

고속도로 터널부 속도 감소에 관한 심리적 요인분석

Factor Analysis on Psychological Cause of Speed Reduction in Expressway Tunnel Section Utilizing Importance-Performance Analysis (IPA)

이기영* · 김태호**

Lee, Ki Young · Kim, Tae Ho

Abstract

Tunnel sections on the highway are different from rest of sections on the highway in terms of velocity, the number of passing cars, and vehicle density which, in particular, affect drivers' behavior before and after drivers pass through the tunnel. However, literature review reveals that former studies are too focused on quantitative indicator to consider qualitative aspects. Therefore, this paper conducts survey questionnaire and IPA (Importance Performance Analysis) to find out qualitative improvements on velocity drop on the tunnel sections. The results show as follows: First, drivers require improvements of tunnel form (length and curved form inside tunnel) which is derived from long distance tunnel. Second, experts primarily ask for amendment of geometric characteristics. With comparison of requirements of both drivers and experts, there are many differences in length of tunnel and form of curved tunnel. This also presents that drivers don't satisfy with both length of tunnel and form of curved tunnel that are provided as a part of highway design factors.

Keywords : speed reduction, psychological cause, expressway tunnel section, IPA (Importance-Performance Analysis)

요 지

고속도로의 터널구간은 일반구간과는 다른 주행특성(속도, 교통량, 밀도 등)을 가지게 되고 이에 따라 고속도로 일반부에서 터널진입 전과 후에 운전자 행태가 변하는데, 가장 대표적인 예가 속도의 감소 현상이라 할 수 있다. 하지만, 이러한 다양한 요인들 중 현재까지 연구의 진행 추세는 도로의 용량, 속도감소 측면의 정량적인 부분에 초점을 맞춘 연구들 위주로 진행되고 있는 것이 현실이다. 따라서 본 연구에서는 터널의 다양한 여건을 고려할 수 있는 구간을 대상으로 설문조사와 중요도-만족도(IPA: Importance Performance Analysis)분석을 시행한다. 수행된 분석결과를 바탕으로 이용자가 실질적으로 인식하고 있는 고속도로 터널부 속도저감의 정성적인 개선사항을 제시한다. 분석결과, 이용자의 경우, 최근 증가 추세인 장대터널과 관련된 터널 자체의 형상(길이, 내부의 곡선형태)에 대한 개선을 요구하고 있는 것으로 나타났다. 다음으로 전문가의 경우, 이용자에 비해 세부적인 기하구조(노면 및 차로폭)에 대한 개선을 요구하고 있는 것으로 나타났다. 전반적으로 이용자와 전문가 사이에는 정성적인 설계요소측면에서 다소 차이가 있는 것으로 나타났으며, 이러한 관점 차이를 반영하여 개선사항을 정리하면 다음과 같다. 첫째, 이용자와 전문가 모두가 공통적으로 요구하고 있는 개선사항으로는 터널 입구 보임여부인 것으로 나타나 이에 대한 개선이 요구되고 있다. 둘째, 관점에 대한 차이는 이용자의 경우 장대터널 자체(형상)에 대한 전반적인 부담이 존재하는 반면, 전문가의 경우 장대터널의 지속적인 보급은 유지하되 세부적 기하구조 요소(노면 및 차로폭)에 대한 보완이 필요한 것으로 나타났다. 특히, 터널길이와 곡선형태의 측면에서 많은 관점의 차이를 가지고 있는 것으로 나타났다.

핵심용어 : 속도감소, 심리적요인, 고속도로 터널구간, 중요도-만족도 분석

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

우리나라는 국토의 70%가 산지 및 구릉지로 이루어져 있어 고속도로의 안전한 선형설계를 위해서는 터널 건설은 불가피한 사항으로 여겨진다. 그러나 고속도로의 터널구간은 일반구간과는 달리 운전자의 운전행태에 많은 영향을 주는데, 가장 대표적인 현상이 터널진입전의 속도 감소 현상이라

할 수 있다. 또한, 터널의 건설은 일반구간에 비해 비용이 많이 소요되므로 합리적인 형식 및 개선사항 반영을 위해서는 실질적으로 이용하는 운전자의 정성적인 특성을 기반으로 하는 영향요인 도출 및 개선이 시급하다 할 수 있다. 이런 맥락에서 터널부주변의 정량 및 정성적인 운전자 행태측면들의 감속요인에 대한 다양한 요인¹⁾ 검토가 선행되어야 하나, 현재까지 연구(2.1 참조)의 진행 추세는 도로의 용량, 속도감소 측면의 정량적인 부분에 초점을 맞춘 연구들 위주

*정회원 · 한국도로공사 도로교통연구원 책임연구원 (E-mail : kylee@ex.co.kr)

**정회원 · 교신저자 · 한양대학교 도시대학원 연구교수 (E-mail : traffix@hanyang.ac.kr)

로 진행되고 있는 것이 현실이다.²⁾ 따라서 본 연구에서는 터널의 다양한 여건을 고려할 수 있는 구간을 대상으로 설문조사와 중요도-만족도(Importance Performance Analysis: IPA)분석을 시행한다. 수행된 분석결과를 바탕으로 이용자가 실질적으로 인식하고 있는 고속도로 터널부 속도저감의 정성적인 개선사항을 제시한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 고속도로 터널부 운전자 행태 및 개선사항 분석을 위해 다양한 분석방법을 구상하고 체계화시키기 위해 다음과 같은 사항들을 연구의 주요내용으로 선정하였다.

첫째, 국내외 고속도로 터널부 관련 선행연구들을 토대로 선행연구의 한계점을 파악한다.

둘째, 선행연구 고찰의 한계점을 바탕으로 본 연구의 시사점 및 진행방향을 설정한다. 설정된 방향에 부합할 수 있도록 선행연구의 다양한 요인들을 활용하여 설문문항을 결정하고 현장조사를 실시한다.

