KDS 11 00 00 : 2025

지반설계기준

2025년 12월 24일 개정
http://www.kcsc.re.kr

KC CODE

국토교통부

지반설계기준 체계

KDS 11 10 00 지반설계 일반	
KDS 11 10 05 지반설계일반사항	`25.12
KDS 11 10 10 지반조사	`25.12
KDS 11 10 15 지반계측	`25.12
KDS 11 30 00 연약지반설계	
KDS 11 30 05 연약지반설계 일반	`25.12
KDS 11 50 00 기초설계기준	
KDS 11 50 05 얕은기초 설계기준(일반설계법)	`25.12
KDS 11 50 15 깊은기초 설계기준(일반설계법)	`25.12
KDS 11 50 25 기초내진 설계기준	`21.05
KDS 11 50 30 진동기계기초 설계기준	`25.12
KDS 11 60 00 앵커설계기준	`25.12
KDS 11 70 00 비탈면 설계기준	
KDS 11 70 05 비탈면 쌓기·깎기 설계기준	`25.12
KDS 11 70 10 비탈면 보호공법 설계기준	`25.12
KDS 11 70 15 비탈면 보강공법 설계기준	`25.12
KDS 11 70 20 낙석·토석 대책시설 설계기준	`25.12
KDS 11 70 25 비탈면 배수시설 설계기준	`25.12
KDS 11 80 00 옹벽 설계기준	
KDS 11 80 05 콘크리트옹벽	`25.12
KDS 11 80 10 보강토옹벽	`25.12
KDS 11 80 15 돌망태옹벽	`25.12
KDS 11 80 20 기대기옹벽	`25.12
KDS 11 80 25 돌(블록) 쌓기 옹벽	`25.12
KDS 11 90 00 비탈면 내진설계기준	`20.08

KDS 11 10 05 : 2025

지반 설계 일반

2025년 12월 24일 개정
http://www.kcsc.re.kr

KC CODE

국토교통부

건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

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

건설기준 연혁

- 건설기준은 건설기술진흥법 제44조 및 같은법 시행령 제65조에 따라 건설공사의 안전성, 경제성, 성능 및 품질 확보를 위하여 제정 및 개정하였다.

- 건설기준은 건설기준 코드체계 전환(2016)에 따라 단행본 체계의 건설기준(설계기준, 표준시방서)간 중복·상충을 비교 검토하여 건설기준 코드 전환 정비하였다(국토교통부 고시 제2016-438호, 2016년 7월 6일).

- 건설기준의 연혁은 아래와 같다.

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년.월)
구조물기초 설계기준	• 합리적인 설계를 위하여 본구조물 기초설계기준을 기초지반의 성질 및 상부구조의 조건을 고려하여 경제적이고 통일성 있는 체계가 이뤄지도록 기준 제정	제정 (1971.12)
구조물기초 설계기준	• 외국자료의 분석과 기 개정된 각종 시방서 시설기준 및 제규정 등과의 상호 연관성을 검토하고, 미비점을 충분히 반영하여 개정.	개정 (1986.11)
구조물기초 설계기준	• 그간의 지반공학 분야의 기술발전을 반영하고, 관련기준의 개정에 따른 내용 조정 등 수정하고 국제표준단위인 미터법과 SI단위로 통일 개정.	개정 (2002.12)
구조물기초 설계기준	• 구조물기초 설계기준 개정	개정 (2008.11)
구조물기초 설계기준	• 토목, 건축공사 등의 건설구조물 기초 설계를 국가의 설계기준형식에 부합시키고, 신기술, 신공법 등의 시대적 변화를 적용시키며 설계자의 창의적 설계를 유도할 수 있도록 개정.	개정 (2014.02)
구조물기초 설계기준	• 도심지 지반침하 현상의 지속적 발생으로 국민불안이 증대하고 있으나, 다소 미흡한 지반침하와 관련된 조사 및 설계관련 하여 공동 및 싱크홀을 조사하도록 철도설계기준 개정사항(2015)을 반영하여 개정.	부분개정 (2016.05)
도로 설계기준	• 정부의 시방서와 설계기준의 체계를 선진화하는 추세에 부응하여 도로설계단계의 주도 기술수준을 집약하여 도로설계 및 시공 관련한 규정을 제정	제정 (2001.06)

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년.월)
도로 설계기준	• 각 부문별도 항목의 내용이 서로 균형 있도록 포괄적인 규정은 좀 더 구체적으로, 세부사항은 지침, 편람 등을 참조할 수 있도록 하여 개정.	개정 (2005.12)
도로 설계기준	• 도로교통 서비스의 질적 향상, 도로분야 기술발전과 환경변화에 부응하는 설계기준 정립하고자 한국형 포장설계법 등 도로관련 건설공사기준 제·개정 내용을 반영함.	개정 (2012.06)
철도 설계기준(노반편)	• 철도노반공사의 총괄적인 시행기준과 조사 및 측량, 토공, 구교 및 배수시설, 지하구조물, 터널, 정거장 등 총 6편으로 구성함.	제정 (2001.12)
철도 설계기준(노반편)	• 철도설계기준(노반편) 개정	개정 (2004)
철도 설계기준(노반편)	• 일반철도의 열차속도를 시속 200km 이상으로 속도향상시키는 데 필요한 기준을 중점적으로 검토하여 개정	개정 (2011.05)
철도 설계기준(노반편)	• 일반철도의 열차속도를 시속 200km 이상으로 속도향상시키는 데 필요한 기준을 중점적으로 검토하고, 철도건설 경쟁력 확보를 위한 제반연구결과 및 그동안 변경된 철도관련 상위법령, 설계기준 및 시방서 등의 개정된 내용을 반영하여 개정.	개정 (2013.12)
철도 설계기준(노반편)	• 향후 국내외 철도건설기술 발전 등 기술적 환경변화에 대응할 수 있도록 안전기준 강화 및 철도관련 상위법령, 규정, 기준 등의 개정된 내용 반영하여 개정	개정 (2015.12)
KDS 11 10 05 : 2016	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합정비함	제정 (2016.07)
KDS 11 10 05 : 2016	• 한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함	수정 (2018.07)
KDS 11 10 05 : 2021	• 기준명 변경 • 법령 개정 및 건설기준 코드작성 지침에 따른 수정	개정 (2021.12)
KDS 11 10 05 : 2025	• 기준 명확성을 위해 오탈자 및 문구 수정	개정 (2025.12)

제　　정 : 2016년 7월 6일　　개　　정 : 2025년 12월 24일
심　　의 : 국토교통부 중앙건설기술심의위원회　　자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회
소관부서 : 국토교통부 기술혁신과
관련단체 : (사)한국지반공학회　　작성기관 : (사)한국지반공학회

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

목 차

1. 일반사항 ····· 1

1.1 목적 ····· 1

1.2 적용 범위 ····· 1

1.3 참고 기준 ····· 1

1.4 용어의 정의 ····· 1

1.5 기호의 정의 ····· 2

2. 조사 및 계획 ····· 2

2.1 일반사항 ····· 2

2.2 조사 ····· 2

2.3 계획 ····· 2

3. 재료 ····· 3

3.1 일반사항 ····· 3

3.2 재료특성 ····· 3

3.3 품질 및 성능시험 ····· 3

4. 설계 ····· 3

4.1 일반사항 ····· 3

4.2 설계원칙 ····· 4

4.3 설계기준 ····· 4

4.4 설계지반정수 ····· 4

4.5 설계하중 ····· 5

1. 일반사항

1.1 목적

(1) 이 기준은 도로, 철도, 댐, 하천, 교량, 터널, 방파제, 호안, 원자력 등 토목구조물, 농업생산기반시설, 건축구조물 및 공작물 등과 그 기능을 보조하는 부대시설(단지, 상하수도, 조경 등) 등 지반에 축조되는 각종 구조물과 시설물의 지반설계를 수행하기 위하여 요구되는 기본적이고 표준적인 설계기준을 제시함을 목적으로 한다.

1.2 적용 범위

(1) 이 기준은 토목구조물, 건축구조물 및 공작물 등과 그 기능을 보조하는 부대시설 등 지반에 축조되는 각종 구조물과 시설물의 설계에 필요한 지반조사, 계측, 토공사, 연약지반개량 및 보강, 기초, 흙쌓기, 굴착, 옹벽, 앵커, 비탈면(사면), 가시설, 기타 각종 지반구조물 등의 설계에 적용된다.

(2) 이 기준에 기술되지 않은 사항과 특수한 경우에 대해서는 국가 기준으로 제정된 기준을 적용할 수 있고, 국제적으로 검증되어 통용되는 기준도 발주자의 승인을 얻어 준용하여 적용할 수 있다.

1.3 참고 기준

1.3.1 관련 법규

내용 없음

1.3.2 관련 기준

내용 없음

1.4 용어의 정의

(1) 이 기준에서 사용되는 주요 용어의 정의는 다음과 같다.

- 가설흙막이: 굴착 또는 흙쌓기 공사 시 지반의 붕괴, 주변의 침하 등을 방지하기 위하여 공사 중 임시로 설치하는 흙막이 구조물
- 굴착: 구조물의 기초나 지하구조물을 건설하기 위하여 소정의 모양으로 지반을 파내는 행위
- 기초: 상부구조물의 하중을 지반으로 전달하는 하부구조물
- 비탈면: 자연적 또는 인공적으로 형성된 지반의 경사면
- 앵커: 흙막이 구조물, 비탈면, 터널 등의 안정화, 구조물의 부상(浮上) 방지 등을 위해 지반 내에 설치하는 구조체
- 연약지반: 구조물의 기초 지반으로서 충분한 지지력과 침하에 대한 안정성을 갖지 못하여 지반 개량 또는 보강 등의 대책이 필요한 지반

- 옹벽: 비탈면의 안정성을 유지하고 전면과 배면 상부에 공간을 확보하기 위해 설치하는 구조물
- 지반계측: 설계 시 고려하지 못한 불확실성과 제한사항 및 시공 전·중·후 발생되는 현장과 그 주변 지반의 변화 등에 기인된 변동사항을 파악하여 구조물과 시설물의 안정성을 확인하고 필요시 그 결과를 추가적으로 설계 및 시공에 반영하기 위하여 실시하는 것
- 지반조사: 각종 토목구조물, 건축구조물, 시설물 등의 설계 및 시공에 필요한 지반정보를 얻기 위해 실시하는 조사
- 토공사: 자연지형에 구조물 또는 시설물 건설을 위한 터파기, 되메우기 및 다짐, 흙쌓기, 흙깎기, 잔토처리 등 흙을 대상으로 하는 지반 형성 공사

(2) 이 용어의 정의에 기술되지 않은 지반설계 관련 용어는 국가 기준으로 제정된 기준에 통용되는 용어와 국제적으로 검증되어 통용되는 용어를 준용하여 사용할 수 있다.

1.5 기호의 정의

내용 없음

2. 조사 및 계획

2.1 일반사항

(1) 지반설계의 조사와 계획은 각 구조물과 시설물의 설계 및 시공에 필요한 지반정보를 얻기 위해 실시한다.

2.2 조사

(1) KDS 11 10 10을 따른다.

2.3 계획

(1) 계획은 각 구조물과 시설물의 목적을 충분히 이해하여 합리적이고 경제적으로 수립한다.

(2) 계획 수립 시 각 구조물과 시설물의 기능과 중요도, 지반조건, 현장의 시공여건, 지역의 환경기준, 국가유산 및 천연기념물의 존재, 공사비와 공기, 재해영향, 법적 규제사항 등을 고려하여야 한다.

(3) 계획 수립 시 해당분야 전문가의 자문과 발주자의 의견을 수렴하여 조정할 수 있으며, 필요시에는 지역주민 및 지방자치단체의 의견을 반영하여 검토한다.

(4) 각 구조물과 시설물에 대한 계획은 기본적으로 이 기준을 따라야 하며, 추가적으로 요구되는 사항은 해당되는 구조물 및 시설물의 국가 기준을 참고하여 수립한다.

3. 재료

3.1 일반사항

(1) 지반설계에 주목적 대상인 흙과 암(암석과 암반)의 특성과 품질 및 성능시험을 포함한다.

3.2 재료특성

3.2.1 토사

(1) 일반적으로 조립토(자갈, 모래)는 상대밀도로 특성을 나타내며 세립토(실트, 점토)는 연경도로 특성을 나타낸다.

(2) 정확한 토사의 특성은 물리적·역학적(강도, 변형, 투수 특성 등) 시험을 통해 결정한다.

3.2.2 암(암석과 암반)

(1) 암석의 강도는 극도로 약함, 매우 약함, 약함, 보통 강함, 강함, 매우 강함, 극도로 강함으로 기술한다.

(2) 정확한 암의 특성은 물리적·역학적(강도, 변형, 투수, 불연속면의 전단특성 등) 시험을 통해 결정한다.

3.2.3 기타

(1) 지반과 접하여 사용되는 콘크리트, 그라우트, 강재, 목재, 합성재료 등의 재료특성은 관련 기준들을 따른다.

3.3 품질 및 성능시험

(1) 흙과 암석, 그리고 이 외의 지반과 접하여 사용되는 콘크리트, 그라우트, 강재, 목재, 합성재료 등에 대한 품질 및 성능시험은 한국산업표준(KS) 관련 기준을 따라야 한다.

(2) 한국산업표준(KS)에 규정하고 있지 않은 각종 구조물과 시설물의 지반설계에 요구되는 재료의 품질 및 성능시험은 국제암반공학회(ISRM), 미국재료시험협회(ASTM) 등의 관련 시험방법을 준용할 수 있다.

4. 설계

4.1 일반사항

(1) 지반에 건설되는 각종 구조물과 시설물의 기능이 충분히 발휘하도록 지반설계에서 요구되는 기본적이고 표준적인 설계원칙, 설계기준, 설계정수, 설계하중 등을 제시한다.

4.2 설계원칙

(1) 지반설계 시 안정해석은 시설물 별 기준에서 규정한 기준안전율을 만족하여야 한다.
(2) 지반설계는 현장여건, 안전성, 경제성, 시공성 등을 고려하여야 한다.
(3) 이 기준에 제시하지 않은 사항은 각종 구조물과 시설물 설계에 관련되는 관계법규 및 기준을 검토하여 반영한다.

4.3 설계기준

(1) 설계기준은 허용응력설계법(일반설계법) 또는 한계상태설계법(한계설계법) 중 설계자가 택일하여 적용할 수 있으며, 이 때 설계기준에 대한 명확한 근거자료를 발주자에게 제시하고 협의하여 승인을 득한 후에 적용한다.
(2) 안전율과 하중계수 및 저항계수는 구조물의 중요성, 손상피해의 심각성, 지반조사 및 시험자료 결과의 통계특성, 설계에 사용한 각종 정수와 지반 모델링의 정확성, 해석방법의 정밀성, 시공조건 및 시공환경, 시공자의 능력 등을 감안하여 각 구조물과 시설물에 따라 신중하게 채택한다.
(3) 구조물의 부재설계에 대해서는 해당 재료에 적합한 설계기준을 적용한다.

4.4 설계지반정수

(1) 설계지반정수는 지반조사, 현장시험, 실내시험을 이용하여 직접적으로 결정한다.
(2) 직접적인 방법으로 설계지반정수 결정이 불가능한 경우 아래 방법을 종합적으로 고려하여 설계지반정수를 산정할 수 있으나, 시공 전 확인시추 및 조사 등을 수행하여 적합성 여부를 확인하여야 한다.
    ① 경험식
    ② 유사 지반조건에 대한 설계지반정수 도표
    ③ 주변 현장의 기존 자료
    ④ 현장계측 및 관측결과를 이용한 역해석 자료
    ⑤ 파괴된 지반에 대한 역해석 자료
(3) 설계지반정수 중 지반의 전단강도 정수는 대상 지반의 포화조건, 투수성, 하중재하조건 등을 감안하여 배수전단강도, 비배수전단강도 및 최대강도, 한계상태강도, 잔류강도를 구분하여 결정한다.
(4) 설계지반정수는 현장 지반조사 결과를 토대로 지반을 대표적인 몇 개의 지층으로 구분하고 각 지층에 대한 시험을 실시하여 정수를 결정하고, 서로 다른 지층에 대해 구한 설계지반정수는 각 지층 구간에 대해서만 적용한다.
(5) 동일지층의 인접한 지점에 대해 복수의 시험 결과를 획득한 경우, 설계지반정수는 평균치와 표준편차를 계산하고 다음 식 (4.4-1)을 이용하여 안전측이 되는 값을 적용하여야 한다.

$$\text{설계지반정수} = (\text{평균치}) \pm (\text{표준편차}) \qquad (4.4\text{-}1)$$

(6) 동일한 지층이라도 시험한 위치에 따라 물성값의 경향이 다르게 나타나는 경우에는 유사한 경향을 갖는 구간으로 구분하여 설계지반정수를 산정하여야 하며, 전체를 동일 구간으로 간주하여 설계하는 경우에는 안전측의 값을 설계지반정수로 선정하도록 한다.
(7) 설계지반정수는 배수조건(배수 및 비배수)과 배수기간(장기 및 단기)을 고려하여 선정하여야 한다.
(8) 이 기준에 제시하지 않은 설계지반정수는 각종 구조물과 시설물의 설계에 관련되는 관계법규 및 기준을 검토하여 반영한다.

4.5 설계하중

(1) 하중은 재하특성에 따라 사하중과 활하중으로 구분하고, 시간의 변동에 따라 영구하중(설계가용 기간 동안 존재), 임시하중(시공 또는 보수 중 설계가용 시간 보다 적은 시간 동안 존재), 우발하중(실제조건에 예외적으로 매우 짧은 시간동안 존재)으로 구분한다.
(2) 지반설계에 포함되는 하중으로는 흙, 암 및 물의 단위중량, 토압과 수압, 하중의 제거 또는 굴착, 구조물 시공 등 공정에 의해 발생되는 하중, 기후 변화와 같은 불분명한 원인에 의한 흙의 팽창, 수축, 동결작용에 의한 하중 등을 포함한다.
(3) 옹벽구조물은 뒷채움재의 중량, 상재하중, 물의 중량, 침투압, 충돌, 지진 및 온도의 영향 등을 포함한 하중조합을 고려한다.
(4) 옹벽 및 가설흙막이 등에 작용하는 토압은 벽체와 지반의 상호거동에 따라 하중이 결정되므로 적절한 토압계수를 적용한다.
(5) 비탈면은 흙(또는 암)의 중량, 상재하중, 물의 중량, 지진, 기후변화, 식생체적 등을 포함한 하중조합을 고려한다.
(6) 기초의 경우 구조적 강성이 하중에 큰 영향을 미치므로 지반과 구조물의 상호작용 해석을 통해 하중을 결정한다.
(7) 말뚝을 포함한 깊은기초에 대하여, 주변 지반의 압밀, 팽창, 크리프, 비탈면 붕괴 및 지진은 상당히 큰 추가적인 하중으로 작용할 수 있으므로 이를 고려한다.
(8) 이 기준에 제시하지 않은 하중 및 하중조합은 각종 구조물과 시설물의 설계에 관련되는 관계법규 및 기준을 검토하여 반영한다.

집필위원

성 명	소 속	성 명	소 속
강인규	㈜브니엘컨설턴트	홍원택	가천대학교
곽동엽	한양대학교 에리카		

자문위원

성 명	소 속	성 명	소 속
김병민	울산과학기술원	정석호	창원대학교

국가건설기준센터 및 건설기준위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
이영호	한국건설기술연구원	정문경	한국건설기술연구원
김기현	한국건설기술연구원	강대규	㈜한가람
김나은	한국건설기술연구원	김기석	㈜희송지오텍
김민관	한국건설기술연구원	김기연	㈜경동엔지니어링
김재훈	한국건설기술연구원	김만일	산림조합중앙회
김희석	한국건설기술연구원	박재현	한국수자원공사
류상훈	한국건설기술연구원	송 훈	㈜동해종합기술공사
안준혁	한국건설기술연구원	여규권	삼부토건(주)
원훈일	한국건설기술연구원	정재형	한국건설기술연구원
유영수	한국건설기술연구원		
이상규	한국건설기술연구원		
이소정	한국건설기술연구원		
이승재	한국건설기술연구원		
이승환	한국건설기술연구원		
이용수	한국건설기술연구원		
이원종	한국건설기술연구원		
주영경	한국건설기술연구원		
최봉혁	한국건설기술연구원		
허원호	한국건설기술연구원		

중앙건설기술심의위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
김상철	㈜삼안	민영욱	특수건설
김선백	대우건설	송영석	한국지질자원연구원
김성호	대보건설	장범수	한국건설품질연구원
문인기	엠플러스이엔씨㈜		

국토교통부

성 명	소 속	성 명	소 속
권미정	기술혁신과	신중호	기술혁신과
양성모	기술혁신과		

(분야별 가나다순)

KDS 11 10 05 : 2025

지반 설계 일반

2025년 12월 24일 개정

소관부서 국토교통부 기술혁신과

관련단체 (사)한국지반공학회
05836 서울특별시 송파구 법원로9길 26, C동 701호(문정동,에이치비즈니스파크)
Tel : 02-3474-4428 E-mail : kgssmfe@hanmail.net
http://www.kgshome.org

작성기관 (사)한국지반공학회
05836 서울특별시 송파구 법원로9길 26, C동 701호(문정동,에이치비즈니스파크)
Tel : 02-3474-4428 E-mail : kgssmfe@hanmail.net
http://www.kgshome.org

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

KDS 11 00 00 지반 설계기준

설계기준 Korean Design Standard

KDS 11 10 10 : 2025

지반조사

2025년 12월 24일 개정

http://www.kcsc.re.kr

국토교통부

KC CODE

건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

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

건설기준 연혁

- 건설기준은 건설기술진흥법 제44조 및 같은법 시행령 제65조에 따라 건설공사의 안전성, 경제성, 성능 및 품질 확보를 위하여 제정 및 개정하였다.

- 건설기준은 건설기준 코드체계 전환(2016)에 따라 단행본 체계의 건설기준(설계기준, 표준시방서)간 중복·상충을 비교 검토하여 건설기준 코드 전환 정비하였다(국토교통부 고시 제2016-438호, 2016년 7월 6일).

- 건설기준의 연혁은 아래와 같다.

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년.월)
구조물기초 설계기준	• 합리적인 설계를 위하여 본구조물 기초설계기준을 기초지반의 성질 및 상부구조의 조건을 고려하여 경제적이고 통일성 있는 체계가 이뤄지도록 기준 제정	제정 (1971.12)
구조물기초 설계기준	• 외국자료의 분석과 기 개정된 각종 시방서 시설기준 및 제규정 등과의 상호 연관성을 검토하고, 미비점을 충분히 반영하여 개정.	개정 (1986.11)
구조물기초 설계기준	• 그간의 지반공학 분야의 기술발전을 반영하고, 관련기준의 개정에 따른 내용 조정 등 수정하고 국제표준단위인 미터법과 SI단위로 통일 개정.	개정 (2002.12)
구조물기초 설계기준	• 구조물기초 설계기준 개정	개정 (2008.11)
구조물기초 설계기준	• 토목, 건축공사 등의 건설구조물 기초 설계를 국가의 설계기준형식에 부합시키고, 신기술, 신공법 등의 시대적 변화를 적용시키며 설계자의 창의적 설계를 유도할 수 있도록 개정.	개정 (2014.02)
구조물기초 설계기준	• 도심지 지반침하 현상의 지속적 발생으로 국민불안이 증대하고 있으나, 다소 미흡한 지반침하와 관련된 조사 및 설계관련 하여 공동 및 싱크홀을 조사하도록 철도설계기준 개정사항(2015)을 반영하여 개정.	부분개정 (2016.05)
건축구조 설계기준	• 건축구조 설계기준 제정	제정 (2005.04)
건축구조 설계기준	• 재검토기한 신설 등 개정	개정 (2009.08)

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년.월)
건축구조기준	• 부분 개정	개정 (2009.12)
건축구조기준	• 재검토기한의 연도 수정 등 개정	개정 (2013.12)
건축구조기준	• 특정한 지형조건의 기본지상적설하중 등 개정	개정 (2015.10)
건축구조기준	• 성능설계법 도입 및 돌발상황에 의한 하중 추가 등 기준 전반에 대한 최근 연구결과 및 개선된 공법 반영	개정 (2016.05)
건설공사 비탈면 설계기준	• 지금까지의 명확하지 않고 산재, 상호중복 또는 상충되는 비탈면 관련 기준들을 유기적으로 통합함.	제정 (2006.05)
건설공사 비탈면 설계기준	• 깍기비탈면 안정해석시 혼선을 방지하고 합리적·경제적인 설계가 가능하도록 안전율 기준에 대한 내용 보완	개정 (2009.12)
건설공사 비탈면 설계기준	• 정부의 저탄소 녹색성장의 기조 아래 다양한 현장여건과 최신기술 등을 반영할 수 있도록 개정.	개정 (2011.12)
KDS 11 10 10 : 2016	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비함	제정 (2016.07)
KDS 11 10 10 : 2016	• 한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함	수정 (2018.07)
KDS 11 10 10 : 2021	• 건설기준 코드작성 지침 반영과 스마트 건설기술 적용 및 안정성을 강화함.	개정 (2021.12)
KDS 11 10 10 : 2025	• 지반조사에 연관된 관련 기준을 추가함 • 시추조사, 현장시험, 물리탐사, 물리검층 등의 조사에 대한 대상 및 수량의 참고 기준을 구체적으로 설정함	개정 (2025.12)

제　　정 : 2016년 7월 6일　　개　　정 : 2025년 12월 24일
심　　의 : 중앙건설기술심의위원회　　자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회
소관부서 : 국토교통부 기술혁신과
관련단체 : (사)한국지반공학회　　작성기관 : (사)한국지반공학회

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

목 차

1. 일반사항 ····· 1
1.1 목적 ····· 1
1.2 적용 범위 ····· 1
1.3 참고 기준 ····· 1
1.4 용어의 정의 ····· 2
1.5 기호의 정의 ····· 3

2. 조사 및 계획 ····· 3
2.1 조사 및 계획 일반 ····· 3
2.2 단계별 상세 지반조사 ····· 4
2.3 지반의 분류기준 ····· 14
2.4 지반특성 평가 ····· 15

1. 일반사항

1.1 목적

(1) 이 기준의 목적은 토목구조물, 건축구조물 및 시설물의 설계에 필요한 지반정보를 획득하고 설계정수를 산정하기 위한 지반조사에 대한 일반적인 기준을 제시하는 것이다.

1.2 적용 범위

(1) 이 기준은 도로, 철도, 댐, 하천, 교량, 터널, 방파제, 호안, 원자력, 단지조성, 농업생산기반시설, 건축구조물 및 공작물, 상하수도, 조경공사 등의 설계 및 시공에 필요한 지반정보 획득에 적용한다.

1.3 참고 기준

내용 없음

1.3.1 관련 법규

- 지하수법

1.3.2 관련 기준

- KS E 3031 암석의 강도 시험을 위한 시료 채취 및 시험편 제작 방법
- KS E 3032 암석의 인장 강도 시험방법
- KS E 3033 암석의 일축압축강도 시험 방법
- KS F 2302 흙의 입도 시험방법
- KS F 2303 흙의 액성 한계·소성 한계 시험방법
- KS F 2306 흙의 함수비 시험 방법
- KS F 2307 표준 관입 시험방법
- KS F 2312 흙의 실내 다짐 시험 방법
- KS F 2314 흙의 일축 압축 시험 방법
- KS F 2316 흙의 압밀 시험방법
- KS F 2317 얇은 관에 의한 흙의 시료 채취 방법
- KS F 2319 오거 보링에 의한 토질 조사 및 시료 채취 방법
- KS F 2320 노상토 지지력비(CBR) 시험 방법
- KS F 2322 흙의 투수 시험 방법
- KS F 2342 점성토의 현장 베인 전단 시험방법
- KS F 2343 압밀 배수 조건에서 흙의 직접 전단 시험방법
- KS F 2518 석재의 밀도 및 흡수율 시험방법
- KS F 2592 전자식 콘 관입 시험방법

1.4 용어의 정의

- 경사: 주향(strike)과 직각을 이루는 지질구조면(층리면, 단층면, 절리면 등의 불연속면)의 기울어진 방향과 수평면이 이루는 사잇각
- 기반암: 토층 또는 풍화암층의 아래에 위치하는 연암 이상의 단단한 암반
- 내진설계: 설계지진에 의해 입력된 에너지를 충분히 견디거나, 소산시키거나, 저감시키도록 하여 시설물에 요구되는 내진성능수준을 유지하도록 구조요소의 제원 및 상세를 결정하는 작업
- 단층: 지각의 응력에 의하여 생긴 일정 규모 이상의 전단파괴면에서 양측에 상대적으로 어긋남을 가지는 선상 또는 대상의 부분
- 물리검층: 시추공 내에서 심도에 따라 한 가지 또는 여러 가지의 자연적 또는 인위적 물리량을 측정하여 시추공 주변의 지질학적 특성을 파악하는 방법으로 전기 검층, 음파 검층, 방사능 검층, 온도 검층 및 시추공 영상촬영 등이 있음
- 물리탐사: 탄성파탐사, 전기비저항탐사, 중력탐사, 자기탐사, 전자탐사 및 방사능탐사 등 지층구성 요소의 물리적 특성의 차이를 이용하여 지질이나 암체의 종류, 성상 및 구조를 조사하는 방법
- 불연속면: 암반 내에 존재하는 절리, 층리, 엽리, 단층 또는 파쇄대 등에서 나타나는 연속성이 없는 면 등의 총칭
- 비탈면: 자연적 또는 인공적으로 형성된 지반의 경사면
- 수압시험: 토사 및 암(암석과 암반)의 투수성을 파악하기 위한 수압에 의한 현장 투수시험
- 시추주상도: 지반 조사 시의 시추조사 결과에 입각하여 지층의 성질, N값, 시추공 내 지하수위, TCR, RQD, 불연속면의 발달상태 등을 포함한 그림
- 암: 구성광물, 암종, 단위중량, 일축압축강도, 탄성파 속도, 팽창성, 내구성 지수 등을 이용하여 분류하는 암석과 암석의 종류, 강도 및 풍화도, 불연속면 등의 특성에 따라 분류되는 암반으로 구분되는 지반재료
- 엽리: 변성암에 나타나는 지질구조로 암석이 재결정 작용을 받아 같은 광물이 판상으로 또는 일정한 띠를 이루며 형성된 지질구조
- 전기비저항탐사: 물리탐사법의 일종으로 지반 내 전류를 흘려보냄으로써 비저항을 측정하여 지반의 지질구조 및 지하수 분포구간 확인 등을 조사하는 방법
- 전자탐사: 자연적 혹은 인공적으로 가해진 전자기장에 의해 지하에 유기되는 유도전류에 의한 2차장 또는 합성장을 측정하여 지하의 전기전도도 분포를 파악하는 탐사방법
- 절리: 암석 자체에 의한 것과 외력에 의해 암반에 생성되는 비교적 일정한 방향성을 갖는 불연속면으로 상대적 변위가 단층에 비하여 크지 않거나 거의 없는 것
- 주향: 불연속면(층리면, 단층면, 절리면 등)과 수평면의 교선방향을 진북방향 기준으로 측정한 방위
- 지반: 흙과 암으로 구성되며 각종 토목구조물, 건축물, 시설물 등이 건설되는 토대로 육상뿐만 아니라 해양지반도 포함하는 건설공사에 관련된 지구의 표층 부분
- 지반조사: 각종 토목구조물, 건축구조물, 시설물 등의 설계 및 시공에 필요한 지반정보를

얻기 위해 실시하는 조사
- 층리: 퇴적암이 생성될 때 퇴적조건의 변화에 따라 퇴적물속에 생기는 층을 이루는 구조
- 탄성파탐사: 지표면이나 수면에서 인위적으로 발생시킨 탄성파가 지하 지층에서 반사 또는 굴절되어 되돌아오는 파를 수진기로 기록하여, 지질구조나 암석의 물리적 특성을 조사하는 방법
- RMR(Rock Mass Rating): 암석강도, RQD, 불연속면 간격, 불연속면 상태, 지하수 상태, 굴진방향과 불연속면의 상대적 방향 등을 반영하여 암반 상태를 분류하는 정량적인 암반 분류방법
- RQD(Rock Quality Designation): 암질의 상태를 나타내는 용어로서, NX 또는 NQ 규격의 시추코어 중 10cm 이상 되는 코어편 길이의 합을 전체 시추 길이로 나누어 백분율로 표시한 값
- SMR(Slope Mass Rating): RMR을 바탕으로, 절리와 비탈면 주향 사이의 평행성에 관한 인자, 절리 경사각에 대한 인자, 비탈면 경사각과 절리 경사각 사이에 관한 인자, 굴착방법에 따른 인자를 고려한 암반 비탈면 분류방법
- TCR(Total Core Recovery): 전체 시추길이에 대하여 회수된 코어의 길이 비를 백분율로 표시한 값

1.5 기호의 정의
내용 없음

2. 조사 및 계획

2.1 조사 및 계획 일반
(1) 지반조사와 현장 및 실내시험은 원칙적으로 한국산업표준(KS)에 제시된 시험방법에 따라 실시하여야 한다.

(2) 한국산업표준(KS)에 규정하고 있지 않은 시험은 국제암반공학회(ISRM), 미국재료시험협회(ASTM) 등의 관련 시험방법을 준용할 수 있으며, 관련사항을 지반조사 보고서에 기록하여야 한다.

(3) 시험 시 사용하는 장비와 기구는 시험을 시행하는 데 적합하여야 하며, 정기적으로 교정 및 검증을 시행하여야 한다.

(4) 조사와 시험에 참여하는 기술자는 소요되는 품질을 얻을 수 있는 자격을 갖추어야 한다.

(5) 지반조사 계획은 조사목적 및 현장조건에 부합하고 각 설계에 필요한 지반정보를 얻을 수 있도록 수립하여야 한다.

(6) 지반조사 위치는 설계자료를 바탕으로 내업 및 현장답사를 통하여 현지 지질 및 지반특성을 대표할 수 있는 지점을 선택하여야 한다.

(7) 지반조사 각 단계에 대응한 조사·시험의 계획은 구조물의 특징이나 공사 내용에 필요한 사항을 반영하여야 한다.

(8) 지반조사로부터 설계, 시공의 대상이 되는 현장과 그 주변의 지반 및 지하수 조건, 설계 지반정수와 관련된 모든 자료를 얻을 수 있어야 한다.
(9) 실내 및 현장시험 수행 시에는 구체적인 품질관리계획을 수립하고 조사 및 평가단계에서 품질보증이 이루어질 수 있도록 하여야 한다.
(10) 지반조사는 예비조사, 본조사, 추가조사를 구분하여 시행한다.
① 소규모 과업의 경우 발주처와 협의하여 예비조사와 본조사를 구분하지 않고 실시할 수 있다.
② 각 단계별 조사·시험 계획은 각 단계에서 필요로 하는 정보를 획득할 수 있도록 수립하여야 한다.
③ 시공 중 조사는 설계단계에서 민원 등의 사유로 조사가 시행되지 못한 경우 또는 시공 중 급격한 지층변화로 인해 조사가 필요할 경우 실시할 수 있다.
(11) 구조물 중요도에 따라 하부지반 영향범위, 하중조건 등을 고려하여 설계에 필요한 정성·정량적 지반정보를 제공할 수 있도록 조사계획을 수립하여야 한다.

2.2 단계별 상세 지반조사

2.2.1 예비조사

(1) 예비조사 목적
① 구조물 입지로서의 적합성 평가
② 대안 부지가 있는 경우, 대안 부지의 적합성 비교 검토
③ 구조물 시공으로 발생될 변화 예측
④ 구조물의 거동에 중요한 영향을 미치는 지반의 구성 및 특성 파악
⑤ 상기 조사를 근거로 한 본조사 계획
⑥ 필요시 공사에 필요한 골재원(레미콘, 아스콘, 세골재, 조골재) 및 토취장 확인
(2) 예비조사 항목 및 방법
① 기존 자료조사
가. 지형도, 지질도 및 고지형도
나. 지진이력
다. 인공위성 및 항공사진
라. 현장 부근의 기존 조사자료 및 시공 경험
마. 수문조사, 특히 개략적인 지하수위 조사
바. 인접 구조물 및 굴착현장 조사
사. 지장물 현황조사
② 현장답사
가. 현장답사는 야외조사를 통하여 지형이나 지질 및 지반상태를 확인하거나 지역 주민들의 청문을 통하여 과거의 지형변화 등에 대한 정보를 입수하여 조사시행에 영향을 줄 수 있는 제반 현장여건을 확인하는 것으로, 본조사 전에 수행한다.

나. 현장답사의 결과는 정리하여 계획 및 설계에 반영할 수 있도록 하며, 이미 계획된 사항에 대해서는 문제점을 파악하여 변경하거나 보완한다.

다. 현장답사 시 지형 및 주변 보안건물 등 시공에 영향을 줄 수 있는 제반 현장여건을 파악하기 위해 무인항공기 등을 활용할 수 있다.

라. 현장답사 시 주요 구조물 또는 주변 건축물 등과의 이격거리 측정이 필요할 경우 위성사진 또는 거리 측정기를 활용할 수 있다.

③ 본조사 계획을 위한 지반조사

가. 기존 자료조사 및 현장답사 결과를 바탕으로 본조사 계획을 위한 지반조사 계획을 수립하여야 한다.

나. 지구물리탐사를 통해 조사 지역 전체의 개략적인 지층조건 및 특성을 파악하여야 하며, 필요한 경우 시추조사와 현장 및 실내시험을 수행할 수 있다.

다. 기존 자료조사, 현장답사, 지반조사 결과를 종합하여 본조사 계획을 수립하여야 한다.

2.2.2 본조사

(1) 본조사 목적

① 본조사는 설계 및 시공에 적합하고, 안전하면서도 경제적인 가설 또는 본공사 설계를 위한 지반공학적 및 지질학적 정보를 제공한다.

② 시공방법 계획수립에 필요한 정보를 제공한다.

③ 시공 중 예상되는 문제점을 확인한다.

④ 본조사 시 다음 사항을 검토한다.

가. 지반 성층 상태

나. 지반의 강도특성

다. 지반의 변형특성

라. 지하수위 및 각 지층의 간극수압 분포

마. 투수 조건

바. 지반의 잠재적 불안정성

사. 지반의 다짐 특성

아. 지반개량 가능성

자. 동결 가능성

(2) 본조사 항목 및 방법

① 지질학적 특성 조사는 지표지질조사, 선구조분석, 암석박편시험 등을 실시하여 다음 사항을 검토한다.

가. 자연적 또는 인공적인 공동

나. 암, 흙 또는 매립 재료의 풍화와 연화

다. 수문지질학적 영향

라. 단층, 절리 등 불연속면

마. 팽창성 또는 붕괴성 지반

② 지반공학적 특성 조사는 시추, 물리탐사, 현장 원위치시험, 실내시험을 포함하며, 물리탐사 등 간접적인 방법들이 사용될 경우, 시험 대상 지반을 확인하기 위하여 시추조사 등을 실시하여 다음 사항을 검토한다.

가. 지층 분포특성
나. 지질이상대 분포특성
다. 지층별 수리특성
라. 지층별 강도 및 변형특성
마. 토질 및 암석의 물리역학적 특성
바. 토체와 암반의 크리프
사. 지반의 지진동 특성
아. 폐기물 또는 인공재료의 존재
자. 시공 시 용출수 및 지하수위 측정 등을 통하여 주변 지하수 변동 조사
차. 근접구조물 및 매설물(상하수도관, 송유관, 통신 및 전력 케이블, 도시가스관, 기타 지중구조물 등)에 대하여 각 시설의 관리 주체 및 관리대장, 노후도, 장래확장 계획 여부를 조사하고 누수 등으로 인하여 지반함몰이 예상되는 경우에는 조사를 시행하여 설계 시 기초자료로 활용

(3) 시추조사

① 시추는 NX 규격 이중 코어배럴이나 NX 에 상응하는 규격을 사용하여 연직으로 시행하며, 풍화대나 파쇄대 등에서는 삼중 코어배럴 등을 사용하여 코어의 회수율을 높인다.

② 지층구성 파악을 위한 시추간격 및 심도는 구조물의 종류 및 범위, 요구되는 지반조사 자료의 정밀도에 따라 지반분야 책임기술자 판단에 의거 결정한다(표 2.2-1 및 표 2.2-2 참조).

③ 시추는 연직시추뿐만 아니라 단층 순폭 평가 등 필요할 경우 수평 및 경사시추를 실시한다.

④ 단층이나 파쇄대와 같이 공사에 장애가 되는 구간이나, 지층이 불규칙한 경우에는 시추간격을 축소 조정한다.

⑤ 시추공의 지하수위는 시추 종료 후 24, 48, 72시간 경과 시마다 측정한다.

⑥ 터널 입·출구부 및 저토피 구간은 탄성파탐사를 수행하여 지층변화를 상세히 파악한 후 시추위치를 선정한다.

⑦ 시추조사 시 정확한 시추조사 위치 파악을 위하여 GPS 장비 등을 활용할 수 있다.

⑧ 시추조사 후 무인항공기 등으로 조사 부지를 촬영하여 시추조사를 수행한 위치정보를 수집하고 활용할 수 있다.

표 2.2-1 기본설계 시 시추조사 참고기준[1]

구분		시추 간격	시추심도
건축		구조물 규모에 따라 50 m ~ 100 m 간격	• 기반암 3 m 이상[2]
교량		• 연장 100 m 이상 교량: 각 교대 및 연장 100 m마다 1공 추가 • 연장 100 m 미만 교량: 최소 각 교대	• 기반암 3 m 이상[3]
박스		• 개소당 1공	• 풍화대 N=50에서 30cm 이하 관입 3회 연속 확인
터널[4]	산악	• 전체 3공 이상(입출구부 포함) • 계곡부/저토피 구간 1공 이상 추가	• 터널 바닥고 하부 1.0 D(D: 터널 최대 직경) 이상 • 기반암이 확인 안 된 경우 터널 바닥고 하부 2.0 D 이상
	도심지	• 200 m ~ 500 m 간격마다 1공 이상 • 주요 구조물(수직구, 정거장, 집수정, 환기구 등)은 개소당 1공	• 터널 바닥고 하부 1.0 D(D: 터널 최대 직경) 이상 • 기반암이 확인 안 된 경우, 터널구간은 바닥고 하부 2.0 D 이상, 개착구간은 계획고 하부 0.5 B(B:굴착계획폭) 이상 • 주요 구조물에는 기반암 3 m 이상
깎기비탈면		• 연장 200 m 미만: 1개소 • 연장 200 m 이상: 연장 200 m 마다 1개소 추가 • 깎기높이 20 m 미만: 개소당 1공 • 깎기높이 20 m 이상: 개소당 2공 이상 • 시험굴조사: 1 ~ 2개소	• 계획고 하부 2 m 이상 • 시험굴조사: 1 m 이상
쌓기 비탈면	일반	• 500 m 간격(핸드오거 300 m 간격)	• 풍화토 N=30 이상 3회 연속 또는 풍화암 확인(핸드오거는 가능심도까지)
	연약	• 100 m ~ 200 m 간격 (핸드오거 200 m 간격)	• 연약지반 통과 후 견고한 지층 3 m ~ 5 m 확인(핸드오거는 가능심도까지)
댐		• 20 m ~ 30 m 격자 간격	• 댐 형식 및 높이와 하부지반조건을 고려하여 결정
제방		• 200 m 간격	• 제방높이 3배, 최소 10 m 이상
토취장		• 2개소 이상 • 시험굴조사: 5개소 이상	• 기반암 5 m 이상 확인
공항, 지하철		상기 구분 별 간격	• 상기 구분 별 심도

구분	시추 간격	시추심도

주 1) 위 표는 최소 권장기준이며, 사업규모 및 특성에 따라 지반분야 책임기술자의 판단에 의거하여 수량 및 심도를 증가 시킬 수 있다.

2) 굴착 또는 기초 심도와 구조물의 하중에 따른 영향심도까지 기반암이 출현하지 않는 지반의 경우, 예상되는 굴착 또는 기초 심도와 <구조물의 하중에 따른 영향심도>[5]를 고려하여 충분히 깊은 심도까지 조사하여야 한다.

3) 교량구간 시추심도는 연암 3m 또는 경암 1m, 기반암이 출현하지 않을 때는 풍화암 10m, 토사지반인 경우 주2)를 따른다.

4) 단선병렬 터널의 경우, 두 터널 중심 간의 거리가 5B(터널 폭) 이상 이격되었을 경우, 각각의 터널로 지반조사를 수행한다.

5) 구조물의 하중에 따른 영향심도

① 굴착의 경우 저면 하부 최대 굴착깊이 이상

② 기초의 경우 기초형상에 따라 저면 하부 기초폭의 2배 ~ 4배 이상

③ 영향심도 내에서 기반암 3m 이상 분포시 시추종료 가능

표 2.2-2 실시설계 시 시추조사 참고기준[1]

구분		시추 간격	시추 심도
건축		구조물 규모에 따라 30 m ~ 50 m 간격	기반암 3 m 이상[2]
교량		교대 및 교각마다 1공 이상	기반암 3 m 이상[3]
박스		개소당 1공	• 풍화대 N=50에서 30cm 이하 관입 3회 연속 확인
터널[4]	산악[5]	• 50 m ~ 200 m 간격(입출구부 포함) • 계곡부/저토피 1공 이상(200 m마다 1개소 추가)	• 터널 바닥고 하부 1.0 D(D: 터널 최대 직경) 이상 • 기반암이 확인 안 된 경우 터널 바닥고 하부 2.0 D 이상
	도심지	• 100 m 간격마다 1공 이상 • 주요 구조물(수직구, 정거장, 집수정, 환기구 등)은 개소당 1공	• 터널 바닥고 하부 1.0 D(D: 터널 최대 직경) 이상 • 기반암이 확인 안 된 경우, 터널 구간은 바닥고 하부 2.0 D 이상, 개착구간은 계획고 하부 0.5 B(B: 굴착 계획폭) 이상 • 주요 구조물에는 기반암 3 m 이상
깎기비탈면		• 연장 100 m 미만: 2개소 • 연장 100 m 이상: 연장 100 m 마다 1개소 추가 • 개소당 2공 이상 • 시험굴조사: 1 ~ 2개소	• 계획고 하부 2 m 이상 • 시험굴조사: 1 m 이상
쌓기비탈면	일반	500 m 간격(핸드오거 300 m 간격)	풍화토 N=30 이상 3회 연속 또는 풍화암 확인(핸드오거는 가능심도까지)
	연약	50 m ~ 100 m 간격(핸드오거 200 m 간격)	연약지반 통과 후 견고한 지층 3 m ~ 5 m 확인(핸드오거는 가능심도까지)
댐		20 m ~ 30 m 격자 간격	댐 형식 및 높이와 하부지반조건을 고려하여 결정
제방		100 m 간격	제방높이 3배, 최소 10 m 이상
토취장		• 2개소 이상 • 시험굴조사: 5개소 이상	기반암 5 m 이상 확인
공항, 지하철		상기 구분 별 간격	상기 구분 별 심도

주 1) 위 표는 최소 권장기준이며, 사업규모 및 특성에 따라 지반분야 책임기술자의 판단에 의거하여 수량 및 심도를 증가 시킬 수 있다.
2) 기초의 심도와 구조물의 하중에 따른 영향심도까지 기반암이 출현하지 않는 지반의 경우, 예상되는 기초의 심도와 구조물의 하중에 따른 영향심도를 고려하여 충분히 깊은 심도까지 조사하여야 한다.
3) 교량구간 시추심도는 연암 3 m 또는 경암 1 m, 기반암이 출현하지 않을 때는 풍화암 10 m까지 적용하고, 토사지반인 경우 주2)를 따른다.
4) 단선병렬 터널의 경우, 두 터널 중심 간의 거리가 5 B(터널 폭) 이상 이격되었을 경우, 각각의 터널로 지반조사를 수행한다.
5) 철도 산악터널의 경우, 시추조사 간격은 50 m ~ 100 m로 적용한다.

(4) 현장시험

① 현장시험은 현장에서 흙과 암의 특성을 확인하거나, 시험결과를 직접적으로 설계에 적용하기 위하여 실시한다.

② 현장시험 항목은 표준관입시험, 베인 전단시험, 콘 관입시험, 간극수압 소산시험, 시추공전단시험, 공내재하시험, 현장투수시험, 암반수압시험 등이 있으며, 확인하고자 하는 흙과 암의 특성 및 대상 지반종류를 고려하여 본조사 시 적용할 시험 항목을 결정하여야 한다.

③ 조사위치는 예비조사 결과를 참고하여 조사부지 전반의 특성을 파악할 수 있도록 결정하여야 하며, 주요 구조물의 계획 위치, 파쇄대 등 구조물의 안전성에 중요한 위치를 포함하여야 한다.

④ 각 지층의 특성을 대표할 수 있는 시험결과를 확보할 수 있도록 조사심도를 결정하여야 한다.

가. 지층별 최소 1회 이상 수행하여야 한다.

나. 동일 지층이라도 지층이 두꺼울 경우 심도에 따른 지반특성 변화 경향을 확인할 수 있도록 특정 심도 간격으로 수행하여야 한다.

⑤ 조사수량은 조사위치 및 조사심도에 따라 결정되며 표 2.2-3의 조사기준을 참고하여 결정할 수 있다.

표 2.2-3 현장시험 조사기준

조사 항목	조사 대상	조사간격 및 수량		비고
		기본	실시	
표준관입시험	시추조사와 병행			심도: 1 m 간격
베인 전단시험	연약지반 쌓기 구간	800 m 간격	200 m 간격	심도: 연약층 전심도 (5 m 간격)
콘 관입시험	연약지반 쌓기 구간	200 m 간격	100 m 간격	심도: 연약층 전심도
간극수압 소산시험	연약지반 쌓기 구간	400 m 간격	200 m 간격	• 연약층이 얇은 경우: 연약층 중앙부 • 연약층이 두꺼운 경우: 연약층 중앙부 또는 층 두께 하부의 1/3 지점
시추공전단시험	풍화암층이 두꺼운 시추공(필요시)	-	풍화암층	
공내재하시험	깎기비탈면	-	깎기높이 20 m 이상 시 1공	지층별 각 1회
	교량	-	교량 기초부 1공	
	터널	-	터널입출구부, 본선 각 1공	
투수 및 수압시험	시추공(필요시)	-	공당 1회 이상	토사층
암반수압시험	시추공(필요시)	-	암층별 1회 이상	암반층

(5) 물리탐사

① 물리탐사는 공사계획, 지반조건, 환경조건 등에 따라 측정 대상 물성을 다르게 적용할 수 있으며, 대상지반의 조사를 시행하는 보조적·광역적 방법으로 활용한다.

② 물리탐사 종류에는 탄성파탐사, 전기비저항탐사, 전자탐사, 지표투과레이더탐사, 중력탐사, 표면파탐사 등이 있으며, 표 2.2-4의 조사기준을 참고하여 설계목적에 적합한 탐사방법을 선택한다.

③ 산악지역의 경우 전기비저항탐사의 가탐심도를 고려하여, 전자탐사를 실시한다.

표 2.2-4 물리탐사 조사기준

조사 항목	조사 대상	조사간격 및 수량		비고
		기본	실시	
탄성파탐사	깎기비탈면	-	깎기높이 20 m 이상	·미시추구간에서 수행 ·시추조사와 병행 ·가탐심도 50 m 내외
	터널	터널 입출구부 및 저토피구간		
	교량	교량기초에 지층상태 급변구간		
전기비저항탐사	터널	터널 전체길이		토피고 250 m 내외 시 적용
전자탐사	터널	터널 전체길이		토피고 250 m 이상 시 적용
지표투과레이더탐사	도심지 지장물조사 구간	-	대상 지장물 전구간	
중력탐사	공동 등 이상대 출현 예상구간	-	대상구간	
표면파탐사	전단파 속도단면 필요 구간	-	대상구간	

(6) 물리검층

① 지구물리검층 시에는 지질학적, 수문지질학적, 지반공학적 특성과 연계하여 구성암석, 균열상태, 지하수 유용과 물리·화학적 성질을 비롯한 제반 지반정보를 얻을 수 있도록 한다.

② 지구물리검층 수행 시 해석을 용이하게 할 수 있도록 조밀하게 측정한다.

③ 내진특성 평가를 위해 필요시 밀도검층, 하향식 탄성파탐사, SPS검층 등을 수행한다.

④ 물리검층 항목으로는 시추공영상촬영, 밀도검층, 하향식탄성파탐사, SPS검층, 시추공토모그래피탐사 등이 있으며, 표 2.2-5의 조사기준을 참고하여 설계목적에 적합한 탐사방법을 선택한다.

표 2.2-5 물리검층 조사기준

조사 항목	조사 대상	조사간격 및 수량		비고
		기본	실시	
시추공영상촬영	깍기비탈면	-	깎기높이 10m 이상 1공	암반구간을 대상으로 수행
	터널	-	터널 입출구부 각 1회	
시추공토모그래피탐사	상부구조물에 영향을 미치는 공동 또는 지질이상대 구간	-	필요 깊이까지 수행	탐사종류: 레이더, 탄성파, 전기비저항
밀도검층	연약지반 및 지질이상대 구간	-	필요 깊이까지 수행	
하향식 탄성파 탐사	내진설계 적용 구간	-	필요 깊이까지 수행	
SPS 검층	내진설계 적용 구간	-	필요 깊이까지 수행	

(7) 실내시험

① 실내토질시험은 현장에서 채취한 교란, 흐트러지지 않은 시료(불교란시료)에 대하여 지반의 물리·역학적 특성을 파악하기 위하여 실시한다.

② 실내토질시험 항목은 함수량, 비중, 체가름, 입도, 액·소성한계, 일축압축시험, 직접전단시험, 압밀시험, 삼축압축시험, 다짐시험, 실내CBR시험 등이 있다.

③ 실내암석시험 항목은 비중, 흡수율, 단위중량, 포아송비, 일축압축시험, 삼축압축시험, 인장시험, 점하중시험, 탄성파속도, 마모시험, 풍화내구성지수시험, 팽윤시험, 절리면전단시험 등이 있다.

(8) 지반동적특성 조사

① 내진 설계에 필요한 지반의 대표적 동적 물성치는 전단파속도, 전단탄성계수, 감쇠비 등이 있다.

② 대상부지의 지진응답특성 평가를 위해 시추조사, 물리탐사, 검층 및 실내시험을 시행하여 지층별 동적물성을 정량화한다.

③ 현장조사 및 현장시험, 실내시험 등이 여의치 않은 경우에 한하여 기존자료를 이용한다.

(9) 특수 지반 및 구조물에서의 추가적인 조사

① 폐기물 및 오염물질 분포 지역에서의 조사

가. 기초 하부에 폐기물이나 오염물이 예상되는 지역에서는 현장시험이나 실내시험 등을 통하여 오염물질의 특성을 평가한다.

나. 현장시험은 전기비저항값, pH, 온도, 산화환원전위 조사, 용존산소(DO), 전기전도도(EC) 등이며, 실내시험은 토양오염, 수질분석, 콘크리트 부식 성분 조사 등이다.

② 지하수 및 간극수압 특성 조사

가. 간극수압 분포 조사는 수위, 시간에 따른 변화, 수문학적 정보를 포함한다.

나. 만약 피압수나 용출수가 있다면 보고서에 기록하고, 피압 수두의 측정이 가능하다면 그 크기를 측정한다.

다. 현장 근처에 지하수 양수정이 있으면 그 위치 및 용량을 확인한다.

③ 시험터널조사

가. 특수한 지반상태를 직접 확인할 필요가 있거나 특정한 원위치시험을 시행할 필요가 있을 때에는 시험터널을 굴착하여 조사할 수 있다.

나. 시험터널 내에서 각종 원위치시험이나 계측을 시행할 경우 및 시료를 채취할 경우에는 원지반의 교란을 최소화한다.

다. 시험터널 조사는 지표지질조사, 시추조사 등과 연계 분석하여 터널의 지질도를 작성한다.

④ 저수지 주변조사

가. 저수지 주변의 조사는 만수 시의 누수 또는 수위변동에 의한 산사태, 댐의 기능 및 안전성에 지장을 줄 가능성의 유무를 판단하기 위하여 정밀하게 시행한다.

나. 댐 주변 및 제체 기초부에 발달한 단층, 절리, 층리 등 불연속면에 대해서 정밀하게 조사하며, 필요시 평사투영법과 같은 분석을 시행하여 산사태 및 제체 기초부의 안정성을 평가한다.

다. 댐의 저수가 취약 지반을 통하여 유역 외로 유출될 우려가 예상되는 지역은 지하수 거동을 확인할 수 있는 조사를 시행한다.

⑤ 제체 재료조사

가. 댐 지점 주변에 있는 암석, 사력, 흙 등 필댐 축조 재료의 조사는 기술적으로 사용이 가능하다고 생각되는 모든 재료에 대하여 분포지역, 수량, 통일분류에 따른 공학적인 성질 등을 파악한다.

나. 재료조사는 댐 지점에 가까운 곳부터 시작하여 총량이 제체 체적의 2배 ~ 3배에 달하는 범위까지 점차 확대한다.

다. 조사구역은 축조 계획수량을 고려하여 댐 계획 지점을 중심으로 최초 0.5 km 또는 1 km 지역에 대해서 조사하고, 수량이 미달할 경우에는 그 이상의 지역으로 점차 확대한다.

라. 조사방법은 지형 및 상황에 따라 시추조사, 트렌치조사, 시험굴조사 등의 방법을 혼용한다.

마. 토질시험은 채취한 시료 중에서 대표적인 시료를 선정하여 필수 시험항목인 함수량, 비중, 입도, 단위중량, 다짐시험 등과 함께 기타 필요한 시험을 시행한다.

⑥ 불안정 요인을 갖는 비탈면 조사

가. 불안정 지형·지질 요인을 갖는 비탈면에서는 각각의 불안정 요인에 따라 적절하

게 조사방법과 조사범위를 설정하여 안정성 확보를 위한 상세한 설계를 실시한다.

나. 비탈면 파괴 또는 산사태 지역에 대한 조사에는 예비조사 및 본조사에서 시행하는 조사방법을 바탕으로 비탈면의 활동요인 및 파괴토체의 기하학적 특성을 규명하고 파괴토체의 활동으로 인해 예상되는 위험도를 평가하기 위한 조사가 포함된다.

다. 낙석에 대한 조사는 급경사의 깎기비탈면 상부에 낙석이 발생 가능하고, 낙석발생 시 비탈면 하부의 시설물 및 인명에 위험성이 있는 경우에 시행한다.

라. 토석류 발생가능 구간에 대한 조사는 과거에 토석류가 발생하였거나 계곡부의 유역면적이 매우 넓고 경사가 급한 경우에 실시한다.

⑦ 기설제방 조사

가. 기설제방의 토질조사는 제방 취약 예상지점 파악조사, 제체누수조사, 기초지반 누수조사, 연약지반조사 등을 필요에 따라 실시한다.

나. 기설제방의 제체에서 누수가 발생할 경우에는 제체 토질 및 피해에 관한 자료조사와 탐문조사, 시료채취 및 실내토질시험, 시추조사, 원위치시험, 물리탐사 등을 필요에 따라 실시한다.

다. 기설제방에서 과대한 침하나 활동에 의한 파괴 등의 피해가 실제로 발생할 경우와 제방의 보축, 지진 등에 의해 침하나 활동이 발생할 것으로 예상되는 연약지반에서는 제방의 기초지반 토질에 관한 조사 및 제방침하에 관한 자료조사, 시료채취, 실내토질시험, 원위치시험 등에 대한 조사를 실시한다.

⑧ 석회암동굴, 용암동굴 등 지하공동이 분포할 것으로 예상되는 지역의 경우에는 필요시 토모그래피 탐사나 중력탐사 등을 시행할 수 있다.

2.2.3 추가조사

(1) 예비조사 및 본조사 후에도 구조물 설계를 위한 추가의 자료가 필요할 경우에는 구조물이 위치하는 지역에 대한 흙과 암의 지반공학적 성질과 지하수위에 대해서 추가조사를 실시한다.

(2) 추가조사의 범위와 방법은 본조사의 결과와 현장 상황 등을 고려하여 결정한다.

2.2.4 시추조사 후 폐공

(1) 시추가 완료된 시추공은 지하수법 제9조의4에 따라 모르타르 등으로 적합하게 폐쇄하여 지하수가 오염되지 않도록 하여야 한다.

2.3 지반의 분류기준

(1) 지반분류는 조사와 시험으로부터 수집된 제반정보를 토대로 수행한다. 흙과 암반의 경계구분은 시추조사 결과와 흙 및 암에 대한 특성 및 기본적인 성분조사 결과를 이용하여 판정한다.

(2) 토층은 지질학적 생성기원에 따라 구분하고, 흙의 분류방법은 공학적 분류기준인 흙의 통일분류법을 이용한다.

(3) 암반의 분류방법은 분류 목적 및 특성에 따라 다양한 방법이 있으며, 목적에 따라 적합한 분류방법을 선택하여 사용한다.
① 지질학적 암석명에 의한 분류
② 공학적 특성을 이용한 점수배점을 이용한 분류(RMR, SMR 등)
③ 강도 및 풍화도를 이용한 분류
④ 불연속면의 상태에 따른 분류
⑤ 탄성파속도 및 시공성에 따른 분류 등

2.4 지반특성 평가

(1) 지반특성 평가 시 이 기준의 2.2에서 수행한 조사결과를 종합하여 지반특성을 평가하여야 하며, 유사한 지반조건에 대한 과거문헌조사 자료, 기존 시험 자료, 경험식 등을 참고할 수 있다.

(2) 지반특성의 위치별 변동성을 고려하여 설계단위 별로 지반특성을 평가하여야 하며, 동일한 설계단위 내에서도 조사 결과 나타나는 지반의 변동성이 큰 경우에는 유사한 특성을 나타내는 구역별로 구분하여 분석하여야 한다.

(3) 지반의 종류에 따라 지반특성과 설계에 반영되어야 할 지반정수가 달라지므로 각각의 지반 종류에 따라 적합한 지반특성을 평가하여야 하며, 동일한 지층에서도 시험결과의 변동성이 큰 경우에는 유사한 결과를 나타내는 심도별로 구분 후 평가하여 신뢰도를 높일 수 있다.
① 흙의 경우 통일분류법 상 분류, 기본 물성값(입도, 단위중량, 자연함수비 등)과 역학적 특성(강도특성, 변형특성, 투수특성 등)을 평가하여야 한다.
가. 단위중량은 채취된 흐트러지지 않은(불교란) 시료로부터 구하고 흐트러지지 않은(불교란) 시료를 채취할 수 없을 때는 현장시험을 통해 구한다.
나. 역학적 특성은 배수 가능 여부에 따라 달라지므로 이를 고려하여 평가한다.
다. 강도특성은 일축압축강도, 삼축압축강도, 전단강도 정수로 구분하며 현장시험과 실내시험 결과로부터 구한다.
라. 변형특성을 나타내는 변형계수는 비선형 특성을 고려하여, 사용하고자 하는 변형률의 정도에 따라서 결정한다.
마. 침투수 해석을 수행하기 위해서는 지하수와 함께 불포화 또는 포화된 흙의 투수특성과 지표면 침투특성이 필요하며, 포화투수계수, 불포화함수 특성곡선, 지표침투특성 등을 측정하는 시험을 통해 구한다.
② 암석의 경우 구성광물, 기본 물성값(단위중량, 함수비, 간극률, 흡수율, 슬레이크 내구성 등)과 역학적 특성(강도특성, 변형특성, 투수특성, 불연속면 전단특성 등)을 평가하여야 한다.
가. 단위중량은 채취된 흐트러지지 않은(불교란) 시료로부터 구하고 흐트러지지 않은(불교란) 시료를 채취할 수 없을 때는 현장시험을 통해 구한다.
나. 암석의 강도는 일축압축강도, 삼축압축강도, 절리면 전단강도 등이 있으며 현장시

험과 실내시험 결과로부터 구한다.

다. 암의 변형특성은 크게 무결암의 변형특성과 암반의 변형특성으로 구분하며, 암석 종류, 풍화상태, 불연속면의 발달 상태에 따라서 많은 차이가 나타나므로 시험과 과거의 경험을 토대로 신중하게 산정하여야 하며, 암반의 변형특성은 실제 규모의 시험을 실시하거나, 공내재하시험 또는 암반분류 방법에서 구한 값과의 상관관계를 이용하여 산정한다.

라. 암반비탈면 안정해석에서 불연속면의 전단강도는 매우 중요한 부분이며, 절리면 전단시험을 실시하여 산정하는 것을 원칙으로 하며, 현장에서 조사한 절리면 거칠기와 절리면 벽면강도를 고려한 전단강도 공식을 이용하여 산정할 수 있다.

마. 투수특성은 현장수압시험을 수행하여 정량화한다.

집필위원

성 명	소 속	성 명	소 속
강인규	㈜브니엘컨설턴트	이승환	한국건설기술연구원
곽동엽	한양대학교 에리카	이용수	한국건설기술연구원
홍원택	가천대학교	최봉혁	한국건설기술연구원

자문위원

성 명	소 속	성 명	소 속
김병민	울산과학기술원	정석호	창원대학교

국가건설기준센터 및 건설기준위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
이영호	한국건설기술연구원	정문경	한국건설기술연구원
김기현	한국건설기술연구원	강대규	㈜한가람
김나은	한국건설기술연구원	김기석	㈜희송지오텍
김민관	한국건설기술연구원	김기연	㈜경동엔지니어링
김재훈	한국건설기술연구원	김만일	산림조합중앙회
김희석	한국건설기술연구원	박재현	한국수자원공사
류상훈	한국건설기술연구원	송 훈	㈜동해종합기술공사
안준혁	한국건설기술연구원	여규권	삼부토건(주)
원훈일	한국건설기술연구원	정재형	한국건설기술연구원
유영수	한국건설기술연구원		
이상규	한국건설기술연구원		
이소정	한국건설기술연구원		
이승재	한국건설기술연구원		
이원종	한국건설기술연구원		
주영경	한국건설기술연구원		
허원호	한국건설기술연구원		

중앙건설기술심의위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
김상철	㈜삼안	민영욱	특수건설
김선백	대우건설	송영석	한국지질자원연구원
김성호	대보건설	장범수	한국건설품질연구원
문인기	엠플러스이엔씨㈜		

국토교통부

성 명	소 속	성 명	소 속
권미정	기술혁신과	신중호	기술혁신과
양성모	기술혁신과		

(분야별 가나다순)

KDS 11 10 10 : 2025

지반조사

2025년 12월 24일 개정

소관부서 국토교통부 기술혁신과

관련단체 (사)한국지반공학회
05836 서울특별시 송파구 법원로9길 26, C동 701호(문정동,에이치비즈니스파크)
Tel : 02-3474-4428 E-mail : kgssmfe@hanmail.net
http://www.kgshome.org

작성기관 (사)한국지반공학회
05836 서울특별시 송파구 법원로9길 26, C동 701호(문정동,에이치비즈니스파크)
Tel : 02-3474-4428 E-mail : kgssmfe@hanmail.net
http://www.kgshome.org

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

KDS 11 00 00 지반 설계기준

설계기준 Korean Design Standard

KDS 11 10 15 : 2025

지반계측

2025년 12월 24일 개정

http://www.kcsc.re.kr

국토교통부

KC CODE

건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

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

건설기준 연혁

• 이 기준은 건설기준 코드체계 전환(국토교통부 고시 제2016-438호, 2016년 7월 6일)에 따라 기존 건설기준(설계기준, 표준시방서) 간 중복·상충을 비교 검토하여 코드로 통합 정비하였다.

• 이 기준의 주요 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년.월)
KDS 11 10 15 : 2016	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 지반계측에 해당되는 부분을 정비함.	제정 (2016.7)
KDS 11 10 15 : 2016	• 한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함	수정 (2018.7)
KDS 11 10 15 : 2021	• 건설기준 코드작성 지침 반영, 자동화 계측, 유지관리 중 계측 추가, 계측 간격, 계측기기 배치 등에 대한 명확화	개정 (2021.12)
KDS 11 10 15 : 2025	• 굴착공사장 안전관리강화 방안('25.5.27)에 따른 계측기기 품질 강화	개정 (2025.12)

제　　정 : 2016년 7월 6일　　개　　정 : 2025년 12월 24일
심　　의 : 국토교통부 중앙건설기술심의위원회　　자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회
소관부서 : 국토교통부 기술혁신과
관련단체 : 한국지반공학회　　작성기관 : 한국지반공학회

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

목 차

1. 일반사항 ····· 1

1.1 목적 ····· 1

1.2 적용범위 ····· 1

1.3 참고 기준 ····· 1

1.4 용어의 정의 ····· 1

1.5 기호의 정의 ····· 1

1.6 계측의 분류 ····· 2

1.7 계측계획의 수립 ····· 3

1.8 계측단면의 선정 ····· 6

1.9 계측항목의 선정 ····· 6

1.10 계측기기의 배치 ····· 7

1.11 계측기기의 선정 ····· 8

2. 조사 및 계획 ····· 9

3. 재료 ····· 9

4. 설계 ····· 9

4.1 공종별 계측계획 ····· 9

4.2 계측기기 및 계측시스템의 구성 ····· 29

1. 일반사항

1.1 목적

(1) 이 기준은 건설공사 중 공사 중인 시설물과 유지관리 중인 시설물의 안전을 목적으로 지반계측을 통해 설계시의 불확실성을 확인하고 안전한 공사를 위한 지반계측에 대한 설계기준의 제시를 목적으로 한다.

1.2 적용범위

(1) 이 기준은 공사 중인 시설물의 안전 및 품질관리와 준공되어 유지관리 중인 시설물의 안전을 목적으로 설계시의 불확정성 확인 및 안정성 평가 등의 안전관리 기본 자료를 취득하는 행위로 정의한다.

(2) (1)항 이외의 목적에 대한 계측관리는 별도로 계획한다.

(3) 계측기기의 사양, 측정단위, 설치위치 등 세부사항은 해당공사의 설계도서 및 특별시방서 등에 따른다.

(4) 본 기준은 공사 중 및 유지관리 중 기본적으로 갖추어야 할 계측에 관한 사항을 정리하고 있으며, 현장 조건에 따른 추가 사항은 별도로 정하도록 한다.

(5) 계측 대상 시설물은 각 계측 대상 각론에 따른다.

(6) 계측용역 발주자 및 공사감독자는 계측책임자가 계측과 관련하여 요구하는 제반사항에 적극적으로 협조하도록 계획하여야 한다.

1.3 참고 기준

1.3.1 관련 법규

내용 없음

1.3.2 관련 기준

내용 없음

1.4 용어의 정의

- 공인기관 : 적합성 평가 관리 등에 관한 법률에서 정한 공인기관
- 성능검사기관: 급경사지 계측기기 성능검사 기준에 관한 규정에서 정한 성능검사기관

1.5 기호의 정의

내용 없음

1.6 계측의 분류

1.6.1 시설물 계측

(1) 시설물의 계측은 계측시기, 계측목적, 계측기간, 하중작용 등의 제반특성에 따라 분류한다.

1.6.2 계측목적에 따른 구분

(1) 안전성(안정성) 평가 계측은 시설물의 안전성 또는 안정성을 평가하기 위하여 실시하는 계측이다.

(2) 사용성 평가 계측은 시설물의 사용성을 평가하기 위하여 실시하는 계측이다.

(3) 보수·보강 계측은 보수·보강의 효과 및 품질을 평가하기 위하여 실시하는 계측이다.

(4) 특별 계측은 정밀안전진단 시의 내하력 평가 또는 계측 대상 시설물의 심층적 거동분석 등 특별한 목적으로 수행되는 계측이다.

1.6.3 계측기간에 따른 구분

(1) 단기계측은 소규모의 흙막이 가시설 등과 같이 크리프나 온도 변화 등이 계측 결과에 큰 영향을 받지 않는 단기간에 수행하는 계측이다.

(2) 장기계측은 정밀 시공 및 유지관리를 위해 장기간에 걸쳐 수행되는 계측이다.

1.6.4 계측시기에 따라 공사 중 계측과 유지관리 중 계측으로 구분

(1) 공사 중 계측은 공사기간 중 시공자 및 주변시설물의 안전성을 확보하고, 시설물의 품질 및 초기값을 확보하기 위하여 실시하는 계측이다.

(2) 유지관리 중 계측은 준공된 시설물에 대해서 시설물의 안전성, 사용성 및 내구성을 파악하기 위하여 실시하는 계측이다.

1.6.5 계측 대상 시설물에 작용하는 하중의 특성에 따른 구분

(1) 정적 계측은 계측 대상의 동적 거동을 분석하기 위하여 필요한 측정 주기보다 낮은 빈도로 측정되는 계측을 의미하며, 비교적 측정 속도가 느린 정적 데이터 획득 시스템(data logger)과 계측기기를 사용할 수 있다.

(2) 동적 계측은 구조물의 동적 해석을 위해 필요한 측정 빈도 이상으로 수행되는 계측을 의미한다.

① 정적 계측에 비해 상대적으로 짧은 계측 주기를 갖기 때문에 속도가 빠른 계측기기를 선정하여야 하며 계측기기도 구조물의 동적 거동에 빠른 속도로 반응할 수 있는 제품을 선정하여야 한다.

② 구조물의 거동분석을 위해서 해석에 필요한 초당 샘플 수, 측정 시간 등을 결정하여야 한다.

③ 또한 유지 관리자가 초당 샘플 수와 측정 시간, 횟수를 임의로 조정이 가능하도록 운

영 프로그램을 설계하여야 한다.

1.6.6 데이터의 수집 방법에 따른 구분

(1) 수동계측은 계측기기로부터 자료를 인력으로 수집하고 그 후의 처리는 별도의 컴퓨터로 실시하는 자료 수집방법이다.
(2) 반자동 계측은 기록지 또는 저장장치에 계측자료를 기록할 때까지를 자동화하고, 그 후의 처리는 별도의 컴퓨터로 실시하는 자료 수집방법이다.
(3) 자동계측은 자료 수집, 해석, 그래프화까지를 유선·무선으로 온라인화 된 시스템으로 일관하여 실시하는 계측방법이다.

1.6.7 데이터의 전송 방법에 따른 구분

(1) 유선계측은 계측기기로부터 측정된 계측 결과를 케이블을 통하여 전송하여 데이터로거 또는 컴퓨터로 직접 수집하는 계측방법이다.
(2) 무선계측은 계측기기로부터 측정된 결과를 케이블을 통하지 않고 무선으로 전송하여 데이터를 수집하는 계측방법이다.
(3) 유무선 계측은 계측자료를 수집하는 과정에서 일부분은 무선에 의해 자료를 전송하고 일부분은 유선에 의해 계측자료를 전송하는 계측방법이다.

1.7 계측계획의 수립

(1) 계측계획의 수립 시 계측관리는 현장여건, 지반조사 결과 등에 따라 측정방식(수동, 반자동, 자동 계측)을 결정하여 계획하여야 한다.
(2) 인접 구조물과의 근접 시공 구간, 응력이 집중되는 단부, 설계 및 시공상 구조적으로 취약할 것으로 예상되는 구간 등에는 자동화 계측방법의 적용을 검토하여야 한다.
(3) 자동화 계측의 경우에는 이상 작동에 대비하여 수동측정이 가능하도록 계획하여야 한다.
(4) 계측책임자는 계측착수 전에 설계 시 작성된 계획을 검토하고 현장여건을 반영하여 상세한 계측수행 및 분석계획, 유지관리용 계측기기의 초기치 설정 및 보호 등에 대한 계획을 작성하도록 계획하여야 한다.
(5) 설계 시 수립된 계측계획은 시공 시 확인되는 현장여건, 지반상태 및 초기 계측결과 등에 근거하여 필요한 경우 보완하여 적용할 수 있도록 계획하여야 한다.
(6) 계측 계획서는 계측의 목적을 효과적으로 확보할 수 있도록 다음 사항을 충분히 고려하여 수립하여야 한다.

