■ 論 文 ■

운전자 작업부하를 고려한 최장 허용 직선길이 결정에 관한 연구

A Study on Evaluating Length Limit in Tangent Section of Highway Based on Driver's Workload

정 봉 조
(한국도로공사 도로연구소 책임연구원)

강 정 규
(한국도로공사 도로연구소 연구위원)

김 주 영
(한양대학교 교통공학과 박사과정)

장 명 순
(한양대학교 교통시스템공학과 교수)

목 차

Ⅰ. 서론
Ⅱ. 자료수집
1. 연구대상지역 선정
2. 피실험자 선정
3. 시험차량
4. 신호분석 방법
Ⅲ. 현장 주행시험
Ⅳ. 각성변화 분석
1. 직선구간
2. 일반구간
3. 직선구간과 일반구간의 비교
4. 직선구간의 누적거리별 각성변화
Ⅴ. 결론
참고문헌

Key Words : 운전자각성, 직선길이, 작업부하, 뇌파, 상대파워스펙트럼

요 약

본 연구에서는 직선도로와 일반도로 구간을 운전하는 운전자의 각성변화비교와 적정한 도로의 직선길이를 알아보기 위하여 10명의 피실험자를 대상으로 실제 운전 중에 운전자의 좌우측 전두엽과 후두엽의 뇌파를 측정하였다. 수집된 Data를 FFT(Fast Fourier Transform)분석에 대해 상대 파워스펙트럼 값을 구하였으며 β파의 값을 중심으로 분석하였다. 본 연구에서 얻은 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 운전자의 각성수준 치를 측정하여 새로운 최대 허용 직선길이 기준정립에 활용가능한 방법론을 제시하였다.

둘째, 직선구간을 주행하는 경우 일반구간 주행보다 각성정도가 낮은 것으로 나타났다. 특히, 운전 중 운전자의 각성을 가장 잘 설명하는 것으로 알려진 후두엽에서는 현저한 각성의 감소가 일어났다. 일반구간은 0.821, 직선구간은 2.219로 직선구간에서 약 3배정도의 각성치가 낮아져서 운전자의 운전능력이 현저하게 떨어지는 것으로 평가되었다.

셋째, 운전자 각성수준은 직선도로 진입 후 4.2km지점에 0.428로 나타나 통계적으로 유의한 수준으로 각성이 크게 감소되었으나 3.6km까지는 운전자의 각성수준이 유의한 수준으로 감소하지 않고 있다.

넷째, 따라서 20~30대 남성을 대상으로 한 실험조건에서 직선구간의 최장 허용 길이를 기존의 설계속도의 20배로 규정한 2.0km 값보다는 설계속도의 30배인 3.0km로 완화하여도 운전자의 운전능력에 부정적인 영향이 없을 것으로 판단되었다.

This research has been performed as a part of Advanced Highway Research Center Project funded by Korea Ministry of Science and Technology, Korea Science and Engineering Foundation.

Ⅰ. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

고속도로의 기하구조를 결정하는 여러요소 가운데 주변지역으로의 접근성과 지형여건, 경제성, 토지이용상태 등이 중요하다. 특히 직선구간은 평지나 넓은 계곡 등에서 사용 시 추월시거 확보가 용이하다는 장점을 갖는 등 많은 이점이 있다.

독일연방 도로설계지침인 RAS-L, P14에서는 긴 구간 직선 사용을 제한하고 있다. 그 이유로 대향차나 후방차와의 거리나 속도판단이 어렵고, 운전자에게 과속을 유발하는 요인이 되며, 야간 운전시 대향차에 의한 눈부심현상 유발 등을 언급하고 있다. 이를 위해 그 제한값으로 동일 종단구배를 갖는 직선구간 길이로 설계속도의 20배를 초과하지 말아야 한다고 언급하고 있다.

우리나라 도로설계의 기준이 되는 "도로구조·시설 및 기준에 관한 규정"에서는 직선을 적용하는 구간의 일반적인 한계길이에 대하여 이론적 설명이 곤란하나 주로 운전자의 심리적인 부담한계에 따라서 결정되는 것이라 생각한다. 우리나라에서는 현재까지 운전자의 도로상에서의 심리반응, 시각반응에 관한 연구가 없으므로 독일 RAS에서 권장하고 있는 설계기준을 권장하였다.

그러나 2000년 개정판에서는 일본, 미국에는 이의 규정이 없으며 일반적인 직선과 동일 종단구배의 직선구간은 차이가 있다고 판단하여 그 내용을 삭제하였다. 도로의 직선구간이 꽤 길게 연결되면 운전자는 단조로운 노면의 연속성에 권태를 느끼고 주의력을 집중하기가 어려워져서 결국에는 운전자의 지각반응의 저하를 일으켜 사고발생의 원인이 된다고만 지적하고 있다. 즉 관련연구의 부족으로 인해 그 근거가 불명확하나 긴 직선구간의 도로에 대하여 부정적인 견해를 밝히고 있는 것이다.

