회전교차로 접근 주행시 운전행동 측정 장치 개발 및 주행 실험

Development of Measuring Instrument and Driver's Approaching Maneuver Experiment on the Roundabout

남 궁 문* 신 회 식** 이 상 실*** 박 영 근**** 이 소 명****
(Moon, Namgung) (Hoesik sik, Sin) (Sang Seol, Lee) (Young Geun, Park) (So Myung, Lee)

요 약

운전자들이 회전교차로에 접근하는 운전행동을 측정하고 그 특징을 분석하기 위한 목적으로 연구가 수행되었다. 이를 위해 본 연구에서는 먼저, 운전자의 회전교차로 접근 시 차내 행동을 측정하기 위한 측정시스템을 개발하였다. 개발한 시스템에 대한 신뢰도 분석을 실시하고 이를 이용하여 회전교차로에 대한 주행실험을 실시하였다. 그 결과 “액셀”의 경우 진입부 전방의 $176.0 \pm 35.18\text{m}$ 부근에서 부터 인지반응행동을 하고 있음을 알 수 있었으며, “브레이크”의 경우는 $121.0 \pm 26.01\text{m}$, 속도의 경우 $66.0 \pm 18.31\text{m}$ 지점 부근에서 운전자의 거동이 이루어지고 있음을 알 수 있었다.

또한, 운전자들이 회전교차로에 행동거동 시점과 종점 지점에서의 인지 변화에 대해서는 행동시점의 표준편차는 평균 $\pm 26.01\text{m}$, 종점의 표준편차는 $\pm 7.03\text{m}$ 로 지점별 3.71배의 차이가 있는 것으로 나타났다. 또한, 운전자의 운전행동 실험 결과 실험자별 차이는 있으나, 실험회수의 증가에 따른 차이는 없는 것으로 나타났다.

핵심어 : 회전교차로, 운전자 행동, 인지, 측정 시스템, 주행실험

Abstract

This study aimed to measure the behaviors of drivers approaching a roundabout and analyze the characteristics of them. For these objectives, a system to measure the in-vehicle behaviors of a driver when he/she approaches a roundabout. The reliability of the system was analyzed, and the result were applied to a driving test in a roundabout. The result suggested that drivers showed cognitive responses to the accelerator pedal $176.0 \pm 35.18\text{m}$ ahead of the approach zone. And they showed cognitive responses to the brake pedal and the speed of the vehicle $121.0 \pm 26.01\text{m}$ and $66.0 \pm 18.31\text{m}$ ahead of the approach zone, respectively. As for drivers' cognitive changes between the start and end points of their cognitive responses at a roundabout, the standard deviation of the time of response was $\pm 26.01\text{m}$, and the standard deviation of the end point was $\pm 7.03\text{m}$, which meant that there was a 3.71-fold gap between the two deviation values. During the test, differences among the drivers were observed, but no difference was observed among trails.

Key words : Roundabout, Driver's Maneuvering, Cognition, Driving Experiment

* 본 연구는 한국연구재단 일반연구지원사업의 지원으로 이루어진 것으로 이에 감사드립니다. (과제번호 : 2012R1A1A4A01014414)

* 주저자 및 교신저자 : 원광대학교 공과대학 토목환경공학과 교수

** 공저자 : 전북대학교 도시공학과 박사과정

*** 원광대학교 공과대학 전기공학과 교수

**** 공저자 : 원광대학교 대학원 토목환경공학과 석사과정

* 논문접수일 : 2013년 08월 07일

* 논문심사일 : 2013년 08월 19일

* 게재확정일 : 2013년 10월 10일

I. 서 론

교차로의 안전 운행, 교통사고 감소, 교차로 내 지체 감소를 위해 회전교차로를 유럽과 북미 등에서 적극 도입하고 있으며, 우리나라에서도 2004년 평면교차로 설계지침에서 회전교차로 설계 지침을 제시하였고 2010년 회전교차로 설계 지침을 고시하여 시행 중에 있다. 회전교차로는 교차로 대기 시간 감소와 원활한 소통으로 자동차 배기가스 배출을 최소화 할 수 있는 친환경적 도로시설로 정부의 저탄소 녹색교통 활성화 정책에 따라 지속적으로 설치·운영될 것으로 판단된다^(1,2,3).

특히, 회전교차로는 기존 교차로의 물리적 요인을 변화시킴으로써 운전자들의 양보 운전을 유도하여 원활한 소통을 유도하는 시설로 안전성 확보를 위해서는 무엇보다 운전자의 운전행동거동과 거동시 발생하는 생체적 변화와 같은 인간적인 요인(Human Factors)에 대한 고려가 절실히 필요한 실정이다^(4,5).

