

■ 論 文 ■

도시간선도로에서의 인터체인지 성능 비교 연구

A Performance Assessment of Urban Arterial Highway Interchanges

이 의 은

(명지대학교 교통공학과 교수)

이 재 용

(명지대학교 교통공학과 석사)

목 차

- I. 서론
 - 1. 연구배경 및 목적
 - 2. 연구대상 및 연구방법
 - II. 이론적 고찰
 - 1. 입체교차 설계
 - 2. 교차방식 결정
 - III. 설계방법 및 특성 분석
 - 1. 다이아몬드
 - 2. SPUI(Single Point Urban Interchange)
 - 3. 라운드어바웃
 - 4. Echelon 인터체인지
 - IV. Simulation에 의한 설계방법 비교
 - 1. Simulation 모형의 선정
 - 2. 분석변수의 구체화
 - 3. 신호조건 처리
 - V. 결과 분석
 - 1. VISSIM을 이용한 대안별 지체시간 비교
 - 2. 특성별 대안 비교
 - VI. 결론 및 향후 연구 과제
- 참고문헌

Key Words : 인터체인지 지체비교, SPUI, 라운드어바웃, 다이아몬드, Echelon

요 약

인터체인지는 자동차와 보행자의 기본적인 통행기능을 비롯하여 도로 주변시설로의 출입, 자동차와 보행자의 체류기능 등 다양한 기능을 가지고 있다. 이러한 인터체인지는 시대의 변화에 따라 통행기능의 고속성, 안전성 및 도심공간기능 등에 대한 사회적 요청이 보다 강해지고 있다.

인터체인지에서의 교통의 안전성과 효율성은 인터체인지 형식에 의해서 크게 좌우된다.

본 연구에서는 다양한 도시부 간선도로에서의 인터체인지를 대상으로 교통량, 차로 수, 좌회전 비율을 변화시켜가며 인터체인지 형태별 지체정도 및 인터체인지 건설비용을 고려한 상대지체를 분석하였다.

연구는 평면교차, Diamond, Roundabout, SPUI(Single Point Urban Interchange), Echelon 인터체인지를 대상으로 하였고, 교통량은 본선3차로 3000대, 접속도로 교통량은 1~2차로, 500~2000대 까지 500대씩 변화, 접속도로의 좌회전 비율은 10~30%까지 10%단위로 변화, 본선에서의 연결로(본선에서 접속도로 진출차량) 교통량은 500, 1000대로 변화 시키며 각 시나리오를 작성하였다.

VISSIM Simulation을 통하여 각 시나리오별 상대 지체값을 도출 하였고 인터체인지 공사비를 고려하여 개별차량 지체 값을 비교하였다. 개별차량 지체값 비교를 통하여 교통량, 차로 수, 좌회전 비율에 따라 최적인터체인지형태를 결론으로 도출하였다.

Interchanges are passages for vehicle and pedestrians and a gateway to nearby facilities, and a place to stay of vehicle and pedestrians. Interchange traffic must be able to navigate well for safety and convenience. Traffic safety and efficiency are influenced by the interchange. In this study, relative delays of vehicles are compared by changing traffic interchanges, the volume of traffic, the number of lanes, the rate of left turns vehicle on the interchanges of urban arterial roads. The object of this study is to compare Grade crossing interchange, Diamond interchange, Roundabout interchange, SPUI(Single Point Urban Interchange), Echelon interchange. By VISSIM Simulation, this study drew the relative delay value of every scenario and compared the delay value of each vehicle considering construction expenses. Through this comparison study, ideal interchange is dependent on the volume of traffic, the number of lanes, and the rate of left turns.

1. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

도로는 자동차와 보행자의 기본적인 통행기능을 비롯하여 도로주변시설로의 출입, 자동차와 보행자의 체류기능 외에 시가지 형성, 방재, 수용 공간 등의 공간기능을 갖고 있다. 그러나 과거의 도로는 자동차와 보행자의 통행기능을 중시하여 계획되어 왔기 때문에 충분한 체류기능과 공간기능을 갖추지 못했다. 또한 통행기능에서도 고속성, 신뢰성 등의 속도서비스에 대한 사회적 요청이 보다 강해지고 있다. 때문에 각각의 도로가 갖추어야 할 주요기능을 명확히 하여 도로망을 재편성하는 새로운 도로망체계를 구축할 필요가 있다.

이 중 교차로에서 교통의 안전성과 효율성은 교차로의 형식에 따라 크게 좌우되며, 교차로를 입체화 할 때 최대의 능력이 발휘될 수 있다.

입체교차는 구조물을 설치하여 2개 이상의 도로간 교통류 흐름을 각기 다른 층에서 교차하여 원활한 소통을 시키도록 하기 위하여 설치하는 도로의 체계로서 입체교차 전후구간에 걸쳐 교통처리에 대한 종합적인 검토를 한 다음 설치여부와 구조를 결정하여야 한다. 이때 계획지점 주변의 토지이용과의 관계 등에 대해서도 충분한 고려가 필요하다.

이러한 인터체인지는 다양한 유형으로 발전했으며, 현재 우리나라의 도시부간선도로에서 사용되는 경우는 다이아몬드형이 주를 이루고 있으며 SPUI, Echelon, 라운드어바웃 형태 등이 고려되고 있다.

본 연구의 목적은 도시간선도로에서의 다양한 불완전입체 인터체인지를 본선 및 접속도로 교통량, 차로 수, 좌회전 비율 등의 교통특성 변수를 이용하여 각 인터체인지의 성능을 비교 분석하는 것이다.

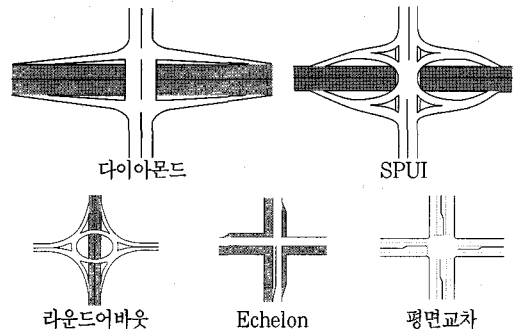
2. 연구대상 및 방법

1) 연구대상

본 연구의 연구대상은 도시간선도로에서의 불완전교차 인터체인지 유형 5 가지이다.

