KDS 27 00 00 : 2018

터널설계기준

2018년 8월 3일 개정
http://www.kcsc.re.kr

KC CODE

국토교통부

터널설계기준 체계

KDS 27 10 00 터널설계 일반	
KDS 27 10 05 터널설계 개요	`16.06
KDS 27 10 10 조사 및 계획	`16.06
KDS 27 10 15 설계일반	`16.06
KDS 27 10 20 터널 안정성 해석	`16.06
KDS 27 17 00 터널내진 설계	`18.12
KDS 27 20 00 터널굴착	`16.06
KDS 27 25 00 TBM	`16.06
KDS 27 30 00 터널지보재	`16.06
KDS 27 40 00 터널 라이닝	
KDS 27 40 05 현장타설 라이닝	`16.06
KDS 27 40 10 세그먼트 라이닝	`16.06
KDS 27 50 00 터널 보강 및 안정	
KDS 27 50 05 배수 및 방수	`16.06
KDS 27 50 10 계측	`16.06
KDS 27 60 00 터널환기, 조명, 방재설비	`16.06

KDS 27 10 05 : 2023

터널 설계 개요

2023년 9월 12일 개정
http://www.kcsc.re.kr

KC CODE

국토교통부

건설기준제정또는개정에따른경과조치

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 터널설계기준을 중심으로 도로설계기준, 공동구 설계기준, 철도설계기준(노반편), 하천설계기준, 항만 및 어항 설계기준 등의 터널설계 개요에 해당하는 부분을 통합 정비하여 기준으로 제정한 것으로 제·개정 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요내용	제정또는개정 (년.월)
터널공사표준시방서 및 동해설	• 산악지대에 건설되는 터널공사의 조사, 설계, 시공관련 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)
터널설계기준	• 터널설계기준과 터널표준시방서 분리, 개편, 보완	제정 (1999.9)
터널설계기준	• 관련법, 기준, 지침과의 연계성 확보 • 향상된 국내 터널기술 수준 반영 및 현안문제 개선 • 내진설계기준 보완, 터널공사의 안전성 제고 • 국제적 추세에 맞춘 기계화 시공 및 환경 친화적 설계 개선	개정 (2007.11)
KDS 27 10 05 : 2016	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비	제정 (2016.6)
KDS 27 10 05 : 2023	• 국가건설기준 코드 작성 지침에 따라 정비	개정 (2023.8)

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 고시 일을 기준으로 매 3년이 되는 시점마다 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 하여야 한다.

목 차

1. 일반사항 ····· 1

1.1 목적 ····· 1

1.2 적용 범위 ····· 1

1.3 참고 기준 ····· 1

1.3.1 주요 관련 법규 ····· 1

1.3.2 주요 관련 기준 ····· 2

1.4 용어의 정의 ····· 3

1.5 기호의 정의 ····· 12

2. 조사 및 계획 ····· 12

2.1 조사 및 계획 일반 ····· 12

2.2 조사 ····· 12

2.3 계획 ····· 12

3. 재료 ····· 12

3.1 재료 일반 ····· 12

3.2 재료 특성 ····· 13

3.3 품질 및 성능시험 ····· 13

4. 설계 ····· 13

4.1 설계방법의 선정 ····· 13

4.2 설계내용의 변경 ····· 13

4.3 터널 설계 일반 ····· 14

4.3.1 터널 설계 기본방향 ····· 14

4.3.2 본선터널 설계 ····· 15

4.4 연직갱 및 경사갱 ····· 16

4.4.1 연직갱 및 경사갱 설계 기본방향 ····· 16

4.4.2 연직갱의 설계 ····· 17
4.4.3 경사갱의 설계 ····· 18
4.5 갱구부 ····· 19
4.5.1 갱구부 설계 기본방향 ····· 19
4.5.2 갱구부 설계 ····· 19
4.6 갱문 ····· 21
4.6.1 갱문 설계 기본방향 ····· 21
4.6.2 갱문 설계 ····· 22
4.7 단면확폭부 및 접속부 ····· 23
4.7.1 단면확폭부 및 접속부 설계 기본방향 ····· 23
4.7.2 단면확폭부 설계 ····· 23
4.7.3 접속부의 설계 ····· 24
4.8 침매터널 ····· 24
4.8.1 침매터널 설계 기본방향 ····· 24
4.8.2 침매터널 설계 ····· 24

1. 일반사항

1.1 목적

(1) 이 기준은 목적은 터널설계를 위한 관련 법규 및 기준을 제시하고 용어를 정의하며 터널설계 시에 고려하여야 할 일반사항을 제시하는 것이다.

1.2 적용 범위

(1) 이 기준은 터널의 계획, 조사, 설계에 대한 일반사항을 규정하고 있으므로 터널의 용도를 고려하여 적용한다. 단, 특수한 목적의 터널에 대해서는 해당 터널의 사용 목적, 현황 및 적용조건을 고려하여 별도의 관련 기준을 적용할 수 있다.

(2) 연직갱의 설계는 연직이거나 연직에 가까운 터널에 적용하여야 한다.

(3) 경사갱의 설계는 경사진 터널에 적용하여야 한다.

(4) 갱구부와 갱문의 설계는 비탈면이 형성되는 터널 입출구부에 적용하며 지형과 주변 여건을 고려하여 설계하여야 한다.

(5) 시공 중 설계내용을 변경하는 경우에도 이 기준을 적용하여야 한다.

(6) 이 기준에서 규정하지 않은 사항은 터널 설계기준 KDS 27 00 00의 각 코드에서 정하는 바에 따른다.

1.3 참고 기준

(1) 터널설계 시에 준수하여야 하는 관련 법규 및 기준에 따라야 한다.

1.3.1 주요 관련 법규

- 환경오염 방지 및 환경보전 관련: 대기환경보전법, 자연환경보전법, 자연공원법, 산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률, 야생생물 보호 및 관리에 관한 법률, 소음·진동관리법, 물환경보전법, 해양환경관리법, 수도법, 하수도법, 광업법, 지하수법, 철도의 건설 및 철도시설 유지관리에 관한 법률, 폐기물관리법, 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, 공유수면관리 및 매립에 관한 법률, 지하수법, 온천법 등
- 도시계획 관계: 국토의 계획 및 이용에 관한 법률, 도시공원 및 녹지에 관한 법률 등
- 도로 및 교통 관계: 도로법, 철도의 건설 및 철도시설 유지관리에 관한 법률, 도시철도법 등

- 군사 관계: 군사기밀 보호법, 군사기지 및 군사시설 보호법 등
- 문화재 관계: 문화재보호법 등
- 안전보건 관계: 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법, 건설기술 진흥법, 산업안전보건법, 철도안전법, 중대재해 처벌 등에 관한 법률 등
- 위험물 관계: 총포·도검·화약류 등의 안전관리에 관한 법률 등

1.3.2 주요 관련 기준

- KDS 11 10 00 지반설계 일반
- KDS 11 50 00 기초설계기준
- KDS 11 60 00 앵커설계기준
- KDS 11 70 00 비탈면 설계기준
- KDS 11 80 00 옹벽설계기준
- KDS 11 90 00 비탈면 내진설계기준
- KDS 14 20 00 콘크리트구조 설계(강도설계법)
- KDS 44 00 00 도로 설계기준
- KDS 47 00 00 철도 설계기준
- 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 27 00 00 터널공사
- KCS 44 00 00 도로공사
- KCS 47 00 00 철도공사
- 국가화재안전기준(NFSC)
- 도로안전시설 설치 및 관리지침
- 도로터널 방재시설 설치 및 관리지침

- 도로포장 통합 지침
- 철도시설의 기술기준
- 한국산업규격(KS, Korea Industrial Standards)
- 화학물질 및 물리적 인자의 노출기준

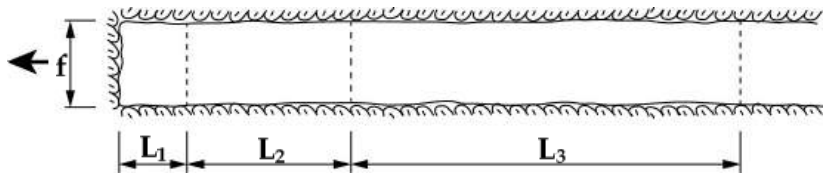
1.4 용어의 정의

- 가동률(Utilization): 기계식 굴착장비에서 장비 유지관리 및 커터 교체 등에 소요되는 시간 등을 제외한 전체 시간에 대한 장비 굴착시간의 비율.
- 가인버트(Temporary invert): 굴착에 따른 지반변위를 억제할 목적으로 시공 중 터널 바닥부에 설치하는 단면폐합용 임시 지보부재.
- 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.
- 교통환기력(Traffic ventilation force): 터널을 주행하는 차량의 피스톤 효과에 의하여 발생하는 환기력.
- 굴진율(Advance rate): 기계식 굴착장비의 단위 시간당 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, 발파굴착 등이 있음.
- 기계굴착(Mechanical excavation): 쇼벨, 로드헤더, 브레이커, 굴착기, 전단면 터널굴착기계(TBM, Tunnel Boring Machine) 등을 이용하여 터널을 굴착하는 방식.
- 균제도 (Uniformity ratio of illuminance): 조명에서 조도의 균일한 정도.
- 기본부조명(Interior zone lighting): 터널 전체에 걸쳐 원칙적으로 조명기구를 일정 간격으로 배치하여 조명하는 것으로서 터널 외부로부터 터널에 진입한 운전자가 입구부 조명구간을 통과하여 정상적 시각 상태에 도달한 후의 조명.
- 기본수준면(Datum level): 물높이를 측량할 때 기준이 되는 높이를 말하며, 일반적으로 가장 낮은 간조의 평균 수면으로 정함.
- 긴급구난보조설비(Emergency rescue assistance system): 터널 내 응급상황 발생 시 신속한

인명구호를 위하여 설치하는 설비. 즉, 해당 터널의 특성을 고려하여 제작된 구난설비를 도와 구난성능을 향상하는 보조적 설비.

- 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.
- 단면확폭부(Widened section): 일반구간보다 폭이 커진 단면구간.
- 단층(Fault): 지각의 응력에 의하여 생긴 일정 규모 이상의 전단파괴면에서 양측에 상대적으로 어긋남을 가지는 선상 또는 대상의 부분을 말하며, 정단층, 역단층, 주향이동단층 등으로 구분.
- 대수층(Aquifer): 물을 보유하고 있는 층으로 지하수로 포화된 투수성이 좋은 지층 혹은 지층군을 말하며, 모래와 자갈이 대수층의 주요 구성 성분이지만 절리가 발달한 암반도 대수층을 구성할 수 있음.
- 대피로(Evacuation way): 터널 내 화재와 같은 비상상황 발생 시 안전한 지역으로 대피자를 탈출시키기 위한 통로(경로).
- 동상방지층(Anti-frost layer): 노상의 동결로 인한 동상피해를 억제하기 위하여 동결깊이만큼의 노상을 동상방지 재료로 치환하는 층.
- 동적해석법(Dynamic analysis): 지반 및 구조물의 거동을 동적으로 산정하는 해석법으로, 가속도의 시간이력을 사용하는 시간이력 응답해석법과 응답스펙트럼에 기초한 설계 스펙트럼을 사용하는 해석법이 있음.
- 디스크커터(Disc cutter): TBM과 같은 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, 컷팅헤드, 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 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.
- 마모도(Abrasivity): 암석 또는 광물이 굴착도구와 접촉하여 굴착도구에 마찰, 침식 또는 손상을 일으키는 능력.
- 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 이루

어지는 구역이며 굴착구역은 응력 재분배가 대부분 진행되었거나 완료되어 시공의 영향이 작은 구역을 말함.



(f:막장면(굴진면),L1:굴진구역,L2:굴착구역,L3:후방

그림 1.4-1 막장면(굴진면)과 막장부(굴착부)

- 물리탐사(Geo-physical investigation): 지층구성 요소의 물리적 특성의 차이를 이용하여 지질이나 암체의 종류, 성상 및 구조를 조사하는 방법을 말하며, 탄성파탐사, 전기비저항탐사, 중력탐사, 자기탐사, 전자탐사 및 방사능탐사 등이 있음.
- 미기압파(Micro pressure wave): 열차의 터널 진입으로 발생된 압축파가 터널을 따라 열차 진행 방향으로 전파되어 출구에서 급격히 방출 팽창됨으로써 생성되는 큰 음압레벨의 충격파(Impulsive wave).
- 밀폐형 쉴드TBM(Closed-face shield TBM): 격벽을 갖고 있으며 굴진면과 격벽 사이의 챔버(Chamber) 내를 버력, 토사 또는 이수로 채우고, 굴진면 유지에 필요한 압력을 유지시켜 굴진면의 안정을 도모하는 구조의 쉴드TBM.
- 바닥부(Bottom): 터널단면의 바닥부분.
- 발진터널(Pilot tunnel): TBM의 초기 굴착 시 TBM 본체의 발진을 위한 터널을 말하며, 발파 또는 기계 등으로 굴착하며, 일반적으로 TBM 본체길이 정도의 연장이 필요.
- 발파굴착(Drill and blast): 착암기나 점보드릴 등 천공장비에 의하여 천공된 공에 화약류를 장약함으로써 그 폭발력을 이용하여 암반을 굴착하는 방법.
- 배연(Smoke exhaust): 화재 시 발생하는 연기 및 열기류를 화재지점으로부터 외부로 배출하는 것.
- 배풍막(Tail wind shield): 제연설비를 구성하는 한 부분으로 전동기를 제외한 배풍기와 배출풍도를 연결하는 막.
- 버력(Mucks): 터널의 굴착과정에서 발생하는 암석덩어리, 암석조각, 토사 등의 총칭.
- 벤치(Bench): 터널단면을 상·하로 분할하여 종방향(축방향)으로 굴착하는 경우의 분할면.
- 벤치길이(Bench length): 분할굴착 시 상부 막장면(굴진면)과 하부 막장면 간의 종방향 이격거리.
- 변형여유량(Transformation surplus quantity): 굴착에 따른 지반변형이 있더라도 계획 내공단면을 확보할 수 있도록 미리 예상되는 지반변형량만큼 여유를 두어 굴착하는 내공 반경방향의 여유량.

- 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.
- 보조지보재(Auxiliary support of tunnel): 굴착 시 지반의 지지능력을 보완해 주는 지보재로서 주지보재를 제외한 지보재의 총칭.
- 불연속면(Discontinuities in rock mass): 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.
- 블랙홀 현상(Black hole phenomenon): 차량이 터널 입구부를 진입할 때, 밝은 외부에서 어두운 터널 내부로 진행하면서 운전자의 시야를 순간적으로 어둡게 만드는 현상.
- 비상전원(Emergency power): 상시전원(정상적인 상태에서 외부로부터 전력을 공급받아 사용하고 있는 전력공급원)이 사고나 고장에 의하여 공급되지 못할 경우에 사용하기 위한 전력공급원.
- 비상조명(Emergency lighting): 화재 등 사고로 인한 갑작스런 정전 시 2차 사고를 방지하고 안전하고 원활한 피난활동을 할 수 있도록 설치하는 예비조명.
- 사전인발시험(Pre-pull-out test): 록볼트의 시공 품질관리를 위한 평가기준인 인발내력을 결정하기 위해 터널 굴착 초기에 수행하는 록볼트 인발시험.
- 섬유보강 숏크리트(Fiber reinforced shotcrete): 숏크리트의 인성(Toughness)을 증가시키기 위하여 강섬유(Steel fiber) 또는 기타 재질의 섬유를 혼합하여 타설하는 숏크리트.
- 세그먼트(Segments): 터널 라이닝을 구성하는 단위 조각의 부재를 말하며, 사용하는 재질에 따라 강재 세그먼트, 철근 또는 강섬유로 보강한 콘크리트 세그먼트 및 합성 세그먼트 등으로 구분하고 주로 쉴드TBM터널에 사용함.
- 숏크리트(Shotcrete): 굳지 않은 콘크리트를 가압하여 노즐로부터 뿜어 소정의 위치에 부착하는 콘크리트.
- 수격압(Water hammering pressure): 급격한 펌프의 가동 및 정지, 밸브의 개·폐 등으로 관내 물흐름이 급작스러운 변화를 일으켜 발생하는 압력.
- 쉴드TBM(Shield Tunnel Boring Machine): 주변지반을 지지하는 외판(원통형의 판)이 부착된 TBM.
- 스킵(Skip): 연직갱을 통하여 버력 등을 운반하는 데 사용되는 운반용구.
- 스프링 라인(Spring line): 터널의 상반 아치의 시작선 또는 터널단면 중 최대 폭을 형성하는 점과 만나는 수평선.
- 습곡(Fold): 화성암, 변성암, 퇴적암에서 변형 전 평면에 가까운 면들이 변형에 의하여 물결처럼 굽어 있는 구조.
- 시설한계(Tunnel clearance): 터널의 이용 목적을 원활하게 유지하기 위한 공간적 한계로 시

설한계 내에는 시설물을 설치할 수 없도록 규제하고 있음.

- 시스템 록볼트(Systematic rock bolt): 일정한 간격과 길이로 규칙적으로 배열하는 록볼트 설치형식.
- 신호기(Signal): 운행 중인 차량이나 열차에 통행의 우선권 등 포괄적인 지시를 하는 장치.
- 안전영역(Safety zone): 터널의 안전에 영향을 미치는 정도를 규정한 터널 주변의 영역으로서 각 영역별로 터널안전을 위한 대책을 강구하도록 규제하는 영역.
- 관입깊이(Penetration depth): 기계식 굴착장비에서 사용되는 커터가 1회 진행할 때 암석 내부로 압입되는 깊이를 말하며, 추력과 회전력에 따라 변화하는 값으로 순굴진율을 산정할 때 사용.
- 압착성 지반(Squeezing ground): 시간의존성 전단변위의 성질을 가지는 지반.
- 애추(테일러스, Talus): 급한 기울기의 비탈면 아래에 풍화암 부스러기가 풍화작용 및 중력작용으로 떨어져 군집이 형성된 돌무더기 퇴적물.
- 어깨(Shoulder): 터널의 천장과 스프링라인의 중간점을 말하며 어깨를 중심으로 좌, 우의 일정 구간을 어깨부라고 칭함.
- 언더피닝(Underpinning): 기존 구조물이나 기초를 변경 혹은 확대하거나 인접공사 등으로 하부 굴착이 필요한 경우 기존 구조물을 보강하거나 받친 후 하부를 굴착하는 공법.
- 여굴(Overbreak): 터널굴착공사에서 계획한 굴착면보다 더 넓게 굴착된 부위.
- 엽리(Foliation): 변성암에 나타나는 지질구조로 암석이 재결정 작용을 받아 같은 광물이 판상 또는 일정한 띠를 이루며 형성된 지질구조.
- 외판(Shield skin): 쉴드TBM에서 굴진장치, 세그먼트 조립장치 등을 감싸고 있는 원통형 판.
- 용출수(Sump water): 터널의 굴착면으로부터 흘러나오는 지하수.
- 응답변위법(Response Displacement Method, RDM): 표층지반의 전단진동에 따른 지반변위를 지반 속에 위치한 터널에 입력함으로써 터널의 변형과 응력을 산정하는 내진설계의 한 방법.
- 이렉터(Erector): 쉴드TBM의 구성요소로 세그먼트를 들어 올려 링으로 조립하는데 사용하는 장치.
- 이명감(Ear discomfort): 의학적인 정의 이외에 철도 차량이 고속으로 주행할 때 열차 내외부 압력차로 발생하는 귀울림 현상으로 승객의 불편감을 증가시켜 서비스 수준을 저하시킴. 열차 주행속도, 열차의 기밀도, 터널의 연장과 단면 크기가 주요 인자임.
- 이수식 쉴드TBM(Slurry shield TBM): 소정의 압력을 가한 이수로 굴진면의 안정을 유지하며 이수를 순환하여 굴착토를 함께 액상으로 수송하면서 굴진하는 방식의 쉴드TBM. 지반을 굴착하기 위한 굴착기구, 이수를 순환하고 이수에 일정한 압력을 가하기 위한 가압설비, 이수와 굴착버력을 이송하는 이수수송설비, 수송된 굴착토와 이수를 분리하여 이수를 소정의 소성 상태로 조정하는 이수처리설비 등으로 구성됨.

- 이완영역(Loosened zone): 터널굴착으로 터널주변의 지반응력이 재분배되어 다소 느슨해지는 범위.
- 이행부(Transition zone): 차량이 터널을 진출입하면서 발생하는 블랙홀 현상이나 화이트홀 현상을 줄이기 위해서 터널 내 조명의 밝기(조도)를 인위적으로 구분하는 조명제어의 4단계(경계부, 이행부, 기본부, 출구부) 구간 중 경계부와 기본부 사이의 구간.
- 인력굴착(Manual excavation): 삽, 곡괭이 또는 픽햄머, 핸드브레이커 등의 소형장비를 이용하여 인력으로 굴착하는 방법.
- 인버트(Invert): 터널단면의 바닥 부분을 통칭하며, 원형터널의 경우 바닥부 90° 구간의 원호부분, 마제형 및 난형 터널의 경우 터널 하반의 바닥 부분을 말함. 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 계측으로서 지표침하, 천단침하, 내공변위 측정 등이 포함됨.
- 입구부조명(Access zone lighting): 운전자가 터널 진입 후 터널 내부의 조명에 순응하지 못하여 암흑으로 보이는 일시적인 현상을 경감하기 위하여 터널 입구부에 설치한 조명설비.
- 자가발전설비(Fail safe generator): 외부 전원의 정전에 대비하여 전기 수용자가 별도로 설치한 발전전원설비.
- 잭 스트로크(Jack stroke): 쉴드TBM의 추진과 세그먼트의 조립을 위한 잭의 유효 길이.
- 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 계측으로서 계측항목이 일상계측보다 많고 주로 종합적인 지반거동 평가와 설계의 개선 등을 목적으로 수행.
- 제연(Smoke control): 화재 시 연기 및 열기류의 흐름방향을 제어하는 것을 말함.
- 제연보조설비(Auxiliary equipment of smoke control system): 화재발생 시 터널 상부에서 공기나 물 등의 유체 등을 일정한 각도로 분사하여 연기흐름을 차단하는 제연커튼이나 연기흐름을 지연하는 제연경계벽 등과 같이 연기의 확산을 제어 및 차단 또는 지연하는 설비 시스템.
- 조도(Illumination): 장소의 밝기를 의미하며 투사되는 광속을 면의 면적으로 나눈 값. 즉, 조

사되는 면의 생각하고 있는 점에서의 광속밀도로 단위는 룩스(lux), 기호는 (lx)를 사용.

- 종류식 환기방식(Longitudinal ventilation system): 터널의 종방향으로 작용하는 교통환기력 및 자연환기력을 보충하는 환기용 송풍기의 분류효과에 의한 승압력을 발생시켜 소요 환기량을 확보하는 방식.
- 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.
- 지구물리검층(Geophysical logging): 조사공 내에 측정부(Sonde)를 삽입하여 공벽 부근 암반의 물리적 성질을 심도에 따라 연속적으로 측정하는 지반조사방법.
- 지구물리탐사(Geophysical exploration): 지구물리학적 방법에 의해 파쇄대의 존재, 지하수 분포의 상태, 지질특성 및 지질구조 등을 조사하는 방법을 말하며, 중력탐사, 자력탐사, 전기비저항탐사, 전자탐사, 탄성파탐사 및 방사능탐사 등이 있음.
- 지반(Ground): 건설공사에 관련한 지구의 표층 부분이며, 구조물의 기초나 굴착 등의 대상이 되는 부분.
- 지반조건(Ground condition): 터널 주변 지반의 지형, 지질, 지반특성, 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): 터널 막장면(굴진면)의 지반상태와 터널 천장부 및 그 상부의 지반상태, 시공성 등을 고려하여 터널의 안정성이 확보되도록 미리 설정해 놓은 지보형태를 말하며, 터널굴착 후 조기에 설치하여 터널의 안정을 도모하기 위하여 설치하는 숏크리트, 록볼트 및 강지보재와 보조공법 등을 조합한 것.
- 지중변위(Ground displacement): 터널 굴착으로 인하여 발생하는 굴착면 주변 지반의 터널 방향 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 발생하는 지표면의 침하.
- 지하매설물(Underground utilities): 지표하부에 묻혀 있는 인공구조물로서 지하지장물이라고도 부름.

· 질소산화물(NOx): 엔진 내에서 연료의 연소 시 고온에 의하여 공기 중의 질소와 산소가 열반응하여 생성되는 물질.

· 천단침하(Crown settlement): 터널굴착으로 인하여 발생하는 터널 천장의 연직방향 침하를 말하며 기준점에 대한 하향방향의 절대 침하량을 양(+)의 천단침하량으로 정의함.

· 천장부(Crown): 터널의 천단을 포함한 좌우 어깨 사이의 구간.

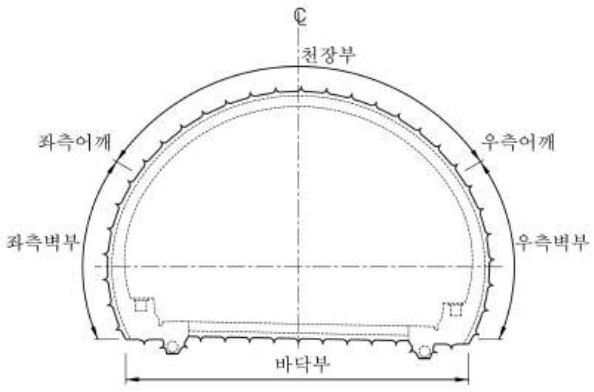


그림 1.4-2 터널 내 위치별 명칭

· 초기응력(In-situ): 굴착 전에 원지반이 가지고 있는 응력.

· 추력(Thrust force): TBM 굴진을 위하여 커터헤드에서 굴진면으로 가해지는 추진력.

· 출구부조명(Exit zone lighting): 운전자가 주간에 터널 출구부를 보았을 때 출구부가 밝은 배경이 되어 식별이 곤란하므로 출구 부근에 있는 물체를 구분하기 위하여 터널 출구부를 밝게 하는 조명.

· 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 변화로 퇴적물 속에 생기는 층상 구조.

· 침매터널(Immersed tunnel): 수저 또는 지하수면 이하의 구조물로서 전체 또는 일부를 함체(函体)의 형태로 별도의 장소에서 제작한 후 물에 띄워 침설현장까지 예항(曳航)하고, 소정의 위치에 침하시켜 침하시켜 기설부분과 연결한 후 되메워 완성하는 터널.

· 침매함(Immersed tunnel elements): 침매터널부의 수저부분 및 굴착 시에 수면 이하가 되는 부분으로서 예항, 침설작업에 지장이 없는 정도의 크기로 분할한 부분 또는 침매터널의 구조체 요소(Element).

· 카피커터(Copy cutter): 곡선부에서 쉴드TBM의 원활한 추진을 위하여 내측곡선 부분에서 곡선반경방향으로 확대 굴착하기 위하여 쉴드TBM 커터헤드의 측면에 설치한 커터.

· 커터(Cutter): TBM의 커터헤드에 토사 또는 암반의 굴착을 위하여 부착하는 금속으로 디스

크커터, 커터비트, 카피커터 등이 있음.

- 커터비트(Cutter bit): 풍화암 이하의 지반을 굴착하기 위하여 쉴드TBM의 커터헤드에 부착하는 칼날형의 고정식 비트를 말하며, 본체와 팁으로 구성됨.
- 커터숍(Cutter shop): TBM 작업(특히 암반부 굴착) 시 다량 소요되는 예비 커터를 보관하고 커터를 정비하는 장소.
- 커터슬릿(Cutter slit): 쉴드TBM 굴착 시 굴착토를 커터헤드의 회전에 따라 쉴드기 안으로 끌어 담는 역할을 하는 공간.
- 커터헤드(Cutterhead): TBM의 맨 앞부분에 배열 장착되는 디스크커터 또는 비트커터 등의 각종 커터를 부착하여 회전·굴착하는 부분.
- 케이블볼트(Cable bolt): 굴착지반의 보강이나 지지를 위해 시멘트 그라우트된 천공 홀에 강연선을 삽입한 보강재.
- 케이지(Cage): 연직갱을 통하여 버력이나 작업원 등을 운반 시 사용하는 바구니 형상의 운반용구.
- K형 세그먼트(Key segment): 쉴드TBM 작업에서 세그먼트 조립 시 마지막으로 끼워 넣는 세그먼트.
- 콘크리트라이닝(Concrete lining): 터널의 가장 내측에 시공되는 무근 또는 철근보강 콘크리트의 터널부재.
- 통일분류법(USCS, Unified Soil Classification System): 흙입자의 크기와 입도분포, 소성도, 구성물질로 흙을 분류하는 체계.
- 테이퍼 링(Tapered ring): 곡선부의 시공 및 선형수정에 사용하는 테이퍼 처리한 링으로, 특히 폭이 좁은 판상은 테이퍼 플레이트링(Tapered plate ring)이라 함.
- 테이퍼량(Taper value): 테이퍼링에 있어서 최대폭과 최소폭과의 차이.
- 테일 보이드(Tail void): 세그먼트로 형성된 링의 외경과 쉴드TBM 스킨의 바깥 직경 사이의 원통형의 공극. 즉, 테일 스킨의 두께와 테일 클리어런스의 두께의 합.
- 테일 스킨 (Tail skin): 쉴드TBM 테일부의 외판(Skin)을 말하며 일반적으로 외판보다 약간 두꺼움.
- 테일 실(Tail seal): 쉴드TBM의 외판 내경과 세그먼트 간의 틈이 생기는데 이곳으로 지하수가 유입되거나 뒤채움 주입재가 역류하는 것을 방지하기 위하여 쉴드TBM 후단에 부착하는 것.
- 테일 클리어런스(Tail clearance): 테일 스킨의 내면과 세그먼트 외면 사이의 간격.
- 토압식 쉴드TBM(EPB, Earth Pressure Balance shield TBM): 커터헤드로 굴착·교반한 토사를 굴진면과 격벽 사이에 있는 챔버(Chamber)에 채우고 쉴드TBM의 추진력으로 굴착토를 굴진면에 가압하여 굴진면의 안정을 유지하면서 스크루 컨베이어(Screw conveyer) 등으로 굴착토를 배토하는 쉴드TBM.
- 토피고(Overburden): 터널 천장으로부터 지표면까지 연직높이(두께).

- 틈새(Aperture): 불연속면에 대하여 수직한 방향으로 벌어진 거리.
- 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.
- 필러(Pillar): 굴착면 사이에 남아 있는 기둥이나 벽 모양의 지반.
- 함수미고결지반(Unconsolidated formation of groundwater): 신생대 3기 말부터 제4기에 형성된 퇴적물, 암석의 풍화대, 파쇄대 등의 미고결 또는 물을 포함하고 있어 고결도가 낮은 지반.
- 허용편차(Permissible deviation): 변형 여유량에 시공상 피할 수 없는 오차를 합한 값.
- 화이트홀 현상(White hole phenomenon): 블랙홀 현상의 반대 개념으로, 터널 내부에서 터널 출구부로 진출할 때, 어두운 터널 내부에서 밝은 외부로 진행하면서 운전자의 시야를 순간적으로 희게 만드는 현상.
- 환기설비(Tunnel ventilation system): 터널 내 공기질을 유지하기 위하여 신선공기를 유입 또는 급기하거나 오염공기를 배출하기 위한 설비.
- 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.
- 회전력(Torque): TBM의 커터헤드를 회전시키는 힘의 크기.
- 후드부(Hood): 쉴드강관의 일부로 선단부에 있어서 굴진면의 안전을 유지하고 작업공간의 확보와 안전을 꾀하기 위하여 정상부를 보호하는 부분.
- DGPS(Differential Global Positioning System): 상대측위방식(GNSS, Global Navigation Satellite System) 측량을 말하며, 기지국이 필요 없는 정밀 위성위치확인시스템으로 이미 알고 있는 기지점 좌표를 이용하여 기존 GPS의 오차를 보정한 신호를 받는 GPS.
- PIARC(Permanent International Association of Road Congresses): 국제상설도로회의의 약칭.
- Q-시스템(Q-system): RQD, 절리군수, 불연속면 거칠기, 불연속면 변질 정도, 지하수에 의한 감소계수, 응력감소계수 등을 반영하여 암반을 분류하는 방법.
- RMR(Rock Mass Rating) 분류: 무결암(intact rock) 압축강도, RQD, 불연속면 간격, 불연속면 상태, 지하수 상태, 굴진방향과 불연속면의 상대적 방향 등을 반영하여 암반 상태를 분류하

는 정량적인 암반 분류방법.

- RQD(Rock Quality Designation): 시추코아 중 10 cm 이상 되는 코아편 길이의 합을 전체 시추길이로 나누어 백분율로 표시한 값을 말하며, 암질의 상태를 나타내는 데 사용함. 이때 코아의 직경은 NX 또는 NQ 규격을 원칙으로 함.
- TBM(Tunnel Boring Machine): 소규모 굴착장비나 발파방법에 의하지 않고 굴착에서 버력처리까지 기계화·시스템화되어 있는 굴착기계를 말하며, 일반적으로 개방형TBM (Open TBM)과 쉴드TBM(Shield TBM)으로 구분.
- TCR(Total Core Recovery): 전체 시추길이에 대하여 회수된 코아의 길이 비를 백분율로 표시한 값.
- WGS-84(World Geodetic System, 1984): GPS의 기준좌표계인 지구 고정 지구중심 3차원 직각좌표계를 말하며, 지구중심기준의 지심좌표계(Geocentric coordinate system)로 표현함. 각 국가 간의 좌표에 관한 정보일치성을 고려하여 현재 범세계적으로 통용되고 있으며, 우리나라에서도 현재 군사용 표준으로 채택하여 1996년 7월 1일 이후부터 사용하고 있음.
-

1.5 기호의 정의

내용 없음

2. 조사 및 계획

2.1 조사 및 계획 일반

(1) 이 기준과 관련된 조사 및 계획 일반사항은 KDS 27 10 10(2.1)을 따른다.

2.2 조사

(1) 이 기준과 관련된 조사는 KDS 27 10 10(2.2)를 따른다.

2.3 계획

(1) 이 기준과 관련된 계획은 KDS 27 10 10(2.3)을 따른다.

3. 재료

3.1 재료 일반

내용 없음

3.2 재료 특성

내용 없음

3.3 품질 및 성능시험

내용 없음

4. 설계

4.1 설계방법의 선정

(1) 터널설계 시에는 지반의 거동특성과 지보재의 지보력이 상호 연합하여 일체로 거동하여 안정성이 유지될 수 있는 설계방법을 선정하여야 한다. 단, 지반의 거동특성상 지반의 지보능력 활용이 불가능할 경우에는 지반을 보강하거나 지보재가 지반하중을 모두 지지하도록 하는 설계방법을 채택하여야 한다.

(2) 암반분류 후 해당 등급에 적용할 표준적인 지보패턴과 굴착방법을 정하여 설계할 수 있다. 이 경우 유사암반 조건에서의 시공실적 또는 RMR 및 Q-시스템과 같은 방법에서 제안한 지보패턴을 참조하여 표준지보패턴을 정하는 것을 원칙으로 하며 현장조건에 따라 변경할 수 있다. 암반분류는 KDS 27 10 10(2.2.2), KDS 11 10 10(2.2)를 따르는 것을 표준으로 하며, 설계 및 시공조건을 고려하여 별도로 정하여 실시할 수 있다.

(3) 선정된 굴착계획, 굴착공법 및 지보패턴은 해석적인 방법으로 안정성을 검증하여야 하며, 안정성 검증은 작용하중, 지반공학적 특성치, 해석기법 및 경계조건과 같은 안정성에 영향을 미치는 요소에 대한 검토를 수행하여야 한다.

(4) 설계조건이 특수하거나 유사조건에서의 시공사례가 없는 경우에는, 예상되는 제반 문제를 검토한 후에 굴착방법, 굴착공법, 지보패턴 및 인버트 시공을 포함한 보조공법을 선정하고 해석적인 검증을 통하여 설계를 확정하여야 한다.

(5) 지보설계는 암반분류에 의한 표준지보패턴 설계를 원칙으로 하되, 단층대, 함수미고결층, 팽창성 지반, 석회암층 및 풍화되기 쉬운 암반과 같이 지반조건이 불량한 구간에는 별도의 지보패턴을 설계하여야 한다. 이때, 현장조사 결과에서 획득한 지반특성을 분석하고 기존 유사 적용사례와의 비교 검토 및 안정성 평가를 수행한 후 굴착공법, 굴진장, 지보재 보강량 및 보조공법을 조정하여야 한다.

4.2 설계내용의 변경

(1) 시공 시의 제반 여건이 설계 시의 조건과 상이한 경우에는 표 4.2-1의 주요 항목에 대해서 설

계내용을 변경할 수 있도록 하여야 한다.

표4.2-1설계내용의변경사항

주요항목	주요내용
지반의 재분류	·적용지반의 분류
설계단면 변경	·지보재 ·변형여유량 ·단면형상
적용지보패턴의 변경	·숏크리트 두께 ·숏크리트 재질 ·록볼트 길이 및 본수 ·강지보재 설치간격 및 규격
굴착공법의 변경	·벤치컷 공법 (코어(Core) 남김, 링컷 포함) ·선진도갱공법 ·기타 굴착단면 분할
보조공법 도입	·굴진면 안정화 대책 ·지반보강 대책 ·용출수 대책 ·지표면 침하 대책 ·근접 구조물 대책
단면의 폐합	·인버트 부분 콘크리트 타설(조기시공) ·인버트 부분 숏크리트 타설(가폐합) ·콘크리트라이닝 강성 증대 ·이중라이닝(임시라이닝)
터널 공법 변경	·개착터널공법으로 전환 ·토공구간으로 전환
기타	·상기 내용 외에 시공 시 제반 여건이 설계 시의 조건과 상이하여 변경이 요구되는 사항

4.3 터널 설계 일반

4.3.1 터널 설계 기본방향

(1) 터널 설계 시에는 터널 단면의 크기와 용도를 고려하여야 한다.

(2) 터널 설계 시에는 터널의 연장을 고려하여 기능과 목적에 적합하도록 설계하여야 한다.

(3) 터널 설계 시에는 지반조사를 실시하여 지반의 상태와 특성을 파악하고 이를 설계에 반영하여야 한다.

(4) 터널 설계 시에는 지반의 불확실성, 지반조사의 기술적 한계 및 지하공간에서의 제한적 작업특성이 고려되어야 한다.

(5) 안정성, 시공성, 내구성 및 경제성이 확보되고 유지관리가 편리한 시설이 되도록 터널을 설

계하는 것을 원칙으로 하되, 실제 시공조건이 설계 당시에 예측한 조건과 상이할 경우에 대비한 변경방법 및 조치사항이 포함되어야 한다. 이를 위하여 설계 시에 적용한 제반 적용자료, 분석결과 및 예측사항을 명확하게 제시하여야 한다.

(6) 터널 설계 시에는 조사 자료들을 근거로 하고 지반특성을 고려하여 터널 주변의 원지반이 보유하고 있는 지보능력을 최대한 활용할 수 있도록 터널 소요규격, 단면형상, 굴착공법, 지보재형식, 콘크리트라이닝, 터널 입구와 출구부, 방재시설, 부대시설 및 시공순서와 같은 항목을 계획하여야 한다.

(7) 터널 설계 시에는 안정성 확보를 우선으로 하되 지보재의 최적화를 도모하여야 하며, 이 경우 해석적인 방법 외에 설계 및 시공사례와 같은 경험적인 방법도 고려할 수 있다.

(8) 터널 설계 시에는 터널의 안정성을 확보하기 위하여 터널 구조물의 안전뿐만 아니라 주변 위험 영향도 최소화되도록 하여야 하며, 터널 주위에 유해한 영향이 예상되는 경우에는 대책을 강구하여야 한다.

(9) 터널 설계 시에는 환기, 조명 및 방재시설과 같은 제반설비 사항을 고려하여야 하며, 이들의 역할이 발휘되도록 터널을 설계하여야 한다.

(10) 사람이 이용하는 터널은 연장을 고려하여 방재대책을 설계에 반영하여야 하며, 방재대책 설계는 KDS 27 60 00을 따른다.

(11) 터널 굴착 시 원지반의 손상이나 여굴 발생이 최소화되도록 설계하여야 하며, 원지반의 손상이나 여굴이 발생되는 경우를 고려하여 처리방안을 제시하여야 한다.

(12) 계획 터널노선에 대해서 시공성을 고려한 경제성 분석을 실시하여야 한다.

(13) 터널이 신선한 경암반을 통과하는 경우에는 지하수 분포, 지보재와 콘크리트라이닝의 역할에 따라 콘크리트라이닝의 설치 또는 미설치 여부를 검토할 수 있다.

(14) KDS 27 60 00의 기준이 정하는 바에 따라 제반 안전성 분석 및 피난계획을 수립하고, 터널 내 부착물과 시설물에 대해서는 화재 시를 고려한 재료를 선정하도록 설계하여야 한다.

(15) 터널 설계 시에는 향후 운용 시의 유지관리에 필요한 사항을 고려하여야 한다.

4.3.2 본선터널 설계

(1) 터널 설계에 포함되어야 할 사항

① 평면 및 종단선형

② 굴착 대상지반의 분석 및 분류

③ 터널 단면의 형상

④ 굴착 공법 및 방법

⑤ 지보패턴 선정

⑥ 각종 지보재의 규격 및 시공순서도

⑦ 필요한 보조공법

⑧ 방수 및 배수 방법

⑨ 현장 타설 라이닝의 타설 시기 검토 및 시공도

⑩ 계측계획 및 수행방법

⑪ 갱구 및 갱문 계획

⑫ 환기, 조명, 방재 계획

⑬ 터널시공 및 운용에 따른 환경영향분석

⑭ 공사시방서

(2) 터널 내 부착물과 시설물은 화재 시를 대비하여 내화성능을 갖는 재료를 사용하여야 한다.

(3) 터널 공사용 자재는 산업표준화법에 의한 한국산업규격 표시품(KS 표시품) 또는 이와 동등 이상의 성능을 지닌 자재이어야 하며, 친환경상품 구매촉진에관한법률에 의한 친환경상품 또는 중소기업제품 구매촉진 및 판로지원에 관한 법률에 따른 우선구매대상 기술개발제품이 설계에 반영될 수 있는지 검토하여야 한다.

(4) 터널 설계 시에는 공사 중에 발생할 수 있는 침수, 붕괴 및 화재와 같은 비상상황에 대한 검토를 수행하고, 대책이 필요한 경우에는 비상 안전시스템의 적용을 검토하여야 한다.

(5) 지반침하 및 함몰 또는 지하 공동과 같은 위험요인에 대한 검토를 수행하고, 주변 구조물의 침하, 손상 및 변위가 예상되는 경우에는 터널의 사용성, 안정성, 경제성, 공사기간 및 환경조건을 고려한 대책공법을 검토하여야 한다.

(6) 병설터널의 순간격이 좁은 경우에는 지반조건, 터널의 상호위치 및 터널 크기와 같은 영향요소를 조사하여 상호간섭의 영향을 받는지를 검토하여야 하며, 상호간섭의 영향이 있다고 판단되는 경우에는 안정성 검토를 수행하고, 필요한 경우 대책을 수립하여야 한다.

(7) 기존 터널 또는 주변 지장물에 근접 시공되는 터널 설계 시에는 기존 시설물의 중요도 및 구조적인 특성을 고려하여 터널 굴착으로 인한 상호영향을 검토하여야 하며, 필요한 경우 대책공법을 검토하여야 한다.

(8) 철도용 터널은 터널 내 공기압 변동에 따른 인체에 미치는 영향과 미기압 출구부에서 발생하는 소음, 진동에 대한 민원대책을 검토하여 계획하여야 한다.

(9) 2아치 또는 3아치터널과 같은 멀티아치터널을 계획하는 경우에는 시공단계를 고려한 안정성 평가를 수행하여야 하며, 기둥 또는 벽체의 누수 방지대책 및 누수로 인한 노면결빙 방지대책을 수립하여야 한다.

4.4 연직갱 및 경사갱

4.4.1 연직갱 및 경사갱 설계 기본방향

(1) 연직갱 시공 시에는 특수한 작업기계를 사용하게 되므로 지형과 지반조건에 적합한 장비를 선정하여야 한다. 특히 지하수 유입에 대비하여 안정성과 시공성을 고려한 계획을 세워야 하며, 동절기에는 지표 부근의 누수로 인해 발생하는 고드름과 같은 낙하물에 대한 안전대책을 강구하여야 한다.

(2) 연직갱을 작업용으로만 활용하고 공사 완공 후 다른 목적으로 전용하지 않는 경우에는, 본선터널 및 지표에 영향을 미치지 않도록 보강, 폐쇄 또는 매립과 같은 처리방안을 제시하여야 한다.

(3) 경사갱의 설계 시에는 경사갱의 용도, 지반조건, 버력과 기자재의 반출입, 터널 내부설비, 측량, 시공, 유지보수 및 점검 시의 안정성을 고려하여 경사갱의 위치, 유효단면, 기울기, 수평부의 연장, 수평분기점의 위치 및 본 터널과의 교차각도 등에 대한 계획을 수립하여야 한다.

(4) 경사갱의 수평부 연장은 터널 내부설비 외에 측량의 정확성, 버력처리 설비 및 작업차량의 교체작업과 같은 시공 조건을 고려하여 계획하여야 한다.

(5) 경사갱과 본 터널과의 교차각도는 직각을 표준으로 하되 교차부의 안정성, 연결부의 구조, 시공성 및 차량의 회전반경과 같은 운행조건을 고려하여 별도로 정할 수 있다.

(6) 연직갱 및 경사갱의 위치는 용도, 지반조건, 지형조건, 유입 지하수, 연장 및 유지관리를 고려하여 경제적으로 유리한 장소에 선정하여야 한다. 유지관리가 필요한 연직갱의 경우에는 인력과 장비수송용 승강기를 연직갱 내에 설치하여야 하며, 깊이를 고려한 안전대책을 수립하여야 한다.

(7) 연직갱 및 경사갱을 작업용으로 사용하는 경우에는 본 터널과 연결되는 갱저설비의 배치, 측량, 완성 후의 처리 등을 고려하여 위치를 선정하여야 한다.

(8) 연직갱 및 경사갱을 환기, 배수 및 비상용 통로와 같은 운용설비로 사용하는 경우에는 향후 지하시설의 확장에 대비하여 위치를 선정하여야 하며, 배출되는 오염물질이 주변 환경에 미치는 영향을 검토하여야 한다.

(9) 연직갱 및 경사갱의 굴착대상 지반에 대수층이 있거나 유입 지하수가 많을 것으로 예상되는 경우에는 지하수위 저하, 지수 및 지반강화와 같은 보조공법을 계획하여야 한다.

(10) 철도터널의 경우 차량의 터널 진입 시 발생하는 공기압 증가 및 변화에 따른 이명감, 공기저항 증가, 터널 출구에서의 미기압파 등을 해소하기 위하여 연직갱 또는 경사갱을 설계할 경우에는 필요로 하는 조사 및 검토를 실시해야 한다.

(11) 본 절에 규정되지 않은 사항은 '4.3.1 터널 설계 기본방향', '4.3.2 본선터널 설계'를 따른다.

