

■ 論 文 ■

교차로 좌회전 궤적에 따른 정지선 위치에 관한 연구

Position of Stop Line according to the Left Turn Trajectory at Intersection

김 기 용

(단국대학교 토목공학과 교통공학전공)

김 동 녕

(단국대학교 토목공학과 교수)

목 차

- I. 서론
 - 1. 연구의 배경 및 목적
 - 2. 연구의 내용 및 방법
- II. 본론
 - 1. 설계기준차량별 좌회전시 운행특성비교
 - 2. 설계기준차량별 좌회전시 요구되는 곡선반경
 - 3. 정지선후퇴의 유형
 - 4. 정지선후퇴에 관한 몇가지 고찰
- III. 정지선의 후퇴길이 산정
 - 1. 정지선후퇴길이 산정방법
 - 2. 정지선후퇴길이 산정표
- IV. 좌회전궤적에 따른 교통류특성 현장실험
 - 1. 개요 및 현장실험장소의 선정
 - 2. 현장실험방법
 - 3. 자료의 정리 및 분석
- V. 결론
참고문헌

요 약

본 논문은 교차로 좌회전 궤적에 따른 정지선의 위치결정에 관한 연구로서 현행 교차로를 설계하는데 있어 좌회전 차량의 운행특성을 고려하지 못하는 불합리한 점을 지적하고, 좌회전 궤적을 고려한 차량정지선의 위치를 결정하는 기준을 제시하는데 그 목적이 있다. 면적이 한정되어 있는 교차로상에서 좌회전궤적을 고려하여 이를 수용하려면 정지선의 형태가 일자형이 아닌 계단형의 모양을 보이게 되는데, 이때 후퇴하게 되는 정지선의 길이를 산정함에 있어 차종을 3가지로 분류하였고 그에 따른 설치곡선반경을 12m, 15m, 23m로 제시하였다. 그리고 교차로 연석선상을 기준으로 개별 차로의 폭, 차로수의 조합을 고려하였다. 따라서 본 논문은 후퇴되는 차량정지선의 길이뿐 아니라 곡선반경의 설치방법을 제시함으로써 설계된 곡선반경을 노면상에 표시하는데 도움이 될 것이다.

좌회전 궤적의 영향에 대한 연구는 교통류와 안전성에 관계되는 것으로 불합리하게 설계된 좌회전 이동류에 대한 곡선반경은 좌회전 용량감소의 원인으로 작용할 뿐만 아니라 운전자로 하여금 좌회전시에 불안정함을 느끼게하여 인근차로를 침범하게 되는 상충발생을 증가시키게 된다.

1. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

교차로에서 좌회전시 좌회전 궤적이 올바르지 않으면 좌회전 용량의 감소뿐만 아니라 운전자로 하여금 핸들링의 부자연스러움을 느끼게 하여 사고의 위험성을 내포하게 된다. 따라서 차량의 좌회전시 주행궤적을 고려한 좌회전 곡선반경을 설치해 줄 필요성이 제기되고 있다. 그럼에도 불구하고 교차로 기하구조를 설계하는데 있어서 우회전 차로의 곡선부 설계시에는 설계기준차량의 유형별 운행특성을 고려하여 회전곡선반경을 설치하는 반면, 좌회전 차로는 설계기준차량의 좌회전시 운행특성에 대한 고려가 부족한 실정이다. 차량의 좌회전을 돕기 위한 방안으로 좌회전 유도표시를 할 때 좌회전 차량의 주행궤적을 고려한 곡선반경이 설치되지 않은 교차로상의 좌회전은 용량의 감소뿐만 아니라 좌회전 차량간에 상충을 유발하는 원인으로 작용하여 안전상에도 문제가 발생될 수 있으므로 좌회전 차량의 주행궤적을 고려한 곡선반경의 확보는 중요하다. 곡선반경의 확보방안으로는 차량의 좌회전 곡선반경을 확보할 수 있는 거리만큼 차량정지선을 뒤로 후퇴시키는 방법을 제시할 수 있다. 그러나 우리나라의 많은 교차로가 차량정지선을 뒤로 후퇴시켜 가면서까지 좌회전 곡선반경을 확보하고 있는 경우는 드물다. 이러한 원인은 도로설계자의 교차로 좌회전 차량의 주행궤적에 대한 인식부족과 정지선 위치 및 좌회전 곡선반경에 대한 명확한 설계기준이 없고, 설계서에 좌회전궤적에 대한 제시를 하지 못함으로써 차선도색 종사자가 임의대로 정지선 또는 좌회전유도선을 설치하도록 하는데 기인한다고 볼 수 있다.

한편 설계도면상에는 반경을 제시하였다 하더라도 현장에서 반경의 중심을 찾기가 어렵고 원호를 그리기가 쉽지 않기 때문에 노면표시를 시공하고자 하는데 있어 많은 어려움을 겪고 있다. 현재 이러한 노면표시의 시공은 차선도색 종사자의 경험에 의해 일반적으로 처리되고 있는 실정이다. 따라서 본 연구의 목적은 설계기준차량에 따른 설치곡선반경을 제시하고, 현장에서 적용하기 쉬운 궤적의 표시방법을 제시하는데 있다. 본 연구로 인한 기대효과는 설계자에게 설계기준을 제시하고 좌회전유도선 설치시

궤적결정용이, TSM사업시에 이용 등을 들 수 있다.

2. 연구의 내용 및 방법

교차로상의 좌회전 이동류에 대해 설계기준차량별로 주행궤적을 고찰하고, 설계기준차량별 주행궤적을 확보할 수 있는 곡선반경을 해외의 자료를 통해 검토한다. 이를 토대로 주행궤적이 확보되지 않는 기하구조를 가진 교차로의 경우 주행궤적을 확보할 수 있는 방법으로 차량정지선을 후퇴시키는 방안을 제시하고자 한다. 곡선반경을 확보해야 하는 근거로써 현장실험대상 교차로를 선정하여 좌회전 주행궤적을 변화시켜가며 각 주행궤적별 좌회전차로에 대한 용량의 분석과 더불어 안전성을 평가할 수 있는 지표로서 인근 차로의 침범횟수를 분석하고자 한다.

