

컨조인트 분석에 의한 터널 내 조명시설 설치조합별 경관 선호도 분석

Analysis of Landscape Preference by the Installation Combination of Lightning in Tunnel based on Conjoint Analysis

이혜령 Lee, hyeryung
금기정 Kum, kijung
정현정 Jung, hyunjung

정회원 · 네이비시스템 모바일사업부 위치기반솔루션팀 연구원 (E-mail: dlGpfud@neighbor21.co.kr)
정회원 · 명지대학교 공과대학 교통공학과 교수 (E-mail: kjkum@mju.ac.kr)
정회원 · 명지대학교 공과대학 교통공학과 박사과정 (E-mail: eeyume@naver.com)

ABSTRACT

PURPOSES : This study is to suggest suitable lighting facility installation plans by finding out driver's preference for combination of lighting facility installation among landscape factors that affect driver visibility in tunnels.

METHODS : SD method is used to extract emotional factors that affect drivers' preference, Components of tunnel lighting facility installation are evaluated through conjoint analysis and it suggested relative importance of attributes and utility values.

RESULTS : In the aspects of satisfaction levels of components of tunnel lighting facility installation, Tunnel side, two lows, and solid line arrangement type has the highest level of satisfaction. Extract emotional factors that affect drivers' preference are "safety", "openness" and "amenity." In addition, the result of analyzing relative importance of attributes of tunnel lighting facility shows that numbers of lighting array has the highest importance and lighting facility arrangement has the lowest importance. Result of analyzing partial utility shows that the 2 low type among number of lows, the solid line arrangement type between arrangement types, placing in the middle part among lighting facility arrangement were highly preferred.

CONCLUSIONS : In the case of lighting numbers, utility values of the first line and the second line showed us a big difference. Increasing the number arrays in the future reformation of lighting facility installation combination will be effective in enhancing the utility of the driver.

Keywords

conjoint analysis, tunnel, landscape, SD(Semantic Differential) technique

Main Author : Lee, hyeryung, Engineer
Mobile Div / LBS Solution team, Neighbor System Co, 16th Fl,
IT Venture Tower East Wing, 78 Garak-dong, Songpa-gu, Seoul, 138-160, Korea
Tel : +82.2.6258.1500 Fax : +82.2.6258.0145
email : dlGpfud@neighbor21.co.kr

International Journal of Highway Engineering
http://www.ksre.or.kr/
ISSN 1738-7159 (Print)
ISSN 2287-3678 (Online)

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

최근 친환경적 도로건설에 관심이 높아짐에 따라 도로선형의 직선화와 절개지 최소화 방안으로서 터널수요가 증가하고 있는 추세이며, 나아가 터널내의 안전한 통행을 위한 내부경관 설계에 대한 논의가 활발히 진행되

고 있다.

그 중에서도 조명시설은 터널 내에서 운전자 시야에 가장 큰 영향을 주는 요소로서 조명의 배치와 설치간격 등에 따라 반사광이나 명암의 발생으로 운전자의 안전 운전에 영향을 끼칠 수 있다. 또한, 운전자의 선호를 고려하지 않은 조명 설치의 터널 통행에 있어서 심리적 불

안감과 압박감을 증대시킬 수 있으므로 적합한 조명시설 설치를 위해 설치조합별 운전자의 선호도에 대한 연구가 필요하다.

현재 터널 내부경관 평가를 위해 다양한 기준을 제시하고 있으며, 조명시설 또한 터널 내부경관을 구성하는 요소 중 하나로서 검토되었으나 대략적 배치 위치와 배열 수 등 그 범위가 제한적이었다.

이에 본 연구에서는, 조명의 배치, 배열 변화의 범위를 다양화, 세분화하여 설치조합을 구성하고 조명의 배치, 배열의 설치조합 변화에 따른 운전자 선호도를 파악함으로써 터널에 적합한 조명시설 설치조합을 제시하는데 그 목적을 두었다.

1.2. 연구의 내용 및 수행절차

본 연구는 터널 조명시설 설치조합의 변화에 따른 운전자 선호도간의 관계를 규명하고자 하였다. 연구 분석 방법에는 기존방법 외 컨조인트 분석이라는 차별적 방법을 이용하여 결론을 도출하였다. 컨조인트 분석은 어떤 환경의 조합을 평가하고 각 속성의 중요도와 효용 값을 도출하는데 유용한 분석 방법론으로 기 구조방정식을 이용한 터널 내부 경관 환경평가와는 차별성을 가지며 이를 통해 운전자 선호도를 고려한 조명 설치조합을 추출, 선정하고 개선방안을 제시하였다. 이와 같은 본 연구의 수행절차는 다음과 같다.

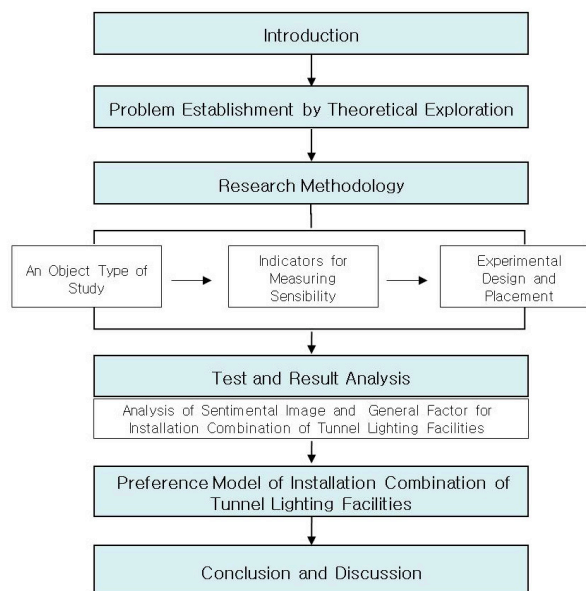


Fig. 1 Study of Research Procedures

먼저, 국내외 선행연구와 사례분석을 통해 터널조명시설 설치조합의 구성요소를 선정하고 연구방법을 설계

하였다.

