계측결과를 종합적으로 분석하도록 하여야 한다.

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

1.2.3 터널반경방향 및 접선방향의 숏크리트 응력을 측정하기 위하여 각 측점에는 반경방향 및 접선방향에 직각이 되도록 2개의 응력계를 설치하여야 한다.

1.3 설치시기

1.3.1 숏크리트 응력계는 숏크리트 타설 시에 설치하고 다음 막장굴진이 진행되기 전에 초기치를 측정하여 터널굴진에 따른 응력변화를 최대한 측정할 수 있도록 하여야 한다.

1.4 측정기간 및 빈도

1.4.1 숏크리트 응력계의 측정기간은 계측기기 설치 후부터 변위의 수렴이 확인될

때까지로 한다. 단, 변위가 수렴되었다고 판단된 경우에도 최소 30일 동안은 변위 수렴상태가 유지되고 있는지를 확인하여야 한다.

1.4.2 숏크리트 응력계의 측정 빈도는 동일 단면에 설치된 내공변위 및 천단침하 계측기기의 측정 빈도와 같다.

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

해당사항 없음

제10장 연직갱 및 경사갱

10-1 연직갱

1. 일반사항

1.1 적용범위

1.1.1 본선터널 이외의 터널로서 연직이거나 연직에 가까운 보조기능의 터널에 적용한다.

1.1.2 수평터널에 해당되는 일반적인 사항은 본장에서 제외한다.

1.2 연직갱의 일반

1.2.1 연직갱의 시공에서는 설치목적, 공사용 설비, 공사 완료 후의 조치 등을 고려한 제반조사를 실시하여 시공계획을 수립하여야 한다.

1.2.2 연직갱의 시공에서는 작업여건이 특수하므로 안전관리체제를 강화하고 과다 용출수에 대비하는 등 현장여건에 적합하게 모든 설비의 규모와 배치를 결정하여 안정성, 시공성이 확립되도록 하여야 한다.

1.2.3 작업용 연직갱 운영 시 다른 목적으로 사용하지 않을 경우에는 터널 본체 및 지표에 영향을 미치지 않도록 보강, 폐쇄, 매립 등의 조치를 취하여야 한다.

1.2.4 연직갱의 위치는 작업장 설치가 용이하고 주변환경 피해를 최소화하며, 자재 및 장비의 접근이 원활한 곳에 계획하여야 한다.

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

3.1 굴착

3.1.1 굴착에 앞서 수평터널에서의 조사와 대부분 유사하게 지반조사를 수행하며 시추코어로부터 층서, 지반분류, 지반특성시험, 공내검층 등을 실시하고, 시공 중에도 필요에 따라 추가 지반조사를 하여야 한다.

3.1.2 연직갱의 굴착대상인 지층에 대수층이 있거나 유입수가 많을 경우에는 시공

전 또는 시공 중에 지하수위 저하, 지수 및 차수, 지반보강 등의 보조공법을 적용하여야 한다.

3.1.3 연직갱의 굴착공법은 하향굴착공법, 상향굴착공법으로 구분되며 공법 선정 시 다음 사항을 종합적으로 검토하여 공법을 선정하여야 한다.

(1) 입지환경 : 주변환경의 훼손 정도, 버력처리의 효율성

(2) 지반조건 : 암질, 지하수 상태, 연직도 유지의 원활성

(3) 시공조건 : 단면크기, 길이(심도), 연직갱 굴착지점 상·하부 작업공간 활용 여부, 안정성, 공사기간, 공사비

3.1.4 하향굴착공법은 발파에 의한 방법과 전용굴착장비를 이용하는 방법으로 분류할 수 있으며, 주로 하부공간의 확보가 어려운 경우에 적용되며 굴착심도가 깊어짐에 따라 버력처리의 어려움, 경제성, 장비의 효율성 등을 고려해야 하며, 용출수에 대해서도 사전대책을 수립하여야 한다.

3.1.5 상향굴착공법은 RBM(raise boring machine)공법과 RC(raise climber)공법으로 분류할 수 있으며, 연직갱 상부의 작업공간 확보가 곤란하고 하부 작업공간이 확보된 경우에 적용되며, 낙반 및 낙석 등에 대한 안전대책을 수립하여야 한다.

3.1.6 연직갱의 단면 크기에 따라 상향으로 RBM공법이나 RC공법 등을 이용하여 선진갱을 굴착하고 하향으로 확공하면서 하부로 버력을 처리하는 병용굴착공법도 적용할 수 있다.

3.1.7 굴착방법으로서 발파굴착과 기계굴착 방법을 고려할 수 있다.

3.1.8 연직갱 내 발파계획은 지반조건, 지하수위, 단면크기, 암질, 굴진장 등을 고려하여 수립하고 연직갱의 특수성을 고려하여 안전에 유의하여 작업을 하도록 하여야 한다.

3.1.9 사용되는 화약은 유해가스의 발생이 적고 내수성이 좋으며 안전성이 높은 것을 사용하여야 한다.

3.1.10 발파굴착에 있어서는 굴착저면이 평탄하게 굴착될 수 있도록 천공하고 천공 후에는 구멍이 막히지 않도록 보호하며 지하수위 하부에서 굴착을 수행하는 경우에는 결선부를 철저하게 절연시켜야 한다.

3.1.11 시공설비는 단면크기, 심도, 지반조건, 각 설비 간의 균형, 공사기간, 시공성, 경제성 등을 고려하여 형식과 설비용량을 선정하여야 한다.

3.1.12 권양기 선정 시 시공기계의 중량, 버력 및 콘크리트의 최대적재량 등에 대하

여 검토하여야 한다.

3.1.13 버력처리계획은 지반조건, 단면크기, 굴진장, 심도, 굴착공법 등을 고려하여 수립하고, 시공성과 안전성이 좋은 적절한 버력처리 장비를 선정하여야 한다.

3.2 지보재

3.2.1 지보재는 지반조건, 지하수 상태, 단면크기 및 형태, 심도 등을 고려하여 안전하고 능률적인 갱내작업을 할 수 있도록 시공하여야 한다.

3.2.2 강지보재의 시공 시에는 지반조건에 적절한 간격유지 및 연결재의 시공을 철저히 하여야 한다.

3.2.3 지반분류에서 설정한 지반등급에 따라 지보패턴을 정하고 시공 시에는 계측결과에 따라 필요한 경우 지보패턴을 실제 지반조건에 적합하게 변경하여야 한다.

3.3 콘크리트라이닝

3.3.1 연직갱에 사용되는 거푸집은 콘크리트의 압력과 근접발파의 진동이나 버력적재기 등 장비에 의한 충격에 견딜 수 있는 견고한 구조이어야 하며 시공에 투입 전 작동상태, 안전성 등을 확인하여야 한다.

3.3.2 콘크리트라이닝의 시공 시에는 연직갱의 심도, 단면형태, 지반조건, 지하수, 공정 등을 고려한 최적의 시공법을 택해야 하며 안전하고 능률적인 시공을 하여야 한다.

3.3.3 콘크리트라이닝 시공과 굴착을 병행할 경우 근접발파에 따른 콘크리트라이닝의 품질저하 방지대책을 수립하여야 한다.

3.3.4 콘크리트 타설 시에는 유입수에 의해 콘크리트의 품질이 저하되지 않도록 하여야 한다.

3.4 배수시설

3.4.1 유입수 및 작업용수를 처리하기 위하여 연직갱 바닥에 배수설비를 설치하여야 한다.

3.4.2 배수설비는 예상용수량, 이상출수, 펌프설비의 유지 및 보수, 고장 시 등을 고려하여 적절한 규모로 계획하여야 한다.

3.4.3 배수설비로서는 침전조, 저수조, 배수펌프, 배수관, 유량계, 예비 발전설비 등을 마련하여야 한다.

3.4.4 저수조의 유효용량은 평상시 사용되는 저수량 외에 30분 정도의 유입수를 추가로 저장할 수 있는 크기로 계획하여 정전사태에 대비하도록 하여야 한다.

3.4.5 배수관의 직경은 양수량에 따라 결정하며 보수작업을 고려하여 2열로 설치하여야 한다.

3.4.6 연직갱의 심도가 깊어지는 경우 중계펌프를 설치하여 원활한 배수가 되도록 하여야 한다.

3.5 연직갱 공사의 안전대책

3.5.1 연직갱의 발파굴착 시에는 작업공간이 협소하고 연직방향이라는 특수성을 고려하여 비석방지 등 발파사고를 방지하여야 한다.

3.5.2 수중에서 장약, 결선을 하는 경우에는 특히 불발방지에 주의하여야 한다. 또한 결선 시 나선이 노출된 부분은 절연테이프 등으로 보호하며 결선부가 물에 잠기지 않도록 공중에 띄워서 누전에 의한 사고를 방지하여야 한다.

3.5.3 연직갱에서의 발파 시 작업원은 모두 갱 밖으로 대피하여야 하며 발파 후 출입 시에는 지보재 표면에 쌓여 있는 비석 등 낙하물을 제거하여야 한다.

3.5.4 연직갱에서는 추락, 낙하물에 의한 안전사고의 위험성이 높으므로 연직갱 입구에 안전울타리, 방호망, 방호덮개, 출입문 설치, 출입문 잠금장치 등 사고방지 대책을 수립하여야 한다.

3.5.5 연직갱에서 권양장치와 작업원과의 접촉위험이 있을 경우는 해당 위치에 방호칸막이를 설치하여야 한다.

3.5.6 연직갱의 통로에는 발판 미끄러짐 방지시설 등을 설치하고, 통로를 설치하는 때에는 다음 각 호의 사항을 준수하여야 한다.

(1) 견고한 구조로 할 것

(2) 추락의 위험이 있는 장소에는 안전난간을 설치할 것

(3) 연직갱에 가설된 통로의 길이가 15m 이상인 때에는 10m 이내마다 계단참을 설치할 것

3.5.7 작업원의 추락 등에 의한 위험을 방지하기 위하여 안전난간을 설치할 때에는 다음 각 호의 기준에 적합한 구조로 설치하여야 한다.