다이아몬드(Diamond) 형태, 다이아몬드 형태의 새로운 형태인 SPUI(Single Point Urban Interchange) 형태, 라운드어바웃(Round about) 형태, Echelon 형

태, 평면교차 형태를 비교대상 교차로로 선정하며 각 교차로별 형태는 <그림 1>과 같다.



<그림 1> 분석대상 인터체인지

2) 연구방법

연구의 수행방법은 각 인터체인지의 특성 분석을 통하여 모의실험에 입력될 분석변수를 선정하고 이를 토대로 분석시나리오를 작성한다.

본 연구에서는 인터체인지 형태별 6가지의 분석변수 즉 인터체인지 형태, 연결로 교통량, 접속도로의 교통량, 차로 수, 좌회전비율을 선정하여 이 변수들의 입력을 변화시키며 다양한 시나리오를 작성하였다.

이 같은 모의실험으로 각 대안 교차로별 변수에 따른 지체를 비교 분석 함으로써 차선 수 및 교통량에 따른 적정 인터체인지 설치기준을 제시한다.

II. 이론적 고찰

건설교통부의 '입체교차로 설계지침'(2005)의 자료를 통하여 입체교차로의 설계원칙을 살펴보면 다음과 같다.

1. 입체교차 설계

1) 입체교차 설계의 기본 원칙

- 4차로 이상의 주간선도로가 일반도로와 교차하는 경우에는 입체교차를 원칙으로 한다.
- 교통량, 안전, 도로망 구성, 교차점의 간격, 지형 조건 등의 이유로 평면교차로 처리할 수 있다고 인정되는 경우에는 단계건설에 의한 평면교차도 가능하다. 단, 장래 입체화가 가능하도록 입체교차 설계 기준에 의거 용지를 확보해야 한다.

2) 기본적인 고려사항

- 고속도로나 주간선도로의 기능을 가진 도로가 다른 도로와 교차하는 경우 교차로는 입체교차로 하여야 한다. 단, 교통량 및 지형상황 등을 고려하여 부득이하다고 인정되는 경우에는 그러하지 아니하다.
- 고속도로 또는 주간선도로가 아닌 도로가 서로 교차하는 경우로서 교통의 처리를 위하여 필요하다고 인정되는 경우 그 교차로는 입체교차로 할 수 있다.
- 또한 입체교차로를 계획할 때에는 교통량, 도로의 형태(등급, 차로 수 등), 용지조건, 경제성 등에 대하여 면밀한 검토가 필요하다.

2. 교차방식 결정

교차로를 평면교차와 입체교차 방식만으로 구분하고자 할 때, 국도 유형별 주도로 또는 부도로의 등급, 차로 수, 교통량을 고려하여 교차방식을 결정한다.

1) 국도의 기능 구분

(1) 국도 I

2개 도 이상에 걸쳐 주요 도시를 연결하며, 통과 교통 위주의 지역 간 간선기능을 갖는 국도로서 자동차 전용도로, 국도대체우회도로, OD 조사 결과 통과교통량의 비율이 현저히 높은 국도

(2) 국도 II

2개 도 이상의 주요 도시를 연결하며, 통과 교통 위주의 지역 간 간선기능을 갖는 국도이나 국도 I에 비하여 통행 길이가 비교적 짧고 통행밀도도 비교적 높지 않은 국도, OD 조사 결과 통과 교통량의 비율이 현저히 높으나, 관광 위락 단지로의 이동 및 접근성을 주기능으로 하는 국도

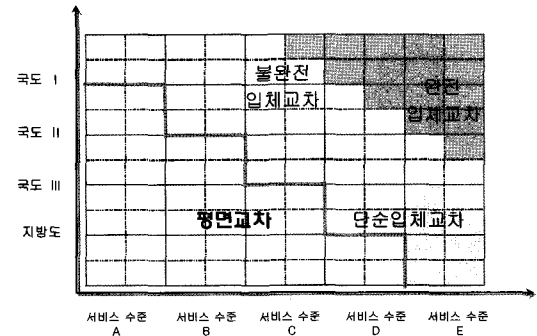
(3) 국도 III

건설되었거나 현재 건설중인 또는 건설 계획이 확정된 고속도로 노선과 인접하여 동일 방향의 교통을 담당하는 국도와 지역 간 간선기능이 약하여 주로 국도 I, 국도 II를 보조하는 도로로서 통과 교통량의 비율이 적은 국도

2) 국도특성을 고려한 입체교차

〈그림 2〉의 Y축은 도로의 등급을 나타내고 있는데,

도로의 등급이 국도 I과 같이 높을 경우에는 입체교차를 설치하고, 서비스 수준(X축)에 따라 입체교차의 형식(단순 입체교차, 불완전 입체교차, 완전 입체교차 등)을 적절하게 선정할 수 있다.



주: 건설교통부, 입체교차로설계지침, 2005

〈그림 2〉 교차방식의 결정에 대한 개념도

〈표 1〉 신호 교차로의 서비스 수준기준표

서비스 수준	차량당 제어지체(단위 : 초)
A	≤ 15초
B	≤ 30초
C	≤ 50초
D	≤ 70초
E	≤ 100초
F	≤ 220초
FF	≤ 340초
FFF	> 340초

주: 건설교통부, 도로용량편람, 2001.

III. 설계방법 및 특성 분석

인터체인지에서는 자동차의 출입에 따라 본선 자동차의 흐름이 흐트러지지 않도록 하고, 되도록이면 짧은 거리로 출입할 수 있는 선형으로 만드는 것이 이상적이다.

