

이용자 감성분석을 통한 하이패스 차로 노면표시 설계 기법

Designing Pavement Marking for Hi-pass Lane Based on Kansei Engineering

홍성민 Hong, Sungmin
 오철 Oh, Cheol
 장지용 Jang, Jiyong
 김광호 Kim, Gwangho
 박준영 Park, Juneyoung
 장명순 Chang, Myung Soon

한양대학교 교통공학과 석사과정 (E-mail : hsm507@hanyang.ac.kr)
 정회원 · 한양대학교 교통공학과 교수 (E-mail : cheolo@hanyang.ac.kr)
 한양대학교 교통공학과 석사과정 (E-mail : snu_cnsrh@naver.com)
 한양대학교 교통공학과 학사과정 (E-mail : nemokkh1@naver.com)
 한양대학교 교통공학과 석사 (E-mail : steaua93@paran.com)
 정회원 · 한양대학교 교통공학과 교수 (E-mail : hytran@hitel.net)

ABSTRACT

Effective use of traffic marking can lead to driver's safer driving by speed management and visibility enhancement. One of the critical factors in designing traffic marking is how to incorporate human factor issues into the design process. This study presented a methodology for evaluating the effectiveness of Hi-pass marking on Korean freeways based on kansei engineering. Hi-pass marking scenarios made by a virtual reality tool were used to evaluate the user's perceptions. Various combination of chevron angles and peripheral transverse(PT) bars were used for the evaluation. The results show that the most effective scenario is a combination of 60 degree chevron angle and an askew parallelogram-shaped PT bar shaped. It is expected that the proposed method and outcome will be useful for making safer driving maneuvers.

KEYWORDS

pavement marking, Hi-pass, kansei engineering, speed reduction, chevron marking

요지

본 연구에서는 하이패스 차로의 속도감소를 유도하기 위한 적절한 노면표시를 도출하기 위하여 감성공학적 분석방법을 활용하여 연구를 수행하였다. 현재 고속도로 영업소에서는 감속유도를 위하여 하이패스 차로에 갈매기 노면표시를 설치하여 운영하고 있다. 본 연구에서는 하이패스 차로의 감속유도를 위하여 갈매기 노면표시 및 Peripheral Transverse Bar(PT bar)에 대한 효과평가를 실시하고, 두 가지 노면표시를 조합하여 6가지 시나리오를 도출하였다. 도출된 시나리오에 대하여 이용자의 Perception 측정 및 분석을 통한 노면표시 설계 시 Human Factor를 반영할 수 있는 방법론을 제시하였다. 분석결과 빗살무늬의 PT bar 및 60° 각도의 갈매기 노면표시의 조합시나리오가 가장 적절한 노면표시로 선정되었다. 본 연구의 결과는 하이패스 차량들의 통과속도를 감소시켜 고속도로의 안전성을 높일 수 있을 것으로 기대된다.

핵심용어

노면표시, 하이패스, 감성공학, 속도감소, 갈매기 노면표시

1. 서론

하이패스 이용률은 2007년 12월 전국 개통당시 16%에 불과하였으나, 현재 50%를 돌파하였으며 계속 높아지고 있는 추세이다(한국도로공사, 2010). 이에 따라 하

이패스의 안전성 문제가 대두되고 있으며, 안전성을 향상시키기 위하여 경찰청에서는 2010년 9월 도로교통법 제 17조 및 19조에 의거하여 고속도로의 본선 영업소 전방 50m 구간의 최고속도를 30km/h로 고시하였다(경찰

청, 2010). 운전자의 속도를 감소시키기 위한 방법으로 강제적인 방법과 자율적인 방법이 존재한다. 강제적인 방법은 단속, 과속방지턱과 같은 시설물이 있으며 자율적인 감속 방법은 노면도색으로 유발되는 시각적 효과를 이용하는 것으로 운전자에게 심리적 부담 또는 저항을 줌으로써 주행속도를 저감시키는 것이다. 강제적인 감속 유도시설은 운전자에게 큰 감속의 효과를 얻을 수 있으나 급감속 차량들로 인하여 사고 유발할 가능성이 있으며 자율적인 감속유도시설을 설치할 경우 강제적인유도 시설보다 감속의 효과는 떨어지나 차량들이 자연스럽게 감속을 할 수 있도록 유도할 수 있다는 특징이 있다.

본 연구에서는 차량이 하이패스 차로의 감속유도와 보다 안전하고 효과적으로 차량들의 속도를 감속시킬 수 있는 노면표시를 개발하는 것을 목표로 하였다. 현재 국내의 하이패스차로의 감속유도 관련시설로서 경각심유발과 노면마찰력 증진을 위한 그루빙(Grooving)과 시선유도 및 감속유도를 위한 갈매기 노면표시(Chevron Markings)를 설치하여 운영하고 있으며 갈매기 노면표시의 경우 현재 갈매기의 각도가 132°로 설정되어 있다. 그러나 본 연구에서는 갈매기 노면표시 각도변화에 따른 효과가 다를 것으로 판단하여 갈매기표시 각도의 효과평가를 실시하였으며, 감속효과를 보다 효과적으로 높이기 위하여 노면표시를 추가로 설치하여 실험하였다. 운전자의 자율적인 감속유도를 위한 노면표시 개발을 위한 실험으로 본 연구에서는 피실험자에게 노면표시가 설치된 도로를 주행하는 차량의 운전자관점의 VR(Virtual Reality) 동영상을 시청하게 한 후, 설문지에 응답하는 형식으로 진행하였다. 본 연구 결과를 하이패스 차로에 도입할 경우, 강제적인 감속시설 없이 자연스럽게 운전자의 주행속도를 감속시킴으로써 하이패스 차로의 안전

성을 향상시킬 수 있을 것으로 예상된다.

2. 기존문헌 고찰

본 연구에서는 Human Factor를 고려하여 운전자에게 자율적으로 감속을 유도할 수 있는 노면표시 개발을 위해 국내외 연구를 고찰하였다. 기존의 감속유도 노면표시의 종류 및 각 노면표시 별 효과를 검토하기 위하여 감속유도 노면표시에 관한 연구를 고찰하였다. 또한 Human Factor를 고려하기 위하여 감성공학(Kansei Engineering)을 활용하여 디자인 및 설계에 관한 교통 및 기타분야의 연구를 고찰하였다. 표 1에 기존 연구들의 내용을 정리하여 제시하였다.

