

# Micro Simulation을 활용한 도시부 단순입체시설 분합류 구간간격에 관한 실증연구

## Empirical Study of Simple Grade Facilities Gap Utilizing Micro Simulation Analysis

김영일	Kim Young Il	산하종합기술(주) 부장 (E-mail : tr01@paran.com)
노정현	Rho, Jeong Hyun	한양대학교 도시공학과 교수 (E-mail : jhrho@hanyang.ac.kr)
김태호	Kim, Tae Ho	정회원 · 성균관대학교 사회환경시스템공학과 연구교수 (E-mail : traffix@hanmail.net)
박준태	Park, Jun Tae	정회원 · 교통안전공단 교통안전처 책임연구원 (E-mail : pj724@naver.com)

### ABSTRACT

Current analysis method drives an irrationality a road, signal operation and cause confusion of road such as weaving, bottleneck being not including main traffic flow in analysis subject. Therefore, this research develops analysis method of simple grade facilities to grasp target equipment relationship effect as virtue process to grasp effect of simple grade facilities in city and there is the purpose to apply optimum space of analysis intersection. In this paper, get at effect of simple grade facilities in urban area, as well as, develop new analysis method of simple grade facilities and adapt optimal interval of intersection point. New method of this paper reasonably estimated to optimal interval of the traffic flow(diverge area, merge area). As research result, analysis method to present in this research could clarify vague part of existing analysis method and presume reasonable result. Optimal interval of diverge and merge area with facilities was appeared more then 65m from the main line and more then 45m from the frontage road. Meaning of this paper as follow. First, the effect of simple grade facilities estimate. as consider optimal interval of simple grade facilities in urban can plan efficiently operation planning of road and signal in connection with nearby intersection. Second, new method then previous methods. planner of transportation easily access due to run parallel with existing method. Third, new method is contained through traffic volumes. the existing method did not reflect one. and this new method reduce error to the minimum. when analysis of intersection and link. Fourth, using the new method propose improvement plan with road operation and signal operation.

### KEYWORDS

*simple grade facilities, sensitivity analysis, urban street, micro simulation, optimal interval*

### 요지

가로 및 교차로에 설치된 단순입체시설의 현행 분석기법은 시설을 이용하는 주교통류를 분석대상에 포함시키지 않고 있어 불합리한 도로 및 신호운영을 유도하여 엇갈림현상, 병목현상과 같은 도로의 혼잡을 야기한다. 이러한 여건에도 불구하고 단순 입체시설을 이용하는 교통류 분석기법의 연구가 거의 수행된 바 없다. 또한 개략적으로 제시되어 있는 설정기준 역시 여러 가지 도로 및 교통조건을 반영하지 못하고 있는 실정으로, 단순입체시설이 포함된 교차로분석 시 지체도가 과소 추정되는 경향이 있다. 그러므로 본 연구는 도시내 입체시설의 효과를 파악하기 위한 선행과정으로서 대상시설의 효과를 파악할 수 있도록 입체시설의 분석기법을 개발하고 분석교차점의 적정간격을 응용하는데 그 목적이 있다. 본 연구는 다음과 같이 수행하였다. (1) 기존 분석기법의 문제점 제기, (2) 새로운 분석기법의 정립, (3) 사례지역의 적용 및 비교검정, (4) 분합류구간의 적정간격에 대한 민감도 분석을 수행한다. 연구결과, 본 연구에서 제시한 분석기법은 기존 분석기법의 모호한 부분을 명확히 하고 합리적인 결과를 추정할 수 있었다. 또한 그 분석기법을 응용하여 분합류구간에 대한 적정간격을 추정한 결과, 분석에서는 65m, 속도에서는 45m로 나타나 최소한 그 이상의 위치에 접속지점을 설치하는 것이 타당하다고 판단된다. 본 연구의 수행으로 얻어지는 가치는 다음과 같다. (1) 당해 시설에 대한 선행연구 또는 분석방법이 없었으므로 대상시설물로 인한 파급효과를 파악할 수 있다. (2) 본 연구의 분석기법은 기존 교차로의 분석방법을 차용함으로써 새로운 분석방법을 숙지하지 않아도 용이한 분석이 가능하다. (3) 본 연구에서 제시한 분석기법에 의하면 기존에 제외된 통과교통량을 포함시켜 분석할 수 있다. 이러한 방법을 통해 교차로 및 가로분석 시에 현황과 동떨어질 수 있는 결과에 대한 오류를 최소화할 수 있다. (4) 새로운 분석기법을 이용하면

신설 또는 기존 시설물에 대한 문제점을 도출하여 도로운영 및 신호운영 등의 개선방안을 제시할 수 있다.

## 핵심용어

단순입체시설, 민감도분석, 도시부도로, 마이크로시뮬레이션, 최적간격

## 1. 서론

### 1.1. 연구배경 및 목적

대도시의 인구집중과 승용차 이용현상은 교통수요를 증가시키는 주요한 요인이며, 통과교통량의 지체 감소를 위한 단순입체화시설을 지속적으로 설치하도록 유도하고 있다. 하지만 고속도로와 국도같은 지방부도로와는 다르게 도시부의 단순입체시설 설치기준이 미흡하여 평면교차로(부가차로 설치)가 유리한 경우에도 단순입체화시설을 도입함으로써 건설 및 운영비용의 발생, 민원, 경관, 운영, 사고측면에서도 많은 문제점<sup>1)</sup>이 발생하고 있다. 이에 서울시는 2004년부터 불합리한 단순입체시설<sup>2)</sup>을 철거하고 평면교차로 형식으로 전환하고 있는 실정이다. 앞서 언급한 기술적인 문제점과 사회적 여건을 고려할 때, 도심부의 교통 환경을 반영한 단순입체시설 간격에 관한 연구가 시급하다고 판단된다. 다음으로 선행연구에서는 평면교차로 분석을 적용하고 있어, 이에 대한 방법론측면의 개선도 포함되어야 한다. 따라서 본 연구에서는 Micro-Simulation(T7F, Netsim)을 활용하여 실제 사례지역의 교통여건을 반영한 대안<sup>3)</sup>을 활용하여 단순입체시설의 교차점 간격 및 이격거리에 대한 기준 마련을 시도하고자 한다. 본 연구는 향후 도시부에 위치한 단순입체시설의 적정간격 산출을 위한 방법론 및 기초자료로서 활용이 가능할 것이다.

