

감천에천구간 국도비탈면 종자뿌어붙이기 시험시공 적용사례

전기성¹⁾ · 우경진²⁾

¹⁾ 한국도로공사 도로교통기술원 · ²⁾ 삼성에버랜드

Application Cases of Test Construction of Hydro-Seeding Measures on the Slopes Along the National Road Between Gamchon and Yaechon

Jeon, Gi-Seong¹⁾ and Woo, Kyung-Jin²⁾

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

²⁾ Samsung Everland.

ABSTRACT

To protect the surface of ground-cutting slopes and ground-raised slopes and to recover environment-friendly slopes at the national road expansion construction between Gamchon and Yaechon, test-construction work was done using several modes of hydro-seeding measures to select a suitable construction method through the field survey; the results were as follows :

As a result of survey on physio-chemical characteristics of soil, the average soil inclination on ground-raised slopes was from 4.73 mm to 5.37 mm; the average soil acidity was from pH 6.47 to 6.73; the average soil humidity was within the scope of 0.57 ~ 1.70 %; the average soil inclination on ground-cutting slopes was 9.17 ~ 10.43mm; the average soil acidity was pH 6.67 ~ 6.77 and the average soil humidity was within the scope of 0.53 ~ 1.27 %; considered overall, they showed generally satisfactory base materials for plant breeding.

As a result of the number of sprouting individuals, the average sprouting number of individuals on test spots executed by Coir net with Seed spray construction methods and the average number of sprouting individuals on other test spots executed by furrow-digging with Seed spray and Straw mat-mulching measures were 1,172 number of per square meter and 970 number of per square meter respectively; thus they showed higher numerical value comparing with other test spots. Likewise, the

Corresponding author : Jeon, Gi-Seong, Korea Highway Corporation, Highway & Transportation Technology Institute,
Tel : +82-31-371-3373, E-mail : giseong@ex.co.kr

Received : 30 August, 2007. **Accepted** : 6 December, 2007.

average number of sprouting individuals on test spots of the ground-cutting slopes executed by Coir net with Seed spray method and the average number of sprouting individuals on other test spot executed by furrow-digger with Seed spray and Straw mat-mulching measures were found to be 1,107 number of per square meter and 1,105 number of per square meter respectively, whose numerical value showed rather higher other test spots.

As a result of a survey on living plants' breeding index [dried weight], the weight in dried state on test spots executed by Coir net with Seed spray method and other test spots executed by furrow-digger with Seed spray and Straw mat-mulching measures on both ground-raised and ground-cutting slopes was found to be higher and showed similar characteristics statistically.

As a result of survey on the surface-covering degree of ground-raised slopes, nine weeks after test construction, test spots executed by Coir net with Seed spray method and other test spots executed by furrow-digger with Seed spray and Straw mat-mulching measures showed commonly more than 70% of surface-covering degree, but other test spots showed only below 35% of surface covering degree; especially in case of test spots by Verdvool seed spray measures, they showed 10% of the lowest surface-covering.

Surface-covering degree on the test spot of ground-cutting slopes nine weeks after test construction showed more than 75% both executed by Coir net with Seed spray construction method and executed by furrow-digger with Seed spray and Straw mat-mulching measures.

As a result of survey on appearing plants on the test spots, there dominates *Eragrostis curvula* both on ground-raised slopes and on ground-cutting slopes with other seeding plant life's lower breeding and there appear intruders, such as *Setaria viridis* Beauv, *Digitaria sanguinalis* Scop, and *Chenopodium album* var. *centrorubrum* Makino.

As for water-borne excavation and soil's washing-away on the slopes, there happened less washing-away and water-borne excavation with good breeding of plant life on test spots executed both by Coir net with Seed spray construction method and by furrow-digger with Seed spray and Straw mat-mulching measures, but there happened much more soil's washing-away along with water-borne excavation at the test spot executed by Seed spray with measures.

After the research results of test construction sites are examined overall, it's presumed that furrow-digger with Seed spray and Straw mat-mulching measures [interval between lines is 40cm, 5cm in depth] will be preferred to prevent erosion and water-borne excavation of slopes located within the construction sites.

Key Words : *Hydro Seeding Measures, Revegetation Plants, Construction Works.*

I. 서 론

우리나라에서는 산지가 많아 도로건설에서는 필수적으로 비탈면이 형성되는데 이러한 비탈면

을 복원하기 위해 다양한 녹화공법 형태가 도입되고 있다. 녹화공법은 대상지역의 토질특성이나 주변산림환경, 지역특성을 고려하여 선정하는 것이 타당하다고 할수 있다(건설교통부, 2005).