셋째, 평가항목의 신뢰성을 확보하기 위하여 신뢰성분석(Reliability Analysis), 상관분석(Correlation Analysis)을 수행한다.

넷째, 터널부 속도 감소요인에 대한 빈도분석(Frequency Analysis)을 수행하여 설문대상 유형별(이용자, 전문가) 행태에 대한 개선사항을 도출한다.

다섯째, 차별화된 개선전략 도출을 위하여 중요도, 만족도를 동시에 평가할 수 있는 중요도-만족도 분석(IPA)분석을 수행하였다. 수행결과를 토대로 크게 4가지 분야(중점개선, 노력지속, 과잉노력지양)로 구분하여 차별화된 개선요구사항을 제시한다.

2. 선행연구 및 분석방법 고찰

2.1 고속도로 속도변화 관련 연구검토

고속도로 터널부 관련 선행연구를 고찰해보면 고속도로 터널부의 용량산정(보정계수)³⁾ 및 교통류특성으로 구분해 볼 수 있다. 본 연구와 같이 고속도로 터널구간의 속도변화 영

- 1) 운전자는 터널입구가 블랙홀처럼 보여 진입시 긴장감이 고조되고, 터널진입 후에는 폐쇄적인 터널내부 환경으로 인해 심리적으로 불안정한 상태가 된다. 터널내부의 조도적응에 시간이 필요하게 되므로 주행능력이 저하된다. 다음으로 터널주변 기하구조와 관련하여 감속을 유발하는 요소로는 종단구배, 평면선형, 노면 폭, 오르막차선설치 유무 등을 들 수 있으며, 터널시설물 자체의 요인으로서는 터널길이, 차선(노면) 폭, 조도 등을 들 수 있음.
- 2) 터널부에서의 교통감속유발 요소로는 크게 운전자 심리, 기하구조, 터널형태 및 시설물 요인으로 구분해 볼 수 있는데, 심리적 요인과 같은 정성적 영향 측정을 위해서는 설문을 활용하는 방법이 적합함(참고문헌 10, 11, 12, 13 외 다수).
- 3) 권오섭(2004)연구에서 다음의 연구들을 재인용하여 속도변화에 따른 용량감소의 결과를 제시함.

- ex) 최준 : 15%감소, 조현우장명준 : 10~15%감소
장현봉장덕형 : 6~16%감소
H.S.Levion 용량 : 1,600~1,650vph
T.Weng 용량 : 2,600vph감소
Masaki 용량 : 1,100~1,500vphpl
Hong C. Chin 용량 : 2,300pcphpl 등

향요인 규명 연구를 위주로 살펴보면 다음과 같다.

한국도로공사(1995)는 터널부 교통지체 분석 및 평가를 통하여 터널부 주변의 고속도로 구간은 운전자의 심리, 주변 기하구조의 불량, 터널자체 등의 상호복합적인 요인에 의해 병목현상이 발생하며, 이는 곧 용량감소 및 속도저하로 이어져 지체를 유발하게 된다고 제시하였다.

도로교통안전협회(1996)는 고속도로 기하 구조적 특징과 운전행동과의 관계를 규명하기 위하여 3명의 피실험자를 대상으로 시험차량을 활용한 조사를 시행하였다. 분석결과 터널의 진입부에서는 생리반응이 활성화되고 차량의 주행속도는 터널의 후반부에서 증가하는 행태가 공통적으로 나타났다고 제시하였다.

김호영(1999)은 중부고속도로 터널구간을 주행하는 운전자의 시지각(Visual angle) 변화를 측정하여 터널 내부의 주시영역폭(상·하/좌·우)변화에 따른 속도변화를 분석하였다. 분석결과, 터널의 내·외부의 갑작스러운 조도 차이는 운전자의 지각능력을 일시적으로 감소시키는 것으로 측정되었다. 결과적으로 터널구간의 조도변화(암순응, 명순응), 측방여유폭의 감소 등의 요인이 운전수행능력을 저하시켜 주행속도를 감소시키는 것으로 분석되었다.

정충근(2001), 정충근·서승환·원재무(2002)의 연속되는 터널부간 이격거리에 따른 속도변화량을 분석하였다. 분석결과, 독립된 터널구간에서는 6.9%~15.0%의 속도감소가 발생하였다. 또한, 연속터널 이격거리에 따라 속도특성의 차이가 발생하였으며, 이격거리가 길 경우 선행터널 진출 속도가 증가하고, 이격거리가 짧을 경우 선행 터널 진출 속도가 감소가 발생하는 것으로 분석되었다.

이화선(2002)은 둔내터널(3.3Km)의 속도자료를 활용하여 일반터널과 장대터널의 속도변화 폭을 비교하였으며, 장대터널의 속도변화가 큰 것으로 나타났다.

또한, 속도가 가장 높은 지점은 일반터널의 경우 입구, 장대터널의 경우 입구로부터 약 1.6Km 지점이후 급격한 속도 증가를 보이며 2.0Km 이후에는 터널 진입전 속도를 회복하는 것으로 나타나 속도를 활용한 장대터널의 정의로 활용할 수 있다 제시하였다.

권오섭(2004)은 횡단면 구성과 교통류의 특성을 분석하기 위하여 시뮬레이션 프로그램인 FREFLO를 활용하였다. 분석결과, 길어깨 폭원을 2.0m로 확충하는 대안이 가장 적절하다고 제시하였다.

이기영(2004)은 고속도로 터널부 구간 진입 전·후의 속도감소 요인을 비교하기 위하여 다양한 정량적 변수(종단구배, 구배길이, 곡선반경)를 활용하였다.

상관분석결과, 곡선반경(0.827), 노면 폭(0.494), 종단구배(0.356)의 순서로 속도 감소에 영향을 주는 것으로 분석되었다.

