

## 난류현상을 이용한 고속도로 합류부의 영향권 세분화 연구

### Analysis on Propagation of Highway Traffic Flow Turbulence at Entrance-Ramp Junctions

김 태 헌	Kim, Taeheon	연세대학교 도시공학과 박사과정 (E-mail : kth-kan@yonsei.ac.kr)
노 창 균	Roh, Chang-gyun	연세대학교 도시교통과학연구소 전문연구원 (E-mail : rev1981@yonsei.ac.kr)
김 원 길	Kim, Wongil	정회원 · 연세대학교 도시교통과학연구소 연구교수 · 교신저자 (E-mail : wgkim0220@hanmail.net)
손 봉 수	Son, Bongsoo	연세대학교 도시공학과 교수 (E-mail : sbs@yonsei.ac.kr)

#### ABSTRACT

This study is aiming to separate highway entrance ramps from impact zones which are considered the characteristics and real traffic situations in each lane and section. The results of this study can be applied to Lane Control System and control the traffic flow for highway more efficiently. Based on earlier studies which analyzed impact zones in entrance-ramp junction using the standard deviation of speed, this study divides more segmentalized impact zones according to the degree of turbulences. As a result of this study, about 800m of intervals, from 500m of upper flow (1,2,3 lane) to 300m of lower flow(2, 3 lane), shows similar traffic characteristics influenced by entrance ramp directly.

#### KEYWORDS

traffic flow, turbulence, entrance-ramp junction, impact zone, root mean square error

#### 요지

본 연구의 목적은 도시고속도로 합류부의 특성 및 실제 교통상황을 고려하여 각 차로별, 구간별로 영향권을 분석하는 것을 목적으로 하였다. 향후에는 본 연구결과를 바탕으로 차로제어시스템(Lane Control System, LCS) 등 운전자 정보제공서비스 및 첨단기술에 적용하여 효율적인 도로이용을 통한 원활한 운행상태유지가 가능할 것이다. 본 연구에서는 속도의 표준편차를 기준으로 고속도로 합류부의 난류현상을 분석한 기존연구를 기반으로, 난류현상 발생정도를 기준으로 한 세분화된 합류부 영향권을 도출하였다. 난류현상을 기준으로 도출한 합류부 영향권은 합류지점을 중심으로 합류지점과 유사한 교통류 특성을 보이는 구간을 합류의 직접영향권으로 도출하였으며, 도출된 결과는 상류부 300m에서 500m구간의 1, 2, 3차로, 합류지점에서 300m지점까지의 전차로 및 하류부 100m지점까지의 전차로, 하류부 100m에서 300m구간의 2, 3차로로 분석되었다.

#### 핵심용어

교통류, 난류현상, 합류부, 영향권 분석, 평균제곱근오차

## 1. 서론

### 1.1. 연구의 배경 및 목적

고속도로의 연결로는 합류 또는 분류를 목적으로 한 차량의 이동에 의하여 차량의 차로변경 및 속도의 가·감속이 빈번히 발생한다. 이러한 고속도로 연결로 중 합류

부는 교통류 상충이 가장 빈번히 발생하는 구간으로 고속도로 본선 교통류와 연결로의 교통류간 상충에 의하여 고속도로 본선의 교통운영상태가 결정된다. 불규칙적으로 예측하지 못하는 차량간 상충을 포함한 차량의 이동은 불안정한 교통흐름인 교통류 난류현상을 발생시킨다.

기존 연구에서 고속도로의 합류부 영향권 분석은 합류부를 통과하는 차량의 평균속도변화량, 차량간 속도차 및 속도의 표준편차 등에 의하여 난류현상을 분석하는 형태로 진행되어 왔다. 그러나 기존의 연구결과에서 분석한 고속도로 합류부 영향권은 난류현상의 발생원인과 관련된 부분은 제외되었다. 실질적인 합류부에서 발생할 수 있는 교통류 변화특성의 원인은 차량의 합류에 의하여 발생하는 차량간 상충과 합류되는 차량을 회피하기 위하여 시도되는 차로변경에 의한 상충이 있다. 고속도로 합류부의 영향권 내에서는 이러한 두가지 원인에 의하여 차량의 주행속도가 급변하는 등 난류현상이 발생하게 되며, 이러한 현상을 실험적 방법을 통하여 합류부의 영향권 분석연구는 이행된 바 없었다.