표 1. 시험시공비탈면의 일반현황.

위 치	비탈면방향	비탈면높이	비탈면연장	비탈면경사
성토부 STA. 9+140~9+221 (좌)	동향	약 20m	약 200m	1 : 1.5 ~ 1 : 1.8
성토부 STA. 9+140~9+221 (우)	서향	약 20m	약 200m	1 : 1.5 ~ 1 : 1.8
절토부 STA. 1+560~1+596 (좌)	북서향	약 30m	약 40m	1 : 1 ~ 1 : 1.2

도로비탈면에 주로 시공되는 종자뿌어붙이기는 주로 고압기계에 의해 종자와 화이버, 색소 등을 토사비탈면에 취부하여 녹화를 도모하는 공법으로 우리나라에서는 도로비탈면의 녹화에 가장 많이 사용되는 공법중의 하나이다. 그러나 이 공법의 종류는 여러 가지가 있고, 시공특성도 조금씩 달라서 녹화효과에 대한 연구결과가 다소 미흡한 면이 있다.

이와 같은 점을 고려하여 건설교통부에서는 2005년에 도로비탈면에 대한 비탈면 녹화 설계 및 시공 잠정 지침을 마련하여 친환경적으로 주변 자연환경을 고려하여 녹화를 유도할 수 있도록 권유하고 있다. 또한 이 지침의 적용성을 검토하고 모니터링을 통하여 결과를 분석하도록 하고 최종지침을 수정보완하여 2008년에 확정하도록 되어 있다.

이 연구의 실험대상지의 토질은 흑운모 화강암이 가장 넓은 면적을 차지하고 있으며, 부분적으로 위 지질층이 항구한 세월에 퇴적 및 풍화된

마사토(특히 경질 마사토) 등으로 분포되어 있어 (건설교통부, 2000) 이러한 지역의 훼손된 비탈면을 녹화하기 위해서 시험시공을 통해 공법을 검증하고 지침의 개선점을 분석하고자 다양한 종자뿌어붙이기공법을 시험시공하였으며, 이 결과를 바탕으로 하여 이 지역의 도로비탈면에 확대 적용할 것이다.

II. 재료 및 방법

1. 시험시공지 현황

시험시공은 2005년 5월 23일에 표 2와 같이 실시하였다.

시험시공은 기존에 설계되어 있는 녹화공법(거적덮기+Seed spray 공법)을 종자배합 비율을 달리하여 3가지 형태로 시험시공하고, Verdyol seed spray, 골파기+Seed spray+거적덮기 공법(골파기 줄간격 40cm, 깊이 5cm), Coir net+Seed spray 공법 등 3가지 녹화공법을 추가적으로 시

표 2. 시험시공 공법 적용 현황.

	시험공법명	적용면적	시험장소	비 고
1	Seed spray + 거적덮기 (A type)	108.8m ²	절, 성토	설계공법
2	Seed spray + 거적덮기 (B type)	108.8m ²	"	"
3	Seed spray + 거적덮기 (C type)	108.8m ²	"	"
4	골파기 + Seed spray + 거적덮기(골파기 줄간격 40cm)	108.8m ²	"	추가공법
5	Verdyol seed spray	108.8m ²	"	"
6	Coir net + Seed spray	108.8m ²	"	"

표 3. 종자배합설계.

(단위 : g)

녹화공법		Seed spray+거적덮기(외래종 : 재래종)						골파기+Seed spray+거적덮기	Verdyol Seed spray	Coir net+ Seed spray
		A type (88 : 12)		B type (30 : 70)		C type (50 : 50)				
		성토	절토	성토	절토	성토	절토	절토, 성토	절토, 성토	절토, 성토
외래종	Tall fescue	10	11	3	3	5	5	1	1	1
	Creeping red fescue	6		2		4		1	1	1
	Perennial ryegrass	6	6	2.5	2.5	3.5	3.5	1	1	1
	Weeping lovegrass		5		2		4	1	1	1
재래종	비수리	1	1	6	6	3	3	6	6	6
	벌노랑이	1	1	3	3	3	3			
	안고초							9	9	9
	참싸리	1	1	6	6	4	4	3	3	3
	쭉			2.5	2.5	2.5	2.5	3	3	3
합계		25	25	25	25	25	25	25	25	25

협시공 하였다.

2. 종자배합설계

시험시공에 사용된 종자배합은 건설교통부에서 2005년 공정한 『비탈면 녹화 설계 및 시공 잠정 지침(안)』을 참고로 하여 각 공법별로 25g씩 표 3과 같이 설계하여 파종하였다.

