

# 교차로 신호위반여부의 평가기법에 관한 연구

강성모 · 안병준

동국대학교 안전공학과

## 1. 서 론

교통사고에는 항상 사고발생의 주범인 가해자와 피해를 받은 피해자가 존재한다. 특히 신호위반은 우리나라 교통사고통계에 있어 법규위반에 의한 21가지 분류 중 제2위(10.2%)의 발생건수<sup>1)</sup>로 높은 비중을 차지하고 있다.

그런데 교차로사고에서 신호위반의 판정은 주로 운전자나 목격자의 진술과 같은 인적증거자료에 의존하고 있는데 사고양당사자의 진술내용이 서로 다르고 상당수 거짓 진술이 많아 판정에 큰 어려움이 있는 것이 현실이다. 즉, 가해자와 피해자를 식별하는데 있어 인적진술에 의존한다는 점 때문에 언제나 불복과 분쟁의 소지를 안고 있다.

따라서 본 연구는 직전교차로로부터 사고교차로까지의 주행행태를 분석하여 차량의 이동시간을 산출하고, 교차로간의 시공도에 대비시켜 신호위반여부를 판정할 수 있는 과학적인 단서를 마련할 수 있도록 기존의 이론을 바탕으로 신호위반여부를 평가할 수 있는 방법을 모색하고자 한다.

## 2. 교차로사이의 차량주행시간의 산정

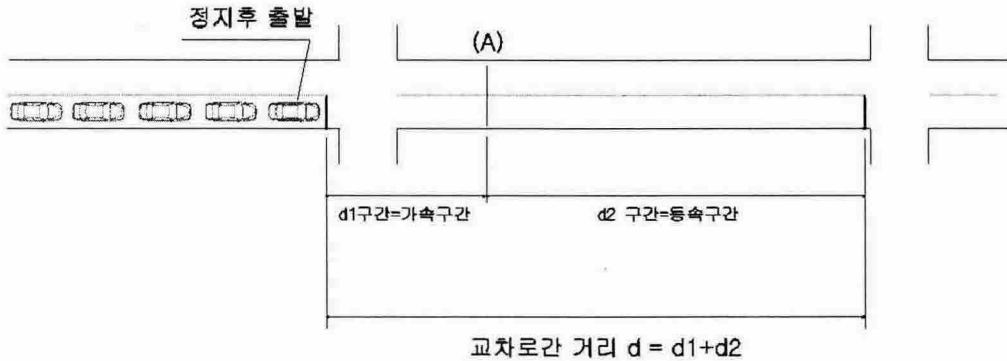
### 2.1 차량의 주행속성

일반적으로 교차로입구에서 신호대기의 정지상태로부터 출발하는 차량은 가속주행을 하다가 일정지점에 이르러서는 정속주행을 한다.

즉, 신호교차로를 통과하는 차량은 여러 곳의 교차로를 신호연동화에 의해 연속통과하는 경우도 있지만 어느 지점의 교차로에서는 적색신호에 걸려 정지한 다음 신호대기하다가 다시 녹색신호를 받고 출발하여 가속주행과 정속주행을 한 후 다음 교차로에서 통과하기도 하고 정지하기도 하는 주행을 반복하는 것이다.

단, 교차로 사이를 주행하는 차량이 지체와 같은 정속주행의 방해요인(도로의 폭, 차로수, 접근로와 같은 도로조건에 관한 자료와 회전교통량을 포함한 교통량, 교통량 변동, 제한속도 등과 같은 교통조건에 대한 자료<sup>2)</sup>)에 관하여는 향후 이 연구를 확장하면서 다루기로 하고 본 연구의 논지는 속도에 관하여 사고자 본인의 진술을 토대로 하는 것이므로 현저한 비정속주행과 같은 특정상황에 대해서는 고려하지 않음을 미리 밝혀 둔다.

앞에서 설명한 바와 같이 교차로사이를 주행하는 차량의 주행속성을 그림으로 나타내면 다음과 같다.



