

TSM기법을 고려한 부산지역 간선도로의 최적설계에 관한 연구

安 珉 徹* · 金 殆 坤**

A Study on the Optimal Design of the Arterial in Pusan Area Using the TSM Techniques

H. C. An · T. G. Kim

Key Word : 교통체계개선(Transportation Systems Management, TSM), 통행체계분석(Traffic System Analysis), 도로체계분석(Roadway System Analysis), 신호체계(Signal System Analysis), 서비스수준(Level of Service, LOS), 교통체증(Traffic Congestion), 비디오 관측기법(Videologging System Techniques), 첨두시간대(Peak-time periods), 첨두교통량(Peak Traffic Volumes), 신호교차로(Signalized Intersection), 신호현시(Signal Phase).

Abstract

In this study for relieving traffic congestion on the main arterial in Pusan using TSM Techniques, the travel system, roadway system and signal system analyses were done. Through these above analyses, it was shown that the peak-time periods on the main arterial were shaped between 10 : 00 and 11 : 00 in the morning and between 15 : 00 and 16 : 00 in the afternoon for the business and shopping trips. Especially, there appeared to be about 23% reduction in the average delay when roadway system management including left-turn links increased were done, about 29% reduction in the average delay when signal system management including the signal phases and timings readjusted were conducted, and about 48% reduction in average delay when roadway system and signal system management were taken into consideration simultaneously.

Based upon these results, it was concluded that there might be considerably better results in the average delay if the progressive signal system analyses on the arterial were applied with the lane and road widths balanced, the difference of the turning vehicles and mid-block volumes readjusted, and roadside parking traffic prohibited.

* 正會員, 韓國海洋大學校 大學院

** 正會員, 韓國海洋大學校 理工大學 港灣運送工學科 教授

I. 연구 배경

1) 대도시 교통현황

지난 1960년대 말까지 미국에서는 통행수요의 증가로 야기되는 많은 교통문제를 해결하기 위해 교통정책에 따라 막대한 자본을 투자하여 고속도로의 확장 및 새로운 도로시설의 확충에 주력하였다. 그러나, 새로운 도로시설의 확충이 새로운 통행수요를 발생시킴으로써 오히려 더 많은 교통체증을 가중시켰고, 대도시 교통문제를 더욱 어렵게 만들었으며, 연방정부에서는 교통시설에 대한 지속적인 투자재원의 확보가 어려워지자 기존 도로시설의 효율적인 이용 및 관리에 대하여 보다 체계적인 연구를 하게 되었다. 반면에, 우리나라에서는 1970년대말까지 대도시지역의 교통문제가 심각한 수준까지는 이르지 않았으나 1980년대에 이르러 자가용차량의 급증과 통행수요의 확대에 따라 교통체증이 날로 심화됨으로써 대도시 교통문제에 관심을 갖게 되었고, 교통문제를 해결하기 위하여 교통체계개선(Transportation Systems Management, TSM)방안에 대해 체계적인 연구를 하게 되었다.

특히, 대부분의 대도시지역에서는 인구집중, 낮은 도로율, 급증하는 차량으로 인하여 시간과 장소에 관계없이 심각한 교통문제에 직면해 있다. 대도시는 물론 중소도시 역시 급격하게 증가하는 차량과 도시주변에 속속 들어서고 있는 주거시설, 상업시설, 공장시설, 연구시설 및 교육시설 등과 같은 대규모 교통유발시설들로 인하여 교통문제의 심각성이 더욱 심화되고 있다. 게다가, 대도시지역에서는 도시영역의 확대에 외곽지역에 대단위의 주거단지를 포함하는 신시가지가 조성됨으로써, 도시영역내의 통행수단(Travel Modes) 및 통행노선(Travel Routes)의 변화와 함께 통행거리가 확대되었으며, 생활방식의 변화로 통행형태가 점점 세분화되고 소득수준의 향상으로 자동차의 보급율이 늘어나면서, 도심지역 및 외곽지역의 교통체증은 첨두시간대(On-peak Time Periods)와 비첨두시간대(Off-peak Time Periods)의

구별없이 날로 극심해지고 있다. 특히, 미국의 연방도로국(Federal Highway Administration, FHWA)의 연구보고서⁽¹⁾에 의하면 “지금까지는 출근시간에 집에서 직장까지 15분에서 20분정도 소요되던 직장통행이 교통체증으로 인하여 첨두시간대에 10분에서 15분이상 더 소요되기 때문에 직장생활을 하고있는 사람들은 일생동안에 약 2년 동안을 도로상에서 교통체증과 싸우며 보내게 된다.”고 함으로써 대도시 지역내 교통체증으로 인하여 발생하는 시간 손실, 경제비용의 손실, 에너지 낭비 등에 대한 문제의 심각성을 지적하고 있다.

지금까지는 이러한 교통문제를 해결하기 위한 정책으로 교통체증이 발생할 때마다 단순히 교통시설의 확충방안에만 치중해 왔다. 그러나, 도시지역내 새로운 도로를 건설하는데 소요되는 총비용의 90%이상이 토지매입비용으로 지출되고 있고, 지방 및 중앙정부의 도로시설에 대한 투자예산은 한정되어 있어, 늘어나는 교통수요에 충족시킬 수 있도록 도로시설을 계속적으로 확충한다는 것은 거의 불가능하다. 게다가, 미국의 C. K. Orski⁽²⁾는 “교통체증을 해결하기 위해 도로를 새로이 건설하여 준공데이프를 자르자마자 교통량의 증가로 인하여 새로운 도로는 차량으로 붐비게 된다.”라고 비유함으로써 새로운 도로시설의 확충만이 교통문제를 해결할 수 있는 유일한 방안이 아니라 오히려 더 많은 교통수요를 야기시킴으로써 교통체증을 가중시키는 결과를 초래할 수도 있음을 역설하고 있고, 더구나 70년대에 닦았던 에너지 위기가 앞으로 어느 시점에서 다시 닦쳐올지 의문이며, 또한 자연환경을 보호하지 않으면 안된다는 측면을 고려할 때 지속적인 교통시설의 확충 대신, 투자재원의 허용범위내에서 가능한한 교통시설의 확충과 병행하여 기존시설의 보완 및 개선을 통한 교통시설의 효율성 증대방안에 대한 연구의 필요성이 더욱 강조되고 있다.

따라서, 대도시지역의 교통문제를 해결하기 위해서는 정부재원의 허용범위내에서 대중교통체계를 중심으로 교통시설의 확충정책에 주력함과 동

시에 기존시설에 대한 효율성 증대방안으로 교통체계개선(TSM)방안에 대한 지속적이며 심도있는 연구가 요구된다.

2) 부산시 교통현황

현재 부산지역의 도로시설은 우리나라의 다른 대도시들에 비교하여 극히 미약하다. 1992년을 기준으로 볼 때 도로율에 있어서 부산지역은 서울의 18.5%, 대구 15.3%, 인천 14.7%에 비하여 현저하게 낮은 13.6%를 확보하고 있고, 또한 각 교통수단별 통행분담율을 보면 버스통행이 45.2%, 택시통행이 12.6%, 지하철통행이 7.7%, 승용차통행이 13.9%를 차지함으로써 버스가 주요 통행수단임을 보여주고 있으며, 특히 지하철의 이용률에 있어서는 서울의 경우에 21.2%를 차지하고 있는 반면에 부산의 경우에 겨우 7.7%에 그쳐 대중교통수단의 원활한 연계가 이루어지지 않고 있음을 알 수 있다.¹⁾

또한, 부산지역은 시청과 서면지역을 중심으로 도심을 형성하고 있고, 주요 관공서나 상업시설이 밀집되어 있어 교외지역으로부터 유출입 교통량이 집중되는 단핵구조로서, 대체도로망체계가 거의 미비하기 때문에 교통체증이 심화되고 있다. 더구나, 방사형의 구조를 갖춘 유럽 도시들과 미국처럼 격자형 구조를 갖춘 도시들이 일방통행제도(One Way System) 및 이면도로의 활용 등 효율적인 교통체계의 운영이 이루어지는데 반하여 부산지역의 경우 배산임해의 지형으로 남북방향으로 길게 뻗은 대상형 도시구조를 갖추고 있으면서 교통체계가 효율적으로 운영되지 못하고 있기 때문에 도로시설의 효율성이 저하되고 있다. 게다가, 국내 최대의 항만시설을 갖춘 부산지역에서는 1992년을 기준으로 세계 제 5위의 수출입 컨테이너 밀동량을 처리함으로써²⁾ 국가경제에 지대한 공헌을 하고 있으나 컨테이너 전용도로시설이 미비하기 때문에 상대적으로 많은 컨테이너

차량들이 도심을 통과하게 되어 부산지역의 교통체증을 한층 가중시키고 있다.