즉, 직선구간을 운전하는 운전자에 대하여 심리 및 시각반응에 관한 연구가 미진하기 때문에 국내에서는 이에 대한 단순히 추정만 하고 있을 뿐 객관적이며 과학적인 근거를 제시하지 못하고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 도로구간을 운전 중인 운전자의 생체적 반응을 선행주행의 유무와 관련하여 정량적으로 측정하였으며 직선도로의 주행에 따른 각성변화를 비교분석하였다. 본 연구의 목적은 긴 직선도로 구간에서 운전하는 운전자의 각성변화를 측정하여 운전자에게 부정적인 영향을 배제할 수 있는 고속도로의 최대 허용 직선길이를 제시코자 하였다.

2. 연구의 범위 및 방법

본 연구의 시간적 범위는 평일의 맑은 날, 주간 14:00~16:00를 대상으로 시험당일의 교통량이 서비스 수준이 C수준으로 동일하게 나타난 지점을 선정하였으며 공간적 범위는 경부고속도로에서 직선도로 구간과 좌로 및 우로 굽은 도로구간이 동시에 존재하는 구간으로 하행 22.5km~46.4km를 대상으로 하였다.

자료수집 범위로는 대상도로의 기하구조 특성, 교통량, 운전자의 생체적 반응 자료 등이 수집되었다. 수집된 자료의 분석방법은 실제 도로주행을 통해 운전자의 뇌파자료를 수집하고 이를 Fast Fourier transform을 통해 베타 상대파워스펙트럼을 추출하여 피실험자별로 정규화과정을 통해 대상구간에서의 변화를 비교 분석하였다.

본 논문에서 사용한 용어를 정리하면 아래와 같다.

- 각성수준(workload) : 작업부하라고도 하며 외부작업시, 한사람이 감수해야 할 능력을 의미하며 인적능력과 작업에서 요구하는 정도와 관련이 된다고 말할 수 있다. 즉, 어느 작업에서 요구되는 자원이 적정 수준 이상으로 많아 질수록 작업부하량은 증가되고 작업의 수행도는 떨어지게 되는 것이다. (발췌 : 이근희, 인간공학, 상조社, 1994, Wickens, Engineering psychology and human performance, Charles E. merrill publishing company, 1984)
- 후두엽(Occipital lobe) : 두뇌의 각 부분은 인간의 지각 및 반응에 대해 고유한 영역을 갖는데, 후두엽 부위는 시각정보처리(visual information)를 관할하는 부위로 머리 뒷부분에 위치하고 있다(발췌 : R. Cooper, EEG Technology, 1980)
- 베타파(β wave) : 두피에 전극을 부착하여 유도한 뇌파신호를 주파수대별로 분리하여 α파, β파, δ파, θ파로 보통 구분하며 이 중 베타파는 2~20μV의 진폭과 14~30Hz의 주파수를 갖는 파형으로 주로

정신적이거나 신체적인 활동이 활발해 질 때 나타나는 파형이다.(발췌 : R. Cooper, EEG Technology, 1980)

- Duncan test : 분산분석에서 유의한 결과가 나온 경우 과연 어느 집단과 어느 집단간에 차이가 있는지 알아야 할 때가 많다. 전체적으로 유의수준을 유지하면서 집단간의 비교를 하는 것을 다중비교라고 하는데, LSD test, Scheffe test, Tukey test, Duncan test가 많이 쓰인다. 이 중 Duncan test는 검정력이 높고 유의한 결과를 상대적으로 쉽게 얻을 수 있는 방법이다.(발췌 : 정영해 외, 광주사회조사 연구소 편, 통계강의 및 자료분석)

Ⅱ. 자료 수집

1. 연구대상지역 선정

연구 대상도로는 고속도로에서 종단 구배 ±1%이내의 평지로 된 직선구간과 곡선구간을 포함하고 있는 일반구간으로 구분하였으며 도로연장은 각각 10km를 선정하였다. 이러한 조사지점의 선정 시에는 도로주행 이외의 조건들이 운전자에게 영향을 미치지 않도록 다음의 조건을 만족시키는 지점을 대상으로 선정하였다.

(1) 운전자의 각성 변화에 영향을 크게 미치지 않는 구간
- 표지판이 과다하게 설치되거나, 사고발생과 같은 이벤트가 발생하지 않은 구간
- 교통량의 변화가 크지 않아 교통량으로 인한 각성 변화가 크게 변화되지 않는 구간(일반 구간 및 직선구간의 서비스 수준(LOS)=C)
- 차로수 변화가 없는 구간
- 날씨가 흐리거나 비, 눈오는 날은 배제

(2) 시간적 차이로 인한 운전자의 생체적 반응변화를 줄이기 위하여 직선구간과 일반구간이 멀리 떨어지지 아니한 구간

상기조건을 만족시키는 대상지점은 사전답사 및 기하구조 자료를 토대로 하여 선정하였으며 선정구간의 특성은 〈표 1〉과 같다. 〈그림 1〉, 〈그림 2〉는 직선구간 및 일반구간의 현장주행조사 지점의 위치도를 나타낸 그림이다.

