

KDS 34 70 30 : 2016

비탈면 녹화 및 조경

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



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 조정설계기준에 해당되는 부분을 통합 정비하여 기준으로 제정한 것으로 제 · 개정 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요내용	제 · 개정 (년.월)
조정설계기준	•조정설계기준 제정	제정 (1999)
조정설계기준	•조정설계기준 개정	개정 (2002)
조정설계기준	•조정설계기준 개정	개정 (2007)
조정설계기준	•조정설계기준 개정	개정 (2013)
KDS 34 70 30 : 2016	•건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비함	제정 (2016.6)

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

개 정 : 년 월 일
자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회

목 차

1. 일반사항	1
1.1 적용범위	1
1.2 용어정의	1
1.3 시설물의 구성	2
1.4 설계고려사항	2
2. 조사 및 계획	3
2.1 조사	3
2.2 계획	3
3 . 재료	7
3.1 일반사항	7
3.2 품질 및 성능시험	8
4. 설계	9
4.1 초본류 식재	9
4.2 수목류 식재	10
4.3 종자 뽐어붙이기	11
4.4 식생기반재 뽐어붙이기	13
4.5 기타 공법	15
4.6 유지관리	16

1. 일반사항

1.1 적용범위

- (1) 비탈면 표면을 풍화로부터 보호하고 친환경적으로 복원시키기 위한 비탈면 녹화공법의 설계에 적용한다.
- (2) 비탈면의 녹화공법은 안정성이 확보된 비탈면에 적용한다.
- (3) 인공 또는 자연의 비탈면 녹화에 적용한다. 단, 하천이나 댐 또는 광산지역 등과 같은 특정 지역의 비탈면은 별도의 기준을 적용한다.

1.2 용어정의

- 비탈면 녹화: 인위적으로 깎기, 쌓기 된 비탈면과 자연침식으로 이루어진 비탈면을 생태적, 시각적으로 녹화하기 위한 일련의 행위를 통칭한다.
- 발생기대본수: 단위면적당 파종식물의 발생본수로서 파종 후 1년간 발생된 총수를 지칭한다. 발아 후 경쟁에서 졌거나 고사한 것을 모두 포함한 수치이며, 파종량 산정의 기준이 된다.
- 식생기반재 뿔어붙이기: 종자, 비료, 토양 및 유기질 자재를 혼합한 녹화기반재와 침식방지제 및 다양한 기능의 고분자제를 혼합한 식생기반재를 비탈에 일정 두께로 붙여 식물생육의 기반을 마련해 주는 공법이다. 5 cm 이상의 식생기반재를 이용하는 두꺼운 식생기반재 뿔어붙이기, 5 cm 미만을 이용하는 얇은 식생기반재 뿔어붙이기, 식생기반 층과 종자 층을 분리하는 2층 뿔어붙이기가 있다.
- 토양경도: 식물의 착근 및 생육가능성의 판단척도로서 외력에 대한 토양의 저항력을 말한다.
- 순량율: 헙잡물과 같은 물질을 제거한 순정 종자 중량의 전체중량에 대한 백분율을 말한다.
- 식생피복율: 방형구 내에 출현하는 수종 및 초종의 점유비율을 말한다.
- 외래종 침입: 비탈면 녹화에 따른 지표교란이나 외래종이 혼입된 자재의 사용 및 비탈면 유지관리 등에 의하여 외래종의 정착과 확산이 촉진되는 것을 말한다.
- 비탈면 거리: 비탈면의 경사면 위에서 경사면 아래까지의 비스듬한 거리를 말하고, 비탈면 연장란 비탈면 아래에서의 시점에서 종점까지의 연장거리를 말한다.

1.3 시설물의 구성

1.3.1 초본류 식재

- (1) 줄떼 붙이기
- (2) 벚짚 거적 덮기
- (3) 평떼 붙이기
- (4) 새심기

1.3.2 수목류 식재

- (1) 차폐수벽공법
- (2) 소단상 객토식수공법
- (3) 식생상 심기
- (4) 새집공법

1.3.3 종자 뿔어붙이기

- (1) 종자분사파종
- (2) 네트+종자 분사파종

1.3.4 식생기반재 뿔어붙이기

- (1) 두꺼운 식생기반
- (2) 2층 식생기반

1.3.5 기타공법

- (1) 식생 매트공법
- (2) 식생구멍심기
- (3) 식생자루심기

1.4 설계고려사항

- (1) 대상 비탈면의 안정성에 대한 평가는 이미 끝난 것으로 한다.
- (2) 비탈면의 토양 조건이 식생의 도입에 부적합하다고 판정되는 경우, KDS 34 30 10(3.2.3)에서 정한 중급 이상의 식재용토를 붙여 설계하는 것을 전제로 한다.
- (3) 토공계획 초기 단계부터 비탈면의 조형과 녹화계획에 대해 토공설계자와 협의가 이루어진 것으로 한다.

2. 조사 및 계획

2.1 조사

- (1) 토질, 토양경도, 경사도, 비탈면 거리, 비탈면 연장, 주변 임상, 표면풍화 및 침식 정도, 용수 유무, 배수로 유무, 배수로 규격의 적합성, 주변 경관 등을 조사한다.
- (2) 토사 비탈면은 토양경도와 토양산도(pH)를, 암반 비탈면은 균열 및 굴곡 등을 집중적으로 조사한다.
- (3) 토사 비탈면의 토양경도가 27 mm 이상이면 암반 비탈면과 같이 취급한다.
- (4) 현황분석도에는 토질, 토양경도, 경사도, 비탈면 방향, 비탈면 거리, 표면풍화, 침식상태, 균열 및 굴곡 등 조사한 모든 사항을 표시한다.