고속도로 합류부의 교통류 운영관리기법 중 하나인 차로제어방안은 적절한 공간적 시점에서 차로제어를 시행함에 따라 운영효과를 극대화할 수 있다. 차로제어방안을 시행하는 공간적 시점은 차량의 합류에 의하여 발생하는 차량간 상충을 최소화하기 위하여, 합류차량을 회피하기 위한 차로변경이 시작되는 지점에서 시행되어야 한다. 그러나 이러한 지점에 대한 연구결과는 교통류 난류현상의 발생원인에 대한 분석연구에 포함되어 있지 않으며, 따라서 차로제어시스템 등 고속도로 연결로의 운영관리방안을 도입할 경우 차로제어시점 및 방안 등에 대한 전략구현이 어려운 실정이다. 따라서 본 연구에서는 고속도로 합류부를 대상으로 기존의 영향권을 난류현상 발생원인을 기준으로 합류의 직접영향권 및 차로변경에 의한 간접영향권으로 세분화하는 것을 목적으로 하며, 향후 차로제어시스템 및 개별차량주행제어환경이 구현되었을 경우에 활용이 가능한 자료를 제공하고자 하였다.

## 1.2. 연구의 범위 및 방법

본 연구는 이기운 외 3인(2008)의 연구에서 도출한 고속도로 합류부의 합류부의 영향권(상류부 300m에서 하류부 300m까지 약 700m)을 보다 세분화하는 방안에 관한 연구이다. 기존의 연구에서는 난류현상을 분석하여 이를 이용한 고속도로 합류부 영향권 영역을 제시하는 것을 주요 목적으로 하고 있다. 고속도로 합류부의 교통류 운영관리를 위해서는 단순히 고속도로 합류부 영향권을 도출하는 것으로는 큰 의미가 없으며, 난류현상을 발생시키는 원인을 기준으로 차량 합류에 의한 직접적인 영향권의 상류부에서 차로제어 등 실질적인 교통류 제어방안이 이루어질 수 있도록 교통관리전략을 수립할 수 있는 실증적인 연구가 반드시 수반되어야 한다. 이를 위하여 본 연구에서는 기존 연구의 한계를 검

토하고, 이러한 한계를 극복할 수 있는 방안을 도출하였다. 차량검지기를 본 연구수행을 위하여 일정 간격으로 설치하여 교통정보를 수집하는 방안은 현실적으로 불가능하며, 따라서 기존 서울시 도시고속도로에 위치한 기존 차량검지기를 이용하여 수집한 교통정보를 이용한 분석방안을 적용하였다. 따라서 본 연구의 공간적 범위는 서울시 도시고속도로인 올림픽대로와 강변북로로 선정하였으며, 분석의 공간적 범위로 선정된 두 도시고속도로는 상호 유사한 교통류 특성을 보이는 상호 대체도로 관계인 도로이므로 동일한 기하구조인 지점에서 수집한 데이터는 유사한 교통류 특성을 갖는다는 가정 하에서 분석을 실시하였다.

서울시 도시고속도로에는 본선에는 약 500m 간격으로 영상검지기가 설치되어 있으며, 도시고속도로 본선의 차량검지기 설치간격에 의하여 합류지점에 따라 합류부에 해당하는 구간내의 차량검지기 설치위치가 서로 상이하다. 따라서 본 연구의 기본연구에 해당하는 이기운 외 3인(2008) 연구에서 제시한 고속도로 합류부 영향권의 범위보다 넓은 합류지점의 상류부 및 하류부 각 500m 총 1km에 위치한 차량검지기의 자료를 수집하여 분석하였으며, 이러한 지점에 위치한 차량검지기는 올림픽대로 동작-한강대교 김포방면, 잠실대교 남단 및 하남방면, 방화대교 남단 하남방면 등 총 4개지점 8개 차량검지기가 있다. 상기 제시한 지점의 차량검지기에서 수집한 데이터를 이용하여 고속도로 합류부의 직접영향권과 간접영향권을 분석하였으며, 분석은 데이터의 차이는 속도차 분포의 Root Mean Square Error(RMSE)를 기준으로 분석하였다.

## 2. 기존연구 고찰

### 2.1. 국외연구 고찰

고속도로 합류부의 난류현상 및 영향권 분석과 관련된 기존 연구를 검토하였다. 고속도로 합류부의 난류현상분석은 Theophilopoulos(1986)의 연구로부터 시작되었다고 할 수 있으며, 영향권 분석은 HCM을 기초로 검토하였다.

HCM(2000)의 연결로 접속부를 엇갈림구간과 구분하기 위하여 분류 후 합류형태의 기하구조를 보이는 구간의 합류지점을 합류부 영향권 분석의 기본형태로 설정하고 있으며, 고속도로 본선의 우측에 접속되는 연결로 접속부 형태를 대상으로 한다. 연결로 접속부에서는 유출, 유입 차량에 의해 본선 차량의 주행이 영향을 받

고, 이러한 영향을 미치는 범위를 영향권이라 하며, 그림 1과 같이 합류지점의 하류부 450m로 정의하였다. 이와는 달리 도로용량편람(2005)에서는 연결로 접속부의 100m 상류 지점부터 400m 하류지점까지의 구간으로 정의된다.

