

도로비탈면 녹화공사 평가방법의 개선 방안 연구\*  
- 절토부 토사를 중심으로 -

김 남 춘<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> 단국대학교 환경원에·조경학과 교수

A Study on the Improvement of Evaluation Methods for  
Roadside Slope Revegetation\*  
- Focus on the Cut-soil Slope -

Kim, Nam-Choon<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Dept. of Environmental Horticulture & Landscape Architecture, Dankook University, Professor.

ABSTRACT

Despite the eco-friendly route plan, road slopes were collapsed due to road construction, resulting in human and property damage. To solve this problem, the Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs established guidelines in 2009 to conduct a test-bed for slope recording considering the conditions of the site and the ecological environment, and divided them into recording quality and economic evaluation. The following results were obtained by analyzing 183 construction methods of cut-soil sections at 60 sites from 2012 to 2018 for road slope afforestation research. Straw net+seedspray, vegetation media spray method 1T, 3T were used the most, and vegetation media spray method 3T(patent) was excellent in quality, and straw net+seedspray was excellent in economics. As a result of analyzing the market unit price and the construction unit price, vegetation media spray method submitted the construction unit price at up to 60% lower than the market unit price. As a result of the analysis of the key factors of the greening method evaluation, the economic assessment had the greatest influence on all evaluation items. Problems in the evaluation method of revegetation were first identified as problems in the allocation of points and secondly as problems in the evaluation criteria. As for the improvement of the economic assessment criteria, the method was proposed to evaluate the same method based on market unit price

\* 이 연구는 단국대학교 2019년도 대학연구비의 지원으로 연구되었음.

**First author** : Kim, Nam-Choon, Dept. of Environmental Horticulture & Landscape Architecture, Dankook University, Professor, Tel : +82-41-550-3632, E-mail : namchoon@dankook.ac.kr

**Corresponding author** : Kim, Nam-Choon, Dept. of Environmental Horticulture & Landscape Architecture, Dankook University, Professor, Tel : +82-41-550-3632, E-mail : namchoon@dankook.ac.kr

**Received** : 1 December, 2020. **Revised** : 28 December, 2020. **Accepted** : 28 December, 2020.

when the same method was constructed, and not to conduct an economic assessment if there was a difference in market unit price between methods, or to add weight to the scores. Based on the monitoring data of 60 road slopes, this study drew up problems and improvement measures. However, with regard to scoring, research on appropriate scoring is needed by examining the current status.

Key words : *Straw net+seedspray, Vegetation media spray method, Quality score, Economic score*

## I. 서 론

우리나라는 국토 면적의 70%가 산지로 이루어져 있으며, 도로 신설 및 확장으로 필연적으로 다양하고 많은 비탈면이 발생하게 된다 (Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2009).

특히 도로건설은 자연친화적인 도로의 노선 계획을 세우기 위한 노력에도 불구하고, 도로 건설은 환경의 파괴라는 부정적인 인식이 자리 잡고 있으며, 도로건설로 인한 절개지 노출·붕괴사고로 인하여 재산피해와 함께, 시각적 공해·환경공해로 국토 및 생태계의 파괴라는 심각한 문제점을 야기시키고 있다. 이러한 문제점이 발생하면서, 도로건설 현장에서 환경에 대한 관심이 높아지고, 도로 비탈면 훼손지를 원래 상태로 되돌리려고 하는 생태복원의 중요도가 높아지고 있다(Lee, 2005; Ministry of Construction & Transportation, 2005; Kim et al, 2010; Song, 2010; Clewell et al, 2013; Jeon, 2016; Kim et al, 2018).

우리나라 비탈면 녹화공사가 도입된 시기는 경부고속도로의 건설과 함께 시작되어 약 40년의 역사를 가지고 있는데 20세기까지 우리나라의 녹화공사는 우리의 실정에 적합한 비탈면 녹화 설계 및 시공에 관한 적용 기준이 없어, 조기 녹화에만 급급하여 외래도입초종 위주의 시공과 함께 녹화 공법 적용에 있어서도 훼손된 비탈면의 생태환경에 대한 분석 없이 무분별하게 적용함으로써 식물이 2~3년 이내 고사되어 비

탈면이 재황폐화되는 문제점이 나타나고 있다 (Ministry of Construction & Transportation., 2005; Kim, 2019).

2005년 8월부터 건설교통부(현 국토교통부)에서 「비탈면 녹화 설계 및 시공 잠정 지침」을 수립하여 시행함으로써 생태환경을 고려한 비탈면 녹화를 유도하고 있으며, 2009년부터 지금까지 수집된 자료를 바탕으로 문제점을 보완하여 「도로비탈면 녹화공사의 설계 및 시공 지침」을 수립하였다(Jeon, 2009; Kim, 2014).

「도로비탈면 녹화공사의 설계 및 시공 지침」은 경관적으로 아름다움과 생태적으로 건전한 비탈면이 조성되도록 적용기준을 제안하는데 목적이 있으며, 이를 위해 녹화공사를 진행할 때, 사전에 시험시공을 시행함으로써 현장여건 및 생태환경을 고려한 비탈면 녹화를 유도하도록 하여 훼손된 비탈면에 자연식생에 의한 복원 혹은 회복을 효과적으로 유도할 수 있도록 하였다(Jeon, 2009; Kim, 2016; Koo, 2018).

이에 따라 녹화공사의 설계 시 대상지역에 대한 복원목표의 수립과 종자배합, 기술적용 등이 제시되어 있으며, 이를 검토하기 위하여 자연환경, 토질환경 등 기후 및 현장조사를 진행하도록 하고 있으며, 이를 종합하여 품질·경제성으로 녹화공법의 평가를 실시한다(Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2009).

