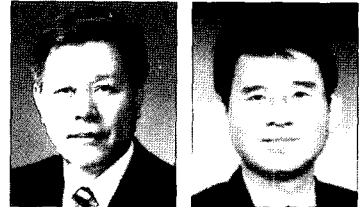


친환경적인 도로건설을 위한 생태환경복원녹화설계 및 시공 개선방안



김철문 | 건설교통부 감사관실 사무관(도로 및 공항기술사)
이정기 | 건설교통부 감사관실 감사관(도로 및 공항기술사)

1. 비탈면 녹화의 발전과정

한국에서 도로분야의 조경에 대한 사항이 언급된 것은 영동고속도로(신갈~새말) 개통 무렵인 1971년 무렵이었다. 이전까지만 하여도 비탈면을 사방공법적인 방법으로 녹화하고 가로수를 식재하는 것 정도의 수준이었다. 1972년 3월 고속도로 및 그 연변의 녹화에 대한 계획을 수립하여 대통령에게 보고한 이후로 우리나라에서 도로녹화에 대한 개념이 처음 도입되었다고 할 수 있다.

1974년에는 고속도로 장기식재계획에 의거 식재하였으며, 국내 최초로 2억원을 들여 정부에서 새마을 사업으로 채종한 들잔디씨앗을 약제 처리후 인터체인지, 토사비탈 등에 파종을 시행하여 녹화사업이 본 궤도에 오르게 되었다.

1975년에는 들잔디에 의한 절토부녹화 취부파종 공법 연구를 시행하여 비탈면을 잔디에 의한 녹화를 본격적으로 시도하였고, 지금의 기계화된 시공방법의 원조인 취부파종방법으로 시공하였다.

2. 비탈면 녹화관련 기준검토

비탈면 녹화기준을 보면 현재까지 고속도로 설계기

준(98.9), 고속도로공사 전문시방서(토목편:00.12), 고속도로공사 전문시방서(조경편:02.2), 건교부 서울지방국토관리청 공사시방서(98), 건교부의 환경친화적 도로건설지침(97) 등 다양한 지침과 기준이 나와 있지만, 각각의 기준이 상이하여 아직까지 현장감독, 녹화업체들과 일선 실무자들이 설계, 시공, 관리 등을 하기에는 극히 미비한 실정이다.

3. 비탈면녹화시공지침 작성배경

건설교통부 감사관실에서는 매년 우리나라 건설공사의 설계·시공·유지관리분야에서 불합리하게 이루어지거나 개선이 절대적으로 필요한 분야를 매년 1개 과제를 선정하여 연차적으로 추진하고 있다.

2002년에는 암발파분야에 대하여 각종민원 등이 끊이지 않고 주변에서도 여러가지 문제점이 대두되고 있어, 건설교통부 산하 지방국토관리청 (5개청)을 대상으로 암발파분야에 대한 특별감사를 실시(2002.3.25~5.21)하여, 『암발파설계적용기준 및 시험발파잠정지침』을 만들어 많은 호응을 얻어 우리나라 발파분야에도 품질강화를 도입하고 오발파로 인한 산사태를 예방하는데 기여하였다.

이에따라 2003년도에는 비탈면 녹화분야에 대한

여 많은 문제점이 노출되고 있어 개선과제로 선정하여 조사를 시작하게 되었다.

비탈면 녹화부분에 대하여는 아직까지 우리나라 특성에 적합한 녹화설계기준도 없이 조기녹화에만 급급하여 외래초종(양잔디) 위주로 시공한 결과, 대부분 2~3년이내에 고사(枯死)되어 비탈면의 황폐화로 인한 환경피해가 발생하고 있으며, 고가(高價)의 특수공법을 주먹구구식으로 적용하여 예산낭비초래뿐 아니라 녹화전문업체 난립(500여개사)으로 저가 하도급수주로 부실공사 우려되는 등 많은 문제점이 노출되고 있다.