3. 조사 및 분석

1) 조사일시

현장조사는 시험시공을 2005년 5월에 시공하여 식물생육이 가장 왕성한 2005년 7월 26일에서 8월 31일(37일간)까지 여름철에 3회 현장조사를 실시하여 얻은 자료를 분석하였다.

2) 주변 토양 및 식생현황

(1) 토양특성;

토양경도는 山中式 토양경도계를 이용하였고, 토양산도와 토양습도는 간이토양산습도계를 이용하여 조사하였다.

주변 산림토양의 토양 물리적, 화학적 특성을 조사한 결과는 표 4와 같이 토양경도는 평균 9.4mm로 나타났으며, 토양산도는 pH 6.78, 토양습도는 0.65% 이었다.

토양경도가 비교적 낮게 나타났지만 이 지역의 토질은 경질 마사토로 주로 구성되어 있어 비탈면 녹화공법의 적용시에 세굴 및 침식의 위험성이 내포되어 있는 지역이다.

표 4. 주변 산림토양의 토양경도, 산도, 습도 측정값.

구분	조사1	조사2	조사3	조사4	조사5	조사6	조사7	조사8	조사9	조사10	평균
토양경도 (mm)	8	12	9	9	11	8	7	8	10	12	9.40
토양산도 (pH)	6.8	6.9	6.8	6.7	6.8	6.8	6.7	6.8	6.8	6.7	6.78
토양습도 (%)	1	0.5	0	0	0.5	0	1	0.5	2	1	0.65

표 5. 토양경도 측정결과(성토비탈면).

조사일	토양경도 (mm)					
	Seed spray+거적덮기			골파기+Seed spray+거적덮기	Verdyol Seed spray	Coir net+ Seed spray
	A type	B type	C type			
1차 조사 (2005. 7. 26)	4.7	5.1	4.5	6.2	4.8	5.2
2차 조사 (2005. 8. 2)	4.9	4.7	5.2	5.0	4.8	4.7
3차 조사 (2005. 8. 18)	4.6	5.0	4.6	4.9	5.2	5.0
평 균	4.73	4.93	4.77	5.37	4.93	4.97

(2) 식생현황;

교목 및 관목류는 소나무, 상수리나무, 갈참나무, 떡갈나무, 물오리나무 등이 조사되었으며, 초본류로는 그늘사초, 솔새, 큰기름새, 땃땃이덩굴, 쭉, 개망초, 바랭이, 억새, 닭의장풀, 애기땅빈대 등이 조사되었다.

3) 식생생육조사

각 초종의 생육특성을 측정하기 위하여 파종 후부터 가로(10cm)×세로(10cm) 격자틀을 제작하여 격자틀내의 발아정도와 발아후의 초장과 초종별 개체수, 생육지수, 피복도 등을 측정하였다. 생육지수는 격자틀내에서 식생을 채취하여 건중량을 측정하였다.

4) 분석방법

현장조사에 측정된 자료를 바탕으로 각 공법별로 정리·분류하였으며, 통계처리분석은 측정된 자료를 컴퓨터 통계프로그램인 ‘The SAS System 8.1’을 이용하였으며, Duncan검정을 이용하여 처리평균간을 비교하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 토양기반재의 물리적·화학적 특성 조사결과

1) 토양경도 측정결과

비탈면 녹화를 위한 기반인 토양의 경도는 토양의 굳기를 나타내는 것으로 식물의 발아 생육에 중요한 영향을 미치는 인자로서23mm 이하일

표 6. 토양경도 측정 결과(절토비탈면).

조사일	토양경도 (mm)					
	Seed spray+거적덮기			골파기+Seed spray+거적덮기	Verdyol Seed spray	Coir net+ Seed spray
	A type	B type	C type			
1차 조사 (2005. 7. 26)	9.5	8.5	10.2	11.4	8.8	9.3
2차 조사 (2005. 8. 2)	9.1	9.5	12.4	9.4	9.6	10.7
3차 조사 (2005. 8. 18)	11.2	9.5	8.7	9.9	11.7	10.0
평 균	9.93	9.17	10.43	10.23	10.03	10.00

표 7. 토양산도 측정결과(성토비탈면).

조사일	토양산도 (pH)					
	Seed spray+거적덮기			골파기+Seed spray+거적덮기	Verdyol Seed spray	Coir net+ Seed spray
	A type	B type	C type			
1차 조사 (2005. 7. 26)	6.5	6.5	6.4	6.6	6.7	6.7
2차 조사 (2005. 8. 2)	6.6	6.5	6.4	6.4	6.6	6.7
3차 조사 (2005. 8. 18)	6.5	6.4	6.6	6.4	6.7	6.8
평 균	6.53	6.47	6.47	6.47	6.67	6.73

때 식물의 발아 생육이 양호하게 나타난다(한국조경학회, 1999).