(1) 상부난간대, 중간난간대, 발끝막이판 및 난간기둥으로 구성할 것

(2) 상부난간대는 바닥면, 발판 또는 경사로의 표면으로부터 0.9m 이상 1.2m 이하에 설치하고, 중간난간대는 상부난간대와 바닥면 등의 중간에 설치할 것

(3) 발끝막이판은 바닥면 등으로부터 100mm 이상의 높이를 유지할 것

(4) 난간기둥은 상부난간대와 중간난간대를 견고하게 떠받칠 수 있도록 적정 간격을 유지할 것

(5) 상부난간대와 중간난간대는 난간길이 전체에 걸쳐 바닥면 등과 평행을 유지할 것

(6) 난간대는 지름 27mm 이상의 금속제 파이프나 그 이상의 강도를 가진 재료일 것

(7) 안전난간은 임의의 점에서 임의의 방향으로 움직이는 0.98kN 이상의 하중에 견딜 수 있는 튼튼한 구조일 것

3.5.8 연직갱 내 이동발판과 굴착기계 가대로서 설치되는 받침대(scaffold)설비는 이동 및 고정이 용이한 것이어야 하며 연직갱의 깊이가 20m 이상이 되는 경우에는 작업원의 승강기를 설치하여야 한다.

3.5.9 연직갱 내의 유해가스, 분진 등을 제거하여 안전하고 위생적인 작업환경을 유지하여야 한다.

3.5.10 작업원, 기자재, 버력 등의 반출입에 사용되는 권양기설비, 안전장치, 로프 등은 매일 안전점검을 실시하여 사고가 발생하지 않도록 하여야 한다.

3.5.11 와이어로프 또는 달기체인(고리걸이용 와이어로프 및 달기체인을 포함)의 안전계수(와이어로프 또는 달기체인 절단하중의 값을 그 와이어로프 또는 달기체인에 걸리는 하중의 최대값으로 나눈 값)가 다음 각 호의 기준에 적합하지 않는 경우 이를 사용하여서는 안 된다.

(1) 근로자가 탑승하는 운반구를 지지하는 경우에는 10 이상

(2) 화물의 하중을 직접 지지하는 경우에는 5 이상

(3) 제1호 및 제2호 외의 경우에는 4 이상

3.5.12 다음 각 호에 해당하는 와이어로프를 사용하여서는 안 된다.

(1) 이음매가 있는 것

(2) 와이어로프의 한 꼬임에서 소선(필러선을 제외한다)의 수가 10% 이상 절단된 것

(3) 지름의 감소가 공칭지름의 7%를 초과하는 것

(4) 꼬인 것

(5) 심하게 변형 또는 부식된 것

3.5.13 권양기 운전에 있어서 곤돌라 조작 시 운전원의 부주의와 기계고장으로부터 발생하는 사고의 방지를 위하여 권양설비에 필요한 각종 안전장치를 설치하여야 하며 권양기 운전 시 신호체계를 정하여 사고를 방지하여야 한다.

3.5.14 겨울철 연직갱 주변의 지표수 및 배면지하수가 연직갱 내부로 유입 시 고드름이 생성되어 낙빙에 의한 구조물 손상 및 안전사고의 위험이 있으므로 수시로 결빙방지 확인 및 고드름제거 등 구조물 손상 및 안전사고 방지대책을 강구하여야 한다.

3.5.15 낙반 및 낙석 등의 위험이 있는 연직갱 내부에는 관계 작업원 외의 출입을 금지시켜야 하며, 낙반·출수 등에 의하여 산업재해 발생의 급박한 위험이 있는 때에는 즉시 작업을 중지하고 작업원을 안전한 장소로 대피시켜야 한다.

3.5.16 재해발생 위험을 관계근로자에게 신속히 알리기 위한 비상벨 등 긴급통신 및 신호설비 등을 설치하고 그 설치장소를 관계근로자에게 주지시켜야 한다.

3.5.17 발파공에 장전된 화약류를 점화시킬 때 사용하는 발파기를 사용함에 있어서 정전기에 의한 폭발 등의 위험이 발생할 우려가 있는 때에는 확실한 방법으로 접지를 하거나, 도전성 재료를 사용하거나 가습 및 점화원으로 될 우려가 없는 제전장치를 사용하는 등 정전기의 발생을 억제하거나 제거하기 위하여 필요한 조치를 하여야 한다.

3.5.18 연직갱 건설작업에 있어서 붕괴 등에 의하여 근로자에게 위험을 미칠 우려가 있는 때에는 필요한 계측장치 등을 설치하여 위험을 사전에 인지하기 위한 조치를 하여야 한다.

10-2 경사갱

1. 일반사항

1.1 적용범위

1.1.1 본선터널 이외의 터널로서 보조기능의 경사진 터널에 적용한다.

1.1.2 수평터널에 해당되는 일반적인 사항은 본장에서 제외한다.

1.2 경사갱의 일반

1.2.1 경사갱의 시공에서는 설치목적, 공사용 설비, 공사 완료 후의 조치 등을 고려한 제반조사를 실시하여 시공계획을 수립하여야 한다.

1.2.2 경사갱의 시공에서는 여건이 특수하므로 안전관리체제를 강화하고 과다 용출수에 대비하는 등 안정성, 시공성을 고려한 시공계획을 세워야 한다.

1.2.3 완공 후 공사용 경사갱 운영 시 다른 목적으로 사용하지 않는 경우에는 터널 본체 및 지표에 영향을 미치지 않도록 보강, 폐쇄, 매립 등의 조치를 취하여야 한다.

1.2.4 경사갱의 위치는 작업장 설치가 용이하고 주변환경 피해를 최소화하며, 자재 및 장비의 접근이 원활한 곳에 계획하여야 한다.

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

3.1 굴착

3.1.1 막장 전방의 지반조건과 지하수 등을 확인하고, 경사갱 통과지역에 함수대가 있을 때에는 그 특성에 따라 시공 전 또는 시공 중에 지수 및 차수, 지반보강 등의 보조공법을 적용하여야 한다.

3.1.2 시공 중에도 필요에 따라 추가 지반조사를 하여야 한다.

3.1.3 유효단면, 기울기에 적합한 굴착, 보강, 운반, 환기, 배수방법을 확립하여 신속하고 안전한 시공이 되도록 하여야 한다.

3.1.4 경사갱의 굴착공법은 하향굴착공법, 상향굴착공법으로 구분되며 공법 선정 시 다음 사항을 종합적으로 검토하여 시공법을 선정하여야 한다.

(1) 입지환경 : 주변환경의 훼손 정도, 버력처리의 효율성

(2) 지반조건 : 암질, 지하수 상태

(3) 시공조건 : 단면크기, 길이(심도), 경사, 경사갱 굴착지점 상·하부 작업공간 활용 여부, 안전성, 공사기간, 공사비

3.1.5 굴착방법으로서 발파굴착과 기계굴착 방법을 고려할 수 있다.

3.1.6 하향굴착 시 막장에 용출수가 고이지 않도록 조치해야 한다. 수중펌프의 설치위치는 굴착의 진행에 따라 이동되므로 필요한 경우 중간에 집수구를 만들어

중계배수하여야 한다.

3.1.7 경사갱의 굴착 시 용수로 인하여 막장의 지반이 약화될 가능성이 있는 경우 이에 대한 방지대책을 강구하여야 한다.

3.1.8 버력의 운반방법은 컨베이어벨트 방법, 레일방법, 타이어차량 방법 등이 있으며 기울기, 연장, 접속터널의 운반방법, 안전성, 능률 등을 고려하여 선정하여야 한다.

3.1.9 경사갱과 접속터널과의 교차 각도는 직각을 표준으로 하되 시공성과 운반기계의 선회반경 등 운행조건을 고려하여 결정할 수 있다.

3.1.10 경사갱의 시공장비는 지반조건, 단면, 기울기, 안전성, 등판능력, 능률 등을 고려하여 선정하여야 한다.

3.1.11 경사갱의 기울기는 용도, 연장, 본선터널과의 위치관계, 지반조건, 시공법, 공사기간, 운전방법의 특성, 환기방법 등을 고려하여 선정하여야 한다. 기울기가 급한 경사갱의 경우에는 경사갱 특유의 기계설비가 필요하게 되어 시공성, 작업효율이 저하되므로 수평터널과 비교하여 시공순서, 시공공정, 공사기간 등을 고려하여 시공설비계획을 수립하여야 한다.

3.1.12 주요 설비의 제원과 설비용량은 경사갱단면의 크기, 연장, 기울기, 소요능력, 각 설비의 능력, 공사기간 등을 고려하여 정하여야 한다.

3.1.13 버력처리설비는 본 터널의 단면, 시공연장, 공기, 운반능력, 지반조건 등을 고려하여 규모, 배치 등을 정하여야 한다.

3.2 지보재

3.2.1 지보재는 경사갱의 기울기를 고려하여 시공하여야 한다.

3.2.2 강지보재를 설치할 경우 경사갱의 직각방향, 연직방향, 직각방향과 연직방향의 중간 방향으로 설치할 수 있으며 지반상태와 막장상태를 고려하여 가장 적합한 방법을 선택하여야 한다.

3.2.3 기울기가 급한 경사갱에 있어서 강지보재는 지반조건에 적절한 간격유지 및 연결재의 시공을 철저히 하여야 한다.

3.2.4 지보패턴의 선정과 지보시공은 수평터널의 경우에 준하여 시행하되 수평터널의 지보재보다 다소 보수적인 지보가 이루어지도록 하여야 한다.

3.3 콘크리트라이닝

3.3.1 경사갱에 이용되는 거푸집은 하부로 낙하되지 않도록 경사갱의 기울기에 대하여 확실히 고정될 수 있는 견고한 구조이어야 한다.

3.3.2 콘크리트의 타설 시 기울기, 운반량 등을 고려하여 적절한 방식을 택하여 연속적으로 타설이 가능하도록 하여야 한다.

3.3.3 인버트 콘크리트의 타설 시 인버트 거푸집을 사용하여 타설하여야 하며 또한 인버트 거푸집은 콘크리트 타설 시 압력을 충분히 견딜 수 있어야 한다.