운전자의 주행 행동에 대한 연구 동향을 보면 운전자의 운전상태 측정 시스템개발⁽⁶⁾과 운전자의 생리변화에 대한 연령별 변화 측정⁽⁷⁾ 그리고 운전자의 주행 패턴의 변화^(8,9) 등에 대한 연구 등이 국내에서 이루어지고 있고, 국외의 경우 운전자의 줄임 방식을 위한 운전자의 행동의 변화 측정을 위한 시스템 개발 및 검증^(10,11,12,13) 등의 연구가 주류를 이루고는 있으나 이들 대부분이 시뮬레이터를 이용한 것이고 실험도 일반도로의 주행상태를 대상으로 하고 있다.

회전교차로에서도 현재의 안전성 평가 및 설계 지침으로 물리적인 측면의 안전성은 확보된다고 볼 수 있지만 접근·진입·회전·진출에 이르는 운전 행동 중 발생하는 판단 행동에 따른 운전자의 운전 행동 특성으로 인한 다양한 문제를 해소하기 위해서는 운전자의 운전 행동에 대한 보다 명확한 연구가 이루어져야 한다.

대부분의 연구에 있어서는 운전자의 인체적인 행동에 대한 데이터 획득에 초점을 맞추고 있어, 실질적으로 운전자들이 도로상을 운전하면서 어떠한

시설물을 인지하고 반응하는 것에 있어서의 거동 변화와 이에 대한 차량의 변화 패턴에 대한 연구는 활발히 이루어지지 않고 있는 상태이다.

이에 선행적으로 운전자의 운전행동에 대한 실험에 있어서 운전자가 도로 시설물을 인지하고 이에 대한 행동 반응 결과로 나타나는 주행 행동에 따른 엑셀, 속도변화, 브레이크 작동 등에 대한 데이터를 종합적으로 획득하는 시스템 구축을 통한 분석이 도로의 인적요인을 파악하는데 절실히 필요하다.

이에 본 연구에서는 운전자가 회전교차로를 주행하면서 인지 행동에서 회전교차로의 접근에서 진출에 이르는 운전행동을 함에 있어 운전자의 운전행동 결과로 생성되는 엑셀, 브레이크, 속도 등에 대한 변화를 측정하는 장치를 개발하고, 이를 활용하여 회전교차로부근에서의 운전 행동에 대한 주행 실험을 통해 그 회전교차로에서의 운전자의 운전행동 특성을 분석하였다.

II. 운전자 운전행동 측정 장치 개발

운전자의 차내에서의 운전 행동 신호를 측정하기 위해서는 계측 장치 및 시스템 개발이 필요하다.

이에 본 연구에서는 운전자의 차내 행동을 측정하는 계측 장치를 개발하였다. 개발한 계측 시스템 구성도는 <그림 1(a)>와 같다. 운전자의 운전행동 요인들은 각 측정모듈에서 측정된 핸들, 엑셀, 브레이크, 방향지시등, GPS 신호는 블루투스 통신으로 PC에게 전달된다. 시스템은 PC에서 측정이 시작될 때 각 측정모듈이 동일한 시각에 시작되도록 동기시키고 각 측정모듈에서 전달 받은 신호정보를 파일에 저장한다. 핸들위치모듈과 악셀, 브레이크, 방향지시등 측정모듈의 센서 신호 취합보드는 <그림 1(b)>와 같이 마이크로컨트롤러 ATmega128을 사용하여 제작하였고 초당 50회 센서신호를 측정하여 저장하므로 운전자의 움직임을 정확하게 기록할 수 있다.

〈그림 1〉 운전자 움직임 신호 취합을 위한 시스템 구성
〈Fig 1〉 Motion signal acquisition system for the driver configuration

핸들의 회전 측정은 운전자가 자동차 방향을 조절하는 동작을 나타낸다. 핸들의 회전각도 측정을 위해 3축 가속도센서 MMA7260을 사용하였다. <그림 2(a)>는 3축 가속도센서의 중력에 대한 3축 성분을 나타낸 것이고, <그림 2(b)>는 가속도센서의 회전에 따른 중력 성분을 센서신호 취합보드의 10비트 AD 변환기로 측정된 결과이며, <그림 2(c)>는 AD 변환된 x, y값을 x-y 그래프 상에 나타낸 것이다. 센서신호 취합보드는 20[msec] 마다 가속도를 측정하여 실시간 신호취합모듈로 전달한다. 3축 가속도 센서 신호에는 고주파 성분이 많이 포함되어 있고 핸들의 회전 속도는 저속이므로 실시간 취합 모듈에서 저역통과 필터를 통과시킨 후 이용한다.