### 1.2. 연구의 범위 및 방법

본 연구는 도시부 단순입체시설의 교통영향 및 시설 간격에 대한 기준 마련을 위해 다음과 같은 사항들을 연구의 주요내용으로 선정하였다.

연구의 시간적 범위는 간선도로 교통축 개선사업이 완

료된 2002년 이후의 구간 중 단순입체시설(고가차도, 지하차도)과 평면교차로의 형태가 다양하게 나타나는 지역으로 선정하였다. 특히, 침두 시 대기행렬과 통과교통량이 많아서 교통혼잡이 발생하는 지역(한천로 일대)으로 선정하였으며, 세부적인 사항은 그림 1과 같다.

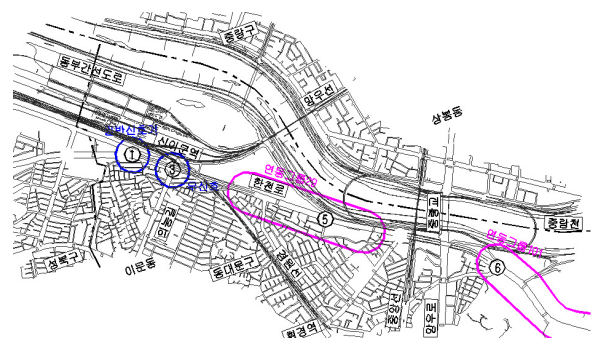


그림 1. 분석대상 지역 현황도

연구의 접근방법을 단계별로 살펴보면 첫째, 국내의 단순입체시설의 유형 및 설계기준을 검토<sup>4)</sup>하고, 운영효과분석 및 간격설정에 대한 문제점을 제시하였다. 둘째, 실제 사례지역을 선정하고, 자료(도로기하구조, 교통운영 등)를 수집하였다. 셋째, 방법론 개선에 대한 적용성 평가를 위하여 대안별(기존방법, Node세분화 및 직진교통량 반영방법, 현장실측 자료) 결과를 비교하고, 연구 방법론의 유의성을 검증하였다. 넷째, 사례지역의 다양한 교통여건 변화에 따라 단순입체시설 간격변화에 대한 민감도분석(Sensitivity Analysis)을 진행하고, 실증분석 결과를 토대로 간격기준을 제시한다. 다섯째, 본 연구의 분석결과를 종합하고, 향후과제를 제시하였다.

## 2. 선행연구 및 분석방법 고찰

단순입체시설의 구조적 설계에 관한 지침은 제시되어 있으나, 세부적 사항은 현장기술자의 경험을 바탕으로 계획·설계가 이루어지고 있어, 이에 대한 체계적인 접

1) 단순입체시설(고가도로, 지하터널 등)을 설치할 경우 공사에 따른 민원과 공사 완료후 주변 경관을 저해하며, 도로의 운영측면에서 입체교차와 인접한 평면교차로 주변에 엇갈림 및 차로 축소 등의 문제로 시설기능이 저하됨. 이와 같은 시설기능의 저하는 차로의 병목현상을 발생시키고 주변교차로 및 전체 가로망의 효율을 감소시키는 주요 요인이 됨.  
2) 건설교통부(2002), 도로구조시설 기준에 관한 해설 및 지침, p.336 인용함.  
3) Node세분화를 활용한 단순입체시설의 시종점부에 교통류 현상(엇갈림, 병목현상 등)을 설명하기 위한 Node추가와 지하차도의 경우 직진교통량을 배제한 분석을 보완함.

4) 국내의 경우 도로구조시설 기준에 관한 규칙 해설 및 지침(2002.3, 건설교통부), 일본의 경우는 도로구조령의 해설 및 응용(2004.2, 일본 도로협회)를 중심으로 검토함.

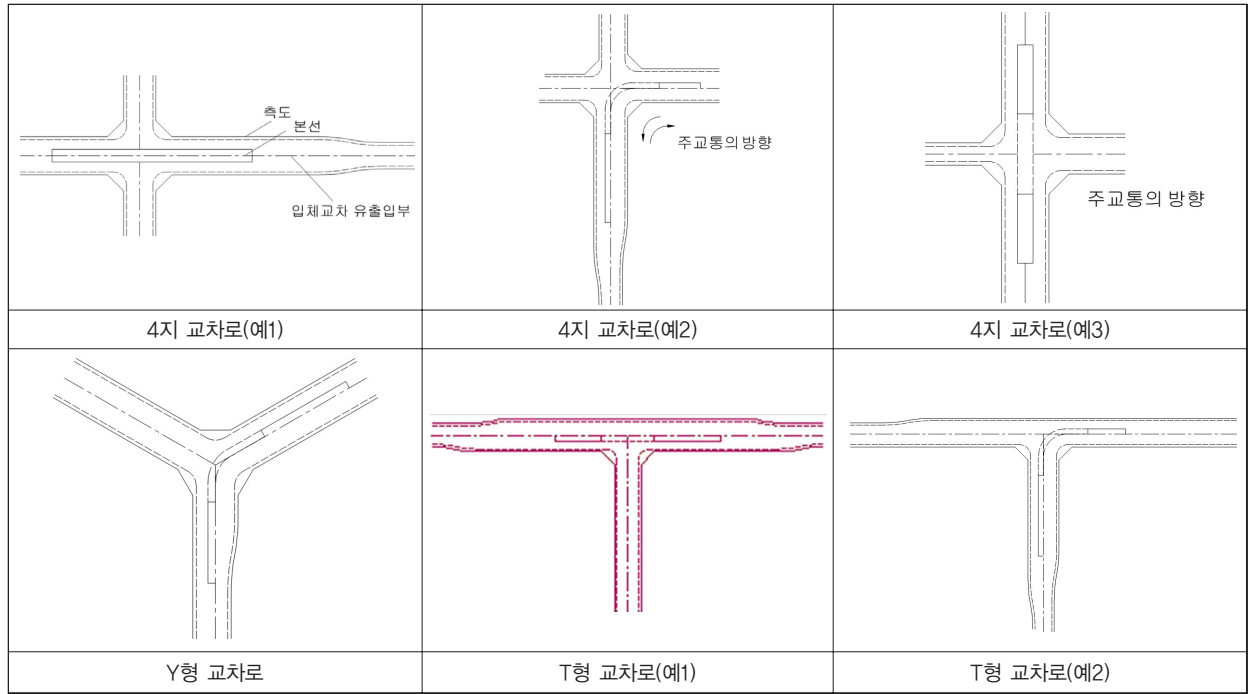


그림 2. 단순입체교차의 유형도

근방법의 마련이 필요하다. 특히 분석방법의 문제점을 보완할 수 있도록 모의실험(Simulation)을 실시하고자 한다.

