■ 論 文 ■

도로절토사면(절개면)의 경관평가를 위한 요인분석 및 LISREL 모형구축

Factor Analysis and LISREL Model Development
for Landscape Estimation on The Road Cutting Slope Area

지 길 용
(명지대학교 교통공학과 박사과정)

박 일 동
(명지대학교 교통공학과 석사과정)

임 성 빈
(명지대학교 교통공학과 교수)

금 기 정
(명지대학교 교통공학과 교수)

목 차

Ⅰ. 서론
1. 연구의 배경 및 목적
2. 연구의 필요성
3. 관련문헌 검토
Ⅱ. 연구의 개요 및 방법
1. 연구개요
2. 설문항목의 신뢰성 검정
Ⅲ. 분석결과
1. 선호도 분석
2. 요인분석을 위한 기초분석
3. 요인분석
4. LISREL모형 구축
Ⅳ. 결론 및 향후연구과제
참고문헌

Key Words : 경관평가, 도로절토사면(절개면), 선호도분석, 요인분석, LISREL 모형

요 약

우리나라는 전 국토의 약 74%가 산지로 되어있어 도로건설에 따라 산지부 통과가 필연적이며, 이에 따라 터널이나 절토사면(절개면)과 같은 도로구간이 발생한다. 절토사면의 경우, 전국 24개 노선 총 연장 900km에 대한 조사 결과에서는 약 2,400 개소의 절토사면이 있는 것으로 나타나 도로 1km당 평균 2.7개소의 많은 절토사면이 조성된 것으로 파악되었다. 도로의 절토사면은 붕괴사고 등과 같은 안전이 무엇보다 중요한 요소이나 도로의 질적수준 지향에 따라 운전자에게 쾌적한 도로경관도 점차 그 중요성이 부각되어 다양한 공법이 도입·적용되고 있고, 최근에는 도로설계단계에서 도로경관에 관한 수요와 요구가 급증하고 있다.

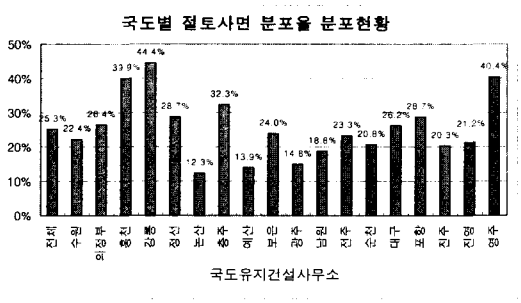
따라서 본 연구에서는 도로의 경관을 구성하는 중요한 요인중 하나인 절토사면을 대상으로 기존에 연구된 관련연구를 검토함과 동시에 실제로 현장에서 적용되고 있는 10개 공법별로 도로경관을 구성하는 핵심요소를 요인분석을 통하여 분석하여 경관구성의 결정요인을 파악하였다. 그리고 경관평가를 구성하는 정성적 특성을 반영하여 LISREL(공분산구조분석)모형을 구축하여 모형에 내재되어 있는 측정오차와 변수간의 관계를 파악함으로써 요인상호간의 관계를 고려한 경관평가와 분석이 가능하도록 하였다.

Ⅰ. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

개발위주정책의 제1~3차 국토종합계획에 따른 우리나라의 도로는 국토의 70% 이상이 산악지형임에 기인하여 절토사면을 갖는 산지부도로가 비례적인 비중을 차지하고 있다. 건설교통부가 발행한 「도로 절개면 유지관리 시스템 개발 및 운용 Ⅲ」(2001)[1]에 따르면 조사대상 전국 국도 24개 노선, 총연장 900km에 분포하는 절토사면은 총 2,384개소에 이르고, 이를 환산하면 국도 50km당 평균 132개소, 전국일반국도 총 절토사면의 추정 수(數)로는 33,000개소에 해당하는 것으로 절토사면당 평균연장은 약 90m로 나타났고, 평균 분포율은 25.3%로 적지 않은 수의 절토사면이 존재함을 알 수 있다.

그러나 제4차 국토종합계획에서부터는 개발위주의 정책에서 벗어나 국민 삶의 질을 높이는 친환경적인 국토종합계획으로 방향이 전환됨에 따라 도로의 건설계획에서도 환경분야의 중요도가 증가하고 있고, 이러한 배경을 바탕으로 경관을 고려한 도로경관설계의 필요성도 대두되고 있다. 도로경관의 평가는 계획단계에서부터 시작하여 설계, 시공, 공용기간까지 일련의 과정에서 고려되어야 하고 객관적 관점에서의 평가기준이 마련되어야 한다. 도로가 교통시설 공급이라는 측면도 만족시켜야 하지만 공용기간 동안에는 경관적인 측면에서도 만족스러운 도로시설이 되어야 할 필요성이 있는 것이다. 이러한 필요성에 따라 도로의 경관이 고려된 도로건설이 되었는지 평가하는 잣대가 필요하다. 도로경관의 평가는 위치나 도로형상, 조건에 따라서 평가의 기준이 달라, 경관을 구성하는 요인을 파악하고 평가할 수 있는 방법을 모색하는 것은 향후 도로의 질적수준향상에 직접 연결된 중요한 과정이다. 특히, 절토사면의 경우 기존 자연조건을 인공적으로 처리하는 과정을 동반함으로써, 안전성과 친환경성, 경관 등 다양한 관점에서의 대응이 요구된다.



〈그림 1〉 국도별 절토사면 분포율 분포현황

본 연구에서는 도로의 경관을 구성하는 중요한 요인중 하나인 절토사면을 대상으로 기존에 연구된 관련연구를 검토함과 동시에 실제로 현장에서 적용되고 있는 10개 공법별로 도로경관을 구성하는 핵심요소를 요인분석을 통하여 분석하여 경관구성의 결정요인을 파악하였다. 그리고 경관평가를 구성하는 정성적 특성을 반영하기 위하여 LISREL(공분산구조분석)모형을 구축하여 모형에 내재되어 있는 측정오차와 변수간의 관계를 파악함으로써 보다 요인상호간의 관계를 고려한 경관평가와 분석이 가능하도록 하였다.

2. 연구의 필요성

근래에 들어 국민생활이 풍요로워지고 국민의 욕구도 다양화하여 도로에 대해서도 풍요로운 환경을 추구하는 경향이 두드러지고 있다. 이에 일본에서는 십수년 전부터 경관을 고려한 도로정비를 단기 도로정비계획에 있어 주요과제로 삼기까지 하였다. 우리나라에서도 도로의 환경에 대한 관심의 목소리가 높아지고 그 대응방안의 마련이 시급하나, 경관에 대한 체계화된 개념과 방법, 기술 등이 부족한 실태이다. 실제로 조경학 부문에서는 그 동안 심심치 않게 다루어져 온 분야이지만, 토목분야에서는 미지의 분야에 속한다. 따라서 본 연구는 토목분야에서의 경관에 대한 고려를 할 수 있는 기초연구로서, 경관에 대한 중요성을 인지하고 체계화된 경관 연구를 수행하는데 있어서 필요한 기본적 분석기법에 주관심을 두었다.

