

■ 論 文 ■

### 주관적 운전부하 수준과 PG기법 적용효과의 관계

The Relationship between Subjective Driving Workload and Effects of PG Technology

**오 주 석**  
(충북대학교 심리학과)

**황 봉 기**  
(충북대학교 심리학과)

**이 순 철**  
(충북대학교 심리학과)

**이 종 학**  
(한국건설기술연구원 도로연구부  
전임연구원)

**김 종 민**  
(한국건설기술연구원 도로연구부  
수석연구원)

**노 관 섭**  
(한국건설기술연구원 도로연구부  
연구위원)

#### 목 차

- I. 서론
- II. 문헌연구
- III. 대상, 도구 및 절차
  - 1. 대상
  - 2. 도구
  - 3. 절차
- IV. 결과

- 1. 운전부하 수준과 도로개선 후 만족도 관계
- 2. 주관적 운전부하 수준별 주행속도의 비교
- V. 논의  
참고문헌

Key Words : PG기법, 주관적 운전부하, 주행속도, 도로이용자 만족도, 운전시뮬레이터  
PG technology, Subjective driving workload, Driving speed, Road user's satisfaction, Driving simulator

#### 요 약

본 연구는 PG기법을 적용한 도로환경의 개선이 운전자의 도로이용 만족도 및 주행속도에 미치는 영향을 알아보고, 도로 개선여부에 따른 만족도나 행동의 차이가 운전자의 주관적 운전부하 수준과 어떠한 관계를 가지는지 알아보기 위해 시행되었다. 현장조사 결과를 바탕으로 시나리오를 제작하고 시뮬레이터를 이용하여 실험한 결과, 전반적으로 PG기법을 이용한 도로 개선 후 조건에 대해 운전자들이 더 높은 만족도를 보였으며, 위험구간에 접근하는 과정에서 나타나는 감속의 패턴도 더 안정적인 것으로 확인되었다. 주관적 운전부하 수준에 따른 감속 양상은 도로의 물리적 조건에 따라 조금씩 다르게 나타났으며, 주관적 운전부하가 높은 운전자들은 PG기법 이후 정보제공 부문의 개선사항에 대해 오히려 불만족하다는 반응을 보였다. 이는 운전자의 특성에 따라 유익한 정보가 때로는 운전을 방해하는 자극으로 해석될 수 있음을 의미한다. PG기법의 활성화 및 운전자의 안전운전을 유도하기 위해서는 PG기법과 관련을 가지는 인적요인, 특히 교통약자에 집중한 후속 연구가 이뤄져야 할 것이다.

The main objective of this study is two-fold: 1) to analyze the effect of PG technology application on road user's satisfaction and driving speed, and 2) to investigate the relationship between driver's subjective workload level and their reactions related to the PG technology application. Based on the result of field observation, the experimental scenario for driving simulation study was prepared. The experimental results showed that drivers were more satisfied to the road condition with PG technology applied, and even the pattern of speed reduction was more stable than control condition. The pattern of speed reduction along driver's subjective driving workload level were slightly different by physical road condition, and road user's satisfaction was revealed to be negatively correlated with their subjective driving workload level. This result indicates that depending on situation and driver characteristic, information for the drivers could be nothing more than nuisance that just distracts drivers. In order to facilitate the implementation of PG technology in Korea, further study on related human factors, especially for those who are weak in traffic situations, is recommended.

본 논문은 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행한 2005년도 건설핵심기술연구개발사업(05건설핵심D05-01)의 지원으로 이루어졌습니다.

## I. 서론

운전자의 빠른 판단과 반응이 요구되는 주행환경에서는 안전을 위해 운전자의 적절한 선택, 반응 및 정보처리가 필수적이다. 도로상의 위험요소에 대한 인지 및 반응 과정에서 나타나는 운전자의 오류와 실수는 적절한 대처 행동을 방해하여 사고 발생 가능성을 증가시킨다. 또 과속운전 행동 역시 운전자가 적절한 대처능력을 발휘할 수 있는 시간적 여유를 줄인다는 점에서 안전운전행동의 질을 저하시키는 역할을 한다. 따라서 교통사고를 예방하기 위한 도로환경 개선에서 우리가 중요하게 고려할 점은 도로상의 위험요소에 대한 정확한 정보전달 방법과 이 정보들을 받아들이고 해석하는 운전자의 능력이다.

운전자의 오류나 실수에 따른 사고를 예방하기 위한 도로환경 개선기법으로 Positive Guidance(적극적 안내, 이하 PG로 표기)기법이 제안되었다. PG기법은 도로상의 위험요소에 관한 정보를 제공하여 운전자로 하여금 미리 위험요소를 인지·해석하고 그에 따른 대처행동을 하도록 하는 데 주목적을 두고 있다. PG기법의 특징은 도로상의 위험요소를 제거하기 위해 도로의 선형구조 변경과 같은 대규모의 물리적 환경개선을 하는 대신에, 도로환경은 되도록 그대로 두고 위험요소를 정보화하여 운전자로 하여금 도로환경에 적응하도록 유도하는 것이다. 이 같은 특징은 도로공사에 소요되는 시간과 자원을 절약하고 주변 환경 훼손을 최소화하는 친환경적 장점도 가지고 있다.

그러나 도로를 설계 혹은 정비하는 데 있어 도로의 환경이 운전자에게 미치는 영향과 함께 그것을 받아들이는 운전자의 개인적 특성도 고려해 볼 필요가 있다.

