

# 개별 차량 주행행태 분석을 통한 도로 안전성 평가

Development a Microscopic Traffic Simulator for Evaluating Road Safety

엄 광 태

(서울시립대, 석사과정)

이 영 인

(서울시립대, 교수)

## 목 차

- |                       |                 |
|-----------------------|-----------------|
| I. 서론                 | IV. 안전성 평가 예제   |
| II. 기존 도로 안전성 평가방법    | V. 결론 및 향후 연구과제 |
| III. 새로운 안전성 평가방법의 제시 | 참고문헌            |

## I. 서론

우리나라는 2000년 하반기 1,200만대의 자동차와 88,775km의 도로를 보유하고 있다. 그러나 도로상에서 발생하는 교통사고도 도로연장 및 자동차 보유대수에 비례하여 증가하고 있어 1979년도에 113,927건이던 것이 1999년도에는 275,938건으로 2.4배가 늘어났고 교통사고로 인한 사상자는 연간 111,951명에서 412,320명으로 3.7배가 늘어났다. 교통량의 폭발적인 증가를 고려하면 교통사고율은 상당히 감소했다고 할 수 있으나 여전히 교통사고 사망률은 선진국에 비해 4~9배나 높은 현실이다. 그러나 우리나라는 도로설계에 대한 최소설계기준을 정해놓고 그 기준을 만족시키기만 하면 교통안전성이 확보되었다고 보는 현재의 설계검토과정은 사실상 도로를 주행하는 운전자들의 행태를 반영하기에는 매우 소극적인 접근 방법이라 할 수 있다. 이에 우리나라는 도로의 사고발생가능성을 적극적으로 낮출 수 있는 사전예방대책으로의 전환이 필요하다. 이에 착안한 본 연구는 운전자들의 행태를 반영할 수 있는 미시적 시뮬레이션을 통하여 개별차량의 주행행태를 분석하여 도로의 위험성을 공학적으로 추정할 수 있는 안전성 평가방법을 제시하는데 그 목적을 두고 있다.

## II. 기존 도로 안전성 평가방법

### 1. 속도특성에 의한 방법

Leisch(1977)에 의하여 시작된 이 방법은  $\Delta V = 10mph$  기준을 마련하였다. 그러나 속도전이 구간 및 곡선사이에 짧은 직선이 있을 경우에 적용하기 어렵고, 운전자의 주행속도 특성을 반영하지 못한 한계를 가지고 있다.

### 2. 기하구조에 의한 방법

기하구조에 의한 안전성 평가는 곡선반경을 이용한다. 곡선반경은 곡도(DC, Degree of Curve)변화, 곡률 변화율(CCR, Curvature Change Rate)을 사용한다. CCR방법은 운전자의 주행특성 반영, 도로폭과 곡선장 고려할 수 있다는 점, 연속적인 도로의 속도를 평가하는데 유리하지만 특정 지점속도 특성을 고려하지 못하는 단점도 있다.

### 3. 운전자 부담감에 의한 방법

운전자의 기대에 부합하지 못한 도로는 운전자에게 부담량을 증가시키고 이는 사고와 사고의 위험의 잠재성과 관련이 있다는 데서 기초한 방법이다. 그러나 운전자 부담을 객관적으로 계량화하기가 어렵고 설계요소에 반영시키기 어려운 단점이 있다.

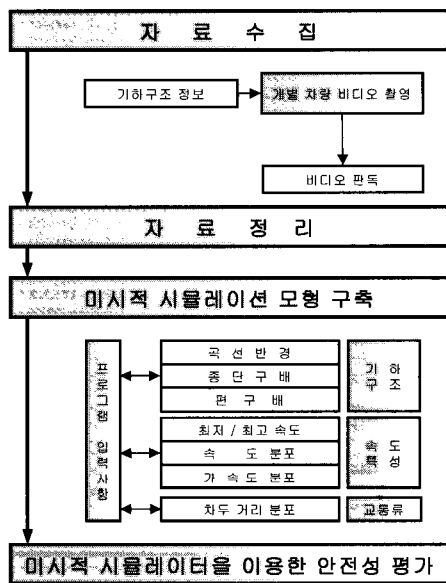
### 4. 사고 자료에 의한 방법

사고 자료에 의한 안전성 평가방법은 사고예측 모델을 이용한다. 사고예측모델은 주로 교통량과 기하구조요소를 통해 신뢰성 확보를 위하여 오랜 기간 동안의 사고 자료가 누적되어야 하는 단점이 있다.

