

교차로 실차주행 실험을 통한 운전자 부하요인에 관한 연구

Drivers' Workloads through the Driving Vehicle Test at Intersections

서 임 기*
(Im-Ki Seo)

박 제 진**
(Je-Jin Park)

성 수 련***
(Soo-Lyeon Sung)

남 궁 문****
(Nam-Gung Moon)

요 약

교차로는 일반 도로와 달리 서로 다른 기하구조 및 교통운영을 가진 도로가 결합되는 지점으로 매우 복잡한 도로·환경적 요인을 내포하고 있다. 특히, 교차로 접근도로에서 진입하는 차량 간의 상충과 정지 신호시 급정지, 녹색 등화시 급출발 등 다양한 주행패턴의 변화로 인해 교통사고는 지속적으로 발생되며, 교통사고의 주요 발생원인은 인적요인으로 알려져 있다.

이에 본 연구에서는 교차로 영향권 내에서의 운전자 행동에 영향을 주는 요인을 도출하기 위해 최첨단 계측장비를 활용한 뇌파, 시각, 주행속도 등의 생리적 반응을 측정하였다. 개별 교차로의 집중도 뇌파는 보조 간선도로에 비해서 주 간선도로, 사고다발 교차로에서 피실험자의 생체적 반응 뇌파가 높게 출현되고 있음을 규명하였다. 또한, 사고다발 교차로에서 운전자의 시각활동은 넓게 분포함으로써 주변 차량으로부터의 주의운전을 강화하고 있는 것으로 분석되었다. 또한, 운전자 부하를 유발하는 주요 요인으로 감속과 가속, 주변 차량의 차로변경, 주행속도 변화 등의 요인이 운전자 부하에 직접적인 요인으로 나타나 교차로의 교통사고의 발생원인과 매우 밀접한 관계가 있음을 규명하였다. 본 연구의 결과는 향후 운전자의 생체반응을 고려한 교차로의 안전성 평가를 위한 기초자료로 활용이 가능할 것으로 판단된다.

핵심용어 : 실차주행실험, 집중도 뇌파지표, 시각 주시분포, 운전자 부하, 교차로 안전성 평가

Abstract

Different from general roads, intersections are the points where roads having different geometric structure and traffic operation system are met, and thereby they have complicated road structure and environmental factors. Various changes in driving patterns such as collision between vehicles approaching from roads adjacent to intersections, sudden stop of vehicles upon stop sign, quick start upon green lights kept increasing traffic accidents. It is known that traffic accidents are mainly derived from human factors.

This study, in order to find out factors affecting drivers' behaviors within intersections, measured physiological responses such as brain wave, sight, driving speed, and so on by using state-of-the-art measuring device. As to concentration brain wave at individual intersections, it was found out that brain wave of testes was higher at main Arterial and accident-prone intersections compared with that of subsidiary Arterial. In addition, it was detected that drivers' visual activity was widely distributed at accident-prone intersections, meaning that it enhanced cautious driving from nearby vehicles. As to major factors causing drivers' workloads, factors from nearby vehicles such as deceleration, acceleration, lane change of nearby vehicles appeared as direct factors causing drivers' workloads, clarifying that these factors were closely related to causes of traffic accidents at intersections. Results of this study are expected to be used as basic data for evaluation of safety at intersections in consideration of physiological response of drivers.

Key words : driving vehicle test, concentration brain wave indicator, eye-gaze distribution, drivers' workloads, safety evaluation at intersections

* 주저자 : 한국도로공사 도로교통연구원 박사후연수자
** 공저자 : 한국도로공사 도로교통연구원 책임연구원
*** 공저자 : 서남대학교 토목공학과 교수
**** 공저자 및 교신저자 : 원광대학교 토목환경공학과 교수
† 논문접수일 : 2012년 5월 3일
† 논문심사일 : 2012년 6월 19일
† 게재확정일 : 2012년 6월 19일

1. 서 론

1. 연구의 배경 및 목적

교차로는 일반 도로와 달리 서로 다른 기하구조 및 교통운행을 가진 도로가 결합되는 지점으로 매우 복잡한 도로·환경적 요인을 가지고 있다. 그리고 교차로의 연결도로에서 진입하는 차량 간에 상충과 정지 신호시 급정지, 녹색 등화시 급출발 등 다양한 주행패턴이 발생된다. 이처럼 하나의 교차로에 다른 형태의 도로와 운영조건 등을 가진 도로가 교차하면서 교차로의 교통사고는 지속적으로 발생하고, 사고다발지점으로 분류되는 경우가 다수 존재한다.

도로 상에서 발생하는 교통사고는 대부분 운전자의 잘못된 판단, 실수, 피로, 졸음 등 생리적 현상에 의해서 대부분 발생한다고 기존 연구자들은 제시하고 있다. 하지만, 인적요인에 의한 교통사고 발생 원인을 명확하게 규명되지 않은 상황에서 전문가들의 주관적인 경험을 토대로 도로·환경적 요인 개선 및 정책 제안을 통해 교차로를 개선하고 있지만 그 효과는 미흡하다고 제시하고 있다[1].

교차로의 교통사고 저감을 효과적으로 대응하기 위해서는 무엇보다 운전자의 평상시 운전 습관과 도로·환경적 요인에 의한 생체적 반응 특성을 파악하고 이를 반영할 수 있는 방안을 찾는 것이 무엇보다 중요하다. 운전자의 주행행태와 관련한 연구는 고속도로와 같이 직선구간, 터널 등과 같이 단조로우면서도 특이한 구간을 대상으로 주행실험을 수행하였다. 하지만, 아직까지 주행환경이 복잡한 교차로에서의 연구는 이루어지지 않은 실정이다.

이에 본 연구에서는 교차로의 영향권 내에서의 운전자의 주행행태를 파악하기 위해 최첨단 계측장비를 활용한 뇌파(PolyG-I), 시각(Talk-Eye), 주행 위치 및 속도(GPS)를 측정하였다. 운전자들은 주행 중 시각에 의해서 정보를 획득하고, 획득된 정보를 뇌에서 연산 처리하여 정보의 중요도를 판단하게 된다. 운전자의 주행정보 중요도 판단기준에 근거하여 주행패턴이 변화한다. 이러한 관점에서 운전자들이 주행 중 어느 정도 각성과 집중을 통해 주행하는지를 뇌파 지표로 판

단할 수 있다. 따라서 운전자들이 외부 환경에 대해 어떻게 반응하고 행동하는지를 명확하게 파악하여 운전자 행동에 영향을 주는 요인을 도출하고자 한다. 즉, 운전자 행동에 영향을 미치는 요인이 다수 발생한다면 잠재적인 위험요인이 존재하는 구간으로 평가할 수 있으며, 이를 통한 교차로의 안전성을 평가하고자 한다.

