

대도시 교통문제 완화를 위한 간선도로별 신호체계의 최적설계에 관한 연구*

김 태 곤**

A Study on the Optimum Design of the Arterial-Based Signal System for the Relief of Transportation Problems in Metropolitan Areas

T.G. Kim

Key Words : 도시교통체계(Urban Transportation System), 교통체계개선(Transportation Systems Management, TSM), 교통량체계분석(Traffic System Analysis), 도로 체계분석(Roadway System Analysis), 신호체계분석(Signal System Analysis), 비디오 관측기법(Videologging System Techniques), 첨두시간대(Peak-Time Periods), 교통체증(Traffic Congestion), 첨두시간계수(Peak Hour Factor, PHF), 신호현시(Signal Phase), 신호최적화(Signal Optimization), 연동최적화(Progressive Optimization), 평균지체시간(Average Delay, AD)

Abstract

The main arterial which runs through the in City of Pusan, carries about 60% of downtown traffic or more, maintains about 20% yearly increase in traffic is severely suffering from the traffic congestion because of concentrated traffic volumes regardless of peak-time periods.

The purpose of this study was to grasp the tratic, geometric, and signal conditions of the main arterial through the Videologging System Techniques, perform the transportation system analyses, and finally suggest the improvements which could increase the travel capacity, reduce the average delay and fuel consumption with the optimal conditions of signal system.

The following conclusions were drawn : firstly the tratic system should be shifted for the travel distribution on the arterial during the peak time periods, secondly the roadway system of the arterial reviewed for left-turn traffic during the peak time periods, and thirdly the signal system of intersection reconstructed for signal optimization or progression within the range of cycle length suggested.

* 이 논문은 1993년도 한국학술진흥재단의 공모과제(자유공모) 연구비에 의하여 연구되었음.

** 한국해양대학교 이공대학 항만운송공학과 교수.

1. 연구 배경

오늘날 부산지역에서는 생활수준의 향상 및 활동영역의 확대 등으로 통행수요가 날로 증가하고 있고, 그에 따른 교통시설도 계속 확충되고 있다. 그러나, 차량의 급격한 증가와 교통시설의 현저한 부족으로 심각한 교통문제에 직면하고 있으며 도시기능까지 마비시키는 사태에 이르고 있다.

지금까지 부산지역에서는 교통문제를 해결하기 위해서 막대한 자본을 투자하여 지역간 고속도로를 포함하여 지역내 도시고속도로와 간선도로를 건설하여 왔고, 또한 광역적인 차원에서 도시철도시설을 지속적으로 확충함으로써 도시교통체계를 구축하여 왔다. 그러나, 이러한 도시교통체계의 구축에도 불구하고 부산지역에서는 차량과 통행수요의 폭발적인 증가로 인하여 교통체증이 날로 심화되고 있기 때문에 새로운 시설확충과 병행하여 기존 시설에 대한 교통체계개선(Transportation Systems Management, TSM)방안을 검토하지 않을 수 없게 되었다.

1.1 연구 필요성

부산지역은 인구 400만의 대도시이고 우리나라 최대규모의 항만시설을 갖춘 국제무역항으로서 대외 교역증대와 함께 우리나라 총 수출입화물의 약 4분의 1을 담당함으로써 국가발전 및 국민경제에 지대한 공헌을 하고 있고, 수출입컨테이너 화물의 95% 이상을 처리하는 수출입항으로서 매우 중요한 역할을 담당하고 있다. 그러나, 부산지역은 약 60% 정도의 녹지가 포함되어 있고, 도로 형태는 남북방향의 대상형으로 발달하여 대체도로 및 우회도로가 부족하며, 항만관련시설들이 산재되어 있어 항만화물수송을 위해 대형 컨테이너차량들이 주요 간선도로를 점용하고 있다.

부산지역은 도심형태가 단핵도심형태를 이루고 있어서 주요 도심지역인 시청, 서면 그리고 동래지역을 중심으로 1일 도심통행량의 60% 이상이 집중함으로써 교통체증이 심화되고 있다. 더구나, 부산지역은 다른 대도시지역에 비하여 도로율도

현저히 낮아 1994년 현재 전국에서 가장 낮은 14.4%로 서울의 18.5%에 비하여 턱없이 부족한 반면, 차량은 연평균 약 16.8% 이상씩 증가함으로써 이미 50만대를 넘어섰고, 특히 자가용차량의 증가율은 연평균 약 20.2% 이상을 나타냄으로써 주요 간선도로의 기능을 악화시키고 있으며 주요 간선도로의 교통량체계, 도로체계 및 신호체계가 효율적으로 설계되어 운영되지 못하여 간선도로의 소통능력을 저하시킴으로써 부산지역의 교통문제를 한층 더 심화시키고 있다.¹⁾ 그러므로, 부산지역에서는 간선도로를 중심으로 날로 급증하고 있는 교통량에 보다 효율적으로 대처하고, 간선도로의 소통능력을 최대한으로 증대시키기 위해 현재 운영되고 있는 교통시설의 운영체계를 최적화기법을 통해 면밀히 분석하여 최적의 교통량체계, 도로체계 및 신호체계를 제시하며 교통시설의 효율성을 증대시킴과 동시에 대도시 교통문제를 다소나마 해결할 수 있는 기틀을 마련하는 것이 절실히 요구되고 있다.

1.2 연구 목적

대부분의 도시지역에서는 출퇴근시간대(오전 07:00~09:00시와 오후 17:00~19:00시)에 출퇴근 통행목적의 차량이 도심지역에 집중함으로써 교통체증으로 인한 교통문제가 발생하고 있다. 그러나, 부산지역의 교통문제는 다른 도시들에 비하여 매우 심각한 상태에 직면해 있다. 왜냐하면, 부산지역의 경우에는 거의 모든 간선도로가 출퇴근시간에 관계없이 많은 차량으로 붐비고 있고, 출퇴근시간대와 기타시간대의 구분이 필요 없을 정도로 극심한 교통체증에 시달리고 있기 때문이다. 더구나, 부산지역내 대부분의 간선도로가 교통량의 급격한 증가와 낮은 도로율로 인하여 평균주행속도가 약 16.7Km/h를 유지함으로써 교통서비스수준(Level of Service, LOS)이 최악의 수준(F 수준)을 보이고 있고, 또한 대부분의 간선도로가 그 시설용량을 초과하여 운행됨으로써 교통체증을 가중시키고 있으며, 그릇된 도로체계와 부적절한 신호체계의 운영으로 간선

도로의 소통체계가 더욱 악화되고 있다.

한편, 부산지역의 심각한 교통문제를 해결하기 위해 대규모의 교통시설을 새로이 확충하는 데에는 막대한 재원 및 시간이 소요되고 지방도시로서 재원조달에 있어서도 어려움이 많기 때문에 투자재원의 허용범위내에서 새로운 교통시설의 확충과 병행하여 기존 시설의 교통량체계, 도로체계 및 신호체계를 효율적으로 활용하여 소통능력을 최대한 증대시키고 교통체증을 완화시킬 수 있도록 교통체계개선(TSM)방안에 대한 적극적인 연구가 이루어져야 했다.

따라서, 본 연구에서는 부산지역내 핵심 간선도로상에서 날로 급증하는 통행수요에 적극적으로 대처하고, 또한 기존의 교통시설을 보다 효율적으로 활용하며, 궁극적으로는 간선도로의 전반적인 교통서비스수준(Level of Service, LOS)을 개선하기 위해 비데오 관측기법(Videologging System Techniques) 및 컴퓨터 분석을 이용하여, 1) 주요 간선도로의 현 소통체계수준(평균주행속도, V/C비 및 지체시간)을 확인하고, 2) 주요 간선도로의 소통체계의 문제점을 파악하며, 마지막으로 3) 주요 간선도로의 소통체계를 개선할 수 있는 최적대안을 제시하는 것을 주요 연구목적으로 하고, 더불어 주요 간선도로의 핵심 신호교차로를 중심으로 현재 운영되고 있는 신호체계를 연동최적화시킴으로써 간선도로상의 불합리한 신호체제로 인하여 발생하는 차량의 평균지체시간(Average Delay, AD), 연료소모량(Fuel Consumption, FC) 및 교통사고 등을 감소시키고자 한다.

1.3 문헌 조사

본 연구와 관련된 문헌에 따르면, 미국의 W. H. Kraft²⁾는 ‘고속도로상에서 만약 고속도로의 이용 차량 5대 중 1대가 차량 함께 타기(Ridesharing Program)에 동참한다면 고속도로의 교통체증은 약 65%정도가 줄어들게 된다. 또한, 도시지역의 주요 간선도로상에서 좌회전 전용차선(Two-Way Left Turn Lanes)을 설치하여 운영하고, 간선가로변의 노상불법주정차로 인한 교통문제를 가급적 줄이며, 간선도로 신호체계의 최적화를 통해

간선도로 시설용량을 약 50%정도까지 증대시킬 수 있다.’ 라고 보고함으로써 도시지역내 간선도로의 소통능력을 증대시키기 위해서는 교통수요관리(Transportation Demand Management, TDM)방안과 교통체계개선(Transportation Systems Management, TSM)방안의 검토가 필요하다는 사실을 강조하였다.

미국의 A. K. Ratie와 E. B. Lieberman³⁾은 ‘도시지역내 간선도로상에 설치운영되고 있는 신호교차로의 유효녹색시간(Effective Green Time)을 적절히 조절하면 통행지체를 39.9%정도 줄일 수 있고, 또한 통행량도 7.1%정도 증대시킬 수 있다.’ 라고 보고함으로써 도시지역 간선도로상의 교통체증을 감소시키기 위해서는 신호체계 재조정이 필요하다는 사실을 역설하였다.

미국의 J. Z. Luh와 W. G. Lothian⁴⁾은 ‘도시지역내 간선도로의 신호교차로상에서 연동화(Progression)가 잘 이루어질 경우에는 평균지체시간(Average Delay, AD)이 약 60%정도 감소될 수 있다.’ 라고 보고함으로써 간선도로의 신호교차로상에서 지체시간을 단축하기 위해서는 신호체계의 연동화가 필요하다는 사실을 강조하였다.

미국교통학회(Institute of Transportation Engineers, ITE) 기술 소위원회 보고서⁵⁾에 의하면, ‘도시지역내 간선도로의 신호교차로상에 접근하는 차량의 대기행렬(Queue)이 처리할 수 없을 정도로 지나치게 길 경우 대기행렬의 길이를 줄일 수 있는 가장 간단하면서도 직접적인 해결방법으로는 신호교차로의 녹색신호시간비(Green-to-Cycle Length Ratio, g/C)를 증가시키는 것인데, 이와 같이 신호교차로의 녹색신호시간비(Green-to-Cycle Length Ratio, g/C)를 증가시킨다는 것은 항상 접근하는 차량의 대기행렬을 줄어든게 한다.’ 라고 보고함으로써 신호체계분석에 있어서 녹색신호시간비(g/C)에 대한 심도있는 분석이 필요하다는 사실을 역설하였다.

중국의 Shui-Ying Wong⁶⁾은 ‘신호체계 최적화 프로그램인 TRANSYT-7F를 이용하여 간선도로 신호교차로의 신호주기를 최적화하였는데, 교차로상에서 통행시간과 지체시간이 각각 3.5%와 2.

7% 정도 감소하였고 주행속도가 5% 정도 증가하였다.’ 라고 보고함으로써 간선도로상에 설치운영되고 있는 신호교차로의 소통체계를 개선시키기 위해서는 신호체계의 최적화가 필요하다는 사실을 입증해주고 있다.

따라서, 부산지역에서는 도심지역으로 통행차량의 유입을 감소시키고, 도로시설용량을 증대시키며, 신호교차로의 소통능력을 향상시키기 위해서 간선도로에 대한 교통량체계분석, 도로체계분석 및 신호체계분석을 기초로 하여 신호체계의 최적화 및 연동화체계를 구축할 필요가 있다.

2. 연구 내용 및 방법

부산지역에서는 교통문제가 대상형의 도로망형태와 배산임해의 지형적 특성 외에 통행수요의 급격한 증가에 따른 교통시설의 부족에 기인한다고 할 수 있으나, 지속적인 교통시설의 확충에도 불구하고 교통문제가 날로 심각해지고 있으므로 지역여건이 허용되는 범위 내에서 해결할 수 있는 방안을 적극 모색해야 한다. 왜냐하면, 우리나라 대부분의 대도시지역에서는 그 심각성에 있어서 다소 차이가 있다 할지라도 거의 공통적으로 이러한 교통문제를 겪고 있기 때문이다. 이러한 점을 고려할 때, 부산지역의 교통문제가 단시일 내에 완전히 해결된다는 것은 거의 불가능하지만 교통량의 증가, 교통시설의 부족 및 도로망 형태 등으로 인한 교통문제는 적절한 교통체계개선(TSM)방안을 통해서 다소 해결될 수 있다.