2. 피 실험자 선정

고속도로에서 운전 중인 운전자에게서 계측장비를 이용하여 데이터를 수집하는 것은 교통 안전상에 위험요소가 될 수 있어 피 실험자는 가능한 한 운전경력이 많은 운전자를 선정하였다. 운전자 개인별 생체신호의 분산이 크게 나타남을 고려하여 피 실험자의 선정시 연령별, 성별의 차이를 고려하지 않았으며 고속도로 운전이 어려운 것으로 판단되는 운전경력을 가진 이를 제외한 남성을 기준으로 하였다.

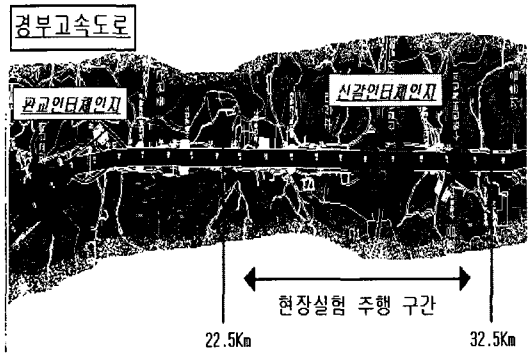
따라서 피 실험자는 운전면허를 소지하고 1년 이상의 운전경력을 가지며 최근 교통사고를 낸 경험이 없고 교정시력 0.5이상으로 시각기능에 이상이 없는 건강한 20대후반~30대 초반의 남성 중에서 10명을 선정하였다. 선정된 피 실험자들의 인체계측자료에 대한 값은 〈표 2〉와 같다.

3. 시험차량

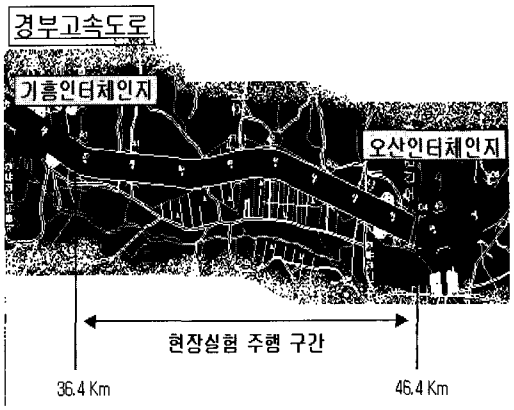
운전중인 운전자의 생체신호 수집을 위한 시험차량은

〈표 1〉 선정된 실험구간 도로의 특성

구분	시점 (km)	종점 (km)	설계속도 (km/h)	제한속도 (km/h)	도로 특성
직선 구간	경부고속도로 하행 22.5	경부고속도로 하행 32.5	120	100	-편도 4차로도로 -평면선형 : 직선도로 -종단선형 : ±1%이내
일반 구간	경부고속도로 하행 36.4	경부고속도로 하행 46.4	120	100	-편도 4차로도로 -평면선형및 종단선형 : 직선도로, 오르막 내리막 도로,좌·우로 굽은도로 포함 i=-0.4%~2.1%, R=2042~6357



〈그림 1〉 현장주행실험 조사지점도(직선도로 구간)



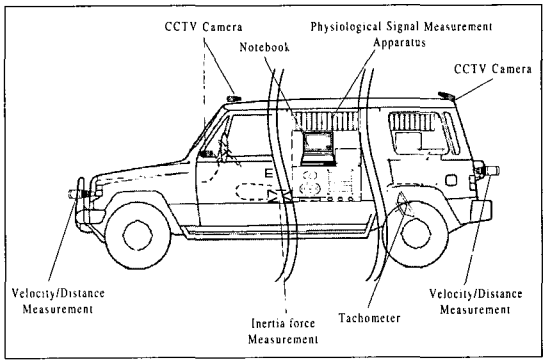
〈그림 2〉 현장주행실험 조사지점도(일반도로 구간)

〈표 2〉 피 실험자의 인체계측자료

계측치 / 실험자	나이(세)	몸무게(kg)	시력	운전경력(년)
평 균	28.9	71.5	1.08	7.45
피실험자 1	27	65	1.0	6.5
피실험자 2	29	65	1.0	8.0
피실험자 3	27	58	1.0	8.0
피실험자 4	27	75	1.2	6.4
피실험자 5	29	86	1.0	8.0
피실험자 6	28	84	1.2	7.0
피실험자 7	32	56	1.0	5.6
피실험자 8	28	76	1.2	10.0
피실험자 9	31	70	1.0	8.0
피실험자 10	31	80	1.2	7.0

한국도로공사에서 제작 보유하는 "운전자 행동 및 반응 검지차량(DBDV : Driver's Behavior & Response Detecting Vehicle)을 사용하였다. 이 차량은 주행 중 운전자의 각종 신체 및 감성적 변화량을 정량화 할 수 있는 생체신호측정장치(MP100WSP) 및 외부 도로환경 정보를 수집하는 장치를 탑재하고 있다. 차량의 구성도는 〈그림 3〉과 같다.

