

운전자 주행특성 분석을 통한 도로 안전성 평가에 관한 기초연구

임준범 · 이수범[†] · 박준태 · 박진호

서울시립대학교 교통공학과

(2011. 8. 6. 접수 / 2011. 10. 10. 채택)

A Basic Study on Road Safety Assessment through an Analysis of Drivers' Driving Characteristics

Joon-Bum Lim · Soo-Beom Lee[†] · Jun-Tae Park · Jin-Ho Park

Department of Transportation Engineering, University of Seoul

(Received August 6, 2011 / Accepted October 10, 2011)

Abstract : In this study, to investigate the dangerous driving on the curves, a driving test was performed in 10 km from Jinan and to Jeonju(Bugui Gas Station~Whasim Intersection), on the national highway No. 26. For the dangerous driving felt by the driver when a driver is driving on the curves, lateral acceleration and yaw rate were analyzed. And then, the reference value of lateral acceleration and yaw rate was computed. Through observing the driving speed and the characteristics of ordinary drivers using the applicable roads or following them as they drive, the driving test was performed again and the section exceeding the reference value set as above was computed. On the dangerous driving area, exceeding the reference value, total 10 accidents took place from 2006 till 2010, and slipping caused by speeding accounted for more than 70% of the accidents. It was concluded that the result of an analysis through recording drivers' driving characteristics, was reliable.

Key Words : lateral acceleration, yaw rate, curve section, driving recoder, dangerous driving criteria

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

교통사고는 도로요인, 차량요인, 운전자 요인 등 다양한 원인으로 발생하게 되지만 운전자 요인이 가장 크다고 알려져 있다.¹⁾

그 중에서 운전자 요인으로 발생하는 사고는 음주운전, 졸음운전, 신호위반 등 다양하지만 기하구조와 같은 도로요인과 결합되어 사고로 이어지는 경우도 있다. 또한 도로요인과 운전자 요인의 이러한 복합적 결합요인은 주야, 기상 등 환경적 요인도 반영이 될 수 있다.

현재 우리나라는 도로 기하구조로 인한 사고에 대하여 안전진단 및 점검을 하여 기하구조 개선이나 안전시설물 설치를 통하여 사고를 줄이기 위한 노력을 많이 하고 있다. 그러나 운전자 요인으로 인한 사고를 줄이기 위해서는 정확한 원인과 분석을 시행하지 않은 채 교육 및 단속의 방법으로만 노력

을 하고 있다. 도로 기하구조와 환경으로 인한 운전자의 불안정한 주행을 줄이기 위해서는 운전자 주행특성을 분석하여 기하구조와 환경에 맞는 주행가이드를 제시할 필요성이 있다.²⁾ 예를 들어 일률적인 제한속도 80 km/h를 적용하여 과속카메라로 단속하는 것보다, 곡선반경이 짧은 곡선부에서는 횡가속도와 회전 각속도가 얼마 이상이 나오지 않도록 제한속도를 하향하고, 비오는 날은 더욱 감속하도록 유도해야 할 필요가 있다.

그러므로 본 연구는 음주운전, 졸음운전, 신호위반과 같은 운전자 자체의 실수로 발생한 사고가 아닌 기하구조와 환경의 영향으로 나타난 운전자의 안전하지 못한 주행을 기준으로 마련하는 것이 목적이다. 좀 더 구체적으로 곡선부 주행(선회구간)에서의 대표적인 위험운전 판단항목인 횡가속도와 회전 각속도(yaw rate)의^{3,4)} 위험운전 판단기준값을 산출하는 것이 목적이다. 차량주행특성에 대한 운전자의 주관적 반응으로 도로의 안전성을 평가하는 방법에 대한 기초연구이므로, 명확한 기준 제시에는 한계가 있다.

[†] To whom correspondence should be addressed.
mendota@uos.ac.kr

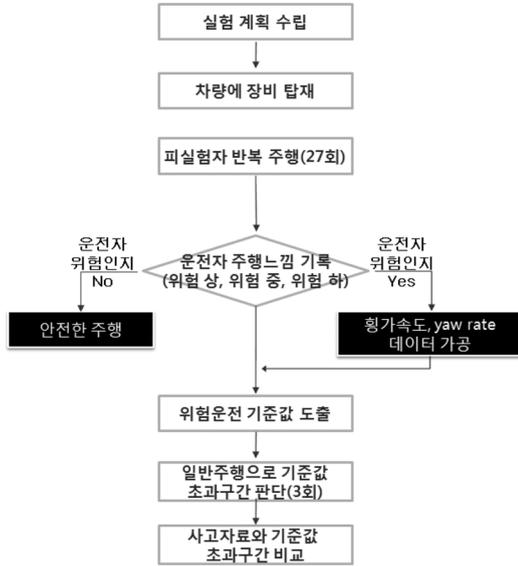


Fig. 1. Process of Study.