II. 본론

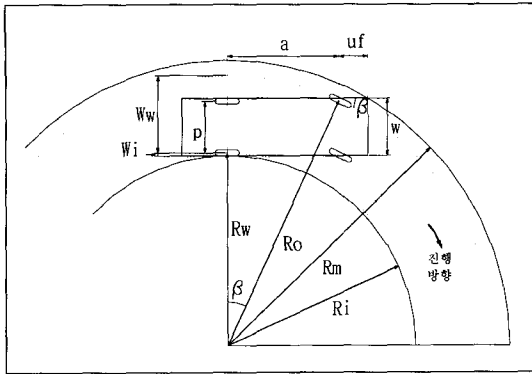
1. 설계기준차량별 좌회전시 운행특성비교

한국은 설계기준차량에 대해 최소회전반경을 <표 1>와 같이 정의하고 있다. 그러나 차량이 좌회전하는데 필요로 하는 회전반경과 최소회전반경은 실질적으로 차이가 있다.

다음은 각각의 설계기준차량별 주행궤적의 내측 및 외측반경을 산정하는 방법을 나타내고 있다. 소형차 및 중·대형자동차에 대한 내·외측 최소회전반경을 구하기 위하여 <그림 1>를 중심으로 Vukan R. Vuchic 이 제시한 방법을 이용하여 관련식을 구하면 다음과 같이 유도된다.^{2),8)}

<표 1> 한국과 미국의 설계기준차량 최소회전반경 비교^{2),3)}

한국		미국(AASHTO)	
차종	최소회전반경 (단위:m)	차종	최소회전반경 (단위:m)
소형자동차	6.0	P	7.32
중·대형 자동차	12.0	SU	12.8
		BUS	12.8
세미트레일러연 결차	12.0	WB-12	12.19
		WB-15	13.72



〈그림 1〉 소형차 및 중·대형자동차의 주행궤적

- R_i : 내측반경
- R_m : 외측반경
- R_o : 외측전륜의 회전반경
- R_w : 내측후륜의 회전반경
- a : 축간거리
- w : 차량폭
- u_f : 앞내민 길이
- p : 후륜전향 중심간의 거리
- β : 외측전륜의 전향각도

$$w_w = R_o - \sqrt{(R_o)^2 - a^2 + p}$$

$$R_w = R_o - w_w$$

$$R_i = R_w - w_i$$

$$= R_o - w_i - w_w \tag{1}$$

$$R_m = \sqrt{(R_i + w)^2 + (a + u_f)^2} \tag{2}$$

식(1), 식(2)를 이용한 차량의 내측·외측의 최소 회전반경을 구하기 위해서는 여러 가지 변수가 필요한데 차량의 치수와 같은 제원은 기존의 설계기준 차량의 제원을 바탕으로 하였고 그 이외에 우리나라 차량의 주행궤적산출을 위한 변수로서 내측(α), 외측(β)의 조향각과 윤거(p)는 현재 출고되어 있는 차량들을 조사하여 그 값을 산출하였고 그에 따른 회전 차량의 내측 외측 최소회전반경을 산출하였다.

〈표 2〉는 우리나라 출고차량을 표본조사하여 얻은 조향각 및 윤거의 평균수치를 나타내고 있고, 이를 바탕으로 산정된 차량의 내·외측 최소회전반경과 진행대폭을 나타내고 있다.

위에서 구한 최소회전반경으로 좌회전할 경우 진행

〈표 2〉 우리나라 출고차량의 제원별 최소회전반경 및 확폭량

설계차량	제원		조향각 (°)		최소 회전반경		진행대폭 (W_w) (m)	확폭량 (m)	확폭량 (m) $\epsilon = \frac{L^2}{2R}$
	윤거 (m)	전륜	후륜 (p)	내측 (α)	외측 (β)	내측 (R_i)			
소형차	1.45	1.44	38	31	3.33	6.13	2.80	1.1	0.5
중·대형차	1.92	1.75	45	34	7.50	13.45	5.95	3.45	2.7
세미트레일러	2.05	1.86	28	20	5.85	13.46	7.61	5.11	4.57

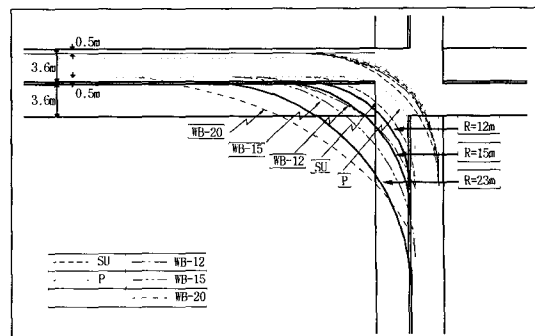
주 : 회전반경12m, 15m, 23m를 사용할 때의 확폭량.

대폭이 넓기 때문에 평균 차로폭 3.0m에서 3.5m정도로는 불충분하다. 확폭량계산은 미국에서 제시하고 있는 승용차, 중·대형자동차 및 세미트레일러의 설계반경값 12m, 15m 및 23m를 사용할 경우에 산정된 것으로 각각 0.5m, 2.7m 및 4.57m에 불과하기 때문에 이 반경을 사용하면 인접차로간의 상충을 최소화할 수 있다.

2. 설계기준차량별 좌회전시 요구되는 곡선반경³⁾

설계기준차량의 종류에 따라 교차로 좌회전시 요구되는 곡선반경은 각기 다르다. 따라서 교차로설계에 있어서 설계기준차량별 좌회전시 확보해 주어야 하는 곡선반경에 대해 고려하여 주는 것이 필요하다. 그러나 우리나라에는 교차로 좌회전시 설계기준차량의 종류에 따라 요구되는 곡선반경에 대한 기준이 마련되어 있지 않아 실질적으로 교차로설계에 반영하지 못하고 있는 실정이다.

미국의 AASHTO에서는 좌회전차량의 교차로 통과속도를 15~25km/h의 범위에서 주행하는 설계기준차량별 좌회전차량의 궤적을 〈그림 2〉와 같이 보여주고 있다.