운전자의 정보처리 능력에 관한 인적요인으로 흔히 운전부하수준을 꼽는다. 운전부하(driving workload)는 운전자의 신속한 반응과 정보처리를 방해하는 요인으로, 운전자의 연령이나 운전경험, 상황적응능력과 같은 인적요인에 따라 그 수준이 달라질 수 있다.

본 연구에서는 PG기법을 적용한 도로환경의 개선효과와 운전자의 주관적 운전부하 수준이 어떤 관계를 알아보기 위해 운전 시뮬레이터를 이용한 실험을 진행하고, 도로 이용자의 만족도와 주행속도 측면에서 그 효과 및 관계를 살펴보았다.

## II. 문헌연구

### 1. PG(Positive Guidance)기법

운전자와 주변도로 및 시설물간의 상호작용을 분석하

여 도로상에 존재하는 위험요소를 제거하는 방법으로 PG기법이 많이 사용되고 있다. PG기법은 운전자의 기대를 위반하거나 인지의 지연을 낳는 도로요소를 제거 혹은 조정하여 운전자의 적절한 반응을 유도하는 방법으로, “도로 설계자가 도로상의 모든 장애물을 제거하지 못한다면 도로 이용자가 장애물을 피할 수 있도록 필요한 모든 정보를 제공해야 한다”는 전제에서 출발한다(Lunenfeld & Alexander, 1990).

PG기법의 개념은 FHWA에 의해 1973년 처음 도입되었으며 그 이후 각종 이론과 현장적용 사례에 대한 연구들이 진행된 바 있다(Lunenfeld & Alexander, 1981). PG기법 도입 사례에 대한 효과평가 부분을 살펴보면, 사전 경고 점멸등이나 경고 신호를 적용한 예에서 사고의 감소율은 최소 8%에서 최대 36%에까지 이르는 것으로 확인되었다(Zein & Montufar, 2003).

우리나라에서도 도로안전진단의 방안으로 PG기법을 고려한 연구결과들이 제시되어 있다. 심관보, 장석민과 이수범(2007)은 국도 마을통과 구간에서의 안전성 향상을 위해 PG기법을 활용한 진단을 실시하고 주행차량의 속도제한 방법을 제시하였다. 이수범, 김태희, 김장욱과 장석민(2007)도 경부고속도로 일부구간에 대한 안전진단에 PG기법을 활용한 사례를 제시하였다. 한국도로공사(2006) 역시 2004년도부터 2006년도 까지 영동고속도로 및 경부고속도로를 대한 도로안전진단 사업에 PG기법을 적용한 바 있다. 김준형, 오철과 오주택(2009)은 PG기법을 실시간 교통안전 경고정보 제공에 적용한 방안을 제안하기도 하였다.

### 2. 운전자의 주관적 운전부하

사람에게는 주의와 노력을 기울일 수 있는 적절한 능력이 존재하지만 한 번에 사용할 수 있는 주의와 노력에는 한계가 있다. 작업부하(workload)란 정해진 시간에 과제를 수행하기 위해 기울여야 하는 가용능력을 말하며, 보통 가용능력의 80%이상을 사용하게 되면 오류 행동을 많이 일으키는 과부하상태라고 한다(Wickens, Gordon & Liu, 2001).

이와 같은 맥락에서, 운전을 수행하는데 기울이는 주의와 노력의 양을 운전부하(driving workload)라고 하며, 운전자가 복잡한 도로환경이나 어려운 운전과제에 직면할 경우 높은 수준의 운전부하가 발생할 수 있다(김주영, 장명순, 1999). 높은 수준의 운전부하가 발생하

면, 운전수행에 필요한 주의와 노력의 가용량이 감소하게 되고 이에 따라 오류행동이 증가하게 된다. 주관적 운전부하란, 운전자 스스로가 운전작업과 관련하여 어려움을 느끼고 있는 정도를 뜻한다.

Edland와 Svenson(1993)에 의하면 작업자가 시간적 압력이 있는 상황에서는 작업자에게 입력되는 정보와 자극을 선택적으로 받아들이고, 중요하고 습득하기 쉬운 정보에 더 큰 비중을 두며, 복잡한 계산과 같이 정신적 활동이 필요한 행동이 감소한다고 하였다.

또한 높은 운전부하수준은 반응에 대한 정확성에 영향을 미친다. 김비아와 이재식(2000)이 정보제공양식에 따른 운전수행과 작업부하의 변화를 살펴본 연구에 따르면, 긴급한 반응이 요구되는 추돌상황에서 부하가 높은 시각적 자극보다는 부하가 낮은 청각적 자극을 정보로 제공했을 때 브레이크 반응시간이 짧았으며 추돌사고 빈도도 가장 낮았다. Cantin, Lavalliere, Simmoneau와 Teasdale(2009)의 시뮬레이션 연구에서는 복잡한 도로를 주행한 운전자가 단순한 도로를 주행한 운전자보다 청각자극에 대한 반응이 느리고 브레이크도 빈번히 사용하는 것으로 나타났다. 전용욱, Tatsuru Daimon, Hironao Kawashima와 권규식(2009)의 도로주행방향 변화에 따른 운전수행과 주관적 부하를 측정된 시뮬레이터 실험결과에서도 낯선 환경에서 운전을 하는 경우 운전자의 장치조작 실수와 차선 변경시 부적절한 행동이 증가하였으며, 교통표지에 대한 인식비율은 낮게 평가되었다.

이와 같은 연구 결과들은 높은 수준의 운전부하가 실제 운전행동에서 부적절한 대처행동으로 연결되는 과정을 보여준다. 즉, 운전자가 복잡하고 낯선 도로환경을 주행하거나 운전 중 어려운 과제를 접하게 되면 높은 운전부하를 가지게 되며, 적절한 반응시간과 정확한 정보탐색을 하지 못하는 것을 알 수 있다. 따라서 복잡하거나 위험요소가 많은 도로에서는 운전부하에 영향을 미칠 수 있는 요인들을 제어할 필요가 있다.

