

■ 論 文 ■

### 교차로 교통상충기준 개발 및 평가에 관한 연구

Development and Evaluation of Traffic Conflict Criteria at an intersection

**하 태 준**  
(전남대학교 토목공학과 조교수)

**박 제 진**  
(전남대학교 토목공학과 대학원 박사수료)

**박 형 규**  
(주)동아기술공사 교통부

**박 찬 모**  
(금호건설주식회사 도로부 차장)

#### 목 차

- I. 서론
  - 1. 연구배경 및 목적
  - 2. 연구내용 및 방법
- II. 기존 연구문헌 고찰
  - 1. 국내 연구현황
  - 2. 국외 연구현황
- III. 상충 측정기준의 정립
  - 1. 상충의 정의
  - 2. 상충유형의 분류 및 측정기준 제시
- IV. 상충 측정기준의 검증
  - 1. 현장 조사 및 자료 수집
  - 2. 통계적 자료 분석 및 검증
- V. 상충기법을 이용한 위험도 예측
  - 1. 사고-상충 회귀분석
  - 2. EPDO사고-상충 회귀분석
- VI. 결론 및 향후 연구과제  
참고문헌

Key Words : 교통상충, 차두거리, 인지-정지반응시간, 추종이론, 최소정지거리

#### 요 약

현재까지 교차로 위험도 측정 방법은 실제 사고 자료를 이용한 분석을 통해 이루어져 왔다. 하지만 사고기록 자료의 수집에 많은 시간이 소요되고 사고기록자료의 신뢰성과 정확성의 결여로 인하여 사고기록자료를 통해 신속하고 정확한 교차로의 위험도와 안전대책을 결정하기란 매우 어렵다고 할 수 있다.

따라서, 보다 신속하고 정확하게 교차로의 위험도를 예측할 수 있는 기법이 요구되는 바, 그 대안으로 교통상충기법이 제시되고 있다. 하지만 상충측정시 측정기준이 명확하지 않아 조사자의 주관적 판단에 의존하게 되므로 상충자료의 신뢰성에 문제점이 제시되고 있으며, 이에따라 객관적인 상충측정기준 수립에 관한 필요성이 대두되고 있다.

본 논문에서는 교차로에서 발생하는 상충유형을 선행차량과 후행차량의 진행방향별 상충특성을 중심으로 후미추돌, 측면충돌, 직각충돌, 그리고 대향좌회전충돌유형의 4가지로 분류하고, 공학적인 이론을 기반으로 정확하고 객관적인 상충측정기준을 정립하였으며, 정립된 상충기준에 의한 상충조사자료와 사고자료의 상관관계 분석을 통해 본 연구에서 제시한 상충기준의 적합성을 검증하였으며, 사고-상충, EPDO-상충간의 단순선형회귀분석을 실시하여 상충조사를 통하여 교차로의 위험도를 예측할 수 있음을 밝혔다.

교통상충측정시 본 연구에서 제시한 상충측정기준을 적용한다면 보다 신속하고 정확한 교차로 위험도 예측이 가능할 것이며, 이를 통해 교차로 운영개선효과와 위험교차로의 선정 및 관리 등에 효율적으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

향후 본 연구에서 정립된 상충기준의 타지역 타교차로에 확대 적용 및 검증과 더불어, 본 연구에서 제시하는 유형에 포함되지 않는 기타 유형에 대한 상충기준의 개발이 필요할 것이다.

본 연구는 "전남대학교 창업보육센터 첨단도로기술단"의 지원으로 수행되었음.

## 1. 서론

### 1. 연구배경 및 목적

현재까지 교차로 위험도 측정 방법으로는 일반적으로 실제 사고 자료를 이용한 분석을 통해 이루어져 왔다. 그러나, 분석을 위한 사고자료를 수집하는데는 2~3년 간의 시간이 필요하며, 또한 가벼운 접촉사고의 경우 사고 현장에서 당사자간 합의로 해결하는 경우가 많아 실제 사고와 사고기록 자료간의 불일치로 인하여 신뢰할 만한 통계자료를 얻기는 어려운 실정이다. 이렇게 사고기록자료의 신뢰성과 정확성의 결여로 인하여 사고기록자료를 통한 교차로의 위험도와 안전대책을 결정하기란 힘든 일이라고 할 수 있다. 따라서, 보다 신속하고 정확한 사고연구를 위한 대안적인 기법들에 관한 연구가 진행되어 왔으며, 이러한 흐름에 따라 선진국에서는 교통상충에 대한 연구가 1960년대부터 진행되어 왔으나, 국내에서는 최근에야 연구되기 시작하였다.

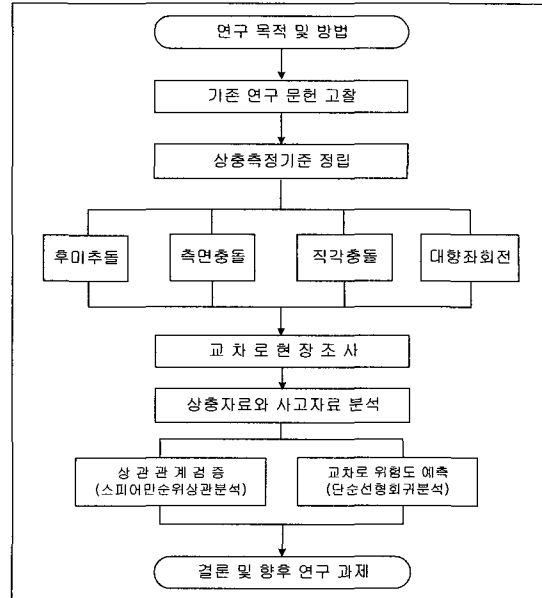
교통상충기법은 사고자료에 의한 분석방법에 비해 신속하고 정확한 분석을 할 수 있다는 장점이 있지만 명확한 상충 측정기준의 부족에 따라 관찰자의 주관적인 상충 판단으로 인해 실제 유용성에 대하여 많은 논란이 제기되고 있는 실정이다.

본 연구의 목적은 공학적인 이론을 기반으로 정확하고 객관적인 상충 측정기준을 정립하여 상충연구를 수행하고, 실제 사고자료와의 상관관계를 분석함으로써 교차로 위험도 측정의 대안기법으로서의 적합성을 평가하는데 있다.

