한국ITS학회논문지
제3권, 제2호 (2004. 9 · 12)
pp.29~40

신신호시스템(COSMOS)의 일반국도 적용에 대한 연구

A study of signal control with COSMOS on National Highway

백 현 수* (Baek, Hyon-Su) 김 영 찬** (Kim, Young-Chan) 문 학 룡*** (Moon, Hak-Yong) 김 종 식**** (Kim, Jong-Sik)

요 약

국도의 성능개선 및 국도 우회도로의 개설을 통해 연속류에 가까운 교통조건을 확보하고 있으나 TOD(Time Of Day) 제어가 이루어지는 신호교차로에 의해 교통량의 변화에 효율적으로 대처하지 못하고 있다. 이러한 문제의 개선을 위해 2000년 국도 3호선 상의 남촌팔장~초월파출소 구간에 설치한 "신호운영 시범 시스템"을 이용하여 TOD 운영시와 TRC 운영시의 통행속도와 대기행렬의 길이변화를 조사, 분석하였다.

분석 결과, "신호운영시범시스템"이 설치된 국도3호선 구간 3개 교차로의 기하구조가 불량하고 좌회전 포켓의 길이가 수요의 약 1/4을 수용할 수 있는 길이임에도 불구하고 TRC 운영시 TOD 운영시에 비해 구간평균 통행속도는 2.9~16.7km/h 증가하고, 대기행렬은 오전첨두시 남촌→광주 방향을 제외하고 15~196m 감소하였다.

Abstract

The performance of the National Highway is raised, but the capacity of the signalized intersection on the National Highway is low. It's operated by TOD(Time Of Day) mode. To evaluate of the performance of COSMOS(Cycle, Offset, Split MOdel for Seoul), a real time traffic adaptive signal control system, on the National Highway, studied volume, travel time and queuing length at TOD control and TRC(Traffic Responsive Control).

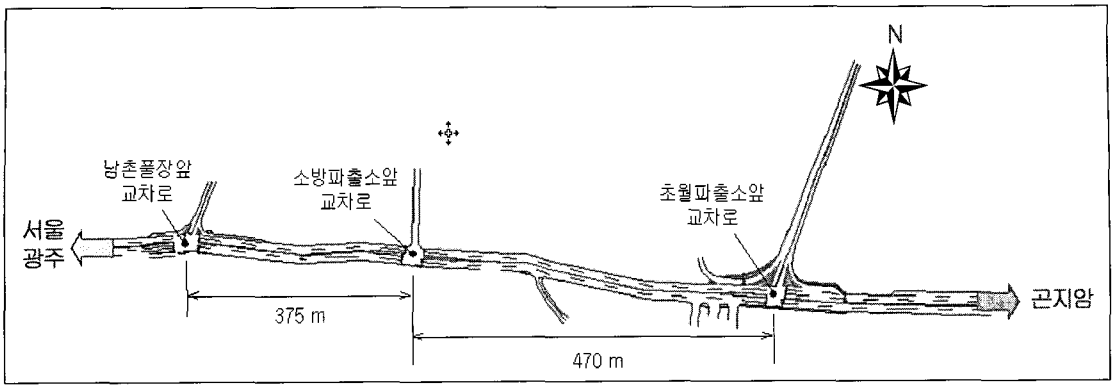
Consequently, the average travel speed at TRC is high 2.9~16.7km/h then the average travel speed at TOD control. And the queuing length at TRC is low 15~196m then the queuing length at TOD control.

Key Words : 신신호시스템, 신호제어, 국도

Ⅰ. 서 론

국도는 도로의 기능상 이동성이 강한 도로로 국도의 성능개선 및 국도 우회도로의 개설을 통해 연속류에 가까운 교통조건을 가지고 있다. 그러나 국도 상에 신호교차로도 공존하고 있으며, 신호교차로는 TOD(Time Of Day) 제어가 이루어지고 있어 교통량에 변화에 효율적으로 대처하지 못한다.

* 회 원 : 서울시립대학교 대학원 박사과정
** 회 원 : 서울시립대학교 교수
*** 회 원 : 건설기술연구원 책임연구원
**** 비회원 : 건설기술연구원 연구원
† 논문접수일 : 2004년 8월 2일



〈그림 1〉 기하구조

이로 인해 신호교차로 설치 지점에서 병목현상이 발생하고 있으며 이러한 병목현상을 완화하기위해서는 신호교차로에서의 용량을 증대시켜야 한다.

2000년 국도 3호선 상의 남촌풀장~초월파출소 구간에 실시간 신호제어시스템(COSMOS)에 의한 제어가 가능한 신호제어운영 시범시스템이 3개 교차로에 설치되어 TOD 제어로 운영되고 있다.

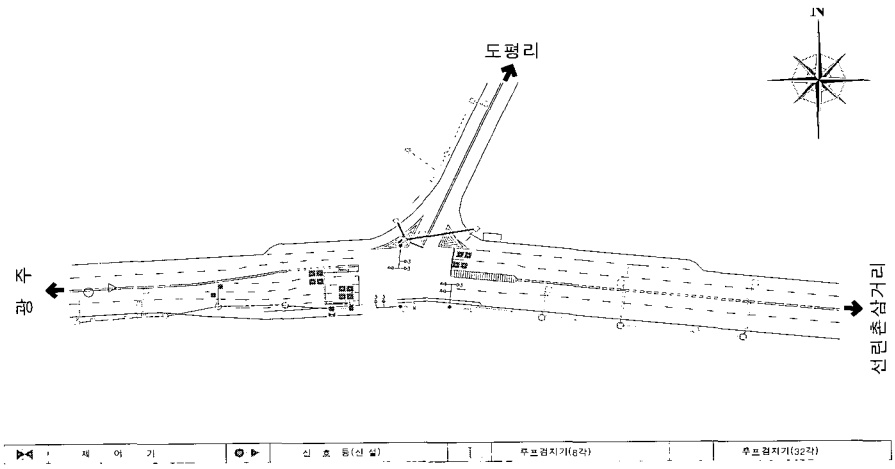
실시간 신호제어시스템(COSMOS)은 1991년의 시스템 개발 이후로 현장실험과 기술검증을 통해 서울시에 적용중인 신호제어시스템으로 실시간 대응제어(Traffic Response Control)과 좌회전 감응제어, 앞막힘 예방제어 등의 주요 기능이 있다.(실시간신호제어시스템 실무해설집, 2002)

본 연구는 실시간 신호제어시스템(COSMOS)을 국도에 적용하는 것에 대한 현장 실험 및 분석을 통해 국도의 교통개선 효과를 고찰하는 것을 목적으로 한다.

