

비탈면 녹화 설계 및 시공 잠정 지침

전기성¹⁾ · 김남춘²⁾ · 이태옥²⁾

¹⁾ 한국도로공사 도로교통기술원 · ²⁾ 단국대학교 환경조경학과

Design on Slopes Revegetation and Tentative Instruction on Construction Work

Jeon, Gi-Seong¹⁾ · Kim, Nam-Choon²⁾ and Lee, Tae-Ock²⁾

¹⁾ Expressway and Transportation Technology Institute, Korea Expressway Corporation,

²⁾ Dept. of Environment and Landscape Architecture, Dankook University.

ABSTRACT

In Korea, there has been no revegetation applicable standard for slopes formed by road construction work up to now, so revegetation work has been done using mostly foreign varieties in the manner of early revegetation. However, foreign varieties have some shortcomings; for example, they tend to be dried to death after construction work. Besides, due to the rift in the supporting soil, these revegetated varieties are often displaced from the slopes.

Thus, the Ministry of Construction & Transportation on July, 2005 established revegetation standard on the slopes suited for the natural eco-system of Korea and organized positively recommending directions for using self-sewn plants growing near the slopes in overall consideration of soil, weather, regional conditions. The locations specified in this direction are the slopes at the road construction jobsite like the expressway, highways, and local roads.

In addition, the Ministry's standard and directions stipulated that damaged slopes's natural environment and eco-system due to various road construction work should be restored, and thus a feeling of stability and pleasantness should be provided to road users as well. Also, the Ministry tried to select seed plants and revegetation measures suited for surrounding environment to put the environment-friendly slope revegetation measures into practice through the test revegetation work in order to prevent illegal construction practices and to improve the quality of revegetation.

According to the direction, revegetation districts aimed at the slopes are divided into three ones in consideration of weather environment, regional environment, and forest environment as follows : national

territory's core ecological green-land based district centering on the Taebaek Mountains; coastal eco-system district including islands off the coast; inland eco-system district.

The combination of revegetation plants according to environment revegetation districts, should be executed by dividing into herb-oriented type, woody plant colony type, and bio-species versatility restoration type, and the selection of seeding plants should be done in the presence of a supervisor and through test construction results and technology counseling from a specialist in natural eco-system restoration and revegetation measure seed combination standard according to environment revegetation districts.

This direction will be executed in the manner of monitoring until the year 2008 and 2009 it will be finalized and enforced on December, 2009.

Key Words : *Revegetation measures, Natural eco-system, Seed plant.*

제1장 총 칙

1.1 목적

이 잠정 지침은 각종 도로건설공사로 인하여 훼손된 비탈면의 자연환경과 생태계를 복원하고 도로 이용자들에게 안정감과 쾌적함을 제공하며, 주변 환경에 적합한 종자 및 녹화공법을 선정하여 친환경적인 비탈면 녹화공법 시공에 관한 사항을 정함을 목적으로 한다.

[해설]

현재 우리나라의 비탈면 녹화공사는 아직까지 우리의 실정에 적합한 비탈면 녹화 설계 및 시공에 관한 적용기준이 없어, 조기녹화에만 급급하여 외래도입초종위주로 시공하고 있을 뿐 아니라 녹화공법 적용에 있어서도 훼손된 비탈면의 생태환경에 대한 분석 없이 무분별하게 적용함으로써 식물이 대부분 2~3년 이내에 고사되어 비탈면이 황폐화되는 등의 문제점이 나타나고 있다.

이에 앞으로 우리나라에서 훼손된 도로 비탈면 녹화공사시 자연생태환경목표에 따라 적합한 녹화공법 적용을 위해 토질(암질), 기후, 지역적 여건 등을 종합적으로 고려하고, 주변에서 생육하고 있는 자생종을 적극 활용하며 과거 외래도입초종(양잔디) 위주의 녹화방법에서 과감히 탈

피하기 위해 「비탈면 녹화 설계 및 시공 잠정 지침」을 마련하게 되었다.

본 「비탈면 녹화 설계 및 시공 잠정 지침」은 각종 도로건설공사로 인하여 훼손된 비탈면의 자연환경과 생태계를 복원하여 도로이용자에게 안정감과 쾌적함을 제공하고, 야생 동식물의 서식공간을 조성하는 등 친환경적인 도로 비탈면 조성을 목적으로 함과 동시에 주변여건에 적합한 녹화공법 및 종자를 선정하여 시공 전 검증절차(시험시공)를 거치도록 함으로써 부실시공을 방지하고 녹화품질을 향상 하는데 그 목적이 있다.

1.2 적용기준

본 잠정 지침은 도로건설공사로 인해 발생하는 비탈면의 자연생태환경복원 및 녹화사업에 적용하는 것을 원칙으로 하며, 적용대상은 고속도로, 일반국도, 국지도 등의 도로건설로 한다.

[해설]

(1) 본 잠정 지침은 고속도로, 일반국도, 국지도 등 도로건설공사현장의 일반적인 비탈면 녹화 기준을 제시한 것으로 특수한 현장 여건일 경우 자연생태복원전문가의 기술자문과 발주기관의 협의에 따라 비탈면 녹화공법을 적용할 수 있다.

(2) 본 잠정 지침은 향후 추가적으로 2~3년간

의 유예기간을 두고 보완하여 최종적으로 비탈면의 환경, 지역특성, 토양환경 등과 경제성, 기술성, 효과성을 고려한 종합적인 「비탈면 녹화 설계 및 시공 지침」을 마련할 예정이다.

1.3 적용범위

본 잠정 지침의 적용범위는 잠정 지침이 제정되는 시기에 설계중인 도로건설사업에 해당되며, 현재 건설 중인 사업은 현장여건 등을 고려하여 발주기관에서 판단 적용할 수 있다.

