

Kiss & Ride Zone 설치에 따른 교통망 영향 분석

Impact Analysis of Transportation Network by The Installation of Kiss & Ride Zone

홍기만	Hong, Ki Man	명지대학교 공과대학 교통공학과 박사과정 (E-mail: 81hkm81@hanmail.net)
백바름	Baek, Ba Ruem	명지대학교 공과대학 교통공학과 석사과정 (E-mail: pblqw6293@nate.com)
김현명	Kim, Hyun Myung	정회원 · 명지대학교 공과대학 교통공학과 부교수 · 교신저자 (E-mail: khclsy@gmail.com)

ABSTRACT

PURPOSES : This research is a study on the changes in the road network of the surrounding area is installed according to the Kiss & Ride Zone.

METHODS : Estimating the transportation mode of students by using the Metropolitan household Surveys(2006) and estimating the O/D by Kiss & Ride ratio with the estimated data, then being applied to a method of reducing the number of lanes for certain sections of the road which would be installed with Kiss & Ride Zone.

RESULTS : The reason why it is different for delay resolving time and the affected roads as the Kiss & Ride percentage change, was the impact of the Kiss & Ride Zone's installation position.

CONCLUSIONS : The purpose of the study was to analyze the impact of the road network in accordance with the installation of Kiss & Ride Zone by using speed and queue delay resolving time, and it is a need to develop a quantitative evaluation technique which was using various indicators in impact analysis according to the installation of the traffic safety facilities in the future.

Keywords

kiss & ride, kiss & ride zone, dynamart-p, student commute trip, speed, queuing, delay resolving

Corresponding Author : Kim, Hyunmyung, Associate Professor
Department of Transportation Engineering, Myongji University,
116, Myungji-Ro, Cheoin-Gu, Yongin-Si, Gyeonggi-do, 449-728, Korea
Tel : +82.31.330.6479 Fax : +82.31.336.2885
E-mail : khclsy@gmail.com

International Journal of Highway Engineering
<http://www.ijhe.or.kr/>
ISSN 1738-7159 (Print)
ISSN 2287-3678 (Online)

1. 서론

우리나라 수도권 인구는 2010년 기준 약 24,857,463명으로 2000년 이후 연평균 약 1.19%씩 증가하고 있는 반면, 출생건수는 2009년 기준 227,665명으로 2000년 306,570명에 비해 약 25.7%가 감소하여 연평균 약 3.25%씩 감소하고 있다. 이러한 출생률 감소는 부모의 보호와 관심을 유발시키고 있으며, 이에 따라 학부모의 출근통행에 자녀들의 등교통행이 포함되는 통

행패턴이 발생되고 있다.

이러한 통행패턴은 출·퇴근시간 또는 등·하교시간에 학교 앞 도로의 혼잡을 발생시키고 있어 차량에 의한 학생들의 안전이 문제되고 있다. 특히 사회적으로 교통약자로 분류되는 초등학생의 경우, 신체적인 조건 및 잦은 돌발행동 등으로 교통사고의 위험이 높은 실정이다. 국내에서는 이러한 문제에 대한 대응방안으로 학교에서 가정통신문을 이용하여 학생들의 승용차 통행을 감소시

키고 있으나 실질적인 효과를 보지 못하고 있다.

그러나 외국의 경우, 등·하교 시 부모에 의한 승용차 통행을 허용하는 반면, 법적으로 일정한 구역 내에서만 이러한 행위가 가능하도록 제재하고 있으며, 이러한 구역을 Kiss & Ride Zone이라고 명칭하고 있다. 이와 같이 통학로의 안정성 향상을 위해 학교 주변에 설치된 Kiss & Ride Zone은 특정차로를 일정기간 점유하고 있는 형태의 시설물로서 도로용량 및 차량의 통행패턴에 영향을 미친다.

그러나 현재 국내에서는 이러한 영향에 대하여 계량적인 평가방법에 관한 연구가 미비한 실정으로 본 연구에서는 학생들의 학교 앞 안전문제 해결방안으로 Kiss & Ride Zone이 설치되는 경우 발생할 수 있는 주변 도로망의 변화에 대하여 분석하였다.

2. Kiss & Ride Zone

2.1. Kiss & Ride Zone의 개념

일반적으로 국내에서 적용되는 Kiss & Ride의 개념은 다른 사람이 운전하는 차량을 타고 중간에 하차하여 대중교통 수단을 이용하는 통행형태로 정의되고 있다. 그러나 본 연구에서는 Kiss & Ride의 개념을 부모들의 출근 및 기타 통행과정 중 학생들의 통학통행이 발생하는 것으로, 하차를 위해 학교 주변에 잠시 정차하는 통행형태로 제한하였다.

이에 따라 Kiss & Ride Zone의 개념은 이러한 정차행위가 가능한 구역으로 정의하였다.

2.2. Kiss & Ride Zone 설치 현황

2.2.1. Copenhagen, Denmark

Denmark Copenhagen의 경우, 학교가 위치해 있는 블록(Block)을 중심으로 Kiss & Ride Zone과 주차금지구역, 주차구역 등을 각각 구분하고 있으며, 서로 다른 도로에 설치된 Kiss & Ride Zone에서의 권고사항을 Fig. 1과 같이 제시하고 있다.

2.2.2. Ryde, New South Wales(NSW)

New South Wales주 Ryde시의 경우, 2007년 한 해 동안 2,000명 이상의 어린이가 도로에서 사망 또는 부상을 당했으며, 이에 어린이 보호구역에서 운전 및 주차시 각별한 주의가 필요하다고 판단하여 Kiss & Ride Zone 설치를 진행하였다. Kiss & Ride Zone 규정으로는 학교

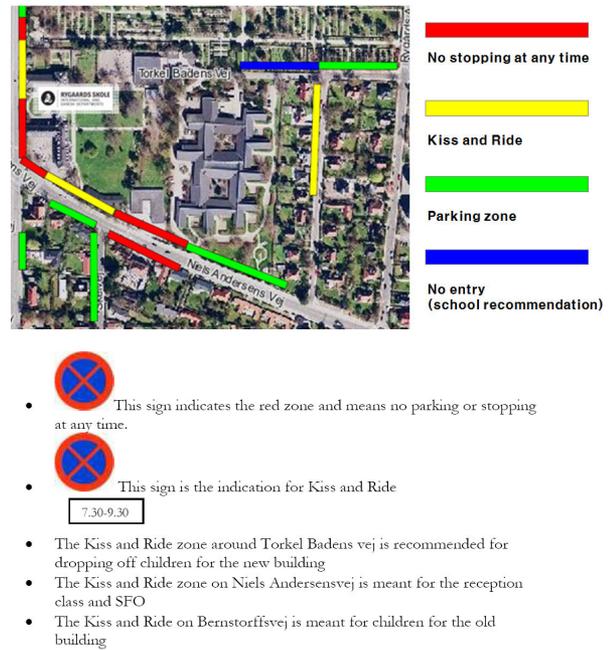


Fig. 1 Recommended Kiss and Ride Areas—Denmark

에서 실시하는 절차에 따라 항상 지정된 장소에서 승하차를 하며, 절대 이중주차를 허용하지 않는다. 또한 Kiss & Ride Zone에서 U-turn을 허용하지 않으며, 차가 정지한 상태에서는 핸드 브레이크가 걸려 있는지 확인하도록 강조하고 있다. 그리고 항상 차량 뒷 자석의 인도(보도)쪽 문을 통해 차량에 승하차를 해야 하며, 표지판을 설치하여 Kiss & Ride Zone의 위치를 나타내고 있다.