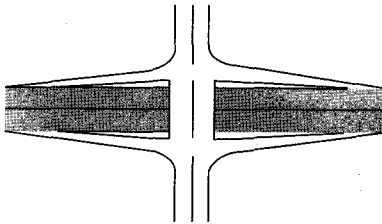
인터체인지는 규모가 크고 건설비도 많이 들기 때문에 그 설치되는 수는 자연히 한정될 수밖에 없다. 따라서 설치장소는 모든 조건을 상세히 조사, 검토한 뒤 선정해야 한다.

조사해야 할 사항으로는 교차 접속하는 도로 상호의 구분, 교통량과 도로용량, 속도, 계획지점 부근의 지형, 지물의 현황, 전체적인 지역계획, 토지이용계획 등의 장기계획, 건설 및 관리에 소요되는 비용의 경제성, 교통운용상의 안전성, 편의 등의 전제조건이 있고 이를 잘 고려하여 가장 적절한 형태의 인터체인지를 선택해야 한다.

1. 다이아몬드형 인터체인지

다이아몬드 인터체인지는 연속류 도로 진입을 제어할 수 있는 가장 기본적인 교차로 형태이다.

공사가 비교적 간단하고, 필요로 하는 공사부지가 작아 도시부에서 일반적이다.



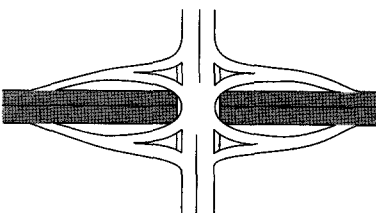
(그림 3) 다이아몬드 인터체인지

다이아몬드 형식의 장점은 다음과 같다.

- 가장 단순한 형이기 때문에 필요로 하는 용지가 가장 작다.
- 횡단 구조물이 불필요하므로 다른 형식에 비해 건설비가 적다.
- 우회 거리가 가장 짧아서 교통경제상 유리하다.

이러한 장점이 있는 반면, 접속도로와의 연결로 접속 부분에서 생기는 평면 교차부에서의 도로 교통 용량이 적어진다. 또 연결로의 선형이 직선형이어서 유출입 연결로의 길이나 경사로 계획시 충분히 여유있는 설계를 하지 않으면 사고발생의 원인이 되기 쉽다.

2. SPUI(Single point urban interchange)형



(그림 4) SPUI 인터체인지

SPUI는 다이아몬드형의 새로운 형태이다. urban-interchange 혹은 single point diamond 라고도 불린다.

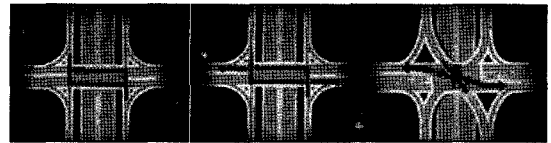
SPUI는 하나의 큰 평면교차 안에 두 개의 다이아몬드 램프가 합쳐진 개념으로 볼 수 있다. 이는 단단한

설계로 일반 다이아몬드 형보다 우선권이 덜 요구된다. 또한 긴 신호시간이 제공되고 좌회전 교통량이 균형을 이룬다면 일반 다이아몬드형태 보다 늘어날 수 있다.

이 늘어난 용량은 근접한 교차로에서의 대기행렬이 엇갈림구간과 대기공간을 방해하는 것을 어느 정도 보충할 수 있다. 하지만 이에 반해 단점도 있는데 이는 다음과 같다.

- 복잡한 교차로가 운전자에게 혼란을 야기할 수도 있다.
- 다차선의 램프가 매우 큰 범위를 차지할 수도 있다.
- 장래 교차로 연장이 매우 어렵고 재건축시 비용이 많이 들며 더 어렵고 복잡한 설계가 요구된다
- 보행자 신호를 고려할 경우 보다 복잡한 신호체계를 요구한다.

SPUI는 교차로 중앙으로 연결된 도로가 많아 복잡해 보이지만 1997년 NATINWIDE survey의 연구결과에 따르면 다이아몬드 형이나 SPUI 형이나 안전에는 크게 차이가 없음을 밝히고 있다.



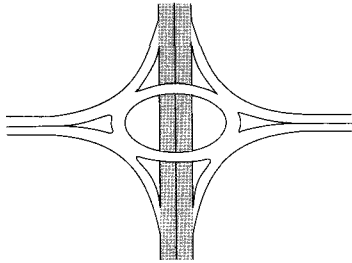
(a) (b) (c)
(그림 5) SPUI와 다이아몬드의 교차 형태의 비교

다이아몬드 교차로의 경우 좌회전 차량이 서로 상충한다. 양쪽 각각의 신호는 교차로에서 회전하는 차량이 소거될 때까지 계속되어야 하는데 이는 회전하여 교차로를 빠져나가려는 차들을 위해 여러 개의 현시를 갖게 한다.

SPUI의 경우 반대편 좌회전 차량은 서로 엇갈리지 않는다. 회전하는 데 단지 하나의 신호만 필요할 뿐이다. 따라서 하나의 신호 주기에 더 많은 차량들이 회전할 수 있고 교차로를 빠져나갈 수 있다.

3. 라운드어바웃형 인터체인지

어떤 교차로가 특정한 시간 안에 진출램프에서 진입 램프로의 좌회전 차량이 유난히 많고 교차로에 대기행렬 공간이 제한적인 경우, 이러한 환경에서 라운드어바웃 형태 인터체인지 운영은 다른 교차로 형태와 비교해 볼 때 이러한 문제점을 해결하기 쉽다.

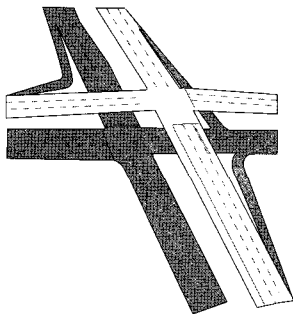


〈그림 6〉 라운드어바웃 인터체인지

4. Echelon 인터체인지

Echelon 형태는 간단한 컨셉의 인터체인지이다. 이 형식의 특징은 고속도로를 반으로 나눈다는 것이다. 이 결과 두 개로 나뉜 교차로가 생긴다. 이것은 교통운영상 이점을 갖는데, 이 인터체인지는 두 개의 현시를 가지게 됨으로써 다른 어떤 교차로보다 효과적이다.

