

발 간 등 록 번 호

11-1611000-000503-01

도로비탈면 녹화공사의 설계 및 시공 지침

2009. 6.



머 리 말

지구온난화로 인한 기후변화 문제가 심각해지면서 세계적으로 환경에 대한 관심이 증대되고, 선진국을 중심으로 온실가스 배출을 규제하는 추세입니다. 우리나라도 급속한 경제성장과 더불어 환경에 대한 국민의 관심이 증대하고 있으며, 이에 따라 자연과 인간에 좋은 친환경 도로건설정책을 지속적으로 추진하고 있습니다.

도로비탈면 분야에도 생태계 복원, 생물종 다양성 확보 등 환경 요구가 증대하고 녹화기술의 발전으로 다양한 녹화공법이 현장에 적용되고 있으나, 비탈면 녹화에 대하여 기후나 토질, 지역 실정에 적합한 기준이 없고 업체 간의 가격 경쟁이 심화되어 외래초종 위주로 조기 녹화함으로써 녹화식물이 빠르게 쇠퇴하거나 주변경관과 조화되지 못하는 문제점이 있었습니다.

국토해양부에서는 2005년에 「비탈면 녹화 설계 및 시공 잠정 지침」을 제정하여 고속도로와 일반국도 건설공사에 시범으로 적용하고, 그 결과를 분석하여 이번에 「도로비탈면 녹화공사의 설계 및 시공지침」을 제정하게 되었습니다.

본 지침은 친환경적인 복원녹화를 위해 국토생태축과 자연생태계의 특성에 맞는 복원목표를 설정하고, 현장에서 시험시공을 통해 토질과 기후에 적합한 녹화식물과 녹화공법을 시공하게 하여 자연친화적이고 자생적이며 아름다운 비탈면 복원이 이루어질 수 있도록 하였습니다.

또한 생태적으로 양호한 비탈면을 조성하는 환경 친화적인 도로건설 지침으로 활용되어 녹화식물에 의한 자연생태계 교란 위험을 줄이면서 주변과 조화되는 식생경관을 조성하여 운전자에게 편안한 주행을 유도하고 온실가스를 저감시켜 환경친화적인 도로건설의 정착 및 녹색 성장에 기여할 것으로 기대됩니다.

이번 지침 제정 작업을 통해 도로비탈면 녹화기술을 한 단계 더 발전시키고자 많은 노력을 하였으며, 향후에도 개선이 필요한 부분에 대해서는 지속적으로 보완해 나갈 계획이니 건설기술자 여러분의 많은 관심과 참여를 부탁드립니다.

끝으로, 제정 작업에 참여하신 한국환경복원녹화기술학회, 한국건설기술연구원의 집필진과 자문위원, 국토해양부 관계공무원의 노고에 마음깊이 감사드립니다.

2009년 6월

국토해양부 도로정책관 이재홍

이 재홍

목 차

제 1 장 총 칙	1
1.1 목 적	1
1.2 적용범위	2
1.3 경과 규정	3
1.4 비탈면 녹화공사 업무 흐름도	4
1.5 용어의 정의	5
제 2장 도로비탈면 녹화공사의 설계	20
2.1 설계 순서	20
2.2 복원목표	21
2.3 녹화지역의 구분	22
2.4 생태자연도 등급별 비탈면 복원목표 적용	24
2.5 녹화설계 일반사항	27
2.6 비탈면 녹화공법 선정	29
2.7 종자배합설계	31
2.8 도면 작성 및 수량산출	40
2.9 시험시공 및 모니터링 비용 산정	43
제 3 장 도로비탈면 녹화공사의 시험시공	44
3.1 일반사항	44
3.2 재료	45
3.3 시험시공 절차	47
3.4 시험시공 단계별 업무분장	48
3.5 시험시공계획 수립 및 방법	49
3.6 시험시공결과 평가	51
제 4 장 도로비탈면 녹화공사의 시공	58
4.1 시공계획	58
4.2 재료	58

4.3 시공	59
4.4 녹화식생의 평가	60
제 5 장 도로 비탈면 녹화공사의 유지관리	61
5.1 일반사항	61
5.2 유지관리	62
참고자료	
참고1 공사특별시방서(도로비탈면 녹화공사편)	67
참고2 도로비탈면 파종 녹화용 주요 재료	99
참고3 비탈면녹화용 식물도감	111

제 1 장 총 칙

1.1 목 적

본 지침은 각종 도로건설공사 등으로 발생된 비탈면의 자연경관과 생태계를 복원하고, 도로 이용자들에게 안정감과 쾌적함을 제공하며, 주변 생태환경에 적합한 환경친화적인 비탈면 녹화공법 설계 및 시공에 관한 사항을 정함을 목적으로 한다.

[해 설]

우리나라의 비탈면 녹화공사는 아직까지 우리 실정에 적합한 설계 및 시공에 관한 기준이 없어 조기녹화에만 급급하고 외래초종(양잔디류)위주로 시공하고 있다. 훼손된 비탈면의 생태환경에 대한 분석없이 무분별하게 녹화공법을 적용함으로써 녹화식물이 대부분 2~3년 이내에 고사되어 비탈면이 재 황폐화되는 등의 문제점이 나타나고 있다.

비탈면 녹화용 외래초종(양잔디류)은 주변 생태계로 확산될 가능성이 있고, 너무 우점하면 주변식생의 자연 침입을 방해하며, 우리나라 기후에 맞지 않으면 수 년 내에 자연 도태되는 특성이 있으므로 사용에 주의가 필요하다.

앞으로 자연환경을 고려한 복원목표에 적합한 녹화공법의 설계와 시공을 유도하기 위해 일차적으로 토질분석에 의한 비탈면 안정 검토가 이루어진 상태에서 비탈면의 토질(암질)과 지역 기후와 생태적 여건 등을 종합적으로 고려하고, 주변에서 생육하고 있는 자생종(재래종) 등을 적극 활용이 필요한 실정이다. 외래초종(양잔디류) 위주의 녹화방법에서 과감히 탈피하기 위해 국내 실정에 맞는 「도로비탈면 녹화공사의 설계 및 시공 지침」을 마련하게 되었다.

본 지침은 도로건설공사로 인해 훼손된 비탈면의 안정성을 확보하고, 주변 자연환경을 고려하며, 미관과 경관을 향상시키고, 지속적으로 안정

된 식생을 조성하며, 이산화탄소 저감에 유리한 식생구조를 갖도록 하는데 목적을 둔다. 이를 위해 주변 자연환경과 토질에 적합한 녹화공법 및 식물과 식생기반재 선정에 관한 비탈면 녹화설계 방법을 제시하며, 시공 전 검증절차(시험시공)를 거치도록 함으로써 부실시공을 방지하여 비탈면 자연생태복원 및 녹화공사의 품질향상을 유도하는데 기여토록 한다.

아울러 본 지침은 생태적으로 양호한 비탈면을 조성하는 지침으로 활용되어 녹화식물에 의한 자연생태계 교란 위험을 줄이면서 주변과 조화되는 식생경관을 조성하여 운전자에게 편안한 주행을 유도하고 환경친화적인 도로건설의 정착 및 발전에 기여할 것으로 기대된다.

1.2 적용범위

본 지침은 도로건설공사로 인해 발생하여 구조적으로 안정된 비탈면 중 녹화에 의한 표면보호와 경관복원이 필요한 비탈면의 자연생태복원 및 녹화사업에 적용한다. 적용대상은 고속도로, 일반국도, 국도대체우회도로, 국가지원지방도로 한다.

[해설]

- (1) 본 지침은 안정 해석에 의해 비탈면 안정공사를 완료한 구간에 대하여 녹화공사를 시행하기 위하여 정한 일반적인 기준이다. 별도관리지역¹⁾은 자연생태복원전문가의 자문을 통해 비탈면의 자연경관복원에 적합한 녹화공법들을 다르게 적용할 수 있다.
- (2) 긴급복구 공사, 도로유지보수사업은 본 지침을 적용하지 않을 수 있다.
- (3) 비탈면 녹화공사가 소규모인 경우 발주자는 전문가²⁾와 협의하여 지침의 적용여부를 결정한다.

^{주1)} 별도관리지역은 국토핵심생태녹지축지역과 다른 법률의 규정에 의하여 보전되는 지역중 역사적·문화적·경관적 가치가 있는 지역이거나 도시의 녹지보전 등을 위하여 특별히 관리하고 있는 지역을 말한다.

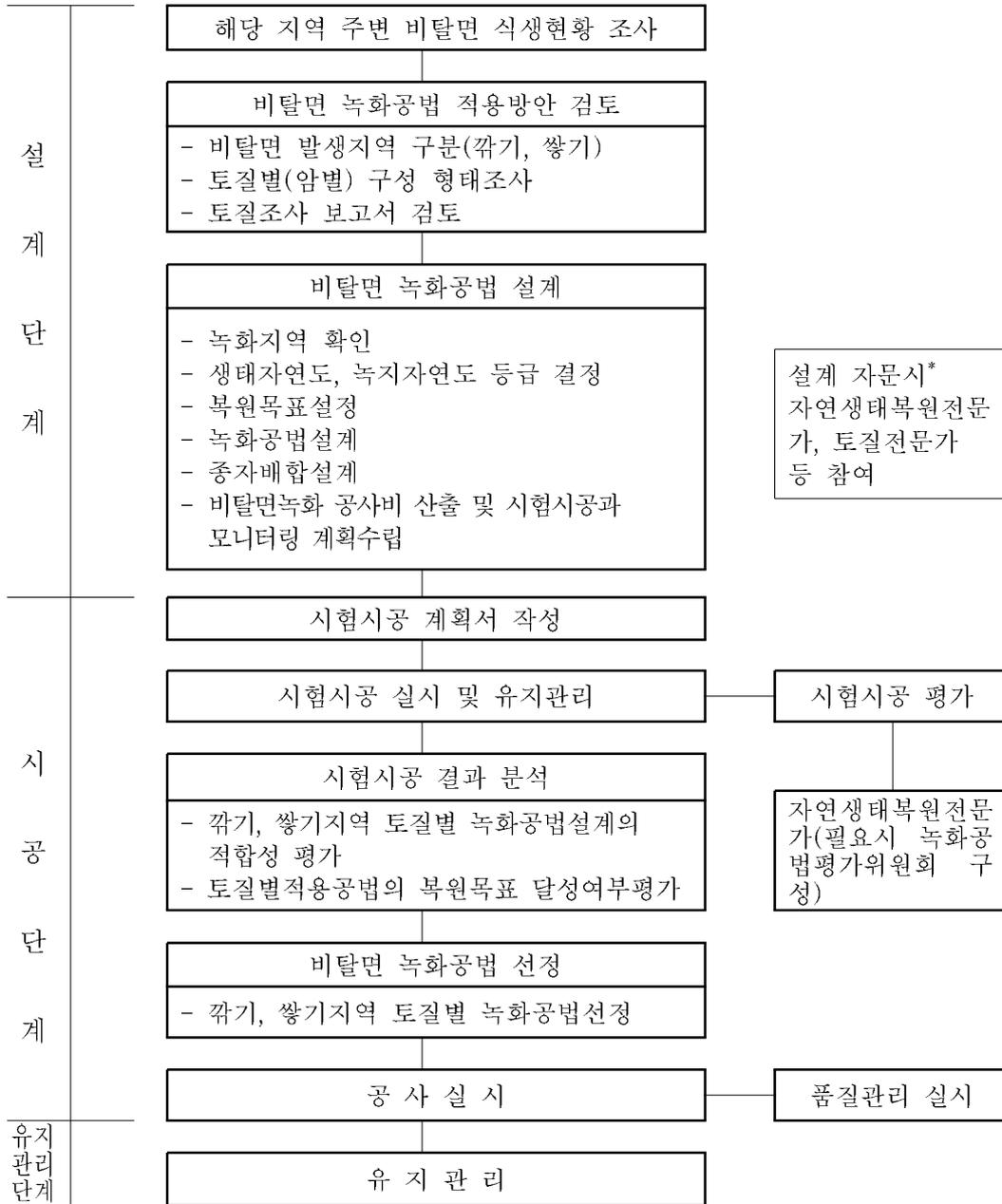
^{주2)} 전문가는 자연생태복원전문가와 토질분야 전문가를 말한다.

- (4) 비탈면 구간이 불안정한 비탈면에 대하여, 토질분야 전문가의 자문을 거쳐, 식생에 의한 녹화공법의 적용이 필요한 경우에는 본 지침을 적용할 수 있다.

1.3 경과 규정

1. 본 지침은 '09. 7. 1부터 시행한다.
2. 시행일에 비탈면 녹화 설계 및 시공 잠정지침은 폐지한다.
3. 본 지침의 시행 당시 「비탈면 녹화 설계 및 시공 잠정지침」에 의해 설계가 완료되어 도로건설사업을 시행 중이거나 시행 계획에 있는 사업은 잠정지침을 적용한다, 단 발주자는 현장 여건을 고려하여 본 지침의 규정을 적용할 수 있다.

1.4 도로비탈면 녹화공사 업무 흐름도



<그림 1.1> 비탈면 녹화공사 업무 흐름도

* 설계자문에서 녹화지역과 생태자연도, 녹지자연도 등급, 복원목표, 녹화공법, 종자배합설계 및 공사비 등 비탈면 녹화 설계내용의 적정성을 검토한다.

1.5 용어의 정의

본 지침에서 사용되는 비탈면 녹화와 관련된 설계단계, 시공단계, 유지관리단계별 주요 용어들에 대한 정의는 다음과 같다.

1.5.1 비탈면녹화의 설계단계 관련용어

(1) 관목

줄기와 수관(樹冠)의 구별이 명백하지 못하고 대체로 키가 낮은 나무(4m 이하 나무)를 말한다.

(2) 개척양수

선구성 식물로서 비교적 다량의 햇빛을 요구하는 수종을 말한다.

(3) 견질토사

견고한 모래, 진흙이나 점토로서 팽이나 곡팽이를 사용할 정도의 토질(체중을 이용하여 2~3회 동작을 요할 정도)을 말한다.

(4) 교목

한 개의 주간(主幹)을 가지고 있고 키가 큰 나무를 말한다.

(5) 극성상 산림

천이단계에서 최고로 높은 단계의 산림을 말한다.

(6) 기초식재용

자연환경의 조성에 기초가 되는 식물을 말한다.

(7) 난지형초종

여름철이 생육 적온기인 초종을 말하며, 한국잔디, 버뮤다그래스, 위핑러브그래스(weeping lovegrass) 등이 있다. 위핑러브그래스(weeping lovegrass)는 척박지에서 생육이 왕성하지만 종자의 크기가 작고 가볍기 때문에 주변으로 확산하기 용이하여 주변 생태계에 미치는 영향이 클 수 있다.

(7) 내음성수종

식물이 교목 등의 아래 그늘에서 생육을 잘하는 식물 종류를 말한다. 지피류, 관목류, 소교목류에서 많으며, 낮은 광량에서 잘 자라는 식물을 총칭한다.

(9) 녹지자연도

녹지자연도는 인간에 의한 인위적 개변상황을 파악하기 위하여, 식물군락의 종 조성을 기반으로 녹지성과 자연성을 고려하여, 육지지역을 10개 등급으로 나누어서 표시하는 지표이다.

<표 1.1> 자연녹지관리의 기본방향

구 분	녹지자연도	대 표 지 역	관 리 방 침	국토대비
보전지역	8-10등급	장령림, 원시림, 고산초원	보전위주관리	13.3%
완충지역	4-7등급	잔디, 갈대조림 등의 초원, 조림지, 유령림	개발과 보전의 조화	53.0%
개발지역	1-3등급	시가지 농경지	개발이용	33.7%

<표 1.2> 녹지자연도 등급의 산정기준

권역	지역	등급	명 칭	내 용
육지권	개발지역	1	시가지 조성지	녹지식생이 거의 존재하지 않는 지구(해안, 염전, 암석 나출지 및 해안사구)
		2	경작지	논 또는 밭 등의 경작지구
		3	과수원	경작지나 과수원, 묘포장과 같이 비교적 녹지식생분량이 우세한 지구
	완충지역 (반자연지역)	4	이차초원 (A)	잔디군락이나 인공초지(목장)등과 같이 비교적 식생의 키가 낮은 1차적으로 형성된 초원지구
		5	이차초원 (B)	갈대, 조릿대군락 등과 같이 비교적 식생의 키가 높은 이차적으로 형성된 초원지구
		6	조림지	각종 활엽수 또는 침엽수의 식재림지구(조림지구)로 수원사시나무, 낙엽송, 잣나무 등의 군락지
		7	이차림(A)	일반적으로 이차림이라 언급되는 식생지구(자연군락이 인간의 영향에 의해 성립되었거나 유지되고 있는 군락, 즉 천이 과정의 서어나무, 상수리나무, 졸참나무군락) 등 유령림 약 20년생까지
	보존지역 (자연지역)	8	이차림(B)	원시림 또는 자연식생에 가까운 이차림 지구 신갈나무, 물참나무, 가시나무 맹아림(벌채 후 줄기아랫부분에 싹이 터 시간이 경과함에 따라 형성된 숲) 등: 소위 장령림, 약 20-50년생
		9	자연림	다층의 식생사회를 형성하는 천이의 마지막에 이르는 극상림 지구, 가문비나무, 잣나무, 분비나무 등의 고령림. 약 50년생 이상
		10	고산자연초원	자연식생으로서 고산성 단층의 식생사회를 형성하는 지구, 지리산 세석평전 등 고산지대의 초원지구

(10) 리핑암

불도저에 장착된 리퍼(Ripper)에 의한 굴착이 가능한 암질을 말한다.

(11) 밀원식물(蜜源植物)

벌이 꿀을 빨아 오는 원천이 되는 식물(아까시나무, 자운영 등)을 말한다.

(12) 발파암

불도저에 장착된 리퍼(Ripper)에 의한 굴착이 불가능하고, 굴착 또는 절취에는 화약을 사용해야하는 암질을 말한다.

(13) 비탈면 경사도(°)

비탈 상부(비탈 어깨)에서 비탈하부(비탈 끝)까지의 기울어진 정도를 말하며, 경사계(Clinometer)로 측정한다.

(14) 비탈면 방위(°)

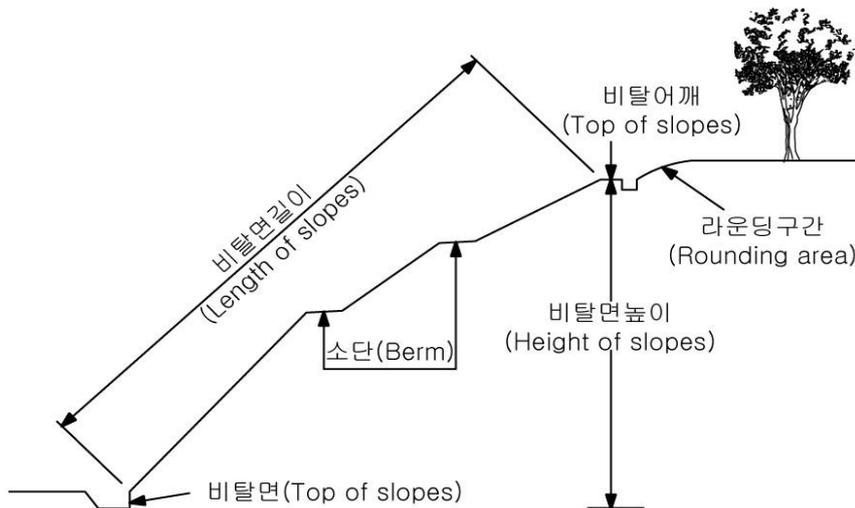
비탈면의 동서남북의 향을 말하며, 방위계(Compass)를 이용하여 측정한다.

(15) 비탈면 길이(length of slopes; m)

비탈면 경사방향으로 잰 비탈면의 길이를 말한다. 단, 배수로 부분은 제외한다.

(16) 비탈면 높이(Height of slopes; m)

비탈 상부(비탈 어깨)에서 비탈하부(비탈 끝)까지의 수직고를 말한다.



<그림 1.2> 도로비탈면의 구조와 명칭

(17) 생태자연도

생태자연도는 산, 하천, 습지, 호소, 농지, 도시, 해양 등에 대해 자연환경 전체를 생태적 가치, 자연성, 경관 가치 등에 따라 등급화 하여 작성한 지도이다(자연환경보전법 제23조 근거). 각종개발계획의 수립·시행에 활용할 수 있도록 전국의 자연환경을 멸종위기 또는 보호야생동·식물의 분포상황, 경관 등 생태적 특성에 따라 등급을 표시하는 지표이다

(자연환경보전법 제34조 근거). 지역에 따라서 1등급, 2등급, 3등급, 별도 관리지역으로 구분한다.

<표 1.3> 생태자연도 등급별 구분 기준

생태자연도 등급	내 용
1등급 지역	① 멸종위기 야생동·식물 또는 보호야생동·식물의 주된 서식지, 도래지 및 주요이동 통로가 되는 지역 ② 생태계가 특히 우수하거나 경관이 특히 수려한 지역 ③ 생물의 지리적 분포한계에 위치하는 생태계지역 또는 주요 식생의 유형을 대표하는 지역 ④ 생물다양성이 풍부한 지역 ⑤ 자연원시림 또는 이에 가까운 산림 및 고산 초원 ⑥ 자연생태 또는 이에 가까운 하천·호소·강하구·갯벌 및 해양
2등급 지역	1등급에 준하는 지역으로서 장차 보전의 가치가 있는 지역 또는 1등급 전역의 외부지역
3등급 지역	1등급·2등급전역 및 별도 관리지역으로 분류된 지역외의 지역으로서 개발 또는 이용의 대상이 되는 지역
별도관리지역	백두대간 보호지역 등 다른 법률의 규정에 의하여 보전되는 지역 중 역사적·문화적·경관적 가치가 있는 지역이거나 도시의 녹지보전 등을 위하여 관리하고 있는 지역 (자연보호림, 자연공원, 천연기념물보호구역, 조수보호구역 등)

(18) 선구식물(先區植物)

맨 땅에 침입해서 정착하여 천이를 시작하는 식물을 말한다.

(19) 식생기반재뽑어붙이기

1) 두꺼운 식생기반재뽑어붙이기

암반비탈면에 고압뽑어붙이기기를 이용하여 식생기반재를(5cm이상) 두텁게 뽑어붙이기하는 공법을 말한다. 압력으로 분사함으로써 가파른 비탈면에 두텁게 식생기반재를 뽑어붙이기 할 수 있다.

2) 얇은 식생기반재뽑어붙이기

비탈면녹화를 위해 얇은층의 식생기반재(5cm미만)와 함께 종자, 비료 등을

주로 습식으로 뽑어붙이기하는 공법을 말한다. 작업효율이 우수하여 대면적 시공에 유리하지만 식생기반재의 물성에 따라 녹화식물의 생육경향이 다르게 나올 수 있다.

3) 2층뽑어붙이기

식생기반층을 우선 조성하고, 그 위에 종자층을 분리하여 시공하는 공사방법을 말한다. 종자층의 두께가 파종량 결정의 기준이 되며 종자 구득비용이 많이 소요되는 녹화식물을 파종할 때 종자소요량을 줄일 수 있는 것이 장점이다.

(20) 솟크리트

압축공기를 사용하여 모르타르를 깎기 비탈면 표면부에 피복시켜 불연속면에 대한 접착을 유도하고 구속압을 일정하게 유지시켜 깎기 비탈면의 안정성을 확보하는 공법을 말한다.

(21) 수밀기

벌이 꿀을 따는 시기를 말한다.

(22) 수목식재공법

수목식재공법은 묘목식재, 차폐식재, 소단상객토식수공법, 새집 공법 등을 말한다. 비탈면에서는 식재목의 뿌리생육이 느리게 진행되므로 뿌리가 활착되어 고정되기까지 철저한 관리가 요망된다. 일반적으로 비탈면에 파종으로 성립시킨 수목은 인공적으로 식재한 나무보다 땅속으로 뿌리가 깊게 신장하는 경향을 보여 비탈면의 안정에 도움을 줄 수 있다.

(23) 수종 및 초종

비탈면에서 자라는 나무(수종)와 초본의 종류(초종)를 말한다.

(24) 아교목

아교목은 교목과 관목의 중간 식물로 교목보다 작지만 모양은 교목과 같다. 교목과 관목의 중간 크기의 나무를 말한다.

(25) 압종류

- 1) 화성암 : 화산에서 분출된 용암이 굳어져서 암석이 된 것을 말하며, 화산암(분출암)과 관입암으로 구분되어 진다.
 - 2) 퇴적암 : 지표에 노출된 암석이 끊임없는 풍화와 침식작용으로 원암으로부터 분리된 물질로 유수, 바람, 조류 및 빙하 등에 의해 운반되어 쌓인 물질들이 다짐, 침전, 교결작용 등으로 굳어져서 암석이 된 것을 말하며, 쇄설성 퇴적암, 비쇄설성 퇴적암으로 구분된다
 - 3) 변성암 : 지각 내 존재하는 암석이 열과 압력 및 화학적 변성작용을 일으켜 광물들이나 조직이 재배열되어 생성된 것을 말하며, 파쇄암, 접촉변성암, 광역변성암으로 구분된다
- ※ 산성배수 발생암석 : 다량의 황철석을 함유하고 있으며, 황철석의 산화에 의하여 발생하는 산성배수가 암석의 중화능력을 초과하는 암석을 지칭한다. 녹화하기 위해서는 식생생육 기반층 조성을 위한 특별한 설계를 고려해야 한다.