2.2.3. Strathfield, New South Wales(NSW)

New South Wales주 Strathfield 협의회에서 제시된

Table 1. Rule of Kiss & Ride Zone (Strathfield, New South Wales)

No.	Rule of Kiss & Ride Zone
1	•To assist with traffic flow, drivers should remain in the car whilst children get in and out. Children should travel with bags in the car(not in the boot).
2	•If your child does not get in or out of the vehicle within 2 minutes, you must leave and re-enter the No Parking zone.
3	•Don't cut in the queue. Drop off or pick up your child close to the top of the zone, allowing vehicles following you to enter the zone in an orderly manner.
4	•Please ensure children get in or out of the vehicle on the kerb side. The back seat is the safest seat for children to travel in, regardless of the make of vehicle. Ensure children have their restraints securely fastened before driving off.
5	•Do not do u-turns in busy school zones. They are dangerous and put children at risk.

Kiss & Ride Zone 설치 사례로서, Kiss & Ride Zone에서의 규칙은 Table 1과 같다.

New South Wales주 Strathfield에서는 이와 같은 규정으로 학교 주변에 Kiss & Ride Zone을 설치·운영하고 있다.

2.3. 기존 연구 검토

국내 Kiss & Ride Zone 관련 연구 및 통학수단으로서의 Kiss & Ride 관련 연구는 미미한 실정이며, 환승시설의 개념으로 Kiss & Ride 연구는 대중교통 활성화 및 도심지역 혼잡완화 등에 따른 효과를 분석하였다. 김경철·고주연(1999), 권영종·강혜영(2000) 등은 기존 환승시설의 이용현황과 개선방안을 제시하였다. 특히 권영종·강혜영(2000)의 경우 환승주차장의 시설현황 및 운영실태, 통행특성을 고려하여 수도권 환승주차장의 이용활성화 방안 및 효과를 제시하였으나 설문조사를 이용한 효과분석으로 정량화시키는데 한계를 나타냈다. 또한, 권영종·김황배(2005)는 환승센터의 입지특성, 시설형태 및 환승형태 등에 따라 환승센터를 분류한 후 기존 연구와 설문조사를 통해 기능 및 시설별 설계 기준을 제시하는데 연구의 한계를 나타냈다. 이신혜(2006) 등은 서울시 유·출입 환승시설의 적정위치 선정에 대하여 통행시간을 고려한 사례 분석을 수행하였다. 사례 분석결과, 외곽에서 도심으로 진입하는 통행속도의 변화가 일정지점 이후부터는 떨어진 통행속도를 회복하지 못하는 것으로 나타났으며, 속도를 지표로 이용했다는 점에서 본 연구와 일부 유사하나 Kiss & Ride의 특성상 나타낼 수 있는 정차시간의 미반영 및 환승시설에 대한 분석으로 분석대상이 다르다는 점에서 차이를 보이고 있다. 이 외 성현곤(2009) 등은 인구주택센서스 자료를 이용하여 개인속성 및 통행특성을 통해 통근수단선택 확률을 분석하여 잠재적인 환승수요를 추정하였으나, 이러한 환승수요가 교통망에 미치는 영향을 분석하지 못하였다. 이와 같이 국내 연구에서는 개인교통수단과 대중교통수단의 환승시설로서 해당 시설에 대한 영향 및 효과를 시설물과 수요측면에서 광범위하게 접근하여 분석을 수행하였다.

한편, 국외 Kiss & Ride(또는 Kiss & Drop¹⁾) 연구사례에서는 교통사고 감소를 목적으로 안전측면의 개선에 초점을 맞추었다. Wigmore and Baas(2004)의 연구에

따르면 Kiss & Drop Zone이 종합적으로 학교 앞 버스베いや Drop-off zone을 처리하는데 효과가 있는 것으로 나타났다. 또한, Hallmark & Isebrands(2006, 2007)은 등교통행에서 안전성 개선 및 위험감소에 대한 평가방법과 도로 안전문제를 평가하기 위한 가이드를 제시하였으며, NRMA Motoring & Services(2007)는 Kiss & Drop Zone의 설치 및 학교 주변의 도로 운영사례를 제시하고 있다. 이와 같이 국외 연구에서는 사고 감소 및 안정성 측면에서의 연구가 수행되었으며, 이러한 안전시설물이 주변 교통망에 미치는 영향까지는 고려하지 않았다.

국내·외 기존 문헌을 검토한 결과, 국내의 경우, Kiss & Ride의 개념을 환승시설의 관점에서 연구하였으며, 국외의 경우에는 안전성 향상에 중점을 두어 연구를 수행하였다. 본 연구에서는 학교 주변 안정성 향상(Kiss & Ride Zone 설치)에 따른 인접도로망의 영향을 동적 교통망 분석을 이용하여 정량적으로 평가하는데 차별성을 두었다.

3. 수도권 통학수단 분포 현황

등교 시 수도권 초·중·고등학생들의 통행수단 분포를 살펴보기 위한 『2006년 수도권 가구통행실태조사』자료 분석결과, 초기자료의 수단구분은 총 16개 수단으로 조사되었다. 그러나 이 중 등교 시 이용가능성이 희박한 승용(승합)차를 직접운전해서, 일반철도, 고속철도(KTX), 택시 등의 4개 수단을 제외한 12개 수단에 대하여 등교통행수단 분포를 분석하였다.

오토바이 수단의 경우, 현행 국내법상 만 16세(고등학교

Table 2. The Mode of Commuting Trips

Code	Mode
1	Walk(Exclude transfer)
2	Other people are driving cars(vans) ride(Kiss & Ride)
3	Commuter/School bus
4	City to city bus
5	Red/Seat bus
6	Shuttle bus(Include loop-line bus)
7	Intercity/Express bus
8	Other bus(Charter/tour bus)
9	Elevated rail/Subway
10	Motorcycle
11	Bicycle
12	Other

1) Kiss & Drop Zone은 Kiss & Ride Zone과 Drop-off and Pick-up area를 모두 포함하는 의미로 사용됨.

생) 이상 면허취득이 가능하며, 초등학생과 중학생 중 오토바이를 이용한 통학자료가 존재하는 경우에는 다른 사람이 운전하는 오토바이를 타고 통학하는 것으로 가정하였다.