N. Theophilopoulos(1986) 및 한국도로공사(1996)의 연구에서는 고속도로 연결로 합류부의 난류현상의 분석방법을 제시하고 있다. 본선에 위치한 차량의 속도의 표준편차를 통하여 고속도로 합류부의 영향권내의 난류현상을 분석한 결과, 그림 2와 같이 합류지점을 중심으로 상류부로부터 진행될수록 4차로방향으로 난류현상이 커지는 결과를 도출하였다.

간격수락모형을 이용한 고속도로 합류부의 합류교통량 평가에 관한 모형으로, Drew, et al.(1968)은 접속부의 기하 조건을 반영하여 연결로의 가능 용량을 예측하고 아울러 연결로 차량들이 겪는 지체시간 및 대기행렬의 길이를 산정할 수 있는 방법을 체계화 하였다. 최근의 연구들은 합류부에서 본선 차량들이 만들어 내는 차두간격의 분포에 따라 연결로 차량들이 이러한 간격을 수락 또는 거절하는 행태를 수학적 확률에 근거한 모형으로 개발하려는 노력을 기울여 왔다. 연결로 차량들이 합류가능 여부를 판단하는 과정에 있어 임계간격이라는 개념을 사용하였고, 이러한 임계간격을 기반으로 연결로 차량의 합류를 분석하였다.

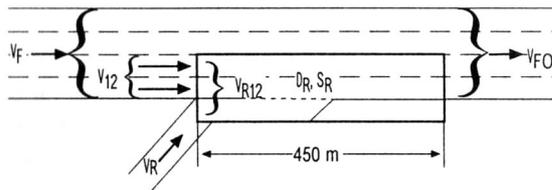


그림 1. Critical Ramp Junction Variables  
(출처 : HCM(2000), TRB)

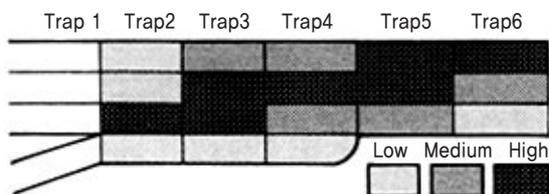


그림 2. Propagation of Turbulence at an On-ramp

## 2.2. 국내연구 고찰

이기윤 외 3인(2008)의 연구에서는 고속도로 합류부의 난류현상을 해당 지점 속도의 표준편차를 이용하여

분석하였으며, 합류부의 영향권을 상류부 300m에서 하류부 300m까지 약 700m를 영향권으로 도출하였다. 이는 기존 영향권으로 알려진 범위보다 상류부도 200m 확장된 영역을 포함한 결과이다. 그러나 난류현상의 원인에 대한 규명이 없으며, 이에 따라 차량의 합류에 의한 직접적인 영향권의 범위를 찾아내지는 못하였다.

김현상(2009)은 합류의 영향으로 교통류가 변화하는 형태를 실증적이고, 구체적으로 분석한다는 목적에 따라 NC-97검지기를 실제 도로상에 설치하여 획득한 데이터를 분석한 결과를 제시하였다. 분석방법으로는 교통량, 속도, 밀도 등 교통특성을 합류부를 기준으로 상류 및 하류부 각각 500m 범위를 대상으로 시공간적 분석을 통한 적합한 교통모형을 도출하였다. 적용한 교통모형으로는 Greenshields 모형과 Underwood 모형이 있으며, 상류 100m에서 하류 100m 구간을 감속구간, 합류 100m에서 하류 400m 구간을 감속속도유지 및 가속구간으로 규정하였다.

이러한 난류현상 분석 결과 또한 차량의 차로변경에 의한 요인분석은 어려우며, 이러한 방법은 트래킹 자료(Tracking Data)를 활용한 Next-Generation Simulation Data (NGSIM) 및 위성·항공사진 Data를 활용하는 것에 한정되어 있다. 그러나 국내의 교통류 특성 분석을 위한 위성·항공사진 Data는 구득이 어려운 실정이며, 일부 연구에서 사용한 NSGIM Data는 1960년에 미국 FHWA에서 작성한 자료로 국내 도로여건 및 교통류 특성과의 차이가 있으며, 수집자료가 최소 50년이 지난 자료로 분석결과의 적용에 있어 신뢰도를 보장하지 못한다.

본 연구에서는 국내 도시고속도로에 설치되어 운영중인 차량검지체계(영상검지기)를 활용한 영향권 세분화 방안을 제시하여 기존 연구의 한계 및 문제점을 보완하였다.