현재 녹화공사의 평가방법은 품질 70점, 경제성 30점으로 구성되어 있으며, 이 중 품질 점수 70점에서는 식물생육, 출현종수, 식생기반재 물리적 특성, 탈락 및 붕괴지점, 녹화 지속성, 주변

환경 유사도로 점수분배가 이루어져 있고, 경제성 30점은 시공 공법 중에서 최저가 공법을 중심으로 점수분배를 한다. 비탈면 녹화를 위한 지침이 마련되고 현장적용사례가 10년 이상 경과된 시점에서 현재 지침의 평가방법이 바람직 한지 아니면 개선이 필요한지에 대한 점검과 비탈면 녹화전문가들의 의견을 통하여 기존의 지침이 가지고 있는 문제점과 개선방안에 대한 연구가 반드시 필요한 사항이다.

과거 단순히 건설공사의 부대공사로 인식되어 조기녹화에 급급하였던 녹화공사는 생태적 기능성 및 자연경관의 중요성 등 인식의 변화로 다양한 노력을 해오고 있으나, 아직까지 개선이 필요한 실정이다(Kim, 2019). 비탈면 녹화공사와 관련하여 공사를 관리하는 발주처, 건설사 담당자의 경우 토목을 전공으로 하여 비탈면 녹화와 연관성과 전문지식이 부족하고, 비탈면 녹화의 경우 토목공사의 부대공사로 인식이 강해 비탈면은 조기 녹화와 경제성이 우선시 되는 경향이 나타났다(Kang, 2017).

이로 인해 외래도입초종에 의한 우점현상이 발생하거나 일년생 잡초 등 외부유입종에 의한 식생형성, 칩, 환삼덩굴과 같은 덩굴성 식물에 의한 피복상태가 보여도 녹화공사가 잘 되었다는 인식을 가지고 있었다. 최근에는 학습효과 및 조경과 관련한 전문지식을 가진 담당자들에 의해 많이 개선되고 있지만 아직까지 일부 녹화공사 담당자나 공사관리자들의 경우 비탈면 경제성이 우선시 되어 자연경관과 및 생태적 기능성이 무시되는 경우도 나타난다. 또한, 경제성으로 인하여 종자선정부터 기반재 취부까지 전부 녹화공사 지역의 지역적, 위치적 특성을 고려하지 못하고 모두 똑같이 진행하기 때문에 녹화 실패 사례가 빈번하게 발생한다.

비탈면녹화 시험시공과 관련된 연구로는 화강풍화토 흙깎기 비탈면의 경우 토사, 견질토사, 풍화토에 대해서는 동일한 공법으로 설계하도록 규정하고 있어 화강풍화토 흙깎기 비탈면은

따로 나누어 설계가 필요하다는 연구(Kang, 2017)와 화강풍화토 흙깎기 비탈면에서의 거적덮기+시드스프레이 공법은 적절하지 않고, 식생기반재뿌어붙이기공법 2T~3T가 적절하다는 연구가 진행되어 왔다(Kim, 2016). 하지만 지금까지 녹화공사 시험시공 연구는 화강풍화토에 대한 연구가 진행되어 왔고, 시험시공 평가체계에 대한 연구는 많이 미흡한 실정이다.

본 연구는 「도로비탈면 녹화공사의 설계 및 시공 지침」으로 훼손지 비탈면에 식생복원을 위하여 시험시공 녹화공법에 대하여 평가를 진행하고, 이를 제도적으로 마련하여 시행된 2009년 이후 2012년부터 2018년 까지 약 7년간의 60개소의 절토부 토사 구간으로 선정하였으며, 한국환경복원기술학회에서 진행한 시험시공 모니터링 결과를 녹화품질, 경제성 부분으로 분석을 진행하였다. 이를 통해 향후 비탈면 녹화 평가체계의 개선방향을 제시하여 훼손지 생태복원에 대한 개선과 지속적인 녹화품질 확보를 통한 자연경관의 향상이 될 수 있도록 연구목적을 두었다.

## II. 연구범위 및 방법

### 1. 연구의 범위

본 연구의 대상은 2009년부터 국토해양부(현 국토교통부)에서 시행하고 있는 「도로비탈면 녹화공사의 설계 및 시공 지침」에 의하여 절토부 토사구간에 시험시공을 시행한 곳으로 선정하였으며, 시험시공 지역은 고속국도, 일반국도, 지방도 등에서 2012년부터 2018년까지 진행한 60개소 건설공사현장의 183개 녹화공법에 대한 시험시공계획서 및 시험시공 진행에 따른 보고서 등에 의한 기술적 검토가 가능한 자료를 분석하였다.

대상지의 구분은 녹화지역구분, 지역, 생태자연도, 시험시공연도, 특히 유·무, 식생기반재 두께로 대상지를 분류하였다. 녹화지역 구분과 생

**Table 1.** Application Revegetation Method Classification of Cut-soil Slope

No.	Method classification	Quantity	Note
1	Seedspray	2	
2	Seedspray(patent)	1	
3	Straw net+ Seedspray	59	
4	Straw net+ Seedspray(patent)	8	
5	Vegetation media spray method 1T	8	
6	Vegetation media spray method 1T(patent)	30	
7	Vegetation media spray method 2T	8	
8	Vegetation media spray method 2T(patent)	22	
9	Vegetation media spray method 3T	14	
10	Vegetation media spray method 3T(patent)	29	
11	Vegetation media spray method 4T	1	
12	Vegetation media spray method 5T	1	
Sum		183	

태자연도는 「도로비탈면 녹화공사의 설계 및 시공 지침」에서 복원목표 설정을 위해 필요한 자료이며, 지역, 시험시공연도, 특히 유·무, 식생 기반재 두께는 각 분류에 따라 평가가 어떻게 달라지는 확인하기 위하여 구분하였다. 이 중 생태자연도의 경우 생태자연도 등급이 혼재되어 있는 구간에 대해 지침에서 제시하고 있는 “해당구간 외 지역은 가장 근접된 지역을 적용하며, 중복 구간은 상위 기준을 적용한다”를 적용하여 생태자연도 3개 등급으로 분류하였다 (Table 1, Appendix Table 1).