따라서, 본 연구에서는 위와 같은 상황에 처해 있는 부산지역의 주간선도로인 중앙로(시청에서 금정경찰서)를 중심으로 i) 간선도로의 가로 및 교차로의 통행특성을 파악하고, ii) 통행특성에 따른 통행체계, 도로체계, 신호체계 및 서비스수준(Level of Service, LOS)을 분석하며, 궁극적으로 iii) 최적의 도로체계 및 신호체계를 제시하는 것을 주요 연구목적으로 하여 보다 효율적인 간선도로의 교통체계를 구축하고자 한다.

3) 연구의 필요성

1992년 현재 부산지역의 도로 증가율이 연평균 3.2%인데 반하여 차량 증가율은 90년에서 91년 사이에 20.7%로써 도로 증가율에 비하여 차량 증가율이 훨씬 높으며³⁾ 특히, 부산의 주간선도로인 중앙로는 주요시설물이 밀집해 있어 출퇴근 시간의 출퇴근통행과 등하교통행, 오전시간과 오후시간의 상품구매통행 및 업무통행 등으로 전시간에 걸쳐 차량이 붐비고 있고, 중앙로 전 구간에 걸쳐 지하철이 통과함에도 불구하고 지하철 및 다른 교통수단과의 효율적인 연계가 이루어지지 않고 있으며, 도로상에서의 빈번한 공사와 시설 보수작업은 체증을 더욱 가중시키고 있다.

게다가, 대상간선도로인 중앙로는 부산지역의 중심부에 위치하여 타지역에 비해 토지비용이 상대적으로 높으므로 교통시설의 건설 및 확충에 많은 어려움을 안고 있다. 뿐만 아니라, 중앙로는 전구간이 18km로써 차선평은 25m에서 30m를 이루고 있으나 곳에 따라 1개의 차선평이 3.0m에서 우측차선의 경우 6.5m까지 일률적이지 못하고 교차로의 형태도 3지 교차로(3-Leg Intersection)에서 6지 교차로(6-Leg Intersection)까지 다양하므로 도로용량의 분석 및 효율적인 운영에 많은 장애가 되고 있고, 중앙로 전구간의 18km가

1) 부산직할시, "도로 교통 주요업무 및 통계자료", 1992. 12. p. 11

2) "CONTAINERISATION INTERNATIONAL YEAR BOOK", 1993. p. 6

3) 부산직할시, "도로 교통 주요업무 및 통계자료", 1992. 12. p. 20

간선도로를 중심으로 연동체제가 이루어지지 않아 연속적인 교통류 흐름에 지장이 되고 있다. 또한, 직진 방향과 회전 방향의 교통량에 대한 고려없이 신호주기 및 현시가 조정되어 대체적으로 회전 방향의 차선에 대한 집중적인 병목현상이 발생하는 계기가 되며, 중앙로 전구간에 걸쳐 지하철이 관통함에도 불구하고 대체도로가 미비하기 때문에 중앙로를 이용해야 하는 차량들로 심한 교통체증을 유발하고 있다.

그리고, 중앙로구간의 길이는 다른 간선도로에 비하여 노선길이가 상대적으로 길고, 부산지역의 핵심축으로서, 도심지역에서 발생하는 통행량의 60% 이상을 통과시켜야 하기 때문에⁴⁾, 중앙로상에서 발생하는 교통체증은 다른 간선도로로 급속도로 파급되지 않을 수 없다. 따라서, 주간선도로인 중앙로의 소통능력을 증대시키고 각 교차로상에서 접근 교통량에 대한 지체시간을 감소시킴으로써 간선도로 전체의 서비스수준(LOS)을 향상시키기 위해 중앙로에 대한 정확한 통행체계를 분석하여 이를 바탕으로 간선도로별 통행특성을 파악해야 하고, 중앙로상의 도로체계를 분석하여 도로폭의 재조정과 교통량에 따른 적절한 차선배정을 해야하며, 신호 교차로상의 회전 및 직진 교통량에 따른 신호주기 및 유효녹색시간의 조절을 통하여 신호체계를 개선하고 연동화를 실시할 필요가 있다.

4) 문헌 연구

이러한 교통체계개선(TSM)에 대한 외국의 예로서, 1986년 미국 연방도로국(Federal Highway Administration, FHWA) 연구보고서³⁾에서는 “대다수의 도시고속도로상에서 차량 정체의 60% 이상이 사소한 공사 혹은 시설보수활동 내지 기상 조건 등의 비순환체증(Non-recurring Congestion) 때문이다.”라고 하였으며, W. H. Kraft⁴⁾는 “고속도로를 이용하는 차량 5대중 1대가 차량을 함께 이용할 경우(Carpooling) 교통체증을 65%까지 감소시킬 수 있고, 또한 도심내 주요 간선도로상에

서 양방향 좌회전차선제(Two-Way Left Turn Lanes)를 실시하고 불법주차에 대한 단속을 강화함으로써 노상 주차차량에 의해 발생하는 교통문제를 최소화시키며, 교통신호체계를 최적화시킬 경우 도로시설 용량을 50%까지 증대시킬 수 있다.”고 함으로써 간선도로의 소통능력을 증대시키기 위해서는 통행체계개선, 도로체계개선 및 신호체계개선의 필요성을 역설하였다.

또한, W. H. Kraft⁴⁾는 “교차로상의 기하구조를 개선한다면 기존의 소통능력을 10-30% 정도까지 향상시키는 효과를 얻을 수 있다”라고 하였고, D. H. Rudberg⁵⁾는 “도심지역의 주요 교차로상에 좌회전 전용차선(Left-Turn Bays)을 설치한다면 도로용량을 20% 정도 증가시킬 수 있고, 교통사고율을 25-50% 정도 감소시킬 수 있다.”고 함으로써 교차로의 기하구조개선과 효율적인 도로설계 등의 도로체계개선이 소통능력 향상과 도로용량 증대를 가져와 평균지체시간 및 교통사고를 감소시키는데 효과적이라 보고하였다.

게다가, T. P. Folks와 Ren-Lin Chen⁶⁾은 “도로용량을 증대시키는 대신 차량통행을 규제함으로써 교통체증을 감소시키는 교통수요관리(Transportation Demand Management, TDM)방안은 교차로의 서비스수준을 향상시키는데 매우 효율적이다. 특히, 차량의 평균 승차율(Average Vehicle Ridership, AVR)을 증대시키면 시킬수록 교차로의 서비스수준은 한층 향상시킬 수 있다.”라고 했으며, N. L. Nihan, J. E. Davis와 L. N. Jacobson⁷⁾은 “다승객차량(High-Occupancy Vehicle, HOV) 제도란 간선도로상에서의 이동성은 계속 유지하면서 교통체증을 줄이려는 것을 목표로 하여 통행차량의 수보다는 통행인구의 수에 보다 역점을 두어 교통체계의 효율성을 증대시키려는 방안으로 통행량이 많고 접근로가 제한되어 있으며 출퇴근시간대에 주요 통행축으로 이용되는 간선도로에 대해서는 매우 유효 적절하다.”고 함으로써 신뢰성있는 도로체계분석 및 통행체계분석의 필요성을 강조하였다.

4) 교통개발연구원, “부산직할시 주차장정비계획”, 1991. 1.

한편, 1988년 ITE 위원회 (Institute of Transportation Engineers Technical Council Committee)의 종합보고서⁽⁹⁾에서는 “신호 교차로에 접근하는 과도한 차량의 대기행렬을 줄이는 가장 간단한 방법은 녹색신호시간비(green-to-cycle-length ratio, G/C)를 증가시키는 것이다.”라고 했으며, A. K. Rathi와 E. B. Lieberman⁽⁹⁾은 “교통신호시간(특히, 유효녹색시간)을 적절히 조절하면 통행체계를 39.9% 정도 감소시킬 수 있고, 교통량을 7.1% 정도 증대시킬 수 있다.”고 하였으며, J. Z. Luh와 W. G. Lothian⁽¹⁰⁾은 “교차로상에서 신호 연동화가 잘 이루어지지 않을 경우는 지체시간이 85% 정도까지 증가하는 반면 신호 연동화가 잘 이루어질 경우에는 지체시간이 60% 정도까지 감소될 수 있다.”라고 함으로써 신호주기 및 유효녹색신호시간의 적절한 조절과 교차로간의 연동화를 통한 신호체계개선이 교차로상에서의 교통류 소통에 많은 영향을 미치고 있다는 것을 보여주었다. 특히, 신호체계개선의 예로 중국 쉐젠(Shenzhen, China)⁽¹¹⁾에서는 신호최적화 프로그램인 TRANSYT-7F를 이용하여 신호교차로의 신호주기를 조절하였는데 통행시간과 지체시간이 각각 3.5%와 2.7% 정도 감소되고 주행 속도가 5% 정도 증가하는 효과를 보였다.

따라서, 부산지역에서도 간선도로의 교통체증을 완화시키기위해 이미 외국에서 적극이용하고 있는 교통체계개선(TSM)방안중 날로 증가하는 교통수요에 대처하고 차량소통을 원활히 하기 위해서는 간선도로별 통행체계를 개선하고 기하구조 개선 및 도로설계에 의하여 도로체계를 개선하며, 신호주기 및 현시의 조정과 연동화를 시킴으로써 신호체계를 효율적으로 개선하는 등 부산지역의 여건에 적합한 TSM 방안을 확대하여 지속적으로 실시한다면 교통문제 해결에 상당한 효과를 기대할 수 있다.

