

I. 序論

1.1 研究의 背景

1.2 研究의 目的

1.3 研究의 範圍

1.4 研究의 方法

1. 序論

1.1 研究의 背景

간선도로는 전체 도로 면적에 있어서 6~8%에 불과하지만 처리교통량 면에서는 전체 발생교통량의 60~80%를 담당하는 도시도로망체계에 있어서 중요한 동맥적 역할을 하고 있다.

서울시의 경우 간선도로를 중심으로 한 가로망의 골격은 도심을 중심으로 각각 축별 방사선도로와 3개의 순환선 및 동서를 연결하는 강변도로, 올림픽대로와 동부도시고속도로 및 서부간선도로 등의 남북가로망으로 구성되어 있다. 지하철 1, 2호선 건설 완공후 서울시는 도시고속도로 건설에 박차를 가하여 2001년까지 도로율 24.0%, 2011년에는 26.0%를 이루기 위한 적극적인 도시고속도로 건설계획을 추진할 계획이다.

도시고속도로는 도시교통의 총아로 선진 외국의 대도시에서는 일반간선도로와 별도로 도시고속도로만을 몇 개의 관리영역으로 나누어 교통 관제시스템을 도입 운영하고 있음은 주지의 사실이다. 그러나 서울시의 경우 1기 12노선이 완공되는 1997년에는 321km 연장의 도시고속도로망을 갖추게 되지만 아직도 도시고속도로 건설계획에는 교통관리를 위한 아무런 조치도 취하여 지고 있지 않으며, 도시고속도로 교통관리시스템 구축을 위한 기본방향도 설정되어 있지 않은 실정이다.

따라서 이미 완공, 운영되고 있는 도시고속도로의 만성적인 교통정체 현상은 물론 앞으로 완공될 내부순환 도시고속도로 등이 주차장화 될 것은 불을 보듯 명백하다 하겠다.

본 연구는 앞으로 서울시 도시고속도로에 반드시 도입될 교통관리시스템 구축을 위한 기초연구의 성격을 띄고 있으며 시스템 도입 이전까지 기존 도시고속도로에 도입되어야 할 교통류 관리 방법을 개발하는 것으로, 지금까지의 소극적이고 미시적인 교통류제어(Traffic Flow Control) 개념에서 탈피하여 보다 적극적이고 거시적인 교통류관리(Traffic Flow Management) 개념을 제시하고자 한다.

1.2 研究의 目的

기존 도시고속도로의 만성적인 정체를 해소하기 위한 본 연구의 목적은 다음과 같다.

- 도시고속도로의 정체메카니즘 및 교통류 특성의 파악
- 교통류 관리방안 평가를 위한 연속교통류 시뮬레이션 모델의 개발
- 교통류 관리방안의 개발 및 평가

1.3 研究의 範圍

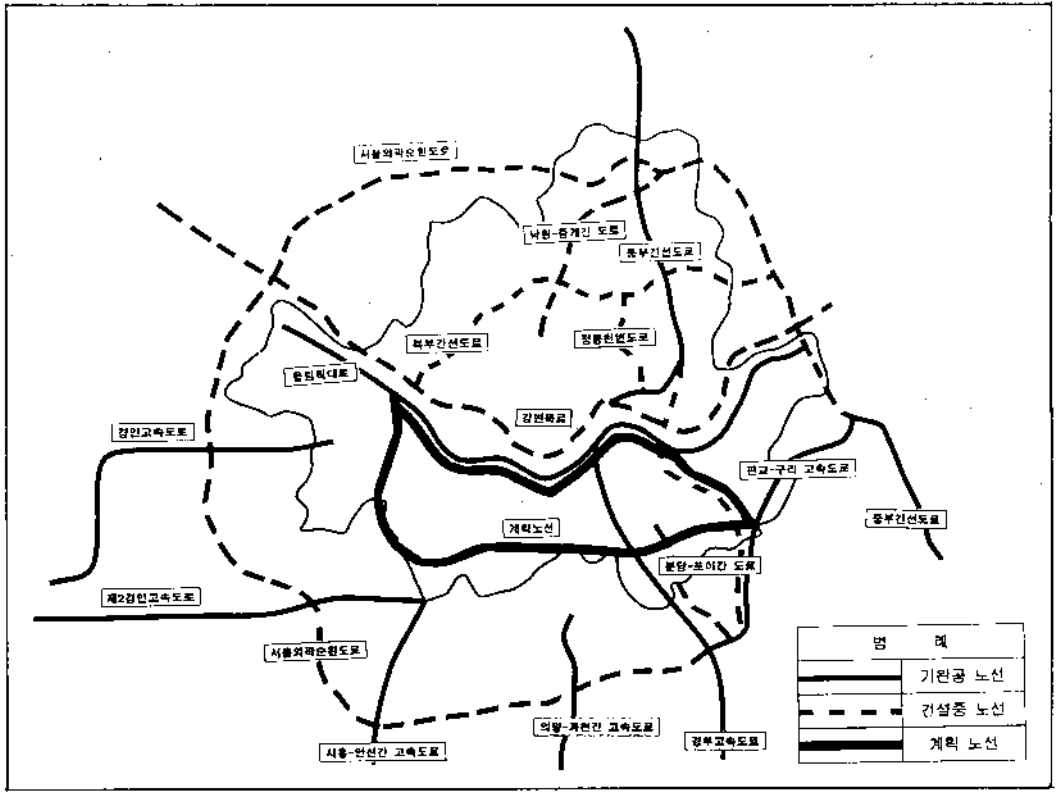
□ 공간적 범위

적용대상 도시고속도로는 <그림 1-1>과 같으나 실제 연구는 88올림픽 도시고속도로를 대상으로 하였으며, 사례연구는 88올림픽 도시고속도로의 잠실방면 여의도→영동대교 구간을 대상으로 하였다.

교통류 특성 및 정체 메카니즘은 88올림픽 도시고속도로 본선 구간에 국한하였지만 교통류 관리방안 개발에 있어서는 주변 인접 대안도로 및 교차로를 연구 범위에 포함시켰다.

□ 내용적 범위

본 연구에서 제안하는 교통류 관리방안은 크게 교통운영적 관리방안과 시설적 교통류관리방안으로 나누었으며, 교통운영적 관리방안은 교통류 관리를 위한 교통관제 시스템이 없다는 가정하에서의 국지적 시스템에만 의존하는 교통류 관리방안에 국한하였으며, 시설적 교통류 관리방안에 있어서는 고정식(Fixed) 교통류 관리시설 뿐만 아니라 가변식(Flexible) 교통류 관리시설도 포함하였다.

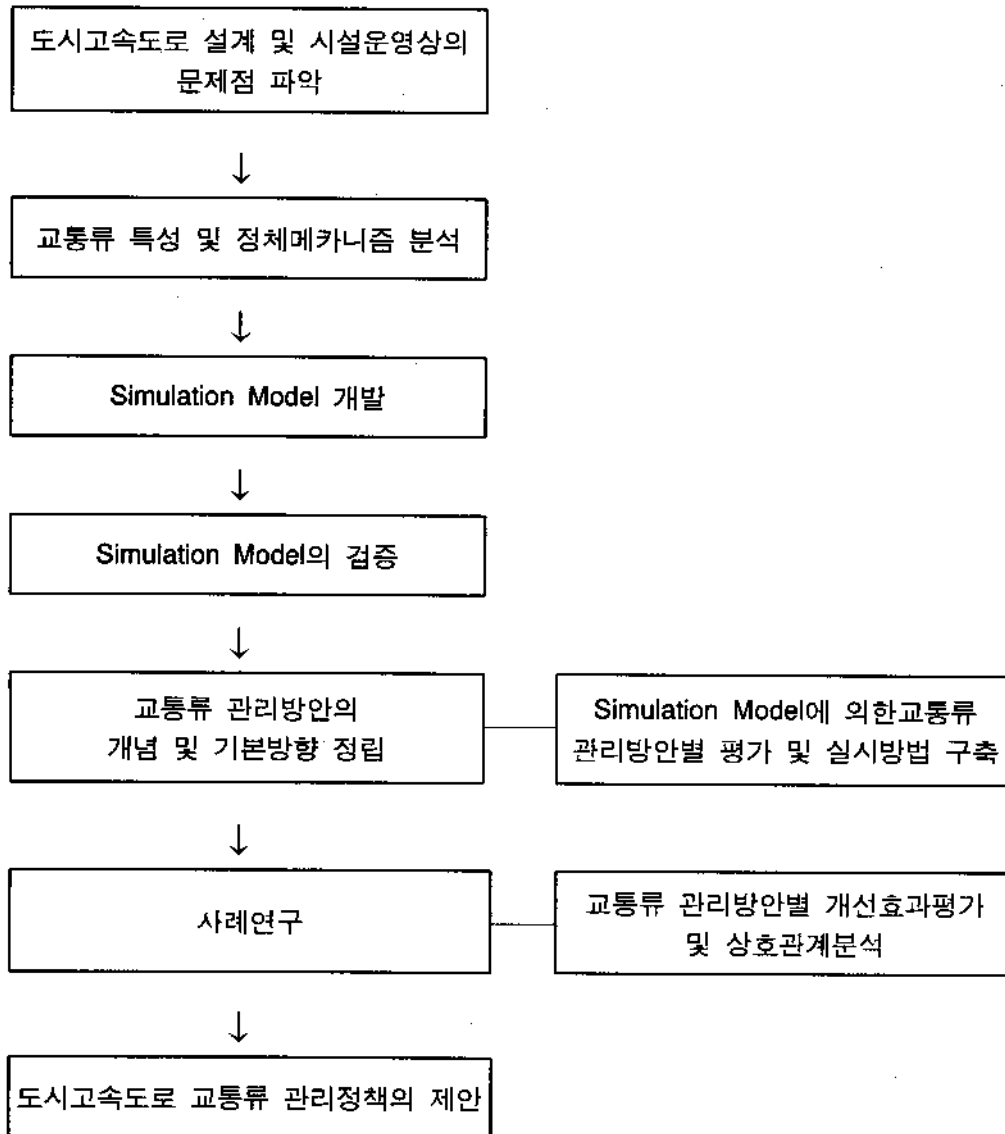


<그림 1-1> 적용대상 도시고속도로

1.4 研究의 方法

- 연구는 간선도로의 교통류 특성 및 정체원인 및 메카니즘을 규명하고
- 이를 개선 평가할 교통류 Simulation Model의 개발 및 기존 시뮬레이션 모델의 적용을 통하여 정체구간별 교통류 관리방안을 개발하는 것으로 하였다. 아울러 교통류 관리방법 적용에 따른 기대효과 및 도입검토 우선 순위를 제시하기 위하여 사례연구도 수행하였다.
- 연구진행과정 흐름은 <그림 1-2>와 같다.

도시고속도로



<그림 1-2> 도시고속도로 교통류 관리방안 연구진행도

II. 交通流 管理의 概念 및 方法

2.1 交通流 管理의 概念

2.2 交通流 管理의 必要性

2.3 交通流 管理方法

II. 交通流 管理의 概念 및 方法

2.1 交通流 管理의 概念

교통류 관리(Traffic Flow Management)의 개념을 지금까지 행하여져 왔던 교통 제어(Traffic Flow Control)의 개념과 비교하여 보면 그 개념의 차이를 알 수 있다. 먼저 기존의 신호기에 주로 의존한 교통제어가 대상 지역면에서 교차로 및 지점 위주였다면 교통류관리는 지역과 구간을 대상으로 하고, 따라서 교통류 관리방법은 원칙적으로 시스템 의존적인 방법이다.

또, 교통운영적 측면에서 기존의 교통제어가 소극적이고 마이크로 한 방법이었다면, 교통류 관리는 적극적이며 매크로 하며 관리자의 전략적 의지가 반영될 수 있다. 이외에도 교통류관리방안은 최근 대두되고 있는 교통수요관리상의 제방법을 정책적으로 함께 수용할 수 있어 도시지역 교통관리계획을 수립, 수행하는데 효율적인 방법이다.

<표 2-1> 기존 교통제어방법과 교통류 관리방법의 차이점

구분 항목	기존의 교통제어 방법	교통류 관리방법
대 상 지 역	교차로, 특정지점	지역 혹은 구간
교 통 상 태	비정체시 효과적	과포화 정체교통류에 효과적
방 법 및 목 표	최적화(Optimization)	전략적 최적화(Sub-Optimization)
교 통 운 영 측 면	소극적, 마이크로	적극적, 매크로
교통정책의 수용성	교통정책 구현이 어려움	교통정책과 병행실시 가능

따라서 시행방법도 다양하여 신호기에 의한 방법 이외에도 차선이용 규제, 혼잡통행세(Congestion Pricing), 교통정보안내(Route-Guidance), 통행지구제(Traffic Zone System) 등 도로네트워크의 시·공간적 최적 이용효율화를 도모하는 이른바 도로시스템의 생산성(Productivity)을 극대화 시키는 제방법이 교통류 관리에 해당된다.

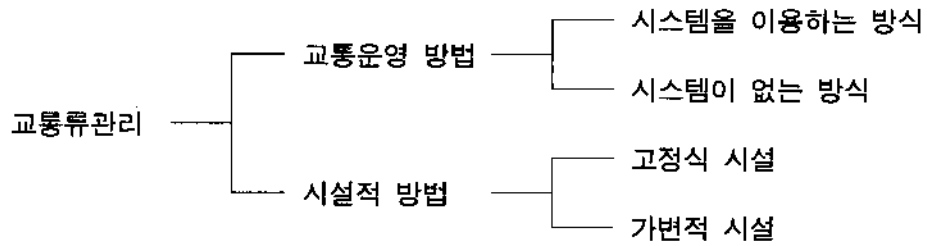
2.2 交通流 管理의 必要性

도시고속도로 자체가 도로설계원칙에 따라 완벽히 설계되고, 설계교통량정도의 교통수요를 처리한다면 교통류 관리를 할 필요성은 없을 것이다. 하지만 기존 서울시에서 운영되고 있는 도시고속도로의 대부분은 도로설계 운영상에서 많은 모순을 지니고 있는 도로임에 틀림없다. 그 대표적인 예가 진·출입차선 순서의 불합리이며, 짧은 유·출입램프의 간격, 차선균형위배 등 연속교통류 처리를 위한 도로설계 및 운영이 잘못된 상태이다. 이러한 상태에서 신호기설치 일반간선도로의 소통능력저하 및 불합리한 교통운영으로 많은 운전자가 도시고속도로를 선호하며 이로 인한 폭증되는 수요로 전일정체에 시달리고 있다.

주행속도 20km미만의 도시고속도로가 되어버린 상황에서 일부 유·출입램프의 합류, 분류구간의 도류화설계는 현실적으로 부적절하게 되어 버렸다고 할 수 있다. 결국, 도시고속도로 교통류 관리를 정상적인 교통흐름을 가정하고 운영, 설계되기 보다는 전술한 교통상황하에서 보다 적극적이고 강제적인 방법으로 운영, 설계되는 방법으로 전향하지 않으면 안된다. 이를 위해 현재와 같이 방치된 도시고속도로 운영체계하에 어떤 형태로든 교통류 관리가 도입되어야 할 것이다.

2.3 交通流 管理方法

교통류 관리방법은 교통운영에 의한 방법과 시설을 이용한 방법으로 나누어질 수 있고, 다시 교통운영에 의한 방법은 시스템을 이용하는 방법과 시스템을 이용하지 않는 방법으로 나눌 수 있으며, 시설을 이용하는 방법도 고정식 시설과 가변식 시설 방식으로 나누어질 수 있다.



본 연구에서는 간단한 운영기법 및 내용만을 <표 2-2>, <표 2-3>에 제시하였으며, 5장의 간선도로 교통류 관리방안의 개발에서 방안별로 교통류 관리방법을 기술하였다.

현재 서울시의 경우 도시고속도로 교통류 관리방법은 거의 전무한 실정으로 일부 유·출입부의 도류화시설 자체도 교통상황에 부합되어 설계된 실적이 거의 없는 실정이다. 최근 도시고속도로 인접 교차로의 정체를 관리하기 위한 노력으로 정체시 경찰이 일부 램프를 폐쇄시키거나 본선의 1개 차선을 순찰차로 차단시켜 유입교통을 원활히 처리하는 정도 수준에 그치고 있다.

<표 2-2> 도시고속도로 교통류 관리방법 - 교통운영 방법

운영 개선 기법		내 용
Ramp Metering	유입 램프 미터링	<p>Pretimed 방식 미터링 신호주기를 사전에 결정하여 램프 유입량을 조절</p> <p>Traffic-Response 방식 차량검지기 등을 이용하여 본선의 교통상황에 따라 가변적으로 램프 유입량을 조절</p> <p>경찰차량 이용방법 유입램프에 경찰차를 이용하여 차선을 폐쇄하거나 통제하여 유입량을 조절</p>
	유·출입 램프의 폐쇄	유·출입램프의 대기행렬로 인한 본선과 인접 교차로의 정체요인 제거
	교통정보(Traffic Information)의 제공	전용주파수에 의한 도시고속도로 교통상황에 대한 방송이나 가변정보판 등을 이용하여 도시고속도로의 상황 및 대안도로에 관한 교통정보 등을 제공함으로써 교통량을 분산
	교통유고(Incident)관리 시스템	순찰차량, 비상전화, 자동검지 시스템을 이용하여 사고 발생에 즉각적으로 대처함으로써 사고로 인한 교통류의 피해를 최소화
차선이용 변경제한	이용차선을 지정하거나 차선변경을 금지시키는 등의 방법으로 합·분류 및 잦은 엇갈림(Weaving)으로 인한 용량 감소 영향을 최소화	
지정차량 이용규제	건설용 중장비 등 저속, 대형차량에 대하여 전일이나 시간대별로 진입을 금지시킴으로 이들 차량에 의한 충격파(Shockwave)로 생기는 정체억제	
주행속도 규제	정체시 각 구간별 주행속도를 규제함으로써 차량분포를 균일화시켜 교통류의 용량저해 현상(Breakdown)을 최소화	
나출로 승용차 이용규제	유입램프에서 나출로 승용차를 규제하여 적정 수요 유도	
다인승차량 전용차선제	1차선 혹은 2차선을 다인승전용으로 지정하여 정체구간 통행시간을 단축시키고, 장거리 통과교통을 우선적으로 처리	

<표 2-3> 도시고속도로 교통류 관리방법 - 시설적 방법

종 류	내 용
유·출입램프의 최적설계 - 부가차선 설치 - 도류시설 설치	합류시 본선교통에 미치는 영향을 최소화하고 분류시 대기행렬에 의한 본선교통류에 대한 저항을 최소화
야간시인성 확보 및 교통유도시설 확충	주간과 다름없는 도로이용으로 주행속도 향상
안전시설 및 사고예방시설 확충	잡은 교통사고로 인한 정체발생 횟수를 최소화
정체구간 전방(회복구간)용량증대	정체로 부터 회복을 빨리 촉진시키기 위하여 정체구간 기하구조 및 차선 폭원구성을 재조정
피난, 대피장소의 확보	사고, 고장시 본선에 대한 영향이 최소가 되도록 사고나 고장차량이 즉각적으로 피난조치를 할 수 있는 시설을 일정간격으로 확보
노면표지, 도로안내표지의 확충	사전에 충분한 도로이용정보를 제공함으로써 교통류의 충격을 완화
가변식 도류화 시설	기계적 장치에 의해 이용차선수를 감소시켜 주행속도 억제 및 주행위치 방향 등을 조절하여 교통류 관리

Ⅲ. 都市高速道路 交通流 特性 및 停滯原因 分析

3.1 交通流 調査概要

3.2 區間別 交通容量 및
停滯메카니즘

3.3 交通流의 特性 分析

Ⅲ. 都市高速道路 交通流 特性 및 停滯原因 分析

3.1 交通流 調査概要

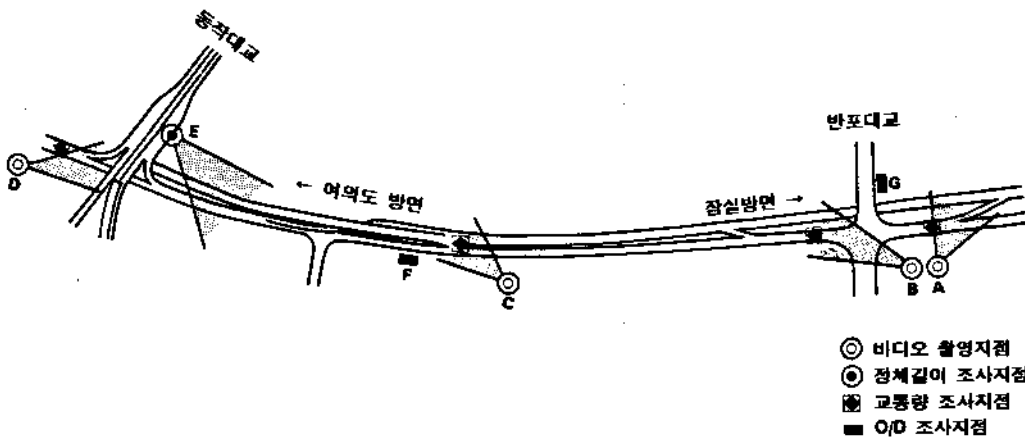
도시고속도로의 교통류 특성을 조사하기 위하여 88올림픽 도시고속도로 잠실 방면 여의도 ↔ 동호대교 구간에서 조사를 실시하였다. 조사개요 및 조사내용별 조사위치는 <표 3-1>과 <표 3-2>, <그림 3-1>과 같다.

<표 3-1> 조사개요

조사일시	<ul style="list-style-type: none"> • 1차 조사 : 3월 29일 ~ 3월 31일(3일간 오전 6:30-8:30) • 2차 조사 : 6월 7일 ~ 6월 10일(4일간 오전 6:30-8:30) • 3차 조사 : 10월 18일 ~ 10월 22일(5일간 오전 6:30-8:30)
조사지점	<ul style="list-style-type: none"> • A 지점 : 한신아파트 105동(반포대교 합류지점 촬영) • B 지점 : 한신아파트 101동(반포대교 분류지점 촬영) • C 지점 : 주공아파트 108동(올림픽대로와 현충로 합류지점 촬영) • D 지점 : 한강현대아파트 113동(동작대교 하류부 올림픽대로 촬영) • E 지점 : 동작대교 상부(정체길이 조사) • F 지점 : 현충로 합류지점(O/D조사) • G 지점 : 반포대교 상부(O/D조사)
조사내용	<ul style="list-style-type: none"> • 정체메카니즘과 주요 정체지역에서의 정체원인 • Block 간 통과교통량(본선 및 램프)과 속도 • Block 간 밀도 및 용량의 변화 • Block 간 대기행렬의 크기 및 정도(Shockwave 전파속도)

<표 3-2> 조사지점별 조사항목

지점 \ 항목	교통량	속도	밀도	O/D	대기행렬
A지점	○	○	○	-	-
B지점	○	○	○	-	-
C지점	○	○	○	-	-
D지점	○	○	○	-	-
E지점	-	-	-	-	○
F지점	-	-	-	○	-
G지점	-	-	-	○	-



<그림 3-1> 현장조사지점

분석은 촬영된 비디오 테이프를 재생시켜 모니터 화면을 보고 직접 분석하였으며, 분석항목과 분석방법은 다음과 같다.

(1) 속도

촬영된 현장화면의 일정구간(100m) 2개 지점의 통과시간을 1분 간격으로 측정하여 구간평균속도를 산정한다.

(2) 교통량

각 차선별 통과교통량을 모니터 화면을 보고 교통량 카운터기를 사용하여 1분 간격으로 직접 측정하였다.

(3) 대기행렬길이

동작대교 상부에서의 비디오 촬영과 현장 조사원들에 의해 1분 간격으로 직접 측정된 자료를 통하여 산정하였다.

(4) 밀도

현장에서 촬영된 모니터 화면의 일정구간(100m) 2개 지점을 지정하여 1분 간격으로 그 구간에 존재하는 밀도를 조사하였다.

(5) 정체원인규명 및 특성파악

현장 조사원에 의해 메모된 자료와 교통류의 흐름상태를 파악하여 정체 원인 및 정체특성을 파악하였다.

(6) O/D 조사

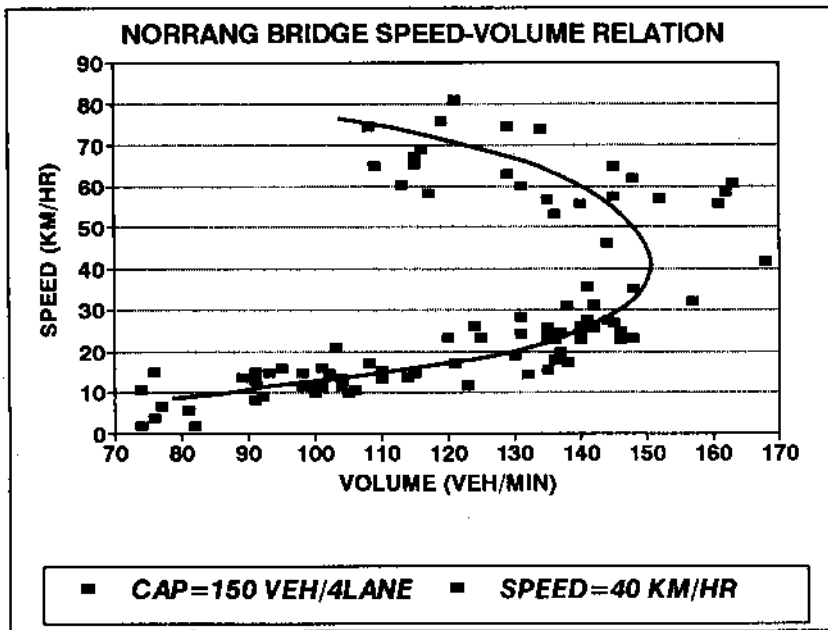
교통류 정체시에 교통류 상류지점에서 설문지를 배부하고 하류지점에서 회수하는 방법과 운전자에게 직접 질문하는 방법으로 조사하였다.

3.2 區間別 交通容量 및 停滯메카니즘

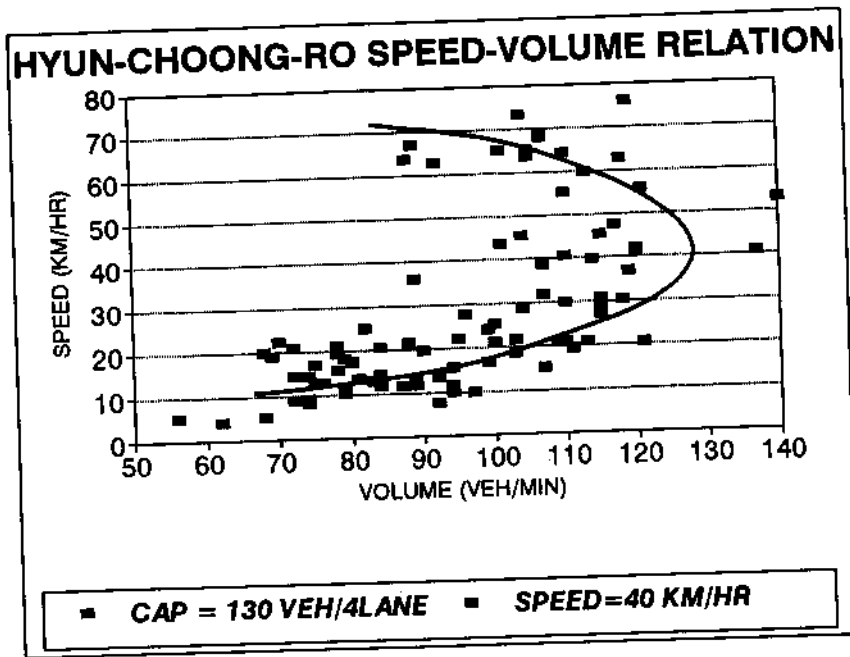
3.2.1 區間別 交通容量

교통류현상 해석의 기본이 되는 $Q(\text{교통량}) = k(\text{밀도}) \times v(\text{속도})$ 의 관계를 공항 → 잠실 방면의 노량대교 구간, 현충로 합류구간, 반포대교 합류구간, 한남대교 남단구간에서 도출해 본 결과 노량대교 구간은 임계속도는 40km/시 전후, 임계교통량은 약 9,000대/시, 현충로 합류구간은 임계속도는 40km/시 전후, 임계교통량은 약 7,800대/시, 반포대교 합류구간은 임계속도는 30km/시 전후, 임계교통량은 약 7,500대/시로 분석되었다. 반면에 반포대교 합류부 전방 한남대교 남단구간은 임계교통량이 8,200대/시로 용량이 다시 증가하는 것으로 분석되었다.

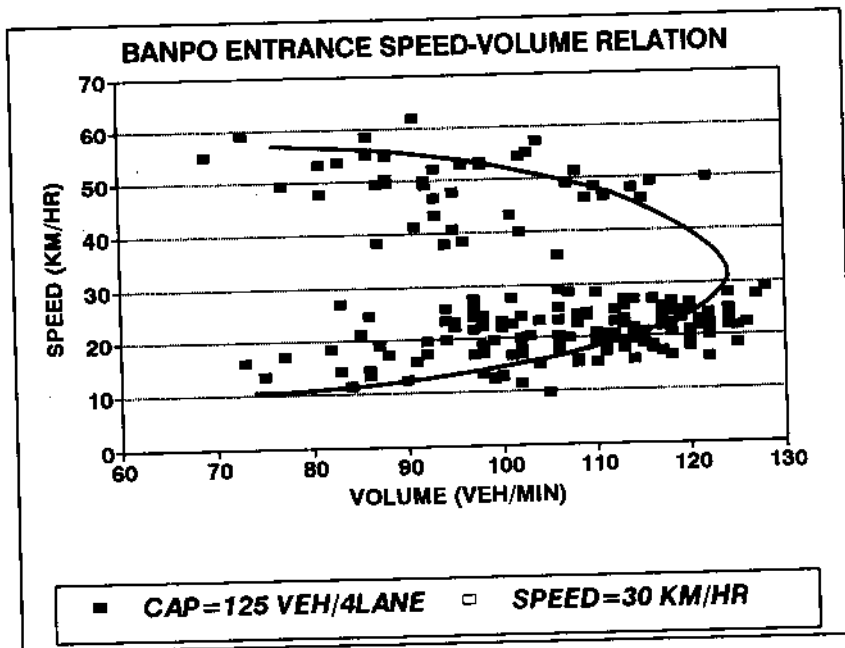
따라서 연속교통류임에도 불구하고 구간별로 교통용량의 심한 차이(반포대교 합류구간의 용량은 노량대교 구간 용량의 83%)를 보여 정체원인이 됨은 물론 도로가 비효율적으로 운영되고 있음을 알 수 있다.



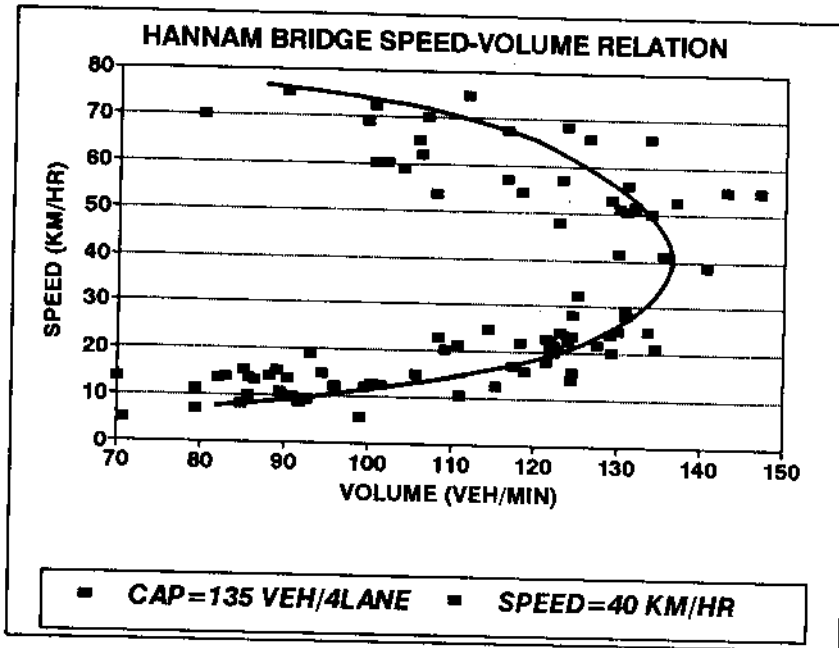
<그림 3-2> 노량대교 구간의 임계교통용량



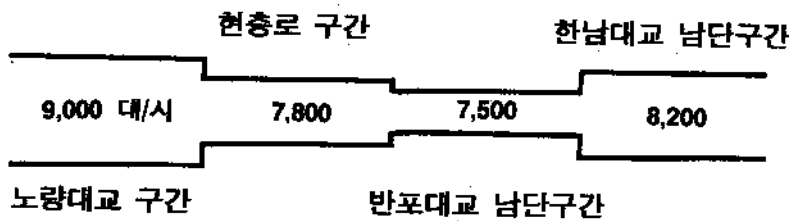
<그림 3-3> 현충로 합류부 구간의 임계교통용량



<그림 3-4> 반포대교 남단 합류부 구간의 임계교통용량



<그림 3-5> 한남대교 남단 구간의 임계교통용량



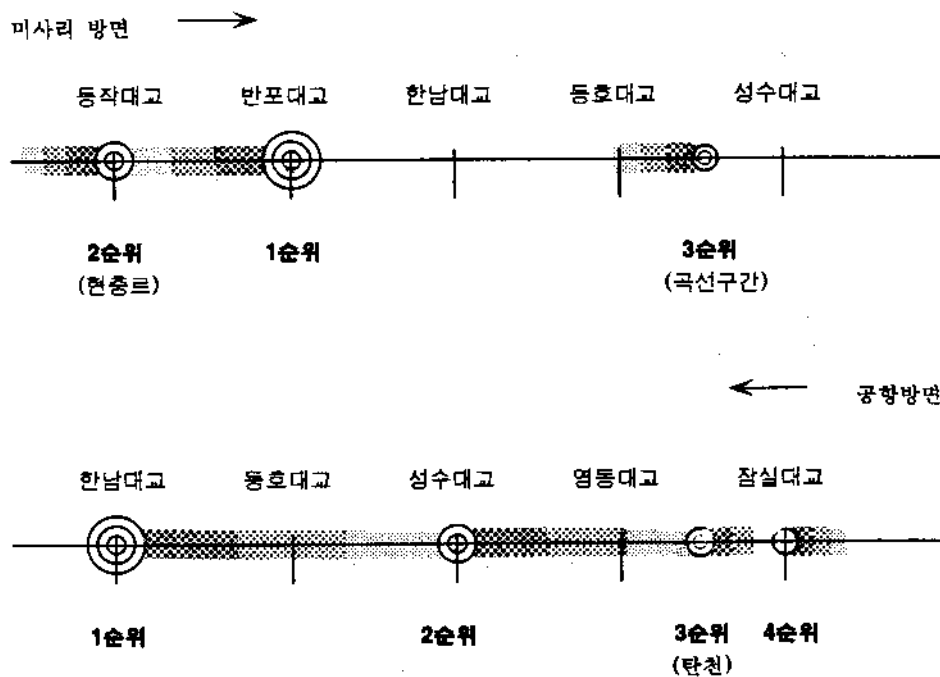
<그림 3-6> 구간별 교통용량의 차이

3.2.2 停滯메카니즘

올림픽대로 정체원인은 지점마다 서로 상이하겠지만 일반적으로 램프에서 유입하는 교통량과 본선교통량과의 상충, 램프 유·출입을 위한 교통량과 본선교통량과의 위빙 현상, 그리고 어느 특정지점에서의 용량부족으로 인한 병목지점의 발생, 교통사고, 중·대형차량과 저속차량등의 통행으로 인한 교통류 저해, 교통공학, 도로공학적으로 부적절한 도로기하구조등으로 인해 올림픽대로의 정체가 가중되고 있다.

그리고 정체의 특징으로서는 교통류가 계속흐르지만 충격파의 영향으로 자동차가 속도를 증가시켰다, 감속시켰다를 반복하고, 또한 잦은 차선변경등의 불합리한 운전자 주행행태가 정체를 가중시키고 있다.

<그림 3-7>은 올림픽대로 정체메카니즘을 나타낸 것이다. 정체메카니즘에서 알 수 있듯이 공항→잠실방면의 상시정체구간은 수산시장→반포대교 구간으로 그 중에서도 반포대교 남단 합류구간이 가장 큰 Bottleneck임을 알 수 있다.

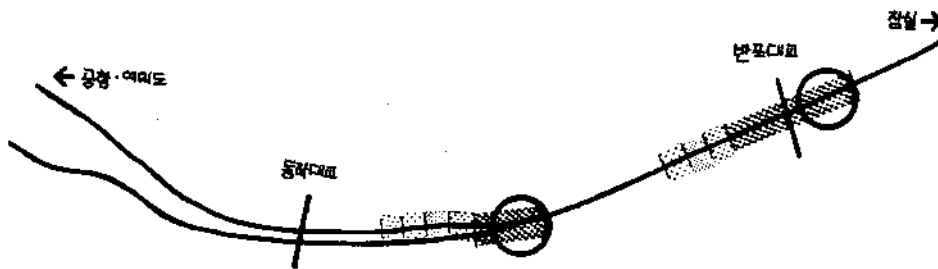


<그림 3-7> 올림픽대로 정체 메카니즘(Capacity Diagram)

올림픽대로 상시정체구간인 반포대교 구간의 정체파급현상을 3단계로 구분하고, 각 단계별 특징과 변화를 나타내면 다음과 같다.

(1) 제 1단계(06:30 ~ 07:05) : 정체 시작 단계

- 반포대교에서 올림픽대로로 유입하는 교통량(반포대교 상부의 좌회전 교통량+우회전 램프 유입 교통량)과 올림픽대로 본선교통량과의 합류현상이 유입램프의 도로기하구조적 불합리와 더불어 용량저해현상(Breakdown)과 충격파(Shockwave) 전파 시작
- 현충로 유입램프 교통류(본선 교통류 흐름의 부분 차단)의 영향으로 인하여 하류부로 충격파(Shockwave)가 전파되며 부분정체 발생
- 중·대형차량 및 저속차량으로 인한 부분정체 발생
- 저속차량(청소차) 전후로 속도, 밀도의 차이가 극심하고, 차선변경으로 인한 정체원인 발생

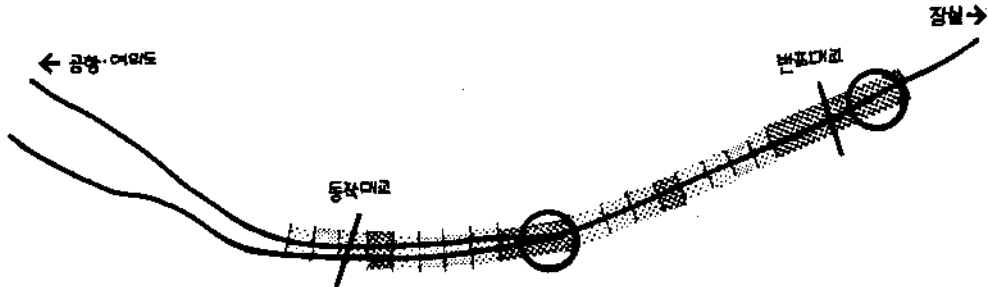


<그림 3-8> 정체 시작 단계

(2) 제 2단계(07:05 ~ 07:25) : 정체 가중 단계

- 제 1단계의 정체원인이 가중되고, 교통수요가 증가함에 따라 두 병목지점에서의 정체가 가중되며, 현충로 유입부와 반포대교 유출램프 사이에서의 위빙(Weaving)현상이 심하게 일어나고 있다.

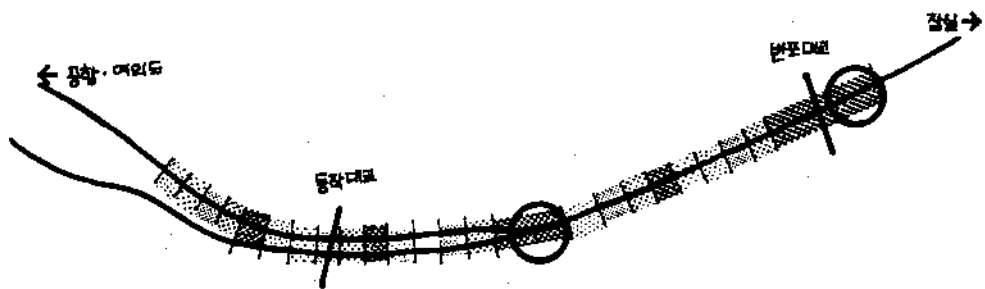
- 정체로 인한 대기행렬 길이는 동작대교 아래까지 형성되고, 동작대교 상류부의 원활한 교통류 흐름을 방해한다.



<그림 3-9> 정체 가중 단계

(3) 제 3단계(07:25 ~ 이후) : 정체 최종 단계

- 제 1단계와 제 2단계 원인의 가중과 반포대교 유출램프의 대기행렬로 인한 본선교통류의 방해로 정체가 최고로 심화되는 과정이다.
- 정체의 충격파와 두 병목지점의 정체로 인한 충격파의 상충으로 차량의 흐름을 지연시키고, 그 여파로 인한 대기행렬은 한강대교 남단 상류부까지 뻗치고 있다.



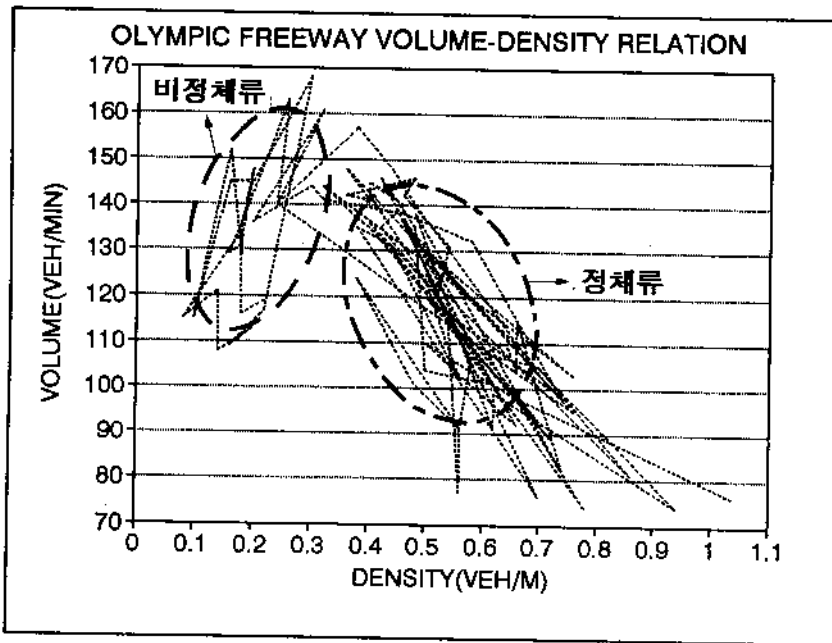
<그림 3-10> 정체 최종 단계

3.3 交通流의 特性 分析

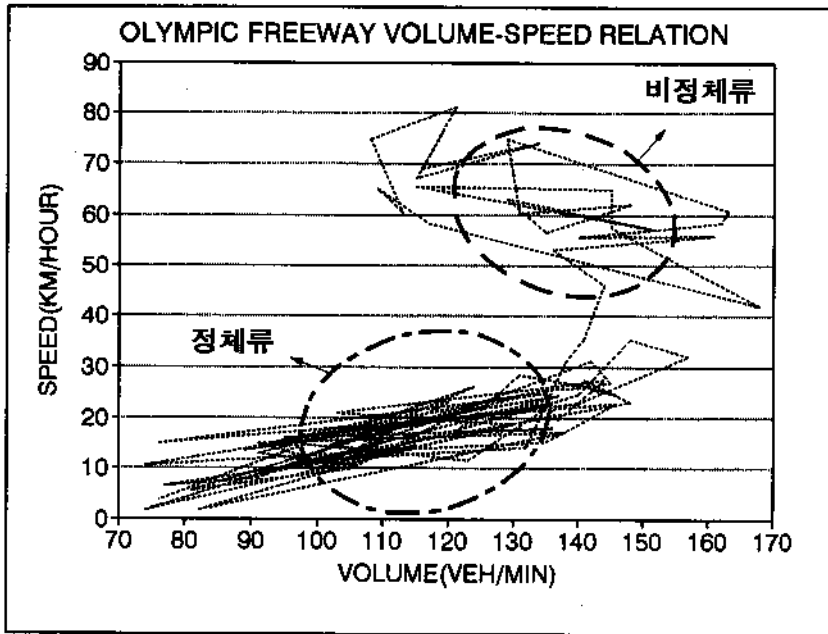
3.3.1 停滯·非停滯 交通流의 判斷

어느 일정한 도로구간의 교통류를 설명하는 교통량, 밀도, 속도 세가지 변수간에는 서로 유기적인 관계가 존재하며, 교통류 현상 해석의 기본이 된다.

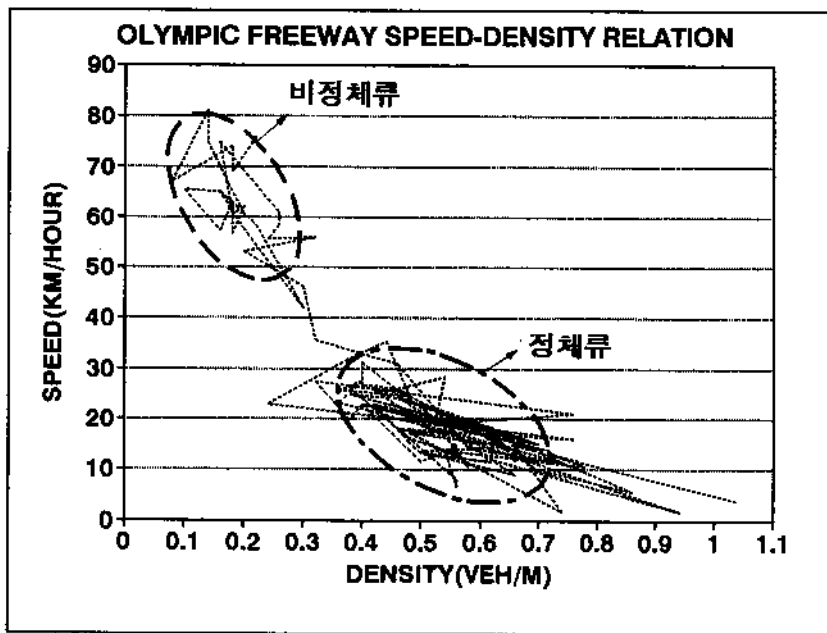
다음의 <그림 3-11> 교통량과 밀도의 관계, <그림 3-12> 교통량과 속도의 관계, <그림 3-13> 속도와 밀도의 관계는 88올림픽 도시고속도로 본선구간의 교통류 관계를 나타내며, HCM 이론에 의해 재현되는 교통류 관계와 거의 유사함을 알 수 있다.



