신호교차로에서 U-Turn허용구간의 위치 및 적정길이 산정에 관한 연구

A Study of Estimate U-Turn Location and Length at Signalized Intersection

이 정 환
(전남대학교 토목공학과 박사과정)
박 태 훈
(전남대학교 토목공학과 박사수료)
박 제 진
(한국도로공사 도로교통기술원 책임연구원)
하 태 준
(전남대학교 토목공학과 부교수)

목 차

Ⅰ. 서 론
1. 연구의 배경 및 목적
2. 연구의 범위 및 방법

Ⅱ. 기존 연구문헌 고찰
1. U-Turn차로 설치기준
2. U-Turn에 관한 연구
3. 교통상충에 관한 연구
4. 간격수락이론에 관한 연구

Ⅲ. U-Turn허용구간의 위치 및 적정길이 산정
1. 현장조사
2. U-Turn허용구간과 전방교차로의 거리
3. U-Turn허용구간의 길이
4. U-Turn허용구간과 후방교차로의 거리

Ⅳ. 모의실험에 의한 모형 결과 분석
1. 모의실험 환경설정
2. 모의실험 결과

Ⅴ. 결론 및 향후 연구과제
1. 결 론
2. 향후 연구과제

참고문헌

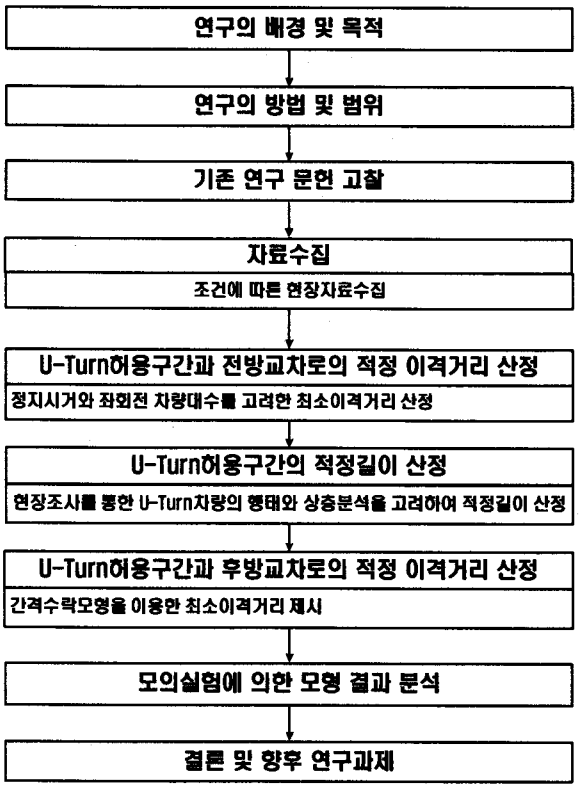
Ⅰ. 서 론

1. 연구의 배경 및 목적

U-Turn은 운전자에게 편의를 제공하며 차량의 소통효율을 향상시키지만 설치기준이 명확치 않고 법제규정과 안전시설 설치기준이 명확치 않아 설치 및 운영에 많은 문제점을 야기시키고 있으며 이로 인하여 교통소통과 교통안전에 문제를 발생시키고 있다. 현재까지 U-Turn과 관련하여 운영적인 측면에서는 많은 연구가 시도되었지만 U-Turn 허용구간 설계에 대한 연구는 대단히 미흡하고 이에 따른 합리적인 설계가 이루어지지 못하는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 현장조사를 통해 실제 교차로에서 발생되는 U-Turn차량의 행태를 조사하였다. 조사자료를 통한 U-Turn차량의 행태를 분석하여 상충형태를 분류하였다. 상충분석을 통해 U-Turn 허용구간의 적정길이를 산정하고, 대기행렬이론과 간격수락이론을 고려하여 U-Turn허용구간과 전방교차로 및 후방교차로와의 적절한 이격거리를 제시하고자 한다. 이를 통해 소통과 안전을 도모할 수 있는 U-Turn 허용구간의 적정길이 및 위치를 제시함으로써 U-Turn과 관련된 설치기준 정립 및 향후 연구에 이바지하고자 한다.

2. 연구의 범위 및 방법

본 연구의 대상은 광주광역시 내의 대향차로가 3~5차로인 U-Turn 허용구간을 대상으로 조사를 실시하였다. 조사일시는 2007년 2월과 3월 중 평일에 실시하였으며, 과포화된 상태로 인하여 U-Turn 차량의 비정상적인 행태가 발생하는 첨두시간은 제외하고 오전 10시와 오후 5시 사이에 조사를 실시하였다. 본 연구의 전반적인 흐름은 <그림 1>과 같다.



<그림 1> 연구수행도

II. 기존 연구문헌 고찰

1. U-Turn차로 설치기준

U-Turn이란 도로 위에서 주행 중인 자동차가 "U"자 모양으로 돌아 진행방향을 반대방향으로 바꾸는 것으로서 U-Turn 차로의 설치·운영은 도로를 주행하는 운전자의 편의를 제공할 뿐 아니라 적절한 운영을 통해 소통효율을 향상시킬 수 있다는 장점이 있어서 도시 주요 간선도로 곳곳에서 설치·운영하고 있다.

