

도로선형과 기하구조 연구를 위한 드라이빙  
시뮬레이터의 교통안전시설 요소분석  
- A Study of driving simulator applications  
for road safety in geometric design -

정 성 학\*

SungHak Chung\*

**Abstract**

The objectives of this study is to: (1) develop how applications for driving simulator of national highway safety designs when those are appeared; (2) examine the degree to which those geometric designs of the horizontal and vertical profile; and (3) search positive safety and passive highway safety design of the point at which highway alignment factors initiate driving safety to facility or highway design.

**Keywords : Traffic Safety, Driving Simulator**

**1. 서 론**

우리나라의 도로교통사고는 2007년 약 21만 건이 발생하여 6천3백여 명이 사망하고 34여만 명이 부상을 당하고 있으며, 부상자의 약 10% 정도가 장애인이 되고 있다. 교통사고로 인한 사회적 비용도 9조를 넘어서, GDP의 약 1.4%를 차지하고 있다. 2007년 사고율을 분석하면 안전운전불이행이 55.4%로 가장 많고, 신호위반 11.8%, 안전거리 미확보가 10.1%, 교차로 운행방법 위반 8.2%, 중앙선침범 6.8%, 보행자 보호의무 위반 2.6% 순이며, 이들 주요 6개항목 위반으로 인한 교통사고가 전체 사고의 94.9%를 차지 하고 있어서 도로환경 요인과 인적 요인을 심도있게 분석하고 교통사고 감소를 도모함은 사회·경제적 측면에서의 본 연구의 효과가 지대하다고 할 수 있다(경찰청, 2007; 도로교통공단, 2008). 특히 국민의 생명과 교통사고로 인한 본인과 가족들의 정신적 사회적인 비용을 감안하면 본 연구개발의 투자효과는 계량화가 곤란할 정도로 크다 할 수 있다.

---

\* 한국건설기술연구원 첨단도로연구실

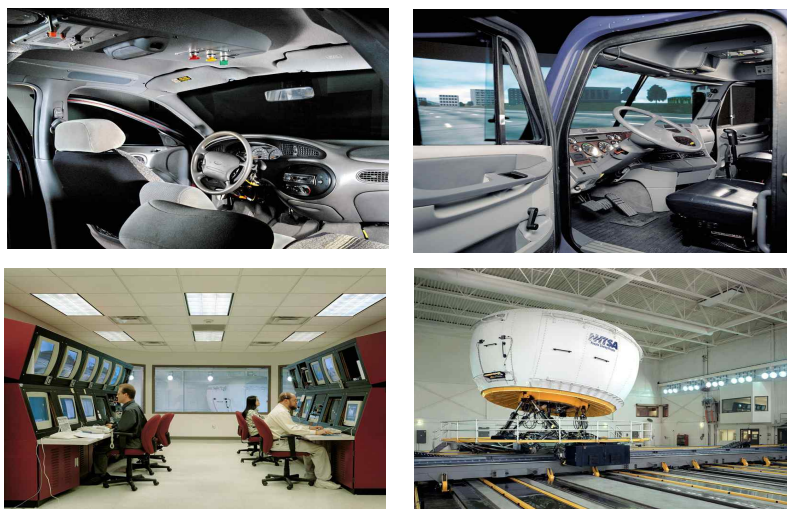
본 연구의 드라이빙 시뮬레이터 활용은 도로이용자가 대안별 도로의 적극적 안내기법(PG: Positive Guidance), 스스로 설명하는 도로(SER: Self-Explaining Road)기법을 드라이빙 시뮬레이터에 활용하는 설계기술 등을 발전시키고, 여러 설계기술에 대해서 도로환경과 주변의 여건에 최적 적용을 도출하여 첨단기법의 도로설계 요인을 고려한 분석·평가방법론을 제공한다.

## 2. 드라이빙 시뮬레이터 활용사례

시뮬레이터의 활용사례로는 미국 도로교통안전청의 첨단 드라이빙 시뮬레이터(DADS: National Advanced Driving Simulator), 미국 연방 도로연구소, 한국건설기술연구원 등에서 드라이빙 시뮬레이터를 보유하고 관련 연구를 수행하고 있다. 아래에서 그 연구사례를 소개하면 다음과 같다.