2. 연구의 방법

운전자들은 주행차량의 주변 교통환경 상황을 지속적으로 인지하면서 주행하며, 정보에 대한 연산과정을 걸쳐 반응 및 행동을 결정하게 된다. 이러한 연산과정은 매우 복잡하면서도 운전자별로 다르기 때문에 위험상황 및 돌발상황이 발생하는 상황이 연출된다. 하지만, 인간의 뇌파와 관련된 연구들은 주로 임상병리와 의학분야에서 아동교육 및 약물 중독자들의 치료 전과 후의 뇌파를 측정하여 뇌의 활성화 정도를 비교 분석하여 효과를 평가하고 있다. 교통분야에서는 임상병리와 달리 정상적인 운전자들을 대상으로 교통상황에서의 주행 반응을 측정하는 것이다. 이로 인해 운전자들이 반응하는 뇌파는 항상 낮은 뇌파, 보통, 높은 뇌파, 위험대처 뇌파(고주파 뇌파)로 구분하는 것이 바람직하다고 볼 수 있다. 즉, 운전자들은 평상시 보다 주행 중에 높은 뇌파가 출현되지만, 돌발상황 및 위험상황이 발생되면 그 이상의 뇌파가 출현되기 때문이다[2]. 이에 본 연구에서는 집중도 지표를 활용하여 주행 중 도로상황에 따른 반응뇌파 및 시각 활동을 규명하고, 집중도 뇌파 상위 1%에 해당하는 뇌파를 돌발상황 및 위험상황 감지로 가정할 때의 위험요인을 도출하였다. 이와 관련된 연구방법은 다음과 같다.

첫째, 교차로의 잠재적 위험요인을 도출하기 위하여 사고다발 교차로와 사고다발 교차로가 아닌 실험대상 교차로를 선정하였다.

둘째, 실차주행 차량에 생체적 반응을 측정할 수 있는 장비를 장착하고, 쾌적한 공간에서 평상시의 뇌파 즉, 배경뇌파를 측정 후 평상시간대에 실험대상 교차로를 각 방향별로 측정하였다.

셋째, 실험대상 교차로의 집중력 뇌파를 0.2 범위로 분류하여 출현분포를 제시하고, 운전상황 중 집중력 뇌파가 약 1%에 해당하는 고주파의 뇌파를 추출하였다.

넷째, 피실험자들이 주행 중 주로 주시하는 물체 및 도로환경을 분석하기 위해 시각좌표(X, Y)를 9등급으로 분류하여 주행 중 시각분포를 파악하였다.

다섯째, 피실험자들의 집중도 반응뇌파가 상위 1%에 해당하는 돌발상황 및 위험상황이 잠재된 상황을 Eye-Camera에 설치된 영상을 통해 추출한다.

이상의 연구방법론을 통해서 개별 교차로의 방향별 운전자의 뇌파부하가 발생하는 구간을 분석하고, 돌발상황 및 위험상황이 잠재된 교차로를 규명하고자 한다. 이는 기존의 안전성 평가와 달리 운전자의 생체 반응을 활용한 안전성 평가로 차별화된 연구라고 판단된다.

II. 기존 연구문헌 고찰

도로의 안전성을 평가하는 방법은 크게 세 가지로 구분할 수 있다. 첫째, 교통사고 자료를 기반으로 사고多发지역 및 원인을 도출하거나 향후 교통사고를 예측하는 연구이다. 둘째, 운전자가 주행실험 및 경험을 토대로 도로상황에 대한 심리적 평가 즉, 주관적 평가방법에 의한 안전성 평가방법이다. 셋째, 실차주행 및 가상주행 시뮬레이터를 활용한 운전자의 주행행태 및 생리적 반응(뇌파, 심전도 등)을 측정하여 안전성을 평가하는 방법이라고 볼 수 있다.

1. 운전자 부하관련 연구

운전자의 생리적 반응을 규명하기 위한 연구로 전용욱(2002)은 AHS에서 Platoon의 속도와 거리 변화에 따른 운전자의 생체신호와 심리적으로 가장 편안하게 느끼는 속도와 거리를 제안하였다. 전효정(2002)은 차량 시뮬레이터를 활용한 급출발 및 급제동시 생리적 요인과 생리적 반응간의 관계성을 규명하였으며[4], 岡村法宜(2004)은 운전 중 주의를 요하는 상황에서 출현되는 $FM\theta$ 를 도출하고, $FM\theta$ 가 출현된 위치 및 상황을 규명하였다[5]. Lal, S. K. L.(2005)은 운전을 직

업으로 하는 집단에서 δ 파, θ 파가 반복적으로 출현되어 운전 중 피로도를 많이 느끼고 있음을 규명하였다[6]. Leisch, J P(1989)은 40대 후반의 운전자들이 운전 중 졸음에 의한 뇌파가 강하게 출현되고 있음을 확인하였다[7].

2. 교차로 안전성 평가 연구

교통사고자료를 중속변수로 한 교차로 안전성 평가관련 연구로 김응철(2008)은 비선형 회귀분석을 통해 지방부 비신호 교차로의 교통사고 심각도 예측모형을 구축하였다[8]. 이수범(2001)은 도로의 교통상황에 따른 운전자의 운전행태 조사를 통해 적정 인지반응시간을 산출하여 도로의 설계기준을 제시하였다[9]. 松尾幸二郎(2008)은 우회전 전용차로가 없는 편도 2차로 신호 교차로 진입구간에서 추돌사고 및 사고발생요인을 규명하였으며, 사고원인으로는 무리한 차선변경, 적색신호에 의한 정지 시 추돌사고에 의한 요인임을 제시하였다[10]. 萩田賢司(2004)은 무신호 교차로에서의 정면충돌 사고요인으로 운전경력과 통행 경험이 적을 때 교통사고를 발생시키고 있음을 규명하였다[11]. Bauer는 평면교차로에서 교통량이 교통사고에 가장 큰 영향요인임을 규명하였다[12].

3. 운전자 시각특성에 관한 연구

운전행동의 90% 이상은 시각활동에 의해서 이루어지고 있으므로 운전자들의 주시행동 파악이 무엇보다 중요하다. 운전자 시각특성과 관련하여 김대웅(1990), 장정화(2001)은 운전자의 주시특성을 도로 선형과 속도도로 구분하여 운전자의 주시점 및 인지거리에 따른 운전자 상태를 규명하였다[13, 14]. 노관섭(1997)은 도로의 시선유도시설에 따른 운전자의 시인성 조사를 통해 시선유도시설의 기능 및 색상이 도로환경에 적합한지를 평가하였다[15]. 田淵裕惠(1995)은 도로의 기하구조 특성이 운전자의 작업수행도와 작업부하에 영향을 미친다는 논리에 기반하여 고속도로 합류부에서 운전자의 심리-생리적 작업부하를 정량적으로 측정이 가능하다는 논리를 개발하였다[16].