경찰청에서 발행한 '교통안전시설 실무편람'에서는 U-Turn 설치에 대한 기준을 다음과 같이 제시하고 있다. 첫째, 차량이 U-Turn 해야 할 장소나 지점에 설치해야 한다. 둘째, 도로 우측에 설치해야 한다. 단, 광로에서 중앙에 설치할 수 있는 경우 중앙에 설치한다. 셋째, 특정차종 또는 특정차종을 제외한 통행방법을 지시할 경우, 보조표지를 설치해야 한다. 넷째, 도로에서 진행방향을 반대로 허용할 필요가 있는 지점에서 U-Turn 할 장소를 지시하는 표지로서 차량의 진행방향에서 도로의 우측 또는 중앙에 설치한다. U-Turn을 해야 할 지점을 지정할 때 U-Turn 구역선 노면표시를 설치해야 하나, 비포장도로에서는 U-Turn 지시표지만 설치한다. 특정차종이나 특정차종을 제외한 차량에 대해서 통행방법을 지시할 필요가 있는 경우에는 보조표지를 함께 설치한다.

다음으로 U-Turn 구역선의 설치기준을 간략히 언급하면, 편도 폭 9m 이상의 도로에서 인접 교차로간 거리 및 신호주기등 주변 교통여건을 감안하여 자동차의 U-Turn이 허용된 구간 또는 장소 내의 필요한 지점에 설치하며, U-Turn 구역선의 길이는 승용차 2~3대에 해당하는 12~18m로 하되, 교통량, 차로수, 신호주기 등을 고려하여 결정하고 U-Turn 허용차량은 승용차로 제한한다. U-Turn은 좌회전 전용차로(좌회전 포켓)가 있는 도로에 설치한다. U-Turn 허용구간에서 U-Turn 방법은 교통안전을 위하여 순차적으로, U-Turn 허용차량은 회전반경 등을 고려하여 승용차로 제한하는 것을 원칙으로 한다. 다만, 차로의 폭원 등 도로여건에 따라 자동차의 회전반경, 차종별 교통량 등을 고려하여 교통안전표지에 의하여 승용차 이외 차량의 U-Turn을 허용할 수 있다. U-Turn 구역선의 길이는 단일로 및 교차로 등 설치장소의 교통여건과 운전자의 행동특성에 근거한 공학적 판단에 의하여 결정하지만, 최소 승용차 2~3대에 해당하는 길이를 확보하여야 하며 승용차 1대당 6m로 하여 산정한다.

2. U-Turn에 관한 연구

박용진(1998)은 U-Turn이 많이 운영되고 있지만 그에 대한 법제규정과 안전시설 설치기준이 명확하지 않으므로 운전자들의 의식 조사를 통하여 U-Turn 운영방안을 제시하는데 목적을 가지고 연구를 실시하였다. 설문조사를 통해 운전자가 느끼는 U-Turn 시기와 U-Turn 위치를 분석하였다. 이에 대한 결과로써 Cross street에서 우회전하는 차량보다 U-Turn 차량에 우선권을 줌으로써 U-Turn 허용시간을 확대하고 U-Turn 지점에 표지판 등에 관한 실질적인 기준이 마련되어야 한다고 하였다.

오윤표(2005)는 부산시의 3개 교차로를 대상으로 현장조사와 설문조사를 실시하여 현장의 기하구조 및 U-Turn 교통류 특성과 운전자의 의식에 대한 문제점 및 그에 따른 개선방안을 제시하였다. 그리고 대기행렬모형을 통해 적정신호시간기본모형을 제시하고, 신호주기와 신호현시, 교통량

등을 고려하여 U-turn 신호시간 적정모형을 구축하여 조사지점별로 모델을 이용해 U-Turn 신호시간을 산출·평가하였다.

Carter Daniel(2005)은 신호교차로에서 U-Turn에 의한 운영적·안전적인 영향을 분석하였다. 운영적인 측면을 분석하기 위해 14개의 신호교차로를 대상으로 좌회전 차로의 차량간 차두간격을 측정하였고, 안전적인 측면을 분석하기 위해 78개의 교차로(54곳은 랜덤, 24곳은 유턴차량이 많은 지점)의 교통사고를 분석하였다.

3. 교통상충에 관한 연구

교통상충이란 둘 또는 그 이상의 도로이용자 사이의 상호작용으로서 도로이용자들이 사고에 임박한 상황을 피하기 위한 회피행동을 발생시키는 사건이라고 정의한다. 이러한 사고발생 잠재지점과 사고발생지점에 대하여 안전도를 진단하는 하나의 기법을 교통상충기법이라고 한다.

이수범(1999) 등은 연구사례를 중심으로 교통상충기법을 소개하였고, 가장 진보된 스웨덴의 상충분석기법을 국내에 적용할 수 있도록 모형을 개발하고 심각도에 따라 4개 Zone으로 분류하여 위험순위를 평가할 수 있는 방법을 제시하였다.

하태준(2002)은 교차로에서 발생하는 상충유형을 4가지로 분류하고, 상충측정기준을 정립하였으며 상충조사자료와 사고자료의 상관관계 분석을 통해 상충기준의 적합성을 검증하였고, 상충조사를 통한 교차로의 위험도를 예측할 수 있음을 밝혔다.

