



신호교차로 대향좌회전 상충심각도 구분에 관한 연구

A Study of Opposing Left-Turn Conflict Severity at Signalized Intersections

김 응 철* 박 지 형** 오 주 택*** 노 정 현****
 Kim, Eungcheol Park, Jee Hyung Oh, Jutaek Rho, Jeong Hyun

Abstract

In 2004, the number of traffic crashes and deaths in Korea are 220,755 and 6,563, respectively. Korea Road Traffic Safety Authority reported that the number of traffic accidents occupies over 25% out of total accidents, and found that traffic crash probability is extremely high at intersections since intersections have various traffic conflict points. A Safety study using Traffic Conflict Technique is much more useful than a study using reported traffic accident data. Existing traffic conflict research hardly considered conflict severity occurring at intersections. So, the study developed new criteria considering conflict severity. Analytic methods precisely detecting crashing points using field surveying data, and applied an application of our new criteria. Opposing left-turn conflict criteria was divided by three groups (high severe conflict, middle severe conflict, and less severe conflict) based on conflict boundary by means of a standard vehicle length. After analyzing field surveying data(3hours), we found totally 41 opposing left-turn conflicts. 3 cases are high severe conflict, and another 10 cases are middle severe conflicts, and the other cases are less severe. Studies related in conflict severity are considerably important to evaluate intersection's detailed safety index, and existing studies(purely conflict counting does not consider severity) have a limitation to clearly determine the level of safety of intersections for an application.

Keywords : traffic conflict technique, opposing left-turn conflict, conflict severity, signalized intersection

요 지

도로교통안전관리공단(2005)이 발표한 자료에 의하면 우리나라의 2004년 총 교통사고 건수는 220,755건이며, 사망자는 6,563명으로 조사되었으며, 이중 교차로에서의 사고가 1/4 이상을 차지하고 있는 것으로 보고하고 있다. 교차로 교통사고는 통행 특성상 단일로에 비하여 많은 상충점을 가지고 있어 사고의 잠재성이 높은 것이 사실이다. 교통상충기법은 다양한 측면에서 기존의 교통사고 자료를 활용한 분석방법보다 그 활용도가 높으며, 보다 많은 필요성이 제기되고 있지만, 기존의 교통상충기법은 신호교차로에서 발생하는 다양한 상충유형에 대해 상충발생의 심각도를 고려하지 못하는 단점을 가지고 있었다. 이에 본 연구에서는 신호위반시 발생하는 대향좌회전 상충의 유형에 대하여 상충심각도를 고려한 새로운 상충판단기준을 정립하였으며, 이를 인천광역시 교차로에서 발생하는 대향좌회전 상충이 발생하였던, 각각의 심각도는 '상' 이 3건, '중' 이 10건, 그리고 '하' 가 28건 발생한 것으로 확인되었다. 신호교차로에서 발생하는 상충유형의 심각도 연구가 필요한 근거는 보다 교차로의 안전도를 평가하는데 있어 보다 정밀하게 접근하고자 함이며, 상충의 심각도가 고려되지 못한 기존의 상충발생의 건수만을 이용한 연구로는 상충연구가 가지는 의의가 제한적이기 때문이다. 또한, 본 연구의 결과는 대향좌회전상충유형을 비롯한 신호교차로에서 발생하는 다양한 상충유형의 심각도 판단기준을 정립하는데 중요한 기초자료가 될 것으로 판단된다.

핵심용어 : 교통상충기법, 대향좌회전상충, 상충심각도, 신호교차로

* 정회원 · 인천대학교 토목환경시스템공학과 조교수 · 공학박사

** 한양대학교 도시공학과 박사과정 수료

*** 한국교통연구원 도로교통연구실 책임연구원 · 공학박사

**** 한양대학교 도시대학원 교수 · 공학박사



1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

우리나라의 교통사고 발생상황을 살펴보면, 도로교통안전관리공단(2005)이 발표한 자료에 의하면 2004년 총 교통사고 건수는 220,755건이며, 사망자는 6,563명으로 조사되었으며, 이중 교차로에서의 사고가 1/4 이상을 차지하고 있는 것으로 보고하고 있다. 교차로 교통사고는 통행특성상 단일로에 비하여 많은 상충점을 가지고 있어 사고의 잠재성이 높은 것이 사실이다.

최근의 교차로의 안전성 향상을 위한 연구들을 살펴보면, 대부분의 연구에서 교통사고에 영향을 미치는 독립변수들을 이용하여 대상교차로의 사고예측모형을 개발하고, 이를 통하여 교차로의 안전도를 평가하고 있다(하오근, 2005). 그러나 교통사고자료를 기반으로 한 사고예측모형의 개발은 사고발생후의 처리측면이 보다 강하며, 사고자료를 이용한 연구는 다음과 같은 단점을 가지고 있다. 교통사고 이력자료(historical data)의 취득이 쉽지 않고, 경찰에 보고된 교통사고 건수와 실제 발생한 교통사고 건수와는 불일치하는 경우가 빈번히 발생한다. 이는 단순사고의 경우 신고가 누락되기 때문이다. 또한, 교통사고 자료는 운전자의 인적측면이나 현장상황을 보다 현실적으로 고려하기에 어려운 단점이 있다.