### 2.1. 단순입체시설의 개념 및 유형

단순입체시설이란 지하 및 고가차도와 같은 시설물을 의미하며, 설치위치는 가로 및 교차로 주변에 위치한다.

가로구간에 설치된 단순입체시설은 도로의 단절과 같은 구조적인 문제를 해결하기 위해 설치한다.

교차로에 설치된 경우는 입체구조물(지하차도, 고가차도)의 지상부에 설치되는 평면교차라 정의한다.

단순입체 교차는 제약조건이 많은 도시지역 교차로에 적은 공사비로 일정방향의 교통류를 분리시킴으로써 큰 효과를 기대할 수 있다. 국내외의 단순입체 교차의 유형을 살펴보면, 그림 2와 같다.

### 2.2. 단순입체시설 국내외 설계기준 비교 검토

#### 2.2.1. 접속부 설계기준 비교

국내의 여건과 가장 유사한 일본의 설계기준을 중심으로 비교 검토하였으며, 그림 3, 그림 4에 제시되어 있다.

일본의 사례와 비교하였으며, 크게 접속차로 변경길이, 평면선형(접속설치구간, 변이구간), 종단선형(평행구간, 변이구간)으로 구분하여 제시하였다.

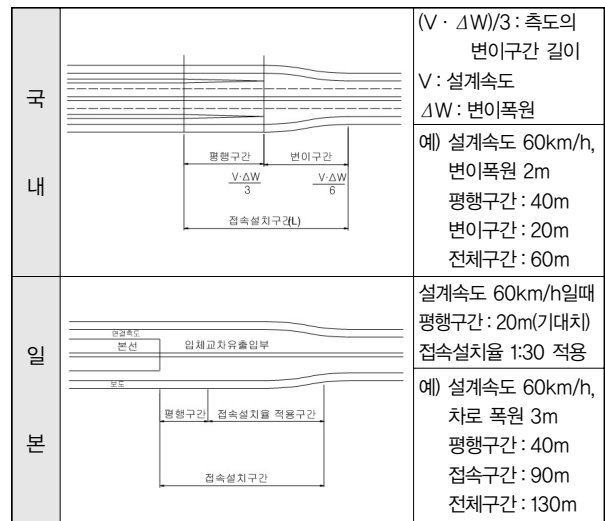


그림 3. 입체교차 유출입부의 접속부(평면선형)

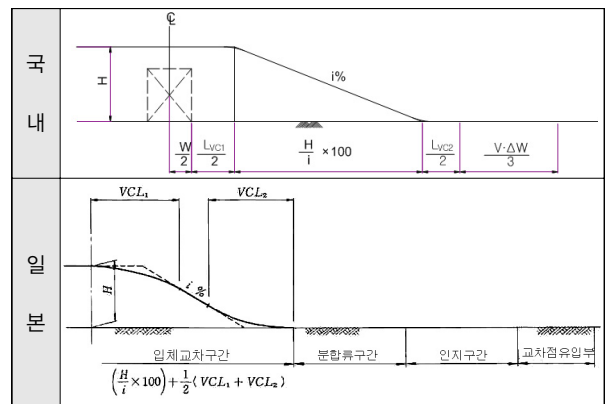


그림 4. 입체교차 유출입부 필요간격(종단)

표 1. 종단선형 길이 산정식 비교

구 분	국 내		구 분	일 본	
	수 식	최소길이		수 식	최소길이
교차로 중심선으로부터 확폭구간길이	$L = \frac{W}{2} + (\frac{H}{i} \times 100) + \frac{1}{2}(L_{vc1} + L_{vc2}) + \frac{V \cdot \Delta W}{3}$	240 (입체교차구간 190m)	입체 교차 구간	$L = (\frac{H}{i} \times 100) + \frac{1}{2}(L_{vc1} + L_{vc2})$	190
평행 구간	$\frac{V \cdot \Delta W}{3}$	40	평행 구간	$\frac{V \cdot \Delta W}{3}$	40
변이 구간	$\frac{V \cdot \Delta W}{6}$	20	접속 구간	접속설치율 1/30	90

H : 교차도로의 고저차, i : 종단경사, W : 교차도로 폭원  
 L : 교차로 중심선으로부터 확폭구간 길이  
 H/i×100 : 종단경사 구간 길이,  
 Lvc1 :凸부 종단곡선장, Lvc2 :凹부 종단곡선장

주 : v(설계속도 60km/h 적용), ΔW(변이폭원 2M 적용), H(4.5m 적용), i(종단구배 5% 적용), W(교차도로 폭원 20m)

Lvc1, Lvc2(각각 변화비율 20m/% 적용(설계속도 60km/h 종단구배 5% 시))

첫째, 접속부의 차로 변경에 대한 길이는 일본의 기준보다 높은 수준으로 확보하도록 설정하고 있다.

둘째, 유출부의 접속설치구간(평면선형)에 대한 경우 일본의 기준에 비해 약 50% 낮게 설정되어 있으며, 변이구간의 경우 교통류의 안전성과 교통처리를 감안한 일본이 평행구간보다는 변이구간을 1.2배 정도 더 많이 확보하여 설치하고 있다.

셋째, 국내에서는 시설의 시설 유출입부의 분합류 구간(종단선형)을 기준으로 평행 및 변이구간으로 구분하고 있으나, 일본은 분합류 인지구간 이외에 추가적으로 교차점 유입부를 감안한다. 특히 일본의 인지구간은 국내의 변이구간에 해당하며 우리의 기준보다 약 4.5배 정도 높은 설치기준인 것으로 판단된다.

일본은 시설 유출입부(본선+측도)와 상하류부 차로수가 동일할 경우 이동구간 1, 2로 나누어 차로변경구간을 나타낸다. 이동구간 1의 지점은 차량의 높이, 무게 등의 규제를 초과하여 입체시설을 이용하는 차량들의 차로변경을 위한 거리 또는 확인시설 설치 지점이다.

다음으로 이동구간 2의 지점은 최초 안내표지의 설치 위치를 나타낸다. 여기서 이동구간 1의 구간길이 결정은 우선 차선변경을 위해 필요한 거리를 고려하여 설계속도, 차로 폭 및 변경 횟수, 정지시거 등을 감안하여 제동정지시거를 기준으로 설정하였다. 하지만 일본의 제동정지시거는 우리의 최소 정지시거와 동일하다.

