



소통관리 지표 개발을 위한 기존 혼잡지표의 국내 적용성평가 연구

The Evaluation of Existing Congestion Indices' Applicability for Development of Traffic Condition Index

이 승 준* 김 태 영** 고 한 겐*** 복 기 찬****
Lee, Seung Jun Kim, Tae Young Ko, Han Geom Bok, Ki Chan

Abstract

On the many highways, severe traffic congestions happen chronically and make traffic problems like reduction of mobility because of rapid increase of vehicles though road construction has been last. In order to solve these traffic problems, it is needed to find the trend and the symptom of traffic congestion and to analyze the cause of congestion and the (spatial) range affected by congestion. To develop the traffic condition monitoring index prior to doing all those things is most important. With this reason, many countries including U.S. had been developed the congestion criteria and indices. In this paper, applicability and characteristics of existing traffic congestion indices were considered and the direction for development of a new traffic condition index was suggested to achieve an effective traffic management.

Keywords : traffic condition, congestion, congestion index, applicability, traffic management

요 지

지속적인 도로 건설에도 불구하고 이용차량의 급증으로 인해 도로에서 발생하는 혼잡은 만성적인 수준에 도달했으며, 도로에서의 이동성 및 정시성 저하를 초래하는 등 심각한 교통문제를 유발하고 있다. 이러한 교통문제를 해결하기 위해서는 소통상태 추이 및 혼잡 징후 파악, 혼잡 원인 및 영향범위 분석 등을 통해 혼잡관리 방안을 수립·시행하는 일련의 과정이 필요한데, 이를 위해서는 교통상태를 모니터링 할 수 있는 지표의 개발이 가장 선행되어야 할 중요한 사항이다. 이러한 이유로 미국을 비롯한 여러 나라들에서는 다양한 형태의 혼잡판단기준 및 혼잡지표를 개발하여 왔다. 본 연구에서는 국내 실정에 부합하고 실효성 있는 교통소통관리를 위해 기존 혼잡지표들의 특징 및 국내 적용 가능성을 검토하여 향후 새로운 혼잡지표의 기능 및 요구사항 등에 대한 개발방향을 제시하였다.

핵심용어 : 교통소통상태, 혼잡, 혼잡지표, 적용성, 교통소통관리

1. 서 론

지속적인 도로 건설에도 불구하고 이용차량의 급증으로 인해 도로에서 발생하는 자정체는 만성적인 수준에 도달했다. 이러한 자정체는 도로상의 심각한 혼잡과 이

1. 연구 배경 및 목적

* 한국도로공사 도로교통연구원 교통연구팀 책임연구원(samuellee@ex.co.kr)

** 한국도로공사 도로교통연구원 교통연구팀 과제연구원(kimtae0@chol.com)

*** 아주대학교 환경건설교통공학부 박사과정(hankommi@naver.com)

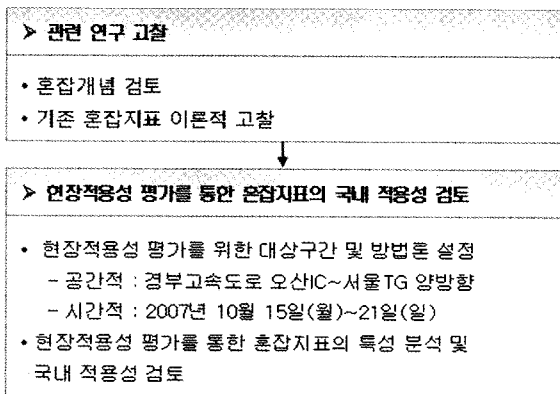
**** (주)홍익기술단 사장(bokkc@naver.com)



동성 저하를 초래하는 주원인으로 작용하고 있다. 이에 국내에서 도로의 체계적인 소통관리를 위해 교통소통진단의 필요성이 제기되었는데, 이승준(2007)은 교통소통진단을 “체계적인 혼잡관리를 위해 지정체구간에 대한 정확한 원인분석, 해결대안 모색, 대안간 상호비교, 효과평가 등을 수행하는 일련의 과정”으로 정의하였다. 교통소통진단을 통한 혼잡 관리에 있어서 사전 및 사후 혼잡관리가 주요한 개념으로 대두 되었으며, 혼잡관리의 유형으로는 교통수요조절, 교통운영관리 및 용량증대방안이 대표적인 유형으로 제시되었다. 사전 및 사후 혼잡관리를 위해서는 교통상태를 지속적으로 감시하여 얻어진 결과로 소통상태 추이, 혼잡 징후, 혼잡 원인, 혼잡 영향범위 등에 대한 분석을 수행하는 것이 필요하다. 즉, 교통소통진단을 통해 최적의 혼잡관리 방안을 도출하기 위해서는 교통상태를 모니터링 할 수 있는 지표의 개발이 절실하다. 이와 동일한 목적으로 미국을 비롯한 여러 나라들에서는 다양한 형태의 혼잡판단기준 및 혼잡지표가 개발되어 왔다.

따라서 본 연구에서는 국내 실정에 부합하고 실효성 있는 교통소통관리를 위해 교통소통 모니터링 지표의 개발을 목적으로 기존 혼잡지표들의 국내 적용가능성을 검토하였다. 또한 검토 결과, 각 지표들의 장단점 분석과 국내에서의 적용가능성 진단을 통해 향후 새로이 개발될 혼잡지표의 기능 및 요구사항을 제시하였다.