이에 따라 각종 건설공사로 인하여 훼손된 비탈면의 자연환경과 생태계를 복원하여 도로이용자에게 안정감과 쾌적함을 제공하고, 야생 동식물의 서식공간을 조성하는 등 도로건설을 목적으로 함과 동시에 주변여건에 적합한 종자씨앗 및 녹화공법을 선정하여 국가예산낭비 요소를 사전제거하고 시공전 시험시공을 거치도록 함으로써 부실시공을 방지하여 녹화품질향상을 하기 위하여 『한국형 비탈면 녹화설계 적용기준』마련이 절실히 요구되고 있다.

4. 현지 조사내용

1) 조사개요

- 조사기관 : 3개국토청 (원주 · 부산 · 익산)
- 조사실시기간 : '03. 4. 28~7. 5
- 조사범위 : 비탈면 녹화공법 관련 전분야 특별감사
- 비탈면녹화공법에 대하여 현재 시공중 · 시공완료구간
- ※ 전체 310개 사업중 59개사업(19%)에 대하여 조사실시

표 1. 비탈면 녹화설계 현황 (5개국토청)

구분	전체	성도부	절도부
수량 (금액)	59백만㎡ (4,000억원)	39백만㎡ (1,300억원)	20백만㎡ (2,700억원)

2) 조사방향

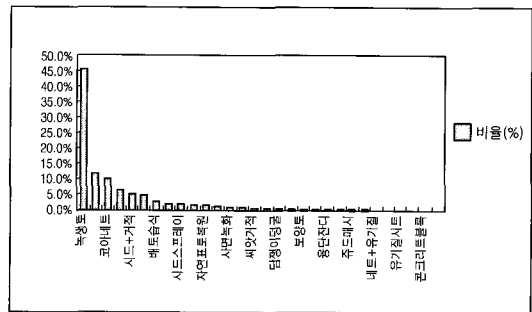
- 비탈면의 지역별, 기후별, 토질별 등을 고려한 적정공법 선정여부
- 비탈면 녹화공법의 바닷가, 공장 등을 고려한 종자(씨앗)선정의 적정여부
- 비탈면녹화공법의 품질관리의 적정여부
- 비탈면 녹화공법의 유지관리의 적정여부
- 기타 신기술, 신공법 등 설계 적용여부

3) 주요 조사결과

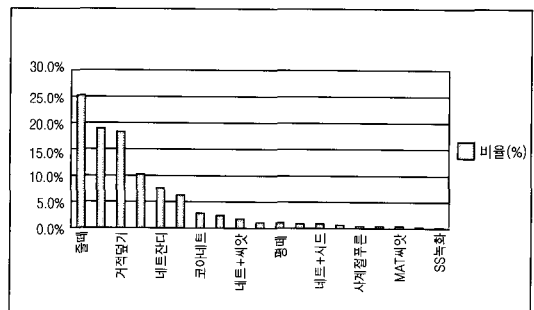
(1) 지방국토관리청 자료분석

가) 녹화공법 적용분석

지방국토관리청 비탈면의 녹화공법중 가장 많이 시공된 공법은 절토 비탈면에는 녹생토 (46%)넛트잔디(12%), 코아넛트(10%), 평떼(6%)등 22여종의 순으로, 성토비탈면에는 줄떼(25%), 거적덮기(19%), 넛트잔디(10%)등 19개종의 순으로 조사됨.



(a) 절토비탈면



(b) 성토비탈면

그림 1. 녹화공법 사용비율

나) 지방국토관리청 비탈면 녹화공법 도입초종 분석
우리나라 국도 비탈면의 녹화에 주로 사용되는 도입초종은 대부분 외래종으로 寒地形草種인 Tall fescue, Perennial ryegrass, Orchardgrass 暖地形草種인 Weeping lovegrass를 주로 사용하였다. 일반적으로 도입초종의 생육은 우기나 바람등의 영향으로 인하여 비탈상부에서 비탈하부로 내려갈수록 왕성하게 생육하고 있다.