따라서, 본 연구에서는 외국의 사례연구를 바탕으로 교통체계개선(TSM)방안을 통해서 교통문제를 다소나마 해결하고 소통체계를 개선하기 위하여 부산지역의 핵심 간선도로인 중앙로를 연구대상 간선도로로 선정하고 그 간선도로상의 12개의 핵심 교차로, 즉 시청앞 교차로(A), 중앙동 교차로(B), 초량 교차로(C), 좌천동 교차로(D), 범내골 교차로(E), 서면 교차로(F), 전포 교차로(G), 양정 교차로(H), 송공 교차로(I), 연산 교차로(J), 교대앞 교차로(K) 및 내성 교차로(L) 등을

연구대상 교차로로 선정하여 i) 교통망체계 분석, ii) 도로체계분석, iii) 신호체계분석 및 iv) 서비스 수준분석 등을 실시하였다.(참조 Fig. 2.1)

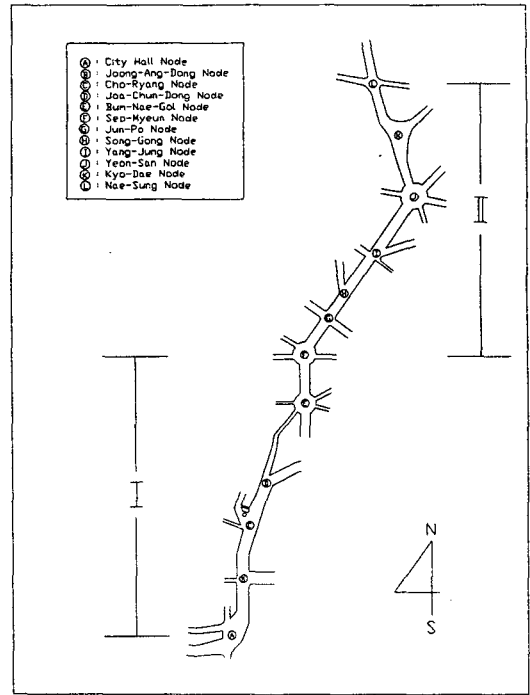


Fig. 2.1 Main Arterial and Intersections for Study

2.1 교통량체계분석

첨두시간대(Peak-Time Periods)란 1일 중에서 통행량이 가장 많이 집중하는 시간대로 오전과 오후 첨두시간대로 분류되며 대체적으로 출퇴근 시간대와 일치하고 있다. 그러나, 부산지역내 대부분의 간선도로는 출퇴근시간대에 관계없이 차량으로 붐비기 때문에 출퇴근시간과 첨두시간이 일치한다고 보기 어려웠고, 또한 동일 간선도로상에서도 가로상의 유출입통행량(Mid-block Volumes)의 현저한 차이로 인하여 교통량의 흐름이 연속적이지 못하였으며, 차종별 통행량 분포에 있어서 상당한 변화를 보였다. 더구나, 본 연구대상 간선도로는 대체적으로 간선가로를 따라 상업

중심지역(Central Business District, CBD)이 형성되어 있어서 도심통행량의 60% 이상이 집중되고 있었고, 대형차량의 혼재율도 20% 이상으로 나타나고 있었으며, 특히 연구대상 교차로중 좌천동 교차로(D 교차로), 전포 교차로(G 교차로)과 내성 교차로(L 교차로)에는 평면교차의 횡단보도시설이 설치되어 있어서 보행자와 통과차량 사이에 상충이 발생하고 있었다. 또한, 연구대상 간선가로변에는 120여개의 버스정류장시설과 60여개의 택시승하차시설 및 불법으로 주정차하고 있는 차량들로 인하여 간선도로의 소통능력과 도로용량을 감소시키는 주요 요인으로 작용하고 있었다.

본 연구에서는 비디오 관측기법(Videologging System Techniques)에 의해 본 연구대상 간선도로의 첨두시간대를 결정하기 위하여 1주일 중 유출입통행량의 변화가 적은 화요일, 수요일 및 목요일 3일을 선택하여 1일 12시간(07:00~19:00시)씩 반복 관측하였다. 특히, 제 I 차 관측에서는 오전 첨두시간대가 10:00~11:00시, 오후 첨두시간대는 15:00~16:00시로 관측되었고, 제 II 차 관측에서는 오전 첨두시간대가 08:00~09:00시, 오후 첨두시간대는 18:00~19:00시로 관측되었으며, I, II 차 관측을 동시에 고려할 경우 연구대상 간선도로의 오전과 오후 첨두시간대는 각각 08:00~09:00시와 18:00~19:00시로 나타났다. 또한, 첨두시간대를 중심으로 방향별 통행특성을 파악해보면 오전 출근시간대에는 도심 외곽지역으로부터 도심지역으로 유입하는 통행량이 총 통행량의 약 60% 이상을 차지하고 있었고, 반면에 오후 퇴근시간대에는 도심지역에서 도심 외곽지역으로 유출하는 통행이 약 60% 이상을 차지하는 것으로 나타났다.(참조 Fig. 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6)

한편, 본 연구대상 간선가로 및 교차로상의 교통체계를 비교분석하기 위하여 미국의 도로용량편람(Highway Capacity Manual, HCM)에 근거를 두고 관측된 차종별 통행량을 다음과 같은 승용차환산단위(Passenger Car Unit, PCU)를 적용하여 시간대별 교통량을 산정하였다. (참조 Table 2.1)

Table 2.1 Adjustment Factor for Heavy Vehicles(HVF)

(Unit : PCU)

	승용차	택시	승합차	트럭	버스	이륜차	특수차	컨테이너
HVF	1	1	1.5	2.5	2	0.5	2.5	4

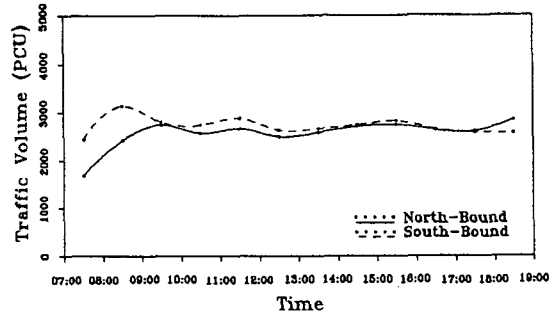


Fig. 2.2 Street Traffic Volume Distribution on Joong-Ang-Dong Spot

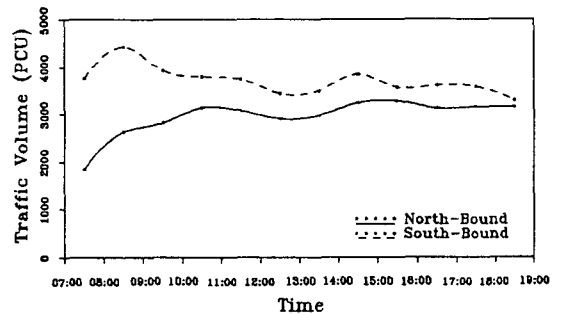


Fig. 2.3 Street Traffic Volume Distribution on Pusan-Jin Spot

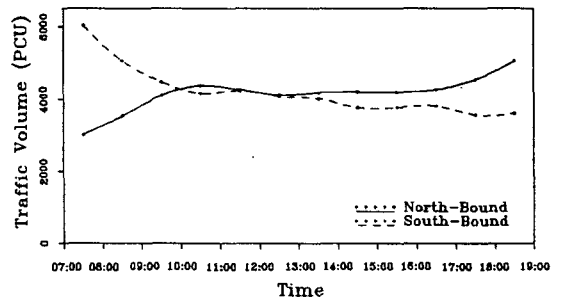


Fig. 2.4 Street Traffic Volume Distribution on Pu-Jeon-Dong Spot

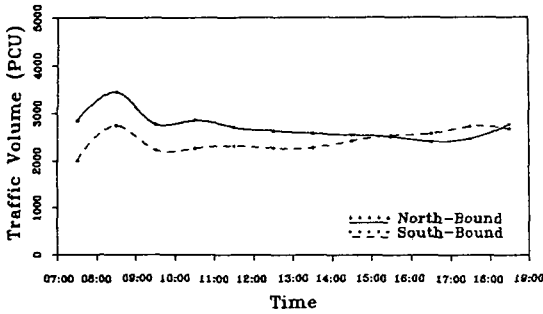


Fig. 2.5 Street Traffic Volume Distribution on Pusan Univ. Spot

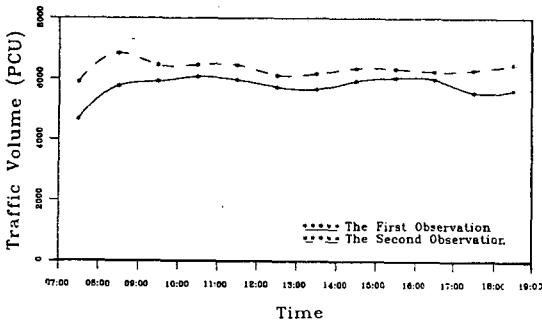


Fig. 2.6 Street Traffic Volume Distribution on Main Arterial

일반적으로 첨두시간계수(Peak Hour Factor, *PHF*)란 관측된 첨두시간대의 첨두 1시간교통량을 15분 단위의 교통량으로 분류하여 첨두 15분 동안 교통량의 집중정도를 나타내는 것으로 다음식(2. 1)과 같다.

$$PHF = V / (4 \times V_{15}) \dots\dots\dots (2. 1)$$

여기서,

PHF ; peak hour factor,

*V*₁₅ ; traffic volume during peak 15 minutes, veh/15min, and

V ; traffic volume during peak 1 hour, veh/hr.

특히, 본 연구대상 간선가로의 관측지점에 대하여 오전과 오후 첨두시간대에 첨두시간계수(*PHF*)를 산정한 결과, 오전 첨두시간대에 중앙동지점(0.89)을 제외하고는 대체로 0.9이상으로 나타나서 첨두 1시간 동안에 통행량이 고루 분포하는 것으로 나타났다.(참조 Table 2.2)

본 연구대상 교차로에 대한 교차로교통량은 가로교통량관측으로부터 결정된 오전과 오후 첨두시간대를 중심으로 1주일 중 유출입통행량의 변화가 적은 화요일, 수요일 및 목요일 3일을 선택하여 1시간씩 반복 관측하였다. 특히, 교차로의 유출입통행량은 연구대상 교차로마다 차이는 있었지만 오전 첨두시간대에는 9,000~12,270PCU로 관측되었고, 오후 첨두시간대에는 8,800~12,010 PCU로 관측되었으며, 각 교차로의 첨두시간계수(*PHF*)는 오전과 오후 첨두시간대 모두 0.9이상으로 나타났다.(참조 Table 2.2)

Table 2.2 Peak Hour Factor(*PHF*) on the Street during Peak-Time Periods

Spot	<i>PHF</i>	
	08 : 00~09 : 00	18 : 00~19 : 00
중앙동 지점	0.89	0.97
부산진 지점	0.96	0.97
부전동 지점	0.97	0.96
부산대 지점	0.99	0.92

따라서, 위의 교통량체계분석으로부터 연구대상 간선도로(중앙로)의 첨두시간대는 출퇴근시간대와 거의 일치하고 있었으나, 비첨두시간대에 업무통행이나 기타통행(상품구매통행을 포함)이 상대적으로 증가함으로써 첨두시간대와 비첨두시간대를 뚜렷하게 구분할 수 없을 정도로 간선도로의 통행수요가 집중되고 있었으며, 특히 서면교차로(F)와 연산 교차로(J)에서는 첨두시간대 통행량 집중정도가 심했다는 사실을 알 수 있었다.

Table 2.3 Peak Hour Factor(PHF) on the intersections during Peak-Time Periods

Intersection	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
오전 첨두시간대	0.92	0.96	0.94	0.97	0.95	0.91	0.96	0.98	0.94	0.91	0.99	0.94
오전 첨두시간대	0.92	0.96	0.94	0.97	0.95	0.90	0.96	0.98	0.94	0.91	0.99	0.94

2.2 도로체계분석

본 연구대상 간선도로는 대체적으로 양방향 6차선 이상의 도로(Arterials)로서 부산지역 도시교통체계의 근간을 이루고 있다. 그러나, 본 간선도로에 있어서 보도와 차도가 적절하게 분리되어 있지않아 통과교통량을 효율적으로 처리할 수 없었고, 차선폭이 도로시설용량을 최대한 수용할 수 있도록 적절하게 배정되어 있지 않았으며, 연구대상 교차로상에 그릇된 차선설계 및 차선지정으로 첨두시간대 교통정체가 가중되고 있었다.

본 연구에서는 간선도로의 가로와 교차로의 기하구조 및 도로용량을 비데오 관측과 실측을 통해 산정하였다. 특히, 연구대상 간선도로의 도로폭원은 약 25~40m를 유지하고 있었고 차도폭원은 약 20~30m를 유지하고 있었으며, 각 차선폭에 있어서는 약 3.0~5m정도로 이상적인 차선폭원(3.6m)에 비하여 현저한 차이를 보이는 것으로 관측되었다. 더구나, 간선가로구간내 차선수에 있어서 방향별로 편도 3~5차선까지 관측되었고, 도로 우측차선에 일시적으로 주정차하고 있는 택시와 각종 차량들로 인하여 우측차선의 이용이 거의 어려웠으며, 차선폭과 차선수의 불균형으로 소통능력이 감소됨과 동시에 교통혼잡과 정체가 더욱 심화되고 있었다.

일반적으로 연구대상 간선가로 및 신호교차로의 용량은 미국의 도로용량편람(HCM)에 근거하여 1시간동안의 녹색신호시간에 통과할 수 있는 포화교통량에 유효녹색시간비(g/C)를 고려하여 다음과 같이 산정된다.

$$c = s \times (g/C) \dots\dots\dots (2.2)$$

여기서,

c ; capacity of lane group or approach in vph,

s ; saturation flow rate for lane group or approach in vph,
 (g/C) ; green ratio for lane group or approach, and
 C ; cycle length.

또한, 포화교통량 (s)은 이상적인 상태의 포화교통량(s_0)과 도로여건과 관련된 각종 보정계수를 고려하여 다음과 같이 산정된다.

$$s = s_0 N_L f_w f_{HV} f_g f_p f_{bb} f_{fa} f_{fRT} f_{LT} \dots\dots\dots (2.3)$$

여기서,

s ; saturation flow rate for the subject lane group, expressed as a total, for all lanes in the lane group under prevailing conditions, in vphg,
 s_0 ; ideal saturation flow rate per lane, usually 1800 pcphgpl,
 N_L ; number of lanes in the lane group,
 f_w ; adjustment factor for lane width, 12-ft lanes are standard,
 f_{HV} ; adjustment factor for heavy vehicles in traffic stream,
 f_g ; adjustment factor for approach grade,
 f_p ; adjustment factor for the existence of a parking lane adjacent to the lane group and the parking activity in that lane,
 f_{bb} ; adjustment factor for the blocking effect of local buses stopping within the intersection area,
 f_a ; adjustment factor for area type,
 f_{RT} ; adjustment factor for right turns in the lane group, and
 f_{LT} ; adjustment factor for left turns in the lane group.

그리고, 보다 신뢰성있는 도로체계분석을 위해서는 위에서 정의한 보정계수를 모두 고려해야 하지만, 본 연구에서는 관측가능한 범위내에서 분석대상 교통류의 차선수 보정계수(N_L), 차선평 보정계수(f_w), 구배 보정계수(f_g) 그리고 중차량 보정계수(f_{IV})를 고려하고 나머지 보정계수에 대해서는 일반적으로 사용되는 이상적인 보정계수 값을 포화교통량 산정에 적용하였다. 특히, 이상적인 차선의 용량배정에 있어서 미국의 도로용량 편람(Highway Capacity Manual, HCM)에서는 3.6m의 차선평에 대하여 통행용량(Travel Capacity)을 1800vph로 정하고 있다.

