

KDS 11 10 05 : 2016

지반설계 일반사항

2016년 6월 30일 제정

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

KC CODE



건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

이 기준은 발간 시점부터 사용하며, 이미 시행 중에 있는 설계용역이나 건설 공사는 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 설계기준, 도로 설계기준, 철도 설계기준(노반편), 도로 설계기준을 중심으로 건설공사 비탈면 설계기준, 댐 설계기준, 콘크리트구조기준, 터널 설계기준, 하천 설계기준, 항만 및 어항 설계기준, 조경 설계기준, 가설공사 표준시방서, 건설공사 비탈면 표준시방서, 고속도로공사 전문시방서, 농업토목공사 표준시방서, 도로공사 표준시방서, 도시철도(지하철)공사 표준시방서, 콘크리트 표준시방서, 터널 표준시방서, 하천공사 표준시방서 등의 일반사항에 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)

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년.월)
도로 설계기준	정부의 시방서와 설계기준의 체계를 선진화하는 추세에 부응하여 도로설계단계의 주도 기술수준을 집약하여 도로설계 및 시공 관련한 규정을 제정	제정 (2001.6)
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 (2012.6)
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 (2011.5)
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 통합 정비함	제정 (2016.6)
KDS 11 10 05 : 2016	한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함	수정 (2018.7)

제 정 : 2016년 6월 30일

심 의 : 중앙건설기술심의위원회

소관부서 : 국토교통부 기술기준과

관련단체 : 한국지반공학회

개 정 : 년 월 일

자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회

작성기관 : 한국지반공학회

목 차

1. 일반사항	1
1.1 목적	1
1.2 적용 범위	1
1.3 용어의 정의	1
1.4 참고 기준	2
1.4.1 관련 법규	2
1.4.2 관련 기준	2
2. 조사 및 계획	3
2.1 일반사항	3
2.2 조사	3
2.3 계획	3
3. 재료	3
3.1 일반사항	3
3.2 재료특성	3
3.2.1 흙(토사)	3
3.2.2 암	4
3.2.3 기타	4
3.3 품질 및 성능시험	4
4. 설계	4
4.1 일반사항	4
4.2 설계원칙	4
4.3 설계기준	4
4.4 설계정수	5
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, 성토, 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 용어의 정의

- (1) 이 기준에서 사용되는 주요 용어의 정의는 다음과 같다.
- 지반: 흙과 암으로 구성되며 각종 토목구조물, 건축물, 시설물 등이 건설되는 토대로 육상뿐만 아니라 해양지반도 포함된다. 흙과 암의 구분은 시추조사 결과와 흙 및 암에 대한 특성 및 기본적인 성분조사 결과를 이용하여 판정한다.
 - 흙(토사): 암의 화학적·물리적 풍화작용에 의해 형성된 것으로 일반적으로 크기에 따라 전석, 조약돌, 자갈, 모래, 실트와 점토로 구분되고, 유기질토, 매립토, 준설토 등도 흙의 범주에 들 수 있으며, 물리적·역학적 분석을 통해 그 특성이 결정되는 지반재료이다.
 - 암: 암석과 암반으로 구분되며 암석은 구성광물, 암종, 단위중량, 일축압축강도, 탄성과 속도, 팽창성, 내구성 지수 등을 이용하여 분류하고, 암반은 암석의 종류, 강도 및 풍화도, 불연속면 등의 특성에 따라 분류한 지반재료이다.
 - 지반조사: 각종 토목구조물, 건축구조물, 시설물 등의 설계 및 시공에 필요한 지반정보를 얻기 위해 실시하는 것이다.
 - 지반계측: 설계 시 고려하지 못한 불확실성과 제한사항 및 시공 전·중·후 발생하는 현장과 그 주변 지반의 변화 등에 기인된 변동사항을 파악하여 구조물과 시설물의 안정성을 확인하고 필요시 그 결과를 추가적으로 설계 및 시공에 반영하기 위하여 실시하는 것이다.
 - 연약지반: 상부구조물을 지지할 수 없는 상태의 지반으로 성토 규모나 구조물 목적에 따라 상대적인 의미로 평가되며, 원지반에 건설되는 구조물에 대해 안정성(지지력과

침하)을 만족하지 못할 경우 연약지반으로 취급하여 지반보강이나 개량 등의 대책이 필요한 지반이다.

- 옹벽: 자중으로 뒤채움재를 지지하는 구조물로 콘크리트, 보강토, 돌망태, 기대기, 돌쌓기 옹벽 등이 있다.
 - 앵커: 자유장과 정착장으로 구성되는 구조체로 설치목적에 따라 영구앵커와 가설앵커로 구분하고, 옹벽 및 흙막이벽 구조물을 지지하는 흙막이용 앵커, 비탈면, 굴착 및 터널의 안정화를 위한 앵커, 구조물의 부상(浮上)에 대해 저항하는 부상방지앵커 등이 있다.
 - 가설흙막이: 성토, 굴착 시 뒤채움재를 지지하는 데 휨지지력이 중대한 역할을 하는 길이가 긴 비교적 얇은 구조물로 대개 강재, 콘크리트, 목재로 시공되며 앵커, 버팀대 및 수동토압에 의해 지지되는 구조물이다.
 - 기초: 구조물의 하중을 지반으로 전달시키는 역할을 하는 구조물로 기초폭에 대한 근입깊이의 비로 얕은기초와 깊은기초로 구분된다.
 - 얕은기초: 기초의 근입깊이가 낮고 상부 구조물의 하중을 기초하부 지반에 직접 전달하는 구조물로 확대기초, 복합기초, 줄기초 및 전면기초 등이 있다.
 - 깊은기초: 구조물의 하중을 지지하는 기초하부 지반의 지지력이 부족하거나 얕은기초의 침하량이 구조물의 허용한계 침하량을 초과하는 경우에 사용되는 구조물로 말뚝기초, 케이슨기초 등이 있다.
 - 비탈면: 지반 깎기 또는 쌓기 등으로 인공적으로 만들어진 경사 지형으로, 깎기 비탈면은 원지반을 깎아서 만들어진 것을 말하며, 쌓기 비탈면은 기존 지반 위에 흙 또는 유사재료를 쌓아서 만들어진 것을 일컫는다.
 - 굴착: 구조물의 기초나 지하구조물을 건설하기 위하여 소정의 모양으로 지반을 파내는 행위로 굴착 전에 지반 및 지하매설물 조사 등을 실시하여 굴착 중 지반붕괴, 지하매설물의 파손 등이 발생하지 않도록 하여야 한다.
 - 토공사: 자연지형에 구조물 또는 시설물 건설을 위해 흙을 대상으로 하는 지반 형성 작업으로 그 내용은 터파기, 되메우기 및 다짐, 흙쌓기, 흙깎기, 잔토처리 등의 작업이다.
- (2) 이 용어의 정의에 기술되지 않은 지반설계 관련 용어는 국가 기준으로 제정된 기준에 통용되는 용어와 국제적으로 검증되어 통용되는 용어를 준용하여 사용할 수 있다.

1.4 참고 기준

1.4.1 관련 법규

- (1) 관련 법규는 KDS 10 10 00 (4.)에 따른다.

1.4.2 관련 기준

- KDS 11 10 10 지반조사

2. 조사 및 계획

2.1 일반사항

- (1) 지반설계의 조사 및 계획은 각 구조물 및 시설물의 설계 및 시공에 필요한 지반정보를 얻기 위해 실시한다.

2.2 조사

- (1) 조사는 각 구조물과 시설물 설계에 필요한 각종 지반 자료와 정보를 얻기 위하여 실시하며, 크게 예비조사, 본조사, 추가조사로 이루어진다.(KDS 11 10 10 참고)
- (2) KDS 11 10 10에 명시되지 않은 사항 중 각 구조물과 시설물 설계에 추가적으로 요구되는 조사 항목은 국가 기준으로 제정된 기준을 적용할 수 있고, 국제적으로 검증되어 통용되는 기준을 준용하여 적용할 수 있다.

2.3 계획

- (1) 계획은 각 구조물과 시설물의 목적을 충분히 이해하여 합리적이고 경제적으로 수립한다.
- (2) 각 구조물과 시설물의 기능과 중요성, 지반조건, 현장의 시공여건, 지역의 환경기준, 문화재 및 천연기념물의 존재, 공사비와 공기, 재해영향, 법적 규제사항 등도 고려하여 계획을 수립한다.
- (3) 계획 수립은 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 흙(토사)

- (1) 일반적으로 조립토(자갈, 모래)는 상대밀도로 특성을 나타내며 세립토(실트, 점토)는 연경도로 특성을 나타낸다.
- (2) 정확한 흙의 특성은 물리적·역학적(강도, 변형, 투수 특성 등) 시험을 통해 결정된다.

3.2.2 압

- (1) 암석의 강도는 극도로 약함, 매우 약함, 약함, 보통 강함, 강함, 매우 강함 및 극도로 강함으로 기술된다.
- (2) 정확한 암의 특성은 물리적·역학적(강도, 변형, 투수, 불연속면의 전단특성 등) 시험을 통해 결정된다.

3.2.3 기타

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

3.3 품질 및 성능시험

- (1) 흙의 품질 및 성능시험은 한국산업규격(KS)의 기준을 따라야 한다.
- (2) 암석 및 암반의 품질 및 성능시험은 한국산업규격(KS)의 기준을 따라야 한다.
- (3) 기타 지반과 접하여 사용되는 콘크리트, 그라우트, 강재, 목재, 합성재료 등은 한국산업규격(KS) 관련 기준들을 따라야 한다.
- (4) 한국산업규격(KS)에 명시되지 않은 각종 구조물과 시설물의 지반설계에 요구되는 재료의 품질 및 성능 시험은 국제적으로 검증되어 통용되는 시험법을 준용하여 적용할 수 있다.

4. 설계

4.1 일반사항

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

4.2 설계원칙

- (1) 지반설계는 지진, 강우, 장기적인 기상변화 등 재해가 발생하더라도 구조물과 시설물의 안정성이 직접적으로 저해되지 않아야 하고 기능이 마비되지 않도록 설계한다.
- (2) 지반의 풍화, 지하수 조건의 변화 등 장기적인 불안정 요인이 발생할 수 있으므로 규명되지 않은 사항에 대해서는 가급적 안전 측으로 설계한다.
- (3) 지반설계는 안정해석 시 반드시 기준안전율을 만족하도록 설계한다.
- (4) 지반설계는 현장여건에 적합하고 안전하며 경제적인 시공이 될 수 있도록 설계한다.
- (5) 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 설계자

가 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 설계정수

- (1) 지반설계정수는 지반조사, 현장시험, 실내시험을 이용하여 직접적으로 결정한다.
- (2) 직접적인 방법으로 설계정수 결정이 불가능한 경우 설계자는 보편타당한 설계정수를 경험적으로 얻어진 관계식, 기존의 유사한 지반조건에 얻은 도표, 주변현장의 기존자료, 현장계측 및 관측결과를 이용한 역해석 자료, 파괴된 지반에 대한 역해석 자료 등을 이용하여 종합적으로 산정한다.
- (3) 지반설계정수 중 지반의 전단강도 정수는 대상 지반의 포화조건, 투수성, 하중재하조건 등을 감안하여 배수전단강도, 비배수전단강도 및 최대강도, 한계상태강도, 잔류강도를 구분하여 결정한다.
- (4) 동일지층의 경우 설계정수는 현장 지반조사 결과를 토대로 지반을 대표적인 몇 개의 지층으로 구분하고 각 지층에 대한 시험을 실시하여 정수를 결정하고, 서로 다른 지층에 대해 구한 설계정수는 각 지층 구간에 대해서만 적용한다.
- (5) 여러 가지 지반조사와 시험을 실시하여 동일지층의 유사한 지점에 대해 여러 번의 결과를 획득한 경우에 설계정수는 평균치와 표준편차를 계산하고 다음 식 (4.4-1)을 이용하여 안전측이 되는 값을 적용하여야 한다. 즉 하중의 계산에서는 (+)부호를, 저항력의 계산에서는 (-)부호를 이용하여 계산한다.

$$\text{설계정수} = \text{평균치} \pm \text{표준편차} \quad (4.4-1)$$

- (6) 동일한 지층이라 하더라도 시험한 위치에 따라 물성치가 일정한 경향을 가지고 다르게 분포할 경우에는 구간을 구분하여 각 구간에서 구한 정수를 대표적인 값으로 채택하여 적용하여야 한다. 구간을 구분하지 않고 전체를 동일한 구간으로 간주하여 설계하는 경우에는 가장 불리한 값을 채택하여 적용한다.
- (7) 설계정수는 배수조건(배수 및 비배수)과 배수기간(장기 및 단기)에 맞게 적절하게 선정하여 적용한다.
- (8) 이 기준에 제시하지 않은 설계정수는 각종 구조물과 시설물의 설계에 관련되는 관계법규 및 기준을 검토하여 반영한다.

4.5 설계하중

- (1) 하중은 지반에 작용하는 힘들로 사하중과 활하중으로 구분하고, 시간의 변동에 따라 영구하중(설계가용 기간 동안 존재), 임시하중(시공 또는 보수 중 설계가용 시간 보다

적은 시간동안 존재), 우발하중(실제조건에 예외적으로 매우 짧은 시간동안 존재)으로도 구분한다.

- (2) 지반설계에 포함되는 하중으로는 흙, 암 및 물의 단위중량, 토압과 수압, 하중의 제거 또는 지반의 굴착 등과 같은 분명한 행위에 의해 발생하는 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) 압밀, 팽창, 크리프, 산사태 및 지진은 말뚝을 포함한 깊은기초에 상당히 큰 추가적인 하중으로 작용될 수 있으므로 이를 고려한다.
- (8) 이 기준에 제시하지 않은 하중 및 하중조합은 각종 구조물과 시설물의 설계에 관련되는 관계법규 및 기준을 검토하여 반영한다.

집필위원

성명	소속	성명	소속
김기석	(주)희송지오텍	박재현	한국건설기술연구원
곽기석	한국건설기술연구원	정치광	(주)이원이엔지
김창현	(주)한국종합기술		

자문위원

성명	소속	성명	소속
김태형	한국해양대학교	이재국	경동기술공사
박이근	(주)지오알앤디	유남재	한국건설생활환경시험연구원

건설기준위원회

성명	소속	성명	소속
구찬모	한국토지주택공사	배병훈	한국도로공사
김운형	다산컨설팅	임대성	삼보ENG
김유봉	서영엔지니어링	정상섭	연세대학교
김홍문	평화엔지니어링	정충기	서울대학교
박성원	유신	최용규	경성대학교
박종호	평화지오텍		

중앙건설기술심의위원회

성명	소속	성명	소속
구자흡	삼영엠텍(주)	이근하	(주)포스코엔지니어링
김현길	(주)정림이앤씨	차철준	한국시설안전공단
박구병	한국시설안전공단	최상식	(주)다음기술단

국토교통부

성명	소속	성명	소속
정선우	국토교통부 기술기준과	김병채	국토교통부 기술기준과
김광진	국토교통부 기술기준과	박찬현	국토교통부 원주지방국토관리청
김남철	국토교통부 기술기준과	이선영	국토교통부 기획총괄과

(분야별 가나다순)

설계기준

KDS 11 10 05 : 2016

지반설계 일반사항

2016년 6월 30일 제정

소관부서 국토교통부 기술기준과

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(대 화동)
Tel : 031-910-0444 E-mail : kcsc@kict.re.kr
<http://www.kcsc.re.kr>

KDS 11 10 10 : 2016

지반조사

2016년 6월 30일 제정
<http://www.kcsc.re.kr>

KC CODE



건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

이 기준은 발간 시점부터 사용하며, 이미 시행 중에 있는 설계용역이나 건설 공사는 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 설계기준, 건축구조기준, 건설공사 비탈면 설계기준을 중심으로 공동구 설계기준, 도로교설계기준(한계상태설계법), 댐 설계기준, 터널 설계기준, 철도 설계기준(노반편), 항만 및 어항 설계기준, 조경 설계기준 등의 지반조사에 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)
건축구조 설계기준	• 건축구조 설계기준 제정	제정 (2005.4.5.)
건축구조 설계기준	• 재검토기한 신설 등 개정	개정 (2009.8.27.)

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 (2016.5)
건설공사 비탈면 설계기준	• 지금까지의 명확하지 않고 산재, 상호중복 또는 상충되는 비탈면 관련 기준들을 유기적으로 통합함.	제정 (2006.5)
건설공사 비탈면 설계기준	• 깎기비탈면 안정해석시 혼선을 방지하고 합리적·경제적인 설계가 가능하도록 안전율 기준에 대한 내용 보완	개정 (2009.12)
건설공사 비탈면 설계기준	• 정부의 저탄소 녹색성장의 기초 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 (2016.6)
KDS 11 10 10 : 2016	• 한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함	수정 (2018.7)

제 정 : 2016년 6월 30일

심 의 : 중앙건설기술심의위원회

소관부서 : 국토교통부 기술기준과

관련단체 : 한국지반공학회

개 정 : 년 월 일

자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회

작성기관 : 한국지반공학회

목 차

1. 일반사항	1
1.1 적용범위	1
1.2 시행지침	1
1.3 계획수립	1
1.4 내용 및 결과	1
1.5 단계별 지반조사 내용	1
1.6 구조물 중요도 등급에 따른 지반조사 방법	2
2. 조사 및 계획	2
2.1 단계별 상세 지반조사	2
2.1.1 예비조사	2
2.1.2 본조사	3
2.1.3 추가조사	11
2.1.4 지반조사 후 폐공	11
2.2 지반의 분류기준	11
2.3 지반특성 평가	12
2.4 보고서 작성	13

1. 일반사항

1.1 적용범위

- (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) 등의 설계 및 시공에 필요한 지반정보 획득에 적용된다.

1.2 시행지침

- (1) 지반조사와 현장 및 실내 토질시험은 원칙적으로 한국산업표준(KS)에 제시된 시험방법에 따라 실시한다.
- (2) 단, 동 규격에 명시되지 않은 시험은 국제적으로 인정되는 시험방법에 따라서 실시한다.
- (3) 시험 시 사용하는 장비와 기구는 시험을 시행하는 데 적합하여야 하며, 정기적으로 교정 및 검증을 시행하여야 한다.
- (4) 조사와 시험에 참여하는 기술자는 시험의 목적과 과정을 충분히 숙지하고 소요되는 품질을 얻을 수 있는 자격을 갖추어야 한다.
- (5) 표준적인 방법에서 벗어난 사항이나 특수여건, 추가되는 시험조건이 발생할 경우, 이를 발주처에 보고하고 승인을 받아야 한다.

1.3 계획수립

- (1) 지반조사 계획은 조사목적 및 현장조건에 부합되고 각 설계에 필요한 지반정보를 얻을 수 있도록 합리적이고 경제적으로 수립한다.
- (2) 지반조사 위치는 설계자료를 바탕으로 내업 및 현장답사를 통하여 현지 지질 및 지반 특성을 잘 나타내는 지점을 대상으로 선택한다.
- (3) 지반조사 각 단계에 대응한 조사·시험의 계획은 구조물의 특징이나 공사 내용을 충분히 이해하고 계획을 수립한다.

1.4 내용 및 결과

- (1) 지반조사로부터 설계, 시공의 대상이 되는 현장과 그 주변의 지반 및 지하수 상태와 관련된 모든 자료를 얻을 수 있어야 한다.
- (2) 시료 채취, 운반 그리고 보관은 국내 표준을 우선적용하고 국내 표준이 없는 경우 국제적인 공인 절차에 따라 수행하며, 그 내용을 반드시 지반조사 결과보고서에 기록한다. 실내 및 현장시험에서 구체적인 품질관리계획을 수립하고 조사 및 평가단계에서 품질보증이 이루어질 수 있도록 한다.

1.5 단계별 지반조사 내용

- (1) 지반조사는 예비조사, 본조사, 추가조사를 구분하여 시행한다. 소규모 과업의 경우 예비조사와 본조사를 구분하지 않고 실시한다.

- (2) 각 단계에 대응한 조사·시험의 계획은 구조물의 특징이나 공사내용을 충분히 이해하고 각 단계에서 필요로 하는 정보를 획득할 수 있도록 수립한다.
- (3) 시공 중 조사는 설계단계에서 민원 등의 사유로 조사가 시행되지 못한 경우 또는 시공 중 급격한 지층변화로 인해 조사가 필요할 경우 실시한다.

1.6 구조물 중요도 등급에 따른 지반조사 방법

- (1) 구조물 중요도에 따라 하부지반 영향범위, 하중조건 등을 고려하여 설계에 필요한 정성·정량적 지반정보를 제공할 수 있도록 조사계획을 수립한다.

2. 조사 및 계획

2.1 단계별 상세 지반조사

2.1.1 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. 지구물리탐사에 의한 지반의 개략특성 파악
- 바. 수문조사, 특히 개략적인 지하수위 조사
- 사. 인접 구조물 및 굴착현장 조사
- 아. 지장물 현황조사

② 현장답사

- 가. 현장답사는 야외조사를 통하여 지형이나 지질 및 지반상태를 확인하거나 지역 주민들의 청문을 통하여 과거의 지형변화 등에 대한 정보를 입수하여 조사 자료에서 나타난 사항을 확인하고 도상계획에 참고할 수 있도록 하며, 조사시행에 영향을 줄 수 있는 제반 현장여건을 확인하여 원활한 본조사 계획을 수립한다.

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

2.1.2 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 강도 특성
 - 다. 지반의 변형 특성
 - 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, 현장원위치 시험, 실내시험을 포함하며 물리탐사 등 간접적인 방법들이 사용될 경우, 시험 대상 지반을 확인하기 위하여 시추조사 등을 실시하여 다음 사항을 검토한다.
 - 가. 지층분포특성
 - 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 NX규격 이중 코아배럴이나 NX에 상응하는 규격을 사용하여 연직으로 시행하며, 풍화대나 파쇄대 등에서는 삼중 코아배럴 등을 사용하여 코아의 회수율을 높인다.
- ② 지층구성 파악을 위한 시추간격 및 심도는 구조물의 종류 및 범위, 요구되는 지반 조사 자료의 정밀도에 따라 지반분야 책임기술자 판단에 의거 결정한다.
- ③ 시추는 수직시추뿐만 아니라 단층 순폭 평가를 위한 경우 수평 및 경사시추를 실시한다.
- ④ 단층이나 파쇄대와 같이 공사에 장애가 되는 구간이나, 지층이 불규칙한 경우에는 시추간격을 축소 조정한다.
- ⑤ 시추공의 지하수위 측정은 시추종료 후 24, 48, 72시간 경과 시마다 지하수위를 측정한다.
- ⑥ 터널 입출구부 및 저토피 구간에서는 탄성파탐사를 수행하여 지층변화를 상세히 파악한 후 시추위치를 선정한다.

표 2.1-1 기본설계 적용기준

구분		시추 간격	시추심도
건축		구조물 규모에 따라 50~100 m 간격	기반암 3 m 이상
교량 ¹⁾		연장 100 m 이상 교량 3공 이상 연장 100 m 미만 교량 최소 각 교대	기반암 3 m 이상
박스		개소당 1공	풍화대 50/30 이하 3회 연속 확인
터널	산악 (NATM, TBM)	3공 이상(입출구부 포함) 계곡부/저토피 구간 1공 이상	터널 바닥고 하 0.5~1.0 D ; D:터널 최대 직경 (기반암이 확인 안 된 경우 터널 바닥고 하 1.0 ~ 2.0 D)
	도심지 (개착)	200~500 m 간격, 주요 구조물(수직구, 정거장, 집수정, 환기구 등)은 개소당 1 공	• 계획고하 3 m 이상 (기반암이 확인 안 된 경우 계획고하 0.5 B, B:굴착 계획폭) • 주요 구조물에는 기반암 3 m 이상

구분		시추 간격	시추심도
깎기비탈면		개소당 1공 이상 (연장 200 m 이상 시 1공 추가) 깎기높이 20 m 이상 일 경우 2공 이상 (시험굴조사: 1~2개소)	계획고하 2 m(단, 1개소에서 2공 이상 계획 시 비탈면 중간부에서는 계획고 위에서 경암 출현하는 경우 경암 2m 이상 확인) (시험굴조사: 1~3 m)
쌓기 비탈면	일반	500 m 간격 (핸드오거 300 m 간격)	풍화토 N=30 이상 3회 연속 또는 풍 화암 확인(핸드오거는 가능심도까지)
	연약	100 ~ 200 m 간격 (핸드오거 200 m 간격)	연약지반 통과 후 견고한 지층 3~5 m 확인 (핸드오거는 가능심도까지)
댐		20 ~ 30 m 격자	• 댐 높이 고려
제방		200 m 간격	• 제방높이 3배, 최소 10 m 이상
공항		상기 구분 별 간격	• 상기 구분 별 심도
원자로 시설		안전관련 구조물당 1공 이상	• 최대상재하중 10% 미만의 하중영 향이 예상되는 깊이까지 • 단층 및 파쇄대 분포 시 범위를 파 악할 수 있는 깊이까지

- 주 1) 교량구간 시추심도는 철도(고속철도 포함)의 경우 연암 3m 또는 경암 1 m, 기반암이 출현하지 않을 때는 풍화암 10 m까지 적용한다.
- 2) 토취장 조사는 개소 당 시추는 2개소 이상, 심도는 경암 5 m까지 수행하며, 시험굴은 5개소 이상 실시한다.
- 3) 지하철의 경우 각 해당 구조물 구분을 따른다.
- 4) 단선병렬 터널의 경우, 두 터널 중심 간의 거리가 5 D(터널 폭) 이상 이격되었을 경우, 각각의 터널로 지반조사를 수행한다.
- 5) 위 기준은 최소 권장사항이며, 사업규모 및 특성에 따라 수량 및 심도를 증가하여 정밀조사를 실시한다.

표 2.1-2 실시설계 적용기준

구분		시추 간격	시추 심도
건축		구조물 규모에 따라 30 ~ 50 m 간격	기반암 3 m 이상
교량 ¹⁾		교대 및 교각마다 1개소	기반암 3 m 이상
박스		개소당 1공	풍화대 50/30 이하 3회 연속 확인
터널 ²⁾	산악 (NATM, TBM)	50~200 m 간격(입출구부 포함) 계곡부/저토피 1공 이상 (200 m마다 1개소 추가)	터널 바닥고 하 0.5~1.0 D ; D:터널 최대직경 (기반암이 확인 안 된 경우 터널 바닥고 하 1.0~2.0 D)
	도심지(개착)	100 m 간격, 주요 구조물 (수직구, 정거장, 집수정, 환기구 등) 은 개소당 1공	• 계획고하 3 m 이상 (기반암이 확인 안 된 경우 계획 고 하 0.5 B, B:굴착 계획폭) • 주요 구조물에는 기반암 3 m 이상

구분		시추 간격	시추 심도
깎기비탈면		개소당 1공 이상 (연장 200 m 이상 시 1공 추가) 깎기 높이 20 m 이상일 경우 2공 이상(시 험굴조사 : 1 ~ 2개소)	계획고하 2 m(단, 1개소에서 2공 이상 계획 시 비탈면 중간부에서는 계획고 위에서 경암 출현하는 경우 경암 2 m 이상 확인) (시험굴조사 : 1~3 m)
쌓기 비탈 면	일반	500m 간격 (핸드오거 300 m 간격)	풍화토 N=30 이상 3회 연속 또는 풍화암 확인 (핸드오거는 가능심도까지)
	연약	50~100 m 간격 (핸드오거 200 m 간격)	연약지반 통과 후 견고한 지층 3~5 m 확인 (핸드오거는 가능심도까지)
댐		20~30 m 격자 간격	댐 높이 고려
제방		100 m 간격	제방높이 3배, 최소 10 m 이상
공항		상기 구분 별 간격	상기 구분 별 심도
원자로 시설		안전관련 구조물당 1공 이상	- 최대상재하중 10% 미만의 하중 영향이 예상되는 깊이까지 - 단층 및 파쇄대 분포 시 범위를 파악할 수 있는 깊이까지

- 주 1) 교량구간 시추심도는 철도(고속철도 포함)의 경우 연암 3 m 또는 경암 1 m, 기반암이 출현하지 않을 때는 풍화암 10 m까지 적용하고, 도로(고속국도 포함)는 연암 3 m 또는 경암 1 m, 기반암이 출현하지 않을 때는 풍화암 7 m까지 적용한다.
- 2) 철도 산악터널의 경우, 시추조사 간격은 50~100 m로 적용한다.
- 3) 토취장 조사는 개소 당 시추는 2개소 이상, 심도는 경암 5 m까지 수행하며, 시험굴은 5개소 이상 실시한다.
- 4) 단선병렬 터널의 경우, 두 터널 중심 간의 거리가 5D(터널 폭) 이상 이격되었을 경우, 각각의 터널로 지반조사를 수행한다.
- 5) 지하철의 경우 각 해당 구조물 구분을 따른다.
- 6) 위 기준은 최소 권장사항이며, 사업규모 및 특성에 따라 수량 및 심도를 증가하여 정밀조사를 실시한다.

(4) 현장시험

- ① 현장시험은 현장에서 흙과 암의 특성을 확인하거나, 시험결과를 직접적으로 설계에 적용하기 위하여 실시한다.
- ② 시험방법은 한국산업표준(KS)을 기준으로 실시하고, 필요시 미국재료시험학회(ASTM), 한국암반공학회(KSRM) 및 국제암반공학회(ISRM) 등의 국제적으로 규정된 기준에 의거 실시한다.
- ③ 현장시험 항목으로는 일반적으로 표준관입시험, 베인시험, 콘관입시험, 간극수압소산시험, 시추공전단시험, 공내재하시험, 투수 및 수압시험 등이 있으며, 예로 연약지반 쌓기구간, 깎기구간, 교량구간, 터널구간에서 요구되는 현장시험 항목은 다음과 같다.

표 2.1-3 연약지반 쌓기구간

조사 항목	빈도(기본/실시)	조사 심도
자연시료채취	공당 1개소 / 공당 2개소	· 필요깊이 (공별 5 m 간격 채취)
베인시험	800 m / 200 m 간격	· 연약층 전심도 (5 m 간격)
콘관입시험	200 m / 100 m 간격	· 연약층 전심도
간극수압 소산시험	400 m / 200 m 간격	· 연약층이 얇은 경우: 연약층 중앙부 · 연약층이 두꺼운 경우: 연약층 중앙부 또는 층두께의 1/3 지점

표 2.1-4 깎기구간

조사 항목	빈도(기본/실시)	조사 심도
시추공전단시험	- / -	풍화암층이 두꺼운 경우 필요시 수행
공내재하시험	- / 깎기높이 20 m 이상 1공	지층별 각 1회
투수 및 수압시험	- / -	투수계수 산정 필요시 수행

표 2.1-5 교량구간

조사 항목	빈도(기본/실시)	조사 심도
공내재하시험	- / 1공	지층별 각 1회

표 2.1-6 터널구간

조사 항목	빈도(기본/실시)	조사 심도
시추공전단시험	- / -	풍화암층이 두꺼운 경우 필요시 수행
공내재하시험	- / 입출구부, 본선 각 1공	지층별 각 1회
암반수압시험	- / -	투수계수 산정 필요시 수행

(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, 레이더탐사(GPR탐사), 중력탐사, MASW(SASW)탐사 등이 있으며, 설계목적에 적합한 탐사 방법을 선택한다.
- ③ 산악지역의 경우 전기비저항탐사의 가탐심도를 고려하여, 전자탐사를 실시한다.
- ④ 물리탐사 항목으로는 일반적으로 전기비저항탐사, 굴절법탄성파탐사 등이 있으며, 예로 깎기부, 터널부, 교량부에서 요구되는 물리탐사 항목은 다음과 같다.

표 2.1-7 깎기부

조사 항목	빈도(기본/실시)	조사 심도
굴절법탄성파탐사	- / 깎기높이 20 m 이상	· 미시추구간 · 시추조사와 병행

표 2.1-8 터널부

조사 항목	빈도(기본/실시)	조사 심도
굴절법탄성파탐사	입출구부 및 저토피구간	가탐심도 50 m 내외
전기비저항탐사	터널 전체길이	가탐심도 200 m 내외

표 2.1-9 교량부

조사 항목	빈도(기본/실시)	조사 심도
굴절법탄성파탐사	직접기초에 풍화암 심도 급변구간	직접기초 예상심도까지

(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, 다운홀, SPS검층 등을 수행한다.
- ④ 물리검층 항목으로는 대표적으로 시추공영상촬영이 있으며, 예로 깎기부, 터널부, 교량부에서 요구되는 물리검층 항목은 다음과 같다.

표 2.1-10 깎기부

조사 항목	빈도(기본/실시)	조사 심도
시추공영상촬영	- / 깎기높이 10 m 이상 1공	암반구간

표 2.1-11 터널부

조사 항목	빈도(기본/실시)	조사 심도
시추공영상촬영	- / 입출구부 각 1회	암반구간

표 2.1-12 교량부 및 터널 입출구부

조사 항목	빈도(기본/실시)	조사 심도
시추공토모그래피탐사	- / 상부구조물에 영향을 미치는 공동 발견 시	· 필요깊이까지

(7) 실내시험은 현장에서 채취한 교란, 불교란시료에 대하여 지반의 물리·역학적 특성을 파악하기 위하여 실시한다.

① 실내토질시험

가. 실내토질시험은 한국산업표준(KS)에 제시된 시험방법에 따라서 시행한다. 다만, KS에 명시되지 않은 시험은 국제적으로 인정되는 시험방법 등을 준용한다.

나. 실내토질시험 항목으로는 함수량, 비중, 체가름, 입도, 액·소성시험, 일축압축시험, 직접전단시험, 압밀시험, 삼축압축시험, 다짐시험, 실내CBR시험 등이 있다.

② 실내암석시험

가. 실내암석시험은 채취된 암석시료의 공학적 특성과 설계정수를 결정하기 위하여 시행하며, 시료의 제작 및 시험방법은 한국산업표준(KS)을 따르며, 필요시 한국암반공학회(KSRM), 국제암반공학회(ISRM) 및 미국재료시험협회(ASTM) 등 국제적으로 공인된 방법을 적용할 수 있다.

나. 실내암석시험 항목으로는 비중, 흡수율, 단위중량, 포아송비, 일축압축, 삼축압축시험, 인장시험, 점하중시험, 탄성파속도, 마모시험, 체가름, 풍화내구성지수 시험, 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 전기비저항, pH, 온도, 산화환원전위 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 기록하여야 하고, 피압수두의 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 평가하는 기초자료로 사용한다.

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, 통일분류, 공학적인 성질 등을 파악한다.

나. 재료조사는 댐 지점에 가까운 곳부터 시작하여 총량이 제체 체적의 2~3배에 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 적절하게 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, 낙석 발생 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 자료 조사와 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 문제가 될 것이 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 있으며, 도심지 터널의 지하정거장과 같이 사람이 일정시간 머무는 구간에 대하여서는 라돈가스에 대한 영향분석을 실시한다.

2.1.3 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.

2.1.4 지반조사 후 폐공

(1) 시추가 완료된 시추공은 관련법령에 따라 시멘트 모르타르 등으로 적합하게 폐쇄하여 지하수 유동으로 인한 오염의 확산을 방지한다.

2.2 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 탄성과속도 및 시공성에 따른 분류방법 등

2.3 지반특성 평가

- (1) 지반의 물리적 특성은 흙의 경우 입도분포, 간극률, 상대밀도, 단위중량, 자연함수비, 유기질함량 등이며, 암석의 경우 구성광물, 단위중량, 함수비, 간극률, 흡수율, 슬레이크 내구성 등이 있으며, 이러한 특성들은 지반을 분류하고 물리적 상태 변화 및 발생 가능한 상태를 이해하는 데 사용된다.
- (2) 물리적 특성 중 흙과 암석의 단위중량은 충분한 정확도로 결정되어야 하며, 채취된 불교란시료로부터 구한다. 불교란 시료를 채취할 수 없을 때는 현장시험을 통해 구한다.
- (3) 흙의 역학적 특성은 강도특성, 변형특성, 투수특성 등이 있으며, 설계에서 적용하는 값은 현장조사, 원위치시험, 토질시험 결과뿐만 아니라 과거문헌조사, 기존 시험 자료 조사 등을 종합적으로 참고하여 판단한다.
- (4) 흙의 강도는 일축압축강도, 삼축압축강도, 마찰면에 대한 전단강도 정수로 구분하며 현장시험과 실내시험 결과로부터 구한다.
- (5) 흙의 변형특성은 비선형 특성을 나타내며, 변형계수는 사용하고자 하는 변형량의 정도에 따라서 접선탄성계수 또는 할선탄성계수로 표현한다. 흙의 변형특성은 흙의 종류와 상태에 따라서 많은 차이를 나타내므로 시험 및 상관 관계식 등을 통해 신중하게 값을 선정한다.
- (6) 침투수 해석을 수행하기 위해서는 지하수와 함께 불포화 또는 포화된 흙의 투수특성과 지표면 침투특성이 필요하다. 이러한 특성은 포화투수계수, 불포화함수 특성곡선, 지표침투특성 등을 측정하는 시험을 통해 구한다. 암반의 경우에는 현장수압시험을 수행하여 투수 특성을 정량화한다.
- (7) 암의 역학적 특성은 암석의 강도특성, 변형특성, 투수특성 및 암석 불연속면의 전단특성 등이 있으며, 설계에서 적용하는 값은 현장조사, 원위치시험, 토질시험결과뿐만 아니라 과거 문헌조사, 기존 시험자료 등을 종합적으로 참고하여 판단한다.
- (8) 암석의 강도는 일축압축강도, 삼축압축강도, 절리면 전단강도 등이 있으며 현장시험과 실내시험 결과로부터 구한다.
- (9) 암의 변형특성은 크게 무결암의 변형특성과 암반의 변형특성으로 구분하며, 암석종류, 풍화상태, 불연속면의 발달 상태에 따라서 많은 차이를 나타내므로 시험과 과거의 경험을 토대로 신중하게 산정한다. 암반의 변형특성은 실제규모의 시험을 실시하거나, 공내재하시험 또는 암반분류 방법에서 구한 값과의 상관관계를 이용하여 산정한다.
- (10) 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.

2.4 보고서 작성

- (1) 지반조사 보고서에는 지반의 지질학적 특성 및 모든 지반의 정보, 지반공학적 평가, 시험결과 해석시 사용된 가정들을 포함한다.
- (2) 지반조사 보고서에는 시험에 사용된 방법들과 과정, 단계별조사, 시추, 지하수 측정, 실내 및 현장시험에서 얻은 결과들을 기록하여야 한다.
- (3) 지표지질조사는 조사한 내용을 정리하여 단층을 포함한 현장의 지질구조를 응용지질도에 정리한다.
- (4) 시추조사 결과는 일정 양식의 시추주상도로 정리한다.
- (5) 현장시험 결과는 각각 목적에 적합한 정보가 자세히 나타날 수 있도록 일정한 양식에 정리하고, 시험결과가 도표로 나타나는 경우는 그 결과를 제시한다.
- (6) 실내시험 결과는 각각 목적에 적합한 정보가 자세히 나타날 수 있도록 일정한 양식에 정리하고, 시험결과가 도표로 나타나는 경우는 그 결과를 제시한다.
- (7) 지표하부에 분포하는 지층은 불규칙하게 발달하고, 현장조사에서 얻은 결과는 제한적임에 따라 설계 및 시공 시 이를 고려한다.

집필위원

성명	소속	성명	소속
김기석	(주)희송지오텍	성상열	(주)고려기초연구소
김종훈	(주)희송지오텍	이정학	(주)건창이엔텍

자문위원

성명	소속	성명	소속
김태형	한국해양대학교	이재국	경동기술공사
박이근	(주)지오알앤디	유남재	한국건설생활환경시험연구원

건설기준위원회

성명	소속	성명	소속
구찬모	한국토지주택공사	배병훈	한국도로공사
김운형	다산컨설팅	임대성	삼보ENG
김유봉	서영엔지니어링	정상섬	연세대학교
김홍문	평화엔지니어링	정충기	서울대학교
박성원	유신	최용규	경성대학교
박종호	평화지오텍		

중앙건설기술심의위원회

성명	소속	성명	소속
구자흡	삼영엠텍(주)	이근하	(주)포스코엔지니어링
김현길	(주)정림이앤씨	차철준	한국시설안전공단
박구병	한국시설안전공단	최상식	(주)다음기술단

국토교통부

성명	소속	성명	소속
정선우	국토교통부 기술기준과	김병채	국토교통부 기술기준과
김광진	국토교통부 기술기준과	박찬현	국토교통부 원주지방국토관리청
김남철	국토교통부 기술기준과	이선영	국토교통부 기획총괄과

(분야별 가나다순)

설계기준
KDS 11 10 10 : 2016

지반조사

2016년 6월 30일 제정

소관부서 국토교통부 기술기준과

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 10 15 : 2016

지반계측

2016년 6월 30일 제정
<http://www.kcsc.re.kr>

KC CODE



건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

이 기준은 발간 시점부터 사용하며, 이미 시행 중에 있는 설계용역이나 건설 공사는 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 지반계측에 대한 기준으로 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년.월)
KDS 11 10 15 : 2016	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 지반계측에 해당되는 부분을 정비함.	제정 (2016.6)
KDS 11 10 15 : 2016	• 한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함	수정 (2018.7)

제 정 : 2016년 6월 30일
심 의 : 중앙건설기술심의위원회
소관부서 : 국토교통부 기술기준과
관련단체 : 한국지반공학회

개 정 : 년 월 일
자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회
작성기관 : 한국지반공학회

목 차

1. 일반사항	1
1.1 적용범위	1
1.2 계측의 분류	1
1.2.1 시설물 계측	1
1.2.2 계측목적에 따른 구분	1
1.2.3 계측기간에 따른 구분	1
1.2.4 계측시기에 따라 공사 중 계측과 유지관리 중 계측으로 구분	1
1.2.5 계측 대상 시설물에 작용하는 하중의 특성에 따른 구분	2
1.2.6 데이터의 수집 방법에 따른 구분	2
1.2.7 데이터의 전송 방법에 따른 구분	2
1.3 계측계획의 수립	2
1.4 계측단면의 선정	5
1.5 계측항목의 선정	5
1.6 계측기기의 배치	6
1.7 계측기기의 선정	7
1.8 제출물	7
1.8.1 계약 전 제출서류	7
1.8.2 계약 후 제출서류 포함내용	8
1.8.3 계측기 설치 후 제출서류	8
2. 조사 및 계획	9
2.1 연약지반공사	9
2.1.1 계측계획의 수립	9
2.1.2 계측단면의 선정	9
2.1.3 계측항목의 선정	9
2.1.4 계측기기의 배치	9
2.1.5 계측기기의 선정	9
2.1.6 제출물	9
2.2 비탈면 절취공사	10
2.2.1 계측계획의 수립	10
2.2.2 계측단면의 선정	10
2.2.3 계측항목의 선정	10
2.2.4 계측기기의 배치	11
2.2.5 계측기기의 선정	13

2.2.6	제출물	13
2.3	기초공사	13
2.3.1	계측계획의 수립	13
2.3.2	계측항목의 선정	14
2.3.3	계측기기의 배치	14
2.3.4	계측기기의 선정	14
2.3.5	제출물	15
2.4	상하수도 공사	15
2.4.1	계측계획의 수립	15
2.4.2	계측항목의 선정	15
2.4.3	계측기기의 배치	15
2.4.4	계측기기의 선정	16
2.5	터널공사	16
2.5.1	계측계획의 수립	16
2.5.2	계측단면의 선정	16
2.5.3	계측항목의 선정	17
2.5.4	계측기기의 배치	17
2.5.5	계측기기의 선정	20
2.5.6	제출물	20
2.6	댐공사	20
2.6.1	계측계획의 수립	20
2.6.2	계측단면의 선정	20
2.6.3	계측항목의 선정	20
2.6.4	계측기기의 배치	21
2.6.5	계측기기의 선정	22
2.6.6	제출물	22
2.7	하천제방공사	22
2.7.1	계측계획의 수립	22
2.7.2	계측단면의 선정	23
2.7.3	계측항목의 선정	23
2.7.4	계측기기의 배치	23
2.7.5	계측기기의 선정	23
2.7.6	제출물	23
2.8	항만공사	23
2.8.1	계측계획의 수립	23
2.8.2	계측단면의 선정	23
2.8.3	계측항목의 선정	24

2.8.4	계측기기의 배치	24
2.8.5	계측기기의 선정	25
2.8.6	제출물	25
2.9	건축공사	25
2.9.1	계측계획의 수립	25
2.9.2	계측항목의 선정	25
2.9.3	계측기기의 배치	26
2.9.4	계측기기의 선정	27
2.9.5	제출물	27
2.10	지하굴착공사	27
2.10.1	계측계획의 수립	27
2.10.2	계측단면의 선정	27
2.10.3	계측항목의 선정	27
2.10.4	계측기기의 배치	27
2.10.5	계측기기의 선정	27
2.10.6	제출물	28
2.11	발파진동유발공사	28
2.11.1	계측계획의 수립	28
2.11.2	계측항목의 선정	28
2.11.3	계측기기의 배치	28
2.11.4	계측기기의 선정	28
2.11.5	제출물	29
2.12	가물막이 및 동바리 공사	29
2.12.1	계측계획의 수립	29
2.12.2	계측단면의 선정	29
2.12.3	계측항목의 선정	29
2.12.4	계측기기의 배치	29
2.12.5	계측기기의 선정	29
2.12.6	제출물	29
3.	재료	30
3.1	계측시스템의 구성	30
3.2	계측기기의 종류	30
3.2.1	계측기기 정의	30
3.2.2	스트레인게이지(변형률 게이지)	31
3.2.3	변위계(displacement)	32
3.2.4	다이얼 게이지(dial gauge)	32
3.2.5	차동트렌스 게이지	32

3.2.6 ring type 변위변환기	32
3.2.7 포텐서미터	32
3.2.8 광학식 변위게이지	32
3.2.9 진동현식 게이지	33
3.2.10 광섬유 격자게이지	33
3.2.11 가속도계	33
3.2.12 계측기기의 특성을 나타내는 용어	33
3.3 계측자료 획득 장치	34
3.3.1 계측자료 획득 장치	34
3.3.2 계측기기 운용기법	34
3.3.3 일반적인 계측관리의 자동화	34
3.3.4 피해 방지 및 최소화 방법	34
3.3.5 계측자료 자동화 획득 장치	34
3.4 정적 계측자료 획득 장치	35
3.5 동적 데이터 획득 시스템	35
3.6 계측자료 통신방법	35
3.7 전원차단기	36
3.8 전압안정기	36
3.9 무정전 전원공급장치	36
3.10 항온·항습장치	36
3.11 보호함	36
3.12 잡신호 필터	36
3.13 접지설비	36
3.14 운영시스템 및 프로그램	37
3.14.1 일반사항	37
3.14.2 운영프로그램 구성	37
3.15 경보시스템	37
3.15.1 일반사항	37
3.15.2 SMS 문자경보	38
3.15.3 경광등	38
3.15.4 사이렌	38

1. 일반사항

1.1 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) 계측기의 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 감리원 또는 공사감독자는 계측책임자가 계측과 관련하여 요구하는 제반사항에 적극적으로 협조하여야 한다.

1.2 계측의 분류

1.2.1 시설물 계측

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

1.2.2 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.

1.2.3 계측기간에 따른 구분

- (1) 단기계측은 단기간에 수행하는 계측을 말하며, 크리프나 온도 변화 등이 계측 결과에 큰 영향을 받지 않는 계측이다.
- (2) 장기계측은 정밀 시공 및 유지관리를 위해 장기간에 걸쳐 수행되는 계측이다.

1.2.4 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.

1.2.5 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 사용한다.
- (2) 동적 계측은 구조물의 동적 해석을 위해 필요한 측정 빈도 이상으로 수행되는 계측을 의미한다. 정적 계측에 비해 상대적으로 짧은 계측 주기를 갖기 때문에 속도가 빠른 계측기기를 선정하여야 하며 계측기기도 구조물의 동적 거동을 빠른 속도로 반응할 수 있는 제품을 선정하여야 한다. 구조물의 거동분석을 위해서 해석에 필요한 초당 샘플 수, 측정 시간 등을 결정하여야 한다. 또한 유지 관리자가 초당 샘플 수와 측정 시간, 횟수를 임의로 조정할 수 있도록 운영 프로그램을 설계하여야 한다.

1.2.6 데이터의 수집 방법에 따른 구분

- (1) 수동계측은 계측기기로부터 자료를 입력으로 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.

1.2.7 데이터의 전송 방법에 따른 구분

- (1) 유선계측은 계측기기로부터 측정된 계측 결과를 케이블을 통하여 전송하여 데이터로 거 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.

1.3 계측계획의 수립

- (1) 계측계획의 수립 시 계측관리는 자동화 계측방법을 원칙으로 하되, 현장여건에 따라 수동계측을 할 수 있다. 자동화계측의 경우 이상 작동에 대비하여 수동측정이 가능하도록 조치하여야 한다.
- (2) 계측책임자는 계측착수 전에 설계 시 작성된 계획을 검토하고 현장여건을 반영하여 상세한 계측수행 및 분석계획, 유지관리를 계측기기의 초기치 설정 및 보호 등에 대한 계획을 작성하여 공사감리원 또는 공사감독자의 승인을 얻어야 한다.

- (3) 설계 시 수립된 계측계획은 시공 시 확인되는 현장여건, 지반상태 및 초기 계측결과 등에 근거하여 필요한 경우 보완하여 적용하여야 한다.
- (4) 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
 - ⑤ 계측기의 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
- (5) 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.
- (6) 계측 시에는 동일한 시험이나 계측을 반복하는 것이 어려운 경우가 많기 때문에 계측 준비와 계측과정에서의 오차를 최소화하여야 한다. 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.
- (7) 계측결과에 직접적으로 영향을 미칠 수 있는 요인들을 분석하여 계측계획을 수립하여야 한다.
- ① 계측기기 설치에 따른 영향
 - 가. 곡면 부착의 영향

(가) 변형률 게이지는 구조부재에 부착시켜 신호를 획득하는 방식이므로 계측 기기가 부착될 표면의 처리 및 부착품질에 따라서 계측결과의 신뢰성이 영향을 받는다. 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 의해 계측오차가 발생하지 않도록 주의하여야 한다.

⑤ 계측결과에 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 변화이다. 계측기기를 측정하고자 하는 곳에 부착하면 하중을 가하지 않은 상태에서도 온도의 변화에 따라 저항값이 달라지게 되어 계측값에 영향을 주게 된다. 온도에 의한 영향을 보상하기 위해서는 일반적으로 자기온도 보상형 계측기기를 사용하거나, 회로구성을 적절히 하는 방법들이 있다. 이에 관련된 상세한 내용은 계측기기 제조사의 사용자설명을 참고하도록 한다.

⑥ 습도에 의한 영향

가. 계측기기의 측정값은 계측기기주변의 습도에 의해서도 큰 영향을 받는다. 일반적으로 실내에서 짧은 시간동안 계측이 이루어지는 경우, 방습처리는 불필요할 수 있으나, 장시간 또는 습한 현장에서 재하시험을 실시하는 경우는 방습처리가 필수적이다. 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. 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 발생하는 매우 미소한 전기적 신호로부터 변환된다. 이 전기적 신호에 계측기의 내·외부에서 발생하는 자기장, 고전압 및 무전기 사용 등의 원인으로 인한 잡신호(노이즈)가 혼입되면 원하는 신호에 대한 계측오차를 발생시키므로 측정 전 잡신호를 제거시켜야 한다. 현장 계측 시 잡신호에 대한 근본적인 문제를 완전히 해결하는 것은 쉽지 않으나, 확실한 접지로 잡신호 감소효과를 얻을 수 있다.

1.4 계측단면의 선정

- (1) 계측은 구조적인 거동 및 안전성에 결정적인 영향을 미칠 수 있는 구간과 대표적인 단면을 선정하여 계측한다.
- (2) 계측위치의 선정은 현장 상황을 대표할 수 있는 장소, 또는 큰 변형이 예측되는 장소를 선정하여야 하고, 구조적으로 가장 위험한 단면을 주 계측단면으로 선정하되, 계측기가 설치된 위치가 선시공되어 시험시공의 의미를 가질 수 있도록 하여야 한다. 이러한 조건을 고려하여 최종 설치위치는 사전에 감리원 또는 공사감독자에게 보고 후 시행하도록 한다.
- (3) 계측기간 중 계측기기의 파손 또는 고장 가능성을 고려하여 계측단면을 선정하여야 하며, 계측기기의 설치 및 배선을 확실히 할 수 있는 위치를 선정하여야 한다.

1.5 계측항목의 선정

- (1) 공사 중 계측에서 설계도서상의 계측항목은 구조해석, 시공 방법, 계측 결과의 활용 목적, 평가 수법을 명확히 이해한 후 선정되었으므로 특별한 사유가 없는 한 설계 도서를 따라야 한다.
- (2) 설계 시 수립된 계측계획은 시공 시 확인되는 현장여건, 지반상태 및 초기 계측결과 등에 근거하여 필요한 경우 보완하여 적용하여야 한다.
- (3) 계측항목은 구조해석, 시공 방법, 계측결과 활용 목적, 평가 수법을 명확히 이해하고 계측대상, 계측기간, 계측장비 등을 고려하여 선정하여야 한다.

표 1.5-1 계측평가 항목 및 기준

평가항목	평가기준
적응성	- 측정간격을 임의로 설정할 수 있는 것 - 측정치의 시계열 표시가 가능한 것 - 전원에 적합한 것 - 계측기의 정밀도와 시스템의 정밀도가 일치하는 것
신뢰성	- 낙뢰에 대해서 계측기를 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
내구성	- 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 계측기

1.6 계측기기의 배치

- (1) 계측 대상 시설물의 규모나 위험도를 기준으로 계측기기 배치밀도를 설정하는 것이 바람직하며, 일반적으로 붕괴나 활동 등의 위험인자별로 여러 종류의 계측기기를 수 개소에 배치하여 상호의 계측자료를 검토하여야 한다.
- (2) 계측기기는 경제성, 시공성을 고려하고 지층구성 및 성토시기 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) 계측목적에 고려하여 각 계측기기는 서로의 연관성을 유지하도록 하며, 가능한 동일 단면에 배치하여야 한다.
- (6) 계측수량의 선정은 계측목적, 결과분석, 공사상황, 계측기기의 고장 등을 고려하여 수행되어야 한다.
- (7) 연약지반에 계측기를 매설할 경우 설치 시, 준설 또는 산토 매립 시, 프리로딩 재하 및 제거 시 계측기가 망실될 확률이 높으므로 현장여건을 감안한 계측기 망실률이 반영되어야 한다.

1.7 계측기기의 선정

- (1) 계측기기는 계측목적, 계측기간, 계측 항목, 계측 대상, 계측방법, 계측환경 등을 고려하여 선정되어야 한다.
- (2) 계측기기는 KS 또는 이와 동등 이상의 품질인증이 된 제품 중에서 사용하는 것을 원칙으로 한다.
- (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 하여야 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 계측기의 측정 기능범위가 클 것
 - ⑤ 계기 오차 등을 유발 할 수 있는 계측기의 고장 발견이 용이할 것
 - ⑥ 가격이 경제적인 것

1.8 제출물

1.8.1 계약 전 제출서류

- (1) 시스템 종합 규격 및 설명서
 - ① 이 기준의 각 항목별로 기술 규격이 일치하도록 작성하여야 한다.
- (2) 공급 자재 명세 및 자재별 규격

- ① 제조사 교정 장비 공인성적서
- ② 제품 검정 또는 교정 성적서
- ③ 카다로그
- ④ 품질보증서
- ⑤ 품질 공인 인증서
- ⑥ 제품 및 부속자재 구비유무
- (3) 설계·제작 및 시험 계획을 포함한 종합 공정 계획표
- (4) 기자재 공급 내역
- (5) 기술 자료 및 도면
- (6) 설치를 위한 상세한 방법, 지침 및 도면

1.8.2 계약 후 제출서류 포함내용

- (1) 제작공정표
 - ① 설계, 제작, 조립, 시험, 교육 등의 계약 내용 제반에 대한 상세한 단계별 공정표
- (2) 제작기기 규격
 - ① 종류 및 규격
 - ② 도면 및 구조
 - ③ 제작 특기사항 및 특성
 - ④ 표준 도면
 - ⑤ 기타 필요한 사항
- (3) 설치 공사용 자료
 - ① 기기간 연결도 및 공급 케이블 내역
 - ② 기기 설치 환경 조건
- (4) 발주자가 제공할 자료
 - ① 시스템 설계 제작에 필요한 자료

1.8.3 계측기 설치 후 제출서류

계측책임자는 계측시스템을 설치한 후 취급설명서와 운전설명서를 제출해야 한다. 각 측정계기에 대한 취급설명서에는 적어도 다음 사항이 포함되어야 한다.

- (1) 작동이론
 - ① 계기의 사용 목적
 - ② 계기의 기본측정 원리
 - ③ 전형적인 적용을 나타내는 스케치, 블록 다이어그램
 - ④ 시스템의 측정범위
 - ⑤ 설치요령
- (2) 작동 및 측정순서
 - ① 장비 측정준비 및 측정개시를 위한 세부적인 순서

- ② 사용자 및 장비에 관련된 주의사항
 - ③ 계기 설치 후 초기치를 얻는 방법
 - ④ 초기치 이후의 계측치를 얻는 순서
 - ⑤ 측정치에 의한 원인 및 영향분석에 사용될 수 있도록 매 측정 시 기록하여야 할 시공 및 환경적 사항
 - ⑥ 측정 시 필요한 기구 및 준비물의 목록
 - ⑦ 현장 자료 기록 야장
 - ⑧ 완성된 현장 자료 기록 야장의 견본
 - ⑨ 차후 측정자료 분석 시 필요한 설치기간 중 기록하여야 할 사항
- (3) 보수 및 유지관리
- ① 현장상태로의 보관에 관한 사항
 - ② 장비 교체시기 및 방법에 관한 사항
 - ③ 현장점검 사항
 - ④ 소모품을 포함한 예비부품의 추천목록
 - ⑤ 유지관리 중 필요한 기구, 예비품, 준비물의 총목록

2. 조사 및 계획

2.1 연약지반공사

2.1.1 계측계획의 수립

- (1) 이 기준의 1.3을 따른다.

2.1.2 계측단면의 선정

- (1) 이 기준의 1.4를 따른다.

2.1.3 계측항목의 선정

- (1) 이 기준의 1.5를 따른다.

2.1.4 계측기기의 배치

- (1) 이 기준의 1.6을 따른다.

2.1.5 계측기기의 선정

- (1) 이 기준의 1.7을 따른다.

2.1.6 제출물

- (1) 이 기준의 1.8을 따른다.

2.2 비탈면 절취공사

2.2.1 계측계획의 수립

- (1) 이 기준의 1.3을 따르도록 하고, (2)와 (3)항을 추가한다.
- (2) 지표의 변위, 기울기, 균열 변화 및 지중 수직, 수평 변위, 지하수위, 간극수압, 강우량, 응력과 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.

2.2.2 계측단면의 선정

- (1) 이 기준의 1.4를 따른다.

2.2.3 계측항목의 선정

- (1) 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 2.2-1 계측항목과 계측기기

현상	계측의 대상	계측항목	계측수준, 계측기명	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	이동암과 표면부의 필요장소에 다수 설치
		낙석의 감지	검지선식 낙석검지기	낙석, 봉락 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 고정식 지중경사계 (설치형 지중경사계)	보링구멍을 이용하여 활동면을 끼고 다수 설치

현상	계측의 대상	계측항목	계측수준, 계측기명	설치장소 및 설치방법
구조물의 거동			지중 변위계	
		지중의 용기, 침하량 이동량	지중 변위계	보링구멍을 이용하여 변위 발생 심 도보다 깊게 설치
	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, 휨모멘트로 환산)	변형게이지	대책공의 필요장소에 다수 설치
		철근의 변형 (축력, 휨모멘트로 환산)	철근계 (룩볼트, 네일링 축력계)	원지반 보강재로서의 철근에 있어 서 필요 장소에 다수 설치
	변위, 변형	구조물 변위량	구조물 표면경사계	대책공이나 기설 구조물 표면의 필 요 장소에 다수 설치
			광파 측량법	대책공이나 기설 구조물 표면의 필 요 장소에 다수 표점을 설치하여 광파측량을 한다.
		강관 말뚝 처짐량	삽입형 지중경사계	강관 말뚝 내부의 필요 장소에 다 수 설치
		균열폭, 진행속도량	균열게이지	대책공이나 기설 구조물 표면에 발 생된 균열을 끼고 다수 설치
		뿔머 붙이기의 열화도, 공동추정	열 적외선 영상법 (리모트센싱기법)	적외선 카메라에 의한 뿔머 콘크리 트 표면 온도 정보의 영향 해석을 하여 배면 공동을 추정
수문상 황	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 만 들어 다수 설치 • 배수로의 노치 등에 다수 설치

2.2.4 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, 검토하여야 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.

표 2.2-2 비탈면의 붕괴 형태와 계측기의 배치 예

붕괴 형태	대상 지질	계측항목	계측기 및 방법	계측상의 문제점	비고
평면 활동 붕괴	연암, 경암			활동면 위치나 머리부 텐션 크랙의 위치 예측이 사전에는 어렵고, 깎기 후의 거동 예측밖에 안 되나, 지질구조 조사나 땅깁기 후의 비탈면 상세 관찰을 실시하는 것이 중요하다.	필요하면 우량계와 지하수위관측을 실시한다.
썩기 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	변동활동블록의 사전결정이 어렵고, 계측 위치의 결정이 곤란하나, 지질 구조 조사나 땅깁기 후의 비탈면 상세 관찰을 충분히 실시하는 것이 중요하다.	필요하면 우량계와 지하수위관측을 실시한다. 파괴형태로서는 많다.
원호 활동 붕괴	토사, 연암, 경암			활동블록의 사전결정이 어렵고, 계측위치의 결정이 곤란하나, 지질 구조 조사나 땅깁기 후의 비탈면 상세 관찰을 충분히 실시하는 것이 중요하다.	필요하면 우량계와 지하수위관측을 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 지하수위관측을 실시한다.
전도 붕괴	연암, 경암	① 지표 변위량 (수평, 수직성분, 경사량) ② 지중 변위량 (활동면의 확인)	① 지표면신축계, 광파측량법 ② 지중경사계, 지중 변위계	전도와 낙석·붕락의 구별이 의외로 어렵고, 충분한 지질조사를 실시하여 지질 구조를 파악할 필요가	

붕괴 형태	대상 지질	계측항목	계측기 및 방법	계측상의 문제점	비고
		수평변위량)		있다. 계측 자료에서 비탈면의 안정 평가 와 결부시키는 것이 어렵다.	
백링 붕괴	연암	① 지표 변위량 ② 지중 변위량 (수평, 수직 변위량) ③ 대책공 계측	① 광파측량법 ② 지중 변위계 ③ 록볼트 축력계	실측 자료의 암체의 좌굴 파괴와의 결부 평가가 어렵다.	주상절리나 층리가 발 달된 경암 비탈면에서 급 경 사 의 비탈면
응력 개방에 의한 변위	토사, 연암, 경암	① 지표면 변위량 ② 지중 변위량	① 광파측량법 ② 지중 변위계, 지중 경사계, 파이프변형계	응력개방에 따른 지 반 팽창인가 활동이 나 붕괴에 의한 변위 인가의 구별이 어렵 다. 응력 개방에 의한 변위가 발생된 경우 이 경향이 비탈면의 안정성에 어떻게 관 련되는가 또는 주변 에 대한 안정성의 평 가가 어렵다.	열수변질을 받은 바위 로 점토광 물을 함유 하는 경우, 발 생 되 는 경우가 많 다.
붕락 현상	연암, 경암	① 낙석표면 변위량 ② 낙석검지 ③ 대책공계측	① 광파측량법 ② 낙석감지기 ③ 록볼트 축력계, 쑈크리트 응력계	전조 현상이 생긴 다 음 붕락이 발생될 때 까지의 시간이 짧다. 계측보다도 붕락 대 책이 우선되는 경우 가 많은 편이며, 대책 공의 거동 계측이 금 후 필요하다고 생각 된다.	낙석감지기 는 사후 검 지이며, 예 측되지 않 는다.

2.2.5 계측기기의 선정

- (1) 이 기준의 1.7을 따르도록 하고, (2)항을 추가한다.
- (2) 비탈면의 계측은 장기적인 계측이 되므로 각각의 계측기의 평가항목을 감안하여 선정을 하여야 한다.

2.2.6 제출물

- (1) 이 기준의 1.8을 따른다.

2.3 기초공사

2.3.1 계측계획의 수립

- (1) 말뚝박기 향타기록

- ① 말뚝을 향타에 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 측정계획을 수립하여야 한다.
- (3) 케이슨기초
 - ① 시공에 필요한 가교, 축도, 물막이 등의 가시설물에 대하여는 착공 전 계측계획을 세워 감리원 또는 공사감독자의 확인을 받아야 한다.
 - ② 침하방법에 대하여는 미리 침하-하중 관계도를 작성하여 감리원 또는 공사감독자에게 보고하여야 한다.

2.3.2 계측항목의 선정

- (1) 말뚝박기
 - ① 말뚝박기의 향타 횟수를 측정하여야 한다.
 - ② 말뚝의 최종 관입량 및 리바운드를 측정하여야 한다.
- (2) 현장타설말뚝의 건전도
 - ① KCS 11 50 10 (3.9)을 적용한다.
- (3) 케이슨 기초의 기울기
 - ① 케이슨에 가하는 하중의 크기를 측정하여야 한다.
 - ② 케이슨의 침하량을 측정하여야 한다.
 - ③ 케이슨의 기울기를 측정하여야 한다.

2.3.3 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.

2.3.4 계측기기의 선정

- (1) 계측기기는 설치, 측정 및 유지관리가 용이하고 측정기간 동안의 내구성이 유지되어야 한다.

- (2) 계측기기는 계측목적에 적합한 정확도를 가져야 하며 최대 예상변화량 이상의 측정범위를 가져야 한다.
- (3) 계측기기는 물이나 공기 중에 노출되어도 기능을 유지할 수 있는 구조여야 하며 재질은 녹이 슬지 않는 재질이어야 한다.
- (4) 측정시스템은 측정의 편리성, 측정빈도, 측정방법, 기기의 호환성 및 경제성 등을 고려하여 구성하여야 한다.

2.3.5 제출물

- (1) 말뚝박기의 향타 횟수 및 말뚝의 최종 관입량 및 리바운드 기록을 제출하여야 한다.
- (2) 건전도 검측은 KCS 11 50 10 (3.9)을 적용한다.
- (3) 케이슨 기초는 시공 후 케이슨 기초의 침하 기록 및 케이슨 경사 측정 결과를 제출하여야 한다.

2.4 상하수도 공사

2.4.1 계측계획의 수립

- (1) 이 기준의 1.3을 따른다.

2.4.2 계측항목의 선정

- (1) 자연 유하식 상하수관 부설관로에 대하여 수밀검사를 위한 누수량을 측정하여야 한다.
- (2) 상하수도 관로 중 압력관의 수밀성을 확인할 필요가 있는 경우에 수압을 측정하여야 한다.
- (3) 강관 배관용접 후의 용접상태 확인을 위하여 방사선투과 측정을 하여야 한다.
- (4) 강관 배관용접 후의 용접상태 확인을 위하여 초음파 탐상측정을 하여야 한다.
- (5) 강관 내·외면 용접이 끝난 후 용접개소 시험공에 압력계를 부착하여 용접부 압력을 측정하여야 한다.
- (6) 상수도관의 전식방지대책을 위하여 전위를 측정하여야 한다.
- (7) 세미샐드 공사 중 장비조립 완료 후 기기의 작동시험을 실시하여 세미샐드 추진용 관의 허용내하력을 측정하여야 한다.
- (8) 시스템의 손실수두를 적어도 한 개가 여과지에 대해서 측정하여야 한다. 급속여과지 내 유공 블록, 스트레이너 블록, 다공판형, 유공판형을 이용한 하부집수장치의 흐름분포 및 손실수두를 측정하여야 한다.

2.4.3 계측기기의 배치

- (1) 누수량 측정
 - ① 수밀검사를 위한 누수시험은 800 mm 미만 하수관(오수관) 중 관경별로 50% 이상에 대하여 실시하여야 한다.

- ② 검사구간은 어느 한 곳에 국한하지 말고 전 지역에 대하여 골고루 실시하여야 한다.
- (2) 수압측정
- ① 수압시험은 200 m 간격으로 시행하여야 하며 제수밸브와 제수밸브 사이에서 시험하는 것이 좋다.
- (3) 방사선 투과 측정
- ① 검사개소는 원칙적으로 개소당 2개소로 하고, 그 위치는 공사감리원 또는 공사감독자가 지시한다.
- ② 방사선투과 측정의 1개소 검사 길이는 30 cm를 표준으로 한다.
- ③ 공사감리원 또는 공사감독자가 필요하다고 인정할 때에는 검사 개소 및 검사 길이를 증가시킬 수 있다.
- ④ 소구경관으로서 현장요원들이 들어갈 수 없는 경우에는 KS B 0888에 규정한 이중벽 편면 촬영 방법에 따른다.
- (4) 손실수두 측정
- 시스템의 손실수두를 적어도 한 개가 여과지에 대해서 측정하여야 한다.

2.4.4 계측기기의 선정

- (1) 이 기준의 1.7을 따른다.

2.5 터널공사

2.5.1 계측계획의 수립

- (1) 이 기준의 1.3을 따르도록 하고, 아래 (2), (3), (4)항을 추가한다.
- (2) 지상에서 수행하는 지표 및 지중침하 측정은 토피의 높이나 지상시설물의 유무에 따라 가감하거나 생략할 수 있다.
- (3) 터널내부에서 수행하는 지중변위 측정, 내공변위 및 천단침하 측정, 록볼트 축력측정, 슛크리트 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 소음측정 등도 필요에 따라 터널계측에 포함하며, 특히 아파트, 연립주택 및 다중이용시설의 직하부, 철도구조물, 고가도로 등의 기초 직하부를 통과하는 경우에는 위 항목의 계측을 실시하는 것을 원칙으로 한다.

2.5.2 계측단면의 선정

- (1) 지표 및 지중침하계
- ① 토피가 터널직경의 3배 이내일 때에는 지표 및 지중침하를 측정하여 지반의 연직변위에 대한 지상 구조물 및 지반의 안정성을 확인하여야 한다.

- ② 토피가 터널직경의 3배 이상이라도 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 지보 효과를 확인하기 위하여 록볼트 축력계를 설치한다.
- (5) 슛크리트 응력계
 - ① 터널주변 변위에 수반하여 발생하는 슛크리트의 응력을 측정하여 허용응력과 비교함으로써 부재의 적정성을 확인하기 위하여 슛크리트 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 것이다.

2.5.3 계측항목의 선정

- (1) 이 기준의 1.5를 따른다.

2.5.4 계측기기의 배치

- (1) 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 터널 축 방향을 따라 20 m 간격으로 배치함을 원칙으로 하며, 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 있으며, 지반조건이 불량한 구간이나 변화가 심한 구간에 대하여는 계측간격을 상기 표준간격보다 좁혀서 계측결과 수렴 여부를 확인하여야 한다.
 - ④ 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 하여야 한다. 단, 뚜렷한 층리, 엽리, 절리 등의 발달로 인하여 터널굴착의 영향범위가 상기 범위를 벗어난다고 판단되는 경우에는 계측범위를 확대하여야 한다.
 - ⑤ 지중침하 계측기기의 설치 간격은 500 m를 표준으로 하며 심도별 침하를 측정할 수 있도록 하여야 한다. 단, 주요 구조물 하부지반의 침하 등을 측정하고자 할 경우에는 이 지점을 고려하여 계측기기 설치간격을 조정할 수 있다.
 - ⑥ 지중침하 측정 중 최하단 측점은 가능하면 터널 천정부에 근접되게 설치하여야 한다. 단, 여굴, 록볼트, 경사볼트 등 터널내의 작업에 의해 손상되지 않도록 하여야 한다.
- (2) 내공변위 및 천단침하계
- ① 내공변위 및 천단침하 측점은 동일 단면에 설치하고 계측 측선은 터널 축방향을 따라 20 m 간격으로 배치함을 원칙으로 하며, 갱구부 50 m 구간과 토피가 터널 직경의 2배 이하인 구간은 10 m 간격을 표준으로 한다.
 - ② 지반상태가 양호하고 기 시공구간의 계측결과에 의하여 안정성이 확인된 경우에는 측선 간격을 넓게 조정할 수 있으며, 지반조건이 불량한 구간이나 변화가 심한 구간에 대하여는 계측간격을 표준간격보다 좁혀서 계측결과 수렴 여부를 확인하여야 한다.
 - ③ 측선의 배치 그림 2.5-1과 같이 전단면 굴착의 경우에는 3측선, 반단면 굴착의 경우에는 4측선을 표준으로 하며, 지반상태, 굴착방법, 굴착 단면적 등을 참고하여 측선 수를 조정할 수 있다.



그림 2.5-1 내공변위 계측의 측선 배치 예

- ④ 내공 변위량이 예상보다 큰 경우나 편압 현상이 현저할 경우 또는 확폭부나 접속부 등의 특수구간에는 3차원 계측을 원칙으로 하며 3차원 계측에는 자동 광과기, 3D 디지털카메라, 레이저스캐닝 등의 최신기법을 사용할 수 있다. 이때 가능한 절대좌표를 사용하도록 하나 장대터널이나 곡선테널에서는 거동이 수렴된 구간에

기준점을 설치하여 3차원 계측을 할 수 있다. 필요시 자동화 계측을 적용하여 계측의 신뢰도를 높여야 하며, 파쇄대, 습곡, 단층, 탄층의 출현 등 심각한 지층변화가 예상되는 구간에는 물리탐사 및 선진수평보링을 실시하도록 한다.

(3) 지중변위계

- ① 지중변위 측정단면은 500 m 간격을 표준으로 배치하되 터널의 규모나 지반조건 등 터널상황에 따라 조정할 수 있으며, 내공변위 및 천단침하측정 단면과 동일 단면에 설치하여 계측결과를 종합적으로 분석하도록 하여야 한다.
- ② 측정단면의 좌우 측벽부 및 천정부 등 3개소에 3~5 측정점의 심도별 다중측점 지중변위계를 설치하며 터널규모나 지반조건 등을 고려하여 증감한다.
- ③ 지중변위계의 측정점은 터널 벽면에서 터널직경의 0.5배 범위 또는 예상되는 이완영역을 충분히 포함하는 범위까지 배치하여야 한다.

(4) 록볼트 축력계

- ① 록볼트 축력 측정단면은 500 m 간격을 표준으로 하여 배치하되 터널의 규모, 단면당 록볼트 수, 지반조건 등 터널상황에 따라 조정할 수 있으며, 지중변위, 슛크리트 응력, 내공변위 및 천단침하측정 단면과 동일한 단면에 설치하여 다양한 계측결과를 종합적으로 분석하도록 하여야 한다.
- ② 록볼트 축력은 축력 측정용 록볼트를 실제의 록볼트 설치 위치에 동일한 방법으로 설치하여 측정하며, 측정단면의 좌우 측벽부 및 천정부 등을 포함하는 3~5개의 측정용 록볼트를 설치한다.
- ③ 축력 측정용 록볼트는 측정 간격이 0.5 m~1.0 m이어야 한다.

(5) 슛크리트 응력측정 배치

- ① 슛크리트 응력계의 측정단면은 500 m 간격을 표준으로 하여 배치하되 터널의 규모, 지반조건 등 터널상황에 따라 조정할 수 있으며, 지중변위, 록볼트 축력, 내공변위 및 천단침하측정 단면과 동일한 단면에 설치하여 다양한 계측결과를 종합적으로 분석하도록 하여야 한다.
- ② 슛크리트의 응력계는 슛크리트에 발생하는 응력과 배면 지반압의 크기 및 그 분포 상황을 종합적으로 파악할 수 있도록 측정단면의 좌우 측벽부 및 천정부 등을 포함하는 3~5개소에 설치하여야 한다.
- ③ 터널 반경방향 및 접선방향의 슛크리트 응력을 측정하기 위하여 각 측정점에는 반경방향 및 접선방향에 직각이 되도록 2개의 응력계를 설치하여야 한다.

(6) 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 가능하며, 정확한 분석을 위해 설치위치 간 중첩길이는 최소 2.0 m 이상이 필요하나, 암반조건을 고려한 적절한 천공길이의 적용과 경제성을 감안한 선정이 필요하다.

(7) 록볼트 인발시험

- ① 가능한 한 굴착 초기단계에 갱구부근의 적당한 장소에서 시공 후 소정의 시간이 지난 후에 실시한다. 재하속도는 10 kN/min 속도로 실시한다.

2.5.5 계측기기의 선정

- (1) 이 기준의 1.7을 따른다.

2.5.6 제출물

- (1) 이 기준의 1.8을 따른다.

2.6 댐공사

2.6.1 계측계획의 수립

- (1) 이 기준의 1.3을 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 자동 계측시스템을 공사감리원 또는 공사감독자와 협의하여 구축하여야 한다.

2.6.2 계측단면의 선정

- (1) 계측은 댐의 구조적인 거동 및 안전성에 결정적인 영향을 미칠 수 있는 구간과 대표적인 단면을 선정하여 계측한다.
- (2) 계측위치의 선정은 현장 상황을 대표할 수 있는 장소, 또는 큰 변형이 예측되는 장소를 선정하여야 하고 구조적으로 가장 위험한 단면을 주 계측단면으로 선정하며, 설치 위치는 사전에 감리원 또는 공사감독자에게 보고 후 시행하도록 한다.

2.6.3 계측항목의 선정

- (1) 중심코어형 사력댐은 공사 중 댐체의 변형, 응력, 간극수압, 기초의 간극수압 등을 측정하여야 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 측정하여야 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 측정 등을 측정하여야 한다.

- (4) 댐 건설 중 댐체 중량과 수압작용에 대한 댐체 내의 수평, 수직방향의 토압을 측정하여야 한다.
- (5) 댐 건설 중 댐체 축조에 따른 간극수압을 측정하고 발생 및 소산정도를 분석하여 축조속도를 관리하여야 하며 기초부 차수 그라우팅 지점의 차수효과를 확인하여야 한다.
- (6) 기초 암반층과 댐체 사이에 작용하는 간극수압을 측정하여야 한다.

2.6.4 계측기기의 배치

(1) 배치일반

- ① 댐 형식 및 규모, 지반조건, 현장조건 등을 고려하여 최대변위와 최대응력이 작용할 것으로 예상되는 위치에 중점적으로 계측을 실시하여야 한다.
- ② 구조적으로 가장 위험한 단면을 주 계측단면으로 선정하며, 높이 15 m 이상의 대댐에서는 3개 이상의 주 계측단면을 설정하여 계측기기를 배치하여야 한다.
- ③ 계측목적에 고려하여 각 계측기기는 서로의 연관성을 유지하도록 하며 가능한 한 동일단면에 설치하여야 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 설치하는 것을 원칙으로 한다.
- ② 댐체 표면에서 발생하는 외부변형과 내부에서 발생하는 침하량 및 수평변위를 측정하여야 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 측량되어야 한다.
- ③ 댐체 심벽에 지점별 침하와 경사를 측정하여야 한다.
- ④ 존형댐의 경우는 댐체 내부 침하용 측정기기를 동일 표고에서 각기 다른 존에 설치하여 부등침하 등의 확인이 가능하도록 설치하여야 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 3 방향별 변위를 측정하여야 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 측정기기의 설치 표고와 간격은 저수위별 침윤선을 예상하여 침윤선 해석이 가능하도록 배치하여야 한다.
- ④ 향후 저수위 상승에 따른 간극수압의 발생 유무를 측정하기 위한 측정기기는 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 측정하여야 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 측정기기는 수직 이음부에 매설되도록 배치하여야 한다.

2.6.5 계측기기의 선정

- (1) 이 기준의 1.7을 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 재질이어야 한다.
- (3) 댐체 심벽에 지점별 침하와 경사를 측정하여 물이나 공기 중에 노출되어도 기능을 유지할 수 있는 구조이어야 하며, 표면차수벽의 온도변화에 따른 측정오차가 없도록 하여야 한다.

2.6.6 제출물

- (1) 이 기준의 1.8을 따른다.

2.7 하천제방공사**2.7.1 계측계획의 수립**

- (1) 이 기준의 1.3을 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 자동계측시스템을 공사감리원 또는 공사감독자와 협의하여 구축하여야 한다.

2.7.2 계측단면의 선정

- (1) 이 기준의 1.4를 따른다.

2.7.3 계측항목의 선정

- (1) 공사 중 제체의 변형, 침하, 수평변위, 간극수압 등을 측정하여야 한다.
(2) 추가적인 계측항목에 대해서는 감리원 또는 공사감독자와 협의하여 결정한다.

2.7.4 계측기기의 배치

- (1) 제방규모, 지반조건, 현장조건 등을 고려하여 최대변위와 최대응력이 작용할 것으로 예상되는 위치에 중점적으로 계측기기를 배치하여야 한다.
(2) 계측목적에 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.

2.7.5 계측기기의 선정

- (1) 이 기준의 1.7을 따른다.

2.7.6 제출물

- (1) 이 기준의 1.8을 따른다.

2.8 항만공사

2.8.1 계측계획의 수립

- (1) 이 기준의 1.3을 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 계측시스템을 공사감리원 또는 공사감독자와 협의하여 구축하여야 한다.

2.8.2 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 계측한다.
- (4) 계측위치의 선정은 현장 상황을 대표할 수 있는 장소, 또는 큰 변형이 예측되는 장소를 선정하여야 하고 구조적으로 가장 위험한 단면을 주 계측단면으로 선정하며, 설치 위치는 사전에 감리원 또는 공사감독자에게 보고 후 시행하도록 한다.

2.8.3 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 측정한다.
 - ② 항만 구조물의 안정성을 확인하기 위하여 외력(뒤채움, 성토, 조위 등)에 의한 침하 및 수평변위(기울기)를 측정하여야 한다.
 - ③ 항만 구조물 주변 지반의 안정성을 확인하기 위한 층별 침하, 지중수평변위를 측정하여야 한다.
 - ④ 항만 구조물 주변 지반의 지하수위 및 조위를 측정하여야 한다.
- (2) 추가적인 계측항목에 대해서는 감리원 또는 공사감독자와 협의하여 결정한다.

2.8.4 계측기기의 배치

- (1) 항만구조물의 형식 및 규모, 지반조건, 현장조건 등을 고려하여 최대변위와 최대응력이 작용할 것으로 예상되는 위치에 중점적으로 계측을 실시하여야 한다.
- (2) 계측목적에 고려하여 각 계측기기는 서로의 연관성을 유지하도록 하며 가능한 한 동일단면에 설치하여야 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 추가하여야 한다.
- (5) 항만 구조물의 변형 및 응력 측정
 - ① 구조계산 결과를 참고하여 구조적 취약부위에 철근응력 및 콘크리트 응력 계기를 동일 지점에 설치하는 것을 원칙으로 한다.
 - ② 항만구조물 배면 토압은 케이슨의 크기 및 구조계산 결과를 참고로 하여 설치 위치를 선정한다.
 - ③ 반력은 항만구조물 하부 바닥면 모서리에 설치하는 것을 원칙으로 한다.
 - ④ 항만구조물의 거동을 관측하기 위해 설치되는 침하 및 수평변위(기울기) 계측기는 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 한다.

- ② 해측 지반에 지중수평변위를 측정하여 해측 지반의 거동상태를 파악한다.
- ③ 육측 지반에 지표침하, 층별 침하, 지중수평변위를 측정하여 육측 지반의 거동상태를 파악한다.
- ④ 항만공사에 필히 설치되어야 할 조위계는 현장의 대표 조위를 설치할 수 있는 장소에 설치하여 실시간으로 조위정보를 받을 수 있도록 한다.

2.8.5 계측기기의 선정

- (1) 계측기기는 설치, 측정 및 유지관리가 용이하고 측정기간 동안의 내구성이 유지되어야 한다.
- (2) 계측기기는 계측목적에 적합한 정확도를 가져야 하며 최대 예상변화량 이상의 측정범위를 가져야 한다.
- (3) 측정시스템은 측정의 편리성, 측정빈도, 측정방법, 기기의 호환성 및 경제성 등을 고려하여 구성하여야 한다.
- (4) 자동측정기기의 경우 이상 작동에 대비하여 수동측정이 가능하도록 조치하여야 한다.

2.8.6 제출물

- (1) 이 기준의 1.8을 따른다.

2.9 건축공사

2.9.1 계측계획의 수립

- (1) 이 기준의 1.3을 따른다.

2.9.2 계측항목의 선정

- (1) 침하측정은 초고층건물 또는 동별 층고나 중량의 현저한 차이가 있어 부등침하의 우려가 있을 경우, 또는 연약지반에 구축하는 건축물에 대해 침하측정을 실시한다.
- (2) 경사측정은 대상건물 또는 주변건물이 지반침하와 같은 물리적 영향을 받아 부등침하가 발생할 우려가 있을 경우 건물의 기울기를 측정한다.
- (3) 변위측정은 장기간 구조물에서 사용성 측면의 처짐관리가 필요할 경우 변위측정을 실시한다. 새로운 구조시스템 또는 대공간구조물의 지붕 등 구조적 안전성을 면밀히 검토할 필요가 있을 때 변위측정을 실시한다.
- (4) 변형률 측정은 일부 부재 또는 건물이 집중적으로 하중을 받음으로 인해 그 부재의 안전성 여부를 확인하기 위하여 실시한다. 케이블구조, 다중이용 시설물, 새로운 형식의 구조물 등 안전상 관리가 필요한 구조물의 거동을 파악하기 위하여 실시한다.
- (5) 균열계측은 기 발생되어 있는 균열의 지속적인 변화 여부를 파악하여 구조물의 안전성을 감시하기 위하여 실시한다.