4.4.2 연직갱의 설계

(1) 연직갱의 단면은 용도에 따른 소요 내공단면, 시공방법, 연직갱 내에 설치될 모든 설비의 배치, 반입 기자재의 크기 및 지반조건과 같은 항목을 종합적으로 고려하여 크기와 형상을 정하여야 한다.

(2) 도로 및 철도터널의 환기, 방재용 연직갱은 터널 내의 소요 환기량과 방재기능을 확보할 수 있도록 KDS 27 60 00의 기준을 만족하는 단면으로 결정하여야 한다.

(3) 철도터널에서 공기압 저감과 이명감 해소를 위한 연직갱의 유효단면은 본선터널의 단면과 열차속도와 같은 영향요소를 고려하여 결정하여야 한다.

(4) 작업용 연직갱 단면은 케이지(Cage), 스킵(Skip)과 같은 버력처리설비와 배수관, 환기관, 급기관, 각종 배선류와 같은 공사중 설비 및 비상계단, 반입 기자재의 크기를 종합적으로 검토하여 결정하여야 한다.

(5) 지보설치 후의 연직갱 유효단면은 터널 공사를 경제적으로 수행하기 위해 시간당 버력, 인원, 소요 자재 운반량, 반입될 장비, 설비의 크기, 시간당 환기량, 각종 설비 및 지반조건을 고려하여 결정하여야 한다.

(6) 연직갱의 지보재 설계 시에는 지반조건, 함수대 유무, 단면형태, 심도, 시공법 및 현장타설 라이닝의 설치시기와 같은 조건을 고려하여야 하며, 내부작업을 안전하고 능률적으로 수행할 수 있도록 하여야 한다.

(7) 연직갱의 지보재 설계는 'KDS 27 30 00'을 따르는 것을 원칙으로 하며, 지반의 급격한 변화와 지하수의 유동성과 같은 조건을 감안하여 안전측으로 설계할 수 있다.

4.4.3 경사갱의 설계

(1) 경사갱의 기울기는 경사갱의 용도, 연장, 본선터널과의 위치 관계, 지반조건, 시공법, 공기, 운반방법의 특성, 환기방법 및 경제성과 같은 조건 검토를 통해 정하여야 하며, 버력반출용 경사갱의 경우에는 장비의 등판능력을 고려하여 계획하여야 한다.

(2) 경사갱의 기울기와 연장은 설치하는 설비의 반출입과 설치의 용이성 및 유지보수 점검 시의 안전성과 편의성을 고려하여 정하여야 한다.

(3) 경사갱 단면의 크기와 형태는 경사갱의 용도, 시공을 위한 운반설비, 작업용 통로 및 공사용 제설비의 배치와 같은 운용 조건을 종합적으로 고려하여 정하여야 한다.

(4) 작업용 경사갱 단면의 크기와 형태는 버력반출설비, 배수관, 환기관, 급기관, 각종 배선류 및 반입 기자재의 크기와 같은 시공조건을 종합적으로 검토하여 정하여야 한다.

(5) 배수관은 지하수의 유입 상태에 따라 증설이 필요할 수 있으므로 여유를 갖는 배수관 배치가 가능하도록 내공단면을 확보하여야 한다.

(6) 경사갱의 지보재는 시공법과 지반조건을 고려하여 굴착 후 지반의 자체 지보능력이 발휘될 수 있도록 설계하여야 한다.

(7) 경사갱의 지보재와 지보패턴은 수평터널의 경우에 준하여 설계하여야 하며, 경사갱의 특수성을 감안하여 수평터널의 지보재보다 안전측으로 설계할 수 있다.

4.5 갱구부

4.5.1 갱구부 설계 기본방향

(1) 갱구부는 일반적으로 갱문구조물 배면으로부터 터널길이 방향으로 터널직경의 1~2배 범위 또는 터널 천장부로부터 토피고 3~5 m에서 터널직경 1.5배의 토피고가 확보되는 범위까지로 정의한다. 단, 원지반 조건이 양호한 암반층이나 또는 붕적층 및 충적층과 같은 연약토사층에서는 별도의 구간을 갱구부 범위로 정의할 수 있다.

(2) 갱구부는 터널 본선부와 달리 지형, 기상, 입지조건 및 근접시설물과 같은 외적조건에 크게 영향을 받기 때문에 이를 고려하여 구조 및 시공법을 선정하여야 한다.

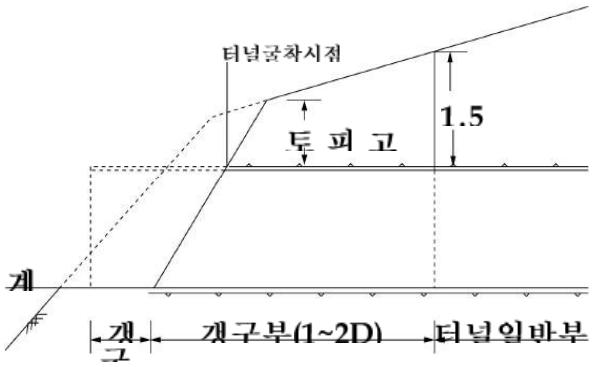


그림4.5-1갱구부의범위

4.5.2 갱구부 설계

(1) 갱구부 설계 시 고려사항

① 갱구의 위치 및 설치방법

② 갱구부의 범위

③ 갱구부의 굴착공법, 지보구조, 보조공법 및 콘크리트라이닝 구조

④ 갱구비탈면의 안정검토 및 필요한 비탈면 안정공법

⑤ 갱구비탈면의 지표수 및 지하수 배수 대책

⑥ 기상재해의 가능성 및 기상재해에 대비한 대책공법

⑦ 지표침하와 같이 갱구 주변의 구조물에 미치는 영향

(2) 터널 중심축선은 지형 경사면과 가급적 직교하도록 하여야 하며, 이 경우 경사면 하단보다 상부 지역에 갱구부가 계획될 때에는 공사용 진입로를 확보하도록 하여야 하고 인접 구조물과의 관계도 고려하여야 한다.

(3) 갱구부는 갱구부 깎기 최소화를 위하여 특수한 지형 및 지질조건을 제외하고는 갱구부 상단

토피 3~5 m 또는 암토피고 1~2 m 확보되는 지점에 갱구부를 형성하는 것을 표준으로 한다.

(4) 터널 중심축선이 지형 비탈면에 대하여 사각으로 진입하는 경우에는 비대칭의 깎기 비탈면이나 갱문이 형성되므로 횡방향 토피 확보 여부와 편압을 검토하여야 한다.

(5) 터널 중심축선과 지형 경사면이 평행한 경우는 가급적 피해야 하며, 골짜기 쪽의 토피가 극단적으로 얇아질 경우가 있으므로 전 구간에 걸쳐 편압에 대한 검토와 이에 대한 대책을 수립하여야 한다.

(6) 골짜기에는 지질구조대가 발달했을 가능성이 크고 지표수 유입과 지하수위가 높은 경우가 많으므로 터널 중심축선이 골짜기로 진입하여 갱구부가 계획되는 것은 최대한 피하여야 한다. 부득이한 경우에는 수리·수문학적인 검토를 하여 지표수와 갱문 배면의 침투수가 원활하게 배수처리 되도록 하여야 하며, 낙석, 산사태 및 눈사태와 같은 자연재해 발생가능성에 대한 대책을 수립하여야 한다.

(7) 갱구부는 깎기 비탈면의 안정과 자연지형 보존을 위하여 깎기를 최소화할 수 있는 위치에 선정하여야 하며, 갱구 위치별 깎기량에 대한 경제성, 시공성, 경관성 및 환경영향을 비교검토하여야 한다.

(8) 갱구부 설계 시에는 비탈면의 안정성, 지반의 지내력, 터널 중심축선과 비탈면의 관계, 갱구 비탈면 깎기 및 터널의 안정성을 검토하고 보강대책을 수립하여야 한다.

(9) 갱구비탈면의 기울기는 지반조건에 따라 적절히 선정하여야 하며, 필요시 비탈면 안정성 확보를 위하여 표면 보호공법과 활동 방지대책을 적용하여야 한다.

(10) 갱구부는 지반의 강도와 고결도가 낮은 경우가 많고 암반층에서도 균열 발달이 심한 경우가 많으므로 지반의 자체 지보력 확보를 위하여 보다 적극적인 보강공법을 적용하여야 하며, 동일 지반조건에서의 터널 일반부 보다 안전한 굴착공법과 지보패턴의 적용을 검토하여야 한다.

(11) 토피가 부족하거나 지반상태가 매우 불량하여 지반 자체의 지보력 형성이 어려울 것으로 예상되는 갱구부는 상재된 전토피 하중이 지보재로 작용하는지의 여부를 검토하여야 한다.

(12) 갱구부는 누수 또는 결빙과 같은 문제가 발생하기 쉽기 때문에 방수 및 배수 조치를 하여야 하며, 갱구부에 작용하는 하중과 기상조건에 따른 영향을 고려하여 콘크리트라이닝의 철근 보강 여부, 동상방지층, 제설 시스템 및 방설시설의 적용 여부를 검토하여야 한다.

(13) 갱구부에서는 지진영향에 대한 거동특성이 일반구간과는 다를 수 있으므로 지진하중에 의한 영향을 검토하여야 한다.

(14) 갱구부 시공 시 지반이완 및 비탈면 붕괴가 발생할 위험이 있는 경우에는 터널을 굴착하기 전에 낙석방지와 비탈면 안정대책을 수립하여 터널 굴착시 안정성을 확보하여야 한다.

(15) 터널 중심축선과 비탈면의 위치 관계에서 3차원 거동이 예상되거나 편압이 작용되는 경우에는 터널안정성 해석 시 이에 대한 검토를 하여야 하며, 안정성이 확보되지 않는 경우에는 압성토 또는 깎기를 적용하여 지반압의 균형을 맞추도록 하거나 불균형의 응력 발생에 대비한 보강대책을 제시하여야 한다.

(16) 갱구부는 지표부에 과다한 침하와 지표 함몰의 가능성이 있으므로, 지표부에 침하의 제한이 필요한 시설물이 있는 경우에는 대책공법을 검토하여야 한다.

(17) 터널 갱구부 주위에는 태풍과 같은 자연재해의 영향으로 쓰러지거나 가지가 끊어져 터널 사용에 지장을 줄 수 있는 수종은 식재하지 않도록 계획하여야 한다.

(18) 집중호우 시 터널 갱구부 비탈면으로 다량의 지표수가 직접 유입되지 않도록 비탈면 어깨부에 산마루 측구를 설치하고, 비탈면에는 식생공과 같은 비탈면 보호공을 계획하여야 한다. 비탈면의 지질이 불량한 경우에는 옹벽 또는 비탈면 보호블럭과 같은 영구시설물 설치를 고려하여야 한다.

(19) 갱구비탈면 설계 시에는 지형 및 지질조건, 주변 환경을 고려하여 비탈면 깎기 높이를 최소화하고 공사 후에는 가능한 한 원지형을 복원하도록 하여 자연환경훼손을 최소화하여야 한다.

(20) 환경친화적인 비탈면을 조성하기 위해서 인공적인 쌓기지반, 경사갱구, 지반보강과 같은 대책을 적용할 수 있다.

(21) 편압이 작용하거나 비탈면활동, 낙석, 토석류, 홍수, 눈사태 및 안개의 영향을 받을 수 있는 위치에 갱구부를 설치하여야 하는 경우에는 주변 환경을 최대한 보전하고 안정성을 확보할 수 있는 대책을 수립하여야 한다.

(22) 갱구 비탈면에 풍화, 동결융해 및 집중호우로 인한 비탈면붕괴 또는 균열에 의한 낙석이 발생하여 터널 운용 시 사고와 유지보수의 어려움이 예상될 경우에는, 지형조건을 고려한 갱문형식을 선정하고 안전시설을 계획하여야 한다.

4.6 갱문

4.6.1 갱문 설계 기본방향

(1) 갱문의 위치 선정 시에는 기상 및 자연재해에 의한 영향을 최소화 할 수 있도록 갱문 배면의 지형, 지반조건, 깎기 및 비탈면의 안정성과 같은 조건을 검토하여야 하며, 갱구부 주변의 유지관리시설과의 관계와 터널 외부의 구조물형식을 고려하여야 한다.

(2) 갱문은 비탈면에서의 낙석, 토사붕락 및 눈사태와 같은 재해 위험요인과 지표수 유입으로부터 갱구부를 보호할 수 있는 기능을 갖추어야 하고, 지반조건이 허용하는 한 최소 토피구간을 선정하여 자연환경 훼손을 최소화하여야 하며, 역학적으로 안정한 구조로 설계하여야 한다.

(3) 갱문의 외관과 형상은 터널의 사용 목적에 적합하고 주변 경관과의 조화를 위한 조경계획과 유지관리상의 편의를 고려하여 선정하여야 한다.

(4) 갱문의 형식 선정

① 갱문은 해빙기 또는 집중호우로 인한 비탈면붕괴, 균열에 의한 낙석, 눈사태 및 산사태로부터 이용자의 안전을 확보할 수 있는 형식을 선정하여야 한다.

② 면벽형은 중력식 및 날개식과 같은 형식으로 나눌 수 있으며 갱문 배면의 토압을 받는 옹벽구조로 설계하여야 한다.

③ 돌출형은 터널 본체와 동일한 내공단면이 터널 갱구부에 연속하여 지반으로부터 돌출한 형식으로서 그 형상에 따라 파라펫트식, 원통 깎기식, 벨마우스식과 같은 형식이 있으며 각 형식별 장·단점을 고려하여 설계하여야 한다.

4.6.2 갱문 설계

(1) 갱문의 구조설계 시에는 소요 하중 외에 지진, 온도 변화 및 콘크리트의 건조수축과 같은 영향요소를 고려하여야 하며, 갱문구조물의 기초안정성도 검토하여야 한다.

(2) 갱문구조물의 일부로서 터널과 연결된 복개식 터널구조물은 개착구조물로 간주하여 설계하여야 하며, 편압이 작용할 경우에는 이에 대한 영향을 고려하여야 한다.

(3) 갱문구조물과 본선터널의 접합부는 분리구조로 하고 적합한 조인트 설치를 계획하여야 하며, 재질이 서로 다른 두 종류의 방수막이 접합되는 경우에는 방수막 상호간 접합이 용이한 재료를 선정하여야 한다. 특히, 접합부에는 누수에 대비하여 구조물 횡방향을 따라 도수로를 설치하여 유도배수가 되도록 하여야 한다.

(4) 갱구부 개착구조물 설계 시에는 원지반의 특성을 감안하여 바닥 슬래브의 설치 여부를 검토하여야 한다.

(5) 갱문 상부에는 낙석방지 및 통행자의 안전을 위한 보호시설 및 안전시설을 설치하여야 한다.

(6) 도로터널의 갱문부는 운전자의 안전을 확보하기 위하여 현장 여건을 고려한 교통관리 안전시설과 차량방호 안전시설을 계획하여야 한다.

(7) 도로터널에서 토공부와 터널부의 횡단폭원이 변화하는 경우에는 운전자의 주행안전성을 확보하기 위하여 터널 갱문부의 길어깨 폭원의 점진적 변화구간 설정을 검토하여야 한다.

4.7 단면확폭부 및 접속부

4.7.1 단면확폭부 및 접속부 설계 기본방향

(1) 단면확폭부 및 접속부는 터널 용도에 따라 표 4.7-1과 같이 구분되며, 터널 일반부에 비하여 단면이 크고 복잡한 형상이므로 그 기능과 지반조건을 감안하여 터널과 주변 지반의 안정을 확보할 수 있도록 설계하여야 한다.

(2) 단면확폭부와 접속부는 지반조건이 양호한 구간에 설치하여야 하며, 지반조건이 불량한 구간에 위치하는 경우에는 설치 목적에 위배되지 않는 범위 내에서 위치 변경이 가능하도록 계획하여야 한다.

(3) 단면확폭부와 접속부는 기하학적 특성상 3차원 응력거동이 복잡하게 발생하는 구간이므로

터널과 주변 지반이 역학적으로 안정하고 경제적인 시공이 될 수 있도록 확폭부와 접속부의 형상, 시공 방법, 시공순서, 지보재, 현장타설 라이닝 및 보강공법과 같은 항목을 검토하여야 한다.

표 4.7-1 단면확폭부와 접속부의 구분

구 분	단면확폭부	접속부
도로터널	·비상주차대 구간 ·오르막 차로 설치구간 ·갱구부 확폭구간 ·2아치/3아치 터널구간	·피난연결통로 설치구간 ·환기용 터널 설치구간 ·연직갱 설치구간 ·경사갱 설치구간
철도터널	·분기기 설치구간 ·구난정거장 구간 ·단복선 변화구간 ·정거장 구간 ·신호장 구간	·변압기 설치구간 ·대형대피소 설치구간 ·환기용 및 대피용 터널 설치구간 ·연직갱 설치구간 ·단복선 연결구간 ·경사갱 설치구간
도시철도터널	·정거장 구간 ·유치선 구간 ·신호소 설치구간 ·단복선 변화구간	·단복선 연결구간 ·변전실 설치구간 ·대피용 터널 설치구간
기 타	·일반부보다 확폭된 단면이나, 터널 간 접속되는 구간	

4.7.2 단면확폭부 설계

(1) 단면확폭부는 안정성과 경제성을 고려한 터널 단면계획을 수립하여야 하며, 시공과정에서 단면의 형상이 여러 형태로 변화하므로 이를 감안하여 변화된 터널단면의 안정성을 확보하도록 계획하여야 한다.

(2) 단면확폭의 범위가 크지 않을 경우에는 지반조건을 파악하여 일반부의 지보패턴을 변경하는 것으로 단면확폭부 설계를 할 수 있으며, 이 경우 지보재 증가수량을 산정하여 설계에 반영하여야 한다.

(3) 단면확폭부의 시공순서 결정 시에는 확폭단면의 크기, 확폭단부의 공간처리, 지반조건 및 시공조건을 고려하여야 한다.

(4) 단면확폭부가 부득이하게 지반조건이 불량한 위치에 계획된 경우에는 별도의 상세한 지반조사를 실시하고 안정성을 검토하여야 한다.

4.7.3 접속부의 설계

(1) 접속부는 터널단면들이 여러 형태로 연결될 수 있으므로 이를 감안하여 접속된 터널단면들에 대하여 안정성을 검토하여야 한다.

(2) 접속부의 시공방법, 시공순서 및 시공 이격거리 결정 시에는 선행굴진 터널의 지보재 및 주

변 지반에 미치는 영향을 고려하여야 한다.

(3) 접속부에는 터널의 크기와 지반조건에 적합한 필러(Pillar)를 유지하도록 하여야 한다.

(4) 접속부의 안정성을 확보할 수 있는 필러 폭 확보가 곤란하거나 지반조건이 불량한 경우에는 강성이 큰 지보재로 필러를 보강하거나 단면확폭부를 이용한 분기를 적용할 수 있다.

(5) 접속부의 구조와 형상은 안정성이 확보되도록 계획하여야 하며, 부득이하게 지반조건이 불량한 위치에 계획되거나 형상이 특수한 경우에는, 별도의 상세한 지반조사를 실시하고 안정성을 검토하여야 한다.

(6) 접속부의 보강범위는 접속각도 90°인 경우, 접속터널은 접속터널 최대폭(d:접속터널 굴착높이나 굴착폭 중 큰 값)의 1d, 본선터널은 본선터널 최대폭(D:본선터널 굴착높이나 굴착폭 중 큰 값)의 1D를 표준으로 하는 것을 원칙으로 하되 상세검토를 통하여 보강범위를 별도로 선정할 수 있다. 기타 접속각도의 경우에는 지반의 상태 및 터널단면의 크기를 고려하여 보강범위를 선정하여야 한다.

4.8 침매터널

4.8.1 침매터널 설계 기본방향

(1) 침매터널 설계 시에는 수심, 항로, 해상(수상)조건, 지반조건과 같은 현장 여건을 고려하여야 한다.

(2) 침매터널 설계 시에는 준설, 기초 조성, 침매함 설치, 되메우기, 제작장 부지 및 규모, 시공장비와 같은 시공조건을 고려하여야 한다.

4.8.2 침매터널 설계

(1) 침매함을 안전한 구조로 계획하기 위한 고려사항

① 수밀성

② 콘크리트의 균열

③ 예항 시의 안전

④ 침설과정에서의 하중

(2) 침매함의 구조 안전성 확보를 위한 검토사항

① 완성 및 시공 시에 작용하는 하중

② 시공성

③ 침설 후 부력에 의한 함체의 부양

④ 환기 및 방재 기능

⑤ 병설되는 기능

(3) 화재로 인해 침매터널의 붕괴・붕락이 우려되거나 구조적 기능의 복원이 어려울 것으로 예상되는 경우에는 KDS 27 10 10(2.3.16)에 따라 내화설계를 하여야 한다.

집필위원

성명	소속	성명	소속
이석원	건국대학교	이용준	㈜포스리젠

국가건설기준센터 및 건설기준위원회

성명	소속	성명	소속
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

성명	소속	성명	소속
김상철	㈜삼안	문인기	엠플러스이엔씨(주)
김성수	한국토지주택공사	신중호	한국지질자원연구원
김영근	㈜건화	정평기	㈜화인씨이엠테크
류은영	㈜태암엔지니어링		

소관부처

성명	소속	성명	소속
양희관	국토교통부 도로건설과	최영록	국토교통부 도로건설과
김로타	국토교통부 도로건설과		

(분야별 가나다순)

KDS 27 10 05 : 2023

터널 설계 개요

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

KDS 27 10 10 : 2023

터널 조사 및 계획

2023년 9월 12일 개정
http://www.kcsc.re.kr

KC CODE

국토교통부

건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

이 기준은 발간시점부터 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	주요내용	제정또는개정 (년.월)
터널공사표준시방서 및 동해설	• 산악지대에 건설되는 터널공사의 조사, 설계, 시공관련 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)
터널설계기준	• 터널설계기준과 터널표준시방서 분리, 개편, 보완	제정 (1999.9)
터널설계기준	• 관련법, 기준, 지침과의 연계성 확보 • 향상된 국내 터널기술 수준 반영 및 현안문제 개선 • 내진설계기준 보완, 터널공사의 안전성 제고 • 국제적 추세에 맞춘 기계화 시공 및 환경 친화적 설계 개선	개정 (2007.11)
KDS 27 10 05 : 2016	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비	제정 (2016.6)
KDS 27 10 05 : 2023	• 국가건설기준 코드 작성 지침에 따라 정비	개정 (2023.8)

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 고시 일을 기준으로 매 3년이 되는 시점마다 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 하여야 한다.

목 차

1. 일반사항 ····· 1
1.1 목적 ····· 1
1.2 적용 범위 ····· 1
1.3 참고 기준 ····· 1
1.3.1 관련 법규 ····· 1
1.3.2 관련 기준 ····· 1
1.4 용어의 정의 ····· 1
1.5 기호의 정의 ····· 1
2. 조사 및 계획 ····· 1
2.1 조사 및 계획 일반 ····· 1
2.2 조사 ····· 2
2.3 계획 ····· 13
3. 재료 ····· 20
3.1 재료 일반 ····· 20
3.2 재료 특성 ····· 20
3.3 품질 및 성능시험 ····· 20
4. 설계 ····· 20

1. 일반사항

1.1 목적

(1) 이 기준의 목적은 터널설계를 위한 조사 및 계획의 기준을 제시하는 것이다.

1.2 적용 범위

(1) 이 기준은 터널설계를 위한 조사 및 계획에 적용한다.

(2) 이 기준은 터널설계를 위한 입지환경조사, 지반조사 및 시공 중 조사를 다룬다.

(3) 이 기준은 터널설계를 위한 평면선형, 종단선형, 내공단면, 부속설비, 계측, 갱구부와 작업구, 방수형식, 환기, 방재설비, 환경보전, 유지관리, TBM 터널, 개착터널 및 침매터널 계획을 다룬다.

1.3 참고 기준

1.3.1 관련 법규

(1) 이 기준의 관련 법규는 KDS 27 10 05(1.3.1)을 따른다.

1.3.2 관련 기준

(1) 이 기준의 관련 기준은 KDS 27 10 05(1.3.2)를 따른다.

1.4 용어의 정의

(1) 이 기준의 용어정의는 KDS 27 10 05(1.4)을 따른다.

1.5 기호의 정의

내용 없음

2. 조사 및 계획

2.1 조사 및 계획 일반

(1) 조사는 터널의 노선 선정, 설계, 시공, 설계변경, 보상 및 완공 후의 유지관리에 영향을 미치는 사항이므로 관련 기초자료를 얻을 수 있도록 실시하여야 한다.

(2) 터널의 목적 및 규모에 따라 건설 단계별로 지형, 지질, 환경에 대한 체계적인 조사를 실시하여야 한다.

(3) 터널의 목적, 규모 및 위치를 고려하여 조사의 항목, 내용, 순서, 방법, 범위, 정도, 수량 및 기

간을 결정하여야 하며, 터널의 설계 및 시공 시의 활용을 고려하여 조사 성과를 정리하여야 한다.

(4) 터널은 설계 시의 조사 결과만으로 지반조건, 지질조건 및 지하수조건을 정확하게 파악하기 어려우므로 시공 중 조사를 실시하여야 한다. 또한 계획 및 설계 단계에서 적용한 지반분류 기준이 시공 중 조사에도 일관성 있게 적용되도록 하여야 한다.

(5) 조사의 구분과 포함 사항

① 입지환경조사는 터널의 건설에 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 보상에 대하여 공사를 규제하는 법규조사를 포함하여야 한다.

② 지반조사는 터널 굴착으로 인한 터널 자체의 안정과 주변의 영향을 파악하기 위하여 지형, 지질, 지반, 수리특성에 관한 조사를 실시하여야 한다.

③ 시공 중 조사는 조사 결과에서 나타난 지반의 문제점과 설계 당시의 사회적 제약 또는 민원 발생으로 실시하지 못한 조사와 시공 중 발생한 문제점에 대하여 추가조사를 실시하여야 한다.

(6) 터널계획은 종합국토개발계획과 도시계획의 지역 여건, 지형 상태, 지반조건, 토지이용 현황 및 장래 전망에 관한 사전조사 성과를 기초로 하여 수립하여야 한다.

(7) 터널계획은 터널 입구부와 출구부에 연결되는 도로 또는 철도와 같은 시설물을 포함하는 종합적인 검토를 통하여 수립하여야 한다.

(8) 터널계획은 공사 중은 물론 유지관리 시에도 주변 환경에 유해한 영향을 미치지 않도록 하여야 하고, 친환경적인 계획을 수립하여야 하며, 건설폐기물의 저감, 재활용, 적정한 처리 및 처분에 대한 계획을 수립하여야 한다.

(9) 터널의 단면계획은 터널 내 부속설비와의 연관성을 고려하여야 한다.

2.2 조사

2.2.1 입지환경조사

(1) 지형 조사 시 고려 사항

① 터널건설에 영향을 미치거나 터널공사로 영향을 받을 수 있는 지형은 지형도나 항공사진 및 인공위성사진 등을 이용하여 분석하고 현장답사를 통하여 조사하여야 한다.

② 급경사, 편토압, 애추(Talus), 붕괴지, 계곡 및 매몰된 수로 등 불안정한 지형이나 산사태, 눈사태 및 홍수 등 재해가 예상되는 지형에 대하여 자료조사, 현장답사, 측량 및 지반조사 등을 병행함으로써 지형 현황과 특성을 파악하고 터널건설에 미치는 영향을 분석하여야

한다.

(2) 환경 조사 시 고려 사항

①환경조사는 기본계획 및 노선 선정 단계에서 실시하는 광역 환경조사와 설계 단계에서 수행하는 터널주변 환경조사로 구분하여 실시하여야 한다.

②터널 시공과 운용으로 인한 자연과 사회 환경에 미치는 영향을 최소화하기 위하여 광범위하게 실시하여야 하는 광역 환경조사 시 포함 사항

가. 수리·수문: 지형 및 하곡의 성상, 하천유량, 지하수위, 물이용 상황, 지하수에 영향을 미치는 타공사의 유무, 대수층의 존재 여부
나. 기상: 기온, 강우, 강설, 바람 등의 영향, 눈보라와 돌풍의 발생빈도 및 현황
다. 재해: 산사태, 눈사태, 붕괴, 지진, 홍수 등의 발생지 및 피해 정도
라. 토지: 토지이용 현황, 주요 구조물, 법에 의한 용도구분의 범위
마. 교통: 기존 철도, 도로의 규격, 구조, 수송력 등
바. 공공 시설물: 학교, 병원, 요양소, 자연공원 등의 공공 시설물의 위치 및 규모
사. 문화재: 사적, 문화재, 천연기념물 등의 위치, 규모 및 법지정 현황
아. 지하자원: 권리설정 현황, 광산 현황 및 광물의 부존 상태 등
자. 광산개발: 광산의 갱도나 폐갱도와 지하공동의 위치 및 규모
차. 동식물상: 주변 동식물의 현황 및 분포와 천연기념물 등 법적 보호종의 현황조사
카. 기타: 경관, 지역 개발계획 등

③터널건설로 인하여 발생되는 터널주변 환경의 변화 예측과 환경보전대책의 수립을 위하여 실시하는 터널주변 환경조사 시 포함 사항

가. 물이용 현황: 지표수 및 지하수의 수질·수원 현황, 탁수 발생가능성이 있는 인접공사, 유로 및 수위 변화가능성
나. 소음 및 진동: 소음, 진동, 지형, 지질, 토지이용 현황
다. 지반 침하 및 변형: 도로, 철도, 도시철도, 건물, 구조물, 지하매설물, 폐광, 토지이용 현황, 지형 및 지질, 인접공사 현황
라. 지반과 구조물의 변형: 건물·구조물의 상태, 지형 및 지질, 토지이용 현황, 구조물의 변형발생 가능성이 있는 인접공사
마. 수질오염: 하천, 배수, 수로, 법규제의 상태
바. 대기오염: 대기 중의 유해물, 기상 현황
사. 교통장애: 구조, 교통량 혼잡 상태, 도로관리자, 도로주변의 환경 등
아. 동식물상: 동식물의 현황 및 분포와 천연기념물 등 법적 보호종의 현황조사

(3) 지장물 조사 시 고려 사항

①지장물조사는 터널 건설에 직접 지장이 있거나 영향범위에 있는 지상과 지하의 제 물건을

조사하는 것으로서 터널 노선선정과 공사시공계획에 필요한 자료를 얻기 위하여 공사 시공 전의 계획단계에서 먼저 개략조사를 하고, 그 후 공사 실시단계에서 필요에 따라 정밀조사를 한다.

② 터널공사 전에 지역 내에 기 설치되어 있는 상·하수도, 송유관, 통신·전력 케이블, 도시가스관, 지하통로, 인접터널 등 지하지장물의 종류, 평면상 위치, 심도, 크기, 설치연도, 구조물의 정밀안전점검과 정밀안전진단자료 등의 상세한 규모와 상태를 파악하여 안전한 시공이 될 수 있도록 하여야 한다.

③ 터널 굴착으로 인하여 영향을 받을 수 있는 주변 건물, 교량 및 기타 구조물 등 지상지장물의 종류, 용도, 특징 및 상태 등을 조사하여 터널굴착으로 인한 영향 검토 시 자료로 활용해야 한다.

④ 지장물 조사 결과는 시공 중 지장물 보호를 위해 활용하여야 한다.

(4) 사토장 조사 시 고려 사항

① 공사 중에 발생하는 버력을 처리하기 위하여 사토장이 필요할 때에는 지형, 운반방법, 운반거리, 운반도로의 교통규제, 교통안전 등의 운반조건, 사토장이 주변 환경에 미치는 영향, 사토 후의 토지의 형태 변화, 법규에 의한 규제 등에 대하여 사전에 조사하여야 한다.

② 사토를 위한 용지취득 및 사토에 따른 보상에 대해 조사해야 한다.

③ 대규모 사토장을 계획할 경우에는 사토장의 활용계획에 대하여 검토해야 한다.

④ 사토장은 운반이 용이하고 다량의 사토가 가능한 곳을 검토하여야 한다.

⑤ 발생 반출물은 골재와 쌓기재료로의 유용 등을 검토하여 사토량을 최대한 줄이도록 노력하여야 한다.

⑥ 터널굴착으로 인하여 다량의 사토가 발생할 경우에는 가급적 노선 내에 사토하도록 한다. 산악지대의 경우에는 갱구부근과 비교적 안정된 계곡부분에 대량 쌓기를 계획하는 것이 바람직하며, 산사태나 붕괴가 발생되지 않도록 사전 대책을 검토하여야 한다.

⑦ 사토장의 계획 시 사토에 따른 지반의 안정성, 토사 유출, 유해광물에 의한 환경오염 방지에 관한 조사를 실시하여야 한다.

(5) 수문 조사 시 고려 사항

① 터널 내의 용출수는 지반의 성질을 악화시켜 굴착작업에 영향을 주며, 막장붕괴와 토압증대의 원인이 되기 때문에 터널에 있어서의 수문조사는 막장의 자립성, 터널 내 용출수의 형태와 규모, 감·갈수의 영향범위와 규모, 배수구나 양수시설의 계획, 설계의 평가와 검토를 가능하게 자료를 제공하도록 하여야 한다.

② 수리지질, 수문환경, 사례조사결과에 따라 지하수위의 분포, 대수층 특성, 터널 내의 용출수상태와 용출수량에 대하여 예측하고 대상지역의 지하수정보를 평가하여 사전조사와 비

교 검토하여야 한다.

③ 단층대와 같은 파쇄대는 대수층을 형성하므로 이 구간을 굴착하는 경우 고압용출수가 돌출하는 사고가 발생되기도 하며, 집중 용출수는 막장으로부터의 대규모 토사유출, 지표침하 및 함몰의 원인이 되기 때문에 파쇄대의 특성과 분포, 용출수에 대한 예측을 하여야 한다.

④ 시공 중의 조사사항 중 터널 완성 후에도 보상과 관련하여 계속 조사가 요구되는 대상도 있으므로 이를 고려하여야 한다.

⑤ 지반이 연약한 경우에는 굴착 중의 용출수 방지를 위하여 광범위하고 정밀한 사전조사를 실시하고 상황을 파악하여야 한다. 용출수에 의한 감수나 갈수를 사전에 정확히 예측하는 것은 불가능하므로, 시공을 통하여 터널 내의 용출수와 지표의 갈수를 파악하고 설계변경, 시공관리 및 보상을 위한 자료를 얻도록 하여야 한다.

⑥ 터널공사로 인하여 갈수가 예상되는 우물, 저수지, 용천, 하천 등에 대하여서는 그 분포, 수량의 계절적 변화, 이용 상황 등을 조사하여 갈수대책의 자료로 이용하여야 한다.

(6) 터널입구설비, 환기 · 집진 설비, 운반설비, 골재 · 콘크리트 플랜트설비, 수 · 배전설비, 용 · 배수설비, 임시건물설비와 같은 공사용 설비의 계획에 필요한 자료를 얻기 위하여 포함하여야 하는 공사용 설비 조사 항목

① 지형, 지질 및 기상: 설비기능 저해 혹은 위험가능성이 있는 지형, 지질 및 기상

② 주변 환경: 주변 환경에 영향을 미치는 공사용설비의 소음, 진동, 배수, 교통, 분진

③ 전력의 사용: 기존 송배전선의 용량, 주파수, 전압, 수변전의 난이, 수전까지의 소요 시간, 개략산출비용, 발전설비의 동력원, 공사용 장비운용 시의 소요 전력량, 발전설비의 동력원, 공사용 장비운용 시의 소요 전력량

④ 화약고 설치계획: 화약에 관한 법률이나 지방자치단체 조례 등

⑤ 용수와 배수: 컴프레서(Compressor) 용수, 콘크리트 혼합용수, 기타 잡용수의 취수조건, 터널시공에 수반한 용출수의 처리, 세척수의 방류조건

⑥ 자재와 버력 운반: 기계의 반출입, 버력운반에 필요한 공사용 도로, 궤도의 규격, 교통량, 교통규제의 현황 및 주변 도로이용 현황

⑦ 노무자재: 터널 외부설비에 관계되는 콘크리트용 골재, 굳지 않은 콘크리트, 기타 자재의 공급경로, 공급사정의 현황 및 관리방법, 노무사정의 현황

⑧ 법규, 기타에 의한 규제: 인접지역의 공사 유무

(7) 보상 조사 시 고려 사항

① 공사에 필요한 용지취득과 공사에 따른 권리의 취득, 제한, 소멸 등 보상대상 사항에 대하

여 조사를 하여야 한다.

②터널 공사에 있어서의 보상에 관한 조사로서 용지취득 또는 임차를 위한 토지, 건물, 수목에 관한 조사와 지상권, 지하권, 수리권, 온천권, 어업권, 광업권, 채석권과 같은 각종 권리의 침해, 농림수익의 감소, 영업손실, 공사 중 또는 공사완료 후의 공사로 인한 침하, 갈수에 관한 조사가 있다. 이들의 보상을 위한 명확한 자료를 얻기 위하여 착공 전의 제반사항에 대하여 조사를 하여야 한다.

(8) 관계법규 조사 시 고려 사항

①터널 건설에 있어서 법규에 의한 규제를 받는 경우가 있으며 경우에 따라서는 부득이 계획을 변경하여야 하는 경우도 있으므로 미리 공사에 미치는 영향의 범위, 공사에 대한 규제의 정도, 수속 및 대책에 관하여 조사하여야 한다.

②관계기관에 대한 제반 수속, 인・허가 및 승인에는 상당한 시일이 필요한 경우가 있으므로 이점을 고려하여야 한다.

2.2.2 지반조사

(1) 지반조사 기준은 KDS 11 10 10을 따르며 필요시 별도로 정하여 실시할 수 있다.

(2) 예비조사, 본조사, 추가조사 및 시공 중 조사로 구분되는 지반조사 시 고려사항

①예비조사는 계획 단계에서 부지나 노선 또는 구조물의 위치 선정을 위하여 실시하는 조사로서 넓은 범위를 대상으로 수행하며, 기존 자료조사, 인공위성사진 분석, 항공사진 판독 및 분석, 현장답사 등을 통해 개략적인 지반특성을 파악할 수 있도록 수행하며 필요시에는 시추조사도 시행해야 한다.

②본 조사는 기본설계 단계에서의 개략조사와 실시설계 단계에서의 정밀조사로 구분되며 부지나 노선 또는 구조물의 위치가 결정된 후 지층의 분포, 지질구조, 공학적인 특성 등 설계정수를 파악하기 위하여 수행하는 조사로서 지표지질조사, 지구물리탐사, 시추조사, 현장시험, 실내시험 등을 포함하며, 터널현황 등을 고려하여 조사 및 시험의 진행방법이나 중점조사사항을 다르게 할 수 있다.

③추가조사는 예비 조사와 본 조사 후에도 구조물 설계를 위한 추가의 자료가 필요시에 구조물이 위치하는 지역에 대한 흙과 암의 공학적 성질과 지하수위에 대해서 실시하여야 한다.

④설계단계에서 민원 등 제반 여건으로 인하여 수행하지 못하였으나, 꼭 필요하거나 시공 중에 가능할 것으로 판단되는 조사는 시공 중에 시행할 수 있도록 설계도서에 조사항목과 목적을 명시하고 예산을 확보하여야 한다.

⑥유지관리 시 터널의 주변 환경 변화로 구조물의 안정에 문제가 발생할 것으로 예상될 경우에 대비한 지반조사를 시행해야 한다.

⑦조사와 시험은 목적에 따라 수행하되, 조사결과가 당초 예상한 바와 상이할 경우에는 조사

계획을 변경하거나 조사를 추가로 시행하여야 한다.

⑧터널 설계단계의 지반조사 시에는 지반침하 또는 지반함몰로 발달할 수 있는 공동의 유무, 깊이, 규모 및 발생 가능성을 사전에 파악하기 위한 조사를 실시할 수 있다.

⑨도심지터널 계획 시에는 터널 시공에 의해 영향을 받을 수 있는 범위를 선정하고 이 범위에 포함되는 근접구조물과 지하매설물에 대해서는 지층상태를 상세히 파악하기 위한 지반조사를 수행할 수 있다.

(3) 기존자료조사

①기존자료를 세밀히 조사 분석하여 사업계획지역의 지형·지질조건 등을 개략적으로 파악하여 원활한 현지답사계획을 준비하고, 후속 조사계획을 수립하는데 참고한다.

②지질도는 1/50,000 축척 또는 1/250,000 축척을 활용하여 조사 전에 지질정보를 얻도록 하여야 한다.

③자료조사는 지형도, 지질도, 지하수개발현황, 지하매설물도, 기존 구조물 도면, 터널주변 지역의 재해이력과 같은 자료를 수집하여 지형과 지반 및 입지여건과 관련된 사항을 파악할 수 있도록 하여야 한다.

(4) 현장답사

①현장답사 시 조사하여야 할 주요 내용은 지형, 지질구조, 지표수 및 지하수, 인근 구조물 유지 상태, 지하매설물, 조사위치, 장비 이동통로이며, 필요시에는 삽 또는 핸드오거(Hand auger)와 같은 간단한 조사장비를 이용하여 지역 전반에 걸쳐 개략적인 지반조건을 조사하고 시추계획에 반영하여야 한다.

②현장답사 시 주요 조사항목

가. 지형변화: 옛 제방흔적과 범위 및 수로, 철도, 쌓기 매립 등의 토공 흔적이나 상태, 산사태지형을 표시하는 지역에서는 그 활동 흔적이나 범위
나. 지표수 및 지하수: 용출수, 우물의 수위와 그의 계절적 변동, 피압지하수의 유무, 호우, 강설 시 등의 저수, 배수의 상태
다. 인근 구조물 유지상태: 도로 및 철도의 제방, 교대 및 교각, 기타 중요 구조물의 침하균열이나 경사도, 굴곡 등의 변상 유무
라. 지하 매설물: 상하수도, 가스관, 통신 및 전력케이블, 지하철, 지하도, 공사현장이 부근에 있는 경우는 그 영향의 정도 및 기초심도 등
마. 수송로: 트럭, 중차량의 출입제한 유무, 교통상황, 소음, 진동, 공해 등
바. 조사위치 및 장비 이동통로: 지반조사 항목별 조사실시위치와 대형장비의 이동 가능한 경로 등

(5) 지표지질조사

① 지표 지질조사는 지형, 토질, 지질구조, 암상과 지층, 지하수 등의 종류, 분포 및 상태 등을 파악하여 기 실시된 조사의 보완자료로 활용할 수 있도록 수행하여야 한다.

② 일반적으로 지표지질조사를 목적으로 하는 항공사진 판독은 1/10,000 이상의 축적으로 촬영된 항공사진의 이용을 원칙으로 하며, 인공위성 사진인 경우에는 별도의 제한이 없다.

③ 지표지질조사에 이용되는 지형도의 축척은 1/5,000을 기본지형도로 함을 원칙으로 하되, 지질분포의 복잡성에 따라 축척은 조정하여 사용할 수 있다.

④ 지표지질조사는 터널공사에 제한조건으로 작용하는 층리, 절리, 습곡, 단층 및 파쇄대와 같은 지질구조, 지표에서 관찰되는 공동, 암종분포와 같은 지질특성을 파악하고 필요시 물리탐사 결과와 비교분석하여 큰 축척의 지질도를 일차적으로 작성한 후 본조사의 효율적 계획 수립에 반영하여야 한다.

⑤ 일차적으로 작성된 지질도는 본조사의 시추조사, 시험 결과 및 물리탐사 결과와 비교분석하여 지질구조의 조사결과를 보완하고 표층지반, 암질, 지하공동, 암종경계, 지하수의 조사내용을 표시한 지질평면도와 지질종단면도를 최종적으로 작성하여 터널설계에 반영하여야 한다.

(6) 시추조사

① 터널시공 구간 내의 지층 구성과 지하수위를 파악하고 시료를 채취하며 현장시험을 수행하기 위하여 시추조사를 실시하여야 한다.

② 시추조사 위치는 지장물 매설도 확인과 유관기관과 협의를 거쳐 인력터파기나 탐사방법을 이용하여 지하매설물의 유무를 확인한 후 선정하여야 하며, 시추공이 터널을 직접 관통하지 않도록 위치를 계획하여야 한다.

③ 시추조사는 NX 규격 이중 코아배럴(Core barrel) 사용을 원칙으로 하며, 대심도 시추 시에는 NQ 규격도 사용할 수 있다. 또한 풍화대, 파쇄대, 자갈 및 호박돌층에서는 코아의 회수율을 높이고 원상태의 시료를 채취하기 위하여 삼중 코아배럴이나 D-3 샘플러를 사용할 수 있다.

④ 시추공 내 횡방향 재하시험, 현장투수시험, 간극수압 측정을 수행할 경우 시추공의 크기는 NX 이상이어야 한다.

⑤ 시추는 연직으로 실시하는 것을 원칙으로 하되 조사목적과 현장조건을 고려하여 최대한의 지반정보를 얻기 위하여 경사시추 또는 수평시추를 실시할 수 있다. 경사시추는 기반암에 발달한 절리, 단층, 공동 분포상태를 확인하기 위하여 실시하거나 토층이나 기반암층에 앵커를 설치할 경우에 실시할 수 있다.

⑥ 터널 갱구부와 저토피 구간에서는 시추조사와 물리탐사 등을 시행하여 지층 변화를 상세히 파악하여야 한다.

⑦ 도심지터널의 경우 시추조사와 물리탐사를 시행하여 지반침하, 지반함몰 또는 공동발생 여부를 검토하여야 한다.

⑧ 시추간격은 KDS 11 10 10(2.1.2)를 따르며 도심지와 산악으로 구분하여 시추를 수행한다. 산악지역에서는 토피, 지형조건 또는 장비의 접근성을 고려하여 시추간격을 증감시킬 수 있다.

⑨ 시추심도는 KDS 11 10 10(2.1.2)를 따르며 도심지와 산악으로 구분하여 수행한다. 공동 확인과 같은 특정한 목적이 있는 경우, 물리탐사 기법으로 파쇄대와 연약대의 존재를 확인한 경우 또는 보다 깊은 심도의 지층상태 확인이 필요한 경우에는 시추심도를 필요한 깊이까지 증가시킬 수 있다.

⑩ 시추공의 위치는 KDS 11 10 10 (2.1.2)를 따르며, 터널 노선대에 대하여 지반조건 파악이 가능하도록 취약구간을 포함한 시추조사 계획을 수립하여야 한다.

⑪ 시추조사를 위한 접근이 곤란한 산악지형에서는 시추공 간격을 조정할 수 있으며 항공 또는 위성 사진 판독과 탄성파 탐사 및 전기비저항 탐사와 같은 물리탐사를 실시하고 그 결과를 토대로 지반조건이 불량한 구간에는 시공 중 수평시추조사를 계획하여야 한다. 접근 가능한 갱구부에서는 KDS 11 10 10 (2.1.2)에서 제시한 개소만큼의 시추조사를 실시하여야 한다.

(7) 시험터널조사

① 시험터널조사는 KDS 11 10 10(2.1.2)을 따른다.

(8) 물리탐사

① 물리탐사는 KDS 11 10 10(2.1.2)을 따른다.

