

도로비탈면 녹화공사의 사후환경평가 항목 제언

김태국¹⁾ · 김남춘²⁾ · 김은범³⁾ · 구민규³⁾

¹⁾ 국토교통부 민간임대정책과 · ²⁾ 단국대학교 녹지조경학과 · ³⁾ 단국대학교 대학원

Suggestion of the Post-Environmental Evaluation of Road-side Cut Slope after Revegetation Works

Kim, Tae-Kook¹⁾ · Kim, Nam-Choon²⁾ · Kim, Eun-Bum³⁾ and Koo, Min-Kyu³⁾

¹⁾ Ministry of Land, Infrastructure and Transport,

²⁾ Dept. of Green & Landscape Architecture, Dankook University,

³⁾ Graduate School of Dankook University.

ABSTRACT

This research was thereby made to study and analysis ecological, landscape, and stability qualities of roadside cut Slopes in expressways and national highways that went through revegetation works. Also, evaluation items and framework for integrated assessment of plant structure and restored state for the maintenance were suggested. Following is the summary of the result. firstly, for stabilization of introduced native plant species on roadside cut slops, assessment on the post-project environmental management through long-term monitoring and maintenance works must be made. It signifies a form of authentic recovery and restoration by the native plants. second, current evaluation framework on the test beds is well managed with clear evaluation standards and table while its method of assessing the post management with only test bed results lacks conformity with this study site. Newly developed evaluation framework on the post construction sites is estimated to be used as assessment standards on any roadside construction sites.

Third, after site investigation distinction was observed among different revegetating construction types in the long-term perspective. Due to the different duration time of vegetation state between seed-spray measures(degraded in time) and layer-spray measure(maintained), the use of coarse

First author : Kim, Tae-Kook, Ministry of Land, Infrastructure and Transport,
Tel : +82-44-201-4108, E-mail : kjaphd@naver.com

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

Received : 27 July, 2018. **Revised** : 31 August, 2018. **Accepted** : 31 August, 2018.

straw-mat mulching work or Coir net was suggested in long term maintenance of cut slopes. forth, segmentation of post environmental assessment is organized into three large categories of “ecological”, “stable”, and “landscape” qualities regarding post restoration quality and stability of slope through native plants with which categories marks 50, 30, 20 points of rates. fifth, components of the post environmental assessment were segmented in twelve categories driving results from former experimental construction and newly focused items on site.

In the future, it is possible to propose a customized assessment method considering the location and location of construction work if the research on the application of post-environment assessment methods for road construction surface recording is conducted systematically.

Key words : *Evaluation Item, Ecological, Stable, Landscape*

I. 서 론

우리나라는 전국 국토의 면적은 70%가 산지이고, 도로 신설 및 확장 시 필연적으로 많은 흙깎기 및 흙쌓기 비탈면이 발생하게 된다(Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2009). 각종 건설공사로 인해 도로의 개설, 주택단지 및 산업단지 등의 조성 및 개발에 따라서 적극적으로, 대규모적으로 널리 발생되고 있고, 이로 인한 자연환경의 훼손현상이 매우 심각하게 나타나고 있다(Woo, 2003).

자연환경의 훼손은 이동성이 없는 식물에 직접적인 영향을 미치는 경우가 많으며, 이러한 영향은 식물의 종조성에 변화를 가져오며 해당 지역 원식생의 표징종 및 지표종이 변화를 초래한다(Song et al, 2017)

특히 노선이 길고 폭이 넓은 고속도로의 경우 대규모로 나타나는 산림 훼손지에 대한 복구문제가 큰 사회문제로 대두되기도 하며, 건설에 따른 환경훼손에 대한 저감방안으로 훼손된 비탈면의 환경 친화적인 복원 노력을 환경영향평가 과정에서 요구하는 경우가 빈번하다(Ministry of Construction & Transportation, 1997).

최근에는 건설현장 환경에 대한 관심이 높아지면서 도로 비탈면의 훼손지를 원래 상태로 되

돌리기 위한 생태복원에 대한 관심이 높아지고 있다. 이러한 훼손지에 대한 생태복원은 자연적이거나 인위적인 간섭에 의해 훼손된 중요한 서식공간이나 생물종을 훼손 이전의 원식생 또는 유사한 생태계의 생물다양성을 되돌리는 노력을 의미한다(Ministry of Construction & Transportation, 2005; Kim et al, 2010; Jeon, 2008; Clewell et al, 2013).

훼손지가 교란 이전 상태로 돌아가기 위해서는 적지 않은 시간과 비용이 투자되어야 하며, 따라서 완료된 사업이 장기적으로 효과를 유지하는 것이 생태적 측면 뿐만 아니라 경제적인 측면에서도 유리하다(Choi et al, 2016)

이러한 국내의 비탈면 녹화공사의 문제점을 개선하기 위해서는 비탈면 녹화에 대한 세분된 설계 기준을 마련하여 기후대, 토질, 비탈면의 규모 등의 환경요인별로 다양한 복원목표를 정하고 적절한 공법을 적용해야 한다(Ministry of Construction & Transportation, 2005). 그리고 비탈면을 단순히 외래도입초종으로 피복시키는데 그치지 않고 초본 위주에서 목본을 주 구성종으로 하는 녹화방법이 적용되도록 하고, 수목류의 식재보다는 뿌리의 생육이 좋은 과종을 우선시하는 녹화방법을 적용하도록 해야 한다(Kim, 1997). 또한, 비탈면 침식과 안정 및 식생

의 생육에 있어 비탈면의 방향, 길이, 크기, 토질 등의 환경요인은 중요한 영향을 미치고 있으므로 이러한 요인의 조사가 필요하며(Lee, 2005), 친환경 소재를 활용한 식생공법들의 중요성이 제시되었다(Schiechtl, 1980). 특히 앞으로 예상되는 기후변화에 대응하기 위해서는 생태공학 기술을 토대로 한 도로비탈면의 안정된 식생 회복은 중요하다(Matlock et al, 2011)