2. 연구의 내용 및 범위



〈그림 1〉 연구 수행 방법 및 절차

본 연구에서는 우선 혼잡의 정의, 국내의 혼잡지표 개발 사례를 살펴봄으로써 혼잡지표의 특징 및 국내 적용가능성을 고찰하였다. 기존 혼잡지표의 적용 가능성에 대한 검토를 위해서는 경부고속도로 오산IC~서울TG 구간에 대해 2007년 10월 1주일 동안의 본선부 차량검지기(VDS) 자료를 활용하여 각 혼잡지표별 혼잡상태 판단 결과를 비교하였고 각 지표별 장단점 및 적용성을 검토하였다.

〈그림 1〉은 본 연구의 수행 방법 및 절차를 나타낸 것이다.

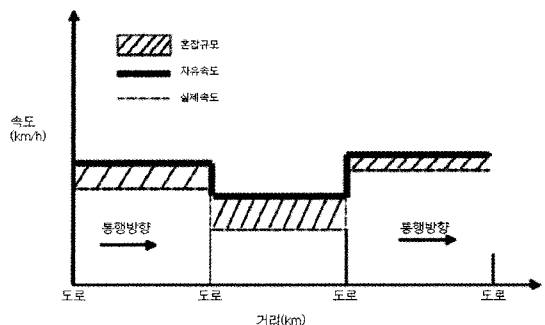
2. 이론적 고찰

1. 혼잡의 정의

1) 혼잡의 개념

일반적으로 도로의 교통혼잡이란 용량을 초과하는 과다한 교통수요나 도로 기하구조상의 문제, 차량 상충 및 교통사고 등의 다양한 원인에 의해서 발생하는 차량의 지·정체 및 대기행렬 현상을 말한다. 즉 정상적인 자유흐름(free flow)의 통행상태에서 소요되는 통행시간과 지체상태에서 소요되는 통행시간을 비교했을 때 나타나는 통행시간이나 지체의 증분으로 설명할 수 있다.

통행자들은 대개 일정한 허용기준 이상으로 통행시간이 지체될 때 혼잡이 발생한 것으로 인식하며, 그 기준은 지리적 특성, 도로시설 유형, 시간대에 따라 달라질 수 있다.



〈그림 2〉 교통혼잡 개념도



2) 도로별 혼잡구분

현재 국내에서는 <표 1>에서 보는 바와 같이 통행속도를 기준으로 정체, 서행, 소통원활의 3단계로 소통상태를 구분하고 있다. 그러나 소통상태를 구별하는 기준 통행속도의 규정이 도로별로 상이하여 동일한 통행속도에서 서로 상이한 소통상태로 판정되고 있다.

<표 1> 국내 도로별 혼잡 기준

운영주체	정의	지표	
한국도로공사 (고속도로)	소통원활	70km/h 이상	속도
	서행	30~70km/h	
	정체	30km/h 미만	
한국건설기술연구원 (국도)	소통원활	40km/h 이상	속도
	서행	20~40km/h	
	정체	20km/h 미만	
서울도시고속도로 교통관리센터 (도시부 고속도로)	소통원활	50km/h 이상	속도
	서행	30~50km/h	
	정체	30km/h 미만	

3) 도로용량편람(2001)의 혼잡구분

국내의 도로용량편람(KHCM)은 고속도로 기본 구간의 운행상태를 나타내는 척도로서 밀도, 교통량, v/c 를 공통적으로 사용하며, 밀도가 주 효과척도로 적용된다. 한편, 도로용량편람(2001)에서는 고속도로에서 평균통행속도가 교통량의 변화에 따라 민감하게 변하지 않는다는 이유로 효과척도에서 제외하였다.

도로용량편람에서는 소통상태를 LOS A~F의 6단계로 구분하고, 특히 혼잡상태를 LOS F로 정의하고 있다.

<표 2> 고속도로 기본 구간의 서비스수준

서비스 수준	밀도 (veh/km)	설계속도 120 kph		설계속도 100 kph		설계속도 80 kph	
		교통량 (pcph)	v/c 비	교통량 (pcph)	v/c 비	교통량 (pcph)	v/c 비
A	≤6	≤700	≤0.3	≤600	≤0.27	≤500	≤0.25
B	≤10	≤1,150	≤0.5	≤1,000	≤0.45	≤800	≤0.40
C	≤14	≤1,500	≤0.65	≤1,350	≤0.61	≤1,150	≤0.58
D	≤19	≤1,900	≤0.83	≤1,750	≤0.8	≤1,500	≤0.75
E	≤28	≤2,300	≤1.00	≤2,200	≤1.00	≤2,000	≤1.00
F	>28	-	-	-	-	-	-

2. 혼잡지표 특성 및 문제점 고찰

1) 통행시간 기반 혼잡지표

(1) TTI(Travel Time Index)

TTI(통행시간지표)는 현재 FTMS 및 TCS 로부터 손쉽게 입력자료의 획득이 가능하며, 대상노선의 소통상태 파악뿐만 아니라 노선 간 비교가 가능한 장점이 있다. 또한 장기간에 걸쳐 지속적으로 산출된 TTI를 통해 교통소통상태 변화 추이 파악은 물론 혼잡의 진행유무를 쉽게 판단할 수 있다.