〈그림 2〉 설계기준차량별 좌회전시의 회전궤적³⁾

〈표 3〉 차량의 종류에 따른 최소설치곡선반경³⁾

설계차량의 적합성	설치곡선반경(Control Radius) (단위:m)		
	12	15	23
적합	P (승용차)	SU(트럭)	WB-12 (세미트레일러)
부적합	SU (트럭)	WB-12 (세미트레일러)	WB-15 (세미트레일러)

미국의 AASHTO에서는 교차로 좌회전시 좌회전 반경을 〈표 3〉과 같이 승용차(P)의 경우 12m, 트럭(SU)은 15m, 세미트레일러(WB-12)의 경우는 23m 이상을 설치하도록 권장하고 있다. 미국의 설계기준 차량과 우리나라의 설계기준차량의 치수가 다소 상이 하지만 좌회전시 필요로 하는 궤적을 수용하는 데는 〈표 3〉에서 제시하고 있는 곡선반경을 설치하는 데는 문제가 되지 않을 것이다.

3. 정지선 후퇴의 유형

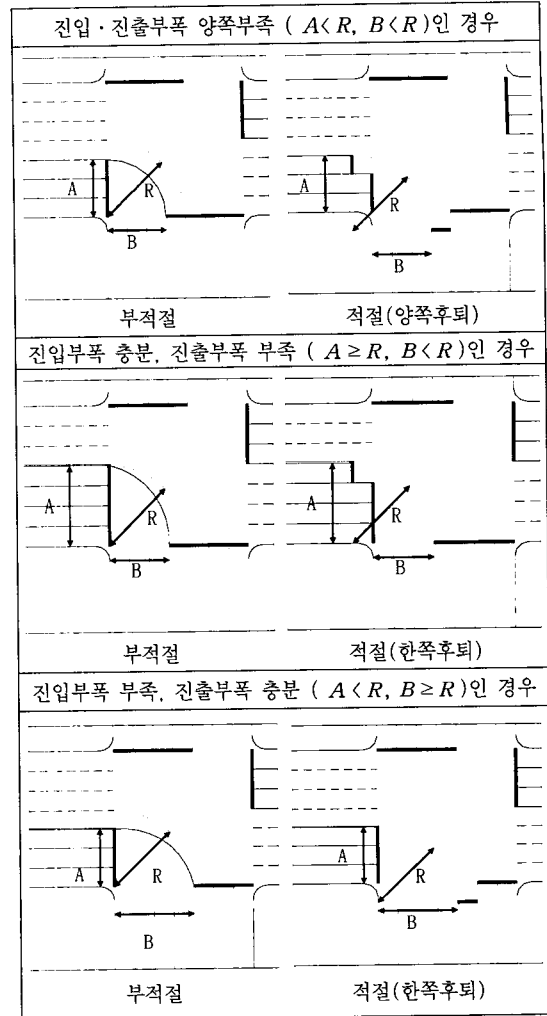
좌회전 궤적을 적절하게 확보하기 위해서는 교차로의 기하구조 즉, 진출부의 폭과 진입부의 폭에 따라서 정지선 후퇴의 유형이 4가지로 결정된다. 여기서 R은 최소설계반경, A는 진입부폭, B는 진출부폭을 의미한다.

〈그림 3〉에서 보는 바와 같이 진입부와 진출부 양쪽이 설계반경보다 적은 경우와 진입부만 적은 경우, 진출부만 적은 경우, 둘 다 설계반경보다 큰 경우가 그것이다. 그 중 마지막에 해당되는 것은 정지선 후퇴가 필요 없기 때문에 그림에 나타내지 않았다.

4. 정지선 후퇴에 관한 몇가지 고찰

좌회전 궤적을 고려한 정지선위치 결정에 관한 본 연구에 대하여 제기될 수 있는 몇 가지 의문점과 이에 대한 고찰을 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 좌회전궤적을 원활하게 설치하기 위한 정지선을 후퇴할 경우 정지선간의 거리가 멀어져 교차로의 소거시간이 길어지기 때문에 용량을 저하시키는 요인이 될 수 있다는 점이 고려되어야 한다. 정지선간의 거리와 차량의 접근속도에 영향을 받는 유효녹색시간은 각 요소의 크기에 따라 다르겠지만 정지선간 거리가



〈그림 3〉 정지선 후퇴의 유형

10m늘어나고 차량의 접근속도가 40km/hr정도라면 약 1초의 손실이 있을 수 있으며 이로 인한 영향은 추후 연구될 필요가 있다.

둘째, 좌회전 궤적은 엄밀하게는 완곡궤적을 이루게 되며 원곡선으로는 불충분할 것이라는 점이다. 좌회전궤적에 완곡궤적을 감안한다면 정지선후퇴길이는 더커지게 된다. 일반적으로 교차로의 좌회전궤적은 일부 예외가 있으나 그리지 않고 운전자가 정지선간의 위치를 판단하여 경로를 선택하게 된다. 본 연구에서는 AASHTO에서 원곡선으로 가정한 예에 따라 원곡선을 기준으로 정지선위치를 결정하는 방법을 선택하였으며 추후 완곡궤적까지 고려한 정지선위치의 연구가 필요할 것이다.

셋째, 일반적으로 정지선은 연속연장선으로부터 어느 정도는 후퇴되어 있으며 횡단보도가 설치된 곳에서는 정지선이 횡단보도 폭 만큼 추가로 후퇴되어 있기 때문에 좌회전 궤적이 적절하게 확보될 수 있다는 점이다. 대부분의 교차로와 특히 횡단보도가 있는 방향의 정지선은 비교적 적절한 좌회전 궤적이 확보될 수 있다. 그러나 유입부, 유출부의 폭이 좁거나 심하게 불균형을 이룰 때와 횡단보도가 없을 때에는 정지선 후퇴의 필요성이 대두된다.