(26) 암반상태조사

비탈면을 구성하고 있는 암반의 종류와 암반의 불연속면 특성을 조사한다. 아울러 토사와 암반의 혼합비에 대해서도 조사한다.

(27) 양수(陽樹)

빛을 잘 받아야 생육하는 나무를 말한다(소나무, 자작나무 등).

(28) 음수(陰樹)

약한 빛에서도 잘 생육하는 나무를 말한다(너도밤나무, 주목 등).

(29) 외래초종(양잔디류)

비탈면 녹화공사에 지금까지 많이 이용해오던 식물들로 생육적온이 15~24°C인 한지형초종(cool-season grass)과 생육적온이 25~35°C인 난지형초종(warm-season grass)으로 구분된다.

(30) 자연생태복원전문가

자연생태복원전문가는 아래에서 정하는 기술자격이나 학위취득 후 소

정의 경력을 갖춘 자 또는 아래 자로 구성되어 있는 자연생태복원전문기관을 말한다.

- ① 조경학, 임학, 원예학, 생물학 등 관련분야에서 박사학위 취득 후 비탈면녹화 계획, 설계 및 시공 관련 분야 3년 이상 종사한 경력이 있는 자.
- ② 조경학, 임학, 원예학, 생물학 등에서 관련분야로 석사학위 취득 후 비탈면녹화 계획, 설계 및 시공 관련된 분야 5년 이상 종사한 경력이 있는 자.
- ③ 비탈면녹화 계획, 설계 및 시공 경험이 3년 이상인 자연환경관리기술사 및 조경기술사
- ④ 자연생태복원기사 또는 조경기사 자격이 있으면서 비탈면녹화 계획, 설계 및 시공 등 관련된 분야 10년 이상 종사한 자.
- ⑤ 자연생태복원산업기사 또는 조경산업기사 자격이 있으면서 비탈면녹화 계획, 설계 및 시공 등 관련된 분야 13년 이상 종사한 자.

(31) 자생종(국내)

국내에서 오랜 세월에 걸쳐 다른 품종과 교배되지 않고 자생하여온 식물을 말한다. 자생종을 국내에서 채취하였을 경우 자생종(국내)로 표기한다.

(32) 자생종(국외)

국내에서 오랜 세월에 걸쳐 다른 품종과 교배되지 않고 자생하여온 식물이지만 생육범위가 넓어 국외에서 채취한 경우를 말한다. 국외에서 채취한 자생종은 자생종(국외)으로 표기한다. 우리나라와 위도가 유사한 중국지역에서 채취한 식물중 자생종(국외)으로 표기될 수 있는 종자들이 다수 있다.

(33) 자생종(재래목본)

재래 목본은 어느 지방에서 오랜 세월에 걸쳐 다른 품종과 교배되지 않고 자생하거나 길러 오던 목본(나무)을 말한다.

(34) 자생종(재래초본)

어느 지방에서 오랜 세월에 걸쳐 다른 품종과 교배되지 않고 자생하거나 길러 오던 초종(풀)을 말한다.

(35) 지피식물(地被植物)

지피식물은 땅에 밀착하여 자라고 바람이나 비에 의한 피해를 방지해주는 식물로써 지표면의 피복과 미화를 목적으로 집단 식재하는 일년초, 숙근초 등을 말한다. 한국잔디와 한지형 초종, 야생화류를 포함하며, 기린초, 산국, 벌노랑이, 송악, 쑥부쟁이, 양지꽃, 금계국 등이 있다.

(36) 주변임상

조사대상 비탈 주변 산림의 식생구성 상태를 말한다. 주변임상은 비탈면의 종 공급원으로써 복원잠재력과 연관이 높다.

(37) 중성양수

양수에 속하는 나무이지만 음수와 양수의 중간을 띤 나무를 말한다.

(38) 초본류식재

초본류식재는 잔디식재, 새심기, 야생화 포트묘 식재 등을 말한다. 초기에 식재효과를 기대할 수 있으나 유지관리가 어렵다.

(39) 터프타입(Turf type)

도입식물 중에서 주로 한지형초종(Tall fescue)의 거칠고 왜성의 잎을 가진 식물을 말한다.

(40) 토사

보통 상태의 실트 및 점토, 모래질 흙 및 이들의 혼합물로서 삽이나 팽이를 사용할 정도의 토질(삽 작업을 위하여 상체를 약간 구부릴 정도)을 말한다.

(41) 파종공법

파종공법에는 고압뿔어붙이기기로 파종하는 방법과 인력으로 파종하는 점파공법, 조파공법, 산파공법 등이 있다. 요즘에는 기계에 의한 고압뿔어붙이기 파종공법이 주를 이룬다.

(42) 한지형초종

지상부의 생육적온이 서늘한 환경인, 15~24°C의 온도조건에서 잘 자라는 초종으로 온대북부지역, 아한대 및 한대기후대지역에서 잘 자라며, 우리나라에서는 봄과 가을이 생육적기이다. (톨레스큐(tall fescue), 퍼레니얼라이그라스(perennial ryegrass), 켄터키블루그라스(kentucky bluegrass) 등)

(43) 녹화지역의 구분

1) 국토핵심생태녹지축지역

우리나라의 백두대간보호법에 의한 보호지역을 말한다.

2) 해안생태계지역

우리나라는 3면이 바다로 둘러싸여 있으므로 행정구역도를 통해 해안과 인접한 지역을 추출하였다. 해안선으로부터 내륙지역으로 4km의 거리 내부에 있는 지역은 해안생태계의 독특한 특성이 나타나는 곳이므로, 이 범위안의 지역을 해안생태계지역으로 설정하였다(4km 이내 지역에서는 해송(곰솔) 분포 등 해안식생의 영향범위가 나타나는 지역임).

3) 내륙생태계지역

우리나라 국토에서 국토핵심생태녹지축지역과 해안생태계지역을 제외한 지역이 내륙생태계지역에 해당된다.

1.5.2 비탈면녹화의 시공단계 관련용어

(1) 감독자

건설기술관리법 제35조의 규정에 의하여 발주자가 임명한 감독자를 말한다. 다만, 건설기술관리법 제27조의 규정에 의하여 책임감리를 하는 공사에서 당해 공사의 감리를 수행하는 감리원을 말한다.

(2) 개체수

방형구(1m × 1m)내에 출현하는 수종 및 초종의 하나하나의 독립적인 식물의 숫자를 말한다.

- (3) 경운(耕耘)
논밭을 갈고 김을 매는 것을 말하는데, 산림에서는 종자를 파종하고자 땅을 갈아 엷고 잘게 부수어 주는 것을 말한다.
- (4) 고착성
식물이 암반이나 비탈면에 붙어 있는 성질을 말한다.
- (5) 근계층(根系層)
뿌리가 갈라져서 땅속에 분포해 있는 상태를 하나의 계로서 취급할 때 이를 근계라 하며 근계로 이루어진 층을 말한다.
- (6) 근층(根層)
뿌리층을 말한다.
- (7) 내척성
식물이 척박지에서 견디는 성질을 말한다.
- (8) 노천매장
종자를 채종한 뒤에 땅속에다 저장하는 방법을 말한다. 종자의 저장과 결실종자의 휴면타과 등을 위해 배수가 잘 되는 곳에 구덩이를 파고 축축한 모래와 함께 종자를 넣어 보관하는 방법으로 단풍나무, 벚나무, 주목, 목련 등은 채종해서 과육을 벗겨낸 뒤 양과망 같은 곳에 넣어 땅속에 묻어 두는 것을 말한다.
- (9) 멀칭재
건설현장에서 발생하는 잔가지, 뿌리 등의 식물발생재를 적절한 크기로 파쇄하여 식재수종 주변이나 비탈면의 토양을 피복하는 것을 말한다.
- (10) 박피
종자의 껍질을 까는 것을 말한다.
- (11) 발아실험
종자에서 식물의 싹이 나는 것을 조사하는 실험을 말한다. 발아상내에서의 발아율 결과와 포장 발아율은 다를 수 있으며, 파종량 계산에서는 발아상 발아율의 결과를 적용한다.

(12) 발아율(發芽率)

식물의 싹이 트는 비율을 말한다.

(13) 발생기대본수

종자를 묘포 및 비탈면 등에 파종하여 초기에 발아하는 단위면적당 식물개체수를 말한다. 발생기대본수는 파종량과 파종식물의 발아율, 1g당 종자립수, 종자의 순도에 영향을 받는다.

(14) 방형구법(quadrat method)

정방형의 모양을 기본으로 하여 작은 방형구를 이용한 식생조사방법으로써 방형구의 크기는 각 군락의 최소면적, 가장 적당한 넓이에서 취하는 것이 일반적이다. 또한 개체수가 많은 경우 하나의 방형구내에서 격자들을 이용하여 반복 조사하는 경우도 있다. 시험 시공지 녹화품질 평가에서는 1m × 1m의 조사방형구가 활용되며, 1년이 경과된 후에는 조사방형구의 면적을 2m × 2m 이상의 크기로 확대하여야 한다.

(15) 벨트트랜섹트법(belt transect)

방형구법의 변형된 형태로서 기준선을 따라 일정한 폭을 지닌 띠 형태의 식생조사구를 설정하고, 그것을 일정한 간격으로 조사하는 것으로써 방형구를 일정한 방향으로 연속되게 이어 놓은 것이다. 이 방법은 입지조건이 계속적으로 변화하는 것에 따른 식생변화를 조사하는데 적합하다.

(16) 분얼수

토양속의 줄기의 인접부의 마디에서 새로운 포기 또는 줄기가 나오는 수를 말한다. 툴헤스큐(tall fescue)는 일정 생육기간이 지나면 분얼수가 급격하게 증가하면서 초폭이 넓어지는 경향을 보인다.

(17) 뿌리묻기

근삽(根插)이라고도 하며, 나무뿌리를 이용하여 땅에 묻어 싹이 트게 하고 생육시키는 것을 말한다.

(18) 소형방형구(小形方形區)

방형구는 식물군락의 표본을 추출할 때 사용하는 틀을 말하며 쿼드러트라고도 한다. 방형구는 반드시 정사각형은 아니며 직사각형, 원형 등

도 쓰인다. 방형구의 크기는 일반적으로 균락을 대표하는 종류와 그것을 포함하는 넓이 곡선에서 얻어진 최소 넓이로 정해진다. (소형방형구 예시 : 1m × 1m, 2m × 2m)

(19) 수고 및 초장

방형구내에 출현하는 수목 및 초종의 지면으로부터의 높이를 말한다.

(20) 수피

나무껍질을 말한다.

(21) 순량율(純量率)

협잡물 등을 제거한 순정종자 중량의 전체중량에 대한 백분율을 말한다.

(22) 식생피복율

피복율이라고도 하며, 방형구내에 출현하는 수종 및 초종의 점유비율(%)을 말하며, 녹화공사가 시공된 비탈면의 전체적인 식생피복율은 평균적인 생육을 보이는 3개소 이상의 방형구 측정치 결과를 평균하여 산정한다.

(23) 양료

질소, 인산, 칼륨처럼 식물의 생장에 영양분이 되는 것을 말한다.

(24) 식물발생재

건설공사현장에서 벌목 등으로 인해 발생하는 발생목(벌채목)으로써 현재 재활용이 어려워 폐기물로 반출되는 뿌리, 가지, 줄기 등을 포함한다.

(25) 토양경도(土壤硬度)(mm, kg/cm²)

토양의 치밀도 또는 견밀도라고도 하며, 토양경도계(山中式 토양경도계가 많이 사용된다)를 이용하여 비탈면 상부, 중부, 하부를 각 10회씩 측정하여 평균하고 사용편의상 토양경도지수를 mm단위로 나타낸다. 토양이 경화되면 뿌리의 신장이 저해되거나 물의 이동이 되지 않아 식물의 생육이 불량하게 된다. 토양경도(치밀도)는 보통 24mm 이하일 때 식물의 뿌리 생장이 활발하다.

(26) 토양산도(土壤酸度)

토양에 2.5배량의 증류수를 가했을 때 침출액의 pH치를 토양의 산도를 나타낸다.

(27) 토양습도(土壤濕度)

토양 중에 수분이 얼마나 포함되어 있는지를 %로 환산한 값을 말한다.

(28) 파이버(fiber)

나무 및 초종을 잘게 썰은 섬유를 말한다.

(29) 포트재배

화분보다 작은 재배용기에 종자를 이용하여 발아시켜 재배하는 것을 말한다.

(30) 풀베기

하예(下刈)작업이라고도 하며, 여름철에 수목하부의 풀을 베는 것을 말한다.

(31) CTD

Condenser Trip Device의 약자로 전기전도도를 이용하여 바닷물의 염분농도를 측정하는 기기이다.

1.5.3 비탈면녹화의 관리단계 관련용어

(1) 부숙톱밥비료

나무의 톱밥이 잘 썩어서 된 비료를 말한다.

(2) 부엽토(腐葉土)

나뭇잎을 썩힌 배양토(토양)를 말한다.

(3) 생태계 교란종

기존에 없던 외래종들이 들어와 기존에 있던 생태계의 질서를 파괴하여 생태계 자체에 교란을 일으키는 종을 말한다. 공사한 녹화 도로비탈면에서 칩과 환산덩굴이 발아한 식생의 생육을 심각하게 저해하는 경우 이들을 생태계 교란종으로 간주할 수 있으며 제거를 원칙으로 한다.

(4) 식생사회

생태계 내에서 식물로 구성된 자연을 말한다.

(5) 외래종 침입

비탈면 녹화에 따른 지표교란이나 외래종이 혼입된 자재의 사용 및 비탈면 유지관리 등에 의하여 외래종의 정착과 확산이 촉진되는 것을 말한다.

(6) 위해종

환경부에서 정하는 다른 동·식물에 위해성이 우려되는 생태계 교란 위험이 높은 종(돼지풀, 단풍잎돼지풀, 서양등골나물, 털물참새피, 물참새피, 도깨비가지, 애기수영, 가시박, 서양금혼초, 미국쑥부쟁이, 양미역취 등)을 말하며, 비탈면 녹화공사에 사용을 금지한다.

(7) 하종갱신

나무에서 종자가 자연적으로 떨어져 싹이 트고 자라는 것을 말한다.

제 2 장 도로비탈면 녹화공사의 설계

2.1 설계 순서

비탈면 녹화공법 선정시 녹화지역을 우선 확인하고, 깎기 비탈면과 쌓기 비탈면, 토질(암질) 특성, 비탈면의 경사도, 주변 환경(생태자연도, 녹지자연도 등급), 지역 여건, 식생기반재의 적정 두께 등을 종합적으로 고려하여 최적 녹화공법, 종자배합 등을 설계한다.

[해 설]

- (1) 비탈면 녹화공법 선정 시 먼저 녹화대상지역이 녹화지역의 구분 중 어느 지역에 해당하는지를 확인하고 복원목표를 정한다.
- (2) 깎기 비탈면과 쌓기 비탈면으로 구분하고, 비탈면의 토질조건과 식생기반조건에 대한 분석결과를 바탕으로 비탈면 녹화공법 선정절차에 따라 비탈면 복원목표, 비탈면의 경사도, 토질(암질)조건, 주변 환경, 지역여건 등을 종합적으로 고려하여 최적의 녹화공법을 적용한다.
- (3) 녹화공법을 선정할 때에는 현장을 방문하여 설계 조건을 확인한다.
- (4) 선정된 녹화공법에 적용할 종자배합을 설계한다.
- (5) 평면도를 이용하여 전개도를 작성하고 녹화공법별 수량을 산출한다.
- (6) 녹화공법별 설계단가, 설계내역서를 작성한다.

2.2 복원목표

비탈면의 복원목표는 녹화지역과 생태자연도 등급에 따라 초분위주형, 초분·관목혼합형, 목본군락형, 자연경관복원형으로 구분한다. 생태자연도 1등급지역과 별도관리지역은 자연경관과 생태계 복원 가치가 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.

[해설]

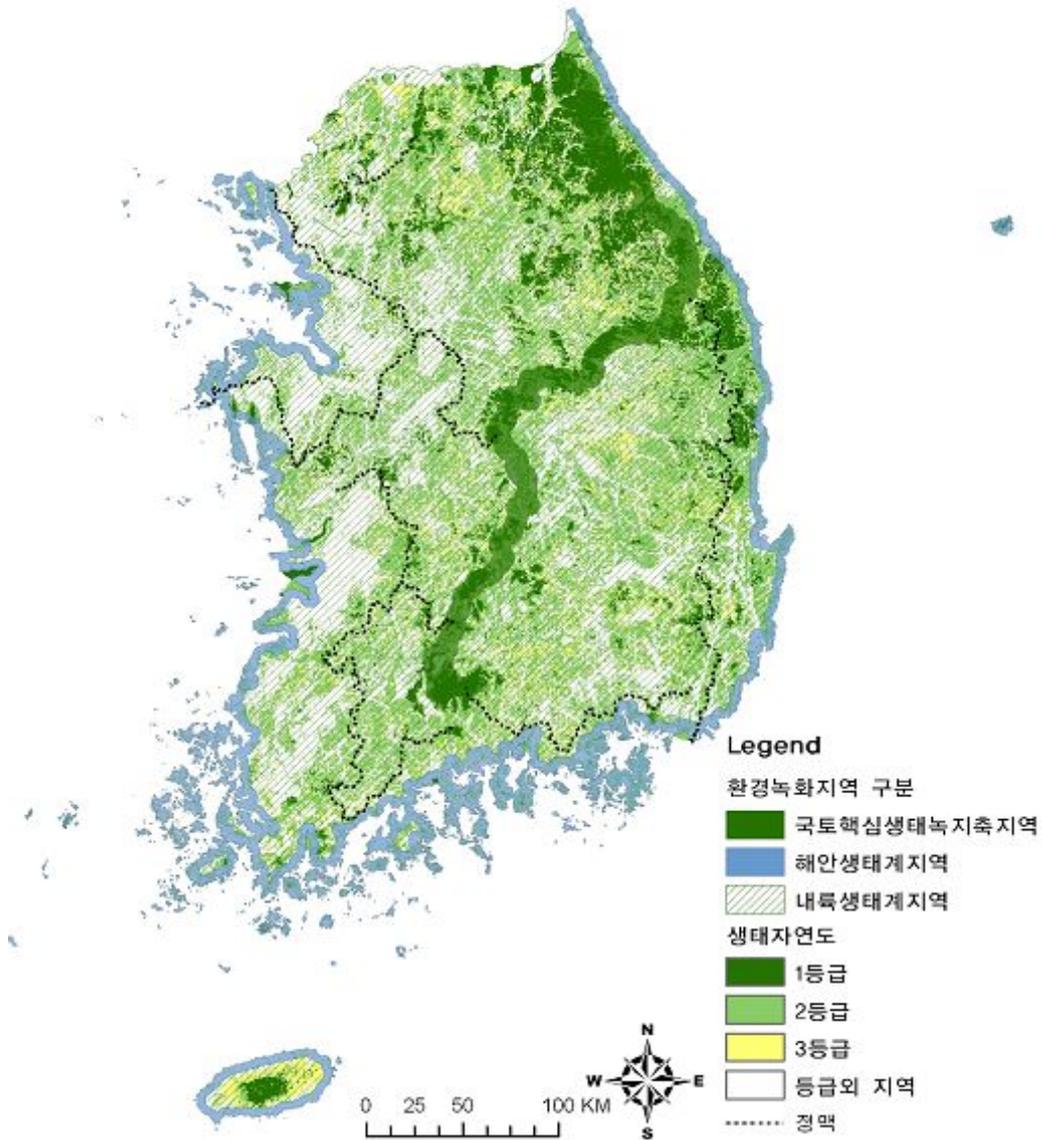
- (1) 도로 주변 생태계와 유사한 모습으로 복원하는 것이 경관적으로나 생태적으로 바람직하고, 목본이 혼재되는 식생구조가 이산화탄소 저감에도 효과적이다.
- (2) 복원목표는 초분위주형, 초분·관목혼합형, 목본군락형, 자연경관복원형으로 구분하며, 녹화지역 분류 기준에 의해 국토핵심녹지축지역과 해안생태계지역, 내륙생태계지역으로 구분하고 생태자연도 등급을 고려하여 복원목표를 다르게 적용한다. 내륙생태계지역에서는 생태자연도 1등급지역은 자연경관복원형으로, 생태자연도 2등급, 3등급 지역은 녹지자연도 등급에 따라 전문가의 자문을 받아 「표 2.2 녹화지역과 생태자연도별 비탈면 복원목표」를 참조하여 복원목표를 설정한다.
- (3) 목본이 혼재된 식생구조가 경관적으로 양호하고 생태적으로 건전함으로 목본식재가 가능한 토사비탈면 등에는 시거장애, 지반안정 등을 고려하여 목본을 혼합하도록 복원목표를 설정한다.

2.3 녹화지역의 구분

녹화지역의 구분은 기후환경, 지역환경, 산림환경, 토질조건 등을 고려하여 태백산맥을 중심으로 한 국토핵심생태녹지축지역, 해안일대와 도서지역을 포함한 해안생태계지역, 내륙생태계지역으로 구분한다.

[해설]

- (1) 녹화지역의 구분은 기후환경, 지역환경, 산림환경 등을 고려하여 「그림 2.1 녹화지역 구분과 생태자연도 등급분류도」에 따라 3개의 지역으로 구분한다. 녹화지역 구분 제1지역은 태백산맥을 중심으로 한 국토핵심생태녹지축지역, 제2지역은 해안일대 도서지역을 포함한 해안생태계지역, 제3지역은 내륙생태계지역으로 한다.
- (2) 해당구간 외 지역은 가장 근접된 지역을 적용하며, 중복구간은 상위기준을 적용한다.
- (3) 녹화지역의 구분에서 나타난 「표 2.1 생태자연도 평가등급별 비탈면 복원목표」, 「표 2.2 녹화지역과 생태자연도별 비탈면 복원목표」에 의거 초본위주형, 초본·관목혼합형, 목본군락형, 자연경관복원형의 복원목표를 적용한다.



<그림 2.1> 녹화지역 구분과 생태자연도 등급분류도²⁾

^{주2)} 「그림 2.1 녹화지역 구분과 생태자연도 등급분류도」는 생태자연도를 근거로 작성하였으며, 지역의 정확한 구분은 환경지리정보[EGIS]를 참조한다.

2.4 생태자연도 등급별 비탈면 복원목표 적용

비탈면 복원목표는 생태자연도의 등급과 주변 생태계의 특성(녹지자연도 등급)을 고려하여 적용한다.

[해 설]

- (1) 도로건설로 인해 발생한 자연지형 훼손지역은, 녹화지역구분과 생태자연도 등급을 고려하여, 비탈면의 침식방지와 안정, 생물다양성보존, 이산화탄소저감, 도로경관의 향상 등의 기능을 담당할 수 있도록 녹화한다.
- (2) 비탈면 복원목표는 자연경관복원형과 일반 복원형으로 구분하고, 이를 각각 초본위주형, 초본·관목혼합형, 목본군락형으로 분류하여 적용한다.
- (3) 우리나라 국토는 생태자연도 1등급, 2등급, 3등급, 별도관리지역 및 등급 외 지역으로 구분되는데, 생태자연도 등급에 따라 비탈면 복원목표를 다르게 적용한다. 생태자연도 1등급지역과 별도관리지역에서는 지역고유초종을 사용하는 등 생물종다양성 보존과 자연경관의 조기회복에 기여토록 하기 위해 자연경관복원형의 목표를 설정한다.

<표 2.1> 생태자연도 평가등급별 비탈면 복원목표

생태자연도 등급	복원목표	
	일반 복원형	자연경관복원형
1		○
2	○	
3	○	

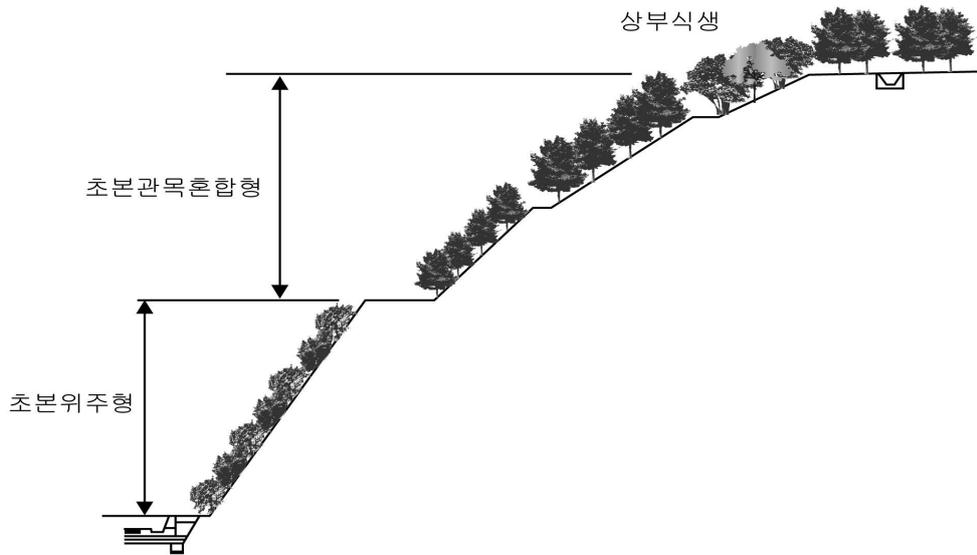
- ※ 별도관리지역은 생태자연도 1등급으로 본다.
- ※ 생태자연도 등급이 설정되지 않은 기타 등급 외 지역은 생태자연도 3등급의 기준을 적용한다.
- ※ 복원목표별로 시험시공을 통해 품질이 우수한 녹화공법을 선정하고, 특히, 자연경관복원형은 현지에 적합한 식물 위주로 설계한다 「표 2.3, 2.4 참조」.