그러나, 본 연구에서는 미국의 도로용량편람(HCM)의 용량기준과 신호체계 최적화 프로그램인 TRANSYT-7F의 용량기준을 중심으로 하고 우리나라의 도로기하구조의 특성과 차량의 크기를 고려하여 이상적인 차선평(3.6m)을 기준으로 직진차선(Thru Lane)에 대해서 2,250vph, 회전차선(Turning Lane)에 대해서 2,000vph, 직진과 회전의 겸용차선(Shared Lane)에 대해서 3,000vph의 차선평용량을 배정하였다. 특히, 직진과 회전의 겸용차선(Shared Lane)의 용량배정에 있어서 주링크(Primary Link)가 직진차선일 경우에 주링크에 대해서 2,250vph를 배정하고, 보조링크(Secondary Link)에 대해서 750vph를 배정하였으며, 주링크(Primary Link)가 회전차선일 경우에 주링크에 2,000vph를 배정하고, 보조링크에 1,000vph를 배정하였다.

따라서, 위의 도로체계분석으로 부터 대상간선도로(중앙로)의 차도폭과 차선수에 대한 전반적인 검토가 필요하였고, 간선도로 우측차선에 불법으로 주정차하고 있는 차량에 대한 강력한 단속이 요구되었으며, 첨두시간대 교차로의 좌회전 차량의 집중이 교통정체에 심각한 영향을 주고 있었다는 사실이 확인되었다.

2.3 신호체계분석

본 연구대상 간선도로의 통행차량을 통제하는 주요 신호체계로는 신호등, 교통표지 및 노면표시

등을 들 수 있다. 그러나, 교차로의 신호등을 제외한 대부분의 교통표지와 노면표시는 차량들에 의해 제대로 지켜지지 않고 있었고, 교통표지 역시 적절한 위치에 있지 않아 오히려 교통사고의 위험성과 교통정체의 요인이 되고 있었으며, 유출입통행량에 대한 신호등의 신호주기(Cycle Length)와 현시체계(Signal Phase System)가 방향별 통행량에 적절하게 설계되어 있지 않아 간선도로의 소통체계를 악화시키고 있었다.

본 연구에서는 연구대상 교차로에 대하여 각 방향별 차량통행에 따른 신호등의 신호주기, 신호현시체계, 교통표지 및 노면표지 등을 비데오 관측과 실측을 통해 면밀히 관측하였다. 관측결과, 대상교차로의 신호주기(Cycle Length)는 대체적으로 150~240sec사이에서 유지되고 있었고, 신호현시체계(Phase)는 2~5현시로 운영되고 있었으며, 유효녹색시간비(Effective Green Time, g/C)는 약 0.87~0.95사이를 유지하고 있었다. 특히, 신호교차로의 신호형태는 대체적으로 자기감응식(Actuated Signal Control)이 아니라 대부분 고정식(Pretimed Signal Control)으로 운영되고 있었고, 대부분의 교차로상에는 평면교차의 횡단보도가 없었으나 좌천동 교차로(D 교차로), 전포 교차로(G 교차로) 그리고 내성 교차로(L 교차로)에서는 횡단보도가 설치되어 보행자와 차량사이에 상충이 예상되었으며, 유출입통행량에 비하여 적절하지 않는 신호주기, 신호현시체계, 교통표지 및 노면표시 등으로 인하여 대부분의 교차로 상에서 교통정체를 더욱 가중되고 있었다.

따라서, 위의 신호체계분석으로부터 연구대상 간선가도와 교차로의 교통표지와 노면표시가 차량통행여건에 적합한지 재검토가 요구되었고, 신호위반차량에 대해서는 강력한 단속이 요구되었으며, 첨두시간대에 신호교차로의 신호체계에 대한 최적화와 연동화가 실시되어야 했다는 사실이 확인되었다.

2.4 서비스수준(Level of Service, LOS) 분석

일반적으로 교차로의 서비스수준(LOS)을 비교하는 방법에는 i) v/c ratio(교통량과 교통용량의

비)에 의한 서비스수준 분석과 ii) 평균지체시간 (Average Delay)에 의한 서비스수준 분석이 적용 되고, iii) 최적화(Optimization) 목적함수에 의해 교차로의 서비스수준이 극대화된다.

i) *v/c ratio*(교통량과 교통용량의 비)에 의한 서비스수준 분석

교차로 분석에 있어서 가장 기본적인 지표이고 가로(Street)나 교차로(Intersection)의 소통능력을 수치로 나타내기 위해 흔히 사용되는 분석방법으로 *v/c ratio*(교통량과 교통용량의 비)를 들 수 있다. 특히, 미국의 도로용량편람(HCM)에 따르면, 도로의 교통용량(Capacity)는 포화교통량(Saturation Flow)와 신호운영체계에 의하여 결정 되고, 또한 포화교통량의 경우에 있어서는 차선수(Number of Lanes), 도로의 경사도(Grades) 등 도로여건과 대형차량의 혼재비율에 따라 상당한 차이를 보이고 있으므로 이런 조건들을 모두 고려한 상태의 교통용량과 포화교통량과의 관계는 다음과 같다.

$$c_i = s_i \times (g/C)_i \dots\dots\dots (2.4)$$

여기서,

- c_i ; capacity of lane group or approach i in vph,
- s_i ; saturation flow rate for lane group or approach i in vph, and
- $(g/C)_i$; green ratio for lane group or approach i .

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

$$X_i = v_i / c_i = (v/c)_i \dots\dots\dots (2.5)$$

식(2.4)와 식(2.5)로부터 *v/c ratio* (X_i)는 다음과 같다.

$$X_i = (v/c)_i = v_i / [s_i \times (g/C)_i] \dots\dots\dots (2.6)$$

$$X_i = v_i C / s g_i = (v/s)_i / (g/C)_i \dots\dots\dots (2.7)$$

여기서,

- g_i ; effective green time for lane group or approach i in sec, and
- C ; cycle length in sec.

또한, 신호교차로 분석에 있어서 교차로용량의 효율성 개념인 *critical v/c ratio*(X_c)는 교차로의 전 차선군(Lane Group)이나 접근로(Approach) j 상에서의 전반적인 *v/c ratio*로서 다음과 같다.

$$X_c = \frac{C}{C-L} \times \sum_j (v/s)_j \dots\dots\dots (2.8)$$

여기서,

- X_c ; critical *v/c ratio* for the intersection,
- $\sum_j (v/s)_j$; the summation of flow ratios for all critical lane groups or approaches j , and
- L ; total lost time per cycle; 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.

ii) 평균지체시간(Average Delay)에 의한 서비스수준 분석

일반적으로 평균지체시간(Average Delay, AD)에 의한 교차로의 서비스수준(LOS) 분석에 적용할 수 있는 Model에는 Webster Model, TRANSYT-7F Model, HCM Model, Queueing Model 등이 있으나, 그 중 TRANSYT-7F Model이 신호교차로의 서비스수준 분석에 널리 사용되고 있다. 본 연구에서도 TRANSYT-7F Model을 이용하여 신호교차로의 총 평균지체시간(Total Average Delay, D)을 산출하였다. 총 평균지체시간은 다음과 같이 교차로 상에 차량의 대기행렬로부터 산출되는 균일지체시간(Uniform Delay, D_u)과 차량의 임의도착 및 포화상태로 인한 임의포화 지체시간(Random and Saturation Delay, D_{rs})의 합으로 구성되어 있다.

$$D = D_u + D_{rs} \dots\dots\dots (2.9)$$

여기서,

- D ; total average delay in sec,
- D_u ; uniform delay in sec, and
- D_r ; random and saturation delay in sec.

특히, 균일지체시간(Uniform Delay, D_u)은 차량들의 규칙적인 도착에 의하여 발생하며 다음과 같다.

$$D_u = \sum_i^N m_i / N \dots\dots\dots (2. 10)$$

- 여기서,
- m_i ; queue length during step t, and
- N ; number of steps in the cycle.

반면, 임의포화지체시간(Random and Saturation Delay, D_r)은 차량들의 불규칙한 도착에 의하여 발생하며 다음과 같다.

$$D_r = 900TX^2\{(X-1) + [(X-1)^2 + (4X/cT)]^{1/2}\} \cdot (3600/v) \dots\dots\dots (2. 11)$$

- 여기서,
- X ; degree of saturation,
- c ; capacity in vph,
- v ; volume on the link in vph, and
- T ; period length, normally 60 minutes for unsaturated conditions.

iii) 최적화 목적함수 (Objective Function)

본 연구에서는 교차로 서비스수준을 극대화시키기 위해 최적화(Optimization) 목적함수로 신호체계 최적화 프로그램인 TRANSYT-7F(Ver 7.2, 1994)의 목적함수가 사용되었다. 특히, TRANSYT-7F의 목적함수는 표준지체(Standard Delay)와 정지횟수(Stops)를 중심으로 구성된 불용지수(Disutility Index, DI)를 최소화(Minimization)시키는 것으로 정의되었으며 다음과 같다.

$$\text{Minimize } DI = \sum_{i=1}^n \{ [W_{di}d_i + KW_{si}S_i] + U_i[W_{di-1}d_{i-1} + KW_{si-1}S_{i-1}] + QB_i[W_q(q_i - qc_i)^2] \} \dots\dots (2. 12)$$

- 여기서,
- DI ; disutility index(analogous the original TRANSYT performance index),
- d_i ; delay on link i in veh-hr,
- K ; a user coded "stop penalty" factor to express the importance of stops relative to delay,
- S_i ; stops on link i in stops/sec,
- W_{di}, W_{si} ; link specific weighting factors for delay(d) and stops(s) for link i ,
- U_i ; a binary variable which is '1' if the link-to-link weighting has been established for link i , or zero otherwise,
- Q ; a binary variable set by the user which if '1' includes the maximum back of queue penalty in the DI , or zero otherwise,
- B_i ; a binary variable which is '1' if the maximum back of queue(q_i) exceeds the user specified storage capacity, or zero otherwise,
- W_q ; a network-wide "penalty" applied to the excess queue "spillover",
- q_i ; computed maximum back of queue on link i , and
- qc_i ; maximum back of queue "capacity" on link i .

따라서, 대상교차로의 서비스수준(LOS)을 v/c ratio(교통량과 교통용량의 비)나 평균지체시간(Average Delay, AD)의 분석결과에 따라 결정할 때, v/c ratio(교통량과 교통용량의 비)가 1.0이상인 교차로나 평균지체시간(AD)이 약 78.0sec를 초과하는 교차로에 대해서는 그 서비스수준(LOS)이 매우 열악한 상태(LOS F)로 간주하여 교차로의 방향별 차선수와 차선용량을 재검토해야 하고, 전반적인 통행체계, 도로체계 및 신호체계에 대한 개선(TSM)방안도 이 서비스수준(LOS)결과에 따라 수립되어져야 한다.

3. 교차로별 분석

본 연구 대상교차로의 교통체계분석을 통해 소통체계에 대한 현황분석(Simulation)을 실시하였고, 최적화분석(Optimization), 연동 최적화분석(Progressive Optimization) 및 개선된 연동 최적화분석(Improved Progression)을 실시하여 최적의 소통체계를 구축하였으며, 구축된 최적의 소통체계를 중심으로 최적의 신호주기(Cycle Length)와 현시(Phase)체계를 제시하였다.

3.1 시청앞 교차로(Intersection A)

현재 시청앞 교차로는 4지(4-Leg) 교차로로 신호주기는 150sec에 3현시(Phase)로 운영되고 있고, 오전·오후 첨두시간대에 각각 11,860대, 11,580대의 차량이 통행하고 있다.(참조 Fig. 3.1)

시청앞 교차로의 현황분석(Simulation)에 의하면 평균지체시간(Average Delay, AD)이 오전에 825.4sec/veh, 오후에 507.8sec/veh로 나타났고, 연료소모량(Fuel Consumption, FC)은 오전과 오후에 각각 7,906lit/hr과 4,580lit/hr으로 나타났으며, 특히 오전 첨두시간대에는 S-Bound의 좌회전통행(104 Link)과 오후 첨두시간대에는 W-Bound의 좌회전통행(108 Link)에서 가장 심한 교통체증이 발생하고 있었다.(참조 Fig. 3.1) 그러나, 신호체계의 최적화를 고려하면 평균지체시간(AD)은 현황과 비교하여 오전과 오후에 각각 68.1%와 64.1% 정도 감소하였고 연료소모량(FC)도 거의 비슷한 수준으로 감소하였으며, 또한 신호체계의 연동최적화를 고려하면 평균지체시간(AD)은 현황과 비교하여 오전에 69.0%, 오후에 63.6% 정도 감

소하였고 연료소모량(FC)은 오전과 오후에 각각 63.6%, 53.5% 정도 감소하는 것으로 나타났다. 더구나, 현시체계의 개선과 동시에 연동화를 고려하면 평균지체시간(AD)은 오전에 68.0%, 오후에 61.0% 정도 감소하였고, 연료소모량(FC)도 오전과 오후에 각각 61.3%, 50.8% 정도 감소하는 것으로 나타났다.(참조 Table 3.1, Fig. 3.2, Appendix A)

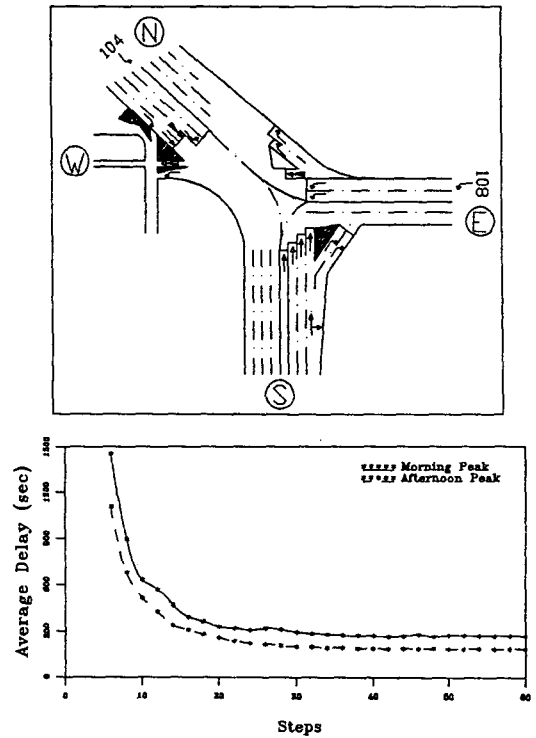


Fig. 3.1 Geometric Conditions of Intersection A and Cycle Evaluation

Table 3.1 Measures of Effectiveness(MOE) during On-Peak Periods

Parameter	오전 첨두시간대				오후 첨두시간대			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Average Delay(sec/veh)	825.4	263.4	255.8	264.3	507.8	182.5	184.8	198.3
Fuel Consumption(lit/hr)	7,906.0	2,481.0	2,982.1	3,057.5	4,580.0	1,687.0	2,129.8	2,252.6