[해 설]

(1) 현재 도로 설계중인 구간에 대해서는 환경영향평가(또는 사전환경영향평가)결과, 현장 예비조사결과, 자연생태복원전문가의 자문 등을 고려하여 본 잠정 지침에 따라 비탈면 녹화 설계에 대한 녹화공법을 적용 한다. 특히, 생태계 및 경관에 대한 고려가 꼭 필요한 곳에서는 복원목표의 설정, 녹화 공법의 적용 및 사용식물의 배합 등에 대해 자연생태복원전문가의 의견을 수렴하여 설계단계에서부터 적용한다.

(2) 비탈면 녹화공사가 소규모공사인 경우 발주기관은 자연생태복원전문가와 협의하여 적용 여부를 결정할 수 있다.

(3) 태풍, 풍수해 등 재해로 인한 긴급 피해복구 공사 시에는 담당기관과 협의하여 적용 여부를 결정할 수 있다.

제2장 비탈면 녹화의 복원목표

2.1 비탈면 녹화의 복원목표 선정

비탈면 녹화의 복원목표는 생태자연도(추후 국토환경성평가도), 환경녹화지역별 특성, 비탈면의 입지환경 등을 고려하여 선정한다.

[해 설]

(1) 비탈면의 침식방지 및 안정, 도로경관의 향상, 야생동물의 먹이와 은신처 제공 등을 복원개념으로 한다.

(2) 식물군락의 유형은 녹화목표에 따라 「표 1 국토환경성 평가등급별 복원녹화목표」와 같이 초본위주형, 목본군락형, 생물종다양성복원형 등으로 선정한다.

(3) 비탈면의 복원을 위한 지역이 특수한 지역일 경우(백두대간생태계 보전지역, 수림이 우량한 지역, 자연생태계 보전지역, 자연공원지역, 생태환경을 고려한 식물군락 조성이 필요한 지역 등)에는 비탈면 토질(암질) 및 경사도를 고려하지 말고 「국토환경성평가도 및 생태자연도」, 「그림 2 비탈면의 녹화 모형도」에 따라 복원녹화목표를 선정하여 적용한다.

2.2 비탈면 복원목표 선정개념

비탈면의 복원 선정기준은 지역, 기후, 토질(암질)특성을 고려하여 일반산림지역, 농지 및 구릉

표 1. 국토환경성 평가등급별 복원녹화목표.

환경성평가 등급		복원녹화목표		
생태자연도	국토환경성평가도	초본위주형	목본군락형	생물종다양성복원형
1	1등급		○	○
	2등급		○	○
2	3등급	○	○	
	4등급	○	○	
3	5등급	○	○	
별도관리지역		○	○	○

지역, 도심지내 보전녹지지역 및 자연녹지지역, 도심지내 일반지역 등으로 구분하여 주변 환경에 맞게 복원 목표를 선정한다.

[해 설]

(1) 비탈면의 복원 선정기준은 지역, 기후, 토질(암질)특성을 고려하여 자연생태환경을 목표로 하며, 지역별로 다음 기준을 적용한다.

① 일반산림지역 : 시간이 경과되면서 점차 산림으로 천이될 수 있는 식물군락을 조성한다.

② 농지 및 구릉지역 : 생태환경을 고려한 관목이나 초본형 위주의 환경 녹화를 한다.

③ 도시계획구역내 자연환경보전지구 및 보전녹지, 자연녹지지역 : 자연성이 우수하여 보전 가치가 높다고 평가되는, 주요 녹지축에 해당되는 지역에서는 기존 녹지와 연계성 확보 및 종다양성 증진에 기여할 수 있는 식물군락의 조성을 목표로 복원 목표를 정한다.

④ 도시계획구역내 일반지역 : 경관을 고려하면서 주변 환경과 어울리는 식물군락을 조성한다.

2.3 환경녹화지역의 구분

환경녹화지역의 구분은 기후환경, 지역환경, 산림환경 등을 고려하여 태백산맥을 중심으로 한 국토핵심생태녹지축지역, 해안일대 도서지역을 포함한 해안생태계지역, 내륙생태계지역으로 한다.

[해 설]

(1) 환경녹화지역의 구분은 기후환경, 지역환경, 산림환경 등을 고려하여 「그림 1 환경녹화지역의 구분도」에 따라 3개의 지역으로 한다. 지역 선정 시에는 녹지자연도, 임상도, 식생도 등 보조 자료를 함께 이용하여 정하도록 한다.

(2) 제 1지역은 태백산맥을 중심으로 한 국토핵심생태녹지축지역, 제 2지역은 해안일대 도서지역을 포함한 해안생태계지역, 제 3지역은 내륙생태계지역으로 구분한다.



그림 1. 환경녹화지역의 구분도.

제3장 비탈면 녹화 설계 기준

3.1 비탈면 녹화 설계 일반

비탈면 녹화 설계는 생태적으로 건전하고 지속적인 환경을 유지하기 위해서 자연환경, 토양환경, 지질 및 토질(암질)특성 등을 종합적으로 고려하여 이루어지도록 한다. 또한 설계시 기본적으로 지역 환경의 선행조사, 분석, 평가 등의 절차를 거쳐 공법별 다양한 특성이 나타날 수 있도록 설계한다.

[해 설]

(1) 비탈면의 녹화 설계는 현재 도로건설현장에서 시행하고 있는 공법을 기본으로 하여 다양한 공법과 재료가 시공될 수 있도록 설계한다.

(2) 비탈안정기초공법은 공학적 측면과 시공의 경제성, 경관측면 등을 고려하여 설계하는데 여기에는 비탈면 힘줄박기, 격자틀붙이기, 낙석방지망덮기, 바자얌기, 모르타르뿔어붙이기, 돌망태쌓기 등이 있다.

(3) 흙깎기 비탈면 암의 구분은 「표 2 흙깎기 비탈면 암의 구분표」를 기준으로 한다.

(4) 비탈면에 용수가 발생하는 지역의 녹화 설

표 2. 흙깎기 비탈면 암의 구분표.