<표 2.2> 녹화지역과 생태자연도별 비탈면 복원목표

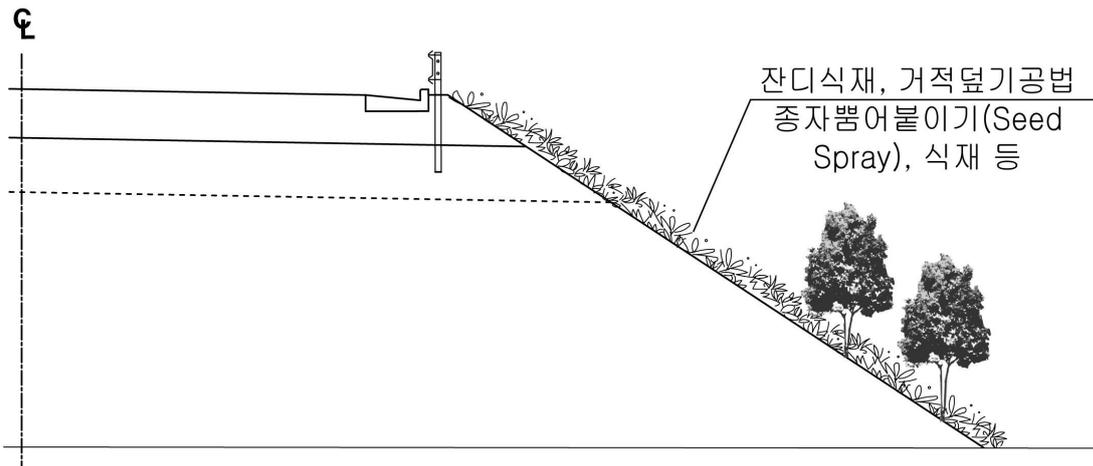
녹화지역구분		생태자연도 등급별 복원목표					
		1등급	2등급			3등급	
		자연경관 복원형	일반 복원형			일반 복원형	
목본 군락형	초본 관목 혼합형		초본 위주형	초본 관목 혼합형	초본 위주형		
국토핵심생태녹지축지역		○	○	○	○	○	○
해안생태계지역		○	○	○	○	○	○
내륙생태계 지역	녹지자연도	○	○	○	○	○	○
	8등급 이상						
	녹지자연도 7등급 이하	○	○	○	○	○	

- ※ 생태자연도 등급기준은 녹지자연도 등급기준 보다 우선하여 적용한다. 녹지자연도 7등급이라도 생태자연도가 1등급인 경우에는 자연경관복원형의 목표를 정한다.
- ※ 별도관리지역은 생태자연도 1등급으로 본다.
- ※ 해안생태계지역은 해안생태계의 식물상을 반영한 식물배합을 하되 주변 자연경관과 조화되는 경관녹화에 주력한다.

- (4) 생태자연도 1등급지역 및 별도관리지역은 비탈면 토질(암질) 및 경사도를 고려하고 자연경관복원형으로 한다. 생태자연도 2등급지역 중 녹지자연도 7등급 이상인 곳은 현지조사 결과 생태자연도 1등급에 해당하는 경우에는 자연경관복원형으로 할 수 있다.
- (5) 복원목표는 비탈면 구분, 비탈면 경사, 토질(암질), 토심(土深), 주변의 경관 식생, 조류 이동 등 현지여건을 종합적으로 조사하여 초본위주형, 초본·관목 혼합형, 목본군락형으로 구분한다.
- (6) 온난화를 방지하기 위해 이산화탄소 저감효과가 있는 목본 확대 적용이 바람직하다. 따라서, 현지 여건을 조사하고 전문가의 자문을 받아 지반 안정성, 시거(視距) 등에 지장이 없는 구간은 목본을 확대 적용한다.



<그림 2.2> 일반적인 깎기지역 비탈면녹화 모형도(예시)



<그림 2.3> 일반적인 쌓기지역 비탈면녹화 모형도(예시)

2.5 녹화설계 일반사항

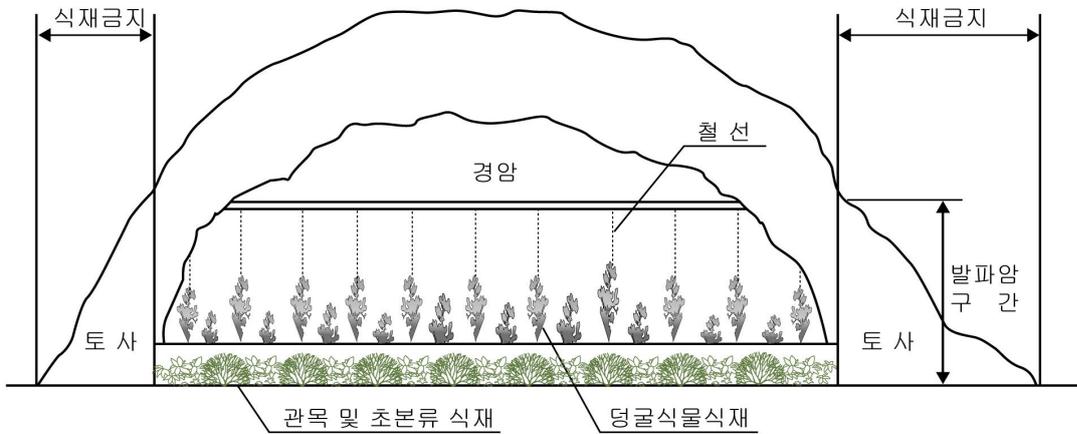
비탈면 녹화설계는 환경친화적이면서 비탈면의 안정성 유지, 토양 유실방지, 경관복원, 자연식생천이 유도, 이산화탄소 저감에 유리한 식생구조를 조성하기 위해 자연환경, 토양환경, 지질 및 토질(암질) 특성, 식생기반재 기준 등을 종합적으로 고려하여 진행한다. 또한 설계시 기본적으로 지역 환경에 대한 선행조사, 분석, 평가 등의 절차를 거쳐 녹화지역구분과 생태자연도의 등급에 따라 설정된 비탈면 복원목표를 효과적으로 달성할 수 있도록 녹화공법을 설계한다.

녹화공법이 선정된 다음에는 복원목표 달성을 위한 종자배합을 설계하고, 시험시공계획 및 모니터링계획, 유지관리계획을 수립하여 세부수량을 산출한다.

[해설]

- (1) 도로비탈면 녹화설계는 「그림 2.5 비탈면 녹화공법 선정절차」를 참고하여 적합한 녹화공법을 선정한다. 선정절차에서 제시한 공법은 일반적인 것으로써 설계 시에는 지역 특성에 부합되는 다양한 녹화공법을 검토하여 적합한 공법으로 설계해야 한다. 다만, 쌓기 비탈면은 「그림 2.5 비탈면 녹화공법 선정절차」에 제시한 일반적인 공법을 설계에 적용한다.
- (2) 도로설계 과정에서, 비탈면 녹화공법은 현지조사를 통해 복원목표와 녹화공법, 종자배합 설계표, 시험시공 및 모니터링계획, 유지관리계획을 제시한다.
- (3) 비탈면에 용수가 발생하는 지역은 배수시설을 함께 설계한다. 비탈면 배수로 설계는 비탈면에 유출수를 최소화하고 집수한 물은 배수로를 통해 배출하도록 해야 한다. 비탈면 배수로에는 산마루측구, 소단배수구, 중배수구, 땀암거, 수평배수공 등이 있다.

- (4) 절리·풍화가 없고 붕락의 위험이 없는 양호한 암반비탈면은 녹화공법을 적용하지 않고 원형 그대로 보전하거나 덩굴식물식재를 적용한다. 다만, 암질이 양호한 지역이더라도 자연경관복원형의 복원목표지역과 도심지 미관이 요구되는 지역에서는 비탈면 녹화공법을 적용할 수 있다.
- (5) 붕락의 위험이 없는 양호한 암반비탈면에 덩굴식물을 식재하는 경우, 비탈면 주변과 비탈면에 침입한 나무를 감고 올라가면서 경관을 저해할 수 있으므로 「그림 2.4 암질이 양호한 지역 덩굴식물식재 모형도」와 같은 형태로, 암반비탈면 맨 아랫단에, 제한적인 범위에서, 식재한다. 특히, 덩굴식물 뿌리로 인해 암반의 균열 우려가 염려되는 곳과 자연경관복원의 복원목표 적용지역에서는 등나무 등의 덩굴식물식재를 금한다.
- (6) 암 깎기 구간은 비탈면 녹화공법 시공 전에 현황도(face map)를 작성하고 비탈면 유지관리에 활용하도록 준공 후 이를 관리주체에 이관·보존한다.

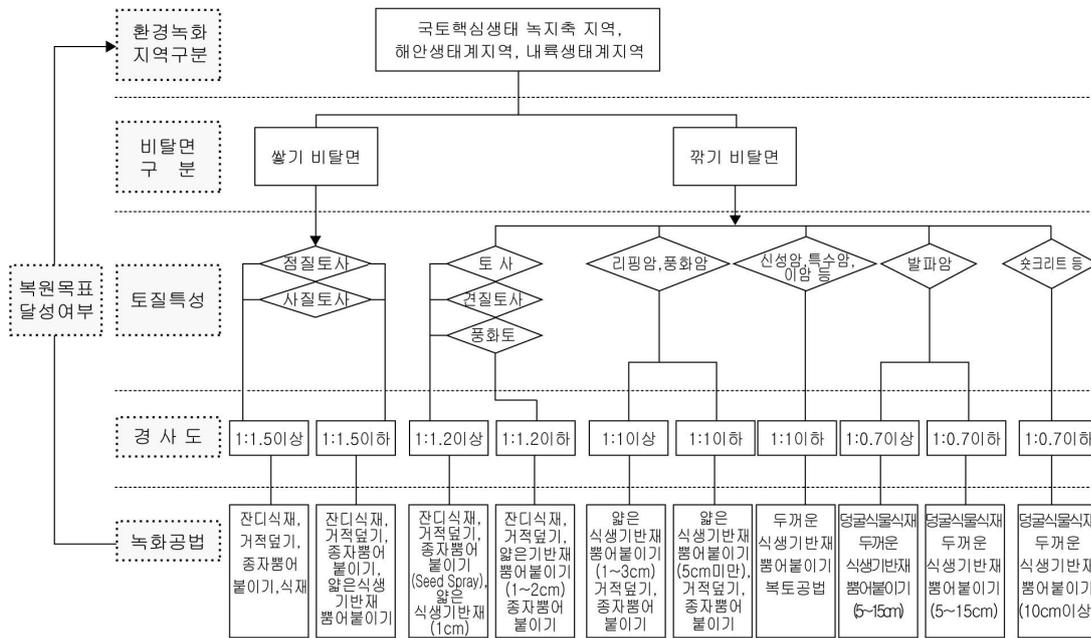


<그림 2.4> 암질이 양호한 지역 덩굴식물 식재 모형도(예시)

2.6 비탈면 녹화공법 선정

2.6.1 비탈면 녹화공법 선정절차

비탈면 녹화공법은 <그림 2.5>와 같은 선정절차에 따라 선정한다. 단, 아래에 제시한 공법은 토질과 경사도에 따른 일반적인 녹화공법의 예시이며, 전문가의 의견을 수렴하고 다양한 녹화공법을 검토하여야 한다. 여건에 맞는 녹화공법을 선정하여야 한다.



<그림 2.5> 비탈면 녹화공법 선정절차

※1. 상기공법은 토질특성과 경사도에 따라 일반적인 공법을 예시로 제시한 것이며 이외에도 식생매트, 식생네트, 자생종 포트묘식재+식생기반재 뿌어불이기, 표층도 활용공법, 식물발생재 활용공법, 친환경소재 활용공법, 조경수 식재공법 등 다양한 녹화공법이 있으며 리핑암 풍화암구간의 거적덮기와 종자뿌어불이기는 암 풍화에 따라 제한적으로 적용 가능한 공법이다. 식재는 초본류 식재, 초본·관목류 식재, 목본류 식재 등이 있다. 식생기반재 뿌어불이기 두께도 일반적인 값을 제시한 것이며 현장 여건에 따라 적정하게 설계한다.

※2. 1 : 1.5는 높이가 1일 때 수평거리가 1.5인 비탈면이며 1:1.5 이상은 수평거리가 1.5이상을 말한다.

2.6.2 특수한 암질의 녹화공법 선정

산성배수를 유발하는 암이나 점토광물을 함유하여 swelling, slaking 현상을 유발하고 급속히 풍화가 진행되어 사면이 불안정하게 될 가능성이 있는 이암(셰일) 등 특수한 암질인 경우는 유사사례를 조사, 분석하고 전문가의 자문을 받아 적절한 녹화공법을 선정해야 한다.

[해설]

- (1) 이암(swelling, slaking 현상을 유발하는 특수한 암질) 등의 특수비탈면은 자연적으로 식물이 생육하기 어려우므로 전문가의 자문을 받아 녹화공법을 선정한다.
- (2) 이암 등의 특수비탈면은 강우에 의한 침식 및 세굴의 우려가 높으므로 전문가의 자문을 받아 비탈면 안정을 도모한 후 녹화를 해야 한다.
- (3) 산성배수를 유발하는 암은 코팅, 중화 처리에 의하여 산성배수를 저감시켜야 식물의 생육이 가능하므로 전문가의 자문을 받아 복토, 식생기반재뿌어붙이기 등 녹화공법을 선정해야 한다.

2.7 종자배합설계

2.7.1 일반 사항

녹화공법별 종자 배합은 도로 주변환경을 고려하고, 녹화지역, 복원 목표, 비탈면 토질(암질) 및 경사도에 따라 적합하게 설계한다.

[해 설]

- (1) 녹화지역별 종자배합설계는 초본위주형, 초본·관목혼합형, 목본군락형, 자연경관복원형 등의 복원목표에 부합되도록 한다.
- (2) 목본군락형, 자연경관복원형의 복원목표 달성을 위해 생태복원녹화공법들의 특성에 맞게 주변에서 채취한 표토활용, 종자과종 및 자생종의 묘목식재, 이식 등의 방법을 검토하고, 식생기반재뿔어붙이기와 병용하는 방안과 자연천이를 촉진 및 유도하는 방안 등을 강구할 수 있다.
- (3) 선정된 비탈면녹화공법에 적용할 종자배합은 「표2.3 자연경관복원형 적용지역 녹화공법 종자배합비율 조건표」, 「표 2.4 기타 적용지역 녹화공법 종자배합비율 조건표」에 따라 설계한다. 다만, 자연경관복원형은 복원목표를 달성하기 위해 불가피한 경우에는 녹화공법의 특성에 맞추어 종자배합설계를 다르게 적용할 수 있다.
- (4) 종자배합 설계에 대한 구체적인 내용은 종자배합량 조건표에서 제시하고 있는 목본 및 초본, 야생화류, 외래초종(양잔디류)의 종자배합비율을 참조한다.

<표 2.3 > 자연경관복원형 적용지역 녹화공법 종자배합비율 조건표

복원목표	식생구분	종자배합비율(%)
초본 위주형	관목류	20~40 ¹⁾
	초본, 야생화류	40~80
	외래초종(양잔디류)	0~10
	합 계	100 ²⁾
초본·관목 혼합형	관목류	30~50
	초본, 야생화류	45~70
	외래초종(양잔디류)	0~5
	합 계	100 ²⁾
목본 군락형	교목류, 아교목류, 관목류	40~70
	초본, 야생화류	30~70
	외래초종(양잔디류)	0
	합 계	100 ²⁾

주1) 숫자는 중량배합비율을 의미한다.

주2) 종자배합 시 외래초종의 중량배합비율을 우선 정한 다음 초본, 야생화류, 관목류 등 전체 종자배합량의 합이 100이 되도록 정한다.

- ※1. 복원목표가 자연경관복원형인 경우 녹화식물은 그늘사초, 큰기름새, 대사초, 참억새, 새, 솔새, 개솔새, 쭉쭉(맑은대쭉, 쭉, 넓은잎외잎쭉, 뽕쭉), 양지꽃, 노루오줌, 구절초, 참취, 큰까치수영, 뚝갈 등의 초본류와 생강나무, 진달래, 철쭉, 개웃나무, 붉나무, 국수나무, 산초나무, 쥐똥나무, 개암나무, 호랑버들, 병꽃나무, 짙레나무, 산딸기, 복분자딸기, 노린재나무, 호랑버들, 소나무 등의 목본류가 비탈면 녹화용 자생종(재래초본, 재래목본)으로 사용될 수 있으며, 이들 외에도 부록에서 제시된 식물들을 추가로 사용할 수 있다.
- ※2. 녹화용 식물은 현지에 서식하는 식물을 주로 활용하고, 중국산인 경우 산지를 확인하여 우리나라 기후 및 풍토와 유사한 지역인지를 확인한다.
- ※3. 목본군락형의 경우 교목류와 아교목류는 비탈면 상부의 토심이 깊고 경사도가 완만하고 비탈면 안정에 영향이 없으며 시거에 지장이 없는 구간에 적용이 가능하며, 성장 후 키가 낮은 식물을 우선 적용할 수 있다.

<표 2.4> 기타 적용지역 녹화공법 종자배합비율 조건표

복원목표	식생구분	종자배합비율(%)
초본 위주형	관목류	10~40 ¹⁾
	초본, 야생화류	40~80
	외래초종(양잔디류)	10~20
	합 계	100 ²⁾
초본 관목 혼합형	관목류, 아교목류	30~50
	초본, 야생화류	40~70
	외래초종(양잔디류)	5~15
	합 계	100 ²⁾
목본 군락형	교목류, 아교목류, 관목류	35~60
	초본, 야생화류	35~65
	외래초종(양잔디류)	3~10
	합 계	100 ²⁾

주1) 숫자는 중량배합비율을 의미한다.

주2) 종자배합 시 외래초종의 중량배합비율을 우선 정한 다음 초본, 야생화류, 관목류 등 전체 종자배합량의 합이 100이 되도록 정한다.

- ※1. 해안생태계지역에서는 해안에 적합한 종자배합을 하고, 외래도입초종이 10%를 상회하지 않도록 한다.
- ※2. 난지형초종인 weeping lovegrass 사용을 최대한 억제한다.
- ※3. 싸리와 낭아초는 20% 이하의 비율로 배합하여 지나치게 우점하지 않도록 한다.
- ※4. 목본군락형의 경우 교목류와 아교목류는 비탈면 상부의 토심이 깊고 경사도가 완만하고 비탈면 안정에 영향이 없으며 시거에 지장이 없는 구간에 적용이 가능하며, 성장 후 키가 낮은 식물을 우선 적용할 수 있다.
- ※5. 기타 적용지역이란 자연경관복원형의 복원목표가 적용되지 않는 지역을 말한다.

2.7.2 종자배합설계 시 고려사항

종자의 배합비율은 계절, 토질(암질), 기후특성 등을 고려하여 정하며, 혼합한 후 종자가 골고루 살포되도록 하고, 주위 경관과 조화할 수 있도록 식물종을 배합하여 적용한다.

[해설]

- (1) 재래종과 외래초종(양잔디류)의 배합 시에는 재래종의 비율을 높게 하고 외래초종(양잔디류)에 의하여 피압 당하지 않도록 하여야 하며, 외래초종(양잔디류)을 사용할 경우에는 초장이 짧은 종을 사용한다.
- (2) 종자배합 시 한 종류의 발생기대본수는 총 발생기대본수의 40% 이상이 되지 않도록 한다.
- (3) 자연공원, 자연생태·경관보전지역, 문화재 보호구역, IC구간, 터널입출구 등 경관을 특별히 고려할 필요가 있는 지역에서는 환경영향평가서를 참고하여 지역 고유의 자생종 종자를 혼합한다.
- (4) 시거장애방지 및 효율적인 유지관리를 위해 쌓기 비탈면 최상단 및 깎기 비탈면 최하단에 키가 큰 수목종자(싸리류, 낭아초 등)의 사용은 피한다.
- (5) 주변 식물군락의 유형에 따라 초본·관목혼합형 및 목본군락형 녹화지역에 내음성이 강한 수종을 1종 이상 선정하여 파종할 수 있다.
- (6) 종자배합설계시 비탈면의 방향과 고도, 주변생태계의 특성을 종합적으로 고려하여 종자배합설계를 다르게 적용할 수 있다. 특히, 비탈면의 방향과 해발고도 등을 고려할 때 수분의 고갈이나 온도, 제설, 일조량 등으로 식물의 원만한 생육이 어렵다고 판단되는 경우, 전문가 자문을 받아 종자배합을 다르게 적용할 수 있다.
- (7) 해안생태계지역·내륙생태계지역의 일반적인 도로 비탈면에 적용하는 종자 뿔어붙이기(seed spray), 얇은 식생기반재 뿔어붙이기 및 두꺼운

식생기반재 뽑어붙이기에서의 종자배합은 「표 2.5, 2.6, 2.7, 2.8」의 예시를 참조하고, 종자 과중량은 「표 2.9 식생기반재뽑어붙이기 종자과중량 조건표」의 기준을 따른다. 자연경관복원형에서는 「표 2.3 자연경관복원형 적용지역 녹화공법 종자배합량 조건표」를 따르며, 지역의 자생종 및 고유종을 적극 활용하고, 생물종 다양성과 자연경관복원에 기여할 수 있도록 생태복원공법들을 적용하고, 녹화공법의 특성에 부합되도록 전문가의 자문을 통해 녹화식물을 배합 설계한다.

<표 2.5> 자연경관복원형 적용지역의 얇은 식생기반재뿔어붙이기
(두께 5cm미만)의 종자배합량 조건표 예시

단위 : (g/m²)

복원목표	종자배합		종자량 (종자배합비율)
초본위주형	관목	병꽃나무 등 관목류	9.0
	초본, 야생화	억새 등 새류 일반재래초본류(도입야생화포함)	15.0
		썩류, 야생화, 지역고유종	3.0
	외래초종 (양잔디류)	Tall fescue Kentucky bluegrass Perennial ryegrass Creeping red fescue 등	3.0
	합 계		30 (30 : 60 : 10)
초본·관목 혼합형	관목류 아교목류	붉나무, 병꽃나무, 개쉬땅나무 등 관목류, 아교목류	10.5
	초본, 야생화	새류, 비수리, 숙류 등 초종	10.0
		구절초, 산국, 썩부쟁이 등 지역고유 야생화류	8.0
	외래초종 (양잔디류)	Kentucky bluegrass 등	1.5
	합 계		30 (35 : 60 : 5)
목본군락형	관목류 아교목류	소나무, 참나무류, 호랑버들, 산초나무, 붉나무, 병꽃나무, 개쉬땅나무 등 관목류, 아교목류, 교목류	12.0
	초본, 야생화	새류, 비수리, 숙류, 까치수염 등 초종	10.0
		구절초, 산국, 감국, 썩부쟁이, 양지꽃, 산마늘, 마타리, 똑갈 등의 지역고유 야생화류	8.0
	외래초종 (양잔디류)	Kentucky bluegrass 등	0
	합 계		30 (40 : 60 : 0)

※ 자연경관복원을 위해 새류, 썩류, 억새류, 도라지, 구절초, 썩부쟁이 등의 재래초본과 붉나무, 소나무, 산초나무, 병꽃나무 등의 재래목본 등을 혼합하여 파종할 수 있다. 필요한 경우 재래목본의 묘목식재와 지역고유종을 근주이식한 다음 식생기반재뿔어붙이기 공법을 병행하는 방법, 혹은 지역의 표토를 재활용 하는 방법 등을 고려할 수 있다.

※ 생태적으로 중요한 지역이므로 외래초본(양잔디류)이 우점하지 않도록 한다.

<표 2.6> 자연경관복원형 적용지역의 두꺼운 식생기반재뺏어붙이기
(두께 5cm이상)의 종자배합량 조건표 예시

단위 : (g/m²)

복원목표	종자배합		종자량 (종자배합비율)
초본위주형	관목	병꽃나무 등 관목류	21.0
	초본, 야생화	억새 등 새류	23.0
		일반초본류(도입야생화포함) 썩류, 야생화, 지역고유종	19.0
	외래초종 (양잔디류)	Tall fescue Kentucky bluegrass Perennial ryegrass Creeping red fescue 등	7.0
	합 계		70 (30 :60 :10)
초본·관목 혼합형	관목류 아교목류	붉나무, 병꽃나무, 개쉬땅나무 등 관목류, 아교목류	24.5
	초본, 야생화	새류, 비수리, 숙류 등 초종	23.0
		구절초, 산국, 썩부쟁이 등 지역고유 야생화류	19.0
	외래초종 (양잔디류)	Kentucky bluegrass 등	3.5
	합 계		70 (35 : 60 : 5)
목본군락형	관목류 아교목류	소나무, 참나무류, 호랑버들, 산초나무, 붉나무, 병꽃나무, 개쉬땅나무 등 관목류, 아교목류, 교목류	28.0
	초본, 야생화	새류, 비수리, 숙류, 까치수염 등 초종	23.0
		구절초, 산국, 감국, 썩부쟁이, 양지꽃, 산마늘, 마타리, 똑갈 등의 지역고유 야생화류	19.0
	외래초종 (양잔디류)	Kentucky bluegrass 등	0
	합 계		70 (40 : 60 : 0)

※ 자연경관의 조기 복원을 위해 새류, 썩류, 억새류, 도라지, 구절초, 썩부쟁이 등의 재래초본과 붉나무, 소나무, 산초나무, 병꽃나무 등의 재래목본 등을 혼합하여 파종할 수 있다. 필요한 경우 재래목본의 묘목식재와 지역고유종을 근주이식한 다음 식생기반재뺏어붙이기 공법을 병행하는 방법, 혹은 지역의 표토를 재활용 하는 방법 등을 고려할 수 있다.