II. 연구내용 및 방법

일반적으로 도로의 소통현황은 가로 및 교차로

의 서비스수준(LOS)과 교차로 접근 교통량의 평균지체시간(Average Delay Time)으로 나타내는데, 보다 정확한 분석을 위해서는 신뢰성있는 현황조사가 이루어져야 한다.

그러므로, 본 연구에서는 중앙로 18km구간에서 유출입 교통량의 변화가 심하고 핵심 교차로라고 생각되는 A 교차로(시청앞 교차로), B 교차로(동아일보사앞 교차로), C 교차로(정발장군동상앞 교차로), D 교차로(좌천동 교차로), E 교차로(범내골 교차로), F 교차로(서면 교차로), G 교차로(송상현장군동상앞 교차로), H 교차로(양정 교차로), I 교차로(연산 교차로), J 교차로(교대앞 교차로), K 교차로(동래 교차로), L 교차로(온천장 교차로), M 교차로(부산대앞 교차로), N 교차로(금정경찰서앞 교차로) 등 14곳을 선정하였다. 그리고, 대상 교차로의 교통량 체계를 분석하기 위하여, 우선적으로 A 교차로(시청앞 교차로)와 D 교차로(좌천동 교차로), E 교차로(범내골 교차로)와 G 교차로(송상현장군동상앞 교차로), H 교차로(양정 교차로)와 K 교차로(동래 교차로) 사이의 3곳을 자료조사지점으로 선정하고 비데오 관측기법(Videologging System Techniques)을 이용하여 시간대별/차종별/방향별 분포에 따라 가로교통량을 수집하였다.

수집된 가로교통량을 바탕으로 중앙로상의 첨두시간대(Peak-time Periods)를 결정하였으며, 결정된 첨두시간대를 중심으로 대상 교차로의 첨두교통량(Peak Time Traffic)을 수집함으로써 교통량 체계의 분석자료를 준비하였다. 또한, 대상 간선도로 및 교차로의 기하구조 현황을 면밀히 조사하여 도로체계분석의 자료를 마련하였으며, 대상 신호교차로상에서 신호주기(Cycle Length) 및 현시(Phase)를 반복 관측하여 신호체계분석을 위한 자료를 준비하였다.

한편, 교통량체계, 도로체계 및 신호체계에 관한 현황자료를 바탕으로 신호체계 최적화 프로그램인 TRANSYT-7F를 이용하여 현황을 분석하고, 그 현황분석을 중심으로 각각 독립교차방식(Isolated Signal System) 및 연동교차방식(Progressive Signal System)에 의해 최적의 현황교통

체계를 구축하였다. 또한, 기하구조개선을 통하여 도로체계의 효율성을 증대시키고 이를 바탕으로 역시 독립교차방식과 연동교차방식에 의한 최적의 개선교통체계를 수립하여 각 차선별 v/c ratio (volume-to-capacity ratio) 및 지체수준(Delay Level)을 산정하였고, 분석된 결과를 바탕으로 각각의 평균지체시간 감소율을 비교함으로써 최적의 교통체계 및 서비스 수준을 추구하였다.

1) 교통량체계분석

연구 대상 간선도로상의 교통량 특성을 파악하기 위하여 일주일 중 유출입 교통량의 변화가 적은 날인 화, 수, 목 3일을 선택하여 A 교차로(시청앞 교차로)와 D 교차로(좌천동 교차로), E 교차로(범내골 교차로)와 G 교차로(송상현장군동상앞 교차로), H 교차로(양정 교차로)와 K 교차로(동래 교차로) 사이의 3곳을 가로교통량 자료 조사지점으로 선정하였으며, 07:00시에서 19:00시까지 매 15분 단위로 12시간을 조사하였다. 기상상태를 고려하여 비가 오는 날은 제외하였으며 공휴일 및 국경일은 통행의 형태 및 유출입 교통량에 상당한 차이를 보이기 때문에 해당일과 그 전후의 날도 제외하였다. 그리고, 신뢰성있는 자료수집을 위하여 비데오 관측기법(Videolog-

ging System Techniques)을 사용하였으며 교통량 분석은 차종별, 시간대별, 방향별로 분류하여 그에 따른 중차량 조정계수(Heavy Vehicle Factor, HVF)를 감안하여 승용차 환산계수(passenger car unit, pcu)를 산정해 첨두시간을 산출하였다. (참조 Table 4.1)

Table 4.1 Adjustment Factor for Heavy Vehicles, HVF

Types of Vehicle	Passenger Car	Taxi	Van	Truck	Bus	Bike	Special Car	Container
HVF	1	1	1.5	2.5	2	0.5	2.5	4

특히, 화물차량의 통행이 제한되는 출퇴근 시간대 차량의 특성은, 아침 출근시간에는 S 방향(South Bound), 즉 동래에서 시청방향의 통행이 N 방향(North Bound), 시청에서 동래로 향하는 방향의 통행량에 비하여 상대적으로 많았으며, 그에 반하여 퇴근시간에는 N 방향으로 도심을 빠져나가는 차량이 많아 양방향 교통량 사이에 심한 불균형현상을 보였다. 그리고, 화물차량의 통행이 허용되는 낮시간대에는 양방향으로 차량 통행이 균형을 이루어 관측지점의 오전 첨두시간대는 10:00에서 12:00시, 오후 첨두시간대는 15:00시에서 17:00시 사이가 되었다. 이 때의 가로

Table 4.2 Roadway Traffic Volume Distribution depending upon Time

(unit : pcu)

Time	A-D		E-G		H-K		Total(%)
	N Bound	S Bound	N Bound	S Bound	N Bound	S Bound	
0700-0800	1,658	2,149	2,178	3,728	1,713	2,579	14,005 (8.17)
0800-0900	2,648	3,105	2,714	4,010	2,019	2,936	17,332 (10.12)
1000-1100	2,939	3,099	3,963	3,072	2,602	2,564	18,239 (10.65)*
1100-1200	3,009	2,876	3,942	3,070	2,405	2,528	17,930 (10.47)
1230-1330	2,777	2,620	3,852	2,913	1,978	2,358	16,498 (9.63)
1330-1430	3,083	2,735	4,118	2,943	2,078	2,526	17,483 (10.21)
1500-1600	3,287	3,157	4,091	2,863	2,367	2,367	18,158 (10.60)*
1600-1700	3,162	3,024	4,176	3,096	2,300	2,250	18,008 (10.51)
1700-1800	3,011	2,723	2,998	3,578	2,159	2,218	16,687 (9.74)
1800-1900	3,113	2,615	3,213	3,694	2,049	2,217	16,901 (9.87)
Total	28,687	28,203	35,245	32,967	21,696	24,443	171,069(100.00)

교통량을 pcu로 환산하면 양방향 합하여 약 4,500 pcu-6,000pcu였는데, 이것은 관측시간 전체 교통량의 각각 10.65%와 10.60%를 점유하고 있는 것으로 나타났다. (참조 Table 4.2)

그리고, 양방향 교통량을 고려할 때 첨두 1시간 교통량은 10:00시에서 11:00시와 15:00시에서 16:00시 사이로 나타났고, 단방향만을 고려할 때는 08:00시에서 09:00시 사이의 S 방향 교통량이 첨두 1시간 교통량으로 나타남으로써 양방향과 단방향의 첨두 1시간 교통량에는 상당한 차이가 있음을 알 수 있었다. (참조 Fig. 4.1)

그리고, 대상 간선도로의 양방향 교통량을 고려한 첨두시간대는 07:00시에서 09:00시와 17:00시에서 19:00시의 출퇴근시간대가 아니고, 상품구매통행과 업무통행이 주를 이루는 10:00시에서 12:00시와 15:00시에서 17:00시로 나타났는데 그것은 출퇴근시간대에는 단순히 승용차, 택시 그리고 시내버스가 주를 이룬 반면, 첨두시간대에는 승용차와 택시통행의 증가와 더불어 대형차량들의 비율이 상대적으로 증가하였다는 것이 첨두시간대의 결정에 상당한 영향을 미친 것으로 생각된다. 더구나, 간선도로 구간의 첨두시간계수(Peak Hour Factor, PHF)는 거의 0.9가 넘는 것으로 나타나 교통량이 첨두 1시간동안에 걸쳐 거의 같은 수준으로 통과함을 보여주고 있다. (참조 Table 4.3)

$$PHF = V / (4 \times V_{15}) \dots\dots\dots (4-1)$$

여기에서,
PHF ; 첨두시간계수

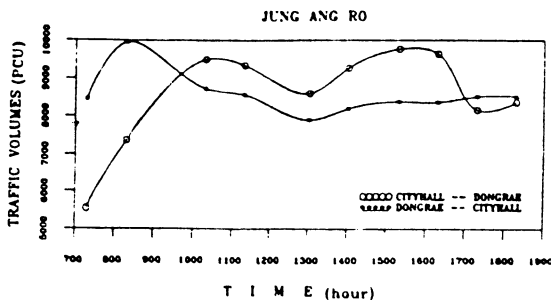


Fig. 4.1 Roadway Traffic Volume
Collection @ hhu

V ; 첨두 1시간 교통량(대/시)