다음으로는, 조명시설 설치조합의 부분요인설계를 통해 8가지 프로파일을 추출한 뒤 이를 3D 시뮬레이션으로 구성하였다. 구축된 시뮬레이션을 기반으로 터널 주행 경험이 있는 일반 운전자에게 선호도 조사를 실시하였다.

마지막으로 컨조인트 분석을 통해 운전자 선호도를 고려한 터널조명시설 설치조합을 평가하고 상대적 중요도 및 효용 값을 제시함으로써 향후 터널 내부 조명설치의 개선방안을 제시하였다.

2. 선행연구 및 이론적 고찰

2.1. 선행연구 고찰

터널 내부경관에 대한 선행연구를 살펴보면 박일동(2004)은 터널색채에 대한 선호도 감성요인 분석을 위해 대상터널의 동영상 촬영결과를 기반으로 설문조사를 실시한 후 이를 통해 조명색채에 대한 터널 내부경관 선호도를 나타내는 감성요인을 추출하고 LISREL모형으로 구축하였다.

또한, 왕이완(2008)은 터널 경관 구성 설계요인과 운전자 감성요인간의 관계를 파악하고, 터널경관 구성요소 조합에 의한 감성 이미지를 영향요인으로 도출했으며, 이를 통해, 터널경관 평가방법 및 경관적 환경 조성방안을 제시하였다.

컨조인트 분석기법 선행연구 검토 결과 하주희(1999)는 개인 선호 예측과 시장 점유율 예측의 상호작용 모형과 주요효과만을 포함한 제약 모형에 대한 예측 타당성을 비교분석하였다.

강은영(2010)은 구매기업의 특성에 따라 달라지는 공급업체 선정 요인을 분석하기 위해, 공급업체 선정기준 영향 요인을 검토하고, 수준별로 세분화한 뒤 이를 조합하여 프로파일을 제시한 후 설문결과로 컨조인트 분석을 실시하였다.

장영주(2010)는 컨조인트 분석으로 일반보도와 자전거·보행자 겸용도로의 이용자 서비스 수준별 효용가치의 영향관계 및 보행량과 자전거 통행량에 따른 민감도 분석을 실시하고, 자전거·보행자 겸용도로 이용자의 보행환경을 평가하였다.

기존 연구들을 살펴본 결과 터널 내부경관 변화에 따른 운전자의 심리를 파악한 연구는 수행되고 있는 반면, 조명시설의 배치와 배열 등 세부적 설치조합에 따른 연

구는 미비한 실정이다. 이에 본 연구에서는 터널조명시설 설치조합별 운전자 선호도를 파악하고 이에 대한 개선방안을 제시하고자 한다. 이는 터널 내부경관 요소 중 조명시설 설치조합을 세부적으로 고려하였다는 점과 더불어 컨조인트 분석을 이용하여 선호도를 측정하고 이에 대한 근거로 운전자 감성을 제시한다는 점이 기존 연구와의 차별성을 지닌다.

2.2. 컨조인트 분석에 대한 이론적 고찰

컨조인트 분석(Conjoint Analysis)은 제품과 서비스를 선호하는 소비자들의 욕구를 파악하는 데 이용되는 다변량 분석기법으로서 어떠한 제품이나 서비스, 매장 등에 대한 여러 대안들이 만들어졌을 때, 그 대안들에 부여하는 소비자들의 선호도를 측정하여 소비자가 각 속성(attribute)에 부여하는 상대적 중요도(relative importance)와 각 속성수준의 효용(utility)을 추정하는 것을 의미한다.

컨조인트 분석을 통해 이용자가 원하는 속성을 분석하여 상품이나 서비스 속성을 최적으로 구성함에 따라 특정대상 속성들에 대한 평가 및 이들의 공헌도를 분석이 가능하다.

이와 같이, 질적 자료인 예측변수 효과분석을 위해 개발된 것으로 이론적으로는 정보 통합과 기능적 측정에 근거한 것이며, 이러한 분석으로 잠재 속성 중 사전에 결정되는 속성 조합을 통해 이용자 행동을 적절하게 이해할 수 있다.

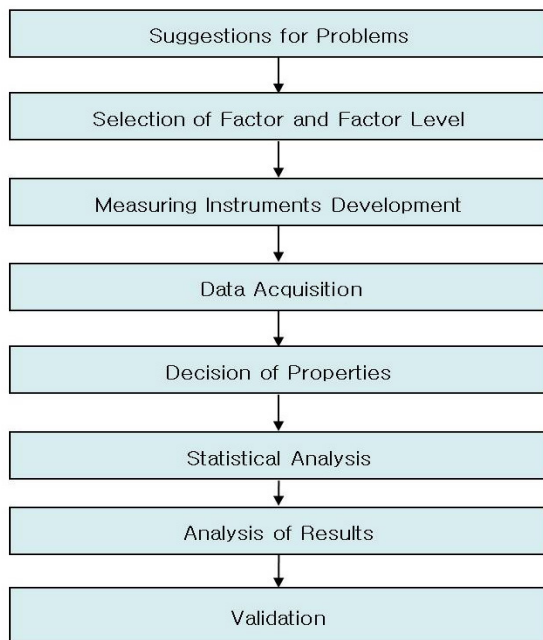


Fig. 2 Conjoint Analysis Procedures

따라서, 본 연구에서는 터널 내 조명시설 설치조합별 운전자 선호도를 고려하여 조명의 설치조합을 구성하는 각 속성과 그 속성 수준들이 가지고 있는 주요 부분가치와 효용을 예측하기 위한 방법으로 컨조인트 분석법을 적용하였다.

3. 연구방법론 정립

터널조명시설 설치조합별 운전자들의 선호도를 파악하기 위하여 일반 운전자들이 느끼는 터널조명시설 설치조합의 경관 선호도를 각 항목별 리커드 척도법을 통해 측정하고 최종적으로 서열 측정을 통해 검증함으로써 조명시설 설치조합에 따른 운전자 선호도를 계량화하고자 하였다.