하지만 Echelon 형식의 가장 큰 단점은 다이아몬드형이나 SPUI 형에 비교해봤을 때 네 방향의 고가도로가 필요하다는 점이다. 이는 근처에 접해있는 토지주에게나 사업주에게 불리하게 작용될 수 있다.



〈그림 7〉 Echelon 인터체인지

N. Simulation에 의한 설계방법 비교

1. Simulation 모형의 선정

1) VISSIM의 개요

VISSIM은 미시적이며 운전자 행태를 기초로 만들어진 프로그램으로써 도시부 및 지방부 도로의 다양한 교통특성 및 대중교통을 사실적으로 모의 실험할 수 있다.

또한 VISSIM은 입체영상을 제공함으로써 보다 쉽게 대상범위의 교통특성을 이해할 수 있다.

현재 유럽을 비롯한 70여 국가에서 교통실험 프로그램으로 활용되고 있다.

2) VISSIM의 특성

VISSIM의 특성은 도로를 주행하는 차량의 움직임을 미시적, 확률적으로 표현하고 있으며 차선별 특성(대중교통 전용, 차량별 속도 등)을 고려한 차선 제어가 가능하다.

효과적도로는 평균 통행속도, 총 통행시간, 총 통행거리, 총지체 등이 있으며 범위를 설정함으로써 특정 링크의 차선에 대한 분석이 가능하다.

VISSIM은 차량에 대해 다른 가속도, 속도, 차량 길이, 차두시간을 가지는 범주(승용차, 트럭, 버스)와 각 범주내의 운전자의 행동유형(능동적, 보통, 수동적 성향)을 제공한다.

차량은 그 진행방향에 따라 통행차선이 할당되며, 차선을 폐쇄하는 장애물이 있을 경우 인접차선의 안전한 수락간격을 기다렸다가 차선변경을 실행한다.

2. 분석변수의 구체화

간선도로 인터체인지에 영향을 미치는 요소로는 교통량, 신호체계, 링크길이, 제한속도, 차로 수, 회전교통량, 보행교통량, 중차량 및 버스 비율, 운전자 성향, 도로 기하구조 등 수많은 요소들이 있겠지만 본 연구에서는 가장 큰 영향을 미치는 요소인 접속도로 교통량, 차로 수, 좌회전교통량, 연결로의 교통량, 차로 수를 교차로 비교를 위한 고려 요소로 선정하였다.

이런 분석 변수는 설계에 영향을 주는 요인 중에서 현실적으로 분석할 수 있고 모의실험 상에서 구현할 수 있는 변수들이다.

본 연구에서는 현실적으로 모의실험이 가능한 시나리오와 네트워크 구축의 용이함을 위해 다음과 같은 가정 및 제약사항을 두었다.

첫 번째, 신호체계는 각 분석 시나리오마다 이상적인 조건으로 가정하여 잘못된 신호운영으로 인한 교차로의 지체를 최소화하였다.

두 번째, 본선으로부터 연결로로 유출된 차량은 교차로에서 직진을 행하지 않고 양방향으로 같은 비율로 진행한다고 가정하였다.

세 번째, 모든 링크의 최대속도는 80km/h로 가정하였다.

네 번째, 보행로는 없는 것으로 가정하였다.

다섯 번째, 본선은 3차로로 고정하여 실험하였다.

1) 교통량

네트워크에 입력하는 교통량은 편도 차로 수에 따라 <표 2>와 같이 500대씩 증가시키며 시뮬레이션을 실행하였다.

<표 2> 차로별 입력 교통량

접속도로 차로 수	입력 교통량(대/시)	연결로 교통량
1	500, 1000	500, 1000
2	500, 1000, 1500, 2000	500, 1000

2) 회전비율

좌회전 교통량비율에 의한 영향을 분석하기 위해 '직진과 우회전 교통량과 좌회전 교통량의 비율'을 각 차선 수별로 10%, 20%, 30%로 변화 시키며 분석을 시행하였다. 좌회전 대기공간의 길이는 '도로의 구조/시설에 관한 규정'에 의하여 비율에 따라 적용하였다.

3) 차로 수

우리나라 국도의 다양한 형태를 반영하기 위하여 연결로는 1차로, 접속도로 차로 수는 편도 2차로, 3차로까지의 차로 수별로 시나리오를 만들어 분석을 시행하였다.

<표 3> 입력 변수별 시나리오

접속도로			연결로 교통량	
차로 수	교통량	좌회전 비율	500	1000
1차선	500	10%	case1	case2
		20%	case3	case4
		30%	case5	case6
	1000	10%	case7	case8
		20%	case9	case10
		30%	case11	case12
2차선	500	10%	case13	case14
		20%	case15	case16
		30%	case17	case18
	1000	10%	case19	case20
		20%	case21	case22
		30%	case23	case24
	1500	10%	case25	case26
		20%	case27	case28
		30%	case29	case30
	2000	10%	case31	case32
		20%	case33	case34
		30%	case35	case36

3. 신호조건 처리

본 연구에서 교차로에서의 신호체계는 각 분석시나리오마다 이상적인 조건으로 가정하여 잘못된 신호운영으로 인한 교차로 지체를 최소화하였다. 따라서 시뮬레이션에 의한 시나리오를 시행하기 전에 이상적인 각 방향별 최적의 신호조건을 구하였다. 신호조건을 생성하기 위해서 Transyt-7F 프로그램을 이용하였고 신호주기는 90초에서 180초 사이에서 최적주기를 찾았다.