(9) 물리검층

① 물리검층은 KDS 11 10 10(2.1.2)를 따른다.

(10) 하·해저터널의 지반조사

① 조수간만의 차이가 있는 경우에는 지반조사의 품질 향상과 조사작업의 안전을 고려하여 조사장비와 자재를 선정하여야 한다.

② 시추위치를 확인할 때 특별한 언급이 없을 경우는 DGPS를 이용하여야 한다.

③ 해상지층탐사는 고정밀 분해능을 갖는 탄성파 탐사장비를 탑재한 조사선을 이용하여 등심선에 직각으로 실시하는 것을 원칙으로 하며, 탐사의 원점은 WGS(World Geodetic System)-84와 같은 국제공용 좌표계로 하여야 한다.

④ 물리탐사 시 측점간격은 퇴적층과 기반암의 경계를 명확히 구분할 수 있도록 설정하여야 하며, 탐사성과 기재 시 암반의 심도는 기본수준면 하의 깊이(수심+퇴적층 두께)로 표기하

여야 한다.

2.2.3 시험

(1) 현장시험 시 고려 사항

① 현장시험은 KDS 11 10 10(2.1.2)를 따른다.

②시험항목과 빈도는 공사의 특성, 현장 여건과 같은 제반사항을 감안하여 목적에 적합한 시험방법을 선정하여야 한다.

③ 초기응력 및 측압계수 측정을 위한 수압파쇄시험 등을 실시할 수 있다.

④ 퇴적층이나 대수층 지반의 경우 터널굴착으로 인한 지하수 거동 평가에 필요한 저류계수 등 지반의 수리상수 측정을 위한 양수시험 등을 실시할 수 있다.

(2) 실내시험 시 고려 사항

① 실내시험은 KDS 11 10 10(2.1.2)를 따른다.

② 터널굴착 시 조우하게 될 단층파쇄대의 팽창성 거동과 노반융기 가능성을 평가하기 위해 X선회절분석 및 주사전자 현미경 분석 등의 점토광물함량시험을 실시할 수 있다.

2.2.4 지반동적특성 조사

(1) 지반동적특성 조사는 KDS 11 10 10(2.1.2)을 따른다.

2.2.5 시공 중 조사

(1) 시공 중 조사는 KCS 11 10 10을 따른다.

(2) 시공 중 조사는 설계단계에서 민원과 같은 부득이한 이유나 기술적 한계로 인하여 조사가 시행되지 못한 경우 또는 시공 중 지반 변화가 예상되어 추가조사가 필요한 경우에 실시하여야 한다. 또한 현장 여건을 고려하여 필요한 지반정보가 얻어질 수 있도록 조사항목을 선정하여야 한다.

(3) 시공 중 조사의 목적은 막장면(굴진면) 전방과 막장면(굴진면) 주변의 지반상태를 파악하는데 있으며, 시공 중 관찰되는 노출된 지반상태를 분석하여 예측하지 못했던 지반 변화나, 시공 중의 계측 결과가 이상치를 보일 경우 추가 조사 및 시험을 실시하여야 한다.

(4) 시공 중 조사에는 막장면(굴진면) 지질매핑(Geological mapping)을 포함하여야 하며, 필요한 경우 감지공(Feeler hole) 천공, 수평시추 및 터널 내 물리탐사를 통하여 막장면(굴진면) 전방에 대한 지질특성을 조사할 수 있다. 시공 중 조사 결과에 근거하여 지보패턴 변경과 보조공법 적용 여부를 판단하여 사전공사 준비를 위한 자료로 제공하여야 한다.

2.2.6 지반조사 성과의 정리

(1) 지반 분류 시 고려 사항

①조사와 시험으로부터 수집된 제반정보를 종합적으로 분석하여 설계와 공사 목적에 부합되도록 지반을 분류하여야 한다.

②토사층은 흙의 통일분류법(USCS)에 따라서 세분하여야 한다.

③암반 분류 시 평가 요소

가. 압축강도
나. 탄성파속도
다. 변형계수
라. RQD
마. 불연속면의 간격 또는 빈도
바. 불연속면의 상태(거칠기, 풍화도, 연속성, 틈새, 충전물의 두께와 특성)
사. 불연속면의 주향 및 경사
아. 지하수 상태
자. 초기응력 상태
차. 암석 종류, 풍화도, 수침 시의 특성과 같은 암반의 거동특성에 영향을 주는 지반특성

④지보설계를 위한 암반분류법으로는 RMR 또는 Q-시스템을 적용할 수 있다. RMR에 의한 암반 분류는 5등급으로 분류하는 것을 원칙으로 하되, 터널의 크기, 용도 및 지역특성을 고려하여 5등급 이상으로 세분화할 수 있다. 함수미고결지층과 같이 특수한 지반조건이 존재할 경우에는 이를 별도의 지반등급으로 분류하여야 한다.

⑤현장 시추자료를 근거로 각각의 암반 분류를 수행한 후 상관관계를 적용하는 것을 원칙으로 하되, 자료가 부족할 경우에는 RMR=9lnQ+44 (Bieniawski, 1976)와 RMR=15logQ+50 (Barton, 1995)와 같이 국제적으로 통용되는 상관관계식을 활용하여 상호 보완할 수 있다.

⑥암반 분류별 평점범위는 터널의 크기와 굴착 및 지보패턴에 따라 달리 적용할 수 있다.

(2) 조사 결과의 정리 시 고려 사항

①지표지질조사 결과는 응용지질도로 정리하여야 하며, 응용지질도는 터널구간을 포함하는 광역지질도(1/250,000)와 정밀응용지질도(1/5,000)로 구분하여 작성하여야 한다.

②시추조사 결과는 일정한 양식의 시추 주상도에 정리하여야 하며, 지층설명은 색조, N값, 강도, 풍화도, 균열 상태, 암석명, TCR, RQD를 포함하여 상세하게 기록하고 시추 주상도와 지구물리탐사 관련 자료를 참고하여 터널구간의 지질단면도를 작성하여야 한다.

③채취된 시료는 일정한 규격의 시료병이나 시료상자에 심도순으로 정리하여야 한다.

④ 시료상자에 정리된 시추코아는 암석의 색조, 상태, 절리의 관찰이 용이하도록 직상부에서 표면 습윤상태의 천연색으로 촬영하여 사진첩에 정리하여야 하며, 대표적인 것은 지반조사 보고서에도 수록하여야 한다.

⑤ 공내재하시험, 수압시험, 투수시험, 초기응력 측정시험과 같은 현장시험이나 지구물리탐사의 결과는 각각 그 목적에 적합한 정보가 자세히 기록될 수 있는 일정한 양식에 정리하여야 하며, 조사의도가 명확하여야 한다.

(3) 취약 지반조건에 대하여 수행하여야 할 평가 내용

① 미고결 사질지반이나 단층, 파쇄대에서는 돌발적인 용출수가 발생할 수 있으므로 이에 따른 지반 자립성의 저하와 붕괴 가능성에 대한 검토를 수행하여야 한다.

② 갱구부에서의 비탈면 붕괴나 활동은 공사의 원활한 진행에 지장을 줄 수 있으므로 광범위한 지형관찰, 과거의 산사태나 비탈면 붕괴 기록을 파악하여야 한다.

③ 토피가 얇은 구간, 편압 발생 지형, 애추 구간, 산사태 지역은 터널굴착 시 붕괴와 지반활동을 야기할 우려가 있으므로 굴착공법, 지보공, 보조공법을 면밀하게 검토하여야 한다.

④ 지반평가는 지보설계, 시공방법의 결정 및 시공 시 계측결과의 판정에 중요한 기준을 제공하므로 조사 및 시험 결과와 설계・시공사례를 토대로 객관적으로 평가되어야 한다.

(4) 굴착 및 발파설계에 활용

① 암반종류 및 등급별 암반강도 분석

② 절리특성을 고려한 굴착 및 발파설계 활용

③ 구간별 지반특성 분석을 통한 보강공법 제시

④ 발파설계에 필요한 암반의 특성 검토 및 설계 적용

(5) 갱구부 설계에 활용

① 선정된 갱구부 위치에 대하여 지층 형상을 면밀히 검토한 후 적정 위치 계획

② 갱구부 지반의 측압계수를 고려하여 편토압 예상구간의 사전 확인 및 보강대책 수립

(6) 지보패턴 선정의 적정성 검증에 활용

① 구간 암반분류 및 암반 물성치에 대한 상관관계 분석

② 계획구조물 위치 및 설정

(7) 조사 결과에 대한 수량은 확인・기록하여야 하며, 조사 자료는 터널노선 계획, 설계 및 시공, 추후 유지관리 시에 활용가능 하도록 조치하여야 한다.

2.3 계획

2.3.1 계획 일반

(1) 터널계획은 터널건설의 목적과 기능의 적합성, 공사의 안전성과 시공성, 공법의 적용성을 우선하고 건설비와 유지관리비를 고려하여 경제성이 있도록 수립하여야 한다.

(2) 터널계획 시 운용 중 유지관리도 고려하여야 한다.

(3) 터널의 구조와 형상은 사용 목적, 지형, 지반, 시공법 및 하중조건을 고려하여 결정하여야 한다.

(4) 터널단면은 도로, 철도, 도시철도 및 수로의 단면크기를 기준으로 소단면, 중단면, 대단면 및 특수단면으로 구분한다. 여기서, 소단면은 1차로(단선), 중단면은 2차로(복선), 대단면은 3차로(삼선) 이상 또는 아치가 2개 이상, 특수단면은 기타 형상을 갖는 단면을 말한다. 또한 터널의 기능과 목적에 따라 내공단면의 크기를 계획하여야 한다.

(5) 터널은 터널길이에 따라 1,000 m 미만을 단(短)터널, 1,000 m ~ 5,000 m는 장대터널, 5,000 m 이상의 터널을 초장대터널로 구분한다.

(6) 터널의 환기, 방재, 부속설비, 유지관리계획과 조사, 안정성 해석 및 계측의 설계 적용은 터널단면의 크기, 길이, 교통량, 기울기 및 사용 목적에 따라 적용할 수 있다. 대단면과 특수단면 또는 장대터널 이상에서 설치 위치나 단면형상이 특수조건인 경우에는 사전에 별도의 설계기준을 마련하여 적용하는 것을 원칙으로 한다.

(7) 터널의 선형은 평면선형과 종단선형으로 구분하며 터널의 사용 목적과 사용조건의 계획적인 요건뿐만 아니라 입지조건, 지반조건, 지장물, 민원 및 환경영향을 포함한 시공 상의 요건을 고려하여야 한다. 터널을 하저 또는 해저에 시공할 경우에는 수심영향도 고려하여야 한다.

(8) 터널의 위치선정 시에는 노선계획에 따라 비교 노선을 선정하여, 주변의 지형 및 환경, 지반조건, 기존구조물에 대한 영향, 부속시설 및 공사 중 부대시설의 입지조건을 고려하여야 한다. 특히 시공 중의 안전과 완공 후의 유지관리에 가장 큰 영향을 미치는 지반조건에 대해서는 조사와 검토를 실시하여야 한다.

(9) TBM 터널, 연직갱, 경사갱, 분기부 및 확폭부의 계획에 대해서는 해당 기준에서 정하는 바를 따른다

2.3.2 평면선형계획

(1) 터널노선은 지반조건과 시공성이 양호하고 유지관리가 용이하며 주변 환경에 미치는 영향이 적은 곳을 통과하도록 결정하여야 한다. 특히, 편압이 예상되는 비탈면과 습곡지역, 애추 분포지역, 용출수나 지표수가 많을 것으로 판단되거나 조사된 지역, 안정성이 우려되는 단층 및 파쇄대 지역을 가급적 피하도록 계획하여야 하며 현장조건에 따라 변경할 수 있다.

(2) 터널의 갱구위치는 안정된 지반으로 지형조건이 좋은 위치에 선정하도록 계획하여야 하고,

토지이용 현황과 토피를 감안하고 환경성과 시공성을 우선하여 결정하되 비탈면에 가급적 직교하도록 선정하여야 하며 현장조건에 따라 변경할 수 있다.

(3) 터널을 두 개 이상 병렬 또는 인접하여 계획하는 경우에는 터널단면의 크기, 굴착대상 지반의 공학적 특성, 발파진동영향, 터널 전·후 구간의 용지보상 규모, 지장물 및 민원물건을 감안하여 터널굴착공사로 인한 주변 지반거동과 발파진동이 인접터널에 나쁜 영향을 미치지 않도록 상호 이격시켜야 한다. 터널 간 이격거리를 줄여야 할 경우에는 안정성을 확보할 수 있도록 굴착방법, 굴착공법 및 보강공법 대책을 수립하여야 한다.

(4)계획된 터널이 지상구조물 또는 지하구조물과 같은 기존 시설물에 근접하여 통과하는 경우에는 기존 시설물의 중요도와 구조적인 특성에 따라 터널굴착공사로 인한 상호 영향을 검토하여야 하며 장래 지상과 지하개발계획을 감안하여 필요시 방호공의 사전대책을 수립하여야 한다.

(5) 선형계획 시 제반 제약조건으로 인하여 편압이 작용하는 곳에 갱구를 설치하거나 갱구주변 지반에서 비탈면활동, 낙석, 토석류, 홍수, 눈사태가 예상되는 조건을 가질 경우에는 갱문의 구조 선정에 유의하여야 하고, 방호설비를 추가적으로 검토하여야 한다.

(6) 터널의 부속설비인 환기터널, 피난터널, 장대터널의 작업터널, 사토장, 진입로 및 기타 터널 외부설비의 입지조건을 검토하여야 한다.

(7) 환경친화적인 터널계획을 위하여, 보전가치가 있는 지형 과 지질유산을 보전하고 대규모 지형 변화를 가져오는 땅깎기와 흙쌓기를 최소화하도록 평면선형과 종단선형을 계획하여야 한다.

(8) 선형계획 시에는 부대설비와 공사용 설비의 설치를 고려하여야 한다.

(9) 조사 결과에 따라 여러 노선을 선정하여 비교검토한 후 예정노선을 결정하고, 예정노선에 대하여 지형도를 작성하며, 터널 예정위치를 상세히 검토하여야 한다.

(10) 평면선형은 가급적 직선으로 계획하되 주변 여건, 지형 현황, 지반조건 및 터널길이를 감안하여 곡선으로 계획할 경우에는 운행의 안전성을 고려한 제반조건을 만족하여야 한다. 도로터널의 경우 터널 내의 정지시거를 감안하여 곡선반경을 크게 계획하여야 한다. 초장대 도로터널의 경우, 졸음 예방과 심리적 안정을 위하여 곡선부 설치를 고려할 수 있다.

(11) 평면선형 계획 시 갱문의 방향은 눈부심을 방지하기 위해 동서방향을 피하여 계획하여야 한다. 부득이 동서방향으로 계획 시에는 눈부심이 발생하지 않도록 갱구부에 식목 또는 시설물을 설치하거나 직광안내 표지를 설치하도록 계획할 수 있다.

(12) 평면선형과 종단선형은 상호 연계하여 이용자 측면에서 조화되도록 계획하여야 한다.

2.3.3 종단선형계획

(1) 철도, 도시철도 및 도로 터널의 기울기는 자연배수와 환기에 지장이 없는 범위 내에서 가급적

완만하게 하되, 각 시설별 기능적인 요구조건을 만족하여야 한다.

(2) 수로터널의 기울기는 터널의 목적과 기능에 따라 계획 통수량을 우선하여 결정함을 원칙으로 하되, 내공단면과 수압, 수격압(Water hammering pressure) 및 유속의 상관관계를 고려하여야 한다.

(3) 계획 기울기는 터널입구에서 진행방향으로 오르막기울기가 되도록 하여 자연배수가 원활히 이루어지도록 하는 것을 원칙으로 하되, 현장조건이나 터널 의 용도, 시공계획과 환기계획의 조건상 터널중앙부가 입구부보다 낮은 내리막기울기가 불가피할 경우에는 배수설비를 계획하여야 한다.

(4) 종단계획에 따른 터널의 최소 토피는 터널의 구조적 안전영역의 범위가 확보되도록 지표와 지하구조물의 현황, 지반조건, 시공방법 및 굴착단면의 크기를 고려하여 결정하여야 하며, 최소 토피에는 장래 예상되는 토지이용 한계심도를 반영하여야 한다.

(5) 교통시설터널의 종단선형은 환기를 감안하여 가급적 일방향 기울기로 계획하여야 한다.

2.3.4 내공단면계획

(1) 터널 내공단면의 크기는 터널의 목적과 기능을 고려하여 계획하여야 하고, 평면선형이 곡선인 구간은 편경사를 고려하여 시설한계를 설정하여야 한다. 터널 내 제반설비의 시설공간과 유지관리에 필요한 점검통로를 고려하여 계획하고, 시공 중 시공오차에 대한 여유폭을 반영하여야 한다.

(2) 도로, 철도 및 도시철도와 같이 교통과 관련된 터널의 내공단면은 사용 목적과 시설기준에 맞도록 계획하여야 한다.

(3) 시설한계는 도로, 철도 및 도시철도의 사용 목적과 관련하여 각 시설별로 별도 제시하는 규정에 따라 선정하여야 한다.

(4) 터널의 내공단면 계획 시에는 지형, 지반조건 및 토피 정도에 따라 두 개 이상의 소·중단면 병렬터널이나 한 개의 대단면 터널 또는 특수단면 터널의 채택 여부를 검토하여 안정성, 시공성 및 경제성을 확보하여야 한다.

(5) 지반조건이 열악하고 주변 여건상 터널시공이 장래 문제를 유발할 가능성이 있는 지역인 경우나 터널길이가 내공단면의 크기를 결정하는 데 주요 인자로 적용되는 경우에는 유지관리와 방재를 고려하여 소·중단면 병렬터널로 계획하여야 한다.

(6) 정거장 전·후구간 또는 지하터널식 정거장일 경우의 터널단면은 단선, 복선 또는 대단면 터널을 조합하여 계획하고, 종합적인 검토를 하여 기능과 목적에 부합하도록 안정성, 시공성, 경제성 및 유지관리성을 고려하여 계획하여야 한다.

(7) 터널의 굴착단면은 내공단면을 기준으로 하여 지보의 총 두께와 콘크리트라이닝의 두께 및 허용편차를 고려하되 구조적으로 유리한 형상으로 계획하여야 한다.

(8) 동일 작업구간 내의 터널 내공단면은 가급적 동일한 규격과 형상으로 표준화하여 시공성을 높일 수 있도록 계획하여야 한다.

(9) 내공단면이 작은 터널을 계획할 경우에는 작업환경과 시공성을 고려하여 내공단면을 결정하여야 한다.

(10) 철도터널의 내공단면 계획 시에는 열차의 고속주행에 의하여 터널 내에 발생되는 공기저항과 공기압의 변화, 차량 밀폐도, 승차감 및 미기압파의 영향을 고려하여야 한다.

(11) 수로터널의 내공단면은 계획 통수량을 기준으로 통수단면적, 터널 마감재료의 거칠기(Roughness), 수압, 수격압 및 유속을 종합적으로 고려하여 결정하여야 한다.

(12) 터널길이에 따른 단면계획 시 고려 사항

①터널에서 방재 요구조건이 미흡하다고 판단되는 경우에는 해당 터널특성에 적합한 별도의 대책을 수립하여야 한다.

②장대터널과 초장대 터널은 시공방법, 버력반출, 사토장, 공사용 설비, 환기탑의 설치를 고려하여 작업구의 위치를 결정함으로써 계획된 공사기간에 맞는 경제적인 시공계획을 수립하여야 한다.

③장대 철도터널과 초장대 철도터널에서는 열차가 비교적 오랜 시간 터널 내부에서 운행되므로 이에 따른 열차 내 승객의 쾌적성, 안전성, 비상시 대피 및 터널의 유지보수를 검토하고, 취약한 부분의 성능이 개선될 수 있도록 관련 구조물이나 설비를 설계에 반영하여야 한다.

2.3.5 부속설비계획

(1) 환기, 조명 및 비상용 시설의 터널 부속설비는 터널의 선형에 의해 영향을 받는 경우가 있으므로 시설의 계획, 시공성 및 유지관리와의 관계를 종합적으로 검토하여 계획하여야 한다.

(2) 부속설비계획은 기능의 부합성과 함께 경제성과 유지 관리성을 종합적으로 검토하여 수립하여야 한다.

(3) 터널의 부속설비는 운용 시의 유지관리용 영구설비와 공사 중 시공을 위한 임시설비로 구분하여 계획하여야 한다.

(4) 일반적인 영구설비에는 환기설비, 급수와 배수설비, 대피설비, 방재설비, 점검설비, 전기설비, 신호·통신 및 조명설비, 보안설비가 있으며 터널의 목적과 기능에 따라 설비의 종류와 규모를 결정하여야 한다.

(5) 공사용 임시설비에는 자재 반입과 저장설비, 버력처리설비, 숏크리트 배합과 타설설비, 급수와 배수설비, 오수와 폐수 정화설비, 환기와 집진 설비, 비상 급기설비, 전기설비, 통신과 보안 설비, 방음과 방진 설비, 가설건물설비가 있으며 설비의 종류와 규모 결정은 공사규모, 공사기간, 공법 및 현장 여건을 고려하여 결정하여야 한다.

2.3.6 조사계획

(1) 터널조사는 지반조건과 입지조건의 조사로 이루어진다. 이 조사에서는 노선 선정, 설계, 시공 및 운용 중 유지관리의 각 단계에 필요한 지반조건과 입지조건의 기초자료를 얻도록 계획하여야 한다.

(2) 조사의 계획에 있어서 공사의 각 단계에 적합한 목적, 터널의 연장 및 단면적을 최대한 고려하여 조사사항, 순서, 방법, 범위, 정도, 수량, 기간 및 정리방법을 결정하여야 한다.

(3) 도시부에서는 주변 현황과 지하시설물을 세밀하게 조사하여 지반침하, 지반함몰 및 공동발생과 관련한 주변 환경에 유해한 영향과 민원을 최소화하여야 한다.

2.3.7 계측계획

(1) 터널의 계측관리계획은 터널굴착에 따른 지반의 거동과 각 지보재의 효과를 파악하고 공사의 안정성과 경제성을 확보하여야 하는 공사 중 계측계획과 터널준공 후 운용 중의 안전을 확보하기 위하여 시행되는 유지관리계측계획으로 구분하여 수립하여야 한다.

(2) 공사 중 계측계획 수립 시에는 터널의 기능, 중요도 및 지반조건에 적합하도록 계측의 항목, 설치위치 및 측정빈도를 계획하여야 한다.

(3) 운용 중 시행하는 유지관리계측은 터널의 기능과 중요도에 따라 계측의 목적을 정하고, 목적에 적합한 계측계획을 별도로 수립하여야 하며, 가급적 시공 중 계측계획과 연계하여 관리될 수 있도록 계획하여야 한다.

2.3.8 갱구부와 작업구의 계획

(1) 터널 갱구부와 작업구의 계획 시에는 우수 유입으로 인한 침수피해가 발생되지 않도록 하여야 하며, 유사시에 대비한 배수대책을 수립하여야 한다.

(2) 작업구의 계획에 있어서는 용도, 공정, 공구 구분, 설치위치, 단면, 공사 중 설비, 공사완료 후의 조치 및 활용성에 대하여 지반조건과 입지조건을 고려하여야 한다.

2.3.9 방수형식 계획

(1) 방수형식은 터널 전체 주위 벽면 중 일부분에 지하수의 배수경로를 만들어 지속적으로 지하수를 배수하여 콘크리트라이닝에 수압이 작용하지 않도록 하는 배수형 방수형식과 터널 전체 주위 벽면에 방수재를 설치하여 지하수가 터널 내부로 유입되는 것을 차단하여 콘크리트라이닝이 수압을 받도록 하는 비배수형 방수형식으로 구분한다.

(2) 방수형식은 지형, 지상 토지이용 현황, 토피 정도, 지하수의 특성과 수위, 주변 지반의 상태와 같은 현장지반 조건과 터널형상 및 규모 조건을 감안하여 시공성, 경제성 및 유지관리성을 종합 검토한 후 결정하여야 한다.

(3) 비배수형 터널에는 시공특성에 부합되는 방수 형식과 재료를 선정하고 작용수압에 안전하게 견딜 수 있는 콘크리트라이닝을 계획하여야 하며, 유사시 또는 과도한 누수에 대비하여 적정 용량 배수시설의 설치를 검토하여야 한다.

(4) 배수형 방수형식의 터널에는 원활한 배수계통과 배수단면을 확보하여야 하며, 유지관리상 배수계통의 기능 확인과 보수가 용이하도록 계획하여야 한다.

2.3.10 환기 계획

(1) 터널의 환기는 시공 중 공사용 환기와 운용 중 유지관리 환기로 구분하여 계획하여야 한다.

(2) 공사용 환기설비는 굴착방법에 따른 먼지와 매연, 굴착장비의 배기가스를 터널외부로 배출시켜 터널 내에서 쾌적한 시공을 할 수 있는 환경을 제공하도록 계획하여야 하며, 굴착공정에 따라 환기계획을 변경할 수 있도록 계획하여야 한다.

(3) 운용 중 환기설비는 터널의 제원, 차량 또는 열차의 통행량을 고려하여 터널 내 오염물질의 농도가 허용수준 이하로 유지될 수 있도록 환기 방식과 용량을 계획하여야 한다.

(4) 터널의 환기방법은 차량, 열차, 기상, 환경, 지형, 지물을 고려하여 KDS 27 60 00(4.1)에 따라 소요 환기량을 산정하여 자연환기와 기계환기 중 적합한 방법을 선정하여야 한다.

(5) 기계환기방법을 선정할 경우에는 구조설계, 배치 및 환기장소를 고려하여 설비제원을 결정한다.

(6) 환기설비는 화재와 같은 비상시 안전 확보를 위한 배연이나 제연시설로 운용되므로 비상시 안전성을 고려하여 환기방식을 선정하여야 한다.

2.3.11 방재설비 계획

(1) 방재시설은 KDS 27 60 00(4.3)에 따라 계획하여야 한다.

(2) 터널에서 발생 가능한 재난을 유발할 수 있는 주요 위험요인을 파악하여 재난예방과 대응을 위한 계획을 수립하여야 한다.

2.3.12 환경보전 계획

(1) 터널공사를 수행하는 경우에는 생활환경과 자연환경 보전에 주의하여야 하며, 건설 부산물의 감소와 효율적 이용, 적정한 처리와 처분이 이루어지도록 계획하여야 한다.

2.3.13 유지관리 계획

(1) 터널의 계획, 설계 및 시공에 있어서 건설 후 유지관리를 고려하여야 한다.

2.3.14 TBM 터널 계획

(1) TBM 터널의 계획과 설계는 KDS 27 25 00을 따른다.

2.3.15 개착터널 계획

(1) 개착터널 계획 시에는 지상교통처리, 인접한 지상・지하구조물과 지하시설물의 보호, 향후 인접 구조물 신설 가능성을 고려하여야 한다.

(2) 개착터널 계획 시에는 안전한 작업공간이 확보되고 시공장비의 접근이 가능하도록 계획하여야 한다.

(3) 주변지반의 침하나 횡방향 지반변형으로 인한 인접구조물에 미치는 영향을 최소화하기 위한 대책을 수립하여야 한다.

2.3.16 침매터널 계획

(1) 침매터널의 위치, 선형 및 횡단면의 형상은 터널의 이용 상황, 터널을 건설하는 수역의 현황과 환경 등을 고려하여 계획하여야 한다.

(2) 침매터널이 횡단하는 항로의 수심을 증가시키는 계획과 기타 시설계획에 대하여 조사・검토하여야 한다. 침매터널은 완성 후 기능 확장을 위한 확폭이 불가능하므로 장래의 이용계획에 대하여 검토하여야 한다.

(3) 도로용 침매터널의 횡단면 결정시에는 자동차 교통량, 대형차의 혼입율, 보도 또는 자전거도로의 필요성, 공동구에 수용할 케이블 및 파이프류의 종류, 위험물 수송여부, 요금소의 유무, 장래 이용계획, 다른 도로와의 접속을 검토하여야 한다.

(4) 침매터널은 토목, 건축, 기계, 전기와 같은 제 분야의 기술이 종합되는 시설이므로 이의 설계에 있어서는 그 목적과 기능을 만족시키도록 전체적인 관점에서 신중히 검토하고, 단순히 각 분야에 대해서 뿐만 아니라 터널이 완성된 상태를 염두에 두고 종합적으로 유기적인 조화를 이루도록 설계하여야 한다.

(5) 침매터널은 터널의 방재등급 또는 정량적 위험도 분석에 따라 방재시설의 설치를 계획하여야 하며, 침매터널의 특수성을 고려하여 추가적인 방재대책을 수립할 수 있다.

(6) 침매터널 본체는 내화설계 필요여부를 검토하여야 하며, 필요하다고 판단되는 경우 KDS 27 10 05(1.3.2)와 같은 국내・외 관련기준을 참조하여 계획・설계할 수 있다.

3. 재료

3.1 재료 일반

내용 없음

3.2 재료 특성

내용 없음

3.3 품질 및 성능시험
내용 없음

4. 설계
내용 없음

집필위원

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

국가건설기준센터및건설기준위원회

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

성명	소속	성명	소속
김상철	㈜삼안	문인기	엠플러스이엔씨(주)
김성수	한국토지주택공사	신중호	한국지질자원연구원
김영근	㈜건화	정평기	㈜화인씨이엠테크
류은영	㈜태암엔지니어링		

소관부처

성명	소속	성명	소속
양희관	국토교통부 도로건설과	최영록	국토교통부 도로건설과
김로타	국토교통부 도로건설과		

(분야별 가나다순)

KDS 27 10 10 : 2023
터널 조사 및 계획

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

KDS 27 00 00 터널 설계일반

설계기준 Korean Design Standard

KDS 27 10 15 : 2016

설계일반

2016년 6월 30일 개정

http://www.kcsc.re.kr

국토교통부

KC CODE



건설기준 제·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 제 · 개정 연혁

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

• 이 기준은 기존의 터널설계기준을 중심으로 도로설계기준, 공동구 설계기준, 철도설계기준(노반편), 하천설계기준, 항만 및 어항 설계기준 등의 설계일반에 해당하는 부분을 통합 정비하여 기준으로 제정한 것으로 제 · 개정 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요내용	제·개정 (년.월)
터널공사표준시방서 및 동해설	• 산악지대에 건설되는 터널공사의 조사, 설계, 시공관련 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)
터널설계기준	• 터널설계기준과 터널표준시방서 분리, 개편, 보완	개정 (1999.9)
터널설계기준	• 관련법, 기준, 지침과의 연계성 확보 • 향상된 국내 터널기술 수준 반영 및 현안문제 개선 • 내진설계기준 보완, 터널공사의 안전성 제고 • 국제적 추세에 맞춘 기계화 시공 및 환경 친화적 설계 개선	개정 (2007.11)
KDS 27 10 15 : 2016	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비	제정 (2016.6)

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

목차

1. 일반사항 ····· 1
1.1 목적 ····· 1
1.2 적용범위 ····· 1
1.3 용어정의 ····· 1
1.4 시설물의 구성 ····· 1
1.5 기호정의 ····· 1
1.6 참고 기준 ····· 1
1.7 해석과 설계원칙 ····· 1
1.8 설계 고려사항 ····· 2
1.9 신규기술적용 ····· 3
1.10 구조설계도서 ····· 3
2. 조사 및 계획 ····· 3
2.1 일반사항 ····· 3
2.2 조사 ····· 4
2.3 계획 ····· 4
3. 재료 ····· 4
3.1 일반사항 ····· 4
3.2 재료특성 ····· 4
3.3 품질 및 성능시험 ····· 4
4. 설계 ····· 4
4.1 설계방법의 선정 ····· 4
4.2 설계내용의 변경 ····· 5
4.3 품질보증에 대한 기본사항 ····· 5
4.4 연직갱 및 경사갱 ····· 6
4.5 갱구부 ····· 8
4.6 갱문의 설계 ····· 10

4.7 갱문부 주행 안전성 확보 ····· 11
4.8 단면확폭부 및 접속부 ····· 11
4.9 접속부의 설계 ····· 12
4.10 침매터널 ····· 13

1. 일반사항

1.1 목적

(1) 이 기준은 터널설계를 위해 고려해야 할 일반사항을 기술한다.

1.2 적용범위

(1) 연직갱의 설계는 수직이거나 수직에 가까운 터널에 적용하여야 한다.

(2) 경사갱의 설계는 경사진 터널에 적용하여야 한다.

(3) 갱구부 및 갱문의 설계는 산악터널에 적용하여야 한다.

1.3 용어정의

(1) 이 기준의 용어정의는 KDS 27 10 05(1.3)을 따른다.

1.4 시설물의 구성

내용 없음.

1.5 기호정의

내용 없음.

1.6 참고 기준

1.6.1 관련 법규

(1) 이 기준의 관련 법규는 KDS 27 10 05(1.6.1)을 따른다.

1.6.2 관련 기준

(1) 이 기준의 관련 기준은 KDS 27 10 05(1.6.2)를 따른다.

1.7 해석과 설계원칙

내용 없음.

1.8 설계 고려사항

(1) 터널설계는 터널단면에 따라 단선터널, 복선터널, 대단면터널 등으로 구분하여 용도를 고려하여 설계해야 한다.

(2) 터널설계는 터널연장에 따라 짧은터널, 장대터널, 초장대터널로 구분하여 그 기능과 목적에 적합하도록 설계해야 한다.

(3) 장대터널과 초장대터널에서 사람이 이용하는 터널은 방재대책을 고려하여 설계해야 한다.

(4) 터널설계는 지반의 불확실성, 지반조사의 기술적 한계 및 지하공간에서의 제한적 작업특성 등이 고려되어야 한다.

(5) 터널설계는 조사 결과를 이용하여 안정성, 시공성, 내구성, 경제성이 확보되고 유지관리가 편리한 시설이 되도록 하는 것을 원칙으로 하되, 실제 시공조건이 설계 당시에 예측한 조건과 상이한 경우에 대비한 변경방법 및 조치사항 등을 포함하여야 한다. 이를 위하여 설계 시에 적용한 제반적용 자료와 분석 및 예측사항을 명확하게 제시하여야 한다.

(6) 터널설계는 제반조사 자료들을 근거로 지반특성을 고려하여 터널주변 원지반이 보유하고 있는 지보능력을 최대한 활용할 수 있도록 소요규격, 단면형상, 굴착공법과 방법, 지보재형식, 콘크리트라이닝, 터널 입구와 출구부, 방재 및 부대시설, 시공순서 등을 계획 선정하여야 한다.

(7) 터널안정성을 확보하기 위하여 터널구조물의 안전뿐만 아니라 주변 위험영향도 최소화되도록 하여야 하며, 터널 주위에 미치는 영향에 대하여는 필요시 합리적인 대책을 강구하여야 한다.

(8) 터널설계는 환기, 조명, 방재시설 등의 제반설비 사항들도 고려하여야 하며 이들의 역할이 잘 발휘되도록 하여야 한다.

(9) 터널설계는 굴착 시 원지반의 손상이나 여굴 발생이 최소화되도록 하여야 하며, 원지반의 손상이나 여굴 발생 시 그 처리방안을 제시하여야 한다.

(10) 터널설계는 계획 터널노선에 대하여 시공성을 고려한 경제성 분석을 실시하여야 한다.

(11) 터널설계는 안정성 확보를 우선으로 하되 지보재의 최적화를 도모하여야 한다. 이 경우 해석적인 방법 외에 설계・시공사례 등의 경험적인 방법도 고려해야 한다.

(12) 콘크리트라이닝은 터널이 신선한 경암반을 통과하는 경우 지보재와 콘크리트라이닝의 역할에 따라 라이닝의 설치 여부를 검토할 수 있다.

(13) 터널설계는 관계 법령이 정하는 바에 따라 제반 안전성 분석 및 피난계획을 수립하고, 터널 내 부착물 및 시설물은 화재 시를 고려하여 적절한 재료를 선정하여야 한다.

(14) 터널설계에는 다음 사항이 포함되어야 한다.

① 평면 및 종단선형

② 굴착대상지반의 분석 및 분류

③ 터널단면의 형상
④ 굴착 공법 및 방법
⑥ 지보패턴 선정
⑦ 각종 지보재의 규격 및 시공순서도
⑧ 필요한 보조공법
⑨ 방수 및 배수 방법
⑩ 콘크리트라이닝의 타설시기 검토 및 시공도
⑪ 계측계획 및 수행방법
⑫ 갱구 및 갱문 계획
⑬ 환기, 조명, 방재 계획
⑭ 터널시공에 따른 환경영향분석
⑮ 공사시방서

(15) 터널 부대시설에 사용하는 재료는 화재에 대한 내화성을 가진 재료를 사용해야 한다.

(16) 터널 공사용 자재는 산업표준화법에 의한 한국산업규격 표시품(이하 KS 표시품이라 한다.) 또는 이와 동등 이상의 성능을 지닌 자재 이어야 하며, 친환경상품 구매촉진에 관한 법률에 의한 친환경상품 또는 중소기업제품 구매촉진 및 판로지원에 관한 법률에 따른 우선구매대상 기술개발제품이 설계에 반영될 수 있는지 검토해야 한다.

(17) 향후 운영 시의 유지관리에 필요한 사항을 고려하여야 한다.

1.9 신규기술적용

내용 없음.

1.10 구조설계도서

내용 없음.

2. 조사 및 계획

2.1 일반사항

내용 없음.

2.2 조사

내용 없음.

2.3 계획

내용 없음.

3. 재료

3.1 일반사항

내용 없음.

3.2 재료특성

내용 없음.

3.3 품질 및 성능시험

내용 없음.

4. 설계

4.1 설계방법의 선정

(1) 설계방법의 선정에 있어서는 지반의 거동특성과 지보재의 지보력이 상호 연합하여 일체로 거동하여 터널의 안전성이 유지될 수 있는 방법을 선정하여야 한다. 단, 지반의 거동특성상 지반의 지보능력 활용이 불가능할 경우에는 지반보강을 시행하거나 지보재가 지반하중을 모두 지지하도록 하는 설계방법을 채택하여야 한다.

(2) 암반 분류 후 해당 등급에 적용할 표준적인 지보패턴과 굴착방법을 정하여 설계할 수 있다. 이 경우 유사암반 조건에서의 시공실적 또는 RMR 방법 및 Q-시스템 등에서 제안한 지보패턴을 참조하여 지보패턴을 정하는 것을 원칙으로 하며 현장조건에 따라 변경할 수 있다. 암분류는 KDS 27 10 05, KDS 27 10 10(2.2.2), 기본설계 등에 관한 세부시행기준(국토교통부), KDS 11 10 10 등을 기본으로 하며 필요할 경우 별도로 정하여 실시한다.

(3) 선정된 굴착계획, 굴착공법 및 지보패턴은 해석적인 방법을 통하여 그 안정성을 검증하여야 하며, 안정성의 검증과정에서는 작용하중, 사용되는 지반공학적 특성치, 해석기법 및 경계조건 등을 충실하게 검토하여 합리적인 검증이 되도록 하여야 한다.

(4) 설계조건이 특수하거나 유사조건에서의 시공사례도 없는 경우에는 예상되는 제반문제를 면밀히 검토한 후 굴착방법, 굴착공법, 지보패턴 및 인버트 시공을 포함한 보조공법 등을 선정하고 해석적인 검증을 통하여 확정하여야 한다.

4.2 설계내용의 변경

(1) 시공 시의 제반 여건이 설계 시의 조건과 상이하여 예상되는 문제점에 대하여서는 표 4.2-1과 같은 사항들에 대하여 설계내용을 변경할 수 있도록 하여야 한다.

표 4.2-1 설계내용의 변경사항

주요 항목	주요 내용
지반의 재분류	·적용지반의 분류
설계단면 변경	·지보재 ·변형 여유량 ·단면형상
적용지보패턴의 변경	·숏크리트의 두께 ·숏크리트의 재질 ·록볼트의 길이, 본수 ·강지보재 설치간격 및 규격
굴착공법의 변경	·벤치커트 공법 (코아(Core) 남김, 링커트 포함) ·선진도갱공법 ·기타 굴착단면 분할
보조공법 도입	·굴진면 안정화 대책 ·지반보강 대책 ·용출수대책 ·지표면 침하 대책 ·근접 구조물 대책
단면의 폐합	·인버트 부분 콘크리트 타설(조기시공) ·인버트 부분 숏크리트 타설(가폐합) ·콘크리트라이닝 강성증대 ·이중라이닝(임시라이닝)
터널공법 변경	·개착터널공법으로 전환·토공구간으로 전환
기타	·상기내용 외에 시공 시 제반 여건이 설계 시의 조건과 상이하여 변경이 요구되는 사항

4.3 품질보증에 대한 기본사항

(1) 활단층지역에는 구조물을 건설하지 않는 것이 바람직하다. 단, 이를 피하기 어려울 경우에는 지진 발생에 따른 손상이 최소화되도록 설계하여야 한다. 또한 기능 손상이 발생할 경우에 대비하여 보수・보강이 용이하도록 설계하여야 한다.

(2) 중요 구조물의 경우, 설계 요구사항의 만족성, 설계 기법 및 가정사항의 적절성, 법규요건에 대한 만족성, 설계 결과의 시공성 등의 검증을 위하여 터널전문기술자에 의한 검토가 실시되어야 한다.

4.4 연직갱 및 경사갱

4.4.1 설계일반

(1) 연직갱 및 경사갱의 설계 시에는 사전에 충분한 지반조사를 실시하여 지반의 상태 및 특성을 파악하고 이를 설계에 반영하여야 한다.

(2) 연직갱에서는 특수한 작업기계를 사용하게 되므로 지형 및 지반조건에 적합한 장비를 선정하여 제시하여야 하고, 지하수 유입에 대비하여 안정성, 시공성을 충분히 고려한 계획을 세워야 한다. 특히, 동절기 시공 중 지표 부근의 누수로 인한 고드름 및 기타 낙하물에 대한 안전대책을 사전에 강구하여야 한다.

(3) 연직갱을 작업용으로 사용하고 공사 완공 후 타목적으로 전용하지 않는 경우에는 터널 본체 및 지표에 영향을 미치지 않도록 보강, 폐쇄, 매립 등의 적절한 방안을 제시하여야 한다.

(4) 경사갱의 설계 시에는 용도, 지반조건, 버력 및 기자재의 반출입, 터널 내부설비, 측량, 시공, 유지보수, 점검 시의 안정성 등을 충분히 고려하여 위치, 유효단면, 기울기, 수평부의 연장, 수평분기점의 위치, 본 터널과의 교차각도 등을 정하여야 한다.

(5) 경사갱의 수평부의 연장은 터널 내부설비 외에 측량의 정도, 버력설비, 차량의 교체작업 등을 고려하여 정하여야 한다.

(6) 경사갱과 본 터널과의 교차각도는 직각을 표준으로 하되 연결부의 구조, 시공성, 차량의 선회반경 등 운행조건을 고려하여 교차각도를 별도로 정할 수 있다.

(7) 연직갱 및 경사갱의 위치는 용도, 지반 및 지형조건, 유입 지하수, 연장 및 유지관리를 고려하여 경제적으로 유리한 장소를 선정하여야 한다. 유지 관리하여야 할 연직갱의 경우에는 인력 및 장비수송용 승강기를 연직갱 내에 설치하여야 하며, 심도에 따른 안전대책을 수립하여야 한다.

(8) 연직갱 및 경사갱을 작업용으로 사용하는 경우에는 본 터널과 연결되는 갱저설비의 배치, 측량, 완성 후의 처리 등을 고려하여 위치를 선정하여야 한다.

(9) 연직갱 및 경사갱을 환기, 배수, 비상용 통로 등 본 설비로 사용하는 경우에는 향후 지하시설의 확장에 대비하여 위치를 선정하여야 하며, 배출되는 오염물질이 주변 환경에 미치는 영향을 검토하여야 한다.

(10) 연직갱 및 경사갱의 굴착대상인 지층에 대수층이 있거나 유입 지하수가 많을 것으로 예상되는 경우에는 지하수위 저하, 지수, 지반 강화 등의 보조공법을 계획하여야 한다.

(11) 철도터널의 경우 차량의 터널 진입 시 발생하는 공기압 증가에 따른 이명감 및 공기 저항 증가 등을 해소하기 위하여 연직갱 또는 경사갱을 설계할 경우에는 사전에 필요로 하는 조사 및 검토를 실시해야 한다.

4.4.2 연직갱의 설계

(1) 연직갱의 단면은 용도에 따른 소요 내공단면, 시공방법, 연직갱 내에 설치될 모든 설비의 배치,

반입기자재의 크기, 지반조건 등을 종합적으로 고려하여 그 크기와 형상을 정하여야 한다.

(2) 도로 및 철도터널의 환기용 연직갱은 터널 내의 소요 환기량을 충분히 확보할 수 있는 단면적을 확보하여야 한다. 연직갱의 단면은 연직갱 내 풍속이 20 m/sec 이하로 되는 단면으로 결정하여야 한다.

(3) 철도터널에서 공기압의 저감을 위하여 설계하는 연직갱의 단면은 본선 터널의 단면, 열차속도 등 관련사항을 고려하여 결정해야 한다.

(4) 도로 및 철도터널 등의 작업용 연직갱의 설계 시에는 케이지(Cage), 스킵(Skip) 등의 버력처리설비 및 배수관, 환기관, 급기관, 각종 배선류, 비상계단 등의 설치와 반입 기자재의 크기 등을 종합적으로 검토하여 단면을 결정하여야 한다.

(5) 지보설치 후의 연직갱 유효단면은 지하시설 건설공사를 가장 경제적으로 수행하기 위한 시간당 버력, 인원, 소요 자재 운반량과 반입될 장비, 설비의 크기, 시간당 환기량과 각종 설비, 지반조건을 고려하여 결정하여야 한다.

4.4.3 경사갱의 설계

(1) 경사갱의 기울기는 용도, 연장, 본 터널과의 위치 관계, 지반조건, 시공법, 공기, 운반방법의 특성, 환기방법, 경제성 등에 대하여 검토를 하고 정하여야 하며, 버력반출용 경사갱의 경우에는 장비의 등판능력을 고려하여 계획하여야 한다.

(2) 경사갱에서는 설치하는 설비의 반출입, 설치의 용이성, 유지보수, 점검 시의 안전성 등을 충분히 고려하여 기울기 및 연장을 정하여야 한다.

(3) 경사갱의 단면은 용도, 시공을 위한 운반설비, 작업용 통로 및 공사용 제설비의 배치 등을 종합적으로 고려하여 크기와 형태를 정하여야 한다.

(4) 작업용 경사갱의 단면은 버력반출설비, 배수관, 환기관, 급기관, 각종 배선류와 반입 기자재의 크기 등을 종합적으로 검토하여 정하여야 한다.

(5) 배수관은 지하수의 유입 상태에 따라 증설의 필요성이 발생하므로 여유를 갖는 배치가 되도록 내공단면을 확보하여야 한다.

4.5 갱구부

(1) 갱구부는 일반적으로 갱문구조물 배면으로부터 터널길이 방향으로 터널직경의 1~2배 범위 또는 터널 천장부로부터 토피고 3~5 m에서 터널직경 1.5배의 토피고가 확보되는 범위까지로 정의한다. 단, 원지반 조건이 양호한 암반층 또는 붕적층, 충적층 등의 연약토사층에서는 별도의 구간을 갱구부 범위로 정의할 수 있다.