성토비탈면에서의 토양경도는 3회에 걸친 조사에서 6가지 공법 모두 4.5~6.2mm로 나타나 식물이 생육하기에 알맞은 토양경도 수치를 보였다.

절토비탈면에서의 토양경도는 3회에 걸친 조사에서 6가지 공법 모두 8.5~12.4mm로 나타나 식물이 생육하기에 알맞은 토양경도 수치를 보였으며, Seed spray + 거적덮기 C type 시험구에서 평균토양경도가 다소 높게 나타났다.

그러나 이 지역의 비탈면은 전체적으로 경질 마사토로 구성되어 있어 비탈면 녹화공법을 적용한 후에도 세굴 및 침식의 위험성이 내포되어 있어 이 부분에 대한 보완이 필요하다.

2) 토양산도 측정결과

토양의 산도는 보통 pH로 표현하며 pH미터로 측정하고, 토양산도에 의해 식물사회가 구성되는데 토양산도는 미생물활동과 양료이용에 간접적으로 관여한다(이천용, 1993).

일반적으로 우리나라 산림토양의 pH는 4.0~6.0으로 산성인데(이천용, 1993), 시험시공지의 토양산도 측정결과 성토비탈면에서는 6.4~6.8, 절토비탈면에서는 6.6~6.8의 범위를 보였다(표 7, 표 8).

3) 토양습도 측정결과

일반적으로 토양습도는 비가 내리는 기간에 비례하여 나타나는데 토양속의 물은 포화되면 산

표 8. 토양산도 측정결과(절토비탈면).

조사일	토양산도 (pH)					
	Seed spray+거적덮기			골파기+Seed spray+거적덮기	Verdyol Seed spray	Coir net+ Seed spray
	A type	B type	C type			
1차 조사 (2005. 7. 26)	6.7	6.8	6.7	6.8	6.7	6.8
2차 조사 (2005. 8. 2)	6.6	6.6	6.7	6.8	6.8	6.8
3차 조사 (2005. 8. 18)	6.7	6.8	6.7	6.7	6.7	6.7
평 균	6.67	6.73	6.70	6.77	6.73	6.77

표 9. 토양습도 측정결과(성토비탈면).

조사일	토양습도 (%)					
	Seed spray + 거적덮기			골파기+Seed spray+거적덮기	Verdyol Seed spray	Coir net+ Seed spray
	A type	B type	C type			
1차 조사 (2005. 7. 26)	0.5	0.6	0.5	1.2	0.5	1.5
2차 조사 (2005. 8. 2)	0.8	0.8	0.9	1.9	0.7	2.2
3차 조사 (2005. 8. 18)	0.4	0.4	0.5	1.3	0.5	1.4
평 균	0.57	0.60	0.63	1.47	0.57	1.70

지사면을 따라 밑으로 이동하기도 하고, 일부는 토양공극내를 이동하며, 또 일부는 토양입자와 결합하여 이동하지 않는데 토양수분은 자연적으로 식물분포를 유도한다고 알려져 있다(이천용, 1993). 본 조사에서도 조사일 2~3일전에 강우가 있었던 2005년 8월 2일 조사에서는 토양습도가 0.7~2.2%로 높게 나타났다(표 9, 표 10).

토양습도 조사결과 성토비탈면에서 골파기+Seed spray+거적덮기 공법 시험구의 평균 토양습도는 1.47%, Coir net+Seed spray 공법 시험구의 평균 토양습도는 1.7%로 다른 공법 시험구에 비하여 높은 토양습도를 보여 식물 생육이 양호할 것으로 생각되었다.

절토비탈면에서도 골파기+Seed spray+거적덮

기 공법 시험구의 평균 토양습도는 1.17%, Coir net+Seed spray 공법 시험구의 평균토양습도는 평균 1.27%로 다른 공법 시험구에 비하여 높은 토양습도를 보여 식물 생육이 양호할 것으로 판단되었다.

2. 출현본수 조사결과

성토비탈면 시험시공지 출현본수 조사결과 Coir net+Seed spray 공법 시험구와 골파기+Seed spray+거적덮기 공법 시험구의 평균 출현본수가 각각 1,172본/m², 970본/m²으로 조사되어 다른 공법 시험구에 비하여 높은 경향을 보였다.

