

2. 국내외 횡단구성 요소 및 횡단구성안

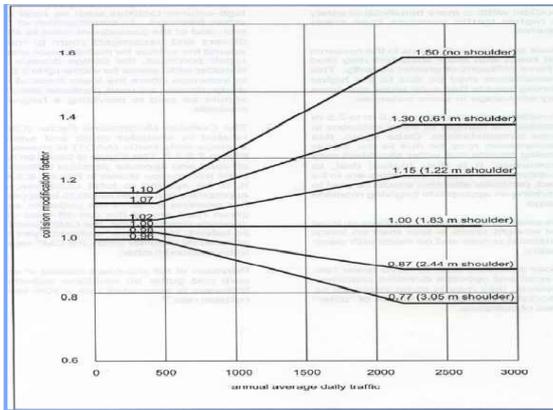
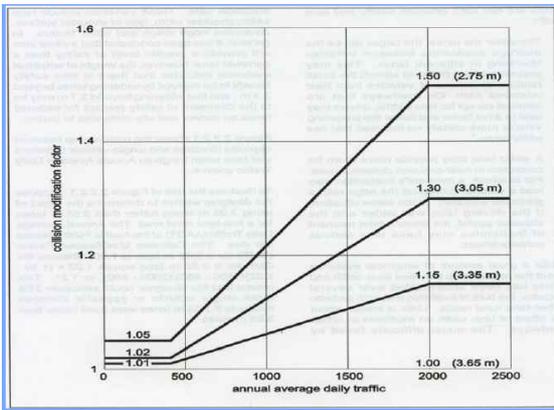
2.1 횡단구성요소

1) 차로폭

차로폭은 속도와 밀접한 관련이 있으며 안전성과 용량에 영향을 미치는 횡단구성요소이며 안전을 위한 최소 차로폭 3.7m이다(〈그림 1〉참조).

2) 길어깨폭

안전을 위한 최소 길어깨폭은 3.0m이다(〈그림 2〉참조).

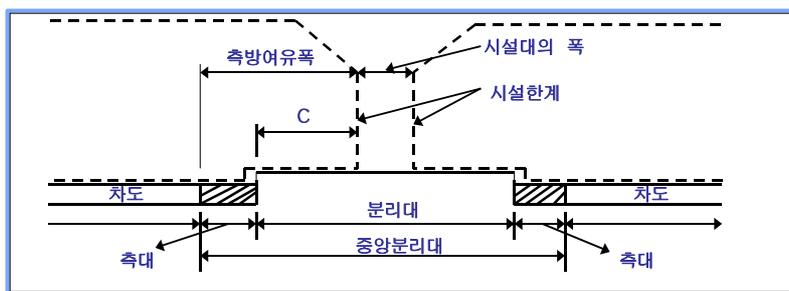


〈그림 1〉 다양한 차로폭별 사고수정인자 & AADT

〈그림 2〉 다양한 좌측 길어깨폭별 사고수정인자 & AADT

3) 중앙분리대와 측방여유폭

고규격(설계속도 120km/h) 고속도로인 서해안, 대진, 중앙, 중부내륙, 천안-논산 신설노선의 주요사고유형을 보면 통제능력 상실 사고인 경우가 45%이고, 후미추돌 사고인 경우가 35%이며, 주요 사고원인을 보면 졸음운전, 과속(결빙 노면/빗길노면), 전방주시태만 등이다. 주요 사고 유형인 통제능력 상실사고(운전자가 차량을 제어하고 통제하는 능력 상실시)와 후미추돌사고의 공학적 측면에서 해결책 최우선 순위는 중앙분리대 쪽에 적정 측방여유 및 좌측 길어깨를 설치하는 것이다.



〈그림 3〉 중앙분리대폭(측방여유폭 및 시설대 폭)의 관계

국내 설계기준 및 국외 초고속국도 설계 기준의 횡단 구성요소가 반영된 차량 시뮬레이터 주행 시나리오를 제작하여, 예비실험과 본실험을 통하여 최적 차로폭(안)과 좌측길어깨폭(안)을 선정하여 Smart Highway 횡단폭원(안)을 제시한다.