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

4. 간격수락이론에 관한 연구

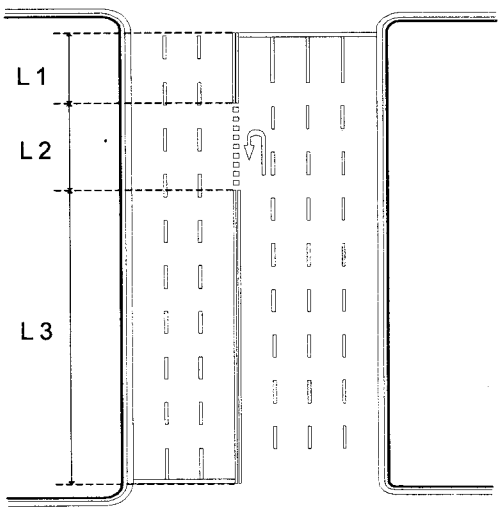
하태준(2002) 등은 신호교차로 부근에 위치한 버스정류장과 교차로 간의 최소 이격거리 산정을 목적으로 교차로의 유입부에서 버스가 승하차 서비스를 한 후 좌회전 차로로 진입하기 위해 필요한 거리를 기준으로 이격거리를 산정하였으며, 유출부에서는 좌회전한 버스가 정차를 위해 차로변경을 하는데 필요한 거리를 바탕으로 이론식을 전개하였다. 이를 위해 대기행렬모형과 간격수락모형을 이용하였다.

장명순(2002) 등은 현존하는 고속도로 합류부의 모의실험모형은 운전자의 운행행태가 주어진 교통상황에 따라 능동적으로 변하지 않아 상황에 따라 변하는 복잡한 합류부에서의 운전자 간격수락행태를 현실적으로 모사함에 문제가 있음을 느끼고 모의실험 전산모형으로의 적용을 위해 현장자료를 토대로 개발된 새로운 합류차량 간격수락행태모형을 제시하였다.

Drew(1968)는 가속차로의 길이, 본선 주행차량과 합류하는 차량의 진행방향의 각(합류각), 그리고 가속차로의 형태를 독립변수로 사용하여 운전자의 임계간격을 추정하는 중회귀분석모형을 제시하였다. 가속차로의 길이가 동일할 경우 운전자들은 평행식 가속차로보다 직접식 가속차로에서 더 큰 간격을 요구하며 차로변경을 한다는 분석을 도출하였다.

III. U-Turn 허용구간의 위치 및 적정길이 산정

본 연구에서는 <그림 2>와 같이 구분하여 적정거리를 산정한다. 첫번째로 차량의 정지시거와 좌회전, U-Turn 차량들의 대기행렬길이를 고려한 U-Turn 허용구간과 전방교차로와의 적정 이격거리(L1)을 산정하고, 둘째로 현장조사를 통해 실제 U-Turn 차량의 행태를 분석하여 상충형태를 분류하고 상충을 고려하여 U-Turn 허용구간의 길이(L2)를 산정하며, 마지막으로 간격수락모형을 통해 U-Turn허용구간과 후방교차로와의 적절한 이격거리(L3)를 제시한다.



<그림 2> U-Turn허용구간 및 이격거리 구분

1. 현장조사

U-Turn 허용구간의 길이를 산정하기 위해 현장조사를 수행하였다. 조사지점을 캠코더로 촬영하고 필요한 자료를 수집하였다.

<표 1> 조사지점

번호	지점명	조사시간	대향차로수
1	풍암동4거리	4 시간	4 차로
2	운암동4거리	6 시간	4 차로
3	법원입구4거리	7 시간	4 차로
4	극락강주유소4거리	4 시간	3 차로
5	광암교4거리	3 시간	3 차로
6	서강대후문4거리	3 시간	3 차로
7	교직원공제회관 4거리	3 시간	5 차로
8	송원마트4거리	3 시간	4 차로
9	교대입구4거리	3 시간	3 차로
10	신학대입구4거리	8 시간	4 차로

광주광역시 내의 대향차로가 3~5차로인 U-Turn 허용구간을 대상으로 조사를 실시하였다. 2007년 2월과 3월 중 평일에 실시하였으며, 과포화된 상태로 인하여 U-Turn 차량의 비정상적인 행태가 발생하는 첨두시간은 제외하고 조사를 실시하였다. 도류화 시설물이 설치되어 있지 않은 교차로로 교차각이 90°이고 종단경사 및 종단곡선과 평면곡선이 설치되어 있지 않은 이상적인 조건에 가까운 지점을 무작위로 선정하였다. 조사지점은<표1>과 같다.

2. U-Turn허용구간과 전방교차로의 거리

Turn허용구간과 전방교차로와의 이격거리는 시거와 차량의 대기행렬을 고려하여 산정한다.

1) 정지시거를 고려한 최소이격거리산정

신호교차로에서 U-Turn이 허용되는 신호에 상충이 일어날 수 있는 차량은 좌측대향차로에서 우회전하여 진행하는 차량뿐이다. 이에 우회전하여 진행하는 차량이 U-Turn 차량과 충돌이 일어나지 않도록 최소한의 정지시거확보가 필수라고 할 수 있다. 따라서 '도로의 구조·시설기준에 관한 규칙'에서 제시하고 있는 정지시거를 확보하여야 한다.

<표 2> 정지시거 계산 방법

구분	설 계 기 준		
도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙	정지시거	$D=\frac{V}{3.6}t+\frac{V^2}{254f}$	
	종단경사 영향	$D=0.694V+\frac{V^2}{254(f\pm s/100)}$	
	볼록곡선	파라메터	정지시거 고려시*
		D>L 경우	$L=2D-\frac{385}{S}$
		D<L 경우	$L=\frac{S\cdot D^2}{385}$
	오목곡선	파라메터	전조등 야간투시 고려시*
		D>L 경우	$L=2D-\frac{120+3.5D}{S}$
		D<L 경우	$L=\frac{S\cdot D^2}{120+3.5D}$