※ 생태적으로 중요한 지역이므로 외래초본(양잔디류)이 우점하지 않도록 한다.

<표 2.7> 기타 적용지역의 일반적인 도로비탈면 적용
 종자뿌어붙이기(seed spray) 및 얇은 식생기반재
 뿌어붙이기(두께 5cm미만)의 종자배합량 조건표 예시

단위 : (g/m²)

복원목표	종자배합		종자량 (종자배합비율)
초본 위주형	관목류	병꽃나무 등 관목류	5.0
	초본,야생화	억새 등 새류 일반초본류(야생화포함)	14.0
		썩류 및 기타	1.0
	외래초종 (양잔디류)	Tall fescue Kentucky bluegrass Perennial ryegrass Creeping red fescue 등	5.0
	합 계		25 (20 : 60 : 20)
초본·관목 혼합형	관목류, 아교목류	병꽃나무 등 관목류 붉나무 등 아교목류	7.5
	초본,야생화	억새 등 새류 비수리 등 일반초본류(야생화포함)	14.0
		썩류 및 기타	1.0
	외래초종 (양잔디류)	Tall fescue Kentucky bluegrass Perennial ryegrass Creeping red fescue 등	2.5
	합 계		25 (30 : 60 : 10)
목본 군락형	관목류, 아교목류, 교목류	자귀나무, 붉나무, 소나무(곰솔) 등 교목류, 아교목류 병꽃나무 등 관목류	10.0
	초본,야생화	억새 등 새류 일반초본류(야생화포함)	12.5
		썩류 및 기타	1.0
	외래초종 (양잔디류)	Tall fescue Kentucky bluegrass Perennial ryegrass Creeping red fescue 등	1.3
	합 계		25 (40 : 50 : 10)

※ 경관적으로 중요한 지역에서는 금계국, 패랭이꽃, 끈끈이대나물, 붓꽃류(붓), 수레국화, 도라지(여름), 구절초, 산국, 벌노랑이, 썩부쟁이류, 벌개미취 등(가을)을 혼합 파종할 수 있다.

<표 2.8> 기타 적용지역의 두꺼운 식생기반재뿔어붙이기
(두께 5cm이상)의 종자배합량 조건표 예시

단위 : (g/m²)

복원목표	종자배합		종자량 (종자배합비율)
초본위주형	관목	병꽃나무 등 관목류	12.0
	초본, 야생화	억새 등 새류 일반초본류(도입야생화포함)	30.0
		썩류, 야생화, 지역고유종	6.0
	외래초종 (양잔디류)	Tall fescue Kentucky bluegrass Perennial ryegrass Creeping red fescue 등	12.0
합 계			60 (20 :60 :20)
초본·관목 혼합형	관목류 아교목류	병꽃나무 등 관목류 붉나무 등 아교목류	18.0
	초본, 야생화	억새 등 새류 일반초본류(도입야생화포함)	30.0
		썩류, 야생화, 지역고유종	6.0
	외래초종 (양잔디류)	Tall fescue Kentucky bluegrass Perennial ryegrass Creeping red fescue 등	6.0
합 계			60 (30 : 60 : 10)
목본군락형	관목류 아교목류 교목류	자귀나무, 붉나무, 소나무(곰솔) 등 교목류,아교목류 병꽃나무 등 관목류	24.0
	초본, 야생화	억새 등 새류 일반초본류(도입야생화포함)	26.0
		썩류, 야생화, 지역고유종	4.0
	외래초종 (양잔디류)	Tall fescue Kentucky bluegrass Perennial ryegrass Creeping red fescue 등	6.0
합 계			60 (40 : 50 : 10)

※ 경관적으로 중요한 지역에서는 금계국, 패랭이꽃, 끈끈이대나물, 붓꽃류(봄), 수레국화, 도라지(여름), 구절초, 산국, 벌노랑이, 썩부쟁이류, 벌개미취 등(가을)을 혼합하여 파종할 수 있다.

※ 생태적으로 중요한 지역에서는 외래초종(양잔디류) 보다는 자생종(재래초본, 목본류)을 우선으로 배합한다.

<표 2.9> 식생기반재뿔어붙이기 종자과중량 조건표

종자층의 두께	지 역 구 분	국토핵심생태녹지축지역	해안생태계지역, 내륙생태계지역
1~2cm ¹⁾		20g/m ² 이상 ²⁾	20g/m ² 이상
3~4cm		30g/m ² 이상	25g/m ² 이상
5~7cm		70g/m ² 이상	60g/m ² 이상
7cm이상		100g/m ² 이상	90g/m ² 이상

주1) 식생기반재 두께는 종자취부층과 식생기반층을 합한 것을 말한다. 단, 2층뿔어붙이기(식생기반층을 우선 조성하고, 그 위에 종자층을 분리하여 시공하는 공법)인 경우 종자뿔어붙이기층의 두께에 맞게 과중량을 정한다.

주2) 종자과중량은 위의 조건표를 따르되 「표 3.7 비탈면 복원목표별 식생 생육판정 기준표」를 만족시킬 수 있도록 받아들일 우수한 녹화식물 종자를 사용하고, 특정종이 전체를 우점하지 않도록 종자배합설계를 적용하여야 한다.

2.8 도면작성 및 수량산출

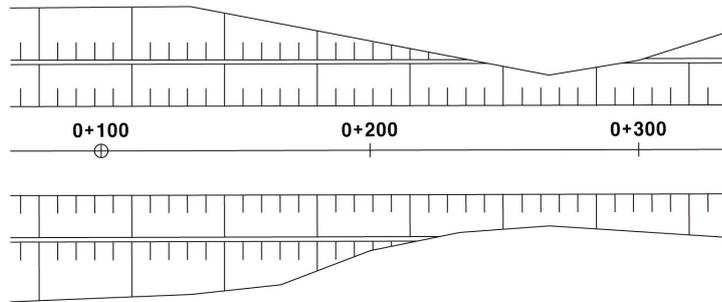
도면 및 전개도 작성은 쌓기 및 깎기로 구분하여 작성하고, 구간별 토질(암질)의 종류별로 구분하여 비탈면 면적으로 수량을 산출한다.

[해설]

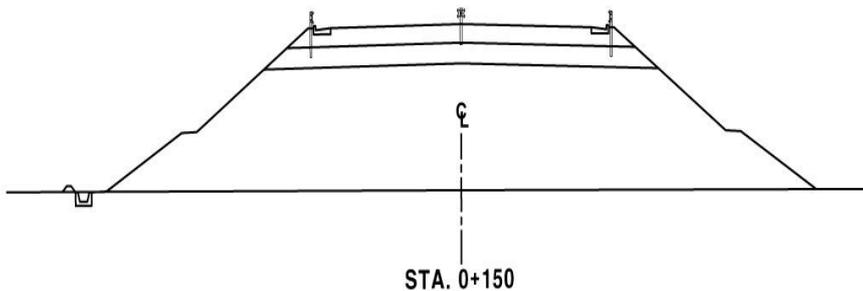
- (1) 깎기 비탈면 현황도와 종평면도를 이용하여 전개도를 작성한다.
- (2) 작성한 전개도에 토질별 및 공법별로 적용 가능한 구간에 측점별 경계선을 그린다.
- (3) 구간별, 공법별 수량은 각각 비탈면 길이로 면적을 산출한다.

(4) 비탈면 녹화공법은 쌓기 비탈면과 깎기 비탈면으로 구분하여 아래와 같이 수량을 산출한다.

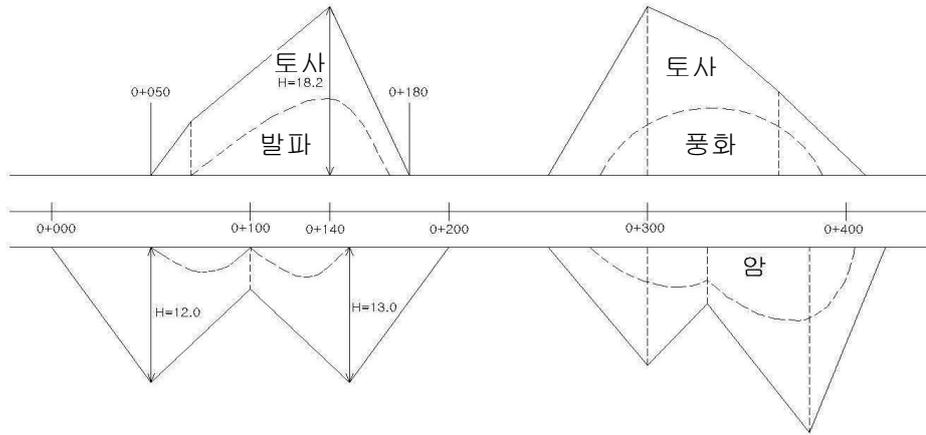
- ① 깎기 비탈면은 토질별로 구분하여 L형측구 상단 소단부터 산마루측구를 지나서 비탈면 라운딩구간을 포함하여 비탈면 사거리로 면적을 산출한다.
- ② 쌓기 비탈면은 쌓기부 길어깨에서 흙쌓기 비탈면 끝단까지 구하고, 라운딩 구간을 포함하여 비탈면 사거리로 면적을 산출한다.
- ③ 깎기부 및 쌓기부 콘크리트 소단구간과 도수로구간의 수량을 산출면적에서 제외한다.



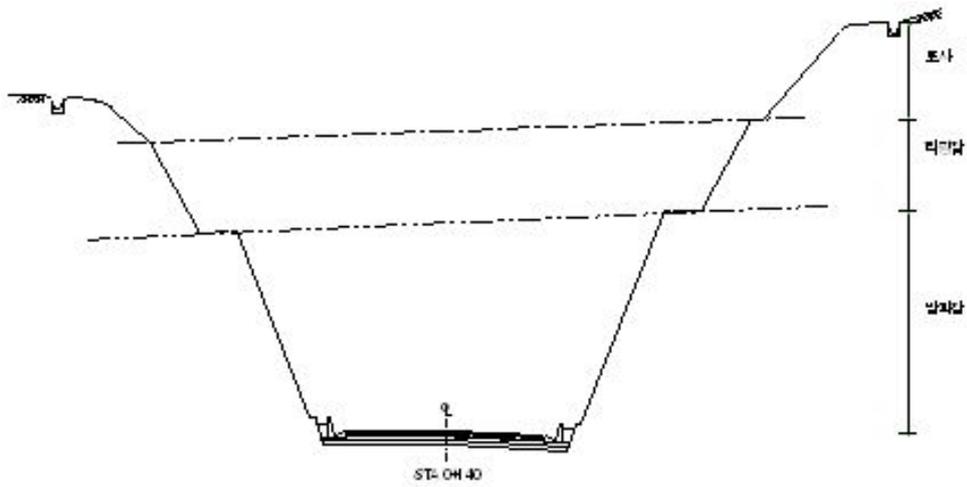
<그림 2.6> 평면도상 쌓기 전개도



<그림 2.7> 쌓기 횡단면도



<그림 2.8> 평면도상 깎기 전개도



<그림 2.9> 깎기 횡단면도

2.9 시험시공 및 모니터링 비용 산정

2.9.1 일반사항

설계 시 시험시공과 모니터링 비용은 설계서에 반영하여야 한다.

[해설]

- (1) 비탈면 녹화공법 선정을 위한 시험시공과 모니터링에 소요되는 비용은 일식단가(PS 단가)로 설계서에 반영한다.

제 3 장 도로비탈면 녹화공사의 시험 시공

3.1 일반사항

시공자는 설계도서를 검토하고, 설계된 비탈면 녹화공법이 복원 목표에 부합될 수 있는지를 검토한다. 시험시공 및 모니터링 계획을 수립하고, 유지관리계획을 마련한다.

[해설]

- (1) 비탈면 녹화공법의 적용을 위해 토질별로 복원목표에 부합되는 녹화공법을 정하기 전에 시험시공을 통하여 녹화품질 및 시공성을 정량적, 경제적으로 분석함으로써, 해당 비탈면의 자연환경여건에 부합하고 지속성이 있는 최적 녹화공법을 선정하기 위하여 시험시공을 실시한다.
- (2) 시공자는 설계에 반영한 녹화식물과 종자배합비율, 종자 사용량 등으로 시험시공을 실시한다. 다만, 설계 내용과 상이하게 시험시공을 시행할 필요가 있다고 판단될 경우에는 사전에 해당 전문가의 자문, 발주자와 협의를 해야 한다.
- (3) 시공자는 현장에서 시험시공에 적합하다고 판단되는 대표적인 위치를 시험시공의 대상지로 선정하고, 깎기 및 쌓기 구간의 토질 및 암질별로 3개 공법을 선정한다.
- (4) 시험시공은 현장별로 1회 이상 시행하는 것을 원칙으로 하되, 인근 현장과의 거리가 10km 내외이고 현장여건이 유사하여 인근 현장의 시험시공 결과를 활용할 수 있는 경우에 발주자는 시험시공 횟수를 생략하거나 조정하여 시행하게 할 수 있다.
- (5) 이암(세일) 등 점토광물을 함유하여 swelling, slaking 현상을 유발하는 특수한 암질인 경우, 급속히 풍화가 진행되어 사면이 불안정하게 될 가능성이 있으므로, 유사사례 등을 통한 녹화공법을 면밀히 검토 후 설계 반영하여 조기에 녹화를 실시하도록 한다.

- (6) 일반적인 녹화가 어려운 토질일 경우에는 전문가의 자문을 거친 후, 시험시공을 통해 적절한 공법을 선정한다.

3.2 재료

종자, 식생기반재 등 녹화 재료에 대해서는 소요 품질을 반드시 검사하여 양호한 재료만을 사용하여야 하며, 현장에서 시험이 어려운 경우에는 공인시험기관에 의뢰하여 품질을 검사하여야 한다.

[해설]

- (1) 녹화공법의 시험시공에 적용되는 재료와 그 구성 물질은 유기물재료와 무기물재료로 구분하며, 최종 녹화용 재료와 식생기반재는 친환경적 재료를 사용하도록 한다.
- (2) 도로건설현장에서 발생할 수 있는 식물발생재는 최대한 녹화용 식생기반재와 멀칭재로 활용하도록 한다.
- (3) 이암(세일), 산성배수를 유발하는 암 등 특수 지질 현장에서 사용하는 녹화재료 또는 식생기반재는 토질특성과 토양(암)을 분석하고 관계 전문가의 자문을 거쳐 현장에 적합한 것을 선정한다.
- (4) 「표 3.2. 중금속 등 기타 오염물질의 녹화기반재의 적용기준」은 토양환경보전법에서 규정하는 지역에 따라 국토핵심생태녹지축지역, 자연공원 등 별도관리지역과 생태자연도 1등급, 생태자연도 2등급(녹지자연도 7등급 이상)은 가지역을 적용하고, 기타 지역은 나지역의 기준을 적용한다.
- (5) 시험시공에 사용한 식생기반재는 감독자의 입회하에 시료를 채취하여 공인시험기관에 의뢰하여 성분을 분석한 후 제품의 성분분석 결과서를 감독자에게 제출한다. 분석결과 「표 3.1 비탈면녹화용 식생기반재의 화학적 특성 평가항목과 기준」에 부합되지 않는 경우나 중금속 등 기

타 오염물질에 의한 오염이 의심되는 경우에는 「표 3.2 중금속 등 기타 오염물질에 대한 식생기반재의 적용 기준」에 의거한 추가 조사를 실시한다.

〈표 3.1〉 비탈면녹화용 식생기반재의 화학적 특성 평가항목과 기준

평가항목		평가기준
항 목	단 위	
토양산도	-	6.0~8.0
전기전도도 (EC)	dS/m	1.0 미만
염기치환용량 (CEC)	Cmol/kg	6 이상
전질소량(T-N)	%	0.06 이상
염분농도	%	0.5 미만
유기물함량	%	3.0 이상

〈표 3.2〉 중금속 등 기타 오염물질에 대한 식생기반재의 적용 기준

물 질	별도관리지역, 가지역(mg/kg)	나지역(mg/kg)
카드뮴	1.5 이하	12 이하
구리	50 이하	200 이하
비소	6 이하	20 이하
수은	4 이하	16 이하
납	100 이하	400 이하
6가 크롬	4 이하	12 이하
아연	300 이하	800 이하
니켈	40 이하	160 이하

※1. 별도관리지역 : 상수원보호구역, 습지, 백두대간보호지역 등

※2. 나지역 : 지적법에 의한 지목이 공장용지, 도로, 철도용지 및 잡종지인 지역

3.3 시험시공 절차

시험시공 절차는 <표 3.3>과 같다.

<표 3.3> 시험시공의 절차

항 목	내 용
1. 시험시공 계획	- 시공목적, 시공대상지, 환경조건, 복원목표 등 검토
2. 공법의 선정	- 감독자는 자연생태복원전문가 등의 자문을 통해 복원목표에 부합되는 공법 선정
3. 시험시공 및 유지관리 실시	- 시험시공계획서 작성 및 분석 - 시공 재료(뿌어붙이기용 재료, 종자) 시공전후 분석 - 시공 장비 및 시공방법 협의 - 계획서 및 시방서에 준한 시공 실시 - 유지관리 실시
4. 시험시공 결과 분석	- 자연생태복원전문가에 의한 주기적인 평가 - 생육판정 기준표에 의한 분석 실시
5. 최적공법 선정	- 녹화공법 평가표에 의한 현장여건에 부합하는 최적공법 선정

3.4 시험시공 단계별 업무 분장

시험시공 단계별 업무 분장은 <표 3.4>과 같다.

<표 3.4> 시험시공 단계별 업무 분장

단 계 별	발주자	시공사	감독자	자연생태복원 전문가	비 고
공사비 반영 (시험시공비용)	○				<설계단계> • 시험시공 및 유지관리
시험시공계획 승인 요청 (시공사→감독자→발주자)		○	△		<시공단계> • 시험시공참여업체 현황 ¹⁾ 첨부 • 자연생태복원전문가 현황 첨부 • 시험시공 계획서 첨부 • 비상주 감리원 ²⁾ , 책임 감리원 의견서 첨부
시험시공계획 승인 (발주자,감독자→시공사)	○		△		
시험시공 감리, 감독	△		○		
시험시공 후 모니터링 및 평가		△	△	○	• 자연생태복원전문가 ³⁾ 가 모니터링, 녹화공법 평가 시행
시험시공결과 보고서 작성 제출(자연생태복원전문가→ 시공사)		△		○	
시험시공결과 승인요청(시공사→감독자→ 발주자)		○	△	△	• 시험시공결과 보고서 첨부 • 비상주감리원, 책임감리원 의견서 첨부
시험시공결과 승인 (발주자→감독자, 시공사)	○		△		• 발주자는 필요시 녹화공법 평가위원회를 구성하여 평가 를 실시하여 승인한다. • 평가점수가 75점 이상인 공법을 승인 통보

* ○ 전담자, △ 보조자

주1) 시험시공업체 제출 서류

- 업체조서(책임기술자경력, 사업수행실적, 계측장비 등 보유현황)
- 시험과중 수행계획서
- 공인인증기관 등의 증명서

주2) 시험시공과 관련한 비상주 감리원은 토질 및 기초기술사 또는 자연생태복원전문가를 말한다.

주3) 자연생태복원전문가 제출 서류

- 자격증 또는 학위증, 경력증명서(업체일 경우에는 책임기술자 자격 및 경력, 사업수행실적, 계측장비 등 보유현황)

3.5 시험시공계획 수립 및 방법

3.5.1 시험시공 계획

1. 시공자는 현장의 특성을 고려하여 비탈면녹화에 대한 시험시공 계획을 작성하고, 책임감리원 및 비상주 감리원의 검토의견을 첨부하여 발주자에게 제출하여 승인을 받아 시험시공을 한다.
2. 시험시공은 설계에 반영된 공법으로 시행함을 원칙으로 한다. 단, 비탈면 깎기 및 쌓기 공사를 시행한 결과가 설계시 예상한 현장 여건과 상이하여 다른 공법 적용이 필요하거나 설계에 반영한 녹화공법 보다 품질이 양호하며 경제적인 녹화공법이 있는 경우에는 시험시공 대상으로 추가로 선정할 수 있다.

[해설]

(1) 시험시공 계획은 다음 항목을 고려하여 수립하도록 한다.

- ① 지반조사 항목은 시공자의 토질(암질)조사보고서를 토대로 전문가의 자문을 거쳐 녹화공법 적합여부를 검토한다.
- ② 주변식생 환경조사 항목은 환경영향평가자료와 현지조사 결과를 참조하여 적용한다.
- ③ 기후환경 조사항목은 대상지역의 가까운 거리의 기상관측소 자료를 이용하되 최근 10년간의 강우량, 온도, 습도 등을 평균 산출하여 이용한다.
- ④ 시공시기와 기후조건을 고려하여 시험시공지의 유지관리계획을 수립하여 제출한다.

(2) 시험시공에 적용하는 공법은 시험시공 3~4개월 전에 감독자와 토질 및 기초 기술사, 자연생태복원전문가 등이 참여하여 현장의 지반 등 자연환경의 특성을 조사 분석하여 현장에 적합한 공법을 선정한다. 단, 설계에 반영된 녹화공법을 우선 적용하되, 토질별로 3개 이상의 공법을 적용한다.

3.5.2 시험시공 및 모니터링

1. 시험시공의 면적은 공법 당 100~200m² 범위 내에서 시공한다.
2. 뽐어붙이기 두께는 녹화공법에 따라 암질, 토질상태, 자연환경, 식생기반재 기준 등을 고려하여 조정할 수 있다.

[해설]

- (1) 시험시공은 반드시 감독자의 입회하에 공사시방서에 따라 실시한다. 파종시기는 가급적 3~4월이 바람직하다.
- (2) 시험시공의 면적은 공법 당 100~200m² 범위 내에서 시공하되 녹화지역 구분과 비탈면의 지질, 암질, 토질상태, 자연환경에 따른 식생기반재 기준 등을 고려하여 녹화공법에 맞게 뽐어붙이기 두께를 결정한다.
- (3) 시공자는 시험시공 전에 종자 발아실험 결과와 식생기반재의 유해성 여부 및 기타 성분분석을 시행한 후 적합한 재료를 사용하여야 한다.
- (4) 시공자는 시험시공 15일전까지 감독자에게 종자발아실험 성적서와 공인된 시험기관 등에 분석 의뢰한 식생기반재의 토양분석 결과를 제출해야 하고, 감독자는 필요하다고 판단되는 경우 추가 시험 성적서를 요구할 수 있다.
- (5) 식생기반재는 토양을 채취하여 분석하여 식생기반재 기준에 1개 항목 이상 적합지 않을 때는 시험시공 대상에서 제외시킨다.
- (6) 시험시공 후 식생조사는 임의로 정한 방형구(1m×1m) 3개소 이상에서 조사하고, 조사 위치에 대한 근거를, 조사시기별로 모니터링 보고서에 자세하게 사진으로 제시한다. 고정조사구는 훼손의 우려가 있으므로 가급적 피한다.
- (7) 시험시공 후에는 자연 상태에서 관리하여 평가하며, 시공업체간 과다 경쟁으로 타 업체의 시험시공구간의 품질훼손(제초제살포 및 식생제거 등)을 시킬 경우에는 평가에서 제외 타 업체 발아에서 식물생육이 활

착할 때 까지는 시험시공 참여업체와 협의하여 기간을 정한 후 감독자 입회하에 시비, 관수 에는유지관리를 할 수 있다.

- (8) 시험시공 후 예상치 못한 기상 악화 등으로 인해 시험시공지가 훼손되어 시험시공결과에 대한 평가를 할 수 없게 된 경우에는 발주자 및 시험시공 참여업체와 협의하여 재시공을 할 수 있다.
- (9) 비탈면 녹화공법의 시험시공 모니터링은 자연생태복원전문가가 시행한다. 시공자는 회사에 자연생태복원전문가가 없는 경우에는 외부 전문가(기관)에 의뢰하여 시행할 수 있다. 또한, 감독자가 필요할 경우 생태복원전문 감리원을 투입하여 감리할 수 있다.

3.6 시험시공결과 평가

3.6.1 시험시공결과 평가

시험시공을 실시한 후 자연생태복원전문가와 감독자는 합동으로 아래의 [해설]과 같이 시험시공결과를 평가한다.

[해설]

- (1) 녹화공법 평가 일정은 <표 3.5>와 같으며 공사의 긴급성 등을 감안해서 평가목적을 달성 할 수 있는 범위 내에서 평가기간을 단축할 수 있다. 단, 공사 준공 일정에 따라 긴급이 요구되는 상황에서는 발주자와 상의하여 평가횟수를 줄일 수 있다.