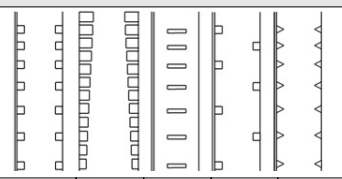
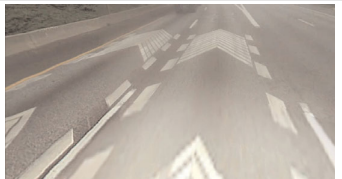
2.1. 감속유도 노면표시에 관한 연구

기존 연구들의 모든 연구 결과에서 감속유도 노면표시가 효과가 있음을 증명하였으며, 지역 및 연구자에 따라 효과정도의 차이는 있는 것으로 나타났다. 이에 본 연구에서는 하이패스 차로에서 주행하는 차량들의 속도를 보다 효과적으로 감속시키기 위하여 노면표시를 개발하였다.

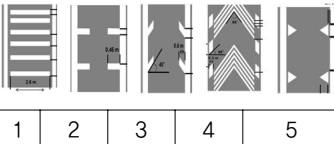

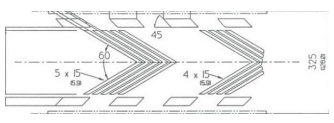
2.2. 감성공학을 이용한 디자인 평가 및 설계에 관한 연구

표 1과 같이 기존 연구에서는 감성공학을 이용하여 다양한 디자인 평가의 연구가 활발하게 진행되고 있었으나 노면표시에 대한 Human Factor를 고려한 체계적인 연구가 미흡한 것으로 나타났다. 이에 본 연구에서는 Human Factor를 고려한 분석을 위하여 감성공학적 분석방법을 통해 노면표시의 시인성, 체감속도, 조화성을 평가하여 결과를 제시하였다.

표 1. 관련 기존연구 고찰 내용

연구자	년도	연구대상	연구결과
노면표시 관련 기존연구	Javier Zamora et al.	2011	 <ul style="list-style-type: none"> - 노면표시의 상류부, 하류부 및 설치구간에서의 감속효과 비교 결과 설치구간에서 가장 효과가 큰 것으로 나타남 - 1번 형태에서 평균속도 6~13% 감소, 2번 형태에서 9.6% 감소, 다른 형태들은 7.3% 감소함
	Michael Hunter et al.	2010	 <ul style="list-style-type: none"> - 갈매기 노면표시 설치 전, 후 속도비교 분석결과 노면표시 설치 후, 노면표시에 적응하기 전인 9개월 전까지는 1~2mph(1.6~3.2kph) 속도 감소효과

(표 계속)

노면표시 관련 기준연구	노관섭 외	2010		- 드라이빙 시뮬레이터를 통한 실험 결과, 3번 형태의 노면표시 기법이 약 1.6~5.3kph의 감속효과가 있으며, 가장 효과가 높은 것으로 나타남
	Timothy J. Gates et al	2008		- 2006년 9월 설치한 Experimental Transverse Bar 노면표시에 대하여 단기적, 장기적 분석을 시행함 • 시행 전 : 2006년 7월 • 시행 후(단기) : 2006년 9월(설치 일주일 후) • 시행 후(장기) : 2007년 3월 - 분석결과 설치 직후 곡선부에서 평균 1~4mph(1.6~6.4kph)로 가장 효과가 큰 것으로 분석됨
	Alex Drakopoulos et al.	2003		- Converging Chevron Pavement Marking의 설치 전·후의 속도 차이를 비교 연구함 - Chevron Marking은 속도 감소에 효과를 가지고 있으며, 평균속도는 최대 15mph(24kph) 감소하였으며, 85퍼센타일 속도는 최대 17mph(27kph) 감소하는 것으로 나타남 - 또한, Chevron Marking은 설치 직후에 가장 효과가 잘 나타남
	김갑수 외	2000	가상 과속방지턱	- 원호형 과속방지턱은 설치 전후의 속도감소효과가 설치 5일 이후부터는 대체로 일정한 속도에 수렴하는 것으로 나타남 - 가상 과속방지턱의 경우 설치 전과 비교하여 통과속도의 감소효과가 크지 않은 것으로 나타남
	Agent, K R	1980	Transverse pavement markings	- 설치 전, 후의 속도 및 사고 분석 결과 속도 및 사고 감소에 효과가 있다고 기술함
감성공학 관련 기준연구	박준영 외	2010	차내 경고정보 제공 방식	- 청각적 요소는 Beepdma과 음성안내일 경우, 운전자의 선호도가 높은 것으로 나타남 - 시각적 요소는 Text나 픽토그램이 배경화면은 빨간색 점멸에 대하여 운전자의 선호도가 높은 것으로 나타남
	이동준 외	2010	스쿨존의 보행자 신호등 디자인	- 디자인적 측면, 시인성, 안전성이 개선된 신호등 설계를 감성공학을 이용하여 평가 설계함
	왕이완 외	2010	터널 내부경관 평가 모형	- 터널의 물리적 구성요소와 운전자의 감성적 요소 변화관계를 파악하여 경관적 환경 조성 방안 제시
	박상명 외	2006	가로경관 평가요인	- 도심의 가로경관은 각 요소의 구성비에 의한 전체 구성요소 조화에 의하여 평가되는 것으로 분석됨
	Akinori Horiguchi et al.	1995	자동차 개발	- 운전자의 차량 조작방법, 동선 등을 분석하여 제시

3. 연구방법론

3.1. 감성공학

감성공학이란 인간의 감성을 정량적으로 측정하여 평가하고 공학적으로 분석하여 이것을 제품개발, 환경설계 등에 적용하여 더욱 편리하고 쾌적한 인간의 삶을 도모하기 위한 기술이다. 즉, 감성어휘라는 어휘적으로 표현된 심상(image)을 구체적으로 설계하여 표현하기 위해 번역하는 체계를 말한다. 개인의 경험을 통하여 얻어지는 외부의 물리적 자극에 대한 쾌적함·안락함 또는 불쾌함·불편함 등의 복합적인 감성을 측정·분석하여 공

학적으로 적용시켜 제품이나 환경을 그것에 맞도록 편리하고 안락하며 쾌적하게 개발하려는 분야이다.

감성공학이라는 말은 일본의 마쓰다 자동차의 스포츠카 개발과정 설명회에서 처음으로 언급되었다.(1986) 기본철학은 인간 중심의 설계이며, 1988년 시드니 국제인간공학 학회에서 ‘감성공학(Kansei Engineering)’으로 명명되었다.