I : 현황분석(Simulation)

III : 연동최적화분석(Progressive Optimization)

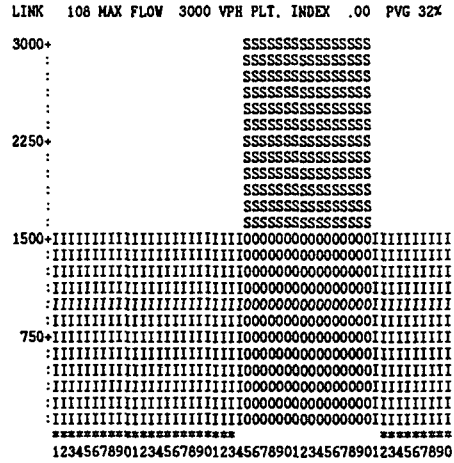
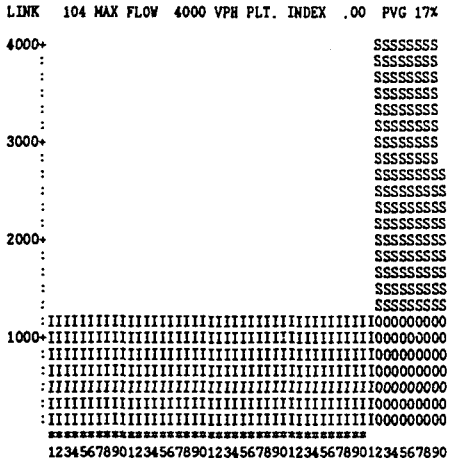
II : 최적화분석(Optimization)

IV : 개선 연동화분석(Improved Progression)

현황분석(Simulation)

오전 첨두시간대

오후 첨두시간대



Flow Profile Symbols (vertical axis is in vph):

- I : Arrivals which queue, normally on red on unopposed links or during periods of heavy opposing flow on opposed links during the permitted phase(s)
- S : Departures from queue, normally at the saturation flow rate for "protected" links, or maximum flow rate for permitted, opposed links.
- O : Arrivals and departures on green, when below S's or I's, these arrivals join the back of the queue

Time Scale (horizontal axis):

- (BLANK): Protected or unopposed green, yellow and all-red intervals.
- . : Permitted, opposed green, yellow and all-red intervals.
- * : Red intervals.
- :: : The beginning (1st) and end (2nd) of the thru band.
- N : The numbers across the bottom are a time scale in steps.

Fig. 3.2 Flow Profile Diagrams

따라서, 시청앞 교차로의 소통체계를 개선시키기 위해서는 신호체계의 최적화 및 연동화를 고려해야 하고, 직진통행(Thru Movements)보다는 좌회전통행(Left-Turn Movements)에 보다 역점을 두어 교차로 기하구조를 재설계해야 하며, 최적화 신호주기는 시간대별 통행량에 적절히 대처할 수 있도록 150~300sec사이에서 결정되어야 한다.

3.2 동아일보사앞 교차로(Intersection B)

현재 동아일보사앞 교차로는 4지(4-Leg) 교차

로로 신호주기는 160sec에 3현시(Phase)로 운영되고 있고, 오전·오후 첨두시간대에 각각 9,000대, 8,800대의 차량이 통행하고 있다.(참조 Fig. 3.3)

동아일보사앞 교차로의 현황분석(Simulation)에 의하면 평균지체시간(Average Delay, AD)이 오전에 48.9sec/veh, 오후에 35.6sec/veh로 나타났고, 연료소모량(Fuel Consumption, FC)은 오전과 오후에 각각 392lit/hr과 291lit/hr으로 나타났으며, 특히 오전 첨두시간대에는 S-Bound의 좌회전통행(204 Link)과 오후 첨두시간대에는 N-Bound의 직진통행(201 Link)에서 가장 심한 교통체증

이 발생하고 있었다.(참조 Fig. 3.3) 그러나, 신호체계의 최적화를 고려하면 평균지체시간(AD)은 현황과 비교하여 오전과 오후에 각각 66.5%와 56.2% 정도 감소하였고 연료소모량(FC)은 오전과

오후에 각각 58.7%와 48.5% 정도 감소하였으며, 또한 신호체계의 연동최적화를 고려하면 평균지체시간(AD)은 현황과 비교하여 오전에 13.1% 정도 감소하였으나, 오히려 오후에는 33.2% 정도 증가하였고 연료소모량(FC)도 오전과 오후에 각각 263.4%, 346.3% 정도 증가하는 것으로 나타났다. 더구나, 현시체계의 개선과 동시에 연동화를 고려하면 평균지체시간(AD)은 오전에 26.8% 정도 감소하였고, 오후에는 9.0% 정도 증가하였으며, 연료소모량(FC)도 오전과 오후에 각각 251.5%, 325.0% 정도 증가하는 것으로 나타났다.(참조 Table 3.2, Fig. 3.4, Appendix A)

따라서, 동아일보사앞 교차로는 통행량에 비하여 유효녹색시간비(g/C)가 높게 산정되어 있어서 소통체계를 개선시키기 위해서는 신호체계의 재조정과 더불어 최적화 및 연동화를 고려해야 하고, 간선도로의 직진통행(Thru Movements)과 좌회전통행(Left-Turn Movements)에 보다 역점을 두어 교차로 기하구조를 재설계해야 하며, 최적화 신호주기는 시간대별 통행량에 적절히 대처할 수 있도록 50~70sec사이에서 결정되어야 한다.

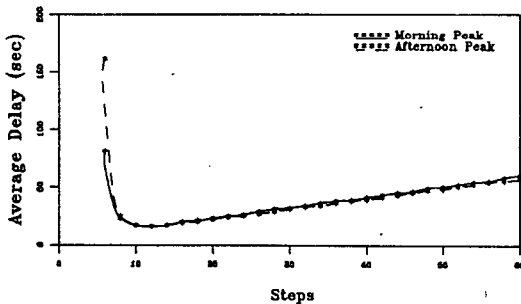
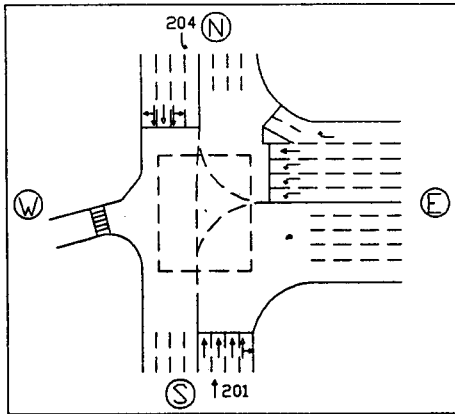


Fig. 3.3 Geometric Conditions of Intersection B and Cycle Evaluation

3.3 초량 교차로(Intersection C)

현재 초량 교차로는 5지(5-Leg) 교차로로 신호주기는 150sec에 5현시(Phase)로 운영되고 있고, 오전·오후 첨두시간대에 각각 10,410대, 10,150대의 차량이 통행하고 있다.(참조 Fig. 3.5)

Table 3.2 Measures of Effectiveness(MOE) during On-Peak Periods

Parameter	분석	오전 첨두시간대				오후 첨두시간대			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV
Average Delay(sec/veh)		48.9	16.4	42.5	35.8	35.6	15.6	47.4	38.8
Fuel Consumption(lit/hr)		392.0	162.0	1,424.5	1,377.9	291.0	150.0	1,298.8	1,236.7

I : 현황분석(Simulation)

III : 연동최적화분석(Progressive Optimization)

II : 최적화분석(Optimization)

IV : 개선 연동화분석(Improved Progression)

현황분석(Simulation)

오전 첨두시간대

오후 첨두시간대

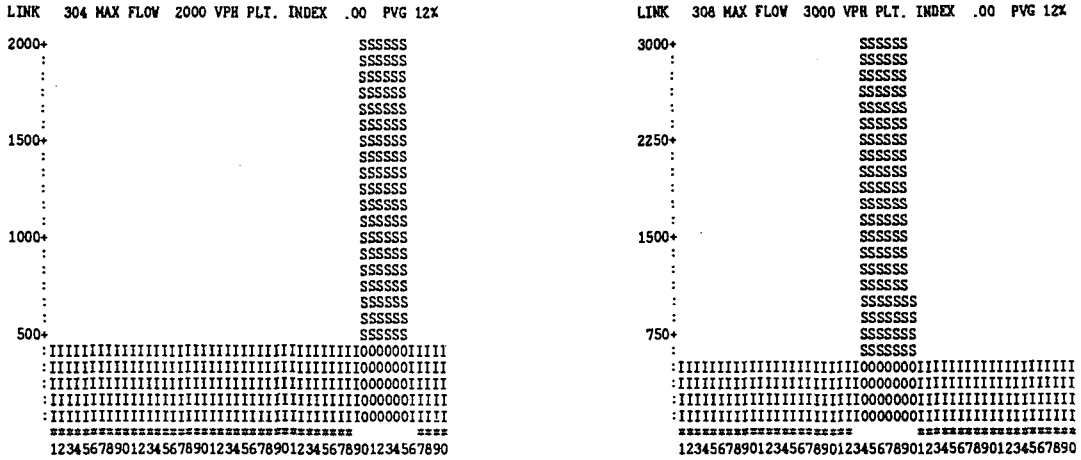


Fig. 3.6 Flow Profile Diagrams

Table 3.3 Measures of Effectiveness(MOE) during On-Peak Periods

Parameter	분석	오전 첨두시간대				오후 첨두시간대			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV
Average Delay(sec/veh)		778.1	462.0	468.2	579.0	344.7	239.9	219.1	294.1
Fuel Consumption(lit/hr)		6,311.0	3,778.0	5,569.0	6,459.3	2,766.0	1,950.0	3,403.4	114.9

I : 현황분석(Simulation)

III : 연동최적화분석(Progressive Optimization)

II : 최적화분석(Optimization)

IV : 개선 연동화분석(Improved Progression)

소하였으나, 오히려 오후에는 23.0% 정도 증가하는 것으로 나타났다. 더구나, 현시체계의 개선과 동시에 연동화를 고려하면 평균지체시간(AD)은 오전에 25.6% 정도, 오후에 14.7% 정도 감소하였고, 연료소모량(FC)은 오전에는 2.4% 증가하였으나, 오후에는 95.8% 정도 감소하는 것으로 나타났다.(참조 Table 3.3, Fig. 3.6, Appendix A)

따라서, 초량 교차로의 소통체계를 개선시키기 위해서는 신호체계의 최적화 및 연동화를 고려해야 하고, 직진통행(Thru Movements)보다는 좌회전통행(Left-Turn Movements)에 보다 역점을 두어 교차로 기하구조를 재설계해야 하며, 최적화

신호주기는 시간대별 통행량에 적절히 대처할 수 있도록 240~300sec 사이에서 결정되어야 한다.

3.4 좌천동 교차로(Intersection D)

현재 좌천동 교차로는 4지(4-Leg) 교차로로 신호주기는 160sec에 3현시(Phase)로 운영되고 있고, 오전·오후 첨두시간대에 각각 11,930대, 11,680대의 차량이 통행하고 있다.(참조 Fig. 3.7)

좌천동 교차로의 현황분석(Simulation)에 의하면 평균지체시간(Average Delay, AD)이 오전에 683.2sec/veh, 오후에 168.1sec/veh로 나타났고, 연

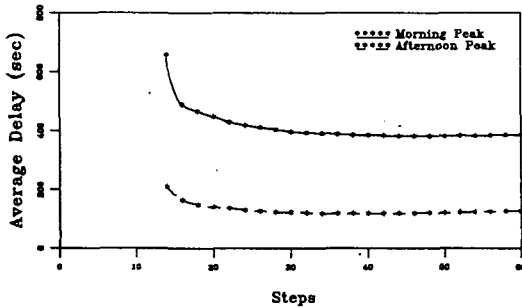
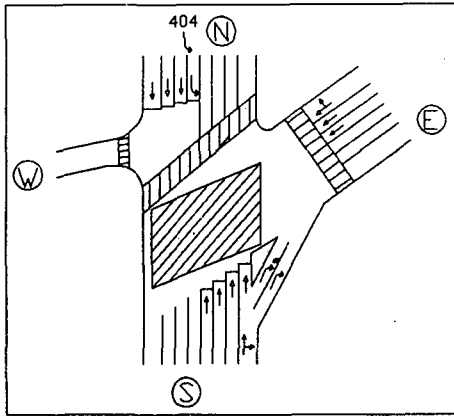


Fig. 3.7 Geometric Conditions of Intersection D and Cycle Evaluation

료소모량(Fuel Consumption, FC)은 오전과 오후에 각각 6,352lit/hr과 1,580lit/hr으로 나타났으며, 특히 오전·오후 첨두시간대에는 S-Bound의 좌회전통행(404 Link)에서 가장 심한 교통체증이 발생하고 있었다.(참조 Fig. 3.7) 그러나, 신호체계의 최적화를 고려하면 평균지체시간(AD)은 현황과 비교하여 오전과 오후에 각각 44.1%와 29.4

%정도 감소하였고 연료소모량(FC)도 거의 비슷한 수준으로 감소하였으며, 또한 신호체계의 연동최적화를 고려하면 평균지체시간(AD)은 현황과 비교하여 오전에 47.9%, 오후에 31.4%정도 감소하였고 연료소모량(FC)은 오전에 9.0%감소하였으나, 오후에는 114.5%정도 증가하는 것으로 나타났다. 더구나, 현시체계의 개선과 동시에 연동화를 고려하면 평균지체시간(AD)은 오전에 38.8%정도, 오후에 30.6%정도 감소하였고, 연료소모량(FC)은 오전과 오후에 각각 0.02%, 115.2%정도 증가하는 것으로 나타났다.(참조 Table 3.4, Fig. 3.8, Appendix A)

따라서, 좌천동 교차로의 소통체계를 개선시키기 위해서는 신호체계의 최적화 및 연동화를 고려해야 하고, 직진통행보다는 간선도로의 좌회전통행(Left-Turn Movements)에 보다 역점을 두어 교차로 기하구조를 재설계해야 하며, 최적화 신호주기는 시간대별 통행량에 적절히 대처할 수 있도록 130~300sec사이에서 결정되어야 한다.