### 3. 연구목표

본 연구에서는 PG기법을 활용하여 도로환경을 개선했을 때 운전자들이 도로환경에 대해 느끼는 만족도와 주행속도의 변화가 운전자들의 주관적 운전부하 수준과 어떤 관계를 가지는지 알아보았다. 이를 통해 운전자의 주관적 운전부하 수준과 같은 인적요인에 따라 도로환경 개선의 효과가 일정한 방향을 유지하는지, 아니면 운전

자 인적요인 특성에 따라 개선 효과의 크기나 방향 등 반응양상이 달라지는지 알아보고자 하였다.

## III. 대상, 도구 및 절차

### 1. 대상

실험에는 운전면허 소지자 37명이 참여하였으며, 전체 피험자 가운데 남성이 26명(70.3%), 여성이 11명(29.7%)이었다. 피험자들의 평균연령은 만 42세(SD=13.27)였고, 연령범위는 최소 만 25세에서 최고 만 70세 사이에서 분포하였다.

### 2. 도구

#### 1) 차량시뮬레이터(K-ROAD) 및 주행시나리오

운전자를 대상으로 하는 실험을 진행하기 위하여 한국건설기술연구원이 보유하고 있는 차량시뮬레이터(K-ROAD)를 실험에 이용하였다(〈그림 1〉 참조).

본 차량시뮬레이터를 이용하여 구현할 시나리오는 다음과 같이 구성되었다.

먼저, 전국 교통사고 잦은 구간 가운데, 현장조사를 통해 경기도 및 충북지대 일대의 사고위험성이 높고, PG기법이 필요한 국도 구간을 2곳(경기도 양평지역 6번 국도와 충북 제천지역 38번 국도)을 선정하였다.

두 구간의 2007년도 교통사고 발생현황을 보면 추돌형태의 사고가 양평이 5건, 제천이 8건으로 모두 교차로 인접지역에서 발생하였다. 이는 이 두 구간에서의 과속주행과 안전거리 미확보가 주요한 사고원인임을 설명하고 있다. 인적피해 역시 사망자는 없으나 양평구간에서의 중경상자 수가 17



〈그림 1〉 차량 시뮬레이터

〈표 1〉 실험 사나리오 제작배경 국도구간의 교통사고 현황(2007년)

교통사고 현황 (2007년)	사고유형(건수)					인적피해 발생 사고건수 (사상자 명수)		
	소계	직각충돌	추돌	차대시설물	우회전사고	사망	중상	경상
양평	9	2	5	1	1	0 (0)	5 (9)	4 (8)
제천	9	1	8			0 (0)	5 (13)	3 (12)

명, 제천구간이 25명으로 나타나고 있다(〈표 1〉 참조).

다음, 이 두 구간에 대해 크게 네 가지 부문(정보제공, 시인성 향상, 속도감속 유도, 기타)에 대해 도로시설 개선사항을 PG기법에 맞도록 적용하여 통제조건 시나리오와 개선조건 시나리오를 구성하였다(〈그림 2〉 참조).

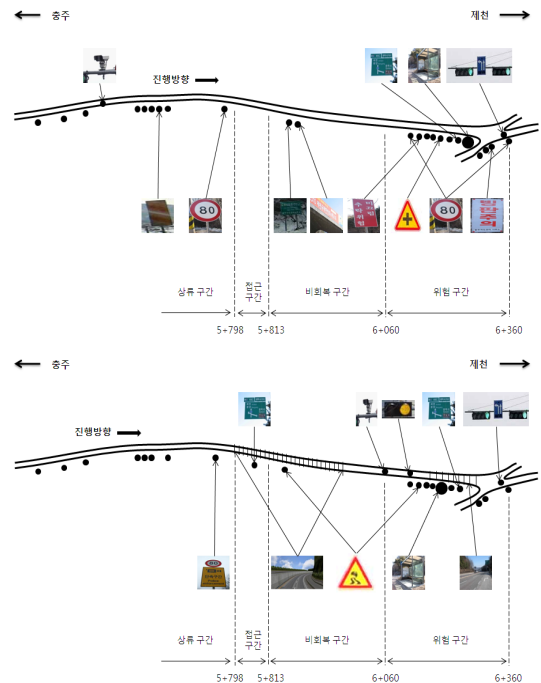
주요 개선사항을 살펴보면, 경보형 경보등, 무인교통단속장비, 안개대응 안내시스템, 곡선부 갈매기 표지, 감속유도를 위한 노면표시, 제한속도 및 단속구간 주의표지, 미끄럼 주의표지등이 새로 설치되거나 위치를 적정 지점으로 이설하였으며, 운전자의 주의분산을 유도할 수 있는 불법 사설광고물 등을 제거하고 규격이나 내용상에서 잘못된 표지들을 수정하였다.

도로시설 개선사항 중 정보제공은 속도안내, 단속안내, 도로안내 등 주행중 필요한 중요정보 제공을 신설 혹은 추가한 부분을 말하여, 시인성 향상은 야간 혹은 악천후시, 커브구간 등에서의 운전자 시선유도를 위한 시설물 분야의 개선을 의미한다. 속도감속 유도는 과속 단속장비의 신설과 감속유도를 위한 주의표지 및 노면표시의 추가 부분이며, 기타부분은 도로환경 정비를 위한 불법사설 시설물 및 광고물의 제거 혹은 기타 도로부속 시설의 이전과 관련한 내용을 포함한다.