3.3.4 콘크리트라이닝은 상향으로 시공하여야 한다.

3.3.5 콘크리트라이닝의 시공은 수평터널에 준하지만 기울기가 급한 경사갱 및 수압관로의 경우는 주변지반 조건에 적합한 두께와 구조가 되도록 시공하여야 한다.

3.4 배수시설

3.4.1 터널 바닥 배수설비는 예상용수량, 이상출수, 펌프설비의 보수, 고장 시의 예비, 정전 시 등을 고려하여 적절한 규모로 계획하여야 한다.

3.4.2 배수설비로써 경사갱 바닥의 침전조, 저수조, 배수펌프, 배수관, 펌프실의 규모, 유량계, 예비발전설비 등이 마련되어야 한다.

3.4.3 저수조의 유효용량은 정전 시 예비발전으로 대체하기 위한 작업시간을 고려하여 계획의 상시 용수량에 비해 적어도 30분 이상 저수 가능한 크기가 되어야 한다.

3.4.4 경사갱의 시공이 완료된 후에는 용수의 상태, 용수개소, 용수량에 대하여 효율적인 배수계통이 되도록 계획하여야 한다.

3.4.5 본 터널에서 발생하는 용출수를 경사갱으로 배수하는 경우에는 경사갱의 발생용수량과 본 터널의 발생용수량을 동시에 고려하여 배수시설을 설치하여야 한다.

3.5 경사갱 공사의 안전대책

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

한다.

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

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

3.5.4 작업원 승강기와 측면벽, 장애물 및 기타 시설물의 간격의 한쪽을 0.75m 이상, 그 외의 간격은 0.3m 이상으로 하며 승강기와 상부 장애물과의 간격을 0.3m 이상으로 하여야 한다.

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

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

3.5.7 와이어로프 또는 달기체인(고리걸이용 와이어로프 및 달기체인을 포함)의 안전계수(와이어로프 또는 달기체인 절단하중의 값을 그 와이어로프 또는 달기체인에 걸리는 하중의 최대값으로 나눈 값)가 다음 각 호의 기준에 적합하여야 한다.

(1) 근로자가 탑승하는 운반구를 지지하는 경우에는 10 이상

(2) 화물의 하중을 직접 지지하는 경우에는 5 이상

(3) 제1호 및 제2호 외의 경우에는 4 이상

3.5.8 다음 각 호에 해당하는 와이어로프를 사용하여서는 안 된다.

(1) 이음매가 있는 것

(2) 와이어로프의 한 꼬임에서 소선(필러선을 제외한다)의 수가 10% 이상 절단된 것

(3) 지름의 감소가 공칭지름의 7%를 초과하는 것

(4) 꼬인 것

(5) 심하게 변형 또는 부식된 것

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

3.5.10 막장에는 항상 물로 채워진 발파공이 많으므로 발파 시 불발공이 되지 않도록 결선부분을 철저히 절연하여야 한다.

3.5.11 발파 시 대피에 있어서 기울기가 급한 경우에 대피거리를 충분히 확보하여야 하며 설치된 대피소 또는 대피박스 등을 사용하여야 한다.

빈 면

제11장 TBM

11-1 시공계획 수립

1. 일반사항

1.1 시공계획 시 고려사항

1.1.1 시공계획은 공사의 목적, 규모, 기간을 반영하고 설계도서, 관련규정, 현장조건, 지반조건 등을 고려하여 안전하고 경제적인 시공이 되도록 수립하여야 한다.

1.1.2 시공계획 시 TBM 장비의 선정, 설계내용, TBM 장비 및 부속장비의 제작과 공급 등 모든 공정의 적정성을 검토하고 확인하여야 한다.

1.1.3 작업구의 위치와 규모는 입지조건과 시공조건, TBM 장비 크기 등을 고려하여 계획하여야 한다.

1.1.4 발진부와 도달부, 급곡선부, 지장물의 철거부나 지중접합부 등에는 지반의 안정성을 검토하고, 필요시 보조공법 등을 추가로 계획하여야 한다.

1.1.5 공사 시에는 환경기준을 초과하는 유해물질이 발생되지 않도록 제반대책을 수립하여야 한다.

1.1.6 공사에 종사하는 작업원들에 대해서는 비상시를 포함한 작업 임무에 대한 교육계획을 수립하여야 한다.

1.1.7 시공계획 시 장비투입에 따른 운반, 조립 및 해체계획, 버력처리 방안, 각종 설비계획 등과 품질, 안전 및 환경관리 대책도 검토하여야 한다.

1.1.8 공종별 시공계획은 효율적인 공사수행을 위하여 현장에 투입되는 장비의 특성을 고려하는 작업장 부지계획, 장비 조립 및 시운전, 작업구, 발진 및 본굴진, 도달, 반대방향으로 장비의 회전(U-Turn), 해체 및 인양, 부대공 등으로 구분하여야 한다.

1.1.9 기타 세부적인 일반시공계획은 '제2장 시공계획'을 따른다.

1.2 특수한 조건 하의 고려사항

1.2.1 토피가 얇은 지역에 시공하는 경우 굴진면 압력관리나 뒤채움 주입관리 등을 적합하게 실시하여 지표면이나 지하매설물 등의 영향을 최대한 억제하고, 필요에 따라 보조공법을 적용하여야 한다.

1.2.2 토피가 두꺼운 지역에 시공하는 경우 지반조건과 시공속도를 고려한 TBM 장비, 세그먼트, 시공설비 등에 대하여 검토하여야 한다.

1.2.3 TBM 장비로 장거리를 시공하는 경우 지반조건을 고려하여 장비 및 시공설비의 내구성과 효율성 향상 등에 대하여 검토하여야 한다.

1.2.4 커터와 비트의 선정과 교환은 회전이동거리, 지반조건 등을 고려하여야 하며, 교환주기 및 방법, 내구성 강화 등을 검토하여야 한다.

1.2.5 고속시공을 하는 경우 TBM 장비의 능력을 향상시키고, 각종 설비와 시스템을 기능적으로 조합시켜야 한다.

1.2.6 지중에서의 접합은 쌍방의 위치확인과 조정을 실시하여 정밀도 높게 시공하여야 하고, 지중에서의 분기는 발진과 분기에 의한 기설터널에 미치는 영향을 고려하여 시공하여야 한다.

1.2.7 단면이 변하는 경우에는 원활하고 안전한 단면변화가 가능하고 상호 단면에 있어서 굴진이 가능하도록 장비 및 시공설비, 시공방법을 검토하여야 한다.

1.3 TBM 장비의 적합성

1.3.1 TBM 장비는 굴진면의 안정확보가 가능하며, 안전하고, 경제적인 시공을 이룰 수 있는 것이어야 한다.

1.3.2 TBM 장비는 현장적용에 앞서 기계적, 재료적 특성을 파악하여 지반조건, 주변여건, 터널크기, 연장 및 기울기 등과의 적합성을 검토하여야 한다.

1.3.3 TBM 장비는 굴진 후 지보재를 즉시 혹은 적기에 시공할 수 있는 시스템과 부대장비를 구비하여야 한다.

1.4 공사구간 분할

1.4.1 공사구간 분할은 공사규모와 기간, TBM 장비의 단면크기, 선형조건, 지형 및 지반조건, 토지이용 현황, 작업장 여건 등을 고려하여 효율적인 시공이 가능하도록 분할하여야 한다.

1.5 공종별 시공계획

1.5.1 공종별 시공계획은 설계도서를 기준으로 하여 현장조건에 적합하도록 수립하여야 한다.

1.5.2 시공계획은 장비의 특성을 고려하여 작업장부지계획, 작업원 훈련 및 시운전, 굴착 및 버력처리, 방수 및 배수, 내부라이닝, 전기설비, 계측, 부대공 등 세부 공종별로 수립하여야 한다.

1.6 공정계획

1.6.1 공정계획은 전체 공정이 원활하게 진행될 수 있도록 하여야 하며, 공정이 지체되는 경우에는 원인분석과 함께 공정 만회 대책을 세워야 한다.

1.6.2 공정관리는 계획과 실적을 지속적으로 분석하여 지체시간을 최소화하는 방법으로 관리하여야 한다.

1.7 작업장계획

1.7.1 작업장의 시공계획은 장비의 조립, 해체, 발진, 지반조건 및 주변여건 등을 고려하여 수립하여야 하며, 버력반출, 지보재 반입, 가시설 설치 등의 작업이 소정의 공정에 따라 원활히 진행될 수 있도록 수립하여야 한다.

1.8 공사용 설비계획

1.8.1 공사용 설비계획은 TBM 및 버력처리 장비의 종류와 특성을 고려하여 필요한 세부설비들을 종합적으로 검토·수립하여야 한다.

1.8.2 기타 설비계획은 '제2장 2-1의 1.6 공사용 설비계획'에서 정하는 바를 따른다.

1.9 사토장계획

1.9.1 '제2장 2-1의 1.7 사토장계획'에서 정하는 바를 따른다.

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

해당사항 없음

11-2 조사

1. 일반사항

1.1 시공 중의 조사

1.1.1 TBM 굴진 중에는 커터헤더의 회전력과 추력의 크기, 편향 정도 등 계기에 나타나는 각종 수치들을 토대로 지반상태의 변화를 분석하고 예측하여 이를 시공에 반영하도록 하여야 한다.

1.1.2 TBM 굴진 시는 배토되는 버력량과 입도분포를 조사하여 굴진면의 지반상태, 커터의 교체시기 및 과굴착 여부를 파악하고 조정하여야 한다.

1.1.3 다음과 같은 현장조건에서는 굴진면 전방의 지반조사나 탐사를 실시하여 지반상태를 확인한 후 굴착 및 보강대책을 수립하여야 한다.

(1) 굴진에 지장을 주는 호박돌층, 단층, 연약대 및 파쇄대층이 출현하는 지역

(2) 지하수가 다량으로 유출되는 지역

(3) TBM 운전실의 각종 계기에 나타나는 수치가 급격한 변동을 일으키는 지역

1.1.4 시공 중의 일반조사 사항에 대해서는 '제3장 조사 및 측량'에서 정하는 바를 따른다.

