

■ 論 文 ■

중단선형구간에서의 도로안전시설물 인지특성 모형개발

Development of Cognition Character Model for Road Safety Facilities
on Vertical Alignment Sections

이 수 범

(서울시립대학교 교통공학과 조교수)

김 장 욱

(서울시립대학교 교통공학과 박사과정)

권 혁 민

(인천발전연구원 연구원)

목 차

- I. 서론
 - 1. 연구의 배경 및 목적
 - 2. 연구의 내용 및 방법
- II. 문헌고찰
 - 1. 속도와 사고의 관계에 관한 연구
 - 2. 중단선형과 사고위험의 상관관계에 관한 연구
 - 3. 운전자의 인지반응에 관한 연구
- III. 기본이론
 - 1. 감성공학
 - 2. 수량화 I 류
 - 3. 수량화 II 류
- IV. 차량시뮬레이터 실험 및 이미지조사
 - 1. 차량시뮬레이터의 개요
 - 2. 실험환경의 구축
- V. 조사분석 및 검증
 - 1. 개인속성 및 단순분석
 - 2. 도로이미지 조사분석
- VI. 모형의 개발
 - 1. 수량화 II 류에 의한 영향요인 분석
 - 2. 수량화 I 류에 의한 안전성 변화 예측모형
- VII. 실험데이터를 이용한 안전성 검증
- VIII. 결론 및 향후연구과제
- 참고문헌

Key Words : 차량시뮬레이터, 감성공학, 수량화이론, 도로이미지, 안전성

요 약

도로기하구조 설계기준은 운전자의 안전성 향상과 원활한 주행능력을 제공할 수 있도록 마련되었으나 지형조건이 열악한 우리나라의 경우 부득이 설계기준이 의도하는 방향과 운전자가 인지하는 특성에 차이를 보임으로써 안전성에 문제점이 있는 경우가 많다. 이러한 교통사고의 위험성을 감소시키기 위한 대책 중에 하나로 도로안전시설물을 설치하지만 설치한 안전시설물에 대한 평가는 제대로 이루어지지 않고 있으며, 특히 도로환경적 요인과 인적요인의 관련성에 대한 연구는 상당히 미흡한 실정이다. 본 연구에서는 도로 이용자들이 중단선형구간에서 느끼는 도로 안전성 요인을 파악하기 위하여 차량시뮬레이터(Driving Simulator)와 3D 그래픽 화면으로 중단선형구간을 재현하고 도로안전시설물의 설치 유, 무에 따라 운전자가 느끼는 안전성의 변화와 도로 이미지를 조사하였다. 조사된 데이터를 바탕으로 수량화 제II류에 의한 정준상관분석을 실시하여 도로 안전성의 영향 요인을 분석하였으며 수량화 제 I 류에 의한 모형을 실시하여 안전성을 예측한 결과 도로안전시설물과 운전자가 느끼는 안전성과의 관계를 명확히 규명할 수 있었다.

Highway design criteria are considering roadway safety and smooth driving maneuver. However, a certain highway alignment within design criteria often leads drivers to undesirable situation due to the differences between the original intention of design criteria and the unintended result of drivers' cognition. The differences between them often result in traffic accidents. In order to reduce accident process, highway safety facilities are installed on those roadway sections. However, the relationship between highway environments and human factors has not been deeply studied in Korea.

In this study, vertical roadway sections are constructed with 3-D graphical tools. This vertical roadway sections are simulated on a driving simulator in order to identify the differences of drivers' cognition on different roadway environments. Based upon the collected data from the driving simulator, canonical correlation analysis and canonical discriminant analysis of quantification theory II have been performed in order to figure out impacting factors on the degree of roadway safety. Also, based upon quantification theory I, the relationship between roadway safety facilities and the degree of safety has been analyzed.

1. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

도로교통사고는 1993년부터 2002년까지 지난 10년간(매년 평균 258천 건이 발생하고 9,890명이 사망, 362천명이 부상) 총 2,585천 건이 발생하여 98,901명이 사망하고 3,624천명이 부상당하였다. 이렇듯 자동차에 의해 파생되는 제반 문제 중 교통사고는 재산상의 피해뿐만 아니라 인명피해도 동반하고 있어 환경문제와 함께 현대사회의 새로운 사회문제로 대두되고 있다.

이러한 교통사고의 요인으로는 크게 인적요인, 차량적 요인, 도로환경적 요인을 들 수 있으며, 그 중에서도 도로환경적 요인에 해당하는 도로의 기하구조는 수많은 실험을 통한 기준화된 설계지침에 따라 이루어진다. 기하구조 설계기준은 운전자의 안전성 향상과 원활한 주행능력을 제공할 수 있도록 마련되었다. 그러나 지형조건이 열악한 우리나라의 경우에는 부득이 이러한 기준을 만족시키지 못하여 안전성에 문제점이 있는 경우가 많다. 특히 종단선형구간에서는 일반적으로 평면선형구간보다 운전자의 반응이 도로설계지침에서 의도하는 방향과 상이하게 나타는 경우가 많아 더 많은 사고위험성을 내포하고 있다고 볼 수 있다.

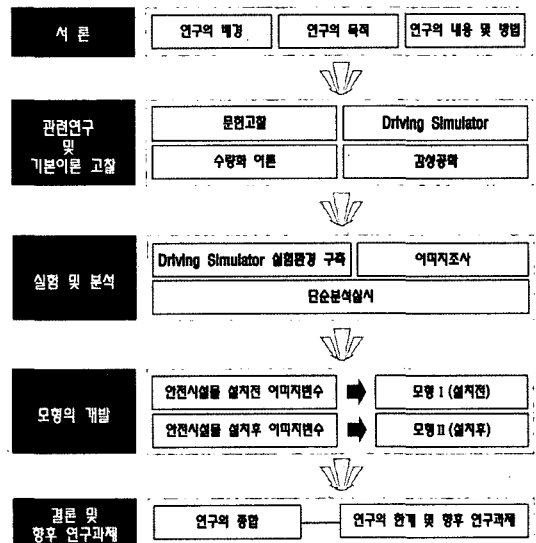
사고위험성이 높은 도로구간에서는 도로안전시설물을 설치함으로써 상당부분 위험성을 감소할 수 있다는 것이 일반적인 생각이다. 그러나 현재까지 도로상에 안전시설물의 설치효과에 대한 연구는 상당히 미흡한 실정이다. 특히 안전시설물과 같은 도로환경적 요인과 인적요인과의 관련성에 대한 연구는 상당히 부족한 실정이다.