분석방법은 출생연도가 2006년 조사 당시 고등학교 3학년에 해당하는 1988년부터 초등학교 1학년에 해당하는 1999년 자료 중 출발시간이 5시 이후부터 도착시간이 9시 이전인 자료를 이용하였다.

수도권의 학교 구분(초등학교, 중학교, 고등학교)에 따른 통학수단 분포를 살펴보면, 초등학교의 경우 '도보' 수단(약 87.8%)이 가장 많은 비중을 차지하는 것으로 분석되었으며, 다음으로 '다른 사람이 운전하는 승용(승합)차를 타고' (약 4.5%) 등으로 분석되었다. 중학교의 경우에는 '도보' 수단(약 67.4%), '일반 시내버스' (약 15.5%), '다른 사람이 운전하는 승용(승합)차를 타고' (약 5.9%) 등으로 나타났다. 또한 고등학교는 '일반 시내버스' (약 34.1%), '도보' 수단(약 32.45%), '다른 사람이 운전하는 승용(승합)차를 타고' (약 11.22%)로 나타났으며, Kiss & Ride 비율은 고등학교, 중학교, 초등학교 순으로 나타났다.

Table 3. The Distribution of the Mode of Commuting in the National Capital Region

(Unit : Person, %)

Mode code	Elementary school		Middle school		High school	
	Students	Rate	Students	Rate	Students	Rate
1	67,216	87.83	26,291	67.35	10,451	32.45
2	3,412	4.46	2,300	5.89	3,614	11.22
3	1,728	2.26	701	1.80	1,240	3.85
4	1,600	2.09	6,064	15.53	10,975	34.08
5	20	0.03	78	0.20	305	0.95
6	840	1.10	1,780	4.56	2,494	7.74
7	11	0.01	23	0.06	79	0.25
8	905	1.18	108	0.28	91	0.28
9	136	0.18	572	1.47	2,332	7.24
10	27	0.04	7	0.02	11	0.03
11	575	0.75	1,086	2.78	566	1.76
12	61	0.08	27	0.07	47	0.15
Total	76,531	100.00	39,037	100.00	32,205	100.00

이와 같이 통학수단의 이용비율이 높은 상위 3개 수단에 대하여 살펴보면, 수도권 통학수단 분포는 학교 등급이 높아질수록 '도보' 수단은 감소하는 반면, '일반 시내버스' 및 '다른 사람이 운전하는 승용(승합)차를 타고'의 수단은 증가하는 것으로 나타났다.

4. 분석방법 설정

Kiss & Ride Zone 설치에 따른 교통망 변화분석 수행과정은 기초자료분석, 정적교통망분석, 동적 Network 및 O/D 구축, 분석 및 결과 등 총 4단계로 구분하였으며, 각 단계별 내용은 다음과 같다.

먼저 기초자료 분석단계에서는 앞에서 분석된 지역별/초·중·고등학교 별 등교통행의 수단분포를 살펴보고, Kiss & Ride 비율을 결정하였다. 두 번째로 정적 교통망 분석단계에서는 분석지역 선정 및 시나리오 구축과 장래수요예측 프로그램인 사통팔달을 이용하여 분석지역의 1시간 교통량을 산출하였다. 세 번째로 Dynasmart-P를 이용하여 동적 네트워크 구축 및 Kiss & Ride 비율을 적용하여 시간대별 O/D를 구축하였으며, 시간대별 O/D 분포는 정규분포를 적용하였다. 그리고 마지막으로 속도 및 대기행렬의 지체해소시간을 분석하여 Kiss & Ride Zone 설치에 따른 주변 도로망의 영향을 분석하였다.

4.1. 정적 교통망 분석

4.1.1. 분석지역 선정 및 현황분석

본 연구에서는 학생들의 통학수단 중 Kiss & Ride 비율변화에 따른 주변 도로의 영향을 분석하기 위해 초등학교, 중학교, 고등학교가 밀집되어 있는 지역을 중심으로 수도권의 Kiss & Ride 비율(약 21%)과 유사한 지역을 분석대상지역으로 선정하였다. 또한, 분석지역은 Kiss & Ride Zone설치가 통과교통량에 미치는 영향을 파악하기 위해서 간선도로가 위치해 있는 지역을 고려하였다.

이와 같은 기준으로 분석지역을 선정한 결과, 경기도 안양시 동안구 일대를 선택하였으며, 해당 지역은 초·중·고등학교의 Kiss & Ride 비율이 약 20%로 나타났다.

또한, 분석지역은 주거지 및 학교 밀집지역으로 간선 도로(국도 1호선)가 위치해 있어 오전 첨두 시 출근통행이 많을 것으로 보이며, 격자형 도로망 형태로 시뮬레이션 구현 및 Kiss & Ride Zone 설치에 따른 주변 도로의 영향을 분석하는데 충분할 것으로 판단하였다.

분석지역의 학교현황을 살펴보면, 초등학교 5개소, 중학교 3개소, 고등학교 3개소로 총 11개의 학교가 위치해 있으며, 주변 도로는 국도 1호선(경수대로 : 왕복 10차로)과 시민대로(왕복 8차로) 등의 간선도로를 비롯하여 왕복 2~10차로의 도로가 위치해 있는 것으로 나타났다.

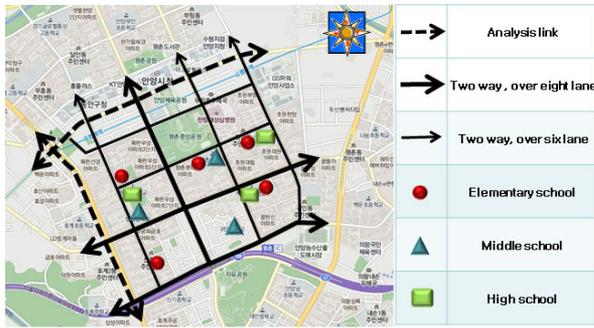


Fig. 2 The Distribution of School & The Present Condition of Road in Analysis Area

4.1.2. 전제 조건 및 시나리오 설정

본 연구는 분석에 앞서 다음과 같은 전제조건을 설정하였다.

첫 번째, 분석지역 내 교통량은 출근목적 통행이 대부분으로 차로수(용량) 변화에 따른 통행수요의 변화는 없다고 가정하였다.

두 번째, Kiss & Ride Zone은 학교 출입구가 존재하는 도로에 설치되는 것으로 가정하였다. 학교 출입구 이외의 다른 도로에 설치할 경우, 대부분의 도로망에 Kiss & Ride Zone이 설치되어 전체 교통량이 분석지역 내 수용할 수 있는 용량을 초과하여 과도한 대기행렬이 발생할 수 있기 때문이다.

세 번째, Kiss & Ride Zone의 정차시간은 5분으로 제한하였다. 기존 해외 적용사례를 살펴보면, 약 2~3분 정도에도 정차가 가능한 것으로 나타났으나, 분석의 편의상 5분으로 설정하였다.