3. 관련문헌 검토

국내연구는 경관구성요소의 면적비에 따른 선호도 연구와 조경적 처리를 중심으로 한 연구가 주류를 이루고 있다. 그 예로 정대영(1995)[11]은 청주시 주진입로를 대상으로 시각적선호도가 도로, 가로수, 건물 그리고 하늘로 구성된 요소와 관련되어 있음을 제시하였고, 최종섭(1991)[13]은 경인고속도로의 구조물 시각적 질감의 개선을 위한 적극적인 조경적 처리와 이

용에 초점을 두고 연구하였다.

국외연구에서 瀧田陽一[15]은 도로주변의 절토사면을 대상으로 공법의 차이에 의한 건설비와 사면의 경관평가와의 관계를 규명할 목적으로 연구하였고, 深堀清隆·瀧田陽一·政本英一[18]은 도로의 노선선정단계에서 경관시스템의 구상을 미리 평가하는 공법을 도입하여 노선선정에 있어 경관측면에서 평가하는 공법의 확립을 목적으로 연구하였다.

그러나 위에 나열된 선행연구에서는 주로 조경학적 관점에서 전체적인 도로경관에 초점을 맞추거나 경관평가모델 구축시에 일반적인 회귀분석을 사용하여, 정성적인 평가로 이루어지는 경관평가의 측정오차를 반영하지 못한 문제가 있다.

II. 연구의 개요 및 방법

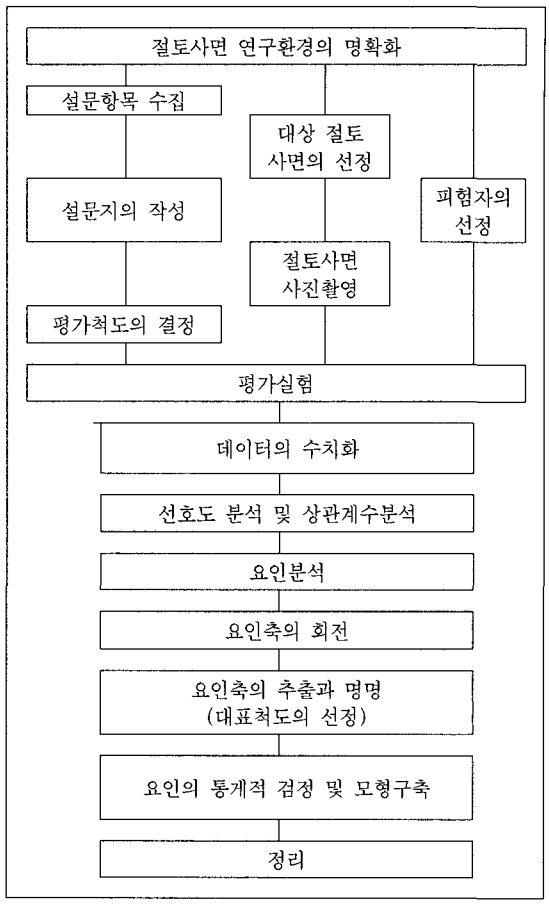
1. 연구의 개요

1) 연구의 개요

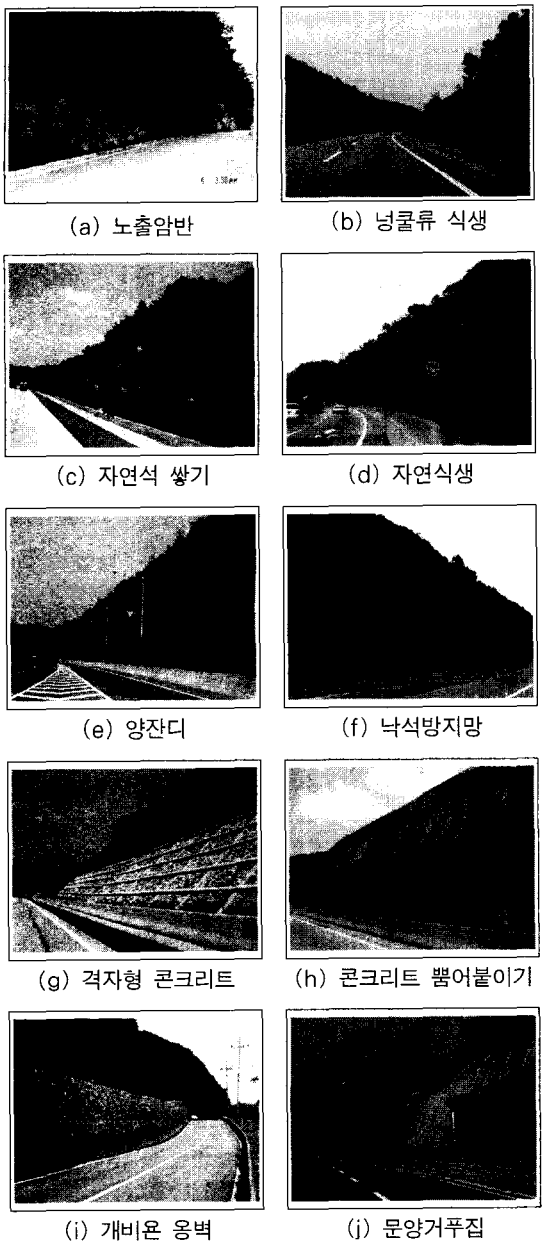
본 연구에서는 도로 절토사면 경관이 주행중인 운전자에게 영향을 주는 요인을 파악하기 위하여 디자인, 환경성, 그리고 사면의 안정성과 관련된 항목으로 12가지를 추출하고, 10가지의 대표적인 도로 절토사면의 사면처리공법을 선정하였다. 이에 따라 10가지 대표적 도로 절토사면별로 12가지 항목에 대한 주관적인 평가를 양호(1점)와 불량(7점)의 7점 리커트척도(Likert Scale)로 나타내 그 결과를 SAS를 이용하여 분석하였다. 설문지의 마지막 부분에서는 선호도분석을 위한 자료를 얻기 위하여 사면처리공법별로 총체적인 경관미를 질문하는 문항을 추가하여 구성하였다. 요인분석결과로 추출된 요인들을 이용하여 잠재변수(요인)들 간의 구조적인 관계를 파악하기 위한 LISREL(공분산구조방정식)모형을 구축하여, 피실험자 개개인의 정성적인 평가로 이루어지는 일반적인 경관평가의 결과를 도출하는 데에서 비롯되는 측정오차를 파악하였다. 전체적인 연구의 흐름은 〈그림 2〉과 같다.

