



Y형 교차로의 회전교차로 변형에 따른 적용효과 분석 및 설치준거 연구

An Analysis of Effectiveness and Development of Warrant to Transform Y-Type Intersection into Roundabout

심 관 보* 임 평 남**

Shim, Kywan Bho Lim, Pyong Nam

Abstract

A ROUNDABOUT is more effective way to improve safety and prevent delays than signal intersection. ROUNDABOUT has been known highly safe treatment that could be used as a method to reduce conflicts between vehicles, to reduce travel speed in inner or approach of intersection, and to have no speed difference between drivers than intersection. In this study, the effective analysis on the installation of ROUNDABOUT was carried out using computer-based simulation tool VISSIM, in order to evaluate performance and safety of ROUNDABOUT and develop a warrant. In conclusion, the results indicated that there was remarkable increase of Y-intersection capacity and decrease of delay, and improvement of traffic safety. Finally, A nice feature of this study is to firstly attempt to use microscopic simulator to evaluate the effectiveness of ROUNDABOUT and suggest a passible operation boundary.

Keywords : roundabout, Y-intersection, VISSIM, travel speed, warrant

요 지

회전교차로는 일반적인 신호교차로보다 안전성 향상 및 지체감소에 효과적이라고 한다. 회전교차로는 일반 평면교차로보다 자동차간 혹은 자동차와 보행자간의 상충횟수가 적고, 교차로 진입부와 교차로 내에서 감속운행하게 되며, 교차로를 통과할 때 대부분의 운전자가 비슷한 속도로 주행한다는 점 때문에 일반적인 교차로보다 안전성이 높은 기법으로 알려져 있다. 본 연구는 지방부 비신호 Y형 교차로에 대해 회전교차로로의 변환 가능성을 검토하기 위한 기초단계로써, 미시적 교통류 분석 S/W인 VISSIM을 활용하여 회전교차로 설치 전·후 모의실험을 수행하였다. 모의실험을 통하여 ROUNDABOUT의 운영 효율성을 평가하였으며, 현장조사 검증을 통해 설치준거를 제시하였다. 모의실험결과, 신호 및 비신호 Y형 교차로를 회전교차로로 변형하면 수용할 수 있는 교차로 전체교통량이 증가하고 안전성이 개선되는 것으로 분석되었다. 본 연구는 국내에서 최초로 미시적 시뮬레이션 모형을 활용하여 회전교차로의 운영효과를 평가하고, 교통량 및 회전교통량을 고려한 설치 가능 범위를 제시하였다는 점에서 그 의의를 찾을 수 있을 것이다.

핵심용어: 회전교차로, 모의실험, 효과분석, 지체도, 설치준거

* 정희원 · 도로교통안전관리공단 교통과학연구원 책임연구원 · 공학박사

** 정희원 · 도로교통안전관리공단 교통과학연구원 연구위원 · 공학박사



1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

2차로 도로내 회전교통류의 특성은 비신호 교차로에서 나타나며, 단일로 구간의 추월 가능 여부만큼이나 비신호 교차로의 용량 및 안전성을 결정하는 중요한 요인이다. 양방향 2차로 도로에서는 회전교통류로 인해 상충과 지체가 발생하여 교차로 용량이 감소하고 교통사고가 발생한다.

현재 우리나라 도로용량편람(2001)에서는 2차로 도로 회전교통류 특성에 대해 비신호 교차로와 관련하여 무통제 교차로, 양방향정지 교차로, 전방향정지 교차로, 회전교차로 등 4가지로 정의하고 있다. 무통제 교차로는 비신호 교차로에서 접근하는 모든 방향에 동등하게 먼저 진입한 차량에게 우선권을 주는 교차로이며, 양방향정지 교차로는 주도로의 차량이 통행을 완료할 때까지의 시간간격 동안 부도로에서 진입하는 모든 차량과 주도로에서 좌회전하는 차량이 기다려야 하는 교통통제기법을 이용하는 교차로이다. 회전교차로는 교차점의 중앙에 교통섬을 설치하여 차량이 그 주위를 회전하면서 교통흐름을 처리하는 도류식 교차로를 말한다.

비신호 교차로의 회전교통류와 안전과의 관계를 보면 명확히 수치적 관계로 표현한 문헌 및 보고서는 없으나 상충교통량이 감소하면 비신호 교차로 서비스 수준이 좋아지고 임계수락간격이 줄어들면 잠재용량이 늘어 서비스 수준이 좋아진다는 것을 알 수 있다. 즉 상충교통량이 많다는 것은 차량간의 상충으로 사고 위험성이 높다는 것이므로 상충을 줄여주면 비신호 교차로의 서비스 수준뿐만 아니라 안전성 또한 증가할 수 있다는 것을 나타낸다.

2차로 도로 회전교통류 처리에서 지체차량 증가, 서비스수준의 저하 등의 문제점은 4차로로 확장하지 않더라도 개선과 개량시설 설치를 통해 서비스 수준과 안전상의 문제를 완화시킬 수 있다.

본 연구에서는 비신호교차로의 교통상충을 줄여주

고 서비스 수준을 개선하기 위해 회전교차로의 국내 도입을 검토하였다. 즉 교통안전 및 운영측면에서 지방부 2차로 도로에 회전교차로의 도입을 검토하기 위한 초기단계로써 교통시뮬레이션 모형인 VISSIM을 활용하여 운영효율에 대한 사전·사후분석을 수행하였으며, 분석결과를 토대로 비신호 Y형 교차로의 회전교차로로 변형을 위한 설치준거를 제시하였다.

1.2 연구 수행 방법

본 연구에서는 회전교차로 설치를 대상으로 선택하였다. 선택한 개선대안 각각에 대한 평가지표와 모의실험 설계항목을 국내의 현장여건 및 실태를 바탕으로 선정하였으며, VISSIM을 통해 회전교차로와 양방향 정지형태의 비신호 교차로에 대해 126회의 모의실험을 시행하였다. 모의실험결과를 토대로 회전교차로의 설치준거를 제시하였고, 각각에 대해 현장조사를 통해 효과를 검증하였다.