이윤미(2006)는 고속도로 구간(일반, 터널)의 속도감소 요인 비교를 위하여 다양한 정량적 변수(터널폭, 종단구배, 차로수, 터널내부선형, 조명, 교통량 등)를 활용하여 분석하였다. 분석결과, 속도차이에 가장 많은 영향을 미치는 요인은 차로수, 측방여유폭, 터널의 높이와 같은 터널 규모요인으로 분석되었다.

국외의 연구를 살펴보기 위하여 권오섭(2004), 이기영·이호병(2004)의 연구를 검토하여 재구성하였다.

Levion(1985), Chin(1992), 飯尾廣美(1993), Weng(1994) Werner(1995)는 터널부에서의 차로별 교통용량 및 속도측면에서 터널 노건 폭이 터널 교통흐름에 미치는 영향을 분석하고 제시하였다.

지금까지 살펴본 국내외 연구는 속도변화에 영향을 주는 정량적인 기하 구조적 요인들을 중심으로 분석을 수행하여 결론을 도출하고 있다. 하지만 실질적으로 운전자가 느끼는 정성적인 요인에 대한 연구는 미흡하여 이에 대한 보완이 필요하다고 판단된다.

분석방법 측면에서는 한정된 자원을 토대로 터널의 개선 사항을 도출하기 위해서는 이용자의 개선사항을 보다 세분화할 필요가 있다고 판단된다. 따라서 차별화된 개선전략 수립을 위해 본 연구에서는 경영분야에서 차별화된 개선전략을 수립할 때 사용하고 있는 중요도-만족도 분석(IPA)을 실시하여 고속도로 터널부의 설계측면의 경쟁력 제고를 위한 차별화된 개선전략 수립의 기초적인 분석틀을 제공하고자 한다.

2.2 중요도-만족도(IPA) 분석방법 고찰

IPA 분석은 주로 경영분야에서 많이 쓰이는 기법으로 분석절차는 크게 4단계로 이루어지며 다음과 같다. (Martilla and James, 1977)

(1) 단계 1 : 준비 단계

이용자에게 설문문항을 작성하는 단계로서 기존자료나 유사연구 결과(2.1 참조)를 참조하여 면밀히 결정하여야 한다.

(2) 단계 2 : 설문조사 단계

설정된 설문항목(7점 또는 5점 척도)을 응답자에게 배포하여 각 항목에 대한 중요도와 만족도 판단정도를 설문한다.

(3) 단계 3 : 실행격자 작성단계

실행격자(Action grid)는 중요도를 수직축으로 하고 만족도를 수평축으로 하는데, 각각의 속성에 대한 평균값(Mean value)을 구하여 각 속성의 위치를 실행격자 상에 표기한다.

(4) 단계 4 : 분석단계

실행격자의 사분면에 나타난 결과를 토대로 특정속성에 대한 장단점은 다음과 같은 4가지 기준으로 평가된다.



그림 1. 중요도-만족도 분석개념도

① 중점 개선(Concentrate Here)

1사분면은 이용자가 아주 중요하다고 생각하는 반면 그에 대한 만족도는 낮은 특성을 가지며 이에 대한 중점개선이 필요하다.

② 노력 지속(Keep up the Good Work)

2사분면은 이용자가 중요하다고 판단하고, 그에 대한 만족도도 높은 특징을 가지고 있다. 이는 현재의 서비스에 대해 상당수가 만족하고 있는 상태를 의미하기 때문에 서비스 제공자들은 이러한 상태를 지속시키는 것이 필요하다. 특히 이용자가 중요하게 생각하는 부분이므로 노력의 지속은 반드시 필요하다고 할 수 있다.

③ 개선 요망(Low Priority)

3사분면은 중요도와 만족도 모두 낮은 비중이 주어지고 있는 특징을 가지고 있다. 이 경우는 이용자가 특별히 중요하다고 보지 않기 때문에 개선이 필요하긴 하나 다른 사항에 비해 우선순위가 낮다.

④ 현상 유지(Possible Overkill)

4사분면은 만족도가 높은 반면 중요도가 낮게 평가되는 특징을 가지며 이용자들이 이러한 특징을 중요하다고 판단하지 않으므로 과잉하지 않도록 현 상태를 유지하는 것이 필요하다.

3. 분석자료 수집 및 구축

3.1 분석 자료수집 및 구축

본 연구를 위해 고속도로(경부, 중부, 영동, 서해안)에 위치한 터널구간(도로공사 설계처 내부 자료 조사시 병행함⁴⁾)

4) 다음은 조사대상 터널에 대한 일반현황을 예시로 표현한 종합 표임.

지역	터널명	연장(m)	
경기 지역본부	수리터널	1,88	
	수업터널	1,29	
	군포	광교터널(강릉)	522
		광교터널(인천1)	502
		광교터널(인천2)	495
	화성	순산터널(서울)	684
		순산터널(목포)	627
동서울	광암터널	762	
이천	마성터널	1460	
강원 지역본부	둔내터널	3,300	
	봉평터널	1,445	
	진부터널	2,095	
	대관령	대관령1터널	1,830
		대관령5터널	1,209
		강릉	강릉5터널
		강릉4터널	960
	홍천	삼마치터널	1432

을 설문⁵⁾조사 대상지점으로 선정하였으며, 조사 용이성을 위해 터널 전후방의 휴게소에 조사원을 배치하여 1:1면접조사를 실시하였다. 또한, 전문가집단에 대한 의견수렴을 위해서는 일부 On-Line을 활용한 방법을 수행하였다.

분석자료 수집 및 조사에 대한 세부적인 사항은 표 1과 같다.

표 1. 자료수집방법 및 조사개요

구분	이용자	전문가 ⁶⁾	
조사 일시	2009년 4월 6일 ~ 5월 8일		
조사 형태	개별면접조사 (조사원 현장)	개별면접조사 (조사원 현장)	Internet 조사 (On-Line)
표본수(인)	300	200	100

3.2 조사대상자의 특성분석

조사대상자의 인구통계학적 특성을 살펴보면 표 2와 같다.

