

KRACS 47 10 70 : 2018

터널공사

2018년 11월 08일 제정

<http://www.kcsc.re.kr>



국토교통부

철도건설공사 전문시방서 제·개정에 따른 경과 조치

이 시방기준은 발간 시점부터 사용하며, 이미 시행 중에 있는 설계용역이나 건설공사는 발주기관의 장이 필요하다고 인정하는 경우 종전에 적용하고 있는 기준을 그대로 사용할 수 있습니다.

철도건설공사 전문시방서 제·개정 연혁

- 이 시방기준은 건설기준 코드체계 전환에 따라 기존 철도건설공사 전문시방서와 건설기준(설계기준, 표준시방서) 간 중복·상충을 비교 검토하여 코드로 통합 정비하였다.
- 이 기준은 기존의 철도건설공사 전문시방서를 중심으로 해당 부분을 통합 정비하여 기준으로 제정한 것으로 제·개정 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요내용	제·개정 (년.월)
한국철도시설공단 전문시방서 (노반편)		제정 (2011.12)
한국철도시설공단 전문시방서 (노반편)		개정 (2013.12)
한국철도시설공단 전문시방서 (노반편)		개정 (2015.12)
KRACS 47 10 70 : 2018	• 건설기준코드 체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비	제정 (2018.11)

제 정 : 2018 년 월 일
심 의 : 중앙건설기술심의위원회
소관부서 : 국토교통부 철도건설과
관련단체 (작성기관) : 한국철도시설공단(한국철도기술연구원)

개 정 : 년 월 일
자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회

목 차

1. 총칙	1
1.1 일반사항	1
1.2 재료	5
1.3 시공	5
2. 시공계획	5
2.1 일반사항	5
2.2 재료	7
2.3 시공	7
3. 조사 및 측량	9
3.1 조사계획 일반	9
3.2 입지환경조사	9
3.3 지반조사	11
3.4 시험	14
3.5 지반조사 성과의 정리 및 활용	15
3.6 측량일반	15
3.7 터널 외부측량	16
3.8 터널 내부측량	16
4. 터널굴착	17
4.1 일반사항	17
4.2 재료	21
4.2 시공	21

5. 터널지보재	25
5.1 지보재 시공계획	25
5.2 강지보재	26
5.3 슛크리트	28
5.4 록볼트	32
5.5 철망	34
6. 콘크리트라이닝	36
6.1 일반사항	36
6.2 재료	37
6.3 시공	38
7. 배수 및 방수	41
7.1 터널 배수	41
7.2 터널 방수	43
8. 보조공법	52
8.1 일반사항	52
8.2 재료	53
8.3 시공	54
9. 터널계측	54
9.1 일반사항	54
9.2 재료	61
9.3 시공	61
10. 갱구부, 연직갱 및 경사갱	61
10.1 갱구부	61
10.2 연직갱 및 경사갱	63

11. TMB 터널	68
11.1 시공계획수립	68
11.2 조사	69
11.3 터널 측량	70
11.4 세그먼트	71
11.5 재료	71
11.6 작업구	73
11.7 TBM장비	74
11.8 발진과 도달	75
11.9 추진	75
11.10 터널 내 운반	76
11.11 세그먼트 라이닝 설치	77
11.12 뒤채움 주입	77
11.13 방수	78
11.14 내부 콘크리트라이닝	78
11.15 터널 지보재	79
11.16 급곡선부	80
11.17 지반안정과 구조물 보호	80
11.18 TBM 시공설비	81
11.19 시공관리	83
12. 개착터널	84
12.1 일반사항	84
12.2 재료	85
12.3 시공	86
13. 공동 또는 싱크홀 복구공사	88
13.1 일반사항	88

터널공사 부록	90
1. 터널 유지관리 및 보수·보강	90
2. 철도건설공사 암판정 지침	101

터널공사

1. 총칙

1.1 일반사항

1.1.1 적용범위

- (1) 이 기준은 지반을 개착하지 않고 시공하는 터널(Mined Tunnel)과 갱구부의 개착터널을 포함하여 철도터널을 시공하는데 필요한 사항을 규정한다.
- (2) 이 기준에 기재하지 않은 사항은 KCS 27 00 00 터널공사를 따르며, 국토교통부에서 제정한 표준시방서를 참조한다.

1.1.2 용어의 정의

- 건축한계(시설한계) : 터널 이용 목적을 원활하게 유지하기 위한 공간적 한계를 말하며 시설한계 내에는 다른 시설물을 설치할 수 없도록 규제하고 있다.
- 경사 : 층리면, 단층면, 절리면과 같은 지질구조면의 기울기 각으로서 주향과 직각으로 만나는 연직면 내에서 수평면과 지질구조면이 이루는 사이각을 말한다.
- 굴착공법 : 굴진면 또는 터널굴착방향의 굴착계획을 총칭하는 것으로서 전단면굴착공법, 분할굴착공법, 선진도갱굴착공법 등이 있다.
- 계측 : 터널굴착에 따른 주변지반, 주변 구조물 및 각 지보재의 변위 및 응력의 변화를 측정하는 방법 또는 그 행위를 말한다.
- 굴착방법 : 지반을 굴착하는 수단을 말하며 인력굴착, 기계굴착, 파쇄굴착, 발파굴착방법 등이 있다.
- 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 침장약이 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.
- 뜬돌(浮石) : 터널굴착공사에서 발파 후 원지반이 파쇄되어 버력으로 비산, 낙하하지 않고 측

터널공사

벽 및 천장부에 불안정한 상태로 매달려 있는 암석을 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.
- 물리탐사: 물리적 수단에 의하여 지질이나 암체의 종류, 성상 및 구조를 조사하는 방법으로서 탄성파탐사, 전기탐사, 중력탐사, 자기탐사, 전자탐사 및 방사능탐사 등이 있다.
- 미진동굴착: 보안물건이 존재하여 발파 등을 이용한 굴착작업을 진행할 수 없는 경우 진동 및 소음을 최소화할 수 있도록 미진동 파쇄기와 유압장비 등을 이용하여 굴착하는 방법을 말한다.
- 발파굴착: 화약의 폭발력을 이용하여 암반을 굴착하는 방법을 말한다.
- 배치플랜트: 대량의 콘크리트를 제조하는 설비를 말한다.
- 버력: 터널굴착 과정에서 발생하는 암석덩어리, 암석조각, 토사 등의 총칭이다.
- Burn-Cut: 심빼기 중앙의 무장약 구멍(Relief Hole)을 중심으로 수평장약구멍을 순차적으로 확대 발파하는 심빼기 공법을 말한다.
- V-Cut: 먼저 V형으로 천공한 구멍을 장약 발파한 후 순차적으로 확대 발파하는 심빼기 공법을 말한다.
- 세그먼트: 터널라이닝을 구성하는 단위조각의 부재를 말하며, 사용하는 재질에 따라 강재 세그먼트, 철근으로 보강한 콘크리트 세그먼트, 주철 세그먼트 및 합성 세그먼트 등으로 구분되고 주로 쉘드TBM 터널에 사용된다.
- 숏크리트: 굳지 않은 콘크리트를 가압시켜 노즐로부터 뿜어내어 소정의 위치에 부착시키는 콘크리트를 말한다.
- 스프링라인: 터널의 상반 아치의 시작선 또는 터널단면 중 최대 폭을 형성하는 점을 종방향으로 연결하는 선을 말한다.
- 쉘드TBM: 주변지반을 지지할 수 있는 외판(원통형의 판)이 부착되어 있는 TBM을 말한다.
- 심빼기(心拔, Cut): 발파단면에서 자유면을 넓혀 발파효율을 증대하기 위하여 먼저 장약 발파하고 순차적으로 확대 발파하는 공법으로서 장약 발파하는 부분을 말한다.
- RMR(Rock Mass Rating) 분류: 암석강도, RQD, 불연속면 간격, 불연속면 상태, 지하수 상태, 불연속면의 상대적 방향 등을 반영하여 암반 상태를 분류하는 방법을 말한다.
- RQD(Rock Quality Designation, 암질지수): 시추코어 중 100mm 이상되는 코어편 길이의 합을 시추길이로 나누어 백분율로 표시한 값으로서 암질의 상태를 나타내는 데 사용한다. 이때

코어의 지름은 NX규격 이상으로 한다.

- 여굴 : 터널굴착공사에서 계획한 굴착면보다 더 크게 굴착된 것을 말한다.
- 용출수(湧出水) : 터널의 굴착면으로부터 용출되는 지하수를 말한다.
- 인력굴착 : 삽, 곡괭이 또는 픽해머, 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.
- 절리 : 암반에 존재하는 비교적 일정한 방향성을 갖는 불연속면으로서 상대적 변위가 단층에 비하여 크지 않거나 거의 없는 것을 말하며 이 형성원인은 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.
- 제어발파(Control Blasting) : 발파굴착면의 여굴을 예방하고 원지반 모암의 균열을 극소화시켜 발파면을 미려하게 발파하는 정밀 발파공법을 말한다.
- 지보재 : 굴착 시 또는 굴착 후에 터널의 안정 및 시공의 안전을 위하여 지반을 지지, 보강 또는 피복하는 부재 또는 그 총칭을 말한다.
- 지중변위 : 터널굴착으로 인하여 발생하는 굴착면 주변지반의 변위로서 터널반경 방향의 변위를 말한다.
- 지중침하 : 터널굴착으로 인해 발생하는 터널 상부지반의 깊이별 침하를 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.
- 철도설계기준(노반편) : 국토교통부에서 제정한 철도설계기준을 말한다.
- 측벽부 : 터널어깨 하부로부터 바닥부에 이르는 구간을 말한다.
- TBM(Tunnel Boring Machine) : 소규모 굴착장비나 발파방법에 의하지 않고 굴착에서 버력 처리까지 기계화·시스템화되어 있는 대규모 굴착기계를 말하며, 일반적으로 Open TBM과

터널공사

셸드TBM으로 구분한다.

- 터널설계기준 : 국토교통부에서 제정한 터널설계기준을 말한다.
- 터널표준시방서 : 국토교통부에서 제정한 터널표준시방서를 말한다.
- 파쇄굴착 : 유압장비, 가스, 팽창성 모르타르, 특수 저폭속 화약 등을 이용하여 암반을 파쇄시켜 굴착하는 방법을 말한다.
- 휘폴링 : 불량한 지반조건에서 주로 국부적인 천장부 지반붕락을 방지하기 위하여 굴착하기 전에 터널진행방향으로 강관 또는 철근을 관입하는 보조공법을 말한다.

1.1.3 터널안전위생

(1) 안전위생 일반

- ① 터널공사 중 재해가 발생하지 않도록 관계 법령을 준수하여 안전위생에 유의해야 한다.
- ② 터널공사의 안전위생을 위해 갱내조명, 갱내환기, 갱내통로, 안전점검, 종업원의 위생, 화재 또는 폭발사고방지, 긴급 시의 대비책을 마련해야 한다.
- ③ 현장 실정에 적합한 안전관리체제를 수립하고 종업원의 안전교육, 지도, 현장의 정기적 점검 및 개선을 통하여 근로재해 방지에 노력해야 한다.
- ④ 안전보건 및 사고방지 전담책임자 등을 지정하여 관리지도를 실시해야 한다.
- ⑤ 현장방문자에게는 현장에 상존하는 위험요인과 지정된 활동범위에 대한 교육을 실시해야 하며 현장 순회 시에는 현장안전 관리자가 동행해야 한다.

(2) 안전점검

- ① 시공 중 천공 및 발파, 버력처리, 굴착부지질, 강지보공, 슛크리트, 콘크리트라이닝, 터널갱 내·외설비, 작업환경 등의 안전점검을 실시하여 재해를 방지해야 한다.
- ② 안전관리책임자는 법규로 정해진 항목 또는 이 기준에서 제시한 점검항목 이외에도 필요하다고 인정되는 항목에 대하여도 점검하고 그 결과를 점검표에 기록해야 한다. 점검표에는 다음 사항을 포함해야 한다.
 - 가. 뜯돌이나 암괴의 밀려남 유무
 - 나. 가연성 가스 및 유독가스의 발생 유무
 - 다. 용출수 상태 및 배수로와 집수정 상태
 - 라. 슛크리트의 균열, 박리 유무
 - 마. 록볼트의 정착상태, 강지보재의 침하 및 변형
 - 바. 환기설비와 조명설비 및 배수설비의 작동상태
 - 사. 각종 기계설비 및 장비의 정비 상태, 작업로와 궤도 등의 운반로 상태
 - 아. 각종 전기기기 및 전선류의 관리상태
 - 자. 안전통로의 정비 상태
- ③ 안전점검 결과에 따라 보수 관리하여 안전한 작업환경이 되도록 관리해야 한다. 안전점검 시 이상 징후가 발견될 경우에는 공사/감리원에게 보고하고 조속히 필요한 조치를 강구해

야 한다. 사태가 긴박한 경우에는 즉시 안전조치를 취해야 한다.

(3) 종업원의 위생

- ① 터널 내 습기, 분진, 소음, 진동, 작업공간의 협소 등으로 인한 건강피해에 유의하여 대책을 수립해야 한다.
- ② 현장사무실 부근의 진료의료기관을 정하여 정기검진 또는 긴급대책을 위한 위생관리를 해야 한다.

(4) 화재 및 폭발 사고방지

- ① 화약고, 유류저장고, 발파장소 등에서 폭발사고나 화재사고 등이 발생하지 않도록 관리해야 한다. 이를 위해 안전관리원은 각종 규정과 안전수칙을 숙지하고 해당 사항을 수시로 점검하고 관리해야 한다.
- ② 취급 및 담당 종업원은 정기적으로 관련사항을 점검·관리해야 한다.

1.2 재료

1.2.1 재료일반

- (1) 터널공사용 재료는 녹색제품 구매촉진에 관한 법률에 의한 녹색제품 또는 「중소기업진흥 및 제품구매촉진에 관한 법률에 의거 우선구매 요청하는 중소기업기술개발 제품 또는 동종 품목과 유사한 가격으로 산업표준화법에 의한 한국산업규격에 따라 품질시험을 실시한 KS표시품과 동등 이상의 성능이 있다고 확인한 제품을 우선적으로 적용해야 한다.
- (2) 터널공사용 재료는 환경부가 적은 환경표지(마크), GR마크 등 정부가 정한 기준에 의하여 인증 받은 녹색(친환경) 자재 및 제품을 우선적으로 적용해야 한다.

1.3 시공

해당사항 없음

2. 시공계획

2.1 일반사항

2.1.1 준비일반

- (1) 수급인은 터널공사에 관련된 공사계약내용 및 계약도서의 내용, 터널 설계도서의 내용, 실시 설계에서 실시한 상세지반조사 결과 등을 파악해야 한다.
- (2) 수급인은 상세지반조사가 부족한 경우 추가로 지반조사를 해야 하며, 추가지반조사에 해당되는 지질지표조사, 시추조사, 물리탐사 등은 KDS 47 10 00 철도노반 설계 및 국토교통부에서 제정한 KCS 27 00 00 터널공사에 명시된 규정 및 당해공사의 공사시방서의 규정에 따라

터널공사

조사를 수행해야 한다.

- (3) 수급인은 현장답사 및 측량, 사전조사 등 터널공사에 준비할 사항을 계획하여 공사감독자의 검토 후 추진해야 한다.

2.1.2 현장답사 및 사전조사

- (1) 수급인은 터널공사를 안전하고 확실한 시공을 하기 위하여 터널시공계획서를 작성하기 전에 현장답사 및 사전조사를 실시해야 한다.
- (2) 사전조사 할 사항
 - ① 터널위치 및 갱구위치
 - ② 지형, 지물, 지장물 조사 및 추가 조사해야 할 사항
 - ③ 진입도로 조건 및 작업로 개설
 - ④ 종업원 숙소 및 대기실
 - ⑤ 중기 및 장비 정비소, 대기 장소
 - ⑥ 전력공급 변전소 설치장소
 - ⑦ 화약고 설치위치 및 화약공급 위치
 - ⑧ 버력처리장, 재료적치장 및 창고위치
 - ⑨ 콘크리트 생산 플랜트장 및 오수처리장 위치
 - ⑩ 갱외작업장 배치도 및 소요면적, 확보방안
 - ⑪ 관계 법령 및 관계기관, 지방자치 단체와 협의할 사항
- (3) 수급인은 사전조사 후 토지사용, 작업장설비, 종업원숙소 및 대기실 등 사전 준비해야 할 사항을 작성하고 인허가 절차를 시행하여 터널공사에 차질이 없도록 해야 한다.
- (4) 수급인은 터널공사 규모, 착공시기, 공사기간 등을 지역주민에게 설명하여 터널공사에 협조를 요청하고 공사로 인한 환경영향과 안전대책을 수립하여 민원이 발생하지 않도록 해야 한다.
- (5) 수급인은 터널공사용 용지에 근접한 집단부락, 목장 및 가축사육장, 특수농작물, 분묘 등 민원발생의 우려가 있는 개소는 발파 진동 및 소음, 중장비 소음에 대한 안전대책을 수립하여 시행하고 민원이 발생하지 않도록 조치해야 한다.

2.1.3 측량 및 기준점 설치

KCS 27 10 15 조사 및 측량 (3.3.2)를 따른다.

- (1) 확인측량할 주요 기준점
 - ① 측량기준점 성과 및 선로중심선 위치
 - ② 곡선 시·중점
 - ③ 공사 시·중점

- ④ 터널위치
- ⑤ 갱구위치
- ⑥ 좌표
- ⑦ 수준점 표고 등

- (2) 수급인은 확인측량을 하기 위해 자격있는 측량기술자와 규정된 측량장비를 확보하고 반드시 공사감독자 입회하에 확인측량을 해야 한다.
- (3) 확인측량을 할 때 주요 기준점은 반드시 인조점을 설치하고 기준점 보호조치를 취하여 유실되지 않도록 보호, 관리해야 한다.
- (4) 터널이 설계상의 평면 및 종단선형에 따라서 정확하게 시공되었는지 여부를 확인하기 위하여 선형 확인측량을 실시해야 하며, 굴진 때마다 발생하는 편차의 누적을 방지하기 위해 직선 구간 10m, 곡선구간 5m마다 선형을 확인해야 한다.
- (5) 콘크리트라이닝을 타설하기 위한 거푸집은 조립 후 수정이 어려우므로 기준점과 선로중심의 위치(X, Y, H)를 정확하게 설치 및 측량하여 이를 기준하여 시공하고 검측해야 한다.
 - ① 직선구간 선로중심선 10m 간격 설치
 - ② 곡선구간 선로중심선 5m 간격 설치

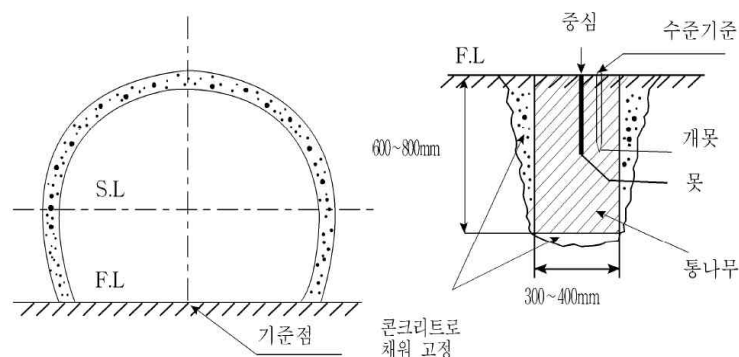


그림 2.1-1 측량기준점 설치

2.1.4 측량 허용오차

측량의 허용오차는 KCS 11 10 15 시공중 지반계측 (5.2.1)에서 정한 기준에 따른다.

2.2 재료

해당사항 없음

2.3 시공

2.3.1 터널공사 시공계획

- (1) 수급인은 터널공사를 착공하기 전에 사전조사를 시행한 후 터널굴착공법, 버력처리공법, 콘

터널공사

크리트라이닝 공법, 장비, 재료 및 인력투입, 공정표, 시공성, 안전성 등을 검토하여 공사기간 내에 경제적이고 안전하게 시공할 수 있는 터널시공계획서를 작성하여 공사 감독자/감리원에게 제출하여 승인 후 이에 따라 시공해야 한다.

(2) 터널공사 시공계획서는 다음 사항이 포함된 내용으로 작성해야 한다.

- ① 터널의 단면크기 및 모양, 터널연장
- ② 터널의 지형 및 지반조건, 용출수 및 기상, 지장물 등 환경조건
- ③ 굴착공법, 천공, 발파, 환기, 지보재, 버력 적재 및 운반 등 버력처리, 배수 및 방수 공법, 이에 따른 투입장비, 투입인력 및 공사시기
- ④ 콘크리트라이닝 공법, 거푸집, 콘크리트 운반 및 타설, 사용 콘크리트 종류 및 조달방법, 갯문시설
- ⑤ 갯내조명, 전력, 공사용환기 등 갯내설비와 화약고, 중기정비소, 전원변전실, 재료적치장, 사토장, 사무소 및 숙소, 진입도로 등 갯외설비
- ⑥ 굴착 사이클타임(Cycle Time) 및 콘크리트라이닝 사이클타임, 1발파 진행, 1일굴진 등 공정관리, 품질관리, 안전관리, 진동, 소음, 오수처리, 환기 환경관리
- ⑦ 보조갱, 경사갱, 연직갱 등의 설치여부, 터널공사규모, 터널공사비, 터널공사기간 등
- ⑧ 시공장비의 사양 및 장비 사용계획
- ⑨ 작업장 배치도 및 굴착암 처리계획
- ⑩ 작업장 환경 및 안전관리 계획
- ⑪ 소음, 진동예방 및 폐수처리 계획
- ⑫ 건설폐기물 및 기타 폐기물 처리계획 등

(3) 시공계획을 변경하는 경우에도 (2)와 같은 내용으로 작성해야 한다.

2.3.2 시공 중 조사

- (1) 터널굴착 작업과 병행하여 지질상태, 갯내변위, 용출수, 지보재 상태, 가스발생, 갯내온도, 환경상태, 조명, 지표변위 및 원지반 상태 등을 주기적으로 조사하여 사고가 발생하지 않도록 사전대비 해야 한다.
- (2) 굴착부관찰은 매 굴진장마다 실시하여 기록 유지하며 굴착부안정성 여부를 판단하고 또한 해당위치 하반굴착 시 굴착부관찰대장을 참고하여 굴착부관리를 해야 한다. 단, 지반조건에 따라 관찰빈도를 조절할 수 있다.
- (3) 터널시공 중 굴착부수평시추, 탄성과탐사 등의 상세조사를 필요에 따라 시행하여 굴착작업에 차질이 없도록 해야 하며 필요시 시험터널에 의한 조사를 실시할 수 있다.

2.3.3 시공법 변경

- (1) 터널시공법이 현 지반 및 지질상태에 부적합하다고 판단될 때에는 지체 없이 안전하고 적합한 공법으로 시공할 수 있도록 시공법을 변경하여 시공해야 한다.

- (2) 터널굴착 시에는 암반조사(굴진면수평선진시추, 굴착부관찰, 탄성파탐사 등) 및 계측결과를 정밀하게 분석·검토하여 현장실정에 적합한 공법으로 변경하여 시공해야 한다.
- (3) 시공 시 제반여건이 설계 당시의 조건과 상이하여 변경이 필요한 경우 KDS 47 10 70 터널이 외의 것은 변경내용을 작성하여 공사 감독자/감리원에게 제출하여 승인 후 추진해야 한다.
- (4) 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 27 10 10 시공계획 (3.1) 을 따른다.

3. 조사 및 측량

3.1 조사계획 일반

3.1.1 일반사항

- (1) 조사의 원칙
 - ① 시공 중의 지반조사 내용은 완공 후 유지관리에 필요한 기초자료가 되도록 실시하고 결과를 기록하여 유지하도록 해야 한다.
 - ② 터널의 목적 및 규모 등을 고려하여 조사 내용, 순서, 방법, 범위, 정확도 등을 결정해야 한다.
- (2) 조사의 구분
 - ① 시공 중의 조사는 터널설계 시 제반 여건으로 인하여 불충분하게 실시된 조사내용을 보완하기 위한 조사로서 공사착공 시 또는 공사 중에 실시한다.
- (3) 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 27 10 15 조사 및 측량 (1.1)을 따른다.

3.1.2 재료

해당사항 없음

3.1.3 시공

해당사항 없음

3.2 입지환경조사

3.2.1 일반사항

- (1) 지형조사
 - ① 지형이 불안정하거나 또는 재해가 예측되는 지형 즉, 애추(Talus), 붕괴지와 산사태, 눈사태, 홍수 등이 이미 발생한 장소나 이러한 우려가 있는 지형은 반드시 조사해야 한다.
 - ② 터널 갱구위치를 선정하기 위해서는 주변환경과의 조화, 인근 지하수 유입 유무, 갱구비탈면의 안정성 등을 고려한 조사결과를 반영해야 한다.

터널공사

(2) 환경조사

- ① 설계 시 수행된 터널주변 환경조사를 시공단계에서 다시 실시해야 한다.
- ② 터널주변 환경조사는 시공에 의하여 발생하는 터널주변 환경변화의 예측, 환경보전대책의 입안, 대책의 효과 확인 등을 위하여 실시하며, 다음 사항을 포함한다.
 - 가. 지표 및 지하수 현황 : 물이용 현황, 수원의 현황, 지하수의 수로 및 수위 변화 가능성
 - 나. 소음 및 진동 : 소음, 진동 영향 가능성
 - 다. 지반과 구조물의 변형 : 지형 및 지질, 건물, 구조물상태, 구조물의 변형발생 가능성이 있는 인접공사
 - 라. 재해 : 산사태, 눈사태, 붕괴, 지진, 홍수 등의 발생지 및 피해 정도
 - 마. 토지 : 토지이용 현황, 주요 구조물, 법에 의한 용도구분의 범위
 - 바. 공공 시설물 : 학교, 병원, 요양소, 자연공원 등의 공공 시설물의 위치 및 규모
 - 사. 문화재 : 사적, 문화재, 천연기념물 등의 위치, 규모 및 법지정 현황
 - 아. 수질오염 : 하천의 상태, 배수 상태, 수로의 상태, 법규제 상태
 - 자. 교통장애 : 구조, 교통량 혼잡상태, 도로 관리자, 도로주변의 환경 등
 - 차. 기타 : 동식물의 분포상태 및 축산현황, 주변경관, 광산의 갱도나 폐갱도의 위치 및 규모, 지역 개발계획 등

(3) 지장물조사

- ① 광산갱도나 폐갱도, 석회암 공동 등의 위치 및 규모에 대하여 그 현황을 조사하고 철도와의 상호 간섭 여부를 판단하여 안전한 시공이 가능하도록 해야 한다.
- ② 시추조사 시에는 관계기관으로부터 지장물 매설도를 확보하여 참조하고 반드시 터파기나 물리탐사 장비를 사용하여 지하 지장물의 유무를 확인하고 관계기관과 협의하여 시추해야 한다.
- ③ 지장물 조사결과는 후속공사 시 지장물 보호를 위해 활용하도록 조치해야 한다.

(4) 사토장조사

- ① 사토장이 주변환경에 미치는 영향, 사토 후의 토지형태의 변화, 법규에 의한 규제 등도 조사해야 한다.

(5) 공사용 설비조사

- ① 공사용 설비계획 수립을 위하여 다음 사항을 조사해야 한다.
 - 가. 지형, 지질 및 기상 : 설비기능 저해 혹은 위험 가능성이 있는 지형, 지질 및 기상
 - 나. 주변환경 : 주변환경에 영향을 미치는 공사용 설비의 소음, 진동, 배수 및 교통
 - 다. 자재 및 버력 운반 : 기계 및 자재의 반출입, 버력 운반 등에 필요한 공사용도로, 궤도 등의 규격, 교통량, 안전, 교통규제의 현황
 - 라. 자재 : 터널외부 설비에 관계되는 콘크리트용 골재, 굳지 않은 콘크리트, 기타 자재의 공급경로, 공급사정의 현황 및 관리방법, 인접부근의 공사
 - 마. 법규, 기타에 의한 규제 : 인접 부근의 공사 등

(6) 보상조사

- ① 보상대상에는 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 포함해야 한다.

(7) 공동 또는 싱크홀 추가조사

- ① 터널노선 주변에 공동이 예상되는 경우 수급인은 공사감독원의 승인을 얻어 추가 조사를 시행하고 필요시 대책을 수립하여 안전한 시공이 가능하도록 하여야 한다.
- ② 터널굴착으로 인한 영향 범위내 근접구조물(연도변 건물, 지하차도 등) 및 매설물(상하수도관, 송유관, 통신 및 전력 케이블, 도시가스관, 기타 지중구조물 등)에 대하여는 시공단계에서 관리대장을 작성하여 지속적으로 관리하여야 하며, 상하수도관 주변의 공동은 터널 굴착 중 안정문제를 야기할 수 있으므로 추가조사를 시행하여 관계기관과 처리방안을 협의하여야 한다.

(8) 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 27 10 15 조사 및 측량 (1.1.3)을 따른다.

3.2.2 재료

해당사항 없음

3.2.3 시공

해당사항 없음

3.3 지반조사

3.3.1 일반사항

(1) 지반조사 일반

- ① 구조물의 변형이나 손상이 발생한 경우 또는 주변환경의 변화로 구조물의 안전에 문제가 있다고 판단될 경우에는 그 원인을 규명하고 대책을 수립하기 위하여 지반조사를 실시해야 한다.
- ② 이 기준에 언급하지 않은 사항은 KCS 27 10 15 조사 및 측량 (1.1.4)를 따른다.

(2) 기존 자료조사

- ① 기존 자료조사는 설계 시 작성된 자료를 토대로 실시하고 다음 사항을 검토하여 필요시 보완해야 한다.
 - 가. 기존 구조물 : 기존 구조물의 배치, 설계도면, 시공관련자료, 현재의 상태 등을 검토하여 개략적인 주변 지반조건, 지지력, 위험요소 등을 파악
 - 나. 인접지역 조사자료 : 인접지역 조사자료를 활용하여 조사지역 지반의 종류 및 조건, 지하수 분포상태 등을 파악
 - 다. 지형도 및 항공사진 : 현재 및 과거의 지형도를 분석하여 지질경계, 선구조, 붕괴지형,

터널공사

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

라. 지질도 : 암종, 지층의 분포, 지질구조(단층, 습곡, 절리, 선구조)의 발달과 특성, 공동 및 폐광의 존재 유무 등을 분석하여 터널굴착 조건 판단

마. 지하수개발 현황 : 지하수 이용을 위한 우물개발 현황으로부터 지하수 부존상태, 지하수위 상태 등의 지하수 특성과악

바. 설계 시 작성된 지반조사보고서

(3) 현장답사

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 파악해야 한다.

② 현장답사는 반드시 경험 있는 관련기술자가 실시해야 한다.

③ 현장답사의 결과를 정리하여 시공에 반영할 수 있도록 해야 하며, 계획 및 설계상의 문제점을 파악하여 변경하거나 보완할 수 있도록 해야 한다.

④ 현장답사 시 조사해야 할 주요 내용은 다음과 같다.

가. 지형변화 : 옛 제방, 수로, 철도, 쌓기, 매립 등의 흔적이나 상태, 산사태 흔적이나 범위 등

나. 지표수 및 지하수 : 용출수, 우물의 수위와 이들의 계절적 변동, 피압지하수의 유무, 호우강설시 등의 저수, 배수의 상태 등

다. 인근 구조물의 유지상태 : 도로 및 철도의 제방, 교대 및 교각, 기타 중요 구조물의 침하 균열이나 경사도, 굴곡 등의 변상 유무 등

라. 지하매설물 : 상·하수도, 가스관, 통신 및 전력케이블, 지하철, 지하도 등이 공사현장 부근에 있는 경우에 그 영향의 정도, 건물기초 등

마. 수송로 : 트럭 및 중차량의 출입제한 유무, 도로의 교통상황, 진동소음, 공해 등

(4) 지표지질조사

KCS 27 10 15 조사 및 측량 (1.1.4)를 따른다.

(5) 시추조사

① 시추는 NX 규격 이상의 이중 코어배럴을 사용하여 실시하며, 풍화대나 파쇄대 등의 연약 구간에서 코어의 회수율을 높이거나 원상태의 시료채취가 필요한 경우에는 삼중코어배럴이나 D-3 샘플러 등을 사용할 수 있다. 단, 심도가 깊은 경우에는 NQ 규격도 사용할 수 있다.

② 시추는 지표에서 연직으로 실시하되 조사목적과 현장조건을 고려하여 경사시추를 할 수 있다.

③ 시추위치는 터널시공 시 문제가 예상되는 구간을 검토하여 지층 및 암질상태 확인이 필요한 지점을 선정해야 하며, 이 경우 시공 중 위해한 영향을 주는 위치는 피해야 한다.

- ④ 시추심도는 원칙적으로 터널바닥부의 계획심도에서 터널 최대지름의 1/2 이상의 깊이까지 실시하되, 지반상태를 고려하여 시추심도를 조절할 수 있다.
- ⑤ 시추공은 터널시공 중 지속적인 지하수위 변화 등을 확인하기 위한 목적으로 활용할 수 있으며, 이 목적으로 사용하지 않는 시추공은 반드시 관계 법령을 준수하여 폐공해야 한다.
- ⑥ 터널시공 구간내의 지반에 단층, 파쇄대 및 기타 연약대 등 터널공사에 장애를 초래하는 지반조건과 지하수 유출이 예상되는 경우, 이를 확인하고 처리방안을 결정하기 위한 자료를 얻기 위하여 시료채취와 현장시험을 병행한 갱내시추조사를 실시해야 한다.
- ⑦ 갱내시추는 터널 내에서 수평방향으로 실시하되 조사목적과 현장조건을 고려하여 시추각도를 조절할 수 있다.

(6) 물리탐사

- ① 탄성파탐사는 인공탄성과 발생, 수신기 배열 등이 탐사목적에 부합하는지 확인하여 시행해야 한다.
- ② 발파에너지가 필요한 탐사 시에는 발파로 인한 사고를 방지하기 위하여 안전원을 배치하고 사이렌, 호각 등을 사용하여 안전조치를 취한 후에 시행해야 하며, 화약의 사용과 보관은 관계법령에 따라 관리해야 한다.
- ③ 전자기탐사는 터널 및 터널주변에 설치된 전기기설로부터 유도된 전류로 인한 영향이 최소화되도록 시행해야 하며, 해석상 오류가 발생하지 않도록 탐사 주변부의 전기기설상태를 점검해야 한다.
- ④ 갱내물리탐사는 터널시공 중 굴착부 전방의 광범위한 지질상태를 파악하기 위하여 실시하도록 하며, 탐사방법, 위치 및 빈도는 현장여건과 지반조건을 고려하여 선정해야 한다.
- ⑤ 물리탐사자료는 굴착부관찰자료, 시추조사자료, 기타 지반정보자료 등과 함께 분석해야 하며, 현장 지반여건과 일치여부를 비교해야 한다. 또한 현장측정자료를 보관하여 탐사결과와의 신뢰성을 확인할 수 있도록 해야 한다.