- (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 수행한다.

2.9.3 계측기기의 배치

(1) 침하측정

- ① 계측기기는 일반적으로 대상 건물의 주요 수직부재 또는 강성이 높은 수평부재에 설치하여 구조물의 침하를 파악할 수 있어야 한다.
- ② 계측기는 구조물의 강성분포를 고려하여 부등침하 또는 일괄침하 여부를 파악할 수 있는 위치에 설치되어야 하며, 이때 필히 기초의 강성분포도 고려하여야 한다.

(2) 경사측정

- ① 삼축방향의 계측기를 설치하지 않을 경우 계측기의 방향성을 고려, 건물의 삼축방향 움직임을 감지할 수 있도록 계측기를 배치하여야 한다.

(3) 변위측정

- ① 계측기기는 처짐이 가장 많이 발생하거나 변위가 가장 많이 발생할 것으로 예측되는 부위에 설치한다.
- ② 온도변화의 영향을 민감하게 받는 경우 온도계도 동시에 설치하여야 한다.

(4) 변형률 측정

- ① 계측기기는 대상구조물의 붕괴 시나리오와 붕괴메커니즘을 구조해석 등을 통해 파악한 후 붕괴 유발부재에 대해 설치하는 것을 원칙으로 한다.
- ② 계측기기는 처짐이 가장 많이 발생하거나 변위가 가장 많이 발생할 것으로 예측되는 부위에 설치한다.
- ③ 대상 건물의 주요 구조부재에 설치하여 구조물의 과응력상태를 파악할 수 있어야 한다.

(5) 균열폭 진행성 측정

- ① 계측기기는 건물의 주요 균열부에 부착한다.
- ② 계측기는 가급적 온도 변화, 지하수위 변화, 하중에 따른 신축 등 일상적인 균열신축 요인이 없는 곳에 설치한다.

(6) 기둥 축소량(column shortening) 측정

- ① 계측기기는 대상 건물의 주요 기둥 및 코아 벽체에 설치한다. 주요 기둥이라 함은 그 기둥이 파괴 또는 붕괴 시 구조물 전체가 부분적 또는 전체적으로 기능을 유지하지 못하거나 심각한 구조적 손상을 미칠 우려가 있는 기둥을 의미한다.
- 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 계측기의 위치를 배치하여야 하고, 계측기의 수량도 이에 맞춰 정하여야 한다.

- ④ 기동축소량은 변형률을 측정하는 것을 기본으로 하며, 온도변화의 영향이 예측되는 경우에는 온도계도 동시에 설치하여야 한다.

2.9.4 계측기기의 선정

- (1) 이 기준의 1.7을 따른다.

2.9.5 제출물

- (1) 이 기준의 1.8을 따른다.

2.10 지하굴착공사

2.10.1 계측계획의 수립

- (1) 이 기준의 1.3을 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 계측기 종류와 수량
 - ④ 현장 운영을 위한 독자적인 자체 계측기 세부 시방내역
 - ⑤ 계측기의 매설, 설치, 유지 보호 및 관리 방안
 - ⑥ 계측 규모에 맞는 인원 확보
 - ⑦ 계측결과물의 수립, 보관, 분류 양식의 합의
 - ⑧ 계측결과 해석용 컴퓨터 프로그램 결정 및 사전교육
 - ⑨ 계측결과를 빠른 시간 내 시공에 재반영할 수 있는 유기적인 체계구성

2.10.2 계측단면의 선정

- (1) 이 기준의 1.4를 따른다.

2.10.3 계측항목의 선정

- (1) 이 기준의 1.5를 따른다.

2.10.4 계측기기의 배치

- (1) 이 기준의 1.6을 따른다.

2.10.5 계측기기의 선정

- (1) 이 기준의 1.7을 따른다.

2.10.6 제출물

- (1) 이 기준의 1.8을 따른다.

2.11 발파진동유발공사

2.11.1 계측계획의 수립

- (1) 발파공사 착수 시에는 설계도서에서 작성된 기준을 검토하고 현장여건을 반영하여 시험발파계획서를 작성하여 공사감리원 또는 공사감독자의 승인을 득하여야 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 있다.
- (3) 발파공사 착수 시에는 시험발파결과 작성된 분석결과를 반영하여 발파영향권의 범위에 위치하고 있는 보안물건에 대한 상세한 계측수행 및 분석계획을 작성하여 공사감리원 또는 공사감독자의 승인을 득하여야 한다.
- (4) 계측항목은 발파 시 발생하는 지반진동과 소음(폭풍압)의 측정을 모두 수행할 수 있도록 계획하여야 한다.

2.11.2 계측항목의 선정

- (1) 굴착작업을 함에 있어 발파 및 기계굴착을 하는 공사장에서는 진동과 소음을 측정하여야 한다.

2.11.3 계측기기의 배치

- (1) 발파진동 측정
 - ① 진동게이지는 발파원을 향해 측정대상이 되는 구조물 양측면의 지반 속이나 지반 위에 위치시켜야 한다.
 - ② 진동게이지는 측정된 자료가 보안구조물에서 받는 진동수준을 충분하게 나타낼 수 있는 곳에 위치시켜야 한다.
 - ③ 접근이 곤란한 보안물건이 있을 경우 진동게이지를 교란이 되지 않은 지반 중 발파원과 가까운 곳에 설치한다.
- (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 달리할 수 있다.

2.11.4 계측기기의 선정

- (1) 이 기준의 1.7을 따른다.

2.11.5 제출물

- (1) 이 기준의 1.8을 따른다.

2.12 가물막이 및 동바리 공사**2.12.1 계측계획의 수립**

- (1) 공사계획에 맞추어 가시설물의 계측계획서를 작성하여 제출하여야 한다.
- (2) 버팀대가 3단 이상 또는 수위의 차가 5 m 이상의 차이가 발생하는 가물막이는 계측계획을 수립하여야 한다.
- (3) 높이가 4.5 m를 초과하는 동바리에 대해서는 계측계획을 수립하여야 한다. 단 작용하는 하중이 작은 경우에는 감리원 또는 공사감독자와 협의하여 계측계획을 수립하지 않을 수 있다.
- (4) 규모가 작고 충분히 안전한 것이 증명된 경우에는 감리원 또는 공사감독자와 협의하여 계측을 생략할 수 있다.
- (5) 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 장치와 관련기술자를 배치하여 점검 기록할 수 있도록 계측계획을 수립하여야 한다.
- (6) 평상시에는 하중의 변화가 없으나 홍수 시에도 안전이 확보되어야 하는 가물막이는 실시간 계측을 할 수 있도록 계측계획을 수립하여야 한다.

2.12.2 계측단면의 선정

- (1) 이 기준의 1.4를 따른다.

2.12.3 계측항목의 선정

- (1) 이 기준의 1.5를 따른다.

2.12.4 계측기기의 배치

- (1) 이 기준의 1.6을 따른다.

2.12.5 계측기기의 선정

- (1) 이 기준의 1.7을 따른다.

2.12.6 제출물

- (1) 이 기준의 1.8을 따른다.

3. 재료

3.1 계측시스템의 구성

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.

- (1) 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.
- (2) 계측기기는 센서 및 게이지 등이다.
- (3) 스위치박스는 측점이 많은 경우 변형측정기만으로 계측기와 연결이 불가능할 때 사용하는 일종의 교환기로 스캐너라고도 한다.
- (4) 제어 및 분석을 위한 컴퓨터는 많은 양의 계측자료를 효율적으로 분석하기 위하여 측정기와 연결하여 계측을 제어하고 분석하는 컴퓨터 시스템이다.
- (5) 히스토그램 분석기는 구조물의 피로해석 및 이에 따른 잔존수명 예측에서 정확한 응력 빈도함수를 측정하기 위해서 사용되는 장치이다.
- (6) F.F.T 분석기는 Fourier Transform 회로를 이용하여 계측 자료의 주파수를 분석하고 출력하는 기기이다.
- (7) 저장장치는 계측된 자료를 저장하는 장치이다.
- (8) 차폐 케이블(shield cable)은 각종 노이즈를 차단하기 위하여 사용하는 자료 전송용 케이블로서 가는 선을 망사 모양으로 꼰 것과 알루미늄 포일 형태가 있다.
- (9) 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.
- (10) 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.

3.2 계측기기의 종류

3.2.1 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 3.2-1 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
포텐서미터	변위, 하중, 각도, 가속도
광학식 게이지	변위, 하중, 각도, 가속도
광섬유격자 게이지	변형, 변위, 하중, 경사, 압력, 토크, 온도, 가속도

표 3.2-2 역학계측기기의 감지소자

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

3.2.2 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

3.2.3 변위계(displacement)

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

3.2.4 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.

3.2.5 차동트랜스 게이지

- (1) 차동트랜스 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.

3.2.6 ring type 변위변환기

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

3.2.7 포텐서미터

- (1) 포텐서미터(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 포텐서미터는 습동자의 마찰력에 의한 마모로 인해 수명의 신뢰성이 낮고 측정 장소의 환경적인 영향에 민감하여 사용이 부적절한 경우가 있다.

3.2.8 광학식 변위게이지

- (1) 광학식 변위게이지(optical displacement densor)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.

3.2.9 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 스트레인 게이지와 함께 역학계이지 중 가장 다양한 변환기로 제조되고 있으며, 주로 건설 현장에 많이 적용되고 있다.

3.2.10 광섬유 격자게이지

- (1) 광섬유 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.

3.2.11 가속도계

- (1) 가속도 변환기는 구조물의 진동을 전기적인 신호로 변환하여 물리량 값을 지시계 또는 자료 처리장치에 전송한다. 가속도 변환기는 원리에 따라 여러 가지의 형식이 있으며, 현재 일반적으로 많이 사용되는 형식으로는 전기저항식, 서보형식 및 압전형식 등이 있다. 가속도 변환기는 계측 대상 주파수 전체 범위를 계측할 수 있는 사양을 선정하여야 한다. 특히 주파수 특성에 따라 계측 자료의 시간간격을 설정하는 것이 중요하다.

3.2.12 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 스패ن(full span) 또는 풀 스트로크(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.

3.3 계측자료 획득 장치

3.3.1 계측자료 획득 장치

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

3.3.2 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.

3.3.3 일반적인 계측관리의 자동화

- (3) 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.

3.3.4 피해 방지 및 최소화 방법

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

3.3.5 계측자료 자동화 획득 장치

- (1) 계측기로부터 계측자료를 원격계측실의 컴퓨터로 전송하여 원격컴퓨터에서 계측자료의 저장·분석이 가능하여야 하며, 필요시 수동 계측이 가능한 시스템으로 계획하는 것을 원칙으로 하여야 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 3.3-1 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

3.4 정적 계측자료 획득 장치

- (1) 정적 데이터 획득 시스템은 정적 계측기기로 측정할 수 있는 신호처리회로와 자료저장 메모리, 컴퓨터와의 통신을 위한 통신 인터페이스장치가 내장되어야 한다.
- (2) 정적 데이터 획득 시스템은 다양한 전기적 신호를 처리할 수 있어야 하며, 계측기기의 정밀도를 안정적으로 보장하여야 한다.
- (3) 정적 데이터 획득 시스템은 측정자료의 저장, 일정 주기로 자동측정할 수 있는 스케줄 설정기능, 자가진단기능 및 자동복귀기능을 갖추어야 한다.
- (4) 다수의 계측기기를 연결하기 위한 채널확장장치를 사용하는 경우 데이터 로거의 제어 신호에 따라 순차적으로 측정이 이루어져야 한다.

3.5 동적 데이터 획득 시스템

- (1) 동적 데이터 획득 시스템은 계측 대상 시설물의 동적 분석이 가능한 측정속도를 수행할 수 있어야 한다.
- (2) 동적 데이터 획득 시스템은 계측치가 임계치 이상의 값을 갖는 경우에 계측 시작과 저장을 지시하는 트리거 기능을 보유하여야 한다.
- (3) 동적 계측자료를 저장할 수 있는 적절한 용량의 내장메모리가 장착되어 있거나 외부 메모리장치를 연결할 수 있어야 한다.
- (4) 대용량 자료 전송이 가능한 통신 인터페이스장치를 내장하고 있어야 한다.

3.6 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 접속이 되도록 견고한 고정방식을 적용하여야 한다.

3.7 전원차단기

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

3.8 전압안정기

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

3.9 무정전 전원공급장치

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

3.10 항온·항습장치

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

3.11 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.

3.12 잡신호 필터

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

3.13 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.

3.14 운영시스템 및 프로그램

3.14.1 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 기능은 다음과 같다.
 - 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

3.14.2 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.

3.15 경보시스템

3.15.1 일반사항

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

3.15.2 SMS 문자경보

- (1) 휴대폰 문자전송방식을 이용하여 관리자에게 즉시 경보전파가 이루어져야 한다.
- (2) SMS 문자경보의 내용에는 발생시점, 계측기기 번호, 계측자료가 포함되어야 한다.

3.15.3 경광등

- (1) 현장의 여건에 따라 경광등을 사용하여 경보를 전파한다.

3.15.4 사이렌

- (1) 현장의 여건에 따라 사이렌을 설치하여 경보상황을 전파한다.



집필위원

성명	소속	성명	소속
김기석	(주)희송지오텍	김병홍	(사)건설산업연구소
강인규	(주)브니엘컨설팅		

자문위원

성명	소속	성명	소속
김태형	한국해양대학교	이재국	경동기술공사
박이근	(주)지오알앤디	유남재	한국건설생활환경시험연구원

건설기준위원회

성명	소속	성명	소속
구찬모	한국토지주택공사	배병훈	한국도로공사
김운형	다산컨설팅	임대성	삼보ENG
김유봉	서영엔지니어링	정상섬	연세대학교
김홍문	평화엔지니어링	정충기	서울대학교
박성원	유신	최용규	경성대학교
박종호	평화지오텍		

중앙건설기술심의위원회

성명	소속	성명	소속
구자흡	삼영엠텍(주)	이근하	(주)포스코엔지니어링
김현길	(주)정림이앤씨	차철준	한국시설안전공단
박구병	한국시설안전공단	최상식	(주)다음기술단

국토교통부

성명	소속	성명	소속
정선우	국토교통부 기술기준과	김병채	국토교통부 기술기준과
김광진	국토교통부 기술기준과	박찬현	국토교통부 원주지방국토관리청
김남철	국토교통부 기술기준과	이선영	국토교통부 기획총괄과

(분야별 가나다순)

설계기준
KDS 11 10 15 : 2016

지반계측

2016년 6월 30일 제정

소관부서 국토교통부 기술기준과

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 30 05 : 2016

연약지반 설계기준

2016년 6월 30일 제정

<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 건설 공사는 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 설계기준, 철도 설계기준, 항만 및 어항공사 표준시방서를 중심으로 건축공사 표준시방서, 도로공사 표준시방서, 터널 표준시방서의 연약지반 설계에 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)
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)

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년.월)
철도 설계기준(노반편)	일반철도의 열차속도를 시속 200km 이상으로 속도 향상시키는 데 필요한 기준을 중점적으로 검토하여 개정	개정 (2011.5)
철도 설계기준(노반편)	일반철도의 열차속도를 시속 200km 이상으로 속도 향상시키는 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 환경 변화에 대응할 수 있도록 안전기준 강화 및 철도 관련 상위법령, 규정, 기준 등의 개정된 내용 반영하여 개정	개정 (2015.12)
항만 및 어항 설계기준	연안정비시설물을 적용대상에 포함하고, 항만시설장비의 안전성 제고를 위한 설계풍속 및 하중 계수 상향, 재추산한 심해파의 적용근거 마련 등 대폭 보완.	개정 (2005)
항만 및 어항 설계기준·해설	변화된 항만건설여건을 반영하고 지구 온난화 등 기후변화에도 선제적으로 대비할 수 있도록 전면 개정.	개정 (2014)
항만 및 어항 설계기준·해설	항만구조물의 내구성증진 및 해안구조물 피해 예방을 도모하는 설계기준 마련, 건설 신기술 소개 등으로 향후 시설물 유지보수비용 절감 및 항만 및 어항 설계기준·해설의 고도화를 도모	부분개정 (2016.4)
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)

제 정 : 2016년 6월 30일

심 의 : 중앙건설기술심의위원회

소관부서 : 국토교통부 기술기준과

관련단체 : 한국지반공학회

개 정 : 년 월 일

자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회

작성기관 : 한국지반공학회

목 차

1. 일반사항	1
1.1 적용범위	1
1.2 연약지반의 판정	1
2. 조사 및 시험	1
2.1 연약지반 조사 및 시험	1
2.2 연약지반 확인조사	2
3. 설계	2
3.1 일반사항	2
3.2 치환공법	3
3.3 연직배수공법	4
3.4 심층혼합처리공법	4
3.5 고압분사주입공법	5
3.6 저유동성 모르타르 주입공법	5
3.7 모래 및 쇄석다짐말뚝공법	6
3.8 로드 콤팩션공법	6
3.9 바이브로 플로테이션공법	7
3.10 약액주입공법	7
3.11 진공압밀공법	7
3.12 지하수위저하공법	7
3.13 경량재쌓기공법	8
3.14 경량혼합토공법	8

1. 일반사항

1.1 적용범위

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

1.2 연약지반의 판정

- (1) 연약지반 유무 판단은 시추조사와 병행하여 실시하는 원위치 조사인 표준관입시험, 콘관입시험 등을 통해 판단하여야 한다.
- (2) 연약지반의 잠재성을 내포하고 있는 지반의 판정기준은 점성토 지반과 사질토 지반으로 나누어 판단한다.
- (3) 판정기준
 - ① 절대적 판정기준은 곤란하나 실무적 견지에서 판정기준은 필요하다. 점성토인 경우 $N \leq 4 \sim 6$ 의 기준이 일반적이며 사질토는 일반적으로 $N \leq 10$ 으로 적용되고 있다.
 - ② 연약지반의 판정은 표 1.2-1을 이용할 수 있다. 그러나 점성토 및 이탄질 지반에서의 N 값을 이용한 연약지반 판정은 신중하게 적용하여야 한다.

표 7.2-1 연약지반 판정기준

구분	점성토 및 이탄질 지반		사질토 지반
	점성토	이탄질 지반	
층두께	10 m 미만	10 m 이상	-
N 값	4 이하	6 이하	10 이하
q_u (kN/m ²)	60 이하	100 이하	-

2. 조사 및 시험

2.1 연약지반 조사 및 시험

- (1) 연약지반의 특성을 평가하기 위해서는 일정한 조사항목과 시험이 요구되며, 시험 항목에 대해 심도별 응력이력과 전단강도 분포의 추이를 구하기 위해서는 동일 지반정수에 대해 최소한 회귀분석이 가능한 시험 수량을 확보하여야 하며, 이를 토대로 안정적이고 경제적인 설계를 하여야 한다.

- (2) 지반개량을 실시한 후의 지반에 대하여는 지반조건에 적합한 시험법에 의해 개량의 목적에 대해 충분히 적합한가를 확인하여야 한다.

2.2 연약지반 확인조사

- (1) 허용잔류침하량이 엄격히 제한되므로 표 2.2-1과 같은 상세한 지반조사를 하여야 한다.
 (2) 연약지반의 침하 문제는 원위치조사에서 확인되지 않는 지형에서 주로 발생할 가능성이 있으므로, 전체노선에 대한 국부적인 연약지반 평가가 필요한 구간에 대해 탄성과 탐사나 전기비저항탐사를 적용할 수 있다.
 (3) 연약지반의 전단변형특성을 파악할 필요가 있을 경우에는 공내재하시험을 적용할 수 있다.

표 8.2-1 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

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

- (1) 침하량 계산 시 다음 사항을 고려하여야 한다.

- ① 일반적으로 점토지반의 즉시침하는 매우 작아서 무시하고 압밀침하는 간극수압의 소산으로 발생하는 1차 압밀침하량과 토립자의 재배치에 의한 2차 압밀침하량으로 구분하여 계산한다.

- ② 침하량 계산방법은 현장 계측값과는 다소의 차이가 있을 수 있으므로 시공 시 계측관리를 통하여 압밀침하를 검토하여야 한다.
- ③ 허용잔류침하량은 공사목적물에 따라 지반개량공법의 수량 및 지반의 안정, 공사기간에 큰 영향을 미치므로 지반의 특성 및 사용목적, 중요도, 공사기간, 경제성 등을 고려하여 결정하여야 한다.
- (2) 압밀시간은 지반개량공사에 있어서 공사기간을 결정짓는 중요한 요소로 작용하며 이를 예측하기 위해서는 시간에 따른 압밀도를 면밀히 파악하여야 한다.
- (3) 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.
- (4) 전단강도 특성을 분석하는 데 있어서 다음 사항을 고려하도록 한다.
 - ① 전단강도 특성 분석은 전응력해석과 유효응력해석으로 구분될 수 있으며, 전응력 해석 시에는 비배수전단강도를 이용하고, 유효응력해석 시에는 간극수압을 추정하여 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) 삼축압축시험, 경험식을 이용하는 방법 등이 있으므로 이들을 종합하여 사용한다.

3.2 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) 부분치환에 널말뚝이나 보조공법이 설치된 경우 단면전체의 복합적인 활동에 대한 안정성을 검토한다. 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.

3.3 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. 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 정한다.

3.4 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 검토한다. 이때 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.

3.5 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 겹침배치를 한다.
- (8) 안전율은 시공성과 시공목적을 고려하여 결정한다.
- (9) 강도열화와 지반환경오염에 대한 대책은 이 기준의 3.4(10)과 같다.
- (10) 유속이 있거나 모래자갈층, 실트층의 경우 급결분사식 고압분사공법을 적용하여야 한다.
- (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.

3.6 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 0.074 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. 지반개량 목적일 경우, 사전에 목표로 하는 공극률 감소량이나 상대밀도 증가량을 정하여 이를 토대로 주입체적을 산정한다.
- (8) 강도열화와 지반환경오염에 대한 대책은 이 기준의 3.4(10)과 같다.

3.7 모래 및 쇄석다짐말뚝공법

- (1) 사질토 지반을 대상으로 하는 경우 대상지반의 특성 및 시공방법의 특징을 고려하고 시험시공 결과를 참조하여 설계한다. 실트를 많이 포함한 흙의 경우 시험시공에 의해 설계를 하며, 시험시공 계획은 간극비에 의한 다짐도 검토, 실적 등을 종합적으로 판단하여 결정한다.
- (2) 점성토 지반을 대상으로 하는 경우 지반의 복합성과 시공에 의한 영향을 고려한다.
- (3) 모래 및 쇄석다짐말뚝공법 설계 시 모래 및 쇄석말뚝의 강도, 말뚝의 치환율, 구조물에 대한 개량범위의 치환관계, 외부조건(크기, 방향, 하중경로, 재하속도 등), 말뚝 사이 지반의 강도와 구속압, 말뚝 타설에 의한 개량범위 내외의 교란의 영향, 말뚝 타설에 의한 지표면의 융기 현상과 그 흙의 특성, 그리고 이용 유무 등을 고려한다.
- (4) 모래말뚝 재료는 투수성이 좋고, 세립분(0.074 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(0.074 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) 항만시설의 안정 계산은 분할법(절편법)에 의한 원호활동 계산을 원칙으로 한다.
- (10) 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. 압밀경과시간은 시간-침하관계로부터 구한다.

3.8 로드 콤팩션공법

- (1) 로드 콤팩션(rod-compaction) 공법의 설계는 대상지반의 특성 또는 시공방법의 특징을 충분히 고려하고 기존의 시공실적 또는 시험시공의 결과를 반영하여야 한다.

(2) 본 공법의 설계는 이 기준의 3.7에 준한다.

3.9 바이브로 플로테이션공법

- (1) 바이브로 플로테이션공법은 수평방향으로 진동하는 진동체를 진동체의 하단에 물을 분출시키면서 소정의 깊이까지 지중에 삽입하여 진동체 주변에 있는 공극에 지표에서 모래나 자갈 등을 보급하면서 끌어 올림으로써 느슨한 모래지반을 심층다짐하는 공법이다.
- (2) 바이브로 플로테이션공법의 설계 시 대상 지반의 특성, 바이브로 플롯의 타설 밀도, 바이브로 플롯의 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 개량구 조물의 성질, 지반에 대한 하중강도, 하중분포 등의 만족 여부를 검토한다.
- (4) 시험시공을 위한 예비 설계는 이 기준의 3.7에서 정하는 바를 따른다.

3.10 약액주입공법

- (1) 그라우팅(grouting)이라고도 불리는 약액주입공법은 지반 내에 주입관을 삽입하여 적당한 양의 약액(주입재)을 압력으로 주입하거나 혼합하여 지반을 고결 또는 경화시켜 강도증대 또는 차수효과를 높이는 공법이다.
- (2) 약액주입공법의 설계는 대상 지반의 특성 및 시공방법의 특징을 충분히 고려하고 기존의 시공실적 또는 시험시공의 결과에 따라 행한다.

3.11 진공압밀공법

- (1) 진공압밀공법은 압밀 시 필요한 하중을 기존 재하공법의 성토하중에 의하지 않고 인위적으로 지중을 진공상태로 만들어 이에 작용하는 대기압을 재하하중으로 활용함으로써 지중에 설치한 드레인을 통해 과잉간극수를 배출하여 지반의 압밀을 촉진시키는 공법이다.
- (2) 진공압밀공법의 설계는 대상 지반의 특성 및 시공방법의 특징을 충분히 고려하고 기존의 시공실적 또는 시험시공의 결과에 따라 행한다.

3.12 지하수위저하공법

지하수위를 낮추는 공법에는 심정공법과 웰포인트공법이 있다.

- (1) 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.

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

3.13 경량재쌓기공법

- (1) 양질의 성토재보다 중량이 작은 경량재를 이용하는 방법 중 고분자 계통의 경량제품인 발포폴리스티렌(EPS: Expanded Polystyrene)을 활용하여 하중을 경감하는 공법이다.
- (2) 연약지반이나 경사지 등에 쌓기에 의한 상부하중에 의한 침하나 측방유동에 의한 구조물의 변위가 발생할 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.

3.14 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 혼합한 처리토공법이다.
- (2) 경량혼합토는 가급적 타설장소와 근접한 위치에서 생산함이 품질확보에 유리하다. 그러나, 타설거리가 수 km 이상의 장거리인 경우 배관압송 또는 운반타설(믹스트럭-펌프카)이 가능하며, 배관압송의 경우 최대 500 m까지 시공이 가능하다. 배합플랜트로부터 시공지점까지의 거리가 장거리인 경우 운반타설이 가능하며, 운반거리는 약 1시간 이내를 표준으로 한다.
- (3) 경량혼합토 공법의 설계는 성토형상, 하중조건 등으로부터 설계에 필요한 단위체적 중량 및 설계강도를 적절히 결정하고, 경량혼합처리토에 의한 성토체의 안정, 지반을 포함한 안정 및 부력에 의한 안정 등에 대해 검토한다.
- (4) 경량혼합처리토 내 공극을 발생시키는 기포제는 동물성, 식물성 또는 합성유계 계면활성작용을 일으키는 것을 이용할 수 있다.
- (5) 건설잔토를 원료토로 활용할 경우 잡초, 나무뿌리 등의 유기물이나 폐콘크리트 등이 혼합되지 아니한 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

성명	소속	성명	소속
이강일	대전대학교	박철홍	(주)다산컨설팅
김규형	(주)용마엔지니어링	조현	쌍용건설
문준석	도화엔지니어링	홍기권	(주)대한건설ENG

자문위원

성명	소속	성명	소속
여규권	삼부토건	유남재	한국건설생활환경시험연구원
박이근	(주)지오알앤디		

건설기준위원회

성명	소속	성명	소속
구찬모	한국토지주택공사	배병훈	한국도로공사
김운형	다산컨설팅	임대성	삼보ENG
김유봉	서영엔지니어링	정상섭	연세대학교
김홍문	평화엔지니어링	정충기	서울대학교
박성원	유신	최용규	경성대학교
박종호	평화지오텍		

중앙건설기술심의위원회

성명	소속	성명	소속
구자흡	삼영엠텍(주)	이근하	(주)포스코엔지니어링
김현길	(주)정림이앤씨	차철준	한국시설안전공단
박구병	한국시설안전공단	최상식	(주)다음기술단

국토교통부

성명	소속	성명	소속
정선우	국토교통부 기술기준과	김병채	국토교통부 기술기준과
김광진	국토교통부 기술기준과	박찬현	국토교통부 원주지방국토관리청
김남철	국토교통부 기술기준과	이선영	국토교통부 기획총괄과

(분야별 가나다순)

설계기준

KDS 11 30 05 : 2016

연약지반 설계기준

2016년 6월 30일 제정

소관부서 국토교통부 기술기준과

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(대 화동)
Tel : 031-910-0444 E-mail : kcsc@kict.re.kr
<http://www.kcsc.re.kr>

KDS 11 44 00 : 2016

공동구

2016년 6월 30일 제정
<http://www.kcsc.re.kr>



국토교통부

건설기준 제·개정에 따른 경과 조치

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

건설기준 제·개정 연혁

- 이 기준은 건설기준 코드체계 전환에 따라 기존 건설기준(설계기준, 표준시방서) 간 중복·상충을 비교 검토하여 코드로 통합 정비하였다.
- 이 기준은 기존의 공동구설계기준 일반사항에 해당되는 부분을 통합 정비하여 기준으로 제정한 것으로 제·개정 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요내용	제·개정 (년월)
공동구설계기준	• 공동구설계기준 제정	제정 (2010.2)
KDS 11 44 00 : 2016	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비함	제정 (2016.6)
KDS 11 44 00 : 2016	• 한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함	수정 (2018.7)

제 정 : 2016년 6월 30일
심 의 : 중앙건설기술심의위원회
소관부서 : 국토교통부 도시정책과
관련단체 (작성기관) : 한국시설안전공단

개 정 : 년 월 일
자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회

목 차

1. 일반사항	1
1.1 목적	1
1.2 적용범위	1
1.3 용어의 정의	1
2. 조사 및 계획	2
2.1 일반사항	2
2.2 조사	3
2.3 계획	5
3. 재료	7
4. 설계	7
4.1 구조물설계	7
4.2 부대설비	40
4.3 가설구조물	49
4.4 내진설계	51
4.5 계층 안전관리	64

공동구

1. 일반사항

1.1 목적

(1) 이 기준은 국토의 계획 및 이용에 관한 법률 제2조 제9호의 규정에 의한 공동구를 설계함에 있어서 표준이 되는 사항을 규정하기 위한 것이다.

1.2 적용범위

(1) 이 기준은 공동구, 공동구 관련 특수부, 부대설비 설계 및 시공에 적용한다. 다만, 계획의 변경, 인허가 조건사항 및 시공 상 특별히 필요한 경우에는 이 기준을 변경하여 적용할 수 있으며, 공동주택 단지 내 시설로서 주민의 공유시설인 공동구 내에는 적용하지 아니한다.

1.3 용어 정의

(1) 이 기준에서 사용되는 용어들은 다음과 같이 정의한다.

- 공동구: 국토의 계획 및 이용에 관한 법률 제2조 제9호의 규정에 의한 공동구를 말하며, 지하 매설물(전기·가스·수도 등의 공급설비, 통신시설, 하수도시설, 소방설비 등)을 공동 수용함으로써 도시 미관의 개선, 도로 구조의 보전 및 교통의 원활한 소통을 위하여 지하에 설치하는 시설물을 말한다.
- 공동구 본체: 공동구를 형성하는 구조체로 정의되며 콘크리트 또는 프리캐스트 재질이 사용될 수 있다.
- 관리주체: 공동구를 관리하는 지방자치단체 및 수용기관을 말한다.
- 개착공법: 자연사면 터파기, 흙막이, 물막이 등을 사용하여 지표에서 굴착하고 현장타설, 프리캐스트 등의 콘크리트 공동구 구조물을 구축한 후 되메움하는 일반적인 공법을 말한다.
- 내용년수: 시설물 및 부대설비의 건설 후, 사용기간이 경과함에 따라 물리적인 마모, 기능의 저하 등으로 인하여 그 시설물을 이용하는 데 안전 및 기능유지가 어려운 상태에 이르기까지의 기간을 말한다.
- 부대시설: 공동구의 기능을 유지하는 시설로서 공동구 관리사무소, 급·배수설비, 환기설비, 전원설비, 조명설비, 중앙통제설비, 방재설비, 상황표지판, 기타설비 등을 말한다.
- 분기구: 전기, 통신, 상하수도, 난방 등 공급시설의 일부가 분기 되는 곳의 공동구 단면 또는 형태가 변화되는 곳을 말한다.
- 비개착공법: 일반적으로 적용되는 개착공법 이외의 공법으로서 발파공법, TBM공법, 쉴드

공동구

(shield)공법, 쉴드(shield) TBM공법과 하천, 철도, 교량 등을 통과하기 위한 특수공법 등을 말한다.

- 재료 반입구: 전기, 통신케이블, 상하수도관 등 재료를 공동구 내에 반입할 때 사용하는 곳을 말한다.
- 지하구: 소방시설 설치 유지 및 안전관리에 관한 법(별표 2)의 특정 소방대상물로서 전력·통신용의 전선이나 가스·냉난방용의 배관 또는 이와 비슷한 것을 집합 수용하기 위하여 설치한 지하공작물을 말한다. 그 규모는 사람이 점검 또는 보수하기 위하여 출입이 가능한 것 중 폭 1.8 m 이상이고, 높이 2 m 이상이며, 길이가 50 m 이상(전력 또는 통신사업용인 것은 500 m 이상)인 것을 말한다.
- 출입구: 공동구의 유지, 관리, 보수와 비상시 관리자나 장비가 출입하는 데 이용되는 곳을 말한다.
- 특수공법: 일반적으로 적용되는 개착공법, 발파공법, TBM공법 또는 쉴드(shield)공법 이외의 공법을 사용하여 하천, 철도, 교량 등을 통과하여 공동구 본체를 구축하는 공법을 말한다.
- 특수부: 분기구, 재료반입구, 출입구, 환기구 등 단면의 형상이 공동구 일반부와 다른 곳을 말한다.
- 환기구: 공동구 내의 온도, 습도의 조절 및 유해 가스를 배출하기 위한 곳을 말하며, 자연환기구와 강제환기구로 구분한다.

2. 조사 및 계획

2.1 일반사항

- (1) 공동구는 차도 지하에 설치하되, 부득이한 경우에는 도로주변의 공공공지 및 녹지, 근린공원의 지하에 설치하도록 하여야 한다.
- (2) 공동구 중심선의 평면선형은 도로 중심선에 공동구의 중심선을 따라 계획하여야 하며, 부득이한 경우 이를 변경할 수 있다.
- (3) 평면선형에 대해서는 도로 현황, 장래 계획 및 다른 사업과의 조정을 포함하여 충분히 조사한 후에 결정한다.
- (4) 특수부를 제외한 공동구의 종단경사는, 배수를 고려하여 0.2% 이상으로 하고, 수용시설이나 유지관리 등을 고려하여 가능한 한 도로의 종단경사에 맞게 계획한다.
- (5) 공동구를 계획하려고 하는 위치에 점용시설물 등의 구조물이 있는 경우에는 관계자와 충분히 협의한 후, 위치 및 구조 등을 정한다.

- (6) 공동구를 계획하려고 하는 도로변에 위험물 저장 지하 탱크가 있는 경우, 위험물안전관리법 관련 규칙을 참조하여 계획한다.
- (7) 공동구의 출입시설, 자재반입구, 환기구는 구조물의 안전성을 해치지 않는 곳에 설치하도록 계획한다.
- (8) 공동구가 설치되는 지역이 지형, 지반 상태에 따라 구조물이 침하하여 방수층의 손상이 예상되는 지반의 경우, 지반의 침하량(부등침하량) 등을 충분히 검토하여 구조물 침하에 대응할 수 있는 지반을 확보하도록 계획한다.
- (9) 공동구 내에 가스관을 수용할 경우 별실 수용을 하여야 하며 통합수용할 경우 발화시설물은 방폭시설을 설치하여 가스누출 시 안정성을 확보하여야 한다.

2.2 조사

- (1) 공동구 구조물의 설계·시공에 필요한 자료를 얻기 위한 조사를 말하며 그 항목으로는 일반조사, 지반조사, 시공조건 조사, 매설물 조사, 인근 시설물 조사 및 현장조사 등으로 나눌 수 있다.

2.2.1 일반조사

(1) 적용범위

- ① 일반조사는 공동구 본체 및 가설 구조물의 설계·시공에 필요한 자료와 정보를 얻기 위하여 실시하며, 기존 지하시설물, 문헌 및 자료조사, 지형조사, 지반조사 및 시험으로 이루어진다.

(2) 일반사항

- ① 조사 계획은 공동구 시공 중 및 완성 후의 필요사항을 고려하여 수립하여야 하며, 조사의 범위는 조사 중 새로운 정보가 얻어질 때마다 재검토한다.
- ② 공동구 설계 및 시공을 위한 자료수집, 기록, 분석은 정밀하게 수행하고, 지질구조, 지형구조, 지진활동, 수문학적 정보, 대상지역의 역사기록 등이 포함되어야 하며, 지형 및 지층의 변화가 심할 것으로 판단되면 이를 반드시 기록, 수집, 보고하여야 한다.
- ③ 지반조사는 KDS 11 10 10에 따라 예비조사와 본조사 순으로 시행되며 필요시에는 추가조사를 수행하여야 한다. 예비조사는 공법을 선정하고 본조사의 계획을 세우기 위하여 시행하며, 본조사는 공동구 설계 및 시공에 필요한 지반정보를 얻기 위하여 시행한다.
- ④ 공동구 설치 후 유지관리 단계에서 유사시 피난계획, 유지보수 계획, 공동구 내 시설물의 교체 시 계획을 수립하여야 한다.
- ⑤ 수용시설 관계기관 협의 및 시설물 현황조사를 실시하여 공동구의 규모결정과 노선계획 시 수용시설물의 수용이 용이하도록 하여야 하며, 기매설된 수용시설 현황(노선도, 매설길이,

공동구

수용시설 규모 등)을 확인하여 지반조사 및 공동구 설계 시 필요한 자료를 수집하여야 한다.

2.2.2 지반조사

(1) 지반조사는 KDS 11 10 10을 따른다.

2.2.3 시공조건 조사

(1) 일반조사와 지반조사에 해당되는 사항이 시공 중 필요한 경우 시행한다.

(2) 시공조건조사는 다음과 같은 사항에 대해 실시하는 것을 원칙으로 한다.

- ① 주변 환경: 연도별 시설물 안전관리, 인접시설물 등
- ② 작업 환경: 지하수 처리 및 터파기 경사, 소음진동규제, 분진규제, 교통처리 및 보안 등

2.2.4 매설물 조사

(1) 공동구 설치 지구 내 및 지구 주변의 매설물을 조사하여 설계도면에 기록하고 필요한 경우 이 설계책을 수립한다.

- ① 설계 시 매설물 조사는 기존 설계도면 및 지하 매설도를 검토하고 현장조사하여 도면과 일치하는지 확인한다.
- ② 관련 자료가 부족한 경우 비파괴 검사 등으로 직접 조사를 실시하고 지하 매설물 현황을 파악하여 도면에 기록한다.
- ③ 매설물 조사 시 인접 건물 및 시설물도 조사하여 공동구 시설과의 관련성을 확인한다.
- ④ 시공 시 매설물 보호는 굴착 후 즉시 시행하고 공사 중에는 매설물의 유지·점검을 한다.
- ⑤ 시공 시 필요에 따라 매설물 이설 시 관련 기관과 협의하여 계획을 수립한다.
- ⑥ 시공 시 각종 매설물 관리기관과 협의하여 보호계획과 노면복구 후 상수도, 하수도, 통신, 전력 등 시설의 운영시험을 실시한다.
- ⑦ 시공 시 지하 매설물의 복구 완료 후 지하 매설물도를 작성하여 관리주체에게 제출한다.
- ⑧ 매설물 조사 시 문화재 등도 조사하여 확인하고 조치를 취한다.

2.2.5 교통계획조사

(1) 교통계획조사는 KDS 44 10 00을 따른다.

2.2.6 환경조사

(1) 환경조사는 기본계획 및 노선선정 단계에서 실시하는 광역 환경조사와 시공단계에서 공동구 노선 주변 환경조사로 구분하여 실시하는 것을 원칙으로 한다.

(2) 시공단계에서의 환경조사는 공동구 노선 주변환경 변화의 예측, 환경보전 대책의 입안, 대책의 효과확인 등을 위하여 실시하며 다음 사항을 포함한다.

① 물 이용 현황

가. 지표수 및 지하수의 수리, 수원현황, 탁수발생 가능성이 있는 인접공사, 유로 및 수위변화 가능성
 나. 시공 중 발생하는 용수나 건설공사가 주변의 지표수 및 지하수에 미치는 영향 예측
 다. 건설공사로 인하여 갈수가 예상되는 우물, 저수지, 용천, 하천 등은 그 분포, 수량의 계절적 변화, 이용상황 등을 조사하여 갈수대책의 자료로 이용

② 소음 및 진동

가. 소음 및 진동의 영향을 받을 수 있는 주변현황

③ 지반과 구조물의 변형

가. 인접 건물, 구조물 상태, 지형 및 지질, 토지이용 현황, 구조물의 변형발생 가능성이 있는 인접공사

④ 수질오염

가. 하천의 상태, 배수 상태, 수로의 상태, 공사로 인한 폐수 및 폐유 발생 상태

⑤ 교통환경

가. 교통량 혼잡상태, 도로관리자, 도로주변의 환경 등

2.3 계획

2.3.1 노선 선정

(1) 공동구 노선은 수용시설 용량이 많고 공동구 본체 설치공간 확보와 향후 유지보수 시 차량통제를 최소화할 수 있도록 일정도로 폭원을 확보할 수 있는 노선에 계획하여야 한다.

① 공동구 계획 시 고려하여야 할 선정기준은 다음과 같다.

- 가. 공동구에 수용할 공동시설의 수요가 비교적 많은 구역(중심업무지구 등)
- 나. 주간선도로 및 보조간선도로를 대상으로 계획(도로폭 30 m 이상의 대로급)
- 다. 반복적 도로굴착 예상지역(수용시설의 개별 매설이 많은 지역)
- 라. 지하공간 효율성 증대지역(역, 터미널 지역)
- 마. 도시미관 증대지역
- 바. 장차 도시계획상 공동구 수요가 예상되는 지역
- 사. 보행환경 개선이 필요한 지역

② 수용시설의 규모는 상수, 중수, 냉·난방, 전력, 통신, 쓰레기수송관, 가스 등 최대한으로 시설을 수용하여야 하고, 최소한 상수, 난방, 전력, 통신 등 4종 이상을 수용하여 공동구 효율성 확보와 내공단면의 최적화가 되도록 계획하여야 한다.

③ 설치연장은 공동구 설치목적에 부합하도록 계획하고, 설치노선은 경제성이 향상될 수 있도록 최적노선을 선정하여야 한다.

④ 공동구와 사유지 경계부의 거리는 시공의 난이도, 가옥방향, 상하수도, 지하 매설물 처리 등을 고려해서 분리하여야 하며 최소 1 m 이상은 확보할 필요가 있다.

⑤ 기존 지하차도나 지하도로, 지하철, 교량 기초, 입체교차 시설과의 횡단 시에는 충분한 이

공동구

격거리를 확보하여야 하며 지하 매설물, 하수도 등으로 인해 공동구의 설치에 지장이 있을 경우 해당 시설물 관리청과 협의하여 공동구를 설치한다.

- ⑥ 입체교차 시설이 결정되어 있거나 장래 지하철 건설이 계획되어 있는 도로에 공동구를 건설할 경우, 도로의 지하공간 상황과 장래의 합리적인 이용계획을 충분히 검토해서 장래 공사시공이 가능하도록 계획하여야 한다.
- ⑦ 기존 시가지에 공동구를 설치하는 경우, 공동구를 설치할 수 있는 가능한 노선을 검토하고 각 노선에 대하여 도로상황, 기능 등을 조사·분석하고 도로에 설치되어 있는 공공시설물, 즉 공동구에 수용하게 될 시설물을 조사하여 최적노선을 선정한다.
- ⑧ 신도시 및 신시가지에 공동구를 설치하는 경우, 계획노선에 대한 도로의 기능, 공급기능, 관련 사업계획, 장래도시의 확장추이 및 도심의 형성 등을 종합적으로 검토·분석하고 기타 도로구조물(고가차도, 지하차도 등)의 계획을 고려하여 노선을 결정한다.
- ⑨ 공동구 설치가 필요하다고 선정된 노선은 대부분이 주간선도로와 일치하게 되며 부분적으로 보조간선도로에 공동구가 설치되는 경우도 있다.

2.3.2 설계도서 작성

- (1) 공동구 관련 설계도서(설계도면, 시방서 등)의 작성은 관련 규정에 따른다.
- (2) 실시설계도면, 준공도면 및 기타 관련 도면으로 하고 주요 지점의 상세도에는 지점의 모든 시설물들을 취합 표시하여야 하며, 도면 제작과 관리는 전산자료로 하는 것을 원칙으로 한다.

표 2.3-1 설계도서의 내용

구분	종류	세부 내용
총괄	· 시설 평면도 · 도시 지하시설물 평면도 · 간선 공동구 종단면도 · 재해방지시설 위치도	· 공동구 노선, 부대시설 위치 등 · 지하시설물 노선도, 종단고, 관경, 밸브위치, 격점번호 등 · 공동구EL, 지반고, 집수정 위치 및 규격, 각 부대시설의 위치 · 정보, 소화, 통신, 피난유도시설의 위치 등
간선 및 지선 공동구	· 공동구 종평면도 · 교차부 상세도 · 도시 지하시설물 평면도 · 주요시설물 일반도	· 공동구노선, 규격, 시설물별 상세위치, 수용시설물별 노선, 지반고, 공동구저고, 지형지물 등 · 교차부구조, 규격, 교차시설상세, 배수펌프장, 환기팬 등 · 지하도시시설물 보호공 상세도, 관경, 형태 등 · 주요시설물(지하저수조, 기계실 등) 구조, 위치 등

2.3.3 적용상 주의점

- (1) 공동구 계획에 있어서는 도로의 점용시설 상황을 파악하고 관련 사업계획의 유무를 조사한 후, 관계기관과 충분히 협의하여 조사를 계획한다.
 - ① 도시계획 등에서 장래 도로가 확장될 경우에는 공동구가 차도의 중앙에 위치하도록 계획하는 것으로 하고, 도로상에 위치할 환기구 등 지상노출 시설물은 도로확장을 고려하여 계획한다.

- ② 지하구조물(지하차도, 지하보도, 지하철 등)과 공동구를 동시에 시공할 경우, 각 구조물의 평면 및 종단계획이 일치하여 병행시공이 가능한 경우에는 병행시공을 고려하여야 하며, 또 동시시공이 불가능한 경우에는 시공의 여유 폭을 고려하여 계획한다.
- ③ 공동구와 고가도로의 교량·지하차도 등과 분리구조로 하는 것이 바람직하다. 단, 일체구조로 하는 경우에는 공동구의 위치 및 일체식 구조에 대해서는 구조적 안전성을 검토 후 관계자와 협의를 거쳐 계획하여야 하며, 공동구와 도시시설물(고가도로, 지하철, 지하차도, 건물 등)이 인접한 경우, 도시시설물 사업자의 의견을 고려하여 위치 및 시설물 계획을 협의한 후 시행하여야 한다.
- ④ 지상통로(over pass)의 입체교차부에 공동구를 건설하는 경우, ③을 기준으로 적용시킨다.
- ⑤ 공동구를 건설할 도로에 교차하는 지하시설물은 공동구 하부에 설치하여 유지관리, 경제성을 향상시켜야 한다. 단, 도로를 교차하는 지하통로와 동시에 시공할 경우에는 관계자와 협의한 후 계획한다.
- ⑥ 공동구가 철도, 도로 및 하천을 횡단할 경우, 위치와 시설물 계획을 관련 담당자와 협의하여 계획하도록 한다.
- ⑦ 공동구에 수용되는 내부시설물의 장래 수요를 예측하여 관련 수용기관과 협의하여 규모를 결정한다.
- ⑧ 케이블의 접속을 위한 맨홀은 가급적 차도 바깥에 설치하여 도로 운영 및 유지관리가 용이하게 하여야 한다.

3. 재료

내용 없음

4. 설계

4.1 구조물설계

4.1.1 일반사항

(1) 설계조건

① 일반사항

가. 공동구 설계는 목적에 적합하고 안전성, 내구성 및 수밀성이 확보되어야 하며, 경제적인 시공과 주변 환경의 보전에 미치는 영향이 최소화되도록 하여야 한다.

② 매설깊이

가. 향후 지하수용시설물 증설 시 매설 설치공간 확보를 위하여 공동구의 매설깊이는 2,500 mm 이상 확보하도록 하고, 공동구 이외의 지하 매설물 설치가 계획되어 있거나

공동구

필요하다고 인정되는 구간에는 충분한 매설깊이를 확보하여야 한다.

나. 특수부(분기구, 출입구, 환기구 등)의 매설깊이는 포장 두께 이상을 확보하여야 하며 최소 1,000 mm 이상을 계획한다.

다. 기존 지하 매설물이 설치된 구간에서는 부득이하게 최소토피 확보가 곤란한 경우, 지하 매설물의 안전성을 확보할 수 있는 보호시설을 설치하여 최소토피를 조정할 수 있다.

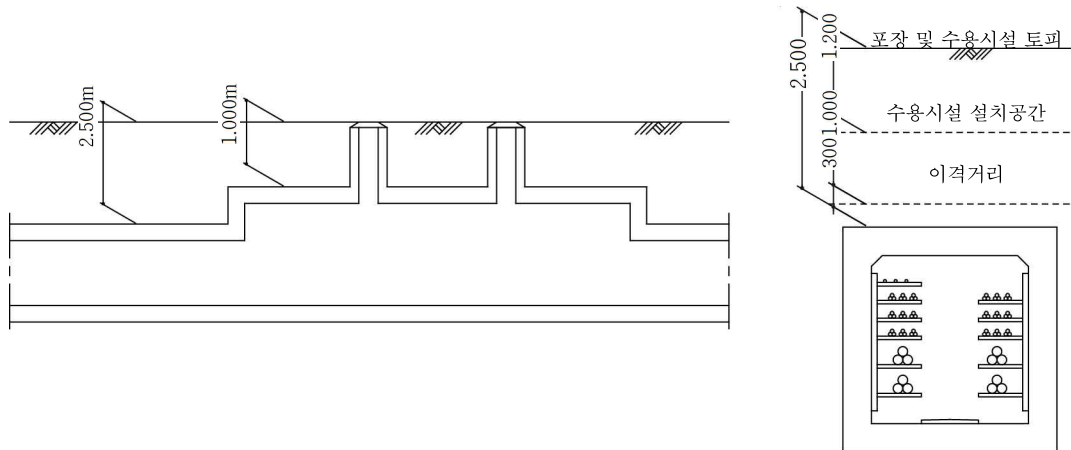


그림 4.1-1 공동구 매설깊이

③ 공동구 선형계획

가. 평면선형

(가) 공동구는 차도 지하에 설치하되, 부득이한 경우 도로주변의 공공공지 및 녹지, 근린공원의 지하에 설치하도록 하여야 한다.

(나) 공동구 평면선형은 도로 중심선에 공동구의 중심선을 따라 계획하여야 하며, 부득이한 경우 이를 변경할 수 있다.

(다) 평면선형에 대해서는 도로 현황, 장래 계획 및 다른 사업과의 조정을 포함하여 충분히 조사 및 검토 후 결정한다.

(라) 공동구 평면계획 중 인접한 기존 하부구조물이 존재하면 공동구의 원활한 시공(비계, 거푸집, 다짐장비)을 위하여 최소 이격거리(2,000 mm)가 확보되도록 하여야 한다. 부득이 이격거리를 준수할 수 없을 경우 별도의 공법을 검토하여 인접구조물의 안전성을 확보하여야 한다.

나. 종단선형

(가) 공동구 종단계획 시 도로에 설치된 지하 매설물(우·오수, 상수 등)의 설치위치를 충분히 검토 후 종단선형계획을 수립하여야 한다.

(나) 수용시설이나 유지관리 등을 고려하여 가능한 한 도로 종단경사에 맞게 계획한다.

(다) 공동구 종단계획 시 선형변화부에는 종곡선보다는 직선계획으로 수용시설물 설치에 용이하게 하여야 한다.

(라) 특수부를 제외한 공동구의 종단경사는, 배수를 고려하여 0.2% 이상으로 한다.

(마) 지형조건 및 지하 매설물에 의해 최대종단곡선 15% 이상일 경우 보수 및 유지관리에 편리하도록 계단을 설치한다.

④ 구조세목

- 가. 콘크리트 구체의 건조수축 및 온도변형 등을 고려하여 신축이음부를 계획하여야 한다. 그 간격은 30 m를 표준으로 하며, 조건에 따라 설치간격은 변경할 수 있다.
- 나. 신축이음부에는 다웰바를 설치하여 지반침하에 따른 부등침하를 방지하여야 한다. 이때, 다웰바 설치위치는 구조검토 후, 상·하부 슬래브 및 벽체에 설치할 수 있다.
- 다. 신축이음부에서는 누수방지를 위한 지수판을 설치하여야 하며, 지수판의 설치 위치는 다웰바 위치보다 바깥쪽으로 설치한다.
- 라. 신축이음부의 누수 방지를 위해 외벽 방수재는 이중보강을 실시한다.
- 마. 절·성토 경계부에 설치되는 공동구는 지반의 부등침하를 고려하여 본체 하단에 받침판 설치를 고려하여야 한다. 이때 받침판 설치 연장은 본체 폭과 절·성토 경계를 고려하여 충분한 연장으로 계획하여야 한다.
- 바. 분기구 하단 및 집수정 벽체부분의 되메우기가 곤란한 경우, 양질의 되채움토를 적용하여 공용 중 지반침하에 따른 구조물의 부등침하가 발생하지 않도록 하여야 한다.
- 사. 연약지반의 경우 공동구 구체설치에 따른 부등침하가 발생할 수 있으므로 신축이음부 외벽에 별도의 신축이음 장치를 설치하여 외벽 방수재 손상 시 구체 내부로 지하수가 침투하지 않도록 하여야 한다. 다만, 부득이한 경우 공동구 내 지하수 유입수를 처리할 수 있도록 배수계획을 포함시킨다.

⑤ 기타 고려사항

- 가. 공동구를 계획하려고 하는 위치에 점용시설물 등의 구조물이 있는 경우에는 관계자와 충분히 협의한 후, 위치 및 구조 등을 정한다.
- 나. 공동구를 계획하려고 하는 도로변에 위험물 저장 지하탱크가 있는 경우, 위험물안전관리법 시행규칙 제32조를 참조하여 계획한다.
- 다. 공용 중 도로시설물 설치에 따른 터파기 시 본체의 손상을 방지하기 위한 경고 문구를 표시한 띠를 공동구 상단 횡방향 일정간격[작업 기계폭 고려, 되메우기(1 m 이내)]으로 매설하고 종방향은 공동구 전체연장을 계획하여야 한다.

⑥ 관계기관 인허가 사항

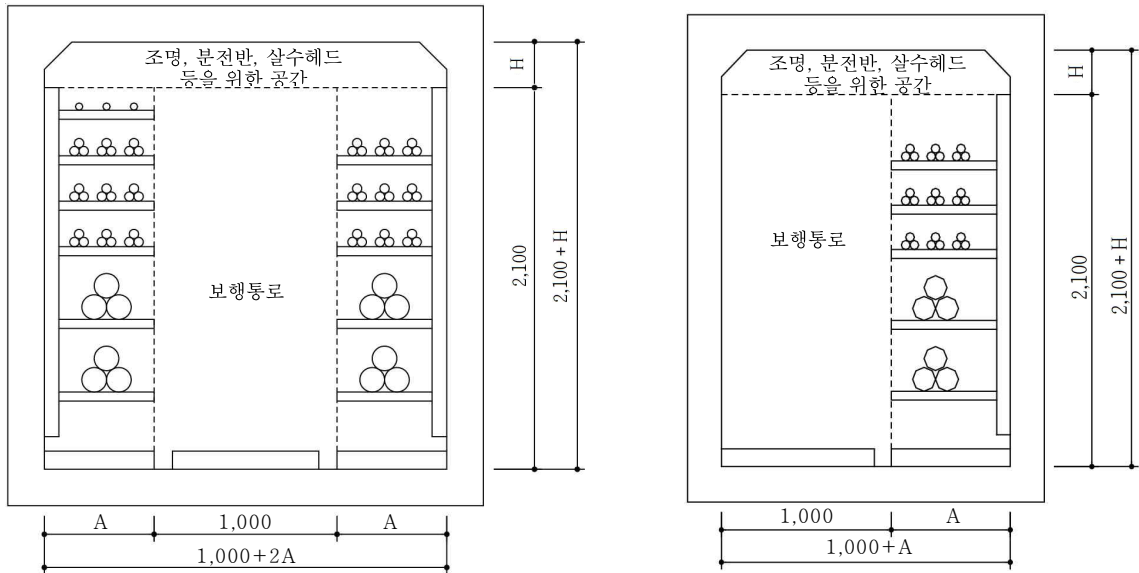
- 가. 공동구사업은 도시계획시설사업으로서 해당 관련 기관에 다음과 같은 종류의 인허가를 수행한다.
 - (가) 도시계획시설사업 실시계획인가신청
 - (나) 도시공원점용 허가신청
 - (다) 하천점용 허가신청

(2) 시설한계 및 내공치수

- ① 공동구 단면높이는 수용시설 설치 및 유지관리에 충분한 공간확보가 되도록 계획한다.

공동구

- ② 내부 통로는 높이 2,100 mm 이상, 최소폭은 보도 및 측구를 포함하여 1,000 mm 이상으로 한다.



A: 수용시설 설치공간

H: 조명등 설치를 위한 최소 공간(250 mm)

그림 4.1-2 수용시설 배치별 통로 및 내공기준

- ③ 내부단면 높이 계획 시 시설물 상단에서 천장까지 최소 필요공간을 확보한다. 여기서 최소 필요공간이란 수용시설의 설치교체 시 장래 이용성을 고려한 여유 공간과, 각종 밸브 설치를 위한 여유 공간으로 상·중수도 및 냉·난방 시설의 경우 최소 800 mm 이상 확보하여야 한다.

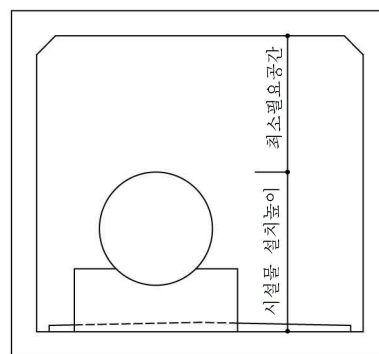


그림 4.1-3 수용시설에 따른 단면높이

- ④ 통로 내 마모방지나 배수로를 설치하기 위해, 하부 슬래브 위에 최소두께 50 mm의 콘크리트를 타설한다. 이 경우 윗면에 1 % 이상의 배수경사면을 만든다.
(단, 전력실 보도부는 관련 기관과 협의를 통해 변경하여 적용할 수 있다.)

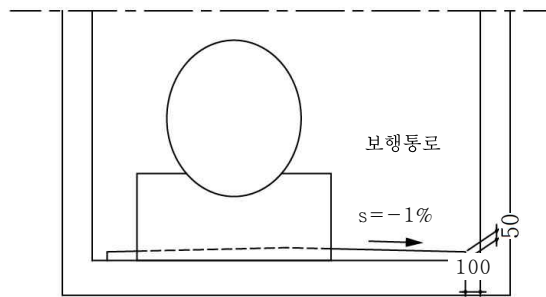


그림 4.1-4 통로바닥 설치

(3) 최적단면 결정 및 배치

① 수용시설물

가. 공동구에 수용 가능한 시설물로는 상수, 중수, 냉·난방, 전기, 통신, 가스, 쓰레기수송관로 등 시민의 일상생활에 필요한 공공시설물로서 공동구에는 가능한 모든 시설물을 수용하여 공동구 설치목적에 부합되도록 하여, 경제성 및 유지관리 효율성을 향상시키도록 하여야 한다.

(가) 상·중수도 시설에 있어서 관 설치, 받침대 설치 및 자동밸브 설치 등은 상수도 시설기준에 적합하게 시설한다.

(나) 냉·난방시설의 난방관 및 받침대 설치, 자동밸브 설치는 관련 규정에 적합하게 시설한다.

(다) 전력시설의 전력 케이블 및 지지대 설치, 통로, 접지시설, 전력구 곡률반경 및 구내 케이블 접속공간 등은 전력공급자의 설계기준-배전분야 및 설계기준-송전분야에 준하여 적합하게 시설한다. 단, 전력설비의 규모가 편측으로 시설되는 규모일 경우에는 타 시설물과 통합하여 시설할 수 있다.

(라) 통신시설의 통신 케이블 및 지지대 설치, 접지시설은 전기통신설비의 기술기준에 관한 규정(통신업체의 통신토목설계기준 참조)에 적합하게 시설한다.

(마) 가스시설의 가스관 및 받침대 설치, 방폭시설 설치는 가스공급자의 관련 규정에 적합하게 시설한다.

(바) 쓰레기수송관로 및 받침대 설치, 수송관 검사위치, 수송관 곡률반경 등은 관리주체의 규정에 적합하게 시설한다.

② 수용시설물 특성 기준

가. 상·중수

(가) 상·중수도관 설치방법

㉔ 공동구 내 상·중수도관을 수용할 때는 필요한 간격마다 관 받침대를 설치하고 받침대에는 압송 시 관의 움직임을 방지하는 휨볼트(bending bolt) 등의 안전시설물을 설치하여야 한다.

공동구

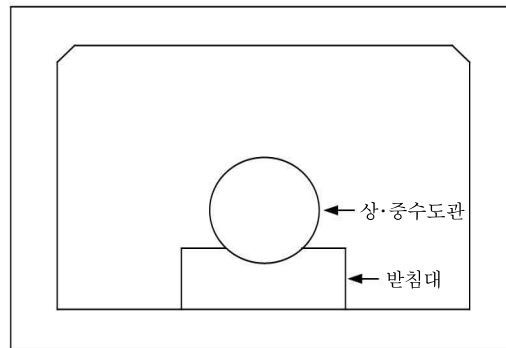


그림 4.1-5 공동구 내 상·중수도관의 설치방법

- ㉔ 관받침대 설치간격은 1,500 mm ~ 3,000 mm로 설치한다.
- ㉕ 공급공동구에서는 보통 관경이 그다지 크지 않은 배수관, 또는 급수관이 수용되는 경우, 공동구 천장에 매달거나 전력케이블이나 통신케이블과 마찬가지로 지지철물 위에 설치하는 방법을 사용할 수 있다.
- (나) 상·중수도관 받침대의 규격
- ㉖ 공동구 내에 설치되는 상·중수도관 받침대의 규격은 그림 4.1-6을 기준으로 한다.
- ㉗ 공동구 선형이 절곡되는 구간은 상·중수도관 내부 유속에 의한 충격에 대비하기 위해 충격압에 의한 하중을 받침대 설계 시 고려하여야 한다.

관경(D, mm)	A(mm)	B ₁ (mm)	H ₁ (mm)
Φ400 미만	D+300	150	500
Φ400~800 미만	D+300	150	500
Φ800~1,000 미만	D+400	200	500
Φ1,000~1,500 미만	D+400	200	600
Φ1,500 이상	D+400	200	700

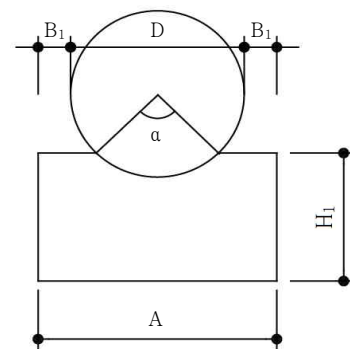


그림 4.1-6 상·중수 받침대

(다) 여유공간

- ㉘ 상·중수도 관경에 대한 벽체 및 천정으로부터 다음과 같이 여유 공간이 있어야 한다. 특히, 수도용 제수밸브, 공기밸브, 점검구 등 부속설비의 설치 및 운영에 문제가 없도록 충분한 이격거리를 확보하여야 한다.

관경(D, mm)	W(mm)	S(mm)
Φ400 미만	400	800
Φ400~800 미만	500	800
Φ800~1,000 미만	500	800
Φ1,000~1,500 미만	600	1,000
Φ1,500 이상	700	1,200

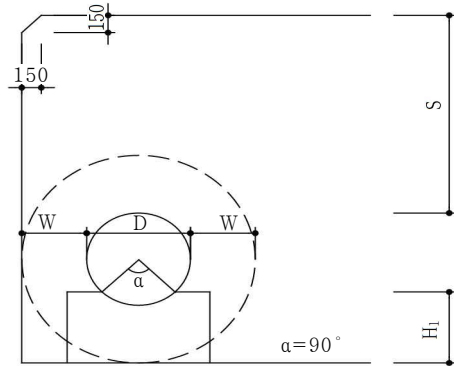


그림 4.1-7 벽체 및 천장의 여유공간

(라) 상·중수도관 설치구간 통로는 유지보수의 편의를 위하여 폭 1,000 mm 이상, 높이 2,100 mm 이상 확보하여야 한다.

(마) 상·중수도관 부속설비 설치

㉔ 공동구 내에 수용되는 상·중수도관의 부속설비인 제수밸브, 공기밸브, 배출수 설비, 소화전 등은 공동구 유지관리시스템 내에서 감시 및 제어가 가능하도록 하여야 한다.

(바) 이형관 보호

㉔ 공동구의 분기구에 설치하는 이형관에 대하여는 설계단계에서부터 보호조치를 강구하여야 한다.

나. 전력

(가) 공동구 내에서의 전력케이블 설치는 전력공급자의 설계기준에 의하여 설치하는 것을 원칙으로 한다.

㉔ 공동구 내에서 전력케이블은 케이블지지대, 수평케이블 걸이(hanger), 케이블받침대 등을 사용하여 안전하게 설치하도록 한다.

㉔ 공동구 내에서 전력케이블은 그림 4.1-8과 같이 설치한다.

㉔ 전력케이블의 종류별 설치위치는 공동구의 맨 아래단으로부터 i) 345 kV 케이블, ii) 154 kV 케이블, iii) 22.9 kV 케이블, iv) 통신용 케이블의 순서로 한다.

㉔ 전력케이블용 전력구의 최소폭은 1,500 mm(송전선로 수용 시 1,700 mm)로 하며 154 kV 케이블은 회선수별로 전력공급자의 설계기준을 준수하여 최대 2,100 mm 까지로 하고 345 kV 케이블을 수용 시에는 2,400 mm로 한다.

㉔ 전력구의 최소 높이는 최소 2,100 mm 이상으로 하되, 소방설비 송수관의 설치를 위하여 추가 높이가 필요한 경우 이를 별도로 검토하여 추가할 수 있다. 전력구의 최대 유효 높이는 3,000 mm 이하로 하되, 3,000 mm를 초과할 경우에는 전력구를 2련 또는 이층구조로 한다.

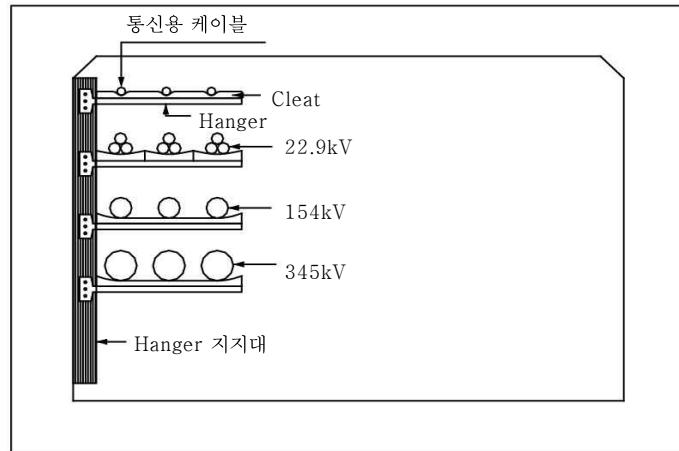


그림 4.1-8 공동구 내 전력케이블 배치도

(나) 전력케이블의 종류별 지지물 설치기준

㉔ 전력케이블 종류별 지지물의 수평, 수직간격은 설치작업 및 유지보수 작업 시 지장이 없도록 여유 있게 확보하도록 하며, 전력공급자의 설계기준을 적용하여 설치한다.

(다) 지지대 설치기준

㉕ 수직지지대의 앵글폭은 100 mm 이상을 사용하고, 설치간격은 1,500 mm를 표준으로 최대 2,000 mm까지 시설할 수 있으며, 전력케이블 회선수 및 용량에 따라 결정한다.

㉖ 공동구 천장으로부터 최상단 케이블걸이 사이는 조명등 설치를 고려하여 250 mm 이상 공간을 확보하여야 한다

㉗ 공동구 바닥으로부터 최하단 수평지지대 사이는 공동구 현치 등을 고려하여 345 kV 케이블은 400 mm로 하고, 154 kV급 이하는 300 mm 이상을 확보하여야 한다.

㉘ 수평지지대 중심과 중심사이의 설치간격은 전압별, 케이블 수직이격거리와 같도록 한다.

㉙ 수평지지대는 꽃이형, I형과 ㄱ형, 가변형을 사용하며, 케이블의 스네이크 포설에 지장이 없도록 한다.

㉚ 수평지지대당 케이블 최대 배열 회수는 154 kV 이상은 1회선(수평포설), 22.9 kV는 3회선으로 한다.

㉛ 수평지지대의 규격은 송전 케이블용 550 mm, 배전케이블용 460 mm를 적용한다. 수평지지대의 상하 간 간격은 345 kV급 케이블은 550 mm, 154 kV급은 400 mm, 66kV급은 300 mm, 22.9 kV급 이하는 250 mm로 한다.

㉜ 배전 케이블 받침대의 종류는 전력공급자의 설계기준을 따르며 고정형(ㄱ형)은 경사 및 곡선개소마다 설치하고 직선개소에는 케이블 지지대 매 4~5 경간마다 1개소

씩 설치한다. 받침형(I형)은 고정형을 사용하지 않는 개소에 설치한다.

(라) 공동구의 접지

- ㉠ 공동구 내에서 전력케이블의 접지설비는 통신케이블의 접지설비 위치와 가능한 한 멀리 이격시켜야 한다.
 - ㉡ 접지설비를 설치할 때는 공동구 지반 굴착작업 후 바로 접지봉을 매설하고 접지봉 설치에 따른 공동구 구조물 방수를 철저히 하여야 한다.
 - ㉢ 전력케이블의 접속지점에 접지설비를 설치하여야 한다.
 - ㉣ 공동구 본체의 전력구에는 배전용 접지설비를 설치하여야 하며, 설치간격은 100 m 마다 설치하도록 하고, 송전 접지선과는 반드시 분리하여 설치하여야 한다.
 - ㉤ 공동구 내에서 전력케이블의 접지설비는 나경동선 35 mm²(송전선로 공용 시 나연동선 150 mm²)의 접지모선을 시설하고 공동구 내의 모든 접지연결 동봉이나 접지선은 접지모선과 연결한다.
 - ㉥ 배전케이블이 시설되는 내측벽 하부에 나경동선 35 mm²의 접지모선을 설치하고 지지대의 최하단 볼트구멍에 접지선 지지 클램프를 이용하여 고정한다. 단, 케이블 접속개소가 없는 지지대는 생략할 수 있다. 송배전 공용 공동구에서는 접지 모선 또는 매설지선과 접지연결 리드선(또는 구조물 매설용 접지연결 동봉)과의 접속은 압축 접속을 하여야 한다.
 - ㉦ 배전케이블 접속개소의 접지선은 나연동선 35 mm²를 사용하며, 접지모선과의 접속은 동슬리브를 사용하여 압축 접속한다. 송배전 공용 공동구에서는 전력구 내로 접지 연결 리드선을 인출 시 방수포를 관통하는 경우에는 구조물 매설용 접지연결 봉을 통하여 방수를 시행한 후 절연전선 150 mm²으로 인출한다.
 - ㉧ 배전케이블 단독 수용 공동구에서 구조물 매설용 접지연결 동봉의 단자에는 나연동선 35mm²을 삽입하고 여유공간을 나연동선으로 채운 후 견고하게 압축 접속 한다. 송배전 공용 공동구에서는 구조물 매설용 접지연결 동봉은 바닥 또는 벽체(바닥에서 200 mm 지점)로부터 150 mm 길이로 인출하여 길이 1 m의 연결 리드선에 압축 접속한다.
 - ㉨ 공동구 내의 접지간격은 100 m로 하며, 개소당 접지저항은 25 Ω(송배전 공용 시 10 Ω) 이하가 되도록 한다.
- (마) 전력구 통로규격
- ㉠ 공동구 내 전력구의 통로는 유지관리의 편의를 위하여 폭은 1,000 mm 이상, 높이는 2,100 mm 이상 확보하여야 한다.
 - ㉡ 공동구 내 전력구의 통로는 작업원이 지지철물에 부딪치지 않도록 하고, 소형 기재를 들고 다니는 데 불편함이 없어야 하며, 공동구 천장에 설치된 조명 등(일반적으로 높이 250 mm), 분전반 등으로부터도 적당한 여유 공간을 가져야 한다.

공동구

(바) 전력구 내 케이블 접속 공간

㉔ 전력구 내에는 케이블 접속을 위한 접속공간을 별도로 시설한다.

㉕ 전력구 접속개소의 간격은 345 kV용 전력구는 500 m, 154 kV용 전력구는 600 m를 표준으로 하며 시공여건, 케이블시스에 유기되는 대지전압, 케이블 제조능력, 운반 및 포설 여건, 장래의 계획 및 경제성 등을 감안하여 조정할 수 있다.

다. 통신

(가) 통신케이블 설치방법

㉔ 공동구 내에서 통신케이블은 케이블 받침대, 케이블걸이를 사용하여 견고하게 설치하도록 한다.

㉕ 공동구 내에서 통신케이블은 아래 그림 4.1-9와 같이 설치한다.

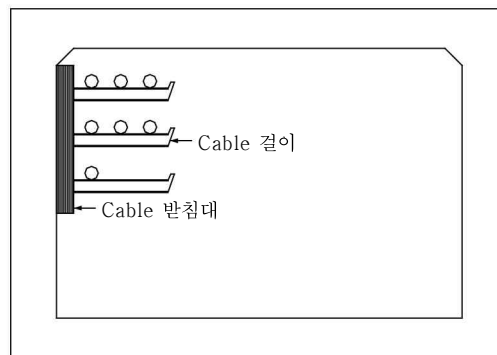


그림 4.1-9 공동구 내 통신케이블 배치도

㉔ 통신케이블의 케이블 받침대 및 케이블걸이는 전력케이블과 마찬가지로 설치 및 유지보수 작업 시 작업원이 지지철물에 부딪치지 않도록 하고 소형 기자재를 들고 다니는 데 불편함이 없어야 하며, 공동구 천장에 설치된 조명등(일반적으로 높이 250 mm), 분전반 등으로부터도 적당한 여유공간을 가져야 한다.

(나) 통신케이블 지지물의 설치기준

㉔ 공동구에서 통신케이블 지지물은 다음 기준에 맞게 설치한다.

㉕ 케이블 받침대 설치간격은 공동구 길이 방향에 보통 1,000 mm를 표준으로 하되 부득이한 경우, 케이블 접속에 지장이 없는 범위로 최소 800 mm, 최대 1,200 mm로 설치하도록 한다.

㉖ 케이블걸이 설치간격은 케이블의 최대직경 80 mm, 수평지지대의 최대높이 35 mm, 케이블 접속관 설치에 따른 여유공간 85 mm를 감안하여 200 mm로 한다.

㉗ 공동구 천장으로부터 최상단 케이블걸이 사이는 조명등 설치를 고려하여 250 mm 이상 공간을 확보하여야 한다.

㉘ 공동구 바닥으로부터 최하단 수평지지대 사이는 공동구 현치 등을 고려하여 250 mm 이상 공간을 확보하여야 한다.

(다) 맨홀의 접지

- ㉔ 구 내에서 접지시설은 500 m마다 접지판 또는 접지봉을 매설하되, 그 저항이 10 Ω 이하가 되도록 한다.
- ㉕ 맨홀 접지는 제3종 접지공사를 시행하되 접지저항치는 100 Ω이하로 하고 접지선은 나연동선 25 mm² 이상으로 한다.
- ㉖ 맨홀 접지공사는 맨홀 공사 시 2개소에 접지동봉을 타설하고 리드선은 구조물 매설용 접지연결 동봉과 연결한다.
- ㉗ 접지개소의 리드선은 나연동선 35 mm² 이상으로 맨홀 벽체 외부에서 상호 연결한다.

(라) 맨홀 뚜껑

- ㉘ 맨홀 출입구의 구체 목 길이는 맨홀의 매설깊이에 따라 적절하게 조정하되 최소 길이는 300 mm로 한다.
- ㉙ 맨홀 뚜껑의 설치높이는 GL + 0 mm ~ 10 mm 이내이어야 한다.
- ㉚ 맨홀 뚜껑은 잠금형으로 지름 766 mm를 표준으로 한다.
- ㉛ 맨홀 뚜껑은 현장 타설식 맨홀인 경우 맨홀목 상부 콘크리트에 90° 간격으로 4개소에 3/4인치 세트앵커 볼트를 타정하여 고정시키며, 조립식 맨홀인 경우에는 상부 몸체의 볼트 구멍과 조정용의 볼트 구멍을 일치시킨 후, 고정용 볼트 4개로 견고히 고정시킨다.

(마) 통신구의 통로

- ㉜ 공동구 내 통신구의 통로는 유지관리의 편의를 위하여 높이 2,100 mm 이상, 폭 1,000 mm 이상을 기준으로 한다.
- ㉝ 공동구 내 통신구의 통로 역시 전력구의 통로와 유사한 역할을 한다.

라. 가스

(가) 가스관 설치방법

- ㉞ 간선공동구 내 가스관을 수용할 때는 상수도관처럼 일정한 간격마다 관받침대를 설치하고 그 위에 가스관을 안전하게 설치하도록 한다.

(나) 가스관 안전설비

- ㉟ 공동구 내 가스관을 수용할 때는 일정한 구간마다 압력 안전장치, 가스누설경보기, 긴급차단장치 등의 안전설비를 설치한다.

(다) 방폭설비

- ㊱ 가스구 내를 제외한 조명기구 등 전기설비는 방진, 방수 구조로 한다. 폭발 위험성이 있는 구내에는 방폭구조의 전기설비를 적용한다.

(라) 가스구의 환기

- ㊲ 공동구의 가스구에는 별도의 환기설비를 갖추되 자연환기와 강제환기 설비를 병행하도록 하며, 강제 환기설비는 가스누설 검지 시 자동으로 작동되는 설비로 한다.

공동구

(마) 가스관 받침대의 규격

㉔ 공동구 내에서 설치되는 가스관 받침대의 규격은 다음을 기준으로 한다.

표 4.1-1 공동구 내 가스관 받침대

가스관경(D, mm)	받침대 높이 (mm)	받침대 폭 (mm)
500 이하	400	D+200
500 이상	500	D+200

(바) 가스구의 통로

㉔ 공동구 내 가스구의 통로는 높이 2,100 mm 이상, 폭 1,000 mm 이상을 기준으로 한다.

(사) 기타 사항

㉔ 본 기준에 제시된 설계기준은 일반사항만 수록하였으며 공동구 내 가스관 수용 시 가스관리 규정을 준수하여 설계를 수행하여야 한다.

마. 냉·난방

(가) 냉·난방은 각국의 설계 규정에 따라 차이가 있으나 일반적으로 아래와 같이 구분하고 있다.

㉔ 난방은 공급수 온도 75 ℃ ~ 120 ℃, 회수 온도 40 ℃ ~ 80 ℃를 말한다.

㉔ 냉방은 공급수 온도 3 ℃, 회수 온도 13 ℃ 말한다.

(나) 배관설계기준

㉔ 열공급 배관은 운전이 정지될 경우, 온도 강하에 따른 응력 발생에 견딜 수 있도록 설계에 적용하여야 한다.

㉔ 배관상에 높은 곳에는 관내의 공기를 추출시킬 수 있는 시설과 낮은 곳에서는 물을 빼낼 수 있는 시설을 갖추도록 하고 가능한 에어포켓(air pocket)이 발생할 수 있는 여건이 형성되지 않도록 하여야 한다.

㉔ 용접 개소를 최소한으로 줄이고 최대한으로 운전상의 안전과 배관 수명을 유지할 수 있고 내부 또는 외부의 어떠한 누수도 없도록 설계하여야 한다.

㉔ 배관의 안전 및 보호 장치를 설치하여야 한다.

㉔ 받침대 규격은 한국지역난방공사의 열배관 설계기준에 적합하도록 설치한다.

㉔ 여유공간은 상수도 여유공간을 따른다.

㉔ 통로는 유지관리에 편의를 위하여 폭 1,000 mm 이상, 높이 2,100 mm 이상 확보하여야 한다.

바. 쓰레기수송관

(가) 수송관의 배관설계 시 다음과 같은 사항을 고려하여야 한다.

㉔ 상승각도 20°, 하향각도 30° 이하를 유지한다.

㉔ 곡관의 곡률반경은 5 D ~ 7 D (최소 1800 R) 이상을 유지한다.

㉔ 곡관의 각도 100° 이하 (90° 정도)로 한다.

㉕ 분기관과의 각도는 내각 30° (3D 이상 직선 후 곡관) 이상으로 한다.

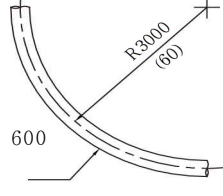
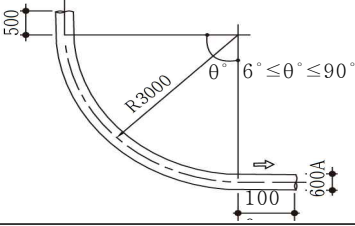
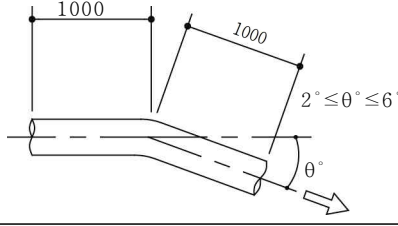
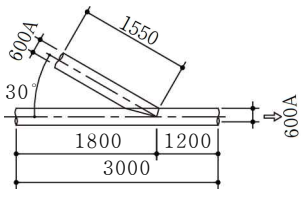
곡관의 곡률반경	상향 각도	하향 각도
		
곡관(6°이상, 90°미만)	곡관(2°이상, 6°미만)	합류관
		

그림 4.1-10 쓰레기수송관 곡관 설치

(나) 수송관의 접합부 설계 시 다음과 같은 사항을 고려하여야 한다.

㉔ 관로가 상승(통상 20°)하는 경우 접합을 금지한다.

㉕ 주 배관에서 분기되는 관의 접합은 분기점에서 3 D만큼 직선구간 형성 후, 반경 1,800 mm 곡관으로 연결한다.

㉖ 분기관이 인접하는 경우 분기점에서 6 D만큼의 거리를 유지한다.

㉗ 분기관의 상승 분기각도는 20° 이내로 한다.

㉘ 주 배관의 곡관부 곡률반경은 1,800 mm, 배출밸브 및 공기흡입밸브의 연결을 위한 곡률반경은 각각 750 mm와 600 mm로 한다.

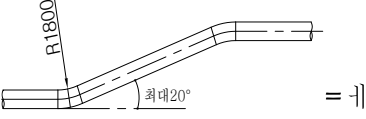
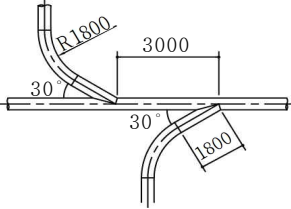
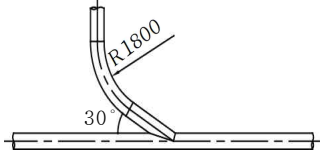
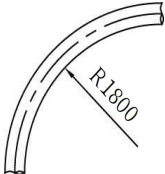
Type A: 배관 상승 시 연결 방법	Type B: 2개 지관 연결 방법
	
Type C: 1개 지관 연결 방법	Type D: 90° 곡관
	

그림 4.1-11 쓰레기수송관 연결부 상세

공동구

(다) 쓰레기 수송관의 공동구 수용 시 벽체 및 상부, 바닥슬래브로부터 300 mm 이상 이격시켜야 하며, 관 부설 및 유지관리 효율성을 고려하여 관 직경에 따라 변경할 수 있다.