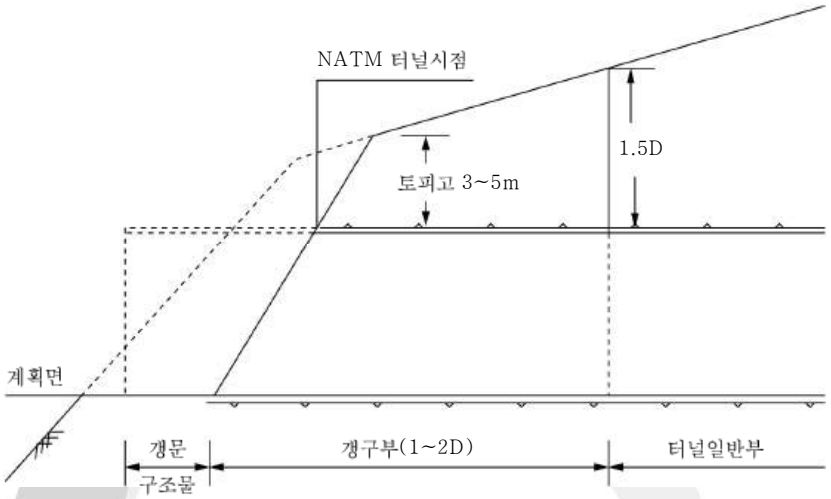


그림 4.5−1 갱구부의 범위

(2) 갱구부는 터널 본선부와는 달리 지형, 기상, 입지조건, 근접시설물 등의 외적조건에 크게 영향을 받기 때문에 이를 고려하여 구조 및 시공법을 선정해야 한다.

(3) 갱구부의 설계에는 아래의 사항들을 검토하여 안정성을 확보하고 환경훼손을 최소화할 수 있도록 해야 한다.

① 갱구의 위치 및 설치방법
② 갱구부의 범위
③ 갱구부의 굴착공법, 지보구조, 보조공법과 콘크리트라이닝 구조
④ 갱구비탈면의 안정검토와 필요한 사면 안정공법
⑤ 갱구비탈면의 지표수 및 지하수 배수 대책
⑥ 기상재해의 가능성과 필요한 대책공법
⑦ 지표 침하 등 갱구 주변의 구조물에 미치는 영향

(4) 터널 중심축선은 지형 경사면과 가급적 직교하도록 하여야 하며, 이 경우 경사면 하단보다 상부 지역에 갱구부가 계획될 때에는 공사용 진입로를 확보하도록 하여야 하고, 인접 구조물과의 관계 등도 고려하여야 한다.

(5) 갱구부는 갱구부 깎기 최소화를 위하여 특수한 지형 및 지질조건을 제외하고는 갱구부 상단 토피 3~5 m 또는 암토피고 1~2 m 확보되는 지점에 갱구부를 형성하는 것을 표준으로 한다.

(6) 터널 중심축선이 지형 비탈면에 대하여 사각으로 진입하는 경우에는 비대칭의 깎기 비탈면이나 갱문이 형성되게 되므로 횡방향 토피 확보 여부와 편압에 대한 검토를 하여야 한다.

(7) 터널 중심축선과 지형경사면이 평행한 경우는 가급적 피해야 하며, 골짜기 쪽의 토피가 극단적으로 얇아질 경우가 있으므로 전 구간에 걸쳐 편압에 대한 검토와 이에 대한 대책을 수립하여야 한다.

(8) 골짜기에는 일반적으로 지질구조대가 발달하여 있고 지표수 유입과 지하수위가 높을 경우가 많으므로 터널 중심축선이 골짜기로 진입하는 경우는 최대한 피하여야 한다. 부득이하게 계획되었을 경우는 수리·수문학적인 검토를 하여 지표수와 갱문 배면의 침투수가 원활하게 배수처리 되도록 하여야 하며, 낙석, 산사태, 눈사태 등의 자연재해 발생가능성에 대비하여야 한다.

(9) 갱구의 위치는 깎기 비탈면의 안정과 자연지형 보존을 위하여 깎기를 최소화할 수 있는 위치로 선정하여야 하며, 갱구 위치별 깎기량에 대한 경제성, 시공성, 경관성, 환경영향 등을 비교검토하여야 한다.

(10) 갱구부의 설계에 있어서는 비탈면의 안정성, 지반의 지내력, 터널 중심축선과 비탈면의 관계, 갱구비탈면 깎기 및 터널의 안정성 등을 검토하여야 한다.

(11) 갱구비탈면의 기울기는 지반조건에 따라 적절히 선정하여야 하며, 필요시 비탈면 안정성 확보를 위하여 표면 보호공법과 활동 방지대책 등의 적절한 보강공법을 적용하여야 한다.

(12) 갱구부는 일반적으로 지반의 강도와 고결도가 낮은 경우가 많고 암반층에서도 균열 발달이 심한 경우가 많으므로 지반의 자체 지보력 확보를 위하여 보다 적극적인 보강공법을 적용하여야 하며, 동일 지반조건에서의 일반 구간보다 안전한 굴착공법과 지보패턴의 작용을 검토하여야 한다.

(13) 토피가 얇고, 지반 자체의 지보력 형성이 어려울 것으로 예상되는 경우에는 상재된 전토피 하중이 지보재로의 작용 여부를 검토하여야 한다.

(14) 누수, 결빙 등이 발생하기 쉽기 때문에 적절한 방수 및 배수 조치를 하여야 하며, 갱구부에 작용하는 하중 및 기상조건에 따른 영향을 고려하여 콘크리트라이닝의 철근보강 여부, 동상방지층, 제설 시스템 및 방설시설의 적용 여부를 검토하여야 한다.

(15) 갱구부에서는 지진영향에 대한 거동특성이 일반구간과는 다를 수 있으므로 지진하중에 의한 영향을 검토하여야 한다.

(16) 갱구부 시공 시 지반이완과 비탈면 붕괴가 발생할 위험이 있는 경우에는 터널굴착에 앞서 낙석방지와 비탈면 안정대책을 수립하여야 한다.

(17) 터널 중심축선과 비탈면의 위치 관계에서 3차원 거동이 예상되거나 편압이 작용되는 경우에는 터널안정성 해석 시 이에 대한 검토를 하여야 하며, 안정성이 확보되지 않는 경우에는 압성토와 깎기로서 지반압의 균형을 맞추도록 하거나 불균형의 응력 발생에 대비한 보강대책을 제시하여야 한다.

(18) 갱구부는 지표부에 과다한 침하와 지표 함몰의 가능성이 있으므로 지표부에 침하의 제한이 필요한 시설물이 있는 경우에는 이에 대한 충분한 대책을 검토하여야 하며, 필요에 따라 보강공법을 제시하여야 한다.

(19) 터널 갱구부 주위에 태풍 등의 영향으로 쓰러지거나 가지가 끊어져 열차운행에 지장을 줄 수 있는 수종은 식재하지 않도록 해야 한다.

(20) 집중호우 시 터널 갱구부 비탈면으로 대량의 지표수가 직접 유입되지 않도록 비탈면 어깨부에 산마루 측구를 설치하고, 비탈면에는 식생공 등의 비탈면 보호공을 시공해야 한다. 비탈면의 지질이 불량한 경우에는 옹벽 또는 비탈면 보호블럭 등 영구시설물 설치를 고려해야 한다.

4.6 갱문의 설계

(1) 갱문의 위치 선정에 있어서는 기상 및 자연재해에 의한 영향을 최소화 할 수 있도록 갱문 배면의 지형, 지반조건, 깎기 및 비탈면의 안정성 등을 검토하여야 하며, 갱구부 주변의 유지관리시설과의 관계와 터널 외부의 구조물형식을 고려하여야 한다.

(2) 갱문은 비탈면에서의 낙석, 토사붕락, 눈사태, 지표수 유입 등으로부터 갱구부를 보호할 수 있는 기능을 갖도록 하여야 하고, 지반조건이 허용하는 한 최소 토피구간을 선정하여 자연환경 훼손을 최소화하여야 하며, 역학적으로 안정한 구조로 하여야 한다.

(3) 갱문의 외관과 형상은 터널의 사용 목적에 맞고 주변 경관과의 조화를 위한 조경계획과 유지관리상의 편의를 고려하여 선정하여야 한다.

(4) 갱문의 형식 선정

① 면벽형은 구조적으로 중력식과 날개식 등으로 나눌 수 있고 갱문 배면의 지반압을 받는 토류 옹벽구조로 하여야 한다.

② 돌출형은 터널 본체와 동일한 내공단면이 터널 갱구부에 연속하여 지반으로부터 돌출한 형식으로서 그 형상에 따라 파라펫트식, 원통깎기식, 벨마우스식 등이 있으며 각 형식별로 장·단점을 고려하여 선정하여야 한다.

③ 해빙기와 집중호우 시 낙석, 눈사태, 산사태로부터 이용자의 안전을 확보할 수 있도록 갱문 형식을 선정·설계하여야 한다.

(5) 갱문의 구조설계는 소요 하중 외에 지진, 온도 변화, 콘크리트의 건조수축 등의 영향을 고려하여야 하며, 갱문구조물의 기초안정성도 검토하여야 한다.

(6) 갱문구조물의 일부로서 터널과 연결된 복개식 터널구조물은 개착구조물로 간주하여 설계하여야 하며, 편압이 작용할 경우에는 이에 대한 영향을 고려하여야 한다.

(7) 갱문구조물과 본선 터널의 접합부는 분리구조로 하고 적합한 조인트를 설치하여야 하며, 재질이 서로 다른 두 종류의 방수막이 접합되는 경우, 방수막 상호간 접합이 용이한 재료를 선정하여 사용한다. 특히, 접합부에는 누수에 대비하여 구조물 횡방향을 따라 도수로를 설치하여야 한다.

(8) 갱구부 개착구조물 설치 시 원지반의 특성을 감안하여 바닥 슬래브의 설치 여부를 검토하여야 한다.

(9) 갱문 상부에는 낙석방지, 통행자의 안전을 위한 안전 난간 등의 보호시설을 설치해야 한다.

4.7 갱문부 주행 안전성 확보

(1) 갱문부에는 운전자의 안전을 확보하기 위하여 현장 여건을 고려하여 교통관리 안전시설, 차량방호 안전시설 등을 계획하여야 한다.

(2) 토공부와 터널부의 횡단폭원이 변화하는 경우 운전자의 안전성을 확보하기 위하여 터널 갱문부의 길어깨 폭원의 점진적 변화구간 설정을 검토하여야 한다.

4.8 단면확폭부 및 접속부

(1) 단면확폭부 및 접속부는 터널용도에 따라 다음 표 4.8-1과 같이 구분되며, 터널 일반부에 비하여 단면이 크고 복잡한 형상이므로 그 기능과 지반조건을 감안하여 터널과 주변 지반의 안정을 확보할 수 있도록 설계하여야 한다.

표 4.8-1 단면확폭부와 접속부의 구분

구분	단면확폭부	접속부
도로터널	·비상주차대 구간 ·오르막 차로 설치구간 ·갱구부 확폭구간 ·2-아치/3-아치 터널구간	·피난연결통로 설치구간 ·환기용 터널 설치구간 ·수직구 설치구간 ·사갱 설치구간
철도터널	·분기기 설치구간 ·구난정거장 구간 ·단복선 변화구간 ·정거장 구간 ·신호장 구간	·변압기 설치구간 ·대형대피소 설치구간 ·환기용 및 대피용 터널 설치구간 ·수직구 설치구간 ·단복선 연결구간 ·사갱 설치구간
도시철도터널	·정거장 구간 ·유치선 구간 ·신호소 설치구간 ·단복선 변화구간	·단복선 연결구간 ·변전실 설치구간 ·대피용 터널 설치구간
기타	·일반부보다 확폭된 단면이나, 터널 간 접속되는 구간	

(2) 단면확폭부와 접속부는 지반조건이 양호한 구간에 설치하여야 하며, 지반조건이 불량한 구간에 위치하는 경우에는 설치 목적에 위배되지 않는 범위 내에서 위치 변경이 가능하도록 계획하여야 한다.

(3) 단면확폭부와 접속부는 터널과 주변 지반이 역학적으로 충분히 안정하고 경제적인 시공이 되도록 확폭부와 접속부의 형상, 시공 방법 및 순서, 지보재, 콘크리트라이닝, 보강공법 등을 검토하여야 한다.

(4) 단면확폭부는 안정성과 경제성을 고려하여 단면계획을 하여야 하며, 시공과정에서 단면의 형상이 여러 형태로 변화하므로 이를 감안하여 변화된 터널단면의 안정성을 확보하여야 한다.

(5) 단면확폭의 범위가 크지 않을 경우에는 지반조건을 파악하여 지보패턴의 변경으로 대치할 수 있으며, 이 경우 지보재 증가수량을 합리적으로 산정하여야 한다.

(6) 단면확폭부의 시공순서는 확폭단면의 크기, 확폭단부의 공간처리, 지반조건, 공기 등을 고려하여 결정하여야 한다.

(7) 단면확폭부가 부득이 하게 지반조건이 불량한 위치에 계획된 경우에는 별도의 상세한 지반조사를 시행하여야 하며, 필요시 3차원 해석을 통하여 안정성을 검토하여야 한다.

4.9 접속부의 설계

(1) 접속부는 터널단면들이 여러 형태로 연결될 수 있으므로 이를 감안하여 접속된 터널단면들에 대하여 안정성을 검토하여야 한다.

(2) 접속부의 시공방법, 시공순서 및 시공 이격거리는 선행굴진 터널의 지보재 및 주변 지반에 미치는 영향을 충분히 고려하여 결정하여야 한다.

(3) 접속부는 터널의 크기와 지반조건에 적합한 필러(Pillar)의 폭을 유지하여야 한다.

(4) 접속부의 소요의 필러 폭 확보가 곤란하거나 지반조건이 불량한 경우에는 강성이 충분한 지보재로 필러를 보강하거나 단면확폭부를 이용한 분기를 적용할 수 있다.

(5) 접속부의 구조 및 형상은 안정성이 확보되도록 계획하여야 하며, 부득이하게 지반조건이 불량한 위치에 계획되거나 형상이 특수한 경우에는 별도의 상세한 지반조사를 시행하여야 하고, 필요시 3차원 해석을 통한 안정성을 검토하여야 한다.

(6) 접속부의 보강범위는 접속각도 90°인 경우 접속터널은 접속터널 최대폭(d)의 1 d, 본선터널은 본선터널 최대폭(D)의 1 D를 표준으로 하는 것을 원칙으로 하되, 상세검토를 통하여 보강범위를 별도로 선정할 수 있으며, 기타 접속각도의 경우 접속각도에 따른 응력 집중 및 증가를 검토하여 보강범위를 선정하여야 한다.

4.10 침매터널

(1) 침매함은 필요에 따라 다음에 열거하는 사항을 감안하여 안전한 구조로 한다.

① 수밀성

② 콘크리트의 균열

③ 예항시의 안정과 침설과정에서의 하중

(2) 침매함 구조의 안정성을 확보하기 위해서는 다음에 열거하는 항목에 대하여도 검토하여야 한다.

① 완성 시 및 시공 시에 작용하는 하중

② 시공성

③ 침설 후 부력에 의한 함체의 부양

④ 환기, 방재 등의 기능

⑤ 병설되는 기능

집필위원	분야	성명	소속	직급
	(집필위원장)	문상조	㈜유신	부사장
	(연구책임자)	유한규	한양대학교	교수
		황제돈	㈜에스코컨설턴트	대표이사
		신영완	㈜하경엔지니어링	사장
		최재원	㈜넥스지오	이사
	(간 사)	이재국	㈜경동엔지니어링	상무

자문위원	분야	성명	소속
	터널	이상덕	아주대학교
	터널	김상환	호서대학교

건설기준위원회	분야	성명	소속
	터널	김시격	㈜다산컨설턴트
	터널	최해준	동명기술공단
	터널	황제돈	㈜에스코컨설턴트
	터널	김홍문	㈜평화엔지니어링
	터널	박광준	㈜대정컨설턴트
	터널	신영완	㈜하경엔지니어링

중앙건설기술심의위원회	성명	소속
	조완형	㈜다산컨설턴트
	조태희	㈜경호엔지니어링
	이창윤	㈜삼보기술단
	한금숙	선창건설㈜
	김정호	㈜다산컨설턴트
	이래철	에스큐엔지니어링㈜

국토교통부	성명	소속	직책
	김인	국토교통부 간선도로과	과장
	최규용	국토교통부 간선도로과	사무관

설계기준
KDS 27 10 15 : 2016

설계일반

2016년 6월 30일 발행

국토교통부

관련단체 한국터널지하공간학회
06720 서울시 서초구 효령로 304 14층 11호
☎ 02-3465-3663/3665 E-mail : ktastaff@hanmail.net
http://www.tunnel.or.kr

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

KDS 27 10 20 : 2023

터널 안정성 해석

2023년 9월 12일 개정
http://www.kcsc.re.kr

KC CODE

국토교통부

건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

이 기준은 발간시점부터 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 터널설계기준을 중심으로 도로설계기준, 공동구 설계기준, 철도설계기준(노반편), 하천설계기준, 항만 및 어항 설계기준 등의 터널설계 개요에 해당하는 부분을 통합 정비하여 기준으로 제정한 것으로 제·개정 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년.월)
터널공사표준시방서 및 동해설	• 산악지대에 건설되는 터널공사의 조사, 설계, 시공관련 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)
터널설계기준	• 터널설계기준과 터널표준시방서 분리, 개편, 보완	제정 (1999.9)
터널설계기준	• 관련법, 기준, 지침과의 연계성 확보 • 향상된 국내 터널기술 수준 반영 및 현안문제 개선 • 내진설계기준 보완, 터널공사의 안전성 제고 • 국제적 추세에 맞춘 기계화 시공 및 환경 친화적 설계 개선	개정 (2007.11)
KDS 27 10 05 : 2016	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비	제정 (2016.6)
KDS 27 10 05 : 2023	• 국가건설기준 코드 작성 지침에 따라 정비	개정 (2023.8)

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 고시 일을 기준으로 매 3년이 되는 시점마다 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 하여야 한다.

목 차

1. 일반사항 ····· 1
1.1 목적 ····· 1
1.2 적용범위 ····· 1
1.3 참고 기준 ····· 1
1.4 용어의 정의 ····· 1
1.5 기호의 정의 ····· 1
1.6 해석과 설계원칙 ····· 1
1.7 구조설계도서 ····· 4
2. 조사 및 계획 ····· 4
2.1 조사 및 계획 일반 ····· 4
2.2 조사 ····· 4
2.3 계획 ····· 4
3. 재료 ····· 4
3.1 재료 일반 ····· 4
3.2 재료 특성 ····· 4
3.3 품질 및 성능시험 ····· 4
4. 설계 ····· 5
4.1 해석 결과의 평가 ····· 5

1 . 일반사항

1.1 목적

(1) 이 기준의 목적은 터널 안정성 해석에 대한 기준을 제시하는 것이다.

1.2 적용범위

(1) 이 기준은 설계 적용된 지보패턴의 적정성 평가, 시공 중 역해석에 의한 터널 안정성 평가, 그리고 터널 주변구조물의 안정성 평가 등에 적용한다.

1.3 참고 기준

1.3.1 관련 법규

(1) 이 기준의 관련 법규는 KDS 27 10 05(1.3.1)을 따른다.

1.3.2 관련 기준

(1) 이 기준의 관련 기준은 KDS 27 10 05(1.3.2)를 따른다.

1.4 용어의 정의

(1) 이 기준의 용어정의는 KDS 27 10 05(1.4)를 따른다.

1.5 기호의 정의

내용 없음

1.6 해석과 설계원칙

(1) 해석 시에는 지형 및 지반조건, 지하수 조건, 터널의 형상 및 위치, 시공방법 및 터널주변 지반의 지보특성을 고려하여야 하며, 해석기법은 2차원 해석이나 3차원 해석을 채택할 수 있다. 2차원 해석을 실시할 경우에는 3차원적 실제 지반거동을 고려하여야 한다.

(2) 해석 수행 시 고려 사항

① 해석영역은 터널의 규모, 지반조건 및 주변 기존 시설물 등을 고려하여 설정하여야 하며, 터널 굴착해석 결과의 오차가 크지 않도록 충분한 영역을 설정하여야 한다.

② 해석모델은 단계별 굴착의 영향이 포함되도록 하되 경계요소, 무한요소와 같은 특수한 경계 조건을 부여하는 경우를 제외하고는 설계자의 판단에 따라 터널 좌·우는 터널 굴착폭의 3배 이상, 하부는 터널 높이의 2배 이상, 상부는 지표면까지를 해석영역으로 하여야 한다. 단, 상부토피가 매우 큰 경우에는 상부 지반조건의 영향이 포함될 수 있는 별도의 모델을 적용할 수 있으며, 지하수 흐름을 고려한 침투해석(Seepage analysis)이 필요한 경우에는 해석영역을 확장할 수 있다.

③ 해석에 사용하는 지반특성치는 해당 지반의 시험 결과를 토대로 추정된 값을 사용하여야

한다. 단, 공사의 규모 또는 현장 여건상 시험 결과를 얻을 수 없는 경우에는 터널공학 기술자의 판단에 의하여 유사 지반의 지반특성치를 적용할 수 있다.

(3) 해석에 사용되는 모든 프로그램은 그 적합성이 확인되고 지반의 거동을 모사(Simulation)할 수 있는 기능을 보유하여야 하며, 터널의 단계별 굴착을 재현하고 지반의 변위와 응력, 지보재의 변위와 부재력을 계산할 수 있어야 한다.

(4) 해석순서

① 사전조사: 지반 및 지하수위 조사, 터널설계단면, 시공단계, 굴착공법, 표준지보패턴 등의 자료수집

② 모형화: 지반과 지보재의 특성, 해석영역, 해석순서, 경계조건, 구성모델 등의 결정

③ 수학적 계산 수행

④ 결과 출력: 지반의 변위와 응력, 지보재의 변위와 부재력에 대한 수치 또는 분포도, 소성영역 등의 출력

⑤ 종합평가: 터널의 내공변위 및 지보재의 부재력에 근거한 터널안정성 평가 및 주변 구조물의 거동 평가

⑥ 해석순서는 해석조건에 따라 조정 가능

⑦ 터널의 일반적인 해석 흐름도

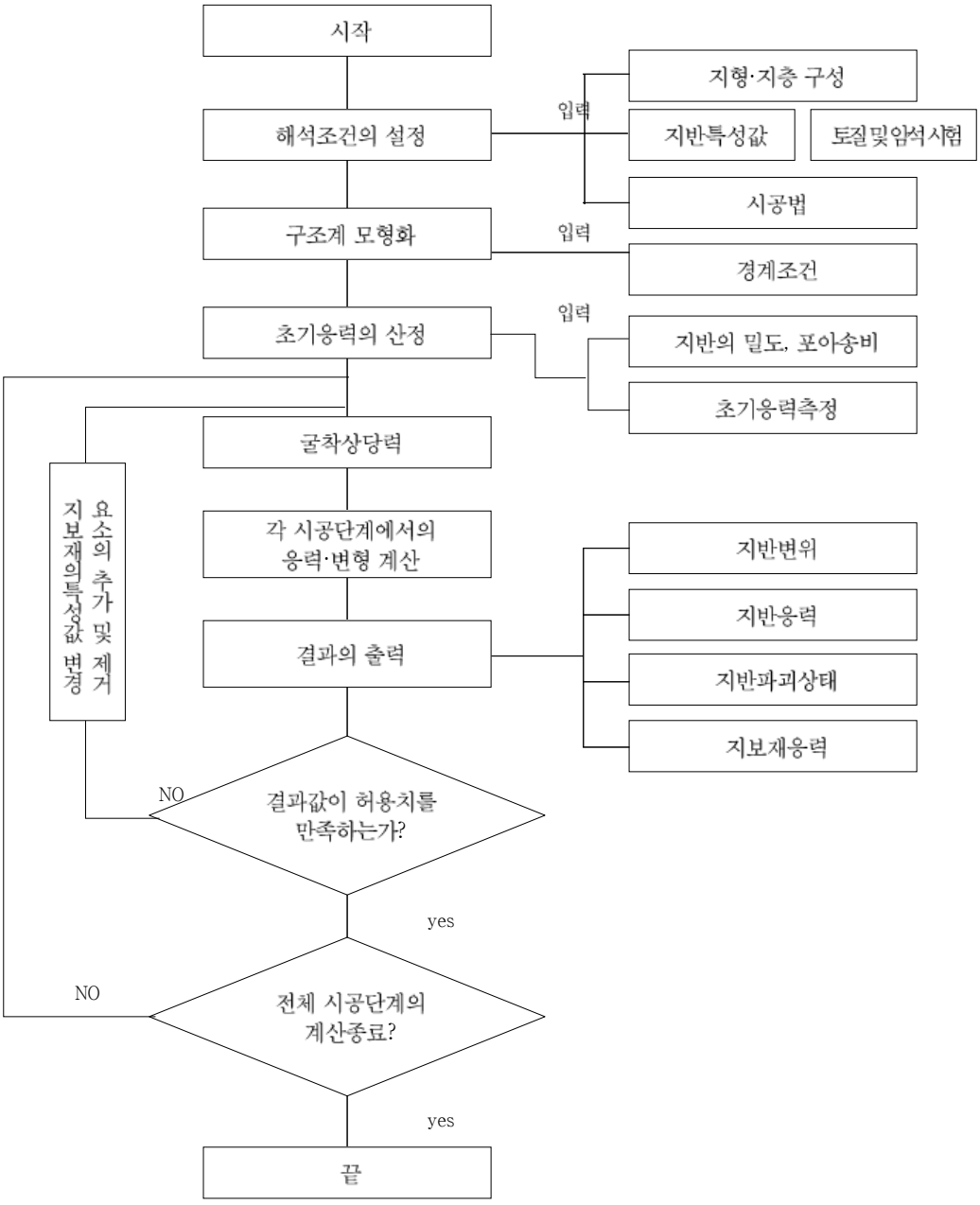


그림 1.6-1 터널 해석 순서

(5) 사전조사에서는 지반조사 자료, 터널 설계단면, 시공단계, 굴착공법, 표준지보패턴과 같은 관련 자료를 바탕으로 해석모델과 지반특성치를 설정하여야 한다.

(6) 종합평가에 직접 적용된 수치 및 도표 등의 내용은 상세히 기술해야 하며, 적용되지 않는 각종 해석 결과는 수록하지 않는 것을 원칙으로 하되 평가조건에 따라 변경할 수 있다.

(7) 터널 안정성 해석을 위한 입력자료

① 해석에 필요한 입력자료는 지반특성치, 지반의 초기응력, 지하수위, 지보재특성치, 사용되는 보조공법재의 특성치 등이다.

② 지반의 초기응력은 터널거동에 큰 영향을 미치므로 현장에서 측정한 값, 경험식 또는 추정식으로부터 산정하여야 한다.

③ 보조공법 중 지반보강을 목적으로 주입한 경우에는 보강된 지반특성치가 필요하며, 기계적 보강을 실시한 경우에는 각각의 재료를 지보재로 보고, 지보재의 특성치를 입력하거나, 보강지반으로 환산하여 보강된 지반특성치를 사용하여야 한다.

④ 지반조건이 불량하여 강지보재를 적용하는 경우에는 강지보재를 고려한 수치해석을 수행할 수 있다.

(8) 하중

① 해석 시에는 터널의 거동에 영향을 미치는 하중을 고려하여야 한다.

② 하중 산정 시 고려사항

가. 원지반의 초기응력은 지반의 단위중량, 터널깊이 및 측압계수를 고려하여 결정하여야 한다.

나. 수압은 지하수위를 고려하여 결정하여야 한다. 비배수형 터널의 경우에는 지하수위를 고정하여 정수압으로 하고, 배수형 터널의 경우에는 지하수위의 변화를 고려하여 수압을 정하여야 한다.

다. 터널 상부에 구조물 하중이나 도로와 철도의 교통하중이 작용하는 경우에는 외부하중으로 고려하여야 한다.

라. 지형과 지반조건에 따라 터널에 편압이 작용할 우려가 있는 경우에는 편압의 영향을 고려하여야 한다.

마. 갱구부에 대하여는 지역적 특성, 터널 상부의 지층두께, 지형, 지반조건 등에 따라 지진의 영향이 예상되는 경우에는 이의 영향을 설계에 반영하여야 한다.

바. 장기간에 걸쳐 시간 의존적인 지반의 크리프(Creep)현상이 예상되는 경우에는 크리프하중을 고려하여야 하며, 일시적인 지보재인 경우에는 이를 고려하지 않아도 된다.

(9) 터널 안정성 해석방법

① 터널안정성 해석방법에는 수치해석적 방법, 이론해를 이용하는 방법, 경험적 방법 등이 있으므로 필요에 따라 적절한 방법을 선택하여 사용하여야 한다.

② 수치해석적 방법을 이용할 경우에는 공학적으로 공인되어 널리 사용되고 있으며, 대상 지반 및 설계조건들을 적절히 모사할 수 있고, 지반의 거동을 적절히 해석할 수 있는 기능을 보유한 해석 프로그램을 이용하여야 한다.

③ 이론해를 이용하는 방법은 계산이 간편하여 시간을 절약할 수 있으나 한정된 가정조건하에서만 해석이 가능하기 때문에 수치해석, 계측 결과 등의 설계, 시공사례의 분석을 통하여 유사한 결과를 보일 경우에 한하여 사용하는 것을 원칙으로 한다.

④ 경험적 방법은 기존의 터널 설계로부터 획득한 경험을 기초로 예상되는 상황을 가정하여 지반의 거동을 예측하고 적절한 지보재를 채택하는 방법으로, 다음과 같은 단계로 안정성 해석을 수행해야 한다.

가. 정량적인 암반분류법에 의한 암반등급 평가

나. 암반등급과 시공성과의 상관성 파악
다. 무지보 유지시간, 무지보 터널폭, 필요 지보량 등을 정량적으로 표현한 시공성 검토

1.7 구조설계도서
(1) 터널해석보고서

2. 조사 및 계획

2.1 조사 및 계획 일반
내용 없음

2.2 조사
(1) 이 기준의 조사는 KDS 27 10 10 (2.2)를 따른다.

2.3 계획
내용 없음

3. 재료

3.1 재료 일반
내용 없음

3.2 재료특성
내용 없음

3.3 품질 및 성능시험
내용 없음

4. 설계

4.1 해석 결과의 평가

(1) 해석 결과 평가 시 반영사항

① 터널의 안정성 평가

② 유사터널의 계측 결과와 검증 평가

③ 인접 구조물과 상호 영향 평가

④ 굴착으로 인한 지반침하 영향 평가

(2) 굴착 단계별로 터널주변의 지반과 지보재에 대한 응력, 변위, 발생 소성영역 등을 검토하여 터널의 구조적인 안정성을 평가하여야 한다.

(3) 해석 결과는 유사터널의 응력 및 내공변위, 지표침하, 지중변위 등의 계측 결과와 비교·검증하여 평가하여야 한다.

(4) 터널굴착의 영향범위 내에 위치한 인접 구조물에 대한 영향 정도와 상호 안정성을 평가하여야 한다. 인접 구조물이 지반의 거동에 영향을 미칠 경우, 지반침하 영향 평가 시 구조물과 지반의 강성 및 경계조건을 고려하여야 한다.

(5) 터널굴착의 영향범위 내에 도로, 철도, 건물과 같은 시설물이 위치할 경우에는 터널굴착에 의해 발생 가능한 지반침하 영향을 평가하여야 한다.

집필위원

성 명	소 속	성 명	소 속
최항석	고려대학교	양정훈	㈜태영건설

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)

KDS 27 10 20 : 2023

터널 안정성 해석

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

KDS 27 17 00 : 2023

터널 내진설계

2023년 9월 12일 개정
http://www.kcsc.re.kr

KC CODE

국토교통부

건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

이 기준은 발간시점부터 사용하며, 이미 시행중에 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 터널설계기준을 중심으로 도로설계기준, 공동구 설계기준, 철도설계기준(노반편), 하천설계기준, 항만 및 어항 설계기준 등의 터널내진 설계에 해당하는 부분을 통합 정비하여 기준으로 제정한 것으로 제·개정 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년.월)
터널공사표준시방서 및 동해설	• 산악지대에 건설되는 터널공사의 조사, 설계, 시공관련 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)
터널설계기준	• 터널설계기준과 터널표준시방서 분리, 개편, 보완	개정 (1999.9)
터널설계기준	• 관련법, 기준, 지침과의 연계성 확보 • 향상된 국내 터널기술 수준 반영 및 현안문제 개선 • 내진설계기준 보완, 터널공사의 안전성 제고 • 국제적 추세에 맞춘 기계화 시공 및 환경 친화적 설계 개선	개정 (2007.11)
KDS 27 17 00 : 2016	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비	제정 (2016.6)
KDS 27 17 00 : 2018	• 행정안전부 “내진설계기준 공통적용사항”과 액상화 기준을 반영한 내진설계 일반(KDS 17 10 00) 제정에 따른 중복사항의 인용 처리 및 국내 발생 지진분석을 통한 국내 환경에 맞는 설계기준으로 정비	개정 (2018.12)
KDS 27 17 00 : 2023	• 국가건설기준 코드작성 지침에 따라 정비	개정 (2023.07)

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

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

목 차

1 . 일반사항 ····· 1

1.1 목적 ····· 1

1.2 적용범위 ····· 1

1.3 참고 기준 ····· 1

1.4 용어의 정의 ····· 1

1.5 기호의 정의 ····· 1

2. 조사 및 계획 ····· 1

2.1 조사 및 계획 일반 ····· 1

2.2 조사 ····· 1

2.3 계획 ····· 1

3. 재료 ····· 2

3.1 재료 일반 ····· 2

3.2 재료 특성 ····· 2

3.3 품질 및 성능시험 ····· 2

4. 설계 ····· 2

4.1 설계 일반 ····· 2

4.2 터널 내진설계를 위한 지진해석 방법 ····· 3

4.3 터널 내진설계 시 주의사항 ····· 4

4.4 액상화 평가법 ····· 4

4.5 터널 내진설계의 품질관리 ····· 4

1. 일반사항

1.1 목적

(1) 이 기준의 목적은 터널에 대한 내진설계의 기준을 제시하는 것이다.

1.2 적용범위

(1) 내진설계대상 지역 및 구조물

① 토피가 얇고 지반이 연약한 터널의 갱구부, 주요 구조물 접속부 구간
② 대규모 단층대 및 파쇄대, 지층구조가 급변하는 계곡부 통과구간
③ 천층터널 및 편경사 지형으로 지진 시 터널의 안정성이 취약하다고 판단되는 구간
④ 지반의 자립이 어려운 연약한 지층에 터널이 위치한 구간
⑤ 액상화가 우려되는 연약지반 내 터널구간

1.3 참고 기준

1.3.1 관련 법규

(1) 이 기준의 관련 법규는 KDS 17 10 00 (1.3.1)을 따른다.

1.3.2 관련 기준

(1) 이 기준의 관련 기준은 KDS 17 10 00 (1.3.2)를 따른다.

1.4 용어의 정의

(1) 이 기준의 용어정의는 KDS 17 10 00(1.4)과 KDS 27 10 05 (1.4)를 따른다.

1.5 기호의 정의

내용 없음

2. 조사 및 계획

2.1 조사 및 계획 일반

내용 없음

2.2 조사

(1) 이 기준의 조사는 KDS 27 10 10 (2.2)와 KDS 17 10 00 (2.1)을 따른다.

2.3 계획

내용 없음

3. 재료

3.1 재료 일반
내용 없음

3.2 재료 특성
내용 없음

3.3 품질 및 성능시험
내용 없음

4. 설계

4.1 설계 일반
(1) 터널 내진설계 주요사항

① 지진발생 시 구조물 손상으로 인한 피해를 최소화할 수 있도록 필요한 구간에 내진설계를 하여야 한다.

② 지진발생시 지중구조물인 터널은 지반운동에 순응하여 거동하기 때문에 지상구조물과는 상이한 내진설계를 실시하여야 한다.

③ 터널의 내진설계 시에는 상시하중을 고려하여 설계된 구조물에 대하여 안전성을 검토하여야 한다. 이때 내진안전성이 확보되지 않는 경우 구조물 규모와 세부 설계내용을 변경하여야 한다.

④ 터널의 내진설계 시에는 구조물 형태, 지반의 특성, 지진파의 형태와 터널방향에 따라 터널의 변형이 달라짐을 고려하여야 한다.

⑤ 지진으로 인한 구조물의 손상 가능성이 높은 구간을 대표단면으로 선정하여 지진시 안전성을 평가하여야 한다.

⑥ 터널의 내진 성능목표는 KDS 17 10 00 (4.1.4)의 표 4.1-1 중 기능수행수준과 붕괴방지수준으로 한다.

⑦ 지진으로 인한 구조물 파괴 시 심각한 피해가 발생할 가능성이 클 것으로 판정되는 터널구간과, 활성단층대와 인접한 터널에는 내진등급을 상향 적용할 수 있다.

⑧ 내진 I 등급이 적용되는 터널의 종류

가. 고속철도 및 일반·도시·광역등의 철도 터널

나. 고속국도, 자동차전용도로, 특별시도로, 광역시도로 또는 일반국도상의 터널

다. 지방도, 시도 및 군도 중 지역의 방재 및 국방계획상 필요한 도로상에 건설된 터널

라. 내진 I 등급 이상으로 건설된 인접 구조물에 영향을 줄 수 있는 터널

마. 이외에 내진 I 등급 설계가 필요하다고 판단되는 터널

⑨ 내진Ⅱ등급이 적용되는 터널의 종류
가. 내진Ⅰ등급에 속하지 않는 터널
⑩ 터널 내진 설계 시 요구 사항
가. 터널의 내진 성능목표는 기능수행수준과 붕괴방지수준으로 한다.
나. 터널내 바닥면의 기초지반에서 과도한 침하 및 융기가 발생하지 않아야 한다.
다. 액상화로 인하여 터널구조물이 보수불능의 피해를 입지 않아야 한다.

(2) 터널 내진설계 절차
① 터널 구조물의 중요도에 따른 내진 성능목표 결정
② 건설지점의 지반조사 및 액상화 가능성 평가
③ 성능 목표에 따른 내진설계법 결정
④ 유효수평지반가속도의 산정
⑤ 내진안정성 검토
⑥ 단면설계

(3) 터널의 내진설계에 필요한 지반특성은 제반 동적 지반조사 및 실내시험 결과와 기존 자료를 종합적으로 분석하여 선정하여야 한다.

(4) 지진입력의 기준점이 되는 기반면은 건설지점에 대한 지반조사 결과를 이용하여 터널의 바닥면보다 깊은 위치로 정하여야 한다.

(5) 지반종류에 따른 표준설계응답 스펙트럼은 KDS 17 10 00 (4.2.1)를 따른다.

(6) 터널건설지점의 지진위험지도와 지진 재현주기에 따라 결정되는 지진구역계수(Z)와 위험도계수(I)는 KDS 17 10 00 (4.2.1.1)을 따른다.

(7) 터널의 내진설계에 있어서 지진하중의 산정을 위한 설계 응답 스펙트럼은 지반 종류와 지진구역에 따른 지진 계수에 따라 결정하여야 한다.

(8) 터널의 내진설계 대상 지반특성을 파악하기 위한 조사항목은 지층의 구성 및 각 지층별 공학적 특성 파악, 지하수위 측정 등을 포함하여야 하며, 지반의 동적시험을 실시해야 한다.

(9) 지진해석의 지반운동은 터널의 길이방향과 횡방향의 지반운동 영향을 고려하여야 한다.

(10) 지반운동의 공간적 변화특성을 고려하여야 한다.

(11) 지형과 지반조건의 변화가 지반운동에 미치는 영향을 고려하여야 한다.

4.2 터널 내진설계를 위한 지진해석 방법

(1) 터널의 지진해석 방법은 응답변위법, 동적해석법, 유사정적해석법을 적용할 수 있다.

(2) 터널은 지반과 구조물 상호거동 구조체로 변위를 중요하게 고려해야 할 경우에는 응답변위법을 적용 할 수 있다.

(3) 내진Ⅰ등급 동적해석법에서의 입력지진파는 터널이 건설되는 지역의 지진피해 사례, 지반특성, 구조물의 고유 주기 등을 고려하여 유추한 인공합성 지반운동 시간이력곡선을 적용할 수 있으며, 이때 인공합성 지반운동 시간이력곡선의 생성은 KDS 17 10

00(4.2.1.4(10))을 따른다.

(4) 유사정적해석법은 옹벽형식의 터널 갱구부 구조물에 국부적으로 적용하며, 동적인 시간이력 특성을 정적인 하중으로 단순화시켜 보다 간편하고 보수적인 설계가 되도록 하여야 한다.

(5) 내진설계 시 지반에 대한 비선형 거동특성을 고려할 수 있는 해석방법을 사용할 수 있다.

4.3 터널 내진설계 시 주의사항

(1) 터널 라이닝의 경우 지진력에 대한 저항을 증가시키기 위해 라이닝의 인성을 높이는 방법을 적용할 수 있다.

(2) 단층대, 파쇄대 또는 연약지반과 같이 지진에 취약한 구간은 지반과 구조물의 일체거동을 유도할 수 있도록 인버트 라이닝을 설치하거나 주변 지반을 보강할 수 있다.

(3) 기둥단면의 내진설계는 지진에 의한 수평력에 의하여 기둥단면의 압축파괴나 전단파괴, 휨인장파괴가 발생하지 않도록 보강하는 것으로서, 압축파괴나 전단파괴보다 휨인장파괴가 먼저 발생하도록 설계하여야 한다.

(4) 갱구부에 대해서는 비탈면의 활동파괴를 방지할 수 있도록 비탈면의 기울기를 조정하거나 비탈면 보강계획을 수립하여야 한다.

(5) 구조물에 작용하는 지진력을 감소시킬 필요가 있는 경우에는 터널의 신축이음부에 강성이 작고 변위를 흡수할 수 있는 이음장치를 설치할 수 있으며, 이 경우 강성이 작은 이음장치의 설치에 따른 구조적인 약점에 대하여 검토하여야 한다.

(6) 액상화가 우려되는 지반에 대하여는 지반개량을 통하여 지반이 안정화 되도록 하여야 한다.

4.4 액상화 평가법

(1) 터널 내진설계 시의 액상화 평가는 터널의 입출구부 및 연약지반 터널에 있어서 지하수의 영향을 받는 구간에 대하여 실시하는 것을 원칙으로 한다.

(2) 액상화 평가방법은 KDS 17 10 00 (4.7)을 따른다.

4.5 터널 내진설계의 품질관리

(1) 터널계획 시 터널 구조물이 가능한 한 대규모 단층대 또는 파쇄대를 통과하지 않도록 하여야 한다. 단, 이를 피할 수 없을 경우에는 지진 발생에 따른 손상이 최소화되도록 설계하여야 한다. 또한 기능 손상이 발생할 경우에 대비하여 보수·보강이 용이하도록 설계하여야 한다.

(2) 내진 I 등급으로 설계되는 터널의 경우에는, 설계 요구사항의 만족성, 설계 기법 및 가정사항의 적절성, 법규요건에 대한 충족성, 설계 결과에 대한 시공성 등을 검증하여야 한다.

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)

KDS 27 17 00 : 2023
터널 내진설계

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

KDS 27 20 00 : 2023

터널굴착

2023년 9월 12일 개정
http://www.kcsc.re.kr

KC CODE

국토교통부

건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

이 기준은 발간시점부터 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 터널설계기준을 중심으로 도로설계기준, 공동구 설계기준, 철도설계기준(노반편), 하천설계기준, 항만 및 어항 설계기준 등의 터널설계 개요에 해당하는 부분을 통합 정비하여 기준으로 제정한 것으로 제·개정 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년.월)
터널공사표준시방서 및 동해설	• 산악지대에 건설되는 터널공사의 조사, 설계, 시공관련 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)
터널설계기준	• 터널설계기준과 터널표준시방서 분리, 개편, 보완	개정 (1999.9)
터널설계기준	• 관련법, 기준, 지침과의 연계성 확보 • 향상된 국내 터널기술 수준 반영 및 현안문제 개선 • 내진설계기준 보완, 터널공사의 안전성 제고 • 국제적 추세에 맞춘 기계화 시공 및 환경 친화적 설계 개선	개정 (2007.11)
KDS 27 10 05 : 2016	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비	제정 (2016.6)
KDS 27 20 00 : 2023	• 국가건설기준 코드 작성 지침에 따라 정비	개정 (2023.07)

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 고시 일을 기준으로 매 3년이 되는 시점마다 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 하여야 한다.

목 차

1. 일반사항 ····· 1
1.1 목적 ····· 1
1.2 적용 범위 ····· 1
1.3 참고 기준 ····· 1
1.3.1 주요 관련 법규 ····· 1
1.3.2 주요 관련 기준 ····· 1
1.4 용어의 정의 ····· 1
1.5 기호의 정의 ····· 1
2. 조사 및 계획 ····· 1
2.1 조사 및 계획 일반 ····· 1
2.2 조사 ····· 1
2.3 계획 ····· 1
3. 재료 ····· 1
3.1 재료 일반 ····· 1
3.2 재료 특성 ····· 2
3.3 품질 및 성능시험 ····· 2
4. 설계 ····· 3
4.1 설계 일반 ····· 1
4.2 굴착방법 ····· 2
4.2.1 인력굴착 ····· 2
4.2.2 기계굴착 ····· 2
4.2.3 발파굴착 ····· 3
4.2.4 파쇄굴착 ····· 4
4.2.5 보조공법 ····· 4
4.3 굴착공법 ····· 5
4.4 연직갱 및 경사갱 ····· 6
4.2.1 연직갱 설계 ····· 6
4.2.2 경사갱 설계 ····· 6

1. 일반사항

1.1 목적

(1) 이 기준의 목적은 터널 굴착에 관련된 설계사항을 제시하는 것이다.

1.2 적용 범위

(1) 이 기준은 인력굴착, 기계굴착, 발파굴착, 파쇄굴착방법으로 건설되는 터널과 지하공간에 적용한다.

1.3 참고 기준

1.3.1 관련 법규

(1) 이 기준의 관련 법규는 KDS 27 10 05(1.3.1)을 따른다.

1.3.2 관련 기준

(1) 이 기준의 관련 기준은 KDS 27 10 05(1.3.2)를 따른다.

1.4 용어의 정의

(1) 이 기준의 용어 정의는 KDS 27 10 05(1.4)를 따른다.

1.5 기호의 정의

내용 없음

2. 조사 및 계획

2.1 조사 및 계획 일반

내용 없음

2.2 조사

내용 없음

2.3 계획

내용 없음

3. 재료

3.1 재료 일반

내용 없음

3.2 재료 특성
내용 없음

3.3 품질 및 성능시험
내용 없음

4. 설계

4.1 설계 일반
(1) 원지반이 본래 가지고 있는 지지능력을 최대한 보존할 수 있으며 안정성, 경제성 및 시공성이 우수한 굴착방법을 채택하여야 한다.