① 계측 대상 시설물(공사)의 개요 및 규모
② 계측 대상 시설물의 구조적 형태(여건, 환경 등의 자료조사 포함)
③ 계측목적, 계측항목, 계측범위, 계측위치, 계측방법 및 시스템의 구성
④ 계측기기의 종류, 사양 및 수량, 검교정 계획
⑤ 계측기기의 설치, 유지관리 방법

⑥ 계측결과의 수집방법
⑦ 계측결과의 해석방법
⑧ 계측자료의 보관, 활용 방법 및 체계
⑨ 계측결과를 유지 관리에 활용하는 방법
⑩ 계측관리방법(위탁 또는 직영), 직영 관리 시 계측요원의 교육방법

(7) 제반 여건상 장기적인 안전관리가 필요한 경우에는 이를 위한 계측계획을 수립하여야 하며, 이에 대한 모든 사항은 준공 시 발주자에게 서면으로 이관하여 시설물 운영 시에도 정기적인 계측이 가능하도록 계획을 수립하여야 한다.

(8) 계측 시에는 동일한 시험이나 계측을 반복하는 것이 어려운 경우가 많기 때문에 계측 준비와 계측과정에서의 오차를 최소화하는 방안을 제시하도록 계획하여야 한다.

(9) 계측은 일반적인 지침이나 기준에 따라 시행하지만, 계측결과에 포함되는 오차는 경험적인 방법으로 판단할 수 있는 경우가 대부분으로서, 신뢰성 있는 결과를 도출하기 위해서는 참여기술자에 대한 충분한 교육계획을 수립하여야 한다.

(10) 계측결과에 직접적으로 영향을 미칠 수 있는 다음의 요인들을 분석하여 계측계획을 수립하여야 한다.

① 계측기기 설치에 따른 영향

가. 곡면 부착의 영향

(가) 변형률 게이지는 구조부재에 부착시켜 신호를 획득하는 방식이므로 계측기기가 부착될 표면의 처리 및 부착품질에 따라서 계측결과의 신뢰성이 영향을 받으므로 주의하여야 한다.

(나) 강부재 또는 철근에 변형률 게이지를 부착하는 경우, 그라인딩 등으로 청결 작업하는 과정에서 측정면이 오목한 곡면 형상으로 표면처리 되면 저항값의 변화를 가져와 계측 오차를 유발시킬 수 있으므로 계측기기의 부착면은 가급적 평면이 되도록 주의하여야 한다.

나. 응력집중 부분의 부착

(가) 계측의 목적이 국부적인 응력집중 현상을 파악하고자 하는 것인지 또는 공칭응력을 파악하고자 하는 것인지에 따라 적절한 위치를 선정하여 부착하여야 한다.

② 계측기기 게이지율의 보정

가. 사용 계측기기의 게이지율과 측정에 사용되는 계측기기의 게이지율이 다른 경우, 이에 대한 보정을 하여야 한다.

③ 각도 오차

가. 측정하고자 하는 방향과 계측기기의 설치방향이 일치하지 아니한 경우, 설치각도 오차가 발생하므로 계측기기 설치 시 설치각도가 측정하고자 하는 방향과 일치하도록 신중히 설치하여야 한다.

④ 계측기기 이동오차

가. 교하공간이 높은 상부구조의 계측을 위해 비계 등을 설치하여 계측기기를 고정하게 되는 경우, 계측기기를 비계 등에 견고하게 고정하여야 하며, 비계의 움직임 등에 의

해 계측오차가 발생하지 않도록 주의하여야 한다.

⑤ 계측결과의 온도 의존성

가. 전기저항식 계측기기를 사용하여 측정한 값의 정밀도는 환경, 재질, 시간, 회로, 측정기 등의 영향을 받으며, 그중에서도 가장 큰 인자로서는 측정 중의 온도 변화에 의한 계측값의 변화이므로 주의하여야 한다.

나. 계측기기를 측정하고자 하는 곳에 부착하면 하중을 가하지 않은 상태에서도 온도의 변화에 따라 저항값이 달라지게 되어 계측값에 영향을 주게 되므로 주의하여야 한다.

다. 온도에 의한 영향을 보상하기 위해서는 일반적으로 자기온도 보상형 계측기기를 사용하거나, 회로구성을 적절히 하는 방법들이 있으며, 이에 관련된 상세한 내용은 계측기기 제조사의 사용자설명서를 참고하도록 한다.

⑥ 습도에 의한 영향

가. 계측기기의 측정값은 계측기기주변의 습도에 의해서도 큰 영향을 받으므로 주의하여야 한다.

나. 일반적으로 실내에서 짧은 시간동안 계측이 이루어지는 경우, 방습처리는 불필요할 수 있으나, 장시간 또는 습한 현장에서 재하시험을 실시하는 경우는 방습처리가 필요하다.

다. 특히, 콘크리트 표면에 계측기기를 부착하는 경우 콘크리트 표면의 건조상태, 측정장소의 환경 및 콘크리트 내부로부터의 습기 등을 고려하여 적절한 방습처리를 하여야 한다.

⑦ 리드와이어 길이에 의한 영향

가. 계측기기와 측정장비를 연결하는 리드와이어의 길이가 너무 길면 저항값이 변화되어 정밀한 측정이 불가능하므로 유의하여야 한다.

나. 일반적으로 와이어의 길이는 정적 측정의 경우 50 m, 동적 측정의 경우 30 m 이하로 제한하는 것이 바람직하다.

⑧ 직사광선에 의한 영향

가. 계측 수행 중에 노출되어 있는 리드와이어에 직사광선 또는 기타의 원인으로 온도가 상승하면 계측오차를 유발한다. 따라서, 현장 계측에서 계측기기는 물론 노출된 리드와이어의 관리에 세심한 주의가 필요하다.

⑨ 잡신호의 영향

가. 전기저항식 계측기기로부터 계측된 값은 계측기기에서 발생되는 매우 미소한 전기적 신호로부터 변환된다.

나. 전기적 신호에 계측기기의 내·외부에서 발생되는 자기장, 고전압 및 무전기 사용 등의 원인으로 인한 잡신호(노이즈)가 혼입되면 원하는 신호에 대한 계측오차를 발생시키므로 측정 전 잡신호를 제거시켜야 한다.

다. 현장 계측 시 잡신호에 대한 근본적인 문제를 완전히 해결하는 것은 쉽지 않으나, 확실한 접지로 잡신호 감소효과를 얻을 수 있다.

(11) 주변 지반의 특성, 시설물의 중요도를 고려하여 구조물의 기능성 확보 등을 목적으

로 지속적인 계측관리를 통한 유지관리 중 계측계획을 수립하여야 한다.

1.8 계측단면의 선정

(1) 계측은 구조적인 거동 및 안전성에 결정적인 영향을 미칠 수 있는 구간과 대표적인 단면을 선정하고, 단면상 안정성 검토결과를 고려하여 전체 거동을 파악할 수 있는 계측계획을 수립하여야 한다.

(2) 공사 중 계측의 계측위치 선정

① 현장 상황을 대표할 수 있는 장소, 또는 큰 변형이 예측되는 장소를 선정하여야 하고, 구조적으로 가장 위험한 단면을 주 계측단면으로 선정하되, 계측기기가 설치된 위치가 선시공되어 시험시공의 의미를 가질 수 있도록 하여야 한다.

② 최종 계측위치의 선정은 위 ①항의 조건을 고려하여 사전에 공사감독자에게 보고 후 시행하도록 계획하여야 한다.

(3) 유지관리 중 계측단면의 선정은 공사 중 대규모 변위 발생 또는 붕괴가 발생한 구간, 구조물을 대표할 수 있는 구간, 설계 및 시공상 취약구간 또는 구조적 취약구간 등을 고려하여 배치하여야 하며, 장기간 계측관리를 위한 계측기기의 내구성능을 고려하여야 한다.

(4) 계측기간 중 계측기기의 파손 또는 고장 가능성을 고려하여 계측단면을 선정하여야 하며, 계측기기의 설치 및 배선을 확실히 할 수 있는 위치를 선정하여야 한다.

1.9 계측항목의 선정

(1) 계측항목은 구조해석, 시공 방법, 계측결과의 활용 목적, 평가 수법을 명확히 이해하고 계측대상, 계측기간, 계측장비 등을 고려하여 선정하여야 한다.

(2) 공사 중 계측에서 설계도서상의 계측항목은 구조해석, 시공 방법, 계측 결과의 활용 목적, 평가 수법을 명확히 이해한 후 선정되었으므로 특별한 사유가 없는 한 설계도서를 따르도록 하여야 한다.

(3) 설계 시 수립된 계측계획은 시공 시 확인되는 현장여건, 지반상태 및 초기 계측결과 등에 근거하여 필요한 경우 보완하여 적용하도록 하여야 한다.

표 1.9-1 계측평가 항목 및 기준

평가항목	평가기준
적응성	- 측정간격을 임의로 설정할 수 있는 것 - 측정치의 시계열 표시가 가능한 것 - 전원에 적합한 것 - 계측기기의 정밀도와 시스템의 정밀도가 일치하는 것
신뢰성	- 낙뢰에 대해서 계측기기를 보호하는 기능을 가지고 있는 것 - 정전에 대해서 백업 기능을 가지는 것
편리성	- 상황에 따라 계측기기의 추가, 현지국의 증설을 실시하는데, 전원장치, 자료송수신장치 등이 기존의 것을 그대로 사용할 수 있는 것 - 계측결과를 신속하게 전달할 수 있는 것
내후성	- 호우 및 폭설 지역 등의 특수성에 대처할 수 있는 것 - 방수, 방습성이 뛰어난 것 - 예측되는 기온 조건에서 정상적으로 작동되는 것
보수성	- 점검빈도가 작은 것 - 단시간에 점검할 수 있는 것
경제성	- 기능성을 유지하면서 저렴한 계측기기

1.10 계측기기의 배치

(1) 계측 대상 시설물의 규모나 위험도를 기준으로 계측기기 배치밀도를 설정하는 것이 바람직하며, 일반적으로 붕괴나 활동 등의 위험인자별로 여러 종류의 계측기기를 수개소에 배치하여 상호의 계측자료를 검토하도록 계획하여야 한다.

(2) 계측기기는 경제성, 시공성을 고려하고 지층구성 및 쌓기시기 등을 감안하여 지반거동을 대표할 수 있는 최소한의 점을 선정하여 최대효과를 얻도록 배치하여야 한다.

(3) 구체적인 계측기기의 배치에 대해서는 상세한 현장조사, 기존자료 및 구조계산서를 참고하여 붕괴 또는 활동의 형태를 추정한 다음, 각각의 원인별로 계측항목과 계측기기의 관련성을 검토한 다음에 배치 계획(설치위치, 배치밀도, 설치심도 등)을 수립하여야 한다.

(4) 구조적으로 가장 위험한 단면에서 계측 대상 시설물의 최대변위와 최대응력이 작용할 것으로 예상되는 위치에 중점적으로 계측기기를 배치하여야 한다.

(5) 계측목적을 고려하여 각 계측기기는 서로의 연관성을 유지하도록 하며, 가능한 동일 단면에 배치하여야 한다.

(6) 계측수량의 선정은 계측목적, 결과분석, 공사상황, 계측기기의 고장 등을 고려하여 계획하여야 한다.

(7) 연약지반에 계측기기를 매설할 경우 설치 시, 준설토 또는 토사 매립 시, 프리로딩 재하 및 제거 시 계측기기가 망실될 확률이 높으므로 현장여건을 감안한 계측기기 망실률이 반영되어야 한다.

(8) 유지관리 계측기기의 배치는 설계 및 시공 상 취약구간이거나 구조적, 재료적으로 취약하거나 지반조건이 불량한 구간 등에 대하여 구조물의 자체의 변위 및 응력, 구조

물 인접 지반의 토압, 간극수압 등에 대해 장기적인 모니터링의 필요성을 검토하고 계측기기의 배치 계획을 수립하여야 한다.

1.11 계측기기의 선정

(1) 계측기기는 계측목적, 계측기간, 계측 항목, 계측 대상, 계측방법, 계측환경 등을 고려하여 선정되어야 한다.

(2) 계측기기는 성능검사기관의 성능검사 또는 공인기관의 성적서를 받은 것을 원칙으로 선정하되, 이외의 경우에는 동등 이상의 품질이 확인된 계측기기를 선정할 수 있다.

(3) 계측기기는 필요로 하는 자료의 정밀도, 기기특성, 현장조건 등을 고려하여 계측항목에 따라 적절한 것을 선정하여야 한다.

(4) 유지관리용 계측기기는 매설형이나 외부 노출형을 사용하여야 하며, 매설형의 계측기기인 경우 수리가 불가능한 경우가 있으므로 기기 작동불량이나 고장에 대비하여 계측기기 선정 계획을 수립하여야 한다.

(5) 각종 계측기기의 작동방식을 가능한 한 같은 형식으로 선정하고, 설치 전에 반드시 성능 및 내구성, 교정검사를 하도록 계획하여야 한다.

(6) 계측기기는 설치, 측정 및 유지관리가 용이하고, 측정기간 동안의 내구성이 유지되어야 한다. 특히 유지관리로 연계되는 계측기기는 공사기간 동안 내구성이 보장되고 성공된 사용실적이 있는 제품이어야 한다.

(7) 계측기기는 현장에서 수리 및 복구가 용이하며 고장발생 시 원인규명이 신속하고 명확한 기기를 사용하여야 한다.

(8) 계측기기는 계측목적에 적합한 정확도를 가져야 하고 최대 예상변화량 이상의 측정범위를 가져야 한다.

(9) 계측시스템은 측정의 편리성, 측정빈도, 측정방법, 기기의 호환성 및 경제성 등을 고려하여 구성하여야 한다.

(10) 계측자료의 정확성, 이용성, 경제성 등을 고려하여 다음과 같은 점들을 고려하여 계측기기를 선정한다.

① 계측기기의 정밀도, 반복 정밀도, 강도, 계측 범위 및 신뢰도가 계측목적에 적합할 것
② 구조가 간단하고 설치가 용이할 것
③ 온도, 습도에 대해 영향을 적게 받고 보정이 간단할 것
④ 예상 변위나 응력보다 계측기기의 측정 기능범위가 클 것
⑤ 계기 오차 등을 유발 할 수 있는 계측기기의 고장 발견이 용이할 것
⑥ 가격이 경제적일 것

2. 조사 및 계획

내용 없음

3. 재료

내용 없음

4. 설계

4.1 공종별 계측계획

4.1.1 연약지반공사

4.1.1.1 계측계획의 수립

(1) 이 기준의 1.7을 따른다.

4.1.1.2 계측단면의 선정

(1) 이 기준의 1.8을 따른다.

4.1.1.3 계측항목의 선정

(1) 이 기준의 1.9를 따른다.

4.1.1.4 계측기기의 배치

(1) 이 기준의 1.10을 따른다.

4.1.1.5 계측기기의 선정

(1) 이 기준의 1.11을 따른다.

4.1.2 비탈면 절취공사

4.1.2.1 계측계획의 수립

(1) 이 기준의 1.7을 따르도록 하고, (2)와 (3)항을 추가한다.

(2) 지표의 변위, 기울기, 균열 변화 및 지중 수직, 수평 변위, 지하수위, 간극수압, 강우량, 옹벽과 같은 구조물이 있는 경우 구조물 변위, 기울기, 배면 지중 공극수압, 구조물 응력, 토압, 그 외 낙석 감지, 비탈면 감시 등에서 비탈면 시공 중 목적에 부합한 계측계획을 수립하여야 한다. 이때 비탈면 상부 배면 및 비탈면 하부의 시설물의 중요도, 차량 및 통행 인구 유무 등의 제반여건에 따라 가감하거나 생략할 수 있다.

(3) 비탈면 굴착의 영향권 내의 특정 구조물 안전성을 판단하기 위한 지중수평변위 측정,

시설물경사도 측정, 균열 폭 측정, 지하수위 측정, 발파진동 및 소음측정 등도 필요에 따라 비탈면 공사 중 계측에 포함한다.

4.1.2.2 계측단면의 선정

(1) 이 기준의 1.8을 따른다.

4.1.2.3 계측항목의 선정

(1) 이 기준의 1.9를 따르도록 하며, 비탈면 계측항목은 계측관리의 목적, 변상상황, 붕괴형태, 현장조건 등을 충분히 검토하여 결정하여야 한다.

(2) 계측기기는 필요로 하는 자료의 정밀도, 기기특성, 현장조건 등을 고려하여 계측항목에 따라 적절한 것을 선정하여야 한다.

표 4.1-1 계측항목과 계측기기

현상	계측의 대상	계측항목	계측수순, 계측기기명	설치장소 및 설치방법
활동거동	지표면 변동 (변형, 변위)	지반 신축 변위량	지표면 신축계	지표면의 균열을 낀 다수 설치
		지반 경사 변위량	지반 경사계	지표면의 필요 장소에 다수 설치
		전도, 회전량	전도스위치	이동암괴 표면부의 필요장소에 다수 설치
		낙석의 검지	검지선식 낙석검지기	낙석, 붕락 발생 장소에 필요수 설치
		지표 이동량	이동말뚝 측량	지표면에 다수 이동말뚝을 설치하여 광파측량을 한다.
			GPS 측량	지표면에 고정 관측정과 필요 장소에 다수 이동 표점을 설치하여 인공위성에 따라 측량, 해석한다.
			침하핀 측량	지표의 균열을 낀 침하핀을 다수 설치
	지중변동 (변형, 변위)	활동면의 위치 활동 암괴 이동량	삽입식 지중경사계	시추공을 이용하여 활동면을 포함하여 움직이지 않는 지반까지 다수 설치
			고정식 지중경사계 (설치형 지중경사계)	
			지중 변위계	
		지중의 융기, 침하량 이동량	지중 변위계	시추공을 이용하여 변위 발생 심도를 포함하여 움직이지 않는 지반까지 깊게 설치
구조물의 거동	작용외력	옹벽, 말뚝 등에 작용하는 토압	토압계	구조물의 필요장소에 다수 설치
		앵커에 작용하는 장력 등	로드셀	앵커 구조물의 필요 장소에 다수 설치
	내부응력	대책공 변형 (축력,	변형게이지	대책공의 필요장소에 다수 설치

현상	계측의 대상	계측항목	계측수순, 계측기기명	설치장소 및 설치방법
		휨모멘트로 환산)		
		철근의 변형 (축력, 휨모멘트로 환산)	철근계 (록볼트, 네일링 축력계)	원지반 보강재로서의 철근에 있어서 필요 장소에 다수 설치
	변위, 변형	구조물 변위량	구조물 표면경사계	대책공이나 기설 구조물 표면의 필요 장소에 다수 설치
			광파 측량법	대책공이나 기설 구조물 표면의 필요 장소에 다수 표점을 설치하여 광파측량을 한다.
		강관 말뚝 처짐량	삽입형 지중경사계	강관 말뚝 내부의 필요 장소에 다수 설치
		균열폭, 진행속도량	균열게이지	대책공이나 기설 구조물 표면에 발생된 균열을 끼고 다수 설치
		뿜어 붙이기의 열화도, 공동추정	열 적외선 영상법 (리모트센싱기법)	적외선 카메라에 의한 뿜칠 콘크리트 표면 온도 정보의 영향 해석을 하여 배면 공동을 추정
수문상황	지하수변동 수압변동	지하수위	지하수위계	관측정이나 보링공내를 이용하여 설치
		활동면의 간극수압변동	간극수압계	보링공 내의 활동면 예측 부근에 설치
	기상자료	누적우량, 우량강도 실효우량, 융설량	우량계	계측 대상 비탈면에 가급적 근접된 적절한 장소에 수평으로 설치
		융설량의 추정	적설량계	계측 대상 비탈면에 가급적 근접된 적절한 장소에 수평으로 설치
	지하수 배수효과	배수량의 변화	유량계	・배수로의 필요 장소에 방축을 만들어 다수 설치 ・배수로의 노치 등에 다수 설치

4.1.2.4 계측기기의 배치

(1) 계측기기의 배치(설치 또는 배치밀도)는 계측기기의 선정과 동시에 중요한 검토사항으로 비탈면 붕괴나 활동 등의 블록분포상황, 위험상황, 계측기기의 특성 및 현지조건 등을 고려하여 효율적으로 파악할 수 있는 위치에 적절히 배치하여야 한다.

(2) 비탈면의 손상 규모나 위험도를 기준으로 계측기기 배치밀도를 설정하는 것이 바람직하며, 일반적으로 붕괴나 활동 등의 위험인자별로 수 종류의 계측기기를 배치하여 수 개소의 계측자료를 서로 비교, 검토할 수 있도록 계획하여야 한다.

(3) 구체적인 계측기기의 배치에 대해서는 상세한 현장조사나 지질조사 등을 실시하여 붕괴 또는 활동의 형태를 추정한 다음, 각각의 원인별로 계측항목과 계측기기의 관련성을 검토한 다음에 배치 계획(설치위치, 배치밀도, 설치심도 등)을 수립하여야 한다.

(4) 예상되는 비탈면 활동을 파악하기 위한 지중경사계는 단면상으로 활동면의 위치를 파악할 수 있도록 취약 예상 위치를 선정하여 설치하여야 한다.

(5) 유지관리 중 계측기기 배치는 이 기준의 1.10의 (8)을 따른다.

표 4.1-2 비탈면의 붕괴 형태와 계측기기의 배치 예

붕괴 형태	대상 지질	계측항목	계측기기 및 방법	계측상의 문제점	비고
평면 활동 붕괴	연암, 경암	① 지표 변위량 (수평, 수직성분) ② 지중 변위량 (활동면의 확인)	① 지표면신축계, 이동말뚝측량, 침하핀 측량, GPS 등 ② 지중경사계, 지중 변위계 등	활동면 위치나 머리부 텐션 크랙의 위치 예측이 사전에는 어렵고, 깎기 후의 거동 계측밖에 안 되나, 지질구조 조사나 땅깎기 후의 비탈면 상세 관찰을 실시하는 것이 중요하다.	필요하면 우량계와 지하수위 관측을 실시한다.
쐐기 활동 붕괴	연암, 경암			변동활동블록의 사전 결정이 어렵고, 계측위치의 결정이 곤란하나, 지질 구조 조사나 땅깎기 후의 비탈면 상세 관찰을 충분히 실시하는 것이 중요하다.	필요하면 우량계와 지하수위 관측을 실시한다. 파괴형태로서는 많다.
원호 활동 붕괴	토사, 연암, 경암			활동블록의 사전결정이 어렵고, 계측위치의 결정이 곤란하나, 지질 구조 조사나 땅깎기 후의 비탈면 상세 관찰을 충분히 실시하는 것이 중요하다.	필요하면 우량계와 지하수위 관측을 실시한다.
복합 활동 붕괴	토사, 연암, 경암, 암반 산사태 풍화암 활동			사전조사 결과에서 지질 구조를 검토하고 파괴토체의 범위를 예정하여 계측을 실시할 필요가 있다. 산사태의 형태로 초생형의 경우에는 지형상에서의 예측은 곤란하다.	필요하면 우량계와 지하수위 관측을 실시한다.
전도 붕괴	연암, 경암	① 지표 변위량 (수평, 수직성분, 경사량) ② 지중 변위량 (활동면의 확인, 수평변위량)	① 지표면신축계, 광파측량법 ② 지중경사계, 지중 변위계	전도와 낙석·붕락의 구별이 의외로 어렵고, 충분한 지질조사를 실시하여 지질 구조를 파악할 필요가 있다. 계측 자료에서 비탈면의 안정 평가와 결부시키는 것이 어렵다.	
백링 붕괴	연암	① 지표 변위량 ② 지중 변위량 (수평, 수직 변위량)	① 광파측량법 ② 지중 변위계 ③ 록볼트 축력계	실측 자료의 암체의 좌굴 파괴와의 결부 평가가 어렵다.	주상절리나 층리가 발달된 경암 비탈면에서

붕괴 형태	대상 지질	계측항목	계측기기 및 방법	계측상의 문제점	비고
		③ 대책공 계측			급경사의 비탈면
응력 개방에 의한 변위	토사, 연암, 경암	① 지표면 변위량 ② 지중 변위량	① 광파측량법 ② 지중 변위계, 지중 경사계, 파이프변형계	응력개방에 따른 지반 팽창인가 활동이나 붕괴에 의한 변위인가의 구별이 어렵다. 응력 개방에 의한 변위가 발생된 경우 이 경향이 비탈면의 안정성에 어떻게 관련되는가 또는 주변에 대한 안정성의 평가가 어렵다.	열수변질을 받은 바위로 점토광물을 함유하는 경우, 발생되는 경우가 많다.
붕락 현상	연암, 경암	① 낙석표면 변위량 ② 낙석검지 ③ 대책공계측	① 광파측량법 ② 낙석감지기 ③ 록볼트 축력계, 숏크리트 응력계	전조 현상이 생긴 다음 붕락이 발생될 때까지의 시간이 짧다. 계측보다도 붕락 대책이 우선되는 경우가 많은 편이며, 대책공의 거동 계측이 금후 필요하다고 생각된다.	낙석감지기는 사후 검지이며, 예측되지 않는다.

4.1.2.5 계측기기의 선정

(1) 이 기준의 1.11을 따르도록 하고, (2)항을 추가한다.

(2) 비탈면의 계측은 장기적인 계측이 되므로 각각의 계측기기의 평가항목을 감안하여 선정을 하여야 한다.

4.1.3 기초공사

4.1.3.1 계측계획의 수립

(1) 말뚝박기 항타기록

① 말뚝을 항타에 의해 시공하는 경우 말뚝박기의 종료를 위한 최대 타격횟수를 측정하기 위한 계측계획을 수립하여야 한다.

② 말뚝박기의 최종리바운드 측정계획을 수립하여야 한다.

(2) 건전도 검사

① 현장타설말뚝에 대하여 말뚝의 성능 확보를 위한 품질을 확인할 수 있는 측정 계획을 수립하여야 한다.

(3) 케이슨기초

① 시공에 필요한 가교, 축도, 물막이 등의 가시설물에 대하여는 착공 전 계측계획을 세워 공사감독자의 확인을 받도록 하여야 한다.

② 침하방법에 대하여는 미리 침하-하중 관계도를 작성하여 공사감독자에게 보고하도록

하여야 한다.

4.1.3.2 계측항목의 선정

(1) 말뚝박기

① 말뚝박기의 항타 횟수를 측정하도록 하여야 한다.

② 말뚝의 최종 관입량 및 리바운드를 측정하도록 하여야 한다.

(2) 현장타설말뚝의 건전도

① KCS 11 50 10 (3.9)을 반영하여 계획하여야 한다.

(3) 케이슨 기초의 기울기

① 케이슨에 가하는 하중의 크기를 측정하도록 하여야 한다.

② 케이슨의 침하량을 측정하도록 하여야 한다.

③ 케이슨의 기울기를 측정하도록 하여야 한다.

4.1.3.3 계측기기의 배치

(1) 말뚝박기의 리바운드 측정

① 말뚝의 침하량을 측정하기 위한 변위계는 최소한 2개 방향에 배치하여야 한다.

(2) 검측용 튜브의 수량은 KCS 11 50 10 (3.9)을 적용한다.

(3) 케이슨 기초

① 케이슨의 침하량을 측정하기 위한 변위계는 최소한 3개 방향에 배치하여야 한다.

② 케이슨의 기울기를 측정하기 위한 경사계는 최소한 3개 방향에 배치하여야 한다.

③ 케이슨 경사계는 깊이 방향으로 3개의 세그를 초과하지 않은 범위 내에 배치하여야 한다.

4.1.3.4 계측기기의 선정

(1) 이 기준의 1.11을 따른다.

4.1.4 상하수도 공사

4.1.4.1 계측계획의 수립

(1) 이 기준의 **1.7**을 따른다.

4.1.4.2 계측항목의 선정

(1) 자연 유하식 상하수관 부설관로에 대하여 수밀검사를 위한 누수량을 측정하도록 하여야 한다.

(2) 상하수도 관로 중 압력관의 수밀성을 확인할 필요가 있는 경우에 수압을 측정하도록 하여야 한다.

(3) 강관 배관용접 후의 용접상태 확인을 위하여 방사선투과를 측정하도록 하여야 한다.

(4) 강관 배관용접 후의 용접상태 확인을 위하여 초음파 탐상를 측정하도록 하여야 한다.
(5) 강관 내·외면 용접이 끝난 후 용접개소 시험공에 압력계를 부착하여 용접부 압력을 측정하도록 하여야 한다.
(6) 상수도관의 전식방지대책을 위하여 전위를 측정하도록 하여야 한다.
(7) 세미쉴드 공사 중 장비조립 완료 후 기기의 작동시험을 실시하여 세미쉴드 추진용 관의 허용내하력을 측정하도록 하여야 한다.
(8) 시스템의 손실수두를 적어도 한 개가 여과지에 대해서 측정하도록 하여야 하며, 급속 여과지 내 유공 블록, 스트레이너 블록, 다공판형, 유공관형을 이용한 하부집수장치의 흐름분포 및 손실수두를 측정하도록 하여야 한다.

4.1.4.3 계측기기의 배치

(1) 누수량 측정
① 수밀검사를 위한 누수시험은 800 mm미만 하수관(오수관) 중 관경별로 50 % 이상 실시하도록 하여야 한다.
② 검사구간은 어느 한 곳에 국한하지 말고 전 지역에 대하여 골고루 실시하도록 하여야 한다.
(2) 수압측정
① 수압시험은 200 m 간격으로 시행하여야 하며 제수밸브와 제수밸브 사이에서 시험하도록 계획하는 것이 좋다.
(3) 방사선 투과 측정
① 검사개소는 원칙적으로 개소당 2개소로 하고, 그 위치는 공사감독자가 지시하도록 계획하여야 한다.
② 방사선투과 측정의 1개소 검사 길이는 30 cm를 표준으로 한다.
③ 공사감독자가 필요하다고 인정할 때에는 검사 개소 및 검사 길이를 증가시킬 수 있도록 계획하여야 한다.
④ 소구경관으로서 현장요원들이 들어갈 수 없는 경우에는 KS B 0888에 규정한 이중벽 편면 촬영 방법에 따라 계획하여야 한다.
(4) 손실수두 측정
시스템의 손실수두를 적어도 한 개가 여과지에 대해서 측정하도록 하여야 한다.

4.1.4.4 계측기기의 선정

(1) 이 기준의 1.11을 따른다.

4.1.5 터널공사

4.1.5.1 계측계획의 수립

(1) 이 기준의 1.7을 따르도록 하고, 아래 (2), (3), (4)항을 추가한다.
(2) 지상에서 수행하는 지표 및 지중침하 측정은 토피의 높이나 지상시설물의 유무에 따

라 가감하거나 생략할 수 있다.

(3) 터널내부에서 수행하는 지중변위 측정, 내공변위 및 천단침하 측정, 록볼트 축력측정, 숏크리트 응력측정, 강지보 응력측정은 실제 노출되는 지반의 상태나 초기의 계측결과에 근거하여 설치간격이나 위치 등을 조정할 수 있다.

(4) 터널 영향권 내의 특정 구조물 안전성을 판단하기 위한 지반수평변위 측정, 막장전방 선행변위 측정, 시설물경사도 측정, 균열 폭 측정, 지하수위 측정, 발파진동 및 소음 측정 등도 필요에 따라 터널계측에 포함하며, 특히 아파트, 연립주택 및 다중이용시설의 직하부, 철도구조물, 고가도로 등의 기초 직하부를 통과하는 경우에는 위 항목의 계측을 실시하여야 한다.

4.1.5.2 계측단면의 선정

(1) 지표 및 지중침하계

① 토피가 터널직경의 3배 이내일 때에는 지표 및 지중침하를 측정하여 지반의 연직 변위에 대한 지상 구조물 및 지반의 안정성을 확인하여야 한다.

② 토피가 터널직경의 3배 이상이더라도 지표상에 지반의 연직 변위로 인하여 피해를 입을 구조물이 있는 경우에는 지표 및 지중침하를 측정하여야 한다.

(2) 내공변위 및 천단침하계

① 굴착에 따른 터널 벽면의 변위를 측정하여 터널거동을 파악하고 안전시공을 도모하기 위하여 내공변위 및 천단침하량을 측정하여야 한다.

② 천단침하 측정은 터널 외부에 설치한 수준점을 기준으로 측정하여 지표침하량과 상대비교가 가능하도록 하여야 한다.

(3) 지중변위계

① 터널 굴착면 주변지반의 심도별 반경방향 변위를 측정하기 위하여 지중변위계를 설치하며 계측결과로부터 지반이완 영역의 범위를 확인한다.

(4) 록볼트 축력계

① 터널 반경방향의 변위에 수반하여 발생하는 록볼트의 축력을 측정하고 록볼트의 지보효과를 확인하기 위하여 록볼트 축력계를 설치한다.

(5) 숏크리트 응력계

① 터널주변 변위에 수반하여 발생하는 숏크리트의 응력을 측정하여 허용응력과 비교함으로써 부재의 적정성을 확인하기 위하여 숏크리트 응력계를 설치한다.

(6) 막장전방 선행변위계

① 터널전방에 설치하여 막장전방 지반의 침하정도를 전체변위량 차원에서 관리함으로써 굴착면 전방의 불량구간(파쇄대 또는 공동 등)의 존재 여부를 사전에 인지하고, 터널의 굴진에 의한 막장전방의 지반변화에 따른 터널의 거동양상을 사전에 예측하기 위하여 막장전방 선행변위계를 설치하여야 한다.

(7) 록볼트 인발시험

① 록볼트의 인발시험은 록볼트의 종류 선정 및 시공 후 정착효과를 판정하기 위한 것이

다.

(8) 유지관리 중 계측기기 설치위치는 지반이 취약한 지점(단층대 통과구간), 터널의 시·종점 갱구부, 하천 횡단 지점, 기존 지하철 및 도시철도 등의 터널을 통과하는 구간, 고가도로 및 교각 하부 통과구간, 도심지 주요시설물 인접 통과하는 구간 등을 우선 선정하여 터널 및 인접 구조물의 안정성을 확보할 수 있도록 하여야 한다.

4.1.5.3 계측항목의 선정

(1) 이 기준의 1.9를 따르도록 하고, 아래 (2)항을 추가한다.

(2) 유지관리 중 계측의 대상 항목은 간극수압, 콘크리트 라이닝응력, 철근응력, 전단면 내공변위 등을 주로 설치하고, 현장 여건을 고려하여 필요시 추가하여 계측항목을 선정하여야 한다.

4.1.5.4 계측기기의 배치

(1) 계측기기 배치를 위한 측선은 터널형상, 지보패턴, 암피복 두께, RMR 결과 등을 고려하여야 한다.

(2) 지표 및 지중침하계

① 계측기기의 설치 위치는 터널 상부의 지표 또는 지중으로서 지표면 조건, 지반상태, 터널의 규모, 시공법 등에 따른 터널 굴진의 영향범위를 고려하여 선정하여야 한다.

② 지표침하 계측측선은 4.1.5.4 (1)을 고려하여 터널 축 방향을 따라 0 m ~ 20 m 간격으로 배치하며, 갱구부 50 m 구간과 토피가 터널직경의 2배 이하인 구간은 10 m 간격을 표준으로 하여 지형여건을 고려한 배치를 하여야 한다.

③ 지반상태가 양호하고 해당 시공구간의 계측결과에 의하여 안정성이 확인된 경우에는 측선간격을 넓게 조정할 수 있다.

④ 지반조건이 불량한 구간이나 변화가 심한 구간에 대하여는 계측간격을 상기 표준간격보다 좁혀서 계측결과의 수렴 여부를 확인하여 배치를 조정할 수 있도록 계획한다.

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

⑥ 지중침하 계측기기의 설치 간격은 500 m를 표준으로 하며 심도별 침하를 측정할 수 있도록 계획하여야 한다. 단, 주요 구조물 하부지반의 침하 등을 측정하고자 할 경우에는 이 지점을 고려하여 계측기기 설치간격을 조정할 수 있도록 계획하여야 한다.

⑦ 지중침하 측점 중 최하단 측점은 가능하면 터널 천정부에 근접되게 설치하도록 계획하여야 한다. 단, 여굴, 록볼트, 경사볼트 등 터널내의 작업에 의해 손상되지 않도록 계획하고, 주의하여 시공하도록 하여야 한다.

(3) 내공변위 및 천단침하계

① 내공변위 및 천단침하 측점은 동일 단면에 설치하고 4.1.5.4 (1)을 고려하여 터널 축 방향을 따라 0 m ~ 20 m 간격으로 배치하며, 갱구부 50 m 구간과 토피가 터널직경의 2 배 이하인 구간은 10 m 간격을 표준으로 한다.
② 지반상태가 양호하고 기 시공구간의 계측결과에 의하여 안정성이 확인된 경우에는 측선 간격을 넓게 조정할 수 있다.
③ 지반조건이 불량한 구간이나 변화가 심한 구간에 대하여는 계측간격을 표준간격보다 좁혀서 계측결과의 수렴 여부를 확인하여 배치를 조정할 수 있도록 계획하여야 한다.
④ 측선의 배치 그림 4.5-1과 같이 전단면 굴착의 경우에는 3측선, 반단면 굴착의 경우에는 4측선을 표준으로 하며, 지반상태, 굴착방법, 굴착 단면적 등을 참고하여 측선 수를 조정할 수 있도록 계획하여야 한다.

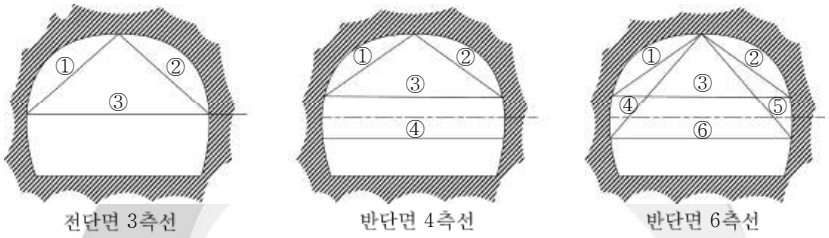


그림 4.5-1 내공변위 계측의 측선 배치 예

⑤ 내공 변위량이 예상보다 큰 경우나 편압 현상이 현저할 경우 또는 확폭부나 접속부 등의 특수구간에는 3차원 계측을 원칙으로 하며 3차원 계측에는 자동 광파기, 3D 디지털카메라, 레이저스캐닝 등의 최신기법을 사용할 수 있다. 이때 가능한 절대좌표를 사용하도록 하나 장대터널이나 곡선터널에서는 거동이 수렴된 구간에 기준점을 설치하여 3차원 계측이 가능하도록 계획할 수 있다.
⑥ 또한, 필요시 자동화 계측을 적용하여 계측의 신뢰도를 높여야 하며, 파쇄대, 습곡, 단층, 탄층의 출현 등 심각한 지층변화가 예상되는 구간에는 물리탐사 및 선진수평시추을 실시하도록 계획하여야 한다.

(4) 지중변위계
① 지중변위 측정단면은 4.1.5.4 (1)을 고려하여 터널 축 방향을 따라 0 m ~ 500 m 간격을 표준으로 배치하며 터널의 규모나 지반조건 등 터널상황에 따라 조정할 수 있다.
② 내공변위 및 천단침하측정 단면과 동일 단면에 설치하여 계측결과를 종합적으로 분석하도록 하여야 한다.
③ 측정단면의 좌우 측벽부 및 천정부 등 3개소에 3 ~ 5 측점의 심도별 다중측점 지중변위계를 설치하며 터널규모나 지반조건 등을 고려하여 증감한다.
④ 지중변위계의 측점은 터널 벽면에서 터널직경의 0.5배 범위 또는 예상되는 이완영역을 충분히 포함하는 범위까지 배치하여야 한다.
(5) 록볼트 축력계

① 록볼트 축력 측정단면은 4.1.5.4 (1)을 고려하여 터널 축 방향을 따라 0 m ~ 500 m 간격을 표준으로 배치하며 터널의 규모, 단면당 록볼트 수, 지반조건 등 터널상황에 따라 조정할 수 있다.
② 지중변위, 숏크리트 응력, 내공변위 및 천단침하측정 단면과 동일한 단면에 설치하여 다양한 계측결과를 종합적으로 분석하도록 하여야 한다.
③ 록볼트 축력은 축력 측정용 록볼트를 실제의 록볼트 설치 위치에 동일한 방법으로 설치하여 측정하며, 측정단면의 좌우 측벽부 및 천정부 등을 포함하는 3개 ~ 5개의 측정용 록볼트를 설치한다.
④ 축력 측정용 록볼트는 측점 간격이 0.5 m ~ 1.0 m이어야 한다.

(6) 숏크리트 응력측정 배치
① 숏크리트 응력계의 측정단면은 4.1.5.4 (1)을 고려하여 터널 축 방향을 따라 0 m ~ 500 m 간격을 표준으로 배치하며 터널의 규모, 지반조건 등 터널상황에 따라 조정할 수 있다.
② 지중변위, 록볼트 축력, 내공변위 및 천단침하측정 단면과 동일한 단면에 설치하여 다양한 계측결과를 종합적으로 분석하도록 하여야 한다.
③ 숏크리트의 응력계는 숏크리트에 발생하는 응력과 배면 지반압의 크기 및 그 분포상황을 종합적으로 파악할 수 있도록 측정단면의 좌우 측벽부 및 천정부 등을 포함하는 3개소~ 5개소에 설치를 계획한다.
④ 터널 반경방향 및 접선방향의 숏크리트 응력을 측정하기 위하여 각 측점에는 반경방향 및 접선방향에 직각이 되도록 2개의 응력계 설치를 계획한다.

(7) 막장전방 선행변위 배치
① 계측기기의 설치위치는 터널 상부의 지중으로서 지반상태, 토피고, 시공방법 등을 고려하여 터널 굴진 시 침하량이 클 것으로 예상되는 위치를 선정하여야 한다.
② 계측기기의 개당 길이는 0.5 m ~ 3.0 m를 표준으로 하고, 공 당 천공길이는 최대 50 m까지 가능하다.
③ 정확한 분석을 위해 설치위치 간 중첩길이는 최소 2.0 m 이상이 필요하나, 암반조건을 고려한 적절한 천공길이의 적용과 경제성을 감안한 선정이 필요하다.
(8) 록볼트 인발시험
① 가능한 한 굴착 초기단계에 갱구부근에서 30본~ 50본당 1본에 대하여 실시하며, KCS 27 30 00 (3.6.4(3))에 따라 인발시험을 실시하도록 계획하여야 한다.
(9) 유지관리 중 계측기기 설치위치는 지반이 취약한 지점(단층대 통과구간), 터널의 시·종점 갱구부, 하천 횡단 지점, 기존 지하철 및 도시철도 등의 터널을 통과하는 구간, 고가도로 및 교각 하부 통과구간, 도심지 주요시설물 인접 통과하는 구간 등을 우선 선정하여 터널 및 인접 구조물의 안정성을 확보할 수 있도록 계획하여야 한다.

4.1.5.5 계측기기의 선정

(1) 이 기준의 1.11을 따른다.

4.1.6 댐공사

4.1.6.1 계측계획의 수립

(1) 이 기준의 1.7을 따르도록 하고, (2)와 (3)항을 추가한다.

(2) 댐 공사 중에는 여러 종류의 계측기기를 매설하여 축조과정에서의 안전관리와 품질관리를 하고, 댐이 완성되어 담수 후에는 댐 내부에서의 응력변화와 이에 따른 댐체의 거동을 관측하여 안전관리에 활용할 수 있도록 계측계획을 수립하여야 한다.

(3) 댐 건설 중 각종 계측기록을 공사진행 과정에 따라 정보화하고 계측결과가 공사 및 안전관리에 즉각적으로 활용될 수 있도록 자동계측시스템의 구축을 계획하고, 공사감독자와 협의하여 설치하도록 계획하여야 한다.

4.1.6.2 계측단면의 선정

(1) 계측은 댐의 구조적인 거동 및 안전성에 결정적인 영향을 미칠 수 있는 구간과 대표적인 단면을 선정하여 공사 중 및 유지관리 중 계측 계획을 수립하여야 한다.

(2) 계측위치의 선정은 현장 상황을 대표할 수 있는 장소, 또는 큰 변형이 예측되는 장소를 선정하여야 하고 구조적으로 가장 위험한 단면을 주 계측단면으로 선정하여야 한다.

4.1.6.3 계측항목의 선정

(1) 중심코어형 사력댐은 공사 중 댐체의 변형, 응력, 간극수압, 기초의 간극수압 등을 측정하도록 계획하여야 한다.

(2) 콘크리트댐 및 표면차수벽형 석괴댐의 표면차수벽은 공사 중 댐체의 수화열 및 이에 의한 무응력 변형률, 변형, 외부하중에 의해 콘크리트 내부에서 발생하는 내부응력, 기초의 간극수압과 댐체에 작용하는 양압력 등을 측정하도록 계획하여야 한다.

(3) 콘크리트 표면차수벽형 석괴댐(CFRD)은 중심코어형 사력댐에서의 댐체 변형과 응력, 차수벽의 변형과 응력, 차수벽 내 수화열에 의한 콘크리트 응력, 차수벽 이음부의 변형, 차수벽과 플린스 이음부의 변형, 기초의 간극수압 등을 측정하도록 계획하여야 한다.

(4) 댐 건설 중 댐체 중량과 수압작용에 대한 댐체 내의 수평, 수직방향의 토압을 측정하도록 계획하여야 한다.

(5) 댐 건설 중 댐체 축조에 따른 간극수압을 측정하고 발생 및 소산정도를 분석하여 축조속도를 관리하여야 하며 기초부 차수 그라우팅 지점의 차수효과를 확인할 수 있도록 계획하여야 한다.

(6) 기초 암반층과 댐체 사이에 작용하는 간극수압을 측정하도록 계획하여야 한다.

4.1.6.4 계측기기의 배치

(1) 배치일반

① 댐 형식 및 규모, 지반조건, 현장조건 등을 고려하여 최대변위와 최대응력이 작용할 것으로 예상되는 위치에 중점적으로 계측계획을 수립하여야 한다.

② 구조적으로 가장 위험한 단면을 주 계측단면으로 선정하며, 높이 15 m 이상의 대댐에서는 3개 이상의 주 계측단면을 설정하여 계측기기를 배치하여야 한다.

③ 계측목적을 고려하여 각 계측기기는 서로의 연관성을 유지하도록 하며 가능한 한 동일단면에 배치하여야 한다.

④ 공사 중 계측기기의 파손 또는 고장 가능성을 고려하여 계측위치를 선정하여야 하며, 계측기기의 설치 및 배선을 확실히 할 수 있는 위치를 선정하여야 한다.

⑤ 계측기기 설치수량은 기존댐의 설치 실례와 운영실적을 참고하여 정하되 운영기간 중의 고장 등을 고려하여 20 % 정도의 여유물량을 추가하여야 한다.

(2) 댐체의 응력 및 변형 측정을 위한 계측기기 배치

① 댐 건설 중 댐체 중량과 수압작용에 대한 댐체 내의 수평, 수직방향의 토압을 측정하여야 한다. 토압은 각 심도별로 수평, 45°, 135° 경사비탈면의 3방향별 측정을 할 수 있도록 배치하는 것을 계획하여야 한다.

② 댐체 표면에서 발생하는 외부변형과 내부에서 발생하는 침하량 및 수평변위를 측정할 수 있도록 계획하여야 한다. 댐체의 외부변형 측정을 위한 계측기기는 전체적인 변형거동을 파악할 수 있도록 상류 비탈면, 하류 비탈면, 정상부에 충분히 배치하여야 한다. 외부변형 측정 시는 댐 축조로 인한 영향을 받지 않는 암반 등에 기준점을 설치하고 관리하여야 하며, 기준점은 인근의 국가에서 설치한 1등 수준점에서 측량되도록 계획하여야 한다.

③ 댐체 심벽에 지점별 침하와 경사를 측정하여야 한다.

④ 존형댐의 경우는 댐체 내부 침하용 계측기기를 동일 표고에서 각기 다른 존에 설치하여 부등침하 등의 확인이 가능하도록 배치하여야 한다.

⑤ 중심코어형 사력댐의 경우 차수를 위한 심벽에서는 심도별 연속적인 침하량과 댐체 심벽 지점별 경사측정용 계측기기를 배치하여야 한다.

⑥ 콘크리트 표면차수벽형 석괴댐의 경우 콘크리트 표면차수벽 표면 또는 내부에 경사측정용 계측기기를 배치하고, 콘크리트 차수벽과 프린스 이음부의 3방향별 변위를 측정할 수 있도록 계획하여야 한다.

(3) 댐체 및 주변지반의 간극수압 측정을 위한 계측기기 배치

① 댐체 단면 중 큰 단면을 포함한 적정 계측단면을 선정한 후, 기초 암반층과 댐체 사이에 작용하는 간극수압을 측정할 수 있도록 계측단면상의 상류 및 하류부에 배치하여야 한다.

② 토압계가 설치된 개소에 대해서는 토압계와 병행하여 간극수압을 측정할 수 있도록 배치하여야 한다.

③ 간극수압 계측기기의 설치 표고와 간격은 저수위별 침윤선을 예상하여 침윤선 해석이 가능하도록 배치하여야 한다.
④ 향후 저수위 상승에 따른 간극수압의 발생 유무를 측정하기 위한 계측기기는 댐체 기초 암반층에 배치되어야 하며 측정범위는 설계 시 작용수두를 고려하여 결정되어야 한다.
(4) 콘크리트의 응력 및 변형 측정을 위한 계측기기 배치
① 콘크리트댐의 경우는 내부 및 외부의 온도를 측정하도록 계획하여야 한다.
② 설계도서, 단면조건, 하중조건, 현장상황, 주변 지반조건 등을 고려하여 큰 변위발생 부위를 선정하여 콘크리트 변위를 계측할 수 있는 계측기기를 배치하여야 한다.
③ 수직이음 변위 계측기기는 수직 이음부에 매설되도록 배치하여야 한다.

4.1.6.5 계측기기의 선정
(1) 이 기준의 1.11을 따르도록 하고, (2)와 (3)항을 추가한다.
(2) 댐체 표면에서 발생하는 외부변형과 내부에서 발생하는 침하량 및 수평변위 측정을 위한 계측기기는 물이나 공기 중에 노출되어도 기능을 유지할 수 있는 구조여야 하며 재질은 녹이 슬지 않는 재질로 계획하여야 한다.
(3) 댐체 심벽에 지점별 침하와 경사를 측정하여 물이나 공기 중에 노출되어도 기능을 유지할 수 있는 구조이어야 하며, 표면차수벽의 온도변화에 따른 측정오차가 없는 계측기기로 계획하여야 한다.

4.1.7 하천제방공사

4.1.7.1 계측계획의 수립
(1) 이 기준의 1.7을 따르도록 하고, (2)와 (3)항을 추가한다.
(2) 제방 공사 중에는 여러 종류의 계측기기를 매설하여 축조과정에서의 안전관리와 품질관리를 하고, 제방이 완성된 후에는 제방 내부에서의 변위와 이에 따른 제방의 거동을 관측하여 안전관리에 활용할 수 있도록 계측계획을 수립하여야 한다.
(3) 제방 건설 중 각종 계측기록을 공사진행 과정에 따라 정보화하고 계측결과가 공사 및 안전관리에 즉각적으로 활용될 수 있도록 자동계측시스템의 구축을 계획하고, 공사감독자와 협의하여 구축하도록 계획을 수립하여야 한다.

4.1.7.2 계측단면의 선정
(1) 이 기준의 1.8을 따른다.

4.1.7.3 계측항목의 선정
(1) 공사 중 제체의 변형, 침하, 수평변위, 간극수압 등을 측정하도록 계획하여야 한다.
(2) 추가적인 계측항목에 대해서는 공사감독자와 협의하여 결정하도록 계획하여야 한다.

(3) 댐체 및 주변지반의 간극수압 측정을 위한 계측기기 배치

4.1.7.4 계측기기의 배치

(1) 제방규모, 지반조건, 현장조건 등을 고려하여 최대변위와 최대응력이 작용할 것으로 예상되는 위치에 중점적으로 계측기기를 배치하여야 한다.
(2) 계측목적을 고려하여 각 계측기기는 서로의 연관성을 유지하도록 하며 가능한 한 동일단면에 계측기기를 배치하여야 한다.
(3) 계측기기 설치수량은 기존제방의 설치 실례와 운영실적을 참고하여 정하되 운영기간 중의 고장 등을 고려하여 20 % 정도의 여유물량을 추가하여 배치하여야 한다.

4.1.7.5 계측기기의 선정

(1) 이 기준의 1.11을 따른다.

4.1.8 항만공사

4.1.8.1 계측계획의 수립

(1) 이 기준의 1.7을 따르도록 하고, (2)항을 추가한다.
(2) 항만 건설 중 각종 계측기록을 공사진행 과정에 따라 정보화하고, 계측결과가 공사 및 안전관리에 즉각적으로 활용될 수 있도록 자동 및 인터넷을 활용한 계측시스템의 구축을 검토하여 계획을 수립하여야 한다.

4.1.8.2 계측단면의 선정

(1) 항만 공사 중 항만구조물(케이슨, 안벽 등) 및 주변 지반을 계측대상으로 한다.
(2) 계측계획을 수립할 때 주 계측단면과 보조 계측단면으로 구분하여 계측계획을 수립한다.
(3) 계측은 구조적인 거동 및 안전성에 결정적인 영향을 미칠 수 있는 구간을 대표 단면으로 선정하여 계획을 수립하여야 한다.
(4) 계측위치의 선정은 현장 상황을 대표할 수 있는 장소, 또는 큰 변형이 예측되는 장소를 선정하여야 하고 구조적으로 가장 위험한 단면을 주 계측단면으로 선정하여야 한다.
(5) 설치위치는 사전에 공사감독자에게 보고 후 시행할 수 있도록 계획하여야 한다.

4.1.8.3 계측항목의 선정

(1) 항만 공사 중 항만구조물(케이슨, 안벽 등) 계측
① 설계상의 작용하는 응력과 반력, 토압과 비교하기 위하여 항만 구조물에 작용하는 철근응력, 콘크리트 응력, 반력, 수평토압을 측정하도록 계획하여야 한다.
② 항만 구조물의 안정성을 확인하기 위하여 외력(뒤채움, 쌓기, 조위 등)에 의한 침하 및 수평변위(기울기)를 측정하도록 계획하여야 한다.

③ 항만 구조물 주변 지반의 안정성을 확인하기 위한 층별 침하, 지중수평변위를 측정하도록 계획하여야 한다.
④ 항만 구조물 주변 지반의 지하수위 및 조위를 측정하도록 계획하여야 한다.
(2) 추가적인 계측항목에 대해서는 공사감독자와 협의하여 결정할 수 있도록 계획한다.

4.1.8.4 계측기기의 배치

(1) 항만구조물의 형식 및 규모, 지반조건, 현장조건 등을 고려하여 최대변위와 최대응력이 작용할 것으로 예상되는 위치에 중점적으로 계측계획을 수립하여야 한다.
(2) 계측목적을 고려하여 각 계측기기는 서로의 연관성을 유지하도록 하며 가능한 한 동일단면에 배치하여야 한다.
(3) 계측수량은 계측 목적, 결과분석, 공사상황, 계측기기의 고장 등을 고려하여 선정하여야 한다.
(4) 계측기기 설치수량은 기존 항만 구조물의 설치 실례와 운영실적을 참고하여 정하되 운영기간 중의 고장 등을 고려하여 30 % 정도의 여유물량을 추가하여 계획하도록 한다.
(5) 항만 구조물의 변형 및 응력 측정
① 구조계산 결과를 참고하여 구조적 취약부위에 철근응력 및 콘크리트 응력 계기를 동일 지점에 배치하여야 한다.
② 항만구조물 배면 토압은 케이슨의 크기 및 구조계산 결과를 참고로 하여 설치 위치를 선정한다.
③ 반력은 항만구조물 하부 바닥면 모서리에 배치하여야 한다.
④ 항만구조물의 거동을 관측하기 위해 설치되는 침하 및 수평변위(기울기) 계측기기는 항만구조물 표면에 부착하는 것으로 한다.
(6) 항만 구조물 주변지반의 변형 및 응력 측정
① 항만 구조물 하부 지반의 침하 상태를 파악하기 위해 지층별 침하를 측정하여 항만 구조물 하부 지반의 안정성을 확인할 수 있도록 계획한다.
② 해측 지반에 지중수평변위를 측정하여 해측 지반의 거동상태를 파악할 수 있도록 계획하여야 한다.
③ 육측 지반에 지표침하, 층별 침하, 지중수평변위를 측정하여 육측 지반의 거동상태를 파악할 수 있도록 계획하여야 한다.
④ 항만공사에 필히 설치되어야 할 조위계는 현장의 대표 조위를 설치할 수 있는 장소에 설치하여 실시간으로 조위정보를 받을 수 있도록 계획하여야 한다.

4.1.8.5 계측기기의 선정

(1) 계측기기는 설치, 측정 및 유지관리가 용이하고 측정기간 동안의 내구성이 유지되도록 계획하여야 한다.
(2) 계측기기는 계측목적에 적합한 정확도를 가져야 하며 최대 예상변화량 이상의 측정범

위를 갖도록 하여야 한다.

(3) 측정시스템은 측정의 편리성, 측정빈도, 측정방법, 기기의 호환성 및 경제성 등을 고려하여 구성하도록 하여야 한다.

(4) 자동계측기기의 경우 이상 작동에 대비하여 수동측정이 가능하도록 계획하여야 한다.

4.1.9 건축공사

4.1.9.1 계측계획의 수립

(1) 이 기준의 1.7을 따른다.

4.1.9.2 계측항목의 선정

(1) 침하측정은 초고층건물 또는 동별 층고나 중량의 현저한 차이가 있어 부등침하의 우려가 있을 경우, 또는 연약지반에 구축하는 건축물에 대해 침하측정을 실시하도록 하여야 한다.

(2) 경사측정은 대상건물 또는 주변건물이 지반침하와 같은 물리적 영향을 받아 부등침하가 발생할 우려가 있을 경우 건물의 기울기 측정을 계획하여야 한다.

(3) 변위측정은 장지간 구조물에서 사용성 측면의 처짐관리가 필요할 경우 변위측정을 계획하여야 하며, 새로운 구조시스템 또는 대공간구조물의 지붕 등 구조적 안전성을 면밀히 검토할 필요가 있을 때 변위측정을 계획하여야 한다.

(4) 변형률 측정은 일부 부재 또는 건물이 집중적으로 하중을 받음으로 인해 그 부재의 안전성 여부를 확인을 위해 계획하고 케이블구조, 다중이용 시설물, 새로운 형식의 구조물 등 안전상 관리가 필요한 구조물의 거동을 파악하기 위한 계획을 수립하여야 한다.

(5) 균열계측은 기 발생되어 있는 균열의 지속적인 변화 여부를 파악하여 구조물의 안전성을 감시하기 위하여 실시하도록 하여야 한다.

(6) 기둥 축소량(column shortening) 측정은 초고층건물 기둥과 같이 시공과정 또는 시공 후 탄성수축, 건조수축, 크리프 등의 현상으로 기둥이 축소함으로 인해 구조물의 안전과 사용성에 영향을 미칠 우려가 있을 경우에 계측항목을 선정하여야 한다.

4.1.9.3 계측기기의 배치

(1) 침하측정

① 계측기기는 일반적으로 대상 건물의 주요 수직부재 또는 강성이 높은 수평부재에 설치하여 구조물의 침하를 파악할 수 있는 곳에 배치하여야 한다.

② 계측기는 구조물의 강성분포를 고려하여 부등침하 또는 일괄침하 여부를 파악할 수 있는 위치에 배치되어야 하며, 이때 필히 기초의 강성분포도 고려하여야 한다.

(2) 경사측정

① 삼축방향의 계측기기를 설치하지 않을 경우 계측기기의 방향성을 고려, 건물의 삼축방

향 움직임을 감지할 수 있도록 계측기기를 배치하여야 한다.

(3) 변위측정

① 계측기기는 처짐이 가장 많이 발생하거나 변위가 가장 많이 발생할 것으로 예측되는 부위에 배치한다.

② 온도변화의 영향을 민감하게 받는 경우 온도계도 동시에 배치하여야 한다.

(4) 변형률 측정

① 계측기기는 대상구조물의 붕괴 시나리오와 붕괴메커니즘을 구조해석 등을 통해 파악한 후 붕괴 유발부재에 대해 배치하여야 한다.

② 계측기기는 처짐이 가장 많이 발생하거나 변위가 가장 많이 발생할 것으로 예측되는 부위에 배치하여야 한다.

③ 대상 건물의 주요 구조부재에 설치하여 구조물의 과응력상태를 파악할 수 있도록 계획한다.

(5) 균열폭 진행성 측정

① 계측기기는 건물의 주요 균열부에 배치한다.

② 계측기기는 가급적 온도 변화, 지하수위 변화, 하중에 따른 신축 등 일상적인 균열신축 요인이 없는 곳에 배치한다.

(6) 기둥 축소량(column shortening) 측정

① 계측기기는 대상 건물의 기둥이 파괴 또는 붕괴 시 구조물 전체가 부분적 또는 전체적으로 기능을 유지하지 못하거나 심각한 구조적 손상을 미칠 우려가 있는 기둥 및 코아 벽체에 설치하도록 계획하여야 한다.

② 계측기기는 상대비교를 위해 대상 기둥뿐 아니라 상대변위를 측정할 수 있는 위치(예, 코아 벽체)에도 배치하여야 한다.

③ 구조물 전체의 거동과 일부 기둥의 거동에는 차이가 있을 수 있으므로 구조물 전체의 거동을 파악할 수 있도록 계측기기의 위치를 배치하여야 하고, 계측기기의 수량도 이에 맞춰 정하여야 한다.

④ 기둥축소량은 변형률을 측정하는 것을 기본으로 하며, 온도변화의 영향이 예측되는 경우에는 온도계도 동시에 설치하도록 계획하여야 한다.

4.1.9.4 계측기기의 선정

(1) 이 기준의 1.11을 따른다.

4.1.10 지하굴착공사

4.1.10.1 계측계획의 수립

(1) 이 기준의 1.7을 따르도록 하고, (2)항을 추가한다.

(2) 계측계획 수립 시 다음 사항을 포함하여야 한다.

① 현장 공사개요 및 규모

② 현장 지반 및 인접 환경조건
③ 계측 기자재의 목적에 따른 계획범위와 계측위치에 따른 계측기기 종류와 수량
④ 현장 운영을 위한 독자적인 자체 계측기기 세부 시방내역
⑤ 계측기기의 매설, 설치, 유지 보호 및 관리 방안
⑥ 계측 규모에 맞는 인원 확보
⑦ 계측결과의 수립, 보관, 분류 양식의 합의
⑧ 계측결과 해석용 컴퓨터 프로그램 결정 및 사전교육
⑨ 계측결과를 빠른 시간 내 시공에 재반영할 수 있는 유기적인 체계구성

4.1.10.2 계측단면의 선정

(1) 이 기준의 1.8을 따른다.

4.1.10.3 계측항목의 선정

(1) 이 기준의 1.9를 따른다.

4.1.10.4 계측기기의 배치

(1) 이 기준의 1.10을 따른다.

4.1.10.5 계측기기의 선정

(1) 이 기준의 1.11을 따른다.

4.1.11 발파진동유발공사

4.1.11.1 계측계획의 수립

(1) 시험발파는 발파공사 착수 시에 설계도서에서 작성된 기준을 검토하고 현장여건을 반영하여 시험발파계획서를 제출하여 공사감독자의 승인을 얻은 후 실시하도록 계획하여야 한다.
(2) 시험발파의 목적은 현장의 지반과 지형 및 발파조건에 부합되는 진동과 소음(폭음) 전파특성을 파악하고 인근 보안물건에 영향권을 분석하여 추후 공사 시 보안물건의 안전성을 유지하고 관리하는 데 목적을 두고 계획을 수립하여야 한다.
(3) 발파공사 착수 시에는 시험발파결과 작성된 분석결과를 반영하여 발파영향권의 범위에 위치하고 있는 보안물건에 대한 상세한 계측수행 및 분석계획을 작성하여 공사감독자의 승인을 득하도록 계획하여야 한다.
(4) 계측항목은 발파 시 발생되는 지반진동과 소음(폭풍압)의 측정을 모두 수행할 수 있도록 계획하여야 한다.

4.1.11.2 계측항목의 선정

(1) 굴착작업을 함에 있어 발파 및 기계굴착을 하는 공사장에서는 진동과 소음의 측정을 계획하여야 한다.

4.1.11.3 계측기기의 배치

(1) 발파진동 측정

① 진동게이지는 발파원을 향해 측정대상이 되는 구조물 양측면의 지반 속이나 지반 위에 위치하도록 계획하여야 한다.

② 진동게이지는 측정된 자료가 보안구조물에서 받는 진동수준을 충분하게 나타낼 수 있는 곳에 위치하도록 계획하여야 한다.

③ 접근이 곤란한 보안물건이 있을 경우 진동게이지를 교란이 되지 않은 지반 중 발파원과 가까운 곳에 배치하도록 계획하여야 한다.

(2) 발파소음(폭풍압) 측정

① 발파원에 가장 가까운 구조물의 측정면을 따라서 배치하여야 한다.

② 소음측정 게이지의 높이는 지상에서 900 mm 정도가 적당하고 필요에 따라 높이를 변경하도록 계획하여야 한다.

4.1.11.4 계측기기의 선정

(1) 이 기준의 1.11을 따른다.

4.1.12 가물막이 및 동바리 공사

4.1.12.1 계측계획의 수립

(1) 공사계획에 맞추어 가시설물의 계측계획서를 작성하여 제출하도록 하여야 한다.

(2) 버팀대가 3단 이상 또는 수위의 차가 5 m이상의 차이가 발생되는 가물막이는 계측계획을 수립하여야 한다.

(3) 높이가 4.5 m를 초과하는 동바리에 대해서는 계측계획을 수립하여야 하며, 규모가 작거나 구조해석 결과에 안전이 확인된 경우에는 계측을 생략할 수 있다.

(4) 계측계획 수립 시 콘크리트 타설을 위한 동바리와 같이 실시간 하중이 변하는 경우에는 실시간 계측을 할 수 있도록 계획하여야 한다. 동바리는 콘크리트 타설 작업 중 침하와 변형을 정확하게 측정할 수 있는 장치를 설치하여 관리할 수 있도록 계측계획을 수립하여야 한다.

(5) 평상시에는 하중의 변화가 없으나 홍수 시에도 안전이 확보되어야 하는 가물막이는 실시간 계측을 할 수 있도록 계측계획을 수립하여야 한다.

4.1.12.2 계측단면의 선정

(1) 이 기준의 1.7을 따른다.

4.1.12.3 계측항목의 선정

(1) 이 기준의 1.9를 따른다.

4.1.12.4 계측기기의 배치

(1) 이 기준의 1.10을 따른다.

4.1.12.5 계측기기의 선정

(1) 이 기준의 1.11을 따른다.

4.2 계측기기 및 계측시스템의 구성

4.2.1 계측기기의 종류

4.2.1.1 계측기기 정의

(1) 계측기기는 물리적 에너지를 변환하기 위해 계측기기 재료의 감지 소자가 내장된 변환기에 의해 전기 또는 빛 에너지로 변환되어 자료 수집과정을 거쳐 정보화처리 되는 것이다.

표 4.2-1 감지소자에 따른 역학계측기기의 분류

감지 소자	대표적 변환기
스트레인 게이지	변형, 변위, 하중, 경사, 압력, 토크, 온도, 가속도
차동트렌스 게이지	변위, 하중, 각도, 압력, 가속도
진동현식 게이지	변형, 변위, 하중, 경사, 압력, 토크, 온도
포텐셔미터	변위, 하중, 각도, 가속도
광학식 게이지	변위, 하중, 각도, 가속도
광섬유격자 게이지	변형, 변위, 하중, 경사, 압력, 토크, 온도, 가속도

표 4.2-2 역학계측기기의 감지소자

역학게이지	대표적 감지소자
응력 및 변형	스트레인게이지, 진동현식, 광섬유격자
변위	스트레인게이지, 진동현식, 포텐셔미터, 차동트렌스, 광섬유격자, 광학식
각도	차동트렌스, 포텐셔미터, 광학식
경사	스트레인게이지, 진동현식, 광섬유격자, 포텐셔미터, 차동트렌스, 전해질, 광학
가속도	스트레인게이지, 차동트렌스, 압전소자, 정전용량소자, 서보형
하중	스트레인게이지, 진동현식, 광섬유격자, 포텐셔미터, 차동트렌스

4.2.1.2 스트레인게이지(변형률 게이지)

(1) 스트레인게이지는 금속이나 반도체에서 기계적인 신장 또는 압축을 받으면 그로 인해 저항이 변하는 성질을 이용하는 계측기기이다. 스트레인게이지는 진동현식 계측기기와 함께 역학게이지 중 가장 다양한 변환기가 제조되고 있으며, 건설 및 기계 현장의 다양한 계측 측정에 활용되고 있다. 변형률 게이지에 의한 계측값은 부재의 결함 및 손상상태, 결선방법, 와이어의 길이 및 주변환경 등의 영향을 많이 받으므로 계측기기 선정 시 다음 사항들을 고려하여 선정하여야 한다.

① 용도(콘크리트용, 강재용)
② 측정항목 및 위치(축응력, 주응력)
③ 기후(일반형, 방수형)
④ 측정범위
⑤ 사용온도범위
⑥ 정밀도
⑦ 게이지 저항, 게이지 계수율
⑧ 결선방법
⑨ 와이어 종류 및 길이
⑩ 사용 장비와 호환성 등

4.2.1.3 변위계(displacement)

(1) 변위계측에 이용되는 계측기기의 종류에는 다이얼 게이지(dial gauge), LVDT(Linear-Variable Differential Transformer), ring type 변위변환기, 포텐셔미터(potentiometer) 등이 있으며, 균열 및 신축이음부의 간격변화를 측정하기 위해 간혹 균열계 등도 사용된다.

4.2.1.4 다이얼 게이지(dial gauge)

(1) 소형으로 적용하기 쉽고, 계측 결과를 자체와 계측기에 의해 각각 또는 동시에 판독할 수 있으나, 동적 변위의 측정은 불가능하며, 대부분 실험실 수준의 계측에서 사용되고 있다.

4.2.1.5 차동트렌스 게이지

(1) 차동트렌스 게이지(LVDT: Linear Variable Differential Transformer)는 코일의 상호 유도작용을 이용하여 직선변위 및 각 변위를 전기신호로 변환하는 계측기기이다. 현장계측에서 가장 일반적으로 사용되는 변위변환기로써 정·동적 변위측정에 사용된다.

4.2.1.6 ring type 변위변환기

(1) 구조물의 변위에 따라 ring에 부착된 변형률 게이지를 이용하여 ring의 변형을 변위로 환산하여 측정하는 계측기기로 교량의 정·동적 처짐 측정에 사용된다.

4.2.1.7 포텐셔미터

(1) 포텐셔미터(potentiometer)는 가변저항 양단에 정전압을 인가한 상태에서 피측정 물체에 연결된 와이퍼(wiper)가 저항체 위를 이동하면 저항이 변위량의 크기에 비례하여 변화하는 전압을 얻는 원리를 이용하는 계측기기이다. 저항을 사용한 접촉식 포텐셔미터는 습동자의 마찰력에 의한 마모로 인해 수명의 신뢰성이 낮고 측정 장소의 환경적인 영향에 민감하여 사용이 부적절한 경우가 있다.

4.2.1.8 광학식 변위게이지

(1) 광학식 변위게이지(optical displacement **sensor**)는 위치검출소자(PSD: Position Sensitive Device)를 이용하여 반도체의 표면저항을 이용해서 1개의 핀접합으로 입사광점의 위치를 검출하는 반도체 소자이다. PSD에는 1축방향만의 광을 검출하는 1차원 PSD와 각 변위 측정에 적합한 1차원 PSD, 평면상의 광점 위치를 검출할 수 있는 2차원 PSD가 있다.

4.2.1.9 진동현식 게이지

(1) 진동현식 게이지의 구조는 피아노선과 전자석으로 구성되며, 피아노선(현)을 양단에 일정한 장력이 유지되도록 정착하고 전자석에 펄스를 인가하여 현이 자력선에 의해 고유 진동주파수로 진동하는데, 이때 현의 장력에 따라 진동 주파수가 변하게 되며 변화하는 진동 주파수를 측정하여 현의 장력을 계산하여 계측하는 원리를 이용하는 계측기기이다. 진동현식 계측기기의 장점은 현의 진동주파수를 전송하므로 전기저항식 게이지에 비해 감지신호를 장거리 전송하여도 신호의 감쇄가 없다. 단점은 온도계수가 크고, 신호의 감지 범위가 다른 소재에 비해 낮다. 진동현식 게이지는 스트레인게이지와 함께 역학게이지 중 가장 다양한 변환기로 제조되고 있으며, 주로 건설현장에 많이 적용되고 있다.

4.2.1.10 광섬유격자 게이지

(1) 광섬유격자 게이지(FBG: Fiber Bragg Grating)는 광섬유 자체가 신호 전달 역할을 하므로 하나의 단일 광섬유선을 이용하여 구조물의 여러 부위에서 측정된 정보를 수집, 처리할 수 있는 다중점(multi-point) 게이지 또는 분포(distributed) 게이지의 구현이 가능하다.

4.2.1.11 가속도계

(1) 가속도계는 구조물의 진동을 전기적인 신호로 변환하여 물리량 값을 지시계 또는 자료 처리장치에 전송한다.

(2) 가속도계는 원리에 따라 여러 가지의 형식이 있으며, 현재 일반적으로 많이 사용되는 형식으로는 전기저항식, 서보형식 및 압전형식 등이 있다.

(3) 가속도계는 계측 대상 주파수 전체 범위를 계측할 수 있는 사양을 선정하여야 한다. 특히 주파수 특성에 따라 계측 자료의 시간간격을 설정하는 것이 중요하다.

4.2.1.12 계측기기의 특성을 나타내는 용어

(1) 감도(sensitivity)는 입력량에 대한 출력량의 비율을 나타낸다. 다른 사양서에는 감도 대신에 스케일 팩터(scale factor)라고 적혀 있기도 하다.

(2) 범위(range)는 각 계측기기가 측정할 수 있는 범위를 나타낸다. 이것을 보통 풀 스케일(full scale), 풀 스팬(full span) 또는 풀 스토록(full stroke)으로 나타내기도 한다. 약어 FS로 사용한다.

(3) 분해능(resolution)은 각 계측기기가 측정할 수 있는 최소 물리량을 나타내며, 작을수록 좋은 계측기기이다.

(4) 비직선성(non-linearity)은 계측기기의 입력대비 출력 관계가 이상적인 직선 관계로부터 벗어남의 정도이다. 비직선성에서 나타나는 수치가 작은 계측기기일수록 더 신뢰할 수 있는 계측기기라는 의미이다.

(5) 정확도(accuracy)는 계측기기에서 나오는 출력값이 실제 참값과 얼마나 가까운지를 나타내는 값이다. 계측기기 사양서에는 정확도 표시를 오차 개념으로 표시한다.

4.2.2 계측시스템의 구성

(1) 계측시스템은 크게 자료 획득시스템 및 전송시스템으로 구성한다. 자료 획득 시스템은 계측기기, 스위치박스, 변형측정기, 기록기, 자료저장 및 제어를 위한 컴퓨터, 분석을 위한 컴퓨터, 그 밖의 주변기기 등을 말한다. 전송시스템은 데이터 전송을 위한 송신, 수신 장치를 말한다.

(2) 계측자료 획득 장치(data logger)는 계측시스템의 핵심으로 브릿지 전원, 신호증폭기, A/D변환기 등의 기본 기능 외에 교환기의 제어와 컴퓨터와의 인터페이스 등의 기능을 가지고 있는 장치이다.