(7) 굴진면 관찰조사

- ① 굴진면 관찰조사의 기본사항은 다음과 같다.
 - 가. 굴착부관찰자는 소정의 양식지를 이용하여 공사 시에 노출되는 굴착부의 지반상태를 관찰하고 조사하여 설계시의 조사결과 및 판정한 지반조건이 실제의 지반조건과 같은지 여부를 확인해야 한다.
 - 나. 굴진면 관찰조사에서는 다음 사항을 상세히 조사하여, 굴착부관찰도를 작성해야 하며 이를 바탕으로 암반분류 및 평가를 수행하여 평가서를 작성·제출해야 한다.
 - (가) 굴착부의 붕괴 여부 및 붕괴 위치, 형태 및 규모
 - (나) 암종분포, 풍화정도, 고결정도, 강도 및 암반등급
 - (다) 불연속면의 주향과 경사 및 터널 굴진방향과의 관계
 - (라) 불연속면의 간격, 틈새, 충전물 유무와 성상 및 충전물의 특성
 - (마) 용출수의 위치, 토립자 유실 및 유출 상태
 - (바) 기타 필요한 사항

터널공사

- ㉠ 굴진면 관찰 시에는 굴진면에 대한 사진을 촬영하여 굴착부관찰도에 붙이도록 한다.
- ㉡ 굴진면 관찰은 매 굴진장마다 실시해야 하며, 지반조건에 따라 관찰빈도를 조절할 수 있다.
- ㉢ 굴착부관찰도를 종합분석하여 터널지질도를 작성하도록 하여 터널 운영 시의 유지관리, 보수 및 보강을 위한 기본자료로 활용할 수 있게 보존해야 한다. 이때 작성하는 터널지질도는 평면도 및 종단면도를 작성해야 한다.
- ㉣ 굴진면의 지반상태가 설계 시의 적용조건과 상이하여 설계보완이 필요한 경우는 굴착부관찰도 및 현장자료를 근거로 하여 설계내용을 보완하되, 지반조건이 특이하여 추가조사가 필요한 경우에는 상세 지반조사를 실시해야 한다.

(8) 시험터널 조사

- ① 특수한 지반상태를 직접 확인할 필요가 있거나 특정한 원위치시험을 실시할 필요가 있을 때에는 시험터널을 굴착하여 조사할 수 있다.
- ② 시험터널 내에서 각종 원위치시험이나 계측을 실시할 수 있으며, 필요에 따라서 흐트러진 또는 흐트러지지 않은 시료를 채취하여 필요한 시험을 해야 한다.

3.3.2 재료

해당사항 없음

3.3.3 시공

해당사항 없음

3.4 시험

3.4.1 일반사항

(1) 현장시험

- ① 현장 지반특성을 파악하기 위하여 시추공 내, 터널 내 또는 시험터널 내에서 현장시험을 실시할 수 있다.
- ② 시험항목과 빈도는 공사의 특성, 현장여건 등 제반사항을 감안하여 선정해야 한다.

(2) 실내시험

- ① 토질시험은 한국산업규격(KS)에 제시된 시험방법에 따라서 수행해야 한다. 단, 이 규격에 명시되지 아니한 시험은 국제적으로 인정되는 시험방법을 준용할 수 있다.
- ② 암석시험용 시료의 제작 및 시험방법은 국제암반역학회(ISRM : International Society for Rock Mechanics)에서 권장하는 시험방법 등 국제적으로 공인된 방법을 따른다.

- (3) 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 27 10 15 조사 및 측량 (1.1.5)를 따른다.

3.4.2 재료

해당사항 없음

3.4.3 시공

해당사항 없음

3.5 지반조사 성과의 정리 및 활용

3.5.1 일반사항

(1) 조사성과 일반

- ① 시공 중 지반조사결과를 바탕으로 터널구간의 지질, 지반 및 암반상태 등을 반영하여 지질 단면도를 수정하고 보완해야 한다.

(2) 조사성과의 정리

- ① 암반분류는 설계 시 적용된 방법에 따라 실시하되, 다른 분류방법도 적용할 수 있다.

(3) 조사성과의 활용

- ① 터널지보패턴의 결정시 굴착부 조사는 육안확인 가능부분에 대한 조사이므로 막장상부 지질에 대해서도 고려하여 종합적으로 판단해야 한다.
- ② 시공 중의 지반조사 결과는 일정한 양식으로 정리하여 터널 유지관리 시에도 활용될 수 있도록 해야 한다.

(4) 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 27 10 15 조사 및 측량 (1.1.6)을 따른다.

3.5.2 재료

해당사항 없음

3.5.3 시공

해당사항 없음

3.6 측량일반

3.6.1 일반사항

KCS 27 10 15 조사 및 측량 (1.1.7)을 따른다.

3.6.2 재료

해당사항 없음

3.6.3 시공

터널공사

해당사항 없음

3.7 터널 외부측량

3.7.1 일반사항

(1) 참조규격

- ① 측량의 정도는 KCS 47 10 00 철도설계기준 및 공공측량 작업규정을 따른다.

3.7.2 재료

해당사항 없음

3.7.3 시공

- (1) 터널외부에는 터널시공의 기준이 되는 철도기준점을 설치하고 기준점 상호간은 필요한 정도를 유지하도록 해야 한다.
- (2) 철도기준점은 기존 삼각점 등으로부터 도입하되 기존 삼각점 등 기준이 되는 측량점의 성과를 확인한 후 그 재원을 사용해야 한다.
- (3) 철도기준점 설치 시에는 터널길이, 지형상황 등을 감안하여 적합한 측량방법을 선택하여 시행하고 필요한 정도를 확보해야 한다.
- (4) 철도기준점들은 훼손, 이동의 우려가 없는 장소에 설치하고 안전하게 보호해야 한다.
- (5) 터널입구 및 가설계획에 필요한 상세 지형측량을 실시해야 하며, 상세 지형측량의 축척은 1/100 ~ 1/1,000로 한다.

3.8 터널 내부측량

3.8.1 일반사항

(1) 참조규격

- ① 측량의 절차 및 방법 등은 KCS 47 10 20 측량 및 지반조사에서 정한 규정에 따른다.

3.8.2 재료

해당사항 없음

3.8.3 시공

- (1) 터널 내부의 기준점 및 수준점은 터널외부에 설치한 철도기준점 등으로 부터 기준하고 측량은 필요한 정확도가 유지되도록 실시해야 한다. 또한 연직갱 또는 경사갱으로 부터 수준점을 도입하는 경우에는 연직갱 또는 경사갱의 종류, 길이, 방향 및 경사 등을 고려해야 한다.

- (2) 기준점이나 수준점은 시공 중에 훼손 및 변위 우려가 없는 장소에 움직이지 않도록 견고하게 설치하고 손상되지 않도록 보호해야 한다.
- (3) 측점의 간격은 직선부에서는 100m를 표준으로 하고, 곡선부에서는 곡선반경, 단면의 크기, 경사 등을 고려하여 적절한 간격을 결정하되 1측점에서 전후로 적어도 2점 이상 관측될 수 있는 측점간격으로 해야 한다.
- (4) 측량 작업 시에는 관측, 측정에 지장이 없도록 조명, 환기, 작업공정간의 마찰이 적은 시간대 책정 등을 고려해야 한다.
- (5) 터널 내 기준점 및 중심선 등의 검측은 터널 규모, 용도, 굴진속도, 굴착공법 및 굴착방법 등을 고려하여 적합한 빈도로 터널외부의 철도기준점으로 부터 실시해야 하며, 검측횟수는 1개월에 1회 이상 실시해야 한다.
- (6) 터널굴착 시에는 내공단면과 선형을 관리하기 위한 측량을 실시해야 한다.

4. 터널굴착

4.1 일반사항

4.1.1 적용범위

- (1) 이 기준은 터널공사의 굴착공사 중 인력굴착, 기계굴착, 발파굴착 및 파쇄굴착 공사에 적용한다.
- (2) 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 27 20 00 터널 굴착을 따른다.

4.1.2 참조규격

KS M 4803 전기뇌관
KS M 4804 산업폭약
KS M 4807 공업뇌관
KS M 4808 도화선
KS M 4811 도폭선
KS M 4812 함수폭약

4.1.3 제출물

다음 사항은 KCS 47 10 05 노반공사 일반사항 (2.)의 해당요건에 따라 작성하여 공사 감독자/감리원에게 제출해야 한다.

- (1) 작업절차서
- (2) 검사 및 시험계획서
- (3) 시공계획서

터널공사

다음 사항이 추가로 포함되어야 한다.

- ① 시공계획의 작성은 공사규모와 공사기간, 지반조건과 주변환경, 공사용 기계와 제반설비 및 시공법과 시공순서 등이 포함되어야 한다. 또한 문제발생 시에는 계획안의 수정과 변경이 가능하도록 계획해야 한다.
- ② 시공계획은 각 시방서 간 휴지시간을 최소화하여 연속적인 작업이 되도록 계획하고 기계화시공이 이루어지도록 해야 한다.
- ③ 시공계획에는 품질 및 안전관리 대책이 포함되어야 한다.
- ④ 설계서를 기준하여 현장조건에 적합한 각 공정 간의 시공법을 수립해야 한다.
- ⑤ 공사기간 내 시공을 완료할 수 있는 세부공정계획을 수립하되 전산화관리가 가능토록 해야 한다.
- ⑥ 작업장 위치, 공사용 설비, 부대시설 배치계획 등 작업장계획을 수립해야 한다.
- ⑦ 시공법 및 사용장비의 운용계획, 종업원의 보건위생 및 환경대책을 고려한 공사용 설비계획을 수립해야 한다.
- ⑧ 발생하는 버력량을 감안하여 면적의 사토장 및 버력처리 계획을 수립해야 한다.
 - 가. 터널 내 운반은 터널 굴착단면의 크기·연장·경사, 1발과 버력량, 버력처리 싸이클타임, 버력 적재조건 및 운반능력, 공사 중 환기, 시공성, 안전성을 고려하여 버력처리방법 선정 및 장비조합계획을 수립해야 한다.
 - 나. 터널 외 운반은 공사기간, 버력활용 계획 및 시기, 사토장 계획을 고려하여 버력처리방법 선정 및 장비조합 계획을 수립해야 한다.
- ⑨ 사토장은 사전배수계획이나 기존수로에 대한 대책을 수립하여 강우 시 지역침수나 주변지역으로 토사유출현상이 생기지 않도록 계획해야 한다.

(4) 굴착부관찰일지

수급인은 굴착부관찰일지를 공사 감독자/감리원에게 제출해야 하며, 필요에 따라 사진촬영 또는 비디오촬영을 하여 기록·관리해야 한다.

(5) 시험발파계획서 및 보고서

수급인은 설계에 적용된 발파공법을 확인하고, 터널현황, 터널주변현황, 토지이용현황, 원지반의 조건, 공기, 천공 및 버력처리 장비, 폭약 및 뇌관의 종류, 1발과 싸이클타임 등을 모두 고려한 시험발파계획서를 작성하여 공사 감독자/감리원의 승인을 받아 시험발파를 시행한 후 발파패턴을 조절하는 보고서를 작성하여 제출해야 한다.

(6) 발파계획서

- ① 터널발파는 관련 제반 행정법규, 총포도검화약류 등 단속법, 진동 및 소음관련 환경법규, 공사장 안전관리법규 등을 확인해야 한다.
- ② 수급인은 시험발파결과를 토대로 발파계획을 수립해야 한다.
- ③ 발파계획은 지반의 이완영역을 최소로 억제하고, 평활한 굴착면을 얻을 수 있도록 수립해야 한다.
- ④ 굴착개소에 단층대가 존재하는 경우 굴착부의 안정을 위한 보강공법을 검토해야 한다.

- ⑤ 수급인은 터널의 공사규모, 착공시기, 공사기간 등을 지역주민에게 설명하여 터널공사에 협조 요청해야 하며, 민원발생의 우려가 있는 개소는 미리 안전진단 등의 방법으로 공사 중 발파 소음 및 진동, 중장비 소음 등에 의한 환경영향과 안전대책을 수립하여 민원이 발생하지 않도록 조치해야 한다.

(7) 터널 계측기록부

- ① 터널 계측기록부에는 사업명, 위치, 터널명, 측점, 계측항목, 계측위치, 측정일시, 측정자 등을 기재해야 한다.
- ② 계측결과는 측정일자, 경과일수, 굴착부 이격거리(상반, 하반 구분), 초기치, 금회 측정치, 누계 측정치를 정해진 양식에 계측 항목별로 별도로 정리해야 하고, ‘시간(경과일수)-계측치’와 ‘굴착부 이격거리-계측치’를 그래프로 표시하여 계측치의 변화경향을 신속히 파악할 수 있도록 해야 한다.

4.1.4 품질요구사항

(1) 시험발파

- ① 시험발파는 지반조건이 상이하여 패턴조절이 필요한 경우 실시해야 한다. 단 시험발파 과정에서 터널의 위험성이 제기될 때는 공사 감독자/감리원의 판단에 의하여 아니할 수 있다.
- ② 수급인은 시험발파계획서를 작성하여 공사 감독자/감리원의 승인을 받아 시험발파를 시행한 후 발파패턴을 조절해야 한다.
- ③ 공사장 인근에 민원발생이 예상되는 시설이 위치하고 있을 경우에는 소음·진동허용치를 설정하여 시험발파결과에 따라 발파패턴을 조절해야 한다.
- ④ 시험발파 결과의 적정여부는 허용진동치의 초과여부와 여굴 정도, 버력의 비산거리 및 크기 등을 종합하여 평가할 수 있도록 해야 한다.
- ⑤ 시험발파 시에는 실제 진동치와 소음을 함께 측정해야 한다.
- ⑥ 발파 소음 및 진동

가. 진동측정 계기는 발파진동의 주파수(통상 2~500Hz) 범위에 적합하고 진동변위, 진동속도, 진동가속도를 측정할 수 있는 것으로 하며 정밀분석이 필요할 경우에는 주파수 분석이 가능하도록 시간이력을 기록할 수 있는 것을 사용해야 한다.

나. 진동측정 항목은 진동변위, 진동속도, 진동가속도의 3가지로 구분하며 측정목적에 따라 측정항목을 다르게 할 수 있다.

다. 발파에 의한 지반진동의 크기 및 파형의 측정은 원칙적으로 연직방향과 이에 직교하는 수평 2방향의 3성분을 동시에 측정해야 하며, 진동크기의 거리에 따른 감쇠를 측정할 필요가 있는 경우에는 최소한 3측점 이상을 동시에 측정해야 한다.

라. 대상시설물에 대한 진동은 발파원으로 부터 가장 근접한 위치의 시설물 부위에서 측정하고 여건상 이것이 불가능한 경우에는 이에 근접한 지표에서 측정할 수 있다.

마. 측정빈도는 이 기준을 표준으로 하되 현장의 작업여건이나 입지여건에 따라 조절할 수 있다.

(가) 시험발파 또는 발파패턴 변경 시에는 목표의 발파효과와 발파진동 관리치 도달 시

까지 매 발파마다 측정한다.

(나) 일상적 발파작업이 이루어질 경우에도 주 1회 이상 주기적으로 측정하여 발파작업의 효과확인 및 종업원에 대한 안전 의식을 반복적으로 점검하도록 해야 한다.

(다) 문화재, 진동예민구조물 및 특별관리대상시설물에 대하여는 발파진동 영향권 전 구간을 통과할 때까지 매 발파마다 측정해야 한다.

바. 발파지점 주변에 보호해야 할 시설물이나 구조물이 있는 경우, 대상시설물 위치에서의 발파진동허용치는 최대입자속도측정치를 기준하여 <표 4.1-1>에 정한 값 이하로 하며, 주요구조물이나 민가가 없는 교외지에서는 공사시방서에서 조절할 수 있다.

표 4.1-1 구조물 손상기준 발파진동허용치

구 분	구조물 형 식	문화재 및 지반진동 예민 구조물	조적식 벽체(벽돌, 석재 등)와 목재로 된 천장을 가진 구조물	지하기초와 콘크리트 슬래브를 갖는 조적식 건물	철근콘크리트 골조 및 슬래브를 갖는 중소형 건물	철근콘크리트, 철근골조 및 슬래브를 갖는 대형 건물
	구조물 종 류	문화재 등	재래가옥, 저층일반가옥 등	저층 양옥, 연립주택 등	중·저층아파트, 중소상가 및 공장	내진구조물 고층아파트, 대형 건물 등
주파수 대역별 허용치 (cm/s)	50Hz 이상	0.75	1.5	2.5	4.0	5.0
	50Hz 미만	0.3	1.0	2.0	3.0	5.0

사. 발파지점 주변의 주거민에 대한 생활공해 방지를 위한 발파진동허용치는 환경부제정 진동과 소음에 관한 규정을 준용한다. 단, 가축사육 및 양식장 인접공사의 경우에는 가축이나 양식업에 피해가 생기지 않도록 한다.

아. 발파진동치가 허용기준치를 초과할 경우에는 저폭속의 폭약사용, 다단발파 적용, 1발파 당 장약량제한, 발파방법 재검토 등으로 진동치가 허용범위 이내가 되도록 조절해야 한다.

(2) 시공허용오차

- ① 굴착 시 중심선 수평허용오차 : $\pm 50\text{mm}$
- ② 발파굴착 시 천장부 및 측벽부 허용굴착오차 : $+150\text{mm}$
- ③ 바닥부 및 배수공동구 하부 버팀콘크리트 최소두께 : 100mm (국소부에서는 최소 50mm 이상, 평균두께는 라이닝폼 1스팬 길이 당 3개소에 대한 평균)

4.1.5 운송, 보관 및 취급

(1) 화약 및 뇌관

- ① 화약 및 뇌관의 수령 및 운반은 반드시 관련 자격을 보유한 기술자가 해야 하며 1일 사용량 이상을 초과하여 수령하여서는 안 된다.
- ② 화약과 뇌관은 각각 별도로 보관하고 잔여량은 반드시 반납해야 한다.
- ③ 화약류 취급소는 관계법규에 제시되어 있는 설치기준에 따라 설치계획을 수립하여 공사

감독자/감리원의 승인을 받아야 하며, 관리책임자를 선임하여 안전사고가 발생하지 않도록 관리해야 한다.

- ④ 발파 장소에서 화약류의 소운반은 소정의 용기, 운송 방법에 준하되 지명된 종업원에 의해서 시행해야 한다.
- ⑤ 전기뇌관을 운반하는 때에는 각선이 노출되지 아니하는 용기에 넣어야 하며, 건전지 그 밖의 전선이 노출된 전기기구를 지니거나 전등선, 동력선 그 밖의 누전될 염려가 있는 물건에 접근하지 않도록 하여야 한다.

4.1.6 환경요구사항

KCS 10 10 30 환경관리 (1.5)를 따른다.

4.2 재료

4.2.1 폭약 및 뇌관

- (1) 폭약류는 KS M 4804, KS M 4812에 적합해야 한다.
- (2) 뇌관류는 KS M 4803, KS M 4807에 적합해야 한다.
- (3) 도화선은 KS M 4808에 적합해야 한다.
- (4) 도폭선은 KS M 4811에 적합해야 한다.

4.3 시공

4.3.1 시공조건 확인

- (1) 수급인은 터널을 굴착하기 위한 측량기준점 및 인조점이 요구된 정도를 확보하였는지 확인해야 한다.
- (2) 설계서와 시험발파결과 및 굴착부관찰결과 등에 따라 계획된 발파공법 및 패턴이 지반조건 및 주변 지장물의 영향을 고려하여 적절하게 계획되었는지 확인해야 한다.
- (3) 수급인은 공사 진행에 따른 민원발생 방지를 위하여 계획한 방음, 방진설비 및 환경설비 등이 적절하게 설치되었는지 확인해야 한다.
- (4) 발파작업이 기 시공된 슛크리트, 강지보 등의 시설물에 미치는 영향에 대하여 확인해야 한다.
- (5) 수급인은 안전한 굴착작업을 위하여 터널 내 환기시설, 조명시설, 배수로 등의 안전시설이 설계서와 같이 설치되었는지 확인해야 한다.
- (6) 공사시행과 관련한 관계기관 협의사항의 이행상태를 확인하여 공사가 원활히 추진될 수 있도록 해야 한다.
- (7) 굴착부 관찰결과 암질에 따른 굴착패턴을 변경해야 할 경우에는 수급인 암판정(부록10-1) 결

터널공사

과보고를 하여 발주자의 승인을 득한 후 다음 공정을 진행해야 한다.

4.3.2 작업준비

- (1) 수급인은 터널굴착 시공계획서에 의한 공사 장비, 공사자재, 작업조 편성 현황 등이 준비되었는지 확인해야 한다.
- (2) 수급인은 작업용 장비의 점검여부와 장비소모품의 준비상태 등을 확인하여 장비고장 등으로 후속공정이 지연되지 않도록 해야 한다.
- (3) 수급인은 터널굴착 중 굴착부붕괴 등 비상사태 발생에 대비한 장비 및 자재는 준비되어있는지 확인하여 비상사태 발생 시 조속히 조치할 수 있도록 해야 한다.

4.3.3 발파굴착

- (1) 천공
 - ① 천공 시에는 1발파 당 천공수와 천공길이, 천공위치, 천공방향, 천공각도, 착암기의 비트크기 등 발파패턴에 맞추어 정확하게 천공해야 한다.
 - ② 천공기계는 암질, 터널단면의 크기, 형상, 연장, 굴착공법, 발파계획, 버력처리방법, 공사기간 등을 고려하여 선정해야 하며 로드(Rod)와 비트(Bit)는 천공기계, 암질 등에 적합한 것을 사용해야 한다.
- (2) 폭약장전
 - ① 발파계획에 따라 심빼기, 측벽부, 천장부, 바닥부, 중간부 별로 천공한 1구멍 당 폭약장전량을 확인하여 장전해야 한다.
 - ② 폭약장전량은 발파패턴에 의해 여러 차례 시험발파하여 얻어진 자료를 기초로 산정해야 한다.
 - ③ 갱내 화약운반량을 1발파 당 소요량의 과부족이 없도록 미리 조사하여 준비해야 한다.
 - ④ 수급인은 관계법령에 따라 선정된 화약류 취급자가 갱내운반 및 장약하도록 해야 한다.
 - ⑤ 뇌관은 비전기식뇌관 사용을 원칙으로 하며, 전기식뇌관을 사용할 경우에는 다음 사항을 준수하여야 한다.
 - 가. 전기식 뇌관을 사용할 경우에는 안전수칙을 사전에 수립하여 터널 내 발파로 인한 사고가 발생하지 않도록 하여야 한다.
 - 나. 전기식 뇌관은 반드시 낙뢰탐지 및 낙뢰경보기, 뇌우경보기, 누설전류탐지기, 저항측정기, 도선연결시험기, 발파능력측정기, 내정전다짐봉, 정전기발생 방지 의류착용 등 소정의 안전장구류를 사용하여 점검하고 순서에 따라 작업을 실시하여야 한다.
 - 다. 전기식 뇌관 사용시 발파책임자는 미주전류, 누설전류, 정전기, 지전류의 유무 및 크기를 측정하여 안전여부를 매 발파 전에 확인하여 보고하여야 한다.
 - 라. 전기식 뇌관 사용시 발파모선의 재질은 완전 절연된 것을 사용해야 하고 전선의 수는 발파선의 회로수를 포함하여 접지선과 여유 1선을 확보하는 것으로 해야 한다. 터널 내의 전기선로, 정전기 발생이 우려되는 급기관, 급수관 등 기타 대전의 우려가 있는 곳으

로부터 완전히 격리시켜 설치해야 한다. 점화기에 접하는 발파모선의 단말은 점화시 이외에는 점화기로부터 분리시켜야 한다. 발파보조모선은 반드시 1회만 사용하며 재사용을 금한다. 보조모선의 연결은 모선과 발파굴착부가 최소 70 m 이상을 이격하여 모선의 손상을 방지하도록 한다.

마. 반드시 낙뢰탐지 및 낙뢰경보기, 뇌우경보기, 누설전류탐지기, 저항측정기, 도선연결 시험기, 발파능력측정기, 내정전다짐봉, 정전기발생 방지 의류착용 등 소정의 안전장 구류를 사용하여 점검하고 순서에 따라 작업을 실시해야 한다.

바. 작업에 불필요한 모든 전기동력선은 전원으로부터 차단하고 조명이 필요한 개소에서 는 헤드램프를 이용해야 한다.

사. 우기(장마) 및 우천 시에는 터널 내에서 전기뇌관을 사용한 장약작업을 할 수 없으며, 낙뢰탐지 및 낙뢰경보기, 뇌우경보기의 경보가 발생 시 전기뇌관을 사용한 장약작업을 할 수 없다.

아. 전기뇌관을 사용한 기계화 장전 및 벌크폭약(발파제, Blasting Agent)의 장약작업을 할 수 없다.

자. 발파모선은 중간에 절단을 해서는 안 되며, 부득이 절단해야 할 경우 절연이 완벽하게 처리된 분전반 및 터미널 보드를 사용하여 누전 및 절연에 완벽을 기하여 결선해야 한다.

차. 전기식뇌관은 발파모선 및 보조선의 저항을 측정하고 발파기와 같이 갱외에서 시험발 파하여 불발 등 안전성을 확인한 후 장전 발파하여야 한다.

카. 전기식뇌관 각선과 결선 및 모선의 연결부가 단락 또는 누전으로 불발할 수 있으므로 비닐테이프, 방수캡 등으로 결선 및 연결부를 절연 방호하여야 한다.

⑥ 장약은 발파패턴도에 정해진 순서에 따라 안전하게 시행해야 한다.

⑦ 뇌관을 사용할 경우는 제품에 따른 안전수칙을 준수하여야 한다.

(3) 발파 및 점화

① 발파는 반드시 발파책임자의 지휘 하에 수행해야 하며, 발파책임자는 다음 사항을 확인해야 한다.

가. 위험구역, 대피장소 및 경로지정

나. 점화장소 지정

다. 발파예고, 점화, 해제 등의 각종 신호 및 경보 결정

라. 점화자 지정

마. 위험구역 표지 및 감시원 배치

바. 결선상태 확인

② 수급인은 발파를 시행하기 전에 이미 설치된 지보재 및 계측기에 대한 방호를 철저히 하여 손상을 입지 않도록 해야 한다.

③ 발파책임자는 종업원의 대피상황을 최종적으로 점검해야 하며, 발파 시 모든 종업원 및 주변 주민에게 발파를 알리는 사이렌 경보를 해야 하며 필요 시 주민대피, 교통통제, 가축대 피 등의 조치를 취해야 한다.

터널공사

- ④ 안전사고에 대비하여 발파 후에는 전기식 발파의 경우 5분 이상, 비전기식 발파의 경우 발파 후 15분 이상 시간이 경과한 다음에 굴착부에 접근해야 하며, 불발 장약공 및 잔류폭약의 유무를 점검하고 잔류폭약의 제거 등 필요한 조치를 취해야 한다.
- ⑤ 여굴이 심하게 발생한 곳은 숏크리트와 록볼트로 보강하여 응력집중에 따른 진행성 여굴 또는 불안정 상태 발생을 방지한 후 잔여 여굴 부분을 숏크리트 또는 콘크리트로 치밀하게 채워야 한다.
- ⑥ 터널하부에 과다굴착으로 인한 여굴이 발생하였을 경우에는 고압살수 등으로 깨끗이 청소한 후 버림콘크리트 또는 동등 이상의 재료로 채워야 한다.
- ⑦ 1km 이상의 장대터널인 경우 분진 및 가스, 매연 등의 내부 공기 오염원의 개선을 위하여 조치토록 해야 한다.

(4) 버력의 적재 및 운반

- ① 버력적재 작업 장소에는 안전한 작업을 위하여 위험구역을 정하여 해당 종업원외의 출입을 금지하고 조명과 환기시설을 설치해야 한다.
- ② 운전원을 포함한 터널 종업원, 기타 관계자에게 안전운행에 관한 교육을 실시하고 운행관리 규정을 준수하도록 해야 한다.
- ③ 버력운반을 위한 운반로는 수시로 유지 보수하도록 하여 도로훼손, 비산먼지 발생 등에 따른 민원발생을 예방해야 한다.

(5) 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 27 20 00 터널 굴착 (3.3.4-6)을 따른다.

4.3.4 기계굴착

(1) 기계굴착의 적용

- ① 기계굴착은 지반의 이완을 최소화하여 굴진면의 안정을 유지하고 여굴이 적게 발생하도록 하기 위하여 적용한다.
- ② TBM과 쉘드TBM에 의한 굴착은 KCS 27 25 00 TBM을 따른다.
- ③ 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 27 20 00 터널 굴착 (3.3.1)을 따른다.

(2) 굴착기계의 선정

KCS 27 20 00 터널 굴착 (3.3.2)를 따른다.

(3) 굴착기계의 운전

KCS 27 20 00 터널 굴착 (3.3.3)을 따른다.

4.3.5 파쇄굴착

(1) 파쇄굴착의 적용

- ① 인력굴착방법을 적용할 수 없는 견고한 지반에서 기계 또는 발파에 의한 굴착을 채택하기 어려운 경우에는 압력에 의한 파쇄굴착방법을 적용한다.

(2) 굴착공법 선정

- ① 지반조건, 터널주변환경, 공사기간, 터널연장, 터널굴착 단면크기, 버력처리조건 등을 고려하여 적합한 공법을 선정해야 한다.
- ② 터널굴착 시공성, 안전성, 품질관리, 경제성을 고려하여 안전하고 확실한 공법을 선정해야 한다.

(3) 파쇄굴착 계획

- ① 터널주변에 주택지나 주요구조물, 공공건물, 병원, 학교, 목장 등 주변환경으로 인하여 진동과 소음을 최소화할 필요가 있을 경우 파쇄굴착 작업계획을 작성하여 검토한 후 굴착해야 한다.
- ② 파쇄굴착 계획을 변경하고자 할 경우에는 변경계획서를 작성하여 공사 감독자/감리원의 승인을 받아 변경해야 한다.

(4) 파쇄굴착 기록관리

- ① 파쇄굴착 작업 순서와 싸이클타임, 1일굴진실적, 굴진부진 시 부진사유 등을 매일 기록, 관리해야 한다.
- ② 소음 및 진동 측정기를 공사작업장에 설치하여 매일 측정하고 기록·관리해야 한다.

(5) 파쇄굴착 품질관리

- ① 설계도 및 공사시방서에 따라 확인하고 품질관리를 해야 한다.

5. 터널지보재

5.1 지보재 시공계획

5.1.1 일반사항

(1) 지보재 시공시기

KCS 27 30 00 터널지보재 (3.1.2)를 따른다.

(2) 지보재 시공순서 결정

- ① 지보재의 시공순서 변경이 요구되는 경우에는 지보재의 성능발생 특성에 따라 지반이 자체 지보능력을 발휘할 수 있도록 결정해야 한다.
- ② 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 27 30 00 터널지보재 (3.1.3)을 따른다.

(3) 지보재 시공 중 조치사항

KCS 27 30 00 터널지보재 (3.1.4)를 따른다.

5.1.2 재료

해당사항 없음

5.1.3 시공

해당사항 없음

5.2 강지보재

5.2.1 일반사항

(1) 적용범위

KCS 27 30 00 터널지보재 (1.1)을 따른다.

(2) 참조규격

KS B 1010 마찰접합용 고장력 6각볼트, 6각너트, 평와서의 세트

KCS 27 10 05 터널공사 개요 (1.3.2)를 따른다.

(3) 강지보재 일반

- ① 강지보재는 지반조건, 굴착방법, 굴착단면의 크기 등을 감안하여 제작하고 신속히 시공할 수 있도록 관리해야 한다.
- ② 강지보재의 종류로는 구조용 H형강, U형강, 격자지보(Lattice Girder) 등이 있으며, 굴착 면이나 숏크리트에 밀착되어 강지보재에 하중이 고루 분포되도록 하고, 콘크리트라이닝의 두께가 확보될 수 있도록 정확한 제작과 시공을 해야 한다.

(4) 제출물

다음 사항은 「KCS 47 10 05 노반공사 일반사항, 2. 공사관리」의 해당요건에 따라 작성하여 공사 감독자/감리원에게 제출해야 한다.

- ① 작업절차서
- ② 검사 및 시험계획서
- ③ 시공계획서
- ④ 제품자료

5.2.2 재료

(1) 강지보재의 재질

- ① 강지보재는 연성이 크고 휨과 용접 등의 가공성이 양호한 강재를 사용해야 한다.
- ② H형 및 U형 강지보재의 재질은 KS D 3503에 규정된 SS400을 표준으로 하며 이와 동등 이상의 성능을 발휘하는 구조용 강재로 해야 한다. 또한 격자지보형 강지보재의 재질은 KS D3504에 규정된 SD500W(항복강도 500MPa 이상)를 표준으로 하며 이형봉강이나 원형봉강을 사용하여 이와 동등 이상의 성능을 발휘하고 부재간 완전한 용접성능을 발휘할 수 있는 저탄소(탄소함량이 0.3% 이하) 용접구조용 강재로 해야 한다.
- ③ 본 기준에 기재되지 않거나 특수한 재료를 사용할 경우에는 설계도 및 공사시방서에 따라 제작해야 한다.
- ④ 강재 대신 고강도 플라스틱, 복합부재 등을 지보재로 사용할 경우 강지보재와 동등 이상의 성능을 발휘해야 한다.

(2) 강지보재의 제작

KCS 27 30 00 터널지보재 (2.6.1)을 따른다.

(3) 재료의 품질관리

- ① 강지보재의 휨가공, 절단, 구멍내기, 용접 등의 가공방법과 형상, 크기 등은 공사시방서에 정하여 관리해야 한다.
- ② 강지보재 재질의 품질관리는 공인기관의 시험성적을 확인하는 것으로 대신한다.
- ③ 본 기준에 기재되지 않거나 특수한 재료의 지보재를 설치할 경우에는 설계도 및 공사시방서에 따라 품질관리를 해야 한다.

5.2.3 시공

(1) 시공조건 확인

- ① 굴착면의 요철상태는 지보재가 굴착면과 최대한 밀착할 수 있는 상태로 정리해야 한다.
- ② 지보재 설치면에 뜯돌 또는 부석 등이 완전히 제거되었는지 확인해야 한다.
- ③ 명시된 도면의 지보재 규격 및 설치간격이 굴착 지반조건에 적절한지 확인해야 한다.
- ④ 지보재의 이음위치 및 지지면에 대한 조치계획은 적정하게 수립되었는지 확인해야 한다.
- ⑤ 터널을 굴착한 결과 지반조건이 불량하여 명시된 도면의 지보재 만으로 시공이 곤란할 경우는 보조공법으로 지반을 보강하거나 지보재를 변경하여 안전하게 시공해야 한다.
- ⑥ 지보재를 변경할 경우에는 변경계획서를 작성하여 검토한 후 변경해야 한다.
- ⑦ 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 27 30 00 터널지보재 (3.)을 따른다.

(2) 강지보재의 설치

KCS 27 30 00 터널지보재 (3.3.1 (2))를 따른다.

(3) 현장 품질관리

- ① 강지보재의 설치간격 허용오차는 $\pm 50\text{mm}$ 로 한다.
- ② 강지보재의 품질관리는 <표 5.2-1>과 같이 관리해야 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 슛크리트와의 밀착 여부 확인	시공 직후
이음 및 연결 상태	이음볼트, 연결재 및 용접상태 등의 시공 상태 확인	시공 직후
환봉과 스파이더 용접상태	·비파괴시험(침투탐상법, PT) 시행 ·용접부 인장하중 39,564N 이상 확인	물품반입 시 (KS B 0802)

5.3 슛크리트

5.3.1 일반사항

(1) 적용범위

KCS 27 30 00 터널지보재 (1.1)을 따른다.

