설계기준 Korean Design Standard

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<br>• 설계편에 하중, 동바리공의 본문 및 해설 추가<br>• 시공편에 안전위생, 기계굴착 등 추가<br>• 시공법 및 시공 방식 현대화<br>• 사갱, 수직갱 신설<br>• NATM 공법 표준사항 신설 | 개정 (1985.12) |
| 터널표준시방서 | • 일반시방서로 개편 및 해설부분 생략<br>• 국내 용어 및 서술형식 적용 | 개정 (1996.5) |
| 터널설계기준 | • 터널설계기준과 터널표준시방서 분리, 개편, 보완 | 제정 (1999.9) |
| 터널설계기준 | • 관련법, 기준, 지침과의 연계성 확보<br>• 향상된 국내 터널기술 수준 반영 및 현안문제 개선<br>• 내진설계기준 보완, 터널공사의 안전성 제고<br>• 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

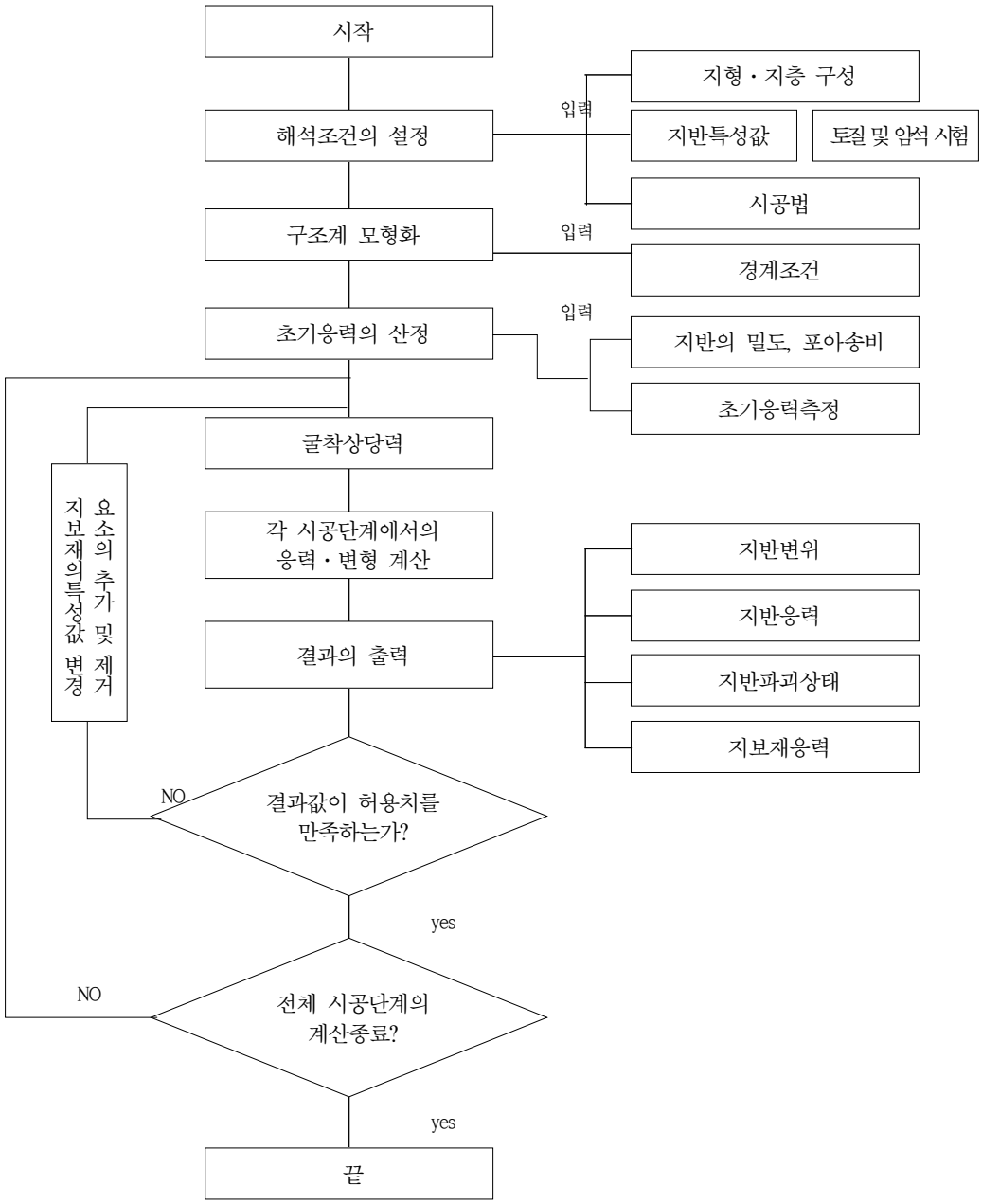


**그림 1.6-1 터널 해석 순서**

(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