외부 교통량에 의해 피험자 차량의 주행속도가 영향을 받지 않도록 하기 위해 시나리오 상에서는 교통량이 없는 조건을 제시하였다. 피험자들의 주행속도는 상류구간-접근구간-비회복구간-위험구간의 총 4개 구간에서 평균주행속도로 측정되었다. 도로 구간을 상류구간, 접근구간, 비회복구간 및 위험구간으로 구분한 것은 실제 도로조건에서 측정된 차량들의 주행속도를 바탕으로 운전자의 정보처리 구간을 구분한 것이다. 운전자는 상류구간에서 위험구간으로 이동하게 되며, 상류구간에서 운전자는 전방의 도로위험정보를 인지할 수 있어야 하고, 그에 대한 대처행동을 최소한 접근구간에서 실시하는 것이 바람직하다. 비회복구간은 운전자가 대처행동을 하지 않는 경우 사고를 피하기에 불충분한 시거를 갖는 구간이며, 위험구간은 도로상에 위험이 존재하는 구간을 말한다.

2) 운전자 주관적 운전부하수준 예측 질문지

이순철, 오주석, 송훈화, 윤대섭과 황윤숙(2010)이 개발한 주관적 운전부하를 예측할 수 있는 심리측정도구(SWPT: Subjective Workload Prediction Tool) 29문항을 사용하여 운전자가 평소애 가지고 있는 주관적 운전부하 수준을 측정하였다. 주관적 운전부하수준 예측 질문지는 ‘도로환경 부적응성’, ‘운전자 위험성향’ 및 ‘인적환경 부적응성’의 세 요인으로 구성되어 있으며, 이 요인들의 내적 합치도 지수 범위는 Cronbach’s  $\alpha$  .76~.90 사이로 신뢰로운 수준을 보였다. 내적합치도는 각 요인을 구성하는 문항들이 일관적으로 하나의 개념을 측정하는 정도를 설명하는 것으로, 0에서 1사이의 범위를 가지고 있으며 수치가 1에 가까울수록 신뢰도가 높은 것이다. 일반적으로 Cronbach’s  $\alpha$  값이 .6 이상이면 신



〈그림 2〉 PG기법 적용 도로개선 예(제천지역 38번 국도 일부구간, 개선 전(上)과 개선 후(下))

퇴할 수 있는 문항들로 판단한다.

도로환경 부적응성은 운전자가 물리적 도로조건에 대해 미숙한 적응능력을 갖고 있음을 보여주는 요인으로, 이 요인에서 점수가 높게 나타나는 운전자들은 야간운전, 눈, 비 등의 악천후시, 복잡한 도로구조나 교통량이 많은 도로에서의 운전을 어려워한다. 운전자 위험성향은 기본적으로 운전자가 가지고 있는 운전에 대한 태도로, 평소 과속, 음주운전, 신호위반 등의 위험한 운전행동에 대해 어떻게 평가하고 실제로 그와 같은 행위들을 얼마나 자주 하는지 묻는다. 마지막으로 인적환경 부적응성 요인은 운전행동 가운데 발생하는 다른 교통참가자들과의 의사소통 및 상호작용에 얼마나 어려움을 겪는지 측정한다.

본 연구내용 중 주관적 운전부하 수준의 높고 낮음에 따른 비교 분석에서는, 전체 피험자를 주관적 운전부하 수준에 따라 네 집단으로 나누고, 상위 25%와 하위 25%에 속하는 집단(각 집단별 N=9)을 비교하였다. 주관적 운전부하 예측 점수의 이론적 분포가능 범위는 최소 119.68점부터 최대 1449.48점이며, 본 연구를 위한 자료에서 주관적 운전부하 점수 상위 25% 집단의 평균 점수는 943.54(SD=62.84)점, 하위 25% 집단의 평균 점수는 603.02(SD=47.91)점 이었다.

**3) 도로이용자 만족도 질문지**

PG기법을 활용한 도로 개선 전과 후 조건에 대해 느끼는 운전자의 도로이용 만족도를 7점 척도질문 17개를 사용하여 측정하였다. 설문에서는 각 개선사항에 대해 개선 전 조건과 개선 후 조건에 대한 그림을 제시하고 각각의 그림에 대해 모두 만족도를 표시하도록 하였다. 단, 피험자들에게 두 그림 중 어떤 것이 개선 전 조건이고 후 조건인지는 알려주지 않았다. 만족도 측정부문은 도로환경 개선 내용의 성격에 따라 '정보제공', '시인성 향상', '속도감속' 및 '기타' 부문으로 구성되었다.

**3. 절차**

본 실험을 위해 먼저 피험자들을 대상으로 시뮬레이터 탑승에 대한 동의를 구하고 성별, 연령, 시력, 운전경력 등에 대한 기초정보를 수집하였다.

그 다음 피험자들로 하여금 시뮬레이터에 탑승하여 도로환경 개선 전 조건과 개선 후 조건의 두 가지 시나리오에서 모두 운전을 하도록 하였다. 이 때, 개선 전/후

조건 시나리오는 피험자 운전행동 결과치에 순서효과가 반영되지 않도록 하기위해 각기 번갈아 제시되었다.

시뮬레이터 운전이 끝난 후, 다시 피험자들을 대상으로 도로환경에 대한 만족도와 주관적 운전부하 예측치를 측정하기 위하여 질문지를 실시하였다. 도로환경에 대한 만족도 측정과정에서는 같은 지점에 대한 개선 전/후의 그림을 보고 피험자가 직접 각각 조건에 대해 만족도를 표시하도록 하였으며, 전체 실험과정에서 도로의 개선 여부는 피험자들에게 알려주지 않았다.