이와 같은 도로안전시설물의 효과도는 교통사고자료와 같은 객관적인 수치 데이터를 통해 검증할 수 있지만, 사고자료 특성상 수집과 순수효과도 측정의 한계로 인해 이러한 분석이 어려운 것이 사실이다. 이에 본 연구는 사고위험성이 높은 종단선형구간을 주행할 때 도로안전시설물이 운전자가 느끼는 안전성에 어느 정도 영향을 미치는지를 알아보기 위해 종단선형구간을 주행하면서 느끼는 이미지를 감성공학적 접근방법에 의해 조사하였다. 이미지 조사단계는 차량시뮬레이터와 3D 그래픽화면으로 재현한 종단선형구간을 주행함으로써 실제 도로상에서 실험시 발생할 수 있는 안전사고를 해결하였다.

본 연구는 시뮬레이션을 통하여 조사한 이미지자료를 바탕으로 수량화 II류 이론을 이용하여 안전성 영향요인을 분석하고 감성데이터의 통계적 해석에 주로 이용하는 수량화 I류에 의해 모형화함으로써 도로안전시설물이 안전성에 미치는 영향정도를 파악하고자 하였다. 또한 차량 시뮬레이터 실험데이터를 분석하여 도로안전시설물과 안전성과의 상관성을 명확하게 규명함으로써 안전하고 쾌적한 주행을 보장받기 위해 고려해야 할 요인이 무엇인가에 대해 알아보하고자 하였다.

2. 연구의 내용 및 방법

본 연구에서는 차량시뮬레이터와 3D 그래픽 화면으로 종단선형구간을 재현하였고 동일한 피실험자를 대상으로 도로안전시설물 설치 전과 후에 따라 실험을 실시하였다. 각각의 실험 종료후 운전자가 느끼는 도로의 쾌적성, 인지성 요인에 대한 이미지를 매우 긍정적인 회답에서 그렇지 않은 회답까지 5단계의 언어척도로 하여 응답자들의 인식 정도를 회답하는 방법으로 조사를 실시하였다. 조사된 데이터를 바탕으로 도로안전시설물 설치 전과 후의 모형화를 실시하여 종단선형구간에서 도로안전시설물과 안전성의 상관성을 명확하게 규명하고 이를 통해 운전자가 도로 주행시 편안하고 쾌적한 주행을 보장받기 위해서 고려해야 할 요인이 무엇인지를 제시하려고 한다. 본 연구의 수행과정은 <그림 1>과 같다.



<그림 1> 연구 흐름도

II. 문헌고찰

1. 속도와 사고의 관계에 관한 연구

교통전문가 마다 조금씩 다른 견해의 차이가 있지만 일반적으로 속도가 교통사고의 원인 중 가장 중요한 요인인 것으로 알려져 있다. 1964년 Solomon의 연구를 필두로 2001년 Frank Navin의 연구에 이르기까지 도로상의 교통사고의 원인을 규명하기 위해 많은 연구를 해오고 있다. 최근까지 진행된 연구들은 안전하게 도로를 운영하기 위해서 차량들의 속도분산을 최소화시켜주는 것이 효과적이라는 주장이 가장 큰 설득력을 얻고 있다. <표 1>은 기존 사례연구들을 통한 속도와 사고와의 관계를 정의한 것이다.

2. 중단선형과 사고위험의 상관관계에 관한 연구

차량의 주행속도는 중단선형의 특성에 의해 영향을 받는다. 트럭과 버스는 특히 속력이 확연히 떨어지는 오르막길 경사도의 영향을 받으며 긴 내리막길에서 가파른 중단경사가 있을 경우, 고속으로 달리는 무거운 차량이 제동을 한다면 평지에서 보다 감속도가 떨어져서 더 긴 제동거리를 갖게 되며 사고위험이 커질 수 있다. <표 2>의 Pucher에 인용된 Bitzl(1966)의 조사를 보면, 독일의 2차로 도로에서 중단경사와 사고율 사이의 비례관계가 입증되었으며, 독일의 고속도로에서 행한 연구를 보면 6~8%의 중단경사에서 2%이하의 중단경사보다 4배 이상 사고가 일어난다고 지적했다.

Krebs와 Kloeckner(1977)는 독일의 2차로 지방 도로에서 발생한 사고 자료를 분석하였는데 약 6% 중단경사까지는 사고율이 경미하게 증가하나 6%이상의 중단경사에서는 사고율이 급격히 증가함을 밝혔다. 즉 5% 중단경사까지는 사고율에 특별한 영향을 미치지 못함이 밝혀졌다. 최근 미국에서 이루어진 연구에서 보면 내리막길과 오르막길에서 교통량이 같다고 가정하면 내리막길에서의 사고율이 오르막길에서 보다 더 높다. 이는 <표 3>에서도 알 수 있는 사실이다.

3. 운전자의 인지반응에 관한 연구

운전자가 도로를 주행할 때 느끼는 시각정보에 관한 연구로는 주행실험을 통한 속도와 시각 밀도에 관한 연구

<표 1> 기존 연구의 주요 연구내용

연구자	연구내용	결과
Solomon (1964)	속도의 분산에 따른 사고와의 관계를 정의	평균속도보다 높거나 낮은 경우 높은 사고 위험의 원인이 됨
Australia Study	사고직전속도와 평균 속도를 이용 (MSMAC이용)	평균속도 60km/h 이상에서는 위험도가 지수적으로 증가함
Saskatchewan Rural Highways	평균차량속도, 속도 분산, 사고비율간의 선형 회귀 분석	평균속도 1km/h 감소 → 부상사고 7% 감소
U.K. Experience (EURO모형)	평균속도와 속도 차이가 사고빈도에 미치는 영향을 분석	평균속도 1km/h 감소 → 사고빈도 2.6%감소
Nordic Road Experience	제한속도를 (110km/h → 90km/h)로 낮추어 분석함	부상사고 27% 감소 사망사고 21% 감소
Frank Navin (2001)	사고건수와 사망건수에 관한 예측식 개발	운행속도의 분산을 줄이는 것이 사고 발생을 최소화함

<표 2> Bitzl의 연구(독일의 고속도로)

경사(%)	사고율(1억대·km)
0~2	46.5
2~4	67.2
4~6	190.0
6~8	210.5

<표 3> 사고빈도와 사고심각도간의 관계

Vertical alignment	Number of accidents	Percent of total accidents	Percent injured	Percent killed
Level	2001	34.6	53.6	4.7
Upgrade	943	16.3	55.6	3.9
Downgrade	1533	26.5	58.4	5.1
Up on crest	373	6.5	59.5	6.0
Down on crest	461	8.0	62.6	5.9
Up on sag	258	4.5	57.8	6.3
Down on sag	211	3.7	61.7	6.8
Total known	5780	100.0		
Total unknown	2192			
Total	7972			

자료) Ruediger Lamm, "Highway Design and Traffic Safety Engineering Handbook", 1999.

