

간선도로 일방통행제 실시에 따른 효과분석방법론 개발

Evaluation Methodology for Implementing One-way Operation at Urban Arterial

최 나 나

서울시립대학교 교통공학과
대학원

김 영 찬

서울시립대학교 도시공학과
부교수

김 동 선

대진대학교 도시공학과
부교수

목 차

I. 서론

1. 연구의 목적 및 배경
2. 연구의 범위 및 수행과정

II. 일방통행제 실시 사례

1. 미국
2. 일본
3. 유럽

III. 연구의 방법

1. 기존 방법론 검토
2. 분석 방법론 개발
3. O-D 교통량 추정
4. 방법론 평가
5. 사례 분석

IV. 결론

I. 서론

1. 연구의 목적 및 배경

효율적인 교통운영정책은 기존의 교통시설을 최대한 이용하여 그 효율을 극대화하는데 있다. 일반적으로 일방통행제는 기존도로 시설의 효율을 높여 교통체증을 완화시키는 데 효율적인 방안으로 인정되고 있으며, 교통사고 감소 등에도 효과적이다.

기존도로에 대한 일방통행제의 실시여부는 일률적인 기준에 따라 결정될 수는 없으며, 대상 도로망의 여건이나 주변상황 등을 감안하여, 전문적인 교통분석방법론에 의거한 분석결과에 기초하여 판단하여야 한다.

따라서, 본 연구의 목적은 일방통행제 실시에 따른 효과와 문제점을 교통공학적인 측면에서 접근하여 그 효과를 예측하고 정량적인 자료를 제시하는 방법론을 제안하는 것이다. 제안된 연구결과는 향후 일방통행 실시여부 결정과 사후의 효과나 문제점을 예견하여, 실시전에 일방통행제 실시에 따른 효과를 최대화하고, 부작용을 최소화하여 분석의 수준을 향상시킬 것이다.

2. 연구의 범위 및 수행과정

간선도로 일방통행제 방법론 설정을 위한 방안을 제시하기에 앞서, 일방통행제에 대한 적용 사례를 살펴본다. 그리고, 기존의 모형과 소프트웨어를 사용하여 각 모형들의 일방통행 분석능력을 파악하여 장·단점을 비교함으로써, 일방통행 분석에 가장 용이한 소프트웨어를 결정한다.

일방통행제 실시에 대한 주요 분석 항목으로 우회교통분석, 신호교차로 운영분석, 동적 교통분석이 있다. 기존의 일방통행제 분석 방법론으로는 이상의 세 가지 분석항목을 모두 만족시키지 못한다. 본 연구에서는 세 가지 분석항목을 만족시키는 분석방법론을 제시한다. 하지만, 필요한 자료 중 O-D교통량 자료를 구하는 문제가 발생하게 되는데, 여기서는 가로 교통량으로부터 O-D교통량을 추정하는 방법¹⁾을 활용한다.

모의 네트워크를 통하여, 제시된 방법론이 주요분석항목을 충실히 분석하는가를 평가하였다. 또한, 서울시 강북 사대문지역을 대상으로 서울시에서 구상하고 있는 일방통행제 대안을 분석하여, 효과와 문제점 분석과정을 사례연구로 추가하였다.

II. 일방통행제 실시 사례

1. 미국

근대 미국에서 1906년 필라델피아에 최초로 일방통행 가로가 도입된 이래 초기에는 양방통행이 곤란한 좁은 도로에 실시되었지만, 교통량 증가에 따른 교통혼잡의 가중으로 광폭원 도로에도 실시하게 되었다. 미국에서 광폭원도로에 대해 일방통행이 적용된 때는 1920년 이후였고, 뉴욕에서는 1930년대에 총 연장 2,800km의 도로가 일방통행으로 전환되었다. 1940년 이후 간선도로의 일방통행에 있어서도 60년대에는 인구 1만 명 이상인 총 1,899개 도시 중 약 150개 도시가 일방통행제를 실시하고 있다.

2. 일본

가까운 일본에서는 1956년경부터 교통량증가에 대처하고, 도로의 효율성을 목적으로 일방통행제를 도입하기 시작하여 1970년경 오사카 및 동경의 도심 북간선도로에 일방통행을 실시함으로써 교통체증 완화를 도모했으며 1973년경부터 간선도로의 교통체증을 피해 주택지의 뒷골목으로 유입하는 통과교통량을 배제할 목적으로 지구내 도로를 방향별로 조합시킨 일방통행제를 많이 실시하게 되었다.

