제 4 편 토공사

1990. . 제정

2009. 07. 28 1차 개정

2012. 12. 03 2차 개정

제4편 토공사

제1장 토공사일반

1. 재료의 단위중량 및 토량의 변화율

선정시험 성과에 의하되 시험성과가 없을 경우에는 다음표에 의할 수 있다.

재 료 명	단위중량(ton/㎥)	L	C
토 사	1.8	1.25	0.875(1.0)
모 래	1.7	1.15	0.9
자 갈	1.75	1.15	1.075
혼 합 골 재	2.0	1.15	1.0
풍 화 암	2.2	1.3	1.05
연 암	2.4	1.4	1.15
보 통 암	2.6	1.625	1.3
경 암	2.65	1.85	1.4

※ 주 : ( )는 기계다짐을 하지 않고 자연다짐일 경우임.

2. 토피의 기준

지하구조물의 토피의 최소기준은 다음과 같다. 단, 해당지역의 동결심도 또는 관부상 검토결과에 따라 심도를 증가시킬 수 있으며, 지하매설물 등으로 부득이한 경우에는 보호공등 적절한 보호조치를 하여 심도를 감소시킬 수 있다.

2.1 하수도용 관로

하수도용 관로의 토피는 1m로 한다.

2.2 암거

암거의 토피는 0.6m로 한다. 단, 상부콘크리트 및 철근 보강시는 0.2m까지로 할 수 있다.

제2장 벌개제근 및 표토제거

1. 벌개제근

1.1 수목, 관목, 초목, 나무뿌리 등의 유해물질이 흙쌓기부에 매립될 경우 장래 부식 등으로 인한 부등침하의 원인이 되므로 이를 방지하기 위해 실시되어야 한다.

1.2 수목, 관목, 초목, 나무뿌리 등의 제초 및 제근은 다음과 같다.

1.2.1 흙쌓기 높이 3m 미만 구간내의 유해물질은 원지반 하부 20cm 까지 완전히 제거해야 한다.

1.2.2 흙쌓기 높이 3m 이상 구간내의 유해물질의 처리는 아래와 같다.

(1) 높이 30cm 미만의 풀은 제거하지 않아도 좋다.

(2) 지름 15cm 이상의 수목뿌리는 완전히 제거되어야 한다.

(3) 지름 15cm 미만의 수목은 수량이 미미하여 장래 부식 등으로 부등침하 또는 구조물 기초 등에 유해를 미치지 않을 것으로 판단될 경우는 제거하지 않아도 좋다. 단, 수목 등의 잔존 높이는 지표면으로부터 15cm 미만이 되도록 잘라내야 한다.

1.2.3 벌개제근된 둥치, 잔가지, 뿌리 및 덤불 등의 유해물질은 다른 흙쌓기 재료 등과 혼합되지 않도록 별도 분리하여 적법한 처리 절차에 따라 처리하여야 한다.

2. 표토제거

표토제거 기준은 다음과 같다.

2.1 논·답지역 및 임야 등의 벌개제근 지역 등에 다량의 유기물이 함유되어 흙쌓기부에 매립될 경우 장래 부식 등으로 인한 부등침하의 원인이 되므로 이를 방지하기 위해 실시되어야 한다.

2.2 흙깎기 구간의 흙쌓기 재료활용 부위 및 흙쌓기 구간의 원지반 부위의 표토는 지표면으로부터 20cm 깊이까지 완전히 제거되어야 한다.

2.3 원지반의 상태 등을 고려하여 제거 깊이를 조정할 수 있다.

2.4 제거된 표토는 조경용 복토재로 활용함을 원칙으로 적정 보관방법 및 절차에 따라 처리되어져야 하며, 현장 여건상 조경용 복토재로의 활용이 곤란한 경우 흙쌓기 재료 등과 혼합되지 않도록 적정 반출계획을 수립하여 현장내에서 반출토록 한다.

제3장 비탈면기울기

1. 흙깎기구간

1.1 흙깎기 지반을 구성하는 지층의 종류, 상태 및 높이 등을 종합적으로 고려하고 지반조사 및 시험성과를 이용하여 구간별 안정성 해석을 실시하고, 그 결과에 따라 설계기울기를 결정하여야 하며, 지반조사의 필요성이 적거나 시험성과 등이 없어 부득이 안정성 해석이 곤란한 경우는 1.5항의 표준기울기를 적용할 수 있다.

1.2 다음 조건의 경우에는 설계과정에서 지질 및 토질조건, 절리 발달상태, 비탈면내의 지하수 유입·유출조건 등에 대하여 지표지질조사 및 정밀조사를 실시하고 그 결과에 따라 비탈면 안정해석을 실시하여 비탈면 기울기를 결정하며, 필요시 안정대책을 검토하여 설계에 반영하여야 한다.

1.2.1 비탈면의 높이가 20m 이상인 경우

1.2.2 지반이 두꺼운 붕적층 또는 퇴적층으로 구성되어 불안정한 상태를 나타내는 경우

1.2.3 붕괴이력이 있어 산사태 등 추가적인 붕괴 가능성이 있는 경우

1.2.4 지하수 수위가 높고 용수가 많은 경우

1.2.5 비탈면 부근에 기존 구조물이 위치하는 경우

1.3 시공여건 및 주변여건(용지보상여건 등)을 고려하여 비탈면 기울기를 결정한다.

1.4 영구 설치되는 흙깎기 비탈면의 안정성 해석 시 최소안전율은 건기시 1.5, 우기시 1.1～1.2를 기준으로 하여야 한다.

1.5 상기 이외 일반적인 양호한 지층으로 구성된 지역의 경우는 아래 표준기울기를 설계기울기로 결정할 수 있다.

구 분	원지반토질	흙깎기높이	기울기	비 고
○영구목적 시설물 설치 구간 - 도로 - 댐좌우안, 가설부지 및 석산 등 - 단지조성구역 등	토사 리핑암	0～5m	1:1.2～1.5	
		5m 이상	1:1.5～2.0	
	발파암		1:0.5～1.5	
○가설목적 시설물 설치 구간 - 공사용도로 - 되메우기등으로 소멸되는 일시조성 사면 등	토 사		1:1.0～1.2	
	리핑암		1:0.5～1.0	
	발파암		1:0.3～0.5	

주) 1. 동 경사는 소단이 포함되지 않은 단일 비탈면이다.

