

■ 論 文 ■

가속차로 길이에 따른 합류행태 및 합류부 교통특성 분석

Analysis of Merging Behaviors and Traffic Characteristics on Freeway
Merging Areas According to Acceleration Lane Length

이 승 준

(한국도로공사 도로교통기술원
책임연구원)

박 재 범

(한국도로공사 도로교통기술원
책임연구원)

강 정 규

(한국도로공사 도로교통기술원
연구위원)

목 차

- I. 서론
 - II. 기존연구 고찰
 - III. 현장조사
 - IV. 분석 및 결과
 - 1. 최대통과교통량 비교(지정체 강도 비교)
 - 2. 교통량 및 속도 분석
 - 3. 밀도 및 밀도의 변화량 비교
 - 4. 가속차로부 연결로 차량주행행태 분석
 - 5. 분석 결론
 - V. 결론 및 제언
- 참고문헌

Key Words : 가속차로, 합류행태, 밀도변화량, 최대통과교통량, 지정체양상

요 약

본 연구는 고속도로 가속차로 길이에 따른 합류부의 교통특성과 지정체양상 및 혼잡수준을 분석하여 가속차로의 길이가 합류부 교통소통상태에 미치는 영향을 파악하는데 목적이 있다. 이를 위해 가속차로의 길이가 확연히 다른 두 합류부(수원IC 및 신갈JC)에 대하여 합류부(가속차로구간)를 여러 소구간으로 나누어 카메라로 교통자료를 수집하였으며, 합류부 상하류 구간 조사하였다. 조사자료의 분석에 있어서는 교통류 특성변수인 교통량, 속도, 밀도자료를 사용하였고, 합류부에서 합류의 영향과 지정체양상을 파악하기 위하여 밀도변화량이란 새로운 척도를 도입하여 분석하였다. 가속차로의 길이가 긴 신갈JC의 혼잡도가 수원IC에 비하여 확연히 심하게 나타났으며, 그 원인과 특징 등을 확인할 수 있었다.

This paper analyzes the effects of acceleration lane lengths on the traffic characteristics of merging areas. Two merging areas, Suwon IC and Singal JC, which have remarkably different acceleration lane length were selected as field study sites. Traffic data were collected through dividing each merging area into several subsections. Not only conventional flow, speed and density data but also a newly introduced MOE, density variation were used to analyzed the characteristics of merging area. Singal JC which has longer acceleration lane than Suwon IC showed more severe congestion, and the cause of the results was figured out.

I. 서론

본 연구의 목적은 가속차로부의 길이가 다른 고속도로 두 합류부를 대상으로 연결로 차량의 합류주행태 및 이에 따른 합류부 교통특성 분석을 통하여 본선 지정체를 유발하는 합류의 영향을 파악하는 것이다. 합류부는 가속차로부에서 본선합류로 인해 합류 차량 및 본선 차량의 차로변경이 발생한다. 따라서 기본구간과 동일한 교통량 수준에서도 혼잡이 발생하는 예가 적지 않다. 합류부에서는 기본구간과 동일한 교통량 수준에서도 차량 상층의 증가로 난류(turbulence)가 발생하여 기본구간보다 적은 통과교통량, 낮은 주행속도 및 높은 밀도의 교통특성을 지니게 된다. 또한 차량 상층의 횡수 또는 강도에 따라 합류부 간에도 서로 다른 강도의 지정체가 발생하게 된다. 이러한 합류부의 교통특성을 파악하기 위하여, 본 연구에서는 합류 시 연결로 차량의 합류특성 및 본선에 미치는 영향을 교통량, 속도 및 밀도 등의 교통류 특성 변화에 초점을 맞추어 분석하였다. 가속차로의 길이가 본선에 미치는 교통영향을 비교하기 위하여 가속차로의 길이가 확연히 다른 두 합류부(수원IC 및 신갈JC)를 대상으로 본선 합류행태를 분석하였다.

II. 기존연구 고찰

본 연구는 광범위한 자료분석을 요하는 실증연구로서 직접적으로 관련된 유사 연구는 찾기 힘들으나, 합류부를 대상으로 한 기존연구들의 흐름을 파악하기 위하여 간략히 비교 고찰하였다.

기존에 합류부를 대상으로 한 연구들이 다른 주요 내용은 대부분 비정체시를 기준으로 합류부의 교통운영상태 평가(서비스수준 정의 및 분석·평가방법), 가속차로길이 산정 방법, 합류용량 산정 방법 등이 주를 이룬다. 또한, 합류부 분석 모형의 경우, 수학적 모형 기반의 간격수락 모형과 현장조사 자료를 이용한 회귀분석 모형으로 구분되어 진행되었으며, 1990년대를 기점으로 지점분석 개념에서 공간분석 개념으로 확장되었다.

1. 1990년 이전 연구

1) 회귀분석 모형

○ 1965 US HSM :

접속부 형태를 18가지로 구분하여 각각의 노모그래프와 회귀식 제시(교통량 수준도 같이 제시)

○ Roess(1980) :

- 열갈림구간을 제외시켜 13개의 노모그래프와 회귀식으로 줄임.
- 1985 US HCM에 반영

○ Theophilopoulos :

- 기본구간, 합류부, 분류부 교통특성 분석 후 각 차로별 속도 및 교통량 예측모형 정립
- 속도 표준편차를 이용하여 분·합류부 혼잡지수 도표 산출

2) 확률적 모형

○ Drew(1968) :

- 주어진 교통조건 하에서 연결로 최대 허용 교통량 예측 및 관련된 연결로 차량의 지체시간 및 길이 산정 가능 모형 개발
- 관측된 간격에 감마분포 적용
- 기하구조(특히 본선과 연결로가 이루는 각도) 및 연결로 진입 차량의 속도에 의해 임계차간격이 영향을 받음을 기술
- 이후, Drew 모형은 현실적인 적용 보다는 관련 후속 연구의 시금석 역할을 함

○ Polus(1985) :

합류 과정은 연결로 차량의 가속행태가 아닌 간격수락 행태에 의해 영향을 받는다는 연구결과 제시

○ Fazio(1989) :

- 합류시 운전자의 행태를 반영하는 모형 정립
- 합류시 운전자 행태를 연결로 주행, 가속차로 진입, 가속, 간격탐색, 본선으로의 진입 또는 실패의 5단계로 구분
- 각속도 개념 도입

2. 1990년 이후 연구

1) 회귀분석 모형

○ Polytechnic University(1991) :

교통량 예측 대상을 접속차로 1에서 접속차로 1 및 2로 전환되는 계기 마련

○ 신치현(1993) :

- 접속부 속도측정모형 구축시 엇갈림구간의 속도 측정 모형과 회귀분석식을 사용하여 두가지 결과 비교
- 감가속차로 길이는 빠질 수 없는 중요 변수임을 증명

○ KHCM(2001) :