<표 4> 시나리오별 평면교차, 다이아몬드, SPUI, Echelon 현시

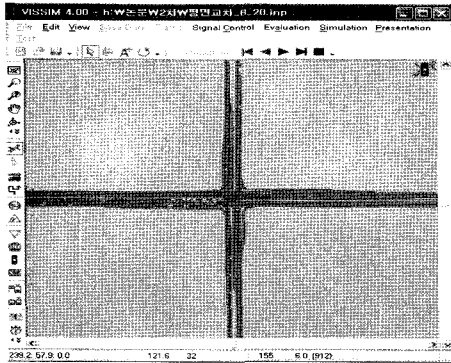
	현시										
	평면교차					다이아몬드					
	1	2	3	4	주기	1	2	3	4	5	주기
	←↘↓↑ ↘↙↔					↘↙ ↘↙ ↙↘ ↘↙ ↘↙					
case1	10	22	15	43	90	23	23	10	24	10	90
case2	10	26	32	42	110	28	28	11	13	10	90
case3	10	25	19	56	110	23	23	12	20	12	90
.
.
.
case36	46	46	38	50	180	39	39	46	10	46	180
	SPUI				Echelon						
	1	2	3	주기	1	2	주기				
	←↘↓↑ ↘↙↔				←↘↙ ↘↙↔ ↘↙↔						
case1	10	49	31	90	30	60	90				
case2	10	35	45	90	35	55	90				
case3	15	43	32	90	28	62	90				
.				
.				
.				
case36	32	31	27	90	43	47	90				

4. 도시간선도로 인터체인지 형태 대안

1) 평면교차

교차로까지의 각 링크 길이는 500m 이고 좌회전 차량 대기공간의 길이는 '도로의 구조/시설 기준에 관한 규정'에 따라 좌회전 비율별로 설정하였다.

접속도로의 차로 수를 1~2 로, 교통량은 500~2000 까지 500대씩, 좌회전 교통량은 10~30%까지 10%씩 변화시키며 분석하였고, 본선은 3차로, 교통량은 3000대, 회전교통량은 500~1000대 까지 500대씩(좌우50%비율) 변화시키며 분석하였다.

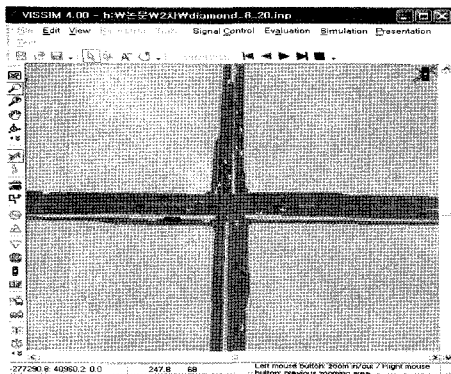


〈그림 8〉 평면교차 형태

2) 다이아몬드

교차로까지의 각 링크 길이는 500m 이고 좌회전 차량 대기공간의 길이는 '도로의 구조/시설 기준에 관한 규정'에 따라 좌회전 비율별로 설정하였다.

접속도로의 차로 수를 1~2 로, 교통량은 500~2000 까지 500대씩, 좌회전 교통량은 10~30%까지 10%씩



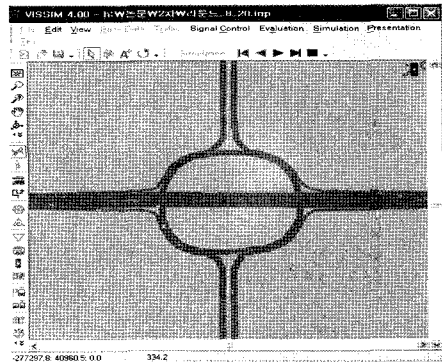
〈그림 9〉 다이아몬드 형태

변화시키며 분석하였고, 본선은 3차로, 교통량은 3000대, 회전교통량은 500~1000대까지 500대씩(좌우50%비율) 변화시키며 분석하였다. 연결로를 이용한 직진 차량은 없는 것으로 가정하였다.

3) 라운드어바웃

교차로까지의 각 링크 길이는 500m 이고 순환로의 내접원 지름은 100m(1994년 AASHTO 기준: 43m 이상)로 하였다.

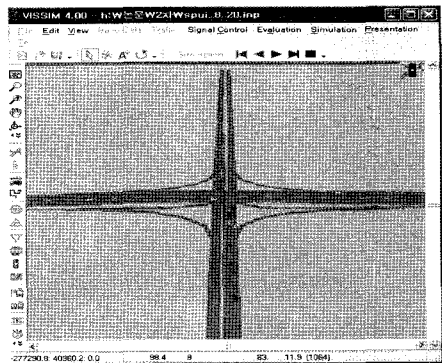
접속도로의 차로 수를 1~2 로, 교통량은 500~2000 까지 500대씩, 좌회전 교통량은 10~30%까지 10%씩 변화시키며 분석하였고, 본선은 3차로, 교통량은 3000대, 회전교통량은 500~1000대 까지 500대씩(좌우50%비율) 변화시키며 분석하였다. 연결로를 이용한 직진 차량은 없는 것으로 가정하였다.



〈그림 10〉 라운드어바웃 형태

4) SPUI(Single Point Urban Interchange)

교차로까지의 각 링크 길이는 500m 이고 좌회전



〈그림 11〉 SPUI 형태

차량 대기공간의 길이는 '도로의 구조/시설 기준에 관한 규정'에 따라 좌회전 비율별로 설정하였다.

접속도로의 차로 수를 1~2 차로, 교통량 500~2000까지 500대씩, 좌회전 교통량은 10~30%까지 10%씩 변화시키며 분석하였고, 본선은 3차로, 교통량은 3000대, 회전교통량은 500~1000대까지 500대씩(좌우50%비율) 변화시키며 분석하였다. 연결로를 이용한 직진 차량은 없는 것으로 가정하였다.

5) Echelon

교차로까지의 각 링크 길이는 500m 이고 좌회전 차량 대기공간의 길이는 '도로의 구조/시설 기준에 관한 규정'에 따라 좌회전 비율별로 설정하였다.

접속도로의 차로 수를 1~2 로, 교통량은 500~2000까지 500대씩, 좌회전 교통량은 10~30%까지 10%씩 변화시키며 분석하였고, 본선은 3차로, 교통량은 3000대, 회전교통량은 500~1000대까지 500대씩(좌우50%비율) 변화시키며 분석하였다. 연결로를 이용한 직진 차량은 없는 것으로 가정하였다.