3.2. 연구방법론

본 연구에서는 총 4단계로 구분하여 분석을 실시하였

다. 1단계~3단계는 기존의 국내외 감속유도시설에 대한 효과평가 및 감성공학 적용을 위한 시나리오 수립단계이며, 4단계는 도출된 노면표시 시나리오에 대하여 감성공학을 이용한 최적 시나리오를 선정하는 단계로 이루어져있다.

1단계 실험에서는 현재 하이패스 차로에 감속유도 노면표시인 갈매기 노면표시의 각도가 기존 132°에서 각도의 변화에 따라 체감속도가 변화할 것으로 판단하여 갈매기의 각도를 10°, 30°, 60°, 90°, 120°, 132°로 변화시켜 각 각도별 체감속도의 분석을 통해 적절한 각도를 도출하였다. 2단계 실험에서는 해외에서 감속유도 노면표시로 사용되고 있는 Peripheral Transverse Bar(PT bar)의 각 형태의 변화에 따른 체감속도 변화에 대하여 실험을 실시하였다. 또한 3단계에서는 PT bar의 종간격 및 횡간격 변화와 같은 PT bar 설치 유형에 따른 감속유도 효과평가를 실시하였다. 4단계 실험은 노면표시에 대하여 감성공학적 분석방법을 적용하는 단계로 효과적인 결과를 위하여 1단계~3단계에서 도출된 결과를 조합하여 6개의 시나리오를 구성하였다. 도출된 6개의 시나리오를 대상으로 감성공학적 분석방법 중 수량화 I 류 분석을 위하여 감성형용사 200쌍을 추출하였다. 200쌍 중 연구진이 노면표시를 가장 잘 설명할 수 있다고 판단한 20쌍의 감성형용사에 대하여 요인분석을 실시하여 각 요인들의 대표형용사를 4쌍 도출하였다. 도출된 4쌍의 감성형용사를 수량화 I 류 분석 및 상관분석을 통하여 최적의 감속유도노면표시를 선정하였다. 분석 절차를 그림 1에 제시하였다.

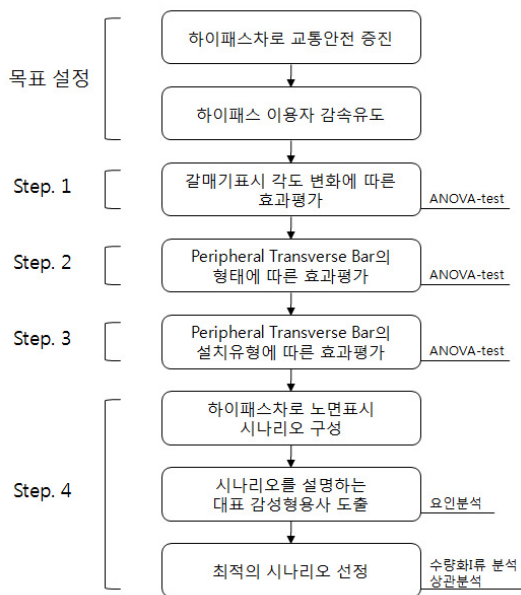


그림 1. 감속유도 노면표시 선정을 위한 연구흐름도

4. 자료구축 및 실험방법

감속유도를 위한 하이패스 차로 노면표시 설계를 위하여 1~3단계 실험 88명, 4단계 실험의 대표형용사 도출 실험 30명, 시나리오 선정은 50명을 대상으로 노면표시가 설치된 도로를 일정한 속도로 주행하는 차량주행 VR 동영상을 시청 후 설문지에 응답하는 방법의 실험을 진행하였다. 차량의 속도는 고속도로 본선부에서 100km/h로 주행하던 차량이 영업소의 하이패스 차로에 제한속도인 30km/h로 진입하기 위해 영업소 광장부에서는 60km/h로 주행할 것이라 판단하여 60km/h로 설정하였다. 실험대상자는 20세 이상의 성인을 대상으로 하였으며, 1~3단계는 준비된 VR 동영상 시청 후 체감속도를 10점 척도의 설문지에 표시를 하도록 하였으며 4단계에서는 VR 동영상을 시청 후, 동영상을 통하여 느껴지는 감성을 잘 나타내는 감성형용사를 7점 척도의 설문지에 표시하도록 하여 실험을 진행하였다. 실험기간은 1~3단계 실험은 2011년 7월25일~29일, 4단계의 대표형용사 도출 실험은 2011년 8월1일~5일, 마지막으로 최적 시나리오 도출 실험은 2011년 8월11일~13일에 진행하였다. 실험에 참여한 인원의 정보를 표 2 및 표 3에 제시하였다.

또한 VR 실험 동영상 그림 2(a) 및 실험 모습 그림 2(b)를 제시하였다.

표 2. 실험 참여인원 정보(성별)

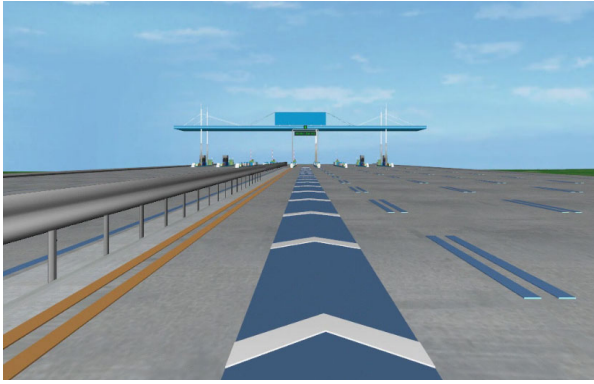
(단위: 명)

구분	실험내용	실험일자	전체	남성	여성
Step.1	갈매기표시 각도 효과평가	07.25~ 07.29	88	53	35
Step.2	PT bar 형태 효과평가				
Step.3	PT bar 설치유형 효과평가				
Step.4	시나리오를 설명 대표 감성형용사 도출	08.01~ 08.05	30	20	10
	하이패스차로 노면표시 시나리오 선정	08.11~ 08.13	50	42	8

표 3. 실험 참여인원 정보(연령별)

(단위: 명)

구분	전체	20대	30대	40대	50대	60대 이상
Step.1	88	27	25	23	12	1
Step.2						
Step.3						
Step.4	30	22	4	4	0	0
	50	19	23	8	0	0