### III. 새로운 안전성 평가방법의 제시

#### 1. 새로운 안전성 평가 절차

미시적 시뮬레이션을 이용하기 위해선 현장자료 및 기하구조를 나타내는 설계자료 수집과정이 필요하다. 수집된 자료의 가공을 토대로 속도, 가속도, 차두시간 분포의 특성, 미시적 시뮬레이션을 구성하는 각 모형들의 Parameter를 보정, 정리된 자료를 바탕으로 시뮬레이션 진행에 따른 개별차량 단위의 위험도를 나타낼 수 있다. <그림 1>은 안전성 평가과정의 절차를 나타낸 것이다.



<그림 1> 안전성 평가 절차

#### 2. 안전성 평가 지표

##### 1) 추돌 사고 위험성 평가

선행 차량이 급 정지할 경우 선행 차량과 충돌하지 않기 위해선 최소안전정지시거리이상의 거리를 유지하여야 한다. 최소안전정지시거리보다 작은 차간거리를 가질 때 그 차량은 추돌 사고를 유발할 수 있는 잠재성을 보유하므로 판정할 수 있다. 이에 추돌 사고에 대한 안전성 모형은 최소안전정지시거리와 선행 차량과 후행 차량의 간격에 대한 관계식으로 정립할 수 있다.

$$d = 0.278u_{n+1} * B_t + \frac{u_{n+1}^2}{254(F \pm G)} \quad (\text{식 1})$$

여기에서,  $a$  : 최소안전정지시거리 (m)  
 $u_{n+1}$  : 후행 차량의 속도 (km/h)  
 $F$  : 마찰력  
 $G$  : 구배  
 $B_t$  : 반응시간(2.5sec)

$$y = x_n - x_{n+1} - L_n + \frac{u_{n+1}^2}{254(F \pm G)} \quad (\text{식 2})$$

여기에서,  $y$  : 차간거리 (m)  
 $x_n$  : 선행차량의 위치 (m)  
 $x_{n+1}$  : 후행차량의 위치 (m)  
 $L_n$  : 선행 차량의 길이 (m)

식 1, 2)의 관계에서,  $d > y$  이면 후행 차량은 추돌 사고의 위험에 노출된 상태임.

##### 2) 차로이탈 사고의 위험성평가

차량이 추종상황 혹은 자유속도상황이라면 주행속도와 곡선반경, 횡 방향 마찰력 그리고 편구배와의 관계에 의해 차로 이탈 사고 위험을 판정할 수 있다.

$$V = \sqrt{127(e + f)R}$$

여기서,  $V$  : 주행속도(km/h)  
 $R$  : 곡선반경(m)  
 $e$  : 편구배  
 $f$  : 마찰계수

만약,  $V > \sqrt{127(e + f)R}$  이면 차로 이탈 사고의 위험에 노출된 상태임.

##### 3) 가속도를 이용한 사고 위험성 평가

평면선형 조건에 따른 속도추정모형으로부터 운전자가 편안하게 감속을 하기 위해 요구되는 길이와 회망속도로부터 곡선 부에 감속할 때의 길이에 따라서 가속도를 계산, 모든 선형조건에 대하여 가속도의 안전성 등급은 <표 1>과 같다.

<표 1> 가속도와 위험도의 관계 (참고문헌 1)