실험 차량은 갤로퍼 V6차량을 개조하여, 운전자 생체신호 및 주변 환경 정보 모니터링이 가능토록 되어 있다. 측정 가능한 운전자의 생체신호는 운전 중 운전자의 뇌파(Electro encephalography : EEG), 피부전기반응(Skin Conductance Response : SCR), 심전도(Electrocardiography, ECG), 근전도(Electromyogram : EMG), 안구운동(Electro oculomotorgraphy : EOG)등 이며, 주변 환경정보로는 실험차량의 주행속도, 운전자의 행동 변화, 주변 차량의 접근 및 접근속도/거리, 주행차량의 관성력 등을 측정할 수 있다.



〈그림 3〉 DBDV의 구성[2)]

4. 신호분석

운전 중인 운전자에게 정보를 제공하는 주요수단은 청각, 후각보다는 시각이므로 본 연구에서도 운전자의 시각적 각성변화를 중심으로 결과 값을 분석하였으며, 이를 위해 시각을 담당하는 뇌의 후두엽부위 뇌파데이터를 중심으로 분석하였으며 종합 감각령을 담당하는 것으로 알려진 전두엽의 뇌파데이터도 함께 분석하였다.

수집된 데이터는 FFT(Fast Fourier Transform) 분석을 통하여 뇌파의 주파수 대역별로 상대 파워스펙트럼 값을 구하였으며 이 중에서 운전자의 각성과 관련을 가지는 것으로 알려진 β파의 값을 중심으로 분석하였다. 분석 파라메터로는 상대파워스펙트럼 분석에서 얻어진 값을 Normalization분석 결과치를 사용하였다.

수집된 자료는 비디오 화면의 탐색을 통하여 정확한 위치지점의 파악 및 시간 체크를 하였으며 해당 신호수집구간을 전체 실험 데이터에서 분리해 낸 후

분석프로그램을 이용하여 정량화 하였다.

분석된 신호의 판독을 위해 실험대상구간 진입 초반부 반응과 주행 말미 반응값을 상호 비교하여 그 차이정도를 분석하였으며 직선구간 내에서의 운전자 반응값을 추출하여 그 변화패턴을 분석하였다. 직선구간 내에서의 운전자 반응값을 추출하기 위해 식(1)에 따라 신호추출자료를 정리하였다.

$$\text{신호추출지점} = 2.4 + 0.6 \times N \ (N=0,1,2,\ldots) \quad (\text{단위:km}) \qquad (1)$$

이는 설계속도 120km/h일 때의 직선구간의 제한길이를 2.4km(도로의 구조시설기준에 관한 규정 해설 및 지침, 1990)로 제한하였음을 근거로 하여 정수값을 지정하였고 분석간격은 분석의 편이성을 고려하여 600m간격으로 신호를 추출하였다.

Ⅲ. 현장 주행시험

주행시험전에 피실험자의 면허경력, 나이, 성별 등의 인적자료를 작성하고 시험에 따른 교육을 실시한 다음 전극을 붙이는 모든 부위를 알코올로 닦아내어 피부상의 불순물을 제거하도록 하였으며 전극부착 완료 후에는 장비와의 연결상태를 점검하도록 하였다.

운전자의 시각기능을 담당하는 후두엽(O2-O2)을 중심으로 전두엽부(F3-F7, F4-F8)의 신호를 수집하여 총3채널의 신호가 수집되었다. 측정은 국제적인 방법인 10-20방법(The 10-20 system of electrode placement)을 사용하였으며 실제로 차량내에 부착된 생체신호 측정장치의 모습 및 피실험자의 모습은 〈그림 4〉와 같다.

피실험자가 전극부착에 대한 적응과 차량주행에 대한 적응을 할 수 있도록 충분한 안정을 갖도록 하였으며 피실험자가 충분한 안정을 갖은 후에 시험을 실시하였다. 시험은 2번을 실시하였으며 피실험자가 직접 차량을 운전하여 바로 실험구간을 진입하는 경우와 조사구간 진입 전에 1시간동안의 선행운전을 갖는 경우이다.