비탈면녹화공법에 대한 초종선정은 한지형과 난지형을 구분하지 않고 대부분 위 초종을 혼합 사용하는 것으로 나타나 아직까지 우리 토목기술자들이 녹화공법에 연연하여 식생과 발아가 중요시되는 초종(종자)에 대하여는 다소 소홀한 감이 있었다.

(2) 지방청 조사결과

가) 실시설계 용역분야

- 비탈면환경녹화공법에 대한 도면, 시방서, 내역서, 단가구성 등이 서로 상이하거나 오류 또는 불분명함.



사진 1. 덕유산국립공원 진입로, 주변환경과 이질감 및 산사태 광경

- 비탈면녹화공법에 대한 내역서 표기가 설계자별로 상이하게 표기되어 수급자의 혼란을 초래

- 암절개면 보호식재공의 경우: 녹생토, 보양토, 비탈면보호공, 암절취법면보호공, 비탈면보강공 등

나) 비탈면 녹화공법 선정분야

- 비탈면 녹화공법 선정시 토질별, 지역별, 기후별 일정한 기준없이 고가(高價)의 특정공법을 임의 적용함으로써 불필요한 국가예산 낭비 우려.

다) 종자(초종)선정분야

- 바닷가, 공장등 지역, 기후, 토질 등을 고려하지 않고 대부분 외래종 위주로 사용하여 주위환경과 어우러지지 않고 이질감이 있으며, 여름철에 하고(夏枯)로 인한 황변(黃變) 현상이 발생되어 오히려 환경을 저해
- 000청 시행 00-00간 한치터널 주변은 대부분 초본(草本)과 목본(木本)이 혼합된 지역임에도 외래종 위주로(Weeping lovegrass) 선정하여 주변식생과의 조화가 안되고 이질감이 있었다.

라) 품질관리분야

- 비탈면녹화공법의 특수공법의 주요자재인 종자, 넷트, 철망, 배양토, 천연섬유 등에 소요되는 주요자재에 대한 품질기준 및 시방기준

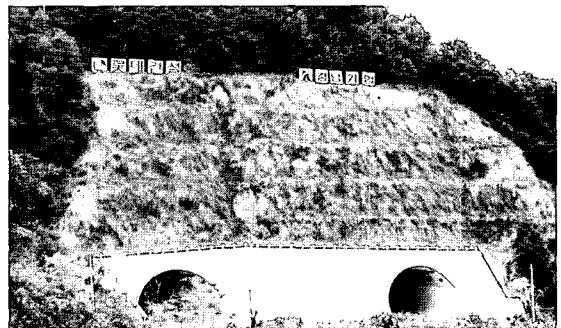


사진 2. 초종선정 잘못으로 하고(夏枯)현상 발생

이 명시되지 않아 형식적인 품질관리를 시행하였다.

- 특히 암절개면보호식재공법에 대하여는 녹화토(배양토)가 수은(Hg), 납(Pb)등 환경기준치에 일부 위배되는 재료가 포함됨에도 품질관리를 하지 않아 치명적인 환경오염 우려.

마) 유지관리분야

- 지방국토관리청에서 이관된 비탈면을 국도유지건설사무소에서 유지관리 소홀.

- ○○국도유지건설사무소에서 관리하고 있는 국도 31호선의 비탈면 녹화에 대하여 고사·침식 등이 발생하고 있음에도 미조치

5. 설계적용기준 (안)

1) 비탈면 경사도, 녹화기준, 주변환경, 토질의 특성에 따라 녹화공법을 선정할 수 있도록 지역특성에 적합한 공법선정 흐름도를 그림 2에 제시한다.

2) 우리나라를 기후환경, 지역환경, 산림환경 등을 고려하여 4개 권역으로 구분한 환경녹화지역구분도를 그림 3에 제시한다.