[그림 1] 교차로 간 주행하는 차량의 주행특성

- $d_1$ (가속구간) : 직전교차로에서 신호대기상태로부터 출발가속하여 일정속도에 이르기까지의 주행구간
- $d_2$ (정속구간) : 일정속도의 도달지점부터 등속도로 당해교차로의 진입지점까지의 주행구간

[그림1]과 같이 교차로를 통과하는 차량의 일반적인 주행속성은 가속구간 ( $d_1$ )과 정속구간 ( $d_2$ )으로 구분되는데 따른 각각의 가속시간 및 정속시간이 있고, 또한 직전교차로에서 출발하기에 앞서 선두차인가, 후속차인가와 후속차일 경우 대기지점에서 일시정지선까지의 거리가 관계된 출발손실시간이 있는데, 이와 같은 3가지 소요시간이 신호위반 판정을 위한 산정요소로서 감안되어야 한다. 따라서 녹색신호를 보고 출발하는 차량이 직전교차로 녹색신호의 시작순간부터 당해교차로의 일시정지선을 통과하기까지 주행시간을 산정하는 식은 아래<식1>과 같이 표현될 수 있다.

$$Y = \text{출발손실시간}(t) + \text{가속시간}(t_a) + \text{정속시간}(t_c) \text{ ----- <식1>}$$

여기서,

- 출발손실시간 ( $t$ ) : 녹색신호가 켜지고 차량이 움직이기 시작하는데 소요되는 시간으로 우리나라에서 출발손실시간은 2.3초<sup>3)</sup>를 적용하고 있음.
- 가속시간 ( $t_a$ ) : 차량이 정지상태에서 출발하여 속도를 높여 주행한 후 일정속도에 도달하기까지 걸리는 시간
- 정속시간 ( $t_c$ ) : 차량이 일정속도에 도달한 순간부터 등속도로 다음 교차로의 일시정지선을 통과하기까지 걸리는 시간

## 2.2 차량의 가속시간

앞 <식1>에서 가속시간 ( $t_1$ )의 산출식은 다음과 같다.

- 시간 ( $t_1$ ) =  $\frac{V}{a}$  -----<식2>

- 거리 ( $d_1$ ) =  $\frac{1}{2}at^2$  -----<식3>

- 여기서 · 정속주행속도(V) : 차량이 가속하여 일정속도에 도달한 후에 달린 등속도  
 · 발진가속도(a) : 정지상태로부터 출발한 차량이 속도를 높여 주행한 후  
 일정속도에 이르기까지의 평균가속도

발진가속도는 차량의 대기순번(선두차이나, 후속차이나), 차량의 종류(승용차와 화물차, 버스), 가속페달을 밟은 정도에 따라서도 차이가 있겠으나, 승용차의 발진가속도는 보통 0.15G이고 최대 0.30G라는 것<sup>4)</sup>이 통설이다.

특히 교차로에서의 발진가속도는 일반도로에서 가속하는 경우와 약간 다르다. 신호대기 후 발진가속도를 실험한 일본의 운수성의 실험결과에 따르면 아래 <표1>과 같이 서로 다른 환경속에서 0.18G~0.25G로 측정되었다<sup>5)</sup>.

[표 1] 도시외곽도로의 교차로에서의 발진가속도

교차로 출발조건	거리(S)	도달속도(V)	가속도( $a=V^2/2s$ )
선두차로 발진	20m	32km/h	0.2G
선두차로 발진	40m	42km/h	0.17G
후속차로 발진	20m	26km/h	0.13G
후속차로 발진	40m	34km/h	0.11G

정지 후 출발하는 차량의 발진가속도는 서로 다른 환경에서 가속하기 때문에 사고 상황에 적절한 값을 적용하여야 한다.

가속주행 후 정속주행차량의 주행거리와 주행시간을 산출하기 위한 식은 <식4>, <식5>와 같다.