4. 기존 연구와의 차별성

기존 연구는 도로의 안전성을 평가하는데 있어서 교통사고에 작간접적으로 영향을 미치는 요인을 규명하거나 도로의 설계요소, 교통안전시설 등에 따른 개별 실험을 통해 주시분포 및 생리적 반응을 파악하는 연구가 수행되었다. 특히, 교차로를 주행하면서 운전자 반응, 뇌파, 시각현상을 통합한 연구는 아직 이루어지고 있지 않으며, 국내 연구는 국외와 달리 운전자의 생리적 반응에 관한 연구가 활발하게 이루어지지 않은 실정이다. 이에 본 연구는 교차로를 주행하면서 운전자에게 과도한 운전부하를 출현시키고 있는 주요 요인들이 무엇인지를 제시하고자 한다. 이는 기존의 공학적·주관적인 방법에 의한 교차로 안전성 평가와 차별화되고, 인적요인을 고려하지 못한 한계점을 해결하는데 기초자료로 활용이 가능할 것으로 판단된다.

Ⅲ. 연구의 실험개요

1. 연구대상 교차로 현황

본 연구의 실험대상 교차로는 운전자의 주행행태에 따른 생리적 변화가 발생될 것으로 예상되는 교차로를 선정하고자 한다. 즉, 4지 교차로는 일반 도로와 달리 네 방향에서 접근하는 차량이 한 곳에 집중되며, 접근도로 간의 물리적 특성, 도로운영, 주행환경 등의 차이로 운전자의 주행행태가 변화하게 된다. 이로 인해 교차점을 중심으로 교차하는 네 갈래의 접근도중에 교통사고는 다르게 발생되고 있어 조사대상 선정 시 교차로별 특성을 다음과 같이 고려하여 선정하였다.

- ① 주간건선도로와 보조건선도로 간의 차로 수가 같거나 다른 교차로
- ② 도심지에서 외곽으로 유출하거나 진입하는 교차로
- ③ 교차로별 교통사고 수준 고려(사고다발지점 선정 사고건수)
상기 조사교차로 선정사항을 고려하여 <그림 1>과 같이 전라북도 익산시에 위치한 주요 4지교차로 4개 지점(원대, 새한주유소, 우남샘물타운, 전자랜드 사거리)을 선정하였다.



<그림 1> 실험대상 교차로 현황

실험대상으로 선정된 교차로의 도로현황을 <표 1>과 같이 차로 수, 교통섬, 좌우회전 전용차로 유무, 교통량, 교통사고 건수 등을 조사하였다.

<표 1> 실험대상 교차로의 물리적 특성

항 목	원대사거리				새한주유소사거리			
	WE	EW	NS	SN	WE	EW	NS	SN
차로 수	3	3	2	2	3	3	2	2
교통섬 유무	1	1	1	1	0	0	0	0
좌회전 전용차로 유무	1	1	1	1	1	1	0	0
우회전 전용차로 유무	1	1	1	1	0	0	0	0
교통량(표준편차)	893 (63)	830 (38)	781 (60)	811 (61)	993 (156)	903 (107)	541 (38)	520 (29)
교통사고(건)	4	8	2	4	9	18	0	3
항 목	우남샘물타운사거리				전자랜드사거리			
	WE	EW	NS	SN	WE	EW	NS	SN
차로 수	3	3	2	2	3	3	3	3
교통섬 유무	1	1	1	0	1	1	1	1
좌회전 전용차로 유무	1	1	1	0	1	1	1	1
우회전 전용차로 유무	0	1	0	0	1	1	0	0
교통량(표준편차)	1,090 (105)	1,397 (98)	778 (69)	880 (74)	1,294 (108)	1,243 (128)	798 (72)	1,045 (95)
교통사고(건)	7	17	5	5	8	5	1	1

주) E : East, W : West, S : South, N : North

조사된 자료를 기반으로 실험대상 교차로를 분류하면 <표 2>와 같다.

<표 2> 실험지점 선정원칙 분류

선정 원칙	구분	교차로
접근도로의 차로 수가 같거나 다른 경우	동일	④
	동일하지 않음	①, ②, ③
좌·우회전 전용차로 유무	유	①, ④
	무	②, ③
도심지에서 외곽으로 유입 및 유출	도심자-외곽	①
	도심자-도심지	②, ③, ④
교통사고 수준	20건3년 이상	②, ③
	20건3년 미만	①, ④
① 원대 사거리	② 새한주유소 사거리	
③ 우남샘물타운 사거리	④ 전자랜드 사거리	

조사대상 선정기준에 의해서 분류된 대상 교차로를 중심으로 운전자들의 주행행태 및 생리적 반응을 측정함으로써 객관적이고 정량적인 교차로 안전성 평가가 가능할 것으로 판단된다.

사고다발지점에 대한 공시기준(손해보험협회, 2009)은 과거 3년간 해당 지역의 사고발생지점 중 반경 50m 이내에서 발생한 사고건수가 5건 이상이 되는 구간을 말한다. 하지만, 교차로의 영향권은 잔후 200m(이수범, 2001)로 제시하고 있어 일반도로와 다르게 적용해야 할 것으로 판단된다. 이에 본 연구에서는 교차로의 영향권을 잔후 200m, 교차로 폭 약 60m, 총 460m를 하나의 구간으로 가정하고, 사고건수는 동일하게 적용하여 사고다발구간을 선정하였다. 4지 교차로의 접근도로는 4개 구간이므로 사고다발지점은 3년간 교통사고 20건을 기준으로 분류하였다. 따라서 본 연구에서의 사고다발 교차로는 우남샘물타운 사거리와 새한주유소 사거리가 교통사고 다발지점에 포함됨을 볼 수 있다. 그리고 운전자들의 생체반응은 미세한 교통상황 및 주행환경으로도 영향을 받을 수 있으므로 피실험자들의 주행환경을 가능한 동일하게 실험조건을 가질 수 있도록 수립하였다. 즉, 날씨의 변화에 따른 소음, 주행환경, 차량 조작 등이 변화할 수 있으므로 주행환경이 좋은 맑은 날씨에 조사하였다. 그리고 운전자의 주행환경에 가장 크게 영향을 미치는 교통량은 실험차량이 대상 교차로를 주행하는 잔후 30분 총 1시간 교통량을 측정하였다. 그 결과 교통량의 표준편차가 본 교통량의 10%이하로 주행환경은 피실험자들 간에 비슷한 것으로 볼 수 있다.