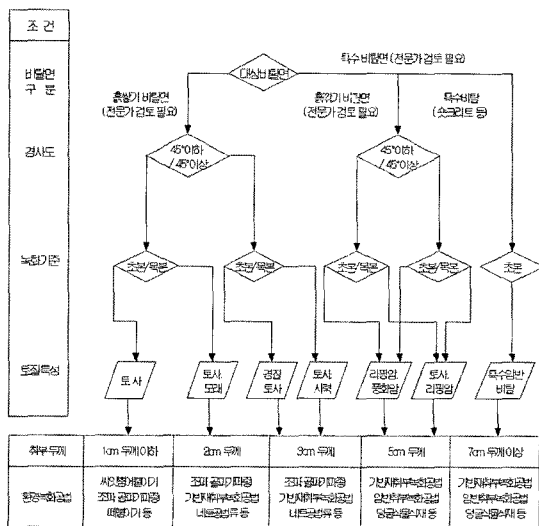


그림 2. 지역특성에 적합한 공법선정 흐름도

- 제1지역군 : 제주도를 비롯한 남해안일대
 - 제2지역군 : 태백산맥을 중심으로 한 백두대간 생태계보전지역
 - 제3지역군 : 서해안을 비롯한 내륙생태계지역
 - 제4지역군 : 동해안일대의 동해안생태계보전지역
- 3) 비탈면높이에 따라 녹화목표를 선정하고, 그에 따른 초본류, 목본류, 수림류를 정할수 있는 환경지역별 녹화공법종자배합기준을 표2에 제시한다.

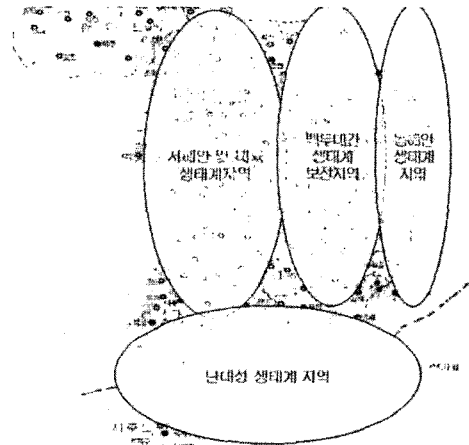


그림 3. 환경녹화지역 구분도

표 2. 환경지역별 녹화공법종자배합기준

(단위:%)

구 분	1지역군 (남대성 생태계)	2지역군 (백두대간생태계)	3지역군 (서해안 및 내륙생태계)	4지역군 (동해안 생태계)
지 역	전남,경남, 제주도, 남해안 지역	강원도,충 북,대구백두 대간지역	서울,경기, 충청남,전북 서해안지역	강원도,경북, 동해안 지역
초본형	재래초본	60~80	80~90	50~80
	외래종	20~40	0~30	30~40
합 계	100	100	100	100
관목형	재래목본	20~40	20~50	30~40
	외래종	40~70	50~70	50~80
합 계	100	100	100	100
수림형	재래목본	30~50	40~60	30~50
	외래종	40~70	40~60	40~70
합 계	100	100	100	100