2.2 계획

2.2.1 기본사항

(1) 녹화복원목표

- ① 침식 방지, 야생동물의 먹이와 은신처 제공, 경관미 향상을 녹화복원의 설계목표로 한다.
- ② 도로와 같은 건설로 인한 자연지형 훼손지역은 비탈면의 침식방지와 안정, 생물다양성 보존, 이산화탄소 저감, 도로경관 향상을 녹화복원목표로 한다.
- ③ 영속적이고 안정되며, 지속성이 높고, 생태적 천이를 고려한 식물군락을 조성하며, 지역별로 다음 기준을 적용한다.
 - 가. 삼림이 많은 산악지: 시간이 지나면서 삼림으로 이행해 갈 수 있는 식물군락으로 조성한다.
 - 나. 농지나 목장 주변: 관목이나 초본류 위주의 식물군락으로 조성한다.
 - 다. 시가지: 기존 녹지와 연계성 확보, 종 다양성 증진에 기여할 수 있는 식물군락으로 조성한다.
 - 라. 식물군락은 키가 큰 수림형, 키가 작은 관목형 수림형, 초본주도형 군락 중 하나 혹은 이들의 조합으로 한다.

(2) 불량생육기반의 개선

- ① 비탈의 토질, 경사도, 토양과 같은 요소가 식물생육에 적합하지 못하면 생육기반환경을 개선한다. 비탈의 식물생육 적합도 판정은 표 2.2-1을 적용한다.
- ② 다음과 같은 비탈면은 비탈면 자체의 토양을 개량하거나 식물의 생육에 적합한 식생 기반재를 적정한 두께로 부착한다.
 - 가. 경사가 급하면서 산중식 토양경도계로 측정한 토양경도가 25 mm 이상인 토양
 - 나. 토양산소의 부족으로 뿌리의 신장이 억제되기 쉬운 토양인 점성토

다. 마사토, 토양이 없는 비탈면, pH 5.0~7.5 범위를 벗어나는 토양 등 식물의 생육을 어렵게 하는 토양

라. 암반면

표 2.2-1 비탈면의 식물생육적합도 판정 기준(기울기 및 토양경도)

판정 기준		식물생육특성
비탈면 기울기	30° 이하	• 키가 큰 수목 위주의 식물군락 복원과 주위 재래종의 침입 가능 • 식물 생육이 양호하고, 피복이 완성되면 표면침식은 거의 없음
	30~35°	• 그대로 내버려두었을 경우 주변으로부터의 자연 침입으로 식물군락이 성립되는 한계각도이며 식물의 생육은 왕성
	35~40°	• 식물의 생육은 양호한 편이나 키가 작거나 중간 정도인 수목이 많고 초본류가 지표면을 덮는 군락의 조성이 바람직함
	40~60°	• 식물의 생육은 다소 불량하고 침입종이 감소 • 키가 작은 수목이나 초본류로 형성되는 키 작은 식물군락 조성이 바람직함
	60° 이상	• 생육이 현저하게 불량해지고 수목의 키가 작게 성장 • 초본류의 쇠퇴가 빨리 일어남 • 바위의 틈 사이 뿌리 신장을 기대하여 키 낮은 수목 도입도 바람직함
토양경도	10 mm 미만	• 건조하기 쉬우므로 종자 발아 저조의 가능성, 정착식물의 생육은 양호함
	점성토 10~23 mm 사질토 10~25 mm	• 지상부, 지하부 모두 생육 양호, 수목의 식재에도 적합
	점성토 23~30 mm 사질토 25~30 mm	• 일반적으로 토양 속 식물 뿌리의 신장에 장애
	30 mm 이상	• 뿌리의 신장이 곤란, 인위적 생육기반 조성 필요
	암반	• 뿌리의 신장이 불가능하므로 인위적 생육기반 조성 필요 • 암반에 틈새가 있는 경우 수목류의 뿌리 신장 가능

주) 토양경도는 산중식(山中式) 토양경도계로 측정한 경우의 수치임.

(3) 비탈 배수설계

- ① 외부로부터 비탈로의 침투수를 완전히 방지하고, 비탈면 유출수를 최소화하며, 집수한 물은 배수구를 통해 비탈에서 완전히 배출한다.
- ② 표면수 또는 용수에 의해 비탈면이 세굴되거나 붕괴의 우려가 있는 곳에는 비탈면 어깨배수구, 소단배수구, 종배수구, 비탈면 밑배수구, 암거, 유공관, 배수관설치 등의 배수시설을 설계한다.
- ③ 소단배수구를 계획하는 소단부에는 횡단구배를 두고, 배수구쪽으로 편구배를 두어 물이 비탈면으로 넘치지 못하도록 설계한다.
- ④ 항상 습한 상태의 비탈면 부위에는 종·횡 배수구 및 배수망, 배수관 등을 설계하여 집수 처리한다.
- ⑤ 용수가 치솟는 지역에는 지상집·배수공을 설치하고, 생육기반과 분리된 배수층을 설계한다.

2.2.2 비탈녹화공법의 선정

- (1) 식재 방법, 종자파종방법, 식재와 종자파종을 겸하는 방법 중에서, 선정된 녹화식물의 생육에 가장 적합한 공법을 선정한다.
- (2) 주요 공법으로는 비탈면 잔디식재, 비탈면 수목식재, 종자 뽑어붙이기, 식생기반재 뽑어붙이기, 식생상 심기, 식생구멍심기, 식생반 심기, 식생대 심기, 식생자루 심기, 식생 매트공법이 있다.
- (3) 특수한 암질의 경우 유사사례를 조사·분석하고 전문가의 자문을 받아 적절한 녹화방법을 선정한다.
- (4) 비탈면 입지조건별 녹화공법 선정기준은 표 2.2-2를 적용한다.