3.5 범내골 교차로(Intersection E)

현재 범내골 교차로는 6지(6-Leg) 교차로로 신호주기는 180sec에 5현시(Phase)로 운영되고 있고, 오전·오후 첨두시간대에 각각 11,180대, 10,890대의 차량이 통행하고 있다.(참조 Fig. 3.9)

범내골 교차로의 현황분석(Simulation)에 의하면 평균지체시간(Average Delay, AD)이 오전에 516.6sec/veh, 오후에 473.4sec/veh로 나타났고, 연료소모량(Fuel Consumption, FC)은 오전과 오후에 각각 4,526lit/hr과 4,042lit/hr으로 나타났으며, 특히 오전·오후 첨두시간대에 W-Bound의 좌회

Table 3.4 Measures of Effectiveness(MOE) during On-Peak Periods

Parameter	분석	오전 첨두시간대				오후 첨두시간대			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV
Average Delay(sec/veh)		683.2	381.9	355.7	418	168.1	118.7	115.3	116.7
Fuel Consumption(lit/hr)		6,352.0	3,584.0	5,780.7	6,353.3	1,580.0	1,137.0	3,389.4	3,400.6

I : 현황분석(Simulation)

III : 연동최적화분석(Progressive Optimization)

II : 최적화분석(Optimization)

IV : 개선 연동화분석(Improved Progression)

현황분석(Simulation)

오전 첨두시간대

오후 첨두시간대

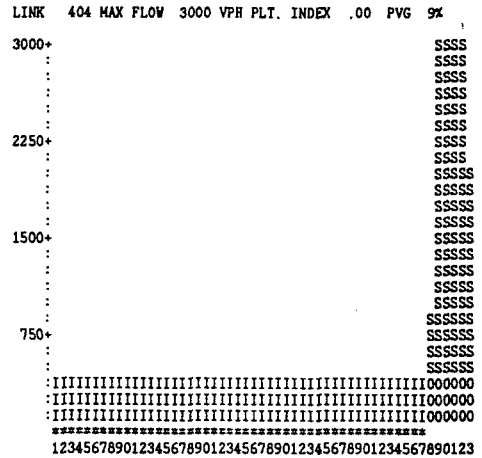
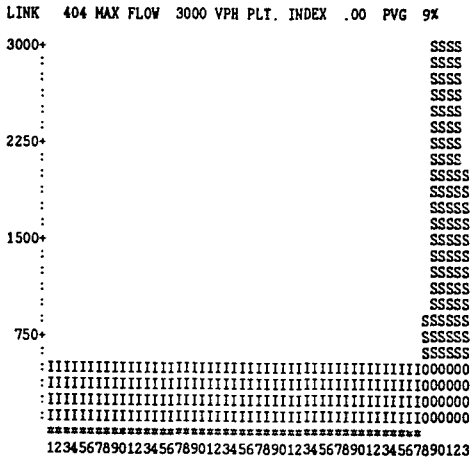


Fig. 3.8 Flow Profile Diagrams

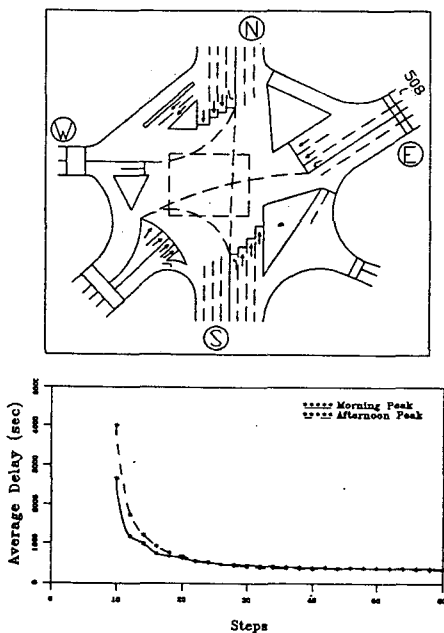


Fig. 3.9 Geometric Conditions of Intersection E and Cycle Evaluation

전통행(508 Link)에서 가장 심한 교통체증이 발생하고 있었다.(참조 Fig. 3.9) 그러나, 신호체계의 최적화를 고려하면 평균지체시간(AD)은 현황과 비교하여 오전과 오후에 각각 29.1%와 29.8% 정도 감소하였고 연료소모량(FC)은 오전과 오후에 각각 28.6%와 29.2% 정도 감소하였으며, 또한 신호체계의 연동최적화를 고려하면 평균지체시간(AD)은 현황과 비교하여 오전과 오후에 각각 32.1%, 32.8% 정도 감소하였으나 오히려 연료소모량(FC)은 오전과 오후에 각각 1.8%, 5.1% 정도 증가하는 것으로 나타났다. 더구나, 현시체계의 개선과 동시에 연동화를 고려하면 평균지체시간(AD)은 오전과 오후에 각각 26.6%, 28.8% 정도 감소하였으나, 연료소모량(FC)은 오전과 오후에 각각 7.4%, 9.1% 정도 증가하는 것으로 나타났다.(참조 Table 3.5, Fig. 3.10, Appendix A)

따라서, 범내골 교차로의 소통체계를 개선시키기 위해서는 신호체계의 재조정과 더불어 최적화 및 연동화를 고려해야 하고, 간선도로보다는 교차도로(Cross Street)의 좌회전통행(Left-Turn

Movements)에 보다 역점을 두어 교차로 기하구조를 재설계해야 하며, 최적화 신호주기는 시간대별 통행량에 적절히 대처할 수 있도록 180~300sec사이에서 결정되어야 한다.

3.6 서면 교차로(Intersection F)

현재 서면 교차로는 5지(5-Leg) 교차로로 신호주기는 240sec에 5현시(Phase)로 운영되고 있고, 오전·오후 첨두시간대에 각각 10,630대, 10,420대의 차량이 통행하고 있다.(참조 Fig. 3.11)

서면 교차로의 현황분석(Simulation)에 의하면 평균지체시간(Average Delay, AD)이 오전에 1,

582.8sec/veh, 오후에 1,485.1sec/veh로 나타났고, 연료소모량(Fuel Consumption, FC)은 오전과 오후에 각각 13,030lit/hr과 11,987lit/hr으로 나타났으며, 특히 오전·오후 첨두시간대에 NW-Bound의 좌회전통행(615 Link)에서 가장 심한 교통체증이 발생하고 있었다.(참조 Fig. 3.11) 그러나, 신호체계의 최적화를 고려하면 평균지체시간(AD)은 현황과 비교하여 오전과 오후에 각각 70.2%와 76.3% 정도 감소하였고 연료소모량(FC)도 거의 비슷한 수준으로 감소하였으며, 또한 신호체계의 연동최적화를 고려하면 평균지체시간(AD)은 현황과 비교하여 오전에 71.1%, 오후에

Table 3.5 Measures of Effectiveness(MOE) during On-Peak Periods

Parameter	오전 첨두시간대				오후 첨두시간대			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Average Delay(sec/veh)	516.6	366.4	350.7	379.2	473.4	332.5	318.3	337.2
Fuel Consumption(lit/hr)	4,526.0	3,231.0	4,608.9	4,861.1	4,042.0	2,860.0	4,248.1	4,407.7

I : 현황분석(Simulation) III : 연동최적화분석(Progressive Optimization)
 II : 최적화분석(Optimization) IV : 개선 연동화분석(Improved Progression)

현황분석(Simulation)

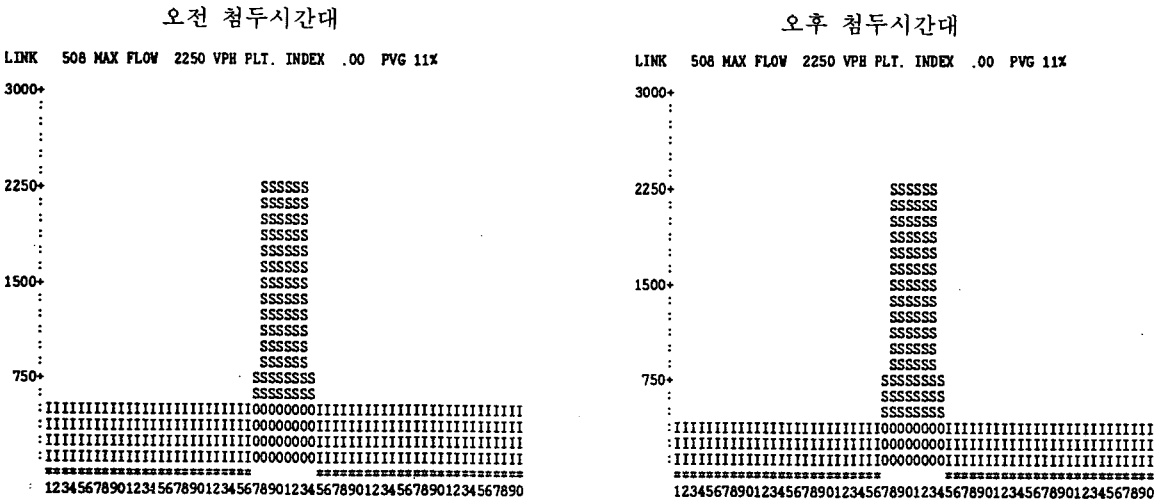


Fig. 3.10 Flow Profile Diagrams

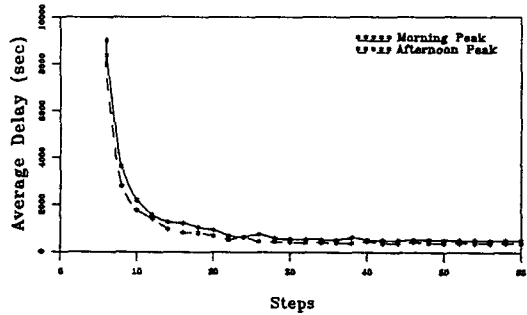
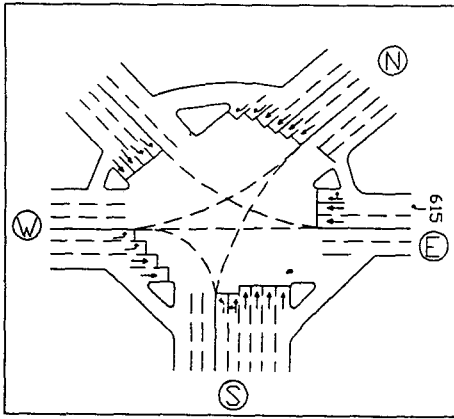


Fig. 3.11 Geometric Conditions of Intersection F and Cycle Evaluation

77.0% 정도 감소하였고 연료소모량(FC)도 오전 - 오후에 각각 64.1%, 69.4% 정도 감소하는 것으로 나타났다. 더구나, 현시체계의 개선과 동시에 연동화를 고려하면 평균지체시간(AD)은 오전에 68.

4% 정도, 오후에 74.6% 정도 감소하였고, 연료소모량(FC)은 오전과 오후에 각각 61.4%, 67.1% 정도 감소하는 것으로 나타났다.(참조 Table 3.6, Fig. 3.12, Appendix A)

Table 3.6 Measures of Effectiveness(MOE) during On-Peak Periods

Parameter	분석	오전 첨두시간대				오후 첨두시간대			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV
Average Delay(sec/veh)		1,582.8	471.9	458.1	500.5	1,485.1	352.7	341.8	376.7
Fuel Consumption(lit/hr)		13,030.0	3,936.0	4,682.4	5,025.5	11,987.0	2,902.0	3,688.3	3,950.2

- I : 현황분석(Simulation)
- II : 최적화분석(Optimization)
- III : 연동최적화분석(Progressive Optimization)
- IV : 개선 연동화분석(Improved Progression)

현황분석(Simulation)

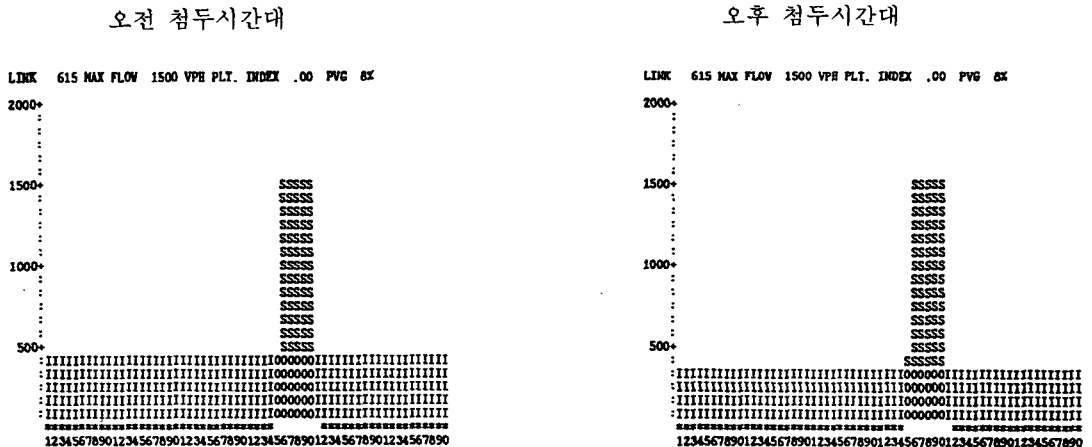


Fig. 3.12 Flow Profile Diagrams

따라서, 서면 교차로의 소통체계를 개선시키기 위해서는 신호체계의 최적화 및 연동화를 고려해야 하고, 간선도로 중심의 직진통행보다는 교차도로(Cross Street)의 좌회전통행(Left-Turn Movements)에 보다 역점을 두어 교차로 기하구조를 재설계해야 하며, 최적화 신호주기는 시간대별 통행량에 적절히 대처할 수 있도록 170~300sec 사이에서 결정되어야 한다.