## 2. 연구방법

### 1) 생태성시험시공지 녹화공법의 품질·경제성 평가 분석

건설공사로 인하여 발생된 훼손지 비탈면에 자연식생을 도입하는데 있어 경제성 평가와 관련한 요소들에 대하여 검증이 가능한 자료를 검토하였다. 대상지 60개소의 현장을 현장의 토질로 1차 분류를 실시하고, 토질에 따른 시험시공 공법을 2차 분류하여 각 공법을 품질점수(피복율, 한지형초종피복율, 식물생육량, 출현종, 목본성립본수, 위해종침입, 식생기반재물리적특성, 붕괴지점, 식생침입가능성, 주변환경유사도)와 경제성점수(시공단가)의 산술평균을 실시하

여 분석하였다.

### 2) 녹화공법의 시장단가·시공단가 비교

현재 비탈면 녹화공사 시험시공 평가방법 중 경제성 평가는 시험시공 참여업체의 최저가를 기준으로 상대평가로 진행되고 있다. 시험시공 당시 녹화공법의 시공단가가 그 당시의 시장단가에 비해 얼마나 저렴하게 하고 있는지 확인하여 위하여 시장단가와 시공단가를 비교하였다. 시공단가는 60개 현장의 183개 녹화공법을 시공연도별로 구분하여 시험시공 참여업체가 제출한 금액으로 조사하였으며, 시장단가는 국토교통부와 건설기술연구원에서 발간하는 「건설공사 실적공사비 적용 공정 및 단가」를 참고하였다.

### 3) 녹화공법 평가체계의 영향을 미치는 요인 분석

녹화공법 평가 결과를 회귀분석을 통해 녹화공법 평가체계의 영향을 미치는 요인을 도출하고, 각 요인이 평가체계에서 영향을 어느 정도 미치는지 분석하였으며, 또한 녹화품질에서도 영향을 미치는 요인을 같이 분석을 진행하였다. 회귀분석과 동시에 녹화공법 평가항목간의 상관관계 분석을 통해 각 평가 항목간의 상관관계를 도출하여 녹화공사의 평가 체계에 대한 개선

**Table 2.** Revegetation Method Selection Ratio of Cut-soil Slope

Method classification	Selection method	Non-Selection method	Sum	Ratio
Seedspray	2	0	2	100%
Seedspray(patent)	0	1	1	0%
Straw net+ Seedspray	20	39	59	33.9%
Straw net+ Seedspray(patent)	5	3	8	62.5%
Vegetation media spray method 1T	4	4	8	50.0%
Vegetation media spray method 1T(patent)	19	11	30	63.3%
Vegetation media spray method 2T	4	4	8	50.0%
Vegetation media spray method 2T(patent)	16	6	22	72.7%
Vegetation media spray method 3T	8	6	14	57.1%
Vegetation media spray method 3T(patent)	23	6	29	79.3%
Vegetation media spray method 4T	0	1	1	0%
Vegetation media spray method 5T	0	1	1	0%

방안을 제시하였다.

**4) 비탈면 녹화공사 평가체계의 문제점 도출 및 개선방안**

현재 비탈면 녹화와 관련하여 공사에 활용되는 기준인 「도로비탈면 녹화공사의 설계 및 시공지침」에서의 문제점을 살펴보았으며, 이 중에서도 녹화공사 배점상의 문제와 경제성평가 기준을 중심으로 녹화공사 평가체계의 문제점을 도출하였다. 또한, 도출된 문제점을 중심으로 평가체계의 개선방안을 제시하였다.

**III. 연구 결과 및 고찰**

**1. 절토부 토사구간 녹화공법의 품질·경제성 평가 분석**

절토부 토사구간에 시험시공된 녹화공법 선정 비율은 다음 Table 2와 같다. 시험시공이 가장 많이 시공된 공법으로는 거적덮기+종자뿌어붙이기공법이 가장 많이 시공되었으며, 그 다음으로는 식생기반재뿌어붙이기 1T 특허공법이 30개, 식생기반재뿌어붙이기 3T특허공법이 29개로 확인되었다. 10개 이상 시험시공된 공법 중 선정률이 가장 높은 공법으로는 식생기반재뿌어붙이기 3T특허공법이 79.3%로 가장 높았으며, 그 다음으로는 식생기반재뿌어붙이기 2T특

허공법이 72.7%, 식생기반재뿌어붙이기 1T특허공법이 62.5%로 절토부 토사구간에는 얇은식생기반재뿌어붙이기 특허공법이 선정 비율이 높은 것으로 확인되었다. 반면에 거적덮기+종자뿌어붙이기공법은 33.9%로 10개 이상 시험시공된 공법 중 가장 낮은 선정비율을 보인 것으로 확인되었다. 또한, 시험시공 시 식생기반재뿌어붙이기공법은 특허공법을 많이 사용하고 있으며, 거적덮기+종자뿌어붙이기공법은 특허공법보다는 일반공법을 더 선호하는 것으로 확인되었다.

절토부 토사 구간에는 원지반의 영향을 많이 받는 종자뿌어붙이기, 거적덮기+종자뿌어붙이기 공법과 함께, 식생기반재뿌어붙이기 공법이 같이 사용되고 있으나, 종자뿌어붙이기 및 거적덮기+종자뿌어붙이기 공법의 선정율은 매우 낮은 것으로 확인되어, 절토부 토사 구간에 종자뿌어붙이기, 거적덮기+종자뿌어붙이기 공법 사용 시 주변 원지반의 환경을 고려한 뒤 시행할 필요가 있다.