네 번째, Kiss & Ride Zone의 길이는 최소 100m로 제한하였다. 정확한 분석을 위해서는 누적되는 Kiss & Ride 차량이 최대가 되는 시간대의 교통량을 이용하는 것이 바람직하나 네트워크 구축에 소요되는 시간을 고려하여 최소 100m로 제한하였다.

분석 시나리오 구성은 학교 구분을 고려하여 총 5개로 구성하였다. 시나리오 1~3은 학교 구분에 따른 현황 분석이며, 시나리오 4는 분석지역이 주거지 밀집지역임을 고려하여 Car-pool 제도를 통해 Kiss & Ride 차량의 비율을 감소시키는 방안 에 따른 변화를 분석하였다. 또한 시나리오 5는 Kiss & Ride Zone 길이 변화가 상류부 도로에 미치는 영향을 분석하였다.

분석지역으로 선정된 안양시 동안구의 학교등급 별 Kiss & Ride 비율은 각각 초등학교 약 2%, 중학교 약 6%, 고등학교 12%로 분석되었으며, 각 시나리오 별 설

정내용과 Kiss & Ride 비율은 Table 4와 같다.

Table 4. The Set of Scenario

Scenario	Contents	Kiss & Ride ratio(%)
1	Elementary school	2
2	Elementary school + Middle school	8
3	Elementary school + Middle school + High school	20
4	Car-pool Apply (Kiss & Ride ratio is reduced to 1/3 in scenario 3)	7
5	Length change of Kiss & Ride Zone length (scenario 1 based)	2

4.1.3. 1시간 교통량 산정

정적 교통망 분석방법은 교통수요예측 프로그램인 사통팔달과 수도권 교통본부에서 제공하는 수도권 5차 배포자료를 이용하였다. 또한, 『도로·철도 부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제5판)』에서 제시된 수도권 첨두시간 집중률 8.78%를 반영하여 1시간 교통량을 예측하였다. 분석지역 내 기·중점 교통량은 Selected link analysis를 이용해 추출하였다.

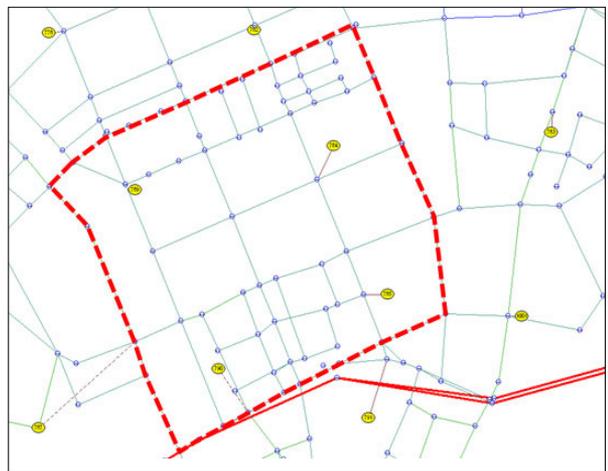


Fig. 3 Allways Network Build Results

분석결과 분석지역의 1시간 총 교통량은 23,565대/시로 나타났으며, 수단 별로는 Table 5와 같이 분석되었다.

Table 5. Peak Hour Volume (1 hour)

(Unit : veh/hour)				
Auto	Bus	Taxi	Truck	Total
17,600	1,198	2,363	2,402	23,565

4.2. 동적 Network 및 O/D 구축

4.2.1. Network 구축

동적 Network는 Dynasmart-P를 이용하였으며, Zone 설정은 외부 Zone 8개, 내부 Zone 7개(학교 포함 Zone 5개, 미포함 Zone 2개) 등 총 15개의 Zone으로 설정하였다. 또한, 각 교차로와 학교 정문에 위치한 도로에 Kiss & Ride Zone의 노드를 설정하였으며, 링크의 경우 주간선도로, 보조간선도로, 집산도로 등으로 구분하여 Table 6과 같이 구축하였다.

Table 6. Link Attribute

Link	Capacity	Free flow speed(mi/h)
Major arterial (One way, over four lane)	1,800	56
Minor arterial (One way, two~three lane)	1,200	31
Collector street (One way, one lane)	900	25

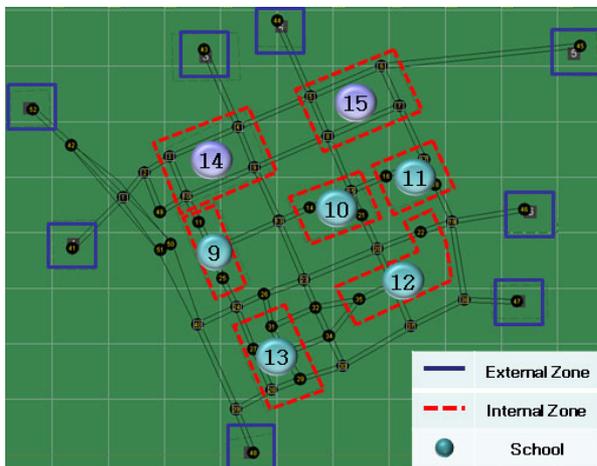


Fig. 4 Dynasmart-P Network Build Results

4.2.2. 동적 O/D 구축

동적 O/D는 각 Zone간 차량의 통행시간을 고려하여 Kiss & Ride Zone O/D를 반영한 5분 단위의 시간대별 O/D로서 Kiss & Ride Zone O/D의 구축과정은 Fig. 5와 같다. 예를 들어 0~5분 동안 출발하는 O/D교통량 중 3분에 출발한 차량이 학교가 포함된 Zone까지의 통행시간이 5분일 경우, 5분 정차 후 13(3+5+5)분에 다시 출발하게 되므로, 해당 차량은 10~15분 O/D에 반영하였다. 반면, 0~5분 O/D 중 4분에 출발한 차량이 학교가 포함된 Zone까지의 통행시간이 10분일 경우, 5분 정차 후 19분에 다시 출발하게 되며, 이때의 차량은

15~20분 O/D에 반영을 시켰다.

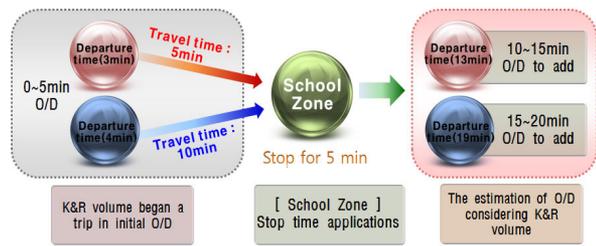


Fig. 5 Kiss & Ride O/D Estimation of Concept

Zone별 발생 및 도착교통량은 앞서 구분된 15개 Zone에 위치한 시설물을 고려하여 외부 Zone과 내부 Zone을 구분하여 적용하였다. 먼저 외부 Zone의 경우, 발생 및 도착교통량 수준을 대(大)로 설정하였으며, 학교를 포함한 내부 Zone의 발생수준은 중(中), 도착수준은 소(小)로 설정하였으며, 그 외 내부 Zone의 발생수준은 소(小), 도착수준은 중(中)으로 설정하였다.