이에, 터널조명시설 설치조합과 관련된 요소를 추출하고, 조명시설 설치조합 유형을 분류하여 선호도 조사를 실시하였으며, 도출된 결과를 바탕으로 운전자 선호도와 조명시설 설치조합의 관계를 분석함으로써, 적절한 터널조명시설 설치조합의 개선방안을 제시하였다.

3.1. 연구 대상유형 선정

본 연구는 터널 내 조명시설이 운전자들의 선호도 및 감성 확보에 중요한 영향을 미친다고 판단하여 터널 내 조명시설 설치조합별 운전자 선호도를 파악하는데 중점을 두었다. 이에 따라, 운전자 선호도에 영향을 미치는 결정적 속성을 파악하고, 터널조명시설 설치조합에 포함되는 조명 속성을 파악하기 위하여 ‘도로안전시설 설치 및 관리 지침(2011)’을 검토하였다. 이를 기반으로 터널 내부 경관 구성요소 중 조명시설 설치조합과 관련된 속성을 유형별로 분류한 결과 “조명배치”, “조명 배열 수”, “조명 배열 형태”, “조명 색채” 등 분류가 가능한 것으로 나타났다.

Table 1. Category for Property in Installation Combination of Tunnel Lighting Facilities

Division		Group			
Placement		top		side	
Color		white	orange	red	green
Arrangement	Number	1 low		2 low	
	Type	center	opposite	zigzag	

위 결과를 바탕으로 본 연구는 터널조명시설 설치조합 속성으로 조명 배치, 조명 배열 수, 조명 배열 형태를 적용하기로 하였다. 그러나, 조명 색채의 경우 선행 연

구 결과가 존재하는 바 박일동(2003)의 터널 내 운전자가 가장 선호하는 조명 색채로 선정된 주황색 계열을 본 연구에 반영하였다.

3.2. 감성측정을 위한 지표설정

터널조명시설의 운전자 선호도를 파악하고 이에 대한 근거로 선호도에 영향을 미치는 운전자 감성을 제시하기 위해 어의구별법을 이용한 감성평가를 시행하였다. 어의구별법은 최근 심리학 분야에서 감성측정을 위해 효과적으로 사용되고 있는 방법으로 조사 대상 공간에 연상되는 양극단의 형용사 군을 설정하고 느껴지는 감성을 5점, 7점 척도로 측정하여 통계분석을 실시하고 해석하는 방법이다.

감성이미지 지표설정을 위해 박일동(2003), 주신하(2003), 왕이완(2008), 장효영(2010), 이병주(2010) 등의 연구에서 이용된 형용사 쌍을 기반으로 예비조사를 실시하였다. 예비조사는 교통공학 전공 대학생 50명을 대상으로 하였으며, 조명의 배치, 배열에 따른 터널 이미지에 적합한 형용사 10쌍을 추출한 결과는 다음과 같다.

Table 2. Sensitive Adjectives Factor for Installation Combination of Tunnel Lighting Facilities

Cognitive Idea	Landscape Adjective	Cognitive Idea	Landscape Adjective
Safety	danger-safe	Complexity	monotonous-complex
Openness	narrow-wide	Physical Properties	dark-light
	closed-open	Cleanliness	dirty-clean
Stability	uneasy-comfortable	Visibility	cloudy-clear
Amenity	unpleasant-fresh	Reconcilability	disharmonious-harmonious

3.3. 실험설계 및 배치

3.3.1. 속성과 속성수준의 결정

응답자들에게 제시되는 조사 프로파일은 속성과 각 속성 수준에 관한 정보를 담고 있다. 따라서, 본 연구와 관련하여 응답자들에게 제시할 속성과 속성 수준을 결정하는 것이 필요하다. 속성은 운전자 선호도에 큰 영향을 미칠 수 있는 주요 속성들로 구성되어야 하며 각 수준은 속성의 근거를 기반으로 결정되어야 한다.

본 연구에서는 조명의 배치, 배열 수, 배열 형태가 주요 속성으로 제시되었으며, 각 근거는 터널 조명관련 지침과 국내 터널사례를 통해 마련하였다. 이때, 차로 수

는 국내터널의 가장 많은 비중을 차지하고 있는 편도 2차로도로로 적용하였으며, 터널 내 조명색채는 박일동(2003) 연구에서 가장 선호하는 색상으로 도출된 주황색 계열을 활용하였다.

터널조명시설 설치조합의 속성 분류를 위해 국내 편도 2차로도로 터널 사례를 추가 검토한 결과 조명 배치의 경우 3수준으로 분류 가능하였으며, 이에 각 수준별 명칭을 측부(0.0), 중간부(0.5), 상부(1.0)로 설정하였다. 배열 수는 1열과 2열의 수준으로 분류하고, 배열 형태는 중앙 배열, 마주보기 배열, 지그재그 배열로 나누기에 앞서 조명의 설치간격 존재 유무에 따른 운전자 밝기, 선호도 등을 파악하는 것이 우선적이라 판단하여 실선과 파선 2수준으로 분류하였다. 종합적인 터널조명시설 설치조합 수는 조명의 배치 속성 3수준, 조명 배열 수 속성 2수준, 조명 배열 형태 속성 2수준 총 12가지로 나타났으며 이에 대한 세부사항은 다음과 같다.