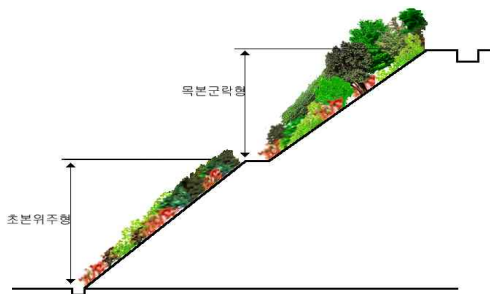
암 구분		토 사	풍화암 및 리핑암	발 파 암
불연속면의 발달빈도	BX크기	-	T.C.R = 5% 미만이고 R.Q.D = 0% 정도	T.C.R = 5~10% 이상이고 R.Q.D = 5% 이상
	NX크기	-	T.C.R = 25% 미만이고 R.Q.D = 0% 정도	T.C.R = 25% 이상이고 R.Q.D = 10% 정도
탄성파속도	A 그룹	700m/sec 미만	700~1,200m/sec	1,200m/sec 이상
	B 그룹	1,000m/sec 미만	1,000~1,800m/sec	1,800m/sec 이상

A그룹 암질 : 편마암, 사질편암, 녹색편암, 석회암, 안산암, 현무암, 유문암, 감람암, 화강암

B그룹 암질 : 흑색편암, 휘록응회암, 셰일, 이암, 응회암, 집괴암

- TCR : 코아회수율 • RQD : 암반양호도 • BX : 직경 58mm • NX : 직경 74mm
- 대부분 보오링은 NX크기로 사용되고 있음

일반적인 흙깎기 지역 비탈면 녹화 모형도



암질이 양호한 지역 덩굴식물식재 모형도

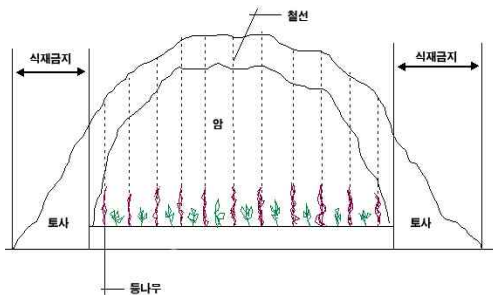


그림 2. 비탈면의 녹화 모형도.

계시에는 배수시설을 함께 설계하도록 한다. 비탈면 배수로 설계는 비탈면의 유출수를 최소화하고 집수한 물은 배수로를 통해 배출하도록 해야 하는데 비탈면 배수로에는 산마루측구, 소단배수구, 종배수구, 맹암거, 수평배수공 등이 있다.

(5) 흙깎기 비탈면의 녹화는 토질(암질)특성상

절리 · 풍화가 없고 양호한 암반비탈면은 덩굴식재로 적용할 수 있고, 절리 · 풍화가 조금 발달한 암반비탈면은 낙석방지망과 덩굴식재를 함께 실시할 수 있으며, 절리 · 풍화가 많이 진행된 암반비탈의 경우는 두꺼운 식생기반재취부공법으로 시공한다. 단, 덩굴성식물을 이용한 비탈면 녹화 시 주변의 산림지역의 생태계를 훼손할 수 있으므로 주의하여 시공한다.

3.2 비탈면 녹화공법 선정 흐름도

비탈면 녹화공법 선정 흐름도는 다음 표 3과 같다.

[해 설]

3.3 설계적용 기준

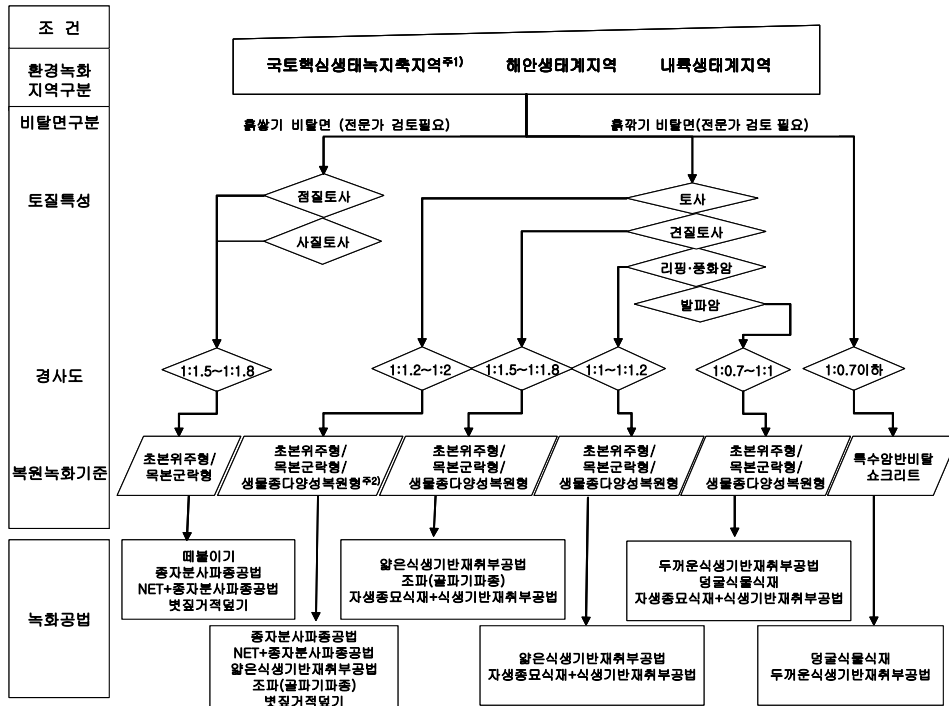
3.3.1 설계시 고려할 사항

비탈면 녹화공법 선정시는 환경녹화지역구분 중 어느 지역에 해당하는지를 먼저 확인하고 흙깎기 비탈면과 흙쌓기 비탈면으로 구분하여 적용하되, 토질(암질) 특성, 비탈면의 경사도, 주변 환경, 지역여건 등을 고려하여 녹화공법을 선정한다.

[해 설]

(1) 비탈면 녹화공법 선정 시 먼저 환경녹화 지역의 구분 중 어느 지역에 해당하는지를 확인한다.