표 2. 이동구간의 최소길이

(단위 : m)

설계속도 (km/h)	차로 폭원 (m)	이동구간 최소길이(m)		이동을 위해 필요거리(m) (고려)		제동정지시거(m)
		1차로변경	2차로변경	1차로변경	2차로변경	
80	3.5	110	126	80	126	110
60	3.25	75	90	57	90	75
	3.0	75	85	55	85	
50	3.0	55	70	45	70	55
	2.75	55	66	43	66	
40	3.0	40	56	36	56	40
	2.75	40	53	35	53	
30	2.75	30	40	26	40	30

자료 : 도로구조령의 해설 및 응용, 2004, 일본도로협회, p.503

본 연구에서는 일본이 설계속도 60km/h에서 제시한 이동구간 1(최소 정지거리)의 길이 75m, 국내의 종합기준(회전차로 가감속 길이, 최소정지시거의 중간값)<sup>5)</sup> 65m를 비교하여 입체시설 시공부의 분합류구간을 위한 적정 길이로 설정하고 Simulation, 민감도 분석을 진행하고자 한다.

### 2.2.2. 교차점 간격 설정유형의 비교

국내와 일본의 간격 설정과 제약사항에 대한 사항을 비교하여 제시하였다.

5) 본 연구에서 대상시설의 분합류구간은 엇갈림 및 병목현상 등을 고려한 것이다. 하지만 일본의 이동구간 1은 차로변경 및 확인시설 설치를 위한 최소 안전거리를 확보한 것이고 국내는 회전차로의 기준이므로 중간값이 타당하다 판단됨.

### 1) 일본의 교차점 간격

일본은 국내와 교차점 간격측면에서 차이가 있는 것으로 판단되는데, 일본은 교차점(이면도로, 세가로 등)과의 단순입체시설의 설치간격을 중요하게 판단하고 있다. 일본은 교차점의 최소간격을 근접교차점과 세가로 간격에 대한 제약, 신호제약에 의한 대기길이, 좌회전차로의 길이, 운전자의 주의력 한계로 크게 4가지 요소로 제약한다. 그중 그림 5와 같이 근접교차점과 세가로 간격에 대한 유형을 이면도로 접속에 따른 유형 2가지(b, d)와 교차로와 세가로간(a), 입체시설 유출입부(c)와의 간격에 대한 유형으로 구분하고 있다.

하지만 일반적으로 교차점의 간격은 입지조건이 허락하는 한 최대한 길게 하는 것이 바람직하며 간선도로와 교차되는 세가로는 가능한 통합하여 간선도로와 접근시켜야 한다. 이처럼 일본에 비해 국내는 입체시설 유출입부에 대한 기준에 비해 근접 교차점에 대한 기준은 미흡한 실정이다.

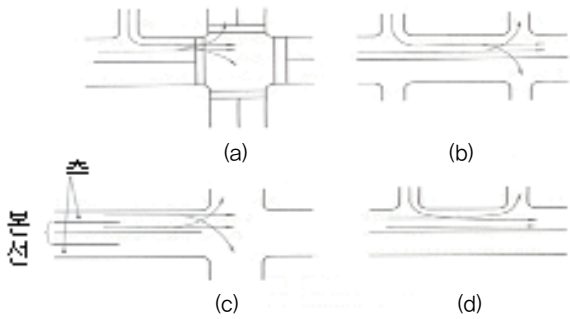


그림 5. 근접교차점 간격(거리)의 예시도(일본)

### 2) 교차점 최소간격의 제약사항 비교

교차점에 위치한 단순입체시설 간격에 대한 제약사항을 비교하면, 표 3과 같다. 특히 일본의 경우는 교차점 사이에 초점을 맞추기 보다는 교통혼잡(정체, 지체)이 발생하는 지점에 중점을 두고 있는 것으로 나타났다. 따라서 도심부에서 발생하는 교통혼잡(정체, 지체)지점과 인접 교차점과의 연계를 고려하기 위한 보다 상세한 분석이 필요하다.

표 3. 국내외 교차로 간격에 따른 제약사항 비교

국내(교차로 최소간격)	일본(교차점간격)
1. 차로변경에 필요한 거리	1. 신호제약에 의한 대기길이
2. (좌)회전차로의 길이	2. (좌)회전차로의 길이
3. 다음 교차로에 대한 인지성 확보	3. 근접교차점에 대한 인지성 확보
-	4. 운전자의 주의력 한계

## 3. 연구방법 및 Simulation 자료구축

### 3.1. 기존 분석기법의 문제점 제시

#### 3.1.1. 입체교차로의 통과교통량 배제

기존 분석방법은 평면교차로의 분석기법을 차용하여 신호제어와 관련있는 방향별 교통류에 대한 고려가 미흡하다고 판단된다. 다시 말하면, 단순입체교차(고가차도, 지하차도)를 이용하는 통과교통량(직진)에 대해서는 분석에서 제외하고 있다. 이를 도식화하면, 그림 6에서 나타났듯이 2번 교차로에서 단순입체시설을 이용하는 동서방향의 통과(직진)교통량의 진행방향이 제외되어 있는 것을 알 수 있다.

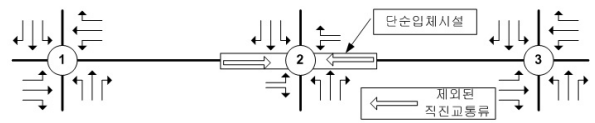


그림 6. 입체시설의 회전별 교통량 흐름도

#### 3.1.2. 입체시설 시종점부와 교차점(정체지점) 간격 무시

일본의 경우 정체 발생 교차점 간격과 주요교차점의 필요간격(분합류구간, 인지구간 등)을 감안하고 있으며, 국내의 경우 근접교차점(시설의 시종점부)의 간격을 감안하지 못하고 있다. 이는 단순입체시설 유출입부의 차량지체가 발생할 수 있는 요소를 배제하여 가로구간의 현장조사치와 분석결과의 차이를 발생시키고 있어 이에 대한 반영이 필요하다.