넷째, 설계차량에 따른 설계반경을 선정하는 기준이 애매하다는 점이다. 설계차량이 소형차, 중·대형자동차 및 세미트레일러에 따라서 설계반경이 결정되는데 도로설계시 어떤 차량을 설계차량으로 선택할 것이냐는 것은 현재로서는 기준이 없기 때문에 어려운 점이 있다. 이에 대한 기준은 추후 연구되어야 할 부분이며 이용교통의 차종분포와 도로의 등급, 도로폭원에 따라 적절한 기준이 마련되어야 할 것이다.

다섯째, 정지선 후퇴는 내측차로에서 크게 되고 외측차로로 갈수록 적어지기 때문에 정지선의 모양이 계단식으로 되어 미관상 또는 운전자의 운전 관습상 불리한 점이 있다. 이것은 계단식으로 정지선을 설치하든지 또는 가장 많이 후퇴되는 정지선과 일직선으로 맞추든지 선택할 사항이다.

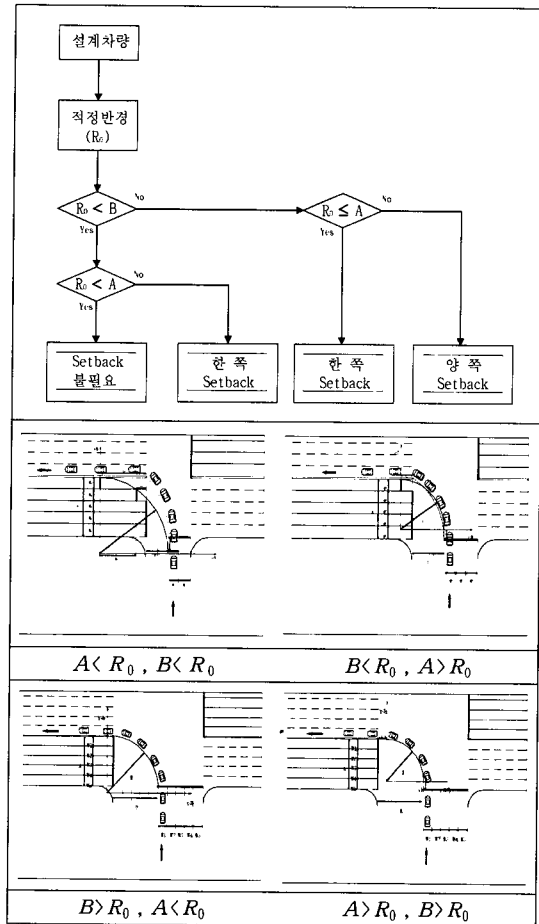
여섯째, 진입부는 다른 방향에서 오는 차량에게는 진출부가 될 수 있다는 점에 대해서도 고려해야 한다. 이 경우 확보하고자 하는 곡선반경이 동일하다면 문제가 안되겠지만 곡선반경이 상이하다면 이에 대한 고려가 필요하며 추후 이에 대한 연구가 필요하다.

III. 정지선의 후퇴길이 산정

1. 정지선 후퇴길이 산정방법

〈그림 4〉에서 나타내고 있듯이 설계차량에 의해 설치하고자 하는 곡선반경(R_0)이 결정되고, 이 곡선반경(R_0)을 도로의 폭인 A, B와 비교하여 $A < R_0$, $B < R_0$ 인 경우, 양쪽의 정지선을 후퇴시킴으로서 곡선반경을 확보할 수 있다.

$B < R_0$, $A > R_0$ 와 $B > R_0$, $A < R_0$ 인 경우는 정지선을 어느 한쪽으로만 후퇴시킴으로서 설치하고자 하는 곡선반경을 확보할 수 있다.



〈그림 4〉 정지선후퇴여부 판정흐름 및 후퇴길이 산정

$A > R_0$, $B > R_0$ 인 경우는 설치하고자 하는 곡선반경보다 양쪽도로의 폭이 큰 경우이므로 설치하고자 하는 곡선반경보다 클수록 차량의 흐름이 원활하므로 최대한 큰 반경으로 유도선을 표시해 줌으로서 좌회전하는 차량을 유도해 줄 수 있다.

- L_1 : 첫 번째 정지선 후퇴길이(진출부)
- L_2 : 두 번째 정지선 후퇴길이(진출부)
- i_1 : 첫 번째 정지선 후퇴길이(진입부)
- A, B : 접근로 폭
- R : 좌회전 곡선반경
- $W_1 \sim W_5$: 개별 차로 폭
- : 곡선반경의 시작점 또는 끝점이 차량정지선 앞으로 진출하는 것을 의미

정지선의 후퇴길이를 산정함에 있어 본 연구에서

제시하고자 하는 산정방법은 차로의 폭이 동일하다는 전제를 바탕으로 산정하였고, 가장 바깥쪽의 차로는 길어깨의 여유폭을 동일하게 주어 다른 차로와 차로폭이 다르더라도 아래의 산정방법을 적용할 수 있을 것이다.

$A < R_0, B < R_0$ 인 경우 후퇴길이의 결정은 다음과 같다.

$$L_1 = R - B$$

L_2 를 구하기 위해서는 원의 방정식 $x^2 + y^2 = r^2$ 을 이용하여 다음과 같이 구할 수 있다.

$$x = m_1, y = R - w_1 \text{을 대입,}$$

$$m_1^2 + (R - w_1)^2 = R^2$$

$$\therefore m_1 = \sqrt{2Rw_1 - w_1^2}$$

m_1 값을 대입하여 정리하면,

$$\begin{aligned} \therefore L_2 &= R - m_1 - B \\ &= R - B - \sqrt{2Rw_1 - w_1^2} \end{aligned}$$

정지선의 위치가 만약 음수로 되었다면 이는 좌회전 궤적이 연속연장선보다 앞에 있다는 의미이고 정지선은 연속연장선보다 앞으로 튀어나올 수 없으므로 다음과 같은 값을 사용하여야 한다.