- KHCM의 경우 현 시설의 정확한 운행상태 평가보다는 계획차원의 평가
- KHCM은 정상류 상태만을 대상으로 시설물의 계획 및 운영상태 평가에 적용하는 기법을 제시하나 정체류 상태에 대해서는 적용할 수 없음
- KHCM은 도로의 용량을 전통적인 불변의 값으로 정의하기 때문에 합류부에서의 용량 역시, 조건에 따라 다소 차이가 있기는 하나, 기본구간과 거의 동일한 값으로 정의함
- 따라서, 합류부에서 정체발생에 의해 용량(최대통과교통량)저하 현상이 발생됨을 설명하지 못하며, 합류부의 정체발생 원인(교통류간 상충 및 분·합류부 도로기하구조 조건 등)에 대한 해석능력이 결여됨

2) 확률적 모형

○ Randy(1996) :

- Fazio 연구에 운전자가 합류하는 동안의 가속 및 감속 행태를 모형으로 정립
- 연결로에서 본선으로 합류하는 지점을 4가지 경우에서 밝혀냄(짧은 평행식 및 직접식 가속차로, 긴 평행식 및 직접식 가속차로)

○ 김상구(1997) :

- 합류구간의 교통류 특성과 합류 행태를 분석하여 합류용량 산출
- Erlang 계수에 따른 합류용량 산출 모형식 제시
- 김상구의 연구에서는 현실적인 합류용량 산정모형 구축을 위해 확률모형과 회귀모형을 검토하였고 현장조사 결과를 토대로 합류용량 산정식(회귀모형)을 구축하였으며, 적정 가속차로 길이를 산정함

○ 이승준(1999, 2000) :

- 확률모형을 구축하여 엇갈림구간에서 합류차량의

합류대기시간 산정

- 이를 통해 기존 가속차로길이 산정시 “도로의 구조·시설기준에 관한 규칙”에서 반영하지 못하였던 합류차량 대기거리 산정을 가능케 함
- Drew 모형에서 결정하지 못했던 합류부 차두간격 분포 모형을 현장조사를 통해 구축
- 기존의 현장조사를 통해 구축된 차두간격분포모형이 계산 불가능한 상태 즉, Incomplete Gamma Function에 도달하는 것을 해결함

○ 이승준(2001, 2002) :

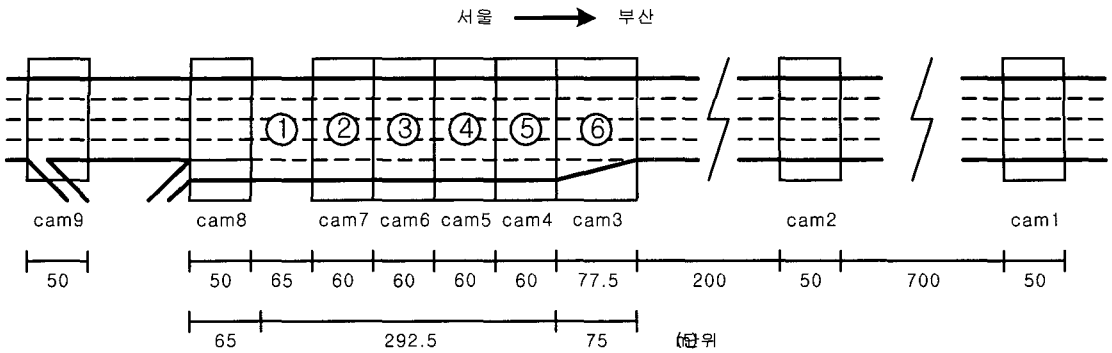
- 임계차두간격 산출모형 구축
- 산출된 임계차두간격은 본선교통류와 연결로교통류의 상대속도 차이에 의해 결정되는 가변적인 값으로 기존의 획일적인 값과는 차이가 있음
- 전통적 불변의 용량개념 대신 가변용량개념 도입 : 교통상태에 따라 각기 달리 나타나는 최대통과가능교통량 및 최대통과교통량 산정
- 고속도로 전체구간을 평가함에 있어서, 시간대별로 다양하게 변화하는 교통상태 예측(정체류 상태 포함)
- 정체원인 분석 및 본선에 미치는 합류부의 영향(교통상충의 영향) 파악은 가능하였으나, 합류부 도로기하구조가 본선 교통상태에 끼치는 영향에 대해서는 다루지 못함

○ 신치현·김규옥(2005) :

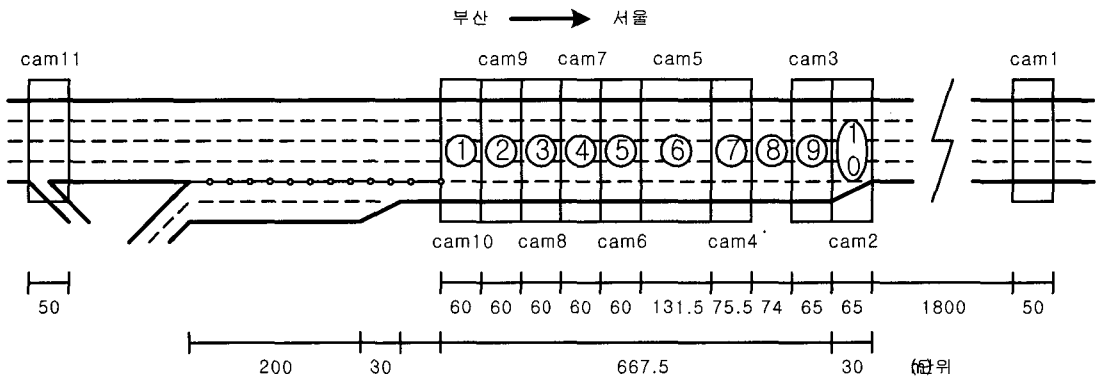
- 미시모형인 CORSIM을 사용하여, 본선의 수요는 LOS D/E를 유지하는 가운데 연결로 수요를 변화시켜 접속부의 혼잡을 점진적으로 연출하고 본선과 가속차로의 운영속도가 역전되는 시점에 가속차로의 유효길이를 축소
- 그 결과 혼잡시 가속차로의 길이 제한 효과가 평균통행시간 측면에서 나타났으며, 경부고속도로 TCS 자료와의 비교를 통해 효과 입증

III. 현장조사

가속차로의 길이에 따른 합류부 교통특성을 파악하기 위해 가속차로의 길이가 확연히 다른 수원IC와 신갈JC 합류부를 현장조사 장소로 선정하여 조사 및 분석을 수행하였다. 조사 방법으로는 <그림 1> 및 <그림 2>에서 보는 바와 같이 가속차로부를 중심으로 영상촬영장비를 연속적으로 설치하여 각 이동류별(차로별) 교통량, 속도, 밀도



〈그림 1〉 수원IC 현장조사 개요도



〈그림 2〉 신갈JC 현장조사 개요도

및 가속차로부 각 구간별로 연결로에서 본선으로 진입하는 교통량을 조사하였으며, 분석을 위하여 각 time slice를 5분으로 설정하였다. 수원IC는 2005년 4월 11일(월) 06:00~22:00까지 조사하였으며, 오전 첨두현상을 관측하기 위해 06:00~10:30까지 분석하였다. 신갈JC는 2005년 4월 22일(금) 06:00~22:00까지 조사하였으며, 오후 첨두현상을 관측하기 위해 14:00~19:30까지 분석하였다. 수원IC 및 신갈JC의 현장조사 구간의 기하구조 형태 및 영상장비 설치 개요도는 〈그림 1〉 및 〈그림 2〉에서 보는 바와 같다.