Table 3. Factor and Factor Level for Installation Combination of Tunnel Lighting Facilities

Factor	Factor Level		
Placement	side(0.0)	middle(0.5)	top(1.0)
Number of Lows	1 low		2 low
Arrangement Type	solid line		broken line

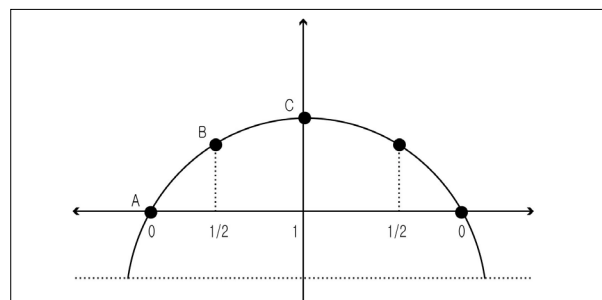


Fig. 3 Placements for Tunnel Lighting on This Study

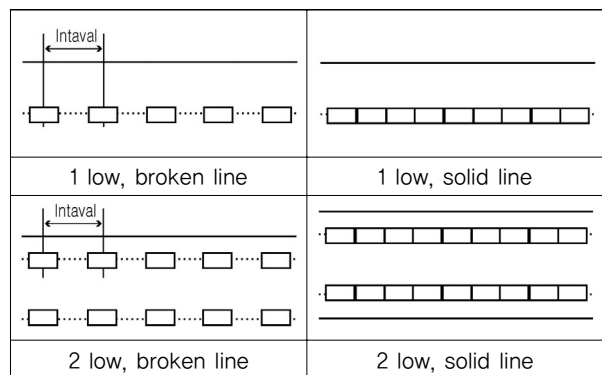


Fig. 4 Numbers of Rows and Arrangement Types for Tunnel Lighting on This Study

3.3.2. 분석모형의 결정

본 연구에서는 운전자가 터널 내부에 진입 시 속성과 속성수준 결정에서 나온 속성수준 3가지, 2가지, 2가지를 모두 조합하여야 한다. 하나의 조합에 대한 세 가지 속성의 효용을 분석하여야 하므로 어느 조합이 순위가 높고 낮음에 대한 결과를 아는 것은 불가능하다. 따라서, 본 연구에서는 각 속성수준에 대한 선호함수가 벡터 모형이나 이상점 모형으로 다양한 형태를 가짐에 따라 그 중에서도 가장 융통성을 확보할 수 있는 부분가치함수 모형을 분석모형으로 결정하였다.

3.3.3. 자료수집 방법선정 및 자극의 구성

컨조인트 분석을 위한 자료수집 방법에는 pairwise 접근법과 완전 프로파일 접근법이 있다. pairwise 접근법은 2요인 평가방법으로 응답자들에게 두 개 속성의 수준들로 구성된 매트릭스를 제시하고 각각의 결합에 대한 선호 정도에 관한 자료를 수집하는 방법이며 완전 프로파일 접근법은 응답자가 모든 속성들의 수준에 관한 정보를 담고 있는 프로파일을 평가하는 방법이다.

두 접근법 중 pairwise 접근법은 많은 횟수의 평가가 요구되고 두 개의 속성만을 동시에 평가한다는 면에서 비현실적이라는 단점이 지적되어 완전 프로파일 접근법이 주로 사용되고 있으며, 본 연구에서도 이 방법을 이용하였다.

그러나, 완전 프로파일 접근법은 속성과 속성수준의 수가 많을 경우 응답자들의 평가 대안 수가 많아져 혼돈을 초래하는 등 바람직하지 못한 결과가 도출될 수 있다. 이러한 점을 보완하기 위해 직교배열(Orthogonal Design)을 통한 부분요인설계법(Fractional Factorial Design)으로 불필요한 교호작용이나 고차의 교호작용은 구하지 않고 각 인자의 조합 중에서 일부만 선택하여 실시하는 방법을 이용하였다.

Table 4. Result of Final Experiment Placement

Number	Placement	Number of Lows	Arrangement Type
1	side(0.0)	2 low	broken line
2	top(1.0)	1 low	broken line
3	top(1.0)	2 low	solid line
4	side(0.0)	1 low	solid line
5	middle(0.5)	1 low	solid line
6	middle(0.5)	2 low	broken line
7	side(0.0)	2 low	solid line
8	side(0.0)	1 low	broken line

본 연구의 프로파일 수는 3가지, 2가지, 2가지의 속성 수준이 조합한 총 12가지로 모든 프로파일을 조사하는데 어려움이 따르므로 부분요인설계법을 통해 프로파일 수를 줄이는 방법으로 실험배치를 구성하였다. 실험 배치방법과 최종실험배치 결과로 도출된 8가지 유형은 Table 4와 같다.

3.3.4. 자극 제시 및 종속변수의 측정단위

자극제시 방법으로는 3D-Simulation에 의한 회화적 묘사로 보다 사실적인 방법을 채택하였다.

3D-Simulation 제작에는 도로나 항만, 건축 등 여러 분야의 Simulation 및 VR에 활용되고 있는 UC-win/Road라는 도로주행 Simulation 프로그램을 사용하였다.

실험의 현실감을 주기 위하여 '터널 시뮬레이터를 이용한 장대터널 내에서의 특성연구(한국도로공사, 2006)'에서 제시하고 있는 우리나라 일반 터널의 제원을 기반으로 구현하였으며, 차도폭, 터널높이, 노면재질 콘크리트 포장, 벽면 백색타일 등 터널의 상세제원은 다음 그림과 같다.

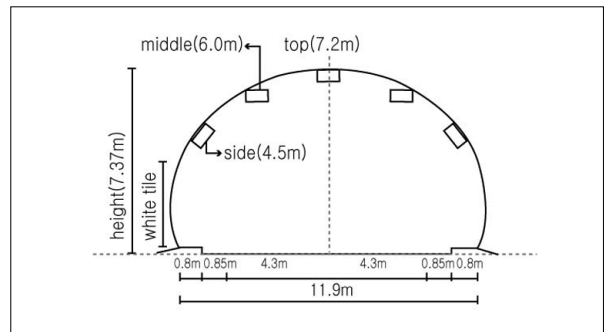


Fig. 5 Dimension of the tunnel

또한 배열 형태 중 파선의 경우 한완모(2004) 연구를 기반으로 다음과 같이 설치간격을 설정하였다.