### 2. 연구내용 및 방법

본 연구에서는 기존 문헌 고찰을 통해 교차로에서 발생하는 상충 유형을 선행차량과 후행차량의 진행방향별 상충특성을 중심으로 4가지 유형으로 분류하고, 공학적 이론을 기반으로 각 유형별 상충측정기준을 정립하였다. 정립된 상충기준에 의한 상충조사자료와 사고자료의 상관관계 분석을 통해 본 연구에서 제시한 상충기준의 적합성을 검증하였으며, 사고-상충, EPDO-상충간의 단순선형회귀분석을 실시하여 상충조사를 통한 교차로의 위험도 예측방법을 제시하였다.

본 연구의 진행과정은 <그림 1>과 같다.



<그림 1> 연구 진행과정

## II. 기존 연구문헌 고찰

### 1. 국내 연구현황

#### 1) 하태준·김진현의 연구<sup>1)</sup>

하태준 등은 상충유형에 따라 교통상충기법을 검증하였는데, 교통상충기법을 사용하면 신호교차로에서 사고위험정도를 효과적으로 예측하고 평가할 수 있기 때문에 교통사고 잦은 지점의 선정이나 교통사고 감소대책을 위한 도로개선 우선순위를 정할 때, 객관적이며 효과적으로 계산할 수 있다는 결론을 내렸다.

#### 2) 도철웅·하태준·김현상의 연구<sup>2)</sup>

도철웅 등은 "신호교차로 교통상충 측정방법의 개발과 평가"에서 서울특별시 일부교차로에 대한 과거 사고자료와 일부시간대에 대한 상충조사를 실시하여 사고위험순위를 결정하였다. 또한 신호교차로의 위험수준이나 안전도를 평가하는데 이용되던 사고자료에 의한 시간적인 문제와 정확도에 대한 문제를 보완하기 위한 대안기법으로서 보다 신속하고 사고연구의 정확도에 접근하는 교통상충기법의 기준을 정립하고, 적용능력을 평가하였다.

3) 김승규 · 박해찬의 연구<sup>3)</sup>

김승규 등은 연구대상교차로의 과거 3년간 사고기록자료와 현장조사를 통해 얻어진 상충자료를 사고기록자료와 동질성 확보를 위하여 3가지 유형으로 분류하여 스피어만 순위상관분석을 실시하였다. 그리고, 상충기법 적용을 통해 교차로의 위험정도를 판단할 수 있다는 결론을 내렸다.

4) 이수범 · 강인숙의 연구<sup>4)</sup>

이수범 등은 “상충기법을 이용한 교차로 안전진단에 관한 연구”에서 국내·외 연구사례를 중심으로 교통상충기법(TCT)을 소개하였고, 가장 진보된 방법인 스웨덴의 상충분석기법을 기반으로 국내에 적용할 수 있도록 모형을 개발하고 심각한 정도에 따라 4개 Zone으로 분류하여 위험순위를 평가할 수 있는 방법을 제시하였으며, 실제로 3개의 교차로 분석에 적용하였다. 사고자료의 심각도까지는 고려하지 못하였으나, TA(Time to Accident)값을 구하고 4개의 Zone 분류를 통해 위험순위를 분석하여 교차로의 안전도 평가에 이용할 수 있음을 보여주었다.

2. 국외 연구현황

1) 미국의 연구 사례

미국에서는 1970년대부터 교통상충기법에 관한 연구가 되어 왔으며, NCHRP, FHWA 및 각 주별 연구 사례는 다음과 같다.

(1) NCHRP<sup>7)</sup>

NCHRP Report 219 “Application of Traffic Conflict Analysis at Intersections”에서는 교차로에서 상충기법을 이용하면, 보다 효율적으로 교차로 안전도 평가를 수행할 수 있음을 보여주었다.

(2) FHWA<sup>4)</sup>

FHWA는 GMR(General Motors Research Laboratories)에 의해 개발된 TCT를 886개 교차로의 접근로에 적용하였는데, 상충건수와 사고건수와의 상관계수를 산출하기 위해 회귀모형이 이용되었다. GMR의 기법은 상충과 사고의 관계성에 대해서 다루고 있으며, 또한 상충의 유형을 분류하였으나, 분석 대상지의

유형 혹은 사고의 잠재적인 요소는 고려하지 않았다.

(3) Ohio Department of Transportation<sup>4)</sup>

Ohio주에서는 FHWA의 예측모형이 주로 도시지역 자료를 중심으로 만들어진 모형이기 때문에 Ohio주와 같은 지방도시에는 적합하지 않다는 결론을 내리고 보다 적합한 TCT를 개발하여 다중회귀모형을 시험적으로 적용하였지만 그 결과는 만족할 만한 수준이 아닌 것으로 판명되었다.

(4) Washington Department of Highways<sup>4)</sup>

Washington에서 진행한 TCT의 주요 연구내용은 상충과 사고와의 관계 정립, 사고자료의 신뢰성 결정, 상충의 여러 유형간의 관계성 및 총 상충에 대한 기여도 산출, 상충건수의 양에 따른 교차로 개선 우선순위 결정 등이다. 그리고, 상충조사기법을 이용하여 잠재적 사고를 예측하기 위해서는 분석 대상지 내의 변수들을 고려하지 않고서는 무리가 있다는 결론을 내렸다.

2) 영국의 연구사례<sup>8)</sup>

영국 TRRL(Transport and Road Research Laboratory)은 GMR에서 제시한 TCT를 적용하여 교차로 분석을 실시하여 교통사고분석 보다 상충분석이 교차로 개선방법 도출에 보다 적합하다는 결론을 내렸다. 상충을 심각도에 따라 분류하였으며, 상충은 상충지점의 도로요소와 조사시간 및 교통량 등의 요소들과 상관성을 가진다고 하였다.

3) Canada Ministry of Transport의 연구사례<sup>9)</sup>

TCT에 대한 정의와 관측기술을 조사하기 위하여 3개의 교차로에서 시험조사가 이루어 졌으며, 이후 캐나다의 4개 도시에 적용하였고, 상충과 사고, 사고와 시간교통량, 사고와 총 교통량, 상충과 시간교통량, 사고와 단위시간의 상충, 사고와 모든 다양한 변수들, 상충과 다양한 변수들을 비교하였다.