현재 국토해양부(현 국토교통부)에서는 「도로 비탈면 녹화공사의 설계 및 시공 지침」에 의한 훼손지 비탈면을 사전에 시험시공을 통한 현장에 적합한 녹화공의 적용과 본 공사에 따른 사후환경평가를 하도록 하고 있다. 하지만, 지침에서 본 공사에 따른 사후환경 평가에 대한 내용이 시험시공 진행과 평가의 내용에 비해 미흡하고, 평가에 대한 기준이 제시되어 있지 않으며, 본 공사 구간에 대한 녹화품질에 대한 논문이 대부분으로 사후환경에 대한 평가와 관련된 연구는 미흡한 실정이다.

‘도로 비탈면 녹화공사의 설계 및 지침’을 수립한 목적은 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. 하지만, 시험시공이후 별도의 사후환경평가사항에 대해서는 국토교통부 지침 상에 “시공자는 비탈면에 시공된 안정공법, 식생기반, 식생 등이 지속적으로 유지되고 복원목표에 부합되도록 사후환경평가계획을 수립하여 주기적으로 점검을 시행한다.” 라고 명시하고 있으며, 점검내용에 있어서는 피해상황이나, 용수발생, 붕괴발생, 해충발생 유무 등 일부 점검사항들이 있으나, “시험시공 결과표”와 같은 점검항목에 따른 평가 기준과 배점이 명확하지 않아 감독관의 주관적 판단으로 평가가 진행되어야 하는데, 이러한 경우 감독관의 주관적 판단의 초점에 따라야 하는 문제점이 있다. 이에 따라 기존에 시공된 비탈

면의 녹화실태를 살펴보고 그에 따른 향후 녹화 진행이 원활하게 이루어질지 혹은 하자보수가 필요한 지에 대한 사후환경평가를 실시해 볼 필요가 있다.

현재 비탈면 훼손지에 대한 사후환경평가와 관련된 연구는 매우 미흡한 실정으로 확인되었으나, 서울지방국토관리청(2007)에서는 계획·설계단계, 시공단계, 유지·관리단계로 세분화하여 각각의 평가지표와 배점 기준이 제시되어 있다. 각 단계별로 조사항목은 1.지형·지질, 2. 동·식물, 3.수리·수문, 토지이용, 4.대기질, 5. 수질, 6.토양, 폐기물, 소음·진동, 7.위락·경관, 8.안전성, 편리·쾌적성, 9.지역주민참여 이며, 각각의 배점은 계획·설계단계 170점, 시공단계 130점, 유지·관리단계 60점으로 총 360점을 기준으로 평가하고 있어 도로건설에 따른 사후환경적 측면에서 제시되고 있다 볼 수 있다. 특히, 생태도로 건설을 위한 환경친화적인 도로건설 지침 등의 현장 적용 평가방법에서 계획·설계단계 및 시공단계, 사후환경평가와 밀접한 유지·관리단계까지 관리가 이루어져야 진정한 생태도로 건설이 이루어지는 것이라고 보고 있다.

따라서 본 연구는 사후환경평가 항목의 선정과 그에 따른 평가방안 등을 제시하여 지속적인 녹화품질의 관리를 통한 주변산림식생과의 연계성과 훼손지역 비탈면의 생태적 기능이 향상될 수 있도록 하고, 장기적으로 기 시공된 녹화공법들의 사후환경평가에 활용될 수 있도록 하는데 연구 목적을 두었다.

II. 연구의 내용 및 방법

1. 기존 평가 방법의 문제점

현재 우리나라의 건설공사에서 비탈면 보호공은 설계 반영 후 현장에서 시험시공을 걸쳐 현장에 적합한 녹화공법을 선정하도록 하고 있다. 이는 현장여건에 적합한 녹화공법을 찾기 위함도 있으나, 최종적으로 훼손된 비탈면 녹화

목표에 따른 품질확보를 위함이라고 볼 수 있다. 그에 따른 시험시공에 관련된 사항들은 지침으로 지정하여 적용기준, 평가기준, 평가표 등을 객관적인 평가를 실시하도록 내용이 잘 정리되어 있었으나, 사후환경평가에 대한 부분은 단순히 문구상으로 내용이 정리되어 있을 뿐, 시험시공과 같은 객관적인 평가기준이 마련되어 있지 않아 평가 시 감독관의 주관적 판단에 의한 평가로 이루어진다.

지침에서 제시되어 있는 내용 중 “시공자는 시험시공결과 일치여부는 <시험시공 평가표>의 녹화공법 평가표의 품질항목에 대하여 평가를 실시하여 시험시공결과와 일치 여부를 확인하고 기성검사 및 준공검사 시 검사자에게 제출한다.”라고 되어있는데, 이는 여러 문제를 가지고 있다.

첫째로 시험시공이 이루어지지 않은 현장의 경우는 어떻게 해야 할 것인가이다. 시험시공에 진행기준은 2005년 지침(안)으로 시작되어 현장에 적용하게 되었는데, 이 당시에는 시험시공을 함에 있어 선택적으로 진행하도록 하였으며, 강제적으로 반드시 시험시공이 진행이 이루어져야 하는 것은 2009년부터 실시하게 되었다. 만약 공사기간이 2009년 이전 시험시공 없이 진행되고 있는 현장의 경우는 녹화품질의 기준이 되는 곳이 없다는 문제가 있다.