Table 5. Interval of Broken line in Tunnel Lighting Facilities(1 row)

Placement	Side	Middle	Top
Install Height	4.5m	6.0m	7.2m
Install Spacing	3.1m	3.6m	3.8m

기초 실험환경을 제작하고 이에 자극의 구성인 실험배치 결과로 나온 결과물을 토대로 각 속성들과 속성수준을 3D-Simulation로 구현하였다. 실험의 구성은 다음과 같은 카드 1-8로 구현되었으며 프레임은 각 15초씩 영상이 나오며 영상을 보며 설문조사하는 방식을 이용하였다.

실험은 기초통계를 위한 개인속성과 터널조명시설 설치조합별 선호도, 감성인지 조사로 구성되며, 터널 주행 경험이 있는 일반운전자 100명을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 이때 동영상 순서가 조사결과 내 영향을 최소화하기 위해 설문 대상자를 2개 그룹으로 나누어 동영상 배열 순서를 반대로 배치함으로써 자료의 객관성을 확보하고자 하였다.

설문의 척도는 등급척도와 서열척도를 이용하였으며, 계량척도와 비계량 척도 두가지 방법으로 조사 및 분석함으로써 검증의 용이성 및 정확성을 향상시키고자 하였다.

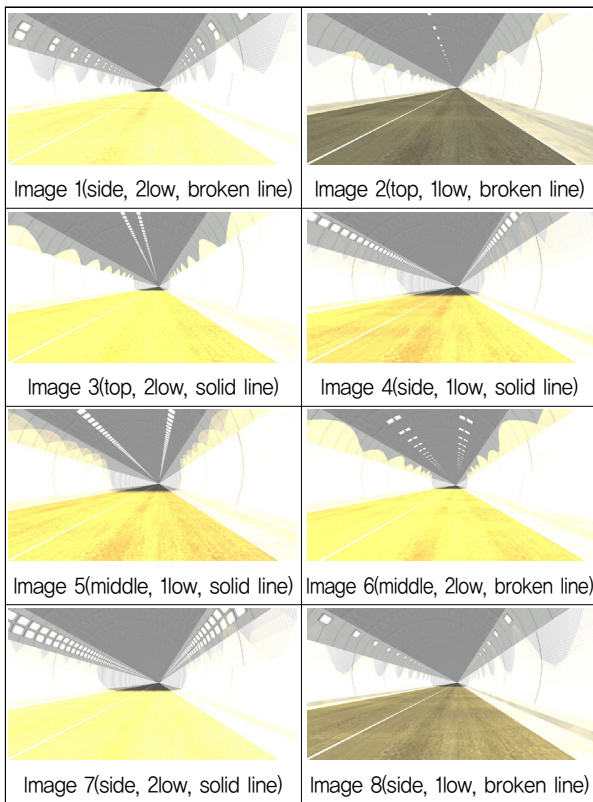


Fig. 6 Simulation Frames of Experimental Object

3.3.5. 계수추정기법

본 연구는 서열순위로 측정된 넌메트릭 자료이다. 이 때 계수를 추정하는 대표적인 방법으로는 MONANOVA, PREMAP, LINMAP 등이 있는데, 이 방법들은 응답자가 선호도에 따라 프로파일 순위를 부여하는 경우 적합하다.

그 중 MONANOVA는 부분효용함수 모형에만 계수추정이 가능하며, 부분요인설계에 의해 수집한 자료를 변환시키는 과정을 통해 계수를 추정하기 때문에 본 연구에서도 통계패키지 SPSS18.0을 이용하여 MONANOVA의 계수 추정기법으로 추정 분석하였다.

4. 분석결과 및 적합성 검증

4.1. 기초통계 분석결과

본 연구의 조사에 응답한 일반운전자 100명의 통계적 특성을 파악하기 위해 빈도 분석을 실시한 결과 연령, 성별, 운전경력 등 각 속성별 구성비는 다음과 같이 나타났다.

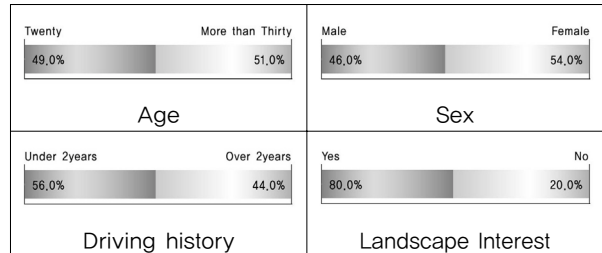


Fig. 7 General Characteristics of Analyzed Targeting Driver

이에 추가적으로 각 개인속성별 일반 터널 조명시설에 대한 평균 선호도를 살펴본 결과 남자가 여자보다 조명 설치조합에 대한 선호도가 높게 나타났으며, 30대 이상, 2년 이상, 경관 관심도가 높을수록 선호도가 높은 것으로 나타났다.

Table 6. The Average Preference of Tunnel Lighting Facilities for Individual Property

Division		Sample Size	Average	Standard Deviation
Age	Twenty	392	3.04	0.93
	More than Thirty	408	3.38	0.77
Sex	Male	368	3.40	0.98
	Female	432	3.06	0.72
Driving History	Under 2years	448	3.06	0.99
	Over 2years	352	3.41	0.63
Landscape Interest	Yes	640	3.40	0.78
	No	160	2.48	0.79

4.2. 터널조명시설 설치조합 유형별 선호도 분석 결과

구축된 시뮬레이션을 기반으로 1~8번 카드까지 터널 조명시설 설치조합별 운전자 선호도 평가점수를 살펴본 결과, 영상 7(측부, 2열 실선형태)이 3.95로 가장 높은 점수를 보였으며, 영상 8(측부, 1열 파선형태)이 1.82로 가장 낮은 것으로 나타났다.

유형별 만족도 비교 결과 조명 배치보다는 배열이 운전자 선호도에 영향을 많이 미치는 것으로 나타났다. 특히, 배열 수가 2열인 경우 1열보다 선호도가 높은 것은

로 나타났으며, 실선 배열이 파선보다 선호도가 높은 것으로 나타났다. 반면 조명 배치는 선호도 형태가 고르게 나타나 조명 배열 대비 운전자 선호도에 미치는 영향은 미미한 것으로 나타났다.