동적 O/D 산정방법은 총 8개 단계로 Step 1~Step 8과 같고, Dynasmart-P에서 계산되는 기·종점 간 통행시간이 변하기 때문에 수렴까지 반복계산이 필요하며, 5분 단위 O/D교통량 차이가 1대 이하일 경우를 수렴조건으로 설정하였다.

Step 1 : 1시간 교통량 산정

$$V = V_i + V_e$$

Step 2 : 5분 O/D 구축(Base O/D)

$$V_{ij}^t = [V \times (F_i \times F_j)] / TF$$

Step 3 : Kiss & Ride 교통량 산정

$$D_{i,j_s}^t = V_{i,j_s}^t \times K_{j_s}$$

Step 4 : Base O/D를 이용하여 개별 차량의 Zone 간 통행시간 산정(Dynasmart-P)

Step 5 : 통행시간대 별 학교 Zone으로 도착하는 교통량 비율 산정

$$RV_{i,j_s}^{t,t'} = V_{i,j_s}^{t,t'} / V_{i,j_s}^t$$

Step 6 : Base O/D에 추가되는 Kiss & Ride 교통량 산정

$$KR_{i,j_s}^{t,t+1} = D_{i,j_s}^t \times RV_{i,j_s}^{t,t'}$$

Step 7 : 정차시간(5분)을 고려한 Base O/D 수정

$$MV_{i,j}^t = V_{i,j}^t + KR_{i,j_s}^{t,t-1}$$

Step 8 : 수렴 시 종료, 미수렴 시 수정된 O/D를 이용하여 Step 4부터 다시 시작

여기서, V : 분석지역의 1시간 교통량

V_I : 분석지역의 1시간 유입교통량

V_E : 분석지역의 1시간 유출교통량

V'_{ij} : t 시간대 O/D의 Zone i, j 간 교통량

F_i : i Zone의 발생수준 Factor

F_j : j Zone의 도착수준 Factor

TF : 모든 Zone간 Factor들의 합계

D'_{i,j_s} : t 시간대 O/D Zone i 에서 학교Zone j_s 에 도착하는 Kiss and Ride 교통량

V'_{i,j_s} : t 시간대 O/D Zone i 에서 학교Zone j_s 에 도착하는 교통량

K_{i,j_s} : Zone i 에서 학교Zone j_s 의 Kiss and Ride 도착비율(%)

$RV_{i,j_s}^{t,t'}$: t 시간대 O/D Zone i 에서 학교Zone j_s 의 통행시간 t' 를 갖는 교통량 비율

$V_{i,j_s}^{t,t'}$: t 시간대 O/D Zone i 에서 학교Zone j_s 의 교통량

$V_{i,j_s}^{t,t'-1}$: t 시간대 O/D Zone i 에서 학교Zone j_s 의 통행시간 $t'-1$ 를 갖는 교통량

$KR_{i,j_s}^{t,t'-1}$: t 시간대 O/D Zone i 에서 학교Zone j_s 의 $t-1$ 시간대에 추가되는 Kiss and Ride 교통량

$MV_{i,j}^t$: Kiss and Ride 교통량을 반영한 t 시간대 i, j 간 교통량

시나리오별 동적 O/D 산정결과는 Table 7과 같다.

Table 7. Dynamic O/D Estimation Results

Scenario	O/D(veh/hour)
1	23,576
2	23,597
3	23,643
4	23,591

4.3. 분석시간 및 기준 설정

개별 시나리오 분석결과에 대한 신뢰성을 확보하기 위해 교통망 내 모든 차량의 통행이 완료되는 시간까지 분석을 수행하였으며, 이는 모든 통행이 완료되는 시점에서 Dynasmart-P의 결과로 나오는 통행패턴에 대한 값이 모든 차량에 대하여 통행을 분석했다고 판단할 수

있기 때문이다.

각 시나리오에서 모든 차량이 통행을 완료하는 시간은 Network clearing time 포함 최대 300분으로 나타났다으며, 이에 따라 분석시간을 300분으로 동일하게 설정하였다.

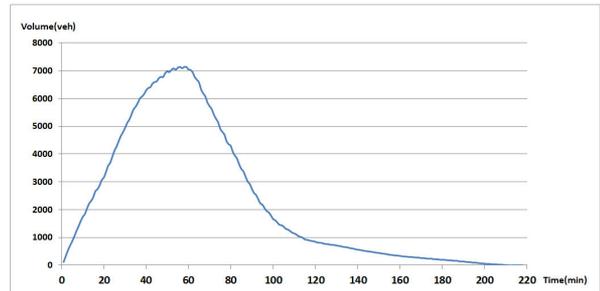


Fig. 6 The End Time of Trip (Base Scenario)

시나리오별 분석기준은 분석 링크의 속도 및 대기행렬 변화를 바탕으로 지체해소시간을 분석기준으로 설정하였으며, 분석 링크는 주요 간선도로인 국도 1호선(경수대로)과 시민대로를 선정하였다. 분석 링크의 위치는 Fig. 7과 같으며, 지체해소시간은 초기속도로 다시 돌아가는 시간과 대기행렬이 사라지는 시간으로 정의하였다.



Fig. 7 Analysis of Link Selection

5. 분석결과

5.1. 영향권 분석결과

영향권의 선정기준은 Kiss & Ride Zone 미설치 시와 설치 시를 비교해 링크 교통량과의 편차율이 30% 이상 집중되어 있는 구역으로 설정하였다. 편차율 산정식은 Eq. (1)과 같다.

$$\text{편차율}(\%) = \frac{(v_a - v_0)}{v_0} \times 100 \quad (1)$$

여기서, v_a : 시나리오 교통량
 v_0 : 기존 교통량

Table 8. The Results of Influence Area Analysis

Scenario	Number of links	Number of schools
1	31	2
2	40	6
3	33	5

영향권 분석결과 시나리오에 따라 Network 전체에 미치는 영향이 다소 차이가 있는 것으로 분석되었다.

시나리오 별로 살펴보면, 시나리오 1의 경우 분석지역의 서쪽지역에서 영향권 링크가 집중되는 것으로 나타났다. 또한 주간선도로까지 영향권이 확장되지는 않았지만 분석지역 내부의 보조간선도로 및 집산도로에서 Fig. 8과 같이 나타났다.

