

스마트하이웨이 경관평가를 위한 지표개발에 관한 연구

손원표, 강전용, 강영조

1. 연구의 개요

1. 연구의 배경 및 목적

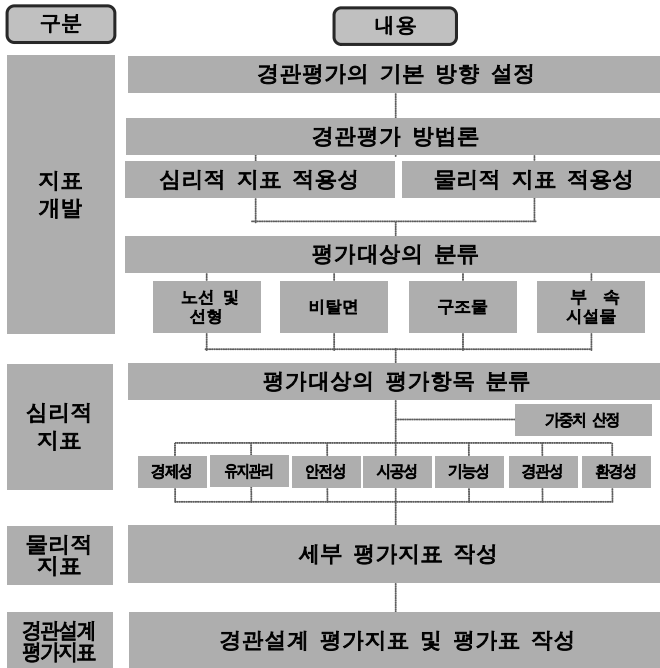
도로는 국토의 기반시설로서, 인간의 생활과 활동을 지원하는 사회기반 시설이다. 지금까지의 도로는 이동의 효율성이라는 하나의 기능만을 추구하고 있었다. 그러나 현재, 기존의 개발위주의 사상에서 벗어나 삶의 질을 높이는 인식의 전환이 활발히 일어나고 있는 실정으로 이러한 시대적 요구에 따라 도로설계분야에서도 환경친화적이며 쾌적한 도로경관을 제공하기 위한 도로설계를 지향하고 있는 추세이다.

이에 본 연구는 도로기술, IT기술, 자동차 기술이 융복합 되고 안전성, 이동성, 지능성, 정시성이 확보된 미래지형적 신개념 고속도로인 SMART Highway를 건설함에 있어 도로 이용자의 쾌적함을 배려한 도로경관을 계획하고자 도로 경관설계의 기본방향을 제시하고 바람직한 경관의 목표가 될 수 있는 도로경관의 평가지표 개발을 목적으로 한다.

또한, 경관의 평가와 결과분석이 손쉽게 이용되고 경관설계의 설계요소에 대해 정확한 평가가 이루어지는 것을 목표로 한다.

2. 연구의 내용 및 방법

도로 경관설계는 도로본체에 대한 평면 및 종단선형, 횡단면구성과 교량, 터널 등 도로요소와 주변 경관자원과 연계된 구조물 계획, 휴게소의 위치선정, 부속시설물 등 도로계획의 전반적인 범위를 포함한다.



〈그림 1〉 경관설계 평가지표 개발의 절차

교량과 터널, 도로의 부속시설물, 휴게소·톨게이트·영업소 등 연도시설에 대한 세부적인 경관계획, 조형계획, 색채계획, 재료계획 등에 대해서는 경관디자인분야로 구분하여 연구방향 및 범위를 본 연구에서는 포함하지 않았다.

지표의 개발에 앞서 체계적인 경관설계를 위하여 목표하고자 하는 경관의 기본방향을 설정하고 경관자원 요소에 의한 도로경관의 유형을 분류하여, 스마트하이웨이의 경관설계 기법을 제시하였으며, 평가지표는 수치화, 계량화가 가능하고 경관평가 시 실무자가 쉽게 평가할 수 있는 방법을 적용하였다.

II. 본론

1. 경관설계의 기본방향 설정

1) 쾌적한 경관의 제공-인간중심

주행중 운전자 시야의 범위는 차량의 속도에 가장 큰 영향을 받는다. 차량의 속도가 증가할수록 운전자의 초점거리는 멀어지고 시각범위는 줄어들기 때문이다.

그러므로 빠른 도로상에서 운전자의 주의를 끌기 위해서는 먼 거리에서도 인식되어질 만큼 조망대상의 규모가 커야한다는 것을 말한다.