이렇게 얻은 자료를 바탕으로 만족도와 주행속도에 대해 개선 전과 개선 후 조건을 비교하는 분석을 실시하였으며, 피험자들의 주행속도는 정보처리를 위한 구간 각각(상류구간, 접근구간, 비회복구간, 위험구간)의 평균값을 이용하였다.

**IV. 결과**

**1. 운전부하 수준과 도로개선 후 만족도 관계**

PG기법 적용에 따른 전반적인 도로개선 후 이용자 만족도는 통계적으로 유의한 수준에서 향상되는 것으로 나타났다(<표 2>).

세부 결과를 보면, 양평구간에서는 기타 부문을 제외한 나머지 부분에서 모두 PG기법 적용 개선 이후에 피험자들의 만족도가 높게 나타났으며, 제천구간에서는 시인성 향상 부문을 제외한 나머지 부분에서 모두 PG 기법 적용후 만족도가 향상되었다. 전반적으로 PG기법을 적용하여 개선한 도로에 대해 피험자들이 더 높은 수준

<표 2> PG기법 적용 개선여부에 따른 항목별 피험자 만족도 비교 (점수범위: 1~7점)

개선항목	개선 전		개선 후		t
	M	SD	M	SD	
양평					
정보제공	4.14	0.88	5.53	0.71	-7.266 ***
시인성 향상	3.81	1.18	5.64	0.94	-6.409 ***
속도감속	4.25	1.09	5.06	0.95	-3.082 **
기타	4.73	1.42	4.84	1.11	-0.290
제천					
정보제공	4.41	0.87	5.23	0.79	-3.840 ***
시인성 향상	4.32	1.45	4.84	1.23	-1.315
속도감속	4.14	1.20	4.93	1.09	-2.433 *
기타	3.78	1.18	5.65	1.18	-5.872 ***

\*\*\* p<.001, \*\* p<.01, \* p<.05

〈표 3〉 PG기법 적용 후 도로이용자 만족도와 주관적 운전부하수준의 상관관계

	주관적 운전부하점수
개선 후 전체 만족도	-0.44 **
개선부문 세부	
정보제공	-0.53 **
시인성 향상	-0.31
속도감속	-0.28
기타	-0.03

\*\* p <.01

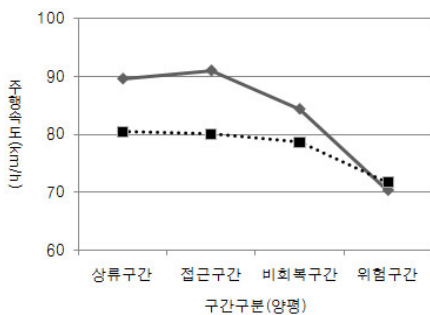
의 만족도를 느끼고 있었다.

피험자들의 주관적 운전부하 수준과 PG기법 적용에 따른 만족도 간의 관계를 살펴본 결과(〈표 3〉)에서는, 운전부하 수준이 높을수록 오히려 개선사항에 대한 만족도가 낮은 것으로 나타났다( $r=-0.44, p<.01$ ). 이 같은 관계는 정보제공 부문에서 특히 두드러졌다( $r=-0.53, p<.01$ ). 이는 전반적인 평가에서는 PG기법 적용에 따라 도로시설을 개선한 이후 피험자들의 도로이용 만족도가 증가하였으나, 이 같은 경향이 모든 운전자 집단에서 동일하게 나타나지 않는다는 것을 의미한다.

2. 주관적 운전부하 수준별 주행속도의 비교

PG기법의 적용에 따른 각 구간별 전반적 주행속도의 비교 결과는 〈표 4〉와 같다.

먼저 양평구간에서는 비회복구간과 위험구간에서 개선여부에 따른 속도차이는 통계적 유의차를 보이지 않았다. 그러나, 상류구간 및 접근구간에서 도로개선 후 조건에서는 피험자들이 통계적으로 유의한 수준의 낮은 주행속도를 보였다. 체천구간에서는 비회복구간 에서만 도로 개선 이후 조건에서 통계적으로 유의한 수준의 낮은 속도차가 나타났다.



〈표 4〉 각 도로구간별 PG기법 적용 개선 전후의 주행속도 차이 검증 결과 (단위: km/h)

구간	개선 전		개선 후		t
	M	SD	M	SD	
양평					
상류구간	89.55	12.70	80.43	14.14	2.92 **
접근구간	90.95	13.87	80.03	15.48	3.20 **
비회복구간	84.34	14.56	78.64	12.94	1.78
위험구간	70.37	12.57	71.79	12.10	-0.50
체천					
상류구간	86.00	18.09	84.28	15.36	0.44
접근구간	87.03	17.88	80.40	15.46	1.70
비회복구간	87.66	18.08	77.17	15.01	2.72 **
위험구간	77.53	13.74	71.74	14.74	1.75

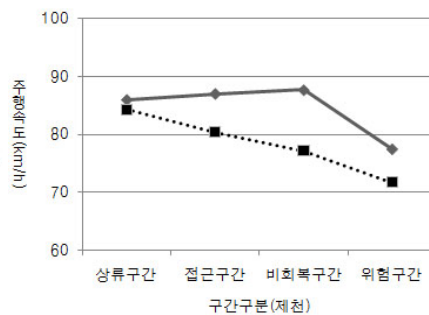
\*\* p <.01

두 구간에서 피험자들이 위험구간에 접근함에 따라 보이는 속도의 변화를 그래프로 보면 〈그림 3〉과 같다.