2) 연구의 방법

본 연구에 사용된 경관매체는 〈그림 3〉으로 2002.05월~2002.10월에 걸쳐 무주-대전간 고속도로, 천안-논산간 23번 국도 등에서 수집한 사진과 동영상 중에서 현재 시공된 도로 절토사면을 대표할 수 있다고 판단되는 10가지 공법별 사례를 선정하였다. 경관형용사는 관련문헌과 두 차례에 걸친 예비실험(Delphi 실험)을 통하여 최종적인 경관형용사를 선정하여 설문항목을 구성하였다. 이러한 과정을 통해 얻은 조사내용은 현재 운전을 하고 있는 일반 운전자(일반인그룹) 50명과 현재 토목설계분야의 실무를 담당하고 있는 도로설계자(전문가그룹) 37명을 대상으로 조사를 실시하였다. 설문시에는 경관매체의 현장감을 살리기 위해 사진과 동영상을 동시에 제시하였으며, 피실험자에게 보여주는 평가거리는 화면크기에 비례한 Shepperd (1989)[22]의 삼각함수공식 평가거리 $= \frac{1/2\times(\text{사진의가로폭})}{Tan(1/2\times\text{사진의화각})}$ 에서 계산된 약 2.4m에서 평가하도록 하였다. 이렇게 평가된 데이터는 수치화(리커트척도 점수)시켜 두 그룹의 절토사면 처리공법별



〈그림 2〉 연구 흐름도



(a) 노출암반 (b) 넝쿨류 식생

(c) 자연석 쌓기 (d) 자연식생

(e) 양잔디 (f) 낙석방지망

(g) 격자형 콘크리트 (h) 콘크리트 뿜어붙이기

(i) 개비온 옹벽 (j) 문양거푸집

〈그림 3〉 대표적인 10가지 도로절토사면 경관
(1~5 : 자연적사면처리, 6~10 : 인공적사면처리)

선호도를 분석하고 이와 함께 변수간 상관분석과 요인분석(Factor analysis)을 실시하였다.

2. 설문항목의 신뢰성 검정

〈표 1〉과 같이 선정된 도로절토사면의 경관을 표현하는 변수들이 경관의 만족도를 평가하기 위한 내적 일관성을 가지고 있는가를 밝혀내기 위하여 신뢰도 검정을 위한 신뢰도 계수 Cronbach α[1]의 검정을 실시하였다. 그 결과 12개 변수에 대한 신뢰도 계수 Cronbach α는 0.8186이며, 변수들을 표준화시킨 뒤의 신뢰도 계수는 0.8301로 계산되어 매우 높은 수준의 신뢰도를 나타내 경관평가를 나타내는 설명력이 있는 것으로 파악되었다.

〈표 1〉 도로절토사면 경관요인 평가를 위한 설문문항

정의	정의에 따른 내용
안정성	· 도로절토사면을 보면 편안한 느낌이 든다
안전성	· 도로절토사면은 낙석방지책이 필요하다
시야성	· 도로절토사면은 시야가 넓어 보이는 효과가 있다.
자연보호성	· 도로절토사면은 자연환경이 훼손되지 않았다.
복원성	· 도로절토사면은 시간이 흐르면 자연적으로 복원된다.
비인공성	· 도로절토사면은 인위적인 느낌이 전혀 없다.
질감성	· 도로절토사면은 재질감이 좋다.
특징성	· 도로절토사면은 독창적이며 특성을 갖고있다.
가변성	· 도로절토사면은 사계절 좋은 미관을 연출할 것이다.
간결성	· 도로절토사면은 정돈되어 깔끔해 보인다.
주행성	· 도로절토사면은 기분 좋은 주행을 돕는다.
쾌적성	· 도로절토사면은 도로환경을 개선해 상쾌한 느낌이 든다.
총체미	· 도로절토사면의 전체적인 경관미가 좋다.

$$\alpha = [\, k/(k-1) \,]\, [\, 1 - (\Sigma\, \sigma_i^2)/\, \sigma_x^2] \qquad (1)$$

K : 문항의 수
σ_i^2 : 문항 i의 분산
σ_x^2 : 총점수의 총분산

신뢰도 검정결과인 〈표 2〉의 안전성변수의 상관계수 부호가 음(-)으로 나온 것은 설문항목이 주는 의미가 다른 문항과는 다르게 낮은 점수의 응답이 '부정', 높은 점수의 응답이 '긍정'임을 나타내도록 만들어 졌기 때문이라 판단된다. 이와 같은 이유로 음(-)의 관계가 나타났고, 신뢰도 계수는 0.8이상으로 신뢰할 수 있는 수치가 도출되었다.

〈표 2〉 설문문항에 대한 신뢰도 검정

변수	원데이터 변수		표준화된 변수	
	합계와의 상관계수	α 계수	합계와의 상관계수	α 계수
안정성(x1)	.6167	.7923	.6322	.8055
안전성(x2)	-.2370	.8673	-.2474	.8708
시야성(x3)	.3795	.8129	.3937	.8248
자연보호성(x4)	.5434	.7986	.5268	.8142
복원성(x5)	.5110	.8016	.4940	.8169
비인공성(x6)	.4655	.8058	.4478	.8206
질감성(x7)	.6352	.7917	.6490	.8041
특징성(x8)	.4083	.8103	.4250	.8224
가변성(x9)	.6993	.7846	.7008	.7997
간결성(x10)	.4398	.8078	.4642	.8193
주행성(x11)	.7194	.7863	.7345	.7968
쾌적성(x12)	.7201	.7858	.7332	.7970

N of Cases : 870.0
N of Items : 12
Alpha : 0.8186(표준화 : 0.8301)

Ⅲ. 분석결과

1. 선호도 분석

두 그룹(일반인&전문가)의 분류에 따른 10가지 공법에 대한 선호도를 분석하기 위해서 설문지에 절토사면의 총체적인 경관미를 묻는 문항을 삽입하였다. 이 문항에 의해 표출된 피실험자의 선호도(리커트척도 점수)는 아래와 같이 선호도의 리커트척도 산술평균점수로 분석되었다.

$$Pa=\frac{\sum_{i=1}^{N} P}{N} \quad (2)$$

Pa : 선호도 평균점수
P : 선호도 점수
N : 설문응답자수

〈표 3〉에서 보여주는 결과로 다음과 같은 것들을 알 수 있었다. 첫째, 일반인 그룹과 전문가 그룹 모두 자연적 사면처리의 공법은 대부분 긍정적 의미의 선호를 나타내는 점수(2~4점 사이) 분포를 나타냈고, 인공적 사면처리의 공법은 부정적 의미의 선호를 나타내는 점수(3~6점) 분포를 나타내 두 그룹 모두 자연적 사면처리를 더 선호함을 알 수 있다.(점수가 낮을수록 긍정적인 응답임) 둘째, 절토사면별 선호도 평균획득점수에 따라 순위를 분류한 결과 전문가 그룹은 1)자연석처리, 2)넝쿨류 식생처리, 3)자연식생처리 순으로 선호하고, 반면 일반인 그룹은 1)넝쿨류 식생처리, 2)자연석처리, 3)격자형 콘크리트처리 순으로 선호한다는 것을 알 수 있다.

