KCS 27 00 00 : 2018

터널공사

2018년 8월 3일 개정

http://www.kcsc.re.kr

KC CODE

국토교통부

터널공사기준 체계

KCS 27 10 00 터널공사 일반	
KCS 27 10 05 터널공사 개요	`18.08
KCS 27 10 10 시공계획	`18.08
KCS 27 10 15 조사 및 측량	`18.08
KCS 27 20 00 터널 굴착	`18.08
KCS 27 25 00 TBM	`18.08
KCS 27 30 00 터널지보재	`18.08
KCS 27 40 00 터널 라이닝	
KCS 27 40 05 현장타설 라이닝	`18.08
KCS 27 40 10 세그먼트 라이닝	`18.08
KCS 27 50 00 터널 보강 및 안정	
KCS 27 50 05 배수 및 방수	`18.08
KCS 27 50 10 계측	`18.08
KCS 27 50 15 보조공법	`18.08
KCS 27 60 00 작업환경	`18.08

KCS 27 10 05 : 2023

터널공사 일반

2023년 9월 12일 개정
http://www.kcsc.re.kr

KC CODE

국토교통부

건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

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

건설기준 연혁

- 이 기준은 건설기준 코드체계 전환에 따라 기존 건설기준(설계기준, 표준시방서) 간 중복·상충을 비교 검토하여 코드로 통합 정비하였다.

- 이 기준은 기존의 터널표준시방서를 중심으로 도로공사표준시방서, 공동구 표준시방서, 도시철도(지하철)공사표준시방서, 하천공사표준시방서, 상수도공사 표준시방서, 하수관거공사 표준시방서 등의 터널공사 개요에 해당하는 부분을 통합 정비하여 기준으로 제정한 것으로 제·개정 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요 내용	제정 또는 개정 (년월일)
터널공사표준시방서 및 동해설	• 산악지대에 건설되는 터널공사의 조사, 설계, 시공관련 설계의 일반 방침, 기준	제정 (1975.3)
터널공사 표준시방서	• 조사편에 노선계획, 공사계획 추가 • 설계편에 하중, 동바리공의 본문 및 해설 추가 • 시공편에 안전위생, 기계굴착 등 추가 • 시공법 및 시공 방식 현대화 • 사갱, 수직갱 신설 • NATM 공법 표준사항 신설	개정 (1985.12)
터널표준시방서	• 일반시방서로 개편 및 해설부분 생략 • 국내 용어 및 서술형식 적용	개정 (1996.5)
터널표준시방서	• 터널설계기준과 터널표준시방서 분리, 개편, 보완	개정 (1999.4)
터널표준시방서	• 최신 설계 및 시공기술, 신자재 반영 • 환경친화적인 터널건설을 위한 기준 보완 • 시공중 터널 붕락 등 재난에 대비한 시공관리 강화	개정 (2009.1)
터널표준시방서	• 기술·환경성 향상 및 품질확보를 위한 기술반영 • 굴착현장 붕괴사고 방지 및 사회적 관심 사항 반영 • 타 기준과의 상충내용 정비 • 연구성과 반영 및 관련 민원 해소	개정 (2015.2)
KCS 27 10 05 : 2016	• 건설기준의 효율적인 관리를 위한 건설기준(설계코드 KDS, 시방코드 KCS)을 제정	제정 (2016.6)
KCS 27 10 05 : 2018	• 한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함	수정 (2018.7)
KCS 27 10 05 : 2023	• 국가건설기준 코드 작성 지침에 따라 개정	개정 (2023.7)

제　　정 : 2016년 6월 30일	개　　정 : 2023년 9월 12일
심　　의 : 중앙건설기술심의위원회	자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회
소관부서 : 국토교통부 도로건설과	
관련단체 : 한국터널지하공간학회	작성기관 : 한국터널지하공간학회

- 국토교통부장관은「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」에 따라 고시일을 기준으로 매 3년이 되는 시점마다 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 하여야 한다.

목 차

1. 일반사항 ····· 1
1.1 적용 범위 ····· 1
1.2 참고 기준 ····· 1
1.2.1 관련 법규 ····· 1
1.2.2 관련 기준 ····· 2
1.3 용어의 정의 ····· 2
1.4 지급자재 ····· 9
1.5 시스템 설명 ····· 9
1.6 시스템 허용오차 ····· 9
1.7 제출물 ····· 9

2. 자재 ····· 9
2.1 재료 ····· 9

3. 시공 ····· 9

1. 일반사항

1.1 적용범위

(1) 이 기준은 터널공사의 일반사항, 재료, 시공 및 품질기준에 적용한다.

(2) 이 기준의 규정을 기준으로 하여 해당 터널공사를 위한 공사 시방서를 작성하여야 한다. 이 경우 이 기준의 내용을 준용하거나 해당 공사에 적합하도록 수정 또는 가감하여 세부내용을 작성할 수 있다.

(3) 이 기준에서 규정한 내용과 해당 공사시방서에서 규정한 내용이 서로 상이할 경우에는 해당 공사시방서의 규정 내용이 우선한다.

(4) 이 기준은 터널의 시공과정에 필요한 전기, 설비분야 등의 기본사항을 포함하며 이 이외의 사항은 관련 기준에서 정하는 바를 따른다.

1.2 참고 기준

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

1.2.1 관련 법규

- 환경오염 방지 및 환경보전 관계: 대기환경보전법, 자연환경보전법, 자연공원법, 산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률, 야생동물 보호 및 관리에 관한 법률, 소음·진동관리법, 수질 및 수생태계 보전에 관한 법률, 해양환경관리법, 수도법, 하수도법, 광업법, 지하수법, 철도건설법, 폐기물관리법 및 건설폐기물의 재활용촉진에 관한 법률, 토양환경보전법, 환경정책기본법, 환경영향평가법 등
- 재해방지 관계: 사방사업법, 농어업재해대책법, 자연재해대책법, 재난 및 안전관리 기본법, 지하안전관리에 관한 특별법, 지진·화산재해대책법, 소방기본법 등
- 국토개발 관계: 국토기본법, 국토의 계획 및 이용에 관한 법률, 택지개발촉진법, 공공주택특별법 등
- 하천 관계: 하천법, 공유수면 관리 및 매립에 관한 법률, 지하수법, 온천법 등
- 도시계획 관계: 국토의 계획 및 이용에 관한 법률, 도시공원 및 녹지 등에 관한 법률 등
- 도로 및 교통 관계: 도로법, 철도건설법, 도시철도법 등
- 군사 관계: 군사기밀보호법, 군사기지 및 군사시설보호법 등
- 문화재 관계: 문화재보호법 등
- 안전보건 관계: 시설물의 안전관리에 관한 특별법, 건설기술 진흥법, 산업안전보건법, 철도안전법 등
- 위험물 관계: 총포·도검·화약류 등의 안전관리에 관한 법률 등
- 관련 규칙: 도시철도건설규칙, 철도건설규칙, 철도시설 안전기준에 관한 규칙, 도로의 구조

시설기준에 관한 규칙, 대기환경보전법 시행규칙, 총포·도검·화약류 등의 안전관리에 관한 법률 시행규칙 등

1.2.2 관련 기준

- KCS 10 50 10 건설 계측공사
- KCS 11 10 00 지반공사 일반
- KCS 11 50 00 기초공사
- KCS 11 60 00 앵커공사
- KCS 11 70 00 비탈면보강공사
- KCS 11 73 00 비탈면 보호공사
- KCS 11 75 00 낙석・토석 대책시설
- KCS 11 80 00 옹벽공사
- KCS 14 20 00 콘크리트공사
- KCS 21 00 00 가설공사
- KCS 34 00 00 조경공사
- KCS 44 00 00 도로공사
- KCS 47 00 00 철도공사
- KCS 57 00 00 상수도공사
- KCS 61 00 00 하수관로공사
- KS C 3703 터널 조명 기준
- KS D 3503 일반 구조용 압연 강재
- KS D 3504 철근 콘크리트용 봉강
- KS D 7017 용접 철망 및 철근 격자
- KS D 5201 포틀랜드시멘트
- KS F 2402 콘크리트의 슬럼프 시험 방법
- KS F 2405 콘크리트 압축 강도 시험 방법
- KS F 2408 콘크리트의 휨 강도 시험 방법
- KS F 2422 콘크리트에서 절취한 코아 및 보의 강도 시험방법
- KS F 2426 주입 모르타르의 압축 강도 시험 방법
- KS F 2432 주입 모르타르의 컨시스턴시 시험 방법
- KS F 2577 숏크리트용 재료
- KS F 2781 강섬유 보강 습식 숏크리트
- KS F 2782 숏크리트용 급결제

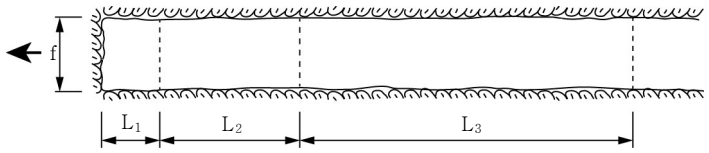
1.3 용어의 정의

- 가인버트(Temporary invert) : 굴착에 따른 지반변위를 억제할 목적으로 터널 바닥부에 설치하는 단면폐합용 임시 지보부재.
- 각부보강(Elephant foot) : 지보공 각부의 지반 지지력을 보강하기 위한 대책으로서 일반적

으로는 지지면적의 확대, 하향으로의 록볼트나 파일 등을 설치하는 것.

- 강섬유보강 숏크리트(Steel fiber reinforced shotcrete) : 숏크리트의 인성(Toughness)을 증가시키기 위하여 강섬유(Steel fiber)를 혼합하여 타설하는 숏크리트.
- 개방형TBM(Open TBM) : 무지보 상태에서 기기전면에 장착된 커터의 회전과 주변 암반으로부터 추진력을 얻어 터널 전단면을 절삭 또는 파쇄하여 굴진하는 터널굴착기계.
- 경사(Dip) : 주향(Strike)과 직각을 이루는 지질구조면(층리면, 단층면, 절리면 등의 불연속면)의 기울어진 방향과 수평면이 이루는 사잇각.
- 계측(Monitoring) : 터널굴착에 따른 굴착면, 주변 지반, 주변 구조물 및 각 지보재의 변위 또는 응력 등의 절댓값이나 시간대별 변화를 측정하는 방법 또는 그 행위.
- 공기시험기(Air tester) : 공기압을 이용하여 방수막의 이음상태를 확인하는 시험기기.
- 굴진율(Advance rate) : 기계식 굴착장비의 단위시간당 굴진장을 말하며, 굴진장을 굴진시간(작업시간, 휴식시간 등을 모두 포함)으로 나누어 산정.
- 굴착공법(Excavation method) : 막장면(굴진면) 또는 터널굴착방향 굴착계획을 총칭하는 것으로서 크게 전단면굴착공법, 수평분할굴착공법, 연직분할굴착공법, 선진도갱굴착공법으로 구분.
- 굴착방법(Methods of tunnel construction) : 지반을 굴착하는 수단을 말하며 인력굴착, 기계굴착, 파쇄굴착 및 발파굴착 방법 등이 있음.
- 기계굴착(Mechanical excavation) : 쇼벨, 로드헤더, 브레이커, 굴착기, 전단면 터널굴착기계(TBM) 등을 이용하여 터널을 굴착하는 방식.
- 내공변위량(Internal displacement) : 터널굴착으로 발생하는 터널 내공의 변화량을 말하며, 통상 내공단면의 축소량을 양(+)의 값으로 정함.
- 뇌관(Detonator) : 화약류를 폭발시키기 위해 사용되는 기폭약 또는 첨장약이 장전된 관체.
- 다단발파 방법(Sequential blasting method) : 발파 시 진동의 크기를 감소시킬 목적으로 시간차를 둔 뇌관 또는 발파기(점화기)를 사용하여 발파영역을 수 개의 소 영역으로 분할하여 순차적으로 발파하는 방법.
- 디스크커터(Disk cutter) : TBM 등의 기계굴착기에 부착되어 회전력과 압축력에 의하여 암반을 압쇄시키는 원반형의 커터.
- 로드헤더(Roadheader) : 다수의 피크(Pick)가 부착된 컷팅헤드(Cutting head)로 암석을 절삭하여 암석 및 광물을 굴착하는 장비로, 전기유압 동력부, 커팅헤드, 붐(Boom), 버력이송 배출장치, 자체이동이 가능한 하부체를 모두 갖추고 있는 완성차.
- 록볼트(Rock bolt) : 지반 중에 정착되어 지반을 보강하거나 변위를 구속하여 지반의 지내력을 증가시키는 막대기 모양의 부재.
- 록볼트 사전인발시험(Rock bolt pre-pull-out test, pre-proof test) : 록볼트의 시공 품질관리를 위한 평가기준인 인발내력을 결정하기 위해 터널 굴착 초기에 수행하는 록볼트 인발시험.
- 록볼트 인발시험(Rock bolt pull-out test, proof test) : 록볼트의 인발내력을 평가하기 위한 시험.
- 록볼트 축력(Rock bolt axial force) : 지반에 설치된 록볼트에 발생하는 축방향 하중.

- 롤링(Rolling) : TBM 장비의 회전축을 중심으로 회전방향과 회전반대방향으로 번갈아가며 장비가 요동하는 현상.
- 막장면(굴진면, Tunnel face) : 터널 굴진방향의 굴착면을 말하며, 굴착작업이 주체적으로 실시되는 막장면(굴진면) 후방의 20~30 m 구간을 막장부(굴착부, 굴진구역과 굴착구역을 포함한 구간)라고 칭함. 여기서 굴진구역은 현재 시공의 영향을 받아 지중응력 재분배가 이루어지는 구역이며 굴착구역은 응력 재분배가 대부분 진행되었거나 완료되어 시공의 영향이 작은 구역을 말함.



(f: **막장면(굴진면)**, L_1: 굴진구역, L_2: 굴착구역, L_3: 후방구역)

그림 1.3-1 막장면(굴진면)과 막장부(굴착부)

- 무라이닝 터널(Unlined tunnel) : 원지반의 자립력 또는 1차지보재만으로 충분한 안정성 확보가 가능하여 콘크리트라이닝을 적용하지 않는 터널.
- 물리탐사(Geo-physical investigation) : 지층구성 요소의 물리적 특성 차이를 이용하여 지질이나 암체의 종류, 성상 및 구조를 조사하는 방법으로써 탄성파탐사, 전기비저항탐사, 중력탐사, 자기탐사, 전자탐사 및 방사능탐사 등이 있음.
- 발파굴착(Drill and Blast): 착암기나 점보드릴 등 천공장비에 의하여 천공된 공에 화약류를 장약함으로써 그 폭발력을 이용하여 암반을 굴착하는 방법.
- 배수형 터널(Drainage tunnel) : 터널 주변의 지하수는 터널 주변으로 연결된 암반의 절리면을 통하여 터널내부로 유입되어 외수압이 해소됨으로서 배수터널과 같은 기능을 갖는 터널.
- 배치플랜트(Batch plant): 대량의 콘크리트를 제조하는 설비를 말하며 일반적으로 대규모 공사장 부근에 설치.
- 버력(Mucks) : 터널굴착 과정에서 발생하는 암석덩어리, 암석조각, 토사 등의 총칭.
- 벤치(Bench) : 터널단면을 상·하로 분할하여 종방향으로 굴착하는 경우의 분할면.
- 벤치길이(Bench length) : 분할굴착 시 상부 막장면(굴진면)과 하부 막장면 간의 종방향 이격거리.
- 보조공법(Tunnel Reinforcement Method) : 주지보재 혹은 터널 굴착공법 등의 변경으로는 터널 막장면(굴진면) 및 주변지반의 안정성을 확보할 수 없는 경우 터널의 안정성 확보를 위하여 적용되는 보조적 또는 특수한 공법.
- 불연속면(Discontinuities) : 암반 내에 존재하는 절리, 층리, 엽리, 단층 또는 파쇄대 등과 같이 암반(Rock Mass)의 물리, 화학적 특성과 공학적 성질의 연속성을 해치는 면 또는 층.
- 비배수형 터널(Undrained tunnel) : 터널 내·외부로 물이 통수되어서는 안 되는 경우는 강라이닝(Steel lining) 또는 별도로 고안된 완전 수밀성의 콘크리트 세그먼트라이닝(Concrete segment lining)을 설치하여 완전방수가 되도록 한 터널

- 섬유보강 숏크리트(Fiber reinforced shotcrete): 숏크리트의 인성(Toughness)을 증가시키기 위하여 강섬유(Steel fiber) 또는 기타 재질의 섬유를 혼합하여 타설하는 숏크리트.
- 세그먼트(Segments) : 터널라이닝을 구성하는 단위조각의 부재를 말하며, 사용하는 재질에 따라 강재 세그먼트, 철근 또는 강섬유로 보강한 콘크리트 세그먼트 및 합성세그먼트 등으로 구분되고 주로 쉴드TBM터널에 사용.
- 숏크리트(Shotcrete) : 굳지 않은 콘크리트를 가압시켜 노즐로부터 뿜어내어 소정의 위치에 부착시키는 콘크리트.
- 스프링라인(Spring line) : 터널의 상반 아치의 시작선 또는 터널단면 중 최대폭을 형성하는 점과 만나는 수평선.
- 습곡(Fold) : 화성암, 변성암, 퇴적암에서 변형 전 평면에 가까운 면들이 변형에 의하여 물결처럼 굽어 있는 구조.
- 쉴드TBM(Shield Tunnel Boring Machine) : 주변지반을 지지할 수 있는 외판(원통형의 판)이 부착되어 있는 TBM.
- 신호기(Signal post) : 운행 중인 차량이나 열차에 통행의 우선권 등 포괄적인 지시를 하는 장치.
- 시설한계(Tunnel clearance) : 터널 이용목적을 원활하게 유지하기 위하여 내측으로는 시설물을 설치할 수 없도록 규제하는 공간적 한계.
- 암판정(Rock class determination) : 터널의 굴착작업 중 나타나는 암선의 결정과 암질 판단을 위한 일련의 행위.
- 용출수(Sump water) : 터널의 굴착면으로부터 흘러나오는 지하수.
- 압착성 지반(Squeezing ground) : 시간의존성 전단변위의 성질을 가지는 지반.
- 어깨(Shoulder) : 터널의 천장과 스프링라인의 중간점을 말하며 어깨를 중심으로 좌, 우의 일정구간을 어깨부라고 칭함.
- 엔트런스 패킹(Sealing ring) : 쉴드터널의 시점과 종점 입구에 설치하는 패킹으로서 지하수 또는 굴착토사가 터널과 작업구 사이로 유출입하는 것을 방지할 목적으로 설치하는 시설물.
- 여굴(Overbreak) : 터널굴착공사에서 계획한 굴착면보다 더 크게 굴착된 부위.
- 엽리(Foliation) : 변성암에 나타나는 지질구조로 암석이 재결정 작용을 받아 같은 광물이 판상으로 또는 일정한 띠를 이루며 형성된 지질구조.
- 외판(Shield skin) : 쉴드TBM에서 굴진장치, 세그먼트 조립장치 등을 감싸고 있는 원통형 판.
- 요잉(Yawing) : TBM 장비의 진행 수직축 방향인 연직 축에 대한 장비의 좌우 방향 왕복 회전현상.
- 이수식 쉴드TBM(Slurry Shield TBM) : 소정의 압력을 가한 이수로 굴진면의 안정을 유지하며 이수를 순환하여 굴착토를 함께 액상으로 수송하면서 굴진하는 방식의 쉴드TBM을 말한다. 지반을 굴착하기 위한 굴착기구, 이수를 순환시키고 이수에 일정한 압력을 가하기 위한 가압설비, 이수와 굴착버력을 이송하는 이수수송설비, 수송된 굴착토와 이수를 분리하여 이수를 소정의 소성 상태로 조정하기 위한 이수처리설비 등으로 구성된다. 이수에 소정의 압력을 가하여 굴진면의 안정을 유지하며, 이수의 순환에 의하여 굴착토를 액상수송하여 굴진하는 방식의 쉴드TBM.

- 이완영역(Loosened zone) : 터널굴착으로 인하여 터널주변의 지반응력이 재분배되어 지반이 다소 느슨한 상태로 되는 범위.
- 인력굴착(Manual excavation) : 삽, 곡괭이 또는 픽햄머, 핸드브레이커 등의 소형장비를 이용하여 인력으로 굴착하는 방법.
- 이렉터(Erector) : 쉴드TBM의 구성요소로서 세그먼트를 들어 올려 링을 조립하는 데 사용하는 장치
- 인버트(Invert) : 터널단면의 바닥 부분을 통칭하며, 원형터널의 경우 바닥부 90°구간의 원호 부분, 마제형 및 난형 터널의 경우 터널 하반의 바닥 부분을 말한다. 인버트의 형상에 따라 곡선형 인버트와 직선형 인버트로 분류하며, 인버트 부분의 콘크리트라이닝 타설 유무에 따라 폐합형 콘크리트라이닝과 비폐합형 콘크리트라이닝으로 분류함.
- 일상계측(Daily monitoring) : 일상적인 시공관리를 위하여 실시하는 계측을 말하며, 지표침하, 천단침하, 내공변위 측정 등이 포함됨.
- 장대터널(Long tunnel) : 터널의 연장이 1,000 m 이상인 터널.
- 전기비저항탐사(Electrical resistivity survey) : 물리탐사법의 일종으로 지반 내 전류를 흘려보냄으로써 비저항을 측정하여 지반의 지질구조 및 지하수 분포구간 확인 등을 조사하는 방법.
- 절리(Joint) : 암반에 존재하는 비교적 일정한 방향성을 갖는 불연속면으로서 상대적 변위가 단층에 비하여 크지 않거나 거의 없는 것을 말하며, 절리의 생성 요인은 암석 자체에 의한 것과 외력에 의한 것이 있음.
- 접속부(Tunnel Intersection) : 서로 다른 터널이 접속되는 구간 또는 동일 터널에서 단면의 형태, 규모가 다른 터널 단면이 접속하는 구간.
- 정밀계측(Precision monitoring) : 정밀한 지반거동 측정을 위하여 실시하는 계측을 말하며, 계측항목이 일상계측보다 많고 주로 종합적인 지반거동 평가와 설계의 개선 등을 목적으로 수행.
- 조도(Illumination) : 장소의 밝기를 의미하며 투사되는 광속을 면의 면적으로 나눈 것을 말한다. 즉 조사되는 면의 생각하고 있는 점에서의 광속밀도이며 단위는 룩스(lux), 기호는 (lx)를 사용.
- 주지보재(Main support materials) : 굴착 후 굴착면에 붙여 지반과 일체가 되도록 시공하는 숏크리트, 강지보재 및 록볼트로 조합된 지보체계를 말하며, 콘크리트라이닝으로 이와 같은 지보체계의 역할을 대신하는 경우에는 콘크리트라이닝을 주지보재에 포함할 수 있음.
- 주향(Strike) : 불연속면(층리면, 단층면, 절리면 등)과 수평면의 교선방향을 진북방향 기준으로 측정한 방향과 사잇각.
- 지반(Ground) : 건설공사와 관련한 지구의 표층부분을 말하여, 구조물의 기초나 굴착의 대상이 되는 부분.
- 지반조건(Ground condition) : 터널주변 지반의 지형, 지질, 수리・수문조건 등을 말함.
- 지보재(Support materials) : 굴착 시 또는 굴착 후에 터널의 안정 및 시공의 안전을 위하여 지반을 지지, 보강 또는 피복하는 부재 또는 그 총칭.

- 지보패턴(Tunnel support patterns) : 터널막장면(굴진면)의 지반상태와 터널 천장부 및 그 상부의 지반상태, 시공성 등을 고려하여 터널의 안정성이 확보되도록 미리 설정해 놓은 지보 형태를 말하며, 터널굴착 후 조기에 설치하여 터널의 안정을 꾀하기 위하여 설치하는 숏크리트, 록볼트 및 강지보재와 보조공법 등을 조합한 것.
- 지중변위(Ground displacement) : 터널굴착으로 인하여 발생하는 굴착면 주변 지반의 터널 반경방향의 변위.
- 지중침하(Ground settlement) : 터널을 굴착할 때 굴착면 인접지반에는 침하가 발생하며 터널 천장부를 기점으로 하여 지표로 갈수록 각 지층의 침하량은 깊이별로 서로 다르게 나타나는데 이때의 깊이별 침하.
- 지지코어(Support core) : 토사지반 또는 연약한 지반에서 터널굴착 시 막장면(굴진면)의 밀려나옴을 억제하기 위하여 막장면 중앙부에 일부 남겨둔 미굴착 부분.
- 지표침하(Surface settlement) : 터널굴착으로 인하여 발생하는 지표면의 침하를 말하며, 지표침하는 터널의 종단 및 횡단방향으로 여러 곳에 침하판을 설치하여 터널굴착 시 변화되지 않는 기준점에 대한 상대적인 침하량을 측정하여야 함.
- 지하매설물(Underground utilities) : 지표하부에 묻혀 있는 인공구조물로서 지하지장물이라고도 부름.
- 진공시험기(Waterproofing membrane vacuum tester) : 부분적으로 접합된 방수막의 접합상태를 확인시키는 기기.
- 진원유지장치(Ring holder) : 쉴드TBM터널에서 세그먼트의 시공정밀도를 높이기 위하여 직전에 조립한 세그먼트링의 형상을 유지하는 장치를 말한다. 상하확장식과 상부확장식이 있으며 내장된 유압잭을 이용하여 확장 및 수축이 이루어진다. 진원유지장치는 쉴드외경 5 m 이상에서 주로 사용됨.
- 천단침하(Crown settlement) : 터널굴착으로 인하여 발생하는 터널 천단의 연직방향 침하를 말하며, 기준점에 대한 하향의 절대 침하량을 양(+)의 천단침하량으로 정의.
- 천장부(Crown) : 터널의 천단을 포함한 좌우 어깨 사이의 구간.
- 추력(Thrust force): TBM 굴진을 위하여 커터헤드에서 굴진면으로 가해지는 추진력.
- 측벽부(Wall) : 터널어깨 하부로부터 바닥부에 이르는 구간.
- 측선(Measurement line) : 계측을 위하여 설정한 측점 사이의 최단거리에 해당하는 가상의 선.
- 층리(Stratification, Bedding): 퇴적암이 생성될 때 퇴적조건의 변화에 따라 퇴적물 속에 생기는 층을 이루는 구조.
- 카피커터(Copy cutter) : 곡선부에서 쉴드 TBM의 원활한 추진을 위하여 내측곡선 부분에서 곡선반경방향으로 확대 굴착하기 위하여 쉴드 TBM 커터헤드의 측면에 설치한 커터.
- 커터(Cutter) : TBM의 커터헤드에 토사 또는 암반의 굴착을 위하여 부착하는 금속재질의 소모품을 말하며, 디스크커터, 커터비트, 카피커터 등이 있음.
- 커터비트(Cutter bit) : 풍화암 이하의 지반을 굴착하기 위하여 쉴드TBM의 커터헤드에 부착하는 칼날형의 고정식 비트를 말하며, 본체와 팁으로 구성됨.

- 커터헤드(Cutter head) : TBM의 맨 앞부분에 배열 장착되는 디스크커터 또는 커터비트 등 각종 커터를 부착하여 회전·굴착하는 부분.
- 케이블볼트(Cable bolt) : 굴착지반의 보강이나 지지를 위해 시멘트 그라우트된 천공 홀에 강연선을 삽입한 보강재.
- 콘크리트라이닝(Concrete lining) : 터널의 가장 내측에 시공되는 무근 또는 철근보강 콘크리트의 터널부재.
- 테일 보이드(Tail void) : 세그먼트로 형성된 링의 외경과 쉴드TBM 외판의 바깥직경 사이의 환상형의 공극을 말한다. 즉, 테일 스킨의 두께와 테일 클리어런스의 두께의 합.
- 테일 스킨(Tail skin) : 쉴드TBM 테일부의 외판(Skin)을 말하며 일반적으로 외판보다 약간 두꺼움.
- 테일 클리어런스(Tail clearance) : 테일 스킨의 내면과 세그먼트 외면 사이의 간격.
- 토압식 쉴드TBM(Earth pressure balance shield TBM) : 커터헤드로 굴착·교반한 토사를 굴진면과 격벽 사이에 있는 챔버(Chamber)에 채우고 쉴드TBM의 추진력으로 굴착토를 굴진면에 가압함으로써 굴진면의 안정을 유지하면서 스크루컨베이어(Screw conveyer) 등으로 굴착토를 배토하는 쉴드TBM.
- 토피고(Overburden depth) : 터널 천장으로부터 지표면까지의 연직높이(두께).
- 파쇄굴착(Crushing excavation) : 유압장비, 가스, 팽창성 모르타르, 특수 저폭속화약 등을 이용하여 암반을 파쇄시켜 굴착하는 방법.
- 팽창성 지반(Expansive soil) : 터널시공 및 운영 시 팽창으로 인하여 문제를 일으키기 쉬운 지반으로, 제3기층의 열수변질을 받은 화산분출물, 팽창성 이암 및 온천여토 등이 있음.
- 편압(Unbalanced earth pressure) : 터널의 좌우 또는 전후 방향으로 불균등하게 작용하는 지반압력.
- 표준지보패턴(Standard support pattern) : 지반의 등급에 따라 미리 표준화한 지보패턴.
- 피칭(Pitching) : TBM 장비의 진행 축방향으로부터 수평축에 대한 장비의 상하 방향의 회전현상.
- 허용편차(Permissible deviation) : 변형 여유량에 시공상 피할 수 없는 오차를 합한 값.
- 환기설비(Tunnel ventilation system) : 터널 내 공기질을 유지하기 위하여 신선공기를 유입 또는 급기하거나 오염공기를 배출하기 위한 설비.
- 회전력(Torque) : 커터헤드를 회전시키는 힘의 크기.
- 훠폴링(Forepoling) : 불량한 지반조건에서 주로 국부적인 천장부 지반붕락을 방지하기 위하여 굴착하기 전에 터널진행 방향으로 천공 후 강관 또는 철근을 삽입하는 보조공법.
- 휨인성(Flexural toughness) : 숏크리트에 균열이 발생한 후 숏크리트가 하중을 지지할 수 있는 능력을 말하며 에너지 흡수능력이라고도 함.
- TBM(Tunnel Boring Machine) : 소규모 굴착장비나 발파방법에 의하지 않고 굴착에서 버력처리까지 기계화 및 시스템화 되어 있는 굴착기계를 말하며, 일반적으로 개방형 TBM (Open TBM)과 쉴드 TBM으로 구분.

1.4 지급자재
내용 없음

1.5 시스템 설명
내용 없음

1.6 시스템 허용오차
내용 없음

1.7 제출물
(1) 시공계획서

(2) 시공상세도

(3) 시험보고서

(4) 현장에 반입된 모든 재료의 종류와 수량을 기재한 서류

2. 자재
2.1 재료
(1) 공사용 자재 및 재료는 품질기준에 적합하고 가능한 한 친환경적인 것을 선정해야 한다.

3. 시공
내용 없음

집필위원

성 명	소 속	성 명	소 속
이석원	건국대학교	최창림	㈜삼보기술단

국가건설기준센터 및 건설기준위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
이영호	한국건설기술연구원	김낙영	한국도로공사
김기현	한국건설기술연구원	김영근	㈜건화
김희석	한국건설기술연구원	배상훈	SH 엠앤씨
류상훈	한국건설기술연구원	유한규	한양대학교
원훈일	한국건설기술연구원	이성원	한국건설기술연구원
이상규	한국건설기술연구원	이용주	서울과학기술대학교
이승환	한국건설기술연구원	이호성	㈜지윤이앤씨
이용수	한국건설기술연구원	정상준	㈜에스코컨설턴트
주영경	한국건설기술연구원	천대성	한국지질자원연구원
최봉혁	한국건설기술연구원	최해준	수성엔지니어링
허원호	한국건설기술연구원		

중앙건설기술심의위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
김상철	㈜삼안	문인기	엠플러스이엔씨(주)
김성수	한국토지주택공사	신중호	한국지질자원연구원
김영근	㈜건화	정평기	㈜화인씨이엠테크
류은영	㈜태암엔지니어링		

소관부처

성 명	소 속	성 명	소 속
양희관	국토교통부 도로건설과	최영록	국토교통부 도로건설과
김로타	국토교통부 도로건설과		

(분야별 가나다순)

KCS 27 10 05 : 2023
터널공사 일반

2023년 9월 12일 개정

소관부서 국토교통부 도로건설과

관련단체 한국터널지하공간학회
06720 서울시 서초구 효령로 304 국제전자센터 14층 11호 (사)한국터널지하공간학회
Tel : 02-3465-3663 E-mail : ktastaff@hanmail.net
https://www.tunnel.or.kr/

작성기관 한국터널지하공간학회
06720 서울시 서초구 효령로 304 국제전자센터 14층 11호 (사)한국터널지하공간학회
Tel : 02-3465-3663 E-mail : ktastaff@hanmail.net
https://www.tunnel.or.kr/

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

KCS 27 10 10 : 2023

터널 시공계획

2023년 9월 12일 개정

http://www.kcsc.re.kr

국토교통부

KC CODE

건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

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

건설기준 연혁

- 이 기준은 건설기준 코드체계 전환에 따라 기존 건설기준(설계기준, 표준시방서) 간 중복·상충을 비교 검토하여 코드로 통합 정비하였다.
- 이 기준은 기존의 터널표준시방서를 중심으로 도로공사표준시방서, 공동구 표준시방서, 도시철도(지하철)공사표준시방서, 하천공사표준시방서, 상수도공사 표준시방서, 하수관거공사 표준시방서 등의 터널 시공계획에 해당하는 부분을 통합 정비하여 기준으로 제정한 것으로 제·개정 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요 내용	제정 또는 개정 (년월일)
터널공사표준시방서 및 동해설	• 산악지대에 건설되는 터널공사의 조사, 설계, 시공관련 설계의 일반 방침, 기준	제정 (1975.3)
터널공사 표준시방서	• 조사편에 노선계획, 공사계획 추가 • 설계편에 하중, 동바리공의 본문 및 해설 추가 • 시공편에 안전위생, 기계굴착 등 추가 • 시공법 및 시공 방식 현대화 • 사갱, 수직갱 신설 • NATM 공법 표준사항 신설	개정 (1985.12)
터널표준시방서	• 일반시방서로 개편 및 해설부분 생략 • 국내 용어 및 서술형식 적용	개정 (1996.5)
터널표준시방서	• 터널설계기준과 터널표준시방서 분리, 개편, 보완	개정 (1999.4)
터널표준시방서	• 최신 설계 및 시공기술, 신자재 반영 • 환경친화적인 터널건설을 위한 기준 보완 • 시공중 터널 붕락 등 재난에 대비한 시공관리 강화	개정 (2009.1)
터널표준시방서	• 기술·환경성 향상 및 품질확보를 위한 기술반영 • 굴착현장 붕괴사고 방지 및 사회적 관심 사항 반영 • 타 기준과의 상충내용 정비 • 연구성과 반영 및 관련 민원 해소	개정 (2015.2)
KCS 27 10 10 : 2016	• 건설기준의 효율적인 관리를 위한 건설기준(설계코드 KDS, 시방코드 KCS)을 제정	제정 (2016.6)
KCS 27 10 10 : 2018	• 한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함	수정 (2018.7)
KCS 27 10 10 : 2023	• 국가건설기준 코드 작성 지침에 따라 개정	개정 (2023.7)

제　　정 : 2016년 6월 30일	개　　정 : 2023년 9월 12일
심　　의 : 중앙건설기술심의위원회	자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회
소관부서 : 국토교통부 도로건설과	
관련단체 : 한국터널지하공간학회	작성기관 : 한국터널지하공간학회

- 「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」에 따라 고시일을 기준으로 매 3년이 되는 시점마다 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 하여야 한다.

목 차

1. 일반사항 ····· 1
1.1 적용 범위 ····· 1
1.2 참고 기준 ····· 1
1.2.1 관련 법규 ····· 1
1.2.2 관련 기준 ····· 1
1.3 용어의 정의 ····· 1
1.4 지급자재 ····· 1
1.5 시스템 설명 ····· 1
1.6 시스템 허용오차 ····· 1
1.7 제출물 ····· 1
1.8 공사기록서류 ····· 2
1.9 품질보증 ····· 2
1.10 운반, 보관 취급 ····· 2
1.11 환경 요구사항 ····· 2
1.12 현장수량 검측 ····· 2
1.13 작업의 연속성 ····· 2
1.14 공정계획 ····· 2
1.15 타 공정과의 협력작업 ····· 3
1.16 유지관리장비 및 자재 ····· 3
2. 자재 ····· 4
3. 시공 ····· 4
3.1 시공조건확인 ····· 4
3.2 작업준비 ····· 5
3.2.1 작업장계획 ····· 5
3.2.2 공사용 설비계획 ····· 5
3.2.3 사토장계획 ····· 5
3.3 시공기준 ····· 6

3.4 시공 허용오차 ····· 6
3.5 보수 및 재시공 ····· 6
3.6 현징 픔질관리 ····· 6

1. 일반사항

1.1 적용범위

(1) 이 기준은 터널공사를 위한 시공계획 수립에 적용한다.

1.2 참고 기준

1.2.1 관련 법규

(1) 이 기준의 관련 법규는 KCS 27 10 05(1.2.1)를 따른다.

1.2.2 관련 기준

(1) 이 기준의 관련 기준은 KCS 27 10 05(1.2.2)를 따른다.

1.3 용어의 정의

(1) 이 기준의 용어의 정의는 KCS 27 10 05(1.3)을 따른다.

1.4 지급자재

내용 없음

1.5 시스템 설명

내용 없음

1.6 시스템 허용오차

내용 없음

1.7 제출물

(1) 실시설계 단계에서 지형여건 및 민원 등으로 인해 시추조사를 실시하지 못한 경우에는 추가 지반조사를 실시하고 그 결과로 보고서를 제출하여야 한다.

(2) 시공 중 지층조건이 당초 시추결과와 상이하여 별도의 보강공법이 필요한 경우에는 시공 중 지반조사를 실시하여 지반조사결과보고서를 제출하여야 한다.

(3) 수급인은 터널공사를 시작하기 전에 시공계획에 맞추어 시공계획서를 작성하여 공사감독자에게 제출하여야 한다.

(4) 터널시공계획서는 다음의 사항을 포함한다.

① 공정계획
② 시공방법
③ 시공장비의 사양 및 장비 사용계획
④ 작업장 배치도
⑤ 버력 처리계획

⑥ 신축이음 시공계획
⑦ 방수 및 배수계획(시공 중 차수 및 배수계획 포함)
⑧ 타일붙임 및 도장 시공계획
⑨ 계측관리 및 품질관리계획
⑩ 진동 및 소음 예방계획
⑪ 폐수처리계획
⑫ 건설폐기물 처리계획
⑬ 작업장 환경 및 안전관리 계획

1.8 공사기록서류

내용 없음

1.9 품질보증

내용 없음

1.10 운반, 보관, 취급

(1) TBM터널과 로드헤더 등의 공사 시에는 TBM과 기계화장비 투입에 따른 운반 및 조립·해체 계획, 버력처리 방안, 각종 가설비계획 등을 검토하여야 한다.

1.11 환경 요구사항

(1) 시공계획 수립 시에는 공사 중과 유지관리 중에 발생할 수 있는 환경피해를 최소화하고 건설폐기물의 저감, 재활용, 처리 및 처분 등 환경보존을 배려한 계획을 고려하여야 한다.

(2) 환경친화적인 터널계획을 위해서 기존의 자연환경을 최대한 보전하고 지형변화를 가져오는 땅깎기와 흙쌓기 구간이 최소화되도록 시공계획을 수립하여야 한다.

1.12 현장수량 검측

내용 없음

1.13 작업의 연속성

(1) 시공계획은 각 공종 간 휴지시간을 최소화하여 연속적인 작업이 이루어지도록 하고 기계화 시공을 우선하여 계획하여야 한다.

1.14 공정계획

(1) 공사구간을 분할하여 시공하거나 관리할 필요가 있을 경우에는 공사규모와 공사기간,

터널의 단면크기, 선형조건, 지형 및 지반조건, 토지이용 현황, 작업장 여건, 환경에 미치는 영향 등을 고려하여 효율적인 시공이 가능하도록 하여야 한다.

(2) TBM과 로드헤더 공사구간은 공사규모와 기간, 투입된 TBM과 기계화 장비의 수, 선형조건, 지형 및 지반조건, 토지이용 현황, 작업장 여건 등을 고려하여 효율적인 시공이 가능하도록 분할하여야 하며, 특히 TBM 적용 구간은 시공의 효율성이 확보될 수 있는 연장으로 계획하여야 한다.

(3) 공정계획은 공사기간 내 시공을 완료할 수 있도록 수립하고 유사한 공사의 실적 통계를 근거로 자원투입 및 배분계획과 연계하여 수립하여야 한다.

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

(5) 공정계획은 공사규모, 순서, 시공방법 및 환경영향을 고려하여 전산화된 상용의 공정관리기법에 의한 작업수행이 가능하도록 수립하여야 한다.

(6) 수립된 공정계획은 정당성과 일정계획, 진도계획, 자원계획, 예산 및 비용분석 평가의 기초자료가 될 수 있어야 한다.

(7) 전체 공정이 원활하게 진행될 수 있도록 공정계획을 수립하여야 하며, 공정이 지체되는 경우에는 원인분석과 함께 공정 만회대책을 세워야 한다.

(8) 계획과 실적을 지속적으로 분석하여 지체시간을 최소화하는 방법으로 공정을 관리하여야 하며, TBM터널에서는 TBM의 굴진율을 지속적으로 분석하여 공정지체 여부를 판단할 수 있도록 계획하여야 한다.

(9) 공정관리는 계획과 실적을 지속적으로 분석하여 지체시간을 최소화하는 방법으로 관리하여야 한다.

(10) 터널공사에서 시공자는 설계도면, 시방서를 충분히 이해하고 시공계획서를 작성 제출하여야 한다.

(11) TBM터널 공사에서 시공자는 굴진 중 각종 굴진자료(챔버압, 추력, 회전력, 관입률, 뒤채움주입압, 뒤채움주입량, 배토량, 커터교체 등)를 기록하고 작업 중지 시는 중지 원인을 파악, 분석하여 상세히 기록 관리하여야 한다.

1.15 타 공정과의 협력 작업

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

1.16 유지관리장비 및 자재

(1) 시공계획은 공사의 안전성과 시공성, 공법의 적용성을 우선적으로 고려하여 계획하되

건설비와 유지관리비도 포함하여 경제적인 계획이 되도록 하여야 한다.

2. 자재

내용 없음

3. 시공

3.1 시공 조건 확인

(1) 시공 중 조사사항은 KCS 27 10 15를 따른다.

(2) 시공계획은 설계 도서를 기준하여 현장조건을 고려하여 수립하여야 한다.

(3) 시공 중에는 지반조건, 주변환경, 지반거동 등에 주의하고, 안전하고 적합한 시공이 될 수 있도록 필요한 조사를 실시하여야 한다.

(4) 시공 중 설계내용 및 시공방법이 현장조건에 부적합하다고 판단될 때는 공사감독자의 승인을 받아 현장조건에 적합한 설계내용 및 시공방법으로 지체 없이 변경하여야 한다. 이 경우 지반조건, 시공조건, 계측자료 및 막장관찰 결과에 대한 분석 등 안정성에 대한 기술적 검토를 반드시 실시하여야 하며 필요시 추가 지반조사 및 시험도 실시하여 변경된 설계안이 안전하고 경제적이며 우수한 품질을 확보할 수 있도록 하여야 한다.

(5) 수급인은 터널현장에 암반 및 지반공학, 지질분야를 전공한 터널전문가 1명 이상을 상주하도록 하여 터널공사를 전담하도록 하여야 한다. 현장상주 터널 전문 기술자는 암반조사 및 계측 결과를 정밀분석 검토하여 현장설정에 적합한 암반분류 및 지보형식으로 변경 시공하여야 하며, 공사완료 후 막장지질 기록부・지보재 설치기록・품질시험 성과서・계측결과 등 시공관련 자료 및 보고서를 제출하여야 한다.