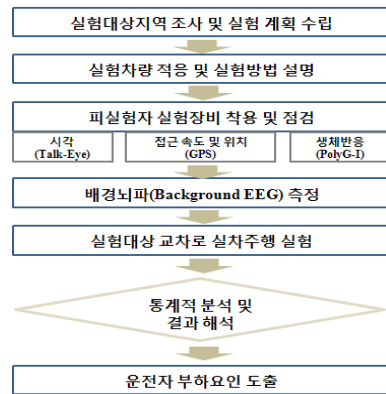


〈그림 2〉 실험기기 장착 순서

실차 주행실험의 실험기기를 설치한 후 피실험자들의 뇌파 및 시각자료가 정상적으로 PC로 전송되는지를 점검하고, 쾌적한 공간에서의 평상시 뇌파 즉, 배경뇌파를 측정한다. 배경뇌파는 피실험자의 기준뇌파라고도 볼 수 있으며, 사람마다 다르게 분포됨으로써 뇌파 실험시 중요한 요소이다. 실험기기의 점검이 완료되면, 실험대상 교차로를 평일 평상시간대(10:00~12:00 또는 15:00~17:00)에 각 방향별로 주행하도록 하여 자료를 획득하였다. 또한, 실차 주행실험기가 많이 설치됨으로써 주행 중 GPS 데이터 미확보, 뇌파 센서가 두피와 분리, 시각데이터의 편중 등 획득된 자료의 오류를 최소화하기 위해 실시간으로 자료를 점검한다. 이러한 일련의 과정을 걸쳐 피실험자 10명이 4개 교차로를 주행한 횟수는 총 160회이며, 이와 관련된 세부적 실험방법은 <그림 3>과 같다. 실차 주행실험의 기기별(뇌파, 시각, GPS)로 1sec 당 추출되는 자료의 수가 다르므로 시간축을 기준으로 자료를 통합하였다. 즉, 뇌파자료는 1sec 당 2개, 시각은 30개, GPS는 1개가 추출되어 1sec 당 가장 많이 추출되는 시각자료 단위로 통합하였으며, 추출된 샘플 수는 총 145,573개이다. 통합된 자료를 이용하여 교차로 방향별로 통계적 분석을 수행하였다.

2. 실차 주행실험 방법

실차 주행실험은 운전경력이 있는 20대 남자 대학생 10명을 피실험자로 선정하고, 실험차량의 차량 조작에 의한 오류를 최소화하기 위해 10분간 주행하도록 하였다. 그리고 주행 중 운전자의 생리적 반응을 측정하기 위한 실험기기를 <그림 2>와 같이 뇌파(다차원 생체측정기 : PolyG-I), 시각(Eye Camera : Talk-Eye), 주행위치 및 속도(CPS)를 측정하기 위해 순차적으로 장착하였다.



〈그림 3〉 실험흐름도

실차주행 실험을 위한 피실험자들의 연령, 운전 경력, 배경뇌파(Background EEG)는 <표 3>과 같으며, 평균 연령은 26세, 1일 평균 운전시간은 평균 42분으로 조사되었다. 그리고 배경뇌파는 쾌적한 공간에서 실차 주행실험과 동일한 실험기기를 모두 장착한 후 5분간 측정된 평균값이며, 피실험자의 평균 배경뇌파는 0.639로 분석되었다.

<표 3> 피실험자 개인속성

피실험자 번호	연령	1일 평균 운전시간(분)	배경뇌파 (Background EEG)
1	31	40	0.532
2	25	42	0.832
3	28	12	0.513
4	26	70	0.523
5	24	24	0.839
6	25	43	0.732
7	26	84	0.617
8	25	20	0.384
9	26	75	0.645
10	26	12	0.468
Mean(S.D)	26±2.0	42.2±26.3	0.639±0.133

IV. 생리적 반응특성 분석

1. 배경뇌파와 실험뇌파의 통계적 검증

피실험자의 주행행동에 따라 뇌파의 변화를 관측하기 위해 본 연구에서는 집중도 지표를 이용하였다. 집중도 뇌파는 집중력, 주의력이라고도 하며, 외부 환경이나 개체 내부의 여러 자극 가운데서 특정한 것을 분명하게 인식하는 것을 말하며, 각성, 집중, 연산의 과정을 포함한 형태이다. 집중도 지표 뇌파 산출식은 식 (1)과 같다.

$$\text{집중도 지표} = \frac{(SMR) + (M-Beta)}{\text{Theta}} \quad (1)$$

$$= \frac{[(12 \sim 15Hz) + (16 \sim 20Hz)]}{4 \sim 8Hz}$$

여기서, SMR : 느린 베타리듬
 M-Beta : 중간 베타리듬
 Theta : 4 ~ 8Hz

SMR 뇌파는 신체의 움직임이 없고 운동감각의 활동을 최소화한 상태에서의 주의를 기울이는 비교

적 단순한 작업을 수행할 때 출현되는 뇌파이다. 그리고 M-Beta는 계산이나 암산과 같이 한 가지 주제에 집중할 때 출현되는 뇌파이다.

피실험자들의 배경뇌파와 실험뇌파간의 통계적 검증을 위하여 Paired Comparison을 실시하였다. 검정통계량 추론에 앞서 귀무가설(H_0)과 대립가설(H_1)을 설정하게 되며, 유의수준 0.05일 때 Critical p-value(0.05)보다 작으면 H_0 을 기각하고 H_1 을 채택하게 된다.

H_0 = 실험뇌파와 배경뇌파의 차이가 없다. ($\mu_1 = \mu_2$)
 H_1 = 실험뇌파와 배경뇌파의 차이가 있다. ($\mu_1 < \mu_2$)
 μ_1 = 실험뇌파, μ_2 = 배경뇌파
 Paired Comparison은 식 (2)와 같이 산출한다.

$$\text{paired } t = \frac{DIFF}{S.D} \quad (2)$$

여기서, DIFF = 실험뇌파 - 배경뇌파
 S.D = DIFF의 표준편차

Paired Comparison 검정 결과, 모든 교차로에서 p-value가 유의수준 0.05 보다 작으므로 귀무가설 H_0 ($\mu_1 = \mu_2$)을 기각하고, 대립가설 H_1 ($\mu_1 < \mu_2$)을 채택함으로써 뇌파간의 차이가 있는 것으로 분석되었다. 그리고 t-value가 정(+)의 부호로 배경뇌파보다 실험뇌파가 높게 출현되고 있어 평상시 보다 운전 중에 집중을 하고 있는 것으로 볼 수 있다.

<표 4> 배경뇌파와 실차주행 뇌파간의 Paired Comparison

방향	원대사거리			방향	새한주유소 사거리		
	DIFF 평균값	t-값	p-값		DIFF 평균값	t-값	p-값
WE	0.107	47.92	0.0001	WE	0.199	64.46	0.0001
EW	0.100	41.77	0.0001	EW	0.085	40.35	0.0001
NS	0.127	50.89	0.0001	NS	0.183	67.62	0.0001
SN	0.125	62.42	0.0001	SN	0.136	51.820	0.0001
방향	우남샘물타운 사거리			방향	전자랜드 사거리		
	DIFF 평균값	t-값	p-값		DIFF 평균값	t-값	p-값
WE	0.026	10.13	0.0001	WE	0.123	33.36	0.0001
EW	0.076	34.95	0.0001	EW	0.182	60.89	0.0001
NS	0.056	39.94	0.0001	NS	0.105	48.63	0.0001
SN	0.030	14.47	0.0001	SN	0.043	18.57	0.0001