둘째는 경제성평가의 재실시 여부이다. 시험시공에서는 3~4개의 녹화공법의 경제적 비교를 위해 상대적으로 평가를 실시하고 있다. 하지만, 본 시공에서는 시험시공 진행 후 결과에 따른 녹화공법의 적용으로 별도의 경제성 평가를 실시 할 필요가 없다. 만약 경제성이 그대로 반영 될 경우 30점의 배점이 가점으로 반영되어 평가됨에 따라 녹화품질 확보에 대한 부담감을 덜 수 있게 된다.

셋째는 본 공사 시 시험시공과 같은 품질의 확보 가능성 여부이다. 시험시공의 진행은 현장 여건에 부합되는 녹화공법을 찾는 것이지만, 시

험시공에 참여하는 시공업체는 시험시공의 결과에 따라 공사의 참여 여부를 가늠하는 것으로 시험시공 시 사용되는 자재에 대해 더욱 신경을 쓰게 될 것이다. 이런 문제로 간혹 시험시공지의 녹화품질과 본 공사의 녹화품질의 차이를 보이는 경우가 발생하는 것으로 볼 수 있다.

이러한 문제들로 시험시공 평가표에 의한 본 공사구간의 사후환경평가진행은 다소 문제가 있다고 판단되며, 그에 따른 적용기준과 배점기준이 필요하다고 판단된다.

2. 사후평가 방향 제시를 위한 가설

도로를 이용하는 것은 주로 사람이 이용하게 된다. 차량의 이동, 보행 등 여러 목적이나 행위로 도로를 이용하게 되는데, 시각적 측면에서 관측되는 것은 쌓기부 비탈면과 깎기부 비탈면 중 쌓기부는 도로의 외곽에 구성되어 눈에 잘 띄지 않지만, 깎기부 비탈면은 차량이동, 도보 시 눈에 띄게 된다. 즉, 시각적인 위치에서 깎기부 비탈면이 시각적인 판단에 의한 좋고, 나쁨을 가늠할 수 있는 것이다.

깎기부 비탈면은 도로건설로 인한 산림지 훼손이 주로 발생하는 곳으로 주로 주변에 기존 수림대가 있어, 생태적인 측면과 경관적인 측면이 중요하게 평가 될 필요가 있다. 그리고 도로 이용에 따른 안전상의 측면도 중요하다.

시험시공 녹화공법 결과표를 가지고 생태적인 측면을 살펴보면, 식생피복율, 병충해, 목본성립본수, 생태계 교란 및 위해종 침입 등 대부분의 항목들이 생태적인 측면이 고려된 평가로 볼 수 있으며, 배점에서도 상당히 높게 잡혀 있다. 반면에 경관적인 측면에 대한 평가는 “주변 환경과의 유사도”정도로 볼 수 있으며, 평가배점에서도 “주변 환경과의 유사도”의 경우는 0~5점으로 실질적으로 경관적인 측면이 배제되고 있다고 볼 수 있다. 안전성에 대한 부분에 있어서도 “탈락 및 붕괴지점”만이 있고, 배점에서 5점만이 반영되어 있어 평가항목의 구분과 배점

을 달리 적용할 필요가 있다고 본다.

본 연구에서는 이런 점을 고려하여 평가항목은 “경관성”, “생태성”, “안전성”을 고려한 사후환경평가 평가방안을 분류하고 그에 따른 세부점검사항을 세분화하는 연구 가설을 설정하였다.

3. 세부평가항목 도출

기본적으로 식생피복상태와 출현종, 탈락 및 붕괴지점, 녹화지속성, 위해종의 유입여부, 주변 환경과 유사도의 경우는 공통적으로 조사하는 항목으로 일반적인 녹화품질 확보 여부를 살펴보기에 적합한 조사항목이다. 그 외에도 토양 PH, 토양습도, 토양경도와 같은 사항은 생육환경에 대한 확인 부분으로 시험시공 결과 평가에서는 식생기반재 물리적 특성으로 분리되어 확인하고 있다.

4. 평가항목 검증

본 연구의 평가항목에 대한 검증은 설문조사로 실시하였으며 설문조사는 2013년 11월 7~8일간 실시하였으며, 설문조사 방식은 서면으로 5점 척도로 선택하도록 하였다. 설문조사 대상자는 계획, 설계, 시공, 현장감리, 생태복원전문가 등 도로건설 관계자를 토대로 102부를 진행하였다.

III. 연구 결과 및 고찰

1. 평가항목의 도출

본 연구의 평가항목은 「도로비탈면 녹화공사의 설계 및 시공지침」과 함께 「생태도로 건설을 위한 환경친화적인 도로건설 지침 등의 현장 적용 평가 방법」을 인용하여 도출하였다.

시험시공의 결과평가의 평가항목을 살펴보면 평가기준 및 배점기준이 명확하게 제시되어 있어 평가시 효율적으로 적용할 수 있으며, 지침(도로 비탈면 녹화공사의 설계 및 시공 지침)상

에서 시험시공 평가항목을 살펴보면, 대분류 평가항목은 품질과 경제성이며, 품질에 있어서는 식물생육(식생피복율, 식생생육량, 병충해), 출현종수(목본성립본수, 초본 및 목본의 출현종수, 생태계교란 및 위해종 침입), 식생기반재 물리적 특성, 탈락 및 붕괴지점, 녹화지속성 및 식생 침입 가능성, 주변 환경과의 유사도, 시공단가 총 12가지 항목에 대하여 조사를 실시하여 평가하게 된다. 이때, 100점 만점 기준으로 75점 이상 배점이 나와야 시험시공에 합격이 되어 현장에서 적용할 수 있도록 하였다.

시험시공에서의 평가 항목들은 대부분 녹화품질과 관련된 항목들로 평가를 함에 있어 그 기준이 “상”, “중”, “하” 3단계로 구분되어 평가를 함에 있어 평가시 또한 현장에서 실무자가 직접 적용하기에는 다소 어려움이 있으므로 실무자 개개인의 경험과 지식을 바탕으로 현장에서 주관적으로 적용되고 있다.