또한 상이하여 어떠한 원인이 두 구간의 확연히 다른 정체양상의 차이를 결정짓는 주요한 요인으로 작용하는 지 의구심을 갖게 하였다. 따라서, 본 연구에서는 이를 규명하기 위해, 수원IC 및 신갈JC 합류부에서의 주요한 교통특성 변수 즉, 교통량, 속도 및 밀도 자료를 구간별 시간대별로 분석하여 비교하였으며, 이와 더불어 지정체구간에서의 교통혼잡 해석을 위해 교통밀도의 변화 및 가속차로부 차량주행태를 분석하였다.

IV. 분석 및 결과

수원IC 합류부(서울→부산) 및 신갈JC 합류부(부산→서울)는 각각 오전 및 오후 첨두시에 극심한 정체 현상이 나타나는 구간으로 정체의 주요한 원인은 가속차로부 합류차량에 기인하는 것으로 알려져 있다. 그러나 두 구간은 정체수준 및 강도가 상이하고 병목구간 내에서의 교통특성 및 병목구간을 지난 최대통과교통량

1. 최대통과교통량 비교(지정체 강도 비교)

최대통과교통량은 합류부의 지정체 강도 및 수준을 나타내는 대표적인 척도로서 이해되어 질 수 있다. 즉, 혼잡수준에 따라 최대통과교통량이 각각 달리 결정되며, 이로 인해 병목구간을 통과하는 정체류의 통행시간이 영향을 받는다. 분석을 통해 수원IC 및 신갈JC 합류부에서의 본선 정체수준을 비교하였는데, 가속차로부가 본선에 미치는 교통영향을 파악하기 위한 자료로는 합류부 상류 본선 도착교통량, 진입연결로 교통량, 합

류후 최대통과교통량 등을 사용하였으며, 이를 통해 본선 통과교통량 및 본선 누적 정체규모를 산출하였다. 분석 결과, <표 1> 및 <표 2>에서 보는 바와 같이, 신갈JC의 누적 정체규모가 수원IC보다 훨씬 크게 나타나고 이로 인해 정체도가 더욱 심각함을 알 수 있다. 이 때 한 가지 중요한 사항은, 신갈JC의 합류부 본선 도착교통량이 수원IC의 합류부 본선 도착교통량보다 작음에도 불구하고 신갈JC의 최대통과교통량이 수원IC의 최대통과교통량보다 작게 나타났다는 것이다. 이는 수요가 많을 때 혼잡이 더 심할 것이라는 일반적인 통념과는 배치되는 결과로서, 이를 통해 신갈JC 합류부에서는 어떠한 이유에 의해서건 교통혼잡을 심각하게 유발하는 요인이 존재한다는 것을 유추하게 되었다.

다음으로는 이처럼 두 합류부에서 혼잡수준이 크게

다른 이유를 파악하기 위한 구간별 시간대별 교통류 특성변수 분석이 수행되었다.

2. 교통량 및 속도 분석

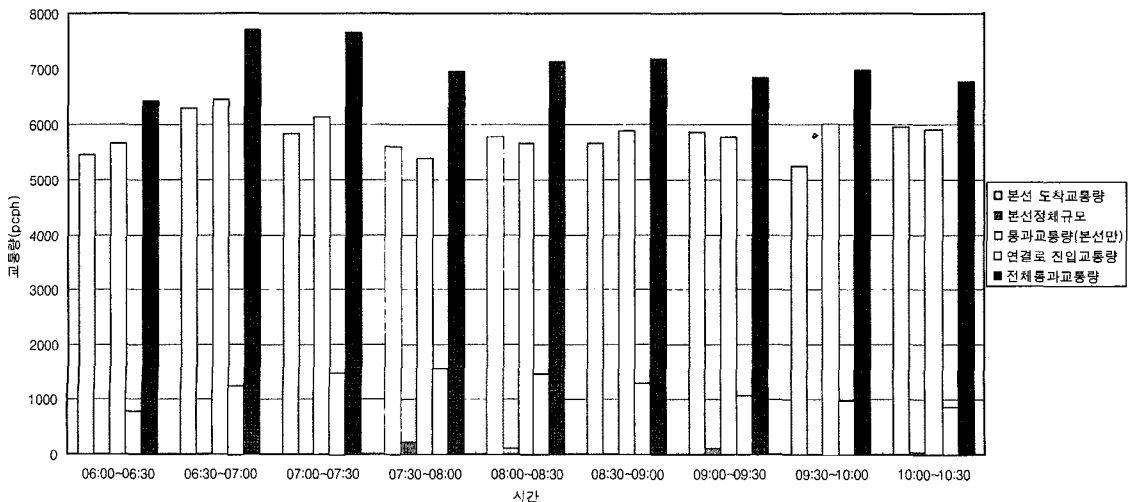
수원IC 및 신갈JC의 구간별 시간대별 교통량 및 속도추이를 비교하면 <표 3>의 예에서 보는 바와 같이 수원IC의 교통량이 신갈JC의 교통량보다 많으며, 두 구간의 평균통행속도는 크게 차이가 발생하지 않음을 알 수 있다. 이러한 결과를 앞서 제시한 최대통과교통량 분석 결과와 함께 해석해보면, 두 합류부의 정체류 평균주행속도가 비슷하더라도 이는 혼잡구간을 지나는 교통류의 평균속도일 뿐 혼잡강도를 나타내는 지표가 되지는 못한다. 즉, 합류부 도착교통량 및 통과교통량

<표 1> 수원IC 통과교통량 및 정체규모 비교

구분	합류부 본선 도착교통량 (승용차/시)	진입연결로 교통량 (승용차/시)	본선 통과교통량 (승용차/시)	합류부 최대 통과교통량 (승용차/시)	본선 누적 정체규모 (대)*	비고
06:00~06:30	5,440	766	5,663	6,429	0 (-223)	
06:30~07:00	6,290	1,248	6,450	7,698	0 (-160)	
07:00~07:30	5,841	1,514	6,134	7,648	0 (-293)	
07:30~08:00	5,593	1,578	5,369	6,947	224 (224)	정체
08:00~08:30	5,767	1,478	5,661	7,139	330 (106)	정체
08:30~09:00	5,656	1,296	5,886	7,182	100 (-230)	정체
09:00~09:30	5,863	1,070	5,760	6,830	203 (103)	정체
09:30~10:00	5,248	984	5,985	6,969	0 (-737)	
10:00~10:30	5,950	858	5,914	6,772	36 (36)	정체

* 표 안의 모든 교통량 및 정체규모는 분석 time slice(30분)의 교통량을 1시간으로 환산한 값임.