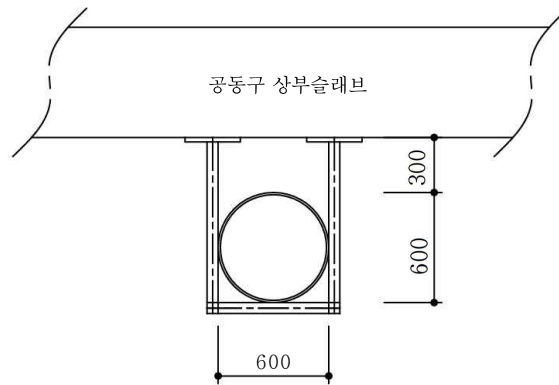


그림 4.1-12 쓰레기수송관 설치 예

(4) 안전수용기준

① 전력케이블과 가스관

- 가. 공동구 내에 전력케이블과 가스관을 조합 수용할 때는 별실 수용을 원칙으로 하며, 전력케이블과 난방관을 조합하여 수용할 경우에는 케이블과 난방배관의 열간섭에 의한 허용 용량 감소를 해결하기 위하여 점용예정 기관과 협의하여 결정하여야 한다.
- 나. 간선공동구에서 통상 고압 송전케이블과 고압가스관이 조합 수용될 때 만약 동일공간 내에 수용을 하면 스파크 현상에 의해 가스가 폭발할 염려가 있으므로 별실 수용하여야 한다.
- 다. 공급 공동구에서 저압 배선케이블과 저압가스관이 조합 수용될 때는 허용 가능한 한 최대한 이격시키되 이격거리가 1,000 mm 미만일 경우에는 내화성 격벽을 설치하거나, 방폭시설을 설치하여 충분한 안전성이 확보되도록 하여야 한다.

② 전력 케이블과 통신 케이블

- 가. 간선공동구에서 특고압 송·배전케이블과 대규모 용량의 통신케이블이 동실 수용될 경우 장애에 의한 통신능력 저하 우려가 있으므로 별실 수용하여야 한다.
- 나. 지선공동구에서 배전케이블과 소규모 용량의 통신케이블을 조합수용할 때는 허용 가능한 한 최대한 이격시키되 그 이격거리가 300 mm 이하일 때는 내화성 격벽을 설치한다.

③ 전력케이블과 상수관

- 가. 공동구 내에 전력케이블과 상수도관의 조합 수용 시 전력케이블이 송전용이거나 상수도 관경이 800 mm 이상일 때는 별실 수용을 원칙으로 한다.
- 나. 공급공동구에서 저압 전력케이블과 소구경 상수도관의 조합수용 시는 상수도관에 전식방지 처리를 하고 300 mm 이상 상호 이격시키도록 한다.

④ 통신케이블과 상수도관

- 가. 공동구 내에 통신케이블과 상수도관의 조합 수용시 상수도 관경이 800 mm 이상이고 통신케이블의 용량이 대용량일 경우 별실 수용을 원칙으로 한다.
- 나. 공급 공동구에서 소구경 상수도관과 소용량의 통신케이블이 조합 수용될 경우는 300 mm 이상 이격하여 유지보수 공간을 유지하면 동실 수용하여도 지장이 없다.
- 다. 광통신 케이블을 사용하는 경우 상수관, 전력케이블 등과 조합은 관련 기관과 협의하여 설치할 수 있다.

(5) 특수부 설계기준

① 공동구 교차부분

- 가. 교차부분은 수용시설의 설치를 위한 공간과 유지관리를 위한 작업공간 및 점검통로를 충분히 확보할 수 있는 규모로 하여야 하며, 공동구 본체구조물을 완전 입체화하여 시설물 상호간 수평 교차되지 않고 통로가 차단되지 않도록 하여야 한다.

② 분기구

- 가. 분기구는 택지방향 및 도로 방향으로 구분하여 설치한다.
- 나. 분기구 계획 시 분기되는 시설에 의해 통로가 차단되지 않도록 하여야 한다.
- 다. 분기구 설치 및 공용 중 시설물 설치를 위한 도로굴착을 방지하기 위하여 공동구가 설치되는 도로 가장자리까지 분기구를 계획하여야 한다.

③ 환기구

- 가. 환기구는 자연환기구(급기구)와 강제환기구(배기구)로 구분하며, 용도에 맞게 설치하여야 한다.
- 나. 환기구 계획 시 온도, 습도, 결빙, 화재, 방재 등에 대한 환기 시뮬레이션을 수행하여 설치 간격 및 환풍기 용량을 결정하여야 한다.

④ 재료 반입구

- 가. 재료 반입구는 배관 반입구와 케이블 반입구로 구분하여 용도에 맞게 시설한다.
- 나. 설치간격은 300 m 마다 설치한다.
- 다. 전력접속맨홀 설치 시 케이블 반입구는 설치하지 않아도 된다.

⑤ 출입구

- 가. 출입구는 평상출입구와 비상출입구로 구분하며, 평상출입구는 상시 이용이 편리하도록 설치하고, 비상출입구는 공동구 연장을 고려하여 적절한 위치에 설치하거나 환기구 또는 재료 반입구를 이용할 수 있도록 한다.
- 나. 공동구 내부에 사용하는 전기시설을 위한 전기실은 유지관리 효율성을 향상하기 위하여 출입구와 병행하여 설치 계획한다.
- 다. 출입구 설치 간격은 분기구 위치 및 현장여건 등을 고려하여 결정한다.
- 라. 출입구는 유지관리 효율성 증대를 위하여 가급적 짧게 설치하는 것이 좋다.

공동구

⑥ 전력접속맨홀

가. 송전 케이블의 접속을 위한 별도의 접속맨홀을 설치한다.

나. 설치간격은 송전케이블 생산여건을 충분히 검토 후 전력공급자의 지중 송·배전설계 기준에 준하여 적합하게 설치한다.

다. 맨홀 걸뚜껑 및 속뚜껑은 외부인이 무단으로 출입할 수 없도록 잠금장치가 설치되어야 한다.

⑦ 통신접속맨홀

가. 통신 케이블의 접속을 위한 별도의 분기·접속 맨홀을 분기구와 연결하여 설치한다.

나. 맨홀 설치는 가입자 케이블 수용여건을 충분히 검토 후 통신사업자 의견을 들어 설치한다.

⑧ 집수정

가. 공동구 내부의 결로 및 침투수, 내부청소용수의 배출을 위해 집수정을 설치한다.

나. 집수정은 공동구 종단계획상 최저점에 설치하도록 계획하고, 설치간격 및 위치는 공동구 내부여건을 감안하여 설치한다.

다. 집수정구간 배출용 배수관이 내부통로에 지장이 되지 않는 공간과 배수펌프 유지관리를 위한 공간이 충분히 확보되어야 하며, 필요 시 공동구 외측 벽체를 확대하여 공간을 확보할 수 있다.

⑨ 통로계단

가. 공동구 종단선형이 15%를 초과하는 경사로 할 경우 보수 및 유지관리에 편리하도록 계단을 설치한다.

나. 계단설치 시 계단에는 손잡이를 설치하고 각 계단층은 높이 200 mm, 폭 300 mm 정도로 한다.

다. 계단 손잡이 설치높이는 계단 바닥으로부터 900 mm 이상으로 한다.

라. 비상출입구로 사용되는 환기구 벽면에는 출입이 가능하도록 매입형 사다리를 설치한다.

마. 매입형 사다리의 발판은 미끄럼방지 기능이 있어야 한다.

(6) 유지관리 편익시설

① 내부유지관리용 전동차 도입

가. 공동구 연장이 긴 경우 유지관리의 효율성을 증대하기 위하여 내부 통로에 운행가능한 전동차를 도입할 수 있다.

나. 전동차 도입 시 회차시설을 설치하고 내부통로 조건 및 유지관리 효율성을 고려하여 전동차 규모를 결정하여야 한다.

② 진출입용 승강기 설치

가. 출입구 진출입 깊이가 깊을 경우 유지관리용 자재 및 장비운반의 효율성을 향상하기 위하여 출입구에 승강기를 설치할 수 있다.

나. 승강기 설치 시 별도의 진출입계단을 설치하여야 하며, 승강기 규모는 유지관리를 고려하여 결정하여야 한다.

③ 자재운반용 호이스트 및 레일 설치

가. 공동구 내 대형 수용시설물 설치 및 교체 시 작업 효율성을 향상시키기 위하여 호이스

트 레일을 설치할 수 있다.

나. 호이스트레일 설치 시 필요 제반규정을 준수하여 시설기준에 적합하도록 하여야 한다.

4.1.2 설계세목

(1) 철근콘크리트 구조물의 설계방법은 강도설계법을 적용함을 원칙으로 하고 강재 구조물, 프리스트레스트 콘크리트, 가설 구조물, 기타 허용응력설계법이 보다 타당한 경우는 허용응력 설계법에 따른다.

- ① 허용응력설계법(WSD)은 철근 콘크리트를 탄성체로 보고 적합한 안전율을 고려한 허용응력을 사용하여 설계하는 방법이다.
- ② 강도설계법(USD)은 실제 하중이 작용하여 부재가 파괴될 때 콘크리트의 압축응력 분포를 알아내어 이에 맞도록 적합한 하중계수(load factor)에 따라 설계하는 방법이다.

(2) 설계하중

① 하중의 종류

가. 주하중

- (가) 고정하중(D)
- (나) 활하중(L)
- (다) 충격(I)
- (라) 프리스트레스(PS)
- (마) 콘크리트 크리프의 영향(CR)
- (바) 콘크리트 건조수축의 영향(SH)
- (사) 토압(H)
- (아) 수압(F)
- (자) 부력 및 양압력(B)

나. 주하중에 상당하는 특수하중

- (가) 지반변동의 영향(GD)
- (나) 지점이동의 영향(SD)

다. 부하중

- (가) 온도변화의 영향(T)
- (나) 지진의 영향(E)

라. 부하중에 상당하는 특수하중

- (가) 가설 시 하중(T)
- (나) 기타

② 고정하중

가. 고정하중을 산출할 때 재료의 질량은 표 4.1-2의 단위질량을 기준으로 하며 실 질량이

명확한 것은 그 값을 적용한다.

표 4.1-2 재료의 단위질량

(단위 : kg/m³)

재료	단위질량	재료	단위질량
강재, 주강, 단강	7,850	자갈, 쇄석	1,900
주철	7,250	목재	800
알미늄	2,800	역청재(방수용)	1,100
철근콘크리트	2,500	역청포장	2,300
무근콘크리트	2,350	석피포장	2,600
프리스트레스트 콘크리트	2,500	벽돌포장	2,400
시멘트 모르타르	2,150	벽돌쌓음	2,000
석재	2,600		

나. 기계실하중

(가) 구조물 내 상판하중 가운데 펌프실, 신호실, 전기실, 환기기계실 등의 기계하중은 표 4.1-3을 표준으로 하되 특수기계는 실질량에 의하고 진동하중 및 교번하중이 생기는 기계에 대하여는 이를 고려하여야 한다.

표 4.1-3 각 실의 상판하중

(단위 : kN/m²)

실명	상판하중	실명	상판하중
변전소	75	방송실	10
전기실	25	통신기기실	10
개폐실	10	교환기실	15
전 력 지 령 실	15	축 전 지 실	25
신 호 취 급 소	20	환 기 기 계 실	25
컴 프 레 샤 실	20	소 화 펌 프 실	20~25
운 전 지 령 실	20	오 수 펌 프 실	20~25
신 호 기 지 실	20	배 수 펌 프 실	20~25

주) 각실의 기능 재배치를 고려하여 변전소 이외의 기계실 하중은 모두 25kN/m²을 적용 할 수 있다.

③ 노면 활하중

가. 구조물 내공이 6.0m 이하인 경우

(가) D : 압거 상면의 토피 및 포장층 두께(m)

(나) B_o : 압거폭(다련 BOX인 경우 외측 1BOX의 폭)(m)

(다) 노면활하중이 10.0 kN/m² 이하일 때에는 10.0 kN/m²으로 한다.

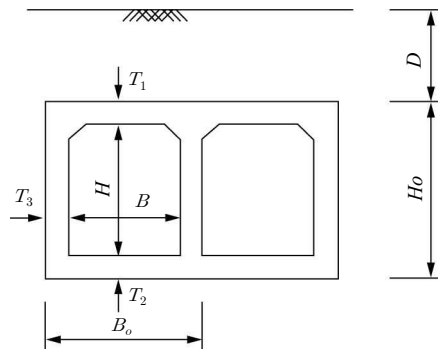


그림 4.1-13 공동구 설치 예

나. $\frac{D}{B_0} \geq 0.5$ 인 경우에는 표 4.1-4와 같다.

표 4.1-4 $D/B_0 \geq 0.5$ 인 경우의 노면 활하중

토피두께 (D , m)	노면활하중 (P_{v1} , kN/m^2)	비고
1.0	39.0	토피 중간값은 노면활하중 상위값 적용
1.5	25.0	
2.0	18.0	
2.5	14.0	
3.0	11.0	
3.5 이상	10.0	

다. $\frac{D}{B_0} < 0.5$ 인 경우에는 표 4.1-5와 같다.

표 4.1-5 $D/B_0 < 0.5$ 인 경우의 노면 활하중

$\frac{D}{B_0}$	노면활하중 ($P_{v1} \times D$, kN/m^2)	비고
0.1	17.0	$\frac{D}{B_0}$ 의 중간값은 $P_{v1} \times D$ 의 상위값을 적용, 노면활하중 P_{v1} 은 표의 값을 D 로 나누어 구함
0.2	27.0	
0.3	33.0	
0.4 이상	36.0	

공동구

라. 토피고 1.0 m 이내의 경우 이동하중을 직접 재하하고 상부 슬래브는 바닥판 기준을 따라 설계한다.

마. 구조물내공이 6.0 m 이상인 경우에는 표 4.1-6과 같다.

표 4.1-6 토피고에 따른 노면 활하중

토피고 (m)	노면활하중 (kN/m ²)	토피고 (m)	노면활하중 (kN/m ²)
1.0	51.0	5.0	15.0
1.5	39.0	6.0	15.0
2.0	21.0	7.0	15.0
2.5	17.0	8.0	12.0
3.0	15.0	9.0	11.0
4.0	15.0	10.0 이상	10.0

주) 토피의 중간값은 노면 활하중 상위의 값을 적용한다.

바. 상기 노면 활하중 값의 기준은 DB-24이므로 DB-18 적용 시는 별도로 검토하여 적용되어야 한다.

④ 토압

가. 정지토압

(가) 정지토압은 지하박스 구조물 등과 같이 정지토압을 적용하는 것이 타당한 경우에 적용한다.

(나) 토압이 작용하는 박스구조물은 시공 중 또는 시공 후 횡토압이 실제보다 작게 작용하여 구조물에 불리하게 작용하는 경우 실제 감소된 토압을 계산하여 사용하여야 한다.

(다) 정지토압의 계산은 다음 식에 의한다.

$$P_0 = K_0 (q + \gamma_t h_1 + \gamma_{sub} h_2) \quad (4.1-1)$$

여기서, P_0 : 토압 (kN/m²)

K_0 : 정지토압계수

느슨한 사질토의 경우 $K_0 = 1 - \sin \phi$

풍화토이상 연암까지 공내재하시험 측정된 초기응력 값(가중평균값) 적용

q : 상재하중 (kN/m²)

γ_t : 지표에서 지하수면까지의 흙의 단위중량 (kN/m³)

γ_{sub} : 지하수면 이하의 흙의 단위중량 (kN/m³)

h_1 : 지표면에서 지하수면까지의 깊이 (m)

h_2 : 지하수면에서 측압을 구하려는 위치까지의 깊이 (m)

ϕ : 흙의 내부마찰각 (°)

(라) 연암층 이상의 암반층에 굴착 시공된 박스구조물에 작용하는 측압에 대해서는 지반조사 및 지질구조 조사 결과에 나타난 절리 및 단층 등의 불연속면의 방향성 및 경사각 등을 고려한 암반사면 안전성 분석을 시행하여 암반의 자립여부를 판단, 토압의 증감 여부를 고려할 수 있다.

나. 주동토압

(가) 주동토압은 옹벽 구조물 등 주동토압 적용이 타당한 경우에 적용한다.

(나) 주동토압 계산은 다음 식에 의한다.

$$P_a = K_a (q + \gamma_t h_1 + \gamma_{sub} h_2) \quad (4.1-2)$$

여기서, 주동토압계수(K_a)의 산정식은 안정검토시에는 Rankine 토압공식, 부재력 산정시에는 Coulomb 토압공식을 사용한다.

(다) 흙의 단위중량과 내부마찰각은 보링자료, 토질시험 값 등과 같이 지반조사 자료의 분석과 경험을 종합적으로 고려하며 실내 및 현장시험에 의하지 않았을 경우에는 책임기술자의 판단아래 지반공학적 근거에 입각한 관계식이나 구조물 기초 설계 기준 등 관련 자료의 값을 참고로 사용할 수 있다.

(라) 흙막이구조물에 작용하는 토압은 흙막이구조물과 지반의 상호거동에 적합한 토압계수를 적용하여 결정한다. 여기서 지반과 구조물의 상호거동에 적합한 토압을 적용한다는 것은 흙막이구조물이 변위를 일으키는 양상과 변위량에 따라 흙막이구조물에 작용하는 토압이 달라지기 때문에 이 현상을 감안하여 토압을 산정하여야 한다는 것을 의미한다. 흙막이구조물에 작용하는 토압산정의 상세내용은 KDS 21 30 00에 따라 수행한다.

⑤ 수압

가. 지하수에 의한 수압계산은 정수압을 기준으로 하며 다음 식에 의한다.

$$F = \gamma_w h \quad (4.1-3)$$

여기서, F : 정수압 (kN/m²)

γ_w : 물의 단위중량 (kN/m³)

h : 지하수 깊이 (m)

나. 정수압 산정에 적용하는 지하수위 위치는 지표면 이하 1.0m를 기준으로 하고 지반조사나 현장시험 등을 통하여 지하수위를 명백히 알 수 있을 때나 별도의 지하수위 저

하대책을 강구할 경우에는 이에 따르도록 한다.

⑥ 부력 또는 양압력

- 가. 지하박스 구조물 설계 시 지하수위 이하에서는 간극수압이 작용하므로 정수압이 작용하는 것으로 가정하여 부력에 대한 안정성 여부를 검토하여야 한다.
- 나. 부력에 대한 안전여부는 공사 중과 완공 후로 구분하여 검토하고, 공사 중에 공사 단계별 조건 중에서 가장 위험한 조건에서 검토하고, 완공 후의 안전검토는 아래 다의 기준에 의한다.
- 다. 부력 계산의 세부기준

(가) 부력

㉔ 부력(B)은 구조물 바닥폭(b) 전면에 수압(u)을 균등하게 작용시킨다.

$$B = \gamma_w h_s b \quad (u = \gamma_w h_s) \quad (4.1-4)$$

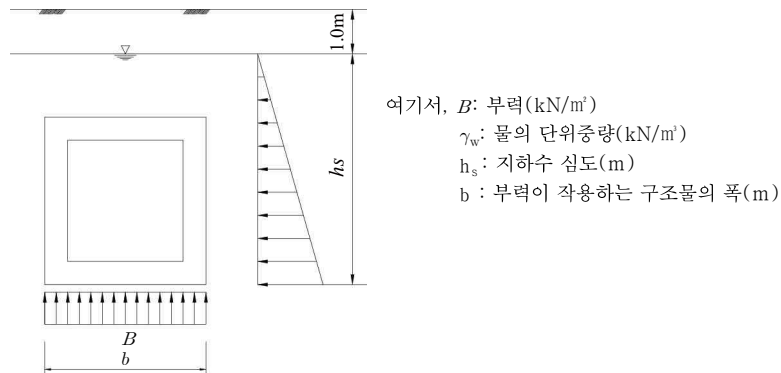


그림 4.1-14 일반적 부력의 작용

⑦ 저항력

- 가. 부력에 대한 저항력(R)은 고정하중인 구체자중(W_1) 및 상재고정하중(W_2)과 측면 마찰력(P_s)의 총합으로 한다.
- (가) 구체자중은 구조물 자중만을 고려하는 것으로 한다.
- (나) 상재고정하중은 포장하중과 지하수의 영향을 고려하여 구한다.
- (다) 지하수위 이하의 토피자중은 지하수위 이하 흙의 단위중량(γ_{sub})을 기준으로 하고 연직수압은 추가로 고려하여야 한다.

저항력:

$$R = W_1 + W_2 + P_s \quad (4.1-5)$$

$$P_s = 2 c D + K_u \gamma D^2 \tan \delta$$

여기서, c : 점착력 (kN/m²)

D : 적용 심도 (m)

K_u : 토압계수로서 흙의 변형상태로부터 발생하는 정지토압 계수 K_0 에서 수동토압계수

K_p 사이의 값으로 안전을 고려하여 정지토압계수($K_0 = 1 - \sin\phi$) 적용

γ : 양압력을 고려한 습윤상태의 단위중량 (kN/m)

$\tan \delta$: 파괴면이 비교적 구조물 벽면에 인접하여 있으므로 구조물과 지반의 상대마찰각으로 생각하며 $\delta = (2/3)\phi$ 로 적용

주) 구조물 벽체와 주변 뒤채움 흙과의 측면마찰력을 재질간의 접촉불확실성을 고려하여 무시한다.
단, 부력방지 키를 설치한 경우와 구체상면은 측면 마찰력을 고려한다.

⑧ 안정검토

가. 부력에 대한 안전율(F_s)은 다음조건을 만족하여야 한다.

$$\text{안전율 } F_s = R/B \quad (4.1-6)$$

표 4.1-7 안전율 기준

공사 중	완공 후
$F_s \geq 1.1$	$F_s \geq 1.2$

나. 양압력에 대한 안전율이 부족할 때에는 부력저항 키 설치 또는 부력 방지용 앵커 설치 등 별도의 필요한 조치를 하여야 한다.

다. 영구 구조물에서 부력방지용 앵커를 설치할 때에는 앵커인장력이 충분히 발휘할 수 있도록 하여야 하며 필요한 경우 앵커설치시 인발시험을 실시하여야 한다.

⑨ 온도하중

가. 온도변화의 표준은 공사 중과 완공 후로 분리하여 검토한다.

나. 토피가 1,000 mm 이상일 경우에는 온도변화를 고려하지 않으며, 토피가 1,000 mm 이하일 경우는 다음 식에 따른다.

$$t = a \times t_0 \quad (4.1-7)$$

여기서, t : 박스 구조물의 상부 슬래브에 작용하는 온도변화

a : 토피 심도(m)에 따른 저감률 $a = 1 - h_0$ (h_0 : 토피심도)

t_0 : 지표면에서의 기본온도 변화

상부슬래브 두께가 700 mm 이상인 경우 $t_0 = \pm 10^\circ\text{C}$

상부슬래브 두께가 700 mm 미만인 경우 $t_0 = \pm 15^\circ\text{C}$

⑩ 콘크리트의 건조수축

가. 구조물의 설계에는 콘크리트의 건조수축 영향을 고려하여야 한다.

나. 부정정구조물의 설계에 사용하는 건조수축변형률은 콘크리트 구조설계기준 해설을 따른다.

다. 특히, 구조의 횡단면, 종단, 특수부 접합부분, 환기구 주위 등에서는 온도변화 및 건조수축에 의한 영향을 고려하여야 한다.

⑪ 가설하중

가. 공사 중에 완성시 보다 불리한 하중이 작용한다면 가설하중을 고려하여야 한다. 특히 환기구, 집수정 등의 중간슬래브 설계시 중간슬래브가 상부슬래브 콘크리트 타설 하중을 지지할 수 있도록 고려하여야 한다.

⑫ 기타하중

가. 상기하중 이외의 하중을 고려할 필요가 있는 경우에는 그 상황에 따라 정한다.

⑬ 지진하중

가. 지진하중 상세 내용은 이 기준의 4.4에 수록하였으므로 참조한다.

(3) 하중계수 및 하중조합

① 철근콘크리트구조물을 설계할 때는 아래에 제시된 하중계수와 하중조합을 모두 고려하여 해당 구조물에 작용하는 최대 소요강도에 대하여 만족하도록 설계하여야 한다.

가. $U = 1.4 (D + F + H_v)$

나. $U = 1.2 (D + F + T) + 1.6 (L + \alpha_H H_v + H_h) + 0.5 (L_r \text{ 또는 } S \text{ 또는 } R)$

다. $U = 1.2D + 1.6(L_r \text{ 또는 } S \text{ 또는 } R) + (1.0 L \text{ 또는 } 0.65 W)$

라. $U = 1.2 D + 1.3 W + 1.0 L + 0.5 (L_r \text{ 또는 } S \text{ 또는 } R)$

마. $U = 1.2 D + 1.0 E + 1.0 L + 0.2 S$

바. $U = 1.2 (D + F + T) + 1.6 (L + \alpha_H H_v) + 0.8 H_h + 0.5 (L_r \text{ 또는 } S \text{ 또는 } R)$

사. $U = 0.9 D + 1.3 W + 1.6 (\alpha_H H_v + H_h)$

아. $U = 0.9 D + 1.0 E + 1.6 (\alpha_H H_v + H_h)$

여기서, D = 고정하중

E = 지진하중

F = 유체압력에 의한 하중

α_H = 토피(h)에 따른 분산보정계수(h ≤ 2 m인 경우 1.0, 2 m < h ≤ 7 m인 경우

1.05~0.025 h, h > 7 m인 경우 0.875)

H_h = 흙, 지하수 등에 의한 수평방향 하중

H_v = 흙, 지하수 등에 의한 연직방향 하중

L = 활하중

L_r = 지붕활하중

R = 강우하중

S = 적설하중

T = 온도하중

W = 풍하중

② 차고, 공공집회 장소 및 L이 5.0 kN/m² 이상인 모든 장소 이외에는 ①의 식 다., 라. 및 마.에서 활하중 L에 대한 하중계수를 0.5로 감소시킬 수 있다.

③ ①의 식 마.와 아.에서 지진하중 E에 대하여 사용수준 지진력을 사용하는 경우에는 1.0 E 대신 1.4 E를 사용한다.

④ ①의 식 사. 및 아.에서 흙, 지하수 또는 기타재료의 횡압력에 의한 하중 H_h 와 H_v 로 인한 하중효과가 W 또는 E로 인한 하중효과를 상쇄시키는 경우에는 H_h 및 H_v 에 대한 하중계수를

0으로 한다. 만일 측면 토압이 다른 하중에 의한 구조물의 거동을 감소시키는 저항효과를 준다면 이를 H_h 에 포함시키지 않아야 하지만 설계강도를 계산할 때에는 H_h 의 효과를 고려하여야 한다.

- ⑤ 구조물에 충격의 영향이 있을 경우, 활하중(L)을 충격효과(I)가 포함된 ($L+I$)로 대체하여 상기 식들을 적용하여야 한다.
- ⑥ 부등침하, 크리프, 건조수축, 팽창콘크리트 팽창량 및 온도변화는 사용구조물의 실제적 상황을 고려하여 계산하여야 한다.

(4) 재료 및 강도

① 탄성계수

가. 강재

- ㉔ 공동구설계에 적용하는 강재는 KDS 14 30 00을 따르고 강의 물성은 KDS 14 30 00을 따른다. 기타 재료를 적용할 경우 관련 기준을 적용할 수 있다.

나. 콘크리트

- ㉔ 콘크리트의 탄성계수와 전단탄성계수, 기타 콘크리트 재료의 물성은 KDS 14 20 10을 따른다.

② 강도

가. 콘크리트: 콘크리트의 설계기준 강도는 구조물의 목적에 적합한 강도를 선정하여 통일을 기하며 구조물 종류별로는 다음과 같다.

표 4.1-8 구조물 종류별 콘크리트 설계 기준강도

설계기준강도 f_{ck} (MPa)	적용 구조물
40 이상	PSC 구조물
27 이상	RC 구조물
24 이상	터널 구조물
16 이상	버림 콘크리트: 생산가능 한 설계기준강도 적용

나. 철근

표 4.1-9 철근의 항복점 강도

철근의 종류	항복점 강도 f_y (MPa)
SD 400	400
SD 350	350
SD 300	300

③ 강구조물의 허용응력

가. 강구조물의 허용응력은 KDS 14 30 00을 따른다.

공동구

④ 설계강도 및 해석방법

가. 콘크리트 구조물의 설계강도는 KDS 14 20 00을 따르고 휨, 압축설계는 KDS 14 20 20, 전단, 비틀림설계는 KDS 14 20 22를 따른다.

(5) 구조해석 및 단면설계

① 일반사항

- 가. 구조해석 시 지점조건은 실제 지반조건에 적합한 방법을 적용하여야 하나, 연직·수평 방향 스프링을 설치하거나 힌지, 롤러를 설치하는 방법이 적용될 수도 있다.
- 나. 구조형상 및 단면은 구조물의 내공 치수를 확보하고, 관련 규정에 부합된 안전도와 사용성을 고려하여야 하며, 기초지반이나 단면의 변화가 있는 구간에 대하여는 단면별 계산단면을 선정하여 구조검토를 수행하여야 한다.
- 다. 구조물 특성에 따른 균열, 처짐 등에 대한 사용성 검토를 수행하여야 한다.
- 라. 이형철근 정착길이 및 겹이음 길이의 위치 결정 시 각 철근의 이음이 한 곳에 집중되는 것을 방지하도록 계획하여야 한다.
- 마. 구조물이 이질적 지반을 통과할 경우 시공 이음부 위치 및 종방향 해석을 수행하여 구조계획을 수행하여야 한다.

② 라멘구조

- 가. 라멘구조는 KDS 24 14 20을 따른다.
- 나. 최소전단철근에 관해서는 KDS 14 20 22를 따른다.
- 다. 지하구조물 라멘의 해석모델은 KDS 24 14 20을 따른다.

③ 처짐 및 균열제한은 KDS 14 20 30을 따른다.

④ 철근의 정착 및 이음은 KDS 14 20 52를 따른다.

⑤ 수축 및 온도철근 상세는 KDS 14 20 50을 따른다.

⑥ 최소 피복두께

- 가. 철근의 적용피복은 콘크리트 표면과 그에 가장 가까이 배치된 철근 표면 사이의 콘크리트 두께를 말하며 피복두께는 KDS 14 20 50을 따른다.
- 또한 주철근을 콘크리트 외측 표면측에 배근하여 사용피복기준을 적용하는 것을 원칙으로 하나, 부득이 배력철근을 콘크리트 외측 표면측에 배근할 경우에는 배력철근 직경만큼 조정할 수 있다.

표 4.1-10 철근피복

구조물 종류	대상부재	적용피복	
공동구 구조물	노출면(내측)	70 mm(90 mm)	()는 무늬거푸집 사용 시
	지중면(외측)	90 mm(100 mm)	()는 주철근 D22이상 사용 시

⑦ 철근에 대한 일반 구조 세목

- 가. 개구부 주변의 보강

- (가) 출입구, 환기구 등의 큰 개구부에 대해서는 별도의 단면해석을 하여 배근하고 특히, 끝부분은 별도 보강한다.
 - (나) 슬래브, 벽 등에 설치하는 Duct용, 배관용과 같이 소규모인 개구부에는 응력집중 등에 의한 균열에 대하여 보강철근을 배치한다.
 - (다) 소규모 개구부에서 보강을 위하여 배치하는 철근은 개구부를 두었기 때문에 배치할 수 없었던 주철근과 배력철근 이상을 개구부 주변에 배치함과 동시에 개구부의 모서리에 철근을 배치하여 확실히 정착 배치되는 철근은 개구부 때문에 절단되는 주철근 및 배력철근 이상의 개수와 절단철근의 절단전 길이만큼을 추가 배치하여 개구부 주변에서 설계상의 내하력을 확보할 수 있도록 하고, 동시에 개구부 모서리에 경사 철근을 배치하여 개구부 응력집중에 의한 균열을 억제하여야 한다.
- 나. 구조변화 경계부의 종방향 보강으로 다음의 경우에는 횡방향 보강보를 설치, 접속부를 종방향으로 확실하게 보강하여야 한다.
- (가) 종방향으로 단면이 변경되어 접속되는 구조물
 - (나) 종방향으로 토질조건의 급격한 변화부
 - (다) 기존구조물의 영향으로 종방향 힘의 증대가 예상되는 부분

⑧ 라멘구조세목은 KDS 21 14 20을 따른다.

가. 우각부 외측철근 배근방법

- (가) 라멘구조의 우각부 외측철근은 반드시 원곡선으로 배근하여 응력 전달이 원활하게 하고 그 때 철근 내측의 원곡선은 반경 10D 이상으로 한다.
- (나) 우각부에서 주철근이 구부러지는 부분 전후에는 배력철근을 그림 4.1-15와 같이 배근한다.

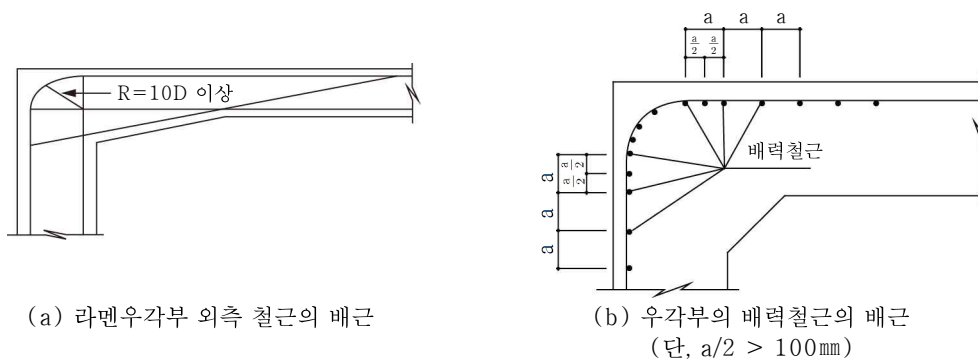


그림 4.1-15 토목구조물의 배근상세

⑨ 기초 형식의 선정

- 가. 원지반 굴착면을 지지 지반으로 하는 경우에는 직접기초를 원칙으로 한다. 단, 공동구가 기초말뚝을 가진 다른 구조물과 일반적으로 설계된 구간, 단독으로 설계된 구간과 접하는 곳, 특히 지반침하에 따른 상대변위가 생길 것이라고 예상되는 곳은 지지력 등 구조 검토를 실시한다. 또한 착수시점에서 평판 재하시험 등을 통한 지반지지력 시험

공동구

이 선행되도록 한다.

⑩ 침하량 산정

가. 본체구조물을 시공할 때나 완성 후, 기초지반의 압밀침하에 따른 지반거동이 예상되는 곳에서는 압밀침하의 영향과 지지력을 고려하도록 한다.

나. 기초 하부가 연약하여 공동구에 침하가 생길 우려가 있는 경우에는 침하에 대한 검토가 충분히 실시되어야 하며, 압밀침하량은 지반의 과압밀 상태, 정규압밀 상태 등을 고려하여 계산한다.

⑪ 부등침하에 대하여는 KDS 11 50 05, KDS 11 50 15와 다음을 참조한다.

가. Bjerrum(1981)이 제안한 각변위 한계 (L : span, δ : 부등침하량)

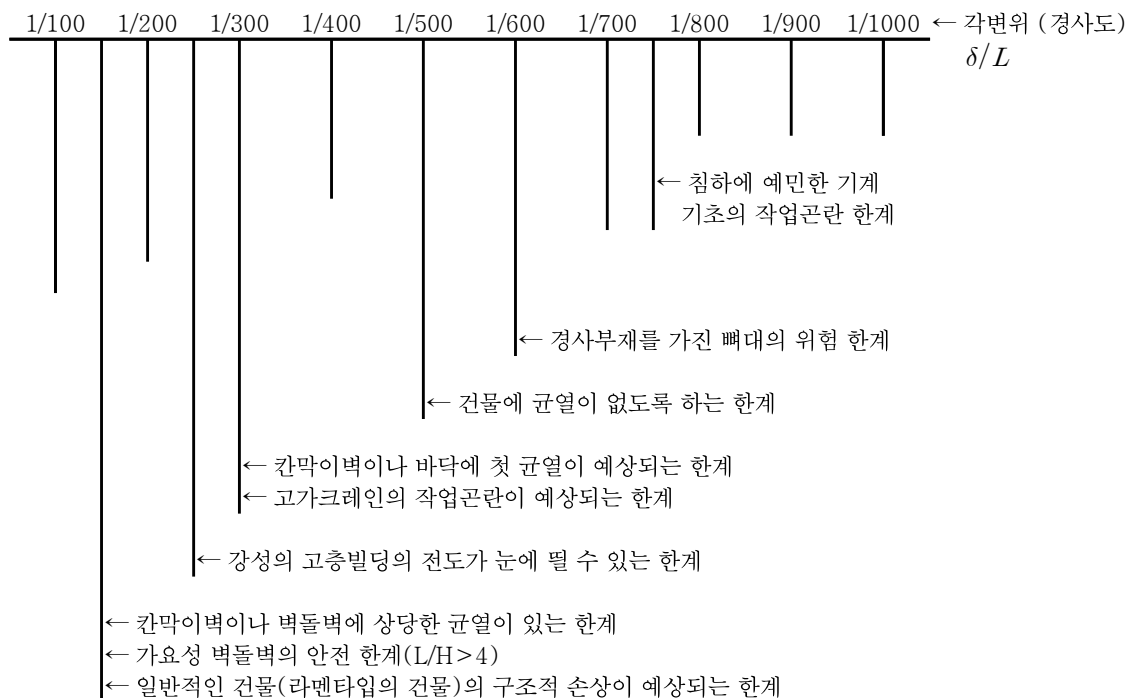


그림 4.1-16 각변위 한계

나. 구조물의 손상한계 (Skempton, 1956)

표 4.1-11 기초별 기준

기준		독립기초	확대기초
각 변 위 (δ / L)		1 / 300 (L : Span, δ : 부등침하량)	
최대 부등 침하량	점 토	44 mm (38 mm)	
	사질토	32 mm (25 mm)	
최대 침하량	점 토	79 mm (64 mm)	76~127 mm (64 mm)
	사질토	51 mm	51~76 mm (38~64 mm)

주) () 내의 값은 추천되는 최대값임.

다. 구조물의 허용침하량(Sowers, 1962)

표 4.1-12 구조물별 침하형태

침하형태	구조물의 종류	최대침하량
전체침하	배수시설	150~300 mm
	출입구	300~602 mm
	석적 및 조적구조	25~50 mm
	땀대구조	50~100 mm
	굴뚝, 사이로, 매트	75~300 mm
부등침하	철근콘크리트 땀대구조	0.003S
	강 땀대구조(연속)	0.002S
	강 땀대구조(단순)	0.005S

주) S: 기둥사이의 간격 또는 임의의 두 점 사이의 거리

⑫ 설계 지반정수

가. 본체 구조물의 설계에 이용되는 지반 정수는 지반조사 및 토질시험의 결과를 종합적으로 판단하여 결정한다.

4.1.3 방수 및 방재

(1) 방수 및 방습

① 일반사항

가. 공동구의 방수는 구조물의 외부로부터 내부로 누수가 발생되지 않도록 용도, 구조, 형상, 환경조건 및 시공방법 등에 적합하고, 비배수방수가 될 수 있도록 구조물 외면 방수로 설계한다.

나. 공동구의 방수는 방수 공사의 안전 및 품질 확보, 시공 이후의 유지관리 효율성 확보, 경제성 확보를 위하여 용도, 구조, 형상, 환경조건 등에 적합하도록 공동구 설치 장소의 환경, 과거 사용한 방수 재료 및 공법의 장단점 사례(과거의 누수사례 및 문제점 등), 최근의 신기술(소재 및 공법) 등에 관한 사항을 조사하여 설계한다.

다. 공동구의 방수설계는 구조물이 설치되는 지역에서 지반의 침하량, 지하수의 수질(해수, 오염수 등의 화학적 성분) 등을 조사하여 그에 적합한 설계를 한다.

라. 공동구의 방수설계는 시공 부위(구조물 상부슬래브, 외벽, 바닥, 이어치기부, 신축줄눈부, 특수부와의 연결부위 등), 시공방법, 시공순서 등에 대한 구체적인 기술사항을 관련 시방서에 상세히 기술한다.

마. 공동구의 방수설계는 준수하여야 할 규격(한국산업표준(KS), 방수관련 전문 시방서, 기타 외국의 관련 규격 등) 및 법규, 그 내용 및 절차, 대책 등에 관련한 자료를 사전에 충분히 조사하여 이를 참고한다.

② 조사

가. 조사는 공동구의 방수설계를 위한 필요 자료를 합리적으로 수집하기 위한 목적으로 실

공동구

시하며, 크게 예비조사, 지반조사, 지하수 조사 등을 수행한다.

나. 예비조사는 기존 자료 조사(방수재료 및 공법의 장단점, 유사 구조물에서의 적용 사례, 기존 적용 구조물에서의 누수하자 유형 및 문제점, 유지관리 실태 등), 주변 상황 조사(지반조사, 지하수 조사 등)를 수행한다.

다. 지반조사는 KDS 11 10 10을 따르며 지반의 침하량 등을 확인하고, 해당 침하량에 대해 안전한 방수성능을 확보할 수 있도록 이를 설계에 반영한다.

라. 지하수 조사는 지하수위 변동 상황, 수량, 수질(염분, 산류 등 방수재에 영향을 주는 화학성분) 등을 확인하고, 해당 지하수의 화학적 성분에 안전한 방수성능을 확보할 수 있도록 이를 방수설계에 반영한다.

마. 조사 결과는 충분한 검토 및 분석을 통하여 방수공사의 계획, 설계, 시공에 필요한 참고 자료가 되도록 정확히 정리하고, 차후 다른 공사에 참고가 되도록 보관한다.

③ 방수설계

가. 구조물 외면방수설계

(가) 공동구는 구조물 외부에서 방수층에 직접 수압이 작용하므로 구조물 외벽, 상부슬래브, 바닥 등의 바깥쪽 면과, 조인트부, 특수부 및 이중구조물의 접합부 등에서 누수가 되지 않도록 이에 적합한 외면 방수설계를 한다.

(나) 외면방수는 공동구의 규모, 지반의 조건, 지하수의 상태, 주변의 공사 여건 등을 고려하여 선행방수(토류벽 등에 먼저 방수공사를 한 후, 구조물 콘크리트를 타설하는 방법) 혹은 후행방수(구조물 콘크리트를 먼저 타설하고, 경화 후 콘크리트 표면에 방수를 하는 방법)를 설계단계에서 먼저 검토하여야 한다. 또한 방수층에는 시공 조건 등에 의해 작용하는 외부 하중에 의해 손상되지 않도록 반드시 보호층을 두거나, 이에 적합한 보호 방법을 설계도서에 제시한다.

나. 공동구의 구조 상세를 고려한 설계

(가) 공동구의 형상(정방형, 원통형 등) 및 구조 형태에 따라 구조물 연결 조인트, 관통부, 특수부 및 이중구조물 간의 연결부 등이 존재하는 경우에는 계획 단계에서부터 이에 적절한 방수설계를 한다.

다. 구조물 침하 등 거동을 고려한 방수설계

(가) 공동구가 설치될 지역의 지형, 지반 상태에 따라 구조물이 침하하여 방수층이 손상되는 것을 방지하기 위하여 지반의 침하량(부등침하량) 등을 충분히 검토하여 구조물 침하에 따른 거동에 대하여 안전하게 대응할 수 있는 성능을 확보한 방수설계를 한다.

라. 지하수의 영향을 고려한 설계

(가) 지하수의 수질, 수량, 수압 등의 영향에 대하여 장기적으로 안전하게 대응할 수 있는 성능을 확보한 방수설계를 한다. 특히 해안가에 설치되는 공동구의 경우는 해수에 포함된 화학성분(염분 등)에 의해 방수층이 손상되거나, 방수성능이 저하되

어서는 안 된다.

마. 현장 주변의 기후 변화를 고려한 설계

(가) 공동구 건설 현장 주변의 기후, 온도, 습도 등의 변화에 대하여 장기적으로 안전하게 대응할 수 있는 성능을 확보한 방수설계를 한다.

바. 현장 주변의 다른 구조물의 영향을 고려한 설계

(가) 공동구 주변 구조물의 영향(지하철, 지하차도 등의 진동 및 거동 영향, 건축물의 침하 등)에 대하여 장기적으로 안전하게 대응할 수 있는 성능을 확보한 방수설계를 한다. 공동구 주변의 구조물의 거동의 영향에 대해 방수층이 손상되거나, 방수 성능이 저하되어서는 안 된다.

사. 특수개소 등의 연결부 방수설계

(가) 공동구의 특수부, 가변이음부, 이종 구조물 간의 연결부, 구조물 간 신축줄눈부, 벽체 관통부 같은 개소에서는 각각의 구조 특성 및 형상을 충분히 고려하여 방수재가 각 특수 개소의 거동에 대한 변위량에 추종할 수 있도록 방수설계를 한다. 공동구의 각 특수 개소의 거동 변위에 대해 방수층이 손상되거나, 방수성능이 저하되어서는 안 된다.

아. H형강 등 말뚝머리부에서의 방수설계

(가) 공동구가 설치될 지역의 지반 개량 등을 위해 사용되는 H형강, 강관 혹은 콘크리트 말뚝 등의 말뚝머리부는 공동구 바닥부의 누수에 영향을 주므로 지하수의 침투를 방지할 수 있도록 방수조치를 하여야 한다.

④ 방수재료

가. 방수재료의 성능 조건

(가) 공동구에 적용되는 외면 방수재는 아래의 요구 성능을 확보하여야 한다

㉠ 공동구 주변의 해수, 지하수 등에 함유된 화학성분(염분, 산 및 알칼리 등) 및 기타 방수재에 영향을 주는 수질 환경(온천수, 오염토양 성분, 공업지역 등에서의 지하 유출 유류 성분 등) 등에 무해한 것을 사용한다.

㉡ 구조물의 침하(지반침하), 진동 등의 거동 현상에 대응 성능이 확보된 것을 사용한다.

㉢ 대기의 온도 및 습도, 태양열, 바람, 강우 및 강설 등에 대한 장기적인 내구성능을 확보한 것을 사용한다.

㉣ 지하수의 수압 변화에 대한 장기적인 내구성능을 확보한 것을 사용한다.

㉤ 방수공법은 효과의 확실성, 시공 난이도, 공사비용, 유지관리 용이성 및 도로변에 미치는 영향을 고려하여 결정한다.

㉥ 기타 공동구의 시공, 사용, 외부환경에 의해 방수층이 손상을 입어 누수가 발생할 경우 보수성, 지속성, 편이성 등이 확보되어 방수층을 보수할 수 있는 공법을 사용한다.

나. 방수재료의 선정 방법(선정 평가 및 시험 등)

㉦ 공동구의 외면방수설계에 있어서 상기 가.항의 조건을 만족하는 재료를 선정하기

공동구

위한 별도의 선정방법이 정해져 있지 않은 경우에는, 필요시 설계자가 선정위원회를 구성하여 선정을 위한 협의를 할 수 있도록 한다.

- ⑤ 시공을 고려한 방수설계로 공동구의 비배수방수를 위한 방수설계는 공사현장의 환경조건을 사전에 고려할 필요가 있다. 공사현장의 다양한 환경조건에 방수성능, 공기절감, 경제성을 확보할 수 있도록 다음의 시공성을 참고하여 재료 및 공법을 선정한다.

가. 5℃ 이내에서의 시공성, 우천 후 콘크리트 바탕이 습윤상태에서의 시공성 등 계절 및 기후 요인에 영향을 받지 않고 시공할 수 있는 방수재료 및 공법

나. 구조체 바탕의 청소, 면고르기 등 전처리에 큰 영향을 주지 않고 시공할 수 있는 방수재료 및 공법

다. 공동구 및 특수부 구조물의 형상, 연결 상태 등에 큰 영향을 받지 않고 시공할 수 있는 방수재료 및 공법

라. 토류벽, 기초 말뚝, 신축이음부, 이종구조물 간의 연결부 등의 특수 개소의 조건에 큰 영향을 받지 않게 시공할 수 있는 방수재료 및 공법

마. 공동구의 공사현장 여건상 콘크리트 구조물 바탕이 상시 젖어 있는 경우가 많으므로 이에 바탕의 습윤 조건 등에서도 방수층의 밀착 시공 안전성을 확보할 수 있는 방수재료 및 공법

바. 공동구 콘크리트 구조물 바탕과 방수층의 틈새로 침입수가 확산되지 않는 성능을 확보한 방수재료 및 공법

- ⑥ 유지관리를 고려한 방수설계

가. 공동구의 방수는 공동구의 장기적 안전성과 내구수명을 확보하기 위한 목적으로 방수재료의 성능 및 품질을 보증하는 체계를 수립하고, 누수 발생 시 이를 즉각적으로 보수할 수 있는 계획과 대책을 설계단계에서 수립한다.

- ⑦ 방습

가. 목적

(가) 공동구의 사용 및 내부 수용 설비의 안전성 확보를 위하여 공동구 내부에 결로가 발생하지 않도록 설계한다.

나. 지하수의 내부 유입방지

(가) 공동구 내부의 습도 상승에 따른 결로의 원인이 되는 지하수의 유입이 없도록, 공동구 본체의 균열, 신축줄눈, 이종구조물 간의 연결부, 환기구, 재료 반입구, 분기구, 출입구 등 물의 유입 가능성이 있거나, 누수 등에 대한 취약부에 대해서는 완전한 방수 조치를 취하고, 만일 누수 발생 시에는 즉각 보수할 수 있도록 계획과 대책을 수립한다.

다. 공동구 구조물의 표면 온도차 관리

(가) 공동구 구조물의 내외부 표면의 온도차가 크게 발생할 우려가 있는 부위에서는 구조물 내·외부에 적절한 단열, 방수 및 방습 조치를 취하여 표면 온도차가 크게 발

생하지 않도록 설계한다. 필요시 구조물 내부와 외부의 온도차를 조절하기 위한 목적으로 단열을 위한 방습재료를 사용할 수 있으며, 방습재료 선정 및 공사시방서 작성은 관련 기준을 참고한다.

라. 공동구 내부의 환기관리 설계

(가) 공동구 내부에는 항상 건조한 공기가 순환되도록 환기를 관리할 수 있도록 설계한다.

마. 공동구 내부의 온도 및 습도 관리 설계

(가) 공동구 내부의 결로 방지 및 쾌적성을 유지하기 위하여 항상 온도와 습도가 관리될 수 있도록 설계한다.

바. 공동구 결로는 내·외부 온도차이 때문에 발생하므로 환기분석 결과에 따라 환기설비를 설치하는 것이 합리적이며, 필요시 결로방지용 도료(페인트 등)의 적용을 검토하여야 한다.

(2) 방재

① 일반사항

가. 공동구 유지관리에 필요한 전원 관련 시설과 환기 등 기계시설과 같이 출화의 위험이 있는 시설 및 설비설과 공동구 공간과의 사이는 방화를 위한 구획을 실시하고, 출화 시에 방화를 위한 독립성이 유지되는 구조로 한다.

나. 공동구 공간에 설치되는 시설, 설비에 관해서는 출화 시 공동구 공간으로의 화재확대가 발생하지 않는 방재설비를 통한 방화 대책을 수립한다.

다. 일반적으로 관리자의 눈에 띄지 않는 상시 관리자가 없는 무인 장소에서 출화의 위험이 있는 시설, 설비에 관해서는 화재의 감지, 출화의 감시 및 화재발생 시의 소화가 행해질 수 있도록 대책을 강구한다.

② 공동구 내의 내장재료 및 배선 등의 제한

가. 공동구의 내장재에는 배열 및 실화 등에 의하여 용이하게 출화 및 착화되는 재질을 사용하여서는 안 된다. 또한 전기 및 가스설비에 의한 화재에 있어서도 화염전파를 발생시켜 인접한 부위로 화재확대를 발생시키지 않는 재료를 사용하여야 한다.

나. 공동구 내의 신호, 전력 등의 케이블 부설재료는 내장마감과 마찬가지로 출화 및 연소 확대 방지의 성능이 있는 난연성 케이블을 사용하여야 한다. 다만, 화재발생 시 연소가 국한됨으로써 피난, 소화상 현저한 곤란을 발생시키지 않는 장소에서는 제외한다.

③ 소화억제 대책과 적재에너지의 제한

가. 공동구에는 공동구 내부의 각종 설비 등에 의하여 발생하는 화재를 탐지하는 유효한 설비가 설치되어야 한다.

나. 초기 화재에 대하여 화세를 억제하는 것을 목적으로 한 유효한 소화·억제 설비 및 시설이 설치되어야 한다.

다. 공동구 내부에는 화재발생 시 화재 확대의 에너지가 되는 불에 탈수 있는 물질(건설재

공동구

료 등 가연성 물품 등)을 방치하여서는 안 된다.

④ 공동구의 구조, 설비의 설치 운용제한

가. 공동구의 단면은 예상되는 화원에 대하여 충분한 안전성을 확보하여야 한다.

⑤ 안전성 확인

가. 부대시설 설비화재의 공동구 공간과의 방화상 독립성 확보 검토

(가) 시설 설비에서 발생할 수 있는 최대 규모의 화재를 상정하고, 공동구 공간과의 사이에 방화상의 독립성을 검토한다.

나. 공동구 내의 내장재, 각종 재료의 착화성, 연소 확대성

(가) 일반적으로 예상되는 착화성 내장재료 외에 공동구 내부의 환경 상황에서 연소 확대의 원인이 될 수 있는 재료를 검토하여 이에 대한 대책을 수립한다.

다. 연소확대 방지를 위한 소화 등 방호조치

(가) 공동구 내의 어떠한 장소에 있어서도 균등하게 화재가 발생할 수 있다는 가정하에서 연소확대 방지를 위한 대책을 강구한다.

⑥ 안전평가 기준 및 확인

가. 공동구 및 인접시설과의 상호의 출화 연소확대 위험성의 검토

(가) 화재 발생 후 소방 활동 체제가 충족될 때까지 공동구에 인접하는 시설설비에 화재가 지속되어도 시설의 붕괴가 없고, 또한 공동구와의 방화구획이 형성되도록 한다. 또한 방화구획의 이면온도가 소방 활동에 현저한 지장을 미치지 않는 100℃까지 상승하지 않도록 계획한다.

나. 공동구 내부의 부설재료 등의 출화 연소확대 위험성

(가) 복사강도가 2 kW/m^2 이하에서는 급격한 화염전파를 발생시키지 않도록 설계한다.

⑦ 침수 안전 설계

가. 공동구는 태풍, 폭우, 폭설 등의 집중 강우 등에 대비하여 침수되지 않도록 출입구, 환기구, 점검구, 비상구 등 외부와 연결되는 시설물에서 내부로 물이 유입되지 않도록 설계한다. 기설 전력구에 연결 설치하는 공동구는 접속지점에 방화 및 차수를 위하여 철근 콘크리트 구조의 차수벽을 우선 설치 후 공사를 시행하여야 한다.

4.2 부대설비

4.2.1 기계설비

(1) 환기설비

① 공동구의 환기설비는 KDS 31 25 20을 따른다.

(2) 급·배수설비

① 급수설비는 공동구 내의 시설물에 대해 점검, 청소 등의 유지보수를 위하여 공동구 외부에서 내부로 물을 공급하는 설비를 뜻하며 KDS 31 30 15를 따른다.

② 배수설비는 공동구 내부에서 발생하는 지하수 혹은 우천 시 예상치 못한 유입수 등을 공동

구 외부로 강제 배출하는 설비를 뜻한다.

가. 저수조, 기계실 등의 배수설비 설치장소는 공동구 내 최저점에 설치하며 배수설비를 위한 저수조, 기계실 등을 설치하며 배수설비용 전기설비는 공동구 내 설치를 원칙으로 하나 유지관리의 편리성, 경제성 등을 고려하여 지상에 설치할 수 있다.

나. 일반적인 터널 내 결로 및 침투수, 내부청소용수의 용량에 대해서는 공동구 구조물의 규모 등을 고려하여 적절히 평가되어야 한다.

다. 저수조의 실제 저수용량은 배수펌프 고장 시를 대비하여 저수조에 유입되는 유입수가 1시간 이상 저수할 수 있는 규모로 설치한다. 단, 배수펌프 고장 시 1시간 이내에 충분히 펌프를 정상 가동할 수 있다면 저수규모를 조정할 수 있다.

라. 저수조에는 배수펌프가 저수물을 항상 배수 가동할 수 있도록 침사조, 오물 거름막 등의 부속장치를 설치하며 저수조 자체 청소가 용이하도록 되어야 한다.

마. 배수펌프는 수중펌프 설치를 원칙으로 하고 유입수량의 200%를 배수할 수 있도록 펌프를 설치하여야 하며, 펌프 1개의 용량은 유입수량의 50%를 넘지 않도록 한다.

바. 저수조의 저수량은 항상 감시 제어되어야 하며 수조 수위계측기는 배수펌프와 연동되어야 한다.

사. 수중펌프 유지보수를 위한 기계실 공간을 충분히 확보하여야 하며 수중펌프 보수를 위한 펌프 이양장치를 기계실 천장 등에 설치한다.

아. 펌프로부터 이송되는 물은 지상배수로의 강관을 이용하여 이송되어야 하며 이송된 물은 재유입되지 못하도록 한다. 단, 배수관을 강관 아닌 다른 재질의 관으로 변경하고자 할 경우는 경제성, 유지관리성, 안전성 등을 충분히 검토하여야 한다.

자. 펌프 전기 동력은 수전방식의 안전성과 경제성을 고려하여 결정한다.

차. 공동구 구조물의 파손, 홍수 시의 우수 유입 등의 돌발적인 이상침수 현상을 대비하여 정상적인 배수설비 이외에 추가적인 이상침수 방지설비를 권장한다. 상수도관의 배출수(drain) 양이 많을 경우에 대비하여 배수설비의 규모를 검토하여야 한다. 이상침수 방지설비는 정상배수시스템과 연동되어야 하며 공동구 관리자가 감시 제어할 수 있어야 한다.

카. 우수 유입구는 오물 거름막을 설치하여야 한다.

4.2.2 전기설비

(1) 전기설비는 KDS 31 85 20을 따른다.

4.2.3 소방시설

(1) 일반사항

- ① 공동구의 화재 초기에 감지, 소화하며 소방대의 원활한 소화활동을 위해 설치되는 소방시설에 관한 계획, 설치, 유지관리에 관한 사항이다.
- ② 공동구 관련 소방시설은 소방시설 설치유지 및 안전관리에 관한 법령 및 관련 국가화재안

공동구

전기준(NFSC)을 적용하여 설치하며, 시설물의 중요도에 따라 설치주체가 적용기준을 강화할 수 있다.

(2) 소방시설 기계

① 소화기: 국토의 계획 및 이용에 관한 법률 제2조 제9호의 규정에 의한 공동구에는 소화기를 다음 기준에 따라 설치한다.

가. 공동구 내부의 소화기는 분전반, 분기구 등이 설치된 곳으로서 화재발생 우려가 있거나 사람의 접근이 쉬운 장소 및 출입구에 설치한다.

나. 상기 외에 통로 부분은 측벽길이 50 m 이내마다 소화기를 설치한다. 다만 화재 우려가 없는 상수도, 에너지구는 설치하지 아니할 수 있다.

다. 소화기는 능력단위 3단위 이상의 분말 소화기를 설치한다.

라. 소화기는 바닥으로부터 높이 1.5 m 이하의 곳에 비치하고, 소화기라고 표시한 표지를 보기 쉬운 곳에 게시한다.

마. 공동구 내 변전실, 변압기실, 배전반실, 통신기기실, 전산기기실, 기타 이와 유사한 시설이 있는 장소에는 당해 용도의 바닥면적 50 m²마다 적응성이 있는 수동식 소화기 1개 이상을 설치한다.

바. 상기 이외의 사항에 대하여는 NFSC 101 소화기구의 화재안전기준에 따른다.

② 연소방지설비: 공동구에는 연소방지설비를 다음 기준에 따라 설치한다.

가. 송수구로부터 연소방지설비 방수구에 급수하는 배관은 전용으로 하여야 한다.

나. 급수배관에 설치되어 급수를 차단할 수 있는 개폐밸브는 개폐표시형으로 하여야 한다.

다. 연소방지설비의 수평주행배관의 구경은 100 mm 이상의 것으로 설치하여야 한다.

라. 연소방지설비는 습식 외의 방식으로 하여야 한다.

마. 방수헤드는 다음 기준에 따라 설치하여야 한다.

(가) 천장 또는 벽면에 설치할 것

(나) 방수헤드 간의 수평거리는 연소방지설비 전용헤드의 경우에는 2.0 m 이하, 스프링클러헤드의 경우에는 1.5 m 이하로 할 것

(다) 살수구역은 환기구 등을 기준으로 지하구의 길이방향으로 350 m 이내마다 1개 이상 설치하되, 하나의 살수구역의 길이는 3.0 m 이상으로 할 것

바. 송수구는 다음 기준에 따라 설치하여야 한다.

(가) 소방차가 쉽게 접근할 수 있는 노출된 장소에 설치하되, 눈에 띄기 쉬운 보도 또는 차도에 설치할 것

(나) 송수구는 구경 65 mm의 쌍구형으로 할 것

(다) 송수구로부터 1.0 m 이내에 살수구역 안내표지를 설치할 것

(라) 지면으로부터 높이가 0.5 m 이상, 1.0 m 이하의 위치에 설치할 것

(마) 송수구의 가까운 부분에 자동배수밸브(또는 직경 5 mm의 배수공)를 설치할 것.
이 경우 자동배수밸브는 배관 안의 물이 잘 빠질 수 있는 위치에 설치하되, 배수로

인하여 다른 물건 또는 장소에 피해를 주지 아니하도록 할 것

(바) 송수구로부터 주 배관에 이르는 연결배관에는 개폐밸브를 설치하지 아니할 것

(사) 송수구에는 이물질을 막기 위한 마개를 씌울 것

사. 상기 이외의 사항에 대하여는 NFSC 506 연소방지설비의 화재안전기준에 따른다.

③ 이산화탄소 소화설비

가. 공동구 내에 설치된 전기실, 변압기실, 발전기실 등에는 이산화탄소 소화설비 또는 동등 이상의 성능이 있는 가스소화설비를 설치한다.

나. 이산화탄소 소화설비의 설치에 대해서는 NFSC 106 이산화탄소 소화설비의 화재안전기준에 따른다.

④ 청정소화약제 소화설비

가. 사람이 상주하는 통제실 등에는 청정소화약제 소화설비를 설치할 것

나. 청정소화약제 소화설비의 설치에 대해서는 NFSC 107A 청정소화약제 소화설비의 화재안전기준에 따른다.

⑤ 장비부착형(소공간) 자동소화장치

가. 분전반, 배전반 및 기타 전기관련 판넬 등은 그 내부에서 화재 발생 시 외부의 소화약제 방사로 소화할 수 없으므로 판넬 내부에 화재감지기를 설치하고 감지기가 화재를 감지 시에는 자동으로 소화약제를 방출할 수 있는 소화기를 설치한다.

(3) 소방시설 전기

① 공동구의 통합감시시설

가. 공동구에는 통합감시시설을 다음 기준에 따라 설치한다.

(가) 소방관서와 공동구의 통제실 간에 화재 등 소화 활동과 관련된 정보를 상시 교환할 수 있는 정보통신망을 구축할 것

(나) (가)의 규정에 따른 정보통신망은 광케이블 또는 이와 유사한 성능을 가진 선로로서 원격제어가 가능할 것

(다) 주 수신기는 공동구의 통제실에, 보조수신기는 관할 소방관서에 설치하여야 하고, 수신기에는 원격제어 기능이 있을 것

(라) 비상시를 대비하여 예비선로를 구축할 것

(마) 상기 이외의 사항에 대하여는 NFSC 506 연소방지설비의 화재안전기준에 따른다.

② 공동구에는 자동화재 탐지설비를 다음 기준에 따라 설치한다.

가. 하나의 경계구역의 길이는 700 m 이하로 할 것

나. 감지기는 정온식 감지선형 감지기, 차동식 분포형 감지기 또는 이와 동등 이상의 성능이 있는 감지기를 설치할 것

다. 케이블 트레이에 감지선형 감지기를 설치하는 경우 케이블의 최상단에 설치할 것

라. 케이블 트레이가 3단을 초과하는 경우에는 추가로 감지선을 설치할 것

마. 수신기는 상시 사람이 상주하는 장소에 설치할 것

공동구

바. 수신기에 입력된 신호는 통합감시시설을 통하여 관할 소방서에 전달되도록 할 것

사. 발신기 및 음향장치는 공동구 내 출구 및 비상구 인근에 설치할 것

아. 상기 이외의 사항에 대하여는 NFSC 203 자동화재탐지설비의 화재안전기준에 따른다.

③ 공동구에는 무선통신 보조설비를 다음 기준에 따라 설치한다.

가. 무선통신 보조설비의 누설동축케이블 등은 다음 기준에 따라 설치하여야 한다.

(가) 소방전용 주파수대에서 전파의 전송 또는 복사에 적합한 것으로서 소방전용의 것으로 할 것. 다만 소방대 상호간의 무선연락에 지장이 없는 경우에는 다른 용도와 겸용할 수 있다.

(나) 누설동축케이블과 이에 접속하는 공중선 또는 동축케이블과 이에 접속하는 공중선에 따른 것으로 할 것

(다) 누설동축케이블은 불연 또는 난연성의 것으로서 습기에 따라 전기의 특성이 변질되지 아니하는 것으로 하고, 노출하여 설치한 경우에는 피난 및 통행에 장애가 없도록 할 것

(라) 누설동축케이블 및 공중선은 금속판 등에 따라 전파의 복사 또는 특성이 현저하게 저하되지 아니하는 위치에 설치할 것

(마) 누설동축케이블 및 공중선은 고압의 전로부터 1.5 m 이상 떨어진 위치에 설치할 것. 다만, 당해 전로에 정전기 차폐장치를 유효하게 설치한 경우에는 그러하지 아니한다.

(바) 누설동축케이블의 끝부분에는 무반사 종단저항을 견고하게 설치할 것

나. 무선기기 접속단자는 다음 기준에 따라 설치하여야 한다. 다만, 전파법 제46조의 규정에 따른 형식검정을 받은 무선이동중계기를 설치하는 경우에는 그러하지 아니하다.

(가) 지상에서 유효하게 소방활동을 할 수 있는 통제실 등 상시 사람이 근무하고 있는 장소에 설치할 것

(나) 단자는 한국산업표준에 적합한 것으로 하고, 바닥으로부터 높이 0.8 m 이상 1.5 m 이하의 위치에 설치할 것

다. 분배기 등의 설치

(가) 분배기 등은 먼지, 습기 및 부식 등에 의하여 기능 이상을 가져오지 아니하도록 하여야 한다.

(나) 점검에 편리하고 화재의 재해로 인한 피해의 우려가 없는 장소에 설치하여야 한다.

라. 증폭기

(가) 전원은 축전지 또는 교류전압 옥내간선으로 하고 전원까지의 배선은 전용으로 하여야 한다.

(나) 증폭기의 전면에는 비상전원이 부착된 것으로 하고 당해 비상전원 용량은 무선통신 보조설비로 유효하게 30분 이상 작동시켜야 한다.

(다) 상기 이외의 사항에 대하여는 NFSC 505 무선통신 보조설비의 화재안전기준에

따른다.

④ 유도등: 공동구에는 유도등을 다음 기준에 따라 설치한다.

가. 피난구 유도등은 공동구 내 출구 및 비상구로 유도하기 위한 용도로 설치하여야 하며, 설치위치는 각 기능실의 출구 및 공동구의 입·출구, 비상출입구에 설치하여야 한다.

나. 피난구 유도등은 피난구의 바닥으로부터 높이 1.5 m 이상의 곳에 설치하여야 한다.

다. 유도등의 전원은 다음 기준에 적합하여야 한다.

(가) 유도등의 전원은 축전지 또는 교류전압의 옥내간선으로 하고, 전원까지의 배선은 전용으로 하여야 한다.

(나) 비상전원은 축전지로 하여야 하며, 60분 이상 유효하게 작동시킬 수 있는 용량으로 한다.

(다) 유도등은 방습형 및 내부식성이 있는 제품을 사용하여야 한다.

(라) 상기 이외의 사항에 대하여는 NFSC 303 유도등 및 유도표지의 화재안전기준에 따른다.

⑤ 연소방지도료의 도포 및 방화벽

가. 연소방지도료의 도포

(가) 공동구의 전력용 및 통신용 케이블에는 연소방지용 도료를 도포하여야 한다. 다만, 케이블·전선 등을 옥내소화전설비의 화재안전기준(NFSC 102) 제10조 제2항의 규정에 적합한 내화배선 방법으로 설치한 경우와 난연성능이 입증된 케이블의 경우에는 그러하지 아니하다.

㉔ 연소방지도료는 다음 각 호의 방법에 따라 도포할 것

- 도료를 도포하고자 하는 부분의 오물을 제거하고 충분히 건조시킨 후 도포할 것
- 도료의 도포 두께는 평균 1 mm 이상으로 할 것

㉕ 연소방지도료는 다음 각 호 부분의 중심으로부터 양쪽방향으로 전력용 케이블의 경우에는 20 m(단, 통신케이블의 경우에는 10 m) 이상 도포할 것

㉖ 지하구와 교차된 수직구 또는 분기구

㉗ 집수정 또는 환풍기가 설치된 부분

㉘ 지하구로 인입 및 인출되는 부분

㉙ 분전반, 절연유 순환펌프 등이 설치된 부분

㉚ 케이블이 상호 연결된 부분

㉛ 기타 화재발생 위험이 우려되는 부분

㉜ 연소방지도료 및 난연테이프의 성능기준 및 시험방법은 한국산업표준(KS)을 따른다.

㉝ 상기 이외의 사항에 대하여는 NFSC 506 연소방지설비의 화재안전기준에 따른다.

나. 방화벽의 설치기준: 공동구에는 방화벽을 다음 기준에 따라 설치한다.

(가) 내화구조로서 홀로 설 수 있는 구조일 것

공동구

- (나) 방화벽에 출입문을 설치하는 경우에는 방화문으로 할 것
- (다) 방화벽을 관통하는 케이블·전선 등에는 산업표준화법에 따른 한국산업표준에서 내화충전성능을 인정한 구조의 화재 차단재(fire stop)로 틈새 주위를 마감할 것
- (라) 방화벽의 위치는 분기구 및 환기구 등의 구조를 고려하여 설치할 것
- (마) 공동구의 관리사무소에는 관리요원의 안전과 화재 대비 훈련을 위하여 방열복과 공기호흡기를 비치하여야 한다.

4.2.4 자동제어설비

- (1) 자동제어설비는 KDS 31 35 05, KDS 31 35 10, KDS 31 35 15, KDS 31 35 20을 따른다.

4.2.5 공동구 관리시스템 계획

(1) 일반사항

- ① 관리소, 관리사무소, 통합관리센터는 공동구 규모 및 관리자의 효율적인 관리를 고려하여 설치·운영한다. 관리소 및 관리사무소에 설치되는 시설은 표 4.2-1~4.2-2를 참조하여 결정한다.
- ② 관리시스템은 주변의 노선현황과 개별공동구의 통합범위를 고려하여 선정하며, 단기적·중기적·장기적 계획을 고려하여 관리소, 관리사무소, 통합관리센터를 계획한다.
- ③ 관리시스템의 구성은 통합감시·제어시스템·방법시스템·관리시스템 등으로 기능적인 측면을 고려한다.
- ④ 관리시스템은 통합관리시스템, 개별관리시스템 등 계층구조를 가지고 있어서 각 계층 간 제어의 충돌문제가 발생할 수 있으므로 제어계층을 고려하여 유고발생 시 각 시스템별 운영자 측면에서 처리하여야 하는 부분으로 업무를 분장하고 이에 대한 대응방안을 정의하여야 한다.
- ⑤ 관리시스템의 인터페이스 방안은 원격단말장치(RTU: Remote Terminal Unit)에 의한 방법을 원칙으로 하며 개방형 프로토콜을 채택한다.

(2) 설치지침

① 관리소

가. 관리소는 공동구 연장 500 m~3,000 m 미만인 공동구 또는 제연설비가 설치되는 공동구에 설치하여 무인으로 운영함을 원칙으로 하며, 공동구의 사고 상황 시 통제에 필요한 설비와 공동구 통합관리를 위한 통신 관련 시설 등 최소한의 설비를 갖추 수 있다.

나. 관리소는 공동구 입구나 출구 또는 공동구 내부에 공간을 확보하여 설치할 수 있으며, 관리소 자체의 화재에 대비하여 소방차의 접근이 용이하도록 하며, 공동구 내부에 설치할 경우에는 자체 화재로 인해 발생하는 연기가 공동구 내로 유입하지 않도록 별도의 자동소화시설을 한다.

② 관리사무소

- 가. 관리사무소는 공동구 연장 3,000 m 이상의 공동구에 관리인이 상주할 수 있는 시설로 계획함을 원칙으로 한다. 향후 공동구 통합관리시스템의 도입에 따른 무인화를 고려하여 설계하며, 주변의 관리소를 통합하여 운영할 수 있도록 계획한다.
- 나. 관리사무소를 계획하는 경우에는 60분 이내에 출동 가능한 지역 및 반경 50 km 정도에 있는 관리소를 통합 운영할 수 있도록 계획한다. 단, 유관기관(소방서, 경찰서 등)에서 60분 내에 출동 가능한 지역은 거리와 시간을 제한하지 않는다.
- 다. 관리소를 통합하여 운영하는 경우에는 통합된 관리소 전용의 CCTV 모니터, 화재경보 설비는 공동구별로 원격 운영할 수 있도록 한다.
- 라. 관리사무소는 주변지역의 통합관리센터로 운영될 수 있다. 통합 운영되는 관리소는 제연설비를 원격으로 운영할 수 있도록 한다.

③ 통합관리센터

- 가. 통합관리센터는 관리소 및 관리사무소를 군관리하기 위한 시설로 60분 이내에 출동할 수 있는 지역 및 반경 50 km 정도 지역의 공동구 현황 등을 고려하여 계획한다. 단, 유관기관(소방서, 경찰서 등)에서 60분 내에 출동 가능한 지역은 거리와 시간에 제한을 두지 않는다.
- 나. 통합관리센터 운영 시 CCTV 모니터 및 경보설비는 공동구별로 전용으로 원격 운영할 수 있도록 한다.
- 다. 공동구 내 경보신호 및 방재시설로부터 경보신호를 수신하는 경우, 해당 공동구를 정확하게 파악할 수 있도록 감시판넬을 구성하여 운영한다.
- 라. 제연설비 설치 시에는 원격제어가 가능하도록 시스템을 구성한다.

공동구

표 4.2-1 관리사무소 기능실별 기능 및 설치 예

실구분	실면적 예(㎡)	시설물	기능	개별 관리 사무소	통합 관리 센터
전기실	233	수변전 설비	•한전 전기 인입(고압→저압)	○	
		UPS 설비	•방재시설별 축전기에 의한 무정전 전원설비	○	
		분전반	•각종 설비 동력 분배	○	
제어실	82	화재수신반	•공동구 내 화재감시	○	△
		원격감시 및 제어설비	RTU	○	
			그래픽패널	△	○
			Op. Station	○	○
		CCTV	제어패널	○	△
			모니터	○	○
		통합관련설비	•개별공동구 각종 설비의 감시제어 요소를 통합센터에 중계	○	○
		통합방법설비	•무인운영 관리동 감시 (CCTV, ACU)	○	○
발전기실	77	비상발전기설비	•정전 시 비상전원 공급	○	○ (자체)
		유류탱크실	•비상발전기 연료공급	○	
기계실	67	소화전 펌프	•소화용수 가압공급(펌프 등)설비	○	
		히팅케이블 제어반	•소화배관 동파방지 설비	○	
		분전반	•각종 설비의 동력공급용	○	
		급수설비	•화장실, 향운·향습기, 급수용 시설 및 물탱크	△	
CO ₂ 실	41	CO ₂ 저장용기	•전기실, 발전기실 등의 화재진압	○	○ (자체)
저수조	21	소화용수 저장탱크	•공동구 내 소화전설비 용수 저장	○	
창고	10	—	•각종 설비 예비부품, 공구류 보관	△	○
기타	54	계단실 외 각종	—	△	
		화장실, 복도, 홀 등	—	△	

개별 관리사무소: 관리소와 관리사무소를 의미함.

△: 관리소 설치 제외

* 실면적은 공동구의 중요도와 수용하는 시설들의 종류와 설치 면적을 감안하여 조정하여 설치한다.

표 4.2-2 관리소, 관리사무소, 통합관리센터 계획 예

구분	관리소	관리사무소	통합관리센터
공동구 연장	500~3,000 m	3,000 m 이상	—
개요	무인관리를 목적으로 연장 500~3,000 m 미만 공동구의 방재시설 및 환기시설의 유지·관리 및 운전제어를 위한 최소한의 시설을 갖추도록 하며, 전기실, 변전실, 비상발전기실, 중앙제어실 등의 공간을 갖춘다.	상주관리자에 의해서 상시 공동구 내 상황을 감시할 수 있도록 하기 위한 시설을 갖추고 있으며, 주변 관리소의 상황파악을 하기 위한 통합관리센터로 운영될 수 있다.	주변 관리소나 관리사무소의 통합 운영을 목적으로 공동구 내 방재 시설 및 환기시설에 대한 운영관리를 위한 인원이 상주하는 사무소이며, 별도의 통합관리소 설치와 관리사무소에 통합기능을 추가하는 경우로 구분된다.
건물 규모	자연환기: 옥외형 기계환기: 지상1층	지하1층, 지상1층	별도: 지하1층, 지상1층 통합: 지하1층, 지상1층
건축 면적	자연환기: 100㎡ 내외 기계환기: 132㎡ 내외	600㎡ 내외	별도: 600㎡ 내외 통합: 660㎡ 내외

표 4.2-3 단기, 중기, 장기 운영계획 예

구분	단기적	중기적	장기적
개요	관리소만 설치되는 500~3,000 m 미만 공동구를 운영인원이 상주하는 인접한 관리사무소에서 원격관리시스템을 이용한 운영	관리사무소가 설치되는 3,000 m 이상 공동구를 운영인원이 상주하는 인접한 관리사무소에서 원격관리시스템을 이용한 운영	관리소와 관리사무소가 설치되는 3,000 m 이상 공동구를 지역단위별로 관리하는 통합계획을 수립하고 원격관리시스템을 이용한 운영
관리개수	관리소 10개소 내외	관리사무소 2~3개소	관리사무소 4개~6개
관리주체	위탁운영	위탁운영	위탁운영
인접거리	50 km 이내	50 km 이내	50 km 이내
긴급출동 시간	60분 이내	60분 이내	60분 이내
대상 공동구	운영 중 및 공사 중인 공동구, 설계 중인 공동구	운영 중 및 공사 중인 공동구, 설계 중인 공동구	운영 중 및 공사 중인 공동구, 향후 설계 예정인 공동구

주) 유관기관(소방서, 경찰서 등)에서 60분 내에 출동 가능한 지역은 거리와 시간에 제한을 두지 않는다.

4.3 가설구조물

(1) 가설구조물 일반사항, 설계외력, 해석방법, 안정성 검토는 KDS 21 10 00을 따르고 노면복공은 KDS 21 45 00, 지하연속벽에 관한 사항은 KDS 21 30 00을 따른다.

4.3.1 근접시공

(1) 일반사항

- ① 근접시공에서는 가설 시설물 자체의 안정뿐만 아니라 지반 굴착이 인접구조물에 끼치는 영향을 검토하여 설계에 반영하여야 한다.

(2) 근접시공 시 고려사항

- ① 도심지 등에서 다른 인접구조물과 근접하여 지반 굴착 시 문제시되는 점은 벽체에 작용하는 횡토압 적용, 지하수위 변화에 의한 지반손실 등이 있으며 인접구조물의 특성과 시공조건을 고려하여 설계에 반영하여야 한다.

(3) 굴착배면 침하와 인접구조물에 대한 영향 예측

- ① 지반굴착 시 흙막이 벽체의 변위에 따른 주변 지반침하의 예측은 이론식, 경험식에 의하여 계산하는 방법과 유한요소법 또는 유한차분법으로 해석하는 방법이 있다.
- ② 지반굴착으로 인한 주변침하 예측 시 현장여건, 지층조건, 굴착방법, 가설시설 벽체 및 지지형식 등을 종합적으로 고려하여 설계하여야 한다.
- ③ 인접구조물에 대한 침하 또는 경사 등에 대한 허용값은 대상구조물의 형식과 중요도에 따라 관련 기준을 참고로 결정한다.

4.3.2 매설물 보호공

(1) 일반사항

- ① 매설물 보호는 가설시설물 자체의 안정, 지반 굴착 과정에 의한 영향을 검토하여 설계에 반영하여야 한다.

(2) 매설물 보호 시 고려사항

- ① 지하수위 변동, 굴착 단계, 지반특성 등의 인자, 벽체가 변형에 따라 인접건물이나 지하 매설물의 피해가 일어나지 않도록 설계 및 시공단계에서 계획을 철저히 수립하여야 한다. 또한, 매설물 피해에 따른 민원이 발생하지 않도록 고려하여 계획한다.
 - 가. 매설물 보호는 굴착 후 즉시 시행하고 공사 중에는 매설물이 정상상태를 지니도록 유지·점검을 한다.
 - 나. 각종 매설물 관리기관과 협의하여 설계 시 적절한 보호계획과 시공 시 노면복구 후 상수도, 하수도, 전선, 전화, 전력 등의 시설 등의 이상 유무를 확인할 수 있는 원위치시험을 실시하도록 계획을 세운다.
 - 다. 지하 매설물의 복구가 완료되면 지하 매설물도를 작성하도록 계획을 수립하고 관리주체에게 제출한다.

4.3.3 특수구간 통과

- (1) 하천통과구간은 개착공법과 비개착공법으로 크게 구분하며, 개착공법은 가물막이공법이 대표적이며, 비개착공법은 NATM공법, Shield공법, TBM공법 등으로 분류되므로 부지 이용측면과 구조안정성 검토를 통해 별도로 공법을 선정한다.
- (2) 계획구간에 기존교량이 위치할 경우 회선수가 작으면 덕트 및 매달기로 통과하고, 회선수가 많을 경우 신설교량을 재설치하는 등의 부지 이용측면과 안정성 검토를 통해 별도 검토로 반영한다.
- (3) 신설교량은 회선수를 반영한 공동구가 분리 또는 비분리로 설정하여 반영하되 반드시 장래 계획 및 기존자료 분석을 통해 반영한다.
- (4) 하천통과공법은 부지 이용 및 장래 계획이 동시에 수반되므로 발주자에 보고하고, 승인을 받아서 계획한다.
- (5) 하천구간에 설치되는 공동구는 하천의 세굴로부터 보호를 위해 상단 방수공법 적용 시 방수 보호재는 일정두께(약 50 mm 이상)의 콘크리트를 적용하는 방안을 계획하여야 한다.

4.4 내진설계

4.4.1 일반사항

- (1) 기본 개념
 - ① 지진 시나 지진이 발생된 후에도 구조물이 안전성을 유지하고 그 기능을 발휘할 수 있도록 설계 시에 지진하중을 추가로 고려하여 설계를 수행한다.
 - ② 공동구 구조물 내진설계는 성능에 기초한 내진설계 개념을 도입하였으며, 성능수준은 기능수행수준과 붕괴방지수준으로 구분되나, 붕괴방지수준에 대하여만 설계한다.
 - ③ 붕괴방지수준은 비교적 큰 규모의 지진에 의한 지반진동에 의해서도 구조물의 전부 또는 일부가 붕괴되어서는 안 되며, 가능하면 지진에 의한 피해의 예측이 가능하고 피해조사와 보수를 위해 현장접근이 가능하도록 설계하여야 한다.
- (2) 내진등급 및 내진성능 목표
 - ① 지하공동구 구조물은 내진 1등급의 내진 성능을 갖도록 하며, 등급별 내진성능 목표에서 고려하는 설계지진강도는 붕괴방지수준에서 평균재현주기 1000년에 해당되는 지진지반운동으로 한다.

4.4.2 설계지반운동 결정시 고려사항

- (1) 지반운동의 특징을 반영하기 위하여 설계지반운동은 다음과 같은 사항을 고려하여 결정한다.
 - ① 설계지반운동은 부지 정지작업이 완료된 지표면에서의 자유장 운동으로 정의한다.
 - ② 국지적인 토질조건, 지질조건과 지표 및 지하 지형이 지반운동에 미치는 영향이 고려되어야 한다.

공동구

- ③ 설계지반운동은 흔들림의 세기, 주파수 내용 및 지속시간의 세 가지 측면에서 그 특성이 잘 정의되어야 한다.
- ④ 설계지반운동은 수평 2축 방향과, 수직방향 성분으로 정의된다.
- ⑤ 설계지반운동 수평 2축 방향 성분은 세기와 특성이 동일하다고 가정한다.
- ⑥ 설계지반운동 수직 방향 성분은 지중 공동구 구조물의 경우 고려하지 않아도 좋다.

(2) 행정구역을 이용한 설계지반운동 수준 결정

우리나라 지역에 따라 설계지반운동 수준을 결정한다. 설계지반운동 수준 결정을 위한 지진 구역의 구분은 아래 표와 같다.