(3) 계측기기는 센서 및 게이지 등이다.

(4) 스위치박스는 측점이 많은 경우 변형측정기만으로 계측기와 연결이 불가능할 때 사용하는 일종의 교환기로 스캐너라고도 한다.

(5) 제어 및 분석을 위한 컴퓨터는 많은 양의 계측자료를 효율적으로 분석하기 위하여 측정기와 연결하여 계측을 제어하고 분석하는 컴퓨터 시스템이다.

(6) 히스토그램 분석기는 구조물의 피로해석 및 이에 따른 잔존수명 예측에서 정확한 응력 빈도함수를 측정하기 위해서 사용되는 장치이다.

(7) F.F.T 분석기는 Fourier Transform 회로를 이용하여 계측 자료의 주파수를 분석하고 출력하는 기기이다.

(8) 저장장치는 계측된 자료를 저장하는 장치이다.

(9) 차폐 케이블(shield cable)은 각종 노이즈를 차단하기 위하여 사용하는 자료 전송용 케이블로서 가는 선을 망사 모양으로 꼰 것과 알루미늄 포일 형태가 있다.

(10) 접지(earth end)는 보호함, 내부 기기, 전원 접지 단자, 차폐 케이블의 실드 등은 적절하게 접지를 하여 유입된 노이즈를 흘려보낼 수 있는 경로를 마련해 주는 것이다. 접지는 또한 기기 누전 시 사람을 보호할 수 있다. 접지는 검토를 충분히 하고, 접지의 품질을 파악하여 적절히 설치하여야 하며, 잘못된 접지는 오히려 노이즈 유입원이 되는 경우도 있다.

(11) 데이터 획득 시스템 자체는 크기와 경제성 면에서 소수의 채널을 가지고 채널 수 만큼의 계측기기를 측정할 수 있다. 하나의 데이터 획득 시스템이 제공하는 채널 수보다 많은 계측기기를 측정하기 위해서는 다중화기(multiplex)를 사용하여 채널을 확장하는 것이 가능하며, 확장된 채널 수 만큼 연결 가능한 계측기기 수가 늘어난다. 데이터 획득 시스템은 다중화기 제어 신호를 사용하여 확장된 채널의 주소를 지정하여 원하는 계측기기를 순차적으로 측정할 수 있다.

4.2.2.1 계측자료 획득 장치

(1) 측정의 편리성, 측정빈도, 측정방법, 기기의 호환성 및 경제성 등을 고려하여 구성하여야 한다.

(2) 계측자료 획득 장치에는 정적 계측자료 획득 장치와 동적 계측자료 획득 장치로 구분할 수 있으며 계측대상 시설물의 중요도, 피해 발생 시 영향, 경제성, 계측빈도 등을 고려하여 계획을 수립하여야 한다.

① 정적 계측자료 획득 장치

가. 정적 데이터 획득 장치는 정적 계측기기로 측정할 수 있는 신호처리회로와 자료저장 메모리, 컴퓨터와의 통신을 위한 통신 인터페이스장치가 내장되어야 한다.

나. 정적 데이터 획득 장치는 다양한 전기적 신호를 처리할 수 있어야 하며, 계측기기의 정밀도를 안정적으로 보장하여야 한다.

다. 정적 데이터 획득 장치는 측정자료의 저장, 일정 주기로 자동측정할 수 있는 스케줄 설정기능, 자가진단기능 및 자동복귀기능을 갖추어야 한다.

라. 다수의 계측기기를 연결하기 위한 채널확장장치를 사용하는 경우 데이터 로거의 제어 신호에 따라 순차적으로 측정이 이루어져야 한다.

② 동적 데이터 획득 장치

가. 동적 데이터 획득 장치는 계측 대상 시설물의 동적 분석이 가능한 측정속도를 수행할 수 있어야 한다.

나. 동적 데이터 획득 장치는 계측치가 임계치 이상의 값을 갖는 경우에 계측 시작과 저장을 지시하는 트리거 기능을 보유하여야 한다.

다. 동적 계측자료를 저장할 수 있는 적절한 용량의 내장메모리가 장착되어 있거나 외부 메모리장치를 연결할 수 있어야 한다.

라. 대용량 자료 전송이 가능한 통신 인터페이스장치를 내장하고 있어야 한다.

4.2.2.2 계측기기 운용기법

(1) 인력에 의한 계측기기 운용과 자동화 장비에 의한 운용기법으로 크게 구분할 수 있으며, 붕괴 및 활동의 진행 특성, 계측대상 시설물의 중요도, 피해 발생 시 영향, 경제성, 계측빈도 등을 고려하여 운용기법을 선택하여야 한다.

4.2.2.3 일반적인 계측관리의 자동화

(1) 기록지 또는 저장장치에 계측자료를 기록할 때까지를 자동화하고, 그 후의 처리는 별도로 컴퓨터로 실시하는 반자동 계측관리 기법과, 자료 수집·해석·그래프화까지를 유선·무선으로 온라인화된 시스템으로 일관하여 실시하는 전자동 계측관리 기법 및 상기의 두 가지 방법을 병용하는 기법으로 구분하며, 계측대상 조건을 고려하여 운용기법을 선정하여야 한다.

4.2.2.4 피해 방지 및 최소화 방법

(1) 조기에 징후를 감지하는 것이 중요하고, 모니터링과 동시에 신속하게 그 정보를 전달·처리하는 것이 필요하며 계측자료의 수집·처리·해석까지를 일괄하여 처리하는 자동화 기술을 사용하는 것을 고려하여야 한다.

4.2.2.5 계측자료 자동화 획득 장치

(1) 계측기기로부터 계측자료를 원격계측실의 컴퓨터로 전송하여 원격컴퓨터에서 계측자료의 저장·분석이 가능하여야 하며, 필요시 수동 계측이 가능한 시스템으로 계획하여야 한다.

(2) 각 지점의 계측기기를 원격지에서 원격제어하여 계측의 빈도를 조정할 수 있도록 계획하여야 한다.

(3) 계측자료 자동화 획득장치를 사용하는 경우 안정적으로 계측자료를 획득·저장·송신할 수 있도록 전원공급장치를 설치하고 전압안정장치, 제습장치, 항온장치, 낙뢰 방지장치 등의 부속기기를 설치하여야 하며 필요한 경우 진동의 영향을 받지 않도록 방진장치를 계획하여야 한다.

표 4.2-3 전원 공급장치의 설치 유무

종류	공사 중 계측	유지관리계측
정전압 공급장치	설 치	설 치
무정전 전원공급장치	미설치	설 치
각종 noise 저감장치	설 치	설 치

4.2.2.6 계측자료 통신방법

(1) 계측자료 통신방법은 유선 및 무선방식을 사용할 수 있다.

(2) 계측자료 통신방법은 전압드롭, 전자기 간섭 등 주위 환경뿐만 아니라, 유지 관리비를 고려하여 결정하여야 한다.

(3) 유선에 의한 통신에는 차폐 케이블(shield cable)을 사용하여야 한다.
(4) 무선에 의한 통신에는 무선 통신관련 법규에 위배되지 않는 방법을 적용하여야 한다.
(5) 자동계측시스템의 통신장치는 현장의 제반여건을 고려하여 선정 및 보완하여 구축하도록 한다.
(6) 공사 중 계측과 연계하여 장기계측을 수행할 경우에는 통신시스템에 대한 장기간 안정성과 유지관리의 효율성 및 경제성 등을 고려하여 통신시스템을 계획하여야 한다.
(7) 통신 매체는 RS232, RS485, RS422, UTP, 광케이블, 모뎀, 무선 RF 모뎀, 무선 CDMA 모뎀, 802.11(a,b,g) 등의 방식을 사용할 수 있어야 하며, 통신 프로토콜은 MODBUS 또는 FIELDBUS를 사용하여 호환성을 유지할 수 있어야 한다.
(8) 통신망 구축 시 도면에 표시된 규격 또는 그 이상의 규격을 사용하여야 한다.
(9) 통신용 케이블의 배선은 색상을 통일하여 배선하도록 하며, 접속방법은 안정적인 결속이 되도록 견고한 고정방식을 적용하여야 한다.

4.2.2.7 전원차단기

(1) 누전에 의한 자동화계측장치의 오동작, 파손, 계측자료의 오류를 방지하기 위하여 전원차단기를 사용한다.
(2) 전원차단기의 용량은 전체 시스템의 소비전류를 감안하여 적정한 용량을 선정하여야 한다.

4.2.2.8 전압안정기

(1) 불안정한 전원으로 인한 자동화계측장치의 오동작, 파손, 계측자료의 오류를 방지하기 위하여 정전압, 정주파수를 공급할 수 있는 전압안정기를 사용하여야 한다.

4.2.2.9 무정전 전원공급장치

(1) 정전 및 단전으로 인한 계측자료 손실을 최소화하기 위하여 무정전 전원공급장치를 사용한다.
(2) 무정전 전원공급장치의 용량은 시스템 소비전류와 지속시간을 감안하여 적정한 용량을 선정하여야 하며, 정전압, 정주파수를 공급할 수 있어야 한다.

4.2.2.10 항온·항습장치

(1) 항온·항습장치는 주변환경이 시스템의 가동에 영향을 줄 경우에 적용한다.

4.2.2.11 보호함

(1) 보호함은 계측기기 및 자동계측장치를 보호하기 위하여 사용한다.
(2) 보호함의 재질은 주변여건에 따라 선정하여야 한다.
(3) 보호함은 시건장치를 장착하여 외부인의 접촉을 방지하여야 한다.
(4) 보호함은 내부장치 및 배선의 점검이 용이한 크기여야 한다.

4.2.2.12 잡신호 필터

(1) 잡신호(노이즈) 발생이 예상되는 부분에는 적정한 잡신호 필터장치를 사용하여야 한다.

4.2.2.13 접지설비

(1) 접지설비는 주변환경과 접지의 용도에 따라 적합한 형태를 선정하여야 한다.
(2) 접지설비는 이용 가능한 현장구조물 접지설비를 사용하며, 현장여건이 여의치 않을 때는 별도의 접지공사를 하여야 한다.
(3) 접지설비는 접지로 인하여 오히려 시스템에 역기능이 발생할 경우에는 설치 여부를 재검토하여야 한다.

4.2.3 운영시스템 및 프로그램

4.2.3.1 일반사항

(1) 운영시스템 및 프로그램은 각 계측기기로부터 자동계측장치로 전달되는 신호를 관리하고, 장치를 제어하며, 계측자료를 분석하는 종합기능의 컴퓨터 프로그램이어야 한다.
(2) 운영프로그램의 기능은 그래픽을 바탕으로 구성되어 사용이 간편하고, 한글화된 구조이어야 한다.
(3) 자동계측장치로부터 전달되는 계측자료는 실시간으로 디스플레이가 가능하여야 한다.
(4) 운영프로그램의 계측자료 처리 시 요구되는 다음의 기능을 포함하여 계획하여야 한다.

① 계측자료의 이상 유무 판단 알고리즘
② 계측기기의 타입별, 계측기기 위치별 관리한계의 설정
③ 트리거링에 의한 자동 계측자료 파일 관리
④ 계측기기의 전기적 신호를 공학적 파라미터로의 전환기능
⑤ 계측자료의 용지 인쇄 및 범용 파일형식(엑셀, 텍스트)으로의 출력기능
⑥ 관리한계 초과 시 경보발령 기능

4.2.3.2 운영프로그램 구성

(1) 운영프로그램은 그래픽 화면 구성으로 설치단면의 위치 및 단면 내 설치된 계측기기의 위치를 표기하여 사용자가 이해하기 쉽도록 구성되어야 한다.
(2) 계측자료는 시간이력에 대한 그래프 표시가 되어야 하며, 계측항목에 따른 다양한 비교 분석기능이 가능하여야 한다.
(3) 원격으로 자동계측장치를 제어하여 계측빈도 및 설정상태를 조절할 수 있어야 한다.
(4) 자동계측의 결과는 가능한 한 인터넷을 통하여 다수의 사용자에게 실시간으로 제공되어야 한다.

(5) 운영프로그램은 자동계측자료 외에 수동계측자료 및 기타 관측자료를 입력할 수 있어야 하며 종합적인 분석이 가능하여야 한다.

4.2.4 경보시스템

4.2.4.1 일반사항

(1) 현장의 계측결과에 대한 경보전파는 다양한 방식으로 전파될 수 있어야 한다.

4.2.4.2 SMS 문자경보

(1) 휴대폰 문자전송방식을 이용하여 관리자에게 즉시 경보전파가 이루어져야 한다.

(2) SMS 문자경보의 내용에는 발생시점, 계측기기 번호, 계측자료가 포함되어야 한다.

4.2.4.3 경광등

(1) 현장의 여건에 따라 경광등을 사용하여 경보를 전파한다.

4.2.4.4 사이렌

(1) 현장의 여건에 따라 사이렌을 설치하여 경보상황을 전파한다.

집필위원

성 명	소 속	성 명	소 속
강인규	㈜브니엘컨설턴트	이승환	한국건설기술연구원
권형석	㈜이제이텍	이용수	한국건설기술연구원
백승철	안동대학교	이원종	한국건설기술연구원
우종태	경복대학교	원훈일	한국건설기술연구원

(가나다순)

건설기준위원회 및 국가건설기준센터

성 명	소 속	성 명	소 속
공정식	고려대학교	이영호	한국건설기술연구원
김운형	다산컨설턴트	김기현	한국건설기술연구원
박준호	㈜삼안	김나은	한국건설기술연구원
여규권	삼부토건	김민관	한국건설기술연구원
오광근	㈜동명기술공단	김재훈	한국건설기술연구원
이규환	건양대학교	김희석	한국건설기술연구원
이대환	㈜신성엔지니어링	류상훈	한국건설기술연구원
정문경	한국건설기술연구원	안준혁	한국건설기술연구원
조충식	지오텍엔지니어링	유영수	한국건설기술연구원
진규남	한국토지주택공사	이상규	한국건설기술연구원
최상철	국토안전관리원	이소정	한국건설기술연구원
추연욱	공주대학교	이승재	한국건설기술연구원
		주영경	한국건설기술연구원
		최봉혁	한국건설기술연구원
		허원호	한국건설기술연구원

(가나다순)

중앙건설기술심의위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
고정식	한국토지주택공사	오세붕	영남대학교
김성호	대보건설	이상돈	한국도로공사
김희수	한국토지주택공사	이해수	한국도로공사
송영석	한국지질자원연구원		

(가나다순)

국토교통부

성 명	소 속	성 명	소 속
권미정	국토교통부 기술혁신과	양성모	국토교통부 기술혁신과
신중호	국토교통부 기술혁신과		

(가나다순)

KDS 11 10 15 : 2025

지반계측

2025년 12월 24일 개정

소관부서 국토교통부 기술혁신과

관련단체 한국지반공학회
05836 서울특별시 송파구 법원로9길 26, C동 701호(문정동,에이치비즈니스파크)
Tel : 02-3474-4428 E-mail : kgssmfe@hanmail.net
http://www.kgshome.org

작성기관 한국지반공학회
05836 서울특별시 송파구 법원로9길 26, C동 701호(문정동,에이치비즈니스파크)
Tel : 02-3474-4428 E-mail : kgssmfe@hanmail.net
http://www.kgshome.org

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

KDS 11 00 00 지반 설계기준

설계기준 Korean Design Standard

KDS 11 30 05 : 2025

연약지반 설계 일반

2025년 12월 24일 개정

http://www.kcsc.re.kr

국토교통부

KC CODE

건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

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

건설기준 연혁

- 이 기준은 건설기준 코드체계 전환(국토교통부 고시 제2016-438호, 2016년 7월 6일)에 따라 기존 건설기준(설계기준, 표준시방서) 간 중복·상충을 비교 검토하여 코드로 통합 정비하였다.

- 이 기준의 주요 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년.월)
구조물기초 설계기준	• 합리적인 설계를 위하여 본구조물 기초설계기준을 기초지반의 성질 및 상부구조의 조건을 고려하여 경제적이고 통일성 있는 체계가 이뤄지도록 기준 제정	제정 (1971.12)
구조물기초 설계기준	• 외국자료의 분석과 기 개정된 각종 시방서 시설기준 및 제규정 등과의 상호 연관성을 검토하고, 미비점을 충분히 반영하여 개정.	개정 (1986.11)
구조물기초 설계기준	• 그간의 지반공학 분야의 기술발전을 반영하고, 관련기준의 개정에 따른 내용 조정 등 수정하고 국제표준단위인 미터법과 SI단위로 통일 개정.	개정 (2002.12)
구조물기초 설계기준	• 구조물기초 설계기준 개정	개정 (2008.11)
구조물기초 설계기준	• 토목, 건축공사 등의 건설구조물 기초 설계를 국가의 설계기준형식에 부합시키고, 신기술, 신공법 등의 시대적 변화를 적용시키며 설계자의 창의적 설계를 유도할 수 있도록 개정.	개정 (2014.2)
구조물기초 설계기준	• 도심지 지반침하 현상의 지속적 발생으로 국민불안이 증대하고 있으나, 다소 미흡한 지반침하와 관련된 조사 및 설계관련 하여 공동 및 싱크홀을 조사하도록 철도설계기준 개정사항(2015)을 반영하여 개정.	부분개정 (2016.5)
KDS 11 30 05 : 2016	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비함	제정 (2016.6)
KDS 11 30 05 : 2016	• 한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함	수정 (2018.7)
KDS 11 30 05 : 2021	• 기준명 변경과 건설기준의 구체화 및 현실화 반영하고 건설기준 코드작성 지침에 따른 수정	개정 (2021.12)
KDS 11 30 05 : 2025	• 굴착공사장 안전관리강화 방안('25.5.27)에 따른 연약지반 공법 일반화	개정 (2025.12)

제　　정: 2016년 7월 6일		개　　정: 2025년　12월　24일	
심　　의: 국토교통부 중앙건설기술심의위원회		자문검토: 국가건설기준센터 건설기준위원회	
소관부서: 국토교통부 기술혁신과			
관련단체: 한국지반공학회		작성기관: 한국지반공학회	

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

목 차

1. 일반사항 ····· 1

1.1 목적 ····· 1

1.2 적용범위 ····· 1

1.3 참고 기준 ····· 1

1.4 용어의 정의 ····· 1

1.5 기호의 정의 ····· 1

1.6 연약지반의 판정 ····· 2

2. 조사 및 계획 ····· 2

2.1 조사 및 계획 일반 ····· 2

2.2 연약지반 확인조사 ····· 3

3. 설계 ····· 3

3.1 일반사항 ····· 3

3.2 연약지반 개량공법 ····· 4

1. 일반사항

1.1 목적

(1) 이 기준은 지반에 건설되는 구조물에 대하여 안정성을 확보하지 못하는 연약지반의 설계기준을 제시하는 것을 목적으로 한다.

1.2 적용범위

(1) 이 기준은 지반에 건설되는 구조물에 대하여 안정성을 확보하지 못하는 연약지반의 보강이나 대책공법 설계에 적용된다.

(2) 연약지반은 쌓기 규모나 구조물 목적에 따라 상대적인 의미로 평가되며, 원지반이 건설되는 구조물에 대해 안정성을 만족하지 못할 경우 연약지반으로 취급하여 지반보강이나 대책을 강구하여야 한다.

(3) 연약지반 대책공법으로서 지반개량을 시행할 경우 기초지반의 특성, 구조물의 종류와 크기, 시공기간과 난이도, 경제성, 환경영향 등을 고려하여 적합한 개량공법을 선정하여야 한다.

1.3 참고 기준

1.3.1 관련 법규

내용 없음

1.3.2 관련 기준

- KDS 11 10 05 지반설계 일반

1.4 용어의 정의

- 모르타르 : 시멘트, 잔골재, 물 및 필요에 따라 첨가하는 혼화 재료를 구성재료로 하여, 이들을 비벼서 만든 것, 또는 경화된 것
- 연약지반 : 구조물의 기초 지반으로서 충분한 지지력과 침하에 대한 안정성을 갖지 못하여 지반 개량 또는 보강 등의 대책이 필요한 지반
- 연직배수공법 : 점토층 중에 투수층에 연결된 연직한 배수로를 형성하여 압밀을 촉진하는 공법. 배수재로서 모래를 쓰는 샌드드레인, 모래를 자루에 담은 팩드레인, 플라스틱 제품을 사용하는 PVD(Prefabricated Vertical Drain)공법이 있다.
- 전기비저항탐사 : 물리탐사법의 일종으로 지반 내 전류를 흘려보냄으로써 비저항을 측정하여 지반의 지질구조 및 지하수 분포구간 확인 등을 조사하는 방법

1.5 기호의 정의

- 선행압밀하중(σ_{vp}') : 과거에 점토가 받았던 최대유효연직응력

- 압축지수(C_c) : 압밀시험 결과 얻어진 $e-\log\sigma'$ 관계곡선에서 직선 부분(원시 압축)의 기울기
- 재압축지수(C_r) : 압밀시험 결과 얻어진 $e-\log\sigma'$ 관계곡선에서 재압축 곡선(과압밀영역)의 기울기
- 초기간극비(e_o) : 압밀시험 시작 전 시료의 초기 간극비
- 압밀계수(c_v) : 지반의 압밀속도 즉, 지반의 압밀침하가 진행되는데 걸리는 시간을 계산하기 위해 필요한 값. 압밀시험 결과 얻어진 시간-압축량 관계곡선으로부터 구할 수 있음.

1.6 연약지반의 판정

(1) 연약지반 유무 판단은 시추조사와 병행하여 실시하는 원위치 조사인 표준관입시험, 콘관입시험 등을 통해 판단하여야 한다.

(2) 연약지반의 잠재성을 내포하고 있는 지반의 판정은 점성토 지반과 사질토 지반으로 나누어 판단한다.

(3) 판정기준

① 절대적 판정기준은 곤란하나 실무적 견지에서 판정기준은 필요하며, 일반적인 경우 연약지반의 판정은 표 1.6-1에 따라 연약지반을 판정하며, 구조물에 대해 안정성을 만족하지 못하는 경우에는 연약지반으로 판정한다.

② 점성토 및 이탄질 지반에서의 N값을 이용한 연약지반 판정은 신중하게 적용하여야 한다.

③ 표 1.6-1은 최소 기준이며, 액상화 검토 유무 및 구조물의 허용침하량 기준을 고려하여 연약지반을 판정하여야 한다.

표 1.6-1 연약지반 판정기준

구분	점성토 및 이탄질 지반		사질토 지반
층두께	10 m 미만	10 m 이상	-
N값	4 이하	6 이하	10 이하
q_u (kN/㎡)	60 이하	100 이하	-
q_c (kN/㎡)	800 이하	1,200 이하	4,000 이하

2. 조사 및 계획

2.1 조사 및 계획 일반

(1) 연약지반 특성 평가를 위한 조사 및 시험 계획 수립 시 다음 사항에 유의하여야 한다.

① 지반조건에 적합한 조사항목과 시험을 계획하여야 한다.

② 심도별 응력이력과 전단강도 분포의 추이를 구하기 위해서는 동일 지반정수에 대해 최소한 회귀분석이 가능한 수량이 확보되도록 하여야 한다.

(2) 지반개량을 실시한 후의 지반에 대하여는 개량 효과 확인을 위해 지반조건에 적합한 시험 계획을 수립하여야 한다.

2.2 연약지반 확인조사

(1) 표 2.2-1과 같은 상세한 지반조사를 통하여 연약지반의 특성을 확인하여야 한다.

(2) 연약지반의 침하 문제는 원위치조사에서 확인되지 않는 지형에서 주로 발생할 가능성이 있으므로, 전체노선에 대한 국부적인 연약지반 평가가 필요한 구간에 대해 탄성파탐사나 전기비저항탐사를 적용할 수 있다.

(3) 연약지반의 전단변형특성을 파악할 필요가 있을 경우에는 공내재하시험을 적용할 수 있다.

표 2.2-1 연약지반 조사항목

조사항목	시험목적	시험표준
핸드오거	연약지반 확인	KS F 2319
시추조사	지층 확인	KS F 2307
피에조콘 관입시험	연약지반 파악 및 설계정수 획득	KS F 2592
간극수압 소산시험	압밀계수 산정	KS F 2592
베인시험	비배수 전단강도 산정	KS F 2342
탄성파탐사/전기비저항탐사	연약대 파악	
공내재하시험	전단변형특성 파악	
실내시험 (함수비, 밀도, 체분석, 입도, 액성·소성, 전단, 삼축 압축, 일축 압축, 압밀, 기타시험 등)	지반정수 산정	KS F 2306 KS F 2308 KS F 2302 KS F 2303 KS F 2343 KS F 2346 KS F 2314 KS F 2316

3. 설계

3.1 일반사항

(1) 점성토층의 침하특성 파악을 위해 토성시험 및 압밀시험 결과로부터 선행압밀하중(σ_{vp}'), 압축 및 재압축지수(C_c, C_r), 초기간극비(e_o), 압밀계수(c_v, c_h) 등을 분석하여야 한다.

(2) 침하량 계산 시 다음 사항을 고려하여야 한다.

① 일반적으로 점토지반의 즉시침하는 매우 작아서 무시하고 압밀침하는 간극수압의 소산으로 발생하는 1차 압밀침하량과 토립자의 재배치에 의한 이차압축침하량으로 구분하여 계산한다.
② 침하량 계산방법은 현장 계측값과는 다소의 차이가 있을 수 있으므로 시공 시 계측을 통하여 압밀침하를 관리하여야 한다.
③ 허용잔류침하량은 공사목적물에 따라 지반개량공법의 수량 및 지반의 안정, 공사기간에 큰 영향을 미치므로 지반 특성 및 사용목적, 중요도, 공사기간, 경제성 등을 고려하여 결정하여야 한다.
(3) 압밀시간은 지반개량공사에 있어서 공사기간을 결정짓는 중요한 요소로 작용하며 이를 예측하기 위해서는 시간에 따른 압밀도를 면밀히 파악하여야 한다.
(4) 전단강도 특성을 분석하는 데 있어서 다음 사항을 고려하여야 한다.
① 전단강도 특성 분석은 전응력해석과 유효응력해석으로 구분될 수 있으며, 전응력해석 시에는 비배수전단강도를 이용하고, 유효응력해석 시에는 간극수압을 결정하여 해석하여야 한다.
② 연약지반에서는 성토 직후가 가장 위험한 경우이므로 이때를 대상으로 안정성 검토를 수행하여야 한다.
(5) 압밀에 의한 강도증가율을 산정하는 방법에는 비압밀비배수(UU: Unconsolidated Undrained) 삼축압축시험 및 일축압축시험 결과의 선형회귀분석에 의한 방법, 압밀비배수(CU: Consolidated Undrained) 삼축압축시험과 경험식을 이용하는 방법 등이 있으므로 이들을 종합하여 사용한다.

3.2 연약지반 개량공법

3.2.1 치환공법

(1) 치환공법은 굴착단면의 안정성, 침하량, 시공성 등을 검토하여 결정한다.
(2) 치환범위는 치환깊이, 치환폭, 굴착경사 등을 가정한 안정계산과 침하검토를 통해 결정한다.
(3) 소요 안전율에 가장 가깝게 도달할 때까지 반복해서 단면을 변화시키는 방법으로 최종 치환범위를 정한다.
(4) 굴착단면의 안정성 검토
① 부분치환에 널말뚝이나 보조공법이 설치된 경우 단면전체의 복합적인 활동에 대한 안정성을 검토한다.
② 전면치환인 경우에도 바닥면이 경사진 경우에는 바닥면에서의 활동을 포함한 복합활동을 검토한다.
(5) 치환단면의 하부에 점토가 남아있는 경우(부분치환이나 지반굴착 비탈면의 하부) 압밀침하가 상부 구조물에 미치는 영향을 검토한다.
(6) 치환재료의 내부마찰각은 입자형태, 입도분포, 투입방법, 투입순서, 방치간격, 재하하중 등의 영향을 고려하여 선정한다.

(7) 액상화 가능성에 대한 평가를 실시할 경우 입도분포와 N값을 이용하여 검토할 수 있다.
(8) 치환이 완료된 후 추가적인 침하가 발생하는 경우, 확인조사를 시행하여 국부적인 연약층의 존재 여부를 확인한다.

3.2.2 연직배수공법

(1) 지반개량을 위한 목표강도 증가량, 공사기간, 구조물의 장래 허용 침하량, 연직배수공 시공범위 등을 고려하여 설계한다.
(2) 지반개량에 필요한 흙쌓기 높이와 폭은 시공 중 및 완성 시 흙쌓기의 안정에 필요한 한계 쌓기고, 강도 증가량, 장래 허용 침하량 및 주변의 영향 등을 고려하여 결정한다.
(3) 흙쌓기의 안정에 필요한 흙쌓기 높이와 폭이 결정된 최종단면은 한계 쌓기고를 고려하여 여러 단계로 나누어서 시공하도록 설계한다.
① 각 시공단계의 단면형상은 그 단계까지의 강도 증가량을 고려하여 그 단계의 흙쌓기 안정성을 검토하여 결정한다.
(4) 연직배수공 설계는 연직배수재의 간격과 직경 및 점성토층 상하부의 배수조건, 그리고 연직배수재 재료의 특성 및 상부 수평 배수층의 특성과 두께를 고려한다.
(5) 연직배수재 및 상부 수평 배수층은 적합한 배수 기능을 가진 재료를 선택하여 투수저항이 발생하지 않도록 한다.
(6) 연직배수재의 간격과 배치는 교란효과를 고려하여 필요한 공사기간 내에 요구되는 압밀도를 얻을 수 있도록 **결정**한다.
(7) 연직배수공법의 압밀이론의 적용에 있어서 다음 사항을 고려하도록 한다.
① 연직배수공법의 적용은 Barron의 압밀이론식과 Hansbo, Youshikuni, Onoue 등의 압밀관련 이론식을 상호 보완하여 적용한다.
② 주어진 기간 내에 소요의 압밀도를 달성할 수 있도록 배수재 간격을 적정하게 설계하여야 한다.

3.2.3 심층혼합처리공법

(1) 심층혼합처리공법은 원지반의 연약점성토와 고화제를 강제적으로 혼합하여 지반 중에 견고한 안정처리토를 형성하는 연약지반 개량공법으로서 중력식의 방파제, 안벽 또는 호안의 하부 기초공 등에 적용한다.
(2) 심층혼합처리공법에 의한 지반개량 설계 시 외부 안정과 내부 안정 및 개량체의 변위를 검토하며, 개량체에 작용하는 외력은 각 검토내용에 따라 적합하게 산정한다.
(3) 안정처리토 배합설계는 현장시공과 동일조건에서 시행하며, 현장시험 또는 실내 배합시험을 실시하여 배합강도를 결정한다.
(4) 개량체의 내부응력 검토를 위해서 적합한 허용응력을 설정한다.
(5) 개량체의 외부안정은 활동, 전도, 지지력에 대해서 안전하도록 설계한다.
(6) 외력에 의해 개량체에 생기는 응력은 안정 처리토의 허용전단응력 및 허용인장응력을 초과하지 않도록 설계한다.

(7) 벽식개량의 경우 긴 벽 사이에 있는 미개량토의 압출에 대해서 검토한다.
(8) 개량체는 원호활동에 대해 안전하도록 설계한다.
(9) 개량체가 부상형 또는 착저형인 경우에도 지지층의 하부에 점성토가 존재하고 있을 때에는 측방이동 또는 압밀에 의한 변위(수평, 연직)를 검토한다.
(10) 환경 영향성 평가시험 결과를 통해 지반개량재료를 선정하여, 염분, 유기물 등에 의한 열화현상이 발생되지 않도록 하고, 해수 및 지하수의 오염, 지반오염 등의 지반환경 문제가 발생하지 않도록 설계한다.

3.2.4 고압분사주입공법

(1) 고압분사주입공법은 공기나 물의 힘으로 지반을 절삭하여 주입액을 초고속 분사함으로써 그 절삭부분의 토사와 치환하거나 토사와 혼합함으로써 계획하는 방향이나 범위 내에 고결체를 형성하는 공법이다.
(2) 고압분사주입공법에 의한 지반개량 설계 시에는 아래의 항목에 대한 지반조사와 실내시험이 필요하다.
① 대상지반의 지층구성, 지하수위 등
② 지층의 물리적 특성(함수비, 입도조성 등)
③ 지층의 역학적 특성(N값, 점착력, 내부마찰각 등)
(3) 지반조건과 시공조건으로부터 대상 지반 N값, 시공깊이 등을 고려하여 공법의 적합성을 검토한다.
(4) (3)항의 방법에 따라 선정할 수 없는 경우 공사목적, 공사규모, 공사기간, 경제성, 공법의 특성 등을 고려하여 현지조건에 가장 적합한 공법을 선정한다.
(5) 표준 유효경은 토층조건(토질, N값, 투수계수, 입도조성, 점착력 등)과 시공조건(시공심도, 깊이, 시공목적, 설계강도, 지하수위 등)에 따라 결정한다.
(6) 설계 시 개량체의 단위체적 중량 및 내부마찰각은 원지반과 동등하고 점착력만 증가하는 것으로 가정하며, 개량체의 7일 설계강도는 28일 강도의 **30 % ~ 40 %**가 되도록 한다.
(7) 지반보강 및 차수를 목적으로 하는 경우 중첩배치를 하며, 지반보강만을 목적으로 하는 경우에는 접점배치를 한다.
(8) 안전율은 시공성과 시공목적을 고려하여 결정한다.
(9) 강도열화와 지반환경오염에 대한 대책은 이 기준의 3.2.3(10)과 같다.
(10) 모래 및 자갈층, 실트층 등 토질 특성에 따른 투수성 및 지하수 유속 등을 고려하여 필요한 경우 급결 성능을 발휘할 수 있는 방법을 적용할 수 있다.
(11) 고압분사공법은 주변지반의 변위 및 팽창으로 인해 함몰, 융기 등의 위험성이 있으므로 변위를 억제할 수 있는 센서 등을 장착하여, 최소한의 지반변위를 억제 또는 통제할 수 있어야 한다.

3.2.5 저유동성 모르타르 주입공법

(1) 저유동성 모르타르 주입공법은 저유동성의 몰탈형 주입재를 지중에 압입하여 원기둥 형태의 균질한 고결체를 형성함으로써 주변 지반을 압축, 강화시키는 공법이다.

(2) 주입재의 배합설계 시 주입재를 통제할 수 있는 유동학적 특성을 고려하여, 골재와 세립토의 입도조성과 주입재의 슬럼프 및 컨시스턴시, 특히 0.08 mm보다 작은 세립분 양의 조절에 주의한다.

(3) 주입압의 상한 값(지표면이나 구조물의 융기를 일으키는 압력)은 현장 여건을 고려하여 설정한다.

(4) 정압주입개념으로 허용 주입압을 통해 조절하도록 설계하며 주입률은 현장의 지반특성에 따라 결정한다.

(5) 주입방식 결정 시 개량 대상지반의 지층구성, 구조물의 구조, 개량목적 등을 고려한다.

(6) 주입공의 배치와 주입순서는 시공목적과 현장조건을 고려하여 경제성과 주입효과를 극대화하도록 설계한다.

(7) 지반조사를 통하여 각 주입공 및 단계별로 표준 목표체적을 미리 선정하며 지표면 융기를 발생시키지 않아야 한다.

(8) 지반개량 목적일 경우, 사전에 목표로 하는 간극률 감소량이나 상대밀도 증가량을 정하여 이를 토대로 주입체적을 산정한다.

(9) 강도열화와 지반환경오염에 대한 대책은 이 기준의 3.2.3(10)과 같다.

3.2.6 모래 및 쇄석다짐말뚝공법

(1) 사질토와 실트질 모래 지반을 대상으로 하는 경우 대상지반의 특성 및 시공방법의 특징을 고려하고 시험시공 결과를 참조하여 설계하며, 시험시공 계획은 간극비에 의한 다짐도 검토, 시공실적 등을 종합적으로 판단하여 결정한다.

(2) 점성토 지반을 대상으로 하는 경우 개량 후 지반의 복합성과 시공에 의한 영향을 고려한다.

(3) 모래 및 쇄석다짐말뚝공법 설계 시 모래 및 쇄석말뚝의 강도, 말뚝치환율, 구조물에 대한 개량범위의 치환관계, 외부조건(크기, 방향, 하중경로, 재하속도 등), 말뚝 사이 지반의 강도와 구속압, 말뚝 타설에 의한 개량범위 내외의 교란영향, 말뚝 타설에 의한 지표면의 융기 현상과 그 흙의 특성, 그리고 이용 유무 등을 고려한다.

(4) 모래말뚝 재료는 투수성이 좋고, 세립분(0.08 mm 이하)의 함유량이 적으며, 입도분포가 좋고, 다짐이 쉬우며, 소정의 강도가 기대되고, 케이싱으로부터의 배출이 용이한 재료가 적합하며, 개량목적과 치환율을 고려하여 선정한다.

(5) 쇄석말뚝 재료는 최대직경이 40 mm 이하이고 세립분(0.08 mm 이하)의 함유량이 적은 재료가 적합하며, 개량목적과 치환율을 고려하여 선정한다.

(6) 모래 및 쇄석말뚝 재료의 구득이 용이하지 않을 경우 동등 품질 이상의 순환골재를 사용할 수 있다.

(7) 복합지반의 전단강도 산출식이나 설계 제정수를 산정할 때에는 각각의 조합에 대한

기존의 시공실적을 참조하여 결정한다.

(8) 설계정수는 원지반의 강도, 안전율, 안정계산방법, 시공속도 등을 고려하여 결정한다.

(9) 압밀침하량은 안정계산에서 결정된 안전율로부터 말뚝직경, 말뚝배열, 배치(정사각형 또는 삼각형 배치 등)를 구하고 압밀도와 경과시간의 관계를 계산한 후, 계산된 미개량 지반의 최종 압밀침하량에 침하 감소계수를 곱하여 복합지반의 최종 침하량을 계산한다.

3.2.7 로드 콤팩션공법

(1) 로드 콤팩션(rod-compaction) 공법은 지반 중에 봉상 혹은 말뚝상의 진동체를 타입하고 진동에 의해 지반을 다지는 공법이다.

(2) 본 공법의 설계는 이 기준의 3.2.6에 준하며, 대상지반의 특성 또는 시공방법의 특징을 충분히 고려하고 기존시공실적 또는 시험시공결과를 반영하여야 한다.

3.2.8 바이브로 플로테이션공법

(1) 바이브로 플로테이션공법은 수평방향으로 진동하는 진동체를 진동체의 하단에 물을 분출시키면서 소정의 깊이까지 지중에 삽입하여 진동체 주변에 있는 간극에 지표에서 모래나 자갈 등을 보급하면서 끌어 올림으로써 느슨한 모래지반을 심층다짐하는 공법이다.

(2) 바이브로 플로테이션공법의 설계 시 대상 지반의 특성, 바이브로 플로트의 타설 밀도, 바이브로 플로트의 능력, 개량 전후지반의 N값과의 상관관계를 고려하여야 하며 신뢰할 수 있는 자료가 없는 경우, 실트가 많은 지반, 사질토층과 점성토층이 서로 반복되는 지반에서는 시험시공 결과에 따라 설계한다.

(3) 원지반에 대한 지반조사를 실시하여 본 공법에 의해 개량되는 지반의 특성이 개량구조물의 성질, 지반에 대한 하중강도, 하중분포 등의 만족 여부를 검토한다.

(4) 시험시공을 위한 예비 설계는 이 기준의 3.2.6에서 정하는 바를 따른다.

3.2.9 약액주입공법

(1) 그라우팅(grouting)이라고도 불리는 약액주입공법은 지반 내에 주입관을 삽입하여 약액(주입재)을 압력으로 주입하거나 혼합하여 지반을 고결 또는 경화시켜 강도증대 또는 차수효과를 높이는 공법이다.

(2) 약액주입공법의 설계는 대상 지반의 특성 및 시공방법의 특징과 기존의 시공실적 또는 시험시공의 결과를 고려하여 수행한다.

3.2.10 진공압밀공법

(1) 진공압밀공법은 압밀 시 필요한 하중을 기존 재하공법의 성토하중에 의하지 않고 인위적으로 지중을 진공상태로 만들어 이에 작용하는 대기압을 재하하중으로 활용함으로써 지중에 설치한 배수재를 통해 과잉간극수를 배출하여 지반의 압밀을 촉진시키는

공법이다.

(2) 진공압밀공법의 설계는 대상 지반의 특성 및 시공방법의 특징과 기존의 시공실적 또는 시험시공의 결과를 고려하여 수행한다.

3.2.11 지하수위저하공법

(1) 지하수위를 낮추는 공법에는 심정공법과 웰포인트공법이 있다.

(2) 심정공법은 지반을 굴착하여 지중에 우물을 설치하고 중력에 의하여 지반 내의 지하수가 우물 내부로 흘러 들어오면 이를 양수기로 양수함으로서 지하수위를 목표지점까지 저하시켜 압밀침하를 촉진시키는 공법으로, 투수계수가 비교적 큰 사질토 지반에 적용하여야 한다.

(3) 웰포인트공법은 강관의 선단에 웰포인트(well point)를 부착하여 지중에 관입한 다음 관 내부를 진공화함으로써 간극수의 집수효과를 높이는 공법으로 사질토 지반에 적용하여야 한다.

3.2.12 경량재쌓기공법

(1) 양질의 쌓기재보다 중량이 작은 경량재를 이용하는 방법 중 고분자 계통의 경량제품인 발포폴리스틸렌(EPS: Expanded Polystyrene)을 활용하여 하중을 경감하는 공법이다.

(2) 연약지반이나 경사지 등에 쌓기에 의한 상부하중에 의한 침하나 측방유동에 의한 구조물의 변위가 발생될 우려가 있는 현장에 적용하여 하중이나 토압에 관련된 문제를 해결한다.

(3) 교대 등에 적용 시 최대계획 홍수위를 고려하여 충분히 사용 여부를 검토하여야 한다.

(4) 경량재쌓기를 하여 비탈면이 형성될 경우에는 장래 교통하중과 같은 사용하중에 의해 비탈면측으로의 변위 유무를 검토하여야 한다.

3.2.13 경량혼합토공법

(1) 경량혼합토공법(lightweight soil method)은 액성한계 이상으로 함수비를 조정하여 슬러리화한 준설토 또는 건설잔토에 시멘트와 기포(air foam) 또는 발포 비드(bead) 등의 경량화재를 첨가하는 공법이다.

(2) 경량혼합토는 가급적 타설장소와 근접한 위치에서 생산함이 품질확보에 유리하다.

① 타설거리가 수 km 이상의 장거리인 경우 배관압송 또는 운반타설(믹스트럭-펌프카)이 가능하며, 배관압송의 경우 최대 500 m까지 시공이 가능하다.

② 배합플랜트로부터 시공지점까지의 거리가 장거리인 경우 운반타설이 가능하며, 운반거리는 약 1시간 이내를 표준으로 한다.

(3) 경량혼합토 공법의 설계는 성토형상, 하중조건 등을 고려하여 설계에 필요한 단위체적 중량 및 설계강도를 결정하고, 경량혼합처리토에 의한 성토체의 안정, 지반을 포함한 안정 및 부력에 의한 안정 등에 대해 검토한다.

(4) 경량혼합처리토 내 간극을 발생시키는 기포제는 동물성, 식물성 또는 합성유계 계면

활성작용을 일으키는 것을 이용할 수 있다.

(5) 건설잔토를 원료토로 활용할 경우 잡초, 나무뿌리 등의 유기물이나 폐콘크리트 등이 혼합되지 않은 것으로 선별하여 사용하여야 한다.

(6) 경량혼합처리토의 1단계 타설은 타설면 바닥에서 50 cm 이내의 높이를 유지하여 순차적으로 시공하며 시공 시 재료분리가 일어나지 않도록 하여야 한다.

집필위원

성 명	소 속	성 명	소 속
강인규	㈜브니엘컨설턴트	윤찬영	강릉원주대학교
김병일	명지대학교	안재훈	부산대학교
김하영	삼성물산	이승환	한국건설기술연구원
백승철	안동대학교	이용수	한국건설기술연구원

(가나다순)

건설기준위원회 및 국가건설기준센터

성 명	소 속	성 명	소 속
공정식	고려대학교	이영호	한국건설기술연구원
김운형	다산컨설턴트	김기현	한국건설기술연구원
박준호	㈜삼안	김나은	한국건설기술연구원
여규권	삼부토건	김민관	한국건설기술연구원
오광근	㈜동명기술공단	김재훈	한국건설기술연구원
이규환	건양대학교	김희석	한국건설기술연구원
이대환	㈜신성엔지니어링	류상훈	한국건설기술연구원
정문경	한국건설기술연구원	안준혁	한국건설기술연구원
조충식	지오텍엔지니어링	원훈일	한국건설기술연구원
진규남	한국토지주택공사	유영수	한국건설기술연구원
최상철	국토안전관리원	이상규	한국건설기술연구원
추연욱	공주대학교	이소정	한국건설기술연구원
		이승재	한국건설기술연구원
		이원종	한국건설기술연구원
		주영경	한국건설기술연구원
		최봉혁	한국건설기술연구원
		허원호	한국건설기술연구원

(가나다순)

중앙건설기술심의위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
고정식	한국토지주택공사	오세붕	영남대학교
김성호	대보건설	이상돈	한국도로공사
김희수	한국토지주택공사	이해수	한국도로공사
송영석	한국지질자원연구원		

(가나다순)

국토교통부

성 명	소 속	성 명	소 속
권미정	국토교통부 기술혁신과	양성모	국토교통부 기술혁신과
신중호	국토교통부 기술혁신과		

(가나다순)

KDS 11 30 05 : 2025

연약지반 설계일반

2025년 12월 24일 개정

소관부서 국토교통부 기술혁신과

관련단체 한국지반공학회
05836 서울특별시 송파구 법원로9길 26, C동 701호(문정동,에이치비즈니스파크)
Tel : 02-3474-4428 E-mail : kgssmfe@hanmail.net
http://www.kgshome.org

작성기관 한국지반공학회
05836 서울특별시 송파구 법원로9길 26, C동 701호(문정동,에이치비즈니스파크)
Tel : 02-3474-4428 E-mail : kgssmfe@hanmail.net
http://www.kgshome.org

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

KDS 11 50 05 : 2025

얕은기초 설계기준 (일반설계법)

2025년 12월 24일 개정
http://www.kcsc.re.kr

KC CODE

국토교통부

건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

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

건설기준 연혁

- 건설기준은 건설기술진흥법 제44조 및 같은법 시행령 제65조에 따라 건설공사의 안전성, 경제성, 성능 및 품질 확보를 위하여 제정 및 개정하였다.

- 건설기준은 건설기준 코드체계 전환(2016)에 따라 단행본 체계의 건설기준(설계기준, 표준시방서)간 중복·상충을 비교 검토하여 건설기준 코드 전환 정비하였다(국토교통부 고시 제2016-438호, 2016년 7월 6일).

- 건설기준의 연혁은 아래와 같다.

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년.월)
구조물기초 설계기준	• 합리적인 설계를 위하여 본구조물 기초설계기준을 기초지반의 성질 및 상부구조의 조건을 고려하여 경제적이고 통일성 있는 체계가 이뤄지도록 기준 제정	제정 (1971.12)
구조물기초 설계기준	• 외국자료의 분석과 기 개정된 각종 시방서 시설기준 및 제규정 등과의 상호 연관성을 검토하고, 미비점을 충분히 반영하여 개정.	개정 (1986.11)
구조물기초 설계기준	• 그간의 지반공학 분야의 기술발전을 반영하고, 관련기준의 개정에 따른 내용 조정 등 수정하고 국제표준단위인 미터법과 SI단위로 통일 개정.	개정 (2002.12)
구조물기초 설계기준	• 구조물기초 설계기준 개정	개정 (2008.11)
구조물기초 설계기준	• 토목, 건축공사 등의 건설구조물 기초 설계를 국가의 설계기준형식에 부합시키고, 신기술, 신공법 등의 시대적 변화를 적용시키며 설계자의 창의적 설계를 유도할 수 있도록 개정.	개정 (2014.02)
구조물기초 설계기준	• 도심지 지반침하 현상의 지속적 발생으로 국민불안이 증대하고 있으나, 다소 미흡한 지반침하와 관련된 조사 및 설계관련 하여 공동 및 싱크홀을 조사하도록 철도설계기준 개정사항(2015)을 반영하여 개정.	부분개정 (2016.05)
도로교 설계기준	• SI단위계 사용, 신기술 및 신공법 반영 개정.	개정 (2005)
도로교 설계기준	• 신자재 추가 및 재료 허용응력 등 부분 개정	부분개정 (2008.09)

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년.월)
도로교 설계기준	• 그동안 제개정된 각종 규칙, 기준 및 최근 연구성과 등을 검토 반영, 심미적 디자인 추구, 철근콘크리트 기둥의 연성도 내진설계법 부록 도입함.	개정 (2010)
건축구조 설계기준	• 건축구조 설계기준 제정	제정 (2005.04)
건축구조 설계기준	• 재검토기한 신설 등 개정	개정 (2009.08)
건축구조기준	• 부분 개정	개정 (2009.12)
건축구조기준	• 재검토기한의 연도 수정 등 개정	개정 (2013.12)
건축구조기준	• 특정한 지형조건의 기본지상적설하중 등 개정	개정 (2015.10)
건축구조기준	• 성능설계법 도입 및 돌발상황에 의한 하중 추가 등 기준 전반에 대한 최근 연구결과 및 개선된 공법 반영	개정 (2016.05)
KDS 11 50 05 : 2016	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비함	제정 (2016.07)
KDS 11 50 05 : 2016	• 한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함	수정 (2018.07)
KDS 11 50 05 : 2021	• 건설기준코드의 통일성을 위해 작성지침과 부합화, 관련기준의 인용오류 및 누락, 부적절한 용어 및 문구, 부족한 설명을 정비함.	개정 (2021.05)
KDS 11 50 05 : 2025	• 한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함 • 건설기준코드의 통일성을 위해 작성지침과 부합화, 부적절한 용어 및 문구와 부족한 설명을 정비함.	개정 (2025.12)

제 정 : 2016년 7월 6일	개 정 : 2025년 12월 24일
심 의 : 중앙건설기술심의위원회	자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회
소관부서 : 국토교통부 기술혁신과	
관련단체 : (사)한국지반공학회	작성기관 : (사)한국지반공학회

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

목 차

1. 일반사항 ····· 1
   1.1 목적 ····· 1
   1.2 적용 범위 ····· 1
   1.3 참고 기준 ····· 1
   1.4 용어의 정의 ····· 1
   1.5 기호의 정의 ····· 2
   1.6 검토사항 ····· 2
   1.7 작용하중의 구분 ····· 2
   1.8 지지력 및 침하량 계산 시 고려사항 ····· 2
   1.9 기초의 안정성 평가 항목 ····· 3
2. 조사 및 계획 ····· 3
3. 재료 ····· 3
4. 설계 ····· 3
   4.1 지지력 산정 ····· 3
   4.2 침하량 산정 ····· 6
5. 전면기초 ····· 7
   5.1 일반사항 ····· 7
   5.2 전면기초의 허용지지력 ····· 7
   5.3 전면기초의 침하 ····· 7
   5.4 말뚝지지 전면기초 ····· 8

1. 일반사항

1.1 목적

(1) 이 기준의 목적은 지지력, 침하 등 얕은기초에서 발생 가능한 파괴에 대하여 설계 안정성을 만족시키는데 필요한 최소한의 설계 요구조건을 규정하는데 있다.

1.2 적용 범위

(1) 이 기준은 기초 폭에 비하여 근입깊이가 얕고 상부 구조물의 하중을 분산시켜 기초하부 지반에 직접 전달하는 확대기초, 복합기초, 연속기초 및 전면기초에 적용한다.

1.3 참고 기준

1.3.1 관련 법규

내용 없음

1.3.2 관련 기준

- KDS 11 10 05 지반 설계 일반
- KS F 2444 얕은 기초의 평판 재하시험 방법

1.4 용어의 정의

- 강성기초: 기초지반에 비하여 기초판의 강성이 커서 기초판의 변형을 고려하지 않는 기초로서 기초의 변위 및 안정 계산 시 기초 자체의 탄성변형을 무시할 수 있는 기초
- 국부전단파괴: 기초지반에 전체적인 활동 파괴면이 발생하지 않고, 지반응력이 파괴응력에 도달한 부분에서 국부적으로 전단파괴가 발생하는 지반의 파괴형태
- 극한지지력: 구조물을 지지할 수 있는 지반의 최대 저항력
- 기초지반: 구조물 기초와 접한 지반. 또는 구조물 설치에 의해 영향을 받는 구조물 하부 지반 영역
- 복합기초: 두 개 이상의 기둥으로부터의 하중을 하나의 기초판을 통하여 지반으로 전달하는 구조체
- 연성기초: 지반강성에 비하여 기초판의 강성이 상대적으로 작아서 지반반력이 등분포로 작용하는 기초
- 연속기초: 벽 아래를 따라 또는 일련의 기둥을 묶어 띠모양으로 설치하는 기초의 저판에 의하여 상부 구조로부터 받는 하중을 지반에 전달하는 형식의 기초
- 전면기초: 상부구조물의 여러 개의 기둥 또는 내력벽체를 하나의 넓은 슬래브로 지지하는 기초 형식
- 전반전단파괴: 기초지반 전체에 걸쳐 뚜렷한 전단파괴면을 형성하는 지반의 파괴형태
- 줄기초: 벽체를 지중으로 연장한 기초로서 길이 방향으로 긴 기초

- 즉시침하(탄성침하): 지반에 하중이 작용함과 동시에 발생하는 (탄성)침하
- 허용지지력: 지반의 극한지지력을 적정의 안전율로 나눈 값과 허용변위량으로부터 정하여진 지지력 중 작은 값
- 확대기초: 상부구조물의 기둥 또는 벽체를 지지하면서 그 하중을 말뚝이나 지반에 전달하는 기초 형식

1.5 기호의 정의

- D_f: 기초의 근입깊이, m
- B: 기초의 폭, m
- L: 기초의 길이, m

1.6 검토사항

(1) 얕은기초의 설계는 다음 사항을 검토하여 결정한다.
① 기초지반은 전단파괴에 대하여 안전하여야 한다.
② 과도한 침하나 부등침하가 발생하지 않아야 한다.
③ 기초가 경사진 지반에 설치될 경우 기초하중에 의해 비탈면 활동 및 지지력의 감소가 발생하지 않아야 한다.
④ 인접한 구조물에 침하, 균열, 손상 등이 발생하지 않아야 한다.
⑤ 지하수위의 계절적 변동에 대하여 안전하여야 한다.

1.7 작용하중의 구분

(1) 기초구조물에 작용하는 하중은 그 지속시간에 따라 지속하중과 일시하중으로 구분한다.
(2) 지속하중은 구조물 자중, 지속적으로 작용하는 토압 및 수압(침투압 포함) 등을 포함하고, 일시하중은 변화가 가능한 토압, 수압, 빙압 등을 포함한다.
(3) 지하수위 변화를 포함하여 시공 중 또는 공용 중에 발생, 변화하는 하중은 지속시간에 따라 지속하중 또는 일시하중으로 구분한다.

1.8 지지력 및 침하량 계산 시 고려사항

(1) 기초의 지지력 및 침하량 계산 시, 기초구조물 상부에 작용하는 연직하중, 기초구조물의 자중, 기초구조물 저면에 작용하는 수압, 수평하중, 측벽의 수동토압 및 수압 등을 고려한다.
(2) 기초의 측면저항은 기초의 측면과 흙 사이에 작용하는 마찰에 의한 저항을 말하며, 얕은기초의 근입깊이(D_f)와 최소 폭(B)의 비가 1.0 미만($D_f/B < 1.0$)인 경우 측면저항이 기초지반의 지지력에 비해 작기 때문에 측면저항을 고려하지 않는다.
(3) 지하수위의 결정에 신중을 기하여야 하며, 연안과 하천 및 해수면 수위의 변화에 민감한 지역에서는 특히 기후변화에 의한 지하수위 변동을 고려하여야 한다.

1.9 기초의 안정성 평가 항목

(1) 기초의 안정성 평가를 위해서는 기초지반의 전단파괴, 기초 및 구조물의 침하·전도·활동, 비탈면 파괴(overall stability) 및 기초 본체의 안정성에 대하여 검토하여야 하며, 각 검토항목과 구조물에 따라 규정된 허용기준을 만족하여야 한다.

(2) 기초의 폭, 근입깊이, 지반의 전단강도, 하중의 경사, 편심, 지하수위 등을 고려하여 지반의 전단파괴에 대한 안정성을 검토한다.

(3) 기초지반에 과도한 침하나 부등침하가 발생하여 구조물이 손상되지 않도록 침하에 대한 안정성을 확보한다. 특히, 응력전이, 불균등한 지층상태, 불균질한 지반상태, 불규칙한 기초형상, 부적절한 근입깊이, 편심 또는 경사하중 등에 의한 영향을 검토한다.

(4) 기초에 가해진 하중에 의하여 기초와 구조물이 전도되지 않도록 안정성을 확보한다.

(5) 기초의 저면과 지반 사이에 활동이 일어나지 않도록 안정성을 확보한다. 활동에 대한 안정성 검토 시 지반의 수동저항이 발현될 것으로 판단될 경우에는 이를 반영할 수 있다. 다만 수동저항이 발휘되기 위해서는 주동변위의 2배 ~ 20배 만큼 변위가 발생하여야 하므로 수동저항이 전부 발현된다고 가정하는 것은 주의가 필요하다. 한편으로 기초의 저면에 근접하여 연약지층이 있을 경우에는 연약층을 따라 활동면의 발생 가능성을 검토한다.

(6) 기초 본체의 설계는 KDS 14 20 70(4.2)에서 정하는 바를 따른다.

(7) 기초를 경사진 지반에 계획할 경우에는 작용하중과 지반의 특성을 고려하여 비탈면 파괴 가능성에 대하여도 검토하여야 하며, 경사진 지반침하량 산정시 탄성침하공식만으로는 불충분하므로 수치해석 등을 통해 보완하여 검토한다.

(8) 기초지반이 다층구조인 경우의 지지력에 대한 안정 검토는 원호활동해석을 표준으로 한다. 이 경우에 있어서 안전율은 지반의 특성 등에 따른 적절한 수치를 적용한다.

(9) 매립지반에 설치하는 기초는 특별히 주의하여야 하는데, 기초 하부의 접지압력은 가급적 균등하게 분포하도록 설계하고, 접지압력의 분포는 흙 또는 암, 그리고 구조물의 특성에 따라 달라지므로 토질역학 및 암석역학적 원리들과 일치하여야 한다.

2. 조사 및 계획

- 얕은기초의 조사 및 계획은 KDS 11 10 10에 따른다.

3. 재료

내용 없음

4. 설계

4.1 지지력 산정

4.1.1 지지력 산정을 위한 고려 사항

(1) 기초설계 시 시추조사, 현장 및 실내시험을 통하여 지반 특성을 파악한 후 지지력을

산정한다. 그러나 상재하중이 작은 구조물 또는 가설구조물의 기초는 인근 구조물의 경험값, 기초설계 및 시공성과, 현장시험 자료를 통하여 지지력을 추정할 수 있다.

4.1.2 허용지지력

(1) 얕은기초의 허용지지력은 지반의 극한지지력을 적정한 안전율로 나눈 값과 허용변위량으로부터 정해진 지지력 중 작은 값으로 결정한다.

4.1.3 이론적 극한지지력

(1) 이론적 극한지지력은 지반조건, 하중조건(경사하중, 편심하중), 기초크기 및 형상, 근입깊이, 지반경사, 지하수위 영향 등을 고려하여 산정하며, 지지력 계산 방법에 따라 서로 다른 지지력이 계산될 경우에는 설계자의 판단에 의하여 지지력을 결정한다.

(2) 구조물의 하중이 기초의 형상 도심에 연직으로 작용하고 지반의 각 지층이 균질하며 기초의 근입깊이가 기초의 폭보다 작고 기초의 저면이 수평이며 기초를 강체로 간주할 수 있을 경우에는 기존의 이론식으로 연직지지력을 구한다.

(3) (2) 이외에 소성이론에 의한 계산결과나 재하시험 또는 모형실험의 결과를 이용하여 지지력을 구할 수 있다.

(4) 기초의 영향범위 내에 여러 지층이 포함된 경우 이러한 층상의 영향을 고려하여 지지력을 산정한다.

4.1.4 경험적 지지력

(1) 경험적 지지력이란 경험에 의해 제시된 지지력공식을 이용하거나, 직접적인 계산이나 시험을 통하지 않고 각종 문헌이나 기준에 제시된 허용지지력 범위나 추천값을 인용하여 지지력을 추정하는 방법이다.

(2) 경험적인 지지력 산정방법은 다음 조건을 충족하는 경우 적용한다.

① 기초지반이 기초 저면으로부터 기초 폭의 2배 심도까지 거의 균질한 경우

② 지표와 지층경계면이 거의 수평인 경우

③ 기초의 크기가 큰 경우

④ 규칙적인 동하중을 받지 않는 경우

⑤ 개략적인 지지력 예측이 필요한 경우

⑥ 정밀한 조사가 불가능한 경우

(3) 경험적인 지지력 공식은 신중하게 적용하여야 하며, 불가피하게 외국의 경험적 지지력 공식을 적용할 때에는 적용성을 확인한 후 사용한다.

(4) 경험적 지지력 산정방법에 의해 도출된 지지력은 기초의 크기, 근입깊이, 지하수위 등에 따라 수정하여 적용한다.

4.1.5 현장시험에 의한 지지력 산정

(1) 현장시험으로 부터 다음과 같이 지반의 지지력을 산정할 수 있으며, 허용지지력은 지

반상태, 경계조건, 시험특성 등을 고려하여 결정한다.

① 기초지반에 대한 평판재하시험에서 얻은 하중-침하량 곡선으로부터 허용지지력을 구하고, 기초의 크기효과를 고려하여 설계지지력을 산정한다.

② 표준관입시험의 결과를 이용하여 기초의 허용지지력을 산정할 수 있는데, 이때 시추기 해머의 에너지 효율에 대하여 보정한 N값을 사용해야 하며, 필요에 따라 롯드 길이, 시추공 크기, 유효상재하중 등에 대하여 N값을 보정하여 적용한다.

③ 콘관입시험 결과로부터 기초의 허용지지력을 추정할 수 있으며, 조밀한 지반이나 자갈이 섞여있는 지반에서는 주의하여 적용한다.

④ 점토지반에서는 현장베인시험 결과로부터 지반의 비배수전단강도를 구하고, 이를 보정하여 기초의 지지력을 추정할 수 있다.

⑤ 공내재하시험(프레셔미터시험) 결과로부터 기초의 허용지지력을 추정할 수 있으며, 다른 종류의 현장시험이 어려운 모래, 자갈, 풍화토, 풍화암, 기반암 등에 적용할 수 있다.

4.1.6 암반에서의 지지력 산정

(1) 암반에서 기초를 설계할 때에는 암석의 강도, 불연속면의 간격 및 방향, 불연속면의 틈새, RQD, 풍화정도, 충전물질, 지하수 등을 고려하여 암반의 지지력을 산정한다.

(2) 강도가 크고 불연속면의 간격이 넓으며 틈새가 작은 암반일 경우에는 양호한 암반으로 판정하고 기초의 지지력을 산정한다.

(3) 강도가 작고 불연속면의 간격이 매우 좁으며 풍화상태가 심하거나 세편상태인 암반은 불량한 암반으로 판정하고 기초의 지지력을 산정한다.

(4) 암반의 상태를 정량적으로 등급화하고, 그에 따라 등급별로 암반의 극한지지력을 정하여 기초를 설계할 수 있다.

(5) 암반 판정이 모호한 경우, 지질학적으로 해명이 안 되는 경우, 암석이 심하게 교란된 경우, 절리나 층리가 지표의 경사와 유사한 경우, 암의 표면이 30° 이상 경사진 경우에는 암반의 지지력 결정에 유의하여야 한다.

4.1.7 수평지지력

(1) 얕은기초의 허용수평지지력은 기초의 저면과 지반 사이의 전단저항력을 적정 안전율로 나눈 값으로 하나, 지표면 근처에서 안정된 지지층을 확보할 수 있는 경우에는 기초전면에 작용하는 수동토압을 안전율로 나눈 값을 적용하여 허용수평지지력으로 고려할 수 있다. 다만, 수동토압이 발휘되기 위해서는 주동변위의 2배 ~ 20배 만큼 변위가 발생하여야 하므로 수동토압이 전부 발현된다고 가정하는 것은 주의가 필요하다.

(2) 기초의 저면과 지반 사이에 전단저항력이 부족할 경우에는 활동방지벽을 설치하여 전단저항력을 증가시킬 수 있다. 활동방지벽을 설치한 경우의 전단저항력은 기초의 저면이 아니라 활동방지벽의 선단을 통하는 기초지반과 평행한 면을 따라 전단저항력을 산출하며, 이 전단면을 가상의 기초 저면으로 한다.

4.2 침하량 산정

4.2.1 얕은기초의 침하량

(1) 얕은기초의 침하량은 즉시침하량, 일차압밀침하량, 이차압축침하량을 합하여 산정하여야 한다.

(2) 침하량 산정 시 기초하중에 의해 발생된 영향깊이 내 지중응력의 증가량을 고려하여야 한다.

(3) 쌓기층에 놓이는 구조물의 침하량을 산정할 경우에는 쌓기층 자체의 장기침하량(creep 침하)을 고려하여야 한다.

(4) 기초 설치로 인한 인접 구조물 하부 지중응력 증가와 시공 중 지하수위 변화 등에 따른 인접 구조물의 침하에 대한 영향을 설계 시 고려하여야 한다.

4.2.2 지중응력 증가량

(1) 기초에 작용하는 하중에 의해 지반 내에 발생되는 지중응력의 증가량은 지반이 균질하고 등방성인 탄성체라고 가정하고, 기초형상과 하중의 분포형태에 따라 제시된 계산식(Boussinesq 식 등)을 적용하여 구한다. 그러나 이 경우 다음과 같은 사항에 주의하여야 한다.

① 지반이 선형 탄성적으로 변형되는 하중범위 내에서는 비교적 잘 적용될 수 있으나, 파괴직전 하중에서는 계산결과가 실제값과 많은 오차를 보일 수 있다.

② 층상지반 또는 서로 인접한 지층의 강도가 큰 차이를 나타내는 경우, 계산결과가 실제와 상이할 수 있으므로 지층의 성상을 고려하여 지중응력의 증가량을 구한다.

4.2.3 즉시침하량

(1) 기초하중에 의한 지반의 즉시침하량은 기초의 강성과 형상 및 지반의 특성을 고려하여 다음과 같이 산정한다.

① 지반을 단위면적의 흙기둥으로 간주하고 탄성이론을 이용하여 기초의 침하량을 계산한다.

② 평판재하시험을 실시하여 구한 재하판의 하중-침하량 관계로부터 지층의 구성과 지반의 종류를 고려하여 실제 기초의 침하량을 추정한다. 평판재하시험의 결과값은 크기효과 등의 원인으로 인해 지층전체의 변형특성을 대표할 수 없으므로 유의하여 사용한다.

③ 공내재하시험(프레셔미터시험) 결과로부터 기초의 침하량을 검토할 수 있으며, 다른 종류의 현장시험이 어려운 모래, 자갈, 풍화토, 풍화암 등에 적용할 수 있다.

4.2.4 일차압밀침하량

(1) 일차압밀침하량은 지반의 압축특성, 유효응력변화, 지반의 투수성, 경계조건 등을 고려하여 계산하며, 압밀층이 두꺼울 경우에는 지반을 여러 개의 수평지층으로 나누고, 각

층에 대하여 기초하중에 의한 응력증가량을 적용하여 다음과 같이 침하량을 산정한다.
① 일차압밀에 의한 최종 침하량은 압밀시험을 실시해서 구한 압축지수나 체적변화계수 등을 적용하여 계산하며, 정규압밀 상태와 과압밀 상태로 구분하여 계산한다.
② 일차압밀이 종료되기 전 압밀진행정도(압밀도)에 따른 압밀침하속도는 시간-침하량 관계로부터 구한다.

4.2.5 이차압축침하량

(1) 이차압축침하량은 일차압밀침하 완료 후의 시간-침하량 관계 곡선의 기울기를 적용하여 계산한다.

4.2.6 허용침하량

(1) 허용침하량은 균등침하, 부등침하, 각 변위(경사도) 등으로 규정할 수 있으며, 구조물의 종류, 형태, 기능에 따라 별도로 정한다. 별도의 기준이 없는 경우에는 국제적으로 통용되는 기준을 준용할 수 있다.

4.2.7 침하량 검토

(1) 사용하중상태에서 침하속도 및 침하량이 예측값과 부합되는지를 판단하고 대책이 요구되는 경우, 구조물 준공 후 일정기간동안 침하를 관측한다.

5. 전면기초

5.1 일반사항

(1) 전면기초는 여러 개의 기둥들을 지지하는 커다란 콘크리트 슬래브이며, 근입깊이는 구조물 외측을 기준으로 하고 합력의 작용위치는 각각 기둥들의 위치와 작용 하중의 크기에 따라 결정한다.

5.2 전면기초의 허용지지력

(1) 전면기초의 허용지지력은 상부구조-기초판-지반의 상대적 거동을 고려하여 강성법, 연성법, 혼합법, 수치해석법 등으로 구할 수 있으며, 계산방법의 선택과 그 결과의 활용은 설계자의 판단에 따른다.

5.3 전면기초의 침하

(1) 전면기초의 침하는 지반과 상부구조물의 강성에 따라서 기둥의 위치별로 다르게 발생할 수 있으며, 이로 인해 상부구조물 및 기초판에 손상이 발생하는지 여부를 검토한다.
(2) 전면기초는 하부지반에 국부적으로 존재하는 연약지층의 특성보다는 지반의 전체적인 특성을 적용하여 침하를 계산하여야 하며, 전체침하량, 부등침하량 및 각변위를 검토하여야 한다.

5.4 말뚝지지 전면기초

(1) 말뚝지지 전면기초(piled raft foundation)는 전면기초와 말뚝기초가 복합적으로 상부 구조물을 지지하는 기초형식으로서 전면기초-지반-말뚝의 상호작용을 고려하여 설계하여야 하고, 말뚝체 및 말뚝머리 접합부 등의 관련 부분에 대한 설계요구조건을 동시에 만족하여야 한다.

집필위원

성 명	소 속	성 명	소 속
강인규	㈜브니엘컨설턴트	이원제	㈜에스텍컨설팅그룹

자문위원

성 명	소 속	성 명	소 속
김홍연	삼부토건㈜		

국가건설기준센터 및 건설기준위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
이영호	한국건설기술연구원	정문경	한국건설기술연구원
김기현	한국건설기술연구원	강대규	㈜한가람
김나은	한국건설기술연구원	김기석	㈜희송지오텍
김민관	한국건설기술연구원	김기연	㈜경동엔지니어링
김재훈	한국건설기술연구원	김만일	산림조합중앙회
김희석	한국건설기술연구원	박재현	한국수자원공사
류상훈	한국건설기술연구원	송 훈	㈜동해종합기술공사
안준혁	한국건설기술연구원	여규권	삼부토건(주)
원훈일	한국건설기술연구원	정재형	한국건설기술연구원
유영수	한국건설기술연구원		
이상규	한국건설기술연구원		
이소정	한국건설기술연구원		
이승재	한국건설기술연구원		
이승환	한국건설기술연구원		
이용수	한국건설기술연구원		
이원종	한국건설기술연구원		
주영경	한국건설기술연구원		
최봉혁	한국건설기술연구원		
허원호	한국건설기술연구원		

중앙건설기술심의위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
김상철	㈜삼안	민영욱	특수건설
김선백	대우건설	송영석	한국지질자원연구원
김성호	대보건설	장범수	한국건설품질연구원
문인기	엠플러스이엔씨㈜		

국토교통부

성 명	소 속	성 명	소 속
권미정	기술혁신과	신중호	기술혁신과
양성모	기술혁신과		

(분야별 가나다순)

KDS 11 50 05 : 2025

얕은기초 설계기준(일반설계법)

2025년 12월 24일 개정

소관부서 국토교통부 기술혁신과

관련단체 (사)한국지반공학회
05836 서울특별시 송파구 법원로9길 26, C동 701호(문정동,에이치비즈니스파크)
Tel : 02-3474-4428 E-mail : kgssmfe@hanmail.net
http://www.kgshome.org

작성기관 (사)한국지반공학회
05836 서울특별시 송파구 법원로9길 26, C동 701호(문정동,에이치비즈니스파크)
Tel : 02-3474-4428 E-mail : kgssmfe@hanmail.net
http://www.kgshome.org

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

KDS 11 50 15 : 2025

깊은기초 설계기준 (일반설계법)

2025년 12월 24일 개정
http://www.kcsc.re.kr

KC CODE

국토교통부

건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

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

건설기준 연혁

- 건설기준은 건설기술진흥법 제44조 및 같은법 시행령 제65조에 따라 건설공사의 안전성, 경제성, 성능 및 품질 확보를 위하여 제정 및 개정하였다.

- 건설기준은 건설기준 코드체계 전환(2016)에 따라 단행본 체계의 건설기준(설계기준, 표준시방서)간 중복·상충을 비교 검토하여 건설기준 코드 전환 정비하였다(국토교통부 고시 제2016-438호, 2016년 7월 6일).

- 건설기준의 연혁은 아래와 같다.

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년.월)
구조물기초 설계기준	• 합리적인 설계를 위하여 본구조물 기초설계기준을 기초지반의 성질 및 상부구조의 조건을 고려하여 경제적이고 통일성 있는 체계가 이뤄지도록 기준 제정	제정 (1971.12)
구조물기초 설계기준	• 외국자료의 분석과 기 개정된 각종 시방서 시설기준 및 제규정 등과의 상호 연관성을 검토하고, 미비점을 충분히 반영하여 개정.	개정 (1986.11)
구조물기초 설계기준	• 그간의 지반공학 분야의 기술발전을 반영하고, 관련기준의 개정에 따른 내용 조정 등 수정하고 국제표준단위인 미터법과 SI단위로 통일 개정.	개정 (2002.12)
구조물기초 설계기준	• 구조물기초 설계기준 개정	개정 (2008.11)
구조물기초 설계기준	• 토목, 건축공사 등의 건설구조물 기초 설계를 국가의 설계기준형식에 부합시키고, 신기술, 신공법 등의 시대적 변화를 적용시키며 설계자의 창의적 설계를 유도할 수 있도록 개정.	개정 (2014.02)
구조물기초 설계기준	• 도심지 지반침하 현상의 지속적 발생으로 국민불안이 증대하고 있으나, 다소 미흡한 지반침하와 관련된 조사 및 설계관련 하여 공동 및 싱크홀을 조사하도록 철도설계기준 개정사항(2015)을 반영하여 개정.	부분개정 (2016.05)
도로교 설계기준	• SI단위계 사용, 신기술 및 신공법 반영 개정.	개정 (2005.02)
도로교 설계기준	• 신자재 추가 및 재료 허용응력 등 부분 개정	부분개정 (2008.09)

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년.월)
도로교 설계기준	• 그동안 제개정된 각종 규칙, 기준 및 최근 연구성과 등을 검토 반영, 심미적 디자인 추구, 철근콘크리트 기둥의 연성도 내진설계법 부록 도입함.	개정 (2010.09)
건축구조 설계기준	• 건축구조 설계기준 제정	제정 (2005.04)
건축구조 설계기준	• 재검토기한 신설 등 개정	개정 (2009.08)
건축구조기준	• 부분 개정	개정 (2009.12)
건축구조기준	• 재검토기한의 연도 수정 등 개정	개정 (2013.12)
건축구조기준	• 특정한 지형조건의 기본지상적설하중 등 개정	개정 (2015.10)
건축구조기준	• 성능설계법 도입 및 돌발상황에 의한 하중 추가 등 기준 전반에 대한 최근 연구결과 및 개선된 공법 반영	개정 (2016.05)
KDS 11 50 15 : 2016	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비함	제정 (2016.07)
KDS 11 50 15 : 2016	• 한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함	수정 (2018.07)
KDS 11 50 15 : 2021	• 건설기준코드의 통일성을 위해 작성지침과 부합화, 부주면마찰력 내용 정비, 재하시험 수량 등 내용 정비함	개정 (2021.05)
KDS 11 50 15 : 2025	• 건설기준 코드작성 지침에 따른 수정, 기존 구조물 해체 후 신축공사 시 기존 말뚝 재사용 관련 사항 추가, 설계법과 시설물별 기준을 준용할 수 있도록 제시	개정 (2025.12)

제　　정 : 2016년 7월 6일　　개　　정 : 2025년 12월 24일
심　　의 : 국토교통부 중앙건설기술심의위원회　　자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회
소관부서 : 국토교통부 기술혁신과
관련단체 : (사)한국지반공학회　　작성기관 : (사)한국지반공학회

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

목 차

1. 일반사항 ····· **1**

1.1 목적 ····· 1

1.2 적용 범위 ····· 1

1.3 참고 기준 ····· 1

1.4 용어의 정의 ····· 1

1.5 기호의 정의 ····· 2

1.6 검토사항 ····· 2

2. 조사 및 계획 ····· 2

3. 재료 ····· 2

4. 설계 ····· 2

4.1 말뚝기초 ····· 2

4.2. 케이슨기초 ····· 10

1. 일반사항

1.1 목적

(1) 이 기준의 목적은 지지력, 침하 등 깊은기초에서 발생 가능한 파괴에 대하여 설계 안정성을 만족시키는데 필요한 최소한의 설계 요구조건을 규정하는 데 있다.