V₁₅ ; 첨두 15분 교통량(대/15분)

Table 4.3 Peak Hour Factor(PHF) Depending Upon Roadway Traffic

Node Interval	Peak Hour Factor(PHF)	
	AM 10:00-11:00	PM 03:00-04:00
A-D	0.919	0.920
E-G	0.978	0.954
H-K	0.975	0.963

또한, 교차로 첨두교통량의 결정을 위하여, 가로교통량 첨두시간을 기준으로 대상 교차로의 교통량분석을 하였다. 교차로 교통량 분석도 가로교통량 분석과 마찬가지로 일주일 중 유출입 교통량의 차이가 적은 날인 화, 수, 목 3일을 선택하여 관측하였으며, 오전 오후로 나누어 1시간을 계속 관측하였다. 이 때의 교통량은 대상교차로마다 차이는 있지만 대체로 7,400pcu-10,000pcu의 유출입 교통량이 발생하는 것으로 나타났다.

그리고, 첨두 15분을 선택하여 그 교통량을 관측지점의 첨두교통량으로 간주하고 4를 곱하여 1시간 교통량으로 선택하였으며, 교차로 교통량의 첨두시간계수는 거의 가로교통량 첨두시간계수와 흡사했다.

2) 도로체계분석

중앙로 전구간은 약 18km로써 차선폭은 25m에서 30m까지 구간에 따라 차이는 있지만 거의 1개의 차선폭이 3.0m에서 3.6m를 이루고 있으며, 이상적인 한 차선의 폭이 HCM(Highway Capacity Manual)에서 3.6m로 간주하는데 반하여 중앙로 구간의 1개 차선폭은 대체로 3.2m인 좁은 차선폭으로 차량통행에 지장을 초래하고 있다. 그리고, 우측차선은 교차로에 따라 4.5m에서 6.0m의 차선폭을 유지함으로써 도로상황에 비하여 차선당 용량을 감소시키는 결과를 빚고 있다. 특히, G 교차로의 경우 F 교차로 및 H 교차로에서 접근하는 차선폭이 거의 동일한데도 불구하고 F 교차로에서 접근하는 차선은 8차선인데 반하여 H 교차로

에서 접근하는 차선은 6차선으로 되어 있으며, I 교차로의 경우 J 교차로에서 서면으로 향하는 차선은 우회전 차선폭이 6.5m로 직진차선 폭이 대체적으로 3.0m에서 3.5m에 비하여 거의 두배를 나타내고 있다. 또한 교차로 형태는 G 교차로의 3지 교차로(3-Leg Intersection)에서 I 교차로의 6지 교차로(6-Leg Intersection)까지 다양하게 분포하고 있으며, 이로 인하여 효율적인 교차로 운영 및 도로용량 설계에 많은 지장을 초래하고 있다. 도로용량의 산정은 기본적으로 기하구조개선을 하지 않은 상태에서 교차로에 접근하는 차선에 의하여 현황을 설계하였고, 그 후 각 교차로에서 기하구조개선을 한 차선(Link)에 한하여 25% 정도의 가중치를 주는 것과 동시에 지체가 많이 일어나는 좌회전 차선에 대하여 차선을 변경하여 도로용량을 증대시키고, 직진 및 우회전 차선을 효율적으로 운용하므로써 최적의 개선 교통체계를 분석하였다. 교차로상의 도로용량 설계는 HCM(Highway Capacity Manual)의 기준에 따라 계산하였으며, 차선당 포화 교통류(saturation flow rates)는 1개의 차선폭을 3.6m로하여 직진차선 1800vph, 회전차선 1600vph, 겸용차선 2400vph를 원칙으로 하고, 겸용우선차선(Primary Link)은 1600vph, 보조차선(Secundary Link)은 800vph로 적용하였다. 그리고, 겸용 혹은 보조 차선의 구별은 노면 표시를 전적으로 의존하였고 단지 교차로상의 중복 회전차선의 경우 기본용량을 분할하여 사용하였다.

$$s = s_0 N f_w f_{HV} f_g f_p f_{bb} f_a f_{RT} f_{LT} \dots \dots \dots (4-2)$$

여기에서,

- s ; 포화 교통류(vphg)
- s₀ ; 기본 포화 교통류(1,800 pcphgpl)
- N ; 분석 대상, 이동류의 차선수
- f_w ; 차선폭 보정계수
- f_g ; 구배 보정계수
- f_p ; 주차 보정계수
- f_a ; 용지활용 보정계수
- f_{bb} ; 버스 정류장 방해 보정계수
- f_{HV} ; 중차량 보정계수

f_{RT} ; 우회전 보정계수

f_{LT} ; 좌회전 보정계수

정확한 분석을 위해서는 위의 보정계수를 모두 고려해야 하지만, 본 연구에서는 차선폭, 노면상태 그리고 중차량에 대한 보정계수만을 고려하여 산출하였다. 특히, 현황분석에서는

$$U = U' \times \frac{B}{L} \dots \dots \dots (4-3)$$

여기서는,

U ; 적용 포화 교통류

U' ; 기본 포화 교통류

B ; 차선폭

L ; 기본 차선폭 (3.6m)

으로 계산하였으며 기하구조개선을 고려한 차선에 대해서는 W. H. Kraft⁽⁴⁾의 연구결과에 의거하여 25%의 가중치를 주어서 현황과는 달리 다음과 같이 도로용량을 산출하였다.

$$U = U' \times \frac{B}{L} \times 1.25 \dots \dots \dots (4-4)$$

이처럼 현황 및 최적의 개선 교통체계를 수립할 경우 다음과 같은 결과를 얻을 수 있다.

- 1) A 교차로는 S 방향의 좌회전차선이 교통량에 비하여 차선할당이 적어 직진차선보다 지체가 많이 발생하기 때문에, 좌회전에 2개의 차선을 할당했던 것을 직진 좌회전 겸용차선으로 한 차선 더 할당함으로써 좌회전 도로용량이 증가되고 직진용량이 감소하였지만 교차로 평균 지체가 18% 정도 감소하는 것으로 나타났다. B 교차로는 S 방향의 좌회전차선이 A 교차로와 흡사하여 좌회전용량을 증가시키면 45%의 지체가 감소하는 것으로 나타났고, C 교차로는 N 방향의 우회전우선차선을 직진우회전겸용차선으로 변경시킴으로써 15%의 지체감소가 생겼고, D 교차로의 경우도 S 방향의 좌회전차선 용량을 증가시킴으로써 21% 정도의 지체감소를 보았다. 2) E 교차로는 차선 변경없이 교차로에 접근하는 도로의 기하구조개선만으로도 교차로 평균 6%의 지체감소효과를

나타내었다. F 교차로, I 교차로와 J 교차로의 경우도 E 교차로와 마찬가지로 교차로에 접근하는 도로의 기하구조개선을 할 경우 각각 11.5%, 27%와 42.5%의 지체감소효과를 보았으며, K 교차로의 경우는 직진지하도로가 있어 지상의 경우는 직진차선을 대폭 줄임으로써 27%의 지체감소효과가 있는 것으로 나타났다. 3) L 교차로의 경우 능률차선제를 실시하여 N-S 방향의 접근 유입 교통량의 차선(Upstream)은 4차선이고 N-S 방향의 유출교통량의 차선(Downstream)은 3차선으로 되어 있는데, 그 중 우회전 전용차선에는 우회전 교통량이 미소하므로 직진 및 우회전 겸용차선으로 전환하였을 경우, 60% 정도의 지체감소효과를 얻을 수 있었다. M 교차로의 경우에도 L 교차로와 마찬가지로 능률차선제가 이루어지고 있고 상황이 흡사하여 직진 및 우회전 겸용차선을 직진 우선차선으로 전환하였을 경우 37%의 지체감소효과가 나타났다. 그리고, N 교차로의 경우에는 E 방향의 직진 및 우회전 겸용차선을 직진 우선차선으로 변경하고 E 방향의 직진 및 좌회전 겸용차선을 좌회전 전용차선으로 변경함으로써 10%의 지체감소를 나타냈다.