근본적인 교차로에서의 안전도향상을 위해서는 사고발생 이전에 처리할 수 있는 방법의 개발이 필요하다. 이러한 방법으로 교통상충기법이 제시되고 있다. 교통상충기법은 상충수를 측정함으로써 교통안전 변화의 효율성을 결정하기 위한 비교적 빠른 방법이다(원동욱, 2006). 특히 교통상충기법은 적은 시간과 한정된 공간에서 조사를 통해 자료를 취득하고 분석할 수 있다는 장점이 있다.

또한, 교통상충기법은 다양한 측면에서 기존의 교통사고자료를 활용한 분석방법보다 그 활용도가 높으며, 보다 많은 필요성이 제기되고 있다. 본 연구에

서는 신호교차로에서 발생할 수 있는 대향좌회전상충에 대한 기존의 연구를 분석하여 그 한계를 제시하고 대향좌회전상충의 판단기준을 정립하여 심각도를 분석하여 봄으로써, 교차로의 안전도를 평가하는 새로운 방법을 제시하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

연구의 범위로는 2006년 사고발생 건수가 총 48건에 해당하는 인천광역시 구월동 길병원 4거리를 대상으로 하였으며, 이에 대한 기하구조 및 교통환경 변수에 대한 현장조사를 실시하여 연구를 수행하기 위한 기초자료를 취득하고, 비디오카메라를 통하여 영상을 취득하였다.

신호교차로에서 발생하는 다양한 유형의 상충 중에서 현재까지 많이 다루어지지 못했던 대향좌회전의 상충심각도를 구분하고자 한다. 교차로의 안전도를 자동으로 감시하고 평가하는 기술의 개발을 위해서는 신호위반으로 인하여 발생하는 상충이라고 하더라도, 심각한 정도를 평가해야 할 필요성이 있기 때문에, 상충판단기준에 대한 다양한 선행연구를 통하여 시사점을 발견하고, 신호위반상에서 발생하는 상충의 유형의 하나인 대향좌회전 상충의 심각도를 구분할 수 있는 기준을 제시하고자 한다.

2. 교통상충기법에 대한 기존문헌고찰

교통상충기법(Traffic Conflict Technique: TCT)은 교차로에서의 잠재적인 교통사고를 측정하기 위한 방법으로 개발되었으며, 교통상충은 한 운전자가 다른 차량과의 충돌을 피하기 위해 제동이나 엇갈림에 의한 회피행동을 할 때 발생하는데, S. R. Perkins and J. I. Harris(1968)에 의하면 교통상충을 다음과 같이 정의하고 있다.

“교통상충(traffic conflict)이란 둘 또는 그 이상의



.....

도로이용자 사이의 상호작용으로써 도로이용자들이 사고에 임박한 상황을 피하기 위한 회피행동을 발생시키는 사건이다”

즉, 교통상충은 사고를 유발시킬 수 있는 차량간의 상호작용이며, 도로이용자들은 “같은 시점에 같은 지점을 점유하려는 시도”를 함으로써 상충을 포함한 충돌의 과정에 놓이게 된다(이용택 외1인, 2001)고 설명하고 있다. 이에 따르면, 사고는 도로사용자와 도로환경, 차량사이의 상호작용의 실패로 인해 발생 되는 것으로 사고와 같은 방식으로 발생한다. 상충과 사고발생과정의 유사성 때문에 사고는 상충을 연구 함으로써 개선할 수 있음을 의미하고 있다. Christer Hyden(1987)에 의하면, 스웨덴식 교통상충기법은 TA(Time To Accident)와 속도로 상충의 정도를 사고심각도로 해석함으로써 기존의 교통사고분석이 가지고 있던 한계점을 극복하고자 노력하였으나, 주로 마찰계수의 영향에 따라 교통상충의 심각도가 분석 되는 결과를 도출하였다.

최근의 국내 연구현황으로는 이기영(2006)에 의하여 교통상충 및 사고분석에 의한 엇갈림구간의 안전도 평가기준 개발에 관한 연구가 수행되었다. 이기영(2006)은 고속도로 엇갈림구간의 안전성을 평가 하는 기준으로 교통상충기법을 이용하였으며, 이때의 상충판단기준을 후행차두시간 1.2초를 제시하였으며, 스피어만 순위상관계수를 이용하여 통계적으로 유의함을 검증하였다. 또한, 원동욱(2006)은 기존의 사고예측모형 개발시 이용되던 독립변수들의 한계를 지적하고 상충수를 독립변수로 하는 사고예측모형의 개발을 시도하였다.

국내에서는 Christer Hyden(1987)에 의하여 연구된 스웨덴의 교통상충기법(STCT)을 적용가능성을 연구하고자, 이수범 외1인(1999)에 의하여 국내의 3개 교차로를 분석하여 적용하였으며, 조사원 개인의 오차를 최소화하는 방안에 대한 연구(김원철 외 3인, 2002)도 수행되었다.

또한, 교통상충의 연구는 주로 하태준이 주도하였

는데, 교차로 교통상충기준 개발 및 평가에 관한 연구(대한교통학회, 2002), 신호교차로 교통상충 측정 방법의 적용성 평가(교통안전연구논집, 1998), 신호 교차로 교통상충 측정방법의 개발과 평가(대한토목 학회논문집, 1999) 등에 관하여 연구를 수행하였다.