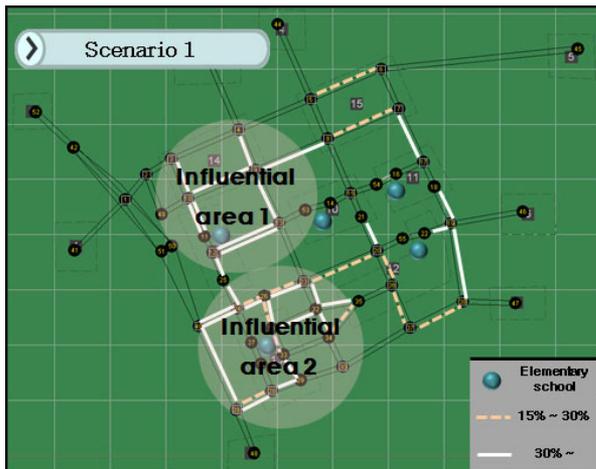


Fig. 8 The Set of Influential Area (Scenario 1)

시나리오 2의 경우, 시나리오 1과 비교하였을 때 영향권 링크의 분포가 넓어지는 것으로 나타났으며, 주간선도로의 일부 링크에도 영향을 미치는 것으로 분석되었다.

시나리오 3의 경우에는 시나리오 2에 비해 주간선도로(국도 1호선)에서의 영향이 커지는 것으로 나타났으며, 주로 분석지역 내 종방향 축에서 변화가 나타나는 것으로 분석되었다.

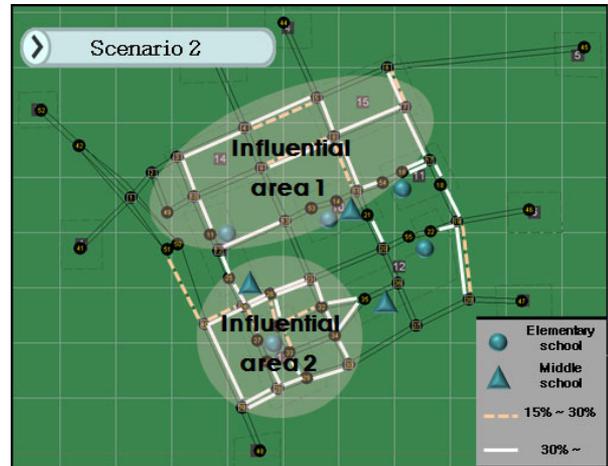


Fig. 9 The Set of Influential Area (Scenario 2)

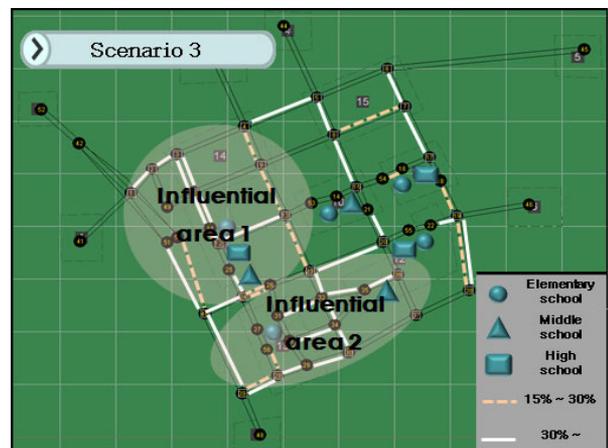


Fig. 10 The Set of Influential Area (Scenario 3)

5.2. 속도변화 분석결과

Kiss & Ride Zone 설치에 따른 주요 도로의 속도를 분석한 결과 최저속도는 9.7km/h로 나타났으며, 이는 Dynasmart-p에서 설정된 최저속도를 의미한다. 또한, 속도의 지체해소시간은 시나리오 별/분석링크 별로 Table 9와 같이 분석되었다.

Table 9. Minimum Speed and Delay Resolving Time

Scenario	Minimum speed(km/h)				delay resolving time(min)			
	Link 1	Link 2	Link 3	Link 4	Link 1	Link 2	Link 3	Link 4
Do nothing	54.28	9.66	9.66	35.23	67	93	155	113
1	38.45	9.66	9.66	37.96	67	96	170	127
2	38.82	9.66	9.66	37.35	89	100	153	142
3	41.71	9.66	14.44	34.07	85	105	150	142

분석링크 1의 경우 시나리오 1은 미시행 시와 비교하여 속도지체 해소시간의 변화는 거의 없는 것으로 분석되었으나, 40분 이후 최소 속도 변화는 큰 것으로 나타

났다. 또한, 시나리오 2와 시나리오 3의 경우에는 속도지체 해소시간이 미시행시에 비해 약 27%~33% 증가하는 것으로 나타났다.

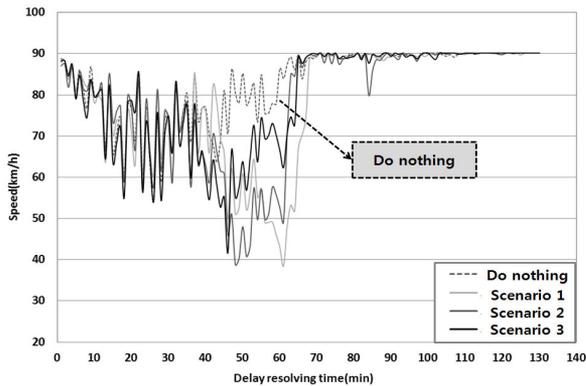


Fig. 11 The Analysis of Speed Change (Link 1)

분석링크 2는 시나리오 1과 시나리오 2에서 속도지체 해소 시간이 다소 증가(3%~7%)하는 것으로 분석되었으며, 시나리오 3의 경우에는 약 12%로 다른 시나리오에 비해 상대적으로 많이 증가하는 것으로 나타났다.

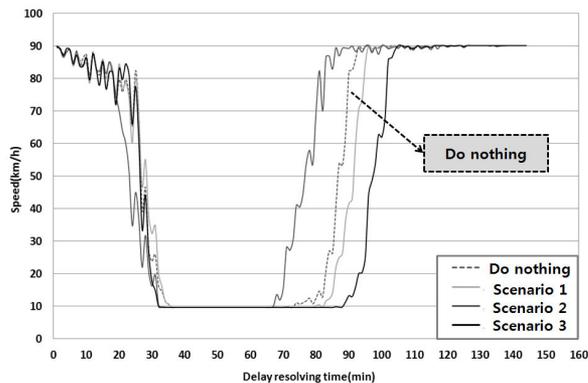


Fig. 12 The Analysis of Speed Change (Link 2)

분석링크 3의 경우 시나리오 1에서는 미시행시에 비

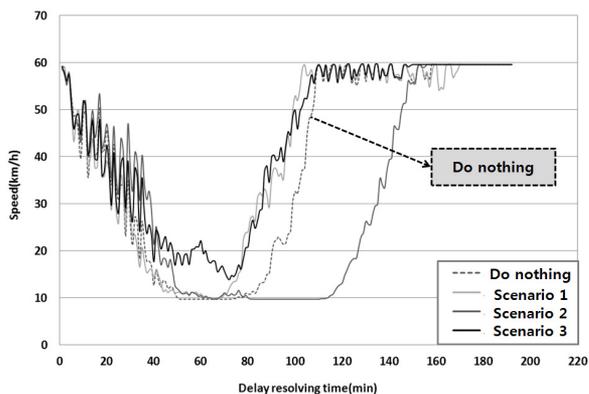


Fig. 13 The Analysis of Speed Change (Link 3)

해 속도지체 해소시간이 약 10% 증가하는 것으로 분석되었으며 반대로 시나리오 2와 시나리오 3에서는 약 1%~3% 감소하는 것으로 나타났다. 이러한 이유로는 분석 대상 지역의 학교 정문이 국도 1호선(Link1, Link2) 축과 같이 종적인 위치에 존재하여 횡축에 대한 영향보다 종축에 대한 영향이 크기 때문인 것으로 분석되었다.