(6) 시공법 변경을 위해 시간이 지체되어 굴진작업의 중단이 불가피한 경우에는 터널의 안정성이 유지될 수 있는 임시조치를 취하여야 한다.

(7) TBM터널 굴착 중에는 막장 관찰이 불가능하므로 TBM 운전실의 각종 계기에 나타나는 암반상태의 변화와 암버력의 편석상태 및 강도 등을 주의 깊게 관찰하여 지반조건, 지반거동에 주의하고 주변환경 변화에 유의하여야 하며 안전하고 적합한 시공이 될 수 있도록 필요한 조사를 실시하여야 한다.

(8) 시공방법 변경 시는 변경 계획서를 작성하여 반드시 공사감독자에게 보고하여 승인을 받아야 한다.

(9) 시공계획은 공사규모와 공사기간, 지반조건과 주변여건, 공사용 기계와 각종설비 및 시공법과 시공순서 등을 포함하여 안전하고 경제적으로 계획하여야 한다.

(10) 공사 중 문제발생 시에는 시공계획의 수정과 변경이 가능하도록 하여야 한다.

3.2 작업준비

3.2.1 작업장계획

(1) 작업장 및 작업터널의 계획 시는 터널의 선형, 토피, 단면형상, 연장, 공법 및 지형, 지반조건, 토지이용 현황, 환경조건, 주변 도로현황 등을 감안하여야 한다.

(2) 작업장의 위치 및 규모 결정 시는 공사용 설비의 배치와 사무실, 창고, 가공장, 작업원의 숙소 등을 고려하여야 한다.

(3) 안전관리책임자는 공사 중 작업원에게 발생 가능한 위험요인을 사전에 분석하고 안전한 작업이 수행될 수 있도록 관리하여야 한다.

(4) 작업장과 사토장 등의 공사부지는 해당공사 완료 전에 배수공, 조경 및 비탈면 보호공 등에 의한 복원대책을 마련하여야 한다.

(5) 버력반출, 지보재 반입, 가시설 설치 등의 작업이 소정의 공정에 따라 원활히 진행될 수 있도록 작업장 계획을 수립하여야 한다. TBM터널에서는 장비의 조립, 발진, 유턴(U-Turn), 해체와 세그먼트의 보관, 굴착버력의 처리시설 등 TBM터널의 특성을 고려하여 작업장 계획을 수립하여야 한다.

3.2.2 작업장계획

(1) 공사용 설비 계획 시는 전기설비, 환기설비, 급수설비, 배수설비, 오·폐수처리설비 등을 포함하여야 하며, 공사용 설비의 시공법, 사용 장비의 운용계획, 공사용 설비의 종류와 규모, 작업원의 보건위생 및 환경대책 등과 연계하여야 한다.

(2) 공사용 설비는 터널내부설비와 터널외부설비로 구분 배치하고, 그 규모는 용도 및 작업장계획에 따라 결정하여야 한다.

(3) 공사용 설비는 현장여건에 따른 현지반입 가능여부 및 경제성, 유지관리 등을 종합적으로 검토하여 결정하여야 한다.

(4) TBM 및 버력처리 장비의 종류와 특성을 고려하여 공사용 설비를 계획하여야 하며, 공사기간동안 설비의 정비 및 예비품 리스트를 작성하여 철저히 관리하여야 한다.

3.2.3 사토장계획

(1) 사토장 규모는 계획 사토량을 일괄 처리할 수 있는 면적이 되도록 계획하여야 하며, 계획 사토량은 터널굴착 시 발생한 버력량과 함께 시공 중에 사용하고 남는 토량도 포함하여야 한다.

(2) 사토장의 용량은 토량의 변화율에 따른 용량증가를 고려하여 결정하여야 한다.

(3) 발생버력은 골재 또는 성토재로서 유용하는 방안을 강구하여 재사용하도록 함으로써 사토량을 최소화하여야 한다.

(4) 사토장 입지 선정은 현장주변의 토지이용 현황, 도로상황을 사전 조사하여 대상 용지의 확보가능성과 운반거리, 환경대책 등을 고려하여야 한다.

(5) 사토장 계획 시에는 사전에 배수계획이나 기존 수로에 대한 대책을 수립하여 강우 시 지역침수나 토사유출현상이 발생하지 않도록 하여야 한다.

3.3 시공기준

내용 없음

3.4 시공 허용오차

내용 없음

3.5 보수 및 재시공

내용 없음

3.6 현장 품질관리

(1) 시공계획에는 품질 및 안전관리 대책을 포함하여야 한다.

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

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

(4) 하·해저터널의 계획 시에는 홍수 시의 수위급변이나 조수간만의 차에 의한 수심영향 등을 고려한 침수대책을 수립하여야 하며, 주변여건 및 지반조건으로 인한 재해가 발생하지 않도록 하여야 한다.

(5) 터널공사가 교량 하부, 터널 및 건축물 등 기존 시설물과 인접하여 시공되는 구간의 시공계획 및 계측계획 시에는 현장여건이 적정하게 반영될 수 있도록 하여야 한다.

집필위원

성 명	소 속	성 명	소 속
이석원	건국대학교	최창림	㈜삼보기술단

국가건설기준센터 및 건설기준위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
이영호	한국건설기술연구원	김낙영	한국도로공사
김기현	한국건설기술연구원	김영근	㈜건화
김희석	한국건설기술연구원	배상훈	SH 엠앤씨
류상훈	한국건설기술연구원	유한규	한양대학교
원훈일	한국건설기술연구원	이성원	한국건설기술연구원
이상규	한국건설기술연구원	이용주	서울과학기술대학교
이승환	한국건설기술연구원	이호성	㈜지윤이앤씨
이용수	한국건설기술연구원	정상준	㈜에스코컨설턴트
주영경	한국건설기술연구원	천대성	한국지질자원연구원
최봉혁	한국건설기술연구원	최해준	수성엔지니어링
허원호	한국건설기술연구원		

중앙건설기술심의위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
김상철	㈜삼안	문인기	엠플러스이엔씨(주)
김성수	한국토지주택공사	신중호	한국지질자원연구원
김영근	㈜건화	정평기	㈜화인씨이엠테크
류은영	㈜태암엔지니어링		

소관부처

성 명	소 속	성 명	소 속
양희관	국토교통부 도로건설과	최영록	국토교통부 도로건설과
김로타	국토교통부 도로건설과		

(분야별 가나다순)

KCS 27 10 10 : 2023
터널 시공계획

2023년 9월 12일 개정

소관부서 국토교통부 도로건설과

관련단체 한국터널지하공간학회
06720 서울시 서초구 효령로 304 국제전자센터 14층 11호
(사)한국터널지하공간학회
Tel : 02-3465-3663 E-mail : ktastaff@hanmail.net
https://www.tunnel.or.kr/

작성기관 한국터널지하공간학회
06720 서울시 서초구 효령로 304 국제전자센터 14층 11호
(사)한국터널지하공간학회
Tel : 02-3465-3663 E-mail : ktastaff@hanmail.net
https://www.tunnel.or.kr/

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

KCS 27 10 15 : 2023

터널 조사 및 측량

2023년 9월 12일 개정
http://www.kcsc.re.kr

KC CODE

국토교통부

건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

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

건설기준 연혁

- 이 기준은 건설기준 코드체계 전환에 따라 기존 건설기준(설계기준, 표준시방서) 간 중복·상충을 비교 검토하여 코드로 통합 정비하였다.
- 이 기준은 기존의 터널표준시방서를 중심으로 도로공사표준시방서, 공동구 표준시방서, 도시철도(지하철)공사표준시방서, 하천공사표준시방서, 상수도공사 표준시방서, 하수관거공사 표준시방서 등의 터널 조사 및 측량에 해당하는 부분을 통합 정비하여 기준으로 제정한 것으로 제·개정 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요 내용	제정 또는 개정 (년월일)
터널공사표준시방서 및 동해설	• 산악지대에 건설되는 터널공사의 조사, 설계, 시공관련 설계의 일반 방침, 기준	제정 (1975.3)
터널공사 표준시방서	• 조사편에 노선계획, 공사계획 추가 • 설계편에 하중, 동바리공의 본문 및 해설 추가 • 시공편에 안전위생, 기계굴착 등 추가 • 시공법 및 시공 방식 현대화 • 사갱, 수직갱 신설 • NATM 공법 표준사항 신설	개정 (1985.12)
터널표준시방서	• 일반시방서로 개편 및 해설부분 생략 • 국내 용어 및 서술형식 적용	개정 (1996.5)
터널표준시방서	• 터널설계기준과 터널표준시방서 분리, 개편, 보완	개정 (1999.4)
터널표준시방서	• 최신 설계 및 시공기술, 신자재 반영 • 환경친화적인 터널건설을 위한 기준 보완 • 시공중 터널 붕락 등 재난에 대비한 시공관리 강화	개정 (2009.1)
터널표준시방서	• 기술·환경성 향상 및 품질확보를 위한 기술반영 • 굴착현장 붕괴사고 방지 및 사회적 관심 사항 반영 • 타 기준과의 상충내용 정비 • 연구성과 반영 및 관련 민원 해소	개정 (2015.2)
KCS 27 10 15 : 2016	• 건설기준의 효율적인 관리를 위한 건설기준(설계코드 KDS, 시방코드 KCS)을 제정	제정 (2016.6)
KCS 27 10 15 : 2018	• 한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함	수정 (2018.7)
KCS 27 10 15 : 2023	• 국가건설기준 코드 작성 지침에 따라 개정	개정 (2023.7)

제　　정 : 2016년 6월 30일	개　　정 : 2023년 9월 12일
심　　의 : 중앙건설기술심의위원회	자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회
소관부서 : 국토교통부 도로건설과	
관련단체 : 한국터널지하공간학회	작성기관 : 한국터널지하공간학회

- 「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」에 따라 고시일을 기준으로 매 3년이 되는 시점마다 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 하여야 한다.

목 차

1. 일반사항 ····· 1
1.1 적용 범위 ····· 1
1.2 참고 기준 ····· 1
1.2.1 관련 법규 ····· 1
1.2.2 관련 기준 ····· 1
1.3 용어의 정의 ····· 1
1.4 지급자재 ····· 1
1.5 시스템 설명 ····· 1
1.6 시스템 허용오차 ····· 1
1.7 제출물 ····· 1
2. 자재 ····· 2
2.1 재료 ····· 2
3. 시공 ····· 2
3.1 시공조건확인 ····· 2
3.2 작업준비 ····· 2
3.3 시공기준 ····· 2
3.3.1 조사의 원칙 ····· 2
3.3.2 조사의 구분 ····· 2
3.3.3 입지환경조사 ····· 2
3.3.4 지반조사 ····· 4
3.3.5 시험 ····· 5
3.3.6 조사성과의 정리 및 활용 ····· 6
3.3.7 암반의 분류 기준 ····· 6
3.3.8 측량 ····· 6

1. 일반사항

1.1 적용범위

(1) 이 기준은 터널공사를 위한 조사 및 측량에 적용한다.

1.2 참고 기준

1.2.1 관련 법규

(1) 이 기준의 관련 법규는 KCS 27 10 05(1.2.1), KCS 57 00 00과 KCS 61 00 00 등을 따른다.

1.2.2 관련 기준

(1) 이 기준의 관련 기준은 KCS 11 10 10, KCS 27 10 05(1.2.2), KCS 57 00 00과 KCS 61 00 00 등을 따른다.

(2) 토질 및 암석시험은 한국산업표준(KS)에 제시된 시험방법에 따라서 수행하여야 한다. 단, 이 규격에 명시되지 아니한 시험은 국제적으로 인정되는 시험방법을 준용할 수 있다.

1.3 용어의 정의

(1) 이 기준의 용어의 정의는 KCS 27 10 05(1.5)를 따른다.

1.4 지급자재

내용 없음

1.5 시스템 설명

내용 없음

1.6 시스템 허용오차

내용 없음

1.7 제출물

(1) 공사계획에 맞추어 측량계획서를 작성하여 제출하여야 한다.

(2) 다음사항을 추가로 제출하여야 한다.

① 여굴 및 내공단면 기록부

2. 자재

2.1 재료

내용 없음

3. 시공

내용 없음

3.1 시공조건확인

내용 없음

3.2 작업준비

내용 없음

3.3 시공기준

3.3.1 조사의 원칙

(1) 시공 중 조사는 시공관리, 설계변경, 보상을 위한 기초자료를 획득하기 위하여 실시한다.

(2) 조사의 내용, 범위와 정도는 터널의 목적 및 규모를 고려하여 결정하고 세부적인 방법과 순서는 이 기준을 따른다.

(3) 조사 성과는 소정의 양식에 따라 기록·보관하여 완공 후 유지관리에 필요한 기초자료가 되도록 한다.

3.3.2 조사의 구분

(1) 시공 중 조사는 입지환경조사와 지반조사로 구분한다.

(2) 입지환경조사는 터널건설에 영향을 미치거나 터널건설로 영향을 받을 수 있는 사항에 대한 조사로서 자연환경(지형, 지질, 지하수, 지표수, 동식물 등), 사회환경(토지이용, 문화재 등), 생활환경(소음, 진동, 대기 등), 지장물, 사토장, 공사용 설비 및 보상 등에 대하여 공사를 규제하는 법규에 관계되는 정보를 취득하는 조사이다.

(3) 지반조사는 터널 굴착으로 인한 터널 자체의 안정과 주변의 영향을 파악하기 위하여 지형, 지질, 지반, 수리특성에 관한 조사이다.

3.3.3 입지환경조사

(1) 자연환경조사

① 터널건설에 영향을 미치거나 터널공사로 영향을 받을 수 있는 자연환경(지형, 지질, 지하

수, 지표수, 동식물 등)을 조사하여야 한다.

(2) 사회환경조사

① 터널건설에 영향을 미치거나 터널공사로 영향을 받을 수 있는 사회환경(토지이용, 기존 구조물, 문화재 등)을 조사하여야 한다.

(3) 생활환경조사

① 터널건설에 영향을 미치거나 터널공사로 영향을 받을 수 있는 생활환경(소음, 진동, 대기오염 등)을 조사하여야 한다.

(4) 지장물조사

① 터널공사 전에 지역 내에 기 설치되어 있는 상수도 및 하수도관, 송유관, 통신 및 전력 케이블, 도시 가스관, 지하갱도 등의 지하 지장물의 종류, 평면위치, 심도 및 크기 등을 조사하여야 한다.

(5) 사토장조사

① 공사 중에 발생하는 버력을 처리하기 위한 사토장의 지형, 규모, 운반방법, 운반거리, 운반도로의 교통규제, 교통안전 등의 운반조건을 조사하여야 한다.

(6) 공사용 설비조사

① 공사용 설비인 터널입구설비, 환기 및 집진설비, 운반설비, 골재 및 콘크리트 플랜트설비, 수전 및 배전설비, 용수 및 배수설비, 임시건물설비, 오・폐수처리설비, 세륜설비 등에 대하여 조사하여야 한다.
② 전력의 사용: 기 가설 송배전선의 용량, 주파수, 전압, 수변전의 난이, 수전까지의 소요시간, 발전설비 등의 동력원, 공사용 장비운용 시의 소요 전력량
③ 용수 및 배수: 컴프레서 용수, 콘크리트 혼합용수, 음료수, 기타 잡용수의 취수조건, 터널 시공에 수반한 용수의 처리, 세척용수의 방류조건
④ 자재 및 버력운반: 기계 및 자재의 반출입, 버력운반 등에 필요한 공사용도로, 궤도 등의 규격, 교통량, 안전, 교통규제의 현황
⑤ 노무자재: 터널외부설비에 관계되는 콘크리트용 골재, 굳지 않은 콘크리트, 기타 자재의 공급경로, 공급사정의 현황 및 관리방법, 인접부근의 공사

(7) 보상대상조사

① 공사 착공 전에 보상대상이 되는 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 조사하여야 한다.

3.3.4 지반조사

(1) 일반사항

① 시공 중 지반조사는 터널을 안전하고 경제적으로 시공하기 위하여 설계단계 조사결과의 확인, 보완 또는 설계변경에 필요한 제반 자료를 제공할 수 있도록 수행하여야 한다.
② 시공 중 지반조사는 설계 시 지반조사 결과를 바탕으로 실시하며, 기존자료조사, 현장답사, 지표지질조사, 시추조사, 물리탐사, 막장면(굴진면) 관찰조사, 시험터널조사, 실내 및 현장시험 등을 포함한다.
③ 시공 중 구조물의 변형이나 손상이 발생한 경우 또는 주변환경의 변화로 구조물의 안전에 문제가 있는 경우에는 그 원인을 규명하고 대책을 수립하기 위해 지반조사를 실시하여야 한다.
④ TBM터널의 굴착 시 굴진면 전방의 지반조사를 실시하여 지반상태를 확인한 후 굴착대책을 수립하여야 한다.
⑤ 시공 중 지반조사는 KCS 11 10 10을 따른다.

(2) 기존자료 조사

① 기존자료 조사는 설계 시 작성된 기존 구조물, 인접지역 조사자료, 지형도, 항공사진, 지질도, 지하수 개발현황, 지반조사 자료를 토대로 실시한다.

(3) 현장답사

① 현장 주변의 지형이나 지반상태를 확인하고 지역 주민들의 청문을 통하여 과거의 지형변화 등에 대한 정보를 입수하여 조사자료에서 나타난 사항을 확인하고 시공에 영향을 줄 수 있는 제반 현장여건을 파악하기 위하여 관련 자격을 갖춘 기술자가 실시하여야 한다.
② 삽 또는 핸드오거 등의 간단한 조사장비를 이용하여 지역전반에 걸친 개략적인 지반조건을 조사하고 추가 지반조사계획에 반영할 수 있도록 하여야 한다.
③ 현장답사 시 지형변화, 지표수, 지하수, 인근 구조물 유지상태, 지하매설물, 수송로 등에 대하여 조사하여야 한다.

(4) 지표지질조사

① 지표지질조사는 지형, 지질구조, 암질, 토질, 지하수 등의 종류, 분포 및 상태 등을 파악하여야 하며, 필요시 기 작성된 응용지질도 등을 보완한다.

(5) 시추조사

① 시추조사는 터널시공구간 내의 지층구성 및 지하수위 확인, 추가시험의 시료채취를 위하여 실시할 수 있다.

② 시추조사 시에는 관련기관으로부터 지장물 매설도를 구하여 참조하고 반드시 터파기나 물리탐사 장비를 사용하여 지하 지장물의 유무를 확인하고 유관기관과 협의하여 시추하여야 한다.

(6) 물리탐사

① 물리탐사는 지질구조 및 지반상태를 파악하기 위해서 실시할 수 있으며, 현장여건과 지반조건을 고려하여 탐사방법을 선정한다.

(7) 막장면(굴진면) 관찰조사

① 터널 굴착 중에는 설계 시 조사된 지반조건과 일치하는지를 확인하고, 전방의 지질변화를 예측하여 지보패턴의 적합성을 파악하기 위하여 매 굴착 단면에 대해서 막장면 관찰조사를 실시하여야 한다.
② 막장면 관찰조사 시에는 막장관찰도와 측면전개도를 작성하여야 하고 막장면 사진을 첨부하여야 한다.
③ 막장면 관찰자는 지반공학 및 지질관련분야를 전공한 자 또는 동등 이상의 자격이나 경험을 구비한 자로서 관찰 결과를 바탕으로 암반분류를 실시하고, 터널지질도를 작성하여 터널공사에 필요한 제반 지반공학적 정보를 제공할 수 있어야 한다.

(8) 막장면(굴진면) 전방탐사

① 막장면 전방의 지반조건이 의문시 될 경우에는 막장면 전방탐사를 실시하여야 한다.
② 막장면 전방탐사를 위한 방법으로는 지표답사, 막장면 관찰, 선진 수평시추, 물리탐사법 등이 있다.
③ 지반상태를 직접 확인할 필요가 있거나 현장시험을 실시할 필요가 있을 때에는 시험터널을 굴착하여 조사할 수 있다.
④ 시험터널조사 시에는 지질 및 지반특성을 파악하고, 시험터널의 지질도를 작성하여 종합분석에 참고할 수 있도록 하여야 한다.

3.3.5 시험

(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 선정하여야 한다.

(2) 실내시험

① 시험항목과 빈도는 공사의 특성, 현장여건 등 제반사항을 감안하여 선정한다.

3.3.6 조사성과의 정리 및 활용

(1) 조사성과 일반

① 조사성과는 그 목적을 충분히 이해할 수 있도록 정해진 양식에 기록하고, 공사의 각 단계별로 활용할 수 있도록 정리, 보관하여야 한다.

(2) 조사성과의 정리

① 조사성과는 각각 그 목적에 적합한 정보가 자세히 기록될 수 있도록 일정한 양식에 정리하여야 한다.

(3) 조사성과의 활용

① 조사성과는 공사의 계획, 시공관리, 설계변경, 보상 등의 판단자료로 활용한다.
② 터널 굴착 및 지보패턴 결정, 지보재 선정 등에 대한 터널 암반의 분류 및 활용 작업에 적용한다.

3.3.7 암반의 분류 기준

(1) 암반 분류는 외국 및 국내 자료를 충분히 검토하고, 지질 또는 지반공학 전문가의 자문을 얻어 합리적인 분류방법을 적용하여야 한다.

(2) 암반의 분류방법은 암질조건, 지하수상태, 절리 등을 고려하여 결정하여야 한다.

(3) 암반의 분류기준은 계획단계에서부터 조사, 설계, 시공, 계측의 전 과정에서 일관성 및 객관성을 유지하여야 하므로 설계 시 이용한 분류기준을 시공 시 특별한 이유 없이 변경하지 않도록 하여야 한다.

(4) 암반 분류기준을 결정할 경우에는 전문가의 의견을 고려 상세한 기준을 제시하여 공사감독자의 승인을 받아야 한다.

3.3.8 측량

(1) 측량일반

① 이 기준은 터널 시・종점 갱구부에 설치한 중심말뚝, 수준점에 대하여 상호관계를 측량하고 확인하는 작업과 터널굴착이 진행됨에 따라 공사시행에 필요한 측량작업에 적용한다.
② 수급인은 터널공사에 필요한 측량계획을 수립하여 공사감독자에게 제출하여야 한다. 이때 측량방법은 그 지역의 지형조건・터널의 규모・시공방법 등에 따라 적합한 방법을 선택하여야 하며, 측량작업은 필요한 정밀도를 확보할 수 있도록 실시하여야 한다.
③ 측량작업은 터널 외부측량과 터널 내부측량으로 구분하며, 측량방법을 순서대로 나타내면 표 3.3-1과 같다.

표 3.3-1 터널공사 측량

구분	시기	목적	내용	성과
터널 외부 기준점 측량	설계완료 후, 시공 전	굴착을 위한 측량 기준점 설치	삼각측량, 수준측량, 트래버스측량	기준점 설치, 중심선방향 및 수준방향말뚝의 설치
터널 외부 세부 측량	터널외부 기준점 설치 후, 시공 전	터널입구 및 가설 계획에 필요한 상세지형도 작성	평판측량, 수준측량	1/100 ~ 1/600 지형도
터널 내부 측량	시공 중	터널 내 중심선설정 및 굴착, 지보재, 거푸집 설치상태 등의 조사	트래버스측량, 수준측량	터널 내 기준점 설치
작업터널에서의 측량	작업터널 완성 후	작업터널 내에서의 중심선 및 수준 도입	트래버스측량, 기준점 측량 또는 특수측량 방법	터널 내 기준점 설치

④ 측량은 터널시공에 필요한 정도를 확보할 수 있도록 시행하여야 한다.
⑤ 측량작업은 터널 외부측량과 터널 내부측량으로 구분하며, 측량은 지형조건, 터널 규모, 용도, 시공방법 및 측량목적 등에 따라 적합하게 수행하여야 한다.
⑥ 기준점들은 훼손, 이동의 우려가 없는 장소에 설치하고, 안전하게 보호하여야 하며, 훼손 시 즉시 기준점을 재설치하고 기존 측량과 오차를 확인・보정하여야 한다.
⑦ 측량의 정도는 공공작업 측량기준의 규정을 따라야 한다.

(2) 터널공사 시 외부측량

① 외부측량은 터널입구 및 터널가설계획에 필요한 자료를 얻기 위하여 실시한다.
② 터널 외부에는 터널 시공의 기준이 되는 기준점을 설치하여야 한다. 기준점 상호간은 필요한 정밀도를 유지 하여야 한다. 기준점은 기존 삼각점 등으로부터 도입하되 기존 삼각점 등 기준이 되는 측량점의 성과를 확인한 후 그 제원을 사용하여야 한다.
③ 기준점 설치 시에는 터널의 길이, 지형의 상황, 정밀도 등을 감안하여 적합한 측량방법을 선택하여 시행하고 필요한 정밀도를 확보하여야 한다.
④ 기준점들은 훼손, 이동의 우려가 없는 장소에 설치하고, 안전하게 보호하여야 한다.
⑤ 터널입구 및 터널 가설 계획에 필요한 상세 지형측량을 실시하여야 한다. 상세 지형측량의 축척은 1/100 ~ 1/600로 한다.

(3) 터널공사 시 내부측량

① 내부측량은 굴착 시 내공단면과 선형을 관리하기 위하여 실시한다.
② 터널 내부의 기준점 및 수준점은 터널 외부에 설치한 기준점으로부터 도입하고 필요한 정밀도가 유지되도록 실시하여야 하며 기준점이나 수준점은 시공 중에 움직이지 않도록 견고하게 설치하고 손상되지 않도록 보호하여야 한다.
③ 측점의 간격은 직선부에서 약 100 m 정도를 표준으로 하고, 곡선부에서는 곡선반경, 단면의 크기, 구배 등을 고려하여 적절한 간격을 결정하되, 1측점에서 전후로 적어도 2점 이상

관측될 수 있는 측점간격을 취하여야 한다.

④ 측량 작업 시는 관측, 측정에 지장이 없도록 조명, 환기, 작업공정간의 마찰이 적은 시간대 책정 등의 필요한 조치를 강구하여야 한다.

⑤ 터널 내 측점의 검측은 터널 규모, 용도, 굴진속도, 굴착공법 및 굴착방법 등을 고려하여 적합한 빈도로 터널 외부의 기준점으로부터 실시하여야 하며, 검측횟수는 적어도 1개월에 1회 이상 실시하여야 한다. 별도로 공사감독자의 검측지시가 있을 때에는 즉시 검측을 실시하여야 한다.

⑥ 터널 굴착 시에는 적합한 측량으로 내공단면 및 선형을 관리하여야 한다.

⑦ 굴착단면 측정은 현장상황을 고려하여 공사감독자의 지시에 따라 측정간격을 설정하여야 하며, 공사감독자의 지시가 없을 경우에는 5 m마다 굴착단면을 측정하여야 한다. 굴착단면은 굴착완료 후 광파기 등을 이용하여 여굴량과 함께 측정한 후 측정결과를 공사감독자에게 제출하여야 한다.

⑧ 터널이 설계상의 평면 및 종단선형에 따라서 정확하게 시공되었는지 여부를 확인하기 위하여 선형 확인 측량을 실시하여야 하며, 굴진 때마다 발생하는 편차의 누적을 방지하기 위해 매 막장마다 선형 확인을 하여야 한다.

(4) TBM에 의한 터널공사 시 측량

① TBM 굴진 시에는 초기굴진, 본굴진 및 도달굴진 전에 측량기준점 및 TBM의 위치를 파악하여 장비의 이탈여부를 조기에 파악하고 추진궤도의 수정을 위해서 추진관리측량을 실시하여야 한다.

② 추진관리측량은 적절한 빈도로 수행하여야 하며, 조립된 세그먼트에 대한 장비의 상대위치 측정 또는 피칭(Pitching)과 요잉(Yawing), 롤링(Rolling) 등 장비 자체의 위치와 방향을 파악하여야 한다.

③ 추진관리측량은 작업의 효율성을 고려하여 측정방법과 기구를 선정하여 신속하고 정확하며, 효율적인 측정이 되도록 해야 한다.

④ 터널 내부측량을 위한 레이저 건의 설치는 움직이지 않도록 견고하게 설치하여야 하며 레이저 빔의 흐트러짐을 방지하도록 일정한 간격마다 이동 설치하여야 한다. 이동설치하지 않아도 될 최대 연장은 120 m를 기준으로 한다.

⑤ 수준 측량 및 점검 측량, 중심선 측점 설치 및 점검 측량은 현장특성과 구조물 정밀도에 따라 일정 빈도마다 행하여야 한다.

⑥ 터널 내의 전반적인 점검측량은 적당한 빈도로 터널 외부의 기준점으로부터 실시하여야 한다.

집필위원

성 명	소 속	성 명	소 속
전석원	서울대학교	신영완	㈜하경엔지니어링

국가건설기준센터 및 건설기준위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
이영호	한국건설기술연구원	김낙영	한국도로공사
김기현	한국건설기술연구원	김영근	㈜건화
김희석	한국건설기술연구원	배상훈	SH 엠앤씨
류상훈	한국건설기술연구원	유한규	한양대학교
원훈일	한국건설기술연구원	이성원	한국건설기술연구원
이상규	한국건설기술연구원	이용주	서울과학기술대학교
이승환	한국건설기술연구원	이호성	㈜지윤이앤씨
이용수	한국건설기술연구원	정상준	㈜에스코컨설턴트
주영경	한국건설기술연구원	천대성	한국지질자원연구원
최봉혁	한국건설기술연구원	최해준	수성엔지니어링
허원호	한국건설기술연구원		

중앙건설기술심의위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
김상철	㈜삼안	문인기	엠플러스이엔씨(주)
김성수	한국토지주택공사	신중호	한국지질자원연구원
김영근	㈜건화	정평기	㈜화인씨이엠테크
류은영	㈜태암엔지니어링		

소관부처

성 명	소 속	성 명	소 속
양희관	국토교통부 도로건설과	최영록	국토교통부 도로건설과
김로타	국토교통부 도로건설과		

(분야별 가나다순)

KCS 27 10 15 : 2023
터널 조사 및 측량

2023년 9월 12일 개정

소관부서 국토교통부 도로건설과

관련단체 한국터널지하공간학회
06720 서울시 서초구 효령로 304 국제전자센터 14층 11호
(사)한국터널지하공간학회
Tel : 02-3465-3663 E-mail : ktastaff@hanmail.net
https://www.tunnel.or.kr/

작성기관 한국터널지하공간학회
06720 서울시 서초구 효령로 304 국제전자센터 14층 11호
(사)한국터널지하공간학회
Tel : 02-3465-3663 E-mail : ktastaff@hanmail.net
https://www.tunnel.or.kr/

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

KCS 27 20 00 : 2023

터널 굴착공사

2023년 9월 12일 개정
http://www.kcsc.re.kr

KC CODE

국토교통부

건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

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

건설기준 연혁

- 이 기준은 건설기준 코드체계 전환에 따라 기존 건설기준(설계기준, 표준시방서) 간 중복·상충을 비교 검토하여 코드로 통합 정비하였다.

- 이 기준은 기존의 터널표준시방서를 중심으로 도로공사표준시방서, 공동구 표준시방서, 도시철도(지하철)공사표준시방서, 하천공사표준시방서, 상수도공사 표준시방서, 하수관거공사 표준시방서 등의 터널굴착에 해당하는 부분을 통합 정비하여 기준으로 제정한 것으로 제·개정 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요 내용	제정 또는 개정 (년월일)
터널공사표준시방서 및 동해설	• 산악지대에 건설되는 터널공사의 조사, 설계, 시공관련 설계의 일반 방침, 기준	제정 (1975.3)
터널공사 표준시방서	• 조사편에 노선계획, 공사계획 추가 • 설계편에 하중, 동바리공의 본문 및 해설 추가 • 시공편에 안전위생, 기계굴착 등 추가 • 시공법 및 시공 방식 현대화 • 사갱, 수직갱 신설 • NATM 공법 표준사항 신설	개정 (1985.12)
터널표준시방서	• 일반시방서로 개편 및 해설부분 생략 • 국내 용어 및 서술형식 적용	개정 (1996.5)
터널표준시방서	• 터널설계기준과 터널표준시방서 분리, 개편, 보완	개정 (1999.4)
터널표준시방서	• 최신 설계 및 시공기술, 신자재 반영 • 환경친화적인 터널건설을 위한 기준 보완 • 시공중 터널 붕락 등 재난에 대비한 시공관리 강화	개정 (2009.1)
터널표준시방서	• 기술·환경성 향상 및 품질확보를 위한 기술반영 • 굴착현장 붕괴사고 방지 및 사회적 관심 사항 반영 • 타 기준과의 상충내용 정비 • 연구성과 반영 및 관련 민원 해소	개정 (2015.2)
KCS 27 20 00 : 2016	• 건설기준의 효율적인 관리를 위한 건설기준(설계코드 KDS, 시방코드 KCS)을 제정	제정 (2016.6)
KCS 27 20 00 : 2018	• 한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함	수정 (2018.7)
KCS 27 20 00 : 2023	• 국가건설기준 코드 작성 지침에 따라 개정	개정 (2023.7)

제　　정 : 2016년 6월 30일	개　　정 : 2023년 9월 12일
심　　의 : 중앙건설기술심의위원회	자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회
소관부서 : 국토교통부 도로건설과	
관련단체 : 한국터널지하공간학회	작성기관 : 한국터널지하공간학회

- 「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」에 따라 고시일을 기준으로 매 3년이 되는 시점마다 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 하여야 한다.

목 차

1. 일반사항 ····· 1
1.1 적용범위 ····· 1
1.2 참고기준 ····· 1
1.2.1 관련법규 ····· 1
1.2.2 관련기준 ····· 1
1.3 용어의 정의 ····· 1
1.4 지급자재 ····· 1
1.5 시스템 설명 ····· 1
1.6 시스템 허용오차 ····· 1
1.7 제출물 ····· 1
1.8 공사기록서류 ····· 1
1.9 품질보증 ····· 1
1.10 운반, 보관, 취급 ····· 2
1.10.1 버력처리 일반 ····· 2
1.10.2 터널 내 버력운반 ····· 2
1.11 환경 요구사항 ····· 2
1.12 현장 수량검측 ····· 2
1.13 작업의 연속성 ····· 2
2. 자재 ····· 2
2.1 재료 ····· 2
2.1.1 화약류의 취급 및 관리 ····· 2
2.1.2 뇌관 사용과 관리 ····· 3
2.2 구성품 ····· 3
2.3 장비 ····· 3
2.3.1 화약류의 운반 및 관리 ····· 3
2.3.2 버력처리 부대설비 ····· 4

3. 시공 ····· 4
3.1 시공조건 확인 ····· 4
3.2 작업준비 ····· 4
3.2.1 주변지장물 조사 ····· 4
3.2.2 터널 갱구 및 진입로 ····· 4
3.3 시공기준 및 시공일반사항 ····· 4
3.3.1 굴착방법의 적용 ····· 4
3.3.2 굴착공법의 적용 ····· 5
3.3.3 기계굴착의 적용 ····· 6
3.3.4 굴착기계의 선정 ····· 6
3.3.5 굴착기계의 운전 ····· 7
3.3.6 발파굴착의 일반 ····· 7
3.3.7 발파로 인한 진동 측정 ····· 8
3.3.8 발파진동기준 및 관리 ····· 8
3.3.9 천공 ····· 9
3.3.10 장약 및 뇌관 연결 ····· 9
3.3.11 발파 시 경보 및 대피 ····· 9
3.3.12 버력의 적재 및 운반 ····· 10
3.3.13 버력 운반기기 운전 ····· 10
3.4 시공 허용오차 ····· 11
3.4.1 여굴 ····· 11
3.5 보수 및 재시공 ····· 11
3.5.1 낙반 및 여굴처리 ····· 11
3.5.2 뜬돌 처리 ····· 11
3.6 현장 품질관리 ····· 11
3.6.1 막장면(굴진면) 관찰 ····· 11
3.6.2 막장면(굴진면) 안정대책 ····· 11

1. 일반사항

1.1 적용범위

(1) 이 기준은 터널 굴착과 관련된 공사에 적용한다.

(2) 터널 굴착을 위해서는 터널단면의 크기, 형식, 지반조건, 터널연장, 공기, 입지조건 등을 종합적으로 검토하여 굴착공법과 굴착방법을 계획하여야 한다.

1.2 참고기준

1.2.1 관련법규

(1) 이 기준의 관련 법규는 KCS 27 10 05(1.2.1)을 따른다.

1.2.2 관련기준

(1) 이 기준의 관련 기준은 KCS 27 10 05(1.2.2)를 따른다.

1.3 용어의 정의

(1) 이 기준의 용어의 정의는 KCS 27 10 05(1.3)을 따른다.

1.4 지급자재

내용없음

1.5 시스템 설명

내용없음

1.6 시스템 허용오차

내용없음

1.7 제출물

내용없음

1.8 공사기록서류

(1) 막장면(굴진면) 관찰조사 결과

1.9 품질보증

내용없음

1.10 운반, 보관, 취급

1.10.1 버력처리 일반

(1) 버력처리계획은 지반조건, 주위환경, 터널단면의 크기, 터널연장, 경사, 굴착공법, 굴착방법, 버력의 크기 및 사용 장비의 조건 등을 고려하여 수립하여야 한다.

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

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

(4) 환경오염을 유발할 수 있는 버력은 환경관련 기준을 확인하여야 하며, 기준을 초과한 경우에는 중화처리 또는 2차 오염이 발생하지 않도록 처리하여야 한다.

1.10.2 터널 내 버력운반

(1) 터널 내 운반방법은 지반조건, 환경조건, 터널단면의 크기, 터널연장, 경사, 굴착공법, 굴착방법, 안전성 및 운전효율 등을 고려하여 적합한 방법을 선정하여야 한다.

(2) 발파에 의해 발생한 버력의 크기가 운반에 부적합할 경우에는 후속발파 시 발파패턴을 조정하여 운반에 적정한 버력크기가 되도록 하여야 한다.

1.11 환경 요구사항

내용없음

1.12 현장 수량검측

내용없음

1.13 작업의 연속성

(1) 터널굴착작업 공종별로 작업시간(Cycle-time) 계획을 검토하여 합리적인 시공이 이루어질 수 있도록 굴착계획을 수립하여야 한다.

2. 자재

2.1 재료

2.1.1 화약류의 취급 및 관리

(1) 화약류의 취급 및 관리는 반드시 관련 자격을 보유한 기술자가 하여야 하며, 1일 사용량 이상을 초과하여 수령하여서는 안 된다.

(2) 폭약과 뇌관은 각각 별도로 보관하고 잔여량은 반드시 반납하여야 한다.

(3) 화약류취급소는 설치 기준에 따라 설치하고 안전사고가 발생하지 않도록 관리하여야 한다.

(4) 발파 장소에서 화약류의 소운반은 소정의 용기, 운송방법에 준하되 지명된 작업원에 의해서 시행하여야 한다.

(5) 본 기준에 언급되지 않은 사항은 총포·도검·화약류 등의 안전관리에 관한 법률 및 동법 시행령, 소음·진동관리법, 산업안전보건법, 기타 관계법규를 따른다.

2.1.2 뇌관 사용과 관리

(1) 비전기식뇌관, 전자식 뇌관을 사용하도록 하며 전기식 뇌관을 사용할 경우에는 안전수칙을 사전에 수립하고 터널 내 발파로 인한 사고가 발생하지 않도록 해야 한다.

(2) 전기식 뇌관은 반드시 누설전류 탐지기, 도통시험기, 다짐봉 등 소정의 기구류를 사용하여 점검하고 순서에 따라 작업을 실시하여야 한다.

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

(4) 전기식 뇌관 사용 시 미주전류, 누설전류, 정전기의 유무 및 크기를 측정하여 안전여부를 확인하여야 한다.

(5) 전기식 뇌관 사용 시 작업에 불필요한 모든 전동기 동력선은 전원으로부터 단절하고 필요한 전력선은 누전 차단장치를 설치하여야 한다.

(6) 전기식 뇌관의 발파모선은 완전 절연이 가능한 것을 사용하여야 하고 전기선로, 기타 대전의 우려가 있는 곳으로부터 완전히 격리시켜야 한다.

(7) 발파기에 접하는 발파모선의 단말은 점화 시 이외에는 발파기로부터 분리시켜야 한다.

(8) 발파회로는 결선작업을 종료한 이후 발파기에 연결하기 전까지 항상 폐회로가 되도록 한다.

(9) 뇌관을 사용할 경우는 제품에 따른 안전수칙을 준수하여야 한다.

2.2 구성품

내용 없음

2.3 장비

2.3.1 화약류의 운반 및 관리

(1) 운반기기의 크기는 터널 내를 안전하게 통과할 수 있는 것이어야 한다.

(2) 제동장치 및 연결 등의 기능은 항상 정상적인 기능을 갖도록 정비하여야 한다.

(3) 내연기관을 사용할 경우에는 환기설비를 가동하여 터널 내 공기가 인체에 유해하지 않도록 관리하여야 한다.

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

(5) 운행 시에는 안전 경보음을 작동시키거나 경고등을 켜야 한다.

2.3.2 버력처리 부대설비

내용 없음

3. 시공

3.1 시공조건 확인

내용 없음

3.2 작업준비

3.2.1 주변지장물 조사

(1) 터널 굴착계획 시에는 현장 주변의 지장물 현황을 파악하여야 한다.

3.2.2 터널 갱구 및 진입로

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

(2) 터널 갱구에 형성된 비탈면이 붕괴되거나 낙반이 일어나지 않도록 하는 보강대책의 적정성을 확인하여야 한다.

(3) 공사용 진입로는 산림훼손이 적고 공사차량의 운행이 원활하도록 계획하여야 한다.

3.3 시공기준 및 시공일반사항

3.3.1 굴착방법의 적용

(1) 굴착방법에는 인력굴착, 기계굴착, 발파굴착, 파쇄굴착이 있다.

(2) 굴착방법은 지하수 유입 정도, 굴착단면의 크기와 형태, 터널연장, 굴착공법, 근접 구조물의 유무, 굴착순서, 주변 환경영향(진동, 소음, 지표침하, 구조물 변위와 손상, 지하수위 저하 등) 및 보조공법을 고려하여 적용하여야 한다.

(3) 인력굴착은 착암기, 소형브레이커와 같이 인력으로 운영이 가능한 굴착도구를 사용하여 굴착하는 방법으로 토사지반, 진동영향, 기계굴착, 발파굴착, 파쇄굴착이 어려운 경우에 적용한다.

(4) 기계굴착은 쇼벨(Shovel), 브레이커(Breaker), 로드헤더(Roadheader) 등 중장비 혹은 TBM을 이용하여 굴착하는 방법으로 소음 및 진동을 억제하고, 지반의 이완을 최소화하여 막장(굴진부)의 안정을 유지하고 여굴 발생을 저감시키기 위하여 적용한다.

(5) 발파굴착은 화약류 등의 폭발력을 이용하여 암반을 굴착하는 방법으로 소음 및 지반진동을 억제하여야 할 경우에는 제어(조절)발파를 적용할 수 있다.

(6) 파쇄굴착은 진동과 소음 최소화를 위해 유압장비, 가스, 팽창성 모르타르, 특수저폭속화약 등을 이용하여 암반을 파쇄할 때 적용한다.

3.3.2 굴착공법의 적용

(1) 터널의 굴착공법은 일반적으로 표 3.3-1과 같이 분류할 수 있으며, 터널연장, 굴착단면의 크기와 형태, 공기, 막장의 자립성, 원지반의 지보능력, 지표침하 및 주변의 영향 등을 검토한 후 시공성, 경제성 및 안정성을 고려하여 적용하여야 한다.