4) Sweden의 연구사례<sup>9)</sup>

Christer Hyden의 연구사례와 방법론은 가장 최근에 개발된 방법 중 하나로 기존의 연구방법보다 진보된 방법이다. TA(Time to Accident)와 속도로

상충의 정도를 사고 심각도로 해석함으로써 기존의 교통사고 분석이 가지고 있던 한계점을 극복하였다.

### III. 상충 측정기준의 정립

#### 1. 상충의 정의

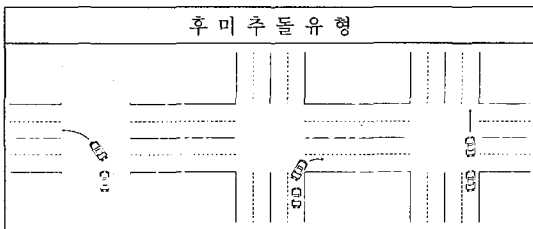
교통상충은 어떤 운전자가 다른 차량과의 충돌을 피하기 위해 제동이나 엇갈림에 의한 회피행동을 할 때 발생된다. 교통상충의 일반적인 정의는 “둘 또는 그 이상의 도로 이용자들이 현 상태를 유지할 때 충돌의 위험을 갖는 공간과 시간의 범위로 서로 접근하는 관찰 가능한 상황”으로 1977년 Norway의 Oslo에서 열린 국제학술대회에서 제시되었다.<sup>7)</sup>

#### 2. 상충유형의 분류 및 측정기준 제시

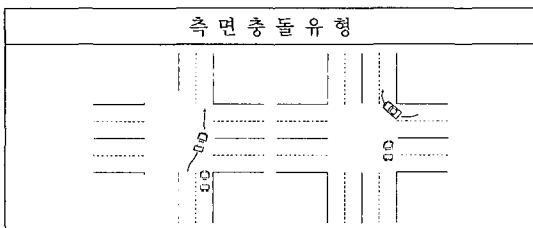
본 연구에서는 공학적인 이론을 기반으로 정확하고 객관적인 상충측정기준을 정립하기 위하여 교차로에서 일어나는 상충유형을 단순히 선행차량과 후행차량의 접근로에 따른 분류가 아닌 차량의 진행방향과 상충형태에 따라 후미추돌, 측면충돌, 직각충돌, 그리고 대향좌회전충돌 유형의 4가지로 분류하였다.

각각의 상충유형에 해당되는 세부상충형태를 살펴보면 다음과 같다.

〈표 1〉 후미추돌유형 세부상충형태

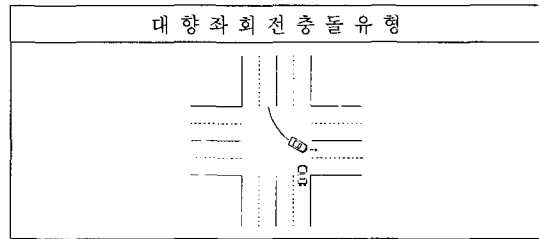


〈표 2〉 측면충돌유형 세부상충형태

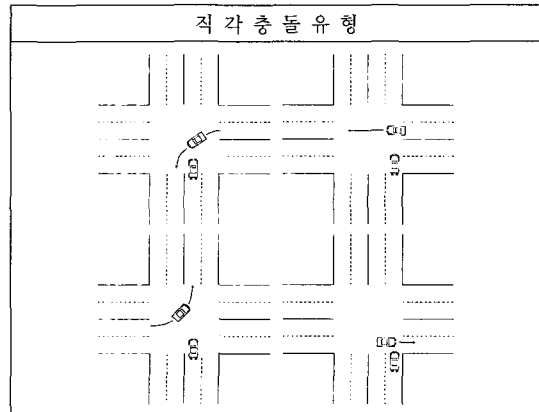


이렇게 분류된 4가지 유형에 대한 사고 건수는 전체 교통사고의 75.4%를 차지하고 있으며 이중 후미추돌유형이 40.4%로 가장 많은 비율을 차지하고 있으며, 다음으로 직각충돌유형이 17.0%를 차지하고 있다.

〈표 3〉 대향좌회전충돌유형 세부상충형태



〈표 4〉 직각충돌유형 세부상충형태



〈표 5〉 상충유형에 따른 세부상충유형분류

구분	사고건수 (구성율)	세부상충형태			
후미상충	856 (40.4%)	↖ ↑	↗ ↑	↑	
측면상충	278 (13.1%)	↗ ↑	↖ ↑		
직각상충	361 (17.0%)	↖ ↑	← ↑	↗ ↑	→ ↑
대향좌회전	102 (4.8%)	↖ ↑			
소계	1,597 (75.4%)				
전체사고	2,119 (100.0%)				

주) 사고건수 및 구성율은 본 연구대상교차로 30개소에 대한 '96~'98 3년간 자료(전체:2,119건) 기준임.

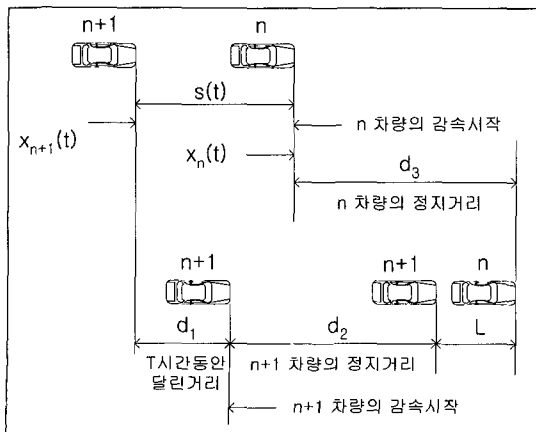
1) 후미추돌유형 상충

후미추돌사고는 동일방향으로 짝을 이루어 진행되는 선행차량과 추종차량간에 발생하며, 선행차량의 갑작스런 방향전환이나 서행 또는 급정거 등의 운행행태 변화에 대한 추종차량의 안전거리와 인지반응시간 등의 불충분 조건에 의해서 일어나게 된다.