이에 터널조명시설 설치조합별 선호도가 차이가 있는지 알아보기 위하여 유형별 분산분석을 실시하였다. 그 결과 조명시설 설치조합별 선호도 점수는 95% 신뢰수준에서 유의미한 차이가 있는 것으로 분석되었다.

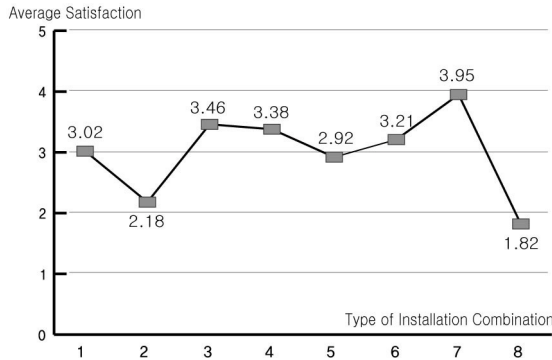


Fig. 8 The Satisfaction for Each Type of Installation Combination

Table 7. Analysis of Variance for the Preference in Installation Combination of Tunnel Lighting Facilities

Division	Sum of Squares	D.F	Mean Square	F	P-Value
Inter-Group	194.382	8	24.298	27.901	0.000
Within-Group	688.836	791	0.871		
Total	883.219	799	-		

4.3. 터널조명시설 설치조합 감성이미지 분석결과

터널조명시설의 선호도에 영향을 미치는 감성이미지를 알아보기 위해 SD법의 척도를 사용하여 주성분 분석을 실시하였다. 그 결과 3개의 주성분이 추출되었고, 전체 변량중 주성분이 85.57%의 설명력을 갖는 것으로 분석되었다.

제 I 주성분은 변량이 0.831~0.945로 「위험한-안전한」, 「불안한-편안한」, 「흐릿한-뚜렷한」이 포함되어 있었으며, 이는 “안전성”을 설명해주는 성분으로 해석할 수 있었다. 제 II 주성분의 변량은 0.886~0.963으로 「어두운-밝은」, 「폐쇄적-개방적」, 「좁은-넓은」이 포함되어 이는 크게 “개방성”을 설명해주는 성분으로 해석할 수 있었다. 제 III 주성분은 변량이 0.842~0.913 「저저분한-깨끗한」, 「불쾌한-상쾌한」, 「단조로운-복잡

한」, 「부조화의-조화로운」이 포함되었으며 이는 “쾌적성” “복잡성” 등의 요인으로 구성되어 있었는데 여기서는 포괄적으로 “쾌적성”이라 해석하였다.

따라서 터널조명시설의 운전자 선호도 영향 감성요인은 “안전성”, “개방성”, “쾌적성” 등 3개의 군으로 나타났다.

Table 8. Rotation Data Matrices for Sentimental Factors in Installation Combination of Tunnel Lighting Facilities

Variable	Factor		
	I (Safety)	II (Openness)	III (Amenity)
danger-safe	0.945	0.073	0.188
uneasy-comfortable	0.911	0.114	0.223
cloudy-clear	0.831	0.043	0.275
dark-light	0.082	0.963	0.073
closed-open	0.075	0.921	0.053
narrow-wide	0.196	0.886	0.091
dirty-clean	0.142	0.060	0.913
unpleasant-fresh	0.167	0.211	0.889
monotonous-complex	0.347	0.053	0.845
disharmonious-harmonious	0.224	0.136	0.842
Eigen Value	2.648	2.650	3.259
Level of contribution(%)	26.479	26.504	32.587
Accumulated Level of contribution(%)	26.479	52.983	85.570

4.4. 터널조명시설 설치조합 선호도 모형 구축 및 적합성 검증

본 연구는 터널조명시설 설치조합의 모든 경우의 수인 12가지 중 부분요인설계를 통해 도출된 실험배치 8가지 경우를 컨조인트 분석인 부분가치함수로 선호도를 파악하였다. 이 때 설문조사 시 계량적 방법과 비계량적 방법을 모두 이용함으로써 통계분석의 정확성을 향상시키고자 하였다.

4.4.1. 등간척도를 이용한 터널조명시설 설치조합 효용분석

계량적 방법의 경우 각 개인의 선호도를 등간척도를 통해 각 문항별 1부터 5까지 나누어 평가하도록 하였으며 분석결과는 Table 9와 같다.

전체 표본 집단의 터널조명시설 설치조합 요소 분석결과 속성별 중요도는 조명 배열 수가 33.63%로 가장 높은 것으로 분석되었으며 배열 형태 33.20%, 배치 33.18% 순으로 나타났다. 즉, 터널조명시설 설치조합

요소 중 운전자 선호도에 크게 영향을 미치는 요소는 없는 것으로 나타났으며 세 속성 모두 운전자 선호도에 골고루 영향을 미치는 것으로 나타났다. 그 중에서도 조명 배열 수는 미세하지만 다른 두 속성보다 조금 더 선호도에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

Table 9. Relative Importance and Utility Value of the Property using Interval Scale

Factor	Factor Level	Utility	Importance
Placement	side	0.067	33.18
	middle	0.089	
	top	-0.156	
Arrangement Type	solid line	0.435	33.19
	broken line	-0.435	
Number of Lows	1 low	0.835	33.63
	2 low	1.670	
Significance test	Value	P-Value	
Pearson's R	0.941	0.000	
Kendall's tau	0.714	0.007	

부분효용 값은 속성의 수준에 대해 선택하는 정도를 나타내는 값으로, (+)일 경우 선호도가 높고, (-)일 경우 선호도가 낮음을 나타낸다. 이를 기반으로 각 요인별 요인수준의 효용을 살펴본 결과 조명 배열 수는 2열을 선호하며, 배열 형태는 실선의 운전자 선호도가 높은 것으로 나타났다. 또한, 조명 배치의 경우 중간부, 측부, 상부 순으로 선호도가 높게 나타났는데, 중간부와 측부의 효용 차이보다 상부와 측부의 효용 차이가 크게 나타나 상부를 개선할 경우 더 많은 효용을 창출할 수 있는 것으로 나타났다.