〈그림 2〉 3축 가속도 센서와 신호
〈Fig 2〉 3-axis acceleration sensor and signal

3.3[V]가 인가되는 회로에서 수평면과 θ_0 기울어진 1.5g 센서소자의 y축에 대한 가속도 성분 g_y 는 AD변환 값 ADC_y 로부터 센서 출력전압 (식 1)을 얻어 (식 2)에 의해 계산된다. 핸들은 운전자가 양팔로 회전시키기 쉽게 경사져 있다. 핸들 축 선상에 고정된 3축 가속도 센서에서 측정된 중력가속도 g 성분을 g_x , g_y , g_z 라 하자. 이를 <그림 2(a)>와 같이 x축과 평행이고 y축과 θ_0 차이의 수평면으로 회전한 좌표는 g_{xh} , g_{yh} , g_{zh} 로서 (식 3)과 같이 변환된다. 따

라서 핸들의 회전각 θ 는 (식 4)와 같이 결정된다.

$$V_{g_y} = 3.3 \times \frac{ADC_y}{1023} [V] \quad \text{----- (1)}$$

$$g_y = (V_{g_y} - V_{offset}) / \frac{\Delta V}{\Delta g}, \quad V_{offset} = 1.65 \text{ V}, \quad \frac{\Delta V}{\Delta g} = 800 [\text{mV/g}] \quad \text{----- (2)}$$

$$\begin{bmatrix} g_{xh} \\ g_{yh} \\ g_{zh} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\theta_0 & \sin\theta_0 \\ 0 & -\sin\theta_0 & \cos\theta_0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} g_x \\ g_y \\ g_z \end{bmatrix} \quad \text{----- (3)}$$

$$\theta = -\frac{\pi}{2} + \tan^{-1} \frac{g_{yh}}{g_{xh}} \quad \text{----- (4)}$$

엑셀과 브레이크는 운전자가 가속하거나 감속하기 위한 장치로서 압력센서를 발로 누르는 정도에 따라 가속과 감속 동작을 측정하였다. 사용된 압력 센서는 <그림 3(a)>의 특성 곡선과 같이 압력을 가할 때 저항이 감소한다. <그림 3(b)>와 같이 연결된 회로에서 신호 V_{OUT} 은 센서신호 취합보드의 10비트 AD 변환기에 연결되고 20[msec] 마다 측정된다. AD 변환기 내부저항은 수 M Ω 을 초과하여 매우 크므로 V_{OUT} 전압강하는 무시될 수 있다.

(a) Characteristics curve of power and resistance

(b) Pressure sensors and measurement circuit
<그림 3> 압력센서 특성곡선과 측정 회로구성
<Fig 3> Characteristics curve of pressure sensors and measurement circuit

엑셀을 밟는 압력에 따라 변하는 압력센서의 저항 R_{acc} 은 3.3[V] 전압으로 연결된 회로에서 10비트 AD 변환기의 측정값이 ADC_{acc} 일 경우 (식 5)와 같이 계산된다. 이 때 인가된 힘은 <그림 3(a)>의 비선형 특성곡선에서 알 수 있다. 특성곡선에 의하면 일정값 이상 센서에 힘이 가해지면 저항값이 급격하게 감소한다.

$$R_{acc} = 20[K\Omega] \times \frac{1023}{ADC_{acc}} - 20[K\Omega] \quad \text{----- (5)}$$

<그림 4>는 엑셀과 브레이크에 가한 압력을 AD 변환한 결과로서 운전자는 엑셀로 서서히 가속 혹은 감속하는 반면 브레이크로는 급하게 제동하는 것을 알 수 있다.

<그림 4> 운전중 엑셀과 브레이크에 가한 힘에 의해 측정된 AD 변환 값

<Fig 4> Measured value of AD conversion by the accelerator and brake force

방향지시등 스위치를 측정하기 위해 밴드센서를 사용하였다. 사용된 밴드센서는 구부러지지 않았을 때 9[K Ω], 90°구부렸을 때 1.4[K Ω], 180°구부렸을 때 2.2[K Ω]의 저항 변화를 갖는다. 이 센서도 <그림 3(b)>와 같이 회로를 구성하여 센서신호 취합보드의 AD 변환기에 입력한다. 방향지시등 스위치를 변경할 때 마다 <그림 5>와 같이 AD 변환 값이 측정된다. 낮은 값일 때가 좌회전 스위치를 켜 경우, 가운데가 방향지시등 스위치를 켜지 않은 경우, 큰 값이 우회전 스위치를 켜 경우를 나타낸다.