〈표 3〉 사면처리공법별 평균 선호도 점수

절토사면 번호	경 관 매 체	평균획득점수	
		전문가	일반인
1	노출암반처리 절토사면(자)	3.35	3.50
2	넝쿨류식생처리 절토사면(자)	1.92	2.64
3	자연석처리 절토사면(자)	1.73	2.74
4	자연식생처리 절토사면(자)	2.89	4.08
5	양잔디식생처리 절토사면(자)	3.05	3.52
6	낙석방지망처리 절토사면(인)	5.86	5.02
7	격자형 콘크리트처리 절토사면(인)	3.51	2.96
8	콘크리트 뿜어붙이기처리 절토사면(인)	6.32	5.38
9	개비온 옹벽처리 절토사면(인)	4.24	3.50
10	문양거푸집처리 절토사면(인)	5.22	3.30

(자) : 자연적처리, (인) : 인공적처리

이러한 결과를 통해서 전체적으로 자연적 처리공법이 인공적인 것에 비해 긍정적으로 선호된다는 것을 알 수 있다. 특히 전문가 그룹은 자연적 처리를 선호하는 의식이 강한 것으로 나타나고 있다. 이러한 결과는 기존 연구결과인 김광래외(1993)[2], 이영경(1994)[9] 등에서도 나타나듯이 녹음의 요인이 경관의 선호도에 크게 영향을 미친다는 것과 일치한다. 그러나 일반인 그룹은 격자형 콘크리트 처리에서 다른 인공적처리에 비하여 비교적 높은 선호도 점수를 나타내고, 이는 경관선호 요인에 녹음과는 다른 안전성, 일관성 등 특징적인 요인이 작용한다는 것을 의미한다.

2. 요인분석을 위한 기초분석

1) 상관분석

도로설계전문가(전문가 그룹, n=37)와 일반운전자(일반인 그룹, n=50)를 대상으로 설문결과의 수치데이터(리커트척도 점수)로, 변수들간 선형관계가 존재하는지에 대한 상관분석(proc corr)을 실시하였다.

(1) 전문가 그룹

전문가 그룹의 상관분석 결과 변수 X1(안정성)은 X2(안전성)과 X8(특징성)을 제외한 변수들과의 상관성이 비교적 있는 것으로 나타났고, 특히 변수 X7(질감성), X11(주행성), X12(쾌적성)와는 그 선형관계가 매우 강한(0.7이상)것으로 나타났다. 변수 X4(자연보호성)와 X5(복원성), X6(비인공성)은 그들간의 상관계수가 약 0.7로 매우 강한 상관관계를 나타내고 있다. 그 외 변수 X7(질감성), X8(특징성), X9(가변성), X10(간결성)간의 상관계수가 비교적 높게 나타났고, X11(주행성)은 X12(쾌적성)과의 상관계수가 0.9이상으로 나와 두 변수간의 상관성이 매우 높은 것으로 나타났다.

변수 X2(안전성)은 어느 변수와도 상관성을 나타내고 있지 않고, 그 상관계수가 음(-)의 부호를 나타내고 있는데, 안전성 문항이 주는 의미가 다른 문항과는 다르게 낮은 점수의 응답이 '부정', 높은 점수의 응답이 '긍정'임을 나타내도록 만들어 졌기 때문으로 판단된다(<표 4>).

(2) 일반인 그룹

변수 X1(안정성)과 X7(질감성), X9(가변성), X11(주행성), X12(쾌적성)의 변수가 서로간의 상관계수 0.5이상으로 높게 나타나 강한 상관성을 보였다. 그 외 변수 X4(자연보호성), X5(복원성), X6(비인공성)의 환경성에 관한 변수들간의 상관성이 강하게 나왔고, X9(가변성), X10(간결성), X11(주행성), X12(쾌적성)의 쾌적성에 관한 변수들간의 상관성이 강한 것으로 나타났다. 특히 변수 X2(안전성)는 X4(자연보호성), X5(복원성), X6(비인공성)의 친환경성에 관한 변수 외의 다른 변수들과의 상관계수가 음(-)의 부호를 나타내는데 이는 전문가 그룹에서의 이유와 같은 것으로 판단되며, 낙석방지책이라는 인공물이 환경성과는 반대되는 개념으로 판단되고 그 외 쾌적성, 디자인, 안전과는 부합되는 개념으로 인지된다고 해석할 수 있다(<표 5>).

2) 두 그룹간의 유의차 검정

선호도 분석 결과 두 그룹(전문가&일반인)의 선호도 차이가 전문가 그룹의 자연적 사면처리 선호라는 결과로 뚜렷하게 나타났지만 상관분석 결과 상관성이 강하게 나타나는 변수들이 두 그룹간에서 큰 차이를 나타내지 않았다. 따라서 두 그룹간 설문응답의 통계적 유의차를 규명하는 모수검정 절차가 필요하다고 판단하여, 본 연구에서는 두 개의 독립된 집단의 표본들을 비교하기 위해서 사용하는 t-test(각 집단은 독립되어 있으며 각 집단의 분산은 동일하다고 가정)를 이용하여 통계적 유의차를 검정을 실시하였다. <표 6>에서 보여주는 결과, 유의수준 α =0.01에서 P값(0.496) > 유의수준 α =0.01이므로 귀무가설을 채택하여 두 그룹간의 유의차가 없음이 확인되었다.

따라서 다음 분석과정인 요인분석에서부터는 두 그룹의 데이터를 분리하지 않고 하나로 통합하여 분석을 실시하였다.