표 3. 비탈면 녹화공법선정 흐름도.



주1) “국토핵심생태녹지축지역”이란 「백두대간 보호에 관한 법률」에서 정하는 백두대간 마루금을 중심으로 하는 핵심지역 및 그 주변 지역과 경간 및 13개 정맥을 포함하는 우리나라 핵심생태녹지축 지역을 말한다.

주2) “생물종다양성복원형”이란 생태자연도 1등급, 국토환경성평가 1~2등급, 별도관리지역 등 생태계에 대한 고려가 필수적인 지역에서 부득이하게 추진되는 도로건설로 인해 발생하는 인공 및 자연 비탈면의 복원에 지역의 자생종 위주로 식물종을 구성하여 종다양성을 높이고자 하는 복원방법을 말한다.

(2) 환경녹화지역의 구분 후 흙깎기 비탈면과 흙쌓기 비탈면으로 구분하여 공법을 적용하고, 비탈면의 식생기반조건 분석을 바탕으로 자연생태환경복원목표 및 복원녹화기준을 설정한다.

(3) 또한 비탈면의 경사도, 토질(암질)조건, 주변 환경, 지역여건 등을 고려하여 녹화공법을 선정한다.

3.3.2 설계적용 순서

설계적용 순서는 비탈면 녹화공법선정 흐름도와 환경녹화지역의 구분도를 참고하여 적용한다.

[해설]

(1) 「표 3 비탈면 녹화공법선정 흐름도」와 같이 해당지역에 적용할 녹화공법을 아래의 항목들

을 고려하여 선정한다.

① 「그림 1 환경녹화지역의 구분도」에서 해당되는 환경녹화지역을 선정한다. 환경녹화지역 선정 시에는 녹지자연도, 임상도, 식생도 등 보조 자료를 함께 이용하여 정하도록 한다.

② 비탈면 구분, 토질(암질)특성, 경사도, 복원녹화기준 등을 고려하여 「표 3 비탈면 녹화공법선정 흐름도」와 같이 해당지역에 적용할 녹화공법을 선정한다.

③ 비탈면 녹화목표는 자연생태환경목표에 따라 「표 1 국토환경성 평가등급별 복원녹화목표」를 참조하여 정하며, 「표 4 환경녹화지역별 녹화공법 종자배합량 조건표」에 따라 적합한 종자배합을 설계한다.

표 4. 환경녹화지역별 녹화공법 종자배합량 조건표.

(단위 : %)

구 분		1 지역 (국토핵심생태녹지축지역)	2 지역 (해안생태계지역)	3 지역 (내륙생태계지역)
초본 위주형	재래목본	30~50 ^{주1)}	20~50	15~40
	재래초본	40~70	30~70	30~65
	외래도입초종	0~10	10~20	20~30
	합 계	100 ^{주2)}	100	100
목본 균락형	재래목본	50~70	35~60	30~50
	재래초본	25~50	35~65	35~65
	외래도입초종	0~5	5~10	10~15
	합 계	100	100	100
생물종다양성 복원형	재래목본	60~80	40~60	35~60
	재래초본	20~40	35~60	30~60
	외래도입초종	0	0~5	5~10
	합 계	100	100	100

주1) 숫자는 중량배합비율을 의미함.

주2) 종자 배합시 외래도입초종의 중량배합비율을 우선 정한 다음 재래목본과 재래초본의 비율을 선정하되 외래도입초종 + 재래목본 + 재래초본의 합이 100이 되어야 한다.

④ 종자분사 파종공법 적용시 식물종자배합은 「표 5 식물별 종자배합량 조건표 예시」에 따라 재래종, 외래도입초종의 세부종자 배합량을 산정하고, 식생기반재취부공법은 「표 6 종자 파종량 조건표」에 따라 산정한다.

⑤ 평면도를 이용한 전개도를 작성하여 해당공법별 수량산출기준을 참고하여 각각 수량을 산출하고, 단가적용은 「표 5 식물별 종자배합량 조건표 예시」, 「표 6 종자배합량 조건표」에 의거 해당 자연생태환경목표에 맞게 적용한다.

3.4 종자배합 설계

3.4.1 환경녹화지역별 녹화식물 배합

환경녹화지역별 녹화식물의 배합은 주변 환경을 고려하고, 비탈면 토질(암질) 및 경사도에 따라 초본위주형, 목본균락형, 생물종다양성복원형으로 구분하여 실시한다. 파종식물의 선정은 감독자의 입회하에 시험시공결과와 자연생태복원전문가의 기술자문을 통해서 선정하되 환경녹화지역별 녹화공법 종자배합기준을 적용한다.

[해 설]

(1) 환경녹화지역별 녹화식물 배합은 복원목표에 부합하도록 초본위주형, 목본균락형, 생물종다양성복원형 등으로 구분하여 설정한다.

(2) 환경녹화지역별 녹화식물의 적용은 기본적으로 감독자의 입회하에 시험시공결과와 자연생태복원전문가의 기술자문을 통하여 적용하는 것을 원칙으로 한다.

(3) 환경녹화지역별 시험시공을 할 때에는 본 잠정 지침에 의거 설계된 녹화공법 및 종자배합의 적정성 여부를 확인하고 그 결과를 본 잠정 지침의 「표 10 녹화공법 평가표」를 참조하여 발주기관과 협의하여 시공하는 것을 원칙으로 한다.

3.4.2 종자 배합설계시 고려사항

혼합종자의 배합비율은 계질, 토질(암질), 기후 특성 등을 고려하여 혼합한 후 종자가 골고루 살포되도록 하며, 조기에 경관적인 녹화와 자연생태 환경 및 보전을 위하여 주위 경관과 조화된 식물종을 선정한다.