1.2 적용 범위

(1) 이 기준은 기초가 지지하는 구조물의 저면으로부터 구조물을 지지하는 지지층까지의 깊이가 기초의 최소폭에 비하여 비교적 크고 깊은 기초형식인 말뚝기초, 케이슨기초 등의 일반설계(허용응력설계)에 적용한다.

1.3 참고 기준

1.3.1 관련 법규

내용 없음

1.3.2 관련 기준

- KDS 11 10 05 지반 설계 일반
- KDS 11 10 10 지반조사

1.4 용어의 정의

- 극한지지력: 구조물을 지지할 수 있는 지반의 최대 저항력
- 기성 콘크리트말뚝: 공장에서 제작된 콘크리트말뚝
- 단기 허용압축응력 : 가설구조물에 작용하는 하중과 일시적으로 작용하는 일시하중 (단기하중)에 대한 허용압축응력
- 말뚝기초: 말뚝을 지중에 삽입하여 하중을 지반 속 깊은 곳의 지지층으로 전달하는 깊은기초의 대표적인 기초형식
- 매입말뚝 : 지반에 굴착공을 천공한 후 시멘트풀을 주입하고 기성말뚝을 삽입한 다음 필요에 따라 말뚝에 타격을 가하여 지지지반에 말뚝을 안착시키는 공법
- 무리말뚝: 두 개 이상의 말뚝을 인접 시공하여 하나의 기초를 구성하는 말뚝의 설치형태
- 부주면마찰력: 말뚝 침하량보다 큰 지반 침하가 발생하는 구간에서 말뚝 주면에 발생하는 하향의 마찰력
- 선단지지력: 깊은기초의 선단부 지반의 전단저항력에 의해 발현되는 지지력
- 세장비 : 말뚝의 지름 대비 길이의 비를 의미하며 말뚝재료의 허용하중 산정에 반영
- 장기 허용압축응력 : 영구구조물에 상시 작용하는 상시하중(장기하중)에 대한 허용압축응력
- 주면마찰력: 말뚝의 표면과 지반과의 마찰력에 의해 발현되는 저항력
- 케이슨기초: 지상에서 제작하거나 지반을 굴착하고 원위치에서 제작한 콘크리트통에

속채움을 하는 깊은기초 형식
- 타입말뚝 : 기성말뚝을 해머로 타격하여 지지층까지 관입시키는 말뚝 시공방법
- 허용지지력: 구조물의 중요성, 설계지반정수의 정확도, 흙의 특성을 고려하여 지반의 극한지지력을 적정의 안전율로 나눈 값
- 현장타설 콘크리트말뚝: 지반에 천공하고 콘크리트를 타설하여 완성하는 말뚝

1.5 기호의 정의
내용 없음

1.6 검토사항
(1) 기초의 지지력은 작용하중에 대해 구조물별로 정해진 안전율을 확보하여야 한다.
(2) 기초의 변위는 상부구조물에 유해한 영향을 주지 않아야 하며, 축방향 및 횡방향 변위에 대해서도 검토하여야 한다.
(3) 기초의 설계는 안정성 외에 경제성, 시공성, 환경영향 등을 검토하여야 한다.
(4) 기초의 설계는 그 시공방법(타입공법, 매입공법, 현장타설공법)을 고려하여 검토하여야 한다.

2. 조사 및 계획
(1) 깊은기초 설계를 위한 조사는 KDS 11 10 10 을 따른다.

3. 재료
내용 없음

4. 설계

4.1 말뚝기초
(1) 이 기준은 각종 토목구조물과 건축구조물에 사용되는 말뚝기초의 설계에 적용되며, 이 기준의 1.6을 검토하여 결정하여야 한다.

4.1.1 말뚝의 축방향 지지력과 변위

4.1.1.1 말뚝기초의 축방향 허용지지력과 허용변위
(1) 말뚝기초의 축방향 허용지지력은 말뚝본체의 허용압축하중과 지반의 허용지지력 중 작은 값으로 한다.
(2) 말뚝기초의 축방향 허용변위는 상부 구조물의 허용변위량 이내로 한다.

4.1.1.2 말뚝본체의 허용압축하중
(1) 강말뚝

① 강말뚝 본체의 허용압축하중은 강재의 허용압축응력에 본체의 유효단면적을 곱한 값에 세장비(말뚝 지름에 대한 길이의 비) 및 말뚝이음에 의한 지지하중 감소를 고려하여 결정한다.

② 강말뚝 본체의 유효단면적은 구조물 사용기간 중의 부식을 공제한 값으로 하되, 부식을 공제할 때에는 육상말뚝과 해상말뚝으로 구분하여 고려한다.

③ 지하수에 의해 부식이 우려되는 경우에는 강재 부식 방지공을 검토하고, 이 조건을 고려하여 강말뚝 본체의 허용압축하중을 결정한다.

(2) 기성 콘크리트말뚝

① RC(Reinforced Concrete)말뚝 본체의 허용압축하중은 콘크리트의 허용압축응력에 콘크리트의 단면적을 곱한 값에 세장비 및 말뚝이음에 의한 지지하중 감소를 고려하여 결정한다.

② PC(Prestressed Concrete)말뚝 및 PHC(Pretensioned spun High strength Concrete)말뚝 본체의 허용압축하중은 콘크리트의 허용압축응력에 콘크리트의 단면적을 곱한 값에 프리스트레싱의 영향을 고려하고, 세장비 및 말뚝이음에 의한 지지하중 감소를 고려하여 결정한다.

③ 지하수에 의해 부식이 우려되는 경우에는 부식 방지공을 검토하여야 하며, 이 조건을 고려하여 말뚝 본체의 허용압축하중을 결정한다.

(3) 현장타설 콘크리트말뚝

① 현장타설 콘크리트말뚝 본체의 허용압축하중은 콘크리트와 보강재로 구분하여 허용압축하중을 각각 산정한 다음, 이 두 값을 합한 값에 세장비에 의한 지지하중 감소를 고려하여 결정한다.

② 콘크리트의 허용압축하중은 콘크리트의 허용압축응력에 콘크리트의 단면적을 곱한 값으로 한다.

③ 보강재의 허용압축하중은 보강재의 허용압축응력에 보강재의 단면적을 곱한 값으로 한다.

④ 지하수에 의해 부식이 우려되는 경우에는 부식 방지공을 고려하여 말뚝 본체의 허용압축하중을 결정한다.

(4) 기타 종류의 말뚝

① 합성말뚝, 복합말뚝, 마이크로파일 등의 본체 허용압축하중은 해당 재료에 대해 필요한 구조계산을 실시하여 결정한다.

4.1.1.3 지반의 축방향 허용압축지지력

(1) 외말뚝 조건에서 지반의 축방향 허용압축지지력은 축방향 극한압축지지력을 소정의 안전율로 나눈 값으로 한다.

(2) 안전율은 축방향 극한압축지지력을 산정하는 방법의 신뢰도에 따라 적용한다.

(3) 말뚝의 축방향 압축지지력은 다음과 같이 결정한다.

① 구조물의 중요도가 높거나 대규모 공사에서는 시험시공말뚝을 설치하여 압축재하

시험으로부터 지반의 축방향 허용압축지지력을 확인하며, 필요시 하중전이특성을 고려한 말뚝의 하중지지거동을 파악하여 허용압축지지력을 평가하는 데 이용한다.

② 공사 규모가 작거나 제반 여건상 시험시공말뚝 설치와 압축재하시험이 곤란한 경우에는 지반조사와 토질시험 결과를 이용한 정역학적 지지력공식을 이용하거나, 표준관입시험, 정적관입시험, 공내재하시험 등과 같은 원위치시험 결과를 이용한 경험식에 의하여 축방향 극한압축지지력을 계산할 수 있다.

③ 경험식에 의한 축방향 압축지지력 산정방법은 신뢰도가 낮기 때문에 공사 초기에 실제 말뚝을 대상으로 압축재하시험을 실시하여 축방향 허용압축지지력을 확인하여야 한다.

(4) 항타공법으로 말뚝을 시공하는 경우에는 파동이론분석을 실시하여 항타장비 선정, 항타시공 관입성 및 지반의 축방향 극한압축지지력 등을 검토하되, 시험시공말뚝 설치 시 동적거동측정을 실시하여 이를 확인한다.

(5) 말뚝의 지지력은 시공의 영향이 크므로 본말뚝 시공 전에 시험시공말뚝을 설치하고 그 결과를 검토하여 설계심도, 말뚝길이, 시공방법 등의 적정성을 확인하여 결정한다.

(6) 암반에 근입된 대구경 현장타설말뚝에서 선단 소켓부가 인위적으로 거칠게 시공된 경우에는 굴착공벽의 거칠기를 평가하고 이를 고려하여 주면마찰력을 산정할 수 있다.

4.1.1.4 재하시험에 의한 축방향 허용압축지지력 결정

(1) 말뚝기초의 압축재하시험은 고정하중을 적재하거나 지반앵커의 인발저항력 또는 반력말뚝의 마찰력을 이용한 압축 정재하시험, 말뚝본체에 미리 설치된 가압잭(또는 가압셀)을 이용한 양방향재하시험, 동적하중을 재하하는 동재하시험 방법 등이 있으며 다음 사항을 고려하여 실시한다.

① 말뚝의 압축지지력은 지반조건에 따라 말뚝을 시공한 후 경과한 시간에 따라 변화하므로 이에 대한 확인이 필요한 경우 동일한 말뚝에 대하여 시공 후 일정한 시간이 경과한 조건에서 압축재하시험을 실시한다.

② 동재하시험은 실시 기술자의 자질에 따라 그 신뢰도가 영향을 받으므로 이러한 문제를 해결할 수 있도록 계획되어야 하며, 필요한 경우 동일한 말뚝에 대해 수행된 정재하시험 결과와 비교 평가하는 등 동재하시험 결과의 신뢰도를 확인하는 절차를 거치도록 한다.

(2) 재하시험에 의한 허용압축지지력은 항복하중의 1/2 및 극한하중의 1/3 중 작은 값으로 하고, 재하시험을 하지 않는 경우에는 지지력 산정식에 의해 구해지는 극한지지력의 1/3 중에서 가장 작은 값으로 한다.

(3)(2)항에 의한 안전율 적용은 비경제적인 경우도 있으므로 지반조건, 시공의 정밀도, 말뚝거동의 특성 및 말뚝재하시험 수량 등을 고려하여 적절한 폭으로 안전율을 낮출 수 있으며, 이 경우에도 극한지지력에 대하여 2보다 낮은 안전율은 적용하지 않는다.

4.1.1.5 항타공식에 의한 축방향 허용압축지지력의 결정

(1) 항타공식을 사용한 압축지지력 추정은 사용 해머의 효율에 크게 영향을 받으므로 동재하시험으로 해머의 효율을 주기적으로 실측한 값을 반영한다.

(2) 항타공식 계산결과는 항타시의 말뚝의 압축지지력이므로 시간경과효과를 추가로 고려한다.

(3) 항타공식에 의한 압축지지력 추정 방식은 간편하지만 신뢰도가 낮으므로 동재하시험으로 얻은 실측 해머효율과 시간경과효과를 고려하는 경우에도 항타공식 계산 결과는 시공관리 목적으로만 사용한다.

4.1.1.6 무리말뚝의 축방향 압축지지력

(1) 무리말뚝의 축방향 압축지지력은 외말뚝의 축방향 압축지지력에 말뚝 및 지반조건에 따라 적합한 무리말뚝 효과를 고려하여 산정하며, 이를 위하여 탄성해석, 탄소성해석 등에 의한 무리말뚝해석을 실시할 수 있다.

4.1.1.7 말뚝의 부주면마찰력

(1) 말뚝의 부주면마찰력은 말뚝과 지반의 상대적인 침하거동에 따라 발생하는 하향력으로서 말뚝기초의 지지력과 침하에 영향을 미치며, 다음과 같은 경우에 고려해야 한다.
① 기초지반에 점토, 실트 또는 유기질토와 같은 압축성 지반이 분포하는 경우
② 말뚝기초와 인접하여 쌓기가 예상되거나, 최근에 쌓기가 실시된 경우
③ 기초지반의 지하수위가 저하되는 경우
④ 느슨한 사질토에 액상화가 예상되는 경우

(2) 부주면마찰력의 크기는 중립면의 위치, 침하지반의 특성, 말뚝재료의 특성을 고려하여 산정한다.

(3) 무리말뚝에 대해서는 무리말뚝 효과를 고려한 부주면마찰력을 적용할 수 있다.

(4) 부주면마찰력이 발생하는 지반조건에서는 선단지지력의 크기, 주면마찰력의 크기 및 분포를 판단할 수 있는 하중전이시험이 포함된 압축재하시험을 실시하여 축방향 허용압축지지력을 결정할 수 있다.

(5) 부주면마찰력이 큰 경우에는 부주면마찰력 감소방법을 적용할 수 있다.

(6) 액상화에 의해 발생된 말뚝 부주면마찰력은 다른 하중조합에 포함하여 고려해야 하며, 액상화로 인한 말뚝의 부주면마찰력은 압밀침하에 의한 말뚝 부주면마찰력과 조합하지 않는다.

(7) 일시적으로 작용하는 하중(지진하중, 풍하중, 빙하중, 충돌하중, 제동하중 등)으로 인해 말뚝 부주면마찰력이 감소되는 것을 말뚝기초 설계에 고려한다면, 이들 하중과 동일한 하중을 말뚝 부주면마찰력에서 감소시켜야 한다.

(8) 말뚝의 부주면마찰력과 활하중 또는 일시적으로 작용하는 하중은 동시에 조합하여 고려하지 않는다.

4.1.1.8 말뚝의 축방향 허용인발저항력

(1) 외말뚝의 허용인발저항력은 지반의 축방향 허용인발저항력에 말뚝의 무게를 더한 값과 말뚝본체의 허용인발하중 중 작은 값으로 한다.
(2) 지반의 축방향 허용인발저항력은 인발재하시험을 실시하여 결정한다.
(3) 인발재하시험 결과를 얻을 수 없는 경우에는 압축재하시험 결과로부터 얻어진 극한압축주면마찰력으로부터 허용인발저항력을 추정할 수 있다.
(4) 무리말뚝의 허용인발저항력에 대해서는 무리말뚝의 영향을 고려한다.

4.1.1.9 말뚝기초의 침하

(1) 침하에 의한 구조물의 안정성을 판정할 때에는 외말뚝의 침하량, 무리말뚝의 침하량, 부주면마찰력에 의한 외말뚝의 침하량, 부주면마찰력에 의한 무리말뚝의 침하량 및 부등침하량 등을 고려하여야 한다.
(2) 허용침하량은 상부구조물의 구조형식, 사용재료, 용도, 중요성 및 침하의 시간적 특성 등에 의해 정한다.
(3) 외말뚝의 침하량은 압축 정재하시험을 실시하여 판정하는 것이 가장 바람직하며, 압축 정재하시험 결과를 얻을 수 없는 경우에는 침하량 산정 공식이나 해석적 기법을 이용하여 추정한다.

4.1.2 말뚝의 횡방향 허용지지력

4.1.2.1 말뚝의 횡방향 지지력

(1) 말뚝의 횡방향 지지력은 말뚝에 발생하는 휨응력이 말뚝재료의 허용휨응력 이내가 되는 값이며, 말뚝머리의 횡방향 변위량이 상부구조에서 정해지는 허용변위량을 넘어서지 않는 조건을 만족시키는 가장 큰 값으로 한다.

4.1.2.2 외말뚝

(1) 외말뚝의 횡방향 허용지지력은 횡방향재하시험을 실시하여 결정한다.
(2) 횡방향재하시험을 실시할 수 없는 경우에는 탄성보 방법 및 극한 평형법과 같은 해석적 방법 또는 프레셔미터 결과를 이용한 방법으로 횡방향 허용지지력을 추정한다.
(3) 말뚝의 횡방향재하시험을 실시하더라도 실제 구조물의 하중조건과 다른 경우에는 시험결과와 실제 하중조건을 검토하여 적합한 방법(자료에 의한 경험적 방법)으로 해석한다.
(4) 경사말뚝과 연직말뚝으로 이루어진 구조물 기초에 작용하는 수평력은 모두 경사말뚝에 의해서 지지되는 것으로 할 수 있으며, 이 경우 경사말뚝에 작용하는 수평력은 각 경사말뚝의 축방향 지지력에 의해서만 저항하는 것으로 설계할 수 있다.

4.1.2.3 무리말뚝

(1) 무리말뚝의 횡방향 허용지지력은 말뚝중심 간격에 따른 영향을 고려한다.
(2) 무리말뚝 효과에 대해서는 무리말뚝의 횡방향재하시험을 실시하여 확인한다.
(3) 무리말뚝의 횡방향재하시험을 실시할 수 없는 경우에는 해석적 방법으로 추정한다.

4.1.2.4 횡방향 허용지지력 저감

(1) 주기적으로나 장기적으로 횡방향 하중을 받는 조건에서의 횡방향 허용지지력은 정적인 하중조건으로 결정된 횡방향 허용지지력에 횡방향 지반반력계수 등을 감소시켜 결정한다.

4.1.2.5 횡방향 지반반력계수

(1) 말뚝기초의 설계에 이용되는 횡방향 지반반력계수는 말뚝의 횡방향재하시험을 통한 하중-변위량 곡선에서 역산하여 구하며, 지반조사 및 토질시험 결과를 이용하여 추정할 수 있다.

4.1.3 말뚝의 스프링정수

4.1.3.1 말뚝의 축방향 스프링정수

(1) 외말뚝의 축방향 스프링정수는 압축재하시험을 통한 하중-침하량 곡선으로부터 결정하며, 기존의 압축재하시험에 기초한 추정식, 토질시험 및 현장시험의 결과를 이용하여 추정할 수 있다.

4.1.3.2 말뚝의 축직각방향 스프링정수

(1) 외말뚝의 축직각방향 스프링정수는 횡방향 지반반력계수를 이용하여 탄성지반 위의 보이론을 기초로 산정한다.

4.1.4 말뚝재료의 허용응력

4.1.4.1 나무말뚝

(1) 나무말뚝의 허용압축응력은 소나무, 낙엽송, 미송의 경우 5 MPa, 기타 수종의 경우는 상시 습윤상태에서의 허용압축응력과 5 MPa 중 작은 값을 택하며, 허용압축하중은 나무말뚝의 최소단면에 대해 산정한다.

4.1.4.2 기성콘크리트말뚝

(1) 기성콘크리트말뚝의 장기 허용압축응력은 콘크리트 설계기준강도의 최대 1/4까지를 적용할 수 있으며, 단기 허용압축응력은 장기 허용압축응력의 1.5배로 한다.
(2) 콘크리트의 설계기준강도는 35 MPa 이상으로 하고 허용하중은 말뚝의 최소단면으로

결정한다.

4.1.4.3 현장타설 콘크리트말뚝

(1) 현장타설 콘크리트말뚝의 장기 허용압축응력은 시공 시의 상황에 따라 다음과 같이 정한다.
   ① 말뚝본체의 전부 또는 일부의 콘크리트가 물 또는 흙탕물 중에 타설될 경우는 콘크리트 설계기준강도의 20% 이하
   ② 말뚝본체 콘크리트 타설을 위한 굴착구멍에 물 또는 흙탕물이 없는 상태에서 콘크리트가 타설될 경우 또는 수중타설콘크리트에 대한 조치가 있는 경우는 콘크리트 설계기준강도의 25%
   ③ 설계법 또는 시설물별로 별도로 정해진 허용압축응력 기준이 있을 경우 이에 따를 수 있다.

4.1.4.4 강말뚝

(1) 강말뚝의 장기 허용압축응력은 일반적으로 부식부분을 제외한 단면에 대해 재료의 항복응력과 국부좌굴응력을 고려하여 결정한다.
(2) 강말뚝의 부식은 말뚝이 설치되는 지역조건 및 환경조건에 따라 결정한다.
(3) 단기 허용압축응력은 장기 허용압축응력의 1.5배로 한다.

4.1.5 말뚝기초 설계

4.1.5.1 설계 시 고려사항

(1) 말뚝에 작용하는 압축, 인장, 전단, 휨응력이 모두 허용응력 범위 안에 있어야 한다.
(2) 말뚝과 기초 푸팅의 연결부, 말뚝의 이음부 등은 확실하게 시공할 수 있도록 설계한다.
(3) 말뚝의 부식, 풍화, 화학적 침해 등에 대하여 적합한 대책을 강구한다.
(4) 침식, 세굴 또는 인접지반의 굴착, 지하수 변동 등에 대한 검토와 대책을 수립한다.
(5) 말뚝을 소요 지지층까지 관입시킬 수 있는 공법을 선정한다.
(6) 시공 시 발생할 수 있는 소음, 진동 등은 환경기준을 만족하여야 한다.
(7) 지반의 액상화 가능성에 대하여 검토한다.
(8) 말뚝종류 선정, 시공장비 선택, 시공법 선정, 지지층 선정, 시멘트풀 보강 여부, 무리말뚝 시공으로 인한 말뚝 솟아오름 가능성 등에 대하여 검토한다.

4.1.5.2 말뚝간격과 말뚝배열

(1) 말뚝의 배열은 연직하중 작용점에 대하여 가능한 한 대칭을 이루며 각 말뚝의 하중분담률이 큰 차이가 나지 않도록 한다.
(2) 말뚝중심 간격은 최소한 말뚝지름의 2.5배 이상, 기초측면과 말뚝중심 간의 거리는 최소 말뚝지름의 1.25배 이상으로 하되 설계법 또는 시설물별 별도의 설계기준에 따라

결정할 수 있다.

4.1.5.3 말뚝기초의 반력

(1) 말뚝기초의 연직하중은 말뚝에 의해서만 지지되는 것으로 간주하며 기초 푸팅의 지지효과는 무시한다. 다만, 기초 푸팅의 지지효과에 대하여 충분히 신뢰할 수 있는 경우에는 이를 고려한다.

(2) 말뚝기초의 횡방향 하중은 말뚝에 의해서 지지되는 것으로 하되, 다만 기초의 깊이가 깊고 뒤채움이 잘 다져져서 횡방향 하중을 분담할 수 있다고 판단될 때에는 기초 측면의 횡방향 지지력을 고려할 수 있다.

(3) 기초에 큰 횡방향 하중이 작용할 때에는 경사말뚝을 배치하여 횡방향 하중을 분담하게 할 수 있다.

4.1.5.4 말뚝기초의 설계절차

(1) 말뚝기초의 설계는 다음의 절차를 거쳐 수행한다.

① 예비설계

② 검증시험(proof test)

③ 예비설계의 보완

(2) 검증시험이란 해당공사에서 말뚝의 시공방법 설정, 말뚝지지력의 평가, 말뚝의 길이 결정, 말뚝의 하중지지거동의 확인 등을 위하여 실시하는 시험을 말한다.

(3) 설계단계에서 시험시공말뚝을 이용한 시험이 곤란할 경우에는 시공초기에 설계확인 및 본시공 관리기준의 설정을 위하여 재하시험을 계획한다.

4.1.5.5 말뚝재하시험

(1) 말뚝재하시험으로는 압축재하시험, 인발재하시험, 횡방향재하시험 등이 있으며, 압축재하시험은 정재하시험을 원칙으로 하되 시험목적, 공사의 규모와 중요도, 실시수량, 현장여건 등 실시조건을 고려하여 동재하시험을 적용할 수 있다.

(2) 동재하시험을 적용할 경우 4.1.1.4(1) ②에 따라 신뢰도를 확인하여야 한다.

(3) 말뚝재하시험은 아래의 사항들을 고려하여 목적에 맞도록 계획한다.

① 관련시험규정

② 지지력

③ 변위량

④ 건전도

⑤ 시공방법과 장비의 적합성

⑥ 시간경과에 따른 말뚝지지력 변화

⑦ 부주면마찰력

⑧ 하중전이 특성

⑨ 시험횟수와 방법

⑩ 시험실시 시기
⑪ 시험 및 결과분석 요원의 신뢰도

(4) 압축재하시험을 동재하시험방법으로 적용할 경우 시공장비의 성능 확인, 장비의 적합성 판정, 지반조건 확인, 말뚝의 건전도 판정, 지지력 확인 등을 목적으로 실시하여야 하며, 4.1.1.4(1) ① 및 ②를 고려하여 말뚝지지력의 시간경과효과 및 시험품질을 검증할 수 있다.

(5) 압축재하시험의 최소 실시수량은 지반조건에 큰 변화가 없는 경우 전체 말뚝 수량의 1% 이상(말뚝이 100개 미만인 경우에도 최소 1개)을 실시하되, 시설물별 기준에서 별도의 실시수량을 정하고 있는 경우 해당 기준을 따른다.

(6) 지형 및 지반조건, 시공장비, 말뚝종류 등 제반 시공조건이 변경될 때는 시험횟수를 추가하도록 시방서에 명시하여야 하며, 구조물의 종류와 특성, 중요도 등을 고려하여 발주처와 협의하여 실시수량을 별도로 정할 수 있다.

4.1.5.6 특수한 조건에 있는 말뚝기초의 설계

(1) 다음에 나타난 바와 같이 특수한 조건에 있는 말뚝기초를 설계할 때는 지반의 성질, 하중 조건, 말뚝기초 전체의 안전성 등에 대해 종합적으로 검토하여야 한다.
① 확대기초 근입부의 연직저항 또는 횡저항을 고려한 말뚝기초
② 지반면 위에 돌출된 말뚝본체에 횡하중이 작용되는 말뚝기초
③ 동일한 확대기초에 길이가 현저히 다른 말뚝이 있는 말뚝기초
④ 비탈면 위에 설치되는 말뚝기초
⑤ 횡방향 변위량을 특별히 제한하지 않는 말뚝기초
⑥ 세굴을 고려하여야 하는 말뚝기초
⑦ 단일 현장타설말뚝 기초
⑧ 단층파쇄대에 설치되는 말뚝기초
⑨ 연약지반이 매우 깊은 곳에 설치되는 말뚝기초
⑩ 저진동 및 저소음 공법으로 설치되는 매입말뚝 기초
⑪ 기존 구조물의 기초용 말뚝을 재사용하는 말뚝기초

4.1.5.7 말뚝과 확대기초의 결합부

(1) 말뚝과 확대기초의 결합방식은 강결합과 힌지결합 등이 있으며, 구조물의 특성과 시설물별로 각각 규정된 방법으로 선정하되 결합부에 생기는 모든 응력들에 대해 안전하도록 설계하여야 한다.

4.2. 케이슨기초

4.2.1 적용범위

(1) 이 기준은 케이슨기초의 설계에 적용한다.

(2) 케이슨기초는 상부구조물의 하중과 토압 및 수압뿐만 아니라 시공 중에 받게 되는 모든 하중조건과 유속에 대하여 안전하도록 설계한다.

4.2.2 지반의 허용지지력

4.2.2.1 케이슨 기초지반의 허용연직지지력

(1) 케이슨 기초지반의 허용연직지지력은 지반조사 및 시험결과를 이용하여 정역학적 공식에 의해 구하거나, 시추조사 결과와 평판재하시험 결과를 반영하고 기초 폭에 의한 크기효과도 고려하여 결정한다.

4.2.2.2 케이슨기초 저면 지반의 허용연직지지력

(1) 케이슨기초 저면 지반의 허용연직지지력은 KDS 24 14 50 (4.5.2(4))의 관련 기준에 따른다.

4.2.2.3 케이슨기초 전면 지반의 허용수평지지력

(1) 케이슨기초 전면 지반의 허용수평지지력은 KDS 24 14 50 (4.5.2(4))의 관련 기준에 따른다.

4.2.3 지반반력 및 침하량

4.2.3.1 일반사항

(1) 지반반력은 케이슨기초를 강체로 하여 산출한다.

(2) 지반변위량의 계산은 지반조사나 토질시험의 결과를 검토하여 이루어져야 한다. 지반변위량의 계산 시 사질토의 경우는 탄성변위량을 구하고, 점성토의 경우는 탄성변위량과 압밀침하량을 구하여야 한다.

4.2.3.2 고려사항

(1) 케이슨 기초지반의 연직지반반력은 케이슨을 통하여 지반에 전달되는 모든 연직하중을 케이슨의 저면적으로 나눈 값으로 한다.

(2) 케이슨의 주면마찰력은 일반적으로 고려하지 않는다. 그러나 주면마찰력이 분명하게 발생할 것으로 판단될 때는 그 영향을 고려한다.

(3) 연직하중에 의한 케이슨 상단의 총 침하량은 케이슨 본체의 탄성변위량과 케이슨 기초지반의 침하량을 합한 값으로 한다.

4.2.3.3 탄성변위량

(1) 기초에 작용하는 하중에 의한 지반반력 및 탄성변위량은 지반탄성계수나 지반반력계수를 사용하여 산정한다.

4.2.3.4 압밀침하량

(1) 압밀침하량은 기초 바닥면 아래에 압밀을 일으킬 수 있는 점성토층이 존재하는 경우에 산출한다.

(2) 압밀침하량은 기초에 작용하는 하중에 의한 지반 내의 유효수직응력의 증가분에 대해서 선행압밀응력의 크기를 고려하여 구한다.

(3) 압밀침하량의 계산에 있어서 깊이 증가에 따른 유효수직응력의 증가분 감소와 지반 압축성의 변화를 고려하기 위하여 전체 점성토층을 다수의 얇은 층으로 분할(일반적으로 1,500 mm ~ 3,000 mm두께의 층으로 분할함)하며, 전체 점성토층의 압밀침하량은 분할한 각 층에 대하여 산정한 압밀침하량을 모두 합한 값으로 한다.

(4) 이외에 압밀침하량은 유한요소해석 등의 적절한 수치해석적 방법을 통해 산정할 수 있다.

집필위원

성 명	소 속	성 명	소 속
강인규	㈜브니엘컨설턴트	이원제	㈜에스텍컨설팅그룹

자문위원

성 명	소 속	성 명	소 속

국가건설기준센터 및 건설기준위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
이영호	한국건설기술연구원	정문경	한국건설기술연구원
김기현	한국건설기술연구원	강대규	㈜한가람
김나은	한국건설기술연구원	김기석	㈜희송지오텍
김민관	한국건설기술연구원	김기연	㈜경동엔지니어링
김재훈	한국건설기술연구원	김만일	산림조합중앙회
김희석	한국건설기술연구원	박재현	한국수자원공사
류상훈	한국건설기술연구원	송 훈	㈜동해종합기술공사
안준혁	한국건설기술연구원	여규권	삼부토건(주)
원훈일	한국건설기술연구원	정재형	한국건설기술연구원
유영수	한국건설기술연구원		
이상규	한국건설기술연구원		
이소정	한국건설기술연구원		
이승재	한국건설기술연구원		
이승환	한국건설기술연구원		
이용수	한국건설기술연구원		
이원종	한국건설기술연구원		
주영경	한국건설기술연구원		
최봉혁	한국건설기술연구원		
허원호	한국건설기술연구원		

중앙건설기술심의위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
김상철	㈜삼안	민영욱	특수건설
김선백	대우건설	송영석	한국지질자원연구원
김성호	대보건설	장범수	한국건설품질연구원
문인기	엠플러스이엔씨㈜		

국토교통부

성 명	소 속	성 명	소 속
권미정	기술혁신과	신중호	기술혁신과
양성모	기술혁신과		

(분야별 가나다순)

KDS 11 50 15 : 2025

깊은기초 설계기준(일반설계법)

2025년 12월 24일 개정

소관부서 국토교통부 기술혁신과

관련단체 (사)한국지반공학회
05836 서울특별시 송파구 법원로9길 26, C동 701호(문정동,에이치비즈니스파크)
Tel : 02-3474-4428 E-mail : kgssmfe@hanmail.net
http://www.kgshome.org

작성기관 (사)한국지반공학회
05836 서울특별시 송파구 법원로9길 26, C동 701호(문정동,에이치비즈니스파크)
Tel : 02-3474-4428 E-mail : kgssmfe@hanmail.net
http://www.kgshome.org

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

KDS 11 50 25 : 2021

기초 내진 설계기준

2021년 5월 12일 개정
http://www.kcsc.re.kr

KC CODE

국토교통부

건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

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

건설기준 연혁

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

- 이 기준은 기존의 구조물기초 설계기준을 중심으로 도로교 설계기준, 건축구조기준의 **기초 내진 설계**에 해당되는 부분을 통합 정비하여 기준으로 제정한 것으로 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년.월)
구조물기초 설계기준	• 합리적인 설계를 위하여 본구조물 기초설계기준을 기초지반의 성질 및 상부구조의 조건을 고려하여 경제적이고 통일성 있는 체계가 이뤄지도록 기준 제정	제정 (1971.12)
구조물기초 설계기준	• 외국자료의 분석과 기 개정된 각종 시방서 시설기준 및 제규정 등과의 상호 연관성을 검토하고, 미비점을 충분히 반영하여 개정.	개정 (1986.11)
구조물기초 설계기준	• 그간의 지반공학 분야의 기술발전을 반영하고, 관련기준의 개정에 따른 내용 조정 등 수정하고 국제표준단위인 미터법과 SI단위로 통일 개정.	개정 (2002.12)
구조물기초 설계기준	• 구조물기초 설계기준 개정	개정 (2008.11)
구조물기초 설계기준	• 토목, 건축공사 등의 건설구조물 기초 설계를 국가의 설계기준형식에 부합시키고, 신기술, 신공법 등의 시대적 변화를 적용시키며 설계자의 창의적 설계를 유도할 수 있도록 개정.	개정 (2014.2)
구조물기초 설계기준	• 도심지 지반침하 현상의 지속적 발생으로 국민불안이 증대하고 있으나, 다소 미흡한 지반침하와 관련된 조사 및 설계관련 하여 공동 및 싱크홀을 조사하도록 철도설계기준 개정사항(2015)을 반영하여 개정.	부분개정 (2016.5)
도로교 설계기준	• SI단위계 사용, 신기술 및 신공법 반영 개정.	개정 (2005.2)
도로교 설계기준	• 신자재 추가 및 재료 허용응력 등 부분 개정	부분개정 (2008.9)

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년.월)
도로교 설계기준	• 그동안 제개정된 각종 규칙, 기준 및 최근 연구성과 등을 검토 반영, 심미적 디자인 추구, 철근콘크리트 기둥의 연성도 내진설계법 부록 도입함.	개정 (2010.9)
건축구조 설계기준	• 건축구조 설계기준 제정	제정 (2005.4)
건축구조 설계기준	• 재검토기한 신설 등 개정	개정 (2009.8)
건축구조기준	• 부분 개정	개정 (2009.12)
건축구조기준	• 재검토기한의 연도 수정 등 개정	개정 (2013.12)
건축구조기준	• 특정한 지형조건의 기본지상적설하중 등 개정	개정 (2015.10)
건축구조기준	• 성능설계법 도입 및 돌발상황에 의한 하중 추가 등 기준 전반에 대한 최근 연구결과 및 개선된 공법 반영	개정 (2016.5)
KDS 11 50 25 : 2016	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비함	제정 (2016.6)
KDS 11 50 25 : 2016	• 한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함	수정 (2018.7)
KDS 11 50 25 : 2018	• "내진설계기준 공통적용사항"과 액상화 기준을 반영한 내진설계 일반(KDS 17 10 00) 제정에 따른 중복사항의 인용 처리 및 사용자 이해 증진을 위한 건설기준 부분개정	개정 (2018.12)
KDS 11 50 25 : 2021	• 건설기준코드의 사용성, 적합성, 신뢰성 향상을 위해 적합성 평가를 실시 후 부적절한 용어 및 문구, 인용문헌 구체화하여 정비함	개정 (2021.5)

제 정 : 2016년 6월 30일
개 정 : 2021년 5월 12일
심 의 : 중앙건설기술심의위원회
자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회
소관부서 : 국토교통부 기술혁신과
관련단체 : 한국지반공학회
작성기관 : 한국지반공학회

목 차

1. 일반사항 ····· 1
   1.1 목적 ····· 1
   1.2 적용 범위 ····· 1
   1.3 참고 기준 ····· 1
   1.4 용어의 정의 ····· 1
   1.5 기호의 정의 ····· 1
   1.6 품질보증 ····· 1
2. 조사 및 계획 ····· 2
   2.1 지반조사 ····· 2
3. 재료 ····· 2
4. 설계 ····· 2
   4.1 내진성능기준 ····· 2
   4.2 기초구조물의 설계거동한계 ····· 2
   4.3 설계 지반운동 결정 ····· 3
   4.4 액상화 평가 ····· 3
   4.5 기초구조물의 내진설계 ····· 3

1. 일반사항

1.1 목적

(1) 이 기준은 구조물 기초의 내진성능을 확보하기 위한 설계조건을 규정함으로써 지진에 의한 구조물 기초의 피해와 이로 인한 경제적 손실을 최소화하는 것을 목적으로 한다.

1.2 적용 범위

(1) 이 기준은 구조물 기초의 내진설계와 내진성능 평가에 적용한다.

1.3 참고 기준

1.3.1 관련 법규

(1) 이 기준에서 사용되는 관련 법규는 KDS 17 10 00 (1.3.1)에 따른다.

1.3.2 관련 기준

- KDS 17 10 00 내진설계 일반

1.4 용어의 정의

(1) 이 기준에서 정의하지 않은 주요 용어의 정의는 KDS 17 10 00 (1.4)를 따른다.

- 동적 해석방법(dynamic analysis) : 지진력을 구조동력학적 이론으로 평가하여 구조물의 지진거동을 해석하는 방법으로서, 응답스펙트럼법, 응답이력해석(=시간이력해석)법 등으로 분류
- 등가정적 해석방법(equivalent static force analysis) : 지진하중을 등가의 정적하중으로 변환한 후 정적설계법과 동일한 방법을 적용하여 구조물의 내진안정성을 평가하는 방법
- 응답변위 해석방법(response displacement analysis) : 지진 시 발생하는 지반변위에 의한 지진토압과 지중구조물과 주변지반 관계에서의 경계조건을 각각 모델링하여 구조물의 내진 안정성을 정적으로 계산하는 방법

1.5 기호의 정의

(1) 이 기준에서 사용되는 기호는 KDS 17 10 00 (1.5)를 따른다.

1.6 품질보증

(1) 품질보증요건, 품질관리 및 유지관리에 관한 사항은 KDS 17 10 00 (1.6)을 따른다.

2. 조사 및 계획

2.1 지반조사

(1) 기초의 내진설계를 위한 지반조사는 KDS 11 10 10과 KDS 17 10 00 (2.1)을 따른다.

3. 재료

내용 없음

4. 설계

4.1 내진성능기준

4.1.1 기초구조물의 내진등급

(1) 기초구조물의 내진등급은 기본적으로 KDS 17 10 00 (4.1.1)의 시설물의 내진등급을 따른다.

(2) KDS 17 10 00 (4.1.1)의 내진등급 이외 특수한 경우에는 관할기관과 협의하여 등급을 조정한다.

4.1.2 내진성능수준 및 설계지반운동 수준

(1) 기초의 내진성능수준은 기본적으로 KDS 17 10 00 (4.1.2)의 시설물의 내진성능수준을 따른다.

(2) 기초의 설계지반운동 수준은 KDS 17 10 00 (4.1.3)을 따른다.

4.1.3 내진성능목표

(1) 기초의 내진성능목표는 기본적으로 KDS 17 10 00 (4.1.4)의 시설물의 내진성능목표를 따른다.

(2) 기초 및 지반 구조물의 내진성능수준은 기능수행수준 및 붕괴방지수준에 따라 설계할 수 있다.

4.2 기초구조물의 설계거동한계

4.2.1 기능수행수준에 따른 설계거동한계

(1) 비탈면이나 옹벽 구조물은 부분적인 항복과 소성변형을 허용할 수 있으나, 주변 구조물 및 부속 시설들은 탄성 또는 탄성에 준하는 거동을 허용할 수 있으므로 기초 내진설계 시 유의하여야 한다.

(2) 얕은기초 및 깊은기초는 지진 시 그 주변 지반의 소성거동은 허용할 수 있으나, 기초구조물 자체와 모든 상부 구조물 및 부속 시설이 탄성 또는 탄성에 준하는 거동을 허용한다.

4.2.2 붕괴방지수준에 따른 설계거동한계

(1) 비탈면이나 옹벽 구조물의 구조적 손상은 경미한 수준으로 허용하며 이로 인한 주변 구조물 및 부속 시설들의 소성거동은 허용하지만, 취성파괴 또는 좌굴이 발생하지 않도록 기초 내진 설계 시 유의하여야 한다.

(2) 얕은기초 및 깊은기초는 지진하중 작용 시 소성거동을 허용할 수 있으나, 이로 인하여 기초구조물 자체와 상부 구조물에는 취성파괴 또는 좌굴이 발생하지 않아야 한다.

(3) 기초구조물과 그 주변의 지반에는 과다한 변형이 발생하지 않아야 하며, 지반의 액상화로 인하여 상부 구조물에 중대한 결함이 발생하지 않아야 한다.

4.3 설계 지반운동 결정

(1) 구조물 기초의 설계지반운동을 결정하는 데 고려할 사항은 KDS 17 10 00 (4.2.1.3)을 따른다.

(2) 토사지반에 중요도가 높은 구조물을 설계하는 경우, 지반특성 평가와 지반응답해석을 수행하여 해당부지에 적합한 설계 지반운동을 결정한다.

(3) 지역에 따른 설계지반운동의 세기는 KDS 17 10 00 (4.2.1.1)을 따른다.

① 지진구역 및 지진구역계수(Z, 재현주기 500년 기준)는 KDS 17 10 00 (표 4.2-1, 표 4.2-2)를 따른다.

② 평균재현주기별 위험도계수(I)는 KDS 17 10 00 (표 4.2-3)을 따른다.

(4) 설계 지반운동 결정을 위한 지반분류는 KDS 17 10 00 (4.2.1.2)를 따른다.

(5) 암반 및 토사지반에서 설계지반운동의 가속도 표준설계응답스펙트럼은 KDS 17 10 00 (4.2.1.4)를 따른다.

4.4 액상화 평가

(1) 액상화 평가 방법은 KDS 17 10 00 (4.7)을 따른다.

4.5 기초구조물의 내진설계

(1) 기초구조물에 대한 내진설계는 등가정적 해석방법, 응답변위 해석방법과 동적 해석방법 등을 사용한다.

(2) 기초에 대한 내진설계는 기초 구조체의 최대응력, 기초지반의 최대반력, 상부구조의 최대변위 그리고 기초의 전도, 활동 및 지지력 등을 검토한다.

(3) 기초 내진 설계 시 하중은 구조물의 자중 및 지진하중(상재하중에 의한 관성력, 지진에 의한 동수압 및 토압 등)을 고려하여 결정한다. 또한 액상화 지반의 측방유동에 대한 영향을 하중으로 반영하는 경우 지진하중의 영향은 동시에 고려할 필요가 없다.

(4) 얕은기초의 등가정적해석은 다음과 같은 기본사항을 만족하여야 한다.

① 기초에 작용하는 등가정적하중은 기초지반과 상부구조물의 응답특성을 고려하여 결정한다.

② 얕은기초는 지지력, 전도, 활동에 대하여 안전하여야 하고, 변형 및 침하량이 허용

치 이하 이어야 한다.

③ 액상화 영향을 고려하여 기초 및 지반의 안정성을 평가한다.

(5) 말뚝기초의 등가정적해석은 다음과 같은 기본사항을 만족하여야 한다.

① 등가정적해석에서는 기초지반과 상부구조물의 특성을 고려하여 지진하중을 말뚝머리에 작용하는 등가정적하중으로 환산한 후 정적 해석을 수행한다.

② 무리말뚝 기초의 경우 무리말뚝 해석을 통하여 구조물의 하중을 각 단일말뚝에 분배하고, 가장 큰 하중을 받는 단일 말뚝에 대하여 등가정적해석을 수행한다.

③ 말뚝기초 주변지반에 대하여 액상화 가능성, 말뚝머리의 횡방향 변위 및 침하, 말뚝 본체의 파괴가능성 등을 검토한다.

④ 액상화 가능성이 있는 토층에서는 액상화 영향을 고려하여 말뚝기초의 안정성을 분석하여야 하고, 액상화 토층에서 말뚝의 주면마찰력은 무시할 수 있으며, 액상화 토층 상부의 비액상화층에 의한 부주면마찰력은 고려하여야 한다.

(6) 지반과 상부구조물의 불확실한 응답특성들을 고려하여 말뚝의 내진설계에서는 일반설계에서의 요구조건 이외에 다음의 요구조건을 만족시켜야 한다.

① 말뚝의 내진설계에서는 극한지지력 개념을 사용하며 설계지진하중에 대하여 충분한 지지력을 확보하여야 한다.

② 말뚝은 말뚝캡에 적절히 연결하여야 한다.

③ 콘크리트로 채운 말뚝에 특별한 정착장치를 설치하지 않는 경우에는 말뚝으로 인발력이 전달될 수 있도록 충분한 길이의 철근을 매립하여 정착하여야 한다.

④ 속채움이 없는 강관말뚝, 나무말뚝, 강말뚝은 말뚝 허용지지력의 10% 이상의 인발력이 전달될 수 있도록 정착하여야 한다.

⑤ 말뚝과 말뚝캡을 연결하는 보강철근은 일체로 결합하며 하중전달이 용이하도록 철근을 말뚝캡까지 연장한다.

⑥ 말뚝의 내진설계에서는 기둥이 지표면 위에서 휨모멘트에 의하여 항복하기 이전에 말뚝이 지표면 아래에서 파괴되지 않도록 하여야 한다.

(7) 지중 벽체 구조물과 같이 지반변위가 지배적인 기초구조물에 대해서는 응답변위 해석방법을 적용한다.

(8) 기초구조물에 대한 동적해석이 필요한 경우에는 기초와 지반의 상호작용을 고려하여 응답스펙트럼법, 응답이력해석법 등을 사용할 수 있다.

(9) 기초구조물에 대한 동적해석에서는 현장시험과 실내시험으로부터 구한 지반의 특성치를 적용하여 해석한다.

집필위원

성 명	소 속	성 명	소 속
강인규	㈜브니엘컨설턴트	백승철	안동대학교
김성렬	서울대학교	여규권	삼부토건㈜
김홍연	삼부토건㈜	이원제	㈜에스텍컨설팅그룹

자문위원

성 명	소 속	성 명	소 속
이승현	선문대학교	한상현	서일대학교

국가건설기준센터 및 건설기준위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
이영호	한국건설기술연구원	김대상	한국철도기술연구원
구재동	한국건설기술연구원	김동민	㈜한국종합기술
김기현	한국건설기술연구원	김범주	동국대학교
김나은	한국건설기술연구원	김운형	㈜다산컨설턴트
김태송	한국건설기술연구원	남문석	한국도로공사
김희석	한국건설기술연구원	박이근	㈜지오알앤디
류상훈	한국건설기술연구원	박종호	평화지오텍(주)
원훈일	한국건설기술연구원	오정호	한국교통대학교
이승환	한국건설기술연구원	이규환	건양대학교
이용수	한국건설기술연구원	정충기	서울대학교
주영경	한국건설기술연구원	최용규	경성대학교
최봉혁	한국건설기술연구원	최창호	한국건설기술연구원
허원호	한국건설기술연구원	한상재	㈜지구환경전문가그룹

중앙건설기술심의위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
권순철	sk 건설	이양규	대림대학교
김동규	한국수자원공사	이종섭	고려대학교
김사한	LH	이충원	행정안전부
박정권	LH		

국토교통부

성 명	소 속	성 명	소 속
유병수	기술혁신과	양성모	기술혁신과
백세영	기술혁신과		

(분야별 가나다순)

KDS 11 50 25 : 2021

기초 내진 설계기준

2021년 5월 12일 개정

소관부서 국토교통부 기술혁신과

관련단체 한국지반공학회
05836 서울특별시 송파구 법원로9길 26, C동 701호(문정동,에이치비즈니스파크)
Tel : 02-3474-4428 E-mail : kgssmfe@hanmail.net
http://www.kgshome.org

작성기관 한국지반공학회
05836 서울특별시 송파구 법원로9길 26, C동 701호(문정동,에이치비즈니스파크)
Tel : 02-3474-4428 E-mail : kgssmfe@hanmail.net
http://www.kgshome.org

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

KDS 11 50 30 : 2025

진동기계기초 설계기준

2025년 12월 24일 개정
http://www.kcsc.re.kr

KC CODE

국토교통부

건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

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

건설기준 연혁

- 건설기준은 건설기술진흥법 제44조 및 같은법 시행령 제65조에 따라 건설공사의 안전성, 경제성, 성능 및 품질 확보를 위하여 제정 및 개정하였다.

- 건설기준은 건설기준 코드체계 전환(2016)에 따라 단행본 체계의 건설기준(설계기준, 표준시방서)간 중복·상충을 비교 검토하여 건설기준 코드 전환 정비하였다(국토교통부 고시 제2016-438호, 2016년 7월 6일).

- 건설기준의 연혁은 아래와 같다.

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년.월)
구조물기초 설계기준	• 합리적인 설계를 위하여 본구조물 기초설계기준을 기초지반의 성질 및 상부구조의 조건을 고려하여 경제적이고 통일성 있는 체계가 이뤄지도록 기준 제정	제정 (1971.12)
구조물기초 설계기준	• 외국자료의 분석과 기 개정된 각종 시방서 시설기준 및 제규정 등과의 상호 연관성을 검토하고, 미비점을 충분히 반영하여 개정.	개정 (1986.11)
구조물기초 설계기준	• 그간의 지반공학 분야의 기술발전을 반영하고, 관련기준의 개정에 따른 내용 조정 등 수정하고 국제표준단위인 미터법과 SI단위로 통일 개정.	개정 (2002.12)
구조물기초 설계기준	• 구조물기초 설계기준 개정	개정 (2008.11)
구조물기초 설계기준	• 토목, 건축공사 등의 건설구조물 기초 설계를 국가의 설계기준형식에 부합시키고, 신기술, 신공법 등의 시대적 변화를 적용시키며 설계자의 창의적 설계를 유도할 수 있도록 개정.	개정 (2014.02)
구조물기초 설계기준	• 도심지 지반침하 현상의 지속적 발생으로 국민불안이 증대하고 있으나, 다소 미흡한 지반침하와 관련된 조사 및 설계관련 하여 공동 및 싱크홀을 조사하도록 철도설계기준 개정사항(2015)을 반영하여 개정.	부분개정 (2016.05)
KDS 11 50 30 : 2016	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 기존의 코드에서 진동기계기초에 해당되는 부분을 정비함.	제정 (2016.07)
KDS 11 50 30 : 2016	• 한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함	수정 (2018.07)

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년.월)
KDS 11 50 30 : 2021	• 건설기준코드의 통일성을 위해 작성지침과 부합화, 부적절한 용어 및 문구, SI단위를 정비함.	개정 (2021.05)
KDS 11 50 30 : 2025	• 부적절한 용어 및 문구를 정비함.	개정 (2025.12)

제 정 : 2016년 7월 6일	개 정 : 2025년 12월 24일
심 의 : 중앙건설기술심의위원회	자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회
소관부서 : 국토교통부 기술혁신과	
관련단체 : (사)한국지반공학회	작성기관 : (사)한국지반공학회

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

목 차

1. 일반사항 ····· 1
   1.1 목적 ····· 1
   1.2 적용 범위 ····· 1
   1.3 참고기준 ····· 1
   1.4 용어의 정의 ····· 1
   1.5 기호의 정의 ····· 1
2. 조사 및 계획 ····· 1
3. 재료 ····· 1
4. 설계 ····· 1
   4.1 일반 사항 ····· 1
   4.2 정하중 조건 ····· 1
   4.3 동하중에 의한 공진 방지 ····· 2
   4.4 기계기초의 진동해석 ····· 2
5. 허용진폭 ····· 2
6. 동적지지력 및 침하 ····· 4
7. 진동, 충격 그리고 소음 차단 ····· 4

1. 일반사항

1.1 목적

(1) 이 기준은 기계의 원활한 가동과 기계진동에 의해 진동기계 및 기계기초 구조물이 입는 피해와 기초진동으로 인한 주변구조물과 작업자의 피해를 허용기준 이하로 유지하는데 필요한 최소 설계요구조건을 규정한다.

1.2 적용 범위

(1) 이 기준은 진동기계를 지지하는 기초구조물 설계에 적용한다.

1.3 참고기준

내용 없음

1.4 용어의 정의

내용 없음

1.5 기호의 정의

내용 없음

2. 조사 및 계획

(1) 진동기계기초의 설계를 위해 필요한 기계관련 자료는 다음과 같다.

① 정하중의 크기, 작용점 위치 등

② 진동하중의 특성, 크기, 가동 진동수 등

3. 재료

내용 없음

4. 설계

4.1 일반 사항

(1) 진동을 받는 기초의 설계는 작은 변형률의 지반특성, 동하중 특성 및 지반-기초의 상호 작용의 영향을 동시에 고려한 동적거동해석을 바탕으로 한다.

(2) 기초의 형식은 구조물의 특성, 기계의 정하중과 동하중 특성, 지층의 구성 상태, 지지층까지의 깊이 등을 고려하여 선정한다.

4.2 정하중 조건

(1) 진동기계기초는 기계진동으로 발생하는 하중이외의 정하중과 지진하중 등 일반 기초에 작용하는 하중에 대하여 우선 안정하여야 한다.

(2) 부등침하를 방지하기 위하여 모든 정하중의 무게중심을 통과하는 연직선은 기초 바닥면의 중심과 일치하거나 편심이 기초 평면치수의 5% 이내로 한다.

4.3 동하중에 의한 공진 방지

(1) 진동기계기초는 기계진동으로 발생할 수 있는 공진의 영향이 최소화하도록 설계하여야 하며, 공진상태를 파악하기 위해서 기계-기초-지반계의 고유 진동수를 결정한다.
(2) 작동속도가 1,000 rpm 이상인 기계에 대한 기초는 일반적으로 고유 진동수가 작동속도의 1/2 이하가 되도록 설계한다.
(3) 작동속도가 300 rpm 이하인 기계에 대한 기초는 일반적으로 작동속도의 2배 이상인 고유 진동수를 갖도록 설계한다.

4.4 기계기초의 진동해석

(1) 기초지반에 상응하는 강성계수와 감쇠계수를 사용하여 진동해석을 실시하며, 해석결과 기계 작동 중 진폭은 허용기준치 이내여야 한다.
(2) 진동형태가 독립적이지 못하고 다른 진동형태에 영향을 받아 합성진동을 하는 경우 상호 영향을 고려하여 진동해석을 실시한다.
(3) 기초의 근입깊이가 증가함에 따라 강성계수 및 감쇠계수가 증가하므로 근입깊이를 고려하여 보정된 강성계수 및 감쇠계수를 사용하여 진동해석을 실시한다.
(4) 강성이 큰 암반이 지표에서 비교적 얕은 깊이에 있을 경우 강성계수는 증가하고 감쇠계수는 감소하므로 강성지반의 깊이를 고려하여 보정된 강성계수 및 감쇠계수를 사용하여 진동해석을 실시한다.
(5) 기계기초를 지지하는 지반이 연약한 경우 지반을 보강하거나 말뚝기초를 사용하며, 말뚝기초는 말뚝-지반 체계의 고유 진동수를 평가하여 설계하여야 한다.

5. 허용진폭

(1) 허용진폭은 일반적으로 변위를 기준으로 적용하나, 속도 또는 가속도를 적용할 수도 있다.
(2) 허용진폭은 기계제작사의 기준을 따른다. 기계제작사가 제시한 기준이 없으면 일반적으로 그림 5-1 및 그림 5-2의 값을 이용한다. 충격형 및 고속회전형 기계의 변위 허용진폭은 표 5-1과 표 5-2를 따른다.

표 5-1 충격형 기계기초의 변위 허용진폭

해머무게	허용진폭(mm)	
	모루(anvil)	기초블럭
9.8 kN (1 tonf) 이하	1.0	1.2
19.6 kN (2 tonf)	2.0	1.2
29.4 kN (3 tonf) 이상	4.0	1.2

표 5-2 고속회전형 기계기초에 대한 변위 허용진폭

기계속도(rpm)	허용진폭(mm)	
	연직	수평
3,000	0.02~0.03	0.04~0.05
1,500	0.04~0.06	0.07~0.09

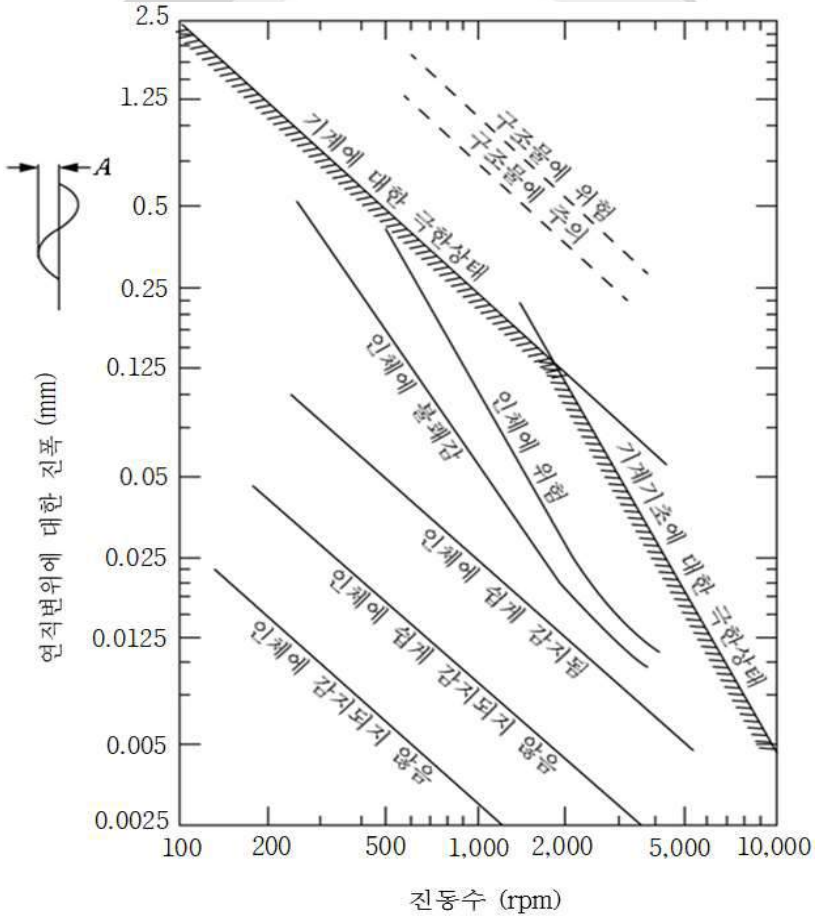


그림 5-1 진동수별 연직변위에 대한 허용진폭

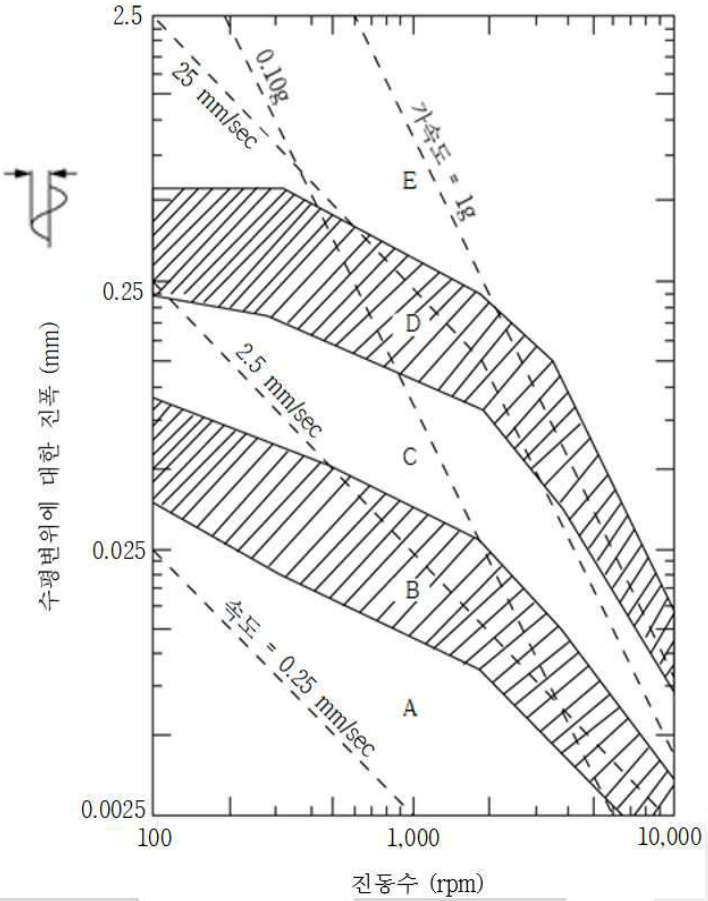


그림 5-2 진동수에 따른 회전기계의 수평변위 허용진폭

(A영역 : 정상, 설치초기의 일반적인 상태, B 영역 : 가벼운 결함, 보수 불필요, C 영역 : 결함, 유지비를 절약하기 위해 10일 이내 보수필요, D 영역 : 파괴가 임박, 2일 이내에 보수하여야 파손방지 가능, E 영역 : 위험, 설비작동 즉각 중지 필요)

6. 동적지지력 및 침하

(1) 진동기계기초의 침하는 기초의 일반적인 허용 침하기준과 기계제작사의 허용 침하기준 이하가 되도록 설계한다.

(2) 심각한 진동조건에 대해서는 지반의 허용지지력을 정하중에 대한 허용지지력의 1/2로 감소하여 적용한다.

(3) 느슨한 조립토는 진동에 의해 침하가 발생하므로 진동기계를 지지하기 위해서는 다짐을 하거나 다른 방법에 의해 보강한다.

7. 진동, 충격 그리고 소음 차단

(1) 진동설비 내외에 발생하는 진동, 충격, 소음 등으로 인해 진동설비 구조물, 인접 시설물 또는 사람에게 피해가 발생하지 않도록 설계한다.

(2) 필요한 경우 진동, 충격, 소음 등을 차단할 수 있는 시설물을 설계하고 계측계획도 수립한다.

집필위원

성 명	소 속	성 명	소 속
강인규	㈜브니엘컨설턴트	이원제	㈜에스텍컨설팅그룹

자문위원

성 명	소 속	성 명	소 속
김성렬	서울대학교		

국가건설기준센터 및 건설기준위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
이영호	한국건설기술연구원	정문경	한국건설기술연구원
김기현	한국건설기술연구원	강대규	㈜한가람
김나은	한국건설기술연구원	김기석	㈜희송지오텍
김민관	한국건설기술연구원	김기연	㈜경동엔지니어링
김재훈	한국건설기술연구원	김만일	산림조합중앙회
김희석	한국건설기술연구원	박재현	한국수자원공사
류상훈	한국건설기술연구원	송 훈	㈜동해종합기술공사
안준혁	한국건설기술연구원	여규권	삼부토건(주)
원훈일	한국건설기술연구원	정재형	한국건설기술연구원
유영수	한국건설기술연구원		
이상규	한국건설기술연구원		
이소정	한국건설기술연구원		
이승재	한국건설기술연구원		
이승환	한국건설기술연구원		
이용수	한국건설기술연구원		
이원종	한국건설기술연구원		
주영경	한국건설기술연구원		
최봉혁	한국건설기술연구원		
허원호	한국건설기술연구원		

중앙건설기술심의위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
김상철	㈜삼안	민영욱	특수건설
김선백	대우건설	송영석	한국지질자원연구원
김성호	대보건설	장범수	한국건설품질연구원
문인기	엠플러스이엔씨㈜		

국토교통부

성 명	소 속	성 명	소 속
권미정	기술혁신과	신중호	기술혁신과
양성모	기술혁신과		

(분야별 가나다순)

KDS 11 50 30 : 2025

진동기계기초 설계기준

2025년 12월 24일 개정

소관부서 국토교통부 기술혁신과

관련단체 (사)한국지반공학회
05836 서울특별시 송파구 법원로9길 26, C동 701호(문정동,에이치비즈니스파크)
Tel : 02-3474-4428 E-mail : kgssmfe@hanmail.net
http://www.kgshome.org

작성기관 (사)한국지반공학회
05836 서울특별시 송파구 법원로9길 26, C동 701호(문정동,에이치비즈니스파크)
Tel : 02-3474-4428 E-mail : kgssmfe@hanmail.net
http://www.kgshome.org

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

KDS 11 60 00 : 2025

앵커

2025년 12월 24일 개정
http://www.kcsc.re.kr

KC CODE

국토교통부

건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

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

건설기준 연혁

- 건설기준은 건설기술진흥법 제44조 및 같은법 시행령 제65조에 따라 건설공사의 안전성, 경제성, 성능 및 품질 확보를 위하여 제정 및 개정하였다.

- 건설기준은 건설기준 코드체계 전환(2016)에 따라 단행본 체계의 건설기준(설계기준, 표준시방서)간 중복·상충을 비교 검토하여 건설기준 코드 전환 정비하였다(국토교통부 고시 제2016-438호, 2016년 7월 6일).

- 건설기준의 연혁은 아래와 같다.

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년.월)
건설공사 비탈면 설계기준	• 건설공사 비탈면 설계기준 제정	제정 (2006.05)
건설공사 비탈면 설계기준	• 건설공사 비탈면 설계기준 개정	개정 (2009.12)
건설공사 비탈면 설계기준	• 건설공사 비탈면 설계기준 개정	개정 (2011.12)
KDS 11 60 00 : 2016	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비함	제정 (2016.07)
KDS 11 60 00 : 2016	• 한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함	수정 (2018.07)
KDS 11 60 00 : 2020	• 건설기준코드의 사용성, 적합성, 신뢰성 향상을 위해 적합성 평가를 실시 후 코드에 반영함	개정 (2020.12)
KDS 11 60 00 : 2025	• 앵커체 안정해석의 적합성과 신뢰성 향상을 위해 기준 상세를 개정함.	개정 (2025.12)

제 정 : 2016년 7월 6일	개 정 : 2025년 12월 24일
심 의 : 중앙건설기술심의위원회	자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회
소관부서 : 국토교통부 기술혁신과	
관련단체 : 국토안전관리원	작성기관 : (사)한국지반공학회

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

목 차

1. 일반사항 ····· 1
1.1 목적 ····· 1
1.2 적용 범위 ····· 1
1.3 참고 기준 ····· 1
1.4 용어의 정의 ····· 1
1.5 기호의 정의 ····· 2
1.6 시설물의 구성 ····· 2
1.7 해석과 설계원칙 ····· 2
1.8 설계고려사항 ····· 3
2. 조사 및 계획 ····· 3
3. 재료 ····· 3
3.1 일반사항 ····· 3
3.2 재료특성 ····· 3
4. 설계 ····· 4
4.1 검토항목 ····· 4
4.2 안전율 기준 ····· 4
4.3 앵커의 내적안정해석과 설계앵커력의 결정 ····· 5
4.4 앵커보강 지반구조물의 안정해석 ····· 5
4.5 초기긴장력의 설정 ····· 5
4.6 지압판 설계 ····· 5
4.7 전면벽체 설계 ····· 6
4.8 내진설계 ····· 6

1. 일반사항

1.1 목적

(1) 이 기준은 각종 구조물 보강 및 비탈면 안정성 확보 등을 위하여 사용되는 지반앵커 설계의 기준을 제시하는 것을 목적으로 한다.

1.2 적용 범위

(1) 이 기준은 지반구조물 보강을 위한 앵커의 설계에 적용한다.

1.3 참고 기준

1.3.1 관련 법규

내용 없음

1.3.2 관련 기준

- KDS 11 90 00 비탈면 내진설계기준

1.4 용어의 정의

- 영구앵커 : 구조물의 내구연한 동안 사용할 것을 목적으로 사용되는 앵커를 말하며, 일반적으로 2년 이상 사용하는 앵커를 말한다.
- 가설앵커 : 가설적인 목적을 가지고 2년 미만으로 사용되는 앵커를 말하며, 시공 중에 가설구조물 등에 요구되는 앵커력을 정착지반에 전달하여 가설구조물의 변위, 변형을 억제하기 위해 사용되는 앵커를 말한다.
- 인장재 : 일반적으로 PS강선, PS강연선, PS강봉 등을 사용하며 긴장력을 전달하는 인장을 받는 부재를 말한다.
- 정착장 : 지반에 앵커력을 전달하는 정착길이를 말한다.
- 자유장 : 앵커 정착부에 힘이 전달되도록 인장재가 피복에 감싸져 그라우트와 분리되어 있는 부분을 말한다.
- 여유장 : 앵커 긴장력을 도입하는 부분으로 실린더 및 정착구를 설치하기 위한 최소길이로 구성된다. 이 부분에서 긴장력을 가하면 자유장부에서는 지반에 전달되는 힘이 없고 정착장부에 힘이 전달되어 앵커력이 지반에 전달되게 된다.
- 앵커체 : 인장재를 지중에서 고정하는 몸체(body)를 말하며, 압축형앵커는 앵커체를 가지며, 인장형앵커는 피복이 벗겨진 인장재가 그라우트와 부착되어 지반과의 마찰을 이용하여 앵커력을 발휘하는 구조이므로 앵커체를 가지지 않는다.
- 앵커두부 : 가해진 긴장력을 효과적으로 수압판에 전달하기 위해 자유장부에 설치되는 정착구를 말한다.
- 정착구 : 인장재에 가해진 긴장력이 유지되도록 정착하는 부분을 말하며, 인장재와 쐐

기를 수용하는 공간으로 구성되며, 재긴장을 위해 둘레에 홈 또는 나사가 구성되기도 한다.

- 수압판(지압판) : 자유장부에 설치되는 정착구 아래를 받쳐 앵커력이 구조물 또는 지반에 전달하는 판을 말한다. 수압판(지압판)에는 철판, 강재브라켓(대좌), 기성 콘크리트판, 현장타설 콘크리트판, 격자(십자형)콘크리트 등이 있다.
- 피복(인장재, 강선) : 앵커력의 전달을 위해 인장재가 그라우트와 부착이 되지 않도록 인장재에 씌운 피복을 말한다. 압축형앵커는 인장재 전 길이에 피복이 씌워지며, 인장형앵커는 자유장부와 여유장부에 씌워진다.
- 긴장력 : 앵커 인장재에 프리스트레스를 가했을 때 인장재 내부에 가해져 있는 힘을 말한다.
- 앵커력 : 인장재의 긴장능력과 지반의 저항능력, 그라우트강도 등에 의해 결정되는 실제로 가할 수 있는 앵커의 힘을 말한다.
- 설계앵커력 : 구조물의 설계기준 안전율을 확보하는 데 요구되는 앵커력을 말한다.
- 잔존앵커력 : 앵커의 사용기간 중에 인장재에 작용하는 앵커력을 말한다.
- 릴랙세이션 : 인장재에 긴장력을 주어 변형률을 일정하게 하였을 때 시간의 경과와 함께 일어나는 응력의 감소를 말한다.
- 크리프 : 어떤 앵커력을 일정하게 유지하였을 때 시간이 경과함에 따라 앵커체 및 그 주변지반에서 일어나는 장기적인 변형을 말한다.
- 진행성파괴 : 극한전단저항이 파괴면을 따라 점진적으로 분리됨으로써 일어나는 파괴를 말하며, 정착장의 주면에서 발생하는 진행성파괴에 의해 유효앵커력이 정착장 주면의 길이에 따라 분포하는 위치가 변화하게 된다. 특히 인장형앵커에서 이러한 경향이 두드러지며 압축형앵커에서는 그 영향이 매우 미미한 편이다.

1.5 기호의 정의

내용 없음

1.6 시설물의 구성

(1) 지반앵커는 토목이나 건축구조물을 지반에 안정시키기 위하여 고강도의 인장재를 사용하여 인장재에 적정한 인장력을 줌으로써 구조물에 횡방향 또는 연직방향의 구속력 또는 선행하중을 가하는 구조부재로 정착장, 자유장, 여유장 등으로 구성된다.

1.7 해석과 설계원칙

1.7.1 앵커의 설계목적

(1) 앵커의 설계목적은 앵커로 보강된 지반구조물이 장, 단기적으로 파괴 및 변형에 대한 안정성을 확보하는 것이다.

1.7.2 앵커의 설계원칙

(1) 앵커로 보강된 지반구조물은 설계수명기간동안 지반구조물의 파괴 및 변형, 앵커 구성 요소 등의 파손이 발생하지 않아야 한다.

1.8 설계고려사항

(1) 앵커의 간격과 길이는 앵커로 고정되는 지반구조물의 전체적인 안정성을 고려하여 결정하며, 적절하게 분산 배치하여 지반에 고른 저항력이 발휘되도록 설계한다.
(2) 앵커를 설치하는 지반 내에 구조물, 말뚝, 또는 지중시설이 있는 경우에는 이들 시설물의 위치를 고려하여 앵커를 배치하여야 하며 앵커설치로 인한 영향을 고려하여야 한다.
(3) 앵커는 정착지반의 장기적 안정성, 부식에 대한 안정성 및 공사 후 유지관리 방법 등을 검토하여야 한다.
(4) 좌대 및 지압판은 설계 정착력에 대하여 강도를 갖고, 유해한 변형이 발생하지 않도록 설계한다.
(5) 앵커길이의 결정에 있어서 정착부는 굴착깊이를 기준으로 한 가상 활동파괴면 밖에 위치하여야 하며 자유장은 가상 활동파괴면으로부터 1.5 m 또는 0.15 H (H=굴착깊이)를 더한 값 중 큰 값을 적용하되 최소 4.0 m이상으로 한다.
(6) 지반앵커의 정착장은 내적안정해석에서 계산된 설계인장력을 확보하는 길이로 한다. 단, 마찰형 앵커의 경우 토사층에서 최소 정착장은 4.0 m 이상으로 한다.
(7) 앵커체 정착장이 10 m 이내인 경우 진행성 파괴 검토를 생략할 수 있다. 정착장이 10 m를 초과하는 부분에 대해서는 진행성파괴로 인하여 극한 인발력의 증가가 없는 것으로 간주하여 설계한다.
(8) 지반앵커의 설치각도는 수평면에 대하여 10° 이상으로 한다.
(9) 매우 느슨한 모래층 혹은 연약한 점성토층에 정착장을 설치하는 경우에는 설계 앵커력을 확보할 수 있는 대책을 강구한다.
(10) 곡면부 또는 모서리부와 같이 앵커 천공시 간섭이 발생하는 곳에는 평면상에서 앵커가 겹치지 않도록 배치하여야 한다.