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

해당사항 없음

11-3 터널측량

1. 일반사항

1.1 측량구분

1.1.1 터널측량은 터널 외부측량과 터널 내부측량으로 구분하여 시행하며, 터널 외부측량은 '제3장 3-2의 3-2-2 외부측량'에서 정하는 바를 따른다.

1.1.2 터널 내부측량은 측량기준점의 편차여부를 확인하는 점검측량과 추진궤도 확인을 위한 추진관리측량으로 구분하여 실시하여야 하며, 각 측량은 1mm 이하의 오차를 갖는 정확도를 유지하여야 한다.

1.2 측량방법

1.2.1 터널 선형과 내공관리를 위해서는 터널 내부에 측량기준점을 설치하고 이를 검측할 수 있는 점검측량을 실시하여야 하며 세부사항은 다음과 같다.

(1) 기준점은 TBM 추력 등의 영향을 받지 않은 곳으로 하여 시공 중 이동하거나 없어지지 않도록 견고하게 설치하여야 한다.

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

(3) 측점은 터널단면의 크기와 선형 등을 고려하여 간격을 결정하고, TBM의 굴진에 따라 적절한 방법 및 빈도로 측량하여야 한다.

1.2.2 TBM 추진 시 계획선으로부터 장비의 이탈여부를 조기에 파악하고 추진궤도의 수정을 위해서 추진관리측량을 수행하여야 하며 세부사항은 다음과 같다.

(1) 추진관리측량은 적절한 빈도로 수행하여야 하며, 조립된 세그먼트에 대한 장비의 상대위치 측정 또는 피칭(pitching)과 요잉(yawing), 롤링(rolling) 등 장비 자체의 위치와 방향을 파악하여야 한다.

(2) 추진관리측량은 작업의 효율성을 고려하여 적합한 측정방법과 기구를 선정하여 신속하고 정확하며, 효율적인 측정이 되도록 해야 한다.

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

해당사항 없음

11-4 세그먼트

1. 일반사항

1.1 제작 시 고려사항

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

1.1.2 세그먼트 제작 시에는 설계서에서 요구하는 정확도를 유지하여야 한다.

1.1.3 세그먼트에는 제조번호, 제작자명(약호), 각 부분 번호, 제조일 등을 명기하여야 하며, 제작 규격서에는 검사 및 기호 등을 기재하여야 한다.

1.1.4 세그먼트 제작 시에는 재료, 외관, 형상과 크기, 가조립, 성능검사 등을 시행하여야 한다.

1.1.5 세그먼트 제작 규격서에 기재하여야 할 사항은 다음과 같다.

(1) 강재 세그먼트의 경우 재료의 명세, 절단, 가공, 조립용접(용접공의 자격, 용접재료, 용접자세, 용접순서, 용접상의 주의사항 등), 검사, 저장 및 기호 등을 상세히 기재하여야 한다.

(2) 주철재 세그먼트의 경우 재료의 명세, 용해, 조형, 처리, 열처리, 기계가공, 검사, 저장 및 기호 등을 상세히 기재하여야 한다.

(3) 콘크리트 세그먼트의 경우 재료의 명세(시멘트, 골재, 철근, 철골, 부재료 등), 형틀, 콘크리트의 배합, 제조법(철근 등의 가공조립, 체결방법, 양생방법 등), 검사 및 기호 등을 상세히 기재하여야 한다.

(4) 합성재료 등의 특수한 세그먼트인 경우에는 별도로 고려하여야 한다.

1.2 저장 및 운반

1.2.1 세그먼트의 저장과 운반 시에는 손상이나 부식 등이 발생하지 않도록 보호하여야 한다.

1.2.2 운반 및 취급 중에 손상이 발생한 경우에는 손상의 정도에 따라 적합한 조치를 강구하여야 한다.

2. 재료

2.1 치수정확도

2.1.1 세그먼트의 치수 허용정확도는 <표 11-4.1>을 표준으로 한다.

<표 11-4.1> 치수 허용정확도 (단위 : mm)

항목 종류		강재 세그먼트				주철재 세그먼트(4)				콘크리트계 세그먼트			
세그먼트 두께 (주형고)		±1.5				+5.0 −1.0(3)				+5.0 −1.0(3)			
세그먼트 폭		±1.5				±1.0				±1.0			
길이		±1.5				±1.0				±1.0			
볼트공피치		±1.0				±1.0				±1.0			
각부 두께		−(2)				−1.0(3)				−1.0(3)			
수평조립시정원도(1)	세그먼트링 외경 2Ro(m)	2Ro <4	4≤2Ro <6	6≤2Ro <8	8≤2Ro <12	2Ro <4	4≤2Ro <6	6≤2Ro <8	8≤2Ro <12	2Ro <4	4≤2Ro <6	6≤2Ro <8	8≤2Ro <12
	볼트피치	±7	±10	±10	±15	±7	±10	±10	±15	±7	±10	±10	±15
	외경	±7	±10	±15	±20	±7	±10	±15	±20	±7	±10	±15	±20

(1) 수평 조립 시의 정원도는 세그먼트링을 2단으로 겹쳐서 측정한다.

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

(3) 주철재 세그먼트 및 콘크리트계 세그먼트에서 국부적인 두께감소의 허용치는 −1.0mm이다.

(4) 표 상에 나타난 수치는 기계마감 경우의 정확도를 나타내고 있지만 기계가공을 하지 않을 경우는 강재에 준한다.

2.2 검사

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

1) 강재 세그먼트의 검사

(1) 실물검사 시 현장에서 주형 및 이음판의 실물도를 보고 형상, 크기 및 볼트공의 위치를 설계크기와 대비하여야 한다.

(2) 재료검사 시 한국산업규격(KS)에서 규정하는 시험방법에 의해 재료의 역학

적 성질을 조사하는 검사를 실시하여야 한다. 다만, 밀쉬트(mill sheet) 등의 품질보증이 있는 강재 및 한국산업규격품으로 제작된 볼트, 너트 등에 대해서는 시험을 생략할 수 있다.

(3) 도구시험 시 강판의 벤딩, 천공, 절단, 부재조립용 형틀 등의 제조에 필요한 도구에 대해 검사하여야 한다.

(4) 용접검사 시 용접부의 두께 및 비트 길이에 관해서는 측정게이지를 이용하고 그 외에는 육안 등에 의해 검사를 하여야 한다.

(5) 수평 가조립검사 시 제작 중인 세그먼트 중에서 2링을 추출하여 수평 가조립하고 정원도를 조사하여야 한다.

(6) 성능검사 시 세그먼트 만곡시험 및 잭 추력시험 등을 통해 강도를 조사하여야 한다.

2) 주철재 세그먼트의 검사

(1) 재료검사 시 주물의 화학성분, 주조 후의 현미경 조직 및 테스트 피스의 기계적 성질을 조사하여야 한다.

(2) 형상치수검사 시 기계가공 후의 치수는 검사도구 등을 이용하여 조사하여야 한다.

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

3) 콘크리트계 세그먼트의 검사

(1) 재료검사 시 콘크리트계 세그먼트의 품질은 콘크리트 재료 및 제조방법에 따라 큰 영향을 받기 쉬우므로 <표 11-4.2>, <표 11-4.3>을 참고하여 세밀한 관리를 실시하여야 한다.

(2) 외관검사 시 모서리 부분의 파손과 균열부에 대한 검사를 실시하여 사용성에 문제가 없음을 확인하여야 한다.

(3) 성능검사 시 세그먼트 만곡시험, 이음부 만곡시험, 잭 추력시험, 인양고리 인발시험 등을 통하여 강도를 조사하여야 한다.

3. 시공

해당사항 없음

<표 11-4.2> 품질관리 항목

구분	관리항목	시험방법	관리장소	빈도
골재	골재의 입도시험	골재 체가름 시험방법(KS F 2502)	골재 야적장	1회/월
	비중 및 흡수량	잔골재의 비중 및 흡수율 시험방법(KS F 2504) 굵은 골재의 비중 및 흡수율 시험방법(KS F 2503)		1회/월 또는 산지 변경 시
	씻기시험	골재에 포함된 잔입자 시험방법		
	모래의 유기불순물	모래의 유기불순물 시험방법(KS F 2510)		
	마모량	로스앤젤레스 시험기에 의한 굵은 골재의 마모시험 방법(KS F 2508)		산지 변경 시
	잔골재의 표면수율	잔골재의 표면수율 시험방법(KS F 2509)	플랜트 계량호퍼	2회/일
	염화물량	굳지 않은 콘크리트 중 물의 염소이온 농도시험방법 (KS F 2515)	타설장소	1회/주
기타	슬럼프	콘크리트의 슬럼프 시험방법(KS F 2402)	타설장소	1회/일
	공기량	굳지 않은 콘크리트의 압력에 의한 시험방법 (KS F 2421)	타설장소	1회/일
	워커빌리티	육안	타설장소	배치마다
	강도	콘크리트의 압축강도 시험방법(KS F 2405)	타설장소	1회/일

<표 11-4.3> 제조관리 항목

검사 번호	관리항목
1	골재표면 수량
2	철근 수량, 휨 형상, 조립상황, 치수
3	철근망 형상, 스페이서, 부속설치부품
4	콘크리트 투입량, 타설상황, 슬럼프
5	양생온도 및 시간
6	탈형 시의 규격, 외관, 형상
7	야적장의 외관형상, 표시, 재령, 수량
8	형틀청소, 설치상황, 규격 정도

11-5 작업구

1. 일반사항

1.1 작업구의 분류 및 기능

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

1.1.2 TBM용 작업구는 발진작업구, 중간작업구, 도달작업구, 방향전환 작업구 등이 있으며 현장조건과 공사목적에 맞추어 다음과 같은 조건을 갖추어야 한다.

(1) 발진작업구는 장비의 조립이 용이하고 배수가 원활하게 이루어질 수 있어야 하며, 토압과 발진력을 견딜 수 있는 구조이어야 한다.

(2) 도달작업구는 장비의 해체와 인양이 용이한 구조로 하여야 한다.