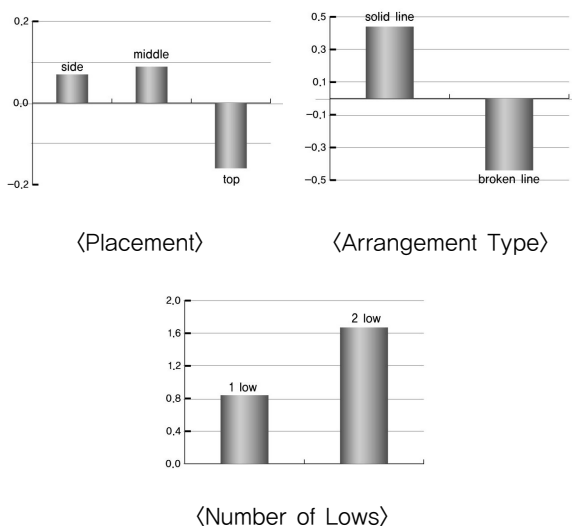


Fig. 9 Utility Graph of the Property using Interval Scale

데이터가 등간척도의 계량적 자료로 프로파일의 응답 순위와 추정 효용 값 유의성은 Pearson R을 통해 판단하였으며, 그 결과 0.941로 모형은 적합한 것으로 판단되었다.

4.4.2. 서열척도를 이용한 터널조명시설 설치조합 효용분석

비계량적 방법으로는 8가지의 프로파일을 동시에 제시하고 응답자의 선호하는 순서를 기록하는 서열척도 방법을 이용하였으며 이를 이용한 분석결과는 다음과 같다.

Table 10. Relative Importance and Utility Value of the Property using Ordinal Scale

Factor	Factor Level	Utility	Importance
Placement	side	-0.1	28.019
	middle	0.301	
	top	-0.290	
Arrangement Type	solid line	0.679	31.697
	broken line	-0.679	
Number of Lows	1 low	2.197	40.284
	2 low	4.394	
Significance test	Value	P-Value	
Pearson's R	0.984	0.000	
Kendall's tau	0.929	0.001	

터널조명시설의 속성별 중요도 분석결과 조명의 배열 수가 40.28%로 가장 높게 나타났으며, 조명의 배열 형태 31.70%, 조명의 배치 28.02% 순으로 분석되었다. 이러한 결과는 조명의 배열 수나 형태가 조명의 배치보다 운전자들의 선호도에 영향을 끼친다는 것을 알 수 있다.

구체적으로 부분효용 값을 살펴보면 조명 배열 수는 2열의 운전자 선호도가 높은 것으로 분석되었으며, 조명 배열형태는 실선, 파선순으로, 조명 배치는 중간부, 측부, 상부 순으로 선호도가 나타났다. 특히, 배치 속성 내 수준 간 효용 차는 크게 나타나지 않았지만 배열 수의 경우 1열과 2열 수준 간 효용 차가 2 이상으로 크게 나타나 향후 조명 설치조합 개선 시 배열 수를 증대하는 방안이 더 운전자 효용을 높이는 데 효과적일 것으로 기대될 것으로 파악되었다.

데이터가 서열척도의 비계량적 자료임에 따라 프로파일에 대한 응답순위와 추정 효용 값의 유의성은 Kendall's tau를 통해 판단하였다. 적합성 검증결과 Kendall's tau=0.929로 서열척도의 설문조사 자료는

사용하기에 적절한 자료로 판단되었다.

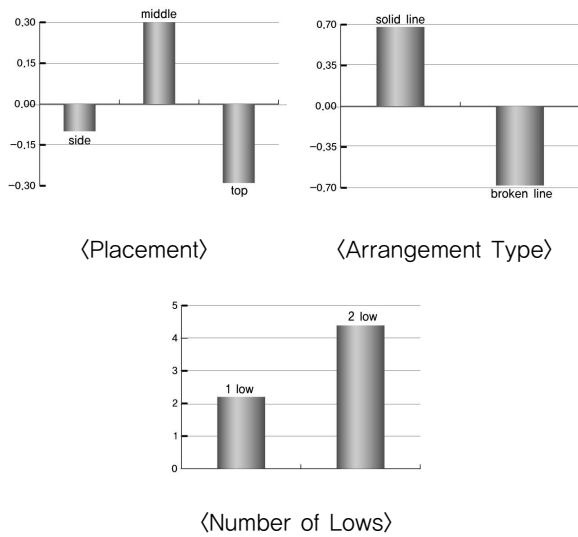


Fig. 10 Utility Graph of the Property using Ordinal Scale

4.4.3. 분석결과 종합

컨조인트 분석을 통해 터널조명시설 설치조합과 운전자의 선호도 관계를 파악해 본 결과 계량적 방법과 비계량적 방법을 적용하였을 때의 중요도와 효용 값은 다소 차이가 있으나, 영향을 미치는 요인의 순서와 수준은 동일한 것으로 나타났다. 조명의 배열 수가 운전자 선호도에 가장 큰 영향을 미치는 속성으로 선정되었으며, 그 다음으로는 배열 형태, 배치 순으로 나타났다.

구체적인 효용가치로는 조명 배열 수의 경우 2열이 1열보다 운전자의 선호도가 높은 것으로 나타났으며, 세 가지 속성 중 배열 수를 개선하였을 때 효용 가치가 가장 높을 것이라고 나타났다. 조명 배열 형태의 경우 실선이 파선보다 선호도가 높게 나타났으며, 향후 파선을 실선으로 개선할 시 조명의 배열 수 보다는 효용 값이 낮게 나타나도 배치를 개선하였을 때보다는 효용을 높일 수 있을 것이라 판단되었다. 마지막으로 조명의 배치는 배열 수나 배열 형태와 비교하였을 때보다 효용 값이 미비하게 나타났지만 운전자의 선호도를 지속적으로 향상시키기 위해선 상부, 측부 형태 보단 중간부의 형태로 배치하는 것이 좋은 것으로 도출되었다.