〈그림 5〉 방향지시등 스위치의 밴드센서 AC 변환 값
〈Fig 5〉 AC conversion value of the flashing switch-band sensor

GPS 센서로 GPS 시간과 자동차의 위도, 경도좌표 그리고 평균 속도를 측정하여 사용하고 있다. GPS에서 데이터를 얻기 위해 사용되는 위성 수가 많을수록 정확한 데이터를 얻을 수 있다. 약 1초에 1회의 데이터가 NMEA 출력 포맷으로 얻어진다.

Ⅲ. 운전행동 측정 시스템 장치 검증

본 연구에서 개발된 차내 운전행동에 따른 차량의 거동을 측정하는 장치의 정밀도를 검증할 실시하였다.

시스템의 검증 방법은 전체적인 데이터들이 차량의 주행거리에 대한 위도와 경도의 위치 정확성 대상으로 실시하였다.

위치 정보 검증을 위해 실험지역조건을 전과 등의 장애가 비교적 적은 곳으로 선정하였다. 검증실험은 주변의 평야지대의 약8km 구간을 주행하면서 실제 위치 좌표와 본 연구에서 개발한 위치정보와의 일치성에 대한 실험을 실시하였다.

본 연구에서 개발된 시스템의 검증 실험 결과는 <그림 6>과 같다. <그림 6>에 나타난 바와 같이 위치 정보에 대한 실제값과 측정값(개발시스템값)이 선형관계로 나타났으며, 선형식의 결정계수는 0.999997였다. 이는 본 연구에서 개발된 시스템이 실제값을 잘 표현하고 있는 것으로 개발된 기계를 실제 실험에 사용을 해도 정밀도 측면에서 충분한 정도를 가지고 있는 것으로 판명되었다.

〈그림 6〉 계측장비 정밀도 검증

〈Fig 6〉 Validation test of measurement equipments

Ⅳ. 운전자 행동 실험 계획 및 주행실험

운전자의 차내 운전행동 측정을 위해 개발된 계측 실험 장치를 이용하여 운전자들이 회전교차로를 주행하는 행동을 파악하기 위해서는 운전자들을 대상으로 한 운전 시 행동의 결과로 발생하는 요소들

을 측정하는 실험이 필요하다. 이에 본 연구에서는 운전자의 행동 데이터를 측정하는 실험 및 연구를 다음과 같이 계획을 수립하여 진행하였다.

Set the measured elements	☐
Set the measured equipments	☐
Choice the experiments site	☐
Set the measured equipments in vehicle	☐
Driving experiment	☐
Analysis of experiment data	

<그림 7> 실험의 과정

<Fig 7> Experimental Flow

회전교차로에 대한 운전자 주행실험을 실시하기 위한 각 단계별 실험 계획에서 설정 내용은 다음과 같다.

1) 운전자행동 측정 요소 설정

운전자가 회전교차로를 운전하면서 운전자 행동 결과로 나타나는 요소를 설정하여 운전 행동 변화를 측정 분석이 필요하다. 본 연구에서는 운전자의 운전행동의 결과 측정요소를 액셀 변화, 브레이크 작동, 속도 변화 등과 같이 3가지 요소로 설정하였다.

2) 운전자 행동 측정요소 계측 장비 장착

운전자 행동의 측정요소로 설정을 한 액셀 변화, 브레이크 작동, 속도의 변화 등을 계측하기 위해 본 연구에서 개발한 측정 시스템을 <그림8-(a)>와 같이 상호 연계 부착하였다.

(a) system of measured elements

(b) sticking shape in vehicle

<그림 8> 운전자 행동 요소 측정 시스템

<Fig 8> Measurement system elements of driver behavior

또한, 측정 시스템으로 개발 된 측정기를 상호 연계하여 회전교차로에 대한 운전자의 행동을 측정

하기 위해 운전자 행동 측정 시스템을 실제 주행 실험 차량에 <그림 8(b)>와 같이 장착하여 회전교차로에 대한 주행 실험을 실시하였다.