(3) 터널 연장이 길고 버력의 반출과 지보재의 반입이 어려워질 경우 또는 TBM 장비의 원활한 점검을 위해서는 중간 작업구를 설치할 수 있다.

(4) TBM 장비의 방향전환이 필요할 경우에는 방향전환 작업구를 설치할 수 있다.

(5) 발진과 도달을 겸하는 작업구는 소정의 목적에 부합되는 구조로 하여야 한다.

1.1.3 작업구는 교통 및 보행자의 안전을 위하여 필요시 안전휀스를 현장여건에 맞게 설치하여야 한다.

1.2 작업구의 크기와 형상

1.2.1 작업구의 크기와 형상은 TBM 장비의 형식, 크기, 반입, 조립, 발진방법, 발진반력대, 발진부 지반의 안정처리, 본 구조물과의 연결, 주변의 영향 등을 고려하여 결정하여야 한다.

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

3.1 작업구 시공

3.1.1 작업구는 지반조건, 노면조건, 교통량, 공사 중 소음 및 진동의 영향 등을 고려하여 안전하고 경제적인 공법으로 시공하여야 한다.

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

3.1.3 작업구는 TBM 장비, 후방대차 및 자재의 반출입 사항들을 고려하여 시공하여야 한다.

11-6 TBM 장비

1. 일반사항

1.1 제작

1.1.1 TBM 기종은 굴진면의 안정성을 확보할 수 있고 안전하고, 경제적인 시공을 할 수 있는 것을 선택하여야 한다.

1.1.2 장비 제작에 앞서 제작사양서, 주요설계도 및 제작공정표를 작성하여야 한다.

1.1.3 예정공기 내 공사를 완료할 수 있도록 공정표에 적합하게 장비 제작사를 선정하여야 한다.

1.1.4 장비 제작에는 사용재료, 치수 등의 제원에 유의하여 본 설계조건을 만족시키는 강도 및 성능을 확보해야 한다.

1.2 조립

1.2.1 공장 가조립과 검사에 합격하면 청소와 도장을 실시한다. 분할형 TBM 장비는 현장조립에 필요한 공구, 결합부호 등을 고려해야 한다.

1.2.2 현장조립은 설계하중을 지지할 수 있는 가설대에서 정확히 조립하고, 가체결 또는 가부착 후에 치수검사를 거친 후 용접 또는 볼트체결을 실시하여야 한다.

1.3 운반

1.3.1 TBM 장비의 운반은 현장까지 이송하는 것으로, 원활한 운송이 되도록 장비분할과 운반로를 선정하여야 한다.

1.3.2 TBM 장비의 운반 시 교통소통에 영향이 없도록 계획하여야 하며, 운반 도중에 지상, 지하구조물에 손상이 발생하지 않도록 현황을 파악하고 그 대책을 수립하여야 한다.

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

해당사항 없음

11-7 발진과 도달

1. 일반사항

해당사항 없음

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

3.1 발진

3.1.1 TBM 장비는 소정의 위치에 바르게 고정시킨 후 발진시켜야 하며, 발진 추력이 작업구 흙막이, 주변도로, 지중매설물 등에 영향을 미치지 않도록 주의하여야 한다.

3.1.2 작업장이 협소한 경우는 장비본체, 후속대차, 버력대차 등 부위별로 진입시키는 방법을 검토하여야 한다.

3.1.3 TBM 장비는 선형을 따라 허용편차 내에서 굴진되도록 하고, 정해진 위치까지 안전하게 도달할 수 있어야 한다.

3.1.4 지반조건이 불량하고 터널 토피가 얇은 구간을 TBM 장비가 통과하는 경우에는 필요시 지반보강을 실시하여야 한다.

3.1.5 발진 시 TBM 장비의 고정 위치는 설계상의 장비 중심 및 높이를 기본으로 하여 정하나 지반이 연약하여 장비의 처짐이 예상되는 경우는 위치를 상향 보정하여야 한다.

3.1.6 발진에 필요한 반력대 설비는 주로 가조립 세그먼트 방식과 형강을 주재로 하

는 설비 등으로 분류할 수 있으나 어떠한 경우든 필요한 추력에 대해 충분히 견딜 수 있어야 하고, 유해한 변형을 발생시키는 일이 없도록 필요한 강성을 확보하여야 한다.

3.1.7 발진작업구에서 TBM 장비의 진입을 위한 개구작업은 지반의 붕괴, 노면의 함몰 등이 발생하지 않도록 주의하여 시공하여야 한다.

3.1.8 발진작업구에서 가벽을 해체시키는 경우는 단계별로 신속하고 주의 깊게 행하여야 한다.

3.1.9 발진작업구에서 쉴드TBM을 진입시킬 때에는 지하수와 토사의 유입을 막을 수 있도록 엔트런스 패킹을 실시하여야 하며, 작업구나 세그먼트 배면에서의 양호한 지수를 위해서는 쉴드TBM 진입 후 후미공극을 조기에 충전시켜야 한다.

3.1.10 발진부 보강방법은 <표 11-7.1>을 참조하여 선정하고 지반조건, TBM 장비 형식, 토피, 작업여건 등의 제조건을 고려하여야 한다. 이 경우 발진구조체의 안전성을 확보할 수 있도록 단독 또는 병용의 보강방법을 적용할 수 있다.

<표 11-7.1> 발진부 보강방법

발진부 보강방법	시공법
굴진면 보강 후 발진	• 약액 및 현탁액 주입공법 • 고압주입공법 • 동결공법 • 작업구 압기공법
강철판을 이용하여 발진	• 이중강철판공법 • 개착 • 매설공법
가벽자체를 절삭하여 발진	• 가벽절삭공법

3.1.11 높은 수압으로 인하여 발진에 어려움이 있는 경우는 패커 장치를 사용하여 수압에 상응하는 압력을 작용시키는 등의 발진부 보조공법을 적용할 수 있다.

3.1.12 굴진은 초기굴진과 본굴진으로 분류할 수 있으며, 초기굴진 시에는 TBM 장비의 굴진방향을 정확히 잡을 수 있도록 하고 향후 본 굴진을 위한 각종 정보를 수집하여야 한다.

3.1.13 초기 굴진거리는 TBM 장비의 길이와 추력의 영향을 받는 구간의 길이를 합한 것과 TBM 장비의 길이와 후방설비의 길이를 합한 것 중 긴 것을 택하도록 하여야 한다.

3.1.14 초기굴진과 관련하여 검토하여야 할 사항들은 다음과 같다.

(1) 발진부에 대한 사전 지반개량 유무
(2) 쉴드TBM 장비의 발진반력대의 구조 및 강도
(3) 가설 세그먼트의 해체시기
(4) 후방설비의 배치 및 토사의 반출입 방법

3.2 도달

3.2.1 도달은 TBM 장비가 도달작업구에 도달하는 일련의 작업이며, 도달 후에는 장비를 인양하거나 매몰할 수 있다.

3.2.2 도달작업구의 개구부 처리방법에는 미리 개방시키는 방법과 TBM 장비가 작업구 벽체에 도달한 후에 개방시키는 방법이 있으며 지하수, 지반조건 등을 감안하여 안전한 방법을 선정하여야 한다.

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

3.2.4 도달과 관련하여 검토하여야 할 사항들은 다음과 같다.
(1) 도달부에 대한 사전 지반개량
(2) 예정위치에 도달하기 위한 TBM 장비의 측량방법과 터널 내외의 연결방법
(3) 추진속도를 늦추고 미속전진 시켜야 하는 위치
(4) 이수식 쉴드TBM인 경우 이수압의 감압개시 위치
(5) 추력의 영향에 의한 도달작업구 내 토류의 필요 유무와 그 대책
(6) 작업구 도달면의 개구방법과 그 착수시기
(7) TBM 장비의 본체와 도달벽과의 간격 및 토사유출방지 또는 배수대책
(8) TBM 장비를 매립하는 경우 정지위치
(9) 도달부 부근의 배면주입
(10) TBM 장비를 작업구 내에 인출할 경우 받침대 등의 가설비

3.3 점검 및 커터교환

3.3.1 TBM 장비의 굴착능력을 충분히 발휘할 수 있도록 굴진 기록부를 작성하여 기계의 이상 유무 등을 점검해야 한다.

3.3.2 TBM 장비의 특성에 적합하도록 수시점검, 일일점검, 주간점검, 월간점검 등으로 구분한 계획을 수립하고 정기적으로 점검하여야 한다.

3.3.3 커터 또는 비트는 TBM 장비의 굴진효율이 떨어지기 전에 교환하여야 한다. 커터가 편마모 되었거나 파손된 경우 커터의 베어링, 실링, 커터 하우스 기능의 정상여부도 점검하여야 한다.

11-8 추진

1. 일반사항

해당사항 없음

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

3.1 TBM의 추진 공통사항

3.1.1 완성된 TBM 장비의 정상가동 여부는 공장(제작장과 유지보수장)과 현장에서 확인하여야 하며, 초기굴진 시 본 굴진에 필요한 굴진정보를 파악하여야 한다.

3.1.2 운전원은 TBM 장비의 기능을 이해하고 기계를 정확히 제어할 수 있어야 하며, 시공 전에 장비에 관한 모든 기능을 숙지하여야 한다.

3.1.3 운전원은 굴진 시 얻은 각종계기의 자료와 지반정보로 상하 또는 좌우 편차가 허용치 이내가 되도록 하여야 한다.

3.1.4 TBM 장비는 지반의 안정을 도모하면서 설계노선을 따라 정확하게 추진될 수 있도록 하여야 한다.

3.1.5 TBM 장비의 추력은 지반조건, 장비형식, 여굴의 발생여부, 사행수정의 유무, 터널선형 등에 의해 영향을 받으므로 추력의 크기와 장비의 방향을 조절할 수 있는 잭을 적정하게 사용하여 추진시켜야 한다.

3.1.6 터널굴진면의 안정을 이룰 수 있도록 굴착 직후 또는 굴착과 동시에 TBM 장비를 추진하여야 한다.