와 곡선구간에서 운전자의 시각 행태를 파악하고 이를 정량화 하여 시선유도 시설물 배치와 개선 방향을 제시한 연구가 있다. 또한 "인간의 행동은 이미지에 의존한다"라는 기존의 연구를 바탕으로 하여 도로 주행시 느끼게 되는 도로 이미지의 인식 척도에 관한 연구와 가로경관의 물리적 공간구성요소에 대한 심리평가를 SD(Semantic

Differential)법과 인자분석을 통하여 가로경관 계획 및 설계에 관한 연구들이 있다. Hassan과 Easa(2000)는 실제 도로와 유사하게 제작한 애니메이션을 이용하여 도로 선형변화에 따른 운전자의 인지반응에 대한 연구를 진행하였다. 이러한 연구를 수행하는데 실제 상황의 실험이 불가능하므로 가상현실 기법을 이용하여 실제 주행상황을 재현하고 운전자의 안전과 연구 수행의 유연성과 비용 절감의 장점을 가지고 있는 차량시뮬레이터를 이용한 연구가 선진국에서 활발히 진행되고 있다. 국내에서도 차량시뮬레이터를 이용한 주행환경의 속도감에 대한 인자 분석과 음주 운전자의 운전 특성 분석, 차량시뮬레이터에 의한 급발진 사고 재현 및 운전자 반응 분석 등의 연구가 이루어지고 있다.

III. 기본이론

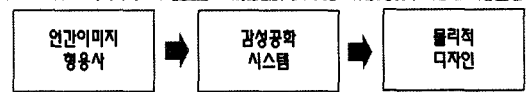
1. 감성공학

1) 감성공학의 기본개념

가상현실형 감성공학이라는 말은 새로운 어휘로서 가상현실과 감성공학(Kansei Engineering, 또는 Human Sensibility Ergonomics)을 통합한 기술이라는 의미를 가지고 있다. 감성공학과 기존의 기술체계와의 근본적 차이점은 “정서적 충족”과 “물리적 편리성”이 있는데 있다. 즉, 인간의 물리적 편리성을 극단적으로 추구한다고 해서 반드시 사람이 정서적으로 만족하지는 않는다는 점을 과학기술자들이 심각하게 깨닫게 되면서 감성공학이 출현하게 된 것이다. 감성공학의 핵심은 인간의 쾌적성을 평가하기 위한 기초 자료로서 인간의 시각, 청각, 후각, 미각, 촉각 등의 감각기능을 측정하고 인간이 어떤 조건하에서 “고급스러움”, “참신함”, “색다름” 등의 감정을 측정하는 기술이라고 할 수 있다. 감성공학을 시스템적으로 체계화해 보면 “인간의 이미지를 구체적이고 물리적인 디자인 요소로 번역하여 그것을 실현하는 기술”, 말로서 표현된 이미지(감성어)를 구체적인 디자인으로 표현하기 위해 번역하는 시스템이라고 말할 수 있다.

2) 감성공학의 통계적 해석

감성공학의 통계해석에는 다변량 분석 수법 중의 하나인 수량화 I류가 주로 이용된다. 이것은 설명변수가 범주형인 경우에 가변수(dummy variable)로 변환한



〈그림 2〉 감성공학의 시스템적 체계화과정

〈표 4〉 사용목적별 수량화이론의 분류

목적	사용하는 수법		
	양적 데이터 만의 경우	질적또는양적 데이터의 경우	질적 데이터 만의 경우
예측식의 발견, 양의 추정	중회귀분석 정준상관분석	수량화이론 I류	
표본의 분류, 질의 추정	판별분석	수량화이론 II류	분할표의 분석 크러스트 분석
변량의 분류, 대표변량의 발견	주성분분석 요인분석	수량화이론 III류	잠재구조분석
최소차원공간에서의 분류	다차원척도법	수량화이론 IV류	

〈표 5〉 데이터의 조건별 수량화이론의 분류

데이터의 상황	최적화의 기준	주요목적	수량화이론의 종류
외적기준 있음	상관계수의 최대화	예측	수량화이론 I류
	상관비의 최대화	판별	수량화이론 II류
외적기준 없음	상관계수의 최대화	1차원 척도에 의한 분류	수량화이론 III류
	유사성과 거리와의 곱에 대한 합의 최적화	최소차원공간에서의 분류	수량화이론 IV류

후 외적기준과 가장 큰 상관(correlation)을 갖는 가변수 설명변량들의 선형결합을 찾아내는 방법이다.

〈표 4〉는 분석목적에 따라서 수량화이론을 분류한 것이며, 〈표 5〉는 외적기준의 유, 무와 데이터의 조건별로 분류한 것이다.

2. 수량화 I류

수량화 이론에서 외측기준 Y의 발생을 예측하기 위해서 그 현상에 관련된 m개의 항목(Item)을 몇 개의 카테고리(Category)로 구분한다. 이에 해당하는 설명특성 (X_1, X_2, \dots, X_m) 들이 측정될 때, 이 설명특성 X_j 에 기초하여 목적의 특성 수량 Y를 예측하거나, Item · Category의 요인분석을 행하기 위한 방법으로 이산적 데이터를 활용한 분석방법이 수량화이론 제 I류이다. 이 분석방법은 설명특성 X_j 가 수량 즉, 연속적

인 값을 취할 때의 중회귀분석과 호응된다고 말할 수 있다. 이를 식으로 표현하면, 도로이미지 변수 i 의 외생변수 y_i 를 안전성, 설명변수(요인)를 운전자가 느끼는 도로이미지의 특성 x_{jki} 라 가정하면,

$$y_i = \sum \sum a_{jk} x_{jki} + \epsilon_i \quad (1)$$

여기서, $a_{jk} = \begin{cases} 1 : \text{카테고리}(C_{(jk)}) \text{에 해당} \\ 0 : \text{카테고리}(C_{(jk)}) \text{에 비해당} \end{cases}$ 의 선형관계가 성립된다.

3. 수량화 II류

판별분석에는 크게 분류하여 설명변수로서 간격척도나 비례척도 등의 정량적 데이터를 이용하는 판별함수와 설명변수로서 서수척도나 명목척도 등의 정성적 데이터를 이용할 수 있는 수량화 이론 제II류의 2가지 방법이 있다. 여기서 수량화 이론 제II류는 정성적인 데이터의 외적기준을 판별하거나 예측분석을 위한 수법이다. 어떤 분류항목의 구분 G_1, G_2, \dots, G_T 가 결정되고, 각 개체는 그 분류항목의 구분에 관련이 깊은가의 특성량(설명항) X_1, X_2, \dots, X_m 을 가지고 있다. 이때 개체로부터 그들 특성군을 관측하고 그들 특성량을 사용하여 개체가 목적으로 하고 있는 분류항목의 어느 구분에 속하는가를 높은 확률로 예측한다. 일반적으로 이 같은 분석문제는 판별분석에서 데이터 해석을 하게 된다. 그때 판별기준의 대표적인 척도로서 사용되는 것은 적중률이나 상관비 등이 있다.

