

국토교통부 제정

# 건설공사 비탈면 설계기준

2016

국토교통부

## 설계기준 개정에 따른 경과조치

이 건설공사 비탈면 설계기준 발간시점 이전에 이미 시행중인 설계용역이나 건설공사에 대해서는 발주기관의 장이 인정하는 경우 종전에 적용하고 있는 기준을 그대로 사용할 수 있습니다

# 제 1 장 총 칙

## 1.1 목적

이 설계기준은 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 설계기준은 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 설계기준에서 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 않은 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 설계기준에서 정한 사항 이상으로 강화하는 등 별도의 기준을 정하여야 할 경우에는 발주자의 승인을 얻어 별도의 기준을 정하여 사용할 수 있다.
- (6) 이 설계기준은 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.

## 1.3 신규 기술의 적용

- (1) 건설신기술은 건설기술관리법에서 정하는 바에 따라 지정된 신기술·신공법 등으로서 이러한 공법에 대한 설계방법과 적용기준은 이 설계기준에서 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 설계기준의 관련 공법을 참고하여 기술 개발자가 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 설계기준을 대체하여 적용할 수 있다.
- (4) 본 설계기준에서 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 설계기준에서 제시하는 내용을 대체하여 적용할 수 있다.

## 1.4 기준의 구성

- (1) 이 설계기준은 내용상으로 크게 8개의 부분으로 나누어 총 25개의 장으로 구성되어 있다. 세부적인 구성 내용은 다음과 같다.
  - I. 설계일반사항 : 총칙, 설계일반, 지반조사
  - II. 비탈면설계 : 쌓기비탈면 설계, 깎기비탈면 설계
  - III. 비탈면보강공법 : 앵커, 네일, 록볼트, 억지말뚝
  - IV. 옹벽공법 : 콘크리트 옹벽, 보강토 옹벽, 돌담태 옹벽, 기대기 옹벽, 돌(블록)쌓기 옹벽
  - V. 표면보호공법 : 격자블록 및 돌붙이기, 콘크리트 뿔어붙이기, 비탈면 녹화
  - VI. 비탈면 배수시설 : 지표수 배수시설, 지하수 배수시설
  - VII. 비탈면 안전시설 : 낙석방지망, 낙석방지울타리, 낙석방지옹벽, 피암터널, 토석류대책시설
  - VIII. 비탈면 내진설계 : 비탈면 내진설계 기준

#### 1.4 기준의 구성

(2) 이 설계기준은 비탈면의 안정을 확보하기 위하여 적용하는 가장 보편적이면서 일반적인 내용과 공법들에 대해서만 다루고 있으며, 특정한 기술이나 공법에 대한 설계기준과 방법은 포함하지 않는다.

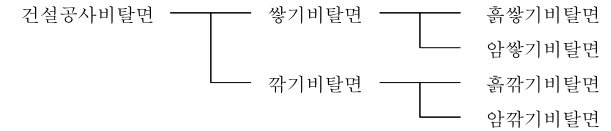
## 제 2 장 설계일반

### 2.1 기본계획

- (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 구조조물의 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 구조조물에 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.

### 2.2 비탈면 분류

- (1) 비탈면은 조성 방식, 구성 재료, 규모 등에 따라서 다음과 같이 분류되며 분류 상태에 따라 설계기준, 조사 방법 등이 다르게 적용된다.



- (2) 「시설물의 안전관리에 관한 특별법」 등 관계법에 따라 관리가 필요한 비탈면은 해당 법률에 따른다.

### 2.3 설계의 기본원칙

#### 2.3.1 비탈면 구비조건

- (1) 건설공사 비탈면은 시공완료 후부터 유지관리단계에서 지진, 강우, 장기적인 기상 변화 등 재해요인이 발생하더라도 구조조물의 안정성을 직접적으로 저해하거나 구조조물의 기능을 마비시키는 붕괴가 발생하지 않아야 한다.
- (2) 비탈면의 건설로 인하여 주변 인명 및 재산에 위해한 요인이 발생하지 않아야 하며, 보강시설, 안전시설 등의 대책을 강구하여야 한다.
- (3) 비탈면은 지반의 풍화, 지하수조건의 변화 등 장기적인 불안정 요인이 발생할 수 있으므로 규명되지 않은 사항에 대해서는 가급적 안전측으로 설계한다.
- (4) 비탈면 안정해석에서는 반드시 기준안전율을 만족하도록 설계하여야 한다.
- (5) 비탈면에 시공하는 각종 보강, 보호, 점검, 안전시설 등은 장기적으로 성능을 발휘하는 내구성이 있는 재료와 부식에 대한 저항성이 있는 재료를 사용한다.
- (6) 비탈면은 위의 조건을 감안하여 최대한 경제적인 시공이 되도록 설계하고, 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.

2.3.2 설계개념 적용기준

- (1) 이 설계기준은 지반의 한계평형상태를 가정하고 허용응력설계법을 적용한다. 여기서는 예상되는 파괴형태에 가해지는 실제 크기의 작용하중과 저항력을 계산하여 이들 값의 비율인 안전율을 계산하고 기준안전율과 비교하여 비탈면의 안정성을 평가한다.
- (2) 한계상태설계법, 하중저항계수설계법, 부분안전율의 적용은 발주자와 협의하여 승인을 득한 후에 적용할 수 있다. 이 때는 적용하는 설계기준에 대한 명확한 근거자료를 제시하여야 한다.
- (3) 비탈면에 적용하는 콘크리트 및 강재 구조물 등의 부재설계에 대해서는 해당재료에 적합한 설계기준을 적용한다. 토사 및 암반에 기인하는 하중은 이 설계기준에서 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. 이 때는 사용하는 입력자료와 해석방법에 대한 근거자료를 충분히 확보하여야 한다.

2.3.3 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 경수는 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.

$$\text{설계물성치} = (\text{평균치}) \pm (\text{표준편차})$$

- (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.