<그림 3-11> 교통량과 밀도의 관계



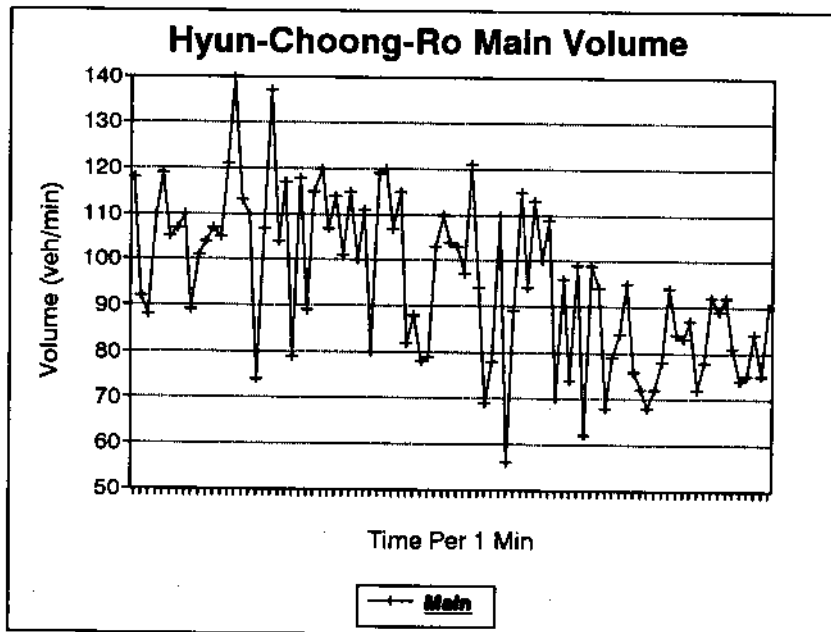
<그림 3-12> 교통량과 속도의 관계



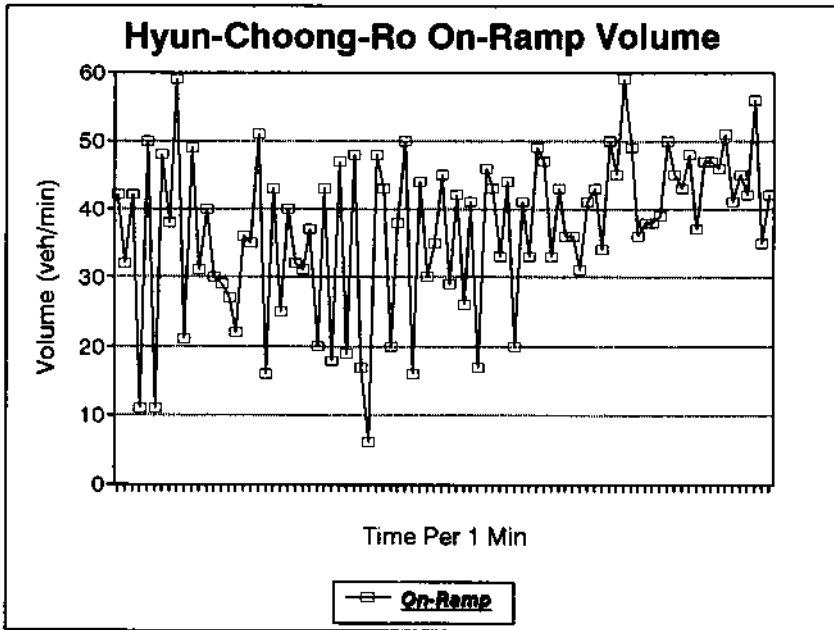
<그림 3-13> 속도와 밀도의 관계

3.3.2 合流區間에서의 交通流 特性

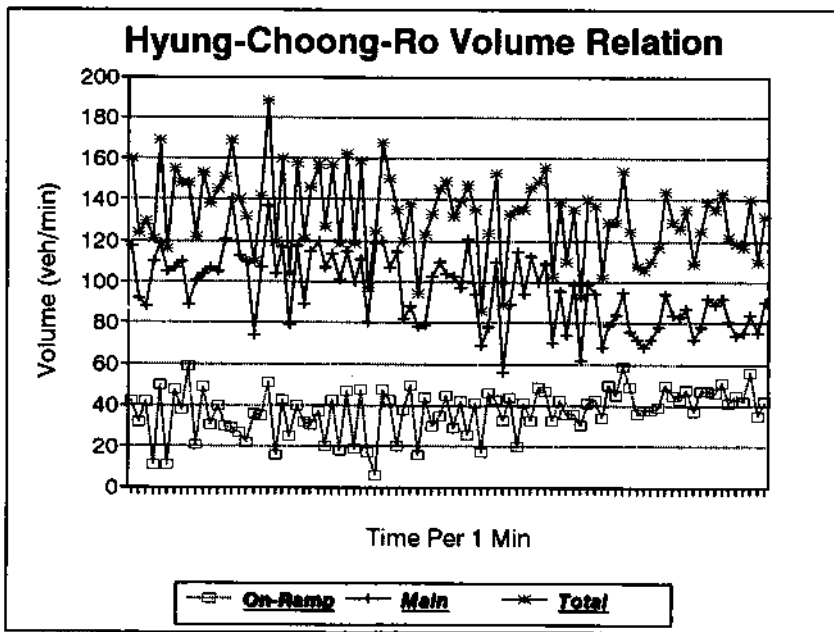
현충로 유입램프 구간은 본 연구의 주 대상지역으로써 현충로에서 올림픽대로로 유입하는 램프지역으로 <그림 3-14>는 본선교통량, <그림 3-15>는 램프교통량, <그림 3-16>은 전체 합류교통량(램프+본선교통량)을 분석한 것으로 램프로 유입하는 교통량이 많으면 많을수록 본선교통량은 감소하고 있는 현상을 볼 수 있으며, 시간이 흐를수록 전체 합류교통량이 감소하는 불합리한 교통현상을 관찰할 수 있다. <그림 3-17>은 합류부의 밀도의 변화를 나타낸 것으로 시간이 경과함에 따라 불규칙적으로 증가함을 알 수 있으며, <그림 3-18>은 합류부의 시간별 속도의 변화, <그림 3-19>는 램프유입교통류의 차선변경, 끼어들기등의 교통류 혼잡현상으로 인한 합류부 후방 본선의 대기행렬 길이의 변화를 보여주고 있다.



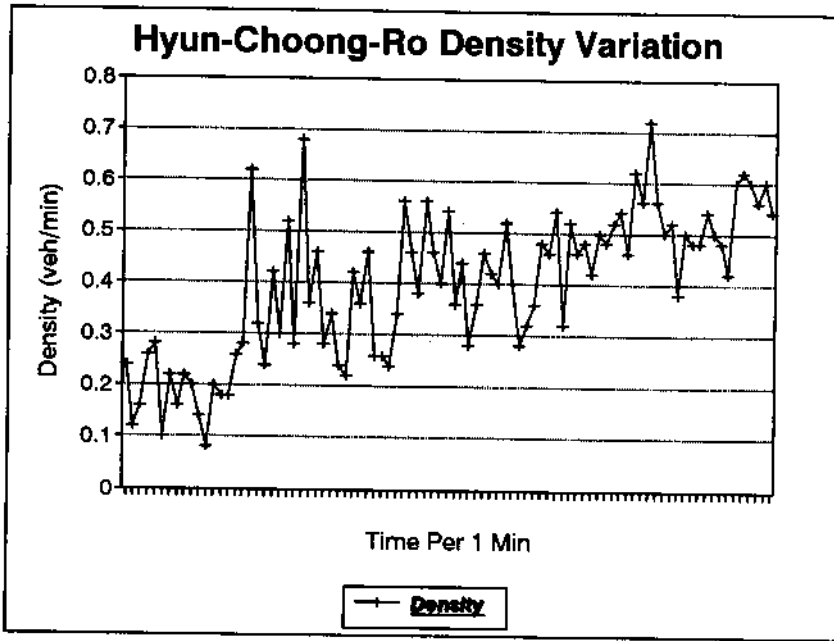
<그림 3-14> 현충로 합류부 본선교통량의 시간별 변화



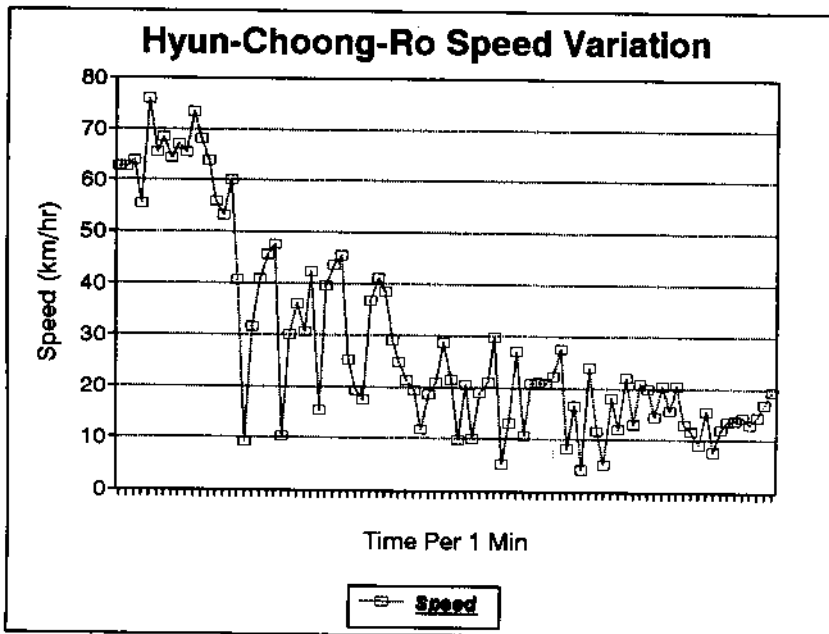
<그림 3-15> 현충로 합류부 램프교통량의 시간별 변화



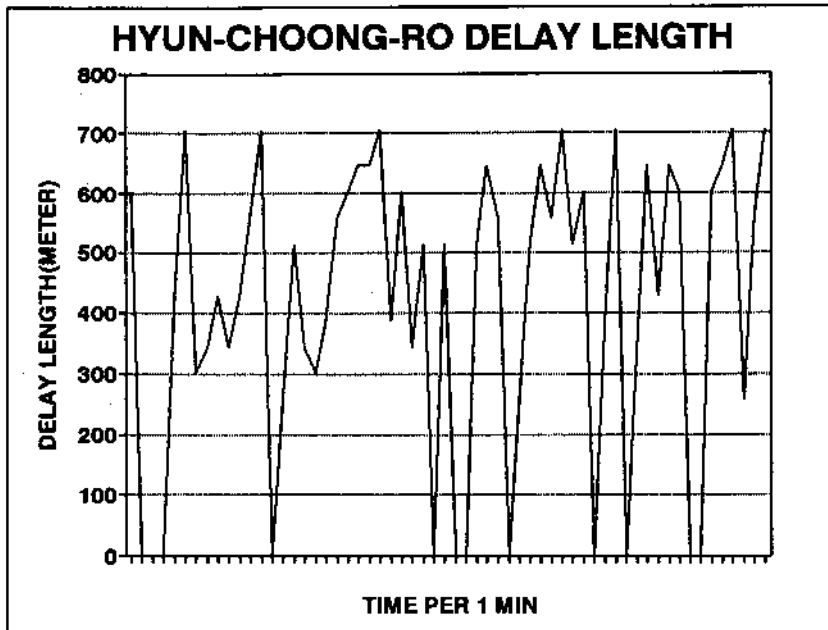
<그림 3-16> 현충로 합류부 전체교통량(본선+램프)의 시간별 변화



<그림 3-17> 현충로 합류부의 시간별 밀도의 변화



<그림 3-18> 현충로 합류부의 시간별 속도의 변화

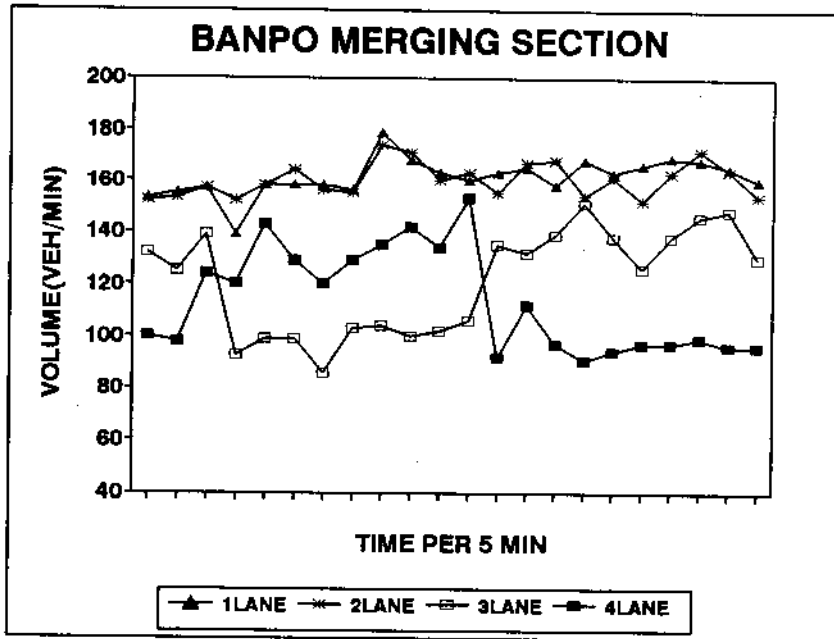


<그림 3-19> 현충로 합류부 후방 본선의 대기행렬 길이의 변화

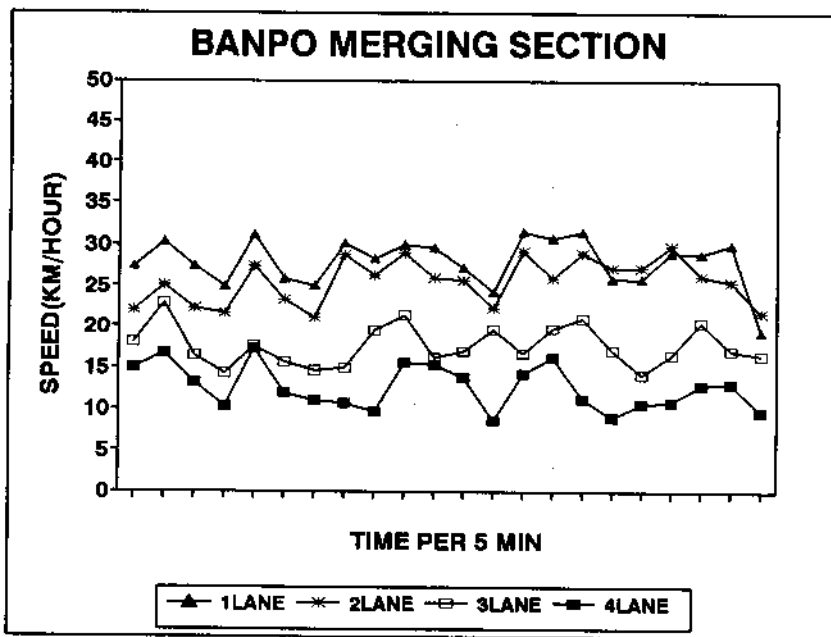
또한, 유입램프 구간에서의 램프 유입교통량에 의한 본선교통류의 진행장애는 매우 민감하여 램프의 유입교통량과 본선에 합류되는 위치에 따라 본선 각 차선 별로 상이한 교통류의 영향을 받는 것으로 분석되었다.

유입램프 교통량으로 인한 차선별 영향을 분석해 보면 유입램프와 직접 접속 되는 4차선의 영향이 가장 심하고, 3차선까지도 통과교통량과 주행속도에서 영향을 크게 받는 것으로 나타났다.

반면에 1, 2차선은 상대적으로 램프 유입교통량의 영향을 거의 받지 않는 것으로 분석되었다. 다음의 <그림 3-20>과 <그림 3-21>은 반포대교에서 올림픽대로로 유입하는 램프 지역(반포대교 남단 유입램프 구간)의 차선별 통과교통량과 속도의 변화를 보여주고 있다.



<그림 3-20> 반포대교 유입램프 구간의 차선별 통과교통량의 변화



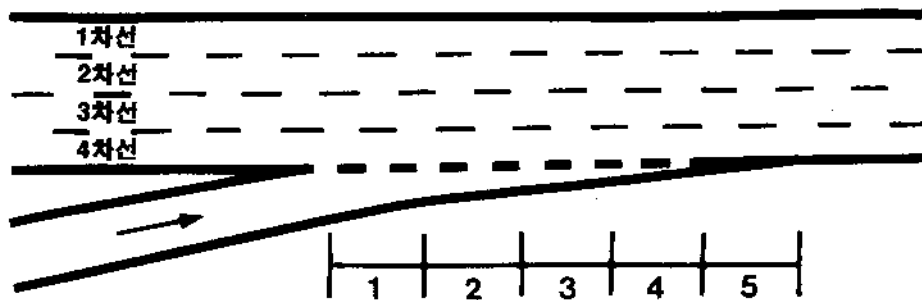
<그림 3-21> 반포대교 유입램프 구간의 차선별 속도의 변화

합류위치가 본선에 끼치는 영향을 알아보기 위하여 반포대교 남단 합류구간을 5개 구간으로 나누어 합류행태를 조사한 자료를 기초로 분석하였다.

합류위치 1~3이하(합류로 인한 본선교통류의 영향이 큰 경우)의 빈도가 전체의 30%를 넘는 경우를 대상으로 분석한 결과, 합류위치 4~5(합류로 인한 본선교통류의 영향이 적은 경우)가 대부분인 경우보다 3, 4차선에서의 교통량과 속도저하 현상이 높은 것으로 나타났다.

<표 3-3> 합류위치에 따른 차선별 교통류의 영향

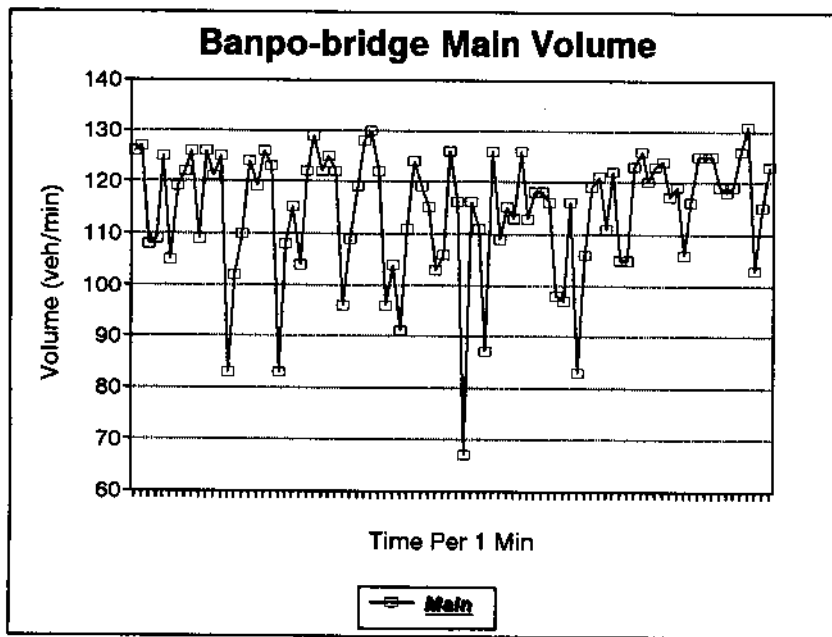
구 분		3 차 선	4 차 선
합류위치 1~3이하가 전체 30% 이상	교통량 (veh/2min)	43	37
	속도 (km/hr)	14	11
합류위치 4~5가 대부분인 경우	교통량 (veh/2min)	51	44
	속도 (km/hr)	17	13



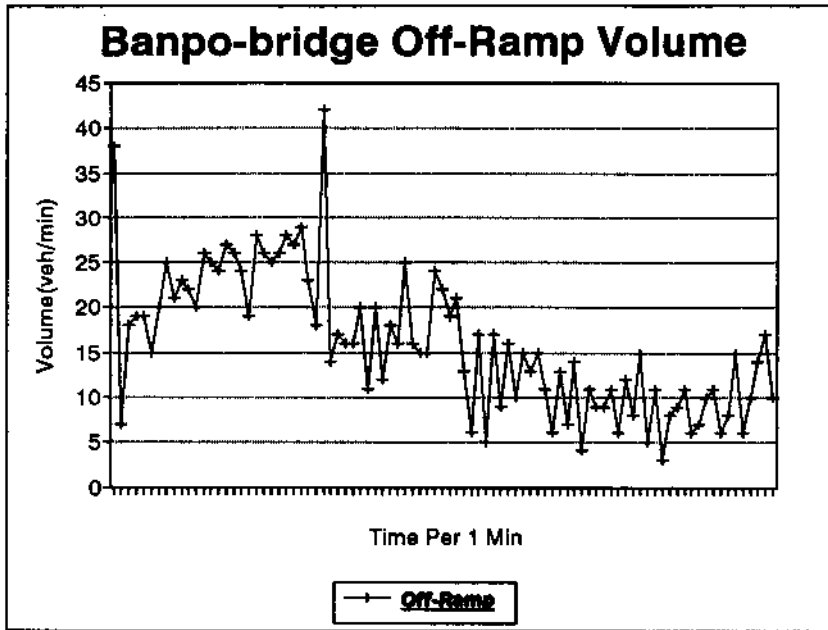
<그림 3-22> 유입램프 교통류 합류위치

3.3.3 分流區間에서의 交通流 特性

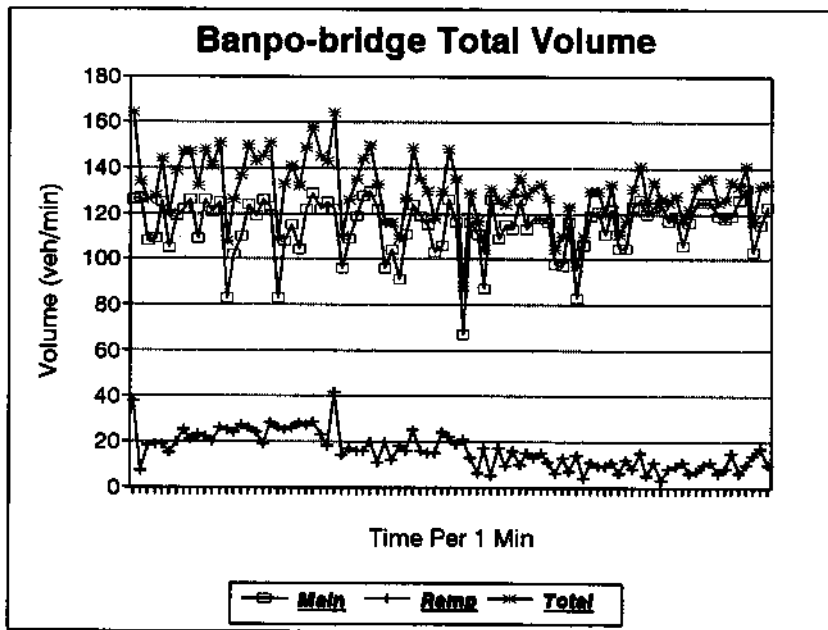
반포대교 남단 유출램프 구간에서는 유출램프 부근 교차로의 교통량 증가로 인한 원인과 반포대교 남단에서의 교통류 혼잡현상(위빙현상, 차선변경)으로 인하여 유출램프의 교통량이 매우 감소하여 연결로의 역할은 하지 못하고, 거의 주차장화 되어 정체가 더욱 가중되고 있는 실정이다. 다음의 <그림 3-23>은 본선교통량, <그림 3-24>는 램프교통량의 시간대별 변화를 나타내는 것이고, <그림 3-25>는 시간별 본선 교통량과 유출교통량의 변화를 나타낸 것으로 유출교통량은 마지막 30분간 약 250대의 교통량만을 나타내고 있다.



<그림 3-23> 반포대교 유출램프 구간의 본선교통량의 시간별 변화



<그림 3-24> 반포대교 유출램프 구간의 램프교통량의 시간별 변화



<그림 3-25> 반포대교 유출램프 구간 전체교통량(본선+램프)의 시간별 변화

3.3.4 起·終點(O/D) 通行패턴의 特性

현충로 합류구간과 반포대교 상부에서의 O/D 조사자료를 이용하여 올림픽대로 기·종점 통행패턴의 특성을 분석하였다.

다음의 <표 3-4>는 각 O/D 조사지점에서 올림픽대로를 빠져나가는 각각의 유출램프의 차량수와 이용횟수를 조사한 자료를 나타내는 것이며, <표 3-5>와 <표 3-6>은 차량수와 이용횟수에 대한 각각의 비율을 나타낸 것이다.

<표 3-4> O/D 조사자료

		반포대교 위			현충로 유입부	
		1일째	2일째	3일째	1일째	2일째
유출 램프	반 포 대 교	-	-	-	2	18
	한 남 대 교	3	14	27	27	61
	동 호 대 교	11	7	14	10	35
	성 수 대 교	11	7	17	28	65
	영 동 대 교	37	13	19	30	59
	탄 천	2	8	10	1	24
	중 합 운 동 장	12	24	23	2	38
	잠 실 대 교	18	9	21	13	32
	올 림 픽 대 교	16	10	17	8	33
	천 호 대 교	10	6	11	11	13
	~ 하 일 I.C	22	8	15	20	23
	Sample 계	142	106	174	152	401
이용 횟수	주 1 회		6	16		28
	주 2 회		16	13		43
	주 3 회		7	26		20
	주 4 회		10	14		15
	주 5 회		20	19		62
	주 6 회 이상		48	76		221
	거 의 안 함		4	10		12

<표 3-5>에서 나타난 바와 같이 반포대교 상부와 현충로 유입부에서 3km내외로 비교적 근거리인 한남대교와 동호대교로 빠져나가는 차량들이 전체차량의 20%를 상회함을 알 수 있으며, 이러한 현상은 올림픽대교의 정체의 한 원인이 되고 있음을 알 수 있다.

<표 3-5> O/D 비율

(단위 : %)

Destination \ Origin	반포대교 위	현충로 유입부
반 포 대 교	-	3.6(1.0)
한 남 대 교	10.0(2.2)	16.0(3.2)
동 호 대 교	7.2(3.3)	8.1(4.3)
성 수 대 교	7.9(4.3)	16.8(5.3)
영 동 대 교	15.4(6.3)	16.1(7.3)
탄 천	4.5(7.6)	4.5(8.6)
종합운동장	13.3(8.2)	7.3(9.2)
잠 실 대 교	10.8(10.4)	8.1(11.4)
올 림 픽 대 교	9.6(12.1)	7.4(13.1)
천 호 대 교	6.1(13.6)	4.3(14.6)
~ 하일 I.C	10.2(19.4)	7.8(20.4)
합 계	100	100

주) ()안의 숫자는 각각 O/D간의 거리(km)를 나타내는 것이다.

<표 3-6> 이용횟수 비율

(단위 : %)

이용횟수 \ 조사지점	반포대교 위	현충로 유입부
주 1 회	7.7	7.0
주 2 회	10.2	10.7
주 3 회	11.6	5.0
주 4 회	8.4	3.7
주 5 회	13.7	15.5
주 6 회 이상	43.5	55.1
거 의 안 함	4.9	3.0
합 계	100	100

IV. 都市高速道路 시뮬레이션 모델의 開發

- 4.1 既存 都市高速道路 시뮬레이션
모델의 檢討
- 4.2 SIM-88 모델의 開發
- 4.3 SDI 모델의 開發

IV. 都市高速道路 시뮬레이션 모델의 開發

4.1 既存 都市高速道路 시뮬레이션 모델의 檢討

고속도로 교통류 시뮬레이션 모델은 고속도로의 교통류 특성을 이용하여 고속도로 기하구조 및 교통조건하의 교통상황을 묘사하는 기능을 가진 프로그램이다.

고속도로 시뮬레이션 모델은 주로 FREFLO, FRECON, CORQ, FREQ 모델에 의해 특정지워지고 있으며, 교통류 모델은 MACK-FREFLO -FRECON series, INTRAS type, TRAFFICQ, FREQ series, CORQ-CORCO-N series, SCOT family, TRAFLO, DYNEV, CONTRAM, SATURN, MICRO-ASSIGNMENT type 등 많은 모델이 존재하고 있다.

다음의 <표 4-1>은 위에서 언급되어진 교통류 모델의 각각의 특징을 간략적으로 기술한 것이다.

<표 4-1> 교통류 모델의 특징

모델명	통행배정		교통류		배경	모델형태	모델목적
	기법	기타	고속도로	간선도로			
FREFLO	-	-	보존식, 동적인 속도-밀도관계 (유체흐름)	-	MACK	Deterministic, Macroscopic	고속도로 (한방향)
FRECON	램프미터링에 따른 분산	-	FREFLO의 변형	간단한 여행시간	FREFLO	Macroscopic	고속도로 (한방향)
INTRAS (FOMIS)	-	-	시간대별 교통량 시뮬레이션	-	NETSIM	Stochastic, Microscopic	고속도로 사고연구
TRAFICQ	-	사용자 특별경로	-	개체: 자동차, 보행인	Original	Microscopic	도시가로망
FREQ	램프 대기행렬의 분산	재선택을 위한 소그룹의 고려	HCM (속도-교통량)	간단한 여행시간	Original	Macroscopic	고속도로 평가: 차선 우선권
CORQ	점진적인 반복	대기차량의 재배정	단계별 함수, 여행시간	내포된 여행시간 정산	Original	Macroscopic	고속도로의 대기행렬
CORCON	점진적인 반복+교통량 분산	-	단계별 함수, 여행시간	내포된 여행시간 정산	CORQ	Macroscopic	고속도로의 대기행렬
SCOT	UTCS-1: 회전, DAFT: 최단경로	-	DAFT, 차량군의 속도-밀도	UTCS-1: 개개인의 자동차	DAFT, UTCS-1	Macro- & Microscopic	교통축의 실시간 조절 전략 테스트
TRAFLO	TRAFFIC	계획지향적인 비대기행렬	FREFLO	I: NETSIM II: TRANSYT III: WESTER	FREFLO, NETSIM, TRANSYT	Macro- & Microscopic	모든 교통망
DYNEV	TRAFFIC	계획지향적인 비대기행렬	Flow Histogram (NETFLO II)	Flow Histogram (NETFLO II)	TRAFLO	Meso-scopic	위험에서의 구출
CONTRAM	점진적인 반복	전피크시의 재반복(경로)	-	Delay=f(G+C, C,V+C)+ 대기지체군	Original	Meso-scopic	도시간선 도로와 고속도로
SATURN	All or nothing	-	-	Cyclic file: TT+ BnXn+QT	Original	Meso-scopic	도시간선 도로와 고속도로
MICROASSIGNMENT	-	-	-	-	전통적인 교통계획	Macroscopic	-

주) M.VANAERDE, S. YAGAR, A.UGGE, AND E. R. CASE, "A Review of Candidate Freeway-Arterial Corridor Traffic Models", TRR1132

고속도로 교통류 시뮬레이션 모형으로는 여러가지가 있으나 본 연구에서는 최근 널리 사용되고 있는 FREFLO 와 FREQ 모형을 비교대상으로 새로운 모델의 발전방향을 모색한다.

4.1.1 FREFLO 시뮬레이션 模型

FREFLO 모형은 전체적으로 TRAF이라는 교통 분석 시뮬레이션 모형의 일부로써, 이 중 거시적 모형인 CORFLO라는 모형의 일부로 구성되어 있다.

<표 4-2> TRAF 모형의 구성

	미시적 모형	거시적 모형(CORFLO)
도시내 도로	NETSIM	NETFLO 1 NETFLO 2
고속도로	FRESIM	FREFLO
이차선 도로	ROADSIM	

FREFLO는 적당히 변형된 유체 흐름의 유추를 기본으로 한 거시적인 지표 (aggregate-variable : 교통량, 속도, 밀도)의 공식화를 이용하여 고속도로 교통망에서의 교통류를 시뮬레이션 한다.

(1) 배경

거시적 시뮬레이션 모형인 FREFLO는 이전에 개발된 고속도로 거시적 교통류 모델에 기초를 두고 있다. 두 종류의 고속도로에 대한 거시적 모델은 시뮬레이션 모델인 FREQ와 MACK으로 발전되었다. FREQ는 15분의 비교적 큰 time step을 사용하므로 정교하지 않은 교통류를 설명하는데 있어서는 효율적이거나 큰 time step을 사용하므로 혼잡이나 교통사고등과 관련되는 동적현상을 정확하게 설명하기 힘들다.

반면에 MACK은 5~10초의 time step을 사용하므로 사고 및 기하구조에 의해

급격하게 발생하는 혼잡상황을 정확하게 시뮬레이션 하는 것이 가능하다.

FREFLO는 MACK의 기본특성을 계승하였으며, 교통류는 고속도로의 구간과 관련되는 aggregate variables(교통류율, 밀도, 공간평균속도)에 의해 표현된다. 또 각 구간에서는 승용차와 트럭, 버스, car pool 차량이라는 3종류의 차량이 고려되며, 이러한 구별을 통해 버스나 car pool 차량에 특별한 차선을 제공하는 것과 같은 HOV전략을 고려할 수 있다.

교통류의 흐름은 각 고속도로 구간에 대해 거리는 수백 feet에서 1 mile까지이며, 각 구간에 있어서 통과한 차량의 비율인 교통류율에 의해 표현된다.

(2) 연속적 모델

FREFLO는 궁극적으로 다음 변수들로 표현되는 교통류의 연속적 표현으로 되는 것에 기초한다.

x : 흐름의 방향으로 증가하는 고속도로에서의 공간거리

t : 시간

$\rho(x, t)$: 밀도

$\ell(x, t)$: 차선수

$u(x, t)$: 공간평균속도

$q(x, t)$: 교통류율(veh/h)

$f(x, t)$: 고속도로에 유입되는 순교통량(veh/h)

☐ 차량관계의 보전

$$\ell \frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} = f(x, t)$$

여기서 $f(x, t)$ 는 고속도로에 유입하는 순교통량이며, 변수 $f(x, t)$ 는 on-ramp 와 off-ramp 교통량과 일치한다. 만약 q 와 ρ 의 관계가 정의된다면 단순한 연속

방정식이 도출된다. 먼저 다음 관계를 기본으로 한다.

$$q = \rho * u$$

다음으로 평균주행속도, u_e 가 밀도의 함수로 표현될 수 있다.

$$u_e = u_e(\rho)$$

이 식은 일반적으로 충격파와 교통류 밀도의 불연속점을 고려한 것이다.

☐ 동적연속방정식

FREFLO의 기초 방정식은 차량의 흐름을 동적으로 표현하는 다음의 식이다.

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \underbrace{-u \frac{\partial u}{\partial x}}_{\text{전달}} - \frac{1}{T} \left[\underbrace{u - u_e(\rho)}_{\text{평형으로의 완화}} + \underbrace{\frac{v}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial x}}_{\text{예상}} \right]$$

여기서 v 는 속도변화율을 밀도변화율에 연관시킨다. 속도 변화의 시간비율은 세가지 항으로 표시된다.

- ① 전달(convection) : 상류의 교통류의 영향이 이 지점에 도착한다.
- ② 평형으로의 완화(relaxation to equilibrium) : 간격에 일치하는 차량속도를 조정하고자 하는 운전자의 영향
- ③ 예상(anticipation) : 하류의 상황에 반응하는 운전자의 영향. 즉, 하류의 높은 밀도를 예상하고 속도를 줄이는 것.

(3) 합·분류 분석

FREFLO는 고속도로 본선에서의 움직임만 표현한다. 따라서 유입(유출)램프의 경우에 차량은 램프 경계면(Ramp Gore)에서 진입(진출)하고 곧 바로 합류(분류)한다. 그러므로 램프 아래의 움직임은 FREFLO가 아닌 다른 Subnetwork에서 표현된다.

따라서 FREFLO 모형은 램프미터링의 표현은 포함하지 않으며, 그것은 TRAF에서 인접하는 가로의 Subnetwork 부분에서 제공된다.

4.1.2 FREQ 시뮬레이션 모델

FREQ는 계산이 용이하고 모형의 개발이나 최적해를 쉽게 찾을 수 있는 선형 계획법을 적용하며, 1965년 Wattleworth에 의해서 최초로 개발되어 고속도로 유입 램프 통제에 적용되었으며, Makigamia & Woodie에 의해서 개발된 FREQ모형은 고속도로 램프통제 및 설계변경에 따른 효과를 측정하는데 사용되었다. 그리고 May & Wang에 의해서 Optimization & Simulation 기능을 동시에 수행할 수 있는 모형으로 최근까지 계속 발전되었다.

<표 4-3> FREQ 모형의 발달과정

년 도	구 분	내 용
1965년	Optimization	Wattleworth & Berry, HRR89
1969년	Optimization	Brewer, Burh, Drew & Messer, HRR279 Goolsby & Mecasland, Texas A&M Univ., Research Report 24-28
1970년	Simulation	Makigamia & Woodie, HRR321
1973년	Optimization & Simulation	Wang & May, TRR469 May, TRR495
1989년	Optimization & Simulation	Zhang, Leiman & May, TRB Annual Meeting

(1) 배경

FREQ 시뮬레이션 모형은 Berkeley대학에서 개발한 고속도로 시뮬레이션 모델이며, 고속도로에서 교통류 조건의 시뮬레이션은 FREQ내의 SIMFRE 서브루틴에서 관리된다.

시뮬레이션 프로그램은 세계의 하부적인 서브루틴으로 나누어 이해하는 것이 편리하다. 첫번째 서브루틴은 램프대기행렬, 합류 그리고 엇갈림 분석을 포함한다. 두번째 서브루틴은 주도로의 통행시간과 대기행렬 분석을 포함한다. 세번째 서브루틴은 각각의 시간대에 대한 결과와 모든 시간대가 전부 처리된 후의 종합표를 출력하고 있다.

FREQ 모형은 HCM(1965년)의 고속도로관련 교통류 분석과정을 기초로 작성되어 있다.

(2) 최적화 기능

고속도로 유입램프 통제방안의 최적화 과정은 유입램프의 통제방안을 선형방정식화 하여 모형사용자에 의해 선택된 목적상수와 선형제약하에서 선형방정식의 해를 구한다.

$$Max Z = \sum_{i=1}^{NORG} C_i \cdot FLOW_i$$

$$s. t. \quad \sum_{i=1}^{NORG} A_{ij} \cdot FLOW_i \cdot CAP_j (j=1, \dots, NSEC)$$

$$FLOW_i = MIN_i (j=1, \dots, NSEC)$$

$$FLOW_i = MAX_i (j=1, \dots, NSEC)$$

$FLOW_i$ = 유입램프 i 의 유입교통량

$NORG$ = 유입램프의 갯수

C_i = 유입램프의 교통량에 관련된 상대적인 값

A_{ij} = 유입램프 i 에서 구간 j 를 통과하는 교통량 비율

CAP_j = 구간 j 의 교통량

MIN_i = 유입램프 i 의 최소교통량(최소미터링율)

MAX_i = 유입램프 i 의 최대교통량(최대미터링율)

유입램프의 교통량제약이 목적상수의 제약조건이 되며 모형에서는 제약조건으로 최대유입교통량(최대미터링율), 최소유입교통량(최소미터링율), 램프대기행렬길이의 한계 등 세가지를 제공하고 있다.

(3) 램프 합류 분석

램프에서의 합류과정은 1965년 Highway Capacity Manual에 근거하여 개개의 유입램프에서 수행한다. 고속도로 모형은 피크시간대와 교통류를 분석하는데 사용되는 것이므로 램프용량분석은 서비스수준 D와 E에서 사용되는 DE방법을 기초로 한다.

2차선램프와 좌측램프는 DE방법에 포함되지 않는다. 유입램프 대기행렬의 분석과 모든 상류쪽에서 하류쪽으로 합류지점 처리를 할 때 교통수요의 변화는 상류부 램프에서 합류 대기행렬이 하류쪽 램프에서의 합류분석에 적절히 반영된다.

합류분석은 합류지점(유입램프의 500feet 하류쪽)에서 오른쪽 차선(차선 1)의 수요가 2,000vph 보다 크게 되면 각각의 초과수요를 비례적으로 분포시키는 식으로, 이 수요가 대략(± 500 vph) 같을 때, 초과수요는 주도로나 유입램프 수요에 할당된다. 합류 대기행렬은 주도로 대기행렬 분석이 행해질 때 주도로의 교통량을 불리하게 방해하지 않는다고 가정한다.

(4) 시뮬레이션 및 공간이전 기능

고속도로에서 교통류 조건의 시뮬레이션은 SIMFRE로 관리된다. SIMFRE는 우선 FREQ8을 거친 후에 각각의 최적화-통행자 반응의 조합을 거친다. SIMFRE는 하나의 시간대별로 현재의 O/D와 점유분포를 처음부터 시작하여 마지막 단계까지 고려한다. SIMFRE는 최적화와 여행자 반응 서브루틴에 사용되는 통행시간, 지체, 대기행렬의 길이 등의 결정 인자들을 설명한다.

시뮬레이션 부프로그램인 SIMFRE는 고속도로의 교통상황을 시뮬레이션하며, 이 과정은 램프 대기행렬 분석, 합류부와 엇갈림 분석, 본선 여행시간 및 대기행렬 분석의 세가지 과정으로 나눌수 있으며 이상의 세가지는 HCM방식에 의하여 수행된다.

또한 고속도로의 교통상황에 따라 도로 이용자가 대안도로와 다른 수단을 이용할 수 있는 상황을 반영하고 있다. 모형은 고속도로와 대체도로의 여행시간을 비교하여 이용자가 느끼는 여행시간단축을 일정한 수준 이상으로 이를 수 있다면

교통량을 전이시킨다. 전이되는 교통량의 출발지와 목적지가 모두 분석구간내에 있을 경우는 단거리 통행의 이전이 이루어지며 출발만이 분석구간내에 있을 경우는 장거리 통행의 이전이 이루어진다.

아래의 <표 4-4>는 FREFLO 모델과 FREQ 모델의 장단점을 나타낸 것이다.

<표 4-4> 기존 연속교통류 시뮬레이션 모델의 비교

구 분	FREFLO 모델	FREQ 모델
시뮬레이션 형태	MACRO type Simulation+Assignment	MACRO type Simulation+Optimization
개발처	FHWA(KLD Associates)	U.C Berkeley
Input 방법	File	Graphic 표현
Optimization	없음	Ramp Metering 전략(TOD) HOV Lane 이용방안
Input 자료제한	750개 Node 270개 Link	80개 Subsection
Output 방법	- Traffic Assignment - 교통량 - Travel Time, Distance - Average Speed	- 전체 또는 Time Slice별 Travel Time, Distance, V/C, Speed, Queue Length, 연료소비, 공해 물질배출량, Speed Flow Curve, Speed-Density, Queue Map
주요사항	- 각 교통시설물의 분석이 포함된 TRAF SERIES의 일부 신호교차로 - NETSIM 이차선도로 - ROADSIM 고속도로 - FREFLO	- Freeway 전용 Package
장 점	- 통행배정에 의해 운전자의 행태를 나타내는 것이 가능함	- HCM식에 근거하여 합류, 분류 및 워빙하는 교통류를 정확히 재현하는 것이 가능 - Optimization
단 점	- 합류, 분류 및 워빙하는 교통류는 고려 않됨 - Optimization이 않됨	- 유·출입램프구간에서 차량을 비율별로 처리(diversion)하여 운전자의 행태등을 고려하는 데에는 한계

4.1.3 FREFLO, FREQ 시뮬레이션 模型의 限界性

앞의 표에서처럼 두 모델은 서로 상반된 기능과 차이점을 가지고 있다.

FREFLO 모델은 유체식에 의한 교통류를 재현하는 기능이 뛰어나며, 통행배정에 의해 운전자의 행태를 나타내는 것이 가능하다. 또한 시간간격등이 세밀하여 교통류의 충격파 및 사고등에 의한 영향을 용이하게 표현할 수 있다.

그러나 램프상의 합류, 분류 및 위빙하는 교통류는 고려되지 않아 공학적인 최적화 부분이 소홀하게 취급되어 정확한 교통류를 재현하지는 못한다.

반면 FREQ 모델은 램프상의 합류, 분류 및 위빙하는 교통류를 HCM식에 근거하여 잘 표현하고 있으며 최적화(Optimization)가 가능하다.

그러나 운전자의 행태를 표현하는데는 한계가 있으며(기종점 기능없이 합류비나 분류비 적용) 15분 정도의 큰 시간간격으로 시뮬레이션 하므로 2~5분의 짧은 간격으로 급격하게 변하는 교통류를 잘 재현하지 못하고 있다.

그러므로 새로운 모델의 방향은

첫번째, 유체식에 의한 교통류의 표현이 가능해야 한다.

두번째, 램프상의 합류, 분류 교통류의 표현이 가능해야 한다.

세번째, 교통류의 급격한 변화에 충분히 대처할 수 있도록 시간간격이 짧게 설정(5~10초) 되어야 한다.

네번째, 운전자의 행태를 파악할 수 있는 기능등이 보강되어야 한다.

4.2 SIM-88 모델의 開發

4.2.1 모델의 開發 背景

도시고속도로 정체에의 주요인은 본선과 결합하는 유·출입구에 의한 영향이 가장 높다. 본 연구의 대상구간인 88올림픽 도시고속도로 구간의 경우 유·출입 램프의 간격이 매우 짧고, 많아 교통류의 안정된 흐름을 방해하며, 잦은 차선변경의 원인을 제공함으로써 정체의 가중을 더하는 것으로 분석되었다. 특히 공항↔잠실구간의 경우 유·출입 램프의 간격이 1km에도 못 미치는 구간이 6개 구간이나 되는 것으로 나타났다.

따라서 우리나라 도시고속도로의 일반적 형태인 짧은 간격의 유·출입구에 의한 영향으로 급격하게 변화하는 교통류의 현상을 잘 반영하며, 합·분류부 구간을 잘 표현해 줄 수 있는 모델의 개발이 필요하다. 그러나 기존의 도시고속도로 모델로는 구간과 시간등의 제약조건들이 존재하며 동태적(Dynamic)으로 변화하는 교통류 흐름을 표현하기에는 한계가 있다.

따라서 본 연구에서 개발하고자 하는 도시고속도로 평가모델은 먼저 우리나라 도시고속도로의 현재의 교통상황과 교통류 흐름을 가장 적절하게 표현하는 모델을 개발하고, 그 모델을 이용하여 과포화시 대기행렬이나 충격파(shockwave)의 전개 과정, 합·분류부 구간에서의 교통류 현상을 재현하며, 고속도로 교통혼잡의 문제점을 개선시킬 수 있는 새로운 관리방안의 개발 및 적용의 평가에 그 목적을 두고 개발되었다.

4.2.2 모델의 特徵

본 연구에서 사용할 SIM-88 모델의 특징을 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 연속교통류의 재현을 목적으로 한다.

둘째, 교통밀도의 전파를 충실히 재현할 수 있도록 구축한다. (Bottleneck구간에서 발생한 Shockwave의 영향으로 인한 합류부 Breakdown현상의 재현에 충실).

셋째, 유체 보존식의 적용과 구간(블럭)마다 교통류율(Capacity)의 차별 적용(Q-K 곡선식의 차별 적용).

넷째, 시간간격은 급변하는 교통류 흐름을 재현할 수 있도록 5~10초의 짧은 간격으로 시뮬레이션을 실행한다.

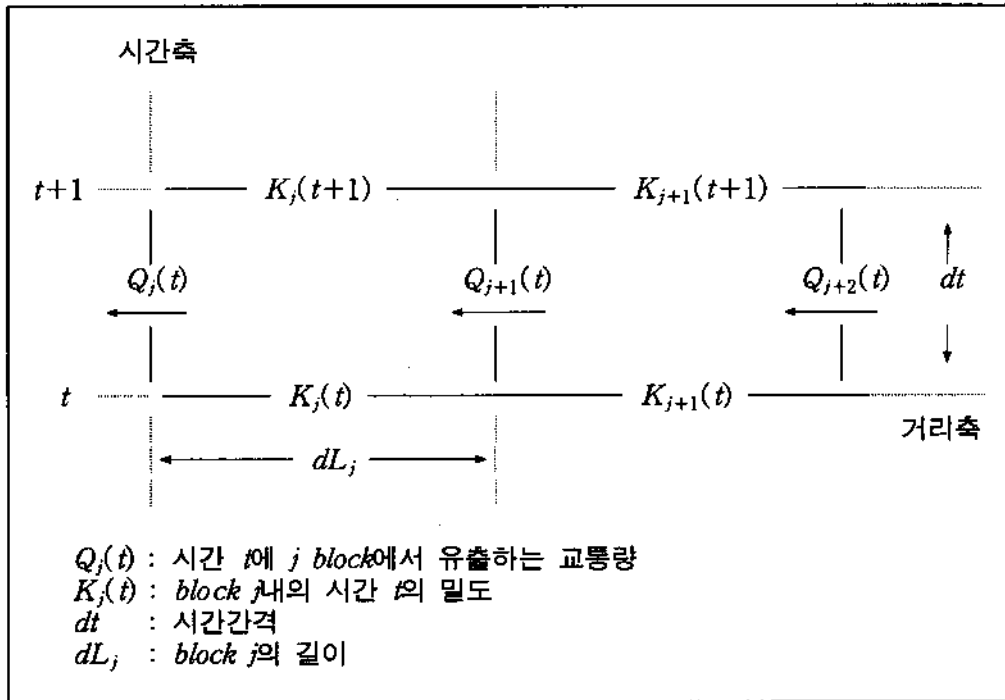
다섯째, 상류부의 수요에 의한 정체의 수축현상(늘었다 줄었다 하는 현상) 및 하류측의 정체해소에 따른 현상도 재현한다.

여섯째, 합·분류구간에서의 교통재현 능력을 높인다.

4.2.3 SIM-88 모델의 概要

□ 기본 Simulation의 방법 : 블럭밀도법(Block density Method)

블럭밀도법(Block density Method)이란 연속교통류(고속도로)를 일정한 여러 구간의 블럭으로 구분하고, 각 블럭의 밀도와 최하류단 블럭의 통과교통량을 이용하여 시간간격(dt)마다 각 블럭의 밀도 및 통과교통량을 구하는 방법이다.