[해 설]

- (1) 재래종과 외래도입초종의 배합시에는 재래종의 비율을 높게 하여 외래도입초종에 의하여 피압 당하지 않도록 하여야 하며, 외래도입초종을 사용할 경우에는 초장이 짧은 종을 사용한다.
- (2) 종자배합시 한 종류의 발생기대본수는 총 발생기대본수의 25% 이상이 되지 않도록 한다.
- (3) 파종시에는 자연공원, 생태계보전지역, 자연환경보전지역, 문화재 보호구역, IC구간, 터널 입출구 등 경관을 특별히 고려할 필요가 있는 지

역에서는 야생초화류(벌노랑이, 산국, 쭉부쟁이, 구절초 등)와 환경영향평가를 참조로 지역 고유의 자생종 종자를 전체 배합비중 추가적으로 10% 이상 혼합할 수 있다.

(4) 시거장애방지 및 효율적인 유지관리를 위해 흙쌓기 비탈면 상단부 및 흙깎기 비탈면 하단부에 키가 큰 수목종자의 사용은 피한다.

(5) 주변 식물군락의 유형에 따라 내음성이 강한 수종을 1종 이상 선정하여 파종할 수 있다.

표 5. 식물별 종자배합량 조건표 예시.

식물종자		지 역	1 지역	2 지역	3 지역
			(국토핵심생태녹지축지역)	(해안생태계지역)	(내륙생태계지역)
초본 위주형	재래목본	자귀나무, 붉나무, 소나무(곰솔) 등 교목	4.0	2.5	2.0
		낭아초, 싸리류 등 관목	7.0	3.5	2.5
	재래초본	억새 등 새류	11.0	8.5	7.5
		비수리 등 일반초본류	7.5	7.0	6.0
		쭉류 및 기타	0.5	1.0	1.0
도입초본	Tall fescue Kentucky bluegrass Perennial ryegrass Creeping red fescue 등	0	2.5	6.0	
합 계			30g/m ²	25g/m ²	25g/m ²
목본 군락형	재래목본	자귀나무, 붉나무, 소나무(곰솔) 등 교목	7.0	4.5	4.3
		낭아초, 싸리류 등 관목	9.0	5.5	5.0
	재래초본	억새 등 새류	8.0	8.0	6.5
		비수리 등 일반초본류	5.5	4.7	4.5
		쭉류 및 기타	0.5	1.0	1.0
도입초본	Tall fescueb Kentucky bluegrass Perennial ryegrass Creeping red fescue 등	0	1.3	3.7	
합 계			30g/m ²	25g/m ²	25g/m ²
초화류	봄	금계국, 패랭이꽃 끈끈이대나물, 붓꽃류 등	0.6	0.6	0.6
	여 름	금계국, 수레국화 도라지 등	0.3	0.3	0.3
	가 을	구절초, 산국, 벌노랑이, 쭉부쟁이류, 별개미취 등	0.6	0.6	0.6
	합 계			1.5g/m ²	1.5g/m ²

※ 일반적인 종자분사 파종공법에 한함.

표 6. 종자 파종량 조건표(식생기반재취부공법).

식물종자	지역			
		1 지역 (국토핵심생태녹지축지역)	2 지역 (해안생태계지역)	3 지역 (내륙생태계지역)
얇은 식생기반재취부공법	1~2cm ^{주1)}	20g/m ² 이상 ^{주2)}	20g/m ² 이상	20g/m ² 이상
	3~4cm	30g/m ² 이상	25g/m ² 이상	25g/m ² 이상
두꺼운 식생기반재취부공법	5~10cm	70g/m ² 이상	60g/m ² 이상	50g/m ² 이상
	10cm이상	100g/m ² 이상	90g/m ² 이상	80g/m ² 이상

주1) 식생기반재 두께는 종자취부층과 생육기반층을 합한 것을 말한다. 단, 2층취부공법(생육기반층을 우선 조성하고 그 위에 종자층을 분리하여 시공하는 공법)인 경우 종자취부층의 두께에 맞게 파종량을 정한다.

주2) 종자파종량은 위의 조건표를 따르되 「표 9 자연생태환경 복원목표별 식생 생육관정 기준표」를 만족시킬 수 있도록 발아율이 우수한 녹화식물 종자를 사용하고, 특정종이 전체를 우점하지 않도록 종자배합설계를 적용하여야 한다.

제4장 세부 수량산출 방법

4.1 일반사항

「표 3 비탈면 녹화공법선정 흐름도」를 참조하여 유형별로 선정된 공법을 흙쌓기 비탈면과 흙깎기 비탈면으로 구분하여 세부수량을 산출한다.

[해설]

(1) 비탈면의 암질(토질)의 특성, 경계성, 경관과의 조화, 유지관리 등을 종합적으로 검토하여 대상지역에 적합한 공법을 선정하여 적용한다.

(2) 비탈면 녹화공법은 흙쌓기 비탈면과 흙깎기 비탈면으로 크게 구분하여 수량을 산출한다.

① 흙깎기 비탈면은 토사구간, 풍화암 및 리핑암구간, 발파암구간으로 구분하여 L형측구 상단 소단부터 산마루측구를 지나서 비탈면 라운딩 구간을 포함하고 비탈면 사거리로 하여 면적을 산출한다.

② 흙쌓기 비탈면은 쌓기부 길어깨에서 흙쌓기 비탈면 끝단까지 구하고, 라운딩 구간을 포함하여 비탈면 사거리로 하여 면적을 산출한다.

(3) 발파암 구간 중 단단한 암(절리, 풍화상태가 미약한 암)인 경우 덩굴식물식재공법으로 면적을 산출하고, 그 외 지역에서는 두꺼운 식생기반재취부공법 등으로 식재 면적을 산출할 수 있다.

(4) 흙깎기 비탈면의 경우 흙깎기 후 장기간 노

출(시험시공, 식재 적기 고려, 우기, 해빙기)될 경우 비닐덮기 등 침투수 방지를 위한 공법을 적용할 수 있다.

4.2 도면작성 및 수량산출 방법

도면 및 전개도 작성은 구간별 토질(암질)의 종류별로 구분하여 비탈면적으로 수량을 산출한다.

[해설]

(1) 종, 평면도를 이용하여 전개도를 작성한다.