1.2. 연구의 방법 및 내용

본 연구의 방법은 운전자 주행특성 항목인 주행 속도, 횡/종방향 가속도, 회전 각속도를 측정할 수 있는 장비를 실험차량에 탑재하여 주행실험을 실시한다. 곡선부에서 운전자가 위험하다고 느끼는 정도(위험 상, 위험 중, 위험 하)에 대해서 구두로 전달하고 기록자가 기록하게 된다(event 버튼을 누른다). 운전자가 위험하다고 느낀 구간에 대해서 회가속도와 yaw rate 데이터를 가공하고 분석하여 하나의 기준값으로 도출한다. 다음으로 피실험자는 일반 운전자들의 주행행태와 비슷하게 주행하여, 도출한 기준값을 초과하게 되는 지점을 산출한다. 이 지점은 일반적인 운전자들이 해당 도로를 주행하는 행태로 간주하여 위험한 주행행태가 나오는 지점을 산출하게 된다. 여기서는 주행특성을 통한 도로 안전성 평가에 관한 기초연구이므로 곡선부에 대해서만 우선적으로 분석하도록 한다.

그리하여 기준값을 넘는 지점과 실제 사고자료와의 비교를 통해서 그 타당성을 검증하도록 한다.

2. 실험

2.1. 실험장치(지능형 주행기록 장치)

본 장비는 GPS 모듈, G-센서, Yaw-Rate 센서를 탑재하여 현재위치, 주행속도, 회전 각속도(Yaw-Rate), 횡/종방향 가속도를 측정할 수 있고, 간편하게 탈부착이 가능하도록 소형화 된 장비이다.

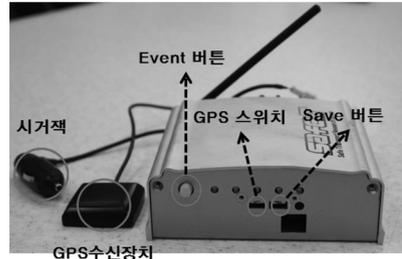


Fig. 2. Intelligence driving recorder.

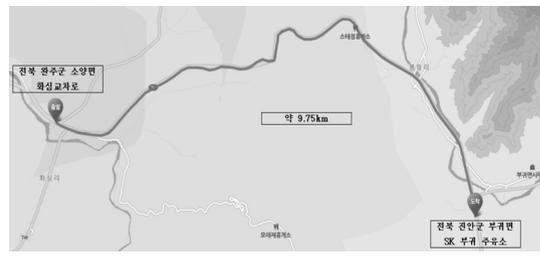
Table 1. Intelligence driving recorder specification

항목	주요 사양
동작 환경	- 전압 : 8 V ~ 38 V - 작동온도 : -20°C ~ +70°C
저장 매체	- SD 카드
G-센서	- Analog Device ADXL330 - 측정범위 : -3.0 G ~ +3.0 G
Yaw Rate 센서	- MURATA ENV-05G - 측정범위 : -70.0~+70.0(deg/sec)
High G-센서	- Analog Device ADXL78 - 측정범위 : -50.0 G ~ +50.0 G
GPS 모듈	- LES-4S U-blox GPS 모듈 - 데이터 수신 주기 : 1 Hz
고장 진단	- LED 인터페이스

이 장치는 차량의 충격 및 진동이 잘 감지되며, 열 발생이 적고 버튼 조작이 쉬운 곳 차량내에 설치하게 된다. 장치의 사양은 Table 1과 같다.

2.2. 실험개요 및 과정

주행실험 구간은 26번 국도, '전북 진안군 부귀면 SK부귀주유소 ~ 전북 완주군 소양면 화심교차로' 로써, 구간길이 약 9.75 km, 왕복4차로, 중앙분리대가 있는 도로이다.



구분	내용
좌곡선	14개 구간(곡선범위 : R = 85 ~ 1500)
우곡선	16개 구간(곡선범위 : R = 80 ~ 1500)
종단구배	-5% ~ +7%(산악지형 포함)
도로폭	16 ~ 30 m(램프부 포함), 실험구간 평균 도로폭 : 20.5m

Fig. 3. Test section.