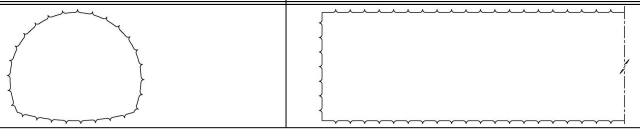
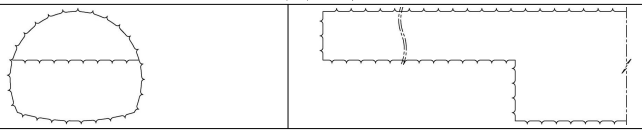
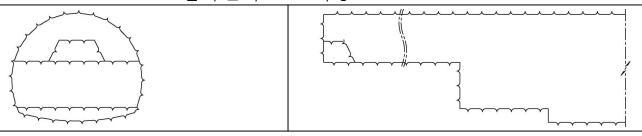
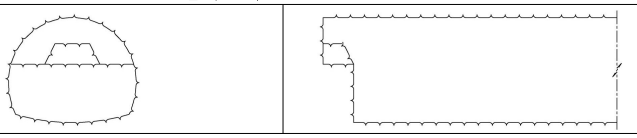
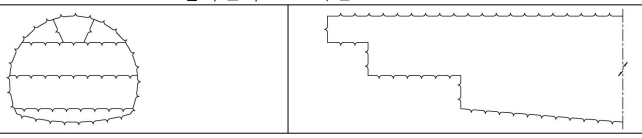
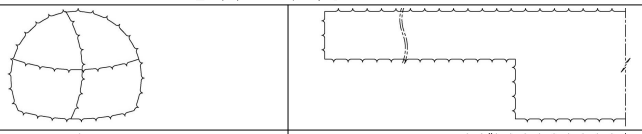
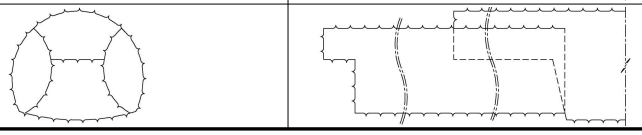
(2) 전단면굴착은 터널의 상·하반을 동시에 굴착하는 공법으로 터널 단면적이 작거나 지반의 자립성과 지보능력이 충분한 경우에 적용한다.

(3) 수평분할굴착은 터널의 상반, 하반 또는 인버트로 분할하여 굴착하는 공법으로 막장의 자립시간이 짧아 전단면 굴착이 곤란할 경우에 적용한다.

(4) 연직분할굴착은 대단면 터널을 좌우로 분할양분 또는 다수의 단면으로 분할하는 공법으로, 터널막장의 안정을 증대시키고 지표면 침하량을 저감시킬 목적으로 적용한다.

(5) 선진도갱굴착은 파일럿 터널과 같이 소단면 터널을 우선 굴착하여 진행하고 이후에 여러개의 단면으로 나누어 굴착하는 방법으로 막장 자립이 어렵거나, 소음 및 진동저감, 지하수 저하, 막장 전방의 지반 확인을 위해 적용한다.

표 3.3-1 굴착공법의 분류

<table>
<tr><th colspan="2" rowspan="2">공법</th><th colspan="2">개념도</th></tr>
<tr><th>횡단면</th><th>종단면</th></tr>
<tr><td colspan="2">전단면굴착
(Full face)</td><td colspan="2"> 
전단면을 1회에 굴착</td></tr>
<tr><td rowspan="6">수평
분할
굴착</td><td rowspan="2">롱벤치
(Long bench)</td><td colspan="2"> 
벤치길이 : 3D 이상</td></tr>
<tr><td rowspan="2">숏벤치
(Short bench)</td><td colspan="2"> 
벤치길이 : 1D-3D</td></tr>
<tr><td rowspan="2">미니벤치
(Mini bench)</td><td colspan="2"> 
벤치길이 : 1D 미만</td></tr>
<tr><td rowspan="2">다단벤치
(Multi bench)</td><td colspan="2"> 
벤치수 : 3개 이상</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연직분할
굴착</td><td rowspan="2">중벽분할굴착
(Central diaphragm excavation)</td><td colspan="2">  </td></tr>
<tr><td colspan="2">선진도갱굴착
(Pilot tunnel)</td><td colspan="2">  </td></tr>
</table>

3.3.3 기계굴착의 적용

(1) 쇼벨, 브레이커, 로드헤더 등 중장비를 이용한 기계굴착은 불연속면이 발달한 암반이나 토사지반에 적용한다.

(2) TBM에 의한 굴착은 KCS 27 25 00을 따른다.

3.3.4 굴착기계의 선정

(1) 굴착기계는 지반조건, 주위환경, 터널단면의 크기, 형상, 터널연장, 굴착공법, 버력처리 방법 등을 고려하고 지반의 특성에 적합하고 경제성이 있는 기종을 선정하여야 한다.

3.3.5 굴착기계의 운전

(1) 불연속면의 발달상태를 관찰하며 암괴의 밀려나옴이 발생하는지 유의하여 굴착하여야 한다.

(2) 기계운전원은 유턴(U-turn), 전진, 후진 시 다른 작업원이 다치지 않도록 주의하며 운전하여야 한다.

(3) 기계운전원과 다른 작업원과의 신호방법을 정하여 의사소통이 원활할 수 있도록 조치하여야 한다.

(4) 중장비에 의한 기계굴착을 적용할 경우 장비운행에 의해 바닥면이 약화되지 않도록 보호를 실시하여야 한다.

3.3.6 발파굴착의 일반

(1) 발파계획은 지반조건, 주위환경, 터널단면의 크기와 형상, 굴착공법, 굴진장, 벤치길이 등에 적합한 천공길이 및 배치, 폭약의 종류와 양, 뇌관의 종류, 발파순서 등을 종합적으로 판단하여 수립하여야 하며 시험발파를 통해 적합한 천공장, 벤치길이, 폭약종류 등을 선정할 수 있다.

(2) 발파계획은 지반의 이완영역을 최소로 억제하고, 평활한 굴착면을 얻을 수 있도록 수립하여야 한다.

(3) 발파에 의해 발생된 버력의 크기는 활용계획 및 버력적재방법과 운반장비에 적합하도록 하여야 한다.

(4) 발파로 인한 소음과 진동 등 주변환경에 미치는 영향을 검토하여야 하며 필요한 경우에는 영향저감을 위한 대책을 강구하여야 한다.

(5) 발파작업 시에는 총포·도검·화약류 등의 안전관리에 관한 법률, 소음·진동관리법, 산업안전보건법, 굴착과 관련된 제반 행정법규를 따른다.

(6) 발파작업은 화약류관리보안책임자의 감독 하에 진행되어야 한다.

(7) 발파 후 소정의 시간이 경과한 후에 막장(굴진부)에 접근하여야 하며, 불발 장약공, 잔류폭약 유무 점검, 잔류폭약 제거 등의 필요한 조치를 강구하여야 한다.

(8) 발파 후 굴착면을 따라 뜬돌의 잔존여부를 확인하고 필요시 안전하게 제거하여야 한다. 이를 위하여 필요한 도구를 상시 마련해 두고 정기적인 점검을 실시하여야 한다.

(9) 발파결과가 당초 계획과 상이할 경우에는 그 원인을 규명하여 후속 발파작업에 반영하여야 한다.

3.3.7 발파로 인한 진동 측정

(1) 진동측정 계기는 발파진동의 주파수 범위에 적합하고 3방향 직교축에 대한 입자속도를 측정할 수 있는 것이어야 하며, 정밀분석이 가능하도록 시간이력을 기록할 수 있는 것을 사용하여야 한다.

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

(3) 시험발파 또는 발파패턴 변경 시에는 목표로 하는 발파효과와 진동 관리치 도달 시까지 매 발파마다 측정하여야 한다.

(4) 일상적 발파작업이 이루어지는 경우에도 주 1회 이상 주기적으로 측정하여 발파작업의 효과와 작업원에 대한 안전의식을 반복적으로 확인하여야 한다.

(5) 문화재 및 진동에 민감한 시설물에 대하여는 진동 영향권 전 구간을 통과할 때까지 매 발파마다 측정하여야 한다.

(6) 발파진동 측정 빈도는 현장의 작업여건이나 입지여건에 따라 조정할 수 있다.

3.3.8 발파진동기준 및 관리

(1) 발파지점 주변에 보호하여야 할 시설물이나 구조물이 있는 경우, 대상시설물 위치에서의 발파진동 허용치는 최대 발파진동 속도 측정치를 기준으로 표 3.3-2에 정한 값을 준용하여 적용하여야 한다. 단, 발파진동치를 주파수대역별로 구분하여 관리할 필요가 있는 경우에는 외국의 법규나 공공기관에서 제시한 기준치를 참조하여 별도로 정할 수 있다.

표 3.3-2 구조물의 손상기준 발파진동 허용치

구분	문화재 및 진동예민 구조물	조적식(벽돌, 석재 등) 벽체와 목재로 된 천장을 가진 구조물	지하기초와 콘크리트 슬래브를 갖는 조적식 건물	철근콘크리트 골조 및 슬래브를 갖는 중소형 건축물	철근콘크리트 또는 철골골조 및 슬래브를 갖는 대형건물
허용 진동 속도 (cm/sec)	0.2 ~ 0.3	1.0	2.0	3.0	5.0

(2) 발파지점 주변의 인체에 해당하는 진동 허용치는 환경부에서 정한 진동과 소음에 관한 규정을 준용하여야 한다. 단, 가축사육장, 양식장, 정밀기계공장에 대한 인접공사는 관련 전문가의 자문이나 기존 판례를 고려하여 발파진동 허용치를 정하여야 한다.

(3) 현장에서 측정된 직교하는 3방향 측정치와 3축의 벡터 합이 허용치를 초과할 경우에는 천공을 포함한 일체의 발파작업을 중단하고 저폭속의 폭약 사용, 다단발파 적용, 장약량 제한, 심발 발파방법 조정, 발파방식 변경 및 진동전파방지방법 등을 활용하여 진동치가 허용범위 이내가 되도록 조치하여야 한다.

3.3.9 천공

(1) 천공기계는 암질, 터널단면의 크기, 형상, 연장, 굴착공법, 발파계획, 버력처리방법, 공사기간 등을 고려하여 선정한다.

(2) 천공에 앞서 막장(굴진부)의 점검, 뜬돌 제거, 잔류폭약의 유무 확인 및 회수 등의 조치를 취하여 천공 중 막장에서의 붕락, 잔류폭약에 의한 폭발사고 등을 방지하여야 한다.

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

(4) 천공 중에는 이상 용출수, 가스의 분출, 지질의 변화 등이 있을 경우에는 즉시 천공을 중지하고 필요한 조치를 취하여야 한다.

3.3.10 장약 및 뇌관 연결

(1) 장약 전에는 천공상태를 점검하여야 하며, 천공 중에 발생한 뜬돌을 점검하여, 뜬돌을 제거한 후 장약을 실시하여야 한다.

(2) 장약공은 발파효과를 높이기 위하여 소정의 채움재로 밀실하게 다지며 메워야 한다.

(3) 유출된 지하수가 잔류하는 막장(굴진부)의 하단 장약공은 수중으로 전달되는 충격압의 영향으로 불발될 우려가 있으므로 인접 장약공과 동일한 단수의 뇌관을 사용하는 등의 조치를 취하여야 한다.

3.3.11 발파 시 경보 및 대피

(1) 발파작업은 화약류관리보안 책임자의 통제 하에 실시하여야 한다.

(2) 화약류관리보안 책임자는 위험구역, 대피장소, 발파장소, 발파자를 지정하여야 한다.

(3) 화약류관리보안 책임자는 대피경로와 발파 예고, 발파, 발파완료 등의 각종 신호 및 경보를 결정해야 하며 위험구역을 표지하고 감시원을 배치하여야 한다.

(4) 터널의 양방향 굴착 시 관통부가 가까워질 때에는 상호 긴밀한 연락 하에 발파작업을 수행하고 양방향에서 동시에 발파가 이루어지지 않도록 하여야 한다.

(5) 대피 시 책임자가 최종 검사하고 특히 횡갱 등이 있는 경우, 타 경로로 작업원이 접

근하지 않도록 각 방향으로 안전대책을 수립하여야 한다.

(6) 발파가 끝난 직후에는 신속한 환기가 되도록 하여야 한다.

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

(8) 발파 시 안전 확보를 위하여 발파 후 일정시간이 경과한 이후에 발파장소에 접근하여야 하며 불발 화약류는 안전하게 제거하여야 한다.

3.3.12 버력의 적재 및 운반

(1) 버력적재 작업 시 안전에 유의하고 기 설치된 지보재, 가설설비 등을 손상시키지 않도록 하여야 한다. 버력적재 시 과도한 분진이 발생할 경우에는 살수 등 분진발생을 억제할 수 있는 조치를 취하여야 한다.

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

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

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

3.3.13 버력 운반기기 운전

(1) 차량운행 시 운행관리 규정을 수립하고 안전성을 확보하여야 한다.

(2) 운전원, 터널 작업원 및 기타 관계자에게 안전운행에 관한 교육을 실시하고 운행관리 규정을 준수하도록 하여야 한다.

(3) 중간 작업장을 통과할 경우에는 안전거리를 유지하고 서행하여야 하며 경고음, 신호 등으로 경고하여야 한다. 후진 운전인 경우에는 반드시 뒤를 잘 살피고 경고음을 울리면서 서행으로 안전운전이 되도록 하여야 한다.

3.4 시공 허용오차

3.4.1 여굴

(1) 굴착 시 여굴량이 최소가 되도록 하여야 한다. 이를 위하여 토사터널의 경우 보조공법을 적용할 수 있으며 암반터널의 경우 평활한 굴착면이 얻어지도록 제어(조절)발파를 고려할 수 있다.

(2) 여굴이 발생한 경우에는 발생상태와 원인 등을 조사하여 여굴량을 줄일 수 있도록 시공법을 개선하여야 한다. 특히, 암반지역은 불연속면의 발달상태에 따라 발파공의 배치 및 폭약량 등을 조절하여 여굴이 작게 발생하도록 하여야 한다.

(3) 여굴 발생부위에는 신속하고 적합한 뒤채움 또는 보강조치를 실시하여 추가 여굴이 발생하지 않도록 하여야 한다.

(4) 천장부 및 측벽부에 여굴이 과대하게 발생한 곳은 응력 집중에 따른 불안정 상태가 발생하지 않도록 숏크리트와 록볼트 등으로 보강대책을 수립하고 잔여 부분은 모르타르 또는 콘크리트로 밀실하게 채워야 한다.

3.5 보수 및 재시공

3.5.1 낙반 및 여굴처리

(1) 과다여굴 및 사고의 원인이 될 수 있는 큰 낙반이 예상되는 경우는 이에 대한 안전대책과 시공계획서를 작성하여 공사감독자에게 확인을 받은 후 굴착하여야 한다.

(2) 과다여굴이 발생한 경우에는 여굴 발생부분을 상세히 기록하여야 한다.

3.5.2 뜬돌 처리

(1) 분할발파 시의 뜬돌 처리는 발파부위뿐만 아니라 아직 지보재가 시공되지 않은 구간에 대해서도 실시하여야 한다.

3.6 현장 품질관리

3.6.1 막장면(굴진면) 관찰

(1) 막장면 관찰조사는 KCS 27 10 15(3.3.4 (7))을 따른다.

3.6.2 막장면(굴진면) 안정대책

(1) 막장면의 지반이 불량하여 안정을 확보하기 곤란할 경우에는 막장면 보강대책을 수립하여야 한다.

(2) 막장면의 안정을 유지하기 위해서는 먼저 소단면 분할굴착을 적용하고, 지지코어, 막장면 숏크리트, 막장면 록볼트, 선진 주입보강 등을 병용하여 적용할 수 있다.

(3) 막장면에서 다량의 용출수가 발생할 경우에는 차수 또는 유도배수공을 설치하여야 한다.

(4) 막장면을 장기간 존치하여야 할 경우에는 막장면의 장기안정을 확보할 수 있는 대책을 적용하여야 한다.

(5) 막장면이 연약지반에 위치하거나 과대변위가 예상될 경우에는 가인버트 또는 인버트를 설치하고 굴착단면을 조기에 폐합하여야 한다.

(6) 막장면 관찰조사 결과는 굴진 및 지보재 설치현황과 연계하여 막장면의 안전수준 파악과 시공관리에 활용하여야 한다.

(7) 막장면 관찰조사 결과 자료는 전자문서 형태로 자료화하고, 수급인은 공사감독자가 실시간으로 확인할 수 있도록 조치하여야 한다.

집필위원

성 명	소 속	성 명	소 속
손무락	대구대학교	신휴성	한국건설기술연구원
이재국	㈜삼안		

국가건설기준센터 및 건설기준위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
이영호	한국건설기술연구원	김낙영	한국도로공사
김기현	한국건설기술연구원	김영근	㈜건화
김희석	한국건설기술연구원	배상훈	SH 엠앤씨
류상훈	한국건설기술연구원	유한규	한양대학교
원훈일	한국건설기술연구원	이성원	한국건설기술연구원
이상규	한국건설기술연구원	이용주	서울과학기술대학교
이승환	한국건설기술연구원	이호성	㈜지윤이앤씨
이용수	한국건설기술연구원	정상준	㈜에스코컨설턴트
주영경	한국건설기술연구원	천대성	한국지질자원연구원
최봉혁	한국건설기술연구원	최해준	수성엔지니어링
허원호	한국건설기술연구원		

중앙건설기술심의위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
김상철	㈜삼안	문인기	엠플러스이엔씨(주)
김성수	한국토지주택공사	신중호	한국지질자원연구원
김영근	㈜건화	정평기	㈜화인씨이엠테크
류은영	㈜태암엔지니어링		

소관부처

성 명	소 속	성 명	소 속
양희관	국토교통부 도로건설과	최영록	국토교통부 도로건설과
김로타	국토교통부 도로건설과		

(분야별 가나다순)

KCS 27 20 00 : 2023
터널 굴착공사

2023년 9월 12일 개정

소관부서 국토교통부 도로건설과

관련단체 한국터널지하공간학회
06720 서울시 서초구 효령로 304 국제전자센터 14층 11호
(사)한국터널지하공간학회
Tel : 02-3465-3663 E-mail : ktastaff@hanmail.net
https://www.tunnel.or.kr/

작성기관 한국터널지하공간학회
06720 서울시 서초구 효령로 304 국제전자센터 14층 11호
(사)한국터널지하공간학회
Tel : 02-3465-3663 E-mail : ktastaff@hanmail.net
https://www.tunnel.or.kr/

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

표준시방서 Korean Construction Specification

KCS 27 25 00 : 2023

터널 TBM 공사

2023년 9월 12일 개정
http://www.kcsc.re.kr

KC CODE

국토교통부

건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

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

건설기준 연혁

- 이 기준은 건설기준 코드체계 전환에 따라 기존 건설기준(설계기준, 표준시방서) 간 중복·상충을 비교 검토하여 코드로 통합 정비하였다.

- 이 기준은 기존의 터널표준시방서를 중심으로 도로공사표준시방서, 공동구 표준시방서, 도시철도(지하철)공사표준시방서, 하천공사표준시방서, 상수도공사 표준시방서, 하수관거공사 표준시방서 등의 TBM 터널에 해당하는 부분을 통합 정비하여 기준으로 제정한 것으로 제·개정 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요 내용	제정 또는 개정 (년월일)
터널공사표준시방서 및 동해설	• 산악지대에 건설되는 터널공사의 조사, 설계, 시공관련 설계의 일반 방침, 기준	제정 (1975.3)
터널공사 표준시방서	• 조사편에 노선계획, 공사계획 추가 • 설계편에 하중, 동바리공의 본문 및 해설 추가 • 시공편에 안전위생, 기계굴착 등 추가 • 시공법 및 시공 방식 현대화 • 사갱, 수직갱 신설 • NATM 공법 표준사항 신설	개정 (1985.12)
터널표준시방서	• 일반시방서로 개편 및 해설부분 생략 • 국내 용어 및 서술형식 적용	개정 (1996.5)
터널표준시방서	• 터널설계기준과 터널표준시방서 분리, 개편, 보완	개정 (1999.4)
터널표준시방서	• 최신 설계 및 시공기술, 신자재 반영 • 환경친화적인 터널건설을 위한 기준 보완 • 시공중 터널 붕락 등 재난에 대비한 시공관리 강화	개정 (2009.1)
터널표준시방서	• 기술·환경성 향상 및 품질확보를 위한 기술반영 • 굴착현장 붕괴사고 방지 및 사회적 관심 사항 반영 • 타 기준과의 상충내용 정비 • 연구성과 반영 및 관련 민원 해소	개정 (2015.2)
KCS 27 10 25 : 2016	• 건설기준의 효율적인 관리를 위한 건설기준(설계코드 KDS, 시방코드 KCS)을 제정	제정 (2016.6)
KCS 27 10 25 : 2018	• 한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함	수정 (2018.7)
KCS 27 10 25 : 2023	• 국가건설기준 코드 작성 지침에 따라 개정	개정 (2023.7)

제　　정 : 2016년 6월 30일	개　　정 : 2023년 9월 12일
심　　의 : 중앙건설기술심의위원회	자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회
소관부서 : 국토교통부 도로건설과	
관련단체 : 한국터널지하공간학회	작성기관 : 한국터널지하공간학회

- 「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」에 따라 고시일을 기준으로 매 3년이 되는 시점마다 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 하여야 한다.

목 차

1. 일반사항 ····· 1
1.1 적용 범위 ····· 1
1.2 참고 기준 ····· 1
1.2.1 관련 법규 ····· 1
1.2.2 관련 기준 ····· 1
1.3 용어의 정의 ····· 1
1.4 지급자재 ····· 1
1.5 시스템 설명 ····· 1
1.6 시스템 허용오차 ····· 1
1.7 제출물 ····· 1
1.8 공사기록 서류 ····· 2
1.8.1 굴진기록부의 작성 ····· 2
1.9 품질보증 ····· 2
1.10 운반, 보급, 취급 ····· 2
1.10.1 TBM 운반 ····· 2
1.10.2 터널 내 운반 ····· 2
1.10.3 재료보관소 및 창고 ····· 2
1.11 환경 요구사항 ····· 2
1.11.1 시공계획 시 고려사항 ····· 2
1.12 현장 수량검측 ····· 3
1.13 작업의 연속성 ····· 3
1.14 공정계획 ····· 3
1.15 타 공정과의 협력작업 ····· 3
1.16 유지관리장비 및 자재 ····· 3
1.16.1 TBM 유지관리 ····· 3
2. 자재 ····· 3
2.1 재료 ····· 3

2.1.1 뒤채움 주입재료 ····· 3
2.2 구성품 ····· 4
2.3 장비 ····· 4
2.3.1 TBM 기본구조 ····· 4
2.3.2 굴착기구 ····· 4
2.3.3 추진기구 ····· 4
2.3.4 후방대차 ····· 5
2.3.5 쉴드TBM ····· 5
2.3.6 개방형TBM(Open TBM) ····· 5
2.4 부속재료 ····· 5
2.5 배합 ····· 6
2.6 조립 ····· 6
2.6.1 TBM 제작 ····· 6
2.6.2 TBM 현장조립 ····· 6
2.7 마감 ····· 6
2.8 조립 허용오차 ····· 6
2.9 자재 품질관리 ····· 6
3. 시공 ····· 7
3.1 시공조건확인 ····· 7
3.1.1 시공계획 시 고려사항 ····· 7
3.1.2 특수조건 고려사항 ····· 7
3.1.3 TBM터널 내공단면과 굴착직경 ····· 8
3.1.4 TBM의 적합성 ····· 8
3.1.5 발진 및 도달부 고려사항 ····· 8
3.1.6 지반안정 ····· 9
3.1.7 구조물 보호 ····· 9
3.2 작업준비 ····· 9
3.2.1 시공설비 일반 ····· 9
3.2.2 TBM의 회전설비 ····· 9
3.2.3 반입 및 반출설비 ····· 10
3.2.4 전력공급설비 ····· 10

3.2.5 환기설비 ····· 10
3.2.6 공기압축설비 ····· 10
3.2.7 터널운반설비 ····· 11
3.2.8 급수 및 배수설비 ····· 11
3.2.9 침전설비 ····· 11
3.2.10 뒤채움주입설비 ····· 11
3.2.11 이수처리설비 ····· 11
3.2.12 버력처리설비 ····· 12
3.2.13 작업대차 ····· 12
3.2.14 기타 특수설비 ····· 12
3.3 시공기준 ····· 12
3.3.1 작업구 시공 ····· 12
3.3.2 발진 ····· 13
3.3.3 도달 ····· 14
3.3.4 TBM 추진 일반사항 ····· 15
3.3.5 토압식 쉴드TBM의 추진 ····· 15
3.3.6 이수식 쉴드TBM의 추진 ····· 16
3.3.7 세그먼트 라이닝 설치 ····· 16
3.3.8 버력운반 ····· 17
3.3.9 뒤채움 주입시공 ····· 17
3.3.10 급속선부 시공방법 ····· 18
3.3.11 급경사부 시공방법 ····· 18
3.4 시공 허용오차 ····· 19
3.5 보수 및 재시공 ····· 19
3.5.1 점검 및 커터교체 ····· 19
3.6 현장 품질관리 ····· 19
3.6.1 뒤채움 주입관리 ····· 19
3.6.2 이수 품질관리용 ····· 19

1. 일반사항

1.1 적용범위

(1) 이 기준은 TBM에 의한 터널공사에 적용한다.

1.2 참고 기준

1.2.1 관련 법규

(1) 이 기준의 관련 법규는 KCS 27 10 05(1.2.1)을 따른다.

1.2.2 관련 기준

(1) 이 기준의 관련 기준은 KCS 27 10 05(1.2.2)를 따른다.

(2) TBM 시공설비 중 안전 및 환경관련 설비와 환기관련 설비는 KCS 27 60 00을 따른다.

(3) 기타 일반시공계획은 KCS 27 10 10을 따른다.

1.3 용어의 정의

(1) 이 기준의 용어의 정의는 KCS 27 10 05(1.3)을 따른다.

(2) TBM의 중절장치 혹은 보조공법을 사용하여야만 굴진 가능한 곡선을 급곡선이라 한다.

(3) 갱내 운반 및 운송설비, 안전설비, TBM의 성능향상, 세그먼트의 변경 및 보강 등 특수한 대책이 필요한 종단경사구간을 급경사구간이라고 한다.

1.4 지급자재

내용 없음

1.5 시스템 설명

내용 없음

1.6 시스템 허용오차

내용 없음

1.7 제출물

내용 없음

1.8 공사기록 서류

1.8.1 굴진기록부의 작성

(1) 추진 시에는 링별 굴진기록부를 작성하여 굴착상태, 첨가제의 주입압과 주입량, 이수의 품질, 기계의 이상 유무 등을 점검해야 하며, 각종 수치들을 바탕으로 지반상태의 변화를 분석하고 이를 시공에 반영하여야 한다.

(2) TBM 굴진 시에는 배토되는 버력량과 입도분포를 조사 및 작성하여 굴진면의 지반상태, 디스크커터의 교체시기와 과굴착 여부를 파악하고 조정하여야 한다.

1.9 품질보증

내용 없음

1.10 운반, 보급, 취급

1.10.1 TBM 운반

(1) 현장까지 TBM이 원활히 운반될 수 있도록 장비분할과 운반로를 선정하여야 한다. 또한 운반 도중에 지상 및 지하구조물에 손상이 발생하지 않도록 현황을 파악하고 대책을 수립하여야 한다.

(2) 제작사로부터 현장에 공급될 때까지 외부의 충격 등에 손상되지 않도록 TBM이 보호된 상태로 공급하여야 한다.

1.10.2 터널 내 운반

(1) 버력처리계획 수립 시에는 터널크기, 연장, 경사, 버력량, 버력상태, 사용장비의 특성, 주변여건, 공정 등을 고려하여야 한다.

(2) 운반체계 수립 시에는 버력운반이 굴착공정에 지장을 주지 않도록 하여야 한다.

(3) 터널 내 운반장비의 안전운행을 위해서는 운행규정을 수립하고 운전원 및 작업원들에게 안전운행에 관한 교육을 실시하여야 한다.

1.10.3 재료보관소 및 창고

(1) 재료보관소 및 창고는 공정에 지장이 없도록 세그먼트 및 부속재료, 가설재료, 시공용 기계 및 기구 등을 저장할 수 있는 공간을 확보하여야 한다.

1.11 환경 요구사항

1.11.1 시공계획 시 고려사항

(1) 시공 시에는 환경기준을 초과하는 유해물질이 발생하지 않도록 제반대책을 수립하여야 한다.

1.12 현장 수량검측
내용 없음

1.13 작업의 연속성
내용 없음

1.14 공정계획
내용 없음

1.15 타 공정과의 협력작업
내용 없음

1.16 유지관리장비 및 자재
1.16.1 TBM 유지관리
(1) TBM 성능을 충분히 발휘시키기 위하여 정기적 및 일상적인 점검과 정비를 통해 고장과 사고를 사전에 방지하여야 한다.

(2) TBM 장비 및 시공설비와 관련된 주요 부품 및 소모성 예비부품(Spare part)이 적기에 공급될 수 있도록 계획을 수립하여야 한다.

2. 자재
2.1 재료
2.1.1 뒤채움 주입재료
(1) 주입재료에는 시멘트 모르타르, 발포성 모르타르, 섬유혼합 모르타르, 슬래그 또는 석탄회를 사용하는 가소성 주입재, 자갈 등이 있으며, 현장에서는 지반조건, 지하수조건, 쉴드TBM의 형식, 주입재 특성 등을 고려하여 가장 적합한 재료를 선정하여야 한다.

(2) 주입재료는 다음과 같은 조건들을 만족시킬 수 있는 것이어야 한다.

① 블리딩 등의 재료분리를 일으키지 않고 유동성을 잃지 않은 재료
② 주입 후의 경화현상 등에 따라 체적감소가 적은 재료
③ 지반강도에 상당하는 균일한 강도를 조기에 얻을 수 있고 설계강도 이상을 발휘할 수 있는 재료
④ 수밀성이 우수한 재료
⑤ 환경기준을 만족하는 재료

2.2 구성품

내용 없음

2.3 장비

2.3.1 TBM 기본구조

(1) TBM은 본체와 후방대차로 구성되며, 본체는 지반 또는 세그먼트에서 추진력을 확보하고, 후방대차는 유압, 전기, 제어장치, 환기 및 방재 설비 등을 포함한다.

(2) 지반조건, 지하수조건 및 시공여건에 적합하게 TBM의 기능이 충분히 발휘될 수 있도록 각 부분을 구성하여야 한다.

2.3.2 굴착기구

(1) 굴착기구는 커터헤드, 커터헤드에 장착된 디스크커터와 커터비트 및 구동장치로 구성되며, 외부하중과 지반조건에 대하여 안정적으로 가동하는 구조여야 한다.

(2) 커터헤드 형식, 지지방식 및 구동성능의 결정 시에는 TBM의 종류, 지반조건, 선형조건, 시공조건 등을 고려하여야 한다.

(3) 디스크커터와 커터비트의 결정 시에는 지반조건에 적합한 디스크커터와 커터비트의 종류, 형상, 재질, 크기 및 커터헤드에서의 배치를 고려하여야 한다.

(4) 디스크커터와 커터비트의 마모율, 교체주기, 방법 및 수량 산정 시에는 TBM 장비 형식과 굴착 지반의 압축강도, 인장강도, 경도, 석영함유율과 같은 지반 특성을 고려하여야 한다.

2.3.3 추진기구

(1) TBM의 전체 추진력 산정 시 장비형식에 따른 제반 저항에 충분히 대처할 수 있도록 적정 안전율을 고려하여야 한다.

(2) 개방형TBM(Open TBM)의 추진 시에는 그리퍼를 사용하며, 굴진속도, 시공여건 및 터널지보재의 시공능률을 고려하여 작동속도 및 스트로크를 결정하여야 한다.

(3) 쉴드TBM의 추진은 추진잭을 사용하며, 굴진속도 및 시공여건을 고려하여 잭의 작동속도 및 스트로크를 결정하여야 한다.

(4) 그리퍼 및 추진잭의 선정과 배치는 TBM의 조향성, 터널벽면의 지반조건 및 세그먼트 라이닝의 특성 등을 고려하여야 한다.

2.3.4 후방대차

(1) TBM을 구성하는 각 유압기기가 확실하게 작동할 수 있도록 유압회로를 구성하여야 하며, 사용조건을 고려하여 유압기기를 선정하여야 한다.

(2) 전기기기의 선정 및 설치 시에는 필요에 따라 방수, 방습, 방진, 진동 및 방폭에 주의하여야 한다.

(3) 굴착, 추진, 배토 등 상호 관련된 기구들이 균형 있게 작동하도록 제어시스템을 설계하여야 하며, 비상시에도 안전하게 작동 가능하여야 한다.

2.3.5 쉴드TBM

(1) 지반조건과 터널직경 등을 고려하여 쉴드TBM의 구조형식을 선정하고 쉴드TBM은 내구성과 수밀성을 확보하여야 한다.

(2) 굴진면의 안정을 위하여 토압 및 수압에 저항하는 이수압력 또는 챔버내 굴착토의 압력 및 배토량을 관리하여야 한다.

(3) 토압식 쉴드TBM 시공 시 첨가제 주입장치를 통하여 굴착토를 소성 유동화시키기 위하여 필요한 양의 첨가제를 적절한 위치에서 주입할 수 있어야 한다.

(4) 지반조건을 고려하고, 이수가 원활히 흐를 수 있도록 이수식 쉴드TBM의 송·배니설비를 결정하여야 한다.

(5) 세그먼트 조립설비는 이렉터, 조임기구 및 진원유지장치 등으로 구분할 수 있으며, 세그먼트의 재질, 형상, 치수, 중량, 조립방법 등을 고려하여 선정하여야 한다.

2.3.6 개방형TBM(Open TBM)

(1) 개방형TBM은 굴진 후 지보재를 즉시 혹은 적기에 시공할 수 있는 시스템과 부대장비를 갖추어야 한다.

(2) 굴착공정에 방해되지 않도록 커터헤드를 포함한 구동부에 버켓과 연속컨베이어를 선정하여야 하며, 큰 암편이나 세립분에 의한 폐색 등을 사전에 고려하여야 한다.

(3) 연약지반 및 지층 경계부 등에서의 개방형TBM 시공 시에는 굴진면 전방 지반상태 예측을 위하여 전방탐사 계획을 수립하고 적절한 보강대책을 계획하여야 한다.

2.4 부속재료

내용 없음

2.5 배합

내용 없음

2.6 조립

2.6.1 TBM 제작

(1) TBM 각각의 부재중량 및 전체중량을 명확히 표시하여야 한다.

(2) TBM 제작단계에서 시공 시 발생 가능한 문제를 예측하고 이에 대한 위험요인 관리 및 예방 대책을 강구하여야 한다.

(3) 장비 제작에 앞서 제작사양서, 주요설계도 및 제작공정표를 작성하여야 한다.

(4) 예정공기 내 공사를 완료할 수 있도록 공정표에 적합하게 장비 제작사를 선정하여야 한다.

(5) 장비 제작 시 사용재료, 치수 등의 제원에 유의하여 현장의 설계조건을 만족시키는 강도 및 성능을 확보하여야 한다.

(6) 공장 가조립과 검사에 합격하면 청소와 도장을 실시한다. 분할형 TBM의 경우 현장조립에 필요한 공구, 결합부호 등을 고려하여야 한다.

(7) 제작사는 공장 검사를 통과한 TBM 장비의 제작사양서, 설계도, 운반계획에 따른 포장명세서, 운전 매뉴얼, 유지관리 매뉴얼, 부품 리스트, 제작사 품질보증서 등을 수급자에게 제출하여야 한다.

2.6.2 TBM 현장조립

(1) 현장조립 시 설계하중을 지지할 수 있는 가설대에서 정확히 조립하고, 가체결 또는 가부착 후에 치수검사를 거친 후 용접 또는 볼트체결을 실시하여야 한다.

2.7 마감

내용 없음

2.8 조립 허용오차

내용 없음

2.9 자재 품질관리

내용 없음

3. 시공

3.1 시공조건확인

3.1.1 시공계획 시 고려사항

(1) TBM터널 시공계획 수립 시에는 공사의 목적, 규모, 기간, 지반조건, 현장여건 등을 반영하고 관련 법규, 기준 및 절차, 관련 기관과의 협의내용 등을 고려하여 안전하고 경제적인 시공이 되도록 하여야 한다.

(2) 시공계획 수립 시 TBM의 선정, 설계내용, TBM 및 부속장비의 제작과 공급 등 모든 공종의 적정성을 검토하고 확인하여야 하며, 적정하지 않다고 판단될 경우에는 설계변경 등을 통해 적정성을 확보하여야 한다.

(3) 입지조건과 시공조건, TBM 크기 등을 고려하여 작업구의 위치와 규모를 계획하여야 한다.

(4) 발진부와 도달부, 급곡선부, 지장물의 철거부나 지중접합부 등에는 지반의 안정성을 검토하고, 필요시 보조공법 등을 추가로 계획하여야 한다.

(5) TBM 운전원에게 비상시를 포함한 작업 임무에 대한 교육계획을 수립하여 원활한 시공과 안전이 확보될 수 있도록 하여야 하며, 장비의 원활한 작동여부를 확인하기 위한 시운전 계획을 수립하여야 한다.

(6) 시공계획 시 TBM의 투입에 따른 운반, 조립 및 해체계획, 버력처리 방안, 각종 설비계획 등과 품질, 안전 및 환경관리 대책도 검토하여야 한다.

(7) TBM터널 공사의 세부공종은 작업부지 계획, 작업구 설치, 장비 운반, 조립 및 시운전, 굴진 및 라이닝 조립, 버력처리, 도달, 유턴(U-Turn), 해체 및 인양 등으로 구분할 수 있으며, 효율적인 공사수행을 위하여 세부공종을 고려한 시공계획을 수립하여야 한다.

3.1.2 특수조건 고려사항

(1) 토피가 얕은 구간에서 TBM터널을 시공하는 경우에는 지표면이나 지하매설물 등에 미치는 영향이 최소화될 수 있도록 굴진면 압력관리나 뒤채움 주입관리를 계획하여야 하며, 필요시 보조공법을 적용하여 안정성을 확보하여야 한다.

(2) 급곡선 구간에서는 선형 유지, 내공단면 확보, TBM의 끼임 방지, 세그먼트 균열방지를 위한 계획을 수립하여야 한다.

(3) TBM으로 긴 연장의 터널을 시공하는 경우에는 지반조건을 고려하여 장비 및 시공설비의 내구성과 굴진율 향상 방안 등을 사전에 검토하여야 한다.

(4) 회전이동거리, 지반조건 등을 고려하여 디스크커터와 커터비트를 선정하고 교체계획을 수립하여야 하며, 교체주기 및 방법, 내구성 강화 등을 검토하여야 한다.

(5) 급속시공을 하는 경우에는 TBM의 능력을 향상시키고, 각종 설비와 시스템이 유기적으로 조합되도록 계획하여야 한다.

(6) 지중에서의 접합 시에는 TBM의 위치확인과 조정을 실시하여 시공 정밀도를 높이고, 지중에서의 분기 시에는 기설터널에 미치는 영향이 최소화되도록 계획하여야 한다.

(7) 단면이 변하는 경우에는 원활하고 안전하게 단면변화 적용이 가능하고 각 변화 단면 굴진이 가능하도록 장비, 시공설비 및 시공방법을 검토하여야 한다.

(8) TBM터널 굴착 시 단층대, 압착성 지반 등 연약지반을 통과할 경우에는 장비끼임 등으로 인해 공기지연이 발생할 수 있으므로 전방지반 예측 등 장비끼임 방지를 위한 계획을 수립하여야 한다.

(9) 하저 및 해저 구간 시공 시에는 터널이 침수되지 않도록 대책을 수립하여야 한다.

(10) 지층변화가 심한 곳, 구 하상, 우물 주변 또는 국부적인 연약층을 통과 시에는 필요한 지반조사를 실시하고 필요한 경우 대책을 수립하여 안정성을 확보하여야 한다.

3.1.3 TBM터널 내공단면과 굴착직경

(1) TBM터널 내공단면은 터널의 사용목적에 부합하는 요구단면을 포함하여야 한다.

(2) TBM터널의 굴착직경 산정 시에는 내공단면, 라이닝두께, 터널선형 및 시공 여유량을 고려하여야 한다.

(3) 동일한 시설한계를 갖는 TBM터널에서는 TBM 장비운용의 효율성을 감안하여 굴착단면의 단일화를 검토하여야 한다.

3.1.4 TBM의 적합성

(1) TBM은 굴진면의 안정성을 확보하여 안전하고 경제적인 시공이 가능하여야 한다.

(2) TBM의 검토 시에는 장비구조 및 재료 특성과 더불어 지반조건, 주변여건, 터널크기, 연장 및 선형 등과의 적합성과 시공성을 고려하여야 한다.

(3) TBM은 신규 제작 장비 적용을 원칙으로 한다. 다만, 성능이 검증될 경우에는 재활용 장비 및 부품을 사용할 수 있다.

3.1.5 발진 및 도달부 고려사항

(1) 발진방법의 선정 시 시공의 안전성, 지반상태, 지하수조건, 시공환경 등을 고려하여야 한다.

(2) 발진부와 도달부의 보강공법 선정 시 지반조건, 지하수압, TBM의 형식 및 외경, 길이 및 주변 인접구조물을 고려하여야 한다.

3.1.6 지반안정

(1) 굴진면의 붕괴 및 함몰의 우려가 있는 경우에는 TBM 종류와 지반상태 등을 고려하여 굴진면압 관리, 갱내보강, 지상보강 등 굴진면의 안정처리공법을 적용하여야 한다.

(2) 터널굴착에 따른 지반침하가 우려되는 경우에는 굴진면의 안정처리, 세그먼트 설치, 뒤채움 주입 등에 대한 적합한 공법을 적용하여 지반침하를 억제하여야 한다.

(3) 터널주변 지반의 침하관리를 위해서는 현장계측을 실시하여야 하며, 침하량은 허용침하량 이하가 되도록 관리하여야 한다.

3.1.7 구조물 보호

(1) 구조물에 근접하여 시공을 행하는 경우에는 사전에 영향성을 검토하고 필요에 따라서 구조물 방호대책을 수립하고, 계측을 실시하여 구조물에 미치는 영향을 파악하여야 한다.

(2) 터널을 병렬로 시공하는 경우는 상호 영향성을 검토하고, 지반과 터널의 거동을 파악하여 필요에 따라 보조공법을 적용하여야 한다.

3.2 작업준비

3.2.1 시공설비 일반

(1) 공사용 설비계획 수립 시 TBM 및 버력처리 장비의 종류와 특성을 고려하여 종합적으로 검토하여야 한다.

(2) 시공설비는 계획공정을 만족시킬 수 있어야 하며, 공사의 규모와 통과구간 상부여건 및 지반조건에 적합하고 안전하며 환경보전을 고려한 것이어야 한다.

(3) 시공설비로는 TBM의 회전설비, 재료보관소 및 창고, 반입 및 반출설비, 전력공급설비, 환기설비, 안전통로 및 승강설비, 공기압축설비, 터널 내 운반설비, 급수 및 배수설비, 뒤채움주입설비, 이수설비, 버력처리설비와 같은 다양한 설비가 있으므로 사전에 각 설비별 사양검토 및 세부설치계획을 체계적으로 수립하여야 한다.

(4) 시공설비계획은 TBM 장비 굴진속도 및 후속공정의 사이클 타임을 조합해서 각 작업 예비설비도 포함하며, 공사장 면적, 주위환경 등을 검토하여 설비계획에 반영하여야 한다.

3.2.2 TBM의 회전설비

(1) 발진설비로 TBM 장비의 지지를 위한 받침대와 반력대, 뒤채움 주입재 및 이수의 누출방지를 위한 패킹설비 등을 설치하여야 한다.

(2) 도달설비로 TBM 장비의 지지를 위한 받침대, 도달 패킹설비를 설치하여야 한다.

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

3.2.3 반입 및 반출설비

(1) 반입 및 반출설비는 버력의 특성을 고려한 반출방법, 사토장으로의 운반방법, 재료의 반입 및 반출방법 등을 고려하여 선정하여야 한다.