2. 비탈면 보호를 위한 배수시설 및 비탈면보호시설 등은 별도 검토하여 반영해야 하

며 동 시설물의 설치 여건에 따라 비탈면의 기울기를 조정할 수 있다.

3. 동일 비탈면 내에 여러종류의 토질이 혼재되어 분포할 경우 현장여건, 시공성 및 미관 등을 고려하여 비탈면기울기를 일원화할 수 있다.
4. 흙깎기 비탈면 최상단부 및 최측단에는 매끄러운 원형으로 라운딩 처리를 해야한다 (정점부 기준 상하, 좌우 약 1m)
5. 각기 다른 토질이 분포하여 상이한 소단 및 기울기로 접속되는 구간에는 연결을 위한 완화구간을 두어야 한다.(접합부 중심 기준 좌우 약 5m)
6. 기타 현장여건 등에 따라 상기 표준기울기를 조정할 수 있다.

2. 흙쌓기 구간

2.1 흙쌓기 지형·지반특성, 원지반 경사, 흙쌓기 재료 및 높이 등을 종합적으로 고려하여 설계기울기를 결정한다.

2.2 다음 조건의 경우 흙쌓기 지반의 특성 및 흙쌓기 재료에 대해 별도 정밀조사를 실시하고 그 결과에 따라 비탈면 안정해석을 실시하여 비탈면 기울기를 결정한다.

2.2.1 흙쌓기 높이 15m 이상인 경우

2.2.2 지반의 지하수 용출이 많고 연약지반이 분포하여 흙쌓기 후 침하 등의 우려가 있는 경우

2.2.3 시설물이 인접하여 붕괴시 중대한 손상을 주는 경우

2.2.4 붕괴 시 복구기간이 상당기간 소요되어 시설물의 기능을 현저히 저해하는 경우

2.2.5 흙쌓기 원지반이 사면붕괴 등이 염려되는 경우

2.3 시공여건 및 주변여건(용지보상여건 등)을 고려하여 비탈면 기울기를 결정한다.

2.4 영구 설치되는 흙쌓기 비탈면의 안정성 해석 시 최소안전율은 1.3을 기준으로 하여야 한다.

2.5 상기 이외 일반적인 양호한 지층 및 흙쌓기 재료를 사용할 경우는 아래 표준기울기를 설계기울기로 결정할 수 있다.

흙쌓기 높이	기울기	비고
0 ~ 6m	1 : 1.5	
6m 이상	1 : 1.8	

주) 1. 동 경사는 소단이 포함되지 않은 단일 기울기이다.

2. 비탈면 보호를 위한 배수시설 및 비탈면보호시설 등은 별도 검토하여 반영해야 하며 시설물의 설치 여건에 따라 비탈면의 기울기를 조정할 수 있다

3. 흙쌓기 비탈면에서 지하수위의 상승은 비탈면 안정에 큰 영향을 미치므로 침투수 및 용수의 발생이 예상되는 경우에는 필요에 따라 필터층 및 지하배수시설물 등을 설치하여야 한다.

4. 흙쌓기 재료 특성 및 필요시 시험성토 결과에 따라 상기 표준기울기를 조정할 수 있다.
5. 원지반이 1:4보다 급한 경사인 지반 위에 흙쌓기를 할 경우에는 활동방지 및 원지반과 흙쌓기부의 밀착을 위해 다음 표준치수 이상의 층따기를 실시하여야 한다.

원지반 토질	최소높이	폭
토사, 리핑암, 발파암	60 cm	100 cm 이상 (기계토공시 300cm 이상)

3. 터파기 구간

3.1 터파기 원지반을 구성하는 지층의 종류, 상태 및 깊이 등을 종합적으로 고려하여 비탈면의 안정해석을 실시하고 그 결과에 따라 설계기울기를 결정한다.

3.2 관로 터파기 비탈면의 기울기는 관로공사 설계기준 7항 터파기 비탈면의 기울기에 따른다.

3.3 상기 이외 일반적인 양호한 토질 지역의 경우는 아래 표준기울기를 설계기울기로 결정할 수 있다.

구 분	원지반토질	깊 이	기울기	비고
○원지반 터파기 시	토사, 리핑암	1~2m	1 : 0.3	
		2m 이상	1 : 0.5 ~ 1 : 0.7	
	발파암		1 : 0.3	
○흙쌓기지반 터파기 시	토사, 리핑암, 발파암	1~2m	1 : 0.5	
		2m 이상	1 : 1.0	

주) 1. 동 기울기는 소단이 포함되지 않은 단일 기울기이다.
2. 비탈면보호를 위한 시설 등의 설치를 요하는 구간은 별도 검토하여 반영할 수 있다.
3. 상기 표준기울기에도 불구하고 안전상 이상이 없고 비탈면형성이 가능할 경우 1m 미만의 터파기 기울기는 수직터파기로 할 수 있다.
4. 기타 현장여건 등에 따라 상기 표준기울기를 조정할 수 있다.

4. 단지조성기울기

단지조성기울기의 결정은 다음과 같다.

4.1 단지 조성규모 및 배수시간 등을 고려하여 적정 기울기를 결정한다.

4.2 단지조성 기울기는 횡단기울기 4%이내를 기준으로 단지내·외부에 설치되는 도로 및 우·오수 배수계획 등을 고려하여 적정기울기를 결정한다.

4.3 기타 현장여건을 고려하여 설계기울기를 조정할 수 있다.

제4장 소단설치

1. 공통사항

1.1 비탈면의 유지관리를 위한 점검 및 보수용 통로와 비탈면의 침식방지를 위한 배수시설 설치 공간 등으로 활용이 가능하도록 소단의 설치간격 및 폭 등을 결정한다.

1.2 각 소단은 비탈면 표면배수를 위해 도수로 및 측구 등에 연결하여 원활한 배수가 되도록 기울기를 결정해야 한다.

1.3 동일 비탈면 내에 여러 토질층이 혼재된 흙깎기 비탈면의 경우 수직높이 5m 마다 소단을 설치토록 한다.