5) 본 연구와 같은 설문지 활용 연구의 경우 설문항목의 선정은 매우 중요하다 할 수 있어 이에 대한 세부진행 단계를 구분하여 제시함.

[Step 1] 설문항목 선정을 위해서 선행연구에서 활용한 다양한 요인들(중단구배, 평면선형, 차선(노면) 폭, 터널길이, 조도 등)을 1차적으로 선정하였음

[Step 2] 1차적으로 선정된 항목(지표)을 기반으로 전문가 설문(Expert Survey)을 수행하여 85-Percentile(%) 누적에 해당하는 항목을 중심으로 선정함.

[Step 3] 완성된 설문지의 정확성을 확보하기 위하여 관련분야 석사과정 12명, 박사과정 8명을 대상으로 2009년 3월 16~18일까지 예비설문 조사(Pilot Survey)를 실시한 후, 이 과정에서 나타난 설문조사 내용의 문제점을 수정보완하여 최종설문지를 완성함.

다음은 선행연구에서 언급된 노면 폭 요인을 바탕으로 설문지를 구성한 예시임.

Q2) “터널 진입 노면 폭”에 대한 중요도-만족도 질문입니다.

중요도 질문	(매우중요치않음)-----[보통]-----[매우중요]						
	1	2	3	4	5	6	7

만족도 질문	(매우불만족)-----[보통]-----[매우만족]						
	1	2	3	4	5	6	7

6) 전문가 집단은 고속도로 설계 관련 기관으로 한국도로공사 설계처, 도로교통연구원과 설계실무 담당회사 등을 의미하여, 자격조건은 학계(석사이상), 연구기관(박사이상), 실무분야(경력 5년 이상)로 한정함.

다음은 기관별, 연구경력별 분포현황을 나타낸 것임.

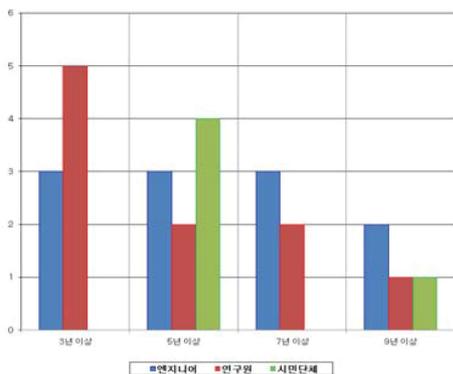


표 2. 표본의 인구통계학적 특성분포

구분	빈도		Percentile(%)		
	전문가	이용자	전문가	이용자	
성별	남자	197	176	65.7	58.7
	여자	103	124	34.3	41.3
나이	20 ~ 29	64	85	21.3	28.3
	30 ~ 39	87	91	29.0	30.3
	40 ~ 49	94	77	31.3	25.7
	50세 이상	55	47	18.3	15.7

전문가의 성별은 남자 65.7%, 연령별 분포는 40대가 31.3%로 가장 많은 것으로 나타났다.

이용자의 성별은 남자 58.7%, 연령별 분포는 30대가 30.3%로 가장 많은 것으로 나타났다.

3.3 설문조사 및 항목의 타당성 분석

(1) 자료의 신뢰성 분석

설문조사를 통해 반복 질의하여 얻은 수집 자료가 일관성 있는 결과를 가지고 있는 지를 판단하기위해 신뢰도분석을 실시하였으며, 분석결과 크론바하(Cronbach) α -계수 값이 모두 0.9이상으로 나타나, 신뢰성이 있다고 판단되는 평가기준에 의해 설문조사 자료는 일관성이 있다고 판단할 수 있다.

표 3. 신뢰성분석 결과

구분	Cronbach's-Alpha(α)	판단기준
중요도	전문가	0.931
	이용자	0.919
만족도	전문가	0.905
	이용자	0.914

Cronbach's- α >0.6 (신뢰성 있음)

(2) 평가항목 선정의 타당성분석

평가항목(설문항목)의 타당성은 설문대상자들이 질문항목의 인식 및 이해를 잘하고 있는나에 대한 분석으로, 종합만족도(중요도)와 세부질문과의 상관분석을 수행하는 것이 일반적이다. 분석결과 전반적인 상관계수 값이 0.4 이상⁷⁾으로 나타나 측정지표와 개념적인 항목 간에는 상관관계가 존재하는 것으로 나타났다.

4. 설문분석을 활용한 행태분석결과

4.1. 빈도분석 결과

(1) 터널 진입전 감속여부 분석결과

터널 진입전 감속여부에 대한 분석결과, 일반인의 경우 감

7) 상관관계의 일반적 기준은 다음과 같음.

상관계수	세부 설명
0.0~0.2	상관관계가 거의 없다
0.2~0.4	상관관계가 다소 있다
0.4~0.7	상관관계가 다소 높다
0.7~0.9	상관관계가 높다
0.9~1.0	상관관계가 아주 높다

자료: SPSS 통계분석 10.0, 21세기사, 2002.

표 4. 상관분석결과

구분	전문가	이용자
진입시 출구보임 여부	0.742	0.674
터널 진입부 노면 폭	0.759	0.713
터널 내부 조명밝기	0.668	0.592
터널 곡선(중단, 평면)형태	0.713	0.645
터널내부 갓길 폭	0.706	0.659
터널내부 차로 폭	0.720	0.665
터널길이	0.663	0.718

속한다 190명(63%)으로 나타났으며, 감속하지 않는다 110명(37%)에 비해 높은 것으로 나타났다. 다음으로 전문가의 경우 감속한다 170명(45%), 감속하지 않는다 205명(55%)에 비해 낮은 것으로 나타났다. 이용자가 전문가집단에 비해 감속을 많이 하고 있으며 전체적으로 판단해 볼 때, 터널 진입시 이용자 행태는 전반적으로 감속하고 있음을 알 수 있다.