표 4.4-1 지진구역의 구분(건설교통부, 1998)

지진구역	행정구역	
I	시	서울특별시, 인천광역시, 대전광역시, 부산광역시, 대구광역시, 울산광역시, 광주광역시
	도	경기도, 강원도 남부, 충청북도, 충청남도, 경상북도, 경상남도, 전라북도, 전라남도 북동부
II	도	강원도 북부, 전라남도 남서부, 제주도

※ 강원도 북부(군, 시): 홍천, 철원, 화천, 평창, 양구, 인제, 고성, 양양, 춘천시, 속초시
 강원도 남부(군, 시): 영월, 정선, 삼척시, 강릉시, 동해시, 원주시, 태백시
 전라남도 북부(군, 시): 장성, 담양, 곡성, 구례, 장흥, 보성, 여천, 화순, 광양시, 나주시, 여천시, 여수시, 순천시
 전라남도 남부(군, 시): 무안, 신안, 완도, 영광, 진도, 해남, 영암, 강진, 고흥, 함평, 목포시

4.4.3 지반의 분류

- (1) 국지적인 토질조건, 지질조건과 지표 및 지하 지형이 지반운동에 미치는 영향을 고려하기 위하여 지반을 아래 표와 같이 $S_A, S_B, S_C, S_D, S_E, S_F$ 의 6종으로 분류한다.
- (2) 지반종류 S_F 는 부지고유의 특성 조사가 요구되는 다음 경우에 속하는 지반을 일컫는다.
 - ① 액상화가 일어날 수 있는 흙, 키클레이(quick clay)와 매우 민감한 점토, 붕괴될 정도로 결합력이 약한 흙과 같이 지진하중 작용시 잠재적인 파괴나 붕괴에 취약한 지반
 - ② 이탄 또는 유기성이 매우 높은 점토지반
 - ③ 매우 높은 소성을 갖는 점토지반
 - ④ 층이 매우 두꺼우며, 연약하거나 중간 정도로 단단한 점토

표 4.4-2 지반의 분류

지반 종류	지반상태	상부 30.0 m에 대한 평균 지반 특성 ¹⁾		
		평균 전단파속도 $\bar{v}_s$ (m/sec)	평균 표준관입시험 ²⁾ $\bar{N}$ (타격수)	평균 비배수전단강도 $\bar{s}_u$ (kPa)
S_A	경암지반	1500 초과	—	—
S_B	보통암 지반	760 초과 1500 이하		
S_C	매우 조밀한 토사지반 또는 연암지반	360 초과 760 이하	50 초과	100 초과
S_D	단단한 토사지반	180 이상 360 이하	15 이상 50 이하	50 이상 100 이하
S_E	연약한 토사지반	180 미만	15 미만	50 미만
S_F	부지고유의 특성평가가 요구되는 지반			

주 1) 상부 30.0 m 이내에 기반암층이 있는 경우는 지표층(기반암 상부 토층)의 평균지반특성을 고려한다. 상부 30.0 m의 평균 전단파속도는 아래 식을 이용한다.

2) 전단파속도 또는 표준관입시험치는 현장시험 결과치를 이용하는 것을 원칙으로 한다. 또한, 전단파속도와 표준관입시험치를 모두 측정할 경우는 전단파속도에 의해 분류한다.

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n d_i / V_{si}} \quad (4.4-1)$$

여기서, V_{S30} : 상부 30m 평균 전단파 속도

V_{si} : 각 층의 전단파속도

상부 30m의 평균 SPT-N값은 아래 식을 이용한다.

$$\bar{N} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n d_i / N} \quad (4.4-2)$$

여기서, $\bar{N}$: 상부 30m 평균 SPT-N값

N : 각 층의 SPT-N값

상부 30m의 평균 비배수강도($\bar{S}_u$)는 아래 식을 이용한다.

$$\bar{S}_u = \frac{30}{\sum_{i=1}^n d_i / S_{ui}} \quad (4.4-3)$$

여기서, $\bar{S}_u$: 상부 30m 평균 비배수강도

S_u : 각 층의 비배수강도

d_i : 각 층의 두께

(3) 기반면의 선정

- ① 지반분류 S_B 에 해당되는 전단파속도 760 m/sec 이상인 지반
- ② 물성변화가 적고 해석대상 구조물의 아래면에 걸쳐 넓게 존재하는 지반으로 충분히 강성이 큰 암반과의 경계면을 갖는 지반
- ③ 30 m 심도 이상의 주상도에 보통암이 나타나지 않을 경우, 구조물 저면의 20 m~25 m 이하인 30 m 정도의 풍화암층을 기반면으로 간주한다.
- ④ 기반암이 구조물 저면보다 높은 경우는 구조물 저면을 기반면으로 정의한다.

4.4.4 설계지진 응답스펙트럼의 작성

(1) 표준설계응답스펙트럼

- ① 표준설계응답스펙트럼은 그림 4.4-1과 같이 표현한다.

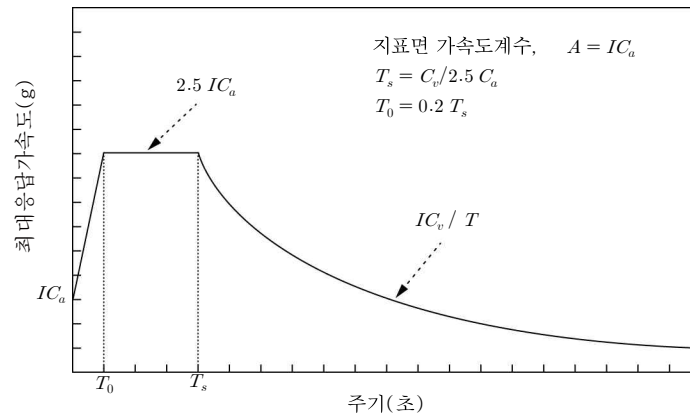


그림 4.4-1 각변위 한계 표준설계응답스펙트럼 (감쇠비 5%)

- ② 표준설계응답스펙트럼은 5% 감쇠비 및 지표면에서의 자유장 운동으로 정의된다.
- ③ 그림 4.4-1의 표준설계응답스펙트럼의 결정을 위해 요구되는 지진구역의 구분, 지진계수 C_a , C_v 는 표 4.4-3, 표 4.4-4 및 표 4.4-5를 적용한다.

표 4.4-3 지진구역계수(재현주기 500년에 해당)

지진구역	I	II
구역계수, $Z(g)$	0.11	0.07

표 4.4-4 지진계수 C_a

지반종류	지진구역	
	I	II
S_A	0.09	0.05
S_B	0.11	0.07
S_C	0.13	0.08
S_D	0.16	0.11
S_E	0.22	0.17

표 4.4-5 지진계수 C_v

지반종류	지진구역	
	I	II
S_A	0.09	0.05
S_B	0.11	0.07
S_C	0.18	0.11
S_D	0.23	0.16
S_E	0.37	0.23

(2) 설계지진 응답스펙트럼

① 설계지진 응답스펙트럼은 표준설계응답스펙트럼에 성능수준에 대한 보정, 지반적용 위치에 대한 보정, 감쇠율에 대한 보정 등을 고려하여 결정한다.

가. 성능수준에 대한 보정

(가) 붕괴방지수준에 대한 위험도계수 I는 다음과 같이 적용한다.

㉔ 붕괴방지수준 : 재현주기 1000년 ($I = 1.4$)

나. 지반적용 위치에 대한 보정

(가) 지중구조물의 경우 기반암에서의 설계응답스펙트럼을 이용한다.

(나) 기반암의 설계응답스펙트럼

㉔ 기반암의 응답스펙트럼은 S_A 지반의 응답스펙트럼에 성능수준별 감쇠율에 대한 보정을 적용하여 정의한다.

다. 감쇠율에 대한 보정

(가) 성능수준별 감쇠율을 적용하며 표준설계응답스펙트럼에 감쇠율에 대한 보정계수를 곱한 값으로 정의된다.

㉔ 붕괴방지수준의 감쇠율(h)

• 붕괴방지수준 : $h = 0.2$

㉔ 감쇠율에 대한 보정계수, C_D

$$C_D = \frac{1.5}{(40h + 1)} + 0.5 \quad (4.4-4)$$

단, 별도의 합리적인 해석에 의하여 구한 값을 적용할 수도 있다.

② 설계가속도 스펙트럼

가. 기반면에서의 설계가속도 스펙트럼은 감쇠율에 대한 보정 계수를 곱하여 적용한다.

③ 속도 응답스펙트럼

가. 해석대상 부지의 공진주기가 0.4초 이하일 경우, 기반면에서 속도 응답스펙트럼은 S_A 지반의 지표면 가속도 응답스펙트럼을 직접 적분하여 구할 수 있다. 이때, 환산식은 식 (4.4-5)를 이용한다. 그러나 해석대상 부지가 연약층이 깊게 발달되어 있어 공진주기가

공동구

0.4초 이상일 경우, 지진응답해석을 이용하여 기반면의 속도응답스펙트럼을 구할 수 있다.

$$S_v = \frac{T}{2\pi} S_a \quad (4.4-5)$$

여기서, S_v : 기반면 속도 응답스펙트럼

S_a : S_A 지반의 지표면 가속도 응답스펙트럼

$T(\text{sec})$: 지반의 고유주기

④ 기반면에서의 설계속도 스펙트럼은 감쇠율에 대한 보정 계수를 곱하여 적용한다.

4.4.5 지반조사

(1) 적용 범위 및 조사방법

- ① 이 기준은 공동구 구조물의 내진설계를 위한 지반조사에 적용된다. 단, 기존 구조물에 대한 내진성능 평가를 위한 지반조사는 이 기술기준의 개념 및 원칙을 준수하는 범위 내에서 적절한 보완을 거쳐 별도의 기준을 작성하여 사용할 수 있다.
- ② 이 기준은 공동구 구조물의 내진성능 확보에 필요한 최소 설계요구조건을 규정한 것으로서, 지진시 공동구의 기능을 유지하여 대중교통에 중대한 지장을 초래하지 않도록 하는 것을 목적으로 한다.
- ③ 내진설계를 위한 지반조사는 깊이에 따른 지반의 전단파 속도 및 감쇠비 등 지반의 동적특성을 파악하는 것이 목적이다. 내진설계를 위한 지반조사의 일반사항은 아래와 같다.

가. 지반조사 계획

(가) 설계지반운동 결정에 필요한 지반 자료는 시추를 통한 지반의 층상구조 및 지하수위 확인, 탄성파시험을 이용한 전단파속도 주상도 결정, 실내시험을 수행하여 결정된 변형률 크기에 따른 전단탄성계수 및 감쇠비의 변화 등이다.

나. 시추위치 및 깊이

(가) 시추공 배치

㉞ 공동구 시설물의 내진설계를 위한 시추공 간격은 지층 구조의 복잡성, 일반 또는 상세 조사 등을 고려하여 사업 주체가 범위를 결정한다.

(나) 시추깊이

㉞ 내진설계를 위한 지반조사는 설계지반운동 수준결정을 위한 기반면의 위치를 확인할 수 있는 깊이까지 수행한다. 본 기준에서는 전단파속도를 기준으로 760 m/sec 이상의 지반을 기반면으로 정의하되, 토피 30 m 이상의 전단파속도 360 m/sec 이상에 대하여도 기반면으로 간주할 수 있다.

㉞ 공동구 시설물의 설계를 위해서 풍화암 지역을 통과하여 보통암 지반까지 시추 및 지반조사가 수행되어야 하나, 보통암의 심도가 과도하게 깊을 경우에는 책임기술자의 판단에 의하여 기반면으로 적용할 수 있는 적정심도까지 시추깊이를 정할 수 있다.

- ㉔ 액상화 평가를 위한 시추조사는 지표면 아래 20 m까지로 제한한다. 액상화시 설계 지반운동 산정을 위하여는 보통암 깊이까지의 자료가 필요하다.

다. 조사항목 및 빈도

- (가) 공동구 시설물의 내진설계에서 조사항목은 구조물 기초 설계기준을 따른다.
 (나) 설계지반운동 결정을 위하여 지반의 층상구조, 기반암까지의 깊이, 각 층의 밀도, 전단파속도, 전단탄성계수와 감쇠비의 비선형 특성, 지하수위, 지반응력상태 등에 대한 정보를 획득하여야 한다.
 (다) 액상화 평가를 위한 시료 채취는 1.5 m~2 m 간격을 사용한다.

라. 지반조사기법

- (가) 지반조사기법은 지반의 층상구조와 관입저항치를 획득하는 관입시험법, 전단파 속도 주상도를 획득하는 탄성파시험법, 변형특성 평가를 위한 실내시험법, 액상화 평가를 위한 실내시험법 등이 있다.
 (나) 관입시험은 지중에 저항체를 관입시키면서 흙의 강도, 변형 등의 지반 특성을 판별하는 시험의 총칭이며 표준관입시험, 콘관입시험 등이 있다.
 (다) 지진 시 지반거동평가를 위하여 각 층의 전단탄성계수, 감쇠비, 단위중량의 결정이 중요하다.
 (라) 저변형률 영역 지반의 전단파속도 주상도를 구하기 위하여 시추공 내에서 수행되는 탄성파시험(크로스홀, 다운홀시험, 업홀, SPS 검층, 표면파시험 등)을 사용한다.
 (마) 변형률 크기에 따른 전단탄성계수와 감쇠비의 변화를 얻기 위하여 공진주시험, 진동삼축압축시험, 비틀전단시험을 사용한다.
 (바) 현장 사정에 의하여 탄성파 시험을 수행하지 못하였을 경우 지반의 비선형 거동의 측정이 불가능할 경우에는, 전문가의 자문을 얻어 경험적 상관관계를 포함한 관계식을 적용할 수 있다.

마. 액상화 평가를 위한 지반조사

- (가) 액상화 평가 방법은 SPT-N값, 콘관입시험의 q_c 값, 전단파 속도와 입도분포에 의한 간편예측법과 진동삼축압축시험에 의한 상세예측법이 있다. 액상화 평가시 우선 지반 주상도와 지하수위를 결정하여야 하며, 간편예측법에서는 SPT-N값, CPT- q_c 값, 전단파 속도, 지층의 물리적 특성(입도분포, 소성지수, 밀도, 함수비 등)의 결정이 중요하다.
 (나) 액상화 평가를 위한 실내시험으로 진동삼축압축시험, 순수전단시험, 비틀전단시험, 진동대시험 등을 사용할 수 있다.

(2) 설계지반운동 결정을 위한 부지특성 평가방법

- ① 건설되는 구조물의 중요도, 시험장비의 가용성, 지반조사 비용 등을 고려하여 지반조사 기법의 조합이 결정되므로, 현장여건에 따라 각 시험에서 결정된 지반물성치를 효과적으로 결합하여 대상지반의 부지특성을 평가하여야 한다.

가. 현장 및 실내시험 결과 이용

- (가) 현장시험을 통하여 대상지반의 깊이별 전단파속도(V_s) 주상도를 결정한다. 이때, 탄성파시험(크로스홀, 다운홀시험, 업홀, SPS 검층, 표면파시험 등) 등이 사용될 수 있으며, 2개 이상의 시험결과를 분석하여 대표 주상도를 결정한다. 현장 사정에 의하여 탄성과 시험을 수행하지 못하였을 경우 전문가의 자문을 얻어 경험적 상관관계를 포함한 관계식을 적용할 수 있다.
- (나) 대상지반을 층으로 나누고 각층의 질량밀도를 추정하여 현장시험에서 결정된 전단파속도로부터 저변형을 최대탄성계수(G_{max})를 결정한다.
- (다) 실내 변형특성 평가시험을 수행하여 변형률 크기에 따른 전단탄성계수와 감쇠비를 얻는다. 현장에서의 최대전단탄성계수(G_{max})와 실내시험에서의 비선형관계($G/G_{max} - \log \gamma$)를 결합하여 각 층에서의 현장 비선형 전단탄성계수를 다음 식 (4.4-6)과 같이 결정한다.

$$G_{field} = (G/G_{max})_{\gamma, lab} \times (G_{max})_{field} \quad (4.4-6)$$

나. 경험에 의한 방법

- (가) 시험장비의 가용성 및 지반조사 비용의 제한 등으로 인하여 현장 탄성파시험 및 실내 변형특성시험을 수행할 수 없는 경우에는 경험적 방법에 의해 지반의 비선형 거동을 평가할 수 있으나 적용시 주의가 요구된다.

다. 지반의 전단파 속도 획득 방법

- (가) 지반에 전파하는 전단파 속도를 직접 측정하는 방법
- (나) 표준 관입시험에서 얻은 N값을 이용하여 전단파 속도를 구하는 방법
- (다) 현지 지반에 설치된 실물 기초 또는 모델 기초의 진동 실험에서, 기초를 지지하는 지반 스프링 특성 및 감쇠 특성을 직접 구하는 방법

(3) 지반의 액상화 평가

① 액상화 평가기준

가. 다음의 경우에는 액상화 평가를 생략한다.

- (가) 지하수위 상부 지반
- (나) 주상도상의 표준관입저항치(N)가 20 이상인 지반
- (다) 대상지반심도가 20 m 이상인 지반
- (라) 소성지수(PI)가 10 이상이고 점토성분이 20% 이상인 지반
- (마) 세립토 함유량이 35% 이상인 경우
- (바) 상대밀도가 80% 이상인 지반

나. 설계지진 규모는 지진구역 I, II 모두 리히터 규모 6.5를 적용한다.

다. 대상지반의 주상도와 입도분포 자료로부터 액상화 평가가 필요한 지역으로 판단되면

대상지반에 대해 지진응답해석을 수행한다. 지진응답해석은 변형률 수준별 전단탄성 계수($G/G_{\max}$) 및 감쇠비(D)를 이용하는 것을 원칙으로 하며 장주기 및 단주기를 포함한 실지진 및 인공지진 가속도 시간이력에 대하여 수행하여야 한다.

② 액상화 평가

가. 액상화 평가는 대상지반의 주상도와 입도분포를 이용하여 액상화 가능성을 판단한 후 아래 그림의 흐름도를 따라 실시한다. 액상화 평가방법은 구조물 기초설계기준에 준한다.

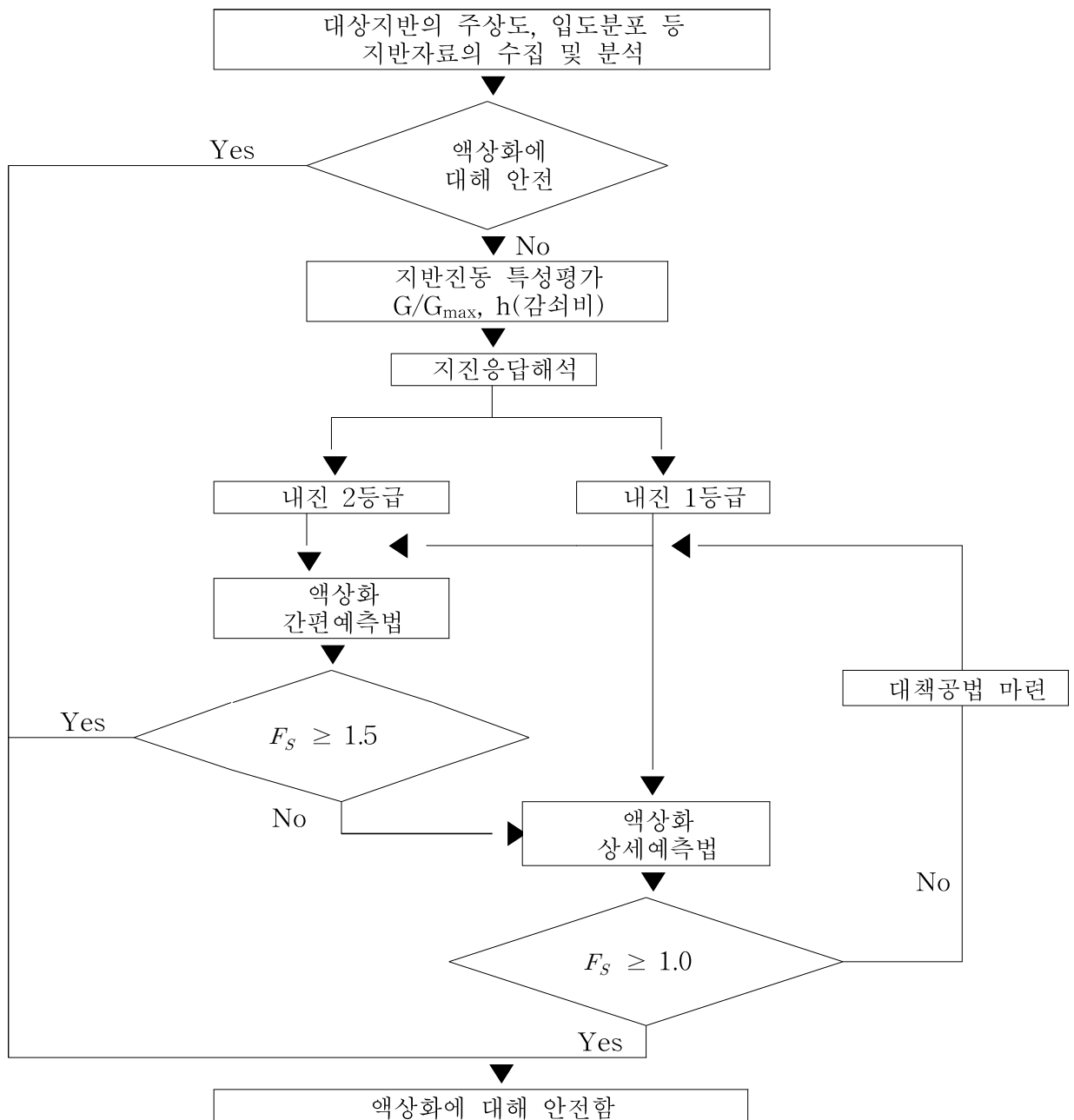


그림 4.4-2 액상화 평가 흐름도

4.4.6 내진해석 및 설계

(1) 일반사항

- ① 지하공동구 구조물의 내진설계는 지진 발생시 지반 변위의 영향을 고려하여 구조물이 소요의 내진 성능을 만족할 수 있도록 하는 것이다.
- ② 지하공동구 구조물은 관성력의 영향을 크게 받는 지상의 일반 구조물과 달라서 관성력의 영향은 작고, 주변 지반의 변형에 따라 그 거동이 지배되기 때문에 내진 설계에 있어서는 지진 시 지반 변위의 영향을 적절히 고려하여야 한다.

(2) 내진해석 방법

- ① 지하공동구 구조물의 내진 해석은 지반 조건, 구조 조건 등을 고려하여 응답변위법 혹은 시간이력해석법을 사용하여 수행할 수 있다.
- ② 응답변위법은 지하공동구 구조물의 내진해석을 위한 표준해석법으로 사용하고, 시간이력해석법은 상세한 검토를 필요로 하는 경우나 구조 조건, 지반 조건이 복잡한 경우, 지반과 구조물의 상호작용을 고려하는 경우에 사용한다.
- ③ 지하공동구 구조물의 내진해석은 2차원 횡단면해석을 원칙으로 하되 지반상태가 급격히 변화하는 구간 통과 등의 경우에는 종방향에 대한 내진구조해석을 추가로 수행하여야 한다.

(3) 응답수정계수

- ① 지진에 의한 대상구조물에 발생하는 변형이 탄성한도를 초과하여 소성상태 거동을 하는 붕괴방지수준의 지진에서는 구조물이 비탄성 거동을 하게 되며 탄성거동을 하는 경우보다 부재력이 작아진다.
- ② 일반 구조물의 경우 이를 고려하기 위하여 부재 설계시 탄성해석으로 구한 탄성부재력을 표 4.4-6의 응답수정계수(R, 연성 계수)를 사용하여 보정하게 된다. 즉, 지진에 의한 탄성부재력을 응답수정계수로 나눈 값이 지진에 대한 설계부재력이 되며 이 설계부재력을 다른 하중에 의한 부재력과 조합하여 부재의 안전성을 검토하여야 한다. 설계부재력 중 전단력과 압축력에 대하여는 적용하지 않는다.

표 4.4-6 붕괴방지 수준에서의 응답수정계수(R)

구분	기동	보	비고
철근콘크리트 부재	3	3	
강 부재 또는 합성부재	5	5	

- ③ 붕괴방지 수준의 내진 성능을 갖도록 설계하는 경우에는 탄성해석과 탄소성해석을 필요에 따라 선택할 수 있다.
 - 가. 탄성해석을 수행하는 경우에는 계산 결과를 응답수정계수로 나눠줌으로써 탄성해석만으로 소성변형까지도 고려할 수 있다.
 - 나. 탄소성해석을 수행하는 경우에는 계산 결과를 그대로 사용하고 응답수정계수는 고려하지 않아야 한다.

(4) 응답변위법

- ① 지진 발생시에 생기는 지반 변위에 의한 지진 토압과 지하 구조물과 주변지반 관계에서의 경계조건을 적절히 모델링하여 정적으로 계산하는 방법을 응답변위법이라 한다.

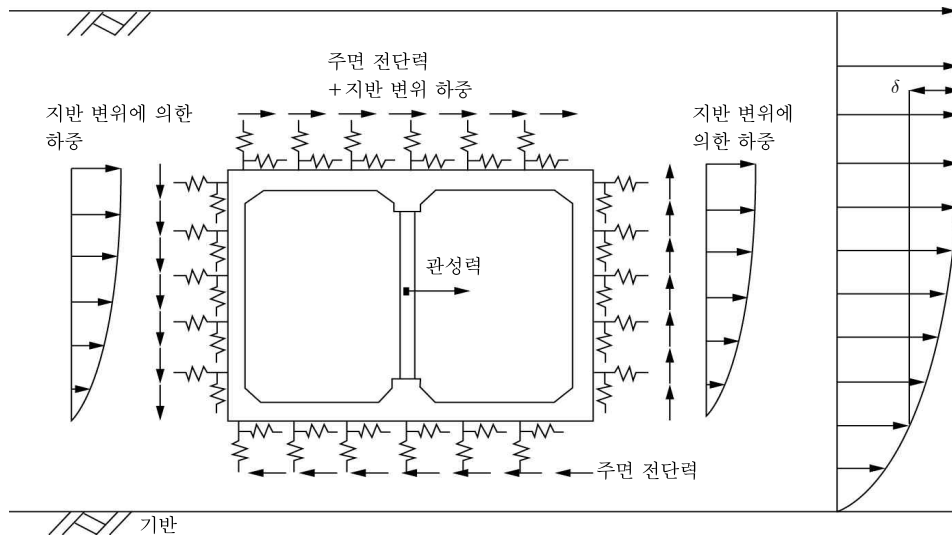


그림 4.4-3 응답변위법의 개념도

가. 지반반력계수 산정

(가) 지진 시의 지반반력계수 혹은 전단 지반반력계수는 지진의 세기와 관련하여 붕괴 방지수준에 적합한 특성치를 적용한다.

- ㉔ 전단파속도를 이용한 방법으로 산정하는 경우 지반탄성계수는 동적 지반조사 자료나 토질시험 결과의 전단파 속도로부터 구한다.

$$G_D = (\gamma_t / g) \cdot V_s^2 \quad (4.4-7)$$

여기서, G_D : 지반의 동적전단계수(kN/m^2)

γ_t : 지반의 단위중량

g : 중력가속도(m/sec^2)

V_s : 해당구조물을 포함하는 지층의 전단탄성과 속도(m/sec)

(해당구조물이 여러 층에 걸칠 경우 그 평균치를 사용한다.)

$$V_{Si} = C V_{0i} \quad (4.4-8)$$

여기서, V_{Si} : 지반의 동적전단탄성계수 산출에 이용되는 i 번째 지층의 설계전단탄성과속도

V_{0i} : 해당구조물을 포함하는 i 번째 지층의 전단탄성과속도

C : 성능수준별 지반변형에 대한 보정계수 $C = 0.5$ (붕괴방지수준)

C : 성능수준별 지반변형에 대한 보정계수 $C = 0.5$ (붕괴방지수준)

- ㉔ 유한요소법에 의한 방법으로 산정하는 경우 지진 시 지반반력계수를 구하기 위하여 공동구와 지반의 2차원 유한요소 모델을 작성하고, 지반탄성의 방향에 단위하중 1을 구조물에 작용시켜 그 방향의 하중과 변위의 관계에서 지반반력계수 값을 산출한다. 이때 지하 구조물은 상판 및 저판의 강성을 고려하거나, 혹은 강체로 간주한다.

나. 구조물에 적용하는 지진하중

- (가) 지진 하중으로서는 지진시 측벽토압 $p(z)$, 상판에 작용하는 지진시 주면전단력 τ_u , 저판에 작용하는 지진시 주면전단력 τ_B , 측벽에 작용하는 주면전단력 τ_s , 관성력 f_i 를 그림과 같이 작용시킨다. 각 하중은 다음과 같이 구한다.

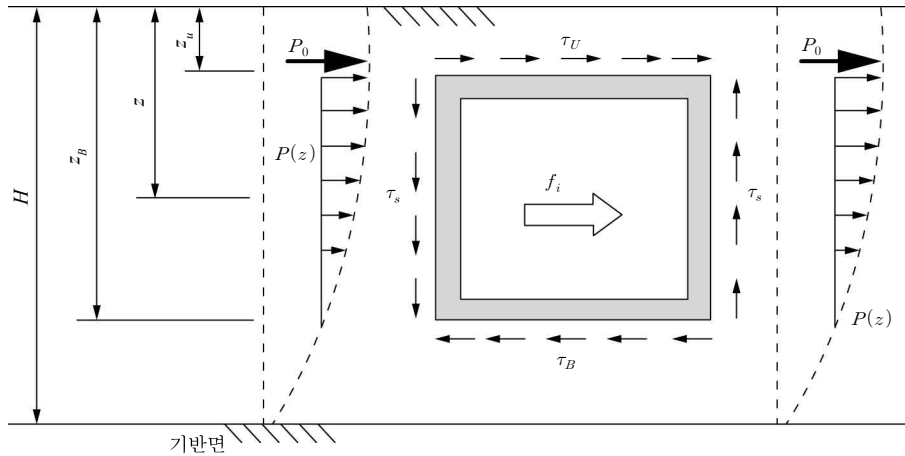


그림 4.4-4 지진하중 산정

$$P_0 : \text{상판 지진토압} = K_{SB} \cdot u(z_u)$$

$$P(z) : \text{지진 시 측벽토압} = K_H \cdot \{u(z) - u(z_B)\}$$

$$\tau(z) : \text{주면 전단력} = G_D / (\pi H) \cdot S_v \cdot T_S \cdot \sin(\pi z / 2H)$$

$$f_i : \text{관성력} = m_i \cdot a_i = w_i \cdot K_{hi}$$

여기서, $u(z)$: 지진 시 깊이 z 에서의 지반변위 (m)

z : 지표면으로부터의 깊이 (m)

z_U : 지표면으로부터 구조물 상판 상부까지의 깊이 (m)

z_B : 지표면으로부터 구조물 저판 아랫면까지의 깊이 (m)

K_{SB} : 상판에 대한 지반의 전단지반반력계수 (KN/m^3)

K_H : 측벽에 대한 지반의 수평지반반력계수 (KN/m^3)

K_n : 지진의 성능 수준별 수평진도 (m/sec^2)

K_{hi} : 해당깊이에 대해 보정한 수평진도 (m/sec^2) $= K_h \cdot C_U(z)$

$C_u(z)$: 깊이에 대한 보정계수 $= 1 - 0.015z$

S_v : 기반면에서의 속도응답 스펙트럼 (m/s)

(설계기준에는 가속도응답 스펙트럼 S_a 만이 주어져 있어 변환하여 사용한다.)

$$= T_S / (2\pi) \cdot S_a$$

T_S : 표층지반의 고유주기(s) = $1.25 \cdot T_G$

T_G : 표층지반의 특성값(s) = $\sum (4H_i / V_{si})$

T_S' : 기반암의 설계응답스펙트럼에서의 통제주기(s) = $C_v / (2.5 C_a)$

C_v, C_a : 지진구역 및 지반종류에 따른 지진계수

H_i : 제 i 번째 토층의 두께

V_{si} : 제 i 번째 토층의 전단파속도 ($2m/s$)

H : 기반면의 깊이

(5) 시간이력해석법

- ① 지하공동구 구조물을 시간이력 해석법을 사용하여 해석하고 설계하기 위해서는 설계지진 하중을 산정하는 것이 무엇보다 중요하다. 설계지진하중(가속도)의 시간이력은 내진 1등급에 해당하는 붕괴방지 수준을 만족할 수 있는 평균재현주기를 가진 지반운동이 되어야 한다.

4.4.7 구조 설계 및 구조상세

(1) 일반사항

- ① 구조설계 방법은 강도설계법을 표준으로 한다.
- ② 내진설계는 붕괴방지수준에 대하여 안전하도록 설계하여야 한다.

(2) 하중조합

① 상시 상태의 설계

가. 상시상태에 대한 설계는 콘크리트 구조설계기준에 준한다.

② 붕괴방지수준

가. 지진 시 붕괴방지수준에 대한 하중조합은 다음 식 (4.4-9)에 준한다.

$$U = 1.00 (D + L + H + E) \quad (4.4-9)$$

여기서, D : 고정하중

L : 활하중

H : 토압 및 수압

E : 지진하중

나. 탄성해석에 의한 붕괴방지수준의 부재력은 응답수정계수(표 4.4-6 응답수정계수, R)로 나눈 값을 사용한다. 소성해석을 수행한 경우는 계산결과를 그대로 사용한다.

공동구

(3) 관련 설계기준

- ① 지하공동구 구조물의 내진설계에 있어서 구조상세는 KDS 14 20 00의 해당 요건을 적용한다.

(4) 부재 접합부

- ① 구조적 성능이 현저하게 다른 두 구조물의 접합부는 특별한 경우를 제외하고 분리구조를 원칙으로 한다. 접합부는 충분히 보강하여 안정성을 확보하여야 한다.

(5) 기타 상세 설계

① 내부시설 설계

가. 내부시설물로서 상수도, 전력케이블, 통신케이블, 가스관, 열수송관 등의 설치하는 지하공동구 구조물에 고정되어 지진 시에도 충분히 지지되도록 한다. 지진 시에는 고정하중에 추가하여 관성력에 의한 지진하중에 대하여도 안전하도록 설계한다.

② 부대시설 설계

나. 부대시설로서 조명, 환기, 배수시설 등은 지하공동구에 고정되어 설치되는 위치에서 지진시에도 충분히 지지되도록 한다. 지진 시에는 고정하중에 추가하여 관성력에 의한 지진하중에 대하여도 안전하도록 설계한다.

4.5 계측 안전관리

- (1) 계측 안전관리에 관한 사항은 KDS 11 10 15를 따른다.

집필위원	분야	성명	소속	직급
	토목	이유석	한국시설안전공단	책임연구원
	토목	신병길	한국시설안전공단	연구원

자문위원	분야	성명	소속
	토목	조계춘	한국과학기술원(KAIST)
	토목	홍은수	한국과학기술원(KAIST)
	토목	송기일	인하대학교

건설기준위원회	분야	성명	소속
	공통	배병훈	한국도로공사
		구찬모	한국토지주택공사
		김홍문	평화엔지니어링
		최용규	경성대학교
		정충기	서울대학교
		정상섭	연세대학교
		김유봉	서영엔지니어링
		박종호	평화지오텍
		박성원	유신
		임대성	삼보ENG
		김운형	다산컨설팅

공동구

중앙건설기술심의위원회	성명	소속
	구자홍	삼영애크(주)
	차철준	한국시설안전공단
	최상식	(주)다음기술단
	김현길	(주)정림이앤씨
	이근하	(주)포스코엔지니어링
	박구병	한국시설안전공단

국토교통부	성명	소속	직책
	김우현	국토교통부 도시정책과	사무관
	김현성	국토교통부 도시정책과	주무관

설계기준
KDS 11 44 00 : 2016

공동구

2016년 6 월 30일 발행

국토교통부

관련단체 한국시설안전공단
52856 경상남도 진주시 에나로128번길 24 윤현빌딩 (충무공동 289-3)
☎ 1588-8788 E-mail : kisteckr@kistec.or.kr
<http://www.kistec.or.kr>

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

KDS 11 50 05 : 2016

알은기초 설계기준 (일반설계법)

2016년 6월 30일 제정

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

KC CODE



건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

이 기준은 발간 시점부터 사용하며, 이미 시행 중에 있는 설계용역이나 건설 공사는 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 설계기준, 도로교 설계기준, 건축구조기준을 중심으로 조정 설계기준, 철도 설계기준, 항만및어항 설계기준의 얇은기초 설계에 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 시설 기준 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)
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)
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 05 : 2016	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비함	제정 (2016.6)
KDS 11 50 05 : 2016	• 한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함	수정 (2018.7)

제 정 : 2016년 6월 30일

심 의 : 중앙건설기술심의위원회

소관부서 : 국토교통부 기술기준과

관련단체 : 한국지반공학회

개 정 : 년 월 일

자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회

작성기관 : 한국지반공학회

목 차

1. 일반사항	1
1.1 적용범위	1
1.2 용어의 정의	1
1.3 검토사항	1
1.4 작용하중의 구분	2
1.5 지지력 및 침하량 계산 시 고려사항	2
1.6 기초의 안정성 평가 항목	2
2. 지지력 산정	3
2.1 지지력 산정을 위한 고려 사항	3
2.2 허용지지력	3
2.3 이론적 극한지지력	3
2.4 경험적 지지력	3
2.5 현장시험에 의한 지지력 산정	4
2.6 암반에서의 지지력 산정	4
2.7 수평지지력	4
3. 침하량 산정	5
3.1 얕은기초의 침하량	5
3.2 지중응력	5
3.3 즉시침하	5
3.4 일차압밀침하	5
3.5 이차압밀침하	6
3.6 허용침하량	6
3.7 침하량 검토	6
4. 전면기초	6
4.1 일반사항	6
4.2 전면기초의 허용지지력	6
4.3 전면기초의 침하	6
4.4 말뚝지지 전면기초	7

1. 일반사항

- (1) 이 기준은 기초의 근입깊이가 작고 상부 구조물의 하중을 기초하부 지반에 직접 전달하는 얕은기초 형식인 확대기초, 복합기초, 줄기초 및 전면기초에 적용한다.

1.1 적용범위

- (1) 이 기준은 독립기초와 일부 복합기초를 설계하는 데 적용한다. 매립지반에 설치되는 기초는 특별히 주의한다. 기초 하부의 압력은 가급적 균등하게 분포하도록 설계한다. 접지압의 분포는 흙 또는 암, 그리고 구조물의 특성에 따라 달라지며, 토질역학 및 암석역학적 원리들과 일치하여야 한다.

1.2 용어의 정의

- 전면기초: 상부구조물의 여러 개의 기둥을 하나의 넓은 기초 슬래브로 지지시킨 기초 형식이다.
- 줄기초: 벽체를 자중으로 연장한 기초로서 길이 방향으로 긴 기초를 말한다.
- 확대기초: 기초 저면의 단면을 확대한 기초형식이다.
- 강성기초: 기초지반에 비하여 기초판의 강성이 커서 기초판의 변형을 고려하지 않는 기초로서 기초의 변위 및 안정 계산 시 기초 자체의 탄성변형을 무시할 수 있는 기초를 말한다.
- 연성기초: 지반강성에 비하여 기초판의 강성이 상대적으로 작아서 지반 반력이 등분포로 작용하는 기초를 말한다.
- 국부전단파괴: 기초지반에 전체적인 활동 파괴면이 발생하지 않고, 지반응력이 파괴응력에 도달한 부분에서 국부적으로 전단파괴가 발생하는 지반의 파괴형태이다.
- 전반전단파괴: 기초지반 전체에 걸쳐 뚜렷한 전단 파괴면을 형성하면서 파괴되는 파괴형태이다.
- 극한지지력: 구조물을 지지할 수 있는 지반의 최대 저항력으로 지반의 전단파괴시 발생하는 단위면적당 하중을 말한다.
- 허용지지력: 구조물의 중요성, 설계지반정수의 정확도, 흙의 특성을 고려하여 지반의 극한지지력을 적정의 안전율로 나눈 값이다.

1.3 검토사항

- (1) 얕은기초의 설계는 다음 사항을 검토하여 결정한다.
- ① 기초지반이 전단파괴에 대하여 안전하도록 한다.
 - ② 과도한 침하나 부등침하가 발생하지 않도록 한다.
 - ③ 기초가 경사진 지반에 설치될 경우 기초하중에 의한 비탈면 활동 및 지지력의 감소가 발생하지 않도록 한다.

1.4 작용하중의 구분

- (1) 기초구조물에 작용하는 하중은 그 지속시간에 따라 지속하중과 일시하중으로 구분한다. 지속하중은 구조물 자중, 지속적으로 작용하는 토압 및 수압(침투압 포함) 등을 포함하고, 일시하중은 변화가 가능한 토압, 수압, 빙압 등을 포함한다. 시공 중 발생하는 하중, 재하중의 변화 또는 지하수위 강하에 의해 발생하는 하중은 지속시간에 따라 지속하중 또는 일시하중으로 구분한다.

1.5 지지력 및 침하량 계산 시 고려사항

- (1) 기초의 지지력 및 침하량 계산 시, 기초구조물 상부에 작용하는 연직하중, 기초구조물의 자중, 기초구조물 바닥면에 작용하는 수압, 수평하중, 측벽의 수동토압 및 수압 등을 고려한다.
- (2) 기초의 측면저항은 기초의 측면과 흙 사이에 작용하는 마찰저항 또는 점착력 저항을 말한다. 얕은기초의 근입깊이(D_f)와 최소폭(B)의 비가 1.0 미만($D_f/B < 1.0$)인 경우, 측면저항이 기초 저면의 지지력에 비해 작기 때문에 측면저항을 고려하지 않아도 된다.
- (3) 대형 안벽 및 방파제 등의 구조물에서는 반복 하중에 의한 잔류변위가 누적될 수 있으므로 침하에 대한 검토를 할 필요가 있다.
- (4) 지하수위의 결정에 신중을 기하여야 하며, 연안과 하천 및 해수면 수위의 변화에 민감한 지역에서는 특히 기후변화에 의한 지하수위 변동을 고려하여야 한다.

1.6 기초의 안정성 평가 항목

- (1) 기초의 안정성 평가를 위해서는 지반의 전단파괴, 침하, 전도, 활동, 비탈면 활동 및 기초 본체에 대하여 검토하여야 하며, 각 검토항목에 대해 소정의 안전율 및 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 기초 형상, 근입깊이의 차이, 편심하중 등에 의한 영향을 검토한다.
- (4) 기초에 가해진 하중에 의하여 기초와 구조물이 전도되지 않도록 안정성을 확보한다.
- (5) 기초의 바닥에서 활동이 일어나지 않도록 안정성을 확보한다. 활동에 대한 안전성 검토 시 지반의 수동저항이 발현될 것으로 판단될 경우에는 이를 반영할 수 있다. 다만 수동저항이 발휘되기 위해서는 주동변위의 2~20배의 변위가 발생하여야 하므로 수동저항을 전부 보는 것에 주의가 요구된다. 한편으로 기초바닥에 근접하여 연약지층이 있을 경우에는 연약층을 따라 활동면의 발생 가능성을 검토한다.
- (6) 기초 본체의 설계는 콘크리트구조설계기준에서 정하는 바를 따른다.

- (7) 기초를 경사진 지반에 계획할 경우 작용하중과 지반의 특성을 고려하여 비탈면 활동 가능성을 검토한다. 또한, 경사진 지반침하량 산정시 탄성침하공식만으로는 불충분하므로 수치해석을 이용하여 보완검토한다.
- (8) 기초지반이 다층구조인 경우의 지지력에 대한 안정 검토는 원호활동해석에 의하는 것을 표준으로 한다. 이 경우에 있어서 안전율은 지반의 특성 등에 따른 적절한 수치를 적용한다.

2. 지지력 산정

2.1 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.

2.2 허용지지력

- (1) 얕은기초의 허용지지력은 극한지지력을 소정의 안전율로 나누어 결정한다.

2.3 이론적 극한지지력

- (1) 이론적 극한지지력 산정은 지반조건, 하중조건(경사하중, 편심하중), 기초형상, 근입깊이, 지반경사, 지하수 영향 등을 고려하여 산정하며, 지지력 계산 방법에 따라 서로 다른 지지력이 계산될 경우에는 설계자의 판단에 의하여 선택한다.
- (2) 구조물의 하중이 기초의 형상 도심에 연직으로 작용하고 지반의 각 지층이 균질하며 기초의 근입깊이가 기초의 폭보다 작고 기초 바닥이 수평이며 기초를 강제로 간주할 수 있을 경우에는 기존의 이론식으로 연직지지력을 구한다.
- (3) (2) 이외에 소성이론에 의한 계산결과나 재하시험 또는 모델시험의 결과를 이용하여 지지력을 구할 수 있다.
- (4) 기초의 영향범위 내에 여러 지층이 포함된 경우 이러한 층상의 영향을 고려하여 지지력을 산정한다.

2.4 경험적 지지력

- (1) 경험적인 지지력 산정방법은 다음 조건을 충족하는 경우 적용한다.
 - ① 기초바닥면 이하의 지반이 기초폭의 2배까지 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

- (2) 경험적인 지지력 공식은 신중하게 적용하여야 하며, 불가피하게 외국의 경험적 지지력 공식을 적용할 때에는 적용성을 확인한 후 사용한다.
- (3) 경험적 지지력은 기초의 크기, 근입깊이, 지하수위 등에 따라 수정하여 적용한다.

2.5 현장시험에 의한 지지력 산정

- (1) 현장시험으로 부터 다음과 같이 지반의 지지력을 산정할 수 있으며, 허용지지력은 지반상태, 경계조건, 시험특성을 고려하여 결정한다.
- (2) 기초지반에 대한 평판재하시험에서 얻은 하중-침하 곡선으로부터 허용지지력을 구하고, 기초의 크기효과를 고려하여 설계지지력을 산정한다.
- (3) 표준관입시험의 결과를 이용하여 기초의 허용지지력을 산정할 수 있으며, 유효상재하중, 룯드길이 등에 대한 N값의 보정은 필요한 경우에만 적용한다.
- (4) 콘관입시험 결과로부터 기초의 허용지지력을 추정할 수 있으며, 조밀한 지반이나 자갈이 섞여있는 지반에서는 주의하여 적용한다.
- (5) 점토지반에서는 현장배인시험 결과로부터 지반의 비배수전단강도를 구하고, 이를 보정하여 기초의 지지력을 추정할 수 있다.
- (6) 공내재하시험(프레셔미터시험) 결과로부터 기초의 허용지지력을 추정할 수 있으며, 다른 종류의 현장시험이 어려운 모래, 자갈, 풍화토, 풍화암 등에 적용할 수 있다.

2.6 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.

2.7 수평지지력

- (1) 얕은기초의 허용수평지지력은 기초저면의 전단지지력을 소정의 안전율로 나눈 값으로 한다. 지표면 근처에서 안정된 지지층을 확보할 수 있는 경우에는 기초전면에 작용하는 수동토압을 안전율로 나눈 값을 적용하여 허용수평지지력으로 고려할 수 있다. 다만, 수동토압이 발휘되기 위해서는 주동변위의 2~20배가 발생하여야 하므로 수동토압을 전부 보는 것에 주의가 요구된다.

- (2) 기초저면에 있어서 전단저항력이 부족할 경우에는 활동방지벽을 설치하여 전단저항력을 증가시킬 수 있다. 활동방지벽을 설치한 경우의 전단저항력은 기초저면이 아니라 활동방지벽의 선단을 통하는 기초저면과 평행한 면을 따라 전단저항력을 산출하며, 이 전단면을 가상의 기초저면으로 한다.

3. 침하량 산정

3.1 얕은기초의 침하량

- (1) 얕은기초의 침하는 즉시침하, 일차압밀침하, 이차압밀침하를 합한 것을 말하며, 기초하중에 의해 발생된 지중응력의 증가량이 초기응력에 비해 상대적으로 작지 않은 영향깊이 내 지반을 대상으로 침하를 계산한다. 성토층에 놓이는 구조물은 성토층 자체의 장기침하량(creep 침하)을 고려하여야 한다.

3.2 지중응력

- (1) 기초에 작용하는 하중에 의해 지반 내에 발생하는 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.

3.3 즉시침하

- (1) 기초하중에 의한 지반의 즉시침하는 기초의 강성과 형상 및 지반의 특성을 고려하여 다음과 같이 산정한다.
- ① 지반을 단위면적의 흙기둥으로 간주하고 탄성이론으로 기초의 즉시침하를 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.

3.4 일차압밀침하

- (1) 일차압밀침하량은 지반의 압축특성, 유효응력변화, 지반의 투수성, 경계조건 등을 고려하여 계산하며, 압밀층이 두꺼울 경우에는 지반을 여러 개의 수평지층으로 나누고, 각 층에 대해 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 침하량-시간 관계로부터 구한다.

3.5 이차압밀침하

- (1) 이차압밀침하는 일차압밀침하 완료 후의 시간-침하관계 곡선의 기울기를 적용하여 계산한다.

3.6 허용침하량

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

3.7 침하량 검토

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

4. 전면기초

4.1 일반사항

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

4.2 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. 전면기초는 하부지반에 국부적으로 존재하는 연약지층 등의 특성보다는 지반의 전체적인 특성을 적용하여 침하를 계산하여야 하며, 전체침하와 부등침하가 과도하게 발생하지 않아야 한다.

4.3 전면기초의 침하

- (1) 전면기초의 침하는 지반과 상부구조물의 강성에 따라서 기둥의 위치별로 다르게 발생할 수 있으며, 이로 인해 상부구조물 및 기초판에 손상이 발생하는지 여부를 검토한다.

4.4 말뚝지지 전면기초

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



집필위원

성명	소속	성명	소속
권오균	계명대학교	윤희정	홍익대학교
양태선	김포대학교	이성준	청주대학교
윤희구	대전대학교	이철주	강원대학교

자문위원

성명	소속	성명	소속
여규권	삼부토건	박이근	(주)지오알앤디
남문석	한국도로공사	유남재	한국건설생활환경시험연구원

건설기준위원회

성명	소속	성명	소속
구찬모	한국토지주택공사	배병훈	한국도로공사
김운형	다산건설터트	임대성	삼보ENG
김유봉	서영엔지니어링	정상섭	연세대학교
김홍문	평화엔지니어링	정충기	서울대학교
박성원	유신	최용규	경성대학교
박종호	평화지오텍		

중앙건설기술심의위원회

성명	소속	성명	소속
구자흡	삼영엠텍(주)	이근하	(주)포스코엔지니어링
김현길	(주)정림이앤씨	차철준	한국시설안전공단
박구병	한국시설안전공단	최상식	(주)다음기술단

국토교통부

성명	소속	성명	소속
정선우	국토교통부 기술기준과	김병채	국토교통부 기술기준과
김광진	국토교통부 기술기준과	박찬현	국토교통부 원주지방국토관리청
김남철	국토교통부 기술기준과	이선영	국토교통부 기획총괄과

(분야별 가나다순)

설계기준

KDS 11 50 05 : 2016

얇은기초 설계기준(일반설계법)

2016년 6월 30일 제정

소관부서 국토교통부 기술기준과

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 10 : 2016

얇은기초 설계기준 (한계상태설계법)

2016년 6월 30일 제정

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

KC CODE



건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

이 기준은 발간 시점부터 사용하며, 이미 시행 중에 있는 설계용역이나 건설 공사는 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 도로교 설계기준(한계상태설계법)의 얇은기초 설계에 해당되는 부분을 통합 정비하여 기준으로 제정한 것으로 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년.월)
도로교 설계기준 (한계상태설계법)	허용응력설계법과 강도설계법에 기반의 설계기준의 개선으로는 교량의 안전성 확보 및 경제적 설계를 추구하기 위한 노력에 한계가 있는 현실과 신뢰도 기반 설계기준의 국제사회의 흐름에 맞추어 국제표준에 부합되는 신뢰도 기반 설계기준의 국내 연구성과를 집대성함.	제정 (2012.1)
도로교 설계기준 (한계상태설계법) 부분개정(안)	- 오류 사항을 개선하고 기술자의 이해를 돕기 위해 용어와 문장의 의미를 명확히 함. - 장경간 케이블 교량의 특수성을 고려한 설계를 위하여 초장대교량사업단의 성과를 반영한 한계상태설계법 기반 기준 추가	부분개정 (2015.1)
도로교 설계기준 (한계상태설계법)	차량승객이 대피할 수 있는 대피공간 설치규정 추가	개정 (2015.8)
KDS 11 50 10 : 2016	건설기준 코드체계 전환에 따라 기존의 코드에서 얇은기초(한계상태설계법)에 해당되는 부분을 정비함.	제정 (2016.6)
KDS 11 50 10 : 2016	한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함	수정 (2018.7)

제 정 : 2016년 6월 30일

심 의 : 중앙건설기술심의위원회

소관부서 : 국토교통부 기술기준과

관련단체 : 한국도로협회

개 정 : 년 월 일

자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회

작성기관 : 한국지반공학회

목 차

1. 일반사항	1
1.1 적용범위	1
1.2 근입깊이	1
1.3 기초정착	1
1.4 지하수	1
1.5 양압력	1
1.6 인접 구조물	1
2. 한계상태와 저항계수	2
2.1 일반사항	2
2.2 사용한계상태	2
2.3 극한한계상태	2
2.4 하중조합과 하중계수	3
2.5 저항계수	3
2.6 극단상황한계상태	7
3. 사용한계상태의 변위와 지지력	8
3.1 일반사항	8
3.2 변위	8
3.3 사용한계상태의 지지력	16
4. 극한한계상태의 지지력	16
4.1 지지력	16
4.2 암반 지지력	30
4.3 활동파괴	31
5. 구조 설계	32
5.1 말뚝 머리판	32
5.2 확대기초판	33
5.3 타이보	34
5.4 암반 위 기둥의 기초	35
5.5 현장타설말뚝	35

1. 일반사항

1.1 적용범위

- (1) 이 기준은 독립기초와 일부 복합기초를 설계하는 데 적용한다. 매립지반에 설치되는 기초는 특별히 주의한다. 기초 하부의 압력은 가급적 균등하게 분포하도록 설계한다. 접지압의 분포는 흙 또는 암, 그리고 구조물의 특성에 따라 달라지며, 토질역학 및 암 석역학적 원리들과 일치하여야 한다.

1.2 근입깊이

- (1) 기초의 근입깊이는 기초 재료의 특성과 침식 가능성을 고려하여 결정한다. 기초가 흐르는 물속에 위치한 경우에는 예상 최대세굴깊이보다 최소한 600 mm 아래에 설치하여야 한다.
- (2) 흐르는 물에 노출되지 않는 기초(또는 영향을 받지 않는 기초)는 동결선 아래 단단한 지반 위에 설치하거나 또는 대책공법(동결되기 쉬운 재료를 굴착해 내고 동결되지 않는 재료로 치환하는 등)을 적용한 후에 설치하여야 한다. 사석, 교대 뒤채움 시에는 파이프 방지를 위해 토목섬유를 사용하거나 입도를 조정한 사질토 필터를 사용하여야 한다.

1.3 기초정착

- (1) 기초가 경사지고 매끄러운 암반 표면에 설치되거나 상재하중에 의해 구속되지 않은 경우에는 록앵커, 록볼트, 다우얼(dowel), 키(key) 또는 다른 적절한 공법으로 정착시킨다. 암 제거를 위해 발파작업이 필요한 곳에 설치되는 폭이 넓은 기초의 경우 얇은 키를 설치하는 방법은 피하여야 한다.

1.4 지하수

- (1) 설계 지하수위는 예상 최고수위로 한다. 흙, 암반의 지지력 및 구조물의 침하에 대한 지하수위 영향을 고려하여야 하며 침투압 발생 시에는 해석에 이를 반영한다.

1.5 양압력

- (1) 양압력을 받는 기초는 인발저항력과 구조적 강도 모두에 대하여 그 영향을 검토하여야 한다.

1.6 인접 구조물

- (1) 기존 구조물 근처에 기초를 설치하여야 할 경우에는 구조물이 기초 거동에 미치는 영향과 기초가 구조물에 미치는 영향을 검토하여야 한다.

2. 한계상태와 저항계수

2.1 일반사항

- (1) 한계상태에 대한 규정은 KDS 24 10 11 (1.3.2)를 따르고, 이 장에서는 하부기초와 관련된 내용을 기술한다. 교대, 교각 및 옹벽의 설계는 2.2에 규정한 사용한계상태에 대한 기준과 2.3에 규정한 극한한계상태에 대한 기준을 만족하여야 한다. 교대, 교각 및 옹벽은 모든 활하중과 사하중을 포함한 횡토압과 수압, 옹벽의 자중, 온도 및 수축 효과, 그리고 지진하중에 대하여 저항할 수 있도록 설계한다.
- (2) 옹벽은 재료의 약화, 침투, 누설전류 및 기타 잠재적으로 악영향을 미치는 환경 요인들의 장기적 영향을 고려하여 전체 사용기간에 대해 설계한다. 영구 옹벽은 최소 75년의 사용기간에 대하여 설계한다. 사용기간이 36개월 이하인 옹벽은 임시구조물로 설계할 수 있다. 교대나 빌딩, 중요 시설 등 성능저하나 파괴 발생 시 그 파급효과가 심각한 구조물을 지지하는 옹벽의 경우 더 높은 안전 수준이나 장기 사용기간(즉, 100년)을 적용하는 것이 적합하다. 영구구조물은 심미적으로 아름답고 사용기간 내에 보수하지 않도록 설계한다.

2.2 사용한계상태

- (1) 사용한계상태의 하부기초 설계 시 다음 사항들을 고려한다.
 - ① 침하량
 - ② 횡방향 변위량
 - ③ 지지력
 - ④ 전체 안정성
- (2) 침하량은 주행성(rideability)과 경제성을 고려하여 결정한다. 토사면(earth slope)의 전체 안정성에 대한 평가는 기초의 유무와 관계없이 사용하중조합-I 과 그에 적합한 저항계수에 대해서 검토한다.
- (3) 교대, 교각 및 옹벽에서의 과도한 변위, 전체 안정성에 대한 검토는 사용한계상태에서 검토한다. 옹벽에 대한 허용 연직/수평 변위 기준은 옹벽의 기능, 형태, 사용기간 그리고 옹벽의 과도한 변위가 옹벽의 벽체 및 인접구조물에 미치는 영향에 근거하여 결정한다. 전체 안정성은 한계평형해석으로써 평가할 수 있다.
- (4) 벽체의 연직 변위는 이 기준의 3.2, KDS 11 50 20 (2.2, 3.2)에 명시된 규정에 의해 검토하고, 앵커설치 옹벽 및 보강토 옹벽의 변형은 KDS 24 14 51 (3.9)의 규정에 의해 검토한다.

2.3 극한한계상태

- (1) 극한한계상태의 기초 설계 시 다음 사항들을 고려한다.
 - ① 지지력
 - ② 접지압

- ③ 기초 저면의 활동
 - ④ 횡방향 지지력
 - ⑤ 구조적인 파괴
- (2) 기초는 저항계수를 곱한 지지력이 KDS 24 12 11과 KDS 24 12 21에 규정된 하중계수를 곱한 하중보다 작지 않도록 설계한다.
- (3) 극한한계상태의 교대와 옹벽을 설계할 때 다음 사항들을 고려한다.
- ① 지지력
 - ② 횡방향 활동
 - ③ 저면 지반의 접지압
 - ④ 앵커나 보강재의 인발
 - ⑤ 구조적인 파괴

2.4 하중조합과 하중계수

- (1) 교대, 교각 및 옹벽과 그 기초 그리고 기타 지보재들은 KDS 24 12 11 (표 4.1-2)의 규정에 명시된 모든 적용 가능한 하중조합에 대해 설계한다.

2.5 저항계수

- (1) 저항계수는 현 단계에서는 외국사례를 사용하도록 하되, 향후 우리나라 실정에 적합한 값을 구하기 위한 연구개발이 이루어져야 한다.
- (2) 기초 종류에 따른 극한한계상태의 저항계수는 지역적으로 규정된 값이 없는 한 표 2.5-1~표 2.5-6에 제시된 값을 사용한다. 사용한계상태에 대한 저항계수는 1.0을 적용한다. 표에 명시하였으나 본문에 제시되지 않은 식들은 해당 문헌을 참조한다.
- (3) 엄지말뚝, 연속식 말뚝, 슬러리 트렌치 콘크리트 벽체 등의 연직 부재는 지지력 예측 시 이 기준과 KDS 11 50 20에 명시된 규정에 맞게 얕은기초 또는 깊은기초로 적용한다. 임시 구조물에 대해서는 규정된 값보다 큰 저항계수 값을 적용할 수 있다.

표 2.5-1 얕은기초의 극한한계상태에 대한 저항계수

방법 / 흙 / 조건			저항계수
지지력	ϕ_b	이론적방법(Munfakh et al., 2001), 점성토	0.50
		이론적방법(Munfakh et al., 2001), 사질토, CPT 사용	0.50
		이론적방법(Munfakh et al., 2001), 사질토, SPT 사용	0.45
		반경험적방법(Meyerhof, 1957), 모든 지반	0.45
		암반위에 설치된 기초	0.45
		평판재하시험	0.55

방법 / 흙 / 조건			저항계수
활동	ϕ_τ	사질토 위에 설치된 프리캐스트 콘크리트	0.90
		사질토 위에 설치된 현장타설 콘크리트	0.80
		점성토 위에 설치된 프리캐스트 콘크리트 또는 현장타설 콘크리트	0.85
		흙 위에 흙이 존재하는 경우	0.90
	ϕ_{ep}	활동에 저항하는 수동토압	0.50

표 2.5-2 축하중을 받는 타입말뚝의 극한한계상태에 대한 저항계수

조건 / 지지력 결정 방법		저항계수
외말뚝의 연직압축저항- 동역학적 해석법과 정재하시험, ϕ_{dyn}	정재하시험에 의해 항타관리기준이 검증된 경우. 동재하시험 이나 보정된 파동방정식 또는 재하시험에 사용된 해머의 최소 항타저항으로서 항타관리를 수행함.	아래의 표 2.5-3 참조
	교각 당 한개 이상 또는 표 2.5-4에서 제시된 횡수 이상의 말 뚝에 대해서 초기 재항타시 동재하시험의 결과를 신호분석해 석을 이용하여 항타관리기준을 설정한 경우. 잔여 말뚝은 상기 설정된 항타관리기준이나 동재하시험으로 항타관리를 수행함	0.65
	말뚝의 응력과 측정 없이 파동방정식해석	0.40
	FHWA 수정 Gates 공식	0.40
	Engineering News Record 공식	0.10
외말뚝의 연직압축저항력- 정역학적 해석법과 정재하시험, ϕ_{stat}	주면마찰력과 선단지지: 점성토와 혼합토 α 방법 (Tomlinson, 1987; Skempton, 1951) β 방법 (Esrig과 Kirby, 1979; Skempton, 1951) λ 방법 (Vijayvergiya와 Focht, 1972; Skempton, 1951)	0.35 0.25 0.40
	주면마찰력과 선단지지: 사질토 Nordlund/Thurman 방법 (Hannigan et al., 2005) SPT 방법 (Meyerhof)	0.45 0.30
	CPT 방법 (Schmertmann)	0.50
	암반에 선단근입된 경우(Canadian Geotech. Society, 1985)	0.45
블록파괴, ϕ_b	점성토	0.60
외말뚝의 인발저항력, ϕ_u	Nordlund 방법	0.35
	α 방법	0.25
	β 방법	0.20
	λ 방법	0.30
	SPT 방법	0.25
	CPT 방법	0.40
	재하시험	0.60
무리말뚝의 인발저항력, ϕ_{ug}	사질토와 점성토	0.50
외말뚝 또는 무리말뚝의 횡방향 저항	모든 토질과 암반	1.0

조건 / 지지력 결정 방법		저항계수
구조한계상태	강관말뚝(KDS 24 14 31 (4.1.4.2) 참조) 콘크리트 말뚝(KDS 24 14 21 (1.4.3.2) 참조) 본 한계상태설계법에는 목교편 생략	
말뚝의 항타 관입성 분석, ϕ_{da}	강관말뚝(KDS 24 14 31 (4.1.4.2) 참조) 콘크리트 말뚝(KDS 24 14 21 (1.4.3.2) 참조)	

표 2.5-3 현장에서 수행하는 정재하시험 횟수와 저항계수의 관계(Paikowsky et al., 2004)

현장 정재하시험 수행 횟수	저항계수, ϕ		
	현장 변동성		
	낮음*	보통*	높음*
1	0.80	0.70	0.55
2	0.90	0.75	0.65
3	0.90	0.85	0.75
≥4	0.90	0.90	0.80

* : 변동계수(COV, coefficient of variation)의 값으로써 아래와 같이 구분됨.

- 1) COV < 25% : 낮음
- 2) 25 ≤ COV < 40% : 보통
- 3) COV ≥ 40% : 높음

표 2.5-4 현장에서 수행하여야 하는 동재하시험 횟수(Paikowsky et al., 2004)

현장 변동성	낮음*	보통*	높음*
현장내의 말뚝 수	신호분석해석을 포함한 동재하시험 수행 횟수(초기 재항타)		
≤ 15	3	4	6
16~25	3	5	8
26~50	4	6	9
51~100	4	7	10
101~500	4	7	12
>500	4	7	12

* : 변동계수(COV, coefficient of variation)의 값으로써 아래와 같이 구분됨.

- 1) COV < 25% : 낮음
- 2) 25 ≤ COV < 40% : 보통
- 3) COV ≥ 40% : 높음

표 2.5-5 축하중을 받는 현장타설말뚝의 극한한계상태에 대한 저항계수

방법/흙/조건			저항계수
외말뚝의 연직압축 저항, ϕ_{stat}	점성토의 주면마찰력	α 방법(O'Neill과 Reese, 1999)	0.45
	점성토의 선단지지력	전 응력(O'Neill과 Reese, 1999)	0.40
	사질토의 주면마찰력	β 방법(O'Neill과 Reese, 1999)	0.55
	사질토의 선단지지력	O'Neill과 Reese (1999)	0.50
	IGM의 주면마찰력	O'Neill과 Reese (1999)	0.60
	IGM의 선단지지력	O'Neill과 Reese (1999)	0.55
	암반의 주면마찰력	Horvath와 Kenney (1979) O'Neill과 Reese (1999) Carter와 Kulhawy (1988)	0.55 0.55 0.50
	암반의 선단지지력	Canadian Geotech. Society (1985) 프레셔미터 시험법(Canadian Geotech. Society, 1985) O'Neill과 Reese (1999)	0.50
외말뚝의 인발저항력, ϕ_u	점성 토	α 방법(O'Neill과 Reese, 1999)	0.35
	사질 토	β 방법(O'Neill과 Reese, 1999)	0.45
	암반	Horvath와 Kenney (1979) Carter와 Kulhawy (1988)	0.40
무리말뚝의 인발저항력	사질토와 점성토		0.45
블록파괴, ϕ_b	점성토		0.55
외말뚝 또는 무리 말뚝의 횡방향 저항	모든 재료		1.0
정재하시험(압축), ϕ_{load}	모든 재료		표 2.5-3 참조 (단, 0.70보다 크지 않아야 함)
정재하시험(인발), ϕ_{upload}	모든 재료		0.60

표 2.5-6 영구 옹벽의 저항계수

옹벽 형식과 조건		저항계수
앵커지지 옹벽		
연직부재의 지지력		표 2.5-1 ~ 2.5-5 참조
연직부재의 수동저항력		1.00
앵커의 인발저항력	• 사질토	0.65
	• 점성토	0.70
	• 암반	0.50
앵커의 인발저항력	• 검증시험 수행한 곳	1.0
앵커 인장재의 인장저항력	• 연강 (e.g. ASTM A 615)	0.90
	• 고강도 강재 (e.g. ASTM A 722)	0.80
수직부재의 휨 능력		0.90
보강토 옹벽		
지지력		표 2.5-1 ~ 2.5-5 참조
활동		
금속 보강재와 연결부의 인발저항력	띠 보강재	
	• 정재하	0.75
	• 복합 정재하/지진 하중	1.00
	격자 보강재	
	• 정재하	0.65
	• 복합 정재하/지진 하중	0.85
화학섬유 보강재와 연결부의 인발저항력	• 정재하	0.90
	• 복합 정재하/지진 하중	1.20
인장보강재의 인발저항력	• 정재하	0.90
	• 복합 정재하/지진 하중	1.20
기성 모듈식 옹벽		
지지력		KDS 24 14 51(3.1) 참조
활동		
수동저항력		

2.6 극단상황한계상태

- (1) 기초, 교대, 교각 및 옹벽구조물과 그 기초, 기타 지보재들은 KDS 24 12 11 (표 4.1-2)의 규정에 제시된 적용 가능한 모든 하중 조합들을 검토하여야 한다. 별도의 규정이 없는 한 극단상황한계상태에 대한 저항계수는 1.0의 값을 적용할 수 있다.

3. 사용한계상태의 변위와 지지력

3.1 일반사항

(1) 사용한계상태에서 기초의 연직침하와 횡방향 변위를 모두 검토하여야 한다. 횡방향 변위를 검토하여야 하는 경우는 다음과 같다.

- ① 수평 또는 경사하중이 작용할 때
- ② 성토 사면위에 기초를 설치할 때
- ③ 침식 또는 세굴로 인하여 기초의 지지력 손실이 발생할 수 있을 때
- ④ 지지층의 경사가 심할 때

3.2 변위

(1) 일반사항

- ① 구조물의 기능과 형태, 예상 사용수명, 그리고 실용성 차원의 변위 한도에 따라 침하량과 횡방향 변위량의 기준을 설정한다. 경험적인 방법과 해석적인 방법 또는 두 방법 모두를 고려하여 허용변위 기준을 제시하여야 한다.

(2) 하중

- ① 사용하중조합- I (load combination Service-I)을 사용하여 즉시침하량을 결정한다. 점성토의 시간에 따른 침하량은 영구적인 하중만을 사용하여 결정한다. 교대 배면 성토에 의한 침하도 검토하여야 한다. 지진활동지역에서는 사질토에 설치되는 기초의 진동하중에 의한 침하 가능성을 고려하여야 한다.

(3) 침하 해석

① 일반사항

가. 실내시험결과나 현장시험결과에 근거한 변형 해석을 통해 기초의 침하를 산정한다. 해석에 이용되는 제반 지반정수는 지반의 응력이력, 시공 순서, 지층 영향 등을 고려하여 산정한다. 시간 의존적 영향을 포함한 총 침하량과 부등침하량 모두를 고려하여야 한다. 성토 하중이나 수평 그리고/또는 편심 하중, 그리고 사질토의 기초에 작용하는 동적인 활하중이나 지진으로 인한 진동하중 등과 같은 요소들도 적절하게 고려되어야 한다.

탄성, 압밀 그리고 이차압축침하를 모두 합친 총 침하량(S_t)은 다음과 같다.

$$S_t = S_e + S_c + S_s \quad (3.2-1)$$

여기서, S_e = 즉시(탄성)침하량(mm)

S_c = 압밀침하량(mm)

S_s = 이차압축침하량(mm)

원(혹은 정사각형)이나 $L > 5B$ 인 긴 직사각형 기초의 아래에서 증가하는 연직하중의 분포는 그림 3.2-1을 사용하여 구할 수 있다.

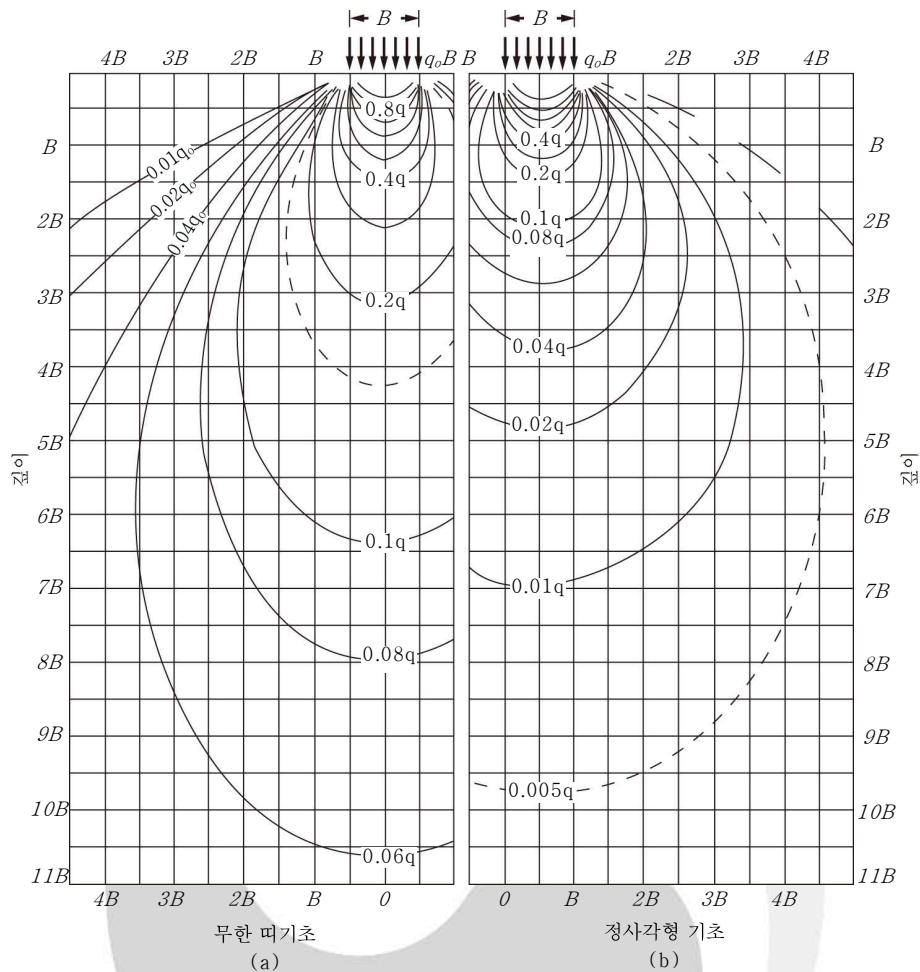


그림 3.2-1 정사각형 기초의 Boussinesq 연직응력 분포(Sowers, 1979)

- ② 사질토 지반에서의 기초 침하량은 경험적인 방법이나 탄성이론을 이용하여 계산할 수 있다. 사질토에 설치된 기초의 탄성침하하는 다음의 식을 사용하여 구할 수 있다.

$$S_e = \frac{[q_o(1-\nu^2)\sqrt{A}]}{E_s \beta_z} \quad (3.2-2)$$

여기서, q_o = 하중강도(MPa)

A = 기초면적(mm^2)

E_s = 실내시험결과 대신 표 3.2-1에 제시된 변형계수(MPa)

β_z = 표 3.2-2에 제시된 형상계수

ν = 포아송비, 현장이나 실내시험을 수행하지 않은 경우 표 3.2-1의 값 사용

E_s 가 깊이에 따라 크게 변하지 않는 한, E_s 는 기초 아래에서 기초폭의 1/2이나 2/3 정도의 깊이에서 결정되어야 한다. 만일 지반 변형계수가 깊이에 따라 크게 변한다면 E_s 의 가중 평균을 사용할 수도 있다. 표 3.2-1에 사용된 기호의 설명은 다음과 같다.

N = 표준관입시험(SPT) 값
 N_1 = 깊이 에 따른 SPT 수정 값
 S_u = 비배수 전단강도(MPa)
 q_c = 콘 관입저항력(MPa)

표 3.2-1 미 해군성(1982)과 Bowles(1988) 이후에 수정된 다양한 흙에 대한 변형계수

흙의 종류	값의 전형적인 범위	포아송비 ν	N값을 이용한 E_s 의 산정	
	변형계수, E_s (MPa)		흙의 종류	E_s (MPa)
점성토: 부드럽고 민감 중간정도 굳거나 굳음 매우 굳음	2.4~15	0.4~0.5 (비배수)	실트, 사질토질 실트, 약간의 점착력 혼합토	$0.4N_1$
	15~50		매우 가늘거나 중간정도의 사질토와 약간의 실트질 사질토	$0.7N_1$
	50~100		굵은 사질토와 약간의 자갈이 섞인 사질토	$1.0N_1$
			사질토질의 자갈과 자갈	$1.1N_1$
황토 실트	15~60 2~20	0.1~0.3 0.3~0.35	사질토질의 자갈과 자갈	$1.1N_1$
가는 사질 토: 느슨 중간 조밀	7.5~10 10~20 20~25	0.25	S_u 을 이용한 E_s 의 산정	
	부드럽고 민감한 점성토 중간정도 굳거나 굳은 점성토 매우 굳은 점성토		$400S_u \sim 1000S_u$ $1500S_u \sim 2400S_u$ $3000S_u \sim 4000S_u$	
사질 토: 느슨 중간 조밀	10~25	0.20~0.35		
	25~50	0.30~0.40		
	50~75			
자갈: 느슨 중간 조밀	25~75	0.2~0.35	q_c 을 이용한 E_s 의 산정	
	75~100	0.3~0.4	사질토질의 흙	$4q_c$
	100~200			

표 3.2-2 강성에 따른 형상계수 (EPRI, 1983)

L/B	연성, β_z (평균)	강성, β_z
원형	1.04	1.13
1	1.06	1.08
2	1.09	1.10
3	1.13	1.15
5	1.22	1.24
10	1.41	1.41

- ③ 점성토 위에 있는 기초에 대해서는 탄성침하량 외에도 압밀침하량을 산정하여야 한다. 소성이 큰 점성토나 유기질 점성토에서는 이차압축침하량이 중요하므로 침하해석 시에 이를 포함시켜야 한다. 실내시험 결과를 간극비(e)로 표시할 때, 완전히 포화되었거나 거의 포화된 점성토에 놓인 기초의 압밀침하량은 다음과 같다.

가. 과압밀 점성토 (즉 $\sigma'_p > \sigma'_o$)

$$S_c = \left[\frac{H_c}{(1+e_o)} \right] \left[C_{cr} \log \frac{\sigma'_p}{\sigma'_o} + C_c \log \frac{\sigma'_f}{\sigma'_p} \right] \quad (3.2-3)$$

나. 정규압밀 점성토 (즉 $\sigma'_p = \sigma'_o$)

$$S_c = \left[\frac{H_c}{(1+e_o)} \right] \left[C_c \log \frac{\sigma'_f}{\sigma'_p} \right] \quad (3.2-4)$$

다. 미압밀 점성토 (즉 $\sigma'_p < \sigma'_o$)

$$S_c = \left[\frac{H_c}{(1+e_o)} \right] \left[C_c \log \left(\frac{\sigma'_f}{\sigma'_{pc}} \right) \right] \quad (3.2-5)$$

실내시험결과를 연직변형률(ϵ_v)로 표시할 때, 압밀침하량은 다음과 같다.

라. 과압밀 점성토 (즉 $\sigma'_p > \sigma'_o$)

$$S_c = H_c \left[C_{re} \log \frac{\sigma'_p}{\sigma'_o} + C_{ce} \log \frac{\sigma'_f}{\sigma'_p} \right] \quad (3.2-6)$$

마. 정규압밀 점성토 (즉 $\sigma'_p = \sigma'_o$)

$$S_c = H_c C_{ce} \log \frac{\sigma'_f}{\sigma'_p} \quad (3.2-7)$$

바. 미압밀 점성토 (즉 $\sigma'_p < \sigma'_o$)

$$S_c = H_c C_{ce} \log \frac{\sigma'_f}{\sigma'_{pc}} \quad (3.2-8)$$

여기서,

H_c = 압축성 토층 깊이(mm)

e_o = 초기 연직유효응력에서 간극비

C_r = 그림 3.2-2에서 정의된 재압축지수

C_c = 그림 3.2-2에서 정의된 압축지수

C_{ce} = 그림 3.2-3에서 정의된 압축지수

C_{re} = 그림 3.2-3에서 정의된 재압축지수

σ'_p = 기초 아래 일정 깊이의 과거 최대 유효연직응력(kPa)

σ'_o = 기초 아래 일정 깊이의 초기 유효연직응력(kPa)

σ'_f = 기초 아래 일정 깊이의 최종 유효연직응력(kPa)

σ'_{pc} = 지반의 현재 연직유효응력(kPa). 단, 기초의 무게로 인한 추가적인 응력은 포함시키지 않음

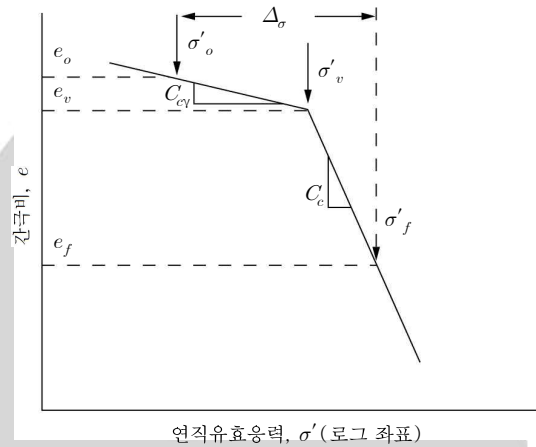


그림 3.2-2 과압밀 점성토의 전형적인 압밀곡선 - 간극비 대 연직유효응력(EPRI, 1983)

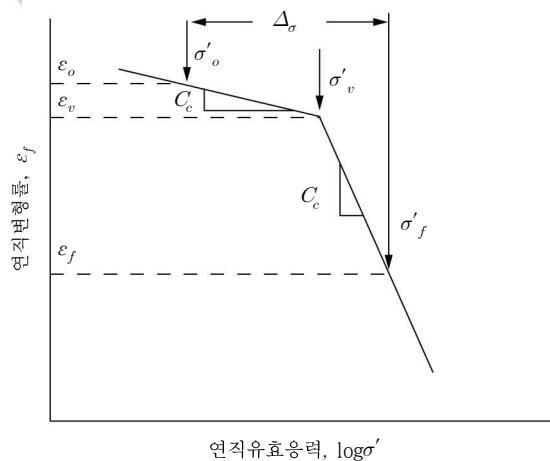


그림 3.2-3 과압밀 점성토의 전형적인 압밀곡선 - 연직변형률 대 연직유효응력(EPRI, 1983)

사. 압축성 층의 두께보다 기초의 폭이 상대적으로 작을 경우에는 다음과 같이 3차원 하중효과를 고려하여야 한다.

$$S_{c(3-D)} = \mu_c S_{c(1-D)} \quad (3.2-9)$$

여기서, μ_c = 그림 3.2-4에서 정의된 감소계수

$$S_{c(1-D)} = 1\text{차원 압밀침하량(mm)}$$

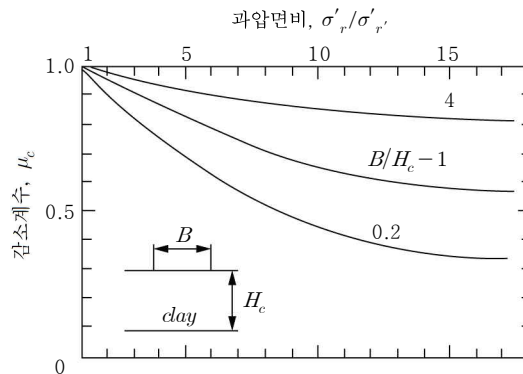


그림 3.2-4 3차원 압밀침하 효과를 고려한 감소계수 (EPRI, 1983)

아. 1차원 압밀침하량이 원하는 압밀도에 도달하는 데 걸리는 시간(t)은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$t = \frac{TH_d^2}{c_v} \quad (3.2-10)$$

여기서,

T = 그림 3.2-5에서 정의된 시간계수

H_d = 압축성 층의 최대 배수길이(mm)

c_v = 불교란시료를 이용한 실내 압밀시험의 결과 혹은 피에조 미터나 피에조 콘을 이용하여 현장에서 구한 압밀계수(mm²/yr)

자. 점성토에서 기초의 이차압축침하량은 다음과 같이 산정한다.

$$S_s = C_{ae} H_c \log \left(\frac{t_2}{t_1} \right) \quad (3.2-11)$$

여기서,

t_1 = 이차압축침하가 시작되는 시간, 보통 평균압밀도 90%에 도달한 시간(yr)

t_2 = 구조물의 사용 수명을 대표하는 임의의 시간(yr)

C_{ae} = 불교란시료의 실내압밀시험의 결과로 구한 이차압축 침하계수

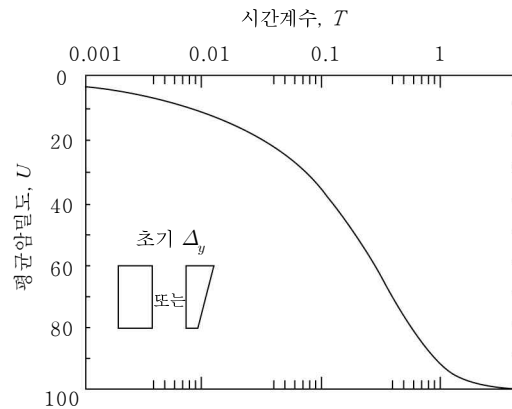


그림 3.2-5 시간계수 T에 대한 압밀도(EPRI, 1983)

④ 암반에 놓인 기초의 침하

가. 양호한 암반에 기초가 놓여 있고, 이 기준의 4.2(2)에서 규정한 반경험적 방법에 의해 지지력을 산정하여 설계를 실시한 경우, 탄성침하량은 일반적으로 15 mm보다 작다고 가정할 수 있다. 이 정도의 탄성침하를 허용할 수 없거나 또는 암반의 상태가 양호하지 못한 경우에는 암반의 특성을 바탕으로 한 침하량 분석을 수행하여야 한다.

나. 암반이 파쇄되어 있거나 절리가 발달하여 양호한 암반 조건을 충족시키지 못하다면, 암반의 종류, 불연속면의 상태, 풍화 정도 등이 침하분석에 고려되어야 한다. 파쇄되어 있거나 절리가 발달한 암반에 놓인 기초의 탄성침하량은 다음과 같다.