현재의 각종 국내생태도로 기준으로는 도로건설공사시 설계단계와 시공단계, 사후환경평가 단계에서 객관적으로 정량화할 수 있는 평가지표에 의한 평가가 곤란하며, 실무자들이 쉽게 작용할 수 있는 구체적인 기준이 모호한 실정이다. 반면에 2007년 서울지방국토관리청에서 발간한 「생태도로 건설을 위한 환경친화적인 도로건설 지침 등의 현장 적용 평가방법」을 살펴보면, 3단계(계획·설계단계, 시공단계, 유지·관리단계)에서 각각의 평가지표와 배점 기준이 제시되어 있다.

각 단계별로 조사항목은 1.지형·지질, 2.동·식물, 3.수리·수문, 토지이용, 4.대기 질, 5.수질, 6.토양, 폐기물, 소음·진동, 7.위락·경관, 8.안전성, 편리·쾌적성, 9.지역주민참여 이다.

각각의 배점은 계획·설계단계 170점, 시공단계 130점, 유지·관리단계 60점으로 총 360점을 기준으로 평가하고 있다. 「생태도로 건설을 위한 환경친화적인 도로건설 지침 등의 현장 적용 평가방법」에서 사후환경평가단계의 평가항목

Table 1. Derivation of evaluation items

Division	Design and Construction guidelines for revegetation of the road cut-slope	An Evaluation Method for the Application of Environmentally Friendly Road Construction Guidelines for Ecological Road Construction
Large category	1. Quality 2. Economic	1. Geological features of the ground, 2. Animals and plants, 3. Hydraulic and hydrology, 4. Land use, 5. Air quality, 6. Soil, Wastes, Noise·Vibration, 7. Activities·Landscape, 8. Stability, Comfort 9. Participation of local residents
Study application item	Quality	plants, Soil, Landscape, Stability

과 본 연구와의 연관성 있는 항목을 살펴보면, 동·식물 분야의 식생제거지 복원과 토지이용의 주변과의 생태적 연계, 토양의 물리적 요인에 의한 영향, 위락·경관의 환경친화적 경관 유지·관리 부분이 연관성이 있다.

대분류상의 항목을 살펴보면 식물, 토양, 경관, 안전성 총 4가지 항목이 본 연구와 연관성이 있는 것을 볼 수 있다. 국내 지침기준을 근거로 사후환경 평가항목을 정리하면 다음과 같다 (Table 1).

「도로 비탈면 녹화공사의 설계」 및 「시공지침과 생태도로 건설을 위한 환경친화적인 도로 건설 지침 등의 현장 적용 평가방법」의 적용항목을

종합해보면, 품질, 식물, 토양, 경관, 안전성으로 세분화 할 수 있으나, 조사항목들을 분류하면 품질, 식물은 생태적 기능과 연관하여 생태성, 토양과 안전성은 안전성, 경관은 경관성으로 분류가 가능함으로 사후 환경에 대한 평가항목은 3단계(생태성, 안전성, 경관성)로 분류하고, 단계별 세부지표를 도출하여 각 항목에 대한 평가방안과 배점을 구체화하여 실무자들이 쉽게 활용할 수 있도록 구성하였다.

2. 평가항목의 분류

1) 생태성

도로건설과 관련된 생태성은 훼손지 비탈면에 자연식생의 회복과 그에 따른 야생동·식물

의 생육환경을 개선하도록 하면서, 자연 천이에 의한 주변자연식생과의 연계될 수 있도록 복원이 되도록 하는 것이다.

더욱이 깎기 비탈면의 경우는 도로건설에 따른 산악지형을 절취하고 기존수림대를 훼손함에 따라와 자연식생의 회복에 따른 생태성은 매우 중요하다.

그 동안 사후환경평가방안을 위한 기준이 되는 것은 「도로 비탈면 녹화공사의 설계 및 시공지침」에서 제시되어 있는 녹화공법 평가표로서 생태성과 연계는 조사항목들을 살펴보면 “식생 피복율”, “목본의 성립본수”, “초본 및 목본의 출현종수”, “식생 생육량”, “생태계 교란 및 위해종 침입”, “녹화지속성 및 식생침입 가능성”으로 시험시공 녹화공법 평가표상에서 “품질” 항목으로 본 연구의 항목에서는 “생태성”으로 분류된 항목이다. 배점에 있어서도 55~65점(70점 만점 기준)으로 상당히 높게 책정되어 있다.

이중 “식생피복율”, “출현종”, “생태계교란 및 위해종 침입”은 적용된 녹화공법이 시간경과에 따른 식생구조의 상태와 변화, 단일초종에 의한 녹화진행 가능성 여부파악, 위해종에 의한 훼손여부 등으로 양질의 녹화품질 확보 및 주변 기존수림대와의 연계성 있는 녹화진행여부 변화와 단일종의 우점현상의 여부 등이 예측 가능함으로 조사 시 반드시 확인되어야 함으로 타항목에 비해 중점 있게 조사할 필요가 있다.