3.1.7 세그먼트 등, 후방구조물을 손상하지 않도록 하기 위하여 1본당 잭 추력을 적정하게 유지하도록 하고 TBM의 소요추력은 모든 잭을 사용하여 얻어야 한다. 곡선부, 경사변환부, 사행수정을 위해서 일부 잭만을 사용하여야 하는 경

우에도 가능한 한 많은 수의 잭을 사용하여야 한다.

3.1.8 TBM을 추진시킬 때는 피칭, 요잉 및 롤링의 발생을 억제하도록 해야 한다.

3.1.9 TBM의 추진과 관련하여 검토하여야 할 사항들은 다음과 같다.

(1) 인근의 가옥 및 주요 구조물에 대한 보강대책

(2) 지반조건에 적합한 추진잭의 사용여부

(3) 굴진면 붕괴 및 이상누수에 대한 비상대책

3.2 토압식 쉴드TBM의 추진

3.2.1 쉴드TBM의 추진에 따른 원만한 배토가 이루어질 수 있도록 토압과 굴착량을 측정하여 굴착속도를 조정하여야 하며, 커터헤더의 회전속도와 추력의 크기도 파악하여 굴진면 안정관리를 실시하여야 한다.

3.2.2 지하수의 유출이 많은 모래 자갈층에서는 굴진면의 안정성을 확보하기 위하여 적합한 첨가제를 주입하여 굴착토사의 유동성과 지수성을 확보하여야 하며, 터널단면의 크기, 터널길이, 1회 추진 시의 버력량, 사이클 타임 등을 고려하여 버력반출 방법의 적합성을 검토하여야 한다.

3.2.3 배토기구와 설비는 굴착토량과 배토된 토량의 상태와 균형유지를 고려하여 계획공정에 적합하도록 관리하여야 한다.

3.2.4 토압식 쉴드TBM의 추진과 관련하여 검토하여야 할 사항들은 다음과 같다.

(1) 인근의 가옥 및 주요 구조물에 대한 보강대책

(2) 지반조건에 따른 추진속도, 커터헤더의 회전속도, 쉴드TBM의 추력

(3) 굴진면의 지반상태에 적합한 토압유지

3.3 이수식 쉴드TBM의 추진

3.3.1 이수에 의한 굴진면의 유지 및 버력반출 시스템은 시공성을 고려하여 자동화 체계로 운용하여야 한다.

3.3.2 굴진면의 안정을 유지하기 위한 이수의 농도와 밀도, 비중, 점성, 이수압 등은 토압과 지하수 압력을 고려하여 정하여야 한다.

3.3.3 이수와 버력은 이수분리장치를 통하여 완전히 분리될 수 있도록 하여야 하며 터널단면의 크기, 터널길이, 1회 추진 시의 버력량, 사이클 타임 등을 검토하여 이수분리장치의 용량을 결정하여야 한다.

3.3.4 배토기구와 설비는 굴착토사의 상태를 고려하여 계획공정에 적합하도록 관리

하여야 한다.

3.3.5 이수식 쉴드TBM의 추진과 관련하여 추가로 검토하여야 할 사항들은 다음과 같다.

(1) 인근의 가옥 및 주요 구조물에 대한 보강대책

(2) 지반조건에 따른 추진속도, 커터헤더의 회전속도, 쉴드잭의 추진력

11-9 터널 내 운반

1. 일반사항

1.1 운반 일반

1.1.1 버력처리계획은 터널크기, 연장, 기울기, 버력량, 버력상태, 사용장비의 특성, 주변여건, 공정 등을 고려하여 수립하여야 한다.

1.1.2 버력이 굴착에 지장을 주지 않도록 운반체계를 수립하여야 한다.

1.1.3 터널 내 운반장비의 안전운행을 위해서는 운행규정을 수립하고 운전원 및 작업원들에게 안전운행에 관한 교육을 실시하여야 한다.

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

3.1 버력운반

3.1.1 버력운반 체계는 터널크기, 연장, 기울기, 공사기간 등을 감안하고 안전성과 운전효율을 고려하여 선정하여야 한다.

3.1.2 버력운반을 위해 광차를 사용할 경우는 버력적재 및 대기시간을 최소화하여 TBM의 굴진능률에 영향을 주지 않도록 교행장치를 설치하여야 한다.

3.1.3 버력운반용 광차의 용량은 터널의 크기, 기울기, 연장, 버력발생량 등을 고려하여 선정하여야 한다.

3.1.4 내연기관의 광차를 사용할 경우는 배기가스에 주의하고 환기설비 등을 고려하여야 한다.

3.1.5 초장대 터널의 경우, 갱내 환경 및 운반효율을 고려하여 고속 컨베이어 시스

탬과 같은 고효율 운반체계를 고려할 수 있다.

3.1.6 TBM의 배토처리는 그 방식에 적절한 방법을 선정하여야 하며, 필요에 따라서는 호환 또는 복합하여 적용할 수 있다.

11-10 세그먼트라이닝 설치

1. 일반사항

1.1 세그먼트라이닝 설치 일반

1.1.1 세그먼트는 조립 전에 이물질을 완전히 제거한 후 조립순서에 따라 신속, 정확하게 조립하여야 한다.

1.1.2 세그먼트의 본체 및 실링부는 손상 받지 않도록 시공하여야 하며, 필요한 경우 정원유지장치 등의 보조기구를 사용하여야 한다.

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

3.1 세그먼트라이닝의 시공

3.1.1 세그먼트를 조립할 때 쉴드TBM의 잭을 동시에 제거하면 토압 또는 굴진면의 이수압에 의해 쉴드TBM이 후진할 수 있으므로 세그먼트 조립 순으로 수 본씩 단계별로 제거하면서 조립하여야 한다.

3.1.2 세그먼트 링의 종방향 이음은 교차형 배열로 조립하여야 한다. 이 경우 세그먼트 이음부의 방수재는 손상되지 않고 잘 밀착되도록 조립하여야 한다.

3.1.3 세그먼트는 설치기 또는 정원유지장치를 이용하여 주위의 세그먼트를 손상시키지 않도록 정확하게 조립하여야 한다.

3.1.4 세그먼트 이음볼트는 조립 시 세그먼트에 손상을 주지 않는 정해진 힘으로 체결하여야 한다.

3.2 테이퍼 세그먼트라이닝의 시공

3.2.1 곡선부의 원활한 시공을 위하여 시공부위의 곡선에 맞는 테이퍼(taper) 세그먼트를 제작하여 사용하여야 한다.

3.2.2 쉴드TBM의 시공구간은 곡선부가 없더라도 사행수정을 위하여 테이퍼 세그먼트를 전체 세그먼트 링 수의 적절한 비율로 제작하여 비치하여야 한다.

3.2.3 테이퍼 세그먼트의 사용량이 많아지면 라이닝이 변형될 수도 있으므로 가능한 한 테이퍼 세그먼트의 사용량을 최소화하도록 시공하여야 한다.

3.3 정원의 유지

3.3.1 세그먼트를 정원으로 조립하는 것은 터널단면의 확보, 시공속도, 지수효과의 향상 및 지반침하의 감소 등에 중요하므로 쉴드TBM의 후미 내에서 세그먼트를 조립한 후 정원을 유지하도록 하여야 한다.

11-11 뒤채움 주입

1. 일반사항

1.1 뒤채움 주입

1.1.1 쉴드TBM의 후미공극으로 인한 지반의 변형방지와 세그먼트에서의 누수방지, 굴진반력에 의한 세그먼트의 조기 안정성 확보를 위하여 뒤채움 주입을 실시하여야 한다.

2. 재료

2.1 주입재료의 특성

2.1.1 주입재료에는 시멘트 모르터, 발포성 모르터, 섬유혼합 모르터, 슬래그 또는 석탄회를 사용하는 가소성 주입재, 자갈 등 여러 가지가 있으며, 현장에서는 지반조건, 쉴드TBM의 형식, 주입재 특성 등을 고려하여 가장 적합한 재료를 선정하여야 한다.

2.1.2 주입재료는 다음과 같은 조건들을 만족시킬 수 있는 것이어야 한다.

(1) 블리딩 등의 재료분리를 일으키지 않고 유동성을 잃지 않은 재료

(2) 주입 후의 경화현상 등에 따라 체적감소가 적은 재료

(3) 지반강도에 상당하는 균일한 강도를 조기에 얻을 수 있고 설계강도 이상을 발휘할 수 있는 재료
(4) 수밀성이 우수한 재료
(5) 환경기준을 만족하는 재료

3. 시공

3.1 뒤채움 주입시공

3.1.1 뒤채움 주입은 다음의 방법들 중 쉴드TBM 기종과 현장 지반조건 등을 고려하여 선정하여야 한다.
(1) 쉴드기 측면에서 추진과 동시에 주입하는 동시 주입방법
(2) 세그먼트 주입공에서 추진에 맞춰 주입하는 반동 시 주입방법
(3) 1개 세그먼트 링 설치완료 시마다 주입하는 즉시 주입방법

3.1.2 뒤채움 주입은 세그먼트 배면을 완전히 충전시킬 수 있도록 세그먼트에 작용하는 외압보다 0.1~0.2MPa 큰 압력으로 실시하여야 한다.

3.1.3 주입량은 쉴드TBM의 후미공극 크기, 주입재의 지반에 대한 침투성, 지반의 투수성, 여굴 등을 고려하여 결정하여야 한다.

3.2 뒤채움 주입관리

3.2.1 뒤채움 주입관리 방법은 주입압력에 의한 관리방법과 주입량에 의한 관리방법으로 구분하며, 현장에서는 두 가지 방법을 혼용하여 종합 관리하여야 한다.

3.2.2 뒤채움 주입 후에 미충전부가 발생하거나 쉴드의 추력에 의해 세그먼트와 지반 사이에 틈이 발생하는 경우에는 추가주입을 실시하여야 한다.

3.2.3 뒤채움 주입 시 지반과 세그먼트의 변형이나 이음 볼트의 절단이 생기지 않도록 압력을 관리하여야 한다.