〈표 3.5〉 녹화공법 평가 일정

파종시기	3~5월 파종	6~8월 파종	9~11월 파종
평가시기	-여름 전과 여름 후에 1차 및 2차 평가 -11월 전에 최종평가	-여름 후 9월경 1차 평가 -이듬해 4~5월 2차 평가 -이듬해 8~9월 최종평가	-11월 중 1차 평가 -이듬해 여름 직전 2차 평가 -이듬해 9~10월 최종평가

- (2) 감독자와 생태복원전문가는 <표 3.6>에 따라 항목별로 주기적 조사, 계절별 조사, 평가 일정에 맞추어 평가를 실시한다.
- (3) 식생생육은 <표 3.7>에 따라 판정한다.
- (4) 식생기반재뿔어붙이기의 식생기반재 두께는 측정용 기구를 이용하여 최소 10회 이상 측정하여 산술 평균한 값으로 사용한다.
- (5) 시험시공 후 식생기반재 샘플을 채취하여 식생기반재의 토양산도, 전기전도도, 염기치환용량, 전질소량, 염분농도, 유기물함량 등 토양 이화학성 및 중금속 함량분석 등을 공인된 시험기관에 의뢰하여 분석하여야 한다.
- (6) 초본위주형, 초본·관목혼합형은 피복율 80%이상은 상, 60~79%는 중, 60%미만은 하로 평가한다. 목본군락형, 자연경관복원형은 피복율 70%이상은 상, 50~69%는 중, 50%미만은 하로 평가한다.
- (7) 식생 생육조사는 식생조사구(방형구)내에서 목본 및 초본의 출현종, 각 식물별 생육 개체수, 식생 생육량, 우점종, 식생피복율, 병충해유무(하고현상 포함) 등을 조사 분석한다. 식생 생육조사구는 평균적인 생육을 보이는 곳에 임의로 선정하고 흔적을 남기지 않으며, 조사 시 설치한 방형구는 사진촬영하고, 전경사진에 위치를 표시하여 보고서에 수록하여야 한다.
- (8) 식생기반재의 토양경도, 토양산도, 토양습도 등을 측정하고, 식생기반재의 탈락 및 붕괴 유무와 병충해 피해를 관찰한다.
- (9) 식생피복율 조사시 한지형초종 등 외래초종(양잔디류)의 점유율이 높

으면 감점하며, 생태계 교란종 및 위해종에 의한 피해가 심하면 상대 비교하여 감점한다.

- (10) 조사시 설치한 방형구는 사진촬영하고, 시험시공지 전경사진에 그 위치를 표시하여 모니터링 보고서에 수록한다. 조사가 끝난 다음에는 방형구 설치 흔적을 제거한다.
- (11) 식생피복율은 발과암 구간 중 단단한 암(절리, 풍화상태가 미약한 암)인 경우 도로 노면상 최하단부에 덩굴식물식재공법으로 면적을 산출하고, 그 외 지역에서는 녹화공법으로 면적을 산출하여 구한다.
- (12) 각종 재료 등에 대하여는 필요하다고 판단되는 경우 현장에서 직접 채취한 후 공인된 시험기관에 의뢰하여 본 지침에 부합하는지의 여부를 검토한 후 시험시공결과보고서에 수록한다.
- (13) 파종용 식물종자의 검정에 대하여는 공인된 시험기관 등에서 수행한 파종할 종자의 순량율, 발아율 등의 시험 결과를 시험시공 결과보고서에 수록한다.

<표 3.6> 녹화공법 평가표

구분	평가	항 목		배점 (%)	배 점 기 준				
재료	정량적	토양 및 종자 품질		-	합격기준 미달시 불합격 처리				
품질	정량적	식물생육	식생 피복율 (전체)	초본위주형 초본·관목혼합형	15	80% 이상 (15)	60~79% (10)	60%미만 (5)	
				목본군락형 자연경관 복원형		70%이상 (15)	50~69% (10)	50%미만 (5)	
			식생피복율 (한지형초본 등 외래도입초종)		(0~-5)	피복율에서 외래도입초본의 점유율 30%미만 (0)	30~59% (-3)	60%이상 (-5)	
			식생생육량 (한지형초종 제외)		5	양호(5)	보통(3)	불량(1)	
		병충해		5	양호(5)	보통(3)	불량(1)		
		적	출현종수	목본성립본수		10	식생생육판정기준표 복원목표의 달성도		
				80% 이상 (10)	60~79% (7)		60% 미만 (3)		
				초본 및 목본의 출현종수		15	80% 이상 (15)	60~79% (10)	60% 미만 (5)
			생태계 교란 및 위해종 침입		(0~-5)	하(0)	중(-3)	상(-5)	
			식생기반재 물리적 특성		10	양호(10)	보통(7)	불량(3)	
	탈락 및 붕괴지점		5	양호(5)	보통(3)	불량(1)			
	정성적	녹화 지속성 및 식생침입 가능성		5	양호(5)	보통(3)	불량(1)		
		주변 환경과의 유사도		(0~-5)	양호(0)	보통(-3)	불량(-5)		
	소 계				70%				
경제성	정량적	시공단가		30	130% 미만 (30)	130~ 160% (24)	161~ 190% (18)	191~ 220% (12)	220% 초과 (6)
	소 계		30%						
합 계				100%					

<표 3.7> 비탈면 복원목표별 식생생육판정 기준표

복원목표 \ 평 가		목본 성립본수	출현종수	
			초본	목본
초본 위주형	합격 ¹⁾	2본/m ² 이상	5종/m ² 이상	2종/m ² 이상
	판정보류	피복율이 50~70%이면서 1m ² 당 10본 발아가 있으면서 생육이 늦은 경우 1~2개월 동안 상태를 지켜보고 재평가한다.		
	불합격	피복율이 50%이하 이면서 식생기반이 유실되어 식물의 성립이 기대되지 않을 경우 재시공한다.		
초본 관목 혼합형	합격	3본/m ² 이상	4종/m ² 이상	3종/m ² 이상
	판정보류	피복율이 50~70%이면서 1m ² 당 관목의 발아가 늦을 경우 2~3개월 동안 상태를 지켜보고 재평가한다.		
	불합격	피복율이 50%이하 이면서 식생기반이 유실되어 식물의 성립이 기대되지 않을 경우 재시공한다.		
목본 군락형	합격	5본/m ² 이상	3종/m ² 이상	4종/m ² 이상
	판정보류	피복율이 70~80%이고 교목이 1~2본/m ² 인 경우 익년 봄까지 상태를 봄. 드문드문 발아가 보이지만, 비탈면 전체가 나지로 보일 경우 2~3개월 동안 상태를 지켜본 후 판정한다(부적기 시공의 경우).		
	불합격	식생기반이 유실되어 식물의 성립이 기대되지 않을 경우 재시공 함 초본 피복율이 80~90%이면서 목본이 피압 당하고 있을 경우 예초 후 대책강구		
자연경관 복원형	합격	7본/m ²	5종/m ² 이상	5종/m ² 이상
	판정보류	피복율이 70~80%이고 교목이 3~4본/m ² 인 경우 익년 봄까지 상태를 봄. 드문드문 발아가 보이지만, 비탈면 전체가 나지로 보일 경우 2~3개월 상태를 지켜본 후 판정한다(부적기 시공의 경우).		
	불합격	식생기반이 유실되어 식물의 성립이 기대되지 않을 경우 재시공함 피복율이 80%이상이면서 목본이 피압 당하고 있을 경우 예초 후 대책강구		

주1) 합격은 모든 항목을 만족하여야 하며, 한 개의 항목이라도 미달할 경우 보류로 본다.

<표 3.8> 녹화공법 품질 및 경제성 평가기준과 방법

구분	평가	항 목	평가 기준	평가기준 및 방법 ¹⁾	평가빈도	
재료	정량적	재료품질	절대 평가	식생기반재 샘플을 1~2kg채취하여 토양의 이화학적 특성을 분석 후 기준항목 합격여부 판단함.	1회	
		품질	식생생육여부	식생피복율 (전체)	절대 평가	시공후 공법별 식생피복율을 1×1m방형구를 설치하여 3회 반복 조사 후 평균함.
식생피복율 (한지형초종)	절대 평가			격자틀(20×20cm) 또는 1×1m방형구를 설치하여 한지형잔디(외래종)만의 피복율을 3회 반복 조사하여 평균함. 피복율에서 외래도입초종만의 점유율을 평가함.	계절별 1회	
식생생육량 (한지형초종제외)	상대 평가			한지형 초종을 제외한 식생을 채취하여 생물중량(생체중)을 전자저울 등을 이용하여 실측함.	계절별 1회	
병충해	상대 평가			생육판정시기까지 계절별로 병충해, 여름철 하고 현상 등을 조사함.	계절별 1회	
정량적	목본성립본수		절대 평가	1m×1m방형구를 설치하고 목본의 성립본수를 10회 조사하여 본수/m ² 로 평균하여 <표 3.6>의 합격 목표치에 따른 달성도를 측정. 목본의 수고가 1~6m인 경우에는 방형구를 2m×2m로 확대함.	계절별 1회	
	출현종수		초본 및 목본의 출현종수	절대 평가	1m×1m방형구를 설치하여 초본 및 목본의 출현종수를 조사하여 종수/m ² 로 환산 평균하여 <표 3.6>의 합격 목표치에 따른 달성도를 측정함. 이때 초본 및 목본 출현종수 비율을 각각 평가한 후 이를 평균으로 환산함. 목본의 수고가 1~6m인 경우에는 방형구를 2m×2m로 확대함.	계절별 1회
			위해종 침입 및 시험지의 교란정도	상대 평가	위해종인 돼지풀, 단풍잎돼지풀 등과 교란종인 환삼덩굴, 칩 등에 의한 교란정도를 측정함.	수시 평가
	식생기반재 물리적 특성		절대 평가	식생기반재의 토양경도는 양호(11~23mm), 보통(23~27mm), 불량(11mm미만, 27mm초과)분류하고 토양습도는 양호(0.5~5%), 보통(5~8%), 불량(0.5%미만, 8%초과)로 분류한다.(간이 측정기기를 이용 현장 측정 가능)	1회 이상 조사	
	탈락 및 붕괴지점		상대 평가	시험시공면적당 탈락 및 붕괴 지점 수를 조사함.	계절별 1회	
정성적	녹화 지속성 및 식생침입 가능성		상대 평가	3~5년 정도 지난 기존 시공지에서의 녹화 지속성 및 천이여부 평가함	1회 이상	
	주변 환경과의 유사도		상대 평가	주변 환경과의 생태적 경관 조화성을 평가함	수시 평가	
경제성	정량적		시공단가	상대 평가	시험시공 참여업체의 최저가를 기준으로 상대 평가한다.	최종 평가시

주1) 평가기준 및 방법은 「부록 지방서 1.4 시험시공」을 참고한다.

<표 3.9> 시험시공 결과보고서 수록내용

항 목	내 용	비 고
1. 개요	<ul style="list-style-type: none"> - 시험시공의 목적 - 시험시공 위치도 및 주변 현황 분석 - 시험시공 비탈면의 환경특성 	녹화지역구분 복원목표설정
2. 시험시공 재료 및 방법	<ul style="list-style-type: none"> - 시공재료 - 사용종자 - 시공장비 - 시공방식 - 측정방식 	
3. 시험시공지 조사	<ul style="list-style-type: none"> - 발아상태 - 식물생육상태 - 기반재의 안정성 - 재료 특성 분석 - 기반재의 지속성 	식물생육 (3가지 평가지표) 출현종수(3가지 평가지표) 식생기반재 물리화학적 특성 탈락 및 붕괴지점 주변환경과의 유사도
4. 시험시공 결과 분석 및 평가	<ul style="list-style-type: none"> - 생육특성(품질) - 경제성 - 향후 예측 	녹화공법평가표 첨부
5. 기타	<ul style="list-style-type: none"> - 산업재산권(특허, 신기술·특허공법) - 시공실적 - 시험성과물 	공법 특성 분석

3.6.2 시험시공 결과 승인

- (1) 발주자는 품질 및 경제성을 합쳐서 녹화평가점수가 75점 이상인 녹화 공법에 대하여 선정하고, 품질 및 경제성이 적합하면서 복원목표를 효과적으로 달성할 수 있는 공법은 모두 승인한다.
- (2) 발주자는 필요한 경우에는 녹화공법 평가위원회를 구성하여 녹화공법 평가를 실시할 수 있으며, 평가위원회는 자연생태복원전문가, 종자 및 식물전문가, 비상주감리원, 관계공무원 등으로 구성한다.

제 4 장 도로비탈면 녹화공사의 시공

4.1 시공 계획 수립

비탈면녹화에 대한 시공 계획은 시험시공을 통해 선정된 녹화공법을 반영하여 비탈면 복원목표를 충분히 달성할 수 있도록 수립한다.

[해설]

- (1) 시공을 하기 전에 설계도서 검토, 현장조건 확인, 선정된 녹화공법의 적용범위에 대해 검토한다.
- (2) 설계도서 검토시 관련 도면, 수량, 녹화공법적용 입면도, 복원목표적용 가능성을 확인한다.
- (3) 현장조건에 대한 확인시 지형과 지질, 주변생태계의 특성, 녹화지역 구분, 생태자연도 등급, 녹지자연도 등급 등을 확인하고, 시공과 관련한 지하수, 배수 특성, 녹화재료의 운송 및 저장 등을 검토한다.
- (4) 주변 상황에 관한 검토시 지역 자연환경에 미치는 영향, 지역 사회에 미치는 영향, 사회적 요청, 부산물 등을 검토한다.

4.2 재 료

녹화공법의 종자, 식생기반재 등 녹화재료는 품질기준 및 환경기준에 맞는 제품을 사용한다.

[해설]

- (1) 녹화공법의 식생기반재료는 품질기준 및 환경기준에 맞는 제품을 사용하되 시공전후에 감독자 입회하에 시료를 채취하여 공인된 시험기관에 의뢰하여 성분을 분석한 후, 제품의 성분분석 결과서를 감독자에게 제출

- 한다. 감독자는 시험시공 당시 종자와 배합비가 일치하는지 확인한다.
- (2) 섬유제품 등의 멀칭재(식물발생재 포함)는 유기재료를 사용하는 것을 원칙으로 하고 종자의 발아 및 생육에 장애가 없는 제품이어야 한다.
 - (3) 부착망은 체인링크철선과 염화비닐피복철선의 기준에 적합한 부착망을 시공해야 한다.
 - (4) 앵커핀 및 착지핀의 경우는 설계에 맞는 제품의 사용계획을 확인하고 감독자는 이 자료를 보관하여야 한다.
 - (5) 시공자는 비탈면 녹화에 사용할 종자에 대하여 총 1회 이상 감독원 입회하에 샘플을 채취하여 공인시험기관에 발아율 및 순량을 시험을 의뢰하여 조사한 시험성적서를 감독자에게 제출하여야 한다. 시공자는 시공 후 종자의 발아 및 생육상태를 조사하여 그 결과를 감독자에게 제출한다.
 - (6) 비탈면 시공후의 추적 식생조사는 초기조사(시공 후 1, 2개월), 중장기조사로 나누어 수행하고, 최소 2가지 이상의 식물환경이 조성되지 않고 <표 3.6>에 의거하여 피복율이 50% 이하이면서 식생기반이 유실되어 식물의 성립이 어려울 경우에는 재시공 등의 조치를 취한다.

4.3 시공

비탈면 식생녹화는 시공시기와 기상조건에 영향을 받으므로 시공시기를 충분하게 검토하여 공사가 순조롭게 달성될 수 있도록 하여야 하며, 시험 시공한 결과와 본 시공의 결과가 상이하지 않도록 시행한다.

[해설]

- (1) 시공계획으로 공사의 순서와 녹화공법 적용계획, 공정계획, 주요 노무 계획, 장비 및 재료반입계획, 운송계획 등을 정한다.
- (2) 관리계획으로는 현장관리 조직표, 안전관리계획, 품질관리계획, 환경보

전계획, 건설부산물재활용계획, 폐기물관리계획 등을 수립한다.

(3) 비탈면 녹화공사는 공사시방서에 따라 시행한다.

4.4 녹화식생의 평가

1. 녹화식생 구성에 대하여는 판정시기와 판정기준을 참고하여 평가하고, 시공후의 녹화공법, 시공시기, 도입식물, 시공후의 기상, 식생기반재의 지속성 등을 적절하게 고려하여 평가한다.
2. 시공자는 시공완료 후에는 시험시공결과와 일치여부를 평가하고, 그 결과를 기성검사 또는 준공검사 시 제출한다.

[해설]

- (1) 녹화공법 적용시 종자의 발아율을 고려하여 파종량을 할증하고, 복원 목표를 달성할 수 있도록 시공해야 하며, 시공완료 후에는 시기별로 녹화식물 생육의 건전성을 평가한다.
- (2) 혼파 한 식물의 상호 경쟁에 의한 피압이 복원목표달성에 부합여부를 관찰하고, 필요한 경우 적절한 유지관리계획을 수립한다.
- (3) 식생기반재의 침식, 이탈, 녹화식물의 쇠퇴 등을 주기적으로 평가한다.
- (4) 시공자는 시험시공결과 일치여부는 <표 3.6>의 녹화공법 평가표의 품질항목에 대하여 평가를 실시하여 시험시공결과와 일치 여부를 확인하고 기성검사 및 준공검사시 검사자에게 제출한다. 시공자는 시험시공과 일치하지 않을 때에는 재시공 등 적절한 관리방안을 모색한다.
- (5) 감독자는 시험시공결과와 일치하지 않을 때에는 재시공 등 필요한 조치를 취한다.

제 5 장 도로비탈면 녹화공사의 유지관리

5.1 일반사항

비탈면의 녹화는 주변에서의 식물천이를 유도하여 자연 상태의 환경을 조성하는 것으로써 관리는 점검, 유지관리 등의 과정이 적절하게 수행되어야 한다.

[해설]

- (1) 비탈면의 녹화는 주변에서의 식물천이를 통한 안정적인 식물환경의 조성을 기본목표로 추구한다.
- (2) 비탈면 녹화공법의 유지관리는 적절한 시기에 수행되어야 하며, 점검, 유지관리 등 일련의 작업과정이 적절하게 진행되어야 한다.
- (3) 비탈면녹화 시공지가 생태계 교란중에 의해 녹화식물이 피압되고 고사되는 피해를 입지 않도록 유지관리를 시행한다. 녹화품질이 저해되거나 식생기반재가 이탈되는 등의 경우에는 적절한 조치를 취한다.
- (4) 비탈면 녹화공사는 복원목표가 달성하도록 비탈면의 환경특성, 지역, 기후특성 등을 고려하여 멀칭, 관수, 시비, 생태계 교란종(취, 덩굴류 등) 제거 등의 유지관리 작업을 준공할 때까지 시행해야 한다.

5.2 유지관리

5.2.1 점 검

시공자는 비탈면에 시공된 안정공법, 식생기반, 식생 등이 지속적으로 유지되고 복원목표에 부합되도록 유지관리계획을 수립하여 주기적으로 점검을 시행한다.

[해설]

- (1) 비탈면 녹화공사는 시공 후에도 준공할 때까지 지속적인 점검을 수행해야 한다.
- (2) 점검목표는 식물군락을 양호하게 유지하는데 있으며 식생, 식생기반, 비탈면 안정공법 등이 적절하게 유지되는지 점검을 실시하고, 그 결과를 적절하게 유지관리에 반영해야 한다.
- (3) 비탈면 녹화공사는 평상시 일상점검, 이상시 이상점검, 정기점검 등을 시행한다.
 - 1) 일상점검 시 다음 항목을 점검한다.
 - ① 비탈면 아래로의 낙석 혹은 토사유출 흔적
 - ② 식생기반재 균열 후 이탈한 현상
 - ③ 성토부 상단의 균열, 침하
 - ④ 식생기반 유실 흔적
 - ⑤ 식생 쇠퇴, 고사, 변색, 이상 번성
 - ⑥ 측구, 소단배수구, 종배수구에 토사, 낙엽, 마른 나뭇가지의 퇴적 및 배수구의 이상
 - ⑦ 구조물과 비탈면 녹화공의 경계부 이상
 - ⑧ 비탈면 주변의 변화 상태, 특히 비탈면 상부의 나무 쓰러짐
 - 2) 이상점검 시 1)항을 유의하고, 다음 사항을 중점 점검한다.
 - ① 비탈면 주변을 포함한 지표수, 용수 위치, 그 양과 탁도

- ② 식생기반의 미끄러져 내림, 유실 발생위치, 규모, 상태 및 확대 예측 범위
 - ③ 해충상황과 병충해 예측범위
 - ④ 해수에 의한 염해상황
 - ⑤ 예상외의 식물 이상 번성이나 동물에 의한 피해상황
 - ⑥ 이상기상에 의한 식생기반 박리, 비산 등의 변화 상태나 식생 쇠퇴 상황
 - ⑦ 붕괴장소에 대해서는 그 규모와 확대 유무, 하방으로 영향을 파악
- 3) 정기점검은 분기 또는 일정시기별로 시행하며, 정기점검에는 일반적으로 비탈면 녹화식생의 평가와 식물의 추적조사를 하고, 식생의 상태를 파악하여 복원목표에 부합되도록 진행되는지 확인한다. 식생 생육에 대한 추적조사기간은 복원목표에 따라 차이가 있는데, 주 구성종이 과종식물 중에서 우점 할 때까지 조사하는 것이 원칙이며, 주변에서 자연 천이가 진행되어 비탈면과 주변 자연 상태가 변화가 없을 때까지 점검한다.

5.2.2 유지관리 방법

비탈면 녹화의 유지관리방법은 도입식물의 식생 천이가 정상적으로 진행되는지 여부를 확인하고, 미래에 녹화 목표를 달성할 수 있도록 관리한다.

[해설]

- (1) 비탈면 녹화공사의 유지관리는 도입식물의 식생 천이가 정상적으로 진행될 때까지 식물도입방법 등을 고려하여 적절하게 시행한다.
- (2) 유지관리계획은 미래에 성립되는 식물군락이 정상적으로 복원목표에 달성되도록 한다.

(3) 유지관리는 식물군락의 특성을 이해하고, 녹화목표를 달성하도록 관수, 시비, 추파 등 적절한 노력을 말한다.

1) 시공 후 초기 유지관리

시공 후 초기 단계 유지관리는 도입식물의 확실한 정착에 유의한다. 식물형성이 원활함이 기본이 되므로 식물구성에도 주의하면서 녹화 목표의 주체가 되는 주 구성종이 확실히 정착할 수 있도록 한다.

2) 전면 피복후의 유지관리

자연피복 후에는 생태계 교란중에 의한 피해가 발생하지 않도록 유의한다. 녹화목표의 달성에 대한 판단은 주 구성종으로 도입된 식물이 군락 우점종인 경우이나 그에 가까운 상태로 되었을 경우를 기준으로 한다.

3) 식생기반의 유지관리

식생기반의 기능이 저하한 경우는, 다음의 ①~⑤에 표시된 대책에 따라 목표군락이 성립되도록 적절한 조치를 할 필요가 있다

- ① 뽑어붙이기에 의해 조성된 식생기반이나 식생자루 등이 강우, 동해, 용수에 의해 손상 또는 유실된 경우에는 그 부분을 보수한다.
- ② 철망이 뜨는 경우에는 앵커피로 철망을 고정한다. 단, 시공 후 시간의 경과에 따라, 식물이 충분히 생육되어 전면적으로 비탈면을 피복되고 뿌리가 고정되어 앵커피의 필요성이 없어진 경우에는 그럴 필요는 없다
- ③ 비탈면에 균열, 함몰, 탈락, 붕괴 같은 이상이 보일 경우에는 그 원인 조사를 하여, 급속히 침식방지 대책이나 붕괴방지 대책을 시행한다.
- ④ 콘크리트틀 구조물에서 균열, 함몰 같은 이상 변형이 보일 경우에는, 그 원인 조사를 하여 조속히 콘크리트 틀의 부분 보수나 붕괴방지 대책을 시행한다.
- ⑤ 비탈면 종배수구 및 소단배수구에 퇴적된 토사나 낙엽, 마른 나뭇가지가 보일 경우에는, 흘러넘친 물에 의해 비탈면 침식을 유발할 우려

가 있으므로, 배수구 청소를 하여 제거한다. 배수구를 덮을 듯이 무성해진 초본과 관본류도 배수기능을 저하시킬 우려가 있으므로, 청소시 깎기하여 두는 것이 바람직하다. 또한, 벌목한 초본과 목본식물이나 제거된 토사는 배수구로 유입되지 않도록 충분히 주의한다.

부록 1

공사특별시방서

(도로비탈면 녹화공사편)

1.1 일반사항

1.1.1 적용범위

- (1) 본 지방서는 도로공사로 인하여 훼손된 비탈면의 보호를 위한 비탈면 녹화공사에 적용하며, 동 지방서에서 규정하지 않는 사항은 도로공사 표준지방서와 건설공사 비탈면 표준지방서의 관련규정을 적용한다.
- (2) 비탈면 녹화공사는 원칙적으로 토질조사에 의거 안정된 비탈면에 실시한다.
- (3) 시공자는 설계도서를 검토하고 비탈면 녹화공법의 설계변경이 필요한 경우 공사 전에 관련 자료를 첨부하여 발주자와 협의하여야 한다.
- (4) 시공자는 비탈면 녹화공법의 시험시공을 실시하고 자연생태복원전문가의 모니터링과 녹화공법 평가를 거쳐 녹화공법을 선정하여 발주자 승인을 득한 후 공사를 시행하여야 한다.
- (5) 도로비탈면 녹화공사의 설계 및 시공지침에 의하여 시험시공을 시행하는 것을 원칙으로 한다.