Table 2. Test summary

구분	내용
실험일자	- 1차실험 : 2011년 7월 2일(토)~2011년 7월 3일(일)(2일간) - 2차실험 : 2011년 7월 11일(월)
기상상태	1차실험 : 맑음 2차실험 : 맑음
실험자 구성	- 1차실험 : 총 9명(인당 3회씩) - 2차실험 : 총 3명 - 모두 20대로만 구성



Fig. 4. Driving test.

본 연구의 주행실험 일시 및 인원은 Table 2와 같다.

주행실험은 크게 두 부분으로 나눌 수 있다. 첫 번째 실험파트는 횡가속도와, yaw rate로 위험운전을 판단할 수 있는 기준값을 도출하기 위한 목적으로 9명의 피실험자를 3회씩 총 27회를 실시하였다. 피실험자들의 데이터 총 27회 중에서 위험 상, 위험 중이라고 기록된 부분의 데이터를 추출하여 횡가속도와 yaw rate값의 최소값, 최대값, 평균치 등을 산출하였다. 두 번째 실험파트는 해당구간 도로이용자들의 운전행태(속도, 차선이탈 등)를 관찰한 후 이와 유사하다고 판단되는 수준에서 혹은 타 차량 주행을 그대로 따라가 보면서 실험을 하였다. 이는 해당도로 이용자들의 일반적 주행행태로 가정하고 첫 번째 실험을 통해 산출한 기준값을 초과하는 부분을 산정하였다.

3. 실험결과

3.1. 곡선부 위험운전 기준값 산정결과

첫 번째 실험목표인 위험운전 기준값 산정을 위하여 곡선부에서 운전자가 위험 상, 위험 중으로 인지한 지점에 대하여 횡가속도와 yaw rate를 분석하였다.

본 주행실험 구간 9.75 km 중 크고 작은 곡선부는 총 30개(좌곡선 14개, 우곡선 16개)가 있다. 9명의 피실험자가 각각 3회씩 총 27회 주행을 하였으므로 총 주행 곡선부는 810개가 된다. 810개의 곡선부 중에서 ‘위험 상’으로 인지된 곡선은 71개, ‘위험 중’으로 인지된 곡선은 33개로 나타났다. 9명이 피실험자들이 위험하다고 느끼는 지점은 거의 유사한 구간이 많았으며, 이는 어떤 운전습관에 의한 것이 아닌 기하구조에 영향을 받은 주행특성이라고 할 수 있다.

피실험자별(ID) 3회씩 주행했을 경우 ‘위험 상’과 ‘위험 중’으로 기록된 횡수는 다음의 Table 3과 같다.

주행실험 회별 ‘위험 상’과 ‘위험 중’에 해당되는 횡가속도와 yaw rate값을 추출하여 최소값, 최대값, 평균값을 계산하였다.

Table 3. Number of dangerous driving in curve

ID	주행(회)	위험 상(지점)	위험 중(지점)	합 계
1	1	2	2	4
	2	2	3	5
	3	2	1	3
2	4	3	2	5
	5	1	2	3
	6	1	3	4
3	7	3	1	4
	8	2	1	3
	9	4	1	5
4	10	2	0	2
	11	1	0	1
	12	1	0	1
5	13	1	1	2
	14	0	2	2
	15	1	1	2
6	16	2	1	3
	17	3	0	3
	18	4	0	4
7	19	4	0	4
	20	3	1	4
	21	0	1	1
8	22	6	2	8
	23	4	1	5
	24	7	2	9
9	25	5	3	8
	26	3	1	4
	27	4	1	5
합 계		71	33	104

Table 4. Criteria of dangerous diving in curve

구분		횡가속도(G)	yaw rate(deg/sec)
위험 상	최소값	0.21	9
	최대값	0.34	11.07
	평균값	0.27	10.28
위험 중	최소값	0.15	8.77
	최대값	0.19	9.33
	평균값	0.175	9.25
위험 하 (안전)	최소값	0	0
	최대값	0.17	8.83
	평균값	0.04	1.74

본 연구에서는 평균값을 곡선부 위험주행의 기준값으로 사용하도록 한다.