(가) 원형(혹은 정사각형) 기초

$$\rho = q_o(1 - \nu^2) \frac{r I_p}{E_m} \quad (3.2-12)$$

여기서,

$$I_p = \frac{\sqrt{\pi}}{\beta_z} \quad (3.2-13)$$

(나) 직사각형 기초

$$\rho = q_o(1 - \nu^2) \frac{B I_p}{E_m} \quad (3.2-14)$$

여기서,

$$I_p = \frac{(L/B)^{1/2}}{\beta_z} \quad (3.2-15)$$

여기서, q_o = 재하면적 바닥의 연직응력(MPa)

ν = 포아송비

r = 원형 기초의 반지름 또는 정사각형 기초의 $B/2$ (mm)

I_p = 기초의 강성과 치수(dimension)를 고려한 영향계수

E_m = 암반의 변형계수(MPa)

β_z = 기초의 모양과 강성에 관한 계수

강성기초의 경우 I_p 는 표 3.2-2에 제시된 β_z 를 이용하여 구할 수 있다. 실내시험결과를 이용할 수 없다면, 암반의 종류에 따른 전형적인 포아송비(ν)를 표 3.2-3에서 구한다. 암반의 변형계수인 E_m 은 현장시험과 실내시험의 결과를 바탕으로 결정되어야 한다. 또는 E_m 은 암질지수(RQD)로부터 계산된 암반의 불연속면의 빈도를 고려한 저항계수 α_E 와 일축압축시험으로부터 구한 신선암의 탄성계수 E_0 를 곱하여 다음과 같이 구할 수 있다 (Gardner, 1987).

$$E_m = \alpha_E E_0 \quad (3.2-16)$$

여기서,

$$\alpha_E = 0.0231(RQD) - 1.32 \geq 0.15 \quad (3.2-17)$$

예비설계 단계 혹은 시공 현장의 시험결과를 이용할 수 없을 경우에는 표 3.2-4를 이용하여 E_0 을 구할 수 있다. 그리고 예비분석 단계나 현장시험결과 없이 최종설계를 수행할 때에는 α_E 를 0.15로 가정하고 E_m 을 구한다. 얇은 연약층이 끼어 있는 암반의 압밀침하와 이차압축침하량은 ③항에 규정된 방법을 적용하여 계산할 수 있다.

표 3.2-3 신선암(intact rock)의 포아송비 (Kulhawy, 1978)

암석 종류	값의 번호	암석 종류의 번호	포아송비, ν			평균 오차
			최대	최소	평균	
화강암	22	22	0.39	0.09	0.20	0.08
반려암	3	3	0.20	0.16	0.18	0.02
휘록암	6	6	0.38	0.20	0.29	0.06
현무암	11	11	0.32	0.16	0.23	0.05
석영암	6	6	0.22	0.08	0.14	0.05
대리석	5	5	0.40	0.17	0.28	0.08
편마암	11	11	0.40	0.09	0.22	0.09
편암	12	11	0.31	0.02	0.12	0.08
사암	12	9	0.46	0.08	0.20	0.11
실트암	3	3	0.23	0.09	0.18	0.06
세일	3	3	0.18	0.03	0.09	0.06
석회암	19	19	0.33	0.12	0.23	0.06
백운암	5	5	0.35	0.14	0.29	0.08

표 3.2-4 신선암(intact rock)의 탄성계수 (Kulhawy, 1978)

암석 종류	값의 번호	암석 종류의 번호	탄성계수, E_0 ($MPa \times 10^3$)			평균 오차
			최대	최소	평균	
화강암	26	26	100.0	6.410	52.70	24.48
섬록암	3	3	112.0	17.100	51.40	42.68
반려암	3	3	84.1	67.60	75.80	6.69
휘록암	7	7	104.0	69.000	88.30	12.27
현무암	12	12	84.1	29.000	56.10	17.93
석영암	7	7	88.3	36.500	66.10	16.00
대리석	14	13	73.8	4.000	42.60	17.17
편마암	13	13	82.1	28.500	61.10	15.93
점판암	11	2	26.1	2.410	9.58	6.62
편암	13	12	69.0	5.930	34.30	21.93
천매암	3	3	17.3	8.620	11.80	3.93
사암	27	19	39.2	0.620	14.70	8.20
실트암	5	5	32.8	2.620	16.50	11.38
셰일	30	14	38.6	0.007	9.79	10.00
석회암	30	30	89.6	4.480	39.30	25.72
백운암	17	16	78.6	5.720	29.10	23.72

(4) 전체 안정성 손상

- ① 전체적인 안정성은 사용한계상태에서 평가한다.

3.3 사용한계상태의 지지력

(1) 지지력에 대한 추정값

- ① 추정값의 사용은 대상 구조물 부지나 그 인근 지역의 지질 상태에 근거하여야 한다.

(2) 지지력을 결정하기 위한 반경험적 방법

- ① 암반의 지지력은 암반분류시스템, RMR 등의 상관성을 사용하여 경험적으로 결정할 수 있다. 이러한 반경험적인 방법을 사용할 때에는 해당 지역의 경험이 반영되어야 한다. 추정지지력이 암석의 일축압축강도와 기초 콘크리트의 공칭저항력 중 어느 하나보다 크다면, 암석의 일축압축강도와 콘크리트의 공칭저항력 중에서 작은 값을 추정지지력으로 한다. 콘크리트의 공칭저항력은 $0.3 f'_c$ 으로 간주할 수 있다.

4. 극한한계상태의 지지력

4.1 지지력

(1) 일반사항

- ① 지지력은 기초 위치에서 가장 높이 예상되는 지하수위를 사용하여 결정하여야 한다.

기초가 편심하중을 받을 때에는 기초의 폭과 길이 대신 유효폭 및 유효길이를 사용하여 지지력을 산정하여야 한다.

극한한계상태에서 감소된 지지력 q_R 은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$q_R = \phi q_n = \phi q_{ult} \quad (4.1-1)$$

여기서,

ϕ = 이 기준의 2.5에서 규정된 저항계수

$q_n = q_{ult}$ = 공칭지지력(MPa)

- ② 기초가 편심하중을 받을 때에는 지지력에 관련된 모든 공식, 표 및 그림에 표기된 L 과 B 대신 (5)항에 규정된 L' 과 B' 을 사용하여야 한다.

(2) 이론적 계산

① 일반사항

가. 실측된 지반정수를 가지고 객관성 있는 토질역학이론을 사용하여 공칭지지력을 계산하여야 한다. 공칭지지력 해석에 사용되는 지반정수는 주어진 지반조건과 설계하중 하에서 발휘될 수 있는 흙의 전단강도를 나타내는 것이어야 한다. 사질토 위에 있는 기초의 공칭지지력은 흙의 배수강도정수를 사용하여 유효응력해석 방법으로 계산하여야 한다. 점성토 위에 있는 기초의 공칭지지력은 흙의 비배수강도정수를 사용하여 전응력 해석방법으로 계산하여야 한다. 점성토가 시간에 따라서 연약해지거나 강도가 떨어지는 경우에는 영구하중조건에 대하여 배수전단강도를 사용하여 유효응력해석 방법으로 지반의 지지력을 계산하여야 한다. 다져진 지반 위에 있는 기초에 대해서는 전응력 또는 유효응력해석 중에서 보다 보수적인 방법을 사용하여 공칭지지력을 계산하여야 한다. 국부전단파괴나 관입전단파괴가 발생한 경우, 공칭지지력은 감소된 강도정수를 사용하여 산정한다(Terzaghi, 1943).

나. 국부전단파괴나 관입전단파괴가 발생한 경우 공칭지지력은 식 (4.1-2)와 식 (4.1-3)으로 규정된 감소된 강도정수 c^* , ϕ^* 를 사용하여 산정한다(Terzaghi, 1943)

$$c^* = 0.67c \quad (4.1-2)$$

$$\phi^* = \tan^{-1}(0.67 \tan \phi) \quad (4.1-3)$$

여기서,

c^* = 관입전단파괴의 감소된 점착력(MPa)

ϕ^* = 관입전단파괴의 감소된 유효 내부마찰각(°)

다. 기초 바닥으로부터 H_{CRIT} 보다 가까운 거리 내에 전단강도가 다른 층이 존재할 경우 지반의 지지력은 다음에 제시된 이층으로 구성된 지반에 대한 지침에 근거하여 산정한다. H_{CRIT} 는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$H_{CRIT} = \frac{3B \ln \left(\frac{q_1}{q_2} \right)}{2 \left(1 + \frac{B}{L} \right)} \quad (4.1-4)$$

여기서,

q_1 = 위층이 무한히 두껍다는 가정 아래 2층 구조 지반의 위층이 지지하는 기초의 극한지지력(MPa)

q_2 = 2층 구조 지반의 아래층 표면에 의해서 지지되는 실제 기초와 모양과 크기가 같은 가상기초의 극한지지력(MPa)

라. 바닥면이 기울어진 기초를 시공하는 것은 가능하면 피하여야 한다. 만약 이것이 불가피하다면 산정된 공칭지지력을 문헌에 근거하여 용인될 수 있는 수정법에 의해 조금 더 감소시켜야 한다.

② 포화 점성토

가. 비배수 전단강도로부터 결정된 포화된 점성토의 공칭지지력은 다음과 같다.

$$q_{ult} = c N_{cm} + \gamma D_f N_{qm} \times 10^{-5} (MPa) \quad (4.1-5)$$

여기서,

$c = s_u$ = 비배수 전단강도(MPa)

N_{cm}, N_{qm} = 기초형상, 근입깊이, 흙의 압축성, 경사하중의 함수인 수정지지력계수

γ = 점성토의 전체단위중량 즉, 습윤단위중량(kN/m³)

D_f = 기초의 근입깊이(m)

나. 지지력계수인 N_{cm} 과 N_{qm} 은 다음과 같다.

(가) $D_f/B \leq 2.5, B/L \leq 1, H/V \leq 0.4$ 일 때

$$N_{cm} = N_c [1 + 0.2(D_f/B)][1 + 0.2(B/L)][1 - 1.3(H/V)] \quad (4.1-6)$$

(나) $D_f/B \geq 2.5, H/V \leq 0.4$ 일 때

$$N_{cm} = N_c [1 + 0.2(B/L)][1 - 1.3(H/V)] \quad (4.1-7)$$

여기서,

$N_c = 5.0$ = 비교적 평평한 지반, 식 (4.1-6)에 사용

$= 7.5$ = 비교적 평평한 지반, 식 (4.1-7)에 사용

$=$ 그림 4.1-1의 N_{cq} : 경사 지반 위 또는 근처에 경사 지반이 있을 때

$N_{qm} = 1.0$: 비교적 평평한 지반의 포화된 점성토

$= 0.0$: 경사 지반 위 또는 근처에 경사 지반이 있을 때

B = 기초의 폭(mm)

L = 기초 길이(mm)

H = 실제 수평하중(N)

V = 실제 연직하중(N)

다. 그림 4.1-1에서 안정계수, N_s 는 다음과 같다.

(가) $B < H_s$ 일 때

$$N_s = 0 \quad (4.1-8)$$

(나) $B \geq H_s$ 일 때

$$N_s = (g\gamma H_s/c) \times 10^{-9} \quad (4.1-9)$$

여기서,

H_s = 경사면의 높이(mm)

라. 2층으로 구성된 점성토의 기초에 비배수조건으로 하중이 재하된 경우 공칭지지력은 식 (4.1-5)를 이용하여 구할 수 있는데, 식에 사용된 기호의 설명은 다음과 같다.

c_1 = 그림 4.1-2에 제시된 상부층의 비배수 전단강도(MPa)

$N_{cm} = N_m$, 마.항에 서술한 지지력계수

$N_{qm} = 1.0$

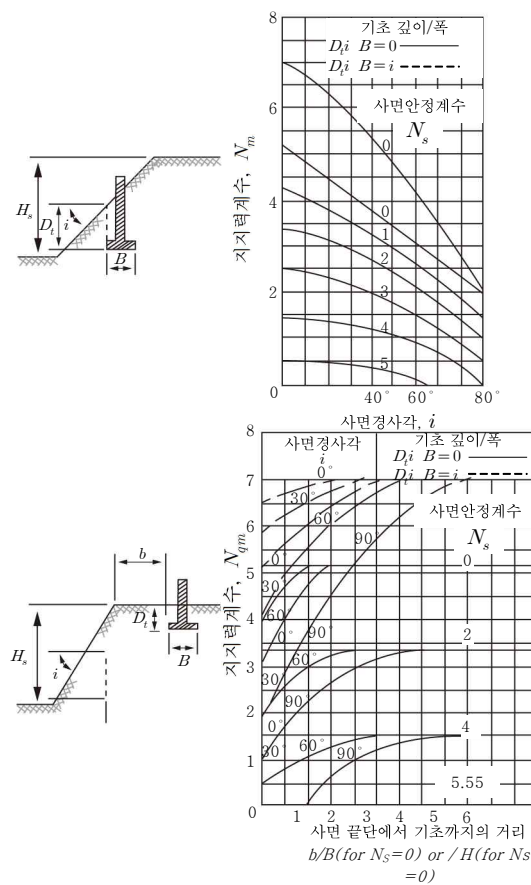


그림 4.1-1 경사 지반 위 혹은 근처에 경사 지반이 있는 경우에 대한 점성토 위 기초의 수정 지지력 계수 (Meyerhof, 1957)

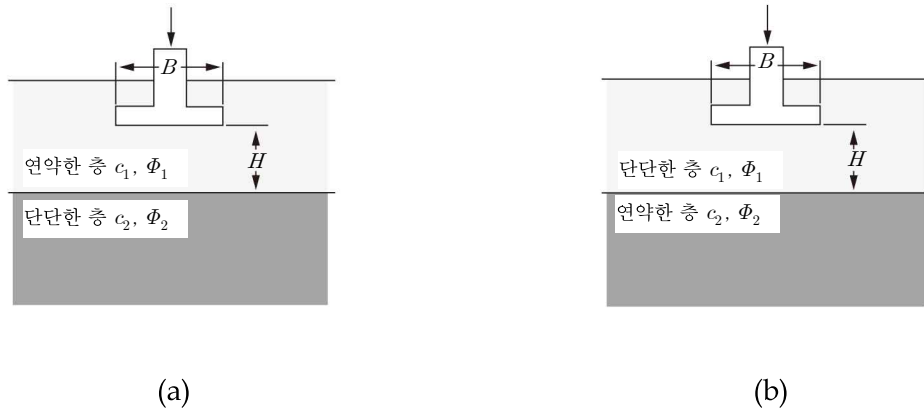


그림 4.1-2 2층으로 구성된 지반

- 마. 지지층이 단단한 점성토 위에 있으면, N_m 은 그림 4.1-3에 제시된 값을 사용한다.
 지지층이 연약한 점성토 위에 있으면, N_m 은 다음과 같다.

$$N_m = \left(\frac{1}{\beta_m} + \kappa s_c N_c \right) \leq s_c N_c \quad (4.1-10)$$

여기서,

$$\beta_m = \frac{BL}{2(B+L)H_{s2}} \quad (4.1-11)$$

$$\kappa = c_2/c_1$$

c_1 = 상부층의 전단강도(MPa)

c_2 = 하부층의 전단강도(MPa)

H_{s2} = 기초 바닥면에서 두 번째 층 상부까지의 거리(mm)

s_c = 1.0 : 연속 기초

$$= 1 + \frac{B}{L} \left(\frac{N_{qm}}{N_c} \right) : L < 5B \text{인 직사각형기초} \quad (4.1-12)$$

여기서, N_c = 지지력계수

N_{qm} = 수정 지지력 계수

- 바. 2층으로 구성된 점성토의 기초에 배수조건으로 하중이 재하된 경우 공칭지지력은 식 (4.1-16)을 이용하여 구한다.

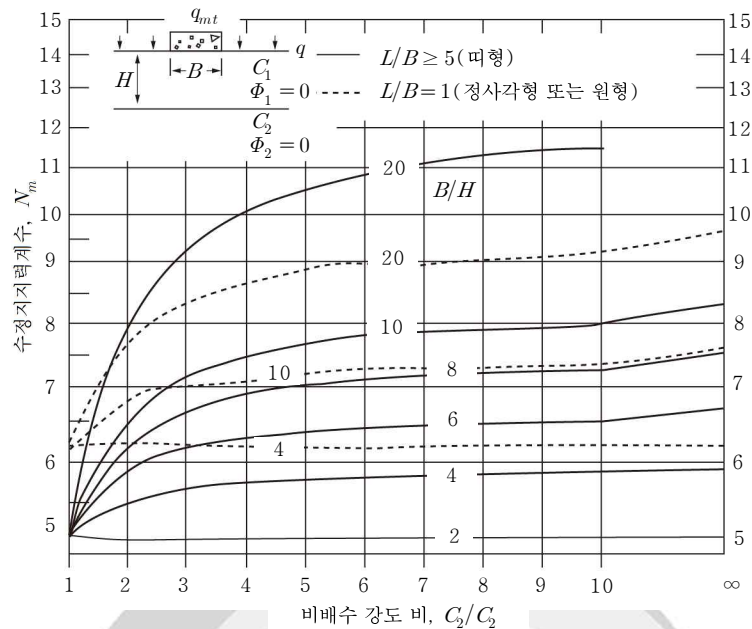


그림 4.1-3 연약층이 단단한 층 위에 놓인 점성토의 수정 지지력 계수(EPRI, 1983)

③ 사질토

가. 모래나 자갈지반과 같은 사질토의 공칭지지력은 다음과 같다.

$$q_{ult} = 0.5 g \gamma B C_{w1} N_{\gamma m} \times 10^{-9} + g \gamma C_{w2} D_f N_{qm} \times 10^{-9} (MPa) \quad (4.1-13)$$

여기서,

D_f = 기초의 근입깊이(mm)

γ = 사질토 또는 자갈의 전체단위중량 즉, 습윤단위중량(kN/m³)

B = 기초 폭(mm)

C_{w1}, C_{w2} = D_w 의 함수로 표 4.1-1에 제시된 계수들

D_w = 지표면으로부터 측정된 지하수위(mm)

$N_{\gamma m}$ = 지반공학적 수정 지지력계수

표 4.1-1 여러 가지 지하수위에 대한 C_{w1}, C_{w2} 계수

D_w	C_{w1}	C_{w2}
0.0	0.5	0.5
D_f	0.5	1.0
$1.5B + D_f$	1.0	1.0

나. 지하수위가 표 4.1-1에 제시된 위치의 중간에 존재할 경우에는 보간법에 의해

C_{w1} 과 C_{w2} 의 값을 결정하여야 한다. 지지력계수 $N_{\gamma m}$, N_{qm} 은 다음과 같다.

$$N_{\gamma m} = N_{\gamma} s_{\gamma} c_{\gamma} i_{\gamma} \quad (4.1-14)$$

$$N_{qm} = N_q s_q c_q i_q d_q \quad (4.1-15)$$

여기서,

N_{γ} = 비교적 평평한 지반의 기초에 대하여 표 4.1-2에 제시된 지지력계수
= 경사 지반 위 또는 그 근처에 놓인 기초에 대하여 그림 4.1-4에 제시된 $N_{\gamma q}$

N_q = 비교적 평평한 지반의 기초에 대하여 표 4.1-2에 제시된 지지력계수
= 0.0 : 경사 지반 위 또는 그 근처에 놓인 기초

s_q, s_{γ} = 표 4.1-3과 표 4.1-4에 제시된 형상계수

c_q, c_{γ} = 표 4.1-5와 표 4.1-6에 제시된 흙의 압축계수

i_q, i_{γ} = 표 4.1-7과 표 4.1-8에 제시된 하중경사계수

d_p = 표 4.1-9에 제시된 깊이계수

다음의 해석법을 적용한다.

(가) 표 4.1-5와 표 4.1-6에서 q 는 기초 깊이에서 초기의 유효연직응력이다. 즉, 수압이 보정된 굴착 전의 기초 바닥에서의 연직응력이다.

(나) 표 4.1-7과 표 4.1-8에서 H 와 V 는 각각 실제 수평응력과 실제 연직응력이다.

(다) 표 4.1-9의 d_q 는 기초 바닥면 위의 지반이 기초 아래의 지반처럼 양호하다면 사용할 수 있다. 지반이 연약하면, $d_q = 1.0$ 을 사용한다.

표 4.1-2 사질토 위 기초의 지지력계수 N_{γ} , N_q (Barker et al., 1991)

마찰각, $\phi_f(^{\circ})$	N_{γ}	N_q
28	17	15
30	22	18
32	30	23
34	41	29
36	58	38
38	78	49
40	110	64
42	155	85
44	225	115
46	330	160

표 4.1-3 사질토 위 기초의 형상계수 s_q (Barker et al., 1991)

마찰각, $\phi_f(^{\circ})$	s_q			
	$L/B=1$	$L/B=2$	$L/B=5$	$L/B=10$
28	1.53	1.27	1.11	1.05
30	1.58	1.29	1.11	1.06
32	1.62	1.31	1.12	1.06
34	1.67	1.34	1.13	1.07
36	1.73	1.36	1.14	1.07
38	1.78	1.39	1.16	1.08
40	1.84	1.42	1.17	1.08
42	1.90	1.45	1.18	1.09
44	1.96	1.48	1.19	1.10
46	2.03	1.52	1.21	1.10

표 4.1-4 사질토 위 기초의 형상계수 s_{γ} (Barker et al., 1991)

L/B	s_{γ}
1	0.60
2	0.80
5	0.92
10	0.96

표 4.1-5 사질토 위 정사각형 기초의 압축계수 c_{γ} , c_q (Barker et al., 1991)

상대밀도, $D_r(\%)$	마찰각, $\phi_f(^{\circ})$	$c_{\gamma}=c_q$			
		$q=0.024$ MPa	$q=0.048$ MPa	$q=0.096$ MPa	$q=0.192$ MPa
20	28	1.00	1.00	0.92	0.89
30	32	1.00	1.00	0.85	0.77
40	35	1.00	0.97	0.82	0.75
50	37	1.00	0.96	0.81	0.73
60	40	1.00	0.86	0.72	0.65
70	42	0.96	0.80	0.66	0.60
80	45	0.79	0.66	0.54	0.48
90	50	0.52	0.42	0.35	0.31

표 4.1-6 사질토 위 띠 기초의 압축계수 c_γ , c_q (Barker et al., 1991)

상대밀도, $D_r(\%)$	마찰각, $\phi_f(^{\circ})$	$c_\gamma = c_q$			
		$q = 0.024$ MPa	$q = 0.048$ MPa	$q = 0.096$ MPa	$q = 0.192$ MPa
20	28	0.85	0.75	0.65	0.60
30	32	0.80	0.68	0.58	0.53
40	35	0.76	0.64	0.54	0.49
50	37	0.73	0.61	0.52	0.47
60	40	0.62	0.52	0.43	0.39
70	42	0.56	0.47	0.39	0.35
80	45	0.44	0.36	0.30	0.27
90	50	0.25	0.21	0.17	0.15

표 4.1-7 기초의 폭 방향으로 하중이 경사졌을 때의 경사하중계수 i_γ , i_q (Barker et al., 1991)

H/V	i_γ			i_q		
	띠	$L/B=2$	정사각형	띠	$L/B=2$	정사각형
0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.10	0.73	0.76	0.77	0.81	0.84	0.85
0.15	0.61	0.65	0.67	0.72	0.76	0.78
0.20	0.51	0.55	0.57	0.64	0.69	0.72
0.25	0.42	0.46	0.49	0.56	0.62	0.65
0.30	0.34	0.39	0.41	0.49	0.55	0.59
0.35	0.27	0.32	0.34	0.42	0.49	0.52
0.40	0.22	0.26	0.28	0.36	0.43	0.46
0.45	0.17	0.20	0.22	0.30	0.37	0.41
0.50	0.13	0.16	0.18	0.25	0.31	0.35
0.55	0.09	0.12	0.14	0.20	0.26	0.30
0.60	0.06	0.09	0.10	0.16	0.22	0.25
0.65	0.04	0.06	0.07	0.12	0.17	0.21
0.70	0.03	0.04	0.05	0.09	0.13	0.16

표 4.1-8 기초 길이 방향으로 하중이 경사졌을 때의 경사하중계수 i_γ , i_q (Barker et al., 1991)

H/V	i_γ			i_q		
	띠	$L/B=2$	정사각형	띠	$L/B=2$	정사각형
0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.10	0.81	0.78	0.77	0.90	0.87	0.85
0.15	0.72	0.68	0.67	0.85	0.81	0.78
0.20	0.64	0.59	0.57	0.80	0.74	0.72
0.25	0.56	0.51	0.49	0.75	0.68	0.65
0.30	0.49	0.44	0.41	0.70	0.62	0.59
0.35	0.42	0.37	0.34	0.65	0.56	0.52
0.40	0.36	0.30	0.28	0.60	0.51	0.46
0.45	0.30	0.25	0.22	0.55	0.45	0.41
0.50	0.25	0.20	0.18	0.50	0.40	0.35
0.55	0.20	0.16	0.14	0.45	0.34	0.30
0.60	0.16	0.12	0.10	0.40	0.29	0.25
0.65	0.12	0.09	0.07	0.35	0.25	0.21
0.70	0.09	0.06	0.05	0.30	0.20	0.16

표 4.1-9 사질토의 깊이계수 d_q (Barker et al., 1991)

마찰각, $\phi_f(^{\circ})$	D_f/B	d_q
32	1	1.20
	2	1.30
	4	1.35
	8	1.40
37	1	1.20
	2	1.25
	4	1.30
	8	1.35
42	1	1.15
	2	1.20
	4	1.25
	8	1.30

2층으로 구성된 점성토의 기초에 배수조건으로 하중이 재하된 경우 공칭지지력은 다음과 같다.

$$q_u = [q_2 + (\frac{1}{K})c'_1 \cot \phi'_1] e^{2[1 + (\frac{B}{L})]K \tan \phi'_1 (\frac{H}{B})} - (\frac{1}{K})c'_1 \cot \phi'_1 \quad (4.1-16)$$

여기서,

$$K = \frac{1 - \sin^2 \phi'_1}{1 + \sin^2 \phi'_1} \quad (4.1-17)$$

여기서,

c_1 = 그림 4.1-2에 제시된 상부층의 비배수 전단강도(MPa)

q_2 = 2층구조 지반의 아래층에 의해서 지지되는 실제 기초와 모양과 크기가 같은 가상 기초의 극한지지력(MPa)

ϕ'_1 = 상부층의 유효 내부마찰각(°)

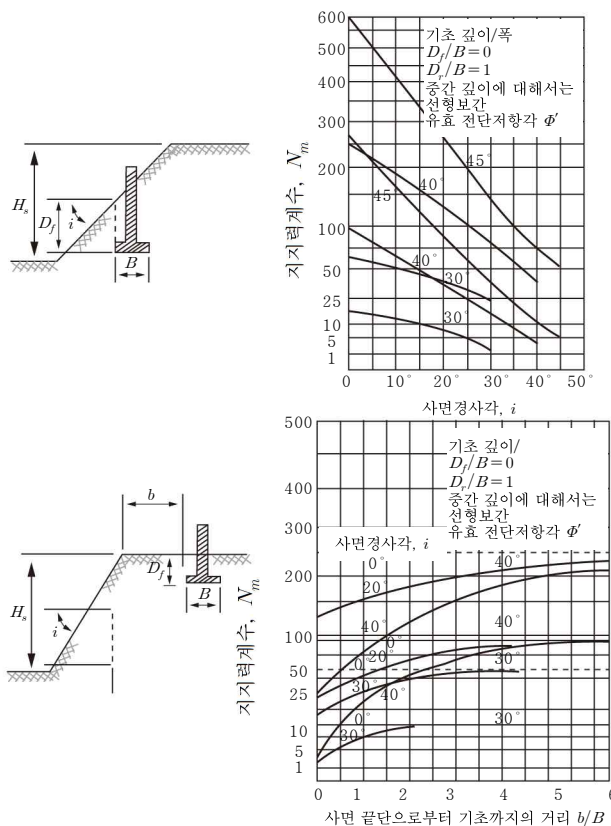


그림 4.1-4 경사 지반 위 혹은 근처에 경사 지반이 있는 경우에 대한 사질토 위 기초의 수정 지지력 계수(Meyerhof, 1957)

(3) 반경험적 방법

- ① 기초지반의 공칭지지력은 현장시험결과 또는 유사한 지반에서 관찰된 지지력으로부터 계산할 수 있다. 어떤 특정한 현장시험을 수행하거나 시험결과를 해석할 때 해당 지역의 경험이 있다면 반영하여야 한다. 다음과 같은 현장시험법이 사용될 수 있다.

가. 표준관입시험, SPT

나. 콘관입시험, CPT

다. 공내재하시험

② 표준관입시험(SPT)을 이용한 방법

가. 표준관입시험(SPT)을 근거로 한 사질토의 공칭지지력은 다음과 같다.

$$q_{ult} = 3.2 \times 10^{-5} \overline{N_{corr}} B \left(C_{w1} + C_{w2} \frac{D_f}{B} \right) R_i (MPa) \quad (4.1-18)$$

여기서,

$\overline{N_{corr}}$ = 기초저면과 그 아래 1.5B의 깊이사이의 보정된 SPT 타격수의 평균 값
(타/300 mm)

B = 기초 폭(mm)

C_{w1}, C_{w2} = 표 4.1-1에 나타난 지하수 영향 보정계수

D_f = 기초의 근입깊이(mm)

R_i = 표 4.1-10과 표 4.1-11에 나타난 하중경사 보정계수

H = 표 4.1-10과 표 4.1-11의 H/V 비를 결정하기 위한 실제 수평하중

V = 표 4.1-10과 표 4.1-11의 H/V 비를 결정하기 위한 실제 수직하중

표 4.1-10 정사각형 기초에 대한 하중경사계수, R_i

H/V	하중경사계수, R_i		
	$D_f/B=0$	$D_f/B=1$	$D_f/B=5$
0.0	1.00	1.00	1.00
0.10	0.75	0.80	0.85
0.15	0.65	0.75	0.80
0.20	0.55	0.65	0.70
0.25	0.50	0.55	0.65
0.30	0.40	0.50	0.55
0.35	0.35	0.45	0.50
0.40	0.30	0.35	0.45
0.45	0.25	0.30	0.40
0.50	0.20	0.25	0.30
0.55	0.15	0.20	0.25
0.60	0.10	0.15	0.20

표 4.1-11 직사각형 기초에 대한 하중경사계수, R_i

H/V	하중경사계수, R_i		
	폭 방향으로 경사진 하중		
	$D_f/B=0$	$D_f/B=1$	$D_f/B=5$
0.0	1.00	1.00	1.00
0.10	0.70	0.75	0.80
0.15	0.60	0.65	0.70
0.20	0.50	0.60	0.65
0.25	0.40	0.50	0.55
0.30	0.35	0.40	0.50
0.35	0.30	0.35	0.40
0.40	0.25	0.30	0.35
0.45	0.20	0.25	0.30
0.50	0.15	0.20	0.25
0.55	0.10	0.15	0.20
0.60	0.05	0.10	0.15

H/V	하중경사계수, R_i		
	길이방향으로 경사진 하중		
	$D_f/B=0$	$D_f/B=1$	$D_f/B=5$
0.0	1.00	1.00	1.00
0.10	0.80	0.85	0.90
0.15	0.70	0.80	0.85
0.20	0.65	0.70	0.75
0.25	0.55	0.65	0.70
0.30	0.50	0.60	0.65
0.35	0.40	0.55	0.60
0.40	0.35	0.50	0.55
0.45	0.30	0.45	0.50
0.50	0.25	0.35	0.45
0.55	0.20	0.30	0.40
0.60	0.15	0.25	0.35

③ 콘관입시험(CPT)을 이용한 방법

가. CPT 결과를 근거로 한 사질토와 자갈지반 위에 설치된 기초의 공칭지지력은 다음과 같다.

$$q_{ult} = 8.2 \times 10^{-5} q_c B \left(C_{w1} + C_{w2} \frac{D_f}{B} \right) R_i (MPa) \quad (4.1-19)$$

여기서, q_c = 기초저면에서 깊이 B 까지의 평균 콘관입저항력(MPa)

B = 기초 폭(mm)

D_f = 기초의 근입깊이(mm)

R_i = 표 4.1-10과 표 4.1-11에 나타난 하중경사 보정계수

C_{w1}, C_{w2} = 표 4.1-1에 나타난 지하수 영향 보정계수

④ 공내재하시험을 이용한 방법

가. 공내재하시험결과로부터 결정된 기초의 공칭지지력은 다음과 같다.

$$q_{ult} = [r_o + k (p_L - p_o)] R_i (MPa) \quad (4.1-20)$$

여기서, r_o = 기초 저면 위치의 초기 총연직압력(MPa)

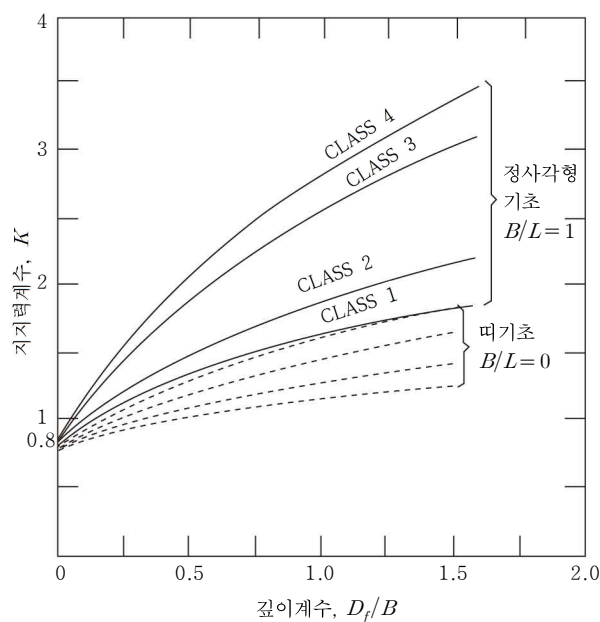
k = 그림 4.1-5에 제시한 경험적 지지력계수

p_L = 기초저면 아래위로 1.5 B 사이에서 공내재하시험으로 얻은 한계 압력의 평균값(MPa)

p_o = 기초저면 위치의 총수평압력(MPa)

R_i = 표 4.1-10과 표 4.1-11에 나타난 하중경사 보정계수

만약 기초저면 아래위로 1.5 B 사이의 p_L 값이 크게 변하면 특별한 평균기법을 사용하여야 한다.



흙의 형태	연경도 또는 밀도	$(p_L - p_0)$ (MPa)	등급(class)
점성토	연약에서 매우 단단함	< 1.1	1
	단단함	$0.77 \sim 3.8$	2
사질토와 자갈	느슨	$0.38 \sim 0.77$	2
	매우 조밀	$2.9 \sim 5.8$	4
실트	느슨에서 중간	< 0.67	1
	조밀	$1.1 \sim 2.9$	2
암	매우 작은 강도	$0.96 \sim 2.9$	2
	작은 강도	$2.9 \sim 5.8$	3
	중간 강도에서 큰 강도	$5.7 \sim 9.6+$	4

그림 4.1-5 경험적인 지지력계수 값, k (Canadian Geotechnical Society, 1985)

(4) 평판재하시험

- ① 적절한 지반조사를 통하여 기초 아래 지반의 지층구성을 파악한 후에는 평판재하시험으로 공칭지지력을 결정할 수 있다. 지층구성이 비슷한 인접기초에 대해서는 먼저 시행한 재하시험결과를 외삽하여 그 공칭지지력을 구할 수 있다.

(5) 편심하중의 영향

- ① 편심하중을 받는 기초의 경우에는 지반의 침하와 지지력 등을 산정할 때 감소된 유효면적을 사용하여야 한다. 설계하중은 유효면적의 중심에 작용하고, 따라서 등분포로 균등하게 작용한다고 가정한다. 편심하중을 받는 직사각형 기초의 감소된 크기는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} B' &= B - 2e_B \\ L' &= L - 2e_L \end{aligned} \quad (4.1-22)$$

여기서, $e_B = B$ 방향의 편심거리(mm)

$e_L = L$ 방향의 편심거리(mm)

- ② 편심하중을 받는 기초는 다음 사항을 확인하여 설계하여야 한다.

- 가. 감가된 지지력은 설계 하중보다 작지 않을 것
- 나. 설계하중을 근거로 계산한 기초의 편심은 기초 크기인 B 또는 L 의 1/4 미만일 것
- 다. 편심하중을 받는 기초의 구조설계에 있어서는, 설계 하중에 근거한 삼각형이나 사다리꼴 접지압 분포를 사용한다. 직사각형이 아닌 기초에 대해서는 위에 설명한 원리에 입각하여 비슷한 절차를 밟아서 설계한다.

4.2 암반 지지력

(1) 일반사항

- ① 암반 위에 놓인 기초의 설계 방법은 불연속면의 존재 및 그 방향과 상태, 풍화 정도 그리고 지역에 따른 특성들을 고려하여야 한다. 양호한 암반 위에 설치된 기초의 경우, 암석의 일축압축강도와 RQD를 근거로 한 단순하면서도 직접적인 해석방법을 적용할 수 있다. 양호하지 못한 암반 기초의 경우에는 풍화 영향 및 불연속면의 존재와 상태를 고려하여 보다 자세한 조사와 해석을 수행하여야 한다.
- (2) 반경험적 방법
 - ① 암반의 공칭지지력은 지반공학적 암체 평가법인 RMR이나 NGI의 암반분류법 등과 경험적 상관관계를 이용하여 결정할 수 있다. 이러한 반경험적인 방법을 사용할 때, 지역적 경험이 있다면 반영하여야 한다. 기초의 감가된 지지력은 기초 콘크리트의 설계 압축강도보다 더 클 수는 없다.
- (3) 해석적 방법
 - ① 암반 위에 설치된 기초의 공칭지지력은 암반 강도정수에 근거한 암석역학 이론에 의해 결정한다. 또한 파괴형태에 대한 불연속면의 영향을 고려하여야 한다.
- (4) 재하시험
 - ① 가능하다면 암반 위에 설치된 기초의 공칭지지력을 결정하기 위하여 재하시험을 시행한다.
- (5) 하중편심량의 제한
 - ① 양호한 암반 위에 놓인 기초가 편심을 받을 때 지지력의 분포는 모든 한계상태에서 삼각형이나 사다리꼴 분포와 같이 선형적으로 변화한다고 가정한다. 하중에 대한 편심량은 기초 크기인 B 또는 L 의 3/8을 초과해서는 안 된다.

4.3 활동파괴

- (1) 경사하중을 지지하는 기초와 사면 위에 놓인 기초에 대해서는 활동에 의한 파괴여부를 검토하여야 한다. 점성토 위에 설치된 기초에 대해서는, 점성토와 기초 사이의 수축에 의한 틈새 발생 가능성을 고려하여야 한다. 만약 활동에 대한 저항력에 수동토압이 포함된 경우, 장래에 기초 앞면의 흙이 제거될 수 있는 가능성을 아울러 고려하여야 한다.
- (2) 활동파괴에 대한 설계 저항력은 다음과 같이 산정한다.

$$Q_R = \phi Q_n = \phi_\tau Q_\tau + \phi_{ep} Q_{ep} \quad (4.3-1)$$

여기서,

ϕ_τ = 표 2.5-1에 제시된 흙과 기초 사이의 전단저항에 대한 저항계수

Q_τ = 흙과 기초 사이의 공칭 전단저항력(N)

ϕ_{ep} = 표 2.5-1에 제시된 수동저항에 대한 저항계수

Q_{ep} = 구조물의 총 설계 수명에 대한 흙의 공칭수동저항력(N)

만약 기초 아래 흙이 사질토라면,

$$Q_\tau = V \tan \delta(N) \quad (4.3-2)$$

여기서,

현장타설 콘크리트 기초에 대해서는, $\tan\delta = \tan\phi_f$

프리캐스트 콘크리트 기초에 대해서는, $\tan\delta = 0.8\tan\phi_f$

여기서, ϕ_f = 흙의 내부마찰각(°)

V = 총연직력(N)

(3) 점성토에 설치된 기초의 활동저항은 다음과 같은 사항 중에서 작은 값을 택하여야 한다.

① 점성토의 점착력

② 옹벽에 대하여 그림 4.1-6에 나타난 것과 같이 기초가 적어도 150 mm 이상 다져진 사질토 위에 놓이는 경우에 기초와 흙사이 경계면상 수직응력의 1/2

(4) 다음은 그림 4.1-6에서 적용된 기호이다.

q_s = 단위 전단저항력, S_u 또는 $0.5\sigma'_v$ 중 작은 값

$Q_r = q_s$: 그림의 면적(어둡게 칠한 면적)

S_u = 비배수 전단강도(MPa)

σ'_v = 유효연직응력

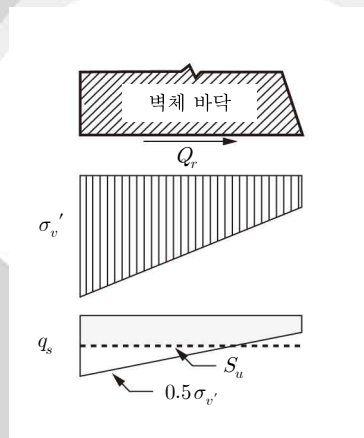


그림 4.1-6 점성토에 설치된 옹벽의 활동 저항력을 산정하는 과정

5. 구조 설계

5.1 말뚝 머리판

- (1) 말뚝의 외측으로부터 머리판(pile cap) 단부까지의 거리는 머리판에서 인장력이 적절하게 지지될 수 있는 거리로 하여야 한다. 또 현장에서 예상되는 말뚝의 시공오차도 고려하여야 한다.
- (2) 말뚝 머리판의 철근은 스트럿-타이 모델 또는 적절한 휨해석 방법을 적용하여 설계하여야 한다.
- (3) 하중에 저항하기 위한 주인장철근은 말뚝 상단 위의 응력 도입 영역에 집중 배치되어야 한다. 만약 인장철근량이 최소철근량 이상인 경우 판의 하부 표면을 따라 고르게 분포되는 철근은 생략할 수 있다. 만약 기초판의 측면과 상부 표면에 인장력 발생의 가능성이 없다면, 기초판의 측면과 상부 표면에 철근을 배치하지 않을 수 있다.

- (4) 인장철근의 정착을 위해 횡방향 용접철근을 사용할 수 있다. 이런 경우의 횡방향 철근은 철근의 정착구역에서 횡방향 철근의 일부분으로 간주할 수 있다.
- (5) 말뚝의 상향 반력에 의해 발생된 압축력은 말뚝 단부로부터 45° 각도로 퍼진다고 가정할 수 있다.(그림 5.1-1 참조) 이 압축력은 정착길이 계산 시 고려하여야 한다.
- (6) 말뚝이 인장력(부반력)을 받는 경우에는 그에 저항하는 머리판 구조를 계획하여야 한다.

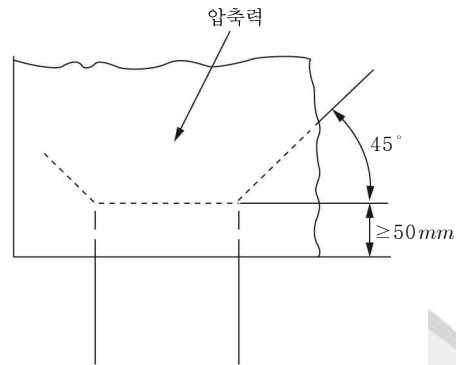


그림 5.1-1 정착 성능이 증가하는 압축영역의 확대

5.2 확대기초판

(1) 일반

- ① 주철근은 KDS 24 14 21 (4.3.4)에 따라 정착되어야 한다. 확대기초판 설계 시에는 (2)항의 설계모델을 사용할 수 있다.
- ② 원형 확대기초판의 주철근은 직교 방향으로 배치하여야 하며 기초판 지름의 $50\% \pm 10\%$ 폭에 해당하는 기초판 중앙부에 집중 배치되어야 한다.(그림 5.2-1 참조) 이 경우 철근이 배치되지 않은 부분은 무근 콘크리트로 취급하여야 한다.
- ③ 하중에 의해 확대기초판 상부 표면에 인장력이 유발되는 경우, 인장응력의 영향을 검토하여야 하며 필요에 따라 보강하여야 한다.

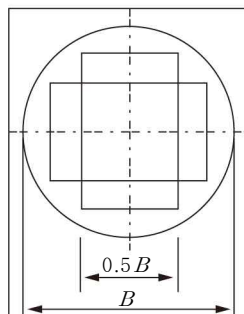


그림 5.2-1
원형 확대기초판의 직교 철근

(2) 철근의 정착

- ① 철근의 인장력은 그림 5.2-2와 같이 경사균열의 영향을 고려한 평형조건을 적용하여 결정하여야 한다. x 위치의 인장력 T_s 는 기초 단부로부터 동일한 거리 x 이내의 콘크리트에 정착되어야 한다.
- ② 정착된 철근의 인장력은 다음과 같다

$$T_s = R \cdot z_e / z_i \quad (5.2-1)$$

여기서,

$R = x$ 거리 이내 지반반력의 합력

$z_e =$ 외적 팔길이, 즉 R 과 수직력 N_u 사이의 거리

$N_u = A$ 단면과 B 단면 사이의 총 지반압력에 해당하는 수직력

$z_i =$ 내적 팔길이, 즉 수평력 C 와 철근 사이의 거리

$C =$ 최대인장력 $T_{s,max}$ 에 해당하는 압축력

- ③ 팔길이 z_e 와 z_i 는 N_u 와 C 에 대한 압축영역을 고려하여 결정할 수 있다. 단, 단순 계산법으로서 z_e 는 $e = 0.15b$ 로 가정하여 결정할 수 있고(그림 5.2-2 참조), z_i 는 $0.9d$ 를 사용하여 결정할 수 있다.
- ④ 그림 5.2-2의 l_b 는 직선 철근에서 정착길이를 이용할 수 있는 길이를 나타낸다. 만약 T_s 를 정착하기 위한 정착길이가 충분하지 않은 경우, 정착길이를 증가시키기 위해 갈고리 철근이나 단부정착장치를 사용할 수 있다.
- ⑤ 직선 철근의 정착에 대해서는 x 의 최솟값이 가장 큰 영향을 미친다. x 의 최솟값을 근사적으로 결정할 때는 $x_{min} = h/2$ 로 가정할 수 있다. 그 외 다른 종류로 정착되는 철근에 대해서는 더 큰 x 값을 사용할 수 있다.

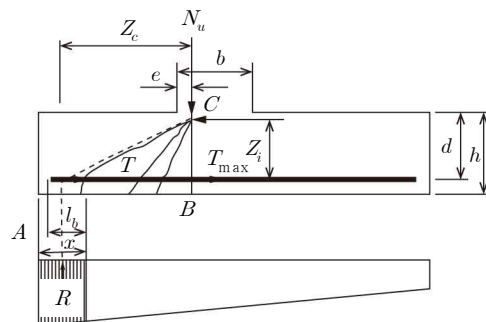


그림 5.2-2 경사균열의 영향을 고려한 철근인장력 해석

5.3 타이보

- (1) 기초에 편심하중이 발생하지 않도록 타이보(Tie beams)를 사용할 수 있다. 타이보는 휨모멘트와 전단력에 저항하도록 설계하여야 한다.

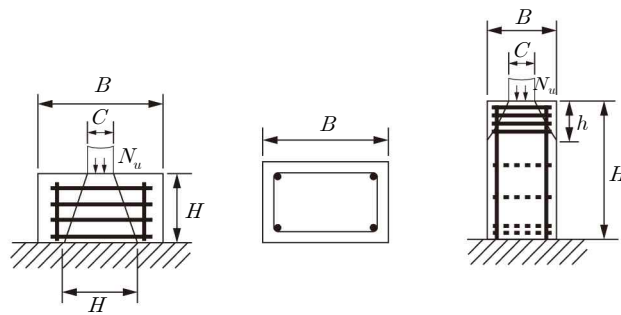
- (2) 다짐기계의 작용이 타이보에 영향을 미칠 수 있는 경우, 타이보는 최소 10 kN/m의 하향하중을 고려하여 설계하여야 한다.

5.4 압반 위 기둥의 기초

- (1) 극한한계상태의 지반반력이 5 MPa 이상인 기초에서 쏘갸력에 저항하기 위한 횡방향 철근이 배치되어야 한다. 이 때의 횡방향 철근은 쏘갸력이 작용하는 방향에 대해 높이 h 이상 균일하게 배치하여야 한다.(그림 5.4-1 참조)
- (2) 쏘갸력 F_s 는 다음과 같이 계산할 수 있다.(그림 5.4-1 참조)

$$F_s = 0.25(1 - c/h)N_u \quad (5.4-1)$$

여기서, h 는 B 와 H 중 작은 값



(a) $h \geq H$ 인 확대기초판 (b) 단면 (c) $h < H$ 인 확대기초판
그림 5.4-1 압반 위 기둥의 쏘갸 방지 철근

5.5 현장타설말뚝

- (1) 이 규정은 철근콘크리트 현장 타설 말뚝에 적용한다.
- (2) 철근상세는 콘크리트의 타설에 부정적인 영향을 주지 않도록 설계하여야 한다.
- (3) 지름이 600 mm 이하인 현장타설말뚝은 표 5.5-1에 따라 최소 축방향 철근량 이상의 철근을 단면 주변에 배치하여야 한다.
- (4) 축방향 철근의 최소 지름은 16 mm 이상이어야 한다. 말뚝은 최소한 6개의 축방향 철근이 배치되어야 한다. 철근 사이의 순간격은 200 mm 이하이어야 한다.

표 5.5-1 현장타설말뚝의 최소 축방향 철근량

말뚝의 단면적, A_c	최소 축방향 철근량, A_s
$A_c \leq 0.5 m^2$	$A_s \geq 0.005 \cdot A_c$
$0.5 m^2 < A_c \leq 1.0 m^2$	$A_s \geq 25 cm^2$
$A_c > 1.0 m^2$	$A_s \geq 0.0025 \cdot A_c$

집필위원

성명	소속	성명	소속
권오균	계명대학교	나승민	포스코
김동욱	인천대학교	이철주	강원대학교

자문위원

성명	소속	성명	소속
여규권	삼부토건	박이근	(주)지오알앤디
남문석	한국도로공사	유남재	한국건설생활환경시험연구원
김대현	조선대학교		

건설기준위원회

성명	소속	성명	소속
구찬모	한국토지주택공사	배병훈	한국도로공사
김운형	다산컨설팅	임대성	삼보ENG
김유봉	서영엔지니어링	정상섭	연세대학교
김홍문	평화엔지니어링	정충기	서울대학교
박성원	유신	최용규	경성대학교
박종호	평화지오텍		

중앙건설기술심의위원회

성명	소속	성명	소속
구자흡	삼영엠텍(주)	이근하	(주)포스코엔지니어링
김현길	(주)정림이앤씨	차철준	한국시설안전공단
박구병	한국시설안전공단	최상식	(주)다음기술단

국토교통부

성명	소속	성명	소속
정선우	국토교통부 기술기준과	김병채	국토교통부 기술기준과
김광진	국토교통부 기술기준과	박찬현	국토교통부 원주지방국토관리청
김남철	국토교통부 기술기준과	이선영	국토교통부 기획총괄과

(분야별 가나다순)

설계기준

KDS 11 50 10 : 2016

얇은기초 설계기준(한계상태설계법)

2016년 6월 30일 제정

소관부서 국토교통부 기술기준과

관련단체 한국도로협회
13647 경기도 성남시 수정구 위례서일로 26, 8층
Tel : 02-3490-1000 E-mail : off@kroad.or.kr
<http://www.kroad.or.kr>

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 15 : 2016

깊은기초 설계기준 (일반설계법)

2016년 6월 30일 제정

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

KC CODE



건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

이 기준은 발간 시점부터 사용하며, 이미 시행 중에 있는 설계용역이나 건설 공사는 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 설계기준, 도로교 설계기준, 건축구조기준을 중심으로 철도 설계기준(노반편), 항만및어항 설계기준의 깊은기초 설계에 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 15 : 2016	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비함	제정 (2016.6)
KDS 11 50 15 : 2016	• 한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함	수정 (2018.7)

제 정 : 2016년 6월 30일

심 의 : 중앙건설기술심의위원회

소관부서 : 국토교통부 기술기준과

관련단체 : 한국지반공학회

개 정 : 년 월 일

자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회

작성기관 : 한국지반공학회

목 차

1. 일반사항	1
1.1 적용범위	1
1.2 용어의 정의	1
1.3 검토사항	1
2. 말뚝기초	1
2.1 일반사항	1
2.2 말뚝의 축방향 지지력과 변위	2
2.2.1 말뚝기초의 축방향 허용지지력	2
2.2.2 말뚝본체의 허용 압축하중	2
2.2.3 지반의 축방향 허용 압축지지력	3
2.2.4 재하시험에 의한 축방향 허용 압축지지력 결정	3
2.2.5 항타공식에 의한 축방향 허용 압축지지력의 결정	4
2.2.6 무리말뚝의 축방향 압축지지력	4
2.2.7 침하 가능성이 있는 지반에 설치되는 말뚝의 부주면 마찰력	4
2.2.8 말뚝의 축방향 허용 인발저항력	4
2.2.9 말뚝기초의 침하	4
2.3 말뚝의 횡방향 허용 지지력	5
2.3.1 말뚝의 횡방향 지지력	5
2.3.2 외말뚝	5
2.3.3 무리말뚝	5
2.3.4 횡방향 허용지지력	5
2.3.5 수평방향 지반반력계수	5
2.3.6 말뚝의 스프링정수	6
2.4 말뚝재료의 허용응력	6
2.4.1 나무말뚝	6
2.4.2 기성콘크리트말뚝	6

2.4.3 현장타설 콘크리트말뚝	6
2.4.4 강말뚝	6
2.5 말뚝기초 설계	7
2.5.1 설계 시 고려 사항	7
2.5.2 말뚝간격과 말뚝배열	7
2.5.3 말뚝기초의 반력	7
2.5.4 말뚝기초의 설계	7
2.5.5 말뚝재하시험 종류	8
2.5.6 특수한 조건에 있는 말뚝기초의 설계	8
2.5.7 말뚝과 확대기초의 결합부	9
3. 케이슨기초	9
3.1 적용범위	9
3.2 지반의 허용지지력	9
3.2.1 케이슨 기초지반의 허용 연직지지력	9
3.2.2 케이슨기초 저면 지반의 허용 연직지지력	9
3.2.3 케이슨기초 전면 지반의 허용 수평지지력	9
3.3 지반반력 및 침하량	9
3.3.1 일반사항	9
3.3.2 고려 사항	10
3.3.3 탄성변위량	10
3.3.4 압밀침하량	10

1. 일반사항

1.1 적용범위

- (1) 이 기준은 기초가 지지하는 구조물의 저면으로부터 구조물을 지지하는 지지층까지의 깊이가 기초의 최소폭에 비하여 비교적 큰 깊은 기초형식인 말뚝기초, 케이슨기초 등에 적용한다.

1.2 용어의 정의

- 극한지지력: 구조물을 지지할 수 있는 지반의 최대 저항력이다.
- 허용지지력: 구조물의 중요성, 설계지반정수의 정확도, 흙의 특성을 고려하여 지반의 극한 지지력을 적정의 안전율로 나눈 값이다.
- 말뚝기초: 말뚝을 지중에 삽입하여 하중을 지반 속 깊은 곳의 지지층으로 전달하는 깊은기초의 대표적인 기초형식이다.
- 무리말뚝: 두 개 이상의 말뚝을 인접 시공하여 하나의 기초를 구성하는 말뚝의 설치형태이다.
- 주면마찰력: 말뚝의 표면과 지반과의 마찰력에 의해 발현되는 저항력이다.
- 선단지지력: 깊은 기초의 선단부 지반의 전단저항력에 의해 발현되는 지지력이다.
- 부마찰력: 말뚝 침하량보다 큰 지반 침하가 발생하는 구간에서 말뚝 주면에 발생하는 하향의 마찰력이다.
- 케이슨기초: 지상에서 제작하거나 지반을 굴착하고 원위치에서 제작한 콘크리트통에 속채움을 하는 깊은기초 형식이다.
- 현장타설 콘크리트말뚝: 지반에 천공하고 콘크리트를 타설하여 완성하는 말뚝이다.
- 기성 콘크리트말뚝: 공장에서 제작된 콘크리트말뚝이다.

1.3 검토사항

- (1) 기초의 지지력은 작용하중에 대해 충분한 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. 말뚝기초

2.1 일반사항

- (1) 이 기준은 각종 토목구조물과 건축구조물에 사용되는 말뚝기초의 설계에 적용된다. 말뚝기초의 설계는 이 기준의 1.3을 검토하여 결정하여야 한다.

2.2 말뚝의 축방향 지지력과 변위

2.2.1 말뚝기초의 축방향 허용지지력

- (1) 말뚝기초의 축방향 허용지지력은 말뚝본체의 허용 압축하중과 지반의 허용 지지력 중 작은 값 이하로 한다. 말뚝기초의 축방향 변위는 상부 구조물의 허용변위량 이내로 한다.

2.2.2 말뚝본체의 허용 압축하중

(1) 강말뚝

- ① 강말뚝 본체의 허용 압축하중은 강재의 허용 압축응력에 본체의 유효단면적을 곱한 값에 세장비(말뚝 직경에 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 허용 압축하중을 결정한다.

(2) 기성 콘크리트말뚝

- ① RC말뚝 본체의 허용 압축하중은 콘크리트의 허용 압축응력에 콘크리트의 단면적을 곱한 값에 세장비 및 말뚝이음에 의한 지지하중 감소를 고려하여 결정한다.
- ② PC말뚝 및 PHC말뚝 본체의 허용 압축하중은 콘크리트의 허용 압축응력에 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 허용 압축하중을 결정한다.

(3) 현장타설 콘크리트말뚝

- ① 현장타설 콘크리트말뚝 본체의 허용 압축하중은 콘크리트와 보강재로 구분하여 허용 압축하중을 각각 산정한 다음, 이 두 값을 합하여 결정한다.
- ② 콘크리트의 허용 압축하중은 콘크리트의 허용 압축응력에 콘크리트의 단면적을 곱한 값으로 한다.
- ③ 보강재의 허용 압축하중은 보강재의 허용 압축응력에 보강재의 단면적을 곱한 값으로 한다.
- ④ 지하수에 의해 부식이 우려되는 경우에는 부식 방지공을 고려하여 말뚝 본체의 허용 압축하중을 결정한다.

(4) 기타 종류의 말뚝

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

2.2.3 지반의 축방향 허용 압축지지력

- (1) 외말뚝 조건에서 지반의 축방향 허용 압축지지력은 축방향 극한 압축지지력을 소정의 안전율로 나눈 값으로 한다.
- (2) 안전율은 축방향 극한 압축지지력을 산정하는 방법의 신뢰도에 따라 적절한 값을 적용한다.
- (3) 말뚝의 축방향 압축지지력은 다음과 같이 결정한다.
 - ① 공사에서는 시험말뚝을 설치하고 압축재하시험을 실시하여 지반의 축방향 허용 압축지지력을 확인한 후, 본 말뚝을 시공토록 한다. 또한, 하중전이특성을 확인하여 말뚝기초의 하중지지거동을 파악하여 이용하는 것이 바람직하다.
 - ② 공사 규모가 작거나 제반 여건상 시험말뚝 시공과 압축재하시험이 곤란한 경우에는 지반조사와 토질시험 결과를 이용한 정역학적 지지력공식을 이용하거나, 표준 관입시험, 정적관입시험, 공내재하시험 등과 같은 원위치시험 결과를 이용한 경험식에 의하여 축방향 극한 압축지지력을 계산할 수 있다. 그러나 이들 방법의 신뢰도는 극히 낮기 때문에 공사 초기에 실제 말뚝을 대상으로 압축재하시험을 실시하여 축방향 허용압축지지력을 확인한다.
- (4) 항타공법으로 말뚝을 시공하는 경우에는 파동이론분석을 실시하여 항타장비 선정, 항타시공 관입성 및 지반의 축방향 극한압축지지력 등을 검토하되, 시험말뚝 시공 시 동적거동측정을 실시하여 이를 확인한다.
- (5) 말뚝의 지지력은 시공의 영향을 많이 받기 때문에 말뚝 시공 전에 시험말뚝을 시공하고 나서 여러 가지 검토를 거쳐 설계를 검토할 필요가 있다. 시험말뚝 결과에 따라 말뚝의 길이나 시공방법을 변경할 필요가 있다.

2.2.4 재하시험에 의한 축방향 허용 압축지지력 결정

- (1) 말뚝기초의 압축재하시험은 사하중, 지반앵커 및 반력말뚝의 인발저항력을 이용한 연직압축재하시험, 말뚝본체에 미리 설치된 가압셀(또는 가압재)을 이용한 양방향재하시험, 동적하중을 재하하는 동재하시험 방법으로 실시할 수 있다.
- (2) 말뚝 압축재하시험 실시 수량은 구조물의 중요도, 지반조건, 공사규모를 고려하여 결정한다.
- (3) 말뚝의 압축지지력은 지반조건에 따라 말뚝을 시공한 후 경과한 시간에 따라 변화한다. 이를 확인하기 위하여 동일한 말뚝에 대하여 시공시점과 일정한 시간이 경과한 후 압축재하시험을 실시한다.
- (4) 동재하시험은 실시 기술자의 자질에 따라 그 신뢰도가 크게 영향을 받으므로 이러한 문제를 해결할 수 있도록 계획되어야 한다. 필요한 경우에는 동일한 말뚝에 대해 수행된 정재하시험 결과와 비교 평가함으로써 동재하시험의 신뢰도를 확인하는 절차를 거치도록 한다.
- (5) 재하시험을 할 경우에는 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.

2.2.5 항타공식에 의한 축방향 허용 압축지지력의 결정

- (1) 항타공식을 사용한 압축지지력 추정은 사용 해머의 효율에 크게 영향을 받으므로 동재하시험으로 해머의 효율을 주기적으로 실측한 값을 반영한다.
- (2) 항타공식 계산 결과는 항타시의 말뚝의 압축지지력이므로 시간경과효과를 추가로 고려한다.
- (3) 동재하시험으로 얻은 실측 해머 효율과 시간경과효과를 고려하는 경우에도 항타공식 계산 결과는 시공관리 목적으로만 사용한다.

2.2.6 무리말뚝의 축방향 압축지지력

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

2.2.7 침하 가능성이 있는 지반에 설치되는 말뚝의 부주면 마찰력

- (1) 부주면 마찰력의 크기는 중립점의 위치, 침하지반의 특성, 말뚝재료의 특성을 고려하여 산정한다.
- (2) 무리말뚝에 대해서는 무리말뚝 효과를 고려한 부주면 마찰력을 적용할 수 있다.
- (3) 부주면 마찰력이 발생하는 지반조건에서는 선단지지력의 크기, 주면 마찰력의 크기 및 분포를 판단할 수 있는 압축재하시험을 실시하여 축방향 허용 압축지지력을 결정하는 것이 바람직하다.
- (4) 부주면 마찰력이 큰 경우에는 부주면 마찰력 감소방법을 적용할 수 있다.

2.2.8 말뚝의 축방향 허용 인발저항력

- (1) 외말뚝의 허용 인발저항력은 지반의 축방향 허용 인발저항력에 말뚝의 무게를 더한 값과 말뚝본체의 허용 인발하중 중 작은 값으로 한다.
- (2) 지반의 축방향 허용 인발저항력은 인발재하시험을 실시하여 판정하는 것이 가장 바람직하다.
- (3) 인발 정재하시험 결과를 얻을 수 없는 경우에는 압축재하시험 결과로부터 얻어진 극한 압축주면마찰력으로부터 극한 인발저항력을 추정할 수 있다.
- (4) 무리말뚝의 허용 인발저항력에 대해서는 무리말뚝의 영향을 고려한다.

2.2.9 말뚝기초의 침하

- (1) 침하에 의한 구조물의 안정성을 판정할 때에는 외말뚝의 침하량, 무리말뚝의 침하량, 부주면마찰력에 의한 외말뚝의 침하량, 부주면마찰력에 의한 무리말뚝의 침하량 및 부등침하량뿐만 아니라 상부 구조물의 특성도 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 바람직하다. 압축 정재하시험 결과를 얻을 수 없는 경우에는 침하량 산정 공식이나 해석적 기법을 이용하여 추정할 수 있다.

2.3 말뚝의 횡방향 허용 지지력

2.3.1 말뚝의 횡방향 지지력

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

2.3.2 외말뚝

- (1) 외말뚝의 횡방향 허용지지력은 수평재하시험을 실시하여 결정하는 것이 가장 바람직하다.
- (2) 수평재하시험을 실시할 수 없는 경우에는 탄성보 방법 및 극한 평형법과 같은 해석적 방법 또는 프레스미터 결과를 이용한 방법으로 횡방향 허용지지력을 추정할 수 있다.
- (3) 말뚝의 수평재하시험을 실시하더라도 실제 구조물의 하중조건과 다른 경우에는 그 결과를 적합한 방법(자료에 의한 경험적 방법)으로 해석한다.
- (4) 경사말뚝과 연직말뚝으로 이루어진 구조물 기초에 작용하는 수평력은 모두 경사말뚝에 의해서 지지되는 것으로 하여도 좋다. 이 경우 경사말뚝에 작용하는 수평력은 각 경사말뚝의 축방향 지지력에 의해서만 저항하는 것으로 설계할 수가 있다.

2.3.3 무리말뚝

- (1) 무리말뚝의 횡방향 허용지지력은 말뚝중심 간격에 따른 영향을 고려한다.
- (2) 무리말뚝 효과에 대해서는 무리말뚝의 수평재하시험을 실시하여 확인하는 것이 가장 바람직하다.
- (3) 무리말뚝의 수평재하시험을 실시할 수 없는 경우에는 해석적 방법으로 추정할 수 있다.

2.3.4 횡방향 허용지지력

- (1) 주기적으로나 장기적으로 횡방향 하중을 받는 조건에서의 횡방향 허용지지력은 정적인 하중조건으로 결정된 횡방향 허용지지력을 적절히 감소시켜 결정한다.

2.3.5 수평방향 지반반력계수

- (1) 말뚝기초의 설계에 이용되는 수평방향 지반반력계수는 말뚝의 수평재하시험을 통해 구한 하중-변위량 곡선에서 역산하여 구하며, 지반조사 및 토질시험 결과를 이용하여 추정할 수도 있다.

2.3.6 말뚝의 스프링정수

(1) 말뚝의 축방향 스프링정수

- ① 외말뚝의 축방향 스프링정수는 연직재하시험을 통해 구한 하중-침하량 곡선으로부터 구하며, 기존의 연직재하시험에 기초한 추정식, 토질시험 및 현장시험의 결과를 이용하여 추정할 수도 있다.

(2) 말뚝의 축직각방향 스프링정수

- ① 외말뚝의 축직각방향 스프링정수는 수평방향 지반반력계수를 이용하여 탄성지반 위의 보이론을 기초로 산출하여야 한다.

2.4 말뚝재료의 허용응력

2.4.1 나무말뚝

- (1) 나무말뚝의 허용압축응력은 소나무, 낙엽송, 미송에 있어서 5 MPa, 기타의 수종에 있어서는 상시 습윤상태에 있는 경우의 값과 5 MPa 중 작은 값을 택한다. 여기서 허용 지지력은 나무말뚝의 최소단면에 대해 구하는 것으로 한다.

2.4.2 기성콘크리트말뚝

- (1) 기성콘크리트말뚝의 장기 허용압축응력은 콘크리트설계기준강도의 최대 1/4까지를 말뚝재료의 장기 허용압축응력으로 한다. 단기 허용압축응력은 장기 허용압축응력의 1.5배로 한다. 사용하는 콘크리트의 설계기준강도는 35 MPa 이상으로 하고 허용 지지력은 말뚝의 최소단면에 대하여 구하는 것으로 한다.

2.4.3 현장타설 콘크리트말뚝

- (1) 현장타설 콘크리트말뚝의 장기 허용압축응력은 시공 시의 상황에 따라 다음과 같이 정한다.
 - ① 말뚝체의 전부 또는 일부의 콘크리트가 물 또는 흙탕물 중에 타설될 경우는 사용하는 콘크리트의 설계기준강도의 1/5 또는 5 MPa 이하
 - ② 말뚝체용 굴착구멍에 물 또는 흙탕물이 없는 상태에서 콘크리트가 타설된 경우는 사용하는 콘크리트의 설계기준강도의 1/4 또는 6 MPa 이하

2.4.4 강말뚝

- (1) 강말뚝의 장기 허용압축력은 일반의 경우 부식부분을 제외한 단면에 대해 재료의 항복응력과 국부좌굴응력을 고려하여 결정한다. 단기 허용압축응력은 장기 허용압축응력의 1.5배로 한다.

2.5 말뚝기초 설계

2.5.1 설계 시 고려 사항

- (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, 무리 말뚝 시공으로 인한 말뚝 솟아오름 가능성 등에 대하여 검토한다.

2.5.2 말뚝간격과 말뚝배열

- (1) 말뚝의 배열은 연직하중 작용점에 대하여 가능한 한 대칭을 이루며 각 말뚝의 하중 분담률이 큰 차이가 나지 않도록 한다.
- (2) 말뚝중심 간격은 최소한 말뚝직경의 2.5배 이상, 기초측면과 말뚝중심 간의 거리는 최소 말뚝직경의 1.25배 이상으로 한다.

2.5.3 말뚝기초의 반력

- (1) 말뚝기초의 연직하중은 말뚝에 의해서만 지지되는 것으로 간주하며 기초 푸팅의 지지 효과는 무시한다. 다만, 기초 푸팅의 지지효과에 대하여 충분히 신뢰할 수 있는 경우에는 이를 고려한다.
- (2) 말뚝기초의 횡방향 하중은 말뚝에 의해서 지지되는 것으로 한다. 다만 기초의 깊이가 깊고 뒤통이 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.

2.5.4 말뚝기초의 설계

- (1) 말뚝기초의 설계는 예비설계, 검증시험(proof test), 예비설계의 보완의 절차를 거쳐 수행하는 것이 바람직하다. 검증시험이란 일정규모 이상의 교량공사에서 말뚝의 시공 시방 설정, 말뚝지지력의 평가 그리고 말뚝의 길이 결정, 말뚝의 하중지지거동의 확인 등을 위하여 실시하는 시험이다. 설계단계에서 시험말뚝에 대한 시험이 곤란할 경우에는 시공초기에 설계확인 및 본시공 관리기준의 설정을 위한 말뚝시험이 되도록 계획한다.

2.5.5 말뚝재하시험 종류

- (1) 말뚝재하시험으로는 압축재하시험, 인발재하시험, 수평재하시험 등이 있으며, 실시하는 방법으로는 정재하시험방법 또는 동재하시험방법을 고려할 수 있다.
- (2) 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
- (3) 압축정재하시험의 수량은 지반조건에 큰 변화가 없는 경우, 말뚝 250개당 1회 또는 구조물별로 1회 실시하도록 시방서에 명기한다.
- (4) 시공 중 동재하시험(end of initial driving test)은 시공장비의 성능 확인, 장비의 적합성 판정, 지반조건 확인, 말뚝의 건전도 판정, 지지력 확인 등을 목적으로 실시한다. 재하시험 수량은 지반조건에 큰 변화가 없는 경우 전체 말뚝 개수의 1% 이상(말뚝이 100개 미만인 경우에도 최소 1개)을 실시하도록 시방서에 명시한다.
- (5) 시간경과효과 확인을 위하여 지반조건에 따라 시공 후 일정한 시간이 경과한 후, 재항타 동재하시험(restrike test)을 실시한다. 재항타 동재하시험의 빈도는 (4)에서 정하는 바와 같다.
- (6) 지반조건, 시공장비, 말뚝종류 등 제반 시공조건이 변경될 때는 시험횟수를 추가하도록 시방서에 명시한다. 또한, 중요 구조물일 때에는 시험횟수를 별도로 정한다.

2.5.6 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 수직저항 또는 수평저항을 고려한 말뚝기초
 - ② 지반면 위에 돌출된 말뚝본체에 수평력이 작용되는 말뚝기초
 - ③ 동일한 확대기초에 길이가 현저히 다른 말뚝이 있는 말뚝기초
 - ④ 비탈면 위에 설치되는 말뚝기초
 - ⑤ 수평변위량을 특별히 제한하지 않는 말뚝기초
 - ⑥ 세굴을 고려하여야 하는 말뚝기초

- ⑦ 단일 현장타설말뚝 기초
- ⑧ 단층과쇄대에 설치되는 말뚝기초
- ⑨ 연약지반이 매우 깊은 곳에 설치되는 말뚝기초
- ⑩ 저진동 및 저소음 공법으로 설치되는 매입말뚝 기초

2.5.7 말뚝과 확대기초의 결합부

- (1) 말뚝과 확대기초의 결합부는 말뚝머리 고정으로 설계하고 결합부에 생기는 모든 응력들에 대해 안전하도록 설계하여야 한다.

3. 케이슨기초

3.1 적용범위

- (1) 이 기준은 케이슨기초의 설계에 적용한다.
- (2) 케이슨은 상부구조물의 하중과 토압 및 수압뿐만 아니라 시공 중에 받게 되는 모든 하중조건과 유속에 대하여 안전하도록 설계한다.

3.2 지반의 허용지지력

3.2.1 케이슨 기초지반의 허용 연직지지력

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

3.2.2 케이슨기초 저면 지반의 허용 연직지지력

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

3.2.3 케이슨기초 전면 지반의 허용 수평지지력

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

3.3 지반반력 및 침하량

3.3.1 일반사항

- (1) 지반반력은 케이슨 기초를 강체로 하여 산출한다.
- (2) 지반변위량의 계산은 지반조사나 토질시험의 결과를 검토하여 이루어져야한다. 지반 변위량의 계산 시 사질토의 경우는 탄성변위량을 구하고, 점성토의 경우는 탄성변위

량과 압밀침하량을 구하여야 한다.

3.3.2 고려 사항

- (1) 케이슨 기초지반의 연직지반반력은 케이슨을 통하여 지반에 전달되는 모든 연직하중을 케이슨의 저면적으로 나눈 값으로 한다.
- (2) 케이슨의 주변마찰력은 일반적으로 고려하지 않는다. 그러나 주변마찰력이 분명하게 발생할 것으로 판단될 때는 그 영향을 고려한다.
- (3) 연직하중에 의한 케이슨 상단의 총 침하량은 케이슨 본체의 탄성변위량과 케이슨 기초지반의 침하량을 합한 값으로 한다.

3.3.3 탄성변위량

- (1) 기초에 작용하는 하중에 의한 지반반력 및 탄성변위량은 지반탄성계수나 지반 반력계수를 사용하여 산정한다.

3.3.4 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 분할한다(일반적으로 1,500 mm~3,000 mm두께의 층으로 분할함). 전체 점성토층의 압밀침하량은 분할한 각 층에 대하여 산정한 압밀침하량을 모두 합한 것이다.
- (4) 이외에 압밀침하량은 유한요소해석 등의 적절한 수치해석적 방법을 통해 산정 가능하다.

집필위원

성명	소속	성명	소속
권오균	계명대학교	박재현	한국건설기술연구원
남문석	한국도로공사	백규호	가톨릭관동대학교

자문위원

성명	소속	성명	소속
여규권	삼부토건	유남재	한국건설생활환경시험연구원
박이근	(주)지오알앤디		

건설기준위원회

성명	소속	성명	소속
구찬모	한국토지주택공사	배병훈	한국도로공사
김운형	다산컨설팅	임대성	삼보ENG
김유봉	서영엔지니어링	정상섬	연세대학교
김홍문	평화엔지니어링	정충기	서울대학교
박성원	유신	최용규	경성대학교
박종호	평화지오텍		

중앙건설기술심의위원회

성명	소속	성명	소속
구자흡	삼영엠텍(주)	이근하	(주)포스코엔지니어링
김현길	(주)정림이앤씨	차철준	한국시설안전공단
박구병	한국시설안전공단	최상식	(주)다음기술단

국토교통부

성명	소속	성명	소속
정선우	국토교통부 기술기준과	김병채	국토교통부 기술기준과
김광진	국토교통부 기술기준과	박찬현	국토교통부 원주지방국토관리청
김남철	국토교통부 기술기준과	이선영	국토교통부 기획총괄과

(분야별 가나다순)

설계기준

KDS 11 50 15 : 2016

깊은기초 설계기준(일반설계법)

2016년 6월 30일 제정

소관부서 국토교통부 기술기준과

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 20 : 2016

깊은기초 설계기준 (한계상태설계법)

2016년 6월 30일 제정

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

KC CODE



건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

이 기준은 발간 시점부터 사용하며, 이미 시행 중에 있는 설계용역이나 건설 공사는 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 도로교 설계기준(한계상태설계법)의 깊은기초 설계에 해당되는 부분을 통합 정비하여 기준으로 제정한 것으로 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년.월)
도로교 설계기준 (한계상태설계법)	허용응력설계법과 강도설계법에 기반의 설계기준의 개선으로는 교량의 안전성 확보 및 경제적 설계를 추구하기 위한 노력에 한계가 있는 현실과 신뢰도 기반 설계기준의 국제사회의 흐름에 맞추어 국제표준에 부합되는 신뢰도 기반 설계기준의 국내 연구성과를 집대성함.	제정 (2012.1)
도로교 설계기준 (한계상태설계법) 부분개정(안)	- 오류 사항을 개선하고 기술자의 이해를 돕기 위해 용어와 문장의 의미를 명확히 함. - 장경간 케이블 교량의 특수성을 고려한 설계를 위하여 초장대교량사업단의 성과를 반영한 한계상태설계법 기반 기준 추가	부분개정 (2015.1)
도로교 설계기준 (한계상태설계법)	차량승객이 대피할 수 있는 대피공간 설치규정 추가	개정 (2015.8)
KDS 11 50 20 : 2016	건설기준 코드체계 전환에 따라 기존의 코드에서 깊은기초(한계상태설계법)에 해당되는 부분을 정비함.	제정 (2016.6)
KDS 11 50 20 : 2016	한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함	수정 (2018.7)

제 정 : 2016년 6월 30일

심 의 : 중앙건설기술심의위원회

소관부서 : 국토교통부 기술기준과

관련단체 : 한국도로협회

개 정 : 년 월 일

자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회

작성기관 : 한국지반공학회

목 차

1. 일반사항	1
1.1 적용범위	1
1.2 용도	1
2. 타입말뚝	1
2.1 일반사항	1
2.2 사용한계상태의 변위와 지지력	4
2.3 극한한계상태의 지지력	6
2.4 구조설계	23
3. 현장타설말뚝	24
3.1 일반사항	24
3.2 사용한계상태의 변위	25
3.3 극한한계상태의 지지력	26
3.4 구조설계	32
3.5 현장타설말뚝의 구조세목	32

1. 일반사항

1.1 적용범위

- (1) 이 기준은 타입말뚝과 현장타설말뚝의 설계에 적용한다.
- (2) 이 기준은 KDS 24 00 00의 한계상태설계법에서 획득한 자료로 일부 내용을 이해하는 데 원 기준서를 참고하여야 한다.

1.2 용도

- (1) 적절한 공사비로 암반이나 단단한 지반 또는 사질토 위에 기초를 건설하기 어려운 경우에 말뚝을 사용한다. 확대기초의 사용이 가능할지라도 세굴이 예상되는 지역에서는 세굴을 방지하기 위해 말뚝을 사용할 수 있다.

2. 타입말뚝

2.1 일반사항

(1) 말뚝의 관입

- ① 말뚝의 관입깊이는 연직이나 횡방향 하중에 대한 저항력과 말뚝과 지반 사이의 변위를 고려하여 결정하여야 한다. 말뚝의 설계 관입깊이는 단단한 점성토나 조밀한 사질토에서는 3,000 mm 이상, 그리고, 연약한 점성토나 느슨한 사질토에 대해서는 6,000 mm 이상 되어야 한다.
- ② 가교(trestle)나 단일현장타설말뚝(pile bents)에 사용하는 말뚝은 지반상에 노출된 말뚝 길이의 최소 1/3 깊이까지 관입하여야 한다. 단단한 지층 위 연약층에 관입하는 말뚝은 충분한 지지력을 확보하고, 말뚝의 변위를 억제하기 위해 지지층의 충분한 깊이까지 관입하도록 하여야 한다.

(2) 지지력

- ① 말뚝은 적절한 지반지지력과 말뚝재료의 강도를 가지고 연직방향과 횡방향으로 허용변위 이내에서 거동하도록 설계하여야 한다. 말뚝의 지지력은 지반과 말뚝의 상호작용, 재하시험 등에 근거한 정역학적 해석방법으로 결정하여야 한다. 말뚝의 지지력은 지반 조사, 실내 및 현장 원위치시험, 해석적 방법, 말뚝 재하시험, 그리고 지반의 과거 이력상태를 참조하여 결정하여야 한다. 또한 추가로 다음과 같은 사항들을 고려할 수 있다.

가. 외말뚝과 무리말뚝의 저항력 차이

나. 무리말뚝의 하중을 지지할 지지층의 지지력

다. 인접구조물에 미치는 말뚝 타입의 영향

라. 세굴의 가능성과 영향

마. 압밀침하를 일으키는 흙으로부터 전이되는 부마찰력과 같은 하향력

- ② 현장재하시험 또는 항타분석기를 이용하여 구한 말뚝지지력에 대한 저항계수는 KDS 11 50 10 (2.5) 표 2.5-2에 규정되어 있다.

(3) 지반침하와 하향력의 영향

- ① 다음과 같은 지역에서는 하향력의 발생 가능성을 고려하여야 한다.
 가. 하부에 압축성 점성토, 실트나 이탄층이 있는 경우
 나. 지표 위에 최근 성토한 곳
 다. 지하수위가 상당히 저하된 곳
- ② 하향력은 말뚝기초의 지지력과 침하량을 검토할 때 작용하중으로 고려하여야 한다. 하향력은 이 기준의 2.3(3)에 명시된 대로 산정할 수 있으며, 작용방향은 주변 마찰력과 반대 방향이다. 설계 하향력은 극한한계상태에서 지지력을 평가할 때 깊은기초에 작용하는 설계 연직사하중에 더해줘야 한다. 하향력은 사용한계상태의 침하량 평가할 때 깊은기초에 작용하는 연직 사하중에 더해줘야 한다.

(4) 말뚝 간격, 여유 거리, 관입 깊이

- ① 말뚝 중심 간의 거리는 750 mm 또는 말뚝 직경이나 폭의 2.5배 중 큰 값보다 커야 한다. 말뚝 주면으로부터 말뚝머리 위 확대기초의 모서리 면까지의 여유 거리는 225 mm보다 커야 한다. 말뚝과 확대기초의 결합부는 말뚝머리 고정으로 설계하고 결합부에 생기는 모든 응력에 대해 안전하도록 설계하여야 한다.

(5) 경사말뚝

- ① 부마찰력이 예상되는 곳은 경사말뚝을 설치해서는 안 된다. 경사말뚝은 연직말뚝이 기초에 전달되는 수평력을 견디지 못할 때나, 전체 구조물의 강성을 증가시킬 필요가 있을 때 사용한다.

(6) 지하수위와 부력

- ① 지지력은 하중영향을 계산하는 데 사용했던 것과 똑같은 높이의 지하수위를 사용하여 결정한다. 정수압의 영향도 설계에서 고려하여야 한다.

(7) 부식 방지

- ① 최소한 다음과 같은 부식에 대비하여야 한다.
 가. 강말뚝 기초의 부식 특히, 성토지반, pH가 낮은 지반, 그리고 해상에 설치된 말뚝
 나. 콘크리트 말뚝에서 황산염, 염화물 그리고 산에 의한 화학 작용
 다. 목재말뚝에서 습윤과 건조의 반복, 또는 해충, 또는 해양 좀(marine borer)에 의한 썩음
- ② 다음과 같은 경우에 말뚝의 부식과 손상 가능성이 있는 것으로 간주한다.
 가. 전기비저항이 100 ohm/mm 이하
 나. pH가 5.5 이하
 다. pH가 5.5에서 8.5 사이에 있는 유기질 함량이 높은 흙
 라. 황산염 농축율이 1000 ppm 이상
 마. 쓰레기 및 분뇨 매립지역
 바. 광산 또는 산업폐수 배출지역

사. 전기저항성이 높은 흙과 전기저항성은 낮으나 알칼리 성분이 많은 흙이 혼합된 지역

아. 해충의 존재(목재 말뚝)

③ 다음과 같은 지하수 조건의 경우에 말뚝의 손상과 부식 가능성을 고려하여야 한다.

가. 염화물 함량이 500 ppm 이상

나. 황산염 농축률이 500 ppm 이상

다. 광산 또는 산업지역의 유출

라. 유기질 함량이 높은 흙

마. pH가 5.5 이하

바. 해양 썩(marine borer)

사. 말뚝이 습윤과 건조가 반복되는 상태로 노출될 때

④ 화학 폐기물의 혼재 가능성이 있는 경우, 흙과 지하수 시료에 대한 종합적인 화학 분석이 필요하다.

(8) 인발

① 인발력에 저항하도록 설계된 말뚝기초는 인장응력을 부담하는 말뚝재료의 강도와 인발저항력을 검토하여야 한다.

(9) 설계 길이

① 각각의 하부구조에 대한 말뚝의 길이를 지반정보, 정적 지지력, 횡방향 지지력 그리고 과거 경험에 근거하여 신중하게 산정하고 도면에 표시한다.