2.3.4 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 가정 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 상호거동에 따라 적절한 토압계수를 적용하여 결정한다.
- (4) 콘크리트 부재 설계 및 강재의 설계는 콘크리트 구조설계기준에 제시된 하중계수와 하중조합을 고려하여 설계할 수 있다.

## 제 4 장 쌓기비탈면 설계

### 4.1 적용범위

이 장은 도로, 철도, 택지 등의 건설공사에서 만들어지는 쌓기비탈면의 설계에 적용한다.

### 4.2 설계일반사항

- (1) 쌓기비탈면의 설계는 장·단기적으로 비탈면의 안정성을 확보하도록 설계하여야 한다. 또한, 장기적으로 유지관리가 최소가 되도록 하여야 하며, 형성된 비탈면은 주변경관과 어울리도록 설계하여야 한다.
- (2) 쌓기비탈면 설계시 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

### 4.3 쌓기비탈면 적용기준

- (1) 쌓기비탈면 높이는 원지반 조건, 지형조건, 쌓기재료의 특성, 주변 환경조건, 경제적인 여건을 고려하여 결정한다. 일반적으로 최대높이는 10m 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 10m 미만인 경우에는 4.4절 표준경사 및 소단 기준에서 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 흙쌓기시에는 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.

### 4.4 표준경사 및 소단기준

- (1) 쌓기비탈면의 경사는 별도의 비탈면 안정해석을 통해 결정하는 것이 원칙이나, 높이 10m미만일 경우에는 지반분야 책임기술자의 판단에 따라 표 4.1의 표준경사를 적용할 수 있다.

표 4.1 쌓기비탈면의 표준경사

쌓기재료	비탈면 높이 (m)	비탈면 상하부에 고정 시설물이 없는 경우 (도로, 철도 등)	비탈면 상하부에 고정 시설물이 있는 경우 (주택, 건물 등)
입도분포가 좋은 양질의 모래, 모래자갈	0~5	1:1.5	1:1.5
	5~10	1:1.8	1:1.8~1:2.0
압괴, 암버력	10초과	별도검토	별도검토
	0~5	1:1.8	1:1.8
입도분포가 나쁜 모래, 점토질 사질토, 점성토	5~10	1:1.8~1:2.0	1:2.0
	10초과	별도검토	별도검토

\*1) 상기표는 기초지반의 지지력이 충분한 경우에 적용함

\*2) 비탈면높이는 비탈어깨에서 비탈끝까지 수직높이임

- (2) 비탈면높이가 5m 이상인 비탈면에서는 비탈면 유지관리를 위한 점검, 배수시설의 설치공간으로 활용하기 위하여 원칙적으로 소단을 설치하며, 비탈면 중간에 5~

10m 높이에 폭 1~3m의 소단을 설치한다. 장비진입 등과 같은 작업공간의 확보가 필요한 경우에는 소단폭을 여건에 맞게 조정할 수 있다.

#### 4.5 연약지반 흙쌓기

- (1) 연약지반에서 흙쌓기시의 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.

#### 4.6 흙쌓기 재료 및 다짐

- (1) 쌓기체는 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.

#### 4.7 안정해석

##### 4.7.1 안정해석 조건

- (1) 쌓기비탈면이 다음 조건에 해당하는 경우에는 반드시 안정해석을 실시한다.
  - ① 비탈면높이가 10m 이상인 경우
  - ② 쌓기재료의 함수특성이 높고, 전단강도가 낮은 경우
  - ③ 붕괴시 복구가 장시간 소요되거나 주변 인접시설물에 중대한 인명, 재산상 피해를 주는 경우
  - ④ 지형특성으로 인하여 쌓기토체 내부로 지속적인 지하수의 유입이 발생하는 경우 (경사지반, 계곡부 쌓기)
  - ⑤ 홍수시 비탈면이 침수되거나 비탈끝이 침식되는 경우
  - ⑥ 쌓기비탈면의 원지반이 양호하지 못한 경우(연약지반 등)
  - ⑦ 내진안정해석이 필요한 경우
  - ⑧ 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.

##### 4.7.2 파괴형태와 원인

- (1) 비탈면에서 발생하는 파괴형태는 지반종류, 지층조건과 외부적인 유발원인에 따라 매우 다양하며, 지반종류 및 지층조건에 따른 전형적인 파괴형태는 원호파괴, 평면파괴, 유동파괴(flow failure) 등이 있다. 토사와 암반의 중간상태 지반조건에서는 두 가지 지반조건에서 발생하는 파괴형태가 모두 발생하기도 하고 복합적으로 발생할 수도 있다.
- (2) 비탈면 안정해석 시에는 조사결과를 토대로 다음의 파괴유발원인을 고려하여 해석을 수행하여야 한다.
  - ① 응력조건 변화 : 비탈면 하부 굴착 및 상부 쌓기, 구조물 증설 등
  - ② 지하수의 증가 : 강우로 인한 침투, 배수조건 변화 등
  - ③ 지반상태 변화 : 풍화 등으로 인한 비탈면 재료의 특성 변화 등
  - ④ 지진동 하중 : 발파진동, 지진 등으로 인한 동적하중

4.7.3 안정해석시 고려사항

- (1) 쌓기비탈면 안정해석 시 지하수 조건은 지반조사 결과, 지형조건 및 배수조건 등을 종합적으로 판단하여 안정성에 가장 불리한 상태가 발생하는 조건에 대하여 수행한다.
- (2) 비탈면 안정해석은 비탈면 지반조건과 장단기적인 배수조건을 고려하여 유효응력 해석 또는 전응력해석을 수행한다. 이때, 해석은 배수조건에 따라 시험한 강도정수를 사용한다.
- (3) 연약지반 비탈면 안정해석은 단기 및 장기로 구분하여 실시하여야 하며 연약지반 심도에 따른 강도특성 및 압밀에 따른 강도증가, 공용중 교통하중등을 고려하여야 한다.
- (4) 연약지반 쌓기 안정계산은 안정 검토를 위한 하나의 수단이며, 많은 가정과 불확정 요소를 포함하고 있기 때문에, 설계에 있어서는 기존의 자료와 그 외의 조건을 추가하여 종합적으로 쌓기체의 안정을 검토하여야 하며, 시공시에는 지반 거동 관측에 따른 관리를 중시하여야 한다.