(1) 산출방법

① block j 의 교통량 연속조건

$$K_j(t+1) \cdot dL_j = K_j(t) \cdot dL_j + Q_{j+1}(t) \cdot dt - Q_j(t) \cdot dt$$

- ② $Q_{j+1}(t)$ 를 구하는 방법은 Block j 에서 수용가능교통량과 $j+1$ 에서 수요교통량을 비교하여 작은 값을 $Q_{j+1}(t)$ 로 선택하며, Block $j+1$ 에서의 수요교통량과 Block j 에서의 수용가능교통량은 다음 수식에 의해 산출될 수 있다.

- Block j+1에서의 수요교통량

$$Q_{j+1}(t) = K_{j+1}(t) \cdot \frac{dL_{j+1}}{dt}$$

- Block j에서의 수용가능교통량

$$Q_{j+1}(t) = \text{Free Speed} \cdot K_j(t+1) \text{EXP}^{-a \cdot K_j(t+1)} \quad : \text{강제류 구간}$$

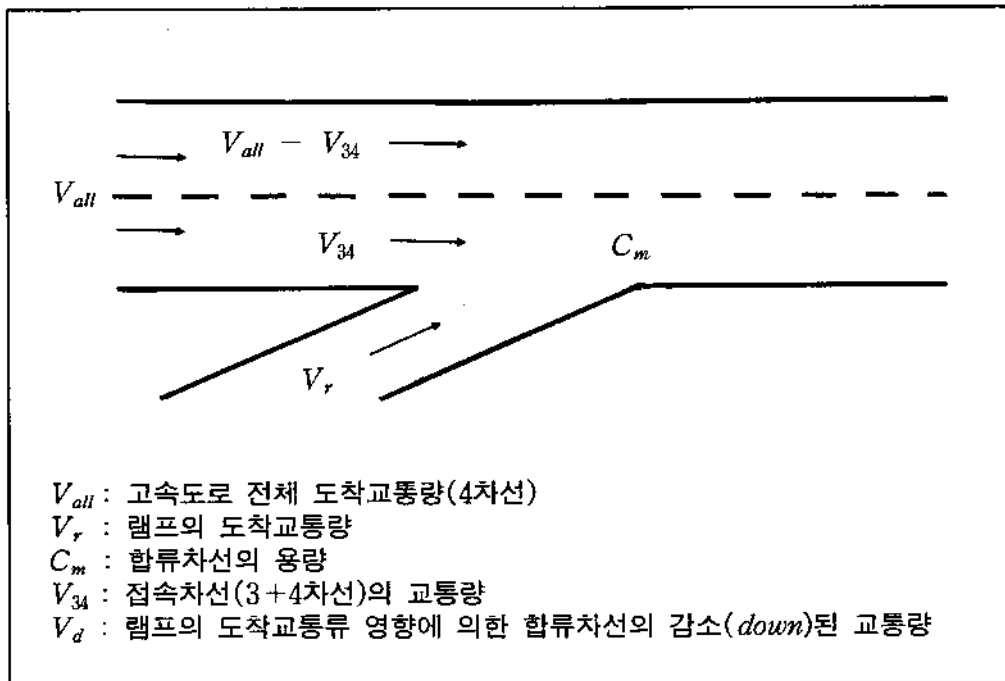
$$Q_{j+1}(t) = \text{Free Speed} \cdot K_j(t+1) (1 - b \cdot K_j(t+1)) \quad : \text{정상류 구간}$$

- ③ $K_j(t+1)$ 과 $Q_{j+1}(t)$ 가 결론되어지면 불럭을 하나씩 상류측으로 이동시키면서 불럭 j+1에 대하여 똑같은 계산을 하게 된다.

□ 합류부의 표현

합류부 구간은 기본구간(본선)과는 달리 유입하는 교통류의 영향으로 인하여 본선구간 교통류의 용량저해현상(Breakdown)이 뚜렷이 나타나며, 차선별로 영향을 받는 정도가 다르고, 본선구간과는 다른 교통류의 특성을 나타낸다.

본선구간은 4차선으로 규정하였으며, 램프 유입교통량의 영향을 받는 접속차선은 3차선, 4차선의 2개의 차선으로 지정하였다(4.2.4절 모델의 정립 참조).



(1) 합류부 용량제약조건

접속차선(3, 4차선)의 교통량과 램프 유입교통량의 합은 합류차선의 용량을 넘지 못한다는 조건이다.

$$V_{34} + V_r \leq C_m$$

(2) 균형제약조건

본선구간 각 차선의 교통량의 동일성을 가정한 것이다. 즉 합류부 구간으로 접근할 때 램프 유입교통량의 영향을 받는 접속차선(3, 4차선)과 영향을 받지 않는 내측차선(1, 2차선)은 동일한 교통량의 비율로 나누어 진행된다.

$$V_{34} \leq \frac{V_{all}}{2}$$

(3) 접속차선의 소통능력감소

본선구간 접속차선(3, 4차선)의 교통량은 유입하는 램프교통량과 본선 도착교통량의 정도에 따라 그 양이 정해진다. 또한 유입하는 램프교통량의 정도에 따라 접속차선의 소통능력감소교통량의 양은 달라지며, 본선도착교통량과 램프교통량의 함수로 정의된다.

$$V_d = V_{12} - V_{34} = f(V_{all}, V_r)$$

4.2.4 SIM-88 모델의 定立

□ 차선군의 분류(내측차선, 외측차선)

합류부 지점의 교통류 특성을 통하여 알 수 있듯이 합류되는 유입교통량으로 인한 교통량의 감소는 차선별로 다른 특성을 나타내고 있다. 즉, 내측차선(1, 2차선)은 거의 영향을 받지 않는 것으로 나타나고 있으며, 외측차선(3, 4차선)은 유입하는 교통량으로 인하여 많은 교통량의 감소(Breakdown)현상을 나타내고 있다.

따라서 합류부 구간의 분석시 내측차선(1, 2차선)과 외측차선(3, 4차선)의 두 차선군으로 분류하고, 합류부 접속차선을 외측차선(3, 4차선)으로 가정한다.

다음은 유입램프 구간의 본선 내측차선과 외측차선이 서로 다른 교통류의 특성을 나타내고 있음을 통계 Software인 SAS를 이용하여 통계학적 분석방법(T-검정)으로 분석한 결과이다.

분석된 결과와 같이 두 차선군(내측, 외측)의 분산(Variiances)은 F-검정을 통하여 유의수준 0.05에서 서로 동일한 것으로 나타났으며, 두 차선군의 분산이 같을 경우에 자유도 108.0의 분포에서 T값 19.8817보다 큰 확률이 0.0000으로서 유의수준 0.05보다 작으므로 두 차선군의 평균값이 같지 않다는 결론이 나왔다.

<표 4-5> 차선군별 특성 비교 통계검정(TTEST)

TTEST PROCEDURE

Variable: VOLUME

LANE	N	Mean	Std Dev	Std Error	Min	Max
1, 2	55	128.6181818	8.48198725	1.14371093	106.000	150.000
3, 4	55	93.9818182	9.74582704	1.31412705	70.000	114.000

variances	T	DF	Prob>|T|
Unequal	19.8817	106.0	0.0001
Equal	19.8817	108.0	0.0000

For H0: Variances are equal, F' = 1.32 DF = (54,54) Prob>F' = 0.3104

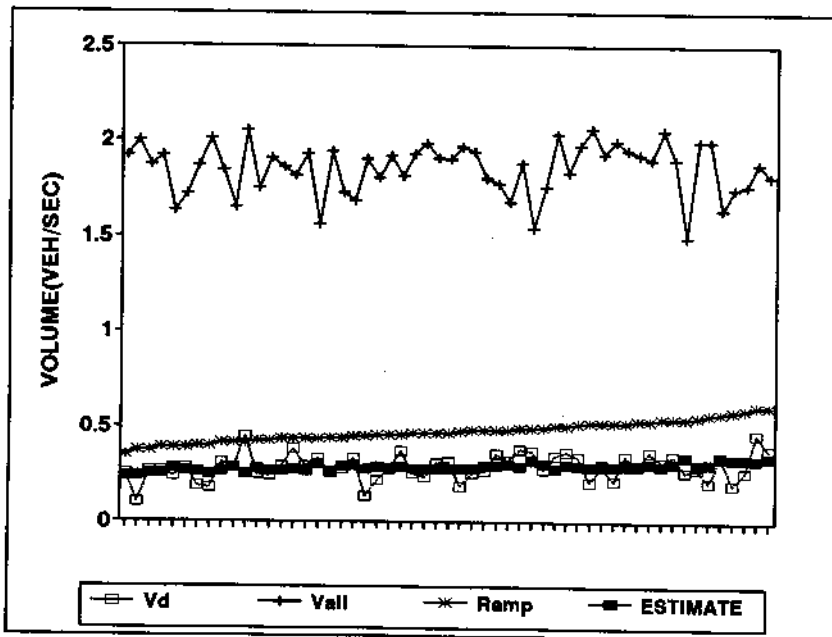
□ 접속차선의 마찰감소(down)교통량 관계식 추정

접속차선(외측차선)의 교통량은 유입하는 램프교통량과 본선 도착교통량의 정도에 따라 그 양이 정해진다. 또한 유입하는 램프교통량이 증가할수록 접속차선이 받는 영향은 점점 커져서 접속차선의 마찰감소교통량은 점점 증가한다. 여기서 마찰감소교통량이란 유입램프 교통량의 영향을 거의 받지 않는 내측차선(1, 2차선)의 통과교통량에서 유입램프 교통량의 영향을 극심하게 받는 외측차선(3, 4차선)의 통과교통량을 뺀 값으로 정의하며, 본선 도착교통량과 램프교통량의 함수로 정의된다.

$$V_d = V_{12} - V_{34} = f(V_{all}, V_r)$$

<그림 4-1>은 반포대교 유입램프구간의 차선별 교통량과 램프교통량을 조사하여 접속차선의 마찰감소교통량을 통계 Software인 SAS의 다중회귀분석(Multiple Regression Analysis)을 이용하여 예측한 것이다.

$$Estimated V_d = 0.29 + 0.3687 V_{all} - 0.094 V_r$$



<그림 4-1> 접속차선의 마찰감소교통량 예측식

□ 합류부 교통용량 제약(C_m)

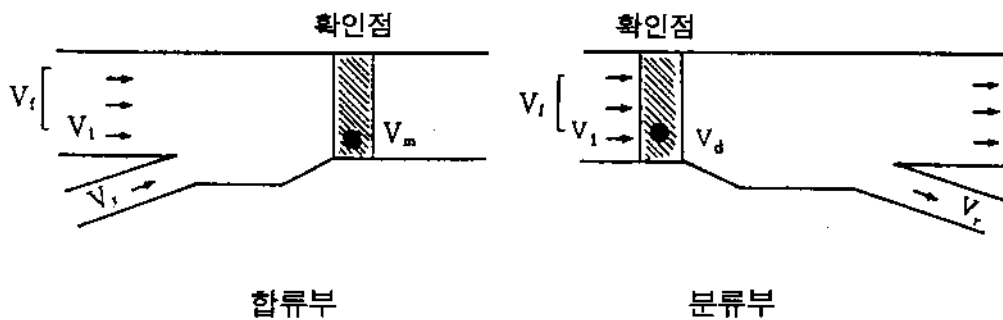
도로용량편람('92 건설부)에서는 합류부 교통용량에 대해서 고속도로 기본구간의 용량과는 별개의 최대서비스 교통량으로 제시하고 있으며, 합류가 실시되는 지점의 접속차선의 확인점(Check Point)에서의 교통량으로 서비스수준을 판정하는 것으로 제시하고 있다.

진입램프 접속부의 용량산정을 위한 확인점을 진입직후 하류부의 접속차선에 들 때, 용량은 합류직후 접속차선의 최대교통량으로 정의할 수 있으며, 그 값은 2,200pcphpl으로 고속도로 기본구간의 값과 같다. 램프접속부의 서비스 수준기준은 운행특성상 고속도로 기본구간보다 떨어진다.

<표 4-6> 합류부와 분류부의 최대서비스 교통량($C_m = 2 V_m$)

(단위 : 승용차/시/차선)

서비스수준	합류부	분류부	고속도로 기본구간
A	≥ 650	≥ 700	≥ 750
B	≥ 1,050	≥ 1,100	≥ 1,150
C	≥ 1,450	≥ 1,500	≥ 1,550
D	≥ 1,800	≥ 1,850	≥ 1,900
E	≥ 2,200	≥ 2,200	≥ 2,200
F	-	-	-



<그림 4-2> 연결로 접속부의 분석을 위한 확인점(Check Point) 교통량

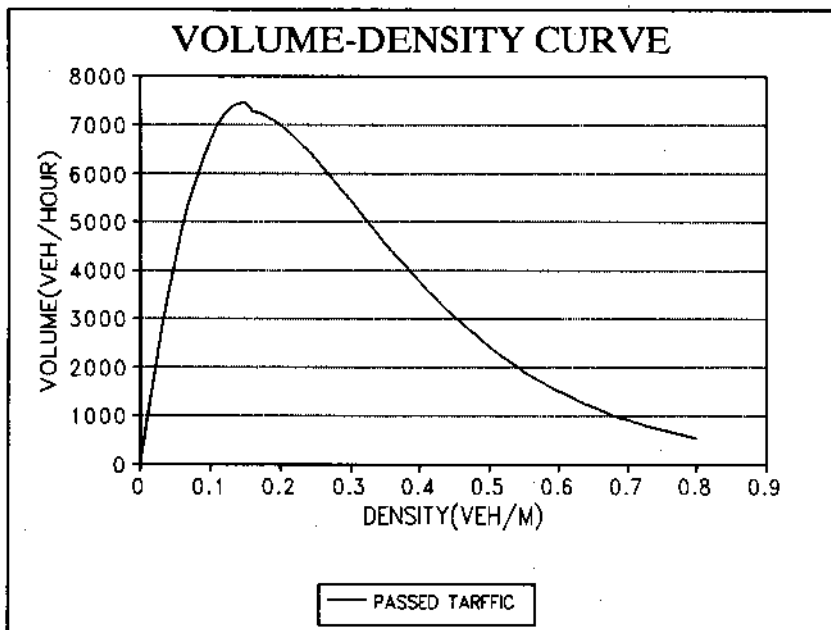
□ 교통류 관계식의 정립

교통류 관계식을 적용하기 위하여 기초 현장자료를 수집하여 시뮬레이션 모델에 적용하였다. <그림 4-3>은 올림픽대로 4차선의 직진 교통류 구간의 실제 통과 교통량 및 밀도를 조사하여 교통량-밀도 곡선(Q-K Curve)식을 예측한 것이다.

임계밀도 이하의 정상류 구간에서는 Greenshields가 제안한 교통량-밀도곡선(Q-K Curve)식을 사용하였고, 임계밀도 이상의 강제류 구간에서는 Underwood가 제안한 교통량-밀도곡선(Q-K Curve)을 통계 Software인 SAS의 non-liner모델로 예측한 것이다.

$$Q = 28.2 * K * \left(1 - \frac{K}{0.29}\right) \quad (\text{정상류 구간})$$

$$Q = 36.2 * K * \text{EXP}(-6.57 * K) \quad (\text{강제류 구간})$$



<그림 4-3> 교통량-밀도 곡선(Q-K Curve) 예측식

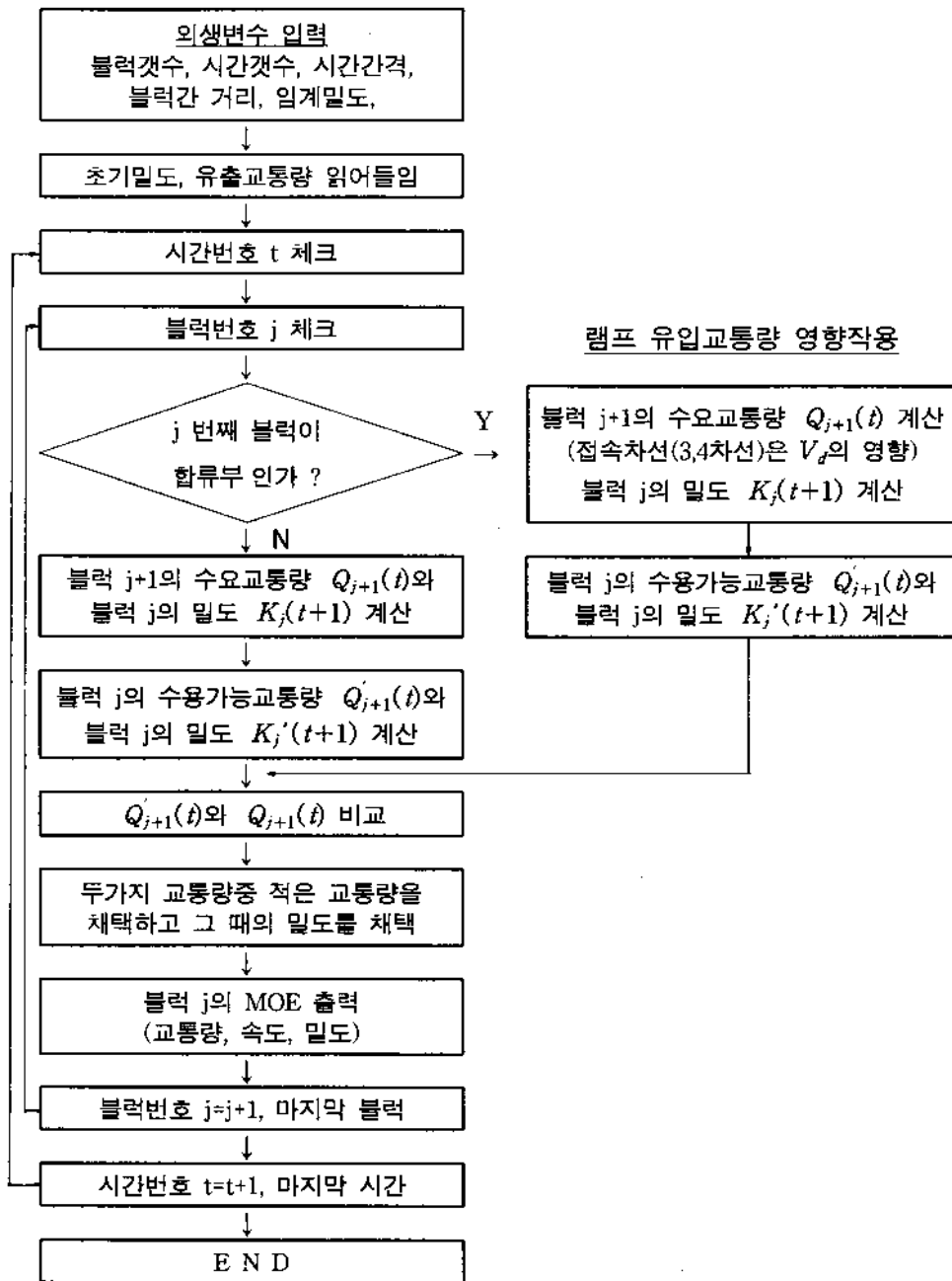
4.2.5 SIM-88 모델의 計算過程

SIM-88 모델은 교통량 연속조건과 Q-K 곡선식에 의해서 시간간격(d)마다 각 블록의 밀도와 통과교통량이 계산되어 지는 모델이다. 따라서 각 블록의 초기밀도와 최하류단 블록의 유출교통량의 정확한 자료의 수집이 중요하며, 교통류의 흐름을 특징지워주는 Q-K 곡선식의 정확한 예측이 필요하다.

모델의 세부적인 계산과정은 다음과 같다.

- step 0 : 블록갯수(Block Num.), 시간갯수(Time Num.), 시간간격(d), 블록간 거리(d_L), 임계밀도(K_m)등의 외생변수들을 입력한다.
- step 1 : 초기밀도, 최하류단 유출교통량을 읽어 들인다.
- step 2 : 시간번호와 블록번호를 체크하고, 블록이 본선구간인지, 합류구간인지 판단하여 합류구간이면 step 3과 step 4로 가고, 비합류구간이면 step 5로 간다.
- step 3 : 램프 유입교통량의 영향으로 접속차선(3, 4차선)은 소통능력감소 관계식(V_d)의 영향을 받아 블록 j+1의 수요교통량 계산시 소통능력감소교통량 만큼의 교통량 저해현상이 나타난다. 또한 블록 j의 밀도 계산시 램프 유입교통량이 포함된 관계식으로 부터 도출된다.
- step 4 : 램프 유입교통량이 포함된 상태에서 교통량 연속조건과 블록 j에서의 수용가능교통량 관계식을 통하여 블록 j의 수용가능교통량과 그때의 블록 j의 밀도를 구한다. 수용가능교통량은 Q-K 곡선식에 의해 결정되어지며, 특히 강제류 구간에서는 Q-K 곡선의 형태가 지수식의 형태를 가지기 때문에 교통량과 밀도의 해를 찾기 위해서 Golden section method에 의해서 계산이 수행된다. 수행이 완료되었으면 step 7로 간다.

- step 5 : 교통량 연속조건과 블럭 $j+1$ 에서의 수요교통량 관계식을 통하여 블럭 $j+1$ 의 수요교통량과 그 때의 블럭 j 의 밀도를 구한다.
- step 6 : 교통량 연속조건과 블럭 j 에서의 수용가능교통량 관계식을 통하여 블럭 j 의 수용가능교통량과 그 때의 블럭 j 의 밀도를 구한다. 강제류 구간의 해를 찾기 위해서 합류구간과 마찬가지로 Golden section method에 의해서 계산이 수행된다.
- step 7 : 수요교통량과 수용가능교통량을 서로 비교하여 적은 교통량을 채택하고, 그 때의 밀도를 $t+1$ 시간대의 밀도로 채택한다.
- step 8 : 블럭 j 의 MOE(교통량, 속도, 밀도)를 출력한다.
- step 9 : 블럭을 상류쪽으로 하나씩 이동시키면서 전시간대가 수행될 때까지 앞블럭에서 행한 방법대로 계산을 수행한다.



<그림 4-4> SIM-88 모델의 수행과정

4.2.6 SIM-88 모델의 檢證

□ 정체의 전파

본 연구에서는 상류측 용량변화(예 : 사고발생, 공사 등)에 의한 충격파(Shockwave)가 하류측으로 전파되어 가는 과정을 검증하기 위하여 <그림 4-5>와 같은 제약조건을 두고 시뮬레이션을 실행하였다.

전체구간을 30개 블록으로 구분하고, 각 구간길이를 200m로 설정하였다, 그리고 각 구간의 초기밀도를 동일하게 0.12대/m로 하고, 유출교통량을 1대/1초(3,600대/시)로 제약하였다. 즉 상류부의 유출교통량을 사고, 공사 등의 원인으로 인하여 제약하고서 정체의 파급현상을 관찰하였다.

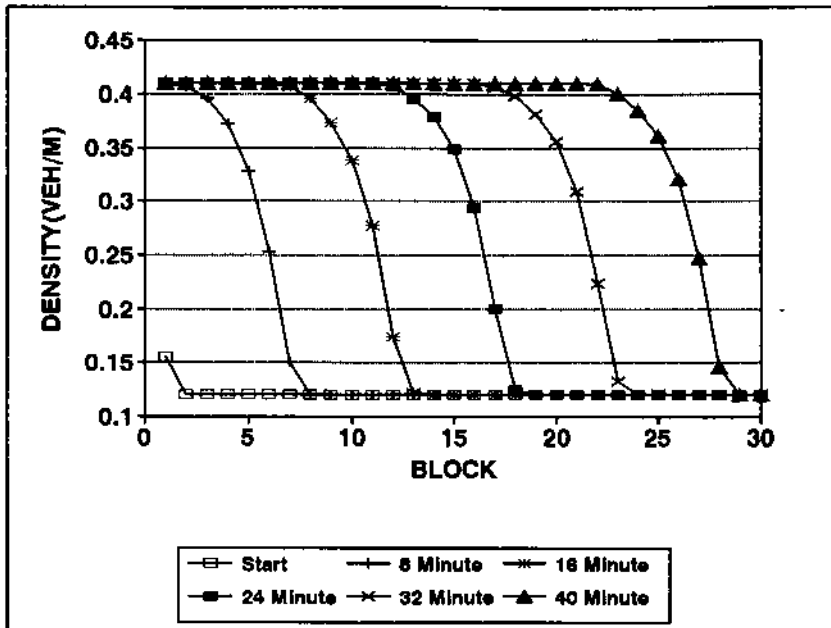
다음의 <그림 4-6>은 시간의 경과에 따른 블록간 밀도의 변화를 나타낸 것이고, <그림 4-7>은 시간별 교통량 변화를 나타낸 것이다.

구간	거리(m)	초기밀도(대/m)
1	200	0.12
2	200	0.12
.	.	.
29	200	0.12
30	200	0.12

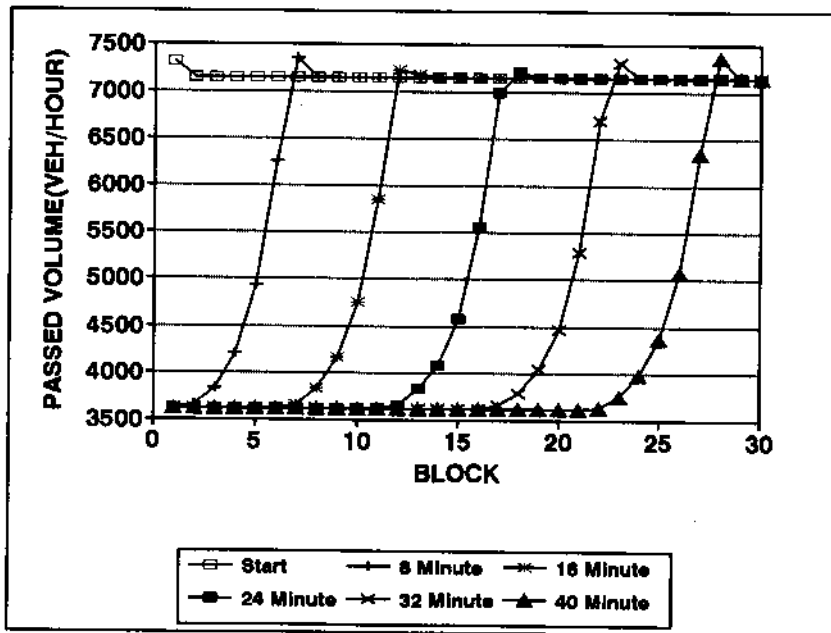
← 교통류 방향

1	2	3	.....	29	30
3,600대/시					
0.12	0.12	0.12	.....	0.12	0.12

<그림 4-5> 모델 검증의 제약조건(정체의 전파)



<그림 4-6> 시간별 밀도변화(정체의 전파)



<그림 4-7> 시간별 교통량 변화(정체의 변화)

□ 정체 완화

상류측의 제약조건 해소(예 : 사고수습, 공사완료 등)에 의한 충격파 (Shockwave)가 정체가 완화됨에 따라 상류측으로 역전파되어 가는 과정을 검증하기 위하여 <그림 4-8>과 같은 제약조건을 두고 시뮬레이션을 실행하였다.

전체구간은 동일하게 30개 블록으로 구분하였고, 구간길어도 200m로 설정하였다. 그리고 각 구간의 초기밀도는 동일하게 0.41대/m로 하고, 유출교통량을 2대/1초(7,200대/시)로 설정하였다. 즉 상류부의 사고, 공사 등의 정체원인을 해소함으로써 유출교통량 제약을 해소하고 정체가 해소되어 감을 보여주고 있다.

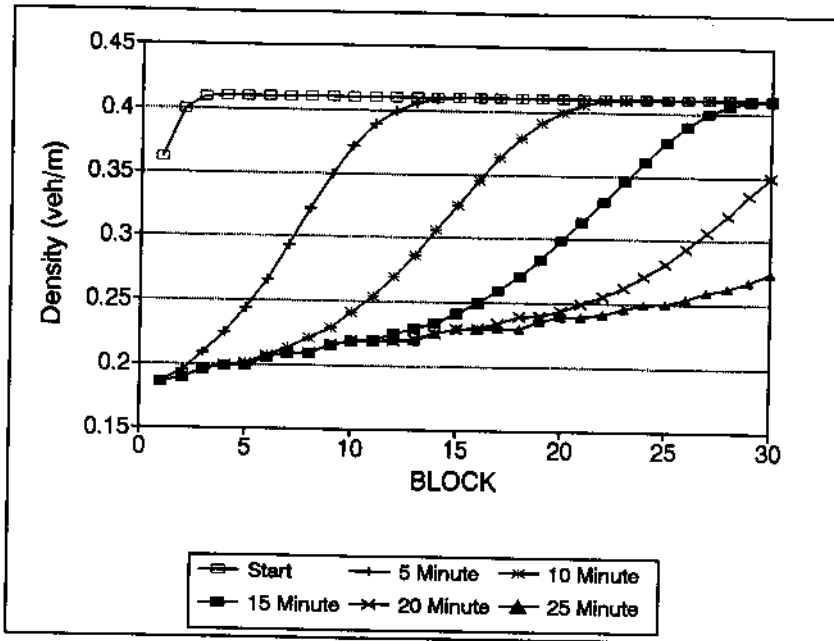
다음의 <그림 4-9>는 시간의 경과에 따른 블록간 밀도의 변화를 나타낸 것이고, <그림 4-10>은 시간별 교통량 변화를 나타낸 것이다.

구간	거리(m)	초기밀도(대/m)
1	200	0.41
2	200	0.41
·	·	·
·	·	·
29	200	0.41
30	200	0.41

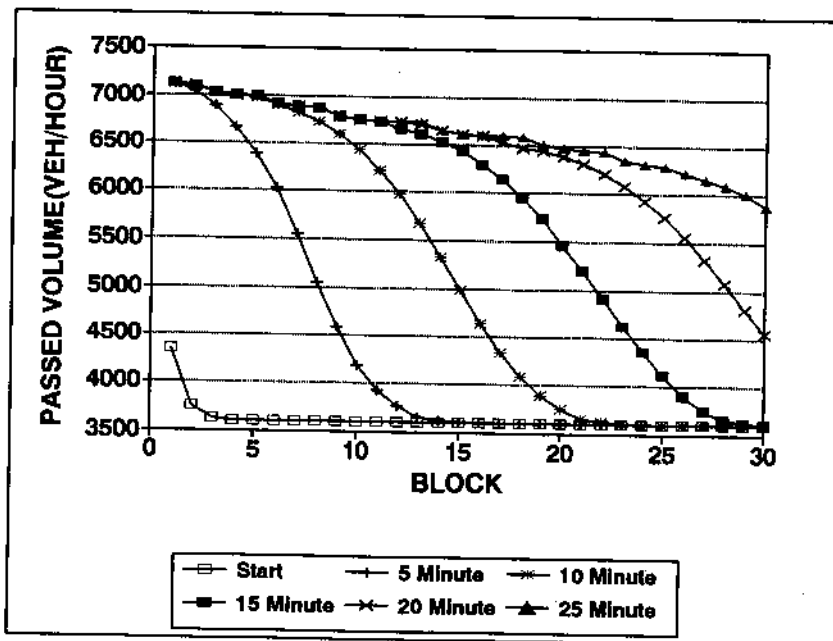
← 교통류 방향

1	2	3	.....	29	30
7,200대/시					
0.41	0.41	0.41	.....	0.41	0.41

<그림 4-8> 모델 검증의 제약조건(정체 완화)



<그림 4-9> 시간별 밀도변화(정체의 완화)



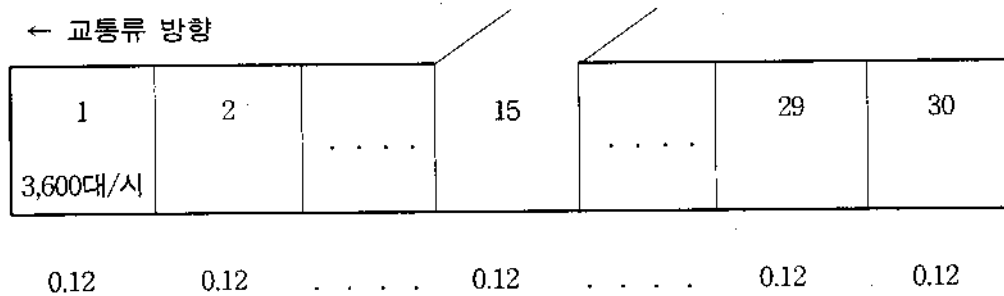
<그림 4-10> 시간별 교통량 변화(정체의 완화)

□ 합류구간의 정체진행과정

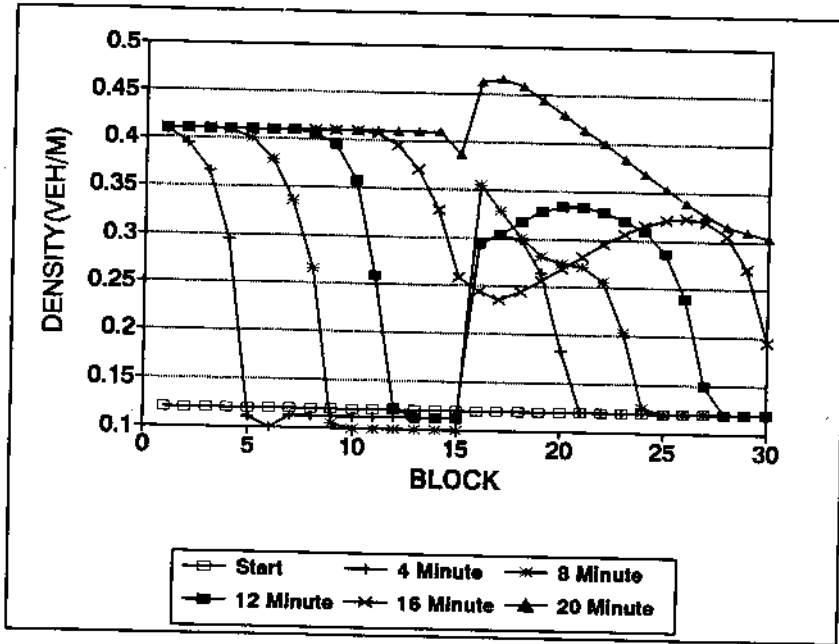
합류부 구간은 본선구간과는 달리 램프교통량과 본선구간 교통량과의 상충으로 인하여 합류부 구간을 전후하여 교통량의 급격한 저해현상(Breakdown)과 밀도 증가의 현상을 나타낸다. 상류측의 제약조건과 하류측 15번의 합류부 구간의 램프교통량의 변화에 따른 교통류의 흐름을 검증하기 위하여 <그림 4-11>과 같은 제약조건을 두고 시뮬레이션을 실행하였다. 전체구간은 본선구간과 동일하게 30개 블럭으로 구분하였고, 구간길이가 200m로 설정하였다, 그리고 각 구간의 초기밀도는 동일하게 0.12대/m로 하고, 유출교통량은 1대/1초(3,600대/시)로 제약하였다. 즉 상류부의 사고, 공사 등의 정체원인과 더불어 합류부 구간의 램프교통량의 변화에 따른 교통류가 서로 만나서 합류부 하류구간으로 정체가 더욱 가중되어 가는 과정을 보여주는 것이다.

다음의 <그림 4-12>는 시간의 경과에 따른 블럭간 밀도의 변화를 나타낸 것이고, <그림 4-13>은 시간별 교통량 변화를 나타낸 것이다.

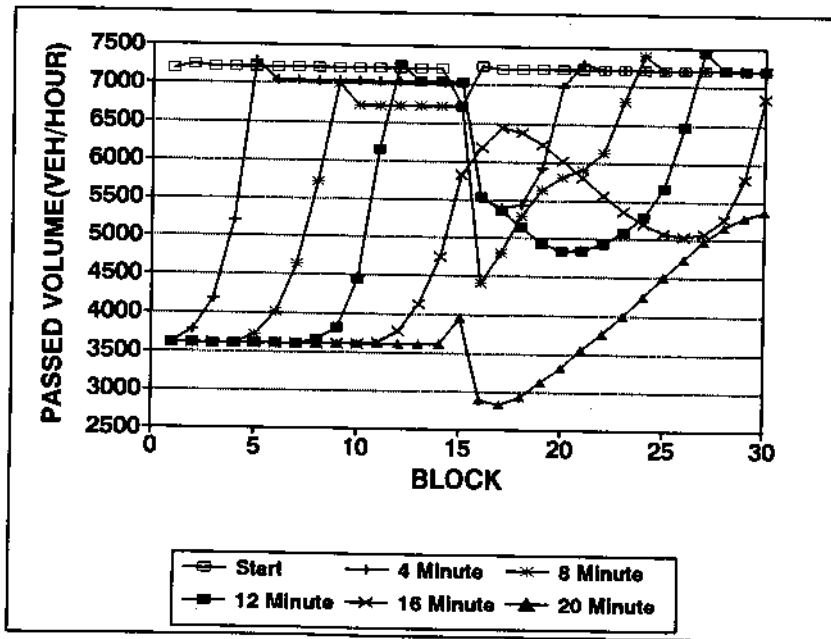
구간	거리(m)	초기밀도(대/m)
1	200	0.12
2	200	0.12
...
29	200	0.12
30	200	0.12



<그림 4-11> 모델 검증의 제약조건(합류구간)



<그림 4-12> 시간별 밀도변화(합류구간)



<그림 4-13> 시간별 교통량 변화(합류구간)

□ 88 올림픽대로 정체 메커니즘

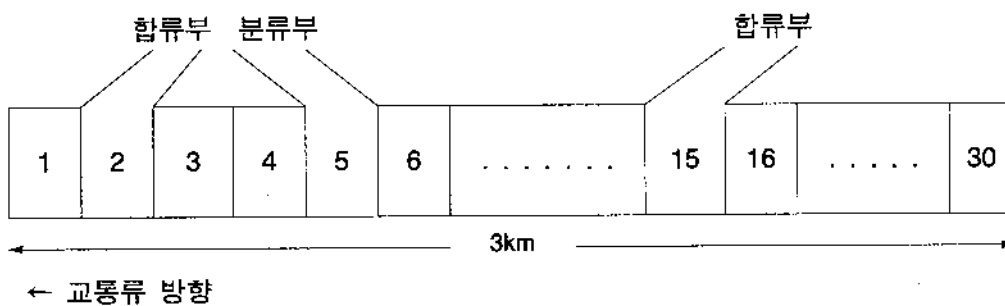
3장의 정체메커니즘에서 살펴보았듯이 도시고속도로의 주요 정체지점은 합류부 구간과 연계된 구간임을 알 수 있으며, 시간의 경과에 따라 합류부 후방으로 정체가 점점 전파되어 감을 알 수 있다. 88 올림픽대로 공항→잠실방향의 상시정체구간인 반포대교 구간의 정체메커니즘을 검증하기 위하여 다음과 같은 초기조건을 설정하고 시뮬레이션을 실시하였다.

모델의 초기조건으로 올림픽대로 노량대교(국립묘지앞)~반포대교 남단구간을 30개 구간으로 구분하고, 각 구간사이의 거리를 100m로 설정하였다. 그리고 자유속도는 60km/h, 시뮬레이션 시간간격은 6초로 설정하였다.

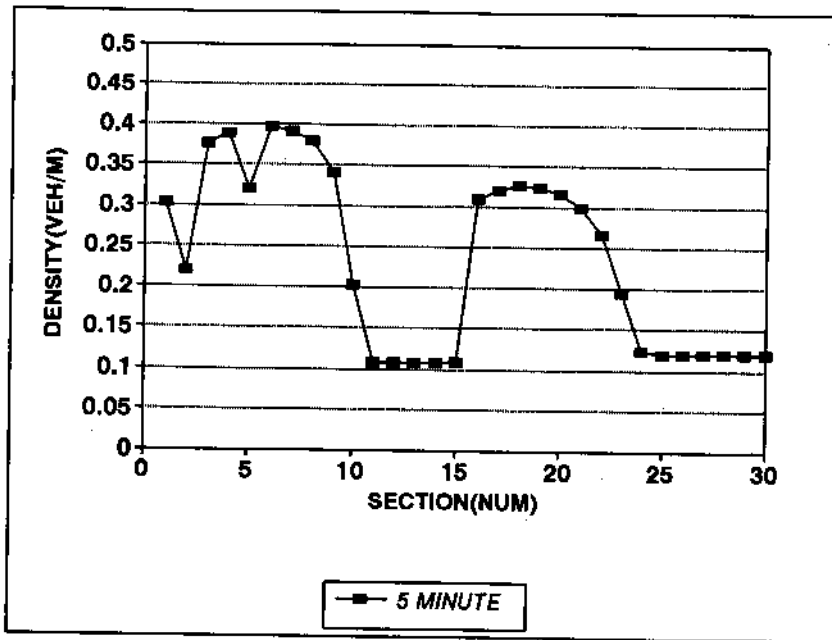
<그림 4-14>는 정체메커니즘 시뮬레이션 대상 네트워크 구간을 나타내는 것이며, <그림 4-15>와 <그림 4-16>, <그림 4-17>은 시간의 경과에 따른 시뮬레이션 결과를 나타내는 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 시간이 경과함에 따라 합류부 구간이 Bottleneck이 되어 용량저해가 점점 심각해져 가고 있으며, 합류부 후방으로 밀도가 점점 증가하면서 정체가 더욱 가중되어 가고 있음을 알 수 있다.

■ 모델의 초기시스템 구축

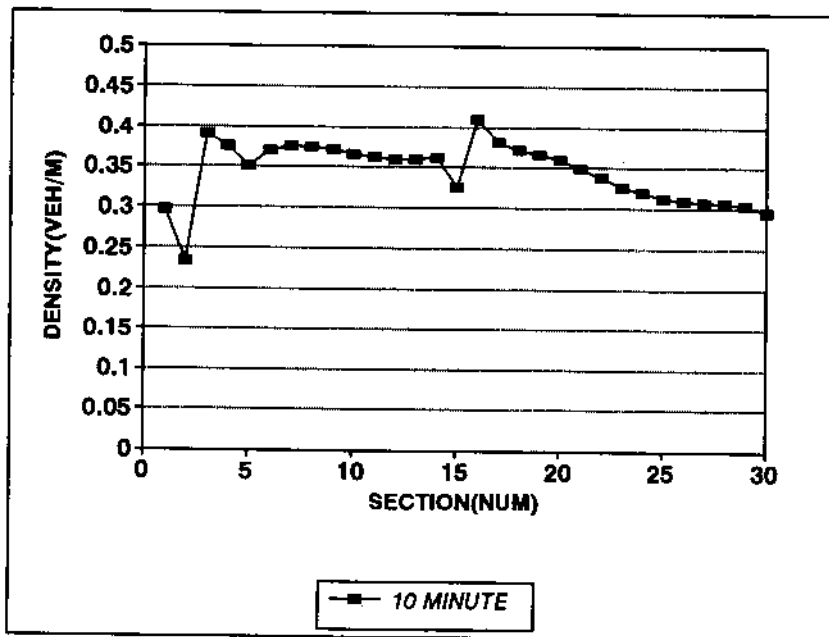
- 구간 : 올림픽대로 노량대교(국립묘지앞)~반포대교 남단구간 30개 구간(3km)
- 구간사이의 거리 : 100m
- 자유속도 : 60km/h
- 시뮬레이션 시간간격(Time Slice) : 6초



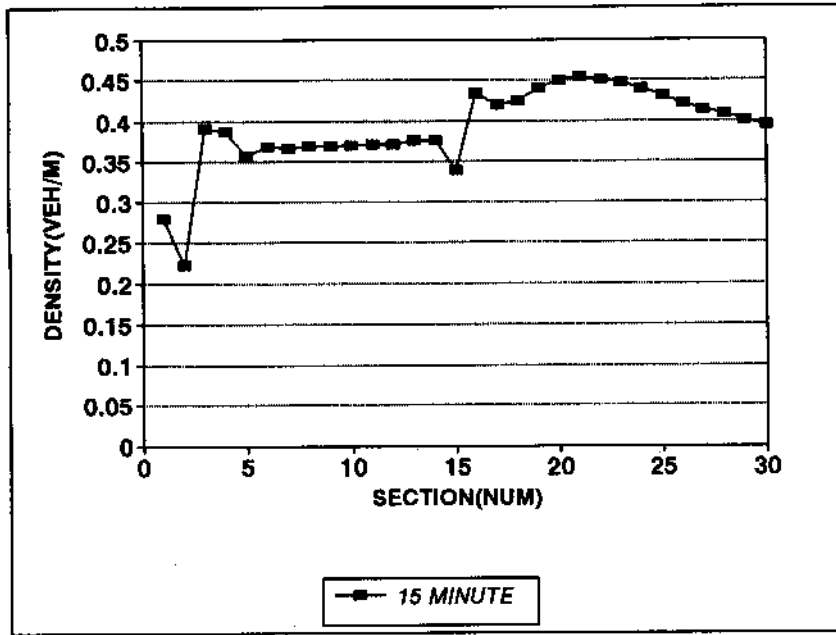
<그림 4-14> 정체메커니즘 시뮬레이션 대상 네트워크 구간



<그림 4-15> 밀도의 변화(5분후)



<그림 4-16> 밀도의 변화(10분후)



<그림 4-17> 밀도의 변화(15분후)

4.3 SDI 모델의 開發

4.3.1 모델의 開發 背景

4.2절에서 개발한 SIM-88 모델은 시뮬레이션 모델의 특성상 특정구간에서의 시뮬레이션 및 평가는 가능하나 면적인, 즉 Network 차원의 시뮬레이션은 한계가 있다.

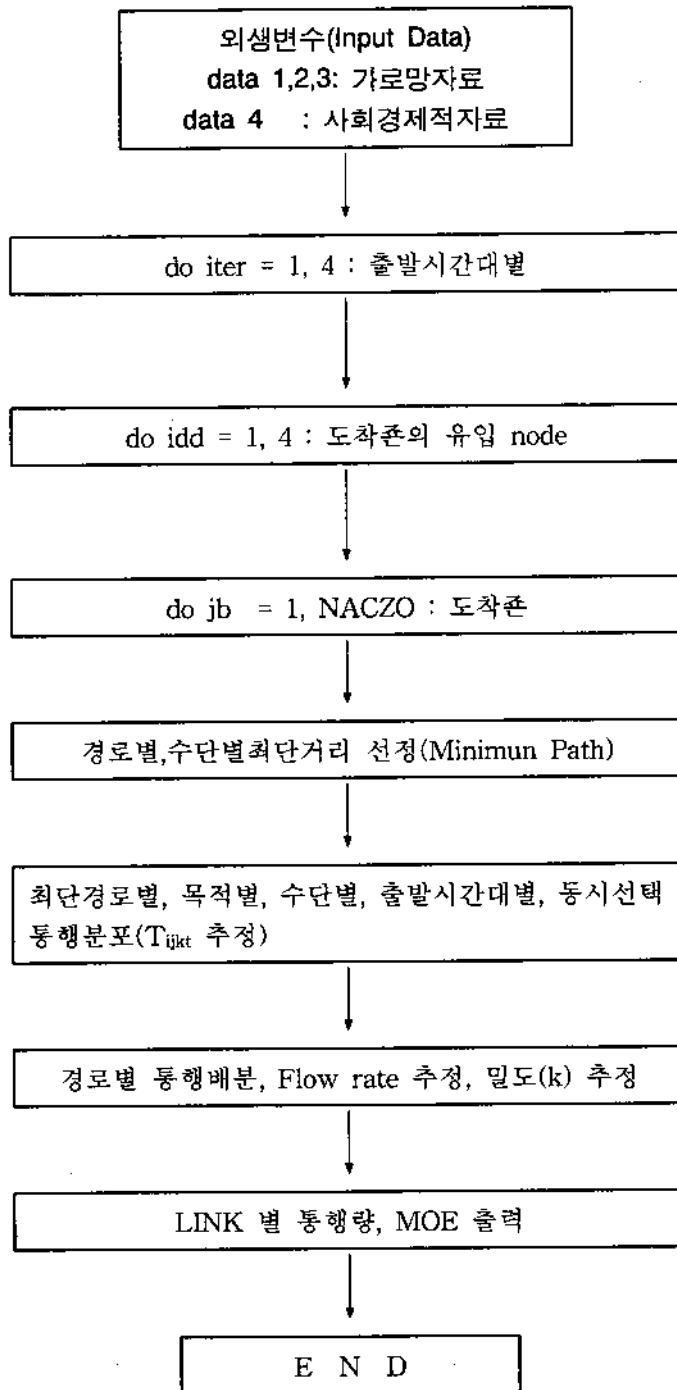
교통류 관리 정책중에는 2장에서 언급하였듯이 실시간(Real-Time) 교통류 관리 이외에도 교통시설확대공급(CIP)과 교통수요관리(TDM)를 적절히 병행함으로써 그 효과를 극대화할 수 있는 방법도 있다. 우리나라에서도 최근 이에 관심을 가지고 새로운 접근과 기법들이 많이 개발 제시되고 있으나 대부분의 정태적(Static) 계획 모형들을 통하여서는 새롭게 제시되고 있는 다양한 교통정책들을 비교 평가하기가 어렵다. 즉, 교통수요관리를 위한 정책등을 분석하고, 비교 평가하기 위하여는 특정시간대별 교통여건에 관한 모형실험이 가능해야 하는데, 현재 일반적으로 이용되는 4단계 교통수요 예측모형에서는 이러한 분석이 거의 불가능하다. 기존 이론에 관한 문제인식하에 본 연구는 기존의 정태적 분석에서 다룰수 없었던 출발 시간, 목적지 및 교통수단을 선택하는 동시선택모형을 개발하여 시간대별 가로 교통량, 시간대별 O/D변화, 시간대별 수단분담율 변화 등을 예측하여 수요관리를 위한 자료를 제시하고, 교통시설들의 계획과 설계, 교통체계관리(TSM)에 필요한 시간대별 교통량을 예측하고자 한다.