2. 관련문헌 고찰

2.1 교통제어유형과 회전교차로 설치효과

1) 교통제어유형과 교차로 기하구조

평면교차로에서 사용하는 교통제어유형은 “no control”, “yield-control”, “stop-control”, “signal control”, “roundabouts” 등으로 다양하다. Agent and Deen (1975)은 “yield-control” 교차로에서 사고의 절반이상은 후미충돌이며, “stop-control” 교차로사고의 절반이상은 각도충돌이라고 하였다. King and Goldblatt(1975)는 교차로를 신호화하면 각도충돌은 줄어드는 대신 후미충돌 사고는 증가한다고 하였다. Hauer(1988)는 기존연구들을 종합하여 “no control”을 “yield-control”로 변경하면 44~52%의 사고감소효과가 있다고 하였다. Hall et al(1978)은 “yield sign”의 적절한 사용으로



20~60%의 사고를 감소할 수 있다고 하였다.

Bauer and Harwood(1996)는 도시부와 지방부의 “stop-controlled” 4지교차로가 3지교차로보다 약 2배정도의 사고가 발생한다고 하였다. Hanna et al은 지방부에서 4지교차로가 T형교차로보다 약 69%의 사고가 더 발생하였으며, 3지교차로는 Y교차로가 T교차로보다 약 50% 더 높은 사고율을 갖는다고 하였다.

2) 회전교차로 설치효과

① 상충횟수 감소

회전교차로는 일반적인 신호교차로보다 안전성 향상 및 체재감소에 효과적이라고 한다. 회전교차로는 일반 평면교차로보다 자동차간 혹은 자동차와 보행자간의 상충횟수가 적고, 교차로 진입부와 교차로 내에서 감속운행하게 되며, 교차로를 통과할 때 대부분의 운전자가 비슷한 속도로 주행한다는 점 때문에 일반적인 교차로보다 안전성이 높다. 교차로 형태별 자동차간 상충횟수의 비교는 그림 1과 같다.

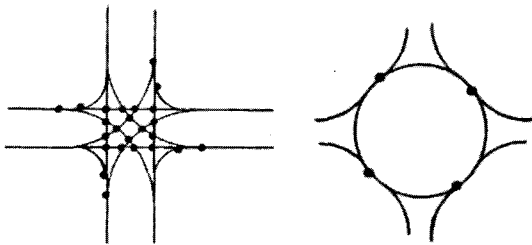


그림 1. 일반교차로와 회전교차로 상충횟수 비교

② 사고감소 효과

Rune(2003)은 기존 연구 자료를 이용한 “Meta-regression Analysis”로 교차로를 회전교차로로 바꾸는데 대한 효과를 평가하였다. 결과는 표 1과 같다.

회전교차로는 부상사고 건수를 줄여준다. 모든 부상사고에 대해 교차로를 회전교차로로 바꾸는 효과에 대한 최근의 평가에 따르면 30~50%의 사고감소 효과가 있는 것으로 나타났다. 또한 회전교차로는 부

상사고의 심각도를 줄여준다. 사망사고 건수는 이전 교차로에서 교통신호의 유형과 교차가지의 수에 따라 약 50~70%까지 감소된다.

교차로를 회전교차로로 바꾸는 효과는 3지교차로보다 4지교차로에서 그리고 신호교차로보다는 비신호 교차로에서 부상사고 감소에 더 큰 효과가 있는 것으로 나타났다.

표 1. Rune의 Metaregression Analysis를 이용한(교차로를 회전교차로로 변형) 효과평가

| 교차가지 수 | 교통제어 유형 | 사고 심각도 | 사고건수변화(%) | |
|--------|---------|--------|-----------|-------------|
| | | | 최상의 평가결과 | 95% 신뢰구간 |
| 3 | 양보 | 사망 | -49 | (-97, +708) |
| | | 중상 | -33 | (-87, +238) |
| | | 경상 | -31 | (-85, +216) |
| | 교통신호 | 사망 | -42 | (-97, +928) |
| | | 중상 | -24 | (-87, +355) |
| | | 경상 | -22 | (-86, +332) |
| | | | +55 | |
| 4 | 양보 | 사망 | -64 | (-97, +416) |
| | | 중상 | -53 | (-90, +114) |
| | | 경상 | -51 | (-88, +102) |
| | 교통신호 | 사망 | -59 | (-97, +273) |
| | | 중상 | -46 | (-90, +177) |
| | | 경상 | -45 | (-88, +166) |

③ 운영 효과

「Roundabouts.:An Informational Guide ,FHWA, 2000. 6.」에서는 시뮬레이션을 통해 차로 수별로 회전교차로의 최대수용용량을 파악한 결과 기본적인 4지교차로에 차로수 1차로, 주도로 교통량 비율은 50%, 67%, 좌회전은 0~40%까지 변화시켜 가며 분석하였다(K=0.1로 가정).

분석결과, 회전교차로는 1차로인 경우 1일 최대 25,000대의 교통량을 처리할 수 있으며, 일교통량이 그 이상인 경우 회전교차로 설치는 불합리하다고 하였다.(3지 회전교차로인 경우, 이 교통량의 75%가 적정 수준). 또한 좌회전교통량이 많은 경우 회전교차로 설치가 바람직하다고 하였다.



2.2 국내의 회전교차로 설치기준

1) 회전교차로 설치가 권장되는 경우

회전교차로 설치가 권장되는 경우는, 교차로에서 신호제어나 정지표지로 인해 접근로 교통지체가 심각한 경우, 교차로에서 하나 이상의 접근로에 좌회전 교통량이 많은 경우, 주도로와 부도로가 만나는 경우, 주도로에서의 회전교통량이 많은 경우, 교차로에서 직진이나 회전차량에 의한 사고가 빈번할 경우, 장래 교통량 증가가 예상되고 교통류 패턴이 불확실한 경우, 각 접근로별 통행우선권 부여가 어렵거나 바람직하지 않은 경우, Y 또는 T자형 교차로, 기타 교차로 형태가 특이한 경우 등이다.

2) 지방부 1차로 회전교차로 설계기준*

지방부 1차로 회전교차로의 설계기준은 아래와 같다.