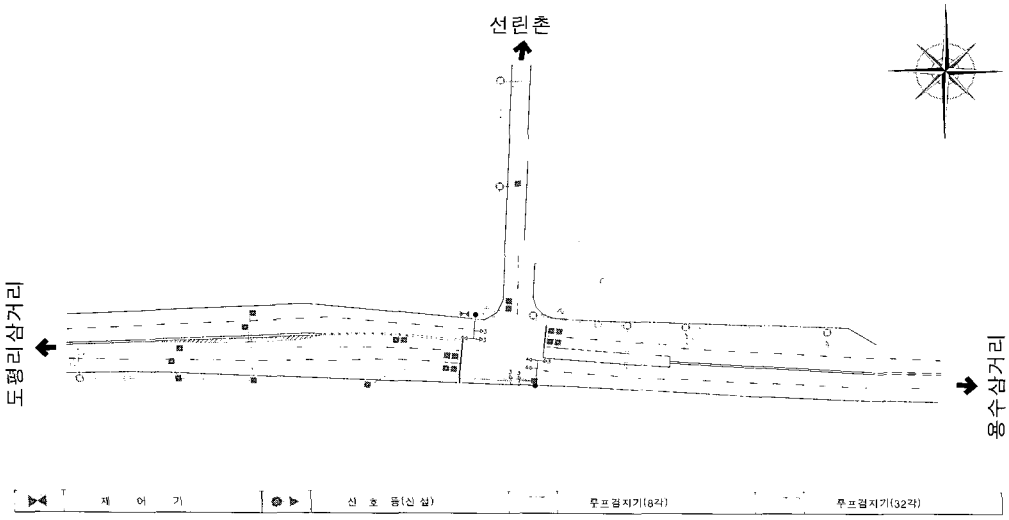
국도 3호선의 신호운영시범시스템 설치구간(초월파출소앞 삼거리~남촌풀장앞 교차로)을 연구의 공간적 범위로 잡고, TRC 기능의 정상작동 여부를 판단하고, TOD 운영시와 TRC운영시의 통행속도와 대기행렬 길이를 분석하고자 한다.

Ⅱ. 신호운영시범시스템 설치구간의 교통특성

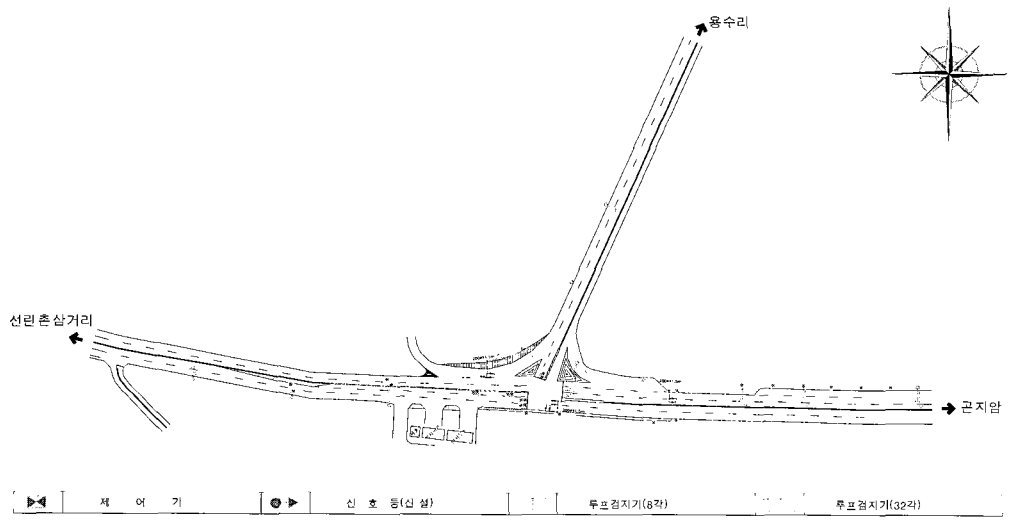
신호운영시범시스템은 국도 3호선상의 연속된 3개 교차로에 제어기와 검지기가 설치되어 있으며



〈그림 2〉 남촌풀장앞 교차로 기하구조 및 시설물



〈그림 3〉 소방파출소앞 교차로 기하구조 및 시설물



〈그림 4〉 초월파출소앞 교차로 기하구조 및 시설물

센터는 곤지암IC에 설치되어 있다.