4.3.2 SDI 模型의 過程

- SDI 模型은 일반 靜態적 4단계 模型에서 順차적으로 各 단계를 豫측하는 模型 (Sequential Choice Model)이 아닌 同時시간대의 선정뿐만 아니라 목적지와 交通수단을 동시에 고려해서 選擇하는 動態적 結合選擇 模型(Dynamic Joint Choice Model) 이라 할 수 있다.
- SDI 模型의 前과정은 다음 <그림 4-18>에서 보는 바와 같이 존별 社會經濟지표 (인구, 고용자수, 학생수)와 Highway 및 Transit Network 資料가 입력(Input) 資料로 구축되어야 하며 프로그램 내부에서는 Network을 구축하고 時間대별, 존별 수단 選擇 및 경로별 O-D(Tijkrt)를 推定한 다음 경로별 通行배분 (Traffic Assignment)을 수행한다.

SDI模型의 세부적인 전산화 방안은 다음과 같다.

- Step 1: 가로망자료, 社會經濟적 資料를 Read함
- Step 2: 各 링크별 초기 속도 및 용량을 산정<초기화 작업>
- Step 3: 출발 時間대의 선정(6~7시, 7~8시, 8~9시, 9~10시)
- Step 4: 도착존에서 나갈수 있는 노드 4개 선정
- Step 5: 모든 출발존 I에서 도착존 J로 Min-Path를 구하고 Tij간 通行시간 및 通行비용을 산정
- Step 6: Tij의 경로별, 목적별, 수단별 O-D를 推定한다.
- Step 7: Tij_{kr}에 대한 通行 배분을 실시하여 수요 (Demand), 交通류율 (Flowrate), 밀도 (K), 속도 (ν)를 推定
- Step 8: 모든 도착존 J를 모두 수행할수 있도록 Step 5로 부터 반복 수행 한다.
- Step 9: 모든 도착존 J의 경로 16개가 결정될때 까지 Step 4로 부터 반복 수행한다.
- Step 10: 時間대별 Link별 수요 및 交通류율, MOE를 출력
- Step 11: 전 時間대가 수행될때 까지 Step3 부터 Step 10 까지 반복 수행



<그림4-18> SDI 프로그램의 수행과정

4.3.3 SDI 모델의 理論的인 點

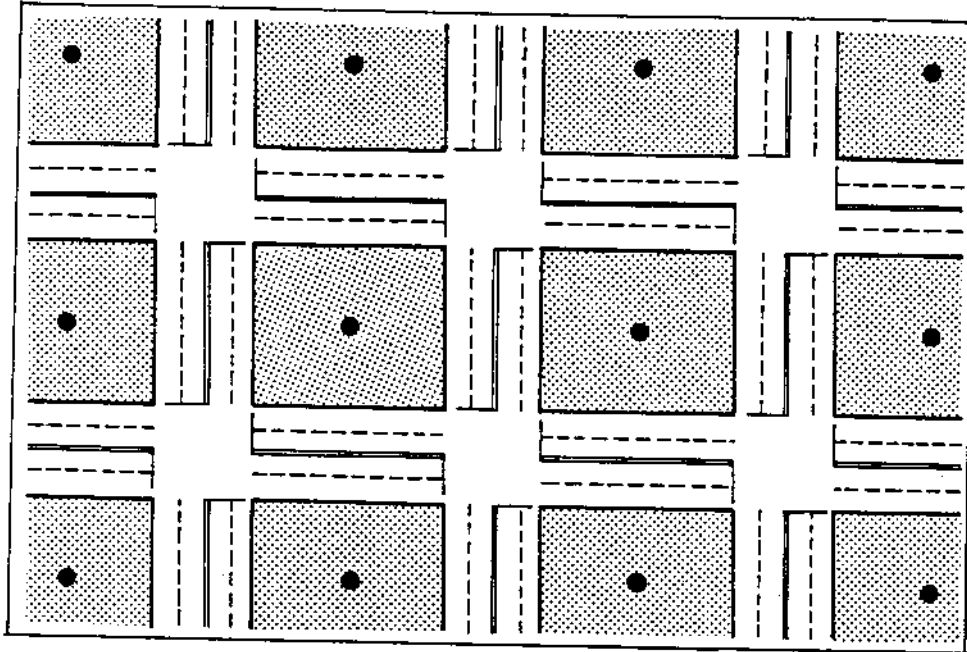
SDI모형은 기존의 정태적인 분석에서 다룰수 없었던 출발시간, 목적지 및 교통수단을 선택하는 동시선택모형을 개발하여 시간대별O-D변화, 시간대별 수단변화, 시간대별 경로변화 등을 예측하고 Traffic Assignment과정에서 Flow Simulation을 수행하여 행태적인 관점에서의 분석을 시행하도록 되어 있다.

□ 교통류관리(Traffic Management : TM)를 위한 Network구축 방법론 연구

교통 시뮬레이션 모형의 성패는 공급측면에서 컴퓨터에게 교통시설 특성을 잘 이해시킬수 있도록 전산화 하여 교통현상을 얼마만큼 잘 재현하느냐에 좌우된다고 할수 있다. 따라서 이러한 문제 의식을 갖고 Network을 구축하는데 있어 교통류 특성을 최대한 반영하여 분석할수 있는 Node체계를 구축하고 현실적인 링크 용량을 반영할수 있는 방안을 제시하였다.

(1) 존(Zone)구분 체계

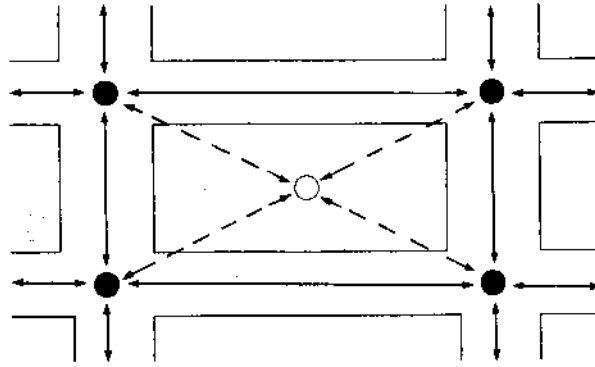
- Aggregate 모형에서의 Network은 존 구분과 Node의 위치 설정에 따라서 예측 결과가 서로 상이하게 나타날수 있으며 분석의 정도에 차이에 따라서 구축방법이 달라 질수 있다.
- SDI 모형에서의 Flow Simulation을 위한 존 체계는 일반적으로 적용하는 행정동 구분에 의한 방식을 적용할 경우 존 내부에서 Network이 구축되기 때문에 교통류의 흐름을 감지하고 변화에 대한 대처 방안을 강구하기 어렵다. 따라서 SDI에서의 존 체계는 집분산도로 이상급의 도로로 둘러싸여 있는 Block을 하나의 존으로 구분하여 도로망위주의 존체계를 구축할수 있도록 하였다.



<그림4-19> SDI에서의 존 구분체계

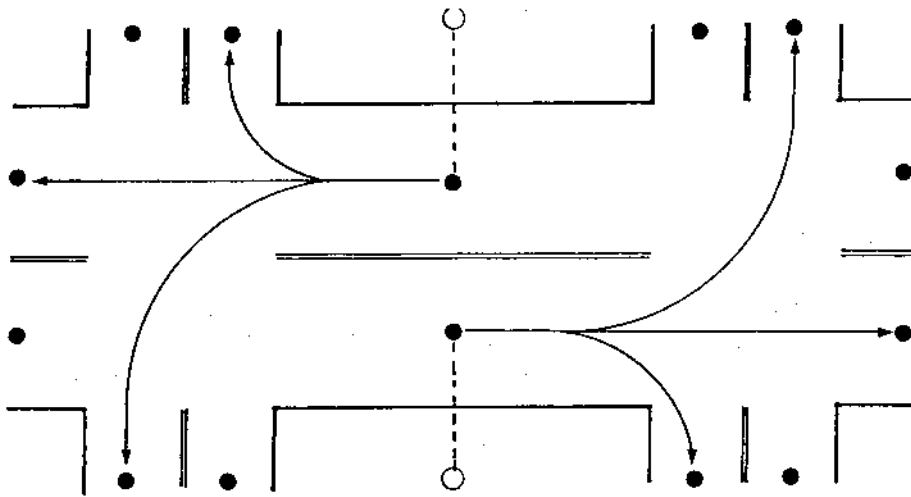
(2) Node체계

- SDI에서는 대상지역의 Network을 인식하기 위해서 Network 형태에 맞도록 Node체계를 설정하고 교통류의 이동을 구체적으로 인식하기 위해서 Node 및 Link 체계를 다양한 형태로 변화시킬수 있다.
- 일반적으로 정태적 모형에서 사용하는 Node체계는 아래 그림에서 보는 바와 같이 교차로를 Node로 설정하여 가로자체를 링크로 인식시키고 각 회전 방향별로 Turn Penalty를 부여하여 Network을 인식하고 제약할 수 있도록 하였다. 이러한 노드체계는 교통류의 특성을 반영할 수 없으며 단지 가로의 수요만 예측이 가능한 체계이다.



<그림4-20> 일반적인 노드체계

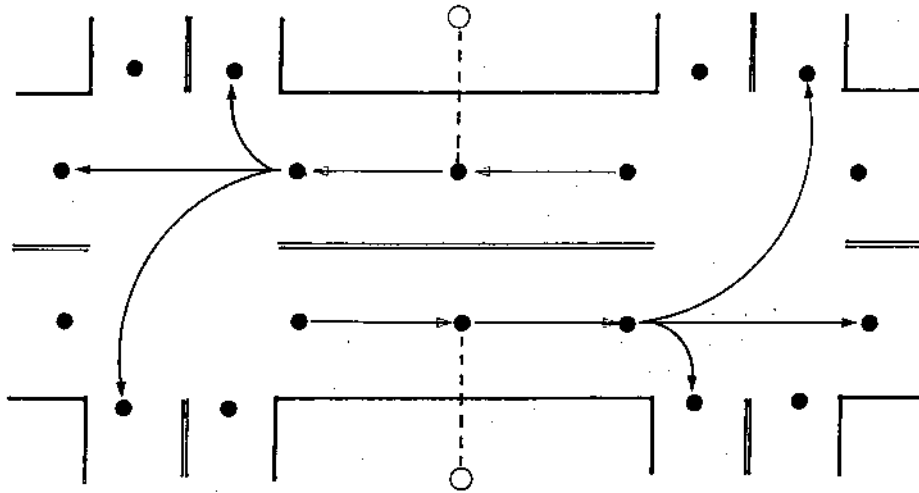
- SDI모형에서는 당초 도시 가로의 특성상 교차로의 회전방향별 교통류 특성이 상이함을 인식하고 Node 체계를 교차로 중심에서 Link중심으로 옮겨와 회전방향별 link를 구축하였으며 이 Node는 Link와 Link를 연결시키는 Node 뿐만 아니라 Zone Centroid에서 유입/유출 되는 Node의 역할도 겸하게 된다.이러한 Node체계는 서울을 대상지역으로 한 SDI Simulation에서 이용되었으나 이 Node체계는 Link부와 교차로부가 개별화 되지않은 단점을 가지고 있다.



<그림 4-21> 기존의 SDI의 노드체계

이런 단점을 보완하기 위하여 본 연구에서 제시하는 Node 체계는 다음과 같다.

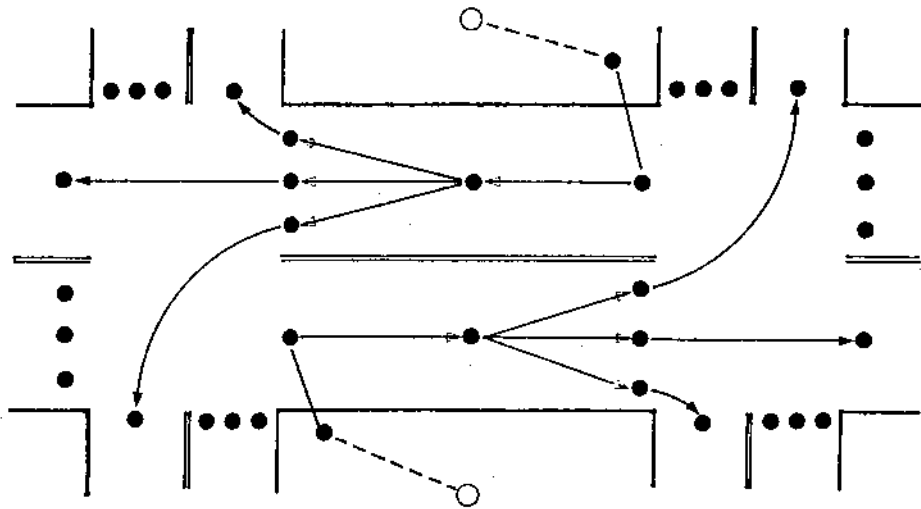
- 대안 1 ; 간선도로의 교통류 특성상 교차로의 신호에 의한 지체와 가로상의 과포화상태를 인식하기 위해서는 링크를 특성별로 구분해서 분석이 되어야하며 이를 위해 블록별로 유입부와 유출부 그리고 블록중간에 노드를 개별화하여 설정하였다.



<그림 4-22> 개선된 대안 1의 노드체계

- 이러한 Node 체계에서는 각 교차로마다 G/C비를 입력시켜 교통시설 운영상황을 더욱 현실에 가깝게 인식시킬수 있으나 교차로의 회전 방향별로 Stopped delay와 Approached delay의 영향을 예측할수 없는 단점을 가지고 있다.
- 대안 2 ; 대안 1의 단점을 보완하고 블록내의 교통상황을 좀 더 현실에 가깝게 표현하기 위한 방법으로 제시될수 있는 방안은 아래 그림에서와 같이 회전 방향별 노드체계를 구축할수 있도록 교차로 부분을 회전 방향별로 노드를 부여 하고 존내부에서 발생하

는 지체현상을 감안하기 위하여 존내부에서 존 Centroid와 연결하는 노드를 추가함으로써 가로상의 지체 및 블록내의 지체까지 분석 가능하도록 구체화 하였다. 본 노드체계는 아직 실험단계에 있는 방안으로서 실무에 적용하기에는 좀더 연구가 되어져야 할 것이다.



<그림 4-23> 개선된 대안 2의 노드체계

(3) Link의 방향별 용량(Capacity)구체화 방안

- Highway Data는 1번 및 3번 Data로 구분되는데 아래표에서와 같이 링크의 입력자료는 거리 (Distance), 가로의 기능(MS), 차선수, 교차로 신호운영(G/C) 등이 포함되어 각 Link별 Capacity를 산정한다.

<표 4-7> 존과의 연결링크 입력자료 형태

Zone 번호	NODE	DISTANCE

<표 4-8> 링크의 입력자료 형태

출발NODE	도착NODE	Link간 거리	차선수	가로기능분류	녹색시간/신호주기

- 링크의 용량산정에 있어 가장 중요한 가로의 기능(MS)은 가로를 고속도로, 주간선 도로, 보조간선도로, 집분산도로, 국지도로등 5가지로 구분하고, 신호등의 유무 및 회전반경, 좌회전 금지, Link의 폐쇄등 16가지로 상세하게 구분하여 링크의 가로의 기능에 따라 포화교통류율(Saturate flow)을 구할수 있다.

<표 4-9> 가로의 기능별 분류

가로의 기능분류	신호등	회전방향
1. 고속도로	없음	-
2. 고속도로	있음	-
3. 주간선도로	있음	직진
4. 주간선도로	있음	우회전
5. 주간선도로	있음	좌회전
6. 폐쇄 링크	있음	-
7. 보조간선도로	있음	직진
8. 보조간선도로	있음	우회전
9. 보조간선도로	있음	좌회전
10. 집분산도로	있음	직진
11. 집분산도로	있음	우회전
12. 집분산도로	있음	좌회전
13. 국지도로	있음	직진
14. 국지도로	있음	우회전
15. 국지도로	있음	좌회전
16. 좌회전 금지시 직진 용량 증가 차선		좌회전금지

- 위에서 분류한 것처럼 MS는 Link의 가로기능에 따른 특성을 나타낼수 있도록 위 표에서 보듯이 16가지로 구분한다. 이 MS의 내용으로는 포화교통류율 뿐 만 아니라, 최대속도(Maxspeed), 속도(MS-Speed), 지체(MS-Delay) 가 포함된다.
- SDI 내부에서의 Link별 용량산정에 있어 초기 Node체계에서는 회전 방향 별로 Capacity에 G/C비를 고려하여 MS를 만들었으나 이러한 방식은 가로기능이 같다면 개별적인 신호체계와는 관계없는 용량을 갖게되므로 구체적인 Link인식이 될 수 없다. 따라서 이를 보완한 Node체계에서는 각 Link의 MS별로 “도로용량 편람(건설부, 1992)” 자료에서 제시된 각 도로 기능별로 회전방향별 영향인자를 보완한 포화 교통류율만을 고려 하였고 Link용량 산출은 SDI 내부에서 MS별 포화교통류율과 차선수, G/C를 수식화 하여 산정하도록 하였다.

$$CAP(i) = LANE(i) \times MS(i) \times G/C(i)$$

여기서 CAP(i) ; i Link의 교통용량

LANE(i) ; i Link 의 차선수

MS(i) ; i Link의 가로기능별 포화교통류율

G/C(i) ; 교차로 회전방향별 녹색시간/주기비(G/C)

<표 4-10> MS별 변경 전후 비교

- 변경전

- 변경후

MS	용량	최대속도	지체	속도
1	1837.5	80.0	0.0000	60.0
2	1575.0	70.0	-0.2031	60.0
3	587.5	60.0	-0.0504	45.0
4	440.6	60.0	0.0169	45.0
5	352.5	60.0	0.1978	45.0
6	1.0	1.0	0.0000	1.0
7	525.0	45.0	-0.0504	30.0
8	412.5	45.0	0.0430	30.0
9	337.5	45.0	0.1978	30.0
10	487.5	30.0	-0.0504	20.0
11	373.0	30.0	0.0430	20.0
12	300.0	30.0	0.1978	20.0
13	450.0	20.0	-0.0504	20.0
14	337.5	20.0	0.0430	20.0
15	262.5	20.0	0.1978	20.0
16	825.0	80.0	-0.0504	20.0

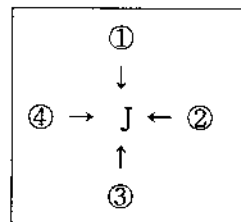
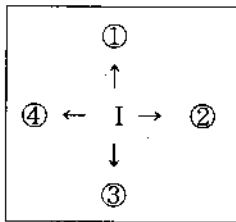
MS	용량	최대속도	지체	속도
1	2068.0	80.0	0.0000	60.0
2	2068.0	70.0	-0.2031	60.0
3	1936.0	60.0	-0.0504	45.0
4	968.0	60.0	0.1978	45.0
5	1936.0	60.0	0.0169	45.0
6	1.0	1.0	0.0000	1.0
7	1703.0	45.0	-0.0504	30.0
8	851.5	45.0	0.1978	30.0
9	1703.0	45.0	0.0430	30.0
10	1544.8	30.0	-0.0504	20.0
11	772.4	30.0	0.1978	20.0
12	1544.8	30.0	0.0430	20.0
13	1187.2	20.0	-0.0504	20.0
14	593.6	20.0	0.1978	20.0
15	1187.2	20.0	0.0430	20.0
16	1575.0	80.0	-0.0504	20.0

4.3.4 經路 및 時間選擇의 模型化

- 전통적인 4단계 교통수요예측 모형에서는 Mode Choice 모형이 Trip End 모형과 Trip Interchange형태 중 어느 방식을 선택하느냐에 따라서 4단계 과정의 분석 방법이 다르게 나타날수 있다.
- SDI 모형에서는 통행행태의 변화를 동태적으로 예측하기 위하여 Trip Interchange의 형태로서 통행발생, 통행배분, 수단선택을 동시에 수행할 수 있는 동시결합선택 모형(Dynamic Joint Choice Model)의 형태를 취하였으며 모형화 방안을 제시하면 다음과 같다.

□ 다중경로 선택적 배분방식

- 통행자가 출발존(I)와 도착존(J)에서의 진출입구 선택을 가능한 모든 노드에서 선택 할수있도록 확률적으로 배분하였으며 I존에서 J존으로의 선택 가능한 경로수는 총 16개이다.



◦ 전산화 방안

- STEP1 : 출발 존 I를 선택.
- STEP2 : 출발 존 I에서 나갈수 있는 노드를 4개를 선정한다.
- STEP3 : 출발 존 I에서 나갈수 있는 4개의 노드 각각에 대해 도착존 J로 들어가는 4개의 노드를 연결하는 16개의 경로를 결정한다. 이러

한 정해진 경로에 대해 출발 존 I에서 도착가능한 모든 존 J에 대한 경로별 통행시간을 구한다.

- STEP4 : STEP3에서 결정된 16개의 경로에 대한 통행시간을 이용하여 목적별,수단별,경로별 O-D를 구한다.
- STEP5 : STEP3에서 결정된 16개의 경로에 대해 STEP4에서 구한 수요를 도착 존에서 각 경로의 연결노드를 기억하고 있는 IPATHS를 이용하여 Backward로 배분한다.
- STEP6 : 각 존에 배분된 수요를 바탕으로 통행시간과 비용을 다시 계산하고, 그에 따른 모든 존에 대해 각 16개의 경로를 결정하는, STEP3부터 반복하여 시행한다.
- STEP7 : 한 출발 존에 대한 통행배분단계인 STEP6 까지 수행되었으면, 대상지의 모든 교통존을 출발 존으로 하여 STEP1-STEP6 까지를 반복하여 수행한다.

□ 경로및 시간선택의 모형화

SDI 모형은 각 존별 다중 경로선택 및 출발시간, 목적지 및 교통수단 선택을 로짓 모형을 이용하여 동시에 선택할 수 있도록 하였으며 선택확률의 형태는 다음과 같다.

$$P(i j k r t) = \frac{\exp[\alpha \ln T_{ijkrt} + \beta \ln C_{ijkrt} + bt + \delta r]}{\sum_j \sum_k \sum_r \sum_t \exp[\alpha \ln T_{ijkrt} + \beta \ln C_{ijkrt} + bt + \delta r]}$$

여기서

- P(i j k r t)는 i 존에서 j존으로 t시간대에 k수단을 이용해 경로 r로 통행할 확률
- T_{ijkrt}는 i존에서 j존으로 t시간대에 k수단을 이용해 경로 r로 통행하는데 소요되는 통행시간

- C_{ijkrt} 는 i존에서 j존으로 t시간대에 k수단을 이용해 경로 r로
통행하는데 소요되는 통행비용
- α, β 는 매개상수(parameter)
- $bt, \delta r$ 는 출발시간과 경로대안의 더미변수 (dummy variable)

$$T(i j k r t) = ESO(j) * P(i j k r t) = \frac{\exp[\alpha \ln T_{ijkrt} + \beta \ln C_{ijkrt} + bt + \delta r]}{\sum_j \sum_k \sum_r \sum_t \exp[\alpha \ln T_{ijkrt} + \beta \ln C_{ijkrt} + bt + \delta r]}$$

여기서

- $T(i j k r t)$ 는 출발존 i에서 도착존 j를 t시간대에 k수단으로
경로 r을 선택하여 통행하는 통행량
- $ESO(j)$ 는 외생변수로 도착 존 j의 교통량 흡인력
- 출근통행인 경우는 j존의 고용자수
- 통학통행인 경우는 j존의 학생수
- 기타통행인 경우는 j존의 인구,고용자 및 상면적 등을 고려
하여 결정된 값

4.3.5 交通流率 推定 方法論

□ SDI모형의 노선배분(Traffic Assignment) 과정

- 노선배분(Traffic Assignment)과정이란 교통망에 존간의 교통량을 부하시키는 것으로 본 SDI 모형에서는 발견론적 접근방법(Heuristic rules)인 Stochastic Incremental 알고리즘을 사용하고 있다.
- 본 모형의 Incremental과정은 도착존J에 대한 경로 r과 통과시간대t, 출발존i 수 만큼 반복과정을 수행하면서 T_{ijk} 량을 배분하고 각 링크별 밀도(K)와 속도 및 통행시간을 추정한후 다시 최소경로(Min Path)를 찾아 점진적으로 O-D를 경로에 배분하도록 되어 있다.
- 위 과정에서 알수 있듯이 SDI의 노선 배분 방식은 Zone to Zone간에 최소한 256회 이상의 반복작업을 거쳐 노선 배정이 이루어지기 때문에 Wardrop 원칙에 의한 평형에 거의 도달할수 있으며 Tijk O-D 또한 앞의 동태적 동시 선택모형에서 제시된 바와 같이 Tijk를 최소 256가지 이상의 O-D를 선택하여 Tijk를 각 Cell별로 노선 배분함으로써 노선배분자체가 개별차량에 의한 Assignment와 유사한 형태로 노선배분됨을 알수 있다.
- 이러한 노선 배분방식은 교통류자체를 다양한 형태로 구분하며 배분함으로써 동태적(Dynamic)인 교통류와 상호작용 및 교통시설공급과 관련된 Flow Simulation이 가능하게 되었다.

□ 교통류율(Flow rate)추정 방법 연구론

- 15분 단위의 교통류율을 추정하기 위해서는 시간과 공간간의 동태적인 노선배분이 되어야 가능한 것으로 본 SDI에서는 15분 단위의 교통량 O-D 를 추정하였고 15분 시간대별로 Network를 구성하여 교통량이 시간과 공간을 자유로이 인식하면서 이동할수 있도록 구성하였다.

- 교통류를 위한 기본적인 전제는 주어진 시간대(ITER)교통량(InFlow(i))이 그 링크의 용량(Cap(i))이상 유출(OutFlow(i))될수 없으며 그 링크에서 유출되지 못한 교통량은 다음 시간대(ITER+1)유출될수 있다는 교통류의 특성을 반영하여 교통류율을 분석하도록 하였으며 그 방법론은 다음과 같다.

- $EFA(ITER, I) = Inflow(I) + Stock\ Flow$

여기서

- $EFA(ITER, I) = ITER$ 시간대 링크의 총 교통량(PCU)
- $Inflow(I) =$ 링크(I)의 유입교통량
- $Stock\ Flow =$ 분석 시간대에 이미 존재하는 교통량
- $Out\ Flow(I) =$ 링크(I)의 유출교통량, 다음링크(I+1)의 $Inflow(I+1)$ 가 됨

- $EFA(ITER, I) \leq Capacity(I)$ -----(식 1)

$$Inflow(I) = Outflow(I)$$

- $EFA(ITER, I) > Capacity (I)$ -----(식 2)

- $Capacity(I) = Outflow(I)$
- $EFA(ITER, I) - Capacity(I) =$ 다음 시간대(ITER,I)의 Stock Flow

- 본 SDI 에서의 Flow Simulation과정은 위의 (식 1)과 (식 2)의 과정을 분리하여 전산화 하였으며 그 방법론을 제시하면 다음과 같다.




- 첫째 : $EFA(ITER, I) \leq Capacity$ 인 경우
점진적인 통행 배분과정에서 ITER 시간대의 ij교통량은 Min-Path에서 주어진 경로를 그 시간대의 Network에서 노선배분이 수행되면서 수행 과정

상 경로의 각 링크통행시간을 인지하고 배분된 총 통행시간이 15분 이상 일 경우 시간대를 변경한후 링크(ITER+1,i)에서 나머지 경로에 시간을 다시 계산하면서 이동하도록 전산화 하였다.

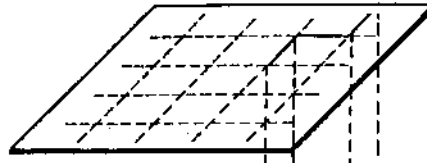
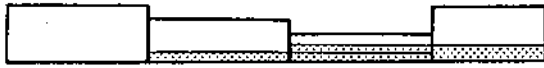
- 둘째 : $EFA(ITER,i) > Capacity$ 인 경우

ITER시간대별 네트워크에서 링크 i 의 EFA용량보다 클 경우 링크 i에서 유입된 통행배분량은 ITER시간대에 링크 i을 통과하여 유출 할수 없으며 ITER+1시간대의 i링크에서 유입교통량으로 인식되어 EFA과 용량과의 관계를 비교 하여 용량보다 작을 경우 ITER,i의 유출교통량이 될수 있고 경로의 계속적인 배분은 첫째 방법과 동일하다.

- 위 두가지 방법론은 개별적으로 수행되는 것이 아니고 혼합적용이 되도록 전산화 되어 있으며 아래 그림에서 보는 바와 같이 시간대별 Network 을 교통량이 클 경우 다음 시간대로 이동하여 배분되어지는 과정을 반복하여 시간대별 개별 링크의 유입교통량과 유출교통량, 그리고 누적교통량 (EFA)를 구할수 있다.

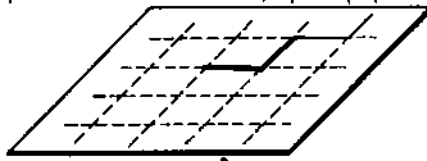
-  그 시간대에 그 Link를 진행하고 있는 교통량
-  현재 OD 교통량 중 그 Link를 진행하는 교통량
-  그 Link를 진행하려는 교통수요량중 용량을 초과하는 교통량

09 : 45 ~ 10 : 00

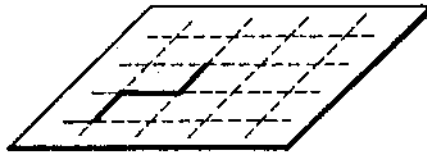


※ 다음시간대로 넘어간 교통량은 용량을 초과하는 교통량이 발생될때 마다 누적된다.

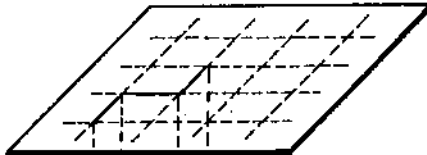
09 : 30 ~ 09 : 45



06 : 15 ~ 06 : 30

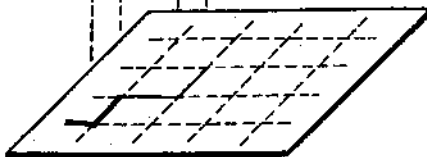


06 : 15 ~ 06 : 30



※ 용량을 초과하는 교통량은 다음시간대에 그 링크를 진행하는 교통량이 되어 다음 링크로 진행된다.

06 : 00 ~ 06 : 15



<그림 4-24> Flow Simulation개념도

4.3.6 密度(K)의 推定

- 통행자의 통행행태를 얼마나 적절히 반영 할수 있는가는 통행행태를 반영하는 모형의 알로리즘보다는 모형의 주요변수로서 현실반영의 기초자료의 제공 및 변화에 대한 탄력적인 추정자료의 제시가 중요하다.
- 통행을 위한 모든 선택행위(시간대, 목적지, 수단, 경로)는 통행시간과의 일정한 함수 관계가 있다는 것은 주지의 사실이며 이러한 통행시간의 추정 방법으로는 용량제약 함수인 BPR식이 가장 널리 사용되고 있는 실정이다.

$$T=T_0[1+\alpha(V/C)^\beta]$$

T_0 =초기시간(거리/최대속도)

α, β = 매개변수

V/C = Volume/Capacity

- BPR식은 링크상의 통행량과 용량과의 관계로부터 차량 지체를 산출하는 함수식으로 주로 연속류의 통행시간추정을 위하여 사용되어 왔으며 도시부위 단속류 통행시간 추정을 위하여 α, β 매개 변수의 값을 변경하거나 T_0 값을 가변 변수로 하며 각 상황에 따라 수정 보완 하며 사용하고 있는 실정이다.
- 수요 예측 모형에 있어 BPR 용량제약 함수식은 매개변수로 다소 변경하여 통행시간의 추정에 다소 탄력적으로 추정은 가능하나 수식내부의 V/C 의 V 값이 통행 수요값으로 현실적인 교통류율과 관련된 교통수요관리(TDM) 및 교통류관리(TM)교통정책에는 교통류의 특성을 반영하기 어려운 단점을 가지고 있다.
- 이에 본 연구에서는 SDI모형에 용량제약 함수식의 문제를 극복하기 위하

여 링크의 통행특성을 가장 잘 나타낼수 있는 밀도(K)값을 도출하며 통행 시간을 추정할수 있는 방법을 연구하였으며 그 내용은 다음과 같다.

- 교통류를 분석결과를 중심으로 각 링크별 밀도(k)및 속도(v)를 추정하였다.

$$\text{밀도}(k) = \frac{\text{EFA}(\text{ITER}, l) - \text{Outflow}(l)}{\text{거리} \times \text{차선 수}} \text{(A)} + \frac{\text{Outflow}(l)}{\text{SPEED}(l)} \text{(B)}$$

- 밀도 추정공식에서 B부분은 임계밀도 이하인 경우 추정 방법이고 A부분은 임계밀도 이상의 과포화상태의 밀도로소 임계밀도이하인 경우B부분만 계산하고 임계밀도 이상인 경우는 A부분과 B부분을 합산하여 링크(l)의 밀도를 추정할수 있다.

4.3.7 SDI모델의 有用性 및 限界性

□ 有用성

- SDI모형은 기존의 정태적인 A모형과는 달리 출발시간, 목적지 및 교통수단을 동시에 선택할수 있는 모형을 개발하여 시간대별 O/D, 시간대별 수단선택, 경로별 통행수요예측 뿐만 아니라 교통류율을 예측할수 있기 때문에 아래와 같은 분야에 적용가능성이 높다.

- 교통계획 및 설계
- 도로 신설 및 확장
- 신도시 도로망 계획
- 교통수요관리
- 교통혼잡통행료 징수 방안
- 주차 요금 정책
- 다인승 차량 우선 정책
- 시차 출근제
- 유류 정책
- 교통류 관리의 운영
- 간선도로 및 고속도로 Metering
- 교통신호운영관리
- 일반 통행제
- 공사중 교통통제
- 교통체계관리(TSM)사업
- 교통영향평가
- 교통상유고시(incident)교통특성 변화예측

최근 국내외에 걸쳐 연구가 활발하게 진행되고 있는 첨단차량/도로체계 (IVHS)중 여행자 교통정보체계(ATIS) 및 첨단교통관리체계(ATMS)분야에도 적용가능성이 있다.

□ 한계성

- SDI모형은 교통수요가 교통시설용량을 초과하였을 경우 전후 Link의 Queue Spillback Blockage, Storage Capacity등을 현재 Node체계하에는 인식할수가 없으나 향후 Node체계등이 개선되면 위와 같은 교통상황의 인식이 가능하리라 판단된다.
- SDI모형은 현재 교통수요와 교통류율을 오전4시간(06-10시)각 1시간, 매 15분 단위로 예측이 가능하다. 그러나, 서울과 같이 지역이 넓어 Zone, Node, Link수가 많아 질 경우 Iteration수가 많아져 컴퓨터의 기억용량 및 실행시간이 크게 증가될것으로 예상된다. 이러한 한계는 컴퓨터 공학이 하루가 다르게 발전되고 있어 해결되리라 판단된다.
- 동시선택모형(Joint Choice Model)을 이용하므로 인한 IIA문제는Nested Logit Model방식을 일부 수정하여 개선하려 했으나 아직 정립되지 않아 앞으로 추가 연구가 필요한 분야이다.
- SDI모형은 교통수요와 교통류율을 예측할수 있으나 교통공학분야에서 적용될 만큼 출력자료가 정교하지 못하기 때문에 당분간은 Macroscopic한 측면에서는 공학모형을 병행사용하여 이상에서 언급한 단점을 보완하여야 할 것이다.

V. 交通流 管理方案의 開發 및 效果 評價

5.1 交通運營方法에 의한

交通流 管理方案

5.2 施設的 交通流 管理方案

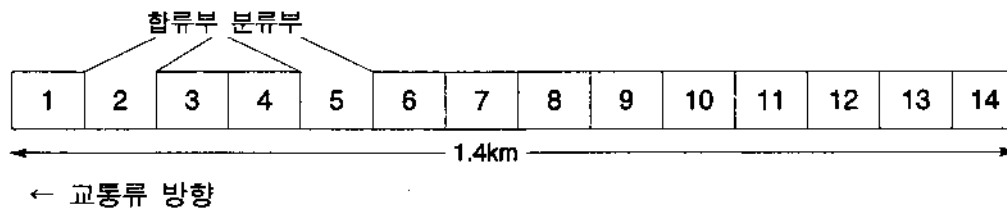
V. 交通流 管理方案의 開發 및 效果 評價

3장의 도시고속도로 교통류 특성 및 정체원인분석에서 알 수 있듯이 도시고속도로는 구간별로 용량의 차이가 있으며, 특히 과포화 현상에서 나타나는 교통용량 저해현상(Breakdown)으로 인하여 교통정체의 파급확산이 매우 동태적(dynamic)이다. 이러한 저해현상은 특히 합류부에서 매우 심각하며, 따라서 도시고속도로 합류부의 교통류 관리는 도시고속도로의 전체 처리용량 유지에 있어 중요한 사항이라 할 수 있다. 이외에도 고속으로 주행하게 되는 도시고속도로에서는 미세한 장애요인에도 그 영향이 민감하여 국지적인 교통정체로 이어지기도 하고, 발생시기가 교통수요와 어우러져 그날의 정체 개시 시각을 앞당기기도 하며 지속시간 자체를 장기화시키기도 한다.

본 장에서는 이러한 도시고속도로 교통류의 특성과 정체메카니즘에 입각하여 다음의 교통류 관리 기본방향에 입각한 교통류 관리방안을 제시하고자 한다.

- 본선교통류의 소통을 우선적으로 고려한다.
- 정체구간(Bottleneck)의 용량을 가능한 한 향상시킨다.
- 통과교통, 장거리교통(Through Traffic)을 지역교통(Local, Access Traffic), 단거리교통보다 우선적으로 고려한다.
- 가급적 교통정체를 전구간에 나누어 분산시킨다.
- 기존 교통시설을 제한적, 합리적으로 사용한다.
- 시설 유도적인 적극적인 교통류관리를 실시한다.

<그림 5-1>은 SIM-88을 이용한 시뮬레이션시 사용한 대상 네트워크이다.



<그림 5-1> SIM-88을 이용한 시뮬레이션 대상 네트워크

5.1 交通運營方法에 의한 交通流 管理方案

5.1.1 本線交通容量 'LOS E' 維持를 위한 流入交通量 管理

□ 실시목적

합류로 인한 본선교통류의 용량저해현상(Breakdown)을 방지하기 위하여 합류 교통량을 적정수준으로 조절하여 본선교통량이 용량의 80%수준(LOS E)에서 유지 되도록 함

□ 실시방법

본선교통용량 'LOS E' 유지를 위한 교통류관리는 유입교통량의 적절한 조절로 이루어진다. 따라서 유입교통량의 조절방법과 조절량의 결정, 이를 위한 시스템 구축이 해결되어야 한다.

교통량의 조절은 인접 교차로의 유입교통류방향 녹색시간을 조절하는 것으로 이루어지며, 조절량의 결정은 4장의 연속교통류 시뮬레이션 모델(SIM-88)개발과정에서 제안된 합류시 본선 3, 4차선이 받는 교통저해요인을 반영한 V_d 를 구하는 식으로부터 결정되어진다.


즉, 관측결과 개발된 식으로부터 V_d 의 영향을 받지 않을 만큼의 교통량을 유입시키는 것이 된다.

$$V_d = 0.29 + 0.3687V_{all} - 0.094V_r$$

관측결과 본선교통량에 따라 3, 4차선에 영향을 주는 유입교통량의 수준을 결정하여 놓고(본선교통량 4수준 × 유입교통량 5수준 = 20 수준) 유입교통량을 <표 5-1>로 부터 결정하여 유입시키게 된다.

<표 5-1> 본선 3, 4차선에 영향을 주는 유입교통량 수준 결정

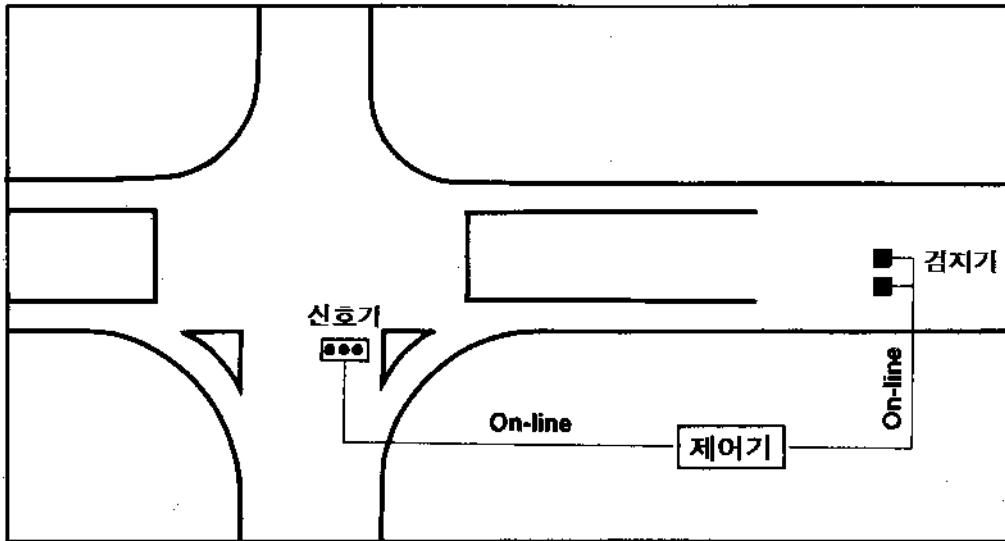
본 선(veh/sec)	Ramp(veh/sec)
0~0.44	0 ~ 0.1
	0.1~0.2
	0.2~0.3
	0.3~0.4
	0.4 이상
0.44~0.88	0 ~ 0.1
	0.1~0.2
	0.2~0.3
	0.3~0.4
	0.4 이상
0.88~1.32	0 ~ 0.1
	0.1~0.2
	0.2~0.3
	0.3~0.4
	0.4 이상
1.32~1.76	0 ~ 0.1
	0.1~0.2
	0.2~0.3
	0.3~0.4
	0.4 이상

 V_d 의 영향을 받는 Ramp 교통량 범위

예) 본선교통량(V_{sl})이 0.94대/초이고 유입램프 교통량(V_r)이 0.3대/초인 경우 유입교통량은 SIM-88모델에 부여된 조절기능에 의하여 V_d 식에 영향을 안주는 최대범위인 0.2대/초까지 유입된다. 또 유입교통량이 0.2대/초 이하인 경우는 그대로 유입된다.

본선교통용량 'LOS E' 유지를 위한 유입교통류 관리방안을 수행하기 위하여는 <그림 5-2>과 같은 국지적인 시스템이 구축되어야 한다.

시스템은 본선교통수요 V_{sl} 을 판정하기 위하여 4개차선에 교통량검지기를 설치하고 이를 인접교차로의 Local Controller에 연결시켜 유입교통량조절 알고리즘에 의거 신호기를 조정하게 된다.



<그림 5-2> 'LOS E' 유지를 위한 유입교통류 관리시스템 구성

□ 실시장소 선정기준

- 신호등에 의해 일정한 교통량이 주기적으로 유입되는 곳
- 교차로와 유입부의 거리가 짧고(200m이내) 교통저류용량이 적은 곳
- 유입교통 O-D 조사결과 합류후 유입램프까지의 거리가 2Km이내인 교통이 전체의 20~30%에 달하는 곳
- 유입교통량으로 인한 본선교통류의 용량저해현상이 민감한 곳

□ 효과 평가

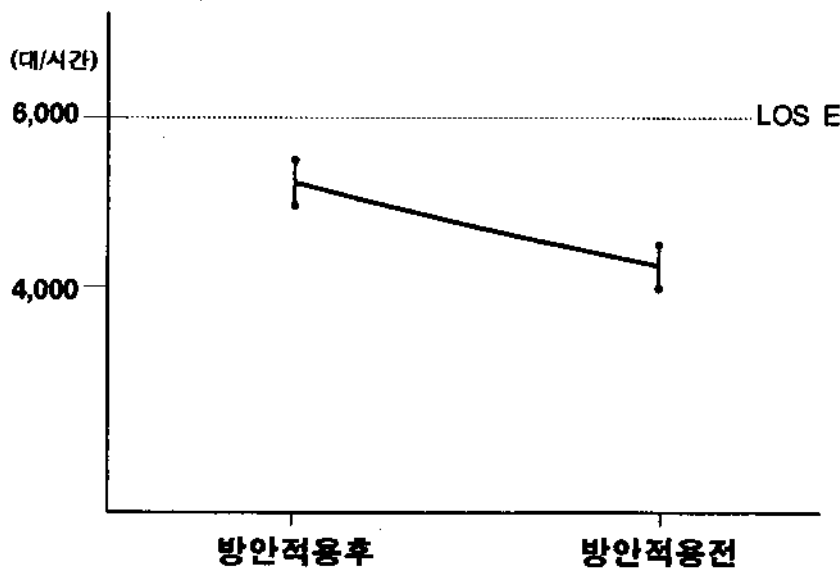
본선교통량 'LOS E' 유지를 위한 유입교통량 관리의 효과평가는 유입교통량을 조절하였을 때의 결과(With Control)와 조절하지 않았을 때의 결과(Without Control)를 비교분석하는 것으로 하였다. 비교가 되는 조절하지 않았을 때의 결과는 4장에서 SIM-88 모델의 검증과정에서 제시한 결과를 부분적으로 사용하였음을 밝혀둔다. 평가를 위한 시뮬레이션 출력결과는 초기상태(4장에서 제시하였음)에서 6분 및 10분 경과 후의 결과를 효과평가에 사용하였다. <표 5-2>는 10분 경과 후의 출력결과로 부터 밀도, 속도, 교통량(1시간 환산교통량)을 종합한 것이다.

<표 5-2> 유입교통량 관리방안 전·후의 MOE 평가

항목	구분	관리방안 적용 전	관리방안 적용 후	증 감	
				절대량	%
밀도		0.3534	0.2938	-0.0596	-16.9
속도		13.3	21.2	7.9	59
교통량		4512	5393	881	19.5

또 <그림 5-4>는 6분, 10분 경과 후의 밀도, 속도, 교통량의 변화를 나타낸 것이다. 6분 경과후의 결과로 부터 유입량 조절의 효과가 유입램프 부근에서 크게 나타나는 것을 알 수 있으며, 시간이 경과하여 10분후가 되면 효과의 폭은 조금 줄어들으나 대기행렬이 줄어 들었음을 알 수 있다.

Section 3의 통과교통량으로 부터 'LOS E' 수준(용량 7500대/시간 × 80%) = 6000대/시간) 유지여부를 판단하여 보면 유입교통량을 조절한 케이스가 5,000대~5,400대인 반면 조절하지 않은 케이스에서는 3,900~4,500대로 용량저해요인이 나타났다.