본 논문에서는 이러한 후미추돌유형 상충 측정기준 정립을 위하여 Car-Following 모형<sup>10)</sup>을 이용하였다.

$$\begin{aligned}
 S(t) &= X_n(t) - X_{n+1}(t) = d_1 + d_2 + L - d_3 \\
 &= T \cdot U_{n+1}(t) + \frac{[U_{n+1}(t+T)]^2}{2a_{n+1}(t+T)} \\
 &\quad + L - \frac{[U_n(t)]^2}{2a_n(t)} \quad (1)
 \end{aligned}$$

- $X_n(t)$  : t시점에서 n 차량 위치
- $S(t)$  : t시점에서의 차두거리
- $T$  : 운전자 인지-반응시간
- $d_1$  : 반응시간(T)동안 (n+1)차량의 주행거리  
:  $T \cdot U_{n+1}(t)$
- $d_2$  : (n+1)차량의 감속하는 동안 주행거리  
 $\frac{[U_{n+1}(t+T)]^2}{2a_{n+1}(t+T)}$
- $d_3$  : n 차량의 감속하는 동안 주행거리  
 $\frac{[U_n(t)]^2}{2a_n(t)}$
- $L$  : 정지 후 앞 차량과 뒷 차량의 차두거리
- $U_i(t)$  : t시점에서의 차량속도
- $a_i(t)$  : t시점에서의 i 차량 감속도



〈그림 2〉 정지상황에서 선행차량과 추종차량의 위치

(1) 운전자반응시간 및 정지시 차두거리 산정

본 연구에서는 운전자의 인지-정지반응시간 산정을 위하여 도로교통안전관리공단의 협조를 얻어 국내 운전자 110명에 대한 인지-정지반응시간을 확보하였다. 그러나 이는 예측상황에서의 인지-정지반응시간이므로 이를 돌발상황에서의 인지-정지반응시간으로 환산하기 위하여 Johansson과 Rummur<sup>11)</sup>가 제안한 correction factor를 통한 환산방법을 이용하였다.

$$\text{Correction factor} = \frac{\text{unexpected PRBT}}{\text{anticipated PRBT}} \quad (2)$$

correction factor는 기존 여러 연구<sup>11)</sup>에서 얻어진 예측상황과 돌발상황에서의 인지-정지반응시간을 통해 1.74초로 산정하였다.

〈표 6〉의 correction factor와 표본평균 예측 인지-반응시간인 0.73초를 통해 돌발상황시 인지-정지반응시간을 1.27초로 산정하였다.

정지 후 차량간 차두거리(L)는 정지시 평균차간간격 2m에 소형차의 차량제원을 고려하여 6.7m로 산정하였다.

〈표 6〉 본 연구적용 correction factor 산정

구 분	인지-정지반응시간		correction factor
	돌발상황	예측상황	
Gazis, Sivak, Olson 등의 연구	1.27초	0.73초	1.74

〈표 7〉 본 연구의 운전자 인지-정지반응시간 산정

구 분	표본수	인지-정지 반응시간 (예측상황)	correction factor	인지-정지 반응시간 (돌발상황)
본연구 적용치	110명	0.73초	1.74	1.27초

자료 : 도로교통안전관리공단 전남지부

(2) 후미추돌유형상충 기준

후미추돌유형상충의 측정기준은 선행차량과 추종차량의 정지거리가 같은 경우, 즉 식(1)에서  $d_2 = d_3$ 로 정의할 수 있다. 왜냐하면, 이 안전거리보다 짧게 유지해서 주행할 경우, 선행차량의 제동에 반응하는 추종차량은 선행차량보다 더 큰 감속도를 필요로 하기 때문이다. 따라서, 후미추돌유형상충의 측정기준은 식(3)과 같이 나타낼 수 있다.

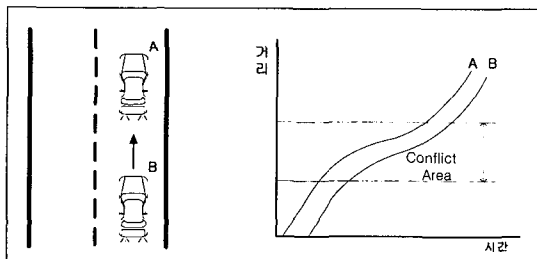
$$hd_{min} = X_n(t) - X_{n+1}(t) = T \cdot u_{n+1}(t) + L \quad (3)$$

- $hd_{min}$  : 최소차두거리
- $T$  : 운전자 인지-반응시간(1.27초 적용)
- $L$  : 정지 후 앞 차량과 뒷 차량의 차두거리 (6.7m 적용)

즉, 후미추돌유형 상충은 식(3)에 의해 산출되어진 최소차두거리보다 짧은 거리에서 선행차량의 자극에 대하여 추종차량이 회피행동을 보일 때 이를 상충으로 간주하였다.

<표 8> 주행속도에 따른 최소차두거리

주행속도 (km/h)	최소차두거리 (m)	주행속도 (km/h)	최소차두거리 (m)
10	10.23	50	24.34
15	11.99	55	26.10
20	13.76	60	27.87
25	15.52	65	29.63
30	17.28	70	31.39
35	19.05	75	33.16
40	20.81	80	34.92
45	22.58	90	38.45



<그림 3> 후미추돌유형의 차량위치와 시공도

2) 측면충돌유형 상충

측면충돌유형은 후행차량의 주행속도에 따른 최소정지거리 내에 차선변경 차량이 진입할 때 후행차량의 회피반응을 상충으로 간주하였다.

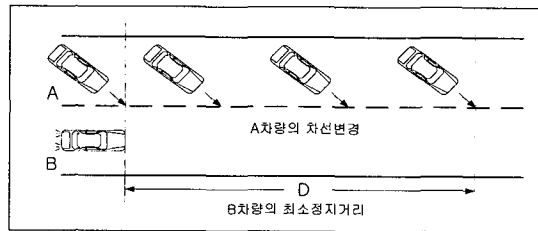
<그림 4>에서와 같이 A차량이 B차량의 최소정지거리 내에서 차선을 변경하는 경우 B차량은 A차량을 돌발적인 장애물(Situation Hazard)로 인식하여 제동반응을 하게 되는데 이 경우 측면 추돌유형 상충으

로 간주하였다.