표 2. 회전교차로 설계기준

| 일반사항 | | 회전부 | | 진입부 | |
|------------|--------------|-----------|--------------|-------------|-----------|
| 최대 평균일 교통량 | 20,000 (ADT) | 회전차로 설계속도 | 23~30 (km/h) | 진입부 최대 설계속도 | 40 (km/h) |
| 분리 교통섬 | 돌출/연장 | 내접원 직경(m) | 35~40 | 진입부 반경(m) | 12~37 |
| 최대 설계 차량 | WB-20 | 회전차로 폭(m) | 4~6 | 진입부 차로 폭(m) | 4~5 |

3. 모의실험 및 결과분석

3.1 환경설정 및 제약조건 검토

1) 기본 설계항목

모의실험을 통해 도출된 결과를 우리나라 전국 비 신호 교차로에 적용할 수 있게 하기위한 기본설계항

목은 다음과 같다.

- 차로폭 : 3.5m
 - 평균주행속도(제한속도) : 60km/h 이하(회전교차로 내부 30km/h 이하로 설정)
 - 종단경사 : 0%(평지), 중차량비 : 30%
- 중차량비는 표 3에서와 같이 2005년 도로교통량 통계연보에서 일반국도의 중차량 비율 31.9%를 참고하여 본 연구에서는 30%를 적용하였다.
- 측방여유폭은 VISSIM 4.10에서 구현할 수 없어 기본설계항목에서 제외하였다.

표 3. 2005년 일반국도 차종별 교통량 및 구성비

| 구 분 | 합계 | 승용차 | 버스 | 화물차 |
|----------|-------|-------|------|-----|
| 교통량(대/일) | 8,153 | 7,471 | 351 | 331 |
| 구성비(%) | 100 | 67.1 | 31.9 | |

참고) 건설교통부 도로교통량 조사통계
<http://www.road.re.kr/tms/cover.asp>

2) 교차하는 도로 위계 및 교차로 운영형태

비신호 교차로 유형 중 우선멈춤, 양보표지가 있는 교차로는 실제적으로 우리나라에 존재하지 않고, 대부분의 경우 무통제 교차로의 형태를 가지고 있다³⁾. 비신호 교차로 중 교차하는 2개 도로의 규모가 비슷한 경우에는 전방향 정지 교차로 형태와 유사한 유형으로 운영되고 있으며, 도로의 규모가 차이가 나면 양방향정지 교차로 형태와 유사한 형태로 운영된다.

본 연구는 3지 비신호 교차로만으로 한정하였으며, 3지교차로는 Y형과 T형 교차로로 구분할 수 있다.

Y형의 경우 접근로의 규모가 차이가 있으면 T형과 같이 양방향 정지교차로의 우선권을 따르나 접근로의 규모에 차이가 없으면 우리나라의 경우 전방향정지 교차로 형태보다는 “도로교통법 26조 교통정리가 없는 교차로에서의 양보운전에서 정하는 우선권”에 준하는 교차로 형태로 설정하였다.

* 회전교차로 설계지침(건설교통부 2005.6)은 외국의 회전교차로 설계지침을 검토하여 소개한 것이며, 아직 우리나라의 교통 여건에서 검증되지 못한 내용을 포함하고 있다. 따라서 회전교차로 설계지침은 잠정치침으로서 몇 년간의 시범 운영기간을 두고 시행의 문제점이 없는가를 검토한 후에 최종결정한다.



회전교차로의 경우에는 회전교차로 내에서 회전하는 교통류가 우선권을 갖는 것으로 설정하였다. 본 연구에서 설정한 모의실험의 교차하는 도로 위계 및 교차로 운영형태를 정리하면 다음 표 4와 같다.

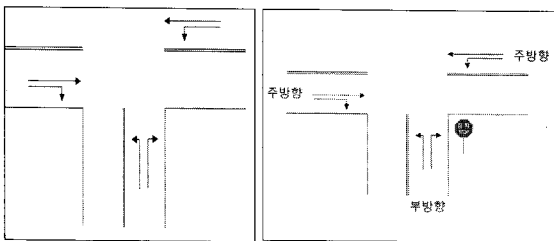
표 4. 본 연구에서 설정한 교차하는 도로 위계 및 운영형태

| 대분류 | 중분류 | 소분류 | 우선권 부여방법 |
|----------------------|--------------|--------------|------------------|
| 회전 교차로 | 신호 교차로 Y형 | 접근로 규모가 같을 때 | 신호운영으로 우선권 부여 |
| | | 접근로 규모가 다를 때 | 신호운영으로 우선권 부여 |
| | 비신호 교차로 Y형 | 접근로 규모가 같을 때 | 도로교통법 제26조에 준함 |
| | | 접근로 규모가 다를 때 | 양방향정지교차로 우선권에 준함 |
| 회전 교차로 ^{*)} | 접근로 규모가 같을 때 | 회전교통류 우선 | |
| | 접근로 규모가 다를 때 | 회전교통류 우선 | |

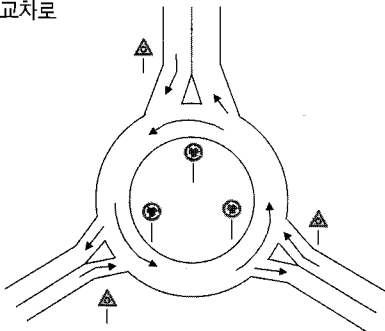
*) 본 연구에서 회전교차로를 현장 조사한 결과 Y형 교차로를 회전교차로로 변경한 곳이 대부분이었으며, T형교차로를 회전교차로로 변경한 곳은 없었기 때문에 Y형 교차로만을 회전교차로와 비교 분석함.

모의실험에 적용될 교차로 유형은 다음과 같다.

- 비신호 무통제 교차로
- 비신호 양방향 정지 교차로



- 회전 교차로



3) 교차로 교통량

교통량은 교차로의 용량을 결정하는 중요한 변수가 되며 회전교차로 적용 가능성 판단에 있어 효과적도를 도출하는데 중요한 변수로 작용할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 교차로 전체교통량을 가감시키면서 회전교차로의 적용 가능성을 판단하였다. 표 5는 모의실험에 적용한 교통량을 보여주며, 교차로에 투입가능 교통량은 2001 도로용량편람(건설교통부) 무통제 교차로의 주도로 교통량 비율 70% 이상일 때 서비스 수준 F의 교통량 기준 2000대를 기준으로 최대 시간당 2000대로 설정하였다.