2. 조사 및 계획

내용 없음

3. 재료

3.1 일반사항

내용 없음

3.2 재료특성

3.2.1 인장재와 정착구

(1) 인장재에 사용하는 재료는 KS에 규정된 강선, 강연선 및 강봉 등의 고강도 강재를 사용하며, 이외의 재료에 대해서는 공인시험기관에서 시험하여 인증된 재료로 품질이 보증된 것을 사용한다.

(2) 정착구는 앵커에 가하는 긴장력을 견딜 수 있는 재료를 사용하고 장기적으로 앵커 긴장력을 보존해줄 수 있는 구조를 가진 것을 사용한다.

(3) 영구앵커의 경우, 향후 유지관리를 위하여 재긴장이 가능한 형식의 정착구를 사용하거나 재긴장이 가능한 정도의 인장재 길이를 여유 있게 두어야 한다.

(4) 인장재 및 정착구는 부식에 강한 재료 또는 구조를 가진 것을 사용하여야 한다.

3.2.2 그라우트

(1) 앵커체를 형성하는 주입재는 시멘트 그라우트 및 기타 시멘트 혼합재를 사용한다.

(2) 그라우트는 필요한 강도와 내구성을 갖고 인장재와 정착 지반과의 틈을 밀실하게 채울 수 있는 성질을 갖고 있어야 한다.

4. 설계

4.1 검토항목

(1) 앵커의 설계는 다음 항목을 고려한다.

① 앵커보강 지반구조물의 전체 안정성

② 앵커의 내적안정성

③ 지압판의 설계

④ 전면벽체의 설계

4.2 안전율 기준

(1) 앵커로 보강된 지반구조물의 안정해석에 적용하는 안전율은 표 4.2-1 및 표 4.2-2의 기준안전율 이상이어야 한다.

표 4.2-1 앵커보강 비탈면의 안전율

구분	검토항목	적용안전율
외적 안정	보강비탈면의 안정성	쌓기 및 깎기비탈면에서 적용하는 안전율 적용

표 4.2-2 앵커의 극한인발력에 대한 기준안전율

앵커의 종류		사용기간	안전율
가설앵커		2년 미만	1.5
영구앵커	평상시	2년 이상	2.5
	지진시	2년 이상	1.5~2.0

표 4.2-3 앵커의 허용인장력

앵커의 종류		사용기간	인장재 극한하중(T_{us})에 대하여	인장재 항복하중(T_{ys})에 대하여
가설앵커		2년 미만	0.65 T_{us}	0.80 T_{ys}
영구앵커	평상시	2년 이상	0.60 T_{us}	0.75 T_{ys}
	지진시	2년 이상	0.75 T_{us}	0.90 T_{ys}

(2) 안전율은 크리프 변형이 문제가 되는 지반이나, 반복하중을 받는 경우에는 지질조건을 충분히 검토하여 결정해야 한다.

4.3 앵커의 내적안정해석과 설계앵커력의 결정

(1) 앵커의 내적안정해석은 다음 내적파괴형태를 고려한다.
① 앵커 인장재 자체의 파단
② 앵커체에서 그라우트와 주면지반 사이의 파괴
③ 앵커체에서 그라우트와 인장재 사이의 파괴
④ 앵커체들의 군효과(group effect)를 고려

(2) 앵커체 군효과(group effect)는 지반조건, 앵커체 간격, 앵커체 정착장, 앵커체 직경을 고려하여 결정한다.

(3) 설계앵커력은 내적파괴형태를 고려하여 계산된 최소의 허용앵커력으로 한다.

4.4 앵커보강 지반구조물의 안정해석

(1) 앵커보강 지반구조물의 안정해석은 지반구조물의 파괴형태에 따라 예상파괴면에서의 앵커보강에 의한 저항력을 고려하여 실시한다.

(2) 예상파괴면에서 앵커의 저항력은 내적안정해석에서 계산한 허용인장력과 허용인발력 중 작은 값으로 하며, 앵커의 전단저항력은 고려하지 않는다.

(3) 안정해석은 앵커로 보강된 구간의 내부와 외부로 발생하는 모든 형태의 파괴형태에 대하여 안정하도록 앵커의 길이와 간격을 조절하면서 반복적으로 수행한다.

4.5 초기긴장력의 설정

(1) 앵커에 가하는 초기긴장력은 보강하고자 하는 지반의 특성과 전체적인 안정성을 고려하여 결정한다.

(2) 초기긴장력의 결정 시 고려해야 하는 사항은 앵커의 저항 개념, 인장재 정착 직후의 긴장력 감소, 정착지반의 크리프, 인장재의 릴랙세이션 등이 있다.

4.6 지압판 설계

(1) 지압판은 강판 또는 프리캐스트 콘크리트, 현장타설 콘크리트 등을 사용할 수 있다.

(2) 지압판은 앵커의 긴장력이 지반구조물 표면의 지반에 고르게 전달되도록 앵커두부에

설치하는 구조물로서 지반구조물 표면과 밀착되어야 하며, 긴장력을 충분히 견딜 수 있도록 설계하여야 한다.

4.7 전면벽체 설계

(1) 전면벽체는 콘크리트 뿜어붙이기, 현장타설 콘크리트, 프리캐스트 콘크리트, 강재 등을 사용할 수 있다.

(2) 개별 연직 벽체요소의 최대 간격은 연직요소와 전면벽체의 상대강도, 지지해야 할 토질상태 그리고 연직 벽체요소가 매입될 지반 상태에 기초하여 결정해야 한다. 전면벽체는 지반의 아칭(arching) 현상을 고려하거나 요소와 요소를 단순지지로 가정하거나 또는 여러 개의 요소에 걸쳐 연속지지로 가정하여 설계한다.

(3) 만일 목재 전면벽체를 사용할 때는 응력등급별 압력처리된 목재를 사용한다. 부패성 유기체가 성장하기 쉬운 조건에 목재를 사용할 때에는 부패저항성이 있고 부패위험에 대하여 적합한 종류의 목재를 사용해야 하며, 구조물의 공용기간을 기대할 수 있는 경우 이외에는 목재용 방부제로 압력처리해야 한다.

4.8 내진설계

4.8.1 내진설계여부

(1) 앵커로 보강된 비탈면의 내진설계는 보강되지 않은 비탈면의 내진설계 여부에 따라 결정하며, KDS 11 90 00 비탈면의 내진등급을 참고한다.

(2) 앵커로 보강된 비탈면의 지진시 안정해석은 KDS 11 90 00을 참조한다.

4.8.2 지진 시 안정해석

(1) 지진 시 앵커로 보강된 비탈면의 안정해석에서는 내적안정과 외적안정성을 검토한다.

(2) 앵커로 보강된 비탈면의 지진 시 안정해석에서 고려하는 지진하중은 파괴토체의 자중과 지진계수(A_m)를 곱한 등가지진력으로 고려하며, 파괴토체의 중심에 횡방향으로 작용시킨다.

(3) 지진에 의한 지진계수는 KDS 11 90 00 설계지반운동의 결정에서 제시하는 지반가속도계수(A)를 이용한다.

집필위원

성 명	소 속	성 명	소 속
강인규	㈜브니엘컨설턴트	반호기	강원대학교

자문위원

성 명	소 속	성 명	소 속
황영철	상지대학교		

국가건설기준센터 및 건설기준위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
이영호	한국건설기술연구원	정문경	한국건설기술연구원
김기현	한국건설기술연구원	강대규	㈜한가람
김나은	한국건설기술연구원	김기석	㈜희송지오텍
김민관	한국건설기술연구원	김기연	㈜경동엔지니어링
김재훈	한국건설기술연구원	김만일	산림조합중앙회
김희석	한국건설기술연구원	박재현	한국수자원공사
류상훈	한국건설기술연구원	송 훈	㈜동해종합기술공사
안준혁	한국건설기술연구원	여규권	삼부토건(주)
원훈일	한국건설기술연구원	정재형	한국건설기술연구원
유영수	한국건설기술연구원		
이상규	한국건설기술연구원		
이소정	한국건설기술연구원		
이승재	한국건설기술연구원		
이승환	한국건설기술연구원		
이용수	한국건설기술연구원		
이원종	한국건설기술연구원		
주영경	한국건설기술연구원		
최봉혁	한국건설기술연구원		
허원호	한국건설기술연구원		

중앙건설기술심의위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
김상철	㈜삼안	민영욱	특수건설
김선백	대우건설	송영석	한국지질자원연구원
김성호	대보건설	장범수	한국건설품질연구원
문인기	엠플러스이엔씨㈜		

국토교통부

성 명	소 속	성 명	소 속
권미정	기술혁신과	신중호	기술혁신과
양성모	기술혁신과		

(분야별 가나다순)

KDS 11 60 00 : 2025

앵커

2025년 12월 24일 개정

소관부서 국토교통부 기술혁신과

관련단체 국토안전관리원
52856 경상남도 진주시 에나로128번길 24 윤현빌딩 (충무공동 289-3)
Tel : 1588-8788 E-mail : kisteckr@kistec.or.kr
http://www.kistec.or.kr

작성기관 (사)한국지반공학회
05836 서울특별시 송파구 법원로9길 26, C동 701호(문정동,에이치비즈니스파크)
Tel : 02-3474-4428 E-mail : kgssmfe@hanmail.net
http://www.kgshome.org

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

KDS 11 00 00 지반설계기준

설계기준 Korean Design Standard

KDS 11 70 05 : 2025

쌓기·깎기

2025년 12월 24일 개정

http://www.kcsc.re.kr

국토교통부

KC CODE



건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

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

건설기준 연혁

- 건설기준은 건설기술진흥법 제44조 및 같은법 시행령 제65조에 따라 건설공사의 안전성, 경제성, 성능 및 품질 확보를 위하여 제정 및 개정하였다.

- 건설기준은 건설기준 코드체계 전환(2016)에 따라 단행본 체계의 건설기준(설계기준, 표준시방서)간 중복·상충을 비교 검토하여 건설기준 코드 전환 정비하였다(국토교통부 고시 제2016-438호, 2016년 7월 6일).

- 건설기준의 연혁은 아래와 같다.

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년.월)
건설공사 비탈면 설계기준	• 건설공사 비탈면 설계기준 제정	제정 (2006.05)
건설공사 비탈면 설계기준	• 건설공사 비탈면 설계기준 개정	개정 (2009.12)
건설공사 비탈면 설계기준	• 건설공사 비탈면 설계기준 개정	개정 (2011.12)
KDS 11 70 05 : 2016	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비함	제정 (2016.07)
KDS 11 70 05 : 2016	• 한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함	수정 (2018.07)
KDS 11 70 05 : 2020	• 비탈면 내진 기준 내용 통합, 장기침하 안정성 검토 및 용어 통일 등 건설기준 코드 작성지침에 따라 개정함	개정 (2020.08)
KDS 11 70 05 : 2025	• 전문용어의 정의 추가 및 국도건설공사 설계실무요령 부합화에 따라 개정함.	개정 (2025.12)

제 정 : 2016년 7월 6일	개 정 : 2025년 12월 24일
심 의 : 중앙건설기술심의위원회	자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회
소관부서 : 국토교통부 기술혁신과	
관련단체 : 국토안전관리원	작성기관 : (사)한국지반공학회

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

목 차

1. 일반사항 ····· 1
1.1 목적 ····· 1
1.2 적용 범위 ····· 1
1.3 참고 기준 ····· 1
1.4 용어의 정의 ····· 1
1.5 기호의 정의 ····· 2
1.6 해석과 설계원칙 ····· 2
1.7 신규기술 적용 ····· 4
2. 조사 및 계획 ····· 5
3. 재료 ····· 5
4. 설계 ····· 5
4.1 일반사항 ····· 5
4.2 흙쌓기 재료 및 다짐 ····· 8
4.3 안정해석 ····· 9
4.4 해석방법 ····· 12
4.5 배수시설 ····· 13
4.6 발파설계 ····· 14
4.7 비탈면의 계측 ····· 15

1. 일반사항

1.1 목적

(1) 이 기준은 건설공사 시 만들어지는 비탈면과 비탈면의 안정성 확보를 위한 보호, 보강 시설 등 일반적인 설계기준과 설계방법을 제시하는 것을 목적으로 한다.

1.2 적용 범위

(1) 이 기준은 도로, 철도, 택지, 단지 등의 건설공사 시 만들어지는 쌓기 또는 깎기비탈면의 설계, 비탈면의 안정성 확보를 위한 보강공법 및 옹벽공법, 비탈면 표면보호공법 그리고 비탈면 안전시설 및 배수시설 등의 설계에 적용한다.
(2) 자연비탈면과 하천비탈면 그리고 댐비탈면은 이 기준에서 다루지 않는다.
(3) 이 기준은 비탈면의 안정성을 확보하기 위한 가장 기본적이고 일반적인 내용만을 다루고 있으며, 특별한 설계방법은 이 기준에 포함하지 않는다.
(4) 이 기준에 기술되어 있지 않는 사항에 대해서는 국가기준으로 제정된 타기준을 적용할 수 있으며 국제적으로 검증되어 통용되는 기준도 발주자의 승인을 얻어 준용할 수 있다. 특히 건설 신기술 및 환경 신기술을 적용할 경우, 신기술 지정에 따른 설계법을 기술하고 이에 따른 설계도면 등을 공사시방서에 포함하여 발주자 승인을 얻어 사용할 수 있다.
(5) 제반여건상 이 기준에서 정한 사항 이상으로 강화하는 등 별도의 기준을 정하여야 할 경우에는 발주자의 승인을 얻어 별도의 기준을 정하여 사용할 수 있다.
(6) 이 기준은 기준공표일 이후에 계약이 체결된 공사의 설계에 적용한다. 단, 이 설계기준 발간 시점에서 이미 시행 중에 있는 설계 또는 건설공사에 대해서는 발주기관의 장이 필요하다고 인정하는 경우에 개정전의 기준을 적용할 수 있다.
(7) 「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법」 등 관계법에 따라 관리가 필요한 비탈면은 해당 법률에 따른다.

1.3 참고 기준

1.3.1 관련 법규

내용 없음

1.3.2 관련 기준

- KDS 11 70 25 비탈면 배수시설

1.4 용어의 정의

- 깎기 : 설계 계획고 이상의 지반을 제거하는 작업

1.5 기호의 정의

내용 없음

1.6 해석과 설계원칙

1.6.1 설계의 기본원칙

(1) 비탈면 구비조건

① 건설공사 비탈면은 시공완료 후부터 유지관리단계에서 지진, 강우, 장기적인 기상변화 등 재해요인이 발생하더라도 주 구조물의 안정성을 직접적으로 저해하거나 주 구조물의 기능을 마비시키는 붕괴가 발생하지 않아야 한다.

② 비탈면의 건설로 인하여 주변 인명 및 재산에 위해한 요인이 발생하지 않아야 하며, 보강시설, 안전시설 등의 대책을 강구하여야 한다.

③ 비탈면은 지반의 풍화, 지하수조건의 변화 등 장기적인 불안정 요인이 발생할 수 있으므로 규명되지 않은 사항에 대해서는 가급적 안전측으로 설계한다.

④ 비탈면 안정해석에서는 반드시 기준안전율을 만족하도록 설계하여야 한다.

⑤ 비탈면에 시공하는 각종 보강, 보호, 점검, 안전시설 등은 장기적으로 성능을 발휘하는 내구성이 있는 재료와 부식에 대한 저항성이 있는 재료를 사용한다.

⑥ 비탈면은 위의 조건을 감안하여 최대한 경제적인 시공이 되도록 설계하고, 현장여건에 적합한 안전한 시공이 될 수 있도록 설계한다.

⑦ 이 기준에서 제시하지 않은 구비 조건이라 하더라도 관계법규 및 기준을 검토 후 반영하여야 하며, 발주자의 요청과 민원 등을 검토하여 반영할 수 있다.

(2) 설계개념 적용기준

① 이 기준은 지반의 한계평형상태를 가정하고 허용응력설계법을 적용한다. 여기서는 예상되는 파괴형태에 가해지는 실제 크기의 작용하중과 저항력을 계산하여 이들 값의 비율인 안전율을 계산하고 기준안전율과 비교하여 비탈면의 안정성을 평가한다.

② 한계상태설계법, 하중저항계수설계법, 부분안전율의 적용은 발주자와 협의하여 승인을 득한 후에 적용할 수 있다. 이 때는 적용하는 설계기준에 대한 명확한 근거자료를 제시하여야 한다.

③ 비탈면에 적용하는 콘크리트 및 강재 구조물 등의 부재설계에 대해서는 해당재료에 적합한 설계기준을 적용한다. 토사 및 암반에 기인하는 하중은 이 기준에서 제시한 방법을 이용할 수 있으며, 하중 및 저항을 고려하는 계수의 적용 방법은 해당부재의 설계기준을 따른다.

④ 비탈면 설계에 대한 확률론적 설계방법은 허용응력설계법을 이용한 설계가 불확실할 때 설계결과를 보완하기 위한 목적으로 부가적으로 적용할 수 있다. 이때는 사용하는 입력자료와 해석방법에 대한 근거자료를 충분히 확보하여야 한다.

1.6.2 설계지반정수의 결정

(1) KDS 11 10 05 (4.4)를 따른다.

1.6.3 설계하중의 적용기준

(1) 비탈면의 설계에서는 흙의 자중, 비탈면 표면 및 상부에서 작용하는 상재하중, 비탈면 내부의 지하수 및 침투수에 의해 유발되는 수압, 옹벽과 같은 구조물에 작용하는 토압, 지진 시 발생하는 지진하중, 비탈면에 설치한 구조물에 의해 작용하는 외력 및 시공 중과 후에 발생하는 일시적인 활하중 등을 고려하여야 한다.

(2) 내진설계에서는 비탈면 내부의 포화 수압, 비탈면 표면 및 상부에 작용하는 활하중 등 비탈면에 장기적으로 발생할 것으로 예상되는 하중이나 일시적으로 발생하는 하중은 고려하지 않으며, 일반적으로 작용할 수 있는 하중과 지진하중을 고려한다.

(3) 비탈면에 설치하는 옹벽, 콘크리트 벽체 등에 작용하는 토압은 벽체와 지반의 상호거동에 따라 적절한 토압계수를 적용하여 결정한다.

(4) 콘크리트 부재 설계 및 강재의 설계는 콘크리트 구조설계기준에 제시된 하중계수와 하중조합을 고려하여 설계할 수 있다.

1.6.4 쌓기비탈면의 설계원칙

(1) 쌓기비탈면의 설계는 장·단기적으로 비탈면의 안정성을 확보하도록 설계하여야 한다. 또한, 시공 완료 후 보수, 보강을 최소화 할 수 있어야 하며, 형성된 비탈면은 주변경관과 어울리도록 한다.

(2) 쌓기비탈면 설계 시 고려하여야 하는 사항은 다음과 같다.

① 지형조건에 따른 쌓기계획
② 비탈면 안정해석 및 경사와 소단의 결정
③ 지하수 및 지표수의 배수계획
④ 장기적인 비탈면표면보호 방법
⑤ 유지관리를 위한 점검시설
⑥ 시공 중 관리방안

(3) 쌓기비탈면 적용기준

① 쌓기비탈면 높이는 원지반 조건, 지형조건, 쌓기재료의 특성, 주변 환경조건, 경제적인 여건을 고려하여 결정한다. 일반적으로 최대높이는 10 m 전후로 하고 안정해석 결과와 제반 여건을 고려한 후에 더 높게 쌓을 수 있다.

② 쌓기비탈면 경사는 원지반의 형상 및 강도, 쌓기재료의 형상 및 강도 등을 고려하여 비탈면 안정해석을 수행하여 결정하며, 경사를 변경하고자 하는 경우에는 안정성을 재검토한다.

③ 경사도가 1:4보다 급한 원지반 위에 쌓기를 하는 경우에는 쌓기토체의 변형 및 활동을 방지하기 위해 원지반 표면에 층따기를 실시하여 원지반과 쌓기 지반과의 밀착을 도모하여야 한다.

④ 한쪽깎기·한쪽쌓기구간은 경계부에서 급격한 침하로 인한 단차가 발생하기 쉬우

므로 깎기구간과 쌓기구간의 접속부는 비탈면의 경사를 점진적으로 변화시켜 연속 되도록 하여야 한다.

⑤ 흙쌓기 비탈면은 비탈면 경사의 선정, 소단의 설치, 비탈면 녹화의 필요성, 비탈면 다짐방법, 비탈면 배수처리 등의 기본적 사항을 충분히 검토한 후 설계한다.

⑥ 연약지반 위에 흙쌓기 시에는 연약지반의 두께, 물리적·역학적 특성에 따라 쌓기 속도를 고려하여 안정적인 시공이 이루어지도록 하여야 한다.

⑦ 쌓기재는 쌓기 대상물 특성에 적합한 재료 및 다짐 기준을 만족하여야 한다.

1.6.5 깎기비탈면의 설계원칙

(1) 깎기비탈면의 설계는 장·단기적으로 비탈면의 안정성을 확보하고, 시공완료 후 보수, 보강을 최소화할 수 있어야 하며 형성된 비탈면은 주변경관과 어울리도록 한다.

(2) 설계 시 고려해야 하는 사항은 다음과 같다.

① 지형조건에 따른 깎기계획

② 비탈면 안정해석 및 경사와 소단의 결정

③ 지하수 및 지표수의 배수계획

④ 장기적인 비탈면표면보호 방법

⑤ 유지관리를 위한 점검시설

⑥ 시공 중 관리방안

(3) 깎기비탈면 적용기준

① 자연지반은 매우 복잡하고 불균질하며 깎기 후의 비탈면은 시간이 지남에 따라 풍화, 강우침투 등으로 인하여 불안정해지므로 깎기비탈면 설계시에는 장기적인 안정성과 지속적인 유지관리를 감안하여 설계하여야 한다.

② 깎기비탈면의 경사는 지반조사 및 시험성과, 시추조사 시 코어회수율(TCR)과 암질지수(RQD), 불연속면의 발달방향과 특성, 풍화정도 등을 고려하여 구간별로 안정성 분석을 실시하고 그 결과에 의해서 결정한다.

③ 시공단계에서는 비탈면을 굴착한 상태에서 비탈면 현황도(face mapping)를 작성하고 안정성 검토를 재수행하는 등 시공중 조사를 실시하여 안정성을 검토하여야 한다.

④ 깎기비탈면은 유사한 지반조건에 대해서는 동일한 경사를 적용하며, 지반 조건의 차이가 발생하는 부분의 경계부에는 소단을 설치하고 각각의 지반조건에 적합한 경사를 적용한다. 지반조건의 차이가 급격하게 변화하는 경우는 비탈면 경사를 점진적으로 변화시켜 전체적인 안정성을 도모할 수 있도록 설계한다. 암반부 내에서도 암반의 특성이 급격히 변화하는 곳에는 소단을 설치한다.

1.7 신규기술 적용

(1) 신기술의 설계와 적용기준에 대해서는 본 기준의 관련 공법을 참고하여 기술개발자가 제시하는 방법을 이용하여 설계한다.

(2) 이 기준에 기술된 내용과 다르거나, 포함되어 있지 않더라도 이미 널리 알려져 있거

나 충분히 증명된 이론 및 기술은 발주자의 승인을 얻어 본 기준을 대체하여 적용할 수 있다.

(3) 본 기준에서 제시하는 한정된 내용으로 인하여 새로운 기술개발 의지가 감소하거나 다양한 공법을 적용하는 것이 제한되지 않아야 하며, 설계자는 새롭게 개발된 기술, 공법이라 하더라도 검증된 연구결과 또는 관측결과가 있는 경우에는 발주자의 승인을 얻어 본 기준에서 제시하는 내용을 대체하여 적용할 수 있다.

2. 조사 및 계획

내용 없음

3. 재료

내용 없음

4. 설계

4.1 일반사항

(1) 비탈면 계획은 도로, 철도 및 택지 등과 같은 시설의 건설계획에 부합되게 수립하여야 하며, 기본계획, 기본설계, 실시설계, 시공, 준공 및 유지관리 단계로 구분하여 효율적으로 추진한다.

(2) 비탈면의 기본계획에서는 다음 사항을 고려한다.

① 주 구조물의 계획에 따른 쌓기 또는 깎기비탈면의 형성조건
② 안정성 검토 및 터널 등 대체구조물의 적용성 여부
③ 비탈면 건설 후 수리, 수문, 생태환경에 미치는 영향
④ 주 구조물에 발생 가능한 재해영향
⑤ 사업대상지역 내에 있는 분묘, 가옥, 문화재 및 각종 시설물의 이전방안
⑥ 시공 중 수질오염, 진동, 분진, 소음 등의 가능성과 대책방안
⑦ 경제성 및 공사소요기간
⑧ 법적 규제사항 등

(3) 기본계획 수립은 해당분야 전문가의 자문과 발주자의 의견을 수렴하여 조정할 수 있으며, 필요시에는 지역주민 및 지방자치단체의 민원사항을 해소하기 위하여 공청회 등을 통해 의견을 수렴하고 해소방안을 검토하여야 한다.

(4) 비탈면의 형성은 사업 대상지역 경계에서 장기적으로 안정화될 수 있는 비탈면의 높이와 경사를 결정하는 것이며, 현지의 지형과 지반조건, 시공여건, 장애물 등의 여부에 따라 보강공법, 옹벽공법, 표면보호, 녹화공법 및 안전시설의 적용 여부도 함께 고려하여 경제성과 소요기간을 검토하여야 한다.

(5) 비탈면 설계에서는 일반적인 표준시방서 외에도 각각의 공법에 대한 적용사례 검토를 통해 정확한 시공이 될 수 있도록 하고, 시공을 위한 공사시방서를 세밀하게 작성하

여 안전한 비탈면이 될 수 있도록 한다.

4.1.1 쌓기비탈면

(1) 표준경사 및 소단기준

① 쌓기비탈면의 경사는 별도의 비탈면 안정해석을 통해 결정하는 것이 원칙이나, 높이 10 m 미만일 경우에는 지반분야 책임기술자의 판단에 따라 표 4.1-1의 표준경사를 적용할 수 있다.

표 4.1-1 쌓기비탈면의 표준경사

쌓기재료	비탈면 높이 (m)	비탈면 상하부에 고정 시설물이 없는 경우 (도로, 등)	비탈면 상하부에 고정 시설물이 있는 경우 (주택, 건물 등)
입도분포가 좋은 양질의 모래, 모래자갈 암괴, 암버력	0 ~ 5	1 : 1.5	1 : 1.5
	5 ~ 10	1 : 1.8	1 : 1.8 ~ 1 : 2.0
	10 초과	별도 검토	별도 검토
입도분포가 나쁜 모래, 점토질 사질토, 점성토	0 ~ 5	1 : 1.8	1 : 1.8
	5 ~ 10	1 : 1.8 ~ 1 : 2.0	1 : 2.0
	10 초과	별도 검토	별도 검토

*1) 상기표는 기초지반의 지지력이 충분한 경우에 적용함.
2) 비탈면높이는 비탈어깨에서 비탈끝까지 수직높이임.

② 높이가 5 m 이상인 비탈면에서는 비탈면 안정성 확보와 유지관리를 위한 점검 및 배수시설의 설치공간으로 활용하기 위하여 원칙적으로 소단을 설치하며, 비탈면 중간에 5 m ~ 10 m 높이에 폭 1 m ~ 3 m의 소단을 설치한다. 장비진입 등과 같은 작업공간의 확보가 필요한 경우에는 소단폭을 여건에 맞게 조정할 수 있다.

③ 철도의 경우에는 표 4.1-2의 표준경사를 적용할 수 있다.

표 4.1-2 쌓기비탈면(철도)의 표준경사

시공기면까지의 높이(H)		일반철도	고속철도
일반철도	고속철도		
H < 5.0 m	H < 3.0 m	1:1.5	1:1.8
5.0 m ≦ H < 10.0 m	3.0 m ≦ H < 9.0 m	1:1.8	1:1.8
10.0 m ≦ H < 15.0 m	9.0 m ≦ H < 15.0 m	1:2.0	1:2.0
H ≧ 15.0 m	H ≧ 15.0 m	1:2.3	1:2.3

가. 쌓기비탈면의 최종 기울기는 쌓기 지지 지반의 형상 및 강도 등을 고려한 비탈면 안정을 해석하여 결정해야 하며 실제 시공 시 변경된 사항이 있을 경우

에는 반드시 재설계를 해야 한다.

나. 소단은 일반철도의 경우 시공기면에서 매 5 m마다 설치하고, 고속철도는 상부노반 쌓기와 하부노반 쌓기의 경계에 설치하고 다음 6.0 m 높이마다 설치한다. 이때 일반철도와 고속철도의 소단 폭은 1.5 m로 하고 외측으로 향하는 5 %의 횡단기울기를 둔다. 소단의 위치가 쌓기 지지 지반면에서 3.0 m 이하인 경우에는 그 소단을 생략한다.

(2) 연약지반 흙쌓기

① 연약지반에서 흙쌓기를 계획한 경우에는 쌓기체의 안정성, 침하 또는 변형을 검토하고, 주변 환경에 미치는 영향을 검토하여야 한다.

② 연약지반 위에 흙쌓기를 하는 경우 연약지반의 두께, 강도 특성 등에 따라 안정적인 시공이 이루어 질 수 있도록 쌓기 속도를 정하여야 하며, 장기적인 침하에 안정할 수 있도록 하여야 한다.

③ 연약지반 위에 쌓기의 설계 당시에는 주어진 지반조건 및 배수조건과 관련된 설계 지반정수들을 정확히 추정하는 것이 어려우므로 실제 시공 시 반드시 침하 및 안정성을 확인하도록 계측기 설치 및 관리 방안을 강구하여야 한다.

④ 본 기준은 연약지반상의 흙쌓기에 대한 일반적인 내용을 기술하므로 비탈면의 형상이나 규모, 연약지반의 토질특성이나 지층 구성이 크게 다른 경우에는 별도로 검토하여야 한다.

4.1.2 깎기비탈면

(1) 표준경사

① 깎기비탈면의 경사는 별도의 안정해석을 수행하여 결정하는 것이 원칙이나 풍화암 이하의 강도를 갖는 비탈면의 경우, 지반분야 책임기술자의 판단에 따라 표 4.1-3과 같이 표준경사를 적용할 수 있다.

표 4.1-3 토사원지반 깎기비탈면 표준경사

토질조건		비탈면 높이(m)	경사	비고
모래			1:1.5 이상	SW, SP
사질토	밀실한 것	5 이하	1:0.8 ~ 1:1.0	SM, SP
		5 ~ 10	1:1.0 ~ 1:1.2	
	밀실하지 않고 입도분포가 나쁨	5 이하	1:1.0 ~ 1:1.2	
		5 ~ 10	1:1.2 ~ 1:1.5	
자갈 또는 암괴 섞인 사질토	밀실하고 입도분포가 좋음	10 이하	1:0.8 ~ 1:1.0	SM, SC
		10 ~ 15	1:1.0 ~ 1:1.2	
	밀실하지 않거나 입도분포가 나쁨	10 이하	1:1.0 ~ 1:1.2	
		10 ~ 15	1:1.2 ~ 1:1.5	
점성토		0 ~ 10	1:0.8 ~ 1:1.2	ML, MH, CL, CH
암괴 또는 호박돌 섞인 점성토		5 이하	1:1.0 ~ 1:1.2	GM, GC
		5 ~ 10	1:1.2 ~ 1:1.5	
풍화암		-	1:1.0 ~ 1:1.2	시편이 형성되지 않는 암

주 1) 실트는 점성토로 간주. 표에 표시한 토질 이외에 대해서는 별도로 고려한다.
2) 위 표의 경사는 소단을 포함하지 않는 단일비탈면의 경사이다.

② 연암 이상 암반비탈면의 경사는 암반 내에 발달하는 단층 및 주요 불연속면의 경사 및 방향을 이용한 평사투영해석을 실시하고 발생가능한 파괴형태에 대한 안정해석을 실시하여 비탈면의 경사를 결정하여야 한다. 다만, 해당 구간 불연속면 등의 암반특성을 정확히 파악할 수 없을 경우 시추조사에 의해 파악된 암반특성(TCR, RQD 등)을 고려하여 암반비탈면의 경사를 결정할 수 있으나 반드시 시공 중 조사 및 이를 반영한 안정해석을 통해 안정성을 확인하여야 한다.

(2) 소단

① 깎기비탈면의 높이가 10 m 이상인 비탈면에서는 비탈면 안정성 확보와 유지관리를 위한 점검 및 배수시설의 설치공간으로 활용하기 위하여 원칙적으로 소단을 설치하며, 비탈면 중간에 5 m ~ 20 m 높이마다 폭은 1 m ~ 3 m의 소단을 설치한다. 장비 진입 등과 같은 작업공간의 확보가 필요한 경우에는 소단 폭을 여건에 맞게 조정할 수 있다.

② 단층이나 파쇄대, 층분리 지반 또는 지하수의 유출이 있는 지반층의 경우 안정성을 위해 별도의 소단을 설치할 수 있다.

4.2 흙쌓기 재료 및 다짐

(1) 쌓기재는 쌓기 대상물 특성별로 구분하여 각각의 재료에 대한 기준을 만족하는 재료를 사용하여야 한다.

(2) 쌓기 대상물은 각각의 다짐기준을 만족하도록 하여야 한다.

(3) 흙쌓기 비탈면은 흙쌓기 본체와 동시에 대형 다짐 장비를 사용하여 균일하게 다짐하는 것을 원칙으로 한다.

4.3 안정해석

4.3.1 쌓기비탈면

(1) 안정해석 조건

① 쌓기비탈면이 다음 조건에 해당하는 경우에는 반드시 안정해석을 실시한다.

가. 비탈면높이가 10 m 이상인 경우

나. 쌓기재료의 기준을 만족하지 못하는 토공 재료를 불가피하게 사용하는 경우

다. 붕괴 시 복구가 장시간 소요되거나 주변 인접시설물에 중대한 인명, 재산상 피해를 주는 경우

라. 지형특성으로 인하여 쌓기토체 내부로 지속적인 지하수의 유입이 발생하는 경우 (경사지반, 계곡부 쌓기)

마. 홍수 시 비탈면이 침수되거나 비탈끝이 침식되는 경우

바. 쌓기비탈면의 원지반이 양호하지 못한 경우(연약지반 등)

사. 내진안정해석이 필요한 경우

아. 위 조건 외에 설계자가 필요하다고 판단하는 경우

② 쌓기비탈면의 안정해석은 쌓기재료의 특성과 지하수 조건에 대하여 충분히 고려하여야 한다. 쌓기비탈면의 원지반이 불안정한 경우는 원지반까지 파괴가 발생하는 경우도 고려한다.

③ 최소안전율을 가지는 가상파괴면에 대해 안정해석 수행 후 결과 값이 기준안전율 이상이어야 한다.

(2) 안전율 기준

① 안전율은 비탈면 내부에 가정된 파괴면 또는 실제 발생한 파괴면에서의 전단강도와 전단응력 비율, 저항력과 작용하중의 비율 또는 저항모멘트와 작용모멘트의 비율로 계산한다.

② 기준안전율은 일반 쌓기비탈면과 연약지반 쌓기비탈면으로 구분하며 안정해석방법과 입력변수가 내포하는 불확실성을 감안하여 경제성을 확보하면서 보수적인 설계를 유도하고자 설정하는 값으로서, 비탈면의 안정성을 확보하기 위한 해석에서 적용하는 안전율은 표 4.3-1 및 4.3-2의 기준안전율 이상이어야 한다.

③ 쌓기비탈면의 지진 시 기준안전율은 KDS 11 90 00 (4.2(3))을 따른다.

표 4.3-1 일반 쌓기비탈면 안정해석 시 적용하는 기준안전율

구분		기준안전율	참조
장기	건기	1.5	• 쌓기체 내에 지하수가 없는 것으로 해석
	우기	1.3	• 지하수 조건은 지반조사 결과, 지형조건 및 배수조건 등을 종합적으로 판단하여 안정성에 가장 불리한 상태가 발생하는 조건에 대하여 수행 • 한쪽쌓기 한쪽깎기 비탈면에서는 상기조건에 따라 산정한 지하수위를 이용한 해석 또는 강우의 침투를 고려한 해석 • 쌓기 표면에 강우침투가 발생하는 경우에는 설계계획빈도에 따른 해당지역의 강우강도, 강우지속시간 등을 고려하여 강우침투를 고려한 해석 실시 • 강우의 침투를 고려한 해석 시 강우에 따라 상승된 지하수위 뿐만 아니라 지표면으로부터 침투된 강우에 의해 지하수위 상부에 발생하는 포화 또는 불포화 지층의 특성도 반영
	지진 시	• KDS 11 90 00 (4.2(3))을 적용	
단기		1.1	• 1년 미만의 단기적인 비탈면의 안정성 • 지하수위는 실제 측정 또는 평상시의 지하수위 적용

* 비탈면 상부 파괴범위 내에 1, 2종 시설물의 기초가 있는 경우 : 별도 검토
* 단기조건은 1년 미만의 시공 중인 비탈면을 의미하며, 1년 이상 시공 중인 비탈면의 경우 '장기' 조건을 적용

표 4.3-2 연약지반 쌓기비탈면 안정해석 시 적용하는 기준안전율

구분		기준안전율	참조
장기	건기	1.3	• 쌓기체 내에 지하수가 없는 것으로 해석
	우기	1.2	• 지하수 조건은 지반조사 결과, 지형조건 및 배수조건 등을 종합적으로 판단하여 안정성에 가장 불리한 상태가 발생하는 조건에 대하여 수행 • 한쪽쌓기 한쪽깎기 비탈면에서는 상기조건에 따라 산정한 지하수위를 이용한 해석 또는 강우의 침투를 고려한 해석 • 쌓기 표면에 강우침투가 발생하는 경우에는 설계계획빈도에 따른 해당지역의 강우강도, 강우지속시간 등을 고려하여 강우침투를 고려한 해석 실시 • 강우의 침투를 고려한 해석 시 강우에 따라 상승된 지하수위 뿐만 아니라 지표면으로부터 침투된 강우에 의해 지하수위 상부에 발생하는 포화 또는 불포화 지층의 특성도 반영
	지진 시	• KDS 11 90 00 (4.2(3))을 적용	
단기		1.1	• 1년 미만의 단기적인 비탈면의 안정성 • 지하수위는 실제 측정 또는 평상시의 지하수위 적용

* 비탈면 상부 파괴범위 내에 1, 2종 시설물의 기초가 있는 경우 : 별도 검토
* 단기조건은 1년 미만의 시공 중인 비탈면을 의미하며, 1년 이상 시공 중인 비탈면의 경우 '장기' 조건을 적용

4.3.2 깎기비탈면

(1) 일반사항

① 설계단계에서는 조사결과뿐만 아니라 비탈면 주변의 지형적, 수리적, 시설물 등의 상황과 인근의 유사한 지반조건에서의 비탈면 시공사례 등을 종합적으로 검토하

여 수행하여야 한다.

② 설계단계에서 깎기비탈면에 대한 안정해석을 정밀하게 수행하는 것은 한계가 있다. 따라서 시공단계에서 추가조사를 실시하고 깎기 작업이 어느 정도 진행된 단계에서 전반적으로 노출된 암질상태와 불연속면의 상태를 조사하여 설계를 보완할 수 있도록 시방서에 명시하여야 한다.

③ 최소안전율을 가지는 가상파괴면에 대해 안정해석 수행 후 결과 값이 기준안전율 이상이어야 한다.

(2) 안정해석 시 고려사항

① 비탈면 안정해석 시 지하수 조건은 지반조사 결과 및 지형조건 등을 종합적으로 고려하여 지하수위를 결정하고 안정해석을 실시한다.

② 강우의 침투를 고려한 해석을 실시할 경우, 현장 지반조사 결과, 지형조건, 배수조건 및 해당지역의 강우강도, 강우지속시간 등을 고려하여 안정해석을 실시한다.

③ 토사 비탈면 안정해석은 비탈면내의 지하수위 및 시공속도에 따른 장단기적인 배수조건을 고려하여 유효응력해석 또는 전응력해석을 수행한다.

④ 불연속면에 기인한 파괴가 예상되는 암반비탈면의 경우에는 불연속면의 전단강도를 이용하여 안정해석을 수행한다.

⑤ 토사 비탈면 및 토사층을 포함하는 혼합 비탈면은 이상 기후에 대비하여 얕은 파괴가 추가 검토될 수 있도록 기존의 깊은파괴(원호파괴 등)와 얕은파괴(표층파괴)로 구분하여 검토한다.

(3) 안전율 기준

① 안전율은 비탈면 내부에 가정된 파괴면 또는 실제 발생한 파괴면에서의 전단강도와 전단응력 비율, 저항력과 작용하중의 비율 또는 저항모멘트와 작용모멘트의 비율로 계산한다.

② 기준안전율은 안정해석방법과 입력변수가 내포하는 불확실성을 감안하여 경제성을 확보하면서 보수적인 설계를 유도하고자 설정하는 값으로서, 장기적인 비탈면의 안정성을 확보하기 위한 해석에서 적용하는 안전율은 표 4.3-3의 기준안전율 이상이어야 한다.

③ 깎기비탈면의 지진 시 기준안전율은 KDS 11 90 00 (4.2(3))을 따른다.

표 4.3-3 깎기비탈면 안정해석 시 적용하는 기준안전율

구분		기준안전율	참조
장기	건기	1.5	• 지하수가 없는 것으로 해석
	우기	1.2 또는 1.3	• 연암 및 경암 등으로 구성된 암반비탈면의 경우, 인장균열 내 지하수 포화 높이나 활동면을 따라 지하수로 포화된 비탈면 높이의 ½심도까지 지하수를 위치시키고 해석을 수행하며 이 경우 FS=1.2를 적용 • 토층 및 풍화암으로 구성된 비탈면의 안정해석은 지하수위를 결정하여 해석하는 방법 또는 강우의 침투를 고려한 방법 사용 가능 • 지하수위를 결정하여 해석하는 경우에는 현장 지반조사 결과, 지형조건 및 배수조건 등을 종합적으로 고려하여 지하수위를 결정하고 안정해석을 수행하며, 지하수위를 결정한 근거를 명확히 기술 (FS=1.2 적용) • 강우의 침투를 고려한 안정해석을 실시하는 경우에는 현장 지반조사 결과, 지형조건, 배수조건과 설계계획빈도에 따른 해당지역의 강우강도, 강우지속시간 등을 고려하여 안정해석을 실시하며, 해석 시 적용한 설계지반정수와 해석방법을 명확히 기술 (FS=1.3적용) • 강우의 침투를 고려한 해석 시 강우에 따라 상승된 지하수위 뿐만 아니라 지표면으로부터 침투된 강우에 의해 지하수위 상부에 발생하는 포화 또는 불포화 지층의 특성도 반영
	지진 시	• KDS 11 90 00 (4.2(3))을 적용	
단기		1.1	• 1년 미만의 단기적인 비탈면의 안정성 • 지하수위는 실제 측정 또는 평상시의 지하수위 적용

* 비탈면 상부 파괴범위 내에 1, 2종 시설물의 기초가 있는 경우 : 별도 검토
* 단기조건은 1년 미만의 시공 중인 비탈면을 의미하며, 1년 이상 시공 중인 비탈면의 경우 '장기' 조건을 적용

4.4 해석방법

4.4.1 쌓기비탈면

(1) 쌓기비탈면의 안정해석은 다음의 방법이 있다.
  ① 한계평형해석(LEM, Limit Equilibrium Analysis Method)
  ② 유한요소해석(FEM, Finite Element Analysis Method)
  ③ 유한차분해석(FDM, Finite Difference Analysis Method) 등

(2) 쌓기비탈면에서 발생하는 변위 또는 지반 내의 소성화 구간과 응력상태를 정밀하게 확인하고자 하는 경우에는 연속체 해석을 수행한다.

(3) 쌓기비탈면의 안정해석은 토사비탈면에서 발생 가능한 파괴형태와 파괴메커니즘에 적합한 해석방법을 선정하여 수행한다.

(4) 안정해석은 시공 중과 공용 중으로 구분하여 실시하여야 하며, 공용 중 해석은 교통하중 등 상재하중을 고려하여야 한다.

(5) 시공 중 안정해석의 경우는 전응력 해석으로 수행하고, 공용 중 안정해석의 경우는 유효응력해석으로 수행하며 배수가 잘 안 되는 흙에 대해서는 공용 중이라도 전응력 해석을 수행 할 수 있다.

(6) 안정해석 시 원지반과 쌓기재의 침하를 구분하여 안정해석을 수행하는 것이 바람직하다.

4.4.2 깎기비탈면

(1) 깎기비탈면의 안정해석은 다음의 방법이 있다.
   ① 토사비탈면: 한계평형해석, 연속체해석(유한차분법, 유한요소법 등)
   ② 암반비탈면: SMR방법, 평사투영해석, 한계평형해석, 연속체해석, 불연속체해석(개별요소법 등)

(2) 깎기비탈면은 토사부분과 암반부분으로 구분하고 파괴형태, 지반조건 및 지하수 조건을 적절하게 모사할 수 있는 해석방법을 적용하며 비탈면의 중요도 및 필요한 결과에 따라 해석방법을 선택적으로 적용한다.

(3) 비탈면에서 발생하는 변위 또는 지반내의 소성화 구간과 응력상태를 정밀하게 확인하고자 하는 경우에는 연속체 해석을 수행한다. 뚜렷한 불연속면 구조가 발달한 암반비탈면은 개별요소법을 적용할 수 있다.

(4) 깎기비탈면의 안정해석은 깎기비탈면에서 발생 가능한 파괴형태와 파괴메커니즘에 적합한 해석방법을 선정하여 수행한다.

(5) 토사비탈면 안정해석은 한계평형해석에 근거한 안전율에 의해 판단하는 것을 기본으로 하며 유한요소법 및 유한차분법 등에 의한 전단강도감소기법을 적용하여 안정성을 판단할 수 있다.

(6) 암반비탈면 안정해석은 불연속면의 경사와 방향성, 불연속면의 특성으로부터 평사투영해석을 실시하여 파괴가능성과 파괴유형을 결정하고, 이를 바탕으로 파괴가능성을 가진 비탈면에 대하여 불연속면의 특성과 지하수조건을 고려한 한계평형해석으로 안정해석을 실시한다. 전체적인 암질과 불연속면 방향성을 고려한 SMR분류법을 이용하여 예비적인 안정검토를 수행할 수 있으며, 불연속면에 의해 구분되는 암반비탈면의 변형특성 등 상세한 거동을 확인하고자 할 때는 개별요소법에 의한 방법을 이용할 수 있다.

4.5 배수시설

4.5.1 쌓기비탈면

(1) 쌓기토체의 파괴 및 붕괴는 강우에 의한 침투수, 비탈면에서의 용수, 지표수 배수시설의 불량에 기인한 누수 등에 의해 발생하는 경우가 많다. 쌓기비탈면의 장기적인 안정을 도모하기 위해서는 쌓기토체 하부, 내부 및 표면에 지하수 배수시설과 지표수 배수시설을 설치하여 침투수 및 용수를 적절히 배수시킬 수 있도록 설계하여야 한다.

(2) 쌓기비탈면의 배수시설 설계빈도와 배수시설의 설계 시 고려사항은 KDS 11 70 25를 따른다.

(3) 우수가 침투하기 쉽고 우수에 의한 강도저하가 심한 토질이나 높은 함수비의 원지반

에 높은 흙쌓기를 하여야 할 때는 흙쌓기 비탈면 내에 배수층을 만들어 비탈면의 안정을 도모하여야 하며, 배수층은 투수성이 좋은 모래나 자갈 등을 사용하여야 한다.

(4) 흙쌓기부의 지하배수구는 흙쌓기 및 비탈면의 안정과 함께 쌓기부의 압밀 침하를 고려하여 설계하여야 한다.

(5) 산간부 도로에서 흙쌓기로 소류지 또는 늪을 막는 경우, 규모가 작다 하더라도 맹암거 등 지하수를 배제할 수 있는 시설을 설치하여야 한다.

4.5.2 깎기비탈면

(1) 깎기비탈면의 배수시설은 비탈면 안정에 있어서 매우 중요한 역할을 수행하므로 깎기비탈면 내부로 유입되는 표면수를 억제시키고, 표면수와 지하수는 신속하게 배수시키는 시설을 설치하여 표면수 및 용수를 적절히 처리할 수 있도록 설계한다.

(2) 깎기비탈면의 배수시설 설계와 고려사항은 KDS 11 70 25를 따른다.

4.6 발파설계

4.6.1 쌓기비탈면

내용 없음

4.6.2 깎기비탈면

(1) 암발파 기준

① 암굴착을 위하여 수행되는 발파작업은 진동, 폭음, 비산 등의 피해발생으로 환경분쟁 및 민원이 발생되고 있는 점을 감안하여 환경피해를 저감시키면서 경제성과 시공성을 고려한 적정 발파공법을 적용하여야 한다.

② 암발파 공법은 보안물건(가옥, 상가, 축사, 아파트 등)의 진동 및 소음 허용기준에 의거하여 이격거리에 따라 적절한 발파공법이 적용되어야 한다.

③ 노천발파의 보안물건에 대한 발파진동 및 소음 허용기준은 국토해양부와 환경부의 허용기준에 의거 설계를 실시하며, 특수시설물과 특수한 환경여건에 대해서는 발파영향권 분석에 의거 별도기준을 제시할 수 있다.

④ 발파진동 추정식은 현장 시험발파를 원칙으로 한다. 설계단계에서는 현장 시험발파가 곤란한 경우에는 국토교통부에서 제시한 진동추정식을 이용하여 발파영향 예측 및 발파공법을 선정할 수 있다.

(2) 암발파 설계

① 현장조사를 기초로 하여 설계지역의 보안물건에 대한 발파영향권 분석을 실시하여 영향여부를 평가하고, 암발파에 따른 소음·진동 등을 측정, 관리하여 저감대책 방안을 수립하여야 한다.

② 현장조사 결과에 의하여 보안물건이 존재할 경우 존치와 수용 혹은 보상시의 발파공법에 따른 경제성을 검토하여 제시하여야 한다.

③ 발파공법은 보안물건의 진동, 소음 허용기준에 따라 이격거리별로 지발당장약량을 산출하여 지발당장약량 기준에 의거 표준발파공법을 선정하여야 한다.
④ 선정된 발파공법은 평면도와 횡단면도로 구분하여 제시하고, 해당 발파공법별로 표준발파패턴 설계도를 설계도면에 포함하여 제시하여야 한다.
⑤ 암파쇄 굴착공법은 지반조사 결과의 암반강도와 특성을 감안하고 시공성과 경제성을 고려하고 인근 지역 설계사례 등을 검토하여 선정하여야 한다.

4.7 비탈면의 계측

4.7.1 쌓기비탈면

(1) 계측계획 수립
① 쌓기비탈면 계측은 비탈면 표면의 이동, 지층의 이동, 기상과 지하수위의 변화 등을 측정하고 이로부터 설계 시 예측한 거동이 적절했는지를 확인하여 구체적인 설계를 하거나, 기 설계된 내용을 보완하거나 향후 유지관리를 고려하여 계획한다.
② 설계단계에서는 예상되는 비탈면 거동을 확인하기 위하여 계측항목, 계측위치, 계측수량, 계측빈도 등에 대한 구체적인 계획을 사전에 수립하여야 하며, 계측 중에 예상치 못한 거동이 관측된 경우에 계측범위, 계측위치 및 빈도를 조절할 수 있도록 하여야 한다.
③ 계측계획은 설계자와 계측기기의 작동원리 및 적용성에 대한 지식을 가진 전문가와 협의하여 수립하여야 한다.
④ 시공단계에서는 비탈면의 변형이나 붕괴형태를 사전에 예상하고 계측목적에 부합하는 계측기 선정이나 배치, 계측방법, 관리기준치 설정 등을 검토하여 계측계획을 작성하여야 한다.

(2) 계측기준
① 비탈면 시공 상의 안전과 품질 검증을 위하여 현장 계측을 수행할 수 있으며 비탈면 거동을 파악하기 위하여 지반조건, 주변환경, 계측기위치 등 다양한 조건에 대하여 충분한 검토를 하여야 한다.
② 계측항목은 비탈면의 거동을 파악하기 위하여 필요한 직·간접적인 인자를 계측하는데 필요한 항목으로서 침하거동 특성, 파괴면의 형태, 범위 등 비탈면 거동을 가장 잘 파악하기 위한 종류를 우선적으로 고려하며 계측기의 내구성, 배치 형태, 빈도 등을 종합적으로 고려하여 결정하여야 한다.
③ 계측기의 배치는 비탈면의 붕괴 및 활동 특성, 지형적 위치, 계측기 설치 편의성, 계측기의 관리 편의성, 비용 등을 고려하여야 하며, 비탈면의 변동 상황을 최소한의 계측기로 효과적으로 파악할 수 있도록 배치하여야 한다.
④ 계측기간과 빈도는 측정하고자 하는 계측값의 변화정도 및 변화의 지속시간과 관련되며 비탈면의 파괴속도가 빠른 경우 또는 변화가 있는 경우에는 측정빈도를 높여 측정하여야 하고 변화가 장기간 지속되는 경우에는 측정기간도 이에 맞춰

측정하여야 한다.

⑤ 흙쌓기 비탈면의 계측기 매설위치는 비탈면 자체 및 원지반이나 인접구조물의 거동을 충분히 고려하고 유사한 조건하에서 계측 예를 참고로 하여 선정하여야 한다.

⑥ 연약지반 비탈면에 대한 계측관리는 대표지역에 대한 중점관리 구간과 기타 일상관리 구간으로 나누어 관리하도록 설계에 반영하여야 한다.

4.7.2 깎기비탈면

(1) 계측계획 수립

① 깎기비탈면 계측은 비탈면 표면의 이동, 지층의 이동, 기상과 지하수위의 변화 등을 측정하고 이로부터 설계 시 예측한 거동이 적절했는지를 확인하여 구체적인 설계를 하거나, 기 설계된 내용을 보완하거나 향후 유지관리를 고려하여 계획한다.

② 설계단계에서는 예상되는 비탈면 거동을 확인하기 위하여 계측방법, 계측항목, 계측위치, 계측수량, 계측빈도 등에 대한 구체적인 계획을 사전에 수립하여야 하며, 계측 중에 예상치 못한 거동이 관측된 경우에 계측범위, 계측위치 및 빈도를 조절할 수 있도록 하여야 한다.

③ 계측계획은 설계자와 계측기기의 작동원리 및 적용성에 대한 지식을 가진 전문가와 협의하여 수립하여야 한다.

④ 시공단계에서는 비탈면의 변형이나 붕괴형태를 사전에 예상하고 계측목적에 부합하는 계측기 선정이나 배치, 계측방법, 관리기준치 설정 등을 검토하여 계측계획을 작성하여야 한다.

(2) 계측기준

① 비탈면 시공 상의 안전과 품질 검증을 위하여 현장 계측을 수행할 수 있으며 비탈면 거동을 파악하기 위하여 지반조건, 주변환경, 계측기위치 등 다양한 조건에 대하여 충분한 검토가 이뤄져야 한다.

② 계측항목은 비탈면의 거동을 파악하기 위하여 필요한 직·간접적인 인자를 계측하는데 필요한 항목으로서 파괴면의 형태, 범위 등 비탈면 거동을 가장 잘 파악하기 위한 종류를 우선적으로 고려하며 계측기의 내구성, 배치 형태, 빈도 등을 종합적으로 고려하여 결정하여야 한다.

③ 계측기의 배치는 비탈면의 붕괴 및 활동 특성, 지형적 위치, 계측기 설치 편의성, 계측기의 관리 편의성, 비용 등을 고려하여야 하며, 비탈면의 변동 상황을 최소한의 계측기로 효과적으로 파악할 수 있도록 배치하여야 한다.

④ 계측기간과 빈도는 측정하고자 하는 계측값의 변화정도 및 변화의 지속시간과 관련되며 비탈면의 파괴속도가 빠른 경우 또는 변화가 있는 경우에는 측정빈도를 높여 측정하여야 하고 변화가 장기간 지속되는 경우에는 측정기간도 이에 맞춰 측정하여야 한다.

⑤ 깎기비탈면의 계측기 설치위치는 비탈면 자체 및 불연속면 등에 의해 이완된 암반의 거동을 충분히 고려하고 유사한 조건하에서 계측 예를 참고로 하여 선정하여

야 한다.



집필위원

성 명	소 속	성 명	소 속
강인규	㈜브니엘컨설턴트	반호기	강원대학교

자문위원

성 명	소 속	성 명	소 속
황영철	상지대학교		

국가건설기준센터 및 건설기준위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
이영호	한국건설기술연구원	정문경	한국건설기술연구원
김기현	한국건설기술연구원	강대규	㈜한가람
김나은	한국건설기술연구원	김기석	㈜희송지오텍
김민관	한국건설기술연구원	김기연	㈜경동엔지니어링
김재훈	한국건설기술연구원	김만일	산림조합중앙회
김희석	한국건설기술연구원	박재현	한국수자원공사
류상훈	한국건설기술연구원	송 훈	㈜동해종합기술공사
안준혁	한국건설기술연구원	여규권	삼부토건(주)
원훈일	한국건설기술연구원	정재형	한국건설기술연구원
유영수	한국건설기술연구원		
이상규	한국건설기술연구원		
이소정	한국건설기술연구원		
이승재	한국건설기술연구원		
이승환	한국건설기술연구원		
이용수	한국건설기술연구원		
이원종	한국건설기술연구원		
주영경	한국건설기술연구원		
최봉혁	한국건설기술연구원		
허원호	한국건설기술연구원		

중앙건설기술심의위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
김상철	㈜삼안	민영욱	특수건설
김선백	대우건설	송영석	한국지질자원연구원
김성호	대보건설	장범수	한국건설품질연구원
문인기	엠플러스이엔씨㈜		

국토교통부

성 명	소 속	성 명	소 속
권미정	기술혁신과	신중호	기술혁신과
양성모	기술혁신과		

(분야별 가나다순)

KDS 11 70 05 : 2025

쌓기·깎기

2025년 12월 24일 개정

소관부서 국토교통부 기술혁신과

관련단체 국토안전관리원
52856 경상남도 진주시 에나로128번길 24 윤현빌딩 (충무공동 289-3)
Tel : 1588-8788 E-mail : kisteckr@kistec.or.kr
http://www.kistec.or.kr

작성기관 (사)한국지반공학회
05836 서울특별시 송파구 법원로9길 26, C동 701호(문정동,에이치비즈니스파크)
Tel : 02-3474-4428 E-mail : kgssmfe@hanmail.net
http://www.kgshome.org

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

KDS 11 00 00 지반설계기준

설계기준 Korean Design Standard

KDS 11 70 10 : 2025

비탈면 보호공법

2025년 12월 24일 개정

http://www.kcsc.re.kr

국토교통부

KC CODE

건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

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

건설기준 연혁

- 건설기준은 건설기술진흥법 제44조 및 같은법 시행령 제65조에 따라 건설공사의 안전성, 경제성, 성능 및 품질 확보를 위하여 제정 및 개정하였다.

- 건설기준은 건설기준 코드체계 전환(2016)에 따라 단행본 체계의 건설기준(설계기준, 표준시방서)간 중복·상충을 비교 검토하여 건설기준 코드 전환 정비하였다(국토교통부 고시 제2016-438호, 2016년 7월 6일).

- 건설기준의 연혁은 아래와 같다.

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년.월)
건설공사 비탈면 설계기준	• 건설공사 비탈면 설계기준 제정	제정 (2006.05)
건설공사 비탈면 설계기준	• 건설공사 비탈면 설계기준 개정	개정 (2009.12)
건설공사 비탈면 설계기준	• 건설공사 비탈면 설계기준 개정	개정 (2011.12)
KDS 11 70 10 : 2016	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비함	제정 (2016.07)
KDS 11 70 10 : 2016	• 한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함	수정 (2018.07)
KDS 11 70 10 : 2020	• 기준 내 목차 재정립 및 용어 통일 등 건설기준 코드 작성지침에 따라 개정	개정 (2020.08)
KDS 11 70 10 : 2025	• 기준 재정립 등 건설기준 코드 작성지침에 따라 개정함	개정 (2025.12)

제 정 : 2016년 7월 6일	개 정 : 2025년 12월 24일
심 의 : 중앙건설기술심의위원회	자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회
소관부서 : 국토교통부 기술혁신과	
관련단체 : 국토안전관리원	작성기관 : (사)한국지반공학회

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

목 차

1. 일반사항 ····· 1
1.1 목적 ····· 1
1.2 적용 범위 ····· 1
1.3 참고 기준 ····· 1
1.4 용어의 정의 ····· 1
1.5 기호의 정의 ····· 1
2. 조사 및 계획 ····· 2
3. 재료 ····· 2
4. 설계 ····· 2
4.1 격자블록 및 돌(블록) 붙이기 ····· 2
4.2 콘크리트 뿜어붙이기(숏크리트) ····· 4
4.3 비탈면 녹화 ····· 5

1. 일반사항

1.1 목적

(1) 이 기준은 비탈면 보호에 대한 일반적인 설계기준과 설계방법을 제시하는 것을 목적으로 한다.

1.2 적용 범위

1.2.1 격자블록 및 돌(블록) 붙이기

(1) 이 기준은 강우 시 발생하는 비탈면 유실 및 세굴에 대한 안정성을 확보하기 위하여 비탈면 표면에 설치하는 격자블록공법 및 돌(블록)붙이기의 설계에 적용한다.

1.2.2 콘크리트 뿜어붙이기

(1) 이 기준은 비탈면 표면을 보호하기 위한 콘크리트 뿜어붙이기 공법의 설계에 적용한다.

1.2.3 비탈면 녹화

(1) 이 기준은 비탈면 표면을 풍화로부터 보호하고 친환경적으로 복원시키기 위한 비탈면 녹화공법의 설계에 적용한다.

(2) 비탈면의 녹화공법은 원칙적으로 안정성이 확보된 비탈면에 적용한다.

(3) 양호한 경암 혹은 풍화에 대한 내구성이 강한 연암으로 구성된 비탈면이나 경사 60° 이상의 비탈면에는 비탈면 전문가의 자문을 통하여 비탈면의 녹화가 반드시 필요하다고 판단되는 경우에만 선별하여 적용한다.

1.3 참고 기준

1.3.1 관련 법규

내용 없음

1.3.2 관련 기준

내용 없음

1.4 용어의 정의

내용 없음

1.5 기호의 정의

내용 없음

2. 조사 및 계획

내용 없음

3. 재료

내용 없음

4. 설계

4.1 격자블록 및 돌(블록) 붙이기

4.1.1 설계목표

(1) 격자블록 구조물은 비탈면 표면의 유실 및 세굴을 방지하고 격자블록 구조물에 파괴가 발생하지 않아야 한다.

(2) 돌(블록)붙이기 공법은 비탈면 표면풍화 및 침식을 방지할 수 있어야 하며, 격자블록 구조물이 떨어지거나 틈이 발생하지 않도록 하여야 한다.

4.1.2 적용기준

(1) 격자블록공법은 비탈면 표면 침식과 유실을 방지하고, 격자블록 내부의 채움토, 흙포대, 석재 등을 안정하게 보호하는 것을 목적으로 한다. 원칙적으로 토압에 대해서는 저항할 수 없는 것으로 간주하며, 미끄러짐이나 붕괴 등의 위험성이 있는 비탈면에는 적합하지 않다. 일반적으로 격자블록공법을 적용하는 조건은 다음과 같다.

① 강우 시 표면수에 의해 침식되기 쉬운 지반조건의 비탈면

② 규모가 큰 쌓기, 깎기비탈면의 하부

③ 안정화된 비탈면이 부분적으로 용수가 있는 경우

④ 식생 도입이 곤란한 토질조건의 비탈면

(2) 격자블록공법은 구조적 안정성과 채움 재료의 이탈을 방지하기 위하여 적정 경사보다 급한 비탈면 경사에는 적용하지 않는 것이 바람직하다. 격자블록공법의 일반적인 적용 기준은 다음과 같다.

① 프리캐스트 격자블록은 일반적으로 비탈면 경사도가 1:1.0보다 완만한 구간에 적용한다.

② 현장타설식 격자블록은 일반적으로 비탈면 경사도가 1:0.8보다 완만한 경우에 적용한다.

(3) 격자블록공법을 연속적으로 적용하는 비탈면높이는 10 m 미만으로 제한한다. 만약 격자블록의 높이가 10 m 이상 되는 경우, 1 m 이상 폭을 가진 소단을 설치하여 연속 시공되는 높이가 10 m 미만이 되도록 한다. 현장타설 격자블록의 연속적인 시공 높이는 20 m까지로 하며 부재의 안정해석을 반드시 수행한다.

(4) 돌(블록)붙이기 공법은 비탈면 경사도가 1:1.0보다 완만한 비탈면에서 점착력이 없는

사질토, 붕괴되기 쉬운 점성토질의 비탈면에 적용한다. 또한, 표면수에 의해 유실이나 세굴이 발생하기 쉬운 구간에 적용한다.

4.1.3 격자블록의 안정해석

(1) 격자블록의 안정해석은 가로부재 검토, 최하단 세로부재 검토, 기초의 활동과 지지력 검토를 포함한다.

(2) 가로부재 검토는 가로부재와 채움재 자중의 비탈면 방향 분력을 가로부재에 등분포로 작용시키고, 가로부재를 단순지지보로 간주하여 부재에 발생하는 모멘트와 전단력을 계산한 후 필요한 부재의 단면크기를 결정한다. 필요시에는 철근으로 보강한다. 비탈면 방향 분력을 계산할 때는 채움재와 비탈면표면 사이의 마찰저항력을 고려한다.

(3) 최하단 세로부재 검토는 상부 세로부재, 가로부재 그리고 채움재의 비탈면 방향 분력을 최하단 세로부재에 모두 작용시키고, 최하단 세로부재의 축방향력에 대하여 안정하도록 부재의 단면크기를 결정한다. 필요시에는 철근 등으로 보강한다.

(4) 기초의 검토는 최하단 세로부재에 발생하는 하중을 수평방향성분과 수직방향성분으로 분리하고 각각 활동 및 지지력에 대하여 안정하도록 기초의 크기를 결정한다.

(5) 프리캐스트 격자블록은 콘크리트나 강재, 철망 또는 플라스틱 등의 재질로 만들어지며, 현장에서 조립하여 시공한다. 이들 프리캐스트 격자블록공법에서 수평부재와 수직부재의 이음부는 단지 이음역할만 수행하며, 안정해석 시 구조적 강도를 지니지 않는 것으로 간주한다.

4.1.4 격자블록의 속채움재

(1) 격자블록의 속채움은 비탈면 경사, 비탈면표면의 지반조건, 용수여부, 표면수의 유입여부를 고려하여 결정한다. 일반적으로 적용 가능한 채움재의 종류는 다음과 같다.

① 토사 채우기
② 흙포대 채우기
③ 식생기반재 뿜어붙이기
④ 돌 채우기
⑤ 블록 깔기
⑥ 콘크리트 뿜어붙이기
⑦ 모르터 뿜어붙이기

(2) 격자블록의 속채움재는 녹화공법을 적용하기 위한 채움재를 우선적으로 고려하며, 점토, 모래, 자갈 섞인 토사는 피하고 식물이 생육할 수 있는 흙을 다짐하여 채우거나 식생기반재 뿜어붙이기를 적용한다. 비탈면 표면에 용수가 있는 경우에는 돌(블록)붙이기 등을 적용한다.

4.1.5 돌(블록)붙이기 공법의 배수시설

(1) 돌(블록)붙이기를 한 경우 배면의 지하수 배수를 위해 일정 두께를 자갈로 뒤채움하

며, 세립분의 유출위험이 있는 경우에는 필터재료를 설치한다.

(2) 비탈면 배면으로부터 유입되는 지하수 또는 표면에서 유입되는 물을 배수시키기 위해 설치하는 배수시설은 다음과 같다.

① 하단부에 배수구멍 설치 (약 2 m^2 면적당 1개씩 설치)

② 지하수위 저하를 위한 수평배수공

③ 상부에 표면수 유입을 방지하기 위한 콘크리트 피복 및 배수로

4.2 콘크리트 뿜어붙이기(숏크리트)

4.2.1 설계목표

(1) 콘크리트 뿜어붙이기는 비탈면 표면지반의 풍화와 암반 탈락을 방지하기 위하여 설치한다.

(2) 장기간의 기상변화에 충분한 내구성이 있도록 설계한다.

4.2.2 적용기준

(1) 콘크리트 뿜어붙이기는 비탈면의 풍화 억제와 암반의 탈락을 막기 위해 적용하며, 일반적으로 적용하는 조건은 다음과 같다.

① 비탈면의 경사 및 지반조건에 따라 적용가능

② 용수가 없고 암반균열이 적은 곳에 적합

③ 넓은 면적에 암반의 탈락 및 소규모 붕락이 예상되는 곳

④ 급한 경사면에 요철이 심하고 바위가 돌출한 곳

⑤ 급한 경사면에 단층파쇄대의 풍화진행으로 움푹 패인 구간

(2) 콘크리트 뿜어붙이기 공법은 기본적인 배수처리를 필요로 하며, 비탈면 용수가 많은 곳은 지하수 배수시설과 병행하여 적용한다.

(3) 콘크리트 뿜어붙이기는 비탈면 붕괴를 방지하는 목적으로는 적당하지 않으며 필요시 비탈면 보강공법과 같이 적용할 수 있다.

4.2.3 두께 결정 및 강도기준

(1) 콘크리트 뿜어붙이기 두께는 비탈면의 지반상태, 암질, 기상조건, 비탈면의 경사, 요철정도 및 과거적용사례, 경험 등을 종합적으로 검토하여 결정할 수 있다.

(2) 콘크리트 뿜어붙이기는 보강재와 병행하여 구조적인 역할을 수행하는 경우는 별도 검토 후 강도를 결정하고 별도의 강도기준이 없는 경우 압축강도 18 MPa 이상으로 한다.

4.2.4 설계 시 고려사항

(1) 콘크리트 뿜어붙이기 공법은 지반조건, 경사, 기상조건, 용수상태 등을 검토하여 뿜어붙이기 두께, 철망 및 보강철근 설치 여부, 배수시설 설치를 결정한다.

(2) 콘크리트 뿜어붙이기 공법은 양생 시에 발생하는 균열을 방지하고 콘크리트의 박리를 방지하기 위하여 철망(wiremesh)과 철망을 고정시키기 위한 고정핀을 일정 간격으로 설치한다. 비탈면 경사도가 1 : 0.5보다 급하고 지반조건이 불량한 경우에는 필요에 따라 철근으로 보강한다.
(3) 비탈면의 면적이 넓고 평평한 경우, 세로방향 줄눈을 약 20 m 간격으로 설치한다.
(4) 콘크리트 뿜어붙이기 공법은 표면수의 처리를 위해 최소 10 m^2 ~ 20 m^2 면적당 1개 정도의 배수구멍을 설치한다. 하지만, 비탈면 내의 지하수위가 높거나 용수가 예상되는 구간에서는 용수량에 따라 적절한 배수처리 방법을 고려하여야 한다. 특히, 비탈면 용수가 많은 곳은 지하수 배수시설을 병행하여 적용한다.
(5) 콘크리트 뿜어붙이기 경계부인 비탈어깨부와 비탈끝부분은 강우의 침투방지와 침식방지를 고려하여야 한다.

4.3 비탈면 녹화

4.3.1 설계목표

(1) 비탈면 녹화공법은 비탈면 표면을 단기적으로 안정화시켜 세굴 및 유실을 방지하며, 장기적으로 비탈면을 주변경관 및 식생환경과 어울리게 만들어 훼손된 환경이 복원될 수 있도록 하고 시각적 안정감을 주는데 그 목적이 있다.
(2) 비탈면의 녹화목표는 녹화지역과 생태자연도 등급에 따라 초본위주형, 초본·관목혼합형, 목본군락형, 자연경관복원형 등으로 구분한다.
(3) 비탈면녹화는 씨앗 뿜어붙이기, 객토 씨앗 뿜어붙이기, 식생 매트공, 떼붙임공, 층두께 기초재 뿜어붙이기 등으로 구분한다.

4.3.2 적용기준

(1) 비탈면 보호공법으로서 식생이 부적합한 토질조건이나 표면이 불안정하여 녹화공법을 적용할 수 없을 경우에는 구조물에 의한 비탈면 보호공법을 적용한다.
(2) 식생이 부적절한 토질조건과 환경은 다음과 같으며(표 4.3-1 참조), 이런 경우에는 구조물을 이용한 비탈면 표면보호공법과 병행하거나 녹화보조방법을 병행하여 적용할 수 있다.
   ① 산성토양으로서 식생의 생육이 적합하지 않은 토양
   ② 비탈면 표층부가 불안정하여 유실이 쉬운 토질조건
   ③ 비탈면 표층부의 경도가 높아 식물이 생육하지 못하는 토양
   ④ 연·경암 조건의 암반
   ⑤ 기상(기온, 강우, 일조량, 동결심도 등)이 취약한 곳
(3) 깎기비탈면이 장기적으로 안정하고 풍화 내구성이 강한 연암 또는 경암으로 이루어진 경우는 녹화공법을 적용하지 않을 수 있다.
(4) 식생공의 경우 씨앗이 발아하여 활착되는 시기까지 비탈면이 우수에 의하여 침식되지

않도록 조치하여야 한다.

(5) 교량 등의 구조물로 인하여 그늘이 지는 곳이나 우수 등에 의한 수분공급이 되지 않는 곳은 식물이 자랄 수 없으므로 식생공을 적용하지 않도록 한다.

표 4.3-1 토양경도별 식물생육상태(산중식 토양경도계의 측정치 기준)

토양경도 (mm)	식물생육상태	평가
18 mm 이하	식물의 생육은 양호하지만 비탈면이 무너질 위험성이 있는지 확인이 요구됨.(고압으로 뿌리는 녹화공법을 적용하는 경우 식생기반재의 침식방지효과에 대한 확인이 필요하고, 침식방지효과가 인정된 경우에는 식물의 근계생장에 적합한 것으로 판정할 수 있다.)	식물에 의해 녹화가 되었을 때 평가 (본 항목은 녹화공사 후 6개월 이내에만 적용하고, 녹화공사 후 6개월이 경과되고, 녹화식물의 생육이 이루어진 다음에는, 본 항목은 적용하지 않는다. 녹화공사가 원만하게 이루어지면 6개월 후 토양경도 18 mm 이하는 식물의 근계생장에 적당하다.)
18 mm ~ 23 mm	식물의 근계생장에 적당	식생기반재의 토양경도를 측정하고, 식생기반재를 뿜어붙이기 하지 않는 공법에서는 기반상태를 평가한다.
23 mm ~ 27 mm	식물의 생육은 양호하지만 생육활성이 그다지 좋지 않음.	
27 mm ~ 30 mm	흙이 너무 단단해서 식물의 생육이 곤란함.	
30 mm 이상	식물의 근계의 침입이 곤란함.	

4.3.3 녹화지역의 구분

(1) 녹화지역의 구분은 기후환경, 지역환경, 산림환경, 토질조건 등을 고려하여 태백산맥을 중심으로 한 국토핵심생태녹지축지역, 해안일대와 도서지역을 포함한 해안생태계지역, 내륙생태지역으로 구분한다.

4.3.4 생태자연도 등급별 비탈면 복원목표 적용

(1) 비탈면 복원목표는 생태자연도의 등급과 주변 생태계의 특성(생태자연도, 녹지자연도등급)을 고려하여 적용한다.