3. 유럽

유럽 대부분의 도시에서는 교통정책의 목적을 교통체증 완화와 역사와 전통의 장소인 도심지의 보존, 도시환경의 보호에 두고 있다. 1970년 스웨덴의 Goteberg시, 이탈리아의 Bologna시와 프랑스의 Besancon시의 경우 일방통행제 정책을 적용하여 도심지 통과교통량을 50%나 감소시키는 효과를 얻을 수 있었다. 80년대 초반에는 벨기에, 덴마크, 영국 등지에서도 일방통행제와 같은 통행제한 정책을 채택하여 적용한 결과 자동차 여행시간, 오전 첨두시 교통량, 총 교통사고, 보행자 교통사고를 감소시키는 효과를 얻을 수 있었다. 유럽의 도시들은 주간선 도로를 제외한 도로들에 대해서도 일방통행제를 적극 실시 중에 있으며 도로연장규모에서 볼 때 80%수준까지 일방통행제를 실시하여 광역교통통제 체계를 갖추기 위한 교통운행을 추진하고 있는 추세에 있다. 다음의 <표 1>은 선진외국도시의 일방통행제 주요 성공사례를 제시하고 있다.

<표 1> 일방통행제의 주요 성공사례 도시

도시명	실시후의 상태
런던	통행시간 : 30-40% 감소 교통량 : 오전첨두시 7-9% 증가 교통사고 : 총 사고 14-21% 감소
뉴욕 (맨하탄지구)	통행시간 : 남북간선 35% 감소 지연 : 동서간선 40% 감소 정차회수 : 남북간선 65% 감소 정지시간 : 60% 감소 교통사고 : 보행자사고 20% 감소 버스운행시간 : 17% 감소
L.A	교통량 : 동행 17%, 서행 13% 증가 평균속도 : 동행 33%, 서행 15% 증가
휴스턴	교통량 : 평균 19% 증가 지체시간 : 첨두시 13% 감소 평균속도 : 평균 20% 증가 교통사고 : 차량사고 36% 감소
샤클라멘트 (캘리포니아)	교통량 : 평균 35% 증가 평균속도 : 첨두시 25% 증가 교통사고 : 보행자사고 23% 감소 차량사고 62% 감소
노스 캐롤라이나	교통량 : 평균 50% 증가 교통사고 : 총 사고 50% 감소

<표 1>을 보면 교통량증가, 평균통행시간 감소, 평균통행속도 증가 등 일방통행제 실시 후 도심간선도로에 대한 개선효과가 크게 향상되었음을 말해준다.

III. 연구의 방법

본 연구에서는 방법론에 필요한 수행절차를 기존 방법론 검토, 분석 방법론 개발, O-D 교통량 추정, 방법론 평가, 사례 분석의 5단계로 구분하여 분석한다.

1. 기존 방법론 검토

본 연구에 가장 적절한 software를 선택하기 위해 일방통행제 분석에 대한 주요 분석 항목을 <표 2>와 같이 평가한다.

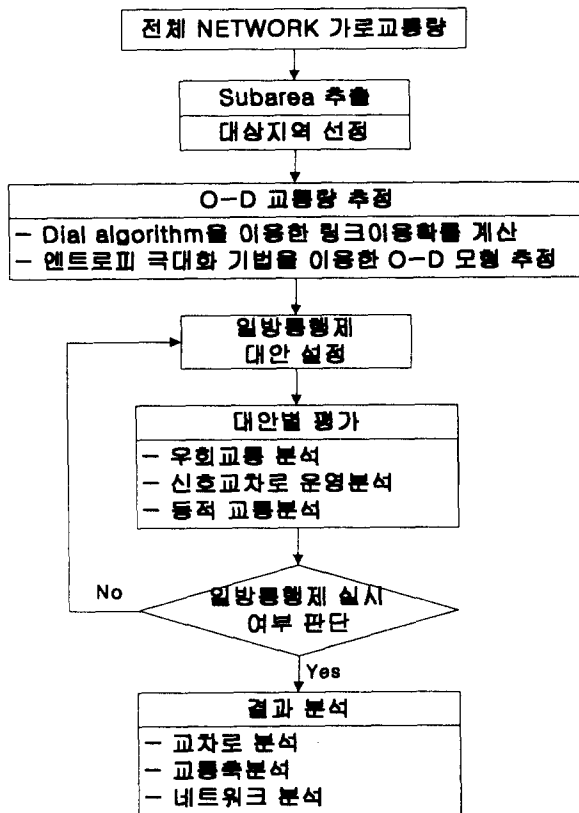
<표 2> 소프트웨어 별 분석능력

	우회교통 분석	신호교차로 운영분석	동적 교통분석
EMME2	○	×	×
TRANPLAN	○	×	×
TRANSYT-7F	×	○	△
CORSIM	○	△	○
INTEGRATION	○	○	○