1. 기하구조 및 시스템 설치현황

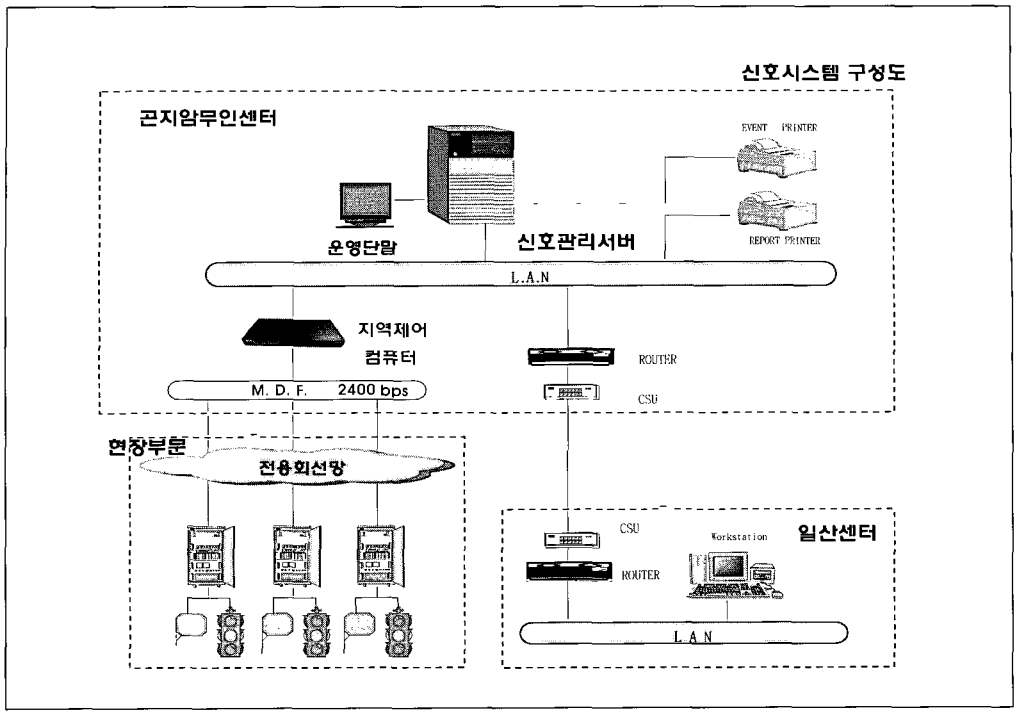
1) 기하구조

신호운영시범시스템 설치구간 내에서 국도3호선은 왕복 4차로이며, 접속하는 부도로는 양방향 2차로이고 구간 내에 존재하는 교차로는 3지 교차로이다.

2) 시스템 설치현황

건설교통부에서 신호운영체계 개선을 통한 적극적 교통관리를 목적으로 국도3호선 용수리~도평리 구간 3개 교차로(초월파출소앞삼거리, 소방파출소앞삼거리, 남촌풀장앞삼거리)에 시스템을 구축했으며, 곤지암 I.C 국도 ITS 무인지역센터 내에 관제센터를 구축했다.

센터에는 신호관리 컴퓨터(주전산기), 지역제어 컴퓨터, 통신장비 1식이 설치되었으며, 현장에는



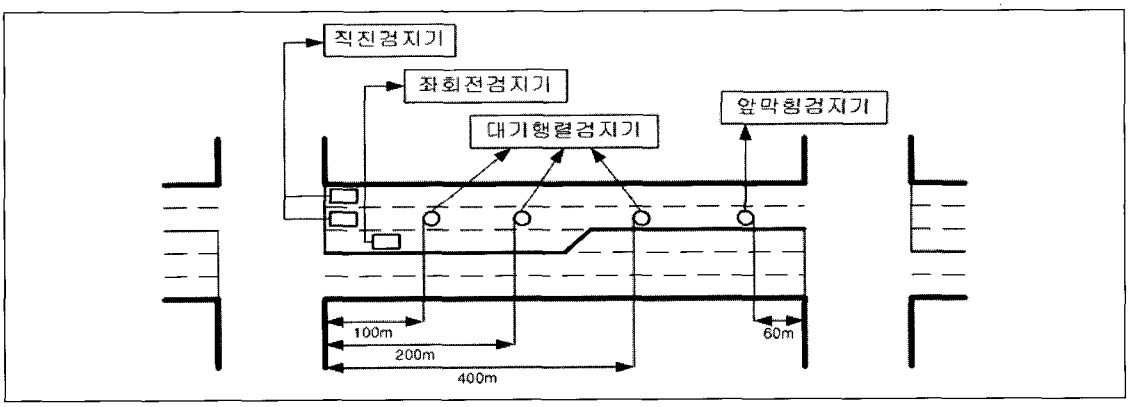
〈그림 5〉 신호운영 시범 시스템 구성도

현장제어기 3식, 현장루프검지기(정지선 검지기, 대기행렬 검지기, 앞막힘예방 검지기 등) 57식이 설치되었다.(국도 3호선 주요 교차로 신호운영 실시설계 최종보고서, 2000)

2. 교통현황

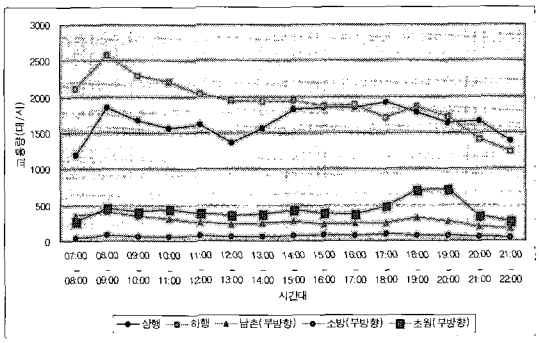
2003년 7월 2일의 교통량조사를 통해 수집한 첨두시간대별 실측 교통량자료를 이용하여 각 교차로의 접근방향별 교통량을 분석하였으며, 2003년 7월 2일(수요일), 2003년 7월 5일(토요일), 2003년 7월 6일(일요일)의 07:00~21:00시의 검지기 교통량 자료를 이용하여 주방향과 부방향의 시간대별 유입교통량변화와 구간별 통행속도를 분석하였다.