(a) 하이패스 노면표시 VR 동영상(갈매기 각도 60°)



(b) 하이패스 노면표시 실험 모습

그림 2. 하이패스 노면표시 실험방법 예시

5. 분석

5.1. Step. 1 : 갈매기 노면표시 각도 변화에 따른 효과평가 실험

갈매기 노면표시 효과평가 실험은 현재 하이패스 차로에 그림 3과 같이 132°의 각도로 설치된 갈매기 노면표시의 각도를 10°, 30°, 60°, 90°, 120°, 132°로 변화시키면서 운전자가 느끼는 체감속도의 변화에 대하여 실험을 실시하였다. 피실험자들에게 기존 132°의 노면표시 VR 주행동영상을 시청하게 한 후, 120°에서 10°순으로 시청하면서 각도의 변화에 따른 체감속도를 선택하도록 하였다. 피실험자들이 느끼는 체감속도 측정을 위하여 1(매우느림)~10(매우빠름)으로 설문지의 척도를 구성하였으며, 10점이 피실험자가 가장 빠르다고 느끼는 최고 점수임을 알려주고 시나리오별로 평가를 실시하였다.

실험결과, 갈매기표시 각도의 체감속도에 대한 기술 통계량 값을 그림 4에 제시하였다. 점수가 10에 가까울수록 빠르다고 느끼는 것으로 60°의 각도가 평균 6.68로 가장 빠르게 느껴진다고 응답하였으며, 30°, 90° 순이었다. 반면 10°가 평균 4.47로 가장 느리게 느껴진다

고 응답하였으며 132°, 120° 순이었다.

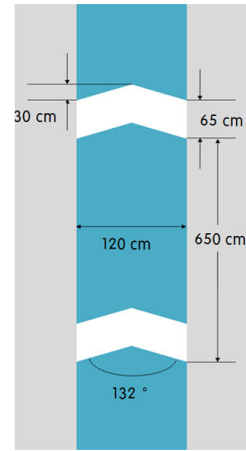


그림 3. 하이패스 갈매기 노면표시 현재 기준(132°)

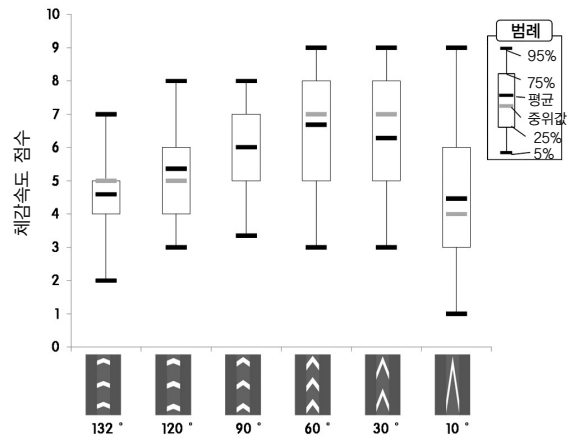


그림 4. 갈매기 노면표시 각도변화에 따른 체감속도

갈매기 노면표시 실험결과를 ANOVA-test를 통하여 각 각도 사이에 체감속도의 차이가 있는지 분석결과를 표 4에 제시하였다. ANOVA-test결과 F값은 23.0, 유의확률 0.0으로 유의수준 0.05보다 작으므로 신뢰수준 95%에서 각도의 변화에 따른 체감속도변화는 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 분석되었다.

표 4. 갈매기표시 각도변화에 대한 체감속도 ANOVA-test 결과

	제곱합	자유도	평균제곱	F	유의확률
집단 - 간	366.2	5	73.2	23.0	0.0
집단 - 내	1663.5	522	3.2		
합계	2029.7	527			

5.2. Step. 2 : PT bar의 형태에 따른 효과평가 실험

본 연구에서는 Javeir Zamora(2011), Bryan J. Katz et al.(2004), 노관섭 외(2010)의 연구결과와 같이

주로 해외에서 차량들의 감속을 목적으로 다양한 형태로 설치하여 운영 중이며 연구가 진행되고 있는 PT bar에 대하여 형태에 따른 체감속도의 변화를 실험을 통하여 분석하였다. PT bar의 대표적인 형태는 그림 5와 같이 사각형, 삼각형, 빗살무늬이다. 본 연구에서는 PT bar의 대표형태 3가지에 대하여 체감속도 변화 실험을 통해 차량의 주행속도 감소에 가장 효과적인 형태를 도출하였다. 실험방법은 Step. 1의 방법과 동일하게 VR 동영상 시청 후, 느껴지는 속도에 대하여 1(매우느림)~10(매우빠름)으로 설문지에 선택하도록 하였다. PT bar의 형태에 따른 체감속도 점수의 기술통계량 값을 그림 6에 제시하였다. 기술통계량 분석결과 A형태가 평균 7.05점으로 가장 빠르게 느껴진다고 응답하였으며, B형태가 평균 6.15로 가장 느리게 느껴진다고 응답하였다.

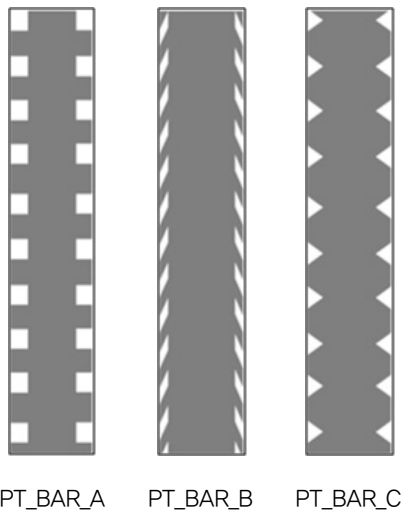


그림 5. PT Bar 형태

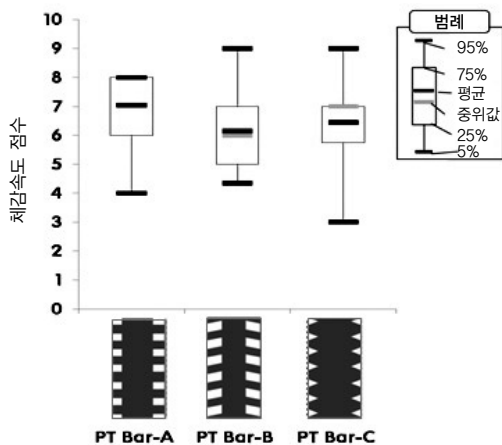


그림 6. PT Bar의 형태에 따른 체감속도

PT bar의 형태에 따른 체감속도 변화 실험결과를 ANOVA-test를 통하여 각 형태 간 체감속도의 차이의

존재여부에 대하여 분석을 실시하여 분석결과를 표 5에 제시하였다. ANOVA-test결과 F값은 7.3, 유의확률 0.0으로 유의수준 0.05보다 작으므로 신뢰수준 95%에서 PT bar의 형태에 따른 체감속도변화는 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 분석되었다.