표 3. 식물별 세부종자배합량 조건표

식물종자		지역	1지역군	2지역군	3지역군	4지역군
			(난대성생태계)	(백두대간생태계)	(서해안 및 내륙생태계)	(동해안생태계)
구분	종자명	전남, 경남, 제주도 남해안지역	강원도, 충북, 대구 백두대간지역	서울, 경기, 충남, 전북, 서해안지역	강원도, 경북, 동해안지역	
초 본 형	재래초본	비수리, 억새	6.0	7.5	6.0	7.5
		솔새, 안고초	9.0	10.5	9.0	9.0
		쑥류	6.0	7.5	4.5	3.0
	외래종	Tall fescue	3.0	1.5	3.0	3.0
		Kentucky bluegrass	2.0	1.0	2.5	2.5
		Perennial ryegrass	2.0	1.0	3.0	3.0
		Orchardgrass	2.0	1.0	2.0	2.0
	합 계		30g/m ²	30g/m ²	30g/m ²	30g/m ²
관 목 형	재래목본	자귀나무, 붉나무	3.0	4.5	3.0	3.0
		낭아초, 싸리류	6.0	6	4.5	4.5
	재래초본	비수리, 억새	4.5	4.5	6.0	7.5
		솔새, 안고초	7.5	7.5	9.0	9.0
		쑥류	4.5	6.0	4.5	3.0
	외래종	Tall fescue	1.5	0.5	1.0	1.0
		Kentucky bluegrass	1.0	0.5	1.0	1.0
		Perennial ryegrass	1.0	0.3	0.5	0.5
		Orchardgrass	1.0	0.2	0.5	0.5
	합 계		30g/m ²	30g/m ²	30g/m ²	30g/m ²
수 림 형	재래목본	자귀나무, 붉나무	6.0	9.0	7.5	6.0
		낭아초, 싸리류	6.0	6.0	4.5	6.0
	재래초본	비수리, 억새	6.0	6.0	6.0	6.0
		솔새, 안고초	6.0	6.0	6.0	7.5
		쑥류	4.5	3.0	4.5	3.0
	외래종	Tall fescue	0.8	0	0.8	0.8
		Kentucky bluegrass	0.4	0	0.4	0.4
		Perennial ryegrass	0.3	0	0.3	0.3
합 계		30g/m ²	30g/m ²	30g/m ²	30g/m ²	
초 화 류	봄	샤스타데이지, 금계국, 패랭이꽃, 관근이대나물 등	0.6g/m ²	0.6g/m ²	0.6g/m ²	0.6g/m ²
	여름	금계국, 수레국화등	0.3g/m ²	0.3g/m ²	0.3g/m ²	0.3g/m ²
	가을	구질초, 산국, 벌노랑 이, 기생초 쑥부쟁이 등	0.6g/m ²	0.6g/m ²	0.6g/m ²	0.6g/m ²
	소 계		1.5g/m ²	1.5g/m ²	1.5g/m ²	1.5g/m ²

※ 암반취부 녹화공은 취부두께를 고려하여 씨앗뿌어붙이기의 경우보다 3~4배 증량하여 적용한다.

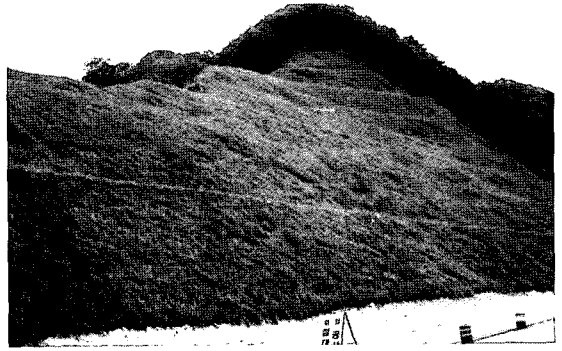
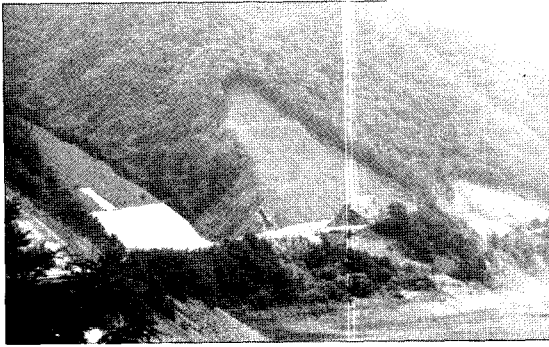