절토비탈면 시험시공지 출현본수 조사결과 Coir net+Seed spray 공법 시험구와 골파기+Seed

표 10. 토양습도 측정결과(절토비탈면).

조사일	토양습도 (%)					
	Seed spray + 거적덮기			골파기+Seed spray+거적덮기	Verdyol Seed spray	Coir net+ Seed spray
	A type	B type	C type			
1차 조사 (2005. 7. 26)	0.6	0.5	0.6	1.1	0.6	1.2
2차 조사 (2005. 8. 2)	0.7	0.8	0.8	1.5	0.6	1.7
3차 조사 (2005. 8. 18)	0.3	0.3	0.4	0.9	0.4	0.9
평 균	0.53	0.53	0.60	1.17	0.53	1.27

표 11. 출현본수 조사결과(성토비탈면).

조사일	출현본수 (본/m ²)					
	Seed spray+거적덮기			골파기+Seed spray+거적덮기	Verdyol Seed spray	Coir net+ Seed spray
	A type	B type	C type			
1차 조사 (2005. 7. 26)	352	406	378	856	156	1,054
2차 조사 (2005. 8. 2)	423	410	383	1,100	253	1,312
3차 조사 (2005. 8. 18)	341	403	376	956	103	1,150
평 균	372.00	406.33	379.00	970.67	170.67	1,172.000

표 12. 출현본수 조사결과(절토비탈면).

조사일	출현본수 (본/m ²)					
	Seed spray+거적덮기			골파기+Seed spray+거적덮기	Verdyol Seed spray	Coir net+ Seed spray
	A type	B type	C type			
1차 조사 (2005. 7. 26)	477	456	387	856	288	954
2차 조사 (2005. 8. 2)	506	406	412	1,206	315	1,112
3차 조사 (2005. 8. 18)	512	488	426	1,253	346	1,256
평 균	498.33	450.00	408.33	1,105.00	316.33	1,107.33

spray+거적덮기 공법 시험구의 평균 출현본수가 각각 1,107본/m², 1,105본/m²으로 조사되어 다른 시험구에 비하여 높은 경향을 보였다.

3. 식생 생육지수(건중량) 조사결과

성토비탈면 시험시공지에서 채취한 식생 건중량 조사결과는 표 13과 같다.

시험시공 9주 후 조사에서 Coir net+Seed spray 공법 시험구와 골파기+Seed spray+거적덮기 공법 시험구의 식생 건중량은 각각 7.65g/m², 7.07g/m²로 높게 나타났으며 통계적으로 유의한 특성을 보였다. 또한 12주 후 조사에서도 Coir net+Seed spray 공법 시험구와 골파기+Seed spray+거적덮기 공법 시험구의 식생 건중량은 각각 8.25g/m²,

8.13g/m²으로 높게 나타났다.

나머지 Seed spray+거적덮기 공법과 Verdyol seed spray 공법은 시험시공 9주후 1~3g/m² 정도로 낮은 건중량을 보였으며 시험시공 12주후에도 비슷한 결과를 보였다.

절토비탈면 시험시공지에서 채취한 식생 건중량 조사결과는 표 14와 같다.

시험시공 9주 후 조사에서 Coir net+Seed spray 공법 시험구와 골파기+Seed spray+거적덮기 공법 시험구의 식생 건중량은 각각 7.95g/m², 7.78g/m²로 높게 나타났으며 통계적으로 유의한 특성을 보였다. 또한 12주 후 조사에서도 Coir net+Seed spray 공법 시험구와 골파기+Seed spray+거적덮기 공법 시험구의 식생 건중량은 각각 8.59g/m²,

표 13. 식생 건중량 조사결과(성토비탈면).

조사일	식생 건중량 (g/m ²)					
	Seed spray+거적덮기			골파기+Seed spray+거적덮기	Verdyol Seed spray	Coir net+ Seed spray
	A type	B type	C type			
2005년 7월 26일 (시험시공 9주 후)	2.41c	2.34c	1.87d	7.07b	1.03e	7.65a ^Z
2005년 8월 18일 (시험시공 12주 후)	2.77b	2.68b	2.03c	8.13a	1.35d	8.25a
평 균	2.59	2.51	1.95	7.60	1.19	7.95

^ZMeans with same letter within column are significantly different at P=0.05 level by DMRT test.

표 14. 식생 건중량 조사결과(절토비탈면).