3) 실험 대상 지역 설정

회전교차로에 대한 실험을 실시하게 위해 회전교차가 설계기준에 적절하게 구성되고, 회전교차로 형태의 기본이 되는 4지교차로의 형태를 지닌 회전교차로를 실험대상지로 선정하였다. 또한, 실험 대상지역으로는 실험의 안전성 등을 고려하여 도심지역보다는 교외지역을 선정하였다. 실험 대상지로 설정된 교차로의 기하구조 및 형상은 <그림 9>, <표 1>과 같다.

<그림 9> 실험 대상 회전교차로

<Fig 9> Experimental roundabouts site

<표 1> 시험 대상 회전교차로 기하구조

<Table 1> Geometrical Condition of Roundabouts

Center traffic island	Inscribed bore	Separation traffic island	Speed limit
18m	40m	20m	30km/h

또한, 실험구간은 주변에 도로의 선형이 적절하고, 종단구배는 1.41%로 운전자가 주행하는데 장애가 발생하지 않는 이상적인 구간을 설정하였다.

4) 주행실험

회전교차로에 대한 실험은 운전자의 행동을 측

정실험을 위해 본 연구진이 개발한 운전자행동 측정 시스템을 실제 주행실험 차량에 정착하여 실시하였다. 실험차량에 대한 시스템을 활용한 측정을 위해서는 엑셀, 브레이크, 속도 등에 대한 측정요소들의 계측된 값들이 전기적 신호 데이터로 측정되어 DB가 구축되는 시스템을 사용하였다.

회전교차로에 대한 운전자행동에 대한 주행실험은 운전주행을 회전교차로를 직진 주행으로 통과하는 운전행동을 실험 대상으로 하였다.

실험을 위한 피실험자는 운전경력이 5년 이상이고 주중 3일 이상은 운전을 하고 있으며, 회전교차로 운행 경험이 있는 남성으로 15명을 선정하였다. 실험은 피실험자들의 정상적인 운전 상태를 파악하기 위한 예비 실험과 본 실험으로 나누어 실시하였으며, 본 실험은 한번 실험을 한 후 일정시간의 휴식을 취한 후 다시 실험을 실시하면서 피실험자당 각각 5회의 실험을 실시하였다. 회전교차로에 대한 주행실험 현황은 <표 2>와 같다.

<표 2> 운전자 주행 실험 현황

<Table 2> Status of the testee

Division	Contents
Experimenter	15 people
Number of experiments	5 times (Total 75 times)
Driving behavior	straight driving through the roundabout
Driving experience	More than 5 years
Experimental Date	2012. 11. 10 ~ 12. 20.
Road conditions	Dry clear weather

5) 주행실험 결과 집계 및 분석

회전교차로 실험에 대한 주행 실험결과 분석을 위해 엑셀, 브레이크, 속도 등에 대한 변화 데이터 DB를 구축하였고 이를 활용하여 분석을 시도하였다.

분석은 회전교차로부분은 1) 회전교차로 진입부, 2) 회전교차로부, 3) 회전교차로 진출부로 나누어 피실험자별 각 영역에서의 행동의 변화 추이와 피실험자 전체의 평균적인 변화 등을 분석하여 비교하였으며, 특히 운전자의 운전 학습 이력에 대한

인지습관에 대한 변화를 알아보기 위해 피실험자별 실험 회수에 따른 행동의 변화를 비교 분석 및 검증 실시하였다.

V. 실험 분석 결과 및 고찰

회전교차로 주행에 대한 운전자의 운전행동 변화와 그 패턴에 대한 실험을 실시하고, 그 현상 분석을 위해 주행 구간을 설정을 운전자가 회전교차로를 인지하기 전의 부분, 회전교차로에 대한 인지행동 시작부근, 회전교차로 진입부, 회전교차로 회전부, 회전교차로 진출부로 설정하였다<그림 10>.

〈그림 10〉 회전교차로 실험구간도

〈Fig 10〉 Scheme of Roundabout for Experiment

5.1 피실험자별 운전행동 변화

회전교차로에 대한 운전자의 운전행동을 속도, 액셀, 브레이크 등에 대한 변화 데이터를 측정하여 특성을 분석하였다. 운전자의 행동은 속도, 액셀, 브레이크에 대한 운전자의 행동의 시작점과 끝점에 대한 분석을 실시하였고, 측정 지점의 이동축을 회전교차로의 회전이 시작되는 점을 ± 0 으로 하고 회전교차로 진입 이전 부분 영역을 “- ∞ ”, 회전교차로 진출 방향 부분 영역을 “+ ∞ ”로 기준을 설정하였다. 이러한 기준을 바탕으로 회전교차로에 대한 행동 실험 결과를 속도, 액셀, 브레이크에 대한 피실험자별 행동 변화의 평균과 종합 평균을 나타냈다 <그림 11>.