대체적으로 대상 교차로상의 좌회전 교통량의 비율을 고려하여 볼 때, 좌회전 교통량이 이 직진 교통량에 비하여 상대적으로 많은 반면 배정된 차선이 부족하여 좌회전용량을 증가시킴으로써 지체가 많이 감소하였고, 기하구조개선과 차선변경을 동시에 고려할 경우 중앙로상의 14개소 독립교차로에 대하여 평균 26.6%의 지체감소효과를 볼 수 있었으며, 연동화를 실시할 경우 현황의 10% 정도 평균지체가 감소하였다. 이것은 간선도로를 중심으로 도로 우측차선에 상주하고 있는 불법 주정차 차량들로 인한 일시적인 병목현상과 유출입통행량(Mid-Block Traffic Volumes)의 변동폭이 상대적으로 크기 때문에 나타나는 결과로 생각된다. 그러므로, 간선도로의 각 교차로에 대한 기하구조를 조사하여 변화하는 교통량에 알맞게 적절히 변경 및 재설계하므로써 지속적으로 최적의 상황을 유지하는 것이 지체시간감소 및 도로 서비스 수준의 증가에 많은 영향을 미칠 것

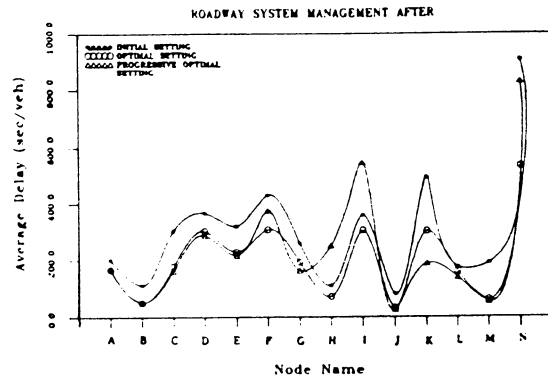


Fig. 4.2 Difference in Average Delay Time after RSM (sec/veh)

으로 생각된다. (참조 Fig. 4.2)

3) 신호체계 분석

대상 교차로의 신호체계를 분석하기 위하여 이미 언급한 침투교통량과 교차로의 기하구조를 중심으로 신호주기(Cycle Length) 및 현시(Phase)에 대하여 관측해 본 결과, 교차로의 기하구조 및 교통량 흐름에 따라 현시도는 J 교차로의 2현시와 I 교차로의 5현시 형태를 취하고 있었고 신호주기는 160sec와 240sec사이를 유지하고 있었으며, 대상 교차로 각각의 신호주기와 현시를 고려하여 현황 및 최적상황과 연동화를 실시해 본 결과 다음과 같은 결과를 도출하였다.

1) A 교차로의 침투시간 신호주기와 현시는 160sec, 3현시이고, N-S 방향(Bound)의 직진교통량(Thru Traffic)과 W 방향의 좌회전교통량(Left-Turn Traffic)의 집중으로 녹색신호시간(Green Time)이 상대적으로 높게 배정되어 있었으며 현시별로 각각 4sec의 황색신호시간(Yellow Time)을 유지하고 있었는데, 기존의 현시에서 신호주기를 164sec로 유지하고 N-S 방향의 직진교통량과 S 방향(Bound)의 좌회전교통량에 대한 녹색신호시간을 증가시키고 W 방향의 좌회전 녹색신호시간을 다소 감소시킬 경우, 17%의 지체감소효과를 볼 수 있었다. 2) B 교차로는 200sec의 신호주기 및 3현시로 운영되고 N-S 방향의

직진교통량의 집중으로 녹색신호시간이 상대적으로 높게 조정되어 있었으며, A 교차로와 마찬가지로 각 현시별로 각각 4sec의 황색신호시간을 유지하고, 신호주기를 189sec로 유지해서 직진 교통량에 대한 녹색신호시간을 감소시키는 반면 S 방향과 W 방향의 좌회전 녹색신호시간을 증가시킬 경우 지체가 35% 정도 감소하였다. 3) C 교차로는 5지 교차로(5-Leg Intersection)로 신호주기는 A 교차로와 마찬가지로 160sec였으나, 5현시로 운영되고 N-S 방향의 직진교통량이 집중되어 있어 직진방향의 녹색신호시간이 상대적으로 높게 조정되어 있었으며, 각 현시별로 각각 4sec의 황색신호시간을 유지하고 있었다. 그러나, 이곳의 신호주기를 300sec로 상향조정하고 직진 교통량에 대한 녹색신호시간을 더욱 증가시킬 경우 27.5%의 지체감소가 일어났다. 4) D 교차로는 200sec의 신호주기와 4현시로 운영되고 N 방향의 우회전교통량과 N-S 직진방향의 교통량이 많은 관계로 녹색신호시간이 상당히 높게 조정되어 있었다. 이곳도 신호주기를 300sec로 증가시키고 S 방향의 좌회전 신호시간을 현상태로 유지시킨 채, N 방향의 우회전 녹색신호시간을 증가시킬 경우 20%의 지체감소효과를 얻을 수 있었다. 5) E 교차로의 경우는 240sec의 신호주기와 5현시로 운영되고, N-S 방향의 교통량이 많아 녹색신호시간이 상당히 높게 조정되어 있으며, 좌회전 신호시 비보호신호가 있었다. 이곳은 6지 교차로(6-Leg Intersection)이지만 접근로(Approach) 한곳이 주차장으로 활용되어 5지 교차로(5-Leg Intersection)와 같은 상황이다. 여기에서, 현 신호주기를 180sec에서 258sec로 증가시키고 N-S 방향의 직진교통량에 대한 녹색신호와 E-W 방향의 녹색신호시간을 증가시킬 경우 지체는 28% 정도 감소하게 됐다. 6) F 교차로의 경우 신호주기는 240sec로 유지되고 W 방향 즉, G 교차로에서 접근하는 교통량의 녹색신호시간이 높게 조정되어 있음에도 불구하고 이 방향의 교통량이 많은 관계로 신호주기를 250sec로 증가시키고 W 방향의 녹색신호시간을 더 증가시킬 경우 24%의 지체감소효과를 볼 수 있었다. 7) G 교차로의 경우

는 S 방향의 차선에서 군부대로 향하는 8sec가량의 좌회전신호가 있는데, 신호주기를 200sec에서 216sec로 조절하고 군부대로 향하는 좌회전방향의 녹색신호시간을 줄이며 N-S 방향의 직진 교통량에 대한 녹색신호시간을 증가시키면 26%의 지체감소효과를 볼 수 있었다. 8) H 교차로는 170sec의 신호주기와 3현시로 운영되고, 3현시 녹색신호시간이 거의 동일하게 배정되어, 신호주기를 190sec로 상향조정하고 N-S 방향의 직진 교통량과 W 방향의 직진 및 좌회전 교통량에 대한 녹색신호시간을 증가시킬 경우 19%의 지체감소효과를 얻을 수 있었다. 9) I 교차로는 6지 교차로(6-Leg Intersection)로 170sec의 신호주기와 5현시를 이루고 있으며, N-S 방향의 직진 교통량에는 녹색신호시간이 높게 조정되어 있고 NE, SW 방향의 현시에는 녹색신호시간이 상대적으로 낮게 조정되어 있다. 그러므로, 신호주기를 203sec로 증가시키고 교통량에 따라 S 방향의 녹색신호시간을 낮추고 NE, N, SW 방향의 교통량에 대한 녹색신호시간을 다소 증가시키면 지체를 12% 정도 감소시킬 수 있었다. 10) J 교차로는 160sec의 신호주기와 2현시로 운영되고, N-S 방향의 직진 녹색신호시간이 W 방향의 좌회전 녹색신호시간보다 4배 가까운 녹색신호시간을 점하고 있다. J 교차로의 경우는 직진 및 회전에 대한 녹색신호시간 비율은 유지한 채 신호주기를 211sec로 증가시키면 29%의 지체감소효과가 있었다. 11) K 교차로는 직진 지하 차선이 있는 관계로 직진교통량의 녹색신호시간보다는 회전방향교통량에 대한 녹색신호시간이 많게 조정되어 있다. 현 상황의 신호주기를 160sec에서 200sec로 증가시키고 회전방향에 대한 녹색신호시간을 증가시킬 경우 16%의 지체감소효과가 있었다. 12) L 교차로는 170sec의 신호주기와 3현시로 운영되고 있으며 회전교통량이 직진교통량에 비하여 작으므로, 신호주기를 282sec로 증가시키고 N-S 직진교통량에 대한 녹색신호시간을 2배 가까이 증가시킬 경우 지체가 42% 정도 감소했다. 13) M 교차로의 경우는 160sec의 신호주기와 4현시로 운영되고 있으며, 신호주기를 202sec로 증가시키고 N-S

방향의 직진교통량에 대한 녹색신호시간을 증가시킬 경우 70% 정도까지 지체가 감소하였다. 14) N 교차로는 200sec의 신호주기와 5현시로 운영되고 있으며, 신호주기를 282sec로 증가시키고 N-S 방향의 직진교통량에 대한 녹색신호시간을 낮추는 대신 E 방향의 녹색신호시간을 대폭 증가시킬 경우 34%의 지체감소효과가 있었다.