1시간 이상을 연속적으로 운전하는 운전자는 1시간 이후부터 각성수준이 크게 저하되어 외부의 시각적 자극에 따른 반응이 민감하게 나타나지 못한다고 이전의 연구에서 언급하고 있다.[5] 따라서 본 연구에서는 운전자의 각성수준이 민감하게 변화하는 연속운전시간을 고려하여 1시간 정도를 운전후 실험구간을 주행하게 하였다. 또한 차량의 주행속도는 실험구간의 최고제한속도인 100km/h를 유지케 하였다.

Ⅳ. 각성변화(覺醒變化) 분석

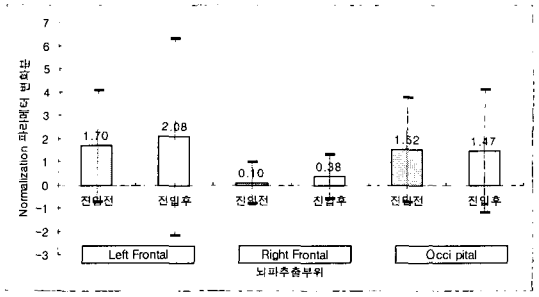
데이터 분석은 크게 직선구간과 도로기하구조에서 복합주행 환경을 갖는 일반구간으로 나누어 분석하였다. 데이터 수집시기의 타당성과 직선구간에서 운전자의 영향을 나타내기 위하여 각 주행환경별로 선행주행의 유·무별, 도로구간별 각성수준, 누적직선길이별 운전자의 각성수준변화를 분석하였다.

1. 직선구간(tangent section)

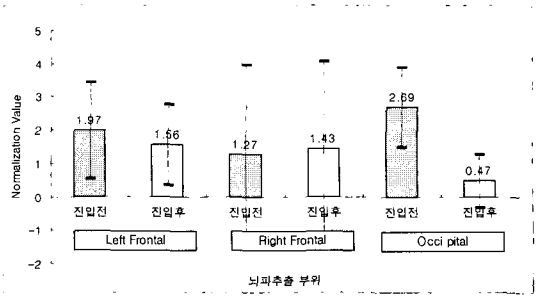
1) 선행주행이 없는 경우

직선구간 주행자료의 분석에서는 〈그림 5〉에서 보듯이 좌우측 전두엽의 경우 각각 1.70에서 2.08.

〈그림 4〉 생체신호 측정장치 및 신호추출 장치 부착모습



〈그림 5〉 선행주행이 없는 경우의 부위별 운전자 각성 변화 비교(베타파)



〈그림 6〉 선행주행이 있는 경우의 부위별 운전자 각성변화 비교(베타파)

〈표 3〉 선행주행이 없는 경우의 직선구간 분산분석

베타파	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr〉F
Left Fronatl	1	0.66712352	0.66712352	0.06	0.8156**
Right Frontal	1	0.34369891	0.34369891	0.41	0.5330**
Occipital	1	0.81432727	0.81432727	0.23	0.6383**

〈표 4〉 선행주행이 있는 경우 직선구간의 분산분석

베타파	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr〉F
Left Fronatl	1	0.03230573	0.03230573	0.01	0.9178**
Right Frontal	1	1.68127789	1.68127789	0.16	0.6951**
Occipital	1	19.54816219	19.54816219	8.28	0.0139**

0.10에서 0.38로 증가하였으며 시각기능을 담당하는 후두엽에서는 1.52에서 1.47로 0.05가 감소하여 운전자의 각성변화가 크지 않았음을 보였다. 또한 〈표 3〉에서 보듯이 통계적인 유의성도 갖지 못하는 것으로 나타났다.

2) 선행 주행이 있는 경우

우측전두엽의 경우 실험구간 진입 전 1.27에서 실험구간 진입 후 1.43으로 증가하였으며, 좌측전두엽과 후두엽은 각각 1.97에서 1.56, 2.69에서 0.47로 감소하였다. 또한, 〈표 4〉에 나타났듯이 좌우측 전두엽에서는 통계적 유의성을 갖지 않았으나 후두엽에서는 통계적 유의성을 나타내었다. 즉 선행주행 후의 직선구간에서는 운전자의 시각영역에서 각성이 민감하게 변화되는 것을 알 수 있었다.

2. 일반구간(general section)

1) 선행주행이 없는 경우

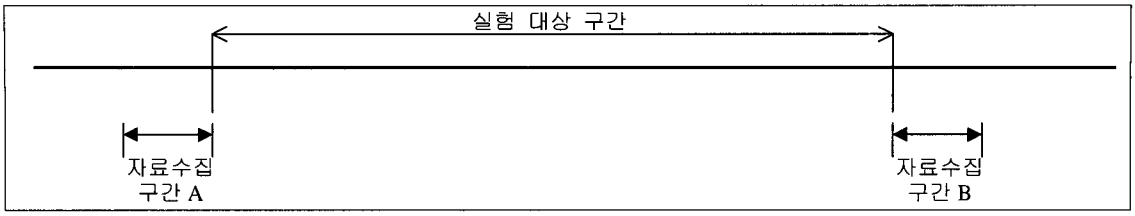
〈그림 7〉에서 보듯이 좌우측 전두엽의 경우 직선구간의 결과와 유사하게 각각 2.09에서 3.13, 0.30에서 0.99로 증가하였으며 후두엽의 경우에는 1.34에서 1.31로 감소하였나 〈표 5〉에서 보듯이 통계적 유의성은 갖지 못하는 것으로 나타났다. 즉, 직선구간의 선행주행이 없는 경우와 마찬가지로 운전자의 각성수준에 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다.