Testee5

Testee9

Testee6

Testee10

Testee7

Testee11

Testee8

Testee12

〈그림 11〉 회전교차로 운전 행동 실험 결과도
 〈Fig 11〉 Experiment results on the Roundabout

또한, 회전교차로에서의 속도, 액셀, 브레이크에 대한 피실험자별 평균을 분석한 집계 결과를 <표 3>에 나타냈다.

〈표 3〉 실험 결과 통계 분석
 〈Table 3〉 Analysis of the experiment

Unit : (m)

Division	Accelerator	Brake	Speed
Begin point for behavior	-176	-121	-66
Standard deviation	± 35.18	± 26.01	± 18.31
Endpoint for behavior	18	8	39

실험 결과 회전교차로 부근에서 운전자가 회전교차로를 인지하여 행동하는 시점의 경우 “액셀”은 진입부 전방의 $176.0 \pm 35.18\text{m}$ 부분에서 부터 인지행동을 하고 있는 것으로 나타났으며, 브레이크의 경우 $121.0 \pm 26.01\text{m}$, 속도의 경우 $66.0 \pm 18.31\text{m}$ 부근에서 회전교차로 인지 반응행동을 하고 있는 것으로 나타났다.

또한 운전자들이 회전교차로에 행동의 시점과 종점의 행동의 인지 변화에 대한 비교 결과 행동시점의 행동지점의 표준편차는 평균 $\pm 26.01\text{m}$, 종점부근에서의 행동의 표준편차는 평균 $\pm 7.03\text{m}$ 로 3.47배의 차이가 있는 것으로 나타나고 있었다, 이는 운전자들이 회전교차를 처음 인지하는 지점의 인지행동시점에서 다소 느슨한 행동거동을 하고 있는 것으로 나타났다.

5.2 피실험자의 실험 횟수에 따른 변화 및 차이분석

1) 피실험자 실험 횟수에 따른 변화

본 연구에서는 실험자의 회전교차로에서의 운전행동이 운전 횟수 증가에 따른 학습 효과로 행동이 달라질 것이라는 가정하에 피실험자의 실험횟수에 따른 행동의 변화를 분석하였다. 분석한 결과 <표 4>에서 나타난 바와 같이 행동 시점에 대해서는 액셀은 $\pm 37.53 \sim \pm 54.54\text{m}$, 브레이크는 $\pm 35.51 \sim \pm 60.44\text{m}$, 속도는 $\pm 32.37 \sim \pm 41.78\text{m}$ 로 나타났다. 또한 운전행동의 종점에서는 액셀은 $\pm 6.51 \sim \pm 11.69\text{m}$, 브레이크는 $\pm 5.80 \sim \pm 13.54\text{m}$, 속도는 $\pm 6.80 \sim \pm 12.58\text{m}$ 로 나타났다. 운전자의 실험횟수에 대한 변화를 종합하여 보면 회전교차로 운전행동 인지시점의 경우 시험횟수의 증가에 따라 표준편차의 값이 증가하고 있는 것으로 나타나고 있으며, 운전행동의 종점의 경우는 실험횟수의 증가에 따라 행동에 대한 표준편차가 감소하고 있었다. 이는 회전교차로 인지 시 진입 등을 위한 운전행동의 시점에 있어서는 운전자별 행동에 대한 편차가 큰 반면, 운전행동의 종점의 경우에 있어서는 운전자의 행동에 대한 편차가 적은 것을 의미 한다.

〈표 4〉 실험횟수에 따른 분석

〈Table 4〉 Analysis of the experimental times
(Begin behavior site)

accelerator average				
1	2	3	4	5
-159	-196	-188	-175	-165
standard deviation				
1	2	3	4	5
±37.53	±46.75	±46.89	±54.54	±51.60

Brake average				
1	2	3	4	5
-130	-112	-121	-114	-127
standard deviation				
1	2	3	4	5
±37.56	±42.16	±60.44	±42.75	±35.51

Speed average				
1	2	3	4	5
-71	-60	-63	-60	-72
standard deviation				
1	2	3	4	5
±34.42	±41.78	±39.22	±32.37	±35.29

(Endpoint site behavior)