이 지표는 자유류 통행시간과 첨두시 통행시간의 비율로서 식 (1)과 같이 산출할 수 있다.

$$TTI = \frac{\text{peak period travel time}}{\text{free flow travel time}} = \frac{\text{free flow travel speed}}{\text{peak period travel speed}} \quad (1)$$

(2) TRI(Travel Rate Index)

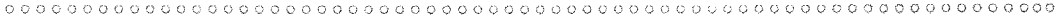
TRI(통행률지표)는 첨두시간 동안 혼잡 발생 시 통행자에게 추가적으로 필요한 통행시간을 나타내는 지표로서 첨두시간 통행률을 비첨두시간 통행률*로 나눈 값으로 정의된다. TRI는 한 도시에서 고속도로와 주간선도로가 혼재 시 식 (2)와 같이 첨두시 통행률을 가중 평균하여 구한다.

$$TRI = \frac{\frac{\text{Freeway Peak Period Travel Rate}}{\text{Free flow Travel Rate}} \times \text{Freeway VMT} + \frac{\text{Prin.Art Peak Period Travel Rate}}{\text{Free flow Travel Rate}} \times \text{Prin.Art VMT}}{\text{Freeway VMT} + \text{Prin.Art VMT}} \quad (2)$$

단위거리 당 통행시간, 즉 통행속도의 역수인 통행률(travel rate)은 통행속도보다 통계분석에 사용하기 용이하고, 이러한 통행률은 각기 다른 교통수단으로 통행하는 통행자들의 평균 통행속도를 추정하기 위해 사용될 수 있다. 따라서 이런 통행률 자료에 근거한 TRI 지표는 데이터 수집이 비교적 용이하고, 일반인들이 이해하기 쉬울 뿐 아니라 지역적 단위에서도 적용이 가능하다.

2) 교통량 기반 혼잡지표

* 비첨두시간 통행률 : $\text{Travel Rate} = \frac{\text{travel time (minutes)}}{\text{segment length (miles)}} = \frac{60}{\text{average speed (mph)}}$



(1) RCI(Roadway Congestion Index)

RCI(도로혼잡지표)는 Lomax(1982)에 의해서 개발된 혼잡지표로서 고속도로와 주간선도로의 혼잡상황을 함께 나타낸 혼잡지표이다. RCI는 교통혼잡 기간(duration)과 강도(intensity)를 반영하는 척도이다. 고속도로에서의 일평균 통행거리(VMT)는 도로 길이에 평균 교통량을 곱해서 계산되며, RCI는 식 (3)과 같이 표현된다.

$$RCI = \frac{\frac{Freeway\ VMT}{Lane-Mile} \times Freeway + \frac{Prin.Art\ VMT}{Lane-Mile} \times Prin.Art}{14,000 \times Freeway\ VMT + 5,500 \times Prin.Art\ VMT} \quad (3)$$

〈표 3〉 RCI에 의한 혼잡수준의 분류

RCI 지수	혼잡 수준
≤ 0.70	약간 혼잡
0.71~0.89	보통 혼잡
0.90~1.09	혼잡
≥ 1.10	매우 혼잡

식 (3)에서 14,000과 5,500은 고속도로와 간선도로에서 교통정체가 시작되는 속도인 65km/h와 50km/h를 유지하기 위한 각각의 한계교통량이다. 이 수치는 미국의 도로교통량 조사자료를 토대로 경험적으로 얻은 수치로 가변적이다.

RCI는 개략적으로 도시 간 혼잡상태를 비교하는데 있어서는 매우 유용한 지표이나, 교통량을 혼잡판단기준으로 사용하기 때문에 혼잡이 심각해질수록 통과교통량이 용량상태보다 작아져 정확히 혼잡상태를 표현하는데 한계점을 갖는다.

(2) CSI(Congestion Severity Index)

CSI(혼잡심각도지표)는 Lindley(1986)에 의하여 처음 개발된 지표로서 37개 미국 도시지역 고속도로의 혼잡도를 비교하는데 사용되고 있다. 이 지표는 서비스 수준 D 이상인 상태에서 발생하는 총 고속도로 지체시간(Veh-hours)을 고속도로 통행량(백만 Vehicle-miles of Travel)으로 나눈 값을 사용하고 있다.

$$CSI = \frac{Total\ Freeway\ Delay\ (Veh-Hrs.)}{Freeway\ Million\ VMT} \quad (4)$$

3) 혼잡시간 기반 혼잡지표

(1) LMDI(Lane-Mile Duration Index)

Cottrel(1992)에 의해서 개발된 LMDI(도로차선연장 체류시간지표)는 고속도로 혼잡의 지리적 범위와 체류시간을 함께 사용한 지표이다. 이 지표는 식 (5)에서 보는 바와 같이 각 도로구간별 혼잡한 도로연장에 혼잡한 체류시간을 곱하여 합계를 구한 값을 사용한다.

$$LMDI_F = \sum_{i=0}^m [congestion\ Lane - Miles_i \times congestion\ Duration_i\ (hours)] \quad (5)$$

여기서, i = 고속도로의 각 구간

m = 고속도로 구간의 합

(2) FCI(Freeway Congestion Index)