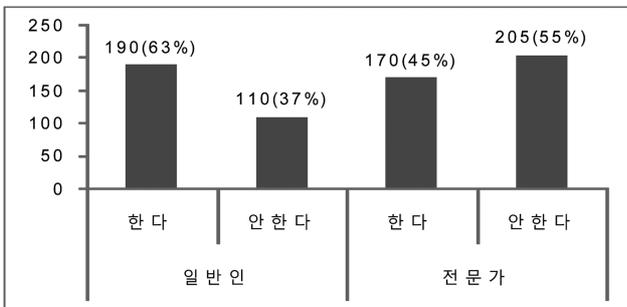


그림 2. 터널진입전 속도감속여부 빈도분석결과

(2) 외부밝기와 터널 내 조명차이 분석결과

터널 외부밝기와 터널 내부의 조명차이에 대한 분석결과, 일반인의 경우 터널내 조명이 어둡다 155명(51%), 지장 없음 140명(48%), 터널내부 조명이 밝다 5명(1%)로 나타나, 터널내부 조명이 어둡다는 의견이 높은 것으로 나타났다. 다음으로 전문가의 경우 터널내 조명이 어둡다 206명(55%), 지장 없음 143명(38%), 터널내부 조명이 밝다 26명(7%)로 나타나, 터널내부 조명이 어둡다는 의견이 높은 것으로 나타났다.

터널내부에 대한 의견이 평균 50%를 상회하는 것으로 나타나, 조명의 밝기 개선이 필요한 것으로 판단된다.

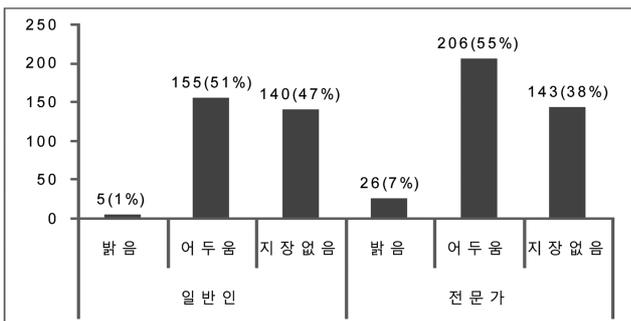


그림 3. 외부밝기와 터널 내 조명차이 빈도분석결과

(3) 터널내부 주행속도 분석결과

터널 내부 주행속도에 대한 분석결과, 일반인의 경우 속도 측면에서 정상운전이 가능하다가 202명(67%), 감속운전을 하고 있다 98명(33%)로 나타났다. 터널내부에서 속도측면에서 전반적으로 정상운전이 가능한 것으로 나타났다.

다음으로 전문가의 경우 속도측면에서 정상운전이 가능하다가 250명(67%), 감속운전을 하고 있다 125명(33%)로 나타났다. 터널내부에서 속도측면에서 전반적으로 정상운전이 가능한 것으로 나타났다. 터널내부 주행시 심리적 원인으로 인한 감속운전은 하지 않고 있는 것으로 판단된다.

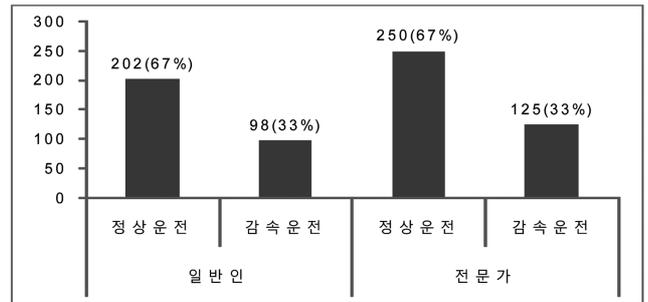


그림 4. 터널내부 주행속도 빈도분석결과

(4) 터널내부에 주행 장애물 분석결과

터널내부에 설치된 대표적 시설물 중 운전자가 주행시 장애물이라고 판단되는 분석결과, 일반인의 경우 없음 239명(80%), 공동구 55명(19%)로 나타났으며, 전문가의 경우 없음 255명(69%), 공동구 61명(16%), 소화전 26명(7%)으로 나타났다. 일반인들은 전반적으로 위협감을 주는 요소가 없으며, 다만, 전문가들은 공동구, 소화전과 같은 도로주변 지장물에 대한 위협감 제거를 위한 개선이 필요하다고 나타났다.

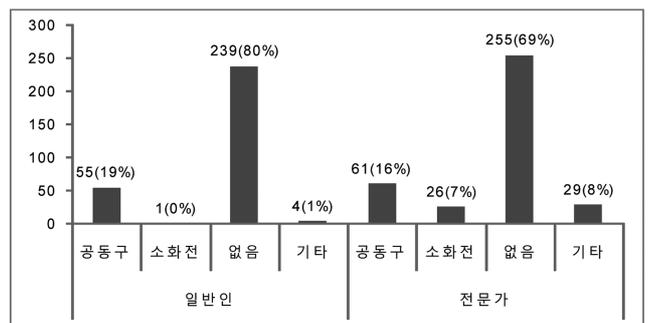


그림 5. 터널내부에 주행 장애물 빈도분석결과

(5) 장대터널의 선형조건 및 원인 분석결과

최근 지역간 이동성 제고를 위해 고속도로가 직선화되는 경향이 있으며, 이를 위해 장대터널이 많이 건설되고 있다. 설문응답자들 중 일반인의 경우 곡선터널 169명(39%), 직선터널 118명(27%), 지장 없음 151명(34%)으로 나타났다. 전문가의 경우 직선터널 179명(42%), 곡선터널 141명(34%), 지장 없음 101명(24%)으로 나타났다.