유입교통량은 평일 상행(광주→곤지암IC)은 08:00~09:00시에 2,575대/시로 가장 높게 나왔으며 일요

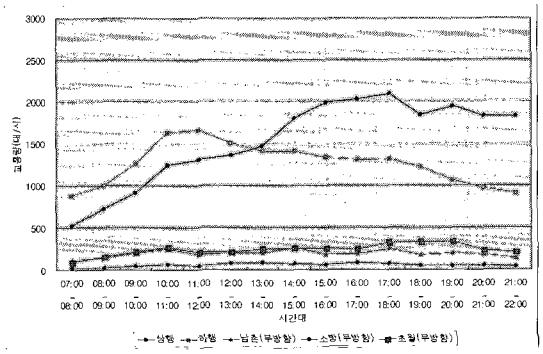


〈그림 6〉 교차로의 검지기 구성

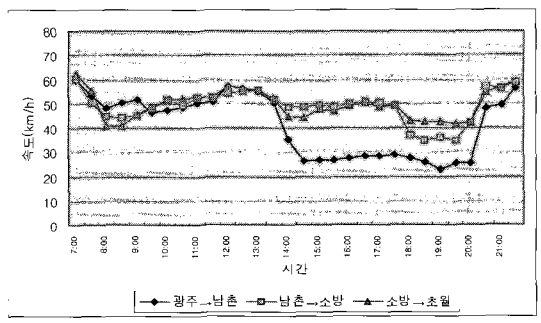
일에는 오후시간대에 교통량이 증가하였다. 평일의 구간별 통행속도는 하행(곤지암IC→광주)은 출근시간대(07:00~09:00시)에 상행은 오후 시간대(18:00~20:00시)에 정체가 발생하였다. 구간별 통행속도는 상행은 광주→남촌풀장앞 교차로 구간에서 16:00~20:00시에 30km/h 이하의 속도로 떨어졌으며, 하행은 08:00~09:00시 동안 전 구간에서 30km/h 내외의 속도를 보였다.



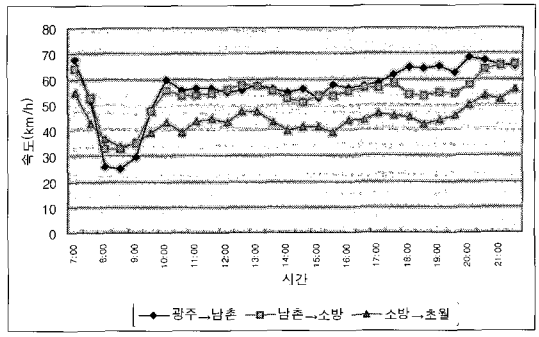
〈그림 7〉 방향별 · 시간대별 유입교통량(평일)



〈그림 8〉 방향별 · 시간대별 유입교통량(일요일)



〈그림 9〉 구간별 통행속도(평일, 상행)



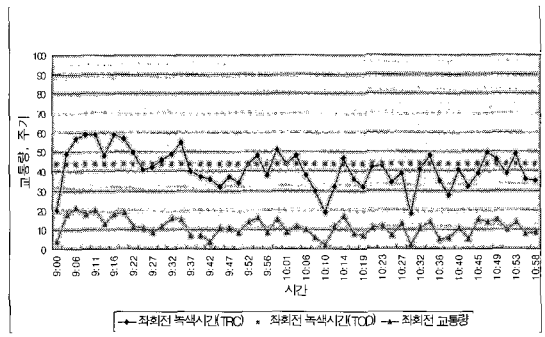
〈그림 10〉 구간별 통행속도(평일, 하행)

Ⅲ. 신호운영시범시스템의 효과분석

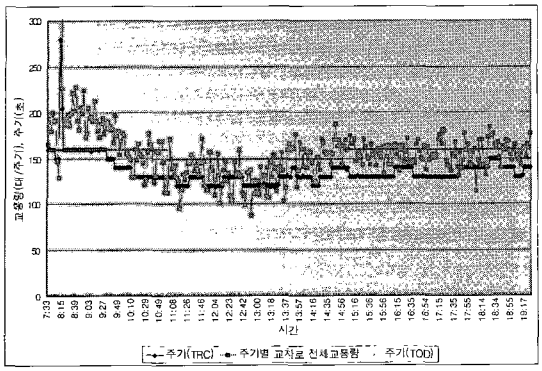
신호운영시범시스템이 설치된 구간은 출퇴근시간에 심한 정체가 발생하여 평소에는 교통경찰이 신호시간을 조절한다. 효과분석을 위해 7월 2일(수요일)에 현장에서의 신호시간변경을 배제하고 TOD 신호제어상태에서 교통량과 대기행렬길이를 조사하였으며, 10월 23(목요일)에 TRC와 주방향의 좌회전감응 운영 상태에서 교통량과 대기행렬길이를 조사하여 비교분석 하였다.

1. 시스템 작동 상태

교통대응제어(TRC; Traffic Responsive Control)를 실시한 10월 23일 09:00~11:00시 사이의 좌회전 녹색시간을 살펴 본 결과 좌회전교통량의 변화와 유사한 패턴으로 나타나 좌회전 감응제어가 정상적으로 작동되고 있음이 확인되었다.



〈그림 11〉 좌회전 교통량에 따른 좌회전 녹색시간 변화



〈그림 12〉 주기별 전체 교통량과 주기 변화

또한 07:30~19:30시 사이의 초월파출소의 주기 변화를 분석한 결과, 전체교통량의 변화에 따라 교통량이 연속적으로 감소하는 구간에서는 주기가 감소하며 연속적으로 증가하는 구간에서는 주기가 증가하는 것으로 나타났으며, 이는 TRC신호제어가 정상적으로 작동했음을 의미한다.

오전 07:40분경의 주기값과 교통량값이 급상승한 것을 볼 수 있는데, 이는 초월파출소앞 교차로에 교통사고가 발생하여 수동제어 함에 따라 나타난 현상이다. 사고로 인해 08:11분에서 08:23분까지는 TOD방식으로 운영되다가 그 이후부터 정상적으로 TRC제어가 적용되었다.