FCI(고속도로 혼잡지표)는 Thurgood(1994)에 의해 개발된 지표로서 LMDI가 고속도로 일정구간의 혼잡크기를 나타낼 수는 있으나 서로 다른 고속도로간의 상호비교가 불가능한 단점을 보완하기 위하여 LMDI를 전체 도로연장으로 나눔으로써, 혼잡지표의 정규화를 시도하였다.

$$FCI = \frac{LMDI}{총도로연장} \quad (6)$$

4) 통행밀도 기반 혼잡지표

(1) OCI(Occupancy Congestion Index)

OCI는 혼잡의 시간적 범위와 공간적 범위는 물론 혼잡의 강도까지 함께 감안한 3차원적인 혼잡지표이다. 혼잡의 강도는 통행밀도와 포화통행밀도와의 관계를 통해 구할 수 있다. 즉, 혼잡강도는 포화통행밀도의 역수에 100을 곱한 값인 α 에 실제 통행밀도를 곱하여 구할 수 있다.

$$OCI = \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m D_j \times E_i \times I_{ij}}{T \times L} \quad (7)$$

$$Intensity(I) = \alpha \times \text{통행밀도}$$

$$\text{여기서, } \alpha = \frac{100}{\text{포화통행밀도}(Jam\ Density)}$$

$$i = 1, 2, \dots, m(\text{도로구간 수})$$



$j = 1, 2, \dots, n$ (시간간격 수)

$E_i =$ 도로구간 i 의 연장(km)

$D_j =$ 시간대 j 의 간격(Hour)

$I_{ij} =$ 도로구간 i 의 j 시간대 혼잡강도

$T =$ 총 시간간격의 합(Hour)

$L =$ 총 도로연장의 합(km)

(표 4) 혼잡측정지표의 개념 및 특성

지표	개념	특성
TTI	■ 통행시간지표(Travel Time Index; TTI) - 자유류 통행시간과 첨두시 통행시간의 비율	■ 산출식 : $TTI = \frac{\text{첨두시간대 통행시간}}{\text{자유류 통행시간}}$ - 원하는 분석시간대를 임의로 적용 가능하기에 그 활용성이 높으며 입력자료 획득이 용이하고 계산이 간단하다는 장점이 있음.
	■ 통행률지표(Travel Rate Index; TRI) - 첨두시간 동안 혼잡 발생시 통행자가 통행하는데 필요한 추가적인 통행시간을 지표화함 - 첨두시간 통행률을 첨두시간 통행률로 나눈 값	■ 산출식 : $TRI = \frac{\frac{\text{Freeway Peak Period Travel Rate}}{\text{Freeway Free flow Travel Rate}} \times \text{Freeway VMT} + \frac{\text{Prin.Art Peak Period Travel Rate}}{\text{Prin.Art Free flow Travel Rate}} \times \text{Prin.Art VMT}}{\text{Freeway VMT} + \text{Prin.Art VMT}}$ - 첨두시간동안의 혼잡상황만을 고려하고 있으므로, 비첨두시의 혼잡을 고려하지 못함
RCI	■ 도로혼잡지표(Roadway Congestion Index; RCI) - 단위 도로연장 당 하루 교통량(Daily Vehicle-Miles of Travel)을 사용하여 산출함	■ 산출식 : $RCI = \frac{\frac{\text{Freeway VMT}}{\text{Lane-Mile}} \times \text{Freeway} + \frac{\text{Prin.Art VMT}}{\text{Lane-Mile}} \times \text{Prin.Art}}{14,000 \times \text{Freeway VMT} + 5,500 \times \text{Prin.Art VMT}}$ - 교통량을 혼잡판단기준으로 사용하기 때문에 혼잡이 심각할수록 교통량은 오히려 감소하는 문제 등이 발생함으로 인해 지표로서의 정밀도가 낮음
CSI	■ 혼잡심각도지표(Congestion Severity Index; CSI) - 서비스수준 D(V/C 0.77이상)이상인 상태에서 발생하는 총 고속도로 지체시간(단위 : Veh-Hours)을 고속도로 통행량(단위 : 백만Vehicle-Miles of Travel)으로 나눈 값	■ 산출식 : $CSI = \frac{\text{Total Freeway delay (Veh-Hrs.)}}{\text{Freeway Million VMT}}$ - CSI는 시간적 범위가 1년이고 공간적 범위가 도시전체를 포괄하기 때문에 방대한 기초자료가 구축되어 있지 않을 경우 사용하기 어려움 - 혼잡기준은 V/C비가 0.77(LOS D)이상일 경우로 하고 V/C비가 1.0이상일 경우 일률적으로 통행속도를 32km/h로 하여 그 이하의 교통혼잡에 의한 지체시간이 반영되지 않음
LMDI	■ 도로차선연장 체류시간 지표 (Lane-Mile Duration Index; LMDI) - 각 도로구간별로 혼잡한 도로연장에 혼잡체류시간을 곱하여 합계를 낸 값	■ 산출식 : $LMDI_F = \sum_{i=0}^m [\text{Congested Lane-Miles}_i \times \text{Congestion Duration}_i (\text{Hours})]$ - 서로 다른 고속도로 노선간의 상대적 혼잡도 비교가 불가능함
FCI	■ 고속도로혼잡지표(Freeway Congestion Index; FCI) - LMDI가 고속도로 일정구간의 혼잡 크기를 나타낼 수는 있었으나 서로 다른 고속도로간의 상호 비교가 불가능한 단점을 보완하기	■ 산출식 : $FCI = \frac{LMDI}{\text{총도로연장}}$ - FCI는 LMDI의 단점을 보완하기 위해 개발된 혼잡도의 상대적 비교가 가능한 지표이지만, 혼잡강도가 고려되지 않음