IV. 차량시뮬레이터 실험 및 이미지조사

1. 차량시뮬레이터의 개요

차량시뮬레이터는 현실에서 자동차를 운전하는 대신



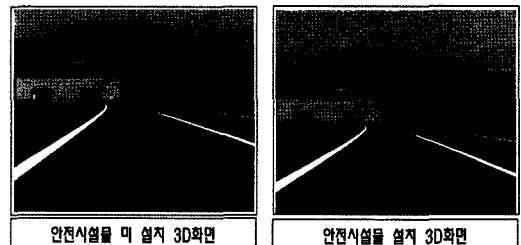
〈그림 3〉 차량 시뮬레이터 및 실험상황

안전한 실험실 내에서 위급상황까지 포함하는 다양한 주행상황을 반복적으로 재현할 수 있다. 또한 다양한 전자제어시스템의 성능, 사용성 및 운전자 수용성 등을 효과적으로 평가할 수 있다. 차량시뮬레이터는 자동차 특성과 운전조건 변화에 대해 운전자가 얼마나 유사하게 느끼느냐에 좌우된다. 초기의 시뮬레이터는 실제 운전과는 거리가 있는 스크린 화면을 이용하거나 자동차의 동적 느낌이 나지 않았지만 최근의 시뮬레이터는 실제 운전상황과 동일한 느낌을 느끼게 해줄 수 있는 수준에까지 도달해 있다. 〈그림 3〉은 본 연구에서 사용한 차량 시스템으로서 3채널의 영상 시스템을 갖추어 운전자에게 150×40도의 넓은 시야 범위를 제공하고 전기식 운동 시스템을 갖추어 자동차의 운동감을 운전자에게 피드백 함으로써 높은 현실감을 확보하고 있다.

2. 실험환경의 구축

도로안전시설물 설치에 따라 운전자가 실제 도로 주행시 느낄 수 있는 도로 이미지를 파악하기 위해서 〈그림 4〉와 같이 3D그래픽으로 종단선형구간의 Data Base을 구축하여 실험을 한후 피실험자를 대상으로 이미지 조사를 실시하였다.

또한, 운전자가 느끼는 도로의 쾌적성, 인지성 그리고 안전성 요인에 대한 이미지를 회답받기 위해서 이미지 요인을 표현할 수 있는 항목을 표현하고 각 항목에 대하여 매우 긍정적인 회답에서 그렇지 않은 회답까지 5단계의 언어척도로 하여 응답자들이 인식 정도를 회답하는 방법으로 조사를 실시하였다. 본 조사는 2004



〈그림 4〉 3D그래픽 구축현황

〈표 6〉 시나리오별 실험환경

시나리오	설계 속도	도로 연장	차로수	종단 경사	안전 시설물
A	80km/h	10.0km	왕복 4차로	4~6%	무
B			유		

〈표 7〉 시나리오에 설치된 도로안전시설물 종류

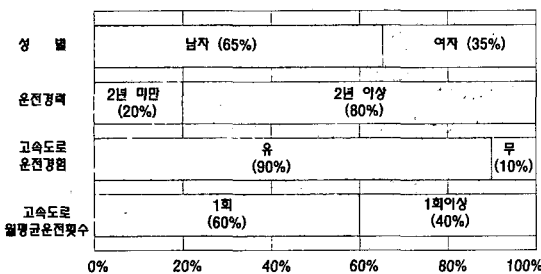
도로안전시설물 종류			
			
미끄럼 방지시설	과속차량 단속시스템	가변전광 표지판	속도규제표지

년 1월 운전경험이 있는 실험자를 대상으로 실제 차량 운전석에서 전방을 볼 수 있는 위치 즉, 운전자 시각에 초점을 맞추어 3D 그래픽 화면을 보고 느끼는 도로안전시설물 설치에 따른 도로 이미지에 대해 조사를 실시하였다. 그리고 3D 그래픽을 이용한 실제 종단선형구간의 도로 상황을 구축하고 차량시물레이션을 이용하여 운전자의 안전시설물 인지특성에 대한 실험을 실시하였다. 본 연구에서 구축한 실험환경의 각 설계요소 및 도로안전시설물의 종류는 〈표 6〉, 〈표 7〉과 같다.

V. 조사분석 및 검증

1. 개인속성 및 단순분석

본 실험은 2004년 1월 운전면허를 가지고 실제 운전을 하고 있는 도로 이용자들을 대상으로 실시하였으며, 실험에 참가한 실험대상자들의 개인속성별 표본수와 구성비는 〈그림 5〉와 같다. 〈그림 5〉에서 보는 것과 같이 고속도로 운전경험이 있는 응답자들의 한 달 평균 운전횟수는 월별 한번 정도 운전을 하는 응답자들이 대부분인 것으로 나타났다.

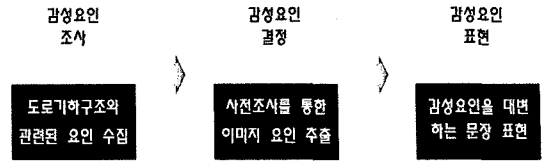


〈그림 5〉 개인속성별 구성비

2. 도로이미지 조사 분석

1) 도로이미지 조사의 개요

운전자가 도로를 주행하면서 느끼는 이미지를 추출



〈그림 6〉 감성요인의 추출과정

1. 전방의 도로상황을 예측하기 쉽다
2. 차량주행시 한쪽으로 쏠리지 않는다.
3. 운전중 차량조작이 용이하다.
4. 도로의 경사가 완만하다
5. 도로의 구성요소가 조화롭다.
6. 도로의 기하구조상 차량주행이 안전하다.

〈그림 7〉 종단선형구간에서의 감성요인

하기 위해서 인간의 느낌을 최대한 대변할 수 있는 이미지 항목을 추출하는 것이 무엇보다 중요하다. 본 연구에서는 단순히 도로 이미지와 관련된 요인 조사에 그치지 않고 감성의 대변 정도나 특정한 감성요인과의 관계되는 대표성 등을 충분히 고려하기 위하여 〈그림 6〉과 같은 과정을 거쳐 본 연구에서 사용한 도로 이미지에 대한 감성요인을 추출하였다.

차량시물레이터 실험을 이용한 이미지조사는 각각의 시나리오를 피실험자가 실험순서에 상관없이 Random하게 수행한 후 운전자가 느끼는 도로 기하구조의 이미지를 회답받기 위해서 감성요인을 표현할 수 있는 항목을 〈그림 7〉과 같이 표현하였다. 각 항목에 대하여 응답자들이 어느 정도로 인식하고 있는지를 5단계 언어 척도로 회답하는 방법으로 종단선형구간에서 느끼는 이미지를 조사하였다.

2) 도로이미지 조사의 분석

본 연구에서는 도로이미지 조사의 신뢰성 분석을 위해 Chronbach's Alpha계수를 통해 신뢰도를 측정하였다. 〈표 8〉의 신뢰성 분석 결과를 보면 안전시설물 설치 전이 0.8276, 설치 후가 0.8576으로 비교적 신뢰성이 높은 것으로 분석되었다. 또한, 도로안전시설물이 주행 중인 운전자들이 느끼는 이미지에 있어 중요한 영향을 준다고 판단되어 안전시설물 설치 전, 후 운전자가 느끼는 도로이미지 차이를 분석하였다.