〈그림 2〉 주행속도에 따른 운전자의 시각범위

차량의 속도가 빨라지게 되면 운전자는 좀더 먼곳을 바라보게 되고 상대적으로 가까운 측면 경관은 스치게 되므로 중경 또는 원경이 도로경관계획시 중요하게 고려되어야 한다.

쾌적한 주행을 지원하는 요소에는 이동수단인 자동차와 그 자동차가 달려 나아가는 도로의 선형, 목적지에 다다르기까지 운전자의 눈앞에 펼쳐지는 경관, 운전자의 심리적 요인 등을 들 수 있다. 주행 중에 차창으로 펼쳐지는 연속적인 내부경관들이 서로 어우러졌을 때 인상적이며 쾌적한 주행체험을 하게됨으로써 도로 공간이 경관적 쾌적성을 제공하게 된다.

2) 환경과의 조화-자연중심

환경과의 조화는 자연의 역사, 자원, 특성에 대한 존중을 말한다. 따라서 도로는 지형의 굴곡을 따라 도로의 선형을 위화감 없이 계획하고 절토, 성토로 인한 대규모 비탈면의 발생을 억제하거나 건설 후 자연복원이 이루어 질 수 있도록 계획하여 최대한 자연환경에 시각적으로 조화를 이룰 수 있도록 한다.

3) 세련된 디자인-도로중심

도로는 구조와 교통의 안전성이 확보된 선형이 매끄러운 형태로 대지를 장식할 때 아름다워 보인다.

도로가 세련된 모습을 갖추기 위해서는 도로본체의 선형뿐 아니라 도로 위에 건설되는 교량, 터널, 비탈면, 부속시설물 등 도로 구성요소의 형태, 소재, 색상 등이 지형적 조건과 조화를 이루는 디자인적 감각이 함께 고려되어야 한다.

2. 도로경관의 유형에 따른 경관계획

도로경관은 경관자원 요소의 특성에 따라 크게, 자연경관, 인공경관으로 구분하였으며 자연경관은 녹지경관과 수변경관으로, 인공경관은 역사문화경관과 생활경관으로 세분하였고, 경관계획시는 도로경관의 유형에 따른 특성을 살린 계획의 반영으로 개성있는 도로경관을 창출하여야 한다.

〈표 1〉 경관자원 요소에 의한 경관도로 유형

구분		세부요소
자연 경관	녹지경관	· 산악지역(산림·계곡) · 전원지역
	수변경관	· 하천지역 · 호수지역 · 해안지역
인공 경관	역사문화 경관	· 사적지역 · 전통취락지역 · 문화지역
	생활경관	· 마을(주거)지역 · 위락지역

3. 설계요소별 경관설계

1) 노선선정

노선의 선정은 어떠한 지형구조에서 어떠한 도로지형이 들어가면, 어떠한 상호관계에서, 어떠한 도로경관이 출현하는가? 등의 질문을 경관요소와 계획도로와의 관계에서 관점이 모색되어야 한다.

따라서, 노선선정은 지역경관과의 조화를 최우선으로 고려해야 하며, 지역의 경관질서를 흐트리지 않고 지역 경관속에 융화되도록 하며, 자연적 경관자원과 인공적 경관자원을 활용하거나 현재와 미래, 계절적 경관의 변화도 고려하여 계획한다.

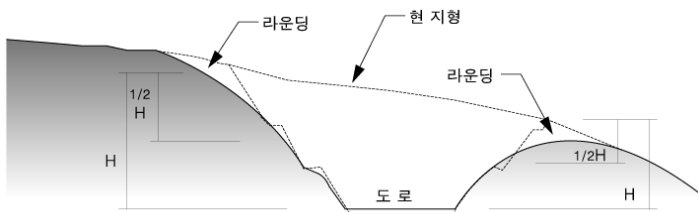
2) 선형계획

선형계획 단계에서는 평면 및 종단선형의 조화와 횡단구성 등을 종합적으로 고려하여 적절한 변화와 신축성 있는 도로경관이 확보되는 선형을 계획한다.

지형적 특성과 내·외부경관을 고려한 고저 분리선형을 검토하며 운전자의 지루함과 생체적 리듬도 고려하여 구간별 연속경관을 연출하여 시각적 흥미를 유발시키는 경관의 변화를 제공한다.

3) 비탈면 계획

규모가 큰 비탈면의 발생이 예상되는 지역은 노선을 우회할 수 있는지를 고려해야 하며 상·하행선을 분리하는 방식도 검토해야 한다.