$L_2 = \text{Max} [0, R - B - \sqrt{2Rw_1 - w_1^2}]$ 의 값을 사용한다. L_3 값을 구하고 이를 일반식으로 나타내면, (단, $w_1 = w_2$)

$$\begin{aligned} L_3 &= R - B - \sqrt{2R(w_1 + w_2) - (w_1 + w_2)^2} \\ &= R - B - \sqrt{2R(2w_1) - (2w_1)^2} \\ &= R - B - \sqrt{2(2Rw_1) - 2(w_1)^2} \end{aligned}$$

따라서, 일반식은 다음과 같이 제안 할 수 있다.

$$L_i = R - B - \sqrt{(i-1)(2Rw_1) - (i-1)(w_1)^2}$$

i 는 아래와 같이 구할 수 있다.

$$i_1 = R - A, i_2 = R - A - w_1, i_3 = R - A - 2w_1$$

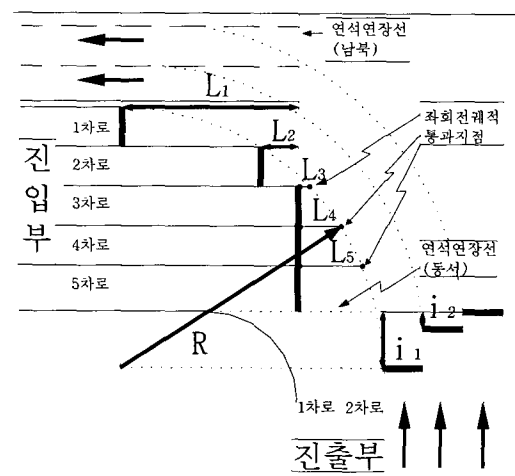
$$\therefore i_i = R - A - (i-1)w_1$$

$B < R_0, A > R_0, B > R_0, A < R_0, A > R_0, B > R_0$ 의 경우도 위에서 도출한 식과 같은 형태의 식이 적용된다. 다만 구해진 값들의 부호가 양수로 될 수도 있고 음수가 될 수 있다.

2. 정지선후퇴길이 산정표

교차로 좌회전 이동류에 대한 좌회전 곡선반경의 설치는 주행궤적을 고려해서 설치해야 하지만 실질적으로 곡선반경을 어느 정도 확보해야 하고 어떻게 설치를 해주는 것이 올바른 것인지에 대한 기준이 마련되어 있지 않다. 그러므로 교차로내의 유도표시로 나타낸 곡선반경이 각각의 지점마다 일관성을 지니지 못하고 있는 상태이고 설치시에도 많은 어려움을 겪고 있다. 이러한 이유로 다음에 제시하고자 하는 정지선 후퇴길이의 산정표를 만들어 이용하면 곡선반경을 보다 쉽고 일관성 있게 설치할 수 있을 것이다. 아래의 <그림 5>는 <표 4>에서 제시하는 정지선의 후퇴길이 산정을 살펴볼 수 있는 상세도이다.

<그림 5>와 <표 4>에서 보는 바와같이 계산된 L_i, i_i 값이 음수로 된 것은 좌회전 궤적이 통과하는 위치가 연속연장선으로부터 교차로 내측방향으로 그 만큼 떨어져 있다는 의미이다. 연속연장선으로부터 거리를



<그림 5> 정지선 후퇴길이산정 상세도

〈표 4〉 정지선후퇴길이 산정표(R=15m)

		정지선후퇴거리(m) (R:15m, 차로폭:3.5m, 길어깨:0.5m)														
진입부	진출부	1차로	2차로		3차로			4차로				5차로				
		4.0m	7.5m		11.0			14.5m				18.0m				
		L ₁	L ₁	L ₂	L ₁	L ₂	L ₃	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅
1차로	1차로	11.0	11.0	1.4	11.0	1.4	-1.7	11.0	1.4	-1.7	-3.3	11.0	1.4	-1.7	-3.3	-4.0
2차로	2차로	7.5	7.5	-2.1	7.5	-2.1	-5.2	7.5	-2.1	-5.2	-6.8	7.5	-2.1	-5.2	-6.8	-7.5
3차로	3차로	4.0	4.0	-5.6	4.0	-5.6	-8.7	4.0	-5.6	-8.7	-10.3	4.0	-5.6	-8.7	-10.3	-11.0
4차로	4차로	0.5	0.5	-9.1	0.5	-9.1	-12.2	0.5	-9.1	-12.2	-13.8	0.5	-9.1	-12.2	-13.8	-14.5
5차로	5차로	-3.0	-3.0	-12.6	-3.0	-12.6	-15.7	-3.0	-12.6	-15.7	-17.3	-3.0	-12.6	-15.7	-17.3	-18.0

진입부		1차로	2차로	3차로	4차로	5차로	SAMPLE	진입부 : 2차로 진출부 : 3차로
진출부								
1차로 4.0m	i ₁	11.0	7.5	4.0	0.5	-3.0		
2차로 7.5m	i ₁	11.0	7.5	4.0	0.5	-3.0		
	i ₂	7.5	4.0	0.5	-3.0	-6.5		
3차로 11.0m	i ₁	11.0	7.5	4.0	0.5	-3.0		
	i ₂	7.5	4.0	0.5	-3.0	-6.5		
	i ₃	4.0	0.5	-3.0	-6.5	-10.0		
4차로 14.5m	i ₁	11.0	7.5	4.0	0.5	-3.0		
	i ₂	7.5	4.0	0.5	-3.0	-6.5		
	i ₃	4.0	0.5	-3.0	-6.5	-10.0		
	i ₄	0.5	-3.0	-6.5	-10.0	-13.5		
5차로 18.0m	i ₁	11.0	7.5	4.0	0.5	-3.0		
	i ₂	7.5	4.0	0.5	-3.0	-6.5		
	i ₃	4.0	0.5	-3.0	-6.5	-10.0		
	i ₄	0.5	-3.0	-6.5	-10.0	-13.5		
	i ₅	-3.0	-6.5	-10.0	-13.5	-17.0		

측정하여 궤적의 통과지점을 표시할 수 있기 때문에 차선도색 종사자가 더욱 정확한 시공을 할 수 있을 것으로 기대된다. 아래의 표는 앞 절의 과정을 통해 제시된 방법을 이용해서 곡선반경을 설치하고자 할 때 차로수의 조합만으로 쉽게 파악할 수 있도록 하였다.