4.7.4 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 안정해석 방법과 입력변수가 내포하는 불확실성을 감안하여 경제성을 확보하면서 보수적인 설계를 유도하고자 설정하는 값으로서, 비탈면의 안정성을 확보하기 위한 해석에서 적용하는 기준안전율은 표 4.2 및 4.3과 같다.

표 4.2 일반쌓기비탈면 안정해석시 적용하는 기준안전율

구 분	기준안전율	참 조
장 기	건기	FS > 1.5 · 쌓기체 내에 지하수가 없는 것으로 해석
	우기	FS > 1.3 · 지하수 조건은 지반조사 결과, 지형조건 및 배수조건 등을 종합적

		으로 판단하여 안정성에 가장 불리한 상태가 발생하는 조건에 대하여 수행 · 한쪽쌓기 한쪽각기 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
지진시	FS > 1.1	· 지진관성력은 파괴토체의 중심에 수평방향으로 작용시킴 · 지하수위는 우기시 조건과 동일하게 적용
단기	FS > 1.1	· 1년 미만의 단기적인 비탈면의 안정성(시공중 포함) · 지하수 조건은 장기안정성 검토의 우기시 조건과 동일하게 적용
* 비탈면 상부 파괴범위 내에 1, 2종 시설물의 기초가 있는 경우: 별도 검토		

표 4.3 연약지반 쌓기비탈면 안정해석시 적용하는 기준안전율

구 분	기준안전율	참 조
장 기	건기	FS > 1.3 · 쌓기체 내에 지하수가 없는 것으로 해석
	우기	FS > 1.2 <ul style="list-style-type: none"> <li>· 지하수 조건은 지반조사 결과, 지형조건 및 배수조건 등을 종합적으로 판단하여 안정성에 가장 불리한 상태가 발생하는 조건에 대하여 수행</li> <li>· 한쪽쌓기 한쪽각기 비탈면에서는 상기조건에 따라 산정한 지하수위 또는 침투해석을 통한 지하수위를 이용하여 해석</li> <li>· 쌓기 표면에 강우침투가 발생하는 경우에는 강우침투를 고려한 해석 실시</li> </ul>
	지진시	FS > 1.1 <ul style="list-style-type: none"> <li>· 지진관성력은 파괴토체의 중심에 수평방향으로 작용시킴</li> <li>· 지하수위는 우기시 조건과 동일하게 적용</li> </ul>
단기	FS > 1.1	· 1년 미만의 단기적인 비탈면의 안정성(시공중 포함) · 지하수조건은 장기안정성 검토의 우기시 조건과 동일하게 적용



### 4.7.5 해석방법

- (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 지반내의 소성화 구간과 응력상태를 정밀하게 확인하고자 하는 경우에는 연속체 해석을 수행한다.

### 4.7.6 안정해석 기준

- (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 수행 할 수 있다.
- (4) 안정해석시 원지반과 쌓기재의 침하를 구분하여 안정해석을 수행하는 것이 바람직하다.

## 4.8 쌓기비탈면의 배수시설

- (1) 쌓기토체의 파괴 및 붕괴는 강우에 의한 침투수, 비탈면에서의 용수, 지표수 배수 시설의 불량에 기인한 누수 등에 의해 발생하는 경우가 많다. 쌓기비탈면의 장기적인 안정을 도모하기 위해서는 쌓기토체 하부, 내부 및 표면에 지하수 배수 시설과 지표수 배수시설을 설치하여 침투수 및 용수를 적절히 배수시킬 있도록 설계하여야 한다.
- (2) 쌓기비탈면의 배수시설 설계빈도와 배수시설의 설계시 고려사항은 제18장 지표수 배수시설, 제19장 지하수 배수시설을 따른다.

- (3) 우수가 침투하기 쉽고 우수에 의한 강도저하가 심한 토질이나 높은 함수비의 원지반에 높은 흩쌓기를 하여야 할 때는 흩쌓기 비탈면 내에 배수층을 만들어 비탈면의 안정을 도모하여야 하며, 배수층은 투수성이 좋은 모래나 자갈 등을 사용하여야 한다.
- (4) 흩쌓기부의 지하배수구는 흩쌓기 및 비탈면의 안정과 함께 쌓기부의 압밀 침하를 고려하여 설계하여야 한다.
- (5) 산간부 도로에서 흩쌓기로 소류지 또는 늪을 막는 경우, 규모가 작다하더라도 맹암거 등 지하수를 배제할 수 있는 시설을 설치하여야 한다.

## 4.9 쌓기비탈면의 계측

### 4.9.1 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 계측 계획을 작성하여야 한다.

### 4.9.2 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.

#### 4.9 쌓기비탈면의 계측

- (2) 계측항목은 비탈면의 거동을 파악하기 위하여 필요한 직간접적인 인자를 계측 하는데 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 증점관리 구간과 기타 일상 관리 구간으로 나누어 관리하도록 설계에 반영하여야 한다.

## 제 5 장 깎기비탈면 설계

### 5.1 적용범위

이 장은 도로, 철도, 택지 등의 건설공사에서 만들어지는 깎기비탈면의 설계에 적용한다.