절토부 토사구간에 시험시공된 녹화공법의 모니터링 평균점수를 분석한 결과는 다음 Tabel 3과 같다. 이때, 전체 시험시공 공법에서 가장 적게 시공을 진행한 종자뿌어붙이기, 종자뿌어붙이기(특허공법), 식생기반재뿌어붙이기4T, 식생기반재뿌어붙이기5T는 전체 비교에서 제외하였다. 이는 시험시공이 적어 시험시공을 많이

**Table 3.** Average Quality and Economic evaluation of Cut-soil Slope Revegetation method

Evaluation Item	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Total plant coverage ratio	10.0	5	8.1	11.3	14.4	13.2	12.5	12.3	10.4	12.4	5	10
Plants coverage ratio (Exotic grasses)	-4.0	0	-1.7	-0.3	-1.9	-1.1	-1.3	-0.9	-1.9	-0.8	-5	0
Amount of vegetation growth	3.5	3	2.8	3.8	3.0	3.8	3	3.5	2.6	3.5	3	5
Blights	5.0	5	4.7	4.5	4.5	4.9	5	4.8	4.1	4.9	5	5
Established number of woody plants	10	3	5.2	7.5	6.9	8.0	8.1	8.4	6.3	8.3	3	10
Species richness of the grasses and tree species	10	5	7.6	12.5	11.3	11.7	11.3	10.9	10.4	11.0	5	10
Ecology disturbance and invasion of risky species	0	0	-0.1	0	0	-0.1	0	0	0	-0.1	0	0
Physical characteristics of vegetation base media	10	10	9.5	9.6	10	9.7	10	9.5	9.8	10	10	10
Collapse and eroded spots	5	5	4.5	4	5	5	5	4.7	4.9	4.9	5	5
Greening durability and vegetation invasion	3	1	2.9	3.8	4.3	4.2	4	4.0	3.1	4.0	1	5
Similarity to the Surrounding environment	-3	-5	-2.8	-2.1	-1.5	-0.6	-1.6	-1.0	-2.7	-1.0	-3	0
<b>Quality score</b>	<b>51.5</b>	<b>32.0</b>	<b>40.9</b>	<b>54.8</b>	<b>55.3</b>	<b>58.7</b>	<b>56.0</b>	<b>55.9</b>	<b>46.6</b>	<b>57.0</b>	<b>29</b>	<b>65</b>
Economic evaluation	30	30	27.2	22.5	18.0	20.8	14.3	21.8	22.7	24.0	30	6
<b>Total score</b>	<b>81.5</b>	<b>62.0</b>	<b>68.1</b>	<b>77.3</b>	<b>73.3</b>	<b>79.5</b>	<b>70.3</b>	<b>77.7</b>	<b>69.3</b>	<b>81.0</b>	<b>59</b>	<b>71</b>

A: Seedspray

B: Seedspray(patent)

C: Straw net+ Seedspray

D: Straw net+ Seedspray(patent)

E: Vegetation media spray method 1T

F: Vegetation media spray method 1T(patent)

G: Vegetation media spray method 2T

H: Vegetation media spray method 2T(patent)

I: Vegetation media spray method 3T

J: Vegetation media spray method 3T(patent)

K: Vegetation media spray method 4T

L: Vegetation media spray method 5T

진행한 공법과의 비교는 무의미하다고 판단되기 때문이다.

절토부 토사의 모니터링 평균점수 분석 결과 전체 점수가 가장 높은 공법으로는 식생기반재뿔어붙이기3T공법이 81.0점으로 가장 높았으며, 그 다음으로는 식생기반재뿔어붙이기1T(특허공법)이 79.5점, 식생기반재뿔어붙이기2T(특허공법) 77.7점 순으로 확인되었다. 또한 평가 기준인 75점을 넘는 공법은 거적덮기+종자뿔어붙이기(특허공법)으로 확인되었다. 나머지 거적덮기

+종자뿔어붙이기, 식생기반재뿔어붙이기1T, 식생기반재뿔어붙이기2T, 식생기반재뿔어붙이기3T는 75점미만으로 평가된 것으로 확인되었다.

품질이 가장 우수한 공법으로는 식생기반재뿔어붙이기1T특허공법이 58.7점으로 가장 높았으며, 그 다음으로는 식생기반재뿔어붙이기3T특허공법이 57점, 식생기반재뿔어붙이기2T공법 56점, 식생기반재뿔어붙이기2T특허공법 55.9점 순으로 확인되었다. 경제성평가로는 거적덮기+종자뿔어붙이기공법, 거적덮기+종자뿔어붙이기

**Table 4.** Comparing the market price and the construction price of the Straw net+ Seedspray method

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Market price(won/m <sup>2</sup> )	4,536	3,500	3,548	3,591	3,557	3,677	3,868
Straw net+ Seedspray Construction price (won/m <sup>2</sup> )	2,757 (-1779)	3,011 (-489)	3,396 (-152)	4,477 (+886)	4,173 (+616)	3,505 (-172)	3,233 (-635)
Straw net+ Seedspray(patent) Construction price (won/m <sup>2</sup> )	4,663 (+127)	2,275 (-1225)	3,424 (-124)	4,651 (+1,060)	4,588 (+1031)	-	-

**Table 5.** Comparing the market price and the construction price of the Vegetation media spray method 1T method

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Market price(won/m <sup>2</sup> )	13,317	13,741	13,930	14,104	13,973	14,244	15,058
Vegetation media spray method 1T Construction price (won/m <sup>2</sup> )	4,661 (-8,656)	13,304 (-437)	8,966 (-4,964)	-	3,537 (-10,436)	14,052 (-192)	12,342 (-2,716)
Vegetation media spray method 1T (patent) Construction price (won/m <sup>2</sup> )	8,182 (-5,135)	12,190 (-1,551)	8,566 (-5,364)	4,529 (-9,575)	4,900 (-9,073)	4,931 (-9,313)	4,445 (-10,613)

특허공법이 각각 27.2점, 22.5점으로 가장 높을 것으로 확인되었다.