## 3. 데이터 분석방안 수립

### 3.1. 분석구간 선정 및 검지기 데이터 활용방안 수립

교통류 데이터를 활용한 난류현상분석은 분석대상지점별로 연속된 구간데이터의 수집이 이루어져야 한다. 그러나 현재 교통류 데이터의 수집을 위하여 설치된 차량검지기는 도시고속도로 본선에 약 500m 간격으로 설치되어 있으며, 본 연구에서 필요한 데이터 수집을 위하여 일정간격으로 검지기를 추가 설치 할 수 없으므로 기

설치된 검지기를 통하여 수집된 데이터를 활용한 분석 방법이 필요하다.

따라서 본 연구의 목적에 적합한 데이터 수집을 위하여 표 1과 같은 기준에 따라 분석대상지점을 선정하였다. 동일한 도로상에 위치한 합류부의 경우 유사한 교통패턴이 나타나며, 따라서 서로 불연속적인 지점에서 검지한 데이터 일지라도 유사한 교통류 특성이 반영된 결과를 도출할 수 있다.

따라서 합류부 분석대상 지점은 검지체계에서 이와 같은 검지체계에서 발생할 수 있는 오류를 최소화하기 위하여 동일한 도로조건을 가진 지점으로 선정하였다. 분석에 사용한 교통량은 평지의 PCU(Passenger Car Unit)로 환산한 30초주기 교통량을 15분 단위로 묶은 후, 1시간 교통류율로 환산한 값이다.

이러한 근거를 바탕으로 서울특별시 도시고속도로 중 총 8개 구간을 선정하였으며, 각 지점별로 합류지점을 중심으로 상류부 500m, 하류부 500m 총 1,000m 구간을 대상으로 교통정보 수집이 가능한 검지기를 표 2와 같이 선정하였다.

표 1. 분석대상지점 선정기준

구 분		내 용
도 로 조 건	설계속도	100km/h
	차로폭	3.5m 이상
	측방여유폭	1.5m 이상
	차로수	본선 4차로, 연결로 1차로
P C U	지형	평지
	소형 (2.5t 미만 트럭, 16인승 미만 승용차)	1.0
	중형 (2.5t 이상 트럭, 16인승 이상 버스)	1.5
	대형 (세미 트레일러 또는 풀 트레일러)	2.0

표 2. 분석대상지점 선정결과

분석지점	검지기수
올림픽대로 동작-한강대교 김포방면	2개 검지기
올림픽대로 잠실대교 남단 김포방면	2개 검지기
올림픽대로 잠실대교 남단 하남방면	2개 검지기
올림픽대로 방화대교 남단 하남방면	2개 검지기

그림 3은 불연속적인 도시고속도로의 검지기 설치지에 따른 극복방안을 도식화한 것이다. 합류지점에 인접한 검지기에서 수집된 데이터를 기준으로 인접한 검

지기에서 수집된 데이터와의 속도차 분석을 실시하였다. 속도차는 교통류 난류현상의 분석지표로 가장 많이 사용되는 지표로, 각 지점의 난류현상 발생정도의 차이를 비교하여 합류지점과 유사한 난류현상이 발생하는 구간을 도출하는 방식으로 고속도로 합류부의 영향권을 분석하였다. 데이터의 차이는 속도차 분포의 Root Mean Square Error(이하, RMSE)를 기준으로 분석하였다.

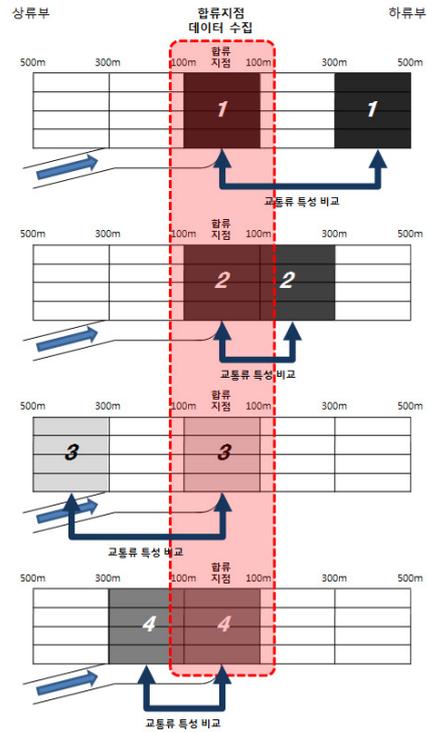


그림 3. 불연속적인 검지기데이터 활용방안

### 3.2. 데이터 분석방안

우측합류부 4개 구간 8개 검지기데이터 자료를 활용하여 분석을 실시하였다. 교통류 데이터 수집을 위하여 강변북로 및 올림픽대로 전 구간의 본선 및 연결로의 차로수를 조사하였으며, 위에서 제시된 도시고속도로 4차로 및 연결로 1차로로 구성된 우측합류부를 선정하였다. 선정된 합류부 중에서 엇갈림구간에 해당되는 지점에 위치한 합류부는 분석대상에서 제외하였으며, 노면상태가 건조한 상태인 맑은날 주중 3일인 화요일, 수요일, 목요일 데이터를 분석에 이용하였다. 수집된 원시데이터를 15분주기 데이터로 가공하였으며, 속도가 0 또는 교통류율이 0인 데이터는 분석에서 제외하였다. 데이터는 15분 단위로 가공하였다.