사진 3. 초본위주로 시행한 대절취부 절취, 강원 소양강 주변

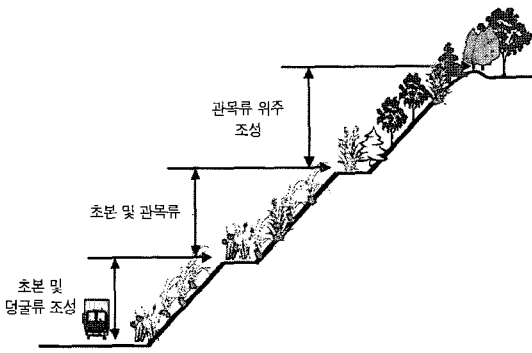


그림 4. 비탈면 녹화 추천도

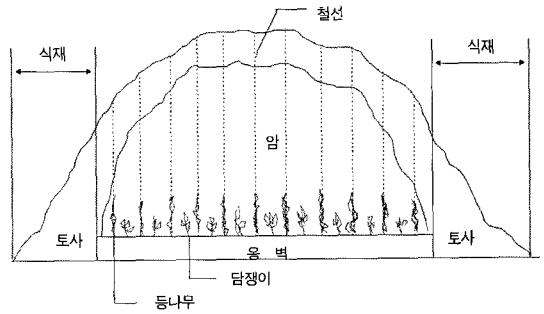


그림 5. 비탈면 등나무, 초화류 식재

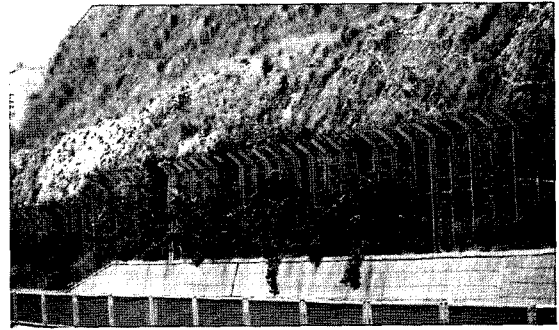
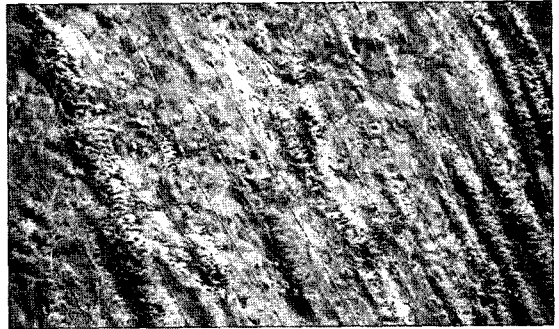


사진 4. 경관을 고려한 초화류

4) 제시된 종자배합기준표에 따라 재래종, 외래종을 산정할 수 있는 식물별세 부종자배합량 조건표를 표 3에 제시한다.

성을 정량적, 정성적으로 분석하여 현장여건의 비탈면환경조건에 부합하는 최적의 녹화공법을 선정하기 위하여 녹화공법 평가표를 표 4에 제시한다.

6. 시험시공

비탈면녹화를 위한 시험시공은 녹화대상 비탈면에 다양한 녹화공법을 시험적용하여 녹화품질 및 시공

7. 사후관리

유지관리는 공사완료후 관수, 시비 등 유지관리를 준공시까지 시행한다.

표 4. 녹화공법 평가표

관 리 항 목		단기적 조사(개통시)		장기적 관리(개통후)		비고
		유무	내 용	유무	내 용	
사면배후 환경지형	산지지형	○	대규모 산악지형			
	골자기형	○	계곡 연한 지형			
	구릉지형	○	낮은 산지지형			
	도심지 및 주거지형	○	도심지 및 마을			
주 변 토지이용	산림	○	산림에 연한 지형			
	전답(과수원)	○	경작지 이용지역			
	도로	○	국도 및 지방도			
	택지 및 주거지	○	주거지역			
지 하 수 용수상태	용수무(건조상태)	○	지하수 유출 없음		배수로 규모 및 종류 조사	
	용수(1~2개소)	○	사면 영향 적음		설계시부터 고려함	
	용수(3개소 이상)	○	별도 대책 필요		용수배출 관 및 배수로 시공(보수)	
보 호 및 녹화공	암반취부녹화	○	녹생토, PEC공법, 텍솔, SF공법류		3~5년단위 조사	
	식생기반재 취부 (아스나, 코드라 등)	○	아스나, 코드라공법류		"	
	종자, 네트공법류 (시드스프레이)	○	시드스프레이, 코야네트, 쥬트네트 등		"	
	초식공법류	○	떼블이기, 덩굴식물식재		"	
식 생 피복도 (공법시공후)	피복상태 불량 (60%이하)	○	식생불량으로 경관 저해(재시공)		3~5년 단위조사 (식생종류, 천이상황)	
	피복도 양호(60~80%)	○	보완으로 경관 회복		3~5년 단위조사	
	피복도 우수(80%이상)	○	유지관리		3~5년 단위조사	
보수여부 (녹화공)	소규모보수(200㎡이하)	○	유실부위 정리만으로 해결 가능		보수규모 및 관리	
	중규모 (200~1000㎡)	○	보수 필요		"	
	대규모 (1000㎡이상)	○	보수 보강 필요		"	
기 후	기온	○	월평균 기온 기록		장기적 관리조사	
	강수량	○	월평균, 필요시 일강수량 기록		"	
	습도, 풍속 등	○	월평균 습도, 풍속 등		태풍 및 호우시 별도 조사	
식생관리 요 인	병충해방제				병충해 종류, 예산	
	제조작업				작업규모, 예산	
	기타 관리				별도 추가관리요인	