3.2 실험설계

본 실험은 요인설계이며, 피험자들은 모든 실험 조건들을 경험한다. 차로폭과 좌측길어깨폭에 따른 운전자의 심리적·신체적인 변화를 알아보기 위하여 차량 시뮬레이터를 운전하는 동안 차량거동과 생체반응이 측정된다. 변인의 수준은 차로폭 3수준(3.60m, 3.75m, 3.90m), 좌측길어깨폭 3수준(1.0m, 2.0m, 3.0m)으로 한다(그림 17참조).

3.3 실험참여자

실험참여자들은 운전면허를 소지하고 있으며 실제 운전경력이 3년이상이며 일평균 주행거리가 30km 이상인 운전자를 모집한다. 실험참여자의 성비와 연령비 구성은 현재 국내 운전면허 취득 및 운행 상황에 맞게 구성한다.

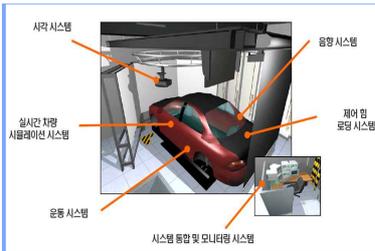
3.4 실험 장비

1) 차량 시뮬레이터

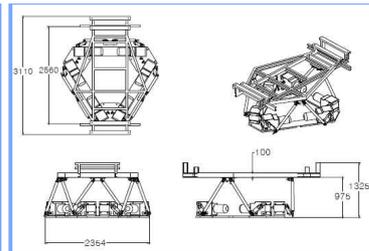
도로교통공단에서 개발하여 운영 중인 차량시뮬레이터(ROTA-DS)를 사용한다. 이 기기는 운전자가 실제 자동차를 운전할 때 느끼는 운동을 재현하는 운동시스템, 주행환경 및 효과음을 재현하는 영상 및 음향시스템, 시스템 상황을 감시하는 감시시스템 및 각 영상시스템 간의 정보 및 데이터 교환, 시간 일치화 등을 관리하는 시스템 통합 등으로 구성되어 있으며, 감속 및 가속 페달 압력, 주행속도, 조향휠 각도 및 차량의 편측위치(lateral position) 등 운전자와 차량에 관련된 각종 자료들은 SCANer-II를 통해 수집이 가능하다. 또한 운전자의 시각탐색 정보를 인출하는 장비로서 운전자 인지검출 장치는 6 자유도 정보를 회전각도 및 좌표로 측정하고, 주시빈도, 주시시간, 피로도 등을 측정할 수 있는 FaceLab 4.5를 보유하고 있다.