이와 같이, 첨두시간대의 신호주기가 대개 160 sec에서 240sec로 운영되고 있으므로 신호주기를 전반적으로 재조정하고 교통량에 맞는 녹색신호시간의 조정 및 유지가 지속적으로 이루어진다면 신호체계 개선만으로도 평균 28.5%의 지체감소효과가 있고 그로 인하여 차량소통은 증가하고 체증은 완화될 것으로 예상된다. 그리고, 연동화를 실시할 경우, 현황보다 20%의 지체감소효과가 나타났다. (참조 Fig. 4.3)

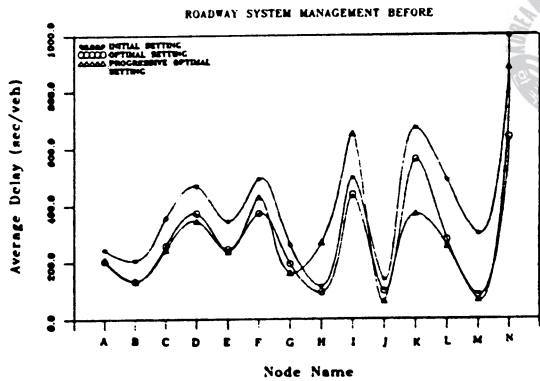


Fig. 4.3 Difference in Average Delay Time before RSM (sec/veh)

IV. 교차로 LOS 분석

일반적으로 교차로의 LOS 분석에는 i) v/c ratio (volume-to-capacity ratio)에 의한 비교나 가) 평균지체시간(Average Delay)에 의한 비교 등을 들 수 있다.

1) v/c ratio에 의한 비교방법

교차로 분석의 기초적인 지표이고 가로나 교차

로의 소통능력을 직접적으로 나타내는 방법으로 v/c ratio (교통량과 교통용량의 비)가 사용된다. 특히, 도로의 교통용량(Capacity)은 포화 교통량(Saturation Flow)과 신호운영체계에 의하여 결정되고 포화 교통량(Saturation Flow)의 경우에는 도로의 차선수(Number of Lanes), 도로의 경사도(Grades)등 도로여건과 대형차량(Heavy Vehicles)의 혼재율에 따라 상당한 차이를 보이고 있는데, 이런 조건을 모두 고려한 상태에서 교통용량(Capacity, c_i)과 포화 교통량(Saturation flow, s_i)과의 관계는 다음과 같다.

$$c_i = s_i \times (g/C), \dots\dots\dots (4-5)$$

여기에서,

c_i = 차선군, 접근로 i의 교통용량

s_i = 차선군, 접근로 i의 포화 교통류

$(g/C)_i$ = 차선군, 접근로 i의 녹색신호시간비

따라서, 교차로상의 각 차선군(Lane Group)이나 또는 접근로(Approach)상에서의 v/c ratio(X_i)는 다음과 같다.

$$X_i = (v/c)_i = v_i [s_i \times (g/C)_i] \dots\dots\dots (4-6)$$

$$X_i = v_i C / s_i g_i = (v/s)_i / (g/c)_i \dots\dots\dots (4-7)$$

여기에서,

X_i = 차선군, 접근로 i의 v/c ratio

v_i = 차선군, 접근로 i의 교통량

s_i = 차선군, 접근로 i의 교통류

g_i = 차선군, 접근로 i의 유효녹색신호시간

게다가, 신호교차로 분석에 있어서 교차로 용량의 효율성 개념의 critical v/c ratio(X_c)는 교차로 전 차선군(Lane Group)이나 접근로(Approach)상에서의 전반적인 v/c ratio로서 다음과 같다.

$$X_c = \sum_i (v/s)_{c_i} \times [C/C - L] \dots\dots\dots (4-8)$$

여기에서,

X_c = 교차로의 critical v/c ratio

$\sum_i (v/s)_{c_i}$ = 임계 차선군, 접근로 i의 교통류 합

C = 신호주기

L = 신호주기당 총 손실시간 ; computed as the sum of "start-up" and change interval lost time minus the portion of the change interval used by vehicles for each critical signal phase.

X = 포화도

V = 차선당 교통량

T = 입력자료 교통량 형태를 나타내는 시간 (일반적으로 60분)

2) 평균지체시간(Average Delay)에 의한 비교 방법

평균지체시간(Average Delay)의 비교를 통한 교차로의 LOS 분석에는 Webster Model, TRANSYT-7F Model, HCM Model, QUEUEING Model 등이 있을 수 있으나, 본 연구를 위해서는 TRANSYT-7F모형을 사용한 Computer Program에 의해서 지체시간을 산출하였다. 특히, TRANSYT-7F모형을 이용한 교차로의 지체시간에는 교차로의 대기행렬로부터 산출되는 Uniform Delay(d_u)와 차량의 임의 도착 및 포화상태로 인한 Random Delay(d_r)로 구성되어 있으며 총 지체시간(Total Delay, D)은 다음과 같다.

$$D = d_u + d_r \dots\dots\dots (4-9)$$

$$d_u = \frac{c}{3600N^2} \sum_i^N m_i \dots\dots\dots (4-10)$$

여기에서,

- D = 총 지체시간(veh-hr/hr)
- d_u = 균등 지체시간(veh-hr/hr)
- C = 신호주기(초)
- m_i = t시간 동안 차량대기행렬
- N = 신호주기당 step수

계다가

$$d_r = \left[\left(\frac{B_n}{B_d} \right)^2 + \frac{X^2}{B_d} \right]^{1/2} - \frac{B_n}{B_d} \dots\dots (4-11)$$

여기에서,

- d_r = 임의 지체시간
- $B_n = 2(1-X) + XZ$
- $B_d = 4Z - Z^2$
- $Z = (2X/V) \times 60/T$

따라서, 대상 교차로상의 v/c ratio의 분석결과에 따르면 v/c ratio가 1.0이상인 차선의 경우에는 차선의 소통능력이 낮은 차선으로 간주하여 방향별 차선계획을 다시 검토하거나 차선용량을 확충할 계획을 다시 수립해야 하고, 또한 Average Delay(평균지체시간)의 분석결과에 따르면 평균지체시간이 약 78sec를 초과하는 차선에 대해서도 마찬가지로 최악의 LOS를 갖는 차선으로 간주하여 전반적인 도로 및 차선계획을 다시 수립해야 하며, 교통체계개선(Transportation Systems Management, TSM)방안에 대한 계획도 이 결과에 따라 수립되어야 한다.

3) 교차로 LOS 분석결과

① 현황 분석(Initial Setting)

Node Name	Traffic Volume (PCU/hr)	X=v/c ratio	Average Delay on the Node
A	9,684	96.3	245.5
B	7,612	84.0	206.7
C	8,592	104.2	354.6
D	10,288	106.5	463.0
E	10,344	93.9	343.1
F	8,548	95.7	489.2
G	10,496	87.2	262.1
H	7,928	63.8	117.3
I	8,252	112.0	494.3
J	9,468	103.8	140.4
K	8,028	126.8	670.4
L	8,064	87.5	485.4
M	6,310	66.9	298.1
N	8,692	149.7	994.7

② 최적화 분석(Optimal Setting)

Node Name	Traffic Volume (PCU/hr)	X=v/c ratio	Average Delay on the Node
A	9,684	104.3	203.7
B	7,612	79.6	133.7
C	8,592	155.7	257.3
D	10,288	127.6	371.6
E	10,344	113.6	247.2
F	8,548	106.1	372.4
G	10,496	87.2	193.6
H	7,928	67.8	94.9
I	8,252	110.5	435.5
J	9,468	96.0	99.6
K	8,028	103.3	561.9
L	8,064	118.4	278.1
M	6,310	74.0	84.8
N	8,692	140.3	636.0

④ 기하구조 개선 현황분석(Initial Setting Under RSM)

Node Name	Traffic Volume (PCU/hr)	X=v/c ratio	Average Delay on the Node
A	9,684	88.4	201.8
B	7,612	66.1	113.4
C	8,592	99.6	305.3
D	10,288	94.7	367.9
E	10,344	89.3	321.8
F	8,548	84.8	433.3
G	10,496	87.0	262.1
H	7,928	61.5	112.5
I	8,252	93.5	359.9
J	9,468	88.2	82.2
K	8,028	97.6	492.0
L	8,064	77.4	176.8
M	6,310	65.7	190.7
N	8,692	124.0	905.9

③ 연동 최적화 분석(Progressive Optimal Setting)

Node Name	Traffic Volume (PCU/hr)	X=v/c ratio	Average Delay on the Node
A	9,684	98.5	210.9
B	7,612	74.0	134.9
C	8,592	174.7	244.2
D	10,288	115.0	343.5
E	10,344	105.9	237.0
F	8,548	122.9	428.4
G	10,496	88.4	162.6
H	7,928	89.2	270.5
I	8,252	148.6	651.5
J	9,468	96.0	62.4
K	8,028	103.7	371.8
L	8,064	109.5	255.5
M	6,310	72.2	67.5
N	8,692	276.6	888.0

⑤ 기하구조개선 최적화분석(Optimal Setting Under RSM)