표 5. 본 연구의 모의실험에 적용한 교차로 교통량

| 구 분 | 모의실험에 적용한 교차로 교통량(vph) | | | | | | | |
|------------------------|------------------------|-----|-----|------|------|------|------|-----|
| | 300 | 600 | 900 | 1200 | 1500 | 1800 | 2000 | |
| 접근로 규모가 같을 때 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 667 | |
| | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 667 | |
| | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 667 | |
| 규모가 다를 때 ^{*)} | 주방향 | 120 | 240 | 360 | 480 | 600 | 720 | 800 |
| | 주방향 | 120 | 240 | 360 | 480 | 600 | 720 | 800 |
| | 부방향 | 60 | 120 | 180 | 240 | 300 | 360 | 400 |

*) 접근로 규모가 다를 때는 주방향 부방향의 비율을 2:1이란 가정에 설정함.

3.2 시나리오 구성 및 효과적도 선정

회전교차로를 신호교차로 Y형, 비신호 교차로 Y형과 비교하여 모의실험을 하였으며, 세부 모의실험 대안은 표 6과 같다.

○ 효과적도 선정

회전교차로의 효과평가는 교차로 효율(지체도 변화) 및 안전성 측면에서 실시되었다. 교차로 효율은 우리나라 전국 비신호 교차로에 일반적으로 적용할 수 있는 설계항목으로 선정하여 모의실험을 실시하고 지체도 변화를 비교하였다.



표 6. 본 연구에서 설정한 모의실험 대안

| 구 분 | 접근로별 교통량 비율 | 우선권 부여방법 | 좌회 전 비율 | 교통량 변화 (vph) | 모의실험 경우의 수 | | | | |
|------------------------|-----------------------|---------------|---------------|--------------------|---------------|-----|------------------------------------|--------------|--|
| 신호 ^{*)} Y형 | 1:1:1 | 신호운영 | 10% | 300 | 2×3×7 =42 | | | | |
| | 1:2:2 | | | | | | | | |
| 비신호 교차로 Y형 | 1:1:1 | 도로교통법 제26조 | | | | 30% | 600 900 1200 1500 1800 | 2×3×7 =42 | |
| | 1:2:2 | 양방향 정지에 준함 | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| 회전 교차로 | 1:1:1 | 회전교통량 우선 | 50% | 2000 | 2×3×7 =42 | | | | |
| | 1:2:2 | | | | | | | | |
| 합 계 | 모의실험 대안 수 : 42×3=126개 | | | | | | | | |

*) 신호주기 120초, 각 방향별 현시는 접근로 교통량 비율에 따름.

안전성은 회전교차로의 경우 교통사고자료를 수집하여 설치 전·후 변화를 관찰하였다. 본 연구에서 효과평가를 위한 지표 및 모의실험 설계대안은 표 7과 같다.

교차로 효율은 VISSIM에서 산출한 지체도 변화를 통해 평가하였으며, 안전성의 경우 회전교차로는 실제 설치장소의 사고변화로서 판단하였다.

회전교차로의 모의실험 설계항목은 교차로 형태, 접근로별 교통량 비율, 좌회전 비율, 교통량 변화이며 모의실험 설계대안 경우의 수는 126개이다.

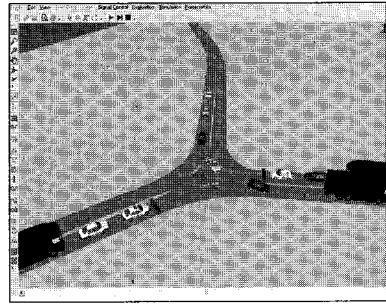
표 7. 본 연구의 평가지표와 모의실험 설계항목

| 구 분 | 평 가지 표 | | 모의실험 설계항목 | 모의실험 설계대안 수 |
|-----------------------|------------|----------------------|---|----------------|
| | 교차로 효율 | 안전성 | | |
| 회 전 교 차 로 | 지체도 변 화 | 실제 설치 장소의 사고변화 | 교차로 형태, 접근로별 교통량 비율, 좌회전 비율, 교통량 | 126개 |

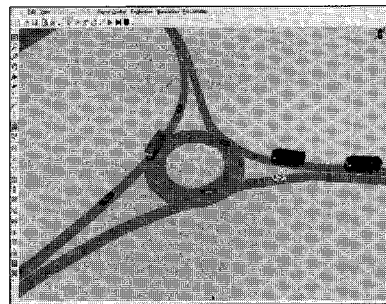
3.3 결과분석 및 평가

본 장에서는 모의실험결과를 바탕으로 회전교차로 설치준거를 제시하였다. 회전교차로 접근로의 규모

가 같을 때(주방향과 부방향이 존재하지 않음)와 다를 때(주방향과 부방향이 존재함)를 구분하여 결과를 제시하였다. 그림 2는 VISSIM 으로 모델링 된 신호교차로 및 비신호 교차로, 회전교차로의 기하구조에 대한 스크린샷(screen shot)을 나타낸 것이다.



신호 및 비신호 교차로



회전교차로

그림 2. 회전교차로 설치 전·후 기하구조

1) 접근로의 규모가 같을 때(접근로별 교통량비율:1:1:1)
접근로 규모가 같을 때, 본 연구는 주방향 및 부방향이 존재하지 않아 통행권이 모두 동일한 것으로 가정하여 무통제교차로 형태로 가정하였으나, 무통제 교차로의 경우 또한 주방향 및 부방향이 존재할 수 있으며, 실제 도로용량편람에서도 주방향교통량 비율과 시간당 상충횟수로 서비스 수준을 분석한다. 따라서 본 연구에서 가정한 접근로별 규모가 같을 때, 비신호 교차로를 판단할 수 있는 서비스 수준 기준이 존재하지 않고 본 연구에서 도출한 지체시간을 다른 유형의 교차로와 비교하기 위해 양방향 정지교차로의 서비스 수준 기준을 적용하였다.