2) 선행주행이 있는 경우

〈그림 8〉에서 처럼 우측전두엽의 경우 1.25에서 1.69로 증가하고 좌측전두엽과 후두엽은 각각 0.64에서 0.42, 2.84에서 2.02로 감소하였다. 통계적 분석결과는 〈표 6〉에서 보듯이 후두엽부에서만 유의한 결과를 나타내었다. 선행주행 후에 일반구간을 운전하는 운전자의 시각영역에서 각성이 민감하게 변화하고 있다는 것을 알 수 있었다.

3. 직선 및 일반구간의 비교

직선구간에서 운전하는 것과 일반구간에서 운전하는 것이 운전자의 각성변화에 어떠한 영향을 미치는

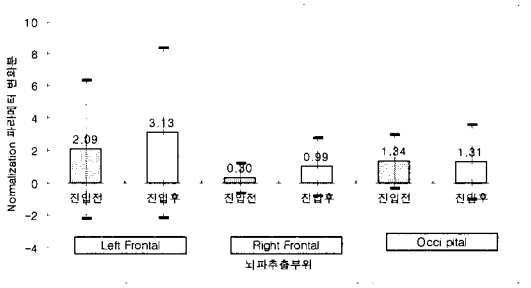


〈표 5〉 선행주행이 없는 경우의 일반구간 분산분석

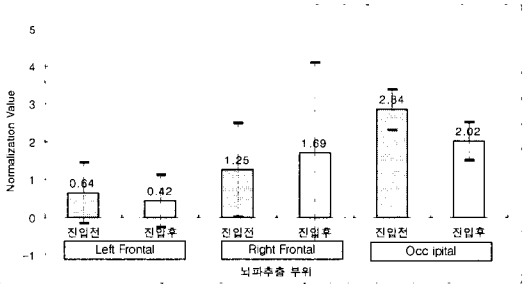
베타파	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Left Fronatl	1	4.83338697	4.83338697	0.21	0.6534**
Right Frontal	1	2.10710559	2.10710559	1.05	0.3200**
Occipital	1	0.34036787	0.34036787	0.06	0.8169**

〈표 6〉 선행주행 있는 경우의 일반구간의 분산분석

베타파	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Left Fronatl	1	1.30487972	1.30487972	0.36	0.5594**
Right Frontal	1	0.65679378	0.65679378	0.04	0.8407**
Occipital	1	8.24664400	8.24664400	6.92	0.0208**



〈그림 7〉 선행주행이 없는 경우의 부위별 운전자 각성 변화 비교(베타파)



〈그림 8〉 선행주행이 있는 경우의 부위별 운전자 각성변화 비교(베타파)

〈표 7〉 선행주행이 없는 경우의 분산분석(후두엽)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Model	1	0.21273033	0.21273033	0.29	0.5947**
Error	18	11.54994091	0.72187131	-	-
Total	19	11.76267124	-	-	-

지를 알아보기 위하여 아래와 같은 분석 파라메터를 사용하여 직선 및 일반구간의 피실험자별 각성변화를 도출하였고 이들의 비교값에 대한 유의성 검증을 실시하였다.

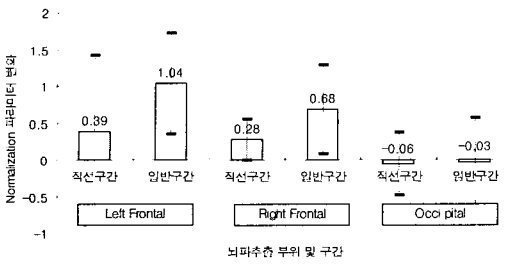
분석 파라메터
= (개인별 B구간의 정규화된 β값) -
(개인별 A구간의 정규화된 β값)

1) 선행주행이 없는 경우

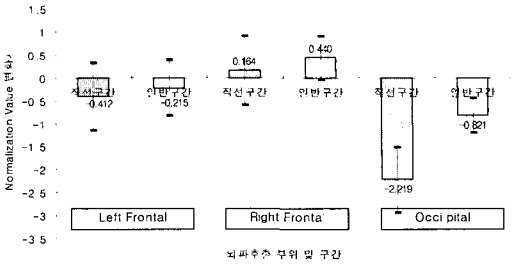
선행주행이 없는 경우 실험구간 전·후의 정규화된 β값의 비교시 운전자의 정규화된 각성이 좌우측 전두엽에서 모두 증가하였으나 후두엽부에서는 감소하였으며 〈표 7〉에서 보는 바와 같이 통계적으로 유의하지 않게 나타났다.