<그림 12> Echelon 형태

V. 결과 분석

1. VISSIM을 이용한 대안별 지체시간 비교

모의실험 절차에 따라 구해진 VISSIM output 자료 중 교차로 분석에 필요한 개별차량 지체시간을 비교하면 <표 5>와 같다.

<표 5> 시나리오별 개별차량 지체시간

시나리오	개별차량 지체시간(초/대)				
	평균교차	Diamond	라운드어바웃	SPUI	Echelon
case1	30.2	7.3	2.3	5.2	14.8
case2	39.4	17.5	62.7	8.9	18.2
case3	31	7.5	2.2	5.7	13.8
case4	39.4	17.5	62.7	8.9	18.2
case5	28.2	7.7	2.2	6.1	12.7
case6	33.5	14.6	55.5	9	14.5
case7	144.8	10.9	5.9	7.7	32.2
case8	111.3	111.8	87.7	15.3	62.8
case9	150.8	11.4	5.3	8.8	23
case10	94.6	104.2	80	14.8	53.7
case11	146.6	11.9	7.2	9.4	20.7
case12	116.9	113.3	78.1	14.9	30.7
case13	24.2	7	1.3	5.2	10.1
case14	27.8	12.2	2.3	7	10.3
case15	23.7	7.2	1.3	5.7	9.5
case16	27.8	12.3	2.4	7.5	9.7
case17	24.2	7.1	1.3	6.1	9.3
case18	27.8	12.4	2.4	7.7	9.1
case19	31.3	9.3	1.7	6.9	15.6
case20	36.6	17.8	3.2	9.6	16
case21	32.4	10.1	1.9	7.9	14.9
case22	39.6	19.4	3.2	10.8	15.2
case23	36.1	10.1	1.9	8.7	14.5
case24	44	58	3.3	11.4	16.9
case25	52.7	11	2.8	8.1	20.1
case26	86.3	42.6	10.6	12.1	20.6
case27	103.4	13.1	3.3	10.1	19.2
case28	125.9	68.9	5.9	13.8	18.9
case29	116.6	13.3	7.7	11.3	18.8
case30	179.5	96.3	11	15.2	17
case31	159.2	14.2	41.3	9.9	26.3
case32	179.1	121.8	51.1	15.1	28.5
case33	183.4	19.8	48.2	12.3	22.5
case34	197.4	148.5	53.4	17.1	21.6
case35	193.1	25.1	46.3	13.7	21.5
case36	210.8	152.3	52.5	22	21.3

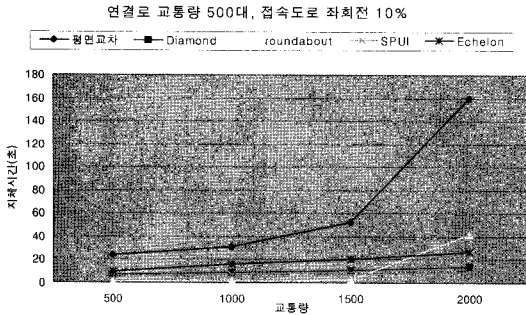
2. 특성별 대안 비교

1) 접속도로 교통량에 따른 대안별 개별차량 지체 비교

(1) 연결로 교통량이 적고, 회전비율이 적은 경우

접속도로 2차로, 접속도로 좌회전 비율 10%, 연결로 교통량이 500대인 경우를 분석하면 교통량이 1500대 이하에서는 라운드어바웃 형태의 교차로가 가장 지체를 적게 보이며, 1500대 이상의 교통량에서는 SPUI 형태 교차로의 지체가 가장 적고, 라운드어바웃과 평면 교차형태의 지체가 급격히 증가한다.

라운드어바웃형태의 개별차량지체가 급격히 증가함은 접속도로 차량이 1500대 이상인 경우 회전차로를 이용하는 차량의 차간 간격이 작아 연결로를 이용한 차량의 유입이 어렵기 때문이다.

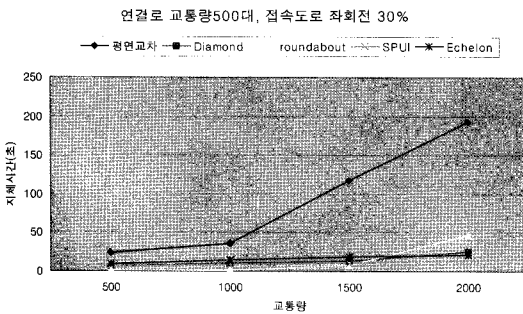


〈그림 13〉 접속도로 교통량에 따른 대안별 비교1 (연결로교통량 500, 접속도로의 좌회전 비율 10% 구간)

(2) 연결로의 교통량이 적고, 회전비율이 많은 경우

접속도로 2차로, 접속도로 좌회전 비율 30%, 연결로 교통량이 500대인 경우를 분석하면 교통량이 1500대 이하에서는 라운드어바웃 형태의 교차로가 가장 지체를 적게 보이며, 1500대 이상의 교통량에서는 SPUI 형태 교차로의 지체가 가장 적고 라운드어바웃형태는 1500대 이상에서, 평균교차형태는 1000대 이상에서 지체시간이 증가한다.

평균교차의 경우 접속도로 교통량이 1000대 이하일 때는 큰 차이를 보이지 않으나 1000대 이상의 좌회전 현시가 길어짐으로써 다른 이동류의 현시가 상대적으로 줄어들어 지체가 증가한다.



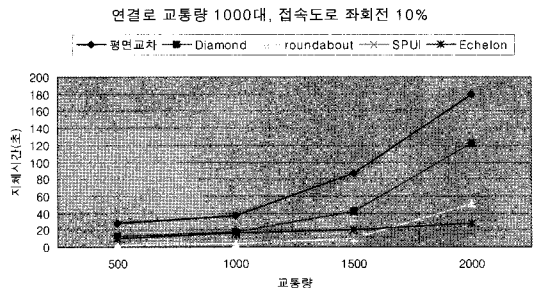
〈그림 14〉 접속도로 교통량에 따른 대안별 비교2 (연결로교통량 500, 접속도로의 좌회전 비율 30%구간)

(3) 연결로의 교통량이 많고, 회전비율이 적은 경우

접속도로 2차선, 접속도로 좌회전 비율 10%, 연결

로 교통량1000대인 경우를 분석하면 접속도로 교통량이 1500대 이하인 경우 라운드어바웃 형태가 개별차량 지체가 가장 적고, 1500대 이상인 경우 SPUI 형태가 지체가 가장 적다.