1.1.2 관련규정

1.1.2.1 참조규격

(1) 한국산업규격

- KS D 3504 철근콘크리트용 봉강
- KS D 3514 와이어 로프
- KS D 7011 아연도금 철선
- KS D 7018 체인링크 철망
- KS D 7036 염화비닐 피복 철선
- KS F 2302 흙의 입도 시험방법
- KS F 2324 흙의 공학적 분류방법

(2) 농업진흥청, 비료공정 규격

1.1.2.2 관련규정

(1) 국토해양부, 건설공사비탈면 표준시방서

(2) 국토해양부, 도로공사 표준시방서

1.2 재료

1.2.1 도입식물의 선정

- (1) 도입식물의 선정은 식물의 생육특성과 복원녹화의 목표, 비탈면의 토질과 경사 등 입지 조건을 고려하여 결정하되, 척박지에 잘 자라며 발아가 빠르고 뿌리 발달이 좋은 것으로 종자의 대량 구득이 용이하여야 한다.
- (2) 공법별 적용식물은 녹화복원 목표에 적합하여야 하며, 가능한 외래종자를 피하고 재래종자 또는 토착화가 진행된 외래종자를 사용하고, 부득이한 경우에는 외래종자와 재래종자를 적정비율로 혼합하되 서로 경합하거나 피압되지 않는 종자배합으로 한다.
- (3) 식물군락을 파종으로 조성하고자 하는 경우 외래종자와 재래 목·초본 종자의 파종량은 환경녹화지역과 복원목표에 따라 달리 정하되, 계약상대자가 제출한 종자 배합계획서에 따라 조정하도록 한다.

1.2.2 식생재료

1.2.2.1 식재용 식물

- (1) 식물재료의 명칭은 우리말 관용명을 사용하되 필요한 경우 학명을 병기한다.
- (2) 지정된 규격에 합당한 것으로서 발육이 양호하고 지엽이 치밀하며, 수종별로 고

유의 수형을 유지하고 가급적 대기오염물질을 정화할 수 있는 수목을 우선으로 한다.

- (3) 병충해의 피해나 손상이 없고 건전한 생육상태를 유지하여야 한다. 다만, 병충해의 감염정도가 미미하고 심각한 확산의 우려가 없는 경우에는 적절한 구제조치를 전제로 채택할 수 있다.
- (4) 활착이 용이하도록 미리 이식 또는 단근 작업과 뿌리돌림을 실시하여 세근이 발달한 재배품이어야 한다. 포트, 콘테이너 등의 용기 재배품인 경우에는 지정규격에서 10% 범위까지를 기준으로 채택할 수 있다.
- (5) 자연산 채취수목을 사용하는 경우에는 양호한 뿌리분을 갖추고 수형, 지엽, 등이 표준 이상으로 우량하며, 지정된 분의 크기 이상에 한하여 감독자의 승인을 얻어 채택할 수 있다.
- (6) 검사는 재배지에서의 사전검사와 지정장소 반입 후 검사로 구분하여 시행한다. 사전검사에 합격해도 채취, 운반 등의 취급이 나쁘거나 채취 후 장기간이 경과한 것은 지정장소 검사에서 합격품으로 인정하지 아니한다. 다만 경우에 따라서는 재배지에서의 사전검사를 생략할 수 있으며, 야생수목은 채취 시에 검사하여 사전검사로 대신할 수 있다.

1.2.2.2 지피류 및 초화류 식재

- (1) 지피류 및 초화류 소재는 종자 및 1년생, 2년생, 숙근류, 구근류 등으로 구분한다.
- (2) 종자의 규격은 중량단위의 수량과 순량률 및 발아율로 표시하고, 초화류의 규격은 분얼, 포기 등으로 표시한다.
- (3) 종자는 신선하고 병충해가 없으며 잡초의 종자가 혼합되지 않고 발아율이 양호한 것이어야 한다.

- (4) 지피류 및 초화류는 지정된 규격에 맞고 줄기, 잎, 꽃눈의 발달이 양호하며, 병충의 피해가 없고 뿌리가 충실하여 흙이 충분히 붙어 있어야 한다.
- (5) 지피류, 초화류, 야생초화류 및 습생초화류는 포트로 재배한 것을 사용하여야 하며 야생채취가 허용된 경우에는 재배품 이상의 품질을 지녀야 한다.
- (6) 분얼규격은 지정 수치의 분얼을 가져야 하며, 발육상태는 균일하고 분얼되어 일정기간 성장한 것이어야 한다.

1.2.2.3 잔디 및 잔디종자

(1) 잔디

- 1) 잔디는 일반잔디와 롤형 잔디로 구분된다. 일반잔디는 자연산 또는 재배잔디로 규격은 가로 0.3m, 세로 0.3m, 두께 30mm의 것을 기준으로 하며 반입잔디가 소규격인 경우 감독자와 협의하여 시공한다. 롤형 잔디는 난지형 잔디 또는 한지형 잔디를 재배한 것으로서 잔디수확기로 떼어내어 롤형태로 말은 잔디로서 규격은 1㎡ 이상의 것을 사용한다.
- 2) 잔디의 품질은 재배품이거나 자연잔디를 채취한 것으로 구비조건은 다음과 같다.
 - ① 잡초가 없고 지하경이 치밀하게 발달한 것이어야 한다.
 - ② 잎이 불규칙하거나 잎 끝이 찢어지지 않은 것이어야 한다.
 - ③ 잡초가 섞이지 않고 병충해의 피해가 없는 것이어야 한다.
 - ④ 두께 및 크기가 균일하게 채취된 것이어야 한다.
 - ⑤ 장기간 적재에 의해 부패되지 않은 것이어야 한다.
- 3) 현장에 도착된 잔디는 1일 이내에 식재하는 것을 원칙으로 한다.

(2) 잔디종자

- 1) 자생잔디는 국내 자생종 Zoysia 계통과 Poa의 잔디종자 사용이 가능하며, 감독자와 협의하여 종을 선택한다. 잔디종자는 2년 이내에 채취된 것으로 발아촉진 처리된 것이어야 하며, 발아율 60% 이상, 순량률 98% 이상이어야 한다.
- 2) 도입잔디는 현지의 제반 여건에 따라 감독자와 협의하여 종자를 선정하고 발아율 80% 이상, 순량률 98% 이상이어야 한다. 혼합종자를 사용할 경우에는 자체 조달 계획서를 제출할 때 원산지증명과 품질보증서가 첨부되어야 하고 혼합률은 감독자의 승인을 받아야 한다.
- 3) 포복경 또는 지하경
잔디에서 흙을 털어낸 포복경 또는 지하경을 50~100 mm로 자른 것을 사용하되 마르거나 썩지 아니한 것을 사용한다.

1.2.2.4 초본류 종자 중 재래초종

정상적인 현장조건에서 발아율 30% 이상, 순량률 60% 이상이어야 한다.

1.2.2.5 목본류 종자

정상적인 현장조건에서 발아율 20% 이상, 순량률 50% 이상이어야 한다.

1.2.2.6 비료

(1) 복합비료

농촌진흥청 비료공정규격품 또는 동등 이상의 것을 사용하고 사용종류는 감독자의 지시 및 공사시방서에 따른다.

(2) 유기질비료

조경용 유기질 비료는 퇴비, 부엽토, 부숙왕겨 또는 톱밥 등의 부산물을 완전히 부숙한 부산물 비료로, 악취를 방지하거나 물리적 성상을 변화시키기 위하

여 첨가제를 혼합하여 제조할 수 있으며, 유기물 함량이 25% 이상, 유기물 대 질소의 비가 50 이하가 되어야 한다.

1.2.2.7 생육기반제

유기물 함량이 건물당 중량비로 5% 이상, 토양경도가 24 mm 이하, 공극률이 60% 이상이어야 한다.

1.2.2.8 식생기반제

혼합종자와 비료를 포함하는 유기질 또는 무기질 토양개량제와 흙 또는 유기질이 많은 대용토를 적절히 혼합하여 만든 유기혼합토로 동·식물에 무해하고 토양을 오염시키지 않아야 하며, 그 성분배합은 제조업자의 지침에 따른다.

1.2.2.9 농 약

농약은 농약관리법 제3조 제1항에 따라 등록된 제조업자의 제조품목 중 병충해의 증상에 적합한 것을 사용하며, 관련 부서와 협의하여 변경 사용할 수 있다.

1.2.2.10 살충제

살충제는 광범위 살충제인 디프수화제를 기본 사용약제로 한다.

1.2.2.11 차폐수벽공사용 수목

교목성으로 차폐특성을 갖춘 수종으로 한다.

1.2.2.12 식생혈공사

소규모 식생분을 사용할 때나 식생혈공사 시 수목을 사용할 때에는 2년 이상 강건하게 육묘된 것을 사용한다.

1.2.2.13 덮기(덮칭)제

설계도서 및 감독자의 지시에 의한 품질 이상의 것을 사용한다.

1.2.2.14 식생상

인조목, 통나무, 철근콘크리트, 합성수지 등을 사용하되, 각각 한국산업규격 표시품 또는 동등 이상이어야 하고, 식생이 안정적으로 유지되도록 배수를 고려하여 견고하게 제작한다.

1.2.2.15 각종 자재

동·식물에 무해하고 토양을 오염시키지 않아야 하며, 제조업체의 제품시방서에 따른다.

1.2.2.16 침식방지망

보습·보온 효과가 있고 인장강도가 높아야 하며, 종자발아에 유해 되는 물질이나 병충해에 감염되지 않아야 한다.

1.2.2.17 격자틀 및 블록제품

접합부가 일체식으로 연결될 수 있어야 하며, 도입식물에 따른 생존조건 이상의 토심깊이를 확보하여야 한다.

1.2.2.18 낙석방지망

내부식성이 있고 조립이 용이하며, 비탈면에서 낙석되는 것을 견딜 수 있도록 충분한 강도를 가져야 한다.

1.2.2.19 새집붙이기 재료

가능한 자연석 및 돌 등을 사용한다.

1.2.2.20 물

깨끗한 시냇물이나 상수도 물을 사용하여야 하며, 오염되거나 식물생육에 유해한 물질이 섞여 있는 물을 사용해서는 안 된다.

1.2.2.21 기타재료의 품질

설계도서 및 공사시방서에 따르며, 이를 변경·조정하고자 할 때에는 감독자의 승인을 받아 시행한다.

1.2.3 유지관리용 재료

- (1) 녹화공법의 식생기반재료는 제품 및 환경기준에 맞는 제품을 사용하되 시공전후에 총 2회에 걸쳐 제품의 품질분석을 의뢰한 결과를 감독자가 보유하고 있어야 한다.
- (2) 화이버, 섬유제품 등의 멀칭(mulching) 자재는 유기재료를 사용하는 것을 원칙으로 하고 종자의 발아 및 생육에 장애가 없는 제품이어야 한다.
- (3) 부착망은 체인링크철선과 염화비닐피복철선의 기준에 적합한 부착망을 시공하여야 하며, 시공 후에도 감독자는 품질을 확인할 수 있도록 한다.
- (4) 앵커핀 및 착지핀의 경우는 설계에 맞는 제품을 사용하였는지 확인하고 감독자는 품질검사전문기관에서 분석한 앵커핀 및 착지핀의 규격을 보관하고 있어야 한다.
- (5) 감독자는 식물재료에 대해 공인시험기관에서 발아율시험을 한 성적서를 보관하여야 하며 시공 후에도 시공사에서 조사 분석한 발아 및 생육 성적서를 보관하여야 한다.
- (6) 비탈면의 시공 후의 추적 식생조사는 초기조사(시공 후 1, 2개월), 중장기조사(6개월~1년 이상)로 나누어 수행하고, 최소 2가지 이상의 식생사회조성이 안되고 전체 피복도가 50% 이하일 때는 재시공 등의 조치를 취한다.

1.3 시공계획서

- (1) 시공자는 공사에 대한 시공계획서를 제출하여 감독자의 확인을 받은 후에 공사를 착수해야 한다.
- (2) 시공계획서에는 다음 사항이 포함된 시험시공 계획서를 첨부한다.
 - 1) 시험시공 참여업체 현황
 - 2) 자연생태복원전문가 현황
 - 3) 시험시공 계획서
 - 4) 비상주감리원, 책임감리원 의견서
- (3) 시공계획서 작성 시 검토해야 할 사항
 - 1) 토공계획 단계에서부터 조형성 및 그 지역 환경특성에 맞는 식생도입을 고려할 수 있도록 검토하여야 한다.
 - 2) 공법의 검토순서는 녹화지역 구분에 의한 복원목표를 먼저 설정한 후, 입지, 토질 및 기상조건, 지역조건 등에 맞는 공법을 전문가의 자문을 거쳐 선정한다.
 - 3) 복원목표는 국토의 녹화지역 구분과 생태자연도 등급(녹지자연도 등급 참조)에 의해 설정하되, 주변 식생과 조화되고 환경친화적이며 생태적으로 천이가 이루어져 생태계 회복에 적합한 식물군락이 조성되도록 하여야 한다.
 - 4) 종자배합기준
 - ① 종자배합은 자생종을 기본으로 하며 주변 환경과 조화를 이룰 수 있도록 선정한다.
 - ② 종자배합은 복원목표에 부합하도록 초본위주형, 초본·관목혼합형, 목본군락형, 자연경관복원형 등으로 구분하여 배합한다.
 - 5) 비탈면녹화지역이 생태·경관보전지역, 자연공원, 문화재지역, 국토핵

심생태녹지축지역인 경우 환경영향평가서에 수록된 지역 자생종을 배합하거나 식재할 수 있으며 자생종(재래초본, 목본)위주의 군락 조성이 유리한 자연경관복원형 녹화공법을 적용한다.

1.4 시험시공

(1) 시험시공 계획수립

- 1) 시험시공계획은 현장의 특성을 고려하여 시공시기, 참여업체 등을 정하여 「도로비탈면 녹화공사의 설계 및 시공지침」에 따라 발주자의 승인을 받아야 한다.
- 2) 시험시공은 식생의 발아와 생육이 좋은 3월~5월에 실시하는 것을 원칙으로 하되 감독자와 자연생태복원전문가 자문 등의 절차를 걸쳐 다른 시기에도 실시할 수 있다.
- 3) 시험시공 계획 시 다음과 같은 항목을 조사하여 계획을 수립하도록 한다.
 - ① 지형, 토질, 지질(암질) 조사 및 주변 환경조사
 - 비탈면녹화 대상지역의 지형 및 지질자료는 토질조사보고서, 지질 및 암반전문가의 자문을 거쳐 녹화공법의 적용성을 검토한다.
 - 상기 토질조사보고서를 바탕으로 하여 감독자와 자연생태복원전문가는 대상 비탈면 주변의 산지, 지형, 비탈면 방향에 따른 일조량, 계곡상태, 생태환경 등에 대한 현장조사를 실시한다.
 - ② 주변 식생 환경 조사 항목은 환경영향평가자료를 참조하여 적용한다.
 - ③ 기후환경 조사
 - 기후환경은 대상지역의 가까운 거리의 기상관측소의 자료를 이용하되 최근 10년간의 강우량, 온도, 습도 등을 평균산출하여 이용한다.
- 4) 시험시공에 소요되는 종자의 종류, 종자배합비율, 종자사용량은 설계 내용으로 시행하되, 변경이 필요한 경우에는 사전에 자연생태복원전문가의 자문을 받고 발주자와 협의하여 결정하도록 한다.

- 5) 샘플 제공 : 시험시공에서 사용한 동일한 종자를 각 5g씩, 그리고 혼합된 종자를 10g씩 제출하도록 하며, 종자와 함께 시공에 사용된 개별 재료, 혼합 재료 샘플을 제출하도록 한다.

(2) 시험시공의 수행

- 1) 각 토질과 본 지침에 의거하여 시험시공을 수행한다.
- 2) 시험시공 시 지침 및 시방서에 제시된 종자 및 재료의 정량을 사용하도록 한다.
- 3) 시험시공은 가급적 자연 상태의 동일한 환경조건하에서 수행이 되도록 한다.
- 4) 감독자가 입회한 자리에서 종자 및 재료 혼합을 실시하도록 한다.

(3) 시험시공의 검측

- 1) 식생기반재뿔어붙이기 두께 검측은 감독자 또는 자연생태복원전문가 등이 측정용 기구를 이용하여, 100㎡당 10회 이상 측정하여 평균 산술한 값으로 확인한다. 총검측 개소에 대한 평균두께 값은 설계두께 이상이어야 하며, 각 지점에 대한 측정치의 최소 허용치는 설계두께의 80% 이상이어야 한다. 단, 시공 상단부, 돌출부, 역경사 지역 등 특수한 개소는 예외로 한다.
- 2) 시공면적은 시공이 완료된 후 현지측량을 실시하여 설계도서와 비교 검토 확인한다.
- 3) 시험시공 직후 식생기반재 샘플을 채취하여 식생기반재의 토양산도, 전기전도도, 염기치환용량, 전질소량, 염분농도, 유기물함량 등 토양 이화학성 등을 공인된 시험기관에 의뢰하여 분석하도록 하며, 그 결과가 기준치 이내이어야 한다.

(4) 생육판정 기준

- 1) 고정조사구 설치

식물조사방법은 주로 방형구법(quadrat method)과 벨트트랜섹트법(belt transect)을 이용하여 조사한다. 방형구법을 사용할 경우에는 시공면에 1m x 1m의 임의조사구를 3개소 이상 설치한다. 고정조사구는 시공면을 대표할 수 있는 지점으로서 랜덤하게 분포하도록 한다. 식생조사 후에는 방형구 설치 흔적을 제거하고 방형구 설치위치는 사진을 찍어 보고서에 수록한다.

2) 측정 항목

생육조사는 고정조사구내에 출현하는 모든 수종 및 초종에 대해서 발아율, 발아본수, 생육높이, 식생피복도, 우점종, 식생생육량 등을 야장에 의거하여 주기적으로 측정한다. 또한 생육특성 외에 시공면의 탈락 및 붕락상태 등을 함께 조사한다.

3) 측정시기

시험시공은 3~5월에 하고, 그해 가을에 최종 판정하는 것이 바람직하고, 여름철(6~8월), 가을철(9~11월) 시공시에는 이듬해 가을에 최종 판정하는 것이 녹화식물의 생육과 식생기반재의 지속성을 판단하는데 효과적이다.

(5) 생육판정 방법

1) 식생피복율

방형구(1m²)내에서 피복도 측정용 격자틀(20cm × 20cm)을 이용하여 3회 이상 측정 후 산술평균하여 전체피복도로 환산하거나 현장에서 육안으로 실측 또는 사진촬영 후 실내에서 피복율을 계산한다.

2) 목본성립본수

목본성립본수의 판정은 방형구(1m×1m)를 설치하여 목본의 성립본수를 10회 이상 측정 후 평균한다.

단, 목본의 생육수고가 1~6m인 경우 방형구는 2×2m (4m²)의 크기를 적용하고, 초본층의 생육 높이(초장)가 0.3~1m인 경우에는 방형구는

0.5 × 0.5m ~ 1 × 1m (0.25 ~ 1m²)를 적용하는 것을 원칙으로 한다. 조사방형구의 크기가 다를 경우 1m²로 환산하여 성립본수로 기록한다.

3) 출현종수

출현종수의 판정은 방형구(1m²)내에서 측정용 격자틀(100cm × 100cm)을 이용하여 출현한 목본 및 초종을 모두 조사한다.

4) 식생생육량

식생생육량의 판정은 방형구(1m²)내에 출현한 목본 및 초본류중 우점종의 샘플을 채취하여 생육량을 조사한다. 단, 외래도입초종은 대상에서 제외한다.

5) 수고 및 초장

수고 및 초장의 판정은 방형구(1m²)내에 출현한 수종 및 초종의 지면으로부터의 높이를 측정한다.

6) 병충해

시험 시공 후 생육판정시기까지 수시로 파종 식물에 병충해 발생 유무를 동정한다.

7) 최종 생육판정시기

시공시기에 따라 식물의 생육특성이 다르기 때문에, 춘기, 하기, 추기 및 동기의 시공에 큰 차이가 발생한다. 춘기 시공일 경우에는 시공 6개월(180일) 후에 최종 판정하며, 시공시기가 다를 경우에는 감독자와 자연생태복원전문가가 협의하여 판정시기를 다음 연도에 실시하거나 판정시기를 조절할 수 있다.

(6) 기타항목 판정 방법

1) 토양산도 : 토양산도는 시료를 채취 후 pH meter를 이용하여 측정하거나 간이 토양산도계를 이용하여 측정한다.

2) 토양습도 : 식물이 이용 가능한 유효수분의 함유량은 시료를 채취하여 건조시키는 방법을 이용하여 구하거나 간이 토양습도계를 이용하

여 측정한다.

3) 토양경도

토양경도는 산중식 토양경도계의 측정치를 기준으로 하며, 총 10곳의 위치에서 측정하여 산술평균한다.

<표 1> 토양경도별 식물생육상태

토양경도 (mm)	식물생육상태	평가
18mm 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 녹화공사후 6개월이내에만 적용하고, 녹화공사후 6개월이 경과되고, 녹화식물의 생육이 이루어진 다음에는, 본 항목은 적용하지 않는다. 녹화공사가 원만하게 이루어지면 6개월 후 토양경도 18mm 이하는 식물의 근계생장에 적당하다.)
18mm ~ 23mm	식물의 근계생장에 적당	식생기반재의 토양경도를 측정하고, 식생기반재를 뿔어붙이기 하지 않는 공법에서는 기반상태를 평가한다.
23mm ~ 27mm	식물의 생육은 양호하지만 생육활성이 그다지 좋지 않음	
27mm ~ 30mm	흙이 너무 단단해서 식물의 생육이 곤란함	
30mm 이상	식물의 근계의 침입이 곤란함	

4) 탈락 및 붕괴지점 : 식생기반재의 탈락 및 붕괴지점이 있는가를 수시로 조사한다. 시공면에서 탈락이 고르게 발생한 경우에는 설치된 조사구에서 탈락 및 붕괴상태를 조사하며, 조사구내에서 탈락이 발생하지 않은 경우에는 전체 시공지에서 측정한 수치를 10㎡로 환산하여 계산한다.

5) 녹화 지속성 및 천이여부 : 실질적으로 훼손지 비탈면이 생태복원이 되어가는 과정을 평가할 수 있는 지표로서 평가시기의 제한요소를 해결하기 위하여 관련자료 검토 및 해당 공법이 적용된 외부 현장을 사례조사 하여 실질적인 생태복원 과정 및 효과를 검정한다. 평가방

법은 공법별로 기 시공된 현장(시험시공지에서 가까우며 유사한 비탈면 조건을 가진 3년 이상 경과된 현장)을 감독자와 자연생태복원전문가가 함께 방문하여 평가한다.

<표 2> 비탈면 녹화공법의 식생조사 야장(예시)

조사계획	시공후 1개월 후, 2개월 후, 3개월 후, 6개월 후, 1년 후, 2년 후, 3년 후, 5년 후											
공사 명						조사자						
공사장소						공법 명 (식생기반재두께= cm)						
조사년월일	년 월 일					시공년월 년 월						
방향구 No	No					시공후 경과년수 년 개월						
진체피복율 % 평균 초장 (수고) cm	종류		피도 • 군도		수고 • 초장(cm)					()×()m 방향구당 출현본수	1m ² 당 출현본수 (본/m ²)	
생육 조사	녹 화 식 물 • 침 입 식 물	1			첫번째 출현종	두번째 출현종	세번째 출현종	네번째 출현종	다섯번째 출현종	평균		
		2										
		3										
		4										
		5										
		6										
		7										
		8										
		9										
		10										
		11										
		12										
		13										
		14										
		15										
		16										
		17										
		18										
		19										
		20										
생육 기반 조사 • 기타	토양경도지수 (mm)	제 1회	제 2회	제 3회	제 4회	제 5회	평균	비탈면 경사도		비탈면 방위		
	(생육상태 • 침입식물 등 언급)											
	(식생기반의 침식 • 유실 등 언급)											
	토사(력질토 • 사질토 • 점성토 • 기타()) 암반(경암, 연암, 풍화암, 기타()) 균열간격(10cm 미만 • 10~50cm • 50cm이상)											

1.5 시공

1.5.1 시공일반

- (1) 현장여건을 고려하여 대상비탈면에 대한 조사계획을 수립하여야 한다.
- (2) 토질조사 보고서나 주변비탈면에 대한 안정성 분석 자료, 지질도, 강우량 및 제반시험 등에 대한 자료를 수집하고 분석을 실시하여야 한다.
- (3) 조사단계에서는 현장여건 및 경제성을 고려하여 현장조사, 실내 및 현장시험으로 구분하여 실시하여야 한다.
- (4) 현장조사는 조사목적에 따라 시추조사, 지표지질조사 등을 참고하여 실시한다.
- (5) 도로비탈면 녹화공사의 설계 및 시공지침에 따라 현지여건에 맞게 시험시공을 통해 선정된 공법을 시공한다.