(2) 굴착방법의 선정은 지반조사 성과를 분석·평가하여 결정할 수 있으며, 탄성파 속도나 전기비저항치와 같은 물리탐사결과, 암석의 강도, 불연속면의 간격 등을 이용하여 결정할 수 있다.

(3) 굴착방법 선정 시 단면의 크기, 형식, 지반조건, 터널연장, 공기, 입지조건 등을 종합적으로 검토하여 굴착공법과 굴착방법을 계획하여야 한다.

(4) 굴착으로 인한 주변 환경영향(진동, 소음, 지표침하, 구조물의 변위와 손상, 지하수위 저하 등)을 고려하여야 한다.

4.2 굴착방법

4.2.1 인력굴착
(1) 인력굴착은 착암기, 소형브레이커와 같이 인력으로 운영이 가능한 굴착 도구를 사용하여 굴착하는 방법이다.

(2) 인력굴착 적용 조건

① 자립시간이 짧은 토사지반을 소규모로 분할굴착하고 조기에 지보재를 설치하여야 하는 경우에 적용한다.

② 진동영향을 크게 받는 지반을 소규모로 분할굴착하고 조기에 지보재를 설치하여야 하는 경우에 적용한다.

③ 기계굴착, 발파굴착, 파쇄굴착이 어려운 경우에 적용할 수 있다.

4.2.2 기계굴착
(1) 기계굴착은 쇼벨(Shovel), 브레이커, 로드헤더 등 중장비 혹은 TBM 등 터널굴진 장비

를 사용하여 굴착하는 방법으로 설계 시에 다음 사항을 고려하여야 한다.

(2) 기계굴착 적용 조건

① 중장비에 의한 기계굴착은 토사층, 절리가 심하게 발달한 파쇄암이나 풍화암 등에서 지반이완을 최소화하고 여굴을 억제하는 데 적용한다.

② 굴착 지반조건, 주위 환경, 터널단면의 크기, 형상 및 연장, 버력처리방법을 고려해서 시공성과 경제성 있는 기종으로 선정하여야 한다.

③ TBM 터널의 설계는 KDS 27 25 00을 따른다.

4.2.3 발파굴착

(1) 발파굴착은 암반에서 화약류를 사용하여 굴착하는 방법이다.

(2) 발파굴착 적용 조건

① 발파굴착은 진동과 소음 등이 수반되기 때문에 지반조건 또는 주변여건에 따라서 적용하여야 한다.

② 발파설계는 지반조건을 고려하여 여굴과 터널주변 지반의 이완영역을 최소화하며 평활한 굴착면이 형성되고, 버력의 크기가 적재와 운반에 적합하도록 수행하여야 한다.

③ 발파설계 시 고려사항

가. 굴착 단면의 크기와 형상
나. 굴진장
다. 심발형식
라. 발파공(심발공, 확대공, 주변공, 바닥공)의 직경, 배치, 천공각도 및 천공 깊이
마. 화약의 종류와 장약량
바. 뇌관의 형식
사. 점화 및 기폭 순서
아. 현장 시험발파 계획

④ 발파설계 시에는 지반진동이나 소음이 주변 환경에 미치는 영향을 고려하여 제어발파 대책을 수립하여야 한다. 엄격한 진동규제를 필요로 할 때에는 방진대책을 제시하거나 미진동굴착공법, 정밀진동제어발파를 검토하여 진동 및 소음 허용기준을 만족시켜야 한다. 터널 갱구부에서 발파소음으로 인한 환경영향이 우려되는 경우 방음시설(방음문, 방음둑, 방음벽)을 설치하는 등 적극적인 대책을 마련하여야 한다.

⑤ 발파지점 주변에 보호하여야 할 시설물이나 구조물이 있는 경우, 대상시설물 위치에서의 발파진동 허용치는 발파진동 속도 측정치를 기준으로 표 4.2-1에서 정한 값을 준용

하여 설계하여야 한다. 단, 발파진동치를 주파수대역별로 구분하여 관리할 필요가 있는 경우에는 외국의 법규나 공공기관에서 제시한 기준치를 참조하여 별도로 정할 수 있다.

표4.2-1구조물의손상기준발파진동허용치

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

⑥ 진동에 민감한 특정 시설의 경우에는 해당 시설의 진동규제치를 기준으로 설계해야 하고 표 4.2-1에 의한 구조물의 구분이 명확히 적용하기 어려운 경우에는 시험발파를 통하여 별도로 진동규제치를 정하여야 한다.

⑦ 발파지점 주변의 인체에 대한 진동 허용치는 환경부 제정 진동과 소음에 관한 규정을 준용하여야 한다. 단, 가축사육장, 양식장, 정밀기계공장에 대한 인접공사의 경우에는 해당 전문가의 자문이나 기존 판례를 고려하여 발파진동 허용치를 정하여야 한다.

4.2.4 파쇄굴착

(1) 파쇄굴착은 암을 파쇄굴착하는 방법으로서 인력굴착방법을 적용할 수 없는 견고한 암반에서 기계 또는 저진동 발파굴착을 채택하기 어려운 경우에 적용하여야 한다.

(2) 파쇄굴착은 진동과 소음을 최소화할 필요가 있는 경우에 적용하여야 한다.

4.2.5 보조공법

(1) 지반강도가 작거나 파쇄 혹은 팽창성이 심하여 굴진면의 자립시간이 짧은 지반에서는 보조공법을 적용하여야 한다.

(2) 굴진면 안정을 위한 보조공법에는 천장부 보강용으로 강봉 및 강관보강공법, 굴진면 보강용으로 굴진면 숏크리트, 굴진면 록볼트, 경사 록볼트, 주입재, 지지코어 등이 있으며 지반조건, 지하수 유입 정도, 굴착단면의 크기 등을 고려하여 보조공법을 선정하여야 한다.

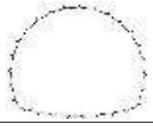
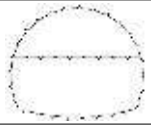
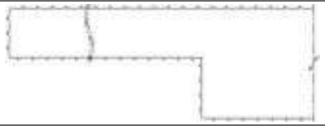
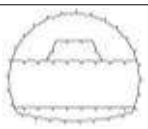
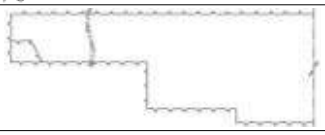
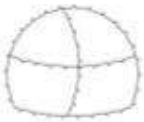
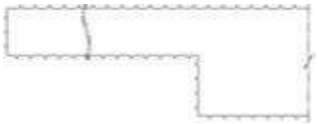
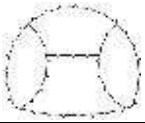
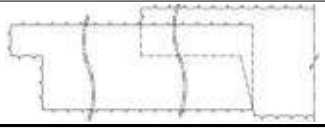
(3) 팽창성 지반, 함수미고결지반, 단층대, 풍화대가 깊은 구간에서 터널굴착으로 인해 변위가 과다하게 발생할 것으로 예상되거나 터널의 안정성에 취약한 구간에 대해서는 터널의 안정성 확보를 위해 강성이 큰 강지보재를 적용하거나 케이블 볼트 및 앵커 설치를 고려할 수 있다.

(4) 보조공법은 KCS 27 50 15를 참조하여 설계하여야 한다.

4.3 굴착공법

(1) 터널의 굴착공법은 일반적으로 표 4.3-1과 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.

표 4.3-1 굴착공법의 분류

공법		개념도	
		횡단면	종단면
전단면굴착 (Full face)			
		전단면을 1회에 굴착	
수평 분할 굴착	롱벤치 (Long bench)		
		벤치길이 : 3D 이상	
	숏벤치 (Short bench)		
		벤치길이 : 1D-3D	
	미니벤치 (Mini bench)		
		벤치길이 : 1D 미만	
	다단벤치 (Multi bench)		
		벤치수 : 3개 이상	
연직분할 굴착	중벽분할굴착 (Central diaphragm excavation)		
선진도갱굴착 (Pilot tunnel)			

(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 양분 또는 다수의 단면으로 분할하는 공법으로 터널막장의 안정을 증대시키고 지표면 침하량을 저감시킬 목적으로 적용한다.

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

(6) 지반이 연약하여, 굴착단면의 변형을 조기에 억제하거나 벤치의 길이를 길게 할 필요가 있을 경우에 가인버트 및 인버트를 설치할 수 있다.

4.4 연직갱 및 경사갱 굴착

4.4.1 연직갱

(1) 연직갱 굴착공법은 연직갱 용도, 깊이, 단면크기, 지반조건, 입지조건, 공사기간 및 공사비를 검토하여 굴착공법과 버력반출방법을 선정하여야 한다.

(2) 연직갱 내 발파계획 시 지반조건, 지하수위, 굴착단면의 크기, 암질, 굴진장 등을 고려하여 수립하여야 한다.

4.4.2 경사갱

(1) 기울기와 유효단면에 적합한 굴착, 보강, 운반, 환기 및 배수방법을 고려하여야 한다.

(2) 경사갱의 굴착공법과 버력반출방법은 경사갱의 용도, 연장, 기울기, 단면의 형태, 단면크기, 지반조건, 입지조건, 굴착방향, 공사기간 및 경제성 등을 검토하여 선정하여야 한다.

(3) 경사갱 내 발파계획은 지반조건, 지하수위, 굴착단면의 크기, 암질, 굴진장 등을 고려하여 수립하여야 한다.

집필위원

성 명	소 속	성 명	소 속
김낙영	한국도로공사 도로교통연구원	손무락	대구대학교
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)

KDS 27 20 00 : 2023

터널굴착

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

설계기준 Korean Design Standard

KDS 27 25 00 : 2023

TBM 터널

2023년 9월 12일 개정
http://www.kcsc.re.kr

KC CODE

국토교통부

건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

이 기준은 발간시점부터 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 터널설계기준을 중심으로 도로설계기준, 공동구 설계기준, 철도설계기준(노반편), 하천설계기준, 항만 및 어항 설계기준 등의 터널설계 개요에 해당하는 부분을 통합 정비하여 기준으로 제정한 것으로 제·개정 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년.월)
터널공사표준시방서 및 동해설	• 산악지대에 건설되는 터널공사의 조사, 설계, 시공관련 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)
터널설계기준	• 터널설계기준과 터널표준시방서 분리, 개편, 보완	개정 (1999.9)
터널설계기준	• 관련법, 기준, 지침과의 연계성 확보 • 향상된 국내 터널기술 수준 반영 및 현안문제 개선 • 내진설계기준 보완, 터널공사의 안전성 제고 • 국제적 추세에 맞춘 기계화 시공 및 환경 친화적 설계 개선	개정 (2007.11)
KDS 27 10 05 : 2016	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비	제정 (2016.6)
KDS 27 25 00 : 2018	• 한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함	수정 (2018.7)
KDS 27 25 00 : 2023	• 국가건설기준 코드 작성 지침에 따라 정비	개정 (2023.07)

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 고시 일을 기준으로 매 3년이 되는 시점마다 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 하여야 한다.

목 차

1. 일반사항 ····· 1
1.1 목적 ····· 1
1.2 적용 범위 ····· 1
1.3 참고 기준 ····· 1
1.3.1 관련 법규 ····· 1
1.3.2 관련 기준 ····· 1
1.4 용어의 정의 ····· 1
2. 조사 및 계획 ····· 1
2.1 조사 및 계획 일반 ····· 1
2.2 조사 ····· 1
2.3 계획 ····· 2
3. 재료 ····· 5
3.1 재료 일반 ····· 5
3.2 재료 특성 ····· 5
3.3 품질 및 성능시험 ····· 5
4. 설계 ····· 5
4.1 설계 일반 ····· 5
4.2 TBM의 선정 ····· 7
4.3 TBM 제작 ····· 9
4.4 TBM 터널의 지보재와 보조공법 ····· 13
4.5 작업장과 작업구 ····· 14
4.6 터널 내 운반 시스템의 설계 ····· 15
4.7 기타 설비 ····· 16
4.8 뒤채움 주입재의 설계 ····· 18

1. 일반사항

1.1 목적

(1) 이 기준의 목적은 TBM 터널 설계를 위한 표준을 제시하는 것이다.

1.2 적용 범위

(1) 이 기준은 터널을 TBM으로 굴착할 경우에 적용하여야 한다.

(2) 설계자는 현장조건에 맞는 TBM을 선정할 수 있도록 기기의 종류와 그 특성을 사전에 숙지하여야 한다.

1.3 참고 기준

1.3.1 관련 법규

(1) 이 기준의 관련 법규는 KDS 27 10 05(1.3.1)을 따른다.

1.3.2 관련 기준

(1) 이 기준의 관련 기준은 KDS 27 10 05(1.3.2)를 따른다.

1.4 용어의 정의

(1) 이 기준의 용어정의는 KDS 27 10 05(1.4)를 따른다.

2. 조사 및 계획

2.1 조사 및 계획 일반

(1) TBM 터널 계획은 터널의 선형, 토피, 내공단면, TBM 형식, 라이닝, 유지관리계획, 공사계획, 환경보존계획 등을 포함하여야 하며, 공용 중의 유지관리 등에 대하여 고려할 필요가 있다. 본 절에 기술되지 아니한 사항에 대하여는 KDS 27 10 10을 따른다.

2.2 조사

(1) 2.2에 기술되지 아니한 사항에 대해서는 KDS 27 10 10에서 정하는 바에 따르는 것을 원칙으로 하되, 특수한 시험항목에 대하여는 다른 관련 기준에서 정하는 바에 따라야 한다.

(2) TBM 터널의 입지조건 조사는 주로 노선 선정과 적용 TBM 종류의 결정, 터널의 규모 설정 등에 이용하며, 조사 시에는 TBM 운반을 위한 도로망, 교통 상황, TBM 조립 및 해체를 위한

공사용 부지, TBM 에 소요되는 전력 및 급배수 시설, 진입로, 침사지 및 사토장 부지 등에 대한 조사를 실시하여야 한다.

(3) 노선 결정에 앞서 지상구조물, 지중매설물 및 지하구조물, 우물, 잔류가시설 등 TBM터널의 굴착에 지장을 주거나 굴착영향 범위에 있는 지장물에 대한 조사를 하여야 한다. 특히, 지중매설물의 경우 매설도면이 없거나 매설위치가 도면과 다를 수 있기 때문에 의심이 가는 구간에 대하여는 적정한 지하지장물 탐사방법을 사전에 적용하여 지장물의 위치 및 규모를 파악하여야 한다.

(4) 지형과 지반 조사는 TBM 터널의 노선 선정, TBM 형식 선정 및 공사기간 산정, 지보패턴 및 보조공법 적용(개방형TBM의 경우) 등, 설계와 시공 단계에서 중요한 자료를 제공하므로 정확한 조사를 수행하여야 한다. 특히 팽창성 지반, 복합지반, 단층대, 지하수위가 높은 모래 자갈층, 전석층, 토사와 암반의 경계부 및 유해가스의 발생가능 지역에서 TBM 적용 시의 위험요인을 고려한 지반조사를 실시하여야 한다.

(5) 터널주변의 환경보전을 위하여 필요에 따라 소음 및 진동의 영향, 지반침하, 지하수 영향 등에 대하여 조사를 실시하여야 한다.

(6) TBM 굴진율 예측을 위하여 디스크커터의 성능시험과 디스크커터의 마모에 영향을 미치는 지반 조사와 시험을 계획하여야 한다.

(7) 조사와 시험 성과의 정리 시 고려 사항

① 조사와 시험 성과를 정리할 경우에는 조사와 시험 결과를 종합적으로 판단하여 터널노선 상의 전반적인 지질조건뿐만 아니라 시공 시에 문제가 될 수 있는 특수한 지형과 지질상태를 상세히 기입하여야 한다.

② 지반 조사와 시험 결과에 따라 TBM의 형식과 세부 설계사항을 검토하여야 한다.

2.3 계획

(1) 선형계획 시 고려 사항

① TBM 터널의 경우 사용목적, 설계조건, 입지조건, 지형조건, 지장물 및 지반조건, 시공성, 장비특성, 인접 구조물, 방재설계, 경제성, 유지관리와 TBM의 특성을 고려한 선형을 계획하여야 한다.

② TBM의 굴진효율의 향상을 위해 단층과 습곡 같은 지질구조대, 파쇄대, 팽창성지반 및 지층경계부를 피하고 가급적 균질한 지반을 통과하도록 TBM 터널의 노선을 계획하여야 한다.

③ 터널을 2개 이상 병렬로 계획하는 경우, 터널간의 순 간격은 TBM 굴착외경 이상을 표준으로 하고, 그 이하로 근접 계획할 경우에는 지반조건을 고려하여 적절한 대책방안을 수립하여야 한다.

④ TBM 터널을 다른 구조물에 근접하여 계획하는 경우 근접 구조물의 설계조건이나 현황을 조사하여 편압, 침하, 진동 등의 영향을 주지 않도록 필요한 간격을 두어야 하며, 필요시 구조물 주변의 보강을 고려하여야 한다.

⑤ 터널 작업구 및 작업장은 TBM 조립과 부대장비의 설치, 자재의 적재에 필요한 공간을 계획하여야 한다.

(2) 평면선형 계획 시 고려 사항

① 평면선형은 가능한 한 직선으로 계획하도록 하며, 곡선으로 계획하는 경우에도 곡선반경은 TBM 장비특성에 따른 시공 가능한 최소곡선 반경 이상이 되도록 계획하여야 한다.

② TBM 터널의 최소곡선반경은 지반조건, 현장여건, 굴착단면의 크기, 시공방법, 장비특성, 라이닝 등을 고려하여 설계하여야 한다.

③ TBM 터널에서 현장여건 상 평면선형이 급곡선으로 변화하거나 현저하게 작은 곡선반경과 도중에 다른 터널과 접속하는 경우에는 굴진반력에 의한 터널변형방지와 안정성을 고려하여 지반보강, TBM의 구조, 라이닝, 여굴에 의한 뒤채움 주입량, 방향전환 작업구 및 지중접합과 같은 대책을 검토하여야 한다.

(3) 종단선형 계획 시 고려 사항

①사용 목적, 유지관리, 시공성, 경제성, 공사 중과 운용 시 배수처리 및 오염방지문제를 고려하여 TBM 터널의 종단선형을 결정하여야 한다.

② 종단기울기는 터널 정거장처럼 부득이한 경우를 제외하고는 TBM의 굴진효율 향상과 시공 중 및 운영 중 용출수를 자연유하 시킬 수 있도록 0.2% 이상의 기울기로 계획하되 현장조건에 따라 조정할 수 있다. 또한 배수, TBM의 추진, 시공 중의 버력 및 자재의 운반 등을 검토하여 문제가 발생하지 않도록 종단기울기를 계획하여야 한다.

③ 하향굴착의 경우 강제배수가 필요하고 TBM 굴진효율이 저하되므로 가능한 한 상향굴착이 가능하도록 종단선형을 계획하는 것이 바람직하다.

④ 부득이하게 기울기가 큰 종단선형을 계획할 경우에는 TBM의 특성을 검토하여 굴진 가능여부, 굴진율 저하 정도, 버력반출 및 자재운반에 미치는 영향을 확인하고 필요한 대책을 수립하여야 한다.

⑤ 수로터널의 경우 목적에 적합한 통수량, 통수단면적, 유속 등 상호관계를 고려하여 기울기 계획을 세워야 한다.

(4) TBM 터널의 토피고 계획 시 고려 사항

① 터널의 토피고는 가급적 굴착외경의 1.5배 이상이 되도록 선형을 계획하되, 지표와 지하구조물의 현황, 지반조건, 굴착단면적의 크기, 터널의 사용 목적 및 시공방법을 검토하여 결정하

여야 한다.

② 터널의 토피고가 굴착외경의 1.5배 미만인 경우에는 안정성 검토결과에 따라 필요한 대책을 수립하여야 한다.

③ 터널이 하·해저 또는 저토피 구간을 통과하는 경우 공사 중 이수식 쉴드의 이수 분출에 대한 안정성은 물론 공사 중 및 운영 중 터널구조물의 부력에 대한 안정성을 확보하여야 한다.

(5) 내공단면 계획 시 고려 사항

① TBM 터널의 굴착단면은 원형을 표준으로 하며, 터널의 사용 목적을 고려하여 소요 내공단면적을 결정하여야 하고, 단면 내 여유공간에 배수로와 대피시설, 전기시설, 환기 및 방재시설 등의 부대설비계획을 검토하여야 한다.

② 내공단면 계획 시에는 상하좌우의 선형오차, 변형 및 침하 등에 의한 시공오차를 감안하여야 한다.

③ 내공단면의 시공오차 크기는 지반상태에 따른 허용 변위량, 지보와 라이닝의 시공편차, 터널의 용도 및 구조물의 특성을 고려하여 합리적으로 결정하여야 한다.

④ 터널의 사용 목적에 따라 원형 이외에도 다른 단면형상의 TBM을 적용할 수 있으며, 이 경우 TBM의 성능, 라이닝의 강도, 형상 및 시공상의 문제점을 검토하여야 한다.

⑤ 소요 내공단면의 크기별 TBM 직경을 정형화할 수 있는 경우는 TBM 단면표준화를 검토하여 장비와 부품이 재활용될 수 있도록 하여야 한다.

(6) TBM 터널 계획 시에는 지반조건, 현장여건, TBM 종류 등을 고려하여 작업장, 버력처리장 등 작업에 대한 공간계획과 설비 계획, 기타 부속설비계획 등을 합리적으로 수립하여야 한다.

(7) TBM 터널 작업장의 부지와 공간은 터널공사의 규모와 굴착공법에 따른 TBM 형식, 세그먼트 적치장, 터널 외부설비(환기설비, 수전설비, 급수 및 배수 설비, 급기설비, 압기시설, 뒤채움설비, 오폐수 처리설비 등), 각종 가시설(커터숍(Cutter shop), 레일 조립장, 컨베이어 조립장, 버력처리장, 침전지, 재료적치장 등)의 기능 및 시공성을 고려한 규모와 각종 설비별 특성을 고려하여 효율적인 공간배치를 계획하여야 한다.

(8) TBM의 발진을 위해서는 벽면지지용 발진터널 또는 발진반력대와 같은 반력설비를 계획하고 터널의 종단경사와 일치하게 계획하여야 한다.

(9) 공사 중 TBM의 원활한 작동과 유지관리를 위하여 사전에 부품수급계획을 수립하여야 하며, 토질과 암질에 따른 디스크커터 및 커터비트 등의 적정 교체시기 등도 함께 고려하여야 한다.

(10) 장대 TBM 터널 계획 시에는 라이닝과 접합되는 구조물(피난연락통로, 집수정 및 기재갱)의 시공시기 및 시공방안과 연결부에 사용되는 자재, 마감방법, 방수 및 지반보강 방안을 검토하여야 한다.

(11) TBM 굴착 시 주변 지하구조물의 침하와 변위에 의한 손상이 예상되는 경우에는 터널의 사용성, 안정성, 경제성, 공사기간 및 환경조건을 고려하여 효과적인 대책공법을 검토하여야 한다.

(12) 터널시공 시의 자연환경의 보전에 충분히 주의를 하여야 하며, 건설부산물의 감소와 재활용, 적절한 처리 및 처분에 대한 계획을 수립하여야 한다.

(13) TBM 공법설계 도서에는 터널의 설치위치, 세그먼트의 형상, 길이, 단면강도 등과 함께 설계하중, 허용응력 또는 안전율, 사용재료의 종류 및 재질, 지반조건, 시공조건 등 세부 사항을 명기하여야 한다.

(14) TBM 터널에서는 효율적인 굴착이 이루어질 수 있도록 현장여건과 지층특성에 맞는 TBM의 제원 선정과 그 특징을 설계단계에서 숙지하여야 하며, TBM 운전원을 포함한 관련 기술자 등의 상호 협조가 유지될 수 있는 현장운영조직을 계획하여야 한다.

3. 재료

3.1 재료 일반

내용 없음

3.2 재료 특성

(1) 터널 세그먼트 라이닝에 사용되는 뒤채움 주입재료에는 시멘트 모르타르, 발포성 모르타르, 경량기포 모르타르, 섬유혼합 모르타르, 슬래그 또는 석탄회를 사용하는 가소성 주입재 및 골재가 있으며, 지반조건, 유입수의 존재, 쉴드TBM의 형식 및 주입재 특성을 고려하여 가장 적합한 재료를 선정하여야 한다.

(2) 뒤채움 주입재료는 블리딩 등의 재료분리를 일으키지 않고 유동성을 잃지 않는 재료, 주입 후의 경화현상에 따라 체적감소가 적은 재료, 지반강도에 상당하는 균일한 강도를 조기에 얻을 수 있고 설계강도 이상을 발휘할 수 있는 재료, 수밀성이 우수한 재료 및 환경기준을 만족하는 재료를 선정하여야 한다.

3.3 품질 및 성능시험

내용 없음

4. 설계

4.1 설계 일반

(1) TBM 터널은 조사 결과를 기초로 하여 사용 목적의 적합성, 안정성, 경제성 및 시공성이 확보되도록 설계하여야 하며, TBM의 특성을 최대한으로 활용할 수 있도록 설계하여야 한다.

(2) 개방형 TBM(Open TBM)의 경우, 시공 중 굴진면 관찰과 계측 결과로부터 실제 지반조건이 설계 시의 예측 지반조건과 상이할 경우 설계 변경을 통하여 지보패턴을 조정할 수 있다.

(3) 설계 단계에서 TBM의 굴진율, 공사기간 및 디스크커터의 마모 수명을 예측할 수 있도록 굴진과 관련된 시험들의 결과, 예측모델 및 장비특성에 따른 유사 시공사례 분석 결과를 활용하여야 한다.

(4) TBM의 굴진율은 지보재와 라이닝의 설치, 장비의 유지보수, 디스크커터 교체 및 작업자 교대 등에 소요되는 시간을 고려한 가동율과 그에 따른 TBM의 굴진율을 사전에 예측하여 TBM 터널의 공사기간을 산정하여야 한다.

(5) TBM 터널의 계측은 KDS 27 50 10을 따르는 것을 원칙으로 하되, 기계굴착의 특성을 고려하여 계측위치, 계측항목, 계측간격 및 측정빈도를 조정할 수 있다.

(6) 쉴드 TBM 굴진 중 지반붕괴로 인한 장비의 함몰, 과굴착으로 인한 과다 지반침하를 방지하기 위해 굴진면압 관리, 뒤채움관리 및 버력량 측정을 통한 과굴착 여부를 계측결과와 함께 확인하여 안전한 시공이 될 수 있도록 계획하여야 하며, 조사장비에 의한 전방지반 예측과 굴진면 관찰도 고려할 수 있다.

(7) 쉴드 TBM 굴진 중 안정성 확보를 위해서는 TBM 공사 착공 전 노선의 지층조건과 주변 조건을 고려하여 전구간 굴진면압을 산정하여야한다. 굴진면압을 계산할 경우에는 지반조건, 장비형식, 첨가재 및 주입재의 특성 등을 고려하여 수행하여야 한다.

(8) 도심지에서 밀폐형 쉴드TBM 굴진 시 지반조건과 현장여건에 따라 계측계획을 수립하고 지반침하 관리기준값을 제시하여야 하며, 지반침하 관리기준값 산정을 위해 경험적인 체적손실법(Volume loss method) 또는 수치해석법을 적용할 수 있다.

(9) TBM 터널이 공용기간동안 보유해야 하는 성능 수준을 유지하고 편리한 유지관리가 가능하도록 구조물을 설계하여야 한다.

(10) 굴진면 자립이 불가능한 조건 또는 고수압 조건에서 디스크커터를 교체하거나 장비를 유지보수하는 경우에는 굴진면의 자립성, 작업자의 보건, 환경 및 안전을 확보하여 작업할 수 있는 계획을 수립하여야 한다.

(11) 세그먼트 라이닝의 접속부 설계기준은 KDS 27 10 05(4.7.3)을 준수하여야 한다. 다만, 세그먼트 라이닝을 개구하였을 경우에는 토피, 지하수압, 주변지반 여건에 따라 세그먼트 라이닝

의 거동이 상이하므로 개구 부근 세그먼트 거동을 고려한 지반개량, 세그먼트 임시 보호 및 연결, 세그먼트 제거방법 등을 검토하여야 한다.

(12) 세그먼트 라이닝 접속부나 연결부 방향으로 토사지반을 굴진하는 동안에는 지반의 동수경사(Hydraulic gradient)를 고려하여 수리 파괴, 파이핑, 내부침식 등을 검토하여 적절한 대책을 수립하여야 한다.

(13) TBM 터널의 설계 시 검토 항목

① TBM 터널 내공단면의 크기

② TBM 장비의 형식선정

③ 커터헤드

④ TBM 제작, 운반 및 조립

⑤ TBM 터널의 지보재와 보조공법

⑥ 라이닝(세그먼트 라이닝 또는 현장타설 라이닝)

⑦ 뒤채움 주입

⑧ TBM 터널의 방수와 배수

⑨ 작업장과 작업구

⑩ 버력처리와 운반 시스템

⑪ 수전설비 등 각종 설비

⑫ 환기, 조명 및 방재설비

⑬ 오폐수 처리시설계획

⑭ 세그먼트 라이닝 접속부

4.2 TBM의 선정

4.2.1 TBM의 분류 시 고려사항

(1) 그림 4.2-1의 분류방법을 참조하여 현장조건과 지층조건에 맞는 TBM을 선정하여야 한다.

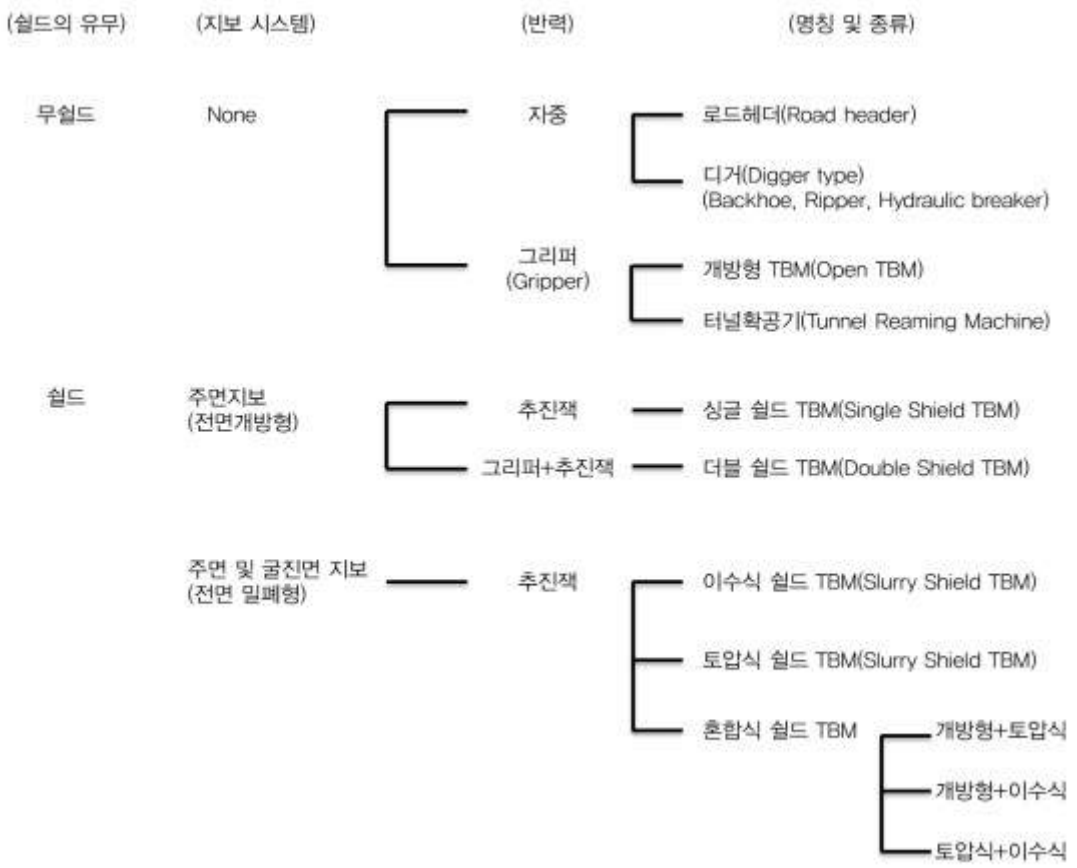


그림 4.2-1 터널 기계화 시공장비의 분류방법

(2) TBM은 굴진 반력을 그리퍼(Gripper)의 암반벽면 지지에 의해 얻는 개방형TBM(Open TBM)과 세그먼트에 대한 반력을 이용하는 쉴드TBM으로 구분된다.

(3) 개방형TBM(Open TBM)은 디스크커터가 부착된 커터헤드와 추진장치를 기본으로 본체를 구성하며, 후방설비(Backup system)에는 전기, 유압, 환기, 버력처리, 비상 및 방재를 위한 장치로 구성되며, 굴진 시 터널의 지보재를 즉시 혹은 적기에 시공 할 수 있는 시스템과 부대장비를 갖출 수 있다.

(4) 개방형TBM(Open TBM)은 그리퍼(Gripper) 설치방식에 따라 Main Beam TBM과 Kelly Type TBM 형식으로 구분할 수 있다.

(5) 쉴드TBM은 전면의 구조형식에 따라 전면개방형 쉴드TBM과 전면밀폐형 쉴드TBM으로 분류되며, 전면개방형 쉴드TBM은 싱글쉴드와 더블쉴드TBM으로, 전면밀폐형 쉴드TBM은 굴진면 지지 방식에 따라 이수식 쉴드TBM, 토압식 쉴드TBM 및 혼합식 쉴드TBM으로 구분된다.

(6) 굴착 동안 굴진면 자립이 유지될 수 있는 지반조건에서는 개방형TBM(Open TBM)을 사용하고 굴진면 자립이 어려운 경우에는 밀폐형 쉴드TBM을 사용해야 한다.

(7) 쉴드TBM은 굴진면 전면에서부터 후드부, 거더부, 테일부로 구성된 본체와 후방대차 등으로 구성되며, 쉴드TBM 형식을 결정하기 전에 쉴드TBM의 세부 구성사항과 각 구성요소별 역할을 파악하여야 한다.

4.2.2 TBM 선정 시 고려사항

(1) TBM의 형식은 장비의 효율과 작업여건을 고려하여 경제적이고 시공성이 좋은 형식으로 선정해야 하며, 노선의 지반조건 및 지하수조건에 적합하여야 한다.

(2) 지반조건, 지하수조건, 지표의 상황, 지하매설물, 굴진속도, 단면형상과 크기, 시공연장, 터널의 선형, 공사기간, 사용목적, 굴착과 세그먼트 조립 시공성 및 작업장 용지와 굴착버력 처리 방법을 고려하여 안전하고 경제적인 시공이 가능한 TBM 형식을 선정하여야 한다.

(3) TBM 형식은 지반조건과 현장여건을 고려하여 개방형 또는 밀폐형 중 가장 적합한 형식을 선정하여야 한다.

(4) 터널노선 상에 파쇄대와 같은 연약지반이 부분적으로 분포하는 조건에서 개방형TBM을 적용할 경우에는 지반조건에 적합한 보조공법과 부분적으로 강판을 적용할 수 있다.

(5) 굴진면에 지하구조물 또는 기초말뚝 등의 지하장애물이 있는 경우에는 지반조건 외에도 장애물의 제거나 변위발생 등을 고려하여 종합적으로 검토·선정하여야 한다.

(6) TBM 장비 선정 시 고수압 또는 굴진면 자립이 어려운 지층에서의 디스크커터교체, 장비의 유지보수 및 굴진 시 예상되는 위험요인의 대응방안으로 굴진면 전방의 지반상태를 예측할 수 있는 장치, 지반보강 장치 및 압기작업에 요구되는 장치 또는 설비의 장착을 검토하여야 한다.

(7) TBM 장비 또는 부품들을 재활용할 경우에는 현장여건에 적합한 형식과 성능을 확보하도록 계획하여야 한다.

(8) TBM 장비형식 및 선정 외에 현장작업의 효율성, 시공성, 안정성 확보를 위한 추가장비(시스템, 장치, 설비 등)에 대한 장비옵션을 검토하여야 한다.

4.3 TBM 제작

4.3.1 TBM의 제작 시 고려사항

(1) TBM 장비의 주요설비

① 커터헤드

② 커터헤드 구동부

③ 세그먼트 이렉터

④ 전기설비

⑤ 작업장 가스 제어설비

⑥ 운영 관리자료 획득설비

⑦ 신축연장가능 벨트컨베이어

⑧ 트럭과 호퍼

⑨ 기관차, 광차 및 각종 대차

⑩ 이수처리설비

⑪ 뒤채움 주입설비

⑫ 배토용 펌프

⑬냉각설비

⑭공기주입설비

(2) TBM은 연직 및 수평토압, 수압, 자중, 상재하중의 영향, 편압, 굴진면 토압 및 이수압 등의 하중을 지지하도록 설계한다.

(3) TBM 구조는 각각의 작용하중에 대하여 TBM 각부가 안전하고 확실하게 가동될 수 있는 구조로 설계하여야 한다.

(4) TBM은 무겁고 대형이므로 운송계획, 작업구 계획, 장비조립 및 해체 계획 등 제반조건을 고려하여 제작하여야 하며, 또한 연약지반에서 TBM을 추진하는 경우에는 TBM의 중량 및 중심위치가 그 운전성능에 영향을 미치므로 TBM 제작 설계 시 이를 고려하여야 한다.

(5) TBM은 굴착, 추진 및 라이닝 설치작업을 수행할 수 있는 기능을 갖는 장치군으로 구성되므로 외부에서 작용하는 하중에 대하여 내부를 보호할 수 있어야 한다.

(6) TBM의 외경은 외판(Skin)의 외경을 말하며, 세그먼트 외경, 테일 클리어런스(Tail clearance) 및 테일 스킨(Tail skin) 두께를 고려하여야 한다.

(7) 테일 클리어런스는 세그먼트의 형상과 크기, 터널의 선형, 선형 수정, 세그먼트 조립 시 여유 및 테일 실(Tail seal)의 설치를 고려하여 결정하여야 한다.

(8) TBM의 길이는 지반 조건, 터널 선형, 쉴드TBM 형식, 중절장치 유무, 세그먼트 폭, K형 세그먼트 삽입형식 및 수압조건에 따른 테일 실의 설치수량을 고려하여야 한다.

(9) 후드부의 형상은 직각형, 경사형, 단절형 등이 있으며, 구조와 치수는 지반조건, 쉴드TBM의

형식에 적합하고 충분한 강도를 가질 수 있도록 결정하여야 한다.

(10) 후드부의 구조는 잭, 커터축, 커터헤드 구동장치, 중절장치 및 배토장치 등의 부착공간을 고려하여 충분한 강도와 강성을 갖는 것으로 하여야 한다.

(11) 테일부의 길이는 세그먼트 폭, 형상 및 시공성을 고려하여 결정하여야 한다.

(12) 테일 스킨 플레이트 두께는 유해한 변형이 발생하지 않는 범위 내에서 가능한 얇게 하여야 한다.

(13) 테일 실은 뒤채움 주입재나 토사를 동반하는 지하수의 역류방지를 위하여 내구성, 내압성 등을 고려하여 선정하여야 한다.

4.3.2 TBM의 커터헤드 설계 시 고려사항

(1) 커터헤드는 지반조건에 적합하고, 시공연장, 선형, 시공조건 등을 고려하여 기능을 발휘할 수 있는 것으로 선정하여야 한다.

(2) 커터헤드는 굴착성능 예측자료와 굴착대상 지반특성을 고려하여, 각각의 디스크커터에 유사한 부하가 분배되도록, 디스크커터의 크기, 디스크커터의 개수, 디스크커터의 적정 간격 및 위치를 고려하여야 하며, 이를 바탕으로 장비의 운영조건인 커터헤드의 추력, 회전력 및 회전속도를 결정하여야 한다.

(3) 커터헤드의 지지방식은 TBM 직경과 원지반 조건에 적합하도록 선정하여 버력반출기구와의 조합에 대하여 고려하여야 한다.

(4) 커터헤드의 개구부는 지반 조건, 굴진면 안정기구 및 굴삭능률을 고려하여 개구 형식, 크기 및 개구율을 정하여야 한다. 또한 이수식 쉴드 TBM의 경우 입자가 작은 토사지반에 따른 커터헤드 폐색을 방지할 수 있는 장치를 추가로 검토 할 수 있다.

(5) 커터 구동부는 시공조건 및 기계형식에 맞추어, 축(軸) 및 구동기어를 선정하여야 한다. 커터축의 실(seal)은 토사, 지하수 등의 유입에 대하여 커터 축을 보호할 수 있어야 한다.

(6) 확대굴착장치는 쉴드TBM의 조향성을 향상시키기 위한 장치로서 지반조건, 시공조건에 적합한 기능을 발휘할 수 있어야 한다.

4.3.3 TBM 디스크커터

(1) 디스크커터는 지반조건에 적합하도록 종류, 형상, 크기, 재질 및 커터헤드에서의 배치를 결정하여야 한다.

(2) 굴착대상 지반의 상태에 따라 디스크커터 또는 커터비트를 선정하거나 이들을 혼용하여 사

용하는 것을 고려하여야 한다.

(3) 디스크커터의 선정 시 굴착대상 암석의 압축강도, 인장강도, 경도, 석영 함유량 및 디스크커터의 마모도를 고려하여야 한다.

(4) 디스크커터와 커터비트는 마모특성을 평가하고 굴진과정에서 교체 방법과 교체 위치에 대한 계획을 수립하여야 하고 예상교체주기 산정을 위한 보조장치를 적용 할 수 있다.

(5) 디스크커터의 크기는 터널의 굴착직경, 암석의 강도 등을 고려하여 결정하여야 하며, 선정된 디스크커터에 대하여 사전에 선형절삭시험을 수행하여 성능 평가를 실시하는 것을 검토하여야 한다. 이때 디스크커터에 작용하는 추력, 회전력 및 관입깊이에 따른 굴착성능을 예측할 필요가 있다.

4.3.4 TBM의 추진기구

(1) 개방형 TBM 의 추진은 그리퍼를 사용하고 쉴드TBM에서는 추진잭 사용을 원칙으로 하며, TBM의 전체 추진력은 TBM 형식에 따른 제반저항에 충분히 대처할 수 있도록 적정 안전율을 고려하여야 한다.

(2) 그리퍼와 추진 잭의 선정과 배치는 TBM의 조향성, 세그먼트의 구조, 세그먼트의 시공성 등을 고려하여 설계하며, 가능한 한 간단한 구조가 되도록 하고 경량으로 내구성이 우수하고, 보수・교환이 편리하여야 한다.

(3) 추진 잭은 쉴드TBM 외판 내측에 근접하여 등간격으로 배치하고 세그먼트에 가급적 균등하중이 가해지도록 하여야 하며, 그리퍼는 TBM 자중을 지지하면서 추진력을 얻을 수 있도록 적절히 배치하여야 한다.

(4) 개방형TBM(Open TBM)의 그리퍼 작동속도와 스트로크(Stroke)는 추진 시의 굴진속도, 시공여건 및 터널지보재의 시공능률을 고려하여 결정하여야 한다.

(5) 쉴드TBM 추진 잭의 작동속도와 스트로크는 추진 시 굴진속도, 시공여건 및 세그먼트 조립에 대한 여유를 고려하여 결정하여야 하며, 쉴드TBM의 곡선 시공을 위한 적정 길이가 되도록 계획하여야 한다.

4.3.5 TBM의 유압, 전기 및 제어기구

(1) TBM의 유압기기는 일반건설기계의 경우와 달리 고압 대용량이므로 내구성, 효율 및 소음에 대한 사용 환경을 고려하여 기종을 선정하여야 한다.

(2) 유압기기는 자가 점검 장치가 있거나 점검이 용이한 것으로 선택하여 사용조건하에서 적절한 상태로 유지관리가 가능하여야 한다.

(3) 유압회로는 가능한 한 간단하여 각 기기가 확실하게 작동하고, 오조작이 발생할 경우에도 안전을 보장하여야 한다.

(4) 유압작동유는 유압기기에 적합한 양질의 것이어야 한다.

(5) 전기 기기류는 방수, 방습, 방진 등에 유의하여야 하며, 가능한 한 조작 및 점검보수가 용이한 위치에 설치하여야 한다.

(6) 제어기기는 각 기기가 확실하게 작동하여 굴착, 추진 및 버력처리를 위한 기기들과 상호 연관성을 양호하게 하고 이상 시에도 안전하게 대처할 수 있어야 한다.

4.3.6 세그먼트의 조립기구

(1) 이렉터(Erector)는 쉴드TBM의 형식과 규모, 세그먼트의 분할과 형상, 굴착토 처리방법, 작업주기 등을 고려하여 세그먼트의 조립이 정확하고 능률적인 것으로 선정하여야 한다.

(2) 이렉터의 능력은 세그먼트의 종류, 형상, 중량 및 조립순서 등을 고려하여 결정하여야 한다.

4.3.7 부속기구

(1) 중절장치는 원지반 조건, 터널의 선형, 쉴드TBM의 형식 등에 적합하고, 그 기능이 확실하게 발휘될 수 있는 방식과 기구를 선정하여야 한다.

(2) 방향제어장치는 지반조건, TBM의 형식, 터널의 선형 등을 고려하여 확실한 TBM의 방향제어가 가능한 것으로 선정하여야 한다.

(3) TBM에 탑재하는 측량장치는 TBM의 자세, 움직임 방향의 파악 등 측량 목적에 맞추어 선정하여야 하며, 터널 내 고온, 다습 등의 환경조건에서도 충분한 내구성을 확보하여야 한다.

(4) 뒤채움은 주입방식에 따라 동시, 즉시, 후방주입으로 구분하며, 주입장치가 필요한 경우는 주입재료, 주입방법, 주입량 등을 고려하여 확실하게 충전될 수 있는 기구를 선정하여야 한다.

(5) 후방대차는 TBM 굴진을 위한 기계장치 설치 및 굴진면 작업에 이용하는 재료 및 각종 작업 받침대, TBM 굴진과 동시 이동 등의 기능과 규모를 지닌 것이어야 한다.

4.4 TBM 터널의 지보재와 보조공법

(1) 터널지보재는 TBM의 기계적 특성과 지반조건 및 지보재 작업의 시공성 등을 고려하여 설계하여야 하며, 기타 일반적인 설계사항은 KDS 27 30 00을 따른다.

(2) 개방형TBM(Open TBM) 터널의 경우 암반분류 결과에 따라 구간별 지보패턴을 제시하여야

하며, 양호한 지반조건에서는 지보재 생략이 가능하다.

(3) 개방형TBM 터널 해석은 발파 굴착에 비하여 주변 지반의 응력 분포와 지반변형특성이 상이한 점을 특별히 반영하여야 하며, 경우에 따라서는 지보패턴의 등급을 조절하거나 지보재설계의 최적화를 고려하여야 한다.

(4) 개방형TBM 터널의 철망은 숏크리트의 부착력과 보강효과의 증가를 위하여 설치하는 철망과 낙반 방지용 철망으로 구분하고, 낙반 방지용 철망은 암질 상태에 따라 철망의 종류를 달리하여야 한다.

(5) 지반조건이 불량하여 과다한 지반침하, 변형 및 지하수 저하가 예상되는 구간에는 필요시 보조공법을 설계에 반영하여야 한다.