반면에 시험시공 녹화공법 평가표상에 일부

평가 항목 “식생생육량”과 “녹화지속성 및 식생 침입 가능성”의 경우는 사후환경평가사항에 있어 큰 의미가 없는 것으로 확인되었다. 식생생육량의 경우는 시험시공시 녹화공법들의 상대적 평가를 실시하기 위한 평가항목으로 녹화공법에서 자란 식물의 생육량 차이에 따른 녹화공법이 주는 효과를 상대적으로 평가하기 위함으로 본 공사의 사후환경평가차원에서는 의미가 없는 평가항목으로 볼 수 있다. 녹화지속성 및 식생 침입 가능성에 있어서는 시험시공 평가기준에서 “3~5년 정도 지반 기존 시공지에서의 녹화지속성 및 천이여부를 평가”하도록 되어 있는데, 평가의 기준이 명확하지 않고 주관적으로 판단하도록 되어 있는 문제가 있고, 현장여건 및 시공방법의 차이, 기후환경에 따른 변화 등에 따라 녹화공법의 품질을 달라 질 수 있는 문제가 있고, 녹화지속성 및 식생 침입 가능성은 녹화피복율과 출현종에 대한 조사항목을 분석할 경우 향후 녹화의 진행에 예측 가능함에 따라 평가항목의 중복 평가가 될 수 있으므로 사후환경평가를 위한 평가항목에서는 불필요하다고 판단된다.

이에 「도로 비탈면 녹화공사의 설계 및 시공 지침」에서 제시하는 녹화공법의 평가항목과의 연관성 있는 조사항목 5가지 “식생피복율(→식생피복상태)”, “외래도입초종의 식생피복율(→외래도입초종의 피복상태)”, “목본의 성립본수(→목본류의 활성화)”, “초본 및 목본의 출현종수(→초본류의 활성화)”, “생태계교란 및 위해종 침입(→위해종의 침입)”을 사후환경평가항목에 도입하도록 하고, 비탈면 녹화공사 시 적용되는 복원목표(초본위주형, 초본·관목혼합형, 목본군락형)의 진행여부를 확인하기 위한 조사항목으로 “식생구조”를 도입하도록 하였다

2) 안전성

사후환경평가차원에서의 안전성에 대한 평가는 훼손지 비탈면에 자연식생의 도입 외에도 인

간이 사용함에 있어 안전상의 문제가 우려되는 바, 그와 관련한 확인이 반드시 필요한 사항이다. 특히, 암반지역의 경우는 깎기 비탈면의 경사에 따라 안전상의 문제가 대형화 될 수 있는 문제가 있어 수시로 확인하고 점검이 필요하다.

그 동안 사후환경평가방안을 위한 기준이 되는 것은 「도로 비탈면 녹화공사의 설계 및 시공 지침」에서 제시되어 있는 녹화공법 평가표로서 안전성과 연계는 조사항목들을 살펴보면 “탈락 및 붕괴지점”, “식생기반재 물리적 특성”으로 시험시공 녹화공법 평가표상에서 “품질”항목으로 본 연구의 항목에서는 “안전성”으로 분류된 항목이다. 배점에 있어서는 15점(70점 만점 기준)으로 책정되어 있다.

“식생기반재 물리적 특성”은 주로 암반지역에 시공되는 식생기반재뿔어붙이기방식의 녹화공법에서는 반드시 조사가 필요한 항목으로 조사항목은 토양경도, 토양 Ph , 토양습도에 대하여 측정·평가하게 되는데, 이는 식물의 생육환경과 연계되는 부분으로 평가내용은 생태성, 경관성, 안전성 모두 포함하는 평가항목을 볼 수 있다. 그러나 식물의 생육과 관련된 환경적인 조사항목으로 최종적으로 생태성 유지와 경관성 유지를 통해 얻어지는 도로이용의 안전성이 목적이 높다고 볼 수 있으므로 “식생기반재 물리적 특성”을 안전성에 포함하도록 하였다.

사후환경평가를 위해 평가사항으로 추가되어야 할 항목이 “식생의 생육크기”이다. 비탈면 녹화공법의 목적은 훼손지 비탈면에 자연식생 도입에 의한 비탈면 보호유도하기 위함으로 현장여건을 고려하여 녹화품질이 확보 될 수 있는 안정화된 녹화공법의 적용과 식생환경개선에 따른 식생활착이 반드시 필요하다. 특히, 식생활착의 경우는 식물의 생육에 의한 뿌리발달로 토양의 유실방지 등의 효과로 비탈면 안전성을 높일 수 있는 것이다. 식물의 근계를 확인하기 위해서는 식물을 채취하여 평가를 실시해야하지만, 식물들에 적정크기가 있고 그에 따른 예상

되는 뿌리발달의 크기를 짐작할 수 있는 바, 사후환경평가를 위한 안전성평가에 있어 식물의 근계발달 확인을 위한 식생의 생육크기를 확인하는 것이 바람직할 것이다.

이에 「도로 비탈면 녹화공사의 설계 및 시공 지침」에서 제시하는 녹화공법의 평가항목과의 연관성 있는 조사항목 2가지 “탈락 및 붕괴발생(→탈락 및 붕괴발생)”, “식생기반재 물리적 특성(→기초환경분석)”을 사후환경평가항목에 도입하도록 하고, 식생활착에 따른 근계발달의 복원목표에 따른 식생변화를 확인할 수 있는 “식생의 생육크기”를 도입하도록 하였다.

3) 경관성

사후환경평가 차원에서의 경관성은 훼손지 비탈면에 자연식생의 도입 후 주변환경과의 조화로운 경관적 상태의 확인뿐만 아니라, 장기적인 녹화품질 확보에 따른 복원목표에 부합되는 자연경관 진행이 확인되어야 할 것이다.

그 동안 사후환경평가방안을 위한 기준이 되는 것은 「도로 비탈면 녹화공사의 설계 및 시공 지침」에서 제시되어 있는 녹화공법 평가표로서 안전성과 연계는 조사항목들을 살펴보면 “주변 환경과의 유사도”로 시험시공 녹화공법 평가표 상에서 “품질”항목이다.

본 연구의 항목에서는 “경관성”으로 분류된 항목이다. 배점에 있어서도 0~5점(70점 만점 기준)으로 책정되어 있으며, 평가기준에는 주변 환경과의 생태적 경관 조화성을 평가하도록 되어 있으나, 실질적으로 평가에 대한 정확한 기준이 없다고 볼 수 있다.