(10) 최소 선단깊이

① 각각의 하부구조에 대한 추정된 말뚝 선단의 최소 깊이를 제시한다. 추정된 말뚝 선단깊이는 요구되는 말뚝의 극한지지력을 얻을 수 있는 깊이를 의미한다. 말뚝의 최소 선단깊이는 수평하중을 지지하기 위해 필요한 길이, 세굴(필요시), 그리고 고/또는 상부 연약층을 통과하여야 할 경우 등을 고려하여 결정하여야 한다.

(11) 성토체를 관통하는 말뚝

① 성토체를 관통하는 말뚝은 기반암이나 양호한 지지층을 통과하지 않는 한 원래의 지표면을 기준으로 적어도 3,000 mm 이상을 관입시켜야 한다. 성토 공사에 사용되는 뒤채움재는 말뚝이 필요한 깊이만큼 관입되는 데에 지장을 초래해서는 안 되며, 성토재의 입자크기는 150 mm 이하이어야 한다. 선 천공(predrilling) 말뚝, 특히 배토말뚝인 경우 반드시 위치를 명시하여야 한다.

(12) 시험말뚝

① 시험말뚝은 말뚝의 시공 특성을 파악하고, 깊이별 지지력을 평가하며 시공자가 말뚝의 주문 길이를 확인하기 위하여 기초의 형식별로 계획하여야 한다. 지반정보를 바탕으로 정적시험, 동적시험, 항타관입성 연구 또는 이들의 조합 등에 의하여 말뚝재하시험을 수행한다. 지반이 불규칙할 경우는 시험말뚝 수량을 늘리도록 한다. 지반조건이 유사하고, 종류와 극한지지력이 동일한 말뚝에 대한 선행시험결과가 있다면 말뚝시험을 생략할 수 있다.

(13) 파동방정식 해석

- ① 타입말뚝 설계의 시공성은 파동방정식 해석 컴퓨터 프로그램으로 평가한다. 파동방정식은 적절한 규격의 타격시스템을 이용하여 (15)항에 제시된 허용 항타하중 기준(allowable driving load levels) 안에서 말뚝의 각 부분이 원하는 깊이와 극한지지력으로 시공되었는지를 파악하기 위하여 사용된다.

(14) 동적 측정

- ① 호박돌층 또는 심하게 경사진 기반암과 같이 불리한 지반조건에 시공되는 말뚝의 구조적인 지지력을 평가하기 위하여 동적측정을 수행한다. 또한 사업의 규모나 기타 요소에 의해 정적재하시험이 불가능할 때, 지반공학적 검증을 위하여 동적 측정을 수행하기도 한다.

(15) 최대 허용 항타하중

- ① 항타하중은 파동방정식 해석, 또는 타격 중 말뚝 두부에 가해지는 힘과 가속도의 동적 모니터링으로 산정한다. 말뚝 상부의 최대 항타하중은 KDS 24 14 21, KDS 24 14 31, KDS 24 17 11에 제시된 기호와 저항계수에 의거한 설계지지력을 초과해서는 안 된다.

2.2 사용한계상태의 변위와 지지력

(1) 일반사항

- ① 무리말뚝의 침하를 계산하기 위해서는 그림 2.2-1에 나타나 있는 바와 같이 지층에 근입된 말뚝 깊이의 2/3에 위치한 등가 확대기초에 하중이 작용하는 것으로 가정할 수 있다. 사질토층에 있는 말뚝기초의 침하는 KDS 24 12 11 (4.1.1)에 규정된 사용하중조합-I 내의 적용 가능한 모든 하중을 사용하여 검토하여야 한다. 또한 점성토층에 설치된 말뚝기초의 침하는 일시하중만을 제외하고, 사용하중조합-I 내의 적용 가능한 모든 하중을 사용하여 조사하여야 한다. KDS 24 12 11 (4.1.1)에 규정된 적용 가능한 모든 사용한계상태의 사용하중조합-I로 기초의 횡방향 변위를 평가하여야 한다.

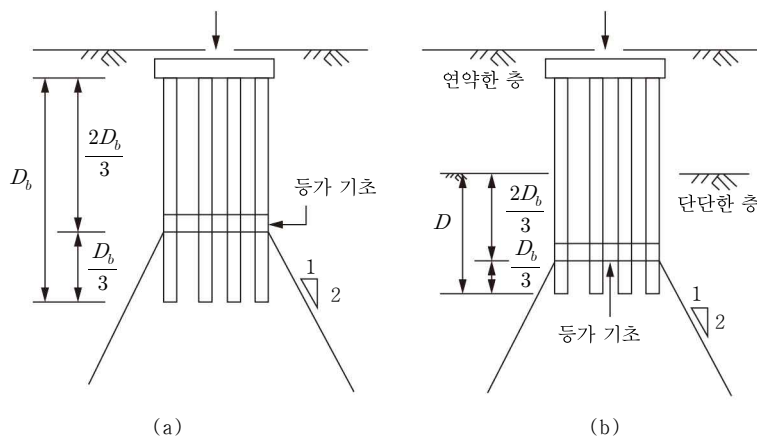


그림 2.2-1 등가 확대기초의 위치(Duncan과 Buchignani, 1976)

(2) 수평변위에 대한 기준

- ① 기초의 수평방향 허용변위량은 구조물의 기능과 형태, 예상 사용수명, 차량 주행성, 과대변위발생시 구조물에 미치는 영향 등을 고려하여 결정하며, 38 mm를 초과해서는 안 된다. 단, 지반의 저항력과 말뚝변위의 비선형성을 고려할 수 있는 p-y 해석 등의 정밀한 해석을 하는 경우 말뚝 본체에 구조적인 결함이 발생하지 않고 상부구조물의 유해한 영향을 미치지 않는 변위까지 허용할 수 있다.

(3) 침하

① 일반사항

가. 말뚝기초의 침하는 KDS 24 14 51에 규정된 허용침하량을 초과해서는 안 된다. 구조물의 기능과 형태, 예상 사용수명, 그리고 실용성 차원의 변위 한도에 따라 침하량과 횡방향 변위량의 기준을 설정한다. 경험적인 방법과 해석적인 방법 또는 두 방법 모두를 고려하여 허용변위 기준을 제시하여야 한다.

② 점성토

가. 무리말뚝의 침하량은 그림 2.2-1에 규정된 등가 확대기초의 위치와 확대기초에 사용한 절차를 사용하여 구할 수 있다.

③ 사질토

가. 사질토의 무리말뚝 침하는 현장 원위치시험 결과와 그림 2.2-1의 등가 확대기초의 위치를 이용하여 계산할 수 있다. 사질토에 설치된 무리말뚝의 침하는 다음과 같은 식으로 계산할 수 있다.

$$SPT = \rho = \frac{30qI\sqrt{X}}{N_{corr}} \quad (2.2-1)$$

$$CPT = \rho = \frac{qXI}{24q_c} \quad (2.2-2)$$

여기서,

$$I = 1 - 0.125 \frac{D'}{X} \geq 0.5 \quad (2.2-3)$$

$$N_{corr} = \left[0.77 \log_{10} \left(\frac{1.92}{\sigma_v'} \right) \right] N \quad (2.2-4)$$

여기서, q = 그림 2.2-1에서 보는 것처럼 $2D_b/3$ 지점에 작용하는 순 기초 압력 (MPa). 이 압력은 무리 말뚝의 상부에 가해진 하중을 등가 확대 기초의 면적으로 나눈 것으로, 말뚝의 무게나 말뚝 사이의 흙 무게는 포함하지 않는다.

X = 무리말뚝의 폭이나 최소 치수(mm)

ρ = 무리말뚝의 침하(mm)

I = 무리말뚝의 유효근입깊이에 대한 영향계수

D' = 유효깊이($=2D_b/3$)

D_b = 그림 2.2-1에서 보는 것처럼 지지층에 근입된 말뚝의 길이(mm)

N_{corr} = 등가 확대기초 아래 임의의 깊이 z 까지의 SPT의 타격횟수로서
상재하중에 대해 보정한 대표적인 평균값(타/300 mm)

N = 침하층에서 측정된 SPT의 타격횟수 (타/300 mm)

σ'_v = 유효연직응력(MPa)

q_c = 등가 확대기초 아래 임의의 깊이 z 에 대한 평균 정적 콘저항값(MPa)

④ 선단지지력의 추정값

가. 지지력에 대한 추정값

(가) 추정값의 사용은 교량 부지나 그 인근 지역의 지질 상태에 근거하여야 한다.

나. 지지력을 결정하기 위한 반경험적 방법

(가) 암반의 지지력은 암반분류시스템, RMR 등의 상관성을 사용하여 경험적으로 결정할 수 있다. 이러한 반경험적인 방법을 사용할 때에는 해당 지역의 경험이 반영되어야 한다. 추정지지력이 암석의 일축압축강도와 기초 콘크리트의 공칭저항력 중 어느 하나보다 크다면, 암석의 일축압축강도와 콘크리트의 공칭저항력 중에서 작은 값을 추정지지력으로 한다. 콘크리트의 공칭저항력은 $0.3 f'_c$ 으로 간주할 수 있다.

2.3 극한한계상태의 지지력

(1) 일반적으로 고려하여야 할 지지력에는 다음과 같은 것들이 있다.

- ① 말뚝의 지지력
- ② 말뚝의 인발저항력
- ③ 연약한 지층 위에 있는 단단한 층의 말뚝 편침에 대한 저항력
- ④ 말뚝 재료의 강도

(2) 말뚝의 축방향 하중

- ① 말뚝 향타나 말뚝재하시험에서 측정한 현장 계측치를 참고로 정적해석 방법에 의해 설계한다. 비슷한 조건을 가진 인접 지반의 말뚝재하시험 결과를 외삽하여 적용할 수도 있다. 말뚝의 지지력은 해석적 방법이나 현장 원위치시험 방법 등으로 산정할 수 있다.

말뚝의 감가된 지지력 Q_R 은 다음과 같다.

$$Q_R = \phi Q_n = \phi_q Q_{ult} \quad (2.3-1)$$

또는

$$Q_R = \phi Q_n = \phi_{qp} Q_p + \phi_{qs} Q_s \quad (2.3-2)$$

여기서,

$$Q_p = q_p A_p \quad (2.3-3)$$

$$Q_s = q_s A_s \quad (2.3-4)$$

여기서, ϕ_q = KDS 11 50 10 (2.5) 표 2.5-2에 규정된 외말뚝의 지지력에 대한 저항계수, 총 저항력에서 선단지지력과 주면마찰력을 구분하지 않음.

Q_{ult} = 외말뚝의 지지력(N)

Q_p = 말뚝의 선단지지력(N)

Q_s = 말뚝의 주면마찰력(N)

q_p = 말뚝의 단위 선단지지력(MPa)

q_s = 말뚝의 단위 주면마찰력(MPa)

A_s = 말뚝 주면면적(mm²)

A_p = 말뚝 선단면적(mm²)

ϕ_{qp} = 선단과 주면 저항을 구별하는 방법일 경우 KDS 11 50 10 (2.5) 표 2.5-2에 규정된 말뚝의 선단지지에 대한 저항계수

ϕ_{qs} = 선단과 주면 저항을 구별하는 방법일 경우 KDS 11 50 10 (2.5) 표 2.5-2에 규정된 말뚝의 주면마찰에 대한 저항계수

(3) 말뚝 지지력의 반경험적 평가

① 일반사항

가. 필요한 지반 강도정수값들이 있는 경우에는 전응력과 유효응력 방법 둘 다 쓸 수 있다. 반 경험적 방법에 의하여 평가된 주면마찰력과 선단지지력에 대한 저항계수는 KDS 11 50 10 (2.5) 표 2.5-2에 규정되어 있다.

② 주면마찰력은 다음 규정된 세 가지 방법 중 하나 또는 그 이상을 선택하여 사용한다.

가. α 방법

(가) 전응력에 근거한 α 방법은 말뚝과 점성토사이의 부착력을 점성토의 비배수 전단강도와 관련지어 사용한다. MPa을 단위로 하는 공칭 단위 주면마찰력은 다음 식과 같다.

$$q_s = \alpha S_u \quad (2.3-5)$$

여기서, S_u = 평균 비배수 전단강도(MPa)

α = S_u 에 곱해지는 부착계수

(나) 부착계수 α 는 그림 2.3-1와 같이 비배수강도 S_u 에 따라 달라진다.

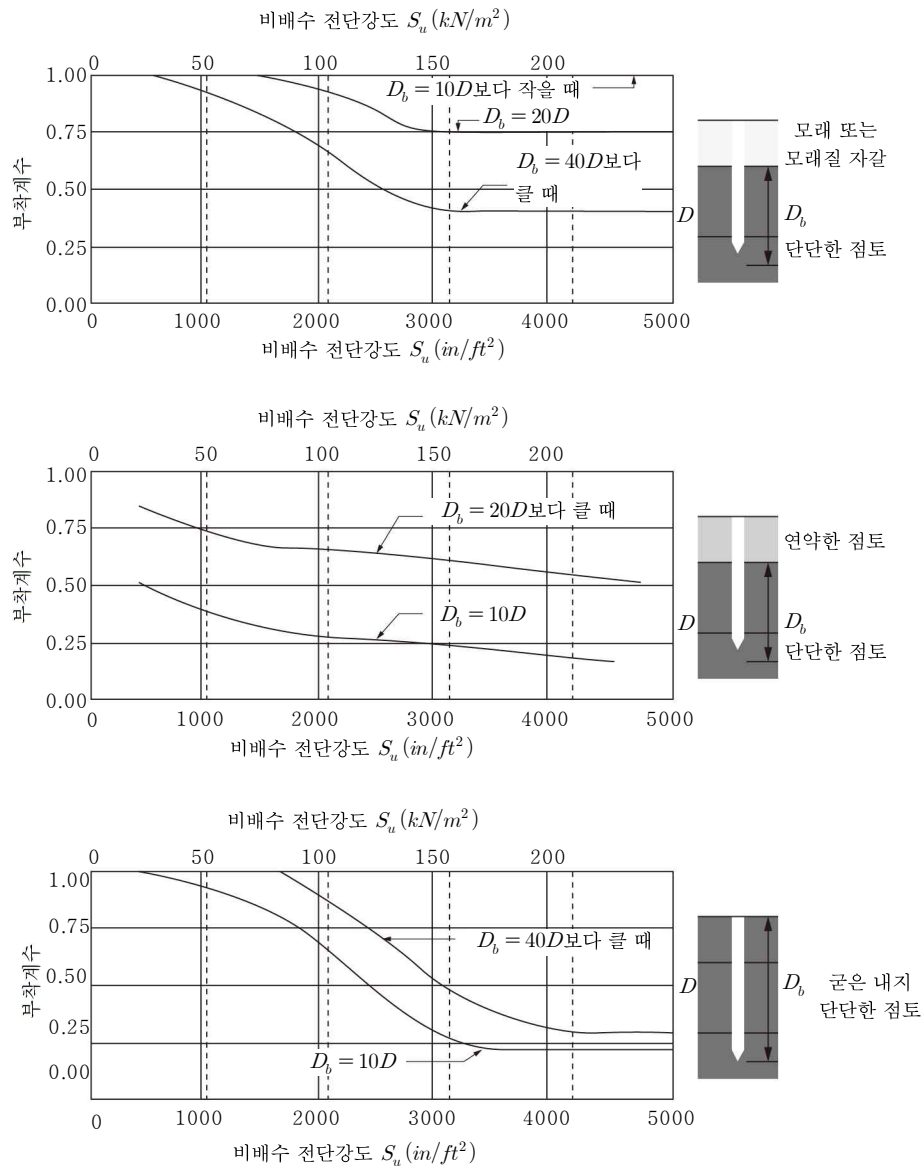


그림 2.3-1 점성토에 설치된 타입말뚝의 부착계수 설계곡선(Tomlinson, 1987)

나. β 방법

(가) 유효응력법에 근거한 β 방법은 말뚝의 주면마찰력을 예측하는데 이용된다. MPa를 단위로 하는 공칭 단위 주면마찰력은 다음 식과 같이 유효응력에 근거하여 정의된다.

$$q_s = \beta \sigma_v' \quad (2.3-6)$$

여기서, $\sigma_v' =$ 연직유효응력(MPa)

$\beta =$ 그림 2.3-2에서 제시한 계수

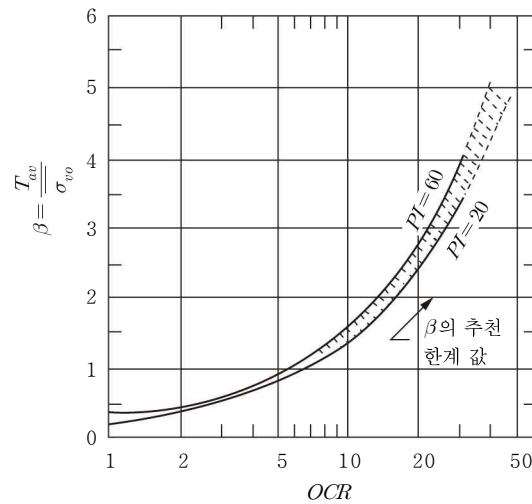


그림 2.6-2 배토 말뚝에 대한 β 와 OCR의 관계 (Esrig과 Kirby, 1979)

(나) Nordlund 방법은 점성토의 변단면(nonprismatic) 말뚝에 β 방법을 적용하는 데 사용한다. 이 경우 저항계수는 KDS 11 50 10 (2.5) 표 2.5-2에 명시된 β 방법의 계수를 사용한다.

다. λ 방법

(가) λ 방법은 단위 주면마찰력을 수동토압과 관련지어 사용하며 q_s 는 다음과 같이 구한다.

$$q_s = \lambda(\sigma_v' + 2S_u) \quad (2.3-7)$$

여기서,

$\sigma_v' + 2S_u$ = 수동토압(MPa)

λ = 그림 2.3-3에서 제시한 경험 계수

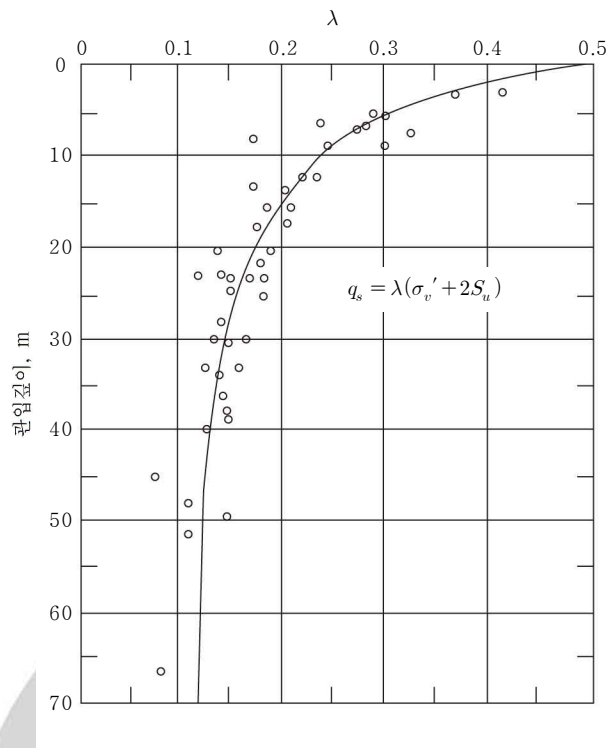


그림 2.3-3 타입 강관말뚝에 대한 λ 계수 (Vijayvergiya와 Focht, 1972)

라. 사질토층에 대한 Nordlung/Thurman 방법

(가) 유효응력법은 모래층이나 비소성 실트층에 한해서 적용한다. 공칭 단위주면마찰력 q_s 는 다음과 같은 식에 의해서 산정되며 단위는 MPa이다.

$$q_s = K_\delta C_F \sigma'_v \frac{\sin(\delta + \omega)}{\cos \omega} \quad (2.3-8)$$

여기서,

K_δ = 지층의 중간 심도에서의 수평방향 토압계수 (그림 2.3-4~그림 2.3-7 참조)

C_F = $\delta \neq \phi_f$ 일 경우 K_δ 의 수정계수 (그림 2.3-8 참조)

σ'_v = 지층의 중간 심도에서의 유효 상재압 (MPa)

δ = 말뚝과 지반의 마찰각 (°)(그림 2.3-9 참조)

ω = 연직면에 대한 말뚝 직경의 측면경사각 (°)

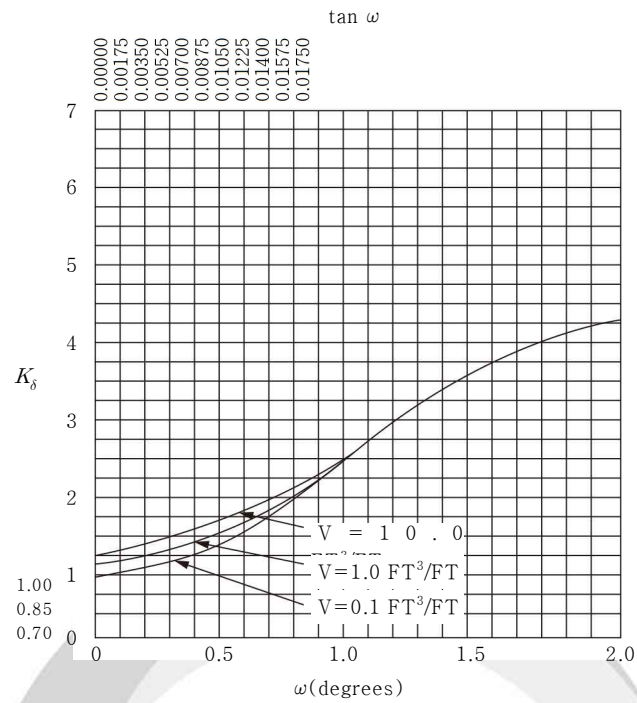


그림 2.3-4 $\phi_f=25^\circ$ 일 경우 K_δ (Hannigan et al., 2006)

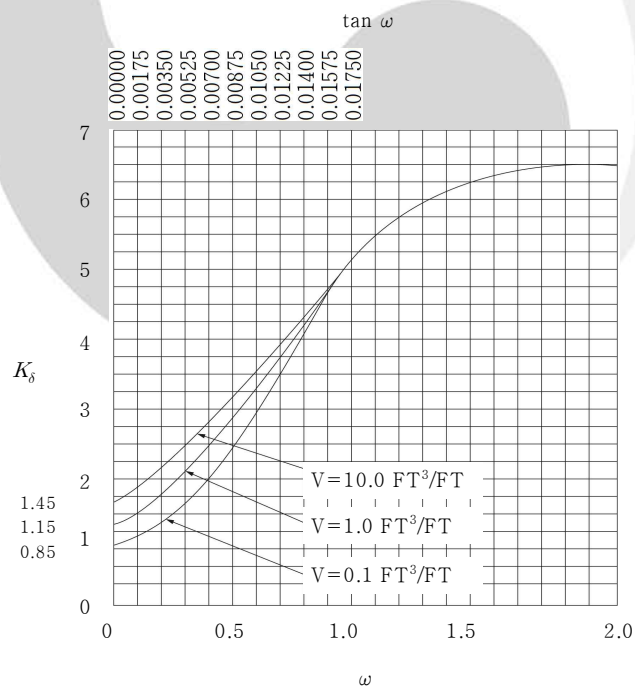


그림 2.3-5 $\phi_f=30^\circ$ 일 경우 K_δ (Hannigan et al., 2006)

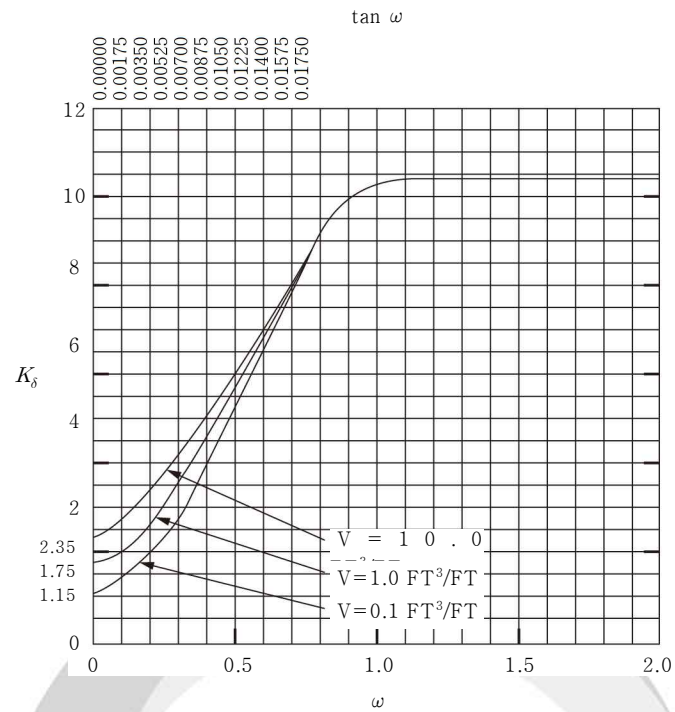


그림 2.3-6 $\phi_f=35^\circ$ 일 경우 K_δ (Hannigan et al., 2006)

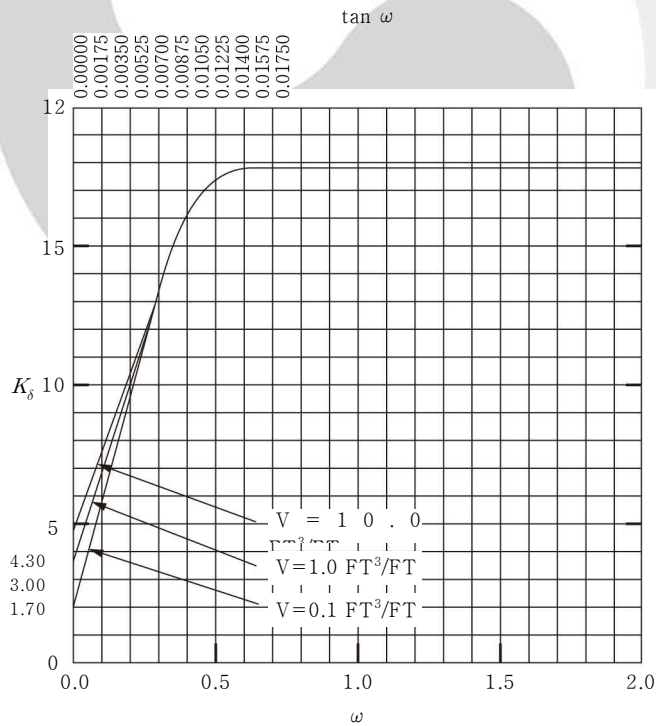


그림 2.3-7 $\phi_f=40^\circ$ 일 경우 K_δ (Hannigan et al., 2006)

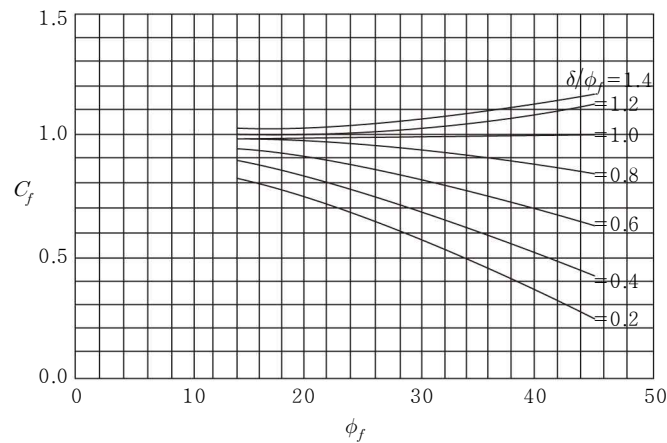


그림 2.3-8 $\delta \neq \phi_f$ 일 경우 K_δ 의 수정계수
(Hannigan et al., 2006)

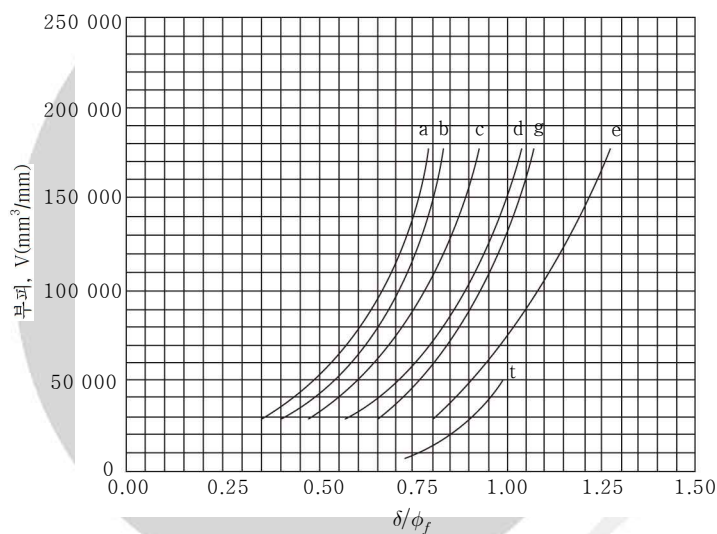


그림 2.3-9 여러 가지 말뚝에 대한 말뚝 변위와 δ/ϕ_f
(Hannigan et al., 2006)

(나) 공칭 단위선단지지력 q_p 는 다음 식으로 산정하며, 단위는 MPa이다.

$$q_p = \alpha_t N'_q \sigma'_v \leq q_L \quad (2.3-9)$$

여기서, α_t = 수정계수 (그림 2.3-10)

N'_q = 지지력계수 (그림 2.3-11)

σ'_v = 말뚝 선단부 유효상재압 (MPa) ≤ 0.15 MPa

q_L = 한계 단위선단지지력 (그림 2.3-12)

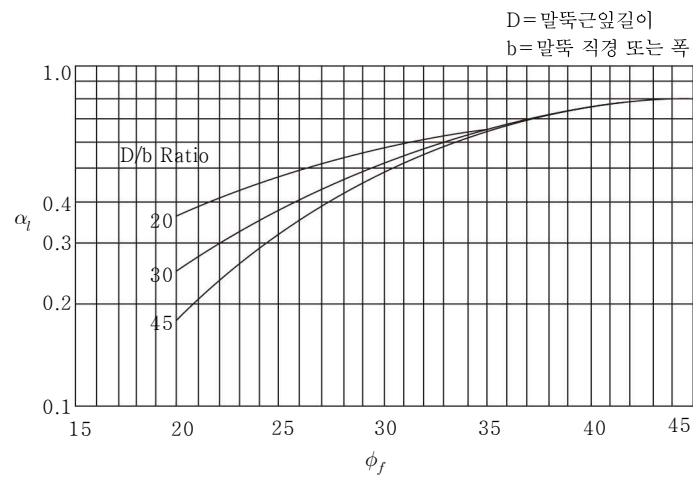


그림 2.3-10 α_t 계수 (Hannigan et al., 2006)

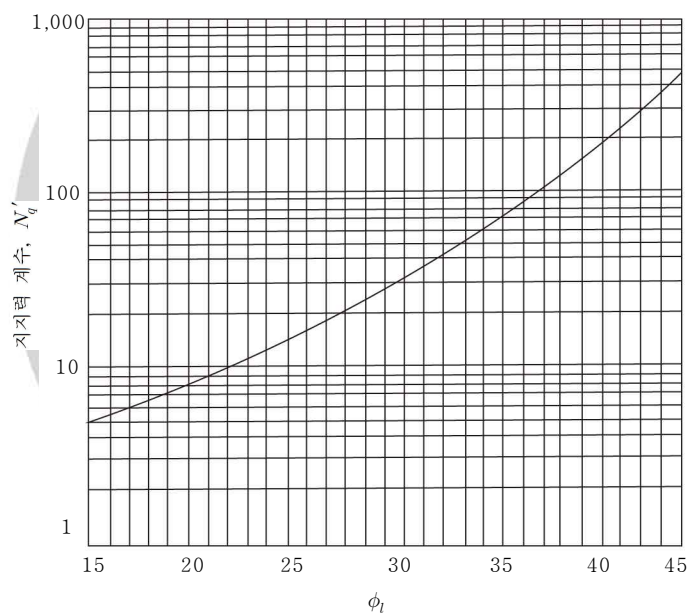


그림 2.3-11 지지력계수, N'_q (Hannigan et al., 2006)

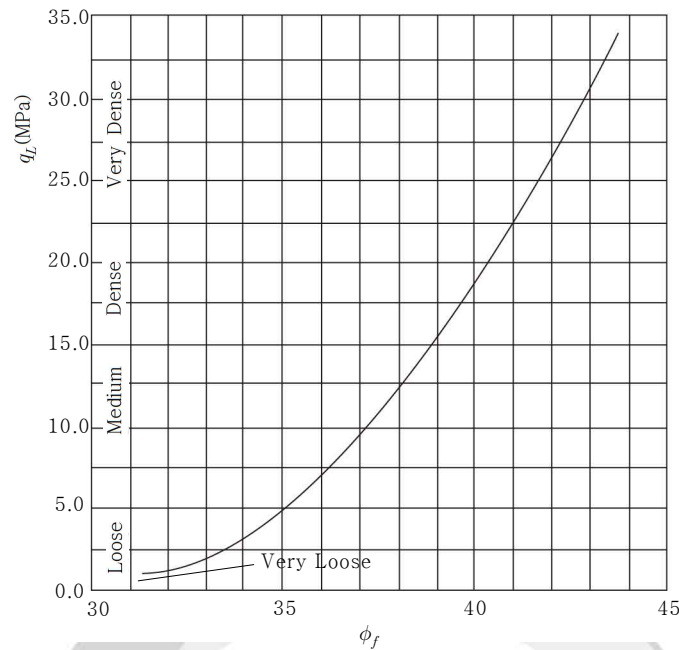


그림 2.3-12 한계 단위선단지지력 (Hannigan et al., 2006)

③ 선단저항

가. 포화된 점성토에 설치된 말뚝의 공칭 단위선단지지력 q_p 는 다음과 같으며, 단위는 MPa이다.

$$q_p = 9S_u \quad (2.3-10)$$

여기서, S_u = 말뚝 선단근처 점성토의 비배수 전단강도(MPa)

(4) 현장 원위치시험을 통한 말뚝지지력의 평가

① 일반사항

가. 현장 원위치시험법을 사용하여 평가한 주변마찰력과 선단지지력에 대한 저항계수는 KDS 11 50 10 (2.5) 표 2.5-2에 규정되어 있다.

② 표준관입시험(SPT)을 이용한 방법은 사질토 및 비소성 실트에 대해 적용한다.

가. 말뚝 선단지지력

(가) 사질토에서 깊이 D_b 까지 타입된 말뚝의 공칭 단위 선단지지력은 다음과 같고, 단위는 MPa이다.

$$q_p = \frac{0.038N_{corr}D_b}{D} \leq q_l \quad (2.3-11)$$

여기서,

$$N_{corr} = \left[0.77 \log_{10} \left(\frac{1.92}{\sigma_v'} \right) \right] N \quad (2.3-12)$$

여기서,

N_{corr} = 상재응력 σ_v' 에 대하여 수정한 말뚝 선단근처의 대표적인 SPT 타격횟수(타/300 mm)

N = SPT 타격횟수(타/300 mm)

D = 말뚝의 폭 또는 직경(mm)

D_b = 지지층에 관입된 말뚝길이 (mm)

q_l = 한계 선단지지력으로 사질토인 경우 $0.4 N_{corr}$, 비소성 실트인 경우 $0.3 N_{corr}$ 을 사용한다(MPa).

나. 사질토에 설치된 말뚝의 공칭 주면마찰력 q_s 는 다음과 같으며, 단위는 MPa이다.

(가) 배토 말뚝

$$q_s = 0.0019 \bar{N} \quad (2.3-13)$$

(나) 비배토 말뚝(예, 형 강말뚝)

$$q_s = 0.00096 \bar{N} \quad (2.3-14)$$

여기서, q_s = 타입말뚝에 대한 단위 주면마찰력(MPa)

$\bar{N}$ = 말뚝 주면을 따라 얻은 보정하지 않은 평균 SPT 타격횟수 (타/300 mm)

③ 콘관입시험(CPT)을 이용한 방법

가. 일반사항으로 CPT 결과는 다음과 같이 이용된다.

(가) 콘관입저항 q_c 를 말뚝의 선단지지력을 결정하는 데 사용한다.

(나) 콘의 주면마찰력 f_s 를 주면마찰력을 결정하는 데 사용한다.

나. 말뚝의 선단지지력

(가) 선단지지력 q_p 는 그림 2.3-13으로부터 결정하고, 단위는 MPa이다.

$$q_p = \frac{q_{c1} + q_{c2}}{2} \quad (2.3-15)$$

여기서,

q_{c1} = 말뚝 선단 아래(경로 a-b-c) yD 의 거리까지의 평균 q_c . 하향(경로 a-b) 및 상향(경로 b-c)의 q_c 값을 합한다. 경로 a-b와 최소경로 b-c를 따른 q_c 값을 사용한다. 0.7에서 4.0까지의 y 값에 대한 q_{c1} 을 계산하고, 그 중 최솟값을 사용한다.

q_{c2} = 말뚝 선단 위(경로 c-e) $8D$ 까지의 평균 q_c . q_{c1} 을 계산할 때의 경로 b-c와 같은 최소 경로법칙을 사용한다. 사질토인 경우 침투 압력 강하점 'x'는 무시하지만, 점성토일 경우 최소 경로에 고려해 넣도록 한다.

(나) 말뚝선단 아래로 말뚝직경의 0.7배에서 4배 사이의 최소 평균 콘저항값은

최소 경로법칙과 함께 시행착오법을 통하여 결정한다. 최소 경로법칙은 선단 위로 말뚝 직경의 8배에 해당하는 거리까지의 흙에 대한 콘저항값을 얻는 데에도 똑같이 적용한다. 이 두 가지 값을 평균하여 말뚝의 선단지지력을 결정한다.

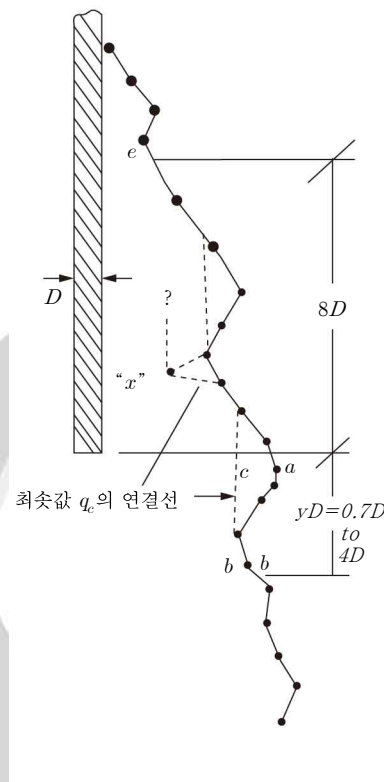


그림 2.3-13 말뚝의 선단지지력
계산 방법 (Nottingham and
Schmertmann, 1975)

다. 주변마찰력

(가) 말뚝의 공칭 주변마찰력 Q_s 는 다음 식으로 계산하고, 단위는 N이다.

$$Q_s = K_{s,c} \left[\sum_{i=1}^{N_1} \left(\frac{L_i}{8D_i} \right) f_{si} a_{si} h_i + \sum_{i=1}^{N_2} f_{si} a_{si} h_i \right] \quad (2.3-16)$$

여기서,

$K_{s,c}$ = 보정계수, 그림 2.3-14에서 점성토는 $K_{s,c}$, 사질토는 K_s 를 사용

L_i = 고려 지점에서 각 요소의 중간지점까지 깊이(mm)

D_i = 고려 지점에서 말뚝의 직경 또는 폭(mm)

f_{si} = 고려 지점에서 CPT로 구한 단위 국부 주변마찰력(MPa)

a_{si} = 고려 지점의 말뚝 둘레(mm)

h_i = 고려 지점의 요소 길이

N_1 = 지표면과 지표면 아래 8D점 사이의 요소 수

N_2 = 지표면 아래 8D점과 말뚝의 선단사이의 요소 수

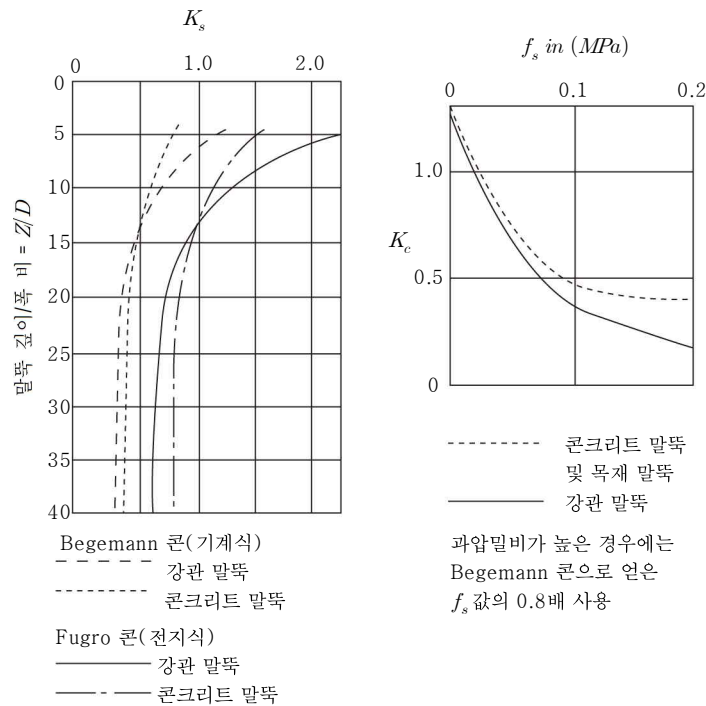


그림 2.3-14 주면마찰 보정계수 K_s 와 K_c
(Nottingham and Schmertmann, 1975)

(5) 암반 지지 말뚝

- ① 암반층에 지지되는 말뚝의 선단지지력에 대한 저항계수는 KDS 11 50 10 (2.5) 표 2.5-2에 언급된 값을 사용한다. 말뚝 폭(또는직경)과 암반의 불연속면 간격이 300 mm 보다 크거나, 속이 차 있지 않은 불연속면의 폭이 6.4 mm보다 작거나, 혹은 흙 또는 암편으로 차있는 불연속면의 폭이 25 mm보다 작은 경우에 대해서 암반에 설치된 타 입말뚝의 공칭 단위 선단지지력 q_p (MPa)는 다음 식을 통해 구한다.

$$q_p = 3q_u K_{sp} d \quad (2.3-17)$$

위의 식에서,

$$K_{sp} = \frac{3 + \frac{s_d}{D}}{10 \sqrt{1 + 300 \frac{t_d}{s_d}}} \quad (2.3-18)$$

$$d = 1 + 0.4H_s/D_s \leq 3.4$$

여기서,

q_u = 암석시편의 평균 일축압축강도(MPa)

d = 무차원 깊이계수

K_{sp} = 그림 2.3-15의 무차원 지지력계수

s_d = 불연속면 간격(mm)

t_d = 불연속면 폭(mm)

D = 말뚝 폭(mm)

H_s = 암반에 근입된 말뚝의 근입깊이로서 기반암에 위에 놓인 경우 0으로 본다.

D_s = 암반 근입부 말뚝 폭(mm)

- ② ①의 방법은 연약한 세일 또는 연약한 석회암과 같은 연암에 대해서는 사용해서는 안 된다. 연약한 암반에 지지되는 말뚝은 (3)의 점성토에 의해 지지되는 말뚝과 (4)의 사질토에 의해 지지되는 말뚝에 대해 규정된 것과 같이 연약한 암반을 흙으로 보고 설계를 한다.

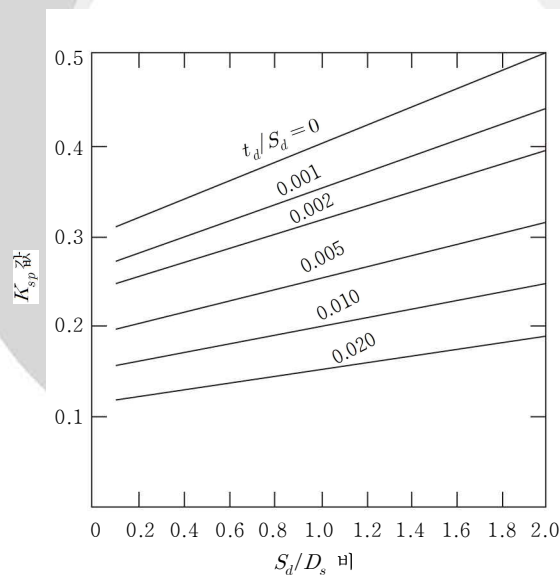


그림 2.3-15 지지력계수
(Canadian Geotechnical Society, 1985)

(6) 말뚝재하시험

- ① 말뚝에 대한 압축, 인장, 횡방향 재하시험은 다음 규정에 따라 실시한다.
 - 가. 정적 축방향 압축하중을 받는 말뚝에 대한 시험방법은 KS F 2445, ASTM D1143 /D1143M - 07(2013)에 따른다.
 - 나. 정적 축방향 인장하중을 받는 외말뚝에 대한 시험방법은 ASTM D3689/ 3689M - 07(2013)e1에 따른다.
 - 다. 횡방향하중을 받는 깊은기초에 대한 시험방법은 ASTM D3966/D3966M-07(2013)e1에 따른다.
 - 라. 말뚝의 동적재하 시험방법은 KS F 2591, ASTM D4945-12에 따른다.
 - 마. 말뚝재하시험으로부터 구한 축방향 압축지지력과 축방향 인발저항력에 대한 저항계수는 KDS 11 50 10 (2.5) 표 2.5-2에 나타나 있다. 향타 분석기를 이용한 동적재하 시험은 라. 규정에 따라 실시한다.
- ② 향타 분석기를 이용하여 구한 축방향 지지력에 대한 저항계수는 KDS 11 50 10 (2.5) 표 2.5-2에 나타나 있다.

(7) 인발

- ① 일반사항
 - 가. 극한한계상태의 사용하중조합-I 을 고려하여 계산한 하중이 인장력일 경우에는 인발지지력을 고려하여야 한다. 말뚝이 인발력을 받는 경우는 인발에 대한 저항력, 그리고 인장에 저항하고 하중을 다른 부재에 전달하는 구조적 성능을 평가하여야 한다.
- ② 외말뚝의 인발저항력
 - 가. 외말뚝의 인발저항력은 (3)과 (4)에 규정된 바와 같이 압축하중을 받는 말뚝의 주면마찰력을 평가하는 방법과 유사한 방법으로 결정할 수 있다. 감가된 인발 저항력(factored uplift resistance) Q_R 을 N 단위로 나타내면 다음과 같다.

$$Q_R = \phi Q_n = \phi_u Q_s \quad (2.3-19)$$

여기서, Q_s = 주면저항에 의한 공칭 인발저항력(N)

ϕ_u = KDS 11 50 10 (2.5) 표 2.5-2에 규정된 인발저항력에 대한 저항계수

③ 무리말뚝의 인발저항력

- 가. 무리말뚝에서 인발저항력 Q_R 을 N 단위로 나타내면 다음과 같다.

$$Q_R = \phi Q_n = \phi_{ug} Q_{ug} \quad (2.3-20)$$

여기서, ϕ_{ug} = KDS 11 50 10 (2.5) 표 2.5-2에 규정된 저항계수

Q_{ug} = 무리말뚝의 공칭 인발저항력 (N)

- 나. 말뚝의 인발저항력, Q_{ug} 는 다음 두 값 중 작은 값으로 한다.

(가) 외말뚝의 인발저항력의 합

(나) 블록으로 고려한 무리말뚝의 인발저항력

다. 사질토에 설치된 무리말뚝의 경우, 인발되는 블록의 중량은 그림 2.3-16과 같이 무리말뚝 선단면의 양 끝점으로부터 상향으로 수평과 연직의 비가 1:4가 되도록 선을 그어 형성되는 블록의 중량으로 계산한다. 지하수위 아래의 흙에 대해서는 수중 단위중량을 사용한다. 점성토에서는 그림 2.3-17과 같이 비배수 전단의 형태로서 인발에 저항하는 블록을 고려한다. 무리말뚝에 대한 공칭 인발저항력은 다음 식으로 구한다.

$$Q_n = Q_{ug} = (2XZ + 2YZ)\overline{S}_u + W_g \quad (2.3-21)$$

여기서,

X = 그림 2.3-17에서 무리말뚝의 폭(mm)

Y = 그림 2.3-17에서 무리말뚝의 길이(mm)

Z = 그림 2.3-17에서 말뚝캡 아래 블록의 깊이(mm)

$\overline{S}_u$ = 말뚝주면을 따라 발생하는 흙의 평균 비배수 전단강도(MPa)

W_g = 흙, 말뚝, 그리고 말뚝캡을 포함한 블록의 중량(N)

라. 외말뚝 저항력의 합으로 결정되는 무리말뚝의 공칭 인발저항력, Q_{ug} 에 대한 저항계수는 KDS 11 50 10 (2.5) 표 2.5-2에 나타나 있는 것과 같이 외말뚝의 인발저항력에 대한 저항계수와 같은 값을 사용한다. 블록으로 고려하는 무리말뚝의 인발저항력에 대한 저항계수는 점성토와 사질토에 있는 무리말뚝에 대해 규정한 KDS 11 50 10 (2.5) 표 2.5-2의 값들을 사용한다.

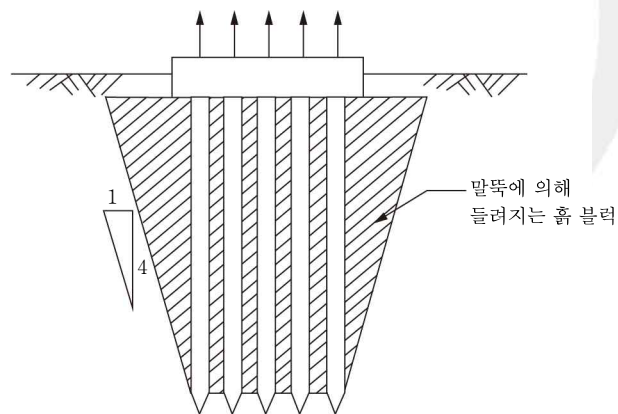


그림 2.3-16 사질토에서 말뚝 사이의 간격이 작은 무리말뚝의 인발(Tomlinson, 1987)

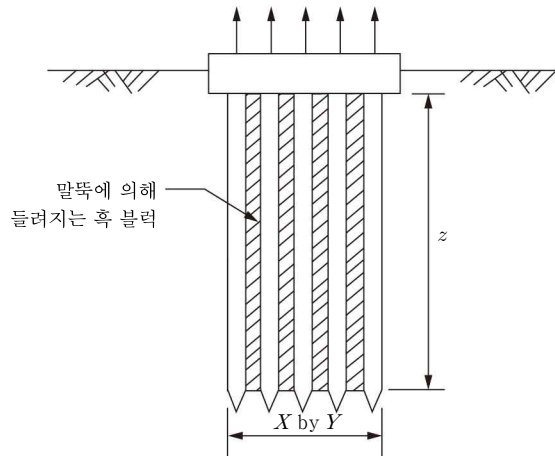


그림 2.3-17 점성토에 설치된 무리말뚝의 인발(Tomlinson, 1987)

(8) 수평하중

- ① 수평방향 하중을 받는 말뚝의 경우 말뚝머리는 말뚝캡에 고정되어야 한다. 말뚝을 타입하여 설치하는 과정에서 생기는 주변의 교란 부위와 빈 공간은 조립질 재료로 치환하여 다져야 한다. 수평방향 하중을 받는 말뚝의 경우, 무리말뚝을 이루는 말뚝수와 말뚝간격을 포함하여 지반과 말뚝 사이, 즉 흙-구조물 또는 암반-구조물 사이의 상호작용 효과를 고려하여야 한다.

(9) 경사말뚝의 지지력

- ① 경사말뚝을 포함하는 무리말뚝의 지지력은 경사말뚝을 연직말뚝으로 가정하여 결정할 수 있다.

(10) 무리말뚝의 축방향 지지력

- ① 무리말뚝의 감가된 지지력은 다음과 같다.

$$Q_R = \phi Q_n = \phi_g Q_g \quad (2.3-22)$$

여기서, Q_g = 무리말뚝의 공칭지지력(N)

ϕ_g = KDS 11 50 10 (2.5) 표 2.5-2에 규정된 무리말뚝의 저항계수

② 점성토

가. 말뚝캡이 지반과 밀착된다면 효율을 감소시킬 필요는 없다. 캡이 지반과 밀착되지 않으나 지반이 단단한 경우에도 효율을 감소시킬 필요는 없다. 캡이 지반과 밀착되지 않고 지표면 흙이 연약한 경우, 각 말뚝의 지지력에 적절한 효율계수를 적용하도록 한다.

나. 무리말뚝의 지지력은 다음 중 작은 값으로 한다.

(가) 무리말뚝 내의 각 말뚝의 수정 지지력의 합

(나) 등가피어(pier)의 지지력

다. 등가피어(pier)를 결정할 때는

(가) 주면마찰력을 결정하기 위해 흙의 최대전단강도(full shear strength)를 사용한다.

(나) 선단지지력을 결정하기 위해 등가피어(pier)의 전체 선단면적을 사용한다.

(다) 말뚝캡의 부가적인 저항력은 무시한다.

라. 등가피어(pier) 또는 블록파괴의 경우 저항계수는 KDS 11 50 10 (2.5) 표 2.5-2에 제시되어 있고, 말뚝캡의 지반접촉 여부에 무관하게 적용된다. 개개의 지지력의 합을 사용해 계산한 무리말뚝에 대한 저항계수는 KDS 11 50 10 (2.5) 표 2.5-2에 규정된 외말뚝 지지력에 대한 것과 같은 값을 사용한다.

③ 사질토

가. 사질토에 설치된 무리말뚝의 지지력은 무리 내에 있는 모든 말뚝 지지력의 합과 같다. 효율계수는 말뚝캡의 지반과 밀착 여부와 상관없이 1.0으로 고려한다. 저항계수는 KDS 11 50 10 (2.5) 표 2.5-2에 규정하였듯이 외말뚝에 대한 값과 같다.

④ 연약 또는 압축성 지반 위의 단단한 지반에 설치된 무리말뚝

가. 무리말뚝이 연약한 지반 위에 있는 단단한 지반에 근입된 경우, 연약 층의 말뚝선단의 관입파괴(punching failure)에 대한 가능성을 고려하여야 한다. 단단한 층 아래의 흙이 연약한 압축성 흙으로 이루어져 있는 경우에는 이들 지층 때문에 많은 침하가 발생할 가능성을 고려하여야 한다.

(11) 무리말뚝의 횡방향 지지력

① 무리말뚝의 설계 수평지지력 Q_R 은 다음과 같다.

$$Q_R = \phi Q_n = \phi Q_{Lg} = \eta \phi_L \sum Q_L \quad (2.3-23)$$

여기서, Q_L = 외말뚝의 공칭 수평지지력(N)

Q_{Lg} = 무리말뚝의 공칭 수평지지력(N)

ϕ_L = KDS 11 50 10 (2.5) 표 2.5-2규정된 무리말뚝에 대한 저항계수

η = 무리말뚝의 효율계수(점성토의 경우 0.85, 사질토의 경우 0.75)

② 무리말뚝의 횡방향 지지력은 효율계수를 적용한 외말뚝의 수정된 지지력의 합으로 구한다.

2.4 구조설계

(1) 일반사항

① 타입하여 설치하는 말뚝의 구조설계는 KDS 24 14 21, KDS 24 14 31의 해당 규정에 따라 실시한다.

(2) 말뚝의 좌굴

지반면 위로 돌출되어 물이나 공기에 노출되어 있는 말뚝은 지반 아래 일정한 깊이에 고정되어 있는 것으로 가정한다. 횡방향으로 지지되지 않은 길이와 지반 속에 근입된

깊이의 합인 말뚝의 등가깊이를 사용하여, KDS 24 14 21, KDS 24 14 31의 압축부재에 대한 규정에 따라 안정성을 결정하게 된다. 고정점까지의 근입깊이는 다음 식으로 나타낸다.

① 점성토인 경우 :

$$1.4 \left[\frac{E_p I_p}{E_s} \right]^{0.25} \quad (\text{mm}) \quad (2.4-1)$$

② 사질토인 경우 :

$$1.8 \left[\frac{E_p I_p}{n_h} \right]^{0.2} \quad (\text{mm}) \quad (2.4-2)$$

여기서,

E_p = 말뚝의 탄성계수(MPa)

I_p = 말뚝의 관성모멘트(mm⁴)

E_s = 점성토의 탄성계수 = $67 S_u$ (MPa)

S_u = 점성토의 비배수 전단강도(MPa)

n_h = 표 2.4-1에 규정된 사질토의 깊이에 따른 탄성계수 증가비(MPa/mm)

표 2.4-1 사질토의 깊이에 따른 탄성계수의 증가 비 n_h (MPa/mm)

연경도	건조 또는 습윤 상태	수침
느슨	9.4×10^{-3}	4.7×10^{-3}
보통	0.025	0.013
조밀	0.063	0.031

3. 현장타설말뚝

3.1 일반사항

(1) 범위

① 이 규정은 현장타설말뚝의 설계에 적용한다.

(2) 근입

① 현장타설말뚝의 근입은 충분한 연직, 횡방향 하중지지력을 발휘하고 허용변위량을 감당할 수 있을 만큼 충분하여야 한다.

(3) 지름과 확대선단부

① 암반 소켓 현장타설말뚝 시공을 위해 상부토사의 붕괴방지용으로 케이싱이 필요한 경우 소켓지름은 케이싱의 안지름보다 최소한 150 mm 작아야 한다. 케이싱이 필요하지 않은 암반 소켓 현장타설말뚝의 경우에는 소켓지름이 상부 말뚝지름과 같아도 된다.

- ② 단단한 점성토에서는 단위 선단지지압력을 감소시키기 위해서 또는 인발하중에 대한 추가적인 저항력을 제공하기 위해서 선단지지면적을 증가시키기 위하여 말뚝선단을 확대하거나 종 모양으로 할 수 있다. 콘크리트를 타설하기 전에 천공구멍 바닥면을 깨끗하게 하고 그 상태를 확인한 경우에는 전체 저부면적이 효과적으로 하중을 전달시킨다고 볼 수 있다.

(4) 지지력

- ① 이 기준의 2.1(2)의 규정은 말뚝 대신에 현장타설말뚝으로 대체하여 적용할 수 있다. 시공방법이 현장타설말뚝 지지력에 영향을 끼칠 수 있으므로 설계할 때 이 점을 고려하여야 한다. 현장타설말뚝의 시공은 건조시공, 케이싱 사용 시공, 습윤시공 또는 이들 방법을 조합하는 방법이 있다. 모든 시공법의 경우에 대하여 천공경의 굴착, 콘크리트 타설 그리고 현장타설말뚝 시공에 대한 기타 조건들은 이들 시방규정에 따라 실시하도록 한다.

(5) 하향력

- ① 하향력은 이 기준의 2.1(3)의 규정된 방법에 의해 평가한다. 극한한계상태에서의 선단지지 현장타설말뚝에 작용하는 하향력의 하중계수는 KDS 11 50 10 (2.5) 표 2.5-5에 규정된 주변마찰력에 대한 저항계수의 역수를 적용한다.

(6) 무리말뚝의 말뚝간격

- ① 현장타설말뚝의 중심간 간격은 지름의 3배 또는 인접말뚝간의 상호간섭이 없는 최소간격보다 커야 한다. 더 좁은 간격이 요구되는 경우에는 시공절차를 설계도서에 명시하여야 하고 인접 현장타설말뚝 간의 상호작용 효과를 평가하여야 한다.

(7) 경사 현장타설말뚝

- ① 경사 현장타설말뚝은 피하도록 한다. 횡방향 지지력을 증가시킬 필요가 있는 경우에는 말뚝지름을 크게 하거나 말뚝수를 증가시킨다.

(8) 지하수위와 부력

- ① 이 기준의 2.1(6)의 규정을 적용한다.

(9) 인발

- ① 이 기준의 2.1(8)의 규정을 적용한다. 팽창토에 대해 설계 및 시공되는 현장타설말뚝은 인발에 저항하기 위해 습윤조건에 대해 안정한 흙에 충분히 정착되도록 한다. 지반팽창조건에 의해 말뚝/말뚝캡에 인발하중이 작용하지 않도록 지표면과 캡의 아래부분 또는 말뚝을 연결하는 빔 사이의 공간을 충분히 확보하도록 하여야 한다.

3.2 사용한계상태의 변위

(1) 일반사항

- ① 이 기준의 2.2(1)의 규정을 적용한다. KDS 24 12 11 (4.1.1)에 제시된 사용하중조합 -I 을 사용하는 것이 적합하다. 점성토에 설치된 현장타설말뚝의 사용한계상태 침하량을 추정하는 데는 영구하중만을 고려한다. 조립토에 설치된 말뚝의 침하량을 추정할 때는 영구하중에 일시적인 하중을 더한 값을 사용한다.

(2) 수평변위에 대한 기준

- ① 이 기준의 2.2(2)의 규정을 적용한다.

(3) 침하

- ① 일반사항

가. 외말뚝과 무리말뚝에 상관없이 현장타설말뚝기초의 침하량은 KDS 11 50 10 (2.2)에 규정된 허용침하량을 초과해서는 안 된다.

- ② 현장타설 외말뚝의 침하량은 다음 사항을 고려하여 추정하여야 한다.

가. 단기간 침하량

나. 점성토에 시공될 경우에는 압밀침하량

다. 현장타설말뚝의 축방향 압축량

- ③ 무리말뚝의 침하량

가. 이 기준의 2.2(3)의 규정을 적용한다.

3.3 극한한계상태의 지지력

(1) 일반사항

- ① 이 기준의 2.3(1)의 극한한계상태를 적용한다.

(2) 현장타설말뚝의 축방향 하중

- ① 이 기준의 2.3(2)의 규정을 적용한다.

- (3) 점성토에 설치된 현장타설말뚝의 저항력을 결정하기 위해 반경험적인 방법이 사용된다. 점성토의 현장타설말뚝은 비배수 하중조건과 배수 하중조건에 대하여 각각 전용력법과 유효응력법으로 설계하여야 한다.

- ① 말뚝의 주변마찰력 산정

가. 점성토에 설치되어 비배수 재하 상태에 있는 현장타설말뚝의 공칭 단위 주변마찰력은 α 방법으로 산정하며, 단위는 MPa이다.

$$q_s = \alpha S_u \quad (3.3-1)$$

여기서,

$$\frac{S_u}{p_a} \leq 1.5 \text{ 일때, } \alpha = 0.55 \quad (3.3-2)$$

$$1.5 \leq \frac{S_u}{p_a} \leq 2.5 \text{ 일때, } \alpha = 0.55 - 0.1 \left(\frac{S_u}{p_a} - 1.5 \right) \quad (3.3-3)$$

여기서,

S_u = 평균 비배수전단강도(MPa)

α = 부착력 계수 (무차원값)

p_a = 대기압 (=0.101 MPa)

- 나. 그림 3.3-1에 나타난 바와 같이 현장타설말뚝의 다음 부분들에서는 주면마찰력이 발휘되지 않는 것으로 간주한다.
- (가) 말뚝의 머리로부터 최소한 1,500 mm까지
 - (나) 단면이 일정한 말뚝의 경우 선단으로부터 위로 말뚝의 지름만큼
 - (다) 확대선단말뚝에서 확대선단부의 주면
 - (라) 확대선단말뚝에서 확대선단부의 상단에서 위로 말뚝지름만큼
- 다. 영구적인 케이싱을 사용하는 경우에는 케이싱의 종류와 길이, 설치 방법을 고려하여 주면마찰력 값을 적정하게 수정(무시 포함)하여야 한다.

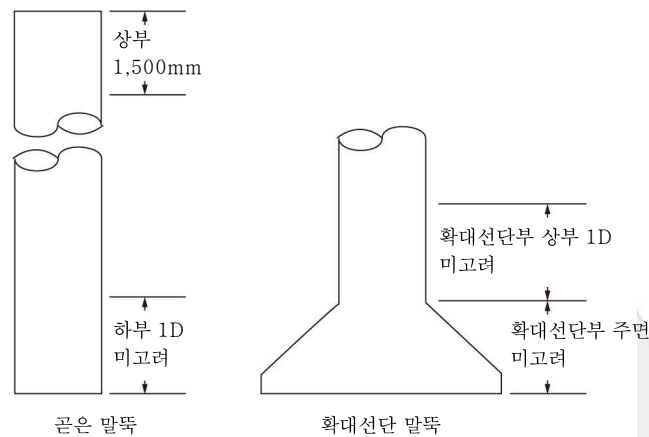


그림 3.3-1 주면마찰력을 계산할 때 고려하지 않는
현장타설말뚝의 각 부분에 대한 설명
(O'Neill and Reese, 1999)

② 선단지지력

- 가. 점성토에 설치되어 축하중을 받는 현장타설말뚝의 전응력 방법에 따른 공칭 단위 선단지지력은 다음의 O'Neill과 Reese(1999) 식으로 산정한다.

$$q_p = N_c S_u \leq 4.0 (MPa) \quad (3.3-4)$$

$$N_c = 6 \left[1 + 0.2 \left(\frac{Z}{D} \right) \right] \leq 9 \quad (3.3-5)$$

여기서, D = 말뚝의 지름(mm)

Z = 말뚝의 관입깊이(mm)

S_u = 비배수전단강도(MPa)

- 나. S_u 값은 현장타설말뚝의 선단으로부터 지름의 2배만큼 떨어진 깊이 이내의 위치에서 시행한 현장시험결과나, 이 깊이에서 채취한 불교란시료를 사용한 실내시험결과로부터 결정한다. 만일 이렇게 구한 S_u 가 0.024 MPa 이하라면, N_c 값에 0.67을 곱한다.(1/3만큼 저감)

(4) 사질토에 설치한 현장타설말뚝의 지지력 산정

① 일반사항

가. 사질토 지반의 현장타설말뚝은 배수조건의 유효응력법으로 설계하거나, 현장시험 결과에 근거하여 경험적인 방법으로 설계하여야 한다.

② 주변마찰력

가. 사질토에 설치된 현장타설말뚝의 β 방법에 의한 공칭지지력 q_s 는 다음과 같이 구하며, 단위는 MPa이다.

$$0.25 \leq \beta \leq 1.2 \text{ 일때, } q_s = \beta \sigma'_v \leq 0.19 \quad (3.3-6)$$

사질토 지반에서,

$$N_{60} \geq 15 \text{ 이면, } \beta = 1.5 - (7.7 \times 10^{-3} \sqrt{z}) \quad (3.3-7)$$

$$N_{60} < 15 \text{ 이면, } \beta = \frac{N_{60}}{15} (1.5 - 7.7 \times 10^{-3} \sqrt{z}) \quad (3.3-8)$$

여기서,

σ'_v = 대상층 중간에서 연직유효응력 (MPa)

β = 하중전이계수 (무차원)

z = 대상층 중간까지 깊이 (mm)

N_{60} = 설계구역 지층의 평균 N값으로서, 해머 효율에 대해서 보정한 값

나. 재하시험을 실시하였다면 더 큰 값을 사용할 수도 있다.

다. 자갈질 모래층이나 자갈층에 대해서는 N_{60} 이 15 이상이라면, 다음 식 (3.3-9)를 적용하며, 그 외의 경우에는 식 (3.3-8)을 사용한다.

$$\beta = 2.0 - 0.00082(z)^{0.75} \quad (3.3-9)$$

라. 영구적인 케이싱을 사용하는 경우에는 케이싱의 종류와 길이, 설치 방법을 고려하여 주변마찰력 값을 적절하게 수정하거나 무시하여야 한다.

③ 선단지지력

가. 사질토에 설치한 현장타설말뚝의 공칭 선단지지력 q_p 는 O'Neill과 Reese(1999) 방법에 따라 다음과 같이 구하며, 단위는 MPa이다.

$$0.057N_{60} \leq 50 \text{ 일때, } q_p = 1.2N_{60} \quad (3.3-10)$$

여기서, N_{60} = 설계구역 지층의 평균 N값으로서, 해머 효율에 대해서만 보정한 값

나. 재하시험을 실시한 경우 외에는 식 (3.3-10)으로 구한 q_p 는 3.0 MPa 이내이어야 한다.

다. N_{60} 값이 50보다 큰 지층에 대해서는 중간지반(intermediated geomaterial)으로 간주하여 다음 식으로 선단지지력을 산정한다. 단위는 MPa이다.

$$q_p = 0.59 \left[N_{60} \left(\frac{p_a}{\sigma'_v} \right) \right]^{0.8} \sigma'_v \quad (3.3-11)$$

여기서,

σ_v' = 대상층 중간에서 연직유효응력 (MPa)

p_a = 대기압 (=0.101 MPa)

식 (3.3-11)을 적용할 때, N_{60} 은 시험결과와 상관없이 상한값을 100으로 한다.

(5) 암반에 설치한 현장타설말뚝의 지지력 산정

① 암반에 지지되는 현장타설말뚝은 다음 성분의 저항력으로 압축하중을 견뎌야 한다.

가. 암반 근입부(소켓) 벽면의 주면마찰력, 또는

나. 말뚝 선단 아래 지층의 지지력, 또는

다. 위 두 가지 성분 모두

라. 암반에 근입된 현장타설말뚝의 저항력을 산정할 때, 주면마찰력과 선단지지력 각각의 발현에 필요한 변위의 차이를 고려하여야 한다. 암반의 선단지지력을 반영하는 경우에는 암반 벽면에서 전단저항이 변형량에 따라서 최대값을 지나 잔류상태로 저하되는 상황을 고려하여 암반의 주면마찰력을 평가하여야 한다.

② 주면마찰력

가. 암반에 근입된 현장타설말뚝의 주면마찰력 q_s 는 Horvath와 Kenney(1979) 방법에 따른 다음 식으로 구하며, 단위는 MPa이다.

$$q_s = 0.65 \alpha_E p_a \left(\frac{q_u}{p_a} \right)^{0.5} < 7.8 p_a \left(\frac{f'_c}{p_a} \right)^{0.5} \quad (3.3-12)$$

여기서,

q_u = 암의 일축압축강도 (MPa)

p_a = 대기압 (=0.101 MPa)

α_E = 암반 절리를 고려한 감소계수(표 3.3-1 참조)

f'_c = 콘크리트 압축강도 (MPa)

표 3.3-1 암반 절리를 고려한 감소계수

E_m/E_i	α_E
1.0	1.0
0.5	0.8
0.3	0.7
0.1	0.55
0.05	0.45

③ 암반에 근입된 현장타설말뚝의 선단지지력 q_p 는 다음과 같이 산정하며, 단위는 MPa이다.

가. 말뚝 선단 아래로 말뚝 지름(폭)의 2배 깊이까지 암반이 신선한 상태이거나 압축성물질 없이 절리가 단혀있는 경우, 그리고 암반 근입부(소켓)의 길이가 말뚝 지름(폭)의 1.5배 폭 이상일 경우

$$q_p = 2.5q_u \quad (3.3-13)$$

나. 말뚝 선단 아래로 말뚝 지름(폭)의 2배 깊이까지 암반이 여러 방향의 절리를 갖는 경우

$$q_p = [\sqrt{s} + \sqrt{(m\sqrt{s} + s)}]q_u \quad (3.3-14)$$

여기서, s, m : 파쇄암반 정수(표 3.3-2 참조)

q_u = 암의 일축압축강도(MPa)

(6) 재하시험

- ① 재하시험은 일반적으로 계획된 사용 말뚝과 동일한 방법, 치수, 재료로 만들어진 말뚝에 대하여 시행된다. 축방향 압축지지력, 축방향 인발지지력 또는 횡방향 지지력에 대한 저항계수는 KDS 11 50 10 (2.5) 표 2.5-5에 나타나 있다.

(7) 인발

① 일반사항

가. 현장타설말뚝에 상향력이 작용할 때에는 인발저항력을 고려하여야 한다. 상향력을 받는 말뚝에 대해서는 인발에 대한 말뚝의 구조적 강도에 대한 인발저항력과 지지부와 말뚝의 연결부위 강도에 대하여 검토하여야 한다.

② 현장타설 외말뚝의 인발저항력

가. 단면변화가 없는 현장타설 외말뚝의 인발저항력은 압축력을 받는 말뚝의 주변마찰력과 비슷한 방법으로 산정한다. 선단확대말뚝의 인발저항력은 선단 상부의 주변마찰력은 무시하고 종 모양의 선단이 앵커처럼 작용한다고 가정하고 산정한다. 현장타설말뚝의 인발저항력에 대한 강도감소계수는 KDS 11 50 10 (2.5) 표 2.5-5에 나타나 있다.

나. 점성토에서 확대선단부를 가진 현장타설말뚝에 대해 감가된 인발저항력은 아래와 같이 산정된다.

$$Q_R = \phi Q_n = \phi_s Q_{s,bell} \quad (3.3-15)$$

여기서,

$$Q_{s,bell} = q_{s,bell} A_u \quad (3.3-16)$$

여기서,

$$q_{s,bell} = N_u S_u$$

$$A_u = \pi (D_p^2 - D^2) / 4 (\text{mm}^2)$$

N_u = 인발 부착계수

D_p = 확대선단부의 지름(mm)

D_b = 지지층 근입깊이(mm)

D = 말뚝지름(mm)

S_u = 저면 위로 확대선단부 지름의 2배 거리 내 평균 비배수전단강도(MPa)

ϕ = KDS 11 50 10 (2.5) 표 2.5-5에 나타나 있는 강도감소계수

다. 만일 지지층 상부에 팽창성 흙이 있다면, S_u 는 저면 바닥으로부터 상향으로 2 D_p 또는 지지층에 근입된 말뚝길이 중에서 작은 값에 대한 평균값으로 한다. N_u 값은 $D_b/D_p = 0.75$ 인 경우 0.0부터 $D_b/D_p = 2.5$ 인 경우 8.0까지 선형적으로 변한다고 가정한다. 여기서, D_b 는 지지층의 깊이이다. 지지층의 최상부는 계절에 따라 함수비가 변하는 구역의 바닥면으로 한다.

③ 무리말뚝의 인발저항력

가. 이 기준의 2.3(7)③의 규정을 적용한다. 현장타설 무리말뚝의 인발저항력에 대한 저항계수는 KDS 11 50 10 (2.5) 표 2.5-2에 나타나 있다.

(8) 수평하중

① 횡방향 하중을 받는 현장타설말뚝을 설계할 때에는 무리 내의 말뚝수를 포함하여 말뚝과 지반 사이의 상호작용 효과를 고려하여야 한다. 현장타설말뚝 두부는 캡에 강결합시킨다.

(9) 현장타설 무리말뚝의 지지력

① 일반사항

가. 무리효과에 의한 저항력의 감소를 고려하여야 한다.

② 점성토

가. 이 기준의 2.3(10)②의 규정을 적용한다. 등가피어 또는 블록파괴를 고려한 무리말뚝 지지력에 대한 저항계수는 KDS 11 50 10 (2.5) 표 2.5-2에 나타나 있으며, 캡과 지반의 접촉 여부에 상관없이 적용된다. 개개의 현장타설말뚝 지지력을 합해서 계산한 무리말뚝의 지지력에 대한 저항계수는 현장타설 외말뚝의 지지력에 대한 저항계수와 같다.

③ 사질토

가. 캡과 지반의 밀착여부에 상관없이 현장타설 무리말뚝의 지지력은 외말뚝의 지지력의 합에 적절한 효율계수를 곱한 값으로 산정한다.

④ 압축성이 큰 연약지반 위의 단단한 지반에 있는 무리말뚝의 지지력

가. 이 기준의 2.3(10)④의 규정을 적용한다.

표 3.3-2 비선형 강도 정의상 암질과 재료상수의 대략적인 관계 (Hoek and Brown, 1988)

암질	정수	암의 유형 A=벽개가 잘 발달된 탄산염암 B=석화된 이질암 C=뚜렷한 벽개가 있는 사질암 D=세립의 결정질 화성암 E=조립의 결정질 화성암과 변성암				
		A	B	C	D	E
신선암 시료 실험실 규격 시료상으로 절리가 없음 CSIR 등급: RMR=100	m s	7.00 1.00	10.00 1.00	15.00 1.00	17.00 1.00	25.00 1.00
매우 양호한 암반 Tightly interlocking undisturbed rock with unweathered joints at 절리가 풍화되지 않고, 단단히 결속된 불교란 상태(900~3000mm 크기에서) CSIR 등급: RMR=85	m s	2.40 0.082	3.43 0.082	5.14 0.082	5.82 0.082	8.567 0.082
양호한 암반 절리가 있고, 약간 풍화되었거나 미미하게 교란된 상태(900~3000mm 크기에서) CSIR 등급: RMR=65	m s	0.575 0.00293	0.821 0.00293	1.231 0.00293	1.395 0.00293	2.052 0.00293
보통의 암반 보통 정도 풍화된 절리를 다수 가지는 상태 (간격 300~900mm) CSIR 등급: RMR=44	m s	0.128 0.00009	0.183 0.00009	0.275 0.00009	0.311 0.00009	0.458 0.00009
불량한 암반 50~300mm 간격의 풍화된 절리가 많고 비지(gouge)가 있는 상태; clean compacted waste rock. CSIR 등급: RMR=23	m s	0.0029 3×10^{-6}	0.041 3×10^{-6}	0.061 3×10^{-6}	0.069 3×10^{-6}	0.102 3×10^{-6}
매우 불량한 암반 간격 50mm 미만의 절리가 매우 많고 비지가 있음. Waste rock with fines. CSIR 등급: RMR=3	m s	0.007 1×10^{-7}	0.010 1×10^{-7}	0.015 1×10^{-7}	0.017 1×10^{-7}	0.025 1×10^{-7}

3.4 구조설계

(1) 일반사항

① 현장타설말뚝의 구조설계는 KDS 24 14 21의 규정을 적용한다.

(2) 현장타설말뚝의 좌굴

① 이 기준의 2.4(2)의 규정을 적용한다.

3.5 현장타설말뚝의 구조세목

(1) 일반사항

- ① 굴착공 내를 인력으로 조사하는 경우에는 말뚝지름이 750 mm보다 작아서는 안 된다.
말뚝에 지지되는 상부기둥의 지름은 현장타설말뚝의 지름을 초과해서는 안 된다.

(2) 보강

- ① 수평하중이 작용할 가능성이 적은 경우에는 축하중에 대해서만 현장타설말뚝을 보강할 수도 있다. 수평방향으로 지지되지 않는 부분은 KDS 24 14 21에 따라서 철근 콘크리트 기둥으로 설계하고, 이 때 철근은 지반 내 고정점(fixity point) 아래로 충분한 깊이까지 연장되어야 한다.
- ② 두께가 3.0 mm 이상인 영구적인 케이싱 강관을 사용할 경우에는 강관이 하중을 분담하는 것으로 고려할 수도 있다. 이 경우 강관의 부식을 고려하여야 한다.

(3) 수평방향 배근

- ① 수평방향 철근은 띠철근, 또는 나선철근으로 배근하며, 굵지 않은 콘크리트의 타설 압력을 견디도록 설계하여야 한다. 지진에 대한 규정은 KDS 24 17 11을 따른다.

(4) 콘크리트

- ① 말뚝에 사용하는 콘크리트는 최대 골재치수, 반죽정도, 습윤, 건조, 설계강도 등을 고려하여 배합설계하며, 상세 계획에 따라 제 위치에 적정하게 타설하여 견고해지도록 한다. 최대 골재치수는 철근 간격의 1/5을 초과할 수 없다.

(5) 상부구조체 연결

- ① 현장타설말뚝을 상부구조체와 연결하기 위해서는 적절한 배근을 하여야 한다. 캡속으로 철근을 근입하는 방법은 KDS 24 14 21의 관련 규정을 따르도록 한다.

(6) 확대선단부

- ① 확대선단부는 무근 콘크리트에 과도한 응력이 발생하지 않도록 설계하여야 한다. 확대선단부는 연직선에 대하여 30° 이하의 각도로 경사지게 하고, 바닥면의 지름은 말뚝지름의 3배를 넘지 않도록 한다. 확대선단부의 바닥 가장자리 두께는 150 mm보다 작아서는 안 된다.

집필위원

성명	소속	성명	소속
권오균	계명대학교	박재현	한국건설기술연구원
남문석	한국도로공사	백규호	가톨릭관동대학교

자문위원

성명	소속	성명	소속
여규권	삼부토건	박이근	(주)지오알앤디
김대현	조선대학교	유남재	한국건설생활환경시험연구원

건설기준위원회

성명	소속	성명	소속
구찬모	한국토지주택공사	배병훈	한국도로공사
김운형	다산컨설팅	임대성	삼보ENG
김유봉	서영엔지니어링	정상섬	연세대학교
김홍문	평화엔지니어링	정충기	서울대학교
박성원	유신	최용규	경성대학교
박종호	평화지오텍		

중앙건설기술심의위원회

성명	소속	성명	소속
구자흡	삼영엠텍(주)	이근하	(주)포스코엔지니어링
김현길	(주)정림이앤씨	차철준	한국시설안전공단
박구병	한국시설안전공단	최상식	(주)다음기술단

국토교통부

성명	소속	성명	소속
정선우	국토교통부 기술기준과	김병채	국토교통부 기술기준과
김광진	국토교통부 기술기준과	박찬현	국토교통부 원주지방국토관리청
김남철	국토교통부 기술기준과	이선영	국토교통부 기획총괄과

(분야별 가나다순)

설계기준

KDS 11 50 20 : 2016

깊은기초 설계기준(한계상태설계법)

2016년 6월 30일 제정

소관부서 국토교통부 기술기준과

관련단체 한국도로협회
13647 경기도 성남시 수정구 위례서일로 26, 8층
Tel : 02-3490-1000 E-mail : off@kroad.or.kr
<http://www.kroad.or.kr>

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 25 : 2016

기초 내진 설계기준

2016년 6월 30일 제정

<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 건설 공사는 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 내진설계에 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 시설 기준 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)

제 정 : 2016년 6월 30일

심 의 : 중앙건설기술심의위원회

소관부서 : 국토교통부 기술기준과

관련단체 : 한국지반공학회

개 정 : 년 월 일

자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회

작성기관 : 한국지반공학회

목 차

1. 일반사항	1
2. 기초구조물의 내진등급	1
3. 내진성능목표	1
4. 기초구조물의 설계거동한계	2
4.1 기능수행수준에 따른 설계거동한계	2
4.2 붕괴방지수준에 따른 설계거동한계	2
5. 설계 지반운동 결정과 지반 증폭계수	2
6. 입지조건과 지반조사	3
7. 액상화 평가	4
8. 기초구조물의 내진설계	4
9. 제방 비탈면의 내진설계	5
10. 옹벽의 내진설계	5

1. 일반사항

- (1) 이 기준은 구조물 기초의 내진설계와 내진성능 평가에 적용되는 기준이다.
- (2) 이 기준은 구조물 기초의 내진성능을 확보하기 위한 최소 설계 요구조건으로서 지진으로 인한 구조물 기초의 피해와 이로 인한 경제적 손실을 최소화하기 위한 기준이다.
- (3) 구조물 기초의 내진성능 평가는 지진의 발생빈도, 지반운동 크기와 구조물 기초의 중요도 등에 따라 기능수행수준과 붕괴방지수준으로 구분하여 실시한다.

2. 기초구조물의 내진등급

- (1) 구조물의 내진등급은 특등급, 1등급과 2등급으로 구분하고, 기초 구조물의 내진등급은 해당 구조물의 내진등급을 따른다.
- (2) 내진 특등급 구조물은 내진 1등급 구조물 중 복구의 난이도가 높고 경제적 측면에서 특별하게 분류되는 구조물로서 관할기관과 협의하여 결정한다.
- (3) 내진 1등급 구조물은 피해를 입는 경우 많은 인명과 재산상의 손실을 발생시키는 구조물, 지진재해 복구에 중요한 역할을 담당하는 구조물, 국방상의 필요성에 의하여 분류된 구조물 등으로 관할기관과 협의하여 결정한다.
- (4) 내진 2등급 구조물은 내진 특등급과 내진 1등급에 속하지 않는 일반 구조물 중 관할기관과 협의하여 결정한다.

3. 내진성능목표

- (1) 구조물의 내진성능수준은 기능수행수준과 붕괴방지수준으로 구분하며, 기초구조물의 내진성능수준은 구조물의 내진성능수준을 따른다.
- (2) 기능수행수준은 지진 시 또는 지진 경과 후에도 구조물의 정상적인 기능을 유지할 수 있도록 심각한 구조적 손상이 발생하지 않게 설계하는 것을 성능목표로 한다.
- (3) 붕괴방지수준은 구조물에 제한적인 구조적 피해는 발생할 수 있으나 긴급보수를 통해 구조물의 기본기능을 발휘하도록 설계하는 것을 성능목표로 한다.
- (4) 기초 구조물은 표 3-1에 규정한 평균 재현주기를 갖는 지반운동에 대하여 기능수행수준과 붕괴방지수준을 만족하도록 설계한다.

표 3-7 지반운동 수준

성능목표	특등급	1등급	2등급
기능수행	평균재현주기 200년	평균재현주기 100년	평균재현주기 50년
붕괴방지	평균재현주기 2400년	평균재현주기 1000년	평균재현주기 500년

4. 기초구조물의 설계거동한계

4.1 기능수행수준에 따른 설계거동한계

- (1) 비탈면이나 옹벽과 같은 흙막이 구조물은 부분적인 항복과 소성변형을 허용할 수 있으나, 주변 구조물 및 부속 시설들은 탄성 또는 탄성에 준하는 거동을 허용한다.
- (2) 얕은기초 및 깊은기초는 지진 시 그 주변 지반의 소성거동은 허용할 수 있으나, 기초 구조물 자체와 모든 상부 구조물 및 부속 시설이 탄성 또는 탄성에 준하는 거동을 허용한다.