(표 4)- 다음페이지에서 계속



〈표 4〉 혼잡측정지표의 개념 및 특성 (계속)

	<p>위하여 LMDI를 전체도로연장으로 나눔으로써, 혼잡지표의 정규화한 지표</p>
<p>OCI</p>	<p>■ 밀도개념 혼잡지수(Occupancy Congestion Index; OCI)</p> <p>■ 산출식 : $OCI = \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m D_j \times E_i \times I_{ij}}{T \times L}$</p>
<p>-혼잡의 강도개념을 추가한 새로운 혼잡지표 -혼잡의 강도를 나타내는 측정기준으로는 통행밀도(대/km)와 포화통행밀도(Jam Density)개념을 사용하며, 혼잡강도는 포화통행밀도의 역수에 100을 곱한 값인 α 에 실제 통행밀도를 곱하여 구함</p>	<p>-OCI는 혼잡의 시간적 범위와 공간적 범위만을 고려한 다른 혼잡지표와는 다르게 혼잡의 강도까지 함께 고려한 혼잡지표임</p>

OCI는 전체 도로연장과 시간 범위로 정규화된 값이므로 도로연장이 서로 다른 도로시설간의 상대적 혼잡 비교도 가능하다. 하지만 혼잡강도를 산출하기 위해서는 도로의 실제 통행밀도 자료를 수집하여야 하는데, 이 자료수집 비용이 너무 크다는 단점이 있다.

3. 지표 평가방법 수립

1. 수집자료의 종류 및 수집범위

혼잡지표의 현장적용성 평가를 위해 한국도로공사 FTMS 차량검지기(VDS) 자료 중 속도 및 교통량 자료를 수집하여 분석하였다. 자료수집의 공간적 범위는 경부고속도로 서울TG~오산IC 구간 25.2km이고, 시간적 범위는 10월 15일(월)~10월 21일(일)까지 1주일이다.

〈표 5〉 수집 자료의 종류

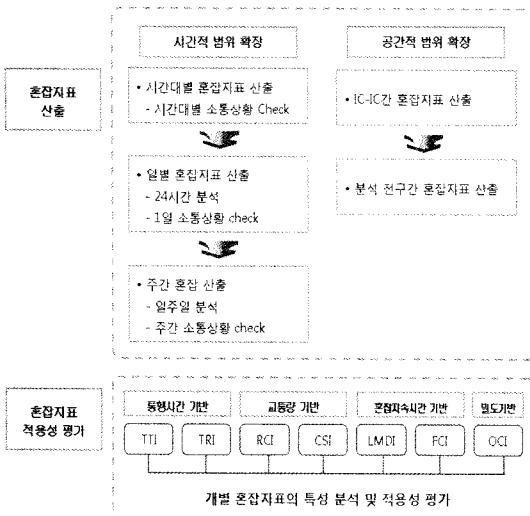
수집자료	한국도로공사 FTMS의 VDS자료
구 간	오산IC ~ 서울TG
의정 및 구간길이	378.1 ~ 403.3km (25.2km)
시간범위	2007년 10월 15일 ~ 10월 21일(1주일)



〈그림 3〉 분석구간의 범위

2. 혼잡지표 분석 방법

혼잡지표는 시공간적 범위 설정에 따라 영향을 받게 됨은 물론 사용 목적에 따른 영향도 받게 된다. 예를 들어 고속도로 혼잡분석을 위해서는 12시간 혹은 하루의 교통자료가 필요하다*. 혼잡지표 산출 및 분석은 1주일 자료로 평가하였으므로, 분석대상 기간 중 하루를 선택하여 시간대별로 기존의 혼잡지표 분석을 수행하였고 시공간적 범위를 확장하여 분석하였다.



〈그림 4〉 혼잡지표의 적용 및 적용성 평가

앞서 기존 혼잡지표에 대한 적용을 통해 분석 결과의 경향 파악 및 해당 지표의 장단점 파악 등으로 지표의 적용가능성을 검토하였고, 장점으로 파악된 항목에 대해서는 새로운 혼잡지표 개발 시 중요 요소로 고려될 것이다. 현장 적용성 평가 분석방법은 〈그림 4〉와 같다.