<표 4> 원상관행렬 - 전문가 그룹(p > 0.001)

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12
X1	1.000											
X2	-0.252	1.000										
X3	0.503	-0.104	1.000									
X4	0.524	-0.034	0.179	1.000								
X5	0.593	-0.020	0.261	0.693	1.000							
X6	0.521	-0.026	0.165	0.725	0.709	1.000						
X7	0.738	-0.205	0.326	0.612	0.638	0.633	1.000					
X8	0.488	-0.272	0.223	0.295	0.272	0.253	0.542	1.000				
X9	0.620	-0.180	0.280	0.483	0.549	0.490	0.726	0.578	1.000			
X10	0.409	-0.264	0.375	0.101	0.154	0.056	0.396	0.512	0.437	1.000		
X11	0.740	-0.241	0.500	0.453	0.578	0.452	0.692	0.519	0.639	0.522	1.000	
X12	0.797	-0.237	0.474	0.513	0.626	0.542	0.753	0.546	0.676	0.448	0.903	1.000

〈표 5〉 원상관행렬 - 일반인 그룹(p 〉 0.001)

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12
X1	1.000											
X2	-0.350	1.000										
X3	0.435	-0.243	1.000									
X4	0.358	0.038	0.124	1.000								
X5	0.287	0.070	0.147	0.717	1.000							
X6	0.258	0.155	0.089	0.621	0.597	1.000						
X7	0.556	-0.291	0.356	0.277	0.286	0.276	1.000					
X8	0.378	-0.235	0.232	0.095	0.016	0.023	0.471	1.000				
X9	0.507	-0.080	0.255	0.464	0.436	0.378	0.486	0.444	1.000			
X10	0.411	-0.335	0.322	0.063	0.013	0.003	0.573	0.499	0.410	1.000		
X11	0.645	-0.307	0.457	0.344	0.314	0.263	0.589	0.447	0.575	0.544	1.000	
X12	0.568	-0.221	0.437	0.327	0.347	0.283	0.571	0.434	0.574	0.543	0.769	1.000

〈표 6〉 두 그룹간의 t-test결과(α =0.01)

	일반인	전문가
평균	3.71	3.81
분산	3.37	4.19
자유도	729	
t 통계량	-0.681	
P(T〈=t) 양측 검정	0.496	
t 기각치 양측 검정	2.583	

3. 요인분석

두 그룹간의 유의차 검정결과로 통합된 데이터를 이용하여, 일반 운전자의 경관선호도에 영향을 미치는 요인이 어떤 것인지를 파악하기 위하여 요인분석(Factor Analysis)을 실시하였다. 요인분석은 요인수효의 결정과 그에 따른 최적구조를 파악하기 위한 요인구조의 회전, 그리고 최종적인 요인추출로 그 과정이 이루어진다. 데이터에 맞는 최적의 요인분석을 하고자 다음과 같은 요인분석 방법을 택하기로 한다.

①고유분산이 있음(설문문항들에 대한 측정결과에서 측정의 신뢰도가 완벽하다고 볼 수 없음)을 배제할 수 없으므로 공통요인모형을 취하였다. ②공통분 추정치로서는 다중상관제곱치(SMC)를 사용하고, 기초구조의 추출은 단일주축분해를 하였다. ③요인의 수효결정을 위해서 Scree검사, 누적퍼센트, 그리고 해석가능성을 사용하기로 하고, ④요인구조의 회전방법은 상관관계가 높은 변수들끼리 동질적인 집단으로 묶는 Varimax법을 사용하였다.

1) 요인수효의 결정

위에서 언급하였듯이 요인수효는 첫째, Scree검사 둘째, 누적퍼센트, 셋째, 해석가능성으로 판단하였다. Scree Plot를 보면 고유치(Eigenvalue)가 1, 2번째까지 급격히 감소하다가 3번째부터 변화가 거의 없는 것으로 나타났다. 누적퍼센트에서도 두 번째 까지가 104%로 나타나 요인은 2개가 적당하다고 보여진다. 그러나 공통요인모형에서는 최종구조에서 요인들을 해석할 때 적어도 3개 이상의 변수를 기초로 해야 의미있는 요인이 될 수 있다는 것이 중요한 지침이 되고, 보통은(전체변수/3)의 숫자를 공통요인수효의 상한선으로 보는 것8)과 본 연구를 위한 해석가능성을 보았을 때 3개의 요인이 적절하다고 판단된다.

2) 요인구조의 회전 및 요인추출

요인수효의 결정으로 기초구조를 나타내는 기초요인(계수)행렬(factor loading matrix)을 얻을 수 있다. 이 기초요인(계수)행렬을 상관관계가 높은 변수들끼리 동질적인 집단으로 묶는 배리맥스(Varimax)법으로 요인구조를 회전시켜 최종구조를 산출해 냈다. 이렇게 산출된 최종요인구조가 〈표 7〉이다.

추출된 3요인군의 설명력(설명분산÷공통분산)이 전체변량 중에서 99%인 것으로 분석되었다. 요인1을 구성하고 있는 변수는 비인공성, 자연보호성 복원성, 으로 고유치와 공통변량은 각각 2.7975, 40.71%이고, "친환경성 구성요인"으로 명명하고, 두 번째 요인을 구성하는 변수는 질감, 특징성, 가변성, 간결성으로

〈표 7〉 최종요인(계수)행렬

	요인 1	요인 2	요인 3
X4	0.80	0.10	0.10
X5	0.80	0.04	0.18
X6	0.78	0.06	0.07
X8	0.11	0.65	0.23
X10	-0.03	0.60	0.39
X7	0.42	0.55	0.39
X9	0.50	0.53	0.25
X11	0.35	0.45	0.67
X12	0.41	0.45	0.62
X1	0.39	0.39	0.58
X3	0.11	0.18	0.54
X2	0.12	-0.28	-0.31
고유치	2.80	2.05	2.02
공통변량	40.71%	29.87%	29.41%

요인2는 "디자인적 구성요인"으로 구분하였다. 고유치와 공통변량은 각각 2.0525와 29.87%이다. 요인3을 구성하는 변수로는 주행성과 기능성, 안정성, 시야성, 안전성이다. 그러나 안전성 변수는 상관계수가 적게(〈0.5)나와 요인과의 상관성이 약하므로 요인 해석시에는 제외하고,(고유치와 공통변량은 각각 2.0216과 29.41%) 요인3은 "안정성 구성요인"으로 구분하였다.

〈표 7〉에서 보여주는 것과 같이 운전자의 도로절토사면 경관만족요인은 〈친환경성〉, 〈디자인성〉, 〈안정성〉으로 요약할 수 있다. 예컨데 일반 운전자들은 경관만족요인을 자연적임을 강조하는 〈친환경성〉을 가장 먼저 인지하고, 그 다음으로 시각적인 만족감을 주는 〈디자인성〉, 쾌적한 주행과 안전을 고려한 요인인 〈안정성〉순으로 인지하는 것으로 나타났다. 이는 앞에서 언급된 선호도 분석과 일치하는 것이며, 도로의 시각적 특성은 그 도로경관을 형성하고 있는 시각적 영향이 큰 요소들이 지닌 기본속성 즉 선, 형태, 색채 및 질감에 의해 비롯되는 미적구성원리에 의해 결정된다는 임승빈(1991)[10]의 연구결과와도 같은 결과라 할 수 있다.