(2) 참조규격

- ① KS F 2403 콘크리트 의 강도 시험용 공시체 제작 방법
- ② KS F 2405 콘크리트의 압축강도시험 방법
- ③ KS F 2422 콘크리트 코어 및 보의 시료 절취 및 강도 시험방법
- ④ KS F 2577 슛크리트용 재료
- ⑤ KS L 5103 길모어 침에 의한 시멘트의 응결 시간 시험 방법
- ⑥ KCI-SC-102 슛크리트용 급결제 품질규격(한국콘크리트학회)
- ⑦ KCI-SC-104 보에 의한 슛크리트의 초기 압축강도 시험 방법(한국콘크리트학회)
- ⑧ KCI-SF-102 강섬유 보강 콘크리트의 강섬유 혼입률 시험방법(한국콘크리트학회)
- ⑨ KCI-SF-103 강섬유 보강 슛크리트의 강섬유 혼입률 시험방법(한국콘크리트학회)
- ⑩ KCI-SF-105 강섬유 보강 콘크리트의 압축강도 및 압축 인성 시험방법(한국콘크리트학회)
- ⑪ KCI-SF-106 강섬유 보강 콘크리트의 강도 및 인성 시험용 공시체의 제작 방법(한국콘크리트학회)
- ⑫ KCI-SF-107 강섬유 보강 콘크리트의 강도 및 인성 시험용 공시체의 제작 방법(한국콘크리트학회)

(3) 슛크리트 일반

- ① 슛크리트는 다음과 같은 기능을 발휘할 수 있도록 시공해야 한다.

- ② 쏿크리트는 사용수의 혼합방법에 따라 건식과 습식으로 구분하며 강(鋼) 또는 기타 재질의 섬유도 혼합하여 사용할 수 있다.
 - 가. 쏿크리트 공법선정은 터널연장, 굴착단면크기, 굴착방법, 용출수, 작업효율, 품질관리, 작업환경 및 공해, 반발(Rebound)량 등을 고려하여 선정해야 한다.
 - 나. 쏿크리트는 특별한 사유가 없는 한 습식 쏿크리트를 머신(Machine)으로 시공하는 공법으로 선정해야 한다. 다만 현장 작업공간 협소로 부득이 로봇 등 장비투입이 곤란한 경우는 다른 공법을 선정할 수 있다.
- ③ 쏿크리트는 일반쏿크리트와 고강도쏿크리트로 구분하며 쏿크리트의 설치목적에 맞게 성능과 품질을 확보해야 한다. 쏿크리트의 재령 28일 설계기준강도는 일반쏿크리트의 경우 21MPa 이상, 고강도쏿크리트의 경우 35MPa 이상이고 재령 1일 강도는 10MPa 이상이 되도록 해야 한다.
- ④ 고강도쏿크리트는 일반쏿크리트 기능 이외에 다음과 같은 기능을 추가적으로 발휘할 수 있도록 해야 한다.
 - 가. ① 마감면이 되는 경우, 1차지보재로서 굴착에 따른 지반변형을 허용범위내로 수렴시킬 수 있는 지보특성 적합여부 및 화재에 대한 쏿크리트의 안정성을 확보할 수 있는 대책을 세워야 한다.
 - 나. ② 조명, 환기, 등 기타 부대설비를 고정시킬 수 있을 만큼 쏿크리트의 강도와 부착성능이 확보되어야 한다.
- ⑤ 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 14 20 51 쏿크리트(1.2), KCS 27 30 00 터널지보재(3.3.2)를 따른다.

(4) 제출물

- ① 다음 사항은 KCS 47 10 05 노반공사 일반사항(2.)의 해당요건에 따라 작성하여 공사 감독자/감리원에게 제출해야 한다.
 - 가. 작업절차서
 - 나. 검사 및 시험계획서
 - 다. 시공계획서
 - 라. 자재공급원 승인요청서
- ② 시멘트, 혼화재료 및 강섬유에 대한 자재공급원 승인요청을 해야 한다.
 - 가. 재료반입전표
 - 나. 쏿크리트 배합설계 결과

(5) 품질요구사항

- ① 시험시공
 - 가. 수급인은 쏿크리트 시공 전에 반드시 공사에 사용할 동일한 재료로 현장시험배합에 의한 쏿크리트 시험시공을 실시해야 하며, 시험결과가 설계서에 명시된 소요강도 이상 확보될 때까지 실시해야 한다.
 - 나. 쏿크리트 타설장비는 쏿크리트 시공 시 사용할 동일한 장비로 시험해야 하며, 시험결

과에 따라 장비를 선정해야 한다.

5.3.2 재료

(1) 숏크리트의 재질

① 숏크리트 재료 일반사항

가. 숏크리트의 성능은 터널용도에 맞는 뿔어붙이기 성능과 초기 및 장기강도, 내구성능을 설정해야 한다.

나. 숏크리트의 뿔어붙이기 성능은 리바운드율, 분진농도, 초기강도 및 장기강도로 설정할 수 있다.

다. 숏크리트에 섬유를 첨가한 섬유보강 숏크리트의 성능은 초기 및 장기강도 이외에 휨강도와 휨인성을 설정해야 한다.

② 실제 벽면에 타설된 강섬유혼입량은 30kg/m^3 이상이 되며 설계 휨강도와 휨인성을 만족해야 한다. 이때 재령 28일의 강섬유보강숏크리트의 휨강도는 4.5MPa 이상, 그리고 휨인성을 나타내는 등가휨강도는 3.0MPa 이상으로 한다. 강섬유 이외의 기타 섬유를 적용할 경우에는 상기 강섬유보강숏크리트의 성능기준 이상을 발현할 수 있도록 설계해야 한다.

③ 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 27 30 00 터널지보재 (2.1.2)를 따른다.

(2) 타설장비

① 숏크리트 타설장비는 시험시공 시 사용한 장비를 사용해야 하며, 장비를 변경하고자 할 경우는 공사 감독자/감리원의 승인을 받아야 한다.

② 타설장비는 내압에 대한 안전성, 내구성은 물론 양호한 기계적 특성, 현장여건에 적합해야 하며, 소정의 배합재료를 연속하여 압송할 수 있어야 한다.

③ 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 27 30 00 터널지보재 (2.3.1)을 따른다.

(3) 숏크리트 배합

① 이 기준에 기재되지 않은 사항은 설계도 및 공사시방서에 따라 배합해야 한다.

② 숏크리트 시공 전에 반드시 공사에 사용할 동일한 재료로 현장시험 배합하여 숏크리트 시험시공을 해야 하며 시험결과 설계도 또는 공사시방서에 명시된 소요강도 이상 확보될 때까지 반복 시험시공을 해야 한다.

③ 급결제 성능시험은 KS F 2436, KS F 2360에 의거 시험해야 한다.

④ 잔골재는 구조물용 모래와 동등의 재질로 깨끗한 모래로 한다.

⑤ 급결제는 환경오염 및 배수공 막힘을 일으킬 우려가 있으므로 실리콘계약을 사용해서는 안 되며, 품질은 KCI-SC-102 동등 이상의 제품으로 한다. 단, 응결시간 시험방법은 KS L 5103에 따른다.

⑥ 수급인은 반드시 숏크리트 시험시공 성과에 따라 급결제를 선정해야 하며 숏크리트 시공 전에 시험성과에 따라 현장배합, 사용골재의 입도분포, 급결제, 사용장비, 숏크리트 시공법 등이 포함된 시험성과서를 작성하여 공사 감독자/감리원의 승인을 얻어야 한다.

⑦ 배합의 표시는 <표 5.3-1>을 참조한다.

표 5.3-1 숏크리트의 배합 표시법(습식)

굵은골재의 최대치수 (mm)	물-시멘트비 (W/C) (%)	잔골재율 (s/a) (%)	단위량(kg/m ³)				급결제 (%)	유동화제 (kg)
			물 (W)	시멘트 (C)	잔골재 (S)	굵은골재 (G)		

⑧ 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 27 30 00 터널지보재 (2.5.1)을 따른다.

(4) 숏크리트용 골재저장

- ① 숏크리트용 골재는 선정시험한 후 잔골재와 굵은골재를 체가름하여 서로 혼입되지 않도록 분리하여 저장해야 한다.
- ② 저장장소는 쇼벨로우더의 작업 시 토사가 혼입되지 않도록 바닥콘크리트를 설치해야 한다.
- ③ 저장장소는 우수와 직사광선으로부터 보호해야 하므로 지붕과 칸막이를 설치해야 한다.
- ④ 시멘트 및 혼화재료의 저장은 KCS 47 10 60 콘크리트공사의 해당요건에 따른다.

(5) 현장시험배합

- ① 수급인은 공사를 착수하기 전에 승인된 배합설계 결과를 현장실정에 맞도록 조절하기 위하여 규정된 설비가 설치된 배치플랜트를 이용하여 현장시험배합을 공사 감독자/감리원 입회하에 실시해야 하며, 이에 소요되는 모든 비용은 수급인이 부담한다.
- ② 수급인은 숏크리트 시험시공 결과에 따라 타설장비, 급결제 및 배합을 조절해야 한다.

(6) 현장배합수정

수급인은 숏크리트 공사를 착수하기 전에 승인된 배합설계를 토대로 현장의 재료조건과 숏크리트 시공여건 등을 감안하여 현장배합으로 배합을 조절해야 한다.

(7) 재료의 품질관리

KCS 27 30 00 터널지보재 (3.6.1)을 따른다.

5.3.3 시공

(1) 사전준비 및 처리

KCS 27 30 00 터널지보재 (3.2.1)을 따른다.

(2) 숏크리트 타설기계 및 타설방법

- ① 숏크리트 타설방법과 공법은 지반조건, 터널연장 및 단면크기 굴착방법, 용출수의 유무, 경제성 등을 검토하여 변경할 수 있다.
- ② 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 27 30 00 터널지보재 (2.3.1)을 따른다.

(3) 숏크리트 작업

KCS 27 30 00 터널지보재 (3.3.2)를 따른다.

(4) 숏크리트 분진, 반발량 및 오수처리

- ① 숏크리트의 반발량은 일반적으로 다음과 같다.
 - 가. 습식 숏크리트 : 10 ~ 20%
 - 나. 건식 숏크리트 : 35 ~ 50%
- ② 터널 내 숏크리트 시공에 따른 오수가 터널 바깥으로 유출되어 터널주변 환경 수질에 공해가 발생하지 않도록 터널밖에 자동 오폐수처리기를 설치하여 민원이 발생하지 않도록 철저하게 오폐수처리를 해야 하며, 효율적인 오폐수처리기능이 유지되도록 유지관리에 만전을 기해야 한다.
- ③ 이 기준에 기재되지 않은 사항은 설계도 및 공사시방서에 따라 처리해야 한다.
- ④ 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 27 30 00 터널지보재 (3.3.2)를 따른다.

(5) 현장 품질관리

- ① 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 27 30 00 터널지보재 (3.6.2)를 따른다.

5.4 록볼트

5.4.1 일반사항

(1) 적용범위

KCS 27 30 00 터널지보재 (1.1)을 따른다.

(2) 참조규격

KCS 11 70 10 록볼트 (1.2)를 따른다.

(3) 록볼트 일반

KCS 27 30 00 터널지보재 (3.3.3)을 따른다.

(4) 제출물

- ① 다음 사항은 「KCS 47 10 05 노반공사 일반사항, 2. 공사관리」의 해당요건에 따라 작성하여 공사 감독자/감리원에게 제출해야 한다.

가. 작업절차서

나. 검사 및 시험계획서

다. 시공계획서

라. 자재공급원 승인요청서

- ② 록볼트 및 정착재료에 대한 자재공급원 승인요청을 해야 한다.

가. 록볼트 인발시험성적서

(5) 품질요구사항

- ① 록볼트의 정착효과는 원지반의 강도 외에 볼트의 종류, 공벽의 상태, 정착방식 등의 조건에 지배되므로 시공에 앞서 터널굴착 패턴별로 공사 감독자/감리원 입회하에 시험시공을 실시하여 소요의 인발내력을 확인한 후 본 공사를 시행해야 한다.

(6) 보관 및 취급

- ① 레진의 보관 및 운반은 일평균기온 $-30^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$ 의 조건을 만족해야 한다.
 ② 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 27 30 00 터널지보재 (3.3.3)을 따른다.

5.4.2 재료

(1) 록볼트의 재료

- ① 록볼트의 재질은 350Mpa 이상의 강재로서 연신율이 큰 재질의 이형봉강을 표준으로 하며, 원지반 조건 및 사용목적에 따라 동등 이상의 재질 및 형상의 록볼트를 사용할 수 있다.
 ② 현장조건 및 시공여건에 따라 유리섬유재질(Glass Fiber Reinforced Plastic) 록볼트, 강관 록볼트, 팽창성 록볼트 및 케이블 볼트 등을 사용할 수 있다.

표 5.4-1 유리섬유재질 록볼트 품질기준

구 분	품질기준	시험빈도	비고
최소축정값 (직경)	20mm 이상	현장반입시	
유리함유량	75% 이상	3,000개마다	
극한인장강도	850MPa 이상		
극한전단강도	150MPa 이상		

- ③ 이 기준에 언급하지 않은 사항은 KCS 27 30 00 터널지보재 (2.1.3)을 따른다.

(2) 록볼트의 정착형식

KCS 27 30 00 터널지보재 (3.3.3)을 따른다.

(3) 록볼트의 재료 품질관리

터널공사

- ① 록볼트의 재료시험 및 검사는 KS E 3132 및 KS D 3504의 규정에 따라야 한다.
- ② 특수한 재료일 경우에는 별도로 정한 품질관리 기준에 따라 관리해야 한다.
- ③ 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 27 30 00 터널지보재 (3.3.3)을 따른다.

5.4.3 시공

(1) 록볼트 시공계획

- ① 록볼트 시공은 설계도 및 공사시방서를 검토한 후 현장조건에 적합한 록볼트 시공계획서를 작성하여 검토한 후 시공해야 한다.
- ② 터널을 굴착한 결과 원지반 조건이 설계도서에 명시된 내용과 다를 경우는 현장조건에 적합한 록볼트 패턴으로 변경하여 안전하게 시공해야 한다.
- ③ 록볼트 시공계획을 변경할 경우에는 변경계획서를 작성하여 공사 감독자/감리원의 승인을 받은 후 변경해야 한다.

(2) 천공기계의 선정

KCS 27 30 00 터널지보재 (3.3.3)을 따른다.

(3) 천공 및 청소

KCS 27 30 00 터널지보재 (3.3.3)을 따른다.

(4) 정착재료 및 충전

KCS 27 30 00 터널지보재 (3.3.3)을 따른다.

(5) 록볼트 조이기

KCS 27 30 00 터널지보재 (3.3.3)을 따른다.

(6) 용출수지역에서의 록볼트 시공

KCS 27 30 00 터널지보재 (3.3.3)을 따른다.

(7) 현장 품질관리

KCS 27 30 00 터널지보재 (3.6.4)를 따른다.

5.5 철망

5.5.1 일반사항

(1) 적용범위

KCS 27 30 00 터널지보재 (1.1)을 따른다.

(2) 참조규격

KCS 27 10 05 터널공사 개요 (1.3.2)를 따른다.

(3) 철망 일반

- ① 강섬유보강숏크리트를 사용할 경우는 철망을 생략할 수 있다.

② 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 27 30 00 터널지보재 (2.9.3)을 따른다.

(4) 제출물

① 다음 사항은 KCS 47 10 05 노반공사 일반사항 (2.)의 해당요건에 따라 작성하여 공사 감독자/감리원에게 제출해야 한다.

가. 자재공급원 승인요청서

② 철망에 대한 자재공급원 승인요청을 해야 한다.

(5) 운송, 보관 및 취급

KCS 27 30 00 터널지보재 (1.11)을 따른다.

5.5.2 재료

(1) 철망 재료

KCS 27 30 00 터널지보재 (2.9.3)을 따른다.

(2) 철망재료 품질관리

① 재료시험 및 검사는 KS D 7017의 10. 11항에 따른다.

② 철망은 녹이 슬거나 이물질이 부착되지 않도록 하고 변형되지 않도록 보관관리를 해야 한다.

③ 특수한 재료를 사용할 경우는 별도로 정한 규정에 따라 품질관리를 해야 한다.

④ 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 27 30 00 터널지보재 (2.9.3)을 따른다.

5.5.3 시공 및 품질관리

(1) 철망은 굴착면 또는 이미 타설된 슛크리트면에 밀착시켜 견고하게 고정하여 슛크리트 작업 중 이동이나 진동이 발생하지 않도록 해야 한다.

(2) 철망은 터널 종방향으로 100mm, 횡방향으로 200mm 이상 중첩하여 이음해야 한다.

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

(4) 철망의 품질관리는 <표 5.5-1>과 같이 해야 한다.

표 5.5-1 철망의 현장 품질관리

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	슛크리트 타설 전
	밀착상태	◦굴착면 또는 슛크리트면에 밀착되었는지 확인	슛크리트 타설 전
	접이음상태	◦접이음이 확실히 되었는지 확인	슛크리트 타설 전

6. 콘크리트라이닝

6.1 일반사항

6.1.1 적용범위

- (1) 굳지 않은 콘크리트를 사용하여 현장에서 타설하는 콘크리트라이닝에 대하여는 본 시방서에서 정하는 바를 따른다.
- (2) 이 기준에 규정되지 않은 사항에 대하여는 KCS 14 20 00 콘크리트공사를 따른다.
- (3) 프리캐스트라이닝에 대하여는 별도로 정하는 바에 따른다.

6.1.2 참조규격

KS D 3515 용접구조용 압연강재

KS F 2538 콘크리트 포장 및 구조용 신축 이음 채움재

6.1.3 제출물

다음 사항은 KCS 47 10 05 노반공사 일반사항 (2.)의 해당요건에 따라 작성하여 공사 감독자/감리원에게 제출해야 한다.

- (1) 작업절차서
- (2) 검사 및 시험계획서
- (3) 시공계획서
시공계획서에는 다음 사항이 포함되어야 한다.
 - ① 콘크리트 타설순서, 거푸집설치 및 해체, 타설공정을 포함해야 한다.
 - ② 콘크리트 경화 후 천장부(Crown)등 라이닝 뒷면 간극을 반드시 조사하여 뒤채움 재료, 재료혼합 및 주입장비, 주입구멍배치, 주입시공순서, 주입압력, 주입기간 등을 포함해야 한다.
- (4) 콘크리트라이닝 거푸집 제작 및 조립계획서
거푸집 제작은 명시된 도면 및 구조계산서를 검토한 후 현도, 절단, 용접 제작, 시험조립, 운반, 시행공정 등 제작 및 조립계획서를 작성해야 한다.

6.1.4 운송, 보관 및 취급

- (1) 콘크리트재료 및 콘크리트의 운송, 보관 및 취급은 KCS 47 10 60 콘크리트공사 관련 시방서를 따른다.
- (2) 강재는 녹이 슬거나 이물질이 부착되지 않도록 하고 변형되지 않도록 보관·관리해야 한다.

6.2 재료

6.2.1 콘크리트라이닝 재료

- (1) 콘크리트용 재료는 KCS 14 20 00 콘크리트공사의 관련 시방서를 따른다.
- (2) 철근은 KCS 14 20 11 철근공사의 관련 시방서를 따른다.
- (3) 뒤택움 모르타르의 설계기준강도는 1MPa을 표준으로 한다.
- (4) 섬유보강 콘크리트와 혼합시멘트계 콘크리트에 사용하는 혼화제는 균열억제, 내구성 및 내화성 증진을 달성할 수 있는 재료로 한다.

6.2.2 콘크리트라이닝 거푸집

- (1) 거푸집 재료의 강재는 KS D 3503의 SS400 및 KS D 3515의 SWS400 또는 동등 이상의 제품으로 한다.
- (2) 콘크리트의 투입구는 콘크리트가 넓게 퍼지도록 배치해야 한다.
- (3) 측면판은 콘크리트의 압력에 견딜 수 있는 구조로 하고 콘크리트가 누출되지 않도록 설치해야 한다.
- (4) 지수판을 설치하는 경우에는 다음사항을 반영하여 지수판 기능이 발휘되도록 하여야 한다.
 - ① 시공이음부 및 신축이음부의 누수방지를 위해서 필요시 지수판과 수팽창지수제 등을 설치하여 누수에 대한 대책을 강구해야 한다. 수팽창지수제를 사용할 경우 대기온도 등 현장조건을 고려하여 시공하여야 한다.
 - ② 충분한 겹침이음 길이를 확보하여 접합부 결함 및 열응축에 의한 방수막 손상이 발생되지 않도록 방수접착제를 바르고 접착해야 한다. 또한 가능한 지수판 이음부 연결 후 방수시트에 접착하도록 한다.
 - ③ 지수판 이음부 연결 용접방법은 용접봉의 재질, 신축율, 인장강도 등을 고려, 누수가 되지 않도록 시공해야 하며 접합부의 밀실시공 상태를 확인후 콘크리트라이닝을 타설하여야 한다.
 - ④ 지수판은 결함부위가 집중되어 있는 곳과 신축시공이음이 교차되는 부위는 취약부위가 최소화 될 수 있도록 +형으로 공장에서 제작된 제품을 사용하여 설계도서에 명시된 위치에 비틀림이나 구부러짐이 없도록 설치해야 한다.
 - ⑤ 신축이음부는 지수판의 중앙부와 신축이음재(Joint Filler)가 반드시 일치하게 시공하고 시공이음부는 지수판의 중앙부분이 시공이음의 정중앙에 위치하도록 설치하여 시공성저하 및 편심시공을 방지해야 한다.
 - ⑥ 지수판이 콘크리트에 묻힐 때(Internal Waterstop)는 표면에 기름, 구리스, 건조한 모르타르 등이 묻지 않도록 하여야 하며, 지수판의 모든 부분은 치밀하게 콘크리트로 채워져 단단히 유지되도록 다짐관리를 해야 한다.

터널공사

- ⑦ 지수판이 콘크리트 외벽에 설치되는 경우(External Waterstop)는 특성상 방수막에 접합되므로 방수막 손상방지와 접합부위 품질관리를 해야 한다.
- ⑧ 지수판은 가능한 가장 긴 길이로 설치하고 이음부분을 최소화 해야 한다.

(5) 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 27 40 05 현장타설 라이닝 (1.1.2)를 따른다.

6.3 시공

6.3.1 시공조건 확인

KCS 27 40 05 현장타설 라이닝 (1.1.1)을 따른다.

6.3.2 작업준비

(1) 거푸집 설치

- ① 측면판은 콘크리트의 압력에 견디는 구조로 하여 콘크리트가 새어 나가지 않도록 굴착면에 밀착시켜야 하며, 틈새가 없도록 해야 한다.
- ② 거푸집은 이동성이 좋고 견고한 구조가 되도록 설계, 제작해야 하며, 거푸집의 길이는 시공성과 안전성을 고려하여 15m를 초과하지 않도록 해야 한다.
- ③ 거푸집에는 콘크리트의 투입 및 타설상태를 확인하기 위한 작업구를 설치해야 한다.
- ④ 라이닝의 표면물질을 최소화하기 위해 거푸집을 5~6회 사용한 후에는 거푸집면을 깨끗이 청소한 다음 박리제를 발라서 사용하도록 한다.
- ⑤ 거푸집에 부착된 유압잭(Jack)은 콘크리트 압력으로 뒤틀림이 생기지 않을 충분한 안전성을 가져야 한다.
- ⑥ 제작이 완료된 거푸집은 작업투입 전에 반드시 공사 감독자/감리원의 검사를 받아야 하며 터널 내에 설치가 완료된 거푸집 상태도 콘크리트의 타설에 앞서 공사 감독자/감리원의 검사를 받아야 한다.
- ⑦ 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 27 40 05 현장타설 라이닝 (3.3.5, 1.1.2)를 따른다.

(2) 철근 조립

KCS 27 40 05 현장타설 라이닝 (3.3.4)를 따른다.

6.3.3 콘크리트라이닝 시공순서

- (1) 기초콘크리트 및 인버트가 없을 경우에는 배수공동구 부분의 콘크리트를 먼저 타설하고 이에 따라 측벽, 아치 전단면 콘크리트를 타설해야 한다.
- (2) 기초콘크리트 및 인버트가 있을 경우에는 기초 및 인버트를 타설한 후 (1)과 같이 타설해야 한다.

6.3.4 시공기준

(1) 콘크리트 타설

- ① 천장부의 콘크리트 채움을 검사하기 위해 거푸집 1스팬마다 지름 10mm 파이프를 천장부 양단에 각각 매입하여 채움 상태와 간극을 조사할 수 있도록 설치해야 한다.
 - ② 콘크리트펌프로 천장부의 콘크리트를 타설하기 위하여 공기승압기를 사용할 경우에는 아직 굳지 않는 콘크리트에 300mm 정도 깊이로 공기 배출파이프를 매설하여 콘크리트가 잘 충전되도록 하고 콘크리트 타설 후 순차적으로 뽑아야 한다.
- (2) 콘크리트라이닝의 거푸집은 부어넣은 콘크리트의 강도가 3MPa 이상 발현된 후, 또는 콘크리트라이닝의 자중을 견딜 수 있는 강도가 발현된 후에 제거해야 한다. 거푸집 제거시기에 대한 별도의 검증을 실시하는 경우에는 제거시기를 조절할 수 있다.
- (3) 신축이음 및 시공이음
- ① 신축이음 설치구간 중 구조물의 부등침하가 예상되는 개소는 공사 감독자/감리원의 승인을 득한 후 지름 25mm의 다웰바(Dowel Bar)를 중심간격 300mm로 터널내측부 1/3지점(두께)에 설치해야 한다.
 - ② 신축이음은 구조물의 균열발생요인을 최소화하기 위하여 콘크리트라이닝, 인버트 및 보조도상부까지 일치하도록 설치해야 한다.
 - ③ 시공이음을 설치해야 할 곳에는 미리 거푸집 속에 시공성이 양호한 삼각형 쥘대등을 설치해야 하며, 이음부가 삼각형 중앙에 위치하도록 해야 한다.
 - ④ 시공이음을 계획할 때에는 온도변화, 건조수축 등에 의한 균열의 발생에 대해서도 고려해야 한다.
- (4) 인버트 시공
- ① 인버트 콘크리트의 시공이음은 인버트 축력의 직각방향으로 설치해야 한다.
 - ② 지형조건상 편압이 예상되는 경우 또는 콘크리트라이닝이 구조적인 기능을 발휘하는 경우에는 공사 감독자/감리원의 승인을 받아 인버트를 설치할 수 있다.
 - ③ 인버트 콘크리트의 시공시기는 계측결과를 기초로 하여 결정해야 하며, 특히 지반이 불량한 경우에는 굴착 중 숏크리트에 의한 인버트도 고려해야 한다.
 - ④ 인버트는 콘크리트라이닝과 폐합 및 일체가 되어 외력에 저항할 수 있는 형상이 되도록 해야 한다.
- (5) 라이닝 거푸집 제거 후 콘크리트 표면의 균열 발생을 억제하기 위하여 콘크리트 초기강도 발현시간 동안 습윤상태를 유지토록 해야 한다.
- (6) 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 27 40 05 현장타설 라이닝 (3.3.1)을 따른다.

6.3.5 시공허용오차

- (1) 콘크리트라이닝 시공전에 반드시 내공 및 선형측량을 실시하여 콘크리트라이닝의 설계두께를 확보할 수 있는지 여부를 확인해야 하며, 설계두께 확보가 불가능한 부분에 대해서는 수급인의 부담으로 기시공된 지보재를 재시공하여 설계두께를 확보해야 한다. 다만 철근보강, 섬유보강, 콘크리트강도 증대 등 별도의 조치로 구조물의 기능을 확보할 수 있을 경우에는 공

사 감독자/감리원의 승인을 받아 시행할 수 있다.

(2) 콘크리트라이닝 시공허용오차

- ① 선형중심 : 10mm 이하
- ② 노반시공기면 : $\pm 20\text{mm}$
- ③ 노반시공기면부터 천장까지의 높이 : -0mm , $+30\text{mm}$
- ④ 내공폭(스프링라인 기준) : -0mm , $+30\text{mm}$
- ⑤ 콘크리트라이닝 두께 : -40mm 이내

(3) 라이닝 거푸집 철판의 변형오차 : 2m 구간마다 4mm 이내, 품조인트부는 1mm 이내

6.3.6 현장품질관리

KCS 27 40 05 현장타설 라이닝 (3.6)을 따른다.

6.3.7 콘크리트라이닝 뒤펀 및 주입

- (1) 주입순서 및 방법은 주입구간을 1, 2, 3구간 또는 1, 2구간으로 나누어 계획량을 한꺼번에 고압으로 주입하지 말고 1단계부터 3단계까지 저압에서 단계별로 조절하여 뒤펀을 완전하게 충전하도록 주입해야 한다.
- (2) 거푸집 설치 시 공동충전용 및 주입확인용 파이프를 천단부에 거푸집 1스팬마다 2개 이상 설치해야 한다.
- (3) 공동충전용 및 주입확인용 파이프는 콘크리트라이닝 타설 시 매몰, 이탈되지 않도록 견고히 고정시켜야 한다.
- (4) 파이프는 라이닝콘크리트 타설 시 막히지 않도록 보호조치 해야 한다.
- (5) 뒤펀 주입시공 시 콘크리트라이닝에 변형이나 균열이 발생되지 않도록 주입압력 관리를 철저히 해야 한다.
- (6) 뒤펀 주입시공은 뒤펀 주입시공 전 반드시 재료를 시험배합하여 주입장비로 1회 이상 주입압력을 공사 감독자/감리원 입회하에 시험주입한 후 시공해야 한다.
- (7) 뒤펀 주입시공은 구간별 주입구명 번호를 정하고 주입구명별, 단계별, 재료배합, 주입량, 주입압력을 기록하여 공사 감독자/감리원 요구 시 또는 준공 시에 제출해야 한다.
- (8) 배면 공동여부를 확인할 수 있도록 뒤펀 주입완료 후 공사 감독자/감리원과 협의하여 지표면레이다탐사(GPR 탐사)를 실시하고 그 결과를 제출해야 한다..
- (9) 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 27 40 05 현장타설 라이닝 (3.3.1)을 따른다.

7. 배수 및 방수

7.1 터널배수

7.1.1 일반사항

(1) 적용범위

이 기준은 터널 작업 중 배수와 배수형 방수형식터널 중 개착터널 및 굴착 터널의 원활한 배수를 위한 재료선정 및 시공에 적용한다..

(2) 배수의 일반

- ① 배수형 방수형식 터널에서는 유입지하수를 원활히 배수할 수 있는 배수시설을 설치하여 콘크리트라이닝에 수압이 작용하지 않도록 해야 한다.
- ② 배수형 방수형식 터널 시공구간의 지반이 세립토사를 다량 함유하고 있을 경우에는 배수재 두께 및 재질 변경 또는 드레인보드 병용 등을 통하여 배수시설이 장기간 동안 기능을 유지할 수 있도록 조치해야 한다.

(3) 제출물

다음 사항은 「KCS 47 10 05 노반공사 일반사항, 2. 공사관리」의 해당요건에 따라 작성하여 공사 감독자/감리원에게 제출해야 한다.

- ① 작업절차서
- ② 검사 및 시험계획서
- ③ 시공계획서

(4) 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 27 50 05 배수 및 방수를 따른다.

7.1.2 재료

(1) 사용재료

① 배수재

가. 터널의 아치부와 측벽부에 설치하는 배수재는 유입지하수를 원활히 배수할 수 있는 배수능력을 갖춘 것으로 한다. 배수재가 부직포인 경우에는 80mm 이상의 겹이음을 적용한다.

나. 터널 맨암거용 배수재의 품질은 <표 7.1-1>을 기준으로 한다.

표 7.1-1 터널 맨암거용 배수재 품질기준

터널공사

구분	시험항목	단위	시험방법	품질 기준	비고
부직포	재질		KS K 0210	P.P P.E.T 30% 이상	-제조사별 -제품규격별
	내후도	%	KS K 0706 (250hr 노출)	기존인장강도의 90% 이상	공사감독 요구시
	형성		-	부 직 포	-제조사별 -제품규격별
	단위면적당 질량	g/m ²	KS F 2123	200 이상	
	두께	mm	-	1.0 이상	
	인장강도 (그래브)	N	KS K 0520	500 이상	
	인장신도 (그래브)	%	KS K 0520	50 이상	
	봉합강도	N	KS K 0530	500 이상	
	투수계수	cm/s	KS K ISO 11058	$\alpha \times (10^{-2} \sim 10^{-4})$ 단, $\alpha : 1 \sim 9.9$	

② 배수관

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

나. 배수재를 통해 집수된 지하수를 배수하는 측방향의 배수관은 지름 100mm 이상의 유공관을 사용해야 하며 유입수를 원활하게 배수할 수 있는 구조로 한다.

7.1.3 시공

(1) 시공조건 확인

① 수급인은 배수재 설치부위의 숏크리트면이 본 시방서에 따라 적정하게 시공되었는지 확인해야 한다.

② 실측용출수량 측정

시공 중에 발생하는 실측용출수량은 1일 1회 이상 측정하여 터널 유지보수관리 및 터널설계 시 자료로 활용할 수 있도록 실측용출수량 기록일지를 비치하여 기록 관리해야 하며, 공사완료 후에는 공사 감독자/감리원에게 제출해야 한다.

③ 설계서에서 예상한 용출수량과 터널의 실제 용출수량을 비교하여 계획된 배수시설이 적정한지 확인해야 한다. 만약 터널 내부로의 유입수가 과다할 경우에는 차수그라우팅 등을 실시하여 유입수를 최소화해야 한다.

(2) 시공기준

① 시공 중 배수시설

- 가. 시공 중 터널의 길이방향이나 굴착부근에 지하수가 고이지 않도록 배수시설을 설치해야 한다.
- 나. 측방향 배수구를 이용하여 배수를 실시하는 경우에는 지보재 하부지반이 연약화 되지 않도록 조치해야 한다.
- 다. 터널을 하향경사로 굴진하는 경우에는 지하수가 신속히 배출될 수 있도록 펌프 등을 설치하고 비상시에 대비한 예비펌프 및 예비전력설비를 확보해 두어야 한다.

② 영구 배수시설

- 가. 배수시설은 터널의 내구연한 동안 유지관리가 편리하도록 시공해야 한다.
- 나. 배수관은 시공이음부 시공 시 모르타르 등 이물질이 들어가 배수의 원활한 흐름을 방해하는 경우가 발생하지 않도록 세심한 시공을 해야 한다.
- 다. 유공관 내부로 토사가 지하수와 함께 들어가지 않도록 유공관 주위에 자갈이나 배수재 등을 설치해야 한다.
- 라. 측방유도배수관은 주배수관으로 연결하고 연결부 시공 시 토사 등이 유입되지 않도록 시공해야 한다.
- 마. 터널에 분기 또는 접속되는 구간이 있을 경우에도 배수시설이 상호 연결되도록 시공해야 하며 연결부위에는 청소구를 설치해야 한다.
- 바. 각종 배수관은 모두 주배수관으로 연결하고 주배수관은 집수정으로 연결시켜 유지관리가 효율적으로 이루어지도록 해야 한다.
- 사. 개착터널의 되메우기는 유공관이 유해한 압력을 받지 않도록 주의하여 시공해야 한다.
- 아. 청소구를 일정한 간격으로 설치하여 배수관의 유지관리가 용이하도록 해야 하며, 부득이한 경우에는 배수관의 유지관리가 가능한 범위 내에서 설치간격을 조절할 수 있다.