### 5.2 설계일반사항

- (1) 깎기비탈면의 설계는 장·단기적으로 비탈면의 안정성을 확보하고, 장기적인 유지관리가 최소가 되어야 하며 형성된 비탈면은 주변경관과 어울리도록 한다.
- (2) 설계시 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

### 5.3 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 5.4절 표준경사 및 소단기준을 지반분야 책임기술자의 판단에 따라 적용할 수 있다.
- (3) 시공단계에서는 비탈면을 굴착한 상태에서 비탈면 현황도(face mapping)를 작성

하고 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.

### 5.4 표준경사 및 소단기준

#### 5.4.1 표준경사

- (1) 깎기비탈면의 경사는 별도의 안정해석을 수행하여 결정하는 것이 원칙이나 풍화암 이하의 강도를 갖는 비탈면의 경우, 지반분야 책임기술자의 판단에 따라 표 5.1과 같이 표준경사를 적용할 수 있다.

표 5.1 토사원지반 깎기비탈면 표준경사

토 질 조 건		비탈면 높이(m)	경 사	비 고
모 래			1:1.5 이상	SW, SP
사 질 토	밀실한 것	5 이하	1:0.8 ~ 1:1.0	SM, SP
	밀실하지 않고 입도분포가 나쁨	5~10	1:1.0 ~ 1:1.2	
		10 이하	1:1.0 ~ 1:1.2	
자갈 또는 암괴 섞인 사질토	밀실하고 입도분포가 좋음	5 이하	1:0.8 ~ 1:1.0	SM, SC
		10~15	1:1.0 ~ 1:1.2	
	밀실하지 않거나 입도분포가 나쁨	10 이하	1:1.0 ~ 1:1.2	
		10~15	1:1.2 ~ 1:1.5	
점 성 토		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	서편이 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 암반내에 발달하는 단층 및 주요 불연속면의 경사 및 방향을 이용한 평사투영해석을 실시하고 발생가능한 파괴형태에 대한 안정해석을 실시하여 비탈면의 경사를 결정하여야 한다. 다만, 해당 구간 불연속면 등의 암반특성을 정확히 파악할 수 없을 경우 시추조사에 의해 파악된 암반특성 (TCR, RQD 등)을 고려하여 암반비탈면의 경사를 결정할 수 있으나 반드시 시공 중 조사 및 이를 반영한 안정해석을 통해 안정성을 확인하여야 한다.

5.4.2 소단

깎기비탈면의 높이가 10m 이상인 비탈면에서는 비탈면 유지관리를 위한 점검, 배수 시설의 설치공간으로 활용하기 위하여 원칙적으로 소단을 설치하며, 비탈면 중간에 5~20m 높이마다 폭은 1~3m의 소단을 설치한다. 장비 진입 등과 같은 작업공간의 확보가 필요한 경우에는 소단 폭을 여건에 맞게 조정할 수 있다.

5.5 안정해석

5.5.1 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.

5.5.2 안정해석시 고려사항

(1) 비탈면 안정해석시 지하수 조건은 지반조사 결과 및 지형조건 등을 종합적으로 고려하여 지하수위를 결정하고 안정해석을 실시한다.  
 (2) 강우의 침투를 고려한 해석을 실시할 경우, 현장 지반조사 결과, 지형조건, 배수

조건 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 진단강도를 이용하여 안정해석을 수행한다.

5.5.3 안전율 기준

(1) 안전율은 비탈면 내부에 가정된 파괴면 또는 실제 발생한 파괴면에서의 진단강도와 진단응력 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 5.2와 같다.

표 5.2 깎기비탈면 안정해석시 적용하는 기준 안전율

구 분	기준안전율	참 조
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 우기시 조건과 동일하게 적용
단기	FS > 1.1	· 1년 미만의 단기적인 비탈면의 안정성(시공중 포함) · 지하수 조건은 장기안정성 검토의 우기시 조건과 동일하게 적용
* 비탈면 상부 파괴범위 내에 1, 2종 시설물의 기초가 있는 경우 : 별도 검토		

### 5.5.4 해석방법

- (1) 깎기비탈면은 토사부분과 암반부분으로 구분하고 파괴형태, 지반조건 및 지하수 조건을 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, 불연속체 해석(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.

### 5.5.5 안정해석 기준

- (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, 불연속면의 의해 구분되는 암반비탈면의 변형특성 등 상세한 거동을 확인하고자 할 때는 개별요소법에 의한 방법을 이용할 수 있다.

### 5.6 깎기비탈면의 배수시설

- (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 제18장 지표수 배수시설, 제19장 지하수 배수시설을 따른다.

### 5.7 깎기비탈면의 발파설계

#### 5.7.1 암발파 기준

- (1) 암굴착을 위하여 수행되는 발파작업은 진동, 폭음, 비산 등의 피해발생으로 환경 분쟁 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.

### 5.7.2 암발파 설계

- (1) 현장조사를 기초로 하여 설계지역의 보안물건에 대한 발파영향권 분석을 실시하여 영향여부를 평가하고, 암발파에 따른 소음·진동 등을 측정, 관리하여 저감 대책 방안을 수립하여야 한다.
- (2) 현장조사 결과에 의하여 측사, 보안물건이 존재할 경우 준치와 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.

## 5.8 깎기비탈면의 계측

### 5.8.1 계측계획 수립

- (1) 깎기비탈면 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 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.

### 5.8.2 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 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.

## 제 11 장 보강토 옹벽

### 11.1 적용범위

이 장은 금속 또는 토목섬유 등의 보강재를 이용하여 시공하는 보강토 옹벽의 설계에 적용한다.

### 11.2 설계일반사항

#### 11.2.1 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.

#### 11.2.2 보강재

- (1) 보강토 옹벽을 위한 보강재는 다음과 같은 조건을 갖춰야 한다.
  - ① 보강목적의 인장강도를 보유하여야 한다.
  - ② 장기설계인장강도 발생시 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.
- (2) 보강재의 장기설계인장강도( $T_d$ )는 장기인장강도( $T$ )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.