(2) 생태자연도 1등급지역과 별도관리지역은 자연경관과 생태계 복원가치가 높은 지역이므로 자연경관복원형으로 복원하고, 해안지역에서는 해안생태계의 특성에 적합한 식물을 고려하며, 내륙 지역에서는 경관적인 측면을 고려하여 생태자연도 등급과 녹지자연도등급에 따라 비탈면의 형상과 토질을 고려하여 복원목표를 정한다.

4.3.5 녹화공법의 설계

(1) 비탈면 녹화설계는 환경친화적이면서 비탈면의 안정성 유지, 토양 유실방지, 경관복원, 자연식생천이 유도, 이산화탄소 저감 등을 감안하여 적합한 녹화공법을 결정한다. 또한 설계 시 기본적으로 지역 환경에 대한 선행조사, 분석, 평가 등의 절차를 거쳐 녹화지역의 구분과 생태자연도의 등급에 따라 선정된 비탈면 복원목표를 효과적으로

달성할 수 있도록 녹화공법을 설계한다.

(2) 녹화공법이 선정된 다음에는 복원목표 달성을 위한 종자배합을 설계하고, 필요 시 시험시공계획 및 모니터링계획, 유지관리계획을 수립하여 세부수량을 산출한다.

4.3.6 녹화공법 선정절차

(1) 녹화공법은 다음의 조사 결과를 토대로 비탈면의 조건과 식생의 적합성을 검토하여 합리적인 절차에 따라 선정한다.

① 목표로 하는 식물군락의 종류

② 비탈면 지반의 생육적합성(비탈면 경사, 토양 경도, 산도, 습도 등 지반조건 및 지역적 기후특성)

③ 시공시기

④ 유지관리의 정도 등

(2) 비탈면 녹화공법은 다음과 같은 선정절차에 따라 선정한다. 단, 그림 4.3-1에 제시한 공법은 토질과 경사도에 따른 일반적인 녹화공법의 예시이므로 전문가의 의견을 수렴하고 다양한 녹화공법을 검토하여 현장 여건에 맞는 녹화공법을 선정하여야 한다.

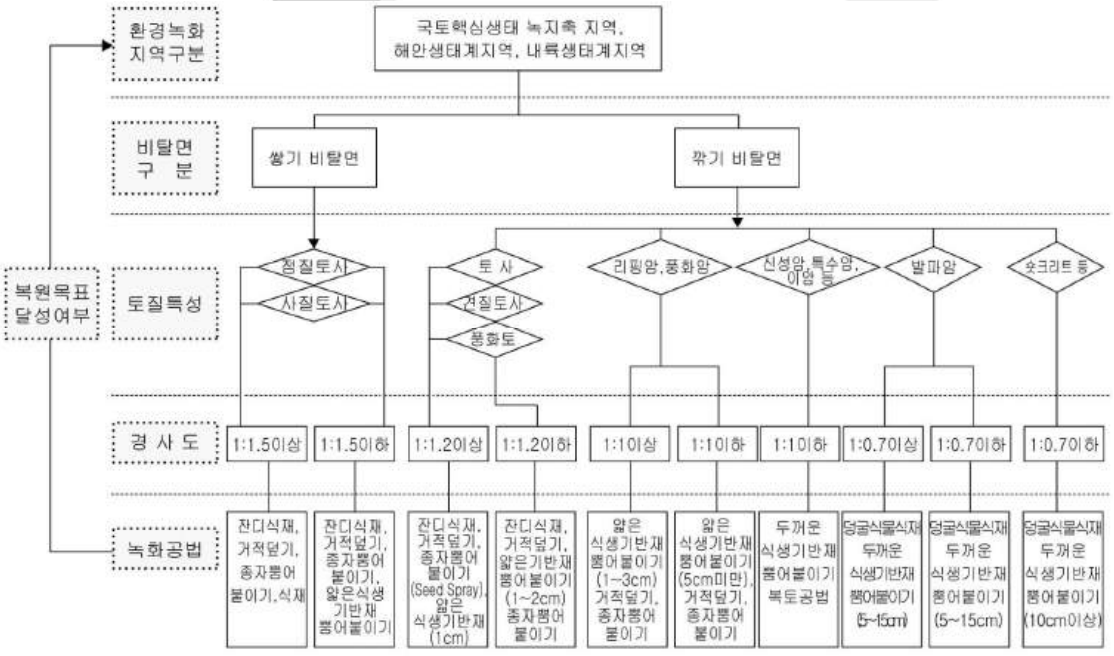


그림 4.3-1 비탈면녹화공법 선정절차

집필위원

성 명	소 속	성 명	소 속
강인규	㈜브니엘컨설턴트	반호기	강원대학교

자문위원

성 명	소 속	성 명	소 속
황영철	상지대학교		

국가건설기준센터 및 건설기준위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
이영호	한국건설기술연구원	정문경	한국건설기술연구원
김기현	한국건설기술연구원	강대규	㈜한가람
김나은	한국건설기술연구원	김기석	㈜희송지오텍
김민관	한국건설기술연구원	김기연	㈜경동엔지니어링
김재훈	한국건설기술연구원	김만일	산림조합중앙회
김희석	한국건설기술연구원	박재현	한국수자원공사
류상훈	한국건설기술연구원	송 훈	㈜동해종합기술공사
안준혁	한국건설기술연구원	여규권	삼부토건(주)
원훈일	한국건설기술연구원	정재형	한국건설기술연구원
유영수	한국건설기술연구원		
이상규	한국건설기술연구원		
이소정	한국건설기술연구원		
이승재	한국건설기술연구원		
이승환	한국건설기술연구원		
이용수	한국건설기술연구원		
이원종	한국건설기술연구원		
주영경	한국건설기술연구원		
최봉혁	한국건설기술연구원		
허원호	한국건설기술연구원		

중앙건설기술심의위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
김상철	㈜삼안	민영욱	특수건설
김선백	대우건설	송영석	한국지질자원연구원
김성호	대보건설	장범수	한국건설품질연구원
문인기	엠플러스이엔씨㈜		

국토교통부

성 명	소 속	성 명	소 속
권미정	기술혁신과	신중호	기술혁신과
양성모	기술혁신과		

(분야별 가나다순)

KDS 11 70 10 : 2025

비탈면 보호공법

2025년 12월 24일 개정

소관부서 국토교통부 기술혁신과

관련단체 국토안전관리원
52856 경상남도 진주시 에나로128번길 24 윤현빌딩 (충무공동 289-3)
Tel : 1588-8788 E-mail : kisteckr@kistec.or.kr
http://www.kistec.or.kr

작성기관 (사)한국지반공학회
05836 서울특별시 송파구 법원로9길 26, C동 701호(문정동,에이치비즈니스파크)
Tel : 02-3474-4428 E-mail : kgssmfe@hanmail.net
http://www.kgshome.org

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

KDS 11 00 00 지반설계기준

설계기준 Korean Design Standard

KDS 11 70 15 : 2025

비탈면 보강공법

2025년 12월 24일 개정

http://www.kcsc.re.kr

국토교통부

KC CODE

건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

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

건설기준 연혁

- 건설기준은 건설기술진흥법 제44조 및 같은법 시행령 제65조에 따라 건설공사의 안전성, 경제성, 성능 및 품질 확보를 위하여 제정 및 개정하였다.

- 건설기준은 건설기준 코드체계 전환(2016)에 따라 단행본 체계의 건설기준(설계기준, 표준시방서)간 중복·상충을 비교 검토하여 건설기준 코드 전환 정비하였다(국토교통부 고시 제2016-438호, 2016년 7월 6일).

- 건설기준의 연혁은 아래와 같다.

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년.월)
건설공사 비탈면 설계기준	• 건설공사 비탈면 설계기준 제정	제정 (2006.05)
건설공사 비탈면 설계기준	• 건설공사 비탈면 설계기준 개정	개정 (2009.12)
건설공사 비탈면 설계기준	• 건설공사 비탈면 설계기준 개정	개정 (2011.12)
KDS 11 70 15 : 2016	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비함	제정 (2016.07)
KDS 11 70 15 : 2016	• 한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함	수정 (2018.07)
KDS 11 70 15 : 2020	• 억지말뚝의 내진설계기준 추가, 기준 내 목차 재정립 및 용어 통일 등 건설기준 코드 작성지침에 따라 개정	개정 (2020.08)
KDS 11 70 15 : 2025	• 전반적인 내용 검토 및 사용자 이해 증진을 위한 문구 수정	개정 (2025.12)

제 정 : 2016년 7월 6일	개 정 : 2025년 12월 24일
심 의 : 중앙건설기술심의위원회	자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회
소관부서 : 국토교통부 기술혁신과	
관련단체 : 국토안전관리원	작성기관 : (사)한국지반공학회

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

목 차

1. 일반사항 ····· 1
1.1 목적 ····· 1
1.2 적용 범위 ····· 1
1.3 참고 기준 ····· 1
1.4 용어의 정의 ····· 1
1.5 기호의 정의 ····· 1
1.6 해석과 설계원칙 ····· 1
2. 조사 및 계획 ····· 3
3. 재료 ····· 3
3.1 일반사항 ····· 3
3.2 재료특성 ····· 3
4. 설계 ····· 4
4.1 네일 ····· 4
4.2 록볼트 ····· 6
4.3 억지말뚝 ····· 7
4.4 지진 시 안정해석 ····· 9

1. 일반사항

1.1 목적

(1) 이 기준은 비탈면 보강에 대한 일반적인 설계기준과 설계방법을 제시하는 것을 목적으로 한다.

1.2 적용 범위

(1) 이 기준은 비탈면 보강을 위한 네일, 록볼트, 억지말뚝의 설계에 적용한다.

1.3 참고 기준

1.3.1 관련 법규

내용 없음

1.3.2 관련 기준

- KDS 11 90 00 비탈면 내진설계기준
- KDS 14 20 00 콘크리트구조 설계(강도설계법)

1.4 용어의 정의

내용 없음

1.5 기호의 정의

내용 없음

1.6 해석과 설계원칙

1.6.1 네일

(1) 설계원칙

① 네일은 보강된 비탈면이 설계수명기간 동안 장기적인 파괴에 대한 안정성을 확보하고, 국부적인 비탈면의 변형 및 파괴, 네일 구성 요소의 파손이 발생하지 않도록 설계한다.

② 네일의 간격과 길이는 네일로 고정되는 비탈면의 전체적인 안정성을 고려하여 결정하며, 적절하게 분산 배치하여 지반에 고른 저항력이 발휘되도록 설계한다.

③ 네일을 설치하는 지반 내에 구조물, 말뚝, 또는 지중시설이 있는 경우에는 이 시설물들의 위치를 고려하여 네일을 배치하여야 하며, 네일 설치로 인한 영향을 고려하여야 한다.

④ 지반조건이 네일의 적용에 적합하지 않을 경우에는 가급적 적용하지 않아야 하며, 적

용 시에는 각각의 적용 제한조건에 대한 보완방안을 고려한 후에 적용하여야 한다.

(2) 내진설계 여부

① 네일로 보강된 비탈면의 내진설계는 보강되지 않은 비탈면의 내진설계 여부에 따라 결정하며, KDS 11 90 00 내진설계기준을 참고한다.

② 네일로 보강된 비탈면의 지진 시 안정해석은 KDS 11 90 00 내진설계기준을 참조한다.

1.6.2 록볼트

(1) 설계원칙

① 록볼트는 보강이 필요한 부분의 상태 또는 규모에 따라 보강되는 부분의 안정성이 확보되도록 랜덤볼트 또는 패턴볼트 형식 등으로 설계한다.

② 록볼트는 현장용접이나 이음재를 이용하여 연결되는 부분이 최소가 되도록 한다.

③ 지반조건이 록볼트의 적용에 적합하지 않을 경우에는 가급적 적용하지 않아야 하며, 적용 시에는 각각의 적용 제한조건에 대한 보완방안을 고려한 후에 적용하여야 한다.

(2) 내진설계 여부

① 록볼트로 보강된 비탈면의 내진설계는 보강되지 않은 비탈면의 내진설계 여부에 따라 결정하며, KDS 11 90 00 내진설계기준을 참고한다.

② 록볼트로 보강된 비탈면의 지진 시 안정해석은 KDS 11 90 00 내진설계기준을 참조한다.

1.6.3 억지말뚝

(1) 설계원칙

① 억지말뚝은 설계수명기간동안 보강된 비탈면의 파괴 및 과도한 변형, 억지말뚝 자체의 파손이 발생하지 않아야 한다.

② 억지말뚝은 파괴토체의 중간위치 또는 하부위치에 설치하며, 파괴토체의 이동방향에 직각방향으로 열을 이루어야 한다.

③ 파괴토체의 범위가 큰 경우에는 파괴토체 중간에 여러 열의 억지말뚝을 설치하여 안정성을 증대시킬 수 있다. 또한 1열의 억지말뚝으로 파괴토체의 활동력을 억제하지 못하는 경우는 2열, 3열의 억지말뚝을 군말뚝 형태로 설치할 수 있으며, 이때는 억지말뚝의 머리 부분을 강결시켜야 한다.

④ 억지말뚝두부의 횡방향 변위를 억제시키기 위하여 앵커를 이용할 수 있으며, 이때 앵커는 예상파괴면 하부의 지지층에 정착시켜야 한다.

(2) 내진설계 여부

① 억지말뚝으로 보강된 비탈면의 내진설계는 보강되지 않은 비탈면의 내진설계 여부에 따라 결정하며, KDS 11 90 00 내진설계기준을 참고한다.

② 억지말뚝으로 보강된 비탈면의 지진 시 안정해석은 KDS 11 90 00 내진설계기준을

참조한다.

2. 조사 및 계획

내용 없음

3. 재료

3.1 일반사항

내용 없음

3.2 재료특성

3.2.1 네일

(1) 네일재료는 KS에 규정된 이형봉강 및 강봉 등의 강재를 사용하며, 이외의 재료에 대해서는 공인시험기관에서 시험하여 인증된 재료로 품질이 보증된 것을 사용한다.
(2) 네일재료는 부식에 강한 재료 또는 구조를 가진 것을 사용하여야 한다.
(3) 설계에서 적용하는 네일의 설계인장강도는 부식 및 나사가공에 의한 단면감소 등을 고려한 장기 허용인장강도를 사용한다.
(4) 정착판은 네일에 발생하는 하중을 장기적으로 견딜 수 있는 재료를 사용한다.

3.2.2 그라우트

(1) 그라우트는 필요한 강도와 내구성을 갖고 네일과 천공 지반 사이의 틈을 밀실하게 채울 수 있는 성질을 갖고 있어야 한다.
(2) 그라우트는 KS L 5201에 규정된 보통 포틀랜드 시멘트 또는 조강 포틀랜드 시멘트를 사용한다.

3.2.3 록볼트

(1) 록볼트 재료는 KS에 규정된 이형봉강 및 강봉 등의 강재를 사용하며, 이외의 재료에 대해서는 공인시험기관에서 시험하여 인증된 재료로 품질이 보증된 것을 사용한다.
(2) 비탈면 보강용 록볼트는 일반적으로 인장재로 간주하므로 지반의 급격한 붕괴를 방지하기 위해서 인장강도가 큰 것을 사용한다. 록볼트를 장기적으로 적용하는 경우는 부식 저항성이 큰 재료를 사용한다.
(3) 정착판은 록볼트를 암반과 밀착시키는 역할을 하는 부재로 록볼트에 발생하는 하중을 장기적으로 견딜 수 있는 재료를 사용한다.

4. 설계

4.1 네일

4.1.1 설계 일반사항

(1) 네일의 설계는 다음 항목을 고려하여 실시하여야 한다.
① 네일 보강 비탈면의 전체 안정성
② 네일의 내적안정성
③ 전면벽체 및 정착판
④ 배수시설

(2) 안전율 기준
① 네일로 보강된 비탈면의 안정해석에 적용하는 안전율은 표 4.1-1의 기준안전율 이상이어야 한다.

표 4.1-1 네일 보강 비탈면의 기준안전율

구분	검토항목		안전율
외적안정	네일로 보강된 비탈면의 전체적인 안정성		쌓기 및 깎기비탈면에서 적용하는 안전율 적용
내적안정	네일의 인장 및 전단	평상 시	2.0
		지진 시	1.5
	네일의 극한인발력	평상 시	3.0
		지진 시	2.0

4.1.2 네일 보강 비탈면의 전체 안정해석

(1) 네일 보강 비탈면은 파괴면에서의 네일에 의한 저항력을 고려하여 안정해석을 실시한다.

(2) 네일로 보강된 비탈면에서 발생하는 파괴면의 형태는 원호, 이중쐐기, 단일쐐기 등으로 가정할 수 있으며, 지반조건 및 하중조건에 따른 예상파괴형태를 고려하여 해석에서 사용하는 파괴면의 형태를 결정한다. 기존 파괴된 비탈면인 경우는 실제 파괴형태와 범위를 고려하여 결정한다.

(3) 파괴면에서 보강재의 저항력은 내적안정해석에서 계산한 인장력과 인발저항력의 최솟값으로 하며, 휨이나 전단 저항의 역할이 확실하다고 판단된 경우에는 이를 고려할 수 있다.

(4) 안정해석은 네일로 보강된 구간의 내부와 외부로 발생하는 모든 형태의 파괴형태에 대하여 안정하도록 네일의 길이와 간격을 조절하면서 반복적으로 수행한다.

4.1.3 네일의 내적안정해석

(1) 네일의 내적안정해석은 다음 내적파괴형태를 고려한다.

① 네일 재료 자체의 파단
② 파괴면 바깥쪽의 저항영역에 근입된 네일의 인발파괴

(2) 네일의 내적안정해석에서는 각각의 내적파괴모드에 대하여 저항력을 구하고 이 값 중에서 최솟값을 최대인발저항력으로 한다.

(3) 네일의 전단저항력을 고려하는 경우에는 최대인발저항력이 발휘될 때 네일 내부에 발휘되는 전단력을 최대전단력으로 한다.

(4) 전면벽체 없이 정착판만으로 네일을 시공하는 경우에는 정착판이 비탈면의 변위에 저항할 수 있도록 정착판의 크기를 결정해야 한다.

4.1.4 전면벽체의 설계

(1) 전면벽체의 설계는 KDS 14 20 00을 참조하여 (4)에서 구한 하중에 하중계수를 고려하여 다음의 항목을 검토한다.
① 전면벽체 자체의 휨파괴
② 네일두부의 주변 전면벽체에 발생하는 국부적인 전단파괴

(2) 전면벽체는 네일두부 부근의 지표면 유실을 방지하고 네일두부에 작용하는 인장력과 토압에 저항하는 중요한 구조물이므로 전면벽체는 네일과 구조적으로 일체가 되도록 설계하여야 한다.

(3) 전면벽체의 설계는 네일두부에 작용하는 인장력과 전면벽체 배면에 작용하는 토압 등에 대한 힘의 평형조건을 만족하여야 한다. 이때 전면벽체에 가해지는 하중은 전면벽체 배면에 균등하게 작용하는 것으로 하며, 전면벽체의 보강효과는 보강 비탈면 안정해석 시 고려하지 않는다.

(4) 네일 1개당 전면벽체에 작용하는 하중은 네일의 설계인장력(P_D)에 전면벽체 형식에 따른 저감계수(μ)를 곱한 값과 전면벽체 1개에 작용하는 주동토압의 크기(P_a)를 비교하여 큰 값을 적용하며, 전면벽체의 단위면적당 작용하는 하중(p)는 식(4.1-2)와 같다.

$$T_0 = \max\begin{cases} P = \mu P_D \\ P = P_a \end{cases} \qquad (4.1\text{-}1)$$

$$p = \frac{T_o}{S_v \cdot S_h} \qquad (4.1\text{-}2)$$

여기서, T_o : 네일 1개당 전면벽체에 작용하는 토압의 크기(kN)
P_D : 네일 1개의 설계인장력(kN)
μ : 전면벽체 형식에 따른 저감계수
P_a : 네일 1개당 전면벽체에 작용하는 주동토압의 크기(kN)
p : 전면벽체의 단위면적당 작용하는 토압(kN/m^2)
S_v, S_h : 네일의 수직, 수평간격(m)

(5) 전면벽체 없이 정착판만 설치하는 경우에는 네일 주변지반의 국부적인 전단파괴가 발생할 수 있으므로 이에 대한 고려가 필요하다.

4.1.5 배수시설

(1) 전면벽체는 수압의 영향을 고려하지 않으므로 네일공법은 반드시 배수시설을 고려하여야 한다. 배수시설의 설치는 계절적인 지하수위와 지표에서의 침투, 상부배수시설로부터의 누수가 발생하더라도 원활한 배수가 되도록 하여야 한다.

(2) 네일공법에 적용하는 배수시설의 종류는 다음과 같다.

① 배수구멍(weephole)

② 수평배수공

③ 전면벽체 배면에 설치하는 수직배수재

④ 전면벽체 상부에 표면수 유입을 위해 설치하는 배수로

4.1.6 내진설계 여부

(1) 네일로 보강된 비탈면의 내진설계는 보강되지 않은 비탈면의 내진설계 여부에 따라 결정하며, KDS 11 90 00의 비탈면 내진등급을 참고한다.

(2) 네일로 보강된 비탈면의 지진 시 안정해석은 4.4 및 KDS 11 90 00을 참조한다.

4.2 록볼트

4.2.1 일반사항

(1) 록볼트로 보강된 비탈면의 안정해석은 불안정한 구간을 안정화시키기 위한 록볼트의 소요개수를 검토하며, 록볼트의 저항력은 파괴면과 이루는 각도를 고려하여 결정한다.

(2) 안전율 기준

① 록볼트로 보강된 비탈면의 안정해석에 적용하는 안전율은 표 4.2-1의 기준안전율 이상이어야 한다.

표 4.1-1 록볼트 보강 비탈면의 기준안전율

구분	검토항목		안전율
외적 안정	록볼트로 보강된 비탈면의 전체적인 안정성		쌓기 및 깎기비탈면에서 적용하는 안전율 적용
내적 안정	보강재의 인장강도	평상 시	2.0
		지진 시	1.5

4.2.2 록볼트 보강 비탈면의 안정해석

(1) 록볼트 길이는 탈락이 예상되는 암반구간을 안정시킬 수 있도록 여유있게 결정한다.

(2) 록볼트의 설치수량은 보강하고자 하는 암괴의 크기를 고려한 평형조건으로부터 소요

보강력을 구하고 기준안전율을 고려하여 필요한 개수를 산정한다.

4.2.3 내진설계 여부

(1) 록볼트로 보강된 비탈면의 내진설계는 보강되지 않은 비탈면의 내진설계 여부에 따라 결정하며, KDS 11 90 00을 참고한다.

(2) 록볼트로 보강된 비탈면의 지진 시 안정해석은 4.4 및 KDS 11 90 00을 참조한다.

4.3 억지말뚝

4.3.1 설계일반사항

(1) 안전율 기준

① 억지말뚝으로 보강된 비탈면의 안정해석에 적용하는 안전율은 표 4.3-1의 기준안전율 이상이어야 한다. 지진 시의 안정성은 보강되기 전의 비탈면 내진설계기준을 따른다.

표 4.3-1 억지말뚝 보강 비탈면의 기준안전율

구분	검토항목	안전율
외적 안정	억지말뚝으로 보강된 비탈면의 전체 안정성	쌓기 및 깎기 비탈면에서 적용하는 안전율 적용
내적 안정	모멘트에 대한 안정성	2.0
	전단력에 대한 안정성	2.0
	수동파괴에 대한 안정성	2.0

4.3.2 억지말뚝의 안정해석

(1) 억지말뚝의 안정해석은 다음 항목을 고려하여 실시한다.

① 억지말뚝 보강비탈면의 전체 안정성

② 억지말뚝의 내적안정성 (모멘트, 전단)

③ 수동파괴에 대한 안정해석

(2) 억지말뚝의 허용단면력

① 억지말뚝은 모멘트와 전단력으로 비탈면의 대규모 활동력에 저항하므로 휨강성이 크고 장기적인 내구성 및 부식에 저항을 가진 재료와 구조를 사용하며, 허용단면력은 말뚝의 항복응력, 전단강도 및 단면계수를 사용하여 계산한다.

② 두 가지 이상의 재료를 사용한 합성단면의 억지말뚝은 각 재료의 변형특성과 면적비를 고려하여 저항모멘트와 전단저항력을 계산한다.

(3) 억지말뚝의 내적안정해석

① 억지말뚝의 내적안정해석은 모멘트와 전단력에 대한 안정성을 검토하며 다음의 기

준 안전율을 만족하여야 한다.

$$\frac{M_n}{M_{\max}} \geqq FS\,, \quad \frac{S_n}{S_{\max}} \geqq FS \qquad (4.3\text{-}1)$$

여기서, M_n : 저항모멘트
S_n : 전단저항력
$M_{\max}$: 억지말뚝내에 발생하는 최대모멘트
$S_{\max}$: 억지말뚝내에 발생하는 최대전단력

② 억지말뚝 배면의 파괴토체가 횡방향반력을 발휘하는 경우는 파괴면에서 최대전단력($S_{\max}$)이 발생한다고 가정하고 탄성지반상의 보에 대한 탄성해를 구하여 최대모멘트($M_{\max}$)를 계산한다.

③ 억지말뚝 배면의 파괴토체가 횡방향반력을 발휘하지 않는 경우는 억지말뚝을 캔틸레버로 가정하고 탄성지반상의 보에 대한 탄성해를 구하여 최대전단력과 최대모멘트를 계산한다. 이때 최대전단력과 최대모멘트의 작용위치는 파괴면 하부에 위치한다.

(4) 수동파괴에 대한 안정해석

① 억지말뚝은 말뚝주변지반의 수동토압으로 저항하므로 주변지반이 항복상태에 도달하는지 여부를 검토한다.

② 안정해석은 말뚝에 작용하는 최대전단력보다 수동토압이 크면 안정한 것으로 간주하며, 다음 식을 만족하여야 한다.

$$\frac{Q_p}{H_{\max}} \geqq FS \qquad (4.3\text{-}2)$$

여기서, Q_p : 억지말뚝 주변의 수동토압
$H_{\max}$: 말뚝의 최대수평력

(5) 억지말뚝 보강 비탈면의 안정해석

① 억지말뚝 보강비탈면의 안정해석방법은 비탈면의 파괴형태에 따라 파괴면에서의 억지말뚝에 의한 저항력을 고려하여 실시한다.

② 억지력은 말뚝의 전단저항력에 의해 발휘되는 것으로 간주하며, 억지말뚝의 설치방향과 파괴면의 방향을 고려하여 파괴면에 작용시킨다.

③ 억지력은 파괴에 저항하는 힘의 증가로 고려하며, 파괴활동력의 감소로 고려하지 않는다.

(6) 말뚝 간격과 근입길이

① 억지말뚝의 설치간격은 말뚝사이로 파괴토체가 빠져나가지 않아야 하고, 말뚝에 발생하는 최대모멘트와 최대전단력이 각각 말뚝부재의 저항모멘트와 전단저항력

을 초과하지 않도록 결정한다.

② 억지말뚝은 파괴면 하부에 연직 및 횡방향 지지력이 확보되는 깊이까지 충분히 근입시켜야 한다.

4.3.3 내진설계 여부

(1) 억지말뚝으로 보강된 비탈면의 내진설계는 보강되지 않은 비탈면의 내진설계 여부에 따라 결정하며, KDS 11 90 00의 비탈면 내진등급을 참고한다.

(2) 억지말뚝으로 보강된 비탈면의 지진 시 안정해석은 4.4 및 KDS 11 90 00을 참조한다.

4.4 지진 시 안정해석

4.4.1 네일

(1) 지진 시 네일로 보강된 비탈면의 안정해석에서는 내적안정과 외적안정성을 검토한다.

(2) 네일로 보강된 비탈면의 지진 시 안정해석에서 고려하는 지진하중은 파괴토체의 자중과 지진계수(A_m)를 곱한 등가지진력으로 고려하며, 파괴토체의 중심에 횡방향으로 작용시킨다.

(3) 지진에 의한 지진계수는 KDS 11 90 00 (1.6.5)에서 제시하는 유효수평지반가속도(S)를 이용하여 산정한다.

4.4.2 록볼트

(1) 지진 시 록볼트로 보강된 비탈면의 안정해석에서는 외적안정성을 검토한다.

(2) 록볼트로 보강된 비탈면의 지진 시 안정해석에서 고려하는 지진하중은 파괴토체의 자중과 지진계수(A_m)를 곱한 등가지진력으로 고려하며, 파괴토체의 중심에 횡방향으로 작용시킨다.

(3) 지진에 의한 지진계수는 KDS 11 90 00 (1.6.5)에서 제시하는 유효수평지반가속도(S)를 이용하여 산정한다.

4.4.3 억지말뚝

(1) 지진 시 억지말뚝으로 보강된 비탈면의 안정해석은 지진하중으로 증가되는 활동력을 억지말뚝으로 저항시키기 위해 수행한다.

(2) 억지말뚝으로 보강된 비탈면의 지진 시 안정해석에서 고려하는 지진하중은 파괴토체의 자중과 지진계수를 곱한 등가지진력으로 고려하며, 파괴토체의 중심에 횡방향으로 작용시킨다.

(3) 지진에 의한 지진계수는 KDS 11 90 00 (1.6.5)에서 제시하는 유효수평지반가속도(S)를 이용하여 산정한다.

집필위원

성 명	소 속	성 명	소 속
강인규	㈜브니엘컨설턴트	반호기	강원대학교

자문위원

성 명	소 속	성 명	소 속
황영철	상지대학교		

국가건설기준센터 및 건설기준위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
이영호	한국건설기술연구원	정문경	한국건설기술연구원
김기현	한국건설기술연구원	강대규	㈜한가람
김나은	한국건설기술연구원	김기석	㈜희송지오텍
김민관	한국건설기술연구원	김기연	㈜경동엔지니어링
김재훈	한국건설기술연구원	김만일	산림조합중앙회
김희석	한국건설기술연구원	박재현	한국수자원공사
류상훈	한국건설기술연구원	송 훈	㈜동해종합기술공사
안준혁	한국건설기술연구원	여규권	삼부토건(주)
원훈일	한국건설기술연구원	정재형	한국건설기술연구원
유영수	한국건설기술연구원		
이상규	한국건설기술연구원		
이소정	한국건설기술연구원		
이승재	한국건설기술연구원		
이승환	한국건설기술연구원		
이용수	한국건설기술연구원		
이원종	한국건설기술연구원		
주영경	한국건설기술연구원		
최봉혁	한국건설기술연구원		
허원호	한국건설기술연구원		

중앙건설기술심의위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
김상철	㈜삼안	민영욱	특수건설
김선백	대우건설	송영석	한국지질자원연구원
김성호	대보건설	장범수	한국건설품질연구원
문인기	엠플러스이엔씨㈜		

국토교통부

성 명	소 속	성 명	소 속
권미정	기술혁신과	신중호	기술혁신과
양성모	기술혁신과		

(분야별 가나다순)

KDS 11 70 15 : 2025

비탈면 보강공법

2025년 12월 24일 개정

소관부서 국토교통부 기술혁신과

관련단체 국토안전관리원
52856 경상남도 진주시 에나로128번길 24 윤현빌딩 (충무공동 289-3)
Tel : 1588-8788 E-mail : kisteckr@kistec.or.kr
http://www.kistec.or.kr

작성기관 (사)한국지반공학회
05836 서울특별시 송파구 법원로9길 26, C동 701호(문정동,에이치비즈니스파크)
Tel : 02-3474-4428 E-mail : kgssmfe@hanmail.net
http://www.kgshome.org

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

KDS 11 00 00 지반설계기준

설계기준 Korean Design Standard

KDS 11 70 20 : 2025

낙석·토석 대책시설

2025년 12월 24일 개정

http://www.kcsc.re.kr

국토교통부

KC CODE

건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

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

건설기준 연혁

- 건설기준은 건설기술진흥법 제44조 및 같은법 시행령 제65조에 따라 건설공사의 안전성, 경제성, 성능 및 품질 확보를 위하여 제정 및 개정하였다.

- 건설기준은 건설기준 코드체계 전환(2016)에 따라 단행본 체계의 건설기준(설계기준, 표준시방서)간 중복·상충을 비교 검토하여 건설기준 코드 전환 정비하였다(국토교통부 고시 제2016-438호, 2016년 7월 6일).

- 건설기준의 연혁은 아래와 같다.

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년.월)
건설공사 비탈면 설계기준	• 건설공사 비탈면 설계기준 제정	제정 (2006.05)
건설공사 비탈면 설계기준	• 건설공사 비탈면 설계기준 개정	개정 (2009.12)
건설공사 비탈면 설계기준	• 건설공사 비탈면 설계기준 개정	개정 (2011.12)
KDS 11 70 20 : 2016	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비함	제정 (2016.07)
KDS 11 70 20 : 2016	• 한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함	수정 (2018.07)
KDS 11 70 20 : 2020	• 피암터널 설계기준 추가, 기준 내 목차 재정립 및 건설기준 코드 작성지침에 따라 개정	개정 (2020.08)
KDS 11 70 20 : 2025	• 전반적인 내용 검토 및 사용자 이해 증진을 위한 문구 수정	개정 (2025.12)

제 정 : 2016년 7월 6일	개 정 : 2025년 12월 24일
심 의 : 중앙건설기술심의위원회	자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회
소관부서 : 국토교통부 기술혁신과	
관련단체 : 국토안전관리원	작성기관 : (사)한국지반공학회

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

목 차

1. 일반사항 ····· 1
1.1 목적 ····· 1
1.2 적용 범위 ····· 1
1.3 참고 기준 ····· 1
1.4 용어의 정의 ····· 1
1.5 시설물의 구성 ····· 1
1.6 해석과 설계원칙 ····· 1
2. 조사 및 계획 ····· 3
2.1 조사 ····· 3
2.2 계획 ····· 4
3. 재료 ····· 4
4. 설계 ····· 4
4.1 설계일반사항 ····· 4

1. 일반사항

1.1 목적

(1) 이 기준은 낙석·토석 대책시설에 대한 일반적인 설계기준과 설계방법을 제시한다.

1.2 적용 범위

(1) 이 기준은 낙석·토석 대책을 위한 낙석방지망, 낙석방지울타리, 낙석방지옹벽, 피암터널, 토석류 대책시설의 설계에 적용한다.

1.3 참고 기준

1.3.1 관련 법규

내용 없음

1.3.2 관련 기준

내용 없음

1.4 용어의 정의

내용 없음

1.5 시설물의 구성

(1) 낙석·토석 대책시설은 낙석방지망, 낙석방지울타리, 낙석방지옹벽, 피암터널, 토석류 대책시설 등으로 구성된다.

(2) 낙석·토석 대책시설 중 토석류 대책시설은 발생억제시설, 흐름완화 및 제어시설, 퇴적 및 유도시설로 나눌 수 있다.

① 발생억제시설: 계곡막이 등

② 흐름완화 및 제어시설: 사방댐, 토석류 포획망, 유로보강시설 등

③ 퇴적 및 유도시설: 퇴적지, 토석류 흐름 유도를 위한 제방 등

1.6 해석과 설계원칙

1.6.1 낙석방지망

(1) 낙석방지망은 비탈면의 상황에 따라 종류와 규격을 결정하여야 한다.

(2) 낙석방지망은 낙석에너지와 낙석방지망이 흡수 가능한 에너지를 평가하고 이 두 에너지를 비교하여 낙석방지망의 흡수 가능한 에너지가 낙석에너지보다 크도록 설계한다.

(3) 낙석방지망의 설계

① 비포켓식 낙석방지망은 낙석의 하중과 망의 무게를 견딜 수 있는 와이어 로프의

지름을 결정하고 전체 하중이 고정핀에 작용한다고 가정하고 고정핀의 안정성을 검토한다.

② 포켓식 낙석방지망은 낙석방지망의 흡수 가능한 에너지와 망에 충돌하는 낙석에너지를 비교하여 설계하여야 하며 지주의 안정성 검토를 실시하여야 한다.

1.6.2 낙석방지울타리

(1) 낙석방지울타리는 비교적 소규모의 낙석을 방지하는데 효과적이며 비탈면의 상황에 따라 종류와 규격을 결정하여야 한다.

(2) 낙석방지울타리는 울타리 설치위치에서 낙석방지울타리가 흡수 가능한 에너지가 낙석에너지보다 크도록 설계하여야 한다. 또한, 낙석 도약높이 이상으로 설계하여야 한다.

(3) 낙석방지울타리의 하부를 지지하기 위한 기초는 콘크리트 옹벽 등을 사용할 수 있으며, 낙석방지울타리가 낙석에너지를 흡수할 수 있도록 충분히 안정하도록 설계한다.

(4) 낙석방지울타리의 설계 시에는 낙석의 중량, 속도, 최대도약높이, 지지 지반의 강도 등을 검토하여야 한다.

1.6.3 낙석방지옹벽

(1) 낙석방지옹벽의 방호기능은 낙석이 가진 운동에너지를 옹벽본체 및 지지지반의 변형에너지로 전환하여 흡수하는 방법으로 낙석을 정지시킨다.

(2) 낙석방지옹벽의 설계 시에는 낙석의 중량, 속도, 최대도약높이, 지지지반의 강도 및 지형, 지질 등을 고려하여 옹벽의 활동, 전도에 대한 안정 및 단면의 강도에 대해서 검토하여야 한다.

1.6.4 피암터널

(1) 피암터널은 낙석의 규모가 커서 일반 낙석방지시설로 방어하지 못하는 경우에 보호하고자 하는 대상물을 터널구조물로 보호하는 방법이다.

(2) 피암터널의 설계는 예상되는 낙석의 충격력으로부터 안정하기 위한 터널의 단면을 결정한다.

(3) 피암터널의 설계는 피암터널이 설치되는 지반의 안정검토와 피암터널 자체의 구조적인 안정검토를 실시하여야 한다.

(4) 피암터널의 안정검토는 설치되는 지형과 지반조건에 따라 기초지반의 지지력과 침하, 횡방향 활동 그리고 경사진 지반을 깎아서 피암터널을 설치하는 경우는 전체적인 외적안정검토를 실시한다.

(5) 피암터널 자체의 구조적인 안정검토는 낙석조사를 통하여 설계를 위한 낙석의 규모 및 낙하높이를 결정하고, 피암터널 상부의 충격완화구조를 고려하여 구조물에 가해지는 충격하중을 산정한다. 충격하중을 고려하여 피암터널 단면에 대한 구조해석을 실시하고 부재를 설계한다.

(6) 피암터널의 설계에서 고려하는 하중은 충격력, 고정하중 및 토압, 설하중, 온도변화

및 건조수축 영향, 지진 등이 있다.

1.6.5 토석류 대책시설

(1) 대책시설의 설계목표

① 대책시설의 설계목표는 토석류 발생억제, 토석류 흐름완화 및 제어, 토석류 퇴적 및 유도 등으로 한다.

② 토석류의 특성은 강우에 크게 의존하므로 지역적인 강우기록을 토대로 적절한 설계계획빈도를 설정한 후 설계목표를 결정한다.

(2) 대책시설 결정시 고려사항

① 토석류 대책시설 결정시에는 다음 사항을 고려한다.

가. 보호하고자 하는 시설물의 중요도, 토석류가 이동하는 경로와 시설물의 상대적인 위치관계

나. 토석류의 규모, 흐름특성, 구성재료 등

다. 단독 또는 다중 구조물의 적용여부

라. 적용위치에서의 시공성, 유지관리 용이성

2. 조사 및 계획

2.1 조사

2.1.1 토석류 대책시설

(1) 일반사항

① 토석류 조사는 토석류의 발생 가능성 판단, 토석류 발생가능 규모의 산정, 대책의 필요여부 결정, 상황에 맞는 대책시설의 선정과 구체적인 설계를 위해 수행한다.

② 토석류 조사는 사전에 조사목표와 조사항목 및 방법, 수량을 결정하고 현지상황을 충분히 파악할 수 있도록 조사계획을 수립하여 실시한다.

③ 토석류 조사는 예비조사와 상세조사로 구분한다.

(2) 조사의 종류

① 예비조사는 사업대상지역의 토석류 발생가능성 예측, 현장 상황 파악 및 상세조사 계획을 수립하기 위하여 실시하는 조사이다.

② 예비조사에서는 대상지역의 과거 재해자료, 지형도, 지질도, 항공사진, 기상자료, 대상지역 주변의 공사기록 등을 수집하고, 필요한 경우 현장답사를 실시한다.

③ 상세조사는 예비조사에서 토석류 발생가능성이 있는 것으로 판단된 지역에 대하여 실시한다.

④ 상세조사는 사전에 조사목표, 조사항목, 조사방법, 현장시험 및 시료채취, 조사인원, 조사공구 등을 포함한 조사계획을 수립하여 실시한다.

⑤ 상세조사 시 토석류 기발생구간에 대한 조사는 토석류 발생특성을 분석하고 추가

적인 토석류 발생가능성을 확인하기 위하여 수행한다.

(3) 조사결과의 정리

① 조사단계별로 수행한 내용은 조사목표에 따라 일목요연하게 정리하여 보고서로 작성한다.

② 예비조사결과는 조사대상구간의 현황을 파악할 수 있도록 도면화하여 정리하고, 상세조사결과는 조사경로와 각 위치별 조사내용을 확인할 수 있도록 정리한다.

2.2 계획

2.2.1 피암터널

(1) 피암터널은 도로 및 철도 시설물 등의 상부에 구조물을 설치하여 낙석, 토사 및 암반 붕괴로부터 방호하는 시설로서 노선 및 선로 등의 측면에 여유가 없고 낙석 등의 발생이 빈번하여 공용성 확보를 위한 별도의 보호조치가 필요한 급경사 비탈면에 설치한다.

(2) 피암터널 단독으로 낙석을 막을 수 없는 경우에는 기타 낙석대책공법과 병용하여 설치한다.

2.2.2 토석류 대책시설

(1) 토석류가 발생하여 피해가 예상되는 범위를 고려하여 대책시설 계획을 수립하여야 한다.

(2) 대책시설 계획 시 토석류 가능성과 시설물의 피해 가능성을 고려하여야 한다.

(3) 대책시설 계획 시 대상 지역의 지질, 수리 및 수문특성, 산림에 대한 조사를 토대로, 토석류 발생특성, 대책시설의 적용 용이성, 효과, 그리고 향후 유지관리의 용이성, 친환경성 등을 종합적으로 고려하여야 한다.

(4) 대책시설 계획의 기준지점은 토석류로 인해 피해가 예상되는 시설물의 인근에 대해서 대책시설의 기능 목표에 따른 효과가 최대로 발휘되는 지점으로 한다.

① 기준지점을 결정할 때는 토석류의 특성(발생-이동-퇴적)을 고려하여야 한다.

② 다양한 대책시설을 적용하거나 여러 단계로 적용하는 경우에는 기준지점을 여러 구간으로 설정할 수 있으며, 이때는 각 위치에서의 토석류 특성을 고려한다.

3. 재료

내용 없음

4. 설계

4.1 설계일반사항

4.1.1 낙석방지망

(1) 낙석에너지의 계산
① 낙석에너지는 낙석의 크기와 낙하높이, 그리고 비탈면의 경사 및 표면 상태를 고려하여 산정한다.
② 계산방법은 간편식을 이용하거나 프로그램을 활용하여 계산할 수 있다.
(2) 낙석방지망이 흡수 가능한 에너지 평가
① 낙석방지망이 흡수 가능한 에너지는 망을 구성하는 각각의 부재의 최소 흡수에너지의 합으로 계산할 수 있다.
② 실물 시험을 통하여 낙석의 통과여부 또는 낙석방지망의 파괴여부로부터 낙석방지망이 흡수 가능한 에너지를 정확히 평가할 수 있다.

4.1.2 낙석방지울타리

(1) 낙석에너지의 계산
① 낙석에너지는 낙석의 크기와 낙석예상높이, 그리고 비탈면의 경사 및 표면 상태를 고려하여 산정한다.
② 계산방법은 간편식을 이용하거나 프로그램을 활용하여 계산할 수 있다.
(2) 낙석방지울타리가 흡수 가능한 에너지의 평가
① 낙석방지울타리가 흡수 가능한 에너지는 낙석방지울타리를 구성하는 각각의 부재의 최소 흡수에너지의 합으로 계산할 수 있다.
② 낙석방지울타리가 흡수 가능한 에너지를 정확히 평가하기 위하여 실물 성능평가시험을 실시하고 그 결과를 설계에 이용하여야 한다. 단, 공인시험기관의 시험 등을 통해 사전에 검증된 형식의 경우에는 성능평가시험을 생략할 수 있다.
(3) 낙석방지울타리의 높이는 낙석 시뮬레이션 프로그램을 활용하여 낙석방지울타리 설치위치에서 낙석이 튀는 높이로 결정한다.
(4) 낙석방지울타리의 지지는 낙석방지울타리의 하부를 고정시켜 낙석방지울타리에 가해지는 낙석에너지에 대하여 낙석방지울타리가 충분히 흡수할 수 있도록 하여야 한다.

4.1.3 낙석방지옹벽

(1) 낙석충돌 시의 외력 산정
① 옹벽을 탄성지반에 의해 지지되는 강체로 가정하여, 낙석의 충돌에 의한 에너지가 지반의 탄성에너지와 동일하게 될 때까지 옹벽이 수평변위 및 회전을 일으키는 것으로 한다. 이 변위 및 회전에 의해 지반이 받는 수평력과 모멘트를 안정계산에 이용한다.
(2) 낙석방지옹벽의 안정해석은 KDS 11 80 05 (4.1.1)의 검토항목에 따른다. 또한 낙석 시뮬레이션 프로그램을 활용하여 낙석방지옹벽의 설치위치에서 낙석이 튀어나가지 않도록 낙석방지옹벽의 높이를 결정한다.
(3) 옹벽 본체는 낙석의 충격력 및 퇴적 토압에 대하여 각 부재의 응력을 산정하고 안전성을 검토하여야 한다.

4.1.4 피암터널

(1) 충격력 산정

① 피암터널에 작용하는 충격력의 산정은 낙석이 터널 상부구조 바로 위에 떨어지는 경우와 측벽에서 5 m 이내에 떨어지는 경우로 구분하여 산정한다.

② 상부구조 바로 위에 떨어지는 경우는 모래완충재가 있는 상태로 가정하여 충격력 값을 산정한다. 낙석이 피암터널 측벽에서 5 m 이내에 낙하하는 경우 측벽에 작용하는 충격토압의 산정 시는 탄성이론으로 계산된 토압을 사용한다.

③ 피암터널에 작용하는 충격력은 낙석에 의한 충격력을 완충재의 표층에 집중하중으로 작용시키고, 완충재 층에 45° 범위로 원추 형태로 분산 분포시켜 피암터널에 등분포 하중으로 작용시킨다. 단면력 산정시 충격하중으로 피암터널의 도로축 직각 방향에 지름의 폭으로 잡고 원형과 등가 면적을 이루는 직사각형 분포를 가정할 수도 있다.

(2) 낙석의 낙하높이

① 낙석의 낙하높이는, 자유 낙하하는 경우에는 낙차 H를 그대로 적용하고, 경사면을 따라 낙하하는 낙석의 낙하높이는 환산하여 적용한다. 또한, 비탈면의 경사가 도중에 크게 변하는 경우에는 비탈면을 세분하고, 각 비탈면별로 낙하 높이를 환산하여, 그 누계를 비탈면 전체의 환산 낙하높이로 한다.

(3) 완충재

① 피암터널에는 낙석충격을 완화하고 분산시키기 위하여 완충재를 설치한다.

4.1.5 토석류 대책시설

(1) 설계인자의 결정

① 토석류 대책시설의 설계인자는 시설의 종류, 규모, 배치, 설계조건을 결정하는데 사용할 수 있다.

② 대책시설 설계 시 고려하여야 하는 인자는 최대토석부피, 토석류 첨두유량, 토석류 충격력, 토석류 단위중량, 유속, 수심, 퇴적경사 등이다.

(2) 대책시설의 설계

① 토석류 발생억제시설 중 계곡막이는 경사완화 구간의 범위, 단수, 단의 높이, 단의 경사, 길이 등을 검토한다.

② 토석류 흐름완화 및 제어시설은 설치위치의 토석류 특성을 고려하여 대책시설의 종류, 규모, 구조적 안정성 등을 검토한다.

③ 토석류 퇴적 및 유도시설은 퇴적부 경사, 저사 용량, 수로 단면의 규모 및 안정성 등을 검토한다.

집필위원

성 명	소 속	성 명	소 속
강인규	㈜브니엘컨설턴트	반호기	강원대학교

자문위원

성 명	소 속	성 명	소 속
황영철	상지대학교		

국가건설기준센터 및 건설기준위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
이영호	한국건설기술연구원	정문경	한국건설기술연구원
김기현	한국건설기술연구원	강대규	㈜한가람
김나은	한국건설기술연구원	김기석	㈜희송지오텍
김민관	한국건설기술연구원	김기연	㈜경동엔지니어링
김재훈	한국건설기술연구원	김만일	산림조합중앙회
김희석	한국건설기술연구원	박재현	한국수자원공사
류상훈	한국건설기술연구원	송 훈	㈜동해종합기술공사
안준혁	한국건설기술연구원	여규권	삼부토건(주)
원훈일	한국건설기술연구원	정재형	한국건설기술연구원
유영수	한국건설기술연구원		
이상규	한국건설기술연구원		
이소정	한국건설기술연구원		
이승재	한국건설기술연구원		
이승환	한국건설기술연구원		
이용수	한국건설기술연구원		
이원종	한국건설기술연구원		
주영경	한국건설기술연구원		
최봉혁	한국건설기술연구원		
허원호	한국건설기술연구원		

중앙건설기술심의위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
김상철	㈜삼안	민영욱	특수건설
김선백	대우건설	송영석	한국지질자원연구원
김성호	대보건설	장범수	한국건설품질연구원
문인기	엠플러스이엔씨㈜		

국토교통부

성 명	소 속	성 명	소 속
권미정	기술혁신과	신중호	기술혁신과
양성모	기술혁신과		

(분야별 가나다순)

KDS 11 70 20 : 2025

낙석·토석 대책시설

2025년 12월 24일 개정

소관부서 국토교통부 기술혁신과

관련단체 국토안전관리원
52856 경상남도 진주시 에나로128번길 24 윤현빌딩 (충무공동 289-3)
Tel : 1588-8788 E-mail : kisteckr@kistec.or.kr
http://www.kistec.or.kr

작성기관 (사)한국지반공학회
05836 서울특별시 송파구 법원로9길 26, C동 701호(문정동,에이치비즈니스파크)
Tel : 02-3474-4428 E-mail : kgssmfe@hanmail.net
http://www.kgshome.org

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

KDS 11 00 00 지반설계기준

설계기준 Korean Design Standard

KDS 11 70 25 : 2025

비탈면배수시설

2025년 12월 24일 개정

http://www.kcsc.re.kr

국토교통부

KC CODE

건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

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

건설기준 연혁

- 건설기준은 건설기술진흥법 제44조 및 같은법 시행령 제65조에 따라 건설공사의 안전성, 경제성, 성능 및 품질 확보를 위하여 제정 및 개정하였다.

- 건설기준은 건설기준 코드체계 전환(2016)에 따라 단행본 체계의 건설기준(설계기준, 표준시방서)간 중복·상충을 비교 검토하여 건설기준 코드 전환 정비하였다(국토교통부 고시 제2016-438호, 2016년 7월 6일).

- 건설기준의 연혁은 아래와 같다.

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년.월)
건설공사 비탈면 설계기준	• 건설공사 비탈면 설계기준 제정	제정 (2006.05)
건설공사 비탈면 설계기준	• 건설공사 비탈면 설계기준 개정	개정 (2009.12)
건설공사 비탈면 설계기준	• 건설공사 비탈면 설계기준 개정	개정 (2011.12)
KDS 11 70 25 : 2016	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비함	제정 (2016.07)
KDS 11 70 25 : 2016	• 한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함	수정 (2018.07)
KDS 11 70 25 : 2020	• 설계빈도 조정 및 기준 내 목차 재정립 등 건설기준 코드 작성지침에 따라 개정함	개정 (2020.08)
KDS 11 70 25 : 2025	• 기준 재정립 등 건설기준 코드 작성지침에 따라 개정함	개정 (2025.12)

제 정 : 2016년 7월 6일	개 정 : 2025년 12월 24일
심 의 : 중앙건설기술심의위원회	자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회
소관부서 : 국토교통부 기술혁신과	
관련단체 : 국토안전관리원	작성기관 : (사)한국지반공학회

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

목 차

1. 일반사항 ····· 1
1.1 목적 ····· 1
1.2 적용 범위 ····· 1
1.3 참고 기준 ····· 2
1.4 용어의 정의 ····· 2
1.5 기호의 정의 ····· 2
1.6 설계고려사항 ····· 2
2. 조사 및 계획 ····· 3
2.1 조사 ····· 3
2.2 계획 ····· 4
3. 재료 ····· 4
4. 설계 ····· 4
4.1 지표수 배수시설 ····· 4
4.2 지하수 배수시설 ····· 7

1. 일반사항

1.1 목적

1.1.1 지표수 배수시설

(1) 지표수 배수시설은 강우 시 비탈면 표면 또는 비탈면이 포함되는 계곡부를 통해 유입되는 지표수를 신속하게 배수시킬 수 있도록 설계한다.
(2) 비탈면의 세굴 및 침식을 방지하기 위한 목적으로 사용할 수 있다.

1.1.2 지하수 배수시설

(1) 지하수 배수시설은 비탈면 내부의 지하수를 신속히 배수시켜 지하수위를 저하시킴으로써 비탈면의 안정성을 높이는 데 목적이 있다.
(2) 지하수 배수시설은 대상지반의 지반조건, 지하수위, 투수계수 등을 고려하여 지하수위를 안정적으로 배수시킬 수 있도록 배수시설의 위치, 수량, 규격 등을 결정한다.
(3) 비탈면의 세굴 및 침식을 방지하기 위한 목적으로 사용할 수 있다.

1.2 적용 범위

1.2.1 지표수 배수시설

(1) 지표수의 배수시설을 설치할 때에는 비탈면의 지형조건, 지반조건, 지하수의 상태, 계곡부의 상태, 지역적 기후특성을 고려하여야 한다.
(2) 대규모 쌓기비탈면에는 10 m 높이마다, 대규모 깎기비탈면은 20 m 높이마다 기본적으로 소단배수구를 설치하며, 비탈면 지반조건, 지반상태, 통수거리 등을 감안하여 소단배수구를 추가로 설치할 수 있다.
(3) 소단배수구의 연장이 100 m를 초과하는 경우에는 종배수구를 설치하여 소단배수구에 흐르는 물을 신속히 배수시켜야 하며, 연장 100m 이하의 소단배수구의 경우라도 필요에 따라 종배수구를 설치할 수 있다.
(4) 쌓기비탈면의 상부에서 비탈면 표면으로 유입되는 지표수 유량이 많은 경우에는 비탈어깨부에 배수구를 설치한다.
(5) 깎기비탈면에서 상부 자연비탈면으로부터 유입되는 지표수 유량이 예상되는 경우에는 산마루에 배수구를 설치한다.
(6) 깎기비탈면 상부가 계곡을 형성하여 토석이나 나뭇잎 등의 유입이 예상되는 구간에서는 배수로 내외지점에 유입방지를 위한 차폐시설을 계획한다.
(7) 부지가 계곡부를 가로지르는 경우는 쌓기토체 내부에 배수구를 설치하여 계곡에서 흐르는 물을 배수시킨다. 쌓기비탈면의 가운데 계곡부가 있는 경우는 계곡부를 흐르는 유량에 적합한 규격의 종배수구를 설치한다.
(8) 배수시설은 배수용량을 만족시키는 범위 내에서 장기적인 유지관리가 쉽고, 배수구

주변지반에 해로운 영향을 주지 않는 구조를 갖도록 단면을 설계한다. 기본적인 조건은 다음과 같다.

① 비탈면에 설치하는 배수구의 최소경사는 0.3 % 이상 확보한다.
② 기본적으로 소단배수구의 폭은 1 m ~ 3 m로 한다.
③ 급류가 발생하는 종배수구의 경사가 변화하는 곳에는 뚜껑을 설치한다.
④ 배수구의 연결부는 흐르는 물이 상호 간섭하지 않고 원활한 배수가 되는 구조를 갖도록 설계한다.

1.2.2 지하수 배수시설

(1) 이 기준은 비탈면 붕괴의 원인이 되는 지하수를 비탈면 외부로 신속히 배수시키기 위해 설치하는 지하수 배수시설에 대하여 적용한다.
(2) 이 기준에서 다루는 배수시설은 쌓기비탈면, 깎기비탈면에 공통적으로 적용할 수 있다.
(3) 지하배수구는 지하수를 집수하여 외부로 배출하는데 이용되며, 종방향 및 횡방향 배수시설은 물론 평면배수, 배수층 배수에서 집수 및 배수의 기능을 갖는 지하배수 시설이다.
(4) 지하배수는 지하수위가 높아져 침투수로 인한 지지력 약화·포장 파손 등을 방지하기 위하여 설치하며, 지하배수시설은 맹암거・유공관・파이프・평면배수층・보호필터층 등으로 구분한다.

1.3 참고 기준

1.3.1 관련 법규

내용 없음

1.3.2 관련 기준

내용 없음

1.4 용어의 정의

내용 없음

1.5 기호의 정의

내용 없음

1.6 설계고려사항

1.6.1 지표수 배수시설

(1) 배수 계획

① 비탈면 배수 계획은 비탈면 주변의 지형을 감안하여 유역면적, 표면을 흐르는 유량을 산정하여 배수시설의 위치, 단면크기, 배수방향, 배수 경사 등의 계획을 수립한다.

② 설계계획빈도는 평지부는 10년, 산지부는 20년을 원칙으로 하고 규격 및 설치간격을 정한다. 다만, 산악지, 도심지, 도시계획구간 등에 형성되는 비탈면에 대해서는 관계기관과 협의하여 설계계획빈도를 별도로 정할 수 있으며, 지역, 지형, 지질, 산사태, 토석류 및 유송잡물, 국지성 집중호우 발생빈도 등의 특성을 고려하여야 한다. 또한, 강우침투 해석 시 고려된 설계강우빈도와 상호 연계되어야 한다.

1.6.2 지하수 배수시설

(1) 설치할 때 고려사항

① 지형 여건을 감안한 자연스러운 배수계획

② 종방향 및 횡방향 집수 위치와 깊이

③ 유공관의 규격과 경사

④ 토사유출 방지 필터

⑤ 배수구 자체의 규격과 재료 등

(2) 지하배수시설

① 지하배수시설은 노면수의 지하수위를 저하시켜 포장체의 지지력을 확보하고, 도로에 근접한 비탈면, 옹벽 등의 손상을 방지하기 위하여 설치한다.

② 지하배수시설은 불투수층 상부에서 침투수의 차단, 지하수위 억제, 다른 배수시설로부터 유입되는 유수 집수의 기능을 수행하는데 설치되는 배수시설들이 종합적으로 역할을 수행할 때 그 기능이 발휘된다.

③ 산지부 도로에 설치되는 지하배수시설은 유입되는 지하수와 침투수를 차단하여 도로의 쌓기부 및 깎기부의 지반붕괴를 최소화할 수 있는 시설로서, 기존의 일반도로보다 용량을 확대하여 적용한다.

④ 지표면으로부터 투수계수가 상이한 지층의 경계부 및 용수 발생지점에 수평배수공을 설치하며, 현장여건 등을 고려하여 설치한다.

2. 조사 및 계획

2.1 조사

2.1.1 지표수 배수시설

(1) 비탈면 배수시설을 계획·설계하기 위한 조사는 비탈면의 안정성을 해치는 지표수 및 지하수의 배수를 위한 시설을 합리적·기능적·경제적으로 행함과 동시에, 시공 시 및 유지관리상 필요한 정보를 얻고자 할 때 실시한다.

(2) 비탈면 배수설계를 위한 조사 항목은 다음과 같다.

① 기상조사
② 주변지형조사
③ 비탈면의 토질 및 지하수조사
④ 기존 배수상태 및 체계 조사

2.1.2 지하수 배수시설

(1) 지하수 배수시설의 계획·설계를 위해서는 기상조사, 주변지형조사, 비탈면의 토질 및 지하수조사, 기존 배수상태 및 배수체계 조사 등을 수행하여야 한다.
(2) 비탈면의 붕괴가 주 구조물의 구조적 안정성에 직접적인 영향을 미치는 중요한 비탈면에는 지하수위 관측을 위한 관정설치 및 투수시험 등을 실시하여 지하수 배수설계에 자료로 활용한다.

2.2 계획

2.2.1 지표수 배수시설

내용 없음

2.2.2 지하수 배수시설

(1) 지하수 배수시설의 계획은 지하수위 및 용수량 등을 감안하여 배수유량을 산정하고 배수시설의 설치위치, 설치범위, 지표수 배수시설과의 연계방안 등을 고려하여 계획한다.
(2) 지하수 배수시설의 설계는 지반내의 지하수 분포와 지층별 투수특성을 고려한 해석을 수행하여 배수용량을 산정하고 적정 배수공법과 규격을 결정한다.
(3) 설계 시에는 비탈면의 용수 및 누수에 대한 정확한 정보를 파악하기 어려우므로 개략적인 배수 형식, 위치 및 수량만을 결정하고, 최종 결정은 용수의 발생유무, 지형적 조건, 지반조건 등을 고려하여 시공 중에 결정한다.

3. 재료

내용 없음

4. 설계

4.1 지표수 배수시설

4.1.1 산마루배수구와 비탈어깨배수구

(1) 산마루배수구와 비탈어깨배수구는 우수 및 용출수를 비탈면에 유입되지 않도록 하기 위한 시설이다.

(2) 유지관리가 쉬운 구조로 설계되어야 하며 배수구의 끝부분은 지형을 고려하여 물의 유입이 원활하도록 계획하여야 한다.
(3) 산마루배수구는 현장타설 콘크리트 배수구, 일반파기 배수구 및 콘크리트 배수관(L형, U형, V형) 등을 사용하며, 자연비탈면의 지표수가 쉽게 유입될 수 있도록 한다.
(4) 쌓기비탈면의 비탈어깨배수구는 콘크리트 배수관(L형, U형, V형)을 사용하며, 지표수가 쉽게 유입되도록 한다.
(5) 산마루배수구와 비탈어깨배수구는 지반과 밀착하도록 설계하여야 한다.
(6) 설치될 측구의 경사가 급하거나 세굴될 가능성이 많은 곳에는 V형 측구로 대체하는 것이 바람직하다.
(7) 규격 결정
① 설계빈도 : 1.6.1 (1) ②에 따라 결정
② 유출량

$$Q = \frac{1}{3.6} C \cdot I \cdot A \qquad (4.1\text{-}1)$$

여기서, C : 유출계수
I : 강우강도(**mm**/h)
A : 유역면적(**km²**)

③ 통수량

$$Q = A \times V \qquad (4.1\text{-}2)$$

여기서, Q : 통수량(**m³**/sec)
A : 수로의 허용 통수단면적(**m²**)

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} (\mathrm{m/sec})$$

n : 매닝조도계수, $R\left(= \frac{A}{P}\right)$: 동수반지름(m)
S : 수로경사 (m/m), P : 윤변 (m)

④ 유출량(계획홍수량) 및 수로의 종단경사의 방향에 따라 토사 측구의 규격을 조정하여 설계한다.

4.1.2 V형 측구

(1) 개요
① 흙쌓기부 비탈면 끝에 설치하여 도로 노면배수를 자연수로에 연결하여 흐르도록 한다.

② L형 측구와 토사 측구의 연결부분에 설치한다.
③ 흙쌓기부 비탈면 끝의 단차가 심하거나 설치될 측구의 경사가 급하여 토사 측구로는 세굴될 가능성이 많은 곳 및 현장 여건상 필요한 구간에 설치한다.

(2) 규격 결정
① 설계빈도: 10년(산지부 20년)
② 유출량은 식(4.1-1)을 사용하여 계산한다.
③ 통수량은 식(4.1-2)을 사용하여 계산한다.

4.1.3 산마루 측구

(1) 개요
① 땅깎기부 비탈면 정상 끝단에서 2.0 m 벗어난 지점에 설치하며 지형상 필요한 곳에만 설치토록 한다.
② 산마루 측구 형식은 현장타설 콘크리트를 원칙으로 하되, 부득이한 경우 현장여건을 고려하여 기타 형식을 사용할 수 있다.

(2) 규격 결정
① 설계빈도: 10년(산지부 20년)
② 유출량은 식(4.1-1)을 사용하여 계산한다.
③ 통수량은 식(4.1-2)을 사용하여 계산한다.

4.1.4 종배수구

(1) 종배수구는 쌓기비탈면의 비탈어깨배수구 또는 깎기비탈면의 산마루배수구와 소단배수구에서 비탈면 하부 배수시설로 지표수를 배수시키기 위해 비탈면을 따라 설치하는 배수시설이다.
(2) 종배수구는 현장타설 콘크리트, 철근콘크리트관, 돌쌓기 등을 사용한다.
(3) 종배수구의 경사가 변화하는 곳에는 뚜껑을 설치한다.

4.1.5 소단배수구

(1) 소단배수구는 비탈면에 흐르는 빗물이나 용출수에 의한 비탈면의 침식을 방지하기 위해 설치하며 소단배수구는 폭이 3 m 이상인 넓은 소단에 설치한다. 단, 비탈면 규모가 작아 비탈면 침식의 위험성이 작다고 판단될 때는 설치하지 않을 수 있다.
(2) 소단배수구 설계는 배수가 한쪽으로 원활하게 되도록 경사를 유지하여야 하며 비탈면 쪽으로 월류가 되지 않도록 하여야 한다.
(3) 설치 방법
① 20 m 이상의 땅깎기 비탈면에서는 우수 등에 의한 비탈면 침식이나 활동을 방지할 수 있도록 소단 3m 지점에 도로 종단 경사 구배를 감안하여 배수구를 설치하여야 한다.

② 종단경사에 따라 배수처리를 실시하며, 20 m 이상의 깎기 구간이 끝나는 곳에서는 산마루 측구와 연결 또는 깎기부 도수로를 추가 설치하여 비탈면이 유실되지 않도록 설치한다.

4.1.6 비탈끝배수구

(1) 쌓기비탈면에는 비탈끝배수구를 설치하여 비탈면에서 흘러나가는 물이 인근지역으로 흐르지 않도록 한다. 자연배수가 되는 경우는 설치하지 않을 수 있다.
(2) 깎기비탈면의 비탈끝배수구는 별도로 설치하지 않는다. 다만, 비탈면 용출수가 많은 장소 및 콘크리트 뿜어붙이기를 시공한 특수조건의 비탈면과 소단배수시설이 없는 대규모 비탈면은 비탈끝배수구를 검토한다.
(3) 비탈끝배수구와 종배수구가 만나는 지점에는 집수시설을 설치한다.

4.1.7 흙쌓기부 집수정

(1) 용지확보가 불리한 구간, 암거 및 횡배수관 날개벽 설치에 의하여 용지가 과다 점유될 경우에는 흙쌓기 비탈면 끝에서 집수정을 토사 측구, V형 측구 및 자연수로에 연결시켜 횡배수시킨다.
(2) 유출량(계획 홍수량)과 암거 및 횡배수관의 관경, 종단경사 등에 따라 집수정의 집수량이 달라질 수 있으므로 집수정의 통수량을 검토 후 설치한다.

4.2 지하수 배수시설

4.2.1 적용기준

(1) 지하수 배수시설은 비탈면에서 예상되는 지하수위 및 용수, 안정성에 유해한 정도 등을 감안하여 경제적인 공법을 선정하여 설치한다.
(2) 쌓기토체가 침수될 우려가 있는 경우는 쌓기토체 내부 또는 하부에 수평배수층을 설치하고, 비탈끝에는 돌망태 배수공 등을 설치하여 침식되지 않도록 한다.
(3) 깎기·쌓기경계부에는 지하수 배수시설을 설치하여 깎기면으로부터 유입되는 지하수를 배수시킬 수 있도록 한다.
(4) 한쪽깎기·한쪽쌓기구간중 쌓기토체 내부에 지하수가 형성되는 경우, 쌓기토체 내부에 지하수 배수시설을 설치하여 침윤선이 비탈면 경사부에서 형성되지 않도록 한다.
(5) 깎기비탈면에서 지하수위와 유출유량을 고려한 수평배수공 설치를 검토한다.
(6) 지하수 배수시설에서 흘러나오는 지하수는 지표수 배수시설 또는 자연배수로로 연결되도록 한다.

4.2.2 지하수 배수시설의 종류

(1) 지하수 배수시설의 종류는 다음과 같다.
① 지하배수구(암거)

② 수평배수층
③ 돌망태 배수공
④ 수평배수공
⑤ 수직배수공(집수정) 등

4.2.3 지하배수구(암거)

(1) 지하배수구는 지표로부터 비교적 얕은 위치에 분포하는 지하수 및 침투수를 배수시키기 위해 설치하며, 배수용 토목섬유, 유공관, 배수성 채움재료를 이용하여 주변지반의 지하수가 신속히 유입되는 구조를 갖도록 설계한다.
(2) 지하배수구는 쌓기 비탈면 내부, 쌓기와 깎기의 경계부, 옹벽의 배면, 구조물 하부 등에 적용할 수 있으며, 지하배수구의 유출구는 지표수배수시설 및 집수관 등에 연결시킨다.
(3) 집수량이 많고, 지하배수구의 연장이 긴 경우에는 집수시킨 지하수가 재침투하거나 구멍이 막히는 경우가 발생할 수 있으므로 20 m ~ 30 m 마다 집수구 등을 설치하여 지표의 수로공으로 유도하도록 설계한다.

4.2.4 수평배수층

(1) 수평배수층은 쌓기토체, 뒤채움 내부의 지하수위를 저하시키기 위하여 설치하며, 배수용 토목섬유, 배수성 채움재료, 유공관 등을 이용하여 주변지반의 지하수가 신속히 유입되고, 배수층 내부에서는 막힘없이 흐르는 구조를 갖도록 설계한다.
(2) 수평배수층은 쌓기토체 하부 또는 옹벽의 뒤채움, 보강토 옹벽의 뒤채움 내부 등에 적용할 수 있으며, 수평배수층의 유출구는 지표수배수시설, 지중배수구 및 집수관 등에 연결시켜 배수시킨다.

4.2.5 돌망태 배수공

(1) 돌망태 배수공은 침투압 또는 강우로 인한 표면유실을 방지하기 위하여 쌓기비탈면의 비탈끝 또는 깎기비탈면에서 지하수가 유출되는 구간에 설치한다.
(2) 돌망태 배수공은 원형, 선형 등 다양한 형상으로 설치할 수 있다.

4.2.6 수평배수공

(1) 수평배수공은 지하배수구 등에 의한 지하수위 저하를 기대할 수 없는 경우나 비교적 깊은 지반내의 지하수를 배제하는 경우에 적용한다.
(2) 수평배수공은 안정해석에서 고려한 지하수위보다 수위를 낮출 수 있도록 충분한 길이와 수량을 설치하며, 사용하는 재료와 구조는 내부식성이 있거나 부식이 발생하지 않고 막힘이 없는 구조를 사용한다.
(3) 수평배수공의 유출구는 지표수 배수시설 등에 연계되어 배수될 수 있도록 지표수 배수시설의 위치를 고려하여 충분한 길이를 확보한다.

4.2.7 수직배수공(집수정)

(1) 수직배수공은 수평배수공과 함께 지하수위가 높은 구간에 설치하여 신속하게 지하수위를 저하시키기 위해 설치한다.

(2) 배수공은 지하수조사와 대수층 위치, 투수계수 등을 파악하고 이에 기초하여 수직배수공과 수평배수공의 배치계획을 수립한다.

(3) 수직배수공은 내부점검과 유지관리를 위한 시설 및 안전시설을 설치한다.

집필위원

성 명	소 속	성 명	소 속
강인규	㈜브니엘컨설턴트	반호기	강원대학교

자문위원

성 명	소 속	성 명	소 속
황영철	상지대학교		

국가건설기준센터 및 건설기준위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
이영호	한국건설기술연구원	정문경	한국건설기술연구원
김기현	한국건설기술연구원	강대규	㈜한가람
김나은	한국건설기술연구원	김기석	㈜희송지오텍
김민관	한국건설기술연구원	김기연	㈜경동엔지니어링
김재훈	한국건설기술연구원	김만일	산림조합중앙회
김희석	한국건설기술연구원	박재현	한국수자원공사
류상훈	한국건설기술연구원	송 훈	㈜동해종합기술공사
안준혁	한국건설기술연구원	여규권	삼부토건(주)
원훈일	한국건설기술연구원	정재형	한국건설기술연구원
유영수	한국건설기술연구원		
이상규	한국건설기술연구원		
이소정	한국건설기술연구원		
이승재	한국건설기술연구원		
이승환	한국건설기술연구원		
이용수	한국건설기술연구원		
이원종	한국건설기술연구원		
주영경	한국건설기술연구원		
최봉혁	한국건설기술연구원		
허원호	한국건설기술연구원		

중앙건설기술심의위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
김상철	㈜삼안	민영욱	특수건설
김선백	대우건설	송영석	한국지질자원연구원
김성호	대보건설	장범수	한국건설품질연구원
문인기	엠플러스이엔씨㈜		

국토교통부

성 명	소 속	성 명	소 속
권미정	기술혁신과	신중호	기술혁신과
양성모	기술혁신과		

(분야별 가나다순)

KDS 11 70 25 : 2025

비탈면배수시설

2025년 12월 24일 개정

소관부서 국토교통부 기술혁신과

관련단체 국토안전관리원
52856 경상남도 진주시 에나로128번길 24 윤현빌딩 (충무공동 289-3)
Tel : 1588-8788 E-mail : kisteckr@kistec.or.kr
http://www.kistec.or.kr

작성기관 (사)한국지반공학회
05836 서울특별시 송파구 법원로9길 26, C동 701호(문정동,에이치비즈니스파크)
Tel : 02-3474-4428 E-mail : kgssmfe@hanmail.net
http://www.kgshome.org

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

KDS 11 00 00 지반 설계기준

설계기준 Korean Design Standard

KDS 11 80 05 : 2025

콘크리트옹벽

2025년 12월 24일 개정

http://www.kcsc.re.kr

국토교통부

KC CODE

건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

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

건설기준 연혁

- 건설기준은 건설기술진흥법 제44조 및 같은법 시행령 제65조에 따라 건설공사의 안전성, 경제성, 성능 및 품질 확보를 위하여 제정 및 개정하였다.

- 건설기준은 건설기준 코드체계 전환(2016)에 따라 단행본 체계의 건설기준(설계기준, 표준시방서)간 중복·상충을 비교 검토하여 건설기준 코드 전환 정비하였다(국토교통부 고시 제2016-438호, 2016년 7월 6일).

- 건설기준의 연혁은 아래와 같다.

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년.월)
건설공사 비탈면 설계기준	• 건설공사 비탈면 설계기준 제정	제정 (2006.05)
건설공사 비탈면 설계기준	• 건설공사 비탈면 설계기준 개정	개정 (2009.12)
건설공사 비탈면 설계기준	• 건설공사 비탈면 설계기준 개정	개정 (2011.12)
KDS 11 80 05 : 2016	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비함	제정 (2016.07)
KDS 11 80 05 : 2016	• 한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함	수정 (2018.07)
KDS 11 80 05 : 2020	• 건설기준코드의 사용성, 적합성, 신뢰성 향상을 위해 적합성 평가를 실시 후 코드에 반영함	개정 (2020.12)
KDS 11 80 05 : 2025	• 현장여건을 반영하여 콘크리트옹벽의 배수공에 대한 내용 추가 등을 개정	개정 (2025.12)

제　　정 : 2016년 7월 6일	개　　정 : 2025년 12월 24일
심　　의 : 중앙건설기술심의위원회	자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회
소관부서 : 국토교통부 기술혁신과	
관련단체 : 국토안전관리원	작성기관 : (사)한국지반신소재학회

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

목 차

1. 일반사항 ····· 1
1.1 목적 ····· 1
1.2 적용 범위 ····· 1
1.3 참고 기준 ····· 1
1.4 용어의 정의 ····· 1
1.5 기호의 정의 ····· 1
1.6 해석과 설계원칙 ····· 1
1.7 설계하중 ····· 2

2. 조사 및 계획 ····· 5
2.1 조사 ····· 5

3. 재료 ····· 6

4. 설계 ····· 6
4.1 설계일반 ····· 6
4.2 옹벽의 보통설계 ····· 6
4.3 옹벽의 특수설계 ····· 7
4.4 안전율 기준 ····· 8
4.5 지진 시 안정해석 ····· 11
4.6 옹벽 본체설계 ····· 11
4.7 점검 및 유지관리 ····· 15

1. 일반사항

1.1 목적

(1) 이 설계기준은 콘크리트옹벽에 대한 일반적인 설계기준과 설계방법을 제시하는 것을 목적으로 한다.