조사일	식생 건중량 (g/m ²)					
	Seed spray+거적덮기			골파기+Seed spray+거적덮기	Verdyol Seed spray	Coir net+ Seed spray
	A type	B type	C type			
2005년 7월 26일 (시험시공 9주 후)	2.91b	2.85b	2.37c	7.78a	1.51d	7.95a ^Z
2005년 8월 18일 (시험시공 12주 후)	3.17b	2.98b	2.73b	8.42a	1.75c	8.59a
평 균	3.04	2.92	2.55	8.10	1.63	8.27

^ZMeans with same letter within column are significantly different at P=0.05 level by DMRT test.

8.42g/m²으로 높게 나타났다.

나머지 Seed spray+거적덮기 공법과 Verdyol seed spray 공법은 시험시공 9주후 1~3g/m² 정도로 낮은 건중량을 보였으며 시험시공 12주후

에도 비슷한 결과를 보였다.

4. 피복도 조사결과

성토비탈면 시험시공지 피복도 조사결과 시험

표 15. 시험시공지 피복도 조사결과(성토비탈면).

조사일	피복도 (%)					
	Seed spray + 거적덮기			골파기+Seed spray+거적덮기	Verdyol Seed spray	Coir net+ Seed spray
	A type	B type	C type			
2005년 7월 26일 (시험시공 9주 후)	30	35	25	70	10	70
2005년 8월 2일 (시험시공 10주 후)	40	40	30	75	15	75
2005년 8월 18일 (시험시공 12주 후)	40	40	35	80	20	80

표 16. 시험시공지 피복도 조사결과(절토비탈면).

조사일	피복도 (%)					
	Seed spray + 거적덮기			골파기+Seed spray+거적덮기	Verdyol Seed spray	Coir net+ Seed spray
	A type	B type	C type			
2005년 7월 26일 (시험시공 9주 후)	30	30	35	75	10	75
2005년 8월 2일 (시험시공 10주 후)	35	30	40	80	10	80
2005년 8월 18일 (시험시공 12주 후)	40	35	40	80	15	80

시공 9주후 Coir net+Seed spray 공법 시험구와 골파기+Seed spray+거적덮기 공법 시험구는 70% 이상의 피복도를 보였으나 다른 공법 시험구는 35%이하의 피복도를 보였으며 Verdyol seed spray 공법 시험구는 10%의 매우 낮은 피복도를

보였다. 이와 같은 경향은 시험시공 10주, 12주 후의 조사에서도 같게 나타났다.

절토비탈면 시험시공지 피복도 조사결과 시험시공 9주후 Coir net+Seed spray 공법 시험구와 골파기+Seed spray+거적덮기 공법 시험구는 75%

표 17. 시험시공지 출현식물 조사결과(성토비탈면).

	식물 종수					
	Seed spray+거적덮기			골파기+ Seed spray +거적덮기	Verdyol Seed spray	Coir net+ Seed spray
	A type	B type	C type			
과중 식물	-Tall fescue -Creeping red fescue -Perennial ryegrass -참싸리	-Tall fescue -Creeping red fescue -Perennial ryegrass -비수리 -참싸리 -쭉	-Tall fescue -Creeping red fescue -Perennial ryegrass -비수리 -참싸리 -쭉	-Tall fescue -Creeping red fescue -Perennial ryegrass -weeping love grass -비수리 -참싸리 -쭉	-Tall fescue -Creeping red fescue -Perennial ryegrass -weeping love grass -비수리 -참싸리 -쭉	-Tall fescue -Creeping red fescue -Perennial ryegrass -weeping love grass -비수리 -참싸리 -쭉
침입 식물	-weeping lovegrass -강아지풀 -쭉 -마디풀 -바랭이 -피	-weeping lovegrass -강아지풀 -바랭이 -피 -방동사니	-weeping lovegrass -강아지풀 -마디풀 -바랭이 -피 -방동사니	-강아지풀 -바랭이 -명아주 -크로바 -피	-강아지풀 -바랭이 -명아주 -피	-강아지풀 -바랭이 -명아주 -크로바 -피
총 식물종수	10 종	11 종	12 종	12 종	11 종	12 종

표 18. 시험시공지 출현식물 조사결과(절토비탈면).