하태준 외 3인(2002)에 의하면 교통상충의 기준 을 제시함에 있어서, 교차로에서 발생할 수 있는 다양한 유형을 후미추돌상충, 측면충돌상충, 직각충돌 상충, 대향좌회전상충의 4가지 유형으로 대분류하여 접근을 하였으며, 후미추돌상충의 판단기준으로는 선행차량과 후행차량간의 Car-following model을 이용하여 최소 후행차두시간을 제시하였다. 측면충 돌 상충의 판단기준으로는 차로변경모형을 이용하여 최소정지거리 개념을 이용하였다. 대향좌회전상충과 직각충돌상충의 유형은 신호교차로에서만 발생할 수 있는 유형으로서 어느 한 차량의 신호위반을 통해서만 발생이 가능한 특징을 가지고 있다. 이러한 두 가지 상충의 유형에 대한 기준으로는 신호를 위반하고 무리하게 진입하는 차량에 대하여 통행권을 부여받고 주행을 하는 후행차량이 회피행동을 보였는지의 여부를 통하여 회피행동의 횟수를 상충기준으로 제시하고 있다.

교통상충기법에 대한 기존의 선행연구를 살펴본 결과, 후미추돌상충과 측면충돌상충의 경우에는 신호 교차로 뿐 아니라 연속류에서도 발생할 수 있는 유형의 상충이기 때문에 비교적 자세하게 연구가 수행된 것을 확인할 수 있다. 그러나 신호교차로에서 발생할 수 있는 다양한 상충의 유형에 대하여는 구체적인 상충판단의 기준을 제시하기 보다는 회피행동을 보이는 건수를 조사하여 상충건수가 사고건수와 얼마나 밀접한 관계를 가지는지를 확인하는 차원에서 주로 접근하였다. 사고자료의 이용에 한계가 있기 때문에 교통상충기법을 적용하여 교차로의 안전도를 평가하는데 있어서, 단순히 상충발생의 건수만을 이용하여 안전도를 평가하는 것도 의미는 있다고 판단되나, 교차로에서 상충발생시에 심각도에 대한 고려는 현재 까지는 연구가 미흡하게 진행되었다고 판단된다.



따라서, 본 연구에서는 신호교차로에서 신호위반으로 인하여 발생하는 교차상충의 한가지 유형인 대향좌회전상충에 대하여 보다 구체적인 상충판단기준을 제시하고 상충의 심각도를 분석할 수 있는 방법을 연구하고자 한다.

3. 대향좌회전상충 판단기준 정립

3.1 관련 현장자료 수집

연구의 대상 교차로는 인천광역시 남동구 구월동에 위치한 길병원 4거리로서 2006년의 경우 총 48건, 2005년의 경우 총 40건의 사고가 발생하여 인천광역시에서는 사고다발순위가 높은 지점에 해당한다. 본 교차로를 대상으로 한 주된 이유로는 비디오 촬영을 실시하기 위하여 주변에 일정규모 이상의 높은 건물이나 촬영을 실시하기 적당한 장소가 필요한데, 연구를 수행하는데 이러한 제약사항이 발생하지 않는 지점중에 사고가 가장 많이 발생한 지점이기 때문이다. 본 연구에서 정립하고자 하는 상충판단기준을 보다 다양한 지점에 적용하는 절차가 필요한 것은 사실이나 현장조사를 통해서 얻을 수 있는 자료의 한계가 존재하기 때문에 본 연구에서는 길병원 사거리의 분석시간을 길게하여 총 3시간 동안 분석하고자 하였다. 현장조사를 통하여 현장동영상 및 교차로의 기하구조를 획득하였으며, 이는 대향좌회전상충의 판단기준을 정립하는데 필수적인 자료이다.

대상교차로인 길병원 4거리의 전경을 Google earth를 이용하여 제시한 것이며, 아래의 그림 1과 같다. 그림 2는 현장조사를 통하여 획득한 기하구조 자료를 도식화한 결과이다.

현장조사결과, 대향좌회전상충이 발생하는 상황은 Southbound Left-turn traffic과 Northbound throw traffic이 만나는 경우와, Westbound Left-turn traffic과 Eastbound throw traffic이 만나는 두가지 경우인 것으로 나타났다. 길병원 4거리의 현

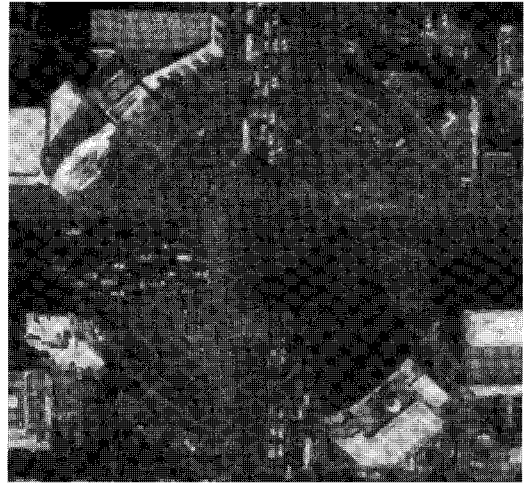


그림 1. 길병원4거리 전경

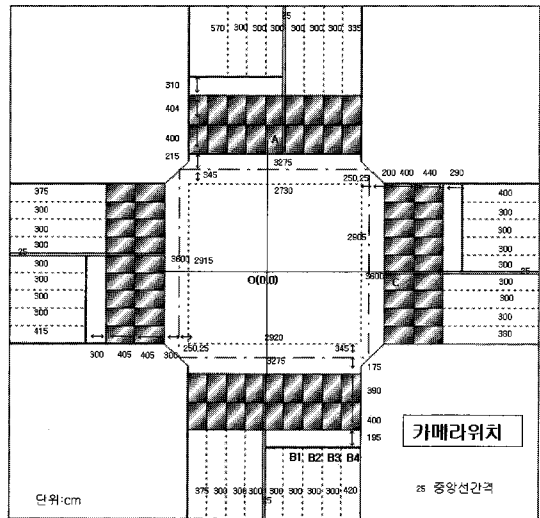


그림 2. 기하구조 조사결과

표 1. 길병원 4거리의 현시운영상황

	ø 1	ø 2	ø 3
현시(phase)			
시간(time)	31(4)	18(4)	35(4)
	ø 4	ø 5	Cycle
	46(4)	40(4)	3분10초