Node Name	Traffic Volume (PCU/hr)	X=v/c ratio	Average Delay on the Node
A	9,684	92.8	166.0
B	7,612	61.3	52.3
C	8,592	98.1	178.4
D	10,288	105.0	305.3
E	10,344	116.0	231.5
F	8,548	116.0	310.3
G	10,496	88.2	193.6
H	7,928	64.6	73.9
I	8,252	84.5	307.4
J	9,468	83.2	34.3
K	8,028	97.0	303.6
L	8,064	85.8	161.9
M	6,310	69.7	63.5
N	8,692	102.7	530.9

⑥ 기하구조개선 연동최적화분석(Progressive Optimal Setting Under RSM)

Node Name	Traffic Volume (PCU/hr)	X=v/c ratio	Average Delay on the Node
A	9,684	89.3	171.1
B	7,612	59.9	53.7
C	8,592	99.5	162.5
D	10,288	96.3	290.8
E	10,344	106.7	217.7
F	8,548	106.8	376.6
G	10,496	88.0	164.2
H	7,928	84.6	254.2
I	8,252	124.5	546.4
J	9,468	83.0	27.1
K	8,028	97.9	188.8
L	8,064	85.5	139.1
M	6,310	68.6	56.1
N	8,692	217.5	826.8

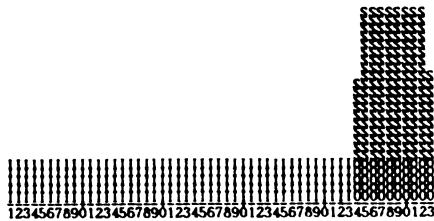
특히, 교통량 흐름도에서 I는 적색신호시간에 도착하는 차량수를, S는 적색신호시간에 누적된 차량이 녹색신호시간에 출발하는 차량수를 나타내고 있고, O는 녹색신호시간에 도착하는 차량수를 각각 나타내며, 좌측에서 위로부터 아래로 현황, 신호 최적화, 연동화 그리고 우측에서 위로부터 아래로 기하구조개선 현황, 최적화, 연동화를 각각 나타내고 있다. 대상 간선도로의 교통량 흐름도를 검토해 본 결과 전반적으로 현황에서 O와 S보다 I가 많았으나 신호체계를 최적화 시켰을 경우, O가 상당히 증가하였고 연동화를 시켰을 경우는 I의 감소와 더불어 O의 증가에 비하여 S가 상대적으로 많이 증가하였음을 알 수 있다. 그리고, 기하구조개선을 고려한 상태에서 현황의 경우는 기하구조개선을 고려하지 않은 상태의 현황의 경우보다 S와 O가 전반적으로 증가하였고, 기하구조개선을 고려함과 동시에 최적화를 시켰을 경우는 신호최적화를 시켰을 경우보다 O와 S의 증가 및 I의 감소가 두드러짐을 알 수 있다. 특히, 기하구조개선을 고려한 후 연동화를 시켰을 경우는 기하구조개선 최적화와 마찬가지로 신호체계 연동화만을 고려한 경우보다 O와 S의 증가와 I의 감소가 상당히 많이 이루어졌으므로 신호체계 및 도로체계를 동시에 고려할 경우는 전반적으로 O와 S의 증가 및 I의 감소가 되어 소통증대효과가 나타남을 알 수 있었다.

4) 특정 차선의 교통량 흐름도

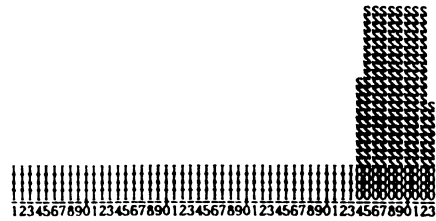
본 교통량 흐름도에서는 A, F 및 J 교차로의 병목현상이 심한 남측 방향의 좌회전차선과 직진차선(Link 104, 608, 1003)의 교통량 흐름을 각각 나타내었다.

link 104 (A 교차로 , S 방향 좌회전)

I. LINK 104 MAX FLOW 3000 VEH/H PLT. INDEX .00

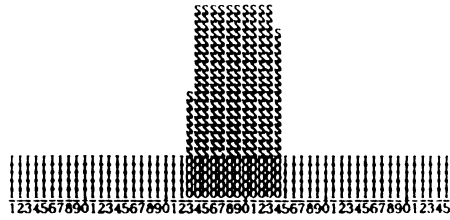


IV. LINK 104 MAX FLOW 3600 VEH/H PLT. INDEX .00

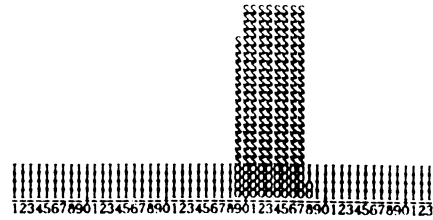


TSM기법을 고려한 부산지역 간선 도로의 최적설계에 관한 연구

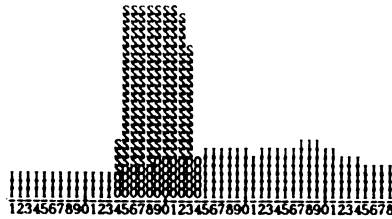
II. LINK 104 MAX FLOW 3000 VEH/H PLT. INDEX 00



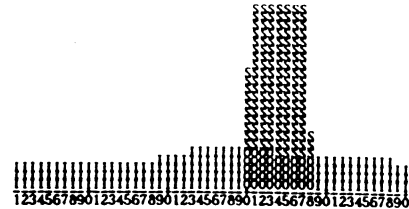
V. LINK 104 MAX FLOW 3800 VEH/H PLT. INDEX 00



III. LINK 104 MAX FLOW 3000 VEH/H PLT. INDEX 22

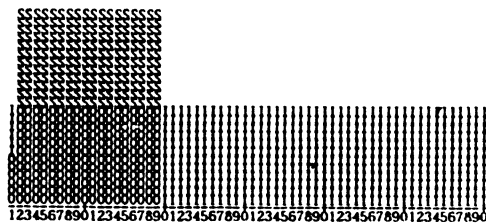


VI. LINK 104 MAX FLOW 3800 VEH/H PLT. INDEX 18

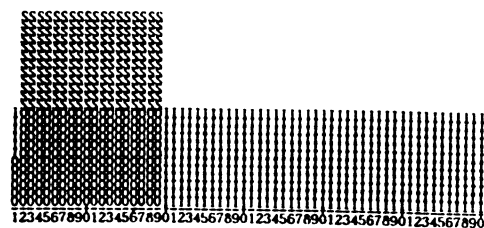


link 608 (F 교차로, S 방향 직진)

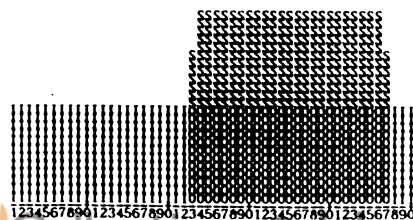
I. LINK 608 MAX FLOW 4800 VEH/H PLT. INDEX 00



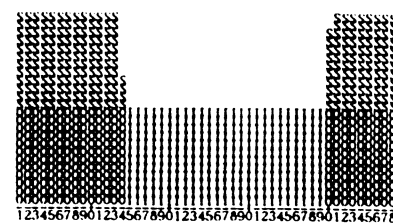
IV. LINK 608 MAX FLOW 5150 VEH/H PLT. INDEX 00



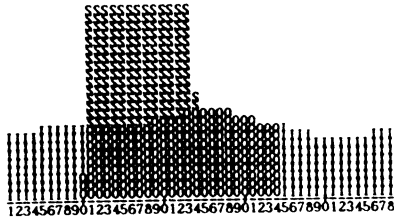
II. LINK 608 MAX FLOW 4800 VEH/H PLT. INDEX 00



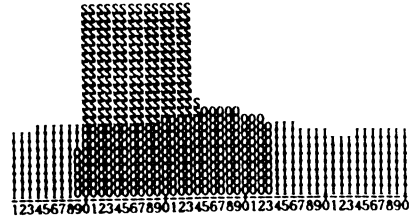
V. LINK 608 MAX FLOW 5150 VEH/H PLT. INDEX 00



III. LINK 608 MAX FLOW 4800 VEH/H PLT. INDEX .28

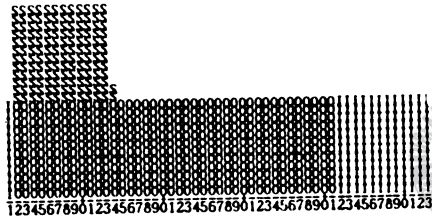


VI. LINK 608 MAX FLOW 5150 VEH/H PLT. INDEX 23

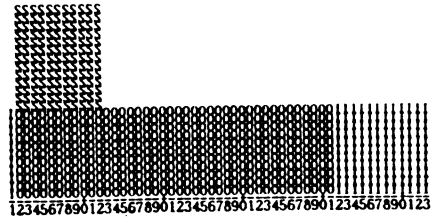


link 1003 (J교차로, S 방향 직진)