** 본선 누적정체규모 중 ()안의 숫자는 각 time slice 별 정체규모를 의미함.

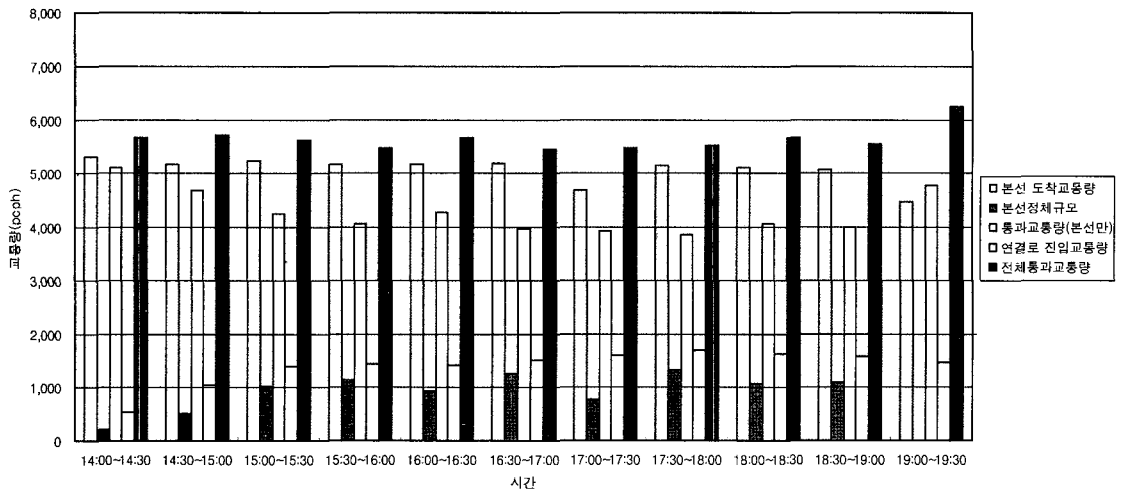


〈표 2〉 신갈JC 통과교통량 및 정체규모

구분	합류부 본선 도착교통량 (승용차/시)	진입연결로 교통량 (승용차/시)	본선 통과교통량 (승용차/시)	합류부 최대 통과교통량 (승용차/시)	본선 누적 정체규모 (대)	비고
14:00~14:30	5,340	542	5,135	5,677	205 (205)	정체
14:30~15:00	5,192	1,050	4,687	5,737	710 (505)	정체
15:00~15:30	5,255	1,386	4,246	5,632	1,719 (1,009)	정체
15:30~16:00	5,192	1,448	4,057	5,505	2,854 (1,135)	정체
16:00~16:30	5,203	1,408	4,274	5,682	3,783 (929)	정체
16:30~17:00	5,214	1,516	3,957	5,473	5,040 (1,257)	정체
17:00~17:30	4,691	1,590	3,917	5,507	5,814 (774)	정체
17:30~18:00	5,171	1,700	3,839	5,539	7,146 (1,332)	정체
18:00~18:30	5,121	1,628	4,052	5,680	8,215 (1,069)	정체
18:30~19:00	5,076	1,584	3,977	5,561	9,314 (1,099)	정체
19:00~19:30	4,486	1,466	4,784	6,250	9,016 (-298)	정체

* 표 안의 모든 교통량 및 정체규모는 분석 time slice(30분)의 교통량을 1시간으로 환산한 값임.

** 본선 누적정체규모 중 ()안의 숫자는 각 time slice 별 정체규모를 의미함.



의 차이에 의해 정체규모가 결정되고 그 정체규모에 의해 정체구간의 길이가 결정되므로, 정체류의 평균주행속도가 비슷하다 할지라도 정체구간의 범위가 넓으면 혼잡구간의 통과시간이 많이 소요되게 된다. 따라서, 이러한 분석을 통하여 신갈JC 합류부가 수원IC 합류부보다 교통량이 적음에도 불구하고 정체규모 및 강도가 더 큰 혼잡구간임을 알 수 있다.

3. 밀도 및 밀도의 변화량 비교

앞서 두 가지의 분석 사례를 통해 왜 수원IC와 신갈

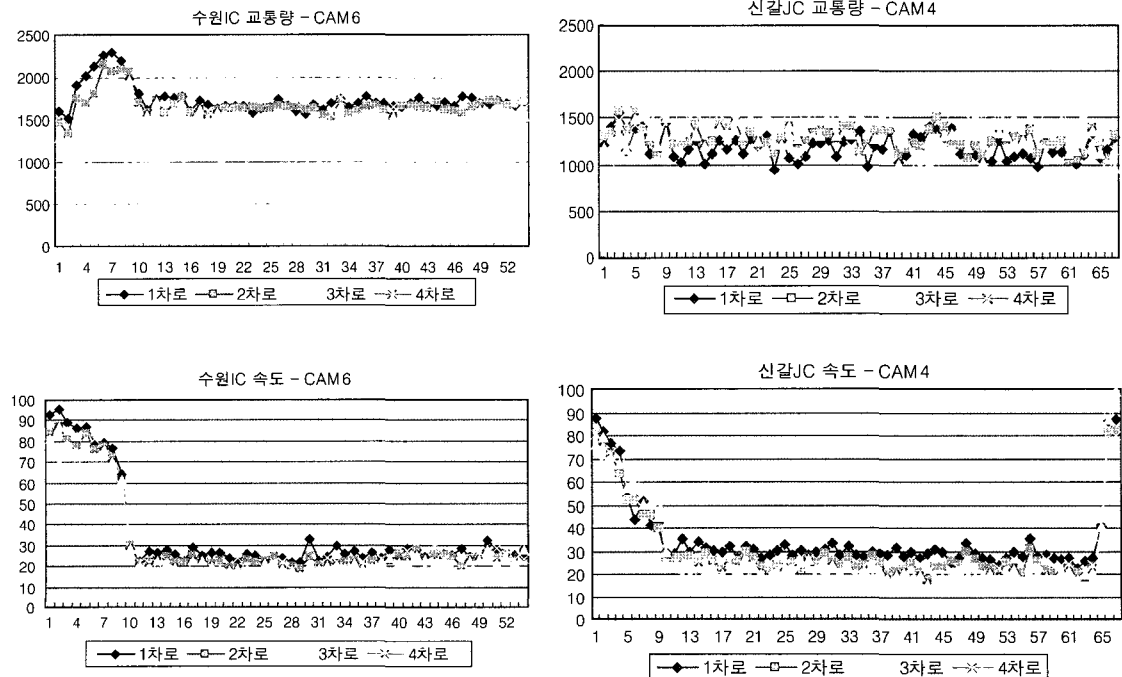
JC에서 통과교통량의 차이가 발생하는지, 특히, 본선 통과교통량의 차이가 크게 발생하여 본선 지정체의 강도가 크게 다르게 나타나는지에 대한 의문이 제기되었다. 본 분석에서는 밀도를 분석 척도로 하여 밀도변화량 분석을 수행하였고, 이를 통해 합류부 본선 구간의 지정체 양상을 해석하였다. 밀도의 변화량은 합류부 구간(CAM)에서 각 time slice(5분 기준)별로 밀도의 변화량을 산출하여 그 양적 평균치(절대값으로 환산한 평균)와, 변화량의 제곱평균 및 밀도변화량의 분산을 산출하여 비교하였다.