3.7 전포 교차로(Intersection G)

현재 전포 교차로는 4지(4-Leg) 교차로로 신호주기는 200sec에 4현시(Phase)로 운영되고 있고, 오전·오후 첨두시간대에 각각 10,960대, 10,610대의 차량이 통행하고 있다.(참조 Fig. 3.13)

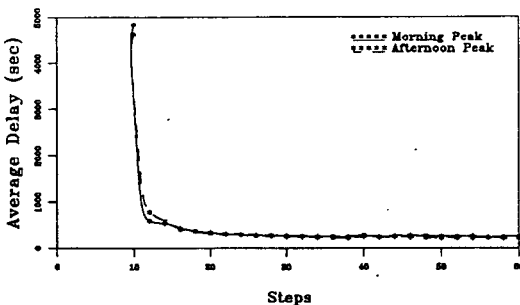
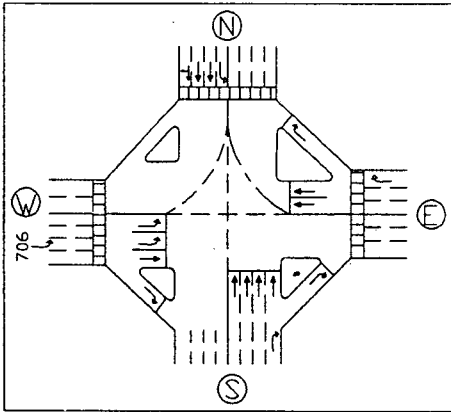


Fig. 3.13 Geometric Conditions of Intersection G and Cycle Evaluation

전포 교차로의 현황분석(Simulation)에 의하면 평균지체시간(Average Delay, AD)이 오전에 553.0sec/veh, 오후에 656.2sec/veh로 나타났고, 연료소모량(Fuel Consumption, FC)은 오전과 오후에 각각 4,720lit/hr과 5,417lit/hr으로 나타났으며, 특히 오전과 오후 첨두시간대에 E-Bound의 좌회전통행(706 Link)에서 가장 심한 교통체증이 발생하고 있었다.(참조 Fig. 3.13) 그러나, 신호체계의 최적화를 고려하면 평균지체시간(AD)은 현황과 비교하여 오전과 오후에 각각 60.0%와 69.2%정도 감소하였고 연료소모량(FC)도 거의 비슷한 수준으로 감소하였으며, 또한 신호체계의 연동최적화를 고려하면 평균지체시간(AD)은 현황과 비교하여 오전에 61.8%, 오후에 71.2%정도 감소하였고 연료소모량(FC)은 오전과 오후에 각각 47.5%, 59.0%정도 감소하는 것으로 나타났다. 더구나, 현시체계의 개선과 동시에 연동화를 고려하면 평균지체시간(AD)은 오전에 52.7%정도, 오후에 71.3%정도 감소하였고, 연료소모량(FC)도 오전과 오후에 각각 38.7%, 59.0%정도 감소하는 것으로 나타났다.(참조 Table 3.7, Fig. 3.14, Appendix A)

따라서, 전포 교차로의 소통체계를 개선시키기 위해서는 신호체계의 최적화 및 연동화를 고려해야 하고, 간선도로의 직진통행(Thru Movements)보다는 차도로의 좌회전통행(Left-Turn Movements)에 보다 역점을 두어 교차로 기하구조를 재설계해야 하며, 최적화 신호주기는 시간대별 통행량에 적절히 대처할 수 있도록 230~300sec사이에서 결정되어야 한다.

3.8 송공 교차로(Intersection H)

현재 송공 교차로는 4지(4-Leg) 교차로로 신호주기는 200sec에 3현시(Phase)로 운영되고 있고, 오전·오후 첨두시간대에 각각 12,270대, 12,010대의 차량이 통행하고 있다.(참조 Fig. 3.15)

Table 3.7 Measures of Effectiveness(MOE) during On-Peak Periods

Parameter	오전 첨두시간대				오후 첨두시간대			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Average Delay(sec/veh)	553.0	221.5	211.4	261.4	656.2	202.3	188.9	188.1
Fuel Consumption(lit/hr)	4,720.0	1,922.0	2,475.9	2,895.0	5,417.0	1,708.0	2,223.6	2,221.8

I : 현황분석(Simulation)

III : 연동최적화분석(Progressive Optimization)

II : 최적화분석(Optimization)

IV : 개선 연동화분석(Improved Progression)

현황분석(Simulation)

오전 첨두시간대

오후 첨두시간대

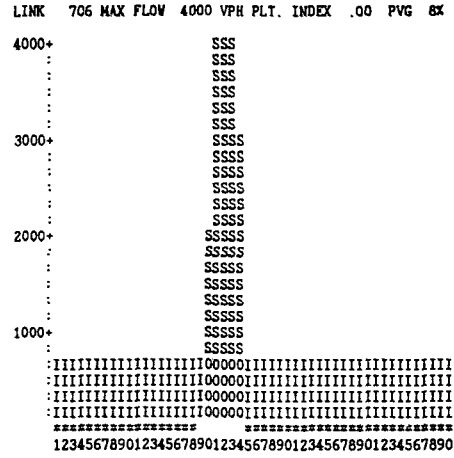
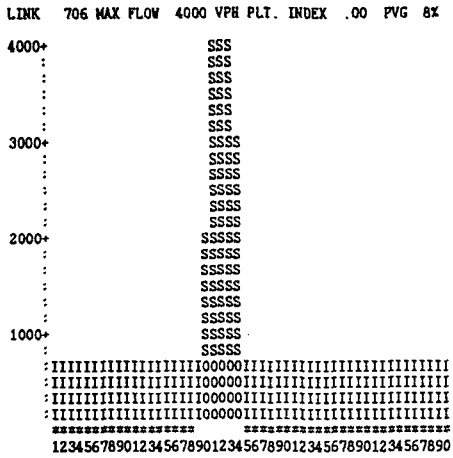


Fig. 3.14 Flow Profile Diagrams

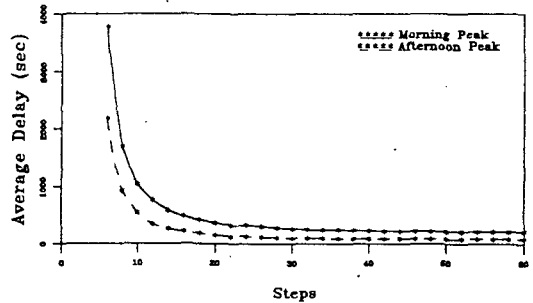
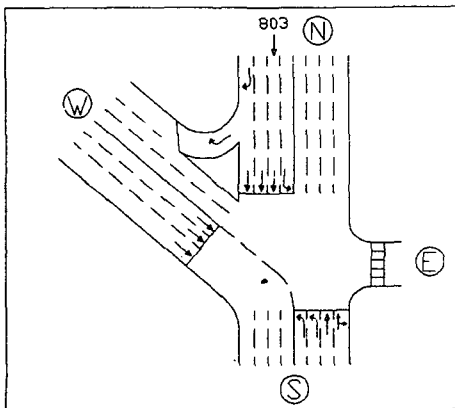


Fig. 3.15 Geometric Conditions of Intersection H and Cycle Evaluation

송공 교차로의 현황분석(Simulation)에 의하면 평균지체시간(Average Delay, AD)이 오전에 6,835.7sec/veh, 오후에 1,159.2sec/veh로 나타났고, 연료소모량(Fuel Consumption, FC)은 오전과 오후에 각각 64,656lit/hr과 10,781lit/hr으로 나타났으며, 특히 오전·오후 첨두시간대에는 S-Bound의 직진통행(803 Link)에서 가장 심각한 교통체증이 발생하고 있었다.(참조 Fig. 3.15) 그러나, 신호체계의 최적화를 고려하면 평균지체시간(AD)은 현황과 비교하여 오전과 오후에 각각 97.0%와 92.9% 정도 감소하였고 연료소모량(FC)도 오전과 오후에 거의 비슷한 수준으로 감소하였으며, 또한 신호체계의 연동최적화를 고려하면 평균지체시간

(AD)은 현황과 비교하여 오전에 97.3%, 오후에 94.4% 정도 감소하였고 연료소모량(FC)은 오전과 오후에 각각 96.1%, 87.5% 정도 감소하는 것으로 나타났다. 더구나, 현시체계의 개선과 동시에 연동화를 고려하면 평균지체시간(AD)은 오전에 97.4% 정도 감소하였고, 오후에는 95.4% 정도 감소하였으며, 연료소모량(FC)도 오전과 오후에 각각 96.2%, 88.5% 정도 감소하는 것으로 나타났다.(참조 Table 3.8, Fig. 3.16, Appendix A)

따라서, 송공 교차로의 소통체계를 개선시키기 위해서는 신호체계의 재조정과 더불어 최적화 및 연동화를 고려해야 하고, 간선도로의 좌회전통행(Left-Turn Movements)에 보다 역점을 두어 교

Table 3.8 Measures of Effectiveness(MOE) during On-Peak Periods

Parameter	오전 첨두시간대				오후 첨두시간대			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Average Delay(sec/veh)	6,835.7	204.8	184.3	179.9	1,159.2	82.3	64.5	179.9
Fuel Consumption(lit/hr)	64,656.0	2,015.0	2,522.0	2,487.8	10,781.0	828.0	1,343.2	2,487.8

- I : 현황분석(Simulation)
- II : 최적화분석(Optimization)
- III : 연동최적화분석(Progressive Optimization)
- IV : 개선 연동화분석(Improved Progression)

현황분석(Simulation)

오전 첨두시간대

오후 첨두시간대

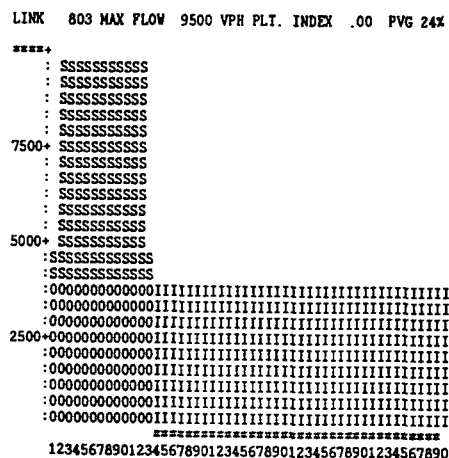
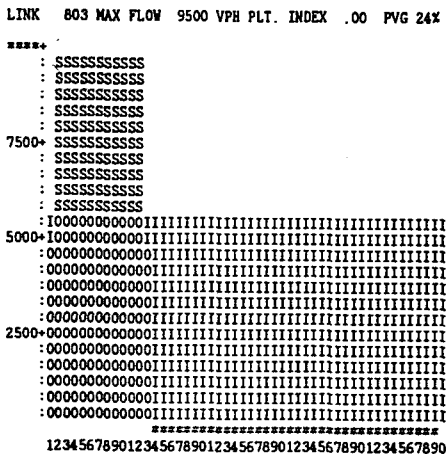


Fig. 3.16 Flow Profile Diagrams

차로 기하구조를 재설계해야 하며, 최적화 신호 주기는 시간대별 통행량에 적절히 대처할 수 있도록 180~300sec사이에서 결정되어야 한다.

3.9 양정 교차로(Intersection I)

현재 양정 교차로는 5지(5-Leg) 교차로로 신호 주기는 160sec에 3현시(Phase)로 운영되고 있고, 오전·오후 첨두시간대에 각각 9,550대, 9,330대의 차량이 통행하고 있다.(참조 Fig. 3.17)

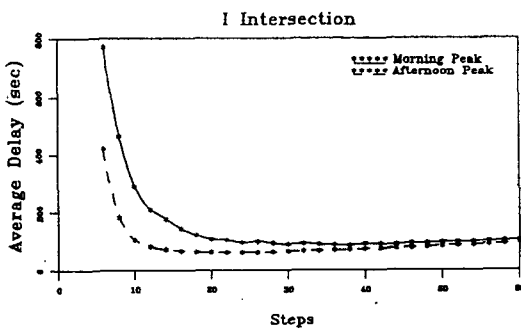
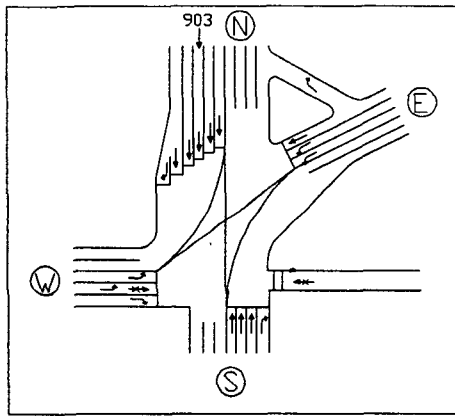


Fig. 3.17 Geometric Conditions of Intersection I and Cycle Evaluation

양정 교차로의 현황분석(Simulation)에 의하면 평균지체시간(Average Delay, AD)이 오전에 315.7sec/veh, 오후에 73.0sec/veh로 나타났고, 연료소모량(Fuel Consumption, FC)은 오전과 오후에 각각 2,384lit/hr과 687lit/hr으로 나타났으며, 특히 오전 첨두시간대에는 S-Bound의 직진통행(903 Link)과 오후 첨두시간대에는 E-Bound의 직진통행(905 Link)에서 가장 심한 교통체증이 발생하고 있었다.(참조 Fig. 3.17) 그러나, 신호체계의 최적화를 고려하면 평균지체시간(AD)은 현황과 비교하여 오전과 오후에 각각 73.1%와 16.3%정도 감소하였고 연료소모량(FC)은 오전과 오후에 각각 71.2%와 14.7%정도 감소하였으며, 또한 신호체계의 연동최적화를 고려하면 평균지체시간(AD)은 현황과 비교하여 오전에 73.6%정도 감소하였으나, 오후에 5.5%정도 증가하였고 연료소모량(FC)은 오전에는 33.3%정도 감소하였으나, 오히려 오후에는 124.5%정도 증가하는 것으로 나타났다. 더구나, 현시체계의 개선과 동시에 연동화를 고려하면 평균지체시간(AD)은 오전에 62.2%정도 감소하였으나, 오후에 41.8%정도 증가하였고, 연료소모량(FC)은 오전에는 22.2% 감소하였으나, 오후에는 157.0%정도 증가하는 것으로 나타났다.(참조 Table 3.9, Fig. 3.18, Appendix A)

따라서, 양정교차로의 소통체계를 개선시키기 위해서는 신호체계의 최적화 및 연동화를 고려해야 하고, 간선도로와 교차도로의 직진통행(Thru Movements)에 보다 역점을 두어 교차로 기하구조를 재설계해야 하며, 최적화 신호주기는 시간대별 통행량에 적절히 대처할 수 있도록 80~240 sec사이에서 결정되어야 한다.