(3) 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 27 50 05 배수 및 방수 (3.3)을 따른다.

7.2 터널방수

7.2.1 일반사항

(1) 적용범위

이 절은 배수형 방수형식 굴착터널 및 개착터널의 방수재료 선정, 관리 및 시공에 관하여 적용한다.

(2) 참조규격

- KS F 2426 주입 모르타르의 압축 강도 시험 방법
- KS F 2432 주입 모르타르의 컨시스턴시 시험 방법
- KS T 1093 포장용 폴리에틸렌 필름
- KS F 4004 콘크리트 벽돌
- KS F 4911 합성고분자계 방수시트
- KS F 4917 개량아스팔트 방수시트
- KS M 3034 전도성 플라스틱의 저항율 측정방법

터널공사

KS M 3734 접착제의 인장전단접착강도 시험방법

KS L 5201 포틀랜드시멘트

(3) 제출물

다음 사항은 KCS 47 10 05 노반공사 일반사항 (2.)의 해당요건에 따라 작성하여 공사 감독자 /감리원에게 제출해야 한다.

- ① 작업절차서
- ② 검사 및 시험계획서
- ③ 시공계획서
- ④ 자재공급원 승인요청서

방수재료에 대한 자재공급원 승인요청을 해야 한다.

7.2.2 재료

(1) 배수재

터널 배수용 부직포에 대한 품질기준은 <표 7.2-1>를 참조한다.

표 7.2-1 터널 배수용 부직포에 대한 품질기준

시험항목	단위	품질기준	시험방법	비고
재질		PET 또는 PP(PP의 경우 PE 혼용 가능)1) 소재의 단일겹 부직포	KS K 0210	
두께	mm	3.0 이상	KS K 0506	
단위면적당 질량	g/m ²	400 이상	KS K ISO 9864	
인장강도	N	1,120 이상	KS K 0743	
신장률	%	50 이상	KS K 0743	
투수계수	cm/sec	2.6×10^{-1} 이상	KS K ISO 11058	
가수분해 저항성2)	%	인장강도 보유율 50% 이상 ※ 시험조건 : 80℃ 물, 28일	KS K 0926 KS K 0936	
산화 저항성13)	%	인장강도 보유율 50% 이상 ※ 시험조건 : 80℃ 28일 수중 보관 후, 100℃ 오븐, 56일	ISO 13438 ISO DIS 134385)	
산화 저항성24)	%	인장강도 보유율 75% 이상 ※ 시험조건 : 110℃ 오븐, 28일	KS K ISO 13438:2007	
액체 저항성	%	인장강도 보유율 80% 이상 ※ 시험조건 : 포화수산화칼슘 및 0.025M 황산, 60℃, 144시간	KS K ISO TR 12960	

- 1) PET(폴리에스터)는 PP(폴리프로필렌) 또는 PE(폴리에틸렌)를 혼용할 수 없으며, PP는 PE를 혼용할 수 있다. 재생원료는 사용하지 않는 것을 원칙으로 한다.
- 2) 가수분해 저항성 시험은 PET 소재에 한하여 실시한다.
- 3) 산화 저항성 시험은 PP (또는 PE 혼용 PP) 소재에 한하여 실시하며, ‘산화저항성1’ 항목의 조건으로 시행하는 것을 원칙으로 한다.
- 4) 현장 관리시험시 산화저항성 시험은 ‘산화저항성2’ 항목의 조건으로 시행할 수 있다.
- 5) ISO DIS 13438은 개정중인 드래프트 버전이며, 2017년에 ISO 13438에 반영될 예정이다.
- * PP(또는 PE 혼용 PP) 적용시 주의사항
열융착 시공이 필요한 경우, PET에 비해 융점이 낮으므로 접합온도가 과도하게 높아지지 않도록 주의하여야 한다.
(융점 : PET 250℃ 이상, PP 130 ~ 170℃, PE 105 ~ 115℃)
- * 부직포는 유지재료의 특성상 내광성이 취약할 수 있으므로 보관 과정에서 태양광을 받지 않도록 조치하여야 한다.
- * 현장 관리시험 빈도는 터널 연장 500m마다 1회 실시한다.

(2) 방수막

- ① 방수막은 상호 접착이 좋은 재질이어야 하며 한국산업규격(KS)을 만족하는 제품을 사용해야 한다.
 - ② 방수막은 내구성, 인성 및 유연성이 기준을 만족하고 콘크리트라이닝 시공에 의해 파손되지 않는 재질로 한다.
 - ③ 합성고분자계 방수막은 KS F 4911 또는 동등 이상의 제품으로 한다.
- 가. 재질 : 에틸렌아세트산 비닐 수지계 등
- 나. 두께 : 2.0mm 이상을 원칙으로 하되 동등 이상 재질인 경우 두께를 조절하여 사용할 수 있다.

터널공사

다. 인장강도 : 16MPa 이상

라. 신장율 : 600% 이상

마. 산, 알칼리에 대한 저항성 및 팽창에 대한 내구성이 양호해야 한다.

④ 개량아스팔트 방수막은 KS F 4917 또는 동등 이상의 제품으로 한다.

가. 불투수성 또는 난투수성으로 지하 구조물 방수 목적에 적합한 재질로 최소두께는 2.5mm 이상, 폭은 900mm 이상, 1롤은 10m 이상으로 한다.

나. 방수막의 접합은 막용접기를 사용하여 가열용접 또는 기타 자체 방법 등으로 접합이 가능한 재질로 한다.

다. 방수재의 부착은 접착제를 사용하거나 별도로 부착하여도 무방하나, 접착에 필요한 부자재는 반드시 포함되어야 한다.

라. 방수재는 수명이 영구적이며 내구성, 내노화성, 내약품성, 내진동, 내충격성이 강해야 한다.

⑤ 벤토나이트 계열의 재료

가. 벤토나이트 막은 물과 반응할 때 고팽창 성능을 나타내는 천연산 벤토나이트 고밀도 막을 압축하여 만든 이중 방수막 구조로 되며, 최소두께는 4.5mm 이상, 폭은 900mm 이상, 1롤의 길이는 7.3m 이상, 벤토나이트 함유량은 4.7kg/m² 이상으로 한다.

나. 벤토나이트 패널은 미생물로 분해 가능한 크라프트 골판지 사이에 천연광물인 벤토나이트를 가득 채운 패널로 한다.

(3) 란텔

① 란텔은 배수재 및 방수막을 지지할 수 있는 구조로 한다.

② 방수막 시공을 위한 란텔 가열 시 배수재 기능에 유해한 손상을 주지 않고 방수막에 유해한 영향을 주지 않아야 한다.

(4) 개착터널 방수보호재

① 개착터널 방수보호재는 폴리에틸렌계(격자형 또는 패널)에 배수재를 합성한 것이나, 한국 산업규격(KS)을 만족하는 제품을 사용해야 하며, 알칼리에 강한 재질로 한다.

② 시멘트 풀 등은 알칼리에 강한 재질로 한다.

③ 방수막 부위에 부착 후 KS M 3034, KS M 3734 및 Q마크에 따른 시험을 하여 기준치 이상이 되어야 하고, 이때 방수막에도 손상이 없는 재질로 한다.

④ 접착은 접착제 또는 기타 자체 방법으로 막과 접착될 수 있게 해야 한다.

⑤ 방수막과 화학작용을 일으켜서는 안 된다.

⑥ 폐수, 오수 및 지중화학 성분에 대한 내구성이 커야 한다.

(5) 보호벽돌 및 모르타르

① 개착터널의 방수막 보호를 위한 보호벽돌은 KS F 4004의 C종 벽돌 2급 또는 동등 이상의 제품으로 한다.

② 보호 모르타르용 시멘트는 KS L 5201의 1종 보통포틀랜드시멘트 또는 동등 이상의 제품으로 한다.

(6) 자재품질관리

① 부자재(벤토나이트 계열)

- 가. 벤토나이트 실런트는 천연 소디움 벤토나이트와 고무를 합성한 것으로 경질 그리스와 같은 점도를 유지시킬 수 있는 것으로 한다.
- 나. 벤토나이트 알갱이는 방수재에 사용된 고성능 소디움 벤토나이트 알갱이와 동일한 재질로 한다.
- 다. 벤토나이트 막 방수재를 고정시키기 위한 못은 길이가 30mm 이상이며 와셔의 지름은 최소 23mm 이상이 되어야 한다.
- 라. 마감 및 연결 테이프는 폴리비닐계 재료의 테이프로 최소폭이 45mm 이상이며 상온에서 접착성이 양호해야 한다.

② 보호벽돌 및 모르타르

- 가. 모래는 흙 등의 이물질이 없어야 한다.
- 나. 보호 모르타르의 배합은 모르타르 1m³당 시멘트 510kg, 모래 1.1m³의 비율로 한다.
- 다. 혼화재료를 사용하는 경우의 혼합량 및 혼합방법은 제조업자의 사용설명서에 의거하고 현장여건에 따라 공사 감독자/감리원의 승인을 받아 사용한다.
- 라. 모르타르는 혼합한 후 1.5시간 이내에 사용한다. 단, 주위의 기온이 4℃ 이하일 때는 30분 이내에 사용한다.
- 마. 보호 모르타르의 강도는 18MPa, 슬럼프는 120mm를 기준으로 한다.

③ 터널 방수재료에 대한 품질관리 내용은 <표 7.2-2>를 참조한다.

표 7.2-2 터널 방수재료에 대한 품질관리 내용

종별	시험종목	시험방법	시험빈도	비고
합성 고분자계 방수막	KS F 4911에 규정된 시험종목	KS F 4911	-재료원 마다 -공사 감독자/감리원 요구 시	
개량 아스팔트 방수막	KS F 4917에 규정된 시험종목	KS F 4917		
벤토 나이트 계열	KS F 4911에 규정된 시험종목	KS F 4911		
방수 보호재	신도	KS M 3034	-공사 감독자/감리원 요구 시	
	인장강도	KS M 3734		
모르타르	유 동 성	KS F 2432		
	압축강도	KS F 2426		

7.2.3 시공

터널공사

(1) 시공조건 확인

- ① 수급인은 굴착터널에서 방수작업을 시작하기 전에 숏크리트의 마무리면 정리와 록볼트 두부의 요철 정리, 경사갱 및 연직갱의 접속부와 내공단면 변화개소의 처리 등이 요구된 조건으로 마무리 되었는지 확인해야 한다.
- ② 수급인은 발생용출수의 처리상태, 집수 및 배수계획을 확인해야 한다.
- ③ 콘크리트라이닝의 기초가 되는 터널하부와 우각부에 쌓인 슬러지는 철저히 제거되었는지 확인해야 한다.

(2) 작업준비

- ① 개착터널에서 모서리, 귀둥이 등은 시멘트 모르타르로 모나지 않게 마무리 되도록 한다.
- ② 방수작업 시 종업원의 안전을 위하여 안전교육 및 안전장비 등을 사전에 준비해야 한다.

(3) 굴착터널 방수작업

① 배수재 설치

- 가. 배수재는 란텔, 못 및 와셔를 사용하여 콘크리트 및 숏크리트 표면에 고착시킨다. 단 배수재와 방수막이 일체형으로 되어 있는 경우에는 배수재에 연결된 중심 배수재를 못 및 와셔를 사용하여 고착시킨다.
- 나. 용출수가 많은 구간은 유도배수 처리와 함께 2겹의 배수재를 설치하거나 공사 감독자/감리원과 협의 후 통수단면을 확보할 수 있는 다른 방법을 검토해야 한다.

② 방수막 설치

- 가. 배수재에 기부착된 란텔을 가열시켜 접착시킨다. 이때 배수재에 많은 열이 가해져 손상되지 않도록 해야 하며, 방수막은 합성고분자계 방수막을 사용해야 한다. 단, 배수재와 방수막이 일체인 경우에는 제외한다.
- 나. 방수막은 숏크리트면에 밀착시켜 부착해야 하며, 요철을 감안하여 시공해야 한다.
- 다. 방수막은 중앙부에 공기시험용 미접합부를 갖는 2줄 용융접합으로 이음하며 각 용융접합부의 폭은 15mm 이상으로 한다.
- 라. 봉합부의 겹이음 길이는 80mm 이상으로 하며, 부분적인 방수막의 접합은 500mm 이상 중첩시켜야 한다.
- 마. 콘크리트라이닝 신축 및 시공이음부에는 500mm폭의 막보호대를 설치해야 한다.
- 바. 이미 설치된 방수막이 손상되었을 경우에는 손상부위에 새로운 방수막을 덧붙여 용융접합하고 진공시험기로 접합상태를 확인해야 한다.
- 사. 방수막은 여러 장이 겹칠 경우 높이차로 인한 미 접합부 발생 시 누수의 원인이 되므로 3장 이상 겹치지 않도록 해야 하며, 방수막이 3장이 겹치는 경우는 중간 방수막을 가열하여 경사지게 늘여 퍼거나 단부를 30°이하의 예각으로 잘라낸 후 간극이 생기지 않도록 밀착시켜 접합해야 한다. 막과 막의 접착은 자동용접기로 2중 봉합하고 2중 봉합된 부위는 반드시 압축공기 또는 수압에 의한 봉합시험을 해야 하며 공사 감독자/감리원의 검사를 득해야 한다.

(4) 개착터널 방수작업

① 개량아스팔트 방수막

- 가. 시공면 바닥의 이물질(모래, 자갈)은 깨끗이 청소하고 바닥면의 요철이나 용출수부위에는 방수 모르타르로 바닥면을 정리해야 한다.
- 나. 방수작업면의 폼타이 구멍이나 철선 등은 사전에 완전히 제거하고, 방수보호 모르타르로 면정리를 한 후 접착제(프라이머)를 도포해야 한다.
- 다. 바닥면에 수분이 남지 않도록 완전히 건조시킨 후 프라이머를 도포하며 도포량은 0.4 l/m^2 을 기준으로 하여 전체적으로 균일하게 도포하여 건조시킨다.
- 라. 프라이머 도포 후 비를 맞힌다든가 장기간 방치 후 막을 붙일 경우는 잘 건조시킨 후 다시 도포해야 한다.
- 마. 프라이머 도포 후 13시간 내에 용제의 가스가 휘발되고 손가락으로 눌러 보아서 손가락에 묻어나지 않는 상태로부터 약 2시간 이내 방수막을 부착한다.
- 바. 방수막은 100mm 폭으로 겹쳐져 시공하고 겹친 면은 토치램프, 프로판버너 등을 사용하여 용융 가열하여 확실하게 부착시켜야 한다.
- 사. 막이음 상태와 접착상태는 공사 감독자/감리원이 확인한 후 후속공정을 진행해야 한다.
- 아. 방수 보호벽과 바닥의 선단부는 모르타르로 반경 50~60mm의 라운드를 만들고, 200mm 정도의 보강막을 잘라 붙인 다음, 그 위에 방수막을 전면 시공해야 한다.
- 자. 방수보호벽 선단 모서리는 라운드로 정리하여 막의 찢어짐을 최대한 방지하고 막은 보호벽을 감싸서 벽체방수 시 이을 수 있게 300mm 정도 빼놓아야 한다.
- 차. 콘크리트 시공조인트부는 막을 300mm 이상 잘라서 먼저 붙이고, 그 위에 전면 시공해야 한다.
- 카. 막을 붙이는 작업이 완료되면 막보호를 위하여 즉시 보호 모르타르와 보호벽돌 시공 또는 방수보호재를 설치하여 외부의 충격에도 막이 손상되지 않도록 해야 한다.
- 타. 벽체시공 시 슬래브에 100mm 정도의 막을 빼놓아 슬래브 막과 연결되게 해야 한다.
- 파. 상부슬래브는 바닥슬래브와 같은 방법으로 시공하고 방수보호재 또는 보호 모르타르를 타설하고 완전히 양생된 후 되메우기를 시행해야 한다.

② 합성고분자계 방수막은 굴착터널의 방수작업과 동일한 기준으로 시행한다.

③ 벤토나이트 계열 시공

- 가. 패널은 내한, 내열성이 우수하고 내후성, 내화성 및 내구성이 뛰어나야 하며, $-40 \sim +100^\circ\text{C}$ 의 온도 범위에서는 온도의 변화에 따른 재질의 변화가 전혀 일어나지 않아야 한다.
- 나. 바닥 슬래브 시공
 - (가) 바닥에서 습기가 침투하는 것을 방지하기 위해 두께 0.04mm 정도의 PE필름을 깔이 약 100mm 정도 겹치도록 바닥에 깐다.
 - (나) 패널의 가장자리가 서로 100mm 정도 겹치도록 패널을 설치한다.
 - (다) 콘크리트 타설 중 패널이 이탈하지 않도록 패널이 겹치는 부분에는 450mm 이하의 간격으로 못을 박아 고정시켜야 한다.

- (라) 철근 배근 중이나 콘크리트 타설 중에 패널이 손상되지 않도록 패널시공 완료 후에 보호 모르타르를 타설하는 등 패널을 보호할 수 있도록 조치해야 한다.

다. 슬래브 관통하는 파이프 부위 시공

- (가) 슬래브 관통부위의 모양에 맞게 패널을 절단하여 시공하고, 패널을 절단할 경우 절단부위를 통하여 벤토나이트 분말이 새지 않도록 젖은 물걸레를 사용하여 절단 부위를 적신다.
- (나) 슬래브 관통물과 패널 절단 부위의 틈새는 지수공이나 줄눈 밀봉공을 사용하여 시공한다. 줄눈 밀봉재 사용 시 기둥이나 슬래브 주위를 돌아가며 두께 약 40~50mm 가량 발라주고 콘크리트가 묻히는 슬래브 상부 주위를 감싸주어 이중 차단에 의해 틈새부분 방수를 완전하게 처리한다.

라. 타 방수재와의 접합시공

- (가) 방수의 끝부분을 줄눈밀봉재(또는 벤토실)로 마감 처리하여 약 200mm 정도 덧대어 시공한다.
- (나) 벽체 하단부 연결시공 시 이음부위를 볼클레이 패널로 맞대어 시공하며 이음부위의 보강을 위하여 하이드로바 튜브로 보강하고 모르타르로 삼각형 모양으로 마감 처리한다.

④ 방수보호재

- 가. 방수보호재 시공은 방수막과 방수보호재 접착면의 크기에 비례해서 접착강도가 증가되므로 평활한 방수보호재 시공을 위하여 간극이 없도록 균일하게 밀착시키는 것이 중요하다.

- (가) 막표면과 방수보호재 간에 균일한 부착을 위하여 막표면의 흙, 먼지, 습윤 등을 제거한 후 작업한다.
- (나) 방수보호재의 균일한 부착을 위하여 작업은 하단에서 상단방향으로 한다.

나. 방수보호재의 접착

(가) 접착

- ㉠ 5mm 이하의 틈새로 접착시킨다.
- ㉡ 방수보호재간의 틈새는 천테이프로 붙이고 마감 처리한다.
- ㉢ 하단에서 상단으로 방수보호재 접착은 100mm 이상 중첩시켜 작업한다.
- ㉣ 측벽과 상부 접선부위는 방수보호재 시공 후 방수보호재를 500mm 넓히고 보강 시공한다.
- ㉤ 시공 후 방수보호재 접선부분이 들뜨는 경우에는 프라이머나 강력접착제로 보완 시공 후 방수보호재간 연결부위에 천테이프로 마감처리 후 압착로울러로 눌러준다.

(나) 방수보호재의 표면완성

- ㉦ 방수보호재의 접착부분으로부터 5mm 정도 프라이머나 강력접착제를 보완 시공해야 하며 방수층의 모서리, 귀퉁이, 배수구 둘레, 파이프 둘레 등 취약부분과 막과 보호재의 접합부분도 봉합하여 처리한다.

- ㉞ 방수보호재의 표면완성 작업이 끝난 후, 공사 감독자/감리원의 확인을 받고 후속공정 작업을 한다.
- ㉟ 방수보호재 시공이 끝난 후 공사 감독자/감리원의 승인을 득한 후 되메우기 작업을 해야 하며, 되메우기 시 방수재나 방수보호재가 손상되지 않도록 유의한다.
- ㊱ 측벽은 자갈이나 큰 토석이 없는 양질의 토사 또는 모래로 1.5~2m 단위로 되메우기 한 후 물다짐 혹은 개착터널 되메우기 기준에 따라 다짐을 한다.
- ㊲ 되메우기 시 한꺼번에 너무 많은 양의 흙이나 모래를 메우지 말아야 한다.
- ⑤ 개착터널 방수층보호재의 시공
 - 가. 방수층 및 방수층보호재는 되메우기 시 자갈이나 장비에 의해 손상될 우려가 있으므로 양질의 토사 되메움으로 보호층을 형성한 후 되메우기를 시행하여 방수층이 손상되지 않도록 시공해야 한다.
 - 나. 방수층 보호재는 방수층을 시공한 후 그 표면을 청소하고 즉시 시공해야 한다.
- ⑥ 벽돌쌓기
 - 가. 벽돌쌓기는 0.5B 쌓기를 표준으로 한다.
 - 나. 콘크리트 벽돌은 쌓기 전에 물 축이기를 하지 않는다.
 - 다. 가로, 세로줄눈의 너비는 설계도면에 명시되어 있지 않을 때에는 10mm를 표준으로 한다. 세로줄눈은 통줄눈이 되지 않도록 하고, 수직 일직선상에 오게 벽돌 나누기를 한다.
 - 라. 가로줄눈의 바닥 모르타르는 일정한 두께로 고르게 펴 바르고, 벽돌을 내리 누르는 듯이 하여 기준틀과 벽돌나누기에 따라 정확히 쌓는다.
 - 마. 세로줄눈의 모르타르는 벽돌 마구리면에 발라 쌓도록 한다.
 - 바. 벽돌을 쌓을 때는 국부적으로 높거나 낮게 쌓아지지 않도록 하여 각부의 높이가 일정하도록 쌓아 나간다.
 - 사. 하루의 쌓기 높이는 1.2m를 표준으로 하고 최대 1.5m 이내로 한다.
 - 아. 연속되는 시공면의 일부를 트이게 하여 나중쌓기로 할 때에는 그 부분을 중단떼어쌓기로 한다.
 - 자. 방수층 보호누름벽돌 쌓기에 있어서는 먼저 시공한 방수층을 손상하지 않도록 주의하여 쌓되 벽돌과 방수층과의 사이에는 모르타르를 빈틈없이 채워 넣는다.
 - 차. 그늘진 곳의 기온이 25℃ 이상이고, 상대습도가 50% 이하일 때는 벽돌쌓기 시다음 사항을 준수해야 한다.
 - (가) 모든 쌓기 재료는 직사광선에 노출되지 않도록 한다.
 - (나) 쌓기용 모르타르는 쌓는 위치에서 1.2m 이상 펼쳐 바르지 않아야 하며, 모르타르는 깬 후 1분 이내에 벽돌을 쌓아야 한다.
 - (다) 쌓은 후에는 48시간 동안 햇빛에 직접 노출되지 않도록 해야 한다.
- ⑦ 벽돌쌓기 시 주위의 기온이 4℃ 이하가 될 때는 한냉기 시공계획에 따라 시공해야 하며, 다음 사항을 준수해야 한다.
 - (가) 주위의 기온이 4℃에서 0℃ 사이일 때

터널공사

모르타르의 온도가 10℃ 이상 되도록 모래나 물을 데운다. 쌓은 후에는 24시간 동안 눈, 비에 맞지 않도록 한다.

(나) 주위의 기온이 0℃에서 영하 4℃일 때

모르타르의 온도가 10℃ 이상 되도록 모래나 물을 데우고, 쌓기 중에 모르타르는 동결온도 이상이 유지되도록 한다. 쌓은 후에는 24시간 동안 보양천으로 감싼다.

(5) 현장품질관리

① 굴착터널 방수

가. 방수막 시공 시 접합 및 이음 불량 또는 손상부위가 발생한 경우에는 방수막 전체를 교체하거나 재시공해야 하며 다만, 손상부위가 경미하거나 방수막 전체를 교체하는 것이 불가능한 경우에는 방수막 조각을 덧댄 후 수동 접합기로 열융착하여 보수하고, 공사 감독자/감리원 입회하에 접합상태를 확인해야 한다.

나. 봉합시험

(가) 압축공기에 의한 시험은 용접부위의 양쪽을 공기가 새어나가지 않도록 차단하고 게이지가 달린 주입기로 공기를 주입하여 압력게이지가 1.5~2.0bar(1bar = 0.102MPa)를 가리킬 때 공기 주입을 중단한다. 주입 차단 후 10분 동안 20% 이상의 압력이 저하되지 않아야 하며, 이상이 있을 때에는 재시공해야 한다.

(나) 진공검사는 시험하고자 하는 부위에 검사액을 뿌리고 용접상태가 불량한 부위에서는 거품이 발생하게 되는데, 0.02N/mm²의 진공압력에서도 거품이 발생되어서는 안 된다.

다. 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 27 50 05 배수 및 방수 (3.6)을 따른다.

8. 보조공법

8.1 일반사항

8.1.1 보조공법의 적용조건

- (1) 설계에 반영된 보조공법이 적합하지 않은 것으로 판명된 경우에는 효과, 경제성 및 시공법 등을 검토하여 적합한 공법으로 변경해야 한다.
- (2) 휘폴링은 터널천장부 지반의 자립이 어려운 경우 주지보재 설치 시까지의 진행성 지반변형을 억제하기 위해 굴착 전에 설치하며, 설치길이는 1회 굴진장의 2.5배 이상으로 하고, 중방향으로 매 굴진면에 설치하여 굴진방향으로 휘폴링이 상호 중첩되도록 해야 한다.
- (3) 굴진면 슛크리트를 타설하는 경우는 다음과 같다.
 - ① ① 굴진면 지반의 자립이 어려운 경우
 - ② ② 굴진면 지반이 터널 내로 밀려들어 오는 경우
 - ③ ③ 장기간 굴착을 중지해야 할 경우

- (4) 굴진면의 안정 효과 증진을 목적으로 굴진면 록볼트 및 지지코어 등과 병행하여 시공할 수 있다.
- (5) 굴진면 록볼트를 시공하는 경우는 다음과 같다.
 - ① 굴진면의 안정을 저해하는 불연속면이 출현한 경우
 - ② 굴진면 지반이 터널 내로 밀려들어 오는 경우
- (6) 굴진면 록볼트의 지름과 길이는 굴진면의 크기에 따라 결정하고 굴진면의 국부적인 파괴를 억제할 수 있는 간격 이내로 설치해야 한다.
- (7) 굴착부의 안정 효과 증진을 목적으로 굴진면 슛크리트 및 지지코어와 병행하여 시공할 수 있다.
- (8) 가인버트를 시공하는 경우는 다음과 같다.
 - ① 굴착부의 안정을 저해하는 과대한 변위가 예상되거나 발생하는 경우
 - ② 터널 바닥부의 지반이 연약하여 슛크리트라이닝이 침하하는 경우
 - ③ 터널 측벽하단의 슛크리트가 터널 내측으로 과다하게 밀려들어 오는 경우
 - ④ 터널 바닥부 지반이 융기되는 경우
- (9) 지하수위 저하공법을 적용하는 경우는 다음과 같다.
 - ① 굴착면 인근 침투수력을 감소시켜 굴진면의 안정성 증진을 도모하는 경우
 - ② 터널 내 유입 지하수량을 감소시켜 작업여건을 개선하는 경우
- (10) 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 27 50 15 보조공법 (1.1)을 따른다.

8.2 재료

8.2.1 휘폴링의 재질

KCS 27 50 15 보조공법 (2.1.1)을 따른다.

8.2.2 굴진면 슛크리트의 재료

- (1) 굴진면 슛크리트의 재료는 KCS 27 30 00 터널지보재의 슛크리트 재료를 따른다.

8.2.3 굴진면 록볼트의 재질

- (1) 굴진면 록볼트는 굴착 시 용이하게 제거될 수 있는 재질을 사용해야 하며 상세한 록볼트의 재질은 본 시방서 (5.4.2)를 따른다.

8.2.4 가인버트용 재료

- (1) 가인버트의 슛크리트 재료는 KCS 27 30 00 터널지보재의 슛크리트 재료를 따른다.
- (2) 가인버트용 강지보재의 재료는 KCS 27 30 00 터널지보재의 강지보 재료를 따른다.

터널공사

8.2.5 주입재

KCS 27 50 15 보조공법 (2.1.3)을 따른다.

8.2.6 강관 및 충전재의 재질

KCS 27 50 15 보조공법 (2.1.5)를 따른다.

8.3 시공

8.3.1 휘폴링의 설치

KCS 27 50 15 보조공법 (3.3.1)을 따른다.

8.3.2 굴진면 슛크리트 시공

KCS 27 30 00 터널지보재 (3.3.2)를 따른다.

8.3.3 굴진면 록볼트의 시공

KCS 27 30 00 터널지보재 (3.3.3)을 따른다.

8.3.4 가인버트

KCS 27 50 15 보조공법 (3.3.2)를 따른다.

8.3.5 주입

KCS 27 50 15 보조공법 (3.3.3)을 따른다.

8.3.6 지하수위 저하공 시공

KCS 27 50 15 보조공법 (3.3.4)를 따른다.

8.3.7 강관보강 공법의 시공

KCS 27 50 15 보조공법 (3.3.6)을 따른다.

9. 터널계측

9.1 일반사항

9.1.1 적용범위

KCS 27 50 10 계측 (1.1)을 따른다.

9.1.2 제출문

다음 사항은 KCS 47 10 05 노반공사 일반사항 (2.)의 해당요건에 따라 작성하여 공사 감독자/감리원에게 제출해야 한다.

(1) 작업절차서

(2) 검사 및 시험계획서

(3) 계측계획서

- ① 사전조사 및 해석결과를 기초로 하여 터널의 용도, 규모, 지반조건, 주변환경, 시공방법, 계측의 목적 등을 고려하여 시공을 적합하도록 체계적인 계측계획을 수립해야 한다.
- ② 터널계측은 일상적인 시공관리를 위한 일상계측과 정밀분석을 위한 정밀계측으로 분류한다.
- ③ 일상계측은 일상적인 시공관리상 반드시 실시해야 할 항목으로서, 갱내 관찰조사, 내공변위 측정, 천단침하 측정, 록볼트 인발시험, 발파진동 측정 등이고, 토피가 얇은 도심지와 터널궤구부 및 지장물이 인접한 구간 등에서의 지표침하 측정을 일상계측에 추가할 수 있다.
- ④ 정밀계측은 지반 및 지형조건 또는 주변여건에 따라 지반 및 구조물의 거동을 보다 상세히 관찰할 목적으로 일상계측에 추가하여 선정하는 항목으로서, 지중변위측정, 록볼트 축력 측정, 콘크리트라이닝 응력 측정, 지표 및 지중침하 측정 등이 이에 포함된다.
- ⑤ 제반 여건상 장기적인 안전관리가 필요하여 계측기기를 설치하는 경우에는, 이에 대한 모든 사항은 준공 시 발주자에게 서면으로 이관하여 시설물 운영시에도 정기적인 계측이 가능하도록 해야 한다.

9.1.3 계측의 항목별 평가사항

(1) 각 항목별로 검토, 평가해야 할 세부사항은 <표 9.1-1>과 같다.

표 9.1-1 터널계측의 항목별 평가사항

계측항목	주요평가사항	계측종별
발파진동측정	○ 발파진동을 측정하여 발파패턴의 적정성 판단	일상
지표침하측정	○ 터널의 굴착에 따른 지표침하량을 측정하여 굴착이 주변구조물에 미치는 영향을 평가	필요시 일상

(2) 계측항목의 선정 시에는 계측의 목적, 터널의 용도, 형태, 지반조건, 지하수 조건, 외부 작용하중과 주변환경 및 여건을 고려하여 선정해야 한다.

9.1.4 계측기기의 선정

- (1) 측정시스템으로는 수동측정, 자기기록계를 이용한 측정, 전기식 원격측정, 전자식 원격측정 등을 고려할 수 있다.
- (2) 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 27 50 10 계측 (1.6.2)를 따른다.

터널공사

9.1.5 계측기기의 설치

- (1) 기기설치는 주로 공사진행중에 이루어지므로 시공에 따른 제반영향을 직접적으로 받게 되며, 때로는 예상치 못한 문제에 접하게 되어 설치 상에 어려움을 받게 되므로 원활한 기기설치를 위해서는 계측수행팀과 수급인, 공사 감독자/감리원 간의 상호 공조체제가 구성되어야 한다.
- (2) 계측기기의 설치의 지침서에 따라 수행하는 것이 원칙이나 현장여건의 특수성을 감안하여 설치절차 및 방법의 부분적인 수정이 이루어질 수도 있다.
- (3) 계측기기의 성능보존 및 계측결과의 신뢰성 확보를 위하여 적절한 방법과 절차에 따라 유지 관리해야 한다.
- (4) 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 27 50 10 계측 (1.6.4)를 따른다.

9.1.6 계측위치 및 배치간격

- (1) 계측위치 및 배치간격은 터널의 규모, 지반조건, 시공방법 등을 고려하여 계측목적에 부합되도록 선정해야 한다. 특히 계측위치는 각 계측항목사이의 상호관련성을 파악할 수 있도록 선정해야 한다.
- (2) 계측측선 간격은 계측분류에 따라 다음과 같다.
 - ① 정밀계측 측선의 간격은 500m 간격으로 배치하는 것을 표준으로 하지만 터널의 규모나 지반조건 등 각종의 터널상황에 따라 조절할 수 있다.
- (3) 계측항목별 분류에 따른 계기배치는 다음과 같다.
 - ① 내공변위의 측선수는 <표 9.1-2>를 기준하여 배치한다.

표 9.1-2 터널계측항목별 내공변위 측선의 수

구간 굴착공법	일반구간	특수구간			
		터널입구 부근	토피가 터널 굴착 폭의 2배 이하	팽창이나 편압이 예상되는 구간	정밀계측을 실시하는 위치
전단면굴착	수평1측선	-	3측선 또는 6측선	-	3측선 또는 6측선
반단면굴착	수평2측선	4측선 또는 6측선	4측선 또는 6측선	4측선 또는 6측선	4측선 또는 6측선
분할굴착	각 벤치마다 수평 1측선	각 벤치마다 3측선	각 벤치마다 3측선	각 벤치마다 3측선	각 벤치마다 3측선

- ② 천단침하는 내공변위와 동일단면에서 측정하고 그 측점은 터널의 천단부 중심점에 설치하

는 것을 원칙으로 한다. 터널이 전체적으로 침하하는지를 알아보기 위해서는 천단침하와 더불어 터널의 하단부 침하량을 측정하는 것이 바람직하다.

- ③ 지표침하 측정위치는 터널중심선상의 지표면에 설치를 원칙으로 하며 터널축에 직각방향으로 여러 개의 계기를 거리별로 설치한다. 이때 가장 바깥쪽에는 부동점이 되도록 설치한다. 지중침하의 경우에는 터널중심선상의 지표면 또는 측정이 요구되는 지점에서 깊이별로 여러 개의 계기를 설치한다.

- ④ 정밀계측의 여러 항목 중, 계기를 터널 내에 설치할 필요가 있는 항목(지중변위측정, 록볼트축력 측정, 슛크리트응력 측정)에 대해서는 1단면마다 3~5점을 표준으로 하지만, 그 배치는 여러 가지 터널의 설계패턴에 의해 적정한 위치를 고려해야 한다.