### 2.1. 미국 도로교통안전청

미국의 국립 첨단 드라이빙 시뮬레이터(NADS: National Advanced Driving Simulator)는 인간을 위한 도로-차량의 능동적이고 적극적인 안전시스템 설계에 활용되고 있다. 가장 큰 규모로서 13축 운동재현시스템 위에 돔형태(Doom)의 영상재현시스템을 가지고 있으며, 실제 운전시 충돌을 회피하고 치명적 사고를 감소시키는데 효과적인 대안과 전략방안을 개발하는데 이용되고 있으며, 도로안전에 관련된 연구를 수행하는데 활용하고 있다. 드라이빙 시뮬레이터는 교통안전과 관련하여 인간공학, 교통공학, 시스템공학 등의 설계기법을 활용하여 가장 효과적이고 비용-효율적이다.



[그림 1] 미국 국립 첨단 드라이빙 시뮬레이터

드라이빙 시뮬레이터를 활용하여 도로경관과 도로 기하구조를 구현함으로써 교차로, 입·출구, 터널과 다리의 평면선형, 신호기 제어, 도로표지판 등을 설계 시공할 때 발생할 수 있는 시나리오 상황을 평가 할 수 있고, 효과적인 대안을 만들 수 있다. 드라이빙 시뮬레이터의 활용은 첨단교통시스템의 일부분으로서 제어기술과 네비게이션, 첨단 도로-차량-상호간 통신계면부문에서 다양하게 활용되고 있다.

## 2.2.미연방도로청 도로연구소

미연방도로청(FHWA: Federal Highway Administration) 도로연구소(TFHRC: Turner Fairbank Highway Research Center)에서는 5대의 드라이빙 시뮬레이터를 보유하고 있는데, 도로안전과 도로운영에 관련된 인간공학 관련 연구를 수행하고 있다. 1938년에 최초 설립되어 현재 24개의 옥내외 실험장과 지원시설을 갖추고 있으며, 약 300명의 연방도로청 관계자들과 연구원들이 근무를 하고 있다. 도로연구소는 국가적 도로연구의 핵심 브레인 역할을 하고 있으며, 국가 도로시스템의 안전, 효율, 운영 수요에 부응하는 혁신적인 연구개발 뿐 만이 아니라 안전기술과 혁신의 진개를 위한 야심적인 프로그램을 추진하고 있다. 도로연구소는 연방도로청 연구개발기술국의 기간시설개발연구부, 안전기술개발연구부, 운영기술연구개발부가 연구소의 연구 및 개발기능을 관리하고 있다. 현장실험 차량과 드라이빙 시뮬레이터, 도로표지 시뮬레이터 등은 안전기술연구개발부의 인간 중심 시스템 연구실(HCS: Human Centered Systems)에서 담당하고 있다. 대표적으로 수행한 연구실적과 프로그램은 도로설계, 운전자의 수행도 평가, 네비게이션, 도로시인성, 교차로, 보행자 및 자전거 이용자, 도로기하구조에 대한 속도관리, 도로표지판, ITS 운영 등에 대한 연구가 있다.



[그림 2] 미연방도로청 도로연구소 드라이빙 시뮬레이터

### 2.3. 한국건설기술연구원

드라이빙 시뮬레이터는 실제 도로환경과 비슷하게 제작된 가상도로를 운전자 위치에 서의 드라이빙영상과 주행음을 재현하는 영상시스템 및 음향시스템, 운전자가 실제 자동차를 운전할 때 느끼는 자동차 운동을 계산하는 차량시뮬레이션, 이를 재현하는 실험 차량과 운동시스템, 분석을 위해 주행정보를 기록하는 운영기록시스템, 운전자 생체신호 측정시스템 등으로 구성하였다. 한국건설기술연구원에서는 드라이빙 시뮬레이터 개발을 위해 2003년부터 5년간의 기초연구를 통해 도로시설 평가에 적합한 중·대형 드라이빙 시뮬레이터(K-ROADS)를 개발하였다.



[그림 3]K-ROADS 2007

<그림 3>은 한국건설기술연구원의 K-ROADS Version 2007이며, <표 2>는 K-ROADS 2007의 성능 및 구성요소를 정리하면 아래와 같다.