4. 현장 적용성 평가

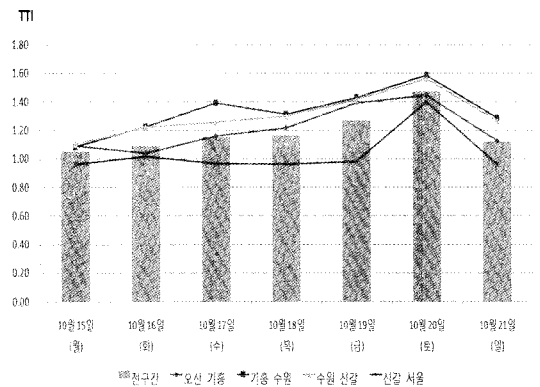
1. 혼잡지표 분석

1) TTI

TTI에 의한 혼잡도 산출 결과를 살펴보면 요일별 구간별 혼잡지표 값이 다양하게 산출되었으나 1주일간의 혼잡지표 값은 모두 1.0을 초과하여 경부고속도로 오산 IC~서울TG 구간의 일주일 평균통행속도가 희망속도로 적용된 설계속도 100Km/h보다 낮아 이 구간의 평균적인 소통상태는 자유류(free flow) 상태보다 소통이 원활하지는 않다는 것을 알 수 있다. 그러나 TTI를 통해서 자유류 통행속도와의 비교만 가능할 뿐 혼잡에 대한 기준이 없어 이 구간이 과연 혼잡한지 그리고 혼잡하다면 얼마나 심각한 수준인지 판단할 없는 단점이 존재한다. 그러나 TTI는 동일한 척도로 타 구간 및 타 노선과의 비교를 가능케 하는 장점이 있다.

〈표 6〉 경부고속도로 TTI 결과비교

요일 구간	10/15 (월)	10/16 (화)	10/17 (수)	10/18 (목)	10/19 (금)	10/20 (토)	10/21 (일)	일주일 TTI
오산-기흥	1.09	1.04	1.16	1.22	1.40	1.45	1.13	1.21
기흥-수원	1.09	1.23	1.39	1.31	1.43	1.59	1.29	1.33
수원-신갈	1.10	1.22	1.26	1.30	1.41	1.57	1.27	1.30
신갈-서울	0.97	1.02	0.97	0.96	0.98	1.40	0.96	1.04
1일 TTI	1.05	1.09	1.15	1.16	1.27	1.47	1.12	1.19



〈그림 5〉 경부고속도로 TTI 결과비교

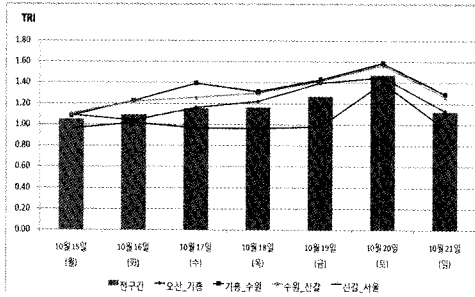
2) TRI

〈표 7〉에서 보는 바와 같이 TRI는 구간통행시간(구간통행속도)을 반영하기 때문에 결과 값이 TTI와 동일하게 분석됨을 알 수 있다.

〈표 7〉 경부고속도로 TRI 결과비교

요일 구간	10/15 (월)	10/16 (화)	10/17 (수)	10/18 (목)	10/19 (금)	10/20 (토)	10/21 (일)	일주일 TRI
오산-기흥	1.09	1.04	1.16	1.22	1.40	1.45	1.13	1.21
기흥-수원	1.09	1.23	1.39	1.31	1.43	1.59	1.29	1.33
수원-신갈	1.10	1.22	1.26	1.30	1.41	1.57	1.27	1.30
신갈-서울	0.97	1.02	0.97	0.96	0.98	1.40	0.96	1.04
1일 TRI	1.05	1.09	1.15	1.16	1.27	1.47	1.12	1.19

* Quantifying congestion: user's guide, NCHRP Report 398 Vol 2, 1997



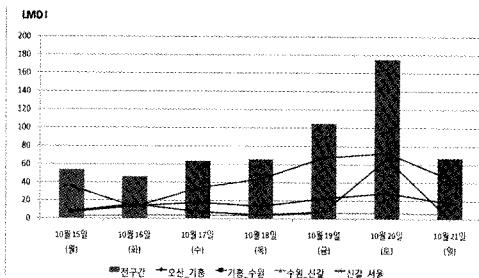
〈그림 6〉 경부고속도로 TRI 결과비교

3) LMDI, FCI

LMDI와 FCI를 통해 산출된 평균지체도의 경우, 혼잡지속시간에 대한 측정이 선행되어야 한다. 〈표 8〉에서 10월 21일(일)의 신갈~서울 구간의 경우 혼잡 기준인 90km/h보다 낮은 속도가 관측되지 않아 결과 값이 0으로 산출된 것을 볼 수 있다. 이처럼 LMDI와 FCI는 혼잡이 발생하지 않았을 때 즉, 비혼잡 상황에 대해 평가할 수 없는 문제가 있으며 혼잡에 대한 기준이 상이할 경우 분석의 결과가 달라질 수 있다.

〈표 8〉 경부고속도로 LMDI 결과비교

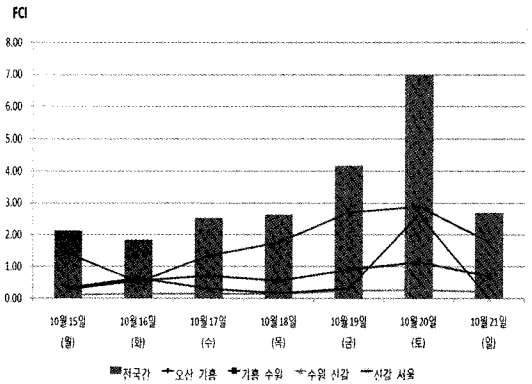
구간	10월 15일 (월)	10월 16일 (화)	10월 17일 (수)	10월 18일 (목)	10월 19일 (금)	10월 20일 (토)	10월 21일 (일)
오산-기흥	35.87	13.14	34.07	44.55	68.02	72.92	44.89
기흥-수원	7.57	14.11	18.36	14.04	22.60	28.91	17.56
수원-신갈	2.49	3.48	3.68	3.67	6.45	7.02	5.43
신갈-서울	8.21	16.15	7.75	4.08	7.83	66.77	110.78
1일 LMDI	54.14	46.88	63.86	66.34	104.90	175.62	67.89