15분 단위로 교통류 데이터를 가공한 이유는, 일반적

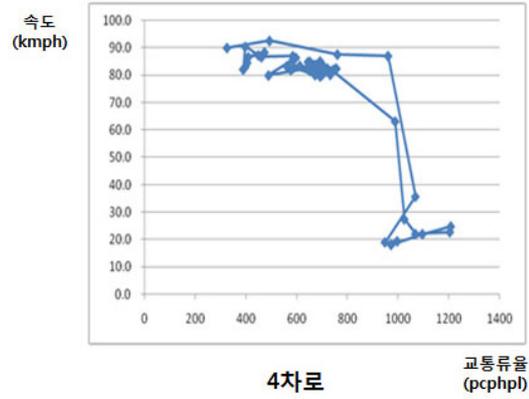
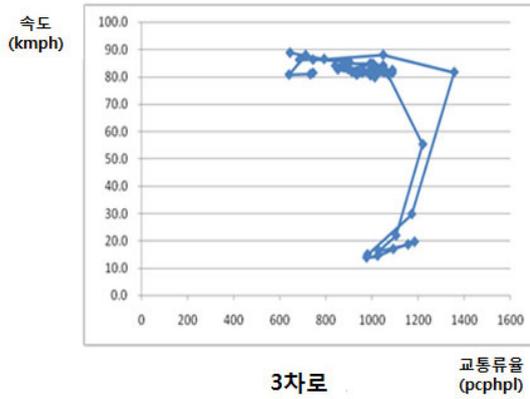
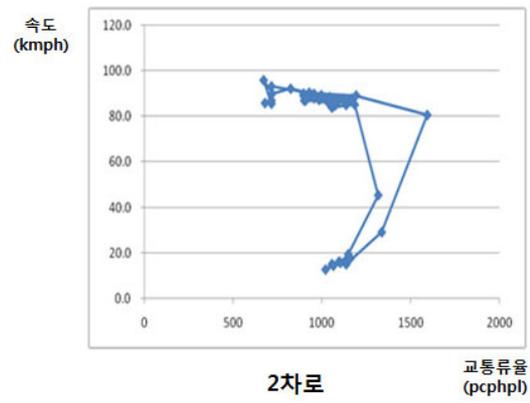
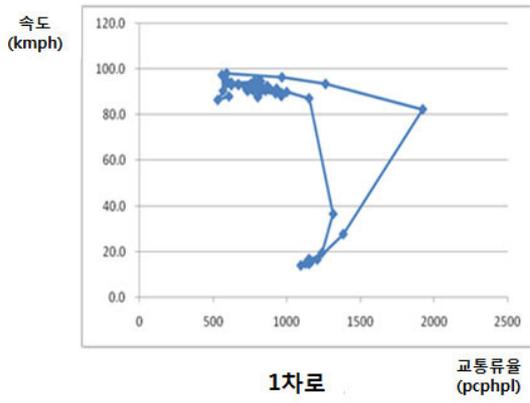
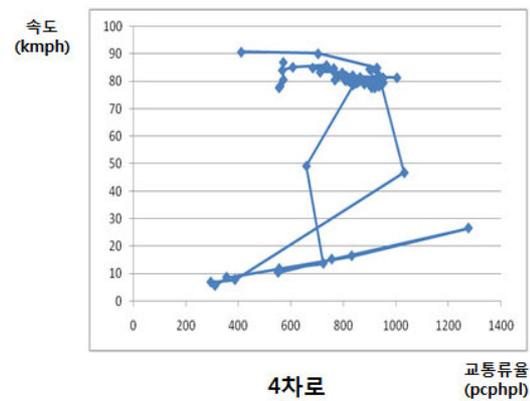
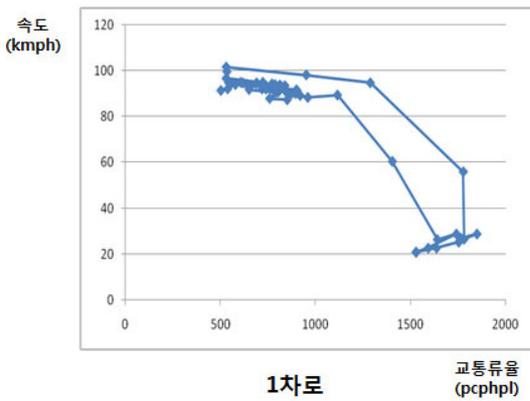
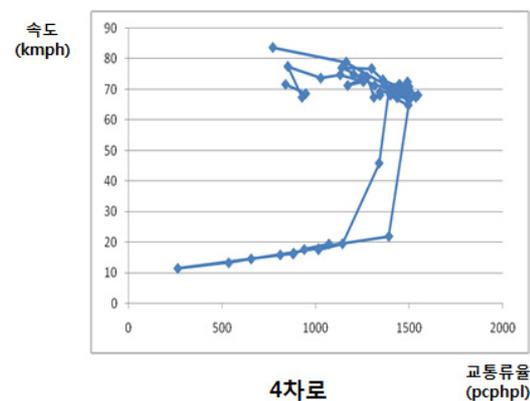
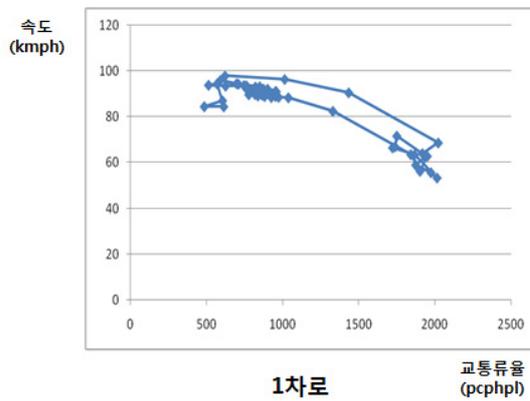