〈표 4〉는 설계반경이 15m일 때 진입부 및 진출부 차로수가 1차로에서 5차로로 변할 때 각각의 조합별 후퇴길이를 정리한 것이다. 예를 들어 진하게 표시된 부분을 보면 진입부가 2차로 이고 진출부가 3차로일 때 진입부 1차로의 후퇴거리는 4.0m(L₁)가 되고 진출부 차로의 후퇴거리는 7.5m(i₁), 2차로의 후퇴거리 4.0m(i₂), 3차로의 후퇴거리는 0.5m(i₃)가 된다.

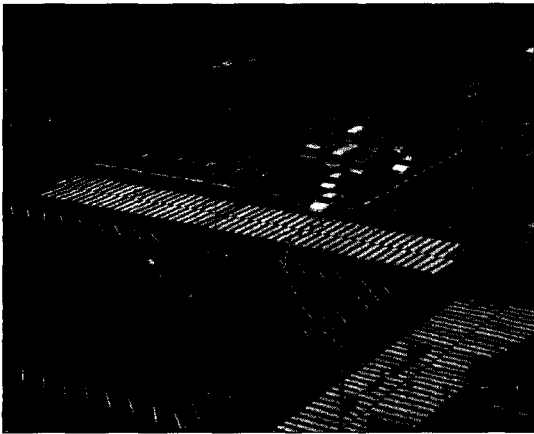
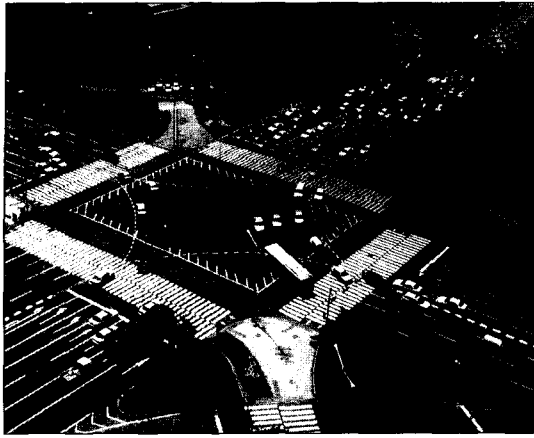
이때 각 차로의 폭은 3.5m씩으로 보았으며 가장 바깥쪽 차로의 폭은 4.0m를 적용하였고 차로의 폭이 변하면 계산된 값이 다소 변할 수 있다. 설치곡선반경

이 12m, 23m 일 때에 대해서도 같은 요령으로 작성할 수 있다. 본 연구결과의 적용은 주로 횡단보도가 없는 교차로에 적장하다고 생각된다. 왜냐하면 횡단보도가 있을 경우에는 횡단보도가 6~8m이고 정지선이 횡단보도에서 2~3m 떨어져 있기 때문에 정지선은 연속연장선에서 8~11m정도 자연스럽게 후퇴되기 때문이다.

IV. 좌회전 궤적에 따른 교통류특성 현장실험

1. 개요 및 실험장소 선정

좌회전 궤적의 적절한 설계의 중요성을 확인하기 위하여 진입부폭을 고정하고, 진출부의 폭을 변화시켜 가면서 포화교통류율과 인접차로 침범정도를 조사하기로 하였다.



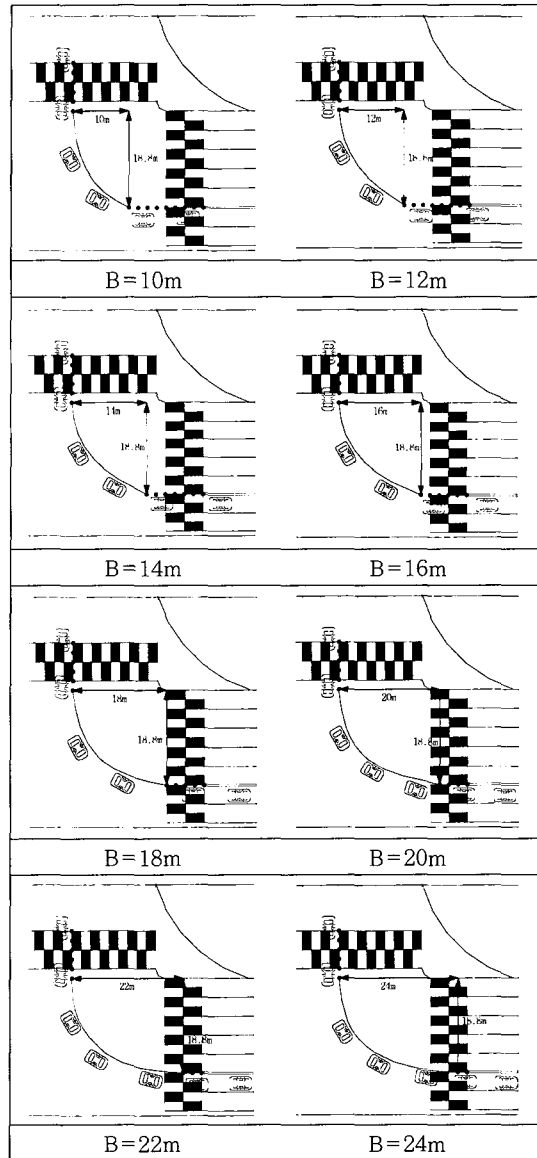
〈그림 6〉 현장실험장소의 현황 및 실험장면

신호 교차로의 용량은 기하구조의 영향을 많이 받게 된다. 좌회전차로의 경우 좌회전 곡선반경이 좌회전하는 차량의 궤적에 대해 충분한지의 여부가 좌회전용량에 영향을 미치게 되고 좌회전차로수가 많아질 경우 그 영향을 더욱 많이 받게 된다. 이에 좌회전 주행궤적의 변화가 좌회전 이동류에 미치는 영향을 분석하기 위하여 현장실험을 수행하였다.