먼저 양평구간을 보면, 위험구간에서는 두 조건간의 속도차이가 없으나, 상류구간으로부터 위험구간에 접근하는 동안의 속도 감속 패턴은 PG기법 적용 개선 이후가 더 완만하며, 상류구간에서부터 높은 주행속도를 보이지 않으므로 운전자들이 더 여유를 두고 감속행동을 보이는 것으로 확인된다.

또, 체천구간에서는 PG기법 적용 이전 조건에서는 운전자들이 상류구간에서 비회복구간으로 접근함에 따라 오히려 주행속도를 높이다가 위험구간에 들어서며 갑작스러운 감속행동을 보였는데, PG기법 적용 개선 이후에는 상류구간에서 위험구간까지 접근함에 따라 점진적 감속행동을 보이고 있다.

PG기법을 적용하여 개선하기 전, 체천 상류~비회복구간 사이에서 주행속도가 오히려 증가하는 것은 도로의 중단선형이 원인인 것으로 보인다. 해당구간의 경우 직선의 내리막 도로여서 운전자들의 주행속도가 높은 상태였으며,



〈그림 3〉 PG기법 적용 개선에 따른 각 구간별 속도변화(上-양평, 下-체천)

운전자들이 위험구간에 다다르면 급격한 감속행동을 보였다. 그러나 도로의 개선 이후에는 상류구간 이후 운전자들이 점진적 감속을 하여 통계적으로 유의한 주행속도의 차이가 비회복구간에서 가장 크게 나타나는 것으로 보인다.

피험자의 주관적 운전부하 수준에 따라 PG기법의 적용 여부에 있어 구간별 주행속도에 차이가 있는지를 알아 보았다(〈표 5〉, 〈그림 4〉).

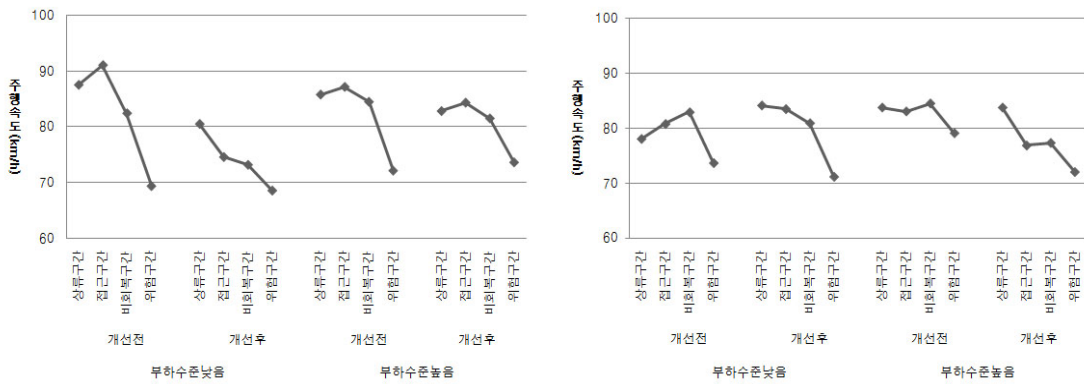
전체 피험자 가운데 주관적 운전부하 예측점수가 상위 25%에 속하는 집단(N=9)과 하위 25%에 속하는 집단(N=9)을 골라내, 각각 높은 주관적 운전부하 집단과 낮은 주관적 운전부하 집단으로 구분하였다.

먼저 양평구간에서는 주관적 운전부하 수준이 낮은 집단에서는 PG기법 적용 개선 전후에 따라 상류구간~비회복구간 사이에 유의한 속도차가 나타났으며 ( $t=3.39, p<.01; t=4.06, p<.001; t=3.26, p<.01$ ), 감속의 패턴 역시 PG기법 적용 후 더 완만

하게 나타났다. 그러나 주관적 운전부하 수준이 높은 집단에서는 주행속도 자체나 주행속도 변화 패턴에서 유의한 차이는 나타나지 않았다.

한편 제천구간에서는 반대로, 부하수준이 높은 집단에서만 접근구간~비회복구간 사이에 유의한 속도변화를 보였으며, 도로 개선 후에 주행속도가 감소한 것으로 확인되었다( $t=2.22, p<.05; t=2.53, p<.05$ ).

그래프(〈그림 4〉)를 살펴보면 운전자의 주관적 부하 수준 구분과는 상관없이 PG기법 적용 이후에 위험구간에 접근하는 속도가 점차 완만하게 감소하는 개선의 효과가 나타났다. 도로 개선 전 조건에서는 주행속도가 특정 구간에서 급감하거나 혹은 위험구간에 접근하는 동안에 오히려 속도가 증가하는 모습도 나타났으나, 도로 개선 후에는 주행속도의 급감추세가 없어지고, 위험구간에 접근함에 따라 서서히 주행속도가 감소하는 안정적인 속도변화 패턴을 보여주고 있다.