본 연구에서는 도로안전시설물 설치에 따른 도로이미지 차이를 분석하기위해 윌콕슨(Wilcoxon)검정을 이용하였으며 분석결과 유의수준 5%에서 모두 유의한

〈표 8〉 도로이미지 조사의 신뢰성 분석결과

유형	Number of Item	Chronbach's Alpha
안전시설물 설치 전	6	0.8276
안전시설물 설치 후	6	0.8576

〈표 9〉 도로안전시설물 설치에 따른 이미지차이 분석

도로이미지 항목	z값	유의 수준	도로이미지 항목	zt값	유의 수준
1	2.360	0.018	4	2.351	0.019
2	2.559	0.010	5	2.439	0.015
3	2.137	0.033	6	4.018	0.000

주) 이미지항목의 번호는 최종 이미지 항목으로 선정된 6가지 문장의 번호임

〈표 10〉 수량화 II류에 의한 도로안전시설물 설치 전의 영향요인 분석 결과

항목	카테고리	제 1 측			제 2 측		
		수량화값	범위	편상관	수량화값	범위	편상관
외적기준 (도로의 기하구조상 차량주행이 안전하다)	매우 나쁨	2.319	4.136	-	0.552	5.647	-
	나쁨	-0.150			0.101		
	보통	-0.440			-0.437		
	좋음	-0.458			-1.534		
	매우 좋음	-1.817			4.112		
전방의 도로상황을 예측하기 쉽다	매우 나쁨	1.247	1.567	0.329	-3.059	4.108	0.593
	나쁨	-0.319			-0.292		
	보통	0.168			-0.080		
	좋음	-0.047			1.049		
	매우 좋음	-0.228			0.855		
차량주행시 한쪽으로 쏠리지 않는다	매우 나쁨	-0.315	0.794	0.380	0.442	1.233	0.397
	나쁨	0.386			0.038		
	보통	-0.394			0.273		
	좋음	0.182			-0.790		
	매우 좋음	-0.407			-0.174		
운전중 차량조작이 용이하다	매우 나쁨	4.436	0.796	0.210	0.082	2.869	0.543
	나쁨	-0.090			1.349		
	보통	0.104			-0.348		
	좋음	0.232			-0.548		
	매우 좋음	-0.564			-1.519		
도로의 경사가 완만하다	매우 나쁨	-1.412	2.087	0.447	1.695	4.624	0.697
	나쁨	0.382			-0.262		
	보통	0.142			-0.361		
	좋음	-0.333			-0.292		
	매우 좋음	-1.705			4.263		
도로의 구성요소가 조화롭다	매우 나쁨	2.703	3.177	0.509	1.111	2.545	0.550
	나쁨	-0.122			-1.434		
	보통	-0.475			0.361		
	좋음	-0.377			0.045		
	매우 좋음	0.607			0.283		
정준상관(제곱정준상관)분석		0.820(0.672)			0.814		
Wilks' Lambda		0.032 (유의확률 : 0.002)					
Pillai's Trace		2.261 (유의확률 : 0.001)					

것으로 나타났다. 〈표 9〉는 도로안전시설물 설치에 따른 도로이미지차이 분석결과이다.

VI. 모형의 개발

1. 수량화 II류에 의한 영향요인 분석

수량화 II류는 외적기준과 설명변수를 모두 가변수를 이용하여 표현한 뒤, 외적기준 가변수들의 선형결합과 설명변량 가변수들의 선형결합 간의 상관계수를 최대화한다. 그럼으로써 모든 질적 범주에 수량화 값을 부여하게 되고 외적기준을 설명변량에 의하여 예측하게

나 판별할 수 있는 방법이다. 수량화 II류는 정준상관 분석(Canonical Correlation Analysis)과 정준판별 분석(Canonical Discriminant Analysis)의 두 가지 접근방법으로 설명할 수 있다. 본 연구에서는 중단선형 구간 주행시 운전자가 느끼는 안전성과 관련 있는 요인들을 식별하고 영향정도를 규명하기 위해 다섯 가지 이미지요인들을 설명변수로 하고 "도로의 기하구조상 차량주행이 안전하다"를 외적기준으로 하여 수량화 II류의 정준상관분석(Canonical Correlation Analysis)에 의한 분석을 실시하였다. <표 10>과 <표 11>은 중단선형구간에서의 도로로써 안전시설물 설치 전과 후에

따라 운전자가 느끼는 안전성의 영향요인을 수량화 II류에 의해 분석한 결과이다.

수량화 II분석에서 설명요인의 중요도를 나타내는 척도로는 수량화 범위와 편상관(Partial correlation)을 병행하여 사용한다. 수량화범위는 최대 수량화 값과 최소 수량화 값의 차이로써 그 요인에서 그 만큼 차이가 날 수 있음을 의미하므로 각 설명변량의 중요도(기여도)를 말해주는 지표라고 볼 수 있다. 편상관(Partial correlation)은 수량화결과를 이용하여 모든 질적 변량을 양적 변량으로 대체한 후 구하게 되는 편상관이다.

도로안전시설물 설치 전 외적기준의 제1축 수량화는

<표 11> 수량화 II류에 의한 도로안전시설물 설치 후의 영향요인 분석 결과

항목	카테고리	제 1 축			제 2 축		
		수량화값	범위	편상관	수량화값	범위	편상관
외적기준 (도로의 기하구조상 차량주행이 안전하다)	매우 나쁨	2.540	3.526	-	-1.375	2.513	-
	나쁨	0.672			0.893		
	보통	0.472			0.009		
	좋음	-0.108			1.138		
	매우 좋음	-0.986			-1.207		
전방의 도로상황을 예측하기 쉽다	매우 나쁨	0.019	2.192	0.526	0.135	1.402	0.637
	나쁨	1.052			-0.213		
	보통	0.044			0.269		
	좋음	-0.264			0.094		
	매우 좋음	-1.140			-1.133		
차량주행시 한쪽으로 쏠리지 않는다	매우 나쁨	-0.557	0.897	0.287	0.141	0.767	0.341
	나쁨	0.339			0.493		
	보통	-0.001			-0.045		
	좋음	0.158			-0.273		
	매우 좋음	-0.345			0.296		
운전중 차량조작이 용이하다	매우 나쁨	0.680	1.4616	0.512	0.352	0.688	0.424
	나쁨	0.794			0.041		
	보통	0.140			-0.254		
	좋음	-0.666			-0.053		
	매우 좋음	-0.076			0.434		
도로의 경사가 완만하다	매우 나쁨	-0.707	0.827	0.166	-1.296	1.802	0.393
	나쁨	0.120			0.506		
	보통	-0.021			-0.022		
	좋음	0.115			-0.168		
	매우 좋음	-0.267			-0.703		
도로의 구성요소가 조화롭다	매우 나쁨	2.174	2.780	0.534	4.021	4.758	0.418
	나쁨	-0.028			-0.176		
	보통	-0.606			-0.737		
	좋음	0.399			0.552		
	매우 좋음	-0.190			-0.380		
정준상관(제곱정준상관)분석		0.848(0.720)			0.814		
Wilks' Lambda		0.044 (유의확률 : 0.014)					
Pillai's Trace		2.032 (유의확률 : 0.023)					