시운영상황을 도식화 하면 표 1과 같다.

대향좌회전상충이 발생할 개연성을 가지는 Southbound Left-turn traffic과, Westbound Left-turn traffic을 현장동영상을 분석하여 확인하였다. 확인결과 Southbound 좌회전 교통량은 총 588대로 분석되었으며 표 2의 자료와 같다.

Westbound 좌회전 교통량은 주도로의 좌회전 교통량으로써 좌회전전용차로와 직진·좌회전공용차로를 운영하여 총 두 개의 좌회전차로가 운영중이다. 총 3시간동안 촬영한 영상을 분석한 결과, 좌회전 1차로를 이용하는 차량은 주로 교차도로의 1차로와 2차로에 진입하는 것을 확인할 수 있었으며, 직진·좌회전 공용차로인 좌회전 2차로를 이용하는 차량은 주로 교차도로의 2차로와 3차로에 진입하는 것을 확인하였다. 총 좌회전 교통량은 1,944대로 분석되었으며, 표 3의 내용과 같다.

표 2. Southbound 좌회전 차량의 이동경로 분석결과


	교차	교차	교차	교차	좌회전 교통량 합 계
	방향 1차로	방향 2차로	방향 3차로	방향 4차로	
좌회전 교통량 (veh/3hrs)	186	324	78	0	588

표 3. Westbound 좌회전 차량의 이동경로 분석결과

	교차	교차	교차	교차	좌회전 교통량 합 계
	방향 1차로	방향 2차로	방향 3차로	방향 4차로	
좌회전 1차로 (veh/3hrs)	984	216	0	0	1944
좌회전 2차로 (veh/3hrs)	0	288	456	0	

Southbound 좌회전 차량으로 인하여 발생하는 대향좌회전 상황을 좀 더 구체적으로 설명하면, 그림 2에서 도식화한 것처럼 신호위반차량인 좌회전 차량(A)은 교차도로의 1차로부터 4차로까지 총 4가지의 주행경로를 선택할 수 있는데, 3시간 동안 수집한 촬영영상에서는 총 좌회전 차량 588대 중에 교차방향

1차로에 진입한 차량이 186대, 2차로에 진입한 차량이 324대, 교차도로의 3차로에 진입한 차량이 78대로 분석되었으며, 4차로에 진입하는 차량은 없는 것으로 확인되었다. Westbound 좌회전 차량으로 인하여 발생하는 대향좌회전 상황의 경우는, 1차로에서 좌회전하는 경우는 교차도로의 1차로와 2차로에 각각 984대, 216대가 진입하였으며, 2차로에서 좌회전하는 경우는 교차도로의 2차로와 3차로에 각각 288대와 456대가 진입하였다.

3.2 대향좌회전상충 판단기준 정립

본 연구에서 수행하고자 하는 대향좌회전상충의 판단을 위하여 선행차량(A)의 신호위반으로 인하여 발생할 수 있는 총 12개(CP1~CP12)의 conflict point를 도식화하였다. Southbound 좌회전차량으로 인하여 발생가능한 대향좌회전상충을 분석하기 위함이며, B1부터 B4까지의 차량은 후행차량으로써, 정상적으로 통행권을 부여받고 주행을 시도하는 차량을 그림 3을 통하여 나타낸 것이다.

Southbound 좌회전차량과 대향직진 차량과의 상충판단과정을 살펴보고, 동일한 기준으로 Westbound 좌회전차량으로 인하여 발생할 수 있는 대향좌회전상충의 판단기준 정립이 가능하므로, 우선 Southbound 좌회전 교통량으로 인하여 발생하는 상충의 판단기준을 정립하는 과정을 제시하였다.

좌회전차량의 주행궤적에 대해서는 다음과 같은 가정이 필요하다.

- 1) 교차로 내부를 통과하는 동안의 주행속도는 교차로 진입당시의 속도로 등속주행한다.
- 2) 교차로 내부를 통과하는 좌회전차량의 주행궤적은 2차포물선의 궤적을 따른다.

후행차량인 직진차량에 대해서는 다음의 가정이 필요하다.



1) 그림 4의 검지기 통과시의 속도로 교차로를 등속주행한다.