그림 4. 올림픽대로 잠실대교 남단(김포방면) 차로별 속도-교통량 관계도



(a) 상류 100m 지점 검지기 수집자료



(b) 하류 500m 지점 검지기 수집자료

그림 5. 올림픽대로 잠실대교(김포방면) 검지기 위치별 수집자료

으로 교통류 특성 및 변화를 가장 잘 나타내는 시간 단위가 15분으로 알려져 있으며 1시간단위로 가공하기 위하여 사용하는 첨두시간계수(PHF, Peak Hour Factor)가 15분 주기이며, 교통류율의 경우 15분 단위인 첨두시간계수에 4배를 의미한다. 따라서 교통량에 가중치를 둔 15분 주기 속도로 가공하였다. 각 30초 주기 데이터를 15분 기준의 단위로 분류한 후, 교통류율은 단위시간 내의 모든 교통량의 합을 15분주기 데이터의 값으로 사용하였다. 속도의 경우 단순 산술평균값이 아닌 교통량에 가중치를 둔 속도를 산출하였으며, 이러한 방법에 의하여 단순 평균값을 사용할 경우 발생할 수 있는 오류를 최소화하였다.

그림 4와 같이 동일한 지점에서 수집된 데이터는 차로별로 상이한 분포를 보인다. 그림 4와 같이 2차로와 3차로는 유사한 분포를 보이는 반면, 그림 5와 같이 1차로와 4차로는 차로의 특성이 일부 반영된 형태로 나타났다. 합류지점의 상류 및 하류에서 수집된 데이터의 분포는 그림 5와 같이 동일한 차로간에도 분포가 다른 것으로 판단된다. 올림픽대로 잠실대교 남단 김포방면의 경우 1차로는 상류 100m와 하류 500m의 교통량-속도 분포가 절대적인 수치는 다르나 유사한 패턴으로 변화한 것을 알 수 있다. 즉, 하류부의 속도가 상류부에 비하여 변화폭이 낮게 나타났으나, 변화하는 형태는 유사한 것으로 판단된다. 그러나 4차로의 경우에는 전체적인 속도 및 교통량의 분포뿐만 아니라 속도-교통량 데이터의 변화하는 형태 또한 큰 차이를 보이는 것으로 나타났다.

본 연구에서는 이러한 특성을 기준으로 차로별, 지점별 교통량-속도 그래프의 변화를 합류지점에서 수집된 데이터를 기반으로 RMSE를 분석하고, 이에 대한 허용 범위를 넘어선 지점까지를 합류의 직접영향권으로, 이외 범위를 합류지점의 간접영향권으로 구분하였다. 간접영향권의 상한선은 합류지점의 상류 500m, 하류 500m로 규정하고, 분석을 시행하였다. 본 연구는 이기윤 외 3인(2009)의 연구를 보완하는 것으로, 수집데이터는 이기윤 외 3인(2009)의 연구와 동일하며, 연구결과에서 제시한 영향권을 세분화하는 것이 주요 목적이다.