연결로 교통량이 적은 경우와 비교하면 다이아몬드 형태의 개별차량 지체가 많이 증가하고, Echelon 과 SPUI 형태는 큰 차이가 없는 것을 확인할 수 있는데 이는 Diamond는 5현시, SPUI는 3현시, Echelon은 2현시로 운영되는 특성에 따른 교차로의 용량 차이 때문이다.

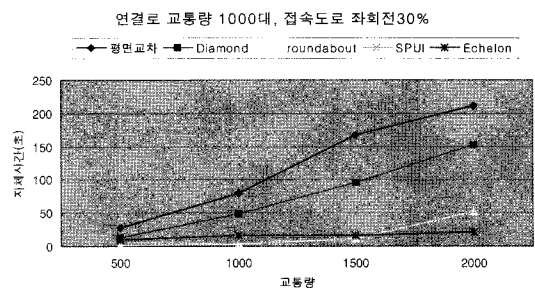


〈그림 15〉 접속도로 교통량에 따른 대안별 비교3 (연결로교통량 1000, 접속도로의 좌회전 비율 10% 구간)

(4) 연결로의 교통량이 많고, 회전비율이 많은 경우

접속도로 2차선, 접속도로 좌회전 비율 20%, 연결로 교통량1000대인 경우를 분석하면 접속도로 교통량이 1500대 이하인 경우 라운드어바웃 형태가 개별차량 지체가 가장 적고, 1500대 이상인 경우 SPUI, Echelon 형태가 지체가 가장 적다.

Echelon형태가 SPUI 형태보다 개별차량지체가 적을 수 있는 이유는 SPUI 형태가 좌회전 교통량이 많아짐에 따라 3현시로 운영되는 교차로의 지체가 증가되기 때문이다. Echelon의 경우 2현시로 운영되므로 교차로 용량이 크다.



〈그림 16〉 접속도로 교통량에 따른 대안별 비교4 (연결로교통량 1000, 접속도로 좌회전 30%)

2) 각 case별 최소 지체대안

〈표 6〉 시나리오별 최소 지체 대안

접속도로			연결로 교통량		
차로 수	교통량	좌회전 비율	500	1000	
1차선	500	10%	RA	SPUI	
		20%	RA	SPUI	
		30%	RA	SPUI	
	1000	10%	RA	SPUI	
		20%	RA	SPUI	
		30%	RA	SPUI	
2차선	500	10%	RA	RA	
		20%	RA	RA	
		30%	RA	RA	
		1000	10%	RA	RA
			20%	RA	RA
			30%	RA	RA
	1500	10%	RA	RA	
		20%	RA	RA	
		30%	RA	RA	
		2000	10%	SPUI	SPUI
			20%	SPUI	SPUI
			30%	SPUI	Echelon

* SPUI=Single Point Urban Interchange

* RA=라운드어바웃

3) 건설비용을 고려한 상대 지체 비교

건설교통부 '도로업무편람'을 기준으로 각 인터체인 지별 공사비용을 산출하고 평면교차로의 공사비용을 기준으로 비용에 따른 교차로별 상대지체를 비교하였다.

(1) 인터체인지 형태별 공사비용 비교

각 인터체인지별 건설비와 용지비를 산정하여 총 공사비를 비교하면 〈표 7〉과 같다.

〈표 7〉 시나리오별 건설비 비교

	건설비(억원)		용지비(억원)	계(억원)	비용비율
	평지	구조물			
평면교차	124	0	18.69	142.69	1
다이아몬드	73	146	23.04	242.04	1.7
라운드어바웃	82	230	25	337	2.36
SPUI	82	146	24.49	252.49	1.77
Echelon	96	180	24.49	300.49	2.11

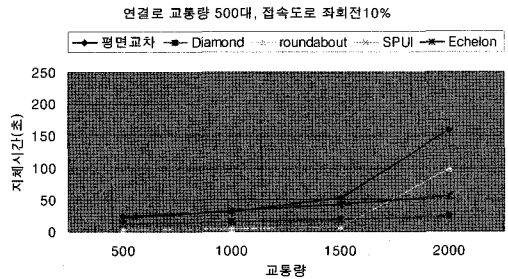
(2) 공사비용에 따른 상대지체 비교

평면교차로의 공사비를 기준으로 각 교차로별 상대 비용을 산출하고 이를 비교하여 보았다.

① 연결로 교통량이 적고, 회전비율이 적은 경우

접속도로 2차로, 접속도로 좌회전 비율 10%, 연결로 교통량이 500대인 경우를 분석하면 교통량이 적은 구간(1500대 이하)에서는 지체의 변화가 크게 일어나

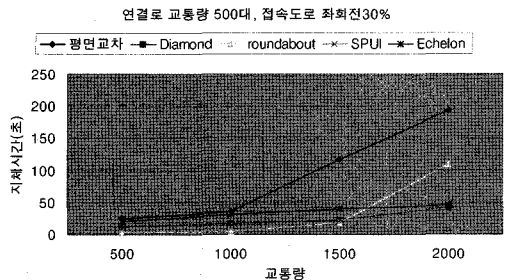
지 않지만 1500대 이상의 구간에서는 라운드 어바웃과 평면교차의 지체가 크게 나타난다.