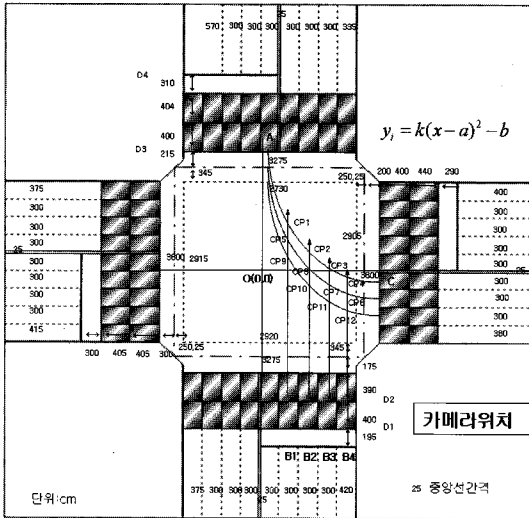


그림 3. Southbound 좌회전차량의 예상주행궤적

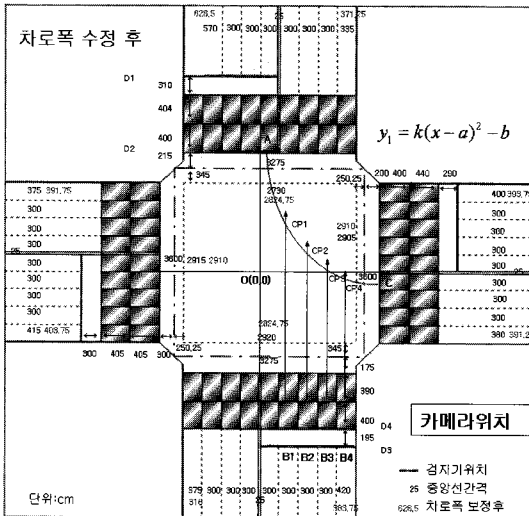


그림 4. 차로폭 보정 후 y_1 의 예상주행궤적

다음과 같은 가정과 현장조사를 통해 획득한 기하구조자료를 이용하여 좌회전차량의 예상주행궤적을 계산할 수 있게 된다. 현장조사를 통해 취득한 기하구조자료를 이용하여 교차로를 좌표화하기 위하여 일부 차로폭을 현실성이 있도록 보정하였으며, 좌표의 X축은 가로축이며 우측이 (+)방향이다. Y축은

세로축을 이용하였으며, 상향이 (+)방향이다. 그림 4는 좌회전 차량이 교차도로의 1차로로 주행하는 경우로서, 다양한 좌회전차량의 예상주행궤적을 산정하는 절차에 앞서 Southbound의 y_1 곡선의 예상주행궤적을 산정하는 절차를 기술하면 다음과 같다.

- 1) A점의 좌표는 기하구조를 토대로 하여 meter 단위로 계산하면, A(1.5, 21.77)이며, B의 좌표는 (20.47, -1.63)가 계산된다.
- 2) C점의 좌표를 2차포물선의 꼭짓점으로 하며, A지점을 통과하는 곡선식은 $y_1 = k(x-a)^2 - b$ 를 통하여 계산할 수 있으며, A, C점의 좌표를 대입하면, $y_1 = 0.065(x - 20.47)^2 - 1.63$ 의 예상주행궤적이 도출된다.
- 3) 도출된 좌회전차량의 예상주행궤적으로부터, 상충예상지점의 좌표값을 확인하고, CP1~CP4까지의 거리는 곡선의 길이를 계산하는 방법에 의한 다.
- 4) 함수 f 가 $[a, b]$ 에서 미분가능하고, f' 이 연속이면 이 구간에서의 곡선의 길이를 산정하는 수식은 $L = \int_a^b \sqrt{1 + \left[\frac{dy}{dx}\right]^2} dx$ 와 같으며, 이를 통하여 $ACP1$, $ACP2$, $ACP3$, $ACP4$ 의 길이를 계산하게 되며, 부정적분의 공식 $\int \sqrt{u^2 + a^2} = \frac{1}{2}u\sqrt{u^2 + a^2} + \frac{1}{2}a^2 \ln(u + \sqrt{u^2 + a^2})$ 에 의하여 계산하게 된다.
- 5) 상충지점까지 도달하기 위한 거리가 계산되면, 해당차량의 속도를 산출하여야 하는데, 이는 앞서 언급한 것처럼 교차로 진입시 속도를 이용하여 사용하였다. 좌회전차량의 진입시 속도를 계산하고, 후행차량인 직진차량의 진입시 속도를 계산하여 각각이 상충지점까지 도달하는데 소요되는 시간을 계산하였다.
- 6) 상충의 심각도를 판단하는데 있어서, 차량A와 차량B가 상충지점까지 도달하는데 소요되는 시간이 같다면, 선행차량과 후행차량의 앞범퍼 중량이 충돌하여 사고가 발생할 것으로 판단할 수 있다. 차



량의 앞범퍼를 기준으로 접근하였기 때문에, 선형 차량이 상충지점까지 도달하는데 소요되는 시간 동안 후행차량의 주행위치가 상충지점으로부터 차량 1대의 길이 이내에 존재하면 이는 실제 사고가 발생할 수 있는 상황이라고 판단되어 상충심각도를 '상'으로 규정하였다. 이러한 차량의 제원을 이용하여 상충의 심각도를 구분하기 위한 기준을 정립하였으며, 상충지점으로부터 차량 2대의 길이 안에 위치하고 있다면 상충심각도 '중', 그 이하의 경우에 해당한다면 상충심각도 '하'로 구분하여 발생하는 모든 상충의 심각도는 '상', '중', '하' 상황의 3가지 범주에 포함되도록 하였다. 차량의 길이를 산정하는 기준으로는 일반적이며 대표적인 승용차의 제원에 해당하는 현대자동차 아반떼XD의 차량길이인 4.505m를 이용하였다.