각 공법 중 피복율이 가장 우수한 공법은 식생기반재뿌어붙이기 1T공법이 가장 피복율 점수가 높았으며, 그 다음으로는 식생기반재뿌어붙이기 1T특허공법, 식생기반재뿌어붙이기 2T공법, 식생기반재뿌어붙이기 2T특허공법 등 식생기반재뿌어붙이기 공법이 전반적으로 피복율이 우수한 것으로 확인되었다.

이를 통해 품질측면에서는 식생기반재뿌어붙이기 공법들이 전반적으로 우수하였으나, 경제성에서 낮은 점수로 평가되어 탈락한 공법이 발생하였으며, 거적덮기+종자뿌어붙이기 공법들은 경제성은 우수하였으나, 품질에서 전반적으로 낮게 평가되어 탈락하게 되는 것으로 확인되었다.

**2. 절토부 토사구간 녹화공법의 시장단가·시공 단가 분석**

거적덮기+종자뿌어붙이기 공법의 시장단가와 시공단가 분석결과 시장단가는 2013년 이후로 크게 감소한 뒤 점진적으로 상승하는 것으로 확인되었다. 하지만 시공단가는 2015년, 2016년

을 제외하면 시공단가는 시장단가보다 저렴하게 시공하고 있으며, 2012년의 경우 거적덮기+종자뿌어붙이기공법의 경우 30%이상 저렴하게 시공된 것으로 확인되었다(Table 4).

식생기반재뿌어붙이기 1T공법의 시장단가, 시공단가 분석결과 2012년 이후 시장단가는 지속적으로 증가하고 있는 것으로 확인되었으며, 시장단가와 시공단가는 많은 차이가 발생하고 있었다.

이러한 차이는 식생기반재뿌어붙이기 1T공법은 거적덮기+종자뿌어붙이기 공법과 경쟁이 필수적이기 때문에 시공단가를 거적덮기+종자뿌어붙이기공법과 유사한 수준으로 저렴하게 시공하여 많은 차이가 발생하고 있는 것으로 사료된다. 특히 2016년에는 65%이상 저렴하게 시공하였으며, 이러한 상황은 2017년, 2018년에도 지속적으로 발생하고 있었다(Table 5).

식생기반재뿌어붙이기 2T공법의 시장단가, 시공단가 분석결과 2012년 이후 시장단가는 지속적으로 증가하고 있는 것으로 확인되었다. 시공단가는 시장단가와 유사할 때도 있었지만, 많은 차이를 보일때도 있었다. 2013년, 2014년에는 시장단가와 시공단가의 큰 차이는 없었지만,

**Table 6.** Comparing the market price and the construction price of the Vegetation media spray method 2T method

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Market price(won/m <sup>3</sup> )	15,905	16,336	16,637	16,845	16,689	16,811	17,771
Vegetation media spray method 2T Construction price (won/m <sup>3</sup> )	-	10,464 (-5,872)	15,417 (-1,220)	-	3,424 (-13,265)	14,052 (-2,759)	17,481 (-290)
Vegetation media spray method 2T (patent) Construction price (won/m <sup>3</sup> )	11,478 (-4,427)	16,506 (+170)	16,683 (+46)	24,520 (+7,675)	-	17,216 (+405)	15,031 (-2,740)

**Table 7.** Comparing the market price and the construction price of the Vegetation media spray method 3T method

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Market price(won/m <sup>3</sup> )	21,812	22,506	22,816	23,101	22,886	23,053	24,370
Vegetation media spray method 3T Construction price (won/m <sup>3</sup> )	12,500 (-9,312)	11,852 (-10,654)	13,016 (-9,800)	16,845 (-6,256)	18,777 (-4,109)	22,692 (-361)	24,832 (+462)
Vegetation media spray method 3T (patent) Construction price (won/m <sup>3</sup> )	17,883 (-3,929)	15,457 (-7,049)	12,176 (-10,640)	17,815 (-5,286)	16,337 (-6,549)	23,763 (+710)	15,031 (-9,339)

2016년에는 약 70% 저렴하게 시공한 것으로 확인되었다(Table 6).

식생기반재뿌이기3T공법의 시장단가, 시공단가 분석 결과 시장단가는 2012년 이후 지속적으로 상승하다 2016년에 감소 후 2017년부터 다시 증가하는 추세를 보이고 있으나, 시공단가는 전반적으로 많은 차이가 있는 것으로 확인되었다. 특히, 식생기반재뿌어붙이기3T특허공법은 2017년을 제외하면 매년 시장단가보다 많이 저렴하게 시공되었다. 식생기반재뿌어붙이기3T공법은 처음에는 매우 낮은 가격이었지만 매년 가격이 시공단가에 맞추어지고 있는 것으로 확인되었다(Table 7).

### 3. 절토부 토사구간 녹화공법 평가의 중요 요인 분석

절토부 토사 녹화공법을 평가한 점수에 미치는 영향을 분석하기 위해 다중회귀분석을 실시하였다. 독립변수는 녹화공법 전체 평가 점수이며, 종속변수는 피복율, 한지형초종피복율, 식물생육량, 목본성립본수, 병충해발생, 위해종침입, 기반재특성, 붕괴지점, 식생침입, 환경유사도, 경제성 평가로 실시하였다.

결과에 대한 분석 전 Durbin-Watson을 확인한 결과 2.130로 2에 근접하여 다중회귀분석모형에 적합하다고 판단하였다. 그리고 유의확률이 .000으로 경로 중 한 가지 이상이 유효할 것이라는 것을 확인할 수 있었다.