1.4 소단부에 식재 또는 비탈면보호시설 등을 설치할 경우 설치폭을 넓게 할 수 있다.

1.5 각 소단의 횡단배수 기울기는 4%를 기준으로 필요에 따라 조정할 수 있다.

1.6 소단이 장비작업을 위한 작업부지 등으로 활용될 경우 소단폭을 3m 이상으로 설치할 수 있다.

2. 소단설치

2.1 흙깎기 구간

2.1.1 비탈면의 토질특성, 지층구조 및 지하수의 현황 등을 종합적으로 고려, 비탈면에 대한 안정해석을 실시하고 그 결과를 반영하여 소단의 설치위치 및 폭 등을 결정하여야 한다.

2.1.2 상기 이외 양호한 지반조건 및 붕괴의 위험이 없는 경우는 아래 표준 소단설치 기준을 적용할 수 있다.

원지반 토질	소단설치		비고
	수직고	폭	
토사, 리핑암	5m	1.5m	
발파암	10m	2m	
	20m	3m	

2.2 흙쌓기 구간

2.2.1 흙쌓기 재료 및 높이, 원지반의 기울기 등을 종합적으로 고려하여 소단 설치위치 및 폭 등을 결정하여야 한다.

2.2.2 상기 이외 양호한 흙쌓기 재료 및 원지반 토질조건 등인 경우 아래 표준 소단설치 기준을

적용할 수 있다.

흙쌓기 재료	소단설치	비 고
토사, 리핑암, 발파암	수직높이 6m 마다 1.5m	

2.3 터파기 구간

2.3.1 원지반의 토질 특성, 지층 구조 및 지하수의 현황 등을 종합적으로 고려하여 비탈면 안정 해석을 실시하여 소단 설치간격 및 폭 등을 결정한다.

2.3.2 상기 이외 양호한 지반조건인 경우 아래 표준 소단설치 기준을 적용할 수 있다

구 분	소단설치	비고
○중·소형구조물(단기 노출구간) - 맨홀, 관 등	3m마다 0.5m	
○대형 단독·연속 구조물(장기노출구간) - 암거, 옹벽, 정수지 등의 지하저수조 등	3m마다 1.5m	

제5장 터파기

1. 터파기 기준

1.1 광역상수도, 공업용수도, 하수도 등의 관류, 맨홀, 집수정, 우・오수받이, 밸브실 등은 계획고까지 흙쌓기 작업 후 터파기를 실시한다.

1.2 암거는 원지반 이하만 터파기하는 것으로 한다.

2. 터파기 한쪽여유폭

1.1 일반적인 구조물의 터파기 한쪽 여유폭은 다음을 기준으로 한다.

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>굴착깊이</th><th>여유폭</th><th>비고</th></tr>
<tr><td rowspan="4">○ 중・소형,단독・연속구조물</td><td>・L형측구, U형측구, 비탈면 도수로 등의 배수시설
・우・오수받이, 소화전실
・울타리 기초
・기타 1m 미만으로 터파기하여 설치되는 시설물</td><td></td><td>0.2m</td><td rowspan="4"></td></tr>
<tr><td rowspan="3">・맨홀, 집수정, 개거, 변실
・암거, 옹벽, 석축 등</td><td>0～2m</td><td>0.3m</td></tr>
<tr><td>2～5m</td><td>0.6m</td></tr>
<tr><td>5m이상</td><td>1.0m</td></tr>
<tr><td rowspan="2">○ 대 형, 단독・연속구조물</td><td rowspan="2">・공동구
・침전지, 정수지 등의 지하저수조
・정화조 등의 오수처리 지하저수조
・발전소, 관리동 등의 단독 구조물 등</td><td>0～5m</td><td>1.0m</td><td></td></tr>
<tr><td>5m이상</td><td>1.2m</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="5">주) 1. 토질상태, 지하수처리를 위한 배수시설 등에 따라 여유폭을 크게 할수 있다.
2. 가설물(토류벽, Sheet Pile 등)이 설치되는 구조물의 경우 한쪽여유폭을 1.2m 이상 확보하여야 한다.</td></tr>
</table>

1.2 광역상수도, 공업용수도, 하수도 등의 관로의 터파기 한쪽여유폭은 제7편 상수도공사 터파기 기준을 따른다.

제6장 비탈면안정

1. 일반사항

비탈면 보호공법은 크게 식생에 의한 표면보호공법(식생공법), 구조물 등에 의한 표면보호공법 및 비탈면 자체의 안전율을 증가시켜 보호하는 공법(구조물보호공법) 그리고 비탈면에서 하부로 활동하는 낙석자체에 대응하기 위한 낙석방지공법으로 분류한다.

1.1 식생공법

식생에 의해 인위적으로 비탈면 표면에 피복층을 형성하여 주위환경과의 조화를 도모하고 또한 자연현상(강우, 온도, 바람 등)에 의한 비탈면의 침식 및 유실 등을 방지하기 위한 공법

1.2 구조물보호공법

식생에 의한 표면안정만으로는 비탈면의 안정을 도모할 수 없을 경우 인위적인 구조물 등을 설치하여 비탈면 붕괴를 예방하고 낙석 등의 원인을 사전에 예방하기 위한 공법