- 거리 ( $d_2$ ) =  $V \cdot t_2$  -----<식4>

- 시간 ( $t_2$ ) =  $\frac{d_2}{V}$  -----<식5>

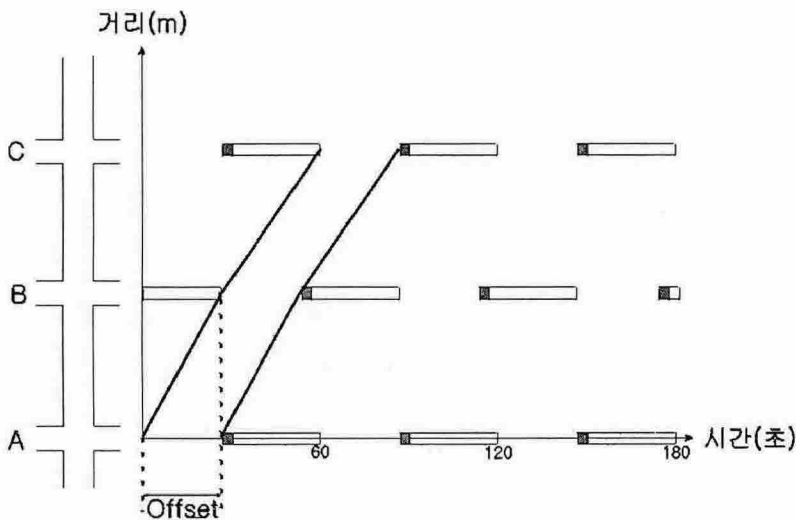
위 <식2>와 <식5>의 계산 과정을 통해 차량이 정지 후 출발하여 사고지점 교차로까지 주행하였을 때의 주행시간을 앞 <식1>을 통하여 산출할 수 있다.

### 3. 시공도를 활용한 신호위반 판정

시공도(time-space diagram)의 작성은 간선도로 또는 도로망의 한 노선에 포함되어 있는 각각의 신호교차로에 대한 신호체계를 그림으로 도시한 것으로 차량의 경로를 추적하고 그 성과를 예측하는데 큰 도움이 된다<sup>2)</sup>.

신호위반여부의 판정에 있어 시공도를 작성하여 활용하면 사고차량이 신호를 위반했는지 하지 않았는지에 대해 정확한 판단근거를 마련할 수 있다.

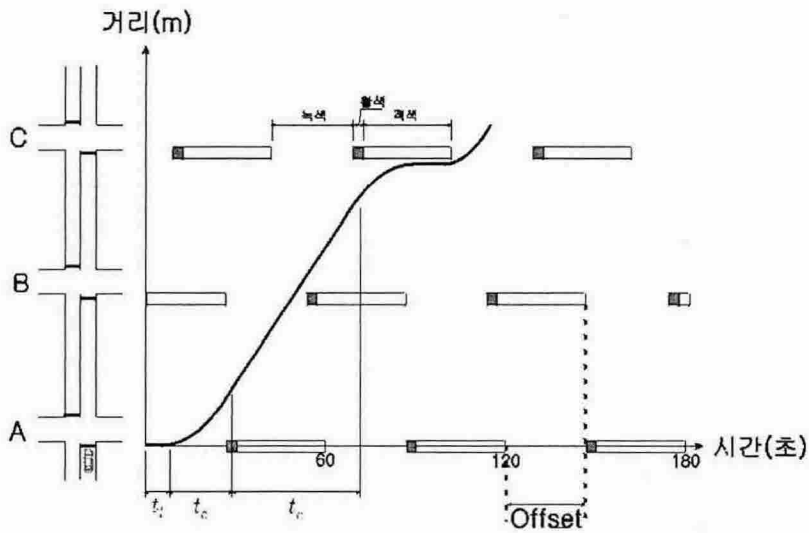
아래 [그림 2]는 일반적으로 작성되는 시공도의 형태와 실제로 교차로에서 적색신호에 정지 후 녹색신호를 받고 출발하는 차량에 대한 주행속성을 나타낸 시공도이다.



[그림 2] 시공도 작성의 예

위 [그림2]와 같은 시공도는 본래 각각의 교차로에 대해 신호주기를 표시하여 신호연동체계에 따라 차량들이 가능하면 신호에 걸리지 않고 통과할 수 있도록 신호체계를 설계하는데 활용되는 것인데 위 시공도를 바탕으로 실제 차량이 어떻게 진행했는지를 시공도에 표시하면 차량의 신호위반여부를 분석할 수 있다.