자연식생 회복에 따른 주변 환경과의 경관과 자연천이 진행상태 파악을 위한 “주변 환경과의 유사도”가 시험시공에서 경관성과 연관되어 있는 평가항목으로 사후환경평가를 위한 평가 항목에 필요한 것으로 확인되었다. 다만, 시험 시공상에서는 평가점수를 감점항목으로 분류하였으나, 사후환경평가를 위한 평가에서는 별도의

배점이 필요할 것으로 본다. 또한 사후환경영향 평가 시 필요하다고 판단되는 항목이 “자연 경관성”, “특정종의 우점현상”이다. “특정종의 우점현상”의 경우 도로를 이용하다보면 특정종에 의한 녹화가 되고 있는 모습을 자주 보게 되는데, 특히 외래도입초종의 우점현상과 덩굴성 식물(칠퉈덩굴, 환삼덩굴)에 의한 교·관목류에 피해로 인한 경관성에 문제가 발생하는 모습을 자주 보게됨으로 사후환경평가에 있어 반드시 평가가 이루어져야 할 것이다.

“자연 경관성”의 경우는 생태복원과정에 있어 시간경과에 따른 자연경관의 변화가 어떻게 이루어지는가를 확인하기 위해서 평가가 필요하다. 녹화공법을 적용함에 있어서 공사 지역에서 채취되는 자연초종을 사용하는 것이 바람직하지만, 종자수급의 어려움, 경제적 소요비용의 증가 등의 문제로 사용종자들의 한계성으로 인해 시공초기에는 똑같은 모습의 복원이 이루어진다.

하지만, 시간경과에 따른 주변생육식물의 유입 등으로 인한 자연경관이 바뀌는 모습을 볼 수 있다. 현재 시험시공 평가에서는 이러한 조사항목이 없기에 사후환경평가차원에서의 평가 항목에는 추가가 필요하다. 경관은 바라보는 관점과 시각에 따라 다르게 평가가 이루어 질 수 있으며, 평가자의 전공분야에 따라 그 차이점은 확연하게 나타날 것이다(Table 2).

그러므로 깎기 비탈면의 특성을 고려하여 기존수림대와의 연계성과 그에 따른 식생천이상태를 확인해야 하며, 양잔디류의 우점, 덩굴성 식물의 우점현상이 발생할 경우 생태적 기능의 저하에도 영향 외에도 경관적으로 단조로우며, 주변 식생에도 피해를 입힐 수 있으므로 확인이 되어야 할 것으로 판단된다.

이에 「도로 비탈면 녹화공사의 설계 및 시공 지침」에서 제시하는 녹화공법의 평가항목과의 연관성 있는 조사항목 1가지 “주변 환경과의 유사성”을 사후환경평가항목에 도입하도록 하고,

Table 2. Detail category of post-environmental evaluation(suggestion)

Division	Category
Ecological	Vegetation cover state
	Exotic grasses cover state
	Revitalization of trees
	Revitalization of herbs and grasses(excluding exotic grasses)
	Vegetation structure
	Invasion of risky species
Stabile	Collapse and eroded spots
	Basic environment analysis
	Size of vegetation
Landscape	Similarity to the surrounding environment
	Natural scenery
	Dominance of specific species

복원목표에 따른 식생변화를 확인할 수 있는 “자연 경관성”, 외부 유입종에 의한 경관적인 평가를 위해 “특정종의 우점현상”을 도입하도록 하였다

3. 평가항목에 대한 기준 및 배점

기존의 지침상에서 비탈면 녹화에 대한 시험 시공 평가점수는 품질 및 경제성을 포함하여 100점으로 되어 있으며, 항목별로 배점 사항은 품질에서 70점, 경제성에서는 30점으로 품질의 항목별 배점을 살펴보면 0점, 5점, 10점 15점으로 책정되어 있으나, 반면에 경제성은 단일항목으로 배점은 30점으로 품질의 항목별 배점보다 2~6배로 매우 높게 배점이 책정되어 있는 것을 볼 수 있다.

배점이 0점인 항목은 식생피복율(한지형초본 등 외래도입초종), 생태계교란 및 위해종 침입, 주변 환경과의 유사도이고, 배점이 5점인 항목은 식생생육량, 병충해, 탈락 및 붕괴지점, 녹화 지속성 및 식생침입가능성이고, 배점이 10점인 항목은 목본성립본수, 식생기반재 물리적 특성이고, 배점이 15점인 항목은 식생피복율(전체), 초본 및 목본의 출현종수이고, 배점이 30점인 항목은 경제성으로 분류된다.

배점이 0점인 항목을 살펴보면 외래도입초종에 의한 문제로 인한 우점현상, 위해종 및 교란종에 의한 식생의 피해, 녹화에 따른 복원목표에 적합성 여부가 평가대상으로 볼 수 있으며, 그에 따른 배점이 0, -3, -5점으로 감점대상이 되어 실질적으로 평가 상에서 영향력이 작은 것을 볼 수 있다. 배점이 5점인 항목은 성장상태여부, 녹화공법의 안전성, 다년생 식물의 생육과 그에 따른 녹화 유지성을 확인하는 것이며, 배점이 10점인 항목은 장기적인측면에서 식생유지를 위한 환경개선 및 다층구조의 식생가능성 여부를 확인하는 것이며, 배점이 15점인 항목은 현장여건에 적합한 녹화공법의 선정여부 및 초종선택을 확인하는 항목으로 볼 수 있다. 경제성은 녹화공법을 적용함에 있어 효율적 타당성을 확인하기 위함이다.