합류부의 길이가 다른 수원IC 및 신갈JC에서 밀도 및

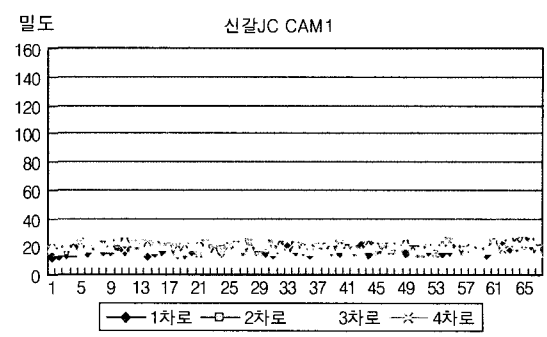
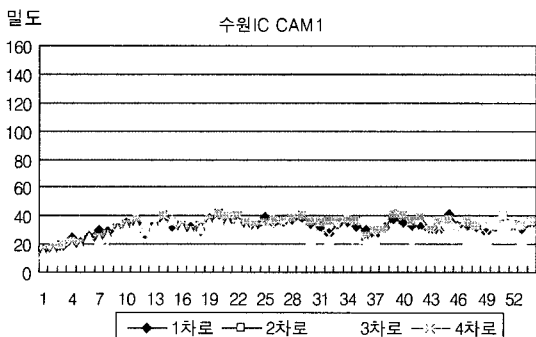
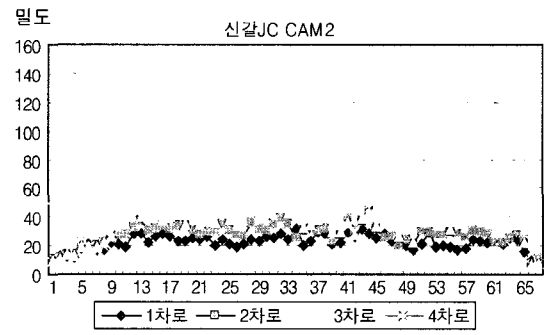
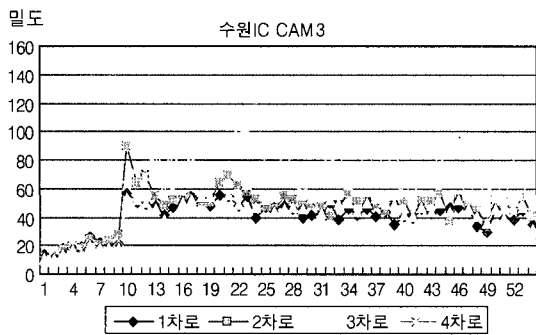
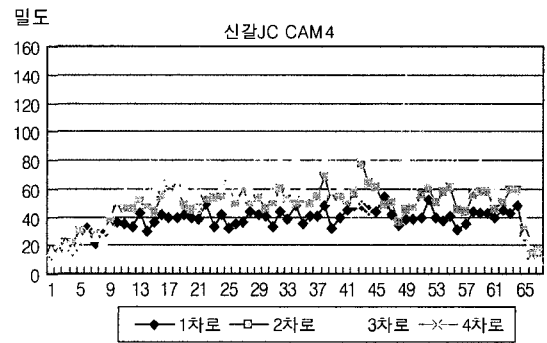
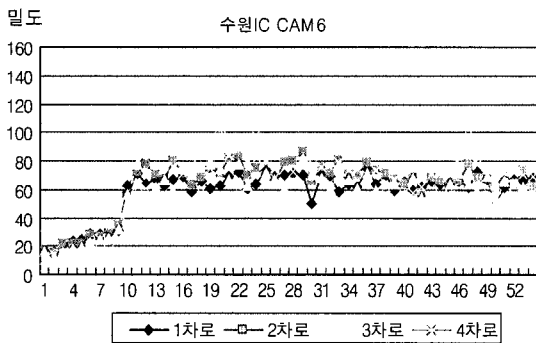
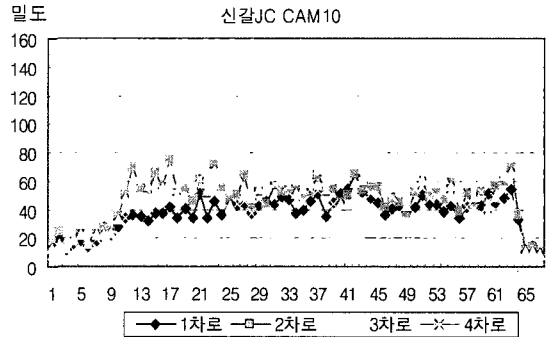
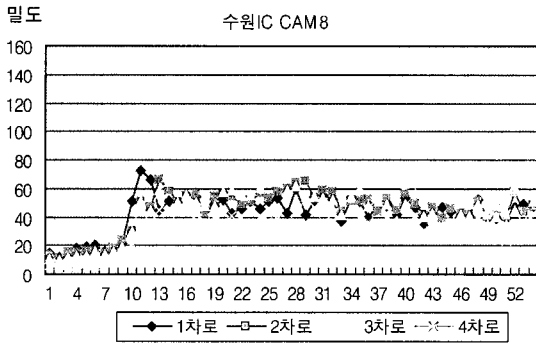
〈표 3〉 수원IC 및 신갈JC 교통량, 속도 자료 예

Time Slice (5분)	수원IC - CAM6								신갈JC - CAM4							
	교통량 (승용차/시)				속도 (km/h)				교통량 (승용차/시)				속도 (km/h)			
	1차로	2차로	3차로	4차로	1차로	2차로	3차로	4차로	1차로	2차로	3차로	4차로	1차로	2차로	3차로	4차로
1	1596	1470	1290	864	93	85	81	79	1218	1320	1188	906	88	81	76	80
2	1512	1332	1014	948	95	87	87	71	1416	1344	1176	768	82	78	79	69
3	1902	1740	1368	1032	89	81	85	73	1554	1566	1422	1482	77	72	71	72
4	2016	1698	1464	1056	87	78	82	71	1152	1380	1176	1170	73	64	68	76
5	2136	1806	1470	1122	87	84	75	75	1392	1572	1488	1422	54	52	57	64
6	2256	2142	1632	1164	79	76	73	81	1404	1374	1542	1710	44	52	59	58
7	2292	2070	1848	1596	79	77	76	65	1116	1254	1308	1470	52	46	50	55
8	2190	2082	1800	1608	76	72	70	67	1146	1122	1194	1458	42	46	51	54
9	1980	2064	1974	1788	64	61	62	59	1464	1458	1506	1572	43	40	45	51
10	1812	1692	1620	1554	29	31	29	34	1092	1218	1332	1614	30	27	29	31
11	1620	1578	1554	1392	23	22	20	22	1020	1236	1314	1344	29	27	23	25
12	1734	1728	1704	1302	27	22	19	22	1176	1248	1416	1494	36	27	19	20
13	1776	1584	1410	1188	26	23	23	22	1272	1422	1320	1554	30	28	20	24
14	1764	1674	1500	1254	28	25	22	23	1008	1212	1194	1314	34	25	23	21
15	1770	1752	1158	1104	26	22	19	15	1128	1248	1356	1596	31	29	23	21
16	1596	1584	1170	1074	23	22	16	15	1272	1428	1392	1536	30	26	22	24
17	1728	1608	1614	1170	29	26	23	16	1164	1416	1308	1380	30	22	20	19
18	1674	1548	1242	1536	25	23	23	16	1272	1452	1476	1482	32	24	24	26
19	1632	1620	1584	1482	27	22	20	20	1116	1254	1314	1578	27	26	22	23
20	1668	1632	1404	1404	27	23	19	14	1278	1350	1500	1644	32	30	23	18
21	1668	1626	1230	1458	24	20	18	17	1206	1254	1242	1164	31	27	23	25
22	1656	1626	1488	1296	23	20	19	24	1338	1230	1542	1374	27	23	20	16
.