다음 [그림 3]은 차량이 (A)교차로에서 신호대기 후 출발하여 (B)교차로를 통과하고 (C)교차로에서 적색신호에 정지할 경우를 예를 들어 표시한 것이다.



[그림 3] 실제로 차량이 통과하는 경우 시공도 적용 예

위 [그림3]에서  $t_1$ 은 출발손실시간이고,  $t_c$ 는 일정속도까지 가속한 시간이며,  $t_r$ 는 정속주행차량의 주행시간을 나타낸다. 차량이 녹색신호가 점등켜진 순간 부터 정속주행한 구간까지 소요된 주행시간( $Y_i$ )을 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$Y_i = t_1 + \sqrt{\frac{2d_1}{a}} + \frac{d_2 + l_i}{V} \text{-----<식6>}$$

여기서,  $Y_i$ 는 차량의 순번별 총주행소요시간( $Y_1, Y_2, \dots, Y_i$ )

$t_1$ 은 출발손실시간

$d_1$ 은 가속구간의 거리

$a$ 는 발진가속도

$d_2$ 는 정속구간의 거리

$l_i$ 는 대기차량과 정지선사이의 거리( $l_1, l_2, \dots, l_i$ )

또한 위 그림에서 제시한 예는 (A)교차로를 출발한 차량은 (B)교차로에서는 녹색신호에 통과함을 알 수 있고, (C)교차로에서 적색신호에 정지한 모습을 한 그림으로 쉽게 알 수 있으며, 이러한 방식으로 차량의 신호위반 여부도 판정할 수 있는 데, 이러한 신호위반 여부의 판정은  $Y_i$ 의 값이 대기상태로부터 출발했던 교차로에서 녹색이 켜지고 다음 사고교차로에서 녹색이 켜지기까지의 시간간격인 오프셋(offset)보다 크고, 그 오프셋에 사고교차로의 녹색지속시간을 합한 시간보다 작으면("오프셋 <  $Y_i$  < 오프셋 + 사고교차로의 녹색지속시간") 위 차량은 신호위반을 하지 않은 것으로 판정할 수 있게 되며, 그렇지

않으면 신호위반을 한 것으로 평가할 수 있다.

#### 4. 결 론

교차로 사고에서 신호위반이 사고의 주요원인으로 작용하고 있지만 현재의 조사시스템은 단순히 목격자나 운전자의 진술에 한정하여 조사하는 것이 현실로서 이것은 많은 판정오류가 발생될 가능성이 매우 높아 언제나 불복과 분쟁의 소지를 안고 있다.

따라서 좀 더 객관적인 규명을 위해서는 본 논문에서 언급된 내용과 같이 사고차량이 당해교차로 직전에 어떠한 경로로 주행했는지, 어느 교차로에서 정지 후 얼마의 속도로 주행했는지에 대한 조사결과를 바탕으로 사고차량이 정지 후 출발한 교차로와 사고교차로의 신호주기에 의해 시공도를 작성하여 대비시켜보면 사고교차로의 신호위반 여부를 판정하는데 좀 더 객관적인 판정을 내릴 수 있을 것이다.

본 연구내용과 더불어 향후에는 차량의 지체현상과, 가변주차차량에 따른 통행방해, 공사구간 등에 따른 방해요인을 충분히 고려한 평가방법과 모델의 구축이 필요할 것으로 보이며, 더 나아가 이러한 신호위반여부 평가 시스템을 구축하여 사법기관의 사고원인 조사·분석 및 가·피해자 여부의 판정에 활용할 수 있을 것으로 본다.

#### 참고문헌

- 1) 경찰청, 교통사고통계, 2003, pp.95
- 2) 도철웅, 교통공학원론(상), 청문각, 2001, pp.507
- 3) 대한토목학회, 도로의 구조·시설기준에 관한 규칙 해설 및 지침, 2000, pp.315
- 4) Lynn B. Fricke, Traffic Accident Reconstruction, NUTI, 1990, pp.62-38
- 5) 林 洋, 自動車事故鑑定工學, 技術書院, 1992, pp.92~93