분석링크 4의 경우에는 모든 시나리오에서 속도지체 해소시간이 증가하는 것(약 12%~26%)으로 나타났으며, 특히 시나리오 3과 4의 경우 시나리오 1에 비해 두 배 이상 증가하는 것으로 분석되었다.

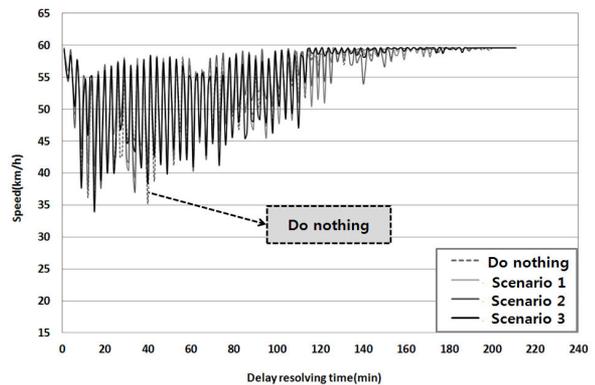


Fig. 14 The Analysis of Speed Change (Link 4)

5.3. 대기행렬 변화 분석 결과

Kiss & Ride Zone 설치에 따른 주요 도로의 대기행렬의 변화를 분석한 결과 시나리오 별/분석링크 별로 Table 10과 같이 나타났으며, 대기행렬의 지체해소시간은 속도지체 해소시간과 대부분 유사한 것으로 분석되었다.

Table 10. Queue and Delay Resolving Time

Scenario	Queue(m)				delay resolving time(min)			
	Link 1	Link 2	Link 3	Link 4	Link 1	Link 2	Link 3	Link 4
Do nothing	18	90	63	13	68	91	155	132
1	36	104	51	12	68	96	170	158
2	33	94	68	13	96	84	155	154
3	28	90	63	12	75	102	145	142

링크별 변화를 살펴보면, 분석링크 1의 경우 대기행렬 지체해소시간이 시나리오 1과 미시행 시의 차이가 없는 것으로 나타났으며, 시나리오 2와 시나리오 3은 미시행시에 비해 약 10%~41% 증가하는 것으로 분석되었다.

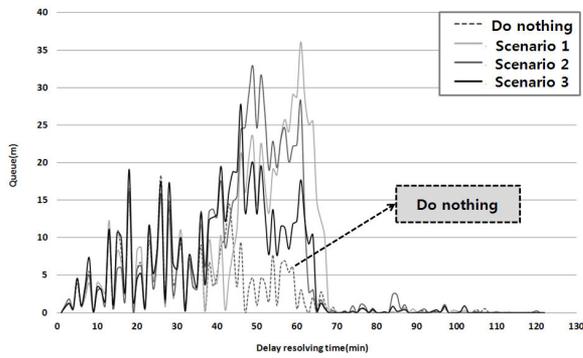


Fig. 15 The Analysis of Queue Change (Link 1)

분석링크 2의 경우 시나리오 1과 시나리오 3에서 대기행렬 지체해소시간이 약 5%~12% 증가하는 것으로 나타났으나, 시나리오 2에서는 약 8% 감소하는 것으로 분석되었다.

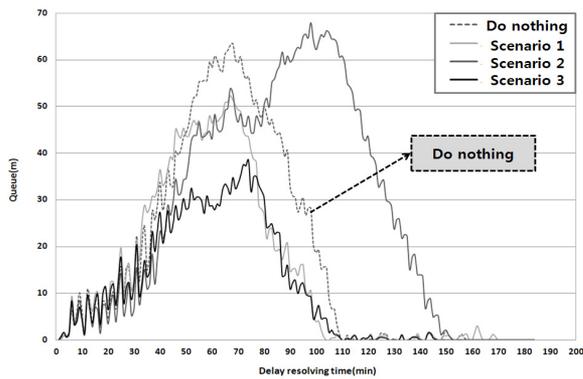


Fig. 16 The Analysis of Queue Change (Link 2)

분석링크 3은 시나리오 1에서는 대기행렬 지체해소 시간이 약 10% 증가하는 것으로 나타났으며, 시나리오 2에서는 차이가 없는 것으로 분석되었다. 또한 시나리오 3에서는 약 6% 감소하는 것으로 나타났다.

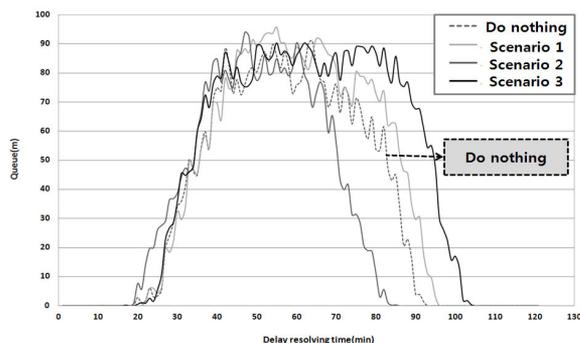


Fig. 17 The Analysis of Queue Change (Link 3)

분석링크 4의 경우 모든 시나리오에서 약 8%~20% 정도 증가하는 것으로 분석되었다.

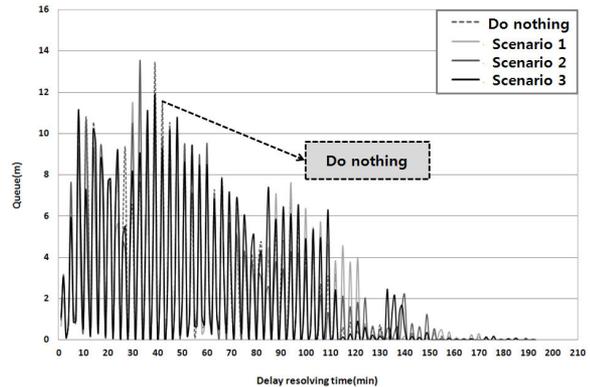


Fig. 18 The Analysis of Queue Change (Link 4)

5.4. Car-pool 적용 결과

시나리오 3을 기준으로 Car-pool 제도를 통해 Kiss & Ride의 비율이 현재보다 감소할 경우 주변 도로망에 미치는 영향을 분석하였다. 분석결과 시나리오 3에 비해 분석링크 3을 제외한 나머지 분석링크에서 속도 및 대기행렬의 지체해소시간이 감소하는 것으로 분석되었으며, 전반적으로 미시행 시 결과와 유사한 것으로 나타났다.