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

(3) 재료의 반입 및 반출설비는 작업 사이클, 입지조건 등을 고려하여 버력의 반출 공정에 지장을 초래하지 않도록 선정하여야 한다.

3.2.4 전력공급설비

(1) 전기설비는 한국전기설비규정(KEC) 및 내선규정, 전기사업법, 한국산업규격(KS), 산업안전보건기준에 관한 규칙 등에 근거하여 설치하고 유지관리를 하여야 한다.

(2) 고압 전기기기는 폐쇄형 배전반(Cubicle) 등을 사용하고, 전선로에는 절연 케이블 등을 사용하여 감전사고를 방지하여야 한다.

(3) 터널 내 전력설비는 터널 내에서 사용하는 설비의 소요전력 용량을 파악하고, TBM 굴진 연장 등을 고려하여 적절한 설비로 전력을 공급하여야 한다.

(4) 전력공급 중단에 대비하여 필요에 따라 자가발전이나 예비전원설비를 설치하여야 한다.

(5) 전기설비용량 결정 시, TBM 장비와 상부시공 설비, 터널 내 사용되는 설비 및 기타 장비의 소요전력을 고려하여야 한다.

3.2.5 환기설비

(1) TBM터널에서는 TBM, 버력처리, 자재운반 등의 장비들의 배기량과 작업원 수 등을 감안한 소요환기량을 검토하여 환기설계의 적합성을 평가한 후 환기설비를 갖추어야 하며, 필요시 별도의 예비전원에 연결된 비상급기설비를 설치하여야 한다.

3.2.6 공기압축설비

(1) 압기공법을 적용하는 경우에는 소요의 공기압을 줄일 수 있는 공기압축기 또는 송기설비를 예비기기와 함께 설치하여야 하며, 압기설비, 전력설비, 냉각설비, 저장탱크, 송기관 등을 설치하여 청정하고 적당한 온도의 공기를 공급하여야 한다.

(2) 고압공기를 사용하는 경우에는 소요용량의 고압 공기압축기 및 필요한 부대설비를 설

치하여야 한다.

3.2.7 터널운반설비

(1) 터널운반설비 선정 시 단면의 크기, 연장, 선형 및 굴착버력상태 등을 고려하여야 한다.

3.2.8 급수 및 배수설비

(1) 급수설비는 커터헤드 전면에 부착된 디스크커터의 개수에 의해 결정되는 굴착소요 급수량과 터널 내 장비운용 및 지보공으로 인해 소요되는 급수량 등을 처리할 수 있는 용량을 갖추도록 하여야 하며, 공사기간 중에 고장 없이 운용될 수 있도록 관리하여야 한다.

(2) 커터헤드에 공급되는 급수는 소요압력을 유지시켜 공급하여야 한다.

(3) 배수설비는 TBM에 급수된 수량과 터널 내의 용출수를 배수할 수 있어야 하며 예비 배수설비를 설치하여 예기치 못한 용출수에 대비하여야 한다. TBM의 하향 굴진 시는 지하수 유입으로 인해 장비가 침수되지 않도록 배수계획을 수립하여야 한다.

3.2.9 침전설비

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

(2) 기타 침전설비에 관한 세부사항은 환경관련법에서 정하는 기준을 만족시킬 수 있어야 한다.

3.2.10 뒤채움주입설비

(1) 뒤채움주입설비로는 그라우트 믹서, 교반기, 흡입장치, 그라우트 펌프, 주입배관 및 주입관리 시스템 등이 있으며 뒤채움주입이 능률적으로 이루어질 수 있도록 배치함과 동시에 소정의 작업 사이클 내에 쉴드TBM 테일 보이드를 완전히 충전할 수 있는 것이어야 한다.

3.2.11 이수처리설비

(1) 이수처리설비는 굴진면의 토질에 적합한 이수를 관리할 수 있으며, 공급이수와 배토이수의 균형관리 및 사토처리 능력이 충분하여야 한다.

(2) 이수처리설비는 이수와 굴착토를 입경에 따라 효과적으로 분리할 수 있는 1차 설비,

노화된 이수를 필터링 할 수 있는 2차 설비와 여과된 물의 탁도 및 수소이온농도지수(pH)를 조정하여 방류하는 3차 설비가 고려되어야 한다.

3.2.12 버력처리설비

(1) 버력처리설비는 공정에 지장을 주지 않으면서 굴착버력을 처리할 수 있어야 한다.

3.2.13 작업대차

(1) 작업대차는 굴착, 뒤채움주입 등 일련의 작업에 사용되는 재료와 기계설비를 수용할 수 있는 규모를 가지며, 또한 각종 작업발판으로서의 기능을 가진 것이어야 한다.

3.2.14 기타 특수설비

(1) TBM 종류에 따라서는 추가설비들이 요구될 수 있으므로 선정된 장비의 특성에 적합한 추가설비를 갖추어야 한다.

3.3 시공기준

3.3.1 작업구 시공

(1) TBM의 형식, 크기, 반입, 반출, 조립, 추진방법, 추진 반력체, 작업구 지반의 안정처리, 본 구조물과의 연결, 주변의 영향 등을 고려하여 작업구의 크기와 형상을 결정하여야 한다.

(2) 지반조건, 노면조건, 교통량, 공사 중 소음 및 진동의 영향 등을 고려하여 안전하고 경제적인 공법으로 작업구를 시공하여야 한다.

(3) 도심지 등에서 본 노선에 적합한 작업부지의 확보가 곤란할 경우에는 터널노선을 벗어난 위치에 작업구를 설치하고 진입갱을 통해 본 노선에 접근할 수 있도록 하여야 한다.

(4) TBM, 후방설비 및 자재의 반출입 사항들을 고려하여 작업구를 시공하여야 한다.

(5) 본 구조물로서의 기능 외에 TBM 굴진에 따르는 설비장치, 버력반출, 세그먼트와 각종 자재의 반입 등의 작업이 소정의 계획공정에 따라 진행되도록 작업구를 설치하여야 한다.

(6) TBM용 작업구는 발진작업구, 중간작업구, 도달작업구, 방향전환 작업구 등이 있으며 현장조건과 공사목적에 맞추어 다음과 같은 조건을 갖추어야 한다.

① 발진작업구는 장비의 조립이 용이하고 배수가 원활하게 이루어질 수 있어야 하며, 토압과 추진력을 견딜 수 있는 구조이어야 한다.

② 초기 굴진이 이루어지는 구간의 발진작업구에 대해서는 종단경사, 굴진면 압력, 이수분

출, 부력 및 장비침하를 검토하여야 한다.

③ 도달작업구는 장비의 해체와 인양이 용이한 구조이어야 한다.

④ TBM의 방향전환이 필요할 경우에는 방향전환 작업구를 설치할 수 있다.

⑤ 발진과 도달을 겸하는 작업구는 TBM 장비의 투입, 조립, 해체 및 반출의 목적에 부합되는 구조이어야 한다.

(7) 작업구에는 교통 및 보행자의 안전을 위하여 안전펜스를 현장여건에 맞게 설치하여야 한다.

3.3.2 발진

(1) TBM은 소정의 위치에 계획된 종단 및 평면선형과 일치하도록 고정시킨 후에 발진되어야 하며, 발진 추력이 작업구 흙막이, 주변도로, 지중매설물 등에 영향을 미치지 않도록 주의하여야 한다.

(2) 발진을 위한 작업장이 협소한 경우에는 장비본체, 후속대차, 버력대차 등을 분리하여 투입하는 방법을 검토하여야 한다.

(3) TBM은 선형을 따라 허용편차 내에서 굴진되도록 하고, 정해진 위치까지 안전하게 도달할 수 있어야 한다.

(4) 지반조건이 불량하고 터널 토피가 얇은 구간을 TBM이 통과하는 경우에는 필요시 지반보강을 실시하고 보강효과를 확인하여야 한다.

(5) 발진 시 TBM의 고정 위치는 설계상의 장비 중심 및 높이를 기본으로 하여 설정하며, 지반이 연약하여 장비의 처짐이 예상되는 경우는 위치를 상향 보정하거나, 바닥부는 충분한 지지력을 확보하여야 한다.

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

(7) 발진작업구에서 TBM의 진입을 위한 개구작업 시에는 지반의 붕괴, 노면의 함몰 등이 발생하지 않도록 주의하여 시공하여야 한다.

(8) 발진작업구에서 가설벽체를 해체하는 경우 단계별로 신속하고 주의 깊게 수행하여야 한다.

(9) 발진작업구에서 쉴드TBM을 진입시킬 때에는 지하수와 토사의 유입을 막을 수 있도록 엔트런스 패킹을 설치하여야 하며, 가설세그먼트의 부상, 롤링(Rolling), 자재 반입구 변형 등을 방지하기 위한 대책공법을 적용하고 관리하여야 한다.

(10) 발진부 보강방법 검토 시 표 3.3-1을 참조하여 지반조건, 지하수압, TBM 형식, 토피,

작업여건 등의 제반조건을 고려하여야 한다. 이 경우 발진부 구조체의 안전성을 확보할 수 있도록 단독 또는 병용의 보강방법을 적용할 수 있다.

표 3.3-1 발진부 보강방법

발진부 보강법	시공법
굴진면 보강 후 발진	• 약액 및 현탁액 주입공법 • 고압주입공법 • 동결동법 • 작업구 압기공법
강철판을 이용하여 발진	• 이중강철판공법 • 개착매설공법
가벽자체를 절삭하여 발진	• 가벽절삭공법

(11) 굴진은 초기굴진과 본 굴진으로 분류할 수 있으며, 초기굴진 시에는 본 굴진에 필요한 각종 자료를 수집·분석하고, 굴진관리 방안을 수립하여야 한다.

(12) 초기 굴진거리는 TBM의 길이와 추력의 영향을 받는 구간의 길이를 합한 것과 TBM의 길이와 후방설비의 길이를 합한 것 중 긴 것을 선택하여야 한다.

(13) 초기굴진과 관련하여 검토하여야 할 사항들은 다음과 같다.

① 발진부에 대한 사전 지반개량의 필요 유무
② 쉴드TBM의 발진반력대, 받침대의 구조 및 강도
③ 후방설비의 배치 및 버력의 반출 방법

3.3.3 도달

(1) 도달은 TBM이 도달작업구까지 굴진하는 일련의 작업이며, 도달 후에는 장비를 인양, 매몰, 회전(U-turn)할 수 있다.

(2) 도달작업구의 개구부 처리방법은 사전에 개방시키는 방법과 TBM 장비가 작업구 벽체에 도달한 후에 개방시키는 방법 등이 있으며, 지하수, 지반조건 등을 고려하여 안전한 방법을 선정하여야 한다.

(3) 도달에 있어서는 TBM의 위치를 측정하면서 설계노선을 따라 주변 도로, 지중매설물 등에 영향을 미치지 않도록 하며, 정해진 위치까지 굴진하여야 한다.

(4) 도달과 관련하여 검토하여야 할 사항들은 다음과 같다.

① 도달부에 대한 지반개량 범위와 배면주입, 토류가시설의 필요유무, 개구방법, 토사유출방지 및 배수대책
② 추진속도를 늦추고 정확한 위치에 도달하기 위해 조정을 수행하는 위치
③ 이수식 쉴드TBM인 경우 이수압의 감압개시 위치
④ TBM을 매립하는 경우 매립위치, 매립부와 본체구조물과의 연결부 시공방법

⑤ TBM을 작업구에서 인출하는 경우 받침대 등의 가설설비 및 이동계획

3.3.4 TBM 추진 일반사항

(1) 운전원은 제작사에서 제공하는 설명서(Manual)를 숙지하여 TBM의 기능을 이해하고 제어할 수 있어야 한다.

(2) 운전원은 굴진 시 각종 계기자료와 지반정보로부터 상하 또는 좌우 편차가 허용값 이내가 되도록 관리하여야 한다.

(3) TBM터널 시공 시 굴진면과 주변지반의 안정을 도모하면서 설계노선을 따라 정확하게 추진될 수 있도록 운전하여야 한다.

(4) TBM 추력은 지반조건, 장비형식, 여굴의 발생여부, 사행정도, 터널선형 등에 의해 영향을 받으므로 추력의 크기와 장비의 방향을 조절할 수 있는 잭을 적정하게 사용하여 추진시켜야 한다.

(5) 세그먼트가 손상되지 않도록 1본당 잭 추력을 적정하게 적용하여야 한다. 또한 곡선부 시공 또는 사행수정을 위해서 일부 잭만을 사용하는 경우에도 사용하는 잭을 적정하게 선정하여 세그먼트 손상을 방지하여야 한다. 필요시에는 세그먼트 손상을 방지하기 위하여 강섬유 보강과 같은 대책의 적용을 검토할 수 있다.

(6) TBM을 추진시킬 때는 피칭, 요잉 및 롤링의 발생을 억제하도록 하여야 한다.

(7) TBM의 추진과 관련하여 검토하여야 할 사항들은 다음과 같다.

① 인근의 가옥, 주요 구조물 등에 대한 필요시 보강대책 및 계측계획
② 지반조건에 적합한 굴진면 압력관리, 주입재의 주입량과 압력
③ 굴진면 붕괴에 의한 지반공동 또는 지반함몰 발생 및 이상누수에 대한 비상대책
④ 과굴착 여부 파악을 위한 배출 버력량 측정 방법

3.3.5 토압식 쉴드TBM의 추진

(1) 쉴드TBM의 추진에 따른 원만한 배토가 이루어질 수 있도록 토압과 굴착량을 측정하여 굴착속도를 조정하여야 하며, 커터헤드의 회전속도와 추력의 크기 등을 파악하여 굴진면 안정관리를 실시하여야 한다.

(2) 굴진면의 안정성, 버력의 유동성과 지수성을 확보하기 위하여 적합한 첨가제를 선정, 주입하여야 한다.

(3) 배토기구와 관련 설비는 굴착토량과 배토되는 토사의 양과 상태를 고려하여 해당 공종에 적합하도록 계획하고 관리하여야 한다.

(4) 토압식 쉴드TBM의 추진과 관련하여 굴진기록부의 작성항목을 검토하여야 한다.

3.3.6 이수식 쉴드 TBM의 추진

(1) 이수관리시스템은 이수에 의한 굴진면의 유지, 굴착버력의 이송, 분리 및 처리, 재순환을 포함하며, 지반조건과 시공성을 고려하여 자동화 체계로 운용되어야 한다.

(2) 굴진면의 안정을 유지하기 위한 이수의 비중, 점성, 이수압 등은 토압과 지하수 압력을 고려하여 관리값을 설정하여야 한다.

(3) 이수분리장치를 통해 이수와 버력을 완전히 분리하여야 하며, 이수분리장치의 용량 결정 시에는 터널단면의 크기, 터널 연장, 1회 추진 시의 버력량, 사이클 타임 등을 고려하여야 한다.

(4) 배토기구와 설비에는 굴착토사의 상태를 고려하여 폐색이 발생되지 않도록 설계도서에 따라 폐색방지용 보조장치와 파쇄장치 등을 설치하여야 한다.

(5) 이수식 쉴드TBM의 추진 시 이수의 품질관리, 이수 플랜트 설비 등을 검토하여야 한다.

(6) 굴착버력은 폐기물관리법에 의한 유해물질 검사 후 반출하여야 한다.

3.3.7 세그먼트 라이닝 설치

(1) 세그먼트는 조립 전에 이물질을 완전히 제거한 후 조립순서에 따라 신속, 정확하게 조립하여야 한다.

(2) 세그먼트의 본체 및 실링부 시공 시 손상되지 않도록 주의하여야 하며, 필요시 진원유지장치 등의 보조기구를 사용하여야 한다.

(3) 세그먼트 라이닝의 시공

① 세그먼트를 조립할 때 쉴드TBM의 잭을 동시에 제거하면 토압 또는 굴진면의 이수압에 의해 쉴드TBM이 후진할 수 있으므로 세그먼트 조립 순으로 수 본씩 단계별로 제거하면서 조립하여야 한다.

② 세그먼트 링의 종방향 이음은 교차형 배열로 조립하여야 한다. 이 경우 세그먼트 이음부의 방수재는 손상되지 않고 잘 밀착되도록 조립하여야 한다.

③ 세그먼트 설치 시 이렉터를 이용하여 주위 세그먼트가 손상되지 않도록 조립하고, 필요시 진원유지장치 등을 이용하여 진원을 유지하도록 하여야 한다.

④ 세그먼트 이음볼트는 세그먼트에 손상을 주지 않는 정해진 힘으로 체결하여야 한다. 세그먼트가 변형에 의해 느슨해지는 경우는 재체결한다.

⑤ 조립 중 세그먼트 균열 및 파손발생에 대비하여 보강 방법이 포함된 관리대책을 수립하여야 한다.

(4) 테이퍼 세그먼트 라이닝의 시공

① 곡선부의 원활한 시공을 위하여 곡선계획에 맞는 테이퍼(Taper) 세그먼트를 제작하여 사

용하여야 한다.

② 직선구간 및 곡선구간의 사행을 고려하여 적절한 비율로 테이퍼 세그먼트를 제작・보관하여야 한다.

③ 테이퍼의 방향이 동일한 세그먼트의 사용량이 많아지면 라이닝이 변형될 수도 있으므로 사행과 곡선반경을 고려하여 테이퍼 세그먼트의 사용량을 최소화하도록 시공하여야 한다.

(5) 진원의 유지

① 세그먼트를 진원으로 조립하는 것은 터널단면의 확보, 시공속도, 지수효과의 향상 및 지반침하의 감소 등에 중요하므로 세그먼트를 조립한 후 뒤채움주입재가 충분히 경화될 때까지 진원장치를 유지하여야 한다.

3.3.8 버력운반

(1) 터널크기, 연장, 경사, 공사기간, 교행장치의 개소 및 수 등을 감안하고 안전성과 운전효율을 고려하여 버력운반 체계를 선정하여야 한다.

(2) 버력운반 시 광차를 사용하는 경우는 버력적재 및 대기시간을 최소화하여 TBM의 굴진효율에 영향을 주지 않도록 필요시 교행장치를 설치하여야 한다.

(3) 버력운반용 광차의 용량은 터널의 크기, 경사, 연장, 버력 발생량 등을 고려하여 선정하여야 한다.

(4) 내연기관의 광차를 사용할 경우는 배기가스에 주의하고 환기설비 등을 고려하여야 한다.

(5) 초장대 터널의 경우, 갱내 환경 및 운반효율을 고려하여 고속 컨베이어 시스템과 같은 고효율 운반체계를 고려할 수 있다.

(6) TBM의 배토처리는 그 방식에 적절한 방법을 선정하여야 하며, 필요에 따라서는 호환 또는 복합하여 적용할 수 있다.

(7) 연속컨베이어 등 이동장비에는 작업원의 안전 및 장비손상을 방지하기 위하여 비상정지장치 또는 비상정지 예인로프 등과 같은 안전장치를 갖추어야 한다.

3.3.9 뒤채움 주입시공

(1) 쉴드TBM의 테일 보이드(Tail void)로 인한 지반의 변형방지와 세그먼트에서의 누수방지, 굴진반력에 의한 세그먼트의 조기 안정성 확보를 위하여 뒤채움 주입을 실시하여야 한다.

(2) 뒤채움 주입은 다음의 방법들 중 쉴드TBM의 장비 특성과 현장 지반조건 등을 고려하여 선정하여야 한다.

① 동시주입 : 테일 보이드의 발생과 동시에 주입, 충전하는 방법으로 TBM 장비에 설치된 주

입관을 통해 주입하는 방법
② 즉시주입 : 테일 스킨이 조립된 세그먼트를 벗어나는 즉시 그라우트홀을 통해 주입하는 방법
③ 후방주입 : 몇 링 후방에서 세그먼트 그라우트 홀을 통해 주입하는 방법

(3) 뒤채움 주입은 세그먼트 배면을 완전히 충전시킬 수 있도록 세그먼트에 작용하는 외압보다 0.1~0.2 MPa 큰 압력으로 실시하여야 한다.

(4) 주입량은 쉴드TBM의 테일 보이드 크기, 주입재의 지반에 대한 침투성, 지반의 투수성, 여굴 등을 고려하여 결정하여야 한다.

(5) 이액형 주입재를 사용하는 경우는 적정 겔타임을 검토하여 주입압의 상승, 주입관의 폐색에 주의하여야 한다.

3.3.10 급곡선부 시공방법

(1) 착공 전에 곡선반경은 TBM의 직경, 구조 및 특성을 감안하여 최소곡선반경과 대차의 회전반경을 검토하여야 한다.

(2) 급곡선부를 시공하는 경우에는 지반조건, TBM 장비 특성, 확대굴착량, 테일 보이드, 보조공법 등을 사전에 검토하여 정확한 시공이 되도록 하여야 한다.

(3) 추진반력에 따른 세그먼트 라이닝 또는 지보재의 균열이나 파손, 터널의 변형, 선형이탈 방지에 유의하여야 한다.

(4) 시공 시 실제 TBM의 곡선반경은 설계곡선반경에 비하여 커지게 되는 경향이 있으므로 급곡선시공을 위해서는 다음 사항을 관리하여야 한다.

① TBM의 길이는 회전저항이 최소화 되도록 가능한 한 짧게 하거나 중절기능을 갖도록 하고, 편측추진에 대비하여 추력과 커터회전력이 충분한 여유를 갖도록 하여야 한다.
② 직선구간의 세그먼트보다 폭을 작게 하여 필요한 테이퍼양을 확보하고, 편심하중을 고려하여 리브, 스킨, 이음볼트를 보강하거나 필요시 강재세그먼트를 사용할 수 있다.
③ 카피커터 등으로 확대굴착량을 조절하여 급곡선 시공을 용이하게 한다.
④ 필요시에는 급곡선부 주변지반의 이완방지와 지반반력의 증강을 위하여 지반보강 또는 보조공법을 적용한다.
⑤ 세그먼트가 지반에 밀착될 수 있도록 뒤채움 주입을 실시하여야 한다.
⑥ 선형관리에 대한 측량빈도를 늘리고, 정기적인 기준점측량을 수행하여야 한다.

3.3.11 급경사부 시공방법

(1) 급경사부의 시공은 운반 시 충돌, 협착 등의 재해방지 및 갱내 배수와 통로에 대하여 충분히 검토하여야 한다.

3.4 시공 허용오차

내용 없음

3.5 보수 및 재시공

3.5.1 점검 및 커터교체

(1) TBM의 특성에 적합하도록 수시점검, 일일점검, 주간점검, 월간점검 등으로 구분한 계획을 수립하고 정기적으로 점검하여야 한다.

(2) TBM의 굴진효율이 떨어지기 전에 디스크커터 또는 커터비트를 교체하여야 한다. 또한 디스크커터가 편마모 되었거나 파손된 경우 디스크커터의 베어링, 실링, 커터 하우징 기능의 정상여부도 점검하여야 한다.

(3) 작업자의 안전이 확보되는 조건에서 디스크커터와 커터비트의 점검 및 교체 작업을 실시하여야 한다.

3.6 현장 품질관리

3.6.1 뒤채움 주입관리

(1) 뒤채움 주입관리 방법은 주입압력에 의한 관리방법과 주입량에 의한 관리방법으로 구분하며, 현장에서는 두 가지 방법을 혼용하여 종합 관리하여야 한다.

(2) 뒤채움 주입 후에 미충전부가 발생하거나 쉴드의 추력에 의해 세그먼트와 지반 사이에 틈이 발생하는 경우에는 추가주입을 실시하여야 한다.

(3) 뒤채움 주입 시 지반과 세그먼트의 변형이나 이음 볼트의 절단이 생기지 않도록 압력을 관리하여야 한다.

(4) 주입재의 적절한 품질을 유지하기 위하여 유동성, 점성, 블리딩, 응결시간, 압축강도 등을 정기적으로 측정하여야 하며 품질에 의문이 생길 때는 세그먼트 배면주입공을 통해 주입재 코어를 채취하여 주입재의 품질을 관리하여야 한다.

3.6.2 이수 품질관리

(1) 설계도서에 따라 이수의 비중, 점성, 모래함유율, pH, 항복점과 같은 품질기준을 검토하고, 지반조건에 따른 변경사항은 공사감독자와 협의하여 품질관리기준을 관리하여야 한다.

집필위원

성 명	소 속	성 명	소 속
장수호	한국건설기술연구원	문준배	강릉건설
박진수	호반산업		

국가건설기준센터 및 건설기준위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
이영호	한국건설기술연구원	김낙영	한국도로공사
김기현	한국건설기술연구원	김영근	㈜건화
김희석	한국건설기술연구원	배상훈	SH 엠앤씨
류상훈	한국건설기술연구원	유한규	한양대학교
원훈일	한국건설기술연구원	이성원	한국건설기술연구원
이상규	한국건설기술연구원	이용주	서울과학기술대학교
이승환	한국건설기술연구원	이호성	㈜지윤이앤씨
이용수	한국건설기술연구원	정상준	㈜에스코컨설턴트
주영경	한국건설기술연구원	천대성	한국지질자원연구원
최봉혁	한국건설기술연구원	최해준	수성엔지니어링
허원호	한국건설기술연구원		

중앙건설기술심의위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
김상철	㈜삼안	문인기	엠플러스이엔씨(주)
김성수	한국토지주택공사	신중호	한국지질자원연구원
김영근	㈜건화	정평기	㈜화인씨이엠테크
류은영	㈜태암엔지니어링		

소관부처

성 명	소 속	성 명	소 속
양희관	국토교통부 도로건설과	최영록	국토교통부 도로건설과
김로타	국토교통부 도로건설과		

(분야별 가나다순)

KCS 27 25 00 : 2023

터널 TBM 공사

2023년 9월 12일 개정

소관부서 국토교통부 도로건설과

관련단체 한국터널지하공간학회
06720 서울시 서초구 효령로 304 국제전자센터 14층 11호
(사)한국터널지하공간학회
Tel : 02-3465-3663 E-mail : ktastaff@hanmail.net
https://www.tunnel.or.kr/

작성기관 한국터널지하공간학회
06720 서울시 서초구 효령로 304 국제전자센터 14층 11호 (사)한국터널지하공간학회
Tel : 02-3465-3663 E-mail : ktastaff@hanmail.net
https://www.tunnel.or.kr/

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

KCS 27 30 00 : 2023

터널 지보재 시공

2023년 9월 12일 개정
http://www.kcsc.re.kr

KC CODE

국토교통부

건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

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

건설기준 연혁

- 이 기준은 건설기준 코드체계 전환에 따라 기존 건설기준(설계기준, 표준시방서) 간 중복·상충을 비교 검토하여 코드로 통합 정비하였다.

- 이 기준은 기존의 터널표준시방서를 중심으로 도로공사표준시방서, 공동구 표준시방서, 도시철도(지하철)공사표준시방서, 하천공사표준시방서, 상수도공사 표준시방서, 하수관거공사 표준시방서 등의 터널 지보재에 해당하는 부분을 통합 정비하여 기준으로 제정한 것으로 제·개정 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요 내용	제정 또는 개정 (년월일)
터널공사표준시방서 및 동해설	• 산악지대에 건설되는 터널공사의 조사, 설계, 시공관련 설계의 일반 방침, 기준	제정 (1975.3)
터널공사 표준시방서	• 조사편에 노선계획, 공사계획 추가 • 설계편에 하중, 동바리공의 본문 및 해설 추가 • 시공편에 안전위생, 기계굴착 등 추가 • 시공법 및 시공 방식 현대화 • 사갱, 수직갱 신설 • NATM 공법 표준사항 신설	개정 (1985.12)
터널표준시방서	• 일반시방서로 개편 및 해설부분 생략 • 국내 용어 및 서술형식 적용	개정 (1996.5)
터널표준시방서	• 터널설계기준과 터널표준시방서 분리, 개편, 보완	개정 (1999.4)
터널표준시방서	• 최신 설계 및 시공기술, 신자재 반영 • 환경친화적인 터널건설을 위한 기준 보완 • 시공중 터널 붕락 등 재난에 대비한 시공관리 강화	개정 (2009.1)
터널표준시방서	• 기술·환경성 향상 및 품질확보를 위한 기술반영 • 굴착현장 붕괴사고 방지 및 사회적 관심 사항 반영 • 타 기준과의 상충내용 정비 • 연구성과 반영 및 관련 민원 해소	개정 (2015.2)
KCS 27 30 00 : 2016	• 건설기준의 효율적인 관리를 위한 건설기준(설계코드 KDS, 시방코드 KCS)을 제정	제정 (2016.6)
KCS 27 30 00 : 2018	• 한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함	수정 (2018.7)
KCS 27 30 00 : 2023	• 국가건설기준 코드 작성 지침에 따라 개정	개정 (2023.7)

제　　정 : 2016년 6월 30일	개　　정 : 2023년　9월 12일
심　　의 : 중앙건설기술심의위원회	자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회
소관부서 : 국토교통부 도로건설과	
관련단체 : 한국터널지하공간학회	작성기관 : 한국터널지하공간학회

- 「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」에 따라 고시일을 기준으로 매 3년이 되는 시점마다 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 하여야 한다.

목 차

1. 일반사항 ····· 1
1.1 적용범위 ····· 1
1.2 참고 기준 ····· 1
1.2.1 관련 법규 ····· 1
1.2.2 관련 기준 ····· 1
1.3 지급자재 ····· 1
1.4 용어의 정의 ····· 1
1.5 시스템 설명 ····· 1
1.6 시스템 허용오차 ····· 1
1.7 제출물 ····· 1
1.8 공사기록서류 ····· 1
1.9 품질보증 ····· 1
1.10 운반, 보관, 취급 ····· 2
2. 자재 ····· 2
2.1 재료 ····· 2
2.1.1 강지보재 ····· 2
2.1.2 숏크리트 ····· 2
2.1.3 록볼트 ····· 3
2.2 구성품 ····· 4
2.3 장비 ····· 4
2.3.1 숏크리트 타설장비 ····· 4
2.4 부속재료 ····· 5
2.4.1 록볼트 부속부품 ····· 5
2.5 배합 ····· 5
2.5.1 숏크리트 ····· 5
2.6 조립 ····· 5
2.6.1 강지보재 제작 ····· 5
2.7 마감 ····· 6

2.8 조립 허용오차 ····· 6
2.9 자재 품질관리 ····· 6
2.9.1 강지보재 ····· 6
2.9.2 숏크리트 ····· 6
2.9.3 철망 ····· 8
3. 시공 ····· 9
3.1 시공조건확인 ····· 9
3.1.1 지보재 일반 ····· 9
3.1.2 지보재 시공시기 ····· 10
3.1.3 지보재 시공순서 ····· 10
3.1.4 지보재 시공 중 조치사항 ····· 11
3.2 작업준비 ····· 11
3.2.1 숏크리트 사전준비 및 처리 ····· 11
3.3 시공기준 ····· 12
3.3.1 강지보재 ····· 12
3.3.2 숏크리트 ····· 14
3.3.3 록볼트 ····· 17
3.4 시공 허용오차 ····· 20
3.4.1 록볼트 ····· 20
3.5 보수 및 재시공 ····· 21
3.5.1 록볼트의 추가시공 ····· 21
3.6 현장 품질관리 ····· 21
3.6.1 강지보재 ····· 21
3.6.2 숏크리트 ····· 22
3.6.3 강섬유 ····· 25
3.6.4 록볼트 ····· 26

1. 일반사항

1.1 적용범위

(1) 이 기준은 터널지보재로 사용되는 강지보재, 숏크리트, 록볼트의 시공 및 천단 또는 막장 안정을 위한 보조공법 등의 공사에 적용한다.

1.2 참고 기준

1.2.1 관련 법규

(1) 이 기준의 관련 법규는 KCS 27 10 05(1.2.1)을 따른다.

1.2.2 관련 기준

(1) 이 기준의 관련 기준은 KCS 27 10 05(1.2.2)를 따른다.

1.3 지급자재

내용 없음

1.4 용어의 정의

(1) 이 기준의 용어의 정의는 KCS 27 10 05(1.3)을 따른다.

1.5 시스템 설명

내용 없음

1.6 시스템 허용오차

내용 없음

1.7 제출물

(1) 이 기준의 제출물은 KCS 27 10 05(1.7)을 따른다.

(2) 수급인은 숏크리트에 사용할 혼화제에 대한 시험 성적서를 제출하고, 현장시험에 의한 혼화제의 효과와 적정 사용량을 확인한 후 사용여부를 결정하여 공사감독자의 승인을 받아야 한다.

1.8 공사기록서류

내용 없음

1.9 품질보증

내용 없음

1.10 운반, 보관, 취급
내용 없음

2. 자재
2.1 재료
2.1.1 강지보재
(1) 강지보재는 연성이 크고 휨과 용접 등의 가공성이 양호하여야 한다.

(2) H형강 및 U형강과 같은 강지보재의 재질은 KS D 3503에 규정된 SS275를 표준으로 하며 이와 동등 이상의 성능을 발휘하는 구조용 강재로 하여야 한다.

(3) 격자지보형 강지보재의 재질은 항복강도가 500 MPa 이상인 용접구조용 강재를 적용하는 것을 표준으로 하며, 이와 동등 이상의 성능을 발휘하고 부재 간 완전한 용접성능을 발휘할 수 있는 재질과 형상의 구조용 강재를 사용하여야 한다.

(4) 강지보재의 재료는 강재를 표준으로 하되, 동등 이상의 성능이 발휘되는 모든 재료를 사용할 수 있다.

2.1.2 숏크리트
(1) 숏크리트는 뿜어붙이기 성능과 초기 및 장기강도, 내구성능을 설정하여야 하며 뿜어붙이기 성능은 반발률(Rebound ratio), 분진 농도, 초기강도 및 장기강도로 설정할 수 있다.

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

(3) 숏크리트는 일반 숏크리트와 고강도 숏크리트로 구분하며 숏크리트의 설치목적에 맞게 성능과 품질을 확보하여야 한다.

(4) 숏크리트의 재령 28일 설계기준강도는 일반 숏크리트의 경우 21 MPa 이상, 고강도 숏크리트의 경우 35 MPa 이상이고 재령 1일 강도는 10 MPa 이상이 되도록 하여야 한다.

(5) 고강도 숏크리트를 최종 마감재로 적용할 경우 구조적 안정성과 박락에 대한 저항성을 확보하기 위해 암반 및 숏크리트 각 층 간의 부착강도를 높일 필요가 있으며, 재령 28일 부착강도는 암반에 대하여 0.5 MPa, 숏크리트에 대하여 1.0 MPa 이상이 되도록 관리하여야 한다.

(6) 급결제는 요구되는 급결성을 갖는 액상이나 분말형을 사용할 수 있으며 조기강도 발현 효과가 좋고 장기강도에 영향을 작게 미치는 것을 사용하여야 한다.

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

(8) 습식 숏크리트의 성질을 개선하기 위하여 실리카 흄(Silica fume), 메타카올린 및 플라이애시(Fly ash)와 같은 첨가제를 사용할 수 있으나, 공사 착수 전에 첨가제의 품질, 배합비 및 배합에 따른 혼합물 강도의 변화 등을 고려하여 사용여부를 결정하고, 공사감독자의 승인을 받아 사용하여야 한다.

(9) 급결제 및 시멘트는 품질이 변질되지 않도록 보관하여야 하며 동절기 및 혹서기에는 골재가 동해되거나 가열되지 않도록 조치하여야 한다.

(10) 급결제는 KS F 2782 규정에 적합하고 인체에 유해한 영향이 없어야 한다.

(11) 급결제의 사용량은 환경과 설계기준 강도를 고려하여 시공조건(기온, 지반조건, 용수 등), 사용재료, 급결제의 재질 및 특성에 따라 조정하여야 한다.

(12) 유동화제는 사용목적에 적합하고, 숏크리트 또는 급결제 등에 악영향을 미치지 않아야 한다.

2.1.3 록볼트

(1) 록볼트 재질은 항복강도 350 MPa 이상 재질의 인장강도와 연신율이 커서 취성파괴가 발생하지 않는 재료이어야 하며, 이형봉강을 표준으로 하되 원지반 조건과 사용목적에 따라 동등 이상의 다양한 재질 및 형상의 록볼트를 사용할 수 있다.

(2) 현장조건 및 시공여건에 따라 봉강, 케이블볼트, 강관 및 섬유강화 복합재료를 사용할 수 있다.

(3) 지압판 두께는 6 mm를 표준으로 하되 터널 변형이 큰 조건에서는 9 mm 이상의 두께를 사용할 수 있다.

(4) 케이블볼트 재질 및 형상은 원지반 조건 및 사용목적에 따라 정하여야 한다. 일반적으로 공칭지름 12.7 mm 이상 7연선으로 인장강도 및 연신율이 큰 것을 표준으로 하되 이와 동등 이상의 성능을 발휘할 수 있는 재질을 사용할 수 있으며 1본의 케이블볼트가 지탱하는 소요강도에 따라 다양한 형상의 케이블볼트를 사용할 수 있다.

(5) 막장면에 시공되는 록볼트는 필요한 경우 굴착 시 용이하게 제거될 수 있는 재질을 사용할 수 있다.

(6) 시공 중 또는 시공 후에 위치, 구멍지름, 깊이 등의 시공정밀도, 충전상태, 정착효과, 지압판의 변형, 록볼트 인발강도, 모르타르의 플로우값 및 압축강도 등에 관한 사항을 일상 및 정기 관리하여야 한다.

(7) 록볼트 정착재료는 조기접착력이 크고 취급이 간단하여야 하며, 내구성이 있어야 한다.

(8) 정착재료의 종류로는 수지(Resin)형, 시멘트 모르타르(Cement mortar)형, 시멘트 페이스트(Cement paste)형 등이 있으며, 각각의 품질기준은 해당공사의 공사시방서에 따른다.

① 수지형

가. 레진은 폴리에스터 레진(Polyester resin)계 및 동등 이상의 재질이어야 하며 캡슐형태로 제공되어야 한다.

나. 제조업자가 표시한 보관기간이 경과한 레진을 사용해서는 안 되며, 용수, 염수, 약산, 약알칼리성에 대하여 영향을 받지 않아야 한다.

다. 레진은 팽창성 접착재로서 직경 27 mm 이상 이어야 하며, 선단에서 2배 팽창이 되도록 조합하여야 하고 용수조건에서 초기강도가 높아야 한다.

라. 레진에 발포성 레진을 사용할 때는 발포배율에 따른 접착력의 감소를 반드시 점검하여야 한다.

② 시멘트 모르타르형

가. 모르타르는 모래와 시멘트 및 첨가재로 구성되며 물시멘트비(W/C) 40~50%의 배합을 원칙으로 한다.

나. 모르타르용 모래로는 2 mm 이하로 입도분포가 좋아야 하며, 모래의 표면수량에 따라서 수량을 조정하여야 한다.

다. 모르타르용 시멘트는 보통시멘트와 초조강시멘트를 사용할 수 있으며 보통시멘트를 사용할 때는 반드시 첨가제로서 초기에 정착능력을 발휘할 수 있도록 급결작용을 할 수 있는 급결제를 사용하여야 한다.

라. 초조강시멘트를 사용할 때는 지연제를 사용하여 모르타르 경화시간을 조정하되 시공관리에 특별히 유의하여야 한다.

마. 모르타르에 의한 그라우트는 용수, 염수, 약산, 약알칼리성에 대하여 영향을 받지 않아야 한다.

③ 시멘트 페이스트형

가. 시멘트 페이스트는 시멘트 밀크(Cement milk)와 경화제로 구성된다.

나. 배합비는 수온, 용수형태 등에 따라 현장실험을 통하여 조정하여야 한다.

2.2 구성품

내용 없음

2.3 장비

2.3.1 숏크리트 타설장비

(1) 숏크리트 타설기계는 기계적 특성 보유 유무, 시공조건 등을 검토하여 선정하여야 하며 내압에 대한 안전성, 내구성을 확보하고 소정의 배합재료를 연속하여 압송할 수 있어야 한다.

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

2.4 부속재료

2.4.1 록볼트 부속부품

(1) 모든 형태의 받침판(Bearing plate)은 지반의 변형을 구속하는 효과를 충분히 발휘하고, 지

반 붕락방지 등의 목적을 달성하기 위해 받침판의 각도조절 등을 할 수 있어야 하며, 암석이나 숏크리트 표면의 형태에 관계없이 표면에 밀접하게 완전히 밀착시킬 수 있는 것이어야 한다.

2.5 배합

2.5.1 숏크리트

(1) 굵은 골재 및 잔골재 규격, 입도기준과 재료별 배합비율은 설계 시방배합에 따라야 하며 현장배합시험 결과에 따라 조정하여야 한다.

(2) 재료별 배합은 중량배합을 원칙으로 한다.

(3) 숏크리트 휨인장 및 휨인성 증대를 위한 강섬유를 사용할 수 있으며, 재령 28일의 강섬유 보강 숏크리트의 휨강도는 4.5 MPa 이상, 휨인성을 나타내는 등가휨강도는 3.0 MPa 이상이 되도록 혼입량을 산정하여야 한다.

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

(5) 잔골재

① 잔골재는 구조물용 모래와 동등의 재질로 깨끗한 모래이어야 한다.
② 잔골재율은 60%를 기준으로 한다.

(6) 굵은 골재

① 굵은 골재의 최대치수는 10 mm 이하이어야 한다.

(7) 섬유

① 강섬유, 합성섬유 또는 기타섬유의 적용이 요구되는 경우는 국내외 연구성과 및 현장적용사례를 충분히 검토하여 적용여부를 결정하고, 공사감독자의 승인을 받아야 한다.

2.6 조립

2.6.1 강지보재 제작

(1) 강지보재는 작용하중, 숏크리트의 두께, 피복두께, 굴착공법 등을 고려하여 소요단면과 설계치수가 확보되도록 제작하여야 한다.

(2) 강지보재 이음개소는 거치 및 시공성을 고려하여 정하되 이음개소를 최소화하고 구조적으로 유리한 위치에 견고하게 체결할 수 있도록 제작하여야 한다.

2.7 마감

내용 없음

2.8 조립 허용오차

내용 없음

2.9 자재 품질관리

2.9.1 강지보재

(1) 강지보재의 휨가공, 절단, 구멍내기, 용접 등 가공방법과 형상, 크기 등 품질은 공사시방서에 정하여 관리하여야 한다.

(2) 강지보재 재질의 품질관리는 공인시험기관의 시험성적을 확인하는 것으로 대신한다.

2.9.2 숏크리트

(1) 숏크리트 재료는 요구되는 시험과 검사를 통하여 품질을 확인하여야 하며 시험과 검사에 대한 규정은 표 2.9-1을 따른다.

표 2.9-1 재료시험 사항

시험종별	시험내용	규정치	시험빈도
일상관리 시험	• 잔골재의 표면수량시험 (KS F 2509) • 콘크리트 모래에 포함되어 있는 유기불순물시험(KS F 2510)		• 골재입하 시 • 필요시
정기관리 시험	• 시멘트(KS L 5201)	• 1종 보통 포틀랜트 시멘트	• 제품의 상표확인으로 대신함
	• 물 • 수질시험 (KCS 14 20 00)	• 기름, 산, 유기불순물, 흔탁물 등 콘크리트나 강지보재의 품질에 나쁜 영향을 미치는 물질을 함유해서는 안 된다 • 해수를 사용해서는 안 된다	• 터널공사 착수 전 1회 • 채취개소 또는 수질변경 시 1회 (음용수는 제외)
	• 급결제(제품의 비중, 압축강도비, 응결시간 등의 제품사양과 공인기관 시험성적) (KS F 2782)	• 초결 (5분 이내) • 종결 (15분 이내)	• 제조공장 또는 품질이 바뀔 때마다 • 공인기관 시험성적으로 대신함 (KS L 5103)
	• 잔골재 ·체가름시험(KS F 2502) ·밀도시험(KS F 2504) ·흡수율시험(KS F 2504) ·단위용적 질량(KS F 2505) ·0.08 mm체통과량(KS F 2511) ·안정성시험(KS F 2507)	 ·2.5 이상 ·3.0% 이하 ·3.0% 이하 ·10% 이하	• 채취장소(납품사) 선정 시 1회 • 채취장소 또는 품질이 바뀔 때마다 1회
	• 굵은 골재 ·체가름시험(KS F 2502) ·밀도시험(KS F 2503) ·흡수율시험(KS F 2503) ·단위용적 질량(KS F 2505) ·입자모양 판정 실적률 (KS F 2527) ·점토덩어리 함유량(KS F 2512) ·0.08 mm체통과량(KS F 2511) ·안정성시험(KS F 2507) ·마모감량시험(KS F 2508)	 ·2.5 이상 ·3.0% 이하 ·55% 이상(부순돌만) ·1.0% 이하 ·1% 이하(부순돌 1.5% 이하) ·40% 이하	• 채취장소(납품사) 선정 시 1회 • 채취장소 또는 품질이 바뀔 때마다 1회

(2) 시험실은 업무수행상 독립성이 유지되어야 하며, 공사감독자, 수급인과 유기적인 협조체계를 가져야 한다.