<표 2>의 분석능력을 종합해보면 CORSIM과 INTEGRATION이 본 연구에 가장 적합한 software임이 판명되었다. 그러나, CORSIM은 교통류를 실시간으로 simulation하는 기능은 더 뛰어나지만, 신호를 최적화 해주지 못하고, 대상 도로망이 대형 네트워크로 확장되었을 때 실행이 불가능하다. 따라서, 본 연구에서는 <표 2>에서 수행한 모든 항목을 분석할 수 있고, 분석대상을 대형 네트워크로 선정하였을 때에도 가능한 INTEGRATION²⁾을 선택하였다.

2. 분석 방법론 개발

본 연구에서는 먼저 전체 지역 네트워크에서 필요한 대상지역을 선정한다. 대상지역을 선정하는 데 사용하는 Subarea 추출 방법³⁾은 전체 지역 교통 네트워크의 주어진 결정요소들을 주변 코든라인에 의해 자신의 subarea 연구범위로 결정하게 된다. 기존의 전체 네트워크에서 대상지역을 추출하는 기법은 O-D교통량이 현실에 적합하게 추정되지 못하는 단점이 있었다. 따라서, 본 연구에서는 가로 교통량으로부터 O-D교통량을 추정하는 방법을 사용한다. <그림 1>은 본 연구에서 개발한 분석방법론의 과정을 나타낸다.



<그림 1> 분석 방법론 흐름도

본 연구에서 개발된 분석방법론은 학술적인 측면이외에 실무차원에 활용될 수 있도록 향후 적용방안을 제시한다. 개략적인 적용방안은 교통류의 기/종점 교통량, 각 구간의 통행시간과 지체시간, 일방통행일 때와 양방통행일 때의 도로용량, 정확한 우회노선도 등의 자료를 수집하여, 각 대안별로 최적모형을 사용하여 향후 평가에 대한 분석 결과를 제시한다.

3. O-D 교통량 추정

기존에 많은 O-D 추정 기법들이 소개되었지만, 가로교통량을 가지고 O-D교통량을 추정하기 위해서는 현실적인 다중경로교통망의 문제로 확장시키기 위한 통행배정모형이 필요하다. 그러나, 특정 기종점간의 최단 경로가 다수일 경우 어느 경로를 사용해야 하는가의 문제가 발생하므로, 본 연구에서는 동시에 여러경로에 교통량을 부과하는 다중경로배정방법인 다이알 알고리즘을 개조하여 O-D교통량을 추정한다.

Dial 알고리즘⁴⁾은 각 O-D 쌍을 연결하는 합리적인 경로집합을 구분하는 단계를 거쳐 교통망상의 모든 O-D쌍에 대하여 두 개(전방진행과 후방진행)의 최단경로 계산을 수행하게 된다. 각 링크에 대해 링크 likelihood을 계산한 후 종점노드 s 에 도착할 때 전방진행이 완성되고 기점노드 r 에 도달할 때까지 후방진행을 반복하면 $P(r, s, a')$ 을 산출할 수 있다. 이러한 절차를 통해서 기점 노드 r 에서 종점 노드 s 까지 링크 a 을 이용하는 확률 P_{rs}^a 을 구하게 된다.

엔트로피 극대화기법⁵⁾은 기점 r 에서 종점 s 까지 링크 a 를 사용할 확률을 P_{rs}^a 라 하면, 일반적으로 다음과 같은 제약을 가진다.