2. 효과분석

교통량조사는 조사원을 각 교차로의 접근로별로 배치하여 접근방향별·차종별 교통량을 조사하였으며, 오전첨두시간대(07:30~09:30)와 비첨두시간대(14:00~16:00), 오후첨두시간대(18:00~20:00)동안 15분단위로 조사하였다.

TOD신호제어일(2003년 7월 2일)과 TRC신호제어일(2003년 10월 23일)에 조사한 교통량을 비교하여 7월 2일과 10월 23일의 교차로 전체교통량과 방향별교통량에 차이가 있는지를 분석하였다. 이를 기반으로 대기행렬길이와 통행시간을 비교 분석하여 TRC신호제어에 따른 효과를 분석하였다. 또한 TOD신호제어와 TRC신호제어가 운영된 날의 검지기데이터(속도, 포화도)를 비교 분석하여 TRC신호제어에 따른 효과를 분석하였다.

1) 교통량

TOD 제어일과 교통대응제어일은 신호시간계획이 달라 접근로별 용량은 달라지며, 교통량의 비교는 각 제어일이 모두 평일로 교통량 차이가 크지 않음을 확인하고자 한다.

각 교차로의 전체교통량은 7월 2일 기준 교통량 대비 -11%~11%의 범위 안에 있으며, 오전(07:30~09:30시) 및 오후 첨두시(18:00~20:00시)에는 TOD 제어일의(7월 2일)의 교통량이 많고, 비첨두시(14:00~16:00시)에는 교통대응제어일(10월 23일)의 교통량이 많은 것으로 나타났다.

현재 신호운영시범시스템에서는 광주~곤지암IC간 주방향의 좌회전에 대한 감응제어가 운영 가능하므로 교차로별로 주방향(광주~곤지암IC)의 직진 및 좌회전 교통량을 비교하였다.

〈표 1〉 TOD제어일과 교통대응제어(TRC)일의 교차로 전체교통량 비교

방향 / 시간	남촌풀장앞 교차로			소방파출소앞 교차로			초월파출소앞 교차로		
	TOD	TRC	증감*	TOD	TRC	증감*	TOD	TRC	증감*
07:30~08:30	5,468	4,701	767(14%)	5,198	4,768	430(8%)	5,107	4,782	325(6%)
08:30~09:30	5,218	5,810	-592(-11%)	5,723	5,331	392(7%)	4,924	5,305	-381(-8%)
14:00~15:00	5,135	5,736	-601(-12%)	4,960	5,210	-250(-5%)	4,817	5,295	-478(-10%)
15:00~16:00	5,012	5,309	-297(-6%)	5,235	5,137	98(2%)	4,901	5,375	-474(-10%)
18:00~19:00	5,226	5,074	152(3%)	4,401	4,440	-39(-1%)	4,723	4,880	-157(-3%)
19:00~20:00	4,791	4,252	539(11%)	3,741	4,046	-305(-8%)	4,536	4,418	117(3%)

〈표 2〉 남촌풀장앞 교차로 교통량

방향 / 시간	서향				남향				동향			
	직진		우회전		좌회전		우회전		좌회전		직진	
	TOD	TRC	TOD	TRC	TOD	TRC	TOD	TRC	TOD	TRC	TOD	TRC
07:30~08:30	2083	1922	135	59	147	109	310	298	125	104	2668	2208
08:30~09:30	1933	2211	146	172	160	168	255	264	242	206	2482	2790
14:00~15:00	2267	2557	125	111	155	103	214	218	187	166	2187	2580
15:00~16:00	2123	2565	142	113	157	93	187	202	171	202	2233	2134
18:00~19:00	2420	2544	77	103	104	122	282	312	271	238	2072	1755
19:00~20:00	2334	2359	75	95	74	97	196	184	241	226	1871	1290

〈표 3〉 소방파출소앞 교차로 교통량

방향 / 시간	서향				남향				동향			
	직진		우회전		좌회전		우회전		좌회전		직진	
	TOD	TRC	TOD	TRC	TOD	TRC	TOD	TRC	TOD	TRC	TOD	TRC
07:30~08:30	2465	2035	28	15	19	23	25	45	35	16	2628	2647
08:30~09:30	2576	2273	27	27	22	17	24	21	24	50	3049	2942
14:00~15:00	2326	2407	44	22	26	37	36	27	43	34	2485	2683
15:00~16:00	2505	2481	35	24	19	27	45	31	34	22	2597	2551
18:00~19:00	2127	2134	29	32	17	11	45	48	27	21	2157	2193
19:00~20:00	1794	2305	23	28	20	13	32	16	22	18	1849	1666

〈표 4〉 초월파출소앞 교차로 교통량

방향 / 시간	서향				남향				동향			
	직진		우회전		좌회전		우회전		좌회전		직진	
	TOD	TRC	TOD	TRC	TOD	TRC	TOD	TRC	TOD	TRC	TOD	TRC
07:30~08:30	1845	1897	176	21	144	84	413	317	452	305	2076	2158
08:30~09:30	1747	1948	151	106	145	75	376	397	381	360	2123	2419
14:00~15:00	1957	2096	126	119	128	84	508	565	297	450	1800	1980
15:00~16:00	2001	2131	104	114	122	110	478	590	307	390	1890	2040
18:00~19:00	1767	1586	67	23	52	90	901	1018	316	288	1621	1875
19:00~20:00	1813	2045	51	34	65	59	760	628	321	267	1525	1384

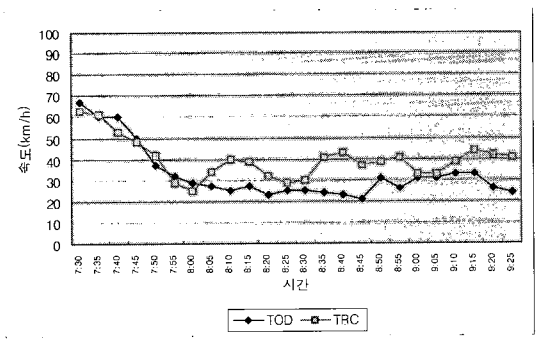
2) 통행속도

통행속도를 비교한 결과 TOD 제어일과 교통대응제어일의 속도변화 패턴은 유사하고 속도값에 차이가 있어 비교를 위한 대표값으로 산술평균을 적용하였다.