2) 선행주행이 있는 경우

선행주행 후에 운전자의 각성은 좌측전두엽과 후두



〈그림 9〉 Normalization분석방법을 이용한 분석 결과 (β파)



〈그림 10〉 Normalization분석방법을 이용한 분석 결과 (β파)

〈표 8〉 선행주행이 있는 경우의 분산분석(후두엽)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Model	1	2.09431499	2.09431499	6.46	0.0258**
Error	18	3.88821262	0.32401772	-	-
Total	19	5.98252761	-	-	-

〈표 9〉 직선구간 내에서의 반응 분산분석(후두엽)

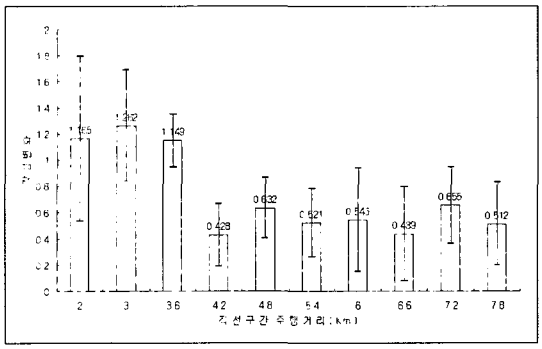
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Model	10	12.93485157	1.29348516	3.94	0.0003**
Error	99	20.67824316	0.32822608	-	-
Total	109	33.61309472	-	-	-

엽부에서는 감소하였고 우측 전두엽부에서는 증가하는 것으로 나타났다. 그 결과는 〈그림 10〉과 같다. 후두엽부의 경우 일반구간 결과치인 -0.821에 비해 직선도로 구간에서는 -2.219의 감소를 보여 약 3배 정도의 차이를 나타내는 것으로 분석되었으며 통계적으로 유의하였다. 따라서 직선구간이 일반구간에 비해 운전자의 각성에 더 큰 영향을 미치고 있다는 것을 알 수 있었다.

4. 직선구간의 누적거리별 각성변화

앞절에서 직선구간의 주행이 운전중인 운전자의 각성변화에 영향을 주고 있음을 밝혔다. 직선구간의 주행거리에 따른 운전자의 각성변화를 살펴보고 적정한 운전거리가 어느정도인지를 알아보기 위하여 직선구간의 주행 누적거리별 각성변화를 추가 분석하였다.

〈그림 11〉에서 보듯이 직선도로를 주행하면서 운전자는 1.15정도의 각성을 보였으나 시간이 지남에 따라 감소추세를 보이는 것으로 나타나 기존 유사연



〈그림 11〉 직선구간 주행거리별 각성변화 분석(후두엽)

구의 결과와 일치하는 결과를 보여 주었다. 특히 운전자의 시각각성은 4.2km지점에 진입하면서 크게 감소되어 0.428의 값을 보였다.

통계적으로 어느 지점에서 차이가 나기 시작하는지를 분석하기 위하여 분산분석과 Duncan Test를 수행하였다. 그 결과는 〈표 9〉와 〈표 10〉에 제시하였다. 〈그림 11〉에서 보는 바와 같이 직선구간 진입전 값과 비교 할 때 4.2km 구간에서부터 통계적으로 유의한 각성의 차이를 보이는 것으로 나타났다.

〈표 10〉 Duncan Test 분석결과

Duncan Grouping	Mean	n	Section
A B	1.165	10	진입후 2.4km
A B	1.262	10	진입후 3.0km
A B C	1.149	10	진입후 3.6km
B C	0.428	10	진입후 4.2km
B C	0.632	10	진입후 4.8km
B C	0.521	10	진입후 5.4km
B C	0.545	10	진입후 6.0km
C	0.439	10	진입후 6.6km
C	0.655	10	진입후 7.2km
C	0.512	10	진입후 7.8km

V. 결론

「도로구조·시설 및 기준에 관한 규정(2000)」에 따르면 직선구간도로가 꽤 길어지게 될 경우, 운전자는 단조로운 노면의 연속성에 권태를 느끼게 되고, 주의력이 떨어져 집중하기가 어려워져서 결국에는 운전자의 지각반응의 저하를 일으켜 사고발생의 원인으로 작용하게 된다고 언급하고 있으나 실질적인 연구가 미흡하여 명확한 근거를 제시하지 못하고 있는 실정이다.