### 3.2. 분석가로망 구축 및 Node 세분화 개념

본 연구에서 설정한 분석기법의 주요 사항은 병목(bottleneck)<sup>6)</sup>현상, 엇갈림(weaving)<sup>7)</sup>에 대한 문제점을 보완하는데 있으며, 병목(bottleneck)구간에 대한 사항을 반영하고자 한다. 이러한 병목구간은 유고시 및 기하학적인 특성에 따라 발생한다. 병목현상은 (1) 도로 용량보다 교통수요가 많아서 발생한다. (2) 본선의 구배로 인한 용량이 감소하기 때문에 발생한다. (3) 본선에서 차로수가 축소되는 경우에 발생한다. 이런 경우를 감안하여 단순입체시설의 시종점부, 연계분합류구간(측도)을 고려하여 설정하고자 한다.

기존 분석기법상의 문제점으로 교차로간격을 중심으로

6) 병목구간에 의한 혼잡은 처리할 수 있는 용량보다 수요가 많은 도로의 부분을 말함.

7) 교통통제 시설의 도움 없이 차량이 진행함에 따라 동일방향의 두 교통류가 엇갈리면서 차로를 변경하는 교통현상을 말하며 주로 단순입체시설의 본선과 측도에 해당함.



로 분석이 이루어지므로 그 사이에 위치한 병목구간을 감안하지 못한다. 이러한 경우를 감안하여 단순입체시설의 시종점부와 연계된 본선의 분합류구간 및 측도부분을 고려하여 설정하고자 한다. 이처럼 기존 분석기법의 문제점을 보완하고 현실적인 접근성을 높이고자 한다. 대상구간은 기존 교차로 3개소로 연계된 설정구간에서 중앙에 위치한 교차로에 단순입체시설(지하 및 고가차도)이 설치된 경우에 분석node(2, 91~96, 4번)를 다음 그림 7과 같이 세분화하여 구분하였다.

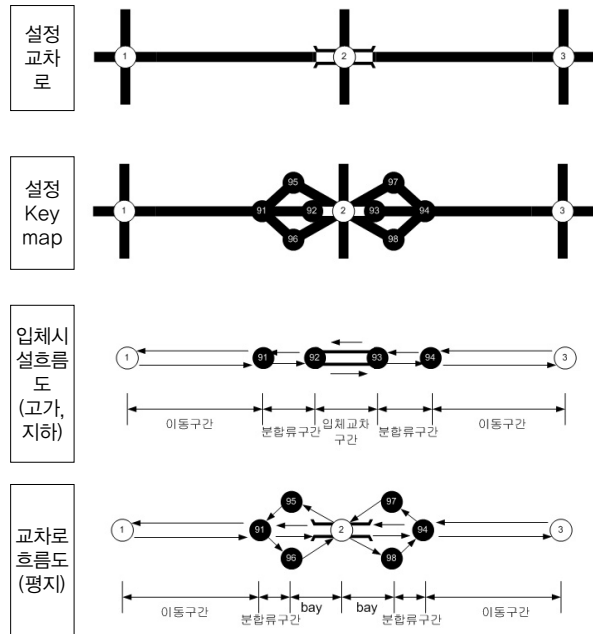


그림 7. 분석 가로망 구축 및 세분화 예시도

### 3.3. 기존 분석방법과의 비교 및 검증

상기 사례지역은 기 수행된 문헌자료에 수록된 현황 조사를 활용하였으며, 발췌한 자료로는 기하구조, 회전 교통량, 신호운영체제와 기존 분석방법에 따른 결과 값을 주변 교통상황과 연계하여 검토해 보았다.

#### 3.3.1. 기존 및 본 연구의 지체도 분석결과 비교

기존 및 본 연구의 지체도 분석결과를 비교한 결과, 대부분 동일한 값을 가지는 것으로 나타났다. 이문 1파 출소(PB) 교차로와 시설의 시종점부가 약 80m로 근접하여 약간의 지체가 증가하는 것으로 나타났다.

#### 3.3.2. 방법론의 유의성 검증결과

기존 분석결과와의 일관성을 유지하기 위해 동일구간을 설정하여 평균통행속도를 비교한 결과 기존 분석결과와 현장조사치의 증감변화는 -16.75~+9.59km/h로

표 4. 지체도 분석결과 비교

(단위: 초/대)

구 분	교차로 지체도 분석결과			
	기존(a)	본 연구(b)	증감(b-a)	
사례 1	이문고가앞	69	69	-
	시설의 시종점부	-	10.8	+10.8
	시설의 시종점부	-	6.5	+6.5
사례 2	이문1PB	16.4	16.4	-
	이문1PB	16.4	17.2	+0.8
	시설의 시종점부	-	4.5	+4.5
	시설의 시종점부	-	6.1	+6.1
	동대문청소차고지	52.7	56.5	+3.8

주: 시설의 시종점부는 단순입체시설의 시종점부와 엇갈림 시점의 지체를 합산한 것임.

26.34km/h만큼 변화하였다. 본 연구의 분석결과와 현장 조사치의 변화는 -7.18~+11.54km/h는 18.72km/h로 나타났다. 증감속도 변화를 비교해 보면 본 연구의 분석결과가 기존 분석치보다 오차가 약 30% 정도 감소한 것으로 분석되었다.

표 5. 평균통행속도 비교

(단위: km/h)

구 분	평균통행속도			증감		
	기존 (a)	본연구 (b)	현장조사치 (c)	c-a	c-b	
사례 1	이문고가앞→이문1PB	30.10	16.90	13.35	-16.75	-3.55
	이문1PB→이문고가앞	37.26	45.31	46.85	+9.59	+1.54
사례 2	이문1PB→동대문청소차고지	20.59	13.39	11.30	-9.29	-2.09
	동대문청소차고지→이문1PB	39.74	35.94	28.76	-10.98	-7.18

표 5의 결과에 대한 유의성을 검증하기 위해 각각에서 추정된 평균통행속도 분석결과와 주행차량 조사법으로 조사된 실측치를 통계적으로 비교하였다.

통계적 방법은 RMSE(Root-Mean-Square Error), Theil의 부등계수값을 이용하였다. 본 연구에서 적용한 Theil의 부등계수(U)값<sup>8)</sup>은 RMSE의 값을 기

$$RMS\ Error = \sqrt{1/T \sum_{i=1}^T (Y_i^s - Y_i^a)^2} : RMS(Root-Mean-Square)$$

$$U = \frac{\sqrt{1/T \sum_{i=1}^T (Y_i^s - Y_i^a)^2}}{\sqrt{1/T \sum_{i=1}^T (Y_i^s)^2} + \sqrt{1/T \sum_{i=1}^T (Y_i^a)^2}} : Theil의 부등계수$$

여기서,  $Y_i^s$  = 추정값,  $Y_i^a$  = 실측값,  $T$  = 관측수

8)  $0 \leq U \leq 1$  사이에 존재하며, 0이면 실측값과 완전 일치하는 경우이고, 1이면 실측값과 매우 차이가 나는 것을 의미함.