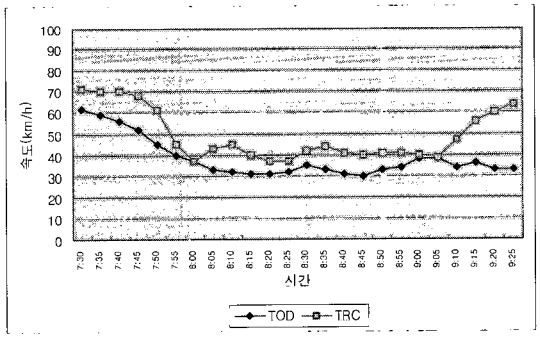
곤지암→초월파출소 교차로 구간의 오전첨두 시간대(07:30~09:30시)를 제외하고는 교통대응제어시가 TOD 제어시에 비해 6.4%~58.2% 높은 속도를 보였다. 곤지암→초월파출소교차로 구간은 07:40분경 곤지암방면에서 접근하는 직진차량과 광주방면에서 접근하는 좌회전차량간의 충돌사고가 발생하였으며, 8시 50분경에 사고처리가 완료되었다.

〈표 5〉 TOD제어와 교통대응제어시의 구간평균속도

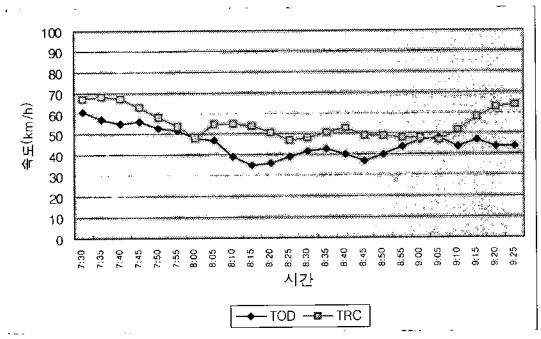
방향	구간	시간대	속도(TOD)	속도(TRC)	비교
상행	곤지암 → 초월	07:30~09:30	50.8	46.4(교통사고발생)	-4.4(-8.7%)
		14:00~16:00	28.7	45.4	16.7(58.2%)
		18:00~20:00	25.4	28.9	3.5(13.8%)
	초월 → 소방	07:30~09:30	46.3	55.3	9.0(19.4%)
		14:00~16:00	48.8	60.9	12.1(24.8%)
		18:00~20:00	35.7	42.3	6.6(18.5%)
	소방 → 남촌	07:30~09:30	45.8	54.9	9.1(19.9%)
		14:00~16:00	45.0	59.5	14.5(32.2%)
		18:00~20:00	42.5	49.8	7.3(17.2%)
하행	광주 → 남촌	07:30~09:30	32.9	39.9	7.0(21.3%)
		14:00~16:00	55.1	66.8	11.7(21.2%)
		18:00~20:00	64.1	68.2	4.1(6.4%)
	남촌 → 소방	07:30~09:30	38.3	49.1	10.8(28.2%)
		14:00~16:00	52.4	65.5	13.1(25.0%)
		18:00~20:00	53.9	60.8	6.9(12.8%)
	소방 → 초월	07:30~09:30	36.9	43.1	6.2(16.8%)
		14:00~16:00	40.5	49.0	8.5(21.0%)
		18:00~20:00	44.2	47.1	2.9(6.6%)