본 연구에서는 각 속성을 비교해 보았을 때 상대적 중요도와 속성별 어떠한 수준으로 개선하는 것이 효용을 높일 수 있는 방안인가에 대해서만 개선방안으로 제시하였다. 따라서, 향후 속성의 세부조합을 비교하고 어떠한 형태로 개선하는 것이 효용을 높일 수 있는 방안인가에 대한 연구가 더욱 필요할 것이다. 또한, 본 연구에서

는 터널조명시설 설치조합에 따른 운전자의 감성을 전체적으로 근거로만 제시하고 있는바 향후에는 속성별 운전자의 감성을 세부적으로 연구하는 것이 추가적으로 필요할 것이라 판단된다.

5. 결론 및 향후 연구과제

5.1. 결론

본 연구에서는 컨조인트 분석을 이용하여 터널조명시설 설치조합별 운전자의 선호도를 파악하고, 이에 대한 근거로 운전자의 감성을 제시하고자 하였다.

이러한 연구목적에 따라 수행한 연구결과를 정리하면 다음과 같다.

첫째, 터널조명시설의 선호도 분석을 위한 설문 응답자의 통계적 특성을 파악한 결과 개인속성별로 남성이 여성보다 평균 선호도 점수가 높게 나타났고, 연령이 많을수록, 경력이 높을수록, 경관에 대한 관심이 높을수록 평균 선호도 점수는 높은 것으로 나타났다.

둘째, 터널조명시설 설치조합의 유형별 만족도를 분석한 결과, 7번 카드(측부, 2열 실선형태)의 만족도가 가장 높고, 8번 카드(측부, 1열 파선형태)의 만족도가 가장 낮은 것으로 나타났다.

셋째, 터널조명시설 설치조합의 감성요인은 “안전성”, “개방성”, “쾌적성”이 3개의 주요성분으로 분석되었다.

넷째, 터널조명시설 설치조합의 선호도 모형 분석 결과 조명의 배열 수, 배열형태, 배치 순으로 운전자 선호도에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 구체적 부분효용 가치 분석결과, 조명 배열수는 2열>1열, 조명의 배열 형태는 실선>파선, 배치는 중간부>측부>상부 순으로 효용 값이 도출되었다. 또한 이 세가지 속성 중 배열 수를 개선하였을 때 효용가치가 가장 높을 것으로 분석되었다.

본 연구는 터널조명시설 설치조합과 운전자 선호도와 의 관계 분석을 통해 각 속성의 우선순위를 파악하고, 속성별 어떠한 수준으로 개선하는 것이 얼마나 효용을 향상시킬 수 있는가를 계량적으로 제시하였다. 이러한 결과는 향후 터널조명시설 설치에 대한 이해도를 높이고 개선방안을 제시하는데 도움을 줄 것으로 기대된다.

5.2. 향후 연구과제

본 연구에서는 자극제시 방법으로 보다 사실적인 묘

사를 위해 3D-Simulation을 구축하였다. 그러나 실제 터널 조명시설의 경우 밝기가 중요한 반면 현재 시뮬레이션의 특성 상 조도, 휘도 등 터널의 밝기를 세부적으로 반영할 수 없는 등 실제 도로실험과의 차이가 존재한다. 따라서, 보다 정확한 선호도와 감성을 측정하기 위한 추가 연구가 필요할 것이다.

또한, 터널조명시설 설치조합에 따른 운전자의 감성을 전체적인 근거로만 제시하고 있어 속성별 운전자 감성의 세부적 연구와 구조적 관계의 추가적 파악이 필요할 것이다.

마지막으로 터널조명시설 설치조합의 세부 유형별 운전자들의 선호도를 파악하는 것 외 세부조합의 속성비교와 도출된 효용 값을 기반으로 구조적인 관계를 파악하는 것이 필요할 것이라 판단된다.

References

- Park, Dongil, 2003. *A Study on Human Sensitivity Engineered Interanal Landscape by Lighting Colors in Tunnels using Lisrel Model*, Master's Thesis, Myungji Univ.
- Wang, iwan, 2008. *A Study on Development Evaluation Modeling Internal Landscape in Tunnel Considering Human Sensitivity Engineering*, Doctor's Thesis, Myungji Univ.
- Kang, eunyoung, 2010. *A Study on Determinants of Supplier Selection Using Conjoint Analysis Method*, Master's Thesis, Inha Univ.
- Ha, Juhui, 1998. *A Monte Carlo Simulation Study on Predictive Validity of Conjoint Analysis*, Master's Thesis, Sogang Univ.
- Jang, Youngju, 2010. *The Study on Assessment of Walking Environment using Conjoint Analysis*, Master's Thesis, Myungji Univ, pp. 21.
- Han, Wanmo, 2004. The Study of the Most Suitable Location of Luminaire for Road Tunnel Lighting System, *Journal of The Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers*, Vol. 18, No. 4.
- Lim, Seungbin, 1998. *Theories in landscape analysis*, Seoul Univ Press.
- Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2000. *Commentary and Guidance Based on the Structure and Facilities of the Road Rules*.
- Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2011. *Road Safety Facilities Installation and Management Guidelines*.
- Korea Expressway Corporation, Road Traffic Authority, 2006. *A Study on Driver's Characteristics in Long Tunnel using Simulator*.
- Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2009. *Tunnel Statistics*.
- Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2011. *Road Bridge and Tunnel Statistics*.

(접수일 : 2012. 6. 27 / 심사일 : 2012. 7. 3 / 심사완료일 : 2012. 9. 19)