* 정지시거 고려시,
눈높이=1.0m, 물체높이=0.15m

* 전조등 야간투시 고려시,
전조등 높이=1.0m, 전조등 조명각=1°

2) 대기행렬길이를 고려한 이격거리산정

대기행렬길이의 산정과정은 다음과 같다. 좌회전 교통량을 q_L 라고 하고 차로군이 N_L 차로로 이루어져 있다고 하면 대기행렬이 소멸되는 마지막 차량의 교차로부터의 위치는 식(1)과 같다.

$$L_1 = l_c \times q_L \times (r_L + t_{0,L}) \times \frac{1}{N_L} \quad (1)$$

$$t_{0,L} = \frac{q_L r_L}{s_L - g_L} \times \frac{1}{N_L}$$

L_1 : 차로에서 대기행렬 마지막 차량까지의 거리

g_L : 회전차량의 유효녹색신호시간

l_c : 차량길이 + 차간간격

q_L : 좌회전차량의 도착교통량

s_L : 좌회전차량의 진행률

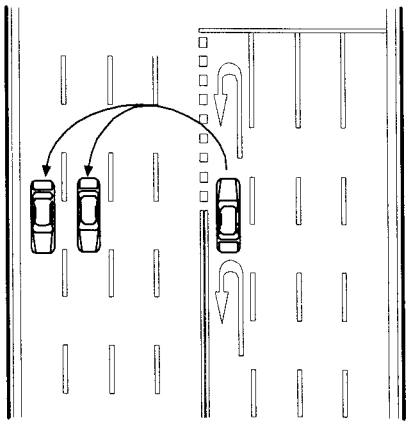
r_L : 좌회전차량의 유효 적색시간

3. U-Turn 허용구간의 길이

본 연구에서는 U-Turn 허용구간의 적정길이를 산정하기 위하여 U-Turn 차량의 행태를 파악하고 행태에 따른 상충유형을 분류한다. 그리고 U-Turn 차량의 주행행태와 상충형태를 분석함으로써 U-Turn 허용구간의 적정길이를 산정하였다.

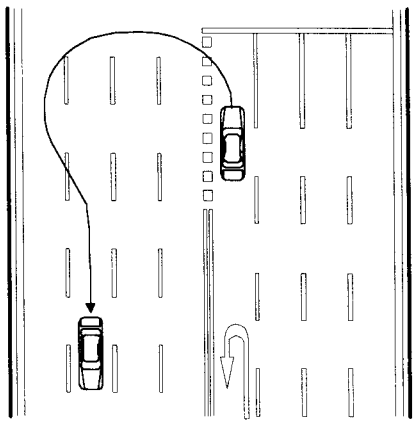
1) U-Turn 차량의 행태

현장조사 자료를 통해 U-Turn 차량의 행태를 파악하였고 <그림 3>과 같이 나타낼 수 있다.



<그림 3> U-Turn 차량의 행태

편도 4차로 이상인 도로에서 U-Turn 차량의 이동동선을 관측한 결과, <그림 4>와 같은 이동동선이 대부분의 차량에서 나타남을 확인할 수 있었다. 처음 U-Turn을 시작하여 대향 4차로로 진입을 한 이후 바로 3차로로 진입하는 행태가 주요한 행태임을 확인할 수 있었다.



<그림 4> 대향4차로에서
U-Turn 차량의 행태

<표 3>은 U-Turn 차량의 행태를 나타낸 것이다. U-Turn 차량의 행태는 1차로에서 반대쪽 차로로 진입하는 행태이며 대향 4차로 이상인 도로에서는 주로 4차로로 진입하는 차량이 상대적으로 많음을 알 수 있다.

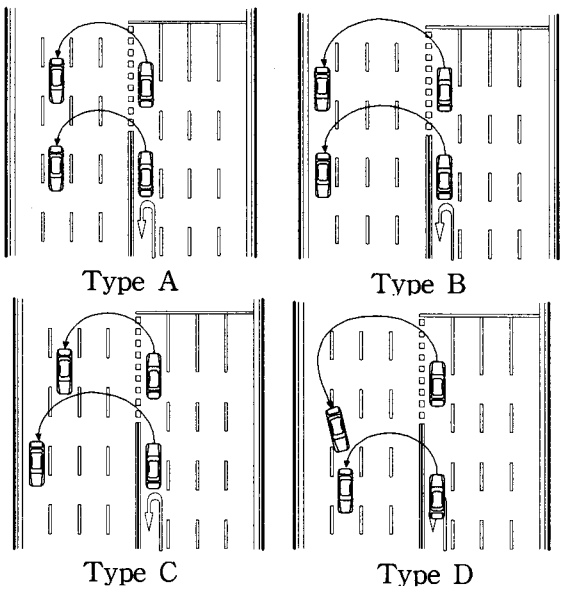
<표 3> U-Turn 차량의 행태

번호	지점명	U-Turn 차량수(대)	U-Turn 행태 (대)	
1	풍암동 4거리	16	3차로 진입	11
			4차로 진입	5
2	운암동 4거리	359	3차로 진입	117
			4차로 진입	242
3	법원입구 4거리	251	3차로 진입	104
			4차로 진입	147
4	극락강주유소 4거리	47	3차로 진입	47
5	광암교 4거리	39	3차로 진입	39
6	서강대후문 4거리	83	3차로 진입	83
7	교직원공제 회관 4거리	870	3차로 진입	192
			4차로 진입	545
			5차로 진입	133
8	송원마트 4거리	18	3차로 진입	120
			4차로 진입	68
9	교대입구 4거리	175	3차로 진입	126
10	신학대입구 4거리	386	3차로 진입	234
			4차로 진입	152