(3) 사용재료의 품질관리

① 숏크리트는 재료, 배합, 기계 및 설비, 시공 등에서 소요의 요건을 만족하도록 품질관리가 되어야 한다.

② 재료는 소요의 시험, 검사를 행하여 그 품질을 확인한 것을 사용하여야 하며, 재료는 품질이 변질되지 않도록 보관에 주의하여야 한다.

③ 배합은 설계기준 강도를 만족시키고 반발률을 적게 하며 양호한 작업성을 가지도록 관리하여야 한다.

④ 시공 중 또는 시공 후에 배합, 숏크리트 두께, 변형, 균열, 강도, 숏크리트의 부착, 반발률, 분진발생 등에 관한 사항을 일상 및 정기 관리하여야 한다.

가. 숏크리트의 두께는 설계두께를 기준으로 하여 검측된 평균두께가 설계두께보다 같거나 두꺼워야 하며 검측된 최소 두께는 설계두께의 75% 이상이어야 한다.

나. 숏크리트 두께 측정결과 두께가 기준치에 미달한 경우 표본면적으로 대표된 전면적을 설계 두께 이상으로 보완하여야 하며 보완시공의 최소 두께는 30 mm 이상으로 한다.

다. 숏크리트의 강도는 터널 내 시공된 숏크리트로부터 원주 공시체를 1회 시험당 3개 채취하여 재령 28일 강도를 기준하여 2개 이상은 설계강도 이상이어야 한다.

라. 숏크리트의 강도가 1차 시험에서 미달되는 구간은 좌우 5 m 범위 내에서 재시험용 코어를 채취하여 상기 다 항과 같은 기준으로 판정하고 재시험결과 판정기준에 미달 시에는 보완시공 또는 재시공하여야 한다.

2.9.3 철망

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

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

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

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

(5) 철망은 종방향 및 횡방향으로 겹이음을 실시하되 터널 종방향으로는 100 mm, 횡방향으로는 200 mm 이상의 이음장을 표준으로 하되 현장조건에 따라 증감할 수 있다.

(6) 1차 철망의 경우 횡방향 2격자(200 mm 이상), 종방향 1격자(100 mm 이상), 2차 철망의 경우 종·횡방향 공히 2격자(200 mm 이상)로 적용한다.

(7) 철망의 품질관리는 표 2.9-2와 같이 하여야 한다.

표 2.9-2 철망의 현장 품질관리 사항

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

(8) 재료는 소요의 시험, 검사를 행하여 그 품질을 확인한 것을 사용하여야 한다.
(9) 철망의 배면에는 공극이 남지 않도록 하여야 한다.

(10) 강섬유보강 숏크리트를 사용할 경우에는 철망을 생략할 수 있다.

(11) 철망은 설계에서 정한 이음을 실시하여 가능한 전체가 서로 연결되도록 하여야 한다.

(12) 철망의 최소 숏크리트의 피복두께는 20 mm 이상이어야 한다.

(13) 철망의 보관 및 운반 시에는 변형, 유해한 녹, 기타의 이물질이 부착되지 않도록 조치하여야 한다.

3. 시공

3.1 시공조건확인

3.1.1 지보재 일반

(1) 지보재는 지반조건, 지하수 상태 및 터널단면의 크기, 형태, 심도 등을 고려하여 안전하고 능률적인 작업을 할 수 있도록 시공하여야 한다.

(2) 지반분류에서 설정한 지반등급에 따라 지보재와 표준지보패턴을 정하고 시공 시에는 계측결과에 따라 필요한 경우 실제 지반조건에 적합하게 변경하여야 한다.

(3) 지보재를 생략하는 터널이나 무라이닝 터널의 경우 암판정에 대한 정량적인 시공기준을 마련하고, 현장에서 공사감독자에 의한 암판정을 통하여 적용여부를 결정하여야 한다.

(4) 터널지보재는 강지보재, 숏크리트, 철망, 록볼트, 콘크리트라이닝 등으로 구성되며 필요에 따라 조합시켜 적합한 방법으로 적절한 시기와 순서에 따라 시공하여야 한다.

(5) 굴착면 주변 지반은 숏크리트, 철망, 록볼트 및 강지보재 등의 조합에 의한 시공으로 안정을 확보하도록 한다. 지반변위가 일정한 값으로 수렴되었다고 판단되는 경우에 콘크리트라이닝을 시공하여야 한다.

(6) 지보재의 시공 시에는 지보재가 기능을 잘 발휘하도록 시공하되, 숏크리트, 철망, 록볼트, 강지보재 등으로 구성된 지보재는 지반의 이완이나 침하가 발생되지 않도록 굴착 후 지반의 자립시간 이내에 설치하고, 지반과 밀착 혹은 일체화시켜 지반을 안정시켜야 한다.

(7) 지보재 공종 간에는 휴지시간이 없도록 그 설치시기를 계획하여야 하며 가급적 동일 작업조에 의하여 1차 지보재 시공이 완료되도록 하여야 한다.

(8) 지보재의 시공순서는 지반조건, 터널 단면의 크기와 형상, 주변 환경, 안전성, 경제성 등을 고려하여 지반의 자체 지보능력이 잘 형성되어 지반이 쉽게 안정될 수 있도록 하여야 한다. 작업 공정 간에는 상호 연속시공이 되도록 적절한 조치를 취하여야 한다.

(9) 시공 중 지보재 혹은 지반에 이상 변형이 발생하였을 경우에는 지체 없이 적절한 보강을 시행하여야 한다.

(10) TBM 공법에 의한 지보재 시공

① 개방형TBM(Open TBM) 터널 시공 시 지반조건이 취약한 경우에는 TBM 본체 직후방의 협소한 공간에서도 조기에 지보재를 설치할 수 있도록 하여야 한다.
② 개방형TBM 터널에서 숏크리트를 타설하는 경우에는 숏크리트와 지반과의 부착성을 높일 수 있도록 터널 벽면에 묻어 있는 파쇄암가루를 제거한 후 숏크리트를 타설하여야 한다.
③ 지반이 불량하여 강지보재를 사용하는 경우에는 쐐기목 등을 사용하여 지반과 강지보재가 밀착될 수 있도록 하여야 하며, 개방형TBM 터널에서는 원형으로 조기에 폐합시켜야 한다.
④ 개방형TBM 터널 굴진 후 작은 낙석들은 록볼트와 철망 등을 이용하여 바닥에 떨어지지 않도록 처리하여야 하며, 향후 이 낙석들은 숏크리트 타설 전에 제거하여야 한다.
⑤ 개방형TBM 터널 굴진 시 쐐기형태의 암탈락이 예상되거나 파쇄대가 출현할 때는 응급지보재를 조기에 시공하여 터널의 안정을 확보하여야 한다.
⑥ TBM 굴착 중 지보재 설치는 TBM 장비로 인해 사실상 매우 어렵기 때문에 연약지반이 나타나거나 암쐐기의 탈락, 터널굴진에 따른 용수의 과다 발생 시 등을 대비할 수 있는 응급지보 계획을 수립해 두어야 한다. 그리고 강지보재, 록볼트, 콘크리트라이닝 등 2차 지보를 위한 세부계획을 현장여건에 맞도록 수립하여야 한다.
⑦ TBM 굴착 중 응급지보는 1~1.5 m 정도의 레진 충전형 볼트인 짧은 록볼트(Short rock bolt)등을 가능한 빨리 설치하여 붕락을 막을 수 있는 방안을 마련하여야 한다.

3.1.2 지보재 시공시기

(1) 지보재는 굴착 후 가능한 한 조기에 설치하여 지반이완이 허용범위 이내에 존재하도록 하여야 하며, 터널굴착 소요 내공단면의 자립상태를 확보하여야 한다.

(2) 지보재 시공 공종 간에는 휴지시간이 없도록 설치시기를 계획하여야 하고, 동일 작업조에 의하여 지보재 시공이 완료되도록 하여야 하며, 작업중단 또는 종료 시에는 반드시 지보재 시공이 완료되어야 한다.

(3) 지보재 전 공정 시공이 동일 작업조에 의해 수행될 수 없는 경우에는 공종별 작업조 간의 인수인계가 막장에서 이루어지도록 하여야 한다.

3.1.3 지보재 시공순서

(1) 지보재 시공순서는 지반조건, 터널단면 크기와 형상, 주변여건, 안정성 및 경제성 등을 분석하여 결정하여야 한다.

(2) 지보재 시공순서 변경이 필요한 경우에는 지보재의 성능발생 특성을 고려하여 지반이 자체 지보능력을 발휘할 수 있도록 시공순서를 결정하여야 한다.

3.1.4 지보재 시공 중 조치사항

(1) 시공 중 지보재 혹은 지반에 이상변형이 발생하였을 경우에는 즉시 공사를 중지하고 지체 없이 록볼트 추가설치, 숏크리트 추가타설 또는 링폐합 등의 보강을 시행하여야 한다. 또한, 계측빈도 증가 및 계측기 추가설치를 통해 변화추이를 감시하고 터널 전문가에 의한 안정성 검토를 실시하여 상세 시공대책을 수립하여야 한다.

(2) 시공 중 실제 지반조건이 설계 시 예측된 지반조건과 다를 경우에는 공사감독자의 승인을 얻은 후 지체 없이 실제 지반조건에 적합한 지보방법으로 변경하여 시공하여야 한다.

(3) 터널 공사감독자는 강지보재, 록볼트 등의 설치를 확인하여 수량을 정산하여야 한다.

3.2 작업준비

3.2.1 숏크리트 사전준비 및 처리

(1) 굴착면으로부터 뜬돌을 주의하여 제거하여야 하며 숏크리트 부착을 저해하는 요인들을 제거하여야 한다.

(2) 숏크리트 골재는 호스가 막히지 않고 먼지 발생이 적도록 표면수를 함유하여야 한다.

(3) 굴착면이나 이미 타설한 숏크리트면에 용출수가 있을 경우에는 용출수 대책을 강구한 후 숏크리트를 타설하여야 한다.

(4) 용출수 대책으로는 배수관을 이용한 배수, 시멘트량이나 급결제량 증가, 사용수량 감소 등의 방법을 적용할 수 있다.

(5) 숏크리트 타설면에 용수가 있는 경우에는 적절한 배수처리를 하여야 한다.

(6) 잔골재와 굵은 골재는 분리하여 저장하여야 하며, 빗물로부터 보호하여야 한다.

(7) 수급인은 현장타설 전에 공사에 사용할 것과 동일한 재료로 시험배합을 실시하며, 사용된 골재의 입도분포 시험결과와 함께 배합표를 공사감독자에게 제출하여 승인을 받아야 한다.

(8) 배치플랜트에는 강섬유 및 합성섬유의 계량을 위한 호퍼(Hopper) 및 자동계량 기록장치를 설치하여야 하며, 계량오차는 ±3% 이내이어야 한다.

(9) 강섬유보강 및 합성섬유 숏크리트의 생산은 배치플랜트를 이용하여야 하며, 재료의 투입순서는 굵은 골재와 강섬유 또는 합성섬유를 투입하여 충분히 혼합시킨 후 모래・시멘트・물 등의 순서로 투입하여야 한다. 특히 강섬유의 분산효과를 높이기 위한 시설을 하여 골고루 분산되도록 하여야 한다.

(10) 혼합물의 운반 시에는 재료분리가 발생하지 않도록 교반기(Agitator)를 이용하여야 한다.

(11) TBM 공법에 의한 터널공사 시 숏크리트

① 숏크리트 타설 전에 굴착면에 남아있는 석분을 제거한 후 타설하여야 한다. 이를 제거

하지 않으면 석분으로 인해 숏크리트와 터널벽면의 일체화가 어렵다.

② 일반적인 굴착면의 용수발생, 재료관리 및 계량과 혼합 및 뿜어붙이기 작업 등은 발파굴착 시 적용한 기준에 준한다.

③ 숏크리트는 발파굴착에 비해 타설횟수 및 수량이 적고, 특히 장대터널인 경우는 숏크리트의 재료 관리를 위해 습식보다는 건식이 바람직할 것이다.

3.3 시공기준

3.3.1 강지보재

(1) 일반사항

① 강지보재는 지반조건, 굴착방법, 굴착단면 크기 등을 고려하여 제작하고 신속히 시공할 수 있도록 관리하여야 한다.

② 강지보재는 일반적으로 구조용 H형강, U형강, 격자지보 등을 사용하며 굴착면이나 숏크리트에 밀착되어 하중이 강지보재에 고루 분포되도록 하고, 콘크리트라이닝의 두께가 확보될 수 있도록 정확한 제작과 시공을 하여야 한다.

③ 강지보재 시공 시에는 지반조건에 따라 적절한 간격을 유지하고 연결재의 시공을 철저히 하여야 한다.

(2) 강지보재 설치

① 강지보재는 막장에 근접시켜 굴착 후 즉시 설치하여야 하며 지반조건에 따라 강지보재를 생략할 수 있다.

② 강지보재 설치간격은 지반특성, 사용목적, 시공법 등을 고려하여 조정할 수 있다.

③ 강지보재 기초부에는 철근콘크리트 블록, 강판, H형강, 격자지보와 같은 받침을 설치하여 강지보재가 견고하게 지지되도록 하여야 한다.

④ 강지보재 기초부에 전달되는 하중이 큰 경우에는 지지력을 확보할 수 있도록 바닥보강 콘크리트 받침 또는 파일 등을 사용하여야 한다.

⑤ 굴착면이 튀어나와 강지보재의 설치가 곤란한 경우에는 튀어나온 부분을 제거한 후 설치하여야 하며 여굴에 의해 강지보재가 지반을 지지하지 못하게 되는 부분은 강재 또는 콘크리트 쐐기 등을 일정간격으로 설치하여 강지보재가 굴착면을 지지할 수 있도록 하여야 한다.

⑥ 강지보재가 해체되거나 연결되는 곳에는 안정성 확보 및 후속 시공이 용이하도록 조치를 취한 후 숏크리트를 타설하여야 한다.

⑦ 강지보재 연결부는 강지보재 기능이 손상되지 않도록 체결 하여야 하며, 강지보재 상호간은 간격재로 견고하게 연결하여야 한다.

⑧ 시공된 강지보재를 수정하여야 할 경우에는 1조 단위로 하여야 한다.

⑨ 강지보재는 지보공사를 시행하기 전에 제작 설계도서에 따라 제작하여야 한다.

⑩ 수급인은 현장에 충분한 자재를 확보하여 작업이 지연되지 않게 하여야 한다.

⑪ 강지보재는 굴착 후 원지반의 이완이 최소화 될 수 있도록 설계도서에 제시된 순서에 의

거하여 빠른 시간 내에 설치하여야 한다.

⑫ 강지보재는 정해진 위치에 정확히 설치하여야 하며, 지보재 설치 후 위치・고정 등에 대해 검측을 실시하여 공사감독자의 확인을 받아야 한다.

⑬ 파이프루프(Pipe roof)공법이나 훠폴링(Forepoling) 등을 시공하는 경우에는 강지보재가 이동하거나 뒤틀리는 것을 막아야 하며, 이때의 설치오차는 100 mm 이내가 되도록 하여야 한다.

⑭ 강지보재의 연결볼트 및 연결재는 충분히 조여야 한다.

⑮ 강지보재의 바닥지반 지지력이 약하여 상부에서 가해지는 하중을 충분히 지지할 수 없는 경우에는 단위면적에 가해지는 하중이 지반지지력 이하가 되도록 강지보재 바닥면 하부에 바닥면의 크기 보다 더 큰 철근콘크리트 블록, 강판, H형강, 격자지보를 삽입하여야 한다. 상・하반 분할굴착 시 상반굴착 후 상반 강지보재 설치 시에도 충분한 지지력을 발휘할 수 있도록 하여야 하며, 향후 하반 강지보재 설치 시 연결이 가능토록 하여야 한다.

⑯ 강지보재에 녹이나 손상이 생기지 않도록 적절한 조치를 취하여야 하며, 콘크리트에 매설되기 전에는 녹, 유류 및 모르타르 등이 부착되어 있어서는 안 된다.

⑰강지보재의 변형이 극심하여 교체할 필요가 있는 경우에는 이를 교체하여야 한다.

⑱강지보재의 이음위치 및 구조는 단면형상, 크기, 시공방법, 지반조건 등을 고려하여 결정하여야 하며 강지보재의 전도방지를 위해 연결재를 설치하여야 한다.

⑲강지보재의 형상은 숏크리트와 일체가 될 수 있는 형상이어야 하며 설치목적을 충분히 달성할 수 있는 형상이어야 한다.

⑳강지보재의 연결부는 후속 연결시공의 시공성을 감안하여 시공하고 필요한 조치를 취하여야 한다.

㉑강지보재는 가능한 한 막장에 근접시켜 굴착 후 즉시 설치하여야 한다.

㉒부재의 연결볼트는 이음이 약점이 되지 않도록 한다.

㉓수급인은 지보공 설치 기록부를 작성하여 공사감독자에게 제출하여야 한다.

(3) TBM 공법에 의한 터널공사 시 강지보재

① TBM 굴진 중에 나타나는 지반조건을 평가하여, 무지보로도 안정할 것으로 판단되는 경우에는 무지보 굴착을 적용할 수 있다.

② 영구지보재로서 강지보재를 설치하는 경우는 지반조건, 굴착단면의 크기를 고려하여 신속히 시공할 수 있도록 제작하여야 한다.

③ 강지보재의 형상은 숏크리트와 일체가 될 수 있어야 하며, 인버트 부분은 TBM의 후속설비 운행과의 시공상 문제점을 감안하여야 한다.

④ 강지보재 제작은 운반 및 시공이 용이하고 지반이나 숏크리트와 밀착되어 콘크리트라이닝의 소요두께가 확보될 수 있도록 제작하여야 한다.

⑤ 강지보재 설치는 원지반에 잘 밀착되도록 설치하여 강지보재 효과가 신속히 발휘될 수 있도록 하여야 하며 필요에 따라 쐐기를 박아 강지보재 효과가 지반에 전달될 수 있도록 설치하여야 한다.

⑥ 강지보재 상호간은 연결이 양호하도록 하여야 하며 강지보재를 수정 또는 재시공하여야

할 경우는 1조 단위로 하여야 한다.

3.3.2 숏크리트

(1) 일반 사항

① 숏크리트는 작용하는 외력을 지반에 분산시키고, 터널주변의 붕락하기 쉬운 암괴를 지지하며, 굴착면 가까이에 지반아치가 형성될 수 있도록 타설되어야 한다.
② 숏크리트는 강지보재 또는 록볼트에 지반압을 전달하는 기능을 발휘하도록 연속적으로 타설되어야 한다.
③ 숏크리트는 굴착된 지반의 굴곡부를 메우고 절리면 사이를 접착시킴으로써 응력집중현상을 피하도록 타설되어야 하며 굴착면을 피복하여 풍화, 누수 및 세립자 유출 등을 방지하도록 하여야 한다.
④ 숏크리트 타설공법은 지반조건, 터널연장, 단면크기, 굴착공법, 용출수 유무 등을 고려하여 적정성을 검토한 후 결정하여야 한다.
⑤ 숏크리트는 배합 및 작업방법에 따라 건식과 습식으로 구분하며 필요에 따라 강재 또는 기타 재질의 섬유도 혼합하여 사용할 수 있으며, 이때에는 철망을 생략할 수 있다.
⑥ 고강도 숏크리트가 마감면이 되는 경우에는 숏크리트의 안정성을 확보할 수 있는 대책을 세워야 한다.
⑦ 고강도 숏크리트가 최종 마감재로 사용되는 경우에는 소요 두께 및 층별 기능 확보를 위해 각 층별로 다른 성능의 숏크리트를 타설할 수 있다.
⑧ 강섬유보강 숏크리트(Steel fiber reinforced shotcrete)를 사용할 경우에는 강섬유의 선정·시공장비·시험방법 등을 충분히 검토하고, 시험시공을 하여 휨강도·휨 인성 등을 확인한 후 시공하여야 한다.
⑨ 강섬유의 혼입량은 설계기준강도가 나올 수 있도록 혼입하여야 하며, 숏크리트의 사용목적·효과 및 장비성능에 따라 공사감독자의 승인을 받은 후 강섬유의 혼입량을 조절할 수 있다.
⑩ 강섬유 사용 시에는 강섬유의 뭉침현상(Fiber balling)과 노즐의 막힘 현상(Plugging)에 특히 주의하여 시공하여야 한다.
⑪ 강섬유보강 숏크리트를 시공하는 경우에는 최종 숏크리트 면에 있는 강섬유로 인하여 방수막이 손상되지 않도록 하여야 한다.
⑫ 숏크리트면이 암반인 경우에는 뜬 돌을 제거하고 콘크리트인 경우에는 표면을 거칠게 한 뒤 청소하여야 한다. 뿜칠면이 흡수성이 있는 바위인 경우에는 충분히 흡수시켜야 한다.
⑬ 숏크리트 타설 장소의 용수개소에 대한 처리는 공사감독자와 협의하여야 한다.

(2) 숏크리트 작업

① 숏크리트는 굴착 후 조속히 시공하여야 하며, 지반과 밀착되도록 타설하여야 한다.
② 강지보재, 철망, 철근 등이 있는 경우에는 숏크리트와 강지보재가 일체가 되도록 주의해서 타설하여야 한다.
③ 숏크리트를 타설한 후 저온, 건조, 급격한 온도 변화 등 해로운 영향을 받지 않도록 보호하고 양생을 하여야 한다.
④ 숏크리트 기계작업원과 타설작업원 간의 거리는 상호 수신호가 가능한 거리 이내이어야 한다.
⑤ 숏크리트 타설작업 시에는 철망, 철근, 강지보재 등의 배면에 공동이나 틈이 발생되지 않도록 하여야 하며 철망과 철근은 숏크리트 타설로 인하여 이동과 과도한 진동 등이 생기지 않도록 고정하여야 한다.
⑥ 숏크리트를 나누어 타설하는 경우에는 숏크리트 각층이 서로 확실히 부착되도록 타설하여야 한다.
⑦ 숏크리트 타설 시 반발된 숏크리트가 혼합되지 않도록 반발된 숏크리트는 모두 제거하여야 한다.
⑧ 시공된 숏크리트면은 평탄하게 하되 각 경우별로 평탄성의 허용치를 설정하여 관리할 수 있다.
⑨ 노즐의 방향은 숏크리트면에 직각이 되도록 유지하고 굴착면과의 거리는 반발량이 최소화 되도록 유지하여야 한다.
⑩ 숏크리트 타설작업은 하부로부터 상부로 진행하되 강지보재 부분을 먼저 타설하여 강지보재와 숏크리트의 일체성을 증진하여야 한다.
⑪ 건식타설 방법에 있어서 물의 압력은 압축공기의 압력보다 100 kPa 정도 높게 되도록 유지하여야 한다.
⑫ 숏크리트 타설작업원은 골재 반발이나 분진 위해가 있을 경우에 대비하여 보호장비를 착용하여야 한다.
⑬ 숏크리트 타설은 굴착 후 가능한 한 신속히 하여야 한다. 이를 위해서는 미리 철저하게 준비해 두어야 한다.
⑭ 숏크리트 작업은 시공의 정확성과 작업의 효율성을 향상시킬 수 있는 장비를 선정하여 공사감독자의 확인을 받은 후 실시하여야 한다.
⑮ 노즐의 방향은 숏크리트 면에 직각이 되도록 유지하고, 타설면과 노즐간의 거리는 1 m 정도로 하며, 숏크리트의 분사압력은 200~500 kN/m^2 정도로 유지하여 효율적인 시공이 되도록 하여야 한다.
⑯ 숏크리트 타설 후 불량한 부분이 발견되었을 경우에는 공사감독자의 지시에 따라 조치를 하여야 하며 불량구간이 국부적인 경우에는 불량구간을 제거하고 양호한 숏크리트로 재시공하여야 한다.
⑰ 숏크리트의 1회 타설두께는 100 mm 이내로 하여야 한다.
⑱ 2차 숏크리트 작업 시에는 1차 숏크리트 면에 부착된 이물질을 완전히 제거하여야 한다.
⑲ 숏크리트 시공 시 측벽은 아래에서 위로, 천정은 한쪽 끝에서 다른 쪽 끝으로 연속하여

시공하여야 한다.

⑳ 터널내부 온도가 5 ℃ 이하일 때는 별도의 보온 대책을 마련한 후 작업을 하여야 한다.

㉑ 작업장 주위의 조명은 작업에 지장이 없도록 충분한 조도를 유지하여야 한다.

㉒ 숏크리트의 이음부는 이음을 하여야 하는 부위의 300 mm 전부터 두께를 얇게 하여야 한다.

㉓ 기존 숏크리트면에 타설하는 경우는 약화부분을 제거하고, 면을 물로 깨끗이 청소한 후 타설하며, 강지보재가 있는 경우에는 콘크리트와 강지보재가 일체가 되도록 주의해서 뿜어붙여야 한다.

(3) 분진 및 반발량 처리

① 숏크리트 타설작업장은 분진처리를 하여야 하며 양호한 작업환경을 유지하여야 한다.

② 숏크리트 타설 시 발생된 반발재는 굳기 전에 제거하여야 한다.

③ 숏크리트 반발재는 버력으로부터 선별 분리하여 폐기물관리법에 따라 보관 및 처리하여야 한다.

(4) 용출수지역 숏크리트 시공

① 용출수가 있는 경우에는 원칙적으로 용출수를 처리한 후 숏크리트를 시공하여야 하며 필요한 경우 차수그라우팅 또는 배수공법 등을 적용한다.

② 용출수로 인해 숏크리트 타설이 어려운 경우에는 급결제 등을 추가로 적용할 수 있다.

(5) 막장면(굴진면) 숏크리트 시공

① 시공 중 막장면 자립이 어렵거나 막장면이 터널 내로 밀려들어 오는 경우 또는 장기간 굴착을 중지하여야 할 경우에는 막장면에 숏크리트를 타설하여야한다.

② 막장면의 안정효과 증진을 목적으로 막장면 록볼트 및 지지코어 등과 병행하여 시공할 수 있다.

③ 막장면에 용출수가 발생하는 경우에는 물빼기공을 설치한 후 숏크리트를 타설하여야 한다.

④ 막장면 숏크리트의 두께는 최소 30 mm 이상이 되도록 하여야 한다.

⑤ 숏크리트는 막장면에 밀착되어 공동이 없어야 하며 일반 숏크리트로 시공 시 숏크리트가 박리되는 경우에는 굴착면에 철망을 설치한 후 숏크리트를 타설하여야 한다.

⑥ 터널 막장에서의 응력집중을 완화시키고 전단 저항력을 증가시키기 위해 막장면에 숏크리트를 타설할 경우에는 지반이 이완되기 전에 시공하여야 한다.

⑦ 막장면의 숏크리트는 굴착단면의 크기, 코어의 유무, 막장면의 구배에 따른 안전대책 등을 함께 고려하여 굴착 후 가능한 빨리 시공하여야 한다.

3.3.3 록볼트

(1) 일반사항

① 록볼트는 굴착면 주변에 설치되어 이완된 암괴 또는 절리면들을 꿰매어 지반을 보강하거나 내압을 가하여 지반이 아치나 보를 형성하도록 시공하여야 한다.
② 록볼트 설치는 지반조건을 분석하여 록볼트의 효과와 기능을 발휘할 수 있는지 여부를 검토하여 소요의 기능을 발휘할 수 있는 록볼트를 시공하여야 한다.
③ 록볼트가 인장력을 발휘하도록 시공할 경우에는 발생축력을 검토하여 록볼트 재질과 형상을 결정하고 인발내력을 확인하여야 한다.
④ 록볼트 재질, 지압판, 정착형식 및 정착재료 등은 록볼트 시공성을 고려하여 선정하여야 한다.
⑤ 록볼트에 프리스트레스를 도입할 경우 프리스트레스는 록볼트 항복응력의 80% 이하가 되도록 하여야 한다.
⑥ 록볼트 천공 시 지반조건상 공벽 자립성이 불량한 경우에는 자천공 록볼트를 사용할 수 있으며, 용출수 구간과 같은 긴급한 록볼트 기능 도입이 요구되는 경우에는 마찰력을 즉시 발휘시킬 수 있는 구조의 록볼트를 사용하여야 한다.
⑦ 8 m 이상 긴 록볼트를 설치할 필요가 있는 경우에는 일반 록볼트와 함께 긴 케이블볼트를 조합하여 사용할 수 있다.
⑧ 천공기계는 지반조건, 터널단면 크기와 형상, 연장, 굴착공법, 천공길이, 본수 등을 고려하여 선정하여야 한다.
⑨ 천공 도중 천공각도를 일정하게 유지시킬 수 있는 기계를 선정하여야 한다.
⑩ 록볼트의 삽입, 정착, 조이기 등에 사용하는 기계는 록볼트 정착형식에 적합한 것을 선정하여야 한다.
⑪ 지반조건 및 암판정 결과를 분석하여 록볼트가 불필요하다고 판단되는 경우에는 공사감독자의 확인을 통하여 록볼트 설치여부를 결정할 수 있다.
⑫ 록볼트의 정착형식은 선단정착형, 전면접착형, 혼합형, 마찰형으로 구분하며 원지반 조건 및 사용목적에 따라 정착형식을 선정할 수 있다.
⑬ 선단정착형 록볼트는 록볼트 선단을 지반에 정착한 후 프리스트레스를 도입하여 굴착면 주변 지반에 내압이 작용하도록 하여야 한다.
⑭ 전면접착형 록볼트는 수지(Resin) 또는 모르타르 등을 사용하여 록볼트 전장을 지반에 정착시키는 형식으로서 굴착면 주변지반의 지보능력을 향상시키도록 하여야 한다.
⑮ 혼합형 록볼트는 록볼트 선단을 지반에 정착시키고 프리스트레스를 도입한 후 록볼트 전장과 지반과의 공극을 정착재료로 충전하는 형식으로서 선단정착형식과 전면접착형식의 기능을 모두 발휘할 수 있도록 하여야 한다.
⑯ 마찰형 록볼트는 전체길이 또는 일부가 팽창하는 등의 방법으로 공벽에 밀착하여 마찰저항으로 지반에 정착시키는 형식으로서 설치 즉시 지보효과를 발휘하여야 한다.
⑰ 정착재료에는 수지, 시멘트 모르타르, 시멘트 페이스트 등이 있다.
⑱ 록볼트의 선정은 지반강도, 절리, 균열상태, 용수상태, 천공경의 확대유무, 설치방향, 시공관리의 용이성, 정착의 확실성, 경제성 등을 고려하여 선택하여야 한다. 이때에는 두

종류 이상의 록볼트를 선정하여 시험시공, 인발시험 등을 실시하고, 그 결과를 제출하여 공사감독자의 승인을 받은 후에 시공하여야 한다.

⑲ 록볼트는 지질상태 및 굴착형태에 따라 시공을 다르게 할 수 있으나, 시공 중에 록볼트 설치기록부를 작성하여 공사감독자의 제출요구 시에는 이를 제출하여야 한다. 또한 터널이 관통된 후에는 터널 전 연장에 대한 록볼트 설치기록을 정리하여 공사감독자에게 제출하여야 한다.

⑳ 록볼트는 굴착 후 가능한 한 조기에 설치하는 것을 원칙으로 하며 막장면에 근접하여 시공하고 절리의 발달상태에 대응하여 시공하는 것이 바람직하다.

㉑록볼트는 통상 구조용 철근이나 강관 혹은 팽창성 강관을 사용할 수 있으며 지반과 일체로 거동하도록 설치하여야 한다.

(2) 천공 및 청소

① 록볼트 시공을 위한 천공은 소정의 위치, 직경, 깊이를 준수하여 굴착면에 직각이 되도록 천공하여야 한다. 단, 암괴 탈락이 예상되는 주절리면이 파악된 경우에는 절리면 직각방향으로 록볼트 추가설치를 위한 추가공을 천공하도록 한다.

② 록볼트 삽입 전 천공된 구멍에 돌가루 등 록볼트 정착에 유해한 물질이 남지 않도록 청소하여야 한다.

③ 록볼트는 삽입 전에 유해한 녹, 기타 이물질이 부착되지 않도록 관리하여야 한다.

④ 록볼트를 시공할 때에는 현장시험을 실시하여 록볼트의 인발강도를 확인하고 시험성적을 제출하여 공사감독자의 확인을 받아야 한다.

⑤ 숏크리트를 먼저 시공하는 경우 록볼트의 시공은 숏크리트 경화 후 가능한 한 빠른 시기에 시공하여야 한다.

(3) TBM 공법에 의한 터널공사 시 록볼트

① 록볼트는 설치기능을 숙지하여 부여된 기능을 발휘할 수 있도록 시행하여야 하며, TBM 굴착과 같이 굴착면이 매끄럽고 절리상태를 육안으로 판단 가능한 경우 절리의 발달상태에 대응하여 시공하여야 한다.

(4) 정착재료 및 충전

① 록볼트의 정착재료는 유동성 및 접착성이 우수하고 조기강성을 가지며 장기 안정성이 있는 것이라야 한다.

② 록볼트는 소정의 깊이까지 삽입하여야 하며 소정의 정착력을 얻도록 시공하여야 한다.

③ 전면접착형 록볼트는 천공구멍과 록볼트 사이 공극에 정착재가 완전히 채워져 록볼트가 소정의 정착력을 발휘할 수 있도록 하여야 한다.

④ 록볼트 정착재로서 시멘트 모르타르 등을 사용하는 경우 시멘트는 일반적으로 포틀랜드 시멘트를 사용하며, 조기에 접착능력을 발휘하여야 할 경우에는 급결제 등을 혼합하거나 조강 시멘트를 사용하여야 한다.

⑤ 록볼트 정착재용 시멘트 모르타르에 사용하는 모래는 최대 직경이 2 mm 이하인 입도가 양호한 모래를 사용하여야 하고 시멘트와 모래의 배합은 1:1로 한다.
⑥ 록볼트 정착재용 시멘트 모르타르의 물과 시멘트의 비는 40~50%를 표준으로 하고 시멘트 모르타르가 천공된 구멍에 밀실하게 충전될 수 있도록 적절한 유동성을 유지하여야 한다. 단, 지하수, 지반조건 및 현장여건에 따라 동등 이상의 품질을 확보할 수 있도록 배합비를 조정할 수 있다.
⑦ 록볼트 정착재용 시멘트 모르타르의 충전은 모르타르 피더를 이용하거나 캡슐형을 사용할 수 있다.
⑧ 현장여건상 록볼트 정착재료로서 시멘트 페이스트를 사용할 경우에는 시멘트 모르타르와 동등 이상의 성능을 발휘할 수 있어야 한다.
⑨ 록볼트 정착재료로 수지를 사용하는 경우에는 폴리에스터(Polyester)계 및 동등 이상의 재질이어야 하며 캡슐형태로 제공되어야 한다.
⑩ 용출수가 과다하게 발생하는 구간에서 록볼트 정착이 되지 않아 인발내력을 확보할 수 없는 경우에는 록볼트 정착재료로 수지를 사용할 수 없다.
⑪ 록볼트 정착재료용 수지는 제조업자가 표시한 보관기간이 경과하거나 변질 또는 용량이 불충분한 것을 사용하지 않도록 하여야 한다.
⑫ 록볼트 정착재료용 수지는 용출수, 염수, 산, 약 알칼리성에 대하여 영향을 받지 않아야 하고 보관 및 이동에서 영상 50 ℃ 이상 및 영하 30 ℃ 이하의 조건이 발생되지 않도록 하여야 하며 색깔이 변질된 것을 사용하여서는 안 된다.
⑬ 록볼트 정착재료로 수지를 사용한 경우 조기에 접착력을 발휘하여야 하며, 인발내력은 이 기준의 3.6.4를 따른다.
⑭ 수지에 대한 현장 품질관리의 일반시험으로서 소정의 설계 인발력 이상이 됨을 확인하여야 한다. 단, 토사 및 완전 풍화된 암반구간에는 수지를 사용하지 않도록 하여야 한다.
⑮ 록볼트 정착재료 충전 시 소정의 인발내력과 장기내구성 확보를 위하여 정착재료가 흘러내리지 않도록 하여야 한다.

(5) 록볼트 조이기

① 록볼트 조이기는 록볼트 항복강도를 넘지 않는 범위 내에서 견고하게 조여야 한다.
② 전면접착형 록볼트는 정착 후 지압판 등이 숏크리트 면에 밀착되도록 너트 등으로 조여야 한다.
③ 선단정착형 록볼트의 경우에는 확고한 정착부를 형성하도록 하여 프리스트레스 도입 후에도 록볼트에 긴장응력이 유지되어야 한다. 지반조건상 시간이 경과하여 정착부가 느슨해질 우려가 있거나 록볼트 부식이 크게 우려되는 곳에는 프리스트레스 도입 후 록볼트와 지반 사이의 공극을 시멘트 페이스트 혹은 모르타르로 충전하여야 한다.
④ 프리스트레스 록볼트의 경우는 록볼트 조이기를 실시한 후 1일 정도 후에 다시 조여야 한다. 또 그 후에도 정기적으로 점검하여, 소요 긴장력이 도입되어 있는지를 확인하고, 이완되어 있는 경우에는 다시 조여야 한다.

⑤ 프리스트레스(Prestress)

가. 선단정착형 및 혼합형인 록볼트는 선단정착부의 모르타르가 경화 후 4시간 또는 수지를 삽입하고 1시간이 경과한 후에 적정장비로 록볼트 항복 강도의 80% 이내의 힘으로 인장하여 고정시켜야 한다. 록볼트를 고정시킨 후에는 필요에 따라 그라우팅을 하여야 한다.

(6) 용출수지역 록볼트 시공

① 용출수가 있는 경우에는 원칙적으로 용출수를 처리한 후 록볼트를 시공하여야 하며 필요한 경우 차수그라우팅 또는 배수공법 등을 적용한다.

② 용출수로 인해 록볼트 충전이 어려운 경우는 급결제 등을 사용하거나 팽창성 강관 록볼트 등을 사용할 수 있다.

(7) 막장면(굴진면) 록볼트 시공

① 막장면 록볼트는 파쇄가 심하고 연약한 지반일 경우에는 막장면에 직각으로 시공하여야 하며, 뚜렷한 불연속면이 존재하는 경우에는 불연속면에 직각으로 시공하여야 한다.

② 막장면 보강을 위한 록볼트에는 선단정착형 록볼트를 사용하여서는 안 된다.

③ 막장면 록볼트는 막장면의 안정을 저해하는 불연속면이 출현한 경우와 막장면 지반이 터널 내로 밀려들어 오는 경우에 시공하여야 한다.

④ 막장면 록볼트의 직경과 길이는 막장면의 크기에 따라 결정하고 막장면의 국부적인 파괴를 억제할 수 있는 간격 이내로 설치하여야 한다.

⑤ 막장면 록볼트는 안정효과 증진을 목적으로 막장면 숏크리트 및 지지코어와 병행하여 시공할 수 있다.

3.4 시공 허용오차

3.4.1 록볼트

(1) 수지형 록볼트

① 천공할 때 천공지름은 보통 레진일 때는 볼트지름 +(6~8 mm), 발포성 레진일 때는 볼트지름 +(10~15 mm)이어야 하며, 깊이는 설계깊이에 대하여 ±50 mm 이내의 오차이어야 한다.

② 레진 삽입 체적계산에 의하여 적절한 양의 레진을 투입한다.

③ 오거, 픽해머와 드리프터 등을 이용하여 1,000 rpm 이상으로 20~30초간 록볼트를 회전하면서 삽입한다.

④ 록볼트 삽입 후 현장실험에 의해 확인된 경화시간 이후에 록볼트를 조인다.

(2) 모르타르형 록볼트

① 천공할 때 천공지름은 볼트지름 +(10~16 mm)이어야 하며, 그 깊이는 설계 깊이에 대하여

−50 mm~+100 mm 이내의 오차이어야 한다.

② 모르타르 주입시 저압주입기(0.3 MPa 이하)를 사용한다. 특히 캡슐형 선단급결제를 사용할 때는 1차 모르타르 압입 및 홀(Hole) 선단에 급결제 캡슐을 끼워서 1차 모르타르 속으로 넣으면서 2차 모르타르 주입을 행하여야 한다.

③ 픽해머, 드리프터와 가이드셀 등을 이용하여 록볼트를 박아 넣는다.

④ 록볼트 삽입 후 현장실험에 의해 확인된 경화시간 이후에 록볼트를 조인다.

(3) 시멘트 페이스트형 록볼트

① 천공할 때 천공지름은 볼트지름 +(10~15 mm)이어야 하며, 깊이는 설계 깊이에 대하여 −50 mm~+100 mm 이내의 오차이어야 한다.

② 록볼트를 삽입할 경우 시멘트 페이스트가 흘러나오는 것을 막고 록볼트를 임시 고정시키기 위해 반드시 실(Seal)을 록볼트에 부착하여야 한다.

③ 시멘트 페이스트를 주입할 경우 배기 파이프로 페이스트가 나오면 주입을 중단한다.

④ 록볼트 삽입 후 현장실험에 의해 확인된 경화시간 이후에 록볼트를 조인다.

3.5 보수 및 재시공

3.5.1 록볼트의 추가시공

(1) 록볼트 시공방법은 설계도서에 제시된 것을 기준으로 하며, 인발시험・록볼트축력 시험 등의 계측결과로부터 다음 사항에 해당할 경우에는 록볼트를 추가 시공하거나 길이를 증가시켜야 한다.

① 터널벽면의 변형이 록볼트 길이의 약 5% 이상이 된다고 판단되는 경우

② 록볼트 인발시험 결과 충분한 인발내력이 얻어지지 않는 경우

③ 록볼트 길이의 절반 이상에서부터 지반심부까지의 사이에 축력분포의 최대치가 존재하는 경우

④ 소성영역의 확대가 록볼트 길이를 넘는다고 판단되는 경우

⑤ 숏크리트의 균열, 받침판의 변형, 과다한 변위나 응력발생 등 록볼트의 추가시공이 필요하다고 판단되는 경우

3.6 현장 품질관리

3.6.1 강지보재

(1) 강지보재의 품질은 표 3.6−1과 같이 관리하여야 한다.

표 3.6-1 강지보재의 현장 품질관리 항목

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

3.6.2 숏크리트

(1) 숏크리트는 설계기준강도가 발휘되도록 하고 반발률을 적게 하며 양호한 작업성을 갖도록 관리하여야 한다.

(2) 숏크리트의 품질관리는 표 3.6-2와 같이 하여야 한다.

표 3.6-2 숏크리트의 현장 품질관리 사항

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

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

(3) 숏크리트 두께는 시공 시에는 핀 등을 이용하여 측정하고 정기관리를 위해서는 천공하여 측정하여야 한다.

(4) 숏크리트 두께는 설계두께를 기준으로 하여 검측된 평균두께가 설계두께 이상이어야 하며 검측된 최소두께는 설계두께의 75% 이상이어야 한다.

(5) 숏크리트 두께 측정결과 설계두께에 미달되는 구간은 좌우 1 m 범위 내에서 재측정하여 상기 (4)와 같은 기준으로 판정하고 재측정결과 판정기준에 미달하면 표본면적으로 대표된 전면적을 설계두께 이상으로 보완하여야 하며 보완시공의 최소두께는 30 mm 이상으로 하여야 한다.