4. LISREL 모형 구축

추출된 요인의 적합성 판단(확인적 요인분석)과도로 절토사면의 정량적 경관평가를 위해 LISREL(공분산 구조분석) 모형을 구축하였다. 본 연구에서 LISREL 모형을 사용한 이유는 기존의 경관평가에서 적용된 회귀분석에서는 예측(독립)변수들이 하나의 그룹으로 다루어져 그들간의 함수적인 관계가 있을 경우에도 그냥 하나의 회귀방정식속에 묻혀 결과(종속)변수의 값을 예측하는 데에 쓰였지만, LISREL(공분산구조분석)에서는 모형 내에 내재되어 있는 측정오차를 파악할 수 있어 이론(종속)변수와 측정(독립)변수 사이의 관계가 검정 가능하기 때문이다.

경관평가 모형을 구축하기 위해 먼저 경로도형을 설정을 위한 식(3)~식(6)의 방정식을 구축하고 이를 바탕으로 〈그림 4〉와 같이 경로도형을 작성하였다.

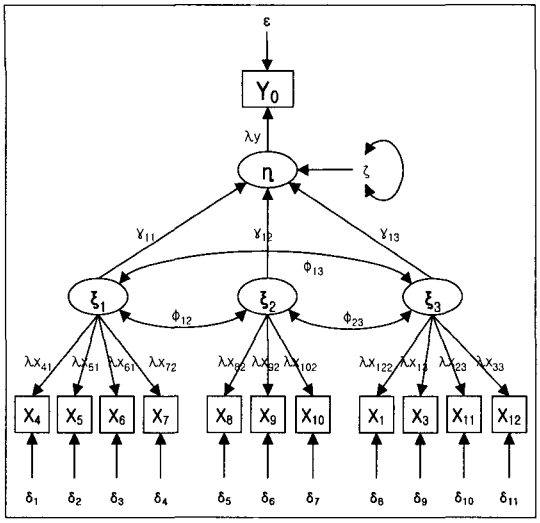
$$\eta=\begin{pmatrix}\gamma_1\\ \gamma_2\\ \gamma_3\end{pmatrix}\begin{pmatrix}\xi_1\\ \xi_2\\ \xi_3\end{pmatrix}+\zeta \tag{3}$$

$$y=\eta+\varepsilon \tag{4}$$

$$\begin{pmatrix}X_1\\ \vdots\\ X_4\\ X_5\\ \vdots\\ X_8\\ X_9\\ \vdots\\ X_{12}\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}\lambda_{X_1} & 0 & 0\\ \vdots & \vdots & \vdots\\ \lambda_{X_4} & 0 & \vdots\\ 0 & \lambda_{X_5} & \vdots\\ \vdots & \vdots & \vdots\\ \vdots & \lambda_{X_8} & 0\\ \vdots & 0 & \lambda_{X_9}\\ \vdots & \vdots & \vdots\\ 0 & 0 & \lambda_{X_{12}}\end{pmatrix}\begin{pmatrix}\xi_1\\ \xi_2\\ \xi_3\end{pmatrix}+\begin{pmatrix}\delta_1\\ \vdots\\ \delta_4\\ \delta_5\\ \vdots\\ \delta_8\\ \delta_9\\ \vdots\\ \delta_{12}\end{pmatrix} \tag{5}$$

$$\Psi=\begin{pmatrix}1.0 & \phi_{12} & \phi_{13}\\ \phi_{21} & 1.0 & \phi_{23}\\ \phi_{31} & \phi_{32} & 1.0\end{pmatrix} \tag{6}$$

〈그림 4〉의 가정모형 경로도형에서 X1~X12는 외생변수로써 도로절토사면의 경관평가를 위한 측정변수를 나타내고, $\xi_1$1, ξ_2, ξ_3은 잠재변수로 요인분석에서 추출된 친환경성, 디자인성, 안정성을 나타낸다. 그리고 δ는 관측치와 잠재치의 측정오차를 나타내며, η는 도로절토사면의 종합적인 경관평가 잠재변수로서 경관선호도를 나타낸다. ϕ_{12}, ϕ_{23}, ϕ_{13}은 세 요인간의 상관을 나타내며 마지막으로 내생변수 Y_0에 영향을 미친다. ε은 δ와 같이 측정오차를 나타내며, ζ는 잠재변수의 교란(disturbance)을 나타낸다.



〈그림 4〉 경관평가에 대한 가정모형의 경로도형

SAS의 proc calis를 이용하여 모형을 구축한 결과는 〈표 7〉과 같으며, X2(안전성) 변수는 요인계수값(Factor Loading)이 작아(〈0.5) 분석에서 제외하였다. 모형 구축시 잠재변수 η는 내생변수 Y_0를 완벽하게 설명한다고 가정하여 Y_0의 측정오차를 표현하는 ε도 0.0으로 가정하였다.

모형에서 외생변수로 사용된 $X_1 \sim X_{11}$은 요인분석에서 추출된 요인계수에 따른 요인별 구성요소이며, 내생변수로 사용된 Y_0은 "도로 절토사면의 정량적 경관평가"를 나타낸 것이다.

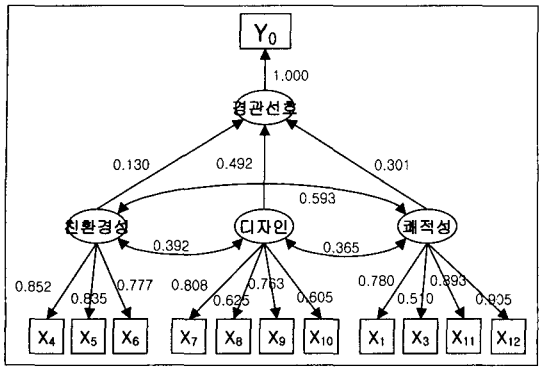
모형의 적합도를 판단하는 부합도 지수는 χ_2, GFI, AGFI, RMR을 사용하였다. χ_2은 자료에 대한 정규분포의 이론을 근거로 하여 계산되고, 자료가 큰 경우에만 좋은 통계적 힘(Statistical power)을 가지며, 분석자료는 공변량이어야 한다. 적합도지수(GFI)의 해석은 회귀분석에서 다중상관자승치(R^2)와 유사한 기능을 갖는다. 즉 GFI는 주어진 모델이 자료의 변량/공변량을 얼마나 설명하는지 판단척도로 사용되고, 조정된 적합도지수(AGFI)는 GFI를 자유도에 대하여 수정한 것으로 수정 결과 GFI보다는 작은 숫자가 산출된다. AGFI는 회귀분석에서 조정된 다중상관자승치(shrunken R-squre)와 유사하게 해석된다. 원소평균제곱근 잔차(RMR)는 분석자료의 매트릭스와 미지수들에 의해 재생산된 매트릭스간에 원소들이 얼마나 차이가 있는가를 나타내는 것으로, 이 재생산된 공변량은 모델에 의하여 뒷받침되는 공변량 자료를 나타낸다.[7]