### 11.2.3 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 입도분포가 양호한 흙
  - ④ 보강재의 내구성을 저하시키는 성분이 적은 흙
  - ⑤ 소성지수(PI)가 6이하인 흙
- (2) 보강토 옹벽의 안정해석은 장기적인 안정성이며 사용하는 전단강도정수는 유효 전단강도정수( $c'$ ,  $\phi$ )를 사용한다.

### 11.2.4 보강토 옹벽 적용기준

- (1) 보강재의 길이는 전면벽 기초부터 벽체높이의 0.7배 이상이어야 하며 최소 2.5m 보다 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 0.8m를 초과하지 않도록 하고, 최상단 보강재의 설치 위치는 전면벽 최상부 표면에서 0.5m 이내로 한다.
- (4) 저항영역내로 설치되는 보강재의 길이는 최소 1.0m 이상이 되어야 한다.
- (5) 전면벽체는 기초지반내로 최소 0.5m 이상 근입되어야 한다, 경사지반의 경우에는 0.6m 이상이 되어야 하며, 기초지반이 동상피해가 예상되는 경우는 동결심도 이상 근입시켜야 한다.

### 11.2.5 내진설계 여부

일정규모 이상의 중요도가 있는 경우 또는 보강토 옹벽의 상부나 하부에 파괴로 인한 피해 범위 내에 가옥이나 고정시설물이 있는 경우에는 필요에 따라 지진시의 안정성 검토를 수행한다.

### 11.3 보강토 옹벽의 설계

#### 11.3.1 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

#### 11.3.2 안전율 기준

보강토 옹벽의 안정해석에 적용하는 기준 안전율은 다음과 같다. 지진시는 지진하중을 고려하여 검토한다.

표 11.1 보강토 옹벽의 설계안전율

구분	검토항목	정상시	지진시	비고
외적 안정	활 동	1.5	1.1	
	전 도	2.0	1.5	
	지지력	2.5	2.0	
	전체 안정성	1.5	1.1	
내적 안정	인발파괴	1.5	1.1	
	보강재 파단	1.0	1.0	

\* 전도에 대한 안정은 수직합력의 편심거리  $e$ 에 대한 다음 식으로도 평가할 수 있다.  
 정상시,  $e \leq L/6$  : 기초지반이 흙인 경우,  
 $e \leq L/4$  : 기초지반이 암반인 경우  
 지진시,  $e \leq L/4$  : 기초지반이 흙인 경우,  
 $e \leq L/3$  : 기초지반이 암반인 경우  
 \* 보강재 파단에 대한 안전율은 보강재의 장기설계인장강도를 적용하므로 1.0으로 한다.

#### 11.3.3 외적안정해석

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

보강토 옹벽이 연약지반상에 시공되는 경우에는 기초지반의 침하에 대한 안정성을 검토한다.

#### 11.3.4 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.

#### 11.3.5 지진시 안정해석 일반사항

- (1) 지진시 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 파괴궤기에 의해 보강토체에 작용하는 토압이며 파괴궤계의 자중과 수평지진계수를 곱하여 산정한 토압이며 Mononobe-Okabe(유사정적해석법)의 방법을 이용하여 산정한다.

### 11.3.6 지진시 외적안정해석

- (1) 지진시 외적안정해석에는 제11장 11.3.3 외적안정해석에서와 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.

### 11.3.7 지진시 내적안정해석

- (1) 지진시의 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) 지진시 내적안정해석은 각각의 보강재 위치에서 지진에 의해 추가되는 인장력을 고려하여 정적상태와 동일하게 계산한다.

### 11.4 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
    - 전면벽체 배면의 자갈, 쇠석 등 배수층 및 암거
    - 전면벽체 배면의 토목섬유 배수재
    - 보강토체 내부의 수평배수층
  - ② 보강토체 외부 배수시설
    - 벽체상부 지표수 유입을 방지하기 위한 지표면 배수구
    - 보강토 옹벽 배면에서 유입되는 용수 처리를 위한 보강토체와 배면토체 사이의 경계면 배수층

## 제 18 장 지표수 배수시설

### 18.1 적용범위

- (1) 이 장은 비탈면 붕괴의 직접적인 원인이 되는 물을 비탈면 외부로 신속히 배수시키기 위해 설치하는 지표수 배수시설에 대하여 적용한다.
- (2) 이 장에서 다루는 배수시설은 쌓기비탈면, 깎기비탈면에 공통적으로 적용할 수 있다.

### 18.2 지표수 배수시설의 종류

- (1) 지표수 배수시설은 깎기비탈면, 쌓기비탈면 혹은 자연비탈면을 흘러내리는 물이나 비탈면에서 용출되는 지하수에 의한 비탈면의 침식이나 안정성 저하를 방지하기 위한 시설이다.
- (2) 지표수 배수시설의 종류는 다음과 같은 것이 있다.
  - ① 비탈어깨배수구
  - ② 소단배수구
  - ③ 비탈끝배수구
  - ④ 종배수구
  - ⑤ 산마루배수구 등

### 18.3 설계일반사항

#### 18.3.1 설계목표

- (1) 지표수 배수시설은 강우시 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.

#### 18.3.2 적용기준

- (1) 비탈면 지표수 배수시설은 비탈면의 지형조건, 지반조건, 지하수의 상태, 계곡부의 상태를 고려하여 지표수배수시설을 조합하여 설치한다.
- (2) 대규모 쌓기비탈면에는 10m 높이마다, 대규모 깎기비탈면은 20m 높이마다 기본적으로 소단배수구를 설치하며, 비탈면 지반조건, 지반상태, 통수거리 등을 감안하여 소단배수구를 추가로 설치할 수 있다.
- (3) 소단배수구의 연장이 100m를 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 산마루배수구를 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.

## 18.4 지표수 배수시설의 설계

### 18.4.1 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 10년을 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 설계강우 빈도와 상호 연계되어야 한다.