1)~4)까지의 과정을 y_2 와 y_3 에 대하여도 같은 방법으로 좌회전차량의 예상주행궤적을 수식화할 수 있으며, 그에 따른 상충예상지점까지의 거리를 동일하게 산출할 수 있으며, 다음의 표 4와 같이 제시할 수 있다.

Southbound 좌회전차량의 주행궤적을 표현한 그림 3과 같이 Westbound 좌회전차량의 예상주행궤적을 산정하여 볼 수 있으며, Westbound 좌회전차량으로 인하여 발생하는 대향좌회전상충을 분석하기 위한 도식도를 제시하면, 다음의 그림 5와 같다. Westbound 좌회전 차량은 총 4가지의 좌회전 주행 경로를 가진다고 예상할 수 있으며, 좌회전 1차로에서 교차도로 1차로에 진입하는 경우에 발생하는 상충지점을 CP21~CP24로 명명하고, 같은 방법으로 정리하면 좌회전 2차로에서 교차도로 3차로에 진입하는 경우에 발생하는 상충지점은 CP33~CP36으로 명명된다. X축과 Y축의 부호는 X축의 경우, 아랫방향을 (+)로 가정하고, Y축의 경우, 우측방향을 (+)로 가정하였으며, 좌회전차량의 예상주행궤적은 교차로의 내측으로 x_1 부터 x_4 로 명명하였다.

계산된 상충지점까지 도달하는데 소요되는 시간은 좌회전차량의 경우, 그림 4, 5 등과 같이 정지선(D1)과 횡단보도(D2)를 이동하는 시간을 통하여 교차로를 주행하는 등속도를 계산한 후 이를 이용한 직진차량의 경우도 마찬가지로 정지선(D3)과 횡단보도(D4)의 사이를 주행하는 시간을 이용하여

표 4. Southbound 좌회전차량의 예상주행궤적과 Conflict Point까지의 거리

(단위 : m)

$y_1 = 0.065(x - 20.47)^2 - 1.63$		$y_2 = 0.0734(x - 20.47)^2 - 4.63$		$y_3 = 0.0792(x - 20.47)^2 - 7.63$	
ACP1 : 7.73	BCP1 : 42.77	ACP5 : 8.67	BCP5 : 41.88	ACP9 : 9.16	BCP9 : 40.33
ACP2 : 14.08	BCP2 : 37.17	ACP6 : 15.66	BCP6 : 35.56	ACP10 : 16.62	BCP10 : 33.52
ACP3 : 19.41	BCP3 : 32.75	ACP7 : 21.49	BCP7 : 30.56	ACP11 : 22.79	BCP11 : 28.13
ACP4 : 23.85	BCP4 : 29.49	ACP8 : 26.24	BCP8 : 26.89	ACP12 : 27.76	BCP12 : 24.16

표 5. Westbound 좌회전차량의 예상주행궤적과 Conflict Point까지의 거리

(단위 : m)

$x_1 = 0.056(y - 18.24)^2 - 1.63$		$x_2 = 0.0636(y - 18.24)^2 - 4.63$		$x_3 = 0.048(y - 18.24)^2 - 4.63$		$x_4 = 0.0537(y - 18.24)^2 - 4.63$	
D1CP21 : 7.14	E1CP21 : 42.95	D1CP25 : 7.93	E1CP25 : 42.08	D2CP29 : 13.18	E2CP29 : 37.71	D2CP29 : 14.41	E2CP29 : 36.31
D1CP22 : 13.07	E1CP22 : 37.83	D1CP26 : 14.48	E1CP26 : 36.27	D2CP30 : 18.49	E2CP30 : 33.32	D2CP30 : 20.17	E2CP30 : 31.40
D1CP23 : 18.17	E1CP23 : 33.72	D1CP27 : 20.03	E1CP27 : 31.60	D2CP31 : 22.13	E2CP31 : 30.00	D2CP31 : 25.13	E2CP31 : 27.45
D1CP24 : 22.49	E1CP24 : 30.61	D1CP28 : 24.67	E1CP28 : 28.07	D2CP32 : 27.14	E2CP32 : 27.14	D2CP32 : 29.36	E2CP32 : 24.48

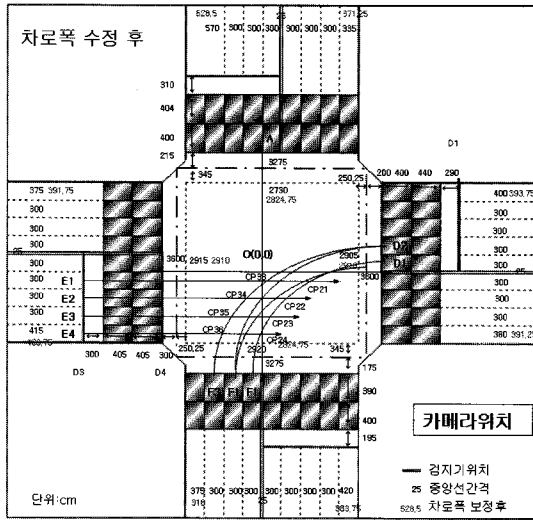


그림 5. Westbound 좌회전차량의 예상주차궤적



그림 6. 길병원 4거리의 동영상 분석데이터

속도를 계산하고 교차로를 주행하는 등속도로 이용한다.