$$0 \leq P_{rs}^a \leq 1$$

$$\text{목적함수 : } \min \sum_{rs} (T_{rs} \ln T_{rs} - T_{rs})$$

$$\text{제약식 : } V_a = \sum_r \sum_s (P_{rs}^a \times T_{rs})$$

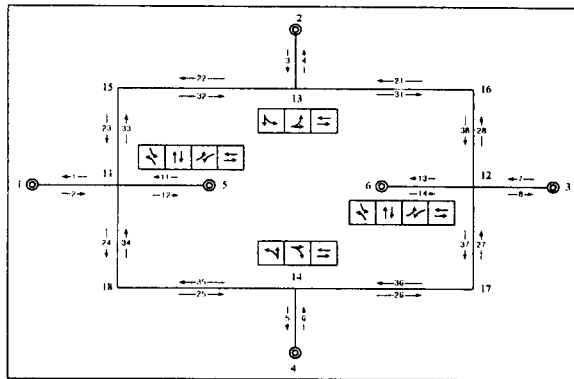
모든 링크 a 에 대하여

통행수요가 개선되는 과정을 관측한 모든 링크에 대하여 수정작업을 계속 행한 후에 링크 교통량의 새로운 값을 추정할 수 있다. 적당한 수준까지 수렴이 이루어졌다 할지라도, 추정된 총트립수가 정확하지 못할 수가 있는데, 총트립수를 알고있다면 실제 총트립수와 추정치의 비를 모든 셀에 곱해서 두 값이 일치하도록 조정하여 O-D교통량을 추정한다.

4. 방법론 평가

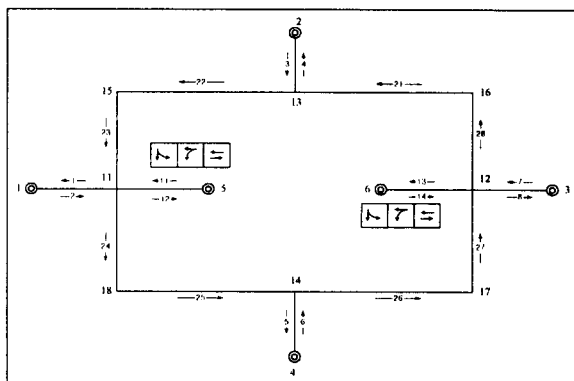
본 연구에서 제시한 일방통행제 실시에 따른 각 기능들과 모형들을 분석하기 위하여 모의 네트워크를 구성하여 실험을 실시하며 전체사항으로는 포화 교통량이 1800 pcphpl, 시뮬레이션 시간 3600초, 황색시간 4초를 사용하며 시나리오에 따른 모형과 결과는 다음과 같다.

<그림 2>는 전 방향이 양방통행으로 양방향 4 차로 도로인 시나리오 1의 그림이다.



<그림 2> 모의 네트워크 시나리오 1

<그림 3>의 시나리오 2는 시나리오 1과 동일한 네트워크에서 링크 21-28이 4차로 일방통행도로이며, 나머지 링크는 양방향 4차로 도로이다.

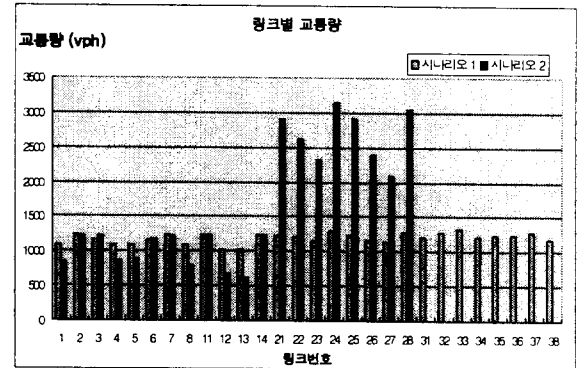


<그림 3> 모의 네트워크 시나리오 2

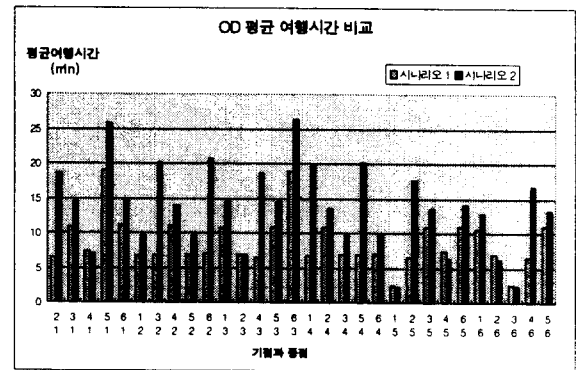
시나리오 1, 2의 결과를 비교·분석하여 양방통행도로를 일방통행도로로 변경 시행한 후의 결과를 보면 <그림 4>에서 신호계획 1의 현시수를 줄인 시나리오 2의 일방통행 구간 링크교통량이 크게 증가한 것을 알 수 있어, 신호현시의 감소로 인한 효과를 보여주고 있다.