- (4) 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 27 50 10 계측 (1.15.3)을 따른다.

9.1.7 계측측정 빈도

- (1) 측정빈도는 굴진속도와 지반 및 지보재의 거동상태를 고려하여 결정하되 계측결과에 따라 적절히 조절해야 한다.
- (2) 지중변위, 록볼트 축력, 콘크리트라이닝 응력의 측정빈도는 동일단면에서 측정되는 내공변위, 천단침하의 측정빈도와 동일하게 하도록 하는 것을 원칙으로 하며, 변위나 응력변화의 상황에 따라 측정빈도를 증감할 수 있다.
- (3) 지표 및 지중침하계의 측정빈도는 이격거리, 굴진속도, 지반 및 지보재의 거동 상태를 고려하여 결정하되 계측결과에 따라 <표 9.1-3> 등을 참고로 하여 적절히 조절한다.

표 9.1-3 지표 및 지중침하 측정빈도

굴착부로부터의 거리	측정빈도	담당
굴착부 전방 3D ~ 굴착부 전방 2D 구간	1회/2일	D : 터널의 굴착폭
굴착부 전방 2D ~ 굴착부 후방 1D 구간	1회/1일	
굴착부 후방 1D ~ 굴착부 후방 3D 구간	1회/2일	
굴착부 후방 3D ~ 변위 수렴시 까지	1회/3일	

- (4) 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 27 50 10 계측 (1.14.2)를 따른다.

9.1.8 계측방법

- (1) 갱내관찰조사는 굴착을 진행하는 동안 굴착부의 지반상태와 기 시공구간에 대한 1차 지보재 상태를 조사, 기록하고 필요에 따라 적절한 조치를 강구해야 한다.
- (2) 굴착부 관찰
- ① 수급인은 공사 시에 노출되는 굴착부, 측벽 및 천장부의 지반 상태를 관찰하고 조사하여 설계 시에 적용한 지반조건과의 적합성을 확인해야 한다.
 - ② 굴착부 관찰 시에는 다음 사항을 조사하고 암반 분류를 실시하여 지보패턴을 조절할 수 있

터널공사

도록 하며, 터널지질도를 작성하여 운영시의 기본자료로 활용토록 해야 한다.

가. 굴착부의 붕괴 여부, 위치, 형태 및 규모

나. 암종, 풍화정도, 고결정도, 강도, 암반등급 및 지층분포

다. 절리, 단층 등 불연속면의 주향과 경사 및 터널 방향과의 관계

라. 층리, 절리, 단층 등의 간격, 틈새, 충전물 유무와 성상

마. 용출수의 위치, 토립자 유실 여부 및 유출 정도

바. 기타 필요한 사항

- ③ 굴착부관찰자는 지질공학을 전공한 자 또는 동등 이상의 자격이나 경험을 가진 자로서 굴착부관찰결과를 바탕으로 터널지질도를 작성할 수 있는 자로 한다.
- ④ 실제 지반상태가 설계시의 적용 조건과 상이하여 설계보완이 필요한 경우에는 상세 지반조사를 실시해야 한다.
- ⑤ 굴착부관찰은 매 굴진장마다 실시해야 한다. 단, 지반조건에 따라 관찰빈도를 조절할 수 있다.

(3) 내공변위 측정 및 천단침하 측정은 다음 사항을 고려해야 한다.

- ① 내공변위량이 과다할 것으로 예상되는 경우나 파쇄대, 습곡, 단층, 탄층 등 편압 현상의 우려가 있는 경우 또는 확폭부나 접속부 등의 단면 변화구간에는 필요에 따라 3차원계측을 적용할 수 있다.
- ② 가능한 절대좌표를 사용하도록 하나 장대터널이나 곡선터널에서는 거동이 수렴된 구간에 기준점을 설치할 수 있다.
- ③ 3차원계측에는 자동광파기, 3D 디지털카메라, 레이저스캐닝 등의 최신기법을 사용할 수 있다.
- ④ 필요시 자동화계측을 적용하여 계측의 신뢰도를 높인다.
- ⑤ 내공변위 측정은 1mm이내의 정밀측량이 가능한 레이저빔을 이용하여 측정하거나 이와 동등이상의 정밀측량이 가능한 측량기를 사용할 수 있다.
- ⑥ 천단침하 측정은 수준측량 등을 통하여 하향방향의 절대침하량을 측정하여야 한다.
- ⑦ 굴착 후 가능한 한 조기에 계측점을 설치하여 초기치를 신속히 측정해야 한다.
- ⑧ 계측점은 발파 또는 장비 등에 의해 손상되지 않도록 견고히 설치하며 필요시 보호 장치를 설치해야 한다.

(4) 천단침하 측정은 수준측량 또는 레이저 빔으로 실시하며 터널 내부는 터널외부에 설치한 수준점을 기준으로 절대높이를 구한다. 수준점은 지표침하 측정과 동일한 수준점을 사용하여 결과의 상호비교가 가능하도록 해야 한다.

(5) 지중변위 측정은 터널벽면에 직각으로 지중변위계를 매설하여 터널주변의 지반거동 상태를 측정하며, 측정점이 되는 앵커는 지반에 확실하게 고정될 수 있는 구조로 해야 한다.

(6) 록볼트축력 측정은 다음 사항을 고려해야 한다.

- ① 록볼트의 축력 측정은 기계식 또는 전기식의 축력 측정용 록볼트를 사용할 수 있으며 실제의 록볼트 설치 위치에 타설하여 록볼트에 발생하는 축력을 측정한다.

- ② 설치개수는 1단면 당 3~5개로 하며, 측정간격은 0.5~1.0mm로 하는 것이 일반적이며 상황에 따라 적절히 조절할 수 있다.

(7) 록볼트 인발시험 방법은 KCS 27 30 00 터널지보재 (3.6.4)를 따른다.

(8) 숏크리트 및 콘크리트라이닝 응력 측정은 다음 사항을 고려해야 한다.

- ① 숏크리트의 응력측정은 숏크리트에 발생하는 응력과 배면압의 크기 및 그 분포상황을 종합적으로 파악할 수 있도록 측정위치를 선정해야 한다.
- ② 콘크리트라이닝 타설 단계 시 터널의 안정성을 확인하고자 하는 경우에는 콘크리트라이닝의 응력을 측정하여 콘크리트라이닝의 안정성 여부를 확인해야 한다.
- ③ 응력을 측정하는 방법으로는 타설 시에 계측기기(응력계, 지반압계, 변형계 등)를 매설하여 측정하는 것을 원칙으로 하되 표면에 측점을 설치하여 변위를 측정하는 방법을 사용할 수도 있다.

(9) 지표 및 지중침하 측정은 다음 사항을 고려해야 한다.

- ① 지표침하의 측정은 수준측량으로 수행하며, 천단침하 측정과 동일한 수준점을 사용하여 결과의 상호비교가 가능하도록 해야 한다.
- ② 지중침하하는 반드시 지표면 침하측정이 함께 시행되어야 하며 지표로부터 심도별 침하 양상을 측정한다. 지중침하계는 전기식 또는 기계식을 사용할 수 있다.

9.1.9 계측수행절차 및 계측기기의 보정

- (1) 계획된 계측의 신속한 측정과 설계 및 시공법의 평가 및 수정을 위해서는 체계적인 계측수행 절차를 수립하여 공사 감독자/감리원과 협의해야 한다.
- (2) 계측기기는 정확한 계측결과의 획득을 위하여 설치 전 및 설치 후에 작동성을 검사하고 필요시 보정해야 한다.

9.1.10 계측기기의 관리

KCS 27 50 10 계측 (1.6.5)를 따른다.

9.1.11 계측결과의 정리

- (1) 갱내관찰조사 결과는 측정공구, 굴착부번호, 일시, 작성자를 기록하고 다음의 사항들을 포함시킨 일정한 자료양식지에 정리해야 한다.
 - ① 지층, 암석분포와 열화상태, 지층의 주향 및 경사
 - ② 암석강도, RQD, 절리간격 및 상태, 지하수 조건
 - ③ 단층의 위치, 주향, 경사, 파쇄상태
 - ④ 터널과 절리구조와의 상관관계
- (2) 기 시공된 구간의 관찰결과는 다음 사항을 포함해야 한다.
 - ① 록볼트 : 타설위치, 방향, 설치상태, 변형

터널공사

- ② 숏크리트 : 두께, 균열, 누수상태
- ③ 강지보재 : 변형, 좌굴, 지반매입 상태
- (3) 지표침하 결과는 공구, 설치번호, 위치, 측정자를 기록하고, 측정일자, 경과일수, 굴착부이격 거리(상반, 하반), 초기치, 금회침하, 누계침하를 일정한 자료양식지에 정리해야 한다. “시간 (경과일수)-계측치”와 “굴착부이격거리-계측치”를 그래프로 표시하여 관리가 되도록 해야 한다.
- (4) 발파진동 측정결과는 일정한 자료양식지로 기록, 매 굴착부당 변화와 지보패턴 변경에 따른 진동변화를 각각 그래프로 작성하여 정리해야 한다.
- (5) 인터넷을 기반(On-Line)으로 예측정보가 가능한 프로그램을 구축하여 감리자(발주자 직접 공사감독자 포함) 및 시공책임자가 실시간으로 확인할 수 있도록 해야 하며, 프로그램 오류 등으로 인한 계측데이터 삭제 등의 사태를 대비하여 계측데이터는 이중으로 복사 관리되어야 한다.

9.1.12 계측결과의 반영

- (1) 시공 중에 실시되는 현장관찰 및 계측결과는 설계와 시공에 반영되어야 한다. 터널을 포함한 주변지반의 허용변위량 등을 고려하여 변형속도, 허용응력 등의 관리기준치를 설정하고 경우에 따라서 단계별로 주의수준, 관리치 및 이에 준하는 운영방법을 설정해야 한다.
- (2) 계측결과의 정확한 평가는 주변 지반정보와 지보재의 역할 등을 고려하여 종합적으로 실시하고 각 계측항목에 대한 일반적인 평가사항은 다음과 같다.
 - ① 굴착부관찰 및 기 시공구간 관찰 : 지반구분 및 암반분류의 재평가, 지반상황과 지반거동의 상관관계, 시공의 적합성 평가, 향후지반의 상태 추정, 안정성 점검
 - ② 내공변위 및 천단침하 평가 : 굴착방법, 시공순서 및 1회 굴착길이, 록볼트 길이 및 간격, 숏크리트 두께 및 종류, 강지보재 형상 및 방법, 콘크리트라이닝 시공 및 변형여유량, 인버트 필요성과 효과
 - ③ 지표침하 및 지중변위 평가 : 토피가 얇은 경우 위험방지, 효과점검, 터널주변지반의 이완 영역 및 지반거동, 록볼트 길이의 타당성, 지중변형 분포
 - ④ 지보재의 평가(록볼트, 숏크리트, 강지보재, 콘크리트라이닝) : 종류와 재료검토, 록볼트의 길이, 위치, 개수, 정착방법의 타당성, 숏크리트의 두께와 시공시기, 단면폐합 효과
 - ⑤ 주변영향 평가 : 지표침하 영향범위, 주변구조물의 각변위 및 안전성 평가, 발파진동 평가, 지하수 변동 및 영향분석
- (3) 관리기준치는 이론해석, 수치해석 및 유사조건하의 시공실적을 참고하여 초기시공실적을 토대로 설정하고 시공 중 수정, 보완하여 사용해야 한다.
- (4) 시공 중 기존설계시의 예측치와 계측결과의 차이가 클 경우, 실제 굴착부의 관찰결과에 대하여 경험적이고 정량적인 평가를 실시한 후 터널의 안정성에 영향이 있다고 판단될 경우에는

이에 대한 신속한 조치를 취하고 시공 전 설계의 입력자료를 수정 보완하여 설계변경을 해야 한다.

- (5) 시공 중 변화된 지반의 강도특성치 등 조건변화를 고려하기 위하여 필요한 별도의 시험을 수행하고 수치해석의 입력자료로 사용해야 한다.
- (6) 터널시공이 인접구조물에 영향을 미칠 가능성이 높은 경우, 특수한 구조의 터널, 산사태나 지반거동의 가능성이 있을 경우, 지하수위와 지질학적인 문제 예상지역에서는 시공 후에도 계측을 시행해야 한다.

9.1.13 계측관리

- (1) 계측결과는 시공관리에 적용할 사항과 장래 터널공사 계획에 참고할 사항으로 구분, 정리하여 기록, 보존해야 한다.
- (2) 계측 및 계측결과의 정리분석, 계측결과의 활용대책 판단은 전문기술이 필요하므로 이 분야의 전문기술진이 참여하여 계측관리에 차질이 없도록 해야 한다.
- (3) 계측보고서는 계측에 관한 자료를 종합 정리하여 보고서를 작성해야 하며 작성 후 공사 감독자/감리원에게 제출해야 한다.
- (4) 초기치가 늦게 측정되는 경우, 굴착에 따른 지반거동에 대한 합리적인 예측이 어려워지므로, 모든 계측에 있어서는 초기치에 대한 정확한 기록 및 검토, 승인의 절차를 거쳐야 한다.

9.2 재료

해당사항 없음

9.3 시공

해당사항 없음

10. 갯구부, 연직갱 및 경사갱

10.1 갯구부

10.1.1 일반사항

- (1) 적용범위
이 절은 터널갱문설치 및 갯구부 공사에 적용한다.
- (2) 제출물
다음 사항은 KCS 47 10 05 노반공사 일반사항 (2.) 공사관리의 해당요건에 따라 작성하여 공사 감독자/감리원에게 제출해야 한다.

터널공사

- ① 작업절차서
- ② 검사 및 시험계획서
- ③ 시공계획서

다음 사항이 추가로 포함되어야 한다.

가. 갱문위치는 설계서에서 계획한 위치에 선정하되 공사시행 중 다음 사항을 고려하여 갱문위치의 적정성을 재검토해야 한다.

(가) 갱문위치는 주거지, 도로, 상·하수도 등 기존시설물에 지장이 없도록 안전한 위치를 정해야 한다.

(나) 갱문은 인접하는 구조물에 대한 영향, 비탈면붕괴 등에 대한 대책을 검토한 후 위치를 결정해야 한다.

(다) 갱구부는 편측 경사, 급경사 및 장대 깎기가 발생하지 않도록 해야 하며, 주위의 자연경관 훼손을 최소화할 수 있도록 해야 한다.

나. 갱구부는 기초지반의 지지력, 되메우기 토사의 다짐정도, 편토압 등의 영향에 따른 구조적 특성을 설계조건과 면밀히 비교, 검토해야 한다.

10.1.2 재료

(1) 갱구부 재료

갱구부 재료는 KCS 47 10 70 터널공사 (12.) <그림 12.3-1 개착터널 되메우기 시공>의 시공 위치에 따라 <표 12.2-1 개착터널 되메우기 재료>와 같은 재료요건을 만족해야 한다.

10.1.3 시공

(1) 시공기준

① 갱구부는 산사태, 비탈면붕괴, 지내력부족 및 슬라이딩 등이 발생하지 않도록 안전한 공법으로 시공해야 한다.

② 시공 중 강우에 의한 우수가 유입하지 않도록 산마루측구, 도수로 등을 설치해야 한다.

③ 되메우기 시공

가. 갱구부 되메우기 시공은 <그림 12.3-1>과 같이 순서대로 시공해야 한다.

나. 굴착 저면폭(B)이 2.0m 이하일 경우 1m 두께로 배수층을 전폭에 설치해야 한다.

다. 터널 내 콘크리트라이닝에 가해지는 수압을 감소시키고 라이닝배면 용출수를 배수하기 위하여 바닥부근에 $\phi 300\text{mm}$ 의 유공관을 매설하고 유공관이 막히지 않도록 시공해야 한다.

라. 유공관 주변 집수용 자갈은 5~63mm 정도의 입도로서 방수재를 파손하지 않는 것으로 하며 경계면에는 부직포를 설치해야 한다.

마. 유공관 주변 집수용 자갈쌓기는 높이 1m 정도 폭 1~2m 정도로 시공해야 한다.

바. 되메우기 재료는 입도분포가 양호한 양질의 토사로 한 층의 높이는 300mm이내가 되도록 하여 적절히 다져야 하며 유해한 간극이 발생하지 않아야 한다.

사. 되메우기 시공 시 좌우 되메우기의 높이를 균형있게 조절하여 갱구부에 편압이 발생되

지 않도록 해야 한다.

- 아. <그림 12.3-1 ②>구간의 되메우기는 터널구조물에 유해한 영향이 없는 다짐장비와 방법을 선택해야 하며, 다짐장비 및 다짐정도는 공사 감독자/감리원의 사전 승인을 득해야 한다.
- 자. 되메우기 최종 마무리면은 주변지형과 조화를 이루며, 비탈면의 장기적 안정성을 확보할 수 있도록 <그림 12.3-1 ③>구간의 되메우기는 다짐장비 및 다짐정도를 결정하고 공사 감독자/감리원의 사전 승인을 득해야 한다.
- 차. 되메우기 시공 시 방수재 및 유공관의 변형 및 파손이 되지 않도록 주의해야 한다.

10.2 연직갱 및 경사갱

10.2.1 일반사항

(1) 적용범위

이 절은 연직이거나 연직에 가까운 터널 및 경사진 터널공사에 적용한다.

(2) 제출물

다음 사항은 KCS 47 10 05 노반공사 일반사항 (2.)의 해당요건에 따라 작성하여 공사 감독자/감리원에게 제출해야 한다.

- ① 작업절차서
- ② 검사 및 시험계획서
- ③ 시공계획서

다음 사항이 추가로 포함되어야 한다.

- 가. 연직갱의 심도, 단면크기, 지반조건, 입지조건, 공사기간, 공사비, 지하수 등을 종합적으로 검토하여 적절한 굴착공법을 선정해야 한다.
- 나. 연직갱 및 경사갱의 시공에서는 작업여건이 특수하므로 안전관리체제를 강화하고 과다 용출수를 대비하는 등 현장여건에 적합하게 시설비의 규모와 배치를 결정하여 안정성, 시공성이 확보되도록 해야 한다.
- 다. 공사완료 후 연직갱 및 경사갱의 활용목적이 변경된 때에는 시설물계획을 재수립하여 공사 감독자/감리원의 승인을 득해야 한다.
- 라. 시공설비는 연직갱의 단면크기, 시공심도, 지반조건, 각 설비간의 균형, 공사기간, 시공성, 경제성 등을 고려하여 형식과 설비용량을 선정해야 한다.
- 마. 권양기 선정 시 시공기계의 중량, 버력 및 콘크리트의 최대적재량 등에 대하여 검토해야 한다.
- 바. 버력처리계획은 지반조건, 단면크기, 심도, 시공법 등을 고려하여 수립하고 적절한 버력처리 장비를 선정하여 시공성과 안전성이 있는 버력처리작업이 이루어지도록 해야 한다.
- 사. 경사갱의 경사가 19% 이상인 경우에는 경사갱 특유의 기계설비가 필요하게 되어 시공성, 작업효율이 저하되므로 수평터널과 비교하여 시공순서, 시공공정, 공사기간 등을

고려하여 시공설비계획을 수립해야 한다.

아. 경사갱 갱구부는 자연환기가 가능한 구조로 해야 하며, 진·출입 목적에 따라 갱구부 크기, 구조, 시건장치형식 등을 결정해야 한다.

자. 경사갱의 선형은 외부의 우수 및 유출수 등이 경사갱내부로 유입되지 않도록 선정해야 한다.

10.2.2 재료

해당사항 없음

10.2.3 시공

(1) 연직갱

① 굴착

가. 굴착에 앞서 연직갱 전장을 시추하여 지반상태를 확인하고 시공 중에도 필요에 따라 추가 선진시추조사를 해야 한다.

나. 연직갱의 시공에 있어서 굴착대상인 지층에 대수층이 있거나 유입수가 많을 경우에는 시공 전 또는 시공 중에 지하수위저하, 지수, 지반강화 등의 보조공법을 적용해야 한다.

다. 연직갱내 발파계획은 지반조건, 지하수위, 굴착단면의 크기, 암질, 굴진장 등을 고려하여 수립하고 연직갱의 특수성을 고려하여 안전에 유의하여 작업해야 한다.

라. 사용되는 화약은 유해가스의 발생이 적거나 내수성이 좋으며 안전성이 높은 것을 사용해야 한다.

마. 발파굴착에 있어서는 굴착저면이 평탄하게 굴착될 수 있도록 천공하고 천공 후에는 구멍이 막히지 않도록 보호하며 지하수위 하부에서 굴착을 수행하는 경우에는 결선부를 철저히 절연해야 한다.

② 연직갱의 지보재

가. 지보재는 지반조건, 지하수 상태, 단면형태, 시공방법, 심도 등을 고려하여 안전하고 능률적인 갱내작업을 할 수 있도록 시공해야 한다.

나. 강지보재의 시공 시에는 지반조건에 적절한 간격유지 및 연결재의 시공을 철저히 해야 한다.

다. 지반분류에서 설정한 지반등급에 따라 지보패턴을 정하고 굴착 중 계측결과에 따라 필요한 경우 지보패턴을 실제지반조건에 적합하게 변경시켜야 한다.

③ 콘크리트라이닝

가. 연직갱에 이용되는 거푸집은 콘크리트의 압력과 근접발파 및 버력적재기에 의한 충격에 견딜 수 있는 견고한 구조로 하며 공사에 투입 전 작동상태, 안전성 등을 확인해야 한다.

나. 콘크리트라이닝 시공 시에는 연직갱의 심도, 단면형태, 지반조건, 지하수, 공정 등을 고려한 최적의 시공법을 택해야 하며 안전하고 능률적인 시공을 해야 한다.

다. 콘크리트라이닝 시공과 굴착을 병행할 경우 근접발파에 따른 콘크리트라이닝의 품질

저하 방지대책을 고려해야 한다.

- 라. 콘크리트 타설시 철저한 집수처리가 되도록 하여 유입수에 의해 콘크리트의 품질이 저하되지 않도록 해야 한다.

④ 배수시설

- 가. 유입수 및 작업용수를 처리하기 위하여 연직갱 바닥에 배수설비를 설치해야 한다.
- 나. 배수설비는 예상용출수량, 과다용출수, 펌프설비의 유지 및 보수, 고장 시 및 정전 시 등을 고려하여 여유를 갖는 배수설비가 되도록 계획해야 한다.
- 다. 배수설비로서는 침전조, 저수조, 배수펌프, 터널 내 배수관, 터널외부의 유량계, 예비발전설비 등이 마련되어야 한다.
- 라. 저수조의 유효용량은 평상시 사용되는 저수량 외에 30분 정도의 유입수를 추가로 저장할 수 있는 크기로 계획하여 정전사태에 대비하도록 해야 한다.
- 마. 배수파이프는 양수량에 따라 지름을 결정하며 보수작업을 고려하여 2열로 해야 한다.
- 바. 굴착중의 용출수는 저면에 저수장을 만들고 수중펌프의 양정에 맞추어 갯벽에 중계펌프소를 설치하고 펌프로 중계하여 갯 밖으로 배수해야 한다.

⑤ 연직갱공사의 안전대책

- 가. 연직갱 작업환경의 특수성을 고려하여 비석방지 등 발파사고를 방지해야 한다.
- 나. 연직갱에서의 발파 시 종업원은 모두 갯 밖으로 대피해야 하며 발파 후 출입 시에는 지보재 표면부를 압축공기나 비로 쓸어내어 낙하물을 제거해야 한다.
- 다. 연직갱에서는 추락, 낙하물에 의한 안전 사고의 위험성이 높으므로 연직갱 입구에 안전울타리, 방호망, 출입문 설치 등 사고방지 대책을 강구해야 한다.
- 라. 연직갱에서 권양장치와 종업원과의 접촉위험이 있을 경우는 해당 위치에 방호칸막이를 설치해야 한다.
- 마. 연직갱통로에는 발판 미끄러짐 방지시설 등을 설치하고, 추락의 위험이 있는 곳에는 중간가로부재가 설치된 튼튼한 손잡이를 설치해야 하며 높이는 0.9m 이상으로 한다. 연직갱내 계단통로의 길이가 15m 이상인 곳은 10m 이내마다 계단참을 설치해야 한다.
- 바. 연직갱내 이동발판과 굴착기계 가대로서 설치되는 받침대 설비는 이동 및 고정이 용이한 것으로 하며 연직갱의 깊이가 20m 이상이 되는 경우에는 종업원의 안전을 위한 승강기 설치를 검토하여 공사 감독자/감리원과 협의해야 한다.
- 사. 연직갱내의 유해가스, 분진 등을 제거하여 안전하고 위생적인 작업환경을 유지해야 한다.
- 아. 인원, 기자재, 버력 등의 반출입에 사용되는 권양기설비, 안전장치, 로프 등은 매일 안전점검을 철저히 하여 사고가 발생하지 않도록 해야 한다.
- 자. 로프의 안전율은 인원운반용의 경우에는 최대정하중에 대하여 10 이상으로 해야 하며 최대 총 하중에 대하여 5 이상으로 해야 한다. 자재운반용 로프의 경우에는 최대정하중에 대하여 6 이상, 최대 총하중에 대하여 3 이상으로 해야 한다.
- 차. 다음과 같은 로프는 사용하여서는 안 된다.
- (가) 한 절의 꼬임 사이에서 전체 소선 중 15% 이상의 소선이 끊어진 것이 나타난 것

- (나) 부식 또는 만곡이 생긴 것
 - (다) 꼬임으로 인해 이상이 생긴 것
 - (라) 각 소선의 지름이 1/3 이상 닳아 없어진 것
- 카. 권양기 운전대에 있어서 곤돌라의 조작 시 운전원의 부주의와 기계고장으로부터 발생하는 사고의 방지를 위하여 권양설비에 필요한 각종 안전장치를 설치해야 하며 권양기 운전 시 신호체계를 정하여 사고를 방지해야 한다.

10.2.4 경사갱

(1) 굴착

- ① 굴착부 전방의 지반조건과 지하수 등을 확인하고, 경사갱 통과지역에 함수대가 있을 때에는 그 특성에 따라 굴진 전에 지수작업 등 지반안정 조치를 실시해야 한다.
- ② 시공 중에도 필요에 따라 추가 선진시추조사를 해야 한다.
- ③ 유효단면, 경사에 적합한 굴착, 보강, 운반, 환기, 배수 방법을 확립하여 신속하고 안전한 시공이 되도록 해야 한다.
- ④ 하향굴착 시 굴착부에 용출수가 고이지 않도록 조치해야 한다. 수중펌프의 설치위치는 굴착의 진행에 따라 이동되므로 필요한 경우에 중간에 집수구를 만들어 중계배수 해야 한다.
- ⑤ 경사갱의 굴착 시 용출수로 인하여 굴착부의 지반이 약화될 가능성이 있는 경우 이에 대한 방지대책을 강구해야 한다.
- ⑥ 경사갱과 접속터널과의 교차 각도는 직각을 표준으로 하되 시공성과 운반기계의 선회반경 등 운행조건을 고려하여 결정할 수 있다.

(2) 경사갱의 지보재

- ① 지보재는 경사갱의 경사를 고려하여 시공해야 한다.
- ② 급경사의 경사갱에 있어서 강지보재는 지반조건에 따른 적절한 간격유지 및 연결재의 시공을 철저히 해야 한다.
- ③ 지보패턴의 선정과 지보시공은 본선티널의 경우에 준하여 시행하되 본선티널의 지보재보다 다소 보수적인 지보가 이루어지도록 해야 한다.
- ④ 경사갱의 지보재는 본선티널과의 교차각도, 지반조건 및 단면크기 등을 고려하여 보강범위를 정하고 응력집중을 고려한 추가적인 보강계획을 수립해야 한다.

(3) 콘크리트라이닝

- ① 경사갱에 이용되는 거푸집은 하부로 낙하되지 않도록 경사갱의 경사에 대하여 확실히 고정될 수 있는 견고한 구조로 한다.
- ② 콘크리트라이닝의 시공은 수평터널에 준하지만 급경사의 경사갱 및 수압관로의 경우는 주변지반조건에 적합한 두께와 구조가 되도록 시공해야 한다.

(4) 배수시설

- ① 배수설비로서는 경사갱바닥의 침전조, 저수조, 배수펌프, 갱내의 배수관, 펌프실의 규모, 갱외의 유량계, 예비발전설비 등이 마련되어야 한다.

- ② 저수조의 유효용량은 정전 시 예비발전으로 대체하기 위한 작업시간을 고려하여 계획은 상시 용출수량에 대해 적어도 30분 이상 저수 가능한 크기가 되어야 한다.
- ③ 경사갱의 시공이 완료된 후에는 용출수의 상태, 용출수개소, 용출수량에 대하여 효율적인 배수계통이 되도록 정비해야 한다.
- ④ 본 터널에서 발생하는 용출수를 경사갱으로 부터 배수하는 경우에는 경사갱의 발생용출수량과 본 터널의 발생용출수량을 동시에 고려하여 배수시설을 설치해야 한다.

(5) 경사갱 공사의 안전대책

- ① 경사갱의 출입을 위해서 안전통로를 설치해야 한다. 갱내의 통로는 최소 0.75m 이상의 폭을 확보하고 경사갱의 경사가 15°이상인 경우에는 발판 미끄러짐 방지시설을 설치하며 경사가 30°이상의 경우에는 계단을 설치해야 한다. 경사갱 연장이 긴 경우에는 종업원 수송설비가 설치되어야 한다.
- ② 경사갱의 시공에 있어서는 상부로부터의 낙하물에 의한 사고위험성 등에 대한 사고방지대책을 강구하고 안전시공에 노력을 해야 한다.
- ③ 경사갱에서 권양장치와 종업원과의 접촉위험이 있을 경우는 해당 위치에 칸막이를 설치해야 하며 추락의 위험이 있는 곳에는 중간가로부터재가 설치된 높이 0.9m 이상의 안전난간을 설치해야 한다.
- ④ 종업원 승강기와 측면벽과 장애물 기타 시설물의 간격은 한쪽을 0.75m 이상, 그 외의 간격은 0.3m 이상으로 하며 승강기와 상부 장애물과의 간격은 0.3m 이상으로 해야 한다.
- ⑤ 권양기와 승강기설비에 있어서는 안전관리를 하고 사고방지에 노력을 기울여야 한다. 특히 종업원 수송설비의 구조, 탈선예방장치의 장착, 와이어로프의 규격 등 충분한 안전대책을 강구해야 한다.
- ⑥ 권양기용 와이어로프는 마찰에 의한 손상과 지하수나 습기로 인한 급격한 부식방지를 위하여 오일을 바르고 항상 점검하여 안전한 상태를 유지하도록 해야 한다.
- ⑦ 로프의 안전율은 인원운반용의 경우에는 최대정하중에 대하여 10 이상으로 해야하며 최대충하중에 대하여 5 이상으로 해야 한다. 자재운반용 로프의 경우에는 최대정하중에 대하여 6 이상, 최대충하중에 대하여 3 이상으로 해야 한다.
- ⑧ 다음과 같은 로프는 사용하여서는 안 된다.
 - 가. 한 절의 꼬임 사이에서 전체소선 중 15% 이상의 소선이 끊어진 것이 나타난 것
 - 나. 부식 또는 만곡이 생긴 것
 - 다. 꼬임으로 인해 이상이 생긴 것
 - 라. 각 소선의 지름이 1/3 이상 닳아 없어진 것
- ⑨ 궤도에는 이탈방지설비를 설치하고 각 설비에는 비상 정지장치를 설치하여 추락, 낙하 등의 사고가 발생하지 않도록 해야 한다.
- ⑩ 굴착부에는 항상 물로 채워진 발파공이 많으므로 발파 시 불발공이 되지 않도록 결선을 철저히 절연 방호해야 한다.
- ⑪ 발파 시 대피에 있어서 경사가 급한 경우에 대피거리를 확보해야 하며 설치된 대피소 또는 대피박스 등을 사용해야 한다.

11. TBM 터널

11.1 시공계획수립

11.1.1 일반사항

(1) 시공계획 시 고려사항

- ① TBM굴착 시에는 현장조건에 적합한 기종을 선정하고 굴착작업계획을 작성하여, 이에 따라 TBM장비를 반입, 착공해야 한다.
- ② TBM굴착계획을 변경하고자 할 경우에는 변경계획서를 작성하여 검토한 후 변경해야 한다.
- ③ 기타 세부적인 일반시공 계획은 KCS 27 10 10 시공계획을 따른다.
- ④ 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 27 25 00 TBM (1.1.1)을 따른다.

(2) 특수한 조건 하의 고려사항

KCS 27 25 00 TBM (1.1.2)를 따른다.

(3) TBM장비의 적합성

KCS 27 25 00 TBM (1.1.6)을 따른다.

(4) 공사구간 분할

KCS 27 25 00 TBM (1.1.4)를 따른다.

(5) 시방서별 시공계획

- ① 시공계획은 장비의 특성을 고려하여 작업장 부지계획, 종업원 훈련 및 시운전, 굴착 및 버력처리, 방수 및 배수, 내부라이닝, 전기설비, 계측, 부대공 등 세부 시방서별로 수립해야 한다.
- ② 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 27 10 10 시공계획 (3.1)을 따른다.

(6) 공정계획

- ① 공정계획은 전체 공정이 원활하게 진행될 수 있도록 해야 하며, 공정이 지체되는 경우에는 원인분석과 함께 공정 만회 대책을 세워야 한다.
- ② 공정관리는 계획과 실적을 지속적으로 분석하여 지체시간을 최소화하도록 관리해야 한다.

(7) 작업장계획

- ① TBM장비를 반입 후, 조립하여 굴진할 때와 완공 후 반출하여 해체하기 위하여 적정한 위치의 작업장을 마련해야 한다.
- ② TBM굴진 시 버력처리와 기자재투입, 기술자가 출입할 수 있는 설비를 갖추어야 한다.
- ③ 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 27 10 10 시공계획 (3.2.1)을 따른다.

(8) 공사용 설비계획

- ① 공사용 설비계획은 TBM 및 버력처리 장비의 종류와 특성을 고려하여 필요한 세부설비들을 종합적으로 검토·수립해야 한다.
- ② 기타 설비계획은 KCS 27 10 10 시공계획을 따른다.

(9) 사토장 계획

KCS 27 10 10 시공계획을 따른다.

11.1.2 재료

해당사항 없음

11.1.3 시공

해당사항 없음

11.2 조사

11.2.1 일반사항

(1) 시공 중의 조사

- ① TBM굴진 중에는 커터헤더의 회전력과 추력의 크기, 편향 정도 등 계기에 나타나는 각종 수치들을 토대로 지반상태의 변화를 분석하고 예측하여 이를 시공에 반영하도록 해야 한다.
- ② 다음과 같은 현장조건에서는 굴착부 전방의 지반조사나 탐사를 실시하여 지반상태를 확인한 후 굴착 및 보강대책을 수립해야 한다.
가. 굴진에 지장을 주는 호박돌층, 단층, 연약대 및 파쇄대층이 출현하는 지역
나. 지하수가 다량으로 유출되는 지역
다. TBM운전실의 각종 계기에 나타나는 수치가 급격한 변동을 일으키는 지역
- ③ 시공 중의 일반조사사항에 대해서는 KCS 27 10 10 시공계획을 따른다.
- ④ 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 27 25 00 TBM (1.9)를 따른다.