### 18.4.2 설계를 위한 조사

- (1) 비탈면 배수시설을 계획·설계하기 위한 조사는 비탈면의 안정성을 해치는 지표수 및 지하수의 배수를 위한 시설을 합리적·기능적·경제적으로 행함과 동시에, 시공시 및 유지관리상 필요한 정보를 얻고자 할 때 실시한다.
- (2) 비탈면 배수설계를 위한 조사 항목은 다음과 같다.
  - ① 기상조사
  - ② 주변지형조사
  - ③ 비탈면의 토질 및 지하수조사
  - ④ 기존 배수상태 및 체계 조사

### 18.4.3 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.

### 18.4.4 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.

### 18.4.5 소단배수구

- (1) 소단배수구는 비탈면에 흐르는 빗물이나 용출수에 의한 비탈면의 침식을 방지하기 위해 설치하며 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.

### 18.4.6 비탈끝 배수구

- (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 특수조건인 비탈면과 소단배수시설이 없는 대규모 비탈면은 비탈끝배수구를 검토한다.
- (3) 비탈끝배수구와 종배수구가 만나는 지점에는 집수시설을 설치한다.

## 제 19 장 지하수 배수시설

### 19.1 적용범위

- (1) 이 장은 비탈면 붕괴의 원인이 되는 지하수를 비탈면 외부로 신속히 배수시키기 위해 설치하는 지하수 배수시설에 대하여 적용한다.
- (2) 이 장에서 다루는 배수시설은 쌓기비탈면, 깎기비탈면에 공통적으로 적용할 수 있다.

### 19.2 설계일반사항

#### 19.2.1 설계목표

- (1) 지하수 배수시설은 비탈면 내부의 지하수를 신속히 배수시켜 지하수위를 저하 시킴으로써 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.

#### 19.2.2 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 유출되지 않도록 한다.
- (5) 깎기비탈면에서 지하수위와 수량을 고려한 수평배수공 설치를 검토한다.

- (6) 지하수 배수시설에서 흘러나오는 지하수는 지표수 배수시설 또는 자연배수로로 연결되도록 한다.

### 19.2.3 지하수 배수시설의 종류

- (1) 지하수 배수시설은 쌓기토체 내부로 유입되는 지하수, 깎기비탈면 내부의 지하수를 신속히 배수시켜 비탈면의 안정성을 높이고자 설치한다.
- (2) 지하수 배수시설의 종류는 다음과 같은 것들이 있다.
  - ① 지하배수구(암거)
  - ② 수평배수층
  - ③ 돌망태 배수공
  - ④ 수평배수공
  - ⑤ 수직배수공(집수정) 등

### 19.3 지하수 배수시설의 설계

#### 19.3.1 지하수 배수시설 계획

- (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) 설계시에는 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.

#### 19.3.2 지하수 배수시설 설계를 위한 조사

- (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.

### 19.3.3 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 20~30m 마다 집수구 등을 설치하여 지표의 수로공으로 유도하도록 설계한다.

### 19.3.4 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.

### 19.3.5 돌망태 배수공

- (1) 돌망태 배수공은 침투압 또는 강우로 인한 표면유실을 방지하기 위하여 쌓기 비탈면의 비탈끝 또는 깎기비탈면에서 지하수가 유출되는 구간에 설치한다.
- (2) 돌망태 배수공은 원형, 선형 등 다양한 형상으로 설치할 수 있다.

### 19.3.6 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.

### 19.3.7 수직배수공(집수정)

- (1) 수직배수공은 수평배수공과 함께 지하수위가 높은 구간에 설치하여 신속하게 지하수위를 저하시키기 위해 설치한다.
- (2) 수직배수공은 지하수조사와 대수층 위치, 투수계수 등을 파악하고 이에 기초하여 수직배수공과 수평배수공의 배치계획을 수립한다.
- (3) 수직배수공은 내부점검과 유지관리를 위한 시설 및 안전시설을 설치한다.

## 제 25 장 비탈면 내진설계기준

### 25.1 적용범위

- (1) 이 장은 신설되는 비탈면의 내진설계에 적용한다.
- (2) 이 장의 목적은 지진에 의해 비탈면에서 발생 가능한 파괴와 그로 인해 주변 구조물에 발생하는 피해 및 경제적 손실을 최소화시키기 위해 필요한 최소한의 내진설계 요구조건을 규정하는데 있다.

### 25.2 설계 일반

- (1) 이 설계기준은 건설교통부의 내진설계기준연구(II)(1997.12)에서 제시된 내진설계 성능기준을 바탕으로 하고, 국내외에서 비탈면의 지진시 안정해석을 위해 사용하는 방법을 바탕으로 기존의 설계기준의 체계에 맞도록 제정되었다.
- (2) 이 장의 목적은 지진에 의해 비탈면에서 발생 가능한 파괴와 그로 인해 주변 구조물에 발생하는 피해 및 경제적 손실을 최소화시키기 위해 필요한 최소한의 내진설계 요구조건을 규정하는데 있다.
- (3) 비탈면의 내진설계는 간편해석법으로 유사정적해석과 Newmark방법을 적용하고 상세해석방법으로 동적해석방법을 적용한다.

### 25.3 비탈면의 내진등급 및 성능목표

#### 25.3.1 비탈면의 내진등급

- (1) 비탈면의 내진등급은 상위개념 내진설계기준을 준용하여 비탈면이 속해 있는 주 구조물의 내진등급에 따라 I등급, II등급으로 구분한다.
  - ① 비탈면의 붕괴가 주구조물의 구조적 안정성에 직접적인 영향을 미치는 경우에는 비탈면의 내진등급은 주구조물의 내진등급을 적용한다.
  - ② 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.

- ③ 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.