또한 변수 간 상관관계( $R=0.995$ )로 확인되었고, 공차와 VIF는 각각 0.1이상 10미만으로 다중공선성이 없는 것으로 확인되었다. 다음으로 각 독립변수와의 유의성을 확인한 결과 피복율( $p<0.001$ ), 한지형초종 피복율( $p<0.001$ ), 식물생육량( $p<0.001$ ), 병충해 발생( $p<0.001$ ), 목본성립본수( $p<0.001$ ), 기반재 특성( $p<0.001$ ), 식생침입 ( $p<0.001$ ), 환경유사도( $p<0.001$ ), 경제성평가 ( $p<0.001$ )가 녹화공법 평가점수에 영향이 유효한 것으로 확인되었다.

유의한 변수에 대한 표준화계수를 확인한 결과 경제성평가(0.717)가 녹화공법 평가점수에 미치는 영향이 가장 큰 것을 확인 가능하며 그 뒤로 피복율(0.316), 출현종수(0.240), 목본성립본수(0.233)순으로 영향을 미치는 것을 확인하였다. 독립변수에 의해 종속변수가 설명되는 설명력은 99.0%로 확인하였다.

또한 경제성, 피복률, 출현종비율 보다는 영



**Table 8.** Impact analysis on evaluation scores result of cut-soil slope

dependent variable	independent variable	non-standardization factor		standardization factor	t	significance probability	collinearity	
		B	standard error	Beta			tolerance	VIF
Revetation method evaluation score	(constant)	.664	1.381		.481	.631		
	Total plant coverage ratio	1.043	.042	.316	24.731***	.000	.368	2.720
	Plants coverage ratio (Exotic grasses)	.895	.067	.115	13.328***	.000	.799	1.252
	Amount of vegetation growth	1.051	.080	.120	13.135***	.000	.717	1.395
	Blights	1.061	.150	.060	7.061***	.000	.825	1.213
	Established number of woody plants	1.149	.067	.233	17.146***	.000	.325	3.079
	Species richness of the grasses and tree species	.896	.044	.240	20.494***	.000	.436	2.293
	Ecology disturbance and invasion of risky species	.033	.259	.001	.127	.899	.926	1.079
	Physical characteristics of vegetation base media	1.074	.110	.091	9.805***	.000	.702	1.424
	Collapse and eroded spots	.597	.162	.036	3.695***	.000	.622	1.607
	Greening durability and vegetation invasion	.877	.125	.091	7.024***	.000	.361	2.773
	Similarity to the Surrounding environment	.955	.085	.134	11.254***	.000	.425	2.350
	Economic evaluation	.989	.012	.717	84.596***	.000	.835	1.197

R(0.995), R2(0.99),F(1375.094), significance probability(.000), Durbin-Watson(2.130)  
 \*\*\*p < 0.001

향력이 없지만 한지형초종피복율(0.115), 식물 생육량(0.120), 식생침입가능성(0.091), 주변환경유사도(0.134) 또한 영향을 미치는 요소인 것으로 확인되었다.

절토부 토사의 녹화공법 평가에 영향을 미치는 중요한 요인으로는 경제성평가가 가장 큰 중요 요인이고, 그 뒤로 피복율과 출현종으로 확인되어 시험시공 시 녹화공법의 평가 시 경제성 평가의 영향력이 역시 크다는 것을 확인할 수 있다(Table 8).

**4. 절토부 토사구간 녹화공사 평가체계의 문제점 도출**

비탈면 녹화공사의 평가체계상 경제성 평가 항목의 배점기준은 30점으로 단일 항목 중 최대 배점을 가지고 있는 것으로 확인되었다.

절토부 토사에서 녹화평가 점수에 미치는 중요 요인분석 실시한 결과 경제성평가가 전체 평가 항목 중 가장 영향력이 있는 단일 항목이었으며, 이는 공법 당 시공단가의 차이가 큰 절토부 토사구간이기 때문인 것으로 판단된다. 또한, 「도로비탈면 녹화공사의 설계 및 시공 지침」 상 경제성 평가의 점수는 30점이고, 피복율 및 출현종수는 각각 15점으로 경제성 평가가 점수 배점으로는 2배 높지만 중요 요인 분석 결과 경제성 평가가 피복율이나 출현종수 평가 항목보다 2배 이상의 영향을 미치는 것으로 나와 경제성 평가의 점수 배분에 대한 조정이 필요한 것으로 사료된다(Table 9).

「도로비탈면 녹화공사의 설계 및 시공 지침」에서 비탈면 녹화공법의 평가 방법은 시험시공지를 모니터링 평가하여 품질 70점, 경제성

**Table 9.** Impact Analysis on Evaluation Score of cut-soil slope

	Economic evaluation standardization factor	Total plant coverage ratio standardization factor	Species richness of the grasses and tree species standardization factor	Established number of trees standardization factor
Cut-soil slope	0.717	0.316	0.240	0.233

평가 30점, 총점 100점 중 75점 이상인 공법에 대하여 비탈면 녹화 공사를 승인해오고 있다. 하지만 경제성 평가 기준 및 방법은 “시험시공 참여업체의 최저가를 기준으로 상대평가한다”라고 제시되어 있어 경쟁이 심한 현장에서는 참여업체간의 최저가 입찰을 통한 경쟁이 이루어진다.

또한, 최저가를 기준으로 평가를 진행하는 데 최저가 금액에 대한 정확한 기준이 제시되지 않아 입찰업체간의 혼선이 나타나게 되고, 이러한 경쟁이 지속적으로 심각해지면, 시장단가에 비해 60% 이상 저렴하게 시공하는 것을 확인할 수 있다. 특히 절토부 토사구간에는 거적덮기+종자뿌어붙이기와 경쟁을 해야 하는 식생기반재뿌어붙이기 1T, 3T, 공법은 시공단가가 전반적으로 저렴한 것으로 확인할 수 있었다.