표 5. PT Bar 형태에 따른 체감속도 ANOVA-test 결과

	제곱합	자유도	평균제곱	F	유의확률
집단 - 간	36.8	2	18.4	7.3	0.0
집단 - 내	656.6	261	2.5		
합계	693.5	263			

5.3. Step. 3 : PT bar의 설치유형에 따른 효과 평가 실험

PT bar의 형태 중 Step 2.에서 가장 체감속도가 높은 것으로 나타난 PT bar A형태에 대하여 PT bar의 설치유형의 변화에 따른 효과평가 실험을 실시하였다. 설치유형은 지그재그 형식(PT bar 1), 중간 간격변화(PT bar 2), 횡간 간격변화(PT bar 3)의 3가지로 설정하였으며 각 설치유형에 대하여 체감속도 실험을 실시하였다. 실험방법은 Step. 1, 2의 방법과 동일하게 VR 동영상 시청 후, 느껴지는 속도에 대하여 1(매우느림)~10(매우빠름)으로 설문지에 선택하도록 하였다. PT bar의 설치유형에 따른 체감속도 점수의 기술통계량 값을 그림 7에 제시하였다. 기술통계량 분석결과 PT bar 3의 설치유형이 평균 6.95점으로 가장 빠르게 느껴진다고 응답하였으며, PT bar 1의 설치유형이 평균 5.06으로 가장 느리게 느껴진다고 응답하였다.

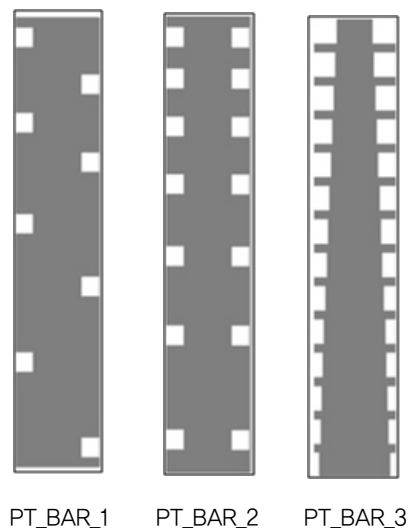


그림 7. PT Bar 설치유형

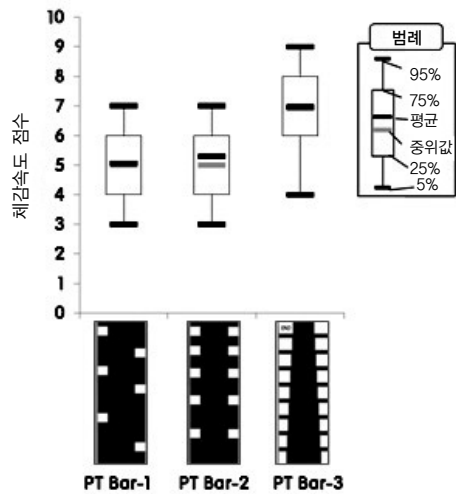


그림 8. PT Bar의 설치유형에 따른 체감속도

PT bar의 설치유형에 따른 체감속도 변화 실험결과를 ANOVA-test를 통하여 각 설치유형 간 체감속도 차이의 존재여부에 대하여 분석을 실시하여 분석결과를 표 6에 제시하였다. ANOVA-test결과 F값은 45.4, 유의확률 0.0으로 유의수준 0.05보다 작으므로 신뢰수준

95%에서 PT bar의 설치유형에 따른 체감속도변화는 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 분석되었다.

표 6. PT Bar의 설치유형에 따른 체감속도 ANOVA-test 결과

	제공합	자유도	평균제공	F	유의확률
집단 - 간	188.1	2	94.0	45.4	0.0
집단 - 내	540.9	261	2.1		
합계	728.9	263			

5.4. Step. 4 : 감성공학을 활용한 하이패스차로 노면표시 도출 실험

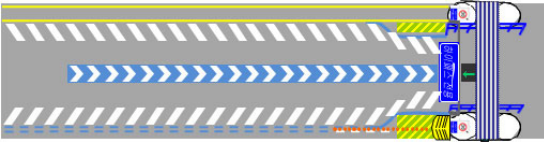
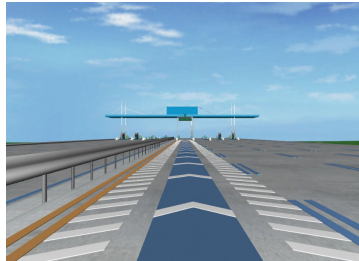
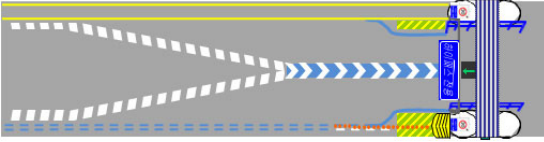

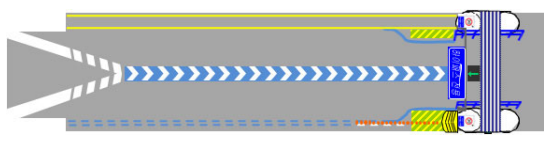

5.4.1. 감속유도를 위한 하이패스 노면표시 시나리오 구성

감속 유도를 위한 노면표시 시설로는 갈매기 노면표시와 PT bar가 있으며, 본 논문의 Step. 1에서는 가장 감속효과가 큰 갈매기 노면표시의 각도를 도출하였다. 또한 Step. 2 및 3에서는 PT bar의 형태 및 설치유형에 대하여 가장 효과가 큰 형태 및 설치유형을 실험을 통하여 도출하였다. 실험 결과, 갈매기 노면표시의 각도