식(4)는 최소정지거리<sup>5)</sup> 산출식이며 이때 운전자의 반응시간은 후미추돌유형의 경우와 마찬가지로 1.27초를 적용하였다. 이에 따른 주행속도별 최소정지거리는 <표 9>와 같다.

$$D = \frac{V \cdot t}{3.6} + \frac{V^2}{254(f+g)} \quad (4)$$

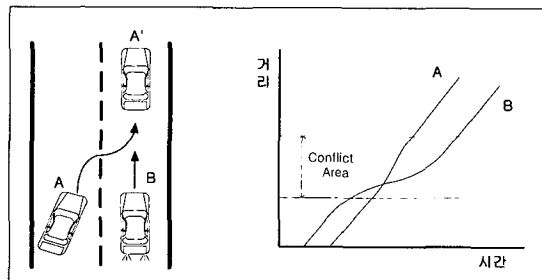
- $D$  : 최소정지거리(m)
- $V$  : 속도(km/h)
- $t$  : 반응시간(1.27초)
- $f$  : 마찰계수(0.5적용)
- $g$  : 종단구배(평지가정)



<그림 4> 측면충돌유형 상충 성립범위

<표 9> 주행속도에 따른 최소정지거리

주행속도 (km/h)	최소정지거리 (m)	주행속도 (km/h)	최소정지거리 (m)
10	4.32	50	37.32
15	7.06	55	43.22
20	10.21	60	49.51
25	13.74	65	56.20
30	17.67	70	63.28
35	21.99	75	70.75
40	26.71	80	78.62
45	31.82	90	95.53



<그림 5> 측면충돌유형의 차량위치와 시공도

3) 직각 충돌유형 상충

직각충돌유형 상충은 통행권(녹색신호)을 가진 차량이 황색신호에 무리하게 교차로를 통과하는 차량으로 인한 운행상의 제약을 겪었을 경우 이를 상충으로 간주하였다.

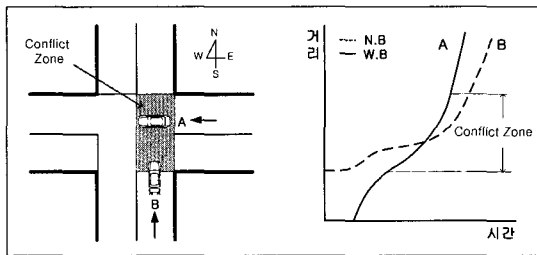
〈표 10〉은 A차량과 B차량의 차량움직임과 위치에 따른 직각충돌유형 상충성립요건을 나타낸 것이다. 상충성립요건은 B차량이 녹색신호를 받고 진행한 후 A차량이 B차량 앞을 통과함에 따라 B차량이 이에 대한 회피반응을 보였을 때 성립된다. 비록 B차량이 녹

색신호를 부여받은 후에 A차량의 일부가 정지선을 넘어 Conflict Zone 內에 위치하더라도 교차로를 통과하지 않으면 이는 상충으로 간주하지 않는다.

4) 대향좌회전충돌유형 상충

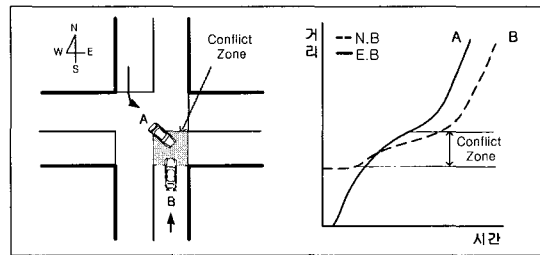
대향좌회전충돌유형 상충도 직각충돌유형과 마찬가지로 통행권(녹색신호)을 가진 차량이 바로 이전 황색신호에 무리하게 진행하는 대향좌회전 차량의 통과로 인한 운행상의 제약을 겪었을 경우 이를 상충으로 간주하였다.

〈표 11〉은 A차량과 B차량의 차량움직임과 위치에



주) W.B(West Bound), N.B(North Bound)

〈그림 6〉 직각충돌유형의 차량위치와 시공도



주) E.B(East Bound), N.B(North Bound)

〈그림 7〉 대향좌회전유형의 차량위치와 시공도

〈표 10〉 직각충돌유형 상충성립요건

신호부여 상황 : B차량 녹색신호				상충 유무
A차량(선행차량)		B차량(후행차량)		
차량움직임	위치	차량 움직임	위치	
교차로를 통과하지 않고 정지	Conflict-Zone 內 또는 外	• A차량 인지하고 서행 또는 A차량의 정지 확인 후 진행	Conflict-Zone 內 또는 外	×
		• A차량 인지하지 못하고 진행한 후 A차량 급제동에 대한 반응 보임	Conflict-Zone 內	×
B차량의 녹색시간에 교차로 통과	Conflict-Zone內	• A차량 인지하고 서행 또는 A차량의 통과 확인 후 진행	Conflict-Zone 內 또는 外	×
		• A차량 인지하지 못하고 진행한 후 A차량 통과에 대한 회피반응 보임	Conflict-Zone 內	상충

〈표 11〉 대향좌회전충돌유형 상충성립요건

신호부여 상황 : B차량 녹색신호				상충 유무
A차량(선행차량)		B차량(후행차량)		
차량움직임	위치	차량 움직임	위치	
교차로를 통과하지 않고 정지	정지선 內 또는 外 (Conflict-Zone外)	• A차량 인지하고 서행 또는 A차량의 정지 확인 후 진행	Conflict-Zone 內 또는 外	×
		• A차량 인지하지 못하고 진행한 후 A차량 급제동에 대한 반응 보임	Conflict-Zone 內	×
B차량의 녹색시간에 교차로 통과	Conflict-Zone 內	• A차량 인지하고 서행 또는 A차량의 통과 확인 후 진행	Conflict-Zone 內 또는 外	×
		• A차량 인지하지 못하고 진행한 후 A차량 통과에 대한 회피반응 보임	Conflict-Zone 內	상충

따른 대향좌회전충돌유형 상충성립요건을 나타낸 것이다. 상충성립요건은 B차량이 녹색신호를 받고 진행한 후 A차량이 B차량 앞을 통과함에 따라 B차량이에 대한 회피반응을 보였을 때 성립된다. 비록 B차량이 녹색신호를 부여받은 후에 A차량의 일부가 정지선을 넘어있더라고 이는 상충으로 간주하지 않는다.