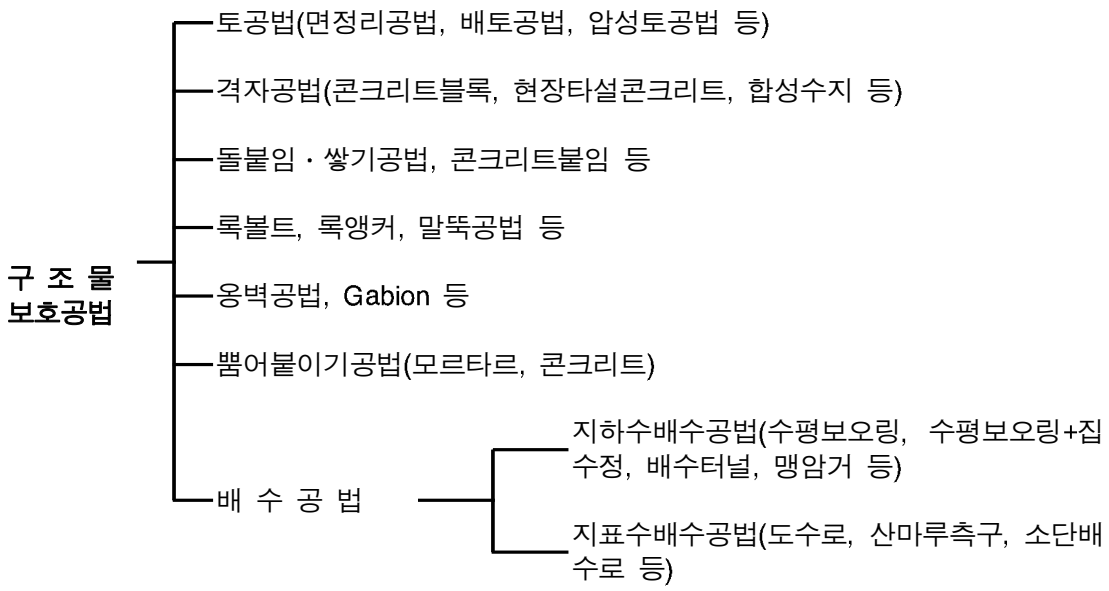
1.3 낙석방지공법

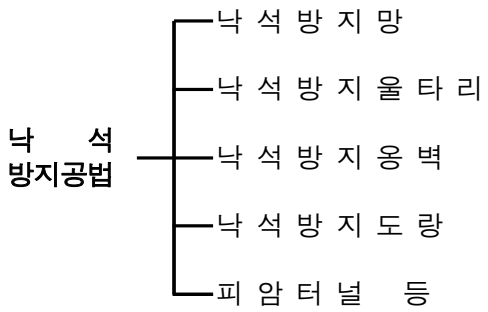
식생공법 및 구조물보호공법 등에 의해 비탈면의 표면유실 및 붕괴예방을 도모하였음에도 불구하고 예상치 못한 낙석 및 소량의 토사유실 등에 대처하기 위한 공법

2. 비탈면 보호공법의 분류 및 선정

2.1 비탈면 보호공법의 분류

- **식생공법**
  - 잔디식재공법(줄때, 평때)
  - 씨앗뿜어붙이기공법(씨앗뿜어붙이기, 씨앗뿜어붙이기+볏짚거적, 씨앗뿜어붙이기+섬유네트 등)
  - 식생매트공법(부직매트, 조목직포매트, 볏짚매트, 종이매트 등)
  - 식생판·망태공법(폴리에칠렌망, 한냉사망 등)
  - 암절개면 보호식생공법(녹생토, R/S녹생토, 텍솔 등)
  - 암사면 부분객토식생공법
  - 수목 및 넝쿨 등 목본류 식재공법





2.2 비탈면 보호공법의 선정

2.2.1 비탈면의 지형, 지질, 기후조건 및 현지여건 등을 종합적으로 고려하여 적정 보호공법을 선정하여야 한다.

2.2.2 비탈면보호공법 선정 시 우선적으로 비탈면의 안정성이 확보되어야 하며 또한 경제성과 시공성 등을 고려하여 가장 유리한 공법을 선정하고 필요에 따라 2개 종류 이상을 병용할 수 있다.

2.2.3 식생공법의 선정시 각 비탈면의 토질조건 및 일조조건에 따라 활착에 유리한 종자 및 녹화공법을 선정하여야 한다.

2.2.4 녹화용 종자는 미관을 고려하여 주변환경과 조화를 이룰 수 있도록 가능한 주변식생과 유사한 초・목본류를 선정하여야 한다.

2.2.5 동일 비탈면에 여러종류의 토질이 분포시 토질특성에 따라 비탈면보호공법을 혼용하여야 하나 비탈면의 안정성 확보가 가능한 범위내에서 동일공법을 적용할 수 있다.

2.2.6 비탈면보호공법은 설계 및 시공의 단계에서 지속적으로 검토하여 최종 적용공법을 선정하여야 한다.

3. 비탈면 보호공법 시행

3.1 식생공법

3.1.1 비탈면의 안정을 위한 식생공법의 시행은 초·목본류의 조기활착 및 생육을 위한 기후조건 등에 따라 적정 파종시기 등을 결정하여야 한다.

3.1.2 계획비탈면이 완료된 구간은 비탈면의 조기 안정화 및 환경영향 등에 의한 비탈면의 토질변화를 방지할 수 있도록 흙깎기·흙쌓기 후 최대한 단기간 내에 완료하여야 한다.

3.2 구조물보호공법

3.2.1 계획 비탈면이 완료 후 환경영향 등에 의한 비탈면 토질변화가 발생하지 않도록 즉시 시행함을 원칙으로 하되 안정해석을 필요로 하는 경우는 그 결과를 반영하여 시행시기를 결정하여야 한다.

3.2.2 기타 다른 비탈면 보호공법을 병용하는 경우 또는 기타 현장여건에 따라 시행시기를 조정할 수 있다.

3.3 낙석방지공법

3.3.1 계획비탈면의 완료 후 비탈면의 전석 및 낙석 등에 대한 처리가 완료된 후 시행함을 원칙으로 한다.

3.3.2 기타 다른 비탈면 보호공법을 병용하는 경우에는 또는 기타 현장여건에 따라 시행시기를 조정할 수 있다.

4. 비탈면보호공법

4.1 식생공법

4.1.1 식생공법 선정

(1) 비탈면을 구성하는 토질특성 및 지하수현황, 주변 식생현황, 현지여건 등을 종합적으로 고려하여 시공·경제성 및 현장여건에 따라 가장 적정한 공법을 선정하여야 한다.

(2) 식생조성 지역의 특성 및 유지관리의 용이 등에 따라 선정하며 비탈면 안정을 위한 구조물보호공법의 혼용 방안에 따라 적정공법을 선정하여야 한다.

(3) 상기 이외 일반적인 식생에 위한 비탈면보호공법은 아래의 여건에 따라 결정할 수 있다.