표 7. 감속유도를 위한 하이패스 노면표시 시나리오 설정

시나리오	시나리오 평가를 위한 VR 동영상	시나리오 설명
①		<ul style="list-style-type: none"> 갈매기 노면표시 각도 변경 (132° → 60°)
②		<ul style="list-style-type: none"> 갈매기 노면표시 각도 변경 (132° → 60°) PT bar A 형태
③		<ul style="list-style-type: none"> 갈매기 노면표시 각도 변경 (132° → 60°) PT bar C 형태

(표 계속)

④			<ul style="list-style-type: none"> • 갈매기 노면표시 각도 변경 (132° → 60°) • PT bar B 형태
⑤			<ul style="list-style-type: none"> • 갈매기 노면표시 각도 변경 (132° → 60°) • PT bar B 형태 • PT bar 5 형태
⑥			<ul style="list-style-type: none"> • 갈매기 노면표시 각도 변경 (132° → 60°) • PT bar B 형태 • PT bar 5 형태

는 60°에서 가장 체감속도가 빠른 것으로 분석되어 60°가 가장 적절한 각도로 선정되었다. 또한 PT bar의 형태는 PT bar A에서, 설치유형은 PT bar 3에서 가장 효과가 큰 것으로 나타났다. 반면 본 연구에서는 PT bar B 형태가 가장 효과가 낮은 것으로 나타났으나 기존 연구(노관섭 외(2010))에서는 PT bar B의 형태가 가장 효과가 큰 것으로 분석되었다. 이에 본 연구에서는 PT bar의 형태에 대하여 추가적인 분석을 위하여 갈매기 노면표시의 각도 60°으로 설정하고 PT bar 3의 설치 유형을 조합한 후, PT bar A, B, C 각각의 형태와 조합을 통하여 최적의 하이패스 노면표시를 선정하기 위한 시나리오를 구성하여 표 7에 제시하였다.

각 시나리오의 모든 갈매기 노면표시 설치 위치는 「하이패스 안전시설 설치기준(2010), 한국도로공사」를 기준으로 고속도로 영업소의 광장부 시점부터 시작하도록 하였다. 1번 시나리오는 기존의 하이패스 노면의 갈매기표시의 각도만 60°로 변경한 형태이며, 2번~4번 시나리오는 각각 시나리오 1번에 Step. 2의 PT Bar의 A~C형태를 추가한 형태이다. 또한 Step. 3의 실험에서 가장 효과가 큰 것으로 나타난 점차 폭이 감소하는 형태는 하이패스 갠트리로 진입할 때 차선표시가 3.5m에서 3.0m로 감소하므로 이를 활용하여 차선을 따라

PT bar를 설치할 경우 동일한 효과를 얻을 수 있을 것이라 판단하였다. 또한 시나리오 5번과 6번은 도로 폭이 점차 감소하도록 보이는 형태의 노면표시와 갈매기 노면표시의 연속성을 유지하기 위하여 빗살무늬의 노면표시가 차로의 가장자리에서 가운데로 합쳐져 갈매기표시로 합쳐지는 형태로 설정하였다. 시나리오 5는 광장부 시점에서 노면표시의 폭이 감소하기 시작하여 갈매기표시로 합쳐지도록 설정하였으며, 시나리오 6은 광장부 진입 전 노면표시의 폭이 감소하여 광장부 시점에서 갈매기표시와 합쳐지도록 설정하였다.

5.4.2. 노면표시를 대표하는 감성형용사 도출

사전, 신문, 인터넷 등을 통하여 총 200여개의 형용사를 수집 후, 연구진이 6개의 시나리오를 잘 설명할 수 있다고 판단된 20쌍의 감성형용사 및 반의어를 추출하였다. 추출된 20쌍의 시나리오에 대하여 30명의 피실험자를 대상으로 각 시나리오 VR 동영상 시청 후, 7점 리커트 척도를 사용하여 설문조사방법에 대하여 충분히 설명을 한 후, 설문에 응답하도록 하였다. 3차 실험을 통하여 얻어진 데이터를 요인분석(Factor Analysis)을 통하여 다수의 형용사를 소수의 요인들로 축약하였다. 요인분석의 모델은 주성분분석(Principal Component

Analysis)로 하였으며 분석결과를 요인회전(Rotation)을 통하여 각 감성형용사가 어느 요인에 영향을 미치는가를 구분하였다. 요인회전 방식은 베리맥스(Varimax)를 이용하였으며, 분석결과 표 8과 같이 20쌍의 형용사를 4개의 요인으로 구분하였다. 각 요인을 대표하는 대표형용사로 '조화로운', '잘 보이는', '빨라 보이는', '좁아 보이는'으로 설정하였다.

5.4.3. 하이패스 노면표시 최적의 시나리오 선정

요인분석을 통하여 얻어진 4개의 대표 감성형용사를 활용하여 6개의 시나리오에 대하여 50명의 피실험자를 대상으로 실험을 시행하였다. 실험방법은 3차 실험과 동일하며 응답자들에게 각 시나리오 및 설문방법에 대하여 충분히 설명 후, VR 동영상 시청과 함께 설문을 진행하도록 하였다. 실험을 통하여 얻어진 데이터를 감성공학을 이용한 평가방법 중 상관분석의 편상관계수 측정방법과 수량화 I 류 이론의 중심화값 측정방법을 활용하여 분석하였다.

상관분석이란 하나의 변수가 다른 변수에 어느 정도 밀접한 관련이 있는지 분석하는 기법으로 본 연구에서는 Pearson 상관계수를 이용하여 각 시나리오별 감성형용사와의 상관관계를 알아본 후, 각 시나리오와 감성

형용사와의 개별적인 관계 파악을 위하여 편상관계수 측정을 하였다. Pearson상관계수는 변수간의 관련성을 구하기 위하여 보편적으로 이용하는 것으로 일반적으로 0.3 이상이 될 경우, 상관관계가 있다고 판단한다. 그러나 본 연구에서는 모든 상관계수가 0.3 이하로 나타났으나 관련연구(박준영 외, 2010)와 같이 인간의 감성은 수치로 나타내고 점수로 도출하기에 어렵다는 점을 감안하여 0.15 이상일 경우, 상관관계가 존재한다고 판단하였다. 분석결과 '잘 보이는'과 '빨라 보이는'의 형용사에 대하여 상관관계가 존재하는 것으로 나타났으며 통계적으로도 유의한 것으로 나타나 본 연구의 목적인 감속유도와 시선유도에 적절한 시나리오로 판단되었다. 이변량 상관계수 측정 결과를 표 9에 나타내었다.