11-12 방수

1. 일반사항

1.1 방수 일반

1.1.1 세그먼트라이닝은 지하수압에 견딜 수 있고 방수가 될 수 있도록 세그먼트 간

의 이음부, 볼트구멍, 뒤채움 주입구 등의 시공에 유의하여야 한다.

1.1.2 세그먼트라이닝의 누수는 완성 후 터널의 기능 및 유지관리에 문제를 일으킬 수 있으므로 지수재 기능이 작동된 이후의 누수량이 허용치를 초과하지 않도록 시공하여야 한다.

1.1.3 세그먼트라이닝 방수에는 실링, 코킹, 볼트체결 등의 형식이 있으며, 사용목적과 현장여건에 부합하도록 한 가지 또는 여러 가지의 방법을 조합하여 사용할 수 있다.

2. 재료

2.1 방수 재료의 성질

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

2.1.2 코킹 재료에는 에폭시계, 치오콜계, 요소수지계 등의 재료가 있으며, 현장조건을 고려하여 적합한 재료를 선정하여야 한다.

3. 시공

3.1 실링

3.1.1 세그먼트에 부착된 실링 재료는 세그먼트의 작업구 내 운반이나 적하 시 손상되지 않도록 하여야 한다.

3.1.2 실링 재료 중 수팽창 고무계는 물에 접촉하지 않도록 보관하여 팽창박리가 생기지 않도록 하여야 한다.

3.2 코킹

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

3.3 볼트구멍 및 뒤채움 주입구의 방수

3.3.1 세그먼트를 볼트로 연결하는 경우 볼트구멍의 방수를 위해서는 볼트와서와

볼트구멍 사이에 패킹재료를 넣고 볼트를 조여야 한다.

3.3.2 뒤채움 주입공의 플러그부 및 주입공 배면은 패킹재료를 설치하여 방수하여야 한다.

3.4 특수 방수처리공

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

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

11-13 내부 콘크리트라이닝

1. 일반사항

1.1 내부 콘크리트라이닝 일반

1.1.1 내부 콘크리트라이닝은 구조체로 사용하는 경우와 비구조체로 사용하는 경우로 구분하여 시공하여야 한다.

1.1.2 외력을 지지할 수 있도록 콘크리트라이닝을 세그먼트라이닝과 합성구조체로 설계한 경우는 설계조건대로 내부 콘크리트라이닝을 무근 또는 철근콘크리트로 시공하여야 한다.

1.1.3 비구조체로 사용되는 내부 콘크리트라이닝은 세그먼트를 보호하고 방화, 방식, 방수, 방진, 사행수정 등을 위해서도 시공할 수 있다.

1.1.4 세그먼트라이닝만으로 외력과 수압을 충분히 지지할 수 있고 적절한 내화대책을 수립한 경우에는 내부 콘크리트 라이닝을 생략할 수 있다.

1.1.5 내부 콘크리트라이닝의 두께는 사용목적, 시공성 등을 고려하여 결정하여야 한다.

1.1.6 내부 콘크리트라이닝은 세그먼트의 방수, 청소, 이음볼트의 확인 등 사전처리를 철저히 행한 후 시공하여야 한다. 거푸집 제거시기 등 상세한 사항은 '제6장 콘크리트라이닝'에서 정한 바를 따른다.

1.1.7 콘크리트 이외의 재질을 사용하는 내부 라이닝은 별도의 정하는 바를 따른다.

2. 재료

'제6장 콘크리트라이닝'에서 정하는 바를 따른다.

3. 시공

'제6장 콘크리트라이닝'에서 정하는 바를 따른다.

11-14 터널지보재

1. 일반사항

1.1 지보재 일반

1.1.1 Open TBM 터널의 지보재는 '제5장 터널지보재'에서 정하는 바를 따르도록 하나 지반조건이 열악한 경우에는 Open TBM 본체 직후방의 협소한 공간에서도 조기에 지보재를 설치할 수 있도록 하여야 한다.

1.1.2 숏크리트를 타설하는 경우는 숏크리트와 지반과의 부착성을 높일 수 있도록 Open TBM 터널의 벽면에 묻어 있는 파쇄암가루를 먼저 제거한 후 숏크리트를 타설하여야 한다.

1.1.3 지반이 불량하여 강지보재를 사용하는 경우는 쐐기목 등을 사용하여 지반과 강지보재가 밀착될 수 있도록 하여야 하며, 원형으로 조기에 폐합시켜야 한다.

1.1.4 Open TBM 굴진 후 작은 낙석들은 록볼트와 철망 또는 보강쉬트를 이용하여 바닥에 떨어지지 않도록 처리하여야 하며, 향후 이 낙석들은 숏크리트 타설 전에 제거하여야 한다.

1.1.5 Open TBM 굴진 시 쐐기형태의 암탈락이 예상되거나 파쇄대가 출현할 때는 응급지보재를 조기에 시공하여 터널의 안정을 도모하여야 한다.

1.1.6 무라이닝 지보(unlined tunnel)의 경우 암판정에 대한 정량적인 시공 기준을 마련하고, 현장에서 책임기술자에 의한 암판정 및 매핑작업을 통하여 실시하여야 한다.

2. 재료

'제5장 터널지보재'에서 정하는 바를 따른다.

3. 시공

'제5장 터널지보재'에서 정하는 바를 따른다.

11-15 급곡선부

1. 일반사항

해당사항 없음

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

3.1 급곡선부의 시공방법

3.1.1 급곡선부를 시공하는 경우에는 지반조건, TBM 장비 특성, 확대굴착량, 후미공극, 보조공법 등을 사전에 검토하여 정확한 시공이 되도록 하여야 한다.

3.1.2 추진반력에 따른 세그먼트라이닝 또는 지보재의 균열이나 파손, 터널의 변형, 선형이탈 방지에 유의하여야 한다.

3.1.3 시공 시 실제 TBM 장비의 곡선반경은 설계곡선반경에 비하여 커지게 되는 경향이 있으므로 급곡선시공을 위해서는 다음 사항을 고려하여야 한다.

(1) TBM 장비의 길이는 가능한 한 짧게 하거나 중절기능을 갖도록 하고 편축추진에 대비하여 추력과 커터토크가 충분한 여유를 갖도록 하여야 한다.

(2) 직선구간의 세그먼트보다 폭을 작게 하고 편심하중을 고려하여 리브, 스킨플레이트, 이음볼트를 보강하거나 세그먼트 외경을 작게 하여 쉴드TBM의 후미공극을 여유 있게 두도록 한다.

(3) 카피커터 등으로 확대굴착량을 조절하여 급곡선 시공을 용이하게 한다.

(4) 급곡선부 주변지반의 이완방지와 지반반력의 증강을 위하여 지반보강을 고려하여야 한다.

(5) 세그먼트가 지반에 밀착될 수 있도록 뒤채움 주입을 실시하여야 한다.

11-16 지반안정과 구조물 보호

1. 일반사항

1.1 지반안정

1.1.1 굴진면의 붕괴 및 함몰의 우려가 있는 경우에는 TBM 종류와 지반상태 등을 고려하여 적합한 굴진면의 안정처리공법을 적용하여야 한다.

1.1.2 터널굴착에 따른 지반침하가 우려되는 경우에는 굴진면의 안정처리, 세그먼트 설치, 뒤채움 주입 등에 대한 적합한 공법을 적용하여 지반침하를 억제하여야 한다.

1.1.3 터널주변 지반의 침하관리를 위해서는 현장계측을 실시하여야 하며, 침하량은 허용침하량 이하가 되도록 관리하여야 한다.

1.1.4 하천을 횡단하여 시공하는 경우에는 지반조건 및 하천의 상황을 고려하여 안전한 시공이 이루어지도록 하여야 한다.

1.2 구조물 보호

1.2.1 구조물에 근접하여 TBM 장비가 통과하는 경우에는 사전에 구조물 보호대책을 강구하여야 한다.

1.2.2 구조물에 근접하여 시공을 행하는 경우에는 사전에 영향성을 검토하고 필요에 따라서 구조물 방호대책을 수립하고, 계측을 실시하여 구조물에 미치는 영향을 파악하여야 한다.

1.2.3 터널을 병렬로 시공하는 경우는 상호 영향성을 검토하고, 지반과 터널의 거동을 파악하여 필요에 따라 보조공법을 수립하여야 한다.

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

해당사항 없음

11-17 TBM 시공설비

1. 일반사항

1.1 시공설비 일반

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

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

1.1.3 시공설비계획은 굴진작업의 능력을 감안하고 공종별 가동 사이클타임을 조합해서 각 작업이 지체 없이 안전하게 시공될 수 있도록 예비설비도 계획하여야 한다. 특히, 공사장 면적, 주위환경 등을 검토하여 설비계획에 반영하여야 한다.

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

3.1 TBM의 발진, 도달, 회전설비

3.1.1 발진설비로 TBM 장비의 지지를 위한 받침대와 반력대, 뒤채움 주입재 및 이수의 누출방지를 위한 패킹설비 등을 설치하여야 한다.

3.1.2 도달설비로 TBM 장비의 지지를 위한 받침대, 도달 패킹설비를 설치하여야 한다.

3.1.3 방향전환을 위한 설비로 턴테이블 식 또는 트래버스 식 등을 고려할 수 있으며, 직접 크레인으로 매달아 회전시키는 방법 등도 검토하여야 한다.

3.2 재료보관소 및 창고

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

3.3 반입 및 반출설비

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

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

3.3.3 재료의 반입 및 반출설비는 작업 사이클, 입지조건 등을 고려하여 버력의 반출 공정에 지장을 초래하지 않도록 선정하여야 한다.

3.4 전력공급설비

3.4.1 전기설비는 전기설비의 기술기준, 판단기준 및 노동안전위생규칙 등에 근거하여 설치되고 유지관리되어야 한다.

3.4.2 고압 전기기기는 폐쇄형 큐비클 등을 사용하고, 전선로에는 절연 케이블 등을 사용하여 감전사고를 방지하여야 한다.

3.4.3 갱내전력설비는 갱내에서 사용하는 설비용량을 파악하고, TBM 굴진연장 등을 고려하여 적절한 설비로 하여야 한다.