## 4. 난류현상을 이용한 고속도로 합류부 영향권 세분화

### 4.1. 분석결과

RMSE를 기준으로 합류지점의 데이터 특성과 합류부 영향권 구간의 데이터의 차이를 분석하였다. 합류지점

에서 수집된 데이터 특성과 합류부 영향권 구간에서 수집된 데이터의 RMSE 분석을 통하여 합류지점과 유사한 교통류 특성을 보이는 합류부 영향권 범위를 도출하였다.

RMSE는 그림 6과 같이 실측값과 예측값의 차이의 크기를 비교하여 예측값의 신뢰도를 판단하는데 주로 사용된다. 본 연구에서는 실측값을 합류지점에서 수집한 데이터로 놓고, 예측값은 인접지점의 검지기에서 수집한 구간데이터로 가정하여 분석하였다.

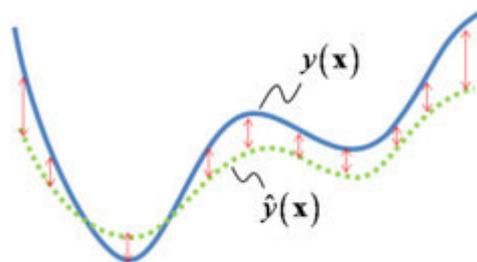


그림 6. RMSE 분석방안

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n_{test}} \sum_{i=1}^{n_{test}} [y(x_i) - \hat{y}(x_i)]^2} \quad (1)$$

여기서,  $y(x_i)$  : 합류부에서 수집된 데이터

$\hat{y}(x_i)$  : 합류부와 인접한 지점에서 수집된 데이터

$n_{test}$  : 근사모델 평가(validation)를 위한 시험점의 수

RMSE분석결과를 바탕으로 합류지점의 교통류 특성과 얼마 차이가 있는가를 분석하였으며, 교통량 및 속도 등 2가지 교통류 특성에 대하여 분석한 결과는 표 3과 표 4와 같다. 분석결과 교통량의 경우 평균 29.3, 속도의 경우 평균 9.5로 나타났다.

교통량 및 속도를 기준으로 분석한 RMSE값의 평균값 이하 차이를 보이는 구간을 도출한 결과는 표 3 및 표 4의 굵은 글씨 및 음영으로 표기된 구간이다. 해당구간은 합류부와 유사한 교통류 특성을 보인다고 판단할 수 있으며, 따라서 합류에 의한 직접적인 영향을 가장 많이 받는 구간이라 할 수 있다. 일반적으로 속도차 및 속도의 표준편차는 속도의 변화율이 큰 영역 및 시간대를 이용하여 난류현상을 분석하였다. 본 연구에서는 난류현상이 일정수준 이상 발생하는 지점을 합류에 의한 난류현상이 가장 크게 발생하는 지점이라 판단하고, 이와 같이 합류부의 영향권을 구분하였다.

표 3. 교통량을 기준으로 한 RMSE 분석결과

구분	상류부		합류 지점	하류부	
	300~500m	100~300m		100~300m	300~500m
1차로	24.7	21.8		21.5	36.9
2차로	22.1	16.4		26.6	41.7
3차로	14.9	18.9		35.5	40.7
4차로	58.1	18.6		36.9	33.6
평균	29.3				

표 4. 속도를 기준으로 한 RMSE 분석결과

구분	상류부		합류 지점	하류부	
	300~500m	100~300m		100~300m	300~500m
1차로	6.1	7.9		11.9	13.7
2차로	6.2	7.5		9.3	12.2
3차로	6.6	7.7		5.5	11.1
4차로	10.3	7.0		10.7	18.7
평균	9.5				

본 연구에서는 이러한 분석결과를 바탕으로 고속도로 합류부의 직접영향권을 그림 7과 같이 제시하였다. 일반적으로 알려진 고속도로 합류부의 영향권은 합류지점으로부터 하류 450m 지점까지이나 본 연구의 분석결과 하류부는 300m 지점까지 2, 3차로만 합류의 직접영향권으로 도출되었으며, 오히려 상류부의 경우 합류의 영향을 더욱 많이 받는 것으로 도출되었다. 상류부의 경우 합류지점으로부터 300m 지점까지의 전차로가 모두 합류의 직접영향권으로 도출되었으며, 300m에서 500m 구간은 1, 2, 3차로가 가장 큰 영향을 받는 것으로 나타났다.