표 2.2-2 비탈면의 입지조건별 녹화공법의 선정

비탈면의 입지조건				녹화공법	
지질	비탈면 기울기	토양의 비옥도	토양경도 (mm)	초본에 의한 녹화 (외래초종+재래초종)	목본·초본의 혼파에 의한 녹화 (목본+외래초종+재래초종)
토사	45° 미만	높음	23 미만(점성토)	종자뽑어붙이기, 떼붙이기 식생매트공법 등	종자뽑어붙이기 (흙쌓기에 사용) 식생기반재 뽑어붙이기
		낮음	27 미만(사질토)	종자 뽑어붙이기, 떼 붙이기 식생 매트공법, 잔디 포복경심기 식생자루 심기 (이상 준비 필요) 식생기반재 뽑어붙이기 (두께 1~5 cm)	식생기반재 뽑어붙이기 (두께 1~5 cm)
	45° ~ 60°		23 이상(점성토) 27 미만(사질토)	식생구멍심기(웃거름 필요) 식생기반재 뽑어붙이기 (두께 3~5 cm)	식생혈공 식생기반재 뽑어붙이기(두께 3~5 cm)
절리가 많은 연암, 경암	—	—	—	식생기반재 뽑어붙이기 (두께 3~5cm 이상)	식생기반재 뽑어붙이기 (두께 3~5cm 이상)
절리가 적은 연암, 경암				식생기반재 뽑어붙이기 (두께 5 cm 이상)	

주) ① 식생기반재 뽑어붙이기는 두께가 3cm 이상이면 철망붙임공을 병용한다.

② 식생기반재 뽑어붙이기의 두께는 공법에 따라 적절한 값을 적용한다.

2.2.3 배합 및 파종

(1) 종자배합

- ① 식물 간에 상호 경합하거나 경쟁에서 지지 않도록 고려하고, 수림형 군락을 조성하고자 하면 다층구조를 지닌 식물군락이 조성되는 종자배합을 한다.
- ② 녹화지역별 종자배합은 초본위주형, 초본·관목혼합형, 목본군락형, 자연경관복원형과 같이 복원목표에 부합되도록 한다.
- ③ 키가 큰 수림형 군락의 종자배합

가. 식생기반재 뽑아붙이기에서는 키 큰 수목 종자와 키 작은 수목류, 초본류 종자들을 혼합한다. 목본 종자의 발아와 생육을 촉진하기 위해 총 발생기대본수는 800~1,500 본/m² 내외를 기준으로 한다.

나. 초본류에는 내음성이 강한 것이 하나 이상 사용되도록 하고, 가급적 재래초종을 사용한다.

다. 외래도입초종과 혼합할 때에는 외래도입초종의 발생기대본수를 1,000 본/m² 이내로 제한한다.
- ④ 키가 작은 관목형 군락의 종자배합

키가 작은 수목 2~3종류와 초본류를 혼합하되 총 발생기대본수는 1,000~1,500 본/m² 정도를 기준으로 한다.
- ⑤ 초본주도형 군락의 종자배합

복원목표에 따라 주구성종과 경관보존종, 조기녹화종과 같이 구분된 초본식물들을 적절히 배합하고, 초본류의 총 발생기대본수는 1,000~2,000 본/m² 정도를 표준으로 한다.
- ⑥ 재래종과 외래초종(양잔디류)의 배합 시에는 재래종의 비율을 높게 하고 외래초종(양잔디류)에 의하여 경쟁에서 지지 않도록 하여야 하며, 외래초종(양잔디류)을 사용할 경우에는 초장이 짧은 종을 사용한다.
- ⑦ 비탈면의 방향과 해발고도와 같은 요소를 고려할 때 수분의 고갈이나 온도, 제설, 일조량 등으로 식물의 원만한 생육이 어렵다고 판단될 때는, 전문가 자문을 받아 종자배합을 다르게 적용할 수 있다.

(2) 파종량 산정

- ① 식물군락을 파종으로 조성하고자 할 경우, 파종량의 산정은 다음 식 (2.2-1)에 따른다.

$$W = \frac{A}{B \cdot C \cdot D} \times E \times F \times G \quad (2.2-1)$$

식에서, W: 사용식물별 종자파종량(g/m²)

A: 발생기대본수(본/m²)

B: 사용종자의 발아율

C: 사용종자의 순도

D: 사용종자의 1g당 단위립수(립수/g)

E: 식생기반재 뽑아붙이기 두께에 따른 공법별 보정계수

F: 비탈입지조건에 따른 공법별 보정계수

G: 시공 시기의 보정률

(3) 파종량의 할증

- ① 비탈면의 토질과 기울기, 비탈면 방향, 토양산도와 같은 입지조건과 시공 시기, 식생기반재 뿔어붙이기의 두께와 같은 조건을 고려하여 결정한다.
- ② 비탈면의 기울기가 50°이상이거나 암반일 때의 할증기준은 10~30% 이상, 남서향일 때에도 할증기준은 10% 이상으로 한다.
- ③ 부적기 시공일 때의 할증기준은 초본류 10~30% 이상(7, 8월은 20%, 10, 11월은 30%), 목본류 30~50% 이상(7, 8월은 40%, 9~11월은 50%)으로 한다.

(4) 시공 시기

- ① 녹화식물의 발아와 생육에 가장 적합한 시기를 택한다. 이때 여름철의 집중호우에 의한 침식과 겨울철의 동해에 의한 피해를 받지 않고 근계가 형성될 수 있는 생육 기간이 확보되어야 한다.
- ② 목본류의 시공 적기는 3~5월을 기준으로 한다. 사용 종자의 휴면기작을 면밀하게 고려한다.
- ③ 자생초본류의 파종 적기는 4~6월을 기준으로 한다. 한지형 외래도입초종의 파종 적기는 KDS 34 40 25(4.2)를 따른다.