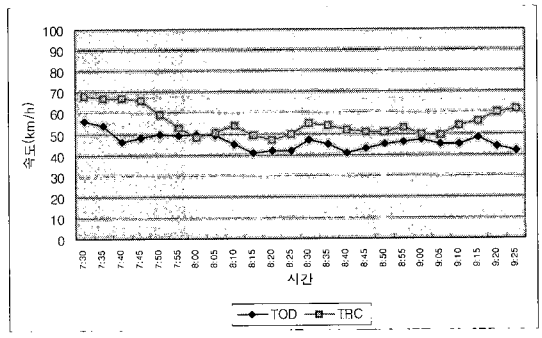
〈그림 13〉 광주시→남촌풀장앞 교차로 구간통행속도



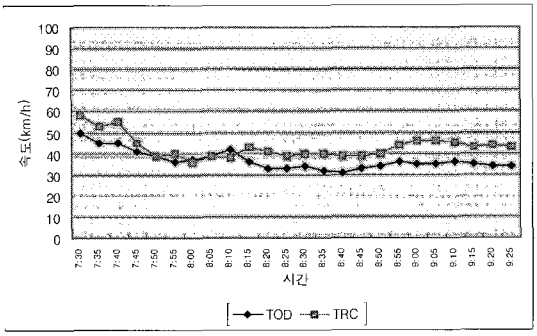
〈그림 15〉 남촌풀장→소방파출소앞 교차로 구간통행속도



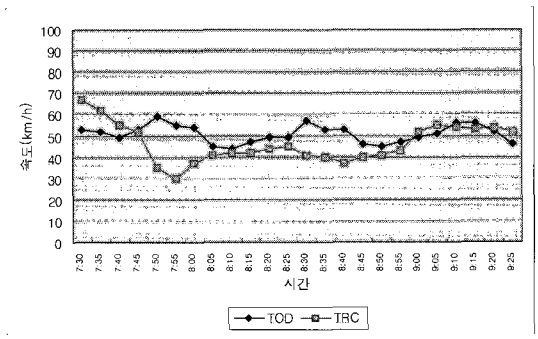
〈그림 14〉 소방파출소앞→남촌풀장앞 교차로 구간통행속도



〈그림 16〉 초월파출소앞→소방파출소앞 교차로 구간통행속도



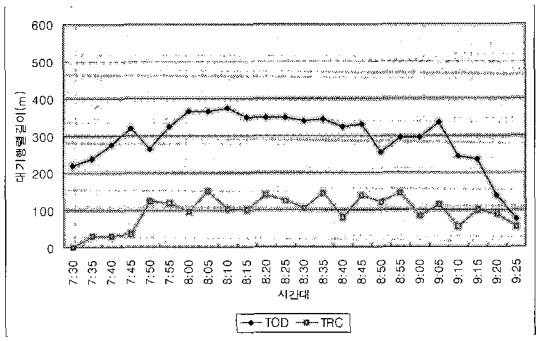
〈그림 17〉 소방파출소앞→초월파출소앞 교차로 구간통행속도



〈그림 18〉 곤지암→초월파출소앞 교차로 구간통행속도

2) 대기행렬 길이

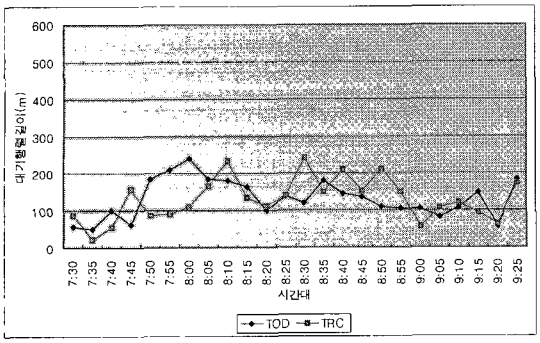
사고가 발생했던 곤지암→초월파출소교차로 구간의 평균대기행렬은 TOD제어일에 비해 교통대응제어일이 167m(TOD 제어일 기준 103.7%) 길게 관측되었으며, S자형 곡선으로 기하구조에 의한 용량저하로 남촌풀장앞 교차로→소방파출소앞 교차로 구간에도 대기행렬이 66m 증가하였다. 대기행렬이 80m 이내인 구간에서는 유사하거나 교통대응시의 대기행렬이 길게 나타났다. 이러한 경우를 제외하고는 15m에서 189m까지 대기행렬의 길이가 감소하였다.



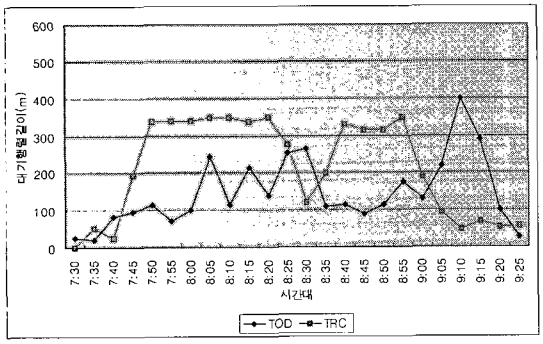
〈그림 19〉 남촌풀장앞 교차로 대기행렬 길이(성남→곤지암방향 좌회전)

〈표 6〉 TOD제어와 TRC제어시의 대기행렬길이

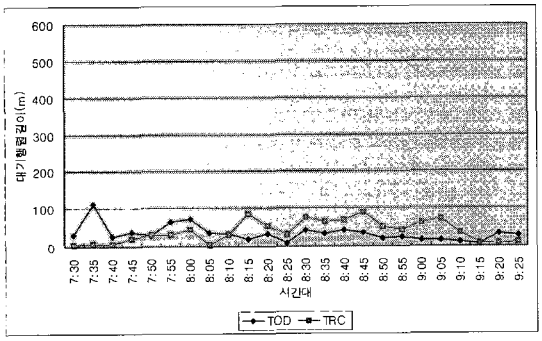
방향	구간	시간	대기행렬(TOD)	대기행렬(TRC)	비교
상행	곤지암 → 초월	07:30~09:30	161	328	167(103.7%)
		14:00~16:00	439	250	-189(-43.1%)
		18:00~20:00	488	407	-81(-16.6%)
	초월 → 소방	07:30~09:30	33	39	6(18.2%)
		14:00~16:00	49	34	-15(-30.6%)
		18:00~20:00	254	NA	-
	소방 → 남촌	07:30~09:30	133	133	0(0%)
		14:00~16:00	157	136	-21(-13.4%)
		18:00~20:00	335	284	-51(-15.2%)
하행	광주 → 남촌	07:30~09:30	292	96	-196(-67.1%)
		14:00~16:00	65	37	-28(-43.1%)
		18:00~20:00	47	21	-26(-55.3%)
	남촌 → 소방	07:30~09:30	146	212	66(45.2%)
		14:00~16:00	10	26	16(160.0%)
		18:00~20:00	14	19	5(35.7%)
	소방 → 초월	07:30~09:30	253	170	-83(-32.8%)
		14:00~16:00	121	82	-39(-32.2%)
		18:00~20:00	80	81	1(-1.3%)



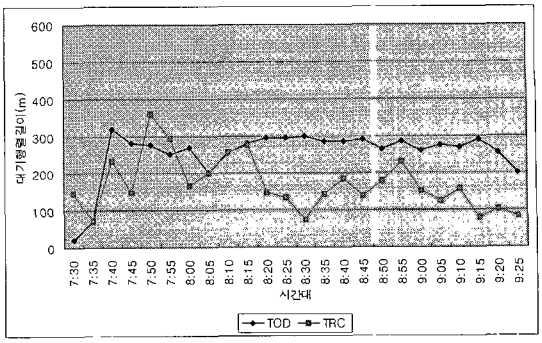
〈그림 20〉 남촌풀장앞 교차로 대기행렬 길이(곤지암→광주방향 직진)