2) U-Turn 차량 간의 상충형태 분석

차량이 한 대만 U-Turn을 실시할 경우에는 상충이 발생하지 않으므로 차량의 설계기준회전반경인 6m를 허용구간길이로 산정하면 되겠지만 두 대 이상이 동시에 U-Turn을 실시할 경우는 상충이 발생하는 경우가 빈번하므로 상충을 고려하여 적정한 길이를 산정하여야 한다. 현장조사를 통한 상충유형은 다음 <그림 5>와 같이 구분할 수 있다. 각기 다른 이동동선을 가지고 두 차량이 같은 지점에서 같은 시간에 만나는 경우를 피해야 하는 상황을 기본으로 하여 3차로와 4차로 두 가지 경우로 나누어 적정길이를 산정하기로 한다. 본 현장조사에서는 대향 5차로의 도로까지 현장조사를 실시하였지만 자료의 한계로 인하여 대향 5차로는 제외한다. 대향 3차로인 경우에 상충유형은 Type A뿐이지만, 대향 4차로인 경우에는 4개의 상충유형이 조사되었다. 특히 Type D가 가장 높은 빈도수를 나타냄을 확인할 수 있었다. 따라서 대향 3차로의 경우는 Type A를 바탕으로 상충이 발

생하지 않을 U-Turn허용구간의 길이를 산정하였고, 대향 4차로의 경우 Type A, Type B, Type C는 대향 3차로와 같은 모델로 산정이 가능하므로 대향4차로의 경우는 가장 상충이 잦은 Type D를 바탕으로 U-Turn허용구간 길이를 산정하였다.



<그림 5> 대향4차로에서 U-Turn차량의 행태

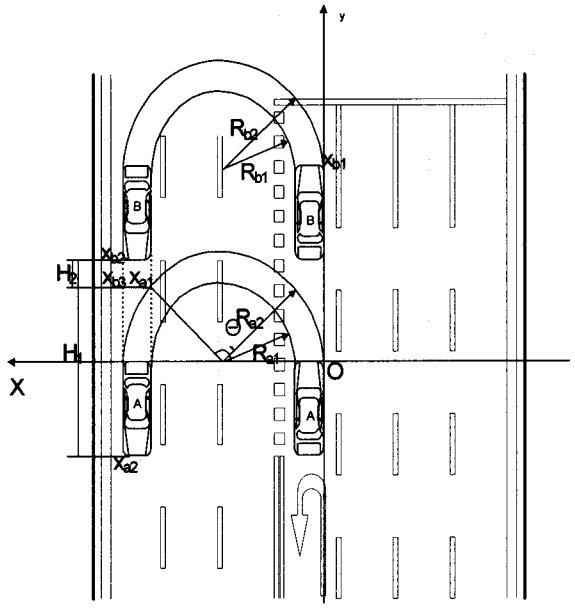
3) U-Turn 허용구간의 적정길이 산정

차로폭이 3.5m이고 대향차로수가 3차로인 경우 2대가 동시에 U-Turn을 실시할 때 자동차의 최소 회전궤적으로 인해 1차로나 2차로의 진입은 불가능하며 3차로로 진입하는 경우밖에 없다. 이때 상충이 일어나는 경우는 같은 거리를 주행하므로 전방에서 주행하는 차량이 후방에서 진행하는 차량보다 더 빠르게 회전하는 경우와 전방차량이 먼저 U-Turn을 실시한 후 조금 늦게 후방차량이 U-Turn을 실시하여 상충지점에서 두 차량이 만나는 경우를 들 수 있다. 이를 바탕으로 상충이 발생하지 않을 상황의 이론 전개를 위하여 <표 4>와 같이 가정하였다.

<표 4> U-Turn허용구간 산정을 위한 가정

• 차량의 길이와 폭 : 4.7m × 1.7m
• 차로폭 : 3.5m
• U-Turn차량은 차로중심에서 주행한다.
• U-Turn차량은 일정한 반경으로 회전한다.
• U-Turn차량의 상충은 U-Turn차량과 발생한다.
• U-Turn차량은 모두 등가속도로 주행한다.
• U-Turn을 실시한 차량은 등속주행한다.

차량은 U-Turn을 실시하기 전에 정지상태에 있으며 대향차로에 차량이 주행하지 않는 상태, 즉 안전이 확보된 상태에서 U-Turn을 실시하게 된다. 그리고 본 연구에서는 차량이 등가속도 운동을 한다고 가정하였다. 그리하여 본 연구에서는 가속도를 고려하여 평균속도를 적용하였다. 대향3차로의 경우는 <그림 6>을 바탕으로, 대향4차로의 경우는 <그림 7>을 바탕으로 이론을 전개한다.