(6) 보조공법은 사용목적에 적합하고, 원지반 조건, 환경조건, 안정성, 시공성, 경제성 등이 확보되도록 설계하여야 하며, 필요시 TBM에도 보조공법 시공 장치를 반영하여야 한다.

(7) 개방형TBM(Open TBM) 터널에서 구조체 역할을 하는 터널 현장타설 라이닝의 설계는 KDS 27 40 05를 따른다.

(8) 쉴드TBM의 주지보재 역할을 하는 세그먼트 라이닝의 설계는 KDS 27 40 10을 따른다.

4.5 작업장과 작업구

4.5.1 TBM 터널의 작업장

(1)TBM 작업장의 규모는 TBM 및 후속 대차의 조립에 지장이 없도록 결정하여야 하며, 주변 환경과 교통여건 등을 고려하여 경제적인 설계가 되도록 하여야 한다.

(2) TBM 작업장의 폭과 길이는 TBM 본체 및 후속 대차의 크기, 크레인의 작업범위를 함께 고려하여 결정하여야 한다.

(3) 환기설비, 수전설비, 급수 및 배수 설비, 커터숍, 레일조립장, 침전지, 급기설비 등 각종 가시설의 기능과 규모를 감안하여 배치계획을 수립하여야 한다.

(4) 버력운반 장비의 규격에 따라 세그먼트 야적장, 버력하치장과 운반 장비의 대기공간을 확보하여야 한다.

(5) 세그먼트 야적장은 현장의 공정을 고려하여 세그먼트를 적치할 수 있는 공간을 확보하여야 한다.

(6) 버력 반출여건을 고려하여 터널 외부에 버력 하치장의 필요성을 검토하여야 하며, 필요시 버력 적하가 가능하도록 임시 구조물을 설치하여야 한다.

(7) 이수식 쉴드 TBM은 이수처리설비의 부지를 확보하고 소음진동에 대한 대책을 계획하여야 한다.

(8) 사토장 여건을 고려하여 임시 적치장의 필요성을 검토하여야 한다.

4.5.2 TBM 터널 작업구

(1) 작업구는 지반조건과 현장여건을 고려하여 시공이 안전하고 효율적으로 이루어지도록 위치, 규모 및 기능 등을 계획하여야 한다.

(2) TBM의 반입, 조립, 세그먼트 등의 재료 및 모든 기계기구의 반입, 굴착버력의 반출, 작업원의 출입 등을 위한 발진 작업구를 계획하여야 하며, 필요에 따라 방향전환용, 또는 TBM 인양을 위하여 터널노선의 중간 또는 종점에도 작업구 설치를 계획하여야 한다.

(3) 각 작업구의 규모, 형상 및 시공방법은 사용 목적, TBM의 크기, 현장여건, 본 구조물 및 부대시설과의 연결을 고려하여 결정하여야 한다.

(4) 작업구 내 발진부와 도달부의 설계 시에는 지수, 작업구 벽체의 안전성 등을 고려하여야 한다.

4.5.3 발진기지

(1) TBM 터널의 초기 굴진 시 발진부에 대한 사전 지반개량 여부, 발진반력대, TBM 받침대, 엔트런스 패킹, 가설 세그먼트 해체시기, 후방설비의 배치 및 토사의 반출 방법 등을 계획하여야 한다.

(2) 발진 시 TBM의 고정위치는 설계상의 터널구조물의 위치를 기본으로 하여 결정하고, 지반이 연약하여 TBM 처짐이 예상되는 경우에는 위치를 상향 보정하도록 계획하여야 한다.

(3) 발진터널의 직경은 TBM이 원활히 진입할 수 있는 여유폭을 고려하여 결정하여야 한다.

(4) 개방형TBM(Open TBM)의 발진터널 길이는 TBM 본체의 길이와 지반상태를 고려하여 결정하여야 한다. 또한 양쪽 측면에서 TBM의 벽면지지가 가능하도록 벽면 지지대를 계획하여야 한다.

(5) 쉴드TBM 발진에 필요한 반력대설비는 주로 가조립 세그먼트 방식과 형강을 주재로 하는 설비 등으로 분류할 수 있으며, 초기굴진 시 필요한 추력에 대하여 견딜 수 있는 강성을 확보하도록 설계하여야 한다.

4.6 터널 내 운반 시스템의 설계

(1) 터널 내 운반 시스템의 설계 시에는 광차, 세그먼트대차, 자재대차, 인력대차 등의 운반조건과 공정을 고려하여 사양과 수량을 계획하여야 한다.

(2) 터널 내 버력처리설비는 터널의 단면크기, 연장, 기울기, 버력량, 버력상태, 사용장비의 특성, 공정 및 주변여건을 고려하여 효율적인 버력 처리설비를 선정하여야 한다.

(3) TBM 터널은 TBM 버력의 원활한 반출, TBM 가동에 필요한 후방설비 및 부품의 신속한 반입, 반출과 굴진면에서 이상 상황의 발생 시 작업자의 대피 등 즉각적인 대처가 가능하도록 통행로를 항상 확보하여야 하며, 어떠한 이유로도 통행로를 차단하는 일이 없도록 설계하여야 한다.

(4) 버력처리를 위한 장비계획은 공사기간, 버력 발생량, 버력특성, 터널 내 작업환경, 버력처리장까지의 운반방법과 거리 등을 고려하여 수립하여야 한다.

(5) 버력 운반장비의 계획 시 가급적 굴착과 동시에 버력을 터널 외부로 반출할 수 있는 운반체계로 결정하여야 한다.

(6) 버력의 외부반출 시 환경문제를 고려하여 사전에 대책을 수립하여야 한다.

(7) 터널 내 버력 운반시스템은 기관차와 광차를 이용하는 궤도방법, 벨트컨베이어 방법, 덤프트럭, 배관압송 방법 등을 적용할 수 있다. 버력적재 및 대기시간을 최소화하고 TBM 가동률을 높이기 위하여 필요시 교행가능지점(Rail switching point)의 설치를 검토하여야 한다.

(8) 벨트컨베이어 시스템 설계 시 고려 사항

① 벨트의 폭은 버력의 최대 입자크기, 버력처리 용량 및 운반속도 등을 고려하여 선택하여야 한다.

② 벨트컨베이어는 곡선반경, 종단기울기를 고려하여 충분한 운반능력을 확보하여야 한다. 필요시에는 자동연신장치, 중계 부스터 등의 설치를 검토하여야 한다.

(9) 굴진면의 안전유지 및 굴착버력의 배출을 위하여 이수를 사용하는 쉴드TBM의 경우 굴진면의 안정을 유지하기 위한 압력은 수압 및 토압에 대하여 일반적으로 20 ~ 50 kPa 정도의 여유를 두고 유지하기 때문에 중계 펌프를 적정 위치에 설치하여 압력 저하를 방지하도록 하여야 한다.

4.7 기타 설비

(1) 터널의 부속설비는 사용 목적이나 유지관리상의 필요성에 따라 배수, 환기, 방재, 가스검측설비와 맨홀 등을 설계에 포함하여야 한다.

(2) 터널 내부의 부속설비는 작업환경성, 안정성, 경제성을 고려하여 계획하여야 한다. 특히 공사 중 터널 내부의 조명설비와 분진 억제 및 제거 설비를 검토하여야 한다.

(3) 환기설비의 설계 시 고려 사항

① TBM 터널에서의 터널 내 환기방법과 설비는 소요 환기량을 계산하고 그 결과에 따라 적합한 설계를 하여야 한다.

② 소요 환기량은 터널 내 최대 작업원에 대하여 필요한 소요 환기량, 분진에 의한 소요 환기량, 터널 내 장비운용에 따른 소요 환기량 및 기타 소요 환기량 중 가장 큰 환기량으로 산정하여야 한다.

③ 소요 환기량에 따라 환기 팬의 용량과 풍관의 구경을 결정하여야 한다.

④ 환기방법은 소요 환기량과 풍관의 구경에 따라 터널 내 배치공간을 감안하여 송기식, 배기식, 송배기식 중 적합한 환기방법을 적용하여야 한다.

(4) 수전설비의 설계 시 고려 사항

① 수전설비는 TBM의 전력 소요량과 기타 부속설비에 필요한 전력 소요량을 합산하여 계획하여야 한다.

② TBM 본체용 전력공급은 TBM 굴진에 따라 고압 케이블을 100 ~ 200 m 마다 연결하도록 계획하여야 한다.

③ 후속설비 및 터널 내부의 가시설용 전력공급은 터널의 길이에 따라 발생하는 선로 손실 및 전압 강하를 감안하여 800 ~ 1,000 m 마다 변압기를 설치하도록 계획하여야 한다.

④ 전력공급 중단에 대비하여 자가발전설비 또는 예비전원설비를 계획하여야 한다.

(5) 급수와 배수 설비 설계 시 고려 사항

① 급수설비는 소요되는 급수량을 충분히 고려하여 설계하여야 하며, 소요 급수량, 터널의 기울기와 연장에 따라 급수펌프의 동력과 급수관의 구경을 결정하여야 한다.

② 소요 급수량은 TBM장비 냉각수, 배관세척수, TBM 디스크커터에 필요한 소요 급수량, 지보재 설치에 따른 소요 급수량과 기타 소요 급수량을 모두 합하여 산정하여야 한다.

③ 급수펌프의 동력과 급수관 구경은 TBM 운용에서 필요한 소요 압력이 유지될 수 있도록 결정하여야 한다.

④ 배수설비는 TBM에 공급된 용수 중 퇴수되는 양과 터널 내의 지하수 용수량을 충분히 배수할 수 있도록 하며, 지하수맥의 존재로 다량의 지하수가 존재할 경우 등의 예측하지 못한 용출수에 대비하여 예비 배수설비를 계획하여야 한다.

⑤ 소요 배수량은 자연용수량, TBM 퇴수량, 지보재 설치에 따른 퇴수량과 기타 퇴수량 및 비상시 퇴수량을 모두 합하여 산정하여야 한다.

⑥ 소요 배수량에 따라 급수펌프의 동력과 급수관의 구경을 결정하여야 한다.

⑦ 장대터널에서는 펌프의 성능을 고려하여 설치간격을 검토하여야 한다.

(6) 침전설비는 터널 내의 배수용량에 따라 침전조의 규모 및 형태, 수질 및 환경보호대책을 수립하여야 한다.

(7) 비상급기설비 설계 시 고려 사항

① 비상급기설비는 터널작업 시 낙반사고 등 터널이 매몰될 경우를 대비하여 계획하여야 한다.

② 비상급기설비는 터널연장 및 작업인원을 기준으로 공기압축기의 용량 및 급기관의 구경을 결정하여야 한다.

(8) 이수식 쉴드TBM의 이수처리설비 설계 시 고려 사항

① 이수식 쉴드TBM 적용 시에는 지하수, 지표수, 해수의 오염을 방지하도록 몇 차례로 나누어 처리되는 지상 플랜트를 설계하여야 한다. 이 경우 반드시 슬러지와 상급수를 분리하여 슬러지는 사토처리 하여야 하며, 상급수는 수소이온농도(pH) 조정 후 최종 방류하거나 굴진면에 재유입하여 재사용하도록 하여야 한다.

② 이수처리 플랜트설계 시에는 쉴드TBM의 최대 굴진속도를 보장할 수 있는 충분한 처리용량을 확보하여야 하며, 긴급 상황에 대처할 수 있게 충분한 예비 안정액을 확보하여야 한다.

③ 이수처리 플랜트에서 배출하는 처리수는 하천수질환경기준에 따른 배출허용기준을 만족하기 위하여 수소이온농도(pH), 탁도, 배수량을 측정하고 자동 기록하는 시스템을 갖추도록 하여야 한다.

(9) 압기공법 적용 시 압기설비, 전력설비, 냉각설비, 압축공기 저장탱크 및 송기관 등의 설치계획을 수립하여야 한다.

(10) 뒤채움 주입설비는 주입이 능률적으로 이루어질 수 있도록 배치함과 동시에 작업사이클 내에 쉴드TBM 테일보이드(Tail void)를 완전히 충전할 수 있도록 계획하여야 한다.

4.8 뒤채움 주입재의 설계

(1) 뒤채움 주입방법은 테일보이드의 발생과 동시에 주입·충전하는 방법으로 쉴드TBM 장비에 설치된 주입관을 통해 주입하는 동시주입방법, 스킨플레이트가 조립된 세그먼트를 벗어나는 즉시 세그먼트 그라우트홀을 통해 주입하는 즉시주입방법, 그리고 쉴드TBM 장비 후방에서 세그먼트 그라우트 홀을 통해 주입하는 후방주입방법이 있으며, 쉴드TBM의 장비특성(형식, 직경)과 현장 지반조건, 수압조건을 고려하여 설계하여야 한다.

(2) 테일보이드에 의한 지반침하를 억제하기 위하여 동시주입을 원칙으로 하고, 동시주입이 곤

란한 경우에는 지반조건과 시공 여건에 적합한 뒤채움 주입방식을 계획하여야 한다.

(3) 뒤채움 주입압은 세그먼트 배면을 완전히 충전시킬 수 있도록 세그먼트에 작용하는 외압보다 큰 압력으로 설계하여야 하며 세그먼트 구조검토에 이를 반영하여야 한다.

(4) 뒤채움 주입량은 쉴드TBM의 테일보이드 크기, 주입재의 지반에 대한 침투성, 지반의 투수성 및 여굴을 고려하여 설계하여야 한다.

집필위원

성 명	소 속	성 명	소 속
김택곤	SK에코플랜트	문준배	강릉건설(주)
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)

KDS 27 25 00 : 2023
TBM 터널

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

KDS 27 30 00 : 2023

터널 지보재

2023년 9월 12일 개정
http://www.kcsc.re.kr

KC CODE

국토교통부

건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

이 기준은 발간시점부터 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 터널설계기준을 중심으로 도로설계기준, 공동구 설계기준, 철도설계기준(노반편), 하천설계기준, 항만 및 어항 설계기준 등의 배수 및 방수에 해당하는 부분을 통합 정비하여 기준으로 제정한 것으로 제・개정 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년.월)
터널공사표준시방서 및 동해설	• 산악지대에 건설되는 터널공사의 조사, 설계, 시공관련 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)
터널설계기준	• 터널설계기준과 터널표준시방서 분리, 개편, 보완	개정 (1999.9)
터널설계기준	• 관련법, 기준, 지침과의 연계성 확보 • 향상된 국내 터널기술 수준 반영 및 현안문제 개선 • 내진설계기준 보완, 터널공사의 안전성 제고 • 국제적 추세에 맞춘 기계화 시공 및 환경 친화적 설계 개선	개정 (2007.11)
KDS 27 50 05 : 2016	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비	제정 (2016.6)
KDS 27 30 00 : 2023	• 국가건설기준 코드 작성 지침에 따라 정비	개정 (2023.07)

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 고시 일을 기준으로 매 3년이 되는 시점마다 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 하여야 한다.

목 차

1. 일반사항 ····· 1
1.1 목적 ····· 1
1.2 적용 범위 ····· 1
1.3 참고 기준 ····· 1
1.3.1 관련 법규 ····· 1
1.3.2 관련 기준 ····· 1
1.4 용어의 정의 ····· 1
1.5 기호의 정의 ····· 1
2. 조사 및 계획 ····· 1
2.1 조사 및 계획 일반 ····· 1
2.2 조사 ····· 1
2.3 계획 ····· 1
3. 재료 ····· 2
3.1 재료 일반 ····· 2
3.1.1 강지보재 ····· 2
3.1.2 숏크리트 ····· 2
3.1.3 록볼트 ····· 2
3.2 재료 특성 ····· 3
3.2.1 강지보재 ····· 3
3.2.2 숏크리트 ····· 3
3.2.3 록볼트 ····· 4
3.3 품질 및 성능시험 ····· 4
4. 설계 ····· 4
4.1 설계일반 ····· 4
4.2 강지보재 ····· 5
4.2.1 강지보재의 설계 ····· 5
4.2.2 강지보재의 이음과 설치간격 ····· 6

4.2.3 강지보재의 간격재와 바닥판 받침 ····· 6
4.2.4 연직갱의 강지보재 ····· 7
4.2.5 경사갱의 강지보재 ····· 7
4.3 숏크리트 ····· 7
4.3.1 숏크리트의 설계 ····· 7
4.3.2 숏크리트의 특징 ····· 8
4.3.3 숏크리트의 최소 설계두께 ····· 8
4.3.4 고강도 숏크리트 ····· 8
4.4 록볼트 ····· 8
4.4.1 록볼트의 설계 ····· 8
4.4.2 록볼트 정착방법 ····· 10
4.4.3 록볼트의 배치와 길이 선정 ····· 10

1. 일반사항

1.1 목적

(1) 이 기준의 목적은 터널의 지보재 설계를 위한 기준을 제시하는 것이다.

1.2 적용 범위

(1) 이 기준은 터널 지보재로 사용되는 강지보재, 숏크리트 및 록볼트의 설계에 적용하여야 한다.

1.3 참고 기준

1.3.1 관련 법규

(1) 이 기준의 관련 법규는 KDS 27 10 05(1.3.1)을 따른다.

1.3.2 관련 기준

• 이 기준의 관련 법규는 KDS 27 10 05(1.3.2)를 따른다.

1.4 용어의 정의

• 이 기준의 용어정의는 KDS 27 10 05(1.4)를 따른다.

1.5 기호의 정의

내용 없음

2. 조사 및 계획

2.1 조사 및 계획 일반

(1) 이 기준의 조사 및 계획 일반은 KDS 27 10 10(2.1)을 따른다.

2.2 조사

(1) 이 기준의 조사는 KDS 27 10 10(2.2)를 따른다.

2.3 계획

(1) 이 기준의 계획은 KDS 27 10 10(2.3)을 따른다.

3. 재료

3.1 재료 일반

3.1.1 강지보재

(1) 강지보재의 단면은 강지보재의 설치 후에도 숏크리트의 타설이 용이하고, 숏크리트와 일체화되기 쉬운 형상을 가진 것이어야 하며, H형강, U형강, 격자지보(Lattice girder) 등과 같은 강지보재를 적용하여야 한다.

(2) 강지보재의 치수는 작용하중 외에 숏크리트의 두께, 강지보재의 최소덮개, 굴착공법, 굴착방법 등을 고려하여 결정하여야 한다. 또한, 소요의 강성이 발휘되고, 좌굴, 비틀림 및 국부적인 하중에 대하여 저항성이 크고 시공능률을 높일 수 있는 것을 적용하여야 한다.

3.1.2 숏크리트

(1) 숏크리트 설계 시 고려사항

① 설계목적에 적합한 조기강도와 장기강도
② 지반강도와 지보재로서의 기능
③ 배합재료의 품질과 조달의 용이도
④ 시공성과 숏크리트 타설작업의 숙련도

(2) 숏크리트에 물을 혼합하는 방법에 따라 건식과 습식으로 구분하며 필요에 따라 강 또는 기타 재질의 섬유(Fiber)등과 같은 재료를 혼합하여 사용할 수 있다.

(3) 타설된 숏크리트가 자중으로 인하여 박리될 가능성이 있는 경우 또는 숏크리트의 인장강도 및 전단강도 등 인성을 향상시키기 위하여 철망을 사용할 수 있다. 단, 강섬유 또는 기타 재질의 섬유를 혼합한 숏크리트의 경우는 철망을 생략할 수 있다.

3.1.3 록볼트

(1) 록볼트 재질과 형상은 소요 강도 이상을 가지는 이형봉강으로 제작하는 것을 원칙으로 하나, 강관, 팽창성 강관, 케이블볼트 및 이와 동등한 성능을 가지는 섬유강화 복합재료와 같은 기타 소재의 록볼트도 사용할 수 있으며 해석, 실험 등의 방법을 통해 재질의 적정성을 검토하여야 한다.

(2) 록볼트의 재질은 원지반 조건 및 사용 목적을 고려하여 정하여야 하며, 영구지보재로 사용하는 경우는 장기 내구성이 우수한 것이어야 한다.

(3) 막장면 록볼트와 같이 설치 후 굴착조건에 따라 제거가 필요한 경우에는 용이하게 제거할 수 있는 재질을 사용할 수 있다.

3.2 재료 특성

3.2.1 강지보재

(1) 강지보재의 재질은 연성이 크고 휨과 용접 등의 가공성이 양호하여야 한다.

(2) H형강, 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 적용하여야 한다.

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

3.2.2 숏크리트

(1) 숏크리트용 시멘트는 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하는 것을 원칙으로 하되 현장조건에 따라 변경 적용할 수 있다.

(2) 잔골재에는 입경 0.1 mm 이하의 세립물이 포함되지 않아야 하고, 굵은 골재의 최대치수는 10 mm 이하가 되어야 한다.

(3) 숏크리트는 필요한 강도와 내구성이 확보되고 부착성과 시공성이 양호하며, 재령 1일 압축강도가 10 MPa 이상, 재령 28일 강도가 21 MPa 이상 되도록 배합설계하여야 한다. 단, 고강도 숏크리트의 경우 재령 28일 강도가 35 MPa 이상이 되도록 배합설계하여야 한다.

(4) 강섬유보강 숏크리트는 설계 휨강도와 휨인성을 만족하여야 한다. 이때 재령 28일의 강섬유보강 숏크리트의 휨강도는 4.5 MPa 이상, 그리고 휨인성을 나타내는 등가휨강도는 3.0 MPa 이상이어야 한다. 강섬유 이외의 기타 섬유를 적용할 경우에는 상기 강섬유보강 숏크리트의 성능기준 이상을 발현할 수 있도록 설계하여야 한다.

(5) 숏크리트의 조기강도 발현을 위하여 급결제를 사용할 수 있으며 이때 사용되는 급결제의 사용량은 환경과 압축강도를 고려하여 시공조건(기온, 지반조건, 용출수 등), 사용재료, 급결제의 재질과 특성을 고려하여 적용하여야 한다.

(6) 급결제 선택 시 고려사항

① 콘크리트의 응결경화를 촉진하여야 한다.
② 장기강도의 저하가 적어야 한다.
③ 부착성이 우수하여야 한다.
④ 강지보재를 사용하는 경우는 강재를 부식시키지 말아야 한다.
⑤ 사용상의 안전성을 확보하여야 한다.

(7) 장대터널에서는 콘크리트 배합부터 숏크리트 타설까지 상당한 시간이 소요되어 작업성이 저하될 수 있으므로 감수제의 사용을 검토하여야 한다.

(8) 숏크리트의 강도 증진을 위하여 혼화재를 사용할 경우에는 실리카 흄, 메타카올린 및 플라이애쉬와 같은 미분말 혼화재를 적용할 수 있다.

(9) 굴착면의 자립이 어렵고 숏크리트 타설 시 박리가 발생하는 경우에는 지반과의 부착을 증진시키기 위하여 개구크기와 철선지름이 작은 철망을 적용할 수 있다.

(10) 철망 적용 시 고려사항

① 철망은 종방향 및 횡방향으로 겹이음을 실시하되 터널 종방향으로는 100 mm, 횡방향으로는 200 mm 이상의 이음장을 표준으로 하되 현장조건에 따라 증감할 수 있다.
② 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.
③ 철망을 사용하는 경우 철망은 KS D 7017에 규정된 용접철망을 사용하여야 하며, 철망의 지름은 5 mm 내외, 개구크기는 100 × 100 mm 또는 150 × 150 mm인 철망을 표준으로 하되 현장조건에 따라 변경할 수 있도록 설계하여야 한다.

3.2.3 록볼트

(1) 록볼트 재질 및 강도는 한국산업규격(KS)에 적합한 것이어야 한다.

(2) 록볼트는 항복강도 350 MPa 이상의 강재로서 재질의 인장강도와 연신율이 커서 취성파괴가 발생하지 않는 재료이어야 하며, 원지반 조건과 사용목적에 따라 봉강, 케이블볼트, 강관 및 섬유강화 복합재료를 적용할 수 있다.

(3) 케이블볼트의 재질과 형상은 원지반 조건과 사용 목적에 따라 정하여야 하며, 재질은 공칭지름 12.7 mm 이상의 7연선으로 인장강도와 연신율이 큰 것이어야 하고, 1본의 케이블볼트가 지탱하는 소요 강도에 따라 다양한 형상의 케이블볼트를 적용할 수 있다.

(4) 지압판은 록볼트와 숏크리트를 일체화시키는 역할을 담당하며, 예상되는 응력에 대하여 충분한 면적과 강도를 갖는 것이어야 한다. 지압판 두께는 6 mm를 표준으로 하되 팽창성 지반의 경우는 9 mm 이상을 적용하여야 한다.

3.3 품질 및 성능시험

내용 없음

4. 설계

4.1 설계일반

(1) 터널의 지보는 원지반의 지보능력을 적극적으로 활용함을 원칙으로 하며, 지보재는 주변의 지반거동 특성에 부합되도록 설계하여 시공 중이나 완공 후에도 터널의 안정을 유지할 수 있도록 하여야 한다.

(2) 지보재는 터널 내부에서의 작업효율성과 안정성을 고려하여 설계하여야 한다.

(3) 지보재는 굴착지반을 조기에 안정시키며, 지반굴착에 의한 영향이 인접구조물의 안정을 해치지 않도록 설계하여야 한다.

(4) 지보재는 주지보재와 보조지보재로 구분하여 설계하여야 한다. 주지보재는 강지보재, 숏크리트 및 록볼트로 구성되며, 보조지보재는 굴착 용이성과 안정성 증진을 목적으로 주지보재에 추가하여 시공하는 봉강, 강관, 막장면 숏크리트, 막장면 록볼트, 지반 및 차수 보강재 등으로 구성된다.

(5) 지보재의 설계 시에는 지반의 분류등급과 해당 지보재의 선정에 대한 기준을 제시함으로써, 시공 시 지반조건이 설계 시의 예측조건과 상이할 경우 적합한 지보재의 종류와 물량으로 변경할 수 있도록 하여야 한다.

(6) 지반분류에 의한 표준지보패턴 설계를 원칙으로 하되, 대규모 단층대, 함수미고결층, 3차로 이상의 대단면, 석회암층 통과부 및 기타 풍화가 용이한 암반층과 같은 구간에서는 별도의 지보패턴을 설계하여야 한다.

(7) 지질이 양호한 암반인 경우에는 지보재가 필요하지 않을 수도 있으며, 연약한 암반의 경우에는 지보재의 간격을 좁게 하고 버팀대나 흙막이판 등을 설치하여 암석이 떨어지는 것을 방지할 수 있도록 설계하여야 한다.

(8) 터널 시공 시 지보재는 터널의 수명기간동안 터널 주변의 응력이나 변위 상태 등과 상호 연합하여 일체로 거동하여 터널의 안정성을 영구적으로 보장해 주도록 설계하여야 한다. 즉, 지보재는 터널의 굴착으로 인하여 발생하는 새로운 응력상태에 대하여 터널 주변 지반과 일체가 되어 안정된 상태에 도달하도록 설계하여야 한다.

(9) 터널 주변 지반의 거동이 지표 및 지중의 주변 구조물에 영향을 미칠 위험이 있는 경우에는 터널 굴착의 영향을 최소화할 수 있는 지보재의 규격과 시공순서를 결정하여야 한다.

4.2 강지보재

4.2.1 강지보재의 설계

(1) 강지보재는 취약한 지반조건에서 터널굴착 초기의 안정성을 확보하기 위한 지보재 중의 하나로서, 산정된 작용하중을 부담할 수 있도록 사용강재 치수, 설치간격을 결정함과 동시에 숏크리트와 일체가 되어 지보기능을 유리하게 발휘할 수 있도록 설계하여야 한다.

(2) 강지보재는 이음부가 적고, 예상되는 외력과 기타조건에 대하여 유리한 형상을 가지며 시공 상 편리한 것이어야 한다.

(3) 강지보재는 다음의 기능이 요구될 때 적용하여야 하며, 강지보재의 역할이 필요 없는 경우에는 생략할 수 있다.

① 숏크리트 또는 록볼트의 지보기능이 발휘되기까지 굴착면의 조기 안정 도모와 숏크리트 강성 증대
② 막장면 휘폴링(Forepoling) 또는 경사볼트 등 보조공법의 반력지지점
③ 큰 지압으로 인한 지보재의 강성 증대
④ 지표침하를 포함한 지반변위의 억제

(4) 강지보재는 숏크리트 또는 록볼트와 같은 지보재와 일체가 되어 소요의 지보기능을 발휘하도록 경험적 방법 또는 수치해석적 방법을 통하여 규격과 배치간격을 정하여야 한다.

(5) 강지보재의 이음은 시공순서와 시공성을 고려하여 이음개소가 최소가 되도록 정하되, 강지보재가 제거되거나 추가이음이 요구되는 곳에는 시공이 가능하도록 설계에 반영하여야 한다.

4.2.2 강지보재의 이음과 설치 간격

(1) 강지보재는 운반, 거치 및 시공성을 고려하여 분할 제작하는 것을 원칙으로 하되, 이음개소를 최소화하고 강지보재 연결체결부는 일반부와 동등이상의 강도 등 기준을 만족하는 성능을 발휘하여야 한다. 특히, 구조적으로 불리한 위치에서의 이음은 가능한 한 피하도록 하여야 한다.

(2) 팽창성 지반 등과 같이 내공변위가 크게 발생하는 지역에서는 강지보재의 이음을 가축 변형이 허용되는 조인트구조로 할 수 있다.

(3) 강지보재의 설치간격은 지반특성, 사용 목적 및 시공방법을 고려하여 정하여야 한다.

(4) 상반과 하반으로 나누어 굴착하는 경우 지반조건에 따라 상부 강지보재의 수직 지지점 확보가 가능하도록 조치한 후 하반의 강지보재를 일부 생략할 수 있다.

4.2.3 강지보재의 간격재와 바닥판 받침

(1) 숏크리트에 의하여 강지보재가 고정되기 전까지 전도를 방지하기 위하여 강지보재 사이에 횡방향으로 간격재를 일정 간격으로 설치하여야 한다. 이때 간격재의 형상은 숏크리트의 일체화에 저해되는 형상을 사용하여서는 안 되며 그 설치간격은 2.0 m 이내를 표준으로 하되 현장조건에 따라 조정할 수 있도록 설계하여야 한다.

(2) 강지보재 하단에는 바닥판을 붙이고 필요에 따라 받침을 설치하여 충분한 지지력을 확보할 수 있도록 하여야 한다

(3) 강지보재 바닥판 받침으로는 철근콘크리트 블록, 강판, H형강, 격자지보와 같은 재료를 사용할 수 있으며 강지보재에 작용하는 하중이 큰 경우에는 필요에 따라 작용하중을 감당할 수 있는 바닥보강 콘크리트를 검토 적용하여야 한다.

4.2.4 연직갱의 강지보재

(1) 연직갱 강지보재의 크기와 간격 결정시 연직갱단면의 크기 및 지반조건 등을 고려하여야 하며, 지반이 양호한 경우에는 강지보재를 록볼트와 숏크리트로 대체할 수 있다.

4.2.5 경사갱의 강지보재

(1) 경사갱 강지보재는 경사갱의 직각방향, 연직방향, 직각방향과 연직방향의 중간방향으로 설치할 수 있으며 초기응력과 지반상태를 고려하여 가장 적합한 방법을 선택하여야 한다.

4.3 숏크리트

4.3.1 숏크리트의 설계

(1) 숏크리트 설계 시 고려사항

① 숏크리트는 일반 숏크리트와 고강도 숏크리트로 구분할 수 있다.
② 지반과의 부착과 자체전단 저항효과로 숏크리트에 작용하는 외력을 지반에 분산시키고, 터널주변의 붕락하기 쉬운 암괴를 지지하며, 굴착면 가까이에 지반아치가 형성될 수 있어야 한다.
③ 휨압축과 축력에 의한 저항효과로 주변 원지반에 내압을 가함으로써, 굴착면 주변 지반을 3축응력 상태로 유지시켜 지반강도 저하를 방지할 수 있어야 한다.
④ 강지보재 또는 록볼트에 지반압을 전달하는 기능을 발휘할 수 있어야 한다.
⑤ 굴착된 지반의 굴곡부를 메우고 절리면 사이를 접착시킴으로써 응력집중현상을 피할 수 있어야 한다.
⑥ 굴착면을 피복하여 풍화방지, 지하수 및 세립자 유출 등을 억제할 수 있어야 한다.
⑦ 숏크리트를 최종 마감재로 설계할 경우, 숏크리트 라이닝이 최종 노출면이 될 수 있으므로 필요한 경우에는 화재에 대한 안전성 확보와 누수에 대한 대책을 수립하여야 한다.
⑧ 숏크리트를 영구지보재로 설계할 경우에는 소요의 두께와 타설층별 기능확보를 위해 각 층별로 다른 성능의 숏크리트를 적용할 수 있다.
⑨ 숏크리트를 영구지보재로 설계할 경우에는, 조명설비, 환기설비 및 기타 부대설비를 고정시킬 수 있도록 숏크리트의 강도와 부착성능을 확보하여야 한다.

4.3.2 숏크리트의 특성

(1) 설계 목적과 기준에 부합하는 강도를 확보하여야 한다.

(2) 조기에 강도를 발휘할 수 있어야 한다.

(3) 지반과의 부착성을 확보하여야 한다.

(4) 내구성을 확보하여 터널의 공용기간 동안 소요의 기능을 발휘할 수 있어야 한다.

(5) 반발률(Rebound)과 분진 발생량을 최소화하여야 한다.

(6) 평활한 타설면을 확보하여 방수와 배수시공이 용이하여야 한다.

4.3.3 숏크리트의 최소 설계두께

(1) 터널의 지보재로 사용되는 숏크리트의 최소 두께는 사용 목적, 지반조건, 단면의 크기, 지보재 안정성 및 시공성을 고려하여야 하며, 50 mm 이상으로 하는 것을 원칙으로 하되 현장조건에 따라 조정할 수 있도록 설계하여야 한다.

4.3.4 고강도 숏크리트

(1) 고강도 숏크리트의 적용 범위

① 콘크리트라이닝을 설치하지 않는 경우
② 터널의 조기 안정화가 요구되는 경우
③ 장기내구성이 요구되는 목적구조물로서 활용되는 경우
④ 대단면 터널에서 숏크리트 두께 축소를 목적으로 하는 경우
⑤ 안정성, 시공성, 경제성 향상을 목적으로 하는 경우

4.4 록볼트

4.4.1 록볼트의 설계

(1) 록볼트 설계 시에는 시공성과 시공기간을 고려하여 록볼트의 시공재료, 항복하중 및 정착방법을 검토하여야 한다.

(2) 록볼트 설계 시에는 록볼트의 작용 효과가 사용 목적에 적합하게 발휘되도록 지반상태, 불연속면의 분포 및 용출수를 고려하여야 한다.

(3) 록볼트의 작용 효과

① 봉합작용: 이완된 암괴를 이완되지 않은 원지반에 고정하여 낙하를 방지하는 기능이다.
② 보형성작용: 터널주변의 층을 이루고 있는 지반의 절리면 사이를 조여 줌으로써 절리면에서의 전단력의 전달을 가능하게 하여 합성보로서 거동시키는 효과이다.

③ 내압작용: 록볼트의 인장력과 동등한 힘이 내압으로 터널 벽면에 작용하면 2축응력 상태에 있던 터널주변 지반이 3축응력 상태로 되는 효과가 있으며, 이것은 3축 시험 시 구속력(측압)의 증대와 같은 의미를 가지며 지반의 강도 혹은 내하력 저하를 억제하는 작용을 한다.

④ 아치형성작용: 시스템 록볼트의 내압효과로 인하여 굴착면주변의 지반이 내공 측으로 일정하게 변형하는 것에 의하여 내하력이 큰 아치를 형성한다.

⑤ 지반보강작용: 지반 내에 록볼트를 설치하면 지반의 전단 저항능력이 증대하여 지반의 내하력을 증대시키고 지반의 항복 후에도 잔류강도 향상을 도모한다.

(4) 록볼트의 작용효과 중, 특히 봉합작용이 강조되어 인장력이 발생되는 경우는 소요의 인발내력에 대하여 충분한 안전율을 갖는 재질과 형상의 록볼트를 채택하여야 한다.

(5) 록볼트의 재질, 지압판, 정착형식 및 정착재료 선정시에는 그 시공성을 고려하여야 한다.

(6) 굴착으로 인한 응력해방에 따라 내공변위가 크게 발생하는 경우에는 선단정착형 또는 혼합형의 록볼트 형식으로 프리스트레스를 도입할 수 있다. 프리스트레스를 도입하는 경우에는 도입된 프리스트레스가 지속적으로 유지될 수 있는 지반조건이어야 하며, 프리스트레싱에 의한 록볼트의 응력이 항복강도의 80% 이내가 되어야 한다.

(7) 대단면 터널, 터널 교차부와 같이 8 m 이상의 긴 록볼트를 설치할 필요가 있는 경우에는 시공성을 고려하여 록볼트와 함께 케이블볼트를 조합하여 설계할 수 있다

(8) 케이블볼트의 재질과 형상은 원지반 조건과 사용 목적에 따라 정하여야 하며, 배치와 길이는 록볼트의 설계기준을 준용하되 충전재 미채움으로 인한 공극을 고려하여 록볼트 설계기준에 준하여 결정된 길이에 최소 2 m를 추가하여야 한다.

(9) 숏크리트와 강지보재와 같은 지보재와 병용하는 경우에는 각각의 지보효과를 고려하여 종합적인 지보 기능을 평가한 후 록볼트를 설계하여야 한다.

(10) 록볼트의 작용 효과를 장기적으로 기대하는 경우에는 부식에 대한 검토가 필요하며, 특히 온천이나 산성 용출수가 존재하는 강산성 지반과 해수의 영향을 받는 지역에서는 내부식성 재료를 사용하거나 부식방지 대책을 계획하여야 한다.

(11) 록볼트는 지반 자체가 강도를 발휘하도록 지반을 도와주는 지보재의 일종으로서, 록볼트의 선정 시에는 지반의 강도, 절리, 균열의 상태, 용출수 상황, 천공경 확보의 용이성, 정착의 확실성을 고려하여야 한다.

(12) 용출수로 인해 정착력 확보가 어려운 경우 물빼기공을 설치하거나 급결제를 적용하여 정착재의 유실을 방지하도록 설계하여야 하며, 필요한 경우 팽창성 강관 록볼트와 같은 마찰형 록볼트를 적용할 수 있다.

4.4.2 록볼트 정착방법

(1) 록볼트의 정착방법으로는 선단정착형, 전면접착형 및 혼합형 등이 있으며 사용 목적, 지반조건, 시공성 및 경제성을 고려하여 정착방법을 선정하여야 한다.

(2) 정착재료는 시멘트계와 수지계를 현장 여건에 따라 사용할 수 있다. 설치위치에 따라 정착재료의 흘러내림을 최대한 방지하도록 설계하여야 한다.

(3) 지반이 연약하여 공벽의 자립이 어려울 것으로 예상되는 경우에는 자천공형 록볼트를 검토 적용할 수 있다.

(4) 긴급한 록볼트 기능 도입이 요구되는 경우에는 마찰력을 즉시 발휘시킬 수 있는 구조의 록볼트를 적용하도록 설계하여야 한다.

(5) 록볼트의 정착재료로는 보통 포틀랜드 시멘트를 적용하는 것을 원칙으로 하며, 모래는 최대 직경이 2 mm 이하의 입도가 양호한 모래를 적용하도록 설계하여야 한다.

4.4.3 록볼트의 배치와 길이 선정

(1) 록볼트는 굴착에 따라 영향을 받는 영역을 보강하도록 배치하는 것을 원칙으로 하되 현장조건에 따라 조정하도록 설계할 수 있다. 또한 록볼트의 적정 설치 위치와 시공 여부 판단을 위한 검측방법을 설계에 적용할 수 있다.

(2) 록볼트의 배치와 길이는 그 사용 목적, 지반조건, 터널단면의 크기와 형상, 굴착공법 및 절리의 간격을 고려하여 지반 자체의 지보능력을 원활히 발휘할 수 있도록 설계하여야 한다.

(3) 록볼트의 배치는 지반의 부분적인 붕괴를 방지하기 위한 랜덤 볼트(Random bolt) 방식과, 규칙적으로 배치하여 자연지반아치를 형성시키는 시스템 볼트(System bolt) 방식이 있다. 록볼트의 길이는 터널 주변의 이완영역보다 길게 하여 불안정영역을 충분히 지지할 수 있도록 설계하여야 한다.

(4) 록볼트를 일정한 간격으로 배치할 필요가 있는 경우에는 굴착면에 직각으로 타설하는 것을 원칙으로 하고, 인접한 록볼트 간에는 상호작용 발휘가 가능하도록 배치하여야 한다. 단, 절리가 발달하였으나 암질이 양호한 불연속면을 관통하는 경우에는 절리면의 방향을 고려하여 록볼트를 설치하도록 설계하여야 한다.

(5) 록볼트를 조기에 타설할 필요가 있는 경우나 천공장비의 진입이 어려운 경우에는 터널 진행방향으로 경사진 록볼트로 설계할 수 있다.

(6) 록볼트의 길이는 양호한 지반에서는 설치간격의 2배를 표준으로 함을 원칙으로 하고 굴착단면의 크기, 이완영역의 발달깊이, 1회 굴진장 및 암반의 절리 상태에 따라 조정할 수 있도록 설계하여야 한다.

(7) 터널 상부에 강관보강공법이 적용된 구간에서 록볼트에 의한 보강효과를 얻을 수 없

거나, 그 효과가 매우 저감되는 경우에는 지반조건을 면밀히 검토한 후 록볼트를 생략할 수 있다.

집필위원

성 명	소 속	성 명	소 속
김동규	한국건설기술연구원	박치면	에스코컨설턴트
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)

KDS 27 30 00 : 2023

터널 지보재

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

KDS 27 40 05 : 2023

터널 현장타설 라이닝

2023년 9월 12일 개정
http://www.kcsc.re.kr

KC CODE

국토교통부

건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

이 기준은 발간시점부터 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 터널설계기준을 중심으로 도로설계기준, 공동구 설계기준, 철도설계기준(노반편), 하천설계기준, 항만 및 어항 설계기준 등의 터널설계 개요에 해당하는 부분을 통합 정비하여 기준으로 제정한 것으로 제·개정 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년.월)
터널공사표준시방서 및 동해설	• 산악지대에 건설되는 터널공사의 조사, 설계, 시공관련 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)
터널설계기준	• 터널설계기준과 터널표준시방서 분리, 개편, 보완	개정 (1999.9)
터널설계기준	• 관련법, 기준, 지침과의 연계성 확보 • 향상된 국내 터널기술 수준 반영 및 현안문제 개선 • 내진설계기준 보완, 터널공사의 안전성 제고 • 국제적 추세에 맞춘 기계화 시공 및 환경 친화적 설계 개선	개정 (2007.11)
KDS 27 10 05 : 2016	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비	제정 (2016.6)
KDS 27 40 05 : 2023	• 국가건설기준 코드 작성 지침에 따라 정비	개정 (2023.07)

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 고시 일을 기준으로 매 3년이 되는 시점마다 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 하여야 한다.

목 차

1. 일반사항 ····· 1
1.1 목적 ····· 1
1.2 적용 범위 ····· 1
1.3 참고 기준 ····· 1
1.3.1 관련 법규 ····· 1
1.3.2 관련 기준 ····· 1
1.4 용어의 정의 ····· 1
1.5 기호의 정의 ····· 1
2. 조사 및 계획 ····· 1
2.1 조사 및 계획 일반 ····· 1
2.2 조사 ····· 1
2.3 계획 ····· 1
3. 재료 ····· 1
3.1 재료 일반 ····· 1
3.2 재료 특성 ····· 2
3.3 품질 및 성능시험 ····· 2
4. 설계 ····· 2
4.1 설계 일반 ····· 2
4.2 현장타설 라이닝의 형상과 두께 ····· 3
4.3 설계하중 ····· 4
4.4 구조해석 ····· 4
4.5 연직갱의 현장타설 라이닝 설계 ····· 5
4.6 경사갱의 현장타설 라이닝 설계 ····· 5
4.7 TBM 터널의 현장타설 라이닝 설계 ····· 6
4.8 인버트 라이닝 ····· 6
4.9 균열 방지대책 ····· 6
4.10 천장부 채움 ····· 7

1. 일반사항

1.1 목적

(1) 이 기준의 목적은 현장타설 라이닝에 대한 기준을 제시하는 것이다.

1.2 적용 범위

(1) 이 기준은 현장타설 라이닝의 설계에 적용된다.

1.3 참고 기준

1.3.1 관련 법규

(1) 이 기준의 관련 법규는 KDS 27 10 05(1.3.1)을 따른다.

1.3.2 관련 기준

(1) 이 기준의 관련 기준은 KDS 27 10 05(1.3.2)를 따른다.

1.4 용어의 정의

(1) 이 기준의 용어정의는 KDS 27 10 05(1.4)를 따른다.

1.5 기호의 정의

내용 없음

2. 조사 및 계획

2.1 조사 및 계획 일반

내용 없음

2.2 조사

내용 없음

2.3 계획

내용 없음

3. 재료

3.1 재료 일반

(1) 현장타설 라이닝에 사용되는 재료는 터널의 기능에 적합한 것이어야 한다. 일반적으로 현장타설 콘크리트를 사용하는 것을 원칙으로 하고, 콘크리트라이닝의 역할에 따라 무근 또는 철근콘크리트를 사용할 수 있으며, 현장 여건에 따라 프리캐스트라이닝도 적용할 수 있다.

(2) 현장타설 라이닝의 균열 억제와 내구성 증진 등을 위하여 철근 이외에 철망, 강섬유 및 합성섬유 등으로 보강한 콘크리트를 사용할 수 있다.

3.2 재료 특성

(1) 콘크리트의 배합은 소요 강도, 내구성 및 양호한 시공성이 얻어질 수 있도록 결정하여야 한다. 사용골재는 양질이며 내구성이 우수하여야 하고, 염분 및 유기물 등의 유해성분이 허용기준치 이하여야 한다.

(2) 콘크리트라이닝의 소요 강도는 지반특성, 콘크리트라이닝의 형상, 지보재의 종류 및 라이닝에 작용하는 하중 등에 적합하도록 설정하여야 한다. 재령 28일 강도가 24 ~ 27 MPa 인 콘크리트를 표준으로 하되, 그 이상의 강도를 사용할 수 있다.

(3) 단위 시멘트량, 물-시멘트비 및 슬럼프 등의 설계는 상기의 강도 외에 사용 재료 및 시공조건에 따라 다르다. 일반적인 콘크리트라이닝에는 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하지만 수축 균열을 예방할 목적으로 고로 시멘트 및 중용열 시멘트를 사용하는 경우가 있으므로, 단위 시멘트량의 적정치를 결정하여야 한다.

(4) 비배수형 방수형식 터널에서는 재령 28일의 콘크리트 강도가 27 MPa 이상이 되도록 계획하여야 하며 수밀콘크리트를 사용할 수 있다.

(5) 터널의 장기 안정성이 확보되는 경우나 현장여건과 구조물 목적에 영향을 미치지 않는 경우에는 현장타설 라이닝을 설치하지 않을 수 있다.