(6) 숏크리트 시공 전 강도시험용 시료성형은 콘크리트 휨강도시험용 몰드(150 × 150 × 530 mm KS F 2422)를 사용하여 반발재가 유출되도록 70° 정도 경사지게 한 후 뿜어붙인다. 뿜어붙인 후 몰드 윗부분을 조심하여 평탄하게 고르고 압축강도시험 및 휨강도 시험용 공시체로 사용하도록 한다.

(7) 숏크리트 시공 후 압축강도시험용 시료채취는 숏크리트 타설 후 28일 경과 시 코어보링머신을 이용하여 100 × 200 mm 또는 50 × 100 mm 의 규격으로 1회 시험당 3개씩의 원

주형 시료를 채취하고 시료의 양 단면은 콘크리트 절삭기 등으로 직각으로 절단하거나 KS F 2403에 준하여 캡핑하여야 한다.

(8) 숏크리트의 시간에 따른 강도발현 상태를 파악하기 위하여 단기 및 장기재령 강도시험을 시행하여야 하며 단기재령 강도시험은 24시간, 장기재령 강도는 28일로 하여야 한다. 숏크리트 기준강도는 150 × 300 mm 규격의 성형시료를 기준으로 한 값이며, 시험시료 크기가 달라질 경우에는 보정하여야 한다.

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

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

(11) 시공된 숏크리트의 재령 28일 압축강도가 1차 시험에서 미달되는 구간은 좌우 5 m 범위 내에서 재시험용 코어를 채취하여 상기 (9)와 같은 기준으로 판정하고 재시험결과 판정기준에 미달 시에는 보완시공 또는 재시공하여야 한다.

(12) 숏크리트의 반발률 측정은 현장에서 숏크리트를 타설하고 바닥에 떨어진 숏크리트(반발재)를 수거, 계량하여 반발률을 산출하여야 한다.

(13) 상기와 같은 현장 품질관리시험이 종료되면 수급인은 시험결과를 각 항목별로 일정양식에 정리하여야 한다.

(14) 강섬유혼입량시험은 터널 내에 시공된 숏크리트에서 직접 코어(100 mm 이상)를 채취한 후 KS F 2781 강섬유보강 습식 숏크리트의 강섬유 혼입률 시험방법에 따라 시험을 실시한다. 단, 적용된 숏크리트가 목표로 하는 휨강도, 휨인성을 만족할 경우 혼입량 검사를 생략할 수 있다.

(15) 검사공은 충격식 착암기나 다이아몬드 드릴을 사용하여 천공하며, 직경 32 mm 이상을 천공한다.

(16) 반발률의 측정

① 현장에서 숏크리트를 타설하고 바닥에 떨어진 숏크리트(반발재)를 계량하여 다음 식에 의해 반발률을 산출한다.

$$\text{반발률} = \frac{\text{반발재의 전중량}}{\text{숏크리트용 재료의 전중량}} \times 100(\%) \quad (3.6-1)$$

(17) 숏크리트 혼합물내의 강섬유 실제 혼입량은 투입 기준 혼입량의 75% 이상이어야 한다.

(18) 숏크리트 혼합물의 강도는 표 3.6-3에 따른다.

표 3.6-3 숏크리트 혼합물의 강도

구분	1일	28일	비고
압축강도 (MPa)	10	21	일반 숏크리트
휨강도 (MPa)	2	4.5	강섬유보강 숏크리트

(19) 숏크리트의 휨인성은 재령 28일에 시험하여 시편의 처짐이 L/150(L : 지간길이, mm)이 될 때까지의 인성을 휨인성계수(등가휨강도)로 표시한 것인데, 이 등가휨강도가 휨강도 시험을 통해 측정한 최대휨강도의 68% 이상이어야 하며, 이 때의 최대휨강도는 표. 3.6-3의 혼합물 강도 이상이어야 한다.

① 시료제작방법

가. 모서리가 45°로 경사진 500 × 500 × 125 mm의 목재나 강재 거푸집을 수직으로 세워서 강섬유 보강 숏크리트를 타설한 후 습윤양생을 한다. 숏크리트를 친 후에는 24시간 동안 거푸집에 충격을 가해서는 안 된다.

② 시료채취 방법

가. 시료를 거푸집에서 떼어내는 시기는 숏크리트를 타설한 후 24시간 이상 48시간 이내이어야 한다. 숏크리트를 타설한 후 재령 6일에 콘크리트 절삭기를 사용하여 규정된 치수로 절단하여 시편을 제작하며, 시편은 거푸집의 모서리를 피하여 채취하여야 한다.

③ 양생

가. 제작된 시편은 콘크리트 양생 수조에서 양생시킨 후 재령 28일에 시험을 실시한다.

④ 판정기준

가. 강섬유를 사용한 숏크리트에 대해 3번의 휨인성 시험을 실시하여 3개의 시험결과에서 2개 이상은 설계기준강도 이상이어야 하며, 1개 이상이 설계기준강도의 85%보다 작아서는 안 된다.

(20) 용수가 다소 있는 경우에는 물구멍을 만들어 적절한 배수처리를 한 다음 시공해야 하며, 용수가 거의 없다고 생각되는 비탈면에도 2 m에 1개소 정도의 비율로 대나무 또는 파이프 등으로 물구멍을 만들어 두는 것이 좋다. 용수가 많은 개소에는 동상, 동결의 피해를 받지 않는 공법을 고려하여 공사감독자와 협의하는 것이 좋다.

(21) 보강용 철망은 비탈면의 요철에 맞추어 펴 깔고 앵커로 고정하며 철망의 중첩은 종방향으로 10 cm, 횡방향으로 2 cm 정도 실시하는 것이 바람직하다.

(22) 타설방법은 비탈면 상단에서 하부로 차례로 진행하여야 하며 어떤 경우라도 비탈면 상부로 진행하여 시공하여서는 안 된다. 숏크리트를 2층 이상으로 나누어 시행할 때에는 다음 층을 1시간 이내에 시행치 않으면 안 된다.

3.6.3 강섬유

(1) 강섬유는 건조한 상태로 녹이 없고, 기름이나 다른 이물질에 의해 오염되지 않은 것이어야 하며, 표면이 코팅되지 않은 상태이어야 한다.

(2) 강섬유는 번들(Bundle) 형태로 제조된 것이어야 하며, 동시에 숏크리트 혼합물 내에서는 완전하게 분산될 수 있는 것이어야 한다.

(3) 강섬유는 분산성과 정착성이 좋아야 한다.

(4) 강섬유의 형상비 (A)는 다음과 같이 계산한다.

$$A = \frac{l}{d}$$

(3.6-2)

l : 섬유의 한쪽 끝에서 다른 쪽 끝까지의 직선거리로 측정한 섬유길이
d : 섬유형상이 원형일 경우에는 직경, 이외의 경우에는 환산 직경

(5) 강섬유의 길이는 숏크리트 타설 시 뭉침현상이나 막힘현상이 일어나지 않을 정도의 적정한 길이어야 한다.

(6) 굽힘강도는 60 ℃ 이상의 온도에서 지름안쪽 90°방향(곡선반경 3.18 mm)으로 굽혔을 때 부러지지 않을 정도의 크기이어야 한다.

(7) 규격측정은 10개 이상의 견본을 무작위로 채취하여 90% 이상이 합격하여야 한다.

(8) 강섬유의 허용오차는 표 3.6-4에 따른다.

표 3.6-4 강섬유의 허용오차

길이	직경
-측 : 2% 이내, +측 : 관계없음	-측 : 관계없음, +측 : 2% 이내

3.6.4 록볼트

(1) 록볼트의 품질관리는 표 3.6-5와 같이 하여야 한다.

표 3.6-5 록볼트의 현장 품질관리

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

(2) 록볼트의 인발내력을 구하기 위하여 지반의 불확실성이나 측정오차를 감안하여야 하며, 이를 위해 통계적 분석이 가능하도록 사전 인발시험을 10회 이상 수행하여야 한다.

(3) 록볼트의 항복하중을 결정하기 위하여 P-S 분석법 이외에도 $P-\Delta S/\Delta \log(t)$ 도해법을 활용할 수 있다.

(4) 인발시험을 실시할 록볼트는 시험구간 내에서 임의로 선택하며 선정된 록볼트의 지압판은 록볼트의 축과 직각을 이루도록 석고 또는 모르타르 등으로 처리하여야 한다.

(5) 숏크리트가 시공되어 있을 경우에는 숏크리트를 제거하여 암반면을 노출시키거나 미리 인발시험을 할 록볼트에 숏크리트 부착을 방지할 수 있도록 천으로 보호하여 시험하여야 한다.

(6) 인발시험 빈도는 터널연장 20 m 마다 3개소로 하며, 시험위치는 천장부, 어깨부, 측벽부 각 1개소 씩으로 하여야 한다.

(7) 인발시험은 충분한 정착효과가 얻어진 후에 실시하여야 하며 인발하중 재하속도는 분당 10 kN 내외로 하여야 한다.

(8) 인발시험은 하중 단계별로 변위를 측정하여 하중변위곡선을 작성하고 하중변위곡선을 분석하여 록볼트 품질관리를 위한 인발내력을 결정한다.

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

(10) 사전인발시험을 실시하지 않는 경우 록볼트 인발내력은 록볼트 항복점 내력과 같은 정도가 되도록 정할 수 있으나 이 경우 시험조건과 현장조건의 록볼트에 작용하는 하중상태가 다르고, 지반조건에 따라 록볼트 정착효과가 다르므로 이를 고려하여 선정하여야 한다.

(11) 인발시험 결과 불합격인 경우는 불합격 부위(천장, 아치, 측벽)에서 5개를 추가로 인발시험을 시행하여 5개 중 3개 이상이 불합격되면, 표본구간으로 대표된 전 구간에 대하여 설계와 동일수량의 록볼트를 재시공하여야 한다.

(12) 내공변위 또는 지중변위 측정 등의 계측결과 터널측면의 변형이 과다한 경우, 록볼트 두부로부터 록볼트 길이의 1/2지점과 록볼트 단부 사이에 록볼트 축력의 최대치가 발생하는 경우, 소성영역의 확대가 록볼트 길이를 넘는다고 판단되는 경우, 숏크리트 균열, 지압판 변형 등이 발생하는 경우에는 록볼트 추가 시공 등 보강을 시행하여야 한다.

(13) 지반조건이 매우 불량하여 특정구간 전체에서 소요 인발내력이 얻어지지 않거나 록볼트 시공이 곤란한 경우에는 공사감독자와 협의하여 다른 조치를 강구할 수 있다.

(14) 록볼트에 대한 현장 품질관리시험이 종료되면 수급인은 시험결과를 각 항목별로 일정 양식에 정리하여야 한다.

집필위원

성 명	소 속	성 명	소 속
김동규	한국건설기술연구원	박치면	㈜에스코컨설턴트 대표
이강현	한국도로공사		

국가건설기준센터 및 건설기준위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
이영호	한국건설기술연구원	김낙영	한국도로공사
김기현	한국건설기술연구원	김영근	㈜건화
김희석	한국건설기술연구원	배상훈	SH 엠앤씨
류상훈	한국건설기술연구원	유한규	한양대학교
원훈일	한국건설기술연구원	이성원	한국건설기술연구원
이상규	한국건설기술연구원	이용주	서울과학기술대학교
이승환	한국건설기술연구원	이호성	㈜지윤이앤씨
이용수	한국건설기술연구원	정상준	㈜에스코컨설턴트
주영경	한국건설기술연구원	천대성	한국지질자원연구원
최봉혁	한국건설기술연구원	최해준	수성엔지니어링
허원호	한국건설기술연구원		

중앙건설기술심의위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
김상철	㈜삼안	문인기	엠플러스이엔씨(주)
김성수	한국토지주택공사	신중호	한국지질자원연구원
김영근	㈜건화	정평기	㈜화인씨이엠테크
류은영	㈜태암엔지니어링		

소관부처

성 명	소 속	성 명	소 속
양희관	국토교통부 도로건설과	최영록	국토교통부 도로건설과
김로타	국토교통부 도로건설과		

(분야별 가나다순)

KCS 27 30 00 : 2023
터널 지보재 시공

2023년 9월 12일 개정

소관부서 국토교통부 도로건설과

관련단체 한국터널지하공간학회
06720 서울시 서초구 효령로 304 국제전자센터 14층 11호
(사)한국터널지하공간학회
Tel : 02-3465-3663 E-mail : ktastaff@hanmail.net
https://www.tunnel.or.kr/

작성기관 한국터널지하공간학회
06720 서울시 서초구 효령로 304 국제전자센터 14층 11호
(사)한국터널지하공간학회
Tel : 02-3465-3663 E-mail : ktastaff@hanmail.net
https://www.tunnel.or.kr/

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

KCS 27 40 05 : 2023

터널 현장타설 라이닝 공사

2023년 9월 12일 개정
http://www.kcsc.re.kr

KC CODE

국토교통부

건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

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

건설기준 연혁

- 이 기준은 건설기준 코드체계 전환에 따라 기존 건설기준(설계기준, 표준시방서) 간 중복·상충을 비교 검토하여 코드로 통합 정비하였다.

- 이 기준은 기존의 터널표준시방서를 중심으로 도로공사표준시방서, 공동구 표준시방서, 도시철도(지하철)공사표준시방서, 하천공사표준시방서, 상수도공사 표준시방서, 하수관거공사 표준시방서 등의 터널 현장타설 라이닝에 해당하는 부분을 통합 정비하여 기준으로 제정한 것으로 제·개정 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요내용	제정또는개정 (년월일)
터널공사표준시방서 및 동해설	• 산악지대에 건설되는 터널공사의 조사, 설계, 시공관련 설계의 일반 방침, 기준	제정 (1975.3)
터널공사 표준시방서	• 조사편에 노선계획, 공사계획 추가 • 설계편에 하중, 동바리공의 본문 및 해설 추가 • 시공편에 안전위생, 기계굴착 등 추가 • 시공법 및 시공 방식 현대화 • 사갱, 수직갱 신설 • NATM 공법 표준사항 신설	개정 (1985.12)
터널표준시방서	• 일반시방서로 개편 및 해설부분 생략 • 국내 용어 및 서술형식 적용	개정 (1996.5)
터널표준시방서	• 터널설계기준과 터널표준시방서 분리, 개편, 보완	개정 (1999.4)
터널표준시방서	• 최신 설계 및 시공기술, 신자재 반영 • 환경친화적인 터널건설을 위한 기준 보완 • 시공중 터널 붕락 등 재난에 대비한 시공관리 강화	개정 (2009.1)
터널표준시방서	• 기술·환경성 향상 및 품질확보를 위한 기술반영 • 굴착현장 붕괴사고 방지 및 사회적 관심 사항 반영 • 타 기준과의 상충내용 정비 • 연구성과 반영 및 관련 민원 해소	개정 (2015.2)
KCS 27 40 05 : 2016	• 건설기준의 효율적인 관리를 위한 건설기준(설계코드 KDS, 시방코드 KCS)을 제정	제정 (2016.6)
KCS 27 40 05 : 2018	• 한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함	수정 (2018.7)
KCS 27 40 05 : 2023	• 국가건설기준 코드 작성 지침에 따라 개정	개정 (2023.7)

제　　정 : 2016년 6월 30일	개　　정 : 2023년 9월 12일
심　　의 : 중앙건설기술심의위원회	자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회
소관부서 : 국토교통부 도로건설과	
관련단체 : 한국터널지하공간학회	작성기관 : 한국터널지하공간학회

- 「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」에 따라 고시일을 기준으로 매 3년이 되는 시점마다 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 하여야 한다.

목 차

1. 일반사항 ····· 1
1.1 적용범위 ····· 1
1.2 참고 기준 ····· 1
1.2.1 관련 법규 ····· 1
1.2.2 관련 기준 ····· 1
1.3 용어의 정의 ····· 1
1.4 지급자재 ····· 1
1.5 시스템 설명 ····· 1
1.6 시스템 허용오차 ····· 1
1.7 제출물 ····· 1
2. 자재 ····· 1
2.1 재료 ····· 1
2.2 구성품 ····· 2
2.3 장비 ····· 2
2.4 부속재료 ····· 2
2.5 배합 ····· 2
3. 시공 ····· 2
3.1 시공조건확인 ····· 2
3.2 작업준비 ····· 2
3.3 시공기준 ····· 2
3.3.1 현장타설 라이닝 시공 ····· 2
3.3.2 수로터널의 현장타설 라이닝 ····· 4
3.3.3 수로터널 철관 라이닝 ····· 4
3.3.5 철근조립 ····· 5
3.3.6 거푸집 ····· 5
3.4 시공 허용오차 ····· 6

3.5 보수 및 재시공 ····· 6
3.6 현장 품질관리 ····· 6

1. 일반사항

1.1 적용범위

(1) 이 기준은 굳지 않은 콘크리트를 사용하여 현장에서 타설하는 콘크리트라이닝 공사에 적용한다.

(2) 이 기준에 규정되지 않은 사항에 대해서는 KCS 14 20 00을 따른다.

(3) 이 기준에 규정된 거푸집은 현장타설라이닝 타설을 위한 거푸집으로 제한하며 기준에 규정되지 않은 사항에 대해서는 KCS 14 20 00, KCS 21 00 00 등을 따른다.

1.2 참고 기준

1.2.1 관련 법규

(1) 이 기준의 관련 법규는 KCS 27 10 05(1.2.1)을 따른다.

1.2.2 관련 기준

(1) 이 기준의 관련 기준은 KCS 27 10 05(1.2.2)를 따른다.

1.3 용어의 정의

(1) 이 기준의 용어의 정의는 KCS 27 10 05(1.3)를 따른다.

1.4 지급자재

내용 없음

1.5 시스템 설명

내용 없음

1.6 시스템 허용오차

내용 없음

1.7 제출물

(1) 공사계획에 맞추어 현장타설 라이닝 시공계획서를 작성하여 제출하여야 한다.

2. 자재

2.1 재료

(1) 현장타설라이닝에 사용하는 골재는 내구성이 우수하여야 하며 골재에 포함된 각종 유

해물 함유량의 한도는 KCS 14 20 10(2.1.3.4)를 따른다.

(2) 섬유보강 콘크리트, 고로슬래그 등의 혼화재가 포함된 콘크리트는 균열억제, 내구성 및 내화성 증진 등의 목적을 달성할 수 있는 재료이어야 한다.

(3) 이 기준에 규정되지 아니한 콘크리트관련 재료는 KCS 14 20 10에서 정하는 바를 따른다.

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

2.2 구성품

내용 없음

2.3 장비

내용 없음

2.4 부속재료

내용 없음

2.5 배합

(1) 콘크리트의 현장배합은 시방배합을 기준으로 하여 사용재료, 타설방법 등을 고려하여 결정하여야 한다.

3. 시공

3.1 시공조건확인

내용 없음

3.2 작업준비

내용 없음

3.3 시공기준

3.3.1 현장타설 라이닝 시공

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

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

(3) 현장타설라이닝은 주지보재의 시공이 완료된 후 계측결과를 토대로 변위가 수렴된 것을 확인한 후 가능한 한 조기에 시공하여야 한다.

(4) 변위가 완전히 수렴되지 않은 상태에서 현장타설라이닝을 타설하게 될 경우에는 변위량과 변위속도를 기준으로 콘크리트 타설시기를 결정하되, 소산되지 않고 남은 이완하중 및 잔류수압 등에 저항할 수 있는 구조적 성능을 보유해야 한다.

(5) 콘크리트 타설 시에는 재료분리가 발생하지 않도록 연속적인 타설 속도를 유지하며, 타설된 콘크리트에 공극이 형성되지 않도록 하여야 한다.

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

(7) 콘크리트 타설에 슈트 혹은 벨트 컨베이어 등을 사용할 경우에는 공사감독자의 지시를 받아야 한다.

(8) 용출수 혹은 유수에 의하여 콘크리트의 품질이 저하되지 않도록 하여야 한다.

(9) 타설된 콘크리트는 경화에 필요한 온도 및 표면 습윤상태를 유지하며 양생하여야 한다.

(10) 라이닝 기초부에 여굴이 발생하였을 경우에는 콘크리트(f_{ck}=18MPa)로 채우는 것을 원칙으로 한다. 단, 사전 검토를 통하여 지반조건에 따라 침하 및 지지력 등 구조적인 안정성을 확보할 수 있는 다른 재료를 사용할 수 있다.

(11) 인버트 콘크리트는 바닥면 또는 숏크리트면을 청결히 하고 배수를 실시한 후에 타설하여야 한다.

(12) 굴착과 병행하여 현장타설라이닝을 시공하여야 하는 경우에는 발파진동으로 인한 영향을 고려하여 이격거리를 유지하여야 한다.

(13) 경사갱의 현장타설라이닝은 상향으로 시공하여 밀실하게 타설되도록 한다.

(14) 기울기가 급한 경사갱 및 수압관로의 경우는 주변 지반조건에 적합한 두께와 구조가 되도록 시공하여야 한다.

(15) 인버트를 포함한 모든 현장타설라이닝은 건조수축 등으로 인한 균열을 방지하기 위해 적합한 간격으로 계획적인 시공이음부를 두어야 한다.

(16) 현장타설라이닝에는 균열발생이 최소가 되도록 하여야 하며 균열발생이 예상되는 구간에는 필요한 대책을 강구하여야 한다.

(17) 터널 내부와 외부의 온도차이 또는 단면변화에 의한 영향으로 균열발생이 예상되는 경우에는 신축이음을 둔다. 추가적으로 단면변화부와 지층의 급격한 변화구간, 철근과 무근 현장타설라이닝의 접합부 등에는 추가로 신축이음을 설치할 수 있다.

(18) 현장타설라이닝 배면에 공동이 발생되지 않도록 하여야 하며, 공동이 발생된 경우에는 채움주입을 실시하여야 한다.

(19) 채움주입은 현장타설라이닝이 주입압력에 견딜 수 있는 강도에 도달한 후, 가능한 한 조기에 실시하여야 한다.

(20) 채움주입 재료는 재료분리와 고형물의 침전이 적고 주입 후의 체적수축이 작은 재료를 사용하여야 한다.

(21) 주입에 앞서 주입을 저해하는 장애물을 제거하여야 한다.

(22) 주입의 순서 및 압력은 굴착면이 흐트러지지 않도록 하고 기 시공된 지보재에 편압이나 과다하중이 걸리지 않도록 정하여야 한다.

(23) 주입은 소정의 압력에 도달할 때까지 충분히 실시하여야 한다.

(24) 현장타설라이닝 시공 전에는 반드시 내공을 검측하여 콘크리트라이닝의 설계두께를 확보할 수 있는지 여부를 확인하여야 하며 설계두께 확보가 곤란한 경우에는 추가굴착 등의 조치를 취하여야 한다.

3.3.2 수로터널의 현장타설라이닝

(1) 수밀한 구조물의 기능을 가지기 위해서는 균열의 폭이 0.2 mm 이내이어야 하며, 균열을 억제하기 위해서는 철근을 설치하는 경우, 철근 간격이 30 cm 를 넘지 않아야 한다.

(2) 보강 철근은 충분한 강도 이상이어야 하며 최소 순피복(내・외측)은 50 mm이어야 한다.

(3) 내압 수준이 높아져서 철근콘크리트라이닝으로서는 수밀성에 한계가 있거나 절대적인 수밀성을 확보해야하는 경우에는 철관을 설치하고 콘크리트로 뒷채움을 해야 한다.

3.3.3 수로터널 철관 라이닝

(1) 철관의 부식을 고려하여 여유두께를 가산하여야 한다.

(2) 관접합을 위한 현장용접은 관 내・외측 양방에서 시행하므로 터널굴착단면은 철관 외

측으로 최소 60 cm의 작업공간이 확보되도록 해야 한다.

(3) 공극을 메우거나 암반조건을 개선하기 위한 그라우팅을 철관 내에서 실시할 수 있도록 철관에 미리 그라우트공을 마련해 두고 그라우팅을 끝낸 후 폐쇄해야 한다.

3.3.4 철근조립

(1) 현장타설라이닝을 철근으로 보강하여야 할 경우에는 보강 목적에 부합하도록 시공하여야 하며 이의 가공 및 관리는 KCS 14 20 11을 따른다.

(2) 가공된 철근은 콘크리트가 타설되기 직전까지 철근콘크리트의 기능 발휘에 유해한 요인이 개입되지 않도록 관리하여야 한다.

(3) 철근이 아치형으로 조립될 경우에는 철근망의 처짐이 발생하지 않도록 조립하여야 하며 소요 피복두께가 확보될 수 있도록 조치를 취하여야 한다.

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

3.3.5 거푸집

(1) 거푸집의 설치는 측량을 실시하여 정확한 위치에 설치하여야 한다.

(2) 거푸집 구조는 매회 타설량, 타설길이, 타설속도 등을 고려하여, 타설된 콘크리트의 압력에 견딜 수 있는 것이라야 한다.

(3) 1회 타설 거푸집의 길이는 시공성, 안전성 및 콘크리트 품질에 미치는 영향 등을 감안하여 결정하여야 한다.

(4) 거푸집은 조립과 해체가 용이하며 이동성이 좋고, 견고한 구조가 되도록 제작하여야 하며 콘크리트 투입 및 타설상태 확인 등을 위한 크기와 개소수의 작업구를 두어야 한다.

(5) 거푸집의 조립 시에는 볼트, 너트 등이 이완되지 않도록 조여야 하며, 유압식장치의 경우 정상작동 상태를 점검하여야 한다.

(6) 거푸집을 이동할 경우에는 거푸집을 콘크리트면으로부터 이격시켜 거푸집 이동 시 거푸집과 콘크리트 벽면이 손상되지 않도록 하여야 한다.

(7) 이동용 궤도는 거푸집을 안정되게 이동할 수 있는 구조이어야 하며 콘크리트타설 시나 이동 시 침하가 생기지 않도록 견고하게 설치하여야 한다.

(8) 거푸집을 떼어낼 때 거푸집면에 콘크리트가 부착되지 않도록 조치를 하여야한다. 이를 위해 박리제를 사용할 경우에는 환경을 오염시키지 않는 것을 사용하여야 한다.

(9) 거푸집은 마지막에 타설된 천단부 콘크리트의 강도가 자중에 견딜 수 있는 강도가 발현된 후 제거하여야 한다.

(10) 측면판에 지수판을 붙이는 경우에는 지수판의 기능이 발휘되도록 하여야 한다.

(11) 인버트 콘크리트의 타설 시 인버트 거푸집을 사용하여 타설하여야 하며, 콘크리트 타설 시 압력을 충분히 견딜 수 있어야 한다.

(12) 연직갱에 사용되는 거푸집은 콘크리트의 압력과 근접발파의 진동이나 버력적재기 등 장비에 의한 충격에 견딜 수 있는 견고한 구조이어야 하며 시공 전 작동상태, 안전성 등을 확인하여야 한다.

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

(14) 기울기가 급한 경사갱 및 수압관로의 경우는 주변지반조건에 적합한 두께와 구조가 되도록 시공하여야 한다.

3.4 시공 허용오차

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

3.5 보수 및 재시공

(1) 현장채취코어를 통한 현장타설라이닝의 압축강도시험은 1회 시험당 3개의 코어시료를 채취하고, 채취한 모든 시료의 시험강도는 설계강도의 75%보다 작아서는 안 되며, 평균강도는 설계강도의 85% 이상이어야 한다. 1차 시험에서 상기 조건을 만족하지 아니한 경우 좌우 5m 범위 내에서 재시험을 실시하고 그 결과가 미달할 경우 두께증가 등의 보완시공 또는 재시공하여야 한다.

3.6 현장 품질관리

(1) 현장타설라이닝의 품질관리는 표 3.6-1과 같이 하여야 한다.

표 3.6-1 콘크리트라이닝 품질관리 내용

관리항목	관리내용 및 시험	시험빈도	비고
시공 정확도 두께 균열, 변형	• 소정의 위치에 철근 및 거푸집 설치 상태 • 콘크리트라이닝 두께 관리 • 콘크리트라이닝 타설 후 균열, 변형 상태	• 시공 전 • 시공 전 및 시공 직후 • 시공 후 수시	
슬럼프시험	콘크리트 슬럼프 값	압축강도시험용 공시체 채취 시 및 타설 중에 품질변화가 인정될 때	KS F 2402
압축강도 시험	콘크리트 압축강도	1회/1일, 또는 구조물의 중요도와 공사의 규모에 따라 150 m^3 마다 1회, 배합이 변경될 때마다	KS F 2405

집필위원

성 명	소 속	성 명	소 속
문준식	경북대학교	고성일	㈜서하기술단

국가건설기준센터 및 건설기준위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
이영호	한국건설기술연구원	김낙영	한국도로공사
김기현	한국건설기술연구원	김영근	㈜건화
김희석	한국건설기술연구원	배상훈	SH 엠앤씨
류상훈	한국건설기술연구원	유한규	한양대학교
원훈일	한국건설기술연구원	이성원	한국건설기술연구원
이상규	한국건설기술연구원	이용주	서울과학기술대학교
이승환	한국건설기술연구원	이호성	㈜지윤이앤씨
이용수	한국건설기술연구원	정상준	㈜에스코컨설턴트
주영경	한국건설기술연구원	천대성	한국지질자원연구원
최봉혁	한국건설기술연구원	최해준	수성엔지니어링

중앙건설기술심의위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
김상철	㈜삼안	문인기	엠플러스이엔씨(주)
김성수	한국토지주택공사	신중호	한국지질자원연구원
김영근	㈜건화	정평기	㈜화인씨이엠테크
류은영	㈜태암엔지니어링		

소관부처

성 명	소 속	성 명	소 속
양희관	국토교통부 도로건설과	최영록	국토교통부 도로건설과
김로타	국토교통부 도로건설과		

(분야별 가나다순)

KCS 27 40 05 : 2023
터널 현장타설 라이닝 공사

2023년 9월 12일 개정

소관부서 국토교통부 도로건설과

관련단체 한국터널지하공간학회
06720 서울시 서초구 효령로 304 국제전자센터 14층 11호
(사)한국터널지하공간학회
Tel : 02-3465-3663 E-mail : ktastaff@hanmail.net
https://www.tunnel.or.kr/

작성기관 한국터널지하공간학회
06720 서울시 서초구 효령로 304 국제전자센터 14층 11호
(사)한국터널지하공간학회
Tel : 02-3465-3663 E-mail : ktastaff@hanmail.net
https://www.tunnel.or.kr/

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

KCS 27 40 10 : 2023

터널세그먼트라이닝 공사

2023년 9월 12일 개정
http://www.kcsc.re.kr

KC CODE

국토교통부

건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

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

건설기준연혁

- 이 기준은 건설기준 코드체계 전환에 따라 기존 건설기준(설계기준, 표준시방서) 간 중복·상충을 비교 검토하여 코드로 통합 정비하였다.

- 이 기준은 기존의 터널표준시방서를 중심으로 도로공사표준시방서, 공동구 표준시방서, 도시철도(지하철)공사표준시방서, 하천공사표준시방서, 상수도공사 표준시방서, 하수관거공사 표준시방서 등의 터널 세그먼트 라이닝에 해당하는 부분을 통합 정비하여 기준으로 제정한 것으로 제·개정 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요내용	제정또는개정 (년월일)
터널공사표준시방서 및 동해설	• 산악지대에 건설되는 터널공사의 조사, 설계, 시공관련 설계의 일반 방침, 기준	제정 (1975.3)
터널공사 표준시방서	• 조사편에 노선계획, 공사계획 추가 • 설계편에 하중, 동바리공의 본문 및 해설 추가 • 시공편에 안전위생, 기계굴착 등 추가 • 시공법 및 시공 방식 현대화 • 사갱, 수직갱 신설 • NATM 공법 표준사항 신설	개정 (1985.12)
터널표준시방서	• 일반시방서로 개편 및 해설부분 생략 • 국내 용어 및 서술형식 적용	개정 (1996.5)
터널표준시방서	• 터널설계기준과 터널표준시방서 분리, 개편, 보완	개정 (1999.4)
터널표준시방서	• 최신 설계 및 시공기술, 신자재 반영 • 환경친화적인 터널건설을 위한 기준 보완 • 시공중 터널 붕락 등 재난에 대비한 시공관리 강화	개정 (2009.1)
터널표준시방서	• 기술·환경성 향상 및 품질확보를 위한 기술반영 • 굴착현장 붕괴사고 방지 및 사회적 관심 사항 반영 • 타 기준과의 상충내용 정비 • 연구성과 반영 및 관련 민원 해소	개정 (2015.2)
KCS 27 40 10 : 2016	• 건설기준의 효율적인 관리를 위한 건설기준(설계코드 KDS, 시방코드 KCS)을 제정	제정 (2016.6)
KCS 27 40 10 : 2018	• 한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함	수정 (2018.7)
KCS 27 40 10 : 2023	• 국가건설기준 코드 작성 지침에 따라 개정	개정 (2023.7)

제　　정 : 2016년 6월 30일	개　　정 : 2023년 9월 12일
심　　의 : 중앙건설기술심의위원회	자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회
소관부서 : 국토교통부 도로건설과	
관련단체 : 한국터널지하공간학회	작성기관 : 한국터널지하공간학회

- 「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」에 따라 고시일을 기준으로 매 3년이 되는 시점마다 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 하여야 한다.

목 차

1. 일반사항 ····· 1
1.1 적용범위 ····· 1
1.2 참고 기준 ····· 1
1.2.1 관련 법규 ····· 1
1.2.2 관련 기준 ····· 1
1.3 용어의 정의 ····· 1
1.4 지급자재 ····· 1
1.5 시스템 설명 ····· 1
1.6 시스템 허용오차 ····· 1
1.7 제출물 ····· 1
1.8 공사기록서류 ····· 1
1.9 품질보증 ····· 1
1.10 운반, 보관, 취급 ····· 2
2. 자재 ····· 2
2.1 재료 ····· 2
2.2 구성품 ····· 2
2.3 장비 ····· 2
2.4 부속재료 ····· 2
2.5 배합 ····· 2
2.6 조립 ····· 2
2.6.1 세미쉴드TBM 추진관 제작 ····· 2
2.7 마감 ····· 3
2.8 조립 허용오차 ····· 3
2.9 자재 품질관리 ····· 4
2.9.1 세그먼트 ····· 4

2.9.2 세그먼트 추진관 ····· 6
3. 시공 ····· 7
3.1 시공조건확인 ····· 7
3.2 작업준비 ····· 7
3.3 시공기준 ····· 7
3.3.1 내부 현장타설라이닝 ····· 7
3.4 시공 허용오차 ····· 7
3.5 보수 및 재시공 ····· 7
3.6 현장 품질관리 ····· 7
3.6.1 제작 시 고려사항 ····· 7

1. 일반사항

1.1 적용범위

(1) 이 기준은 공장에서 제작되어 현장으로 운반되는 세그먼트 라이닝 공사에 적용한다.

(2) 세그먼트 재질은 콘크리트, 강재 등으로 구분하여 이 기준에서 정하는 바를 따르며, 합성재료 등 특수 세그먼트가 사용되는 경우에는 별도로 고려하여야 한다.

1.2 참고 기준

1.2.1 관련 법규

(1) 이 기준의 관련 법규는 KCS 27 10 05(1.2.1)을 따른다.

1.2.2 관련 기준

(1) 이 기준의 관련 기준은 KCS 27 10 05(1.2.2)를 따른다.

1.3 용어의 정의

(1) 이 기준의 용어의 정의는 KCS 27 10 05(1.3)을 따른다.

1.4 지급자재

내용 없음

1.5 시스템 설명

내용 없음

1.6 시스템 허용오차

내용 없음

1.7 제출물

내용 없음

1.8 공사기록서류

내용 없음

1.9 품질보증

내용 없음

1.10 운반, 보관, 취급

(1) 세그먼트의 보관과 운반 시에는 손상이나 부식 등이 발생하지 않도록 보호하여야 하며, 현장에 운반된 후 하차 전 반드시 세그먼트의 상태를 확인하여야 한다.

(2) 운반 및 취급 중에 손상이 발생한 경우에는 손상의 정도에 따라 적합한 조치를 강구하여야 한다.

2. 자재

2.1 재료

(1) 세그먼트 재료는 터널의 목적, 지반상태, 시공방법, 내구성 등을 고려하여 선정하도록 한다.

(2) 콘크리트 세그먼트에 강도증진과 성능개선 목적으로 강섬유나 별도의 재료를 혼합한 세그먼트의 경우에는 재료의 명세, 제작방법, 검사 및 기호 등을 상세히 기재하여야 한다.

(3) 강섬유보강 콘크리트(SFRC) 및 합성섬유보강 콘크리트 세그먼트에 대해서는 별도로 규정한 품질 및 성능기준을 정하거나, KDS 27 10 05(1.3.2)를 따른다.

2.2 구성품

내용 없음

2.3 장비

내용 없음

2.4 부속재료

내용 없음

2.5 배합

내용 없음

2.6 조립

2.6.1 세미쉴드TBM 추진관 제작

(1) 철근배근은 종선 및 나선으로 구성하고 규격에 따라 단철근 또는 복철근으로 배근한다.

(2) 콘크리트 배합과 관련해서는 다음 사항을 따른다.

① 추진관의 콘크리트 설계기준강도는 70 MPa 이상이어야 하며 소요강도, 수밀성, 내구성

등 품질에 해가 되지 않는 범위 내에서 추진관 제작 작업을 할 수 있는 작업성을 가져야 한다.

② 콘크리트에 포함되는 염화물 이온(Cl^-)량은 KCS 14 20 00을 따른다.

③ 콘크리트에 사용하는 재료의 계량은 무게에 따른다. 다만, 물 및 액상 혼화제는 부피로 계량하여도 좋다.

④ 계량오차는 입력오차를 포함하여 물 및 시멘트는 ±1%, 액상혼화제는 ±2%, 골재 및 혼화재료는 3% 이내이어야 한다.

(3) 추진관 제작 작업 시 원심력은 초속에서 콘크리트의 배합이 충분히 풀려 균등한 두께가 유지되었는지 확인한 후 서서히 중속, 고속으로 올려 콘크리트를 치밀히 다진다.

(4) 관에는 제품의 호칭명, 제조공장명 또는 그 약호, 제조년월일 또는 그 약호를 명기하여야 한다.

2.7 마감

내용 없음

2.8 조립 허용오차

(1) 세그먼트의 치수 허용정확도는 표 2.8-1을 표준으로 한다.

표 2.8-1 치수 허용 정확도 (단위 : mm)

항목 종류		콘크리트계 세그먼트				강재 세그먼트			
세그먼트 두께 (주형고)		+5.0 −1.0(3)				±1.5			
세그먼트 폭		±1.0				±1.5			
길이		±1.0				±1.5			
볼트공 피치		±1.0				±1.0			
각부 두께		−1.0(3)				−(2)			
수평조립시 정원도(1)	세그먼트링 외경 $2R_o$(m)	$2R_o$ <4	4≤$2R_o$ <6	6≤$2R_o$ <8	8≤$2R_o$ <12	$2R_o$ <4	4≤$2R_o$ <6	6≤$2R_o$ <8	8≤$2R_o$ <12
	볼트피치	±7	±10	±10	±15	±7	±10	±10	±15
	외경	±7	±10	±15	±20	±7	±10	±15	±20

주) (1) 수평 조립 시의 정원도는 세그먼트링을 2단으로 겹쳐서 측정한다.
(2) 강재의 각부 두께는 한국산업표준(KS)에 규정된 강재공차에 의한다.
(3) 콘크리트계 세그먼트에서 국부적인 두께감소의 허용치는 -1.0 mm이다.

2.9 자재 품질관리

2.9.1 세그먼트

(1) 세그먼트는 토압, 수압, 지진하중 등의 영구하중뿐만 아니라, 이동 및 설치 시의 하중 조건에 대하여 안정성을 확보하여야 한다.

(2) 세그먼트의 품질관리를 위해서는 다음과 같이 재료검사, 외관검사, 형상치수 검사, 가조립검사, 성능검사 등을 아래 표 2.9-1, 표 2.9-2, 표 2.9-3에 준하여 시행하여야 한다.

표 2.9-1 세그먼트의 검사

콘크리트 세그먼트 검사	• 재료검사 시 콘크리트계 세그먼트의 품질은 콘크리트 재료 및 제조방법에 따라 큰 영향을 받기 쉬우므로 골재 품질시험 및 기타(슬럼프, 공기량, 워커빌리티, 강도 등)시험 수행
	• 외관검사 시 모서리 부분의 파손과 균열부에 대한 검사를 실시하여 사용성에 문제발생 여부 확인
	• 성능검사 시 세그먼트 휨시험, 이음부 휨시험, 잭 추력시험, 인양고리 인발시험 등을 통하여 강도 조사
강재 세그먼트 검사	• 실물검사 시 현장에서 주형 및 이음판의 실물도를 보고 형상, 크기 및 볼트공의 위치를 설계크기와 비교
	• 재료검사 시 한국산업표준(KS)에서 규정하는 시험방법(KS D 3503 일반구조용 압연강재 등)에 의해 재료의 역학적 성질을 조사하는 검사 실시 다만, 밀쉬트(Mill sheet) 등의 품질보증이 있는 강재 및 한국산업표준품으로 제작된 볼트, 너트 등에 대해서는 시험 생략 가능
	• 도구시험 시 강판의 벤딩, 천공, 절단, 부재조립용 형틀 등의 제조에 필요한 도구에 대해 검사
	• 용접검사 시 용접부의 두께 및 비트 길이에 관해서는 측정게이지를 이용하고 그 외에는 육안 등에 의해 검사
	• 수평 가조립검사 시 제작 중인 세그먼트 중에서 2링을 추출하여 수평 가조립하고 정원도 조사
	• 성능검사 시 세그먼트 휨시험 및 잭 추력시험 등을 통해 강도 조사

표 2.9-2 품질관리 항목

구분	관리항목	시험방법	관리장소	빈도
골재	골재의 입도시험	골재 체가름 시험방법(KS F 2502)	골재 야적장	1회/월
	비중 및 흡수량	잔골재의 밀도 및 흡수율 시험방법(KS F 2504) 굵은 골재의 밀도 및 흡수율 시험방법(KS F 2503)		1회/월 또는 산지 변경 시
	씻기시험	골재에 포함된 잔입자 시험방법		
	모래의 유기불순물	모래에 포함되어 있는 유기불순물 시험방법(KS F 2510)		
	마모량	로스앤젤레스 시험기에 의한 굵은 골재의 마모시험방법 (KS F 2508)		산지 변경 시
	잔골재의 표면수율	잔골재의 표면수 측정방법(KS F 2509)	플랜트 계량호퍼	2회/일
	염화물량	골재중의 염화물 함유량 시험방법(KS F 2515)	타설장소	1회/주
기타	슬럼프	콘크리트의 슬럼프 시험방법(KS F 2402)	타설장소	1회/일
	공기량	압력법에 의한 굳지 않은 콘크리트의 공기량 시험방법(KS F 2421)	타설장소	1회/일
	워커빌리티	육안	타설장소	배치마다
	강도	콘크리트의 압축강도 시험방법(KS F 2405)	타설장소	1회/일

표 2.9-3 제조관리 항목

검사 번호	관리항목
1	골재표면 수량
2	철근 수량, 휨 형상, 조립상황, 치수
3	철근망 형상, 스페이서, 부속설치부품
4	콘크리트 투입량, 타설상황, 슬럼프
5	양생온도 및 시간
6	탈형 시의 규격, 외관, 형상
7	야적장의 외관형상, 표시, 재령, 수량
8	형틀청소, 설치상황, 규격 정도

(3) 세그먼트 설치 시에 균열발생으로 인한 세그먼트의 파손을 방지하기 위해서 세그먼트 연결부에 완충재를 적용하는 대책을 검토하여야 한다.

(4) 세그먼트 운반과 이동 시의 수단, 파손방지 대책 및 사이클 타임을 고려하여 세그먼트의 적재계획을 수립하여야 한다.