1.2 적용 범위

(1) 이 기준은 중력식, 반중력식, 캔틸레버식, 부벽식 등 콘크리트옹벽의 구조 형식에 적용 한다.

1.3 참고 기준

1.3.1 관련 법규

- 급경사지 재해예방에 관한 법률
- 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법

1.3.2 관련 기준

- KDS 11 50 05 얕은기초 설계기준(일반설계법)
- KDS 11 50 10 얕은기초 설계기준(한계상태설계법)
- KDS 11 90 00 비탈면 내진 설계기준
- KDS 14 20 00 콘크리트구조 설계(강도설계법)

1.4 용어의 정의

내용 없음

1.5 기호의 정의

내용 없음

1.6 해석과 설계원칙

1.6.1 설계방침

(1) 옹벽은 높이가 커짐에 따라 순차로 중력식 옹벽, 캔틸레버식 옹벽, 부벽식 옹벽을 이용 하는 것이 일반적인데 그 외에 현장의 실상에 알맞은 특수한 옹벽이나 구조형식으로 설계할 수 있으며, 다음의 사항을 고려하여 결정한다.

① 콘크리트옹벽이 설치될 위치와 다른 구조물과의 관계, 공간적 제약

② 콘크리트옹벽의 높이 및 옹벽이 설치되는 지형

③ 지반조건과 지하수조건
④ 시공에 소요되는 시간 및 경제성
⑤ 콘크리트옹벽의 미관과 유지관리의 편의성

(2) 옹벽은 토압에 저항하는 구조물이므로 가능한 한 토압이 작게 발생하도록 그 위치를 선정해야 한다.
(3) 옹벽배면의 뒤채움 설계 시 토압은 물론, 토압보다도 큰 수압이 작용하지 않도록 배수기능을 고려해야 한다.
(4) 뒤채움 흙은 다짐이 용이하고 배수가 잘되는 양질의 토사를 사용해야 한다.
(5) 콘크리트옹벽 기초는 지지 지반의 조건에 따라 직접기초, 말뚝기초 등의 적절한 기초형식을 선정한다.

1.6.2 옹벽의 보통설계와 특수설계의 구분

(1) 옹벽의 보통설계와 특수설계의 구분은 뒤채움흙의 조건, 지반조건 및 구조조건 등을 고려하여 정하며 특수설계로 하는 경우는 각각의 조건에 알맞은 검토를 해야 한다.
(2) 옹벽의 보통설계는 연약하지 않은 평탄한 지반상에 중력식, 캔틸레버식 및 부벽식 옹벽을 이용하고 일반적인 형상의 쌓기를 한 경우이다. 이 이외의 경우에는 특수설계로 적용조항을 표시해야 한다.

1.7 설계하중

1.7.1 하중 종류

(1) 콘크리트옹벽 설계 시 고려하는 하중은 콘크리트옹벽의 사용기간 중에 발생가능한 모든 형태의 하중조합을 고려하여 설계한다.
(2) 콘크리트옹벽의 안정검토(활동, 전도, 지지력, 전체안정성, 침하)를 할 때에는 하중계수를 고려하지 않은 사용하중(service load)을 사용하여 안전율 기준에 의한 허용응력설계법을 적용하고, 단면설계를 할 때에는 강도설계법에 의한 계수하중을 적용하며, 구조계산을 할 때에는 고정하중, 지표면 재하하중 등의 영향을 고려하여 설계한다. 기타의 옹벽(보강토옹벽, EPS옹벽 등)은 현재 강도설계법이 확정되지 않은 관계로 설계특성에 따라 사용하중(service load)을 사용하여 안전율 기준에 의한 허용응력설계법을 적용할 수 있다.
(3) 콘크리트옹벽의 안정해석 시 고려하는 하중의 종류는 다음과 같다.
① 콘크리트옹벽과 뒤채움재의 자중 등 고정하중
② 콘크리트옹벽에 작용하는 토압과 상재 하중에 의한 토압증가량
③ 배수가 되지 않는 조건에서는 수압과 부력
④ 콘크리트옹벽에 직접 작용하는 외력
⑤ 지진에 의한 하중 등

1.7.2 자중

(1) 콘크리트옹벽에 작용하는 자중은 옹벽의 자중과 뒤채움 흙의 자중으로 한다.

(2) 자중은 콘크리트와 흙의 일반적인 단위중량을 적용하며, 실제 하중이 명백한 경우는 그 값을 사용해야 한다.

1.7.3 토압

(1) 콘크리트옹벽에 작용하는 토압은 벽체의 변위에 따라서 주동토압, 수동토압, 정지토압이 있으며, 실제 옹벽의 변형조건에 따라 적절한 토압을 적용한다.

(2) 토압 계산방법은 Coulomb 토압이론, Rankine 토압이론을 적용할 수 있다. 일반적인 경우는 Coulomb 토압이론을 사용하고, 캔틸레버 옹벽(역 T형 또는 L형 옹벽 등) 또는 부벽식 옹벽과 같이 뒷굽에서부터 연직하게 세운 가상면에 토압이 작용하는 경우에는 Rankine 토압을 사용해야 한다.

(3) 콘크리트옹벽 배면의 뒤채움 형상이 불규칙하거나 상재하중 조건이 불규칙한 경우는 Coulomb의 흙쐐기 이론에 기초한 시행쐐기법을 이용한다.

1.7.4 상재하중에 의한 토압

(1) 콘크리트옹벽 배면에 건설장비의 이동, 자재야적 등에 의한 상재하중, 도로와 철도 등에 의한 교통 상재하중, 구조물의 기초에 의한 영구하중이 작용하는 경우에는 이를 설계에 고려한다.

(2) 일시적인 하중을 고려하기 위하여 콘크리트옹벽 배면지반에는 10 kN/m^{2}의 등분포 하중이 작용하는 것으로 간주하여 콘크리트옹벽의 안정해석과 구조검토를 실시한다.

(3) 철도시설물의 경우 설계상 필요 없다고 생각되는 경우에도 경사면을 제외하고 15 kN/m^{2}의 상재하중을 고려해야 한다. 궤도중량이나 열차하중은 선로규격 등에 의하여 달라지지만 그에 따른 하중의 차이가 옹벽에 미치는 영향이 크지 않으므로 일반적으로 표 1.7-1에서 나타낸 상재하중으로 하여도 좋다.

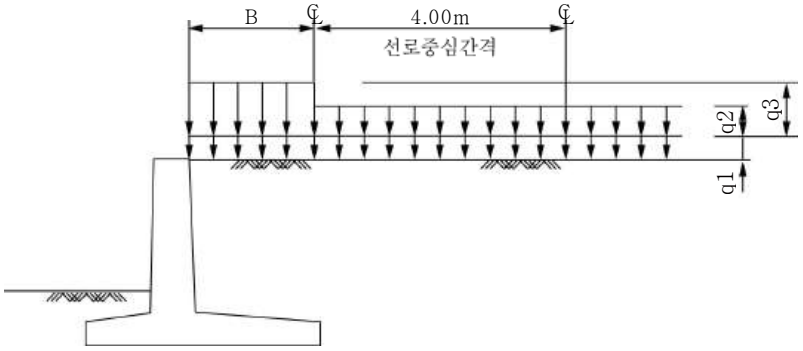
① 옹벽설계에 이용하는 하중의 조합은 표 1.7-1에 의해야 한다.

② 안정검토 시에는 하중의 조합에 부력을 고려해야 한다.

③ 수압, 풍하중, 설하중, 지반변위의 영향 등은 필요에 따라 고려해야 한다.

표 1.7-1 상재하중(kN/m^2)

구분	일반철도	고속철도
q1	15	15
q2	35	35
q3	73/B	78/B



주) q1 : 궤도하중에 의한 상재하중(kN/m^2)
q2 : 열차 활하중에 의한 상재하중(kN/m^2) (B≥2.0m)
q3 : 열차 활하중에 의한 상재하중(kN/m^2) (B< 2.0m)

그림 1.7-1 상재하중(kN/m^2)

(4) 도로의 경우 옹벽 배면지반에 작용하는 상재하중은 KDS 24 12 21 (4.3.1)에 따르며, 상재하중에 의한 수평토압의 증가량은 다음과 같이 산정하여 적용할 수 있다.

$$\Delta p = K\gamma h_{eq} \qquad (1.7\text{-}8)$$

여기서, Δp= 상재하중에 의해 발생된 수평방향의 토압 증가량(kN/**m^2**)
γ= 흙의 단위중량(kN/m^3)
K= 토압계수
h_{eq}= 교통 상재하중에 대한 등가 흙의 높이(m, 표 1.7-2, 1.7-3 참조)로서 표에 제시되지 않은 중간 값은 선형보간법으로 구함

표 1.7-2 차량의 이동방향과 평행하는 옹벽의 교통 상재하중에 대한 등가상재하중 높이(h_{eq})

이격거리[1)]	옹벽 높이 H (m)	등가 상재하중높이 h_{eq} (m)
0 m	1.5	0.85
	3.0	0.75
	≥ 6.0	0.70
0.3 m	1.5	0.70
	3.0	0.65
	≥ 6.0	0.60

1) 옹벽 벽체 또는 가상배면으로부터 상재 차량하중까지의 이격거리

표 1.7-3 차량의 이동방향과 직교하는 옹벽의 교통 상재하중에 대한 등가상재하중 높이(h_{eq})

옹벽 높이 H (m)	등가 상재하중높이 h_{eq} (m)
1.5	1.85
3.0	1.50
≥ 6.0	1.15

(5) 콘크리트옹벽 벽체 또는 옹벽 배면의 가상파괴면 내에 하중(집중하중, 선하중, 분포하중 등)이 작용하는 경우에는 이에 의해 콘크리트옹벽에 가해지는 수평토압의 증가량을 고려한다. 상재하중에 의한 수평토압의 증가량은 탄성지반에 작용하는 하중을 고려한 이론해를 이용할 수 있다.

1.7.5 수압과 부력

(1) 콘크리트옹벽 배면에 물이 고여 있는 상태로 존재하게 되는 구조물의 경우에는 콘크리트옹벽에 직접 작용하는 하중으로서 수압을 고려해야 한다. 이때 수면 아래의 토압을 계산할 때는 수중단위중량을 이용한다.

(2) 콘크리트옹벽 배면의 뒤채움 내부에 배수시설 또는 배수층을 별도로 설치한 경우에는 콘크리트옹벽 배면 내에 존재하는 정상상태의 수두를 고려하여 가상배면 또는 시행쐐기에 작용하는 수압으로 작용시킨다. 단, 배수층에 의해 가상배면범위 내에 수위가 발생하지 않도록 한 경우에는 수압을 고려하지 않을 수 있다.

1.7.6 옹벽에 직접 작용하는 하중

(1) 콘크리트옹벽 구조물 상단에 무시할 수 없는 규모의 벽체구조물이 설치되는 경우에는 이들 구조물로부터 전달되는 하중을 고려하여 옹벽의 외적안정성을 검토하고 콘크리트옹벽 벽체 등 구조물을 설계해야 한다.

1.7.7 깎기 경계구간의 토압

(1) 콘크리트옹벽 배면의 원지반을 굴착(또는 자연지반면 상태)하여 옹벽을 설치하고 뒤채움을 하는 경우에는 파괴면이 이론적인 범위와 달라질 수 있으므로 깎기면 또는 자연지반면이 주동토압 가상파괴면보다 급한 경우 이를 파괴면으로 간주하여 토압을 계산할 수 있다.

2. 조사 및 계획

2.1 조사

2.1.1 옹벽설계 및 시공을 위한조사

(1) 기초지지력 등 안정검토에 필요한 설계지반정수를 구하기 위한 지반조사

① 높이 8 m 이하의 옹벽인 경우에는 뒤채움재의 종류에 따라 단위중량이나 토압계수가 결정되므로 뒤채움재를 흙의 분류방법에 따라 자갈 또는 모래와 자갈의 혼합물, 사질토 및 실트, 점성토(단, 액성한계 WL < 50 %)의 3종류로 구분하는 것이 좋다.

② 높이 8 m 초과 옹벽에 대해서는 뒤채움재에 대한 역학시험결과를 판단하여 설계정수를 산정해야 한다.

③ 기초지반의 조사깊이는 지지력, 활동, 침하 등에 영향을 미치는 범위에 대해 실시해야 한다.

가. 일반적으로 기초지반이 활동파괴를 일으키는 범위는 배면쌓기 높이의 1.5 배 이내의 깊이로 접지압에 의한 침하의 영향범위는 쌓기 높이의 1.5 배 ~ 3.0 배 이내인 것으로 알려져 있으므로 기초지반 조사의 범위를 설정해야 한다.

나. 산정된 범위를 넘어 활동파괴나 압밀침하가 발생할 수 있는 연약층이 존재하면 그 층 전체에 대해 활동 및 침하에 대한 공학적 성질을 조사할 필요가 있다.

(2) 주변 조건의 조사

① 일반적인 옹벽 파괴는 집중호우 등으로 인한 배수불량과 기초지지의 불량에 의한 것이므로 배면지반의 배수계통과 기초의 지반조건을 면밀히 검토하여 설계해야 한다.

② 옹벽을 특수한 조건의 지반에 설치해야 하는 경우 예를 들면 비탈면상의 옹벽에는 비탈면 전체로서의 안정을 우선 고려해야 하며 연약지반에서는 압밀침하나 수평변위, 인접구조물과의 상대변위 등의 영향을 고려하여 옹벽의 형식, 기초의 구조나 지지방식을 결정해야 한다.

③ 좁은 용지에서는 기초폭을 가능한 한 작게 한 특수한 기초형식을 이용해야 하는 경우가 많다. 이러한 경우에 이용되는 옹벽은 설계가 복잡함과 동시에 다소의 약점을 가지므로 그 적용에 있어서는 신중하게 장·단점을 검토해야 한다.

3. 재료

내용 없음

4. 설계

4.1 설계일반

4.1.1 검토항목

(1) 콘크리트옹벽의 안정해석은 다양한 하중조건하에서 한계상태가 발생하지 않도록 하는 것이며 다음의 항목에 대하여 검토한다.

① 활동파괴(sliding failure)

② 전도파괴(overturning failure)

③ 지지력 파괴(bearing capacity failure)

④ 전체안정성(overall stability)

⑤ 기초지반의 침하(settlement)

4.2 옹벽의 보통설계

(1) 옹벽의 보통설계는 1.7.5에 표시한 토압을 적용하여 설계해야 한다.
(2) 옹벽은 구조형식 및 하중상태에 따라 「지하구조물」에 기술되어 있는 슬래브, 보 등에 준하여 설계계산을 해야 한다.

4.3 옹벽의 특수설계

4.3.1 옹벽의 특수설계법

(1) 옹벽의 특수설계는 다음에 해당하는 항목에 대한 것으로 각 경우 활동, 전도, 지지력과 변위 및 부재의 강도가 필요한 안전도를 갖도록 설계해야 한다.
  ① 주동토압 산정에 배면토의 점착력을 고려하는 경우
  ② 배면의 지표면 형상이 복잡한 경우
  ③ 옹벽배면이 원지반 또는 구조물에 근접한 경우
  ④ 국부 하중이 작용하는 경우
  ⑤ 연약지반상의 옹벽
  ⑥ 비탈면상의 옹벽
  ⑦ 특수한 구조의 옹벽
(2) 특수설계 조건인 경우에는 보통설계의 검토만으로는 불안전하거나 비경제적이 될 수 있으므로 조사 및 설계에 있어서 검토가 필요하다.
(3) 특수조건에 대한 검토는 아직 규명되지 않고 있는 사항도 있으므로 조사와 계산결과에 대한 세심한 판단이 필요하다.

4.3.2 연약지반상의 옹벽

(1) 연약지반 위에는 옹벽을 설치하면 안 되지만 부득이 설치해야 하는 경우에는 비탈면 안정 및 압밀침하에 대하여 주의해야 한다.

4.3.3 U형 옹벽

(1) U형 옹벽의 설계는 형상, 토압, 지반반력 등을 검토해야 한다.
(2) 측벽의 내측공간을 사용한 U형 옹벽의 설계는 일반적으로 다음과 같이 해야 한다.
  ① 토압의 산정
    가. 좌·우측벽의 높이가 유사한 경우 측벽 및 저판의 단면산출에는 정지토압이 수평으로 작용하는 것으로 생각해야 한다. U형 옹벽에는 일반적으로 배수공을 만들지 않기 때문에 지하수의 영향을 고려할 필요가 있다.
    나. 좌·우측벽의 높이가 다른 경우에는 그 정도와 지반조건에 따라 좌우의 측벽에 작용하는 토압을 변화시키도록 해야 한다.
  ② 부상 및 침하에 대한 검토
    U형 옹벽은 증가하중이 적어서 부(-)로 되는 경우가 많으므로 부상의 검토를 수행할 필요가 있다. 특히 느슨한 사질토의 경우에는 액상화에 의한 부상 및 침하에

대하여 검토할 필요가 있다.

4.3.4 흙채움 U형 옹벽

(1) 흙채움 U형 옹벽의 설계는 형상, 토압 등을 검토해야 한다.

(2) 부재설계에 있어서는 일반적으로 정지토압으로 고려한다. 측면에 작용하는 토압은 채워진 흙의 성질과 다짐 정도에 영향을 받는다.

(3) 저판설계에 있어서는 측벽으로부터 전달된 휨모멘트와 축방향 인장력을 고려해야 한다. 흙채움 U형 옹벽에는 옹벽 내부로부터의 배수에 주의할 필요가 있다.

4.3.5 내진설계 여부

(1) 콘크리트옹벽의 내진설계는 다음에 해당하는 경우에 수행한다.

① 시설물의 안전관리에 관한 특별법 시행령에 의해 2종 시설물로 분류되는 규모인 경우

② 콘크리트옹벽 상부와 하부의 피해범위 내에 내진설계를 요하는 주구조물 또는 1, 2종 시설물이 있는 경우

③ 발주자가 요구하거나 설계자가 필요하다고 판단하는 경우

(2) 콘크리트옹벽의 지진 시 안정해석은 이 기준의 4.5와 KDS 11 90 00 비탈면 내진설계 기준을 참조한다.

4.4 안전율 기준

(1) 콘크리트옹벽의 안정해석에서 안전율은 표 4.4-1의 기준안전율 이상이어야 한다. 지진시는 지진하중을 고려하여 검토한다.

표 4.4-1 콘크리트옹벽의 기준안전율

검토항목	평상시	지진 시
활동(sliding)	1.5 / 2.0*	1.2
전도(overturning)	2.0	1.5
지지력(bearing capacity)	3.0	2.0
전체안정성(overall stability)	1.5	1.1

* 옹벽전면 흙에 대한 수동토압을 활동저항력에 포함한 경우의 안전율

4.4.1 활동 안정성

(1) 활동에 대한 안정성은 기초지반면과 콘크리트옹벽 저면에서의 미끄러짐이 발생하는가에 대한 검토이다. 경사하중 또는 비탈면상에 설치된 기초, 수평력을 받는 구조물의 기초에 대해서는 활동에 대한 파괴를 검토해야 한다.

(2) 활동에 대한 검토는 활동을 유발하는 횡방향 하중과 활동에 저항하는 저항력의 비율이 기준안전율 이상이어야 한다.

$$FS_{slide} = \frac{S_R}{S_D} \geq FS \qquad (4.4\text{-}1)$$

여기서, FS_{slide} : 활동에 대한 안전율

S_R : 활동저항력(resisting force to sliding)

S_D : 활동력(sliding force)

FS : 설계안전율

(3) 점성토지반상의 콘크리트옹벽기초에 대해서는 지반의 건조수축과 침하로 인하여 지반과 기초사이의 이격이 생길 가능성을 고려해야 한다. 콘크리트옹벽 전면 흙의 수동토압을 활동 저항력으로 고려하고자 하는 경우에는 기초 전면 흙이 장기적으로 유지될 수 있는지 여부를 확인해야 한다.

(4) 옹벽 저판의 설치깊이는 동결심도 이상이어야 하며 동결심도가 얕은 지반이라 하더라도 지표면 아래로 최소한 1.0 m 이상의 깊이에 설치해야 한다. 그리고 비록 저판이 소요깊이를 확보하더라도 다음과 같은 점에서 수동토압에 의한 저항을 무시하는 것이 안전측이다.

① 수동토압이 발생하기 위해서는 상당한 옹벽의 변위가 필요하다.

② 우수나 유수에 의해 옹벽 앞굽 주변의 흙이 세굴될 수 있다.

③ 옹벽 앞굽 주변은 되메움한 흙으로서 초기 강도를 기대하기 곤란하다.

(5) 옹벽 앞굽 앞에 있는 저판 바닥 위의 토피 두께가 그대로 유지될 수 있다면 활동에 대한 안정 검토 시 수동토압을 고려할 수 있으나 이때의 최소안전율은 2.0 이상이어야 한다.

(6) 저판과 흙 사이의 마찰력이나 부착력에 의한 저항만으로 활동에 대한 안정이 제대로 얻어지지 못하는 경우에는 저판 바닥면에 돌출부를 설치하거나 말뚝을 설치하여 활동에 대한 저항력을 증대시킬 수 있다.

4.4.2 활동저항력의 증가

(1) 횡방향 하중에 대한 활동저항력을 증가시키기 위하여 기초 저판하부에 돌출된 활동방지벽(shear key)을 설치하거나 또는 지반과 접하는 기초를 경사지게 설치하는 방법이 있다. 활동방지벽의 높이는 일반적으로 저판높이의 2/3배 이상, 기초폭의 **10 % ~ 15 %**로 하는 것이 바람직하다.

(2) 활동방지벽을 설치한 경우 활동에 대한 검토는 활동을 유발하는 횡방향 하중과 활동에 저항하는 지반의 저항력과 활동방지벽에 의한 저항력을 함께 고려한다.

$$FS_{slide} = \frac{S_R + R_{key}}{S_D} \geq FS \qquad (4.4\text{-}2)$$

여기서, FS_{slide} : 활동에 대한 안전율

R_{key} : 활동방지벽에 의한 활동저항력

S_R : 활동저항력(resisting force to sliding)

S_D : 활동력(sliding force)

FS : 설계안전율

(3) 기초저면을 경사지게 하더라도 역학적으로 지지력에 대한 문제는 없으나 쉽게 흐트러지기 쉬운 지반조건에서는 주의한다.

4.4.3 전도 안정성

(1) 전도는 콘크리트옹벽의 앞굽을 중심으로 콘크리트옹벽 전체가 앞으로 회전하는지 여부에 대하여 검토한다. 옹벽은 배면의 횡방향 토압으로 인해 저판앞굽을 중심으로 전도하므로 옹벽은 이에 대해 충분히 안전하게 저항해야 한다.

(2) 전도의 검토는 콘크리트옹벽에 작용하는 하중의 조합에 의해 작용모멘트와 저항모멘트의 비율이 기준안전율 이상이어야 한다.

$$FS_{over} = \frac{M_R}{M_D} \geqq FS \qquad (4.4\text{-}3)$$

여기서, FS_{over} : 전도에 대한 안전율

M_R : 저항모멘트 (resisting moment)

M_D : 활동모멘트 (driving moment)

FS : 설계안전율

(3) 별도의 계산을 하지 않더라도, 하중저항계수설계법에서는 다음 기준을 만족하면 전도에 대해 안정한 것으로 간주한다.

① 기초지반이 흙인 경우, 힘의 합력이 기초중심에서 1/4 B 이내에 있는 경우

② 기초지반이 암인 경우, 힘의 합력이 기초중심에서 3/8 B 이내에 있는 경우

4.4.4 지지력 검토

(1) 지지력 검토는 다음과 같이 콘크리트옹벽 하부에 발생하는 지반반력($q_{\max}$)과 지반의 극한지지력(q_u)의 비율이 기준안전율 이상이어야 한다.

$$FS_{bear} = \frac{q_u}{q_{\max}} \geqq FS \qquad (4.4\text{-}4)$$

여기서, FS_{bear} : 지지력에 대한 안전율

q_u : 지반의 극한지지력

q_{max} : 지반반력

FS : 설계안전율

(2) 지반의 지지력의 계산은 KDS 11 50 05와 KDS 11 50 10을 참조한다.

4.4.5 전체안정성

(1) 전체 안정성이란 옹벽구조물 뿐만 아니라 옹벽기초 아래 및 옹벽 벽체 뒤의 지반이 포함된 전체의 안정성을 의미한다. 특히 연약지반상에 구조물이 축조되는 경우 전체 안정성이 문제될 수 있으며 이에 대한 평가를 위해서는 현장에 대한 지질학적 탐사, 토질역학적 조사 및 시험과 이를 바탕으로 한 안정성 검토가 필요하다. 전체안정성 해석에는 수정 Bishop법, Janbu의 간편법, Spencer방법 등이 사용될 수 있다. 전체 안정성이 문제될 수 있는 연약지반의 경우 다음과 같은 현상이 발생할 수 있다.

① 옹벽 구조물 하중으로 인한 압밀침하

② 장기간의 경과에 따른 크리프 침하

③ 지반의 측방유동으로 인한 구조물의 수평이동

(2) 옹벽을 포함한 굴착면 전체의 안전율이 1.5 이하인 경우 아래의 방법을 취해야 한다.

① 기초 슬래브 하부의 활동방지벽(shear key) 깊이를 증가시킨다.

② 기초지반이 연약하고 비교적 얕은 곳에 지지층이 있는 경우, 연약층을 치환해야 한다. 치환재료는 뒤채움재와 동등 이상의 것으로 하고, 지하수가 있는 경우에는 쇄석 등 양질의 것을 사용해야 한다.

③ 일반적으로 연약층이 얇은 경우는 양질의 재료로 치환하는 것이 경제적이지만, 치환재료 획득이 곤란하거나 수동토압을 기대할 수 있는 옹벽에서는 기초 슬래브 저면을 지지층까지 내리는 것이 경제적일 수 있으므로 치환여부는 현장조건을 감안하여 결정해야 한다.

④ 기초지반이 경사진 경우 또는 기초 슬래브 저면의 일부가 불량한 경우, 그 부분을 굴착하여 콘크리트로 치환해야 한다. 치환하는 위치의 저면은 수평으로 굴착하고 필요에 따라 최소 0.5 m 정도의 받침대를 설치하는 것이 좋다.

⑤ 말뚝기초를 검토해야 한다.

⑥ 상기 방법에 의해서도 안전율을 확보할 수 없는 경우, 옹벽설치에 관한 전체계획을 변경해야 한다.

4.5 지진 시 안정해석

(1) 지진 시 콘크리트옹벽의 안정해석에서는 다음의 사항을 검토한다.

① 기초지반의 액상화에 대한 검토

② 활동에 대한 검토

③ 전도에 대한 검토

④ 지지력에 대한 검토

⑤ 전체 안정성에 대한 검토

(2) 기초지반의 액상화에 대한 검토는 KDS 11 90 00을 참조한다.

4.6 옹벽 본체설계

4.6.1 옹벽 본체설계

(1) 중력식 옹벽

① 자중에 의해 토압을 지지하는 형식으로, 구체단면에서는 토압과 자중의 합력에 의한 인장응력이 콘크리트 허용인장응력 이상으로 발생하지 않도록 설계해야 한다.

(2) 반중력식 옹벽

① 중력식 옹벽과 같이 자중에 의해 토압을 지지하는 형식으로 지형 및 기타 물리적 제약에 의해 중력식 옹벽의 경우보다 벽체 두께를 얇게 해야 하는 경우에 적용해야 한다.

② 설계방법은 중력식 옹벽과 동일하나 토압과 자중의 합력에 의해 단면 내에 생기는 인장력을 담당할 수 있도록 필요한 양의 철근을 배근해야 한다.

③ 반중력식 옹벽의 인장철근 설계
반중력식 옹벽에서 인장영역이 발생되면 인장응력을 철근이 부담하도록 배근해야 한다.

(3) 캔틸레버식 옹벽

① 캔틸레버식 옹벽의 벽체와 기초는 접합부를 고정단으로 하는 캔틸레버로 설계해야 한다.

② 벽체는 자중을 무시하고 토압의 수평분력을 고려해서 설계해야 한다.

③ 앞판은 상향의 지반반력과 하향의 앞판 자중을 고려하여 설계해야 한다.

④ 뒷판은 뒷판 상부의 흙의 중량, 토압의 연직분력, 지표면의 상재하중, 뒷판 자중 및 지반반력을 고려하여 설계해야 한다.

⑤ 기초슬래브의 앞판 상측과 뒷판 하측은 균열방지 등을 위해 반대측 주철근량의 1/3 이상을 배근해야 한다.

⑥ 수동토압을 고려하는 경우에는 앞판위의 가상 지표면 아래 흙의 중량을 고려해야 한다.

⑦ 벽체설계에 사용하는 토압은 옹벽배면이 경사진 경우 안정계산을 할 때와 같은 위치의 토압을 취하면 매우 크게 되므로 일반적으로 전벽 배면 위치에서의 토압으로 설계해야 한다.

⑧ 기초 슬래브의 뒷판 설계에 있어서 뒷판(벽체 연결부)의 휨모멘트가 벽체의 휨모멘트를 초과하는 경우 설계계산에 있어 휨모멘트는 벽체의 휨모멘트를 쓰는 것으로 해야 한다.

(4) 뒷부벽식 옹벽

① 벽체는 뒷부벽으로 지지된 연속판이 토압의 수평분력에 저항하도록 설계해야 한다.

② 뒷부벽은 저판에 고정된 변단면 T형 캔틸레버 보로 간주하여 벽체에 작용하는 전토압의 수평분력에 저항할 수 있도록 설계해야 한다.

③ 기초 슬래브는 뒷부벽으로 지지된 연속판으로서 저판 위의 흙의 중량, 토압의 연직분력, 지표면의 상재하중, 판의 중량 및 지반반력을 고려하여 설계해야 한다.

④ 기초 슬래브의 앞판 설계는 캔틸레버식 옹벽과 같은 방법으로 설계한다.

⑤ 벽체 및 기초 슬래브의 양쪽 단부는 부벽에 지지된 캔틸레버 보로 설계해야 한다.

(5) 앞부벽식 옹벽

① 앞부벽식 옹벽의 부벽은 저판에 지지된 구형보로 설계하며 벽체 및 기초는 앞부벽으로 지지된 연속판으로 보아 설계해야 한다.

② 앞부벽, 벽체, 기초의 설계에 있어서 외력의 고려방법은 뒷부벽식 옹벽과 같은 방법으로 설계한다.

4.6.2 옹벽의 구조상세

(1) 철근콘크리트의 철근배근, 이음 등은 KDS 14 20 00과 다음 (2)~(5)에 의해야 한다.

(2) 배근

① 피복두께는 벽의 노출면에서는 50 ㎜ 이상, 콘크리트가 흙에 접하는 면에서는 50 ㎜ 이상, 직접 흙 중에 묻히는 기초 슬래브에서는 80 mm 이상으로 해야 한다.

② 철근콘크리트에서는 수축 및 온도변화에 의한 균열을 방지하기 위하여 벽의 노출면에 가깝게 수평방향으로 벽의 높이 1 m당 5 cm^2 이상의 단면적을 가진 철근을 중심간격 300 mm 이하로 배치해야 한다. 이때, 직경이 작은 철근을 좁은 간격으로 배치하는 것이 좋다.

③ 뒷부벽식 옹벽에서는 전면벽과 기초 슬래브에 의해 부벽에 전달되는 응력을 지지하기 위해 필요한 철근을 부벽에 배근해야 한다. 또 전면벽과 기초슬래브에는 인장철근의 20 % 이상의 배력철근을 두어야 한다.

④ 앞부벽식 옹벽의 전면벽에는 인장철근의 20% 이상의 배력철근을 두어야 한다.

⑤ 수평철근의 콘크리트 총 단면적에 대한 최소철근비는 ①~④ 같아야 한다.

가. 설계기준항복강도 400 MPa 이상으로서 지름이 16 mm 이하인 이형철근 : 0.002

나. 기타 이형철근 : 0.0025

다. 지름이 16 mm 이하인 용접강선망 : 0.0020

라. 수평철근의 간격은 벽체 두께의 3배 이하 또는 450 mm 이하

(3) 연결부

① 시공이음부에는 시공이음, 수축변형의 영향을 줄이기 위한 수축이음, 전단면에 걸쳐 일정간격으로 신축이음을 두어야 한다. 다만 옹벽의 길이가 짧거나 콘크리트의 수화열, 온도변화, 건조수축 등 부피변화에 대한 별도의 구조해석을 수행한 경우에는 종방향 철근을 연속으로 배근하여 신축, 수축이음을 두지 않을 수 있다. 또한 응력집중이 발생하는 모서리에는 이음을 두지 않아야 한다.

② 시공이음(construction joint)

가. 중력식 옹벽의 시공이음에는 가외철근을 사용하고 시공이음은 계산상 요구되지 않더라도 전면벽체에서 배근된 만큼 가외철근을 배근해야 한다.

③ 수축이음(contraction joint)

가. 벽체의 전면에 수축이음부를 두면 콘크리트의 수축변형에 의한 영향을 줄일 수 있다. 일반적으로 폭 6 mm ~ 8 mm, 깊이 12 mm ~ 16 mm인 수축이음부의 홈을 9 m 이하의 간격으로 만들며 옹벽 기초 슬래브 상부에서 벽체 상단까지 연속시킨다. 이때 철근을 끊지 않아야 한다.

나. 부벽식 옹벽의 경우에는 수평방향의 철근량이 많으므로 수축이음을 설치하지 않아도 좋다.

④ 신축이음

가. 길이가 긴 옹벽의 경우 온도변화나 지반의 부등침하가 콘크리트 구조물에 미치는 영향에 대비하여 길이방향으로 유연성 재료의 신축이음을 설치해야 한다.

나. 신축이음 설치 간격은 중력식 옹벽의 경우는 10 m 이하, 캔틸레버식 및 부벽식 옹벽에서는 15 m ~ 20 m 이하의 간격으로 설치해야 한다. 신축이음에서는 철근이 끊겨야 한다.

다. 신축이음부 양측의 일체성을 유지하기 위하여 강철봉을 사용하여 벽체(stem)를 가로지르는 방향으로 보강을 실시해야 한다. 강철봉이 콘크리트에 강하게 부착되면 신축이음의 효과가 상실될 수 있으므로 강철봉 표면에 윤활유를 바르는 방법 등을 적용해야 한다.

(4) 본체

① 노선에 접해있는 벽체의 전면은 미관 및 주행상 일반적으로 1:0.02 이상의 경사를 설치해야 한다.

② 옹벽 상단에는 소단을 설치하는 것이 좋다. 소단의 길이(l)는 설치장소에 따라 다르지만 일반적으로 0.7 m를 적용해야 한다.

③ 연속된 옹벽에서 옹벽의 상단 또는 저면의 높이가 변하는 경우 설치위치, 구조형식 등을 고려하여 접속시켜야 한다. 일반적으로 설치위치에 의해 정해지는 근입깊이를 기준으로 1블럭의 길이를 결정하며 저판은 수평으로 시공하는 것이 좋다.

④ 옹벽저면에 배수시설, 배수관 등을 설치하거나 저판 앞면에 U형 측구, 우수받이 등을 설치함으로써 유효단면의 감소가 있을 때에는 다음 사항에 주의해야 한다.

가. 가정하는 단면에서 옹벽 블록사이의 단면감소의 합계가 1블럭길이 L의 6% 이하로 되게 하고 가능한 한 균등하게 분포시킨다. 이와 같이 하면 철근간격을 조절하는 등의 조치만으로 충분하며 별도로 보강할 필요는 없다.

나. 가.의 제한을 넘을 경우에는 단면 감소가 있는 부분의 응력을 계산 하여 필요시 철근으로 보강해야 한다.

(5) 활동방지벽(Shear key)

① 활동에 대한 효과적인 저항을 위하여 저판에 활동방지벽을 적용하는 경우 저판과 일체로 설치해야 한다.

② 활동방지 벽의 형상은 돌출부의 깊이, 토질상태 등에 따라 구조물 굴착선에 맞는 형상으로 설치해야 한다.

③ 사질토 지반에서는 유효하나 점성토 지반에서는 점성토의 비배수 전단강도에 의하여 활동에 대한 저항력이 결정되기 때문에 효과가 적을 수 있으므로 세부검토를 통해 적용 여부를 결정해야 한다.

4.6.3 옹벽의 배수공

(1) 옹벽의 설계 시 배면 및 기초지반에 침투하는 물을 방지해야 하며, 배면에 침투한 물이 토압, 수압의 증대를 초래하지 않고 원할하게 배제하기 위한 배수공에 관하여 검토해야 한다.

(2) 침투수의 방지는 현장의 지질, 기상, 지하수 등의 조건에 알맞은 조치를 취해야 한다.

(3) 배수설비

① 배수공은 옹벽배면에 모인 물을 벽체의 전면으로 용이하게 배수할 수 있는 높이의 범위에서 배면 배수공의 면적을 합하여 $2\,m^2$ ~ $4\,m^2$ 당 1개소를 만들어야 한다.

② 배수공은 내경 60 mm ~ 100mm 정도 크기로 경질염화비닐관 등의 재료를 수평 또는 완만한 기울기로 설치하고 콘크리트 찌꺼기, 토사 등의 이물질에 의해 막히지 않도록 유지관리를 해야 한다. 부벽식 옹벽에는 각 판넬마다 설치해야 한다.

③ 배수공의 재료는 종래부터 사용되어 온 자갈, 쇄석 등과 근래 사용되게 된 부직포 등의 인공재료가 있다. 또 배수구멍에 대한 필터재로서는 일반적인 막자갈 외에 부직포, 다공 콘크리트판 등을 사용할 수 있다.

4.7 점검 및 유지관리

(1) 콘크리트옹벽이 급경사지 재해예방에 관한 법률 또는 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법에 의해 정기적인 안전점검 대상 시설에 해당하는 경우 점검자 및 유지관리자가 배수시설, 전면, 배면, 소단 등을 원활히 점검하기 위한 점검 동선이 확보되도록 점검로를 계획해야 한다.

집필위원

성 명	소 속	성 명	소 속
김경모	서강이엔씨(주)	조인휘	㈜아이디어스
유승경	명지전문대학	한상재	㈜지구환경전문가그룹
유중조	㈜골든포우	홍기권	한라대학교

자문위원

성 명	소 속	성 명	소 속
김홍관	FITI시험연구원	이태민	㈜구마에스앤씨
안영천	인터지오	정은광	㈜리월테크

국가건설기준센터 및 건설기준위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
이영호	한국건설기술연구원	정문경	한국건설기술연구원
김기현	한국건설기술연구원	강대규	㈜한가람
김나은	한국건설기술연구원	김기석	㈜희송지오텍
김민관	한국건설기술연구원	김기연	㈜경동엔지니어링
김재훈	한국건설기술연구원	김만일	산림조합중앙회
김희석	한국건설기술연구원	박재현	한국수자원공사
류상훈	한국건설기술연구원	송 훈	㈜동해종합기술공사
안준혁	한국건설기술연구원	여규권	삼부토건(주)
원훈일	한국건설기술연구원	정재형	한국건설기술연구원
유영수	한국건설기술연구원		
이상규	한국건설기술연구원		
이소정	한국건설기술연구원		
이승재	한국건설기술연구원		
이승환	한국건설기술연구원		
이용수	한국건설기술연구원		
이원종	한국건설기술연구원		
주영경	한국건설기술연구원		
최봉혁	한국건설기술연구원		
허원호	한국건설기술연구원		

중앙건설기술심의위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
김상철	㈜삼안	민영욱	특수건설
김선백	대우건설	송영석	한국지질자원연구원
김성호	대보건설	장범수	한국건설품질연구원
문인기	엠플러스이엔씨㈜		

국토교통부

성 명	소 속	성 명	소 속
권미정	기술혁신과	신중호	기술혁신과
양성모	기술혁신과		

(분야별 가나다순)

KDS 11 80 05 : 2025

콘크리트옹벽

2025년 12월 24일 개정

소관부서 국토교통부 기술혁신과

관련단체 국토안전관리원
52856 경상남도 진주시 에나로128번길 24 윤현빌딩 (충무공동 289-3)
Tel : 1588-8788 E-mail : kisteckr@kistec.or.kr
http://www.kistec.or.kr

작성기관 (사)한국지반신소재학회
04376 서울특별시 용산구 새창로 213-12 한강현대하이엘 1003호
Tel : 02-583-2167 E-mail : kgss-adm@kgss.or.kr
http://www.kgss.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 11 00 00 지반 설계기준

설계기준 Korean Design Standard

KDS 11 80 10 : 2025

보강토옹벽

2025년 12월 24일 개정

http://www.kcsc.re.kr

국토교통부

KC CODE

건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

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

건설기준 연혁

- 건설기준은 건설기술진흥법 제44조 및 같은법 시행령 제65조에 따라 건설공사의 안전성, 경제성, 성능 및 품질 확보를 위하여 제정 및 개정하였다.

- 건설기준은 건설기준 코드체계 전환(2016)에 따라 단행본 체계의 건설기준(설계기준, 표준시방서)간 중복·상충을 비교 검토하여 건설기준 코드 전환 정비하였다(국토교통부 고시 제2016-438호, 2016년 7월 6일).

- 건설기준의 연혁은 아래와 같다.

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년.월)
건설공사 비탈면 설계기준	• 건설공사 비탈면 설계기준 제정	제정 (2006.05)
건설공사 비탈면 설계기준	• 건설공사 비탈면 설계기준 개정	개정 (2009.12)
건설공사 비탈면 설계기준	• 건설공사 비탈면 설계기준 개정	개정 (2011.12)
KDS 11 80 10 : 2016	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비함	제정 (2016.07)
KDS 11 80 10 : 2016	• 한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함	수정 (2018.07)
KDS 11 80 10 : 2020	• 건설기준코드의 사용성, 적합성, 신뢰성 향상을 위해 적합성 평가를 실시 후 코드에 반영함	개정 (2020.12)
KDS 11 80 10 : 2021	• 「건설공사 보강토옹벽 설계·시공 및 유지관리 잠정지침」 간 중복 및 상충 검토를 통한 개정	개정 (2021.12)
KDS 11 80 10 : 2025	• 구조물 접속부 뒤채움재 규정, 다단식 보강토옹벽, 양단 보강토옹벽, 사디리꼴 보강토옹벽, 비탈면 보공으로 보강된 지반 또는 안정된 지반(혹은 구조물)의 전면에 설치되는 보강토옹벽 등을 신설	개정 (2025.12)

제 정 : 2016년 7월 6일	개 정 : 2025년 12월 24일
심 의 : 중앙건설기술심의위원회	자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회
소관부서 : 국토교통부 기술혁신과	
관련단체 : 국토안전관리원	작성기관 : (사)한국지반신소재학회

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

목 차

1. 일반사항 ····· 1

1.1 목적 ····· 1

1.2 적용 범위 ····· 1

1.3 참고 기준 ····· 1

1.4 용어의 정의 ····· 1

1.5 기호의 정의 ····· 2

1.6 시설물의 구성 ····· 2

1.7 해석과 설계원칙 ····· 2

2. 조사 및 계획 ····· 3

2.1 일반사항 ····· 3

2.2 조사내용 ····· 4

3. 재료 ····· 4

3.1 일반사항 ····· 4

4. 설계 ····· 7

4.1 설계일반 ····· 7

4.2 내진설계 여부 ····· 12

4.3 검토항목 ····· 12

4.4 안전율 기준 ····· 13

4.5 외적안정해석 ····· 13

4.6 내적안정해석 ····· 15

4.7 지진 시 안정해석 ····· 15

4.8 보강토옹벽의 배수시설 ····· 16

4.9 점검 및 유지관리 ····· 18

1. 일반사항

1.1 목적

(1) 이 설계기준은 보강토옹벽에 대한 일반적인 설계기준과 설계방법을 제시하는 것을 목적으로 한다.

1.2 적용 범위

(1) 이 기준은 금속 또는 지오신세틱스(geosynthetics) 재질의 보강재를 이용하여 시공하는 보강토옹벽의 설계에 적용한다.

1.3 참고 기준

1.3.1 관련 법규

- 급경사지 재해예방에 관한 법률
- 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법
- 산지관리법

1.3.2 관련 기준

- KDS 11 10 10 지반조사
- KDS 11 30 05 연약지반 설계일반
- KDS 11 70 05 쌓기 · 깎기
- KDS 11 90 00 비탈면 내진설계기준
- KCS 11 80 10 보강토옹벽공사

1.4 용어의 정의

- 뒤채움(reinforced fill) : 보강토옹벽에서 보강재가 설치되어 보강토체를 구성하는 흙
- 보강재(reinforcement) : 흙의 공학적 특성을 개선하기 위하여 흙 속에 사용하는 인공적인 재료(예, 지오그리드(geogrids), 지오텍스타일(geotextiles), 지오스트립(geostrip 또는 polymer strips), 강재 띠형(steel strips) 보강재 등)
- 보강토옹벽(reinforced earth wall / mechanically stabilized earth wall) : 성토체 내에 설치된 보강재와 흙(토사)과의 결속력(마찰력)을 이용하여 구축된 보강토체가 배면토압을 지지하여 중력식 옹벽의 역할을 하는 옹벽구조물
- 연성 전면벽체(flexible facing) : 콘크리트 패널이나 콘크리트 블록과는 달리, 변형되거나 휘어질 수 있는 전면벽체(예, 지오신세틱스 포장형 전면벽체(geosynthetics wrap-around facing), 개비온(gabion) 등)
- 전면벽체(facing) : 보강토옹벽에서 층별 보강재 사이 지반의 이완을 방지하고, 흙이 흘러내리는 것을 방지하기 위하여 사용하는 외장재(예, 콘크리트 패널, 콘크리트 블록,

개비온), 철망(welded wire mesh 또는 steel grids), 지오셀(geocell), 지오신세틱스 포장형 전면벽체 등)
- 지오신세틱스(geosynthetics) : 지오그리드, 지오스트립, 지오텍스타일 등과 같이, 흙 등의 다른 재료와 접촉되어 사용되는 시트, 띠 또는 3차원 구조 형태로, 그 구성품이 적어도 한 가지는 합성 또는 천연 고분자로 만들어진 재품을 기술하는 포괄적인 용어
- 포장형 전면벽체(wrapped around facing) : 보강토체 앞쪽으로 연장된 지오신세틱스로 뒤채움 흙을 감싸서 형성된 연속적이고 안정적인 전면벽체

1.5 기호의 정의
- A_c : 장기부식두께를 고려한 보강재의 단면적(m^2)
- b : 보강재의 폭(m)
- C_{ds} : 흙/보강재 접촉면 마찰효율
- F_s : 보강재 종류에 따른 안전율
- f_y : 금속 보강재의 항복강도(kN/m^2)
- T_a : 보강재의 장기설계인장강도(kN/m)
- T_l : 보강재의 장기인장강도(kN/m)
- $T_{\max}$: 층별 보강재의 최대인장력(kN/m)
- T_{md} : 지진 시 추가되는 인장력(kN/m)
- T_{ult} : 지오신세틱스 보강재의 극한인장강도(kN/m)
- P_r : 인발저항력(kN/m)
- R_c : 보강재 포설면적비
- RF_{CR} : 크리프 파단에 대한 감소계수
- RF_D : 내구성에 대한 감소계수
- RF_{ID} : 시공손상에 대한 감소계수
- S_h : 보강재 중심축 사이의 수평간격(m)

1.6 시설물의 구성

1.6.1 보강토옹벽의 구성요소
(1) 보강토옹벽은 전면벽체, 보강재, 뒤채움흙 및 기타 부속자재로 구성된다.

1.7 해석과 설계원칙

1.7.1 설계목표
(1) 보강토옹벽은 설계수명기간 동안 보강토체의 전체적인 안정성이 유지되어야 하며, 벽

체를 구성하는 각 구성부재와 연결부가 파괴되지 않아야 한다.

(2) 옹벽의 사용성을 위해서 과도한 부등침하나 횡방향 변위가 발생하지 않아야 한다.

(3) 보강토옹벽의 설계에는 고정하중, 상재하중, 토압, 지진하중, 풍하중 등을 고려해야 하며, 적용 현장 조건에 따라 차량이나 열차 등에 의한 진동하중이 보강토옹벽에 영향을 미칠 것으로 판단될 경우에는 진동하중도 고려할 수 있다.

① 고정하중: 보강토체의 자중, 상재성토 하중 등

② 상재하중: 차량이나 열차 등의 활하중

③ 토압

④ 지진하중: 보강토체의 지진관성력, 동적토압 증가분

⑤ 풍하중: 방음벽 등에 작용하는 풍하중

(4) 다음과 같은 조건에서는 보강토옹벽을 사용하지 않는다.

① 배수시설 외의 다른 시설물을 옹벽 보강 영역 내에 설치하여야 할 경우. 즉, 보강재를 손상하지 않고는 시설물에 접근할 수 없고, 시설물의 손상이 구조물의 안정성을 위협하는 경우

② 범람으로 인한 침식이나 세굴에 의해 보강토체, 전면벽체 그리고 기타 지지 기초의 하부층이 손상될 수 있는 경우

③ 특정 환경에서 장기적인 부식 또는 품질저하에 대한 연구가 수행되지 않은 조건에서, 보강재가 산성의 광산수 또는 기타 산업 오염물질로 오염된 지표수 또는 지하수에 노출되는 경우

④ 강재 보강재를 사용할 때, 뒤채움재료가 아래와 같은 전기화학적 요구조건을 충족시키지 못하는 경우

가. pH : 5 ~ 10

나. 전기비저항 : 30 Ω-m 이상

다. 염화물 : 100 ppm 이하

라. 황산염 : 200 ppm 이하

2. 조사 및 계획

2.1 일반사항

(1) 지반조사 기본사항은 KDS 11 10 10을 따른다.

(2) 보강토옹벽의 기초지반에 대하여 길이 방향 100 m 마다 1회 이상(총 길이 101 m인 경우 최소 2회) 지반조사(시추 및 표준관입시험 포함)를 실시하여야 하고, 기초지반에 급격한 지형의 변화가 있거나 연약지반 등 침하대상층의 두께가 3 m를 초과하는 경우에는 50 m 마다 1회 이상 지반조사를 실시하여야 한다.

(3) 시추조사 깊이는 보강토옹벽을 포함한 쌓기 높이의 2배 이상이어야 하며, 그 범위 이내에서 N값 30 이상이 3회 연속되거나 풍화암이 확인되면 시추조사를 중단할 수 있다.

(4) 연약지반 등 침하대상층이 있는 경우에는 침하대상층 통과 후 견고한 지층 3 m ~ 5 m까지 확인하여야 하고, 침하대상층에 대한 조사는 KDS 11 30 05 (2)를 따른다.

2.2 조사내용

(1) 보강토옹벽 설계를 위하여 현장답사, 지반조사 등을 실시하여야 하며 기초지반 및 양질의 뒤채움재를 포함한 배면토체 등에 대해 요구되는 실내시험 결과를 반영하여야 한다.

3. 재료

3.1 일반사항

3.1.1 전면벽체

(1) 보강토옹벽의 전면벽체는 블록, 패널 형태 등의 재료를 사용하여야 하며, 설계 수명 동안 보강재와의 결속력과 내구성을 유지할 수 있어야 한다.
   ① 다만, 설계 수명이 36개월 이하로 짧은 임시 구조물인 경우에는 지오신세틱스 포장형 전면벽체를 적용할 수 있으나, 외부에 노출되는 지오신세틱스는 자외선 안정처리를 하거나 자외선으로부터 보호하여야 한다.

(2) 전면벽체는 전면벽체와 보강재 연결부에 작용하는 하중에 대하여 저항할 수 있도록 설계하여야 한다. 또한 보강토옹벽을 시공하는 동안 전면벽체 주변에서 발생하는 잠재적인 다짐 응력에 대해서도 안정성을 확보하여야 한다.

(3) 보강재의 인장력은 전면벽체 배면의 등분포 토압에 의해 지지된다고 가정한다. 전면벽체에서는 규정된 허용치를 넘어선 횡방향 처짐이나 배부름이 발생해서는 안 된다. 보강토옹벽의 전면벽체와 관련한 상세한 사항은 별도의 관련 규정이나 기준을 참조한다.

(4) 콘크리트 전면벽체에 매립되는 금속 연결재와 콘크리트 전면벽체의 보강철근 사이의 이질적인 금속 즉, 도금이 되지 않은 전면벽체 보강철근과 도금된 금속 보강재 사이의 직접적인 접촉이 발생되지 않도록 하여야 한다. 또한 염류분사가 예상되는 곳에는 방식 시스템이 제공되어야 한다.

(5) 보강재와 전면벽체 연결부는 연결부에 작용하는 하중에 저항할 수 있는 구조와 강도를 가져야 하며 응력집중에 의해 손상되지 않아야 한다.

3.1.2 보강재

(1) 일반적인 보강재의 종류는 금속 보강재와 지오신세틱스 보강재가 있으며, 금속 보강재는 내구연한을 고려한 부식두께를 고려하여야 한다.

(2) 보강토옹벽을 위한 보강재는 다음과 같은 조건을 갖춰야 한다.
   ① 보강목적의 인장강도를 가지고 있어야 한다. 이 때 보강재의 허용인장응력 내의

변형률은 극한상태의 토압 작용 시 지반의 변형률보다 작아야 한다.

② 장기인장강도 발생 시 변형률은 5 % 이내이어야 한다.

③ 흙과의 마찰저항력이 수평토압에 저항할 수 있어야 한다.

④ 시공 중의 손상에 대한 저항성을 지녀야 한다.

⑤ 화학, 물리 및 생물학적 작용에 대해 내구성을 지녀야 하며, 설계수명 동안 과도한 변형이나 크리프 파단이 발생하지 않아야 한다.

⑥ 금속 보강재는 반드시 방식 처리를 하여야 한다.

⑦ 보강재와 흙과의 결속력은 경계면의 마찰저항 또는 지지저항에 의하여 결정되므로 보강재는 효과적으로 결속력을 얻을 수 있는 형상이어야 한다.

(3) 보강재의 장기설계인장강도(T_a)는 장기인장강도(T_l)에 안전율을 적용하여 계산하며, 보강재 종류에 따른 안전율은 표 3.1-1과 같다.

$$T_a = \frac{T_l}{F_s} \cdot R_c \tag{3.1-1}$$

여기서, T_a : 보강재의 장기설계인장강도(kN/m)

T_l : 보강재의 장기인장강도(kN/m)

R_c : 포설면적비(= b/S_h, 전체 면적에 포설되는 경우는 1)

F_s : 보강재 종류에 따른 안전율(표 3.1-1 참조)

표 3.1-1 보강재 종류에 따른 안전율

보강재 종류	안전율	
	평상시	지진 시
강재 띠형 보강재	1.82	1.35
강재 그리드형 보강재	2.08	1.55
지오신세틱스 보강재	1.50	1.10

(4) 보강재의 장기인장강도는 재료의 역학적 특성, 장기적인 내구성 등을 고려하여 결정한다.

(5) 금속 보강재의 경우는 아연도금두께 86 μm 이상이 되도록 방청처리를 하고, 장기인장강도는 부식을 고려하여 최초 2년간은 15 μm/year, 그 이후에는 4 μm/year, 아연도금이 완전히 손실된 이후에는 12 μm/year의 부식속도를 고려하여 내구연한에 따른 부식두께를 제외한 나머지 두께에 대하여 장기인장강도를 산정한다.

(6) 금속 보강재의 장기인장강도는 내구연한에 따른 부식두께를 제외한 나머지 두께에 대해서 아래 식을 이용하여 평가한다.

$$T_l = \frac{f_y A_c}{b} \quad (3.1\text{-}2)$$

여기서, T_l : 보강재의 장기인장강도(kN/m)
A_c : 장기부식두께를 고려한 보강재의 단면적(m^2)
f_y : 금속 보강재의 항복강도(kN/m^2)
b : 보강재 폭(m)
S_h : 보강재 중심축 사이의 수평간격(m)

(7) 지오신세틱스 보강재의 장기인장강도는 극한인장강도에 장기적인 내구성을 고려한 감소계수를 고려하여 산정한다. 다만, 지오신세틱스 보강재의 장기인장강도는 인장강도 시험 결과 인장변형률 5 %에 해당하는 인장강도보다 크지 않아야 한다.

$$T_l = \frac{T_{ult}}{RF} \quad (3.1\text{-}3)$$

여기서, T_l : 보강재의 장기인장강도(kN/m)
T_{ult} : 지오신세틱스 보강재의 극한인장강도 (kN/m)
$RF = RF_{CR} \times RF_D \times RF_{ID}$
RF_{CR} : 크리프 파단에 대한 감소계수(표 3.1-2 참조)
RF_D : 내구성에 대한 감소계수 (≥ 1.1)
RF_{ID} : 시공손상에 대한 감소계수 (≥ 1.1)

① 지오신세틱스 보강재의 극한인장강도는 최소 평균 롤값(Minimum Average Roll Value, MARV)을 적용하여 산정한다. 여기서, 최소 평균 롤값(MARV)이란 최소값과 평균값 사이의 값으로서 다음과 같이 표현된다.

$$\text{MARV} = \text{평균값} - 2\times(\text{표준편차}) \quad (3.1\text{-}4)$$

② 지오신세틱스 보강재의 감소계수는 내구성, 시공손상, 장기적인 크리프 특성을 고려하며 공인기관에서 수행된 시험결과를 활용한다.
③ 지오신세틱스 보강재의 내구성과 시공손상에 대한 감소계수는 1.1 이상의 값을 사용한다.
④ 지오신세틱스 보강재 크리프 파단에 대한 감소계수의 일반적인 값은 다음과 같다.

표 3.1-2 폴리머 종류에 따른 크리프 감소계수

폴리머 종류	크리프 감소계수
폴리에스테르 (PET)	2.5 ~ 1.6
폴리프로필렌 (PP)	5.0 ~ 4.0
폴리에틸렌 (PE)	5.0 ~ 2.6

(8) 보강재의 인발파괴에 대한 검토는 보강재에 작용하는 최대인장력을 저항영역 내에 근입된 보강재와 흙 사이의 인발저항력이 견디는지에 대하여 검토하며 보강재-흙 사이의 인발저항계수는 공인된 기관에서 수행된 시험결과를 활용한다.
(9) 전면벽체와 보강재 연결부의 강도는 연결부에 작용하는 하중보다 커야 하며, 연결부에 작용하는 하중은 층별 보강재의 최대인장력과 같은 것으로 간주할 수 있다.

3.1.3 뒤채움재료

(1) 뒤채움재료는 KCS 11 80 10 (2.1.3 (2) ~ (3))을 따른다.
(2) 보강토옹벽의 장기적인 안정성을 검토하는 경우 뒤채움 흙의 전단강도정수는 유효전단강도정수(c', ϕ')를 사용한다.

4. 설계

4.1 설계일반

4.1.1 보강토옹벽 적용기준

(1) 보강재의 길이는 전면벽체 기초패드로부터 벽체높이의 0.7배 이상이어야 하며 최소 2.5 m 이상이어야 한다. 실제 보강재 길이는 상재하중과 외력, 보강재와 뒤채움과의 마찰저항력을 고려하여 최종적으로 결정한다.
(2) 보강재의 길이는 전체높이에 걸쳐 동일하게 하며, 특별한 하중조건이나 목적을 위해서 상부나 하부의 보강재 길이를 길게 하거나 짧게 할 수 있다.
(3) 보강재의 수직설치간격은 0.8 m를 초과하지 않아야 하고, 최상단 보강재의 설치 위치는 전면벽체 최상부 표면에서 0.5 m 이내로 한다. 측구, 집수정과 같은 지장물과의 간섭으로 전면벽체 최상부 표면에서 0.5 m 이내에 보강재를 설치할 수 없는 경우에는 상부전도 등 국부적 안정성을 확보할 수 있는 대책을 마련하여야 한다.
(4) 저항영역 내로 설치되는 보강재의 길이는 최소 1.0 m 이상이 되어야 한다.
(5) 보강토옹벽의 근입깊이
① 전면벽체는 기초지반 내로 최소 0.6 m 이상 근입되어야 한다. 다만, 안정성에 문제가 없는 견고한 암반이나 구조물 위에 설치되는 보강토옹벽은 근입시키지 않아도 된다.
② 보강토옹벽이 경사지반에 설치되는 경우에는 벽체 전면에 최소 폭 1.2 m 이상의

소단을 설치하여야 한다.

③ 보강토옹벽 전면 지반이 경사진 경우에는 국부지지력에 대한 안정성을 고려하여 표 4.1-1 및 그림 4.1-1을 참조하여 근입깊이(D_s)를 결정하여야 한다.

표 4.1-1 전면벽체 기초 근입깊이 추천값

벽체 전면 지반의 경사	최소 근입깊이, D_s (m)
수평 (옹벽)	H/20
수평 (교대)	H/10
3H:1V	H/10
2H:1V	H/7
3H:2V	H/5

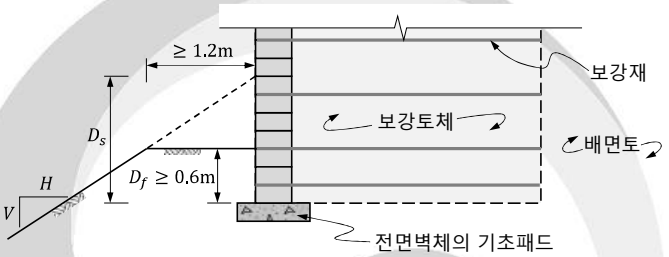


그림 4.1-1 근입깊이의 정의

④ 기초지반이 동상피해가 예상되는 경우는 동결심도 아래까지 근입시키거나 또는 동상피해가 적은 재료로 치환한 후 근입깊이를 최소 0.6 m 이상 확보하여야 한다.

⑤ 수변이나 계곡부에 설치되는 보강토옹벽과 같이 세굴의 우려가 있는 경우에는 세굴에 대한 대책을 수립하여야 하고, 세굴깊이를 제외하고 최소근입깊이 0.6 m 이상을 확보하여야 한다.

(6) 사다리꼴 보강토옹벽

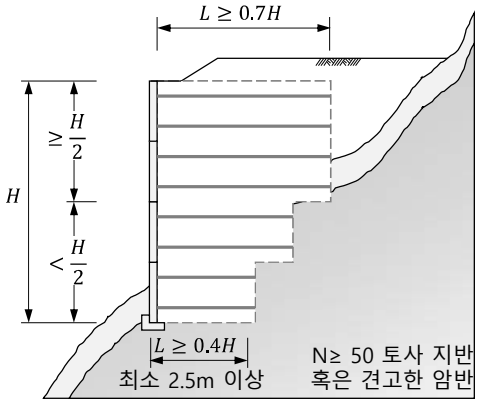


그림 4.1-2 사다리꼴 보강토옹벽

① 표준관입시험 N치 50 이상의 견고한 지반이나 암반을 굴착한 후 보강토옹벽을 설치하는 경우에는 굴착량을 줄이기 위하여 하부 보강재 길이를 감소시킨 사다리꼴 형태의 보강토옹벽으로 적용할 수 있다.
② 사다리꼴 보강토옹벽의 보강재 길이는 보강토옹벽 높이의 0.4배 이상이어야 하고 최소 2.5m 이상이어야 한다. 다만, 상부 1/2 높이에 대해서는 보강토옹벽 높이의 0.7배 이상이어야 한다.
③ 사다리꼴 보강토옹벽의 가상파괴면은 일반적인 보강토옹벽과 동일하게, 직선 또는 이중직선으로 가정할 수 있다.
④ 사다리꼴 보강토옹벽은 전체안정성 및 복합안정성을 검토하여야 한다.

(7) 양단(back-to-back) 보강토옹벽
① 양단 보강토옹벽은 상호간섭의 영향을 고려하지 않고, 일반 보강토옹벽과 동일한 방법으로 안정성을 검토할 수 있다.
② 양단 보강토옹벽의 중첩되는 보강재 길이가 $0.3H_2$(H_2는 낮은 쪽 보강토옹벽 높이) 이상인 때에는 양단(back-to-back) 보강토옹벽의 보강재 길이는 옹벽 높이의 0.6 배 이상이고 최소 2.5 m 이상으로 설계할 수 있다.
③ 양단 보강토옹벽 사이의 거리는 최소 $0.6H_1$(H_1은 높은 쪽 보강토옹벽 높이) 이상이라야 하고, 중첩되는 보강재 길이가 $0.3H_2$(H_2는 낮은 쪽 보강토옹벽 높이) 이상인 때에는 양단 보강토옹벽을 하나의 구조물로 보고 외적안정성과 내적활동에 대한 안정성을 검토하여야 한다.
④ 양단 보강토옹벽의 보강재는 서로 연결하지 않는 것을 원칙으로 한다. 다만, 서로 연결시킨 경우에는 보강재 종류에 상관없이 정지토압계수(K_0)를 적용하여 내적안정성을 검토하여야 한다.

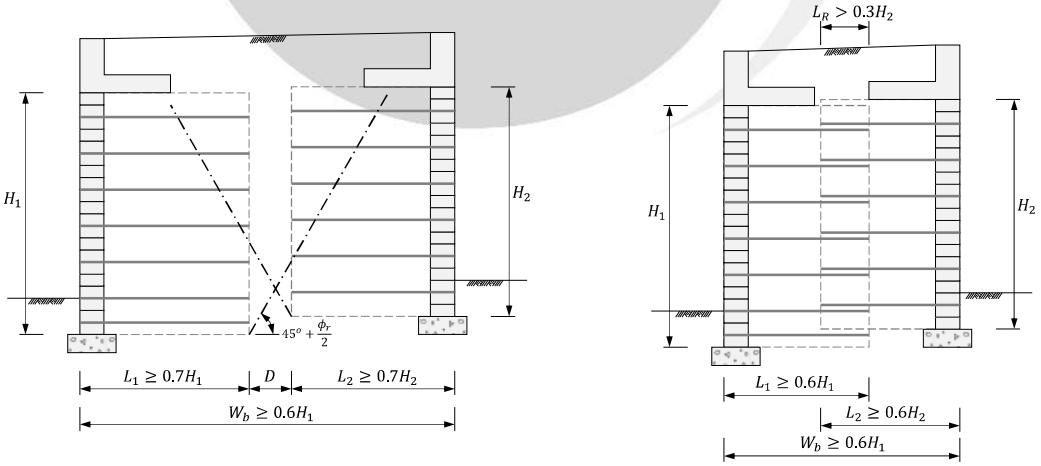


그림 4.1-3 양단 보강토옹벽

(8) 비탈면 보강공으로 보강된 비탈면이나 안정된 구조물 혹은 안정된 지반의 전면에 설치되는 보강토옹벽

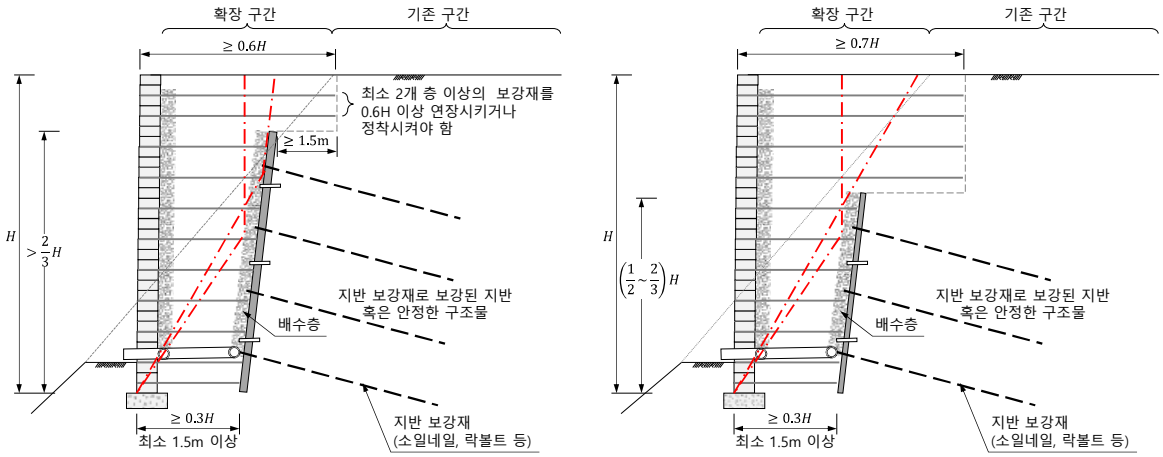


그림 4.1-4 비탈면 보강공으로 보강된 비탈면이나 안정된 구조물 혹은 안정된 지반의 전면에 설치되는 보강토옹벽

① 비탈면 보강공으로 보강된 비탈면이나 안정된 구조물 혹은 안정된 지반의 높이가 보강토옹벽 높이의 1/2을 초과하는 경우에 한하여 이 규정을 적용할 수 있으며, 비탈면 보강공으로 보강된 비탈면이나 안정된 구조물의 설계 수명은 보강토옹벽의 설계 수명보다 길어야 한다.

② 뒤채움재료는 No.200체 통과율이 15 % 이하, 균등계수(C_U)가 4 이상, 소성지수(PI)는 6 이하, 내부마찰각은 30° 이상인 입도분포가 양호한 양질의 사질토를 사용하여야 하고, 비탈면 보강공으로 보강된 비탈면이나 안정된 구조물 혹은 안정된 지반과의 접촉면에는 배수시설을 설치하여야 한다.

③ 보강재 길이는 옹벽 높이의 0.3 배 이상이고 최소 1.5 m 이상이어야 하고, 보강재의 수직간격은 최대 0.6 m 이하이어야 한다.

④ 상단 2 개층 이상의 보강재를 비탈면 보강공으로 보강된 비탈면이나 안정된 구조물 혹은 안정된 지반에 정착시키거나, 비탈면 보강공으로 보강된 비탈면이나 안정된 구조물 혹은 안정된 지반 너머로 최소 1.5 m 이상 연장시켜야 하고, 연장된 보강재의 길이는 옹벽 높이의 0.6 배 이상이어야 한다. 다만, 비탈면 보강공으로 보강된 비탈면이나 안정된 구조물 혹은 안정된 지반의 높이가 보강토옹벽 높의 2/3보다 작은 때에는 연장된 보강재 길이가 보강토옹벽 높이의 0.7배 이상이어야 한다.

⑤ 활동 및 전도에 대한 안정성 검토는 생략할 수도 있으나, 지반지내력(지지력 및 침하)에 대한 안정성 검토는 수행하여야 하고, 기초지반 내로 유로 조성 여부를 검토하고 필요시 대책을 수립하여야 한다.

⑥ 층별 보강재의 최대인장력(T_{max}) 산출 및 보강재 파단에 대한 안정성 검토는 일반 보강토옹벽과 동일한 방법으로 실시할 수 있다.

⑦ 가상파괴면은 일반 보강토옹벽과 같지만, 가상파괴면이 비탈면 보강공으로 보강된 비탈면이나 안정된 구조물 혹은 안정된 지반과 간섭되는 경우에는 접촉면을 따르

는 것으로 가정한다.

⑧ 인발파괴에 대한 안전율은 활동영역의 파괴를 방지하기 위하여 필요한 소요보강재 인장력의 합(T_{MAX})과 저항영역에 묻힌 보강재의 인발저항력의 합(ΣP_r)의 비율로 계산하며, 보강재 길이가 옹벽 높이의 0.4 배 이하인 경우에는 2.0 이상, 보강재 길이가 옹벽 높이의 0.4 배를 초과하는 경우에는 1.5 이상이어야 한다.

⑨ 전체안정성 및 복합안정성을 검토하여야 한다.

⑩ 내진설계를 수행하여야 한다.

가. 지진 시 안정성 검토에서는 보강토체의 지진관성력을 고려하여 활동, 전도, 지반지지력에 대한 안정성을 검토한다.

나. 지진 시 인발파괴에 대한 안전율은 활동영역의 지진관성력을 포함하여 활동영역의 파괴를 방지하기 위하여 필요한 소요보강재 인장력의 합과 인발저항력의 합의 비율로 계산하고, 보강재 길이가 옹벽 높이의 0.4 배 이하인 경우에는 1.5 이상, 0.4 배를 초과하는 경우에는 1.1 이상이어야 한다.

(9) 발주자의 요구 또는 현장 여건에 따라 다단식 보강토옹벽으로 설계할 경우에는 상하단 옹벽의 이격거리(소단 폭)를 고려한 안정해석을 수행하여 안전성을 확보하여야 한다.

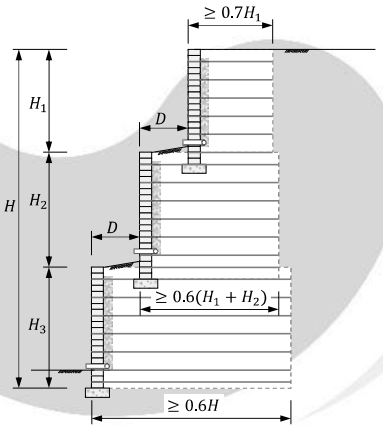


그림 4.1-5 다단식 보강토옹벽

① 산지관리법에 따른 산지에 계획된 높이 5 m 이상의 보강토옹벽은 관련 법령에 따라 다단식으로 설계하는 것을 원칙으로 한다.

② 다단식 보강토옹벽 소단 폭은 배수층 설치 및 다짐 등 시공성, 안정성과 시공 후 유지관리 편의성을 확보할 수 있도록 정하여야 한다.

③ 다단식 보강토옹벽에서 보강재 길이는 최소 2.5 m 이상이어야 한다.

가. 최상단 옹벽의 보강재 길이는 최상단 옹벽 높이의 0.7 배 이상이어야 한다.

나. 아랫단 옹벽의 보강재 길이는 그 상단 옹벽 전부를 포함한 높이의 0.6 배 이상이어야 한다.

④ 다단식 보강토옹벽의 안정성 검토는 상단에서 하단으로 순차적으로 진행하여 상단

옹벽의 하중이 하단 옹벽에 누적되어 반영되도록 하여야 하고, 하부 지층 조건을 고려하여 전체안정성 및 복합안정성에 대하여 검토하여야 한다.

(10) 두 벽체의 교차각이 70° 이하인 우각부 및 곡선부의 설계는 되도록 피해야 한다. 다만 두 벽체의 교차각이 70° 이하인 우각부 또는 곡선부의 설계가 불가피한 경우, 두 벽체 사이의 간격이 (1)항에 의하여 결정된 소요 보강재 길이 보다 작은 부분은 두 벽체의 보강재를 서로 연결하도록 설계하고 정지토압계수를 적용하여 그림 4.1-6과 같이 내적안정성을 검토하여야 한다.