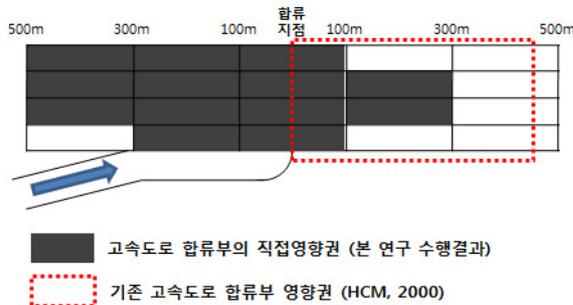


그림 7. 고속도로 합류부의 직접영향권

#### 4.2. 활용방안

도시고속도로에는 차로제어시스템 (Lane Control System, LCS)이 구축되어 운영 중에 있다. 이러한 차로제어시스템은 연결로 및 엇갈림구간 등 차량의 상충

이 빈번하게 발생하는 구간의 효율적인 교통류 관리를 위하여 도입되나, 어떠한 지점에 설치하여 운영하여야 한다는 지침 등은 부족한 현실이다. 따라서 현재 도시고속도로 상에서 운영 중인 차로제어시스템은 분류부의 하류부 1km 이상 떨어진 가변전광표지판(VMS)의 하단에 부착되어 운영되고 있는 경우가 많다. 향후 유비쿼터스 기술이 교통에 접목되고, 개별차량의 정보수집 및 정보제공이 가능해질 경우 특정차로에게 특정차로이용정보의 제공이 가능할 것이다. 이러한 환경이 구축될 경우, 본 연구에서 제시한 합류부의 직접영향권에 도착하기 이전에 운전자에게 차로이용정보를 제공하는 것이 보다 효율적이라 판단하며, 이러한 측면에서 본 연구의 의의를 찾을 수 있다.

#### 5. 결론

본 연구는 이기윤 외 3인(2009)의 연구의 후속연구에 해당한다. 이기윤 외 3인(2009)의 연구에서는 속도의 표준편차를 기준으로 고속도로 합류부의 난류현상을 분석하고, 난류현상 발생정도를 기준으로 합류부 영향권을 도출하였다. 난류현상을 기준으로 도출한 합류부 영향권은 합류지점을 중심으로 상류부 300m에서 하류부 40m 지점까지 총 700m 구간을 영향권으로 도출하였다. 본 연구에서는 해당 구간에 대하여 교통류 특성을 기준으로 합류부의 영향권을 세분화 하였다. 합류지점과 유사한 교통류 특성을 보이는 구간을 합류의 직접영향권으로 도출하였으며, 도출된 결과는 상류부 300m에서 500m구간의 1, 2, 3차로, 합류지점에서 300m 지점까지의 전차로 및 하류부 100m 지점까지의 전차로, 하류부 100m에서 300m구간의 2, 3차로로 분석되었다.

본 연구의 목적은 도시고속도로 합류부의 특성 및 실제 교통상황을 고려하여 각 차로별, 구간별로 영향권을 분석하는 것을 목적으로 하였다.

서울시 도시고속도로에 국한된 데이터를 활용한 연구라는 제약이 있으나, 본 연구결과는 차량검지기의 설치간격의 제약적인 상황을 극복하고 합류지점의 교통류 특성을 분석할 수 있는 방법론을 제시하였다는데 의의를 둘 수 있으며, 향후에는 본 연구결과를 바탕으로 차로제어시스템 (Lane Control System, LCS) 및 첨단 기술에 적용하여 효율적인 도로이용을 통한 원활한 운행상태 유지가 가능할 것이다.

## 감사의 글

이 논문은 국토해양부의 U-City 석박사과정 지원사업으로 지원되었습니다.

## 참고 문헌

김현상, 연속류도로 합류영향구간에서의 시공간적 교통특성 변화 연구, 한양대학교 대학원, 박사학위 논문, 2009  
대한교통학회, 도로용량편람, 2005  
이기윤, 노창균, 손봉수, 정진혁, 교통류 난류현상을 이용한 고속도로 합류부의 영향권 분석, 대한토목학회논문집, 제 29권 제2호, pp 167~173, 2009.3

한국도로공사, 고속도로 유출입 교통형태 분석 및 가감속차로 설계운영 기준연구, 1996

Donald R. Drew, *Traffic Flow Theory and Control*, McGRAW-HILL, 1968

Donald R. Drew, Johan H. Buhr and Robert H., Whiston, Determination of Merging Capacity and its Application to Freeway Design and Control, *Highway Research Record 244*, HRB. 1968

Transportation Research Board, *Highway Capacity Manual*, 2000

Theophilopolus, N, *A Turbulence Approach at Ramp Junctions*, Ph.D. Dissertation Polytechnic University, Brooklyn, NY, 1986

(접수일 : 2011. 12. 7 / 심사일 : 2011. 12. 26 / 심사완료일 : 2012. 3. 20)