현장실험지점의 선정은 실험을 통해 좌회전궤적의 변화시 그 영향을 잘 나타낼 수 있는 지점을 선정하고자 하였으며 좌회전이 다차로로 운영되고 있고, 좌회전곡선반경이 충분한 지역을 선정하고자 하였다. 그 밖에 신호교차로의 지체에 영향을 주는 도로조건(접근로의 경사, 차로수 및 폭, 주차상태 등), 교통조건(중차량구성비, 보행자횡단활동, 주차활동 등), 신호조건(주기, 녹색시간, 현시시간 등)을 고려하여 실험지점을 선정하였다.

〈표 5〉 현장실험을 위한 조사일시 및 수집주기수

실험장소	실험 날짜	구분	실험시간	수집 주기수
올림픽공원앞 교차로	9/8	10m	9:00~10:00	24주기
		12m	10:00~11:00	24주기
		14m	11:00~12:00	24주기
	9/9	16m	8:30~ 9:30	24주기
		18m	9:30~10:30	24주기
		20m	10:30~11:30	24주기
		22m	11:30~12:10	16주기
		24m	12:10~12:50	16주기



〈그림 7〉 좌회전궤적에 변화를 주는 현장실험방법

2. 현장실험방법

〈그림 7〉에서 보여주고 있듯이 부채꼴 모양의 주행궤적에 대해 한쪽 변의 길이는 18.8m(약19m)로 고정하고, 다른 한 변의 길이를 10m, 12m, 14m, 16m, 18m, 20m, 22m, 24m로 변화를 주고, 각각의 제시한 좌회전 주행궤적별로 좌회전 차량을 유도하고, 각 상황에 대하여 비디오 카메라로 촬영하여 좌회전 주행궤적이 불충분한 상태와 충분한 상태일 경우의 다중좌회전차로에 대한 영향을 분석하였다.

3. 자료의 정리 및 분석

1) 용량분석

제시된 주행궤적의 변화에 따른 포화교통류율의 변화는 아래의 〈표 6〉에서 보여주고 있듯이 주행궤적의 폭이 10m일 경우 평균용량이 1746pcph로서 이상적인 용량에 대해 79.4%를 보이고 있으며, 좌회전 차량에 대한 주행궤적이 충분해지는 20m지점에서는 2050pcph로서 이상적 용량에 대한 백분율이 93.2%를 나타냈다. 이것은 차량이 좌회전하는데 있어서 좌회전궤적이 충분히 확보될수록 차로당 용량이 증가함을 나타낸다. 20m지점 이후부터는 22m일 때 2071pcph, 24m일 때 2099pcph로서 용량의 증가가 둔해짐을 알 수 있다.

〈표 6〉 주행궤적의 변화에 따른 차로별 포화교통량 및 평균

진출부의 폭	10m	12m	14m	16m	
차로	1차로	1565	1682	1818	1875
	2차로	1698	1765	1856	1957
	3차로	1733	1891	1923	1992
	4차로	1986	1960	2015	2103
	평균	1746	1825	1903	1982
이상적인 용량에 대한 백분율(%)	79.4%	83.0%	86.5%	90.0%	
진출부의 폭	18m	20m	22m	24m	
차로	1차로	1946	2011	2057	2081
	2차로	2011	2057	2069	2105
	3차로	2034	2069	2079	2096
	4차로	2063	2064	2080	2112
	평균	2014	2050	2071	2099
이상적인 용량에 대한 백분율(%)	91.5%	93.2%	94.1%	95.4%	

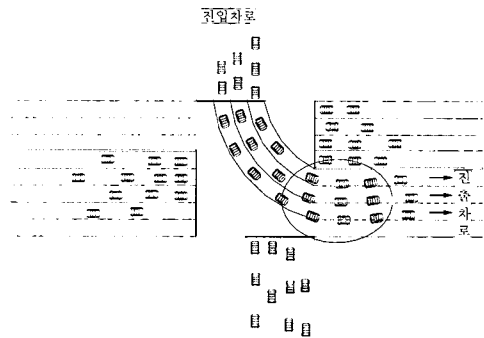
주 : 진입부의 폭은 18.8m(연석연장선과 일직선인 상태)에 고정시킴.

즉 차량이 좌회전하는데 있어 원곡선의 형태를 넘어서는 궤적의 확보는 용량의 증대면에서 그다지 큰 효과를 보이지 않고 있음을 나타낸다.

2) 인근차로의 침범수준 분석

차량이 좌회전하는데 있어서 주행궤적이 부적절하게 되면 인근차로를 침범하게 되는 경우가 발생하게 된다. 좌회전 차량이 회전하면서 인근차로를 침범하게 되면 용량을 감소시키는 원인으로 작용할 뿐 아니라 안전상에서도 문제를 야기할 수 있다. 안전상의 문제로는 차량의 진행이 원활하지 못함으로 인해서 차량이 인근차로를 침범하게 되므로 차량간의 접촉사고의 원인으로 작용하기 때문이다. 주행궤적의 확보가 부족할수록 인근차로를 침범하게 되는 경우가 많이 발생하게 된다.

인근차로의 침범이라 함은 위의 〈그림 8〉에서 보여주고 있듯이 차로를 따라서 진로를 변경하지 않고



〈그림 8〉 인근차로의 침범상황

〈표 7〉 주기당 인근차로의 평균침범횟수

진출부폭	차로별 평균침범횟수(회)			계	평균(A)	평균관측횟수(B)	평균침범율(%)
	1차로	2차로	3차로				
10m	8.90	7.95	5.30	22.15	7.38	8.8	83.86
12m	7.80	6.32	3.92	18.04	6.01	8.6	69.88
14m	5.91	4.61	3.17	13.69	4.56	9.2	49.57
16m	5.46	3.83	1.54	10.83	3.61	10.2	35.39
18m	3.88	2.00	1.00	6.88	2.29	9.6	23.85
20m	2.22	1.18	0.53	3.93	1.31	10.5	12.48
22m	1.18	0.27	0.18	1.63	0.54	9.5	5.68
24m	0.60	0.17	0.17	0.94	0.31	9.4	3.30

진행하였을 경우 진출부쪽에서 자신의 차로로 들어갈 때 회전궤적의 부적절로 인하여 부득이 인근차로를 차량이 넘게되는 것을 말한다.