3. 재료

3.1 일반사항

- (1) 비탈면의 토질과 환경조건에 적응하여 생존할 수 있는 식물이어야 한다.
- (2) 주변 식생과 생태적·경관적으로 조화될 수 있어야 한다.
- (3) 초기에 정착시킨 식물이 비탈면의 자연식생 천이를 방해하지 않고 촉진시킬 수 있어야 한다.
- (4) 조기녹화용, 경관녹화용, 조기수림화용, 생태복원용과 같이 사용 목적이 뚜렷해야 한다.
- (5) 우수한 종자발아율과 폭넓은 생육 적응성을 갖추어야 한다.
- (6) 재래초본류는 내건성이 강하고, 뿌리발달이 좋으며, 지표면을 빠르게 덮는 것으로서 종자발아력이 우수한 것을 선정한다.
- (7) 외래도입 초본류는 발아율, 초기생육이 우수하고 초장이 짧으며, 국내환경에 적응성이 높은 것을 선정하되 도입비율을 최소화해야 한다.
- (8) 목본류는 내건성, 내열성, 내척박성, 내한성을 고루 갖춘 것이어야 하며, 종자파종 또는 묘목에 의한 조성이 쉽고, 가급적 빠른 생장률로 조기수림화가 가능한 것이어야 한다.

- (9) 생태복원용 목본류는 지역 고유수종을 사용해야 하고, 종자과중 혹은 묘목식재에 의한 조성이 가능해야 한다.
- (10) 멀칭재로는 부식이 되는 식물원료로 가공한 섬유류의 네트류, 매트류, 부직포, PVC 망과 같은 재료를 사용한다.
- (11) 멀칭재 선정 시 경제성과 보온성, 흡수성, 침식방지 효과 등을 고려하고, 종자 발아에 도움을 줄 수 있는지를 먼저 검토한다.

3.2 품질 및 성능시험

3.2.1 재료 품질기준

- (1) 재래초종 종자는 발아율 30% 이상, 순량률 50% 이상이어야 한다.
- (2) 외래도입초종은 최소 2년 이내에 채취된 종자로서 발아율 70% 이상, 순량률 95% 이상이어야 하며 되도록 사용을 억제해야 한다.
- (3) 목본류 종자는 발아율 20% 이상, 순량률 50% 이상이어야 한다.
- (4) 침식방지제, 다기능 합성고분자제와 같은 혼합제는 동·식물에 해가 없고, 식물종자의 발아와 생육에 악영향을 끼쳐서는 안 되며, 토양을 오염시키지 않고 지속성이 높으면서 취급이 쉬운 것이어야 한다.
- (5) 멀칭재들은 수년 내로 부식되어 토양에 유기물 공급원의 역할을 할 수 있어야 하며, 병원균이나 해충이 묻어있지 않아야 한다.
- (6) 비탈면 안정 녹화공사용 격자 틀과 같은 합성수지제품은 내부식성이 있고 변형 및 탈색이 되지 않으며 자연미가 나도록 제작된 것을 채택한다.
- (7) 격자 틀 및 블록 제품은 접합구가 일체식으로 연결될 수 있어야 하며, 녹화식물의 생육 최소 심도 이상의 토심이 확보될 수 있도록 설계한다.
- (8) 낙석방지철망은 내부식성이 있고, 낙석에 견딜 수 있는 강도를 갖춘 것을 채택한다.

3.2.2 성능중심 설계

(1) 성능 목표

- ① 훼손된 비탈면의 자연환경과 생태계를 복원하고 이용자들에게 안정감과 쾌적함을 제공하며, 주변 환경에 적합한 녹화공법으로 친환경적인 비탈면을 조성한다.
- 가. 비탈면의 침식방지 및 안정
- 나. 비탈면의 경관 향상
- 다. 주변 지역과의 조화
- 라. 종 다양성의 확보

② 일반적인 요구성능

요구성능을 설정하고 성능평가 및 항목별 성능 기준을 고려한다.

가. 요구성능 1: 목본식물 위주의 비탈면 녹화로 안정적이고 지속적인 식생균락을 유지한다.

나. 요구성능 2: 녹화공사 초기의 피복률을 높일 수 있는 식물 종 도입으로 비탈면의 조기 안정화를 도모한다.

다. 요구성능 3: 비탈면의 생육기반에 잘 적응할 수 있는 식물종을 도입한다.

라. 요구성능 4: 비탈면의 경관을 향상시킬 수 있는 초화류 및 화목류를 도입한다.

마. 요구성능 5: 주변 지역에 자생하는 목본식물이 우점종이 될 수 있는 종자배합 설계를 하고, 식생의 생육기반을 조성한다.

바. 요구성능 6: 향토 식물종자를 배합하여 식생경관이 주변 지역과 어울리도록 한다.

사. 요구성능 7: 초기 피복률을 높일 수 있는 초본류의 종류와 종자 배합량을 조정하여 어떠한 것에도 영향을 받지 않고 천이가 일어날 수 있도록 한다.

아. 요구성능 8: 천이가 쉽게 일어날 수 있도록 생육기반을 조성한다.

③ 요구성능

복원목표, 녹화지역의 구분, 비탈면 녹화공법 선정, 종자배합설계는 도로비탈면 녹화공사의 설계 및 시공 지침(국토해양부 2009.6.) 제2장 도로비탈면 녹화공사의 설계의 관련내용을 따른다.

4. 설계

4.1 초본류 식재

4.1.1 줄떼 붙이기

(1) 흙을 털지 않은 반 때를 수평 방향으로 줄로 붙여서 활착·녹화하는 공법으로 땅깍기 비탈에 주로 적용한다.

(2) 수직 높이 20~30 cm, 간격 및 수평 너비 10~15 cm 정도의 수평골을 파고, 줄 때를 한 줄로 수평으로 놓고 흙덮기한 후 다지도록 설계한다.

4.1.2 벚짚 거적덮기

(1) 비탈면 표면의 잡석을 제거하고 면정리를 한다.