<그림 6> 대향3차로에서 U-Turn차량의 교통상충

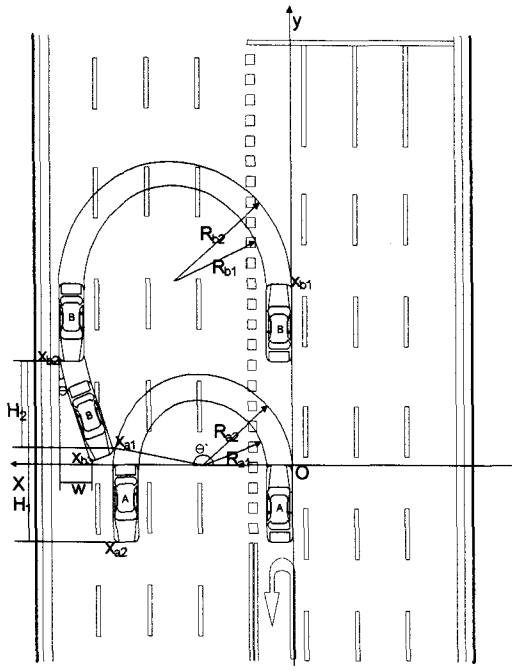
A차량이 x_{a2}지점까지 평균속도 V_{a1}로 t_1시간동안 이동하고 B차량이 x_{b2}지점까지 평균속도 V_{b1}로 t_2시간동안 이동할 때, $t_1>t_2$일 경우 (B차량의 속도가 A차량에 비해 빠른 경우, A차량이 B차량에 비해 늦게 출발하는 경우) V_{b1}의 속도로 U-Turn을 실시하고 V_{b2}의 속도로 가는 B차량이 시간차이 $t_1-t_2=\Delta t$동안 이동할 수 있는 거리, 즉 x_{a2}와 x_{a3}의 거리 H_2만큼 이격되어 있어야 충돌이 발생하지 않는다. 이를 바탕으로 이론을 전개하면 다음과 같다.

대향 3차로의 경우 U-Turn허용구간길이는 식(2)와 같이 나타낼 수 있다.

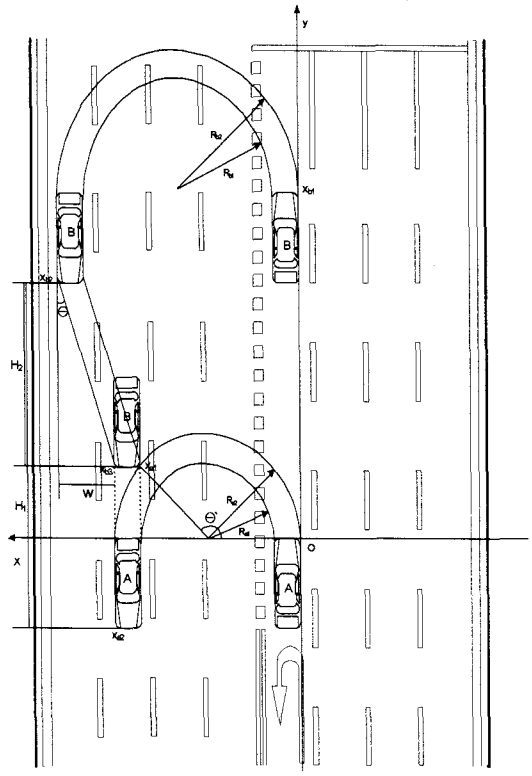
$$L_2 = 4.7 + R_{b2} + H_1 \qquad (2)$$
$$= 4.7\times 2 + R_{b2} + \Delta t \times V_{b2} + R_{a2}\times \sin(\pi-\theta')$$
$$= 9.4 + (\frac{\pi R_{a2}}{V_{a1}} - \frac{\pi R_{b2}}{V_{b1}})\times V_{b2} + R_{b2} + R_{a2}\times \sin(\pi-\theta')$$

대향 4차로의 경우 U-Turn 허용구간길이는 <그림 7>과 같은데 충돌의 안전율을 고려하여 후방B차량이 3차로에 완전히 진입하여 정상운

행할 수 있을 만큼의 거리를 이격시키는 것이 바람직하다고 판단되며, 그렇기 위해서는 W가 차로폭의 길이 3.5m를 적용한 U-Turn 허용구간의 길이를 추천한다.



<그림 7> 대향4차로에서
U-Turn차량의 교통상충



<그림 8> 대향4차로에서 추천하는
U-Turn 차량의 교통상충

이를 바탕으로 대향 4차로의 경우 U-Turn 허용구간길이는 식(3)과 같이 나타낼 수 있다.

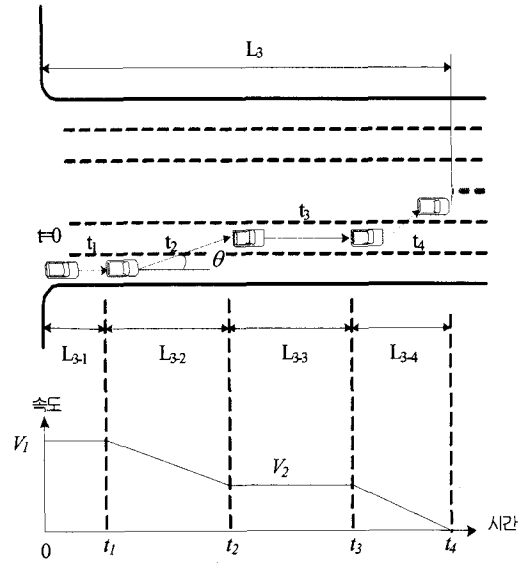
$$L_2 = 4.7 + R_{b2} + H_1 \qquad (3)$$

$$= 4.7 \times 2 + R_{b2} + \left(\frac{R_{a2}\pi}{V_{a1}} - \frac{R_{b2}\pi}{V_{b1}} - \frac{W}{V_{b2} \times \sin\theta}\right) \times V_{b2} + R_{b2} \times \sin(\pi - \theta')$$

4. U-Turn 허용구간과 후방교차로의 거리

후방교차로에서 신호를 받고 진행하는 차량은 감속을 하여 U-Turn 구간에 정지하게 된다. 3차로에서 진행하는 차량은 U-Turn 허용구간에 도달하기 위해 차로변경을 해야 하며 진행하는 차량들의 흐름과 엇갈려야 U-Turn 허용구간에 도달할 수 있으며, 이는 <그림 9>와 같다.