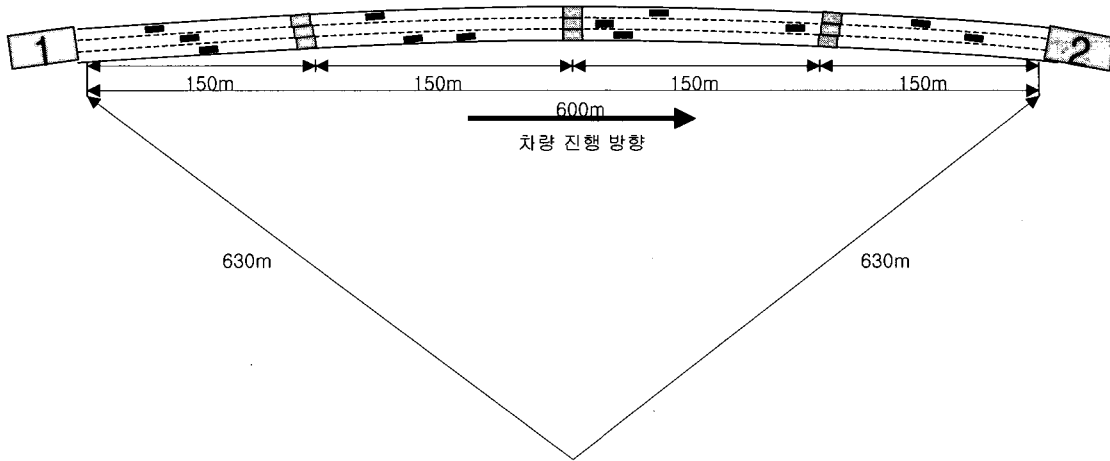
감속도	단위 : m / s <sup>2</sup>	가속도
1.00 ~ 1.48	양호	0.54 ~ 0.89
1.48 ~ 2.00	보통	0.89 ~ 1.25
> 2.00	열악	> 1.25

만약, 감속도 > 2m/sec<sup>2</sup> 혹은 가속도 > 1.25m/sec<sup>2</sup> 이면 급/감가속도 위험에 노출된 상태임.

### IV. 안전성 평가 예제

#### 1. 네트워크 기하구조

<그림 1>은 실험 네트워크의 기하구조를 나타낸 것이다. 1번 노드는 교통량을 음 지수 분포의 형태로 차량을 생성하며 개별적인 차량특성을 형성하며 2번 노드는 차량을 소멸시키며 최종적인 안전도를 계산한다.



〈그림 1〉 네트워크 기하구조

〈표 2〉은 네트워크 환경을 나타낸 것이다.

〈표 2〉 실험 네트워크 구성

차로 수	차로 길이 (m)	곡선반경 (m)	편경사 (%)	설계속도 (km/h)	구배 (%)
3	600	630	8%	120	0
검지기	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 각 차로에 3개의 검지기</li> <li>• 정지선으로부터 150m, 300, 450m 지점</li> <li>• 개별차량의 위치, 속도, 가속도, 차두시간</li> </ul>				

\* 본 실험 네트워크는 “도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 해설 및 지침(2000.3)”에 의거 구성

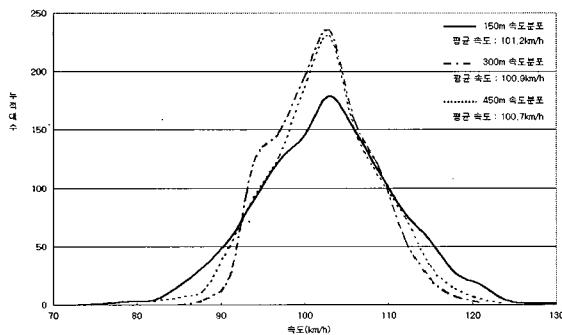
〈표 3〉은 시간대별 링크 유입 교통류 율 및 자유속도 분포를 나타낸 것이다.

〈표 3〉 유입 교통류율 및 자유속도분포

시 간	교통량	자유속도 분포
0:00 ~ 0:30	2200대/h	N(101.8, 10.3)

## 2. 지점별 속도분포

〈그림 2〉와 〈표 4〉는 실험에서 개별차량들의 각 지점별 속도특성을 나타낸 것이다. 각 지점별 표준편차는 150m, 300m, 450m 각각 8, 6.5, 5.6로 분석되었다.



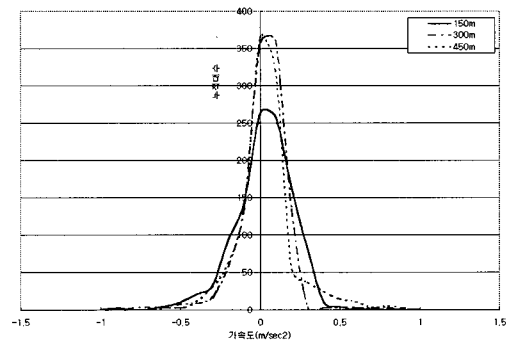
〈그림 2〉 지점별 속도분포

〈표 4〉 지점별 속도특성

	150m(km/h)	300m(km/h)	450m(km/h)
평 균	101.2	100.9	100.7
표준편차	8.0	6.5	5.6
최 대 값	127.9	122.5	119.2
최 소 값	73.0	81	85.2

## 3. 지점별 가속도분포

〈그림 3〉과 〈표 5〉는 실험에서 개별차량들의 각 지점별 가속도 특성을 나타낸 것이다. 각 지점별 표준편차는 150m, 300m, 450m 각각 0.18, 0.14, 0.18로 분석되었다.