〈그림 4〉 주관적 운전부하 수준에 따른 PG기법 적용 여부에 따른 주행속도 변화 비교(좌-양평지역, 우-제천지역)

〈표 5〉 피험자의 주관적 운전부하 수준에 따른 PG기법 적용 전후 구간별 주행속도 비교

구간	낮은 주관적 운전부하(N=9)				t	높은 주관적 운전부하(N=9)				t
	개선 전		개선 후			개선 전		개선 후		
	M	SD	M	SD		M	SD	M	SD	
양평										
상류구간	87.49	10.95	80.51	8.37	3.38 **	85.76	14.81	82.81	17.09	1.09
접근구간	91.00	13.93	74.62	11.67	4.06 ***	87.13	16.64	84.31	19.12	0.92
비회복구간	82.42	12.89	73.23	8.04	3.26 **	84.47	18.69	81.51	16.81	0.78
위험구간	69.43	8.20	68.63	7.80	0.69	72.18	17.57	73.66	12.84	-0.43
제천										
상류구간	78.09	11.70	84.20	15.77	-1.44	83.82	15.72	83.81	17.41	0.00
접근구간	80.81	12.60	83.53	18.67	-0.53	83.11	15.12	76.89	18.12	2.22 *
비회복구간	82.95	13.71	80.95	17.05	0.44	84.56	16.05	77.36	18.02	2.53 *
위험구간	73.69	11.40	71.18	8.03	0.88	79.14	15.38	72.06	17.79	1.75

\* p <.05, \*\* p <.01, \*\*\* p <.001

## V. 논의

본 연구에서는 PG기법 적용으로 인한 도로시설 개선에 따른 운전자의 이용 만족도와 주행속도 감속효과가 운전자의 주관적 운전부하 수준과 가지는 관계를 알아보았다.

도로 이용 만족도 부문에서는 대부분의 운전자들이 PG기법의 적용으로 인한 도로시설 개선에 대해 만족하고 있었다. 그러나 주관적 운전부하 수준이 높은 운전자들은 오히려 시설개선에 대한 만족도가 적었으며, 이는 정보제공 부문에 대한 개선에 대해 특히 두드러졌다. 이 같은 현상에 대해 가능한 해석은 운전자의 주관적 운전부하 수준에 따라 객관적 정보가 운전자에게 정보로 기능하지 못할 가능성이 있다는 것이다. 운전자의 주관적 운전부하수준이 높기 때문에 주행중 환경으로부터 제공되는 정보를 제한된 시간 내에 인지하고 처리할 능력이 부족한 사람들에게는, 오히려 자세한 정보 제공이 단순히 '주의를 산만하게 하는 자극(noise)'으로 작용할 가능성이 있는 것이다. 이와 같은 도로상에서의 과다정보에 대한 부정적인 운전자 반응은 도로안내표지의 표기 기명 수에 따른 인지반응을 측정 한 오주석, 노관섭과 이순철(2007)의 연구 및 도로표지의 지명판독 성패에 영향을 미치는 인자를 분석한 이종학과 노관섭(2008)의 연구 결과에서도 찾아볼 수 있다.

도로 이용자의 만족도 수준과는 달리, 위험구간에 접근하는 주행속도를 조절하는 역할에 있어서는 PG기법의 적용이 제 기능을 하는 것으로 확인되었다. 여기서 주목할 만한 점은 각 구간에서 직접적인 개선 전후의 속도 차이보다는 상류구간으로부터 위험구간에 접근하는 과정에서 운전자의 주행속도가 감소하는 패턴이다.

도로 개선 전의 상황을 살펴보면, 상류구간에서 위험구간으로 접근하는 동안 일부 지점에서 주행속도가 상승하는 부분이 나타난다. 이는 운전자 자신이 위험구간으로 진입하고 있다는 생각을 하지 못하고, 전방상황을 예측할 수 없기 때문에 벌어지는 현상일 가능성이 높다. 그러나 PG기법을 적용하여 개선한 이후 조건에서는 운전자들이 위험구간에 접근하면서 점진적으로 속도를 줄이는 것으로 나타났다. 이는 전방의 도로상황에 대한 정보를 미리 제공하여 운전자에게 위험에 대비할 수 있는 경고를 주고, 안전한 방향으로 운전자를 유도하는 PG기법이 제 역할을 했기 때문으로 여긴다.

일반적으로 주관적 운전부하 수준이 높은 운전자들은 운전중 위험상황이 발생하는 것을 방지하기 위한 보상행

동의 일환으로 낮은 속도로 주행하고자 하는 특성을 보인다(이순철 등, 2010). 이는 양평구간 도로에서 PG기법 적용후의 속도변화가 주관적 운전부하 수준이 낮은 집단에서 더 크고, 주관적 운전부하 수준이 높은 집단에서는 개선 전후에 속도의 변화가 적은 것을 보아도 알 수 있다. 다만, 체천 구간에서 주관적 운전부하 수준이 높은 운전자들이 개선 전에 높은 평균 주행속도를 보인 것은 운전자의 의도된 과속운전이라기 보다는 도로의 직선-내리막 형태 때문에 발생한 것으로 예상된다. 체천구간의 개선 전 조건에서 주관적 운전부하수준이 높은 집단과 낮은 집단 모두가 상류구간에서 비회복구간에 이르면서 속도가 점차 증가하고 위험구간에 이르러서야 급감속을 하고 있었으며, 오히려 주관적 운전부하 수준이 높은 운전자들의 위험구간 통과속도는 더 높았으나, PG기법을 적용한 도로개선 후에는 안정적인 감속행동이 관찰되었다.

즉, PG기법 개선 부문 가운데 감속유도기법의 효과는 의도된 과속행동을 저주하는, 주관적 운전부하가 낮은 집단에서 효과가 나타나는 것으로 볼 수 있으며 물리적 도로특성에 의한 속도증가 역시도 PG기법 활용을 통해 제어할 수 있다는 결과가 제시되었다.

본 연구에서는 실험을 위해 교통사고 잦은 곳 가운데 일부를 선정하여 시나리오를 만들고, 시뮬레이터를 이용한 실험을 진행하였다. 따라서 실제 도로주행 조건과는 다른, 시뮬레이터 실험의 특성이 반영된 도로 개선의 효과가 모든 위험도로에서 동일하게 나타날 것이라는 가정을 하기는 어렵다. 다만 본 연구결과가 보여주는 통계적 유의성을 감안할 때, 전반적으로 PG기법을 적용한 도로의 개선이 긍정적 효과를 불러온다는 평가는 할 수 있다.