주) DIFF = 실험뇌파 - 배경뇌파

2. 실차주행 뇌파 특성분석

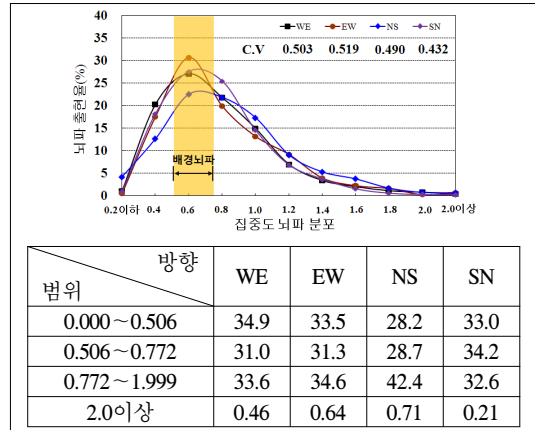
운전자들의 뇌파는 운전 중 주변 도로·환경적 상황에 따라 지각, 식별, 판단 등 다양한 반응을 하게 되므로 교차로의 물리적 특성에 따라 차이가 발생할 수 있다. 집중도 뇌파는 미세한 뇌파에서부터 강한 뇌파가 출현됨으로 본 연구에서는 0.2 범위로 그룹화하여 분석하였다. 또한, 집중도 뇌파의 출현범위를 배경뇌파를 기준으로 <표 5>와 같이 분류하였다.

<표 5> 뇌파 범위 설정

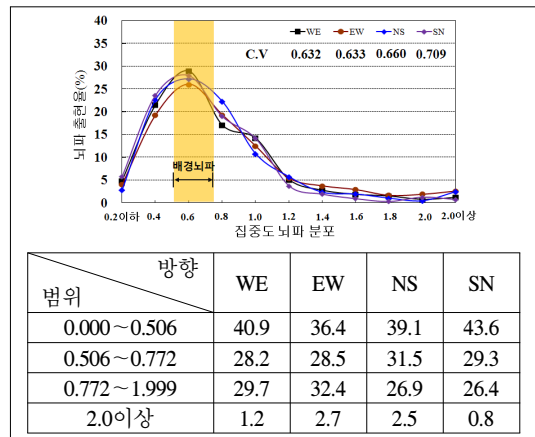
뇌파 범위	산출근거
0.000~0.506	(배경뇌파 평균 - 표준편차) 보다 낮음
0.506~0.772	(배경뇌파 평균 ± 표준편차) 범위
0.772~1.999	(배경뇌파 + 표준편차)보다 높고 2.0미만
2.0이상	약 1.0% 미만의 뇌파(고도의 집중력)

생체반응 뇌파는 작업 수행시 난이도가 높아질수록 집중도는 높아지고, SEF(Spectral Edge Frequency)-95% 지표가 높을수록 인지 부하가 증가한다는 연구결과를 발표(김준, 2009)하였다. 또한, 운전상황 중 뇌파는 일반 임상병리 실험과 달리 고주파의 뇌파가 출현되는 주행 상황이 연출될 경우, 운전자는 주행 중 돌발상황 및 위험상황을 회피하기 위한 행동 시 고주파의 뇌파가 발생한다고 제시하였다(남궁문, 2010). 본 연구에서는 집중도 뇌파 상위 1%에 해당하는 2.0 이상(0.93%)의 뇌파를 잠재적 위험상황으로 분류하여 교차로 방향별로 비교분석을 수행하였다.

원대사거리의 WE, EW 방향과 NS, SN 방향의 차로수가 각각 편도 3차로, 2차로이며, 도심에서 외곽(WE), 외곽에서 도심(EW), 도심에서 도심(NS, SN)으로 다른 기하구조 및 도로환경이다. 주행실험에 의한 뇌파의 범위는 <그림 4>와 같이 방향별로 균등하게 분포하고 있으며, 변동계수(C.V)도 0.5 이하로 뇌파의 진폭이 적은 것으로 분석되었다. 그리고 2.0 이상의 집중도 뇌파는 평균 0.93% 보다 모두 낮게 나타나고 있어 위험상황 및 돌발상황이 상대적으로 낮은 교차로라고 볼 수 있다.



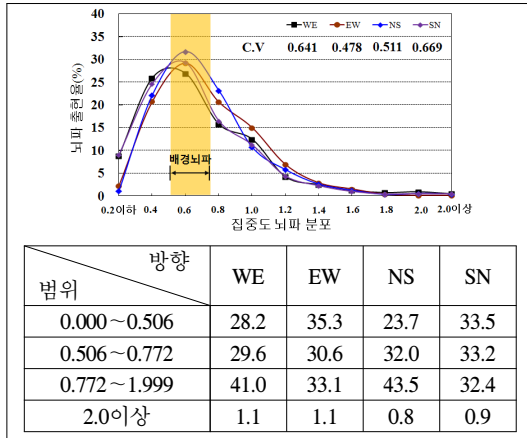
<그림 4> 원대사거리 뇌파 부하량



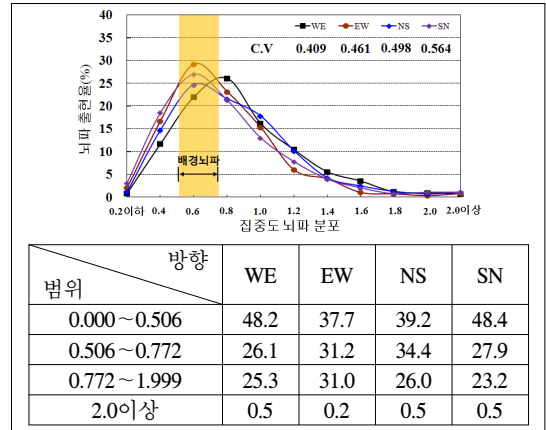
<그림 5> 새한주유소 사거리 뇌파 부하량

새한주유소의 차로 수는 WE, EW의 방향은 편도 3차로와 좌우회전 전용차로가 존재하며, NS, SN 방향은 편도 2차로, 좌우회전 전용차로가 없어 접근 도로 간에 도로 폭의 차이가 있는 기하구조 조건을 가지고 있는 교차로이다. 집중도 뇌파의 범위는 <그림 5>와 같이 배경뇌파보다 낮은 0~0.506의 뇌파 출현률은 방향별로 약 40%로 가장 많이 출현되고 있어 피실험자들이 집중하지 않은 상태에서 주행하는 패턴을 보이고 있다.

그리고 2.0 이상의 뇌파는 평균 0.93% 보다 높은 집중도 뇌파가 많이 출현되고 있어 갑작스러운 돌발상황이 빈번하게 발생되며, 뇌파의 변동계수(C.V) 또한 0.5 이상으로 뇌파의 진폭이 크게 변화함을 알 수 있다. 따라서 새한 주유소 사거리는 운전자의 생리적



〈그림 6〉 우남샘물타운 사거리 뇌파 부하량



〈그림 7〉 전자랜드 사거리 뇌파 부하량

반응을 자극하는 위험요인이 존재한다고 볼 수 있으며, 이로 인한 도로의 교통사고는 지속적으로 발생함과 동시에 불안정한 교차로라고 볼 수 있다.