11.2.2 재료

해당사항 없음

11.2.3 시공

해당사항 없음

11.3 터널 측량

11.3.1 일반사항

(1) 측량구분

터널공사

- ① 터널측량은 터널외부측량과 터널내부측량으로 구분하여 시행하며, 절차 및 방법 등은 KCS 47 10 20 측량 및 지반조사를 따른다.
- ② 터널내부측량은 측량기준점의 편차여부를 확인하는 점검측량과 추진궤도 확인을 위한 추진관리 측량으로 구분하여 실시해야 하며, 각 측량은 1mm 이하의 오차를 갖는 정확도를 유지해야 한다.

(2) 측량방법

- ① 터널 선형과 내공관리를 위해서는 터널내부에 측량기준점을 설치하고 이를 검측할 수 있는 점검측량을 실시해야 하며 세부사항은 다음과 같다.
 - 가. 기준점은 TBM추력 등의 영향을 받지 않은 곳으로 하여 시공 중 이동하거나 없어지지 않도록 견고하게 설치해야 한다.
 - 나. 작업구의 중심선 및 수준의 기점은 측량의 기본이 되므로 측량정확도가 최대가 되도록 해야 한다.
 - 다. 측점은 터널단면의 크기와 선형 등을 고려하여 간격을 결정하고, TBM의 굴진에 따라 적절한 방법 및 빈도로 측량해야 한다.
- ② TBM추진 시 계획선으로 부터 장비의 이탈여부를 조기에 파악하고 추진궤도의 수정을 위해서 추진관리측량을 수행해야 하며 세부사항은 다음과 같다.
 - 가. 추진관리측량은 적절한 빈도로 수행해야 하며, 장비의 상대위치 측정 또는 피칭(Pitching)과 요잉(Yawing), 롤링(Rolling) 등 장비자체의 위치와 방향을 파악해야 한다.
 - 나. 추진관리측량은 작업의 효율성을 고려하여 규정된 측량방법과 장비를 선정하여 신속하고 정확하며, 효율적인 측량이 되도록 해야 한다.
- ③ 시공 중의 일반측량사항에 대해서는 KCS 47 10 20 측량 및 지반조사에서 정하는 절차 및 규정을 따른다.

11.3.2 2. 재료

해당사항 없음

11.3.3 3. 시공

해당사항 없음

11.4 세그먼트

11.4.1 일반사항

(1) 제작 시 고려사항

- ① 세그먼트 제작 시에는 설계서에서 요구하는 정확도를 유지해야 한다.
- ② 세그먼트에는 제조번호, 제작자명(약호), 각 부분 번호, 제조일 등을 명기해야 하며, 제작규격서에는 검사 및 기호 등을 기재해야 한다.

③ 세그먼트 제작 규격서에 기재해야 할 사항은 다음과 같다.

- 가. 강재 세그먼트의 경우 재료의 명세, 절단, 가공, 조립용접(용접공의 자격, 용접재료, 용접자세, 용접순서, 용접상의 주의사항 등), 검사, 저장 및 기호 등을 상세히 기재해야 한다.
- 나. 주철재 세그먼트의 경우 재료의 명세, 용해, 조형, 처리, 열처리, 기계가공, 검사, 저장 및 기호 등을 상세히 기재해야 한다.
- 다. 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 기재해야 한다.
- 라. 합성재료 등의 특수한 세그먼트인 경우에는 별도로 고려해야 한다.

④ 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 27 40 10 세그먼트 라이닝 (3.6.1)을 따른다.

(2) 저장 및 운반

KCS 27 40 10 세그먼트 라이닝 (1.11)을 따른다.

11.5 재료

(1) 치수 및 정확도

KCS 27 40 10 세그먼트 라이닝 (2.8)을 따른다.

(2) 검사

① 세그먼트의 품질관리를 위해서는 재료검사, 외관검사, 형상치수검사, 가조립 검사, 성능검사 등을 행해야 한다.

가. 강재 세그먼트의 검사

- (가) 실물검사 시 현장에서 주형 및 이음판의 실물도를 보고 형상, 크기 및 볼트공 위치를 설계크기와 대비해야 한다.
- (나) 재료검사 시 한국산업규격(KS)에서 규정하는 시험방법에 의해 재료의 역학적 성질을 조사하는 검사를 실시해야 한다. 다만, 밀쉬트(Mill Sheet) 등의 품질보증에 있는 강재 및 한국산업규격품으로 제작된 볼트, 너트 등에 대해서는 시험을 생략할 수 있다.
- (다) 도구시험 시 강판의 벤딩, 천공, 절단, 부재조립용 형틀 등의 제조에 필요한 도구에 대해 검사해야 한다.
- (라) 용접검사 시 용접부의 두께 및 비트 길이에 관해서는 측정게이지를 이용하고 그 외는 육안 등에 의해 검사를 해야 한다.
- (마) 수평 가조립검사 시 제작 중인 세그먼트 중에서 2링을 추출하여 수평 가조립하고 정원도를 조사해야 한다.
- (바) 성능검사 시 세그먼트 만곡시험 및 책 추력시험 등을 통해 강도를 조사해야 한다.

나. 주철재 세그먼트의 검사

- (가) 재료검사 시 주물의 화학성분, 주조 후의 현미경 조직 및 테스트 피스의 기계적 성

질을 조사해야 한다.

(나) 형상 치수검사 시 기계가공 후의 치수는 검사도구 등을 이용하여 조사해야 한다.

(다) 다이체크 검사 시 주철재 세그먼트는 탈형 후의 냉각에 의해 드물게 코너부에 미세한 균열이 나타나는 수가 있으므로 이것을 조사하기 위해 염색시험이 필요하며, 100링에 1회 정도의 비율로 실시해야 한다.

다. 콘크리트계 세그먼트의 검사

(가) 재료검사 시 콘크리트계 세그먼트의 품질은 콘크리트 재료 및 제조방법에 따라 큰 영향을 받기 쉬우므로 <표 11.5-1>, <표 11.5-2>을 참고하여 세밀한 관리를 실시해야 한다.

표 11.5-1 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) 굵은골재의 비중 및 흡수율 시험방법(KS F 2503)		1회/월 또는 산지 변경 시
	셋기시험	골재에 포함된 잔입자 시험방법		
	모래의 유기 불순물	모래의 유기불순물 시험방법(KS F 2510)		
	마모량	로스엔젤레스 시험기에 의한 굵은골재의 마모시험방법 (KS F 2508)		산지 변경 시
	잔골재의 표면수율	잔골재의 표면수율 시험방법(KS F 2509)	플랜트 계량호퍼	2회/일
	염화물량	굳지 않은 콘크리트 중의 물의 염소이온 농도시험방법 (KS F 2515)	타설장소	1회/주
	슬럼프	콘크리트의 슬럼프 시험방법(KS F 2402)	타설장소	1회/일
	공기량	굳지 않은 콘크리트의 압력에 의한 시험방법(KS F 2421)	타설장소	1회/일
기타	위커 빌리티	육안	타설장소	배치마다
	강도	콘크리트의 압축강도 시험방법(KS F 2405)	타설장소	1회/일

표 11.5-2 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, 표지, 재령, 수량
8	형틀청소, 설치상황, 규격 정도

(나) 외관검사 시 모서리 부분의 파손과 균열부에 대한 검사를 실시하여 사용성에 문제가 없음을 확인해야 한다.

(다) 성능검사 시 세그먼트 만곡시험, 이음부 만곡시험, 잭 추력시험, 인양고리 인발시험 등을 통하여 강도를 조사해야 한다.

라. 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 27 40 10 세그먼트 라이닝 (2.9)를 따른다.

11.5.2 시공

해당사항 없음

11.6 작업구

11.6.1 일반사항

(1) 작업구의 분류 및 기능

KCS 27 25 00 TBM (1.1.3)을 따른다.

(2) 작업구의 크기와 형상

KCS 27 25 00 TBM (1.1.4)를 따른다.

11.6.2 재료

해당사항 없음

11.6.3 시공

(1) 작업구 시공

KCS 27 25 00 TBM (3.3.1)을 따른다.

11.7 TBM장비

11.7.1 일반사항

(1) 공법선정

- ① TBM장비의 굴진을 위한 반력을 그리퍼(Gripper)의 암반벽면 지지에 의해 얻는 Open TBM(또는 Gripper TBM)과 세그먼트에 대한 반력을 이용하는 쉘드TBM으로 구분한다.
- ② Open TBM은 디스크가 부착된 커터헤드, 추진 장치, 버력운반 컨베이어 그리고 그리퍼로 구성되어 있으며, 터널 굴진시 보강을 위한 보조공법(휘폴링, 슛크리트, 록볼트 등)을 실시할 수 있는 장치를 갖추 수 있다.
- ③ 쉘드TBM은 전면의 구조형식에 따라 개방형과 밀폐형으로 분류한다. 개방형 쉘드TBM은 전면개방형과 부분개방형으로, 밀폐형 쉘드TBM은 굴착부 지지방식에 따라 기계식 쉘드TBM, 압축공기 쉘드TBM, 슬러리 쉘드TBM, 토압식 및 이토압식 쉘드TBM, 혼합식 쉘드TBM 등으로 구별한다.
- ④ TBM공법은 지반조건, 터널굴착 단면크기 및 모양, 터널연장, 입지조건, 공사기간, 장비투입조건, 기술능력, 기술요원확보, 부품공급 등을 고려하여 현장조건에 적합한 기종과 규격을 선정해야 한다.
- ⑤ TBM공법은 TBM굴착시점, 반입위치 완공 후 반출위치, 정비 및 보수, 굴진속도, 굴진싸이클타임, 1일 굴진능력, 월간 가동일수, 버력처리 및 라이닝 공법 시공성, 경제성, 품질관리 등을 검토하여 선정해야 한다.
- ⑥ 이 기준에 언급되지 않은 내용은 KCS 27 25 00 TBM을 따른다.

(2) 제작

- ① TBM 기종은 굴착부의 안정성을 확보할 수 있는 안전하고, 경제적인 시공을 할 수 있는 것을 선택해야 한다.
- ② 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 27 25 00 TBM (2.6.1)을 따른다.

(3) 조립

KCS 27 25 00 TBM (2.6.2)를 따른다.

(4) 운반

KCS 27 25 00 TBM (1.11)을 따른다.

11.7.2 재료

해당사항 없음

11.7.3 시공

해당사항 없음

11.8 발진과 도달

11.8.1 일반사항

해당사항 없음

11.8.2 재료

해당사항 없음

11.8.3 시공

(1) 발진

- ① TBM 굴착기 및 발전기의 소음이 주변지역 주민들에게 공해가 되지 않도록 방음에 대한 적절한 조치를 취해야 한다.
- ② 수급인은 공사기간 중 설치되는 레일 및 활차의 공급, 설치, 운영 및 유지관리에 대해서는 공사 감독자/감리원의 지시에 따라야 한다.
- ③ Open TBM이 연약지반이나 파쇄대 발달구간을 통과하는 경우는 TBM의 침하, 선형이탈, 클램핑 패드(Clamping Pad)부의 지반붕락 등이 발생할 수 있으므로 그라우팅, 슛크리트, 철망, 짧은 볼트 등의 지보재를 설치하여 터널의 안정성을 확보 해야 한다.
- ④ Open TBM이 함몰된 경우는 리밍(Reaming)을 하거나 그라우팅 또는 우회갱을 이용하여 굴진 가능하도록 해야 한다.
- ⑤ 높은 수압으로 인하여 발진에 어려움이 있는 경우는 패커 장치를 사용하여 수압에 상응하는 압력을 작용시키는 등의 발진부 보조공법을 적용할 수 있다.
- ⑥ 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 27 25 00 TBM (3.3.2)를 따른다.

(2) 도달

KCS 27 25 00 TBM (3.3.3)을 따른다.

(3) 점검 및 커터교환

KCS 27 25 00 TBM (3.5.1)을 따른다.

11.9 추진

11.9.1 일반사항

해당사항 없음

11.9.2 재료

해당사항 없음

11.9.3 시공

(1) TBM의 추진 공통사항

- ① 완성된 TBM장비의 정상가동 여부는 공장(제작장과 유지 보수장)과 현장에서 확인해야

터널공사

하며, 초기굴진 시 본 굴진에 필요한 굴진정보를 파악해야 한다.

- ② TBM장비는 지반의 안정을 도모하면서 설계노선을 따라 정확하게 추진될 수 있도록 해야 한다.
- ③ 터널굴착부의 안정을 이룰 수 있도록 굴착 직후 또는 굴착과 동시에 TBM장비를 추진해야 한다.
- ④ 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 27 25 00 TBM (1.1.8)을 따른다.

(2) 토압식 쉘드TBM의 추진

- ① 지하수의 유출이 많은 모래 자갈층에서는 굴착부의 안정성을 확보하기 위하여 적합한 첨가제를 주입하여 굴착토사의 유동성과 지수성을 확보해야 하며, 터널단면의 크기, 터널길이, 1회 추진 시의 버력량, 싸이클타임 등을 고려하여 버력반출 방법의 적합성을 검토해야 한다.
- ② 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 27 25 00 TBM (3.3.4)를 따른다.

(3) 이수가압식 쉘드TBM의 추진

- ① 수식 쉘드TBM의 추진과 관련하여 추가로 검토해야 할 사항들은 다음과 같다.
 - 가. 인근의 가옥 및 주요 구조물에 대한 보강대책
 - 나. 지반조건에 따른 추진속도, 커터헤더의 회전속도, 쉘드잭의 추진력
- ② 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 27 25 00 TBM (3.3.5)를 따른다.

11.10 터널 내 운반

11.10.1 일반사항

(1) 운반일반

- ① TBM의 배토처리는 그 방식에 적절한 방법을 선정해야 하며, 필요에 따라서는 호환 또는 복합하여 적용할 수 있다.
- ② 버력이 굴착에 지장을 주지 않도록 운반체계를 수립해야 한다.
- ③ 터널 내 운반장비의 안전운행을 위해서는 운행규정을 수립하고 운전원 및 종업원들에게 안전운행에 관한 교육을 실시해야 한다.
- ④ 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 27 25 00 TBM (1.11.2)를 따른다.

11.10.2 재료

해당사항 없음

11.10.3 시공

(1) 버력운반

- ① 버력운반을 위해 덤프트럭을 사용하는 경우는 덤프트럭의 교행을 위한 터널 확폭구간이나 턴 테이블을 검토하여 필요시 설치해야 한다.

- ② 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 27 25 00 TBM (3.3.7)을 따른다.

11.11 세그먼트 라이닝 설치

11.11.1 일반사항

- (1) 세그먼트 라이닝 설치 일반
KCS 27 25 00 TBM (3.3.6)을 따른다.

11.11.2 재료

해당사항 없음

11.11.3 시공

- (1) 세그먼트 라이닝의 시공
KCS 27 25 00 TBM (3.3.6)을 따른다.
- (2) 테이퍼(Taper) 세그먼트 라이닝의 시공
KCS 27 25 00 TBM (3.3.6)을 따른다.
- (3) 정원의 유지
- ① 세그먼트 조립에 사용한 볼트는 세그먼트의 단면 및 종단방향의 안정 상태를 유지한 이후에 해체하여 재사용 할 수 있다.
 - ② 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 27 25 00 TBM (3.3.6)을 따른다.

11.12 뒤펀 주입

11.12.1 일반사항

- (1) 뒤펀 주입
- ① 쉘드TBM의 후미간극으로 인한 지반의 변형방지와 세그먼트에서의 누수방지, 굴진반력에 의한 세그먼트의 조기 안정성 확보를 위하여 뒤펀 주입을 실시해야 한다.

11.12.2 재료

- (1) 주입재료의 특성
- ① 주입재료에는 시멘트 모르타르, 발포성 모르타르, 섬유혼합 모르타르, 슬래그 또는 석탄회를 사용하는 가소성 주입재, 자갈 등 여러 가지가 있으며, 지반조건, 지하수 유무, 쉘드 TBM의 형식, 주입재 특성 등을 고려하여 가장 적합한 재료를 선정해야 한다.
 - ② 주입재료는 다음과 같은 조건들을 만족시킬 수 있는 것으로 한다.
가. 블리딩 등의 재료분리를 일으키지 않고 유동성을 잃지 않는 재료
나. 주입 후의 경화 또는 용탈현상 등에 따른 체적감소가 적은 재료

터널공사

- 다. 지반강도에 상당하는 균일한 강도를 조기에 얻을 수 있고 설계강도 이상을 발휘할 수 있는 재료
- 라. 수밀성이 우수한 재료
- 마. 환경기준을 만족하는 재료

11.12.3 시공

- (1) 뒤채움 주입시공
KCS 27 25 00 TBM (3.3.8)을 따른다.
- (2) 뒤채움 주입관리
KCS 27 25 00 TBM (3.6.1)을 따른다.

11.13 방수

11.13.1 일반사항

- (1) 방수 일반
 - ① 세그먼트 라이닝은 지하수압에 견딜 수 있고 방수가 될 수 있도록 세그먼트 간의 이음부, 볼트구멍, 뒤채움 주입구 등의 시공에 유의해야 한다.
 - ② 세그먼트 라이닝의 누수는 완성 후 터널의 기능 및 유지관리에 문제를 일으킬 수 있으므로 지수재 기능이 작동된 이후의 누수량이 허용치를 초과하지 않도록 시공해야 한다.
 - ③ 세그먼트 라이닝 방수에는 실링, 코킹, 볼트체결 등의 형식이 있으며, 사용목적과 현장여건에 부합하도록 한 가지 또는 여러 가지의 방법을 조합하여 사용할 수 있다.

11.13.2 재료

- (1) 방수 재료의 성질
KCS 27 50 05 배수 및 방수 (2.1)을 따른다.

11.13.3 시공

KCS 27 50 05 배수 및 방수 (3.3)을 따른다.

11.14 내부 콘크리트라이닝

11.14.1 일반사항

- (1) 내부 콘크리트라이닝 일반
 - ① 내부 콘크리트라이닝은 구조체로 사용하는 경우와 비구조체로 사용하는 경우로 구분하여 시공해야 한다.
 - ② 외력을 지지할 수 있도록 콘크리트라이닝을 세그먼트 라이닝과 합성구조체로 설계한 경우는 설계조건대로 내부 콘크리트라이닝을 무근 또는 철근콘크리트로 시공해야 한다.

- ③ 비구조체로 사용되는 내부 콘크리트라이닝은 세그먼트를 보호하고 방화, 방식, 방수, 방진, 사행수정 등을 위해서 시공할 수 있다.
- ④ 세그먼트 라이닝만으로 외력과 수압을 지지할 수 있고 적절한 내화대책을 수립한 경우에는 내부 콘크리트라이닝을 생략할 수 있다.
- ⑤ 내부 콘크리트라이닝의 두께는 사용목적, 시공성 등을 고려하여 결정해야 한다.
- ⑥ 내부 콘크리트라이닝은 세그먼트의 방수, 청소, 이음볼트의 확인 등 사전처리를 철저히 행한 후 시공해야 한다. 거푸집 제거시기 등 상세한 사항은 KCS 27 40 05 콘크리트라이닝을 따른다.
- ⑦ 콘크리트 이외의 재질을 사용하는 내부 라이닝은 별도의 정하는 바를 따른다.

11.14.2 재료

KCS 27 40 05 현장타설 라이닝 (2.1)을 따른다.

11.14.3 시공

해당사항 없음

11.15 터널 지보재

11.15.1 일반사항

(1) 지보재 일반

- ① Open TBM 터널의 지보재는 KCS 27 30 00 터널지보재에서 정하는 바를 따르도록 하나 지반조건이 열악한 경우에는 Open TBM본체 직후방의 협소한 공간에서도 조기에 지보재를 설치할 수 있도록 해야 한다.
- ② 슛크리트를 타설하는 경우는 슛크리트와 지반과의 부착성을 높일 수 있도록 Open TBM 터널의 벽면에 묻어 있는 파쇄암가루를 먼저 제거한 후 타설해야 한다.
- ③ Open TBM의 경우 다른 지보재를 사용하는 경우는 KCS 27 30 00 터널지보재에서 정하는 바를 따른다.
- ④ 무라이닝 지보(Unlined Tunnel)의 경우 암판정에 대한 정량적인 시공 기준을 마련하고, 현장에서 감독/감리자에 의한 암판정 및 매핑작업을 통하여 실시해야 한다.
- ⑤ 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 27 30 00 터널지보재 (3.1.1)을 따른다.

11.15.2 재료

KCS 27 30 00 터널지보재를 따른다.

11.15.3 시공

KCS 27 30 00 터널지보재를 따른다.

11.16 급곡선부

11.16.1 일반사항

해당사항 없음

11.16.2 재료

해당사항 없음

11.16.3 시공

(1) 급곡선부의 시공방법

- ① 급곡선부를 시공하는 경우에는 지반조건, TBM장비 특성, 확대굴착량, 후미간극, 보조공법 등을 사전에 검토하여 정확한 시공이 되도록 해야 한다.
- ② 추진반력에 따른 세그먼트 라이닝 또는 지보재의 균열이나 파손, 터널의 변형, 선형이탈 방지에 유의해야 한다.
- ③ 시공 시 실제 TBM장비의 곡선반경은 설계곡선반경에 비하여 커지게 되는 경향이 있으므로 급곡선시공을 위해서는 다음 사항을 고려해야 한다.
 - 가. TBM장비의 길이는 가능한 한 짧게 하거나 중절기능을 갖도록 하고 편축추진에 대비하여 추력과 커터토크가 충분한 여유를 갖도록 해야 한다.
 - 나. 직선구간의 세그먼트보다 폭을 작게 하고 편심하중을 고려하여 리브, 스킨플레이트, 이음볼트를 보강하거나 세그먼트 외경을 작게 하여 쉘드TBM의 후미간극을 여유 있게 두도록 한다.
 - 다. 카피커터 등으로 확굴량을 조절하여 급곡선 시공을 용이하게 한다.
 - 라. 급곡선부 주변지반의 이완방지와 지반반력의 증강을 위하여 지반보강을 고려해야 한다.
 - 마. 세그먼트가 지반에 밀착될 수 있도록 뒤채움 주입을 실시해야 한다.

11.17 지반안정과 구조물 보호

11.17.1 일반사항

(1) 지반안정

- ① 하천을 횡단하여 시공하는 경우에는 지반조건 및 하천의 상황을 고려하여 안전한 시공이 이루어지도록 해야 한다.

(2) 구조물

- ① 구조물에 근접하여 TBM장비가 통과하는 경우에는 사전에 구조물 보호대책을 강구해야 한다.

(3) 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 27 25 00 TBM (1.1.11,1.1.12)를 따른다.

11.17.2 재료

해당사항 없음

11.17.3 시공

해당사항 없음

11.18 TBM 시공설비

11.18.1 일반사항

(1) 시공설비일반

KCS 27 25 00 TBM (1.1.13)을 따른다.

11.18.2 재료

해당사항 없음

11.18.3 시공

(1) TBM의 발진, 도달, 회전설비

KCS 27 25 00 TBM (3.2.1)을 따른다.

(2) 재료보관소 및 창고

KCS 27 25 00 TBM (3.2.1)을 따른다.

(3) 반입 및 반출설비

KCS 27 25 00 TBM (3.2.2)를 따른다.

(4) 전력공급설비

KCS 27 25 00 TBM (3.2.3)을 따른다.

(5) 조명설비

KCS 27 60 00 작업환경 (3.3.1)을 따른다.

(6) 연락설비

KCS 27 60 00 작업환경 (3.6.5)를 따른다.

(7) 환기설비

KCS 27 25 00 TBM (3.2.4)를 따른다.

(8) 급기설비

- ① 터널현장에는 비상시 종업원의 안전을 위하여 일반급기설비 외에 필요시 별도의 비상급기 설비를 설치해야 한다.

터널공사

(9) 안전통로 및 승강설비

KCS 27 60 00 작업환경 (3.3.4)를 따른다.

(10) 공기압축설비

KCS 27 25 00 TBM (3.2.5)를 따른다.

(11) 소화 및 방화설비

KCS 27 60 00 작업환경 (3.6.3)을 따른다.

(12) 터널 내 운반설비

① 터널운반설비는 다음 방법 중 단면의 크기, 연장, 선형 등을 고려하여 설치해야 한다.

가. 궤도방법

나. 컨베이어 방법

다. 슬러리펌프 방법

라. 펌프압송 방법

마. 기타

(13) 급수 및 배수설비

KCS 27 25 00 TBM (3.2.7)을 따른다.

(14) 침전설비

KCS 27 25 00 TBM (3.2.8)을 따른다.

(15) 세그먼트 조립설비

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

(16) 뒤채움 주입설비

KCS 27 25 00 TBM (3.2.9)를 따른다.

(17) 이수처리설비

KCS 27 25 00 TBM (3.2.10)을 따른다.

(18) 작업대차

KCS 27 25 00 TBM (3.2.11)을 따른다.

(19) 운전제어설비

TBM장비의 운전제어설비는 굴착부의 안정을 꾀하면서 적절하게 굴진할 수 있는 기능을 갖추어야 한다.

(20) 기타 특수설비

KCS 27 25 00 TBM (3.2.12)를 따른다.

11.19 시공관리

11.19.1 일반사항

(1) 공정관리

KCS 27 10 10 시공계획 (1.15)를 따른다.

11.19.2 재료

- (1) 주요재료 및 제품은 소요의 시험과 검사를 행하여 품질, 형상, 치수, 강도 등이 적합한지 여부를 확인한 후 사용해야 한다.
- (2) 세그먼트의 치수 정확도 및 품질은 세그먼트의 조립 난이도, 쉘드TBM의 추진 정확도, 터널의 변형, 누수, 지반침하 등에도 영향을 주므로 엄격한 관리 하에 제작되어야 한다.
- (3) 뒤채움 주입재의 우수한 품질을 유지하기 위하여 유동성, 점성, 블리딩, 응고시간, 압축강도 등을 정기적으로 측정해야 하며 품질에 의문이 생길 때는 세그먼트 배면주입공을 통해 주입재 코어를 채취하여 주입재의 품질을 관리해야 한다.
- (4) 내부 콘크리트라이닝은 소요강도, 내구성, 수밀성을 지니고 품질의 변화가 적은 것으로 하며, 그 품질관리에 대해서는 KCS 27 40 05 현장타설 라이닝 (3.6)을 따른다.

11.19.3 시공

(1) 작업관리

- ① TBM 추진 시에는 굴착부의 상황, 선형의 이탈, 세그먼트의 변형, 파손, 누수 및 지반의 침하 등에 유의해야 한다.
- ② 지층의 변화가 심한 곳, 구하상, 우물 주변 또는 국부적 연약층을 통과 시에는 필요한 조사를 실시하여 일상작업 관리의 자료로 활용해야 한다.

(2) 마감관리

- ① 마감관리는 사전에 정한 관리기준을 이용하여 설계치와 실측치를 대비하여 구조물의 설계도서 및 사양을 만족할 수 있도록 관리해야 한다.

(3) 품질관리

- ① 설계도서 및 공사시방서에 따라 확인하고 품질관리를 해야 한다.

(4) 계측관리

일반사항은 KCS 27 50 15 보조공법 (1.)을 따른다.

(5) 안전 및 기타관리

- ① 고장 시에 대비한 대책과 안전점검을 실시하여 안전하게 굴진작업을 해야 한다.
- ② TBM굴진 작업순서와 싸이클타임, 1일굴진량, 굴진 부진 시 부진사유 등을 매일 기록, 관리 해야 한다.

터널공사

- ③ 장비소모품과 전기사용, 버력처리능력 등을 매일 기록, 관리해야 한다.

12. 개착터널

12.1 일반사항

12.1.1 일반

- (1) 갱구부의 개착터널에서는 기초지반의 지지력, 되메우기 토사의 다짐정도, 상재하중, 편토압 등의 영향에 따른 구조적 특성을 설계조건과 면밀히 비교, 검토하여 시공해야 한다.

12.1.2 콘크리트

- (1) 굳지 않은 콘크리트를 사용하여 현장에서 타설하는 개착터널에 대하여는 본 시방서에서 정하는 바를 따른다.
- (2) 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 14 20 00 콘크리트공사의 기준을 따른다.
- (3) 프리캐스트 콘크리트를 이용하는 개착터널에 대하여는 별도로 정하는 바에 따른다.

12.1.3 철근조립

- (1) 철근조립은 KCS 14 20 11 철근공사를 따른다.

12.1.4 거푸집

- (1) 콘크리트의 투입구는 콘크리트가 넓게 퍼지도록 배치해야 한다.
- (2) 측면판은 콘크리트의 압력에 견딜 수 있는 구조로 하고 콘크리트가 누출되지 않도록 설치해야 한다.
- (3) 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 27 40 05 현장타설 라이닝 (1.1.2)를 따른다.

12.1.5 배수

- (1) 배수형 방수형식 터널에서는 유입지하수를 원활히 배수할 수 있는 배수시설을 설치하여 콘크리트라이닝에 수압이 작용하지 않도록 해야 한다.
- (2) 배수형 방수형식 터널에서 터널내부로의 유입수가 과다할 경우에는 차수 그라우팅 등을 실시하여 유입수를 최소화해야 한다.
- (3) 배수형 방수형식 터널 시공구간의 지반이 세립토사를 다량 함유하고 있을 경우에는 배수재 두께 및 재질 변경 또는 드레인보드 병용 등을 통하여 배수시설이 장기간 동안 기능을 유지할 수 있도록 조치해야 한다.

12.1.6 방수

- (1) 콘크리트라이닝의 시공이음부에 지수판 또는 지수재를 설치해야 한다.

12.2 재료

12.2.1 콘크리트

- (1) 콘크리트의 현장배합은 시방배합을 기준으로 사용재료, 타설방법 등을 고려하여 결정해야 한다.
- (2) 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 27 40 05 현장타설 라이닝 (2.1)을 따른다.

12.2.2 철근

- (1) 철근은 KCS 14 20 11 철근공사를 따른다.

12.2.3 거푸집

- (1) 콘크리트의 투입구는 콘크리트가 넓게 퍼지도록 배치해야 한다.
- (2) 측면판은 콘크리트의 압력에 견딜 수 있는 구조로 하고 콘크리트가 누출되지 않도록 설치해야 한다.
- (3) 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 27 40 05 현장타설 라이닝 (1.1.2)를 따른다.

12.2.4 배수관

- (1) 콘크리트라이닝에 가해지는 수압을 감소시키고 라이닝배면 용출수를 배수하기 위하여 바닥 부근에 $\phi 300\text{mm}$ 의 유공관을 매설하고 유공관이 막히지 않도록 시공해야 한다.

12.2.5 방수막의 재질

- (1) 방수막은 상호 접착이 좋은 재질로 하며 한국산업규격(KS)을 만족하는 제품을 사용해야 한다.
- (2) 방수막은 내구성, 인성 및 유연성이 기준을 만족하고 콘크리트라이닝 시공에 의해 파손되지 않는 재질로 한다.

12.2.6 되메우기

- (1) 개착터널 되메우기 재료기준은 <표 12.2-1> 에 따른다. (<그림 12.3-1> 참조)

표 12.2-1 개착터널 되메우기 재료

터널공사

시공 순서	시공 재료
①	<ul style="list-style-type: none"> 투수성이 좋은 자갈(입경 $\phi=5\sim63\text{mm}$) 유기물 함유량: $\leq 2\%$
②	<ul style="list-style-type: none"> 입경 최대치수: $\leq 75\text{mm}$ 0.08mm체 통과량: $\leq 35\%$ 액성한계: $\leq 40\%$ 소성지수: $\leq 10\%$
③	<ul style="list-style-type: none"> 일반토사

(2) 갱구부 되메우기 시공의 각 재료별 기준에 따라 검사한 후 사용해야 한다.

12.3 시공

12.3.1 개착터널 시공계획

- (1) 개착터널 시공은 현장을 조사하여 설계서를 검토하고 현장조건에 알맞은 개착터널 시공계획서를 작성하여 종합 검토 후 시공해야 한다.
- (2) 개착터널 시공계획을 변경할 경우에는 변경계획서를 작성하여 공사 감독자/감리원의 승인을 얻은 후 변경해야 한다.

12.3.2 콘크리트 시공관리

KCS 27 40 05 현장타설 라이닝 (3.3.1)을 따른다.

12.3.3 철근

- (1) 콘크리트라이닝을 철근으로 보강해야 할 경우에는 보강 목적에 부합하도록 시공해야 하며 이의 가공 및 관리는 콘크리트 표준시방서의 철근 세목에 따른다.
- (2) 가공된 철근은 콘크리트가 타설되기 직전까지 철근 콘크리트의 기능 발휘에 유해한 요인이 개입되지 않도록 관리해야 한다.
- (3) KCS 27 40 05 현장타설 라이닝 (3.3.4)를 따른다.

12.3.4 거푸집

- (1) 제작이 완료된 거푸집은 작업투입 전에 반드시 공사 감독자/감리원의 검사를 받아야 하며 터널 내에 설치가 완료된 거푸집 상태도 콘크리트의 타설에 앞서 공사 감독자/감리원의 검사를 받아야 한다.
- (2) 콘크리트라이닝의 거푸집은 부어넣은 콘크리트의 강도가 3MPa 이상 발현된 후, 또는 콘크리트라이닝의 자중을 견딜 수 있는 강도가 발현된 후에 제거해야 한다. 거푸집 제거시기에 대

한 별도의 검증을 실시하는 경우에는 제거시기를 조절할 수 있다.

- (3) 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 14 20 12 거푸집 및 동바리를 따른다.

12.3.5 배수처리

- (1) 배수시설은 터널의 내구연한 동안 유지관리가 편리하도록 시공해야 한다.
- (2) 배수관의 시공이음부 시공 시 모르타르 등 이물질이 들어가 배수의 원활한 흐름을 방해하는 경우가 발생하지 않도록 세심한 시공을 해야 한다.
- (3) 유공관 내부로 토사가 지하수와 함께 들어가지 않도록 유공관 주위에 자갈이나 배수재 등을 설치해야 한다.
- (4) 시공 중 또는 시공 후 <표 12.3-1>과 같은 사항을 관리해야 한다.

표 12.3-1 배수작업 시의 품질관리 내용

관리 항목	관리내용 및 시험	시험빈도
시공 정확도	○ 배수구조물의 위치, 기울기, 크기 등 확인	○ 시공 전 및 시공 직후
부직포	○ 부직포 부착상태 ○ 측벽 유공관 주변의 부직포 ○ 인버트 부직포위에 비닐막 포설상태	○ 시공 직후
관	○ 집수관, 유공관 연결관 등의 변형상태와 내부 이물질 유무 확인	○ 시공 직후
구조물	○ 배수구 등의 시공상태와 균열발생 등 확인	○ 시공 후 수시

12.3.6 되메우기 시공관리

- (1) 되메우기 시공은 <그림 12.3-1>과 같이 순서대로 시공해야 한다.

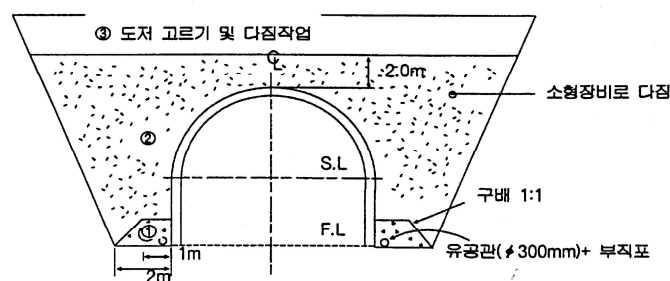


그림 12.3-1 개착터널 되메우기 시공

- (2) 굴착 저면폭(B)이 2m 이하일 경우 1m 두께로 배수층을 전폭에 설치해야 한다.