	식물 종수					
	Seed spray+거적덮기			골파기+ Seed spray +거적덮기	Verdyol Seed spray	Coir net+ Seed spray
	A type	B type	C type			
과종 식물	-Tall fescue -Perennial ryegrass -weeping lovegrass -참싸리 -비수리	-Tall fescue -weeping lovegrass -참싸리 -비수리 -쭉	-Tall fescue -Perennial ryegrass -weeping lovegrass -참싸리 -비수리 -쭉	-Tall fescue -weeping lovegrass -참싸리 -비수리	-Tall fescue -weeping lovegrass	-Tall fescue -weeping lovegrass -참싸리 -비수리
침입 식물	-강아지풀 -쭉 -바랭이	-강아지풀 -바랭이	-강아지풀 -바랭이	-강아지풀 -바랭이 -명아주	-강아지풀 -바랭이	-강아지풀 -바랭이 -명아주
총 식물종수	8 종	7 종	8 종	7 종	4 종	7 종

이상의 피복도를 보였으나 다른 공법 시험구는 40%이하의 피복도를 보였으며 Verdyol seed spray 공법 시험구는 10%의 매우 낮은 피복도를 보였다. 이와 같은 경향은 시험시공 10주, 12주 후의 조사에서도 같게 나타났다.

5. 출현식물 조사결과

성토비탈면 시험시공지의 출현식물 조사결과 모든 시험구에서 과종 식물이 발아하였으나 Weeping love grass와 Tall fescue가 우점하여 다른 식물의 생육이 발달하지 못하는 결과를 보였으며, 주변에서 침입한 식물로는 강아지풀, 바랭이, 명아주, 피, 크로바 등이 나타났다.

절토비탈면 시험시공지의 출현식물 조사결과 모든 시험구에서 Weeping lovegrass가 우점하여 다른 과종식물이 발아되지 않거나 생육이 떨어지는 결과를 보였다. 주변에서 침입한 식물로는 강아지풀, 바랭이, 명아주, 쭉 등이 나타났다.

6. 비탈면 세굴 및 유실 상태

비탈면 시험시공지의 세굴 및 유실상태는 표 19와 같다.

세굴 및 유실상태 조사결과 Coir net+Seed spray 공법 시험구와 골파기+Seed spray+거적덮기 공법 시험구에서 세굴 현상 및 토양 유실이 적게 나타났다.

표 19. 비탈면 시험시공지 세굴 및 유실상태 조사결과.

	세굴 및 유실 상태			
	Seed spray+ 거적덮기	골파기+Seed spray +거적덮기	Verdyol Seed spray	Coir net+Seed spray
유실 및 세굴 상태	-30~40cm 넓이로 세굴현상 발생	-5cm 넓이 내외로 세굴현상 발생	-30~40cm 넓이로 세굴현상 발생	-5cm 넓이 내외로 세굴현상 발생

IV. 결 론

이 연구의 대상 구간은 “감천-예천 국도확장공사” 현장으로 이 지역의 지질층은 흑운모화강암이 가장 넓은 면적을 차지하고 있으며, 부분적으로 위 지질층이 항구한 세월에 퇴적 및 풍화된 마사토(특히 경질 마사토) 등으로 분포되어 있어 비탈면 표면의 유실을 방지하고 녹화를 위하여 여러종류의 종자뿌어붙이기공법을 시험시공하여 얻은 결과는 다음과 같다.

1) 시험시공은 기존 설계되어 있는 녹화공법(거적덮기+Seed spray)을 종자배합비율을 달리하여 3가지 형태로 시험시공하고, Verdyol seed spray, 골파기+Seed spray+거적덮기, Coir net+Seed spray 등 3가지 녹화공법을 추가적으로 시험시공 하였으며 사용종자는 외래종 Perennial ryegrass, Creeping red fescue, Tall fescue, Weeping lovegrass와 재래종 비수리, 벌노랑이, 안고초, 참사리, 쭉 등을 사용하였다.

2) 토양의 물리화학적특성 조사결과 성토비탈면에서 평균토양경도는 4.73~5.37mm, 평균토양산도는 pH 6.47~6.73, 평균토양습도는 0.57~1.70%의 범위를, 절토비탈면에서 평균토양경도는 9.17~10.43mm, 평균토양산도는 pH 6.67~6.77, 평균토양습도는 0.53~1.27%의 범위를 보여 식물생육에 양호한 기반재 특성을 보였다.

3) 출현본수 조사결과 성토비탈면에서는 Coir net+Seed spray 공법 시험구와 골파기+Seed spray+거적덮기 공법 시험구의 평균 출현본수가 각각 1,172본/m², 970본/m²으로 조사되어 다른 시험구에 비하여 높은 경향을 보였으며, 절토비탈면에서도 Coir net+Seed spray 공법 시험구와 골파기+Seed spray+거적덮기 공법 시험구의 평균 출현본수가 각각 1,107본/m², 1,105본/m²으로 조사되어 다른 시험구에 비하여 높은 경향을 보였다.