(2) 종자 뿔어붙이기 공법을 시행 후 그 위에 벚짚으로 짠 거적을 비탈면 전체에 균일하게 덮는 공법과 식생 용지에 종자와 비료를 집착시킨 후 벚짚을 입힌 제품을 비탈면 전체에 덮는 공법, 골파기 후 종자를 메워 네트를 덮는 공법이 있다.

(3) 벚짚거적이 바람에 날리지 않도록 편으로 고정하도록 설계한다.

- (4) 벚짚거적을 시공할 때는 비탈면의 위에서 아래로 길게 세로로 깔면서 양단이 5 cm 이상 중첩되게 한다. 3~5년 후 부식된 거적이 바람에 날리지 않도록 비탈면에 2 m 간격마다 녹화끈(6mm)을 X자 형태로 고정하도록 설계한다.

4.1.3 평떼붙이기

- (1) 평떼는 흙을 털지 않은 것을 사용하며, 비탈면 물매가 1 : 1보다 완만한 깎기·쌓기 비탈면에 적용한다.
- (2) 줄눈의 간격은 2 cm 이내로 하고 흙으로 채운다. 떼를 붙인 후에는 20 cm 이상의 떼 꽃이로 고정한다.

4.1.4 새심기

- (1) 새심기는 다른 비탈녹화공사의 보완수단으로 계획한다.
- (2) 주로 경질토 구간이나 자갈이 많은 불규칙한 비탈녹화에 부분녹화용으로 설계한다.
- (3) 새, 솔새, 개솔새, 억새, 기름새와 같은 새류를 활용한다.
- (4) 점심기는 포기 간격 20~30 cm 정도로 하고, 줄심기는 줄 간격 20~30 cm 정도로 한다. 흙어심기는 20~30 cm 간격으로 서로 어긋나게 한다.

4.2 수목류 식재

4.2.1 차폐수벽공법(차폐나무울타리공법)

- (1) 주로 암반 비탈이나 채석장 또는 절개지 비탈과 같은 훼손지의 비탈 모습을 도로 또는 주택과 같은 조망점에서 직접 보이지 않게 하려고 비탈의 앞쪽에 나무를 2~3열로 심어 수벽을 조성하기 위하여 계획한다.
- (2) 비탈면, 옹벽, 석축과 같은 수직면의 불량 경관지 하단에 객토하고 교목을 배식한다.
- (3) 수벽을 3열로 조성할 때는 중앙에 활엽교목을 1열로 심고, 그 앞뒤에 침엽수 또는 관목으로 배식하거나, 또는 중앙에 교목을 2열로 열식하고 앞이나 혹은 뒤에 관목을 배식한다.

4.2.2 소단상 객토식수공법

- (1) 암석을 채굴하고 깎아낸 대규모 암반비탈의 소단위에 객토와 시비를 한 후, 녹화용 묘목을 심어 수평선상으로 녹화하도록 설계한다.
- (2) 소단은 나무를 심고 자랄 수 있는 너비를 가져야 하며, 소단상 객토는 깊이 0.3m 이상, 너비 1.0 m 이상을 표준으로 한다.

- (3) 소단 상 객토 부분은 가급적 넓고 두꺼운 토양층으로 설치한다. 객토가 유실 될 우려가 있을 경우에는 철사돌망태로 소단 앞에 흙막이 독을 설치하여 그 뒤의 객토가 충분히 유지되도록 한다.
- (4) 객토는 시공현장 부근에서 채취한 곁흙이나 표토제거작업으로 쌓아둬 두었던 표토를 사용하도록 설계한다.

4.2.3 식생상 심기

- (1) 식생상은 주로 암석을 채굴하고 깎아낸, 비교적 요철이 많은 암비탈의 점적 또는 짧은 선적인 식생녹화와 식생상(植生箱)의 특수한 경관효과를 목적으로 설계한다.
- (2) 식생상의 크기는 시공 장소, 시공여건 및 시공재료에 따라 다르지만, 안쪽 길이 0.8~1.0 m, 안쪽 너비 0.5~0.6 m를 표준으로 하며, 견고하게 제작되도록 설계한다.
- (3) 자연스럽게 보이도록 만들어야 하며, 덩굴식물을 혼합 식재하여 식생상이 회복되도록 유도한다.

4.2.4 새집 공법

- (1) 암석을 채굴하고 깎아낸 비교적 요철이 많은 암절개면에 점적인 식생녹화를 목적으로 적용한다.
- (2) 크기는 시공장소 및 여건에 따라 다르지만, 윗길이 2~3 m, 중앙부 너비 0.6~1.0 m를 표준으로 설계한다.
- (3) 암반 비탈의 요(凹)부를 선정하여 터파기, 터 다듬기를 하고, 주위의 깎잡석으로 제비집 모양을 구축한 후 그 안에 객토하도록 설계한다.
- (4) 관목류와 침엽수·활엽수 혼효식재를 고려한다.

4.3 종자 뿔어붙이기

4.3.1 일반사항

- (1) 종자배합
 - ① 초본 종자만을 사용하는 경우와 목본 종자와 초본 종자를 혼합하는 경우, 목본 종자만을 사용하는 각각의 경우에 각기 다른 종자배합기준을 적용한다.
 - ② 국내 재래식물로 녹화한 비탈면은 피복·보호 효과의 영속성이 높으나 재래식물은 대개 발아와 초기 생육이 늦어 조성초기에 비탈면의 피복·보호 효과가 낮을 수 있으므로 시험시공과 같은 방법을 통해 발아율과 생육효과가 높은 종을 선별한다.
 - ③ 초본류만을 사용하면 근계층이 얕으므로 비탈면이 박리(剝離)되기 쉬우므로 현장여건이 가능하다면 목본류와 섞어 뿌린다.