우남샘물타운 사거리는 새한주유소와 비슷한 기하구조 조건을 지니고 있으며, 교통사고가 많이 발생하고 있는 교차로로 <그림 6>에 나타내었다. 우남샘물타운 사거리는 새한 주유소와 달리 배경뇌파보다 높은 0.772-0.1999 범위의 집중도 뇌파가 WE, NS 방향에서 높게 나타나고 있어 피실험자들이 긴장을 하는 상태에서 주행하는 패턴을 보이고 있다. 그리고 2.0 이상의 뇌파 출현율은 0.93% 이상으로 새한주유소 보다는 낮게 출현되며, 변동계수(C.V)는 0.50 이상으로 진폭이 존재하여 어느 정도의 위험요인이 존재하고 있음을 알 수 있다.

전자랜드 사거리는 WE, EW와 NS, SN 접근도로 간의 기하구조 조건이 같고, 교통사고가 많이 발생하지 않은 교차로이다. 이로 인해 피실험자들의 뇌파 부하량은 <그림 7>과 같이 배경뇌파 이하의 범위(0~0.506)에서 약 40%의 출현률이 발생되고, 2.0 이상의 뇌파는 평균 0.93% 보다 적게 출현되고 있음을 볼 수 있다. 즉, 피실험자들이 편안한 상태에서 주행하며, 돌발상황과 같은 위험상황의 빈도횟수는 적다고 할 수 있다. 그리고 주행 중 뇌파의 변동계수(C.V)는 0.5 이하로 뇌파의 진폭이 낮아 생리적 반응이 완화하게 이루어지고 있음을 볼 수 있다.

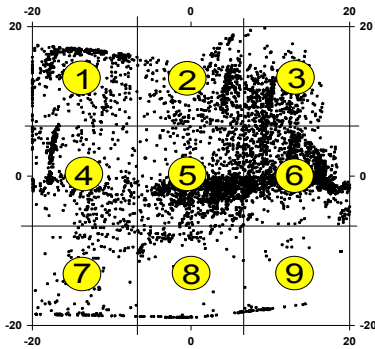
이상의 결과를 종합해 보면, 교차로의 교통사고가 많이 발생되고 있는 새한주유소와 우남샘물타운 사거리의 경우 주행 중 뇌파의 진폭의 변화가 크게 발생하였다. 그리고 피실험자들이 고도의 집중력을 요하는 상황 즉, 2.0 이상의 뇌파 또한 과도하게 출현되고 있어 주행 중 생리적 불안정 요소가 작용하고 있음을 파악할 수 있었다.

V. 운전자 시각특성 분석

도로 주행시 운전자의 시각이 어떠한 형태로 변화하고 어떤 상황을 주시하였는가를 파악하는 것은 교차로의 안전성을 평가하는데 있어서 중요한 부분이다. 그리고 운전자들은 주행 중 도로의 정보를 90% 이상 시각활동에 의한 정보획득을 통해 운전자의 주행 패턴이 결정된다. 즉, 시각활동에 의해서 정보를 획득하고 획득된 정보는 뇌로 이동하여 판단을 통해 행동으로 이어지는 인지반응의 첫 번째 단계에 해당된다. 이에 본 연구에서는 교차로 구간에 대한 시각정보를 획득하기 위해 안구측정기(Talk-Eye)를 이용하였으며, 자료의 형태는 XY좌표 개념으로 검출되고 검출범위는 $\pm 20^\circ$ 이다. Talk-Eye는 피실험자들이 주행한 주행화면과 시각정보를 동영상으로 저장해 준다. 저장된 영상파일을 통해 피실험자들이 어떤 물체를 주시하였는지와 주행행동을 파악할 수 있는 장점을 가지고 있다. 먼저, 시각

정보 분석의 용이성 및 피실험자의 주시방향 등을 통합적으로 분석하기 위해 <그림 8>와 같이 9등급으로 분류하였다.

피실험자들이 교차로를 주행방향별로 주행 후 획득된 시각 정보를 통합하여 분류등급에 따른 분포를 분석하였다. 시각 분포는 주시거리에 따라 달리 표현될 수 있지만, 보편적으로 주행 중 신호등 및 전방 주시는 5번, 좌우 Wing-mirror는 4번과 6번, 차량 속도 계기판은 8번, Rear-view-mirror은 2번을 주시하여 속도 및 후방차량 인지를 통해 피실험자들이 주행에 필요한 정보를 획득한다. 그리고 나머지 등급은 도로주변의 광고판 및 표지판, 차량 내부를 주시하여 운전자에게 필요한 정보를 획득하는 것으로 판단된다.



<그림 8> 시각자료 분류

<표 6> 시각분포 분석

교차로	방향 \ 등급	등급								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
원대 사거리	WE	1.6	1.5	3.1	12.5	38.2	29.9	2.4	5.4	5.5
	EW	0.2	1.6	1.4	24.0	37.5	12.6	9.1	9.5	4.1
	NS	1.2	4.9	5.6	28.3	21.3	21.6	6.5	8.0	2.7
	SN	4.1	4.3	1.0	27.9	31.4	10.2	8.9	8.0	4.2
새한주유소 사거리	WE	0.6	2.0	4.4	8.9	35.1	20.0	3.9	14.7	10.4
	EW	0.4	3.5	3.6	17.7	27.1	14.9	10.4	15.9	6.5
	NS	2.7	8.4	1.8	9.4	30.6	9.6	12.6	18.8	6.3
	SN	7.7	11.5	1.1	17.8	27.9	13.0	9.0	7.7	4.5
우남샘물타운 사거리	WE	0.6	2.0	4.4	8.9	35.1	20.0	3.9	14.7	10.4
	EW	0.4	3.5	3.6	17.7	27.1	14.9	10.4	15.9	6.5
	NS	2.7	8.4	1.8	9.4	30.6	9.6	12.6	18.8	6.3
	SN	7.7	11.5	1.1	17.8	27.9	13.0	9.0	7.7	4.5
전자랜드 사거리	WE	6.7	9.7	5.4	9.8	33.9	17.3	4.4	7.2	5.5
	EW	1.9	7.7	4.5	19.7	26.0	15.0	6.6	8.8	9.8
	NS	1.2	4.9	5.6	28.3	21.3	21.6	6.5	8.0	2.7
	SN	4.1	4.3	1.0	27.9	31.4	10.2	8.9	8.0	4.2

시각등급 기준에 의해 분류된 시각분포를 분석한 결과 <표 6>과 같이 원대 사거리와 전자랜드 사거리의 경우 4-6번 등급의 범위를 10% 이상 주시하고 있어 주행에 필요한 정보를 획득하고 있었다. 하지만, 새한주유소와 우남샘물타운 사거리의 경우 시각 범위가 10% 이상인 주시범위는 넓게 분포하고 있어 다른 경향을 보이고 있는 것으로 분석되었다. 이는 도심지역으로 주변 차량의 주행행동 및 주변환경(이정표지, 안전표지, 건물 입관판 등)을 주시하는 경향이 높은 것으로 판단된다.