4) 식생 생육지수(건중량) 조사결과 성토비탈

면, 절토비탈면 모두에서 Coir net+Seed spray 공법 시험구와 골파기+Seed spray+거적덮기 공법 시험구의 식생 건중량이 높게 나타났으며 통계적으로 유의한 특성을 보였다.

5) 성토비탈면 피복도 조사결과 시험시공 9주 후 Coir net+Seed spray 공법 시험구와 골파기+Seed spray+거적덮기 공법 시험구는 70% 이상의 피복도를 보였으나 다른 공법 시험구는 35% 이하의 피복도를 보였으며 Verdyol seed spray 공법 시험구는 10%의 매우 낮은 피복도를 보였다.

절토비탈면 시험시공지 피복도도 시험시공 9주 후 Coir net+Seed spray 공법 시험구와 골파기+Seed spray+거적덮기 공법 시험구는 75% 이상의 피복도를 보였으나 다른 시험구는 40%이하의 피복도를 보였으며 Verdyol seed spray 공법 시험구는 10%의 매우 낮은 피복도를 보였다. 이와 같은 경향은 시험시공 10주, 12주 후의 조사에서도 같게 나타났다.

6) 시험시공지 종다양도 조사결과 성토, 절토비탈면 모두 Weeping lovegrass가 우점하여 다른 파종식물이 생육이 떨어지는 결과를 보였으며 침입식물로는 강아지풀, 바랭이, 명아주 등이 나타났다.

7) 비탈면 세굴 및 유실 상태는 Coir net+Seed spray 공법 시험구와 골파기+Seed spray+거적덮기 공법 시험구는 식물 생육이 양호하여 세굴 현상 및 토양유실이 적게 나타났으나 Seed spray+거적덮기 공법, Verdyol seed spray 공법 적용 지역은 토사 유실 및 세굴지역이 많이 발생되었다.

8) 이상과 같이 시험시공지역의 주변 산림환경, 토양특성, 녹화식물 출현본수, 식생 생육지수 분석결과, 피복도 분석결과, 종다양도 분석결과, 토사유실 및 세굴 특성 등을 종합적으로 검토하여 본 결과 시험시공에 적용된 공법중 골파기+Seed spray+거적덮기 공법(골파기 줄간격 40cm, 깊이 5cm) 적용시 공사구간내 비탈면의 침식과 세굴 현상이 방지될 것으로 생각된다.

인 용 문 헌

건설교통부. 2005. 비탈면 녹화설계 및 시공잠정 지침(안).

건설교통부. 2005. 건설교통부 도로현황조서.

건설교통부. 2000. 감천-예천 국도 4차로 확장공사 기반조사보고서.

김남춘. 1990. 도로비탈면 녹화에 사용되는 주요 초본식물의 지하부 생육이 토양안정에 미치는 효과에 관한 연구. 한국조경학회지 18(2) : 45-55.

김남춘. 1991. 녹화식생의 생육이 사면녹화 및 경관조성에 미치는 효과에 관한 연구. 서울대학교 대학원 박사학위논문.

김형기. 1994. 잔디학. 선진문화사.

농사원시험국. 1961. 토양보전편람.

우보명의 18인. 1997. 산림공학. 광일문화사.

우보명. 2003. 훼손지 환경녹화공학. 서울대학교 출판부.

이재필. 1995. 도로사면녹화를 위한 식생배합에 관한 연구. 건국대학교 대학원 석사학위논문.

이천용. 1993. 산림환경토양학. 보성문화사.

장용배. 1994. 절토법면 녹화공법에 관한 연구. 한양대학교 환경과학대학원 석사학위논문.

한국도로공사. 1995. 고속도로 절토 비탈면 녹화공법 연구.

한국도로공사. 1998. 고속도로공사 전문시방서.

한국도로공사. 1997. 도입초종이 주변식생에 미치는 영향에 관한 연구.

한국조경학회. 1999. 조경설계기준.

한국토지개발공사. 1987. 분사부착 방법에 의한 법면녹화공법. 한국토지개발공사 기술연구소.

龜山章. 1976. 道路周邊による周邊植生への影響. 應用植物社會學研究 5 : 75-93.

龜山章. 1977. 高速道路のり面の植生遷移について (I). 造園雜誌 41(1) : 23-33.

龜山章. 1978. 高速道路のり面の植生遷移について (II). 造園雜誌 41(4) : 2-15.

龜山章・倉畑益二郎・品川正義・近藤三雄・小橋澄治. 1983. 郷土の自然と調和する綠化工技術を考える. 綠化工技術(日本綠化工研究會) 10(1) : 27-30.

平野英樹. 1991. 最新斜面・土留め技術總覽. 産業技術サービスセンター.