〈그림 3〉 횡단 라운딩(사례)

발생된 비탈면은 법면에서 생기는 압박감을 완화하고 자연지형과의 조화 및 내부경관의 쾌적한 환경을 확보하여야 한다. 이는 비탈면의 분할, 축소, 라운딩, 기울기 완화 등의 공법을 적용하는데, 토공사의 기준치보다 경사면을 완만하게 조성하여 운전자의 안정감 확보, 기존 식생의 정착을 기대할 수 있다.

4) 교량

교량은 그 자체가 상징성이 크며, 지역의 관문역할을 하기 때문에 경관적으로 대단히 중요한 요소이다. 도로내에서 운전자가 심리적으로 시선의 차단과 불연속감을 가지 않도록 고려해야 하며, 도로 외부에서는 교량이 지녀야 할 디자인적 아름다움을 고려해야한다.

교량의 형식선정에 있어서는 교량 주변의 지형과, 지역의 스케일에 조화되며, 상부구조와 교각 등의 경관비, 경관 순응형, 구조물 강조형으로 구분하여 적용해야한다.

5) 터널

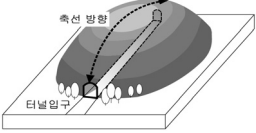
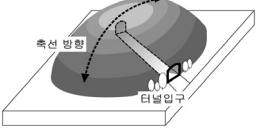
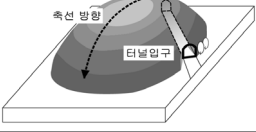
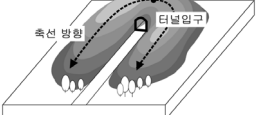
운전자는 주행시 전방에 나타난 절개지를 마치 자신의 몸으로 들이받는 듯한 가상적 경험을 하게된다. 때문에 도로를 따라 터널로 이동하며 발생하는 심리적 문제와 도로안전상의 문제가 중요하게 고려해야한다.

또한 터널은 압박감과 긴장감 등의 심리적 완화와 안전성뿐 아니라 명암 순응, 터널의 형식 등의 문제를 종합적으로 고려해야 한다.

터널은 지형적 입지에 따라 터널의 길이와, 절개면, 갱구부, 갱문의 형식이 결정되기 때문에 위치선정에 대한 고려가 필요하다.

산(지형)과 터널축선과의 관계에서 위치적 유형은 <그림 4>와 같이 4가지로 분류할 수 있다.

터널 갱문은 재해 발생 및 지형 변화의 최소화와 자연복원을 고려해야하며, 절개지역의 기상 및 지질조건 등을 면밀히 검토하여 비탈면 붕괴 등 재해발생을 대비한 갱문형식을 선정하여야 한다.

구분	형식	특징
선상형		<p>절토량이 적어 자연훼손율이 적다. 비교적 완만한 경사면에 위치하여 운전자의 압박감이 적다.</p>
가로 지름형		<p>비대칭 경사면의 발생으로 안정성을 위해 인공구조물 도입이 불가피하여, 운전자는 옹벽과 벽면으로 인한 이질감을 느낄 수 있다.</p>
모서리형		<p>산의 축선과 예각으로 교차하기 때문에 구간이 길어질 수 있으며, 골짜기 쪽은 토피가 얇아 안전에 주의하여야 한다.</p>
사이길형		<p>경사가 완만한 계곡지역은 절토량과 주변경관변화 등이 적지만, 경사가 급한 계곡지역은 절토량과 주변경관변화가 크다.</p>

〈그림 4〉 터널의 지형적 입지에 따른 분류

6) 도로의 부속시설물

(1) 표지판

표지판은 그 수량을 최소화하여 적정하고 알맞은 정보만을 전달할 수 있도록 표지판의 형태를 명료하고 심플하게 제작하여 시각적으로 인식하기 쉽게 계획하고 일정한 간격으로 설치하며, 필요시에는 조명시설을 설치하여 야간에도 쉽게 보일 수 있도록 한다.

(2) 방음벽

방음벽은 우선 최소한의 설치를 고려 해야하고, 설치 시에는 도로 내·외에서 압박감, 폐쇄감, 번잡감이 적도록 해야 한다. 또한, 운전자의 조망성 확보를 고려하여 조망이 좋은 고가도로나 경관이 수려한 지점에서는 투명한 방음벽을 이용하며, 형식에 따라 지역특성 및 주변과의 조화를 위한 색채를 적용한 방음벽도 고려한다.