4.2 붕괴방지수준에 따른 설계거동한계

- (1) 비탈면이나 옹벽과 같은 흙막이 구조물의 구조적 손상은 경미한 수준으로 허용하며 이로 인한 주변 구조물 및 부속 시설들의 소성거동은 허용하지만, 취성과파괴 또는 좌굴이 발생하지 않아야 한다.
- (2) 얕은기초 및 깊은기초는 지진하중 작용 시 소성거동을 허용할 수 있으나, 이로 인하여 기초구조물 자체와 상부 구조물에는 취성과파괴 또는 좌굴이 발생하지 않아야 한다.
- (3) 기초 구조물과 그 주변의 지반에는 과도한 변형이 발생하지 않아야 하며, 지반의 액상화로 인하여 상부 구조물에 중대한 결함이 발생하지 않아야 한다.

5. 설계 지반운동 결정과 지반 증폭계수

- (1) 구조물 기초설계 지반운동을 결정하는 데 고려할 사항은 다음과 같다.
 - ① 설계 지반운동은 부지 정지작업이 완료된 지표면에서의 자유장 운동으로 정의한다.
 - ② 국지적인 토질조건, 지질조건, 지형조건 등이 지반운동에 미치는 영향을 고려한다.
 - ③ 설계 지반운동은 기본 지진재해도(보통암 지반 기준)로 평가한다.
 - ④ 설계 지반운동은 진폭, 주파수 내용 및 지속시간의 세 가지 측면에서 그 특성을 합리적으로 정의한다.
 - ⑤ 토사지반에 중요도가 높은 구조물을 설치하는 경우, 부지특성 평가기법과 부지 응답해석을 수행하여 해당부지에 적합한 설계 지반운동을 결정한다.
 - ⑥ 설계 지반운동은 수평 2축 방향과 연직방향 성분으로 나타낸다.
 - ⑦ 설계 지반운동의 수평 2축 방향 성분은 그 특성이 서로 동일하다고 가정할 수 있다.
 - ⑧ 설계지반운동의 연직방향 성분의 진폭은 수평방향 성분의 3분의 2로 가정할 수 있고, 주파수 내용과 지속시간은 수평방향 성분과 동일하다고 가정할 수 있다.
- (2) 설계지진계수(지표면 자유장 최대가속도)는 해당 지역의 보통암 암반 노두 설계지진계수(최대가속도)에 그 지역의 지반(증폭)계수를 곱하여 결정한다.
- (3) 지반운동에 따른 지반종류는 표 5-1과 같이 5종으로 분류한다.

표 5-1 지반의 종류

지반 종류	지반종류의 호칭	지표면 아래 30 m 토층에 대한 평균값		
		전단파속도 (m/s)	표준관입시험 (타격횟수/300 mm)	비배수전단강도 (kPa)
S_A	경암 지반	> 1,500	—	—
S_B	보통암 지반	760 ~ 1,500		
S_C	매우 조밀한 토사 지반 또는 연암 지반	360 ~ 760	> 50	> 100
S_D	단단한 토사 지반	180 ~ 360	15 ~ 50	50 ~ 100
S_E	연약한 토사 지반	< 180	< 15	< 50
S_F	부지 고유의 특성평가가 요구되는 지반			

- (4) 지반(증폭)계수는 내진설계기준연구(II)(건설교통부, 1997년)을 준용하거나 부지 고유의 응답해석을 수행하여 결정한다. 부지고유의 응답해석 결과는 내진설계기준연구(II) 결과의 80% 이상인 경우에 한하여 사용한다.
- (5) 중요구조물에 대하여 토사지반의 증폭현상을 파악하기 위하여 암반노두와 토사지반에 지진계를 병행설치하는 것이 필요하다고 판단되는 경우, 설치 여부 등을 관할기관과 협의하여 결정할 것을 권장한다.

6. 입지조건과 지반조사

- (1) 구조물의 위치는 활성단층 지역, 활성단층 인접지역 그리고 액상화 현상 및 과도한 침하 등이 발생할 가능성이 있는 지역은 가급적 피한다. 불가피한 경우에는 지반을 개량하여 지진에 의한 피해가 발생할 가능성을 저하시킨다.
- (2) 지반조사는 지층의 구성, 각 지층의 동역학적 특성 파악 및 실내시험용 시료채취 등을 수행하는 현장시험과 채취된 시료를 이용한 실내시험을 포함한다.
- (3) 내진설계에서는 지진에 대한 설계 지반운동을 결정하기 위하여 기준면을 확인할 수 있는 심도까지 시추를 시행한다. 기준면은 보통암 지반(전단파속도 $V_s = 760$ m/s 이상)으로 한다.
- (4) 액상화 저항능력을 평가하기 위한 시추조사는 지표면 아래 20 m까지 실시한다.
- (5) 설계 지반운동 결정을 위하여 지반의 층상구조, 기반암 깊이, 각 층의 밀도, 지하수위, 전단파 속도 주상도, 각 지층의 변형률 크기에 따른 전단탄성계수 감소곡선과 감쇠비 곡선 등을 조사한다.
- (6) 액상화 평가를 위해서는 시추주상도, 지하수위, 표준관입시험의 N 값, 콘관입시험의 q_c 값, 전단파 속도 주상도, 지층의 물리적 특성 등을 결정한다. 또한 상세한 액상화 예측을 위해서는 시료를 채취하여 실내 반복시험(cyclic test)을 실시한다. 재성형 시료를 사용할 경우 가능한 한 현장조건과 유사하게 성형한다.

7. 액상화 평가

- (1) 기초 구조물은 지반 액상화의 피해를 입지 않도록 액상화 발생 가능성을 검토한다. 액상화 발생 가능성은 대상현장에서 액상화를 유발시키는 전단저항응력과 지진에 의해 발생하는 지진전단응력의 비로서 정의되는 안전율로 평가한다.
- (2) 설계 지진 규모는 지진구역 I, II 모두 리히터규모 6.5를 적용한다.
- (3) 액상화 평가는 구조물 내진등급에 따라 붕괴방지수준의 경우에서 실시한다.
- (4) 내진 특등급 및 1등급 구조물인 경우 현장과 실내 시험결과를 적용한 지진응답해석을 수행하여 지진전단응력을 결정하고, 액상화 전단저항응력은 실내반복시험 결과를 이용하여 산정한다.
- (5) 액상화 평가에는 구조물의 내진등급에 따라 현장시험 결과($N_{값}$, $q_{c,값}$, $V_s,값$ 등)를 이용한 간편 예측법 또는 실내 반복시험을 이용한 상세 예측법 등을 적용한다.
- (6) 간편 예측법에서 액상화에 대한 안전율은 1.5를 적용한다. 안전율이 1.5보다 작을 경우 상세 예측법을 실시한다.
- (7) 상세 예측법에서 액상화에 대한 안전율은 1.0을 적용한다. 안전율이 1.0 미만인 경우 대책공법을 마련하고, 1.0 이상인 경우에는 액상화에 대해 안전한 것으로 판정한다.
- (8) 액상화평가 결과, 대책이 필요한 지반의 경우는 지반개량공법 등을 적용하여 액상화 저항능력을 증대시키도록 하여야 한다.

8. 기초구조물의 내진설계

- (1) 기초구조물에 대한 내진설계는 등가정적 해석방법, 응답변위 해석방법과 동적해석 방법 등을 사용한다.
- (2) 기초에 대한 내진설계는 기초 구조체의 최대응력, 기초지반의 최대반력, 상부구조의 최대변위 그리고 기초의 전도, 활동 및 지지력 등을 검토한다.
- (3) 기초 내진설계 시 하중은 구조물의 자중, 상재하중에 의한 관성력, 지진에 의한 동수압 및 토압 등을 고려하여 결정한다. 또한 액상화 지반의 측방유동에 대한 영향을 하중에 고려한다.
- (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 허용치 이하이어야 한다.
 - ③ 액상화가 발생할 수 있는 기초지반은 적합한 액상화 대책공법을 적용한다.
- (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, 이 때 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. 액상화 가능성이 있는 지반에서는 말뚝의 주변마찰력을 무시한다.
- (6) 말뚝설계 시 특별히 요구되는 사항은 다음과 같다.
- ① 지반과 교량의 불확실한 응답특성들을 고려하여 말뚝의 내진설계에서는 일반 설계에서의 요구조건 이외에 다음의 요구조건을 만족시켜야 한다.
 - ② 말뚝의 내진설계에서는 극한지지력 개념을 사용하며 설계지진하중에 대하여 충분한 지지력을 확보하여야 한다.
 - ③ 말뚝은 말뚝캡에 적절히 연결하여야 한다.
 - ④ 콘크리트로 채운 말뚝에 특별한 정착장치를 설치하지 않는 경우에는 말뚝으로 인발력이 전달될 수 있도록 충분한 길이의 철근을 매립하여 정착하여야 한다.
 - ⑤ 속채움이 없는 강관말뚝, 나무말뚝, 강말뚝은 말뚝의 허용지지력의 10% 이상인 인발력이 전달될 수 있도록 정착하여야 한다.
 - ⑥ 보강철근은 말뚝과 말뚝캡을 일체로 하며 하중전달을 용이하게 하기 위해서 말뚝캡까지 연장되어야 한다.
 - ⑦ 말뚝의 내진설계에서는 기둥이 지표면 위에서 휨모멘트에 의하여 항복하기 이전에 말뚝이 지표면 아래에서 파괴되지 않도록 하여야 한다.
- (7) 지중 벽체 구조물과 같이 지반변위가 지배적인 기초 구조물에 대해서는 응답변위 해석법을 적용한다.
- (8) 기초 구조물에 대한 동적해석이 필요한 경우에는 기초와 지반의 상호작용을 고려하여 응답스펙트럼법, 시간이력 해석법 등을 사용할 수 있다.
- (9) 기초 구조물에 대한 동적해석에서는 현장시험과 실내시험으로 얻은 지반의 특성치를 적용하여 해석한다.

9. 제방 비탈면의 내진설계

- (1) 제방 비탈면의 내진설계법에는 등가정적 해석법 및 동적 수치해석 방법 등이 있다.
- (2) 동적 수치해석결과에서 지진으로 인하여 비탈면에 설계 거동한계를 초과하는 변형이 발생하지 않아야 한다.
- (3) 액상화 현상에 따른 지반 유동파괴가 발생하지 않아야 한다.

10. 옹벽의 내진설계

- (1) 옹벽의 내진설계법에는 등가정적 해석법, 벽체의 영구변위를 허용하는 영구변위 산정법과 수치해석 방법 등이 있다.
- (2) 등가정적해석에서 옹벽에 작용하는 동적토압은 Mononobe-Okabe 토압이론을 적용하여 산정한다.
- (3) 옹벽의 기초 및 기초지반은 미끄러짐 파괴, 지지력 파괴, 전도파괴, 전체 활동파괴 등에 대하여 안전하여야 한다.

- (4) 앵커시스템은 지진으로 인해 유발되는 토압 및 지반변형에 안전하게 견딜 수 있도록 설계한다.
- (5) 옹벽 배후 지반에 설치된 구조물의 변형은 설계거동 한계를 초과하지 않아야 한다.
- (6) 옹벽 주변지반에 액상화의 가능성이 있는 경우 그 영향을 고려한다.



집필위원

성명	소속	성명	소속
권오균	계명대학교	하익수	경남대학교
박두희	한양대학교	한진태	한국건설기술연구원
최창호	한국건설기술연구원		

자문위원

성명	소속	성명	소속
여규권	삼부토건	박이근	(주)지오알앤디
남문석	한국도로공사	유남재	한국건설생활환경시험연구원

건설기준위원회

성명	소속	성명	소속
구찬모	한국토지주택공사	배병훈	한국도로공사
김운형	다산컨설팅	임대성	삼보ENG
김유봉	서영엔지니어링	정상섭	연세대학교
김홍문	평화엔지니어링	정충기	서울대학교
박성원	유신	최용규	경성대학교
박종호	평화지오텍		

중앙건설기술심의위원회

성명	소속	성명	소속
구자흡	삼영엠텍(주)	이근하	(주)포스코엔지니어링
김현길	(주)정림이앤씨	차철준	한국시설안전공단
박구병	한국시설안전공단	최상식	(주)다음기술단

국토교통부

성명	소속	성명	소속
정선우	국토교통부 기술기준과	김병채	국토교통부 기술기준과
김광진	국토교통부 기술기준과	박찬현	국토교통부 원주지방국토관리청
김남철	국토교통부 기술기준과	이선영	국토교통부 기획총괄과

(분야별 가나다순)

설계기준

KDS 11 50 25 : 2016

기초 내진 설계기준

2016년 6월 30일 제정

소관부서 국토교통부 기술기준과

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(대 화동)
Tel : 031-910-0444 E-mail : kcsc@kict.re.kr
<http://www.kcsc.re.kr>

KDS 11 50 30 : 2016

진동기계기초 설계기준

2016년 6월 30일 제정

<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 건설 공사는 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 설계기준의 진동기계기초 설계기준에 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)
KDS 11 50 30 : 2016	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 기존의 코드에서 진동기계기초에 해당되는 부분을 정비함.	제정 (2016.6)
KDS 11 50 30 : 2016	• 한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함	수정 (2018.7)

제 정 : 2016년 6월 30일

개 정 : 년 월 일

심 의 : 중앙건설기술심의위원회

자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회

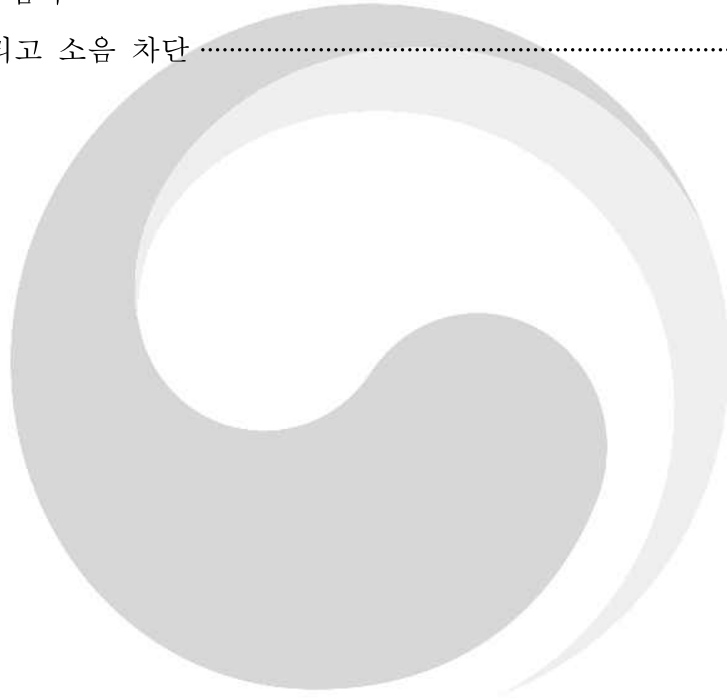
소관부서 : 국토교통부 기술기준과

관련단체 : 한국지반공학회

작성기관 : 한국지반공학회

목 차

1. 일반사항	1
2. 정하중 조건	1
3. 동하중에 의한 공진 방지	1
4. 기계기초의 진동해석	1
5. 허용진폭	2
6. 동적지지력 및 침하	4
7. 진동, 충격 그리고 소음 차단	4



1. 일반사항

- (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.
- (2) 진동을 받는 기초의 설계는 작은 변형률의 지반특성, 동하중 특성 및 지반-기초의 상호 작용의 영향을 동시에 고려한 동적거동해석을 바탕으로 한다.
- (3) 기초의 형식은 구조물의 특성, 기계의 정하중과 동하중 특성, 지층의 구성 상태, 지지층까지의 깊이 등을 고려하여 선정한다.
- (4) 진동기계 기초의 설계를 위해 필요한 기계관련 자료는 다음과 같다.
 - ① 정하중의 크기, 작용점 위치 등
 - ② 진동하중의 특성, 크기, 가동 진동수 등

2. 정하중 조건

- (1) 진동기계 기초는 기계 진동으로 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.

3. 동하중에 의한 공진 방지

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

4. 기계기초의 진동해석

- (1) 기초지반에 상응하는 강성계수와 감쇠계수를 사용하여 진동해석을 실시하며, 해석결과 기계 작동 중 진폭은 허용기준치 이내로 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 얇은 깊이에 있을 경우 강성계수는 증가하고 감쇠계수는 감소하므로 강성지반의 깊이를 고려하여 보정된 강성계수 및 감쇠계수를 사용하여 진동해석을 실시한다.

- (5) 기계기초를 지지하는 지반이 불량한 경우 지반을 보강하거나 말뚝기초를 사용할 수 있다. 말뚝기초 설계는 말뚝-지반 체계의 고유 진동수를 평가하여 수행한다.

5. 허용진폭

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

표 5-7 충격형 기계기초의 허용변위 진폭

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

표 5-8 고속회전형 기계기초에 대한 허용변위진폭

기계속도 (rpm)	허용진동진폭 (10 m ~ 6 m)	
	연직	수평
3,000	20~30	40~50
1,500	40~60	70~90

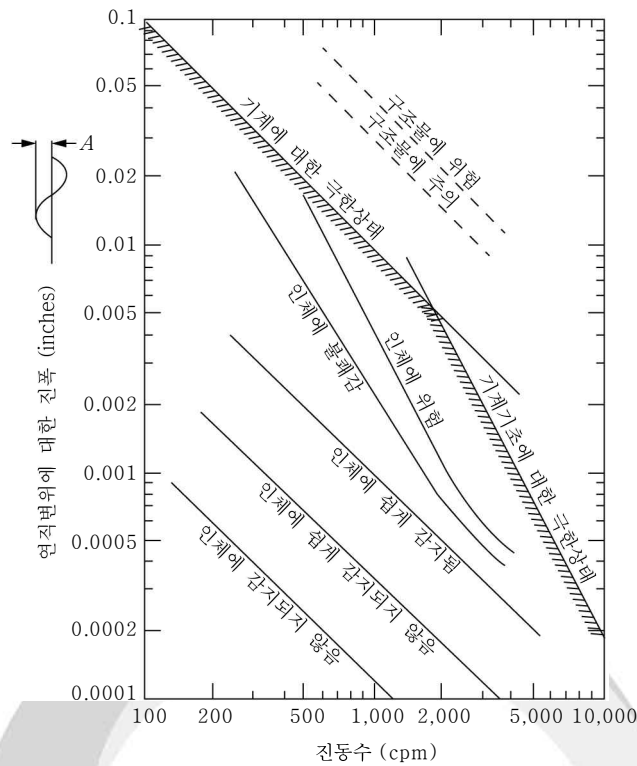


그림 5-1 진동수별 연직변위에 대한 진폭한계

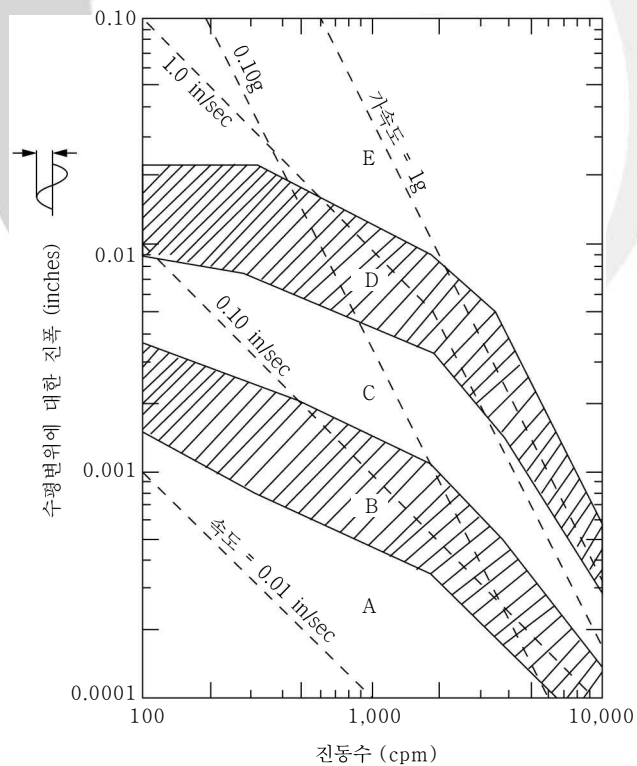


그림 5-2 진동수에 따른 회전기계의 수평진폭 허용범위

(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 즉시 중지 필요)

6. 동적지지력 및 침하

- (1) 진동기계 기초의 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 또는 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

성명	소속	성명	소속
권오균	계명대학교	하익수	경남대학교
김동수	한국과학기술원	한진태	한국건설기술연구원
김성렬	동아대학교		

자문위원

성명	소속	성명	소속
여규권	삼부토건	박이근	(주)지오알앤디
남문석	한국도로공사	유남재	한국건설생활환경시험연구원

건설기준위원회

성명	소속	성명	소속
구찬모	한국토지주택공사	배병훈	한국도로공사
김운형	다산컨설팅	임대성	삼보ENG
김유봉	서영엔지니어링	정상섭	연세대학교
김홍문	평화엔지니어링	정충기	서울대학교
박성원	유신	최용규	경성대학교
박종호	평화지오텍		

중앙건설기술심의위원회

성명	소속	성명	소속
구자흡	삼영엠텍(주)	이근하	(주)포스코엔지니어링
김현길	(주)정림이앤씨	차철준	한국시설안전공단
박구병	한국시설안전공단	최상식	(주)다음기술단

국토교통부

성명	소속	성명	소속
정선우	국토교통부 기술기준과	김병채	국토교통부 기술기준과
김광진	국토교통부 기술기준과	박찬현	국토교통부 원주지방국토관리청
김남철	국토교통부 기술기준과	이선영	국토교통부 기획총괄과

(분야별 가나다순)

설계기준

KDS 11 50 30 : 2016

진동기계기초 설계기준

2016년 6월 30일 제정

소관부서 국토교통부 기술기준과

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 60 00 : 2016

앵커 설계기준

2016년 6월 30일 제정

<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 건설 공사는 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 중심으로 철도 설계기준, 구조물기초 설계기준, 도로교 설계기준, 콘크리트 구조기준의 해당하는 부분을 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 60 00 : 2016	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비함	제정 (2016.06)
KDS 11 60 00 : 2016	• 한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함	수정 (2018.7)

제 정 : 2016년 6월 30일

심 의 : 중앙건설기술심의위원회

소관부서 : 국토교통부 기술기준과

관련단체 : 한국시설안전공단

개 정 : 년 월 일

자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회

작성기관 : 한국시설안전공단

목 차

1. 일반사항	1
1.1 목적	1
1.2 적용범위	1
1.3 용어의 정의	1
1.4 시설물의 구성	1
1.5 기호의 정의	1
1.6 참고기준	1
1.7 해석과 설계원칙	1
1.7.1 앵커의 해석	1
1.7.2 앵커의 설계원칙	1
1.8 설계고려사항	1
2. 조사 및 계획	2
3. 재료	2
3.1 일반사항	2
3.2 재료특성	2
3.2.1 긴장재와 정착구	2
3.2.2 그라우트	2
4. 설계	3
4.1 검토항목	3
4.2 안전율 기준	3
4.3 앵커의 내적안정해석과 설계앵커력의 결정	3
4.4 앵커보강 지반구조물의 안정해석	4
4.5 초기긴장력의 설정	4
4.6 지압판 설계	4
4.7 전면판 설계	4
4.8 내진설계	5
4.8.1 내진설계여부	5
4.8.2 지진 시 안정해석	5

1. 일반사항

1.1 목적

내용 없음

1.2 적용범위

(1) 이 기준은 지반구조물 보강을 위한 앵커의 설계에 적용한다.

1.3 용어의 정의

내용 없음

1.4 시설물의 구성

내용 없음

1.5 기호의 정의

내용 없음

1.6 참고기준

- KDS 11 90 00 비탈면 내진설계기준

1.7 해석과 설계원칙

1.7.1 앵커의 해석

(1) 앵커의 설계목표는 앵커로 보강된 지반구조물이 장, 단기적으로 파괴에 대한 안정성을 확보하는 것이다.

1.7.2 앵커의 설계원칙

(1) 앵커로 보강된 지반구조물은 설계수명기간동안 지반구조물의 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 벽체로부터 가상 활동파괴면 밖에 위치하여야 하며 자유장은 가상 활동파괴면 으로부터 1.5 m 또는 굴착깊이에 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.

2. 조사 및 계획

내용 없음

3. 재료

3.1 일반사항

내용 없음

3.2 재료특성

3.2.1 긴장재와 정착구

- (1) 긴장재에 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 재긴장 및 긴장력 완화가 가능한 형식의 정착구를 사용하여야 하며 강선 길이를 여유있게 두어야 한다.
- (4) 긴장재 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 긴장재와 정착 지반과의 틈을 꼭 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

4.2 안전율 기준

- (1) 앵커로 보강된 지반구조물의 안정해석에 적용하는 안전율 기준은 다음과 같다.

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	극한인발력에 대한 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	긴장재 극한하중(T_{us})에 대하여	긴장재 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 긴장재 자체의 파단

- ② 앵커체에서 그라우트와 주변지반 사이의 파괴
 - ③ 앵커체에서 그라우트와 긴장재 사이의 파괴
- (2) 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, 긴장재 정착 직후의 긴장력 감소, 정착지반의 크리프, 긴장재의 릴랙сей션 등이 있다.

4.6 지압판 설계

- (1) 지압판은 앵커의 긴장력이 지반구조물 표면의 지반에 고르게 전달되도록 앵커두부에 설치하는 구조물로서 지반구조물 표면과 밀착되어야 하며, 긴장력을 충분히 전달 수 있도록 설계하여야 한다.
- (2) 지압판은 콘크리트 뿔어붙이기, 현장타설 콘크리트, 프리캐스트 콘크리트, 강판 등을 사용할 수 있다.

4.7 전면판 설계

- (1) 개별 연직 벽체요소의 최대 간격은 연직요소와 전면판의 상대강도, 지지해야 할 토질 상태 그리고 연직 벽체요소가 매입될 지반 상태에 기초하여 결정해야 한다. 전면판은 지반의 아칭(arching) 현상을 고려하거나 요소와 요소를 단순지지로 가정하거나 또는 여러 개의 요소에 걸쳐 연속지지로 가정하여 설계한다.
- (2) 만일 목재 전면판을 사용할 때는 응력등급별 압력처리된 목재를 사용한다. 부패성 유기체가 성장하기 쉬운 조건에 목재를 사용할 때에는 목재 자체가 본래 부패저항성이 있는 종이고 부패위험에 대하여 적합하다고 볼 수 있으며, 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

성명	소속	성명	소속
권지혜	한국시설안전공단	성주현	한국시설안전공단
김용수	한국시설안전공단	이종건	한국시설안전공단
박광순	한국시설안전공단	장범수	한국시설안전공단
박기덕	한국시설안전공단	최병일	한국시설안전공단
배성우	한국시설안전공단	허인영	한국시설안전공단

자문위원

성명	소속	성명	소속
김동욱	인천대학교	송병웅	다산컨설턴트
김태훈	대우건설 기술연구원	윤찬영	강릉원주대학교
문준식	경북대학교		

건설기준위원회

성명	소속	성명	소속
구찬모	한국토지주택공사	배병훈	한국도로공사
김운형	다산컨설턴트	임대성	삼보ENG
김유봉	서영엔지니어링	정상섬	연세대학교
김홍문	평화엔지니어링	정충기	서울대학교
박성원	유신	최용규	경성대학교
박종호	평화지오텍		

중앙건설기술심의위원회

성명	소속	성명	소속
구자흡	삼영엠텍(주)	이근하	(주)포스코엔지니어링
김현길	(주)정림이앤씨	차철준	한국시설안전공단
박구병	한국시설안전공단	최상식	(주)다음기술단

국토교통부

성명	소속	성명	소속
정선우	국토교통부 기술기준과	김병채	국토교통부 기술기준과
김광진	국토교통부 기술기준과	박찬현	국토교통부 원주지방국토관리청
김남철	국토교통부 기술기준과	이선영	국토교통부 기획총괄과

(분야별 가나다순)

설계기준
KDS 11 60 00 : 2016

앵커 설계기준

2016년 6월 30일 제정

소관부서 국토교통부 기술기준과

관련단체 한국시설안전공단
52856 경상남도 진주시 예나로128번길 24 윤현빌딩 (충무공동 289-3)
Tel : 1588-8788 E-mail : kisteckr@kistec.or.kr
<http://www.kistec.or.kr>

작성기관 한국시설안전공단
52856 경상남도 진주시 예나로128번길 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(대 화동)
Tel : 031-910-0444 E-mail : kcsc@kict.re.kr
<http://www.kcsc.re.kr>

KDS 11 70 05 : 2016

쌓기·깎기 설계기준

2016년 6월 30일 제정

<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 건설 공사는 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 중심으로 조경 설계기준, 도로 설계기준, 항만 및 어항 설계기준의 해당하는 부분을 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 70 05 : 2016	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비함	제정 (2016.06)
KDS 11 70 05 : 2016	• 한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함	수정 (2018.7)

제 정 : 2016년 6월 30일

심 의 : 중앙건설기술심의위원회

소관부서 : 국토교통부 기술기준과

관련단체 : 한국시설안전공단

개 정 : 년 월 일

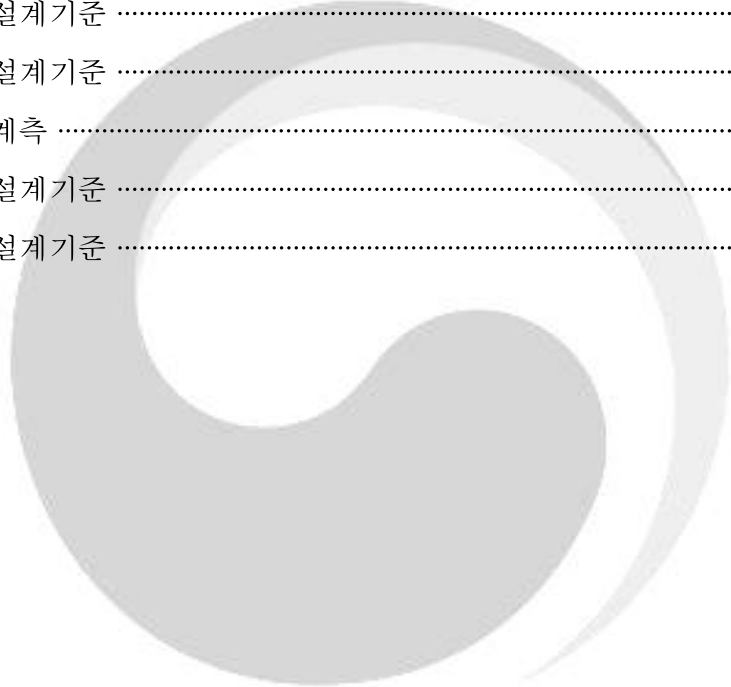
자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회

작성기관 : 한국시설안전공단

목 차

1. 일반사항	1
1.1 목적	1
1.2 적용범위	1
1.3 용어의 정의	1
1.4 시설물의 구성	1
1.5 기호의 정의	2
1.6 참고기준	2
1.7 해석과 설계원칙	2
1.7.1 설계의 기본원칙	2
1.7.2 설계 지반물성치의 결정	3
1.7.3 설계하중의 적용기준	3
1.7.4 쌓기설계기준	4
1.7.5 깎기설계기준	5
1.8 설계고려사항	5
1.9 신규기술적용	5
2. 조사 및 계획	6
3. 재료	6
4. 설계	6
4.1 설계일반사항	6
4.1.1 쌓기설계기준	7
4.1.2 깎기설계기준	8
4.2 흙쌓기 재료 및 다짐	9
4.3 안정해석	10
4.3.1 쌓기설계기준	10
4.3.2 깎기설계기준	11
4.4 해석방법	13

4.4.1	쌓기설계기준	13
4.4.2	깎기설계기준	13
4.5	안정해석 기준	13
4.5.1	쌓기설계기준	13
4.5.2	깎기설계기준	13
4.6	배수시설	14
4.6.1	쌓기설계기준	14
4.6.2	깎기설계기준	14
4.7	발파설계	15
4.7.1	쌓기설계기준	15
4.7.2	깎기설계기준	15
4.8	비탈면의 계측	15
4.8.1	쌓기설계기준	15
4.8.2	깎기설계기준	16



1. 일반사항

1.1 목적

- (1) 이 기준은 건설공사 시 만들어지는 비탈면과 비탈면의 안정성 확보를 위한 보호, 보강 시설 등에 대한 일반적인 설계기준과 설계방법을 제시하며 개발과 보존의 조화를 이룰 수 있는 건설환경 조성 및 환경친화적이고 지속가능한 건설을 바탕으로 기후변화에 대응하기 위한 녹색성장을 목적으로 한다.

1.2 적용범위

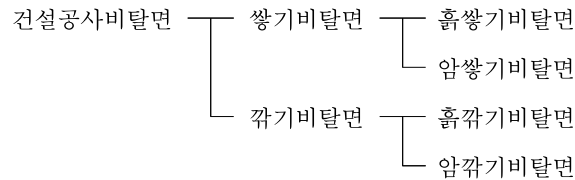
- (1) 이 기준은 도로, 철도, 택지, 단지 등의 건설공사 시 만들어지는 쌓기 또는 깎기비탈면의 설계, 비탈면의 안정성 확보를 위한 보강공법 및 옹벽공법, 비탈면 표면보호공법 그리고 비탈면 안전시설 및 배수시설 등의 설계에 적용한다.
- (2) 자연비탈면과 하천비탈면 그리고 댐비탈면은 이 기준에서 다루지 않는다.
- (3) 이 기준은 비탈면의 안정성을 확보하기 위한 가장 기본적이고 일반적인 내용만을 다루고 있으며, 특별한 설계방법은 이 기준에 포함하지 않는다.
- (4) 이 기준에 기술되어 있지 않는 사항에 대해서는 국가기준으로 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 안전관리에 관한 특별법등 관계법에 따라 관리가 필요한 비탈면은 해당 법률에 따른다.

1.3 용어의 정의

내용 없음

1.4 시설물의 구성

- (1) 비탈면은 조성 방식, 구성 재료, 규모 등에 따라서 다음과 같이 분류되며 분류 상태에 따라 설계기준, 조사 방법 등이 다르게 적용된다.



1.5 기호의 정의

내용 없음

1.6 참고기준

- KDS 11 70 25 비탈면배수시설 설계기준

1.7 해석과 설계원칙

1.7.1 설계의 기본원칙

(1) 비탈면 구비조건

- ① 건설공사 비탈면은 시공완료 후부터 유지관리단계에서 지진, 강우, 장기적인 기상 변화 등 재해요인이 발생하더라도 주구조물의 안정성을 직접적으로 저해하거나 주구조물의 기능을 마비시키는 붕괴가 발생하지 않아야 한다.
- ② 비탈면의 건설로 인하여 주변 인명 및 재산에 위대한 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, 현장 여건에 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 근거 자료를 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.

1.7.2 설계 지반물성치의 결정

- (1) 비탈면의 설계에 사용하는 지반물성치는 지반조사, 현장시험, 실내시험, 경험적으로 얻어진 관계식을 이용한 추산 값, 기존의 유사한 지반조건에 대한 도표, 현장계측 및 관측결과를 이용한 역해석, 파괴된 지반에 대한 역해석 등을 통하여 결정한다.
- (2) 설계 지반물성치 중 지반의 전단강도 정수는 대상 지반의 포화조건, 투수성, 하중재하조건 등을 감안하여 배수전단강도, 비배수전단강도 및 최대강도, 잔류강도를 구분하여 결정한다.
- (3) 설계 지반물성치는 현장 조사결과를 토대로 지반을 대표적인 몇 개의 지층으로 구분하고 각 지층에 대한 시험을 실시하여 물성치를 구한다. 서로 다른 지층에서 구한 지반물성치는 각 구간에 대해 적용한다.
- (4) 여러 가지 지반조사와 시험을 실시하여 동일지층의 유사한 지점에 대해 여러 번의 결과를 획득한 경우에 설계 지반물성치는 평균치와 표준편차를 계산하고 다음 식을 이용하여 설계에서는 안전측이 되는 값을 적용한다. 즉, 하중의 계산에서는 (+)부호를, 저항력의 계산에서는 (-)부호를 이용하여 계산한다.

$$\text{설계물성치} = (\text{평균치}) \pm (\text{표준편차}) \quad (1.7-1)$$

- (5) 동일한 지층이라 하더라도 시험한 위치에 따라 물성치가 일정한 경향을 가지고 다르게 분포할 경우에는 구간을 구분하여 각 구간에서 구한 물성치를 대표적인 물성치로 채택하여 적용할 수 있다. 구간을 구분하지 않고 전체를 동일한 구간으로 간주하여 설계하는 경우는 가장 불리한 값을 채택하여 적용한다.

1.7.3 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 가정한 하중이나 일시적으로 발생하는 하중은 고려하지 않으며, 가장 현실적으로 작용할 수 있는 하중과 지진하중을 고려한다.

- (3) 비탈면에 설치하는 옹벽, 콘크리트 벽체 등에 작용하는 토압은 벽체와 지반의 상호작용에 따라 적절한 토압계수를 적용하여 결정한다.
- (4) 콘크리트 부재 설계 및 강재의 설계는 콘크리트 구조설계기준에 제시된 하중계수와 하중조합을 고려하여 설계할 수 있다.

1.7.4 쌓기설계기준

- (1) 쌓기비탈면의 설계는 장·단기적으로 비탈면의 안정성을 확보하도록 설계하여야 한다. 또한, 장기적으로 유지관리가 최소가 되도록 하여야 하며, 형성된 비탈면은 주변 경관과 어울리도록 설계하여야 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 안정해석과 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. 비탈면높이가 10 m 미만인 경우에는 4.1.1 표준경사 및 소단기준에서 제시하는 표준경사를 적용할 수 있다.
 - ③ 경사도가 1:4보다 급한 원지반 위에 쌓기를 하는 경우에는 원지반 표면에 층파기를 실시하여 원지반과 쌓기 지반과의 밀착을 도모하고 쌓기토체의 변형 및 활동을 방지하도록 하여야 한다.
 - ④ 한쪽깎기·한쪽쌓기구간은 경계부에서 급격한 침하로 인한 단차가 발생하기 쉬우므로 깎기구간과 쌓기구간의 접속부는 점진적으로 경사지게 연속이 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 흙쌓기 시에는 연약지반의 두께, 물리적·역학적 특성에 따라 쌓기속도를 고려하여 안정적인 시공이 이루어지도록 하여야 한다.
 - ⑦ 쌓기재는 쌓기 대상물 특성에 적합한 재료 및 다짐 기준을 만족하여야 한다.

1.7.5 깎기설계기준

- (1) 깎기비탈면의 설계는 장·단기적으로 비탈면의 안정성을 확보하고, 장기적인 유지관리가 최소가 되어야 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 점차로 불안정해지므로 깎기비탈면 설계시에는 장기적인 안정성과 지속적인 유지관리를 감안하여 설계하여야 한다.
 - ② 깎기비탈면의 경사는 지반조사 및 시험성과, 시추조사시 코어회수율(TCR)과 암질지수(RQD), 불연속면의 발달방향과 특성, 풍화정도 등을 고려하여 구간별로 안정성 분석을 실시하고 그 결과에 의해서 결정한다. 풍화암 이하의 강도를 갖는 비탈면일 경우 4.1.2의 표준경사 및 소단기준을 지반분야 책임기술자의 판단에 따라 적용할 수 있다.
 - 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.

1.8 설계고려사항

내용 없음

1.9 신규기술적용

- (1) 건설신기술은 건설기술 진흥법에서 정하는 바에 따라 지정된 신기술·신공법 등으로서 이러한 공법에 대한 설계방법과 적용기준은 이 기준에서 제시하지 않는다. 이는 설계기준의 특성상 다양한 공법에 대한 설계방법과 적용기준을 세세하게 다루지 못하는 점과 향후에 개발될 수 있는 새로운 공법에 대한 형평성 및 새로운 기술의 개발과 적용을 제한할 수 있다는 점에 기인한다.

- (2) 신기술의 설계와 적용기준에 대해서는 본 기준의 관련 공법을 참고하여 기술개발자가 제시하는 방법을 이용하여 설계한다.
- (3) 이 기준에 기술된 내용과 다르거나, 포함되어 있지 않더라도 이미 널리 알려져 있거나 충분히 증명된 이론 및 기술은 발주자의 승인을 얻어 본 기준을 대체하여 적용할 수 있다.
- (4) 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 설계일반사항

- (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 주구조물의 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 주구조물에 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 작성하여 안전한 비탈면이 될 수 있도록 한다.

4.1.1 쌓기설계기준

(1) 표준경사 및 소단기준

- ① 쌓기비탈면의 경사는 별도의 비탈면 안정해석을 통해 결정하는 것이 원칙이나, 높이가 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	별도검토	별도검토
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	별도검토	별도검토

*1) 상기표는 기초지반의 지지력이 충분한 경우에 적용함.

2) 비탈면높이는 비탈어깨에서 비탈끝까지 수직높이임.

- ② 비탈면높이가 5 m 이상인 비탈면에서는 비탈면 유지관리를 위한 점검, 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 경우 아래 기준을 따른다.

표 4.1-2 쌓기비탈면 (철도)의 표준경사

시공기면까지의 높이(H)		일반철도	고속철도
일반철도	고속철도		
$H < 5.0\text{m}$	$H < 3.0\text{m}$	1:1.5	1:1.8
$5.0\text{m} \leq H < 10.0\text{m}$	$3.0\text{m} \leq H < 9.0\text{m}$	1:1.8	1:1.8
$10.0\text{m} \leq H < 15.0\text{m}$	$9.0\text{m} \leq H < 15.0\text{m}$	1:2.0	1:2.0
$H \geq 15.0\text{m}$	$H \geq 15.0\text{m}$	1:2.3	1:2.3

가. 쌓기 비탈면의 최종 기울기는 쌓기 지반의 형상 및 강도 등을 고려한 사면안정을 해석하여 결정해야 하며 실제 시공시 변경된 사항이 있을 경우에는 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 흙쌓기 시의 문제는 파괴에 대한 안정성, 침하 또는 변형으로 대별되므로 설계 및 시공 시에는 쌓기체의 안정 및 침하에 대한 검토와 주변 환경에 미치는 영향을 검토하여야 한다.
- ② 연약지반 상에 흙쌓기를 하는 경우 연약지반 두께, 특성 등에 따라 안정적인 시공이 이루어 질 수 있도록 쌓기 속도를 정하여야 한다.
- ③ 연약지반 위에 쌓기의 설계 당시에는 주어진 지반조건 및 배수조건과 관련된 설계정수들을 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 깎기설계기준

(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 나뉨	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 나뉨	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 안정 해석을 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

깎기비탈면의 높이가 10 m 이상인 비탈면에서는 비탈면 유지관리를 위한 점검, 배수 시설의 설치공간으로 활용하기 위하여 원칙적으로 소단을 설치하며, 비탈면 중간에 5~20 m 높이마다 폭은 1 m~3 m의 소단을 설치한다. 장비 진입 등과 같은 작업공간의 확보가 필요한 경우에는 소단 폭을 여건에 맞게 조정할 수 있다.

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 쌓기설계기준

(1) 안정해석 조건

- ① 쌓기비탈면이 다음 조건에 해당하는 경우에는 반드시 안정해석을 실시한다.
 - 가. 비탈면높이가 10 m 이상인 경우
 - 나. 쌓기재료의 함수특성이 높고, 전단강도가 낮은 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 기준안전율은 표 4.3-1 및 4.3-2와 같다.

표 4.3-1 일반쌓기비탈면 안정해석 시 적용하는 기준안전율

구분		기준안전율	참조
장기	건기	FS > 1.5	• 쌓기체 내에 지하수가 없는 것으로 해석
	우기	FS > 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 지하수위 또는 침투해석을 통한 지하수위를 이용하여 해석 • 쌓기 표면에 강우침투가 발생하는 경우에는 설계계획빈도에 따른 해당지역의 강우강도, 강우지속시간 등을 고려하여 강우침투를 고려한 해석 실시
	지진 시	FS > 1.1	• 지진관성력은 파괴토체의 중심에 수평방향으로 작용시킴 • 지하수위는 실제측정 또는 평상시의 지하수위 적용
단기		FS > 1.1	• 1년 미만의 단기적인 비탈면의 안정성(시공중 포함) • 지하수위는 실제 측정 또는 평상시의 지하수위 적용

* 비탈면 상부 파괴범위 내에 1, 2종 시설물의 기초가 있는 경우: 별도 검토

표 4.3-2 연약지반 쌓기비탈면 안정해석시 적용하는 기준안전율

구분		기준안전율	참조
장기	건기	FS > 1.3	• 쌓기체 내에 지하수가 없는 것으로 해석
	우기	FS > 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 지하수위 또는 침투해석을 통한 지하수위를 이용하여 해석 • 쌓기 표면에 강우침투가 발생하는 경우에는 강우침투를 고려한 해석 실시
	지진 시	FS > 1.1	• 지진관성력은 파괴토체의 중심에 수평방향으로 작용시킴 • 지하수위는 우기시 조건과 동일하게 적용
단기		FS > 1.1	• 1년 미만의 단기적인 비탈면의 안정성(시공중 포함) • 지하수위는 실제 측정 또는 평상시의 지하수위 적용

4.3.2 깎기설계기준

(1) 일반사항

- ① 설계단계에서는 조사결과뿐만 아니라 비탈면 주변의 지형적, 수리적, 시설물 등의 상황과 인근의 유사한 지반조건에서의 비탈면 시공사례 등을 종합적으로 검토하여 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.

(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 기준안전율은 표 4.3-3과 같다.

표 4.3-3 깎기비탈면 안정해석시 적용하는 기준 안전율

구분		기준안전율	참조
장기	건기	FS>1.5	지하수가 없는 것으로 해석
	우기	FS>1.2 또는 FS>1.3	- 연암 및 경암 등으로 구성된 암반비탈면의 경우, 인장균열 내 지하수 포화 높이나 활동면을 따라 지하수로 포화된 비탈면 높이의 1/2심도까지 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=1.2적용) - 강우의 침투를 고려한 안정해석을 실시하는 경우에는 현장 지반조사 결과, 지형조건, 배수조건과 설계계획빈도에 따른 해당지역의 강우강도, 강우지속시간 등을 고려하여 안정해석을 실시하며, 해석시 적용한 설계정수와 해석방법을 명확히 기술 (FS=1.3적용)
	지진시	FS>1.1	- 지진관성력은 파괴토체의 중심에 수평방향으로 작용시킴 - 지하수위는 실제측정 또는 평상시의 지하수위 적용
단기		FS>1.1	1년 미만의 단기적인 비탈면의 안정성(시공중 포함) - 지하수위는 실제 측정 또는 평상시의 지하수위 적용

* 비탈면 상부 파괴범위 내에 1, 2종 시설물의 기초가 있는 경우 : 별도 검토

4.4 해석방법

4.4.1 쌓기설계기준

- (1) 비탈면 안정성 해석은 다음의 방법을 이용할 수 있다.
 - ① 한계평형해석방법 (LEM, Limit Equilibrium Analysis Method)
 - ② 유한요소해석법 (FEM, Finite Element Analysis Method)
 - ③ 유한차분해석법 (FDM, Finite Difference Analysis Method) 등
- (2) 비탈면에서 발생하는 변위 또는 지반 내의 소성화 구간과 응력상태를 정밀하게 확인하고자 하는 경우에는 연속체 해석을 수행한다.

4.4.2 깎기설계기준

- (1) 깎기비탈면은 토사부분과 암반부분으로 구분하고 파괴형태, 지반조건 및 지하수조건을 적절하게 모사할 수 있는 해석방법을 적용하며 비탈면의 중요도 및 필요한 결과에 따라 해석방법을 선택적으로 적용한다.
- (2) 깎기비탈면에서 적용하는 안정해석방법은 다음 방법을 이용할 수 있다.
 - ① 토사비탈면: 한계평형해석법, 연속체해석(유한차분법, 유한요소법 등)
 - ② 암반비탈면: SMR방법, 평사투영해석, 한계평형해석, 연속체해석, 불연속체해석(개별요소법 등)
- (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.

4.5 안정해석 기준

4.5.1 쌓기설계기준

- (1) 쌓기비탈면의 안정해석은 토사비탈면에서 발생 가능한 파괴형태와 메커니즘에 적합한 해석방법과 지반정수를 선정하여 수행한다.
- (2) 안정해석은 시공중 및 공용중으로 구분하여 실시하여야 하며, 공용중 해석은 교통하중 등 상재하중을 고려하여야 한다.
- (3) 시공중 검토인 경우는 전응력 해석을, 공용중 검토인 경우는 유효응력해석을 수행하며 배수가 잘 안되는 흙에 대해서는 공용중이라도 전응력해석을 수행할 수 있다.
- (4) 안정해석 시 원지반과 쌓기재의 침하를 구분하여 안정해석을 수행하는 것이 바람직하다.

4.5.2 깎기설계기준

- (1) 깎기비탈면의 안정해석은 깎기비탈면에서 발생 가능한 파괴형태와 메커니즘에 적합한 해석방법을 선정하여 수행한다.

- (2) 토사비탈면 안정해석은 한계평형해석에 근거한 안전율에 의해 판단하는 것을 기본으로 하며 중요도가 큰 비탈면에 대해서는 유한요소법 및 유한차분법 등의 해석기법을 적용하여 안정성을 판단한다.
- (3) 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.

4.6 배수시설

4.6.1 쌓기설계기준

- (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 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 원지반에 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 고려하여설계하여야 한다.
- (5) 산간부 도로에서 흙쌓기로 소류지 또는 늪을 막는 경우, 규모가 작다하더라도 맹암거 등 지하수를 배제할 수 있는 시설을 설치하여야 한다.

4.6.2 깎기설계기준

- (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.

4.7 발파설계

4.7.1 쌓기설계기준

내용 없음

4.7.2 깎기설계기준

(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 통하여 결정해야 하나, 설계단계에서는 현실적으로 곤란하므로 국토해양부에서 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 축사, 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.

4.8 비탈면의 계측

4.8.1 쌓기설계기준

(1) 계측계획 수립

- ① 쌓기비탈면 계측은 비탈면 표면의 이동, 지층의 이동, 기상과 지하수위의 변화 등을 측정하고 이로부터 설계시 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 비탈면의 시공상의 안전과 품질 검증을 위하여 현장 계측을 수행 할 수 있으며 비탈면 거동을 잘 파악하기 위하여 지반조건, 주변환경, 계측기위치 등 다양한 조건에 대하여 충분한 검토가 이루어져야 한다.
- ② 계측항목은 비탈면의 거동을 파악하기 위하여 필요한 직간접적인 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 계측 값의 변화정도와 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.

4.8.2 깎기설계기준

(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 비탈면의 시공상의 안전과 품질 검증을 위하여 현장 계측을 수행할 수 있으며 비탈면 거동을 잘 파악하기 위하여 지반조건, 주변환경, 계측기위치 등 다양한 조건에 대하여 충분한 검토가 이뤄져야 한다.
- ② 계측항목은 비탈면의 거동을 파악하기 위하여 필요한 직간접적인 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 계측 값의 변화정도와 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 깎기 비탈면의 계측기 설치위치는 비탈면 자체 및 불연속면 등에 의해 이완된 암반의 거동을 충분히 고려하고 유사한 조건하에서 계측 예를 참고로 하여 선정하여야 한다.

집필위원

성명	소속	성명	소속
권지혜	한국시설안전공단	성주현	한국시설안전공단
김용수	한국시설안전공단	이종건	한국시설안전공단
박광순	한국시설안전공단	장범수	한국시설안전공단
박기덕	한국시설안전공단	최병일	한국시설안전공단
배성우	한국시설안전공단	허인영	한국시설안전공단

자문위원

성명	소속	성명	소속
김동욱	인천대학교	송병웅	다산컨설턴트
김태훈	대우건설 기술연구원	윤찬영	강릉원주대학교
문준식	경북대학교		

건설기준위원회

성명	소속	성명	소속
구찬모	한국토지주택공사	배병훈	한국도로공사
김운형	다산컨설턴트	임대성	삼보ENG
김유봉	서영엔지니어링	정상섬	연세대학교
김홍문	평화엔지니어링	정충기	서울대학교
박성원	유신	최용규	경성대학교
박종호	평화지오텍		

중앙건설기술심의위원회

성명	소속	성명	소속
구자흡	삼영엠텍(주)	이근하	(주)포스코엔지니어링
김현길	(주)정림이앤씨	차철준	한국시설안전공단
박구병	한국시설안전공단	최상식	(주)다음기술단

국토교통부

성명	소속	성명	소속
정선우	국토교통부 기술기준과	김병채	국토교통부 기술기준과
김광진	국토교통부 기술기준과	박찬현	국토교통부 원주지방국토관리청
김남철	국토교통부 기술기준과	이선영	국토교통부 기획총괄과

(분야별 가나다순)

설계기준

KDS 11 70 05 : 2016

쌓기·깎기 설계기준

2016년 6월 30일 제정

소관부서 국토교통부 기술기준과

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>

KDS 11 70 10 : 2016

비탈면 보호공법 설계기준

2016년 6월 30일 제정
<http://www.kcsc.re.kr>

KC CODE



건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

이 기준은 발간 시점부터 사용하며, 이미 시행 중에 있는 설계용역이나 건설 공사는 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 중심으로 도로 설계기준, 철도 설계기준의 해당하는 부분을 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 70 10 : 2016	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비함	제정 (2016.06)
KDS 11 70 10 : 2016	• 한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함	수정 (2018.7)

제 정 : 2016년 6월 30일
 심 의 : 중앙건설기술심의위원회
 소관부서 : 국토교통부 기술기준과
 관련단체 : 한국시설안전공단

개 정 : 년 월 일
 자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회
 작성기관 : 한국시설안전공단

목 차

1. 일반사항	1
1.1 목적	1
1.2 적용범위	1
1.2.1 격자블록 및 돌(블록) 붙이기	1
1.2.2 콘크리트 뿔어붙이기	1
1.2.3 비탈면 녹화	1
1.3 용어의 정의	1
1.4 시설물의 구성	1
1.5 기호의 정의	1
1.6 참고기준	1
1.7 해석과 설계원칙	1
1.7.1 격자블록 및 돌(블록) 붙이기	1
1.7.2 콘크리트 뿔어붙이기	2
1.7.3 비탈면 녹화	3
2. 조사 및 계획	4
3. 재료	4
4. 설계	4
4.1 설계일반사항	4
4.1.1 격자블록 및 돌(블록) 붙이기	4
4.1.2 콘크리트 뿔어붙이기	5
4.1.3 비탈면 녹화	5
4.2 안정해석	6
4.2.1 격자블록 및 돌(블록) 붙이기	6
4.2.2 콘크리트 뿔어붙이기	6
4.2.3 비탈면 녹화	6
4.3 철망과 배수시설	6

4.3.1	격자블록 및 돌(블록) 붙이기	6
4.3.2	콘크리트 뿔어붙이기	6
4.3.3	비탈면 녹화	7
4.4	녹화공법의 설계	7
4.4.1	격자블록 및 돌(블록) 붙이기	7
4.4.2	콘크리트 뿔어붙이기	7
4.4.3	비탈면 녹화	7
4.5	녹화공법 선정절차	7
4.5.1	격자블록 및 돌(블록) 붙이기	7
4.5.2	콘크리트 뿔어붙이기	7
4.5.3	비탈면 녹화	8
4.6	기타 고려사항	8
4.6.1	격자블록 및 돌(블록) 붙이기	8
4.6.2	콘크리트 뿔어붙이기	9
4.6.3	비탈면 녹화	9
4.7	돌(블록)붙이기 공법의 배수시설	9
4.7.1	격자블록 및 돌(블록) 붙이기	9
4.7.2	콘크리트 뿔어붙이기	9
4.7.3	비탈면 녹화	9

1. 일반사항

1.1 목적

내용 없음

1.2 적용범위

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 뿔어붙이기

(1) 이 기준은 비탈면 표면을 보호하기 위한 콘크리트 뿔어붙이기 공법의 설계에 적용한다.

1.2.3 비탈면 녹화

(1) 이 장은 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 용어의 정의

내용 없음

1.4 시설물의 구성

내용 없음

1.5 기호의 정의

내용 없음

1.6 참고기준

내용 없음

1.7 해석과 설계원칙

1.7.1 격자블록 및 돌(블록) 붙이기

(1) 설계목표

- ① 격자블록 구조물은 비탈면 표면의 유실 및 세굴을 방지하고 자체적으로 파괴가 발생하지 않아야 한다.
- ② 돌(블록)붙이기 공법은 비탈면 표면풍화 및 침식을 방지할 수 있어야 하며, 자체적으로 떨어지거나 틈이 발생하지 않도록 하여야 한다.

(2) 적용기준

- ① 격자블록공법은 비탈면 표면 침식과 유실을 방지하고, 격자블록 내부의 채움토, 흙부대, 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.
가. 강우 시 표면수에 의해 침식되기 쉬운 지반조건의 비탈면
나. 규모가 큰 쌓기, 깎기비탈면의 하부
다. 안정화된 비탈면이 부분적으로 용수가 있는 경우
라. 식생 도입이 곤란한 토질조건의 비탈면
- ② 격자블록공법은 자체구조의 안정성과 채움 재료의 이탈을 방지하기 위하여 적정 경사보다 급한 비탈면 경사에는 적용하지 않는 것이 바람직하다. 일반적으로 프리캐스트 격자블록의 경우 비탈면 경사도가 1:1.0보다 완만한 구간에 적용하고, 현장타설식 격자블록의 경우 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. 메붙이기는 수직높이 3 m를 적용한계로 한다.
- ⑤ 돌(블록)붙이기 공법은 비탈면 경사에 따라 표준치수 및 기초치수를 적용한다.

1.7.2 콘크리트 뿔어붙이기

(1) 설계목표

- ① 콘크리트 뿔어붙이기는 비탈면 표면지반의 풍화와 암반 탈락을 방지하기 위하여 설치한다.
- ② 장기간의 기상변화에 충분한 내구성이 있도록 설계한다.

(2) 적용기준

- ① 콘크리트 뿔어붙이기는 비탈면의 풍화 억제와 암반의 탈락을 막기 위해 적용하며, 일반적으로 적용하는 조건은 다음과 같다.
가. 비탈면의 경사 및 지반조건에 따라 적용가능

- 나. 용수가 없고 암반균열이 적은 곳에 적합
- 다. 넓은 면적에 암반의 탈락 및 소규모 붕락이 예상되는 곳
- 라. 급한 경사면에 요철이 심하고 바위가 돌출한 곳
- 마. 급한 경사면에 단층과쇄대의 풍화진행으로 움푹 패인 구간
- ② 뽀아불이기 공법은 기본적인 배수처리를 필요로 하며, 비탈면 용수가 많은 곳은 지하수 배수시설과 병행하여 적용한다.
- ③ 콘크리트 뽀아불이기는 비탈면 붕괴를 방지하는 목적으로는 적당하지 않으며 필요 시 비탈면 보강공법과 같이 적용할 수 있다.

1.7.3 비탈면 녹화

(1) 적용기준

- ① 비탈면 보호공법으로서 식생이 부적합한 토질조건이나 표면이 불안정하여 녹화공법을 적용할 수 없을 경우에는 구조물에 의한 비탈면 보호공법을 적용한다.
- ② 식생이 부적절한 토질조건과 환경은 표 1.7-1과 같으며, 이런 경우에는 구조물을 이용한 비탈면 표면보호공법과 병행하거나 녹화보조방법을 병행하여 적용할 수 있다.
 - 가. 산성토양으로서 식생의 생육이 적합하지 않은 토양
 - 나. 비탈면 표층부가 불안정하여 유실이 쉬운 토질조건
 - 다. 비탈면 표층부의 경도가 높아 식물의 생육하지 못하는 토양
 - 라. 연·경암 조건의 암반
 - 마. 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 그들이 지는 곳이나 우수 등에 의한 수분공급이 되지 않는 곳은 식물이 자랄 수 없으므로 식생공을 적용하지 않도록 한다.

표 1.7-1 토양경도별 식물생육상태 (산중식 토양경도계의 측정치를 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 뽐어붙이기 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.	

2. 조사 및 계획

내용 없음

3. 재료

내용 없음

4. 설계

4.1 설계일반사항

4.1.1 격자블록 및 돌(블록) 붙이기

(1) 검토항목

- ① 격자블록의 안정해석은 자중과 채움재의 하중에 대하여 격자블록이 비탈면 표면에서 장기적으로 안정한지 검토하며, 격자블록 수평부재, 수직부재의 간격, 그리고 각 부재의 단면적을 결정한다.
- ② 프리캐스트 격자블록은 콘크리트나 강재, 철망 또는 플라스틱 등의 재질로 만들어지며, 현장에서 조립하여 시공한다. 이들 프리캐스트 격자블록공법에서 수평부재와 수직부재의 이음부는 단지 이음역할만 수행하며 구조적 강도를 지니지 않는 것으로 간주한다.

4.1.2 콘크리트 뽑어붙이기

(1) 검토사항

- ① 뽑어붙이기 공법은 크게 다음의 4가지로 나뉘며, 지반조건 및 특성에 맞게 적용한다.
가. 흙시멘트 뽑어붙이기
나. 모르타르 뽑어붙이기
다. 콘크리트 뽑어붙이기
라. 섬유보강콘크리트 뽑어붙이기
- ② 뽑어붙이기 공법의 검토는 지반조건, 경사, 기상조건, 용수상태 등을 검토하여 뽑어붙이기 두께, 철망 및 보강철근 설치 여부, 배수시설 설치를 결정한다.

(2) 두께 결정

- ① 뽑어붙이기 두께는 비탈면의 지반상태, 암질, 기상조건, 비탈면의 경사, 요철 정도 및 과거적용사례, 경험 등을 종합적으로 검토하여 결정할 수 있다.
- ② 뽑어붙이기 콘크리트는 보강재와 병행하여 구조적인 역할을 수행하는 경우는 별도 검토 후 강도를 결정하고 별도의 강도기준이 없는 경우 압축강도 18 MPa 이상으로 한다.
- ③ 숏크리트는 필요한 강도와 내구성이 확보되고 부착성과 시공성이 양호하며 재령 1일 압축강도가 10 MPa 이상, 재령 28일 강도가 21 MPa 이상 되도록 배합하여야 한다.

4.1.3 비탈면 녹화

(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·관목 혼합형, 목본군락형, 자연경관복원형 등으로 구분한다.
- ③ 비탈면녹화 씨앗 뽑어붙이기, 객토 씨앗 뽑어붙이기, 식생 매트공, 떼붙임공, 층두께 기초재 뽑어붙이기 등으로 구분한다.

(2) 녹화지역의 구분

녹화지역의 구분은 기후환경, 지역환경, 산림환경, 토질조건 등을 고려하여 태백산맥을 중심으로 한 국토핵심생태녹지축지역, 해안일대와 도서지역을 포함한 해안생태계 지역, 내륙생태지역으로 구분한다.

(3) 생태자연도 등급별 비탈면 복원목표 적용

- ① 비탈면 복원목표는 생태자연도의 등급과 주변 생태계의 특성(생태자연도, 녹지자연도 등급)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.

4.2 안정해석

4.2.1 격자블록 및 돌(블록) 붙이기

- (1) 격자블록의 안정해석은 ① 가로부재 검토, ② 최하단 세로부재 검토, ③ 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. 필요 시에는 철근 보강한다.
- (4) 기초의 검토는 최하단 세로부재에 발생하는 하중을 수평방향성분과 수직방향성분으로 분리하고 각각 활동 및 지지력에 대하여 안정하도록 기초의 크기를 결정한다.

4.2.2 콘크리트 뿔어붙이기

내용 없음

4.2.3 비탈면 녹화

내용 없음

4.3 철망과 배수시설

4.3.1 격자블록 및 돌(블록) 붙이기

내용 없음

4.3.2 콘크리트 뿔어붙이기

- (1) 뿔어붙이기 공법은 양생시에 발생하는 균열을 방지하고 콘크리트의 박리를 방지하기 위하여 철망(wiremesh)과 철망을 고정시키기 위한 고정핀을 일정간격으로 설치한다. 비탈면 경사도가 1:0.5보다 급하고 지반조건이 불량한 경우에는 필요에 따라 철근으로 보강한다.
- (2) 비탈면의 면적이 넓고 평평한 경우, 세로방향 줄눈을 약 20 m 간격으로 설치한다.

- (3) 콘크리트 뿔어붙이기 공법은 표면수의 처리를 위해 최소 10 m² ~ 20 m²당 1개 정도의 배수구멍을 설치한다. 하지만, 비탈면내의 지하수위가 높거나 용수가 예상되는 구간에서는 용수량에 따라 적절한 배수처리 방법을 고려하여야 한다. 특히, 비탈면 용수가 많은 곳은 지하수 배수시설을 병행하여 적용한다.
- (4) 뿔어붙이기 경계부인 비탈어깨부와 비탈끝부분은 강우의 침투방지와 침식방지를 고려하여야 한다.

4.3.3 비탈면 녹화

내용 없음

4.4 녹화공법의 설계

4.4.1 격자블록 및 돌(블록) 붙이기

내용 없음

4.4.2 콘크리트 뿔어붙이기

내용 없음

4.4.3 비탈면 녹화

(1) 일반사항

- ① 비탈면 녹화설계는 환경친화적이면서 비탈면의 안정성 유지, 토양 유실방지, 경관 복원, 자연식생천이 유도, 이산화탄소 저감 등을 감안하여 적합한 녹화공법을 결정한다. 또한 설계 시 기본적으로 지역 환경에 대한 선행조사, 분석, 평가 등의 절차를 거쳐 녹화지역구분과 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.

4.5 녹화공법 선정절차

4.5.1 격자블록 및 돌(블록) 붙이기

내용 없음

4.5.2 콘크리트 뿔어붙이기

내용 없음

4.5.3 비탈면 녹화

(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 경도와 산습도 등 지반조건)
- ③ 시공시기
- ④ 유지관리의 정도 등

(2) 비탈면 녹화공법은 다음과 같은 선정절차에 따라 선정한다. 단, 아래에 제시한 공법은 토질과 경사도에 따른 일반적인 녹화공법의 예시이며, 전문가의 의견을 수렴하고 다양한 녹화공법을 검토하였다. 여건에 맞는 녹화공법을 선정하여야 한다.

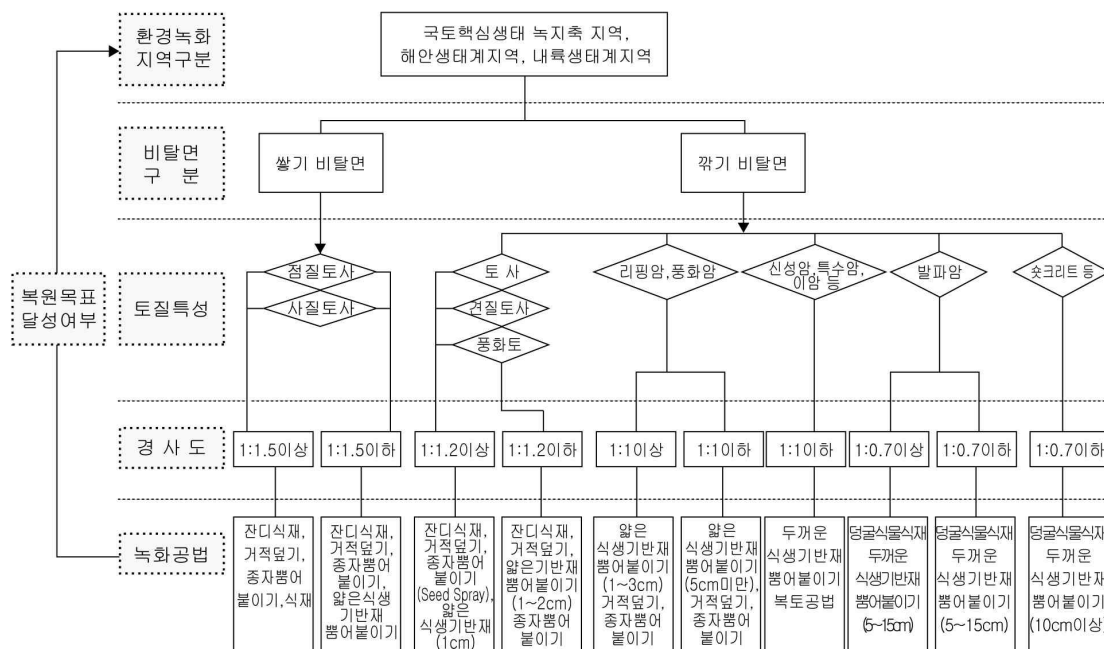


그림 4.3-1 비탈면녹화공법 선정절차

4.6 기타 고려사항

4.6.1 격자블록 및 돌(블록) 붙이기

(1) 격자블록의 속채움재

① 격자블록의 속채움재는 비탈면 경사, 비탈면표면의 지반조건, 용수여부, 표면수의 유입 여부를 고려하여 결정한다. 일반적으로 적용 가능한 채움재의 종류는 다음과 같다.

- 가. 토사 채우기
- 나. 흙포대 채우기
- 다. 식생기반재 뿔어붙이기
- 라. 돌 채우기

마. 블록 깔기

바. 콘크리트 뿔어붙이기

- ② 격자블록의 속채움재는 녹화공법을 적용하기 위한 채움재를 우선적으로 고려하며, 점토, 모래, 자갈 섞인 토사는 피하고 식물이 생육할 수 있는 흙을 다짐하여 채우거나 식생기반재 뿔어붙이기를 적용한다. 비탈면 표면에 용수가 있는 경우에는 돌(블록)붙이기 등을 적용한다.

4.6.2 콘크리트 뿔어붙이기

내용 없음

4.6.3 비탈면 녹화

내용 없음

4.7 돌(블록)붙이기 공법의 배수시설

4.7.1 격자블록 및 돌(블록) 붙이기

- (1) 찰붙이기 한 경우 배면의 지하수 배수를 양호하게 하기 위해 일정 두께를 자갈로 뒤채움을 하며, 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 m² 간격으로 1개씩 설치)
 - ② 지하수위 저하를 위한 수평배수공
 - ③ 상부에 표면수 유입을 방지하기 위한 콘크리트 피복 및 배수로

4.7.2 콘크리트 뿔어붙이기

내용 없음

4.7.3 비탈면 녹화

내용 없음

집필위원

성명	소속	성명	소속
권지혜	한국시설안전공단	성주현	한국시설안전공단
김용수	한국시설안전공단	이종건	한국시설안전공단
박광순	한국시설안전공단	장범수	한국시설안전공단
박기덕	한국시설안전공단	최병일	한국시설안전공단
배성우	한국시설안전공단	허인영	한국시설안전공단

자문위원

성명	소속	성명	소속
김동욱	인천대학교	송병웅	다산컨설턴트
김태훈	대우건설 기술연구원	윤찬영	강릉원주대학교
문준식	경북대학교		

건설기준위원회

성명	소속	성명	소속
구찬모	한국토지주택공사	배병훈	한국도로공사
김운형	다산컨설턴트	임대성	삼보ENG
김유봉	서영엔지니어링	정상섬	연세대학교
김홍문	평화엔지니어링	정충기	서울대학교
박성원	유신	최용규	경성대학교
박종호	평화지오텍		

중앙건설기술심의위원회

성명	소속	성명	소속
구자흡	삼영엠텍(주)	이근하	(주)포스코엔지니어링
김현길	(주)정림이앤씨	차철준	한국시설안전공단
박구병	한국시설안전공단	최상식	(주)다음기술단

국토교통부

성명	소속	성명	소속
정선우	국토교통부 기술기준과	김병채	국토교통부 기술기준과
김광진	국토교통부 기술기준과	박찬현	국토교통부 원주지방국토관리청
김남철	국토교통부 기술기준과	이선영	국토교통부 기획총괄과

(분야별 가나다순)

설계기준

KDS 11 70 10 : 2016

비탈면 보호공법 설계기준

2016년 6월 30일 제정

소관부서 국토교통부 기술기준과

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>

KDS 11 70 15 : 2016

비탈면 보강공법 설계기준

2016년 6월 30일 제정
<http://www.kcsc.re.kr>

KC CODE



건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

이 기준은 발간 시점부터 사용하며, 이미 시행 중에 있는 설계용역이나 건설 공사는 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 중심으로 철도 설계기준, 터널 설계기준, 구조물기초 설계기준의 해당하는 부분을 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 70 15 : 2016	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비함	제정 (2016.06)
KDS 11 70 15 : 2016	• 한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함	수정 (2018.7)

제 정 : 2016년 6월 30일

심 의 : 중앙건설기술심의위원회

소관부서 : 국토교통부 기술기준과

관련단체 : 한국시설안전공단

개 정 : 년 월 일

자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회

작성기관 : 한국시설안전공단

목 차

1. 일반사항	1
1.1 목적	1
1.1.1 네일	1
1.1.2 록볼트	1
1.1.3 억지말뚝	1
1.2 적용범위	1
1.2.1 네일	1
1.2.2 록볼트	1
1.2.3 억지말뚝	1
1.3 용어의 정의	1
1.4 시설물의 구성	1
1.5 기호의 정의	1
1.6 참고기준	1
1.7 해석과 설계원칙	2
1.7.1 네일	2
1.7.2 록볼트	2
1.7.3 억지말뚝	3
2. 조사 및 계획	3
3. 재료	3
3.1 일반사항	3
3.2 재료특성	3
3.2.1 네일	3
3.2.2 그라우트	3
3.2.3 록볼트	4
4. 설계	4
4.1 설계일반사항	4

4.1.1 네일	4
4.1.2 록볼트	5
4.1.3 억지말뚝	6
4.2 설계	7
4.2.1 전면판	7
4.2.2 전면판의 설계	8
4.2.3 네일개소당 전면판에 작용하는 토압의 크기	8
4.2.4 록볼트	8
4.2.5 억지말뚝	8
4.3 배수시설	9
4.3.1 네일	9
4.3.2 록볼트	9
4.3.3 억지말뚝	9
4.4 지진 시 안정해석	9
4.4.1 네일	9
4.4.2 록볼트	9
4.4.3 억지말뚝	10

1. 일반사항

1.1 목적

1.1.1 네일

내용 없음

1.1.2 록볼트

내용 없음

1.1.3 억지말뚝

(1) 억지말뚝의 설계목표는 억지말뚝으로 보강된 비탈면을 장기적으로 안정하게 만드는 것이다.

1.2 적용범위

1.2.1 네일

(1) 이 기준은 비탈면 보강을 위한 네일과 전면판의 설계에 적용한다.

1.2.2 록볼트

(1) 이 기준은 암반비탈면의 보강을 위한 록볼트의 설계에 적용한다.

1.2.3 억지말뚝

내용 없음

1.3 용어의 정의

내용 없음

1.4 시설물의 구성

내용 없음

1.5 기호의 정의

내용 없음

1.6 참고기준

- KDS 11 90 00 비탈면 내진설계기준

1.7 해석과 설계원칙

1.7.1 네일

(1) 설계목표

- ① 네일의 설계목표는 네일로 보강된 비탈면의 장기적인 파괴에 대한 안정성을 확보하는 것이다.
- ② 네일로 보강된 비탈면은 설계수명기간동안 보강된 비탈면의 변형과 파괴, 네일 구성 요소의 파손이 발생하지 않아야 한다.
- ③ 네일의 간격과 길이는 네일로 고정되는 비탈면의 전체적인 안정성을 고려하여 결정하며, 적절하게 분산 배치하여 지반에 고른 저항력이 발휘되도록 설계한다.
- ④ 네일을 설치하는 지반 내에 구조물, 말뚝, 또는 지중시설이 있는 경우에는 이들 시설물의 위치를 고려하여 네일을 배치하여야 하며 네일 설치로 인한 영향을 고려하여야 한다.
- ⑤ 지반조건이 네일의 적용에 적합하지 않을 경우에는 가급적 적용하지 않아야 하며, 적용 시에는 각각의 적용 제한조건에 대한 보완방안을 고려한 후에 적용하여야 한다.
- ⑥ 네일의 보강재 두부는 전면판과 보강재가 구조적으로 일체가 되도록 정착판과 너트를 사용하여 견고하게 결합하여야 한다.
- ⑦ 보강재가 천공 구멍의 중심에 위치하도록 스페이서를 설치하여야 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.

1.7.2 록볼트

(1) 록볼트 적용기준

- ① 록볼트는 보강이 필요한 부분의 상태 또는 규모에 따라 보강되는 부분의 안정성이 확보되도록 랜덤볼트 또는 패턴볼트형식으로 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 지진 시 안정해석 및 내진설계기준을 참조한다.

1.7.3 억지말뚝

- (1) 억지말뚝은 설계수명기간동안 보강된 비탈면의 파괴, 변형 및 억지말뚝 구성 요소의 파손이 발생하지 않아야 한다.
- (2) 억지말뚝은 파괴토체의 중간위치 또는 하부위치에 파괴토체의 이동방향에 직각되는 방향으로 열을 이루며 설치한다.
- (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 강결시켜 일체화되게 거동시킨다.
- (4) 억지말뚝두부의 횡방향 변위를 억제시키기 위하여 앵커를 이용할 수 있으며, 이때 앵커는 예상파괴면 하부의 지지층에 정착시켜야 한다.

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 꽉 채울 수 있는 성질을 갖고 있어야 한다.
- (2) 네일 주입재는 시멘트 그라우트 및 기타 시멘트 혼합재를 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 설계일반사항

4.1.1 네일

- (1) 네일의 안정해석은 다음 항목을 고려하여 실시하여야 한다.

- ① 네일 보강 비탈면의 전체 안정성
- ② 네일의 인발저항력
- ③ 그라우트와 보강재 사이의 부착력
- ④ 전면판의 설계

- (2) 안전율 기준

네일로 보강된 비탈면의 안정해석에 적용하는 안전율 기준은 다음과 같다.

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	평상시	2.0
		지진시	1.5
	네일의 극한인발력	평상시	3.0
		지진시	2.0

- (3) 네일의 내적안정해석

- ① 네일의 내적안정해석은 다음 내적파괴형태를 고려한다.

가. 네일 재료 자체의 파단

나. 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) 네일 보강 비탈면의 안정해석

- ① 네일 보강 비탈면의 안정해석방법은 파괴면에서의 네일에 의한 저항력을 고려하여 안정해석을 실시한다.
- ② 네일로 보강된 비탈면에서 발생하는 파괴면의 형태는 원호, 이중썰기, 단일썰기 등으로 가정할 수 있으며, 지반조건 및 하중조건에 따른 예상파괴형태를 신중히 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.

(5) 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 지진시 안정해석은 4.4 및 KDS 11 90 00을 참조한다.

4.1.2 록볼트

(1) 록볼트 보강 비탈면의 안정해석

록볼트로 보강된 비탈면의 안정해석은 불안정한 구간을 안정화시키기 위한 록볼트의 소요개수를 검토하며, 록볼트의 저항력은 파괴면과 이루는 각도를 고려하여 결정한다.

(2) 안전율 기준

록볼트로 보강된 비탈면의 안정해석에 적용하는 안전율 기준은 다음과 같다.

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	평상시	2.0
		지진 시	1.5

(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.

4.1.3 억지말뚝

(1) 안전율 기준

- ① 억지말뚝으로 보강된 비탈면의 안정해석에 적용하는 안전율 기준은 다음과 같다.
지진 시의 안정성은 보강되기 전의 비탈면의 내진설계기준을 따른다.

표 4.1-2 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

(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 기준 안전율을 만족하여야 한다.

$$\frac{M_n}{M_{max}} \geq FS, \quad \frac{S_n}{S_{max}} \geq FS \quad (4.1-1)$$

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.

$$\frac{Q_p}{H_{\max}} \geq FS \quad (4.1-2)$$

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 전단저항력을 초과하지 않도록 결정한다.
- ② 억지말뚝은 파괴면 하부에 연직 및 횡방향 지지력이 확보되는 깊이까지 충분히 근입시켜야 한다.

(7) 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 지진시 안정해석은 4.4 및 KDS 11 90 00을 참조한다.

4.2 설계

4.2.1 전면판

- (1) 전면판은 네일두부 부근의 지표면 유실을 방지하고 네일두부에 작용하는 인장력과 토압에 저항하는 중요한 구조물이므로 전면판은 네일과 구조적으로 일체가 되도록 설계하여야 한다.

4.2.2 전면판의 설계

- (1) 전면판의 설계는 네일두부에 작용하는 인장력과 전면판 배면에 작용하는 토압 등에 대한 힘의 평형조건을 만족하여야 한다. 이때 전면판에 가해지는 하중은 전면판 배면에 균등하게 작용하는 것으로 하며, 전면판의 보강효과는 보강 비탈면 안정해석 시 고려하지 않는다.

4.2.3 네일개소당 전면판에 작용하는 토압의 크기

- (1) 네일 1개당 전면판에 작용하는 하중은 네일의 설계인장력(P_D)에 전면판 형식에 따른 저감계수(μ)를 곱한 값과 전면판 1개에 작용하는 주동토압의 크기(P_a)를 비교하여 큰 값을 적용하며, 전면판의 단위면적당 작용하는 하중(p)는 다음과 같다.

$$T_0 = \max \begin{cases} P = \mu P_D \\ P = P_a \end{cases} \quad (4.2-1)$$

$$p = \frac{T_0}{S_v \cdot S_h} \quad (4.2-2)$$

여기서, T_0 : 네일 1개당 전면판에 작용하는 토압의 크기(kN)

P_D : 네일 1개의 설계인장력(kN)

μ : 전면판 형식에 따른 저감계수

P_a : 네일 1개당 전면판에 작용하는 주동토압의 크기(kN)

p : 전면판의 단위면적당 작용하는 토압(kN/m²)

S_v, S_h : 네일의 수직, 수평간격(m)

- (2) 전면판의 설계는 콘크리트구조설계기준을 참조하여 (1)에서 구한 하중에 하중계수를 고려하여 다음의 항목을 검토한다.
- ① 전면판 자체의 휨파괴
 - ② 네일두부의 주변에 발생하는 국부적인 전단파괴

4.2.4 록볼트

- (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.

4.2.5 억지말뚝

- (1) 억지말뚝의 안정해석은 다음 항목을 고려하여 실시한다.
- ① 억지말뚝 보강비탈면의 전체 안정성
 - ② 억지말뚝의 내적안정성 (모멘트, 전단)
 - ③ 수동파괴에 대한 안정해석

4.3 배수시설

4.3.1 네일

- (1) 전면판은 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 전면판 배면에 설치하는 수직배수재
 - ④ 전면판 상부에 표면수 유입을 위해 설치하는 배수로

4.3.2 록볼트

내용 없음

4.3.3 역지말뚝

내용 없음

4.4 지진 시 안정해석

4.4.1 네일

- (1) 지진시 네일로 보강된 비탈면의 안정해석에서는 내적안정과 외적안정성을 검토한다.
- (2) 네일로 보강된 비탈면의 지진시 안정해석에서 고려하는 지진하중은 파괴토체의 자중과 지진계수(A_m)를 곱한 등가지진력으로 고려하며, 파괴토체의 중심에 횡방향으로 작용시킨다.
- (3) 지진에 의한 지진계수는 KDS 11 90 00(1.8.3)에서 제시하는 지반가속도계수(A)를 이용하여 산정한다.

4.4.2 록볼트

- (1) 지진시 록볼트로 보강된 비탈면의 안정해석에서는 외적안정성을 검토한다.
- (2) 록볼트로 보강된 비탈면의 지진시 안정해석에서 고려하는 지진하중은 파괴토체의 자중과 지진계수(A_m)를 곱한 등가지진력으로 고려하며, 파괴토체의 중심에 횡방향으로 작용시킨다.
- (3) 지진에 의한 지진계수는 KDS 11 90 00(1.8.3)에서 제시하는 지반가속도계수(A)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) 지진계수는 KDS 11 90 00(1.8.3)에서 제시하는 지반가속도계수(A)를 이용한다.