VI. 운전자 부하요인 분석

피실험자들의 뇌파변화에 따른 주행행동을 파악하기 위하여 2.0이상의 고주파수의 집중도 뇌파를 분석한 결과, 총 1,455개로 전체 비율의 0.93%가 출현되었다. 2.0이상의 뇌파가 출현된 시점을 대상으로 Eye-Camera에 저장된 동영상을 바탕으로 피실험자의 주행행태를 파악하고, GPS의 속도자료를 기반으로 가속 및 감속을 판단하여 <표 7>에 나타내었다.

피실험자들의 실험대상 교차로를 주행 중 2.0 이상의 집중도 뇌파가 출현되는 상황으로는 감속 53.3%, 가속 15.7%, 황색신호시 교차로 통과 8.4%, 주행차량의 차선변경 7.5%, 교차로 통과시 신호등 주시 6.5%, Wing-Mirror 및 Rear-View-Mirror로 주변차량 인지 5.6% 순으로 나타났다. 즉, 도심지에서의 운전자 부하에 가장 큰 영향을 미치는 요인으로는 차량 속도라고 볼 수 있으며, 특히 감속 시에 운전조작에 의한 과부하가 발생되고 있음을 알 수 있었다.

실험대상 교차로의 각 방향별 교통사고가 많이 발생되고 있는 새한주유소 사거리의 EW방향(18건)과 우남샘물타운사거리 WE방향(17)의 구간에서 2.0이상의 집중도 뇌파 출현 수는 각각 195개, 135개로 다른 방향에 비해서 높게 출현되고 있다. 새한주유소의 EW방향의 위험요인으로는 운전자들에 의한 감속 및 가속이며, 우남샘물타운 사거리의 WE방향은 주변차량 및 감속에 의한 요인으로 볼 수 있다. 이는 기존연구에서 신호 교차로의 발생원인은 갑작스러운 차선변경 및 정지 시 추돌사고가 교통사고의 주요원인으로

제시(松尾幸二郎, 2008)하고 있어 실차주행 실험을 통한 교차로 안전성 평가가 가능함을 알 수 있었다.

〈표 7〉 2.0 이상 운전자 부하요인

	원대사거리				새한주유소사거리			
	WE	EW	NS	SN	WE	EW	NS	SN
1	45	0	0	15	0	0	0	0
2	15	0	0	15	45	0	45	0
3	0	0	0	0	15	0	0	30
4	0	0	0	0	15	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	30	105	0	15	105	135	30
7	15	0	0	0	15	75	45	0
8	0	15	0	0	0	15	15	0
Total	75	45	105	30	105	195	150	60
	우남샘물타운사거리				전자랜드사거리			
	WE	EW	NS	SN	WE	EW	NS	SN
1	30	30	0	0	45	0	0	15
2	0	0	0	45	15	0	0	15
3	30	0	30	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	15	0	0	0	0
6	30	90	0	15	15	30	105	0
7	0	0	30	0	0	0	0	0
8	45	0	0	0	0	15	0	0
Total	135	120	60	75	75	45	105	30

1. 주행차량의 차선변경
2. 교차로 통과시 신호등을 주시하면서 통과
3. 황색신호시 교차로 통과
4. 속도제한표지 및 사고다발지점 표지
5. 접근도로에서의 갑작스러운 차량진입 할 때
6. 감속(급정거)
7. 가속
8. Wing-mirror 및 Rear-view-mirror 주시로 후방차량 인지

VII. 결론 및 향후 연구과제

1. 결 론

도로 상에서 발생하는 교통사고는 대부분 인적요인에 의해서 발생하고 있지만, 인적요인에 의한 교통사고 원인을 명확하게 규명되지 않은 실정이다. 그리

고 교차로는 일반 도로와 비교하였을 경우에 상층 횡수 및 정지, 가속이 빈번하게 발생하는 구간으로 교통사고의 위험이 상시 존재하고 있어 이에 대한 안전성 평가가 필요하다. 이에 본 연구에서는 교차로 접근도로 방향별로 실차 주행실험을 통해 뇌파, 시각, 위치 및 속도를 조사하여 피실험자들의 주행 뇌파 및 시각을 파악하고, 운전자 부하(집중도 지표 2.0 이상)가 발생하는 상황을 규명하고자 하였다.

첫째, 교차로별 집중도 뇌파는 보조간선도로에 비해서 주간선도로에서 집중력을 발휘하면서 주행하고 있는 것으로 분석되었다. 이는 주간선도로가 보조간선도로 보다 차로수가 많아 주행차량 주변의 차량행태를 지속적으로 인지함으로써 집중도 뇌파가 높게 나타나는 것으로 판단된다.

둘째, 사고다발 교차로 유무에 따른 주행뇌파를 분석한 결과, 사고다발 교차로에서의 집중력 뇌파는 높게 출현되고 있으며 특히, 2.0 이상의 집중도 뇌파가 다수 발생되고 있어 운전자 부하로 인한 잠재적인 위험상황이 존재하고 있는 것으로 판단된다.

셋째, 사고다발 교차로가 아닌 원대, 전자랜드 사거리의 시각활동은 주로 정면을 주시하면서 주행하는 행태를 보였다. 하지만, 사고다발교차로인 새한주유소, 우남샘물타운 사거리의 시각활동은 주행차량 주변을 지속적으로 인지하고 있는 것으로 나타났다. 이는 피실험자들이 주변차량으로부터의 경계강화 및 접근도로의 차량진입 인지, 전방 및 후방 주시 등 다양한 시각활동으로 운전자 부하를 유발시키고 있는 것으로 판단된다.

넷째, 운전자 부하를 유발하는 요인으로는 감속, 가속, 황색 신호시 교차로 통과, 주행차량의 차로변경 등으로 분석되었다. 이는 교차로 교통사고의 발생원인과 매우 밀접한 것으로 파악되었으며, 특히 사고다발 교차로에서 운전자 부하가 크게 발생되고 있음을 알 수 있었다.

이상의 연구결과를 종합해 보면, 사고다발 교차로에서 2.0 이상의 집중도 뇌파가 높게 출현됨으로써 잠재적 위험성이 존재하고, 이를 개선하기 위한 방안이 필요할 것으로 판단된다. 하지만, 본 연구에서는 운전자의 생체적 반응을 고려한 교차로의 안전성을 평가

할 수 있는 기초적 자료를 제공하는 연구로써 향후 지속적인 연구를 통해 운전자 부하요인에 의한 개선 방안 제시가 필요할 것으로 판단된다.