표 9. 이변량 상관계수 측정 결과

감성어휘	조화로운	잘 보이는	빨라 보이는	좁아 보이는
시나리오	0.02	0.162**	0.274**	0.139*

** : 상관계수는 0.01 수준(양쪽)에서 유의함

* : 상관계수는 0.05 수준(양쪽)에서 유의함

본 연구에서는 수량화 I 류 이론을 사용하였으며, 이는 일본에서 처음 사용되기 시작하여 최근 마케팅, 광

표 8. 요인분석 결과 및 대표 형용사

감성형용사 쌍	성분1	성분2	성분3	성분4
깔끔한 ↔ 눈에 띄지 않는	0.827	0.139	-0.105	-0.169
정돈된 ↔ 모호한	0.821	0.208	-0.020	-0.031
조화로운 ↔ 불분명한	0.793	-0.030	0.329	0.128
가지런한 ↔ 불안정적인	0.788	0.155	-0.055	-0.077
통일감 있는 ↔ 흐릿한	0.772	-0.004	0.278	0.011
간결한 ↔ 애매한	0.769	0.138	-0.202	-0.284
안정적인 ↔ 잘 안 보이는	0.705	0.334	-0.119	-0.127
혼란스럽지 않은 ↔ 주의를 끌지 않는	0.622	-0.024	-0.449	0.126
단조로운 ↔ 어지러운	0.550	0.017	-0.317	-0.515
차분한 ↔ 복잡한	0.549	0.273	0.017	0.006
잘 보이는 ↔ 더러운	0.034	0.886	0.084	0.080
명확한 ↔ 산만한	0.193	0.833	-0.041	0.094
명료한 ↔ 정돈되지 않은	0.267	0.806	0.151	-0.064
눈에 띄는 ↔ 느려 보이는	-0.010	0.772	0.391	0.096
분명한 ↔ 무딘	0.291	0.764	0.194	-0.140
선명한 ↔ 좁아 보이는	0.308	0.703	0.046	0.064
주의를 끄는 ↔ 조화롭지 않은	-0.125	0.657	0.454	0.081
빨라 보이는 ↔ 통일감 없는	-0.089	0.297	0.834	0.057
날렵한 ↔ 현란한	0.089	0.244	0.815	0.028
좁아 보이는 ↔ 혼란스럽지 않은	-0.073	0.145	-0.017	0.894

고, 여론조사 등의 분석 및 행동과학과 같은 사회연구분야에서 널리 사용되고 있다. 수량화 I류 이론이란 제품에 대한 인간의 감성을 의미미분법(SD법, Semantic Differential Method)을 통하여 수량화하여 분석하는 기법으로 수량화된 인간의 감성과 디자인 요소와의 상관관계를 찾음으로써 평가하는 방법이다. 일반적으로 감성공학을 이용한 평가방법에서는 감성어휘가 각 디자인 요소에 미치는 영향도를 나타내는 점수인 카테고리 점수(Category Grade)로 사용하지만, 본 연구에서는 카테고리 점수의 편차를 좀 더 확실하고 한눈에 알아볼 수 있는 중심화값 측정분석을 이용하였다. 중심화값은 각 설명변량의 수량화 값들의 합을 0이 되도록 표현하는 방법으로서, 일반선형모형에서 각 설명변수들의 수량화 값인 계수 값과 모형에 사용된 데이터의 수를 이용하여 구할 수 있다. 일반선형모형의 계수 값을 이용한 중심화 값 측정에 사용된 공식은 식 (1)과 같다.

$$X_i = E_i - \frac{\sum(E_i - N_i)}{\sum N_i} \quad (1)$$

여기서, X_i : i 번째 카테고리의 중심화 값

E_i : i 번째 카테고리의 계수 값

N_i : i 번째 카테고리의 데이터 수

편상관분석은 상관대상이되는 변수들이 제3의 변수에 의하여 어느 정도 영향을 받을 개연성이 있을 때 순수한 상관관계를 알아보기 위하여 제3의 변수를 통제하여 분석하는 것이다. Pearson 상관계수는 전체 변수들의 상관관계를 나타내므로 본 연구에서는 각각의 1가지 시나리오와 감성형용사와의 개별적인 관계를 파악하기 위하여 편상관계수를 측정하였다. 분석결과를 중심화 값 측정결과와 함께 표 10에 정리하여 제시하였다.

본 논문에서는 노면표시의 변화에 따라 사람이 느끼는 감성이 다를 수 있는가에 대하여 알아보기 위하여 분석을 진행하였다. 편상관계수 측정결과 Pearson 상관계수에서와 같이 ‘빨라 보이는’이 가장 높은 상관관계를 갖는 것으로 나타났다. 이는 본 논문의 목적인 감속유도와 일치하는 결과로 도출된 결과를 적용할 경우 효과가 있을 것으로 판단된다. 또한 중심화 값 측정 결과 시나리오 4가 가장 높은 감성정도를 나타내었다. 높은 감성정도의 기준은 4가지의 감성형용사 중 같은 카테고리가 다수 선택된 것을 기준으로 진행하였다. 그러나 연구의 목적에 따라 감성형용사 별로 따로 분석을 할 수 있다.

6. 결론

본 논문에서는 하이패스 차로의 안전성을 증진시키기 위하여 하이패스 차로의 감속유도 노면표시 설계기법 개발연구를 진행하였다. 노면표시의 설계기법을 도출하기 위하여 본 연구에서는 산업공학, 산업디자인 분야에서 인간의 감성을 수치화하여 분석하는데 사용되고 있는 감성공학적 분석방법 중 수량화 I류 분석을 이용하였다.