회전교차로 접근로 규모가 같을 때, 교통량 변화에 따른 좌회전 비율별 모의실험 결과는 그림 3과 같다.

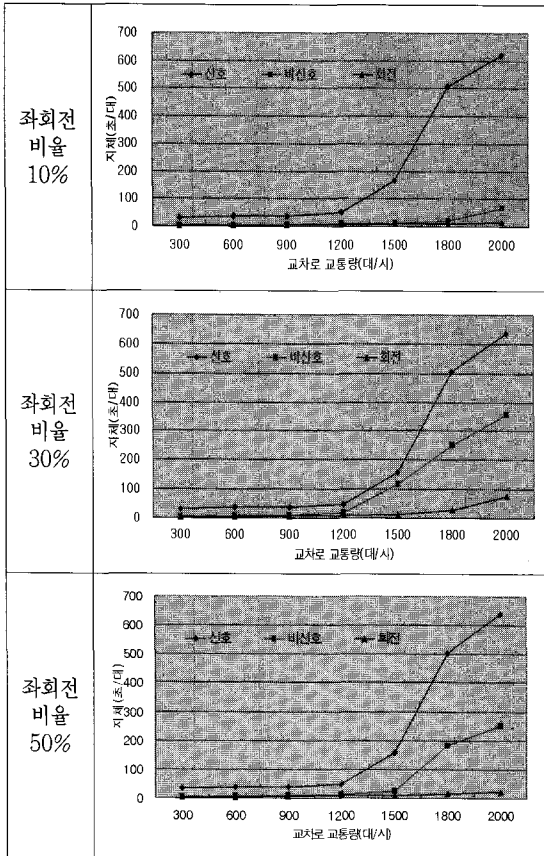


그림 3. 회전교차로 접근로 규모가 같을 때 모의실험 결과

교통량이 증가함에 따라 신호교차로의 교차로 지체가 좌회전 비율에 상관없이 교차로 교통량 1,200대/시에서 급격히 증가하는 것을 알 수 있으며, 차량당 지체가 100초/대(신호교차로 서비스 수준 E)를 넘어서는 교통량은 1,350대/시인 것으로 판단된다.

비신호 교차로의 경우 좌회전 비율이 10%일 때 교차로 교통량이 1,800대/시, 30%일 때 1,500대/시, 50%일 때 교차로 교통량이 1,200대/시에서 지체가 급격히 증가하는 것으로 나타났다. 또한 비신호 교차로에서 차량당 지체가 50초/대(양방향 정지 교차로 서비스 수준 E)를 넘어서는 교통량은 좌회전 비율이 10%일 때 2,200대/시, 30%일 때 1,500대/

시, 50%일 때 1,400대/시인 것으로 판단된다.

회전교차로의 경우 좌회전 비율이 10%일 때와 30%일 때는 지체가 크게 증가하지 않고 50%일 때는 교차로 교통량이 1,800대/시에서 증가하는 것으로 나타났다.

회전교차로의 경우 도로용량편람에서 정의하고 있는 서비스 수준 기준이 없음에 따라 지체가 급격히 증가하는 교차로 교통량을 찾아보았다. 그 결과 좌회전 비율이 10%일 때는 2,600대/시, 30%일 때는 2,100대/시에서 지체가 급격히 증가하고 있었다.

2) 접근로의 규모가 다를 때(접근로별 교통량 비율:1:2:2)
회전교차로 접근로 규모가 다를 때, 교통량 변화에 따른 좌회전 비율별 모의실험 결과는 그림 4와 같다.
회전교차로 접근로 규모가 다를 때도 같을 때와 같

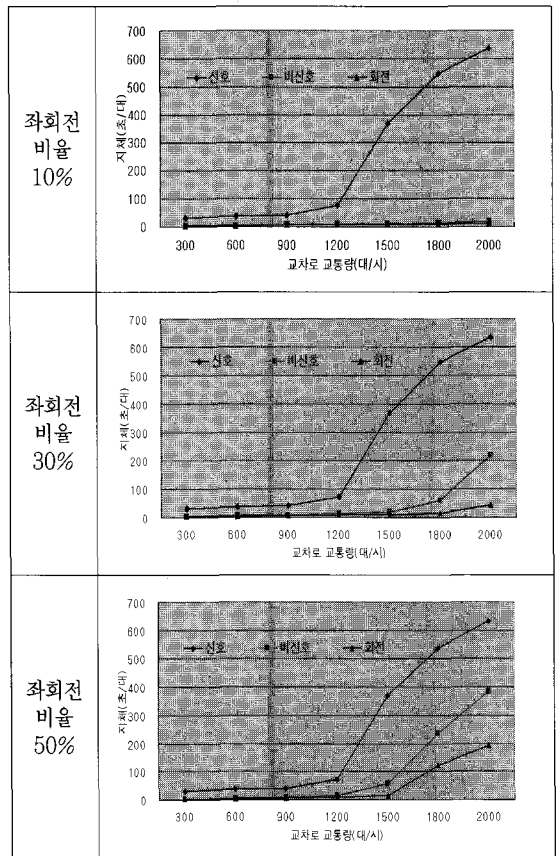


그림 4. 회전교차로 접근로 규모가 다를 때 모의실험 결과



이 증가폭의 차이는 있으나 교통량이 증가함에 따라 신호교차로의 교차로 지체가 좌회전 비율에 상관없이 교차로 교통량 1,200대/시에서 급격히 증가하는 것을 알 수 있으며, 차량 당 지체가 100초/대(신호 교차로 서비스 수준 E)를 넘어서는 교통량은 1,220 대/시인 것으로 판단된다.

비신호 교차로의 경우 좌회전 비율이 10%일 때 지체가 크게 변하지 않았으나, 30%가 됐을 때는 교차로 교통량이 1,800대/시, 50%가 됐을 때는 교차로 교통량이 1,500대/시에서 지체가 급격히 증가하는 것으로 나타났다. 또한 비신호 교차로에서 차량 당 지체가 50초/대(양방향 정지교차로 서비스 수준 E)를 넘어서는 교통량은 좌회전 비율이 10%일 때 2,400대/시, 30%일 때 1,800대/시, 50%일 때 1,500대/시인 것으로 판단된다.