준으로 0~1사이로 표준화 시켜 비교를 용이하도록 해 주는 특성을 가지고 있어 보완지표로 활용한다.

비교결과는 표 6과 같으며, 본 연구 방법론을 활용할 경우 실제 현장조사 자료와 더욱 유사한 것을 알 수 있었다. 분석기법을 Micro-Simulation에 적용하여 단순입체시설에 대한 기준 마련을 시도하였다.

표 6. 평균통행속도와 현장조사속도의 통계적 비교

구 분	기존 분석시		본 연구 분석시	
	RMSE	Theil	RMSE	Theil
사례1	10.170	0.190	5.288	0.108
사례2	13.648	0.200	8.537	0.137

## 4. 사례적용 및 민감도 분석

민감도 분석을 수행하기 위하여 앞서 언급한 사례지역에 다양한 조건(신호운영, 교통조건 등)을 적용하였다.

### 4.1. 가로망 구축 및 변수설정

#### 4.1.1. 도로조건

분석을 위한 Simulation Network 구축에 대한 개념도는 다음 그림 8과 같으며, 교차로의 세부적인 기하구조는 각 교차로마다 직진2차로, 좌회전 및 우회전 각각 1개 차로씩 운영되도록 계획하였다.

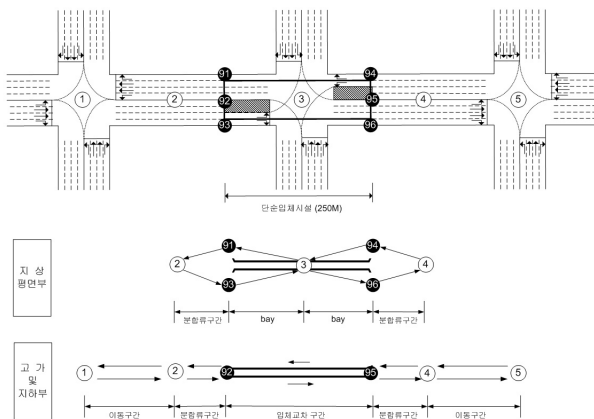


그림 8. 단순입체교차시(중앙(3번) 교차로 기준)

통과교통을 위한 단순입체시설을 설치하고, 시종점부의 분합류구간(②↔③, ④↔⑤)에 대한 간격을 5m(25m~80m)씩 변화시켜 대안을 설정하였다.

차로운영계획은 평면교차 시와 비교분석을 할 수 있도록 동일하게 적용하였다.

- 기본 차로수 : 양방향 8차로(단순입체시설 편도 3차로)
- 교차로 회전차로수 : 각각 1차로씩(좌1, 우1, 직진2)

#### 4.1.2. 교통조건

교통조건은 교통량, 방향별 분포비율, 교차로 회전비율(좌 vs 직 vs 우회전)로 구분 적용하였다.

교통량 변화는 평면교차와 입체교차로 구분하고 동일하게 1,320~2,640대/시로 330대씩 증가시켜 적용한다.

- 평면교차 시 : 1,320~2,640대
- 입체교차 시 : 본선 1,200~2,400대/측도 120~240대
- 양방향 통행비율 : 50:50,
- 좌회전:직진:우회전비율 : 10:80:10

평면교차 시와 단순입체교차 시의 경우 교차로별 회전비율은 그림 9와 같이 설정하였다.

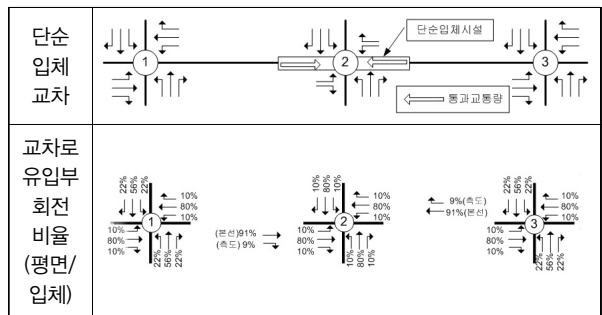


그림 9. 교차로 유입부의 회전비율(단순입체 교차)

#### 4.1.3. 교통운영 조건

교차로의 신호제어는 고정시간 신호제어기에 의해 최적화 및 연동화로 운영되도록 적용하여 분석한다. 3개 교차로의 공통주기는 100초이고 독립현시이며 3~4현 시체계로 운영된다.

평면교차 시와 단순입체교차 시의 경우 교차로별 신호운영은 다음 표 7과 같이 계획한다.

표 7. 교차로별 신호운영계획(평면 → 입체)

구 분	1번 교차로	2번 교차로	3번 교차로
1 현시			
2 현시			
3 현시			
4 현시		-	

## 4.2. 민감도 분석

분석범위 내에서 실험계획의 민감도 분석을 수행하였

으며, 그림 10, 그림 12에 요약 정리하였다.