주 : 도로용량편람의 고속도로 평지부 중차량환산계수를 적용하여 승용차 단위로 환산한 교통량을 적용함



〈그림 3〉 수원IC 및 신갈JC 합류부 시간대별 교통량, 속도 변화 추이(Time Slice : 5분)



〈그림 4〉 수원IC 및 신갈JC 구간별 시간대별 밀도 변화 추이(Time Slice : 5분)

〈표 5〉 수원IC 및 신갈JC 구간별 밀도 및 밀도변화 비교

수원~신갈 평균 밀도(승용차/km)								
구분	1		2		3		4	
	수원IC	신갈JC	수원IC	신갈JC	수원IC	신갈JC	수원IC	신갈JC
	CAM8	CAM10	CAM6	CAM4	CAM3	CAM2	CAM1	CAM1
1차로	43	38	59	37	41	22	32	17
2차로	45	46	63	48	46	28	33	19
3차로	44	50	58	58	42	36	27	19
4차로	32	19	61	61	65	57	27	19
평균	41	38	60	51	49	36	30	19

수원~신갈 밀도변화량의 평균(승용차/km)								
구분	1		2		3		4	
	수원IC	신갈JC	수원IC	신갈JC	수원IC	신갈JC	수원IC	신갈JC
	CAM8	CAM10	CAM6	CAM4	CAM3	CAM2	CAM1	CAM1
1차로	7.1	6.2	6.0	6.0	5.2	3.5	3.7	1.8
2차로	6.0	9.9	6.7	6.8	7.3	3.9	3.4	2.6
3차로	6.3	9.9	9.4	9.8	6.2	7.6	2.5	2.8
4차로	6.3	5.3	11.4	16.6	11.3	12.9	2.6	2.8
평균	6.4	7.8	8.4	9.8	7.5	7.0	3.1	2.5

수원~신갈 밀도변화량의 제곱평균((승용차/km) ²)								
구분	1		2		3		4	
	수원IC	신갈JC	수원IC	신갈JC	수원IC	신갈JC	수원IC	신갈JC
	CAM8	CAM10	CAM6	CAM4	CAM3	CAM2	CAM1	CAM1
1차로	90	59	72	59	57	19	21	5
2차로	59	141	69	79	139	26	18	11
3차로	64	151	126	174	74	94	9	13
4차로	61	61	213	505	231	291	12	11
평균	69	103	120	204	125	108	15	10

수원~신갈 밀도변화량의 분산((승용차/km) ²)								
구분	1		2		3		4	
	수원IC	신갈JC	수원IC	신갈JC	수원IC	신갈JC	수원IC	신갈JC
	CAM8	CAM10	CAM6	CAM4	CAM3	CAM2	CAM1	CAM1
1차로	41	23	35	22	30	7	7	2
2차로	23	64	23	33	85	10	7	4
3차로	24	79	38	78	36	36	3	5
4차로	22	33	82	231	102	124	5	3
평균	28	50	45	91	63	44	6	4

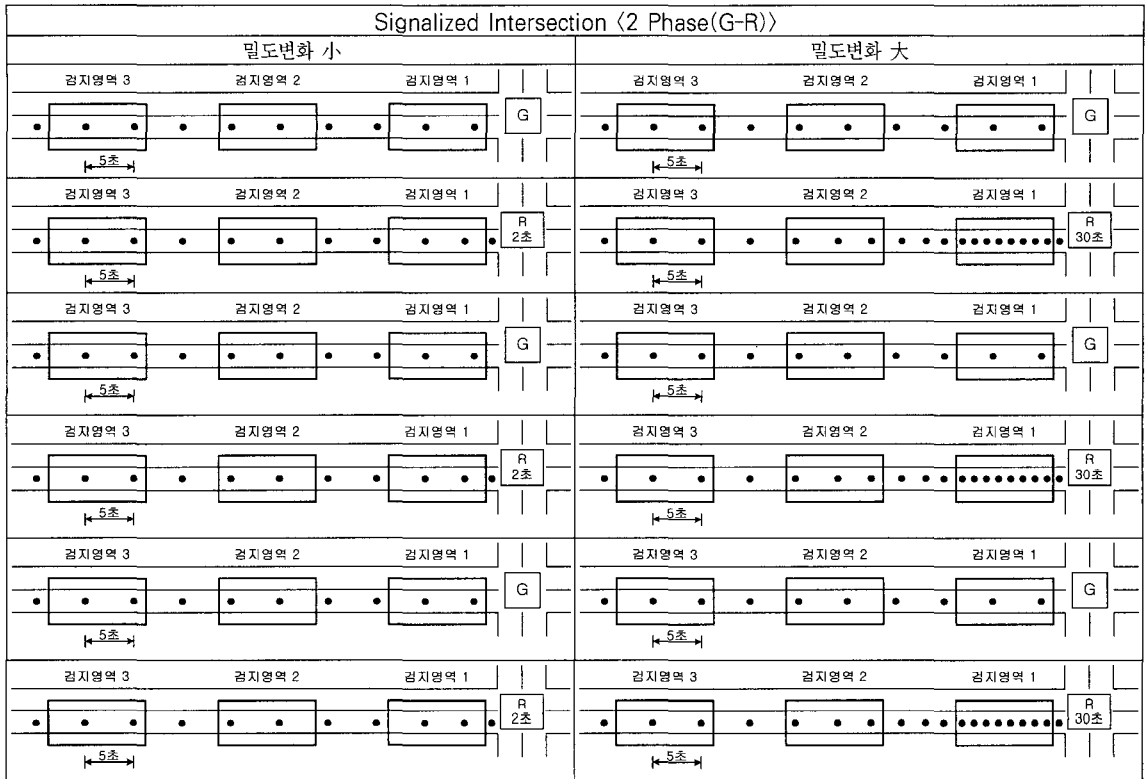
첨두시 약 500대/시(진입수요의 약 60%)가 한 구간에서 최대로 진입하는 진입교통량이며, 역시 한 구간에서 집중적으로 진입하는 교통량이 많은 신갈JC 합류부가 수원IC 합류부보다 더욱 혼잡함을 알 수 있다.