2.9.2 세그먼트 추진관

(1) 겉모양 및 내면은 사용상 지장이 없도록 평탄한 면을 확보해야 한다.

(2) 외압강도는 시험방법 규정의 외압시험을 하였을 때 추진관은 다음의 표 2.9-4와 같이 하중에 견딜 수 있어야 한다.

표 2.9-4 추진관 외압강도

추진 관경 (mm)	균열하중 (kN/m)	파괴하중 (kN/m)
800	35.3	57.8
900	38.2	64.7
1,000	41.2	71.5
1,100	42.6	78.4
1,200	44.1	86.2
1,350	47.0	98.0
1,500	50.0	109.8
1,650	52.9	121.5
1,800	55.9	133.3
2,000	58.8	141.1
2,200	61.7	148.0
2,400	64.7	154.8
2,600	67.6	162.7

(3) 추진 내하력은 표 2.9-5와 같다.

표 2.9-5 추진방향 허용 내하력

관경(mm)	허용 내하력		유효 단면적 (m^2)
	500 (MPa)	700 (MPa)	
800	23.0		0.1766
900	29.9		0.2297
1,000	37.7		0.2897
1,100	43.8		0.3365
1,200	53.1		0.4084
1,350	62.4		0.4800
1,500	79.4		0.6107
1,650	94.5		0.7270
1,800		149.3	0.8533
2,000		183.6	1.0494
2,200		221.5	1.2658
2,400		255.3	1.4590
2,600		299.7	1.7123

3. 시공

3.1 시공조건확인

내용 없음

3.2 작업준비

내용 없음

3.3 시공기준

3.3.1 내부 현장타설라이닝

(1) 내부 현장타설라이닝은 구조체로서 세그먼트 라이닝과 함께 외력을 지지하거나 비구조체로서 세그먼트 라이닝 보호를 위한 목적으로 시공한다.
(2) 외력을 지지할 수 있도록 현장타설라이닝을 세그먼트 라이닝과 합성구조체로 설계한 경우는 설계조건대로 내부 현장타설라이닝을 무근 또는 철근콘크리트로 시공하여야 한다.
(3) 비구조체로 사용되는 내부 현장타설라이닝은 세그먼트를 보호하고 방화, 방식, 방수, 방진, 사행수정 등을 위해서도 시공할 수 있다.
(4) 세그먼트 라이닝만으로 외력과 수압을 충분히 지지할 수 있고 적절한 내화대책을 수립한 경우에는 내부 현장타설라이닝을 생략할 수 있다.
(5) 내부 현장타설라이닝의 두께는 사용목적, 시공성 등을 고려하여 결정하여야 한다.
(6) 내부 현장타설라이닝은 세그먼트의 방수, 청소, 이음볼트의 확인 등 사전처리를 철저히 행한 후 시공하여야 한다. 거푸집 제거시기 등 상세한 사항은 KCS 27 40 05(3.3.5)를 따른다.
(7) 콘크리트 이외의 재질을 사용하는 내부 라이닝은 별도의 정하는 바를 따른다.

3.4 시공 허용오차

(1) 세그먼트 조립 시의 시공 허용오차는 사용목적 및 내구성에 영향을 미치지 않는 범위 내에서 시공성을 고려하여 산정하여야 한다.

3.5 보수 및 재시공

내용 없음

3.6 현장 품질관리

3.6.1 제작 시 고려사항

(1) 세그먼트 제작자는 재료, 제조, 검사 등에 관한 필요사항이 상세히 기재된 제작요령서, 제작도 및 제작공정표를 작성하여 공사감독자의 승인을 받아야 한다.

(2) 세그먼트 제작 시에는 재료, 외관, 형상과 크기, 가조립, 성능검사 등을 시행하여야 하며, 표 3.6-1에 제시된 제조정보(번호, 제작자, 제조일 등)가 포함된 제작 규격서를 작성하여야 한다.

표 3.6-1 세그먼트 재질별 제작 규격서 포함 내용

재질	주요 기재사항
콘크리트 세그먼트	•재료명세(시멘트, 골재, 철근, 철골, 부재료 등) •거푸집, 콘크리트 배합, 제조법(철근가공조립, 체결방법, 양생방법 등)
강재 세그먼트	•재료명세, 절단, 가공, 조립용접방법 등 •조립용접방법에는 용접공의 자격, 용접재료, 용접자세, 용접순서, 용접상의 주의사항 등을 포함

집필위원

성 명	소 속	성 명	소 속
문준식	경북대학교	고성일	㈜서하기술단

국가건설기준센터 및 건설기준위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
이영호	한국건설기술연구원	김낙영	한국도로공사
김기현	한국건설기술연구원	김영근	㈜건화
김희석	한국건설기술연구원	배상훈	SH 엠앤씨
류상훈	한국건설기술연구원	유한규	한양대학교
원훈일	한국건설기술연구원	이성원	한국건설기술연구원
이상규	한국건설기술연구원	이용주	서울과학기술대학교
이승환	한국건설기술연구원	이호성	㈜지윤이앤씨
이용수	한국건설기술연구원	정상준	㈜에스코컨설턴트
주영경	한국건설기술연구원	천대성	한국지질자원연구원
최봉혁	한국건설기술연구원	최해준	수성엔지니어링
허원호	한국건설기술연구원		

중앙건설기술심의위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
김상철	㈜삼안	문인기	엠플러스이엔씨(주)
김성수	한국토지주택공사	신중호	한국지질자원연구원
김영근	㈜건화	정평기	㈜화인씨이엠테크
류은영	㈜태암엔지니어링		

소관부처

성 명	소 속	성 명	소 속
양희관	국토교통부 도로건설과	최영록	국토교통부 도로건설과
김로타	국토교통부 도로건설과		

(분야별 가나다순)

KCS 27 40 10 : 2023
터널 세그먼트 라이닝 공사

2023년 9월 12일 개정

소관부서 국토교통부 도로건설과

관련단체 한국터널지하공간학회
06720 서울시 서초구 효령로 304 국제전자센터 14층 11호
(사)한국터널지하공간학회
Tel : 02-3465-3663 E-mail : ktastaff@hanmail.net
https://www.tunnel.or.kr/

작성기관 한국터널지하공간학회
06720 서울시 서초구 효령로 304 국제전자센터 14층 11호
(사)한국터널지하공간학회
Tel : 02-3465-3663 E-mail : ktastaff@hanmail.net
https://www.tunnel.or.kr/

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

KCS 27 50 05 : 2023

터널 배수 및 방수 공사

2023년 9월 12일 개정
http://www.kcsc.re.kr

국토교통부

KC CODE

건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

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

건설기준 연혁

• 이 기준은 건설기준 코드체계 전환에 따라 기존 건설기준(설계기준, 표준시방서) 간 중복·상충을 비교 검토하여 코드로 통합 정비하였다.

• 이 기준은 기존의 터널표준시방서를 중심으로 도로공사표준시방서, 공동구 표준시방서, 도시철도(지하철)공사표준시방서, 하천공사표준시방서, 상수도공사 표준시방서, 하수관거공사 표준시방서 등의 터널 배쉬 및 방수에 해당하는 부분을 통합 정비하여 기준으로 제정한 것으로 제·개정 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요 내용	제정 또는 개정 (년월일)
터널공사표준시방서 및 동해설	• 산악지대에 건설되는 터널공사의 조사, 설계, 시공관련 설계의 일반 방침, 기준	제정 (1975.3)
터널공사 표준시방서	• 조사편에 노선계획, 공사계획 추가 • 설계편에 하중, 동바리공의 본문 및 해설 추가 • 시공편에 안전위생, 기계굴착 등 추가 • 시공법 및 시공 방식 현대화 • 사갱, 수직갱 신설 • NATM 공법 표준사항 신설	개정 (1985.12)
터널표준시방서	• 일반시방서로 개편 및 해설부분 생략 • 국내 용어 및 서술형식 적용	개정 (1996.5)
터널표준시방서	• 터널설계기준과 터널표준시방서 분리, 개편, 보완	개정 (1999.4)
터널표준시방서	• 최신 설계 및 시공기술, 신자재 반영 • 환경친화적인 터널건설을 위한 기준 보완 • 시공중 터널 붕락 등 재난에 대비한 시공관리 강화	개정 (2009.1)
터널표준시방서	• 기술·환경성 향상 및 품질확보를 위한 기술반영 • 굴착현장 붕괴사고 방지 및 사회적 관심 사항 반영 • 타 기준과의 상충내용 정비 • 연구성과 반영 및 관련 민원 해소	개정 (2015.2)
KCS 27 50 05 : 2016	• 건설기준의 효율적인 관리를 위한 건설기준(설계코드 KDS, 시방코드 KCS)을 제정	제정 (2016.6)
KCS 27 50 05 : 2018	• 한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함	수정 (2018.7)
KCS 27 50 05 : 2023	• 국가건설기준 코드 작성 지침에 따라 개정	개정 (2023.7)

제　　정 : 2016년 6월 30일	개　　정 : 2023년 9월 12일
심　　의 : 중앙건설기술심의위원회	자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회
소관부서 : 국토교통부 도로건설과	
관련단체 : 한국터널지하공간학회	작성기관 : 한국터널지하공간학회

- 「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」에 따라 고시일을 기준으로 매 3년이 되는 시점마다 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 하여야 한다.

목 차

1. 일반사항 ····· 1
1.1 적용범위 ····· 1
1.2 참고 기준 ····· 1
1.2.1 관련 법규 ····· 1
1.2.2 관련 기준 ····· 1
1.3 지급자재 ····· 1
1.4 용어의 정의 ····· 1
1.5 시스템 설명 ····· 1
1.6 시스템 허용오차 ····· 1
1.7 제출물 ····· 2
2. 자재 ····· 2
2.1 재료 ····· 2
3. 시공 ····· 2
3.1 시공조건확인 ····· 2
3.2 작업준비 ····· 3
3.3 시공기준 ····· 3
3.4 시공 허용오차 ····· 7
3.5 보수 및 재시공 ····· 7
3.6 현장 품질관리 ····· 7

1. 일반사항

1.1 적용범위

(1) 이 기준은 터널 작업 중의 배수와 노상부의 지하배수, 현장타설 라이닝 배면의 배수시설 및 방수시설, 세그먼트 라이닝 방수시설 공사에 적용한다.

1.2 참고 기준

1.2.1 관련 법규

(1) 이 기준의 관련 법규는 KCS 27 10 05(1.2.1)을 따른다.

1.2.2 관련 기준

(1) 이 기준의 관련 기준은 KCS 27 10 05(1.2.2)를 따른다.

1.3 지급자재

내용 없음

1.4 용어의 정의

(1) 이 기준의 용어의 정의는 KCS 27 10 05(1.3)을 따른다.

1.5 시스템 설명

(1) 터널은 지하수의 처리방법에 따라 배수형 방수형식과 비배수형 방수형식 터널로 구분한다.

(2) 배수형 방수형식 터널은 굴착면을 통하여 터널로 유입되는 지하수를 배수관을 통하여 집수정으로 유도한 후 터널 밖으로 배수하는 형식이다.

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

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

(5) 외부 배수형 방수형식은 현장타설 라이닝 외부를 방수막으로 둘러싸고 터널 외부에 별도의 배수로를 설치하여 터널로 흘러들어오는 지하수를 집수하여 외부로 배수하는 형식이다.

(6) 비배수형 방수형식 터널은 굴착면을 통하여 터널로 지하수가 유입되지 않도록 방수재를 터널 전 주면에 설치하고 지하수를 인위적으로 배수하지 않는 형식이다.

1.6 시스템 허용오차

내용 없음

1.7 제출물

(1) 방수시설을 하기 위한 숏크리트면의 상태는 작업 전에 공사감독자의 확인을 받아야 한다.

(2) 방수시설 작업 전에 계약상대자는 부직포 및 방수막에 대한 시험성적서를 제출하여야 한다.

2. 자재

2.1 재료

(1) 방수막은 상호 접착이 좋은 재질이어야 하며 한국산업표준(KS)을 만족하는 제품을 사용하여야 한다.

(2) 방수재료는 인장강도 16 MPa 이상, 인열강도 60 N/mm 이상, 신도 600% 이상 가열신축량이 신장 및 수축 시 각각 2.0 mm 이하 및 4.0 mm 이하의 재질로서 두께 2 mm 이상으로 하되, 동등 이상의 재질인 경우 두께를 조정하여 사용할 수 있다.

(3) 세그먼트 방수재료의 성질

① 실링 재료에는 합성고무계, 복합고무계, 수팽창 고무계 등이 있으며, 수밀성, 내구성, 압착성, 복원성, 시공성 등이 우수한 것을 선택하여야 한다.

② 코킹 재료에는 에폭시계, 치오콜계, 요소수지계 등의 재료가 있으며, 현장조건을 고려하여 적합한 재료를 선정하여야 한다.

3. 시공

3.1 시공조건 확인

(1) 시공 중 터널의 길이방향이나 막장면(굴진면)부근에 지하수가 고여 있지 않도록 배수시설을 설치하여 작업여건을 악화시키거나 지반을 이완시키지 않도록 하여야 한다.

(2) 지보재 기초부에 인접하여 배수로를 설치하는 경우에는 배수로의 물고임과 흐름현상에 의해 기초부 지반의 연화여부를 검토하여야 하며, 필요한 경우 대책을 수립하여야 한다.

(3) 터널을 하향경사로 굴진하는 경우에는 지하수가 신속히 배출될 수 있도록 펌프 등을 설치하고 비상시에 대비한 예비펌프와 예비전력설비를 확보해 두어야 한다.

(4) 배수설비는 주기적으로 점검하고 정비하여 원활한 기능을 유지하여야 한다.

(5) 펌프설비는 유지 및 수선이 용이하고, 유입되는 지하수를 원활하게 배출할 수 있는 용량으로 계획하여야 한다. 배수펌프의 고장을 대비하여 예비 펌프를 구비하고 정전 시의 배수대책도 강구하여야 한다.

3.2 작업준비

(1) 숏크리트의 면 정리 시에는 용수처리도 동시에 하여야 한다.

(2) 용수는 집수관으로 집수하여 배수로로 배출시켜야 한다.

(3) 숏크리트 표면에 드러나 있는 모든 관은 절단하고 모르타르 등으로 속채움을 한 다음 모르타르로 마감하여 정리하여야 하며, 마감두께는 최소 20 mm로 한다.

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

(5) 록볼트의 두부는 너트(Nut)면에서 5 mm 여유를 두고 절단한 후 모르타르나 숏크리트로 마감하여야 하며, 마감두께는 최소 40 mm로 하고 마감부분의 곡선반경은 최소 300 mm로 한다.

(6) 터널 벽면에서 지보재의 사이와 불규칙한 면은 길이 대 깊이의 비율이 최소 7:1 이상이 되도록 모르타르나 숏크리트로 마무리하여야 하며, 지보재나 기타 강재의 피복은 최소 40 mm 이상의 두께로 마감처리를 하여야 한다.

(7) 횡방향 터널의 접합부나 터널내공이 변하는 접합부분의 마감부분 곡선반경은 최소 500 mm 이상으로 하여야 한다.

(8) 상·하반을 분할 굴착하는 경우에는 상반 굴착 후 숏크리트 타설 시에 쌓인 반발재를 완전히 제거하여야 하며, 상·하반 연결부의 이물질을 완전히 제거한 후 하반 숏크리트 면과 일치하게 면 정리를 하여야 한다.

(9) 콘크리트라이닝의 기초가 되는 터널하부와 우각부에 쌓인 슬러지는 깨끗이 제거하여야 한다.

(10) 천장부 및 측벽부의 여굴발생 부위는 방수재 설치 전에 숏크리트, 모르타르 또는 콘크리트로 채워 면정리를 하여야 한다. 라이닝 기초부에 발생한 여굴처리는 KCS 27 40 05 터널 현장타설 라이닝을 따른다.

(11) 숏크리트의 면 정리가 완료되면 공사감독자의 승인을 받은 후 부직포 및 방수막 설치작업을 하여야 한다.

3.3 시공기준

(1) 배수형 방수형식 터널에서는 유입 지하수를 원활히 배수할 수 있는 배수시설을 설치하여 콘크리트라이닝에 수압이 작용하지 않도록 하여야 한다.

(2) 배수형 방수형식 터널에서 터널 내부로의 유입수가 과다할 경우에는 차수그라우팅 등을 실시하여 유입수를 최소화하여야 한다.

(3) 배수형 방수형식 터널 시공구간의 지반이 세립토사를 다량 함유하고 있을 경우에는 부직포 두께의 증가 또는 드레인보드 병용 등을 통하여 터널 배면토사가 유출되지 않도록 함과 아울러 배수시설이 장기간 동안 기능을 유지할 수 있도록 조치하여야 한다.

(4) 터널 내에 낙수를 방지하여야 할 경우에는 부분 배수형 방수형식을 적용하며, 이 경우 콘크리트라이닝의 재질을 수밀 콘크리트로 하거나 콘크리트라이닝과 숏크리트 사이에 방수막을 설치할 수 있다. 세그먼트 라이닝 방수는 별도로 정한다.

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

(6) 터널의 용도에 따라 방수등급을 규정하고 방수등급별로 별도의 허용누수량을 설정하여 관리할 수 있다.

(7) 비배수형 방수형식 터널에서는 콘크리트라이닝의 시공이음부에 지수판을 설치하여야 하며, 배수형 방수형식 터널의 경우에도 필요시 지수판을 설치할 수 있다.

(8) 세그먼트 라이닝은 지하수압에 견딜 수 있고 방수가 될 수 있도록 세그먼트 간의 이음부, 볼트구멍, 뒤채움 주입구 등의 시공에 유의하여야 한다.

(9) 세그먼트 라이닝의 누수는 완성 후 터널의 기능 및 유지관리에 문제를 일으킬 수 있으므로 지수재 기능이 발휘되는 이후의 누수량이 허용치를 초과하지 않도록 시공하여야 한다.

(10) 세그먼트 라이닝 방수에는 실링, 코킹, 볼트체결 등의 형식이 있으며, 사용목적과 현장여건에 적합하도록 한 가지 또는 여러 가지의 방법을 조합하여 사용할 수 있다.

(11) 배수시설은 터널의 내구연한 동안 유지관리가 편리하도록 시공하여야 한다.

(12) 배수관의 시공이음부 시공 시 모르타르 등 이물질이 들어가 배수의 원활한 흐름을 방해하는 경우가 발생하지 않도록 하여야 한다.

(13) 유공관 내부로 토사가 지하수와 함께 들어가지 않도록 유공관 주위에 자갈이나 배수재 등을 설치하여야 한다.

(14) 측방유도배수관은 주배수관으로 연결하고 연결부 시공 시 토사 등이 유입되지 않도록 시공하여야 한다.

(15) 각종 배수관은 집수정으로 연결시켜 유지관리가 효율적으로 이루어지도록 하여야 한다.

(16) 집수정을 일정한 간격으로 설치하여 배수관의 유지 관리가 용이하도록 하여야 하며 부득이한 경우에는 배수관의 유지관리가 가능한 범위 내에서 설치간격을 조정할 수

있다.

(17) 분기 또는 접속되는 터널이 있을 경우에도 배수시설이 상호 연결되도록 시공하여야 한다.

(18) 시공 중 또는 시공 후 표 3.3-1과 같은 사항을 관리하여야 한다.

표 3.3-1 배수작업 시의 시공관리 내용

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

(19) 부직포 설치

① 부직포는 못 및 와셔를 사용하여 콘크리트 및 숏크리트 표면에 고착시킨다.
② 개착터널 구간은 콘크리트라이닝 외측면에 방수막을 부착시킨 후, 되메우기를 할 때에는 방수막의 손상을 방지할 수 있도록 방수막의 외측을 부직포로 감싸주어야 한다.
③ 용수가 많은 구간은 유도배수 처리와 함께 2겹의 부직포를 설치하여야 한다.

(20) 방수막 설치

① 방수막을 고정장치 위에 부착시킨다.
② 방수막은 숏크리트 면의 요철과 콘크리트 충전 시 지반쪽으로 방수막이 밀리는 현상을 고려하여 방수막 설치 시 충분한 여유를 두도록 한다. 콘크리트라이닝 타설 시 거푸집 하단부터 채워지게 되어 천단부 부근의 방수막에 가장 큰 인장응력이 작용하므로 천단부 고정장치의 설치개소를 측벽부에 비해 30% 이상 증가시킨다.
③ 방수막의 현장봉합은 용접부위가 평행선이 되도록 자동용접기를 이용하여 이중선으로 용접하여야 한다.
④ 봉합부의 겹이음 길이는 70 mm 이상이어야 한다.

(21) 방수막 부착

① 방수막은 숏크리트면에 밀착시켜 부착하여 불룩하게 늘어지지 않도록 설치하여야 한다.
② 방수막 설치작업 시 부착기구, 배근 등에 의해 방수막이 손상되지 않도록 하여야 한다.

③ 지하수 유입이 심한 부분에는 방수막과 숏크리트면 사이에 유입 지하수가 고이지 않도록 추가 배수대책을 강구한 후 방수막을 부착하여야 한다.

(22) 방수막 연결 및 보수

① 방수막의 이음부는 콘크리트 타설 시의 충격에 견디는 구조 및 방법에 의하여 접합하고 공기시험기 등으로 접합상태를 확인하여 부적합하다고 판단되는 경우에는 재시공하여야 한다.
② 방수막은 중앙부에 공기시험용 미접합부를 갖는 2줄 용융접합으로 이음하며 각 용융접합부의 폭은 15 mm 이상이어야 한다. 시험공기압은 0.15~0.2 MPa 이며 주입차단 후 5분 이상 압력이 저하되지 않아야 하며, 이상이 있을 때에는 재시공하여야 한다.
③ 이미 설치된 방수막이 손상되었을 경우에는 손상부위에 새로운 방수막을 덧붙여 용융접합하고 진공시험기로 접합상태를 확인하여야 한다. 이때 진공시험기의 압력은 20 kPa로 한다.
④ 방수막을 3겹 이상 겹쳐서 접합하게 될 경우에는 접합부위의 방수막 단부를 30° 이하의 예각으로 잘라낸 후 접합하도록 하여야 한다.

(23) 세그먼트 라이닝 방수

① 세그먼트에 부착된 실링 재료는 세그먼트의 작업구 내 운반이나 적하 시 손상되지 않도록 하여야 한다.
② 세그먼트 이음부에 설치되는 실링재료를 부착하기 전에 세그먼트 부착 표면의 건조상태를 확인하고 실시하여야 한다.
③ 실링재료는 충분한 양생시간을 확보하여 TBM 굴진 중이나 조립 중에 탈락되는 것을 방지하여야 한다.
④ 실링재료 중 수팽창 고무계는 물에 접촉하지 않도록 보관하여 팽창박리가 생기지 않도록 하여야 한다.
⑤ 코킹은 세그먼트의 누수를 막기 위해 세그먼트 내측의 이음부에 미리 홈을 만들어 두고 이곳에 코킹재료를 충전한다. 그리고 굴진 시 추력의 영향이 없어졌을 때 시공하여야 한다.
⑥ 세그먼트를 볼트로 연결하는 경우 볼트구멍의 방수를 위해서는 볼트와셔와 볼트구멍 사이에 패킹재료를 넣고 볼트를 체결하여야 한다.
⑦ 뒤채움 주입공의 플러그부 및 주입공 배면은 패킹재료를 설치하여 방수하여야 한다.
⑧ 콘크리트 세그먼트에서 주입구나 볼트 체결부 주변에서 미세한 균열에 의해 누수가 많은 경우는 에폭시 등으로 방수하여야 한다.
⑨ 시공 이음부에서 실링, 코킹으로도 누수가 발생되는 경우는 그 장소에 추가적인 주입공을 설치하고 발포성 약액을 주입하여 누수가 발생하지 않도록 하여야 한다.

3.4 시공 허용오차

내용 없음

3.5 보수 및 재시공

내용 없음

3.6 현장 품질관리

(1) 터널의 아치부와 측벽부에 설치하는 배수재는 유입 지하수를 원활히 배수할 수 있는 배수능력을 갖춘 것이어야 한다. 겹이음 시 배수재가 부직포인 경우에는 80 mm 이상, 그 외의 경우 배수재의 배수능력이 동등 이상으로 발휘될 수 있는 길이를 적용한다.

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

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

(4) 부직포는 터널 내면에서 원활한 배수가 되도록 재질, 두께, 인장강도, 투수계수 등을 검토한 후 설치하여야 한다.

(5) 시공 중 또는 시공 후 표 3.6-1과 같은 사항을 관리하여야 한다.

표 3.6-1 방수작업 시의 시공관리 내용

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

집필위원

성 명	소 속	성 명	소 속
김 범 주	동국대학교	문 훈 기	다산컨설턴트

국가건설기준센터 및 건설기준위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
이영호	한국건설기술연구원	김낙영	한국도로공사
김기현	한국건설기술연구원	김영근	㈜건화
김희석	한국건설기술연구원	배상훈	SH 엠앤씨
류상훈	한국건설기술연구원	유한규	한양대학교
원훈일	한국건설기술연구원	이성원	한국건설기술연구원
이상규	한국건설기술연구원	이용주	서울과학기술대학교
이승환	한국건설기술연구원	이호성	㈜지윤이앤씨
이용수	한국건설기술연구원	정상준	㈜에스코컨설턴트
주영경	한국건설기술연구원	천대성	한국지질자원연구원
최봉혁	한국건설기술연구원	최해준	수성엔지니어링
허원호	한국건설기술연구원		

중앙건설기술심의위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
김상철	㈜삼안	문인기	엠플러스이엔씨(주)
김성수	한국토지주택공사	신중호	한국지질자원연구원
김영근	㈜건화	정평기	㈜화인씨이엠테크
류은영	㈜태암엔지니어링		

소관부처

성 명	소 속	성 명	소 속
양희관	국토교통부 도로건설과	최영록	국토교통부 도로건설과
김로타	국토교통부 도로건설과		

(분야별 가나다순)

KCS 27 50 05 : 2023
터널 배수 및 방수 공사

2023년 9월 12일 개정

소관부서 국토교통부 도로건설과

관련단체 한국터널지하공간학회
06720 서울시 서초구 효령로 304 국제전자센터 14층 11호
(사)한국터널지하공간학회
Tel : 02-3465-3663 E-mail : ktastaff@hanmail.net
https://www.tunnel.or.kr/

작성기관 한국터널지하공간학회
06720 서울시 서초구 효령로 304 국제전자센터 14층 11호
(사)한국터널지하공간학회
Tel : 02-3465-3663 E-mail : ktastaff@hanmail.net
https://www.tunnel.or.kr/

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

표준시방서 Korean Construction Specification

KCS 27 50 10 : 2026

터널 계측 공사

2026년 5월 21일 개정
http://www.kcsc.re.kr

KC CODE

국토교통부

건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

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

건설기준 연혁

• 이 기준은 건설기준 코드체계 전환(국토교통부 고시 제2016-438호, 2016년 7월 6일)에 따라 기존 건설기준(설계기준, 표준시방서) 간 중복·상충을 비교 검토하여 코드로 통합 정비하였다.

• 이 기준의 주요 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요 내용	제정 또는 개정 (년월일)
터널공사 표준시방서 및 동해설	• 산악지대에 건설되는 터널공사의 조사, 설계, 시공관련 설계의 일반 방침, 기준	제정 (1975.3)
터널공사 표준시방서	• 조사편에 노선계획, 공사계획 추가 • 설계편에 하중, 동바리공의 본문 및 해설 추가 • 시공편에 안전위생, 기계굴착 등 추가 • 시공법 및 시공 방식 현대화 • 사갱, 수직갱 신설 • NATM 공법 표준사항 신설	개정 (1985.12)
터널 표준시방서	• 일반시방서로 개편 및 해설부분 생략 • 국내 용어 및 서술형식 적용	개정 (1996.5)
터널 표준시방서	• 터널설계기준과 터널표준시방서 분리, 개편, 보완	개정 (1999.4)
터널 표준시방서	• 최신 설계 및 시공기술, 신자재 반영 • 환경친화적인 터널건설을 위한 기준 보완 • 시공중 터널 붕락 등 재난에 대비한 시공관리 강화	개정 (2009.1)
터널 표준시방서	• 기술·환경성 향상 및 품질확보를 위한 기술반영 • 굴착현장 붕괴사고 방지 및 사회적 관심 사항 반영 • 타 기준과의 상충내용 정비 • 연구성과 반영 및 관련 민원 해소	개정 (2015.2)
KCS 27 50 10 : 2016	• 건설기준의 효율적인 관리를 위한 건설기준(설계코드 KDS, 시방코드 KCS)을 제정	제정 (2016.7)
KCS 27 50 10 : 2018	• 한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함	수정 (2018.7)

건설기준	주요 내용	제정 또는 개정 (년월일)
KCS 27 50 10 : 2023	• 국가건설기준 코드 작성 지침에 따라 개정	개정 (2023.7)
KCS 27 50 10 : 2026	• 굴착공사장 안전관리강화 방안('25.5.27)에 따른 계측기기 사용 강화	개정 (2026.5.21)

제 정 : 2016년 7월 6일	개 정 : 2026년 5월 21일
심 의 : 중앙건설기술심의위원회	자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회
소관부서 : 국토교통부 도로건설과	
관련단체 : 한국터널지하공간학회	작성기관 : 한국터널지하공간학회

• 국토교통부장관은 「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」에 따라 고시일을 기준으로 3년이 되는 시점마다 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 하여야 한다.

목 차

1. 일반사항 ····· 1
1.1 적용범위 ····· 1
1.2 참고 기준 ····· 1
1.2.1 관련 법규 ····· 1
1.2.2 관련 기준 ····· 1
1.3 용어의 정의 ····· 1
1.4 지급자재 ····· 1
1.5 시스템 설명 ····· 1
1.5.1 계측계획의 수립 ····· 1
1.5.2 계측기기의 선정 ····· 2
1.5.3 계측기기의 보정 ····· 3
1.5.4 계측기기의 설치 ····· 3
1.5.5 계측기기의 관리 ····· 3
1.5.6 계측의 수행 ····· 3
1.5.7 계측관리기준 ····· 4
1.5.8 계측결과의 정리 및 분석 ····· 4
1.6 시스템 허용오차 ····· 4
1.7 제출물 ····· 5
1.8 공사기록서류 ····· 5
1.9 품질보증 ····· 5
1.10 운반, 보관, 취급 ····· 5
1.11 환경 요구사항 ····· 5
1.12 현장수량 검측 ····· 5
1.13 작업의 연속성 ····· 5
1.13.1 지표침하와 지중침하의 측정기간 및 빈도 ····· 5
1.13.2 내공변위와 천단침하의 측정기간 및 빈도 ····· 6
1.13.3 지중변위 측정기간 및 빈도 ····· 6

1.13.4 록볼트 축력 측정기간 및 빈도 ····· 6
1.13.5 숏크리트 응력 측정기간 및 빈도 ····· 7
2. 자재 ····· 7
3. 시공 ····· 7
3.1 시공조건 확인 ····· 7
3.1.1 지표 및 지중침하 측정 ····· 7
3.1.2 내공변위 및 천단침하 측정 ····· 7
3.1.3 지중변위 측정 ····· 7
3.1.4 록볼트 축력측정 ····· 7
3.1.5 숏크리트 응력측정 ····· 8
3.1.6 유지관리계측 ····· 8
3.1.7 하·해저터널의 계측 ····· 8
3.1.8 도심지터널의 계측 ····· 8
3.1.9 TBM 터널의 계측 ····· 8
3.1.10 연직갱, 확폭부, 접속부 터널의 계측 ····· 9
3.2 작업준비 ····· 9
3.2.1 설치시기 ····· 9
3.2.2 지표침하와 지중침하의 측정위치 및 배치 ····· 9
3.2.3 내공변위와 천단침하의 측정위치 및 배치 ····· 10
3.2.4 지중변위 측정위치 및 배치 ····· 10
3.2.5 록볼트 축력측정 위치 및 배치 ····· 11
3.2.6 숏크리트 응력측정 위치 및 배치 ····· 11

1. 일반사항

1.1 적용범위

(1) 이 기준은 터널 시공 시 고려해야 할 계측에 관련 한 사항을 기술한다.

(2) 계측은 터널시공 중의 안전관리를 위한 계측기기의 설치, 측정, 자료관리를 포함한다.

(3) 위 (2)항 이외의 목적에 대한 계측은 별도로 공사시방서에 정하여 관리하도록 한다.

1.2 참고 기준

1.2.1 관련 법규

(1) 이 기준의 관련 법규는 KCS 27 10 05(1.2.1)을 따른다.

1.2.2 관련 기준

(1) 이 기준의 관련 기준은 KCS 27 10 05(1.2.2)를 따른다.

1.3 용어의 정의

(1) 용어의 정의는 KCS 27 10 05와 KCS 10 50 10 을 따른다.

1.4 지급자재

내용 없음

1.5 시스템 설명

1.5.1 계측계획의 수립

(1) 공사착수 전에 설계 시 작성된 계획을 검토하고 현장여건을 반영하여 상세한 계측수행 및 분석계획을 작성하여 공사감독자의 승인을 득하여야 한다.

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

(3) 계측은 일상적인 시공관리를 위한 일상계측과 지반거동의 정밀분석을 위한 정밀계측으로 구분하여 계획을 수립하여야 한다.

(4) 일상계측의 항목은 터널 내·외 관찰조사, 내공변위 측정, 천단침하 측정 등을 포함하며, 토피가 상대적으로 얕은 도심지에서는 지표침하 측정을 일상계측으로 추가할 수 있다.

(5) 정밀계측은 지반조건이나 주변여건에 따라 지반 및 구조물의 거동을 보다 상세히 관

찰할 목적으로 일상계측에 추가하는 항목으로서 현장조건을 고려하여 지중변위 측정, 록볼트 축력측정, 숏크리트 응력측정, 강지보재 응력측정, 지중침하 측정 등을 포함할 수 있다.

(6) 지상에서 수행하는 지표 및 지중침하 측정은 토피나 지상 시설물의 유무에 따라 가감하거나 생략할 수 있다.

(7) 터널 내부에서 수행하는 터널 내 관찰조사, 지중변위 측정, 내공변위 및 천단침하 측정, 록볼트 축력측정, 숏크리트 응력측정은 실제 노출되는 지반의 상태나 초기의 계측 결과에 근거하여 설치 간격이나 위치를 조정할 수 있다.

(8) 터널의 시공 영향권 내에 특별한 관리가 요구되는 구조물의 안전성을 판단하기 위하여 (4)와 (5)의 계측항목 이외의 지반수평변위, 시설물 경사도, 균열폭, 지하수위, 막장면(굴진면) 선행변위, 발파진동 및 소음측정도 필요에 따라 계측항목에 추가할 수 있다.

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

(10) 장기간 터널공사 중지 시에는 별도의 계측계획을 수립하여 터널의 이상 유·무를 확인하여야 한다.

(11) 계측기기는 성능 검사기관의 성능검사 또는 공인기관의 성적서를 받은 것을 원칙으로 선정하되, 이외의 경우에는 동등 이상의 품질이 확인된 계측기기를 선정할 수 있다.

(12) 공사에 사용되는 계측기기는 (11)항에 해당되는 성적서 등 관련 자료를 공사감독자에게 제출하여야 한다.

1.5.2 계측기기의 선정

(1) 계측기기는 설치, 측정 및 유지관리가 용이하고 측정기간 동안에 내구성이 유지되어야 한다.

(2) 계측기기는 계측목적에 적합한 정확도를 가져야 하며 최대 예상변화량 이상의 측정범위를 가져야 한다.

(3) 측정시스템은 측정의 편리성, 측정기간 및 빈도, 측정방법, 기기의 호환성 및 경제성을 고려하여 구성하여야 한다.

(4) 자동측정기기의 경우 이상 작동에 대비하여 수동측정이 가능하도록 조치하여야 한다.

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

(6) 계측기기와 관련된 세부사항은 이 기준의 1.5.3~1.5.6을 따르며, 이외의 사항은 공사시방서에 정하여 관리하여야 한다.

1.5.3 계측기기의 보정

(1) 계측기기는 설치 전 및 설치 직후에 작동 성능을 검사하고 필요시 보정하여야 한다.

(2) 측정시스템은 주기적으로 이상 유무와 정확도를 점검하여야 한다.

(3) 계측 수행 중 계측치가 특이하게 변화되는 경우 계측기기의 이상 유무를 확인하고 필요한 조치를 강구하여야 한다.

1.5.4 계측기기의 설치

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

(2) 터널 내부에 설치하는 계측기기는 굴착 직후 또는 지보재 설치 직후에 막장면(굴진면)과 근접하여 설치하여야 하며 터널 외부에 설치하는 계측기기는 터널의 굴착 영향이 측정 위치에 미치기 전에 설치하여 초기치 측정을 완료하여야 한다.

(3) 계측책임자는 각 기기별 설치지침서를 사전에 검토하여 설치 시 발생 될 수 있는 제반 문제점을 파악하고 이에 대한 대책을 수립하여야 한다.

(4) 계측책임자는 계측기기의 제작사가 제공한 지침서에 명시된 절차에 따라서 정확하게 기기를 설치하여야 한다.

(5) 수급인 및 공사감독자는 계측책임자가 계측과 관련하여 요구하는 제반 사항에 적극적으로 협조하여야 한다.

(6) 설치된 계측기기는 공사 또는 기타의 영향으로 손상되지 않도록 보호하여야 한다.

(7) 지중에 매설되는 계측기기는 지반의 교란을 최소화할 수 있는 천공 장비를 사용하여 설치하여야 한다.

1.5.5 계측기기의 관리

(1) 계측기기는 성능 보존 및 계측 결과의 신뢰성 확보를 위하여 제작사가 제시한 방법과 절차에 따라 관리하여야 한다.

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

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

1.5.6 계측의 수행

(1) 계측의 수행과 관리는 계측전담반에 의하여 수행되어야 한다.

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

1.5.7 계측관리 기준

(1) 계측관리 기준치는 지반 조건, 터널 단면의 크기, 시공 방법, 지보재량을 고려하고 과거 시공실적과 터널 수치해석 결과를 참조하여 정하여야 한다.

(2) 세부 계측관리 기준치는 현장여건에 따라 공사시방서에서 정하여 관리한다.

1.5.8 계측 결과의 정리 및 분석

(1) 모든 계측 결과 기록지에는 사업명, 위치, 터널명, 측점, 계측항목, 계측위치, 측정일시, 측정자를 기재하여야 한다.

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

(3) 계측결과의 분석은 지반거동을 이해하고 터널건설에 경험이 풍부한 건설 관련분야의 기술자에 의하여 수행되어야 한다.

(4) 계측결과는 해당 현장 또는 유사 현장에서 수행한 수치해석 결과, 경험치, 타 계측 결과 및 현장지반조건을 참조하여 분석하며, 계측치의 절대변화량 및 변화속도를 참고하여 안정성을 평가한다.

(5) 계측분석 결과 터널의 안정성에 영향이 있다고 판단되는 경우에는 이에 대한 응급조치를 취하고, 그 원인을 규명하여 항구적인 대책을 강구하여야 한다. 이를 위하여 시공책임자는 수급인과 공사감독자, 계측전담반 등 공사관계자가 서로 유기적으로 공조할 수 있는 응급조치 조직 및 대응 체제를 공사 착공 전에 수립하여야 한다.

1.6 시스템 허용오차

(1) 지표침하는 ±1.0 mm 이내의 오차를 유지할 수 있는 수직침하계 또는 수준측량 등으로 측정하며, 터널 내에서의 천단침하 측정과 동일한 수준점을 사용하여 측정결과의 상호 비교가 가능하도록 하여야 한다.

(2) 내공변위 및 천단침하 측정의 오차는 ±1.0 mm 이내이어야 한다.

(3) 지중변위계의 측점은 지반에 확실하게 고정되어서 지반 변위가 충분히 반영되도록 설치하여야 하며, 측정 오차의 한계는 ±1.0 mm 이내이어야 한다.

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

(5) 숏크리트 응력계는 10 kPa 이하의 오차범위를 가져야 하며 예상되는 최대응력이상을 측정할 수 있는 것이어야 한다.

1.7 제출물

(1) 계측이 종료되면 계측결과를 정리하여 감독원에게 제출하여 확인을 얻은 후 후속작업을 진행하여야 한다.

1.8 공사기록서류

내용 없음

1.9 품질보증

내용 없음

1.10 운반, 보관, 취급

내용 없음

1.11 환경 요구사항

내용 없음

1.12 현장수량 검측

내용 없음

1.13 작업의 연속성

1.13.1 지표침하와 지중침하의 측정기간 및 빈도

(1) 지표 및 지중 침하계의 측정기간은 계측기기 설치 후부터 변위의 수렴이 확인될 때까지로 한다. 단, 변위가 수렴되었다고 판단된 경우에도 최소 30일 동안은 변위 수렴상태가 유지되고 있는지를 확인하여야 한다.

(2) 지표 및 지중 침하계의 측정 빈도는 막장면(굴진면) 이격거리, 굴진속도, 지반 및 지보재의 거동상태를 고려하여 결정하되 계측결과에 따라 다음을 표준으로 조정한다. 여기서 D는 터널직경을 말한다.

① 막장(굴진부) 전방 3 D ~ 막장(굴진부) 전방 2 D 구간 : 1회/2일

② 막장(굴진부) 전방 2 D ~ 막장(굴진부) 후방 1 D 구간 : 1회/1일

③ 막장(굴진부) 후방 1 D ~ 막장(굴진부) 후방 3 D 구간 : 1회/2일

④ 막장(굴진부) 후방 3 D ~ 변위 수렴 시까지 : 1회/3일

1.13.2 내공변위와 천단침하의 측정 기간 및 빈도

(1) 내공변위 및 천단침하의 측정 기간은 계측기기 설치 후부터 변위의 수렴이 확인될 때까지로 한다. 단, 변위가 수렴되었다고 판단된 경우에도 최소 30일 동안은 변위 수렴 상태가 유지되고 있는지를 확인하여야 한다.

(2) 내공변위 및 천단침하의 측정 빈도는 표 1.13-1과 같이 변위속도 또는 막장면(굴진면) 이격거리에 근거하여 결정하되 변위 양상에 따라 조정한다.

표 1.13-1 내공변위 및 천단침하 계측의 측정 빈도

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

1.13.3 지중 변위 측정기간 및 빈도

(1) 지중 변위계의 측정 기간은 계측기기 설치 후부터 변위의 수렴이 확인될 때까지로 한다. 단, 변위가 수렴되었다고 판단된 경우에도 최소 30일 동안은 변위 수렴 상태가 유지되고 있는지를 확인하여야 한다.

(2) 지중변위계의 측정 빈도는 동일 단면에 설치된 내공 변위 및 천단침하 계측기기의 측정 빈도와 같다.

1.13.4 록볼트 축력 측정기간 및 빈도

(1) 록볼트 축력계의 측정기간은 계측기기 설치 후부터 변위의 수렴이 확인될 때까지로 한다. 단, 변위가 수렴되었다고 판단된 경우에도 최소 30일 동안은 변위 수렴 상태가 유지되고 있는지를 확인하여야 한다.

(2) 록볼트 축력계의 측정 빈도는 동일 단면에 설치된 내공변위 및 천단침하 계측기기의 측정 빈도와 같다.

1.13.5 숏크리트 응력 측정 기간 및 빈도

(1) 숏크리트 응력계의 측정 기간은 계측기기 설치 후부터 변위의 수렴이 확인될 때까지로 한다. 단, 변위가 수렴되었다고 판단된 경우에도 최소 30일 동안은 변위 수렴 상태가 유지되고 있는지를 확인하여야 한다.

(2) 숏크리트 응력계의 측정 빈도는 동일 단면에 설치된 내공변위 및 천단침하 계측기기의 측정 빈도와 같다.

2. 자재

내용 없음

3. 시공

3.1 시공조건 확인

3.1.1 지표 및 지중침하 측정

(1) 터널상부 토피가 얕고 지표상에 지반의 연직변위로 인하여 피해 가능성이 있는 구조물이 있는 경우에는 지표 및 지중침하를 측정하여야 한다.