1.5.1.1 종자 혼합

- (1) 종자는 식생녹화의 목표를 달성하기 위하여 단일종의 파종보다는 가급적 혼합하여 파종하는 것이 좋다.
- (2) 초본류만을 사용하는 경우에 근계층이 얇고, 근층이 단일화되어 비탈면이 박리되기 쉬우므로 영속성이 높은 목본류를 혼파하는 것이 비탈면 보호측면에서 유리하다. 하지만, 너무 키가 큰 나무가 쌓기비탈면의 상단부 혹은 깎기비탈면의 하단부에 자라지 않도록 주의하여 설계한다.
- (3) 혼파하는 경우 목본류의 초기 성장이 늦으므로 초본류에 피압되지 않도록 초본 종자의 양을 감소할 필요가 있지만 혼합량은 지표면 피복량을 저하시키지 않을 정도로 적절한 한계를 정해야 한다.
- (4) 종자는 복원목표를 기준으로 하여 초본위주형, 초본·관목혼합형, 목본군락형, 자연경관복원형 등으로 구분하여 배합한다.
- (5) 종자의 선정조건

1) 자생종(재래목본)

- ① 시공 후 시간이 경과하게 되면 녹화대상지에서 기본 식생군락을 이루게 되는 종으로서 주변 식생상태를 고려하여 선정한다.
- ② 재래목본류는 관목류와 교목류, 아교목류로 구분하여 대상지의 특성에 따라 선정한다.
- ③ 척박지에는 적응력이 우수한 콩과식물을 기본으로 선정한다.
- ④ 재래목본은 종자채취 장소에 따라 자생종(국내)와 자생종(국외)로 구분되며, 동일종인 경우 구분하지 않으나, 국토핵심생태녹지축 지역 등에서는 자생종(국내)를 우선 적용한다.
- ⑤ 재래목본류 종자는 발아율 20% 이상, 순량을 50% 이상이어야 한다.

2) 자생종(재래초본)

- ① 국내 환경에 적응력이 우수한 초종으로서, 척박지에 생육이 우수한 품종 중에서 발아율과 초기 성장력이 우수한 종을 선정한다.
- ② 자생초본 중에서 다년생초종을 우선으로 배합하며, 콩과식물 위주로 선정한다.
- ③ 경관을 위해서는 가급적 꽃이 화려하고 개화기가 긴 종을 선정하고, 계절별 개화시기를 고려하여 혼합한다.
- ④ 재래초본은 자생종(국내)와 자생종(국외)로 구분되며, 동일종인 경우 종자채취 장소를 구분하지 않으나 국토핵심생태녹지축지역 등에서는 자생종(국내)을 우선 적용한다.
- ⑤ 재래초본류 종자는 발아율 30% 이상, 순량을 60% 이상이어야 한다.

3) 외래초종(양잔디류)

- ① 척박지 조기 녹화용으로 토질, 기후에 적합한 종자를 선택하여 사용할 수 있다.
- ② 종자는 발아율/순량이 높은 종자를 이용하며, 키가 작은 초종인 터프트입(Turf type) 종자를 이용하여 초장이 너무 길지 않도록 조절한다.

- ③ 외래초종(양잔디류)위주로 조성된 녹화비탈면은 사후관리를 철저히 하여 쇠퇴하거나 고온기에 황변하지 않고 미관을 유지할 수 있도록 한다.
- ④ 외래도입초본의 우점으로 인하여 재래초본 및 재래목본종이 피압되지 않도록 한다.
- ⑤ 외래초종은 발아율 80% 이상, 순량을 98% 이상이어야 한다.

1.5.1.2 비료 및 농약

- (1) 비료는 복합비료와 유기질 비료를 사용한다.
 - 1) 복합비료는 질소(N), 인산(P_2O_5),加里(K_2O)의 성분이 혼합된 것으로 사용한다.
 - 2) 유기질 비료는 퇴비, 부엽토, 계분 및 부숙톱밥비료 등을 사용한다.
- (2) 농약은 살충제, 살균제, 제초제 등으로 구분하여 사용한다.
 - 1) 사용약제는 법령에 정해진 사용기준 및 약제용기 혹은 포장에 표시된 사용상의 유의사항을 잘 지켜서 사용하여야 한다.

1.5.2 비탈면 녹화공법 선정

- (1) 비탈면이 안정된 상태에서 현지 비탈면의 암질(토질) 조건, 경사도, 토양경도 등과 용수·집수의 상황, 기상조건, 비탈면의 규모나 공사비, 시공조건 및 환경보전 등을 종합적으로 고려하여 녹화공법을 선정하여야 한다.

1.5.3 비탈면 경사

- (1) 설계도서에 명시된 구간별 비탈면 경사를 적용하고 다만, 설계 및 시공시 주 절리면의 경사가 설계시 비탈면의 경사보다 우세한 경우에

주 절리면의 비탈면 경사를 우선 적용한다.

- (2) 붕괴요인을 가진 비탈면은 감독자의 승인을 받아 비탈면의 경사를 조정하여 시공하여야 한다.

1.5.4 소 단

- (1) 비탈면의 토질 및 암질에 따라 설계에 맞게 소단이 적용되었는지 확인한다.
- (2) 소단어깨와 양단부는 라운딩 처리를 하여야 하며, 그 형상은 매끄러운 원형으로 하여야 한다.

1.5.5 비탈면 정리

- (1) 비탈면은 도로공사 표준시방서에 따라 시공하여야 한다.
- (2) 비탈 마무리면은 기반암의 이완으로 인한 풍화축진과 낙석 및 붕괴를 방지하기 위하여 비탈면 안정보호시설을 하여야 한다.
- (3) 비탈면 절리시 식생의 원활한 발아 및 정착을 위해 최대치수가 6cm 이상인 돌덩어리 및 기타 폐기물 등은 제거하여야 한다.

1.5.6 특수지질(이암 등 특수비탈면)

(1) 산성배수 발생 암반깨기 비탈면

- 1) 코팅, 중화 등의 작용은 암석으로부터 산성배수의 발생을 저감시킬 수 있으며 주변 환경과 식생에 무해한 물질을 비탈면에 충분히 살포한다.
- 2) 산성배수 발생저감 물질을 살포 후 식생성장에 장애가 없는 재료를 사용하여 산성배수의 중화와 배수가 가능한 두께 2~3cm의 중화, 배수층을 조성한다.

- 3) 중화 배수층 상부에 산성배수에 대한 중화능력이 높은 식생기반재를 두께 7~15cm 이상으로 두텁게 뽐어붙인다.
 - 4) 중화 배수층과 식생기반재의 부착망은 낙석방지와 중화 배수층 및 식생기반재의 부착이 용이하도록 설치하되 앵커피, 철망, 철선, 착지핀 등을 이용하여 결속작업을 견고하게 한다.
 - 5) 비탈면의 산성배수 유출량이 많아 중화 배수층으로 처리가 어렵고 식생 성장에 심각한 장애를 초래할 우려가 있는 경우, 비탈면에 배수로 설치하여 식생과 산성배수의 접촉을 피하도록 조치한다.
- (2) 산성배수 발생 깎기비탈면 및 산성배수 발생암석기원 토사 깎기 비탈면
- 1) 깊이 15cm, 토양 pH6 이상으로 중화가 가능하며, 주변 환경과 식생에 무해한 중화물질을 교반하여 투입하거나 표면에 살포한다.
 - 2) 자연생태복원전문가, 토질전문가의 자문을 바탕으로 종자뽐어붙이기 혹은 산성배수에 대한 중화능력이 높은 식생기반재뽐어붙이기를 선정하여 시공한다.
 - 3) 중화물질 투입과 종자뽐어붙이기(seed spray) 혹은 식생기반재뽐어붙이기로 녹화의 실패가 우려될 경우, 지구화학전문가의 자문을 바탕으로 산성배수 발생억제 물질을 토양에 투입한다.
- (3) 비탈면의 녹화 시 기타 고려사항
- 1) 이암(swelling, slaking 현상을 유발하는 특수한 암질) 등의 특수비탈면은 자연적으로 식물이 생육하기 어려우므로 전문가의 자문과 시험시공을 거쳐 녹화공법을 선정한다.
 - 2) 이암 등의 특수비탈면은 강우에 의한 침식 및 세굴의 우려가 높으므로 별도의 전문가 자문을 거쳐 비탈면 안정을 도모한 후 녹화공법에 대하여 검토한다.
 - 3) 이암 등의 특수비탈면의 표층을 토양개량제인 석회, 규산질비료 등의

중화제로 처리하여 식생기반을 조성한다.

1.5.7 잔디

1.5.7.1 잔디식재

(1) 식재기반조성

식재 대상지의 지반을 잔디 생육에 필요한 최소 토심 20cm 이상이 되도록 경운한 후 흙덩이를 잘게 부수고 돌, 잡초 등의 불순물을 제거한다.

(2) 잔디식재

- 1) 전면식재공사의 경우, 전면에 잔디를 골고루 깔고 롤라(100~150kg/m²)나 인력으로 다짐을 한다.
- 2) 현장에 반입된 잔디는 직사광선, 강우 등에 의하여 고사되지 않도록 하고, 1일 이내에 사용하여야 한다..
- 3) 비탈진 경사지에 잔디를 전면붙이기 할 때에는 잔디 1매당 2개의 때꽂이로 잔디가 움직이지 않도록 고정한다.
- 4) 토질이 잔디생육에 부적합한 곳은 시비, 객토, 토양개량제 등을 이용하여 토질을 개선한다.

<표 3> 잔디규격 및 식재기준

구 분	규 격	식 재 기 준
평 때	30×30×3cm	·1m ² 당 11매
줄 때	10×30×3cm	·1/2줄때 : 줄때간격 10cm ·1/3줄때 : 줄때간격 20cm

1.5.7.2 잔디 파종

- (1) 파종할 대상지를 경운하여 표토를 부드럽게 하고 풀, 잡초, 불순물을

제거한 후 파종상을 조성한다.

- (2) 경운할 때 깊이는 15~30cm 정도로 한다.
- (3) 점성토 또는 배수가 불량한 토질은 사질토로 객토한다.
- (4) 유기질 비료 및 계분을 m^2 당 1.0kg을 넣고 흙과 잘 섞어서 시공한다.
- (5) 배수가 잘 되도록 표면을 고르며 잔디생육에 지장이 있는 지역은 맹암거를 설치한다.
- (6) 파종상을 정지한 후 복합비료 $30\text{g}/\text{m}^2$ 을 살포하고 레이커로 긁어 표층이 5cm내외로 섞이게 하고 평탄하게 고른다.
- (7) 판자나 롤라($100\sim 150\text{kg}/\text{m}^2$)로 가볍게 다진다.
- (8) 파종량은 m^2 당 15g을 기준으로 한다.
- (9) 파종방법은 모래와 종자를 3:1 비율로 섞어 전면적에 골고루 흩어 뿌리고 한 방향으로 전체량의 반을 뿌리고 반대방향으로 나머지 반을 뿌린다. 파종 후 파종된 종자위에 5~8mm 정도 사질토를 고르게 뿌려 덮는다.
- (10) 파종 후 종자의 광발아, 보온, 보습, 강우 시 유실방지를 위하여 파종 후 비닐 또는 폴리에틸렌 필름을 파종상 위에 덮어씌운다. 피복 시 가급적 가로세로 1~2m간격으로 새끼를 깔아 폴리에틸렌 필름이 파종부위에 밀착되는 것을 방지한다.
- (11) 파종면의 비닐 또는 폴리에틸렌 필름 제거 시기는 발아 후 싹이 웃자라거나 고온 장애를 받을 우려가 있고, 발아 후 싹이 0.5~1.0cm 자랐을 때 구름이 낀 날 아침이나 저녁에 실시한다.
- (12) 파종 후 파종면적의 10% 이상이 발아하지 않았을 경우에는 감독자의 지시에 따라 재시공 등의 필요한 조치를 취하여야 한다.
- (13) 시공 후 검측은 파종면을 대상으로 1m^2 의 방형구를 무작위적으로 3회 반복 이상 조성하고 종자의 발아율, 피복도, 고사율 등을 조사하여 평가하는 것을 원칙으로 하되 식생 피복도는 기본적으로 80%이상이 되어야

한다.

- (14) 들잔디 종자는 2년 이내에 채취된 것으로 발아 촉진 처리된 것이어야 하며, 발아율 60%이상, 순량을 98%이상이어야 한다.
- (15) 잔디종자 품질보증서 확인은 발아시험 및 공인된 시험기관에 의해 검사를 받아야 하며, 시험시공에 따른 품질관리를 철저히 하여야 한다.

1.5.8 거적덮기공법

- (1) 비탈면 표면의 잡석을 제거하고 면정리를 한다.
- (2) 종자뽑어붙이기공법을 실시 후 그 위에 벗짚으로 짠 거적을 비탈면 전체에 균일하게 덮는 공법과 식생용지에 종자와 비료를 접착시킨 후 벗짚을 입힌 제품을 비탈면 전체에 덮는 공법, 골파기 후 종자를 충전하여 네트를 덮는공법이 있다.
- (3) 벗짚거적이 바람에 날리지 않도록 핀으로 고정하고 설계도서에 의거 시공한다.
- (4) 벗짚거적을 시공할 때에는 비탈면의 위에서 아래로 길게 세로로 깔면서 양단이 5cm이상 중첩되게 시공하며, 3~5년 부식이 되는 거적이 바람에 날리지 않도록 비탈면에 X자 형태로 각각 2m 간격의 고정줄(녹화끈, 6mm)을 설치한다.

1.5.9 종자뽑어붙이기(seed spray)

- (1) 종자뽑어붙이기(seed spray) 적용범위는 토사구간으로 하는 것을 원칙으로 하며, 안정된 비탈면에서 비탈면을 보호하기 위하여 파종한다.
- (2) 토질조건 및 기후조건, 지역조건에 따라 선택하며, 주변 환경과 어울리는 종자를 사용하여야 한다.
- (3) 비료는 질소, 인산, 알칼리의 성분이 혼합된 복합비료를 사용하여야 한다.

- (4) 깨끗하고 오염되지 않은 물을 사용하여야 한다.
- (5) 종자뿌어붙이기(seed spray) 시공 시에는 피복제, 침식안정제, 착색제 등의 혼합제와 혼합비료, 물 등을 배합비율에 따라 혼합하여 사용하여야 한다.
- (6) 종자뿌어붙이기(seed spray)를 적용할 비탈면은 표면의 잡석을 제거하고 면정리를 하여야 한다.
- 1) 과중면이 건조한 경우에는 종자의 발아를 촉진하고 분사물의 침투를 용이하게 하기 위하여 1~3ℓ/m²의 물을 미리 살포한다.
 - 2) 종자뿌어붙이기(seed spray)의 1m²당 소요되는 자재(초본류의 종자, 복합비료, 펄프 또는 합성접착제, 색소 등)를 4ℓ의 물에 혼합하여 살포기계를 이용, 분사과중 하는 것을 표준으로 하며 뿌어붙이기 후 섬유류(펄프)가 종자크기의 2~3배의 두께로 과중지역이 골고루 피복되어 있어야 한다.
 - 3) 종자뿌어붙이기(seed spray) 시공 후 1개월 이내에 발아되지 않거나 전면이 균일하게 발아되지 않고 일부만 발아되었을 때에는 처음과 동일한 방법으로 다시 과중하여야 한다. 단, 추계과중은 익년 춘계 발아시 하자여부를 판정한 후 보수한다.
 - 4) 시공시기는 동절기(11~2월)를 제외하고 보통 3~6월, 8~10월에 시행한다.
- (7) 종자가 비탈면의 한쪽에 치우치지 않도록 하기 위해 탱크안의 종자를 잘 섞어서 균일하게 분사하여야 한다.

1.5.10 식생기반재뿌어붙이기

- (1) 식생기반재뿌어붙이기의 적용범위는 자연적으로 식물이 자랄 수 없는 암절토 및 건조 척박한 토양과 견고한 점토질과 균열절리가 심한 비

- 탈면에 적용한다.
- (2) 이암(swelling, slaking 현상을 유발하는 특수한 암질) 등 불량한 사면에 대해서는 전문가의 자문을 거쳐 두꺼운 식생기반재(5cm이상)로 뽑어붙이기한다.
 - (3) 특수 배양토, 접착제 등의 혼합재를 혼합종자와 물을 혼합하여 사용할 수 있으며, 종자는 토질 및 기후조건, 지역조건에 따라 적용하여야 한다.
 - (4) 비탈면의 경사, 지반조건 등에 따라 구분하여 적합한 공법으로 적용하여야 한다.
 - (5) 식물의 자연생육이 곤란한 암절취 비탈면에 일정한 품질로 제조된 식생기반재에 종자와 비료를 섞어서 경관적인 녹화와 생태적 복원 및 보전을 도모하도록 시공한다.
 - (6) 시공에 앞서 시공대상 비탈면을 정리하고, 주위의 잡석을 완전히 제거하여야 한다.
 - (7) 시공두께는 비탈면의 경사, 암반조건 등에 따라 구분하여 「도로비탈면 녹화공사의 설계 및 시공지침」에 따라 적용한다.
 - (8) 비탈면이 특히 건조되어 있거나 이물질이 붙어있을 때에는 살수를 먼저 시행한 후 시공한다.
 - (9) 식생기반재뽑어붙이기에 사용되는 식생기반재는 충분한 발효과정을 거친 제품으로 토양환경에 유해하지 않는 제품이어야 한다.
 - (10) 식생기반재뽑어붙이기에 사용되는 토양 개량제는 다음과 같은 것들이 있다.
 - 1) 무기질 토양 개량제는 그 자체가 갖고 있는 물리학적 성질의 특성을 이용하여 토양에 물리적 변화를 가져다주고 토양자체의 개선효과가 있어야 한다. 이 종류에는 구조토 소성립, 제오라이트, 버미큘라이트, 펄라이트, 벤토나이트 등이 있다.

- 2) 유기질 토양 개량제는 동식물의 잔해, 가축분, 기생충알 등의 다양한 재료가 사용되며 퇴비계의 자재가 많고, 이탄, 부식산질자재, 조개껍질, 게껍질 분말 등이 있는데 토양자재의 유기성분의 개량효과가 있어야 한다.
- 3) 하수 슬러지(sludge)는 다양한 과정의 탈수과정을 거쳐서 생산되는 녹화토양 기반재로서 토양개량재로 쓰이는 경우는 카드뮴, 비소, 납 등의 중금속에 대한 품질시험절차를 반드시 거쳐야 한다.
- 4) 식물 발생재는 주로 산림의 벌채, 풀베기 등에 의해 나무의 줄기, 가지, 낙엽 등이 발생하며 이를 분쇄하여 녹화공법의 유기질재료로 재활용하는 것을 말한다.
- 5) 피복 재료는 비탈면 녹화공법 뿔어붙이기 시에 종자 등을 피복하여 발아 생육을 돕고 장기적으로 비탈면의 침식 방지역할을 하는 재료를 말한다. 피복 재료에는 섬유류, 시트류, 매트류 등이 있다.
- 6) 보습재료에는 파이버, 수피제품 등이 있는데 이 재료는 주로 시공 후에 녹화공법의 수분유지역할을 담당하여 종자의 발아 생육을 돕는 역할을 해야 한다.

(11) 철망설치

- 1) 철망은 KSD 3552의 적합한 소선에 경질 염화비닐을 피복한 철망을 사용하여야 한다.
- 2) 철망 깔기는 비탈면 전면에 골고루 깔릴 수 있도록 적당히 당겨서 설치하여야 하며, 요철이 심한 경우에는 오목한 곳에도 철망이 잘 설치되도록 착지 핀을 설치하여 시공하여야 한다. 단, 여건상 부착망이 뿔어붙이기두께의 중간에 위치하지 못할 경우에는 각목 또는 스페이서 등을 사용하여 부착망을 설치하여야 한다.
- 3) 앵커핀($\Phi 16\text{mm}$, $L=300\text{mm}$), 착지핀($\Phi 16\text{mm}$, $L=200\text{mm}$) 설치를 위한 천공작업은 암절취면에 수직으로 천공하는 것을 원칙으로 하되, 암반의 절리발달 상태를 확인 한 후 천공방향과 깊이를 정한다. 규격은

설계도서의 시공 상세도에 따라 적용한다(이때 L은 철근의 전체길이를 의미한다).

- 4) 비탈면의 상단부는 철망을 지지할 수 있도록 앵커핀을 30cm 이상의 깊이로 고정하여야 하며, 철망이 겹치는 부분은 벌어지지 않도록 철선 및 앵커핀으로 고정시켜야 한다.

(12) 뽑어붙이기작업

- 1) 시공 시 앵커설치, 부착망 설치, 중횡선 설치, 착지핀 설치를 완료한 후 감독자의 검측 후에 뽑어붙이기작업을 시행한다.
- 2) 설치된 철망 위에는 식생기반재, 접착제, 비료 및 혼합종자 등을 물과 혼합하여 시공하여야 한다.
- 3) 식생기반재는 암반비탈면에 고르게 뽑어붙이기 되도록 하며, 뽑어붙이기 표면적을 500㎡마다 1개소를 지정하여 검측하고, 총검측 개소에 대한 평균두께 값은 설계두께 이상이어야 하며, 각 지점에 대한 최소 허용치는 설계두께의 80% 이상이어야 한다.

1.5.11 덩굴식물 식재

- (1) 일반식생의 도입이 불가능한 탈락 및 붕괴의 위험이 없는 급경사 암꺼기 비탈면에 대해 덩굴식물에 의한 차폐와 녹화를 도모하기 위하여 시공한다.
- (2) 덩굴식물을 이용한 비탈면녹화 시 주변의 산림지역의 수목을 감고 올라가 고사시키는 등 생태계를 훼손할 수 있으므로 식재위치에 주의하여야 한다.
- (3) 덩굴성 식물 식재 시는 대나무, 철선 등을 이용하여 유인시설을 설치하여야 한다.
- (4) 식혈(식재구덩이)의 크기는 직경 30cm, 깊이 30cm 이상으로 하며, 필

요에 따라서 크기를 달리할 수 있다.

- (5) 암비탈면 하단부에 식재하는 등나무는 포트(pot) 재배한 1~2년생 수목을 사용하며 상부 유인용 지주목은 결속된 상태로 식재하고, 식재지역의 비탈면에는 유인용 철선을 설치하여야 한다. 유인용 철선은 안정을 위하여 착지핀을 이용하여 일정간격으로 암비탈면에 고정시켜야 한다. 수목의 규격은 근경 10mm이상의 묘를 사용하며, 2m 간격으로 식혈당 1주를 식재한다.
- (6) 포트 재배묘는 포트를 제거한 후 지표면에서 2cm 정도 깊게 식재하고 관수 후 복토한다.
- (7) 식재지반은 충분한 객토를 시행하고 유기질비료를 뿌려준다.

1.5.12 초화류 및 지피류 식재

(1) 식재지반 조성

식재에 앞서 지반을 정지하고 잡초, 낙엽 등을 제거 한 후 유기질 비료를 주어 식재지반을 조성한다.

(2) 초화류 및 지피류 시공

- 1) 설계서에 명시된 위치, 간격 및 깊이에 따라 식재하여야 하며 표면을 부속톱밥퇴비, 우드칩(Wood chip) 등으로 피복한다.
- 2) 식재 전 모든 식물에 대하여 수분관리를 실시하여야 한다.
- 3) 유기질 비료를 사용할 경우 정부의 허가를 받은 제품을 사용하는 것을 원칙으로 하고 시비 시 흡과 골고루 섞이도록 시비한다.
- (3) 초본류 종자 중 재래초종은 발아율 30%이상, 순량율 60% 이상이어야 한다.
- (4) 목본류 종자는 발아율 20%이상, 순량율 50% 이상이어야 한다.
- (5) 초·목본류 종자는 전년도에 채취한 종자를 원칙으로 하나, 최소한 2

년 이내 채취한 종자이어야 한다.

- (6) 초본류 및 지피류의 종자는 1년생, 2년생, 숙근류, 구근류 등으로 구분한다.
- (7) 종자의 규격은 중량단위의 수량과 순량을 및 발아율로 표시하고, 초화류의 규격은 분얼, 포기 등으로 표시한다.
- (8) 초화류 지역은 국립공원, 관광지, 터널, 교차로 또는 기타 특수지역에 적용하되 전체 종자배합량의 10% 범위 내에서 혼합하여 파종할 수 있다.

1.5.13 기타 비탈면 녹화공법의 예시

(1) 식생매트 공법

식생기반재뿔어붙이기 지역에 네트와 토양, 식생이 혼재되어 재배한 식생매트 혹은 식생완성형 매트를 경관조성을 목적으로 부분적으로 적용할 수 있다.

(2) 식생네트공법

벗짚거적덮기 지역 혹은 리핑암, 풍화암 지역에 시공이 편리하게 제작된 네트+종자+생육보조제, 혹은 네트+종자+기반재의 조합에 의한 식생네트공법을 적용할 수 있다. 「도로비탈면 녹화공사의 설계 및 시공지침」에서 정하는 일반 공법에 준하는 기능과 성능이 입증되어야 한다.

(3) 고유종 포트묘식재 + 식생기반재뿔어붙이기

자연경관복원형 혹은 목본군락형의 복원목표를 확실하게 달성하기 위한 방법으로 백두대간 등 별도관리지역에 적용할 수 있다.

(4) 표층토 활용공법

자연경관복원형 혹은 목본군락형의 복원목표를 달성하기 위해 지역의 산림표토를 수거하였다가 식생기반재의 재료로 활용하여 뿔어붙이기하는 방법으로 별도관리지역에 적용할 수 있다.

(5) 식물방생재 활용 식생기반재뿔어붙이기

식물방생재를 현장에서 파쇄하여 식생기반재에 혼합하여 사용하는 경우이며, 식물방생재는 파종종자의 생육에 지장이 없는 범위에서 사용이

가능하다. 식물발생재 활용 기반재 뽑어붙이기는 목본의 성립이 용이한 장점이 있다.

(6) 친환경소재를 활용한 공법

현장여건에 따라 철망을 설치하는 지역에 친환경소재(장섬유, 천연섬유망)를 활용한 공법을 적용할 수 있다.

1.6 유지관리

(1) 계획 수립

비탈면 녹화의 유지관리는 도입식물의 녹화가 정상적으로 진행되도록 유지관리계획을 수립하여 실시한다.