### IV. 상충 측정기준의 검증

#### 1. 현장 조사 및 자료 수집

본 연구에서 제시한 4가지 상충유형측정 방법의 검증을 위하여 광주광역시 교통사고 잦은 지점 중 현재까지 기하구조의 변화가 없는 30개 지점을 조사대상교차로로 선정하였고 교차로명은 <표 12>와 같다.

상충자료 수집을 위하여 비디오 촬영조사를 실시하였으며 교차로를 통행하는 모든 교통흐름을 포착할 수 있는 인근 건물 옥상 등에서 각 접근로 당 30분씩 촬영을 실시하였다. 교차로 촬영범위는 교차로 교통사고 인정 범위인 정지선 기준 30m로 하였으며, 주중 맑은 날씨에 지체·정체가 많은 오전·오후 첨두시간대를 피하고 교통사고 빈도가 높은 시간대를 고려하여 조사하였다. 현장에서 조사된 비디오촬영 자료는 1/30초 단위로 분석이 가능한 비디오정밀판독기를 이용하여 분석하였다.

<표 12> 연구대상 교차로

번호	교차로명	번호	교차로명
1	화정동 삼익사거리	16	신안동 용봉 사거리
2	운암동 송일고 사거리	17	계림동 산장입구 사거리
3	각하동 동부주유소 앞	18	중흥동 시청 사거리
4	두암동 동성주유소 앞	19	문화동 동일실고 앞
5	신안동 전대사거리	20	호남동 태평극장 앞
6	월산동 대성국교 사거리	21	불로동 적십자병원 앞
7	월곡동 월곡 사거리	22	월산동 월산사거리
8	농성동 건강관리협회 앞	23	대인동 중앙초교 사거리
9	풍향동 서방사거리	24	우산동 용일장 앞
10	월산동 남양식물원 앞	25	쌍촌동 제2청사 앞
11	용봉동 북구청 앞	26	화정동 서부소방서 앞
12	풍향동 백림약국 앞	27	우산동 현대 APT 앞
13	두암동 무등도서관 사거리	28	용봉동 조이비인후과 앞
14	월산동 신우아파트 앞	29	신안동 전대정문사거리
15	유동 사거리	30	양산동 코카콜라 앞

### 2. 통계적 자료 분석 및 검증

본 연구에서는 새롭게 정립된 상충기준의 유용성을 검증하기 위해 스피어만(Spearman)의 순위상관분석을 이용하였다.<sup>6)</sup>

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)} \quad (5)$$

$d_i$  :  $x_i - y_i$

$n$  : 자료의 수

$r_s$  : 표본의 순위상관계수

<표 13> 사고건수, EPDO건수, 상충건수에 따른 위험순위

번호	위험순위														
	사고건수('96~'98)					EPDO건수*('96~'98)					상충건수(30분 조사)				
	전체	후미	측면	직각	대향	전체	후미	측면	직각	대향	전체	후미	측면	직각	대향
1	2	2	4	8	5	2	3	2	8	3	1	1	1	8	6
2	3	1	3	25	23	3	1	4	23	21	4	2	5	15	19
3	1	4	1	4	17	5	6	3	9	15	11	4	10	23	19
4	19	17	9	15	10	18	24	5	17	8	2	5	2	1	28
5	4	3	7	11	1	1	2	5	11	2	5	5	9	15	2
6	5	8	2	7	18	4	9	1	7	16	5	8	3	11	19
7	7	6	5	18	10	12	10	7	20	13	16	16	5	25	14
8	6	11	9	6	2	6	11	11	4	1	3	8	3	10	6
9	11	9	14	15	10	9	5	22	12	16	9	3	13	19	19
10	11	5	20	22	5	10	4	22	25	6	9	13	5	11	19
11	13	6	9	22	18	20	13	20	22	27	18	5	23	23	6
12	20	10	9	29	18	21	12	14	29	20	25	25	16	25	14
13	10	12	5	13	23	15	14	7	18	21	25	28	10	19	28
14	8	15	14	4	4	7	8	12	5	8	7	10	29	4	1
15	9	19	18	3	5	8	22	18	1	3	11	16	23	4	2
16	18	18	14	11	5	19	19	10	15	12	20	20	21	11	6
17	17	12	20	13	18	14	7	22	12	27	23	13	26	25	6
18	21	16	9	29	2	22	16	14	29	3	22	22	19	25	4
19	16	14	24	8	23	10	14	14	6	21	16	10	21	15	14
20	14	27	8	2	23	12	28	7	2	21	15	25	10	6	19
21	14	25	14	1	29	15	26	19	3	29	14	13	16	3	30
22	23	19	18	22	10	22	19	20	20	8	24	30	5	18	6
23	25	19	25	21	18	24	18	25	24	16	11	20	13	8	4
24	24	19	26	20	10	25	23	26	19	16	8	16	16	1	19
25	26	27	20	18	10	27	29	17	14	13	20	16	15	19	14
26	22	23	27	10	5	17	17	29	10	6	19	23	23	6	6
27	27	25	27	15	23	28	27	29	15	21	27	12	30	30	19
28	28	24	27	26	29	29	24	27	27	29	27	27	26	11	14
29	30	30	30	27	23	30	30	28	26	21	29	29	19	19	6
30	28	27	20	28	10	25	21	12	28	8	30	23	26	25	19

주) EPDO(Equivalent Property Damage Only) = 사망건수×12+부상건수×3+대물피해건수×1



- 귀무가설  $H_0 : \rho_s = 0$  (상관관계가 없다.)
- 대립가설  $H_1 : \rho_s \neq 0$  (상관관계가 있다.)  
( $n = 30, \alpha = 0.05$ 에서  $r_s$  상한임계치 = 0.305)  
이 때,  $r_s > 0.305$  이면,  $H_0$  를 기각한다.

〈표 13〉은 순위상관분석을 위한 교차로의 과거 3년간 유형별 사고건수와 EPDO건수, 그리고 조사된 상충자료의 발생건수에 따른 위험순위 집계결과이다.