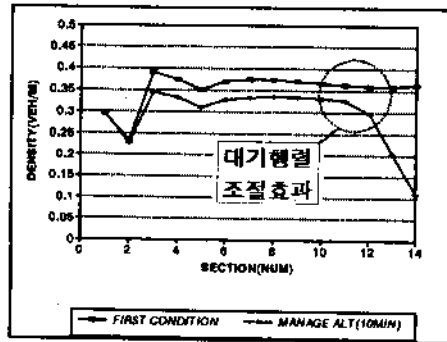
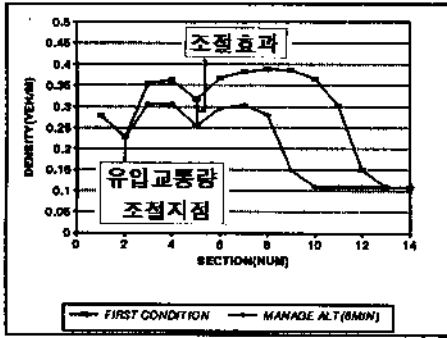


<그림 5-3> 'LOS E' 방안 적용 결과

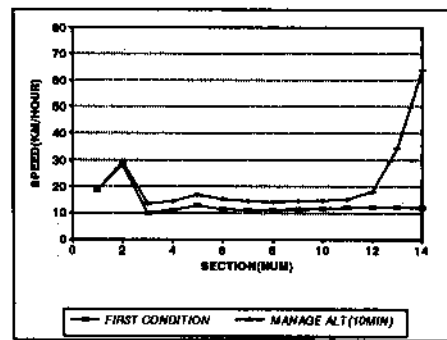
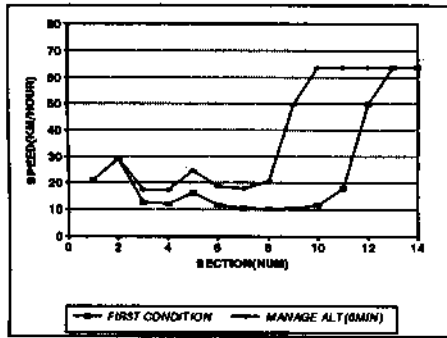
6분

10분

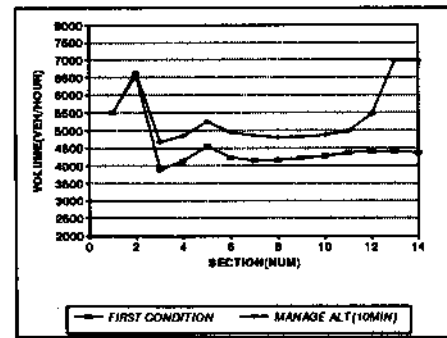
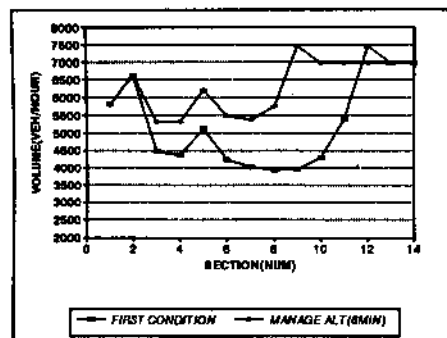
밀도



속도



교통량



<그림 5-4> 유입교통량 관리방안 전·후의 MOE 변화

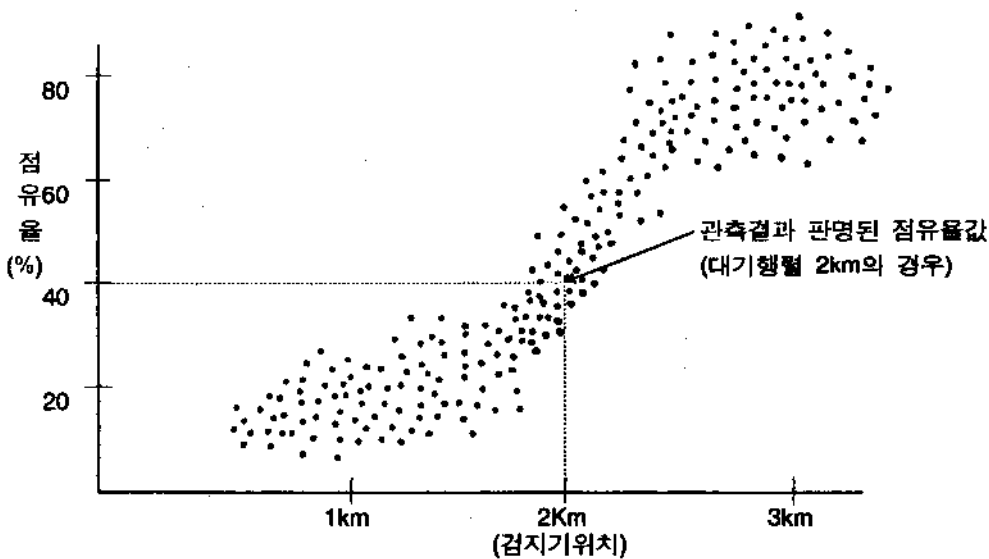
5.1.2 本線停滯區間の“停滯規模管理”를 위한 流入交通量 管理

□ 실시목적

교통정체규모가 커져서 대기행렬길이가 2~3 Km를 넘어간 경우 합류구간의 교통수요를 점진적으로 줄임으로써 본선교통류의 소통능력을 향상시켜 정체구간의 여행시간을 적정규모로 관리

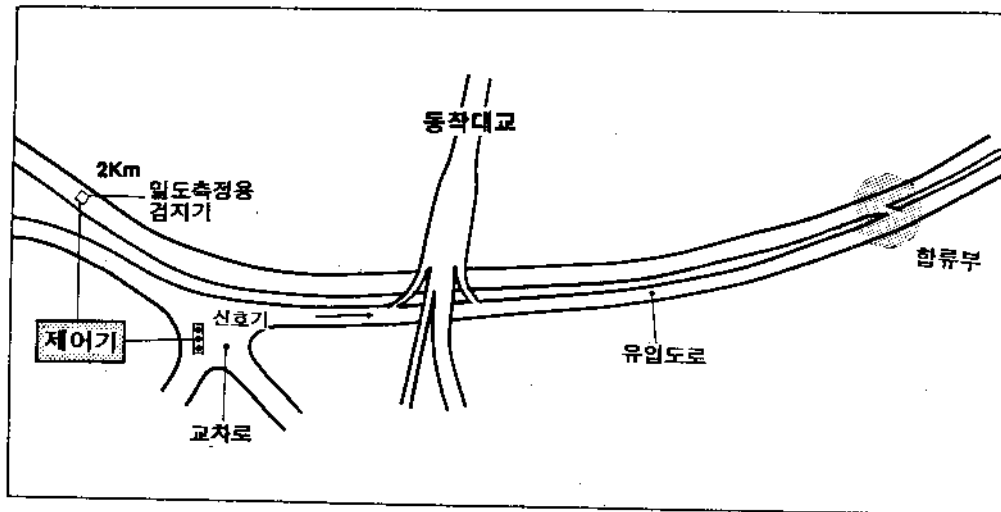
□ 실시방법

‘정체규모관리’를 위한 교통류 관리방법은 먼저 본선 정체구간에서의 대기행렬 길이를 판단할 수 있어야 한다. 대기행렬의 판단은 정체구간 합류부로부터 2km 상류지점(설치위치는 정체관리규모에 따라 다를 수 있음)에 설치한 검지기로부터 점유율(Occupancy)데이터를 구해, 점유율의 시계열값이 사전에 대기행렬과 검지기 위치로부터 정해진 점유율 값에 도달한 시점으로 판단한다. (그림 5-5 참조)



<그림 5-5> 검지기 위치와 점유율 관계로부터의 대기행렬 길이 판단 방법

대기행렬판단 검지기가 교통류관리 시작시점을 판단하게 되면 그후 일정시간(5사이클 혹은 10사이클) 동안 유입교통량을 결정하는 신호기의 녹색시간을 사전에 정한 비율(80%, 70% 등)로 단축운영한다. '정체규모관리'를 위한 교통류 관리방안 역시 국지적인 시스템이 구축되어야 하는데 시스템의 구축은 <그림 5-6>과 같다.



<그림 5-6> 정체규모 관리를 위한 시스템 구축

시스템에서 5번 Section의 밀도가 사전에 결정한 밀도($k > 0.25$)에 이르게 되면 대기행렬이 5번 Section(합류부로부터 500m 후방)에 까지 도달한 것으로 판단하여 인접 교차로의 신호시간을 80% 수준으로 줄이고 이에 해당하는 유입교통량이 합류하도록 하는 방법이다.

□ 실시장소 선정기준

- 상습정체구간으로 정체규모가 매우 큰 구간
- 대안도로로부터의 유입교통량이 많으며 신호등에 의해 유입되는 곳
- 교차로부터의 거리가 500m ~ 1km 떨어져 있으며 교통저류용량이 큰 곳
- 우회도로구간이 있는 곳

□ 효과평가

본선정체 관리규모를 위한 유입교통량 조절방법의 효과는 본선구간의 대기행렬 감소효과로 판정할 수 있다. SIM-88로 시뮬레이션 한 결과 유입교통량 조절방법을 적용한 경우 10분 경과후의 출력결과로 부터 밀도가 0.0267 감소한 것으로 나타났다. 이는 방안을 적용 안한 경우보다 1km당 27대의 차량이 줄어든 것으로 정체시 평균 차두간격을 10m로 할 때 270m(1km 당)의 대기행렬 감소효과가 있음을 나타내는 것이다.

6분 결과와 10분 결과를 보면 시간이 경과할수록 효과가 다른 양상을 보이는데 이는 유입교통량의 조절기능 효과보다 유출부에서의 유출용량저해요인이 더 크기 때문으로 판단된다. 이러한 결과로 부터 교통류 관리방안 적용시간 및 길이 조절양 등을 좀 더 연구 고려하여야 함을 알 수 있다.

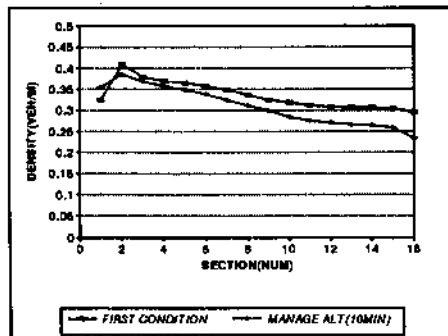
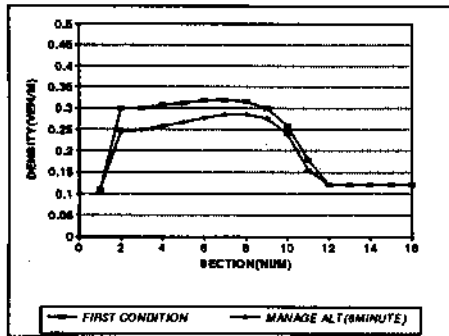
<표 5-3> 본선 정체규모 관리방안 전·후의 MOE 평가

구분 항목	방안적용전	방안적용후	증 감 치	
			절대값	%
밀 도	0.3360	0.3093	-0.0267	-7.95
속 도	14.6	17.8	3.2	21.92
교통량	4813	5270	457	9.49

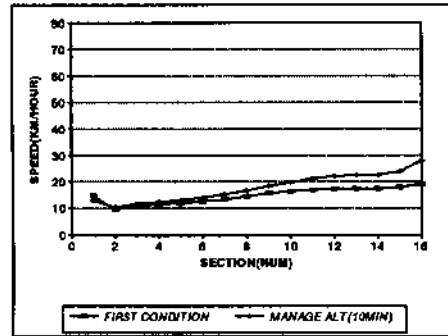
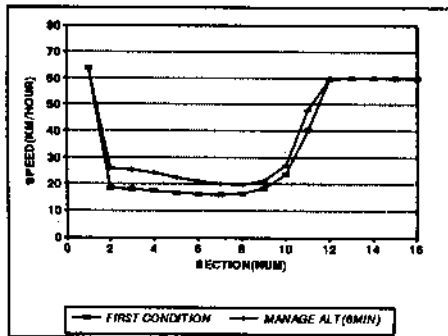
6분

10분

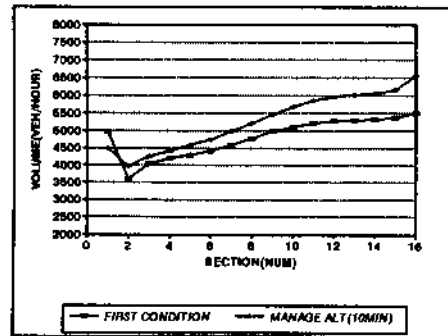
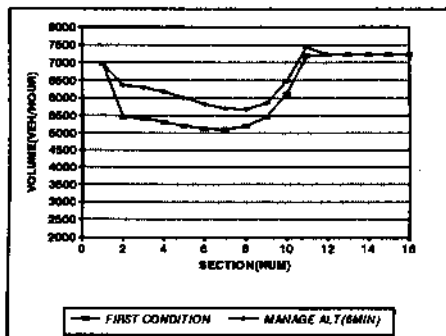
밀도



속도



교통량



<그림 5-7> 본선 정체규모 관리방안 전·후의 MOE 변화

5.1.3 多人乘車輛 專用車線(HOV Lane)에 의한 交通流 管理

□ 실시목적

도시고속도로의 경우 상습정체구간이 존재하기 마련인데 다인승차량만이라도 타차선에 비해 빨리 통과할 수 있도록 전용차선을 마련해 줌으로써 도시고속도로 본래의 기능인 통과교통처리를 우선적으로 배려함과 동시에 이용 대상차량을 다인승차량으로 유도함으로써 효율적인 교통수요관리를 도모함

□ 실시방법

다인승차량의 승차인원에 반드시 기준이 있는 것은 아니다. 미국의 경우 3인승 이상으로 규제하는 지역과 2인승 이상으로 규제하는 지역등 다양하며 처음에는 2인승으로 시작하여 교통수요에 따라 3인승 이상으로 이용을 규제하는 지역도 있다. 물론 나홀로승용차 이용비율을 보고 결정해야 되겠지만, 서울시 도시고속도로의 경우는 2인승부터 시작하는 것이 제도시행에 따른 마찰이 적을 것으로 판단된다.

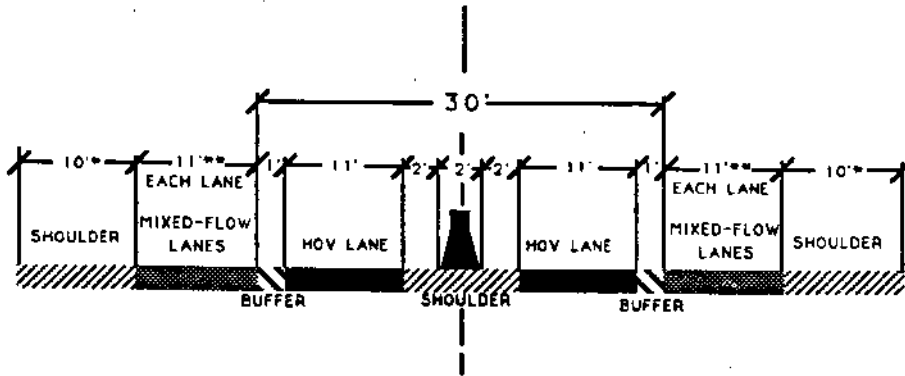
실시 차선의 수도 꼭 1차선으로 국한될 필요는 없이 편도 4차선 이상의 경우에는 2차선을 실시할 수도 있다.

실시구간은 전 구간을 실시하기보다 정체구간의 전·후구간에서 실시하는 것이 좋으며 실시예정구간내에 HOV차선을 이용한 진·출입 교통류가 많은 경우를 시행을 보류하여야 한다.

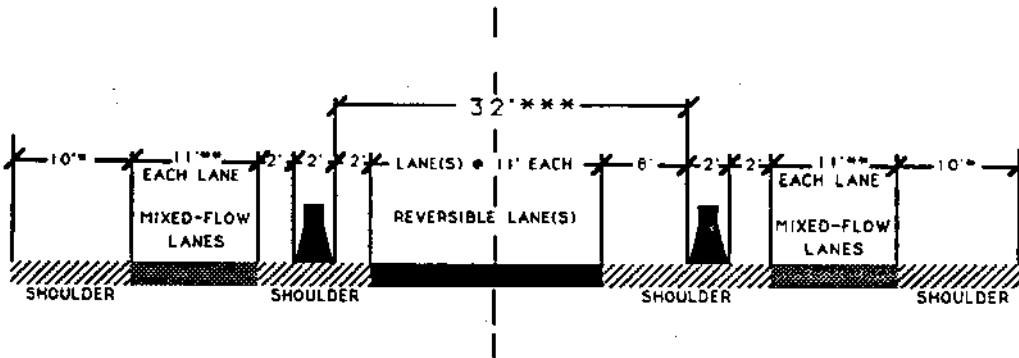
일반차선과의 분리방법은 콘크리트 구조물을 사용하는 방법에서 부터 post-cone을 사용하는 방법 등 다양하다. <그림 5-8>은 HOV차선 분리 콘크리트 구조물의 예를 나타낸다.

<표 5-4> 다인승 전용차선제 운영지침

항 목	내 용
운 영 방 향	양방향(Two Way) 가변방향(Reversible) → 오전, 오후 피크시 운영방향을 전환 (1개차선운영시) 역방향(Contra) → 정체반대방향으로 운영
정체우회도로	정체구간(짧은 경우)을 우회하도록 배려
운 영 시 간	오전, 오후 피크시만 운영 전일 운영
서 비 스 수 준	LOS C를 유지
비 상 대 책	사고 유무 판단 시스템의 도입 경찰, 병원, 견인차량과의 연락체계
부 대 시 설	HOV램프, 분리시설 등



Buffer형



Shoulder형

<그림 5-8> HOV차선 Guidance

□ 효과평가

SIM-88로 HOV 차선을 시뮬레이션 평가하기 위하여는 다인승전용차선(1차선으로 가정)과 일반차선(2, 3, 4차선으로 가정)을 구분하여 교통류를 표현하여야 한다.

따라서 1차선, 3차선별로 Q-K식을 도출하여야 하는데 관측데이터를 이용 각 차선별 Q-K식을 도출하면 <그림 5-9>와 아래의 식과 같다.

- 3차선

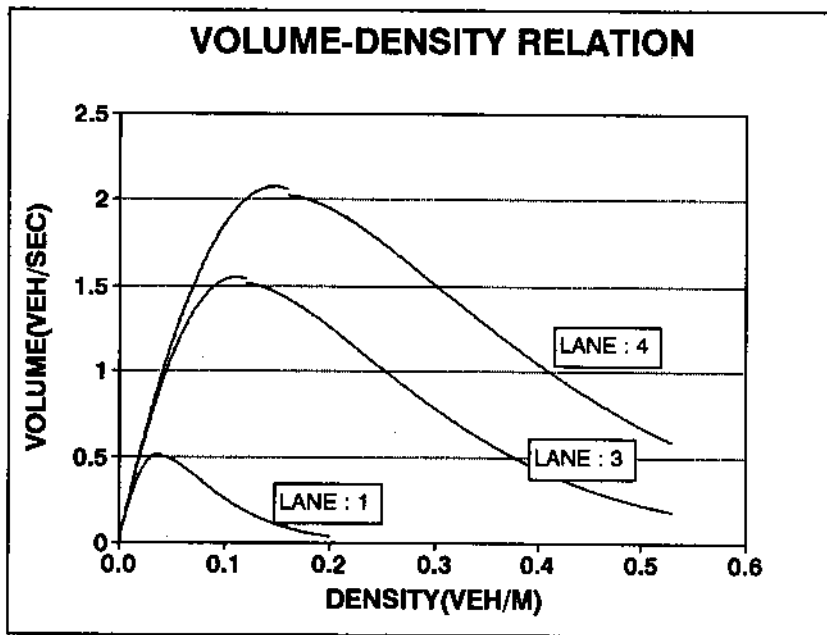
$$Q_{free} = 28.233486 \times K \times \left(1 - \frac{K}{0.22001625}\right)$$

$$Q_{congest} = 36.15034941 \times K \times \exp(-8.76524103 \times K)$$

- 1차선

$$Q_{free} = 28.233486 \times K \times \left(1 - \frac{K}{0.07333875}\right)$$

$$Q_{congest} = 36.15034941 \times K \times \exp(-26.29572310 \times K)$$



<그림 5-9> 차선별 Q-K식 도출과정

차선변경 교통량은 다인승전용차선에 전체 교통수요의 15%가 이용한다고 가정하고, 85%의 교통수요는 일반차선을 이용하는 것으로 하였다.

10분 경과후 출력결과를 종합하면 <표 5-5>와 같다. <표 5-5>에서 알 수 있듯이 다인승 전용차선의 속도가 54.2km/h로 일반차선 16.3km/h보다 크게 향상되었음을 알 수 있다.

<표 5-5> 다인승 전용차선 관리방안 전·후의 MOE 평가

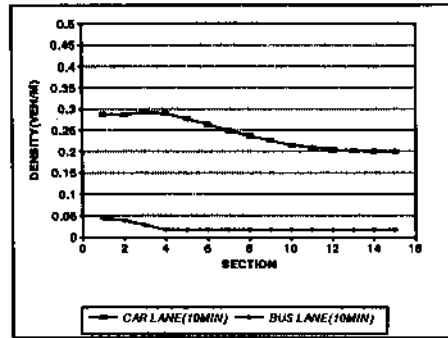
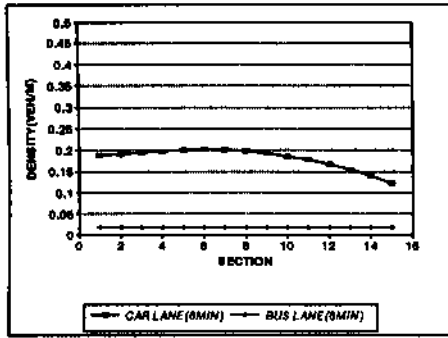
항목 \ 구분	승 용 차	버 스 전 용
밀 도	0.2425	0.0207
속 도	16.3	54.2
교 통 량	3775	971
수 송 인 원	7,550	4,855

특히, 차선당 수송인원 비교를 평가하여 보면 다인승전용차선의 평균승차인원을 5명으로 하고 일반차선을 2명으로 가정하였을 때, 다인승전용차선은 시간당 4855명/1차선을 수송하는 것에 비하여 일반차선은 시간당 2517명/1차선에 그쳐 다인승전용차선제의 수송효율면 효과를 입증하고 있다.

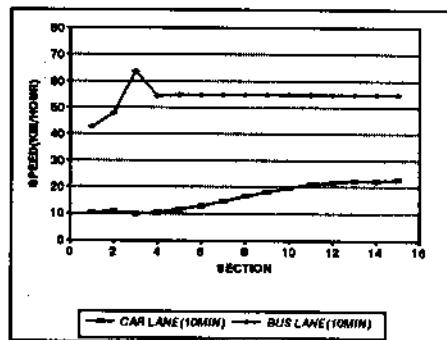
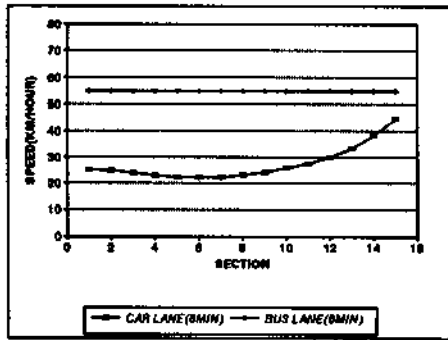
6분

10분

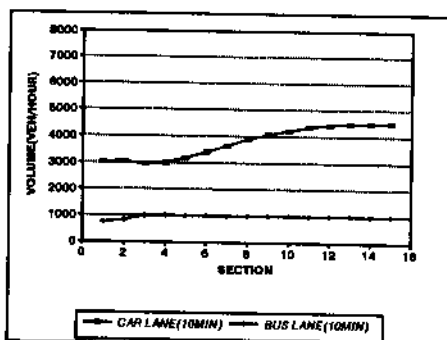
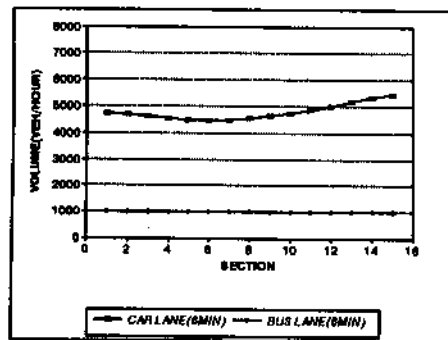
밀도



속도



교통량



<그림 5-10> 다인승 전용차선 관리방안 전·후의 MOE 변화

5.1.4 流出램프 閉鎖에 의한 交通流 管理

□ 실시목적

도시고속도로를 이용하기 위하여 대기하는 차량과 거꾸로 일반간선도로로 나가기 위한 차량의 교통수요가 많아서 형성된 대기행렬이 인접교차로나 본선교통류의 정체를 유발시키는 현상을 방지함

□ 실시배경

- 도시고속도로 주변 교차로의 대부분은 중요 교차로이기 때문에 도시고속도로 진입을 위한 대기행렬은 주변지역 교통혼잡의 주원인이 됨
- 도시고속도로 본선상에서의 유출대기행렬은 본선용량감소는 물론이고 교통사고, 차선변경, 끼어들기의 주원인이 됨
- 유·출입램프에서 상승적으로 정체현상을 보이는 곳이 있음

□ 실시방법

진·출입 램프폐쇄 방안은 이미 외국의 도시고속도로에서는 적용하고 있는 방법으로 대부분이 교통수요의 변화나 교통사고, 공사 등과 같은 상황에서 시간대별로 탄력적으로 운영하고 있다. 진·출입 램프폐쇄는 그 원인과 영향이 도시고속도로 본선과 인접 일반간선도로에 함께 있음으로 진·출입 램프폐쇄 역시 양 도로구간 상호 정보교환 및 판단하에 행하여 지게 된다. 하지만 서울시의 경우 아직 교통류관리를 위한 도시고속도로상에 시스템이 없음으로 외국과 같은 교통량 대응식의 진·출입 램프를 폐쇄하거나 현장에서 교통경찰이 개입하여 일시적으로 폐쇄하는 방법을 고려할 수 있다.

① 유·출입 램프의 완전 폐쇄

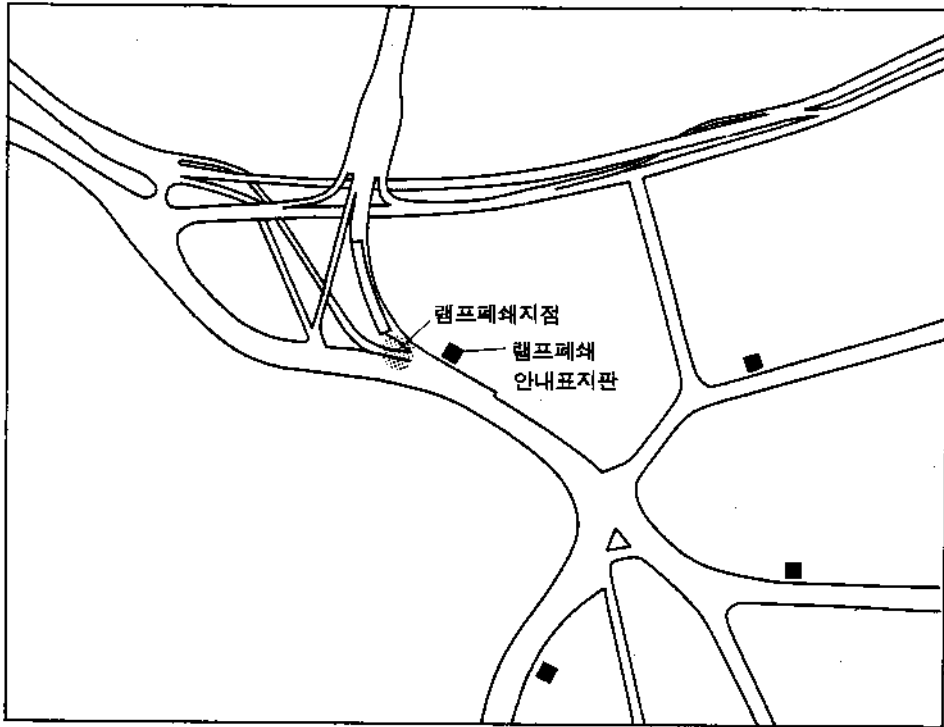
기존 도시고속도로의 유·출입램프 중 다음의 사항에 해당되는 유·출입램프는 완전폐쇄를 고려할 수 있다.

- 대안유출램프가 1km 이내에 있고 대안 우회도로의 교통여건이 좋은 경우
- 유입램프의 경우 본선과 병행하는 대안도로가 있는 경우
- 유·출입 램프의 정체가 빈번하고 램프처리 교통용량이 극히 저조한 경우
- 유·출입을 위하여 차선변경 등으로 유·출입 직전구간에서 심한 엇갈림 현상 등 교통용량 저해요인이 발생하는 경우
- 유·출입 램프 이용자의 O/D가 단거리인 경우
- 유·출입 직전, 직후에서 교통사고가 빈번한 경우
- 유·출입 램프의 기하구조(잔출입 순서, 위치, 차선수등)가 원칙적으로 잘못된 경우

② 유·출입 램프의 일시 폐쇄

기존 도시고속도로의 유·출입램프 중 다음의 사항에 해당하는 유출램프는 일시 폐쇄를 고려할 수 있다.

- 유입램프의 경우 본선도로가 병행하는 대안도로가 있는 경우
- 유·출입램프의 일시 폐쇄는 램프의 완전 폐쇄와 달리 시간대적으로 운영되기 때문에 램프폐쇄에 따른 교통정보가 잘 전달이 안되면 오히려 혼잡을 초래할 수 있다. 따라서 유·출입램프의 일시 폐쇄를 위한 교통정보 전달체계가 구축되어야 하는데 그 사항은 다음과 같다.
- 유입램프 주요 경로 지점에 VMS(Variable Message Sign Board)의 설치
- 교통방송 등 라디오를 통한 램프일시 폐쇄 사항 홍보



<그림 5-11> 램프폐쇄 적용 예

□ 실시구간의 선정

- 3차선이상 도시고속도로
- 상습정체구간
- 유·출입교통류에 의한 영향이 없는 구간

□ 효과 평가

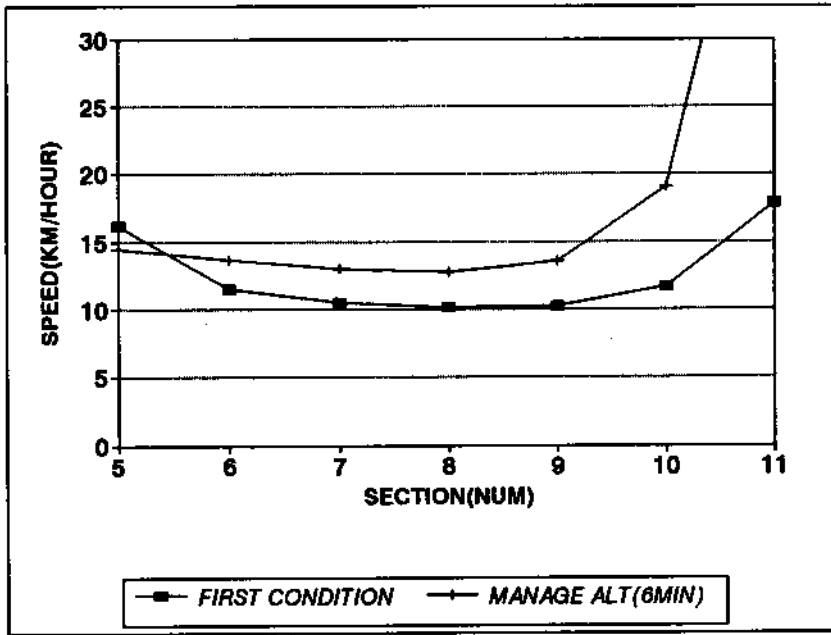
시스템에서 Section 5에 위치한 유출램프는 2번 유입램프와의 간격이 300m밖에 안 떨어져 있고, 유출로 인한 6~14번 Section에서의 엇갈림(Weaving) 현상으로 인한 용량감소현상은 물론 유출교통량 자체도 유출방향의 인접교차로 정체로 시간당 350대 정도밖에 유출이 안되는 정체요인으로 가정하고 평가하였다. 따라서 유출램프 폐쇄로 인한 시뮬레이션상의 효과는 5번 Section 이후에서의 용량 회복효과를 15% 부과하였으며 1번 Section에서의 유출로 미세한 긍정적 효과를 나타내는 것으로 가정하였다.

<표 5-6>은 10분 경과 후의 출력결과로 유출폐쇄로 인한 영향(교통량의 우회
 는 고려하지 않음)과 용량증대 효과가 서로 상쇄되어 미시적 효과만 나타났다.
 하지만 밀도, 속도, 교통량의 단편적 증가외에 유출램프 폐쇄로 교통류의 정류효
 과가 있다 하겠다. <그림 5-12>는 유출램프 폐쇄후 유출램프 후방구간(Section 6
 ~11)에서 속도와 단면교통량의 차이를 나타낸 것이다. 유출램프 폐쇄로 엇갈림
 현상이 없어짐에 따라 전체적으로 향상됨을 나타내고 있다.

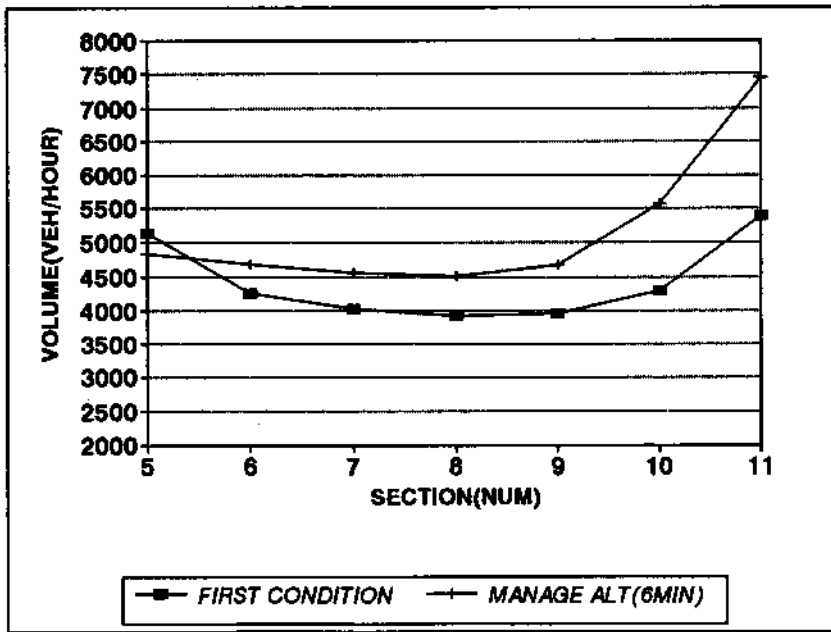
<표 5-6> 유출램프 폐쇄 관리방안 전·후의 MOE 평가

항목	구분	방안적용 전	방안적용 후	증 감 치	
				절대값	%
밀도		0.3534	0.3234	-0.029	-8.21
속도		13.3	16.2	2.9	21.80
교통량		4512	4989	477	10.57

속도(6분)



교통량(6분)



<그림 5-12> 유출폐쇄로 인한 속도 및 용량증대 효과

5.1.5 走行速度 調節에 의한 交通流 管理

□ 실시목적

정체구간 후방부의 차량주행속도를 제어함으로써 집중하는 교통수요를 도로 전체 구간으로 분산시켜 정체완화를 도모

□ 실시배경

- 정체현상이 특정구간에 집중됨으로써 인접 가로망의 기능저하 현상 초래
- 정체구간 인접교차로가 중요 교차로로서 교통운영상 도시고속도로로 교통류를 분산시켜야만 해결되는 경우 유입교통을 원활히 처리할 필요성 대두

□ 실시방법

정체구간으로 부터의 유출교통량과 정체구간으로의 유입교통량의 관계로부터 정체구간의 교통밀도를 산정한 후 교통밀도를 적정 밀도로 유지하기 위한 유입교통량을 결정하고 주행속도를 실시구간의 $Q = K \times V$ 관계로부터 도출하여 규제를 실시한다. 그러나, 실질적으로 속도를 조절하는 방법은 운전자 자신이 해야 됨으로 실행방법은 가변속도표지판을 설치하여 시행한다.

□ 효과평가

시스템에서는 Section 2에서 정체가 판단되면($k > 0.25$) Section 15번에서 유입하는 차량의 속도를 조절시켜(현실적으로 시뮬레이션시 시뮬레이션 Scanning Time d_s 를 조정하여야 하나 본 연구에서는 유입교통량 자체를 조절하였다) 밀도의 분산을 유도했다.

주행속도 조절방안의 목적은 정체의 분산관리에 있는 만큼 정체분산관점에서 출력결과를 보면 <그림 5-13>과 같이 방안실시후 정체가 분산되는 것을 알 수 있다. 하지만 정체가 계속 지속됨에 따라 방안효과의 한계가 있음도 밝혀졌다. <표 5-7>은 10분 경과후 출력결과를 제시한 것이다. 전체적으로 효과는 있으나 반드시 정체지역이 분산되었다고는 볼 수 없다. 하지만 속도조절이 정체완화에 기여함이 입증되었다.

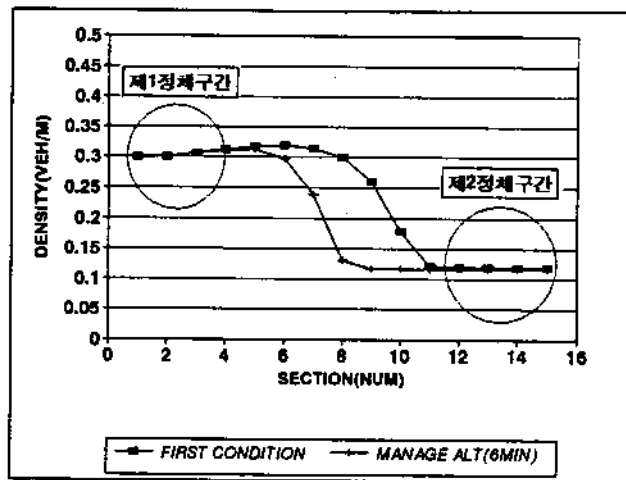
<표 5-7> 주행속도 관리방안 전·후의 MOE 평가

항목 \ 구분	방안적용전	방안적용후	증 감 치	
			절대값	%
밀도	0.367	0.3014	-0.03531	-10.48
속도	14.5	22.4	7.9	54.48
교통량	4801	5121	320	6.67

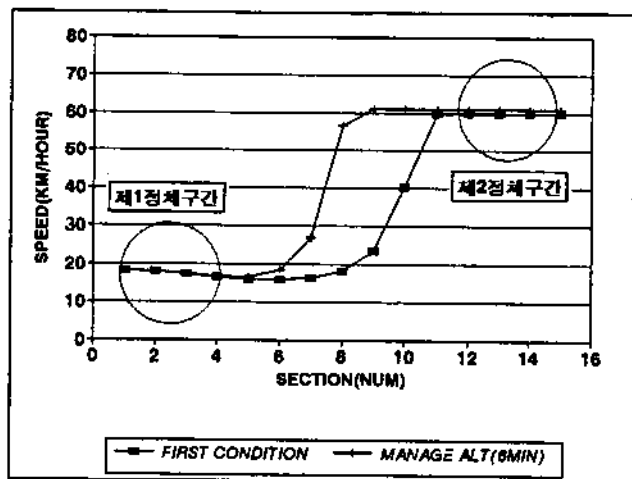
□ 선정기준

- 대기행렬이 병목구간(Bottleneck)으로부터 3km이상 발생되는 구간의 후방부

밀도



속도



<그림 5-13> 주행속도조절에 의한 수요조절 방안

5.1.6 低速車輛(建設 重裝備 車輛)進入規制에 의한 交通流 管理

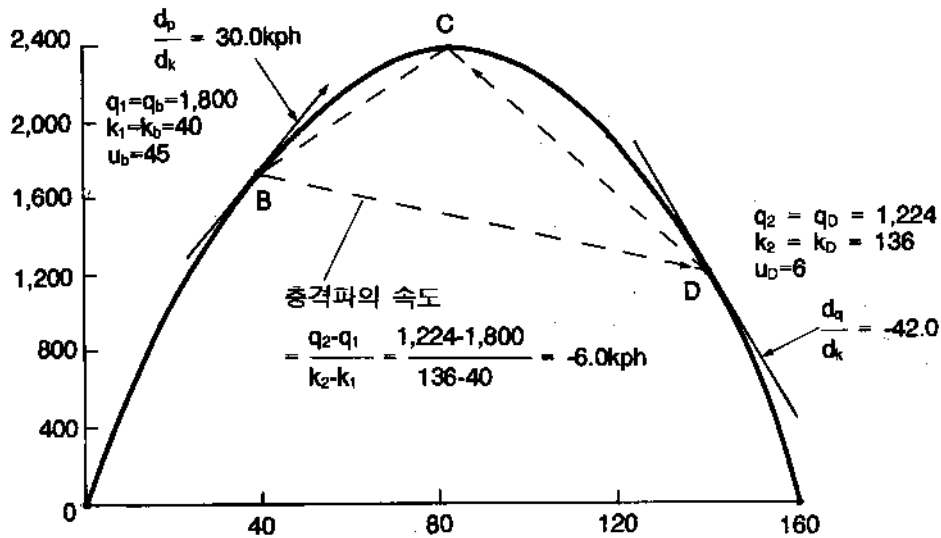
□ 실시목적

저속차량의 도시고속도로 이용을 규제하여 구간정체현상 및 오전피크 정체시작 시간을 늦추며 교통사고를 예방하는 데 있음

□ 실시배경

이른 아침 시간대부터 오전 피크시간대 이전까지 건설중장비의 도시고속도로 이용빈도가 매우 높아 고속차와 저속차의 속도차에 의한 충격파(Shockwave)의 발생으로 국지적인 교통정체 및 차선변동에 의한 주행장애, 사고위험성이 심각함

- 저속차량 주행으로 인한 영향분석 예1)



<그림 5-14> 교통량·밀도 곡선과 충격파

1) 도철웅, 교통공학원론, p110

교통량 1,800 v/h, 속도 45Km/h(그림B지점)의 교통상황에 12Km/h속도로 주행하는 중장비차량이 3Km를 주행하였을 때 오는 영향은 다음과 같다.

- 대기행렬 길이 → 4.5Km
- 정체해소에 걸리는 시간 → 18분

실시방법

저속차량 주행단속 강화

5.1.7 迂廻道路를 이용한 交通流 管理

실시목적

대안도로가 없어 하루 종일 정체가 발생하는 정체구간에서 인접도로나 고수부지 등을 이용하는 우회도로를 개선함으로써 정체완화를 도모

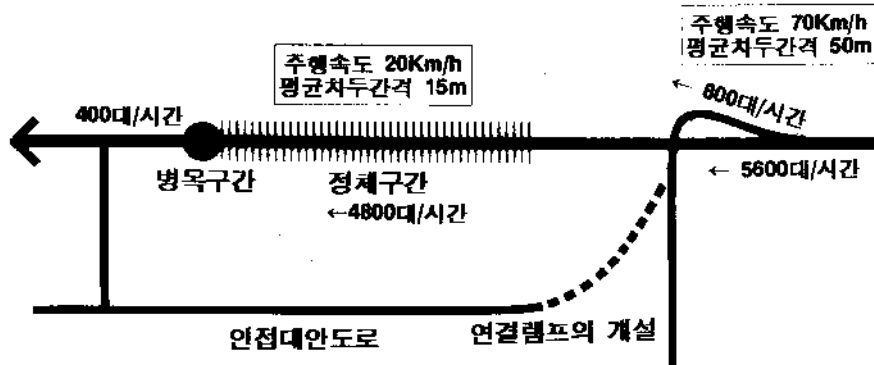
실시배경

- 병목구간(Bottleneck)의 용량증대만으로는 정체를 해소할 수 없음
- 인접 대안도로의 교통여건이 좋아 우회교통을 받아들일 여유가 있는 도로공간을 이용
- 고수부지 등 임시 가설적 도로의 개념에서 사용될 만한 공간이 있음

실시방법

- 본선구간에서 인접 대안도로나 고수부지로의 연결로를 개설하여 정체구간을 우회 시킴
- 고수부지를 이용할 경우 오전 피크시에 한정하여 실시하고 우회도로 개념을 도입, 검토

□ 효과평가



<그림 5-15> 본선교통류의 우회도로 유도

<그림 5-15>와 같이 인접 대안도로를 본선과 연계시켜 본선교통류의 약 14%를 우회시키면 정체구간에서의 정체규모 및 파급속도는 50%(대기행렬 전파속도가 6km/h에서 3km/h로 줄게 됨) 감소하게 되어 정체구간 여행시간도 대당 9분의 절감효과가 있다.

□ 실시구간 선정

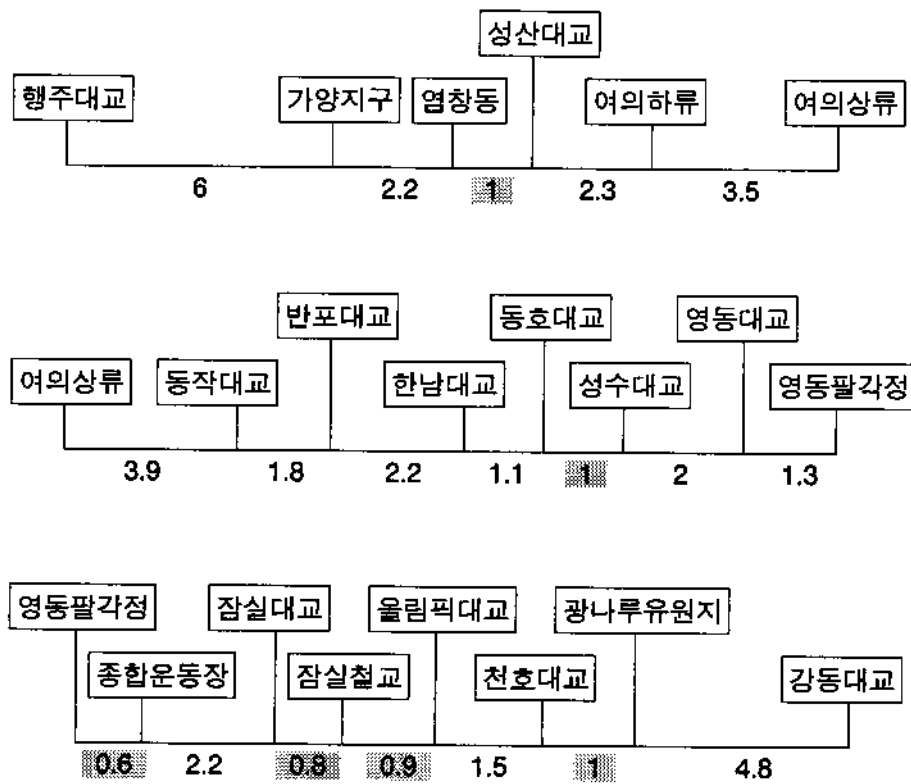
- 상습정체구간
- 고수부지, 인접도로와의 연계가 가능한 곳
- 인접 이면도로의 교통여건이 양호한 곳

5.2 施設の 交通流 管理方案

5.2.1 都市高速道路의 道路施設 設計의 問題點

도시고속도로의 경우 정체구간은 일반적으로 합류, 분류구간 및 엇갈림 구간에서 발생하는 것으로 알려져 있어 이들 구간에서의 불합리한 도로설계 및 시설운영이 도시고속도로의 원활한 소통에 치명적 원인을 제공한다 하겠다.

본 연구의 대상인 88올림픽 도시고속도로 구간의 경우 먼저 유·출입 램프의 간격이 짧고 많아 교통류의 안정된 정속주행을 방해함은 물론 잦은 차선변경의 원인을 제공하는 것으로 분석되었다. 특히 공항 ↔ 잠실구간의 경우 유·출입 램프의 간격이 1km에도 못 미치는 구간이 6개 구간이 되는 것으로 나타났다.



인터체인지간 간격이 1km 이하인 구간 (단위:km)

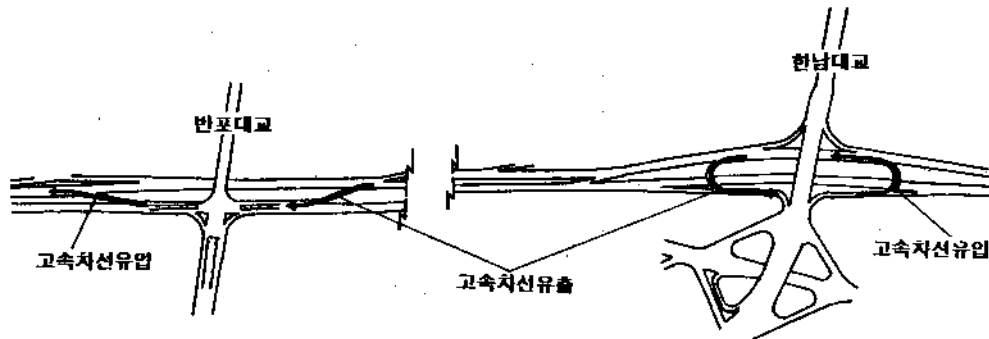
<그림 5-16> 88 도시고속도로의 인터체인지 설치간격

또 유·출입 순서가 우측차선(저속차선)-유입, 우측차선(저속차선)-유출 원칙에 위배된 좌측차선(고속차선)-유입 및 좌측차선(고속차선)-유출방식으로 설계된 구간도 있으며, 이들 구간은 대부분이 병목구간 및 사고다발구간이 되어 정체의 원인을 제공하고 있는 것으로 분석되었다.