〈표 8〉 도로절토사면 경관평가모형의 추정계수

계수	추정치 (t값)	표준화 추정치	계수	추정치 (t값)	표준화 추정치
λy	0.997 (94.52)	1.000	ϕ_2	0.709 (30.19)	
γ_{11}	0.156 (4.74)	0.130	ϕ_3	0.619 (27.67)	
γ_{12}	0.586 (7.39)	0.492	ϕ_{12}	0.559 (16.22)	0.392
γ_{13}	0.383 (4.23)	0.301	ϕ_{13}	0.896 (29.52)	0.593
λ_{X1}	1.021 (40.90)	0.852	ϕ_{23}	0.556 (16.49)	0.365
λ_{X2}	1.001 (39.36)	0.835	ε	0.000 (0.00)	
λ_{X3}	0.931 (34.28)	0.777	δ_1	0.391 (18.37)	
λ_{X4}	0.960 (34.65)	0.808	δ_2	0.740 (20.30)	
λ_{X5}	0.742 (22.57)	0.625	δ_3	0.275 (12.28)	
λ_{X6}	0.907 (31.43)	0.763	δ_4	0.303 (13.30)	
λ_{X7}	0.719 (21.51)	0.605	δ_5	0.397 (16.01)	
λ_{X8}	0.992 (36.66)	0.780	δ_6	0.347 (15.76)	
λ_{X9}	0.648 (17.55)	0.510	δ_7	0.610 (19.25)	
λ_{X10}	1.135 (50.53)	0.893	δ_8	0.417 (17.20)	
λ_{X11}	1.15 (52.17)	0.905	δ_9	0.634 (19.41)	
ζ	0.273 (16.64)		δ_{10}	0.202 (14.33)	
ϕ_1	0.696 (32.80)		δ_{11}	0.181 (13.40)	
χ^2			520.61(0.00)		
GFI			0.910		
AGFI			0.843		
RMR			0.068		

전문가와 일반운전자의 정성적 평가(선호도)를 이용하여 모형을 구축하므로 생기는 오차는 LISREL 모형구축으로 산출한 결과 〈표 8〉의 $\delta_1 \sim \delta_{11}$로 계산되었고, 〈표 8〉의 결과에 의한 경관평가 모형의 경로도형을 작성한 결과 〈그림 5〉와 같이 나타나게 되었다.

경관선호(평가)에 영향을 미치는 정도를 나타내는 γ_{11}, γ_{12}, γ_{13}은 $\gamma_{12}(=0.492) > \gamma_{13}(=0.383) > \gamma_{11}(=0.130)$ 순으로 나타나고 각 측정변수의 계수와 t값 또한 높게 나오므로 모형 구축의 결과는 다음과 같이 해석할 수 있다. 일반 운전자의 도로절토사면의



〈그림 5〉 경관평가에 대한 모형의 경로도형

경관선호요인은 요인분석에 의하여 친환경성, 디자인적 요인, 안정성으로 추출되었으나, LISREL 모형 구축 결과 경관선호에 영향을 미치는 요인으로 디자인적 요인이 가장 중요하게 인식되고 있으며, 그 다음 안정성, 친환경성 순으로 인식하고 있다. 따라서 일반 운전자의 정성적인 경관평가 요인은 친환경성, 디자인적 요소, 안정성으로 설명할 수 있으며, 정성적인 평가의 측정오차를 고려한 요인의 경관평가에 대한 영향은 디자인적 요소가 가장 크고 안정성, 친환경성이 그 다음으로 영향을 미치고 있다.

모형의 적합도를 평가하는 χ_2 통계량, 적합도지수(GFI), 조정적합도지수(AGFI), 원소평균제곱근 잔차(RMR) 등의 기준을 종합적으로 고려해 볼 때 본 연구에서 제안된 모형은 비교적 적절한 모형이라고 할 수 있다(〈그림 5〉).

Ⅳ. 결론 및 향후연구과제

본 연구는 일반 운전자들이 느끼는 도로절토사면의 경관만족요인을 분석하고 그에 따른 선호도 모형을 구축하여 도로절토사면 경관평가의 정량적 기준을 제시하는 것을 목적으로 한 연구로서 도로절토사면 경관의 시각적 선호도에 미치는 결정요인은 다음과 같이 분석되었다.

1. 도로절토사면의 처리공법별 선호도를 분석한 결과 도로설계의 실무를 담당하는 전문가 그룹의 경우 식생 등을 이용한 자연적 처리공법을 선호하는(선호서열순위 5위 모두가 자연적 사면처리) 반면, 일반 운전자그룹의 경우 인공물이 가미된 인공적 사면처리가 자연적 사면처리공법과 유사한 수준의 선호를 나타내는 것으로 파악되었다.(선호서열순위 5위 중 3, 5위) X3(시야성)은 X11(주행성)과 X12(기능성)을 제외한 모든 변수와 극히 적은 상관성을 갖는다. 선호도 결과와 상관분석결과 두 그룹의 유의성 차이 판단이 필요함에 따라 t-test를 실시한 결과 두 그룹이 통계적으로 차이가 없다는 결과가 나왔다. 따라서 요인분석에서부터는 두 그룹을 나누지 않고 통합자료를 이용하여 분석하였다.
2. 요인분석(Factor analysis)에서 친환경성, 디자인, 안정성으로 분류된 세 요인은 99.00%의 총 변량 설명력을 보였으며, 도로 절토사면의 경관선호를 구성하는 이러한 세 요인 중 자연의 중요성을 강조한 친환경성이 첫 번째 요인으로 평가되었고, 시각적 영향을 고려한 디자인 요인이 두 번째 요인으로 평가되었다. 가장 기본적인 사면의 안전과 도로의 쾌적함을 고려한 안정성 요인은 세 번째 요인으로 평가되었으나 설명력이 29.41%로 적지 않음을 알 수 있다.
3. 요인분석의 결과를 바탕으로 추출된 요인의 적합성 판단과 절토사면 정량적인 경관평가를 위하여 LISREL 모형을 구축하였다. 모형구축결과는 〈그림 5〉 참조. 모형의 적합도를 나타내는 지수인 χ_2가 520.6096, GFI(Goodness of Fit Index)가 0.9096, AGFI(Adjusted Goodness of Fit Index)가 0.8432, RMR(Root Mean square Residual)가 0.0679로 계산됨에 따라 모형이 자료에 대하여 적합하다는 것이 입증되었다.

본 연구는 도로 이용자인 운전자 중심의 도로 절토사면 경관평가의 중요 요인으로 운전자의 경관선호도에 영향을 미치는 디자인, 안정성, 친환경성을 제시하였다. 도로의 질적향상을 위해서는 인간중심적 설계가 필요하며, 도로의 절토사면은 내·외적 경관측면의 시각적인 만족감을 높여 운전자는 물론 지역주민에게까지 쾌적함을 제공하는 중요요인으로 인지함이 중요하다.