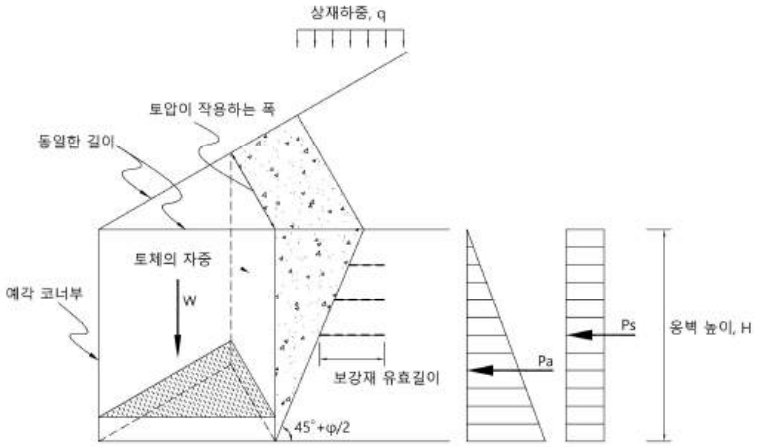


그림 4.1-6 70° 이하 예각부 안정성 검토 방법

4.2 내진설계 여부

(1) 다음에 해당하는 보강토옹벽은 내진설계를 수행하여야 한다.

① 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법 시행령에 의해 2종 시설물로 분류되는 규모인 경우

② 보강토옹벽 상부와 하부의 피해범위 내에 내진설계를 요하는 주구조물이나 1, 2종 시설물 또는 인접한 공중이용시설이나 가옥, 고정시설물이 있는 경우

③ 기타 발주자가 요구하거나 설계자가 필요하다고 판단하는 경우

4.3 검토항목

(1) 보강토옹벽의 안정해석은 외적안정해석과 내적안정해석으로 구분하여 수행한다.

(2) 외적안정과 내적안정에서 검토하는 항목은 다음과 같다.

① 외적안정: 저면활동, 지지력, 전도, 전체안정성, 침하에 대한 안정성

② 내적안정: 인발파괴, 보강재파단, 내적활동, 보강재와 전면벽체의 연결부 파단

(3) 보강토옹벽의 우각부 등의 경우에는 파괴조건 및 보강재에 작용하는 하중조건이 달라질 수 있으므로 이를 고려하여 설계한다.

4.4 안전율 기준

(1) 보강토옹벽의 안정해석에서 안전율은 표 4.4-1의 기준안전율 이상이어야 한다. 지진시는 지진하중을 고려하여 검토한다.

표 4.4-1 보강토옹벽의 기준안전율

구분	검토항목	평상시	지진 시	비고
외적안정	저면활동	1.5	1.1	
	전 도	2.0	1.5	
	지지력	2.5	2.0	
	전체 및 복합 안정성	1.5	1.1	비탈면에 설치된 옹벽이거나 다단식옹벽의 경우 복합안정성 검토
내적안정	인발파괴	1.5	1.1	
	보강재 파단	1.0	1.0	
	내적활동	1.5	1.1	보강재 층을 따른 활동
	상부전도	1.5	1.1	최상단 보강재 층 상부의 보강되지 않은 전면벽체의 전도(필요시)

* 전도에 대한 안정은 수직합력의 편심거리 e에 대한 다음 식으로도 평가할 수 있다.
  평상시, $e \le L/6$: 기초지반이 흙인 경우,
  $e \le L/4$: 기초지반이 암반인 경우
  지진 시, $e \le L/4$: 기초지반이 흙인 경우,
  $e \le L/3$: 기초지반이 암반인 경우
* 보강재 파단에 대한 안전율은 보강재의 장기설계인장강도를 적용하므로 1.0으로 한다.

(2) 보강토옹벽이 쌓기 또는 깎기 비탈면의 일부인 때의 전체 및 복합안정성 검토는 KDS 11 70 05 (4.3, 4.4) 및 KDS 11 90 00을 따른다.

(3) 보강토옹벽 시공 중 및 시공 후에 물의 영향을 최소화할 수 있도록 배수체계를 갖추어야 하고, 수변에 설치되는 보강토옹벽과 같이 시공 중 및 시공 후 물의 영향을 무시할 수 없는 경우에는 수압 및 부력을 고려하여 안정성을 검토하여야 한다.

4.5 외적안정해석

(1) 보강토옹벽은 보강토체가 외력에 저항하여 중력식 옹벽의 역할을 하므로, 보강토옹벽의 외적안정해석은 중력식 옹벽과 같은 방법으로 다음의 각 항목에 대한 안정해석을 수행한다.

① 저면활동에 대한 검토
② 전도에 대한 검토
③ 지지력에 대한 검토
④ 전체안정성에 대한 검토

(2) 보강토옹벽은 사용성과 외관상 과도한 부등침하나 횡방향 변위가 발생하지 않아야 하며 보강토옹벽의 길이에 대한 부등침하량의 비율이 패널식 전면벽체의 경우 1 % 이내, 블록식의 경우는 0.5 % 이내, 연성 전면벽체의 경우 2 % 이내가 되도록 하며, 이

범위를 초과하는 부등침하가 우려되는 경우에는 부등침하에 대한 대책을 수립하여야 한다.

(3) 비교적 균등한 보강재 간격을 갖는 수직 보강토옹벽에서는 활동파괴면이 보강영역과 비보강 영역을 동시에 통과하는 복합활동파괴가 발생하지 않으나, 다음과 같이 복잡한 조건이 존재하는 경우 복합 안정성에 대한 검토가 고려되어야 한다.

① 보강재의 종류나 길이가 높이에 따라 변하는 경우
② 큰 상재하중이 작용하는 경우
③ 전면벽체가 경사진 구조의 경우
④ 보강토옹벽이 높은 비탈면 위에 위치하는 경우
⑤ 보강토옹벽 상부에 높이가 높은 쌓기비탈면이 계획된 경우
⑥ 2단 이상의 다단식 보강토옹벽이 설치될 경우
⑦ 보강토옹벽이 비탈면 보강공으로 보강된 비탈면이나 안정된 지반 혹은 안정된 구조물의 전면에 설치되는 경우

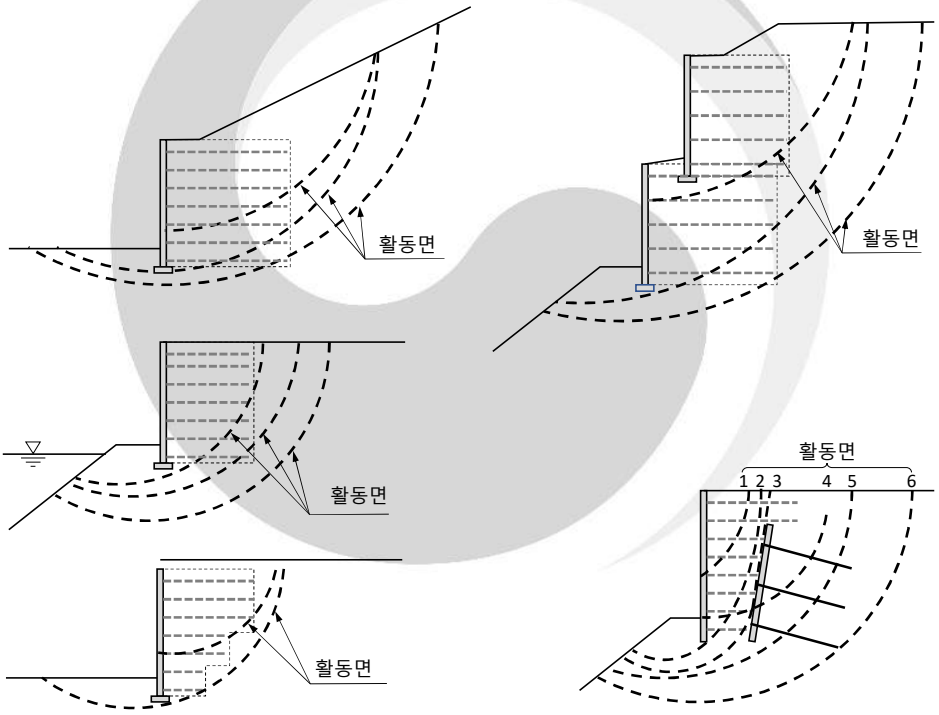


그림 4.5-1 복합 안정성 검토가 중요한 일반적인 예

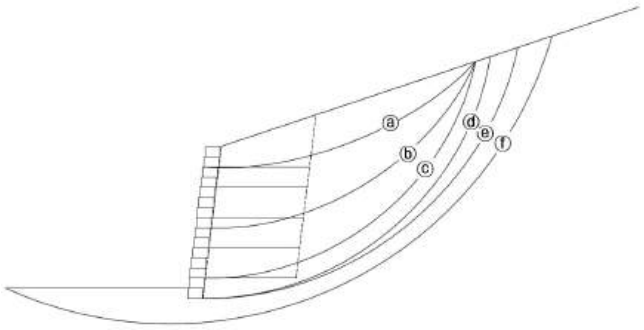


그림 4.5-2 잠재 파괴면에 대한 안정성 평가 (ⓐ~ⓔ: 복합 안정성, ⓕ: 전체 안정성)

4.6 내적안정해석

(1) 보강토옹벽의 내적안정해석은 보강토체를 활동영역과 저항영역으로 나누고, 각각의 보강재에 발생하는 최대인장력(T_{max})을 계산한 후 보강재의 인장파괴와 보강재가 저항영역으로부터 빠져나오는지의 인발파괴에 대하여 검토한다.

(2) 가상파괴면은 각 보강재층에서 최대인장력(T_{max}) 발생 위치를 연결한 선이며 형상은 벽체 저면에서 대수나선형태로 발생한다. 안정해석의 간편성을 위하여 직선 또는 이중직선으로 가정할 수 있다.

(3) 가상파괴면에서 각각의 보강재에 작용하는 최대인장력(T_{max})은 각 보강재 위치에서 작용하는 수평토압과 보강재의 수직설치 간격을 고려하여 계산한다.

(4) 층별 보강재의 장기설계인장강도(T_a)와 안전율을 고려한 인발저항력(P_r/FS_{po})이 각각의 보강재 위치에서 구한 최대인장력(T_{max})보다 커야 한다.

(5) 내적활동에 대한 안정성

① 내적활동은 보강재 층을 따른 활동파괴로 저면활동에 대한 안정성 검토와 같은 방법으로 검토한다.

② 보강재 층을 따른 저항력은 흙의 마찰계수($\tan\phi$)에 흙/보강재 접촉면 마찰효율(C_{ds})을 고려하여 산정하여야 한다. 이때, 접촉면 마찰효율(C_{ds})은 흙/보강재 접촉면 마찰시험을 통하여 결정하여야 하며, 시험결과가 없을 때는 C_{ds} = 0.67을 사용할 수 있다.

4.7 지진 시 안정해석

4.7.1 지진 시 안정해석 일반사항

(1) 지진 시 보강토옹벽의 안정해석에서 고려하는 하중은 정적상태에서 작용하는 하중과 지진에 의해 작용하는 지진관성력 및 동적토압이며, 일시적인 상재하중은 고려하지 않는다.

(2) 지진관성력은 보강된 토체의 중량에 의해 작용하는 지진하중이며, 지진관성력을 받는 토체의 자중과 수평지진계수를 곱하여 산정하고 지진관성력을 받는 토체의 도심에

수평으로 작용시킨다.

(3) 동적토압은 지진관성력을 받는 토체 뒷부분의 파괴쐐기에 의해 보강토체에 작용하는 토압이며 파괴흙쐐기의 자중과 수평지진계수를 곱하여 산정한 토압이며 Mononobe-Okabe(유사정적해석법)의 방법을 이용하여 산정한다.

4.7.2 지진 시 외적안정해석

(1) 지진 시 외적안정해석에는 이 기준의 4.5에서와 동일하게 다음의 사항을 검토한다.

① 저면활동에 대한 검토

② 전도에 대한 검토

③ 지지력에 대한 검토

④ 전체안정성에 대한 검토

(2) 외적안정해석에서는 정적하중, 지진관성력, 동적토압 증가분의 1/2만 작용시켜 안정해석을 실시하며, 지진관성력은 토체의 중심에, 동적토압 증가분은 $0.6H_2$(H_2는 동적토압 작용높이)에 작용시킨다.

(3) 외적안정해석에서 지진관성력은 관성력의 영향을 받는 보강토체의 자중과 지진계수를 곱하여 산정한다.

4.7.3 지진 시 내적안정해석

(1) 지진 시의 내적안정해석은 정적상태의 최대인장력($T_{\max}$)과 지진관성력에 의해 각각의 보강재에 추가되는 인장력(T_{md})에 대하여 보강재의 인장파괴와 인발파괴가 발생하지 않도록 하여야 한다.

(2) 내적안정해석에서 지진관성력은 활동영역의 자중과 지진계수를 곱하여 산정하고, 저항영역 내의 각각의 보강재가 차지하는 면적비율로 지진관성력을 분담하는 것으로 하여야 한다.

(3) 지진 시 내적안정해석은 각각의 보강재 위치에서 정적상태의 최대인장력($T_{\max}$)과 지진에 의해 추가되는 인장력(T_{md})을 고려하여 정적상태와 동일한 방법으로 계산한다. 다만, 지오신세틱스 보강재에 대해서는 지진 시 추가되는 인장력(T_{md})에 대하여 크리프 감소계수를 고려하지 않는다.

(4) 지진 시 내적활동에 대한 안정성

① 지진 시 내적활동에 대한 안정성은 각각의 보강재 층에 대하여 지진 시 저면활동에 대한 안정성 검토와 같은 방법으로 검토한다.

4.8 보강토옹벽의 배수시설

(1) 보강토옹벽으로 유입될 수 있는 잠재적인 지표수원이나 지하수위 등을 사전에 파악하고 이에 대한 적절한 배수대책을 수립하여야 한다.

(2) 보강토체에 이용되는 뒤채움재료는 배수성이 양호한 양질의 토사를 이용하지만, 다량

의 배면 유입수로 보강토체가 포화되면 흙의 전단강도 및 흙과 보강재 사이의 인발 저항력이 급격히 저하하여 불안한 상태가 될 수 있으므로 보강토체로 유입될 수 있는 수량의 과다에 따라 배수시설을 설치하여야 하고, 필요시 차수막의 설치도 고려하여야 한다.

(3) 보강토옹벽에 적용하는 배수시설의 종류는 다음과 같다.

① 보강토체 내부 배수시설

가. 전면벽체 배면의 자갈, 쇄석 등 배수층 및 암거

나. 전면벽체 배면의 지오신세틱스 배수재

다. 보강토체 내부의 수평배수층

② 보강토체 외부 배수시설

가. 벽체상부 지표수 유입을 방지하기 위한 지표면 차수층 및 배수구

나. 보강토옹벽 배면에서 유입되는 용수 처리를 위한 보강토체와 배면토체 사이의 경계면 배수층

다. 다단식 보강토옹벽의 소단부 지표수 유입을 방지하기 위한 배수시설 또는 차수시설

(4) 전면벽체 부근의 배수처리 및 뒤채움재료의 유실을 방지하기 위해 전면벽체 배면에 자갈필터층을 두께 0.3 m 이상 설치하여야 하며, 뒤채움재에 배수층으로 침투할 가능성이 있는 세립질의 모래가 포함된 경우 뒤채움재의 유출을 억제하기 위해 부직포 등의 필터용 지오신세틱스를 추가 적용할 수 있다.

(5) 침수 시의 대책

① 보강토체가 수중에 잠기는 경우, 내외수면이 같아지도록 투수성이 양호한 뒤채움재료를 사용하여야 한다. 또한 전면벽체 또는 전면보호재의 이음부에도 원활한 배수가 가능하고 토립자의 유실을 방지할 수 있는 필터재를 적용하여야 한다.

② 보강토옹벽 전면 및 기초지반의 침식 및 세굴에 대해서도 저항할 수 있도록 설계하여야 한다.

(6) 보강토옹벽 배수시설 종점부는 인근 배수시설에 연결하여 원활한 배수가 되도록 하여야 한다.

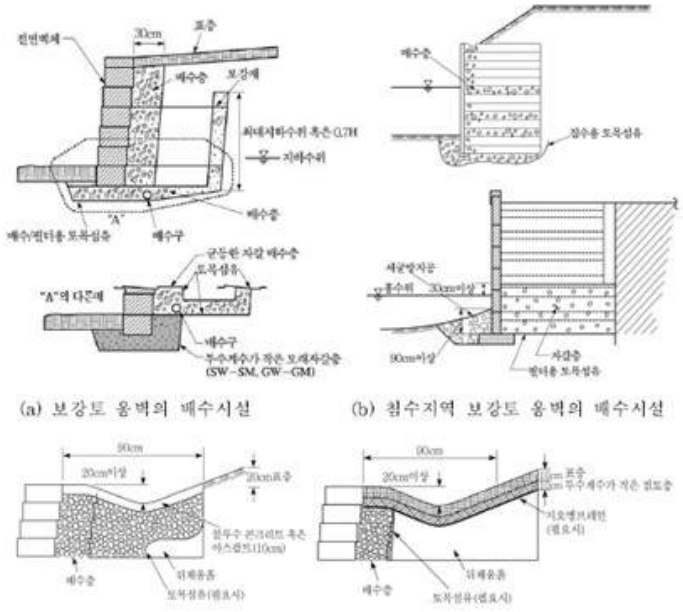


그림 4.8-1 보강토옹벽의 배수시설 적용 예

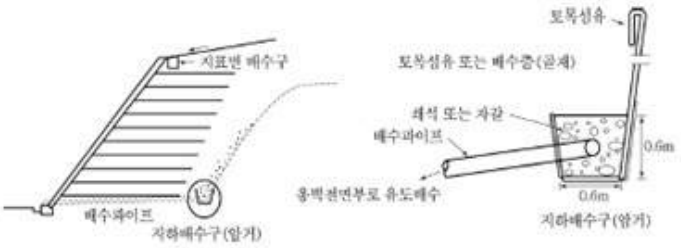


그림 4.8-2 보강토 비탈면의 배수시설 적용 예

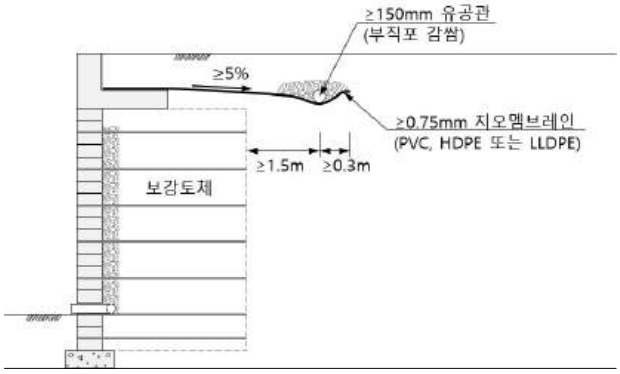


그림 4.8-3 보강토옹벽 상부 차수시설 설치 예

4.9 점검 및 유지관리

(1) 보강토옹벽이 급경사지 재해예방에 관한 법률 또는 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법에 의해 정기적인 안전점검 대상시설에 해당하는 경우 점검자 및 유지관리

자가 배수시설, 전면, 배면, 소단 등을 원활하게 점검하기 위한 점검 동선이 확보되도록 점검로를 계획하여야 한다.

집필위원

성 명	소 속	성 명	소 속
김경모	서강이엔씨(주)	조인휘	㈜아이디어스
유승경	명지전문대학	한상재	㈜지구환경전문가그룹
유중조	㈜골든포우	홍기권	한라대학교

자문위원

성 명	소 속	성 명	소 속
김홍관	FITI시험연구원	이태민	㈜구마에스앤씨
안영천	인터지오	정은광	㈜리웰테크

국가건설기준센터 및 건설기준위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
이영호	한국건설기술연구원	정문경	한국건설기술연구원
김기현	한국건설기술연구원	강대규	㈜한가람
김나은	한국건설기술연구원	김기석	㈜희송지오텍
김민관	한국건설기술연구원	김기연	㈜경동엔지니어링
김재훈	한국건설기술연구원	김만일	산림조합중앙회
김희석	한국건설기술연구원	박재현	한국수자원공사
류상훈	한국건설기술연구원	송 훈	㈜동해종합기술공사
안준혁	한국건설기술연구원	여규권	삼부토건(주)
원훈일	한국건설기술연구원	정재형	한국건설기술연구원
유영수	한국건설기술연구원		
이상규	한국건설기술연구원		
이소정	한국건설기술연구원		
이승재	한국건설기술연구원		
이승환	한국건설기술연구원		
이용수	한국건설기술연구원		
이원종	한국건설기술연구원		
주영경	한국건설기술연구원		
최봉혁	한국건설기술연구원		
허원호	한국건설기술연구원		

중앙건설기술심의위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
김상철	㈜삼안	민영욱	특수건설
김선백	대우건설	송영석	한국지질자원연구원
김성호	대보건설	장범수	한국건설품질연구원
문인기	엠플러스이엔씨(주)		

국토교통부

성 명	소 속	성 명	소 속
권미정	기술혁신과	신중호	기술혁신과
양성모	기술혁신과		

(분야별 가나다순)

KDS 11 80 10 : 2025

보강토옹벽

2025년 12월 24일 개정

소관부서 국토교통부 기술혁신과

관련단체 국토안전관리원
52856 경상남도 진주시 에나로128번길 24 윤현빌딩 (충무공동 289-3)
Tel : 1588-8788 E-mail : kisteckr@kistec.or.kr
http://www.kistec.or.kr

작성기관 (사)한국지반신소재학회
04376 서울특별시 용산구 새창로 213-12 한강현대하이엘 1003호
Tel : 02-583-2167 E-mail : kgss-adm@kgss.or.kr
http://www.kgss.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 11 00 00 지반 설계기준

설계기준 Korean Design Standard

KDS 11 80 15 : 2025

돌망태옹벽

2025년 12월 24일 개정

http://www.kcsc.re.kr

국토교통부

KC CODE

건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

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

건설기준 연혁

- 건설기준은 건설기술진흥법 제44조 및 같은법 시행령 제65조에 따라 건설공사의 안전성, 경제성, 성능 및 품질 확보를 위하여 제정 및 개정하였다.

- 건설기준은 건설기준 코드체계 전환(2016)에 따라 단행본 체계의 건설기준(설계기준, 표준시방서)간 중복·상충을 비교 검토하여 건설기준 코드 전환 정비하였다(국토교통부 고시 제2016-438호, 2016년 7월 6일).

- 건설기준의 연혁은 아래와 같다.

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년.월)
건설공사 비탈면 설계기준	• 건설공사 비탈면 설계기준 제정	제정 (2006.05)
건설공사 비탈면 설계기준	• 건설공사 비탈면 설계기준 개정	개정 (2009.12)
건설공사 비탈면 설계기준	• 건설공사 비탈면 설계기준 개정	개정 (2011.12)
KDS 11 80 15 : 2016	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비함	제정 (2016.07)
KDS 11 80 15 : 2016	• 한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함	수정 (2018.07)
KDS 11 80 15 : 2020	• 건설기준코드의 사용성, 적합성, 신뢰성 향상을 위해 적합성 평가를 실시 후 코드에 반영함	개정 (2020.12)
KDS 11 80 15 : 2025	• 현장여건을 고려하여 돌망태옹벽의 근입깊이 기준을 개정	개정 (2025.12)

제　　정 : 2016년 7월 6일	개　　정 : 2025년 12월 24일
심　　의 : 중앙건설기술심의위원회	자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회
소관부서 : 국토교통부 기술혁신과	
관련단체 : 국토안전관리원	작성기관 : (사)한국지반신소재학회

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

목 차

1. 일반사항 ····· 1

1.1 목적 ····· 1

1.2 적용 범위 ····· 1

1.3 참고 기준 ····· 1

1.4 용어의 정의 ····· 1

1.5 기호의 정의 ····· 1

1.6 해석과 설계원칙 ····· 1

2. 조사 및 계획 ····· 2

3. 재료 ····· 2

3.1 일반사항 ····· 2

3.2 재료특성 ····· 2

4. 설계 ····· 2

4.1 설계일반사항 ····· 3

4.2 안전율기준 ····· 3

4.3 내적안정해석(돌망태 자체의 안정해석) ····· 3

4.4 돌망태옹벽의 외적안정해석 ····· 3

4.5 지진 시 안정해석 ····· 4

4.6 돌망태옹벽의 배수시설 ····· 4

1. 일반사항

1.1 목적

(1) 이 설계기준은 돌망태옹벽에 대한 일반적인 설계기준과 설계방법을 제시하는 것을 목적으로 한다.

1.2 적용 범위

(1) 이 기준은 철재 돌망태를 여러 단으로 쌓아 올려 만든 옹벽의 설계에 적용한다.

(2) 뒤채움 내에 보강재를 삽입하고 전면을 돌망태로 쌓은 옹벽은 보강토 옹벽의 기준을 따른다.

1.3 참고 기준

1.3.1 관련 법규

내용 없음

1.3.2 관련 기준

- KDS 11 80 05 콘크리트옹벽
- KS D 7011 아연도금철선
- KS D 7019 6각 철망
- KS D 7036 염화 비닐 피복 철선
- KS D 7037 알루미늄 도금 철선 및 강선

1.4 용어의 정의

내용 없음

1.5 기호의 정의

내용 없음

1.6 해석과 설계원칙

1.6.1 돌망태옹벽 적용기준

(1) 돌망태옹벽을 수직전면형으로 설치하는 경우는 시공 중 변형과 장기적인 안정성을 고려하여 전면부분이 6° ~ 10° 이상 뒤로 경사지게 설치한다.

(2) 돌망태의 자중은 돌망태가 모두 지지하도록 배치하며 뒤채움재에 걸쳐 있는 형태로 설치해서는 안 된다.

(3) 돌망태옹벽은 일반적으로 기초지반 내로 최소 0.5 m 이상 근입되도록 하고, 경사지반

의 경우에는 0.6 m 이상이 기초지반에 근입되도록 한다.

(4) 기초지반이 동상피해가 예상되는 경우는 동결심도 아래까지 근입시키거나 또는 동상피해가 적은 재료로 치환한 후 근입깊이를 최소 0.6 m 이상 확보해야 한다.

(5) 수변 구조물과 같이 세굴의 우려가 있는 경우에는 세굴에 대한 대책을 수립해야 하며, 세굴깊이를 제외한 근입깊이가 최소 0.6 m 이상 확보되어야 한다.

(6) 돌망태옹벽의 형태를 유지하는 철망은 방청처리가 되어있지만 시공 중 손상 등의 가능성이 있으므로 산성지반이나 산성오염수가 있는 조건에서는 적용을 주의한다.

2. 조사 및 계획

내용 없음

3. 재료

3.1 일반사항

내용 없음

3.2 재료특성

3.2.1 돌망태

(1) 돌망태에 사용하는 철망은 KS D 7011(아연도금 철선), KS D 7017(용접 철망), KS D 7019(6각 철망), KS D 7036(염화비닐 피복철선), KS D 7037(알루미늄 도금철선 및 강선) 또는 이에 준하는 기준에 적합한 재료를 사용해야 하며, 제작방식에 상관없이 부식방지를 위한 처리가 되어 있어야 한다.

(2) 철망의 일부가 부식 또는 시공 중 손상 등의 이유로 부분적인 파손이 발생하더라도 원래의 형상을 유지하고 옹벽의 기능을 수행할 수 있도록 즉시 보수가 가능해야 한다.

(3) 돌망태의 철망은 상부 돌망태의 하중에 의한 측압에 의해 터지지 않을 강도여야 한다.

3.2.2 돌망태 채움재

(1) 돌망태 채움재는 돌망태옹벽 자체의 중량을 견딜 수 있고 장기적인 내구성을 가진 재료를 사용해야 한다.

(2) 돌망태 채움재는 철망을 빠져나가지 않도록 망눈의 최대치수보다 큰 것을 사용하되 250 mm 보다 작은 것을 사용하고 풍화에 약한 퇴적암 계열의 암석은 사용하지 않는다.

4. 설계

4.1 설계일반

4.1.1 검토항목

(1) 돌망태옹벽의 안정해석은 옹벽을 중력식 옹벽으로 간주하여 외적안정성을 검토한다.
(2) 뒤채움과 상재하중에 의해 발생하는 횡방향 토압에 대한 돌망태옹벽 자체의 파괴에 대해 검토한다.

4.1.2 내진설계여부

(1) 일정규모 이상의 중요도가 있는 돌망태옹벽이거나 또는 돌망태옹벽의 상부나 하부에 파괴로 인한 피해 범위 내에 중요 고정시설물이 있는 경우에는 필요에 따라 지진시의 안정성 검토를 수행한다.

4.2 안전율기준

(1) 돌망태옹벽의 안정해석에서 안전율은 표 4.2-1의 기준안전율 이상이어야 한다. 지진시는 지진하중을 고려하여 검토한다.

표 4.2-1 돌망태옹벽의 기준안전율

구분	검토항목	평상시	지진 시
외적 안정	활 동	1.5	1.1
	전 도	1.5	1.1
	지지력	2.5	2.0
	전체 안정성	1.5	1.1
돌망태옹벽 자체의 파괴		2.0	1.1

4.3 내적안정해석(돌망태 자체의 안정해석)

(1) 돌망태 자체의 안정해석은 각 돌망태 높이에서 옹벽배면에서 작용하는 수평 토압보다 각 돌망태 층사이의 저항력이 커야 한다. 본체의 안정해석에서 사용하는 토압은 가상배면에 작용하는 주동토압을 사용한다. 가상 배면은 돌망태옹벽과 뒤채움 사이의 경계면으로 한다.

4.4 돌망태옹벽의 외적안정해석

(1) 돌망태옹벽의 외적안정해석은 다음의 각 항목에 대한 안정해석을 수행하며, KDS 11 80 05 콘크리트 옹벽의 설계와 동일하게 수행한다.
① 활동에 대한 검토
② 전도에 대한 검토
③ 지지력에 대한 검토

④ 전체안정성에 대한 검토

(2) 돌망태옹벽의 자중은 돌망태 채움재에 사용하는 채움돌의 단위중량을 토대로 계산한다. 자중은 옹벽단면의 도심에 수직으로 작용하는 것으로 한다.

(3) 돌망태옹벽에 작용하는 토압은 Coulomb 토압이론을 이용하여 계산하며, 전 토압은 옹벽상부 끝점과 옹벽하부 끝점을 연결하는 가상 배면의 1/3 위치에 작용시킨다. 뒤채움 형태 또는 상재하중의 형태가 복잡한 경우에는 시행쐐기방법을 이용할 수 있다.

4.5 지진 시 안정해석

(1) 돌망태옹벽에 대한 지진 시의 안정해석은 KDS 11 80 05(4.5)를 참조한다.

4.6 돌망태옹벽의 배수시설

(1) 돌망태옹벽은 옹벽자체가 배수성 구조물로서 일반적으로 별도의 배수시설을 필요로 하지 않는다. 따라서, 배면 토사의 유실을 방지하기 위해 돌망태옹벽과 배면 사이에는 필터 역할을 할 수 있는 지오신세틱스(geosynthetics)를 설치해야 한다.

(2) 옹벽배면으로부터 지하수 및 지표수가 유입되는 지형이거나 옹벽전면에서 옹벽방향으로 표면수가 유입되는 지형에서는 이를 처리하기 위한 암거 및 지표수 배수시설을 상황에 맞게 설치한다.

(3) 돌망태옹벽에 적용하는 배수시설의 종류는 다음과 같다.

① 돌망태 뒤채움 내부 배수시설

가. 뒤채움 내부의 수평배수층

나. 배수용 뒤채움재 및 암거

② 돌망태 외부에 배수시설

가. 옹벽배면 지표수 유입을 방지하기 위한 배수구

집필위원

성 명	소 속	성 명	소 속
김경모	서강이엔씨(주)	조인휘	㈜아이디어스
유승경	명지전문대학	한상재	㈜지구환경전문가그룹
유중조	㈜골든포우	홍기권	한라대학교

자문위원

성 명	소 속	성 명	소 속
김홍관	FITI시험연구원	이태민	㈜구마에스앤씨
안영천	인터지오	정은광	㈜리월테크

국가건설기준센터 및 건설기준위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
이영호	한국건설기술연구원	정문경	한국건설기술연구원
김기현	한국건설기술연구원	강대규	㈜한가람
김나은	한국건설기술연구원	김기석	㈜희송지오텍
김민관	한국건설기술연구원	김기연	㈜경동엔지니어링
김재훈	한국건설기술연구원	김만일	산림조합중앙회
김희석	한국건설기술연구원	박재현	한국수자원공사
류상훈	한국건설기술연구원	송 훈	㈜동해종합기술공사
안준혁	한국건설기술연구원	여규권	삼부토건(주)
원훈일	한국건설기술연구원	정재형	한국건설기술연구원
유영수	한국건설기술연구원		
이상규	한국건설기술연구원		
이소정	한국건설기술연구원		
이승재	한국건설기술연구원		
이승환	한국건설기술연구원		
이용수	한국건설기술연구원		
이원종	한국건설기술연구원		
주영경	한국건설기술연구원		
최봉혁	한국건설기술연구원		
허원호	한국건설기술연구원		

중앙건설기술심의위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
김상철	㈜삼안	민영욱	특수건설
김선백	대우건설	송영석	한국지질자원연구원
김성호	대보건설	장범수	한국건설품질연구원
문인기	엠플러스이엔씨(주)		

국토교통부

성 명	소 속	성 명	소 속
권미정	기술혁신과	신중호	기술혁신과
양성모	기술혁신과		

(분야별 가나다순)

KDS 11 80 15 : 2025
돌망태옹벽

2025년 12월 24일 개정

소관부서 국토교통부 기술혁신과

관련단체 국토안전관리원
52856 경상남도 진주시 에나로128번길 24 윤현빌딩 (충무공동 289-3)
Tel : 1588-8788 E-mail : kisteckr@kistec.or.kr
http://www.kistec.or.kr

작성기관 (사)한국지반신소재학회
04376 서울특별시 용산구 새창로 213-12 한강현대하이엘 1003호
Tel : 02-583-2167 E-mail : kgss-adm@kgss.or.kr
http://www.kgss.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 11 00 00 지반 설계기준

설계기준 Korean Design Standard

KDS 11 80 20 : 2025

기대기옹벽

2025년 12월 24일 개정

http://www.kcsc.re.kr

국토교통부

KC CODE

건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

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

건설기준 연혁

- 건설기준은 건설기술진흥법 제44조 및 같은법 시행령 제65조에 따라 건설공사의 안전성, 경제성, 성능 및 품질 확보를 위하여 제정 및 개정하였다.

- 건설기준은 건설기준 코드체계 전환(2016)에 따라 단행본 체계의 건설기준(설계기준, 표준시방서)간 중복·상충을 비교 검토하여 건설기준 코드 전환 정비하였다(국토교통부 고시 제2016-438호, 2016년 7월 6일).

- 건설기준의 연혁은 아래와 같다.

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년.월)
건설공사 비탈면 설계기준	• 건설공사 비탈면 설계기준 제정	제정 (2006.05)
건설공사 비탈면 설계기준	• 건설공사 비탈면 설계기준 개정	개정 (2009.12)
건설공사 비탈면 설계기준	• 건설공사 비탈면 설계기준 개정	개정 (2011.12)
KDS 11 80 20 : 2016	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비함	제정 (2016.07)
KDS 11 80 20 : 2016	• 한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함	수정 (2018.07)
KDS 11 80 20 : 2020	• 건설기준코드의 사용성, 적합성, 신뢰성 향상을 위해 적합성 평가를 실시 후 코드에 반영함	개정 (2020.12)
KDS 11 80 20 : 2025	• 건설기준코드의 허용안전율 정의 등을 개정	개정 (2025.12)

제　　정 : 2016년 7월 6일	개　　정 : 2025년 12월 24일
심　　의 : 중앙건설기술심의위원회	자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회
소관부서 : 국토교통부 기술혁신과	
관련단체 : 국토안전관리원	작성기관 : (사)한국지반신소재학회

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

목 차

1. 일반사항 ····· 1

1.1 목적 ····· 1

1.2 적용 범위 ····· 1

1.3 참고 기준 ····· 1

1.4 용어의 정의 ····· 1

1.5 기호의 정의 ····· 1

1.6 해석과 설계원칙 ····· 1

2. 조사 및 계획 ····· 2

3. 재료 ····· 2

4. 설계 ····· 2

4.1 설계일반사항 ····· 2

4.2 안전율 기준 ····· 2

4.3 외적안정해석 ····· 3

4.4 내적안정해석(기대기옹벽자체의 안정해석) ····· 4

4.5 기대기옹벽의 배수시설 ····· 4

1. 일반사항

1.1 목적

(1) 이 기준은 기대기옹벽에 대한 일반적인 설계기준과 설계방법을 제시하는 것을 목적으로 한다.

1.2 적용 범위

(1) 이 기준은 부분적으로 불안정한 깎기비탈면 표층부를 지지하기 위한 목적으로 콘크리트 벽체를 설치하여 지지시키는 기대기옹벽의 설계에 적용한다.

1.3 참고 기준

1.3.1 관련 법규

내용 없음

1.3.2 관련 기준

내용 없음

1.4 용어의 정의

내용 없음

1.5 기호의 정의

내용 없음

1.6 해석과 설계원칙

1.6.1 설계목표

(1) 기대기옹벽은 소규모 비탈면 파괴에 대한 장기적인 안정성을 유지해야 한다.
(2) 옹벽 자체의 균열이나 변형, 파괴가 발생하지 않아야 한다.
(3) 합벽식 옹벽에서 벽체 두께는 최소 200 mm 이상으로 하고, 철근으로 보강하는 경우 철근은 비탈면 표면과 50 mm이상 떨어지도록 한다.
(4) 계단식옹벽은 각 계단이 겹치는 너비는 총 너비의 1/2 이상이어야 하고, 계단 전면부의 경사는 60° ~ 90° 범위로 한다. 한 계단의 높이는 시공성을 감안하여 0.5 m ~ 1.5 m로 하고, 계단의 최소 두께는 300 mm 이상으로 한다.
(5) 비탈면과의 일체화를 위해 설치하는 고정핀은 기초부의 경우 500 mm 이상, 비탈면에서는 300 mm 이상 근입되도록 하고, 콘크리트 내부로는 150 mm 이상 근입되도록 한다. 계단식옹벽에서는 각 단 사이에도 겹치는 부분의 중앙부에 고정핀을 설치한다.

2. 조사 및 계획

내용 없음

3. 재료

내용 없음

4. 설계

4.1 설계일반사항

4.1.1 검토항목

(1) 기대기옹벽은 중력식 옹벽으로 간주하며, 작용하는 하중에 대하여 다음의 안정해석을 수행한다.
   ① 옹벽의 활동파괴
   ② 옹벽의 전도파괴
   ③ 기초의 지지력 파괴
   ④ 기대기옹벽 자체의 파괴(전단파괴, 모멘트파괴)

(2) 기대기옹벽의 안정해석에 고려하는 하중은 크게 다음과 같다.
   ① 기대기옹벽의 자중
   ② 예상파괴구간의 하중
   ③ 기대기옹벽에 직접 작용하는 외력

(3) 기대기옹벽의 자중은 콘크리트의 단위중량과 부피로 계산하며, 옹벽의 무게중심에 작용시킨다.

(4) 파괴쐐기의 하중은 파괴면과 나란한 방향으로 파괴쐐기의 높이 1/3 높이에 위치시킨다.

(5) 파괴쐐기의 활동에 대한 안정성 검토 결과 안전율이 1.5 이상 확보되면 옹벽에 대한 안정해석은 필요하지 않으며 최소기준으로 설치한다.

4.2 안전율 기준

(1) 기대기옹벽의 안정해석에서 안전율은 표 4.2-1의 기준안전율 이상이어야 한다.

표 4.2-1 기대기옹벽의 기준안전율

구분	검토항목	평상시
외적 안정	활동(sliding)	1.5
	전도(overturning)	1.5
	지지력(bearing capacity)	2.5
기대기옹벽 자체의 파괴		2.0

4.3 외적안정해석

4.3.1 활동에 대한 안정성

(1) 활동에 대한 안정성은 기대기옹벽을 강체로 간주하여 배면의 파괴쐐기에서 가해지는 수평하중을 기초의 수평저항력이 지지할 수 있어야 한다.

$$FS_{slide} = \frac{S_R}{S_D} \geq FS \qquad (4.3\text{-}1)$$

여기서, FS_{slide} : 활동에 대한 안전율
S_R : 기초지반의 수평저항력
S_D : 옹벽에 가해지는 수평하중
FS : 설계안전율

4.3.2 전도에 대한 안정성

(1) 전도에 대한 안정성은 기대기옹벽을 강체로 간주하여 옹벽의 앞굽에서 모멘트를 취했을 때 활동모멘트보다 저항모멘트가 더 커야 한다.

$$FS_{over} = \frac{M_R}{M_D} \geqq FS \qquad (4.3\text{-}2)$$

여기서, FS_{over} : 전도에 대한 안전율
M_R : 옹벽의 자중에 의한 저항모멘트
M_D : 파괴쐐기에 의한 활동모멘트
FS : 설계안전율

4.3.3 지지력에 대한 안정성

(1) 지지력에 대한 안정성 검토는 옹벽자체의 하중과 파괴쐐기로부터 가해지는 하중에 대하여 안정해야 한다.

$$FS_{bear} = \frac{q_u}{q_{\max}} \geqq FS \qquad (4.3\text{-}3)$$

여기서, FS_{bear} : 지지력에 대한 안전율
q_u : 지반의 극한지지력
$q_{\max}$: 최대 지반반력
FS : 설계안전율

4.4 내적안정해석(기대기옹벽자체의 안정해석)

(1) 전단파괴에 대한 안정해석은 파괴쐐기의 수평하중성분에 대하여 벽체의 공칭전단저항력이 충분한지에 대하여 검토한다. 계단식 옹벽의 경우는 파괴쐐기에 가까운 구간에 대하여 계단사이의 수평저항력이 충분한지 검토한다.

$$FS_{shear} = \frac{V_n}{S_D} \geqq FS \qquad (4.4\text{-}1)$$

여기서, FS_{shear} : 전단파괴에 대한 안전율
V_n : 벽체의 전단저항력 (계단식 옹벽의 경우 수평저항력)
S_D : 벽체에 발생하는 최대 전단력
FS : 설계안전율

(2) 모멘트에 대한 안정해석은 벽체에 작용하는 하중에 의해 벽체내부에 발생하는 최대모멘트가 벽체의 저항모멘트보다 작은지 검토한다.

$$FS_{moment} = \frac{M_n}{M_D} \geqq FS \qquad (4.4\text{-}2)$$

여기서, FS_{moment} : 모멘트에 대한 안전율
M_n : 벽체의 저항모멘트
M_D : 벽체에 발생하는 최대 모멘트
FS : 설계안전율

4.5 기대기옹벽의 배수시설

(1) 기대기옹벽은 옹벽 배면으로부터 지하수가 유입되는 지형, 옹벽 전면에 수위가 형성되는 지형에서는 옹벽 배면에 물을 유도하기 위한 배수시설을 설치한다.

(2) 기대기옹벽에 설치하는 배수시설은 다음과 같다.

① 배수구멍
② 수평배수공
③ 옹벽 배면 토목섬유 배수재

집필위원

성 명	소 속	성 명	소 속
김경모	서강이엔씨(주)	조인휘	㈜아이디어스
유승경	명지전문대학	한상재	㈜지구환경전문가그룹
유중조	㈜골든포우	홍기권	한라대학교

자문위원

성 명	소 속	성 명	소 속
김홍관	FITI시험연구원	이태민	㈜구마에스앤씨
안영천	인터지오	정은광	㈜리웰테크

국가건설기준센터 및 건설기준위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
이영호	한국건설기술연구원	정문경	한국건설기술연구원
김기현	한국건설기술연구원	강대규	㈜한가람
김나은	한국건설기술연구원	김기석	㈜희송지오텍
김민관	한국건설기술연구원	김기연	㈜경동엔지니어링
김재훈	한국건설기술연구원	김만일	산림조합중앙회
김희석	한국건설기술연구원	박재현	한국수자원공사
류상훈	한국건설기술연구원	송 훈	㈜동해종합기술공사
안준혁	한국건설기술연구원	여규권	삼부토건(주)
원훈일	한국건설기술연구원	정재형	한국건설기술연구원
유영수	한국건설기술연구원		
이상규	한국건설기술연구원		
이소정	한국건설기술연구원		
이승재	한국건설기술연구원		
이승환	한국건설기술연구원		
이용수	한국건설기술연구원		
이원종	한국건설기술연구원		
주영경	한국건설기술연구원		
최봉혁	한국건설기술연구원		
허원호	한국건설기술연구원		

중앙건설기술심의위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
김상철	㈜삼안	민영욱	특수건설
김선백	대우건설	송영석	한국지질자원연구원
김성호	대보건설	장범수	한국건설품질연구원
문인기	엠플러스이엔씨(주)		

국토교통부

성 명	소 속	성 명	소 속
권미정	기술혁신과	신중호	기술혁신과
양성모	기술혁신과		

(분야별 가나다순)

KDS 11 80 20 : 2025

기대기옹벽

2025년 12월 24일 개정

소관부서 국토교통부 기술혁신과

관련단체 국토안전관리원
52856 경상남도 진주시 에나로128번길 24 윤현빌딩 (충무공동 289-3)
Tel : 1588-8788 E-mail : kisteckr@kistec.or.kr
http://www.kistec.or.kr

작성기관 (사)한국지반신소재학회
04376 서울특별시 용산구 새창로 213-12 한강현대하이엘 1003호
Tel : 02-583-2167 E-mail : kgss-adm@kgss.or.kr
http://www.kgss.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 11 00 00 지반 설계기준

설계기준 Korean Design Standard

KDS 11 80 25 : 2025

돌(블록)쌓기옹벽

2025년 12월 24일 개정

http://www.kcsc.re.kr

국토교통부

KC CODE

건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

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

건설기준 연혁

- 건설기준은 건설기술진흥법 제44조 및 같은법 시행령 제65조에 따라 건설공사의 안전성, 경제성, 성능 및 품질 확보를 위하여 제정 및 개정하였다.

- 건설기준은 건설기준 코드체계 전환(2016)에 따라 단행본 체계의 건설기준(설계기준, 표준시방서)간 중복·상충을 비교 검토하여 건설기준 코드 전환 정비하였다(국토교통부 고시 제2016-438호, 2016년 7월 6일).

- 건설기준의 연혁은 아래와 같다.

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년.월)
건설공사 비탈면 설계기준	• 건설공사 비탈면 설계기준 제정	제정 (2006.05)
건설공사 비탈면 설계기준	• 건설공사 비탈면 설계기준 개정	개정 (2009.12)
건설공사 비탈면 설계기준	• 건설공사 비탈면 설계기준 개정	개정 (2011.12)
KDS 11 80 25 : 2016	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비함	제정 (2016.07)
KDS 11 80 25 : 2016	• 한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함	수정 (2018.07)
KDS 11 80 25 : 2020	• 건설기준코드의 사용성, 적합성, 신뢰성 향상을 위해 적합성 평가를 실시 후 코드에 반영함	개정 (2020.12)
KDS 11 80 25 : 2024	• 돌(블록)쌓기옹벽의 안정성 확보를 위해 안정해석 기준 및 전면벽체 근입깊이, 기초 두께 등을 신설	개정 (2024.05)
KDS 11 80 25 : 2025	• 돌(블록)쌓기옹벽의 내적 안정성 검토 시 안전율 기준 등을 개정	개정 (2025.12)

제　　정 : 2016년 7월 6일　　개　　정 : 2025년 12월 24일
심　　의 : 중앙건설기술심의위원회　　자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회
소관부서 : 국토교통부 기술혁신과
관련단체 : 국토안전관리원　　작성기관 : (사)한국지반신소재학회

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

목 차

1. 일반사항 ····· 1
1.1 목적 ····· 1
1.2 적용 범위 ····· 1
1.3 참고 기준 ····· 1
1.4 용어의 정의 ····· 1
1.5 기호의 정의 ····· 2

2. 조사 및 계획 ····· 2

3. 재료 ····· 2

4. 설계 ····· 2
4.1 설계 일반사항 ····· 2
4.2 돌(블록)쌓기옹벽의 기초 ····· 3
4.3 안전율 기준 ····· 4
4.4 돌쌓기옹벽의 설계 ····· 4
4.5 블록쌓기옹벽의 설계 ····· 4
4.6 지진 시 안정해석 ····· 5
4.7 돌(블록)쌓기옹벽의 배수시설 ····· 5
4.8 점검 및 유지관리 ····· 5

1. 일반사항

1.1 목적

(1) 이 설계기준은 돌쌓기 또는 블록쌓기옹벽에 대한 일반적인 설계기준과 설계방법을 제시하는 것을 목적으로 한다.

1.2 적용 범위

(1) 이 기준은 옹벽의 전면벽체로 자연석 및 다듬은 돌을 사용하는 메쌓기와 찰쌓기 방식의 돌쌓기옹벽과 콘크리트 블록을 사용하는 블록쌓기옹벽의 설계에 적용하며, 그 외 특수한 공법에는 적용하지 않는다.

(2) 돌(블록)쌓기옹벽의 전면벽체 배면 뒤채움부에 보강재를 설치하는 옹벽은 KDS 11 80 10을 따른다.

1.3 참고 기준

1.3.1 관련 법규

- 급경사지 재해예방에 관한 법률
- 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법

1.3.2 관련 기준

- KDS 11 10 10 지반조사
- KDS 11 80 05 콘크리트옹벽
- KDS 11 80 10 보강토옹벽
- KCS 11 80 25 돌(블록)쌓기옹벽

1.4 용어의 정의

- 돌쌓기옹벽: 자연석 또는 다듬은 돌을 쌓아 전면벽체를 형성하고 돌의 자중과 상호 맞물림에 의해서 배면 토압을 지지하는 옹벽
- 뒷길이: 돌(블록)쌓기옹벽 전면벽체의 두께
- 뒤채움: 옹벽의 배면과 비탈면 사이를 흙 또는 자갈 등의 재료로 채우는 것
- 뒤채움 콘크리트: 찰쌓기 방식의 돌쌓기옹벽에서 옹벽 배면쪽에 채우는 콘크리트
- 메쌓기: 돌과 돌사이 간극을 모르타르나 그라우트 등으로 채우지 않고 자연석 또는 다듬은 돌을 서로 맞물리게 쌓아올리는 돌쌓기 방법
- 배수구멍: 배면의 배수를 위하여 전면벽체에 배수 파이프 등으로 설치되는 구멍
- 블록쌓기옹벽: 콘크리트블록을 쌓아 전면벽체를 형성하고 블록 자중과 상호 맞물림에 의해서 배면토압을 지지하는 옹벽
- 시력선: 돌쌓기옹벽의 전면벽체의 돌 무게와 토압의 합력선

• 찰쌓기: 돌과 돌사이 간극을 모르타르나 그라우트 등으로 밀실하게 채우면서 자연석 또는 다듬은 돌을 쌓아올리는 돌쌓기 방법

1.5 기호의 정의

내용 없음

2. 조사 및 계획

(1) 지반조사의 기본사항은 KDS 11 10 10을 따른다.

(2) 돌(블록)쌓기옹벽 설치를 계획하는 위치의 지형을 조사하여 지하수와 지표수가 돌(블록)쌓기옹벽에 미치는 영향을 검토하여야 한다.

(3) 돌(블록)쌓기옹벽의 설계 시 사용되는 지반정수는 원칙적으로 지반조사 결과를 통하여 결정하여야 한다.

① 다음에 해당하는 돌(블록)쌓기옹벽은 발주자와 협의하여 주변 지반조사 자료 검토 등 간접적인 방법을 활용할 수 있다.

가. 높이 1.5 m 미만의 메쌓기옹벽

나. 높이 3.0 m 미만의 찰쌓기옹벽

다. 높이 3.0 m 미만의 블록쌓기옹벽

라. 지반이 연약지반이거나 옹벽배면 상단에 건축물 등 상재하중 작용 시의 경우 발주자와 협의하여 지반조사를 수행하야 한다.

3. 재료

(1) 돌(블록)쌓기옹벽에 사용되는 재료는 KCS 11 80 25를 따른다.

4. 설계

4.1 설계 일반사항

(1) 돌(블록)쌓기옹벽은 전면벽체에 큰 토압이 작용하는 경우 충분한 저항력을 기대하기 어려우므로 배면지반이 침하나 수평변위로 인한 안정성 문제가 없고 토압이 작은 소규모의 옹벽에 적용하여야 한다.

(2) 돌(블록)쌓기옹벽은 설계 시 안정해석을 실시하여 안정성을 확보하여야 한다.

① 다음의 조건을 모두 만족하는 경우 발주자와 협의하여 안정해석 수행 여부를 결정할 수 있다.

가. 전면벽체의 높이가 한계높이(메쌓기: 1.5 m, 찰쌓기: 3.0 m) 미만인 돌쌓기옹벽인 경우

나. 전면벽체의 기울기(수직:수평)가 1:0.3보다 완만한 경우

다. 옹벽 설치 위치의 지반 지지력이 평판재하시험 등 별도의 시험을 통하여 설계 지지력을 충분히 만족하는 것으로 평가된 경우

라. 벽체 배면과 기초 바닥에서 수압과 부력이 작용하지 않도록 배수 계획을 수립하는 경우

② 안정해석을 생략하는 경우 유사한 조건의 과거 설계 자료를 참고하여 돌의 자중과

뒷길이를 충분히 확보하여야 한다.

(3) 돌(블록)쌓기옹벽의 콘크리트 기초 위의 전면벽체는 옹벽을 설치하고자 하는 위치의 지반 내로 근입시켜 안정성을 확보하여야 한다.

① 근입 깊이는 지반 종류와 상태, 배면경사 등 지반조건과 옹벽이 설치되는 비탈면 종류(쌓기비탈면, 깎기비탈면)를 고려하여 결정하여야 한다.

② 기초지반이 동상피해가 예상되는 경우는 동결심도 아래까지 근입시키거나 또는 동상피해가 적은 재료로 치환한 후 근입깊이를 최소 0.6 m 이상 확보하여야 한다.

③ 수변 구조물과 같이 세굴의 우려가 있는 경우에는 세굴에 대한 대책을 수립하여야 하고, 세굴깊이를 제외한 근입깊이가 최소 0.6 m 이상 확보되어야 한다.

④ 돌(블록)쌓기옹벽 전면지반이 경사진 경우에는 국부지지력에 대한 안정성을 고려하여 표 4.1-1을 참조하여 근입깊이를 결정하여야 한다.

표 4.1-1 전면벽체 근입깊이 참고값

벽체 저면지반의 경사	최소 근입깊이 (m)
수평	H/20
3H:1V	H/10
2H:1V	H/7
3H:2V	H/5

* 미조적협회 블록옹벽 매뉴얼의 단순 참고값이며, 안정성 검토결과에 따라 근입깊이의 조정이 필요함.

(4) 돌(블록)쌓기옹벽에 작용하는 하중은 다음의 하중을 기본적으로 적용하며, 사용기간 중에 발생가능한 모든 형태의 하중을 고려하여야 한다.

① 돌(블록)과 뒤채움재의 자중 등 고정하중을 고려하여야 한다.

② 돌(블록)쌓기옹벽에 작용하는 토압과 상재하중에 의한 토압 증가량을 고려하여야 한다.

가. 토압은 실제 옹벽의 변형조건에 따라 적절한 토압을 적용하여야 한다.

나. 토압은 Coulomb 토압이론을 이용하여 계산하는 것을 원칙으로 한다.

다. 옹벽 배면의 원지반을 절취하는 경우 적용토압은 도해법이나 계산식으로 산정할 수 있다.

③ 돌(블록)쌓기옹벽에 직접 작용하는 외력을 고려하여야 한다.

④ 배수처리 계획을 통하여 수압과 부력이 작용하지 않는 조건으로 설계하여야 하며, 배수가 완전하게 되지 않는 경우 전면벽체 및 기초하부에 작용하는 수압과 부력을 고려하여야 한다.

⑤ 내진설계가 필요한 경우 지진하중을 고려하여야 한다.

4.2 돌(블록)쌓기옹벽의 기초

(1) 돌(블록)쌓기옹벽의 하부 지반은 하중과 침하에 따른 안정성 문제가 발생하지 않도록 충분한 지지력과 강성을 확보하여야 한다.

① 지반 조건이 불량하여 지반침하 등으로 인한 옹벽의 안정성이 저해될 우려가 있는

경우 지반개량공법 적용을 고려하여야 한다.

(2) 돌(블록)쌓기옹벽의 기초는 콘크리트 직접기초를 적용하는 것을 원칙으로 하며, 지반조건에 따라 발주자와 협의하여 기초형식을 변경할 수 있다.

(3) 콘크리트 직접기초의 최소 두께는 150 mm이며, 기초폭은 기초 위에 설치되는 전면벽체의 폭보다 커야 한다.

4.3 안전율 기준

(1) 돌(블록)쌓기옹벽의 안정해석에서 안전율은 표 4.3-1의 기준안전율 이상이어야 한다. 지진 시는 지진하중을 고려한다.

표 4.3-1 돌(블록)쌓기옹벽의 기준안전율

구분	검토항목	평상시	지진 시
외적 안정	저면활동	1.5	1.1
	전 도	1.5	1.1
	지 지 력	2.5	2.0
	전체 안정성	1.5	1.1
내적안정	전면 벽체의 블록간 활동	2.0	1.1

4.4 돌쌓기옹벽의 설계

4.4.1 외적안정해석

(1) 활동, 전도, 지지력, 전체 안정성에 대하여 외적안정해석을 수행하여야 하며, 외적안정해석에 대하여 이 기준에서 정하지 않은 사항은 KDS 11 80 05 (4.4.1), (4.4.3), (4.4.4), (4.4.5)를 따른다.

4.4.2 내적안정해석

(1) 돌쌓기옹벽의 내적안정해석은 돌과 돌 사이의 활동에 대한 안정해석으로서, 각 돌 높이에서 옹벽배면에 작용하는 수평 토압보다 각 돌 사이의 전단 저항력이 커야한다.

(2) 돌 사이의 전단 저항력은 돌의 재질, 형상, 연직하중으로 작용하는 상부 블록의 자중에 따라 달라지므로 사용하는 돌의 연직하중 변화에 따른 전단 저항력을 산정하여 내적안정해석을 실시하여야 한다.

4.5 블록쌓기옹벽의 설계

4.5.1 외적안정해석

(1) 블록쌓기옹벽은 활동, 전도, 지지력, 전체 안정성에 대하여 외적안정해석을 수행하여야

하며, 외적안정해석에 대하여 이 기준에서 정하지 않은 사항은 KDS 11 80 05 (4.4.1), (4.4.2), (4.4.3), (4.4.4), (4.4.5)를 따른다.

4.5.2 내적안정해석

(1) 블록쌓기옹벽의 내적안정해석은 블록과 블록 사이의 활동에 대한 안정해석으로서, 각 블록의 높이에서 옹벽배면에서 작용하는 수평 토압보다 각 블록 사이의 전단 저항력이 커야 한다.

① 블록 사이의 전단 저항력은 블록의 재질, 형상, 연직하중으로 작용하는 상부 블록의 자중에 따라 달라지므로 사용하는 블록의 연직하중 변화에 따른 전단 저항력을 산정하여 내적안정해석을 실시하여야 한다.

4.6 지진 시 안정해석

(1) 돌(블록)쌓기옹벽의 지진 시 안정해석은 KDS 11 80 05 (4.5)를 참조한다.

4.7 돌(블록)쌓기옹벽의 배수시설

(1) 잠재적인 지표수원이나 지하수위 등으로 인하여 돌(블록)쌓기옹벽의 안정성이 저하되지 않도록 배수대책을 수립하여야 하며, 배수시설은 KDS 11 80 10 (4.8)을 참고하여 적용한다.

(2) 찰쌓기 방식의 돌쌓기옹벽은 전면벽체가 비배수구조이므로 옹벽 하단부에 배수구멍을 설치(약 2㎡ 마다 1개씩)하여야 한다.

4.8 점검 및 유지관리

(1) 돌(블록)쌓기옹벽이 급경사지 재해예방에 관한 법률 또는 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법에 의해 정기적인 안전점검 대상 시설에 해당하는 경우 점검자가 배수로, 전면, 배면 등을 원활히 점검하기 위한 점검 동선이 확보되도록 점검로를 계획하여야 한다.

집필위원

성 명	소 속	성 명	소 속
김경모	서강이엔씨(주)	조인휘	㈜아이디어스
유승경	명지전문대학	한상재	㈜지구환경전문가그룹
유중조	㈜골든포우	홍기권	한라대학교

자문위원

성 명	소 속	성 명	소 속
김홍관	FITI시험연구원	이태민	㈜구마에스앤씨
안영천	인터지오	정은광	㈜리월테크

국가건설기준센터 및 건설기준위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
이영호	한국건설기술연구원	정문경	한국건설기술연구원
김기현	한국건설기술연구원	강대규	㈜한가람
김나은	한국건설기술연구원	김기석	㈜희송지오텍
김민관	한국건설기술연구원	김기연	㈜경동엔지니어링
김재훈	한국건설기술연구원	김만일	산림조합중앙회
김희석	한국건설기술연구원	박재현	한국수자원공사
류상훈	한국건설기술연구원	송 훈	㈜동해종합기술공사
안준혁	한국건설기술연구원	여규권	삼부토건(주)
원훈일	한국건설기술연구원	정재형	한국건설기술연구원
유영수	한국건설기술연구원		
이상규	한국건설기술연구원		
이소정	한국건설기술연구원		
이승재	한국건설기술연구원		
이승환	한국건설기술연구원		
이용수	한국건설기술연구원		
이원종	한국건설기술연구원		
주영경	한국건설기술연구원		
최봉혁	한국건설기술연구원		
허원호	한국건설기술연구원		

중앙건설기술심의위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
김상철	㈜삼안	민영욱	특수건설
김선백	대우건설	송영석	한국지질자원연구원
김성호	대보건설	장범수	한국건설품질연구원
문인기	엠플러스이엔씨(주)		

국토교통부

성 명	소 속	성 명	소 속
권미정	기술혁신과	신중호	기술혁신과
양성모	기술혁신과		

(분야별 가나다순)

KDS 11 80 25 : 2025

돌(블록)쌓기옹벽

2025년 12월 24일 개정

소관부서 국토교통부 기술혁신과

관련단체 국토안전관리원
52856 경상남도 진주시 에나로128번길 24 윤현빌딩 (충무공동 289-3)
Tel : 1588-8788 E-mail : kisteckr@kistec.or.kr
http://www.kistec.or.kr

작성기관 (사)한국지반신소재학회
04376 서울특별시 용산구 새창로 213-12 한강현대하이엘 1003호
Tel : 02-583-2167 E-mail : kgss-adm@kgss.or.kr
http://www.kgss.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 11 90 00 : 2020

비탈면 내진설계기준

2020년 8월 18일 개정
http://www.kcsc.re.kr

KC CODE

국토교통부



건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

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

건설기준 연혁

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

• 이 기준은 기존의 건설공사 비탈면 설계기준을 통합 정비하여 기준으로 제정한 것으로 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년.월)
건설공사 비탈면 설계기준	• 건설공사 비탈면 설계기준 제정	제정 (2006.05)
건설공사 비탈면 설계기준	• 건설공사 비탈면 설계기준 개정	개정 (2009.12)
건설공사 비탈면 설계기준	• 건설공사 비탈면 설계기준 개정	개정 (2011.12)
KDS 11 90 00 : 2016	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비함	제정 (2016.06)
KDS 11 90 00 : 2016	• 한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함	수정 (2018.07)
KDS 11 90 00 : 2020	• 비탈면 내진설계의 적용범위, 내진등급, 액상화 평가방법 등 기준 개정	개정 (2020.08)

제　　정 : 2016년 6월 30일
개　　정 : 2020년 8월 18일
심　　의 : 중앙건설기술심의위원회
자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회
소관부서 : 국토교통부 기술혁신과
관련단체 : 한국시설안전공단
작성기관 : 한국시설안전공단

목 차

1. 일반사항 ····· 1
1.1 목적 ····· 1
1.2 적용범위 ····· 1
1.3 참고기준 ····· 1
1.4 용어의 정의 ····· 1
1.5 기호의 정의 ····· 1
1.6 설계고려사항 ····· 1
2. 조사 및 계획 ····· 3
2.1 일반사항 ····· 3
3. 재료 ····· 4
4. 설계 ····· 4
4.1 설계일반사항 ····· 4
4.2 내진설계절차 ····· 4
4.3 지진 시 비탈면 안정해석 ····· 4

1. 일반사항

1.1 목적

(1) 이 기준은 비탈면의 내진설계에 적용한다.

(2) 이 기준의 목적은 지진에 의해 비탈면에서 발생 가능한 파괴와 그로 인해 주변구조물에 발생하는 피해 및 경제적 손실을 최소화시키기 위해 필요한 최소한의 내진설계 요구조건을 규정하는데 있다.

1.2 적용범위

(1) 이 기준은 「건설산업기본법」 제2조제4호에서 정하고 있는 건설공사 시 발생하는 비탈면 중 내진설계가 필요한 비탈면에 적용한다.

(2) 시설물의 특수성 등으로 인하여 시설물별 설계기준에서 비탈면에 대한 내진설계기준을 정하는 경우 이를 우선 적용한다.

(3) 제(1)항에 해당되지 않는 경우라도 필요하다면 이 기준을 적용할 수 있다.

1.3 참고기준

1.3.1 관련 법규

- 건설산업기본법

1.3.2 관련 기준

- KDS 17 10 00 내진설계 일반

1.4 용어의 정의

내용 없음

1.5 기호의 정의

내용 없음

1.6 설계고려사항

1.6.1 내진설계 대상 비탈면

(1) 내진설계 대상 비탈면은 지진에 대한 비탈면 안정해석을 통하여 예상되는 비탈면의 붕괴 형식에 따라 인접한 주 구조물의 안전과 기능에 미치는 영향 정도를 파악하여 결정한다.

1.6.2 내진설계 대상 비탈면의 내진등급 적용

(1) 내진설계 대상으로 선정된 비탈면의 내진등급은 KDS 17 10 00 (4.1.1)을 준용하여 정하여진 주 구조물의 내진등급 등에 따라 내진특등급, 내진Ⅰ등급, 내진Ⅱ등급으로 적용한다.

(2) 내진특등급이 적용되는 내진설계 대상 비탈면

① 내진특등급으로 건설된 주 구조물의 안전과 기능에 영향을 미치는 비탈면

(3) 내진Ⅰ등급이 적용되는 내진설계 대상 비탈면

① 내진Ⅰ등급으로 건설된 주 구조물의 안전과 기능에 영향을 미치는 비탈면

② 고속철도 및 일반·도시·광역 철도의 안전과 기능에 영향을 미치는 비탈면

③ 고속국도, 자동차전용도로, 특별시도로, 광역시도로 또는 일반국도의 안전과 기능에 영향을 미치는 비탈면

④ 이외에 발주자의 판단에 의해 내진Ⅰ등급 설계가 필요하다고 판단되는 비탈면

(4) 내진Ⅱ등급이 적용되는 내진설계 대상 비탈면

① 내진Ⅱ등급으로 건설된 주 구조물의 안전과 기능에 영향을 미치는 비탈면

② 지방도, 시도 및 군도의 안전과 기능에 영향을 미치는 비탈면

③ 이외에 비탈면 내진설계가 필요하나 내진특등급 및 내진Ⅰ등급에 속하지 않는 비탈면

1.6.3 비탈면의 내진성능수준

(1) 비탈면의 내진성능수준은 붕괴방지수준으로 한다.

(2) 붕괴방지수준은 설계지진하중 작용 시 비탈면에 인장균열, 부분적 탈락, 배부름 등의 손상이 매우 클 수는 있지만, 이로 인하여 주변구조물의 붕괴로 인한 대규모 피해가 발생하지 않고, 인명 피해를 최소화하는 성능수준이다.

1.6.4 비탈면의 설계지반운동 수준

(1) 비탈면의 설계지반운동 수준은 KDS 17 10 00 (4.1.3)을 따른다.

1.6.5 비탈면의 내진성능목표

(1) 비탈면의 내진성능목표는 KDS 17 10 00 (4.1.4)를 따른다.

(2) 비탈면은 내진등급별로 표 1.6-1에 규정한 최소 내진성능목표를 만족하도록 설계한다.

표 1.6-1 최소 내진성능목표

내진등급 / 내진성능수준	내진특등급	내진Ⅰ등급	내진Ⅱ등급
기능수행수준	평균재현주기 200년	평균재현주기 100년	평균재현주기 50년
붕괴방지수준	평균재현주기 2,400년	평균재현주기 1,000년	평균재현주기 500년

1.6.6 비탈면의 설계 지반운동의 결정

(1) 유효수평지반가속도(S)는 KDS 17 10 00 (4.2.1.1)의 지진구역계수(Z)를 이용하는 방법과 행정안전부의 국가지진위험지도를 이용하는 방법을 사용할 수 있다.
   ① 지진구역계수(Z)를 이용하는 방법 : 비탈면의 지역적 위치에 따른 지진구역계수(Z)와 비탈면의 내진 등급에 따른 재현주기를 고려한 위험도계수(I)를 곱하여 산정한다.
   ② 국가지진위험지도를 이용하는 방법 : 비탈면의 내진 등급에 따른 재현주기와 재현주기별 국가지진위험지도를 참조하여 구하며, 지진구역계수(Z)를 이용하여 산정한 값의 80% 보다 작지 않아야 한다.

(2) 지진구역계수 및 국가지진위험지도에서의 유효수평지반가속도(S)는 보통암 노두를 기준으로 평가하므로, 지표면에서의 유효수평지반가속도(S)는 국지적인 토질조건, 지질조건과 지표 및 지하 지형이 지반운동에 미치는 영향을 고려하여야 한다.

(3) 깎기비탈면에서 보통암 상태의 노두가 노출되는 경우에는 국가지진위험지도 및 지진구역계수(Z)를 통하여 결정된 유효수평지반가속도(S)를 직접적으로 이용할 수 있다.

2. 조사 및 계획

2.1 일반사항

2.1.1 내진설계를 위한 조사

(1) 내진설계를 위한 지반조사는 크게 대상부지의 지진응답특성 평가, 지반 또는 구조물의 액상화에 대한 저항성 평가로 나뉘며 각각의 평가를 위해 필요한 정보를 획득하기 위해서 다음 (2)와 (3)의 기준에 따라 지반조사를 실시한다.

(2) 대상부지의 지진응답특성평가를 위해서는 다음의 시험을 실시한다.
   ① 시추조사 : 지층의 구성, 지하수위, 실내시험 용 시료채취 등
   ② 현장시험 : 각 지층의 탄성파전파특성을 얻을 수 있는 현장시험
   ③ 실내시험 : 각 지층별 물성시험 및 역학시험, 다양한 변형률 상태에서의 동적물성치를 획득하기 위한 실내시험

(3) 지반 또는 구조물의 액상화에 대한 저항성 평가를 위해서는 다음의 시험을 실시한다.
   ① 현장시험: 지반의 지층별 전단강도와 강성을 추정할 수 있는 시험(표준관입시험, 콘관입시험, 탄성파시험 등)
   ② 실내시험: 다양한 지진동을 모사하여 변형율 크기별 변형계수와 감쇠특성을 얻을 수 있는 시험(진동삼축시험, 단순전단시험 등)
   ③ 모형시험: 진동대 시험, 원심모형시험 등

3. 재료

내용 없음

4. 설계

4.1 설계일반사항

(1) 비탈면이 속한 주 구조물이 활성단층이 지나가는 지역, 활성단층 인접지역, 지진 시 액상화 또는 과다한 침하가 예상되는 지역에 있고 비탈면에도 그 영향이 있는 경우에는 지반을 보강 또는 개량하여 비탈면의 붕괴가능성을 감소시켜야 한다.

(2) 비탈면의 내진설계는 내진성능수준에 따른 내진성능목표를 만족시키도록 설계하여야 한다.

(3) 비탈면의 내진설계는 다음의 항목에 대하여 검토한다.

① 비탈면 기초지반의 액상화 가능성

② 비탈면 자체의 활동에 대한 안정성

(4) 비탈면의 내진 안정성을 검토하여 불안정한 경우 안정화 대책을 수립하여야 한다.

4.2 내진설계절차

(1) 비탈면의 내진설계는 비탈면과 비탈면 하부 기초지반의 지반조건에 따라 우선적으로 액상화 발생가능성을 검토하고 비탈면 안정성 검토를 수행한다.

(2) 액상화 평가방법 및 기준안전율은 KDS 17 10 00 (4.7)을 따른다.

(3) 지진하중을 고려한 비탈면의 활동에 대한 기준안전율은 표 4.2-1과 같다.

표 4.2-1 내진설계 시 적용하는 기준안전율

구분	기준안전율	참조
지진 시 안정해석	FS > 1.1	- 지진관성력은 파괴토체의 중심에 수평방향으로 작용 - 지하수위는 실제 측정 또는 평상시의 지하수위 적용

4.3 지진 시 비탈면 안정해석

(1) 지진 시 비탈면의 안정해석방법은 유사정적해석방법, Newmark방법 그리고 동적해석을 수행하여 구할 수 있다.

(2) 유사정적해석은 한계평형해석에서 파괴토체의 중심에 지진계수를 적용한 등가의 지진관성력을 수평방향으로 작용시키고 정적인 방법과 동일한 방법으로 해석을 수행한다.

(3) 안정해석에서 기준안전율을 확보하지 못하는 경우 Newmark의 변위해석법을 추가로 수행한다. 허용변위기준은 비탈어깨에서 비탈면높이의 1% 변위이내로 한다.

(4) 동적해석은 유한요소해석 또는 유한차분해석 프로그램을 이용하여 수행하며, 입력하중은 기반암에서의 가속도 시간이력을 이용한다.

집필위원

성 명	소 속	성 명	소 속
최병일	한국시설안전공단	성주현	한국시설안전공단
정민형	한국시설안전공단	윤준웅	한국시설안전공단
강인규	㈜브니엘컨설턴트	윤찬영	강릉원주대학교

자문위원

성 명	소 속	성 명	소 속
김윤태	부경대학교	김경석	한국도로공사
장현익	한국도로공사	김범주	동국대학교
권오일	한국건설기술연구원	황영철	상지대학교
윤형구	대전대학교		

국가건설기준센터 및 건설기준위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
이영호	한국건설기술연구원	정충기	서울대학교
구재동	한국건설기술연구원	김기석	㈜희송지오텍
김기현	한국건설기술연구원	김동민	(주)한국종합기술
김나은	한국건설기술연구원	김범주	동국대학교
김태송	한국건설기술연구원	김운형	㈜다산컨설턴트
김희석	한국건설기술연구원	박성원	㈜유신
류상훈	한국건설기술연구원	박이근	㈜지오알앤디
원훈일	한국건설기술연구원	박종호	평화지오텍(주)
이용수	한국건설기술연구원	오정호	한국교통대학교
이용준	한국건설기술연구원	여규권	㈜삼부토건
주영경	한국건설기술연구원	이규환	건양대학교
최봉혁	한국건설기술연구원	한희수	금오공과대학교
허원호	한국건설기술연구원		

중앙건설기술심의위원회

성 명	소 속	성 명	소 속
권순철	SK건설	이희상	한국도로공사
김희대	㈜세광종합기술단	전진구	서경대학교
박재성	지알경(주)	정평기	㈜화인씨이엠테크
이양규	대림대학교		

국토교통부

성 명	소 속	성 명	소 속
박명주	**기술혁신과**	양성모	기술혁신과
유진욱	기술혁신과		

KDS 11 90 00 : 2020

비탈면 내진설계기준

2020년 8월 18일 개정

소관부서 국토교통부 기술혁신과

관련단체 한국시설안전공단
52856 경상남도 진주시 에나로128번길 24 윤현빌딩 (충무공동 289-3)
Tel : 1588-8788 E-mail : kisteckr@kistec.or.kr
http://www.kistec.or.kr

작성기관 한국시설안전공단
52856 경상남도 진주시 에나로128번길 24 윤현빌딩 (충무공동 289-3)
Tel : 1588-8788 E-mail : kisteckr@kistec.or.kr
http://www.kistec.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