표 4(계속)

구 분	평 가	항 목	측정 시점	가중치	가중치	상(3)	중(2)	하(1)	기준	목표치	비 고
품 질	정량적	재료 합격율		15	70	100%		미달	재료성분 분석	100%	기준항목 합격
		총 발아본수 달성율	30일	5		50%이상	30~49%	30% 미만	목표 분수 기준	90%	30% 미달시 재시공
		목본 발아본수	60일	15		90%이상	70~89%	70% 미만	목표 분수 기준	90%	
		식생피복도 달성율	90일	15		90%이상	90~89%	70% 미만	목표 피복도 기준	100%	
		균열 및 붕괴	30일	10		없음	1개	2개 이상	균열 및 붕괴 지점	0%	m ² 당 균열 및 붕괴
	정성적	주변경관과 조화	90일	10	양호	보통	불량	전문가 평가			
경제성	정량적	시공단가		20	30	120% 미만	120~149%	149% 이상	최저가 시공비 기준		
	정성적	시공 효율성		10		적합	보통	부적합	전문가 평가		
합 계				100	100						

6. 개선내용 및 효과

1) 개선내용

현 행	개 선 (안)
○ 조기녹화를 위하여 외래종 (양잔디) 위주 시공	○ 우리나라를 4개권역으로 구분, 지역별 종자(재래종+외래종) 배합기준 마련 ○ 토질, 토양, 비탈면경사 등에 따라 녹화공법 적용기준 마련
○ 고가(高價)의 암반 취부녹화공법을 (일명 녹생토) 기준 없이 무분별 사용	○ 암 양호구간: 등나무+담쟁이 ○ 암 절리(節理)구간 만: 암반취부 녹화공법 ※ 마사토 등 토질불량지역: 골과 기시행 (인력품 반영)
○ 비탈면에 대부분 초본 위주 녹화시행	○ 주변 환경고려 생태환경복원개 념 도입 - 비탈면높이별 초본, 목본, 수림류 배합비 마련 ※ 관광지 등 경관고려지역: 계절 별 초화류 혼합
○ 시험시공지침 없어 부실시공우려	○ 지침마련으로 품질향상 및 예산 절감

2) 개선효과

- 우리나라를 4개권역으로 구분하여 지역별, 기후별, 토질별 특성에 적합한 종자씨앗 배합 및 녹화공법 적용기준 마련으로 예산절감이 기대된다.
- 주변환경을 고려한 생태환경복원녹화개념을 도입하여 비탈면 높이에 따른 초본, 목본, 수림류 등을 혼합시공 함으로써 주변식생과의 조화를 이루어 환경친화적인 비탈면 녹화 기여 할 것으로 보인다.
- 시험시공 기준 및 공법별 시방서 마련으로 품질향상을 도모한다.

8. 결론

- 일반적으로 도로사면은 대형절토부의 노출이 불가피하므로 사면의 안정을 우선시하는 점이

중요하지만 사면을 녹화복원하는 공법의 시공과 도입도 환경보전과 생태계 복원차원에서 매우 중요한 일이다.