나쁨, 보통, 좋음, 매우 좋음이 부(-)의 방향으로 되어 있고, 매우 나쁨이 정(+)의 방향으로 되어 있음을 알 수 있다. 이 중 낮은 안전성과 관련이 있는 항목인 매우 나쁨(2.319) 항목이 양에 위치하고, 나쁨 항목(-0.150)도 비교적 0에 가깝게 위치한다. 이에 가장 큰 관련을 갖는 요인은 수량화범위로 판단하면 “도로의 구성요소가 조화롭다” 항목으로 매우 나쁨(2.703)이라고 응답한 실험자일수록 차량주행시 안전성이 낮다고 생각하는 것으로 나타났다. 외적기준의 제2축 수량화는 높은 안전성과 관련 있는 항목인 좋음(-1.534)과 매우 좋음(4.112)의 대비로 되어있다. 즉 높은 안전성과 관련 있는 항목인 좋음과 매우 좋음을 구분하는 것이라고 볼 수 있다. 이와 가장 관련이 큰 요인은 “도로의 경사가 완만하다” 항목으로 매우 좋음(4.263)이라고 응답한 실험자일수록 안전성이 매우 높다고 생각하는 것으로 나타났다. 다변량 통계량은 Wilks' Lambda와 Pillai's Trace의 검정통계량의 P값이 0에 가까운 값을 가지므로 유의한 것으로 나타났다. 또한 정준상관계수는 0.820(제2축: 0.814)으로 상당히 높으며 정준상관계수의 제곱이 0.672(제2축: 0.662)로 양호한 것으로 나타났다. 도로안전시설물 설치 후 외적기준의 제1축 수량화는 매우 나쁨, 나쁨, 보통이 정(+)의 방향으로 되어있고, 좋음, 매우 좋음이 부(-)의 방향으로 되어 있음을 알 수 있다. 이 중 낮은 안전성과 관련이 있는 항목인 매우 나쁨(2.540)과 나쁨(0.672), 보통(0.472) 항목이 양에 위치한다.

이에 가장 큰 관련을 갖는 요인은 “도로의 구성요소가 조화롭다” 항목으로 매우 나쁨(2.174)이라고 응답한 실험자일수록 안전성이 매우 낮다고 생각하는 것으로 나타났다. 제2축 수량화는 높은 안전성과 관련 있는 항목인 좋음(1.138)과 매우 좋음(-1.207)의 대비로 되어있다. 이와 가장 관련이 큰 요인은 “도로의 구성요소가 조화롭다” 항목으로 매우 좋음(-0.380)이라고 응답한 실험자일수록 안전성이 매우 높다고 생각하는 것으로 나타났다. 다변량 통계량은 Wilks' Lambda와 Pillai's Trace의 검정통계량의 P값이 0에 가까운 값을 가지므로 유의한 것으로 나타났다. 또한 정준상관계수의 제곱이 0.720(제2축: 0.627)으로 양호한 것으로 나타났다.

도로안전시설물 설치 전과 후의 수량화 II류에 의한 모형에 비교·분석한 결과 중단선형구간 주행시 운전자

가 느끼는 안전성은 도로안전시설물 설치 전과 후 모두 “전방의 도로상황을 예측하기 쉽다(제1축 중요도: 1.567, 제2축 중요도: 4.108)”, “도로의 경사가 완만하다(제1축 중요도: 2.087, 제2축 중요도: 4.624)”, “도로의 구성요소가 조화롭다(제1축 중요도: 3.177, 제2축 중요도: 2.545)” 항목이 상대적으로 더 큰 중요도를 보였으며 이는 중단선형구간 주행시 운전자가 느끼는 안전성에는 인지성과 관련이 있는 요소가 상대적으로 더 큰 영향을 미칠 수 있을 것으로 판단할 수 있다.

2. 수량화 I 류에 의한 안전성 변화 예측모형

수량화 I 류는 설명변수가 범주형인 경우에는 원래의 코드값을 그대로 사용할 수 없으므로 0과 1의 값만

〈표 12〉 수량화 I 류에 의한 도로안전시설물 설치 전의 안전성 예측모형(A)

항목	카테고리	수량화값	범위	편상관
전방의 도로상황을 예측하기 쉽다	매우 나쁨	-1.445	1.801	0.409
	나쁨	0.356		
	보통	-0.182		
	좋음	0.070		
	매우 좋음	0.064		
차량주행시 한쪽으로 쏠리지 않는다	매우 나쁨	0.134	0.686	0.362
	나쁨	-0.326		
	보통	0.360		
	좋음	0.108		
	매우 좋음	-0.324		
운전중 차량조작이 용이하다	매우 나쁨	-0.669	1.707	0.376
	나쁨	0.250		
	보통	-0.011		
	좋음	-0.315		
	매우 좋음	1.038		
도로의 경사가 완만하다	매우 나쁨	0.195	2.201	0.531
	나쁨	-0.347		
	보통	-0.071		
	좋음	0.514		
	매우 좋음	1.854		
도로의 구성요소가 조화롭다	매우 나쁨	-0.515	0.852	0.359
	나쁨	-0.437		
	보통	0.230		
	좋음	0.337		
	매우 좋음	-0.439		
상수		2.500		
R-Square			0.599	
F Value			2.170	
P Value			0.027	

을 취하는 변수, 즉 가변수(dummy variable)로 변환 후 외적기준과 가장 큰 상관(correlation)을 갖는 가변수 설명변량들의 선형결합을 찾아내는 방법이다. 본 연구에서는 수량화 I 류 이론을 이용하여 종단선형구간에서의 운전자가 느끼는 안전성에 대한 모형을 구축하였다. 도로안전시설물 설치 전 운전자가 느끼는 안전성 모형(A)과 도로안전시설물 설치 후 운전자가 느끼는 안전성 모형(B)의 각각 두개의 모형을 구축하여 도로 안전시설물 설치 전과 후에 대한 안전성의 차이를 비교·검토하였다. “도로의 기하구조상 차량주행이 안전하다”를 외적기준으로 하고 나머지 다섯가지의 이미지 변수를 설명변수로 하여 모형화를 실시하였으며, 그 결과는 <표 12>, <표 13>과 같다. 모형(A)의 경우 높은 안전성을 결정하는 요인으로는 대부분의 변수에서 “중