터널공사

- (3) 되메우기한 층의 두께는 300mm 이내가 되도록 시공하고 소정의 다짐도가 얻어질 때까지 다짐을 관리해야 한다.
- (4) 되메우기는 구조물에 편압이 작용하지 않도록 시공해야 한다.
- (5) 개착터널의 콘크리트 강도가 재령 28일 이상 일 때까지 되메우기 작업을 금지해야 한다.
- (6) 다짐장비와 다짐방법 및 되메우기 장비는 콘크리트라이닝 등의 구조물에 나쁜 영향이 미치지 않는 장비를 선정하여 이에 알맞은 공법으로 시공해야 한다.
- (7) 개착터널 시공관리는 터널 단면크기, 지반조건, 주변환경 조건 등에 따라 다르므로 현장조건에 적합한 시공 품질관리 기준을 정해야 한다.

13. 공동 또는 싱크홀 복구공사

13.1 일반사항

13.1.1 복구공법 일반사항

- (1) 석회암층 등 지질특성에 따라 자연적으로 발생한 터널 주변 공동에 대한 복구공사 시에는 공동의 규모, 위치 및 상태 등 공동의 특성과 현장여건 등을 감안하고 전문가의 검토를 통해 적합한 대책공법을 선정하여야 하며, 감독원의 승인을 득한 후 적용하여야 한다.
- (2) 터널 등 지중구조물 주변의 굴착공사 중 확인된 공동에 대한 복구공사 시에는 규모나 형태 등을 고려하여 충전방법과 재료선정 등에 대해 전문가의 검토를 거쳐 현장여건에 적합한 공법을 선정하고 감독원의 승인을 득한 후 적용하여야 한다.

13.1.2 적용범위

이 절은 터널 등 지중구조물 굴착 공사 중 공동 또는 지반함몰 발생 시 복구공사에 적용한다.

13.1.3 참조규격

본 시방서 해당공종의 규격을 따른다.

13.1.4 제출물

다음사항은 KCS 47 10 05 노반공사 일반사항 (2.)의 해당요건에 따라 작성하여 감독원에게 제출하여야 한다.

- (1) 작업절차서
- (2) 검사 및 시험계획서
- (3) 시공계획서
- (4) 복구 관찰일지

수급인은 복구공사 관찰일지를 감독원에게 제출하여야 하며, 필요에 따라 사진촬영 또는 비디오 촬영을 하여 기록·관리하여야 하며 인계·인수 절차에 의거 발주청에 제출하여야 한다.

(5) 계측기록부

복구작업시 재료 투입량, 주입압력, 주변영향(변위, 응력 등) 측정치 등을 항목별, 작업일정 별로 정리하여야 한다.

터널공사 부록

1. 터널 유지관리 및 보수·보강

1.1 일반사항

1.1.1 적용범위

- (1) 이 기준은 철도터널 시공 후 유지관리 및 보수·보강 하는데 필요한 사항을 규정한다.
- (2) 이 기준에 기재하지 않은 사항은 별도로 정하여 유지관리 및 보수·보강을 해야 하며 터널표준시방서의 부록 터널유지관리 및 보수, 보강의 내용과 공사시방서에 따라 시행해야 한다.
- (3) 터널 보수·보강은 터널이 변상되었거나 변상 가능성이 있을 경우에는 터널 변상 상태를 정확히 조사하여 보수·보강을 해야 한다.

1.1.2 유지관리 계획

- (1) 철도터널은 열차운행 중 대규모의 보수·보강 및 개량이 곤란하여 일상적으로 점검·정비하고 손상된 부분을 원상 복구하는 계획을 수립하여 시행해야 한다.
- (2) 안전 및 보수·유지관리 계획은 「시설물 안전관리에 대한 특별법 제5조 제1항」 규정에 의한 안전 및 유지관리 계획에 의하며 다음 내용이 포함되어야 한다.
 - ① 터널시설 자료관리
 - ② 터널시설 정기, 정밀, 긴급점검, 정밀안전진단 및 정비 계획
 - ③ 터널시설 보수·보강 및 개량 계획
 - ④ 재해 등 긴급사항 발생 시 조치계획
 - ⑤ 계획 실시의 확인체계
 - ⑥ 유지관리를 위한 조직 인원 확보 계획
 - ⑦ 유지관리를 위한 장비 확보 계획
 - ⑧ 안전 및 유지관리에 필요한 비용 및 예산확보 계획

1.1.3 자료관리

- (1) 터널시설을 보수·유지관리하는 부서(이하 “유지관리 부서”라 한다)는 KCS 27 00 00 터널 공사에 따라 관리해야 한다.
- (2) 자료관리는 터널별 터널대장을 작성하여 유지관리 사항을 계속 기록하도록 관리해야 한다.

1.1.4 점검 및 정밀안전진단

- (1) 유지관리 부서는 KCS 27 00 00 터널공사에 따른다.

(2) 이 기준에 기재되지 않은 사항은 별도로 정하여 점검 및 진단 할 수 있다.

1.1.5 터널 변상조사

(1) 터널의 변상조사는 현장조건에 적합한 조사방법으로 정확하게 조사하여 변상원인, 추정, 건전도를 판정하고 보수·보강 대책을 수립해야 한다.

(2) 변상조사의 흐름도는 <그림 1.1-1>과 같다.

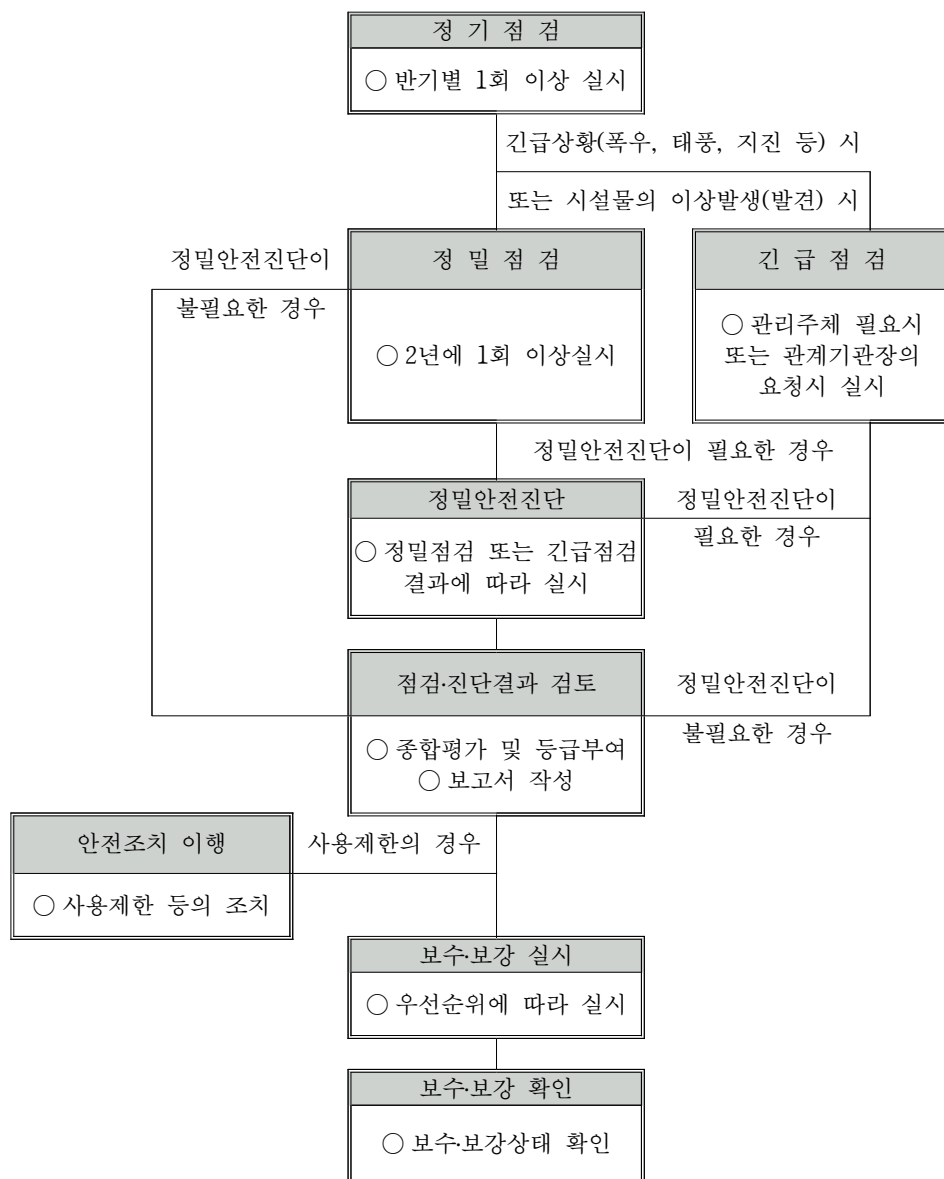


그림 1.1-1 변상조사 흐름

1.1.6 터널 콘크리트라이닝의 균열에 대한 보수공법 선정

(1) 균열보수는 표면처리 공법, 주입공법, 충전공법, 도포공법 등으로 구분하며 균열의 원인, 폭, 깊이, 길이, 형태와 환경조건을 고려하여 적합한 공법을 선정해야 한다.

터널공사

표 1.1-1 균열에 대한 보수공법 예

보수 목적	균열현상·원인		균열폭 (mm)	보 수 공 법				
				표 면 처 리 공 법	주입 공법	충전 공법	그밖의 공법	
							침투성 방수제 도포공법	기타
방 수 성	철근이 부식되지 않은 경우	균열폭의 변동이 적다	0.2 이하 0.2~1.0	○ △	△ ○	○	○	
		균열폭의 변동이 크다	0.2 이하 0.2~1.0	△ △	△ ○	○ ○	○	
내 구 성	철근이 부식되지 않은 경우	균열폭의 변동이 적다	0.2 이하 0.2~1.0 1.0 이상	○ △	△ ○ △	△ ○ ○		
		균열폭의 변동이 크다	0.2 이하 0.2~1.0 1.0 이상	△ △	△ ○ △	△ ○ ○		
	철근부식		-			○		
	염 해		-					●
	반응성골재		-					●

(자료 : 콘크리트의 균열조사, 보수, 보강지침, 일본콘크리트공학협회, 1980, p90)

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

2. ○ 적당 ● 연구단계 △ 조건에 따라 적당

1.1.7 터널 균열보수 공법에 사용되는 재료

(1) 터널 균열보수 공법에 사용되는 재료는 균열원인, 현상 및 재료특성 등을 고려하여 선정해야 한다.

표 1.1-2 공법별 재료종류 예

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

1.1.8 터널 콘크리트라이닝의 노후화에 대한 대책

표 1.1-3 콘크리트라이닝 노후화에 대한 대책

노후화 현 상	원 인	구 분	영 향 인 자	억 제 대 책
철근 부식	염해	내적요인 외적요인	콘크리트 내부 허용염화물량 초과 제빙화학제살포 또는 해안환경에 의한 염화물 침입	해사세척에 의한 염화물량 제거, 표면에 기밀성 도료로도장
	중성화	내적요인 외적요인	콘크리트 W/C, 공극이 큼 대기의 CO ₂ 농도증가, 중성화가 철근 깊이까지 도달	적정한 W/C 선정 기밀성 도료로 표면도장
균열, 박리	알칼리 골재 반응	내적요인 외적요인	알칼리 반응성 골재를 사용할 때 시멘트중의 K ₂ O가 다량 있음 콘크리트가 습윤상태에 있음	반응성 골재의 사용제한 저알칼리성 시멘트를 사용 콘크리트를 건조상태로 보존, 수밀성 도장
	건조 수축	내적요인 외적요인	단위수량이 높음 콘크리트의 건조속도가 빠름	단위수량이 적은 무수축시멘트 사용 초기양생을 실시

1.1.9 지반압에 대한 대책공법 선정

표 1.1-4 지반압에 대한 대책공법

변상원인 대책공법		소성 압	편압 · 비탈면 활동	지반 이완에 의한 연직압	수 압	지반 침하	지반 활동	지 진	비 고
보강판, 철망		△	△	○	△	△	△	○	
배면주입		●	●	●	●	●	●	●	
라이닝 보강공	숏크리트	○	○	△	△	△	○	○	큰변위가 예상 될 때, 강섬유 보강된 숏크리 트(SFRC)사용
	현장타설 콘크리트	○	○	△	△	×	○	○	
강지보재 보강 (Saddle)		○	○	○	△	●	○	○	
록볼트 보강		●	●	△	△	△	○	○	
다짐 콘크리트		×	○	×	×	×	△	△	
스트러트		○	○	×	△	△	○	△	
인버트 콘크리트 설치		○	○	×	△	○	○	○	
지반주입		×	△	△	△	△	×	○	
배수공 개량 또는 신설		△	△	△	●*	×	○	△	*도수공개량· 신설에 의한 배수처리 개선
비탈면안정			○				●	●	

주) 표에서 대책공법은 각각의 변상 원인에 대해 적절한 공법들을 조합시켜 사용하는 일이 많다.
 주) ● 최적의 공법, ○ 적합한 공법, △ 경우에 따라 유효한 공법, × 적합하지 않은 공법

1.1.10 터널누수에 대한 공법 선정

표 1.1-5 누수대책 (누수의 동결이 없는 경우)

요인 분류	누수상태	선 상				면 상				비 고
	누 수 량	소 량		다 량		소 량		다 량		
	내공단면여유	유	무	유	무	유	무	유	무	
선상 대책 공법	도수공법	○	-	○	-	△	-	△	-	
	흙파기공법	-	○	○	○	-	○	-	○	◦U,V커트 등 ◦면상 대책공법의 전처리로서도 시행
	지수공법	△	△	-	-	-	-	-	-	◦누수량이 물방울 형성 정도이고 범위가 한정되는 경우 적용가능
면상 대책 공법	뿔어붙임공법	-	-	-	-	○	-	○	-	◦철망, 앵커 및 도수공의 병용 필요
	도포공법	-	-	-	-	△	△	-	-	◦누수 정도가 경미할 때에만 적용
	방 수 판	-	-	-	-	-	-	○	-	
	방수시트	-	-	-	-	○	-	○	-	◦내부라이닝 개축 등을 행할 경우
배면주입공법		-	-	○	○	-	-	○	○	◦토피가 작고 지표수와 우수 가 터널 배면공동을 통하여 직접 터널내로 유입하는 경우
수위저하공법		-	-	○	○	-	-	○	○	◦지하수위가 높은 상태에서 용출수나 열차 하중의 반복하중에 의한 지반재료의 배출

주) ○ : 적용 가능한 공법 △ : 경우에 따라 적용할 수 있는 공법

터널공사

표 1.1-6 누수대책 (누수의 동결이 있을 경우)

선정요인	누수동결상태	선상		면상		비 고
구 분	내공단면의 여유2)	유	무	유	무	
단 열 공	흙파기 단열재 삽입공법	○*	○**			* : 한냉 정도가 작은 경우에 유효 ** : 단열재 폭이 U홈의 폭 이상으로 필요
	표면 단열처리공법	○		○		
	이중 라이닝 단열처리공법			○	○	라이닝 강화가 필요한 경우, 개축과 병용
가열공법 (전열난방기, 열판)		○				한냉이 심하고 국부적인 누수 경우 전원이 필요

- 주) 1. 누수동결상태 : 「선상」-누수동결이 선상으로 분포하고 있는 경우
「면상」-누수동결이 면상으로 분포하고 있는 경우
2. 내공단면의 여유 : 「유」- 라이닝표면에 단열재를 시공할 만큼의 여유량이 있는 경우
「무」-라이닝표면에 단열재를 시공할 만큼의 여유량 이 없는 경우

1.2 재료

1.2.1 수지계 재료의 성분

- (1) 수지계 재료의 적용은 에폭시계, 폴리에스터계, 폴리우레탄계, 고무-아스팔트계 등이 있으며 성분, 성능을 고려해야 한다.

표 1.2-1 수지계 재료의 성능

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

- 주) ◎우수, ○양호, △보통, ×불량

표 1.2-2 수지계 표면 피복재료의 성분

재료명	주요 성분	특징 및 용도
아크릴 실리콘도료	아크릴실리콘수지	<ul style="list-style-type: none"> ◦내구성, 방식성, 상온경화성, 내산, 내알칼리성우수 ◦무기계 바탕과의 접착이 양호
도막계 콘크리트 보호재	에폭시수지, 아크릴우레탄수지	◦콘크리트 보호재의 요구성능·시공조건에 따라 재료·공법의 선정이 가능
에폭시수지계 콘크리트 피복재	에폭시수지, 폴리우레탄수지	<ul style="list-style-type: none"> ◦내수·내염수·내화학 약품성이 뛰어나 ◦도막의 외관이 균일함 ◦콘크리트 구조물의 염해대책에 적합
우레탄계 도장재	우레탄수지	◦구체의 진동에 대한 추종성 양호
불소계 도장재	1액 상온건조형 불소 수지	<ul style="list-style-type: none"> ◦재도장(덧바름)이 가능 ◦내수성, 내산성, 내알칼리성, 염분차단성 등 우수 ◦침투성 흡수방지제 병용시 콘크리트와 부착성 증대
실리콘계 도장재	실리콘수지	<ul style="list-style-type: none"> ◦내열성, 내한성, 균열추종성, 발수성, 방수 성, 내약품성, 접착성, 방청성, 투습성, 난연성 등 우수 ◦콘크리트 및 강구조물의 보호피막제로 사용

표 1.2-3 수지계 주입재료의 성분

재료명	주요 성분	특징 및 용도
에폭시 수지계 균열주입제	에폭시수지	<ul style="list-style-type: none"> ◦균열, 추종성이 양호 ◦적용가능 균열 폭은 0.2~2.0mm
	유연형 에폭시수지	<ul style="list-style-type: none"> ◦경화물의 유연성이 풍부하여 진행성 균열에 적합 ◦균열 및 알칼리 골재반응의 성능저하 보수에 적합
	자기유하형 에폭시수지	<ul style="list-style-type: none"> ◦수중경화 ◦강도특성이 뛰어나 ◦균열 폭 0.15mm 이상에 적용
	에폭시수지, 포틀랜드시멘트	<ul style="list-style-type: none"> ◦수중경화형 에폭시수지와 시멘트의 반응으로 발포 ◦적용 균열 폭 1mm~10mm
실런트계 충전재	우레탄수지	<ul style="list-style-type: none"> ◦단일성분으로 작업성이 뛰어나 ◦탄성계수가 작아 균열 추종성이 우수 ◦구조물의 신축 줄눈부에 사용
폴리머 시멘트계 주입재	에폭시수지계 에밀전, 미분말충전재, 조강시멘트	<ul style="list-style-type: none"> ◦균열폭 5.0mm 이상에 적용 ◦습윤면에 대하여 접착성이 우수 ◦알칼리골재반응에 의한 성능저하의 보수에 적합

표 1.2-4 수지계 충전 및 단면복구

재료명	주요 성분	특징 및 용도
에폭시 수지계 충전제	에폭시수지	<ul style="list-style-type: none"> ◦조성을 변화시켜 진행성 및 비진행성 균열에 적용 ◦구조물 표면수, 요철부 조절, 수평 및 상향 시공가능 ◦중량이며 진동이 있는 좌대 보강 등에도 적용가능 ◦수중 및 지수용은 물에 젖어 있거나 누수부위에도 적용가능
에폭시계 모르타르	특수변형 에폭시수지	<ul style="list-style-type: none"> ◦부착성이 높으며 경량, 바름 두께를 두껍게 할 수 있으며 공기가 얇고 작 업성이 뛰어남 ◦결손부위의 충전에 적합
	에폭시수지 경량골재	<ul style="list-style-type: none"> ◦비중이 낮아 상향시공성 양호 ◦얇게 시공하여도 드라이아웃이 없음 ◦단면보수용으로 적합
	에폭시수지 특수골재	<ul style="list-style-type: none"> ◦용변성 에폭시수지와 골재로 구성되어 천장부 시공가능 ◦비투수성, 콘크리트 구조물의 방식, 방청, 결손부 보수, 요철부 조절
실런트계 충전제	2성분형 실리콘	<ul style="list-style-type: none"> ◦내후성·내수성·내구성 우수, 프라이머 사용으로 대부분의 피착재에 접착가능, 연신특성 우수하며 진동 신축에 대한 추종성이 뛰어남
합성수지계 프리팩트콘크리트	불포화 폴리 에스터수지, 골재	<ul style="list-style-type: none"> ◦저온시의 강도 발현성이 뛰어남
우레탄계 충전제	2성분형 우레탄수지	<ul style="list-style-type: none"> ◦신축 추종성이 뛰어나며 흘러내림이 없음 ◦5mm 이상의 균열에 적용
에폭시계 단면복구제	에폭시수지	<ul style="list-style-type: none"> ◦초경화성, 물로 반죽질기 조절가능 ◦습윤부에 대한 접착성 양호 ◦대형 균열이나 결손부에 적합

1.2.2 시멘트계 재료의 성분

(1) 시멘트계 재료는 폴리머시멘트 슬러리, 시멘트 페이스트, 모르타르, 시멘트 필러, 팽창시멘트 그라우트 등이 있으며 재료의 특성을 고려하여 적용해야 한다.

표 1.2-5 시멘트계 재료의 특성 비교

재료	장점	단점	적용
실리카 흙	초고강도, 수밀성·내구성 향상	고가, 단위수량 점성증가	고품질 뿔칠, 내마모성이 요구
뿔칠콘크리트	부착력 대, 수축 소, 시공이 용이	품질이 기능공에 의존 기능공 필요	
섬유보강콘크리트	균열저항성 대, 피로저항 향상	표면부 섬유 부식 섬유의 분산이 곤란	균열제어, 뿔칠, 프리캐스트
폴 리 머	부착성 대, 양생 1일이내, 투수·투기성소, 내화학 저항성 큼	가사시간이 짧음. 혼합·취급이 특수, 기능공 필요	포장, 충전, 화학적 침식개소
팽창시멘트계 (팽창성·무수축 그라우트)	취급용이, 동결융해저항성 증가	배합이 시멘트 성분이나 비빔온도에 영향을 줌, 거푸집이 필요	공극충전, 균열충전
석고계(무수축· 팽창성그라우트)	취급용이, 경화가 빠름, 공기양생	습윤상태에서 불안정경화가 빠름 물에 용해되기 쉬움	건조조건에 볼트·파이프 고정
팽창시멘트계 (팽창성·무수축 그라우트)	취급용이 매우 빠름, 내산·내황산염, 내열	습윤양생이 필요	볼트고정, 작은공극의 충전, 포스트텐션의 텐돈의 충전
칼슘·알루미늄에이 트계(팽창성·무수 축 그라우트)	경화가 매우 빠름, 내산·내황산염, 내열	가사시간 짧음 표면요철의 처리 필요 암모니아 냄새가 심함	지수용의 충전
마그네슘 인산염	취급용이, 부착력 대 동결 온도하에 사용가능	가사시간 짧고 수축성 비교적 고가	저온 하에서의 보수
초미립시멘트 계	침투성이 높음, 블리딩이 적음	다량의 물이 필요 먼지가 다량으로 발생	구조물·지반, 암반의 그라우팅

1.2.3 재료 품질관리

(1) 각 재료별 재료의 재질, 재료기준 등에 따라 품질을 확인해야 한다.

1.3 시공

1.3.1 터널유지관리 및 보수보강 시공계획

(1) 터널 유지관리 및 보수보강을 위한 시공계획은 터널변상, 지반압, 누수, 라이닝 콘크리트의 균열, 노후화 등 현장터널 상태에 따라 안전하게 시공이 가능한 공법으로 시공계획을 수립하여 시공해야 한다.

터널공사

- (2) 터널 유지관리 및 보수보강 공사를 시행한 결과 변경할 경우에는 변경시공계획을 수립하여 시공해야 한다.

1.3.2 터널유지관리 및 보수보강 시공

- (1) 선정된 보수보강 공법에 따른 설계도서 및 공사시방서에 따라 시공해야 한다.

1.3.3 터널유지관리 및 보수보강 시공 품질관리

- (1) 선정된 보수보강 공법에 따른 설계도서 및 공사시방서에 따라 시공 품질관리를 해야 한다.

2. 철도건설공사 암판정 지침

제1장 총 칙

제1조(목적) 이 지침은 한국철도시설공단 (이하 “공단”이라 한다)이 시행하는 건설공사에서 암판정 업무를 효율적으로 수행할 수 있도록 하기 위하여 통일되고 표준적인 기준과 절차를 정함에 그 목적이 있다.

제2조(적용범위) 이 지침은 책임감리를 시행하는 철도 건설공사의 암판정 업무에 적용하는 현장 암판정 절차서 작성 및 관련업무에 적용한다. 단, 책임감리를 시행하지 않는 공사인 경우에도 본 지침을 준용할 수 있다.

제3조(용어의 정의) 이 지침에서 정한 용어의 범위는 다음 각 호와 같다.

1. “지역본부장”이라 함은 공단의 이사장으로부터 당해 건설현장의 권한 일체를 위임받은 지역본부의 장을 말한다.
2. “공사관리관”라 함은 건설기술관리법 시행령 제52조의 3의 규정에 따라 건설공사 시행에 따른 업무연락 및 문제점 파악, 용지보상 지원, 민원해결 업무 및 감리용역 감독업무를 수행하는 공단의 직원을 말한다.
3. “현장대리인”이라 함은 공단과 공사 계약에 의해 시공회사 대표자를 대신하여 현장에 상주하면서 당해 공사 전반에 대한 시공업무를 총괄하는 자를 말한다.
4. “책임감리원”이라 함은 공단과 감리용역 계약에 의해 감리회사 대표자를 대신하여 현장에 상주하면서 당해 공사전반에 대한 감리업무를 총괄하는 자로서 당해 지역본부장의 승인을 득한 감리책임자를 말한다.
5. “현장설계변경요청서(FCR : Field Change Request)”라 함은 시공성 개선, 현장여건 변동, 설계개선 또는 설계오류 등으로 인하여 설계변경이 필요한 사항을 변경계약전에 승인권자의 승인을 받아 신속하게 현장 시공에 적용하기 위해 작성하는 문서를 말한다.
6. “암판정”이라 함은 토공의 절취, 구조물 기초 터파기, 터널의 굴착 등의 작업중 나타나는 암선의 결정과 암질의 성향 판단을 하기 위한 일련의 행위를 말한다.
7. RMR(Rock Mass Rating System) : 원석의 강도, RQD, 절리면의 간격, 절리면의 상태, 지하수 등을 기준으로 한 암질 분류 시스템을 말한다.

제2장 암판정 절차

제4조(암판정 요청)

① 현장대리인은 절취 또는 굴착 작업시 다음 각 호와 같은 경우에는 현장을 보존한 상태에서 암판정 업무흐름도(붙임 1)에 따라 책임감리원(직감현장 주감독)에게 암판정을 요청하여야 한다.

1. 노출된 암반선이 설계 암반선과 상이할 경우
2. 노출된 토질 또는 암질이 설계와 상이하여 절취 또는 굴착방법의 변경 또는 기초공법의 변경을

터널공사

필요로 할 경우

3. 노출된 암반의 절취상태 등이 설계와 상이하여 비탈면안정해석 또는 비탈면 보호공법의 변경을 필요로 할 경우
4. 책임감리원이 현장관찰 및 일상계측을 통해 필요하다고 판단하여 암판정 요구를 지시한 경우
5. 터널 굴착중 설계도면에 패턴변경 지점 또는 일일검측결과(RMR분류, Face Mapping 포함) 패턴 변경 및 지질이상대 발견 등 굴착패턴 변경이 요구된다고 판단될 경우
 - 감리원은 동일 패턴이 연속인 경우 패턴 1,2,3은 매 50m, 패턴 4,5,6은 매 20m마다 책임감리원에게 암반상태를 보고하고 결재를 득하여야 한다.

② 암판정 요청시에는 검측요청서(붙임 3)와 다음 각 호의 서류를 구비하여야 한다.

1. 깎기부
 - 가. 측량 성과표
 - 나. 종단면도
 - 다. 횡단면도(설계암선 및 변경암선 표시)
 - 라. 깎기비탈면 Mapping
 - 마. 평사투영(15m이상의 암 대절토 구간)
2. 구조물 기초
 - 가. 지질주상도(변경내용 표시)
 - 나. 측량 성과표
 - 다. 횡단면도(변경내용 표시)
 - 라. 기초바닥 Mapping
 - 마. 토질시험결과
3. 터널
 - 가. 터널 지질도
 - 나. RMR Sheet(붙임 8)
 - 다. Face Mapping(붙임 9)
 - 라. 전개도 Mapping(붙임 10)

③ 현장대리인은 암판정위원이 암판정을 원활히 수행할 수 있도록 공중에 따라 평면도(암판정구간 표기), 횡단면도(설계암선 및 변경요청 암선 표기) 및 지질주상도를 암판정위원 인원수 대로 준비하여야 하며, 현장의 공종별 준비사항은 다음과 같다. 단, 암판정위원의 별도 지시가 있는 경우에는 그에 따른다.

1. 깎기부
 - 가. 측면 및 바닥 암선을 완전히 노출
 - 나. 20m마다 측점을 지표면에 표시(말뚝 또는 페인트 사용)
 - 다. 가수준점 설치
 - 라. 설계암반선을 지반선에 표시
2. 구조물 기초
 - 가. 측면 및 바닥 암선을 완전히 노출
 - 나. 가수준점 설치
 - 다. 필요시 굴착심도를 확인할 수 있도록 길이가 표시된 강봉 또는 추가 달린 줄자
3. 터널
 - 가. 암판정 위치의 측벽 또는 굴착부 암반노출

나. 암검측 구간의 측벽에 1m 간격으로 측점 표시

다. 암판정에 필요한 최소 10m 전의 검측서(막장관찰도 포함) 및 계측결과

라. 터널해석보고서 등

제5조(암판정위원회 구성 및 시행) ① 책임감리원(직감현장 주감독)은 현장대리인으로부터 암판정 요청이 있는 경우, 또는 책임감리원(직감현장 주감독)이 필요하다고 판단하여 암판정 요구를 하도록 지시한 경우, 암판정위원회를 구성·운영하여야 하며 암판정 일정계획을 수립하여 현장대리인에게 통보하고 긴급사항 또는 필요시 공사관리관에게 보고하여야 한다.

② 암판정은 특별한 사정이 없는 한 현장대리인의 요청을 접수한 날로부터 3일 이내에 시행하여야 한다. 터널의 경우 1일 이내로 개최하되, 책임감리원(직감현장 주감독)이 긴급하다고 판단한 경우에는 즉시 공사관리관에게 유선 보고하고, 긴급 조치한 후 관련자료는 암판정위원회에 제출하여 검토를 받아야 한다.

※ 긴급함이란 터널붕괴 등 위험성이 관찰된 경우

제6조(암판정 절차) ① 암판정위원회는 일정계획에 따라 다음 각 호와 같이 암판정을 수행한다.

1. 육안에 의한 현지확인, TEST(해머타격, 암반용 슈미트해머, 점하중시험) 등을 시행하여 암종류 판정 및 이에 따른 암선을 결정하고 현장에 표시하여야 한다.
2. 현장에 암선표시가 완료되면 사진촬영을 실시하여야 한다.
3. 현장에 표시된 암선의 표고를 수준측량을 실시하여 확인하여야 한다.
4. 암판정위원회는 확정된 암선을 중·횡단도에 기재한 다음 서명을 하여야 한다.
5. 암판정 시행중 현장에서 시료 또는 샘플을 채취했을 경우 검측 Sheet와 도면에 표시하고 필요시, 판정 결과를 기입하여야 하며 현장대리인으로 하여금 시료 또는 샘플에 암판정 위치와 일시 및 표고를 기재하여 보관토록 조치하여야 한다.
6. 암판정 시행 중 현장에서 암질별 샘플을 채취하여 외부시험기관(붙임 10)에 시험 위탁토록 현장대리인에게 지시한 경우 의뢰시험 결과가 접수된 다음날까지 암판정을 완료하여야 한다.
7. 터널 굴착 중 암판정위원회는 다음 자료를 참고하여야 한다.
 - 가. 최소 10m전의 검측서(막장관찰도 포함) 및 계측결과(계측관리자가 입회하여 막장관찰도 및 계측결과에 대하여 설명하여야 한다.)
 - 나. 터널해석보고서의 패턴별 터널안정해석 결과 등
 - 다. 필요시 원설계자의 지반조사 및 터널해석보고서 내용에 대한 의견을 포함
8. 암판정위원회는 암판정 기록일지(붙임 5)를 작성·유지하여야 한다.
 - 가. 일반적인 암판정 기준은 붙임.4를 적용하고, 터널 암판정은 붙임.8 RMR 분류기준 및 점수로 지질공학적분석을 하여야 한다.
 - 나. 암판정 기록일지는 토질상태(균열 등)를 포함하여 적용패턴 또는 변경 패턴에 암판정 소견을 세부적으로 기록하여야 한다

(제9조와 상충)

제7조(이의신청 심의 및 재검측) 1. 판정결과에 이의가 있는 경우 현장대리인은 결과를 통보받은 날로부터 3일 이내에 입증자료를 첨부한 이의 신청서를 책임감리원(직감현장 주감독)에게 제출하여야 한다. 단, 입증자료 준비에 상당기간이 소요될 경우 이의 신청서에 제출예정일을 명시하여 제

터널공사

출할 수 있다.

2. 암판정위원장은 이의신청이 있는 경우 특별한 사유가 없는 한 최종 입증자료 접수 후 3일 이내에 위원회를 소집, 심의하여 그 결과를 통보해야 한다. 이때 재검측 또는 시험이 필요한 경우 시공자는 재검측 등에 필요한 사항을 협조해야 하며, 재검측등에 소요되는 기간만큼 심의결과 통보 기한을 연장할 수 있다.
3. 재검측 등에 관한 절차와 구비서류는 최초의 암판정 절차에 따르되 특별한 시험 또는 검측이 필요한 경우에는 위원의 결의에 의하여 방법을 달리하여 판정할 수 있다. 판정결과에 이의가 있는 경우 현장대리인은 결과를 통보받은 날로부터 3일 이내에 입증자료를 첨부한 이의신청서를 감리단장에게 제출하여야 한다. 단, 입증자료 준비에 상당기간이 소요될 경우 이의신청서에 제출예정일을 명시하여 통보할 수 있다.

제8조(암판정결과 보고) ① 책임감리원(직감현장 주감독)은 암판정후 다음 각호에 해당되는 경우에는 암판정 결과를 지역본부장에게 보고하여야 한다.

1. 암선변경에 따라 기초공법이 변경되는 경우
2. 터널 패턴변경에 따라 보강공법이 수반되는 경우
3. 깎기부 비탈면 변경으로 증용지가 발생한 경우
4. 절리상태, 절리방향 등에 따라 비탈면 붕괴위험으로 별도의 보강공법이 필요하거나 비탈면안정해석이 필요한 경우
5. 구조적인 안정성 검토 혹은 전문기관의 안전진단이 필요한 경우

② 책임감리원(직감현장 주감독)은 암판정 결과를 지역본부장에게 다음 서류를 첨부하여 보고하여야 한다.