장대터널에서 운전 조작과 선형조건 관계를 분석한 결과, 일반인의 경우 곡선형태의 장대터널을 선호하지 않으며, 전문가의 경우 직선장대터널을 선호하지 않는 것으로 나타났

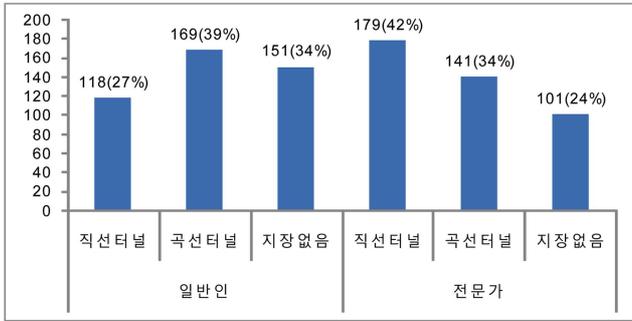


그림 6. 장대터널의 선형조건 및 원인 빈도분석결과

다. 이러한 원인은 일반인의 경우 곡선터널에서 운전조작 부담을 느끼며, 전문가의 경우 직선터널의 단조로움으로 발생할 수 있는 졸음운전에 대한 방지대책이 필요한 것을 시사하고 있다.

(6) 터널 주행시 기하구조 관련 분석결과

터널 주행시 다양한 기하구조 특성이 운전자의 주행특성에 영향을 미치는 요인 분석결과, 일반인은 내부차로 폭 (1위, 36%), 진입시 출구보임 (2위, 28%)으로 나타났다. 전문가의 경우 진입시 출구보임(1위, 25%), 진입시 갓길 폭(1위, 25%)으로 나타났다. 터널 주행시 운전자가 가장 많은 영향을 받고 있는 기하 구조적 특성 분석결과를 종합해 보면, 터널부에서 가장 높은 수준의 개선사항은 진입시 출구보임여부와 갓길 및 내부차로 폭원에 대한 개선인 것으로 나타났다.

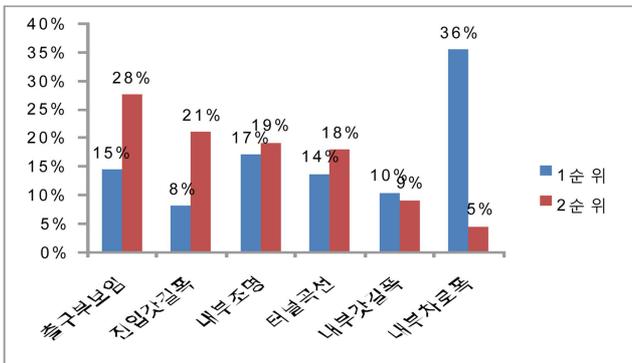


그림 7. 기하구조 개선사항 빈도분석결과(이용자)

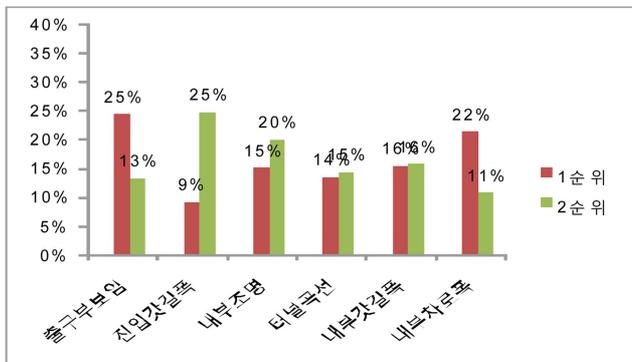


그림 8. 기하구조 개선사항 빈도분석결과(전문가)

(7) 행태분석결과 종합

1차적인 설문분석 결과를 토대로 운전자(이용자, 전문가)

형태별 분석결과를 종합하면 다음과 같다.

첫째, 터널진입 전 이용자, 전문가 모두 일정부분 차량의 속도를 줄이는 것으로 분석되었다.

둘째, 터널내부와 외부의 조도 차이를 느끼고 있어 터널내부와 외부의 조도차이를 줄여주는 것이 필요한 것으로 분석되었다.

셋째, 터널내부 주행상황, 위험감(시설물)은 없는 것으로 나타나, 현재 터널 내부에 설치되고 있는 공동구, 비상전화 등을 설치하는 것에는 큰 문제가 없는 것으로 분석되었다.

넷째, 장대터널의 선형형태에 대한 견해는 일반인의 경우 조향 조작에 대한 부담으로 인해 곡선형태의 장대터널을 선호하고 있지 않는 것으로 나타났으며, 전문가의 경우 운전자의 지루함으로 인한 졸음발생이 사고에 영향을 줄 수 있다는 판단 하에 직선 터널을 선호하고 있지 않는 것으로 나타났다.

마지막으로 터널의 기하구조개선사항에 대한 견해는 일반인의 경우 내부차로 폭 (1위, 36%), 진입시 출구보임 (2위, 28%)으로 나타났으며, 전문가의 경우 진입시 출구보임, 진입시 갓길 폭 (1위, 25%), 내부차로폭(2위, 22%)으로 나타났다.

4.2 IPA분석을 활용한 개선사항 도출결과

(1) 이용자 IPA 분석결과

이용자 측면 IPA분석결과 이용자의 경우 중요도 평균은 4.69(7점 만점), 만족도 평균은 4.17(7점 만점)로 나타났으며, 자세한 내용은 표 5와 같다.

표 5. 중요도-만족도분석결과(이용자)

구분	중요도	만족도
출구보임	4.12	3.75
진입부노견폭	4.94	4.30
내부조명	5.75	5.32
곡선형태	4.70	4.04
내부갓길폭	5.01	4.23
내부차로폭	4.95	4.34
터널길이	3.29	3.22
평균	4.68	4.17

IPA 분석결과를 종합해 보면, 중요도와 만족도가 낮아 중점개선항목은 ‘곡선형태’인 것으로 나타났다.