음”과 “매우 좋음”으로 나타났으며, 수량화 값의 범위가 가장 큰 “도로의 경사가 완만하다(범위: 2.201, 편상관: 0.531)”가 종단선형구간 주행시 안전성의 결정에 가장 중요한 기여를 하는 설명변수라고 할 수 있다. 모형(B)의 경우는 높은 안전성을 결정하는 요인으로 대부분의 변수에서 “중음”과 “매우 좋음”으로 나타났으며, “도로의 구성요소가 조화롭다(범위: 2.120, 편상관: 0.468)”가 종단선형구간 주행시 안전성의 결정에 가장 중요한 기여를 하는 설명변수로 나타났다. 한편 조사·수집한 이미지 데이터 중 도로안전시설물 설치 전과 설치 후의 동일한 회답결과를 수집하여 모형(A)와 모형(B)의 안전성 예측치를 분석하였다. 안전성 예측 결과 도로안전시설물 설치 전 모형(A)는 평균 2.42의 안전성을 보였으며, 설치 후 모형(B)는 평균 3.16의 안전성을 보였다. 또한 모형(A)와 모형(B)의 안전성 예측결과에 차이가 있는지를 검정한 결과 유의확률이 0.045로 유의수준 0.05에서 모형(A)와 모형(B)의 예측결과가 차이가 있는 것으로 나타났다. 이는 종단선형구간을 주행할 때 도로안전시설물이 운전자의 안전한 주행을 유도할 수 있을 것으로 예상할 수 있다.

<표 13> 수량화 I 류에 의한 도로안전시설물 설치 후의 안전성 예측모형(B)

항목	카테고리	수량화값	범위	편상관
전방의 도로상황을 예측하기 쉽다	매우 나쁨	-0.364	1.764	0.411
	나쁨	-0.691		
	보통	-0.100		
	좋음	0.194		
	매우 좋음	1.074		
차량주행시 한쪽으로 쏠리지 않는다	매우 나쁨	0.665	1.223	0.335
	나쁨	-0.558		
	보통	-0.027		
	좋음	-0.191		
	매우 좋음	0.430		
운전중 차량조작이 용이하다	매우 나쁨	-0.697	1.708	0.525
	나쁨	-0.959		
	보통	-0.119		
	좋음	0.749		
	매우 좋음	0.099		
도로의 경사가 완만하다	매우 나쁨	0.948	1.275	0.205
	나쁨	-0.327		
	보통	0.062		
	좋음	-0.021		
	매우 좋음	0.332		
도로의 구성요소가 조화롭다	매우 나쁨	-1.478	2.120	0.468
	나쁨	-0.178		
	보통	0.642		
	좋음	-0.302		
	매우 좋음	0.313		
상수		3.485		
R-Square			0.702	
F Value			3.410	
P Value			0.001	

Ⅶ. 실험데이터를 이용한 안전성 검증

본 연구에서는 도로안전시설물 설치 전과 후의 주행 속도데이터를 분석하여 안전성을 평가하고 이를 운전자가 느끼는 안전성과 비교하고자 하였다. 즉 종단선형구간을 주행한 후 차량시물레이터를 통해 얻어지는 피실험자들의 주행속도데이터 분석결과와 이미지 설문을 통

<표 14> 도로의 안전성 평가기준

안전 평가 기준	우수 : GOOD	양호 : FAIR	불량 : POOR
	Design Levels		
I	$ V85i-Vd \leq 10\text{km/h}$	$10\text{km/h} < V85i-Vd \leq 20\text{km/h}$	$20\text{km/h} < V85i-Vd $
II	$ V85i-V85i+1 \leq 10\text{km/h}$	$10\text{km/h} < V85i-V85i+1 \leq 20\text{km/h}$	$20\text{km/h} < V85i-V85i+1 $
III	$+0.01 \leq fR-fRA $	$-0.04 \leq fR-fRA < +0.01$	$ fR-fRA < -0.04$

Vd : 설계속도(km/h)
 V85i : i 구간에서의 85백분위 기대속도(km/h)
 V85i+1 : i+1 구간에서의 85백분위 기대속도(km/h)
 fR : 추정 횡방향 마찰력, fRA : 요구된 횡방향 마찰력

해 도출한 모형에 의한 안전성 변화와 비교함으로써 도로안전시설물 설치 후에 안전성의 변화정도를 명확히 규명하고자 하였다. 독일의 Lamm은 도로선형 안전성 평가를 위해 <표 14>와 같은 세 가지 도로 선형 안전성 평가기준(Safety criterion)을 제시하였다. 안전평가기준 I은 설계의 일관성을 평가하기 위해 도로 각 구간별 운행속도와 설계속도의 차이로서 안전수준을 평가하는 방법이며, 안전평가기준 II에서는 각 도로의 구간별 운행속도의 일관성을 검사하여 안전수준을 평가하는 방법이다. 그리고 안전평가기준 III은 운행의 동적인 일관성을 알아보기 위해서 가정된 횡방향 마찰력 계수와 실제 주행시 요구되는 횡방향 마찰력 계수의 차이로서 안전수준을 평가하는 방법이다.

주행속도데이터를 이용한 안전성 평가를 위해 Lamm이 제시한 도로선형 안전성 평가방법중 주행속도일관성 분석방법을 이용하였다. <표 15>는 종단경사가 변하는 지점을 기준으로 나는 16개 구간에 대하여 Lamm의 주행속도일관성 분석방법을 바탕으로 구간마다의 속도차이를 분석하여 각 구간별 범위에서 안전성을 평가한 결과이다.

<표 15>의 결과를 보면 도로안전시설물 설치 전에는 세 개의 구간에서 FAIR를 보였으나 설치 후에는 한 개의 구간에서 FAIR의 평가결과를 보였다. 또한 구간별 속도차도 작아지는 것으로 분석되었다. 이는 도로안전시설물이 운전자의 주행안전성에 영향을 미치는 것으로 판단할 수 있다.

<표 15> 속도데이터를 이용한 안전성 평가결과

구간	안전시설물 설치전		안전시설물 설치후	
	분석값	안전성평가	분석값	안전성평가
1 2	8.1	GOOD	12.0	FAIR
2 3	-5.4	GOOD	0.0	GOOD
3 4	-7.2	GOOD	-6.0	GOOD
4 5	-1.0	GOOD	-4.6	GOOD
5 6	10.1	FAIR	-0.2	GOOD
6 7	13.7	FAIR	7.7	GOOD
7 8	-4.1	GOOD	-2.3	GOOD
8 9	-8.7	GOOD	-4.8	GOOD
9 10	-2.9	GOOD	-0.5	GOOD
10 11	9.3	GOOD	8.4	GOOD
11 12	0.0	GOOD	-4.5	GOOD
12 13	1.2	GOOD	0.8	GOOD
13 14	-0.1	GOOD	2.2	GOOD
14 15	-8.6	GOOD	-4.7	GOOD
15 16	12.0	FAIR	5.2	GOOD

Ⅶ. 결론 및 향후연구과제

본 연구는 피실험자에게 안전상 부담을 주는 현장시험의 난점을 최대한 극복하고자 차량시뮬레이터와 3D 그래픽 화면으로 종단선형구간을 재현하였다. 재현한 종단선형구간을 동일한 피실험자들을 대상으로 도로안전시설물 설치 전과 후를 주행하게 한 후 느끼는 이미지데이터를 바탕으로 도로안전시설물 설치 전, 후에 따른 각각의 모형을 산출하였다. 또한 차량시뮬레이터 실험데이터인 주행속도데이터를 이용하여 도로안전시설물 설치 전과 후에 안전성 변화를 분석함으로써 이미지데이터에 의한 모형의 안전성 변화를 검증할 수 있었다.