3.10 연산 교차로(Intersection J)

현재 연산 교차로는 6지(6-Leg) 교차로로 신호 주기는 180sec에 5현시(Phase)로 운영되고 있고, 오전·오후 첨두시간대에 각각 10,300대, 9,990대의 차량이 통행하고 있다.(참조 Fig. 3.19)

연산 교차로의 현황분석(Simulation)에 의하면 평균지체시간(Average Delay, AD)이 오전에 2,098.9sec/veh, 오후에 1,918.3sec/veh로 나타났고,

Table 3.9 Measures of Effectiveness(MOE) during On-Peak Periods

Parameter	분석	오전 첨두시간대				오후 첨두시간대			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV
Average Delay(sec/veh)		315.7	84.9	83.3	119.2	73.0	61.1	77.0	103.5
Fuel Consumption(lit/hr)		2,384.0	687.0	1,590.1	1,855.2	587.0	501.0	1,318.0	1,508.5

I : 현황분석(Simulation) III : 연동최적화분석(Progressive Optimization)
 II : 최적화분석(Optimization) IV : 개선 연동화분석(Improved Progression)

현황분석(Simulation)

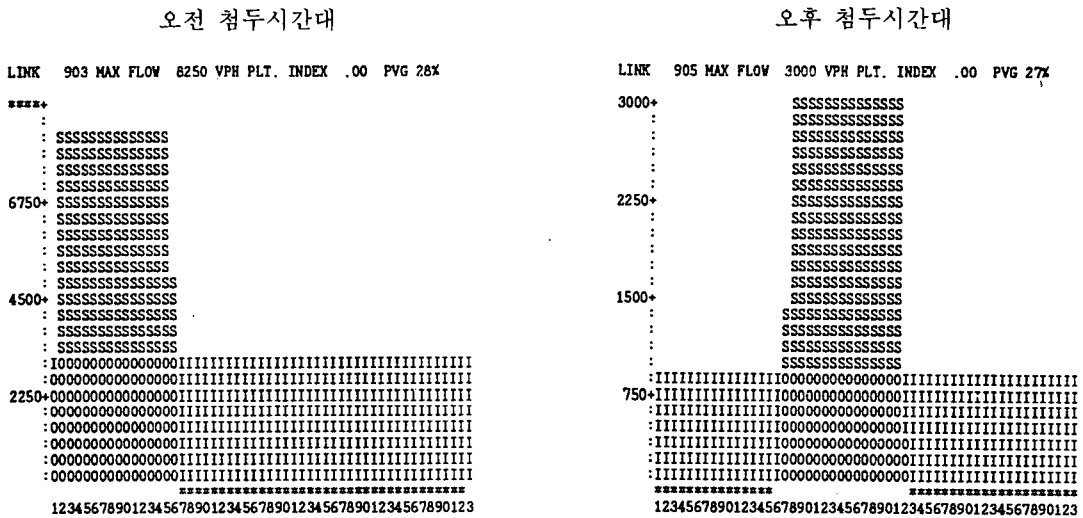


Fig. 3.18 Flow Profile Diagrams

연료소모량(Fuel Consumption, FC)은 오전과 오후에 각각 16,724lit/hr과 14,831lit/hr으로 나타났으며, 특히 오전·오후 첨두시간대에 NE-Bound의 좌회전통행(1016 Link)에서 가장 심한 교통체증이 발생하고 있었다.(참조 Fig. 3.19) 그러나, 신호체계의 최적화를 고려하면 평균지체시간(AD)은 현황과 비교하여 오전과 오후에 각각 36.6%와 37.8% 정도 감소하였고 연료소모량(FC)도 거의 비슷한 수준으로 감소하였으며, 또한 신호체계의 연동최적화를 고려하면 평균지체시간(AD)은 현황과 비교하여 오전에 36.3%, 오후에 38.5% 정도 감소하였고 연료소모량(FC)은 오전과 오후에 각각 30.9%, 32.4% 정도 감소하는 것으로

나타났다. 더구나, 현시체계의 개선과 동시에 연동화를 고려하면 평균지체시간(AD)은 오전에 30.0% 정도, 오후에 37.2% 정도 감소하였고, 연료소모량(FC)도 오전과 오후에 각각 24.6%, 31.1% 정도 감소하는 것으로 나타났다.(참조 Table 3.10, Fig. 3.20, Appendix A)

따라서, 연산 교차로의 소통체계를 개선시키기 위해서는 신호체계의 최적화 및 연동화를 고려해야 하고, 간선도로 중심의 직진통행보다는 좌회전통행(Left-Turn Movements)에 보다 역점을 두어 교차로 기하구조를 재설계해야 하며, 최적화 신호주기는 시간대별 통행량에 적절히 대처할 수 있도록 180~300sec사이에서 결정되어야 한다.

3. 11 교대앞 교차로(Intersection K)

현재 교대앞 교차로는 3지(3-Leg) 교차로로 신호주기는 160sec에 2현시(Phase)로 운영되고 있고, 오전·오후 첨두시간대에 각각 10,780대, 10,540대의 차량이 통행하고 있다.(참조 Fig. 3. 21)

교대앞 교차로의 현황분석(Simulation)에 의하면 평균지체시간(Average Delay, AD)이 오전에 583.2sec/veh, 오후에 448.1sec/veh로 나타났고, 연료소모량(Fuel Consumption, FC)은 오전과 오후에 각각 4,898lit/hr과 3,672lit/hr으로 나타났으며, 특히 오전·오후 첨두시간대에 W-Bound의 좌회전통행(1108 Link)에서 가장 심한 교통체증이 발생하고 있었다.(참조 Fig. 3. 21) 그러나, 신호체계의 최적화를 고려하면 평균지체시간(AD)은 현황

과 비교하여 오전과 오후에 각각 43.2%와 95.3% 정도 감소하였고 연료소모량(FC)은 오전과 오후에 각각 42.7%와 94.0%정도 감소하였으며, 또한 신호체계의 연동최적화를 고려하면 평균지체시간(AD)은 현황과 비교하여 오전에 47.0%정도 감소하였고, 오후에는 93.6%정도 감소하였고 연료소모량(FC)도 오전과 오후에 각각 26.2%, 64.1%정도 감소하는 것으로 나타났다. 더구나, 현시체계의 개선과 동시에 연동화를 고려하면 평균지체시간(AD)은 오전에 43.6%정도 감소하였고, 오후에는 92.3%정도 감소하였으며, 연료소모량(FC)도 오전과 오후에 각각 22.6%, 62.6%정도 감소하는 것으로 나타났다.(참조 Table 3. 11, Fig. 3. 22, Appendix A)

따라서, 교대앞 교차로의 소통체계를 개선시키기 위해서는 신호체계의 재조정과 더불어 최적화 및 연동화를 고려해야 하고, 교차도로(Cross Street)의 좌회전통행(Left-Turn Movements)에 보다 역점을 두어 교차로 기하구조를 재설계해야 하며, 최적화 신호주기는 시간대별 통행량에 적절히 대처할 수 있도록 80~300sec사이에서 결정되어야 한다.

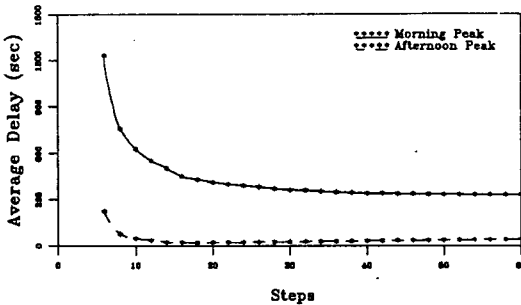
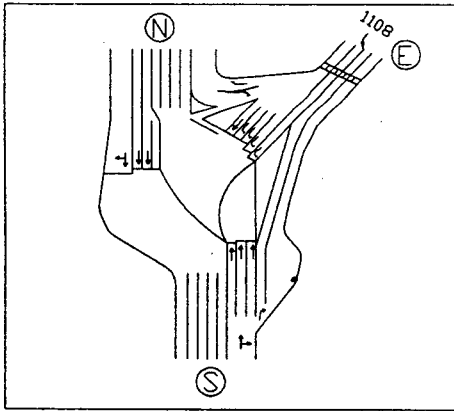


Fig. 3. 21 Geometric Conditions of Intersection K and Cycle Evaluation

3. 12 내성 교차로(Intersection L)

현재 내성 교차로는 4지(4-Leg) 교차로로 신호주기는 180sec에 5현시(Phase)로 운영되고 있고, 오전·오후 첨두시간대에 각각 10,090대, 9,840대의 차량이 통행하고 있다.(참조 Fig. 3. 23)

내성 교차로의 현황분석(Simulation)에 의하면 평균지체시간(Average Delay, AD)이 오전에 1,701.2sec/veh, 오후에 5,681.4sec/veh로 나타났고, 연료소모량(Fuel Consumption, FC)은 오전과 오후에 각각 13,273lit/hr과 43,107lit/hr으로 나타났으며, 특히 오전·오후 첨두시간대에는 W-Bound의 좌회전통행(1208 Link)에서 가장 심한 교통체증이 발생하고 있었다.(참조 Fig. 3. 23) 그러나, 신호체계의 최적화를 고려하면 평균지체시간(AD)은 현황과 비교하여 오전과 오후에 각각 78.5%와 92.3% 정도 감소하였고 연료소모량(FC)도

km/hr, 12.7km/hr로 나타났다.(참조 Table 3.13) 특히, 간선도로의 직진통행을 중심으로 연동화의 가능성을 판단할 수 있는 유효연동화율(Effective Progression Opportunity, PROS.)에 있어서 오전 첨두시간대에 N-Bound로는 30.0%, S-Bound로는 32.7%로 나타났고, 오후 첨두시간대에 N-Bound로는 22.3%, S-Bound로는 29.0%로 나타남으로써 오후 시간대보다 오전 시간대에 연동화의 가능성이 더 높은 것으로 나타났다.(참조 Appendix B)

따라서, 간선도로의 소통능력을 증대시키고 핵심교차로를 중심으로 연동화를 보다 효율적으로 실시하기 위해서는 직진통행(Thru Movements)에 역점을 두어 교통체계를 개선시켜야 하고 연동화 신호주기는 시간대별 직진통행량(Thru Traffic)에 적절히 대처할 수 있도록 190~300sec 사이에서 결정되어야 한다.

4. 결 론

본 연구대상 간선도로는 부산지역의 주요 도심을 통과하고 있고, 연평균 통행량 증가율이 약 20%를 상회하고 있으며, 도심 통행량의 60% 이상이 집중됨으로써 극심한 교통체증에 시달리고 있다. 이러한 간선도로를 대상으로 유출입통행량이 많은 12곳의 핵심 교차로를 선정하여 교통량체계, 도로체계 및 신호체계분석을 기초로 각 교차로별 교통체계분석을 실시하였고, 차량통행을 보다 원활히 하기 위해 신호교차로의 최적화 및 연동화 체계를 구축한 결과 다음과 같은 결론에 도달하였다.

i) 첨두시간대(Peak-Time Periods)란 1일 평균 통행량 중에서 통행량이 많이 집중하는 시간대로 오전 첨두시간대와 오후 첨두시간대로 구분되는

데, 일반적으로 1일 통행량의 20~30% 정도가 이 시간대에 집중되고 있다. 본 연구대상 간선도로 상에서 관측된 통행량분포에서는 오전 07:00~08:00시(7.74%)를 제외하고 대체로 9%미만의 통행량이 시간대별로 고루 분포하고 있었으므로 첨두시간대를 뚜렷하게 구분할 수는 없었으나, 출퇴근시간대인 오전 08:00~09:00시(8.98%)와 오후 18:00~19:00시(8.51%)에 통행량이 비교적 첨두(Peak)를 나타내고 있었기때문에 이 출퇴근시간대를 중심으로 통행체계개선방안이 수립되어야 한다.(참조 Fig. 2.6)

ii) 간선가로의 방향별 통행량분포란 가로지점을 중심으로 유출입통행량의 비율을 나타내는 것으로 대체로 50:50의 균형을 나타내고 있다. 그러나, 연구대상 간선도로의 방향별 통행량분포에 따르면 오전 출근시간대에는 도심 외곽으로부터 도심방향으로의 유입통행량의 비율이 60% 이상을 차지하고 있었고, 반대로 오후 퇴근시간대에는 도심으로부터 도심 외곽방향으로 유출통행량의 비율이 60% 이상을 차지함으로써 유출입통행량에 있어서 방향별로 현저한 차이를 보이고 있었기때문에 출퇴근시간대를 중심으로 본 간선도로의 방향별 통행체계개선방안이 수립되어야 한다.(참조 Fig. 2.2, 2.3, 2.4, 2.5)

iii) 본 연구대상 교차로상에서는 출퇴근시간대에 대체적으로 좌회전통행이 직진통행에 비하여 정체가 심화되고 있었고 좌회전 차량의 집중으로 인하여 교차로 전체에 교통정체가 가중되고 있었으므로 좌회전 차량에 대한 차선배정을 재검토해야 함과 동시에 필요에 따라서는 출퇴근시간대에 한하여 좌회전 능률차선을 지정하는 방안도 고려해야 하며, 가로상의 차도폭, 보도폭 및 차선수도 재조정하여 소통능력을 증대시킬 수 있도록 전반

Table 3.13 Measures of Effectiveness(MOE) by Progression during On-Peak Periods

Parameter	분석	오전 첨두시간대	오후 첨두시간대
Average Delay(sec/veh)		416.0	286.0
Fuel Consumption(lit/hr)		4,545.9	2,985.9
System Speed(km/hr)		8.7	12.7

적인 도로체계개선방안이 수립되어야 한다.

iv) 본 연구대상 간선도로의 대형차량 혼재율은 약 20.5%에 연평균 약 20%의 통행량증가율과 60%이상의 도심통행량 집중으로 교통체증이 가중되고 있었고, 핵심 교차로중에서 좌전동교차로(D교차로), 전포교차로(G교차로) 및 내성교차로(L교차로)에서는 평면교차의 횡단보도시설이 설치되어 있어서 통과차량과 보행자사이의 상충으로 차량정체가 가중되고 있었으므로 차량정체를 단축하기 위한 구체적인 도로체계개선방안이 수립되어야 한다.

v) 본 연구대상 교차로의 현황분석에 의하면 오전 출근시간대에는 평균지체시간(Average Delay, AD)이 1,376.9sec/veh에 연료소모량(Fuel Consumption, FC)은 12,097.7lit/hr로 나타났고, 오후 퇴근시간대에는 평균지체시간이 1,079.2sec/veh에 연료소모량은 8,636.8lit/hr로 나타났다. 그러나, 교차로의 최적화분석에 의하면 현황분석과 비교하여 평균지체시간이 오전과 오후에 각각 72.8%, 75.0%정도 감소하였고, 연료소모량도 거의 비슷한 수준의 감소를 나타내었다. 또한, 간선도로를 중심으로 연동최적화분석에 의하면 현황분석과 비교하여 평균지체시간이 오전에 73.2%, 오후에 75.3%정도 감소하였고, 연료소모량에 있어서도 오전과 오후에 각각 65.6%, 63.4%정도 감소하였으므로 교차로를 대상으로 신호체계개선방안이 수립되어야 한다.