개선요망 항목으로는 ‘출구보임여부, 터널길이’ 노력지속항목은 ‘내부 차로폭, 내부 갓길폭, 진입 노견폭, 조명밝기’인 것으로 나타나 이에 대한 개선을 요구하고 있는 것으로 나타났다.

(2) 전문가 IPA 분석결과

전문가 IPA분석결과 이용자의 경우 중요도 평균은 4.76(7점 만점), 만족도 평균은 4.22(7점 만점)로 나타났으며, 자세한 내용은 표 6과 같다.

IPA 분석결과를 종합해 보면, 중점개선항목은 ‘내부 차로폭’ 개선요망 항목은 ‘출구보임여부, 진입 노견폭’ 노력지속항목은 ‘곡선형태, 내부 갓길폭, 조명밝기’인 것으로 나타났다.

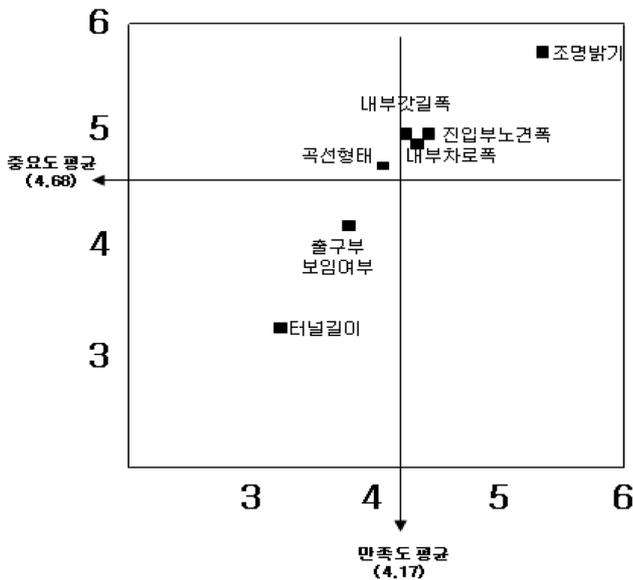


그림 9. 중요도-만족도 분석결과(이용자)

표 6. 중요도-만족도 분석결과(전문가)

구분	중요도	만족도
출구부보임	4.43	4.25
진입부노견폭	4.70	4.25
내부조명밝기	5.21	4.53
곡선형태	4.83	4.41
내부갓길폭	4.87	4.33
내부차로폭	4.78	4.22
터널길이	4.49	4.22
평균	4.76	4.32

현상유지 항목으로는 ‘터널길이’인 것으로 나타나 이에 대한 개선을 요구하고 있는 것으로 나타났다.

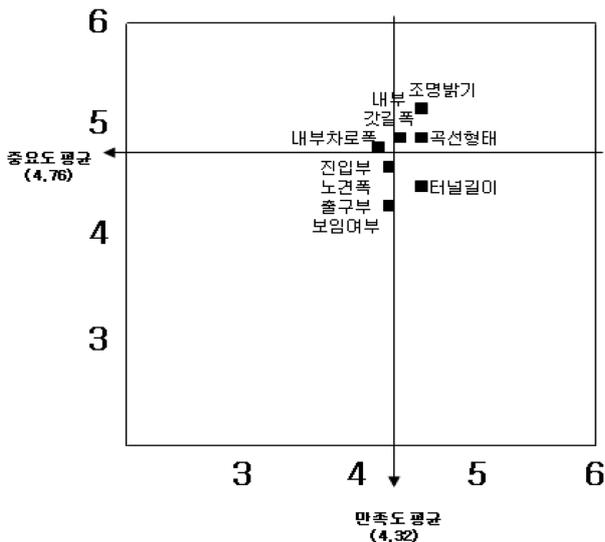


그림 10. 중요도-만족도 분석결과(이용자)

5. 결론 및 향후 연구과제

본 연구는 실질적인 이용자, 전문가가 인식하고 있는 고속

도로 터널부 속도 감소요인을 해결하기 위한 연구이며, 결론은 다음과 같다.

첫째, 이용자 측면의 터널 설계시 정성적인 개선요구 사항을 종합해 보면 다음과 같다.

구분	영향요인
중점개선(Concentrate Here) (중요도 ↑ / 만족도 ↓)	곡선형태
개선요망(Low Priority) (중요도 ↓ / 만족도 ↓)	출구보임여부 터널길이
노력지속(Keep up the Good Work) (중요도 ↑ / 만족도 ↑)	내부차로폭, 내부갓길폭, 진입노견폭, 조명밝기
현상유지Possible Overkill (중요도 ↓ / 만족도 ↑)	-

이용자의 경우, 최근 증가 추세인 장대터널과 관련된 터널 자체의 형상(길이, 내부의 곡선형태)에 대한 개선을 요구하고 있는 것으로 나타났다.

둘째, 전문가 측면의 터널 설계시 정성적인 개선요구 사항을 종합해 보면 다음과 같다.

구분	영향요인
중점개선(Concentrate Here) (중요도 ↑ / 만족도 ↓)	내부차로폭
개선요망(Low Priority) (중요도 ↓ / 만족도 ↓)	진입노견폭, 출구보임여부
노력지속(Keep up the Good Work) (중요도 ↑ / 만족도 ↑)	내부갓길폭, 곡선형태, 조명밝기
현상유지Possible Overkill (중요도 ↓ / 만족도 ↑)	터널길이

전문가의 경우, 이용자에 비해 세부적인 기하구조(노견 및 차로폭)에 대한 개선을 요구하고 있는 것으로 나타났다. 전반적으로 이용자와 전문가 사이에는 정성적인 설계요소측면에서 다소 차이가 있는 것으로 나타났으며, 이러한 관점 차이 반영하여 개선사항을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 이용자와 전문가 모두가 공통적으로 요구하고 있는 개선사항으로는 터널 입구 보임여부인 것으로 나타나 이에 대한 개선이 요구되고 있다.