(3) 휴게소

휴게소는 노선의 성격, 이용자의 요구, 현재 및 장래의 이용도 등을 분석하여 규모와 성격을 결정하고 주변경관과 조화를 이루되 시인성이 높아 눈에 잘 띄는 지역을 선정한다. 또한 기존수림, 지형, 수자원 등을 적극적으로 보존하여 휴게소가 이용자들에게 훌륭한 전망을 제공할 수 있도록 고려한다.

(4) 영업시설

톨게이트는 지역의 첫 이미지를 부여하는 관문역할을 하므로 무엇보다 지역의 특성을 고려한 상징적인 시설로 계획되어야 한다. 또한, 유일하게 도로 내에서 저속도 운행구간으로 원경, 중경, 근경에 대해 고려해야 하며 캐노피의 높이를 확보하고 기둥의 무게감을 줄여 개방감과 조망권을 확보한다.

4. 경관설계 평가지표의 개발

1) 지표의 수집방법

경관은 우리의 눈에 직접적으로 보여지는 경관자원과 경관을 체험한 뒤 나타나는 경관반응으로 구성되어진다.

경관평가는 쉽게 말해 경관자극과 반응을 함수관계로 설정하여, 그것들의 상관관계를 도출하는 것이다. 아름다운 경관, 즉 선호도 높은 경관의 반응을 얻기 위해서는 경관반응에 가장 큰 영향을 미치는 경관 자극요소를 조작, 계획하는 것이라 할 수 있다.

목적에 맞는 경관계획을 위해서는 경관자극과 경관반응을 각각 적합한 지표로 설정하여 그 지표를 계측한다. 이러한 경관평가의 지표는 경관반응의 심리적 지표와 경관자극의 물리적 지표로 나눌 수 있다.

〈표 2〉 경관의 반응과 자극과의 관계

$R = f(S)$ <p>R:경관 반응(경관평가의 심리적 지표) S:경관 자극(경관평가의 물리적 지표)</p>

(1) 심리적 지표

경관평가의 목적은 어떤 경관을 사람들이 아름답다고 생각하고 선호하는 지를 연구하는 것이다. 따라서 경관선호는 도로경관에서 목표하는 경관 반응이며 이는 심리적 지표로 분석, 정의 될 수 있어야 한다.

심리적 지표의 수집 방법은 의미측정법, 순위조사, 리커트 척도법, AHP 법, SBE법, 쌍체비교법 경제학적 측정 방법 등이 있다.

<표 3> 심리적 지표 수집 방법 및 적용성

경관지표 추출수법	평가자	용이성	스마트 하이웨이 경관평가의 적용여부
의미분석법	비전문가	어려움	-
순위조사, 리커트조사	비전문가	어려움	-
AHP법	전문가	어려움	· 정성적 요소의 정량화 가능
SBE방법	비전문가	어려움	-
쌍체비교법	비전문가	어려움	· 우열성 계측 가능
경제학적 분석	비전문가	어려움	-
경관영향평가법	전문가	쉬움	· 자유기술법의 평가기법 적용가능
경관카르테법	전문가	쉬움	-

(2) 물리적 지표

경관의 평가와 관련 있는 경관의 물리적 지표 추출은 눈앞의 경관을 분류하고 또 그것을 수량화하는 것으로 경관 평가의 물리적 지표로서 경관을 분류, 계측할 때는 눈앞에 펼쳐지는 연속적인 경관의 체험은 정지된 장면의 연속이라고 하는 전제가 우선시되어야 한다.

<표 4> 물리적 지표 수집 방법 및 적용성

경관지표 추출수법	특징	스마트 하이웨이 경관평가의 적용여부
장면구성 요소	· 사진 장면을 구성하는 경관을 요소 (항목)별로 분류	-
재현법	· 화면을 순간(3초) 제시한 후, 이를 재 현(그림, 또는 구술)	-
설계요소	· 설계 체크리스트 항목을 경관구성 요소로 추출	· 경관설계의 검토와 개선에 적용가능

2) 지표의 추출

(1) 심리적 평가지표 추출

심리적 평가지표는 물리적 평가지표의 평가 정도에 따라 그 만족도를 측정한다. 경관의 만족도는 경관을 평가할 수 있는 경제성, 유지관리, 안전성, 시공성, 기능성, 경관성, 환경성의 7가지의 평가항목으로 지정하였으며 전문가들의 설문을 통해 쌍체비교법, AHP법을 이용하여 그 특성에 맞게 우열성에 따라 가중치를 부여하였다.