<그림 5>와 <그림 6>에서는 시나리오 2에 대한 링크별 평균 여행시간이 시나리오 1에 대한 시간보다 전반적으로 상승한 것으로 나타났

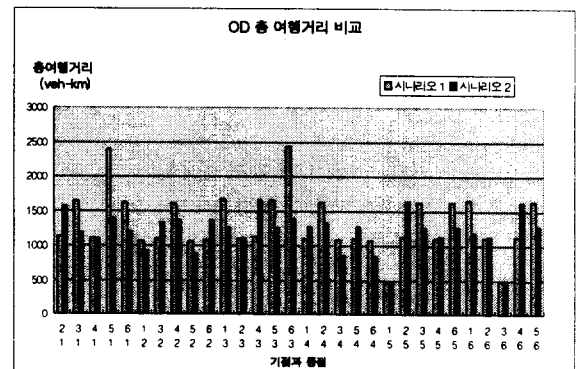
다. 시나리오 별로 네트워크를 통과한 여행거리를 비교하면, 일방통행 실시 후 여행거리가 증가하는 것으로 분석되어 일방통행을 실시한 후 우회거리와 시간이 양방통행에 비해 상승한 것을 보여주고 있다.



<그림 4> 링크별 교통량



<그림 5> 평균 여행시간



<그림 6> 총 여행거리

일방통행 실시 후 가장 두드러진 변화는 신호교차로의 현시수 감소로 인한 교차로 혼잡의 완화이다. 본 연구에서 실시한 모의 네트워크 실험에서는 링크 교통량과 속도의 증가로 인해 여행시간과 거리가 증가한 단점을 극복하고 네트워크 전체적으로 향상된 결과를 보였다.

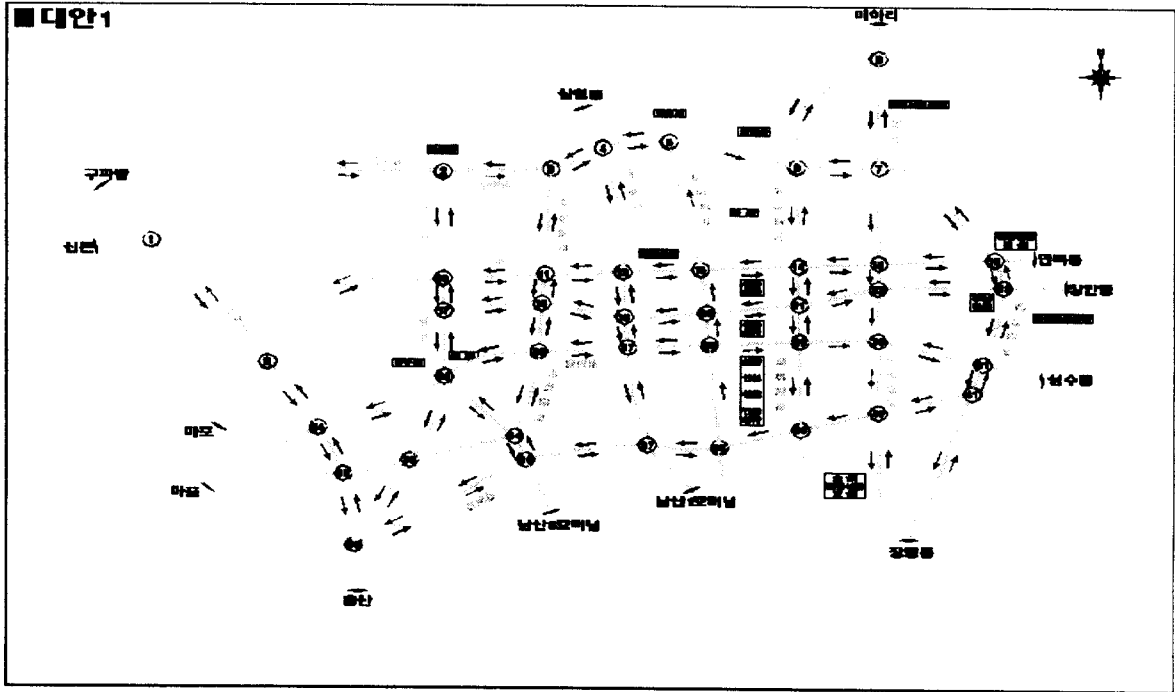
5. 사례 분석

서울시에서는 강북 도심의 일부 지역을 대상으로 일방통행제를 검토하고 있다. 일방통행제 방안이 구체적으로 결정되어 있지는 않으나, 현 단계에서 고려중인 대안들이 있다. 이러한 대안들을 본 연구에서 제시한 방법론을 통하여 교통분석을 실시하며, 예상되는 효과와 문제점을 점검한다.