이러한 사면녹화를 위해 외래종위주에서 과감히 탈피하여 재래종위주의 환경친화적인 공법의 도입이 적극적으로 고려해야 할 것이다.

- 이러한 추세에 맞추어 금번 마련한 『비탈면녹화설계적용기준(안)』에서는 비탈면녹화에 대한 설계·시공을 위하여 지형, 기후, 토질 및 비탈면의 경사도에 따라 식생공법을 적용할 수 있도록 제시함은 물론 우리나라를 4개권역으로 나누어 해당지역에 적합한 초본형, 관목형, 수림형으로 구분하여 사용하고 종자선정에 있어서도 과거에 주로 사용하고 있던 외래종을 과감히 탈피하여 주변에서 자생하고 있는 자생

종을 주로 사용할 수 있도록 종자배합의 기준표도 함께 제시하였다

특히 동해안 지역이나 토질 및 토양이 특수한 마사토지역에는 골파기를 시행하여 종자의 훼손을 보호할 수 있도록 하고, 또한 도로이용자의 다양한 욕구를 충족하기 위한 야생초화류를 도입하여 미관을 고려한 환경친화적인 분야에도 함께 제시 및 보완하였다.

- 따라서 금번 마련한 『한국형 생태환경복원녹화설계기법 및 시공잠정지침(안)』을 우리부 홈페이지(www.moct.go.kr 감사관실)에 게재하여 관계관 여러분들의 의견을 수렴하여 2004년 하반기 부터 적용되도록 추진할 계획이오니 많은 의견을 개진하여 주시기 바랍니다.

학회지 원고접수 안내

학회지 편집위원회에서는 다음과 같은 내용으로 여러분을 초대하고자 합니다. 언제든지 참여하시어 알찬 학회지를 만듭시다. 여러분의 원고를 기다리겠습니다. (연락처 : 학회사무국 또는 편집위원)

컬 럼	내용 및 형식	비 고
권두언/축사/제언/격려사	시사성 있는 내용으로 A4 2쪽이내 분량으로 작성	편집위원회 주관
특집	회원들에게 도로포장내용과 최신동향소개 : 특집편집위원회 주관하여 연재	게재원고료 지급 심의 후 게재
기술기사	도로 및 도로포장과 관련된 기술보고서로서 A4 10쪽 이내 분량으로 작성 : 사례연구, 공사지, 성공 및 실패사례, 지역별 도로특성, 국내 산학연 합동 연구, 국내외 관련연구소 소개 등	심의 후 게재
기술위원회 세미나 주요내용	기술위원회 세미나 내용을 자세히 요약하여 그 내용을 회원들에게 알리는 컬럼	기술위원회 제공
해외기술동향	도로 및 도로포장관련 해외의 최신 연구내용 및 결과로 A4 4쪽 이내	
국내의 학술회의	도로 및 도로포장과 관련된 학술 및 기술강좌, 세미나 등의 내용 소개	E-mail 이용 가능
문화산책(교양)	교양과 관련된 내용으로 A4 4쪽 이내 : 수필, 취미생활(등산, 낚시 등), 독후감 및 의견제시 등 자유내용	게재원고료 지급 심의 후 게재
국내의 신간도서 소개	최근 발간된 도로 및 도로포장 도서 내용소개 및 찬평과 국내 회귀 입수 서적 소개	E-mail 이용 가능
학교 및 업체연구소 소개	도로 및 도로포장관련 학교 연구실 및 업체 연구소의 A4 2쪽 내외 소개	게재분량 엄수
학회소식	정기총회 및 학술발표회 소식, 이사회 회의록, 기술위원회 활동소식 등	학회 사무국 제공
Q/A	도로 및 도로포장 관련 문제에 대한 질문과 답변	E-mail 이용 가능
회원동정	주소변경, 직장변경, 경조사, 회원가입, 박사 및 석사학위 취득자 등	E-mail 이용 가능

* 집필자는 필히 본인 및 공동집필자 사진을 첨부하십시오.

E-mail : kospe@hanmail.net