비탈면 녹화 평가에 관한 연구들을 살펴보면 대부분의 연구들이 「도로 비탈면 녹화공사의 설계 및 시공지침」의 평가 방법을 통해 이루어지고 있다. 특히, 품질과 경제성 측면 중 품질 항목을 통해 평가를 하고 있으며, 경제성은 제외된 것을 확인 할 수 있었다(Cho et al, 2015; Kim 2016; Park et al, 2016).

그리하여, 「도로 비탈면 녹화공사의 설계 및

시공지침」의 품질 평가 항목들을 사후환경 평가항목 “생태성”, “안전성”, “경관성”에 따라 구분하면, 생태성에 있어 목본성립본수, 식생피복율, 초본 및 목본의 출현종수, 녹화지속성 및 식생침입가능성, 병충해, 식생피복율(한지형초본 등 외래도입초종), 생태계교란 및 위해종 침입으로 배점은 40~50점이며, 안전성은 탈락 및 붕괴지점, 식생기반재 물리적 특성, 식생생육량으로 20점이고, 경관성은 주변 환경과의 유사도로 배점은 0~5점으로 생태성의 배점이 매우 높았으나, 경관성에 있어서는 불량 시 감점 대상의 항목으로 실질적인 점수는 크게 영향력이 없는 것을 볼 수 있다. 반면에 경제성에 대한 평가는 사후환경 평가에서는 필요가 없음에 따라 사후환경 평가의 3가지 항목에 대한 배점의 배분을 함에 있어 경제성의 점수를 안전성과 경관성에 배분하도록 하였다.

2007년 서울지방국토관리청에서 발간한 「생태도로 건설을 위한 환경친화적인 도로건설 지침 등의 현장 적용 평가방법」의 평가점수를 식생분야 식생제거지 복원부분 7점, 토지분야 주변 환경과의 생태적 연계성 2점, 토양분야 도로 주변 초목의 성장이 잘되도록 관리 2점, 경관분야 경관녹화 모니터링 2점이고, 안전성에 있어서는 비탈면 녹화와 연계된 조사항목과 배점은 없는 것으로 확인된다. 배점의 비율을 살펴보면 식생분야가 11.67%로 높게 확인되지만, 토지, 토양, 경관분야 각각 3.33%로 식생분야에 비해 낮은 것을 볼 수 있다.

본 연구에서는 「도로 비탈면 녹화공사의 설계 및 시공지침」의 시험시공 평가 배점사항과 「생태도로 건설을 위한 환경친화적인 도로건설 지침 등의 현장 적용 평가방법」의 배점 사항을 고려하여 “생태성”, “안전성”, “경관성”의 배점 비율을 5:3:2(50점:30점:20점)으로 배분하였다.

생태성에 대한 각 항목 총 점수는 50점으로 식생피복상태, 외래도입 초종의 피복상태, 식생 구조, 위해종의 침입을 10점 기준으로 배점을

배분하였고, 목본류의 활성화, 초본류의 활성화를 5점으로 배분하였다.

안전성에 대한 각 항목 총 점수는 30점으로 탈락 및 붕괴발생 15점, 기초환경분석 10점, 식생의 생육크기 5점을 배분하였고, 평가기준으로는 우수, 양호, 보통, 미흡, 불량으로 분류하였다. 경관성에 대한 각 항목 총 점수는 20점으로 주변 환경과의 유사성 10점, 자연경관성 5점, 특정종의 우점현황 5점 기준으로 배점을 배분하였고, 평가기준으로는 우수, 양호, 보통, 미흡, 불량으로 분류하였다(Table 3).

4. 평가항목에 대한 검증

평가항목에 대한 검증은 도로건설 관계자 102명을 대상으로 진행하였으며, 설문조사자의 비율은 발주자 54.9%, 설계사 11.8%, 건설사 13.7%, 감리사 4.9%, 생태복원전문가 7.8%, 시공담당자 3.9%, 기타 2.9%로 발주자(중앙 및 지자체 공무원, 정부투자기관)의 비율이 54.9%로 절반이상 비율을 차지하고 있다.

사후환경평가지표에 대한 설문조사 결과를 바탕으로 직업군에 따른 생태성, 안전성, 경관성에 대한 가중치 분석을 실시하였다. 설문조사 102부에 대하여 각각 항목에 대한 평가를 5점 척도로 분류하여 1.000기준으로 분석하였다.

가중치 산정 방식을 AHP분석 틀을 이용하였으며, 본 연구에서는 계층분석기법에 의한 적용방법에 한계가 있어 비교행렬의 적용방법으로 4점 척도로 평가하여 각 점수들을 총합한 다음 그에 따른 평균값을 대입하여 계산하였다.

생태성에 대해서는 식생피복상태 0.075, 외래도입초종의 피복상태 0.091, 목본류의 활성화 0.087, 초본류의 활성화 0.083, 위해종의 침입 0.087로 생태성은 총 0.503으로 분석되었다. 안전성은 탈락 및 붕괴 발생 0.069, 기초환경분석 0.081, 식생의 생육크기 0.088로 총 0.238이며, 경관성은 주변환경과의 유사성 0.082, 자연경관성 0.084, 특정종의 우점현상 0.093로 총 0.259

Table 4. Results of weight estimation using Analytic Hierarchy Process

	Question content	Results of weight estimation
Ecological	Vegetation cover state	0.075
	Exotic grasses cover state	0.091
	Revitalization of trees	0.087
	Revitalization of herbs and grasses(excluding exotic grasses)	0.083
	Vegetation structure	0.080
	Invasion of risky species	0.087
	Sub total	0.503
Stabile	Collapse and eroded spots	0.069
	Basic environment analysis	0.081
	Size of vegetation	0.088
	Sub total	0.238
Landscape	Similarity to the surrounding environment	0.082
	Natural scenery	0.084
	Dominance of specific species	0.093
	Sub total	0.259

로 분석되었다(Table 4).