- ④ 목본류는 발아하여도 초본류에 경쟁에서 지게 되어 초기에 고사하는 예가 많으므로, 목본류와 초본류를 섞어 뿌릴 경우에는 파종량과 종자배합에 대하여 충분히 고려한다.

(2) 파종량

- ① 파종량은 식물의 발생기대본수에 의해 결정되 파종지의 여건과 적용공법의 특성, 종자배합과 같은 요소들을 고려하여 정하며 필요 시 KDS 34 70 30(2.2.3)에 따른다.
- ② 한 종류의 발생기대본수는 가급적 총 발생기대본수의 10% 이하로 내려가지 않도록 한다. 이 이하가 되는 식물은 원활한 생육을 기대할 수 없다.
- ③ 목본과 초본을 혼합할 때는 경제성과 조성초기에 초본류와의 경쟁에서 지게 되는 것을 고려하되, 1년이 지난 후에 목본류가 지나치게 밀생되지 않도록 한다.

(3) 파종 시기

- ① 사용 식생의 종자 발아에 필요한 온도, 수분이 적당한 범위 내에서 정하되 가능한 한 봄철로 한다.
- ② 식물 종자의 발아 및 생육 적온은 식물에 따라 다르다는 것을 충분히 배려한다.
- ③ 봄철 이외의 파종 시기에서는 종자배합과 파종량을 달리 한다.

4.3.2 종자 분사파종

- (1) 비탈 기울기가 급하고 토양조건이 열악한 급경사지에 기계와 기구를 사용해서 종자를 파종하는 공법으로, 한랭도가 적고 토양 조건이 어느 정도 양호한 비탈면에 한하여 적용한다.
- (2) 노동력이 절감되고 대면적을 단기간에 시공할 수 있지만 소면적에는 적합하지 못하다. 균열과 절리가 많고,凹凸이 많은 비탈에서는 틈 속에 종자가 발아하게 되므로 효과적이다.
- (3) 염화비닐 용액이나 우레탄계 수용성 수지와 같은 무색 침식방지용 양생제를 사용해서, 강우에 의한 종자유실과 비탈면 침식을 막아주도록 한다.
- (4) 섬유류는 물 4 l에 대해서 250 g/m²를 사용하는 것을 표준으로 한다.
- (5) 발생기대본수는 초본 위주만의 군락에서는 1,000~2,000 본/m²과 목본·초본 혼합 군락에서는 800~1,500 본/m²을 표준으로 한다. 단, 토질과 경사도, 시공시기와 같은 요인들을 고려하여 파종량을 바로 잡는다.

4.3.3 네트+종자 분사파종

- (1) 비탈 침식 방지망을 사용하여 침식방지, 발아촉진 및 활착을 도모한다.
- (2) 시공이 간편하여 단기간에 많은 면적을 녹화하는 데 적합하다. 피복 재료인 네트나 메시는 자체가 썩어서 섬유질 비료 역할을 해주어 식물의 발아 및 생장을 원활하게 할 수 있어야 한다.
- (3) 일반토사와 기울기가 완만한 경질토사가 대상지로 적합하다.

- (4) 롤 상태의 코어네트나 쥬트네트를 자연스럽게 펼쳐 사용하고, 인접한 부분은 20 cm 정도 겹치게 하여 고정 말뚝으로 고정하도록 설계한다.
- (5) 확찰률을 비롯하여 여러 현장여건 상 필요하다면 2회에 걸친 종자 뿔어붙이기를 계획한다.
- (6) 벗짚 거적은 야생초류와 목본류를 과중하여 유실이 심한 비탈면 지역을 장기적으로 안정되게 보호하면서 녹화를 달성하고자 할 때 사용한다.

4.4 식생기반재 뿔어붙이기

4.4.1 일반사항

(1) 공법과 사용재료

- ① 식생기반재는 두꺼운 층 뿔어붙이기 및 2층 뿔어붙이기 방식으로 비탈면에 부착시킨다.
- ② 식생기반재 뿔어붙이기는 건식과 습식으로 구분한다.
 - 가. 건식 식생기반재 뿔어붙이기 : 식생기반재, 토양개량재, 비료 및 종자를 압축공기를 이용하여 분사식으로 뿔어붙이는 공법이다. 강력한 침식방지제를 사용하여 두껍게 뿔어붙이기하는 데 적용한다.
 - 나. 습식 식생기반재 뿔어붙이기 : 식생기반재, 토양개량재, 비료와 종자를 압력수를 사용하여 분사식으로 뿔어 붙인다.
- ③ 요철이 심한 암반 비탈면에는 식생 자루나 식생상과 같은 공법으로 목본류를 조성하고, 식생기반재 뿔어 붙이기로 초본식물을 조성하여 자연스러운 경관을 조성한다. 급경사(1 : 0.5 이상)암반으로서 균열과 굴곡이 없을 때는 전면녹화보다는 부분녹화로 암반비탈을 녹화하는 것을 검토한다.
- ④ 암반비탈에 굴곡이 없거나 낙석위험이 있을 때는 식생기반재가 견고하게 부착되도록 철사망(부착망), 앵커핀(고정핀), 고정 와이어로프(또는 철선)와 같은 부재료를 사용한다.
- ⑤ 철사망은 한국산업표준 제품으로서 PVC 코팅이 되어 있는 것 또는 알루미늄 망을 채용한다.
- ⑥ 사용되는 재료는 동·식물에 해가 없고 토양·수계를 오염시키지 않아야 하며, 사면의 구조에 악영향을 미치지 않아야 한다.