4.1.2 일반적인 식생에 의한 비탈면 보호공법

(1) 토질별 적용가능 식생공법

비탈면조건			식생공법	비 고
지질		토질경도		
토사	모 래		화이바혼합 씨앗뿜어붙이기공법, 식생매트공법, 평떼공법 등	식생지반확보(객토,15cm이상)
	사질토, 자갈 또는 모래 섞인 사질토	27mm이하	화이바혼합 씨앗뿜어붙이기공법, 식생매트공법, 평떼공법, 거적덮기공법 등	
		27mm이상	토사혼합 씨앗뿜어붙이기공법, 식생대공법, 식생판공법, 부분객토식재공법 등	
	점성토, 자갈 또는 암괴섞인 점성토	27mm이하	화이바·토사혼합 씨앗뿜어붙이기공법, 식생매트공법 등	
		27mm이상	화이바·토사혼합 씨앗뿜어붙이기공법, 식생대공법, 식생판공법, 부분객토공법 등	
리핑암			화이바·토사혼합 씨앗뿜어붙이기공법, 식생대공법 등	
발파암			화이바·토사혼합 씨앗뿜어붙이기공법, 암절개면 보호식생공법, 암사면부분객토 식생공법 등	

(2) 일반적인 식생공법 적용기준

식생공법			적용기준		
			토질 조건	비탈면	적용구간
잔디식재	평 떼		토사	흙깎기 · 흙쌓기	· 완만한 경사구간 · 조기 녹화를 요구하는 구간 · 주요시설물과 인접하여 빈번한 접근이 이루어지는 구간으로 상시 유지관리를 요하는 구간 · 면적이 비교적 적은 구간
	줄떼	1/2	〃	흙깎기 · 흙쌓기	· 완만한 경사구간 · 주요시설물에 인접하지는 않았으나 식생 후 지속적인 유지관리를 요하는구간 · 면적이 넓은 구간
		1/3	〃	흙깎기 · 흙쌓기	· 완만한 경사구간 · 사업지역 외곽에 위치하여 식생 후 별도의 유지관리를 요하지 않는 구간 · 식생면적이 비교적 넓은 구간
씨앗뿜어 붙이기공법	씨앗뿜어붙이기		토사 ~ 리핑암	흙깎기 · 흙쌓기	· 단기간에 녹화를 요하는 구간 · 사업지역 외곽에 위치하여 지속적인 유지관리를 요하지 않는 구간 · 우수 및 기후에 의한 영향으로 비탈면 유실이 우려되지 않는 구간 · 토양의 양분 등이 양호하여 별도의 식생기반이 필요하지 않는 구간
	씨앗뿜어붙이기+볏짚(거적)덮기		〃	흙깎기 · 흙쌓기	· 단기간에 녹화를 요하는 구간 · 사업지역 외곽에 위치하여 지속적인 유지관리를 요하지 않는 구간 · 일부 비탈면 유실이 우려되는 구간 · 식생을 위해 일부 양분 공급을 요하는 구간
	씨앗뿜어붙이기+네트류 등 (coir,jute-net등)		〃	흙깎기 · 흙쌓기	· 단기간 내 녹화를 요하는 구간 · 사업지역에서 조망 가능한 구간으로 미관을 요하는 구간 · 기상작용에 의한 비탈면 유실이 우려되는 구간 · 식생 기반조성을 요하며 장대 비탈면인 구간
식 생 매트공법	볏짚매트, 폴리에칠렌망태, 식생마대 등		〃	흙깎기 · 흙쌓기	· 비탈면이 고르며 단기간 내 녹화를 요하는 구간 · 사업지역 외곽에 위치하여 유지관리를 요하지 않는 구간 · 국부적인 유실이 발생한 구간
	조목직포매트 등		〃	흙깎기 · 흙쌓기	· 비탈면이 고르며 단기간 내 녹화를 요하는 구간 · 사업지역에서 조망이 가능한 구간으로 미관을 요하는 구간 · 일부 비탈면 유실이 우려되는 구간 · 식생을 위해 일부 양분 공급을 요하는 구간
암절개사면 보호식생공법	녹생토, R/S녹생토, 대생토, 텍솔, A.S.N.A등		리핑암 ~ 발파암	흙깎기	· 단기간 내 녹화를 요하는 구간 · 식생을 위한 토층이 없어 인위적인 식생지반조성을 요하는 구간 · 주요시설물이 인접한 지역으로 낙석, 풍화 등의 방지를 요하는 구간
암반사면 부분객토 식생공법	배양토+목본류		리핑암 ~ 발파암	흙깎기	· 비탈면의 요철이 심하고, 비탈면 전체의 식재가 불가능한 대절토 구간의 녹화를 요하는 구간 · 비탈면을 굴착하여도 사면안정상 문제가 되지 않는 구간 · 목본류의 식재를 통한 주변환경과의 조화미를 고려코자하는 구간
목본류 식 재	등나무, 담쟁이넝쿨 등		-	흙깎기 · 흙쌓기	· 비탈면에 구조물보호공이 설치되어 비탈면 자체에 녹화가 불가능하며 하부에 식생지반 조성이 가능한 구간 · 비탈면의 요철이 심하고, 비탈면 소단 등에 식재를 요하는 구간(구조물공과 혼용)

※ 식생용 종자 선정 시 향토 초·목류를 우선적으로 선정한다

4.2 구조물 보호공법

4.2.1 보호공법 선정

(1) 비탈면의 안정을 저해하는 지반특성, 지하수현황 등을 고려하여 시공·경제성 및 현장여건에 따라 비탈면의 안정이 확보될 수 있는 가장 적정한 공법을 선정하여야 한다.

(2) 구조물에 의한 비탈면보호공법 선정 시 비탈면에 대한 안정해석을 시행하여 설계에 반영하여야 한다.

(3) 토질특성 및 유지관리의 용이 등에 따라 적정 공법을 선정하여야 한다.

(4) 필요에 따라 미관을 고려한 적정 식생공법을 병용할 수 있다.