IV. 결 론

본 연구는 사후환경평가 항목의 선정과 그에 따른 평가방안·점수배점을 도출하였다. 이를 토대로 비탈면 녹화공사의 진행에 따른 사후환경평가에 필요한 평가사항을 제안하고자 하였다.

본 연구를 통해 도출된 중요한 결과로는 첫째, 본 연구결과 도로건설로 인해 발생하는 깎기 비탈면에 효과적인 자연식생의 도입을 위해 시험시공 진행 외에도 본 공사에 대한 사후환경평가 평가가 진행되어야 지속적인 모니터링 및 관리에 의한 진정한 자연식생에 의한 회복 및 복원에 의미를 가지고 있다고 판단된다.

둘째, 현재 시험시공의 결과도출은 평가기준과 그에 따른 평가표가 제시되어 손쉽게 관리가 될 수 있으나, 사후환경평가 차원의 사후환경에 대한 평가는 시험 결과 평가기준과 배점으로 적용하도록 되어 있어 현실적으로 본 시공구간의 평가와는 맞지 않는 문제점을 가지고 있음으로 사후환경에 대한 평가방안(기준 및 평가표)이

필요하며, 사후환경에 대한 평가는 공사가 진행 중인 본 시공 구간이나 개통된 도로에서의 평가 항목으로 사용이 가능 할 것으로 사료된다.

셋째, 사후환경 평가에 대한 세분화된 구분은 녹화품질의 확보와 자연식생에 의한 비탈면의 안전성이 확보되어야 함에 따라 대분류상에 평가항목은 “생태성”, “안전성”, “경관성”으로 분류하고, 각 항목의 배점은 50점, 30점, 20점으로 하는 것이 바람직 할 것으로 사료된다.

넷째, 사후환경 평가에 대한 세부항목들은 기존의 시험시공 결과 도출을 위한 항목과 현장에서 확인 시 중요하게 생각하는 항목들로 세분화하여 총 12개 항목으로 분류하였다.

다섯째, 사후환경에 대한 평가의 중요성에 대한 설문확인 결과를 살펴보면, 안전성과 생태성에서는 “중요하다”라는 이상의 의견이 높은 반면에 경관성에서는 두 항목에 비해 다소 떨어지게 나왔는데, 이는 생태성과 안전성은 도로건설에 따른 관계자와 인접한 항목으로 도로의 안전성과 식생상태에 의한 하자여부 등 점검사항에 중요한 항목으로 판단된다.

향후, 체계적으로 도로공사 비탈면 녹화에 대

한 사후환경평가 적용방안에 관한 연구를 지역별로 진행된다면, 건설공사의 위치 및 지역을 고려한 맞춤형 평가방안의 제시가 가능할 것으로 판단된다.

또한 지역별 조사내용을 토대로 AHP분석을 실시할 경우 도로건설로 인해 발생하는 자연훼손지에 대한 복원방향의 모니터링이 효과적으로 이루어 질 수 있을 것으로 판단된다.

References

- Cho DG · Jeon GS · Shim YJ · Kim DH · Do JN and Park MY. 2015. A Study on the Mixing Ratio of Food Waste on Slope Re-vegetation Base Materials. J. Korean Env. Res. Tech. 18(6).(in Korean with English Abstract)
- Choi JY · Lee SH · Lee SA · Ji SY and Lee SH. 2016. Evaluation Method Development for Ecological Restorations by Damaged Types. J. Korean Env. Res. Tech. 19(1).(in Korean with English Abstract)
- Clewell A. F. and Aronson J. 2013. Ecological Restoration, Island Press.(in English)
- Jeon TS. 2008. Suggestions on improving revegetation method evaluation at 23 roadside slope test sites. Dankook University.(in Korean)
- Kim NC. 1997. Studies on effects of vegetations on revegetation of slopes and rehabilitation of slope-landscapes. Seoul University.(in Korean)
- Kim NC. 2016. The Study on the Selection of Revegetation Methods on Weathered Granite Cut-soil Slopes. J. Korean Env. Res. Tech. 19(2).(in Korean with English Abstract)
- Kim NC · Park B.S and Jho MH. 2010. Nature Restoration and Rehabilitation. Bo Moon Dang(in Korean)
- Lee BJ. 2005. An Analytical Study on the Revegetation Methods for Highway slope. Dankook University.(in Korean)
- Matlock, M. D. and Morgan, R.A. 2011. Ecological Engineering Design, Johe Wiley & Sons. Inc.(in English)
- Ministry of Construction & Transportation. 1997. How to conduct eco-friendly construction projects(in Korean)
- Ministry of Construction & Transportation. 2005. Design on Slopes Revegetation and Tentative Instruction on Construction Work(in Korean)
- Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs (MLTMA). 2009. Design and Construction guidelines for revegetation of the road cut-slope. (in Korean)
- Park YJ · Jeon GS · Cho DG · Shim YJ · Do JN · Park MY and Lee YH. 2016. The Mixing Ratio of Wood Waste on Slope Revegetation base Materials. J. Korean Env. Res. Tech. 19(4). (in Korean with English Abstract)
- Schiechtel and Hugo. 1980. Bioengineering for land reclamation and conservation, The University of Alberta Press.(in English)
- Seoul Regional Construction and Management Administration, 2007 An Evaluation Method for the Application of Environmentally Friendly Road Construction Guidelines for Ecological Road Construction(in Korean)
- Song JH · Yun CW · Cho YH and Kang HK. 2017. A Study on Vegetation Structure Changes between Natural land and Damaged land in Regional Ecological Network at Chungnam Provinc. J. Korean Env. Res. Tech. 20(2). (in Korean with English Abstract)
- Woo MB, 2003 Degraded environment environmental greening engineering. Seoul university press(in Korean)