<표 5> 상체비교를 통한 설문조사 양식

노선선정 및 선형계획										
비교 항목	극히 중요	매우 중요	중요	약간 중요	동등	약간 중요	중요	매우 중요	극히 중요	비교 항목
경제성	9	7	5	3	1	3	5	7	9	유지관리
경제성	9	7	5	3	1	3	5	7	9	안전성
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
기능성	9	7	5	3	1	3	5	7	9	환경성
경관미	9	7	5	3	1	3	5	7	9	환경성

<표 6> 의사결정요소의 상대적 중요도 계산(사례)

$$\text{행렬 곱 : } (AB)_{ij} = \sum_k A_{ik} B_{kj} (AB)_{ij}$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 1/3 & 1/2 \\ 3 & 1 & 3 \\ 2 & 1/3 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 1 & 1/3 & 1/2 \\ 3 & 1 & 3 \\ 2 & 1/3 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 & 5/6 & 2 \\ 12 & 3 & 15/2 \\ 5 & 4/3 & 3 \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} 35/6 \\ 135/6 \\ 56/6 \end{pmatrix}$$

'쌍대비교 행렬 곱 수행결과' 행렬의 각 열의 합

$$\begin{matrix} 6 \\ /6 \\ 6 \end{matrix} \rightarrow \begin{pmatrix} (35/6) / (226/6) = (35/226) = 0.15 = a_1 \\ (135/6) / (226/6) = (135/226) = 0.60 = b_1 \\ (56/6) / (226/6) = (56/226) = 0.25 = c_1 \end{pmatrix}$$

→ 상대적 중요도(중요도 합은 1)

쌍체비교 행렬은 표 6과 같이 자체적으로 행렬 곱을 연산해서, 상호 중요도를 수학적으로 도출할 수 있는 행렬로써, 결과값으로는 0에서 1사이의 숫자가 나오는데, 이것은 전체 합이 1이 되는 상대적 가중치가 된다.

〈표 7〉 평가항목에 따른 가중치 산출 결과

구분	경제성	유지관리	안전성	시공성	기능성	경관성	환경성
가중치	0.084	0.085	0.278	0.073	0.127	0.150	0.203

(2) 물리적 평가지표 추출

물리적 평가지표는 운전자의 시각적 특성, 경관자원의 유형에 따른 노선의 성격, 횡단면의 구성, 구조물 계획 등 실무자가 현장에서의 경험 및 이론을 바탕으로 쉽게 적용할 수 있도록 설계요소를 서술화하여 체크리스트형식으로 작성 한다.

Ⅲ. 결론

스마트하이웨이 경관의 체계적인 평가를 위해 우선 평가대상을 도로의 설계요소인 노선 및 선형, 비탈면, 구조물, 부속시설물로 구분하였다. 이렇게 구분된 평가대상을 다시 경제성, 유지관리, 안전성, 시공성, 기능성, 경관성, 환경성 등 7가지를 평가항목으로 구분하여 심리적지표로 설정하였으며, 전문가 및 실무자의 설문을 통해 쌍체비교법, AHP모델을 이용하여 그 특성에 맞게 우열성에 따라 가중치를 부여하였다.

평가지표는 운전자의 시각적 특성, 경관자원의 유형에 따른 노선의 성격, 횡단면의 구성, 구조물 계획 등 실무자가 쉽게 적용할 수 있도록 표8.과 같이 설계 체크리스트 항목을 설계요소로 추출하여 평가지표로 제시하였으며 자유기술 공간을 만들어 전문가의 의견을 수용할 수 있도록 하였다.

또한 전문가 및 실무자의 경험이나 도로의 특성 및 유형구분에 따라 평가지표 항목을 변경·추가하여 작성할 수 있도록 하였다.

본 연구는 스마트하이웨이 경관설계의 평가를 위한 지표의 개발로 다양한 경관평가방식을 고려하여 정량적이면서 구체적인 평가방법을 기술했다는 것에 의의를 가지며, 도로 경관설계 평가지표와 더불어 시설물 경관디자인 평가지표를 적용한 스마트하이웨이 경관·디자인 평가지표를 정립하여 향후 고속도로 경관평가 시 유용하게 이용될 것으로 기대된다.