(2) 유지관리

- 1) 유지관리는 미래에 성립되는 식물군락이 정상적으로 복원목표를 달성되도록 작업을 실시한다.
- 2) 유지관리방법은 식물군락의 특성을 이해하고 녹화목표를 달성하도록 관수, 시비, 풀깎기, 추가 파종 등의 적절한 유지관리 방법을 실시한다.
- 3) 비탈면 녹화공사는 복원목표가 달성하도록 비탈면의 환경특성, 지역, 기후특성 등을 고려하여 토양재료, 멀칭재료, 관수, 시비 등의 유지관리 작업을 준공시점까지 시행해야 한다.

(3) 점검

- 1) 시공자는 비탈면에 시공된 식생기반, 식생 등이 지속적으로 유지될 수 있도록 점검계획에 따라 시행한다.
- 2) 시공자는 식물군락을 양호하게 유지하기 위해 식생, 식생기반 등이 적절하게 관리되는지 점검을 실시하고, 그 결과를 적절하게 유지관리에 반영해야 한다.

부록 2

도로비탈면 파종 녹화용 주요 재료

1. 녹화용 식물의 일반적 특징

- 비탈면에서 녹화식생들은 사면안정과 침식조절 및 경관미의 복원이 라는 측면에서 매우 중요한 역할을 한다. 그러나 일반적으로 비탈면 의 토양은 척박하기 때문에 녹화용 식생은 무엇보다도 척박지에서 견디는 수종이어야 하고, 조기녹화를 이룰 수 있어야만 한다.
 - ① 초장이 너무 길지 않으며, 지표면을 빠르게 피복하면서 다년생이어야 한다.
 - ② 종자의 대량 구입이 용이하고, 가격이 적당하여야 한다.
 - ③ 종자파종적기의 폭이 넓어야 하고, 종자의 발아력이 우수하여야 한다.
 - ④ 생육이 왕성하면서 근이 깊게 발달되고 토양과의 고착성이 좋아야 한다.
 - ⑤ 열악한 토양에 견디는 힘이 강해야 한다.
 - (내건성, 내한성, 내산성, 내염성, 내침식성, 내척성 등).
 - ⑥ 기초식재용(사료용), 비료용, 장기녹화용등 사용특성이 명확하여야 한다.
 - ⑦ 가급적 향토종이어서 주변경관과의 조화를 쉽게 이룰 수 있어야 한다.

(1) 초분류

- 1) 비탈면녹화공사에 주로 이용되는 식물들은 외래초종(양잔디류)과 재래 초종, 재래목본, 야생화류 등이다. 이들 중 외래초종(양잔디류)은 생육 적온이 15~25℃인 한지형초종(cool-season turfgrass)과 생육적온이 25~35℃인 난지형초종(warm-season turfgrass)으로 구분된다. 한지 형초종들은 외래초종(양잔디류)이 대부분인데 우리나라의 기후에 대 한 적응성이 대체로 떨어져서 여러 가지 문제를 나타내고 있다.
- 2) 외래초종(양잔디류) 중에서 사면녹화에 가장 많이 사용되는 것은 툴 웨스큐(tall fescue)이다. 툴웨스큐(tall fescue)는 우리나라의 환경에서 양호한 생육을 하는 내구성과 내건조성이 강한 잔디로써 비교적 피 복율은 낮은 편이지만 어느 종류의 토양에서도 잘 견디며, 특히 내염 성과 내건조성이 한지형초종 중에서 가장 강하다. 그러나 엽 폭이 너 무 넓어서(5-10mm) 거친 느낌을 주어 경관미가 낮다는 단점이 있으

나 여러 종류의 개선된 품종이 현재 개발되어 유통되고 있다.

- 3) 툴레스큐(tall fescue) 보다 초기생육속도가 빠른 페레니얼라이그라스(perennial ryegrass)도 사면녹화공사에 많이 사용된다. 그러나 여름철에 하고 현상이 심하여 황변하고, 파종당년에 상당수가 도태되는 경우가 많아서 의도적으로 1차식생용으로 이용되고 있다. 켄터기블루그라스(kentucky bluegrass)는 초기조성속도가 양잔디류 중에서는 느린 편이기 때문에 비탈면녹화에는 잘 사용되지 못하고 있으나 일단 조성이 되면 비탈면 안정에 가장 효과적이다.
- 4) 크리핑레드웨스큐(creeping redfescue)는 세엽이어서 부드러운 질감을 나타내며, 조성 초기에는 위핑러브그라스와 유사하게 보인다. 초기조성속도도 어느 정도 빠르며, 초장이 길면서 많은 분얼을 하는 툴레스큐와 페레니얼라이그라스와 비교해 볼 때 시각적인 면에서 덜 거부감을 주고 있다. 현재 복사면에서는 주 녹화용 초종으로 이용되고 있는데 이 초종만 단파하면 역시 보기에 좋지 않다.
- 5) 난지형초종인 위핑러브그라스(weeping lovegrass)는 여름철에 왕성한 생육을 하고, 이 초종을 많이 파종하면 겨울철에 은빛 색을 띄면서 드문드문 늘어진 모습을 보여 강한 거부감을 주고 있다. 이러한 현상은 초겨울부터 이듬해 4월말 까지 지속되므로 이 초종의 과다 사용은 문제가 되고 있다.

<표 1>비탈면녹화용 주요 초종

구 분	분 류	종 류
한지형 잔디	훼스큐(Fescue)	▷ 광엽훼스큐 - turf type tall fescue (개량종)
		▷ 세엽 훼스큐 - creeping redfescue
	라이그라스(Ryegrass)	▷ perennial ryegrass
	블루그라스(Bluegrass)	▷ kentucky bluegrass
		▷ annual bluegrass
오차드그라스(Orchard grass)	▷ orchard grass	
난지형 잔디	한국잔디류(Zoysiagrass)	▷ <i>zoysia japonica</i> (들잔디)
		▷ <i>zoysia matrella</i> (금잔디, 고려지)
		▷ <i>zoysia tenuifolia</i> (비로드잔디)
	버뮤다그라스(Bermudagrass)	▷ common burmudagrass (커먼버뮤다그라스)
		▷ burmudagrass hybrid (개량버뮤다그라스)

- 6) 이상의 초종들을 종합해 볼 때 퍼레니얼라이그라스(perennial ryegrass) 계통의 식물들은 파종 후 1주일 이내에 95%이상의 피복율을 보이는 초기조성속도가 빠른 장점이 있으나, 여름철 이후에는 세력이 급격히 약화되면서 일부가 도태되는 성질이 있으므로 그 도태된 자리를 초기 조성속도가 느린 우리나라 자생초종과 목본식물이 채울 수 있도록 배합설계에 이용이 가능하다.

<표 2>비탈면녹화용 재래초종 및 야생화류의 사용상 특성

식물 분류	특 성	녹화 공사시 사용상 특성
쑥	<ol style="list-style-type: none"> 1. 다년초, 비옥토에서 잘 자람 2. 지하경으로 번식하여 군집을 형성 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 제초의 문제가 없는 곳에 사용가능함 2. 외래도입종과 동일한 피복속도를 가짐 3. 경관조성 필요성이 약한 곳이 적지임 4. 파종시기의 영향을 많이 받음
새 (안고초)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 척박토양에서 생육가능 2. 암이 많은 토양에서 자생적으로 생육하는 최초 초종임 3. 외관이 조금 거침 4. 새류로써 억새, 참억새, 갈대, 솔새, 솔새, 기름새 외에 수크령, 띠 등이 있으며 종자구입이 가능한 종을 구입하여 파종하면 주위경관과 조화되어 보기 좋은 비탈면 경관을 연출함. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 우리나라 토질과 기후에 가장 적응된 초종으로 장기적인 경사지 토양보전의 기본 초종임 2. 발아가 늦고 초기생육이 느리므로 양잔디류와 혼파하여 사용. 3. 양잔디와의 비율조정에 따라 고사할 수도 있으므로 양의 조정이 필요함 4. 종자의 발아율이 대체로 낮고 채종이 어려워 종자 획득이 곤란함 5. 파종시기의 영향을 많이 받음
비수리	<ol style="list-style-type: none"> 1. 관목형 초본(두과) 2. 참새리보다 키가 낮고 발아력이 좋음 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 참새리 대응 또는 일부 대체가능한 초종임 2. 발아가 빠름 3. 쑥과의 경쟁에서 이길 수 있는 초종임
달맞이	<ol style="list-style-type: none"> 1. 제방이나 길가, 빈터에서 자생함 2. 산야지에서도 생육이 가능 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 발아율이 양호 2. 건조에도 강하여 노출된 절개지에서 양호한 생육을 함 3. 외래초종과 혼용시 초기조성속도가 느려 피압 될 우려가 높음
관상식물 (참나리, 원추리 등)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 내건성이 우수함 2. 꽃이 피기 때문에 관상적 가치가 높음 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 종자파종이 가능함 2. 종자발아전처리를 필요로 함 3. 인공종자를 만들 수 있음 4. 단조로운 비탈면에 강한 시각적 효과를 연출시킴
야생화류	<ol style="list-style-type: none"> 1. 꽃과 열매 2. 다양한 색채연출 효과 3. 기생초, 감국, 쑥부쟁이, 금계국, 끈끈이대나물, 수레국화, 벌노랑이, 벌개미취, 말타리, 도라지, 루드베키아, 구절초, 코스모스 등 국내 자생 및 도입야생화류는 비탈면의 경관효과를 연출하는데 효과적임 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 국내산은 수급이 어려움. 중국산은 산지에 따라 국내산과 동일하게 취급 2. 외래종은 번식이 잘됨으로 파종량은 생태적인 면에서 절제가 요구됨 3. 자생종을 중심으로 하고, 외래종은 과다파종하지 않도록 조절이 필요함

- 7) 우리나라 향토 초본류는 이차식생의 조성 및 경관미의 조속한 회복을 위해 사용되고 있는데 대체로 발아율이 높고 내건조성이 강한 것으로는 쭉과 새(안고초), 비수리, 달맞이꽃을 들 수 있다. 이들 중에서 뿌리의 생육이 왕성하여 뿌리전단력이 높은 초본은 쭉과 비수리이고, 새는 암석비탈면에 많이 자생하는 토착미가 있고, 경관미가 좋은 자생초종이다. 특히 새는 싸리와 더불어 늦가을부터 이듬해 5월까지 비탈면의 주변경관과의 조화에 매우 효과적인 긍정적인 면이 있다. 그러나 파종시기의 제약을 많이 받는 단점이 있다.
- 8) 비수리는 참싸리의 대용식물로 활용 가능하고 쭉과의 경쟁에서는 긴 초장으로 인해 유리하고 새(안고초) 보다 파종시기의 범위가 넓은 것이 특징이다. 달맞이는 일찍 녹색을 유지하며 꽃이 피는 선구식물로서 종자파종이 수월한 장점이 있으나 파종시기의 제약을 많이 받으며 가을철에 망초류 처럼 긴 대가 올라옴으로써 보기 싫어질 우려가 있다. 목본류와 혼파하면 이런 문제점이 극복될 수 있다.
- 9) 이 외에도 야생화의 사용을 긍정적으로 검토해볼 필요가 있다. 현재는 수입종이 대부분이나 이를 국내산으로 대체할 연구가 필요하며, 참나리와 원추리 등은 종자파종이 가능한 식물로써 앞으로 연구해볼 가치가 높다.

(2) 목본류

- 1) 자연적으로나 인위적으로 삼림이 파괴된 후에 자연적인 식생천이에 의해 안정된 극성상 산림으로 복구되는데 수천년이 걸린다. 일반적인 황무지의 식생천이 과정은 일년생초본류→이년생초본류→다년생초본류→관목류→개척양수→중성양수→극성상음수로 나타난다.
- 2) 비탈면에 목본류를 도입하는 것은 사면안정, 영구적 자연조경미의 제공, 주위 산림생태계의 보호개념이다. 초본류와 목본류의 뿌리가 서로 엉겨 붙어서 토양을 안정시키며, 암석절취사면에서 자라는 수목류는 “운전자에게 저 사면은 안정한 상태이다”라는 심리적 안정감을 주

- 며, 생태계로 복구하는데 걸리는 시간을 최대한 줄이는 효과가 있다.
- 3) 특히 각종 병충해의 천적생물의 먹이를 제공하는 밀원식물의 식재는 우리나라에서 중요하다. 우리나라 밀원식물의 개화기를 볼 때 봄철에서 초여름 까지는 여러 가지 화목류와 과수목, 아카시나무, 감나무, 밤나무, 오동나무, 싸리류로서 비교적 밀원식물이 풍부하지만, 7, 8월 장마기간은 밀원이 부족한 수밀기이고, 9, 10월경은 싸리류와 몇몇 야생식물들이 밀원을 공급한다. 7, 8월에 개화하는 수종으로는 피나무, 쉬나무, 층층나무, 두릅나무, 산초나무, 초피나무, 붉나무 등이 있다.
 - 4) 따라서, 조경적 가치가 있으며, 기존 황폐지의 절개면에 자라고 있는 수목류 중에서 선발하여 종 다양성을 갖춘 식물배합으로 시공하여야만 한다. 단일수종으로 사면을 녹화시키면 그 종의 천적, 즉 병충해나 다른 잡초의 침입이 용이할 것으로 예상된다. 종 다양성이 낮은 생태계에서는 병충해 또는 그 잡초의 다른 천적이 없는 경우가 많기 때문이다.

<표 3> 비탈면 녹화공사에 사용 가능한 주요 목본류의 종류와 특성

식물분류	식물 특성	녹화공사시 사용상 특성
개꽃나무	1. 낙엽활엽교목 2. 가을단풍이 아름다움	1. 산야에서 자라는 수종으로 붉나무와 유사 2. 가을종자 채취후 종피의 납성분을 제거하고 노천매장후에 파종함 3. 토양이 좋아야 함
담쟁이	1. 종자파종, 줄기파종 2. 점토함량이 낮은 척박한 토양에서 생장률이 낮음	1. 다른 수종과 지상부 생육공간에 대하여 최소의 생육경쟁을 함 2. 파종당년에 길이 1.5m 너비 80cm까지 자람
두릅나무	1. 척박한 양지에서 생육 2. 근명아가 많이 나옴 3. 근화서의 흰꽃, 자주색열매	1. 종자번식은 가능하나 발아율이 낮다. 근삽, 분주에 의하여 증식이 용이하다. 2. 뿌리생장속도가 빠르며, 암석절취사면에서의 활착력이 높다.
리기다소나무, 오리나무, 조팝나무	척박지에서 생육이 비교적 강한 목본류	특수지역에 사용가능하나 종자획득이 곤란하고 고가이어서 실용화단계는 아니다.
병꽃나무	1. 낙엽 활엽 관목 2. 환경 녹화면에서의 특징은 개나리와 비슷함	1. 도시조경에 이용할 수 있음. 2. 종자가 작고 채취하기가 어려우므로 주의해야함. 3. 비탈녹화용이나 각종 훼손지 녹화용 목본으로 이용가치가 높음
붉나무	1. 바위틈에서 자라는 개척 수종임, 천근성 뿌리	1. 단풍이 아름답다. 2. 파종으로 번식이 용이하다.
산초나무	1. 낙엽관목, 내한성이 강함 2. 여름철 흰꽃, 검은 열매 3. 열매는 야생조류의 먹이	1. 건조한 암석지에서 잘 견디는 내건성수종 2. 1월에 노천매장후 봄에 파종
소나무	1. 자연암반절개지에서 출현 하는 빈도가 가장 높음 2. 조경적 가치는 월등 3. 초기생장이 느림	1. 천연하중경신이 잘 일어남 2. 소나무순림지역이 아니면 인위적인 파종을 요 구함(출현시기를 5-20년 단축시킴) 3. 기건저장한 종자 1개월 노천 매장후 파종
쉬나무	1. 종실유로 심어진 수종 2. 바닷가 절벽에서 잘 자람 3. 여름밀원식물, 생태계 보호수종임	1. 녹색 꽃과 가을철 붉은색 열매송이 2. 건조한 입지에서는 내건성이 아주 강하지는 못하여 고사하지만 죽은 묘목 뿌리의 결속력을 이용하여 토양을 안정시킬 수 있음
쪽동백 나무	1. 식생천이 후기의 극성상수종 2. 내음성 수종 3. 잎이 넓고 수피가 매끈	1. 사방시공지 식생천이 단계에서 참나무 다음임 2. 내건성이 비교적 강한 직근성 수종 3. 습기가 많고 토심이 깊은 입지에 적합
참나무류	1. 직근성, 내음성, 내건성 2. 식생천이 단계중 천연적으로 나타나는 수종임	1. 토심이 깊은 곳에서 자라나 암반틈새에서는 관목형으로 자람 2. 직근성 뿌리를 암반틈새로 박으면 내건성이 매우 강함 3. 종자파종, 상당히 좋은 비옥토양이어야 함
층층나무	1. 낙엽교목 2. 내한성은 강하나 내건성이 약.	1. 내음성수종으로 습윤한 토양을 선호 2. 초기생장이 빠르고 가는 뿌리가 많다. 3. 북동편 사면의 토심이 깊은 곳이 유리
참싸리	1. 두과의 관목류임 2. 뿌리가 길게 뻗어 토양보전 능력이 높음 3. 키가 1m정도 자람	1. 척박지에서 생육이 가능하고 암이 많은 지역에서도 생육이 가능 2. 초본과 혼용하여 자연상태의 경관으로 초기에 회복시키는데 이용됨
쪽제비싸리	1. 두과의 관목류임 2. 참싸리와 유사하나 수분이 많은 곳에서 생육이 왕성함	3. 밀원식물이고 향기가 남 4. 발아율이 낮으므로 박피 등의 종자처리를 하여 발아력을 높여야 함

2 식생기반재(토양) 분석의 기초이론

(1) 식생기반재의 물리성

1) 토성

토양은 세토, 자갈, 뿌리 등이 있는 고체와 이 사이의 물과 공기로 구성되며 이것을 토양의 3상(相)이라 한다. 고상은 표토체적의 40%를 차지하며, 형태와 크기가 다른 무기물 또는 유기물의 혼합체이다. 고상 중에서 광물입자의 직경분포에 따른 토양의 분류를 토성이라 하는데 토양학에서는 입경 2mm이상의 입자를 자갈, 2mm이하의 세토로 구분한다. 세토는 다시 구성광물의 입경에 의하여 모래(粗砂, 細砂), 미사, 점토로 나뉜다.

2) 토양의 밀도

자연 상태의 토양의 밀도는 일정 용적의 건조토양의 무게를 부피로 나눈 값으로서 무기질 입자 및 부식 외에 토양수분의 무게를 합한다.

3) 토양공극

토양에서 고체입자를 제외한 부분으로서 공기와 물이 채워져 있는 곳을 공극(孔隙 : pore volume)이라 한다. 공기와 물의 구성비는 항상 변하여 건조토양 내에서는 공기가 대부분이고 습한 토양에서는 물이 많다. 거친 입자의 토양은 공극이 크나 점토가 많은 토양보다 총 공극량이 적는데, 점토는 모래보다 공극량이 많아 가밀도가 낮으므로 단위부피당 무게도 가볍기 때문이다.

4) 토양공기

표토의 약 50%가 토양공극으로서 일정하므로 토양공기는 토양수에 의하여 좌우된다. 통기성이 좋은 토양이란 토양 내 빈 곳이 많다는 뜻이 아니라 gas의 출입이 자유롭다는 것이다. 토양공기는 호기성 미생물에게 산소원으로써 가장 중요하며, 특히 뿌리의 호흡에도 큰 역할을 한다. 토양공기의 구성은 통기성이 좋은 토양이라도 항상 변화

는데 산소는 식물의 뿌리와 토양미생물에 이용되고 CO₂는 토양유기물의 분해와 뿌리호흡으로 증가한다.

5) 토양온도

토양온도는 위도와 고도가 높을수록 감소하며 대기온도와는 달리 급격히 증가 또는 감소하지 않는다. 또한 광선을 받는 경사각이 수직에 가까울수록 단위면적당 수열량이 증가한다. 토양온도는 방위에 따라 달라져 남서향이 북동사면보다 높다.

6) 식생기반재의 경도

토양의 경도(hardness)란 외력에 대한 토양의 저항력을 말하며, 이것은 토립사이의 응집력과 입자간의 마찰력에 의하여 생기는 것으로서 입경조성·공극량·용적비·토양수분 등이 종합되어 나타나는 현상이다. 이것은 토층의 투수성·식물뿌리의 신장 및 생육에 영향을 주는 중요한 성질의 하나이다.

경도는 토양의 퇴적양식, 임목의 생육조건 양부를 판정하는 역할과 생물의 생육환경을 판단하는 지표가 될 수 있다. 녹화토양의 경우 뿔어붙이기한 식생기반재가 적절한 토양경도를 나타내어야 재래 목본 및 초본 종자가 발아하고 생육하고 주변식생의 자연 침입에 의한 생태복원이 가능해진다.

(2) 식생기반재의 화학성

식생기반재의 화학성은 일반적으로 물리정보다 식물생장에 미치는 영향은 작으나 최근 들어 주요 관심이 되고 있다. 토양의 화학성은 식물생장과 유기적 관계가 있는 물리, 생물적 토양조건을 동시에 고려해야 한다. 축고 습한 유기질 토양에서 임목생장이 빈약한 이유는 토양 내 양료 부족 때문이 아니라 양료 순환이 느려서 이용도가 낮고 뿌리의 발달이 제한되어 있기 때문이며 또한 풍화가 심한 토양이나 사토, 알칼리성 토양에서 식물생장이 느린 것은 화학적 요인 때문이다.

1) 산도(pH)

토양의 pH는 계절에 따라 약간 변하여 겨울이 높고 여름이 낮으나 그 차는 1.0미만이다. 산림토양의 pH는 보통 4.0~6.0으로 산성이다. 토양산도는 미생물 활동과 양료 이용에 간접적으로 관여한다. 붕소, 구리, 망간, 철과 같은 미량원소는 pH가 낮을 때 이용도가 높으며, pH가 급격히 높아지면 이용도가 감소한다.

2) 전기전도도

전기전도도(dS/m ; deci Siemens)는 단면적 1cm^2 인 전극이 1cm 떨어져 있을 때 전극간의 전기저항의 역수를 말한다.

전기는 이온의 이동에 의해서 통하게 되는데 보통 +에서 -로 흐른다. 토양중의 용액에 전기가 흐르면 물은 H와 OH로 분리되며, 소금의 경우 Na와 Cl로 분리가 된다. 이와 같이 토양 내부에서 물이 분해되고 염기가 분해되어 식물의 영양분으로 흡수가 되게 한다.

3) 염기치환용량

염기치환용량(CEC ; cation exchange capacity)은 양이온치환용량이라고도 하며, 일정량의 토양이 보유하고 있는 치환성 이온의 총량을 당량으로 표시한 것이다. 즉 토양 100g 속에 있는 음전하의 수와 같으며 mg당량(mille equivalent ; me)으로 표시한다. 1mg당량은 원자량을 원자가로 나눈 값이다. Ca, Mg, K, Na를 말하며, 이것은 토양 내에서 흡수되어 식물의 양분역할을 해 준다.

4) 전질소량

전질소량(T-N)은 토양내의 질소는 낙엽의 분해와 축적이 계속되면서 평형상태에 이르며, 기후환경의 영향을 받는다. 질소는 단백질원으로 엽록소를 만들기 때문에 질소가 공급되면 식물생장이 촉진되고 녹색이 짙어진다.

5) 염분농도

염분의 측정은 초기에 채수병에 바닷물을 담아와서 실험실에서 분석하는 Knudsen 적정법에 의한 염소이온농도 측정 방법으로 구하였으

나, 최근에는 바닷물 속에 녹아 있는 이온 양에 비례하는 전기전도도의 성질을 이용한 CTD를 활용하여 현장에서 직접 수심에 따른 염분도를 관측할 수 있게 되었다. 토양의 염분농도가 높으면 식물의 물 이동통로를 막아 식물이 고사할 수 있다.

연구 참여진

■ 국토해양부

이재홍(전 김명국)	국토해양부	도로정책관
이성준(전 김일평)	국토해양부	간선도로과장
허용	국토해양부	담당사무관
김태호(전 김혜동)	국토해양부	담당

■ 연구진

김남춘	단국대학교	교수
이태욱	평화엔지니어링	책임연구원
전기성	한국도로공사	책임연구원
강대인	단국대학교	연구원
김은택	단국대학교	연구원
이용구	단국대학교	연구원
조혜진	한국건설기술연구원	책임연구원
전우훈	한국건설기술연구원	연구원
박순영	한국건설기술연구원	연구원

■ 자문위원

노성열	원주지방국토관리청	도로시설국장
김여해	서울지방국토관리청	도로계획과장
안상로	대전지방국토관리청	도로계획과장

연구 참여진

서상원	원주지방국토관리청 도로계획과장
구호분	한국건설기술연구원 책임연구원
문석기	청주대학교 교수
손원표	동부엔지니어링 전무이사
정용호	산림과학원 임지보전과장
이수재	환경정책평가연구원 책임연구원
이유경	한국조경사회 회장
홍태식	자연환경관리기술사회 회장
최재용	충남대학교 교수

■ 평가심의위원

구영일	(주)영일조경 대표이사
권영한	한국환경정책평가연구원(KEI) 연구위원
송평현	(주)세일지오텍 대표이사
안상로	한국시설안전관리공단 단장
양홍모	(사)한국조경학회 부회장
이관규	강원대학교 교수
남상준	(사)한국환경계획조성협회 회장
이정기	서울지방국토관리청 도로공사과장
손창진	한국도로공사 시설처 조경팀장