#### 5. 절토부 토사 구간 비탈면 평가체계의 개선방안

「도로비탈면 녹화공사의 설계 및 시공 지침」상 경제성 평가 기준은 녹화공사 시행사가 제출한 최저가 금액을 상대평가하여 가장 적은 금액을 제출한 공법이 가장 높은 점수를 받는 구조로 되어 있어 시공단가가 시장단가보다 최대 60% 저렴하게 시공하고 있는 것으로 확인되었다.

이를 방지하기 위해서는 평가기준에 최저가 금액의 상대평가가 아닌 매 반기마다 작성되는 시장단가를 고정금액으로 두고 평가를 진행하는 것이 필요하다고 판단된다. 또한 경쟁하는 공법의 시장단가가 차이가 많은 토질인 절토부 토사구간에서는 공법에 대한 가중치를 부가하거나, 경제성을 보지 않고 품질만으로 평가하는

방법도 필요하다.

이를 위해서는 일반 절토부 토사를 제외한 건질토사, 풍화토 등 특수한 특성을 가지는 토질에 대해서는 거적덮기+종자뿌어붙이기 공법의 시험시공을 제한하거나, 식생기반재공법에 대해서는 점수에 가중치는 두는 방법도 필요할 것으로 사료된다.

또한, 앞으로는 토사 비탈면 공사가 끝나는 직후 바로 녹화공사가 시작되도록 제도적으로 개선되어야 하며, 시공단계에서 시공사는 입찰단가를 시공단가보다 적게 낙찰을 하고 이후에 시공 입찰 평가단계에서 품질보다 경제성 단가로 적용하고 있어 품질저하 및 부실시공이 많이 이루어지고 있다. 이에 공사 발주단계에서 도로 경관성과 운전자 안정감을 줄 수 있는 시장표준단가를 PS단가(잠정단가, Provision Sum)로 발주하여 품질향상 및 경관성이 향상되도록 제도 개선이 필요하다고 판단된다.

## IV. 결 론

도로비탈면은 환경친화적인 노선계획에도 불구하고, 도로건설로 인한 절개지 노출이나 붕괴 현상이 발생하고, 이에 따른 인명피해, 재산피해가 발생하였다. 이를 해결하고자 2005년 8월부터 「비탈면 녹화 설계 및 시공 잠정 지침(안)」을 수립하여 비탈면 훼손지의 자연성 회복에 대한 직접적인 방안이 마련되었다. 이후 2009년 국토해양부(현 국토교통부)에서는 「도로비탈면 녹화공사의 설계 및 시공지침」을 수립하여 현장여건 및 생태환경을 고려한 비탈면 녹화를 위

해 시험시공을 실시하고 이를 녹화품질과 경제성 평가로 나누어 평가를 진행하였다.

본 연구는 도로비탈면 녹화공사 평가 연구에 대하여 2012년부터 진행되었던 60개소의 시험시공지 모니터링의 녹화품질, 경제성평가 자료에 대한 분석을 실시하여 녹화공사 평가 개선방안에 대한 결론이 다음과 같이 도출되었다.

2012년부터 2018년까지 60개 현장의 183개의 절토부 토사 공법을 분석한 결과 거적덮기+종자뿌어붙이기 공법, 식생기반재뿌어붙이기 1T특허공법, 식생기반재뿌어붙이기 3T특허공법이 가장 많이 사용되었다. 모니터링 자료 분석 결과 식생기반재뿌어붙이기 3T특허공법의 품질이 가장 우수하였으며, 거적덮기+종자뿌어붙이기공법이 경제성 평가가 가장 우수하였다.

녹화공사 시행사가 제출한 시공단가와 시장단가를 비교한 결과 식생기반재뿌어붙이기 1T, 3T 공법들이 시장단가보다 최대 60%이상 저렴한 금액으로 시공단가로 제출한 것으로 확인되었다.

녹화공법 평가의 중요 요인분석 결과 경제성 평가가 모든 평가 항목을 통틀어 가장 영향을 가지고 있었고, 이는 시공단가 차이가 많이 발생하는 절토부 토사의 특성상 더욱 영향력이 강한 것으로 판단된다.

절토부 토사 구간의 녹화공사 설계 및 시공지침의 문제점으로는 첫째, 배점상의 문제, 둘째, 평가 기준상의 문제를 도출하였다. 평가배점의 문제로는 경제성평가 배점은 30점이고, 피복율 및 출현종은 각각 15점으로 2배차이가 나지만 영향력 분석 결과 2배 이상의 영향력이 발생한 것으로 보아 점수 배분의 조절이 필요하고, 평가기준상의 문제점으로는 경제성 평가 진행시 최저가 금액에 대한 정확한 기준이 제시되지 않아 입찰 업체간의 혼선이 나타나고 저렴한 금액으로 인하여 녹화품질이 저하될 가능성이 있다고 사료된다.

경제성 평가 기준의 개선방안으로는 현재 녹

화공사 업체의 최저가 금액의 상대평가에서 같은 공법 간 시험시공이 진행될 경우에는 매 분기 발간되는 시장단가를 기준으로 평가하고, 공법간 시장단가의 차이가 발생하는 토질에 대해서는 경제성 평가를 진행하지 않거나, 특수한 토질에 적합한 공법에 대해서는 점수에 가중치를 부여하는 방법을 제안하였다. 하지만, 녹화공사 평가 배점의 개선방안으로는 절토부 토사 구간의 대한 자료만 가지고 점수 배분에 대한 기준은 제시하지 못하기 때문에 절토부 리핑암, 발파암을 전체적으로 분석한 후, 현장조사를 진행하여 점수 배분에 대한 기준 제시가 필요할 것으로 판단된다.