본 연구에서 제안한 분석기법이 교통여건 변화에 따

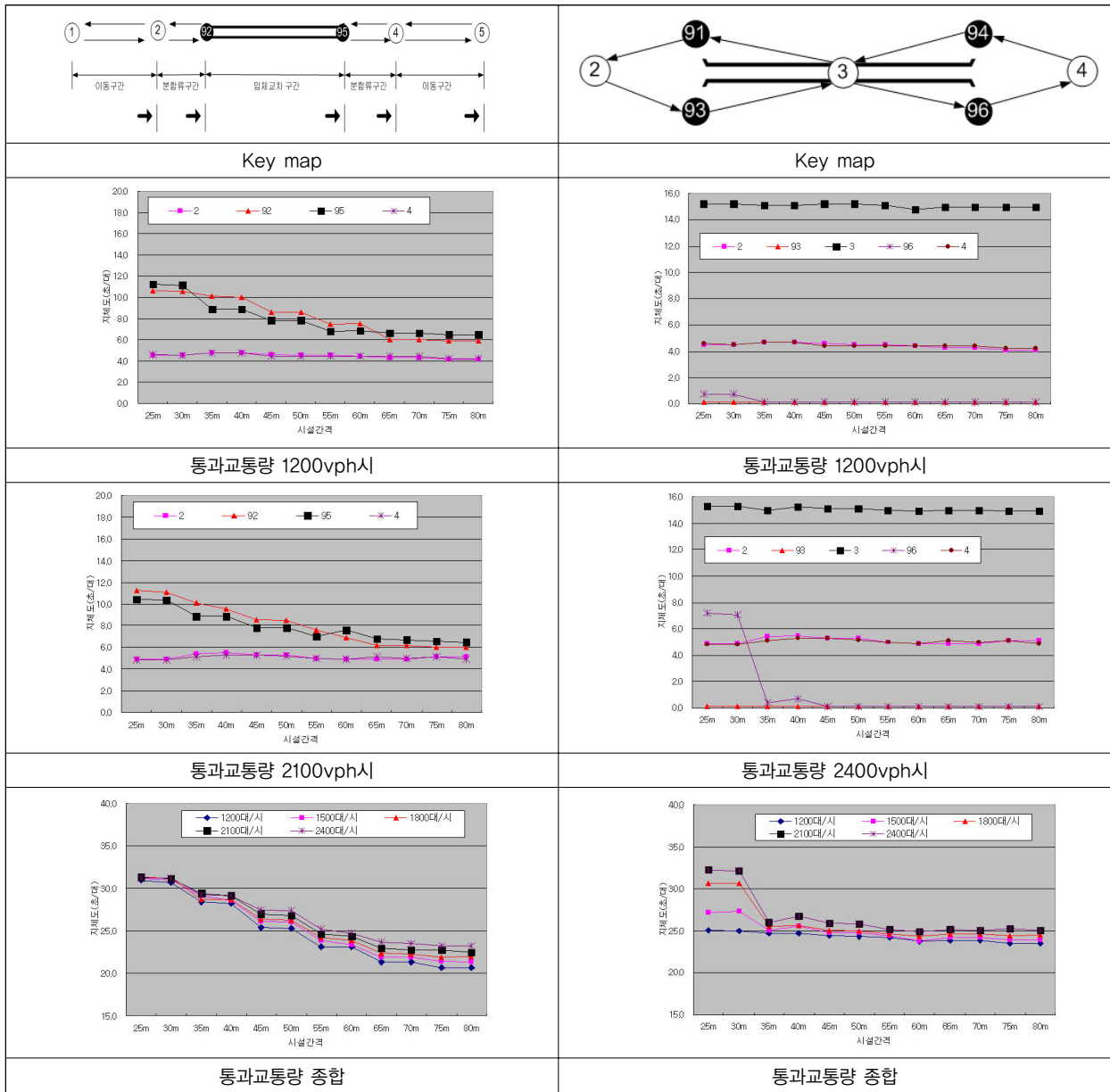


그림 10. 교차점 간격변화에 따른 교차점별 총지체도 추이(본선 : 左, 측도 : 右)

라 얼마나 탄력적으로 교차로(교차점)의 지체도가 반응하는가를 살펴본다. 또한 분석 시 교차로(교차점)의 총지체도와 단순입체시설과 연계된 연동방향의 지체도를 비교하여 각 교차점의 적정 간격을 추정하여 본다.

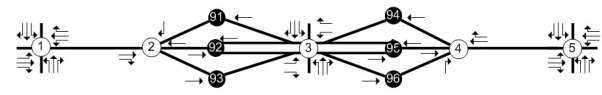


그림 11. 교차로 및 교차지점 회전방향도

### 4.2.1. 교통여건 변화에 따른 총 지체도 비교

우선 대상으로망을 다음과 같이 교차로 5개소와 교차점 6개소로 구분하였다. 여기서 교차로부와 교차점의 회전방향을 표시해보면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

교통여건의 변화를 교통량과 시설간격으로 한정하여 각각의 여건 변화 시 교차로부와 교통량이 분할류되는 교차점을 중심으로 지체도 변화추이를 살펴본다.

교통량의 변화추이는 가로교통량을 1,200대/시에서



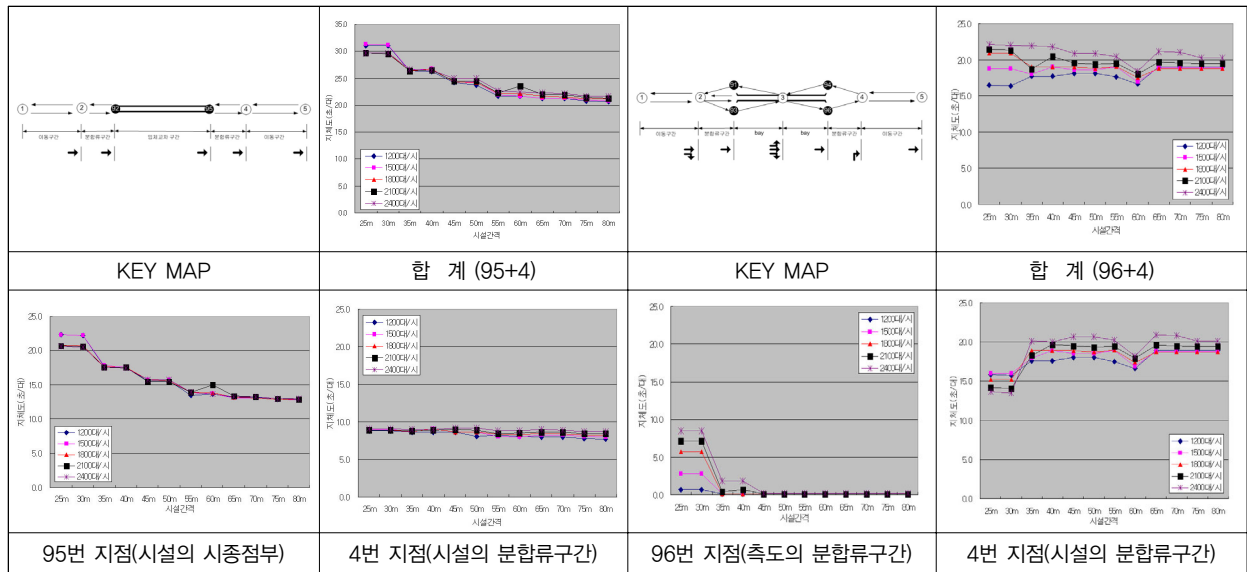


그림 12. 교차점 간격 변화에 따른 연동방향의 지체도(좌 : 본선 : 95 ⇒ 4, 우 : 측도 : 96 ⇒ 4)

2,400대/시까지 300대씩 증가시켜 편측방향(2⇒92⇒95⇒4번)의 총 지체도를 비교해 보면 본선과 연계되어진 시설 시종점부(92, 95번)는 간격에 매우 민감하며 시종점부의 분합류구간(2번, 4번)은 둔감한 분포를 보이고 있다. 다음으로 측도와 연계된 교차점에서는 시설의 종점부(96번)가 가장 민감하며 나머지 교차점은 변화가 거의 없는 것으로 보인다.