3.4.4 전력공급 중단에 대비하여 필요에 따라 자가 발전이나 예비전원설비를 설치해야 한다.

3.5 조명설비

3.5.1 작업장소 및 통로 등에는 작업의 안전을 확보할 수 있는 조명설비를 설치해야 하며, 옥외용 방수형 기구 또는 그에 준하는 것을 사용해야 한다.

3.5.2 기타 터널조명에 대해서는 '제1장 1-2 안전관리 및 환경관리'에서 정하는 바를 따른다.

3.6 연락설비

3.6.1 작업장소와 설비 간의 긴밀한 연락이나 비상사태에 대응하기 위한 통신장치나 경보장치 등의 설비를 설치해야 한다.

3.7 환기설비

3.7.1 TBM 터널에서는 TBM, 버력처리, 자재운반 등의 장비들 배기량과 작업원 수

등을 감안한 소요환기량을 검토하여 환기설계의 적합성을 평가한 후 환기설비를 갖추어야 한다.

3.7.2 기타 터널환기에 대해서는 '제1장 1-2 안전관리 및 환경관리'에서 정하는 바를 따른다.

3.8 급기설비

3.8.1 터널현장에는 비상 시 작업원의 안전을 위하여 일반급기설비 외에 필요시 별도의 비상급기설비를 설치하여야 한다.

3.9 안전통로 및 승강설비

3.9.1 작업원이 안전하게 통행, 승강할 수 있는 안전통로 및 승강설비를 설치해야 한다.

3.9.2 기타 안전통로에 대해서는 '제1장 1-2 안전관리 및 환경관리'에서 정하는 바를 따른다.

3.10 공기압축설비

3.10.1 압기공법을 적용하는 경우에는 소요의 공기압을 줄일 수 있는 공기압축기 또는 송기설비를 예비기기와 함께 설치하여야 하며, 압기설비, 전력설비, 냉각설비, 저장탱크, 송기관 등을 설치하여 청정하고 적당한 온도의 공기를 공급하여야 한다.

3.10.2 고압공기를 사용하는 경우에는 소요용량의 고압 공기압축기 및 필요한 부대설비를 하여야 한다.

3.11 소화 및 방화설비

3.11.1 공사 중 화재방지를 위하여 필요한 소화 및 방화설비를 설치해야 한다.

3.12 터널운반설비

3.12.1 터널운반설비는 다음 방법 중 단면의 크기, 연장, 선형 등을 고려하여 선정하여야 한다.

(1) 궤도방법

(2) 컨베이어 방법

(3) 슬러리펌프 방법
(4) 펌프압송 방법
(5) 기타

3.13 급수 및 배수설비

3.13.1 급수설비는 커터헤드 전면에 부착된 커터의 개수에 의해 결정되는 굴착소요 급수량과 터널 내 장비운용 및 지보공으로 인해 소요되는 급수량 등을 처리할 수 있는 용량을 갖추도록 하여야 하며, 공사기간 중에 고장 없이 운용될 수 있도록 관리하여야 한다.

3.13.2 커터헤드에 공급되는 급수는 소요압력을 유지시켜 공급하여야 한다.

3.13.3 배수설비는 TBM에 급수된 수량과 터널 내의 용출수를 배수할 수 있어야 하며 예비배수설비를 설치하여 예기치 못한 용출수에 대비하여야 한다. TBM의 하향 굴진 시는 지하수 유입으로 인해 장비가 침수되지 않도록 배수계획을 수립하여야 한다.

3.14 침전설비

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

3.14.2 기타 침전설비에 관한 세부사항은 환경관련법에서 정하는 기준을 만족시킬 수 있어야 한다.

3.15 세그먼트설비

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

3.16 뒤채움주입설비

3.16.1 뒤채움주입설비로는 그라우트 믹서, 교반기, 흡입장치, 그라우트 펌프, 주입배관 및 주입관리 시스템 등이 있으며 뒤채움 주입이 능률적으로 이루어질

수 있도록 배치함과 동시에 소정의 작업 사이클 내에 쉴드TBM 후미의 공극을 완전히 충전할 수 있는 것이어야 한다.

3.17 이수처리설비

3.17.1 이수처리설비는 슬러리와 물을 효과적으로 분리할 수 있으며, 쉴드TBM의 굴진속도를 증대시킬 수 있는 처리능력을 지닌 것이어야 한다.

3.18 작업대차

3.18.1 작업대차는 굴착, 뒤채움 주입 등 일련의 작업에 사용되는 재료와 기계설비를 수용할 수 있는 규모를 가지며, 또한 각종 작업발판으로서의 기능을 가진 것이어야 한다.

3.19 운전제어설비

3.19.1 TBM 장비의 운전제어설비는 굴진면의 안정을 꾀하면서 적절하게 굴진할 수 있는 기능을 갖는 것이어야 한다.

3.20 기타 특수설비

3.20.1 TBM 종류에 따라서는 추가설비들이 요구될 수 있으므로 선정된 장비의 특성에 적합한 추가설비를 갖추어야 한다.

11-18 시공관리

1. 일반사항

1.1 공정관리

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

1.1.2 주요재료 및 제품은 소요의 시험과 검사를 행하여 그 품질, 형상, 치수, 강도 등이 적합한지 여부를 확인한 후 사용하여야 한다.

1.1.3 세그먼트의 치수 정확도 및 품질은 세그먼트의 조립 난이도, 쉴드TBM의 추진

정확도, 터널의 변형, 누수, 지반침하 등에도 영향을 주므로 엄격한 관리 하에 제작되어야 한다.

1.1.4 뒤채움 주입재의 우수한 품질을 유지하기 위하여 유동성, 점성, 블리딩, 응고시간, 압축강도 등을 정기적으로 측정하여야 하며 품질에 의문이 생길 때는 세그먼트 배면주입공을 통해 주입재 코어를 채취하여 주입재의 품질을 관리하여야 한다.

1.1.5 내부 콘크리트라이닝은 소요강도, 내구성, 수밀성을 지니고 품질의 변화가 적은 것이어야 하며, 그 품질관리에 대해서는 '제6장 콘크리트라이닝'에서 정하는 바를 따른다.

1.2 작업관리

1.2.1 TBM 추진 시에는 굴진면의 상황, 선형의 이탈, 세그먼트의 변형, 파손, 누수 및 지반의 침하 등에 유의하여야 한다.

1.2.2 지층의 변화가 심한 곳, 구하상, 우물 주변 또는 국부적 연약층을 통과 시에는 필요한 조사를 실시하여 일상작업 관리의 자료로 활용하여야 한다.

1.3 마감관리

1.3.1 마감관리는 사전에 정한 관리기준을 이용하여 설계치와 실측치를 대비하여 구조물의 설계도서 및 사양을 만족할 수 있도록 관리해야 한다.

2. 재료

해당사항 없음

3. 시공

해당사항 없음

<터널표준시방서 개정(2009년) 집필위원>

분야		성명	소속 · 직위
총괄	위원장	김 승 렬	에스코컨설턴트 대표이사
	간사	문 상 조	유신코퍼레이션 부사장
	간사	김 영 근	삼성물산 부장
제1장 총칙		김 승 렬	에스코컨설턴트 대표이사
제2장 시공계획		황 제 돈	에스코아이에스티 대표이사
		구 웅 회	서영엔지니어링 부사장
제3장 조사 및 측량		신 희 순	한국지질자원연구원 책임연구원
		김 영 근	삼성물산 부장
제4장 터널의 굴착		이 상 덕	아주대학교 교수
		박 광 준	대정컨설턴트 대표이사
제5장 터널지보재		문 상 조	유신코퍼레이션 부사장
		유 광 호	수원대학교 교수
제6장 콘크리트라이닝		이 준 석	한국철도기술연구원 책임연구원
		정 명 근	에스코컨설턴트 전무
제7장 배수 및 방수		신 종 호	건국대학교 교수
		서 강 천	삼안 부사장
제8장 보조공법		배 규 진	한국건설기술연구원 책임연구원
		이 인 기	하경엔지니어링 사장
제9장 계측		유 충 식	성균관대학교 교수
		남 순 성	이제이텍 총괄대표
제10장 연직갱 및 경사갱		김 교 원	경북대학교 교수
		이 성 기	태조엔지니어링 사장
제11장 TBM		전 석 원	서울대학교 교수
		지 왕 률	한국건설기술연구원 책임연구원
		정 경 환	동아지질 대표이사
		김 상 환	호서대학교 교수

<자체 자문위원>

성명	소속 · 직위	성명	소속 · 직위
정 형 식	한양대학교 교수	소 충 섭	삼보기술단 부사장
홍 성 완	한국건설기술연구원 연구위원	안 용 모	대구시지하철본부 부장
김 인 균	대우엔지니어링 사장	양 형 식	전남대학교 교수
김 창 용	한국건설기술연구원 책임연구원	이 문 희	서울시지하철본부 부장
김 형 주	한국수자원공사 부장	이 용 재	삼부토건 상무
노 병 국	한국철도시설공단 부장	정 장 용	한국철도시설공단 팀장
두 준 기	휴멘테크발파기술사사무소 사장	정 준 화	유신코퍼레이션 부사장
박 권 제	한국도로공사 실장	홍 성 채	전주국도유지관리사업소 소장
박 종 인	GS건설 부사장	황 현 주	협승엔지니어링 사장
선 우 강	현대건설 상무		

<중앙건설기술 심의위원>

분야	성명	소속 · 직위
도로	임 영 환	한국건설교통기술평가원 본부장
토질 및 터널	목 영 진	경희대학교 교수
	안 상 로	한국시설안전공단 연구단장
	정 종 주	대보기술단 대표이사
토목시공	김 상 귀	삼부토건 기술연구실장
지질 및 안전	김 차 만	한신공영 상무
건설환경	김 영 덕	관동대학교 교수

<국토해양부 담당관>

성명	소속 · 직위
이 재 홍 / 조 용 주 / 권 진 봉	도로정책관
이 성 준 / 김 일 평 / 권 병 윤	간선도로과장
허 용	시설사무관
김 태 호 / 김 해 동 / 장 석 춘 / 최 준 일 / 안 성 수	시설주사