(2) 작성한 평면도에 지질별 및 공법별로 적용 가능한 구간에 측정별 경계선을 그린다.

(3) 구간별, 공법별 수량은 각각 비탈면 사거리로 면적을 산출한다.

(4) 크기가 작은 동일 비탈면에서 공법수량산출시 토질(암질)이 다를 경우 경관을 고려하여 가장 면적이 큰 하나의 공법으로 전체면적을 산출할 수 있다.

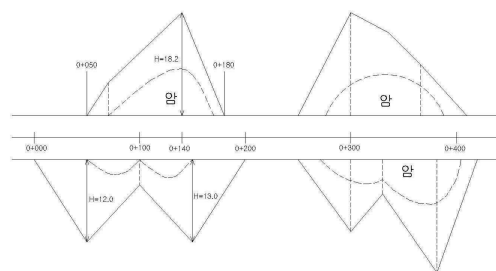


그림 3. 평면도상 흙깎기 전개도.

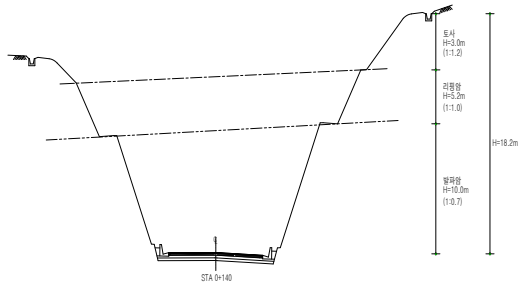


그림 4. 횡단면도.

제5장 시험시공 및 유지관리기준

5.1 일반사항

도로건설공사에 있어서 시공자는 설계도서를 검토하고 비탈면 녹화 시설이 제기능을 유지할 수 있도록 시험시공 및 유지관리 계획을 수립한다.

[해설]

(1) 비탈면의 녹화를 위한 시험시공은 녹화대상 비탈면에 다양한 녹화공법을 시험적으로 시공하여 녹화품질 및 시공성을 정량적, 정성적으로 분석함으로써, 해당 비탈면의 환경조건에 부합하는 최적의 녹화공법을 선정하기 위하여 실시한다.

(2) 시험시공의 대상은 흙깎기 및 흙쌓기 비탈

면 지역에 설계된 비탈면 녹화공법을 위주로 한다.

(3) 시험시공은 도로건설공사시 비탈면이 발생하는 경우 4km 범위 내 1개소를 적용하되, 추가 시험시공은 감독자 및 자연생태복원전문가와 협의하여 적용한다.

5.2 시험시공 계획 및 방법

5.2.1 시험시공 계획

비탈면 녹화는 시험시공의 계획 수립시 현장의 특성을 고려하여 감독자, 자연생태복원전문가 등의 자문을 통해 정하여야 하며, 시험시공계획은 공법선정 후 자연생태복원전문가의 자문을 거쳐 발주기관의 승인을 받아 시행하여야 한다.

[해설]

(1) 시험시공을 위한 공법의 선정은 본 지침에 의거 설계된 공법을 엔지니어링기술진흥법에 의한 조경업체 또는 자연생태복원전문가에게 의뢰하여 선정하고 그 근거 서류를 유지하여야 한다.

(2) 비탈면 녹화공법의 시험시공은 반드시 자연생태복원전문가의 자문을 거쳐 시공하도록 하고, 필요할 경우 도로건설현장의 감리회사에서도 상주, 비상주 관련전문가 또는 별도의 시험관련

표 7. 시험시공의 절차방법.

항 목	내 용
1. 시험시공 계획	- 시공목적, 시공대상지, 환경조건, 복원목표 등 검토
2. 공법의 선정	- 감독자, 자연생태복원전문가 등의 자문을 통한 수립 목적에 부합되는 공법 선정
3. 시험시공 실시	- 시험시공계획서 작성 및 검토 - 시공 재료(취부용재료, 종자) 시공전후 분석 - 시공 장비 및 시공방법 협의 - 계획서 및 시방서에 준한 시공 실시
4. 시험시공 결과 분석	- 자연생태복원전문가에 의한 주기적인 평가 - 평가 기준표에 의한 분석 실시
5. 최적공법 선정	- 현장여건에 부합하는 최적 공법 선정
6. 유지관리	- 시공 후 2년간 유지관리

표 8. 시험시공(파종) 단계별 업무 분장.

단 계 별	발주청	시공회사	감리단	자연생태 복원전문가
공사비 반영(시험파종 및 유지관리)	○			
시험파종업체 선정 요청 (시공회사→감리단, 발주청)		○		
시험파종업체 선정 통보 (감리단, 발주청→시공회사)	△		○	
시험파종 및 유지관리		○		△
시험파종계획서 작성 및 제출 (시공회사→감리단, 발주청)		○		△
시험파종 감리 및 감독	△		○	
시험파종 및 유지관리 보고서 작성 및 제출 (자연생태복원전문가→시공회사)		△		○
시험파종결과 승인 요청 (시공회사→감리단→발주청)		○	△	
시험파종 및 유지관리 결과 승인(발주청)	○		△	

※ ○ 전담자, △ 보조자

기관에 위탁관리 할 수 있다.

(3) 비탈면 녹화공법의 시험시공에 소요되는 비용은 발주기관에서 부담하는 것을 원칙으로 하며, 공법이 변경되어 공사비가 증가할 경우에도 발주기관에서 부담하는 것으로 한다.

(4) 시험시공비용은 발주청이 2개사 이상 업체로부터 견적서를 받아 저렴한 가격을 설계서에 반영한다.

(5) 시험시공 계획시 다음과 같은 항목을 조사하여 계획을 수립하도록 한다.

① 토질(암질)조건 조사 항목은 시공사의 토질(암질)조사보고서, 지질 및 암반전문가의 지문을 거쳐 녹화공법의 적용성을 검토한다.

② 주변 식생 환경 조사 항목은 환경영향평가자료를 참조하여 적용한다.