집필위원

성명	소속	성명	소속
권지혜	한국시설안전공단	성주현	한국시설안전공단
김용수	한국시설안전공단	이종건	한국시설안전공단
박광순	한국시설안전공단	장범수	한국시설안전공단
박기덕	한국시설안전공단	최병일	한국시설안전공단
배성우	한국시설안전공단	허인영	한국시설안전공단

자문위원

성명	소속	성명	소속
김동욱	인천대학교	송병웅	다산컨설턴트
김태훈	대우건설 기술연구원	윤찬영	강릉원주대학교
문준식	경북대학교		

건설기준위원회

성명	소속	성명	소속
구찬모	한국토지주택공사	배병훈	한국도로공사
김운형	다산컨설턴트	임대성	삼보ENG
김유봉	서영엔지니어링	정상섬	연세대학교
김홍문	평화엔지니어링	정충기	서울대학교
박성원	유신	최용규	경성대학교
박종호	평화지오텍		

중앙건설기술심의위원회

성명	소속	성명	소속
구자흡	삼영엠텍(주)	이근하	(주)포스코엔지니어링
김현길	(주)정림이앤씨	차철준	한국시설안전공단
박구병	한국시설안전공단	최상식	(주)다음기술단

국토교통부

성명	소속	성명	소속
정선우	국토교통부 기술기준과	김병채	국토교통부 기술기준과
김광진	국토교통부 기술기준과	박찬현	국토교통부 원주지방국토관리청
김남철	국토교통부 기술기준과	이선영	국토교통부 기획총괄과

(분야별 가나다순)

설계기준

KDS 11 70 15 : 2016

비탈면 보강공법 설계기준

2016년 6월 30일 제정

소관부서 국토교통부 기술기준과

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>

KDS 11 70 20 : 2016

낙석·토석 대책시설 설계기준

2016년 6월 30일 제정

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

KC CODE



건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

이 기준은 발간 시점부터 사용하며, 이미 시행 중에 있는 설계용역이나 건설 공사는 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 중심으로 철도 설계기준, 하천 설계기준의 해당하는 부분을 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 70 20 : 2016	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비함	제정 (2016.06)
KDS 11 70 20 : 2016	• 한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함	수정 (2018.7)

제 정 : 2016년 6월 30일

심 의 : 중앙건설기술심의위원회

소관부서 : 국토교통부 기술기준과

관련단체 : 한국시설안전공단

개 정 : 년 월 일

자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회

작성기관 : 한국시설안전공단

목 차

1. 일반사항	1
1.1 목적	1
1.1.1 낙석방지망	1
1.1.2 낙석방지울타리	1
1.1.3 낙석방지옹벽	1
1.1.4 피암터널	1
1.1.5 토석류 대책시설	1
1.2 적용범위	1
1.2.1 낙석방지망	1
1.2.2 낙석방지울타리	1
1.2.3 낙석방지옹벽	1
1.2.4 피암터널	2
1.2.5 토석류 대책시설	2
1.3 용어의 정의	2
1.4 시설물의 구성	2
1.4.1 낙석방지망	2
1.4.2 낙석방지울타리	2
1.4.3 낙석방지옹벽	2
1.4.4 피암터널	2
1.4.5 토석류 대책시설	2
1.5 기호의 정의	2
1.6 참고기준	3
1.7 해석과 설계원칙	3
1.7.1 낙석방지망	3
1.7.2 낙석방지울타리	3
1.7.3 낙석방지옹벽	3

1.7.4	피암터널	4
1.7.5	토석류 대책시설	4
2.	조사 및 계획	4
2.1	일반사항	4
2.2	조사	4
2.2.1	낙석방지망	4
2.2.2	낙석방지울타리	4
2.2.3	낙석방지옹벽	4
2.2.4	피암터널	4
2.2.5	토석류 대책시설	5
2.3	계획	5
2.3.1	낙석방지망	5
2.3.2	낙석방지울타리	5
2.3.3	낙석방지옹벽	5
2.3.4	피암터널	6
2.3.5	토석류 대책시설	6
3.	재료	6
4.	설계	6
4.1	설계일반사항	6
4.1.1	낙석방지망	6
4.1.2	낙석방지울타리	7
4.1.3	낙석방지옹벽	7
4.1.4	피암터널	8
4.1.5	토석류 대책시설	8

1. 일반사항

1.1 목적

1.1.1 낙석방지망

내용 없음

1.1.2 낙석방지울타리

내용 없음

1.1.3 낙석방지옹벽

내용 없음

1.1.4 피암터널

- (1) 피암터널은 낙석이 발생하기 쉬운 비탈면에서 낙석의 규모가 매우 커서 일반적인 낙석방지시설로 방어하지 못하는 경우에 설치하여 도로, 철도시설물, 보행자 등을 보호하는 데 목적이 있다.

1.1.5 토석류 대책시설

- (1) 토석류 대책시설의 목표는 토석류로 인해 시설물에 발생 가능한 피해를 방지 또는 저감하는 데 있다.

1.2 적용범위

1.2.1 낙석방지망

- (1) 이 기준의 낙석방지망은 비탈면에서의 낙석을 방지하기 위한 낙석방지망의 설계에 적용한다.

1.2.2 낙석방지울타리

- (1) 이 기준의 낙석방지울타리는 비탈면에서의 낙석을 방지하기 위한 낙석방지울타리의 설계에 적용한다.

1.2.3 낙석방지옹벽

- (1) 이 기준의 낙석방지옹벽은 비탈면에서의 낙석을 방지하기 위한 낙석방지옹벽의 설계에 적용한다.

1.2.4 피암터널

- (1) 이 기준의 피암터널은 비탈면에서의 낙석, 토사나 암반붕괴로 인한 피해를 줄이기 위한 피암터널의 설계에 적용한다.
- (2) 이 기준에서 상세하게 규정하지 않은 세부 사항들은 관련 설계기준을 참조한다.

1.2.5 토석류 대책시설

- (1) 이 기준의 토석류 대책시설은 토석류로 인한 시설물의 피해를 방지 또는 저감시키기 위한 대책의 설계에 적용한다.

1.3 용어의 정의

내용 없음

1.4 시설물의 구성

1.4.1 낙석방지망

내용 없음

1.4.2 낙석방지울타리

내용 없음

1.4.3 낙석방지옹벽

내용 없음

1.4.4 피암터널

내용 없음

1.4.5 토석류 대책시설

- (1) 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

1.5 기호의 정의

내용 없음

1.6 참고기준

내용 없음

1.7 해석과 설계원칙

1.7.1 낙석방지망

- (1) 낙석방지망은 낙석방지망을 구성하는 부재가 일체가 되어 낙석의 에너지를 흡수하는 것으로 비교적 소규모의 낙석을 방지하는데 효과적이며 비탈면의 상황에 따라 종류와 규격을 결정하여야 한다.
- (2) 낙석방지망은 낙석에너지와 낙석방지망의 흡수가능에너지를 평가하고 이 두 에너지를 비교하여 낙석방지망의 흡수가능에너지가 낙석에너지보다 크도록 설계한다.
- (3) 낙석방지망의 설계
 - ① 비포켓식 낙석방지망
낙석의 하중과 망의 무게를 견딜 수 있는 와이어 로프의 지름을 결정하고 전체 하중이 고정핀에 작용한다고 가정하고 고정핀의 안정을 계산하여 설계한다.
 - ② 포켓식 낙석방지망
낙석방지망의 흡수가능 에너지와 망에 충돌하는 낙석에너지를 비교하여 설계하여야 하며 지주의 강도와 안정성 검토를 실시하여야 한다.

1.7.2 낙석방지울타리

- (1) 낙석방지울타리는 낙석방지울타리를 구성하는 부재가 일체가 되어 낙석의 에너지를 흡수하는 것으로 비교적 소규모의 낙석을 방지하는데 효과적이며 비탈면의 상황에 따라 종류와 규격을 결정하여야 한다.
- (2) 낙석방지울타리는 울타리 설치위치에서의 낙석에너지와 낙석방지울타리의 흡수가능에너지를 계산하고 이 두 에너지를 비교하여 낙석방지울타리의 흡수가능에너지가 낙석에너지보다 크도록 설계한다.
- (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, 지지지반의 강도 등을 검토하여야 한다.

1.7.3 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.

1.7.4 피암터널

- (1) 피암터널의 설계에서 고려하는 하중은 충격력, 고정하중 및 토압, 설하중, 온도변화 및 건조수축 영향, 지진 등이 있다.

1.7.5 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 일반사항

내용 없음

2.2 조사

2.2.1 낙석방지망

내용 없음

2.2.2 낙석방지울타리

내용 없음

2.2.3 낙석방지옹벽

내용 없음

2.2.4 피암터널

내용 없음

2.2.5 토석류 대책시설

(1) 조사일반사항

- 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 추가적인 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.

2.3 계획

2.3.1 낙석방지망

내용 없음

2.3.2 낙석방지울타리

내용 없음

2.3.3 낙석방지옹벽

내용 없음

2.3.4 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.

2.3.5 토석류 대책시설

- (1) 범위
 - ① 대책시설의 계획은 토석류가 발생하여 피해가 예상되는 시설물의 인근에 대해서 수립하며, 토석류 가능성과 시설물의 피해가능성을 고려하여 합리적이고 효과적인 대책이 되도록 한다.
 - ② 대책시설 계획은 대상 지역의 지형, 지질, 수리 및 수문특성에 대한 조사를 토대로, 토석류 발생특성, 대책시설의 적용 용이성, 효과, 그리고 향후 유지관리의 용이성, 친환경성 등을 종합적으로 고려한다.
- (2) 계획의 기준지점
 - ① 계획의 기준지점은 토석류로 인해 피해가 예상되는 시설물의 인근에 대해서 대책시설의 기능 목표에 따른 효과가 최대로 발휘되는 지점으로 한다.
 - ② 계획의 기준지점을 결정할 때는 토석류의 특성(시작-이동-퇴적)을 고려하여야 한다.
 - ③ 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) 낙석방지망의 흡수가능에너지 평가

- ① 낙석방지망의 흡수가능에너지는 망을 구성하는 각각의 부재의 최소 흡수에너지의 합으로 계산할 수 있다.
- ② 정확한 흡수가능에너지는 실물 시험을 통하여 낙석의 통과여부 또는 낙석방지망의 파괴여부로부터 흡수가능에너지를 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) 낙석방지울타리의 흡수가능에너지의 평가

- ① 낙석방지울타리의 흡수가능에너지는 낙석방지울타리를 구성하는 각각의 부재의 최소 흡수에너지의 합으로 계산할 수 있다.
- ② 정확한 흡수가능에너지를 평가하기 위하여 실물 성능평가지험을 실시하고 그 결과를 설계에 이용하여야 한다. 단, 공인시험기관의 시험 등을 통해 사전에 검증된 형식의 경우에는 성능평가지험을 생략할 수 있다.

(3) 낙석방지울타리의 높이

낙석방지울타리의 높이는 낙석이 튀는 높이와 비탈면의 경사도에 의해 결정할 수 있다.

(4) 낙석방지울타리의 지지

낙석방지울타리의 지지는 낙석방지울타리의 하부를 고정시켜 낙석방지울타리에 가해지는 낙석에너지에 대하여 낙석방지울타리가 충분히 흡수할 수 있도록 하여야 한다.

4.1.3 낙석방지옹벽

(1) 낙석충돌시의 외력 산정

옹벽을 탄성지반에 의해 지지되는 강체로 가정하여, 낙석의 충돌에 의해 낙석이 가지는 운동 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) 옹벽의 안정

옹벽의 안정계산은 다음의 검토를 시행한다.

- ① 활동(연직, 수평) 검토
- ② 전도 검토
- ③ 낙석 시 검토
- ④ 지지력 검토

(3) 옹벽 본체 설계

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.

(2) 낙석의 낙하높이

낙석의 낙하높이는, 자유 낙하하는 경우에는 낙차 H를 그대로 적용하고, 경사면을 따라 낙하하는 낙석의 낙하높이는 환산하여 적용한다. 또 비탈면의 경사가 도중에 크게 변하는 경우에는 비탈면을 세분하고, 각 비탈면별로 환산 낙하 높이를 환산하여, 그 누계를 비탈면 전체의 환산 낙하높이로 한다.

(3) 완충재

피암터널에는 낙석충격을 완화하고 분산시키기 위하여 완충재를 설치한다.

(4) 낙석에 의한 충격력의 작용 면적

낙석에 의한 충격하중 작용면적은, 낙석을 완충재의 층의 표층에 점재하시키고 45° 범위에 분산하는 것으로 하고 그 범위에 등분포 하중이 작용하는 것으로 계산한다.

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 침투유량, 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

성명	소속	성명	소속
권지혜	한국시설안전공단	성주현	한국시설안전공단
김용수	한국시설안전공단	이종건	한국시설안전공단
박광순	한국시설안전공단	장범수	한국시설안전공단
박기덕	한국시설안전공단	최병일	한국시설안전공단
배성우	한국시설안전공단	허인영	한국시설안전공단

자문위원

성명	소속	성명	소속
김동욱	인천대학교	송병웅	다산컨설턴트
김태훈	대우건설 기술연구원	윤찬영	강릉원주대학교
문준식	경북대학교		

건설기준위원회

성명	소속	성명	소속
구찬모	한국토지주택공사	배병훈	한국도로공사
김운형	다산컨설턴트	임대성	삼보ENG
김유봉	서영엔지니어링	정상섬	연세대학교
김홍문	평화엔지니어링	정충기	서울대학교
박성원	유신	최용규	경성대학교
박종호	평화지오텍		

중앙건설기술심의위원회

성명	소속	성명	소속
구자흡	삼영엠텍(주)	이근하	(주)포스코엔지니어링
김현길	(주)정림이앤씨	차철준	한국시설안전공단
박구병	한국시설안전공단	최상식	(주)다음기술단

국토교통부

성명	소속	성명	소속
정선우	국토교통부 기술기준과	김병채	국토교통부 기술기준과
김광진	국토교통부 기술기준과	박찬현	국토교통부 원주지방국토관리청
김남철	국토교통부 기술기준과	이선영	국토교통부 기획총괄과

(분야별 가나다순)

설계기준

KDS 11 70 20 : 2016

낙석·토석 대책시설 설계기준

2016년 6월 30일 제정

소관부서 국토교통부 기술기준과

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>

KDS 11 70 25 : 2016

비탈면배수시설 설계기준

2016년 6월 30일 제정

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

KC CODE



건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

이 기준은 발간 시점부터 사용하며, 이미 시행 중에 있는 설계용역이나 건설 공사는 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 70 25 : 2016	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비함	제정 (2016.06)
KDS 11 70 25 : 2016	• 한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함	수정 (2018.7)

제 정 : 2016년 6월 30일
 심 의 : 중앙건설기술심의위원회
 소관부서 : 국토교통부 기술기준과
 관련단체 : 한국시설안전공단

개 정 : 년 월 일
 자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회
 작성기관 : 한국시설안전공단

목 차

1. 일반사항	1
1.1 목적	1
1.1.1 지표수 배수시설	1
1.1.2 지하수 배수시설	1
1.2 적용범위	1
1.2.1 지표수 배수시설	1
1.2.2 지하수 배수시설	2
1.3 용어의 정의	2
1.4 시설물의 구성	2
1.5 기호의 정의	2
1.6 참고기준	2
1.7 해석과 설계원칙	2
1.8 설계고려사항	3
1.8.1 지표수 배수시설	3
1.8.2 지하수 배수시설	3
2. 조사 및 계획	3
2.1 일반사항	3
2.1.1 지표수 배수시설	3
2.1.2 지하수배수시설	4
2.2 조사	4
2.2.1 지표수 배수시설	4
2.2.2 지하수 배수시설	4
2.3 계획	4
2.3.1 지표수 배수시설	4
2.3.2 지하수 배수시설	4
3. 재료	5

4. 설계	5
4.1 지표수 배수시설	5
4.1.1 산마루배수구와 비탈어깨배수구	5
4.1.2 V형 측구	6
4.1.3 산마루 측구	6
4.1.4 종배수구	7
4.1.5 소단배수구	7
4.1.6 비탈끝배수구	7
4.1.7 흙쌓기부 집수정	7
4.2 지하수배수시설	8
4.2.1 적용기준	8
4.2.2 지하수 배수시설의 종류	8
4.2.3 지하배수구(암거)	8
4.2.4 수평배수층	9
4.2.5 돌망태 배수공	9
4.2.6 수평배수공	9
4.2.7 수직배수공(집수정)	9

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 적용범위

1.2.1 지표수 배수시설

- (1) 비탈면 지표수 배수시설은 비탈면의 지형조건, 지반조건, 지하수의 상태, 계곡부의 상태를 고려하여 지표수배수시설을 조합하여 설치한다.
- (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 배수시키며 필요에 따라 설치 간격을 조절할 수 있다.
- (4) 쌓기비탈면의 상부에서 비탈면 표면으로 유입되는 지표수 유량이 많은 경우에는 비탈어깨배수구를 설치한다.
- (5) 깎기비탈면에서 상부 자연비탈면에서 유입되는 지표수 유량이 예상되는 경우에는 산마루 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 1~3m로 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 맨암거 · 유공관 · 파이프 · 평면배수층 · 보호필터층 등으로 구분한다.

1.3 용어의 정의

내용 없음

1.4 시설물의 구성

내용 없음

1.5 기호의 정의

내용 없음

1.6 참고기준

내용 없음

1.7 해석과 설계원칙

내용 없음

1.8 설계고려사항

1.8.1 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 설계계획빈도를 별도로 정할 수 있으며 지역, 지형, 지질, 산사태, 토석류 및 유송잡물, 국지성 집중호우 발생빈도 등의 특성을 고려하여야 한다. 또한, 강우침투 해석시 고려된 설계강우빈도와 상호 연계되어야 한다.

1.8.2 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 지하 배수시설은 유입되는 지하수와 침투수를 차단하여 도로의 흠쌓기부 및 땅깍기부의 지반붕괴를 최소화 할 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 일반사항

2.1.1 지표수 배수시설

(1) 설계를 위한 조사

- 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.
 - 가. 기상조사
 - 나. 주변지형조사
 - 다. 비탈면의 토질 및 지하수조사
 - 라. 기존 배수상태 및 체계 조사

2.1.2 지하수배수시설

내용 없음

2.2 조사**2.2.1 지표수 배수시설**

내용 없음

2.2.2 지하수 배수시설

- (1) 지하수 배수시설을 계획·설계를 위해서는 기상조사, 주변지형조사, 비탈면의 토질 및 지하수 조사, 기존 배수상태 및 배수체계 등을 조사하여야 한다.
- (2) 비탈면의 붕괴가 주구조물의 구조적 안정성에 직접적인 영향을 미치는 중요한 비탈면에는 지하수위 관측을 위한 관정설치 및 투수시험 등을 실시하여 지하수 배수설계에 자료로 활용한다.

2.3 계획**2.3.1 지표수 배수시설**

내용 없음

2.3.2 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 : 10년(산지부 20년)
 - ② 유출량

$$Q = \frac{1}{3.6} C \cdot I \cdot A \quad (4.1-1)$$

여기서, C : 유출계수

I : 강우강도(mm/h)

A : 유역면적(km²)

③ 통수량

$$Q = A \times V \quad (4.1-2)$$

여기서, Q : 통수량(m³/sec)

A : 수로의 허용 통수단면적(m²)

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} (\text{m/sec})$$

n : 매닝조도계수 $R \left(= \frac{A}{P} \right)$: 동수반경(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 유출량

$$Q = \frac{1}{3.6} C \cdot I \cdot A \quad (4.1-3)$$

(3) 통수량

$$Q = A \times V \quad (4.1-4)$$

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 유출량

$$Q = \frac{1}{3.6} C \cdot I \cdot A \quad (4.1-5)$$

③ 통수량

$$Q = A \times V \quad (4.1-6)$$

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 비탈면 소단 3 m 지점에 설치하여 우수 등에 의하여 비탈면이 침식되거나 활동하는 것을 방지한다.
 - ② 종단경사에 따라 배수처리를 실시하며, 20 m 이상 땅깎기 구간이 끝나는 곳에서는 산마루 측구와 연결 또는 땅깎기부 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 뿔어붙이기를 시공한 특수조건외의 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 경우 흙쌓기 비탈면 끝에 토사 측구, V형 측구 및 자연수로에 연결시켜 횡배수시킨다.
- (2) 유출량(계획 홍수량) 및 암거 및 횡배수관의 관경 및 종단경사에 따라 집수정의 집수량이 달라질 수 있으므로 집수정의 통수량을 검토 후 설치한다.

4.2 지하수배수시설

4.2.1 적용기준

- (1) 비탈면 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 배수시설은 쌓기토체 내부로 유입되는 지하수, 깎기비탈면 내부의 지하수를 신속히 배수시켜 비탈면의 안정성을 높이도록 설치한다.
- (2) 지하수 배수시설의 종류는 다음과 같은 것들이 있다.
 - 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 20~30 m 마다 집수구 등을 설치하여 지표의 수로공으로 유도하도록 설계한다.

4.2.4 수평배수층

- (1) 수평배수층은 쌓기토체, 뒷채움 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 뒷채움, 보강토 옹벽의 뒷채움 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

성명	소속	성명	소속
권지혜	한국시설안전공단	성주현	한국시설안전공단
김용수	한국시설안전공단	이종건	한국시설안전공단
박광순	한국시설안전공단	장범수	한국시설안전공단
박기덕	한국시설안전공단	최병일	한국시설안전공단
배성우	한국시설안전공단	허인영	한국시설안전공단

자문위원

성명	소속	성명	소속
김동욱	인천대학교	송병웅	다산컨설턴트
김태훈	대우건설 기술연구원	윤찬영	강릉원주대학교
문준식	경북대학교		

건설기준위원회

성명	소속	성명	소속
구찬모	한국토지주택공사	배병훈	한국도로공사
김운형	다산컨설턴트	임대성	삼보ENG
김유봉	서영엔지니어링	정상섬	연세대학교
김홍문	평화엔지니어링	정충기	서울대학교
박성원	유신	최용규	경성대학교
박종호	평화지오텍		

중앙건설기술심의위원회

성명	소속	성명	소속
구자흡	삼영엠텍(주)	이근하	(주)포스코엔지니어링
김현길	(주)정림이앤씨	차철준	한국시설안전공단
박구병	한국시설안전공단	최상식	(주)다음기술단

국토교통부

성명	소속	성명	소속
정선우	국토교통부 기술기준과	김병채	국토교통부 기술기준과
김광진	국토교통부 기술기준과	박찬현	국토교통부 원주지방국토관리청
김남철	국토교통부 기술기준과	이선영	국토교통부 기획총괄과

(분야별 가나다순)

설계기준

KDS 11 70 25 : 2016

비탈면배수시설 설계기준

2016년 6월 30일 제정

소관부서 국토교통부 기술기준과

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>

KDS 11 80 05 : 2016

콘크리트옹벽

2016년 6월 30일 제정

<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 건설 공사는 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 중심으로 철도 설계기준, 도로 설계기준, 구조물기초 설계기준의 해당하는 부분을 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 80 05 : 2016	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비함	제정 (2016.06)
KDS 11 80 05 : 2016	• 한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함	수정 (2018.7)

제 정 : 2016년 6월 30일

심 의 : 중앙건설기술심의위원회

소관부서 : 국토교통부 기술기준과

관련단체 : 한국시설안전공단

개 정 : 년 월 일

자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회

작성기관 : 한국시설안전공단

목 차

1. 일반사항	1
1.1 목적	1
1.2 적용범위	1
1.3 용어의 정의	1
1.4 시설물의 구성	1
1.5 기호의 정의	1
1.6 참고기준	1
1.7 해석과 설계원칙	2
1.7.1 설계방침	2
1.7.2 옹벽의 보통설계와 특수설계의 구분	2
1.7.3 설계하중	2
1.7.4 자중	2
1.7.5 상재하중에 의한 토압	3
1.7.7 수압과 부력	4
2. 조사 및 계획	4
2.1 일반사항	4
2.2 조사	4
2.2.1 옹벽설계 및 시공을 위한조사	4
3. 재료	5
4. 설계	5
4.1 설계일반사항	5
4.1.1 검토항목	5
4.2 옹벽의 보통설계	5
4.3 옹벽의 특수설계	5
4.3.1 옹벽의 특수설계법	5
4.3.2 연약지반상의 옹벽	6

4.3.3 U형 옹벽	6
4.3.4 흙채움 U형 옹벽	6
4.3.5 내진설계 여부	7
4.4 안전율 기준	7
4.4.1 활동 안정성	7
4.4.2 활동저항력의 증가	8
4.4.3 전도 안정성	8
4.4.4 지지력 검토	9
4.4.5 전체안정성	9
4.5 지진 시 안정해석	10
4.6 옹벽 본체설계	10
4.6.1 옹벽 본체설계	10
4.6.2 옹벽의 구조상세	11



1. 일반사항

1.1 목적

- (1) 이 기준은 비탈면의 안정성을 유지하고 옹벽 전면과 배면에 공간을 확보하기 위해 설치하는 콘크리트 옹벽 설계에 적용한다.
- (2) 변위를 거의 허용하지 않는 교대나 보강토옹벽 등과 같이 시공 시 뒤편 흙의 다짐으로 인해 옹벽 배면에 토압이 유발되는 경우에는 이를 고려하여 설계한다.

1.2 적용범위

- (1) 콘크리트 옹벽의 형식은 중력식, 반중력식, 캔틸레버식, 부벽식 등이 있으며, 콘크리트 옹벽의 구조형식은 다음의 사항을 고려하여 결정한다.
 - ① 콘크리트 옹벽이 설치될 위치와 다른 구조물과의 관계, 공간적 제약
 - ② 콘크리트 옹벽의 높이 및 옹벽이 설치되는 지형
 - ③ 지반조건과 지하수조건
 - ④ 시공에 소요되는 시간 및 경제성
 - ⑤ 콘크리트 옹벽의 미관과 유지관리의 편의성
- (2) 콘크리트 옹벽 기초는 지지지반의 조건에 따라 직접기초, 말뚝기초 등의 적절한 기초 형식을 선정한다.

1.3 용어의 정의

내용 없음

1.4 시설물의 구성

내용 없음

1.5 기호의 정의

내용 없음

1.6 참고기준

- KDS 11 50 05 얇은기초 설계기준(일반설계법)
- KDS 11 50 10 얇은기초 설계기준(한계상태설계법)
- KDS 14 20 00 콘크리트구조 설계(강도설계법)
- KDS 11 90 00 비탈면 내진 설계기준

1.7 해석과 설계원칙

1.7.1 설계방침

- (1) 옹벽은 높이가 커짐에 따라 순차로 중력식옹벽, 캔틸레버식 옹벽, 부벽식 옹벽을 이용하는 것이 일반적인데 그 외에 현장의 실상에 알맞은 특수한 옹벽이나 구조형식으로 설계할 수 있다.
- (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 사용한다.

1.7.2 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.

1.7.3 설계하중

- (1) 하중 종류
 - ① 콘크리트 옹벽 설계 시 고려하는 하중은 콘크리트 옹벽의 사용기간 중에 발생가능한 모든 형태의 하중조합을 고려하여 설계한다.
 - ② 콘크리트 옹벽의 안정검토를 할 때에는 하중계수를 곱하지 않은 사용하중(Serviceload)을 적용하고, 단면설계를 할 때에는 강도설계법에 의한 계수하중을 적용하며, 구조계산을 할 때에는 고정하중·지표면 재하하중 등의 영향을 고려하여 설계한다. 기타의 옹벽(보강토 옹벽, EPS 옹벽 등)은 현재 강도설계법이 확정되지 않은 관계로 설계특성에 따라 사용하중(Service load)으로 적용할 수 있다.
 - ③ 콘크리트 옹벽의 안정해석 시 고려하는 하중의 종류는 다음과 같다.
 - 가. 콘크리트 옹벽과 뒤채움의 자중 등 고정하중
 - 나. 콘크리트 옹벽에 작용하는 토압과 상재 하중에 의한 토압증가량
 - 다. 배수가 되지 않는 조건에서는 수압과 부력
 - 라. 콘크리트 옹벽에 직접 작용하는 외력
 - 마. 지진에 의한 하중 등

1.7.4 자중

- (1) 콘크리트 옹벽에 작용하는 자중은 옹벽의 자중과 뒤채움 흙의 자중으로 한다.

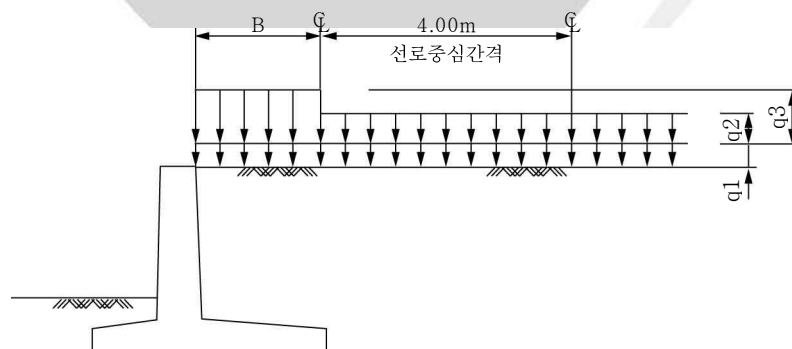
- (2) 자중은 콘크리트와 흙의 일반적인 단위중량을 적용하며, 실제 하중이 명백한 경우는 그 값을 사용한다.

1.7.5 상재하중에 의한 토압

- (1) 콘크리트 옹벽 배면에 건설장비의 이동, 자재야적 및 도로에 가해지는 운하중 등에 의한 일시하중 또는 구조물의 기초에 의한 영구하중이 작용하는 경우는 이를 설계에 고려한다.
- (2) 일시적인 하중을 고려하기 위하여 콘크리트 옹벽 배면지반에는 10 kN/m^2 의 등분포 하중이 작용하는 것으로 간주하여 콘크리트 옹벽의 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, q3 : 열차 활하중에 의한 상재하중(kN/m^2)

그림 1.7-1 상재하중 (kN/m^2)

- (4) 콘크리트 옹벽 벽체 또는 가상배면으로부터 파괴면이 표면과 만나는 지점 내에 집중 하중, 선하중, 구조물에 의한 하중이 작용하는 경우는 이에 의해 콘크리트 옹벽에 가해지는 수평토압의 증가량을 고려한다. 상재하중에 의한 수평토압의 증가량은 탄성지반에 작용하는 하중을 고려한 이론해를 이용할 수 있다.

1.7.7 수압과 부력

- (1) 콘크리트 옹벽 배면에 물이 고여 있는 상태로 존재하게 되는 경우에는 콘크리트 옹벽에 직접 작용하는 하중으로서 수압을 고려하여야 한다. 이때 수면 아래의 토압을 계산할 때는 수중단위중량을 이용한다.
- (2) 콘크리트 옹벽 배면의 뒤채움 내부에 배수시설 또는 배수층을 별도로 설치한 경우에는 콘크리트 옹벽 배면 내에 존재하는 정상상태의 수두를 고려하여 가상배면 또는 시행책기에 작용하는 수압으로 작용시킨다. 단, 배수층에 의해 가상배면범위 내에 수위가 발생하지 않도록 한 경우에는 수압을 고려하지 않을 수 있다.

2. 조사 및 계획

2.1 일반사항

내용 없음

2.2 조사

2.2.1 옹벽설계 및 시공을 위한조사

- (1) 기초지반력 등 안정검토에 필요한 설계정수를 구하기 위한 토질조사
- ① 높이 8 m 이하의 옹벽인 경우 뒤채움재의 종류에 따라 단위체적중량이나 토압계수가 결정되므로 뒤채움재를 흙의 분류방법에 따라 자갈 또는 모래와 자갈의 혼합물, 사질토 및 실트, 점성토(단, $WL < 50\%$)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. 일반적으로 기초지반이 활동파괴를 일으키는 범위는 배면쌓기 높이의 1.5배 이내의 깊이로 접지압에 의한 침하의 영향범위는 쌓기 높이의 1.5~3배 이내인 것으로 알려져 있으므로 기초지반 조사의 범위를 설정해야 한다. 그러나 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 옹벽파괴원인의 대부분은 집중호우 등에 의한 배수불량과 동시에 기초지반의 불량에 의한 것이므로 배면지반의 배수계통과 기초의 지반조건을 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 설계일반사항

4.1.1 검토항목

- (1) 콘크리트 옹벽의 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 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. 일반적으로 정지토압 계수는 $K_o = 0.5$ 로 해야 한다.
- (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) 콘크리트 옹벽의 내진설계는 다음에 해당하는 경우에 수행한다.
- ① 시설물의 안전관리에 관한 특별법 시행령에 의해 2종 시설물로 분류되는 규모인 경우
 - ② 콘크리트 옹벽 상부와 하부의 피해범위 내에 내진설계를 요하는 주구조물 또는 1, 2종 시설물이 있는 경우
 - ③ 발주자가 요구하거나 설계자가 필요하다고 판단하는 경우
- (2) 콘크리트 옹벽의 지진 시 안정해석은 이 기준의 4.5와 KDS 11 90 00 비탈면 내진설계기준을 참조한다.

4.4 안전율 기준

- (1) 콘크리트 옹벽의 안정해석에서 적용하는 기준 안전율은 표 4.4-1과 같다. 지진 시는 지진하중을 고려하여 검토한다.

표 4.4-1 옹벽의 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)	1.2~1.5	1.1

* 옹벽전면 흙에 대한 수동토압을 활동저항력에 포함한 경우의 안전율

4.4.1 활동 안정성

- (1) 활동에 대한 안정성은 기초지반면과 콘크리트 옹벽 저면에서의 미끄러짐이 발생하는가에 대한 검토이다. 경사하중 또는 비탈면상에 설치된 기초, 수평력을 받는 구조물의 기초에 대해서는 활동에 대한 파괴를 검토하여야 한다.
- (2) 활동에 대한 검토는 활동을 유발하는 횡방향 하중과 활동에 저항하는 저항력의 비율이 기준안전율 이상이어야 한다.

$$FS = \frac{S_R}{S_D} > FS \quad (4.4-1)$$

여기서, S_R : 활동저항력(resisting force to sliding)

S_D : 활동력(sliding force)

- (3) 점성토지반상의 콘크리트 옹벽기초에 대해서는 지반의 건조수축과 침하로 인하여 지반과 기초사이의 이격이 생길 가능성을 고려하여야 한다. 콘크리트 옹벽 전면 흙의 수동토압을 활동 저항력으로 고려하고자 하는 경우에는 기초 전면 흙이 장기적으로 유지될 수 있는지 여부를 확인하여야 한다.

- (4) 옹벽 저판의 설치깊이는 동결심도 이상이어야 하며 동결심도가 얇은 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 본 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.

$$FS = \frac{S_R + R_{key}}{S_D} \quad (4.4-2)$$

여기서, S_R : 기초저면의 활동저항력

R_{key} : 활동방지벽에 의한 활동저항력

S_D : 활동력

- (3) 기초저면을 경사지게 하더라도 역학적으로 지지력에 대한 문제는 없으나 쉽게 흐트러지기 쉬운 지반조건에서는 주의한다.

4.4.3 전도 안정성

- (1) 전도는 콘크리트 옹벽의 앞굽을 중심으로 콘크리트 옹벽 전체가 앞으로 회전하는지 여부에 대하여 검토한다. 옹벽은 배면의 횡방향 토압으로 인해 저판앞굽을 중심으로 전도하므로 옹벽은 이에 대해 충분히 안전하게 저항하여야 한다.
- (2) 전도의 검토는 콘크리트 옹벽에 작용하는 하중의 조합에 의해 작용모멘트와 저항모멘트의 비율이 기준안전율 이상이어야 한다.

$$FS = \frac{M_R}{M_D} \geq FS \quad (4.4-3)$$

여기서, M_R : 저항모멘트 (resisting moment)

M_D : 활동모멘트 (driving moment)

(3) 별도의 계산을 하지 않더라도, 다음 기준을 만족하면 전도에 대해 안정한 것으로 간주한다.

- ① 기초지반이 흙인 경우, 힘의 합력이 기초중심에서 1/2B 이내에 있는 경우
- ② 기초지반이 암인 경우, 힘의 합력이 기초중심에서 3/4B 이내에 있는 경우

4.4.4 지지력 검토

(1) 지지력 검토는 다음과 같이 콘크리트 옹벽 하부에 발생하는 지반반력($q_{\max}$)과 지반의 극한지지력(q_u)의 비율이 기준안전율 이상이어야 한다.

$$\frac{q_u}{q_{\max}} \geq FS \quad (4.4-4)$$

여기서, q_u : 지반의 극한지지력

$q_{\max}$: 지반반력

(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 벽체뒤의 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 해석이 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 돌출부 깊이를 증가시킨다.
- ② 기초지반이 연약하고 비교적 얇은 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 경제적인 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 콘크리트 옹벽의 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

자중에 의해 토압을 지지하는 형식으로, 토압과 자중의 합력에 의해 구체단면이 콘크리트 허용인장응력 이상의 인장응력이 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 전 토압의 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 mm 이상, 콘크리트가 흙에 접하는 면에서는 50 mm 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 cm² 이상의 단면적을 가진 철근을 중심간격 0.3 m 이하로 배치해야 한다. 이 철근은 가는것을 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: 0.0020
 - 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)

중력식 옹벽의 시공이음에는 가외철근을 사용하고 시공이음은 계산상 요구되지 않더라도 흙막이벽에서 배근된 만큼 가외 철근을 배근해야 한다.
- ③ 수축이음(contraction joint)
 - 가. 벽체의 전면 수축이음부를 두면 콘크리트의 수축변형에 의한 영향을 줄일 수 있다. 일반적으로 폭 6~8 mm, 깊이 12~16 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 15~20 m 이하의 간격으로 설치하여야 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 L 의 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) 활동방지 벽(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.

집필위원

성명	소속	성명	소속
권지혜	한국시설안전공단	성주현	한국시설안전공단
김용수	한국시설안전공단	이종건	한국시설안전공단
박광순	한국시설안전공단	장범수	한국시설안전공단
박기덕	한국시설안전공단	최병일	한국시설안전공단
배성우	한국시설안전공단	허인영	한국시설안전공단

자문위원

성명	소속	성명	소속
김동욱	인천대학교	송병웅	다산컨설턴트
김태훈	대우건설 기술연구원	윤찬영	강릉원주대학교
문준식	경북대학교		

건설기준위원회

성명	소속	성명	소속
구찬모	한국토지주택공사	배병훈	한국도로공사
김운형	다산컨설턴트	임대성	삼보ENG
김유봉	서영엔지니어링	정상섬	연세대학교
김홍문	평화엔지니어링	정충기	서울대학교
박성원	유신	최용규	경성대학교
박종호	평화지오텍		

중앙건설기술심의위원회

성명	소속	성명	소속
구자흡	삼영엠텍(주)	이근하	(주)포스코엔지니어링
김현길	(주)정림이앤씨	차철준	한국시설안전공단
박구병	한국시설안전공단	최상식	(주)다음기술단

국토교통부

성명	소속	성명	소속
정선우	국토교통부 기술기준과	김병채	국토교통부 기술기준과
김광진	국토교통부 기술기준과	박찬현	국토교통부 원주지방국토관리청
김남철	국토교통부 기술기준과	이선영	국토교통부 기획총괄과

(분야별 가나다순)

설계기준
KDS 11 80 05 : 2016

콘크리트옹벽

2016년 6월 30일 제정

소관부서 국토교통부 기술기준과

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>

KDS 11 80 10 : 2016

보강토옹벽

2016년 6월 30일 제정

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

KC CODE



건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

이 기준은 발간 시점부터 사용하며, 이미 시행 중에 있는 설계용역이나 건설 공사는 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 중심으로 철도 설계기준, 도로 설계기준, 구조물기초 설계기준의 해당하는 부분을 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 80 10 : 2016	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비함	제정 (2016.06)
KDS 11 80 10 : 2016	• 한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함	수정 (2018.7)

제 정 : 2016년 6월 30일

심 의 : 중앙건설기술심의위원회

소관부서 : 국토교통부 기술기준과

관련단체 : 한국시설안전공단

개 정 : 년 월 일

자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회

작성기관 : 한국시설안전공단

목 차

1. 일반사항	1
1.1 목적	1
1.2 적용범위	1
1.3 용어의 정의	1
1.4 시설물의 구성	1
1.4.1 보강토 옹벽의 구성요소	1
1.5 기호의 정의	1
1.6 참고기준	1
1.7 해석과 설계원칙	1
1.7.1 설계목표	1
2. 조사 및 계획	2
3. 재료	2
3.1 일반사항	2
3.1.1 전면판	2
3.1.2 보강재	3
3.1.3 뒤채움재료	3
4. 설계	4
4.1 설계일반사항	4
4.1.1 보강토 옹벽 적용기준	4
4.2 내진설계 여부	4
4.3 검토항목	5
4.4 안전율 기준	5
4.5 외적안정해석	5
4.6 내적안정해석	6
4.7 지진 시 안정해석	6
4.7.1 지진 시 안정해석 일반사항	6
4.7.2 지진 시 외적안정해석	6
4.7.3 지진 시 내적안정해석	7
4.8 보강토 옹벽의 배수시설	7

1. 일반사항

1.1 목적

내용 없음

1.2 적용범위

- (1) 이 기준은 금속성 또는 토목섬유 재질의 보강재를 이용하여 시공하는 보강토 옹벽의 설계에 적용한다.
- (2) 보강토 옹벽은 보강토체 내부에 설치된 보강재(띠형, 그리드형 또는 전면포설형)의 인장저항력 및 주변 흙과의 결속력에 의하여 전단강도가 향상된 보강토체에 의하여 배면토압에 저항하는 일종의 중력식 옹벽이다.
- (3) 흙과 보강재 사이의 마찰력을 이용하여 흙을 보강하는 공법이다.

1.3 용어의 정의

내용 없음

1.4 시설물의 구성

1.4.1 보강토 옹벽의 구성요소

- (1) 보강토 옹벽의 전면벽체(Facing)로는 콘크리트 패널이나 콘크리트 블록을 사용하여야 한다. 다만, 설계수명이 짧은 보강토 임시구조물의 경우에는 토목 섬유를 사용한 포장형(Wrapped Around) 전면벽체를 적용할 수도 있다.

1.5 기호의 정의

내용 없음

1.6 참고기준

내용 없음

1.7 해석과 설계원칙

1.7.1 설계목표

- (1) 보강토 옹벽은 설계수명기간 동안 보강토체의 전체적인 안정성이 유지되어야 하며, 벽체를 구성하는 각 구성부재와 연결부가 파괴되지 않아야 한다.
- (2) 옹벽의 사용성을 위해서 과도한 부등침하나 횡방향 변위가 발생하지 않아야 한다.
- (3) 보강토 옹벽의 설계에는 고정하중, 상재하중, 토압, 지진하중, 풍하중 등을 고려해야 하며 차량이나 열차 등에 의한 진동하중은 특별히 고려하지 않는다.

- 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 보강토 옹벽을 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, 전면판 그리고 기타 지지 기초의 하부층이 손상 받을 수 있는 경우
 - ③ 환경, 장기침식 또는 품질저하에 대한 연구가 수행되지 않은 조건에서, 보강재가 산성의 광산수에 의해 오염된 지표수 또는 지하수, 다른 산업 오염물질, 또는 AASHTO LRFD Bridge Construction Specifications, 7.3.6.3에 해롭다고 명시된 기타 환경적 조건에 노출된 경우

2. 조사 및 계획

내용 없음

3. 재료

3.1 일반사항

3.1.1 전면판

- (1) 전면판 요소는 보강재에서 전면판 접합부까지 작용하는 보강체의 횡방향 힘에 저항하도록 설계해야 한다. 또한 벽체를 시공하는 동안 전면판 주변에서 발생하는 잠재적인 다짐 응력에 대해서도 안정성을 확보하여야 한다.
- (2) 보강재의 인장력은 전면판 배면의 등분포 토압에 의해 지지된다고 가정한다. 전면판에서는 규정된 허용치를 넘어선 횡방향 처짐이나 부풀음이 발생해서는 안 된다. 보강토 옹벽의 전면판과 관련한 상세한 사항은 별도의 관련 규정이나 기준을 참조한다.
- (3) 보강재 연결부와 콘크리트 전면판 보강철근 사이의 강제와 강제 간 접촉은 이질적인 금속 즉, 도금이 안 된 전면판 보강 철근과 도금된 흙 보강 철근간의 접합이 발생되지 않도록 피해야 한다. 염류분사가 예상되는 곳에는 방식 시스템이 제공되어야 한다.
- (4) 보강재와 전면판을 연결하는 부속물은 충분한 저항을 할 수 있는 구조와 강도를 가져야 하며 응력집중에 의한 전면판의 손상을 주지 않아야 한다.

3.1.2 보강재

- (1) 일반적인 보강재의 종류는 금속보강재와 토목섬유가 있으며, 금속보강재는 내구연한을 고려한 부식두께를 고려한다.
- (2) 보강토 옹벽을 위한 보강재는 다음과 같은 조건을 갖춰야 한다.
 - ① 보강목적의 인장강도를 보유하여야 한다. 이 때 보강재의 허용인장응력 내의 변형률은 극한상태의 토압 작용시 지반의 변형률보다 작아야 한다.
 - ② 장기설계인장강도 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 생화학적 작용에 대해 내구성을 지녀야 한다.
 - ⑥ 금속보강재는 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_d)는 장기인장강도(T_l)에 안전율을 적용하여 계산한다. 장기인장강도는 재료의 역학적, 장기적인 내구성을 고려하여 결정한다. 금속보강재의 경우는 아연도금을 통한 방청처리를 하고, 내구연한에 따른 부식두께를 제외한 나머지 두께에 대하여 장기인장강도를 산정하고, 토목섬유 보강재는 장기적인 내구성을 고려한 저감요인을 고려하여 장기인장강도를 산정한다.

3.1.3 뒤채움재료

- (1) 보강토 옹벽의 뒤채움재료로 사용하는 흙은 다음의 성질을 갖는 재료를 사용한다.
 - ① 흙-보강재 사이의 마찰효과가 큰 사질토
 - ② 배수성이 양호하고 함수비 변화에 따른 강도 변화가 적은 흙
 - ③ 균등계수가 크고, 입도분포가 양호한 흙
 - ④ 보강재의 내구성을 저하시키는 화학적 성분이 적은 흙
 - ⑤ 소성지수(PI)가 6 이하인 흙
- (2) 보강토 옹벽의 안정해석은 장기적인 안정성이며 사용하는 전단강도정수는 유효전단강도정수(c' , ϕ')를 사용한다.
 - ① 보강토 옹벽 뒤채움재료의 내부마찰각은 30도 이상이라야 하며, 소성지수(PI)는 6 이하라야 한다.
 - ② 보강토 옹벽 뒤채움재료의 입도기준은 표 3.1-1과 같다.

표 3.1-1 보강토 옹벽 뒤채움재료의 입도기준

입경 (mm)	통과중량백분율 (%)	비고
53	75~100	
19	75~100	
4.75(No.4)	20~100	
0.425(No.40)	0~60	
0.075(No.200)	0~15	

※ No.200체 통과량이 15% 이상인 경우라도, 0.015 mm 입경통과율이 10% 이하이면 사용가능하고, 0.015 mm 입경통과율이 10%~20%이고, 흙의 내부마찰각이 30도 이상이면 사용가능

※ 뒤채움 재료의 최대입경은 102 mm까지 사용할 수 있으나, 시공시 손상을 입기 쉬운 보강재를 사용하는 경우에는 최대입경을 19 mm로 제한할 수 있다.

4. 설계

4.1 설계일반사항

4.1.1 보강토 옹벽 적용기준

- (1) 보강재의 길이는 전면판 기초부터 벽체높이의 0.7배 이상이어야 하며 최소 2.5 m보다 길어야 한다. 실제 보강재 길이는 상재하중과 외력, 보강재와 뒤채움과의 마찰저항력을 고려하여 최종적으로 결정한다.
- (2) 보강재의 설치길이는 전체높이에 걸쳐 동일하게 하며, 특별한 하중조건이나 목적을 위해서 상부나 하부의 보강재 길이를 길거나 짧게 할 수 있다.
- (3) 보강재의 수직설치간격은 0.8 m를 초과하지 않도록 하고, 최상단 보강재의 설치위치는 전면벽 최상부 표면에서 0.5 m 이내로 한다.
- (4) 저항영역내로 설치되는 보강재의 길이는 최소 1.0 m 이상이 되어야 한다.
- (5) 전면벽체는 기초지반내로 최소 0.5 m 이상, 경사지반의 경우에는 0.6 m 이상 근입되어야 하며, 기초지반이 동상피해가 예상되는 경우는 동결심도 이상 근입시켜야 한다.
- (6) 전면벽의 기초는 적정한 근입깊이에 위치하여야 하고, 전면벽의 형식, 높이, 지반조건 및 경사도 등을 고려하여 기초 형식을 결정할 수 있다.
- (7) 보강토 옹벽이 경사지반에 설치되는 경우에는 벽체 전면에 최소 폭 1.2 m 이상의 소단을 설치하여야 한다.

4.2 내진설계 여부

- (1) 일정규모 이상의 중요도가 있는 경우 또는 보강토 옹벽의 상부나 하부에 파괴로 인한 피해 범위 내에 가옥이나 고정시설물이 있는 경우에는 필요에 따라 지진 시 안정성 검토를 수행한다.

4.3 검토항목

- (1) 보강토 옹벽의 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 전면판의 연결부 파단
- (3) 보강토 옹벽의 우각부 등의 경우에는 파괴조건 및 보강재에 작용하는 하중조건이 달라질 수 있으므로 이를 고려하여 설계한다.

4.4 안전율 기준

- (1) 보강토 옹벽의 안정해석에 적용하는 기준 안전율은 다음과 같다. 지진 시는 지진하중을 고려하여 검토한다.

표 4.1-1 보강토 옹벽의 설계안전율

구분	검토항목	평상시	지진 시	비고
외적안정	활 동	1.5	1.1	
	전 도	2.0	1.5	
	지지력	2.5	2.0	
	전체 안정성	1.5	1.1	
내적안정	인발파괴	1.5	1.1	
	보강재 파단	1.0	1.0	

* 전도에 대한 안정은 수직합력의 편심거리 e 에 대한 다음 식으로도 평가할 수 있다.

평상시, $e \leq L/6$: 기초지반이 흙인 경우,

$e \leq L/4$: 기초지반이 암반인 경우

지진 시, $e \leq L/4$: 기초지반이 흙인 경우,

$e \leq L/3$: 기초지반이 암반인 경우

* 보강재 파단에 대한 안전율은 보강재의 장기설계인장강도를 적용하므로 1.0으로 한다.

4.5 외적안정해석

- (1) 보강토 옹벽의 외적안정해석은 보강토체를 중력식 옹벽으로 간주하여 다음의 각 항목에 대한 안정해석을 수행한다.
 - ① 저면활동에 대한 검토
 - ② 전도에 대한 검토
 - ③ 지지력에 대한 검토
 - ④ 전체안정성에 대한 검토
- (2) 보강토 옹벽이 연약지반 상에 시공되는 경우에는 기초지반의 침하에 대한 안정성을 검토한다.

4.6 내적안정해석

- (1) 보강토 옹벽의 내적안정해석은 보강토체를 활동영역과 저항영역으로 나누고, 각각의 보강재에 발생하는 최대작용하중을 계산 후 보강재의 인장파괴와 보강재가 저항영역으로부터 빠져나오는지의 인발파괴에 대하여 검토한다.
- (2) 파괴면은 각 보강재에 발생하는 최대인장력을 연결한 선이며 형상은 벽체저면에서 대수나선형태로 발생한다. 안정해석의 간편성을 위하여 직선 또는 이중직선으로 가정할 수 있다.
- (3) 파괴면에서 각각의 보강재에 작용하는 최대유발인장력(T_{max})은 각 보강재 위치에서 작용하는 수평토압계수와 보강재의 수직설치 간격을 고려하여 계산한다.
- (4) 내적안정해석은 각각의 보강재 위치에서 구한 최대인발하중보다 보강재의 장기설계인장강도(T_a)가 크거나 또는 인발저항력(P)이 커야 한다.

4.7 지진 시 안정해석

4.7.1 지진 시 안정해석 일반사항

- (1) 지진 시 보강토 옹벽의 안정해석에서 고려하는 하중은 정적상태에서 작용하는 하중과 지진에 의해 작용하는 지진관성력 및 동적토압이며, 일시적인 상재하중은 고려하지 않는다.
- (2) 지진관성력은 보강된 토체의 중량에 의해 작용하는 지진하중이며, 토체의 자중과 수평지진계수를 곱하여 산정하고 보강토체의 도심에 수평으로 작용시킨다.
- (3) 동적토압은 보강된 토체 뒷부분의 파괴췌기에 의해 보강토체에 작용하는 토압이며 파괴췌기의 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, 동적토압의 1/2만 작용시켜 안정해석을 실시하며, 지진관성력은 토체의 중심에, 동적토압은 옹벽높이의 0.6H에 작용시킨다.
- (3) 외적안정해석에서 지진관성력은 관성력의 영향을 받는 보강토체의 자중과 지진계수를 곱하여 산정한다.

4.7.3 지진 시 내적안정해석

- (1) 지진 시의 내적안정해석은 지진관성력에 의해 각각의 보강재에 추가되는 하중에 대하여 보강재파괴와 인발파괴가 발생하지 않도록 한다.
- (2) 내적안정해석에서 지진관성력은 활동영역의 자중과 지진계수를 곱하여 산정하고, 활동영역내의 각각의 보강재가 차지하는 면적비율로 지진관성력을 분담하는 것으로 한다.
- (3) 지진 시 내적안정해석은 각각의 보강재 위치에서 지진에 의해 추가되는 인장력을 고려하여 정적상태와 동일하게 계산한다.

4.8 보강토 옹벽의 배수시설

- (1) 보강토체에 이용되는 뒤채움재료는 비교적 배수성이 양호하고 전면 배수공이 충분한 양질의 토사를 이용하지만, 다량의 배면 유입수로 뒤채움 흙이 포화되면 흙의 전단강도가 급격히 저하하여 불안한 상태가 될 수 있으므로 배면 용출수의 유무, 수량의 과다에 따라 적절한 배수시설을 하여야 한다.
- (2) 보강토 옹벽에 적용하는 배수시설의 종류는 다음과 같다.
 - ① 보강토체 내부 배수시설
 - 가. 전면벽체 배면의 자갈, 쇠석 등 배수층 및 암거
 - 나. 전면벽체 배면의 토목섬유 배수재
 - 다. 보강토체 내부의 수평배수층
 - ② 보강토체 외부 배수시설
 - 가. 벽체상부 지표수 유입을 방지하기 위한 지표면 배수구
 - 나. 보강토 옹벽 배면에서 유입되는 용수 처리를 위한 보강토체와 배면토체 사이의 경계면 배수층
 - ③ 침수시의 대책
 - 가. 보강토체가 수중에 잠기는 경우, 내외수면이 같아지도록 투수성이 양호한 뒤채움 재료를 사용하여야 한다. 또한 전면판 또는 전면보호재의 이음부에도 원활한 배수가 가능하고 토립자의 유실을 방지할 수 있는 필터재를 적용하여야 한다.
 - 나. 또한 보강토 옹벽 전면의 침식 및 세굴에 대해서도 저항할 수 있도록 설계하여야 한다.

집필위원

성명	소속	성명	소속
권지혜	한국시설안전공단	성주현	한국시설안전공단
김용수	한국시설안전공단	이종건	한국시설안전공단
박광순	한국시설안전공단	장범수	한국시설안전공단
박기덕	한국시설안전공단	최병일	한국시설안전공단
배성우	한국시설안전공단	허인영	한국시설안전공단

자문위원

성명	소속	성명	소속
김동욱	인천대학교	송병웅	다산컨설팅
김태훈	대우건설 기술연구원	윤찬영	강릉원주대학교
문준식	경북대학교		

건설기준위원회

성명	소속	성명	소속
구찬모	한국토지주택공사	배병훈	한국도로공사
김운형	다산컨설팅	임대성	삼보ENG
김유봉	서영엔지니어링	정상섬	연세대학교
김홍문	평화엔지니어링	정충기	서울대학교
박성원	유신	최용규	경성대학교
박종호	평화지오텍		

중앙건설기술심의위원회

성명	소속	성명	소속
구자흡	삼영엠텍(주)	이근하	(주)포스코엔지니어링
김현길	(주)정림이앤씨	차철준	한국시설안전공단
박구병	한국시설안전공단	최상식	(주)다음기술단

국토교통부

성명	소속	성명	소속
정선우	국토교통부 기술기준과	김병채	국토교통부 기술기준과
김광진	국토교통부 기술기준과	박찬현	국토교통부 원주지방국토관리청
김남철	국토교통부 기술기준과	이선영	국토교통부 기획총괄과

(분야별 가나다순)

설계기준
KDS 11 80 10 : 2016

보강토옹벽

2016년 6월 30일 제정

소관부서 국토교통부 기술기준과

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>

KDS 11 80 15 : 2016

돌망태용벽

2016년 6월 30일 제정

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

KC CODE



건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

이 기준은 발간 시점부터 사용하며, 이미 시행 중에 있는 설계용역이나 건설 공사는 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 80 15 : 2016	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비함	제정 (2016.06)
KDS 11 80 15 : 2016	• 한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함	수정 (2018.7)

제 정 : 2016년 6월 30일
 심 의 : 중앙건설기술심의위원회
 소관부서 : 국토교통부 기술기준과
 관련단체 : 한국시설안전공단

개 정 : 년 월 일
 자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회
 작성기관 : 한국시설안전공단

목 차

1. 일반사항	1
1.1 목적	1
1.2 적용범위	1
1.3 용어의 정의	1
1.4 시설물의 구성	1
1.5 기호의 정의	1
1.6 참고기준	1
1.7 해석과 설계원칙	1
1.7.1 돌망태 옹벽 적용기준	1
2. 조사 및 계획	2
3. 재료	2
3.1 일반사항	2
3.2 재료특성	2
3.2.1 돌망태	2
3.2.2 돌망태 채움재	2
4. 설계	2
4.1 설계일반사항	2
4.1.1 검토항목	2
4.1.2 내진설계여부	2
4.2 안전율기준	3
4.3 내적안정해석(돌망태 자체의 안정해석)	3
4.4 돌망태 옹벽의 외적안정해석	3
4.5 지진 시 안정해석	3
4.6 돌망태 옹벽의 배수시설	3

1. 일반사항

1.1 목적

내용 없음

1.2 적용범위

- (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 용어의 정의

내용 없음

1.4 시설물의 구성

내용 없음

1.5 기호의 정의

내용 없음

1.6 참고기준

- KDS 11 80 05 콘크리트옹벽

1.7 해석과 설계원칙

1.7.1 돌망태 옹벽 적용기준

- (1) 돌망태 옹벽을 수직전면형으로 설치하는 경우는 시공 중 변형과 장기적인 안정성을 고려하여 전면부분이 $6^{\circ}\sim 10^{\circ}$ 이상 뒤로 경사지게 설치한다.
- (2) 돌망태의 자중은 돌망태가 모두 지지하도록 배치하며 뒤채움재에 걸쳐 있는 형태로 설치해서는 안 된다.
- (3) 돌망태 옹벽은 일반적으로 기초지반내로 약 0.3 m 이상 근입되도록 한다. 경사지반의 경우에는 0.6 m 이상이 기초지반에 근입되도록 하고, 기초지반이 동상피해가 예상되는 경우는 동결심도 이상까지 근입시킨다.
- (4) 돌망태 옹벽의 형태를 유지하는 철망은 방청처리가 되어있지만 시공 중 손상 등의 가능성이 있으므로 산성지반이나 산성오염수가 있는 조건에서는 적용을 주의한다.
- (5) 돌망태 옹벽에 작용하는 토압은 Coulomb 토압공식을 이용하여 계산하며, 옹벽상부 끝점과 옹벽하부 끝점을 연결하는 가상배면의 1/3 위치에 작용시킨다. 뒤채움 형태 또는 상재하중의 형태가 복잡한 경우에는 시행책기방법을 이용할 수 있다.

2. 조사 및 계획

내용 없음

3. 재료

3.1 일반사항

내용 없음

3.2 재료특성

3.2.1 돌망태

- (1) 돌망태에 사용하는 철망은 KS에 규정된 재료를 사용하며, 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 가능하여야 한다.

3.2.2 돌망태 채움재

- (1) 돌망태 채움재는 돌망태 옹벽 자체의 중량을 견딜 수 있고 장기적인 내구성을 가진 재료를 사용하여야 한다.
- (2) 돌망태 채움재는 철망을 빠져나가지 않도록 망눈의 최대치수보다 큰 것을 사용하되 250 mm보다 작은 것을 사용하고 풍화에 약한 퇴적암 계열의 암석은 사용하지 않는다.

4. 설계

4.1 설계일반사항

4.1.1 검토항목

- (1) 돌망태 옹벽의 안정해석은 옹벽을 중력식 옹벽으로 간주하여 외적안정성을 검토한다.
- (2) 뒤채움과 상재하중에 의해 발생하는 횡방향 토압에 대한 돌망태 옹벽 자체의 파괴에 대해 검토한다.

4.1.2 내진설계여부

- (1) 일정규모 이상의 중요도가 있는 돌망태 옹벽이거나 또는 돌망태 옹벽의 상부나 하부에 파괴로 인한 피해 범위 내에 중요 고정시설물이 있는 경우에는 필요에 따라 지진시의 안정성 검토를 수행한다.

4.2 안전율기준

- (1) 돌망태 옹벽의 안정해석에 적용하는 안전율 기준은 다음과 같다. 지진 시 안전율은 지진하중을 고려하여 안정성을 검토하는 경우 적용한다.

표 4.2-1 돌망태 옹벽의 설계안전율

구분	검토항목	평상시	지진 시	비고
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	
돌망태 옹벽 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 가상 배면에 작용하는 주동토압을 사용한다.

4.4 돌망태 옹벽의 외적안정해석

- (1) 돌망태 옹벽의 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) 돌망태 옹벽의 자중은 돌망태 채움재에 사용하는 채움돌의 단위중량을 토대로 계산한다. 자중은 옹벽단면의 도심에 수직으로 작용하는 것으로 한다.

4.5 지진 시 안정해석

- (1) 돌망태 옹벽에 대한 지진 시의 안정해석은 KDS 11 80 05(4.5)를 참조한다.

4.6 돌망태 옹벽의 배수시설

- (1) 돌망태 옹벽은 옹벽자체가 배수성 구조물로서 일반적으로 별도의 배수시설을 필요로 하지 않는다.
- (2) 옹벽배면으로부터 지하수 및 지표수가 유입되는 지형이거나 옹벽전면에서 옹벽방향으로 표면수가 유입되는 지형에서는 이를 처리하기 위한 암거 및 지표수 배수시설을 상황에 맞게 설치한다.

(3) 돌망태 옹벽에 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

성명	소속	성명	소속
권지혜	한국시설안전공단	성주현	한국시설안전공단
김용수	한국시설안전공단	이종건	한국시설안전공단
박광순	한국시설안전공단	장범수	한국시설안전공단
박기덕	한국시설안전공단	최병일	한국시설안전공단
배성우	한국시설안전공단	허인영	한국시설안전공단

자문위원

성명	소속	성명	소속
김동욱	인천대학교	송병웅	다산컨설턴트
김태훈	대우건설 기술연구원	윤찬영	강릉원주대학교
문준식	경북대학교		

건설기준위원회

성명	소속	성명	소속
구찬모	한국토지주택공사	배병훈	한국도로공사
김운형	다산컨설턴트	임대성	삼보ENG
김유봉	서영엔지니어링	정상섬	연세대학교
김홍문	평화엔지니어링	정충기	서울대학교
박성원	유신	최용규	경성대학교
박종호	평화지오텍		

중앙건설기술심의위원회

성명	소속	성명	소속
구자흡	삼영엠텍(주)	이근하	(주)포스코엔지니어링
김현길	(주)정림이앤씨	차철준	한국시설안전공단
박구병	한국시설안전공단	최상식	(주)다음기술단

국토교통부

성명	소속	성명	소속
정선우	국토교통부 기술기준과	김병채	국토교통부 기술기준과
김광진	국토교통부 기술기준과	박찬현	국토교통부 원주지방국토관리청
김남철	국토교통부 기술기준과	이선영	국토교통부 기획총괄과

(분야별 가나다순)

설계기준
KDS 11 80 15 : 2016

돌망태옹벽

2016년 6월 30일 제정

소관부서 국토교통부 기술기준과

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>

KDS 11 80 20 : 2016

기대기옹벽

2016년 6월 30일 제정

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

KC CODE



건설기준 제정 또는 개정에 따른 경과 조치

이 기준은 발간 시점부터 사용하며, 이미 시행 중에 있는 설계용역이나 건설 공사는 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 중심으로 철도설계기준의 해당하는 부분을 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 80 20 : 2016	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비함	제정 (2016.06)
KDS 11 80 20 : 2016	• 한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함	수정 (2018.7)

제 정 : 2016년 6월 30일

심 의 : 중앙건설기술심의위원회

소관부서 : 국토교통부 기술기준과

관련단체 : 한국시설안전공단

개 정 : 년 월 일

자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회

작성기관 : 한국시설안전공단

목 차

1. 일반사항	1
1.1 목적	1
1.2 적용범위	1
1.3 용어의 정의	1
1.4 시설물의 구성	1
1.5 기호의 정의	1
1.6 참고기준	1
1.7 해석과 설계원칙	1
1.7.1 설계목표	1
2. 조사 및 계획	2
3. 재료	2
4. 설계	2
4.1 설계일반사항	2
4.1.1 검토항목	2
4.2 안전율 기준	2
4.3 외적안정해석	3
4.3.1 활동에 대한 안정성	3
4.3.2 전도에 대한 안정성	3
4.3.3 지지력에 대한 안정성	3
4.4 내적안정해석(기대기 옹벽자체의 안정해석)	4
4.5 기대기 옹벽의 배수시설	4

1. 일반사항

1.1 목적

내용 없음

1.2 적용범위

- (1) 이 장은 부분적으로 불안정한 깎기비탈면 표면을 지지하기 위한 목적으로 콘크리트 벽체를 설치하여 지지시키는 기대기 옹벽의 설계에 적용한다.

1.3 용어의 정의

내용 없음

1.4 시설물의 구성

내용 없음

1.5 기호의 정의

내용 없음

1.6 참고기준

내용 없음

1.7 해석과 설계원칙

1.7.1 설계목표

- (1) 기대기 옹벽은 소규모 비탈면 파괴에 대한 장기적인 안정성을 유지하여야 한다.
- (2) 옹벽 자체의 균열이나 변형, 파괴가 발생하지 않아야 한다.
- (3) 함벽식 옹벽에서 벽체두께는 최소 200 mm 이상으로 하고, 철근으로 보강하는 경우 철근은 비탈면 표면과 50 mm 이상 떨어지도록 한다.
- (4) 계단식옹벽은 각 계단이 겹치는 너비는 총너비의 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) 기대기 옹벽은 중력식 옹벽으로 간주하며, 작용하는 하중에 대하여 다음의 안정해석을 수행한다.
 - ① 옹벽의 활동파괴
 - ② 옹벽의 전도파괴
 - ③ 기초의 지지력 파괴
 - ④ 기대기 옹벽 자체의 파괴(전단파괴, 모멘트파괴)
- (2) 기대기 옹벽의 안정해석에 고려하는 하중은 크게 다음과 같다.
 - ① 기대기 옹벽의 자중
 - ② 예상파괴구간의 하중
 - ③ 기대기 옹벽에 직접 작용하는 외력
- (3) 기대기 옹벽의 자중은 콘크리트의 단위중량과 부피로 계산하며, 옹벽의 무게중심에 작용시킨다.
- (4) 파괴췌기의 하중은 파괴면과 나란한 방향으로 파괴췌기의 높이 1/3 높이에 위치시킨다.
- (5) 파괴췌기의 활동에 대한 안정성 검토 결과 안전율이 1.5 이상 확보되면 옹벽에 대한 안정해석은 필요하지 않으며 최소기준으로 설치한다.

4.2 안전율 기준

- (1) 기대기 옹벽의 안정해석에 적용하는 안전율 기준은 표 4.2-1과 같다.

표 4.2-1 기대기 옹벽의 설계안전율

구분	검토항목	평상시	비고
외적 안정	활동(sliding)	1.5	
	전도(overturning)	1.5	
	지지력(bearing capacity)	2.5	
기대기 옹벽 자체의 파괴		2.0	

4.3 외적안정해석

4.3.1 활동에 대한 안정성

- (1) 활동에 대한 안정성은 기대기 옹벽을 강체로 간주하여 배면의 파괴썰기에서 가해지는 수평하중을 기초의 수평저항력이 지지할 수 있어야 한다.

$$\frac{S_R}{S_D} \geq FS \quad (4.3-1)$$

여기서, S_R : 기초지반의 수평저항력

S_D : 옹벽에 가해지는 수평하중

4.3.2 전도에 대한 안정성

- (1) 전도에 대한 안정성은 기대기 옹벽을 강체로 간주하여 옹벽의 앞굽에서 모멘트를 취했을 때 활동모멘트보다 저항모멘트가 더 커야 한다.

$$\frac{M_R}{M_D} \geq FS \quad (4.3-2)$$

여기서, M_R : 옹벽의 자중에 의한 저항모멘트

M_D : 파괴썰기에 의한 활동모멘트

4.3.3 지지력에 대한 안정성

- (1) 지지력에 대한 안정성 검토는 옹벽자체의 하중과 파괴썰기로부터 가해지는 하중에 대하여 안정하여야 한다.

$$\frac{q_u}{q_{\max}} \geq FS \quad (4.3-3)$$

여기서, q_u : 지반의 극한지지력

$q_{\max}$: 최대 지반반력

4.4 내적안정해석(기대기 옹벽자체의 안정해석)

- (1) 전단파괴에 대한 안정해석은 파괴꺾기의 수평하중성분에 대하여 벽체의 공칭전단저항력이 충분한지에 대하여 검토한다. 계단식 옹벽의 경우는 파괴꺾기에 가까운 구간에 대하여 계단사이의 수평저항력이 충분한지 검토한다.

$$\frac{V_n}{S_D} \geq FS \quad (4.4-1)$$

여기서, V_n : 벽체의 전단저항력 (계단식 옹벽의 경우 수평저항력)

S_D : 벽체에 발생하는 최대 전단력

- (2) 모멘트에 대한 안정해석은 벽체에 작용하는 하중에 의해 벽체내부에 발생하는 최대모멘트가 벽체의 저항모멘트보다 작은지 검토한다.

$$\frac{M_n}{M_D} \geq FS \quad (4.4-2)$$

여기서, M_n : 벽체의 저항모멘트

M_D : 벽체에 발생하는 최대 모멘트

4.5 기대기 옹벽의 배수시설

- (1) 기대기 옹벽은 옹벽배면으로부터 지하수가 유입되는 지형, 옹벽전면에 수위가 형성되는 지형에서는 옹벽배면에 물을 유도하기 위한 배수시설을 설치한다.
- (2) 기대기 옹벽에 설치하는 배수시설은 다음과 같다.
- ① 배수구멍
 - ② 수평배수공
 - ③ 옹벽배면 토목섬유 배수재

집필위원

성명	소속	성명	소속
권지혜	한국시설안전공단	성주현	한국시설안전공단
김용수	한국시설안전공단	이종건	한국시설안전공단
박광순	한국시설안전공단	장범수	한국시설안전공단
박기덕	한국시설안전공단	최병일	한국시설안전공단
배성우	한국시설안전공단	허인영	한국시설안전공단

자문위원

성명	소속	성명	소속
김동욱	인천대학교	송병웅	다산컨설턴트
김태훈	대우건설 기술연구원	윤찬영	강릉원주대학교
문준식	경북대학교		

건설기준위원회

성명	소속	성명	소속
구찬모	한국토지주택공사	배병훈	한국도로공사
김운형	다산컨설턴트	임대성	삼보ENG
김유봉	서영엔지니어링	정상섬	연세대학교
김홍문	평화엔지니어링	정충기	서울대학교
박성원	유신	최용규	경성대학교
박종호	평화지오텍		

중앙건설기술심의위원회

성명	소속	성명	소속
구자흡	삼영엠텍(주)	이근하	(주)포스코엔지니어링
김현길	(주)정림이앤씨	차철준	한국시설안전공단
박구병	한국시설안전공단	최상식	(주)다음기술단

국토교통부

성명	소속	성명	소속
정선우	국토교통부 기술기준과	김병채	국토교통부 기술기준과
김광진	국토교통부 기술기준과	박찬현	국토교통부 원주지방국토관리청
김남철	국토교통부 기술기준과	이선영	국토교통부 기획총괄과

(분야별 가나다순)

설계기준
KDS 11 80 20 : 2016

기대기용벽

2016년 6월 30일 제정

소관부서 국토교통부 기술기준과

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>

KDS 11 80 25 : 2016

돌(블록)쌓기용벽

2016년 6월 30일 제정

<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 건설 공사는 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 중심으로 조경 설계기준의 해당하는 부분을 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 80 25 : 2016	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비함	제정 (2016.06)
KDS 11 80 25 : 2016	• 한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함	수정 (2018.7)

제 정 : 2016년 6월 30일
 심 의 : 중앙건설기술심의위원회
 소관부서 : 국토교통부 기술기준과
 관련단체 : 한국시설안전공단

개 정 : 년 월 일
 자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회
 작성기관 : 한국시설안전공단

목 차

1. 일반사항	1
1.1 목적	1
1.2 적용범위	1
1.3 용어의 정의	1
1.4 시설물의 구성	1
1.5 기호의 정의	1
1.6 참고기준	1
1.7 해석과 설계원칙	1
2. 조사 및 계획	1
3. 재료	1
4. 설계	2
4.1 설계일반사항	2
4.2 돌(블록)쌓기 옹벽의 기초	2
4.3 돌(블록)쌓기 옹벽의 배수시설	2

1. 일반사항

1.1 목적

내용 없음

1.2 적용범위

- (1) 이 기준은 비탈면 표면보호와 옹벽의 역할을 수행하는 돌(블록)쌓기 옹벽의 설계에 적용한다.

1.3 용어의 정의

내용 없음

1.4 시설물의 구성

내용 없음

1.5 기호의 정의

내용 없음

1.6 참고기준

내용 없음

1.7 해석과 설계원칙

- (1) 돌(블록)쌓기 옹벽은 소규모 옹벽으로서 토압을 견딜 수 있어야 하며, 옹벽자체의 파괴가 발생하지 않아야 한다.

2. 조사 및 계획

내용 없음

3. 재료

내용 없음

4. 설계

4.1 설계일반사항

- (1) 돌(블록)쌓기 공법은 표준선정도표를 제시하여 높이에 따른 돌(블록)쌓기 옹벽규격을 선택하여 적용한다.
- (2) 돌(블록)쌓기 옹벽은 비탈면 경사가 1:1.0보다 급하며(1:0.3~1:0.6) 배면지반이 다짐되어 토압이 작은 경우에 적용한다. 돌(블록)쌓기 옹벽의 한계 높이는 7 m로 하며, 찰쌓기는 5 m, 메쌓기는 3 m를 표준으로 한다.
- (3) 표준 치수보다 높게 돌(블록)쌓기 옹벽을 설계하고자 하는 경우에는 중력식 옹벽으로 간주하고 옹벽과 동일하게 안정해석을 실시하여 필요한 뒤채움 콘크리트 두께와 기초의 크기를 결정한다.

4.2 돌(블록)쌓기 옹벽의 기초

- (1) 돌(블록)쌓기 옹벽의 기초는 뒤채움 콘크리트의 두께에 따라 콘크리트 직접기초 치수를 결정한다.

4.3 돌(블록)쌓기 옹벽의 배수시설

- (1) 찰쌓기 방식의 돌(블록)쌓기 옹벽은 배면의 지하수를 원활하게 배수시키기 위하여 뒤채움의 일정범위는 자갈질 뒤채움을 해야 하며, 세립분의 유출 위험이 있는 경우에는 비탈면 표면과 뒤채움 사이에 필터재료를 설치한다.
- (2) 비탈면 배면으로부터 유입되는 지하수 또는 표면에서 유입되는 물을 배수시키기 위해 설치하는 배수시설은 다음과 같다.
 - ① 옹벽 하단부에 배수구멍 설치(약 2 m² 간격으로 1개씩 설치)
 - ② 지하수위 저하를 위한 수평배수공
 - ③ 옹벽상부에 표면수 유입을 방지하기 위한 콘크리트 피복 및 배수로

집필위원

성명	소속	성명	소속
권지혜	한국시설안전공단	성주현	한국시설안전공단
김용수	한국시설안전공단	이종건	한국시설안전공단
박광순	한국시설안전공단	장범수	한국시설안전공단
박기덕	한국시설안전공단	최병일	한국시설안전공단
배성우	한국시설안전공단	허인영	한국시설안전공단

자문위원

성명	소속	성명	소속
김동욱	인천대학교	송병웅	다산컨설턴트
김태훈	대우건설 기술연구원	윤찬영	강릉원주대학교
문준식	경북대학교		

건설기준위원회

성명	소속	성명	소속
구찬모	한국토지주택공사	배병훈	한국도로공사
김운형	다산컨설턴트	임대성	삼보ENG
김유봉	서영엔지니어링	정상섬	연세대학교
김홍문	평화엔지니어링	정충기	서울대학교
박성원	유신	최용규	경성대학교
박종호	평화지오텍		

중앙건설기술심의위원회

성명	소속	성명	소속
구자흡	삼영엠텍(주)	이근하	(주)포스코엔지니어링
김현길	(주)정림이앤씨	차철준	한국시설안전공단
박구병	한국시설안전공단	최상식	(주)다음기술단

국토교통부

성명	소속	성명	소속
정선우	국토교통부 기술기준과	김병채	국토교통부 기술기준과
김광진	국토교통부 기술기준과	박찬현	국토교통부 원주지방국토관리청
김남철	국토교통부 기술기준과	이선영	국토교통부 기획총괄과

(분야별 가나다순)

설계기준

KDS 11 80 25 : 2016

돌(블록)쌓기옹벽

2016년 6월 30일 제정

소관부서 국토교통부 기술기준과

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>

KDS 11 90 00 : 2016

비탈면 내진설계기준

2016년 6월 30일 제정

<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 건설 공사는 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 (2018.7)

제 정 : 2016년 6월 30일
심 의 : 중앙건설기술심의위원회
소관부서 : 국토교통부 기술기준과
관련단체 : 한국시설안전공단

개 정 : 년 월 일
자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회
작성기관 : 한국시설안전공단

목 차

1. 일반사항	1
1.1 목적	1
1.2 적용범위	1
1.2.1 설계 일반	1
1.3 용어의 정의	1
1.4 시설물의 구성	1
1.5 기호의 정의	1
1.6 참고기준	1
1.7 해석과 설계원칙	1
1.8 설계고려사항	2
1.8.1 비탈면의 내진등급 및 성능목표	2
1.8.2 내진성능목표	2
1.8.3 설계 지반운동의 결정	2
2. 조사 및 계획	3
2.1 일반사항	3
2.1.1 내진설계를 위한 조사	3
3. 재료	3
4. 설계	3
4.1 설계일반사항	3
4.2 내진설계절차	4
4.3 액상화 검토	4
4.4 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

1.2.1 설계 일반

- (1) 이 설계기준은 건설교통부의 내진설계기준연구(II)(1997.12)에서 제시된 내진설계성능 기준을 바탕으로 하고, 국내외에서 비탈면의 지진 시 안정해석을 위해 사용하는 방법을 바탕으로 기존의 설계기준의 체계에 맞도록 제정되었다.
- (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.
- (3) 비탈면의 내진설계는 간편해석법으로 유사정적해석과 Newmark방법을 적용하고 상세 해석방법으로 동적해석방법을 적용한다.

1.3 용어의 정의

내용 없음

1.4 시설물의 구성

내용 없음

1.5 기호의 정의

내용 없음

1.6 참고기준

내용 없음

1.7 해석과 설계원칙

내용 없음

1.8 설계고려사항

1.8.1 비탈면의 내진등급 및 성능목표

(1) 비탈면의 내진등급

- ① 비탈면의 내진등급은 상위개념 내진설계기준을 준용하여 비탈면이 속해 있는 주 구조물의 내진등급에 따라 I등급, II등급으로 구분한다.
 - 가. 비탈면의 붕괴가 주구조물의 구조적 안정성에 직접적인 영향을 미치는 경우에는 비탈면의 내진등급은 주구조물의 내진등급을 적용한다.
 - 나. 비탈면의 붕괴가 주구조물의 구조적 안정성에 직접적인 영향을 미치지 않지만, 주구조물의 기능 또는 정상적 운영상에 상당한 영향을 미치는 경우에는 주구조물 보다 한 등급 아래의 내진등급을 적용한다.
 - 다. 비탈면의 붕괴가 주구조물의 구조적 안정성에 직접적인 영향을 미치지 않으며, 주구조물의 정상적인 운영이 가능한 상태에서 비탈면의 복구가 가능한 경우에는 내진설계 여부를 발주자와 협의하여 결정한다.
- ② 비탈면의 붕괴로 인하여 비탈면 상부 또는 하부의 영향 범위 내에 주구조물이 없어 영향을 받지 않는 경우는 비탈면 내진설계를 적용하지 않는다.

1.8.2 내진성능목표

- (1) 비탈면의 내진성능수준은 붕괴방지수준으로 한다.
- (2) 붕괴방지수준은 비탈면에 인장균열, 부분적 탈락, 배부름 등의 파괴징조는 나타나지만, 이로 인하여 주구조물의 구조적 성능과 기능적인 역할에 피해를 유발시키지 않는 성능수준이다.
- (3) 비탈면은 표 1.8-1에 규정한 평균재현주기를 갖는 설계지반운동에 대하여 성능수준을 만족할 수 있도록 설계한다.

표 1.8-1 설계지반운동 수준

성능목표 \ 내진등급	특등급	I등급	II등급
붕괴방지수준	평균재현주기 2400년	평균재현주기 1000년	평균재현주기 500년

1.8.3 설계 지반운동의 결정

(1) 지반가속도계수(A) 결정

- ① 지반가속도계수(A)는 지진구역계수를 이용하는 방법과 지진재해도를 이용하는 방법을 사용할 수 있다
 - 가. 지진구역계수를 이용하는 방법 : 비탈면의 지역적 위치에 따른 지진구역계수와 비탈면의 내진 등급에 따른 재현주기를 고려한 위험도계수를 곱하여 산정한다.

나. 지진재해도를 이용하는 방법 : 비탈면의 내진 등급에 따른 재현주기와 재현주기별 지진재해도를 참조하여 구한다.

- ② 지진구역계수 및 지진재해도에서의 지반가속도계수(A)는 보통암 노두를 기준으로 평가하므로, 지표면에서의 지반가속도계수(A)는 국지적인 토질조건, 지질조건과 지표 및 지하 지형이 지반운동에 미치는 영향을 고려하여야 한다. 깎기비탈면의 경우 보통암 상태의 노두가 노출되는 경우에는 지진재해도 및 지진구역계수에서 제시하는 지반가속도계수(A)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 변형을 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 변형을 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 주구조물이 활성단층이 지나가는 지역, 활성단층 인접지역, 지진 시 액상화 또는 과도한 침하가 예상되는 지역에 있고 비탈면에도 그 영향이 있는 경우에는

지반을 보강 또는 개량하여 비탈면의 붕괴가능성을 감소시켜야 한다.

- (2) 비탈면의 내진설계는 설계 지반가속도에 대하여 내진성능수준을 만족시키도록 설계하여야 한다.
- (3) 비탈면의 내진설계는 다음의 항목에 대하여 검토한다.
 - ① 비탈면 기초지반의 액상화 가능성
 - ② 비탈면 자체의 활동에 대한 안정성

4.2 내진설계절차

- (1) 비탈면의 내진설계는 비탈면과 비탈면 하부 기초지반의 지반조건에 따라 우선적으로 액상화 발생가능성을 검토하고 비탈면 안정성 검토를 수행한다.
- (2) 액상화 및 지진하중을 고려한 비탈면의 활동에 대한 기준안전율은 표 4.2-1과 같다.

표 4.2-1 내진설계 시 적용하는 기준안전율

구분		기준안전율	참조
액상화	간편법	$FS > 1.5$	- $FS > 1.5$ 인 경우는 액상화에 대해 안전 - $FS < 1.5$ 인 경우는 액상화 상세검토 수행
	상세검토	$FS > 1.0$	- 진동삼축압축시험 결과 이용하여 검토
지진시 안정해석		$FS > 1.1$	- 지진관성력은 파괴토체의 중심에 수평방향으로 작용 - 지하수위는 실제 측정 또는 평상시의 지하수위 적용

4.3 액상화 검토

- (1) 비탈면 기초지반의 액상화에 대한 검토는 표준관입시험의 N 값을 이용한 수정 Seed와 Idriss의 간편법을 이용하여 수행한다.

4.4 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

성명	소속	성명	소속
권지혜	한국시설안전공단	성주현	한국시설안전공단
김용수	한국시설안전공단	이종건	한국시설안전공단
박광순	한국시설안전공단	장범수	한국시설안전공단
박기덕	한국시설안전공단	최병일	한국시설안전공단
배성우	한국시설안전공단	허인영	한국시설안전공단

자문위원

성명	소속	성명	소속
김동욱	인천대학교	송병웅	다산컨설턴트
김태훈	대우건설 기술연구원	윤찬영	강릉원주대학교
문준식	경북대학교		

건설기준위원회

성명	소속	성명	소속
구찬모	한국토지주택공사	배병훈	한국도로공사
김운형	다산컨설턴트	임대성	삼보ENG
김유봉	서영엔지니어링	정상섬	연세대학교
김홍문	평화엔지니어링	정충기	서울대학교
박성원	유신	최용규	경성대학교
박종호	평화지오텍		

중앙건설기술심의위원회

성명	소속	성명	소속
구자흡	삼영엠텍(주)	이근하	(주)포스코엔지니어링
김현길	(주)정림이앤씨	차철준	한국시설안전공단
박구병	한국시설안전공단	최상식	(주)다음기술단

국토교통부

성명	소속	성명	소속
정선우	국토교통부 기술기준과	김병채	국토교통부 기술기준과
김광진	국토교통부 기술기준과	박찬현	국토교통부 원주지방국토관리청
김남철	국토교통부 기술기준과	이선영	국토교통부 기획총괄과

(분야별 가나다순)

설계기준

KDS 11 90 00 : 2016

비탈면 내진설계기준

2016년 6월 30일 제정

소관부서 국토교통부 기술기준과

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>