회전교차로는 좌회전 비율이 10%일 때는 크게 변하지 않고 있으나, 좌회전 비율이 30%일 때는 교차로 교통량이 1,800대/시, 50%일 때는 교차로 교통량이 1,500대/시에서 지체가 급격히 증가하는 것을 알 수 있다. 또한 접근로의 규모가 같을 때와 같이 도로용량편람에서 정의하고 있는 서비스 수준 기준이 없음에 따라 지체가 급격히 증가하는 교차로 교통량을 찾아보았다. 그 결과 좌회전 비율이 10%일 때는 2,500대/시, 30%일 때는 2,000대/시에서 지체가 급격히 증가하고 있었다.

표 8은 회전교차로 설치 전·후 교차로 효율성 및 안전성 분석결과이며, 회전교차로가 신호 Y형 교차로와 비신호 Y형 교차로보다 용량 측면에서 더 우수한 것으로 판단된다. 즉 회전교차로를 설치하면 신호 Y형 교차로일 때와 비신호 Y형 교차로일 때보다 수용할 수 있는 교차로 전체 교통량이 증가하는 것을 알 수 있다.

접근로 규모별 영향은 접근로별 교통량이 모두 같을 때 각 교차로에서 수용할 수 있는 전체 교통량이 증가하는 것을 알 수 있었으며, 특히 회전교차로에서 증가폭이 더 큰 것으로 나타났다. 또한 회전교통류 비율이 커질수록 교차로가 수용할 수 있는 전체 교통

표 8. 회전교차로 설치 전·후 분석결과

| 평가항목 | 접근로 규모 | 좌회전 비율 | 서비스 수준 E의 교통량 또는 교차로 최대용량(vph) ^{*)} | | |
|--------|--------|--------|--|------------|-------|
| | | | 신호 Y형 교차로 | 비신호 Y형 교차로 | 회전교차로 |
| 교차로 효율 | 같은 때 | 10% | 1,350 | 2,200 | 2,600 |
| | | 30% | 1,350 | 1,500 | 2,100 |
| | | 50% | 1,350 | 1,400 | 1,800 |
| | 다를 때 | 10% | 1,200 | 2,400 | 2,500 |
| | | 30% | 1,200 | 1,800 | 2,000 |
| | | 50% | 1,200 | 1,500 | 1,700 |

주) 신호 Y형 교차로와 비신호 Y형 교차로는 서비스 수준에 도달하는 교통량을 기준으로 하였으며, 회전교차로의 경우 서비스 기준이 없음에 따라 지체가 급격히 증가하는 교차로 교통량을 기준으로 하였고, 교통량은 50대 단위로 반올림한 값임.

량을 떨어뜨리는 것으로 나타났으며, 회전교차로의 경우 접근로의 교통량 규모가 같고 회전 비율이 10%일 때 최대 2,600대/시에서 교차로 용량에 도달하는 것으로 나타났다.

안전성 측면에서는 신호 Y형 교차로나 비신호 Y형 교차로보다 회전교차로가 문헌교찰에서도 알 수 있었던듯이 상충수를 줄일 수 있다는 점에서나 최근 교통사고 발생현황에 교통사고건수 및 인명피해가 줄

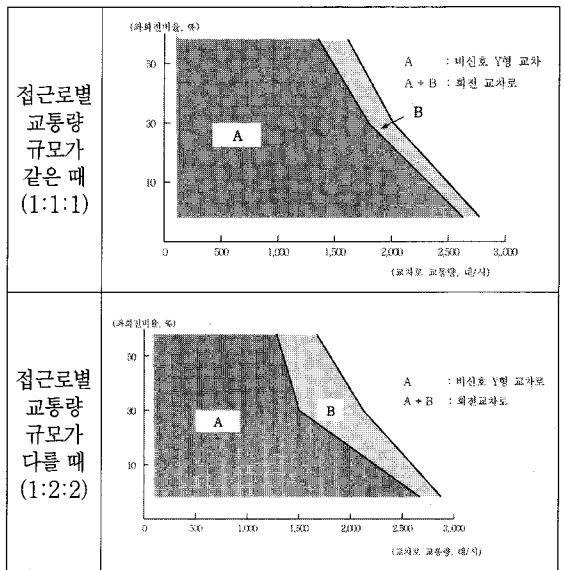


그림 5. 교차로 유형별 설치 기준



었다는 점에서 회전교차로를 설치하면 안전성이 향상된다고 하겠다.

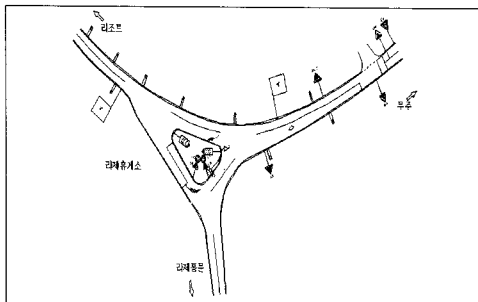
3.4 개략적 설치준거 제시

모의실험결과를 토대로 회전교차로 개략적 설치준거를 정립하면 그림 5와 같다.

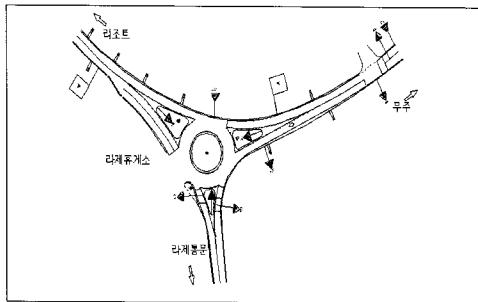
4. 현장적용 및 효과검증

4.1 효과검증

현장조사를 통해 조사된 자료를 토대로 회전교차로의 준거를 검증해 보았다. 현장조사 지역은 전라북도 무주군 설천면 라제통문 3거리로 국도 30호와 국도 37호가 현재 회전교차로로 접속되고 있다. 라제통문 삼거리의 기하구조 및 교통량, 속도현황은 다음 그림 6과 같다.