본 연구의 결과는 도로절토사면 계획 및 관리 운영 지침으로 이용될 수 있으며, 더 나아가 특정 도로의 이미지 제고에 영향을 줄 수 있는 중요한 경관평가인자로서 활용할 수도 있을 것으로 기대된다.

단, 본 연구는 도로의 절토사면이 국한하여 일반

운전자의 경관선호도를 경관평가의 기준으로 사용하였다. 이는 절토사면의 지리·지형적 조건, 시공성, 공사비 등이 배제된 상태만을 고려한 경관평가가 되어 정성적인 측면만을 고려한 경관평가가 이루어진 것이고 경관을 보는 시점에 따른 내부경관만을 고려한 것이다. 따라서 향후연구에서는 정량적 기준도 함께 고려된 절토사면의 경관평가가 이루어져야 하겠으며, 내·외부경관이 함께 고려된 경관평가가 이루어져야 할 것이다. 본 연구를 응용하여 도로횡단교량, 도로연도시설물 등의 경관평가도 분석할 필요성이 있다.

참고문헌

1. 건설교통부(2001), 도로 절개면 유지관리 시스템 개발 및 운용 Ⅲ.
2. 김광래·허준·노재현(1993), 녹지공간의 자연성과 선호성 분석에 관한 연구, 한국조경학회지, Vol.20, No.4, pp.26~38.
3. 김효석(1988), 통계학, 형설출판사, p.200.
4. 이종구(2001), SAS와 통계자료분석, 학지사, pp. 707~768.
5. 시노하라 오사무 著, 배현미 외 2인 譯(1999), 경관계획의 기초와 실제, 대우출판사.
6. 유복모(1996), 경관공학, 동명사, pp.143~160.
7. 이순묵(1990), 공변량구조분석, 성화사.
8. 이순묵(2000), 요인분석의 기초, 교육과학사.
9. 이영경(1994), 경관선호와 평가에 있어서 개인적 차이 및 유사성에 대한 이해와 그 중요성에 관한 고찰, 한국조경학회지, Vol.22, No.2, pp. 1~12.
10. 임승빈(1991), 景觀分析論, 서울대학교 출판부.
11. 정대영(1995), 도로경관의 시각적 특성 및 선호도에 관한 연구-청주시 주진입로를 대상으로, 청주대학교 석사학위논문.
12. 조선배(1996), LISREL 구조방정식모델, 영지문화사.
13. 최종섭(1991), 고속도로 경관변형에 관한 연구 -경인고속도로를 중심으로- ,홍익대학교 환경대학원 석사학위논문.
14. 榊原和彦(1982), 도시경관 평가 시스템, 계량도시계획, 환선.
15. 瀧田陽一, 深堀清隆(平成9年), 山岳道路における切土法面 景觀評價と 費用の 相關分析, 埼玉大學建設工學科 卒業論文.
16. 鈴木忠義 (1966), 觀光道路の 研究, 日本觀光協會.
17. 小椋圭一·瀧田陽一·深堀清隆(平成 10年), 道路景觀構成要素が及ぼす視知覺現象の影響, 土木學會 第53回年次學術講演會.
18. 深堀清隆·瀧田陽一· 政本英一 (1995), 路線選定における道路景觀の評價基準と代替案評價法, 土木計劃學研究·講演集, No.18, No.1.
19. 村田隆裕(1967), 도로경관의 연구, 토목학회 제22회 년차학술강연회 개요집.
20. 領原修(1982), 土木景觀計劃, 기보당.
21. Donald Applcyard, Kevin Lynch, John R. Myer(1964), The view from the Road, The MIT press.
22. Sheppard, S. R. J.(1989), Visual Simulation : A User's Guide for Architects, Engineers and Planners. New York, p.185.

♧ 주 작 성 자 : 지길용
♧ 논문투고일 : 2003. 2. 12
논문심사일 : 2003. 3. 2 (1차)
2003. 3. 7 (2차)
심사판정일 : 2003. 3. 7
♧ 반론접수기한 : 2003. 8. 31

Effect of Air Bag and Seat Belt on Driver's Safety

YOO, Jang Seok · CHANG, Myungsoon

To minimize the death and injury by a collision, the installation of an air bag is recommended as a mandatory practice together with the wearing of the seat belt. By using simulated collision experiments, this research focused on the effect of an air bag and seat belt on the driver safety. The vehicle deceleration characteristics were obtained from impact experiment. LSDYNA, a software program for vehicle collision analysis, and MADYMO, a software program for driver motion after collision, were used for simulated experiment. Four cases such as air bag installed and seat belt wearing (case A), air bag installed but seat belt not wearing (case B), air bag not installed but seat belt wearing (case C), air bag not installed and seat belt not wearing (case D) were analyzed. The impact of acceleration on the injury of driver's head was analyzed by Head Injury Criterion (HIC) as well. It was found that having air bag and wearing seat belt effectively reduced driver's head injury about 52.9% to 70.5% compared with the case of having neither air bag nor wearing seat belt.

Throughput Analysis of Right Turn Shared Lane with Lane Width Change

KIM, Dong Nyong · KIM, Kyung-Hwan

This study is about throughput analysis of the shared right turn lane at signalized intersection with lane width change. It is expected that the increased width of the right turn shared lane causes to increase the volume of right turn on red(RTOR) In this study, the throughput computation is designed to take into account the lost time which is caused by the blocked right turn due to the stop of through traffic. The saturation flow rate of right turn using the rest of lane after through traffic stops is included as well.

Results show that the different RTOR volume levels due to the various shared lane width leads to a difference in throughput. For the shared right turn lanes, throughput capacity for various lane widths is bigger than that of the KHCM as much as from 1.1 to 2.1 times.

Factor Analysis and LISREL Model Development for Landscape Estimation on The Road Cutting Slope Area

JI, Kil-Ryong · PARK, Il Dong · IMM, Sung-bin · KUM, Ki Jung

In South Korea, about 74% of total area is mountainous terrain It is therefore inevitable to make tunnel or cutting slope for road construction. According to a related survey, approximately 2,400 sites of cutting slopes were found from 24 different routes of roadway which is overall 900 km long, implying 2.7 slopes per 1km of roadway on average. Even though safety matter such as the slope failure prevention would be the most important consideration for the construction of cutting slopeslandscape of sloped face is nowadays becoming another important factor due to the growing demand for the driver-friendly road environment Various construction methods which attain this goal should therefore be considered in the design stage of the roadway.

The objective of this study is to identify important factors in landscape of sloped-cut roadway using factor analysis. For this, 10 main treatment methods of sloped-cut fact were analyzed. This study employed the LISREL(structural analysis of common variance) model in order to capture the qualitative characteristics of the slope-cut road and examine the relationship between the survey error and the variable (s). As a result, more reasonable landscape evaluation model for the road design and construction was proposed.