따라서 U-Turn 허용구간과 후방교차로와의 간격은 이러한 차량의 주행특성을 고려한 거리 이상이 되어야 한다. 후방교차로에서 U-Turn 허용구간까지의 진행경로를 시간별로 살펴보면 다음과 같다. 기본가정으로써 첫째, 차량은 교차로를 출발하여 U-Turn 허용구간에 도달할 때까지 일정한 속도로 주행하며, 차량의 차로변경각도는 일정하다. 그리고 주변 교차로의 영향이 없는 독립적인 교차로이며 차량도착은 포아송분포라고 할 때, 후방교차로에서 U-Turn 허용구간까지의 길이는 다음과 같이 나타낼 수 있다.



<그림 9> 후방교차로에서 U-Turn
허용구간까지 차량의 이동경로

$$L_3 = L_{3\text{-}1} + L_{3\text{-}2} + L_{3\text{-}3} + L_{3\text{-}4} \quad (4)$$

$L_{3\text{-}1} = V_1 \times t_1$

$L_{3\text{-}2} = W \times (V_{22} - V_{12})/(2a \times \tan\Theta)$

$L_{3\text{-}3} = V_2 \times t_3$

$L_{3\text{-}4} = W \times V_{22}/(2a \times \tan\Theta)$

$t=[1/(qe-q\tau^*)]-[(1/q)+ \tau^*]$

$\tau^* = \tau(VT-V1,2)/VT$

τ : 임계수락간격

q : 교통량

VT : 인접차로 차량의 주행속도

IV 모의실험에 의한 모형 결과 분석

1. 모의실험 환경설정

모형식의 적용을 위해 몇 가지 교통조건들의 일정한 값으로 설정하고 교통량, 차량의 속도, 차량의 차로변경, 진행각도 등 중요한 변수들은 여러 가지 값의 변수로 설정하여 모의실험을 실시하였다.

<표 5> 모의실험을 위한 설정 환경

입력변수	설정값					
차로폭(W)	3.5 m					
대기행렬차두거리(l_c)	5 m					
임계수락간격(τ)	3 초					
차량의 감속도(a)	3 m/s^2					
신호시간(r, g)	r=90 초 , g=30 초					
진행률(s)	1,800 (대/시/차로)					
차로이용계수(f_{LU})	0.95					
접근로 차로수	3 차로					
차량평균주행속도 (V_T , V_R , $V_{B,0}$)	60 m/s					
차량의 속도(V_B , m/s^2)	20		30		40	
차로당 교통량 (q, 대/시/차로)	100	200	300	400		
차량의 차로변경각도(θ °)	5	10	15	20	25	30

2. 모의실험 결과

설정값을 앞서 제시한 이격거리 산정식을 통하여 계산한 후 그 결과를 <표 6>에 나타내었다.

1) U-Turn 허용구간과 전방교차로의 거리

U-Turn 허용구간과 전방교차로의 거리는 앞서 언급한 바와 같이 최소정지시거를 확보해야 하며 그 다음으로 대기행렬모형을 통한 이격거리를 확보해야 한다.

<표 6> U-Turn허용구간과 전방교차로의 거리 (대기행렬모형, L_1)

교통량 (대/시/차로)	L_1 (m)
100	13.9
200	29.5
300	47.3
400	67.5

대기행렬모형을 이용한 U-Turn 허용구간과 전방교차로의 거리는 주요변수인 교통량에 따라 이격거리가 큰 폭으로 변화하는 것을 알 수 있다.

2) U-Turn 허용구간의 길이

U-Turn을 실시하는 차량은 U-Turn 허용구간에서 정지한 후 U-Turn을 실시한다고 가정하였고, 실제 U-Turn 차량들은 상대적으로 낮은 속도로 U-Turn을 실시하기 때문에 U-Turn을 실시하는 차량들의 속도를 위의 환경보다 상대적으로 낮은 수치를 적용하였다.

<표 7> 대향3차로일때 U-Turn허용구간의 길이

V_{a1} (km/hr)	V_{b1} (km/hr)	V_{b2} (km/hr)	L_2 (m)
5	5	10	21.47
5	10	20	59.78
5	15	30	98.09
5	20	40	136.39
10	10	20	21.47
10	15	30	40.62
10	20	40	59.78
15	15	30	21.47
15	20	40	34.24
20	20	40	21.47

본 연구를 통해 개발된 모델을 통해 U-Turn 허용구간의 길이를 산정하였다. 단, 두 차량이 충돌할 가능성이 없다고 판단되는 경우는 모의

실험의 대상에서 제외하였다. 대향3차로의 경우, B차량의 속도가 A차량의 비해서 느려 t_1이 t_2보다 작아서 Δt가 0보다 작을 경우와 대향4차로의 경우, B차량의 이동궤적이 A차량에 비해 길어서 A차량에 비해 B차량의 속도가 많이 빨라야 하지만 그렇지 못할 경우는 충돌할 가능성이 없다.

대향 3차로일 경우의 U-Turn허용구간 길이를 산정한 결과 U-Turn을 실시하는 두 차량간의 속도차가 U-Turn허용구간의 길이에 크게 영향을 미치며, 특히 두 차량의 속도가 낮을때 더 큰 영향이 있음이 확인되었다.

대향 4차로의 경우는 대향 3차로와 조금 다른 결과가 확인되었다. B차량의 차로변경각도와 두 차량의 속도차가 U-Turn허용구간의 길이에 영향을 미치는 것을 확인할 수 있지만, 그 영향이 아주 미세한 것으로 나타났다.