개선 전



개선 후

그림 6. 라제통문 삼거리 개선 전·후 기하구조 현황

표 9. 라제통문 삼거리 교통량 현황

| 구 분 | 무주리조트 | | 라제통문 | | 무주 | |
|-----|-------|----|------|----|-----|----|
| | 좌회전 | 직진 | 좌회전 | 직진 | 좌회전 | 직진 |
| 합 계 | 6 | 22 | 8 | 52 | 41 | 25 |
| 소 형 | 4 | 12 | 0 | 35 | 28 | 19 |
| 대 형 | 2 | 10 | 0 | 17 | 13 | 6 |

주) 좌회전 비율 35.7%

표 10. 라제통문 삼거리 속도 현황

(단위 : km/시)

| 구 분 | 무주리조트 | | 라제통문 | | 무주 | |
|-------|-------|----|------|----|------|----|
| | 진입 전 | 내부 | 진입 전 | 내부 | 진입 전 | 내부 |
| 85%속도 | 63 | 29 | 59 | 21 | 62 | 24 |

교차로 내 회전교통량 비율은 35.7%였으며, 방향별 교통량은 접근로별 규모가 다른 곳이었다(1:2:2).

1) 운영효율

라제통문 삼거리를 대상으로 회전교통량 및 방향별 교통량 비율에 따라 교차로 교통량을 증가시켜가며 신호 Y형교차로, 비신호 Y형 교차로였을 때와 현재의 회전교차로일 때를 비교하며 교차로 지체를 분석해 보았다. 회전교차로의 검증결과는 그림 7과 같다.

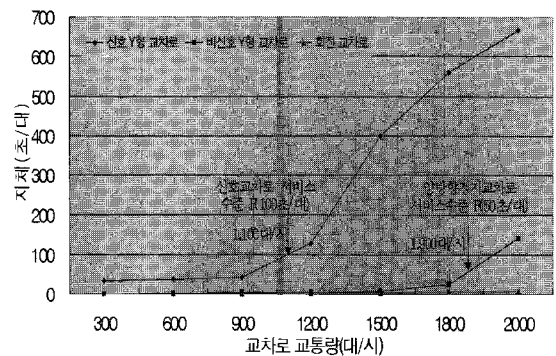


그림 7. 회전교차로 검증결과 1

그림 7에서 비신호 Y형 교차로의 서비스 수준 E의 지체(50초/대)를 넘어서는 교차로 교통량(1,100대/시, 1,900대/시)을 본 연구에서 정립한 준거와 비교

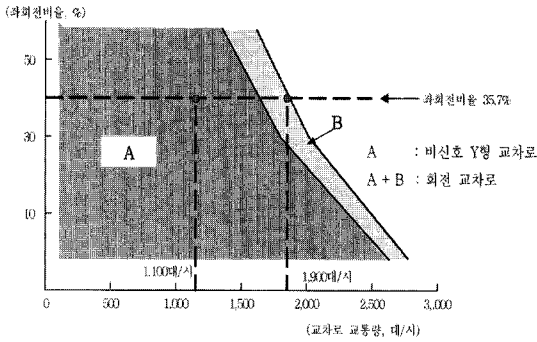


그림 8. 회전교차로 검증결과 2

하면 그림 8과 같다.

그림 8에서 비신호 Y형 교차로가 서비스 수준 E에 도달하는 시점에서 다른 유형으로 전환을 해야 하는 것을 보여준다. 또한 검증결과 회전교차로가 같은 교통량 대비 가장 좋은 효율을 보이고 있다.

2) 안전성 검토

2003년 라제통문 삼거리를 신호교차로에서 회전교차로 형태로 개선하고 개선 전·후 교통사고를 비교하면 표 11과 같다. 개선 전 사고건수가 2건에서 개선 후 0건으로 100% 감소했으며, 인명피해 또한 개선 전 부상 1명에서 개선 후 부상 0명으로 100% 감소하였다.

표 11. 라제통문 삼거리 개선 전·후 교통사고 변화

| 구분 | 사고건수(건) | | | 사고율 | | | 인명피해(명) | | | |
|----|---------|---|-------|-------|---|-------|---------|---|----|---|
| | 전 | 후 | 증감 | 전 | 후 | 증감 | 사망 | | 부상 | |
| | | | | | | | 전 | 후 | 전 | 후 |
| 내용 | 2 | 0 | -100% | 0.426 | 0 | -100% | 0 | 0 | 1 | 0 |

또한 개선 전 교통량 12,848대/일에서 개선 후 16,352대/일로 교통량이 27.3% 증가했음에도 교통사고는 감소하여 신호교차로에서 회전교차로로 개선 시 사고율 측면에서 안전성 향상효과가 있음을 알 수 있다.

표 12는 개선 전·후 교통사고 유형별 사고건수 변

표 12. 라제통문 삼거리 개선 전·후 교통사고 변화

(단위 : 건)

| 구분 | 차대사람 | | 차대차 | | 차량단독 | | 차대열차 | |
|----|------|---|-----|---|------|---|------|---|
| | 전 | 후 | 전 | 후 | 전 | 후 | 전 | 후 |
| 내용 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |

화를 보여주며, 개선 전에 주로 발생하는 교통사고 유형은 차대차 사고 1건 및 차량단독 사고 1건으로 개선 후 1건도 발생하지 않았다.

4.2 회전교차로 설치 준거

1) 회전교차로 설치 고려 환경 제시

우리나라에서는 우선멈춤, 양보표지 등으로 운영되는 비신호 교차로는 실제적으로 존재하지 않고 대부분 무통제 교차로의 형태로 운영되고 있으며, 교차로 형태는 3지의 경우 Y형과 T형, 4지의 경우는 +형의 형태를 취하고 있다.

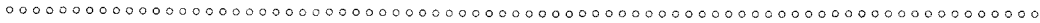
3지 Y형의 경우 국도와 지방도 비신호 교차로에서 회전교차로로 전환되어 운영되는 사례가 많이 있고 교통사고가 현저히 줄어들어 회전교차로의 적용이 적합한 것으로 판단된다.