4. 가속차로부 연결로 차량주행행태 분석

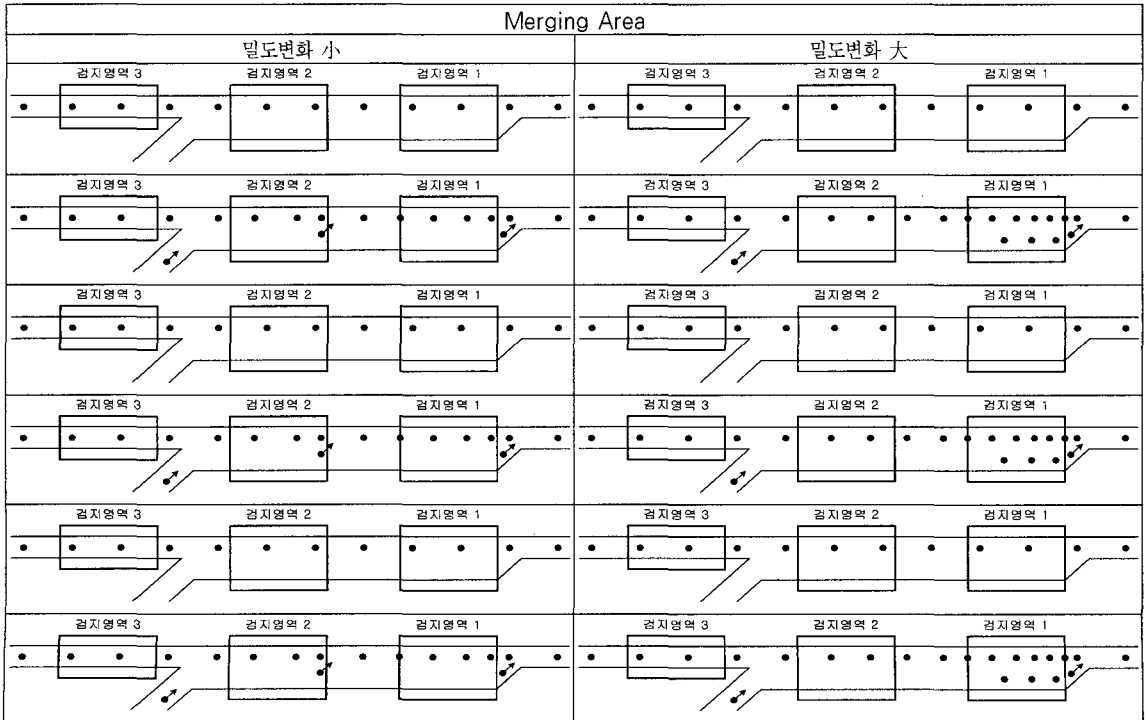
수원IC 합류부(서울→부산) 및 신갈JC 합류부(부산→서울)는 각 각 오전 및 오후 첨두시에 극심한 정체

현상이 나타나는 구간으로 정체의 주요한 원인은 가속차로부 합류차량에 기인하는 것으로 조사되어졌다. 그러나 두 구간은 정체수준 및 강도가 상이하고 병목구간을 지난 최대통과교통량 및 합류부 밀도변화 특성 또한 상이하여 두 구간의 확연히 다른 가속차로부 길이가 두 구간의 정체양상의 차이를 결정짓는 주요한 요인으로 생각되었다.

이를 규명하기 위해, 수원IC 및 신갈JC 가속차로부에서의 구간별 본선진입 교통량을 첨두시 및 비첨두시



<그림 5> 신호교차로에서 녹색시간 차이에 따른 밀도변화 개념도(균일 차두간격 5초 가정)

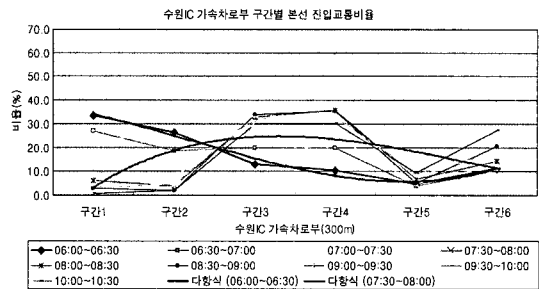
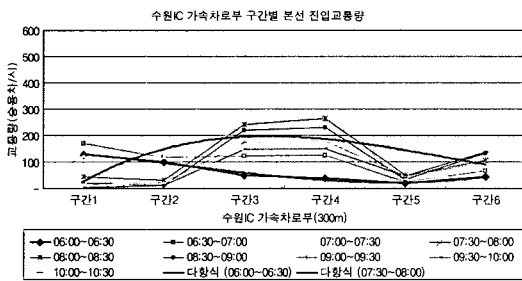


<그림 6> 합류부 진입위치 및 진입량에 따른 밀도변화 개념도

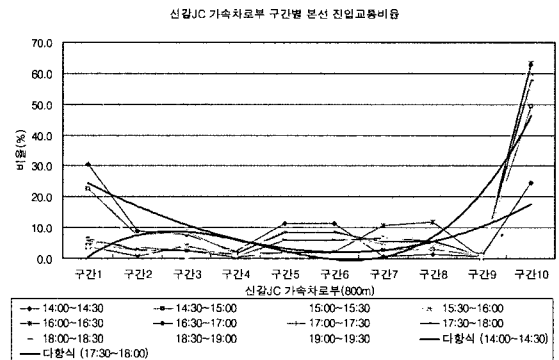
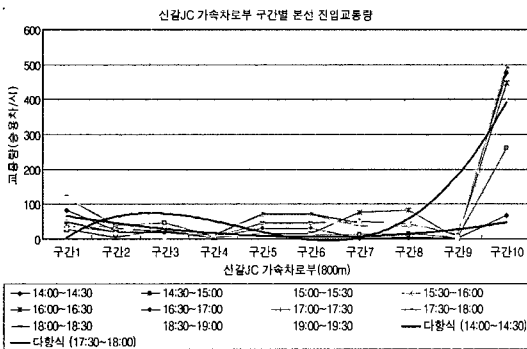
에 걸쳐 연속적으로 분석하였으며, 두 구간에서 본선으로 진입하는 차량의 상이한 주행행태를 발견하였다(수원IC 및 신갈JC에서의 가속차로부 구간 정의는 <그림 1> 및 <그림 2> 참조). 즉, 수원IC 합류부에서는 가속차로부의 중간지점에서 가장 많은 합류가 발생하였으며(<그림 7>), 신갈JC 합류부에서는 가속차로부의 끝에서 가장 많은 합류가 발생하였다(<그림 8>).