<표 8> 경관설계 평가지표 및 평가표(노선 및 선형 계획, 예)

평가 항목	가중치	평가지표	아니다-그렇다					평가 기술
			1	2	3	4	5	
경제성	0.084	공사비 측면에서 유리한가						
		유리관리비용 측면에서 유리한가						
		장래 경제적 편익이 발생하는가						
	계							
유지관리	0.085	유리관리는 용이한가						
		구조물 설치(교량, 터널)의 비중이 많은가						
계								
안전성	0.278	선형은 기하구조 기준에 적합한가						
		운전진행방향의 도로 형태를 예측할 수 있는가						
		운전에 위압감을 주는 요소가 발생하는가						
		급경사구간이 발생하는가						
		급커브구간이 발생하는가						
		비탈면의 발생은 최소로 하였는가						
		지형적 특성으로 인한 노면결빙이 발생하는가						
		안개가 빈번하게 발생하는 지역인가						
	공사중 기존도로에 대한 안전은 확보되는가							
계								
시공성	0.073	장대교량 및 고교각이 발생하는가						
		교량형식은 시공이 용이한가						
		특수공법이 적용되는가						
		장대터널이 발생하는가						
		터널 갱구부의 시공은 용이한가						
		지질학적으로 터널 굴착은 용이한가						
		비탈면의 사면안정공법은 시공이 용이한가						
		연약지반으로 인한 시공성은 용이한가						
		공사현장에서의 진입은 용이한가						
		가도 및 가교의 설치가 용이한가						
	공사중 민원대책 수립은 가능한가							
계								
기능성	0.127	도로특성에 맞는 선형계획인가						
		운전자의 핸들조작은 용이한가						
		이동성은 용이한가						
	접근성은 용이한가							
계								

평가 항목	가중치	평가지표	아니다-그렇다					평가 기술
			1	2	3	4	5	
경관성	0.150	주행시 자연 경관자원을 즐길 수 있는가						
		평면 및 중단선형이 지형과 조화로운가						
		도로가 주변 지형 및 토지 이용과 조화로운가						
		특정적 지형 및 랜드마크의 조망이 가능한가						
		경관지역의 조망이 잘 되는 지점을 다수 확보하는가						
		상하행선 분리선형으로 인한 조망권을 확보하는가						
		경관 우수지역에 휴게소 설치 가능한가						
		일정구간 주기적인 경관연출이 가능한가						
		외부경관은 지역/지형과 조화가 잘 되는가						
		교량의 형식은 지역/지형과 조화가 잘 되는가						
		터널은 지형 등을 고려 적절한 위치에 설치되었는가						
		터널의 갱문형태는 지형변화를 최소화하는가						
		계						
환경성	0.203	법률에 의해 보호구역으로 지정된 지역인가						
		학술적, 문화적 자연환경보전가치가 있는 지역인가						
		생태·자연도 등급 권역 지정구역인가						
		자연 생태에 가까운 해안·하천·호소·강하구인가						
		연도부의 생활환경에 영향을 미치지 않는가						
		소음·대기질 등이 지역에 영향을 미치지 않는가						
		도로건설이 자연 생태계에 영향을 미치지 않는가						
		법적 보호종에 대한 보전은 가능한가						
		지형의 보전을 위한 잔교가 적절히 배치되었는가						
		생태통로는 적절히 설치되었는가						
		도로 개설로 지역 분단이 일어나지 않는가						
		계						
		총계						

참고문헌

1. 국토해양부(2007), 경관도로 조성 기본계획 수립 연구.
2. 국토해양부(2008), 경관도로 정비사업 업무편람.
3. 건설교통부·환경부(2006), 환경친화적 도로건설 지침.
4. 건설교통부·환경부(2004), 환경친화적인 도로건설 편람.
5. 건설교통부(2001), 경관우수지역의 보전방안에 대한 연구.

6. 환경부(2000), 경관평가기법 개발에 관한 연구.
7. 채미옥(1982), 시지각특성을 기초로한 도로경관계획 기법에 관한 연구, 서울대.
8. 손원표(2006), 아름답고 새로운 도로공학 원론.
9. 일본 : 도로경관연구회, 도로환경연구소(1988), 도로경관정비 추진방법-도로경관정비 매뉴얼(Ⅰ)(Ⅱ).
10. 일본 : 財団法人道路環境研究所(2005), 도로의 디자인(道路のデザイン).
11. 일본 : 樋口忠彦(1975), 景觀の構造, 技報堂.



손원표



강전용



강영조