이처럼 본선과 측도가 각각 연계된 구간에서 시설의 시종점부와 측도의 병목구간에서 가장 민감하게 반응하는 것으로 보인다. 특히 시설의 분합류구간의 간격이 본선에서는 65m, 측도에서는 45m 이하일 때 민감하게 보인다.

#### 4.2.2. 교통여건에 따른 연동방향의 지체도 비교

각 교차로 및 교차점의 총 지체도를 비교하였지만 방향에서는 민감도 부분이 높은 합류구간을 대상으로 본선과 측도를 각각 이용하는 연동방향에 따라 방향별 지체도를 비교해 본다. 먼저 본선과 연계되어진 연동방향별 지체도는 시설 종점부(95번)가 간격에 매우 민감하며 종점부의 합류구간(2번)은 둔감한 분포를 보이고 있다. 다음으로 측도와 연계된 합류구간에서는 시설의 종점부(96번)가 가장 민감하며 나머지 교차점은 변화가 거의 없는 것으로 보인다. 이 분포들에서 시설 합류구간의 적정간격은 본선에서는 65m, 측도에서는 45m 지점일 때 나타난다. 이처럼 연동방향별 지체도도 각 교차점의 총 지체도와 마찬가지로 동일한 간격에서 시설의 시종점부와 측도의 병목구간이 가장 민감하게 반응하는

것으로 보인다.

즉 시설간격이 본선에서는 65m, 측도에서는 45m 이하에서 지체도가 매우 민감하나 그 이상에서는 지체도 변화가 둔감해지므로 시설간격의 적정간격은 각각 65m, 45m일 것으로 판단된다.

표 8. 분합류구간의 적정간격 비교

(단위 : m)

구 분	본 선	측 도
교차로 및 교차점의 총지체도	65m	45m
연동방향의 지체도	65m	45m

### 5. 결론 및 향후 연구과제

본 연구에서는 단순입체시설의 운영측면을 검토하기 위한 Micro-Simulation의 분석기법의 고려사항과 단순입체시설의 분합류구간에 대한 적정 간격을 제시하는 것이 연구의 목적이었다.

본 연구를 통해 얻은 결과로는 첫째, 단순입체시설의 통과교통량과 Node의 세분화로 더욱 현실성 있는 운영 효과 및 모의실험이 가능한 것으로 판단된다.

향후 도시부의 모의실험 연구를 할 경우 두 가지 요소는 적극 고려해야하는 것으로 판단된다.

둘째, 모의실험의 장점을 적극 활용한다면, 단순입체 시설 주변의 다양한 여건변화(이면도로 신설, 일방통행, 대규모 교통발생시설 입지 등)시 효율적인 차로 및 신호 운영 등을 분석하고 최적 대안선정이 가능해 질 것이다.

셋째, 단순입체시설과 같이 많은 공사비용이 포함되는 경우 이를 결정해야할 정책입안자 및 실무자들에게 단순입체시설로 인해 발생할 수 있는 혼잡(지체)을 수치적으로 제시할 수 있다는 것이 가능해질 것이다.

넷째, 모의실험 결과 단순입체시설에 대한 적정간격은 본선으로부터 교차점까지 65m, 측도로부터 교차점까지 45m로 나타나 최소한 그 이상의 위치에 접속 및 교차점(이면도로)을 설치하는 것이 타당하다고 판단된다.

지금까지 도시부의 단순입체시설에 대한 주요 고려요소와 모의실험을 통하여 연구를 진행하였으나, 다음과 같은 주의 및 한계점을 보완해야 한다.

첫째, 분석을 위한 대전제에 해당하는 시설에 대한 최소간격, 최대간격, 기본변화 간격단위(5m)에 대한 검토가 선행되어야 하며, 민감도 분석 시 다양한 조건(도로기하구조, 교통조건, 신호운영조건 등)에 대한 면밀한 검토가 필요하다고 판단된다.

둘째, 모의실험의 객관성 및 타당성을 확보하기 위하여 실제 현장 자료(속도, 지체도)를 확보하고 이를 활용한 Validation을 추가적으로 수행하는 것이 필요하다고 판단된다.

셋째, 연구의 대상에 대한 한계점으로 단순입체시설이 연속될 경우(지하차도-고가차도 등), 단순입체시설과 다양한 유형과 사례를 포함하여 교차점에 대한 시설 기준 연구가 진행되어야 한다.

## 감사의 글

본 연구는 국토해양부 교통체계효율화 사업의 연구비 지원(10 교통체계-미래 03)에 의해 수행되었습니다.

## 참고 문헌

- 국토해양부(2000), "도로구조시설 기준에 관한 규칙 해설 및 지침"
- 국토해양부(2000), "도로설계편람"
- 국토해양부(2001), "도로용량편람"
- 국토해양부(1992), "도로용량편람"
- 일본도로협회(2004), "도로구조령의 해설 및 운용"
- 일본도로조사설계연구회(2004), "도로조사설계"
- 도철웅(1999), "교통공학원론(상)", 청문각
- 서울지방경찰청(2003), "교통실무자료"
- 경찰청(2001), "도로교통안전백서"
- 황연하(1999), "간선도로 신호연동 효율 평가를 위한 차량군 지체도 모형의 해석적 연구"
- WILLIAM R. McSHANE, ROGER P. ROESS, ELENA S. PRASSAS(1998), "TRAFFIC ENGINEERING"
- David E. Castle and John W. Bonnaville(1985), "Platoon Dispersion over Long Road Links", *TRR 1021*
- FHWA(1981), "Selecting Traffic Signal Control at Individual Intersections", NCHRP 233
- Transportation Research Board(1998), "Highway Capacity Manual", Special report 209 third version
- (접수일 : 2011. 7. 26 / 심사일 : 2011. 7. 26 / 심사완료일 : 2012. 3. 20)