이를 진입교통비율로 나타내면, 수원IC의 경우 최대 진입교통비율은 약 30%를 상회하는 수준이며 가속차로부의 마지막 구간에 이르기 전에 약 80% 이상이 합류를

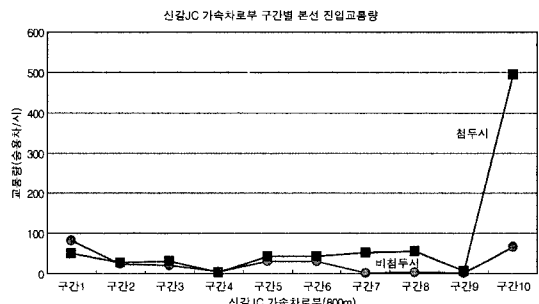
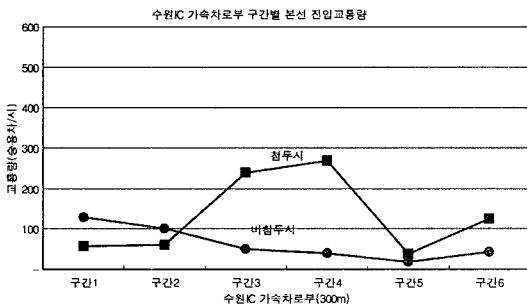
종결하는 것으로 나타났다. 반면, 신갈JC의 경우는 가속차로부의 마지막 구간에 이르러 약 50% 이상의 차량이 합류하는 결과를 보였다. 이렇게 두 구간에서 차량주행행태 차이가 발생하는 가장 큰 원인은 신갈JC의 경우 가속차로부가 길고 본선보다 높은 속도로 주행할 수 있으므로 정체시 통행시간의 단축을 위해 가속차로부 끝까지 주행하는 것으로 해석된다. 이는 비정체시와는 달리 정체시에 약 800m 구간의 가속차로부 통과 시간이 본선에서보다 훨씬 짧고 통행시간의 감소효과도 높기 때문으로, 본선 차량들조차 연결로로 끼어들어 주행하는 현상



<그림 7> 수원IC 가속차로부 구간별 본선 진입교통량 및 진입비율



<그림 8> 신갈JC 가속차로부 구간별 본선 진입교통량 및 진입비율



<그림 9> 수원IC 및 신갈JC 가속차로부 진입 행태(침두 및 비침두시)

만 보더라도 신갈JC 가속차로부 차량주행태를 이해할 수 있다. <그림 9>는 수원IC 및 신갈JC 가속차로부에서의 차량주행태를 첨두시 및 비첨두시에 대하여 각 각 비교한 결과를 나타낸 것이다.

5. 분석 결론

가속차로부의 길이가 확연히 다른 두 합류부(수원IC 및 신갈JC)에서 차량주행특성 및 교통특성변수 분석을 통하여 두 합류부에서 혼잡수준이 다르게 나타나는 현상 및 원인을 고찰하였다. 수원IC 및 신갈JC 합류부에서 정체시 나타나는 대표적인 교통특성은 교통밀도변화이다. 이는 합류부 가속차로부에서 발생하는 연결로 차량의 합류주행태와 관련된 것으로 가속차로부의 길이가 길고 50% 이상의 차량이 가속차로부 끝에서 집중적으로 합류하는 신갈JC의 경우, 합류 및 차로변경으로 차량상층의 빈도를 심화시켜 수원IC보다 적은 교통량 및 밀도 수준에서 수원IC보다 훨씬 큰 밀도변화를 보인 것으로 분석되었다. 이를 통해 신갈JC의 긴 가속차로부는 혼잡구간의 범위를 넓게 하고 강도를 심화시켜 고속도로 운영효율을 크게 저하시키는 결과를 초래한 영향요인으로 해석 할 수 있다.

V. 결론 및 제언

합류부 가속차로는 원활하고 안전한 차량합류를 위해 적절한 길이가 제공되어야 한다. 특히, 비정체시에는 교통류의 속도가 높아 연결로 차량이 본선 주행속도에 가깝도록 가속할 수 있는 거리가 필요하며, 또한 안전한 합류를 위한 대기 주행거리가 필요하다. 이러한 이유로, 비정체시를 기준으로 가속차로의 길이를 늘이는 방안이 안전도를 높이는 측면에서 고려되어졌으며, 실제로 여러 곳에서 가속차로의 길이를 늘인 사례를 찾아볼 수 있다. 그러나 본 연구 결과에서 알 수 있듯이, 정체시에는 가속차로의 길이가 길수록 혼잡구간의 범위를 확장시키고 또한 혼잡 강도를 심화시키는 결과를 초래한다. 기 개통된 도로의 경우, 부분적인 일부 구간의 운영효율 저하로 인해 혼잡이 발생하게 되면, 이에 대한 대책 수립에 많은 시간과 경비가 소요됨을 경험하여 왔다. 따라서 본 연구의 결과를 토대로, 첨두시 정체가 집중적으로 발생하는 도시부와 정체가 발생하지 않는

지방부에 대하여 서로 다른 척도 즉, 소통과 안전이라는 두 가지 척도의 조화로운 적용을 통해 가속차로 길이의 적절한 공급이 이루어져야 할 것으로 판단한다.

참고문헌

1. 김상구(1997), 고속도로 합류구간 교통특성 및 용량 모형식 개발연구, 서울대학교, 박사논문.
2. 대한교통학회(2001), 도로용량편람.
3. 건설교통부(2000), 도로의 구조·시설기준에 관한 규칙, 해설 및 지침.
4. 신치현·김규옥(2005), 가속차로의 길이 제어와 고속도로 접속부 혼잡저감 효과, 대한교통학회지, 제23권 제5호, 대한교통학회, pp.169~176.
5. 이승준·이정도·최재성(1999), 확률모형을 이용한 엇갈림 구간의 교통류분석, 대한교통학회지, 제17권 제5호, 대한교통학회, pp.137~149.
6. 이승준(2002), 고속도로 전체 구간의 용량 산정 방법론 정립, 서울시립대학교, 박사논문.
7. 이승준·박재범·강정규(2005), 가속차로 길이에 따른 합류부 교통영향 분석, 대한토목학회 2005년도 정기학술대회.
8. 최재성·이승준(2000), 도시고속도로 엇갈림 구간의 합리적 설계를 위한 교통 특성 분석 (I), 대한교통학회지, 제18권 제5호, 대한교통학회, pp.33~42.
9. 최재성·이승준(2001), 고속도로 합류부 임계차주 간격 및 용량 산정에 관한 연구, 대한교통학회지, 제19권 제6호, 대한교통학회, pp.195~205.
10. Drew, Donald R.(1968), Traffic Flow Theory and Control, McGraw-Hill.
11. Edited by Messer C.J. et al.(1997), Traffic Flow Theory-A Monograph (Revised Edition), Special Report 165, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C.
12. Hall, F. L. and Agyemang-Duah, K.(1991), Freeway Capacity Drop and The Definition of Capacity, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C.

13. Highway Capacity Manual(2000), Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C.
14. May, Adolf D.(1990), Traffic Flow Fundamentals, Prentice-Hall.
15. Ruediger Lamm · Basil Psarianos · Theodor Mailaender(1999), Highway Design and Traffic Safety Engineering Handbook, McGraw-Hill.

♣ 주 작 성 자 : 이승준

♣ 논문투고일 : 2005. 10. 29

♣ 논문심사일 : 2005. 11. 30 (1차)
2005. 12. 15 (2차)

♣ 심사판정일 : 2005. 12. 15

♣ 반론접수기한 : 2006. 4. 30