둘째, 관점에 대한 차이는 이용자의 경우 장대터널 자체(형상)에 대한 전반적인 부담이 존재하는 반면, 전문가의 경우 장대터널의 지속적인 보급은 유지하되 세부적 기하구조 요소(노견폭, 차로폭)에 대한 보완이 필요한 것으로 나타났다. 특히, 터널길이와 곡선형태의 측면에서 많은 관점의 차이를 가지고 있는 것으로 나타났다.

터널길이의 경우 일반인과 전문가 모두가 중요하지는 않다고 생각하나, 일반인의 경우 현재 설계요소로 제공되고 있는 장대터널의 길이에 대해 만족하지 못하고 있다. 곡선 형태는 이용자와 전문가 모두 중요하지만, 이용자의 경우 만족을 하지 못하고 있는 반면 전문가의 경우 만족하고 있는 것으로 나타나 이용자 측면의 보완대책이 필요하다고 판단된다.

본 연구결과를 활용하여 고속도로 터널부 설계관련 기술개발 및 서비스개선을 위해 지속적인 투자가 이루어질 것이라 판단된다. 하지만, 한정된 자원과 예산을 토대로 터널구간의

모든 사항을 개선하기에는 다소 한계가 있을 것이다. 따라서 본 연구와 같이 집중적으로 개선할 수 있는 우선순위 높은 항목(중점개선, 개선요망)에 대해 한정된 예산을 보다 집중적으로 투자한다면 효율성 높은 기술개발과 이용자측면의 서비스개선이 이루어질 것이라 판단된다. 본 연구는 이러한 기술개발 및 서비스개선의 기초자료로 활용 가능할 것이라 판단된다.

다만, 연구 기간의 제약으로 인해 다음과 같은 사항을 향후 연구과제로 제시한다.

첫째, 고속도로 터널부 이용자에 초점을 맞추어 진행한 연구로서, 정량적인 부분의 지표(속도변화)에 대한 분석지표를 포함하지 못하여 이에 대한 보완이 필요하다고 판단된다.

둘째, 본 연구에서는 평가항목을 독립으로 가정하여 분석을 하였다. 그러나 이용자와 같은 인간의 복합적인 생각을 현실화하기 위해서는 네트워크분석(ANP: Analytic Hierarchy Process), 구조방정식(SEM: Structural Equation Modeling)에 대한 연구가 필요하다. 이러한 향후 연구과제에 대한 다각적인 검토가 이루어진다면 보다 연구의 완성도를 높일 수 있을 것이라 판단된다.

알 림

본 논문은 제35회 대한토목학회 정기학술대회 발표논문을 보완한 연구입니다.

참고문헌

飯尾廣美(1993) 터널부의 노면폭과 주행특성, **고속도로와 자동차 (일본)**, Vol. 34.2.
 장현봉, 장덕형(1998) 터널부 교통류 특성 및 용량산정에 관한 연구, **대한교통학회지**, 대한교통학회, 제16권 제3호.
 조현우, 장명순(1998) 연속되는 터널의 도로교통량 감소특성에 의한 터널보정계수 산정에 관한 연구, **대한교통학회지**, 대한

교통학회, 제16권 제3호.
 정충근(2001) **연속터널구간에서 터널간격에 따른 속도변화특성에 관한 연구**, 석사학위논문, 한양대학교.
 이희선(2002) **고속도로 터널부 속도 변화에 관한 연구**, 석사학위논문, 관동대학교.
 정충근, 서승환, 원제무(2002) 연속터널구간에서 터널간격에 따른 속도변화특성에 관한 연구, **대한교통학회지**, 대한교통학회, 제20호 제2권.
 이기영, 이호병(2004) 고속도로 터널부 속도감소요인 분석에 관한 연구, **도로교통**, 제97호.
 이윤미(2006) **고속도로에서의 터널부 속도차이에 영향을 미치는 요인에 관한 연구**, 석사학위논문, 명지대학교.
 박정수, 김태호, 윤상훈, 배기목(2007) IPA 분석을 이용한 지하철 이용자 서비스 특성에 관한 연구, **한국철도학회논문집**, 한국철도학회, 제10권 4호.
 김태호, 도화용, 원제무(2008) M-IPA분석을 이용한 버스서비스지표개발연구, **서울도시연구**, 제9권 제1호.
 김태호, 고준호, 원제무(2008), M-IPA 분석기법을 활용한 도시부도로 서비스 질 평가, **한국도로학회논문집**, 한국도로학회, 제10권 제2호.
 Chin, H. C. and May, A. D. (1992) Examination of the speed-flow relationship at the caldecott tunnel, *Transportation Research Record*, Vol. 1320.
 Hurdle, V. F. and Datte, P. L. (1983) Speed and flows on an urban freeway: some measurement and a hypothesis, *Transportation Research Record*, Vol. 905.
 Koshi, M. (1992), Capacity of sags and tunnels on japanese motorways, *ITE Journal*.
 Levion, H. S., Golenberg, M., and Howard, J. (1985) *Callahan Tunnel Capacity Management*, TRR 1005.
 Martilla, J. and James, J. (1997) Importance-Performance analysis, *Journal of Marketing*.
 Werner, B. and Kerstin, L. (1999) *Cross Section in Road Tunnels*, Ruhr University of Bochum, Germany.
 Weng, T. and Olszewski, P. (1994) Highway capacity research and application in singapore, *Proceeding of Second International Symposium on Highway Capacity*.
 (접수일: 2009.7.29/심사일: 2009.8.31/심사완료일: 2010.2.4)