다음 <그림 5-17>은 88올림픽 도시고속도로에서의 진·출입 위치의 부적절(좌유입, 좌유출)한 경우를 나타낸 것이다.

이들 구간 중 성수대교와 한남대교는 램프 진·출입 순서에 있어서도 선유입, 후유출 방식으로 설계됨으로써 엇갈림 구간을 발생시켜 88올림픽 도시고속도로 구간 중에서도 가장 심각한 정체구간으로 분류되고 있다.

또 하나의 도시고속도로의 설계 실책은 차선수의 균형문제이다. 올림픽도로 구간에서 분류 전, 합류 후 차선수가 차선의 균형원칙에 벗어난 구간이 있는데 동작대교 → 반포대교구간이 그 예이다.



<그림 5-17> 진·출입 위치의 부적절(좌유입, 좌유출)

5.2.2 導流化에 의한 交通流 管理

도시고속도로의 본선 합·분류부는 교통량이 집중하기 때문에 차량 주행이 원활하지 않고 사고의 위험성도 있다. 때문에 도시고속도로의 합류부에서는 도로표지 및 노면표지를 이용하여 교통류 도류화를 하며, 안전하고 원활한 교통류를 실현시키려는 노력을 하고 있다.

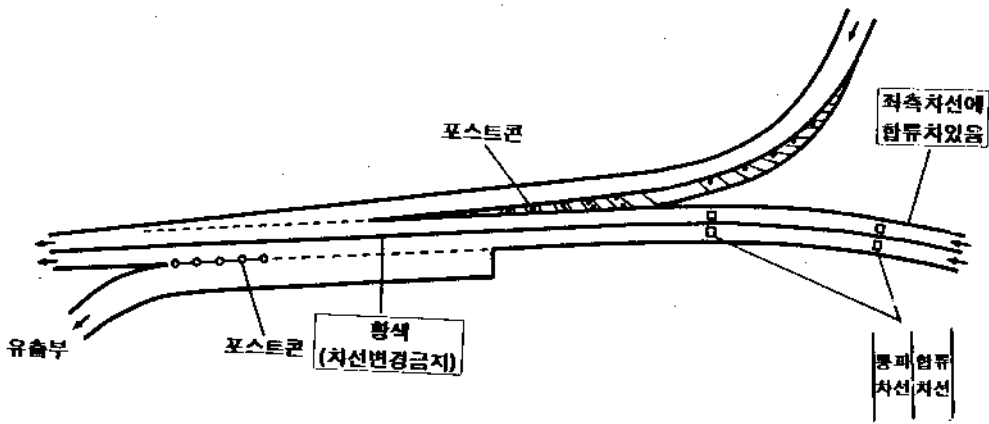
현재 도류화 시설로는 노면표지와 표지병 램프 정도가 사용되고 있으나 그 종류는 다양하며 시설별 장단점을 요약하면 <표 5-8>과 같다.

<표 5-8> 도류화 시설의 장·단점 비교

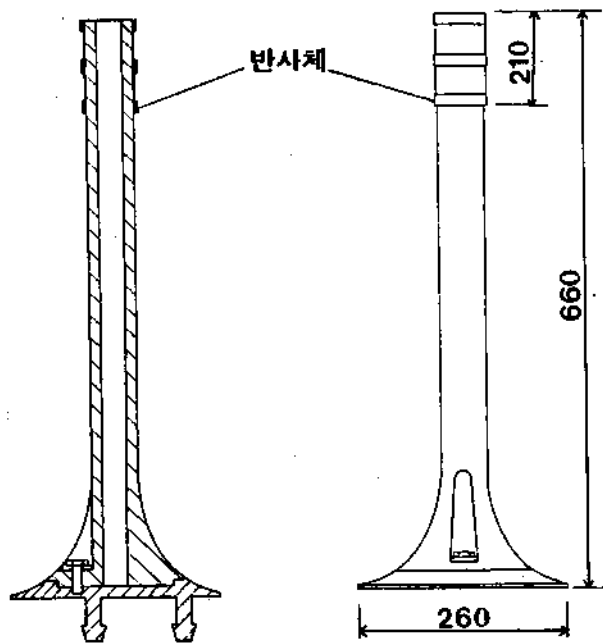
도류화시설종류	장 점	단 점
노면표시	시공이 쉽다.	물리적으로 장애가 되지 않기 때문에 지키지 않는다.
노면표시 + 표지병	시공이 쉽다. 야간시인성이 좋다.	물리적으로 장애가 되지 않기 때문에 지키지 않는다.
라버콘	설치가 쉽다.	쓰러지거나 위치가 움직인다.
포스트콘	노면에 고정되어 이동이 안된다.	차에 부딪히면 부서지고 보수가 어렵다.
연석	잘 지켜지고 유지관리가 쉽다.	사고의 위험성이 높다.

도시고속도로 도류화시설과 지역간 고속도로 합·분류부의 도류화 시설의 설계 기준 및 방법은 유사하나 실질적으로 지역간 고속도로와는 달리 도시고속도로는 특정구간에서 상습적인 정체 현상을 보이고 있음으로 노면표시 등으로는 교통류를 관리하는데 한계가 있다. 따라서 외국에서도 도시고속도로의 경우에는 평면적인 교통류관리 보다는 공간적 입체적인 교통류 관리방법을 일찍부터 도입하여 시설별 효과를 실험을 통하여 평가하고 있다.

이러한 경향에 비추어 서울시 도시고속도로에서도 노면표지나 표지병이외의 교통류 관리기법이 적극 도입되어야 할 것이다.



<그림 5-18> 합류부 주변의 도류화시설 설치예(일본)



<그림 5-19> 공간적 도류화 시설의 예(포스트콘)

5.2.3 案内·警戒標識 등 附帶施設에 의한 交通流 管理

원활한 교통류 관리를 위해서는 도로의 기하구조도 중요하지만 선형만으로 그 목적을 달성할 수는 없고 안내, 경계, 유도표시 등 도로 부대시설의 보완이 필수적이다.

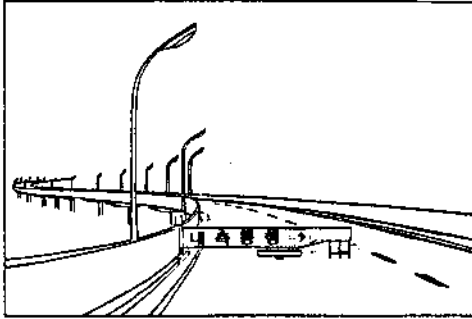
표지를 통한 운전자의 정보는 중요한 것임에 틀림없지만 설치 위치, 색상, 야간시인성, 간격(빈도) 등을 충분히 고려하여 설치되지 않으면 오히려 혼란을 가져올 수 있다. 표지이외에 시선을 유도하는 점멸식 시설은 앞으로 적극 도입되어야 하며, 아직 도시고속도로의 부대시설 설치 기준 조차 없는 실정이므로 하루 빨리 설치기준 및 표지설계안이 확립되어야 할 것이다.

5.2.4 可變式 導流化施設에 의한 交通流 管理

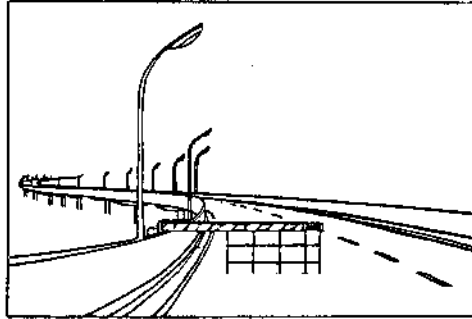
차선 폭원의 일부를 기계적 장치를 써서 이용차선수를 가변적으로 제어함으로써 본선 교통류의 접근 속도 및 주행위치, 방향, 유입교통량 등을 조절할 수 있다. 이 방법은 기존에 경찰이 본선 혹은 유입램프에서 경찰차량을 이용하여 하던 방식을 어떤 기계적 장치를 도입하여 원격집중관리 방식으로 조작 운영하는 것이다.

포스트콘 등 고정식 도류화시설보다 적극적이며 융통성이 있는 방법이나, 설치 위치 및 조작시기 등이 부적절하면 오히려 용량 저해로 인한 교통정체를 유발시킬 수 있다. 하지만 구간 전체의 광역 교통류관리를 일체적으로 행할 수 있어 적정 교통류를 확보하는 방법으로 충분한 가능성이 있다.

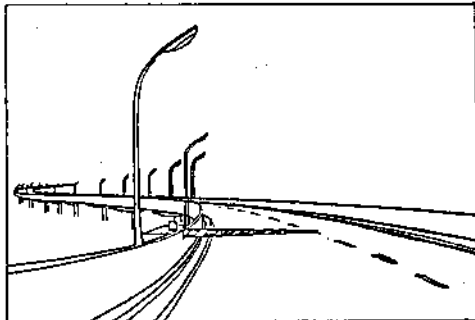
A형



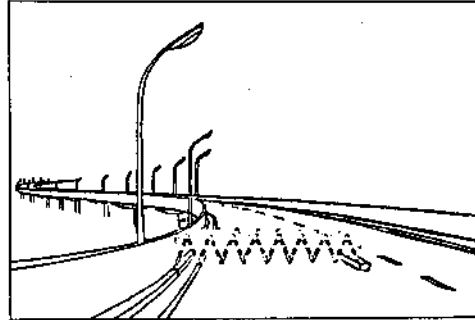
B형



C형



D형



<그림 5-20> 가변식 도류화 시설의 예

VI. 事例研究(올림픽 都市高速道路)

6.1 시뮬레이션 모델(SIM-88)에

의한 綜合評價

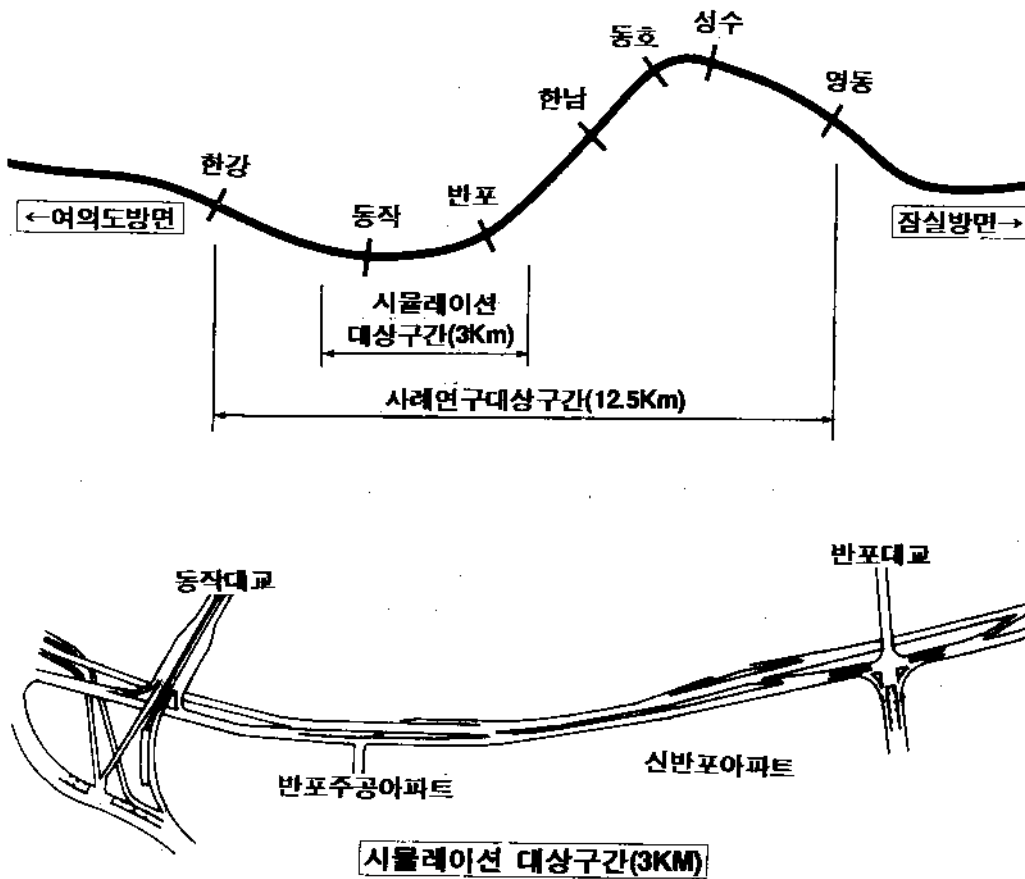
6.2 올림픽 都市高速道路 適用方案

VI. 事例研究(올림픽都市高速道路)

6.1 시뮬레이션 모델(SIM-88)에 의한 綜合評價

6.1.1 綜合評價 對象區間

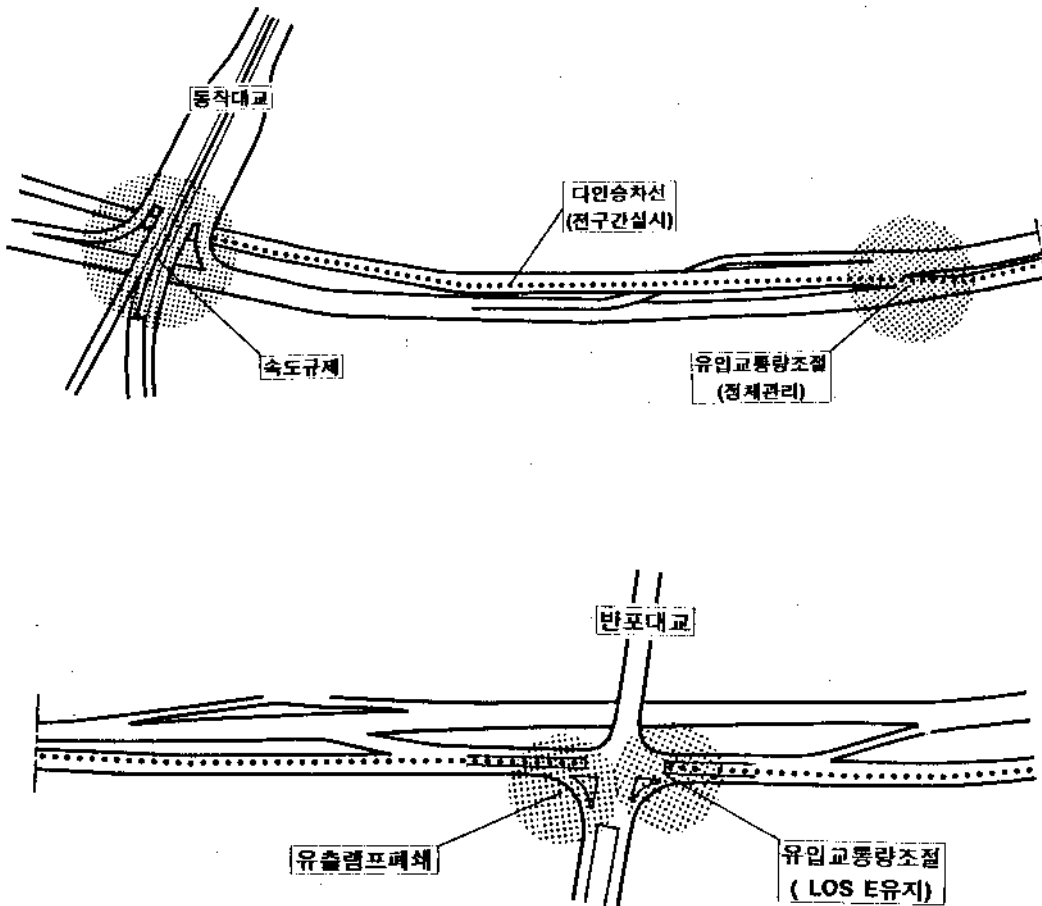
88올림픽 도시고속도로 공항→잠실 방향의 여의도→영동대교 구간을 사례연구 구간으로 선정하여 5장에서 개발 평가된 교통류 관리방안의 구체적 적용위치와 방법을 제시한다. 시뮬레이션에 의한 평가구간은 4장 시뮬레이션 검증에서의 정 체메카니즘 분석구간과 동일하다.



<그림 6-1> 사례 연구 대상 구간

6.1.2 交通運營에 의한 交通流 管理方案의 評價

5장에서 개발된 교통운영방식에 의한 교통류 관리방안을 사례연구 대상지역에서의 적용위치 및 구간을 나타내면 <그림 6-2>와 같다.



<그림 6-2> 교통류 관리방안의 적용위치 및 구간

5가지 교통류 관리방안을 각 방안별로 실시하였을 때의 효과는 초기조건이 사례연구에서도 동일한 조건을 적용하였기 때문에 5장에서 분석한 효과평가와 동일하다(일부 구간을 적용할 경우). 따라서 사례연구에서는 교통류 관리의 종합적 효과를 평가하기 위하여 교통류 관리방안을 조합시켜 적용하였을 때의 효과를 중심으로 다음의 Case에 대하여 결과만을 분석하고자 한다.

- Case I 유입교통량조절
- Case II Case I + 램프폐쇄
- Case III Case II + 대기행렬 조절
- Case IV Case III + 속도조절
- Case V Case IV + HOV 전략

<표 6-1>~<표 6-5>, <그림 6-3>~<그림 6-7>은 각 Case별 교통류 관리방안 유무에 따른 효과를 제시한 것이다.

<표 6-1> Case I : 유입교통량 조절

항목	구분	방안적용전	방안적용후	증 감 치	
				절대값	%
밀도		0.3441	0.2902	-0.0535	-15.55
속도		14.0	21.2	7.2	51.43
교통량		4672	5467	795	17.02

<표 6-2> Case II : Case I + 램프폐쇄

항목	구분	방안적용전	방안적용후	증 감 치	
				절대값	%
밀도		0.3441	0.2682	-0.0758	-22.03
속도		14.0	25.5	11.5	82.14
교통량		4672	5729	1,057	22.62

<표 6-3> Case III : Case II + 대기행렬 조절

항목 \ 구분	방안적용전	방안적용후	증 감 치	
			절대값	%
밀 도	0.3441	0.2521	-0.092	-26.74
속 도	14.0	27.4	13.4	95.71
교 통 량	4672	6044	1,372	29.37

<표 6-4> Case IV : Case III + 속도조절

항목 \ 구분	방안적용전	방안적용후	증 감 치	
			절대값	%
밀 도	0.3441	0.2408	-0.1033	-30.02
속 도	14.0	30.3	16.3	116.43
교 통 량	4672	6104	1,432	30.65

<표 6-5> Case V : Case IV + HOV 전략

(가정 : BUS Lane은 영향을 받지 않음)

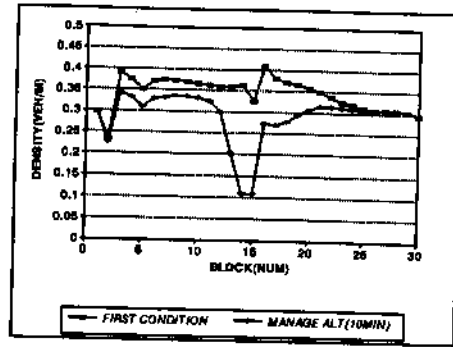
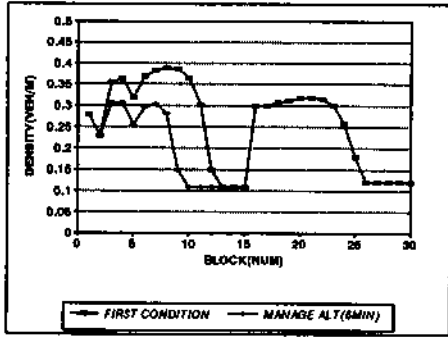
항목 \ 구분	버스전용	승용차(초기)	승용차(관리후)
밀 도	0.03217	0.2381	0.2044
속 도	47.8	16.8	22.0
교 통 량	845	3840	4420
수송인원	4225	7680	8840

※ 수송인원 { 다인승 - 평균 5인 ※ HOV 전략에 다른 관리방안 혼합시 승
 승용차 - 평균 2인 용차 통행 580대/시, 수송인원 1160인/
 시를 증가시킨다.

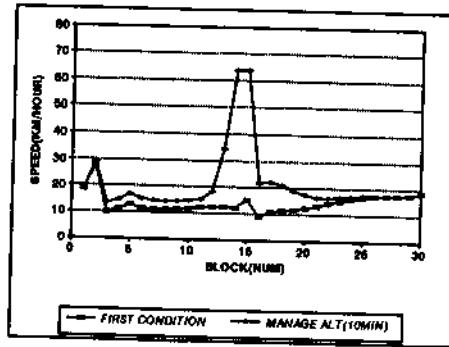
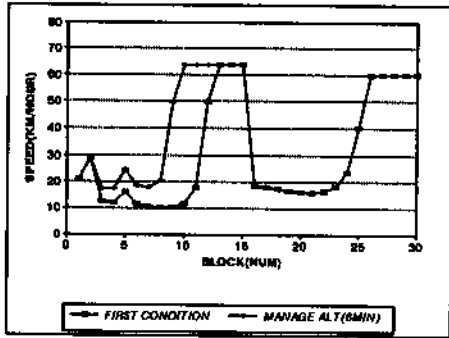
6분

10분

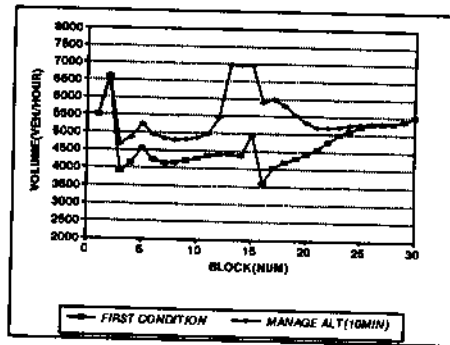
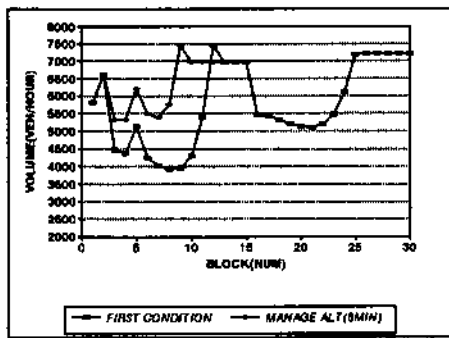
밀도



속도



교통량

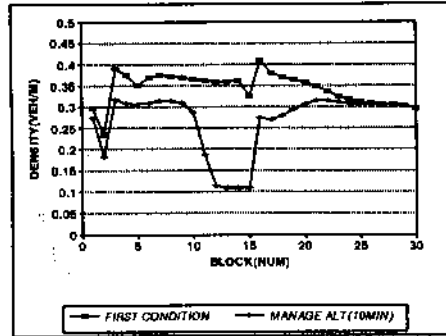
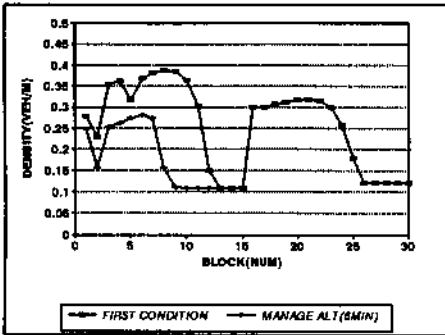


<그림 6-3> Case 1 : 유입교통량 조절

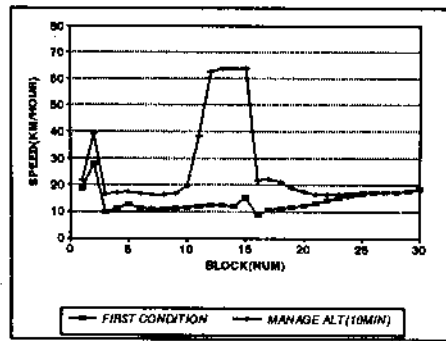
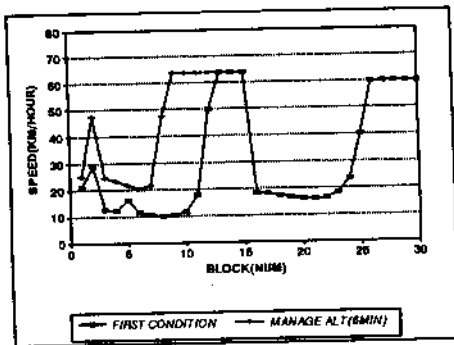
6분

10분

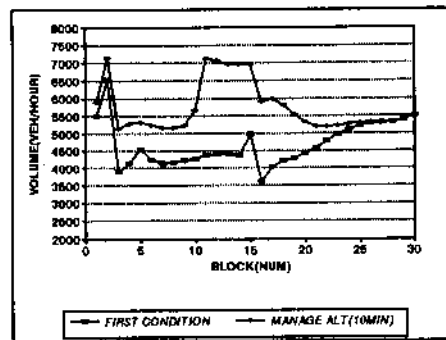
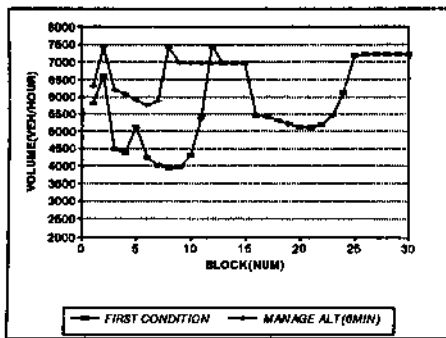
밀도



속도



교통량

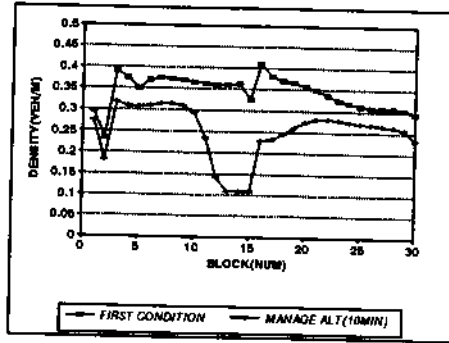
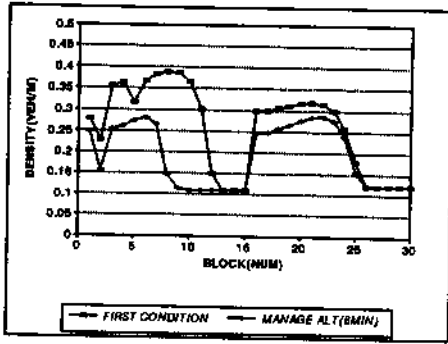


<그림 6-4> Case II : Case I + 램프폐쇄

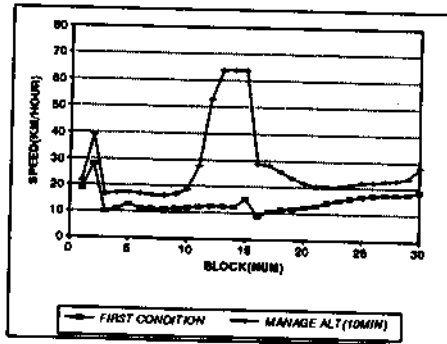
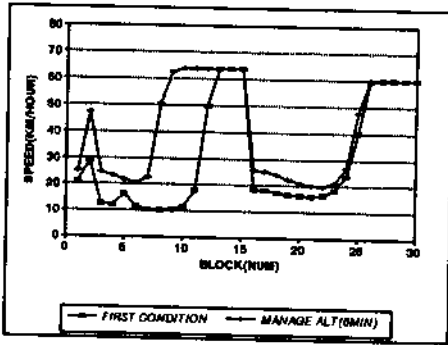
6분

10분

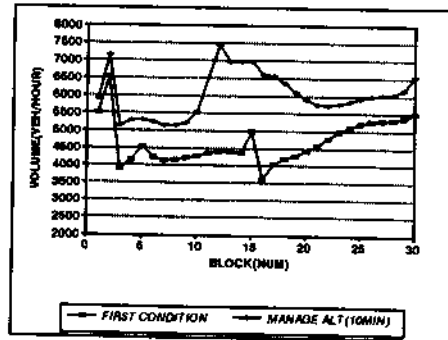
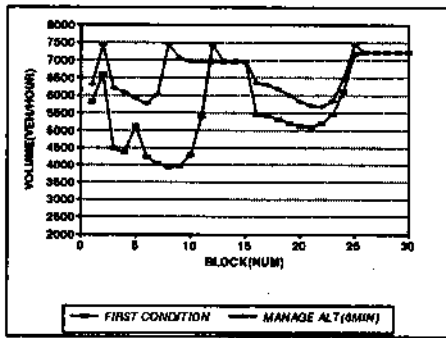
밀도



속도



교통량

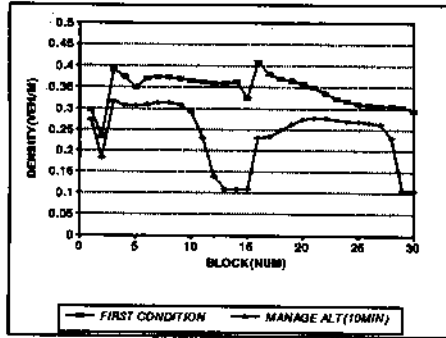
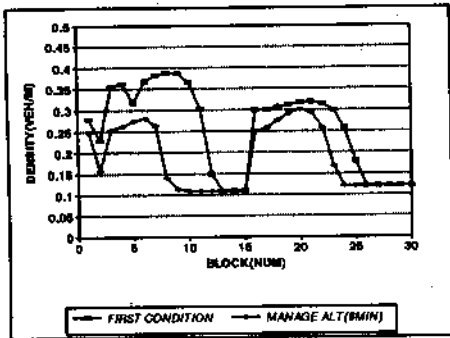


<그림 6-5> Case III : Case II + 대기행렬 조절

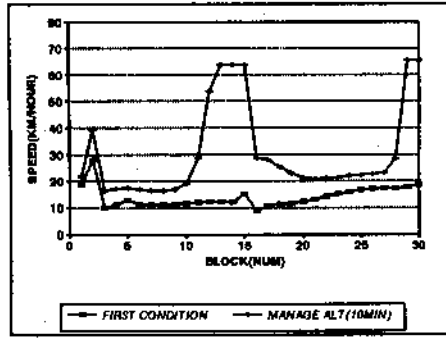
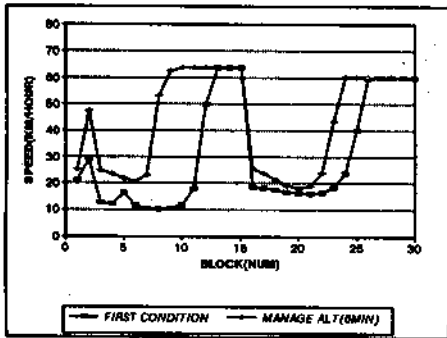
6분

10분

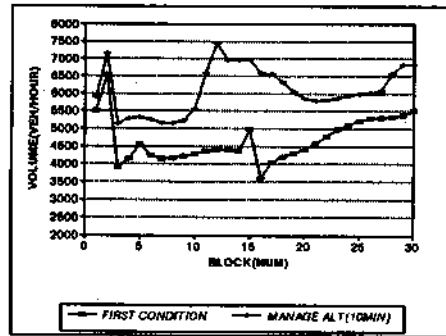
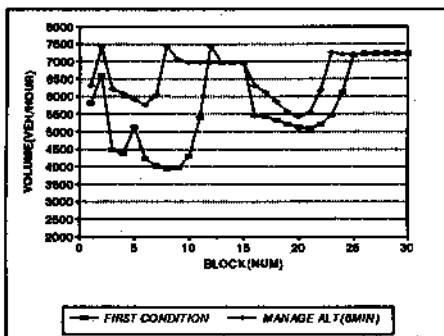
밀도



속도



교통량

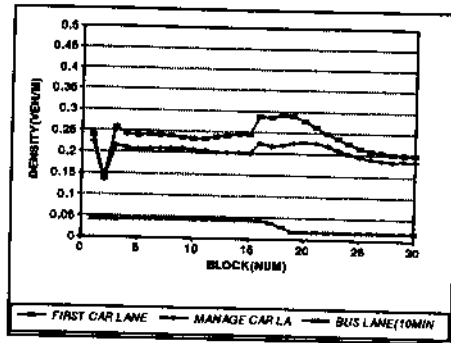
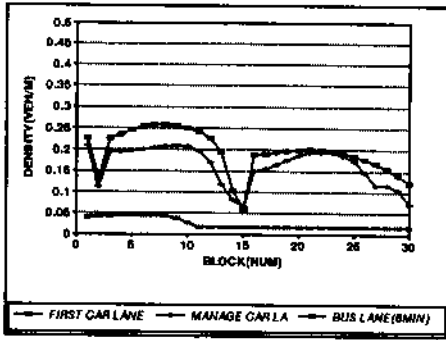


<그림 6-6> Case IV : Case III + 속도조절

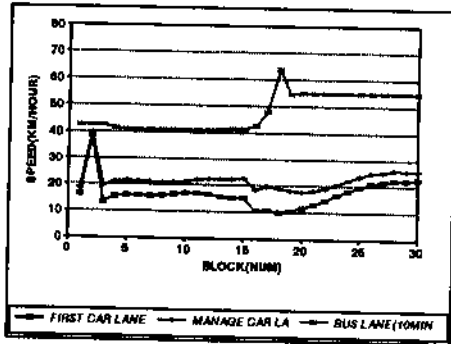
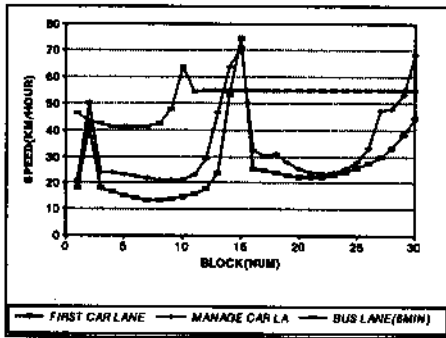
6분

10분

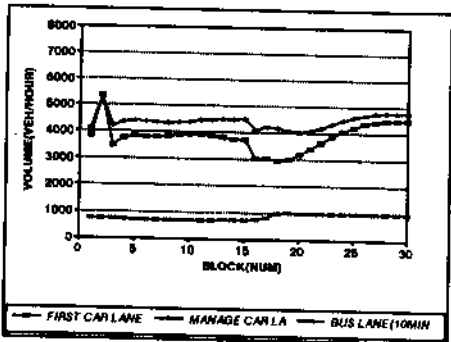
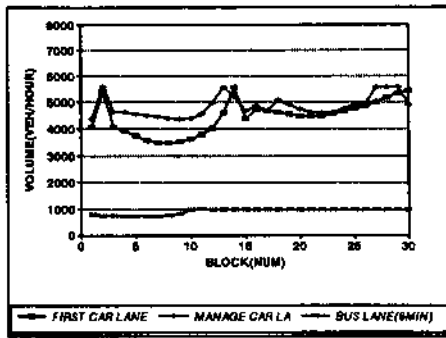
밀도



속도



교통량



<그림 6-7> Case V : Case IV + HOV 전략

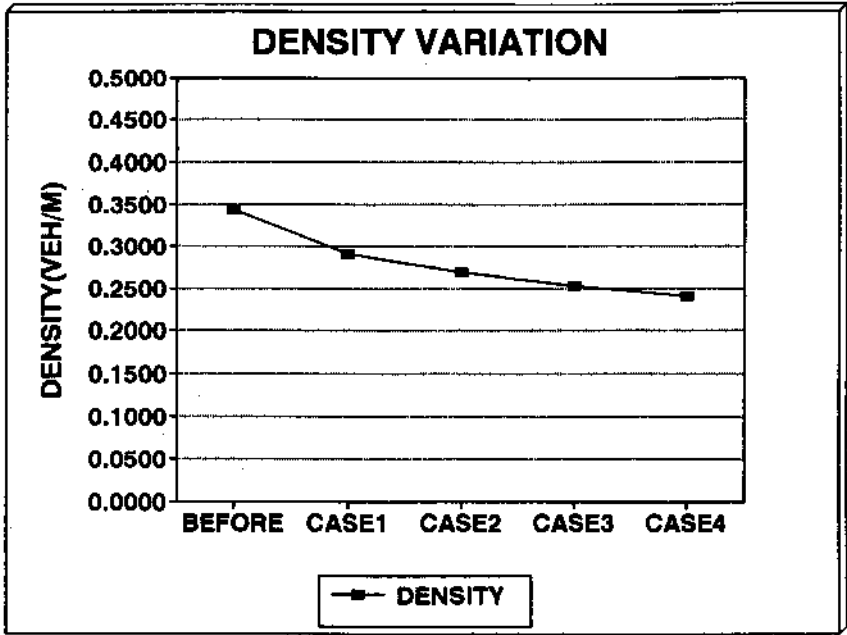
단계별 Case의 개선효과를 검증하면 다음의 <표 6-6>과 같다.

<표 6-6> 각 Case별 개선효과

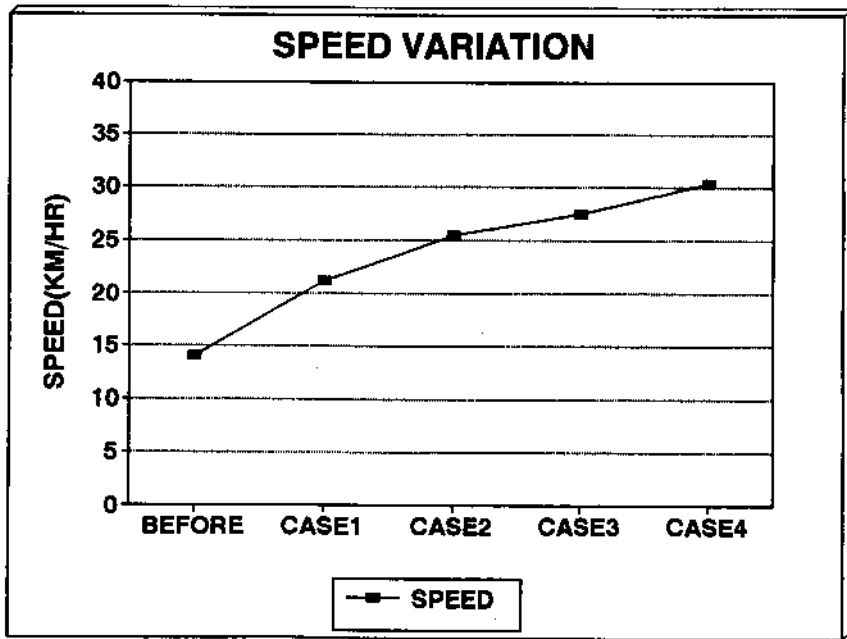
구분 Case	교통류 관리방안 적용전			교통류 관리방안 적용후								
	밀도	속도	교통량	밀도	증감치		속도	증감치		교통량	증감치	
					절대량	%		절대량	%		절대량	%
I				0.2902	-0.0535	-15.55	21.2	7.2	51.43	5467	795	17.02
II				0.2682	-0.0758	-22.03	25.5	11.5	82.14	5729	1,057	22.62
III	0.3441	14.0	4672	0.2521	-0.092	-26.74	27.4	13.4	95.71	6044	1,372	29.37
IV				0.2408	-0.1033	-30.02	30.3	16.3	116.43	6104	1,432	30.65
V				-	-	-	-	-	-	-	-	-

구분 Case	밀도		속도		교통량	
	절대량	증감치(%)	절대량	증감치(%)	절대량	증감치(%)
Case II - Case I	-0.0220	-6.48	4.3	30.71	262	5.6
Case III - Case II	-0.0161	-4.71	1.9	13.57	315	6.75
Case IV - Case III	-0.0113	-3.28	2.9	20.72	60	1.28

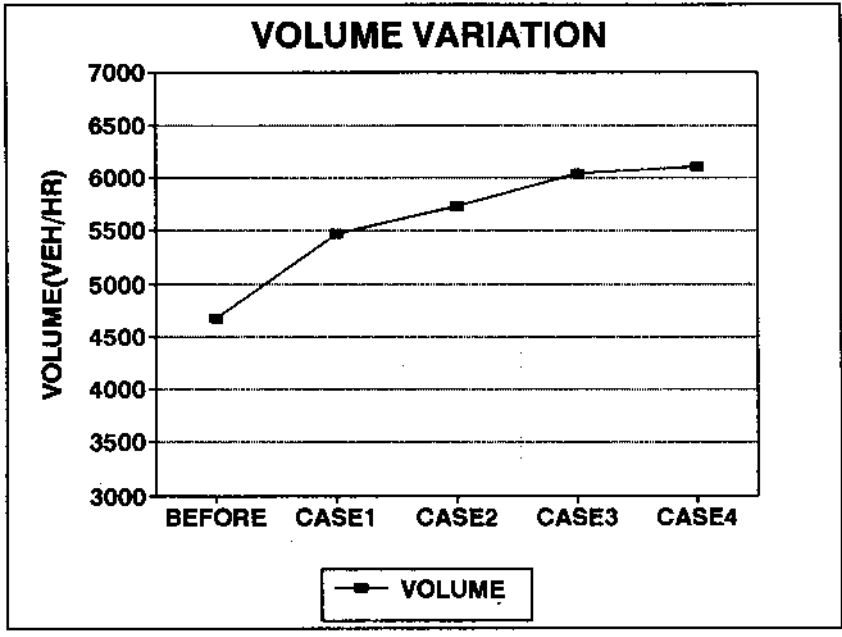
<그림 6-8>~<그림 6-10>은 Case별 밀도, 속도, 교통량의 누적결과를 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 사례지역에서 Case I, Case II, Case III, Case IV, Case V 방안순으로 교통류 관리의 효과가 있는 것으로 나타났다.



<그림 6-8> Case별 교통류 관리방안 적용후의 밀도변화



<그림 6-9> Case별 교통류 관리방안 적용후의 속도의 변화



<그림 6-10> Case별 교통류 관리방안 적용후의 교통량의 변화

6.2 올림픽 都市高速道路 適用方案

6.2.1 交通流 管理區間 및 地點의 選定

올림픽대로의 유·출입 램프와 주변 현황을 살펴보면 다음의 표와 같다.

<표6-7> 올림픽대로 유·출입 램프 현황(공항→잠실방면)

번호	유·출입 램프			유입형태		신호동과의 거리(km)	유출램프간 거리(km)	대안도로 존 재			
				신호등 (주기적)	Free (비주기적)						
1				○	·	0.35	·				
2		가안양	양천	·	○	·	·	양노	천들	길길	
3		여의하	류	·	○	·	·	노들	들	길길	
4		여의하	류	·	○	·	·	노들	들	로	
5		여의하	류	○	·	1.2	·	현신	반포	로로	
6	유 입 램 프	반포대교	교	○	·	0.1	·	신잠	원	로로	
7		한남대교	교	·	○	·	·	압구	정	로로	
8		동호대교	교	·	○	·	·	압구	정	로로	
9		성수대교	교	○	·	0.4	·	압구	정	로로	
10		영등대교	교	·	○	·	·	봉은	사	로로	
11		탄천(좌)		·	○	·	·	백제	고분	로로	
12		탄천(우)		·	○	·	·	백제	고분	로로	
13		잠실주차장		·	○	·	·	올림	픽	로	
14		잠실대교		·	○	·	·	올림	픽	대교(우)	
15		올림픽대교(우)		·	○	·	·	올림	픽	대교(우)	
16		올림픽대교(좌)		·	○	·	·	올림	픽	대교(우)	
17		천호대교		·	○	·	·	천호	대교	(우)	
18		유 출 입 램 프	가안양	양천	·	·	0.43	2.15	안양	천	길
19			성산		·	·	1.2	1.5	노들	류	1
20			여의하	류	·	·	·	2.0	여의	하	류
21			여의하	류	·	·	0.3	0.1	노들	류	1
22			여의하	류	·	·	·	3.8	여의	하	류
23	여의하		류	·	·	0.95	0.1	노들	류	1	
24	여의하		류	·	·	·	3.8	노들	류	1	
25	동작			·	·	0.45	2.0	현충		로	
26	반포대교		교	·	·	0.6	1.9	신반	포	로	
27	한남대교		교	·	·	0.55	1.5	동호	대	교	
28	동호대교		교	·	·	0.55	0.98	성수	대	교	
29	성수대교		교	·	·	0.45	2.0	성수	대	교	
30	영등대교		교	·	·	0.25	1.2	영등	대	교	
31	성수대교		교	·	·	·	0.18	성수	대	교	
32	탄천(좌)			·	·	·	·	강남	병원	일방	
33	탄천(우1)			·	·	0.35	0.4	탄천	(우2)		
34	탄천(우2)			·	·	0.9	0.7	탄천	(우2)		
35	잠실주차장			·	·	0.25	1.2	잠실	주차	장	
36	잠실대교			·	·	0.9	1.95	잠실	대	교	
37	올림픽대교(우)			·	·	1.1	0.65	올림	픽	대교	
38	올림픽대교(좌)			·	·	·	0.7	천호	대	교	
39	천호대교			·	·	1.0	1.8	천호	대	교	
39	암사		·	·	0.4	·	암사		교		

<표6-8> 올림픽대로 유·출입 램프 현황(잠실→공항방면)

번호	유·출입 램프		유입형태		신호등과의 거리(km)	유출램프간 거리(km)	대안도로 존 재
			신호등 (주기적)	Free (비주기적)			
1	유 입 램 프	천 호 대 교	.	○	.	.	올 림 픽 대 교
2		올림픽대교 (좌)	.	○	.	.	천 호 대 교
3		올림픽대교 (우)	.	○	.	.	잠 실 대 교
4		잠실철교 (좌)	.	○	.	.	잠 실 대 교
5		잠 실 대 교	.	○	.	.	영 동 대 교
6		잠 실 주 차 장	○	.	0.4	.	탄 천 (우1)
7		탄 천 (우1)	.	○	.	.	강남병원일방로
8		탄 천 (좌)	.	○	.	.	강남병원일방로
9		탄 천 (우2)	.	○	.	.	탄 천 (우1)
10		영 동 대 교	.	○	.	.	잠 실 대 교
11		동 호 대 교	.	○	.	.	한 남 대 교
12		한 남 대 교	.	○	.	.	동 호 대 교
13		동 작	.	○	.	.	현 충 로
14		여의상류 (우1)	.	○	.	.	여의상류 (좌)
15		여의상류 (좌)	.	○	.	.	여의상류 (우1)
16		여의상류 (우2)	.	○	.	.	여의상류 (좌)
17		여 의 하 류 1	.	○	.	.	노 들 길
18		여 의 하 류 2	.	○	.	.	노 들 길
19		안 양 천 1	.	○	.	.	상 산 로
20		안 양 천 2	.	○	.	.	노 들 길
21	유 출 램 프	천 호 대 교	.	.	.	1.85	올 림 픽 대 교
22		올림픽대교 (우)	.	.	.	0.25	잠 실 대 교
23		올림픽대교 (좌)	.	.	.	1.15	잠 실 대 교
24		잠 실 대 교	.	.	.	2.65	영 동 대 교
25		잠 실 주 차 장	.	.	0.5	0.7	탄 천 (우)
26		탄 천 (우)	.	.	1.2	1.2	잠 실 주 차 장
27		탄 천 (좌)	.	.	.	0.75	탄 천 (우)
28		영 동 대 교	.	.	.	2.95	동 호 대 교
29		동 호 대 교	.	.	.	1.1	한 남 대 교
30		한 남 대 교	.	.	.	3.3	동 호 대 교
31		동 작	.	.	.	4.25	한 남 대 교
32		여 의 상 류 1	.	.	0.2	0.23	여 의 하 류 1
33		여 의 상 류 2	.	.	.	3.65	여 의 상 류 1
34		여 의 하 류 1	.	.	.	0.2	여 의 상 류 1
35		여 의 하 류 2	.	.	0.3	3.4	여 의 하 류 1
36		안 양 천	.	.	.	2.3	가 양 천
37		가 양 천	.	.	0.7	.	안 양 천

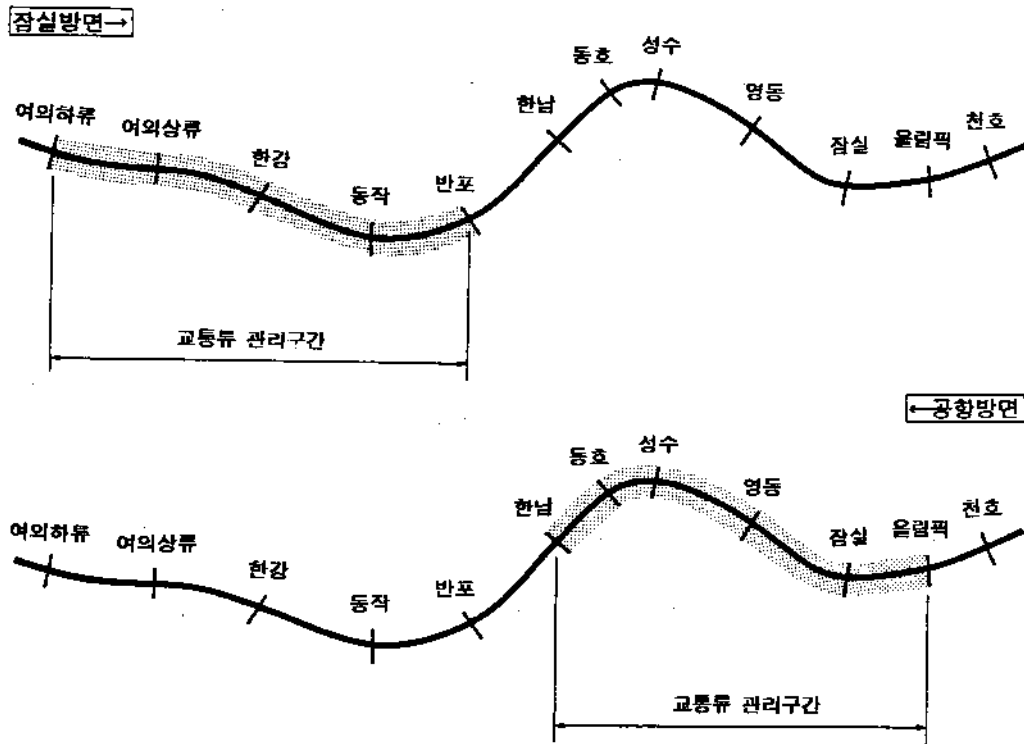
※ 유입램프 구간에서 신호등과의 거리는 유입전 교차로 신호등까지의 거리이며, 유출램프 구간에서 신호등과의 거리는 유출후 교차로 신호등까지의 거리임

교통류 관리구간의 선정을 위하여 올림픽대로 전구간에 걸쳐 정체 패턴과 정체구간을 아침 Peak시와 저녁 Peak시로 나누어 관찰하였다.