본 논문에서는 현재 하이패스 차로에 설치되어 있는 갈매기 노면표시와 주로 해외에서 사용되고 있는 PT Bar의 형태에 대한 분석을 통하여 6가지의 시나리오를 설정하였다. 또한, 200여 쌍의 감성형용사를 수집하여 1차적으로 20쌍의 감성형용사로 간추린 후, 요인분석을 통하여 2차적으로 4쌍의 대표 감성형용사를 추출하였다. 6개의 시나리오와 4쌍의 감성형용사에 대하여 VR 동영상을 통해 20대 이상의 성인 50명을 대상으로 실험을 실시하였다. 실험을 통하여 추출된 자료를 감성공학적 분석방법인 상관분석과 수량화 I류 이론을 이용하여 분석을 진행하였다. 상관분석 결과 각 시나리오에 대하여 느끼는 감성형용사 중 ‘빨라 보이는’과 ‘잘 보이

표 10. 감성평가 분석결과

아이템	카테고리	감성형용사별 분석결과							
		조화로운		잘 보이는		빨라 보이는		좋아 보이는	
		편상관계수	중심화 값	편상관계수	중심화 값	편상관계수	중심화 값	편상관계수	중심화 값
시나리오	1	0.083	0.493	0.083	0.313	0.198	-0.460	0.017	-0.753
	2		-0.287		0.213		1.060		0.947
	3		-0.947		-0.367		0.360		0.447
	4		0.833		0.433		1.120		0.507
	5		0.153		-0.127		-0.980		-0.393
	6		-0.247		-0.467		-1.100		-0.753

는' 이 운전자가 느끼는 감성을 잘 표현한 것으로 나타났다. 또한 수량화 I 류 이론의 중심화 값 측정결과 최적의 노면표시 시나리오는 시나리오 4로 갈매기 노면표시 각도 60°와 차선의 가장자리에 빗살무늬의 PT Bar가 설치된 형태로 도출되었다.

본 연구를 발전시키기 위하여 다음과 같은 과제를 수행하여야 할 것이다. 첫째, 본 연구는 기계적인 수치가 아닌 감성형용사를 통하여 도출된 결과로서 완벽한 설계조건을 제시하기 위해서는 다양한 방법의 연구가 진행되어야 한다. 둘째, 본 연구에서는 VR 동영상의 차량의 주행속도를 60km/h로 정속주행 하도록 하였다. 그러나 이는 실제 고속도로 요금소의 차량들의 행태를 반영하지 못한 결과로 실제 주행행태를 반영하기 위하여 드라이빙 시뮬레이터 또는 실제 주행을 통한 연구를 통한 결과의 평가가 필요하다. 셋째, 본 연구에서는 활용한 VR 동영상은 밝은 낮을 기준으로 실험을 진행하였다. 그러나 실제상황에 적용하여 보다 정확한 효과를 측정하기 위해서는 주간뿐만 아닌 야간의 경우도 고려해야 할 것이다. 마지막으로 본 연구에서 실험 대상자 대부분은 20~50대였으나 60대 이상의 고령 운전자에 대한 연구도 필요할 것이다.

본 연구를 통하여 도출된 결과를 실제 하이패스 차로에 설치할 경우, 기존에 설치되어있는 교통안전표지, 노면표시, 그루빙과 같은 감속유도시설 중 불필요한 시설의 설치를 최소화함으로써 설치 및 유지관리비용의 절감효과를 기대할 수 있을 것이다. 또한 하이패스 차로 차량들의 통과속도 감소로 하이패스 차로의 안전성 향상을 도모할 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2011-0029449).

참고 문헌

“경찰청고시 제2010-3호”(2010), 경찰청

김갑수, 김정수(2000), “과속방지턱과 차량통과속도의 관계에 관한 연구”, *영남대학교 공업기술연구소논문집* 28, 1(2000.6) pp.173~181

노관섭, 이종학, 김중민, 장혜란(2010), “시뮬레이터를 이용한 감속유도 노면표시의 효과연구”, *한국도로학회 논문집*, 제12권 제3호, pp.9~16

노형진(1990), “다변량해석(질적 데이터의 수량화)”, 석정출판사

박상명, 이병주, 남궁문(2006), “감성공학에 의한 운전자의 가로경관 평가요인 분석에 관한 연구”, *대한교통학회지*, 제24권 제3호, pp.125~131

박준영, 오철, 김명주, 장명순(2010), “감성공학을 이용한 차내 경고정보 제공방식 평가”, *대한교통학회지*, 제28권, 제3호, pp.39~49

왕이완, 금기정, 손승녀, 유재상(2010), “감성공학을 고려한 터널 내부경관 평가 모형개발에 관한 연구”, *한국도로학회 논문집*, 제12권 제1호, pp.9~20

이동준, 박준영, 장명순, 김정룡, 강 경우(2010), “감성공학을 이용한 스쿨존 보행자 신호등 디자인 요소 평가”, *제62회 학술발표회 논문집*, 대한교통학회, pp.129~134

정재욱(2005), “스텝과 사운드의 정량적 감성반응 분석에 관한 연구”, *디자인학연구*, 통권 제60호, Vol.18, No.2, pp.211~218

“하이패스 안전시설 설치기준”(2010), 한국도로공사 내부자료

“하이패스 중장기 계획수립 및 시스템 개선 연구용역 최종보고서”(2010), 한국도로공사

Agent, K R(1980), “Transverse Pavement Markings for Speed Control and Accident Reduction(Abridgment)”, *Transportation Research Record Issue Number 773*, ISSN: 0361-1981

Akinori Horiguchi, Takamasa Suetomi(1995), “A Kansei Engineering approach to a driver/vehicle system”, *International Journal of Industrial Ergonomics* 15, pp.25~37

Alex Drakopoulos, Georgia Vergou(2003), “Evaluation of the converging chevron pavement marking pattern: at one Wisconsin Location”, AAA Foundation for Traffic Safety

Bryan J. Katz, “Pavement Markings for Speed Reduction, Final Report”(2004), Science Applications International Corporation Turner-Fairbank Highway Research Center

Javeir Zamora, Eric Hilbrand, Peter Allaby, Jonathan Lewis, Darren Charters(2011), “Evaluation of Peripheral and Transverse Pavement Markings for Speed Reduction”, *21st Canadian Multidisciplinary Road Safety Conference Halifax*, Nova Scotia

Michael Hunter, Saroch Boonsiripant, Angshuman Guin, Michael O. Rodgers, and David Jared(2010), “Evaluation of Effectiveness of Converging Chevron Pavement Markings in Reducing Speed on Freeway Ramps”, *Journal of the Transportation Research Board*, No. 2149, pp. 50~58

Seikou Yokoyama, Shigekazu Ishihara, Mitsuo Nagamachi(2010), “Kansei Ergonomics applied to a toilet seat design”, *Japan Ergonomics Society*

Timothy J. Gates, Xiao Qin, and David A. Noyce(2008), “Effectiveness of Experimental Transverse-Bar Pavement Marking as Speed-Reduction Treatment on Freeway Curves”, *Journal of the Transportation Research Board*, No. 2056, pp. 95~103

(접수일 : 2011. 9. 17 / 심사일 : 2011. 9. 21 / 심사완료일 : 2011. 12. 7)