실험자극의 조건 측면에서, 이 연구는 PG기법의 적용 범위를 국도구간으로 제한하였으므로 앞으로는 PG기법이 적용된 적이 없는 시내도로나 외곽지역의 지방도 등의 도로조건을 대상으로 하는 추가연구도 시행되어야 할 것이다. 추후 이 같은 일련의 연구결과를 비교한다면 도로의 종류나 환경조건에 따른 PG기법 적용방법의 차별화 전략도 피할 수 있을 것이다.

또한, 이와 같은 도로개선 기법의 적용과정에서 운전자의 인적요인이 가지는 영향력을 간과해서는 안 될 것이다. 운전행동이란 운전자가 교통환경에 적응해 나가는 과정으로, 운전자와 환경 사이의 상호작용이 매우 중요하다. 잘 정비된 도로라고 하더라도 운전자가 그 환경을 제대로 이해하지 못하면 실수를 하거나 사고를 경험할 가능성이 높아질 것이다. 따라서 우리가 운전자의 최대



이익과 최대안전을 동시에 확보하기 위해서는 PG기법 적용에 관련하는 여러 가지 인적요인(human factor)을 고려해야 할 필요가 있다. 특히, 고령화 사회를 대비한다는 면에서 고령자와 같은 교통약자의 보호를 중점적으로 고려한다면 도로시설 정비를 위한 기준의 초점은 교통약자들의 인적요인 특성에 집중되어야 할 것이다. 이를 위해 추후 PG기법의 활용과 관련한 운전자 인적요인에 대한 다각적인 추가 연구노력이 필요한 시점이다.

알림: 본 논문은 대한교통학회 제63회 학술발표회 (2010. 10. 29)에서 발표된 내용을 수정·보완하여 작성된 것입니다.

**참고문헌**

1. 김비아·이재식(2000), 운전상황에 따른 항법장치의 정보제공 양상이 운전수행과 작업부하에 미치는 영향, 한국심리학회지:산업및조직, 13권, pp.23~40.
2. 김주영·장명순(1999), 고속도로 합류부에서 운전자의 심리·생리적 작업 부하 연구, 대한교통학회지, 제17권 제2호, 대한교통학회, pp.69~79.
3. 김준형·오철·오주택(2009), Positive Guidance 기법을 응용한 실시간 교통안전 경고정보 제공방안, 대한교통학회지, 제27권 제2호, 대한교통학회, pp.207~217.
4. 심관보·장석민·이수범(2007), Positive Guidance를 활용한 국도 마을통과구간 안전성 향상 방법론, 대한교통학회지, 제25권 제2호, 대한교통학회, pp.51~61.
5. 이수범·김태희·김장욱·장석민(2007), 고속도로 안전진단시 Positive Guidance 기법의 활용방안에 관한 연구, 대한토목학회지, 27권, pp.423~432.
6. 오주석·이순철·노관섭(2007), 도로안내표지의 표기지명 수가 운전자 반응시간 및 반응정확성에 미치는 영향, 한국심리학회지:산업및조직, 20권, pp.267~282.
7. 이순철·오주석·송훈화·윤대섭·황윤숙(2010), 운전자 성격과 태도가 주관적 운전부하 수준에 미치는 영향, 한국심리학회지: 산업및조직, 23권, pp.445~469.
8. 이중학·노관섭(2008), 도로표지의 지명 판독 성패에 영향을 미치는 인자 분석, 대한교통학회지, 제26권 제5호, 대한교통학회, pp.195~204.
9. 전용욱·Tatsura Daimon·Hironao Kawashima·권규식(2009), 도로주행 방향변화에 따른 운전 특성 및 주관적 부하의 운전 시뮬레이터 기반 비교 평가, 산업경영시스템학회지, 32권, pp.26~33.
10. 한국도로공사(2006), 고속도로 교통사고 예방 및 안전성 제고를 위한 도로안전진단, 한국도로공사.
11. Cartin, V., Lavalliere, M., Simoneau, M., Teasdale, N.(2009), Mental workload when driving in a simulator: effects of age and driving complexity, Accident Analysis and Prevention, 41, pp.763~771.
12. Edland, A., Svenson, O.(1993), Judgement and decision making under time pressure: Studies and findings, Time perssure and stress in human judgement and decision making(27-40), New York: Plenum Press.
13. H. Lunenfeld and G. J. Alexander(1981), User's Guide to Positive Guidance 2nd Edition, U.S. Department of Transportation.
14. H. Lunenfeld and G. J. Alexander(1990), User's Guide to Positive Guidance 3rd Edition, U.S. Department of Transportation.
15. Wickens, C. D., Gordon, S. E., Liu, Y(2001), 인간공학[An Introduction to Human Factors Engineering], (이재식 역), 서울: 시그마프레스.
16. Zein, S. and Montufar, J.(2003), Roadway Safety Benchmarks Over Time, Transport Canada.

✉ 주 작성자 : 오주석  
 ✉ 교신저자 : 이순철  
 ✉ 논문투고일 : 2010. 12. 16  
 ✉ 논문심사일 : 2011. 1. 10 (1차)  
                   2011. 2. 12 (2차)  
                   2011. 3. 14 (3차)  
 ✉ 심사판정일 : 2011. 3. 14  
 ✉ 반론접수기한 : 2011. 8. 31  
 ✉ 3인 익명 심사필  
 ✉ 1인 abstract 교정필