Table 11. Speed and Queue Delay Resolving Time (Scenario 4)

(Unit : m)

Devison	Scenario	Link 1	Link 2	Link 3	Link 4
Speed delay resolving	Do nothing	67	93	155	113
	3	85	105	150	142
	4(car-pool)	68	101	150	126
Queue delay resolving	Do nothing	68	91	155	132
	3	75	102	145	142
	4(car-pool)	68	91	149	141

5.5. Kiss & Ride Zone 길이 변화에 따른 상류 부 도로의 영향 분석

시나리오 1에 대하여 Kiss & Ride Zone 길이를 50m, 20m로 변화시켰을 경우, Kiss & Ride Zone이 설치된 도로의 상류부에서 나타나는 영향을 분석하였다. 분석결과, Table 12의 링크 E에서는 대기행렬길이가 50m > 20m > 100m 순으로 일정한 패턴이 없는 것으로 나타났으나, 링크 A~D에서는 대기행렬길이가 100m > 50m > 20m 로 나타나 전반적으로 Kiss &

Ride Zone 길이가 감소할수록 상류부의 대기행렬길이는 짧아지는 것으로 분석되었다.

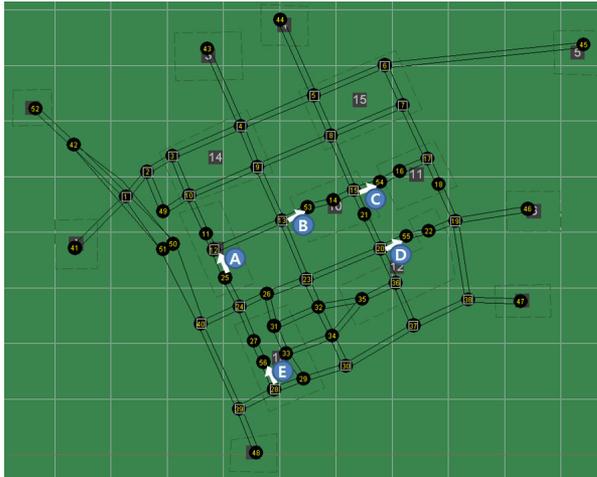


Fig. 19 Upstream Link of Kiss & Ride Zone

Table 12. Change of Queue Length according to Kiss & Ride Zone Length

(Unit : m)

Link	Length of Kiss & Ride Zone	Queue	
		Maximum	Average
A	100	15.2	3.1
	50	15.2	3.1
	20	15.2	2.7
B	100	12.5	2.0
	50	10.4	1.4
	20	4.9	0.6
C	100	0	0
	50	0	0
	20	0	0
D	100	1.7	0.1
	50	1.6	0
	20	1.3	0
E	100	3.0	0.1
	50	21.2	1.7
	20	11.6	0.9

6. 결론 및 향후 연구

본 연구에서는 『2006년 수도권 가구통행실태조사』 Data를 이용하여 학교구분 별/지역 별 Kiss & Ride를 이용한 통학분포를 살펴보았으며, 외국의 사례를 이용하여 학교 앞 안전을 위해 Kiss & Ride Zone 설치 시 도로망에 미치는 영향을 학교구분 별로 단계적 시행을 가정하여 분석하였다. 분석의 평가지표로는 속도 및 대

기행렬의 지체해소시간을 이용하였으며 분석결과, 3개의 시나리오 모두 주변 도로망에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 시나리오 별로 살펴보면, 시나리오 1의 경우 시민대로(분석링크 3과 4)에서 Kiss & Ride Zone의 설치 전에 비해 지체해소시간이 증가하는 것으로 분석되었다. 그러나 시나리오 2와 3의 경우에는 국도 1호선(경수대로 : 분석링크 1과 2)과 시민대로(분석링크 4)에서 영향이 많은 것으로 분석되었으며, 분석링크 3의 경우 속도 및 대기행렬의 지체해소시간이 더 짧게 나온 원인으로는 Kiss & Ride Zone의 설치 위치 때문인 것으로 나타났다.

본 연구는 Kiss & Ride Zone 설치 시 주변 도로망에 미치는 영향에 대하여 지체해소시간을 지표로 이용해 분석을 수행하였다. 이는 안전시설물 설치에 대한 계량적인 분석으로 동적인 시뮬레이션 분석을 통해 계산되며 기존 정적분석보다 상세하고 현실에 가까운 분석이 가능해 향후 학교 주변 안전에 대한 관심의 증가와 이에 따른 안전대책으로 Kiss & Ride Zone을 설치하는 경우, 사전분석을 통해 문제를 해결하는데 도움을 줄 것으로 판단된다. 향후 과제로는 본 연구에서 수행하지 않은 영향권 도로의 우회경로 설정 및 용량확보 등과 같은 대안의 효과분석이 필요할 것이다.

References

- Kim, Gyang-Chul, Kho, Joo-Yeon, 1999. Character Survey & Improvement of Park and Ridership in Seoul, *Research for Seoul*, Vol. 7 No 1
- Kwon, Young-Jong, Kang, Hye-Young, 2000. The Operation and Maintenance Plan for Promoting the Utilization of Transfer Parking Lots, The Korea Transport Institute, *Monthly KOTI Magazine on Transport*
- Kwon, Young-Jong, Kim, Hwang-bae, 2005. Establishment of the Functions and Design Criteria of Different Types of Transit Centers, *Journal of Korea Planners Association*, Vol 40 No 2
- Lee, Shin-Hae, Yang, Ji-Chung, Lee, Kwang-Hoon, Choi, Hyun-Ju, 2006. Optimal Entrance and Exit Transfer Location of Seoul According to the Expanding Metropolitan Area, *Research for Seoul*, Vol 7 No 1
- Sung, Hyun-Gun, Shim, Jae-Ick, Lim, Hyeong-Jun, 2009. Study on the Socio-Economic and Travel Characteristics of Park/Kiss-and-Ride Commuters in the Seoul Metropolitan Area, *Journal of Korea Planners Association*, Vol 45 No 2
- Gyeonggi Research Institute, 1999. *A Study on the Transfer System Improvement of Mass Transit in Kyonggi-Do*.
- Seoul Metropolitan Government, 2007. *A Master Plan for a Public Transportation Transfer System in Seoul*
- Wigmore, B. & Baas, P., 2004. *School journey safety - a*

comparative study of engineering devices. IPENZ
Transportation Group

Hallmark, S. & Isebrands, H., 2006. Toolbox to address safety and operations on school grounds and public streets adjacent to elementary and middle schools in Iowa. Ames, IA: Center for Transportation Research and Education, Iowa State University

Isebrands, H.N., Hallmark, S.L., 2007. School zone safety and operational problems at existing elementary schools. *ITE Journal*

NRMA Motoring & Services, 2007. *Stay safe rangers initiative at balgowlah heights public school*

(접수일 : 2013. 4. 5 / 심사일 : 2013. 4. 9 / 심사완료일 : 2013. 7. 23)