표 4와 표 5에 제시된 차로 및 주행궤적에 따른 상충가능지점까지의 거리를 이용하여 신호를 위반한 차량인 선행(좌회전)차량과 정상적인 통행권을 가진 후행차량이 상충지점까지 도달하는데 소요되는 시간을 산출할 수 있다.

통행권을 부여받고 주행하는 직진차량에 대하여 선행차량 위반이 회피행동을 유발시키는 경우에 대한 상충판단에 있어, 본 연구에서는 일정한 기준을 적용하여 상충의 심각도를 분석하고자 한다. 앞의 상

충판단기준의 정립절차에서 제시한 방법론을 이용하여 대향좌회전상충의 심각도를 분석하였다.

새롭게 정립한 대향좌회전상충의 판단기준을 적용하기 위하여 길병원 4거리를 선택하였으며, 촬영한 영상은 그림 6과 같다.

3.3 신호교차로 영상분석을 통한 교통상충 판단결과

인천광역시 길병원 4거리의 현시체계를 분석한 결과, 대향좌회전상충 상황은 두방향에서 발생하는 것으로 확인되었다. 따라서 두 가지의 경우 (Southbound Left-turn 및 Westbound Left-turn)으로 인하여 발생하는 대향좌회전상충 상황에 대하여 새롭게 정립한 상충판단기준을 이용하여 분석을 실시하였다.

좌회전차량의 주행궤적이 2차포물선의 궤적을 따른다고 가정하고, Southbound의 경우 총 3가지의 예상주행궤적을 추정하였고, Westbound의 경우 총 4가지의 예상주행궤적을 추정하였다. 이를 통하여 선행차량과 후행차량의 상충예상지점을 확인하여 상충지점까지의 도달하는 거리와 교차로 진입당시의 속도를 계산하여 상충발생의 여부를 확인하였다. 기존의 선행연구(선행차량의 위반으로 인하여 통행권을 가진 차량이 주행상의 제약을 경험하는 횡수를 counting)와 다르게 대향좌회전상충 상황을 '상', '중', '하'의 3단계로 구분하여 분석을 실시하였다.

길병원사거리의 현장 동영상을 총 3시간 동안 분석한 결과, 인천광역시 길병원 4거리의 경우는 총 41건의 대향좌회전상충이 발생하는 것으로 분석되었다. 이 중 심각도가 '상'인 3건의 경우는 새롭게 정립한 상충판단기준에 의하여, 선행차량과 후행차량이 차량 1대의 길이 안에서 충돌할 것으로 추정하는 것으로 즉, 정립된 상충판단기준상으로는 사고발생 개연성이 상당히 높은 것으로 분석할 수 있다. 따라서 상충의 심각도를 '상'으로 규정하였으며, 심각도가 '중' 상황인 대향좌회전상충은 총 10건이 발생



하였으며, 심각도가 상대적으로 심각하지 않은 '하' 수준의 대향좌회전상충은 28건이 발생하였다. 아래의 표 6에 제시하였다.

표 6. 길병원 4거리 영상분석을 통한 대향좌회전상충 판단결과

	상충 심각도 '상'	상충 심각도 '중'	상충 심각도 '하'	소계	총계
Southbound left-turn 	0	2	4	5	41
Westbound left-turn 	3	8	24	35	
소 계	3	10	28	41	

4. 결론 및 향후 연구과제

4.1 연구결과

본 연구는 신호교차로에서 빈번하게 발생하고 있는 사고유형인 대향좌회전 충돌사고에 대하여 새로운 상충판단기준의 정립을 통하여 신호교차로의 안전도를 평가하고자 하였다. 신호교차로에 있어서 기존의 연구의 한계는 단순히 선행차량의 무리한 주행(신호위반)으로 인하여 통행권을 부여받은 후행차량이 이동에 제약을 경험하는 횡수를 세는 것(counting)으로 단순히 상충상황을 인정하고 이를 통하여 교차로의 안전도를 평가하였으나, 본 연구에서는 새로운 상충판단기준을 정립하고, 이를 통하여 상충의 심각도를 분석하고자 하였다. 대향좌회전상충 판단기준의 심각도 구분이 필요한 이유는 교차로의 안전도를 평가하는데 있어서 보다 정밀한 접근이 필요하고, 이를 통하여 교차로의 안전도를 평가할 수 있는 시스템 개발이 가능하기 때문이다.

기존의 연구는 사고와 상충과의 인과관계만을 입

증하였을 뿐, 신호교차로에서 발생하고 있는 다양한 교통상충의 유형에 대하여 사고의 심각도와 상충의 심각도를 입증하고 있는 연구는 희박하다. 본 연구는 기존에 수행되고 있지 않았던 대향좌회전상충의 심각도를 분석하고자 시도한 연구로서 기존의 연구들과 충분한 차별성을 가진다고 판단한다.

연구수행을 통하여 대향좌회전상충의 유형에 대하여 심각도가 고려된 새로운 상충판단기준을 정립하였으며, 현장조사를 통하여 획득한 총 3시간 분량의 교차로 동영상과 기하구조 등을 이용하여 상충의 심각도가 고려된 상충판단기준의 적용성을 확인하였다. 교차로에서 발생하는 두 가지 경우의 대향좌회전상충의 분석으로부터, 총 41건의 상충발생을 확인하였다. Southbound left-turn 교통량으로 인하여 발생하는 대향좌회전 상충은 총 6건이 발생하였으며, Westbound left-turn 교통량으로 인하여 발생하는 대향좌회전상충은 총 35건이 발생하였다. 차후 다양한 상충유형에 대한 고려를 감안한다면, 3시간 동안의 영상분석을 통하여 총 41건의 상충을 확인한 것은 다양한 사고다발지점과의 비교가 이루어지지 못했지만 의미가 있다고 판단된다.