4.2.2 일반적인 구조물보호공법

보호공법		공법개요	적용가능 토 질
토공법	경사완화	· 기울기를 완화시켜 비탈면의 안정을 증대시키는 공법 - 영구적인 비탈면 안정성확보 가능 - 비용이 과다소요 - 비탈면 안정해석 추가 실시 필요 - 구조물 등 존재 시 적용곤란 및 추가비용·용지 소요	토사 ~ 발파암
	면정리공법	· 탈락이 예상되는 소규모 돌출암괴 및 뜬돌(부석) 등을 인력 또는 장비 등을 이용하여 제거하는 공법 - 소규모 돌출암괴 등의 처리에 유리 - 소량의 돌출암 제거를 위한 제어발파 필요 - 대규모의 비탈면 안정 및 국부적인 쇄기·전도·활동 파괴면 등에는 적용 곤란	토사 ~ 발파암
	배토공법	· 붕괴가 예상되는 비탈면 전부 또는 일부에 배토하여 안정을 도모하는 공법 - 대규모 활동파괴가 예상되는 지역의 비탈면 안정에 유리 - 붕괴가 예상되는 비탈면 두부에 시행 시 가장 효과적 - 배토부 상부에 다른 활동하려는 비탈면이 존재 시 별도의 보강대책 검토 필요 - 지표·지하수 배제를 위한 별도의 배수공법 검토 필요	토사 ~ 발파암
	압성토공법	· 붕괴가 예상되는 비탈면 말단부에 흙쌓기를 시행하여 안정을 도모하는 공법 - 활동에 의한 붕괴가 예상되는 비탈면 하부에 시행 - 하부 압성토공법에 의한 지하수 배수 불가 시 비탈면 파괴를 유발시킬 수 있으므로 별도 배수공법 검토 필요. - 흙쌓기 구간은 압성토공법을 선행 후 시행 - 협소한 장소에서는 시공성이 불리	토사 ~ 발파암

보호공법		공법개요	적용가능 토 질
표면보호공법	격자블록 (콘크리트, 합성수지 등)	· 표면정리 후 블록으로 격자를 만들어 앵커핀으로 고정시키고 격자안에 흙채움을 하여 비탈면 표층을 보호하는 공법 - 비용이 비교적 저렴하고, 시공성 용이 - 급경사지, 용수다발지역 및 굵고 거친 사질토 분포구간의 비탈면에 적용 곤란 - 블록 채움부의 강우 등에 의한 부분적인 침식이 우려되므로 별도 식생공법 등의 보호대책 필요	토사
	현장타설 콘크리트 격자공법	· 용수가 많고 격자블록으로는 비탈면 안정을 도모할 수 없는 경우 사용되는 공법 - 타공법과 병행 적용(배수공법, 식색공법, Shotcrete 등)	토사 ~ 리핑암
밑다짐공법	돌쌓기(붙임)	· 비탈면상의 부석, 전석 등이 탈락 또는 활동하지 못하도록 콘크리트 등을 이용하여 기반에 고정시키는 공법 - 급경사(돌쌓기, 콘크리트붙임) 및 완경사(돌 · 불록붙임) 등에 적용가능 - 쌓기 · 붙임부 배면에 배수층(자갈층) 또는 배수공의 설치 필요	토사 ~ 발파암
	콘크리트붙임		
토류공법	앵커공법	· 두꺼운 붕적층, 절리가 많은 리핑암 · 발파암류에 삽입하여 마찰력 또는 지압을 이용하여 비탈면의 안정을 도모하는 공법 - 원형파괴활동 · 지층간 경계명확 · 소규모활동발생지역, 단층점토 경계면 등의 쐐기파괴 우려지역에 적용 가능 - 격자공법 또는 옹벽공법과 병행 시행 - 인장재료로는 고장력의 PC강재 (PC 강봉 · 강선)를 사용 - 충분한 설계검토 및 시행 단계에서의 시험 후 시행을 요함	토사 ~ 발파암
	소일네일링 (Soil Nailing)	· 지중에 소형천공 후 철근이나 볼트를 삽입하고 시멘트 그라우팅하여 고결시키는 공법 - 공사비가 비교적 저렴하며, 접근이 곤란하고 협소한 구간에 작업이 용이 - 숏크리트 등의 표면보호공과 병행하여 지하수가 없거나 지하수위를 저하시켜 안정화된 지반에 적용가능 - 느슨한 사질토, 매우 연약한 점토, 지하수위가 높은 지역 적용 곤란 - 숏크리트 등으로 전면판을 시행 시 미관이 좋지 못함	토사 ~ 리핑암
	옹벽공법	· 옹벽구조물을 설치하여 옹벽이 배면토압을 부담함으로써 비탈면을 안정화시키는 공법 - 대규모 비탈면의 토압작용 구간에 적용 가능 - 전도, 활동, 침하 등에 대한 안정검토 필요 - 옹벽 배면의 배수를 위한 배수공 설치 필요	토사 ~ 발파암

보호공법		공법개요	적용가능 토 질
토류공법	개비온 (Gabion)	· 돌망태공 이라고도 하며 옹벽공의 대체공법 - 배수성이 양호하며 동절기 시공이 가능하여 공기단축에 효과적 - 수로부와 인접하여 토사유출이 우려되는 구간에 유리 - 하천석, 현장유용 쇄석 등을 활용하므로 시공성이 용이 - 자원재활용이 가능하고 주변환경의 미관을 고려한 시공 가능 - 수직고 10m 이상의 대규모 비탈면 적용 곤란 - 토압이 과다작용하는 구간에는 적용곤란	토사 ~ 발파암
	말뚝공법	· 활동에 의해 파괴되려는 비탈면에 말뚝(강관, H형강, 철근콘크리트 등)을 활동면 하부까지 삽입하여 말뚝의 수평저항력에 의해 비탈면의 안정을 도모하는 공법 - 기초암반의 활동 발생지역, 토층사이의 경계면 평면파괴 발생지역, 리핑암의 유실과 침식 등으로 표면붕괴가 우려되는 지역, 경사완화가 불가능하며 단층 파쇄대 구간의 지하수위가 낮고 침투수 영향이 적은 지역에 적용 가능 - 말뚝에 발생하는 휨모멘트, 전단력을 고려하여 말뚝의 단면, 종류, 간격 등을 결정하여야 함 - 말뚝 타설 위치는 지반활동 시 압축상태에 놓이는 비탈면 말단부가 가장 유리 - 말뚝사이로의 토사유출 방지를 위해서는 설치간격은 말뚝직경의 5~7배 이내로 하고 말뚝직경이 큰 경우 4m를 초과하지 않아야 함 - 말뚝강도 만으로 저항력이 부족 시는 합성말뚝으로 설계함이 바람직함	토사
암반보강공법	록볼트 (Rock Bolt)	· 암블럭과 기반암을 록볼트로 연결시켜 암반을 안정화시키는 공법 - 소규모의 암반블록 고정 시 유리하며 고정시키고자하는 비탈면 표면의 들뜬 암반 등의 얕은 하부에 견고한 기반암이 위치하여야 함 - 급경사 비탈면에 적용가능 - 다양한 절리 및 전단파쇄 블록 등이 조합된 쐐기파괴가 예상되는 지역, 소규모 들뜬 암반을 기반암에 고정시키거나, 평면파괴가 예상되는 지역에 적용가능 - 직경 25mm, 길이 6m의 강봉을 보강재료로 사용하며 안정해석에 따라 조정가능 - 시공성이 우수하며 비탈면 안정을 위한 추가적인 부지확보를 요하는 구간에 유리 - 시공 후 계측관리 및 표면부 방식처리 필요 - 비탈면 표층의 암반이 연약할 경우 숏크리트 등으로 보강 후 시행하며 낙석방지망 등과 병행 시행 가능	발파암