각 상충유형별로 사고-상충, EPDO-상충의 상관관계를 분석한 결과 모든유형에 대하여  $r_s$ 가 상한 임계치인 0.305 이상으로 되어 사고와 상충, 그리고 EPDO사고와 상충간에는 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서 제시한 상충측정기준이 교차로의 위험도 예측을 위한 기법으로서 적합함을 검증하였다.

〈표 14〉 사고-상충간 순위상관관계 분석결과

구분	사고 - 상충				
	n	n <sup>2</sup> -1	$\Sigma d_i^2$	$r_s$	상관관계
전체순위	30	899	1,316	0.7069	유
후미추돌유형	30	899	1,527	0.6599	유
측면충돌유형	30	899	1,753	0.6096	유
직각충돌유형	30	899	2,260	0.4967	유
대향좌회전유형	30	899	2,027	0.5486	유

〈표 15〉 EPDO사고-상충간 순위상관관계 분석결과

구분	EPDO사고 - 상충				
	n	n <sup>2</sup> -1	$\Sigma d_i^2$	$r_s$	상관관계
전체순위	30	899	1,140	0.7461	유
후미추돌유형	30	899	1,864	0.5849	유
측면충돌유형	30	899	1,871	0.5833	유
직각충돌유형	30	899	2,344	0.4780	유
대향좌회전유형	30	899	2,483	0.4470	유

### V. 상충기법을 이용한 위험도 예측

IV장에서는 새로운 상충 측정 기준에 의한 상충조사자료와 사고자료의 상관관계 검증을 통해 새로운 상충 기법이 교차로 위험도 예측을 위한 대안 기법이 될 수 있음을 확인하였다.

본 장에서는 사고-상충, EPDO사고-상충간의 단순 회귀분석을 실시하여 상충을 통한 교차로의 위험도 예측방법을 제시하였다.

### 1. 사고-상충 회귀분석

각 유형별로 도출된 회귀모형식 중 후미추돌유형 모형식의  $R^2$ 가 0.4487로 가장 높게 나타났으며, 다음으로 측면충돌유형 모형식의  $R^2$ 가 0.3498로 높게 나타났다. 반면 직각충돌유형과 대향좌회전 충돌유형의  $R^2$ 는 각각 0.2798과 0.3076으로 상대적으로 낮게 나타났다.

〈표 16〉 유형별 회귀식과  $R^2$ (사고-상충)

유형	회귀식	$R^2$
전체	$y = -11.357 + 0.7757x$	0.4899
후미 추돌	$y = -0.6218 + 0.8378x$	0.4487
측면 충돌	$y = -0.3989 + 0.4084x$	0.3498
직각 충돌	$y = 2.8411 + 0.5651x$	0.2798
대향좌회전	$y = 0.3182 + 0.3612x$	0.3076

### 2. EPDO사고-상충 회귀분석

EPDO와 상충의 단순선형 회귀분석 결과이며, 사고-상충의 분석결과와 유사하게 후미추돌유형과 측면충돌유형의  $R^2$ 는 각각 0.382와 0.4166으로 비교적 높게 도출되었으나, 직각충돌유형과 대향좌회전충돌유형의  $R^2$ 는 0.2934와 0.2214로 상대적으로 낮게 나타났다.

### VI. 결론 및 향후 연구과제

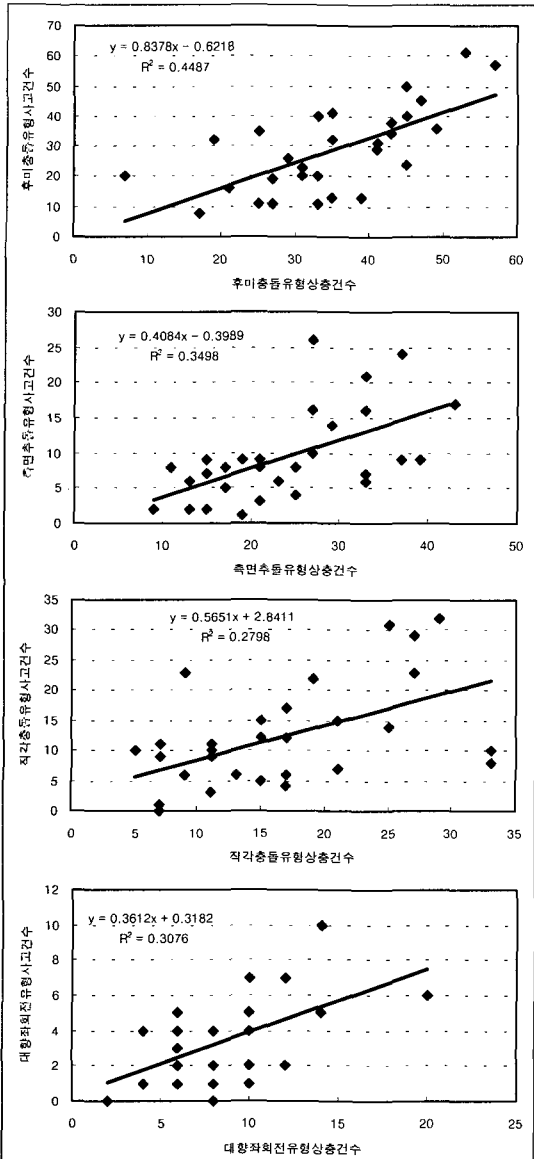
본 논문에서는 공학적 이론을 기반으로 신호교차로 상충조사수행에 있어서 정확하고 객관적인 상충측정 기준을 다음과 같이 정립하였다.

첫째, 후미추돌유형은 추종이론에 의한 안전차두거리 내에서 후행차량이 선행차량의 자극에 대한 회피행동을 보이는 경우 상충으로 간주한다.