3지 T형의 경우 대부분이 주방향과 부방향으로 구분되어 주방향을 속도가 높고 방향별 교통류 흐름이 차이가 있으므로 회전교차로의 설치보다는 좌·우회전차로의 설치를 통해 교차로 효율을 높이는 것이 적합한 것으로 판단된다.

4지 +형의 경우 회전교차로와 좌·우회전차로의 설치에 대한 연구가 더 필요할 것으로 판단된다.

표 13. 회전교차로·좌/우회전차로 설치 고려 환경

| 지역 | 대상 도로 | 설계 속도 | 차로수 | 구분 | 교차로 형태 | 적용 교차로 유형 |
|-----|----------|---------|---------|--------|--------|--------------------|
| 지방부 | 국도 / 지방도 | 60 km/h | 양방향 2차로 | 3지 교차로 | 비신호 Y형 | 회전교차로 |
| | | | | | 비신호 T형 | 좌·우회전차로 설치 |
| | | | | 4지 교차로 | 비신호 +형 | 회전교차로 및 좌·우회전차로 설치 |



2) 회전교차로 설치의 개략적 준거제시

본 연구의 수행결과 표 14와 같이 비신호 교차로에서 회전교차로 설치의 준거를 제시하였다.

표 14. 회전교차로 설치의 개략준거

| 구 분 | 적용 가능한 교차로 교통량 범위(대/시) | 적용성을 높이기 위한 항목 |
|--------|------------------------|------------------------------|
| 회전 교차로 | 1,400대/시 ~ 2,600대/시 | - 접근로별 교통량 규모 - 회전교통량의 비율 |

회전교차로의 경우, 교차로 전체 교통량이 1,400대/시 ~ 2,600대/시 범위에서 적용하면 설치효과를 극대화 할 수 있을 것으로 판단되며, 접근로별 교통량 규모 및 회전교통량의 비율에 따라 현장 적용성을 높일 수 있다.

5. 결론

본 연구에서 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다. 첫째, 현재 국내에서 운영되는 회전교차로는 대부분 사고가 많이 발생하는 비신호 “Y형” 교차로를 개선한 것이다. 둘째, 우리나라의 국도/지방도의 비신호 교차로는 “+형”과 “T형”으로 대별되는데 “+형” 비신호 교차로는 매우 드물고, 대부분 “T형” 비신호 교차로였으며, 이러한 “T형” 비신호 교차로는 대부분 “양방향 정지” 형태로 운영되고 있었으나, 교통안전표지는 제대로 설치되어 있지 않았다.

본 연구의 수행결과로부터 얻어진 결론은 다음과 같다. Y형 교차로는 통행권 우선순위에 대한 운전자의 혼란과 상충교통류로 인하여 가장 취약한 교차로 운영형태를 보인다. 따라서 비신호 Y형 교차로를 회전교차로로 변형하면 수용할 수 있는 교차로 전체 교통량이 증가하고 안전성이 개선되었다.

본 연구는 연구대상지역을 찾는데 매우 어려움이 많았으며, 접근로별 교통량 규모를 다양화 하지 못한 한계가 있었다. 따라서 향후에는 접근로별 교통량 구

모를 1:5:5 등으로 다양화 하는 연구가 필요하고, 비신호 4지교차로를 회전교차로로 변형시 교통운영 및 안전성 효과 등의 연구가 필요하다.

참고문헌

- 건설교통부, 도로용량편람, 2005.
 건설교통부, 회전교차로 설계지침, 2005
 건설교통부, 평면교차로 설계지침, 2004
 건설교통부, 도로의 구조·시설기준에 관한 규칙 해설 및 지침, 2000.3.
 건설교통부, 도로설계편람, 2001.
 심관보(2006), 양방향 2차로도로의 교통운영 및 안전성 개선연구(Ⅱ), 도로교통안전관리공단.
 HCM, 1997, 2000
 Roundabouts.: *An Informational Guide*, FHWA, 2000.6.
 AASHTO(2001), *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*, Fourthe Edition.
 Rune Elvik (2003), Effects on Road Safety of Converting Intersections to Roundabout, *TRR* 1847.
 Flannery, A(2001), Geometric Design and Safety Aspects of Roundabouts. *Transportation Research Record:Journal of the Transportation Research Board*, No. 1751, TRB, *National Research Council, Washington, D.C.*, pp.76-81.
 Persaud , B.N., R.A. Retting, P. Garder, and D. Lord. Safety Effect of Roundabout conversions in the United States: Empirical Bayes Observational Before-After Study. In *Transportation Research Record:Journal of the Transportation Research Board*, No. 1751, TRB.
 NCHRP Web Doc 5 Capacity and Level of Service at Unsignalized Intersections: *Final Report Volume 1-Two-Way-Stop-Controlled Intersections* (1996).
 Agent, K.R., and R. C. Deen. “Relationship Between Roadway Geometrics and Accidents,” *Transportation Research Record* 541,



-
- Transportation Research Board*, 1975.
- King, G.F., and R.B. Goldblatt. "Relationship of Accident Patterns to Type of Intersection Control," *Transportation Research Record* 540, *Transportation Research Board*, 1975.
- Hauer, E. "The Safety of Older Persons at Intersections," *Transportation in an Aging Society: Improving Mobility and Safety for Older Persons*, Volume 2, Special Report 218, *Transportation Research Board*, 1988, pp. 194-252.
- Hall, D. L., K. C. Sinha, and H. Michael. "Comprehensive Evaluation of Nonsignalized Control at Low Volume Intersections," *Transportation Research Record* 681, *Transportation Research Board*, 1978.
- Bauer, K. M., and D. W. Harwood. *Statistical Models of At-Grade Intersection Accidents*, Report No. FHWA-RD-96-125, *Federal Highway Administration*, 1996.
- Hanna, J.T., T.E. Flynn, and L.T. Webb. "Characteristics of Intersection Accidents in Rural Municipalities," *Transportation Research Record* 601, *Transportation Research Board*, 1976.

접 수 일: 2007. 8. 2
심 사 일: 2007. 8. 2
심사완료일: 2007. 10. 12