#### 25.3.2 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 25.1에 규정한 평균재현주기를 갖는 설계지반운동에 대하여 성능수준을 만족할 수 있도록 설계한다.

표 25.1 설계지반운동 수준

내진등급 성능목표	특등급	I등급	II등급
붕괴방지수준	평균재현주기 2400년	평균재현주기 1000년	평균재현주기 500년

### 25.4 설계 지반운동의 결정

#### 25.4.1 지반가속도계수(A) 결정

- (1) 지반가속도계수(A)는 지진구역계수를 이용하는 방법과 지진재해도를 이용하는 방법을 사용할 수 있다.
  - ① 지진구역계수를 이용하는 방법 : 비탈면의 지역적 위치에 따른 지진구역계수와 비탈면의 내진 등급에 따른 재현주기를 고려한 위험도계수를 곱하여 산정한다.
  - ② 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. 깎기 비탈면의 경우 보통암 상태의 노두가 노출되는 경우에는 지진재해도 및 지진구역계수에서 제시하는 지반가속도계수(A)를 직접적으로 이용할 수 있다.

25.4.2 내진설계를 위한 조사

내진설계를 위한 지반조사는 크게 대상부지의 지진응답특성 평가, 지반 또는 구조물의 액상화에 대한 저항성 평가로 나뉘며 각각의 평가를 위해 필요한 정보를 획득하기 위해서 다음 기준에 따라 지반조사를 실시한다.

- ① 대상부지의 지진응답특성평가를 위해서는 다음의 시험을 실시한다.
  - 시추조사 : 지층의 구성, 지하수위, 실내시험 용 시료채취 등
  - 현장시험 : 각 지층의 탄성파전파특성을 얻을 수 있는 현장시험
  - 실내시험 : 각 지층별 물성시험 및 역학시험, 다양한 변형을 상태에서의 동적물성치를 획득하기 위한 실내시험
- ② 지반 또는 구조물의 액상화에 대한 저항성 평가를 위해서는 다음의 시험을 실시한다.
  - 현장시험 : 지반의 지층별 진단강도와 강성을 추정할 수 있는 시험(표준관입시험, 콘관입시험, 탄성파시험 등)
  - 실내시험 : 다양한 지진동을 모사하여 변형을 크기별 변형계수와 감쇠특성을 얻을 수 있는 시험(진동삼축시험, 단순진단시험 등)
  - 모형시험 : 진동대 시험, 원심모형시험 등

25.5 비탈면 내진설계

25.5.1 설계일반사항

- (1) 비탈면이 속한 주구조물이 활성단층이 지나가는 지역, 활성단층 인접지역, 지진시 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

25.5.2 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 다음과 같다.

표 25.2 내진설계시 적용하는 기준안전율

구 분		기준안전율	참 조
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

25.5.3 액상화 검토

비탈면 기초지반의 액상화에 대한 검토는 표준관입시험의 N값을 이용한 수정 Seed와 Idriss의 간편법을 이용하여 수행한다.

#### 25.5.4 지진시 비탈면 안정해석

- (1) 지진시 비탈면의 안정해석방법은 유사정적해석방법, Newmark방법 그리고 동적 해석을 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.



## 참 고 문 헌

01. 건설교통부 (2000), 도로 안전시설 설치 및 관리지침(낙석방지시설편)
02. 건설교통부 (2002), 자연 친화적 하천관리 지침
03. 건설교통부 (2003), 도로배수시설 설계 및 유지관리 지침
04. 건설교통부 (2005), 도로 설계기준
05. 건설교통부 (2005), 도로절토사면유지관리시스템(CSMS) 개발 및 운용연구보고서
06. 건설교통부 (2006), 건설공사 비탈면 설계기준
07. 건설교통부 (2007), 수행 예방을 위한 산악지 도로설계 매뉴얼
08. 국토해양부 (2006), 콘크리트구조 설계기준
09. 국토해양부 (2008), 구조물기초 설계기준
10. 국토해양부 (2008), 구조물기초 설계기준
11. 국토해양부 (2009), 도로비탈면 녹화공사의 설계 및 시공지침
12. 국토해양부 (2010), 보강토 옹벽 설계·시공 및 유지관리 잠정지침
13. 그라운드앵커기술협회 (1992), 그라운드앵커 공법
14. 산림청 (2010), 사방사업의 설계·시공 세부기준
15. 산림청, 사방기술교본
16. 상지대학교(2010), 낙석 및 산사태 방지를 위한 차세대신기술개발 연구보고서
17. 한국도로공사(2007), 고속도로 건설공사 보강토옹벽 설계기준
18. 한국도로공사(2007), 고속도로 절성토사면의 환경녹화기준 설정 연구
19. 한국도로공사(2007), 고속도로 취락사면 상시계측 체계 구축 연구보고서
20. 한국도로공사(2007), 고속도로 토석류 피해저감을 위한 대책방안 연구보고서
21. 한국도로공사(2009), 토석류 가능구간 위험평가 및 등급화 방법 연구보고서
22. (사)한국수자원학회 (2009), 하천설계기준·해설
23. 한국시설안전공단 (2009), 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(절토사면)
24. 한국시설안전공단 (2011), 그라운드 앵커 설계·시공 및 유지관리 매뉴얼
25. 한국시설안전공단 (2011), 토석류 재해저감을 위한 시설기준 및 제도개선 연구보고서
26. 한국시설안전기술공단(2002), 도로위험 절개면 조사 및 대책제시 연구보고서
27. 한국시설안전기술공단(2005), 건설공사 비탈면 설계, 시공 및 유지관리에 관한 연구보고서
28. 한국시설안전기술공단(2005), 낙석방지울타리 낙석지지능력 평가방안 수립 및 성능 개선 기술개발 연구보고서
29. 한국시설안전기술공단(2006), 사면재해저감 및 안전관리를 위한 연구보고서