③ 기후환경 조사 항목은 대상지역의 가까운 거리의 기상관측소의 자료를 이용하되 최근 10년간의 강우량, 온도, 습도 등을 평균 산출하여 이용한다.

(6) 시험시공에 소요되는 종자의 종류, 혼합비율, 사용량은 발주기관 및 감독자, 자연생태복원 전문가와 협의하여 결정하도록 하며, 시험시공 전에 감독자는 시공에 필요한 종자 발아실험 결과, 녹화기반토양의 유해성 여부 및 기타 성분분석 결과를 확인한 후 시험시공 한다.

5.2.2 시험시공(파종) 단계별 업무 분장

시험시공(파종) 단계별 업무 분장은 다음과 같다.

5.2.3 시험시공 방법

시험시공은 선정된 녹화공법으로 시행함을 원칙으로 하며, 시험시공의 면적은 공법당 100m² 이상 되도록 시공하되 암질, 토질상태, 자연환경 등을 고려하여 녹화방법 및 취부두께를 선정한다.

[해 설]

(1) 시험시공의 면적은 공법당 100m² 이상 되

도록 시공하되 지역구분에 따른 지질, 암질, 토질 상태, 자연환경 등을 고려하여 녹화공법 및 취부 두께를 선정한다.

(2) 시험시공은 설계기준에 따라 선정된 녹화 공법으로 시행함을 원칙으로 하되, 신기술 및 신 공법 중 2~3공법을 비교 시공할 수 있다.

(3) 시험시공을 위한 발아실험과 녹화기반토양 등을 공인된 시험기관에 분석을 의뢰하여 실시하 되 시험시공 15일전까지 시험성적서를 감독자 에 제출해야 한다.

(4) 시험시공은 반드시 감독자의 입회하에 시 방서(또는 시공계획서)에 규정된 기준에 의거하 여 실시하도록 한다.

(5) 시험시공 후 식생조사를 위한 방형구(1m× 1m)를 3개소 이상 설치한다.

5.2.4 재료의 준비와 배합

시험시공에 사용되는 재료의 준비와 배합은 발 주기관, 감독자 및 자연생태복원전문가와 협의하 여 녹화복원목표에 맞게 정한다.

[해 설]

(1) 녹화공법의 시험시공에 적용되는 재료와 그 구성물질은 유기물재료와 무기물재료로 구분 하며, 최종 녹화용 재료와 식생기반재는 친환경 적 제품을 사용하도록 한다.

(2) 재료의 배합과 시공은 부피비 또는 중량을 기준으로 하여 배합하되 비탈면의 특성과 시공방 법 등을 고려하여 발주기관, 감독자 및 자연생태 복원전문가와 협의하여 시공하는 것을 원칙으로 한다.

(3) 종자는 본 설계기준에 의거 배합하여 파 종하되 종자선정, 파종방법 등은 발주기관, 감 독자 및 자연생태복원전문가와 협의하여 적용 한다.

5.3 시험시공 평가 및 결과분석

5.3.1 시험시공 평가

시험시공을 실시한 후 감독자와 자연생태복원 전문가는 아래와 같이 시험시공 평가 및 결과분석 을 실시한다.

[해 설]

(1) 식생기반재취부공법의 식생기반재 취부두께 확인은 감독자 또는 자연생태복원전문가 등이 측정용 기구를 이용하여 10회 이상 측정하여 평 균 산술한 값으로 확인한다.

(2) 시험시공 직후 식생기반재 샘플을 채취하 여 식생생육기반재의 토양산도, 전기전도도, 염 기치환용량, 전질소량, 염분농도, 유기물함량 등 토양이화학성 등을 공인된 연구기관에 의뢰하여 분석하도록 하며, 사용재료의 특성상 중금속함량 에 대한 조사가 필요하다고 판단되는 경우에는 자연생태복원 전문가와 협의하여 중금속함량 분 석을 실시할 수 있다.

(3) 식생 생육판정 시기는 시공 후 6개월(180 일)을 기준으로 하되, 판정시기가 동절기에 해당 되는 경우 익년 6월~7월에 평가하며, 파종 후 생육판정은 「표 9 자연생태환경 복원목표별 식 생 생육판정 기준표」를 참고한다.

(4) 시험시공지의 식생 생육조사는 식생조사구 (방형구)내에서 수종 및 초종, 각 식물별 개체수, 식생생육량, 우점종, 식생피복율, 병충해유무 등 을 조사 분석한다.

(5) 시험시공 후 수시로 식생 생육기반재의 토 양경도, 토양산도, 토양습도 등을 측정하고 식생 기반재의 탈락 및 붕괴 유무를 관찰한다.

(6) 녹화공법의 최종 평가는 「표 10 녹화공법 평가표」를 기준으로 하여 자연생태복원전문가의 자문을 통해서 평가한다.

(7) 녹화공법의 최종 선정은 시험시공 평가 결 과와 자연생태복원전문가의 기술자문을 통해서 상위 2개 공법 이상을 선정하도록 한다.

(8) 시험시공의 결과에서 최종 선정된 공법은 발주기관에 보고 및 승인을 득한 후 시행하여야 한다.

표 9. 자연생태환경 복원목표별 식생 생육판정 기준표.