3.3 품질 및 성능시험

내용 없음

4. 설계

4.1 설계 일반

(1) 현장타설 라이닝은 터널의 사용 목적과 사용 조건에 적합하도록 설계하여야 한다.

(2) 현장타설 라이닝은 터널이 계획된 지역의 지반조건, 환경조건 및 주지보재의 지보능력을 고려하여, 내구연한 동안 안정성과 내구성을 확보할 수 있도록 설계하여야 한다.

(3) 현장타설 라이닝이 보유하여야 하는 기능

① 내구연한 동안 구조체로서의 역학적 기능
② 비배수형 방수형식 터널에서의 내압기능
③ 터널 내장재로서 미관유지 기능
④ 사용 중 점검, 보수 등의 작업성을 높이는 기능
⑤ 지하수 등의 누수 억제와 수밀성이 양호
⑥ 터널 내의 전기, 조명 및 환기 등의 시설물 지지
⑦ 차량 운행 중 전조등에 의한 산란이 균등

(4) 터널의 변형이 수렴하지 않은 상태에서 현장타설 라이닝을 시공하는 경우에는 터널의 안정에 필요한 구속력을 가지도록 계획하여야 한다.

(5) 굴착 후 지반 및 지보재의 지지능력 저감을 감안하여 가능한 한 조속히 시공될 수 있도록 현장타설 라이닝의 타설시기를 계획하여야 한다.

(6) 시공 후에 발생할 수 있는 수압, 상재하중 등에 의한 외력을 지지할 수 있도록 현장타설 라이닝을 설계하여야 한다.

(7) 비배수형 방수형식 터널에서는 현장타설 라이닝에 작용하는 수압을 고려하여 설계하여야 한다.

(8) 지반의 불균일성, 지보재의 품질저하, 록볼트의 부식 등과 같은 불확정 요소들을 고려하여 현장타설 라이닝을 설계하여야 한다.

(9) 운용 중 외력의 변화와 지반 및 지보재료의 열화에 대해 구조물로서의 내구성을 유지할 수 있도록 현장타설 라이닝을 설계하여야 한다.

(10) 화재로 인해 현장타설 라이닝의 붕괴·붕락이 우려되는 경우에는 내화 적용여부를 검토하고 내화설계를 할 수 있다.

4.2 현장타설 라이닝의 형상과 두께

(1) 현장타설 라이닝의 형상은 소요 내공단면을 포함하며 국부적인 응력집중을 방지하고 휨모멘트가 작게 발생하도록 급격한 만곡, 모서리, 요철 등을 피해야 하며 필요시 모따기 등을 고려하여야 한다.

(2) 현장타설 라이닝의 두께는 터널 단면의 크기와 형상, 지반조건, 작용하중, 수압, 사용재료 및 시공법 등을 고려하여 계획하여야 한다.

(3) 현장타설 라이닝의 두께는 300 mm를 표준으로 하되 단면크기, 형상 및 지반조건 등 현장여건을 감안하여 증감할 수 있다.

(4) 동일한 노선 내의 공사에서는 특별한 경우를 제외하고 시공성과 완성 후의 유지관리를 고려하여 가능한 한 동일한 단면형상이 되도록 설계하여야 한다.

(5) 현장타설 라이닝의 형상은 환기, 조명 등의 부속설비와의 관계를 고려하여 설계하여야 한다.

(6) 지반조건이 불량한 경우에는 인버트 설치를 검토하여야 하며, 편토압이 큰 경우에는 두께를 증가시키거나 철근 등으로 현장타설 라이닝의 강성을 증대시키는 방안을 검토하여야 한다.

(7) 현장타설 라이닝을 철근으로 보강하는 경우에는 구조적 안정성과 시공성을 함께 고려하여 라이닝의 두께를 산정하여야 한다. 이 경우, 시공이음부에 타설하는 콘크리트의 품질을 향상시키고 시공성을 증진시키는 방안을 강구해야 하며, 필요에 따라 종방향 철근을 단절시킬 수 있되 단절에 따른 보강조치를 취해야 한다.

(8) 현장타설 라이닝을 철근으로 보강하는 경우에는 철근 처짐 방지 대책을 수립하여 소요피복두께와 건축한계(시설한계)를 확보하여야 한다.

(9) 콘크리트라이닝의 거푸집 계획 시 1회의 콘크리트 타설량, 타설길이, 타설속도 등을 고려하여 타설된 콘크리트의 압력에 견딜 수 있도록 설계하여야 하며, 콘크리트 타설이 용이한 구조로써 터널 내에서의 이동 등 시공성도 고려하여야 한다.

4.3 설계하중

(1) 콘크리트라이닝의 설계 시에 고려하는 하중은 다음과 같으며, 지형 및 지반조건, 용도 등에 따라 적용하여야 한다.

① 고정하중
② 활하중
③ 토압하중
④ 지반이완하중
⑤ 수압
⑥ 온도하중
⑦ 지진하중
⑧ 터널 내 설비하중
⑨ 기타 콘크리트라이닝에 영향을 미치는 하중 등

(2) 현장타설 라이닝의 구조설계 시에는 발생 가능한 다양한 하중조합을 적용하여 상황에 가장 근접한 결과를 얻을 수 있도록 하여야 한다.

(3) 배수형 방수형식 터널의 경우 배수시설의 배수능력이 충분하지 않거나 시간이 경과하면서 배수능력이 저하되는 경우에는 현장타설 라이닝에 수압이 작용될 수 있으므로 이에 대한 영향을 고려하여야 한다.

(4) 비배수형 방수형식 터널의 경우 지하수 배출이 차단됨으로써 발생되는 수압을 현장타설 라이닝이 견디도록 설계하여야 한다.

4.4 구조해석

(1) 현장타설 라이닝의 구조설계는 구조해석과 단면설계의 순서로 이루어지며, 작용하중으로 인하여 발생하는 응력과 변형을 구조해석으로부터 구하고, 부재단면의 안정성을 검토하여 적합한 단면설계를 하여야 한다.

(2) 현장타설 라이닝의 해석은 2차원 해석을 원칙으로 하며, 응력집중이 예상되는 접속부 등

에 대해서는 3차원 해석을 실시하여야 한다.

(3) 현장타설 라이닝의 설계는 강도설계법, 허용응력설계법 및 한계상태설계법(Limit State Design, LSD) 중 적합한 방법을 선정하여 적용하여야 한다.

(4) 다중아치(multi-arch) 터널에서는 시공단계별 작용하중을 고려하여 현장타설 라이닝과 지지구조물에 대한 구조검토를 수행하여야 한다.

4.5 연직갱의 현장타설 라이닝 설계

(1) 연직갱의 라이닝에 사용되는 재료는 터널의 사용 목적에 적합한 것이어야 하며, 콘크리트를 사용하는 것을 기본으로 하고 지반조건에 따라 콘크리트 블록(Concrete block), 세그먼트(Segment), 라이너플레이트(Liner plate) 등을 사용할 수 있다.

(2) 연직갱의 용도에 적합한 단면의 크기 및 형상, 지반특성, 심도, 작용하중, 재료, 시공법, 시공성 및 기존 시공실적 등을 고려하여 현장타설 라이닝의 길이와 두께를 설계하여야 한다.

(3) 지질구조가 복잡하지 않은 경우 하중이 균등하게 작용하는 것으로 간주하여 현장타설 라이닝을 설계할 수 있다. 지질구조가 급격히 변하거나 지형과 지반 특성이 현저하게 비대칭인 경우에는 편하중이 작용하는 것으로 설계하여야 한다.

(4) 하향굴착에서 발파 및 버력처리 후에 즉시 측벽을 현장타설 라이닝으로 유지하는 경우에는 라이닝이 지반하중을 지지하는 것으로 설계하여야 하며, 지반이 불량한 경우에는 측벽 붕괴를 방지하기 위하여 라이닝 1회 타설 길이를 짧게 하고 강지보재를 추가하는 등 대책을 강구하여야 한다.

(5) 굴착과 현장타설 라이닝을 20 ~ 30 m 정도 이격하여 교대로 시공하는 경우에는 굴착 후 지반변형을 숏크리트 등으로 억제하고, 지반상태에 따라 일정 구간을 일시에 현장타설 라이닝을 시공하는 것으로 설계할 수 있다.

(6) 숏크리트와 록볼트를 시공하는 경우 현장타설 라이닝의 두께는 시공성, 단면의 크기 등을 고려하여 설계하고, 단면크기의 증감을 고려하여 숏크리트 두께도 적합하도록 증감하여야 한다.

(7) 현장타설 라이닝에 사용되는 콘크리트의 배합은 소요 강도, 내구성 및 양호한 시공성을 얻을 수 있도록 설계하여야 한다.

4.6 경사갱의 현장타설 라이닝 설계

(1) 용도, 기울기, 지반조건, 시공법 및 시공시기 등을 고려하여 경사갱의 현장타설 라이닝을 설계하여야 한다.

(2) 경사갱의 현장타설 라이닝 설계는 수평 터널의 설계에 준하지만, 기울기가 급한 경사갱이나 수압관로의 현장타설 라이닝은 주변 지반의 상태와 수압의 크기 및 형태에 따라 적절한 두께와 구조를 확보하도록 설계하여야 한다.

(3) 현장타설 라이닝의 두께는 단면의 형태와 크기, 라이닝에 작용하는 하중, 지반조건, 라이

닝재료 및 시공성 등을 고려하여 결정하여야 한다.

(4) 현장타설 라이닝에 사용되는 콘크리트의 배합은 소요 강도, 내구성, 양호한 품질과 시공성을 얻을 수 있도록 설계하여야 한다.

4.7 TBM 터널의 현장타설 라이닝 설계

(1) 현장타설 라이닝(2차 라이닝)을 설치하는 경우에는 지보특성, 지반 및 환경조건, 시공방법 등을 고려하여 그 사용 목적에 맞도록 현장타설 라이닝을 설계하여야 하며, 특히 세그먼트를 사용하는 쉴드TBM에서는 세그먼트의 종류와 특성, 세그먼트와 현장타설 라이닝의 접합 상황 등도 현장타설 라이닝의 설계 시 고려하여야 한다.

(2) 현장타설 라이닝의 두께는 터널의 사용 목적, 시공성 및 안정성을 고려하여 결정하여야 한다.

(3) 현장타설 라이닝을 구조체로 이용하는 경우는 현장타설 라이닝에 작용하는 하중 등을 고려하여 단면력 및 응력을 계산하여 안정성을 확보하여야 한다.

(4) 세그먼트 라이닝을 설치하는 쉴드TBM 터널의 경우는 방수처리 등의 제반조치 후에 현장타설 라이닝을 생략할 수 있다.

4.8 인버트 라이닝

(1) 원지반의 특성에 따라 인버트 부분에 콘크리트라이닝 설치 여부를 결정하여야 한다.

(2) 팽창성 지반, 압축성지반 및 함수미고결층 지반 등 특수한 지반에서는 인버트 콘크리트라이닝의 타설시기를 추가로 검토하여야 하며, 특히 지반이 불량한 경우에는 지보재에 의한 인버트 부분의 보강도 고려하여야 한다.

(3) 지형조건상 편압으로 인하여 터널의 안정성에 문제가 발생할 것으로 예상될 경우에는 인버트 부분의 형상을 곡선형으로 하되 현장조건에 따라 다른 형상을 적용할 수 있다.

(4) 인버트는 측벽과 일체가 되어 외력에 안전하게 저항할 수 있는 형상이 되도록 설계하여야 한다.

(5) 곡선형 인버트의 깊이는 지형, 지반조건, 시공성, 배수체계 및 경제성을 고려하여 계획하여야 한다.

(6) 직선형 인버트를 적용하는 경우에서도 터널의 용도, 유지관리 등을 고려하여 인버트 부분에 현장타설 라이닝을 설치할 수 있다.

4.9 균열 방지대책

(1) 현장타설 라이닝에 유해한 균열이 발생이 예상되는 경우에는 균열방지대책을 강구하여야 한다.

(2) 터널 내부와 외부의 온도차이 또는 단면변화에 의한 영향으로 균열발생이 예상되는 경우

에는 신축이음을 설치하여야 한다.

(3) 단면변화부, 지층의 급격한 변화구간 및 철근과 무근 콘크리트라이닝간의 접합부 등에는 신축이음을 설치할 수 있다.

(4) 현장타설 라이닝에 발생하는 균열의 원인은 콘크리트 경화온도 강하에 의한 수축, 터널 내 온도 변화에 의한 온도신축 및 터널 내 습도의 저하에 의한 건조수축 등이 있다.

(5) 현장타설 라이닝의 균열 방지를 위한 설계시 고려사항
① 숏크리트와 현장타설 라이닝의 평활한 접속
② 콘크리트 배합시 팽창재, 혼화제 및 유동화제 등을 첨가하여 수화열과 건조수축량 감소
③ 현장타설 라이닝의 콘크리트 타설순서 조정
④ 필요시 누수대책이 고려된 균열유발 줄눈의 설치
⑤ 철근이나 철망 배치 및 섬유보강 콘크리트 사용
⑥ 습윤양생 실시

4.10 천장부 채움

(1) 현장타설 라이닝의 천장부 채움설계 시 주입재의 재료, 배합, 주입구의 구조 및 배열 등을 계획하여야 한다.

(2) 천장부 채움에 사용되는 주입재료는 주입작업 시 분리와 고형물의 침전이 적고 주입 후의 체적 수축이 작아야 한다.

(3) 현장타설 라이닝의 천장부 채움 시 주입관과 배기관을 설치하여 공극 채움이 원활히 되도록 하여야 한다.

(4) 주입작업 시 배수체계의 훼손 및 구조물 이차 손상이 발생하지 않도록 주입압에 대하여 검토하여야 한다.

집필위원

성 명	소 속	성 명	소 속
황영철	상지대학교	김홍문	㈜평화엔지니어링

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)

KDS 27 40 05 : 2023

터널 현장타설 라이닝

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

KDS 27 40 10 : 2023

터널 세그먼트 라이닝

2023년 9월 12일 개정
http://www.kcsc.re.kr

KC CODE

국토교통부

건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

이 기준은 발간시점부터 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 터널설계기준을 중심으로 도로설계기준, 공동구 설계기준, 철도설계기준(노반편), 하천설계기준, 항만 및 어항 설계기준 등의 터널 세그먼트 라이닝에 해당하는 부분을 통합 정비하여 기준으로 제정한 것으로 제· 개정 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년.월)
터널공사표준시방서 및 동해설	• 산악지대에 건설되는 터널공사의 조사, 설계, 시공관련 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)
터널설계기준	• 터널설계기준과 터널표준시방서 분리, 개편, 보완	개정 (1999.9)
터널설계기준	• 관련법, 기준, 지침과의 연계성 확보 • 향상된 국내 터널기술 수준 반영 및 현안문제 개선 • 내진설계기준 보완, 터널공사의 안전성 제고 • 국제적 추세에 맞춘 기계화 시공 및 환경 친화적 설계 개선	개정 (2007.11)
KDS 27 40 10 : 2016	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비	제정 (2016.6)
KDS 27 40 10 : 2022	• 국가건설기준 코드작성 지침에 따라 정비	개정 (2022.00)

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 고시 일을 기준으로 매 3년이 되는 시점마다 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 하여야 한다.

목 차

1. 일반사항 ····· 1

1.1 목적 ····· 1

1.2 적용범위 ····· 1

1.3 참고 기준 ····· 1

1.4 용어의 정의 ····· 1

1.5 기호의 정의 ····· 1

2. 조사 및 계획 ····· 1

2.1 조사 및 계획 일반 ····· 1

2.2 조사 ····· 1

2.3 계획 ····· 1

3. 재료 ····· 2

3.1 재료 일반 ····· 2

3.2 재료 특성 ····· 2

3.3 품질 및 성능시험 ····· 2

4. 설계 ····· 2

4.1 설계 일반 ····· 2

4.2 구조해석 ····· 3

4.3 세그먼트 구조와 형상 설계 ····· 4

4.4 방수설계 ····· 5

1. 일반사항

1.1 목적

(1) 이 기준의 목적은 쉴드터널에서 구조체로 사용되는 터널 세그먼트 라이닝의 설계에 필요한 기술적 사항들을 제시하는 것이다.

1.2 적용 범위

(1) 이 기준은 쉴드터널에 사용되는 프리캐스트 콘크리트 세그먼트 라이닝 설계에 적용한다.

(2) 강재, 합성 콘크리트나 강섬유보강 콘크리트와 같은 특수 세그먼트 설계에 대해서는 별도로 정할 수 있다.

(3) 쉴드터널에 사용되는 2차 현장타설 라이닝의 설계에 대해서는 KDS 27 40 05에 규정된 바를 따른다.

1.3 참고 기준

1.3.1 관련 법규

(1) 이 기준의 관련 법규는 KDS 27 10 05(1.3.1)을 따른다.

1.3.2 관련 기준

(1) 이 기준의 관련 기준은 KDS 27 10 05(1.3.2)를 따른다.

1.4 용어의 정의

(1) 이 기준의 용어정의는 KDS 27 10 05(1.4)을 따른다.

1.5 기호의 정의

내용 없음

2. 조사 및 계획

2.1 조사 및 계획 일반

내용 없음

2.2 조사

내용 없음

2.3 계획

내용 없음

3. 재료

3.1 재료 일반

(1) 세그먼트는 재질에 따라 콘크리트, 강재, 주철 및 합성세그먼트로 분류되며, 형상에 따라 상자형과 평판형 세그먼트로 구분된다.

(2) 터널의 용도와 세그먼트의 강도, 내구성, 내화성, 시공성 및 경제성을 고려하여 세그먼트의 재료를 선정하여야 한다.

3.2 재료 특성

(1) 세그먼트에 사용되는 재료는 한국산업규격(KS)을 표준으로 하되, 무근 및 철근콘크리트에 관해서는 KDS 14 20 00 및 KCS 14 20 00을 따른다.

(2) 콘크리트 세그먼트 라이닝에는 철근보강콘크리트와 강섬유보강콘크리트(Steel-Fiber Reinforced Concrete, SFRC)가 있으며 보강효과를 고려하여 현장여건에 맞는 재질을 계획하여야 한다.

3.3 품질 및 성능 시험

(1) 세그먼트의 품질관리와 성능시험을 위한 재료검사, 외관검사, 형상치수검사, 가조립검사 및 성능검사에 관해서는 KCS 27 40 10의 규정에 따른다.

(2) 강섬유보강 콘크리트(SFRC) 세그먼트에 대해서는 별도로 규정한 품질 및 성능기준을 정하거나, KDS 27 10 05(1.3.2)를 따른다. 이때 철근보강과 강섬유보강을 혼합하여 사용할 수 있으며, 각각에 의한 구조적인 보강효과를 고려하여 세그먼트를 설계하여야 한다.

4. 설계

4.1 설계 일반

4.1.1 설계 시 고려사항

(1) 세그먼트 라이닝은 추진 잭의 추력, 주변 지반의 토압 및 수압과 같은 하중에 견딜 수 있어야 하며, 소정의 터널 내공을 확보함과 동시에 터널의 사용 목적과 시공 조건에 따른 역할과 기능을 보유할 수 있도록 안전하고 견고하게 설계하여야 한다.

(2) 쉴드터널에서는 지반조건, 터널의 단면형상, 시공법에 따라 쉴드터널의 역학적 거동이 상이하므로 세그먼트 라이닝의 설계 시에 이를 고려하여야 한다.

(3) 세그먼트 라이닝의 설계계산서에는 계산상의 입력 조건, 가정 사항, 계산과정 및 계산결과를 명기하여야 한다.

(4) 세그먼트 라이닝은 강도설계법으로 설계하는 것을 원칙으로 하되, 외국의 검증된 한계상태 설계법을 적용할 경우에는 안전계수들의 산정에 유의하여 설계를 수행하여야 한다.

(5) 세그먼트 설치 시에 균열 발생으로 인한 세그먼트의 파손을 방지하기 위해서는 세그먼트 연결부에 완충재를 적용하는 대책을 고려할 수 있다.

(6) 세그먼트 운반과 이동 시의 수단, 파손방지 대책 및 사이클 타임을 고려하여 세그먼트의 적재계획을 수립하여야 한다.

(7) 2차 라이닝이 생략된 쉴드터널에서 화재로 인해 세그먼트 라이닝의 붕괴·붕락이 우려되거나 구조적 기능의 복원이 어려울 것으로 예상되는 경우에는 KDS 27 10 05(1.3.2)에 따라 세그먼트 라이닝의 내화설계를 수행할 수 있다.

(8) 해저구간에 건설되거나 고부식성 환경 조건에 시공되는 경우에는 세그먼트라이닝 표면을 보호하여 내구성을 증진시켜야 한다.

(9) 기존 설치된 세그먼트가 분리되는 연결통로 접속부 링빔 보강 설계 시 링빔의 제원 및 설치 연장은 지반조건을 고려한 구조안전성 검토결과를 반영하여 선정하여야 한다.

4.1.2 하중 산정

(1) 세그먼트 라이닝에 작용하는 하중을 산정할 경우에는 세그먼트 제작, 이동 및 운반 하중뿐만 아니라, 세그먼트 설치 시의 하중, 추진잭의 추력, 뒤채움그라우팅 하중, 후방대차하중과 같은 시공 단계의 하중과 연직 및 수평지반압, 수압, 자중, 상재하중의 영향, 지반반력, 내부하중과 같은 운용 중의 하중을 고려하여야 한다. 또한 기타 하중조건으로 접속부 분리시의 영향, 세그먼트 인근 보강그라우팅 영향, 병설터널의 영향 및 지반침하의 영향을 고려할 수 있으며, 내진해석 시에는 지진하중을 고려하여야 한다.

(2) 세그먼트 라이닝은 축력과 휨모멘트를 동시에 받는 부재이므로, 철근보강 콘크리트 세그먼트의 균열 검토 시에는 사용상태의 외력에 의한 축력과 휨모멘트를 고려하여 산정된 철근의 응력으로 균열 검토를 수행하여야 한다.

4.2 구조해석

(1) 세그먼트 라이닝의 구조계산방법은 간편법, 스프링모델법 및 수치해석법이 있으며, 구조계산은 횡단면과 종단면으로 나누어 수행하고, 시공 도중의 각 단계 및 완성 후의 상태에 작용

하는 하중을 고려하여 수행하여야 한다.

(2) 터널 횡단면의 설계하중은 설계의 대상이 되는 터널구간 내의 가장 불리한 조건을 대상으로 결정하여야 한다.

(3) 종단면해석 시에는 시공 단계 및 완성 후의 하중 상태와 세그먼트의 구조특성을 고려하여야 한다.

(4) 제작, 운반 및 이동 단계 하중, 시공단계 하중 , 운용단계 하중 및 기타 하중과 내진설계 시 지진하중을 고려하여 세그먼트 라이닝에 작용하는 하중을 산정하여야 하며, 차량 운행으로 인한 반복 진동에도 견딜 수 있도록 설계하여야 한다.

(5) 세그먼트의 현장 야적 계획에 따라, 야적 시 세그먼트의 구조적인 안정성을 검토하여야 한다.

(6) 기존 설치된 세그먼트가 분리되거나 응력집중이 예상되는 연결통로 접속부 및 갱구부 등에 대해서는 필요시 3차원 해석을 실시하여야 한다.

(7) 세그먼트라이닝의 구조설계 시에는 제작, 운반 및 이동 단계 하중, 시공단계 하중 , 운용단계 하중 및 기타 하중과 내진설계 시 지진하중과 같이 발생 가능한 하중을 고려한 하중조합을 적용하여 상황에 가장 근접한 결과를 얻을 수 있도록 하여야 한다.

4.3 세그먼트 구조와 형상 설계

(1) 세그먼트의 강도, 구조, 형상 등은 터널의 용도, 지반조건, 시공법 등을 고려하여 선정하여야 한다.

(2) 상자형 또는 평판형 세그먼트를 볼트이음으로 조립한 링구조는 강성이 같은 링으로 고려할 수 있으며, 재질에 따라 콘크리트, 강재 및 합성 세그먼트로 구별하여 설계하여야 한다.

(3) 세그먼트의 사용 목적, 시공성, 경제성, 내구성 및 방수성을 고려하여 세그먼트의 형상치수와 분할방식을 설계하여야 한다.

(4) 세그먼트의 링간 및 세그먼트간 이음구조는 소요 강도와 강성을 가짐과 동시에 조립의 확실성, 작업성 및 지수성을 고려하여 설계하여야 하며, 볼트 체결방식의 경우에는 적정 토크 값을 산정하여야 한다.

(5) 단면력의 전달, 조립의 작업성, 시공조건 및 세그먼트의 제작성을 고려하여 세그먼트의 이음각도를 결정하여야 한다.

(6) 세그먼트는 원칙적으로 수밀성을 확보하여야 한다.

(7) 뒤채움주입을 균등하게 행하기 위하여 각 세그먼트에는 1개소 이상의 주입공을 설치하고, 주입공의 직경은 사용하는 주입재를 고려하여 결정하나 일반적으로 내경 50 mm를 기준으

로 하며, 주입공을 고리로 사용하는 경우는 작업성은 물론, 작업의 안전성과 자체 하중에 대한 인발력을 고려하여 주입공의 직경과 위치를 결정하여야 한다.

(8) 소구경의 철제 세그먼트를 손으로 조립하는 경우는 고리를 필요로 하지 않으나 일반 세그먼트에서는 운반 및 조립을 위한 고리를 설계하여야 한다.

(9) 테이퍼링은 터널 선형, 지반조건, 보조공법, 이음의 강성, 세그먼트의 제작성 및 시공성을 고려하여 개수, 폭, 테이퍼량을 설계하여야 한다.

4.4 방수설계

(1) 세그먼트 라이닝은 지하수압에 견딜 수 있고 방수가 될 수 있도록 반드시 세그먼트 간의 이음부, 볼트구멍, 뒤채움 주입구 등에 방수설계를 수행하여야 한다.

(2) 방수방법의 선정 시에는 쉴드터널의 사용 목적과 작업환경에 적합한 방법을 선정하여야 한다.

(3) 세그먼트 라이닝의 방수방법에는 실링, 코킹, 볼트체결 등의 형식이 있으며, 사용 목적과 현장 여건에 부합하도록 한 가지 또는 여러 가지의 방법을 조합하여 설계할 수 있다.

(4) 실링 재료에는 합성고무계, 복합고무계, 수팽창 고무계 등이 있으며, 현장조건을 고려하여 수밀성, 내구성, 압착성, 복원성 및 시공성이 우수한 재료를 선택하여 설계하여야 한다.

(5) 코킹재는 에폭시, 치오클계, 요소수지계 등의 재료가 있으며, 현장조건을 고려하여 적합한 재료로 설계하여야 한다.

(6) 2차 라이닝을 시공하지 않을 경우에는 터널의 용도와 환경 조건을 고려하여, 세그먼트 라이닝의 내구성을 확보하기 위한 부식 방지 대책을 적용할 수 있다.

(7) 작업구, 피난연락통로 등 타 구조물과의 접속부에서 세그먼트의 지수성을 확보할 수 있도록 방수설계를 수행하여야 한다.

집필위원

성 명	소 속	성 명	소 속
장 수 호	한국건설기술연구원	전 기 찬	모든디자인이엔씨

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		

KCS 27 40 10 : 2023
터널 세그먼트 라이닝

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

KDS 27 50 05 : 2023

터널 배수 및 방수

2023년 9월 12일 개정
http://www.kcsc.re.kr

KC CODE

국토교통부

건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

이 기준은 발간시점부터 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 터널설계기준을 중심으로 도로설계기준, 공동구 설계기준, 철도설계기준(노반편), 하천설계기준, 항만 및 어항 설계기준 등의 배수 및 방수에 해당하는 부분을 통합 정비하여 기준으로 제정한 것으로 제・개정 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년.월)
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)
터널설계기준	• 터널설계기준과 터널표준시방서 분리, 개편, 보완	개정 (1999.9)
터널설계기준	• 관련법, 기준, 지침과의 연계성 확보 • 향상된 국내 터널기술 수준 반영 및 현안문제 개선 • 내진설계기준 보완, 터널공사의 안전성 제고 • 국제적 추세에 맞춘 기계화 시공 및 환경 친화적 설계 개선	개정 (2007.11)
KDS 27 50 05 : 2016	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비	제정 (2016.6)
KDS 27 50 05 : 2023	• 국가건설기준 코드 작성 지침에 따라 정비	개정 (2023.07)

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 고시 일을 기준으로 매 3년이 되는 시점마다 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 하여야 한다.

목 차

1. 일반사항 ····· 1

1.1 목적 ····· 1

1.2 적용범위 ····· 1

1.3 참고 기준 ····· 1

1.4 용어의 정의 ····· 1

1.5 기호의 정의 ····· 1

2. 조사 및 계획 ····· 1

2.1 조사 및 계획 일반 ····· 1

2.2 조사 ····· 1

2.3 계획 ····· 1

3. 재료 ····· 2

3.1 재료 일반 ····· 2

3.2 재료 특성 ····· 2

3.3 품질 및 성능 시험 ····· 2

4. 설계 ····· 3

4.1 설계 일반 ····· 3

4.1 배수형식의 산정 ····· 5

4.3 배수방법의 세부사항 ····· 5

4.4 하저 및 해저 터널의 방수형식 ····· 7

1. 일반사항

1.1 목적

(1) 이 기준의 목적은 공용 중 터널의 안전성을 확보하기 위하여 터널의 기능유지와 라이닝 열화 방지를 위한 배수 및 방수설계에 필요한 기술적 사항들을 제시하는 것이다.

1.2 적용 범위

(1) 이 기준은 터널의 배수 및 방수설계에 적용한다.

1.3 참고 기준

1.3.1 관련 법규

(1) 이 기준의 관련 법규는 KDS 27 10 05(1.3.1)을 따른다.

1.3.2 관련 기준

(1) 이 기준의 관련 기준은 KDS 27 10 05(1.3.2)를 따른다.

1.4 용어의 정의

(1) 이 기준의 용어정의는 KDS 27 10 05(1.4)를 따른다.

1.5 기호의 정의

내용 없음

2. 조사 및 계획

2.1 조사 및 계획 일반

내용 없음

2.2 조사

(1) 이 기준의 조사 관련 기준은 KDS 27 10 10을 따른다.

2.3 계획

내용 없음

3. 재료

3.1 재료 일반

(1) 부분 배수형, 외부 배수형 및 비배수형의 터널 방수방법으로는 숏크리트와 현장타설 라이닝 사이에 방수막을 설치하거나 숏크리트에 뿜칠 방수재를 타설하여 유입수를 차단하는 방법을 채택하여야 한다.

3.2 재료 특성

(1) 방수재료에는 합성고무계와 플라스틱계 등이 있으며 내구성과 시공성이 뛰어나고 시공 시에 파손되지 않는 재료를 선정하여야 한다.

3.3 품질 및 성능 시험

내용 없음

4. 설계

4.1 설계 일반

(1) 터널의 방수형식은 유입되는 지하수를 배수하는 배수형 방수형식과 배수 시스템을 설치하지 않고 지하수가 터널 내부로 유입될 수 없도록 차단하는 비배수형 방수형식으로 구분하여 계획할 수 있다.

(2) 터널 배수형 방수형식의 구분

① 완전 배수형: 터널부의 전 주면으로 배수를 허용하는 형식

② 부분 배수형: 터널 천장과 측벽에만 방수막을 설치하여 유입수를 한곳으로 유도하여 배수하는 형식

③ 외부 배수형: 터널 내부 시설물이나 현장타설 라이닝을 보호하기 위하여 현장타설 라이닝 외부 전체를 방수막으로 둘러싸고 터널 외부에 별도의 배수로를 설치하여 터널로 흘러들어오는 지하수를 집수하여 외부로 배수하는 형식

(3) 비배수형 방수형식 터널의 라이닝 설계 시에는 지하수위 조건에 따른 수압을 고려하여야 한다.

(4) 현장타설 라이닝에 철근을 배근하는 경우, 철근의 이음부에는 방수막을 보호할 수 있는 조치를 취하여 방수막의 파손을 방지하여야 한다.

(5) 터널 전 구간에 대한 배수계통도를 제시하여야 하며, 연직갱, 개착부, 연결부 및 단면 확폭부 등과의 접합부에 대한 접합 및 방수 상세를 제시하여야 한다. 개착부에 이질재료의 방수재료를 사용할 경우에는 접합을 위한 방수계획을 수립해야 한다.

(6) 비배수형 방수형식 터널의 경우, 방수막과 함께 현장타널 라이닝의 재료로서 수밀콘크리트를 사용하여 수밀성을 유지하여야 한다.

(7) 비배수형 방수형식 터널에 설치되는 현장타설 라이닝의 시공 이음부, 수축 및 팽창 이음부에는 지수판을 설치하여야 하며, 배수형 방수형식 터널에서도 하천 인접구간과 같이 지속적인 용출수가 예상되는 구간에는 지수판을 설치할 수 있다.

(8) 터널의 방수설계를 위해 터널의 용도에 적합한 방수등급을 정하고 각 방수등급별로 표 4.1-1과 같은 누수량을 허용할 수 있다. 단, 발주자의 여건에 따라 표 4.1-1에서 규정한 값을 조정하여 적용할 수 있다.

표 4.1-1 터널의 방수등급별 허용누수량

방수 등급	내부 상태	용도	상태정의	터널연장을 기준한 허용 누수량 ($L/m^2/day$)	
				10 m	100 m
1	완전건조	주거공간, 저장실, 작업실	벽면에 수분의 얼룩이 검출되지 않을 정도의 누수 상태	0.02	0.01
2	거의건조	동결위험이 있는 교통터널, 정거장 터널	벽면의 국부적인 장소에 약간의 수분얼룩이 검출될 수 있는 정도, 수분얼룩을 건조한 손으로 접촉하여도 손에 물이 묻지 않을 정도, 흡수지 또는 신문지를 붙여 보아도 붙여진 부분이 습기로 인하여 변색되지 않을 정도의 누수	0.1	0.05
3	모관습윤	방수 2등급 이상의 방수가 요구되지 않는 교통터널구간	벽면의 국부적인 장소에 수분얼룩이 검출되는 정도, 수분얼룩에 흡수지 또는 신문지를 붙였을 경우 습기로 인하여 변색되지만 수분이 방울져 떨어지지 않을 정도의 누수	0.2	0.1
4	물방울이 가끔 떨어짐	시설물 터널	독립된 장소에서 물방울이 가끔 떨어지는 정도의 누수	0.5	0.2
5	물방울이 자주 떨어짐	하수 터널	독립된 장소에서 물방울이 자주 떨어지거나 방울져 흐르는 정도	1.0	0.5
주) 독일의 지하교통시설 연구협회(STUVA)의 추천 값을 참조한 것임.					

(9) 해저터널의 경우에는 해수 유입의 가능성을 고려하여 내염해성의 방수 및 배수 재료를 사용하여야 한다.

(10) 라이닝에 작용하는 수압과 지하수 용출수량 저감을 위하여 차수 그라우팅을 계획할 수 있다. 이 경우 장기 유입에 따른 그라우팅 차수효과의 내구성과 그라우트재의 열화 이동에 따른 배수기능의 저하 영향을 검토하여야 한다.

(11) 유지관리와 운용을 포함한 최종구조물의 용도, 건설조건 및 용출수량을 고려하여 터널 굴착공사 중에 방수형식 및 배수관 규격의 적정성을 최종 결정하도록 계획하여야 한다.

4.2 배수형식의 선정

(1) 배수형식은 터널의 용도, 지반조건, 지하수 조건, 유지관리의 용이성, 환경성, 안정성, 경제성, 시공성 등을 고려하여 선정하여야 한다.

(2) 배수형 방수형식 터널 선정 시 고려사항

① 지반조건이 양호하여 용출수가 적은 반면 지하수위가 비교적 높은 지역에 대하여는 배수형 방수형식을 채택할 수 있다.

② 지하수위가 높아 수압이 약 0.6 MPa 이상인 경우에는 터널의 단면형상 및 재료의 구조적 저항능력을 고려하여 배수형 방수형식을 채택할 수 있다.

③ 배수형 터널의 경우 배수로 인한 지하수위 저하나 지반침하로 인해 주변 구조물이나 시설에 구조적 영향을 미치지 않도록 대책을 수립하여야 한다.

④ 배수형 터널은 배수를 통하여 수압을 저감시키는 개념이 설계수명 동안 유지되도록 하여야 한다. 단, 지하수 변동이 제약된 조건에 적용하는 경우, 배수량을 제한할 수 있으며, 지하수위-터널 내 유입량-터널 구조물 작용수압의 관계를 검토하여 터널 구조물 계획에 반영하여야 한다.

⑤ 이중구조 라이닝의 경우 배수 시스템 안쪽의 내부 라이닝에 대해서는 장기적으로 배수기능 저하에 따른 영향을 고려하여야 하며, 계측관리와 연계하여 별도의 내구연한을 갖는 비구조체로 설계할 수 있다.

⑥ 배수 시스템은 자연흐름이 가능하도록 0.2% 이상의 기울기로 계획하여야 한다.

⑦ 주변 지반 여건상 과다한 용출수가 예상되는 지역에 터널을 건설하여야 하는 경우에는, 용출수를 감소시켜 양수로 인한 유지관리 비용을 절감하기 위하여 터널 주위 지반에 차수 그라우팅을 계획한 후에 배수형 방수형식을 적용할 수 있다.

(3) 비배수형 방수형식 터널 선정 시 고려사항

① 지하수위의 저하로 인하여 터널주변 지반에 침하가 발생하고 인근 시설물에 영향을 미쳐 사회·경제적인 손실 발생이 우려되거나, 터널 내부에서 용출수의 처리가 곤란한 경우 또는 지하수 환경을 보존하여야 하는 경우에는 비배수형 방수형식 터널을 채택하여야 한다.

② 차수그라우팅으로는 지하수의 용출수량을 감소시킬 수 없어 운용 중 양수로 인한 고가의 유지관리 비용이 예상되는 경우에는 비배수형 방수형식 터널을 채택할 수 있다.

③ 비배수형 방수형식 터널은 방수기술상의 제한 때문에 작용수압이 0.6 MPa 이하인 지역에서만 채택하는 것을 원칙으로 한다.

④ 운용 중에 발생 가능한 내부 용수 및 지하수 허용 누수량을 감안하여 터널 바닥부에 종방향 배수로를 설치하여야 한다.

4.3 배수방법의 세부사항

(1) 부분 배수형 방수형식 터널의 경우 숏크리트와 방수막 사이에 부직포를 설치하여 터

널 측벽 하단으로 유입수를 유도하도록 계획하고, 사용 부직포는 유입 지하수를 충분히 배수시킬 수 있는 기능을 갖추도록 계획하여야 한다.

(2) 세립분이 함유된 지반에서는 부직포의 막힘현상 발생 가능성을 검토하고 필요에 따라 부직포의 두께를 증가시키거나 드레인 보드(Drain board)를 사용하여 터널의 내구연한 동안 통수능력을 확보할 수 있도록 계획하여야 한다.

(3) 터널 내 용출수는 터널 사용 목적에 따라 적절히 처리되도록 계획하여야 하며, 중앙배수관 또는 측방배수관을 통하여 배수하는 것이 일반적이나 동등 이상의 통수능력을 갖는 배수방법을 적용할 수 있다. 배수 상태 점검이나 청소가 가능한 시설을 일정한 간격으로 설치하여야 한다.

(4) 배수재는 외부로부터의 압력에 의한 압착이나 주변 지반 토립자의 유동에 의한 폐색 등에 의하여 장기적으로 배수재의 통수능력이 저하될 가능성이 있으므로 필터 조건 및 내구성을 고려하여 배수재를 선정하여야 하며, 경우에 따라 방수막과 일체형으로 시공할 수 있다.

(5) 배수재를 통하여 집수된 용출수를 배수하는 측방배수관은 직경 100 mm 이상의 유공관을 사용하여야 하며, 라이닝의 구조적 안정성을 손상시키지 않도록 측방배수관 설치를 계획하여야 한다.

(6) 터널 바닥에 설치하는 주배수관은 콘크리트관, 아연도강관, 고밀도 폴리에틸렌관 등을 사용할 수 있다. 주배수관의 직경은 200 mm 이상이 되어야 하며, 고밀도 폴리에틸렌관을 주배수관으로 사용할 경우에는 외력으로부터 관을 보호할 수 있도록 계획하여야 한다.

(7) 현장타설 라이닝에 누수가 발생할 경우에 대비하여 적절한 배수처리 시설을 갖추도록 계획하여야 한다.

(8) 시공 중에도 유입되는 용출수를 처리할 수 있는 적절한 배수시설을 갖추도록 계획하여야 한다.

(9) 터널 내 배수 시스템은 침전물의 퇴적에 의한 통수능력 저하를 고려하여 적정 거리로 배수 확인공 또는 맨홀을 설치하여 청소가 용이하도록 계획하여야 한다.

(10) 갱구부와 같이 동결이 우려되는 경우에는 외기의 영향을 받지 않는 동결심도 하부에 배수관을 위치시키거나 절연재 설치를 계획하여야 한다.

(11) 터널 내 용출수가 중앙배수관 및 측방배수관과 같은 배수시설을 통하여 원활히 배수될 수 있도록 통수단면적을 확보하여야 한다.

(12) 인화성 또는 유독성 유체가 배수관으로 유입되지 않도록 터널의 배수시스템을 설계하여야 한다.

4.4 하저 및 해저 터널의 방수형식

(1) 하·해저터널은 상시 수위가 터널 상부의 지반두께보다 현저히 높게 위치하는 조건에 건설되므로 지반조건과 재료의 구조적 성능을 감안하여 작용수압과 용출수량의 상관관계를 고려하여야 한다.

(2) 하·해저터널을 배수형 방수형식 터널로 설계할 경우의 고려사항

① 지반의 투수성(또는 용출수량)

② 용출수량 저감대책 시행의 용이성

③ 저류조 및 양수 시스템과 같은 배수 시스템의 설치가능성 및 유지관리의 경제성

④ 해저터널의 용출수는 염분 함유가 예상되므로 배출지점의 환경영향을 고려하여 계획

(3) 하·해저터널을 비배수형 방수형식 터널로 설계할 경우의 고려사항

① 단면형상

② 재료의 구조적 저항능력

③ 허용누수량

(4) 하·해저터널을 장대 터널로 계획하여 용출수량이 과다할 것으로 예상되는 경우에는 용출수량을 저감시키기 위하여 비배수형 방수형식을 적용할 수 있다. 배수형 방수형식 적용 시에는 배수 시스템의 규모, 용출수 저감대책 및 유지관리비에 대한 검토가 수행되어야 한다.

집필위원

성 명	소 속	성 명	소 속
김범주	동국대학교	문훈기	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)

KDS 27 50 05 : 2023

터널 배수 및 방수

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

설계기준 Korean Design Standard

KDS 27 50 10 : 2023

터널 계측

2023년 9월 12일 개정
http://www.kcsc.re.kr

KC CODE

국토교통부

건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

이 기준은 발간시점부터 사용하며, 이미 시행중에 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 터널설계기준을 중심으로 도로설계기준, 공동구 설계기준, 철도설계기준(노반편), 하천설계기준, 항만 및 어항 설계기준 등의 터널내진 설계에 해당하는 부분을 통합 정비하여 기준으로 제정한 것으로 제·개정 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년.월)
터널공사표준시방서 및 동해설	• 산악지대에 건설되는 터널공사의 조사, 설계, 시공관련 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)
터널설계기준	• 터널설계기준과 터널표준시방서 분리, 개편, 보완	개정 (1999.9)
터널설계기준	• 관련법, 기준, 지침과의 연계성 확보 • 향상된 국내 터널기술 수준 반영 및 현안문제 개선 • 내진설계기준 보완, 터널공사의 안전성 제고 • 국제적 추세에 맞춘 기계화 시공 및 환경 친화적 설계 개선	개정 (2007.11)
KDS 27 10 05 : 2016	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비	제정 (2016.6)
KDS 27 50 10 : 2023	• 국가건설기준 코드작성 지침에 따라 정비	개정 (2023.07)

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

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

목 차

1 . 일반사항 ····· 1

1.1 목적 ····· 1

1.2 적용 범위 ····· 1

1.3 참고 기준 ····· 1

1.3.1 관련 법규 ····· 1

1.3.2 관련 기준 ····· 1

1.4 용어의 정의 ····· 1

1.5 기호의 정의 ····· 1

2. 조사 및 계획 ····· 1

2.1 조사 및 계획 일반 ····· 1

2.2 조사 ····· 1

2.3 계획 ····· 2

3. 재료 ····· 2

3.1 재료 일반 ····· 2

3.2 재료 특성 ····· 2

3.3 품질 및 성능시험 ····· 2

4. 설계 ····· 2

4.1 설계 일반 ····· 3

4.2 일상계측 ····· 3

4.3 정밀계측 ····· 4

4.4 공사시방서 작성 ····· 4

4.5 유지관리계측 ····· 5

4.6 하·해저터널의 계측 ····· 5

4.7 도심지터널의 계측 ····· 5

4.8 TBM 터널의 계측 ····· 5

4.9 연직갱, 확폭부, 접속부 터널의 계측 ····· 6

1. 일반사항

1.1 목적

(1) 이 기준은 터널 설계 시 고려해야 할 계측에 관련한 사항을 기술한다.

1.2 적용 범위

(1) 터널의 계측관리 계획은 터널굴착에 따른 지반의 거동과 각 지보재의 효과를 파악하고 공사의 안정성과 경제성을 확보하여야 하는 공사 중 계측과 터널 준공 후 운영 중의 안전을 확보하기 위하여 시행되는 유지관리 계측으로 구분하여 수립하여야 한다.

(2) 공사 중 계측계획 수립 시에는 터널의 기능과 중요도를 고려하고 지반조건에 적합하도록 계측항목, 계측기기 설치위치, 측정빈도 및 관리기준을 계획하여야 한다.

(3) 운영 중 시행하는 유지관리계측은 터널의 기능과 중요도에 따라 계측의 목적을 정하고, 목적에 적합한 계측계획을 별도로 수립하며, 공사 중 계측계획과 연계하여 관리될 수 있도록 계획하여야 한다.

1.3 참고 기준

1.3.1 관련 법규

(1) 이 기준의 관련 법규는 KDS 27 10 05(1.3.1)을 따른다.

1.3.2 관련 기준

(1) 이 기준의 관련 기준은 KDS 27 10 05(1.3.2)를 따른다.

1.4 용어의 정의

(1) 이 기준의 용어의 정의는 KDS 27 10 05(1.4)를 따른다.

1.5 기호의 정의

내용 없음

2. 조사 및 계획

2.1 조사 및 계획 일반

(1) 이 기준과 관련된 조사 및 계획 일반사항은 KDS 27 10 10(2.1)을 따른다.

2.2 조사

(1) 이 기준과 관련된 조사는 KDS 27 10 10(2.2)를 따른다.

2.3 계획

(1) 터널의 계측설계에는 계측항목, 계측위치, 배치간격, 계측기기의 선정과 설치시기, 측정기간과 빈도, 관리기준, 결과정리 및 분석 방법을 포함하여야 한다.

(2) 계측항목은 KDS 11 10 15(4.1.5)를 따르며, 터널의 용도와 규모, 지반조건, 육상, 하저 및 해저의 주변환경, 시공방법을 고려하여 터널굴착에 따른 주변 지반과 구조물의 거동을 파악하고 각종 지보재의 효과와 품질을 확인하는데 적합하도록 선정하여야 한다.