<표 1> K-ROADS 2007 성능 및 구성요소

구성	성능 및 규격
차량 시뮬레이션	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 실시간 차량 동력학(조향, 현가, 구동, 제동 등) 해석</li> <li>· 10자유도의 차량 모델 적용</li> </ul>
실험차량	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 실제 차량(뉴 프라이드)을 개조</li> </ul>
영상시스템	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 시야각 360도: 8각 평면스크린(전방1채널 고화질 영상시스템)</li> <li>· OpenSceneGraph 엔진으로 현실감 높은 도로모델 재현</li> </ul>
운동시스템	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 6축 모션플랫폼: 차량의 거시적 운동재현</li> <li>· 4축 가진기: 현가장치의 미시적 진동재현</li> </ul>
음향시스템	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 차량 엔진음, 바람소리 등 주행소음 재현</li> </ul>
운전자 측정시스템	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 주행기록: 차량운동 기록</li> <li>· 안구운동측정기: faceLab/EMR8</li> <li>· 종합생체신호측정기: 뇌파, 심전도, 피부전기저항 등 측정</li> </ul>

### 3. 도로선형 및 기하구조에 따른 드라이빙 시뮬레이터 활용연구

#### 3.1. 도로선형과 기하구조특성의 도로설계 분석

도로기하구조는 평면곡선반경, 평면곡선길이, 곡률변화율, 횡단구성인 차로 폭, 길어깨 폭 등의 설계요소를 고려해야 한다. 가상 도로설계시에는 목적에 따라 도로를 구분하고 설계속도를 절정하게 된다. Barnett(1936)은 설계구간에 주행하는 차량이 도로조건, 기상조건 등이 양호한 상태에서 안전하게 달릴 수 있는 최고속도로 정의하였는데, “상대적으로 속도가 높은 운전자 그룹에 의해 받아들여질 수 있는 균일한 최대속도”로 제안하였다. 이후 이러한 개념은 도로설계의 기본 설계 요소로서 자리 매김 하였으며, Gutierrez(1997)는 설계속도는 운전자가 도로환경을 토대로 예상하는 속도와 일치하며, 운전자가 기대하는 속도를 충분히 반영하는 경우에 운전자의 기대치(Expectancy)에 너무 늦게 설정되면 두 속도의 차이에 의해 안전상에 문제점이 발생할 수 있고, 차량 누적 분포관점에서 높은 백분율 값을 갖는다(AASHTO, 2001). 이러한 설계속도 개념을 근간으로 도로의 기능별 구분에 따른 각각의 설계속도를 제시함으로써 도로 설계 규정을 제공하고, 이에 따라 가상 도로설계에서는 가상 도로 시설 유형에 따라 정의된 설계속도에 기초하여 도로안전과 밀접한 상관성이 있는 정지시거, 평면선형 및 종단선형, 교차로시거 등의 가상 도로설계 요소들을 산정하고 있다.

#### 3.2 드라이빙 시뮬레이터 도로설계 분석

도로선형 및 기하구조 측면에서 주행 시뮬레이터의 활용방안을 검토함에 있어서 “도로의 구조·시설기준에 관한 규칙 해설 및 지침. 일본의 경우, 도로구조령의 해설 및 운용. 미국의 경우, AASHTO(2001), MUTCD(2003)등에서 도로 및 도로시설물에 대한 설계기준을 분석하였다.

드라이빙 시뮬레이터를 도로선형 및 기하구조 측면에서 활용한 연구사례를 소개하면 다음과 같다. 노면안전시설에 대한 도로안전성 실험으로 긴 직선과 짧은 곡선이 연결된 도로선형에 대해 새로운 형태의 노면안전시설(가상과속방지턱과 횡방향 그룹)을 설치했을 때 드라이빙속도 변화를 분석하여 그 설치효과를 평가하였다. 또한 장대터널에 대한 인간공학적 드라이빙안전성 실험으로 장대터널을 대상으로 터널의 조건(내벽디자인, 교통안전시설, 교통관리시설)에 따른 안구운동을 측정하여 운전자의 시지가 및 드라이빙 특성을 분석하여 주행안전성을 평가하였다(한국건설기술연구원, 2007). 그리고, 도로표지의 가독성 실험사례로서 고화질 영상시스템을 활용하여 도로표지판 지명을 읽고 판단하는 과정 속에서 도로표지판 지명개수에 대한 고령운전자의 속도변화, 판독소요시간 분석, 오독율 분석 등이 있다(한국건설기술연구원, 2007).

드라이빙 시뮬레이터의 도로안전설계 요소를 중심으로 인적요소분석, 시설물 설치기준분석, 공학적 운영기술분석을 분석하여 도출한 항목은 아래 <표 2>과 같이 나타났다.