〈그림 17〉 접속도로 교통량에 따른 대안별 상대비교 1 (연결로교통량 500, 좌회전 비율 10% 구간)

② 연결로의 교통량이 적고, 회전비율이 많은 경우

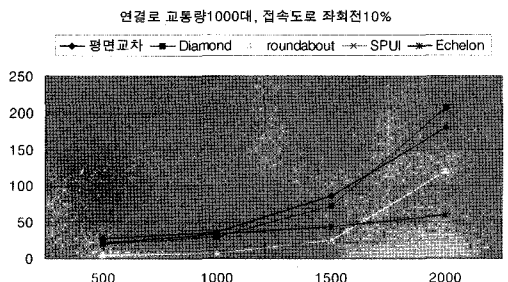
접속도로 2차로, 접속도로 좌회전 비율 30%, 연결로 교통량이 500대인 경우를 분석하면 1000대 지점에서 평면교차의 지체가 크게 증가하기 시작하며, 라운드어바웃 형태의 지체는 1500대 이상에서 급격히 증가한다.



〈그림 18〉 접속도로 교통량에 따른 대안별 상대비교 2 (연결로교통량 500, 좌회전 비율 30%구간)

③ 연결로의 교통량이 많고, 회전비율이 적은 경우

접속도로 2차선, 접속도로 좌회전 비율 10%, 연결로 교통량1000대인 경우를 분석하면 접속도로 교통량

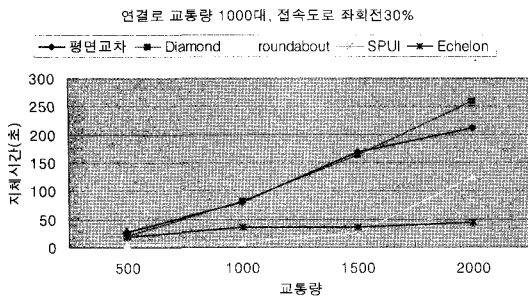


〈그림 19〉 접속도로 교통량에 따른 대안별 상대비교 3 (연결로교통량 1000, 좌회전 비율 10% 구간)

이 1500대 이상인 지점에서는 평면교차보다 건설비가 비싼 다이아몬드 형 인터체인지의 지체가 상대적으로 급증했음을 알 수 있다.

④ 연결로의 교통량이 많고, 회전비율이 많은 경우

접속도로 2차선, 접속도로 좌회전 비율 20%, 연결로 교통량1000대인 경우를 분석하면 평면교차와 다이아몬드 형태 교차로의 지체가 급증하는 것을 알 수 있고, 라운드 라운드어바웃 형태의 지체는 1500대 이상에서 급격히 증가한다. SPUI, Echelon은 큰 지체의 변화가 비교적 작다.



(그림 20) 접속도로 교통량에 따른 대안별 상대비교 4 (연결로교통량 1000, 좌회전비율 30%)

VI. 결론 및 향후 연구 과제

본 연구에서는 도시간선도로에서의 인터체인지 형태(평면교차, 다이아몬드, 라운드어바웃, SPUI, Echelon)에 영향을 미치는 여러 요인 중 간선도로의 실정을 반영할 수 있는 요인 즉 접속도로 및 연결로의 교통량, 차선 수, 접속도로의 좌회전 비율을 분석변수로 사용하였고, 교차로의 신호조건은 이상적인 조건으로 가정하여 미시적 시뮬레이션 프로그램인 VISSIM을 이용 각 교차로 상황별 지체 비교를 통한 적절한 교차로 형태를 찾고자 하였으며 그 결과는 다음과 같다.

- 연결로 교통량(본선에서 측도로의 유출)이 많아지면 다이아몬드형 인터체인지의 지체가 급격히 증가
- 접속도로 교통량이 적은구간(1500대 이하)에서는 라운드어바웃형 인터체인지의 지체가 적음
- 접속도로 교통량이 많은 경우(1500대이상) SPUI, Echelon 형태의 인터체인지가 적은 지체를 보임. 지체만을 고려하였을 때, 접속도로 교통량이 1500대 이상이 예상되는 곳의 인터체인지 형태는 SPUI, Echelon형태의 인터체인지가 바람직함
- 공사비를 고려한 상대 지체를 비교했을 때 다이아

몬드 인터체인지 형태는 접속도로의 교통량이 많은 (1500대 이상)경우 평면교차보다 상대지체가 높게 나타남, 이는 교통량이 많은 곳에서의 다이아몬드 형태의 인터체인지의 효과가 없음을 나타냄

- 지체를 기준으로한 상황별 최적 인터체인지 형태는 <표 6>과 같음

본 연구에서는 Simulation을 이용한 지체의 정량적인 결과를 도출하였다.

지체만의 비교로 인터체인지 설계시 기준이 되지는 못하지만, 설계시 참고사항이 되리라고 생각된다. 이번 연구에서는 인터체인지의 안전 및 도심 미관적 요소 또는 이용자 선호도, 건설비규모 등에 대한 정성적인 평가가 이루어지지 못하였다.

향후 연구에서는 인터체인지의 이용자 만족도를 고려한 정성적인 연구와 인터체인지에서 교통안전, 토지이용형태에 따른 적정 인터체인지 연구 등이 수반되어야 할 것이다.

참고문헌

1. 한국도로공사(1996), "미래의 도로모습을 추구하며".
2. 건설교통부(2000), "도로의 구조, 시설 기준에 관한 규정 해설 및 지침".
3. 한국건설기술연구원(1993), "도로교통 운영개선 실무서".
4. 한국도로공사(1992), "도로설계요령".
5. AASHTO Green Book(2001), "A POLICY on GEOMETRIC DESIGN of HIGHWAYS and STREETS".
6. FHWA(2001), "Geometric Design Practices for European Roads".
9. Texas Transportation Institute(1992), "Texas Highway Operations Manual".
10. 건설교통부(2005), "입체교차로 설계 지침".
11. 건설교통부(2001), 도로용량편람.

- ✉ 주 작 성 자 : 이재용
- ✉ 교 신 저 자 : 이재용
- ✉ 논문투고일 : 2006. 2. 25
- ✉ 논문심사일 : 2006. 4. 21 (1차)
- 2006. 4. 24 (2차)
- 2006. 4. 25 (3차)
- ✉ 심사판정일 : 2006. 4. 25
- ✉ 반론접수기한 : 2006. 9. 30