(2) 구성 및 조제

- ① 암반노출비탈면녹화용 식생기반재는 토사 및 유기질계의 녹화기반재와 종자, 침식방지제, 비료로 구성하며 유기물 함량이 건물중당 중량비로 4% 이상이고, 식물생육에 적정한 토양 경도를 유지하면서 60% 이상의 공극률을 유지할 수 있어야 한다.
- ② 자원 재활용에 의한 오니를 토양개량재로 이용할 경우 유효질소는 약 30% 이내로 조정한다.
- ③ 녹화기반재는 각종 유기질계 토양개량재 및 무기질계 토양개량재를 혼합하여 조제한다.
- ④ 유기질계 토양개량재로는 동식물질계로 피트모스, 바크퇴비, 오니비료, 이탄과 같이 물리성, 화학성 개량 자재와 토양의 입단화를 촉진하고 통기성, 배수성과 수분 보수력을 개량할 목적으로 사용하는 다기능 고분자계 자재를 사용한다.

- ⑤ 무기질계 토양개량재로는 광물질계인 펄라이트, 버미큘라이트, 벤토나이트와 같은 다공질 경량자재를 사용한다.
- ⑥ 인산질 비료, 석회질 비료와 같은 비료를 활용하여 식생기반재의 화학성을 개량한다.

(3) 식생기반재의 부착두께

- ① 식생기반재 뽐어붙이기의 두께는 경사도, 암의 종류, 현장조건과 같은 요소들을 고려하여 결정한다.
- ② 식물 생육이 불가능한 건조하고 척박한 지역, 자연식생의 활착이 어려운 풍화암 지역, 암절개지가 많고 주로 연암 이상으로 구성된 지역, 경암 및 보통암이지만 균열이 많고 1 : 0.5 이하인 완경사인 경우에는 식생기반재 뽐어붙이기 두께는 3~10 cm에서 정하며 녹화공법별로 따로 정한다.
- ③ 급경사(1 : 0.3 이내) 경암지역에서는 식생기반재 뽐어붙이기 두께를 7~15 cm로 하되 녹화공법별로 따로 정한다.
- ④ 비탈면 원지반의 토양산도가 pH 9.0 이상이거나 pH 4.0 이하일 때에는 시공 두께를 20%까지 할증한다.

(4) 종자 선정

- ① 종자의 선정은 녹화복원 목표에 적합하여야 하며, 가능한 외래 종자를 피하고 재래 종자 또는 토착화가 진행된 외래 종자를 사용하고, 부득이한 경우에는 외래 종자와 재래 종자를 적정비율로 혼합하되 서로 경합하거나 경쟁에서 지지 않는 종자배합으로 한다.
- ② 외래도입초종: 일반적으로 외래도입초종들은 급속 녹화, 침식방지에 적합하지만 비탈토양으로부터 양분이 충분히 공급되면 초장이 지나치게 길게 성장하고 이들만으로 비탈면이 우점되어 2차식생의 침입을 억제한다. 여름철에는 하고 현상으로 황변하며, 병충해에 약한 단점이 있으므로 외래도입초종만의 종자배합은 지양한다.
- ③ 재래초종: 시공시기가 적합하면 외래도입초종 만큼의 조기녹화효과를 보여준다. 그러나 시공시기의 제약을 많이 받고, 초기 생장이 다소 느리므로 필요시 외래도입초종과 혼파, 설계할 수 있으나 재래초종의 비율을 되도록 높게 설정한다.
- ④ 목본식물
 - 가. 자연환경 보전을 중시하는 곳에서는 목본식물, 특히 자연의 식생 천이 계열에 출현하는 수종을 도입한다. 황폐지에 적합한 콩과식물, 자귀나무, 싸리류, 오리나무류와 같은 비료목들을 선구식물로 활용한다.
 - 나. 목본식물을 종자파종의 방법으로 조성하기 위해서는 초본류의 혼합비율을 최대한 줄이고 시공 직후 침식방지가 가능한 공법을 적용한다.
 - 다. 목본식물을 식재와 삼목과 같은 방법으로 직접 도입하는 방안도 검토한다.
 - 라. 비료 성분 중 질소를 적게 하고, 인산을 늘리면 목본식물의 성립에 효과적일 수 있다.
- ⑤ 야생화: 녹화용 식물로 관상성이 높은 꽃을 가진 숙근형의 야생화를 기본으로 사용하되 일년초와 다년초 및 개화기를 고려하여 배합하고 우리나라 자생식물의 사용을 권장한다.

4.4.2 두꺼운 식생기반

- (1) 두꺼운 식생기반은 건식 공법으로 부착되는 것이 일반적이고, 녹화가 어려운 매끈한 암반절개지의 녹화에 적용한다.
- (2) 조성지역의 선정과 식물배합의 선정 시 주변산림과의 경관적인 조화를 최우선으로 고려한다.
- (3) 피복두께는 현황조사를 면밀하게 한 후에 설계한다. 취부 두께는 설계도에 명시한다.
- (4) 부착망은 식생기반재층의 중간부에 위치하도록 설계한다. 망이 겹치는 부위는 벌어지지 않도록 철선 및 앵커핀으로 고정되도록 설계한다.
- (5) 철선은 취부 두께 15 cm의 경우 가로, 세로 1.5 m 간격으로, 취부 두께 10 cm의 경우 가로 1.5 m, 세로 3.0 m 간격으로 설치하며, 가로 철선과 세로 철선이 만나는 부위마다 주 앵커핀으로 고정하고, 보조 앵커핀은 1 m² 마다 1개소씩 설치하도록 설계한다.
- (6) 초본류 위주의 식생배합에서는 식생기반재 부착 후 2개월 이내에 발아율이 65% 이상이어야 한다. 목본류 위주의 배합에서는 품질 판정 기준을 따로 정한다.

4.4.3 2층 식생 기반

- (1) 2층 식생 기반은 습식 공법으로 뽑아 붙이는데 식생 기반 층과 종자 층을 구별하여 조성하며, 자생 목본류와 초본류를 사용하여 굴곡과 틈이 많은 암반 비탈면이나 경질토사를 녹화하는데 적용한다.
- (2) 비탈면 토질별, 부위별로 식생배합을 달리하는 설계를 하여 주변경관과의 조화를 도모하는 자연식물 군락으로의 복원을 목적으로 시공되어야 한다.
- (3) 식생기반재와 종자 층의 부착두께는 비탈면 전체의 상황을 파악하여 결정하되 생육 조건이 나쁜 곳에서는 두텁게, 양호한 곳에서는 얇게 하여 전체적으로 균일한 식생녹화가 이루어지도록 설계한다.