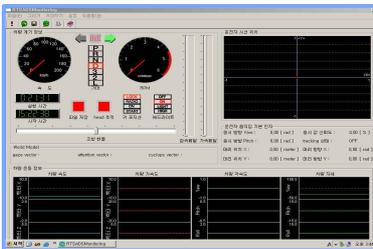
〈그림 8〉차량시뮬레이터 실험실 내부



〈그림 9〉차량 시뮬레이터 시스템 구성도



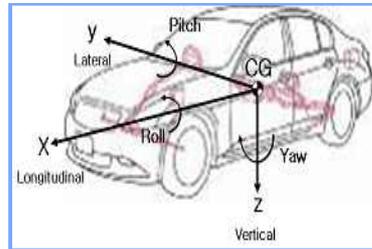
〈그림 10〉제어힘 로딩 시스템



〈그림 11〉차량시뮬레이터 모니터링시스템



〈그림 12〉주행환경

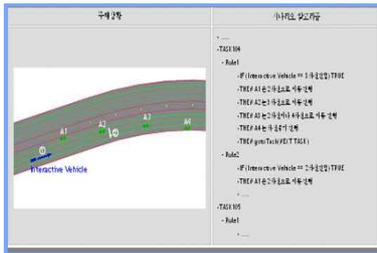


〈그림 13〉차량거동 좌표정의



2) 주행 시나리오

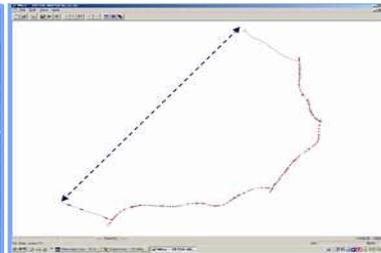
주행 시나리오는 국내 및 국외 횡단면 구성 및 요소별 설계 기준과 국외 초고속 도로 설계 사례들에 대한 전문가 검토를 반영하여 개발한다. 주행시나리오의 실험 주행 길이는 81km이며, 왕복 4차로 고속국도이며, 차로폭과 좌측길어깨폭을 중심으로 제작된다. 그리고 실험 조건들의 순서가 랜덤하게 배열되게 하여 학습효과나 반복효과가 없도록 제작한다.



〈그림 14〉 주행시나리오알고리즘 구현예시



〈그림 15〉 도로의 Graphic Data Base 예시



〈그림 16〉 주행시나리오 경로 예시



〈그림 7〉 횡단폭원 구성(안)

3) faceLAB 4.5

차량 시뮬레이터에 탑승한 운전자의 머리 및 시각 정보를 검출하기 위해서 faceLAB 4.5(Seeing Machines, 호주)를 사용하여 운전자 인지 검출 장치를 구현하였다.

faceLAB 4.5는 사람의 머리에 대한 공간상의 자유도 정보를 회전각도 및 좌표로 측정할 뿐만 아니라, 시선의 방향과 눈깜박임을 측정할 수 있으며, 이를 통하여 운전자가 전방에 위치한 임의의 물체에 시선을 고정하고 있는지 여부와 PERCLOS를 통한 피로도, 눈깜박임 속도 및 지속시간 등의 측정이 가능하다. 또한 두 대의 흑백 카메라가 장착되어 있는 Stereohead, 운전자 인지 검출 컴퓨터, Image Grabber, 운전자 인지 검출 알고리즘이 포함된 운영 소프트웨어로 구성되어있다.

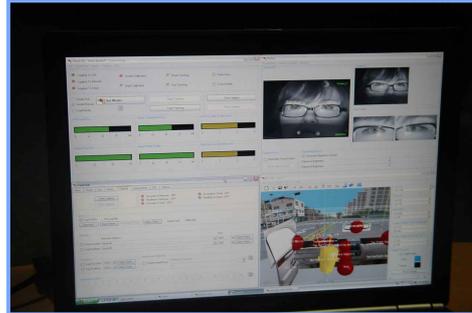
일반적인 머리 및 시선 추적 장치는 피험자가 착용하거나 안구에 적외선을 반사시켜 사용하는 것이 일반적이나,



faceLAB 4.5는 이미지 추적과 적외선 감지를 동시에 사용하므로 조명, 피험자의 움직임, 얼굴형상, 안경 착용 유무, 선글라스 착용 유무, 콘택트렌즈 착용 유무 등에 제약이 거의 없다는 장점이 있다. 또한 faceLAB 4.5의 측정은 초당 60frame의 속도로 이루어지며, 측정된 데이터는 하드디스크로 바로 저장되거나, TCP/IP 프로토콜을 통하여 원격지원 저장하도록 구성되었다.



〈그림 18〉 faceLAB 4.5



〈그림 19〉 FaceLAB 모니터링시스템

3) 생체 반응 측정 장비

생체측정 장비는 Biopac System사의 Biopac 를 사용한다. 이 장비는 눈 깜박임(EOG-Electrooculogram), 피부표면 온도(SKT- Skin Temperature), 심전도(ECG-Electrocardiograph), 뇌파(EEG-Electroencephalogram), 피부전 기저항(GSR-Galvanic Skin Response) 등이 측정가능하다

3.5 측정 변수

측정 변수는 속도, 가속페달 답력, 안구운동, 그리고 생체반응측정치(눈깜박임, 피부표면온도, 심전도, 뇌파, 피부전 기저항)이다.

3.6 측정 및 분석 방법

속도 및 가속페달 답력의 개별 프로파일을 거리별(50m 단위) 평균값을 산출하여 전체 프로파일을 작성하였고, 각 조건에 따라 전체 평균한 뒤 속도와 가속페달 답력 프로파일을 작성한 후 raw data와 매칭하여 분석한다.