보호공법		공법개요	적용가능 토질
암반보강공법	록앵커 (Rock Anchor)	· 앵커의 인장력으로 암반블록의 전단저항력을 증가시켜 암반을 안정화시키는 공법(앵커공 참조)	발파암
	다웰바 (Dowel Bar)	· 국부적인 탈락이 예상되는 암블록에 설치하여 블록의 탈락을 방지시키는 공법 - 소규모 단독분리 암괴의 고정에 유리 - 직경 25mm, 길이 1~3m의 강봉을 보강재료로 사용하며 안정해석에 따라 조정가능	발파암
	콘크리트 버팀벽 (Buttress)	· 비탈면으로부터 암탈락이 발생하거나 또는 절취시 비탈면상에 공극이 발생할 경우 콘크리트로 충진하여 비탈면 하부지지력을 증가시켜 안정을 도모하는 공법 - 대규모 비탈면 보강에 유리 - 국부적인 암반보강으로는 비탈면 안정을 확보하기 곤란하며, 여러개의 보강공법적용 시 경제적으로 불리한 경우 적용 - 용수 처리를 위한 배수시설 필요, 비용이 다소 고가임	발파암
	모르타르, 콘크리트 뿜어붙이기 (Shotcrete)	· 비탈면 정리 후 강섬유를 혼합하거나 철망을 정해진 위치에 앵커핀으로 고정시킨 후 시멘트 모르타르 또는 콘크리트를 뿜칠하여 표면을 보호하는 공법 - 풍화되기 쉬운 암반 또는 풍화되어 박리가 우려되는 암반 등에 적용 - 대규모 비탈면에 적용가능, 지표수에 의한 비탈면 표층보호가능 - 비교적 비용이 고가 - 표면의 느슨한 암반, 토사, 식물 등을 완전히 제거하여야 함 - 용수 다발지역은 적정 배수시설을 설치하여야 함 - 뿜어붙이기 두께는 모르타르 5~10cm, 콘크리트 10~20cm를 표준으로 기상조건, 비탈면 경사 등을 고려하여 안정해석에 따라 두께를 조정 가능 - 목본류(등나무 등)와 병행 시공가능	발파암
배수공법	지표수배수 (수평·수직배수공, 산마루·소단측구 등)	· 강우 등의 침투로 인한 비탈면의 붕괴를 억제하기 위한 비탈면 표면 배수공법 - 측구와 원지반을 완전하게 밀착시켜 강우 등이 지표로부터 침투하지 않도록 함 - 기타 세부설치 기준 등은 배수공 참조	토사 ~ 발파암
	지하수배수 (배수터널, 물빼기보링(수평배수), 집수정 등)	· 비탈면 자체의 용수에 의한 비탈면의 붕괴를 억제하기 위해 지하수를 외부로 배출하여 간극수압을 저하시킴으로서 비탈면의 안정을 도모하는 공법 - 지하수를 배제하기 위한 수평보링은 20~30m를 표준으로 현지여건에 따라 조정가능하며 필요에 따라 집수정 등을 설치하여야 함 - 천공 구경은 6cm를 표준으로 활동면을 지나 5~10m 관입토록 하며, 현장여건 등에 따라 조정할 수 있음 - 지속적인 유지관리 및 보수필요, 장기적인 안정확보 미흡	토사 ~ 발파암

※ 록볼트, 록앵커, 다웰바 공법 적용시에 면밀한 지질조사 및 사면안정해석이 필요함.

※ 상기 이외 기타 지반개량공법 등을 적용할 수 있다.

4.2.3 공법별 세부 설계기준은 '건설공사 비탈면 설계기준'을 따른다

4.3 낙석방지공법

4.3.1 공법선정

(1) 예상되는 낙석에너지에 대한 정확한 예측을 통해 낙석에너지를 흡수하고 충격에너지에 대해 충분히 저항할 수 있는 구조의 공법을 선정하여야 한다.

(2) 흙깎기 비탈면의 지형, 지질, 비탈면의 식생분포·종류, 예상 낙석규모, 비탈면 높이, 낙석의 발생확률, 피해빈도 등을 종합적으로 고려하여 낙석으로 인한 예상피해가 최소화되도록 적정 공법을 선정하여야 한다.

(3) 현지여건 등을 고려하여 낙석방지시설의 내구성, 시공성, 유지관리의 편의 등을 고려하여 가장 적합한 공법을 선정하여야 한다.

(4) 필요에 따라 2가지 이상의 낙석방지공법과 기타 다른 비탈면보호공법을 병행하여 적용할 수 있다.