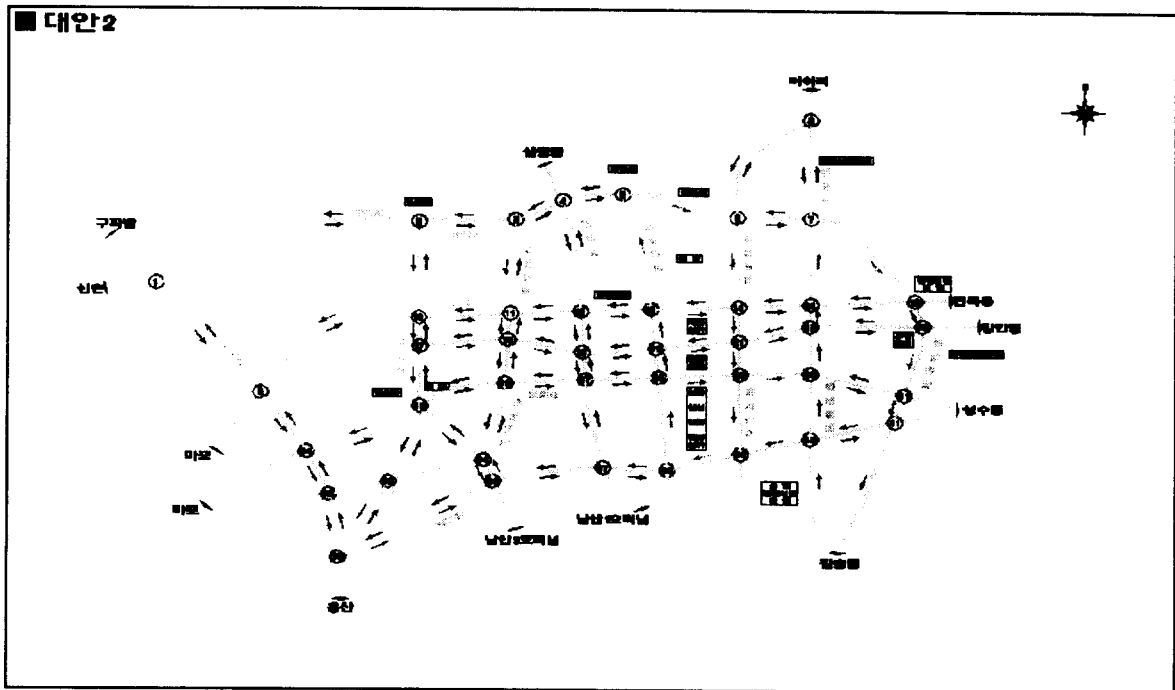
1) 교차로 분석

(1) 대안 1

<그림 7>은 서울시 강북 도심의 배오개길 일부와 퇴계로, 을지로를 지나 종로로 향하는 남북의 일부 구간을 일방통행으로 하는 현황도로에서 창경궁길, 대학로 그리고, 을지로와 퇴계로의 일부구간을 일방통행으로 한 대안 1의 그림이다. 대안 1의 교차로 v/c 분석에서는 양방



<그림 7> 서울시 강북지역 일방통행제 대안 1



<그림 8> 서울시 강북지역 일방통행제 대안 2

통행에서 일방통행으로 바꾼 후 그 주변 교차로를 살펴보면 교차로 7, 14, 15, 22, 27, 28번이 극심한 혼잡을 초래하게 되는 반면 교차로 13, 20, 21, 29, 30번은 조금 원활한 소통을 하게 되었다.

(2) 대안 2

<그림 8>에서는 대안 1에서보다 더욱 적극적인 일방통행제를 실시한다. 돈화문로, 창경궁길, 배오개길, 대학로, 훈원길, 홍인문로를 일방통행 구간으로 한 대안 2의 그림이다. 교차로 v/c를 살펴보면 교차로 13, 14, 15, 22번이 혼잡을 초래하였고, 20, 21, 29번은 더욱 양호한 상태를 나타내었다.