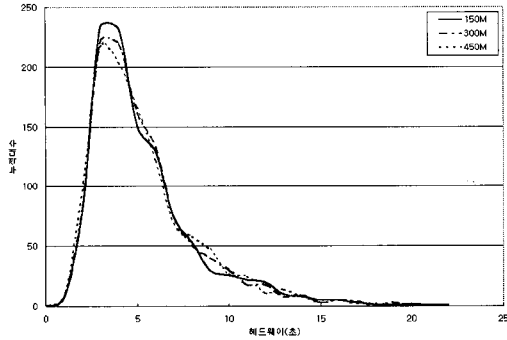
〈그림 3〉 지점별 가속도 분포

〈표 5〉 지점별 가속도 특성

	150m(m/sec <sup>2</sup> )	300m(m/sec <sup>2</sup> )	450m(m/sec <sup>2</sup> )
평 균	-0.02	-0.015	-0.015
표준편차	0.18	0.14	0.18
최 대 값	0.68	1.74	0.88
최 소 값	-0.96	-0.63	-0.88

#### 4. 지점별 헤드웨이 분포

〈그림 4〉와 〈표 6〉은 실험에서 개별차량들의 각 지점별 헤드웨이 특성을 나타낸 것이다. 각 지점별 헤드웨이 평균은 150m, 300m, 450m 각각 약 4.9초로 분석되었다



〈그림 4〉지점별 헤드웨이 분포

〈표 6〉 지점별 헤드웨이 특성

	150m(초)	300m(초)	450m(초)
평균	4.9	4.9	4.9
최대값	21.6	21.2	21.8
최소값	0.8	0.4	1

#### V. 결론

본 실험 분석에서는 주행차량 1,085대 중 347대가 추돌사고에 노출된 것으로 분석되었으며 차로 이탈사고와 급 감/가속도 위험에 노출된 차량은 각각 56대, 43대이다.

〈표 7〉 위험도 결과표

평균 주행속도 (km/h)	교통량 (대수)	추돌 사고 위험성 (대수)	가속도 위험성 (대수)	차로이탈 위험성 (대수)
99	1085	347	56	43

본 분석의 1차 적인 목표는 개별차량의 주행 특성을 이용하여 도로 안전성을 평가할 수 있는 Framework

을 제시하는 데 있다. 따라서 본 분석에서 제시한 분석 방법론과 현장조사를 통한 적정한 입력 Database를 구축할 경우에는 현장의 개별차량의 특성을 이용하여 보다 현실적이고 다양한 상황에 따른 실험이 가능할 수 있을 것이다.

#### 참고문헌

1. Kay Fitzpatrick et al., "Evaluation of Design Consistency Methods for two-Lane Rural Highways Executive Summary", FHWA-RD-99-173, FHWA, 2000.
2. 최승석, "미시적 시뮬레이션 모형을 위한 차량추종 모형의 개발", 대한교통학회, 2000
3. Nicholase J. Garber & Ravi Gadiraju, "Factors Affecting Speed Variance and Its Influence on Accidents", TRR 1212, TRB, 1989.
4. Ruediger Lamn, Basil Parianos, & 쏘대역 Mailaender, "Highway Design and Traffic Safety Engineering Handbook", McGraw-Hill, 1999.
5. L.A.Pipes, Hydrodynamic Approaches-part I : An Introduction to Traffic, Oper Res, 9(1), 1961.
6. J.W. McClenahan and H. J. Simkowitz, The Effect of Short Cars on Flow and Speed in Downtown Traffic : A Simulation Model and Some Results. Transport Sci 3(2), 1969.
7. P.Fox and F.G.Lehman, Safety in Car Following-A Computer Simulation, Newark Coleage of Engineering, 1967.
8. W.R. McShane · R.P. Roess · E.S.Prassas, TRAFFIC ENGINEERING Second Edition
9. 최재성, "도로선형에 대한 설계 일관성 평가모형의 개발", 대한교통학회지 제 16권 제 4호, 1998.
10. "도로의 구조·시설기준에 관한 규칙 해설 및 지침", 건설교통부, 2000. 3