4.5 기타 공법

4.5.1 식생 매트공법

- (1) 각종 재료로 제작된 매트를 이용하여 비탈면의 침식과 토사유출을 방지하고 녹화하기 위한 공법이다. 흩날기비탈면과 같이 침식 발생이 많이 예상되는 대상지를 빠르게 녹화하고자 할 경우에 적용한다.
- (2) 녹화용 매트는 입체적인 엽힘 구조가 성장한 식물의 뿌리를 확실하게 고정해, 빗물이나 바람과 같은 기후요소에 의한 유실 방지는 물론 식물의 성장을 부드럽게 촉진시키며, 식물의 뿌리 보호, 쉬운 작업성, 내구성이 확보될 수 있도록 설계한다.
- (3) 녹화용 매트 간에는 비탈면이 불규칙하고 요철이 많은 경우 3~5 cm 정도가 겹치도록 설계한다.

4.5.2 식생구멍심기

- (1) 식생구멍심기공법은 비탈면에 일정한 간격으로 구멍을 파고, 종자, 비료, 흙을 섞은 종비토를 구멍에 충전하는 공법이다.
- (2) 구멍의 밑바닥에 고형비료를 넣고 다시 그 위에 비료와 첨가제를 혼합한 흙을 채워 넣은 후 구멍의 상부에 종자를 넣고 흙덮기하여 녹화하는 설계도 가능하다.
- (3) 구멍은 지름 6~10 cm, 깊이 15 cm, 가로 간격 20~25 cm, 세로 간격 25~35 cm(표준은 28 cm)로 조성하고, 1 m²당 15~20개(표준은 18개)의 구멍을 배치하도록 설계한다.
- (4) 완료성 고형비료를 구멍에 채워 넣으면 거름효과가 지속될 수 있어 효과적이다.

4.5.3 식생자루심기

- (1) 망대에 파종물을 담아 놓으므로 종자와 비료의 유실이 적고, 또한 유연성이 있어서 지반에 밀착하기가 쉽다.
- (2) 종자, 비료, 흙을 혼합해서 망대(자루)에 채운 식생자루를 비탈에 판 수평구에 배치한다.
- (3) 현장에서 혼합 재료를 망대에 채워 사용하거나 공장에서 제조된 기성제품을 사용한다.
- (4) 자루(대)는 폴리에틸렌과 목면, 데비론제와 같은 한랭사를 사용할 수 있고, 망목은 2.5 mm 정도가 되어야 한다. 한랭사 제품의 부식 기간은 1~6개월이고, 규격은 보통 크기가 길이 30 cm, 너비 12 cm, 두께 12 cm이다.
- (5) 겨울철 시공과 급경사지에 적용할 때는 어느 정도 내구성이 높은 자루를 사용하도록 설계한다.
- (6) 고정용 꽃이는 경질 염화비닐제 또는 U형철선(길이 25 cm)의 꽃이로 1대에 1~2본 사용한다. 또한 맹아력이나 발근력이 좋은 목본류의 가지를 삼목꽃이로 사용해도 좋다. 식생자루의 간격은 높이 0.5 m로 설치하도록 설계한다.

4.6 유지관리

- (1) 이상 기상과 병충해에 대한 소독, 방충과 같은 유지관리방안을 마련한다.
- (2) 녹화복원목표에 적합한 비탈면 유지관리계획으로 녹화식물을 강화하기 위한 보완식재, 웃거름 하는 방안, 식물의 생육을 활성화하기 위한 웃거름, 물을 뿌리는 방안, 종간 경쟁을 고려한 특정 식물의 밀도조절 방안, 원하지 않는 침입종과 외래종에 대한 제초 및 제거방안을 제시한다.

집필위원	분야	성명	소속	직급
	조경	이재욱	(주)천일	상무
	연구책임	이상석	서울시립대학교	교수
	총괄	유주은	강릉원주대학교	겸임교수
		박선영	서울시립대학교 도시과학대학원	

자문위원	분야	성명	소속
	조경	이민우	공주대학교

건설기준위원회	분야	성명	소속
	조경	변영철	한국수자원공사
		박유정	삼성물산
		신경준	(주)장원조경
		김영옥	(주)유신
		이재욱	(사)한국조경학회
		조운호	중앙대학교
		이형숙	가천대학교
		진승범	이우환경디자인(주)
		박미애	
		최병순	(주)대창조경건설
		조성원	한국토지주택공사
		신지훈	단국대학교
		신경준	(주)장원조경

중앙건설기술심의위원회	성명	소속
	김계숙	(주)케이엔지니어링
	이원아	모자익
	윤은주	한국토지주택공사
	변금옥	(주)도화엔지니어링
	채선엽	동부엔지니어링
	박유정	삼성물산
	김태연	(주)대우건설

국토교통부	성명	소속	직책
	김수상	국토교통부 녹색도시과	과장
	신재원	국토교통부 녹색도시과	사무관
	신현호	국토교통부 녹색도시과	사무관

설계기준

KDS 34 70 30 : 2016

비탈면 녹화 및 조경

2016년 6월 30일 발행

국토교통부

관련단체 한국조경학회

06130 서울 강남구 역삼동 635-4 과학기술회관 신관 1007호

☎ 02-565-2055 E-mail : kila96@chol.com

<http://www.kila.or.kr/>

국가건설기준센터

10223 경기도 고양시 일산서구 고양대로 283(대화동)

☎ 031-910-0444 E-mail : kcsc@kict.re.kr

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