3.2. 위험주행 지점의 판단

본 연구에서 1차실험을 통하여 곡선부 위험주행으로 판단할 수 있는 횡가속도와 yaw rate의 기준값을 정립하였다. 이 기준을 적용하였을 때 일반 운전자들이 실제로 위험하게 주행하는 지점을 확인하고 이 지점과 사고자료와 비교를 해보도록 한다. 일반 운전자들이 실제 위험하게 주행하는 지점을 알기 위해서 일반 주행차량들을 관찰하고 또는 타차량과 비슷한 주행속도로 따라가는 방법을 이용하여 실험을 하였다. 3번의 주행실험을 통해서 일반 운전자들의 주행특성이 최대한 반영되었다고 가정하고 데이터를 분석하였다.

횡가속도와 yaw rate 모두가 Table 3의 위험주행 기준값을 초과하는 지점을 산출하였다. 이를 GPS 자료와 캐드도면을 이용하여 지도에 매칭하였다. 다음 그림과 같이 ‘위험 상’은 빨간색(네모), ‘위험 중’은 주황색(원)으로 지도에 표시하였다.

횡가속도와 yaw rate 모두 ‘위험 상’ 기준값을 초과하는 지점의 주행데이터와 기하구조는 다음의 Table 5, 6과 같다.

Table 5. Exceed point of 'safety poor' criteria

횡가속도	yaw rate	속도	곡선반경	종단구배
-0.29	10.64	55.18	85(우)	-7
-0.29	10.93	56.11	85(우)	-7
-0.29	11.00	58.72	85(우)	-7
-0.28	10.89	58.76	85(우)	-
-0.31	10.53	59.73	85(우)	-
-0.33	11.06	60.17	85(우)	-

Table 6. Exceed point of 'safety fair' criteria

횡가속도	yaw rate	속도	곡선반경	종단구배
0.23	-9.92	54.86	80(좌)	-
0.22	-10.23	55.86	80(좌)	-
0.21	-10.16	57.19	80(좌)	-
0.19	-9.79	57.24	80(좌)	-
0.21	-10.9	59.64	80(좌)	-
-0.28	9.99	54.38	85(우)	-7
-0.26	10.24	59.71	85(우)	-
-0.26	10.23	58.79	85(우)	-
-0.27	10.22	57.45	85(우)	-
-0.27	10.07	58.35	85(우)	-
-0.27	9.95	59.09	85(우)	-
-0.29	10.11	59.16	85(우)	-
-0.33	9.98	60.81	우(105)	-
-0.32	9.9	61.48	우(105)	-

3.3. 사고자료와 비교

위에서 일반 운전자들이 해당 구간을 주행할 때, 곡선부 위험 상, 위험 중의 기준값을 초과하는 지점을 판단해 보았다. 대개 곡선반경이 100 m 이하인 곡선부와 내리막 7% 구간 등 선형이 좋지 않은 구간으로 나타났다. 과연 해당구간에서의 사고는 얼마나 일어나는지 경찰청 사고자료를 분석해보았다.

Fig. 5에 표시된 위험주행 지점은 보통재에서 2006년부터 2010년까지 5년간 일어난 사고는 총 10건이다. 이는 본 연구의 주행실험 방향인 진안에서 전주 방향(부귀주유소~화심교차로 방향)이며, 반대방향은 3건에 불과하다. 이는 진안에서 전주방향이 내리막길이 많고, 반대방향은 반대로 오르막이 많기 때문으로 판단된다.

보통재에서 발생한 10건의 사고를 살펴보면, 노면상태가 습기인 사고가 7건, 건조인 사고가 3건으로 나타났다. 이는 짧은 내리막길에서 가속이 되고 있는 상태에서 짧은 곡선반경의 곡선부를 만나면서 제동이 쉽게 되지 않은 것으로 분석된다. 실제 경찰청 사고자료에 기록되어 있는 사고내용을 보면

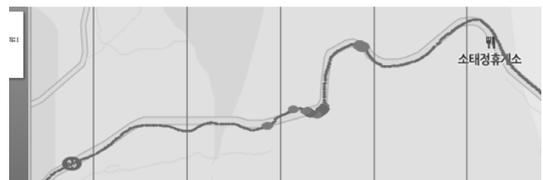


Fig. 5. Dangerous driving point.