본 연구에서는 운전 중인 운전자 뇌파를 측정하여 도로구간에서 적정한 데이타 수집방법을 제시하였고 직선구간이 일반구간에 비해 운전자에게 더 많은 각성변화를 보이는 것을 증명하였다. 이를 통하여 직선부에서 운전자의 안전에 부정적인 영향을 배제할 수 있는 직선길이를 제시하였다. 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 운전자의 각성수준 치를 측정하여 새로운 최대 허용 직선길이 기준정립에 활용 가능한 방법론을 제시하였다.

둘째, 직선구간을 주행하는 경우 일반구간 주행보다 각성정도가 낮은 것으로 나타났다. 특히, 운전 중 운전자의 각성을 가장 잘 설명하는 것으로 알려진 후두엽에서는 현저한 각성의 감소가 일어났다. 일반구간은 0.821, 직선구간은 2.219로 직선구간에서 약 3배정도의 각성치가 낮아져서 운전자의 운전능력이 현저하게 떨어지는 것으로 평가되었다.

셋째, 운전자 각성수준은 직선도로 진입 후 4.2km 지점에 0.428로 나타나 통계적으로 유의한 수준으로 각성이 크게 감소되었으나 3.6km까지는 운전자의 각성수준이 유의한 수준으로 감소하지 않고 있다. 따라서 20~30대 남성을 대상으로 한 실험조건에서 직선구간의 길이제한을 기존의 설계속도의 20배로 규정한 2.0km 값보다는 설계속도의 30배인 3.0km로 완화하여도 운전자의 운전능력에 부정적인 영향이 없을 것으로 판단되었다.

그리고 향후 연구에서는 보다 신뢰성 있는 결과를 도출하기 위해서 연령별, 성별에 따른 더 많은 피실험자를 대상으로 추가실험이 필요할 것이다.

참고문헌

1. 운전자 생체신호 D/B 구축 및 신호해석, S/W 개발, 한국도로공사, p.92.
2. 운전자 행동 및 반응검지차량 개발연구, 한국도로공사, p.110.
3. 이주항(1997), 우리나라 고속도로 교통사고 특성분석 및 모형개발, p.20.
4. 윤상영(1997), 운전시 부작업이 수행도와 심리적 작업부하에 미치는 영향, 한양대학교, p.5.
5. 김정룡 외(1999), 고속도로의 직선구간별 운전자 생리반응분석, 대한인간공학 논문집, pp.7~10.
6. 김주영(1999), 고속도로 합류부에서 운전자의 심리·생리적 작업 부하 연구, 대한교통학회지, 제17권 제2호(통권43호), p.80.
7. 도로구조·시설 및 기준에 관한 규정(2000), 건설교통부
8. 외국의 안전시설 기준(1999), 한국도로공사, p.55.
9. Brookhuis, K. A., Waard, D. and Mulder, L. J. M(1993)., Measuring Driving Performance by Car-following in traffic.
10. Dieter Klebelsberg(1987), 교통심리학, p.84.
11. Esther Kloeppel Wagner(1999), Effects of partial and total sleep deprivation on driving performance, public roads, pp.2~6.
12. GORAN KECKLUND, sleepiness in long distance truck driving : an ambulatory, EEG study of night driving(1993), Ergonomics journal Vol.36, No.9, pp.1007~1017.

13. KAREL A. Brookhuis(1993), the use of psychophysiology to assess driver status, Ergonomics journal Vol.36, No.9, pp.1007~1017.
14. Leonard Evans(1991), Traffic Safety and The Driver, p.44.
15. LAWRENCE R. ZEITLIN(1995), Estimates of driver mental workload : a long-term field trial of two subsidiary tasks, Human factors journal, 37(7), pp.611~621.
16. Martin G. Helander(1975), Physiological Reactions of Drivers as Indicators of Road Traffic Demand, TRB 530.
17. Myungsoon Chang, Evaluation of Driver's Psychophysiological Load at Freeway Merging Area(2001), TRB Annual Meeting.
18. R. S. Bridger, Ph. D(1995)., *Introduction To Ergonomics.*
19. R. COOPER(1980), EEG Technology third edition, Butterworths.
20. Wilson, J. R. & Rutherford, A.(1989), Mental Models : Theroy and Application in Human Factors, Human Factors, 31(6).
21. Wierwille, W. W. & Eggemeier, F. T.(1993), Recommendations for Mental Workload Measurement in a Test and Evaluation Environment, Human Factors, 35(2).
22. WIM VAN WINSUM(1996), Speed choice and Steering Behavior in Curve Driving, Human Factors.
23. Wierwille, W. W., J. C., Hicks, T. G. & Muto(1977), Secondary task measurement of Workload as a function of simulated vehicle Dynamics Driving Conditions, Human Factors.

♧ 주 작 성 자 : 정봉조
♧ 논문투고일 : 2001. 11. 21
논문심사일 : 2002. 1. 28 (1차)
2002. 2. 27 (2차)
2002. 3. 13 (3차)
2002. 4. 1 (4차)
심사판정일 : 2001. 4. 1
♧ 반론접수기간 : 2002. 8. 30