안구운동은 주행의 시작부터 마치는 시점까지 측정하여 주행을 지속함에 따라 운동자의 주시점의 변화 등을 살펴 보며, EEG는 전두엽(Fz) 및 중심엽(Cz)을 측정하였으며, EOG는 우측 동공을 지나가는 수직선상의 눈썹 위쪽 전액부와 아래쪽 안검부에 전극을 부착하여 피실험자의 눈깜박임 횟수를 측정한다. ECG는 명치와 왼쪽 갈비뼈 아래부분에 CM5 유도법으로서 전극을 부착하고 GSR의 측정을 위해 오른손 검지와 중지에 전극을 부착한다. 또한 SKT의 측정을 위해 오른손 약지에 전극을 부착한다.

3.7 실험과정

실험과정을 보면, 참여자가 도착하면 실험목적을 ‘고속 주행 환경에서 운전자의 심리적인 신체적인 반응 분석 연구’ 라 설명하고 실험동의서를 작성한다. 이어서 생체반응을 측정하기 위한 전극을 피험자에게 부착할 것이며 평소처럼 운전할 것을 당부한다. 이어서 차량 시뮬레이터 주행에 적응하기 위한 연습주행을 실시한 후 실험주행을 실시한다. 실험 주행을 마친 후 관련 질문들로 구성된 질문지를 작성하게 한 후 소정의 참여비를 지급한 후 모든 실험을 종료한다.



4. 논의

기존 설계속도(120km/h)로부터 40km 이상 상향된 설계속도 160km/h를 갖는 고속국도를 설계하는데 있어서 횡단 폭원 변화에 따른 차량거동 및 운전자 심리변화의 측정은 매우 신중히 다루어야 할 문제이다. 특히 초고속 주행환경에서 피험자의 안전을 확보하고 다양한 횡단구성 및 주행속도를 반영하기 위해서는 현재의 기술 수준에서는 주행 시뮬레이터 실험이 가장 적합한 것으로 판단된다.

이를 위해서는 횡단폭원 변화에 따른 차량거동 및 운전자 운전행동 측정치 이외에도 운전자의 정신생리적 변화 측정을 위한 장비를 구축하여야 한다. 다시 말하면, 가상 시나리오를 통하여 초고속주행 환경에서의 횡단폭원 변화에 따른 차량 및 운전자의 특성변화를 측정하기 위해서는 차량시뮬레이터는 시스템 내의 차량거동 측정 장비 이외에 운전자의 생리적 변화를 측정할 수 있는 장비를 구축하여야 한다. 특히 본 실험을 수행하기 위하여 주행시나리오를 제작하기 위해서는 국내외 사례조사 및 문헌 고찰을 통하여 제작단계에서부터 충분한 검토가 필요하다. 따라서 사전에 현장 조사 결과 및 전문가들의 자문을 충분히 검토하여 시나리오 제작을 위한 도로환경 요소들을 구성하는 것이 중요하며, 체계적 실험설계를 통하여 각각의 실험환경 하에서 운전자들의 행동 및 심리적인 특성을 정량적·정성적으로 분석한 후 최적의 Smart Highway 횡단구성안을 도출할 필요성이 있다.

참고문헌

1. Kaptein, N.A., Theeuwes, J., Horst, R.(1996), Behavioral Evaluation of tunnel design characteristics, Transportation Research Record,
2. 신용균, 류준범., 차량시뮬레이터를 이용한 도로안전진단 기반 연구, 한국심리학회 2007 연차 학술대회.
3. 신용균, 송혜수(2004)., RTSA-DS와 안전운전 행동연구, 교통기술자료 2004-2 통권14호.
4. 국토해양부(2000), 도로의 구조·시설에 관한 규칙 해설 및 지침.
5. Road design guides- Crosssection Elements, McMaster University ,Kanada.
6. 일본 도로구조령 개정판(2003).

* 본 연구는 한국도로공사 스마트하이웨이 사업단 과제 4핵심 1세부과제협약에 의거 수행된 연구임.