1. 토공구간 암판정결과 보고(깎기부 암선 변경 결과 보고)

가. 암판정 기록일지

나. 암판정위원 서명이 된 횡단면도

다. 비파괴 시험 성과표

라. 측량성과표(감리원 확인)

마. 절취비탈면 Mapping

바. 평사투영(15m이상의 암 대절토구간)

사. 사진대지

2. 구조물 기초 암선 변경시

가. 암판정 기록일지

나. 암판정보고서

다. 지질주상도(암판정위원 서명된 것)

라. 측량성과표(감리원 또는 직감독 확인)

마. 기초바닥 Mapping

바. 토질시험 결과

사. 사진대지

3. 터널 등의 암질변경시

가. 암판정보고서

나. RMR Sheet

다. Face Mapping

라. 종단 Mapping

마. 사진대지

제9조(설계변경) ① 현장대리인은 암판정 결과를 활용하여 시공계획 수립 또는 설계변경요청 등의 조치를 취할 수 있다.

② 암판정 결과를 활용하여 현장설계변경요청서(FCR)는 다음 서류를 첨부하여야 한다.

1. 현장설계변경 요청서
2. 현황도
3. 공사비증감 대비표(암선변경 및 이와 관련된 시설구조의 변경, 비탈면보호, 기초형식, 터널보강비 포함)
4. 사진대지
5. 암판정 관련서류 사본일체(암판정 결과보고서 제출된 서류는 제외)
6. 관련공문 사본
7. 동영상 파일

제10조(후속업무) 1. 모든 품질 기록은 규격 양식에 의거 보존되어야 한다.

2. 책임감리원(직감현장 주감독)은 현장대리인에게 암판정 결과를 통보한다.
3. 현장대리인은 암판정 요청서를 작성하여 책임감리원(직감현장 주감독)에게 제출한다.
4. 품질담당(시험관리자)의 감리요청이 있을 시 암질별 샘플을 채취하여 외부시험기관에 시험 위탁하고 그 결과치를 File 관리토록 한다.
5. 공사담당자가 암판정과 관련된 암판정보고서와 관련서류를 File 관리토록 한다.
6. 기타 절차는 암판정위원회의 결정에 따른다.

붙임 1. 암판정 업무흐름도

붙임 2. 암판정위원회 구성

붙임 3. 암판정 검측요청서

붙임 4. 암판정 기준

붙임 5. 암판정 기록일지

붙임 6. 암판정보고서(구조물 기초)

터널공사

붙임 7. 암판정보고서(터널)

붙임 8. RMR Sheet

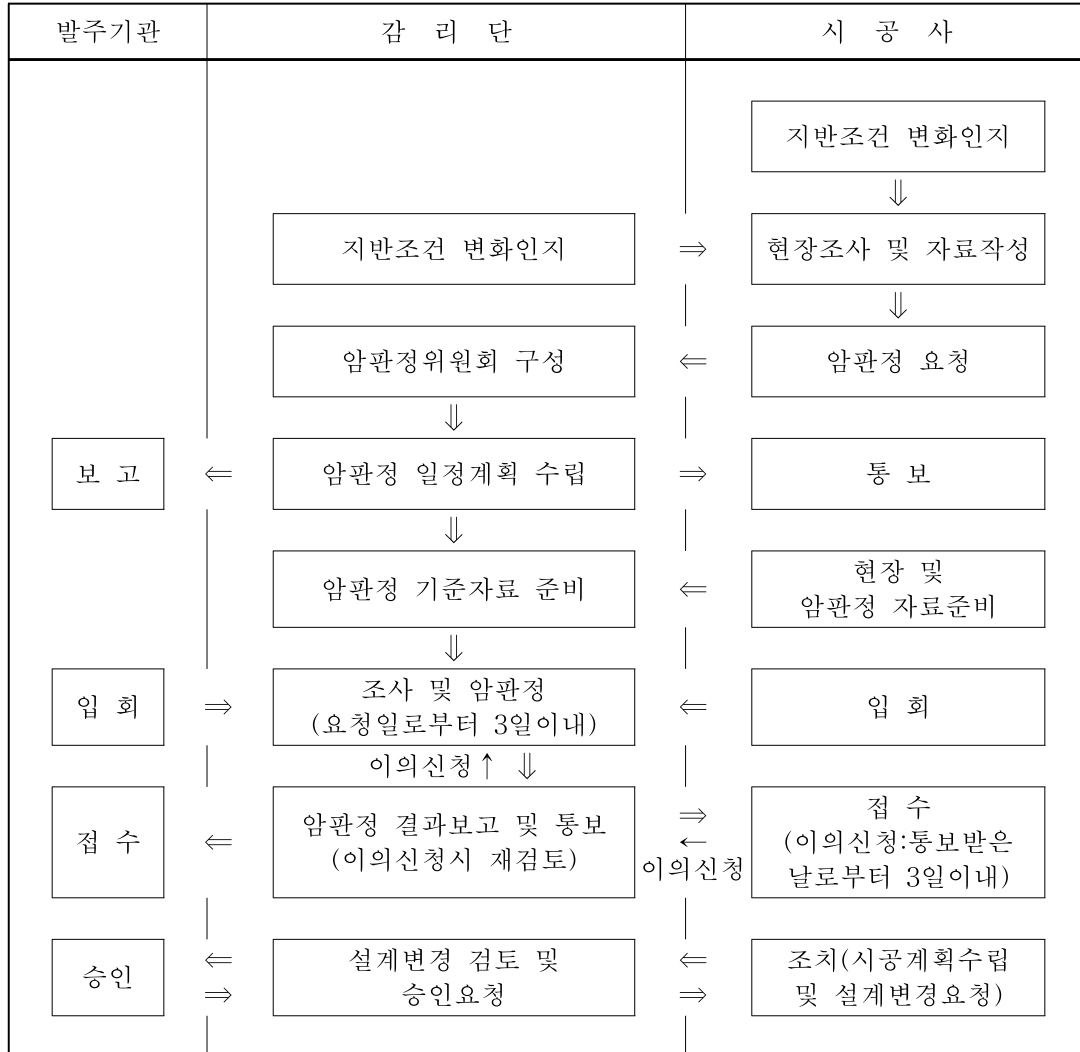
붙임 9. Face Mapping

붙임 10. 전개도 Mapping

붙임 11. 품질시험 대행공인기관

[붙임 1]

암판정 업무흐름도



[붙임 2]

암판정위원회 구성

구 분	깎기부	구조물기초	터 널
위원장	책임건설사업관리기술자(직접감독 현장 주감독)		
위 원	<ul style="list-style-type: none"> - 인접공구 건설사업관리기술자(고급 이상) 또는 직접감독 구간 감독 중 1인 - 토질 및 기초분야 또는 지질 및 지반분야 기술지원건설사업관리기술자(필요시 토질 및 기초 기술사 또는 지질 및 지반 기술사) 1인 	<ul style="list-style-type: none"> - 인접공구 건설사업관리기술자(고급 이상) 또는 직접감독 구간 감독 중 1인 - 교량분야 기술지원건설사업관리기술자(필요시 토목구조기술사) 1인 - 토질 및 기초 분야 또는 지질 및 지반분야 기술지원건설사업관리기술자(필요시 토질 및 기초기술사 또는 지질 및 지반 기술사) 1인 	<ul style="list-style-type: none"> - 인접공구 터널분야 건설사업관리기술자(고급 이상) 또는 직접감독 구간 감독 중 1인 - 해당공구 터널분야 건설사업관리기술자(고급 이상) 1인 - 토질 및 기초 또는 지질 및 지반분야 기술지원건설사업관리기술자(필요시 토질 및 기초 기술사 또는 지질 및 지반 기술사) 중 1인
입회자	공단 공사관리관(필요시), 시공사 현장대리인, 계측관리자, 원설계자(필요시)		
비고	단일공구의 경우, 발주기관 장의 승인을 받아 동등한 기술자로 대체할 수 있다.		

- ※ 1. 공종별로 동일 분야의 기술자가 2인 이상일 경우 위원장이 그 중 1인을 위원으로 지정하여 운영토록 한다.
2. 기술사라 함은 해당 기술 분야에 관한 고도의 전문지식과 실무경험에 입각한 응용능력을 보유한 사람으로서 「국가기술자격법」제10조에 따라 기술사 자격을 취득한 사람을 말한다.
3. 필요시라 함은
- 터널 : 저토피, 지질이상대, 단층대 등 취약구간에서 암판정을 할 경우
 - 구조물 기초 : 설계기초 형식의 변경(직접기초 → 파일기초)등이 필요한 경우
 - 깎기부 : 비탈면이 불안전하여 설계외의 추가 보강이 필요한 경우
 - 기타 : 책임감리원이 필요하다고 판단한 경우
4. 인접감리(직감)공구가 없을 경우 외부 토질 및 기초기술사로 대체한다.
5. 필요시 원설계자 의견 또는 참석토록 할 수 있다.

[붙임 3]

검측 요청서(Inspection Request)

발송(From) : 시공사(Constructor, Section)

수신(To) : 감리계약자(Supervision Contractor, Section)

문서번호(Ref. No) :

다음의 작업을 검측, 승인하여 주시기 바랍니다.

(You are kindly requested to check our work(s) and approval them if acceptable)

공 중(Description of Work)		
위 치(Location of Station)		
검측부위(Parts to be Checked)		
검측일자(Date of Check)		
요 청 자(Requested by)	확인자(Confirmed by)	

첨 부(Enclosed) :

서명 날자

Signature Date

현장 대리인(Site Representative of Constructor)

[붙임 3]

검측 요청서에 대한 답신(Reply to Inspection Request)

(감리 계약자로부터 시공사에게 / From Supervision Contractor to Constructor)

발송(From) : 감리 계약자(Supervision Contractor, Section)

수신(To) : 시공사(Constructor, Section)

문서번호(Ref. No) :

감리 계약자는 다음작업에 대하여 검측할 것입니다.

(Supervision Contractor shall inspect the following work)

공 중(Description of Work)		
위 치(Location of Station)		
검측부위(Parts to be Checked)		
검측일자(Date of Check)		
요 청 자(Requested by)	승인(Approved)	미승인(Not Approved)
미승인사유(Reason(s) for Non-Approval)		
답 신 자(Replied by)	확인자(Confirmed by)	

첨 부(Enclosed) :

서명 날자

Signature Date

제.... 책임감리원(직감현장 주감독)

Project Manager, Supervision Contractor, Section

[붙임 4]

암판정 기준(Standard of Rock Identification)

육안 및 현장 시험에 의한 암판정 기준 (Standard for Visual Test and Site Inspection)	구 분 (Classification)	육안식별 (Visual Inspection)	함마타격 (Hammer Impact)	슈미트 치(MPa) (Schmit value)
	풍화암 (Weathered Rock)	-균열은 많으나 점토화의 진행으로 거의 밀착상태(Many cracks, but in close adherence state due to transformation to clay) -암내부까지 풍화진행, 암의 구조 및 조직이 남아 있음(Weathering processed to inside of rock, structure and texture are still remained)	-손으로 부서짐 (Broken by hand)	50 이하 (Below 50)
	연 암 (Soft Rock)	-균열이 많이 발달 (Many cracks developed) -균열간격은 100mm 이내(Spacing of cracks are within 100mm)	-함마로 치면 가볍게 부서짐(Easily crushed with impact by hammer)	50~250
	경 암 (Hard Rock)	-균열의 발달이 적으며, 균열간격은 100mm 이상(Less developed cracks, spacing of cracks are more than 100mm) -대체로 밀착상태이나, 일부 open됨(Mostly adhered, partly opened) -대체로 신선, 균열을 따라 약간 풍화됨, 암내부는 신선함(Mostly not transformed, minor weathering transformation along the cracks, not transformed inside rock)	-함마로 치면 금속성을 내고(Making metallic sound by impact of hammer) -잘 부서지지 않으며 튀는 경향을 보임 (Not easily crushed by hammer bounce)	250 이상 (Above 250)
시험결과에 의한 암판정 기준 (Standard for Rock identification by Test Results)	구 분 (Classification)	일축압축강도(MPa) (Uni-axial Strength)	탄성파속도 (Elastic Velocity)	변형계수 (Deformation Coefficient)
	풍화암 (Weathered Rock)	50 이하(Below 50)	Below 1.2	Below 4,000
	연 암 (Soft Rock)	50 ~ 250	1.2 ~ 2.5	4,000 ~ 10,000
	경 암 (Hard Rock)	250 이상(Above 250)	Above 2.5	Above 10,000

주(Note) : 본 기준은 일반적인 분류기준 제시안임.

[붙임 5]

암판정 기록일지(Rock Identification Record)

일 시(Date)			장 소(Place)		
공구별(Section)	○○철도(KHSR) 제 공구(Section)				
도급회사 (Company)			책임감리원(S.I.C)		
위 치(STA.)	km ~ km (m)				
RockIdentification					
암판정 (Rock Identification)	결정암(Identification).....위원장(HeadofCommittee).....				
구분(Classification)	풍화암 (Weathered Rock)	연암 (SoftRock)	경암 (HardRock)	소속및직위 (Positionand Org.)	성명 (Name)
위원(Member)					
위원(Member)					
위원(Member)					
위원(Member)					
위원(Member)					
참석대상인원(No. ofPersonsto Attend)	명(No.)	참석인원 (No.of Attendees)	명(No.)	불참인원 (Absentees)	
주요공법결정(DecisiononMajorMethod)					
작성자 (Preparedby)	책임감리원(S.I.C) 또는 주감독(KR.S.S)		서명 Signature	일자 Date	

터널공사

[붙임 6]

○○철도 제.....공구 노반신설기타공사

Section.....New Subbase and Appurtenant Construction, KHSR Consturction.

암판정보고서(구조물 기초)

Rock Identification Report for Structural Foundation

공구 (Section)	구조물 명 (Title of Structure)	부위 (Position)	표고(Elevation)		설계기초, 암반종류 (Design Foundation, Rock Type)	설계분류, 암반종류 (Design Classification, Rock Type)
			당초 (Original)	변경 (Changed)		

[붙임 7]

○○철도 제.....공구 노반신설기타공사

Section.....New Subbase and Appurtenant Construction, KHSR Consturction.

암판정보고서(터널)

Rock Identification Report for Tunnel

터널 명 (Title of Tunnel)	위치 (Location)	굴착 패턴(Excavation Pattern)		비고 (Remark)
		설계굴착패턴 (Designed Excavation Pattern)	변경굴착패턴 (Changed Excavation Pattern)	

[붙임 8]

(1) RMR 분류 기준 및 점수

분 류 방 법			값 의 범 위						
1	Intact rock 강도 (MPa)	Point load 강도지수	> 10	4~10	2~4	1~2	일축압축 강도만 적용		
		일축 압축 강도	> 250	100~250	50~100	25~50	10~25	3~10	< 3
	점 수		15	12	7	4	2	1	0
2	RQD(%)		90~100	75~90	50~75	25~50	< 25		
	점 수		20	17	13	8	3		
3	절리면의 간격		> 2m	0.6~2m	0.2~0.6m	60~200mm	< 60mm		
	점 수		20	15	10	8	5		
4	절리면상태	연장길이(m)	< 1	1 ~ 3	3 ~ 10	10 ~ 20	> 20		
		점수	6	4	2	1	0		
		분리폭(mm)	밀착	< 0.1	0.1~ 1.0	1 ~ 5	> 5		
		점수	6	5	4	1	0		
		거칠기	매우거칠	거칠	약간거칠	매끄러움	아주매끄러움		
		점수	6	5	3	1	0		
		충진물 두께(mm)	없음	견고 < 5	견고 > 5	연약 < 5	연약충진물 >5		
		점수	6	4	2	2	0		
		풍화도	신선함	약간풍화	중간풍화	심한풍화	완전풍화		
		점수	6	5	3	1	0		
5	지하수	터널길이 10m당 유입량	없음	<10 (ℓ/분)	10~25 (ℓ/분)	25~125 (ℓ/분)	125 (ℓ/분)		
		절리수압 최대주응력의 비	0	< 0.1	0.1~ 0.2	0.2~0.5	> 0.5		
		건습상태	완전건조	축축함	젖어 있음	물방울이 떨어짐	물이 흐름		
		점 수	15	10	7	4	0		

터널공사

(2) 절리방향에 따른 점수 보정표

절리의 주향과 경사		매우유리	유 리	양 호	불 리	불 리
점 수	터 널	0	-2	-5	-10	-12
	기 초	0	-2	-7	-15	-25
	비탈면	0	-5	-25	-50	-60

(3) RMR분류 점수에 의한 암반 구분

점 수	81~100	61~80	41~60	21~40	< 20
등 급	I	II	III	IV	V
상 태	매우우수	우수	양호	불량	매우불량

(4) 암반 등급의 의미

등 급	I	II	III	IV	V
평균 유지 기간	15m 경간으로 20년	10m 경간으로 1년	5m 경간으로 1주일	2.5m 경간으로 10시간	1m 경간으로 30분
암반의 점착력 (t/m ²)	> 40	30~40	20~30	10~20	< 10
마찰각(ϕ)	> 45°	35~45°	25~35°	15~25°	< 15°

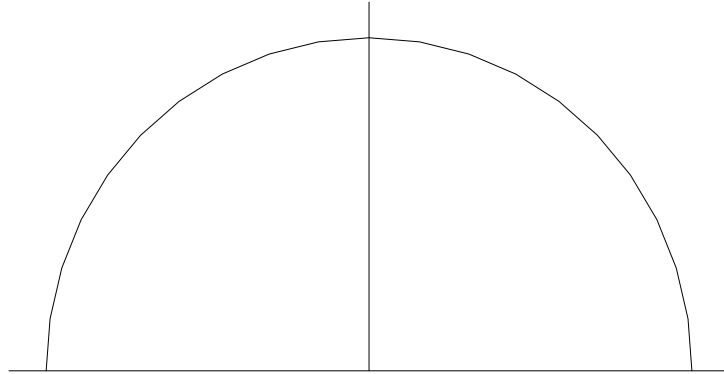
(5) 굴진 방향에 대한 불연속면의 주향과 경사의 효과

주향이 터널 방향과 수직인 경우				주향이 터널방향과 평행인 경우		주향과 무관한 경우
Drive with dip		Drive against dip				
경사각 45~90°	경사각 20~45°	경사각 45~90°	경사각 20~45°	경사각 45~90°	경사각 20~45°	경사각 20°이하
매우유리	유 리	양 호	불 리	매우불리	양 호	양 호

[붙임 9]

Face Mapping

Sketch :



Group of joints 절리군	P1	P2	P3
Direction of joints 절리방향			

Description :

설명

Ground water :

용출수상태

Major observation :

주요관찰

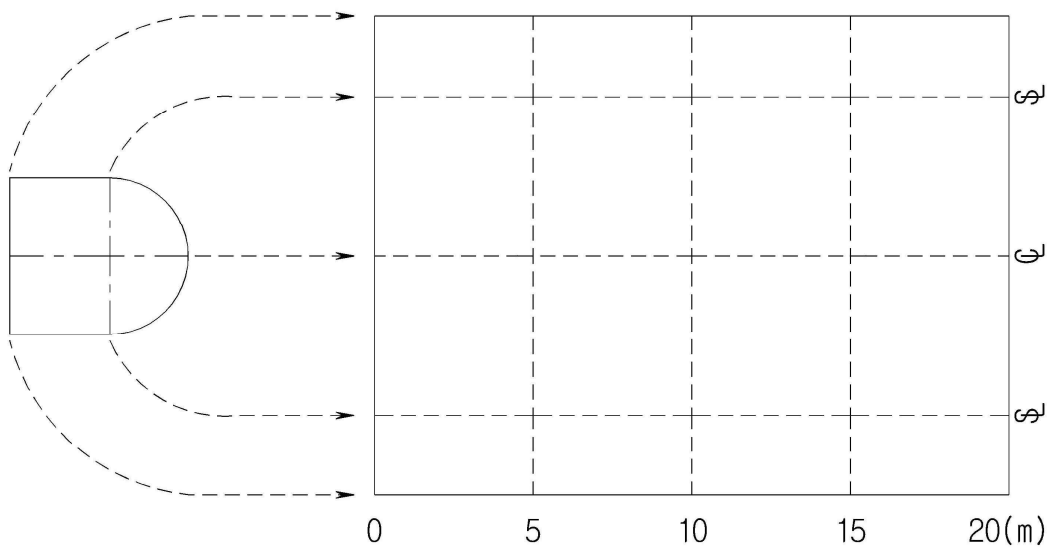
Constructor Attendance 시공사 점검		Supervision Attendance 감리원 검측		Section chief confirmation 공구장 확인	
Supervision Co mments 감리원 검토의견					

터널공사

[붙임 10]

전개도 Mapping

Sketch :



Description :

설명

Ground water :

용출수상태

Major observation :

주요관찰

Constructor Attendance 시공사 점검		Supervision Attendance 감리원 검측		Section chief confirmation 공구장 확인	
Supervision Co mments 감리원 검토의견					

[붙임 11]

품질시험대행 공인시험기관(Outside Laboratory)

- 국토교통부 지방국토관리청 및 제주개발건설사무소
- 중소기업청 지방중소기업청 · 지방중소기업사무소, 기술표준원 및 한국세라믹기술원
- 시 · 도의 건설시험분야 시험소 및 사업소
- 국방전자조달
- 조달청 품질관리단
- 지방해양항만청
- 국 · 공립대학이 설립한 건설시험관련 연구소
- 한국철도시설공단 품질인증센터

터널공사

집필위원	분야	성명	소속	직급
제정(2011년)	사업책임자	유호식	(주)유신	부회장
	총괄간사	황선근	한국철도기술연구원	책임연구원
	철도분야간사	김동희	(주)도화엔지니어링	부회장
	구조분야간사	박성국	수성엔지니어링	부사장
	제1장 총칙	김동희	(주)도화엔지니어링	부회장
		유호식	(주)유신	부회장
	제2장 공사환경 및 안전관리	전서용	(주)일신이앤씨	부사장
	제3장 측량 및 지반조사	강휴택	(주)동부엔지니어링	전무
		고태훈	한국철도기술연구원	선임연구원
		김기석	(주)희송지오테크	대표이사
		김홍택	홍익대학교	교수
		남순성	(주)이제이텍	회장
		목영진	경희대학교	교수
		백세환	도화지질	대표이사
		이우진	고려대학교	교수
		이창경	군산대학교	교수
	제4장 토공사	구기욱	(주)선진엔지니어링	부사장
		구용희	(주)서영엔지니어링	부사장
		김경모	보강기술(주)	연구소장
		박종면	(주)지승컨설팅트	대표이사
		이봉렬	(주)시지이앤씨	전무
		이성진	한국철도기술연구원	선임연구원
		이승래	KAIST	교수
		장찬수	(주)지오그룹이엔지	회장
		채영수	수원대학교	교수
		최찬용	한국철도기술연구원	선임연구원
		황선근	한국철도기술연구원	책임연구원
	제5장 구조물 기초공사	김범주	동국대학교	교수
		남현우	(주)서영엔지니어링	전무
		이수형	한국철도기술연구원	선임연구원
		이원제	로드테스트코리아	대표이사
		이장덕	(주)파일테크	전무
		이재환	(주)서영엔지니어링	부장
		정상섬	연세대학교	교수
		조천환	삼성건설	지반마스타

집필위원	분야	성명	소속	직급
제정(2011년)	제6장 콘크리트 공사	김은겸 박성국 정해문	서울과학기술대학교 수성엔지니어링 한국도로공사	교수 부사장 수석연구원
	제7장 구교 및 배수공사	김남훈 유양규 임영수	(주)서영엔지니어링 태평이앤씨 (주)서영엔지니어링	상무 대표이사 전무
	제8장 강교 제작 및 가설	김선원 김우종 박영석 배두병 이창근 정경섭 조재병 주환중 황원섭	BNSE 엔지니어 (주)DM엔지니어링 명지대학교 국민대학교 한국도로공사 충북대학교 경기대학교 (주)교량과고속철도 인하대학교	대표이사 대표이사 교수 교수 차장 교수 교수 대표이사 교수
	제9장 콘크리트 교량공사	김은겸 김형목 방윤석 변윤주 서석구 정휘석	서울과학기술대학교 (주)대한컨설팅 전무이사 (주)동부엔지니어링 (주)동호 (주)서영엔지니어링 (주)유신	교수 전무이사 전무이사 부사장 부사장 부사장
	제10장 터널공사	김승렬 문상조 박광준 박인준 신희순 유광호 이준석 전석원 정경환 황제돈	(주)에스코컨설팅 (주)유신 (주)대정컨설팅 한서대학교 한국지질자원연구원 수원대학교 한국철도기술연구원 서울대학교 동아지질 (주)에스코컨설팅	대표이사 부사장 대표이사 교수 책임연구원 교수 책임연구원 교수 대표이사 사장
	제11장 정거장 공사	이덕영	(주)유신	부사장
	제12장 운행선 근접공사	전서용	(주)일신이앤씨	부사장
	제13장 기타공사	구기욱	(주)선진엔지니어링	부사장

터널공사

장별 집필위원	분야	성명	분야	성명
제정(2011년)	제1장 총칙	김동희	제5장 구조물 기초공사	조천환
	1-1 공사일반	김동희, 유호식	5-1 기초공사 일반	조천환, 정상섭
	1-2 공사관리	김동희, 유호식	5-2 공사준비	조천환, 정상섭
			5-3 얇은기초	이수형, 이장덕
	제2장 공사환경 및 안전관리	전서용	5-4 기성말뚝기초	이원제, 김범주
	2-1 환경관리	전서용	5-5 현장타설말뚝기초	이재환, 남현우
	2-2 안전관리	전서용		
	제3장 측량 및 지반조사	김홍택	제6장 콘크리트 공사	김은겸
	3-1 측량	이창경	6-1 콘크리트 공사 일반	박성국, 정해문
	3-2 지반조사	김홍택, 김기석	6-2 일반콘크리트	박성국, 정해문
		강휴택, 고태훈	6-3 철근의 가공 및 조립	박성국
		남순성, 백세환	6-4 거푸집 및 동바리	박성국
		목영진, 이우진	6-5 매스콘크리트	정해문
			6-6 서중콘크리트	정해문
			6-7 한중콘크리트	정해문
			6-8 고유동 콘크리트	정해문
	제4장 토공사	채영수	6-9 고강도 콘크리트	정해문
	4-1 토공사 일반	구웅희	6-10 수중콘크리트	정해문
	4-2 공사준비	구웅희	6-11 숏크리트	김은겸
	4-3 쌓기	최찬용, 황선근	6-12 프리스트레스트 콘크리트	김은겸
	4-4 깎기	이승래	6-13 합성콘크리트 구조	김은겸
	4-5 흙다지기	구기욱	6-14 공장제품	김은겸
	4-6 구조물 접속부	구기욱		
	4-7 보강토 옹벽공사	김경모	제7장 구교 및 배수공사	임영수
	4-8 옹벽공사	박종면, 이봉열	7-1 공사일반	임영수
	4-9 가설 흙막이 공사	장찬수, 이봉열	7-2 공사준비	김남훈
	4-10 비탈면 보호공사	이성진	7-3 철근콘크리트 구교공사	김남훈
	4-11 연약지반처리	채영수	7-4 배수구조물공사	유양규

장별 집필위원	분야	성명	분야	성명
제정(2011년)	제8장 강교 제작 및 가설	박영석	제11장 정거장 공사	이덕영
	8-1 제작 일반	박영석	11-1 정거장공사 일반	이덕영
	8-2 강재	정경섭	11-2 공사준비	이덕영
	8-3 제작	배두병	11-3 정거장 부지조성공사	이덕영
	8-4 용접	조재병, 황원섭	11-4 정거장 개량공사	이덕영
	8-5 볼트접합	조재병	11-5 고가 정거장	이덕영
	8-6 강교도장	조재병, 이창근	11-6 지하정거장	이덕영
	8-7 조립 및 설치	김우중, 주환중	11-7 승강장	이덕영
	8-8 상부 슬래브	김선원	11-8 포장	이덕영
			11-9 화물적하장	이덕영
	제9장 콘크리트 교량공사	심종성	11-10 여객통로	이덕영
	9-1 교량상부 가설공법	정휘석, 방윤석 서석구	11-11 역광장	이덕영
	9-2 교량부속시설공사	변운주		
	9-3 교량하부공사	김은겸, 김형목	제12장 운행선 근접공사	전서용
			12-1 운행선 근접공사	전서용
	제10장 터널공사	김승렬	12-2 공사준비	전서용
	10-1 총칙	김승렬	12-3 방호설비	전서용
	10-2 시공계획	황제돈	12-4 지하매설물	전서용
	10-3 조사 및 측량	신희순	12-5 건축한계	전서용
	10-4 터널굴착	박광준	12-6 전철구간 고압전선	전서용
	10-5 터널지보재	문상조	12-7 운행선근접 토공사	전서용
	10-6 콘크리트라이닝	이준석	12-8 운행선근접 교량공사	전서용
	10-7 배수 및 방수	유광호	12-9 터널근접공사	전서용
	10-8 보조공법	박광준	12-10 사고시 긴급조치	전서용
	10-9 터널계측	박인준		
	10-10 갱구부, 연직갱 및 경사갱	전석원	제13장 기타공사	구기욱
	10-11 TBM 터널	정경환	13-1 방음벽	구기욱
	10-12 개착터널	황제돈	13-2 전기설비 부대공사	구기욱
			13-3 포장공사	구기욱

터널공사

집필위원	분야	성명	소속	직급
개정(2013년)	사업책임자	김병석	한국건설기술연구원	선임본부장
	분야연계조정	김수삼	LH공사 토지주택연구원	원장
	총괄간사	강재윤	한국건설기술연구원	수석연구원
	노반분야	사공명	한국철도기술연구원	책임연구원
		이성혁	한국철도기술연구원	책임연구원
		이진욱	한국철도기술연구원	책임연구원
	교량분야	김병석	한국건설기술연구원	선임본부장
		곽종원	한국건설기술연구원	연구위원
		박성용	한국건설기술연구원	연구위원
		강재윤	한국건설기술연구원	수석연구원
		곽임종	한국건설기술연구원	수석연구원
		조근희	한국건설기술연구원	수석연구원
		진원중	한국건설기술연구원	수석연구원
		윤희진	한국건설기술연구원	전임연구원
		김성일	한국철도기술연구원	책임연구원
	터널분야	이성원	한국건설기술연구원	연구위원
		백용	한국건설기술연구원	연구위원
		김창용	한국건설기술연구원	연구위원
		김진환	한국건설기술연구원	전임연구원
		류혜림	한국건설기술연구원	전임연구원
		김선흥	(주)유신	상무
		김기림	(주)유신	부장
		백종현	신발파기술사사무소	사장
		한동훈	신발파기술사사무소	이사
제정(2018년)	통합코드 편집	황선근	한국철도기술연구원	책임연구원
	통합코드 편집	표석훈	한국철도기술연구원	선임연구원

자문위원	분야	성명	소속
제정(2011년)	총칙, 공사환경 및 안전관리	고동춘	서현기술단
		김봉섭	국토교통부
	측량 및 지반조사	김기창	현대건설
		한춘득	한국해양과학기술
	토공사	정재민	코오롱건설
	기타공사	최승룡	동부엔지니어링
	구조물 기초공사	권순섭	남광토건
		정현철	에스코아이에스티
	콘크리트공사	고영만	하이콘엔지니어링
		손희중	(주)도화엔지니어링
	구교 및 배수공사	김대상	한국철도기술연구원
		김종수	평산에스아이
	강교 제작 및 가설	오민수	청석엔지니어링
		이희현	CTC
	콘크리트 교량공사	강윤식	선구엔지니어링
		김선곤	현대산업개발
	터널공사	김경호	한진중공업
		김승철	삼성건설
	정거장 공사 운행선 근접공사	모충선	한국철도공사
		최훈주	유신코퍼레이션
개정(2013년)	노반분야	강보순	배재대학교
		권순섭	남광토건
		나상주	서현기술단
		목영진	경희대학교
		배용득	동명기술공단
		신민호	한국철도기술연구원
	교량분야	강형택	한국도로공사
		김남일	벽산엔지니어링
		김동희	도화엔지니어링
		김연태	서울과학기술대학교
		박용걸	서울과학기술대학교
		방운석	동부엔지니어링
		배두병	국민대학교
		배용득	동명기술공단
		변형균	BN테크대표
		서석구	서영엔지니어링
		엄영호	동명기술공단

터널공사

자문위원	분야	성명	소속
개정(2013년)	교량분야	정찬묵	우송대학교
		정휘석	(주)유신
		조국환	서울과학기술대학교
		한영철	신성엔지니어링
	터널분야	김양균	코오롱건설
		김오경	동부건설
		양형식	전남대학교
		이용기	제일엔지니어링
		이재국	경동기술공사
		정명근	에스코컨설팅
		최형빈	하이enc
	노반분야	구웅희	서영엔지니어링
		이진욱	한국철도기술연구원
		황선근	한국철도기술연구원
개정(2015년)	교량분야	배강민	동명기술공단
		성근열	케이알티씨
		이승원	경북대학교
		이재훈	영남대학교
		유성원	우석대학교
		최홍식	충청대학교
	터널분야	김삼환	호서대학교
		김홍문	평화엔지니어링
	방수분야	김영근	한국건설생활환경시험연구원
		이병덕	도로교통연구원
		이용종	쌍용양회기술연구소

중앙건설기술심의위원회	성명	소속
제정(2011년)	박용결	서울과학기술대학교
	신민호	한국철도기술연구원
	정찬목	우송대학교
	엄영호	동명
	이상희	(주)EDCM
	성배경	일신하이텍
	유성진	동남이엔씨
	김영덕	관동대
개정(2013년)	권순섭	(주)선구엔지니어링
	나상주	(주) 서현기술단
	황선근	한국철도기술연구원
	차철준	한국시설안전공단
	주영해	한국토지주택공사
	김숙자	계룡시청
	안상로	한국시설안전공단
	유경수	(주)동명기술공단
	김동춘	한국산업안전보건공단
개정(2015년)	이한승	한양대학교
	박의수	희림종합건축
	진상윤	성균관대학교
	성순경	가천대학교
	김승철	(주)한화건설
	김만철	한국철도기술연구원
	이동호	한국철도시설공단

국토교통부	성명	소속	직책
제정(2011년)	이상철		간설철도과장
	이인식		공업사무관

터널공사

국토교통부	성명	소속	직책
개정(2013년)	백승근	기술기준과	기술기준과장
	김광진	기술기준과	기술기준과 시설사무관
	강성안	기술기준과	기술기준과 주무관
	고용석	철도건설과	철도건설과장
	김성환	철도건설과	철도건설과 시설사무관
	조병준	철도건설과	철도건설과 주무관
개정(2015년)	정선우	기술기준과	기술기준과장
	김병채	기술기준과	기술기준과 사무관
	박찬현	기술기준과	기술기준과 주무관
	고용석	철도건설과	철도건설과장
	임승규	철도건설과	철도건설과 사무관
	정광성	철도건설과	철도건설과 주무관

철도건설공사 전문시방서
KRACS 47 10 70 : 2018

터널공사

2018년 11월 일 발행

국토교통부

관련단체 한국철도시설공단
34618 대전광역시 동구 중앙로 242 한국철도시설공단
☎ 1588-7270
<http://www.krnetwork.or.kr>

(작성기관) 한국철도기술연구원
16105 경기도 의왕시 철도박물관로 176 한국철도기술연구원
☎ 031-460-5000
<http://www.krri.re.kr>

국가건설기준센터
10223 경기도 고양시 일산서구 고양대로 283(대화동)
☎ 031-910-0444 E-mail : kcsc@kict.re.kr
<http://www.kcsc.re.kr>