평가	피복율(%) ^{주1)}	목본 성립본수	출현종수		
			초본	목본	
초본 위주형	可 ^{주2)}	70~80	1본/m ²	3종/m ² 이상 1종/m ² 이상	
	판정보류	50~70	1m ² 당 10본 발아가 있으면서 생육이 늦은 경우 1~2개월 동안 상태를 지켜보고 재평가한다.		
	不可	50이하	생육기반이 유실되어 식물의 성립이 기대되지 않을 경우 재시공한다.		
목본 군락형	可	30~50	7본/m ²	2종/m ² 이상 2~3종/m ² 이상	
		50~70	4본/m ²	2종/m ² 이상 2~3종/m ² 이상	
	판정보류	70~80	1본/m ² 이상	익년 봄까지 상태를 봄	
		드문드문 발아가 보이지만, 비탈면 전체가 나지로 보일 경우 1~2개월 상태를 지켜본 후 판정한다(부적기 시공의 경우).			
	不可	생육기반이 유실되어 식물의 성립이 기대되지 않을 경우 재시공함 초본 90%이상 목본이 피압당하고 있을 경우 예초 후 대책강구			
생물종 다양성 복원형	可	30~50	7본/m ²	4종/m ² 이상 3~4종/m ² 이상	
		50~70	4본/m ²	4종/m ² 이상 3~4종/m ² 이상	
	판정보류	70~80	1본/m ² 이상	익년 봄까지 상태를 봄	
		드문드문 발아가 보이지만, 비탈면 전체가 나지로 보일 경우 1~2개월 상태를 지켜본 후 판정한다(부적기 시공의 경우).			
	不可	생육기반이 유실되어 식물의 성립이 기대되지 않을 경우 재시공함 초본 80%이상 목본이 피압 당하고 있을 경우 예초 후 대책강구			

주1) 피복율 70~80% : 비탈면에서 10m 떨어져서 비탈면 전체가 푸르게 보이는 것을 말한다.

주2) 가능한 모든 항목을 만족하여야 하며, 한개의 항목이라도 미달할 경우 보류로 본다.

표 10. 녹화공법 평가표^{주1)}.

구분	평가	항 목	측정 시점	가중치	상(3)	중(2)	하(1)	평가기준 및 방법 ^{주2)}		
재료	정량적	재료품질	시공 직후	-	합격기준 미달시 불합격 처리			식생기반재 샘플 성분분석 후 기준항목 합격여부 판단		
품질	정량적	식물 생육	식생피복율	180일	15	90% 이상	70~89%	70% 미만	식생피복율 목표기준 평가	
			식생생육량	180일	5	1순위	2~3순위	3순위 미만	시험시공 공법별 식생 샘플의 건물중 측정 후 상대적 평가	
		병충해	수시	5	없음	-	있음	생육판정시기까지 수시로 병충해 유무를 판단		
		출현종수	목본성립 본수	180일	10	80	50% 이상	30~49%	30% 미만	목본성립본수 목표기준 평가
			초본 및 목본의 출현종수	180일	15		80% 이상	60~79%	60% 미만	출현종수(목본, 초본) 목표기준 평가
		정성적	식생기반재 물리화학적 특성	수시	10	양호	보통	불량	식생기반재의 토양경도, 토양산도, 토양습도 측정 후 평가	
	탈락 및 봉괴지점		수시	10	없음	1개	2개 이상	10m ² 당 탈락 및 봉괴 지점수 조사		
경제성	정량적	녹화 지속성 및 식생침입 가능성	-	10	양호	보통	불량	녹화공법 기 시공지의 녹화 지속성 및 천이여부 평가(자료검토 및 사례조사)		
	정성적	시공단가	-	15	120% 미만	120~149%	150% 이상	초기투입 시공비 기준		
합계	정성적	시공효율성	-	5	적합	보통	부적합	유지관리요구정도를 판단하여 평가		
				100	100					

주1) 녹화공법 평가표는 시공사례 및 시험시공 자료를 토대로 점진적으로 수정 보완할 예정이다.

주2) 평가기준 및 방법은 「부록 1. 시방서 2.15 시험시공 계획수립 및 시행방법」을 참고한다.

5.3.2 시험시공 결과보고서

(1) 시험시공의 계획과 설계는 시공 3~4개월 전에 현장 감독자와 자연생태복원전문가가 참여하여 현장의 지질, 암질, 토질, 자연환경의 특성 등을 조사분석하여 시험시공의 계획과 설계에 적용성이 높은 공법을 선정하여 설계에 반영하고 그 결과를 시험시공 결과보고서에 수록한다.

(2) 시험시공은 상기의 비탈면 녹화 설계의 기준에 따라 시험시공의 규격과 면적, 시공두께 등의 제반사항을 산정하여 시험시공 결과보고서에 수록한다.

(3) 시공업체는 시험시공 전에 반드시 시험시공의 재료, 구성, 배합도양 등을 분석하여 감독자에게 제출하고 시험시공 결과보고서에 수록한다.

(4) 각종 재료 등에 대해서는 현장에서 반드시 직접 채취한 후 공인된 시험기관에 의뢰하여 녹화설계의 기준에 부합하는지의 여부를 검토후 시험시공결과보고서에 수록한다.

(5) 파종용 식물종자의 검정에 대해서는 공인된 시험기관에 파종할 종자의 순량율, 발아율 등의 테스트 결과를 시험시공 결과보고서에 수록한다.

(6) 시험시공 후 식생조사결과와 녹화공법 평가결과를 시험시공 결과보고서에 기록한다.

제6장 향후 추진계획

(1) 2005년 8월부터 잠정 지침을 시행하며 적용대상은 고속도로, 일반국도, 국지도 등 도로건설공사 사업으로 한다.

(2) 2008년까지 3년간 잠정 지침에 따라 시험시공을 시행하여 비탈면 녹화 관련 자료를 수집하고 모니터링 작업을 실시한다.

(3) 2009년부터 수집된 자료를 분석하고 『비탈면 녹화 설계 및 시공 잠정 지침』의 미비점을 보완하여 우리나라 실정에 맞는 최종 지침을 확정('09. 12) 시행한다.

표 11. 시험시공 결과보고서 수록내용.

항 목	내 용	비 고
1. 개 요	- 시험시공의 목적 - 시험시공 위치도 및 주변 현황 분석 - 시험시공 비탈면의 환경특성	
2. 시험시공 재료 및 방법	- 시공재료 - 사용종자 - 시공장비 - 시공방식 - 측정방식	
3. 시험시공 결과	- 발아상태 - 식생생육상태 - 안정성 - 재료 특성 분석 - 향후 예측	
4. 시험시공 결과 분석 및 평가	- 생육특성 - 경제성 - 개선방향	
5. 기 타	- 산업재산권(특허, 신기술허가사항) - 시공실적 - 시험성과물	공법 특성 분석