본 연구는 도로비탈면 녹화공사 평가를 대상으로 60개소의 시험시공 모니터링 자료를 토대로 문제점과 개선방안을 도출하였다. 그러나 본 연구 대상지의 현장조사가 진행되어 시험시공 이후 현재 상태에 대한 조사가 필요하며, 추후 적절한 점수 배분까지 진행되려면 현장조사가 필요하다. 또한 본 연구대상지가 우리나라 도로비탈면을 대표할 수 없기 때문에 향후 본 연구 대상지 이외의 다른 도로비탈면 선정을 통해 연구결과를 비교하고 종합하는 연구가 필요하다.

## References

- Clewell A. F. and Aronson J. 2013. Ecological Restoration, Island Press.(in English)
- Jeon GS, 2016, A Study on the Test Bed Evaluation for the Ecological Restoration of Unused Road - Focused on the Experimental Construction Site in Young Dong Province of GyungBu Expressway(Seven years after construction.), J. Korean Env. Res. Tech.19(5) 47~57.(in Korean with English abstract)
- Jeon TS, 2009, Suggestions on improving revegetation method evaluation at 23

- roadside slope test sites, Dankook University.(in Korea)
- Kang TB, 2017, The Improvement of Slope Standards for Ecological Revegetation According to Soil Properties, Dankook University.(in Korean)
- Kim EB, 2019, Study on the Ebaluation Methods by Monitoring on Revegetation Testbeds of Roadside Slope, Dankook University.(in Korean)
- Kim NC·Park B.S·Jho MH. 2010. Nature Restoration and Rehabilitation. Bo Moon Dang(in korea)
- Kim NC, 2016, The Study on the Selection of Revegetation Methods on Weathered Granite Cut-soil Slopes, J. Korean Env. Res. Tech.19(2) 121~135.(in Korean with English abstract)
- Kim TK, 2014, A Study on the Post-Environmental Evaluation of Road-side Cut Slopes after Revegetation Works, Dankook University.(in Korean)
- Kim TK·Kim NC·KIM EB·Koo MK, 2018, Suggestion of the Post-Environmental Evaluation of Road-side Cut Slope after Revegetation Works, J. Korean Env. Res. Tech.21(4) 75~86.(in Korean with English abstract)
- Koo MK, 2018, Establishment of Restoration Targets and Improvements of Seed Composition in Road-Sloples, Dankook University.(in Korean)
- Lee BJ, 2005, An Analytical Study on the Revegetation Methods for Highway slope. Dankook University.(in Korean)
- Ministry of Construction & Transportation. 2005. Design on Slopes Revegetation and Tentative Instruction on Construction Work(in Korea)
- Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs. 2009. Design and Construction guidelines for revegetation of the road cut-slope. (in Korean)
- Song MT, 2010, An Analysis of landscape preference by the slope type of highway, Hanyang University.(in Korean)

**Appendix 1.** 시험시공지 녹화평가 연구대상지 개요

**Appendix Table 1.** 시험시공지 녹화평가 연구대상지

순번	지역	연도	녹화지역	생태자연도
1	경남	2012	내륙생태계	2등급
2	충남	2012	내륙생태계	2등급
3	강원	2012	내륙생태계	2등급
4	충남	2012	내륙생태계	2등급
5	경기	2012	내륙생태계	2등급
6	경남	2012	내륙생태계	3등급
7	경북	2012	내륙생태계	2등급
8	경북	2012	내륙생태계	2등급
9	경기	2012	내륙생태계	3등급
10	경북	2012	내륙생태계	2등급
11	경북	2013	내륙생태계	2등급
12	경기	2013	내륙생태계	3등급
13	경기	2013	내륙생태계	3등급
14	경북	2013	내륙생태계	2등급
15	경북	2013	내륙생태계	2등급
16	경기	2013	내륙생태계	3등급
17	전남	2013	내륙생태계	2등급
18	경기	2014	내륙생태계	3등급
19	충남	2014	내륙생태계	2등급
20	충남	2014	내륙생태계	2등급
21	충남	2014	내륙생태계	2등급
22	충남	2014	내륙생태계	2등급
23	충북	2014	내륙생태계	2등급
24	경남	2014	내륙생태계	2등급
25	강원	2015	국토핵심녹지축	1등급
26	경기	2015	내륙생태계	2등급
27	경기	2015	내륙생태계	2등급
28	전남	2015	내륙생태계	2등급
29	경기	2015	내륙생태계	2등급
30	강원	2015	내륙생태계	1등급

&lt;Appendix Table continue&gt; 시험시공지 녹화평가 연구대상지

순번	지역	년도	녹화지역	상태자연도
31	강원	2015	내륙생태계	2등급
32	강원	2015	내륙생태계	2등급
33	경남	2015	내륙생태계	2등급
34	충남	2016	내륙생태계	2등급
35	충남	2016	내륙생태계	2등급
36	충남	2016	내륙생태계	2등급
37	충남	2016	내륙생태계	2등급
38	충남	2016	내륙생태계	2등급
39	경기	2016	내륙생태계	2등급
40	강원	2016	내륙생태계	2등급
41	강원	2016	내륙생태계	1등급
42	강원	2016	내륙생태계	2등급
43	경기	2016	내륙생태계	2등급
44	경기	2016	내륙생태계	2등급
45	전남	2016	해안생태계	2등급
46	충남	2016	내륙생태계	2등급
47	충남	2016	내륙생태계	2등급
48	충북	2016	내륙생태계	2등급
49	충북	2016	내륙생태계	2등급
50	경남	2017	내륙생태계	2등급
51	경남	2017	내륙생태계	2등급
52	충남	2017	내륙생태계	3등급
53	전남	2017	내륙생태계	2등급
54	전남	2017	내륙생태계	2등급
55	충남	2018	내륙생태계	2등급
56	경남	2018	내륙생태계	2등급
57	경남	2018	내륙생태계	2등급
58	강원	2018	내륙생태계	2등급
59	경남	2018	해안생태계	2등급
60	충남	2018	내륙생태계	2등급