Brake Average				
9	4	9	7	8
±9.06	±5.80	±7.61	±8.64	±13.54
Standard deviation				
1	2	3	4	5
±37.56	±42.16	±60.44	±42.75	±35.51

accelerator average				
1	2	3	4	5
18	15	19	18	18
standard deviation				
1	2	3	4	5
±10.10	±9.64	±6.51	±11.69	±9.01

Speed average				
1	2	3	4	5
39	36	42	38	40
Standard deviation				
1	2	3	4	5
±7.81	±12.58	±10.07	±8.36	±6.80

2) 실험자 및 실험횟수에 따른 차이 분석

회전교차로에 대한 운전자의 행동에 대한 분석 결과를 바탕으로 실험자별 행동과 실험횟수에 대한 차이를 알아보기 위해 통계적 차이 검증을 실시하였다.〈표 5〉

〈표 5〉 실험자 및 실험횟수에 대한 차이 검증

〈Table 5〉 Test results by the number of experiment

I. Experimenter Number of experiments analyzed by ANOVA		
		P-값
1.accelerator Action	1)Starting point	0.2927
	2)End point	0.8214
2.Brake Action	1)Starting point	0.9783
	2)End point	0.8208
3.Change speed	1)Starting point	0.8732
	2)End point	0.8654
II.Subjects Number of experiments analyzed by ANOVA		
		P-값
1.accelerator Action	1)Starting point	0.0097
	2)End point	0.0017
2.Brake Action	1)Starting point	0.0001
	2)End point	0.0321
3.Change speed	1)Starting point	0.0000
	2)End point	0.0694

운전자별 운전행동에 대한 통계적 검증 결과 액셀, 브레이크, 속도에 대한 행동 변화에 모두 차이가 있는 것으로 나타나, 운전자별로 개별적인 특성에 차이가 있는 것으로 나타났다. 하지만 운전자의 실험 회수에 대한 차이 검증 결과 행동에 있어서는 차이가 없는 것으로 나타나 교통안전을 위해 운전자의 인간성을 고려하는 것의 필요성을 재발견 할 수 있었다.

VI. 결 론

회전교차로 접근 행동에 대한 운전자의 운전행동에 대한 실험을 통해 그 특징을 분석하기 위해 본 연구를 실시하였다. 이를 위해 운전자의 차내 행동을 측정하기 위한 시스템을 개발하였고, 개발한 시스템의 정도를 검증하였다.

회전교차로를 대상으로 주행실험을 15명의 피실험자를 대상으로 75회 실시한 결과 회전교차로 부근에서 운전자가 회전교차로를 인지하여 행동하는 것은 “엑셀”의 경우 진입부 전방의 176m 부근에서 부터 인지행동을 하고 있음을 알 수 있었다. 또한 브레이크의 경우 121m 부근, 속도의 경우 66m 부근에서 인지 행동 반응이 일어나고 있는 것으로 나타났다.

또한, 운전자들이 회전교차로에 대한 인지 행동의 시점과 종점의 행동의 인지 변화에 대해서는 행동시점 부근에 있어서는 표준편차가 평균 $\pm 26.01m$, 종점 부근에 있어서는 표준편차가 $\pm 7.03m$ 로 나타났다.

이는 운전자들이 회전교차로 운전행동에 대한 인지행동 시점에서는 다소 느슨하게 행동 거동을 하는 것으로 해석된다. 또한 피실험자들이 실험 횟수가 증가함에 따라 행동의 변화량을 분석한 결과 횟수가 증가함에 따라서 운전자들은 환경의 인지에 따라 행동의 시점 부근에 있어서는 다소 느슨한 행동, 행동의 종점 부근에 있어서는 다소 예민한 행동을 보이고 있는 것을 알 수 있었다.

본 연구는 실내 시뮬레이터를 이용한 것이 아닌 실제 도로상의 실외 실험을 실시한 것으로 피실험자의 위험도 실험환경 정립 등에 대한 한계성이 있어 실험이 다소 제한적인 측면이 있었으므로 향후 이에 대한 지속적인 보완을 해나갈 계획이다.

본 연구 실험을 통해 회전교차로를 운전하는 경우 행동 거동에 대해서는 파악을 할 수 있었고, 이를 바탕으로 회전교차로에 대한 정보제공 및 표지 및 표식 등에 대한 위치 설정 등에 도움이 될 것으로 판단된다. 향후 도로의 종단 및 종단구조에 따른 변화와의 관계성에 대한 지속적인 연구를 수행하여 도로기하구조와 인지반응과의 모형을 구축하고자 한다.