(2) 지중침하는 반드시 지표침하 측정과 함께 시행되어야 하며 지표침하 측정과 동일한 정확도로 심도별 지반의 연직변위 양상을 확인할 수 있도록 하여야 한다.

3.1.2 내공변위 및 천단침하 측정

(1) 굴착에 따른 터널 벽면의 변위를 측정하여 터널 거동을 파악하고 안전 시공을 도모하기 위하여 내공 변위 및 천단 침하량을 측정하여야 한다.

(2) 천단침하 측정은 터널 외부에 설치한 수준점을 기준으로 측정하여 지표침하량과 상대비교가 가능하도록 하여야 한다.

3.1.3 지중변위 측정

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

3.1.4 록볼트 축력측정

(1) 록볼트 축력계는 터널반경 방향의 변위에 수반하여 발생하는 록볼트의 축력을 측정하여 록볼트의 지보 효과를 확인하기 위하여 설치한다.

(2) 축력 측정용 록볼트의 재질, 규격, 충전재는 실제 시공되는 록볼트의 경우와 동일하여야 한다.

3.1.5 숏크리트 응력측정

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

(2) 터널반경방향 숏크리트 응력계는 숏크리트의 건조수축 등에 관계 없이 지반과 확실하게 접촉되어 응력이 전달될 수 있도록 설치하여야 한다.

3.1.6 유지관리계측

(1) 터널완공 후에 터널과 터널 주변에 위해한 영향이 예상되는 경우에는 준공 후 유지관리 시의 안전성 확보를 위한 유지관리 계측을 고려한 시공 중 계측계획을 수립하여야 한다.

3.1.7 하 · 해저터널의 계측

(1) 하·해저터널 계측항목의 선정은 육상터널에 적용된 계측항목을 준용하되, 추가적으로 해수 및 유수의 유입 가능성과 유입량을 판단할 수 있는 계측이 추가되어야 한다.

(2) 하·해저터널 공사 시 계측기기에 대한 부식 가능성이 존재하므로 선정된 계측기기는 내구성을 확보하여야 한다.

(3) 하·해저터널은 지반조사를 통하여 분석된 기반암의 형태와 지반조건을 검토한 후 그 결과에 근거하여 계측위치를 선정한다.

3.1.8 도심지터널의 계측

(1) 지반침하와 지반함몰이 예상되는 도심지터널 시공 시에는 지표침하를 고려한 계측계획을 수립하여야 한다.

(2) 도심지터널의 지표침하 계측계획 수립 시 터널 주변 지하수에 대한 조사와 분석을 포함하여야 한다.

3.1.9 TBM 터널의 계측

(1) 기계굴착의 장점을 고려하여 계측위치, 계측항목, 계측간격 및 측정빈도를 조정하여 계측계획을 수립할 수 있다.

(2) 지표침하, 지중침하, 세그먼트 응력, 내공변위 및 간극수압에 대한 계측계획의 수립을 검토하여야 한다.

(3) TBM 굴착 시 굴착영향 범위에 포함되는 인접구조물에 대해서는 계측계획을 수립하여야 한다.

3.1.10 연직갱, 확폭부, 접속부 터널의 계측

(1) 연직갱 굴착 시 지표침하의 영향범위를 검토하여 지표침하 및 지중변위 계측을 수행한다.

(2) 확폭부나 접속부의 특수 구간에는 정밀계측 계획을 제시할 수 있다.

3.2 작업준비

3.2.1 설치시기

(1) 지표 및 지중 침하계는 설치위치로부터 터널직경의 3배에 해당하는 위치까지 터널의 막장(굴진부)이 도달하기 전에 초기치를 측정하여야 한다. 단, 지반조건상 터널굴진의 영향이 터널직경의 3배 거리 이상까지 미치게 될 것으로 예상되는 경우는 변위의 발생 전에 기기를 설치하고 초기치를 측정하여야 한다.

(2) 내공변위 및 천단침하 측점은 실링 숏크리트가 타설된 직후 설치하고 다음 막장면(굴진면)의 굴착이 진행되기 전에 초기치를 측정하여 터널굴진에 따른 변위를 최대로 측정할 수 있도록 하여야 한다.

(3) 지중변위계는 1차 숏크리트가 타설된 직후 설치하고 다음 막장면(굴진면) 굴착이 진행되기 전에 초기치를 측정하여 터널굴진에 따른 변위를 최대한 측정할 수 있도록 하여야 한다.

(4) 록볼트 축력 측정계는 1차 숏크리트가 타설된 직후 설치하고 지반과 확실히 부착된 후 다음 막장면(굴진면) 굴착이 진행되기 전에 초기치를 측정하여 터널굴진에 따른 축력변화를 최대한 측정할 수 있도록 하여야 한다.

(5) 숏크리트 응력계는 숏크리트 타설 시에 설치하고 다음 막장면(굴진면)굴진이 진행되기 전에 초기치를 측정하여 터널굴진에 따른 응력변화를 최대한 측정할 수 있도록 하여야 한다.

3.2.2 지표침하와 지중침하의 측정위치 및 배치

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

(2) 지표침하 측정이 필요한 경우에는 측점을 내공변위 측정과 동일한 단면의 터널 중심선상의 지표면에 배치하고 터널 축에 직각방향으로 여러 개의 측점을 거리별로 배치하여야 한다. 이 때 가장 바깥쪽 측점은 가능한 한 부동점이 되도록 계획하여야 한다.

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

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

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

(6) 지중침하 측점 중 최하단 측점은 가능한 한 터널 천장부에 근접되게 설치하여야 한다. 단, 여굴, 록볼트, 경사볼트 등 터널 내의 작업에 의해 손상되지 않도록 하여야 한다.

3.2.3 내공변위와 천단침하의 측정위치 및 배치

(1) 내공변위 및 천단침하 측정 시 측정단면은 20 m 간격을 표준으로, 갱구부 50 m 구간과 토피가 터널직경의 2배 이하인 구간은 10 m 간격을 표준으로 하여야 한다.

(2) 지반조건이 불량한 구간이나 변화가 심한 구간에 대하여는 계측간격을 표준간격보다 좁혀야 하며, 지반조건이 양호하고 구간 내에서 지반 변화가 적을 때에는 사전검토 결과를 토대로 계측간격을 표준보다 넓히거나 계측을 생략할 수 있다.

(3) 측선의 배치는 전단면 굴착의 경우에는 3측선, 반단면 굴착의 경우에는 4측선 또는 6측선을 표준으로 하며, 지반상태, 굴착방법, 굴착단면적을 참고하여 측선 수를 조정할 수 있다.

(4) 내공변위량이 과다할 것으로 예상되는 경우나 파쇄대, 습곡, 단층, 탄층 등 편압 현상의 우려가 있는 경우 또는 확폭부나 접속부 등의 특수구간에는 필요에 따라 측선수를 조정하거나, 3차원 계측을 적용할 수 있다.

(5) 가능한 한 절대좌표를 사용하도록 하나 장대터널이나 곡선터널에서는 거동이 수렴된 구간에 기준점을 설치할 수 있다.

(6) 3차원 계측에는 자동 광파기, 3D영상촬영장비, 레이저스캐닝 등의 최신기법을 사용할 수 있다.

(7) 필요 시 자동화 계측을 적용하여 계측의 신뢰도를 높이도록 하여야 한다.

3.2.4 지중변위 측정위치 및 배치

(1) 지중변위계 측선의 간격은 500 m 간격으로 배치하는 것을 표준으로 하되, 터널의 규모나 지반 및 주변 조건 등에 따라 조정할 수 있으며, 가능한 한 설계 시의 터널해석 구간에 설치하여 해석 결과와 시공 시의 계측 결과의 비교검토가 되도록 하여야 한다.

(2) 측정단면의 좌우 측벽부 및 천장부 등 3개소에 3 ~ 5 측점의 심도별 다중측점 지중변

위계를 설치하며 터널규모나 지반조건을 고려하여 증감한다.

(3) 지중변위계의 측점은 터널 벽면에서 터널직경의 0.5배 범위 또는 예상되는 이완영역을 포함하는 범위까지 배치하여야 한다.

3.2.5 록볼트 축력측정 위치 및 배치

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

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

(3) 축력 측정용 록볼트는 측점 간격이 1.0 m 이어야 한다.

3.2.6 숏크리트 응력측정 위치 및 배치

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

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

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

집필위원

성 명	소 속	성 명	소 속
조계춘	한국과학기술원	김영준	㈜태조엔지니어링
이용수	한국건설기술연구원	이승환	한국건설기술연구원

건설기준위원회 및 국가건설기준센터

성 명	소 속	성 명	소 속
공정식	고려대학교	김영석	한국건설기술연구원
김운형	다산컨설턴트	김기현	한국건설기술연구원
박준호	㈜삼안	김나은	한국건설기술연구원
여규권	삼부토건	김민관	한국건설기술연구원
오광근	㈜동명기술공단	김재훈	한국건설기술연구원
이규환	건양대학교	김희석	한국건설기술연구원
이대환	㈜신성엔지니어링	류상훈	한국건설기술연구원
정문경	한국건설기술연구원	안준혁	한국건설기술연구원
조충식	지오텍엔지니어링	유영수	한국건설기술연구원
진규남	한국토지주택공사	이상규	한국건설기술연구원
최상철	국토안전관리원	이승재	한국건설기술연구원
추연욱	공주대학교	원훈일	한국건설기술연구원
		주영경	한국건설기술연구원
		최봉혁	한국건설기술연구원
		허원호	한국건설기술연구원

(가나다순)

중앙건설기술심의위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
고정식	한국토지주택공사	오세붕	영남대학교
김성호	대보건설	이상돈	한국도로공사
김희수	한국토지주택공사	이해수	한국도로공사
송영석	한국지질자원연구원		

(가나다순)

국토교통부

성 명	소 속	성 명	소 속
유병수	국토교통부 도로건설과	신종욱	국토교통부 도로건설과
허원행	국토교통부 도로건설과		

(가나다순)

KCS 27 50 10 : 2026

터널 계측공사

2026년 5월 21일 개정

소관부서 국토교통부 도로건설과

관련단체 한국터널지하공간학회
06720 서울시 서초구 효령로 304 국제전자센터 14층 11호
(사)한국터널지하공간학회
Tel : 02-3465-3663 E-mail : ktastaff@hanmail.net
https://www.tunnel.or.kr/

작성기관 한국터널지하공간학회
06720 서울시 서초구 효령로 304 국제전자센터 14층 11호
(사)한국터널지하공간학회
Tel : 02-3465-3663 E-mail : ktastaff@hanmail.net
https://www.tunnel.or.kr/

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

표준시방서 Korean Construction Specification

KCS 27 50 15 : 2023

터널 보조공법

2023년 9월 12일 개정
http://www.kcsc.re.kr

KC CODE

국토교통부

건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

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

건설기준 연혁

- 이 기준은 건설기준 코드체계 전환에 따라 기존 건설기준(설계기준, 표준시방서) 간 중복·상충을 비교 검토하여 코드로 통합 정비하였다.

- 이 기준은 기존의 터널표준시방서를 중심으로 도로공사표준시방서, 공동구 표준시방서, 도시철도(지하철)공사표준시방서, 하천공사표준시방서, 상수도공사 표준시방서, 하수관거공사 표준시방서 등의 터널 보조공법에 해당하는 부분을 통합 정비하여 기준으로 제정한 것으로 제·개정 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년월일)
터널공사표준시방서 및 동해설	• 산악지대에 건설되는 터널공사의 조사, 설계, 시공 관련 일반 방침, 기준	제정 (1975.3)
터널공사 표준시방서	• 조사편에 노선계획, 공사계획 추가 • 설계편에 하중, 동바리공의 본문 및 해설 추가 • 시공편에 안전위생, 기계굴착 등 추가 • 시공법 및 시공 방식 현대화 • 사갱, 수직갱 신설 • NATM 공법 표준사항 신설	개정 (1985.12)
터널표준시방서	• 일반시방서로 개편 및 해설부분 생략 • 국내 용어 및 서술형식 적용	개정 (1996.5)
터널표준시방서	• 터널설계기준과 터널표준시방서 분리, 개편, 보완	개정 (1999.4)
터널표준시방서	• 최신 설계 및 시공기술, 신자재 반영 • 환경친화적인 터널건설을 위한 기준 보완 • 시공 중 터널 붕락 등 재난에 대비한 시공관리 강화	개정 (2009.1)
터널표준시방서	• 기술·환경성 향상 및 품질확보를 위한 기술 반영 • 굴착현장 붕괴사고 방지 및 사회적 관심 사항 반영 • 타 기준과의 상충내용 정비 • 연구성과 반영 및 관련 민원 해소	개정 (2015.2)
KCS 27 50 15 : 2016	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비	제정 (2016.6)
KCS 27 50 15 : 2016	• 한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함	수정 (2018.7)
KCS 27 50 15 : 2023	• 국가건설기준 코드 작성 지침에 따라 개정	개정 (2023.7)

제　　정 : 2016년 6월 30일	개　　정 : 2023년 9월 12일
심　　의 : 중앙건설기술심의위원회	자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회
소관부서 : 국토교통부 도로건설과	
관련단체 : 한국터널지하공간학회	작성기관 : 한국터널지하공간학회

- 「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」에 따라 고시일을 기준으로 매 3년이 되는 시점마다 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 하여야 한다.

목 차

1. 일반사항 ····· 1
1.1 적용 범위 ····· 1
1.2 참고 기준 ····· 1
1.2.1 관련 법규 ····· 1
1.2.2 관련 기준 ····· 1
1.3 용어의 정의 ····· 1
1.4 지급자재 ····· 1
2. 자재 ····· 1
2.1 재료 ····· 1
2.1.1 훠폴링 ····· 1
2.1.2 가인버트 ····· 1
2.1.3 주입공법 ····· 1
2.1.4 지하수 대책공법 ····· 2
2.1.5 강관보강그라우팅 공법 ····· 2
2.1.6 각부보강 공법 ····· 2
3. 시공 ····· 2
3.1 시공조건 확인 ····· 2
3.2 작업준비 ····· 2
3.3 시공기준 ····· 2
3.3.1 보조공법 적용조건 ····· 2
3.3.2 훠폴링 설치 ····· 3
3.3.3 가인버트 시공 ····· 3
3.3.4 주입공법 시공 ····· 3
3.3.5 지하수위 저하공법 시공 ····· 4
3.3.6 차수공법 시공 ····· 4
3.3.7 강관보강그라우팅 공법 시공 ····· 5
3.3.8 각부보강 공법 시공 ····· 5

1. 일반사항

1.1 적용범위

(1) 이 기준은 터널공사를 위한 보조공법 시공에 적용한다.

1.2 참고 기준

1.2.1 관련 법규

(1) 이 기준의 관련 법규는 KCS 27 10 05(1.2.1)을 따른다.

1.2.2 관련 기준

(1) 이 기준의 관련 기준은 KCS 27 10 05(1.2.2)를 따른다.

1.3 용어의 정의

(1) 이 기준의 용어의 정의는 KCS 27 10 05(1.3)을 따른다.

1.4 지급자재

내용 없음

2. 자재

2.1 재료

2.1.1 훠폴링

(1) 훠폴링은 구조용 이형강봉(KS D 3504)이나 구조용 강관(KS D 3566)을 사용하며 다른 재질을 사용할 경우 이와 동등 이상의 성능을 확보하는 것이어야 한다.

(2) 천공공의 충전재는 시멘트 모르타르(Cement mortar)형, 시멘트 페이스트(Cement paste)형 또는 환경에 무해한 수지(Resin)형을 사용할 수 있다.

2.1.2 가인버트

(1) 가인버트의 숏크리트 재료는 KCS 27 30 00(2.1.2)를 따른다.

(2) 가인버트용 강지보재의 재료는 KCS 27 30 00(2.1.1)를 따른다.

2.1.3 주입공법

(1) 주입재는 주입목적에 부합되는 내구성을 보유하여야 하며, 모든 주입재는 환경기준에 부합하여야 한다.

(2) 주입재는 대상지반의 입도나 절리의 발달 정도를 고려하여 주입 가능한 재료를 선정하여야 한다.

2.1.4 지하수 대책공법
내용 없음

2.1.5 강관보강그라우팅 공법
(1) 강관은 직경 50 mm 이상의 구조용 강관이어야 하며 이와 동등 이상의 보강효과를 발휘하는 다른 재질의 관도 사용할 수 있다.

(2) 충전재는 환경기준을 만족시키는 재료이어야 하며 강관과 지반을 양호하게 결합시키는 역할을 보유하여야 한다.

2.1.6 각부보강 공법
(1) 각부보강을 위한 숏크리트 재료는 KCS 27 30 00(2.1.2)를 따른다.

(2) 각부보강을 위한 파일은 강봉, 강관 등을 사용할 수 있다.

(3) 각부보강을 위한 파일의 설치 후 주입 시에는 이 기준의 2.1.3을 따른다.

3. 시공
3.1 시공조건 확인
내용 없음

3.2 작업준비
내용 없음

3.3 시공기준
3.3.1 보조공법 적용조건
(1) 보조공법은 터널 주변지반 특성에 따른 효과, 경제성, 시공성을 고려하여 적합한 공법을 적용하여야 한다.

(2) 보조공법에는 훠폴링, 강관보강그라우팅, 막장면 숏크리트, 막장면 록볼트, 가인버트, 주입공법 및 지하수 대책공법, 각부보강 공법을 고려할 수 있으며 여건에 따라 이외의 보조공법을 적용할 수 있다.

(3) 시공 중 원지반의 전단강도가 작거나 파쇄 혹은 팽창성으로 인해 막장면의 안정성 확보가 어려운 경우, 지하수 유입이 많아 숏크리트의 부착성이 불량하거나 작업환경을 저해할 경우, 과다변위가 발생한 경우, 낙반의 우려가 있을 경우와 같이 터널 굴진의 안전성을 저해하는 요소가 발생할 경우에는 보조공법을 추가 또는 변경할 수 있다.

(4) 보조공법 적용 시에는 시공구간, 시공방법, 시험방법 및 계측계획과 같은 시공계획을 수립하고 시험시공을 통하여 공법의 효과를 확인하여야 한다.

(5) 보조공법은 단독 또는 다른 보조공법과 조합하여 적용할 수 있다.

(6) 지하수위 저하공법을 사용하는 경우에는 지하수위가 목표치만큼 저하된 것을 확인한 후 터널굴착작업을 하여야 한다.

(7) 보조공법 적용 시에는 환경피해가 최소화되는 시공법을 선정하여야 한다.

3.3.2 훠폴링 설치

(1) 훠폴링은 터널 천장부 지반의 자립이 어려운 경우 주지보재 설치 시까지의 안정성을 확보하기 위해 굴착 전에 설치하여야 한다.

(2) 훠폴링의 길이는 최소 1회 굴진장의 2.5배 이상이 되어야 하고 중첩길이는 막장면의 지반상태 및 단면크기에 따라 안정성을 고려하여 결정하여야 한다.

(3) 훠폴링용 강재의 한쪽 끝은 강지보재에 의해 지지되도록 설치하여야 한다.

(4) 종방향의 설치각도는 15° 이하가 되도록 하여야 하고, 여굴방지를 위하여 최대한 수평을 유지하여야 한다.

(5) 훠폴링의 횡방향 설치범위는 균질한 지반인 경우 천단을 중심으로 좌우 30~60° 구간을 표준으로 하고 절리방향과 파쇄대 형상에 따라 설치범위를 조정할 수 있다. 횡방향 설치간격은 300 ~ 800 mm 이하가 되도록 하여야 한다.

3.3.3 가인버트 시공

(1) 터널 주변 지반이 연약하여 과대 변위가 예상될 경우에는 가인버트를 시공하여야 한다.

(2) 가인버트 설치는 숏크리트 단독 혹은 강지보재와 병행하여 설치하여야 한다.

(3) 가인버트는 소요의 목적을 달성할 수 있는 두께와 적절한 형상으로 시공하여야 한다.

(4) 가인버트가 설치되는 바닥부 지반은 가능한 한 교란이 최소화되도록 하여야 한다.

(5) 가인버트는 시공장비에 의해 파손되지 않도록 조치하여야 한다.

3.3.4 주입공법 시공

(1) 주입공법은 막장면 주변지반의 자립성을 증진시키거나 투수성을 감소시킬 목적으로 적용하며 주입재료, 주입범위, 주입방법은 소요의 목적을 충족시킬 수 있도록 결정하여야 한다.

(2) 그라우팅은 소요의 목적을 달성할 수 있도록 주입재 주입범위와 주입방법을 결정하여야 한다.

(3) 공당 주입범위는 상호 중첩될 수 있도록 시공하여야 한다.

(4) 주입 시에는 공당 주입시간, 주입압력, 주입량을 정확히 기록하여야 하며, 이 기록을 분석하여 효과적인 주입이 이루어지도록 하여야 한다.

(5) 주입 시 이미 설치된 지보재와 인접시설물에 변형이 발생하지 않도록 육안 관찰이나 계측을 통하여 관리하여야 하며, 또한 막장면이나 지하매설물에 주입재가 유출되지 않도록 관리하여야 한다.

3.3.5 지하수위 저하공법 시공

(1) 다음과 같은 경우에는 지하수 대책공법을 적용하여야 한다.

① 용출수로 인해 막장면의 자립성이 저하되는 경우
② 용출수로 인해 숏크리트 부착이 불량한 경우
③ 용출수로 인해 록볼트 정착이 불량한 경우
④ 터널의 작업 능률이 심각하게 저하되는 경우

(2) 지하수 대책공법을 적용하는 경우는 지하수위 저하로 인한 지반침하, 각종 생활용수의 고갈, 그라우팅에 의한 환경영향에 대한 검토가 지하수위 저하공법 착수 전에 이루어져야 한다.

(3) 지하수 대책공법으로는 웰포인트 공법, 심정에 의한 배수공법 및 물빼기공에 의한 지하수위 저하 방법과, 그라우팅에 의한 차수 및 지수 방법이 있으며 현장에 적합한 공법을 선정하여야 한다.

(4) 배수 시 토립자가 유출되지 않도록 조치하여야 한다.

(5) 지하수위 저하공법을 적용하는 경우에는 주변시설물에 영향을 미치지 않도록 조치하여야 한다.

(6) 시공 후에는 지하수위 저하공을 폐쇄하여야 한다.

3.3.6 차수공법 시공

(1) 막장면 전방 혹은 주변 지중에 약액형 및 비약액형의 주입재를 침투시켜 차수를 한다.

(2) 주입재는 지반의 성질, 용출수압, 용출수량과 같은 시공조건에 적합한 재료를 선정하여야 한다.

(3) 주입 시에는 시공 중의 각 공의 주입량, 주입압의 변화, 지반의 상태 변화를 파악하여야 하며, 필요시 확인공을 천공하여 주입 효과를 확인하여야 한다.

3.3.7 강관보강그라우팅 공법 시공

(1) 천장부의 암피복이 얇거나 지반이 연약하여 굴착 전에 천장부 지반을 광범위하게 보강하여야 할 경우에 적용한다.

(2) 터널 굴착으로 인해 주변지반 및 구조물에 손상이 예상되는 경우에 적용한다.

(3) 강관의 한쪽 끝은 강지보재에 의해 지지되도록 설치하여야 한다.

(4) 터널 종방향의 설치각도는 20° 이하가 되도록 하여야 하며, 최대한 수평을 유지하도록 하여야 한다.

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

(6) 강관의 충전재는 1회 또는 수회에 나누어 주입할 수 있다.

(7) 충전재 주입 시에는 충전재의 종류, 배합비, 주입압, 주입량, 주입속도를 기록하여 보존하여야 한다.

(8) 강관보강그라우팅 공법 적용구간에서 록볼트에 의한 보강효과를 얻을 수 없거나 매우 저감되는 경우에는 록볼트를 생략할 수 있으며 강관하단의 낙반으로 여굴이 커질 우려가 있는 경우에는 휘폴링을 병행시공할 수 있다.

(9) 강관보강그라우팅 공법 시공 시에는 주입재의 특성에 적합한 주입재(씰재)를 주입한 이후 경화(겔화)하여 후속공정 시공이 가능한 최소시간을 선정하고 해당 시간이 경과한 이후 본 주입 및 후속 공정(굴착)을 진행하여야 한다.

3.3.8 각부보강 공법 시공

(1) 지보공 각부의 지반 지지력이 부족하여 각부 침하와 침하에 따른 지반이완이 발생하여 터널의 안정성 확보가 어려운 경우에 적용한다.

(2) 각부 지지력이 부족하여 침하 및 지반이완이 발생하는 경우에는 지보공 각부와 지반의 접지면적 확대, 상반 혹은 하반 숏크리트 타설 시 각부의 추가 타설, 지보공 각부에 하향으로 록볼트 또는 파일 등을 설치하여 지지력을 확보하여야 한다.

(3) 지보공 각부와 지반의 접지면적 확대를 위해서는 강지보에 윙립(Wing rib)을 부착할 수 있다.

(4) 가인버트에 숏크리트 타설 시에는 접지 면적 확대를 위해 각부를 확대 굴착 할 수 있다.

(5) 각부보강을 위한 록볼트 설치 시에는 KCS 27 30 00(2.1.3)을 따른다.

(6) 각부보강을 위한 파일의 설치 후 주입 시에는 이 기준의 3.3.4에서 정하는 바를 따른다.

집필위원

성 명	소 속	성 명	소 속
김낙영	한국도로공사	박민수	서하기술단

국가건설기준센터 및 건설기준위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
이영호	한국건설기술연구원	김낙영	한국도로공사
김기현	한국건설기술연구원	김영근	㈜건화
김희석	한국건설기술연구원	배상훈	SH 엠앤씨
류상훈	한국건설기술연구원	유한규	한양대학교
원훈일	한국건설기술연구원	이성원	한국건설기술연구원
이상규	한국건설기술연구원	이용주	서울과학기술대학교
이승환	한국건설기술연구원	이호성	㈜지윤이앤씨
이용수	한국건설기술연구원	정상준	㈜에스코컨설턴트
주영경	한국건설기술연구원	천대성	한국지질자원연구원
최봉혁	한국건설기술연구원	최해준	수성엔지니어링
허원호	한국건설기술연구원		

중앙건설기술심의위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
김상철	㈜삼안	문인기	엠플러스이엔씨(주)
김성수	한국토지주택공사	신중호	한국지질자원연구원
김영근	㈜건화	정평기	㈜화인씨이엠테크
류은영	㈜태암엔지니어링		

소관부처

성 명	소 속	성 명	소 속
양희관	국토교통부 도로건설과	최영록	국토교통부 도로건설과
김로타	국토교통부 도로건설과		

(분야별 가나다순)

KCS 27 50 15 : 2023
터널 보조공법

2023년 9월 12일 개정

소관부서 국토교통부 도로건설과

관련단체 한국터널지하공간학회
06720 서울시 서초구 효령로 304 국제전자센터 14층 11호
(사)한국터널지하공간학회
Tel : 02-3465-3663 E-mail : ktastaff@hanmail.net
https://www.tunnel.or.kr/

작성기관 한국터널지하공간학회
06720 서울시 서초구 효령로 304 국제전자센터 14층 11호
(사)한국터널지하공간학회
Tel : 02-3465-3663 E-mail : ktastaff@hanmail.net
https://www.tunnel.or.kr/

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

표준시방서 Korean Construction Specification

KCS 27 60 00 : 2023

터널 작업 환경

2023년 9월 12일 개정
http://www.kcsc.re.kr

KC CODE

국토교통부

건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

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

건설기준 연혁

- 이 기준은 건설기준 코드체계 전환에 따라 기존 건설기준(설계기준, 표준시방서) 간 중복·상충을 비교 검토하여 코드로 통합 정비하였다.

- 이 기준은 기존의 터널표준시방서를 중심으로 도로공사표준시방서, 공동구 표준시방서, 도시철도(지하철)공사표준시방서, 하천공사표준시방서, 상수도공사 표준시방서, 하수관거공사 표준시방서 등의 터널 작업환경에 해당하는 부분을 통합 정비하여 기준으로 제정한 것으로 제·개정 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년월일)
터널공사표준시방서 및 동해설	• 산악지대에 건설되는 터널공사의 조사, 설계, 시공관련 설계의 일반 방침, 기준	제정 (1975.3)
터널공사 표준시방서	• 조사편에 노선계획, 공사계획 추가 • 설계편에 하중, 동바리공의 본문 및 해설 추가 • 시공편에 안전위생, 기계굴착 등 추가 • 시공법 및 시공 방식 현대화 • 사갱, 수직갱 신설 • NATM 공법 표준사항 신설	개정 (1985.12)
터널표준시방서	• 일반시방서로 개편 및 해설부분 생략 • 국내 용어 및 서술형식 적용	개정 (1996.5)
터널표준시방서	• 터널설계기준과 터널표준시방서 분리, 개편, 보완	개정 (1999.4)
터널표준시방서	• 최신 설계 및 시공기술, 신자재 반영 • 환경친화적인 터널건설을 위한 기준 보완 • 시공 중 터널 붕락 등 재난에 대비한 시공관리 강화	개정 (2009.1)
터널표준시방서	• 기술·환경성 향상 및 품질확보를 위한 기술반영 • 굴착현장 붕괴사고 방지 및 사회적 관심 사항 반영 • 타 기준과의 상충내용 정비 • 연구성과 반영 및 관련 민원 해소	개정 (2015.2)
KCS 27 60 05 : 2016	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비	제정 (2016.6)
KCS 27 60 05 : 2018	• 한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함	수정 (2018.7)
KCS 27 60 05 : 2022	• 국가건설기준 코드작성 지침에 따라 개정	개정 (2023.7)

제　　정 : 2016년 6월 30일	개　　정 : 2023년　9월 12일
심　　의 : 중앙건설기술심의위원회	자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회
소관부서 : 국토교통부 도로건설과	
관련단체 : 한국터널지하공간학회	작성기관 : 한국터널지하공간학회

- 「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」에 따라 고시일을 기준으로 매 3년이 되는 시점마다 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 하여야 한다.

목 차

1. 일반사항 ····· 1
1.1 목적 ····· 1
1.2 참고 기준 ····· 1
1.2.1 관련 법규 ····· 1
1.2.2 관련 기준 ····· 1
1.3 용어의 정의 ····· 1
1.4 지급자재 ····· 1
2. 자재 ····· 1
3. 시공 ····· 1
3.1 시공조건확인 ····· 1
3.1.1 안전관리계획 수립 ····· 1
3.1.2 시공설비계획 수립 ····· 1
3.2 작업준비 ····· 2
3.3 시공기준 ····· 2
3.3.1 공사 중 조명 ····· 2
3.3.2 공사 중 환기 ····· 2
3.3.3 공사 중 소음과 진동 ····· 3
3.3.4 공사 중 작업통로 ····· 3
3.4 시공 허용오차 ····· 3
3.5 보수 및 재시공 ····· 4
3.6 현장 품질관리 ····· 4
3.6.1 공사 중 안전점검 ····· 4
3.6.2 공사 중 작업원 안전 ····· 4
3.6.3 공사 중 화재발생 방지 ····· 5
3.6.4 공사 중 폭발의 방지 ····· 5
3.6.5 공사 중 긴급조치 ····· 5
3.6.6 공사 중 환경보전 ····· 6

1. 일반사항

1.1 목적

(1) 이 기준은 안전하고 쾌적한 작업환경의 조성에 필요한 터널공사에 적용한다.

1.2 참고 기준

1.2.1 관련 법규

(1) 이 기준의 관련 법규는 KCS 27 10 05(1.2.1)을 따른다.

1.2.2 관련 기준

(1) 이 기준의 관련 기준은 KCS 27 10 05(1.2.2)를 따른다.

1.3 용어의 정의

(1) 이 기준의 용어의 정의는 KCS 27 10 05(1.3)를 따른다.

1.4 지급자재

내용 없음

2. 자재

내용 없음

3. 시공

3.1 시공조건 확인

3.1.1 안전관리계획 수립

(1) 터널시공 시에는 관계되는 제반 법규를 준수하고, 안전보건에 대한 대책을 수립하고 공사 착공 전에 발주자에게 제출하여 승인받아야 한다.

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

(3) 터널공사의 시공 및 안전에 관한 업무를 지휘하는 안전관리 책임자를 지정하여 관리 지도를 실시하여야 하며 세부사항에 대하여 '건설공사 안전관리 업무수행 지침'과 '터널공사표준안전 작업지침 - NATM공법'에 따른다.

(4) 현장방문자에게는 현장에 상존하는 위험요인과 지정된 활동범위에 대한 교육을 실시하여야 하며 현장 순회 시에는 안전장비를 착용하고 현장안전관리자가 동행하여야 한다.

3.1.2 시공설비계획 수립

(1) 작업원의 작업환경을 쾌적하게 유지하고 안전을 확보하기 위한 시공 중 설비를 갖추

도록 하여야 한다.

3.2 작업준비

내용 없음

3.3 시공기준

3.3.1 공사 중 조명

(1) 작업장소와 통로는 조명 설비를 설치하여 작업 중의 위험요인을 제거할 수 있도록 하여야 한다.

(2) 막장(굴진부) 또는 작업을 하는 장소는 75 룩스(lux) 이상의 조도를 확보하여야 하며 밝고 어두운 차이가 심하지 않고 눈부심이 생기지 않도록 조치하여야 한다.

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

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

(5) 비상시에도 필요한 조도를 확보할 수 있도록 예비전원을 설치하여야 하며 조명기구는 파손되지 않도록 보호하여야 한다.

(6) 터널의 진입과 진출부의 조도는 명암에 순응할 수 있도록 조치하여야 한다.

(7) 로드헤더(Roadheader), TBM 공사와 같은 기계굴착공사 시 작업장소 및 통로에는 작업의 안전을 확보할 수 있는 조명설비를 설치해야 하며, 옥외용 방수형 기구 또는 동등 이상의 설비를 사용하여야 한다.

3.3.2 공사 중 환기

(1) 위생적이며 안전한 작업환경을 조성하기 위하여 터널 내의 환기를 실시하여 발파 후 가스, 분진 및 내연기관의 배기가스를 터널 외부로 배출하여야 한다.

(2) 수급인은 굴착 전 발파나 작업기계 등에서 배출되는 유해가스에 대한 환기량, 환기기 등을 포함하는 공사 중 환기계획서를 작성하여 공사감독자의 승인을 받은 후 시공하여야 한다.

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

(4) 자연환기를 기대할 수 없는 터널공사에 있어서는 기계환기를 하여야 하며, 기계환기 방식에는 급기식, 배기식 및 이를 조합하는 방법을 적용할 수 있다.

(5) 환기방식은 터널의 단면, 연장, 기울기, 환기량, 작업기계의 종류에 따라 적절한 방식을 선정하여야 한다.

(6) 화약 및 내연기관으로부터 배출되는 유해가스 발생량 산정은 화약류나 장비제조업체에서 제품의 제원으로 제시하는 기준치를 근거로 하여 산정하고 유해가스의 규제목표 농도는 근로환경 관계법규에 제시된 기준치를 따른다.

3.3.3 공사 중 소음과 진동

(1) 수급인은 건설작업이 이루어지고 있는 동안 소음・진동 수준이 환경기준을 만족하도록 작업방법과 장비를 계획하여야 한다.

(2) 환경기준을 초과하는 소음・진동이 우려되는 경우에는 이를 측정하고 저감시킬 수 있는 대책을 마련하여야 한다.

(3) 작업원이 일시적으로 과도한 소음・진동에 노출될 우려가 있는 경우에는 작업원에게 이 사실을 사전 고지하고 보호장비 착용 등의 안전대책을 수립하여야 한다.

3.3.4 공사 중 작업통로

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

(2) 터널 내에 궤도를 부설할 경우에는 운행하는 차량과 터널 측벽 또는 장애물과의 안전거리를 최소 600 mm 이상 확보하여야 한다.

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

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

(5) 로드헤더(Roadheader), TBM 공사와 같은 기계굴착공사 시 작업원이 안전하게 통행, 승강할 수 있는 안전통로 및 승강설비를 설치하여야 한다.

3.4 시공 허용오차

내용 없음

3.5 보수 및 재시공

내용 없음

3.6 현장 품질관리

3.6.1 공사 중 안전점검

(1) 시공 중에는 지반상태, 지보재의 시공상태, 작업환경, 각종 작업장비와 설비의 운전 및 가동상태 등을 정기적으로 점검하여 불안정 요인의 발생 유무를 파악하여야 하며, 필요시 이에 따라 공사추진 단계별, 공종별 점검계획을 수립 시행하여야 한다.

(2) 터널 시공 시 안전보건관리책임자는 법규로 규제되는 항목과 이 기준에서 제시한 점검항목 이외에도 필요하다고 예상되는 항목에 대하여 점검표를 작성하여 그 결과를 기록하여야 한다.

(3) 점검표에는 뜬돌이나 암괴의 밀려남 유무, 가연성 가스 및 유독가스의 발생유무, 용출수 상태 및 배수로와 집수정 상태, 숏크리트의 균열, 박리 유무, 록볼트의 정착상태, 강지보재의 침하 및 변형, 환기설비와 조명설비 및 배수설비의 작동상태, 각종 기계설비 및 장비의 정비상태, 작업로와 궤도 등의 운반로 상태, 각종 전기기기 및 전선류의 관리상태, 안전통로의 정비상태, 식별표시를 위한 장치의 관리상태 등이 포함되어야 한다.

(4) 안전점검 시 이상 징후가 발견될 경우에는 공사감독자에게 보고하고 조속히 필요한 조치를 강구하여야 한다. 사태가 긴박한 경우에는 즉시 안전조치를 취하여야 한다.

3.6.2 공사 중 작업원 안전

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

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

(3) 작업원이 소음으로 인해 청각이나 건강에 장애를 일으키지 않도록 조치하여야 한다.

(4) 작업원이 착암기 등과 같은 진동을 수반하는 장비를 장시간 사용할 경우에는 방진장치를 구비하여 인체에 장애가 발생되지 않도록 조치하여야 하며, 인체에 무리한 작업시간이 계획되지 않도록 작업시간에 대한 사전검토를 포함하여 작업원을 관리하여야 한다.

(5) 발파 및 굴착, 버력적재 및 운반, 숏크리트 타설 등의 작업 시에는 다량의 분진이 발생하기 때문에 분진의 농도를 정기적으로 측정하여 그 현황을 파악하고 작업원의 안전을 위해 필요한 조치를 강구하여야 한다.

3.6.3 공사 중 화재발생 방지

(1) 화재발생 방지를 위해 화재를 유발할 수 있는 원인을 제거하여야 하며 가연성물질을 지정된 장소 이외의 곳에서 사용 시에는 반드시 안전보건관리책임자에게 사전 승인을 득하고 안전보건관리책임자는 이를 철저히 관리하여야 한다.

(2) 터널 내에서 화재가 발생한 경우에 대비하여 진화계획을 수립하고 작업원의 대피계획을 수립하여야 한다.

(3) 화재발생 시 중대한 재해로 발전될 수 있는 곳에 대해서는 철저한 화재 방지대책을 수립하고 안전점검 등을 통하여 상시 관리하여야 한다.

(4) 예상되는 화재의 형태에 적합한 소화설비를 배치하고 작업원에게 그 설치장소 및 사용방법을 주지시켜야 하며, 눈에 잘 띄고 알기 쉽도록 표식을 설치하고 소화훈련을 실시하여야 한다. 소화설비는 항시 점검·정비하여 그 기능을 유지하도록 하여야 한다.

3.6.4 공사 중 폭발의 방지

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

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

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

(4) 화약류취급소, 유류저장고, 발파장소 등에서 폭발사고나 화재사고 등이 발생하지 않도록 관리하여야 한다. 이를 위해 안전보건관리책임자는 각종 규정과 안전수칙을 숙지하고 해당 사항을 수시로 점검하고 관리하여야 한다.

3.6.5 공사 중 긴급조치

(1) 작업원에게 긴급한 상황 발생 시의 조치사항을 주지시키고, 긴급 피난절차를 인지시켜야 한다. 또한 비상사태에 대한 대응조치와 대피훈련을 정기적으로 시행하여야 한다.

(2) 지반조건이 급변하며 낙반이 발생하고 막장면(굴진면)이 붕괴되며 지보재에 현격한 변형이 감지될 경우, 이상 용출수 출현과 화재발생 등과 같은 급박한 위험이 발생할 경우, 가연성 가스 및 유해가스의 돌출 등에 의한 가스폭발이나 중독발생의 우려가

있을 경우에는 즉시 작업을 중지하고 작업원을 안전한 장소로 신속히 대피시켜야 한다.

(3) 긴급 시에 대응할 수 있는 통신 및 경보체계를 수립하고 필요한 설비와 장비를 준비해 두어야 한다.

(4) 긴급대피 통로는 통행에 지장이 없도록 항시 정비하여야 하며 호흡용 보호구, 휴대용 조명기구 등의 피난용구를 일일 최대 작업원 수 이상으로 터널 내부에 식별이 용이하고 접근이 쉬운 위치에 비치하여야 한다.

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

(6) 로드헤더(Roadheader), TBM 공사와 같은 기계굴착공사 시 작업장소와 설비 간의 긴밀한 연락이나 비상사태에 대응하기 위한 통신장치나 경보장치 등의 설비를 설치하여야 한다.

3.6.6 공사 중 환경보전

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

(2) 컴프레서, 배치플랜트, 크러셔플랜트, 버력저장소 등에는 방음피복과 방음벽을 설치하고 기계장비의 기초는 견고하게 하여야 한다.

(3) 발파시간의 제한, 진동저감 발파방식의 적용, 발파규정의 준수, 방음시설의 설치, 공사차량의 운행시간 제한 등을 통해 발파에 따른 소음이나 진동의 피해가 발생하지 않도록 조치하여야 한다.

(4) 발파굴착 및 기계굴착 시공 시 작업장에서 발생한 오염된 물을 방류할 경우에는 방류기준치 이하로 정화한 후 방류하여야 한다.

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

(6) 지하수위 저하 또는 지하수원 고갈에 대한 필요한 대책을 수립하여야 한다.

집필위원

성 명	소 속	성 명	소 속
문 훈 기	다산컨설턴트	박 준 경	대림대학교

국가건설기준센터 및 건설기준위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
이영호	한국건설기술연구원	김낙영	한국도로공사
김기현	한국건설기술연구원	김영근	㈜건화
김희석	한국건설기술연구원	배상훈	SH 엠앤씨
류상훈	한국건설기술연구원	유한규	한양대학교
원훈일	한국건설기술연구원	이성원	한국건설기술연구원
이상규	한국건설기술연구원	이용주	서울과학기술대학교
이승환	한국건설기술연구원	이호성	㈜지윤이앤씨
이용수	한국건설기술연구원	정상준	㈜에스코컨설턴트
주영경	한국건설기술연구원	천대성	한국지질자원연구원
최봉혁	한국건설기술연구원	최해준	수성엔지니어링
허원호	한국건설기술연구원		

중앙건설기술심의위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
김상철	㈜삼안	문인기	엠플러스이엔씨(주)
김성수	한국토지주택공사	신중호	한국지질자원연구원
김영근	㈜건화	정평기	㈜화인씨이엠테크
류은영	㈜태암엔지니어링		

소관부처

성 명	소 속	성 명	소 속
양희관	국토교통부 도로건설과	최영록	국토교통부 도로건설과
김로타	국토교통부 도로건설과		

(분야별 가나다순)

KCS 27 60 00 : 2023
터널 작업 환경

2023년 9월 12일 개정

소관부서 국토교통부 도로건설과

관련단체 한국터널지하공간학회
06720 서울시 서초구 효령로 304 국제전자센터 14층 11호
(사)한국터널지하공간학회
Tel : 02-3465-3663 E-mail : ktastaff@hanmail.net
https://www.tunnel.or.kr/

작성기관 한국터널지하공간학회
06720 서울시 서초구 효령로 304 국제전자센터 14층 11호
(사)한국터널지하공간학회
Tel : 02-3465-3663 E-mail : ktastaff@hanmail.net
https://www.tunnel.or.kr/

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