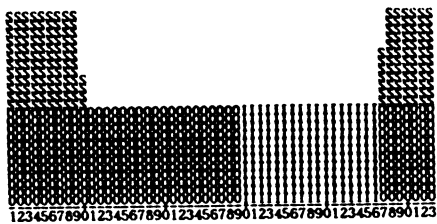
I. LINK 1003 MAX FLOW 6500 VEH/H PLT. INDEX .00



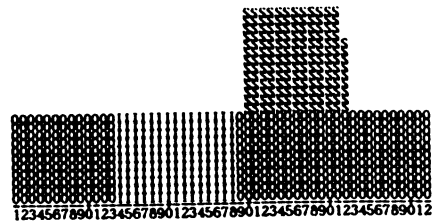
IV. LINK 1003 MAX FLOW 6850 VEH/H PLT. INDEX .00



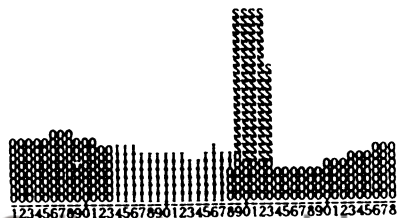
II. LINK 1003 MAX FLOW 6500 VEH/H PLT. INDEX .00



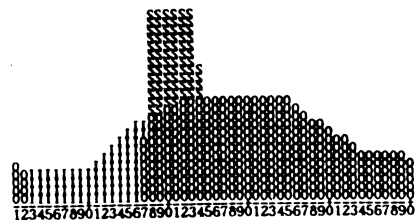
V. LINK 1003 MAX FLOW 6850 VEH/H PLT. INDEX .00



III. LINK 1003 MAX FLOW 6500 VEH/H PLT. INDEX .46



VI. LINK 1003 MAX FLOW 6850 VEH/H PLT. INDEX .32



IV. 결론 및 건의사항

중앙로는 부산의 주간선도로로 도심의 중심부를 관통하고 있고, 부산시 도로망의 핵심을 이루고 있으며, 1일 통행차량의 60% 이상이 집중됨으로써⁵⁾ 이곳의 교통체증은 다른 도로에 대하여 파급효과가 크며, 부산시 교통류 흐름에 지대한 영향을 미치고 있다. 하지만, 현재의 중앙로는 다른 교통수단과의 연계 미숙, 교통시설의 부족, 차량의 증가, 통행수요의 증가 등으로 인하여 어느 특정시간뿐만이 아니라 많은 시간에 걸쳐서 교통정체현상을 일으키고 있어 중앙로에서의 교통체증완화가 상당히 요구되는 바이다. 그러므로, 이 구간의 교통체계개선(Transportation Systems Management, TSM)이 많은 효과를 볼 수 있을 것이라는 인식하에 중앙로 전구간에 걸쳐서 교차로 14곳을 선정하여 이에 대한 교통량체계, 도로체계 그리고 신호체계를 분석하여 본 결과 다음과 같은 결론에 도달하였다.

1) 중앙로상 14개소의 교차로는 첨두시간대에 평균 8,800pcu(passenger car unit)를 소통시켜야 하며 교차로 전체의 평균지체시간은 약 397.5sec/veh로 나타났으나 기하구조개선만으로도 평균지체시간이 308.9sec/veh로 현황보다 23%의 지체감소효과를 얻을 수 있었다. (참조 Fig. 4.2)

2) 신호 최적화를 하였을 경우, 평균지체시간이 283.5sec/veh로 현황보다 29%의 지체감소효과를 얻을 수 있었으며, 기하구조와 신호최적화가 동시에 이루어졌을 경우는 평균지체시간이 208sec/veh로 현황보다 무려 48%의 지체가 감소하는 효과를 보았다. (참조 Fig. 4.3)

3) 현황을 연동화한 경우와 기하구조개선을 한 연후의 연동화를 하였을 경우에는 평균지체시간이 각각 309.2sec/veh와 248.2sec/veh로 나타났는데, 이것은 신호 최적화의 283.5sec/veh와 기하구조 및 신호최적화가 동시에 이루어졌을 경우의 208.5sec/veh보다 각각 9%, 16% 정도 지체감소효

과가 줄어든 것으로 나타났다. (참조 Fig. 4.2, 4.3)

4) 신호체계를 고려하여 연동화를 실시할 경우와 도로체계를 개선하고 연동화를 실시할 경우를 각각 비교하면, 도로체계를 개선하고 연동화를 실시하는 것이 중앙로상의 주행속도를 약 4.3% 증가시켰다. (참조 Fig. 4.2, 4.3)

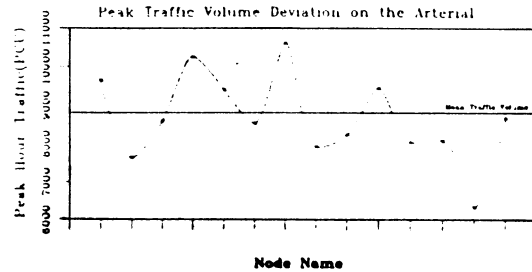


Fig. 5.1 Peak Traffic Volume Deviation on the Arterial

5) 이것은 교차로상에서 좌회전 차량의 상대적인 증가, 간선도로를 중심으로 각 교차로 사이의 도로폭 및 차선폭의 불균형, 도로 우측차선에 상주하고 있는 불법주정차 차량들로 인한 일시적인 병목현상과 유출입 통행량(Mid-Block Traffic Volumes)의 변동폭이 상대적으로 크기 때문에 나타나는 결과라고 생각되므로 각 신호교차로의 현시조정 및 기하구조의 개선을 통한 간선도로의 교통체계를 재정비한 상태에서 교차로 신호체계의 연동화를 실시할 필요가 있는 것으로 생각된다. (참조 Fig. 5.1)

參 考 文 獻

- (1) "ITE Spearheads Efforts to Alleviate Traffic Congestion," ITE Journal, Feb. 1989, pp. 15-20.

5) 교통개발연구원, "부산직할시 주차장정비계획", 1991. 1.

- (2) C. K. Orski, "Evaluating the Effectiveness of Travel Demand Management", ITE Journal, Aug. 1991, pp. 14-18.
- (3) Marshall Jacks, JR, "A Urban Congestion - A Local Problem Requiring a National Response." ITE Journal, Feb. 1989, pp. 21-23.
- (4) W. H. Kraft, "Traffic Congestion-What Have We Learned?" ITE Journal, Feb. 1989, pp. 24-26.
- (5) D. H. Rudberg, "Important Components of Vancouver's Urban Transportation System." ITE Journal, Oct. 1988, pp. 25.
- (6) T. P. Folks and Ren-Lin Chen, "Improving Intersection Level of Service by Transportation Demand Management." ITE Journal, Jan. 1992, pp. 31-34.
- (7) N. L. Nihan, J. E. Davis and L. N. Jacobson, "High-Occupancy Vehicle Improvements on Signalized Arterials." ITE Journal, Mar. 1991, pp. 15-19.
- (8) By ITE TECHNICAL COUNCIL COMMITTEE 4A-24, "Management of Demaging Traffic Queues." ITE Journal, Jun. 1988, pp. 37-38.
- (9) A. K. Rathi and E. B. Lieberman, "Reducing Traffic Congestion in Herald Square." ITE Journal, Sep. 1986, pp. 27-31.
- (10) J. Z. Luh and W. G. Lothian, "Traffic Progression Assessment in Traffic Impact Studies." ITE Journal, May. 1991, pp. 17-21.
- (11) Shui-Ying Wong, "Application of TRANSYT -7F in China," ITE Journal, Aug. 1988, pp. 38-42.
- (12) "Highway Capacity Manual." Transportation Research Board, TRB, Special Report 209, 1985.
- (13) "McTrans. TRANSYT-7F Software User's Manual," The Center of Microcomputers in Transportation, Univ. of Florida, July. 1986.
- (14) "Evaluation of Travel Demand Management Measures to Relieve Congestion", U. S. Department of Transportation, Feb. 1990.
- (15) "TRANSPORTATION RESEARCH CIRCULAR NUMBER 384," National Conference on HOV Systems, Dec. 1991.
- (16) D. L. Gerlough and M. J. Huber, "Traffic Flow Theory", Transportation Research Board National Research Council Washington, D.C., 1975
- (17) James L. Pline, "TRAFFIC ENGINEERING HANDBOOK 4th Edition" INSTITUTE OF TRANSPORTATION ENGINEERS, 1991.
- (18) W. S. Homburger and J. H. Kell, "Fundamentals of Traffic Engineering 12th Edition". Pub. by University of California at Berkeley Institute of Transportation Studies.
- (19) 김태곤, "교통체증완화를 위한 도시교통체계 개선방안에 관하여." 부산직할시 시정연구, 1991. 12.
- (20) 김태곤, "교차로 신호체계 최적화를 이용한 소통체계개선방안에 관한 연구", 한국해양대학 학술진흥재단, 1993. 3.