<표 8> 대향4차로일때 U-Turn허용구간의 길이

θ (°)	V_{a1} (km/hr)	V_{b1} (km/hr)	V_{b2} (km/hr)	L_2 (m)
5	5	15	30	22.32
5	5	20	40	23.06
10	5	10	20	21.82
10	5	15	30	22.98
10	5	20	40	23.56
10	10	20	40	21.65
15	5	10	20	22.16
15	5	15	30	23.21
15	5	20	40	23.73
15	10	20	40	21.82
20	5	10	20	22.32
20	5	15	30	23.32
20	5	20	40	23.81
20	10	20	40	21.89
25	5	10	20	22.42
25	5	15	30	23.38
25	5	20	40	23.86
25	10	20	40	21.95
30	5	10	20	22.48
30	5	15	30	23.42
30	5	20	40	23.89
30	10	15	30	21.51
30	10	20	40	21.98

3) U-Turn 허용구간과 후방교차로의 거리

U-Turn 허용구간과 후방교차로의 거리는 주요변수인 차로변경각도와 교통량에 비례하는 것으로 나타났다.

<표 8> U-Turn허용구간과 후방교차로의 거리(L_2)

V_B (km/h)	q (대/시/차로)	차량의 차로변경각도에 따른 이격거리(m)					
		5°	10°	15°	20°	25°	30°
20	100	121.1	62.1	55.3	51.9	49.8	48.3
	200	122.3	63.3	56.5	53.1	51.0	49.5
	300	123.5	64.5	57.7	54.3	52.2	50.7
	400	124.8	65.8	59.0	55.6	53.5	52.0
30	100	121.0	60.5	48.7	47.2	47.2	47.2
	200	121.9	61.5	49.7	48.2	48.2	48.2
	300	122.9	62.5	50.7	49.2	49.2	49.2
	400	124.0	63.5	51.8	50.3	50.3	50.3
40	100	120.6	60.8	47.3	46.9	46.9	46.9
	200	121.1	61.4	47.8	47.4	47.4	47.4
	300	121.7	62.0	48.4	48.0	48.0	48.0
	400	122.3	62.6	49.0	48.6	48.6	48.6

U-Turn 허용구간과 후방교차로의 이격거리를 산정한 결과 차량의 차로변경 각도별로 그룹을 이루며 차량의 속도 20km/h가 다른 속도들에 비해 교통량이 증가함에 따라 기울기가 급격하게 나타났으며 각도가 커질수록 이격거리가 길게 산정되었다.

이상과 같이, U-Turn 허용구간과 후방교차로의 이격거리는 교통량이 많거나 교차로 간격이 짧아 이격거리가 충분히 확보되지 않는 구간에는 U-Turn허용구간의 설치를 가급적 배제하는 것이 교통류 소통에 유리할 것으로 판단된다.

V 결론 및 향후 연구과제

1. 결 론

본 연구에서는 차량의 정지시거와 좌회전차량들의 대기행렬길이를 고려한 U-Turn 허용구간과 전방교차로와의 적정 이격거리를 산정하고 현장조사를 통해 실제U-Turn 차량의 행태를 분석하여 상충형태를 분류하고 상충과 U-Turn 허용구간의 길이와의 관계분석을 통해 U-Turn 허

용구간의 길이를 산정하였으며 마지막으로 간격수락모형을 통해 U-Turn 허용구간과 후방교차로와의 적절한 이격거리를 제시함으로써 소통과 안전을 고려한 U-Turn 허용구간의 적정길이 및 위치를 제시하였고 모의실험을 실시하였다.

2. 향후 연구과제

다양한 형태의 교차로에서 U-Turn차량의 행태분석이 미흡함에 따라 다양한 형태의 기하구조 및 교통조건들에 따른 차량의 행태 분석이 필요하다고 사료되며, 특히 Mid-Block에서 운영되고 있는 U-Turn의 연구가 보완되어야 한다. 본 연구에서 제시한 모델들은 현실을 고려하기는 하였지만 이상적인 조건을 가정으로 하였으므로 차량의 속도변화 및 이동동선의 변화를 고려한 현실적인 모델제시가 필요하다고 판단된다. 마지막으로 본 연구에서는 U-Turn차량이 U-Turn허용구간 내에서 U-Turn을 실시하는 위치를 이상적으로 적용하였지만 실제 주행차량의 분석을 통한 연구가 추가로 진행되어야 할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 건설교통부(2001), 도로의 구조·시설기준에 관한 규칙 해설 및 지침.
2. 건설교통부(2000), 도로설계편람.
3. 경찰청, 교통안전시설 실무편람, 경찰청, 1999
4. 하태준외 4, 신호교차로와 버스정류장간 이격거리 산정에 관한 연구, 대한교통학회, 2002
5. 이수범외 1, 상충기법을 이용한 교차로로 안전진단에 관한 연구, 대한교통학회, 1999
6. 하태준외 2, 교차로 교통상충기준 개발 및 평가에 관한 연구, 대한교통학회, 2002
7. 박용진, U-turn 운영의 문제점 및 개선방안 제시, 계명대학교, 1998
8. 오윤표 외 2, U-Turn의 적정신호시간 모형 구축에 관한 연구, 동아대학교, 2005
9. Carter Daniel, Operational and Safety Effects of U-Turns at Signalized Intersection, TRB, 2005
10. W. D. Glauz and D. J. Migletz, Application of Traffic Conflict Analysis at Intersections, Midwest Research Institute, NCHRP Report 219