31. (사)한국조경학회 (2007), 조경 설계기준
32. (사)한국지반공학회 (2009), 구조물기초설계기준 해설
33. (사)한국지반공학회 (2010), 사면안정
34. (사)한국콘크리트학회 (2009), 콘크리트표준시방서 해설
35. 한국철도시설공단 (2011), 철도 설계기준(노반편)
36. 建設省 (1997), 建設省河川砂防技術基準(案)同解説
37. 國土交通省 (2007), 砂防基本計劃策定指針
38. 國土交通省 (2008), 地すべり防止技術指針
39. 國土技術政策綜合研究所 (2007), 土石流・流木對策設計技術指針
40. 砂防・山沙汰技術協會 (1980), 土石流災害調査法
41. (社)日本アンカー協會 (2008), グラウンドアンカー維持管理 マニュアル
42. 日本道路協會 (2010), 道路土工-盛土工指針 平成22年度版 (2010)
43. 日本道路協會 (2000), 落石對策便覽
44. 理工図書 (2002), 落石對策工設計マニュアル
45. GEO, CEDD (2000), Guide to retaining wall design
46. GEO, CEDD (2000), Guide to rock and soil descriptions
46. GEO, CEDD (2003), Guide to slope maintenance
47. GEO, CEDD (2008), Guide to soil nail design and construction
48. FHWA (2001), Mechanically stabilized earth walls and reinforced soil slopes design and construction guidelines

# 연구진

\* 총괄연구책임자 : 장 범 수(한국시설안전공단, 시설안전연구소, 유지관리그룹장)

\* 주관 연구 기관 : 한 재 회(한국시설안전공단, 기술본부, 본부장)

류 근 준(한국시설안전공단, 시설안전연구소, 연구소장)

방 돈 석(한국시설안전공단, 시설안전연구소, 기술표준화그룹장)

신 주 열(한국시설안전공단, 시설안전연구소, 선진화그룹장)

오 광 진(한국시설안전공단, 시설안전연구소, 수석연구원)

박 광 순(한국시설안전공단, 시설안전연구소, 수석연구원)

김 용 수(한국시설안전공단, 시설안전연구소, 책임연구원)

이 태 형(한국시설안전공단, 시설안전연구소, 선임연구원)

이 종 건(한국시설안전공단, 시설안전연구소, 선임연구원) 외

\* 위탁 연구 수행 : 백 용(한국건설기술연구원, 연구위원)

김 동 규(한국건설기술연구원, 연구위원)

신 휴 성(한국건설기술연구원, 연구위원)

이 성 원(한국건설기술연구원, 연구위원)

이 광 우(한국건설기술연구원, 수석연구원)

김 진 환(한국건설기술연구원, 전임연구원)

권 오 일(한국건설기술연구원, 전임연구원) 외

# 참여진

## 국토해양부

기술안전정책관 김 진 숙  
 기술기준과장 이 용 옥  
 사무관 윤 치 영  
 담당 김 중 현

## 중앙건설기술심의위원회 심의위원

곽 동 주 한국도로공사, 지사장 김 상 환 호서대학교, 교수  
 김 재 권 경기철도주식회사, 사장 남 열 우 신성엔지니어링, 부사장  
 배 수 호 안동대학교, 교수 안 영 기 한국건설품질연구원, 대표이사  
 이 승 원 경북대학, 교수 정 병 릉 서현기술단, 부사장  
 한 명 식 태조Eng. 대표이사

## 자문위원

제1장 총칙	김기석	희송지오택	대표이사	
제2장 설계일반	김낙영	한국도로공사 도로교통연구원	책임연구원	
제3장 지반조사	노병돈	삼성물산	부장	
	김종훈	희송지오택	이사	
제4장 쌓기비탈면	김종민	세종대학교	교수	
제5장 깎기비탈면	송평현	세일지오택	대표이사	
	황영철	(주)유신	상무	
제6장 앵커	김범주	동국대학교	교수	
제7장 네일	최경집	지오택코리아	이사	
제8장 록볼트	남홍기	코리아에스이	대표이사	
제9장 억지말뚝	박부성	쌍용건설	부장	
제10장 콘크리트옹벽	제11장 보강토 옹벽	박종배	한국토지주택공사	책임연구원
제12장 돌망태 옹벽	제13장 기대기 옹벽	김상균	청석엔지니어링	이사
제14장 돌쌓기 옹벽	박종호	평화지오택	대표이사	
제15장 격자블록 및 돌(블록)붙이기	윤동덕	GS건설	부장	
제16장 콘크리트 뿔어붙이기	강인규	브니엘건설턴트	대표이사	
제17장 비탈면 녹화	전기성	한국도로공사 도로교통연구원	책임연구원	
	우상백	평화지오택	전무	
제18장 지표수 배수시설	유병옥	한국도로공사 도로교통연구원	책임연구원	
제19장 지하수 배수시설	정찬규	도화엔지니어링	상무	
제20장 낙석방지망	황영철	상지대학교	교수	
제21장 낙석방지울타리	박상욱	신우엔지니어링	이사	
제22장 낙석방지옹벽	김현기	한국철도기술연구원	책임연구원	
제23장 피타터널	이홍규	두산건설	부장	
제24장 토석류 대책시설	채명곤	한국지질자원연구원	책임연구원	
	윤찬영	강릉원주대학교	교수	
	최승일	지오브로그코리아	이사	
	김경석	한국도로공사 도로교통연구원	수석연구원	
제25장 비탈면 내진설계기준	박두희	한양대학교	교수	

◆ 아름다운 나라, 행복한 미래를 만드는 국토해양부 ◆

국토해양부 부조리신고센터

국토해양부 공무원의 비위행위 또는 부실공사 현장을 알게 된 경우 지체없이 아래 방법으로 신고하여 주시기 바랍니다.

- 인터넷 신고 : 국토해양부 홈페이지([www.mltm.go.kr](http://www.mltm.go.kr)) 부조리신고센터
- 우편신고 : 경기도 과천시 관문로 88번지 국토해양부 감찰팀
- 전화상담 : ☎ 02) 2110-8045 FAX : 02)504-9146