〈그림 7〉 경부고속도로 LMDI 결과비교

〈표 9〉 경부고속도로 FCI 결과비교

구간	10월 15일 (월)	10월 16일 (화)	10월 17일 (수)	10월 18일 (목)	10월 19일 (금)	10월 20일 (토)	10월 21일 (일)
오산-기흥	1.43	0.52	1.36	1.77	2.71	2.90	1.79
기흥-수원	0.30	0.56	0.73	0.56	0.90	1.15	0.70
수원-신갈	0.10	0.14	0.15	0.15	0.26	0.28	0.22
신갈-서울	0.33	0.64	0.31	0.16	0.31	2.66	4.41
1일 FCI	2.16	1.87	2.54	2.64	4.18	7.00	2.70



〈그림 8〉 경부고속도로 FCI 결과비교

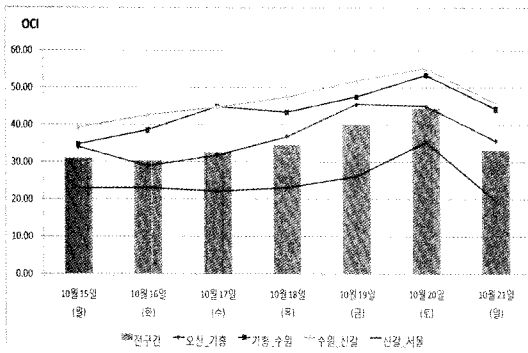
4) OCI

OCI 값은 포화교통류 상태와 비교해 도로가 얼마나 많은 차량들로 점유되어 있는가를 보여준다. 즉, 포화밀도와 통행밀도의 관계를 통해 혼잡의 정도를 나타내는 지표이다. 〈표 10〉에서 보는 바와 같이 OCI 지표를 적용한 결과, 10월 20일(토)의 혼잡이 다른 날보다 심각하게 발생하고 있음을 볼 수 있다.

그러나 포화밀도만이 소통상태 판단의 기준으로 작용함에 따라 A~F까지 6단계로 구분된 서비스수준 기준 또는 소통원활/서행/정체의 3단계로 구분된 혼잡판단 기준과 같이 소통상태들의 차이를 명확히 구분하기 힘들다.

〈표 10〉 경부고속도로 OCI 결과비교

요일-구간	10/15 (월)	10/16 (화)	10/17 (수)	10/18 (목)	10/19 (금)	10/20 (토)	10/21 (일)	일주일 OCI
오산-기흥	33.97	28.98	31.95	36.82	45.50	44.99	35.73	36.85
기흥-수원	34.75	38.53	44.92	43.36	47.51	53.38	44.23	43.81
수원-신갈	39.29	42.61	44.81	47.39	51.90	55.21	45.73	46.71
신갈-서울	22.96	23.12	22.13	23.05	26.13	35.35	19.59	24.62
1일 OCI	31.04	30.40	32.67	34.69	40.17	44.57	33.16	35.24



〈그림 9〉 경부고속도로 OCI 결과비교

2. 적용성 검토 결과

기존 혼잡지표의 적용성 분석 결과 통행속도, 통행밀도 및 교통량을 기반으로 하는 각각의 혼잡지표들은 소통상태의 판정에 있어서 각 지표들이 내포하고 있는 기반 변수에 따라 결과가 편향적으로 도출되는 경향을 보였다. 또한 혼잡지표별로 혼잡을 판단하는 기준이 다름에 따라 분석 시간대, 표현방법, 혼잡 구간의 패턴 등이 다르게 나타나는 문제가 있었으며, 각 지표별로 단일의 혼잡측정 기준(속도, 밀도, 교통량)을 사용하였으므로 혼잡의 구성요소인 혼잡 지속시간, 혼잡구간 길이, 혼잡의 강도, 신뢰성에 대해 포괄적으로 반영하지 못하고 각 혼잡지표 간에 상이한 결과를 도출하였다.

또한 각 지표들은 혼잡상황의 판단에만 초점을 맞추었으므로 최적운영상태 또는 이상적인 운영 상태에 대한 기준이 존재하지 않아 교통운영 상태를 최적운영 상태

와 비교해 얼마나 차이가 발생하는지를 잘 표현하지 못하는 한계점을 안고 있었다. 본 연구에서 실제 데이터를 사용하여 적용성을 검토한 결과 각 혼잡지표의 특징은 다음과 같다.

1) TTI, TRI

TTI 및 TRI의 경우 소통원활 상황에서의 변별력이 떨어지고 자유류 속도(free flow speed)에 대한 정의가 명확하지 않아 설계속도가 다른 도로들 간의 비교가 곤란한 단점이 존재한다.

2) LMDI, FCI

LMDI와 FCI의 경우 혼잡이 발생하지 않을 때 혼잡지표 값이 0으로 산출되어 소통원활 상태를 표현하지 못하며, 소통상태에 대한 기준이 존재하지 않아 소통원활 상태의 정도를 판단할 수 없다. 또한 혼잡의 크기를 나타내는 지표로서 사용 가능하나 도로시설간의 상대적 혼잡도 비교가 곤란한 단점이 있다.