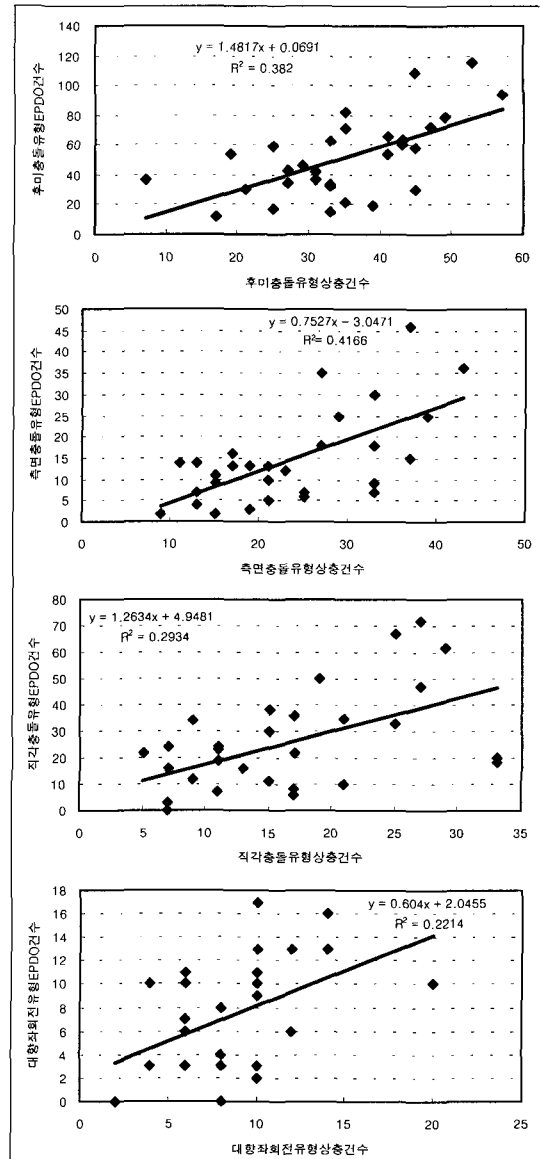
둘째, 측면충돌유형은 후행차량의 최소정지거리 내에 차선변경 차량이 진입할 경우 이에 따른 후행차량의 회피반응을 상충으로 간주한다.

셋째, 직각충돌 및 대향좌회전 충돌유형은 통행권을 가진 차량이 통행권을 갖지 않은 차량의 무리한 진행에 대한 회피반응을 나타낼 때 상충으로 간주한다.

새롭게 정립된 상충기준에 의한 상충자료와 사고자료의 상관관계 분석을 통해 본 연구에서 제시한 상충



〈그림 8〉 유형별 사고-상충 회귀분석



〈그림 9〉 유형별 EPDO사고-상충 회귀분석

〈표 17〉 유형별 회귀식과 R² (EPDO사고-상충)

유형	회귀식	R²
전체	$y = -26.335 + 1.5064x$	0.5465
후미 충돌	$y = 0.0691 + 1.4817x$	0.382
측면 충돌	$y = -3.0471 + 0.7527x$	0.4166
직각 충돌	$y = 4.9481 + 1.2634x$	0.2934
대향좌회전	$y = 2.0455 + 0.604x$	0.2214

기준의 적합성을 검증하였으며, 사고-상충, EPDO-상충간의 단순선형회귀분석을 실시하여 상충조사를

통하여 교차로 위험도를 예측할 수 있음을 밝혔다.

사고-상충, EPDO-상충의 단순선형회귀분석결과, 이들의 관계는 모두 양의상관관계를 가지고 있으나 그 관계성이 그다지 강하게 나타나지는 않았다. 도출된 회귀식의 설명력을 나타내는 R²는 후미충돌유형과 측면충돌유형에서 비교적 높게 나타난 반면, 직각충돌과 대향좌회전충돌유형에서는 상대적으로 낮게 나타났다.

교통상충측정시 본 연구에서 제시한 상충측정기준을 적용한다면 보다 신속하고 정확한 교차로 위험도

예측이 가능할 것이며, 이를 통해 교차로 운영개선효과와 위험교차로의 선정 및 관리 등에 효율적으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구는 자료수집에 따른 시간적·경제적인 이유로 인하여 분석대상 교차로를 「광주광역시 교통사고 잦은 교차로 30개소」로 한정하였으나 향후 본 연구에서 제시하는 상충기준을 타지역 타교차로에 확대 적용하여 검증하는 과정이 필요할 것이다.

또한 교차로에서 발생하는 모든 사고유형에 대한 위험도 예측을 위하여 본 연구에서 제시한 후미추돌, 측면충돌, 직각충돌, 그리고 대향좌회전충돌유형에 포함되지 않은 보행자상충 등 기타유형에 대한 상충기준의 개발에 관한 연구도 추후 수행되어야 할 것이다.

**참고문헌**

1. 하태준·김진현(1998), "신호교차로 교통상충 측정방법의 적용성 평가", 교통안전연구논집, 제17권.
2. 도철용·하태준·김현상(1998), "신호교차로 교통상충 측정방법의 개발과 평가" 대한토목학회 논문집.
3. 강승규·박해찬(1999), "교차로에서의 교통상충과 사고의 상관성 평가" 계명대.

4. 이수범·강인숙(1999), "상충기법을 이용한 교차로 안전진단에 관한 연구", 대한교통학회지, 제17권 제4호.
5. "도로의 구조·시설기준에 관한 규정 해설 및 지침", 건설교통부, 2000.3.
6. 안상형, 이명호 공저, "현대통계학", 학현사.
7. W. D. Glauz and D. J. Migletz, NCHRP Report 219 "Application of Traffic Conflict Analysis at Intersections", Midwest Research Institute.
8. J. C. Glennon, W. D. Glauz, M. C. Sharp and B. A. Thorson. "Critique of the Traffic-Conflict Technique", TRR 630.
9. Christer Hyden(1987), "The Development of a Method for Traffic Safety Evaluation", Lund Institute of Technology.
10. TRB, "Traffic Flow Theory", Special Report 165.
11. DANIEL B. FAMBRO, RODGER J. KOPPA, DALE L.PICHA, AND KAY - FITZP AT RICK, "Driver Perception-Brake Response in Stopping Sight Distance Situations", TRR, 1628.

✉ 주 작 성 자 : 하태준  
 ✉ 논문투고일 : 2002. 1. 18  
 논문심사일 : 2002. 3. 8 (1차)  
 2002. 4. 1 (2차)  
 심사판정일 : 2002. 4. 1  
 ✉ 반론접수기간 : 2002. 8. 30