기존의 연구는 신호위반으로 인하여 발생한 총 41건의 대향좌회전상충상황에 대한 심각도를 구분하지 못하고 단순히 횡수를 counting 해야만 하는 단점이 있었으나 본 연구의 결과는 대향좌회전상충의 심각도를 분별할 수 있기 때문에 교차로의 안전성을 판단하는데 보다 합리적이라고 생각된다. 또한, 실제 사고발생과 가장 밀접한 상황만을 고려하기 위하여 본 연구를 통하여 구분된 상충의 심각도 중 상충심각도 '상'의 범주에 해당하는 상황만을 분석하는 것은 보다 포괄적인 사고발생의 개연성을 통하여 교차로의 안전도를 판단하고자 하는 근본적인 취지와는 조금 거리가 있기 때문에 바람직하지 않다.

4.2 향후 연구과제

현장조사를 통한 자료를 수집함에 있어 주변가로



수 및 도로표지 등으로 인하여 제약을 받는 경우가 빈번하게 발생하여 안전하게 도로의 기하구조자료를 취득하는데 상당한 애로사항이 발생하였다. 이러한 제약 등을 해결하여 사고가 빈번하게 발생하고 있는 다양한 교차로를 대상으로 새롭게 정립한 대화좌회전상충 판단기준을 적용하고자 하였으나, 본 연구에서 이루어지지 못한 점을 아쉽게 생각한다.

또한, 본 연구는 교차로를 통과하는 좌회전차량의 예상주행궤적을 2차포물선으로 가정하고 접근하였기 때문에 추가적으로 검토되고 보완될 연구에서는 2차포물선을 비롯하여 타원 등 다양한 곡선의 궤적을 이용하여 현실에 가장 적합한 주행궤적을 찾아내는 것 또한 중요한 연구과제라고 할 수 있다.

본 연구를 기초로 하여 신호교차로에서 발생하는 모든 유형의 상충을 자동으로 판별하고 감시할 수 있는 알고리즘의 개발이 필요하며, 이를 위해서는 대화좌회전유형과 같은 신호위반으로 인하여 발생하는 다양한 상충의 유형들에 대한 심각도 판단기준의 정립이 필요하다. 궁극적으로는 교통상충 유형별 심각도 판단 알고리즘, 영상처리기술, Vehicle Tracking 기술 등의 통합을 통하여 영상으로 교차로의 안전도를 감시하고 상충상황을 분석할 수 있는 기술의 개발이 연구될 수 있을 것으로 본다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부 교통체계효율화사업(06 교통핵심 C01)의 세부과제인 「U-safety 교통사고분석 및 교통안전 감시시스템 기술개발」의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

강승규, 박해찬(1999), “교차로에서의 교통상충과 사고의 상관성평가”, 계명대학교 산업기술연구소 논문보고서, 제22-1권, 계명대학교 산업기술연구소.

김원철, 이수범, 남궁문, Hirofumi, Imada (2002), “퍼지추론을 적용한 교통상충기법(TCT) 개발”, 대한교통학회지, 제20권, 제1호, 대한교통학회.

도철웅, 하태준, 김현상(1999), “신호교차로 교통상충 측정방법의 개발과 평가”, 대한토목학회논문집, 제19권, 제3-1호, 대한토목학회.

이기영(2006), “교통상충 및 사고분석에 의한 엇갈림구간의 안전도 평가기준 개발”, 한양대학교 교통공학 박사학위 논문, 한양대학교.

이수범, 강인숙(1999), “상충기법을 이용한 교차로 안전진단에 관한 연구”, 대한교통학회지, 제17권, 제4호, 대한교통학회.

이용택, 이재석(2001), “스웨덴식 교통상충분석기법(STCT)의 개발방향”, 대한토목학회논문집, Vol. 49: No. 3, 대한토목학회.

원동욱(2006), “교통상충기법(TCT)을 이용한 신호교차로 사고위험도 예측에 관한 연구”, 명지대학교 공학석사 학위논문, 명지대학교.

하오근(2005), “국도변 신호교차로 안전성 평가를 위한 사고예측모형 개발과 심각도 분석”, 한양대학교 석사학위논문, 한양대학교.

하태준, 박제진, 박형규, 박찬모(2002), 교차로 교통상충기준 개발과 평가에 관한 연구, 대한교통학회지, 제20권, 제2호, 대한교통학회.

하태준, 김진현(1998), “신호교차로 교통상충 측정방법의 적용성 평가”, 교통안전연구논집, 제17호, 도로교통안전관리공단.

Christer Hyden(1987), “The Development of Method for Traffic Safety Evaluation: The Swedish Traffic Conflict Technique”, Bull. 70. Lund Institute of Technology, Lund.

S. R. perkins and J. I. Harris(1968), “Traffic Conflict Characteristic-Accident Potential at Intersections”, Highway Research Record 225, Traffic Safety and Accident Research 6 Reports.

접 수 일: 2007. 8. 1
 심사 일: 2007. 8. 27
 심사완료일: 2007. 11. 14