3) OCI

OCI는 혼잡판단 기준만 존재할 뿐 소통상태에 대한 기준이 존재하지 않아 혼잡상태의 정도만 파악할 수 있을 뿐 소통원활상태의 정도를 파악하기 곤란하다.

4) RCI, CSI

RCI와 CSI는 해당 구간의 1년 동안의 VKT (Vehicle Kilometer Travel)를 알아야만 해당 도로구간의 혼잡정도를 측정할 수 있다. 따라서 장기간 방대한 자료의 구축이 선행되어야 하므로 본 연구에서는 분석을 수행하지 못하였으나, 적용성 측면에서 볼 때 1년 이내의 단기 교통상태 변동을 측정하기 곤란한 단점이 내재한다.

5. 결론

현재 국내에서는 속도를 통해 혼잡상황을 표현하고 있으며 이 또한 각 도로관리주체별로 혼잡판단기준이 다르기 때문에 표준화 혹은 일반화된 혼잡지표가 없는



실정이다. 따라서 본 연구에서는 국내 실정에 부합하고
실효성 있는 소통관리를 위해 교통소통 모니터링 지표
의 개발을 목적으로 기존 혼잡지표들의 국내 적용 가능
성을 검토하였다.

이를 위해 경부고속도로 오산IC~서울TG 구간의
2007년 10월 1주일 동안의 차량검지기 자료를 활용하
여 각 혼잡지표별 평가를 수행하였고 각 지표별 장단점
파악 및 적용성 검토 등을 수행하였다.

각 지표들에 대한 적용성 분석 결과 기존의 각 혼잡지
표들은 모두 도로의 혼잡상태를 잘 판단할 수 있다는
결론을 얻었다. 그러나 기존 혼잡지표의 적용성 분석
결과 통행속도, 통행밀도 및 교통량을 기반으로 하는
각각의 혼잡지표들은 소통상태의 판정에 있어서 각 지
표들이 내포하고 있는 기반 변수에 따라 결과가 편향적
으로 도출되는 경향을 보였다.

또한 혼잡지표별로 혼잡을 판단하는 기준이 달라 각
혼잡지표 간에 상이한 결과를 도출하였다. 또한 각 지
표들은 혼잡상태의 판단에만 초점을 맞추었을 뿐 바람
직한 교통운영 상태에 대한 기준이 존재하지 않아 현
소통상태가 혼잡상태와 비교해 어느 정도 좋은 상태인
지 판단하기 어려운 한계점이 있다.

기존 혼잡지표들과 비교해 새로운 혼잡지표의 개발
방향으로는 속도, 밀도, 교통량 중 어느 한 가지 척도에
만 국한하지 않고 모두를 조화할 수 있어야 한다는 것이
다. 이는 교통소통관리가 “얼마나 빨리 갈 수 있는 가
(신속성)”, “얼마나 편히 주행할 수 있는가(저동의
자유)” 그리고 “얼마나 제 때 도착할 수 있는가(정시
성)” 로 대표할 수 있는 통행자의 욕구를 충족시키는
것에 초점을 맞추어야 하기 때문이다.

또한 소통관리 및 교통정책의 수립을 위해서 혼잡지
표는 보다 광범위한 지역을 대상으로 도로노선 간 상대
비교가 가능하고 소통원활상태와 혼잡상태를 포괄적
으로 표현할 수 있는 기능을 가져야 한다. 향후에는 본
연구를 통해 도출된 혼잡지표의 기능 및 요구사항을
토대로 국내 실정에 부합하고 종합적인 소통지표의 개
발이 필요하다.

참고문헌

1. 도로용량편람(1992), 대한교통학회, 1992
2. 도로용량편람, 대한교통학회, 2001
3. 이상건 외, 도로교통 혼잡지표 개발에 관한 연구, 국토개
발연구원, 1997
4. 이승준 외, 고속도로 운영관리 및 정보제공을 위한 자정체
도 계량화 방안, 기술지문, 한국도로공사, 2004
5. 이승준, 고속도로 교통소통진단 용어 개념, 교통기술과
정책, 대한교통학회, 2007. 3
6. 이은진, 도시고속도로의 유입연결로 합류영향권내 최적
의 속도-밀도 특성모형 구축에 관한 연구, 한국해양
대학교, 박사학위논문, 2006
7. 조한선 외, 교통혼잡비용 추정방법 개선, 한국교통연구원,
2007
8. 한국도로공사, 고속도로 교통소통진단기법 개발, 2006
9. 황상규 외, 교통혼잡 특별관리구역의 지정 및 관리방안에
관한 연구, 교통개발연구원, 2000
10. 황상규, 도시교통혼잡지표의 개발 및 활용방안(1단계),
교통개발연구원, 2002
11. David Schrank, Shawn Turner and Tim Lomax,
Estimation of Urban Roadway Congestion, Texas
Transportation Institute, 1990
12. Quantifying congestion, *NCHRP Report 398* Vol 1,
1997
13. Texas Transportation Institute, *2005 Urban
Mobility Report*, 2005

접 수 일 : 2008. 6. 16

심 사 일 : 2008. 6. 20

심사완료일 : 2008. 8. 27