수량화 II류의 정준상관분석에 의한 안전성 영향요인의 분석결과 도로안전시설물 설치 전과 후의 경우 모두 대부분의 설명변수에서 좋지 않은 이미지가 외적기준인 안전성의 좋지 않은 이미지와 관련이 있는 것으로 나타났다. 특히, "전방의 도로상황을 예측하기 쉽다", "도로의 경사가 완만하다", "도로의 구성요소가 조화롭다"와 같은 운전자의 인지성과 관련된 항목이 "차량주행시 한쪽으로 쏠리지 않는다", "운전 중 차량조작이 용이하다"와 같은 쾌적성과 관련된 항목보다 큰 범위값 및 편상관을 보임으로써 운전자가 느끼는 안전성에 더 큰 중요도를 보이는 것으로 분석되었다.

수량화 I류에 의해 종단선형구간 주행시 운전자가 느끼는 안전성 예측모형을 구축한 결과 도로안전시설물 설치 전 모형(A)와 설치 후 모형(B)는 각각 59.9%와 70.2%의 설명력을 보였으며 통계적으로도 유의한 것으로 나타났다. 운전자가 느끼는 안전성에 가장 중요한 기여를 한 설명변수를 살펴본 결과 모형(A)의 경우 "도로의 경사가 완만하다", 모형(B)의 경우는 "도로의 구성요소가 조화롭다" 인 것을 알 수 있었다.

한편 조사·수집한 이미지 데이터 중 도로안전시설물 설치 전과 설치 후의 동일한 회답결과를 수집하여 모형(A)와 모형(B)의 안전성 예측치를 분석하였다. 분석결과 도로안전시설물 설치 후가 설치 전보다 높은 안전성 예측 결과를 보였으며 안전성 예측 결과의 차이는 통계적으로도 유의한 것으로 나타났다. 이와 함께 본 연구에서는 차량시뮬레이터의 주행속도데이터를 Lamm의 주행속도일관성 평가방법에 의해 분석한 결과 도로안전시설물의 설치 후 구간별 속도 차가 작아지는 것을 알 수 있었다. 이는 모형을 통해 알 수 있었던 도로안전시설물이 운전자가 느끼는 안전성에 영향을 미친다는 판단과 상응하는 것으로 도로안전

시설물을 설치함으로써 종단선형구간 주행시 안전한 운행을 유도할 수 있다고 판단할 수 있다.

본 연구는 종단선형구간에서 안전시설물의 효과도를 검증하기 위한 방법이었으나 향후 복합선형구간에서 안전시설물의 효과도를 검증할 필요성이 있다고 판단된다. 더불어 수량화 III류에 의한 반응패턴분석을 통해 다양한 분석이 가능할 것으로 기대된다.

참고문헌

1. 건설교통부(2001), 건설교통통계연보.
2. 경찰청(2001), 도로교통안전백서.
3. 김종구·오승훈(2001), "가로경관의 심리평가와 물리적 공간구성요소", 대한토목학회 논문집.
4. 김현국(1994), "우리나라 도로교통 사망사고의 발생원인 분석에 관한 연구 : 인적원인중 운전자를 중심으로", 연세대학교 산업대학원 석사학위논문.
5. 김효종(1997), "교통사고 유형에 미치는 영향요인 분석에 관한 연구", 전남대학교 대학원 박사학위논문.
6. 남궁문(1995), "시각정보에 대한 운전자의 인지 특성", 원광대학교 환경건설논문집 제4집, pp.69~70.
7. 이병주(1998), "통행전 정보 제공시 LISREL을 이용한 경로 및 시간대 선택모델", 원광대학교 대학원 석사학위논문.
8. 이순목(1990), "공변량구조분석", 성원사.
9. 이점호(1994), "도로의 평면선형설계요소가 교통안전에 미치는 영향분석", 서울시립대학교 대학원 석사학위논문.
10. 이철수(2000), "운전자의 심리·생리적 요소 측정에 의한 도로의 직선길이 제한 타당성", 한양대학교 환경대학원 석사학위논문.
11. 장정화(2002), "국도 곡선 구간에서의 운전자 시각행태 특성 분석에 관한 연구", 명지대학교 대학원, 석사학위논문.
12. 정영훈(2000), "주행 시뮬레이터의 감성공학적 접근과 주행환경의 속도감 인자분석", 부산대학교 대학원 석사학위논문.
13. 최영락(2000), "도로선형설계를 위한 기하구조요소 분석", 부산대학교 대학원 석사학위논문.
14. Pucher, R(1963), "Methods to Increase Safety in Traffic." Research Works from Road Engineering, New Sequence, vol.56. Germany.
15. Bitzl, F.(1966), "The Influence of Road-Character istics on Traffic Safety" Research Road Construction and Road Traffic laws (Zeitschrift fuer Verkehrsrecht), vol. 11, Germany, pp.233~238.
16. Krebs, H.G. and J.H. Kloeckner(1977), "Investigations of Effect of Highway and Traffic Conditions Outside Built-up Areas on Accident Rates", Research Road Construction and Road Traffic Technique (Forschung Strassenbau und strasse nverkehrstechnik), Minister of Transportation. Bonn, Germany, vol.223, pp.1~63.
17. FHWA(1978), "Hanbook of Highway Safety Design and Operating Practcies".
18. Ruediger Lamm(1999), "Highway Design and Traffic Safety Engineering Handbook".
19. 三宅良司, 榎原和彦, 土橋正彦, 爲國かおる(1992), "景觀評價實驗における被實驗者數と評價の安定性に関する-考察", 土木計劃學研究・講演集, No.15(1).
20. 佐ク木邦明, 森川高行(1992), "認知的不協和と主觀的評價値の離散性を考察した潛在變數 を取り入れた交通行動分析", 土木計劃學研究・講演集, No.15(1).
21. 中川茂, 荒木章夫, 楠岡省, 乾睦子(1992), "景觀評價システムに関する研究", 土木計劃學研究・講演集, No.15(2).

✉ 주 작 성 자 : 이수범

✉ 논문투고일 : 2005. 1. 11

논문심사일 : 2005. 4. 12 (1차)

2005. 4. 20 (2차)

심사판정일 : 2005. 4. 20

✉ 반론접수기한 : 2005. 10. 31