(3) 계측위치 및 배치간격은 KDS 11 10 15(4.1.5)를 따르며, 터널의 규모, 지반조건, 시공방법을 고려하여 계측 목적에 부합되어야 하며, 각 계측항목 사이의 상호 관련성을 파악할 수 있도록 선정하여야 한다.

(4) 계측기기의 선정은 KDS 11 10 15(1.11)를 따르며, 계측목적, 계측기간, 계측항목, 계측대상, 계측방법 및 계측환경을 고려하여야 한다.

(5) 계측기기의 설치시기, 측정빈도 및 측정기간은 터널굴착에 따른 지반과 지보재의 거동을 파악할 수 있도록 인버트 굴착과 라이닝 타설시기를 감안하여 계획하여야 한다.

(6) 계측결과는 계측값과 경시변화를 함께 제시하고, 계측항목별 측정값을 상호 비교하여 지반거동과 지보재 효과의 상관성에 따른 터널의 안정성을 검토하도록 계획하여야 한다.

(7) 3차원 변위 계측 결과에 대해서는 기존 변위 분석방법과 아울러 터널의 3차원 거동 파악이 가능한 분석방법을 도입하여 터널 종단선상의 터널변형 거동 파악 및 막장면(굴진면) 전방 선행변위 예측이 가능하도록 분석하는 것을 계획하여야 한다.

(8) 장기간의 터널공사 중지 시에는 별도의 계측계획을 수립하여 터널의 이상 유·무를 확인하도록 계획하여야 한다.

3. 재료

3.1 재료 일반

내용 없음

3.2 재료 특성

내용 없음

3.3 품질 및 성능시험

내용 없음

4. 설계

4.1 설계 일반

(1) 계측은 일상적인 시공관리를 위한 일상계측과 지반거동의 정밀분석을 위한 정밀계측으로 구분하여 계획하여야 한다.

4.2 일상계측

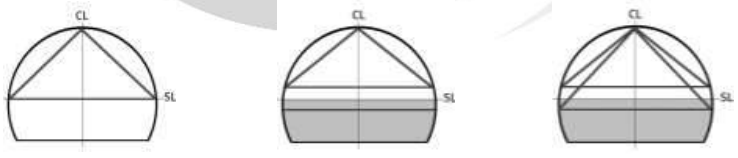
(1) 일상계측은 일상적인 시공관리상 반드시 실시해야 할 항목으로서, 터널 내 막장면(굴진면) 관찰조사, 내공변위 측정, 천단침하 측정 및 록볼트 인발시험을 포함하며, 토피가 얕은 도심지에서는 지표침하 측정을 추가할 수 있다.

(2) 터널 내 막장면(굴진면) 관찰조사는 매 막장면(굴진면)마다 실시하는 것을 표준으로 하고, 지반상태에 따라 유지관리 시의 기초자료인 터널지질도를 작성하는데 필요한 빈도로 조정하여야 한다.

(3) 내공변위와 천단침하 측정 시의 측정단면은 20 m 간격을 표준으로 하며, 갱구부 50 m 구간과 토피고가 터널직경의 2배 이하인 구간에 대해서는 10 m의 측정간격을 표준으로 설계하여야 한다.

(4) 지반조건이 불량하거나 변화가 심한 구간에서는 계측간격을 표준간격보다 좁혀 설계하여야 하며, 지반조건이 양호하고 지반 변화가 적은 구간에서는 사전검토 결과를 토대로 계측간격을 표준보다 넓히거나 계측을 생략하도록 설계할 수 있다.

(5) 내공변위의 측선 수는 그림 4.2-1을 기준으로 하여 배치하되 갱구 부근, 편압 예상구간, 단층과 파쇄대, 과도한 지하수 용출이 예상되는 구간에서는 측선 수를 조정할 수 있으며, 3차원 거동을 파악할 수 있도록 계측계획을 수립하여야 한다.



전단면 3측선 반단면 4측선 반단면 6측선

그림 4.2-1 내공변위 계측의 측선 배치 예

(6) 천단침하와 내공변위는 동일단면에서 측정하고, 이 측점은 막장면(굴진면)에 근접하게 설치하도록 설계하여야 한다. 또한, 천단침하는 수준측량 등을 통하여 하향방향의 절대침하량으로 측정하도록 설계하여야 한다. 터널 전체적으로 변위가 발생하는지를 확인할 필요성이 있는 경우 천단침하와 더불어 터널 바닥면의 변위도 측정하도록 설계하여야 한다.

(7) 일상계측으로서 지표침하 측정이 필요한 경우에는 측점을 내공변위 측정과 동일한 단면의 터널 중심선상의 지표면에 배치하고 터널 축에 직각 방향으로 여러 개의 측점을 거리별로 배치한다. 이때 가장 바깥쪽의 측점은 터널 굴진에 따른 변위의 영향을 받지 않는 부동점이 되도록 계획하여야 한다.

(8) 록볼트 종류를 선정하고 시공 후의 정착효과를 판정하기 위하여 굴착 초기단계에서 사전인발시험을 실시하도록 설계하여야 한다.

4.3 정밀계측

(1) 정밀계측은 지반조건 또는 주변여건에 따라 지반과 구조물의 거동을 보다 상세히 관찰할 목적으로 일상계측에 추가되는 계측으로서, 현장조건을 고려하여 지중변위 측정, 록볼트 축력 측정, 숏크리트 응력측정 및 지중침하 측정을 정밀계측 항목에 포함하도록 계획하여야 한다.

(2) 갱구부, 특정 구조물 주변, 도심지 공공주택 또는 다중이용시설의 직하부에 터널 설계 시에는 정밀계측 측선의 간격, 지중침하 측정위치, 정밀계측 항목을 고려하여 설계하여야 한다.

(3) 정밀계측 측선의 간격은 500 m 간격으로 배치하는 것을 표준으로 하되 터널의 규모나 지반 및 주변조건에 따라 조정할 수 있으며, 가능한 한 설계 시의 터널해석 구간에 설치하여 해석결과와 시공 시의 계측결과를 비교 검토할 수 있도록 계획하여야 한다.

(4) 지중침하 측정 위치는 터널 중심선상의 지표면 또는 측정해야 할 위치에 배치하고 깊이별로 여러 개의 측점을 계획하여야 한다.

(5) 정밀계측의 여러 항목 중 지중변위 측정, 록볼트 축력측정, 숏크리트 응력측정과 같이 터널 내에 계측기를 설치할 필요가 있는 항목에 대해서는 1단면마다 3 ~ 5점을 표준으로 터널의 설계패턴에 따라 효과적인 계측이 가능하도록 적절한 배치를 계획하여야 한다.

(6) 상기 항목 이외의 지반침하, 구조물 균열 및 경사도와 같이 터널공사에서 수반되는 제반 영향을 검토할 필요가 있는 경우에는 관련계측에 대한 계획을 제시하여야 한다.

(7) 파쇄대, 습곡, 단층 및 탄층과 같은 연약지반이 예상되거나 정밀계측이 필요한 구간에는 가능한 한 터널의 3차원적 거동 파악이 가능한 계측기법을 적용하도록 계획하여야 하며, 필요시 물리탐사나 선진수평시추를 함께 수행하도록 계획하여 계측 결과의 신뢰도를 향상시켜야 한다.

(8) 터널공사로 인하여 환경 피해와 생태계 변화가 우려되는 구간에는 발파진동과 소음, 지하수위 변동과 같은 환경영향 관련 계측계획을 수립하여야 한다.

4.4 공사시방서 작성

(1) 계측기 선정, 계측수행 및 분석에 필요한 사항을 작성하기 위하여 계측의 허용오차, 계측기의 정도, 내구성, 설치시기, 측정기간과 빈도, 계측기의 유지관리, 계측결과의 정리와 분석방안 및 계측관리 기준값을 반영하여야 한다.

4.5 유지관리계측

(1) 터널이 인접 구조물에 영향을 미칠 가능성이 높은 경우, 특수한 구조의 터널인 경우, 산사태나 지반거동의 가능성이 있는 경우, 지하수위와 지질학적인 문제가 예상되는 지역과 같이 터널완공 후에 터널과 터널 주변에 위해한 영향이 예상되는 경우에는 준공 후 유지관리 시의 안전성 확보를 위한 유지관리계측 계획을 수립하여야 한다.

4.6 하·해저터널의 계측

(1) 하·해저터널 계측항목의 선정 시에는 육상터널에 적용된 계측항목을 준용하되, 추가적으로 해수와 유수의 유입 가능성과 유입량을 판단할 수 있는 계측계획을 수립하여야 한다.

(2) 하·해저터널 공사 시 계측기기의 부식 가능성이 존재하므로 내구성이 확보된 계측기를 선정하도록 계획하여야 한다.

(3) 하·해저터널은 지반조사를 통하여 분석된 결과에 근거하여 계측위치를 계획하여야 한다.

4.7 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.

4.8 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.

4.9 연직갱, 확폭부, 접속부 터널의 계측

(1) 구조물에 인접한 연직갱 굴착 시에는 지표침하의 영향범위를 검토하기 위하여 지표침하 및 지중변위 계측계획을 수립하여야 한다.

(2) 확폭부나 접속부와 같은 단면변화 구간에는 정밀계측에 대한 계획을 수립하여야 한다.

집필위원

성 명	소 속	성 명	소 속
조계춘	한국과학기술원	김영준	㈜태조엔지니어링

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)

KDS 27 50 10 : 2023
터널 계측

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

KDS 27 60 00 : 2023

터널 환기, 조명, 방재시설

2023년 9월 12일 개정
http://www.kcsc.re.kr

KC CODE

국토교통부

건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

이 기준은 발간시점부터 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 터널설계기준을 중심으로 도로설계기준, 공동구 설계기준, 철도설계기준(노반편), 하천설계기준, 항만 및 어항 설계기준 등의 터널설계 개요에 해당하는 부분을 통합 정비하여 기준으로 제정한 것으로 제·개정 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년.월)
터널공사표준시방서 및 동해설	• 산악지대에 건설되는 터널공사의 조사, 설계, 시공관련 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)
터널설계기준	• 터널설계기준과 터널표준시방서 분리, 개편, 보완	개정 (1999.9)
터널설계기준	• 관련법, 기준, 지침과의 연계성 확보 • 향상된 국내 터널기술 수준 반영 및 현안문제 개선 • 내진설계기준 보완, 터널공사의 안전성 제고 • 국제적 추세에 맞춘 기계화 시공 및 환경 친화적 설계 개선	개정 (2007.11)
KDS 27 10 05 : 2016	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비	제정 (2016.6)
KDS 27 60 00 : 2023	• 국가건설기준 코드 작성 지침에 따라 정비	개정 (2023.07)

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 고시 일을 기준으로 매 3년이 되는 시점마다 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 하여야 한다.

목 차

1. 일반사항 ····· 1
1.1 목적 ····· 1
1.2 적용 범위 ····· 1
1.3 참고 기준 ····· 1
1.3.1 주요 관련 법규 ····· 1
1.3.2 주요 관련 기준 ····· 1
1.4 용어의 정의 ····· 1
1.5 기호의 정의 ····· 1
2. 조사 및 계획 ····· 1
2.1 조사 및 계획 일반 ····· 1
2.2 조사 ····· 1
2.3 계획 ····· 1
3. 재료 ····· 1
3.1 재료 일반 ····· 1
3.2 재료 특성 ····· 1
3.3 품질 및 성능시험 ····· 2
4. 설계 ····· 2
4.1 환기 시설 ····· 2
4.1.1 도로터널의 환기시설 ····· 2
4.1.2 도시철도터널의 환기시설 ····· 3
4.1.3 철도터널의 환기시설 ····· 3
4.1.4 기타 터널(통신구, 전력구, 수로터널 등)의 환기시설 ····· 4
4.2 조명 시설 ····· 4
4.2.1 도로터널의 조명시설 ····· 4
4.2.2 도시철도터널의 조명시설 ····· 5
4.2.3 철도터널의 조명시설 ····· 6
4.2.4 기타 터널(통신구, 전력구 등)의 조명시설 ····· 7

4.3 방재 시설 ····· 7
4.3.1 터널의 방재시설 ····· 7
4.3.2 도로터널의 방재시설 ····· 8
4.3.3 철도터널의 방재시설 ····· 9
4.3.4 도시철도터널의 방재시설 ····· 10
4.3.5 기타 터널(통신구, 전력구, 수로터널 등)의 방재시설 ····· 10
4.4 공사 중 설비 ····· 10
4.4.1 공사 중 환기설비 계획 ····· 10
4.4.2 공사 중 조명설비 계획 ····· 11
4.4.3 공사 중 배수설비 계획 ····· 12
4.4.4 터널의 수방대책시설 ····· 12
4.5 하·해저터널 시설 ····· 13
4.6 연직갱 및 경사갱 시설 ····· 13
4.6.1 역직갱 시설 ····· 13
4.6.2 경사갱 시설 ····· 14

1. 일반사항

1.1 목적

(1) 이 기준의 목적은 터널 환기, 조명 및 방재시설과 관련된 기준을 제시하는 것이다.

1.2 적용 범위

(1) 터널 내의 환기, 조명, 방재 설비의 기준은 터널의 용도와 기능에 따라 이 기준에서 정한 바에 따르는 것을 원칙으로 하며, 이외의 세부 사항에 대하여는 터널시설물 관리주체에서 정하여 적용할 수 있다.

(2) 공사 중의 환기, 조명 및 방재 시설은 이 기준에서 제시된 내용을 기준으로 설계하여야 한다.

1.3 참고 기준

1.3.1 관련 법규

(1) 이 기준의 관련 법규는 KDS 27 10 05(1.3.1)을 따른다.

1.3.2 관련 기준

(1) 이 기준의 관련 기준은 KDS 27 10 05(1.3.2)를 따른다.

1.4 용어의 정의

(1) 이 기준의 용어정의는 KDS 27 10 05(1.4)를 따른다.

1.5 기호의 정의

• 내용 없음

2. 조사 및 계획

2.1 조사 및 계획 일반

• 내용 없음

2.2 조사

• 내용 없음

2.3 계획

• 내용 없음

3. 재료

3.1 재료 일반

• 내용 없음

3.2 재료 특성

• 내용 없음

3.3 품질 및 성능시험
• 내용 없음

4. 설계
4.1 환기시설
4.1.1 도로터널의 환기시설
(1) 도로터널에서의 설계 소요환기량은 매연(입자상물질), 일산화탄소, 질소산화물의 오염물질을 대상으로 산출하며, 오염물질별 허용농도기준을 만족하여야 한다.

① 오염물질에 대한 환기량 산정을 위한 차종별 기준배출량은 환경부의 '대기환경보전법 시행규칙'에서 정한 오염물질별 '제작차 배출허용기준' 적용을 원칙으로 한다.

② 터널 내 환기대상 오염물질별 허용농도기준은 <표 4.1-1> 과 같이 적용하는 것을 원칙으로 하며, 관리주체에 따라 세계도로협회(World Road Association, 구 PIARC)의 권고치를 고려한 기준값을 적용할 수 있다.

표 4.1-1 터널 내 오염물질별 허용농도 기준

구분 \ 차속		10 km/h	20 km/h	30 km/h	40 km/h	50 km/h	60 km/h	70 km/h	80 km/h
설계농도 일반범위	매연 (m^{-1})	0.009	0.007	0.007	0.007	0.005	0.005	0.005	0.005
	CO (ppm)	70							
	NOx (ppm)	20							

③ 환기설계 목표 연도는 공용개시 후 20년 후를 원칙으로 한다. 다만, 교통량의 급격한 변화가 예상되는 경우 교통량 변동을 고려하여 5년 주기의 교통량을 기본으로 단계건설을 계획할 수 있다.

(2) 환기방식 선정 시에는 교통조건, 주변 환경조건, 내공단면적, 대표직경과 같은 터널조건, 경사도, 표고(계획고), 외부자연풍과 같은 지형 및 계절적 기상조건, 화재 시 화재강도, 피난 안전성, 유지관리, 경제성, 기타 단계건설 및 관련법규를 종합적으로 검토하여야 한다.

(3) 환기시설의 용량은 전 주행속도(10 ~ 80 km/h에서 10 km/h 단계)에서 소요 환기량을 만족할 수 있도록 계획하는 것을 원칙으로 한다.
① 기계환기방식에서 환기시설 승압력을 최대로 요구하는 주행속도를 환기시설 설계속도로 하여야 한다.
② 터널의 차도 내 풍속은 10 m/sec 이하로 하고, 램프구간이나 단면변화구간과 같은 국부적인

구간의 터널내 최대풍속은 12 m/sec를 초과하지 않도록 하여야 한다.

③ 추정교통량이 현저하게 적은 터널이나 지방부 터널과 같이 주행속도가 높고, 지·정체 발생 확률이 낮은 터널일 경우에는 환기검토 제외속도를 적용하여 환기시스템을 설계할 수 있다.

④ 연장 1 km 이상인 종류식 터널은 내부의 최소 환기속도를 1.5 m/sec 이상 확보할 수 있도록 환기풍량을 고려하여야 한다.

(4) 환기시설은 화재 발생 시, 제연이나 배연시설로 운영되므로 환기방식의 선정 단계부터 비상시 안전성에 대하여 고려하여야 한다. 제연을 위한 환기시설용량이 평상시 환기용량을 초과하는 경우에는 제연용량으로 환기시설용량을 결정하여야 한다.

4.1.2 도시철도터널의 환기시설

(1) 환기량 계산 시에는 열차주행, 열차 제동, 열차 보조기기 및 열차 냉방기기에 의한 발열과 같은 온도상승 요인과, 벽체 흡열량과 같은 온도감소 요인을 고려하여 터널 내 온도가 일정 온도 이상을 초과하지 않도록 소요 환기량을 산정하여야 한다.

(2) 환기시설 용량은 적합한 배연풍량을 충족시켜야 하며, 환기팬 및 댐퍼와 같이 화재연기에 직접 노출되는 시설은 250℃에서 60분 이상 가동할 수 있는 내열성능을 확보할 수 있도록 선정하여야 한다.

(3) 환기팬은 시공 후에도 환기 및 배연풍량의 설계풍량 확보 여부를 확인할 수 있도록 설계도서에 명기하여야 한다.

4.1.3 철도터널의 환기시설

(1) 오염물질 배출열차가 운행되는 경우에는 호흡과 관련된 일산화탄소, 질소산화물, 분진(입자상물질)을 환기대상 오염물질로 하며, 터널 내부 환경을 허용농도 이하로 유지할 수 있도록 환기시설을 설계하여야 한다.

(2) 터널의 환기방법은 교통, 기상, 환경, 지형, 지물 및 관련 법규를 바탕으로 소요환기량을 산정하여 자연환기와 기계환기 중 적합한 방법을 선정하여야 한다.

(3) 환기시설을 설치할 경우에는 터널 내 화재발생 시 승객이 안전하게 대피할 수 있도록, 대피 반대방향으로 신선외기를 공급하여 발생된 화재연기를 배출함으로써 터널 내 환경을 신속하게 회복할 수 있도록 환기용량을 설계하여야 한다.

(4) 환기용으로 설치되는 환기팬은 화재시를 대비하여 250 ℃에서 60분 이상 가동될 수 있도록 계획하여야 한다.

(5) 환기방식, 기기용량 및 규모는 상시 환기요소 인자를 검토·분석한 기계환기량과 열차의 교통환기력에 의한 자연환기량을 비교하여 결정하여야 한다.

4.1.4 기타 터널(통신구, 전력구, 수로터널 등)의 환기시설

(1) 기타 터널(통신구, 전력구, 수로터널 등) 내 설치되는 환기시설은 각종 배관, 배선 시설물의 기능을 극대화하고 유지관리가 용이하도록 온·습도 유지, 유해가스의 희석 및 악취제거와 같은 목적으로 설치하여야 한다.

(2) 환기시설의 용량은 작업장 내 관리자의 신속한 투입을 위해서 환기시설의 가동후 30분 이내에 환기가 완료될 수 있는 용량을 확보하여야 한다.

(3) 환기팬 용량은 화재시 연기의 역류방지와 작업원의 신속한 출입을 위해서 임계풍속 이상을 확보할 수 있도록 한다.

(4) 환기방식은 종류식 적용을 원칙으로 하며, 설계 여건상 환기구가 한쪽에 한정되어 종류식을 적용할 수 없는 경우에는 풍관식 환기방식을 적용할 수 있다.

(5) 환기팬은 환기구 그레이팅 상부에서의 토출풍속 5 m/sec 이하, 소음 75 dB(A) 이하가 되도록 계획하여야 하며, 주변 지역의 소음규제기준에 적합하도록 필요시 소음저감장치를 계획하여야 한다.

(6) 공동구의 지상 환기구 설치간격은 환기시뮬레이션을 통해 터널 내 온도상승(최대 온도 40℃ 이하)을 억제할 수 있는 거리와 화재 시 대피시간을 고려하여 결정하여야 하며, 지상 환기구를 이용하여 공동구 내로 장비의 반출입과 관리자가 출입이 가능하도록 설계하여야 한다.

4.2 조명시설

4.2.1 도로터널의 조명시설

(1) 도로터널의 조명시설은 한국산업표준 KS A 3701(도로조명기준), KS C 3703(터널조명기준) 및 국토교통부 '도로안전시설 설치 및 관리지침'에서 정한 바를 따라야 한다.

(2) 터널조명은 기본부조명, 입구부조명 및 출구부조명으로 구분하여 계획하여야 한다.

(3) 터널 내부 또는 외부로의 차량주행 시 운전자 시각의 평형 상태를 유지하기 위하여 터널 입구부 경계부의 노면휘도는 입구부의 야외휘도 상황에 따라 설정하여야 한다. 이행부의 노면휘도는 터널 입구로부터 진입하는 거리에 따라 감소시켜 기본부의 노면휘도 값으로 원활하게 순응하도록 하여야 한다.

(4) 터널 전 구간에서의 휘도와 균제도는 노면과 벽면에서의 종합균제도 0.4 이상, 차선축 균제도

0.6 이상이어야 하며 조명시뮬레이션을 수행하여 검증하여야 한다.

(5) 연장 100 m 이상인 터널에서는 설계속도에 따른 기본 조명을 설치하여야 하며, 연장 100 m 미만인 터널에서는 구조여건 및 접속도로 상황을 검토하여 조명설비를 설치하여야 한다.

(6) 터널 입구부 또는 출구부에 접속도로가 위치한 경우에는, 운전자가 야간에 터널 입구부 부근의 도로폭 변화를 확인하고 터널 출구부 부근의 접속도로의 상황을 확인할 수 있도록 터널의 입구부 또는 출구부 접속도로에 가로등을 설치하여야 한다.

(7) 운전자가 터널 내를 주행하는 중 정전이 발생되면 터널 내부가 갑자기 어두워져 주행하는 자동차의 사고발생 위험이 매우 크므로, 이를 방지하기 위하여 연장 200 m 이상의 터널인 경우에는 비상조명을 설치하여야 한다.

(8) 50 m 이상인 터널이 둘 이상 연속하여 존재하고 앞에 통과하는 터널 출구로부터 후속하는 터널 입구까지의 거리가 설계속도에 대응한 시인거리보다 짧은 경우에는 후속하는 터널 입구부조명의 설계값을 갱구간 거리에 따라서 감소시킬 수 있다.

(9) 터널 내부휘도의 적정 유지 및 조명의 경제적 운영을 위하여, 터널 외부 주광조도 또는 휘도의 변동에 연동시키거나 타이머를 사용하여 터널 입구부 조명과 기본부 조명을 단계별로 자동적으로 변경시켜 터널조명을 제어하여야 한다. 단, 조명제어 시에는 모든 조광단계에서 균제도기준을 유지하여야 한다.

(10) 터널 진출입부에 별도의 조도순응시설을 계획할 경우에는 계절별・시간대별로 터널내부 조명과 적절하게 조도순응을 할 수 있도록 계획 하여야 한다

4.2.2 도시철도 터널의 조명시설

(1) 도시철도 터널의 조명시설 계획 시에는 국토교통부 '도시철도건설규칙'에 따라야 한다.

(2) 터널 중간의 기본부 조명은 열차기관사가 전방의 장애물을 확인하는 데 필요한 조명으로 바닥기준 5 ~ 10 lux를 유지할 수 있도록 조명배치를 계획하여야 한다.

(3) 터널의 입구 및 출구부는 터널 내부 또는 외부로 이어지는 부분으로 조도의 변화가 극심하며 이로 인한 열차기관사의 시각장애를 유발할 수 있으므로, 조도변화를 완화시킬 수 있는 조명을 계획하여야 한다.

(4) 지하 정거장과 연결되는 터널의 입구 및 출구부 조명의 밝기는 정거장 승강장의 조도가 200 ~ 250 lux, 터널의 기본부 조명은 5 ~ 10 lux이므로 정거장 전방 및 후방 100 m 구간은 바닥기준 10 lux를 유지할 수 있도록 계획하여야 한다.

(5) 터널의 지상 입출구부는 100 lux, 전철기 설치부는 50 lux가 되도록 조명을 계획하여야 한다.

(6) 터널의 비상조명등은 정전 시 60분 용량의 축전지 내장형의 유도등 기능을 겸한 복합표시등을 설치하여야 한다. 이때 비상조명등은 50 ~ 60 m 간격으로 바닥으로부터 1 m 이상 1.5 m 이하의 높이에 설치계획하고 바닥의 평균 조도가 1 lux 이상이 되도록 계획하여야 한다.

4.2.3 철도터널의 조명시설

(1) 철도터널의 조명시설 계획 시에는 국토교통부 '철도건설규칙'에서 정한 바를 만족하여야 한다.

(2) 다음 표 4.2-1에 해당하는 터널 내에는 터널조명을 설치 계획하여야 한다.

표 4.2−1 터널조명 설치 시의 적용기준

종별	직선	R=600 이상	R=600 미만
단선터널	120 m 이상	100 m 이상	80 m 이상
복선터널	150 m 이상	130 m 이상	110 m 이상
고속철도터널	200 m 이상	200 m 이상	-

(3) 조명시설의 설치위치는 신호기의 투시에 지장을 주지 않도록 계획하여야 한다.

(4) 철도터널 조명시설의 설치는 단선터널의 경우 횡갱이 있는 한쪽에, 복선터널의 경우 양쪽에 지그재그로 설치하여야 한다.

(5) 조명시설의 설치높이는 바닥면상 1.8 ~ 2.0 m를 표준으로 하며 안전난간과 간섭되는 경우에는 안전난간 아래에 설치 계획할 수 있다.

(6) 조명시설의 설치 간격은 단선터널의 경우에는 한쪽 벽에, 복선터널의 경우에는 양쪽 벽에 20 m 간격을 표준으로 하며, 광원에 따라 그 간격을 달리할 수 있다.

(7) 터널 바닥면의 평균조도는 5 lux 이상으로 계획하여야 한다.

(8) 사용광원은 나트륨램프, 메탈할라이드램프, 무전극램프 및 LED램프와 같은 고효율 절전형을 사용하고, 조명기구는 열차통과에 의한 진동, 산·알칼리, 수분에 견디는 등기구를 사용하여야한다.

(9) 여러 가지 용도로 설치되는 횡갱에는 조명설비를 설치하여야 한다. 또한, 맨홀 또는 접속박스 설치위치에 조명이 필요할 경우에는 조명설비를 설치할 수 있다.

(10) 터널 내 전기설비 설치용 기재갱의 조도는 10 lux로 계획하여야 한다.

(11) 터널 내에는 비상시 승객의 안전한 대피를 위하여 비상조명등을 설치하여야 한다.

(12) 비상조명등 설계시 고려사항

① 비상조명등은 항상 점등되어 있도록 전원공급장치를 이중화 전원 계통으로 계획하여야 한다. 단, 이중화 전원계통 확보가 곤란한 경우 무정전전원장치 또는 축전지와 같은 적절한 설비를 갖추도록 설계 하여야 한다.

② 비상조명등은 단선터널인 경우 대피로가 설치된 벽에, 복선터널인 경우 양쪽 벽면에 20 m 이내의 간격으로 설계하여야 한다.

③ 비상조명등은 대피로 바닥의 조도가 1 lux 이상이 되도록 설계하여야 한다.

4.2.4 기타 터널(통신구, 전력구 등)의 조명시설

(1) 광원은 발열이 적고, 효율이 높으며, 조도기준에 적합한 밝기의 형식으로 계획하여야 한다.

(2) 일반용 조명설비는 천장 슬래브 하면에 작업 및 보행에 지장이 없는 높이에 방진 방수 구조의 내부식성 고효율 등기구를 설치하여야 한다. 작업보도가 2열인 경우에는 조명기구 설치위치를 서로 엇갈리게 계획하여야 한다.

(3) 가스 및 기타 (분진 및 유증기 등) 물질이 누적되어 폭발할 가능성이 있는 장소에서는 방폭형 등기구를 적용하여야 한다.

(4) 조도는 바닥면에서 평균 15 lux 이상이 되도록 하여야 한다. 단, 출입구 계단과 같은 특수부에서는 현지에 맞게 조명을 추가하며 평균 조도는 약 40 lux로 계획하여야 한다.

(5) 공동구 내 환기구, 교차구 및 분기구 등 주요부분은 100 lux이상, 공동구 내의 전기실 및 발전기실과 같은 기능실은 100 ~ 200 lux로 계획하여야 한다.

(6) 공동구 내에서 정전이 되었을 때 작업자를 안전하고 신속하게 밖으로 유도할 수 있도록 최소한의 비상용 조명설비를 설치하여야 한다.

4.3 방재시설

4.3.1 터널의 방재시설

(1) 터널의 방재시설은 터널의 연장 및 사용 목적에 따라 소화설비, 경보설비, 피난설비, 소화활동설비, 비상전원설비를 갖추도록 설계하여야 한다.

(2) 도로터널, 철도터널, 도시철도터널 및 기타 터널(통신구, 전력구, 수로터널 등)에 설치하는 제연시설은 종류식 제연(制煙)용과 횡류식 배연(排煙)용으로 구분할 수 있으며, 종류식 제연을 위한 제연시설은 승객이 대피하는 반대방향으로 연기제어가 될 수 있도록 연기의 제어방향을 조절할 수 있는 성능을 갖추어야 하며, 비상시 제어되는 연기의 기류속도는 임계풍속 이상이 되도록 설계하여야 한다.

(3) 횡류식 배연을 위한 제연시설은 승객이 대피하는 방향에 상관없이 배연풍도를 통해 직접적으로 화재연기의 배출이 가능하도록 배연풍량을 갖추어야 하며, 비상시 제어되는 배연풍량은 연기발생량과 부가풍량을 고려하여 설계하여야 한다.

(4) 제연설비 설치가 곤란할 경우는 화재 시 화재연기의 확산을 차단 또는 지연함으로써 피난시간을 확보하여 피난안전성을 높일 수 있는 에어커튼이나 제연경계벽과 같은 제연보조설비를 설계할 수 있다. 다만, 시뮬레이션이나 모형실험 및 정량적 위험도평가에 의해서 피난 안전성 확보 결과를 제시하여야 한다.

4.3.2 도로터널의 방재시설

(1) 도로터널의 방재시설 계획 시에는 국토교통부 '도로터널 방재시설 설치 및 관리지침'을 따라야 한다.

(2) 도로터널의 방재시설은 터널연장, 교통량, 통행방식과 같은 제반인자를 고려하여 계획하여야 한다.

(3) 방재시설은 소방시설법('화재예방, 소방시설 설치・유지 및 안전관리에 관한 법률')을 충족하여야 하고, 관할 소방서와 합의한 경우 방재시설을 가감하여 설치할 수 있다.

(4) 터널 내 화재와 같은 비상 상황 발생 시 차량진입을 차단할 수 있는 교통차단시설을 터널입구부에 계획할 수 있다.

(5) 터널 내 제연시설은 제연성능 검증을 수행하여 항시 방재시스템의 안전성능을 확보하고 유지할 수 있도록 계획하여야 하며, 환기팬은 화재시를 대비하여 250 ℃에서 60분 이상 가동될 수 있도록 계획하여야 한다.

(6) 터널 개통 후, 최초 10년, 그리고 향후 매 5년 단위로 실측교통량을 조사하여 터널의 방재등급을 재평가하며, 이에 따라 방재시설의 가감 및 조정을 검토할 수 있다.

(7) 방재등급 1등급 터널에 설치되는 물분무소화설비(미분무소화설비 포함)를 계획하는 경우에는 소화효과와 경제성에 대한 분석을 수행하고, 화재 시 가동조건과 시나리오를 계획하여 설

계에 반영하여야 한다.

4.3.3 철도터널의 방재시설

(1) 방재시설 계획 시에는 국토교통부 '철도시설의 기술기준'을 따라야 한다.

(2) 방재시설은 열차의 종류, 열차운행 조건 및 기반시설을 고려하여 계획하여야 한다.

(3) 방재시설을 설치하는 경우에는 소방시설법('화재예방, 소방시설 설치・유지 및 안전관리에 관한 법률')을 충족시켜야 하며, 관할 소방서와 합의한 경우 방재시설을 가감하여 설치할 수 있다.

(4) 방재시설 계획 시 고려사항

① 방재시설 계획 시 사고가 발생되지 않도록 사고예방을 가장 우선적으로 고려해야 하며, 비상사태가 발생되었을 때에는 승객 및 승무원들이 안전하게 대피할 수 있는 대피시설을 설치하여야 한다.

② 터널 내에서 운행 중인 열차에 화재가 발생했을 때 열차의 운행이 가능한 경우에는 열차를 신속하게 터널외부로 탈출시켜야 한다.

③ 화재가 발생한 열차가 터널내부에 정차하게 되는 경우에 대비하여 다른 열차가 외부로부터 사고터널 내부로 들어가지 못하도록 계획하고, 본선 터널내 구조 및 소방활동을 원활하게 수행할 수 있는 시설 및 설비를 계획하여야 한다.

④ 본선 터널내 방재시설을 계획할 경우는 '철도시설의 기술기준'에 따라 화재 등 비상 상황이 발생할 경우를 고려하여 안전성분석을 수행하고, 그 결과를 설계에 반영하여야 한다.

⑤ 방재시설은 설비 상호간의 연동과 호환성을 고려하고, 터널 내부에 설치되는 신호와 전기시설은 내화성, 내진성 및 내구성이 만족되는 자재를 사용하여야 한다. 또한 본선 터널에 설치되는 방재시설은 통합 감시와 제어가 가능한 에너지 절약형 장비와 시스템으로 계획하여야 한다.

⑥ 평상시 사고예방을 위해 터널 방재시설 관리자에 대한 교육 및 훈련계획을 수립하고 정기적으로 교육훈련을 실시하여 비상시 대응능력을 갖출 수 있도록 계획하여야 한다.

(5) TAB 수행계획 및 안전성분석(QRA)

① 설계단계에서 열차가 주행하는 터널 내부와 연직갱 및 경사갱 내부에 설치되는 기계설비에 대하여 성능을 만족할 수 있도록 공기(환기, 배연, 제연), 자동제어계통 등에 대한 TAB(Testing, Adjusting & Balancing) 시행 필요성을 검토하고 계획하여야 한다.

② '철도시설의 기술기준' 제7조(본선 터널의 안전성분석 등)에 따라 지하역사와의 연계성을 고려한 본선 터널의 안전성분석은 고속철도, 일반철도, 광역철도 터널을 대상으로 수행하여야 한다.

③ 연장 1km 이상의 철도 터널의 방재시설은 안전성분석 수행결과에 따라 터널 내 필요한 방재시설의 설치 여부를 결정하여 설계할 수 있다.

4.3.4 도시철도터널의 방재시설

(1) 도시철도터널의 방재시설 계획 시에는 국토교통부의 '철도시설의 기술기준'과 함께 국토교통부의 '도시철도 건설규칙'을 따라야 한다.

(2) 도시철도터널에 방재시설을 설치하는 경우에는 소방시설법('화재예방, 소방시설 설치・유지 및 안전관리에 관한 법률')을 충족시켜야 하고, 관할 소방서와 합의한 경우 방재시설을 가감하여 설치할 수 있다.

(3) 제연설비 중 전동기, 배풍기, 배출풍도 및 배풍막은 250℃에서 60분 이상 정상적으로 기능을 유지할 수 있도록 계획하여야 한다. 다만, 전동기가 배풍기와 분리 설치되어 배출가스의 영향을 받지 않도록 설계한 경우에는 예외로 한다.

(4) 터널 내 설치하는 제연시설은 승객이 대피하는 반대방향으로 연기가 배출될 수 있도록 연기의 배출방향을 조절할 수 있는 성능을 갖추어야 하며, 비상시 배출되는 연기의 기류속도는 임계풍속 이상이 되도록 설계하여야 한다.

4.3.5 기타 터널(통신구, 전력구, 수로터널 등)의 방재시설

(1) 기타 터널의 방재시설을 설치하는 경우에는 소방시설법('화재예방, 소방시설 설치・유지 및 안전관리에 관한 법률')을 충족시켜야 하며, 관할 소방서와 합의한 경우 방재시설을 가감하여 설치할 수 있다.

(2) 환기용으로 설치되는 환기팬은 화재 시를 대비하여 250 ℃에서 60분 이상 가동될 수 있도록 설계하여야 한다.

(3) 환기를 위한 공동구 내 공기유속은 임계풍속 이상으로 공동구 전 구역에서 유지시켜야 하며, 외부 신선공기는 공동구의 입구부, 출구부 및 지상 환기구에서 유입되게 계획하여야 한다. 공동구 내 환기시설은 비상시를 고려하여 정·역방향으로 공기흐름을 조정할 수 있어야 한다.

(4) 환기팬의 방향을 정방향에서 역방향으로 전환할 수 있도록 계획하는 경우에는 역회전 시 발생되는 팬의 효율저하를 고려하여 환기팬 용량을 선정하여야 하며, 정·역전환시의 최단시간 내에 정격용량에 도달되도록 설계하여야 한다.

4.4 공사 중 설비

4.4.1 공사 중 환기설비 계획

(1) 총소요환기량 산정을 위한 공종별 환기량

① 터널 내 작업원이 필요로 하는 환기량

② 발파 후 가스에 대한 필요 환기량

③ 내연기관을 사용하는 경우의 환기량
④ 분진(입자상물질)에 대한 환기량

(2) 총 소요환기량은 공종별 병행작업을 고려하여 산출된 환기량 중 가장 큰 값을 적용한다.

(3) 터널 내 작업원이 필요로 하는 환기량은 3 m^3/분/인을 기준으로 하여야 한다.

(4) 폭약 1 kg당 환기대상 유해가스 발생량은 일반적인 값을 기준으로 적용할 수 있으나, 해당 터널에서 사용되는 폭약에 대하여 폭약 제조업체가 제시한 표준 발생량을 적용하는 것을 원칙으로 하여야 한다.

(5) 내연기관의 유해가스 발생량은 해당 터널에서 사용되는 장비에 대하여 장비제조업체가 제시한 표준배출량을 적용하는 것을 원칙으로 하나, 부득이한 경우 일반적인 값을 기준으로 적용할 수 있다.

(6) 숏크리트 타설로 인한 분진(입자상물질) 발생량은 25 mg/m^3을 적용하여야 한다.

(7) 터널공사 중의 유해가스 및 분진 허용농도는 고용노동부 고시(화학물질 및 물리적인자의 노출기준)에 제시된 기준 값을 따라야 하며, 유해가스에 의한 인명사고가 발생할 수 있으므로 가스 측정기를 사용하여 터널 내 지반에서 나오는 가스 발생 유무를 측정 감시하도록 계획하여야 한다.

(8) 터널공사 중 터널 내 온도기준은 고용노동부 '화학물질 및 물리적인자의 노출기준'을 따른다.

4.4.2 공사 중 조명설비 계획

(1) 조명설비는 직접 작업이 이루어지는 작업장에 대한 일시적·국부적인 조명과 작업이 이루어지지 않는 통로 등에 대한 장기적· 광역적인 조명으로 구분하여 계획하여야 한다.

(2) 막장면과 같이 직접 작업이 이루어지는 장소에서는 충분한 조도를 확보하여야 하며, 밝고 어두운 차이가 심하지 않도록 70 lux 이상의 조도를 확보하여야 한다.

(3) 작업이 이루어지지 않는 터널 중간구간은 50 lux 이상, 터널 입・출구부나 연직갱 구간은 30 lux 이상의 조도를 확보하여야 한다.

(4) 터널 내에서 사용되는 조명기구는 습기에 강하고 누전이 발생되지 않는 방수・방습형 보호장치를 부착한 것으로 사용하여야 한다.

(5) 터널 내에서는 작업 중에 분진, 안개와 같은 입자상물질에 의한 시거장애가 발생하여 국부적으로 조도가 떨어지기 때문에 이를 고려하여 조명시설을 계획하여야 한다.

(6) 작업에 필요한 수전반, 분전반 등에는 점멸등을 설치하여 작업차량에 의한 손상이 발생되지 않도록 계획하여야 한다.

(7) 정전 시에도 필요한 조도를 확보할 수 있도록 비상용 발전기와 같은 예비전원을 배치하도록 계획하여야 한다.

4.4.3 공사 중 배수설비계획

(1) 터널 내 용출수의 배수설비 계획 시 정상적인 용출수는 터널 규모, 터널 심도, 지하수위, 지반의 투수성을 고려하여 계획하여야 하며, 집중용출수는 설계 시 집중용출수의 가능성을 결정하여 그 규모를 고려하여야 한다.

(2) 터널굴착을 오르막기울기로 계획하는 경우에는 가배수로를 설치하여 용출수가 자연유하 하도록 계획하는 것을 원칙으로 한다. 내리막기울기로 계획하는 경우에는 막장면 부근에 물을 모아 수중펌프로 배수하도록 계획하여야 한다. 터널연장이 긴 경우에는 중계펌프를 두어 배수하도록 계획하여야 하며, 펌프대수는 용량과 양정고를 고려하여 결정하여야 한다.

(3) 펌프전원은 비상시 및 정전사고를 대비하여 자가발전설비를 계획하고 펌프는 내구성이 우수한 것을 선택하여야 하며 예비펌프를 설계하여야 한다.

(4) 배수로 또는 배수관의 단면적이나 펌프의 능력은 터널공사 시 공사 용출수 이외에 예기치 못한 다량 용출수 또는 경사갱, 연직갱 및 기타 지선터널로부터의 유입수를 고려하여 2배 정도의 여유를 두어 설계하여야 한다.

(5) 배수된 물을 갱내의 급수원으로 사용하는 경우에는 필요에 따라 수질조사를 실시하도록 계획하여야 한다.

(6) 터널에서 발생된 오탁수를 자연방류하는 경우에는 환경부 '환경정책기본법'에 명시된 수질환경기준 이상으로 처리하도록 설계하여야 한다.

4.4.4 터널의 수방대책시설

(1) 공사 중과 공사 후에 대한 터널의 수방대책시설을 설계하여야 한다.

(2) 공사 중 수방대책은 터널이 하저, 해저 및 저수지 하부를 통과하는 경우 인접터널이나 인접구간으로 유량 유입물의 유입을 차단하는 비상수문을 설치하거나, 터널구간의 일부를 굴착하지 않고 존치시켜 전구간 수몰을 방지하도록 설계하여야 한다.

(3) 공사 후 수방대책은 인접구간으로의 유량 유입이 예상되는 경우 비상수문을 계획하여야 하며, 터널 중앙집수관을 통해 역류되지 않도록 설계하여야 한다.

(4) 비상수문은 유입수의 수압을 고려하여야 하며, 수밀성을 유지하도록 설계하여야 한다.

(5) 터널과 인접한 개착구간의 출입시설 높이는 최대 홍수위 이상으로 설계하여야 한다.

4.5 하·해저터널 시설

(1) 터널 내장재는 화재 시 유독가스를 방출하지 않도록 설계하여야 한다.

(2) 오폐수조는 터널 내 청소수와 화재 진압수를 모을 수 있도록 터널에서 가장 낮은 위치에 상·하행터널로 구분하여 각각 설치하거나 통합하여 설치할 수 있다. 펌프가 설치된 모든 집수조 및 오폐수조에는 비상 시 단전방지를 위해 이중전원이 공급되도록 설계하여야 한다.

(3) 모든 금속물질은 부식을 견딜 수 있도록 부식방지 재질로 제작되거나 부식을 방지하기 위하여 표면처리가 되어야 하며, 기상 변화에도 견딜 수 있는 재질로 설계하여야 한다.

(4) 하·해저터널에서는 부식을 방지하기 위한 설비를 갖추도록 설계하여야 한다.

(5) 공사 중 오탁수처리시설 계획 시에는 터널 내 용출수의 염도를 조사하여 반영하여야 한다.

4.6 연직갱 및 경사갱 시설

4.6.1 연직갱 시설

(1) 연직갱 바닥설비에는 배수설비와 버력처리설비가 있으며 지반조건, 본선 터널의 시공법, 연직갱의 운반방법 및 굴진공정을 고려하여 규모, 용량 및 배치를 정하여야 한다.

(2) 공사 중 배수설비는 KDS 27 60 00(4.4.3)을 따른다.

(3) 배수설비설계 시 침전조, 저수조, 배수펌프, 터널 내 배수관, 펌프장, 배전실 및 재료적치장에 대하여 검토하여야 한다.

(4) 연직갱에 설치할 각종 부대시설은 지반조건과 운반방법을 고려하여 규모와 배치를 결정하여야 한다.

(5) 안전설비로서 비상전화, 점멸장치, 사이렌과 같은 비상용 경보장치와 가스마스크와 같은 비상용 자재 그리고 소화기를 배치하도록 계획하여야 한다.

(6) 비상전원이 필요한 공사 중 설비에는 비상전원 또는 비상발전설비 전원이 공급되도록 설계하여야한다.

(7) 연직갱 내 과도한 용출수 유입으로 인하여 배수설비 침수사고 방지를 위하여 , 인원탈출을 위한 케이지 권양기와 배수펌프는 예비 및 정전사고방지를 위해 이중전원이 공급되도록 설계하여야 한다.

4.6.2 경사갱 시설

(1) 경사갱 바닥설비에는 배수설비와 버력처리설비가 있으며 지반조건, 본선 터널의 시공법, 경사갱의 운반방법 및 굴진공정을 고려하여 규모, 용량, 배치를 정하여야 한다.

(2) 버력처리설비는 기울기, 연장, 접속터널의 운반방법, 안전성, 처리능력 및 굴진공정을 고려하여 선정하여야 한다.

(3) 공사 중 배수설비는 KDS 27 60 00(4.4.3)을 따른다.

(4) 공사 중 발전설비는 공사 중 설비에 비상전원을 공급하여야 한다.

(5) 경사갱의 외부설비로서 공사 중 발전설비 설계 시에는 KDS 27 60 00(4.4)에서 정하는 바에 따라야 하며 현장조건에 따라 조정할 수 있다.

(6) 경사갱을 화재 시 배연통로와 배연통로로 이용시 대피통로는 배연통로와 별도로 구획하도록 계획을 수립하여야 한다.

집필위원

성 명	소 속	성 명	소 속
김효규	(주)주성지앤비	허지현	(주)신우디앤시

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)

KDS 27 60 00 : 2023

터널 환기, 조명, 방재시설

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