참고문헌

- [1] Kim Tae-young and 1 other person, "VISSIM using the roundabout at the intersection of Diamond Stereo Effects", Korea Society of Road Engineers, vol. 12, no. 4, pp.79-86. 2010
- [2] Gazette, "Y-type strain according to the roundabout at the intersection of applied research effectiveness analysis and installation criteria", Korea Society of Road Engineers, vol. 9, no. 4, pp.105-116., 2007
- [3] Yisuin 3 others), "According to the roundabout bohaengryang study on pedestrian signal operation", Korea Institute of Road Conference, pp.179-186. 2010
- [4] Evdokia Vlahos et.al., "Evaluating the Conversion of All-Way Stop-Controlled Intersection into Roundabout", Transportation Research Record, vol. 2078, pp.80-89., 2008
- [5] Collet, C., Guillot, A., Petit, C., "Phoning while driving I: a review of epidemiological, psychological, behavioural and physiological studies", Ergonomics, vol. 53(5), pp.589-601, 2010
- [6] HaJoong Chung, HyunWoo Kim, ChangWon Park "Analysis of Advanced Driver Assistance System Technology Trend" pp.661-664, 2010
- [7] Hwan Hu, Sung-Soo Park, Woon-Sung Lee "Development of a Driver Status Monitoring System Using a Driving Simulator" KSAE 2009Annual Conference, pp.1986~1993, 2009
- [8] Junhyung Bae, Woongiae Won, Joonwoo Son, "Data Collection, Variable Selection and Parameter Quantification for Driver Physiological Signal of Ages under Unexpect events", KSAE, pp.1147-1152, 2008
- [9] Sukki Min, Ilki Moon, Jungsoo Ha, Kyongsu Yi "Estimation of Human Driver Model Parameters using Analysis of Driving Behavior", KSAE, pp.

1109-1114, 2002

- [10] Li Wei, He Qi-chang, Fan Xiu-min, Fei Zhi-min, "driver fatigue on two channels of EEG data", Neuroscience Letters, pp.235-239, 2012
- [11] Garcia S. Bronte, L. M. Bergasa, Vision-based drowsiness detector for a realistic driving simulator, International IEEE, pp.19-22, 2010
- [12] Sibsambhu Kar, Mayank Bhagat, Aurobinda Routray, "EEG signal analysis for the assessment and quantification of driver's fatigue", Transportation Research Part F, pp.297-306, 2010
- [13] Saroj K. L. LAL, Ashley Craig, "Driver fatigue electroencephalography and psychological assesment", Psychophysiology 39, pp.313-321, 2002

저자소개

남 궁 문 (Namgung, Moon)

1992년 3월 ~ 현 재 : 원광대학교 토목환경공학과 교수
1999년 12월 ~ 2000년 1월 : 독일 Technische University Darmstadt 교환교수
1997년 1월 ~ 1998년 1월 : 미국 The University of Illinois at Chicago 교환교수
1989년 4월 ~ 1992년 3월 : Hiroshiam대학교 토목공학과 공학박사(교통공학 전공)
e-mail : ngmoon@wku.ac.kr
연락처 : 010-4616-3060

이 상 설 (Lee, Sang-Seol)

1994년 ~ 현 재 : 원광대학교 전기공학과 교수
1994년 2월 : 한국과학기술원 전기및전자공학과(공학박사)
1989년 2월 : 한국과학기술원 전기및전자공학과(공학석사)
1984년 2월 ~ 1987년 1월 : 삼성전자 연구소 연구원
e-mail : slee@wonkwang.ac.kr
연락처 : 010-8829-6889

신 회 식 (Shin, Hoi-SHik)

2009년 전북대학교 박사과정 수료(교통공학전공)
2013년 3월 ~ 현 재 : 전북대학교 도시공학과 교통운영 강사
2007년 11월 ~ 2011년 12월 : 여주시청 교통전문위원
e-mail : truelies0001@hanmail.net
연락처 : 010) 6266-4020

박 영 근 (Park young-geun)

2006년 3월 : 원광대학교 토목공학과 입학
2013년 2월 : 원광대학교 토목공학과 학사졸업
2013년 2월 ~ 현 재 : 원광대학교 토목환경공학과 석사과정
e-mail : duscjs123@nate.com
연락처 : 010-9969-8297

이 소 명 (So Myung, Lee)

2007년 3월 : 원광대학교 토목환경공학과 입학
2013년 2월 : 원광대학교 토목환경공학과 학사졸업
2013년 2월 ~ 현 재 : 원광대학교 토목환경공학과 석사과정
e-mail : lso880404@nate.com
연락처 : 010-4310-4340