2) 교통축 분석

교차로 19번에서 23번까지 교통축의 소통이 좋아진 반면 그와 인접한 종로축인 12번에서 15번까지의 교통축이 극심한 혼잡을 나타내었다. 양방통행에서 일방통행으로 변경되었을 시에 4지 교차로의 전 방향이 일방통행으로 되었다면, 그 곳 교차로의 소통 향상이 이루어지지만, 4지 교차로의 1방향 이상이 양방통행이고, 다른 방향이 일방통행이라면 오히려 혼잡을 조장하게 되는 결과를 초래하였다.

3) 네트워크 분석

네트워크 전체로 볼 때 평균 속도는 현황에 비해 대안 1이 0.9%, 대안 2가 5% 증가하였고, 링크 교통량을 보면 현황에 비해 대안 1이 8.9%, 대안 2가 8.6% 증가하였다. 평균여행시간을 보면 현황에 비해 대안 1이 13.6%, 대안 2가 8.5% 감소하였다. 현황과 비교해서 대안 1의 교차로 v/c는 평균 24%, 대안 2의 교차로 v/c는 평균 26% 증가하였다.

일방통행을 실시한 후 개선되는 점보다 악영향을 끼치는 지점이 더 증가된 것으로 분석되었다. 따라서, 본 연구에서 채택한 대안 1,2는 모두 기각되었으며, 비효율적인 대안으로 판명되었다.

일방통행제를 실시하는데 있어 교통축 분석에서 보여진 것처럼 한 교통축상에서 동일한 방향으로 일방통행과 양방통행이 혼재하게 되는 경우 오히려 인근 교차로의 혼잡을 가중시키고, 전체 네트워크에도 더 큰 문제점을 부과시키게 된다.

IV. 결론

본 연구에서는 일방통행제 분석을 위한 방법론을 제시하였다. 특이할 내용은 가로교통량으로부터 기/종점자료를 추출하는 과정과 교통시뮬레이션을 위하여 INTEGRATION을 사용한 것이다. 본 연구의 결론은 다음과 같다.

첫째, 제시된 방법론은 일방통행제에 따른 효과를 합리적으로 분석하게 하였다. 일방통행에 따른 도로별 교통량전이현상, 신호교차로의 정밀분석 등이 적절하게 분석에 반영되었다.

둘째, 우회교통분석을 위해서는 기/종점교통량이 필요한데, 본 연구에서 활용한 O-D 추정방법이 합리적인 결과는 제공하였다.

셋째, 사례분석에서 서울시에서 추진중인 도심 일방통행제를 분석해 볼 때, 현 단계의 대안은 효과보다는 부작용이 많은 것으로 분석되었다. 보다 합리적인 대안을 고안할 필요가 있다.

본 연구에서 제시된 방법론은 일방통행제 뿐만 아니라 다양한 용도의 교통분석에 적용이 가능하다. 도로공사에 따른 교통분석, 대형교통유발시설에 따른 교통영향분석 등의 경우에 서울과 같은 대도시의 대형 네트워크 전체를 분석하는 것은 노력에 비하여 만족할 만한 결과를 거두기 어렵다. 이러한 경우, 소규모 네트워크분석을 필요로 하는데, 본 논문에서 제시하는 방법론을 활용하면 효과적으로 교통분석을 실시할 수 있을 것이다.

<참 고 문 헌>

- 1) 金永燦. "街路交通量 資料로부터 O-D表를 算出하는 模型 開發에 關한 研究". 서울대학교碩士學位論文, 1985年.
- 2) Van M. Aerde and the Transportation Systems Research Group, Queen's Univ. "INTEGRATION - Release 2 User's Guide -Volumes I,II and III". December, 1995.
- 3) Kyle B. Winslow, Athanassios K. Bladikas, Kenneth J. Hausman, Lazar N.Spasovic. "Introduction of Information Feedback Loop to Enhance Urban Transportation Modeling System". Transportation Research Record 1493. 1994.
- 4) Robert B. Dial. "A Probabilistic multipath traffic assignment model which obviates path enumeration". Transportation Research, Vol. 5, 1971.
- 5) Willis, Alan E. and Chan, Victor K. "Deriving Origin Destination Information from Routinely Collected Traffic Counts". University of California, Berkeley, Institute of Transportation & Traffic Engineering, September 1980.