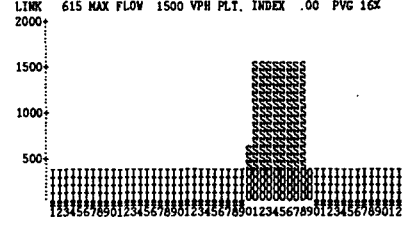
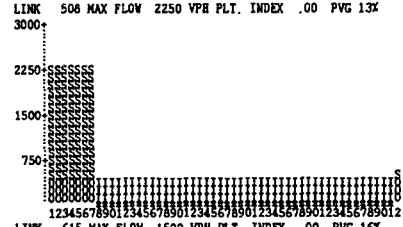
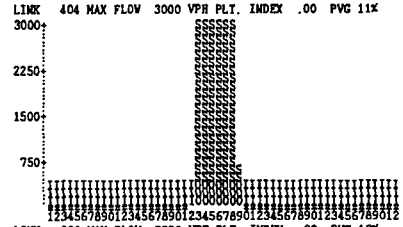
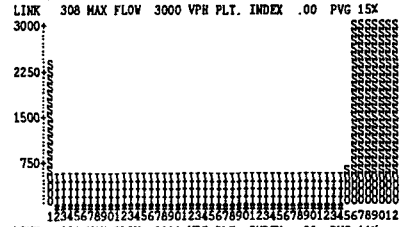
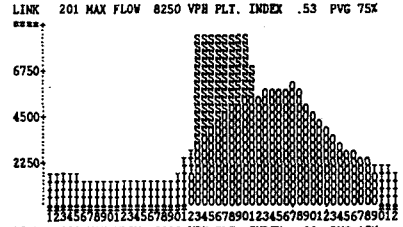
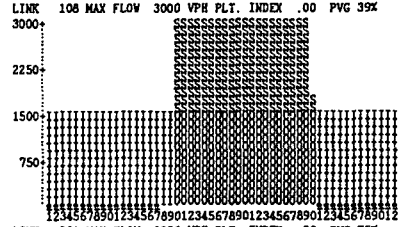
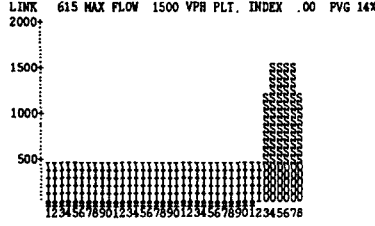
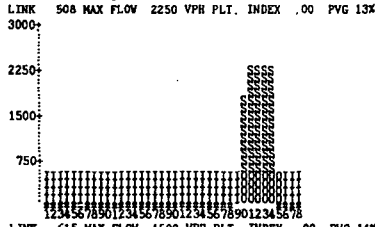
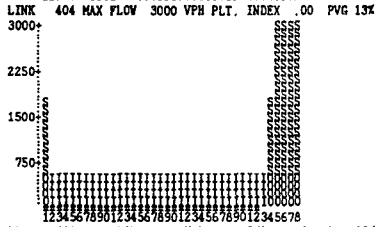
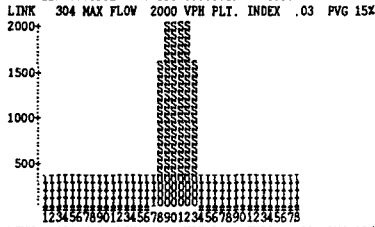
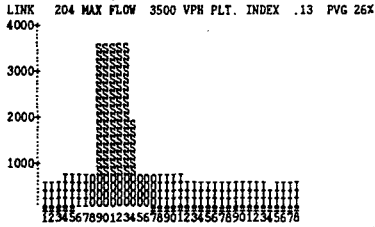
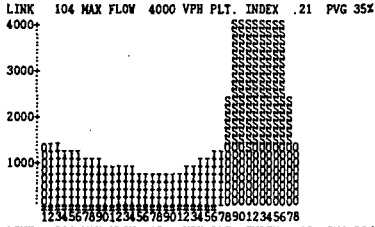
vi) 교차로의 형태 및 통행특성에 따라 신호교차로의 현시체계는 대체적으로 1~6현시로 운영되고 있다. 현재, 본 연구대상 교차로의 현시체계는 2~5현시로 운영되고 있고 교차로에 따라서는 좌회전통행이 직진통행에 우선적으로 허용되는 현시체계(Leading Left-Turn)와 직진통행이 좌회전통행에 우선적으로 허용되는 현시체계(Lagging Left-Turn)가 함께 사용되고 있으나 교차로의 형태나 통행특성에 따라 소통능력을 증대시킬 수 있도록 간선도로 중심의 신호체계개선방안이 수립되어야 한다.

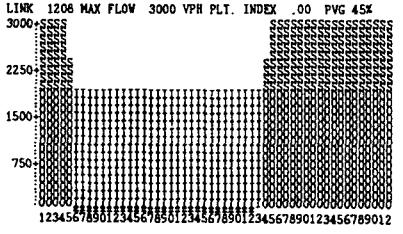
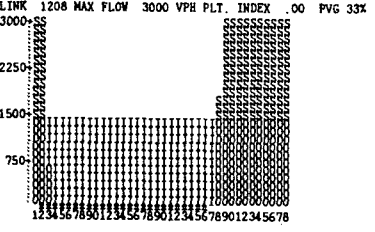
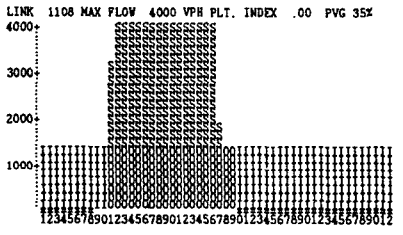
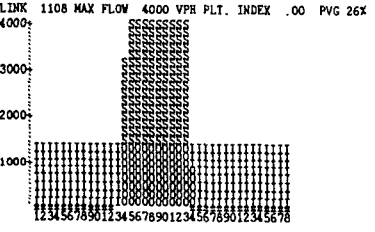
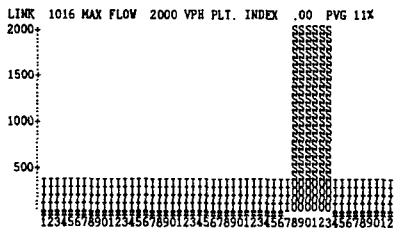
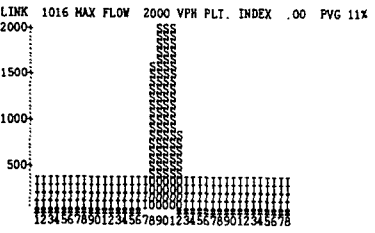
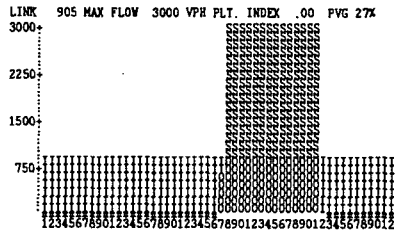
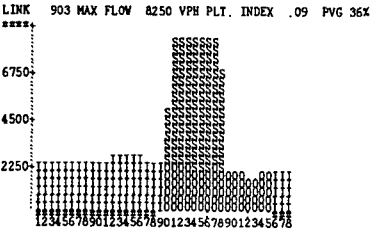
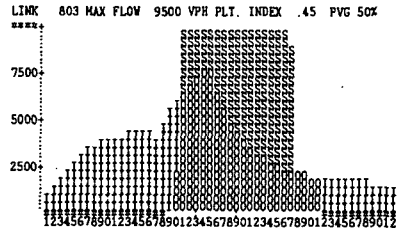
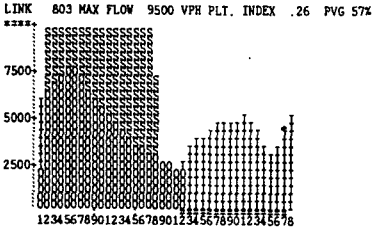
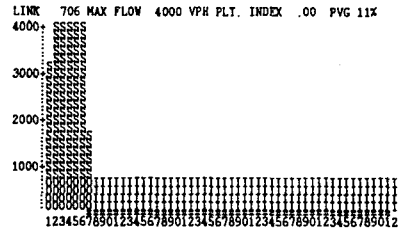
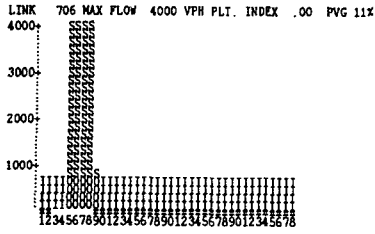
참고문헌

1. 부산직할시 교통관광국, "교통 및 관광통계자료", 1994. 5.
2. W. H. Kraft, "Traffic Congestion-What Have We Learned?", ITE Journal, Feb. 1989, pp. 24-26.
3. A. K. Rathi and E. B. Lieberman, "Reducing Traffic Congestion in Herald Square." ITE Journal, Sep. 1986, pp. 27-31.
4. J. Z. Luh and W. G. Lothian, "Traffic Progression Assessment in Traffic Impact Studies." ITE Journal, May. 1991, pp. 17-21.
5. ITE Technical Council Committee, "Transportation Energy Contingency Planning", ITE Journal, Aug. 1986, pp. 21-23.
6. Shui-Ying Wong, "Application of TRANSYT-7 F in China", ITE Journal, Aug. 1988, pp. 38-42.
7. "Highway Capacity Manual", Transportation Research Board, Special Report 209, 1985.
8. "McTrans. TRANSYT-7F Software(Ver. 7.2) Users Manual", the Center Microcomputers in Transportation, Univ. of Florida, Dec. 1991.
9. James L. Pline, "Traffic Engineering Handbook 4th Edition", Institute of Transportation Engineers, 1991.
10. W. S. Homburger and J. H. Kell, "Fundamentals of Traffic Engineering 12th Edition", published by Univ. of California at Berkeley, Oct. 1989.
11. 김 태 곤, "교차로 신호체계 최적화를 이용한 소통체계 개선방안에 관한 연구", 한국해양대학교 부설 산업기술연구소, 제 11집, 1993.
- 12.

Appendix A

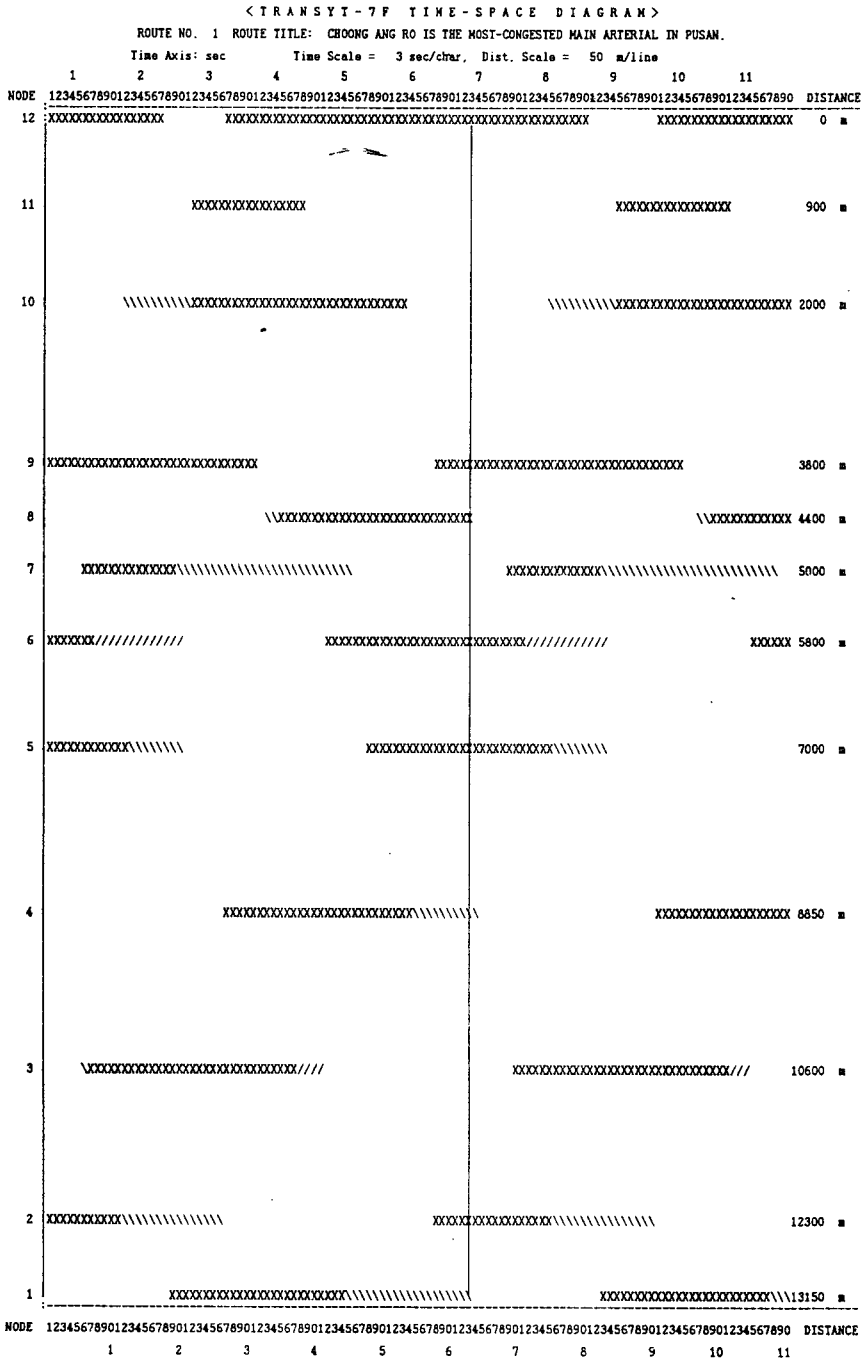
개선 연동화분석(Improved Progression)





Appendix B

1. 오전 첨두시간대 TIME-SPACE DIAGRAM



Scale Conversions:
 Time/inch = 3 * 10 (at 10 char/inch)
 Dist/inch = 50 * 6 (at 6 lines/inch)

\\ Green in Down Direction
 Green in Both Directions
 /// Green in Up Direction

Avg. Time Displacement:
 15780.00 / speed
 XXX Red in both directions