본 연구에서 현장실험을 통해 얻은 침범횟수는 촬영의 어려움으로 인해 침범수준의 정도를 고려하지 못하고 인근차로쪽으로 차선을 넘게되는 모든 차량을 침범행태로 간주하여 수치를 도출하였다. <표 7>에서 보여주고 있듯이 주행궤적의 변화폭이 증가함에 따라 차량의 인근차로 침범횟수가 줄어들음을 알 수 있다. 본 실험에서 좌회전 차량이 필요로 하는 곡선반경은 19m이므로 각각의 차로별 19m의 거리가 확보되는 위치 이후로는 인근차로의 침범횟수가 급격히 줄어들음을 알 수 있다. 1차로의 경우는 진출부 쪽(B)이 20m 이후 침범횟수가 주기당 평균 2회이하로 떨어지고, 2차로의 경우는 18m이후에 평균 2회이하, 3차로의 경우는 16m이후에 평균 1.54회이하로 인근차로의 주기당 평균침범횟수가 외측차로로 갈수록 급격히 떨어짐을 알 수 있다.

V. 결론

신호교차로 좌회전차로의 용량은 좌회전 곡선반경의 충분·불충분의 여부에 따라 그 영향을 받게 된다. 그럼에도 불구하고 우리나라는 교차로 좌회전이동류에 대한 설계기준이 미비하여 본 연구에서는 원곡선 설치법을 이용하여 초보적인 설계기준을 제시하고 한다. 좌회전 궤적의 불균형은 일반적으로 유입부와 유출부의 차로폭이 차이가 클 때 많이 나타나고, 대로와 소로가 만나는 곳이나 지하차도가 있는 교차로에서 흔히 발생한다. 이러한 문제점에 대한 고찰을 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 좌회전 궤적을 현장에서 시공하기 어려운 점을 감안하여 정지선의 후퇴길이는 이용하기 쉽도록 연석연장선으로부터의 거리로 표현하였다.
- (2) 주행궤적을 확보하기 위한 정지선의 후퇴길이는 설계좌회전 곡선반경 및 차로수의 조합에 따라 다르며 곡선반경이 12m일 때는 최대 8m까지 후퇴가 되고, 곡선반경이 15m일 때는 최대 11m까지 후퇴하고, 곡선반경 23m일 때는 19m까지 후퇴하는 것이 적당하다.

- (3) 곡선반경 12m 확보시 진입차로부와 진출차로부가 4차로이상이면 정지선의 후퇴가 필요 없고, 반경 15m 확보시 진입차로부와 진출차로부가 5차로이상, 반경 23m 확보시 7차로 이상 확보되면 정지선의 후퇴가 없어도 일반적으로 충분한 궤적이 확보된다.
- (4) 좌회전곡선반경이 좌회전 교통류에 미치는 영향은 바깥쪽 차로보다는 안쪽차로쪽이 영향을 더 받으며, 현장의 실험결과 진출부 쪽(B)이 10m일 때 1차로의 용량은 이상적인 용량에 대해 71.1%인 반면, 4차로의 경우는 79.4%로 나타났다.
- (5) 좌회전차로에 대한 곡선반경의 영향은 곡선반경이 커질수록, 즉 회전궤적이 충분히질수록 좌회전차로에 미치는 영향이 적어진다. 실험결과를 살펴보면 10m일 때의 평균용량은 이상적인 용량에 대해 79.4%이고, 곡선반경이 원곡선의 형태를 유지하는 20m인 경우의 평균용량은 94.1%로 나타났다.
- (6) 좌회전 이동류에 대해 곡선반경이 충분히 확보되지 않으면 교차로 회전시 인근차로를 침범하게 되는데 곡선반경이 충분하게 될수록 인근차로의 침범횟수는 줄어들게 된다. 실험지점에서의 곡선반경에 따른 인근차로의 평균침범횟수는 10m인 경우 7.38회, 원곡선의 형태를 유지하게 되는 20m의 경우는 1.31회로 나타났다.

본 연구는 설계기준차량별 좌회전시 필요로 하는 곡선반경을 확보해야 하는 필요성을 제시하고 보다 효율적인 도로운영을 위한 방안을 모색하기 위해 진행하였다. 그러나 설계기준차량별 좌회전시 요구되는 곡선반경에 대한 근거가 우리나라에는 없는 관계로 부득이 미국의 AASHTO기준을 근거로 연구를 진행하였다. 따라서 앞으로 우리나라 자체의 기준을 마련하기 위한 연구가 필요할 것으로 보이며, 본 연구에서는 직각으로 만나는 교차로를 대상으로 원곡선 설치법을 기준으로 연구를 진행하였는데 향후 연구 과제로서 원곡선이 아닌 완화곡선으로 설치하는 방안에 대한 연구와 진출부에 여유차로가 있을 경우의 곡선반경설치에 대한 고려와 더불어 예각 및 둔각으로 만나는 교차로에 대해서도 연구가 필요하리라 생각된다.

참고문헌

1. 이호원, "신호교차로에서 곡선반경에 따른 좌회전 보정계수의 영향 분석", 아주대학교 석사논문, 1995.
2. 건설부, "도로의 구조·시설 기준에 관한 규정 해설 및 지침", 1991.
3. American Association of State Highway and Transportation Officials, "A Policy on Geometric Design of Highways and Streets", Washington. D.C, 1994.
4. Transportation Research Board, "Use of WHI Offtracking Formula", Transportation Research Record 1052, pp.45~62.
5. Institute of Transportation Engineers, "Geometric Design and Operational Considerations for Trucks", ITE Journal, 1992. 8, pp.12~15.
6. Japan Society of Traffic Engineers, "The Planning and Design of At-Grade Intersections", JSTE Applications.
7. Vukan R. Vuchic, "Urban Public Transportation (Systems and Technology)", Prentice-Hall, INC, 1981, pp.198~217.
8. Ministere DES Transports, "LES CARREFOURS PLANS SUR ROUTES INTERURBAINES", Direction des Routes et la Circulation Routiere 244.