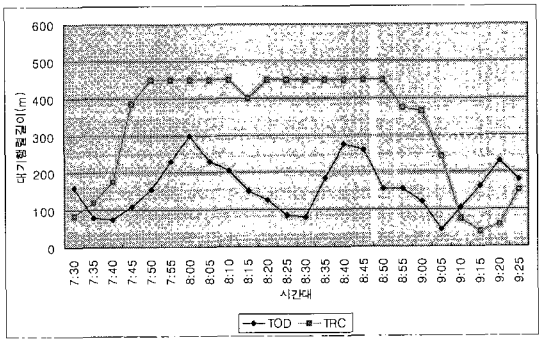
〈그림 21〉 소방파출소앞 교차로 대기행렬 길이(광주→곤지암방향 좌회전)



〈그림 22〉 소방파출소앞 교차로 대기행렬 길이(곤지암→광주방향 직진)



〈그림 23〉 초월파출소앞 교차로 대기행렬 길이(광주→곤지암방향 좌회전)



〈그림 24〉 초월파출소앞 교차로 대기행렬 길이(곤지암→광주방향 직진)

Ⅳ. 결론 및 향후 연구방향

신호운영시범시스템이 설치된 국도3호선 용수리~도평리 구간 3개 교차로(초월파출소앞삼거리, 소방파출소앞삼거리, 남촌풀장앞삼거리)의 기하구조는 종단곡선과 평면곡선의 혼합된 복합 선형구간이며, 주도로와 부방향접근로와의 표고차가 커선형이 불량하다. 또한 수요에 비해 좌회전 포켓의 길이가 짧아 좌회전대기행렬이 직진차로를 잠식하는 현상이 첨두시에 발생하는 곳이다. 이러한 기하구조 및 교통조건에도 불구하고 교통대응제어시 TOD제어시에 비해 속도는 2.9~16.7km/h 증가하고, 대기행렬은 오전첨두시 남촌→광주 방향을 제외하고 15~196m 감소하였다.

신신호시스템의 국도적용을 위해서는 대상지의 기하구조를 개선한 후 신호운영효과를 분석하는 것이 필요하다. "국도 3호선 초월교차로외 1개소 좌회전 설치공사"가 2003년 8월 실시설계를 마치고 2004년 9월경 완공 예정이다. 이 공사가 완공된 후 신신호시스템(COSMOS)의 신호운영효과를 분석하는 향후 연구를 계획중이다.

현재 경찰청에서 서울시 신신호시스템(COSMOS)을 기초로 하여 전국 신호기의 표준규격을 규정하는 과업을 진행하고 있다. 이러한 표준화 결과가 도시부와 상이한 특성을 가진 국도상의 신호시스템에 그대로 적용되는 것이 합당한 지를 검토해야 하며, 필요시 국도용 신호시스템의 표준규격을 별도로 제정할지, 아니면 경찰청 표준에 추가기능으로 포함시킬 지에 대한 추가 연구가 필요하다. 또한, 중차량 비율이 높은 지방부도로에서는 파손율이 높은 루프검지기보다 새로운 대체 검지기의 활용을 검토하는 것이 필요하다.

수도권 국도의 교통량 증가 및 국도의 성능향상에 따라 국도의 교통관리 수준을 향상시켜야 할 시기이다. 최근 국도교통관리시스템 구축, 고속국도 우회도로 교통관리시스템 구축 등 수도권 국도를 중심으로 ITS 기술이 적용되고 있으나 신호제어서비스는 제외되어 진행되고 있다. 국도의 소통능력 회복을 위해서 신호제어서비스 고급화는 필수적이다. 국도3호선에 설치된 신호운영시범시스템의 경험을 적극 활용하면, 수도권 국도의 교통관리 수준을 한 단계 높일 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

[1] 한국건설기술연구원(2000), "국도 3호선 주요 교차로 신호운영 실시설계 최종보고서", pp. 8~12.

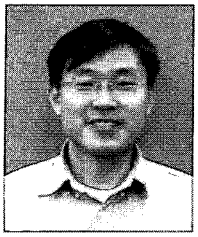
[2] 한국건설기술연구원(2003), "국도 3호선 초월교차로외 1개소 좌회전 설치공사", pp. 12~16.

[3] 서울지방경찰청(1999), "서울특별시 신신호시스템 기능개선 용역 최종보고서", pp.5~31.

[4] 한국건설기술연구원(2003), "신호운영시범시스템 평가모형제작 최종보고서", pp. 5~8, 31~56.

[5] 서울지방경찰청 교통지도부(2002), "실시간신호제어시스템 실무해설집", pp. 2~8.

〈저자소개〉



백 현 수 (Baek, Hyon-Su)
1996년 : 서울시립대학교 도시공학과(교통전공 학사)
1998년 : 서울시립대학교 대학원 도시공학과(교통전공 석사)
1998년~2003년 : (주)송현 알앤디 부설 교통기술연구원
2004년~현재 : 서울시립대부설 도시과학연구원 연구원
현재 : 서울시립대학교 대학원 박사과정

김 영 찬 (Kim, Young-Chan)
1983년 : 서울대학교 토목공학과(학사)
1985년 : 서울대학교 대학원 토목공학과(석사)
1990년 : Texas A&M University 토목공학과(교통공학 박사)
현재 : 서울시립대학교 교수

문 학 룡 (Moon, Hak-Yong)
1990년 : 숭실대학교 학사
2001년 : 숭실대학교 전기공학 박사
1997년~현재 : 한국건설기술연구원 선임연구원

김 종 식 (Kim, Jong-Sik)
1997년 : 계명대학교 학사
1999년 : 계명대학교 석사
2002년~2003년 : 교통개발연구원
2003년~현재 : 한국건설기술연구원 연구원