4.3.2 일반적인 낙석방지 공법

낙석방지공법		공법 및 적용개요	비고
낙석 방지망	비포켓식	· 비탈면에 낙석과 낙석방지망을 밀착시켜 암편의 이탈을 방지하는 공법 - 균열이 심하고 풍화진행이 빠른 발파암 또는 리핑암 구간 - 비탈면이 고른게 정리된 구간 - 비탈면이 낮고 기울기가 완만한 구간 - 고정핀 설치에 의한 비탈면 안정 저해 우려	
	포 켓 식	· 비탈면에 예상되는 낙석을 비탈면 하부로 유도하여 제거할 수 있도록 하는 공법 - 비탈면의 토질이 발파암(경암류)으로 구성된 구간 또는 심하게 이완된 구간 - 비탈면이 고르지 못한 구간 - 비교적 높고 기울기가 급한 구간에 낙석방지울타리공법과 병용 시 유리 - 유지관리에 용이 - 대규모 낙석발생 시 하부충격 과다로 파손 우려	
낙석방지울타리		· 낙석의 규모 및 도약고에 울타리를 설치하여 하부 시설물로의 낙석유입을 방지하도록 하고 비탈면하부에 낙석을 모아 제거할 수 있도록 하는 공법 - 비탈면이 높고 기울기가 급한구간에 유리 - 기울기가 급한 구간은 낙석방지망과 토사혼합 구간의 다량의 낙석이 우려되는 구간은 낙석방지옹벽과 병용시행 시 유리	
낙석방지옹벽		· 비탈면 하부에 옹벽을 설치하여 비탈면과 옹벽사이의 여유공간을 두어 낙석이 퇴적되도록 하는 공법 - 옹벽공(구조물보호공법)과 동일적용 - 일반적으로 낙석방지울타리와 병용시행	
피암터널		· 다른 낙석방지공법의 적용이 곤란한 경우 시설물 위에 지붕 등을 설치하여 낙석 등이 시설물 내로 유입되는 것을 방지하는 공법 - 시설물과 비탈면사이의 여유공간이 없는 경우 적용가능 - 급한 장대 비탈면이 연속되는 경우 적용가능 - 낙석의 규모가 대규모인 경우 적용가능 - 비용이 과다소요	
낙석방지도랑		· 비탈면 하부 여유공간에 도랑을 설치하여 도랑내로 낙석을 유도하는 공법 - 충분한 용지의 여유공간이 확보된 구간에 유리 - 시공성이 가장 용이하며 경제적	

4.3.3 낙석방지망 및 낙석방지울타리 설치기준

(1) 낙석방지망

1) 비탈면 토질이 리핑암, 발파암으로 구성된 구간으로 흙깎기 높이 10m이상인 구간에 설치함을 원칙으로 별도의 보호·보강공법으로 대체할 수 있다.

2) 비탈면의 부석 또는 전석 등은 낙석방지망 설치전에 완전히 제거되어야 한다.

3) 낙석방지망의 하단부 설치높이는 낙석방지울타리 설치구간의 경우는 낙석방지울타리 높이까지, 울타리가 없는 경우는 지면으로부터 1m 정도 띄어 향후 유지관리의 편의를 도모토록 설치한다.

4) 낙석방지망의 상단부는 흙깎기 비탈면의 암질에 따라 경암구간은 흙깎기가 끝난 부분으로부터 후방 2m 이상, 토사 또는 리핑암 구간은 후방 5m 이상 지점에 고정핀을 설치하여야 한다.

(2) 낙석방지울타리

1) 비탈면 토질이 리핑암, 발파암으로 구성된 구간으로 흙깎기 높이 6m이상인 구간에 설치함을 원칙으로 시·종점부에 각1개경간(1경간 2m기준)의 완화구간을 두어야하며, 6m 미만의 비탈면인 경우라도 낙석 등에 의한 피해가 우려되는 구간에도 설치할 수 있다.

2) 낙석방지울타리의 최대 연속설치 간격은 100m 이내를 원칙으로 향후 유지관리 시 와이어로프의 장력보정 등을 위해 시·종부에 단부를 설치하여야 하며, 각 단부 사이에는 최대 30cm의 이격거리를 두어야 한다.

3) 유지관리 등을 위해 60～100m 내에 등 간격으로 출입문을 설치할 수 있다.

4.3.4 낙석에너지의 산정과 낙석방지망 및 낙석방지울타리의 세부 구조 및 규격 등은 “도로안전시설 설치 및 관리지침 제5장 낙석방지시설 편 (건교부)”을 따른다.

5. 비탈면의 유지관리시설

대규모 비탈면의 거동 감시시설, 비탈면 안정을 위한 배수시설 및 비탈면보호시설 등의 점검을 안전하고 용이하게 하기 위한 시설물을 설치한다.

5.1 설치위치 선정

5.1.1 비탈면보호를 위한 배수시설(산마루측구, 횡배수관, 소단측구 등), 비탈면보호시설 및 비탈면 거동 감시시설 등의 접근이 용이한 곳

5.1.2 식생 등에 의해 장래 통행에 지장이 없는 곳

5.1.3 타 시설물과 중첩되지 않는 곳

5.1.4 기타 현장여건상 필요한 곳

5.2 유지관리시설 설치

비탈면 점검 등을 위한 시설물은 사다리 및 계단을 사용하는 것을 원칙으로 현장여건, 시공성 및 유지관리의 용이성 등을 고려하여 선정한다.

5.2.1 비탈면 기울기 1:0.8 미만인 구간은 강재 사다리를, 1:0.8 이상인 구간은 계단을 설치함을 원칙으로 한다.

5.2.2 20M 이상의 땅깎기 비탈면의 소단 등에 안전하고 용이하게 올라갈 수 없는 경우에 설치한다.

5.2.3 20M 이하의 땅깎기 비탈면인 경우일지라도 지속적인 비탈면의 점검 및 유지관리를 요하는 경우에 설치한다.

5.2.4 유지관리시설은 15M 이상에 설치되는 소단 연장이 250M 이내인 경우는 1개소, 250~500M인 경우는 2개소를 원칙으로 250M 증가시 1개소를 추가토록 하며, 현장여건 등에 따라 설치수량을 조정할 수 있다.

5.2.5 토사 및 리핑암 구간의 경사가 완만한 경우(1:1.0 이상)와 발파암 구간 중 측면부 설치가 불가시는 전면부에 유지관리시설을 설치한다.

5.2.6 발파암의 급경사 구간, 측면부의 굴곡이 완만한 구간은 측면부에 유지관리시설물을 설치한다.

5.2.7 유지관리시설물의 이용시 인명피해 등이 우려되는 경우나 기타 필요시에는 높이 H=1.0M 이상의 난간을 설치하여야 한다.