사고 1당사자는 60 km/h 이상 속도로 주행하였고, 속도를 줄이지 못하고 미끄러졌다고 기록되어 있는 사고가 7건으로 나타났다. 이는 주행기록계에서 횡방향 가속도와 yaw rate값이 크게 나온 것과 일치하는 사고내용이라고 볼 수 있다. 횡방향가속도가 크다는 것은 좌우로 운전자의 몸이 기우는 현상이 크다는 것인데, 곡선부에서 높은 속도로 주행하면 나타나는 현상이라고 할 수 있다. 실제 Table 5와 Table 6의 주행속도를 살펴보면 50 km/h 후반에서 60 km/h 초반까지 나온 것으로 보아 높은 속도로 곡선반경 100 m도 안되는 곡선부를 주행한 것으로 나타났다. 해당도로는 제한속도 60 km/h인 도로이지만 이런 구간은 안전한 주행속도는 하향되어야 한다. yaw rate는 초당 몇 도를 회전했는지(회전 각속도)를 의미하는 값이므로 yaw rate가 높다는 것은 짧은 시간에 긴 곡선부 주행을 했다는 의미이다. 즉, 높은 속도로 짧은 곡선반경의 곡선부를 회전했다고 볼 수 있다. 이는 곡선부에서는 감속을 위해 브레이크를 밟게 되는데 빠른 속도로 돌게 되면 그만큼 미끄러질 수 있는 확률이 높아지게 되는 것이다. 사고자료에서도 알 수 있듯이 미끄러지면서 나타난 사고가 전체사고 10건 중 7건 70%를 차지한다. 특히 노면이 습할 때는 더욱 미끄러지기 쉽기 때문에 습기노면에서 일어난 사고가 전체 10건 중 7건으로 70%를 차지한다.

Table 7. Accident data in section

발생 일자	발생 시간	사고유형	사망/중상/경상	위치	노면 상태
06.01.24	11:00	차:차-기타	0/1/1	소태정 고개	건조
06.12.16	20:45	차:차-기타	1/1/8	보룡재	건조
06.12.27	09:45	차:차-주정차추돌	0/1/0	보룡재	건조
07.02.02	15:10	차:차-기타	0/4/0	보룡재	습기
07.02.03	14:40	차:차-기타	0/0/1	보룡재	습기
08.01.02	18:40	차:차-측면충돌	0/0/1	보룡재	습기
08.08.22	19:38	차:차-추돌	0/0/2	보룡재	습기
08.10.31	12:30	차:차-추돌	0/1/1	보룡재	습기
09.02.26	18:10	차:차-기타	0/0/4	보룡재	습기
09.09.21	14:46	차:차-추돌	0/0/4	소태정 고개	습기

자료: 경찰청 사고자료

4. 결론 및 향후 연구과제

본 연구는 곡선부 위험운전을 알아보기 위해서 26번국도 진안에서 전주방향 약 10 km 구간(부귀주유소~화심교차로)을 주행실험을 하였다. 운전자가 곡선부를 주행할 때 운전자가 느끼는 위험운전에 대하여 횡가속도와 yaw rate값을 분석하였다. 그리하여 ‘위험 상’, ‘위험 중’일 때의 횡가속도와 yaw rate의 기준값을 산정하였다.

해당도로를 이용하는 일반 운전자들이 운전하는 속도와 특성들을 관찰하고 또는 그대로 따라다니는 방법으로 주행실험을 재실시하고 위에서 정한 기준값을 초과하는 구간을 산출하였다. 기준값을 초과하는 위험운전 지점에서 사고가 2006년부터 2010년까지 총 10건이 발생하였으며, 사고내용도 과속으로 인한 미끄러짐에 관한 내용이 70%를 차지하였다. 이는 운전자의 주행 느낌을 기록하여 분석한 결과가 신뢰성이 있다는 결론을 내릴 수 있다. 더 나아가 향후 연구과제로 위험운전이 나타나는 구간에 대해서 어느 속도, 어느 가속도, 어느 회전각속도(yaw rate)로 주행을 해야지 안전한지에 대한 제시가 필요할 것으로 보인다. 이러한 안전주행 profile을 바탕으로 시설물 설치나 정보제공의 방법으로 사고를 줄일 수 있도록 한다.

감사의 글 : 이 논문은 국토해양부 교통체계효율화 사업의 연구비 지원(10 교통체계-미래 03)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- 1) 최석민, “교통안전학”, 도로교통공단, p. 46, 2009.
- 2) 정준화, “곡선부에서 주행하는 차량의 행태 분석”, 대한토목학회논문집, 제20권, 제1호, pp. 67~75, 2000.
- 3) 오주택, “위험운전 유형에 따른 임계값 개발”, 한국도로학회 논문집, 제11권, 제1호, pp. 69~83, 2009.
- 4) 오주택, “위험운전 유형에 따른 가중치 산정에 관한 연구”, 한국도로학회 논문집, 제11권, 제1호, pp. 105~115, 2009.