공항→잠실방면의 상시정체구간은 반포대교 남단 유입부를 병목구간(Bottleneck)으로 하여 여의하류에서 한남대교 남단까지이며, 반포대교 남단을 벗어나면서 정체가 조금씩 회복되어 가는 것을 알 수 있다. 또한 잠실→공항방면은 한남대교가 가장 큰 병목구간(Bottleneck)으로 작용되고 있으며, 각 구간의 정체의 원인과 더불어 정체가 하루로 점점 전파되어 가고 잠실대교를 넘어 올림픽대교 구간까지 정체가 뻗쳐 있음을 알 수 있다.

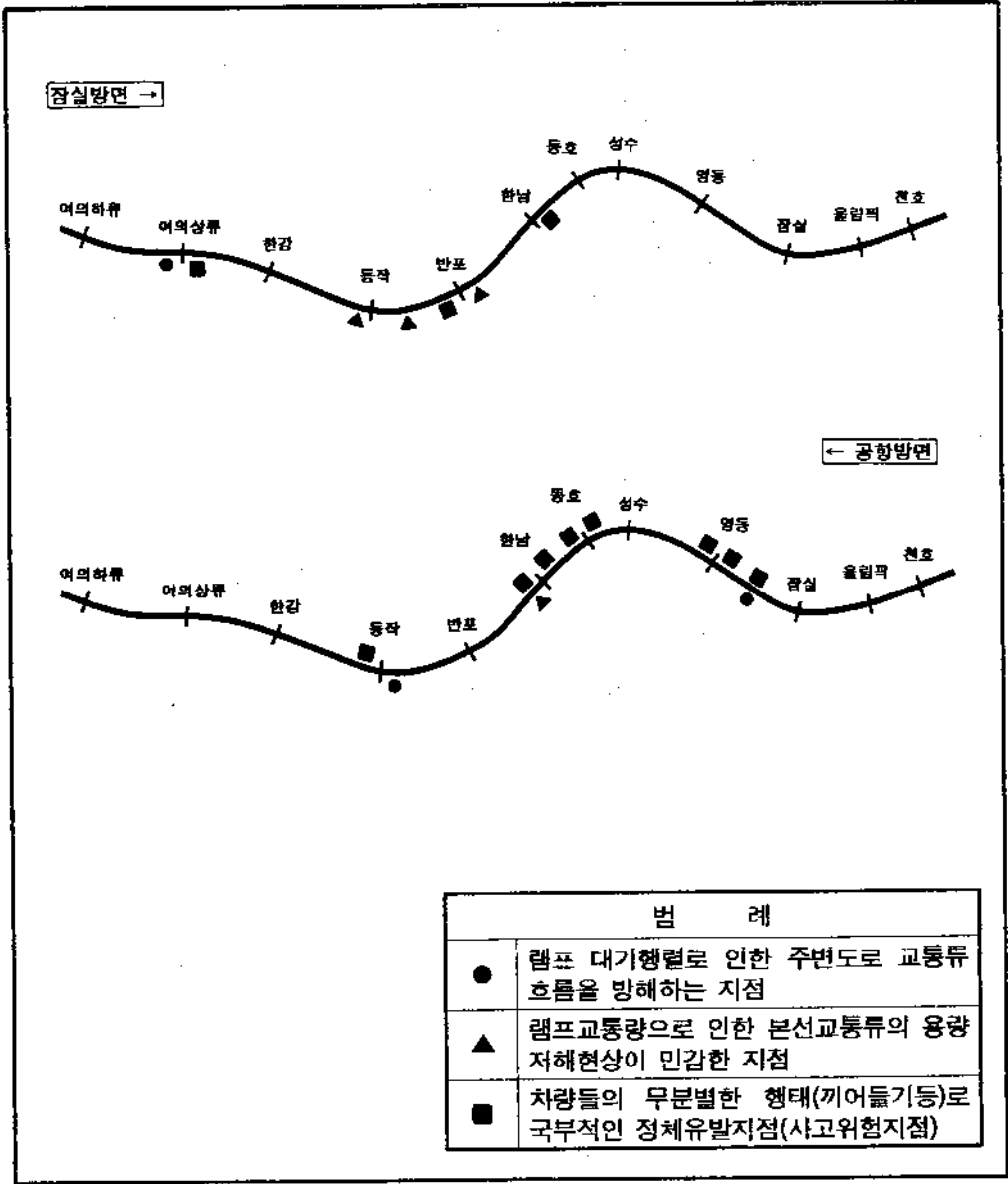
따라서 올림픽대로 교통류 관리구간은 양방향 전구간중에서 상시정체구간을 중심으로 선정하였다. 즉, 공항→잠실방면은 여의하류 I.C에서 반포대교 남단 구간까지로 선정하였으며, 잠실→공항방면은 한남대교에서 올림픽대교 구간까지로 선정하였다.

다음의 그림은 올림픽대로의 정체의 패턴과 교통류 관리구간을 나타낸 것이다.



<그림 6-11> 올림픽대로 교통류 관리구간

교통류 관리를 위한 지점선정은 전문가의 자문과 현장조사를 거쳐 선정하였으며, 구체적인 지점과 선정기준은 다음의 그림과 같다.



<그림 6-12> 교통류 관리방안 실시지점과 선정기준

6.2.2 選定地點別 交通流 管理方案

올림픽대로 교통류 관리를 위한 방안으로 시뮬레이션 작업과 연구기간중 파악된 교통류 특성에 입각하여 다인승 전용차선, 유·출입 교통량 조절방안, 유·출입 램프 개폐 및 안내시스템, 본선 및 유입교통류 신호처리방안, 도류화 시설방안, 대안도로 정보시스템, 올림픽대로 정보시스템 등으로 선정하였으며, 교통류 관리방안 적용은 다인승 전용차선을 제외하고 주요정체 인터체인지를 중심으로 교통류 관리방안을 종합하여 적용방안을 제시하였다. 선정지점별 양방향 교통류 관리방안을 요약하면 다음의 표와 같다.

<표 6-9> 선정지점별 교통류 관리방안

방안 지점	방향	다인승 전용차선	유·출입 교통량 조절방안	유·출입 램프 개폐시스템	본선&유입 교통류 신호처리방안	도류화 시설방안	대안도로 정보시스템	올림픽대로 정보시스템
여의상류 I.C	잠실	○		○		○	○	○
	공향							
동작대교	잠실	○	○					
	공향			○		○		
현충로 합류부	잠실	○	○		○		○	
	공향							
반포대교	잠실	○	○	○		○		
	공향							
한남대교	잠실	○						
	공향			○		○		
동호대교	잠실	○						
	공향					○		
성수대교	잠실	○						
	공향							
영동대교	잠실							
	공향					○		
종합 운동장	잠실							
	공향		○			○	○	○

※ 다인승 전용차선 실시구간은 공향→잠실방면으로 여의도 서울교에서 성수대교 동단까지이다.

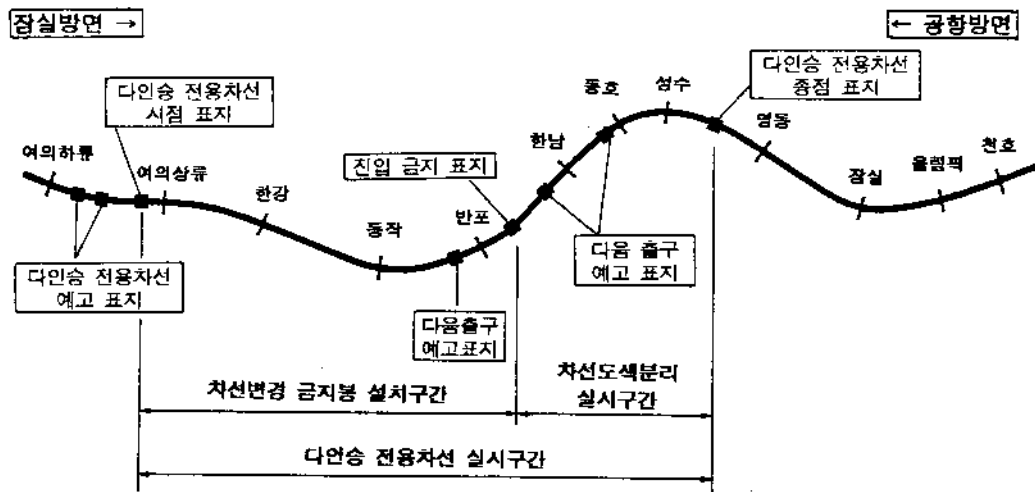
(1) 다인승(HOV) 전용차선

올림픽대로 다인승 전용차선 실시적합구간은 김포공항 → 잠실방면중 여의도 상류에서 성수대교 동단구간까지로 선정하였다. 동구간에는 상위차선에 전용차선을 설치할 경우 유·출입 교통류에 의한 장애가 없을 뿐더러 상습정체현상을 보이는 구간으로 실시시 효과가 기대되는 구간이다.

잠실 → 김포공항 방면은 주요정체구간인 잠실종합운동장→한남대교 남단구간에 램프의 진·출입 순서가 기하구조적으로 잘못된 지점(좌유입, 좌유출)이 많아 다인승 전용차선을 도입하기는 현실적으로 어렵다고 판단되었다.

□ 올림픽대로 다인승(HOV) 전용차선 도입방안

- 방 향 : 김포공항 → 잠실방면
- 실시구간 : 여의도 서울교 → 성수대교 동단
- 대상차선 : 상위 1, 2차선
- 실시거리 : 약 17.6 km
- 이용대상차량 : 승차인원 2인 이상 차량
- 이용시간대 : 오전 6시 ~ 오후 10시
- 차선분리방법 : 차선변경 금지봉(시점 → 반포대교 동단), 차선도색분리(반포대교 동단 → 종점)



<그림 6-13> 다인승(HOV) 전용차선 실시구간

(2) 유·출입 교통량 조절시스템(일반 교통신호제어기 이용방식)

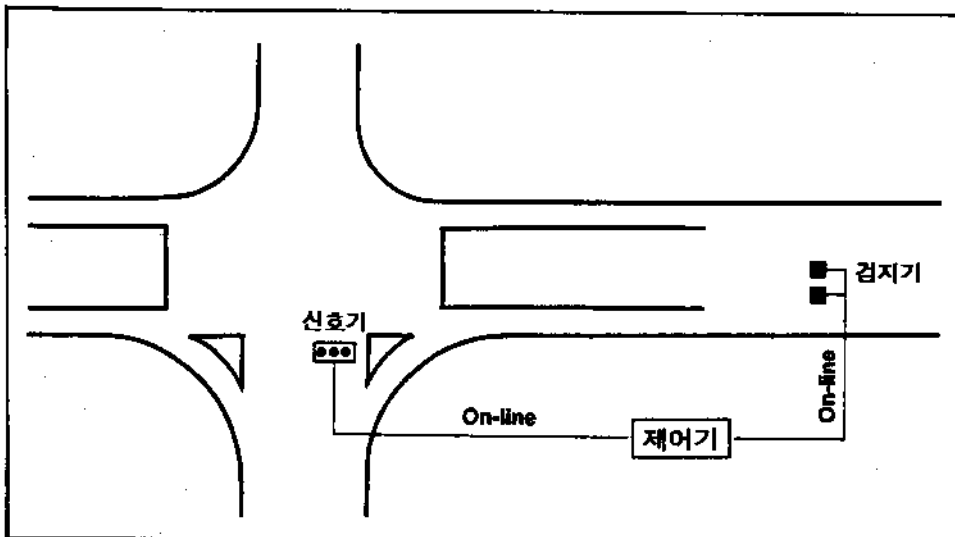
① 반포대교 올림픽대로 잠실방면 유입교통량 조절시스템

- 실시목적

반포대교에서 좌회전 신호에 의해 올림픽대로 잠실방면으로 유입하는 교통량을 조절하여 본선교통류의 용량저해현상(Breakdown)을 방지한다.

- 실시방법

본선 3, 4차선(1, 2차선은 다인승 전용차선으로 분리)의 통과교통량을 실시간으로 계측할 수 있는 교통량검지기를 설치하고 집계된 교통량을 반포대교위 신호제어기와 연계시켜 5장의 <표 5-1>에서 제시한 알고리즘에 의거하여 좌회전 신호시간을 조절한다.



<그림 6-14> 반포대교 유입교통량 조절시스템

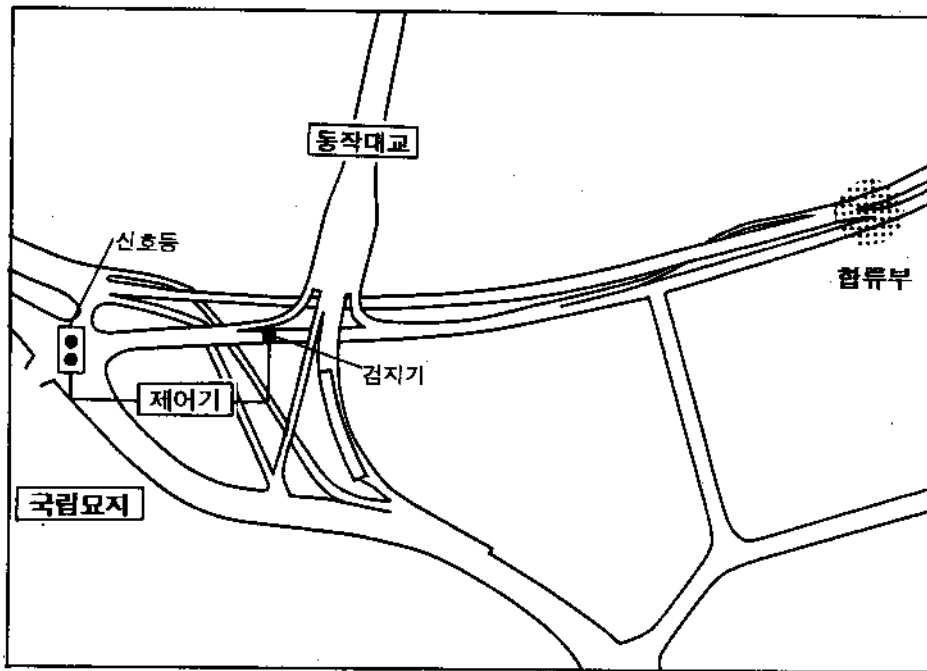
② 현충로 올림픽대로 잠실방면 유입교통량 조절시스템

- 실시목적

국립묘지앞 교차로에서 좌회전 신호에 의해 올림픽대로 잠실방면으로 유입하는 교통량을 조절함으로써 올림픽대로 본선교통류의 용량저해현상(Breakdown)을 방지하고 국립묘지앞 교차로의 Spillback을 방지한다.

- 실시방법

전방 올림픽대로 유입로 구간에 대기행렬 규모 및 속도를 판정하는 교통량 검지기를 설치하고 국립묘지앞 교차로의 신호제어기와 연계시켜 올림픽대로 유입로 정체규모에 따라 국립묘지앞 교차로의 좌회전 신호시간을 실시간(Real Time)으로 조절한다.



<그림 6-15> 현충로 유입교통량 조절시스템

③ 탄천 I.C 올림픽대로 공항방면 유입교통량 조절시스템

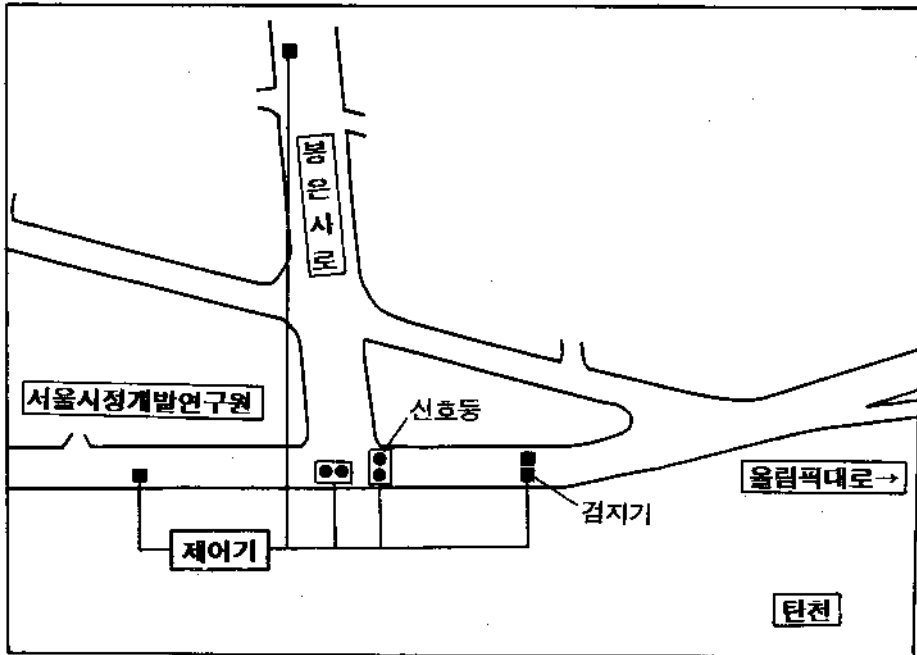
- 실시목적

올림픽대로 인접 교차로의 기하구조를 개선시키며, 봉은사로와 올림픽대로 공항방면 유입부 대기행렬에 따른 정체와 정체의 정도에 따라 교통량 유입제어를 실시하여 인접 교차로의 정체와 용량감소를 방지한다.

- 실시방법

봉은사로 유입부와 탄천부 유입부에 대기행렬 검지기를 설치하고 올림픽대로 공항방면 유입부에 정체유무판단 검지기를 설치한다.

- 올림픽대로 유입부 정체시 진입 양방향 적색신호(All Red)
- 전방 정체해소시 대기행렬 길이에 비례한 유입제어 실시



<그림 6-16> 탄천 I.C 올림픽대로 공항방면 유입교통량 조절시스템

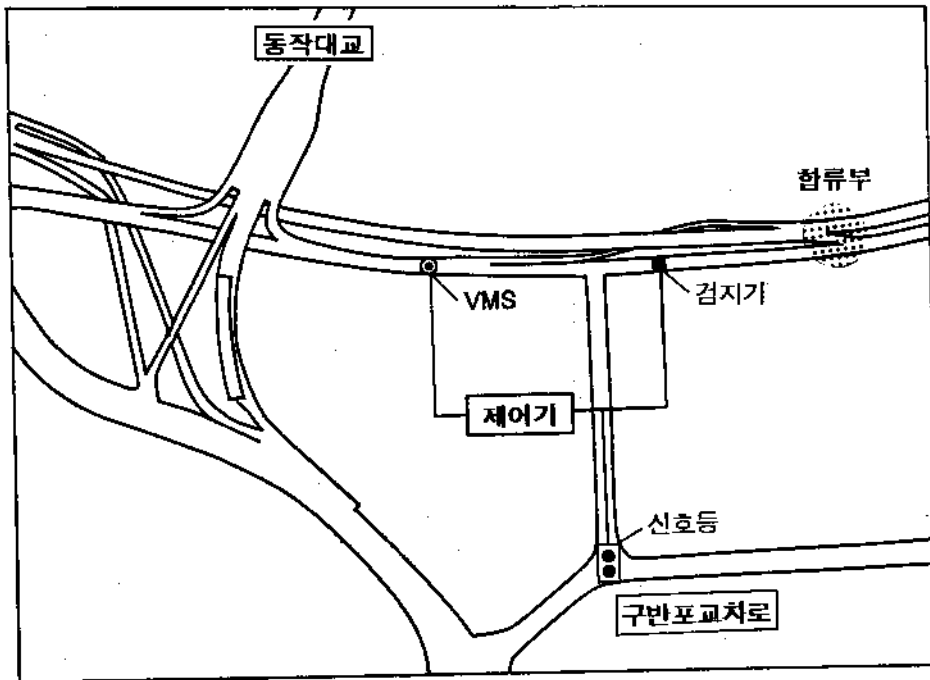
④ 구반포 교차로 신호조절시스템

- 실시목적

구반포 교차로의 좌회전 포켓을 1차선에서 2차선으로 확장하며, 올림픽대로 잠실방면 유입로 정체시 좌회전 신호시간을 일정시간 조절하여 우회 교통량 처리용량을 높임으로써 교통량의 분산과 정체완화를 도모한다.

- 실시방법

구반포 교차로 신호등과 올림픽대로 잠실방면 유입로의 교통상황을 알려 주는 교통정보안내판(VMS)과 연계하여 올림픽대로 잠실방면 유입로 정체 규모에 따라 좌회전 신호시간을 조절한다.



<그림 6-17> 구반포 교차로 신호조절시스템

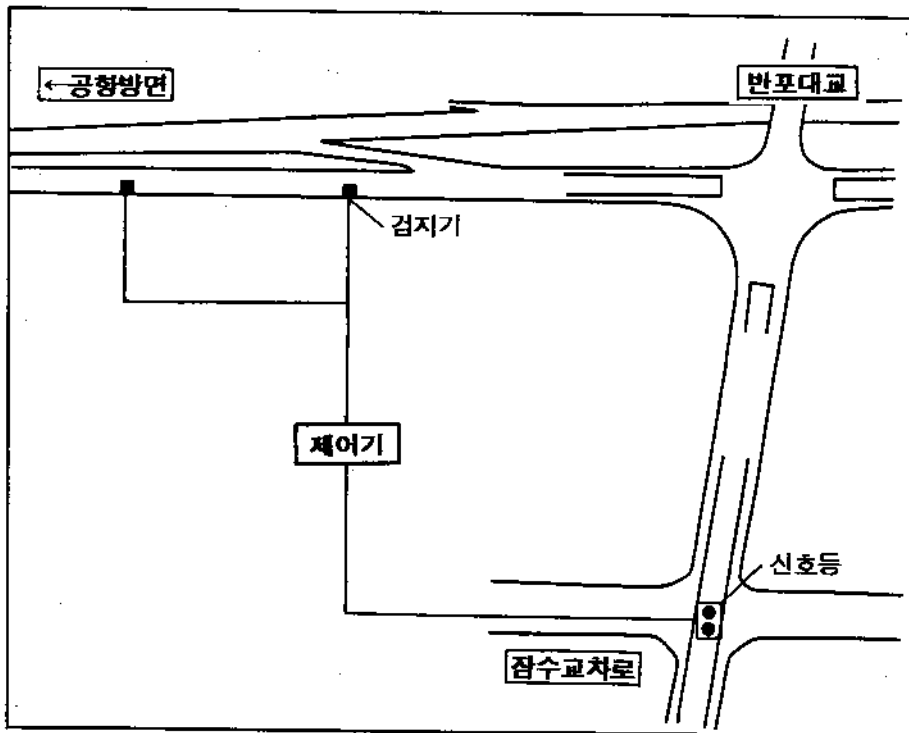
⑤ 잠수 교차로 신호조절시스템

- 실시목적

올림픽대로 터미널 방면 유출램프 정체시 잠수 교차로의 좌회전 신호시간을 일정시간 조절하여 올림픽대로 본선교통류의 용량저해현상(Breakdown)을 방지하고 정체완화를 도모한다.

- 실시방법

올림픽대로 터미널 방면 유출램프 구간에 대기행렬 규모를 판정하는 교통량 검지기를 설치하고 잠수 교차로의 신호제어기와 연계시켜 올림픽대로 터미널 방면 유출램프 정체규모에 따라 잠수 교차로 좌회전 신호시간을 실시간(Real Time)으로 조절한다.



<그림 6-18> 잠수 교차로 신호조절시스템

(3) 유·출입 램프 개폐 및 안내시스템

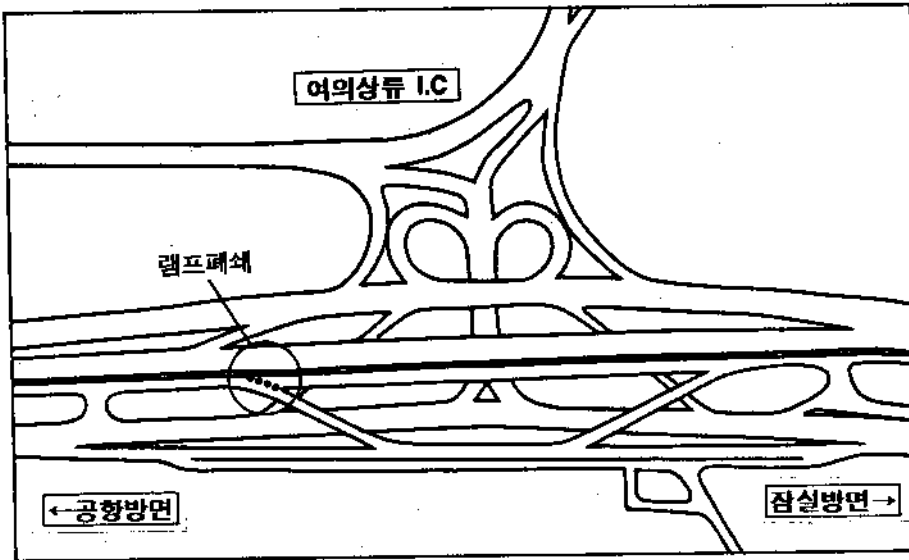
① 수산시장, 노들길 이용 부가차선 폐쇄

- 실시목적

수산시장, 노들길 이용을 위한 유출 2개 차선이 올림픽대로 본선의 우회 도로로 이용되어 전방 합류부 저류용량을 잠식하는 현상을 방지한다.

- 실시방법

수산시장, 노들길 이용 유출 2개 차선을 폐쇄시켜 올림픽대로 본선 우회 도로의 기능을 금지시키고, 전방 합류부의 저류용량을 증가시켜 노들길→ 올림픽대로 합류교통류의 원활화와 수산시장앞 소통을 증가시킨다.



<그림 6-19> 수산시장, 노들길 이용 유출램프 폐쇄

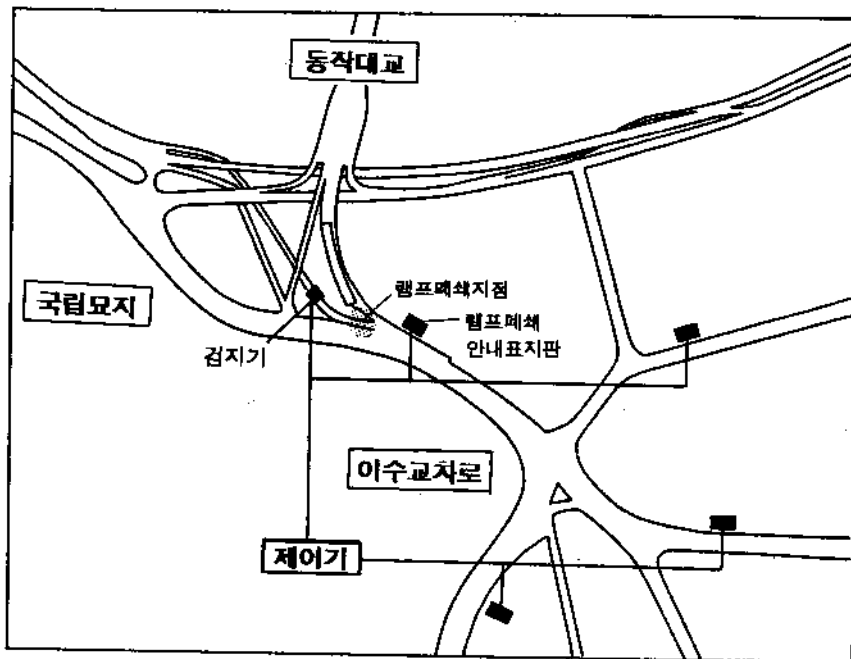
② 동작대교 올림픽대로 공항방면 유입램프 개·폐쇄

- 실시목적

올림픽대로를 이용하기 위한 차량들의 교통수요가 많아서 형성된 대기행렬이 인접간선도로를 점유함으로써 인접교차로나 본선교통류의 정체를 유발시키는 현상을 방지한다.

- 실시방법

이수교차로에서 올림픽대로로 진입하는 램프의 끝부분에 교통량 검지기를 설치하여 검지기의 점유율이 일정규모 이상을 넘어서는 경우에 유입 램프를 폐쇄시킨다. 또한 교통방송등의 대중매체를 이용하여 램프를 이용하려는 사람들에게 램프의 폐쇄여부를 알리며, 유입램프 주변지역에 가변정보판을 설치하여 램프의 상황을 알린다.



<그림 6-20> 동작대교 올림픽대로 공항방면 유입램프 폐쇄

③ 반포대교 터미널 방면 유출램프 개방

- 실시목적

터미널 방면 유출램프를 개방함으로써 간선도로의 접근기능을 향상시키고 교통량의 분산과 정체완화를 도모한다.

- 실시방법

터미널 방면 유출램프를 개방한다.

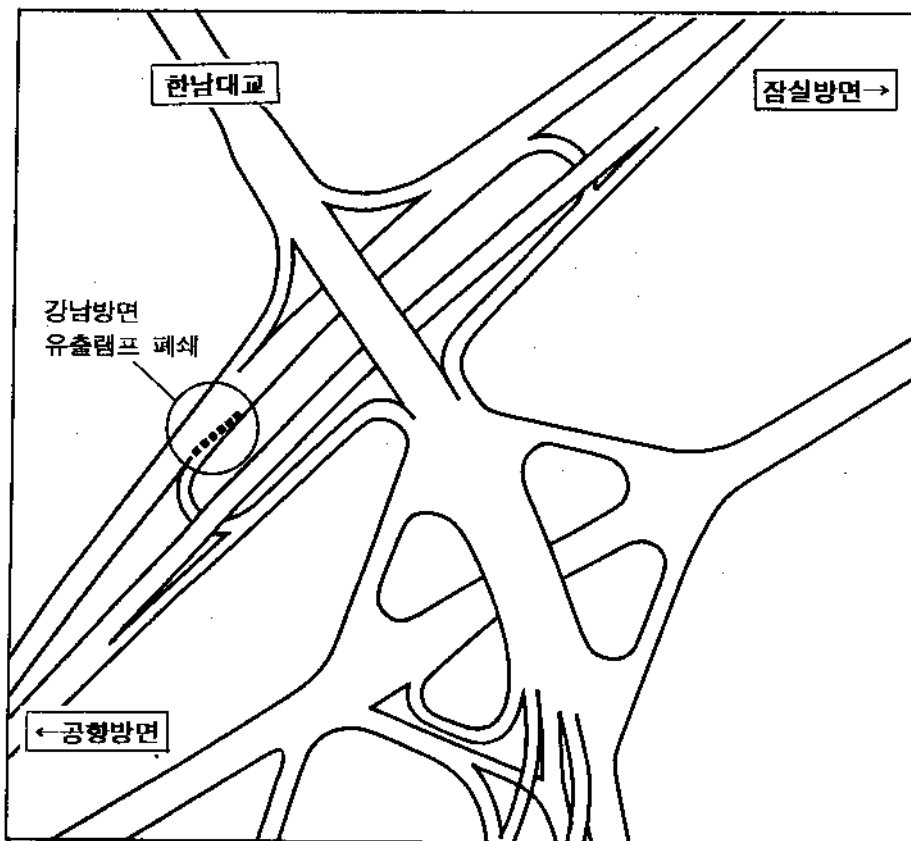
④ 한남대교 강남방면 유출램프 폐쇄

- 실시목적

강남방면 유출램프를 폐쇄함으로써 올림픽대로 본선상의 여러 방향의 교통류 혼재로 인한 차선변경, 끼어들기와 위빙등의 교통혼잡현상을 방지하며, 올림픽대로 본선의 소통력을 증가시켜 교통용량의 증가를 도모한다.

- 실시방법

강남방면 유출램프를 폐쇄한다.



<그림 6-21> 한남대교 강남방면 유출램프 폐쇄

(4) 본선 및 유입교통류 신호처리방안

① 현충로 올림픽대로 잠실방면 합류부 신호처리방안

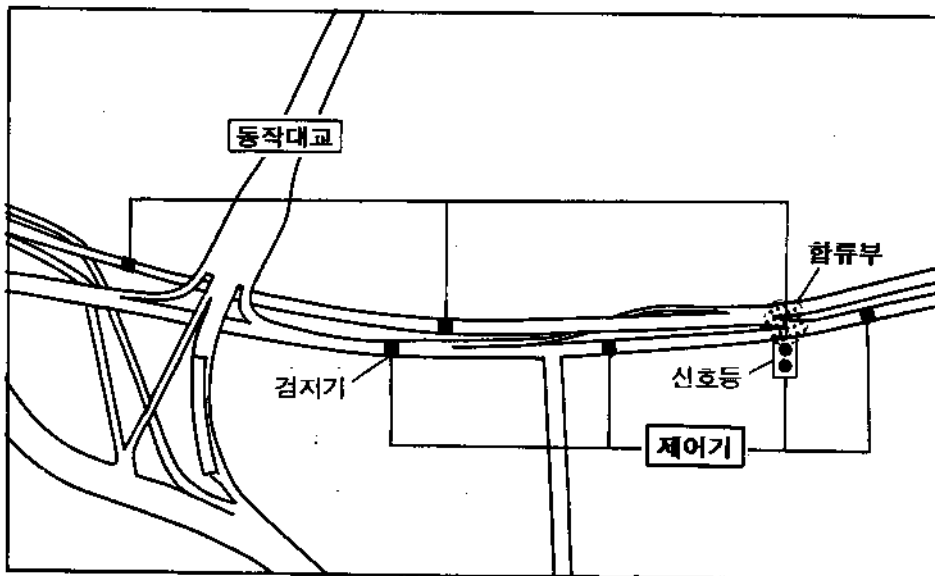
- 실시목적

합류부 구간 본선교통류와 유입교통류간에 강제적인 통행권을 부여함으로써 두 교통류간의 상충과 끼어들기, 엇갈림등을 방지하고 합류부 구간의 교통용량을 증가시킨다.

- 실시방법

본선 3, 4차선(1,2차선은 다인승 전용차선으로 분리)과 유입램프구간에 일정거리에 따라 대기행렬을 감지하는 검지기를 설치하고 합류지점에 신호등을 설치하여 교통량 검지기에 감지된 본선 3, 4차선과 유입램프구간의 대기행렬 규모에 따라 신호운영체계를 조절하여 통행우선권을 부여한다.

- 전방 올림픽대로 정체시에 본선 및 유입부 모두 적색신호 부여(All Red - 양방향 진입대기)
- 전방 올림픽대로 유입 가능시에 본선 및 유입부에 설치된 대기행렬 검지기 상황에 따라 교통수요에 대응한 패턴 선택 신호제어 실시



<그림 6-22> 현충로 올림픽대로 잠실방면 합류부 신호처리방안

(5) 도류화 시설 방안

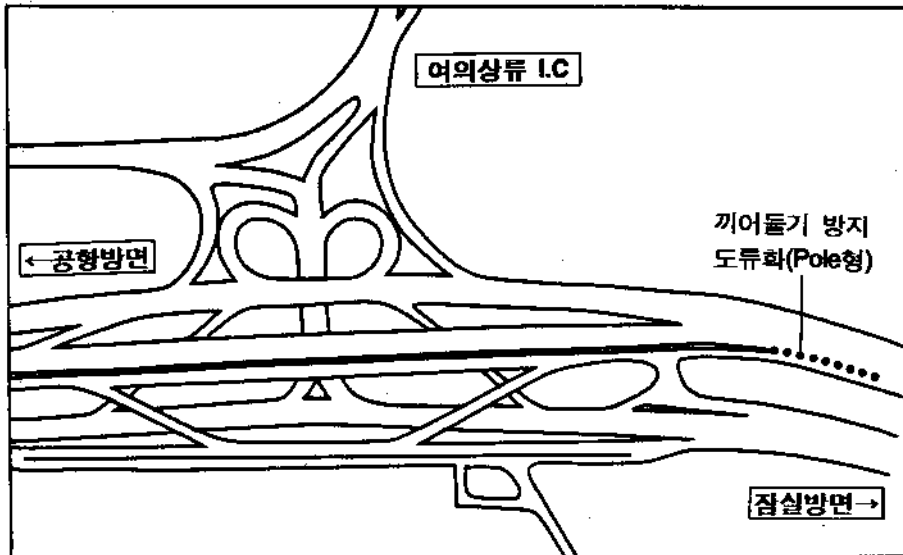
① 여의상류 I.C 올림픽대로 잠실방면 합류부 도류화 방안

- 실시목적

올림픽대로 본선 3, 4차선(1,2차선은 다인승 전용차선으로 분리)의 교통류와 무분별한 유입교통류(2~3개 차선)와의 상충으로 본선구간의 용량저해 현상이 민감한 부분하며, 본선구간의 소통능력이 떨어지고 상습정체지점이다.

- 실시방법

도류화 시설을 합류부 전방 앞부분까지 길게 연장시켜줌으로써 올림픽대로 본선 3, 4차선과 유입교통류와의 상충을 감소시키고 교통류의 원활한 흐름을 유도하며 합류부 구간의 용량을 증대시킨다.



<그림 6-23> 여의상류 I.C 올림픽대로 잠실방면 합류부 도류화 방안

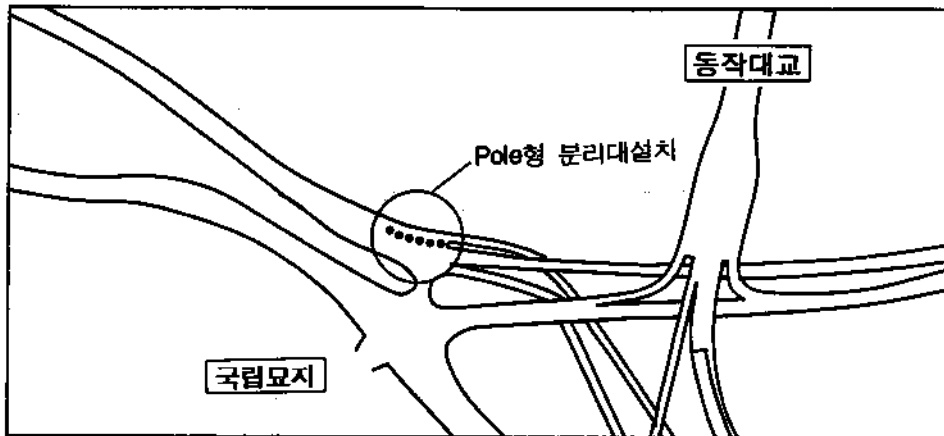
② 동작대교 올림픽대로 공항방면 합류부 도류화 방안

- 실시목적

본선과 유입램프가 합류하는 지점에 도류화 시설을 설치하여 유입램프 차량들의 무분별한 끼어들기로 인한 본선차량과의 상충과 국부적인 정체 유발을 방지한다.

- 실시방법

Pole형 분리대를 합류부 지점으로부터 일정거리 설치한다.



<그림 6-24> 동작대교 올림픽대로 공항방면 합류부 도류화 방안

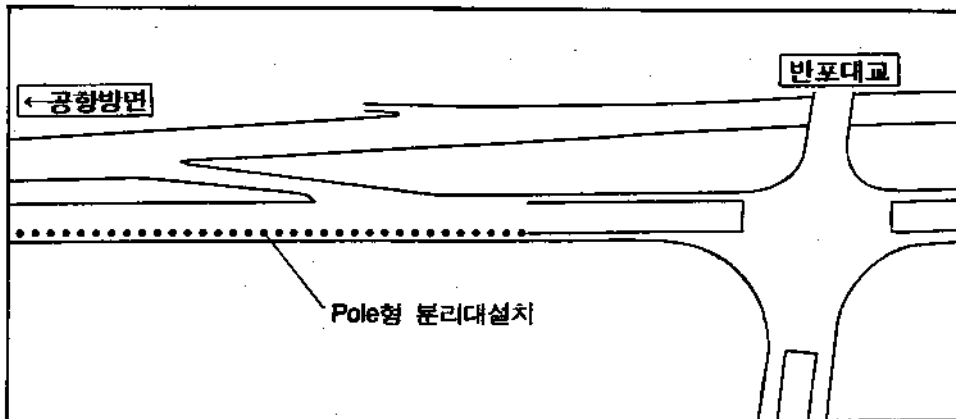
③ 반포대교 터미널 방면 분류부 도류화 방안

- 실시목적

5차선(부가차선) 전 구간에 걸쳐 발생하고 있는 끼어들기와 그에 따른 교통류 흐름의 단절과 국부적인 정체 현상을 방지한다.

- 실시방법

5차선(부가차선) 구간에 유출부로부터 일정구간 Pole형 분리대를 설치하여 차량들의 끼어들기, 위빙등의 현상을 감소시킨다.



<그림 6-25> 반포대교 터미널 방면 분류부 도류화 방안

④ 한남대교 유·출입 램프 도류화 방안

◦ 실시목적

- 1번 지점

올림픽대로와 한남대교를 이용하려는 차량들의 위빙현상이 발생하는 지점이며 두 교통류의 심한 상충으로 인하여 항상 정체를 이루고 있으며 교통사고 다발지점으로 한남대교 본선구간의 교통용량을 감소시키는 지점이다.

- 2번 지점

본선교통류와 램프교통류가 합류하는 지점으로 램프교통류의 급격한 차선변경, 끼어들기등이 성행하는 지점으로 차량간의 상충으로 국부적인 정체를 유발시키는 지점이다.

- 3, 4번 지점

램프를 이용하여 유·출입하는 차량들의 무분별한 끼어들기와 본선차량의 우회도로 역할로 인하여 국부적인 정체를 유발시키는 지점이며, 사고의 위험성과 함께 본선구간의 용량을 감소시키는 지점이다.

◦ 실시방법

- 1번 지점

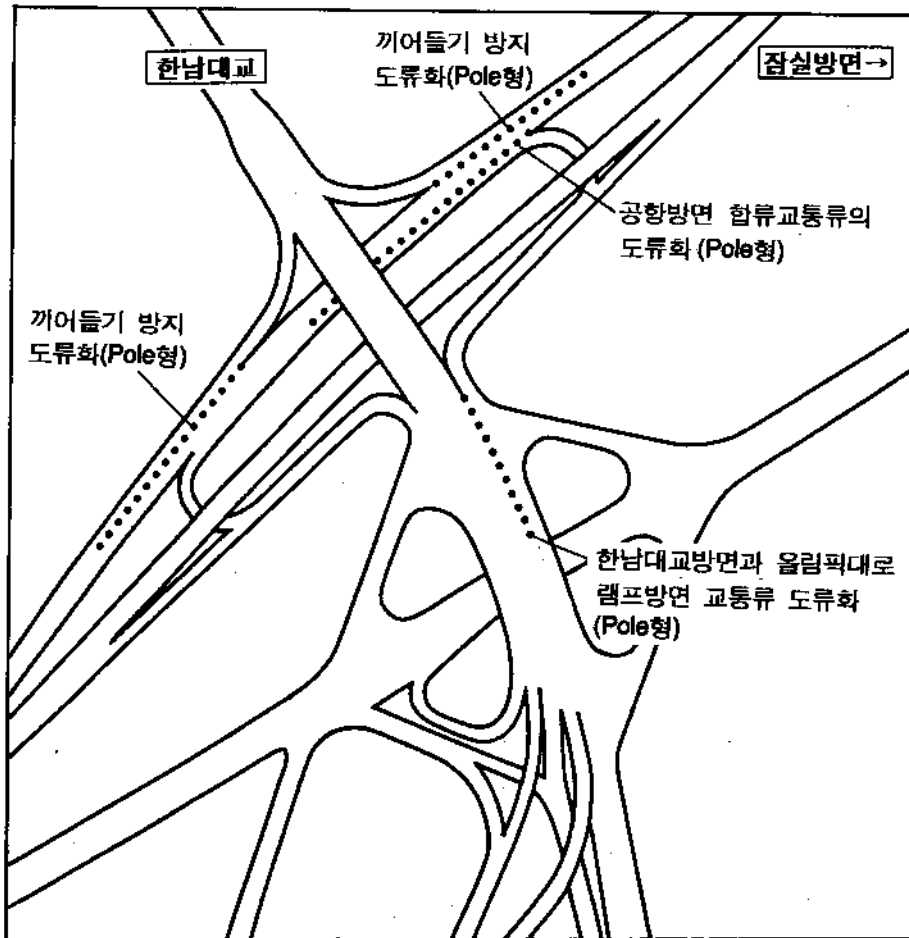
한남대교 방면과 올림픽대로 램프방면을 Pole형 분리대를 이용하여 도류화시켜 위빙현상을 금지시킨다.

- 2번 지점

합류교통류를 Pole형 분리대를 이용하여 도류화시켜 램프교통류의 끼어들기 방지와 교통류의 원활한 흐름을 유도한다.

- 3, 4번 지점

Pole형 분리대를 설치하여 유·출입 차량들의 끼어들기 방지와 본선차량의 불법적인 우회도로 기능을 방지한다.