<표 2> 드라이빙 시뮬레이터 도로설계 요소분석

도로선형 및 기하구조설계		인적요인 분석		시설물 설치기준분석		공학적 운영기술분석	
		운전자 행위특성	이용자 및 상호작용	정보수집 및 검지	정보제공 및 표출	정보운영 및 관리	기상, 및 오류분석
교통량과 설계 속도	설계시간교통량		●		●		●
	도로용량		●		●		
	서비스 수준	●	●	●	●	●	●
	설계속도	●	●	●	●	●	●
시거	설계구간		●	●	●	●	●
	정지시거	●	●	●	●	●	●
	교차로시거	●	●	●	●	●	●
횡단 구성	추월시거	●	●	●	●	●	●
	판단시거	●	●	●	●	●	●
	차로수		●	●	●	●	●
	차로폭	●	●			●	●
	중앙분리대	●	●	●		●	●
도로 선형	길어깨	●	●	●		●	●
	주정차대	●	●	●		●	
	자전거도로		●			●	●
	보도			●		●	●
	환경시설대			●	●	●	●
교차로	평면곡선반경	●	●	●			●
	평면곡선길이	●	●	●			●
	평면곡선경사	●	●	●			●
	평면곡선확폭	●	●	●			●
안전 시설	중단경사	●	●	●			●
	중단곡선	●	●	●		●	●
	평면교차	●	●			●	●
	입체교차	●	●		●	●	●
	인터체인지	●	●			●	●
	신호설계	●	●	●	●	●	●
	양보차로		●	●	●	●	●
	횡단보도육교	●	●	●	●	●	●
	방호울타리	●	●				●
	조명시설	●	●	●	●	●	●
	시선유도시설	●	●	●	●		●
	도로만사경	●	●	●	●	●	●
	충격흡수시설		●			●	●
	과속방지시설	●	●	●	●	●	●
	안전표지	●	●	●	●	●	●
	노면표시	●	●	●	●	●	●
	주차장	●	●	●	●	●	●
터널조명시설	●	●	●	●	●	●	
터널환기시설	●	●	●	●	●	●	
방음비상시설	●	●	●	●	●	●	

## 4. 결 론

드라이빙 시뮬레이터는 초기에 주로 자동차제작·개발과 운전기술향상 및 연구를 위하여 개발되었지만, 최근에는 도로 및 운전환경 분석이나 교통사고 해석 등에서 요소들간의 상호작용을 분석하고 대안 시나리오를 개발하는데 활용 및 개발되고 있다. 도로설계 단계에서부터 설계되는 도로의 안전성 및 주행성을 미리 검증하기 위한 장비로서 드라이빙 시뮬레이터의 개발 및 활용의 필요성이 각광을 받고 있으며 그 중요성에 대한 인식도 점차 증가하고 있다. 드라이빙 시뮬레이터는 존재하지 않는 미래상황 또는 시스템에 대한 조사 및 분석, 운전자의 상황에 따른 도로교통 안전성 평가, 기상 및 교통조건, 운전자, 특정행위에 대한 제어조건 등에 대한 실험을 위해서 연구되어지고 있다. 드라이빙 시뮬레이터는 운전자 적극적 안전(Positive & Passive Safety) 지원시스템의 평가, 운전행동의 평가, 도로설계 분야, 인간공학 및 교통심리학 분야에 활용되며, 운전자 행동조사, 운전부하 및 평가, 운전자 인지반응 특성분석에 활용된다. 그러므로 도로시설, 안전 및 운영 등의 연구를 위한 효율적인 연구기법로서 사용되고 있는 드라이빙 시뮬레이터를 다양한 연구방법으로 활용하여 국가적 차원에서 효율성 있는 연구결과를 산출하는데 노력해야 하겠다. 드라이빙 시뮬레이터를 활용한 도로설계 기법 개발을 위한 연구를 수행함으로써 도로설계 기술과 인간공학 기술의 발전을 도모하여 관련 산업계의 활성화를 꾀할 수 있으며, 본 기술 수준의 국제화로 국가 경쟁력을 높일 수 있다. 또한 본 연구의 종합 목표인 지능형 도로설계기술 개발에 접목하여 기술의 해외 수출에 기여할 것이다.

## 5. 참 고 문 헌

- [1] 김종민, 정성학, 유완석, 스마트하이웨이를 위한 도로드라이빙 시뮬레이터 개발, 한국도로학회 추계 학술대회, 2008.
- [2] 경찰청, 도로교통안전백서, 2007.
- [3] 도로교통공단, 교통사고분석자료집, 2008.
- [4] 한국건설기술연구원, 인간공학적 도로안전성 분석시스템 개발, 2007.
- [5] AASHTO, A Policy on Geometric Design of Highways and Streets. American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C., 2001.
- [6] Barnett, J., Safe Side Friction Factors and Superelevation Design, Highway Research Board, Vol. 16, Washington, D.C., 1936.
- [7] MUTCD, Manual on Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways, Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation, Washington, D.C., 2003.