2. 향후연구과제

본 연구는 개별 교차로의 방향별 운전자의 뇌파 부하가 발생하는 구간을 분석하고, 돌발상황 및 위험상황이 잠재된 교차로를 규명하는 연구를 수행하였다. 하지만, 실차주행 실험의 위험성 및 어려움으로 인해 피실험자 선별의 어려움이 존재하여 20대를 대상으로 수행하였지만, 실험자료의 객관성 및 보편성을 근거한 다양한 계층의 실험군을 조성하여 확장 연구가 필요할 것으로 판단된다. 또한, 생리적 반응 뇌파를 통해 개별 교차로의 안전성을 규명하는 기초적 연구로써 피실험자의 운전자 부하를 통해 사고다발 교차로의 잠재적 위험성을 규명하였지만, 이에 대한 개선방안이 이루어지지 않은 실정이다. 따라서 운전자 부하가 많이 발생하는 주요 원인별 개선요인을 Matrix 형태로 작성하여 보다 쉽고 용이하게 개선방안을 수립할 수 있도록 지원하는 연구가 필요할 것으로 판단된다.

이외에도 실차주행 실험의 난해성 및 위험성으로 인해 교차로 안전성 평가시 마다 주행실험을 수행할 수 없으므로 실차주행과 차량 시뮬레이터 간의 현실오류를 규명할 필요가 있을 것으로 판단된다. 차량 시뮬레이터는 현실의 교통상황 및 기하구조를 재현하는 실험기기로 실차 주행실험과의 현실성 차이를 검증함으로써 실내 실험자료의 객관성 및 보편성을 획득함과 더불어 인적요인에 의한 연구가 활발하게 진행될 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

[1] 남궁문, 이병주, 서임기(2010) 생체반응(뇌파)과 인지평가 특성에 의한 개별 교차로 안전성 평가에 관한 연구, 대한토목학회논문집 D, vol. 30 no. 3, pp.231-240.
 [2] 서임기(2010), 운전자의 심리적 특성을 고려한

교차로 안전성 평가모형 개발, 원광대학교, 박사학위논문.

- [3] 전용욱(2002), AHS에서 Platoon의 속도와 거리 변화에 따른 운전자의 생체신호와 감성평가, 아주대학교, 석사학위논문.
 [4] 전효정(2002), 자동차 시뮬레이터에서의 급출발 및 급제동에 따른 운전자 감성평가, 한국감성과학회지, vol. 5, no. 4, pp.51-57.
 [5] 岡村法宜(2004), 乗用車運轉中のFm θ -運轉狀況との關係一, 愛媛縣立医療技術大學紀要, 第1券第1号, pp.17-23.
 [6] Lal, S. K. L., Craig, A.(2005) *Reproducibility of the spectral components of the electroencephalogram during driver fatigue*, *International Journal of Psychology*, vol. 55, pp.137-143.
 [7] Leisch, J P(1989) horizontal sight distance considerations in freeway and interchange reconstruction, *Transportation Research Record* no. 1208, pp.80-84.
 [8] 김응철, 이동민, 김도훈(2008) 지방부 신호교차로 안전성 판단을 위한 사고예측모형, 한국도로학회지 제10권 4호, pp.56-63.
 [9] 이수범(2001), 인적요인이 도로설계에 미치는 영향 연구, 교통개발 연구원.
 [10] 松尾幸二郎·廣島康裕·三浦鈺司(2008) 幹線道路における右折レーンの無い交差点進入路の追突事故要因の分析, 土木計畫學研究發表會·講演集 vol. 38.
 [11] 萩田賢司·井川泉·浦井芳洋·宮下直也·土屋三智久(2004) 無信号交差点における出會い頭事故の分析, 交通工學研究會, vol. 39(6), pp.79-82.
 [12] Bauer. Harwood(1996) Statistical Models of At-grade Intersection Accidents, *Final Technical Report*, FHWARD-96-125.
 [13] Poch, M, and F. L. Mannering(1996) *Negative Binomial Analysis of Intersection Accident Frequencies*, Presented at the 75th annual meeting of the TRB.
 [14] 김대웅, 임채문(1990) 도로교통에 있어서 운전

자 주시특성분석, *대한교통학회지*, vol. 8, no. 2, pp.7-25.

[15] 노관섭(1997), *도로의 시설유도시설 행태에 따른 운전자의 시인성 분석 연구*, 서울시립대학교, 박사학위논문.

[16] 이용경(2001), *고속도로 IC 램프 유출구간에서의 운전자 시각행태 특성*, *대한토목학회논문집*,

vol. 20, No. 3, pp.255-263.

[17] 장정화(2001), *국도 곡선구간에서의 운전자 시각행태 특성 분석에 관한 연구*, 명지대학교, 석사학위논문.

[18] 田淵裕惠(1995), *感性工學の手法による斜張橋の景觀設計システムの開發*, 鳥取大學工學部土木工學科卒業論文.

저자소개



서 임 기 (Seo, Im-Ki)

2007년 2월 : 원광대학교 토목환경공학과 도로/교통공학 전공(공학석사)
 2010년 2월 : 원광대학교 토목환경공학과 도로/교통공학 전공(공학박사)
 2010년 5월 ~ 현 재 : 한국도로공사 도로교통연구원 박사후연수자



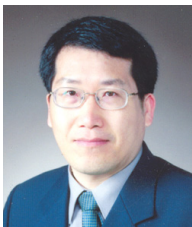
박 제 진 (Park, Je-Jin)

1996년 2월 : 조선대학교 토목공학과(공학사)
 1999년 2월 : 전남대학교 토목공학과 도로/교통공학 전공(공학석사)
 2003년 2월 : 전남대학교 토목공학과 도로/교통공학 전공(공학박사)
 2003년 3월 ~ 2006년 1월 : 전남대학교 공업기술연구소 선임연구원
 2006년 2월 ~ 2006년 10월 : 국토연구원 교통연구실 책임연구원
 2006년 11월 ~ 현 재 : 한국도로공사 도로교통연구원 책임연구원



성 수 련 (Sung, Soo-Lyeon)

2003년 3월 ~ 현 재 : 서남대학교 토목공학과 학과장
 1996년 3월 ~ 현 재 : 서남대학교 토목공학과 교수
 1991년 3월 ~ 1997년 2월 : 전남대학교 토목공학과 공학박사(교통공학 전공)
 1987년 3월 ~ 1989년 2월 : 전남대학교 토목공학과 공학석사(토목공학 전공)



남 궁 문 (Moon, Nam-Gung)

2012년 3월 ~ 현 재 : 원광대학교 토목환경공학과 학과장
 1999년 12월 ~ 2000년 1월 : 독일 Technische University Darmstadt 교환교수
 1997년 1월 ~ 1998년 1월 : 미국 The University of Illinois at Chicago 교환교수
 1992년 3월 ~ 현 재 : 원광대학교 토목환경공학과 교수
 1989년 4월 ~ 1992년 3월 : 일본 히로시마대학교 토목공학과 공학박사(교통공학 전공)
 1984년 3월 ~ 1986년 2월 : 전북대학교 토목공학과 공학석사(토목공학 전공)