<그림 6-26> 한남대교 유·출입 램프 도류화 방안

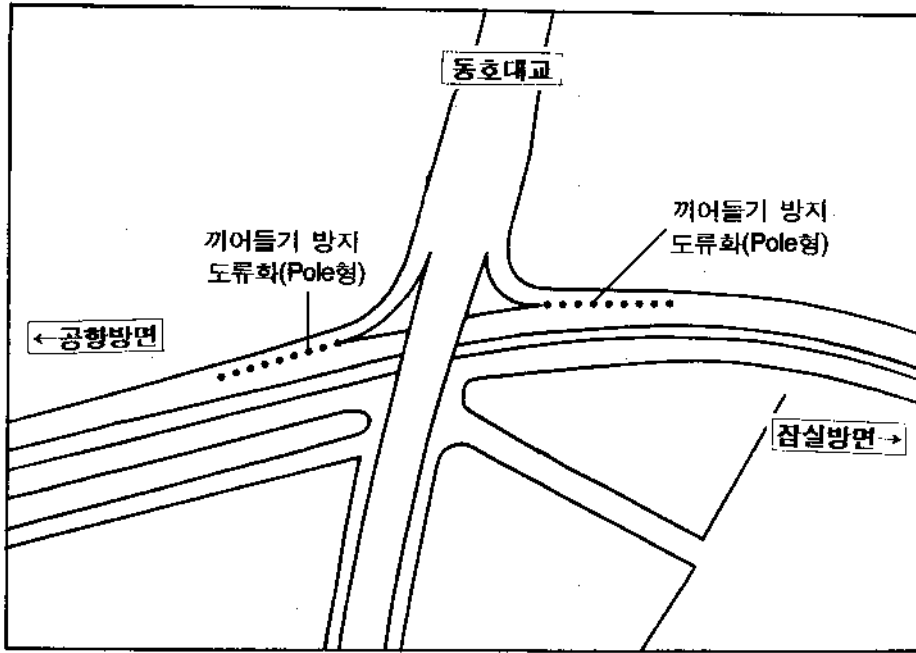
⑤ 동호대교, 영동대교 유·출입 램프 도류화 방안

- 실시목적

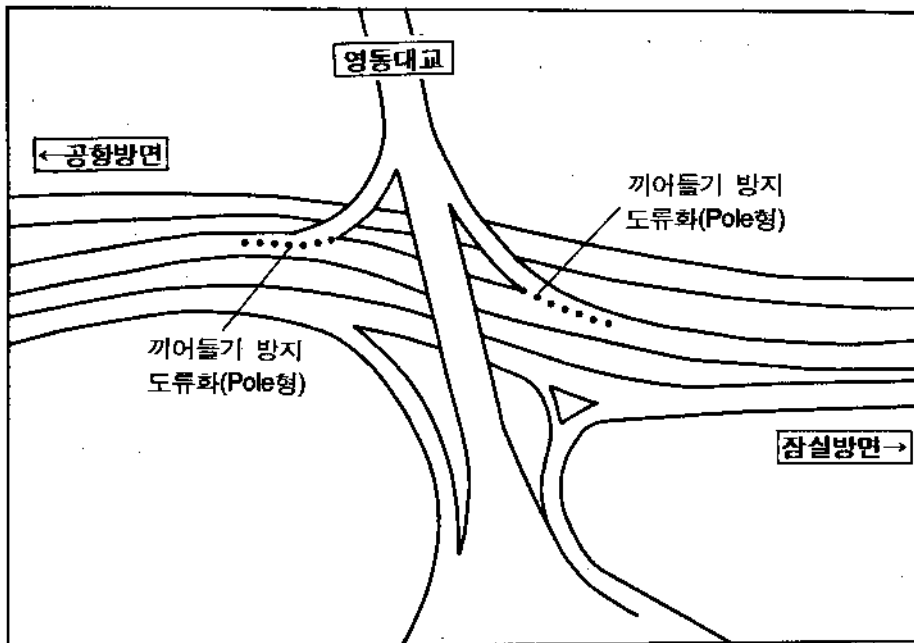
대교와 연결되어 있는 유·출입 램프를 도류화 시킴으로써 램프를 이용하여 유·출입하는 차량들의 무분별한 끼어들기로 인한 국부적인 정체와 해소와 본선차량의 불법적인 우회도로 기능을 방지한다.

- 실시방법

Pole형 분리대를 이용하여 유·출입 램프 일정구간을 도류화시킨다.



<그림 6-27> 동호대교 유·출입 램프 도류화 방안



<그림 6-28> 영동대교 유·출입 램프 도류화 방안

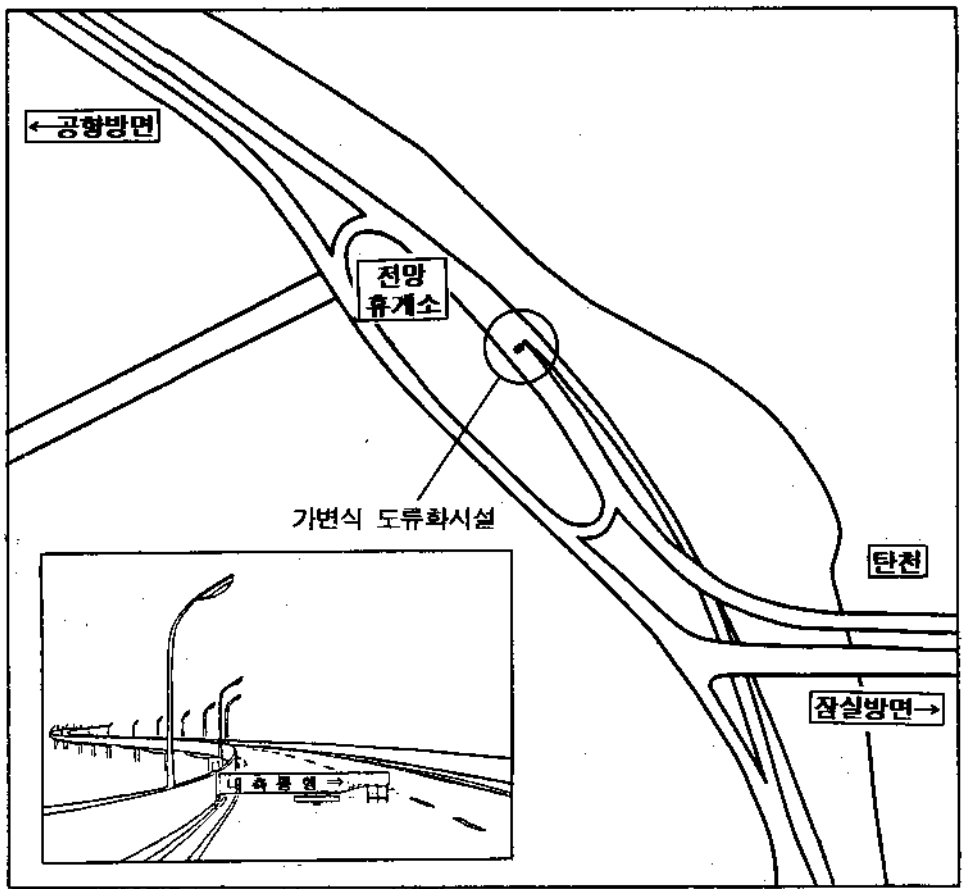
⑥ 탄천 I.C 올림픽대로 공항방면 유입램프 도류화 방안(가변식)

- 실시목적

가변식 도류화 시설을 이용하여 램프교통량의 유입을 원활하게 유도함으로써 인접 교차로와 간선도로 정체를 해소시킨다.

- 실시방법

램프교통량의 수요가 일정규모이상 많아지면 가변식 도류화 시설을 이용하여 본선의 이용차선수를 가변적으로 제어함으로써 램프 유입교통량을 조절한다.



<그림 6-29> 가변식 도류화 시설안

(6) 대안도로 정보시스템(VMS)

□ 개 요

교통정보를 올림픽대로 이용자에게 제공하기 위한 장치로서 다음과 같은 기능을 갖는다.

- 교통상황을 운전자에게 사전 제공
- 혼잡 도로에서 대안도로로 교통류를 우회시켜 올림픽대로 교통소통 원활화
- 안전하고 쾌적한 주행조건 제공

따라서 VMS는 전방의 교통상황, 교통사고 정보, 차선이용안내, 기상정보등을 메시지 형태로 전광판에 표시하여 올림픽대로 이용자에게 제공한다.

□ 기 능

1) 표시되는 메시지

문자, 도형, 홍보용 그래픽, 상업광고등 미리 정해진 메시지 목록 및 그래픽 내용이 VMS에 내장되어 중앙센터의 운용자 요구에 따라 지정되는 메시지 및 그래픽을 전광판에 표시하며, 다음 유형의 메시지가 필요에 의해 선택되어 표시된다.

- 행동문
 - 대안도로 안내
 - 감속
- 주의 메시지
 - 대안도로의 교통상황
- 효과 메시지
 - 램프 폐쇄
 - 공사중
- 상업광고 또는 홍보 그래픽
 - 상업광고용 칼라 그래픽
 - 광고 문자
 - 홍보용 그래픽

2) 표시되는 메세지 내용

표시되는 메세지의 내용은 다음의 예와 같다.

◦ 예 1

여의 - 한강

15km/hr 정체

◦ 예 2

전방 8 km

도로공사중

◦ 예 3

한강 - 동작

3시간 정체

◦ 예 4

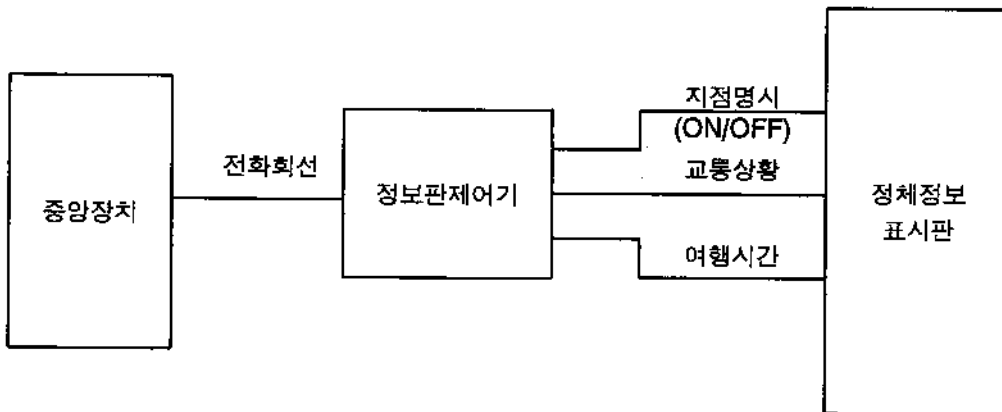
반포지점

램프폐쇄

◦ 예 5

전방 7 km

안개주의



<그림 6-30> 정체정보표시판 시스템 계통도

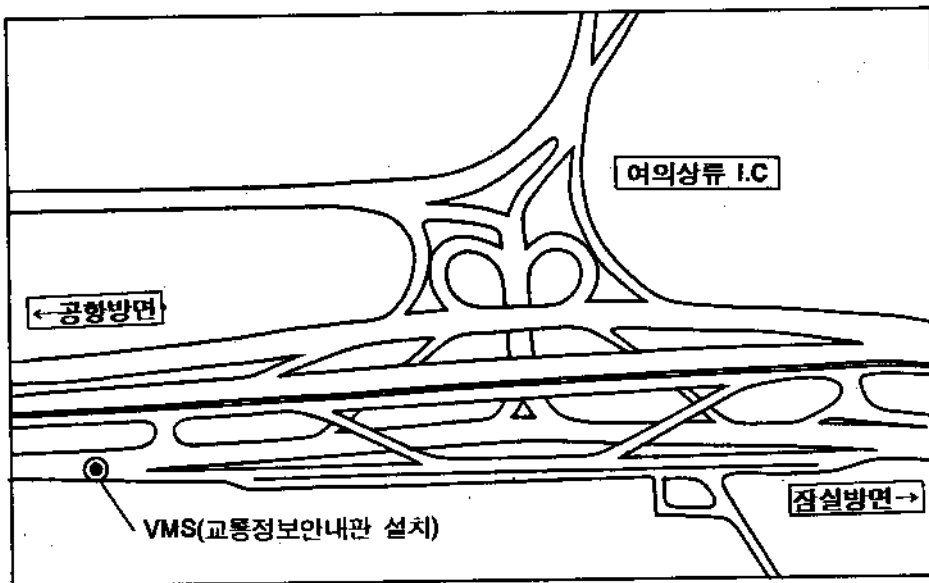
① 올림픽대로, 현충로 대안도로 정보시스템

- 실시목적

올림픽대로와 현충로의 대기행렬 규모에 따라 대안도로를 유도해 줌으로써 교통량의 분산과 정체완화를 도모한다.

- 실시방법

- 교통정보안내판(VMS) 설치
- 63빌딩 상주 교통방송 Report를 이용하여 대기행렬 규모 파악
- 일정시간(15분)마다 교통정보내용 갱신



<그림 6-31> 올림픽대로, 현충로 대안도로 정보시스템

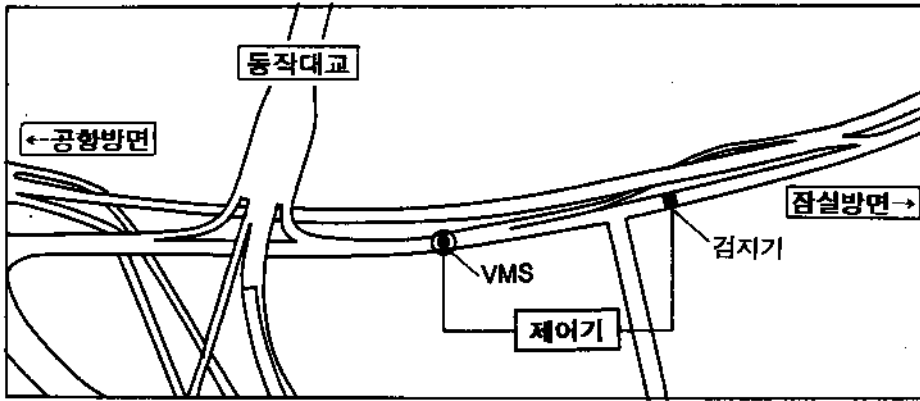
② 올림픽대로, 신반포로 대안도로 정보시스템

- 실시목적

올림픽대로의 교통상황을 교통정보안내판(VMS)을 통하여 운전자들에게 제공해 줌으로써 대안도로(신반포로)로의 이용을 유도한다.

- 실시방법

- 올림픽대로 잠실방면 유입부에 정체유무판단 검지기 설치
- 올림픽대로 잠실방면 유입부 정체판단시 교통정보안내판(VMS) 가동



<그림 6-32> 올림픽대로, 신반포로 대안도로 정보시스템

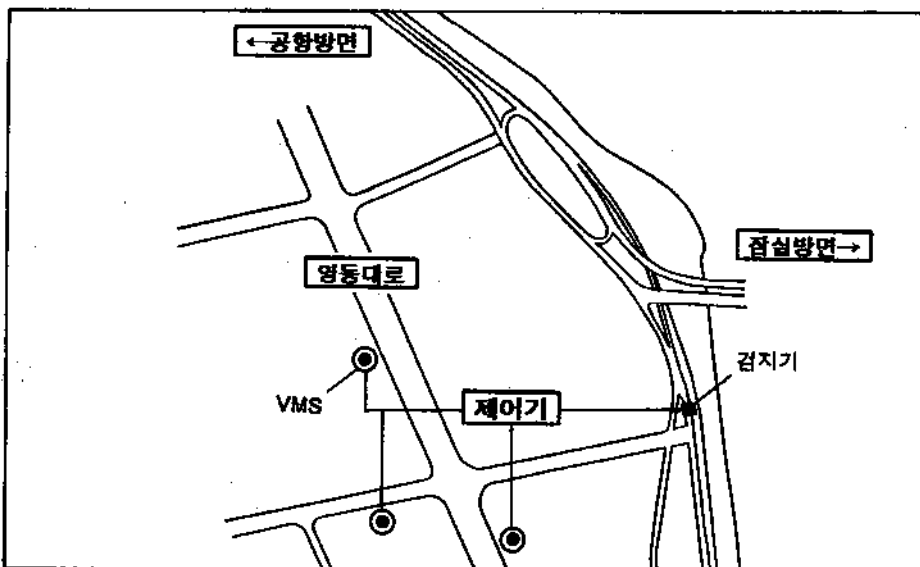
③ 종합운동장 주변 대안도로 정보시스템

- 실시목적

올림픽대로의 교통상황을 교통정보안내판(VMS)을 통하여 운전자들에게 제공해 줌으로써 대안도로로의 이용을 유도하여 교통량의 분산과 정체완화를 도모한다.

- 실시방법

- 올림픽대로 공항방면 유입부에 정체유무판단 검지기 설치
- 올림픽대로 공항방면 유입부 정체판단시 교통정보안내판(VMS) 가동



<그림 6-33> 종합운동장 주변 대안도로 정보시스템

(7) 올림픽대로 정보시스템

□ 도입목적

현재 올림픽대로 본선 교통상황에 대한 정보가 전무한 실정에서 FTMS(Freeway Traffic Management System)의 구축없이도 가능한 교통정보체계를 구축하여 FTMS 도입전까지 운영하여 올림픽대로 항시 비정체구간 진입로 부근에서 전방정체구간의 교통상황을 제공하여 줌으로써 대안 우회도로 이용을 유도하고 운전자의 심리적 안정감을 도모

□ 운영방법

◦ 정보제공위치

공항방면 : 종합운동장 후방 1km지점

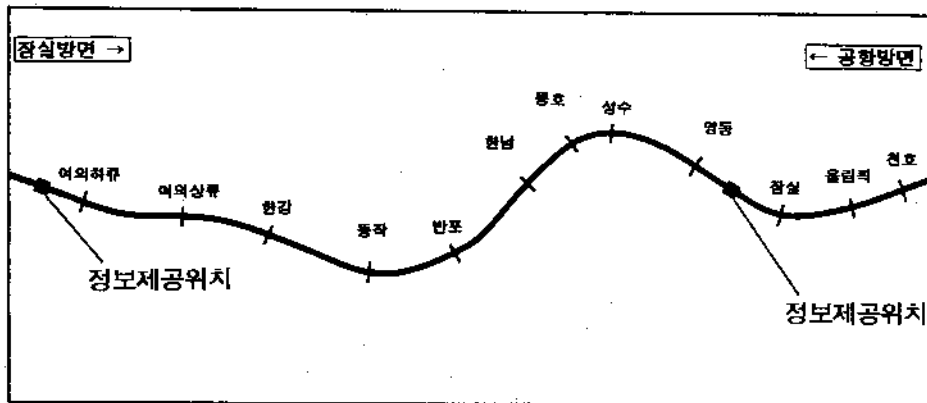
잠실방면 : 여의하류 I.C 후방 1km지점

◦ 정보제공내용

정체시점으로부터 00km 혹은 정체구간(예)반포대교→수산시장)

◦ 정보제공방법

교통방송 모니터 요원(여의 63빌딩, 올림픽 파크텔 주재)으로부터 매 15분마다 정보를 받아 센터에서 입력 제공



<그림 6-34> 올림픽대로 정보시스템

VII. 結論 및 向後 研究課題

7.1 結論

7.2 向後 研究課題

VII. 結論 및 向後 研究課題

7.1 結論

□ 도시고속도로 교통류 특성 및 조사결과에 대하여

- 도시고속도로는 구간별로 교통용량이 차이가 있을 뿐 아니라 유·출입 교통으로 인한 정체시 용량 저해현상(Breakdown)으로 지점 및 구간에서의 용량 변화가 동태적(Dynamic)이다
- 정체의 시간 및 지속시간, 파급패턴 등이 메카니즘을 가지고 있으며 전구간에서 상호연계적으로 발생된다.
- 정체가 진행됨에 따라 불합리한 합류부 설계운영으로 본선교통류 보다 합류교통류가 우선하는 현상(본선은 교통량이 줄어드나 합류부는 늘어남)이 나타난다.
- 일부 유출램프중 인접 교차로 정체로 인하여 본선까지 대기행렬이 형성되고 처리교통용량 비율은 낮은 곳이 있다.
- 병목구간(Bottleneck)을 통과하여도 정상소통 되기까지는 일정시간, 거리가 필요하다.
- 합류구간에서 합류로 인한 영향은 외측 2개 차선이며 내측차선의 영향은 크지 않다.
- 교통량, 속도, 밀도의 관계로 부터 정체, 비정체의 구분이 명확하다.

□ 연속 시뮬레이션 모델 개발에 대하여

- 연속교통류 시뮬레이션 모델(SIM-88)과 기존의 4단계 모형에 Flow-Rate 개념을 도입한 SDI 모델을 개발한 결과 SIM-88로는 도시고속도로 일정 구간에서의 교통류 패턴이 정체메카니즘 등의 검증으로 입증되었으며, SDI 모델도 지역적인 교통류 관리혜택 평가의 가능성이 입증되었다.
- SIM-88을 이용하여 유입교통류 관리, 유출램프의 폐쇄, 차선이용규제 등 일반적으로 도시고속도로에서 행하여지는 교통류 관리방안의 효과를 평가할 수 있었다.

- 사례연구를 통하여 교통류 관리방안을 복수로 적용하였을 때의 효과 평가는 SIM-88을 통하여 할 수 있었다.

□ 교통류 관리방안 개발 및 효과평가에 대하여

서울시 도시고속도로의 도로시설 설계수준과 교통류 패턴, 인접도로와의 관계로 부터 도시고속도로의 교통정체를 판단할 방안으로서 10가지 관리방안을 개발, 제시하였고 그 효과도 함께 제시하였다.

7.2 向後 研究課題

□ 도시고속도로 교통류 특성에 대하여

- 대기행렬의 파급과정(Shockwave) 및 속도, 규모에 대하여 현장 관측 및 모델화
- 대기행렬 패턴으로 부터 여행시간을 간이적으로 산출하는 방법 개발
- 합류시 합류차선의 용량과 합류교통량(V) 본선전체 교통량(V_{ab})의 명확한 관계 규명
- 정체회복구간에서의 용량과의 관계규명
- 차선을 공간적으로 분리하였을 때 용량증대 효과분석
- 사고, 공사 등 이상 현상 발생시의 교통류 특성 분석

□ 시뮬레이션 모델 개발에 대하여

- SIM-88

- 유출교통류의 정확한 묘사
- 실측 교통류와의 비교검증 및 오차 범위 파악
- 교통상황 따른 경로선택기능 부여
- 인접교차로와 통합관리를 위한 시뮬레이션 기법 개발
- 일부 최적화 기능의 부여

- SDI

- 교통류 검증에서의 민감도 분석
- 평가가능범위의 결정
- 시뮬레이션 시간단축 문제

□ 교통류 관리방안 개발 및 효과평가에 대하여

- 인접교차로와 연계된 통합교통류 관리방안 개발
- 각 방안별 실시설계를 위한 구체적 시행방법의 개발
- FTMS와 IVHS와의 연계 방향

參考文獻

國內文獻

國外文獻

참고문헌

1. 건설부, "도로용량편람", 1992
2. 한국시뮬레이션연구회, "시스템 시뮬레이션 이론 및 실제", 1992
3. 김영찬, "고속도로 램프미터링을 위한 선형계획모형의 개선", 1993
4. 서울시정개발연구원, "서울시 교통수요 관리방안연구", 1993
5. 서울대학교 공학연구소, "고속도로 교통분석 및 예측시스템 구축에 관한 연구", 1994
6. 서울특별시, "서울시 도로정책 방향에 대한 공개토론회", 1994
7. 진광성, "불력밀도법에 의한 연속교통류 관리기법에 관한 연구", 서울대학교 환경대학원 석사학위논문, 1994
8. 조영주, "동태적 교통정보를 이용한 고속도로 유입램프 제어계획에 관한 연구", 서울대학교 대학원 박사학위논문, 1994
9. Special Report 165, "Traffic Flow Theory", TRB, 1975
10. Special Report 209, "Highway Capacity Manual", TRB, 1985
11. "Traffic Control Systems Handbook", FHWA, 1985
12. "FREQ8PE:A Freeway Corridor Simulation and Ramp Metering Optimization Model", U.C Berkeley, 1985
13. Ajay K. Rathi, Edward B. Lieberman, and Mark Yedlin, "Enhanced FREFLO : Modeling of Congested Environments", TRR 1112, 1987
14. Adolf D. May, "Freeway Simulation Models Revisited", TRR 1132, 1987
15. M. Vanaerde, S. Yagar, A. Ugge, and E. R. Case, "A Review of Candidate Freeway-Arterial Corridor Traffic Models", TRR 1132, 1987
16. "A Toolbox for Alleviating Traffic Congestion", ITE, 1989
17. J. H. Banks, "Freeway Speed-Flow-Concentration Relationships : More Evidence and Interpretations", TRB, 1989

18. Adolf D. May, "Traffic Flow Fundamentals", Prentice Hall, 1990
19. Fred L. Hall and Lisa M. Hall, "Capacity and Speed-Flow Analysis of the Queen Elizabeth Way in Ontario", TRB, 1990
20. "A Policy on Geometric Design of Highways and Streets", AASHTO, 1990
21. "TRAF User Reference Guide Version 4.0", FHWA, 1993
22. Eunmi Park, "Critical Assessment of the Features of Two Ramp Metering Optimization Models", 1993
23. Carlos F. Daganzo, "The Cell Transmission Model: A Dynamic Representation of Highway Traffic Consistent with the Hydrodynamic Theory", Transpn. Res.-B. Vol. 28B, No4, 1994
24. 松井寛, "高速道路交通流の動的記述モデル", 交通工学, 1983
25. 上田 功 등 3인, 都市内高速道路を対象とした 経路選擇機能を持つネットワークシミュレーションモデルの開発, 交通工学, 1993

附 錄

SIM-88 Source Program

□ SIM-88 Source Program - Case 4

```
#include <stdio.h>
#include <io.h>
#include <math.h>
#include <string.h>
#include <conio.h>

#define      r              0.6180333
#define      SECTION      31
#define      TIME         200
#define      dt           6
#define      LENGTH       100
#define      Km           0.16
#define      ON_RAMP1     2      /* Banpo Bridge */
#define      ON_RAMP2     15     /* HyunChung Ro */
#define      OFF_RAMP1    125    /* HyunChung Ro */
#define      OFF_RAMP2    126    /* HyunChung Ro */
#define      PARA1       0.5
#define      PARA2       0.6
#define      PARA3       0.7
#define      PARA4       0.8
#define      PARA5       0.9
#define      DOWN        0.8

void file_open();
void CHANGE();
float DEMAND_Q();
float POSSIBLE_DEN();

float huge KK[TIME+1][SECTION+1];
float huge QQ[TIME+1][SECTION+1];

float EXIT[TIME+1];           // 1
float ON_RAMP1_VOL[TIME+1];   // 2
float ON_RAMP2_VOL[TIME+1];   // 14
float OFF_RAMP1_VOL[TIME+1];  // 5
float OFF_RAMP2_VOL[TIME+1];  // 26
float LAST_DEN[TIME+1];       // 30

FILE *network,*out,*volume;
```

```

struct section {
    int Num;
    float K;
    float Q;
}BLOCK[SECTION+1];
int I;
void main()
{
    int time,i,j;
    float den,p;
    float demand_volume,real_demand;
    float density;
    float possible_volume,f1,minus;
    file_open();
    clrscr();
    for(time=1;time<TIME+1;time++)
    {
        for(I=1;I<SECTION+1;I++)
        {
            if(I==1)
            {
                BLOCK[I].Q = EXIT[time];
                f(BLOCK[16].K > 0.2) BLOCK[SECTION].K =LAST_DEN[time]*0.87;
                else BLOCK[SECTION].K = LAST_DEN[time];
                for(i=2;i<SECTION+1;i++) KK[time][i] = BLOCK[i].K;
                QQ[time][I] = BLOCK[I].Q;
                KK[time][I] = BLOCK[I].K;
            }
            if(BLOCK[I].Num == ON_RAMP1)
                demand_volume = DEMAND_Q() + ON_RAMP1_VOL[time];
            else if(BLOCK[I].Num == ON_RAMP2)
                demand_volume = DEMAND_Q() + ON_RAMP2_VOL[time];
            else if(BLOCK[I].Num == OFF_RAMP1)
                demand_volume = DEMAND_Q() - OFF_RAMP1_VOL[time];
            else if(BLOCK[I].Num == OFF_RAMP2)
                demand_volume = DEMAND_Q() - OFF_RAMP2_VOL[time];
            else demand_volume = DEMAND_Q();
            density = POSSIBLE_DEN();
            if(BLOCK[I].K >= Km)
                possible_volume = density*36.150352*exp(-6.573931*density);
            else if(BLOCK[I].K < Km)
                possible_volume = density*28.233484*(1-density/0.293355);
            if(demand_volume < possible_volume)
            {
                if(BLOCK[I].Num == ON_RAMP1)

```

```

{
  f1 = demand_volume - ON_RAMP1_VOL[time];
  if(f1 >= 0 && f1 <= 0.44)
  {
    if(ON_RAMP1_VOL[time] > 0.4) ON_RAMP1_VOL[time] = 0.4;
    if(ON_RAMP1_VOL[time] > 0.4)
  minus=(0.286358+0.368702*ON_RAMP1_VOL[time]-0.09357*f1)*PARA1;
    else minus = 0;
  }
  else if(f1 > 0.44 && f1 <= 0.88)
  {
    if(ON_RAMP1_VOL[time] > 0.3) ON_RAMP1_VOL[time] = 0.3;
    if(ON_RAMP1_VOL[time] > 0.3)
  minus=(0.286358+0.368702*ON_RAMP1_VOL[time]-0.09357*f1)*PARA2;
    else minus = 0;
  }
  else if(f1 > 0.88 && f1 <= 1.32)
  {
    if(ON_RAMP1_VOL[time] > 0.2) ON_RAMP1_VOL[time] = 0.2;
    if(ON_RAMP1_VOL[time] > 0.2)
  minus=(0.286358+0.368702*ON_RAMP1_VOL[time]-0.09357*f1)*PARA3;
    else minus = 0;
  }
  else if(f1 > 1.32 && f1 <= 1.76)
  {
    if(ON_RAMP1_VOL[time] > 0.1) ON_RAMP1_VOL[time] = 0.1;
    if(ON_RAMP1_VOL[time] > 0.1)
  minus=(0.286358+0.368702*ON_RAMP1_VOL[time]-0.09357*f1)*PARA4;
    else minus = 0;
  }
  else
  {
    if(ON_RAMP1_VOL[time] > 0.05) ON_RAMP1_VOL[time] = 0.05;
    if(ON_RAMP1_VOL[time] > 0.05)
  minus=(0.286358+0.368702*ON_RAMP1_VOL[time]-0.09357*f1)*PARA5;
    else minus = 0;
  }
  minus = 0;
  BLOCK[I+1].Q = f1 - minus;
  QQ[time][I+1] = BLOCK[I+1].Q;
  BLOCK[I].K = ((BLOCK[I+1].Q+ON_RAMP1_VOL[time])*dt+
    (BLOCK[I].K*LENGTH-BLOCK[I].Q*dt))/LENGTH;
}
else if(BLOCK[I].Num == ON_RAMP2)
{

```

```

if(BLOCK[20].K > 0.25)
{
    ON_RAMP2_VOL[time] *= DOWN;
    f1 = demand_volume - ON_RAMP2_VOL[time];
    if(f1 >= 0 && f1 <= 0.44)
    {
        if(ON_RAMP2_VOL[time] > 0.4) ON_RAMP2_VOL[time] = 0.4;
        if(ON_RAMP2_VOL[time] > 0.4)
        minus=(0.286358+0.368702*ON_RAMP2_VOL[time]-0.09357*f1)*PARA1;
        else minus = 0;
    }
    else if(f1 > 0.44 && f1 <= 0.88)
    {
        if(ON_RAMP2_VOL[time] > 0.3) ON_RAMP2_VOL[time] = 0.3;
        if(ON_RAMP2_VOL[time] > 0.3)
        minus=(0.286358+0.368702*ON_RAMP2_VOL[time]-0.09357*f1)*PARA2;
        else minus = 0;
    }
    else if(f1 > 0.88 && f1 <= 1.32)
    {
        if(ON_RAMP2_VOL[time] > 0.2) ON_RAMP2_VOL[time] = 0.2;
        if(ON_RAMP2_VOL[time] > 0.2)
        minus=(0.286358+0.368702*ON_RAMP2_VOL[time]-0.09357*f1)*PARA3;
        else minus = 0;
    }
    else if(f1 > 1.32 && f1 <= 1.76)
    {
        if(ON_RAMP2_VOL[time] > 0.1) ON_RAMP2_VOL[time] = 0.1;
        if(ON_RAMP2_VOL[time] > 0.1)
        minus=(0.286358+0.368702*ON_RAMP2_VOL[time]-0.09357*f1)*PARA4;
        else minus = 0;
    }
    else
    {
        if(ON_RAMP2_VOL[time] > 0.05) ON_RAMP2_VOL[time] = 0.05;
        if(ON_RAMP2_VOL[time] > 0.05)
        minus=(0.286358+0.368702*ON_RAMP2_VOL[time]-0.09357*f1)*PARA5;
        else minus = 0;
    }
    minus = 0;
    BLOCK[I+1].Q = f1 - minus;
    QQ[time][I+1] = BLOCK[I+1].Q;
    BLOCK[I].K = ((BLOCK[I+1].Q+ON_RAMP2_VOL[time])*dt+
        (BLOCK[I].K*LENGTH-BLOCK[I].Q*dt))/LENGTH;
}

```



```

else
(
  f1 = demand_volume - ON_RAMP2_VOL[time];
  if(f1 >= 0 && f1 <= 0.44)
  {
//      if(ON_RAMP2_VOL[time] > 0.4) ON_RAMP2_VOL[time] = 0.4;
//      if(ON_RAMP2_VOL[time] > 0.4)
minus=(0.286358+0.368702*ON_RAMP2_VOL[time]-0.09357*f1)*PARA1;
      else minus = 0;
  }
  else if(f1 > 0.44 && f1 <= 0.88)
  {
//      if(ON_RAMP2_VOL[time] > 0.3) ON_RAMP2_VOL[time] = 0.3;
//      if(ON_RAMP2_VOL[time] > 0.3)
minus=(0.286358+0.368702*ON_RAMP2_VOL[time]-0.09357*f1)*PARA2;
      else minus = 0;
  }
  else if(f1 > 0.88 && f1 <= 1.32)
  {
//      if(ON_RAMP2_VOL[time] > 0.2) ON_RAMP2_VOL[time] = 0.2;
//      if(ON_RAMP2_VOL[time] > 0.2)
minus=(0.286358+0.368702*ON_RAMP2_VOL[time]-0.09357*f1)*PARA3;
      else minus = 0;
  }
  else if(f1 > 1.32 && f1 <= 1.76)
  {
//      if(ON_RAMP2_VOL[time] > 0.1) ON_RAMP2_VOL[time] = 0.1;
//      if(ON_RAMP2_VOL[time] > 0.1)
minus=(0.286358+0.368702*ON_RAMP2_VOL[time]-0.09357*f1)*PARA4;
      else minus = 0;
  }
  else
  {
if(ON_RAMP2_VOL[time] > 0.05) ON_RAMP2_VOL[time] = 0.05;
if(ON_RAMP2_VOL[time] > 0.05)
minus=(0.286358+0.368702*ON_RAMP2_VOL[time]-0.09357*f1)*PARA5;
      else minus = 0;
  }
  minus = 0;
  BLOCK[I+1].Q = f1 - minus;
  QQ[time][I+1] = BLOCK[I+1].Q;
  BLOCK[I].K = ((BLOCK[I+1].Q+ON_RAMP2_VOL[time])*dt+
                (BLOCK[I].K*LENGTH-BLOCK[I].Q*dt))/LENGTH;
}
}

```

```

else if(BLOCK[I].Num == OFF_RAMP1)
{
    BLOCK[I+1].Q = demand_volume;
    QQ[time][I+1] = BLOCK[I+1].Q;
BLOCK[I].K=(BLOCK[I+1].Q*dt+
            (BLOCK[I].K*LENGTH-BLOCK[I].Q*dt))/LENGTH;
}
else if(BLOCK[I].Num == OFF_RAMP2)
{
    BLOCK[I+1].Q = demand_volume;
    QQ[time][I+1] = BLOCK[I+1].Q;
BLOCK[I].K = (BLOCK[I+1].Q*dt+
            (BLOCK[I].K*LENGTH-BLOCK[I].Q*dt))/LENGTH;
}
else
{
    BLOCK[I+1].Q = demand_volume;
    QQ[time][I] = demand_volume;
BLOCK[I].K = (demand_volume*dt+
            (BLOCK[I].K*LENGTH-BLOCK[I].Q*dt))/LENGTH;
}
KK[time+1][I] = BLOCK[I].K;
}

else
{
    if(BLOCK[I].Num == ON_RAMP1)
    {
        f1 = possible_volume - ON_RAMP1_VOL[time];
        if(f1 >= 0 && f1 <= 0.44)
        {
            if(ON_RAMP1_VOL[time] > 0.4) ON_RAMP1_VOL[time] = 0.4;
            if(ON_RAMP1_VOL[time] > 0.4)
minus=(0.286358+0.368702*ON_RAMP1_VOL[time]-0.09357*f1)*PARA1;
            else minus = 0;
        }
        else if(f1 > 0.44 && f1 <= 0.88)
        {
            if(ON_RAMP1_VOL[time] > 0.3) ON_RAMP1_VOL[time] = 0.3;
            if(ON_RAMP1_VOL[time] > 0.3)
minus=(0.286358+0.368702*ON_RAMP1_VOL[time]-0.09357*f1)*PARA2;
            else minus = 0;
        }
        else if(f1 > 0.88 && f1 <= 1.32)
        {
            if(ON_RAMP1_VOL[time] > 0.2) ON_RAMP1_VOL[time] = 0.2;

```

```

        if(ON_RAMP1_VOL[time] > 0.2)
minus=(0.286358+0.368702*ON_RAMP1_VOL[time]-0.09357*f1)*PARA3;
        else minus = 0;
    }
    else if(f1 > 1.32 && f1 <= 1.76)
    {
        if(ON_RAMP1_VOL[time] > 0.1) ON_RAMP1_VOL[time] = 0.1;
        if(ON_RAMP1_VOL[time] > 0.1)
minus=(0.286358+0.368702*ON_RAMP1_VOL[time]-0.09357*f1)*PARA4;
        else minus = 0;
    }
    else
    {
        if(ON_RAMP1_VOL[time] > 0.05) ON_RAMP1_VOL[time] = 0.05;
        if(ON_RAMP1_VOL[time] > 0.05)
minus=(0.286358+0.368702*ON_RAMP1_VOL[time]-0.09357*f1)*PARA5;
        else minus = 0;
    }
    minus = 0;
    BLOCK[I+1].Q = f1 - minus;
    QQ[time][I+1] = BLOCK[I+1].Q;
    BLOCK[I].K = ((BLOCK[I+1].Q+ON_RAMP1_VOL[time])*dt+
        (BLOCK[I].K*LENGTH-BLOCK[I].Q*dt))/LENGTH;
}
else if(BLOCK[I].Num == ON_RAMP2)
{
if(BLOCK[20].K > 0.25)
{
    ON_RAMP2_VOL[time] *= DOWN;
    f1 = possible_volume - ON_RAMP2_VOL[time];
    if(f1 >= 0 && f1 <= 0.44)
    {
        if(ON_RAMP2_VOL[time] > 0.4) ON_RAMP2_VOL[time] = 0.4;
        if(ON_RAMP2_VOL[time] > 0.4)
minus=(0.286358+0.368702*ON_RAMP2_VOL[time]-0.09357*f1)*PARA1;
        else minus = 0;
    }
    else if(f1 > 0.44 && f1 <= 0.88)
    {
        if(ON_RAMP2_VOL[time] > 0.3) ON_RAMP2_VOL[time] = 0.3;
        if(ON_RAMP2_VOL[time] > 0.3)
minus=(0.286358+0.368702*ON_RAMP2_VOL[time]-0.09357*f1)*PARA2;
        else minus = 0;
    }
    else if(f1 > 0.88 && f1 <= 1.32)

```

```

(
    if(ON_RAMP2_VOL[time] > 0.2) ON_RAMP2_VOL[time] = 0.2;
    if(ON_RAMP2_VOL[time] > 0.2)
minus=(0.286358+0.368702*ON_RAMP2_VOL[time]-0.09357*f1)*PARA3;
    else minus = 0;
)
else if(f1 > 1.32 && f1 <= 1.76)
{
    if(ON_RAMP2_VOL[time] > 0.1) ON_RAMP2_VOL[time] = 0.1;
    if(ON_RAMP2_VOL[time] > 0.1)
minus=(0.286358+0.368702*ON_RAMP2_VOL[time]-0.09357*f1)*PARA4;
    else minus = 0;
}
else
{
if(ON_RAMP2_VOL[time] > 0.05) ON_RAMP2_VOL[time] = 0.05;
if(ON_RAMP2_VOL[time] > 0.05)
minus=(0.286358+0.368702*ON_RAMP2_VOL[time]-0.09357*f1)*PARA5;
    else minus = 0;
}
minus = 0;
BLOCK[I+1].Q = f1 - minus;
QQ[time][I+1] = BLOCK[I+1].Q;
BLOCK[I].K = ((BLOCK[I+1].Q+ON_RAMP2_VOL[time])*dt+
              (BLOCK[I].K*LENGTH-BLOCK[I].Q*dt))/LENGTH;
)
else
(
    f1 = possible_volume - ON_RAMP2_VOL[time];
    if(f1 >= 0 && f1 <= 0.44)
    {
//        if(ON_RAMP2_VOL[time] > 0.4) ON_RAMP2_VOL[time] = 0.4;
//        if(ON_RAMP2_VOL[time] > 0.4)
minus=(0.286358+0.368702*ON_RAMP2_VOL[time]-0.09357*f1)*PARA1;
        else minus = 0;
    }
    else if(f1 > 0.44 && f1 <= 0.88)
    {
//        if(ON_RAMP2_VOL[time] > 0.3) ON_RAMP2_VOL[time] = 0.3;
//        if(ON_RAMP2_VOL[time] > 0.3)
minus=(0.286358+0.368702*ON_RAMP2_VOL[time]-0.09357*f1)*PARA2;
        else minus = 0;
    }
    else if(f1 > 0.88 && f1 <= 1.32)
    {

```

```

//          if(ON_RAMP2_VOL[time] > 0.2) ON_RAMP2_VOL[time] = 0.2;
//          if(ON_RAMP2_VOL[time] > 0.2)
minus=(0.286358+0.368702*ON_RAMP2_VOL[time]-0.09357*f1)*PARA3;
          else minus = 0;
        }
        else if(f1 > 1.32 && f1 <= 1.76)
        {
//          if(ON_RAMP2_VOL[time] > 0.1) ON_RAMP2_VOL[time] = 0.1;
//          if(ON_RAMP2_VOL[time] > 0.1)
minus=(0.286358+0.368702*ON_RAMP2_VOL[time]-0.09357*f1)*PARA4;
          else minus = 0;
        }
        else
        {
if(ON_RAMP2_VOL[time] > 0.05) ON_RAMP2_VOL[time] = 0.05;
if(ON_RAMP2_VOL[time] > 0.05)
minus=(0.286358+0.368702*ON_RAMP2_VOL[time]-0.09357*f1)*PARA5;
          else minus = 0;
        }
        BLOCK[I+1].Q = f1 - minus;
        QQ[time][I+1] = BLOCK[I+1].Q;
        BLOCK[I].K = ((BLOCK[I+1].Q+ON_RAMP2_VOL[time])*dt+
          (BLOCK[I].K*LENGTH-BLOCK[I].Q*dt))/LENGTH;
    }
}

else if(BLOCK[I].Num == OFF_RAMP1)
{
    BLOCK[I+1].Q = possible_volume - OFF_RAMP1_VOL[time];
    QQ[time][I+1] = BLOCK[I+1].Q;
    BLOCK[I].K = (BLOCK[I+1].Q*dt+
      (BLOCK[I].K*LENGTH-BLOCK[I].Q*dt))/LENGTH;
}
else if(BLOCK[I].Num == OFF_RAMP2)
{
    BLOCK[I+1].Q = possible_volume - OFF_RAMP2_VOL[time];
    QQ[time][I+1] = BLOCK[I+1].Q;
    BLOCK[I].K = (BLOCK[I+1].Q*dt+
      (BLOCK[I].K*LENGTH-BLOCK[I].Q*dt))/LENGTH;
}
else
{
    BLOCK[I].K = density;
    BLOCK[I+1].Q = possible_volume;
}
KK[time+1][I] = BLOCK[I].K;

```

```

    }
//      if(I==2 || I== 15)
//          printf("time=%3d I=%3d minus=%10.2f \n",time,I,minus);
//      printf("num %3d d %7.3f    p %7.3f  exact %7.3f\n"
//            ,I,demand_volume,possible_volume,QQ[time][I]);
    } /* end for */
} /* end for */
/*
fprintf(out," 0 |");
for(i=1;i<SECTION;i++)
    fprintf(out,"%8.0f",i);
fprintf(out,"\n");
fprintf(out," ----|-----\n");
for(time=1;time<TIME+1;time++)
{
    fprintf(out,"%3d |",time);
    for(I=1;I<SECTION;I++) {    fprintf(out,"%8.3f",KK[time][I]); }
    fprintf(out,"\n");
}
*/
printf(" 0 |");
for(i=1;i<SECTION;i++)
    printf("%8.0f",i);
printf("\n");
printf(" ----|-----\n");
for(time=1;time<TIME+1;time++)
{
    printf("%3d |",time);
    for(I=1;I<SECTION;I++)
        printf("%8.3f",KK[time][I]);
    printf("\n");
}
printf("\n");
for(time=1;time<TIME+1;time++)
{
    printf("%3d |",time);
    for(I=1;I<SECTION;I++)
    {
        if(KK[time][I] >= Km)
            printf("%8.3f",36.150352*3.6*exp(-6.573931*KK[time][I]));
        if(KK[time][I] < Km)
            printf("%8.3f",28.233484*3.6*(1-KK[time][I]/0.293355));
    }
    printf("\n");
}
}

```

```

printf("\n");
for(time=1;time<TIME+1;time++)
{
    printf("%3d |",time);
    for(I=1;I<SECTION;I++)
    {
        if(KK[time][I] >= Km)
            printf("%8.1f",3600*KK[time][I]*36.150352*exp(-6.573931*KK[time][I]));
        if(KK[time][I] < Km)
            printf("%8.1f",3600*KK[time][I]*28.233484*(1-KK[time][I]/0.293355));
    }
    printf("\n");
}
/* end main */
float DEMAND_Q()
{
    /*
    if(BLOCK[I+1].K >= Km)
        return(BLOCK[I+1].K*36.150352*exp(-6.573931*BLOCK[I+1].K));
    else if(BLOCK[I+1].K < Km)
        return(BLOCK[I+1].K*28.233484*(1-BLOCK[I+1].K/0.293355));
    */
    return(BLOCK[I+1].K*LENGTH/dt);
}
void file_open()
{
    int i;
    int temp1;
    float val,temp,on1,on2,off1,off2;
    char buffer[100];
    if((network = fopen("network.dat","r")) == NULL) {
        printf("network file open error network\n");
        exit(0);
    }
    if((volume = fopen("volume2.prn","r")) ==NULL) {
        printf("volume dat file open error out \n");
        exit(0);
    }
    /*
    if((out = fopen("last.out","w")) ==NULL) {
        printf("out file open error out \n");
        exit(0);
    }
    */
    for(i=1;i<SECTION+1;i++)
    {
        fgets(buffer,100,network);

```

```

        sscanf(buffer,"%d%f",&templ,&temp);
        BLOCK[i].Num = templ;
        BLOCK[i].K   = temp;
    }
    for(i=1;i<TIME+1;i++)
    {
        fgets(buffer,100,volume);
        sscanf(buffer,"%f%f%f%f%f%f",&val,&temp,&on1,&on2,&off1,&off2);
        EXIT[i] = val*1.07;
        LAST_DEN[i] = temp;
        ON_RAMP1_VOL[i] = on1;
        ON_RAMP2_VOL[i] = on2;
        OFF_RAMP1_VOL[i] = off1;
        OFF_RAMP2_VOL[i] = off2;
    }
}
float POSSIBLE_DEN()
{
    int i;
    float lane;
    float para;
    float a=0.0,b=1.0;
    float left_value=0.0,right_value=1000.0;
    float left,right;
    CHANGE(&a,&b);
    left = (b-a)*(1-r)+a;
    right = (b-a)*r +a;
    while(!((fabs(left_value-right_value)<0.0001))
    {
        if(BLOCK[I].K >= Km)
        {
            left_value = (left*LENGTH-(BLOCK[I].K*LENGTH-BLOCK[I].Q*dt))/dt
                - 36.150352*left*exp(-6.573931*left);
            right_value = (right*LENGTH-(BLOCK[I].K*LENGTH-BLOCK[I].Q*dt))/dt
                - 36.150352*right*exp(-6.573931*right);
        }
        if(BLOCK[I].K < Km)
        {
            left_value = (left*LENGTH-(BLOCK[I].K*LENGTH-BLOCK[I].Q*dt))/dt
                - 28.233484*left*(1-left/0.293355);
            right_value = (right*LENGTH-(BLOCK[I].K*LENGTH-BLOCK[I].Q*dt))/dt
                - 28.233484*right*(1-right/0.293355);
        }
        if(fabs(left_value) <= fabs(right_value) )
        {

```



```

        b = right;
        right = left;
        left = (b-a)*(1-r)+a;
    }
    else if( fabs(left_value) > fabs(right_value) )
    {
        a = right;
        left = right;
        right = (b-a)*r+a;
    }
}
return((left+right)/2);
}
void CHANGE(a,b)
float *a,*b;
{
    float i;
    float val[101];
    for(i=1;i<=100;i++)
    {
        if(BLOCK[I].K >= Km)
            val[i] = (i*0.01*LENGTH-(BLOCK[I].K*LENGTH-BLOCK[I].Q*dt))/dt
                    - 36.150352*i*0.01*exp(-6.573931*i*0.01);
        if(BLOCK[I].K < Km)
            val[i] = (i*0.01*LENGTH-(BLOCK[I].K*LENGTH-BLOCK[I].Q*dt))/dt
                    - 28.233484*i*0.01*(1-i*0.01/0.293355);
        if((val[i-1] < 0 && val[i] > 0)) { *a = (i-1)*0.01; *b = i*0.01; break; }
    }
}

```

