

고속도로 교통정체 모니터링 체계 수립 연구

Research on Traffic Monitoring System for Congestion on Expressways



백승길



홍상연



정소영



손기민

1. 서론

대도시권의 인구 및 도시기능의 집중, 지속적인 자동차 증가와 생활권의 확대, 주말 여가통행의 증가 등 다양한 여건변화로 인해 고속도로의 교통혼잡이 지속되고 있다. 특히 수도권을 중심으로 고속도로의 교통정체가 지속되고 있다.

한국도로공사에서는 이러한 고속도로 교통혼잡을 완화하기 위해 정체구간 중심의 다양한 단기 개선계획을 수립하여 시행하고 있다. 교통정체를 개선하기 위해 그동안 많은 노력을 하였으며 성과도 있었으나, 교통정체 개선을 위해 필수적인 교통상황 모니터링을 다양화하고 체계화하는 것이 더욱 요구되고 있다.

모니터링은 고속도로 교통정체 여부를 판단하기 위한 첫 번째 단계로, VDS, TCS 등 각종 검지체계를 활용하여 차량 주행정보(교통량, 주행속도 등)를 수집 및 처리, 가공 및 분석, 정보생성 등

일련의 과정을 의미한다.

모니터링 결과는 감시 및 경보, 문제구간의 선정, 수요변화 대응, 효과평가 등 정책결정자 및 교통관리자의 교통정체 관리업무의 기초자료로 활용되며, 또한 이용자에게 교통정보를 제공하여 이용

표 1. 모니터링의 활용분야

구분		내용
교통정체 관리 (관리자)	감시 및 경보	노선 또는 구간에 정체가 발생할 경우 감시 및 조기경보를 수행
	문제구간 선정	교통정체 개선사업이 필요한 문제구간 선정 및 관리
	수요변화 대응	장래 고속도로 주변지역 개발 및 특별수송기간 등의 고속도로 관리시 수행
	효과평가	정체개선사업 사전·사후 비교를 통한 효과평가
교통정보 제공 (이용자)	궁금증 해소	구간별 혼잡현황 및 통행속도 제공
	교통수요 분산	우회경로 제공

백승길 : 한국도로공사 도로교통연구원, bsktrans@ex.co.kr, Phone: 031-371-3311, fax: 031-371-3319

홍상연 : 한국도로공사 도로교통연구원, hongsy@ex.co.kr, Phone: 031-371-3492, fax: 031-371-3319

정소영 : 한국도로공사 도로교통연구원, youstech@ex.co.kr, Phone: 031-371-3428, fax: 031-371-3319

손기민 : 중앙대학교 도시공학과, kmsohn@cau.ac.kr, Phone: 02-820-5850, fax: 02-825-4709

자 궁금증 해소 및 우회경로 제공을 통한 교통수요 분산에 활용된다.

본 연구는 고속도로 관리기관의 교통상황 모니터링 사례를 토대로 모니터링 과정을 체계화하고 세부방법론을 제시하는 것이 목적이다. 이를 위해 모니터링을 몇 가지 유형으로 구분한 후 각 유형별로 분석지표를 설정하였으며, 유형별로 자료 수집 및 분석방법 등을 제시하였다. 본 연구를 통해 고속도로 교통상황을 파악하고 교통정체 개선계획을 수립하기 위한 모니터링의 객관성과 활용성을 높일 수 있을 것으로 기대한다.

II. 관련 현황 및 연구 고찰

1. 국내 관련 현황 및 연구

고속도로 교통소통 모니터링 단계에 사용할 지표와 등급을 결정하기에 앞서 국내외에서 활용되고 있는 정체기준 및 혼잡관련지표를 검토할 필요성이 있다.

정체기준은 고속도로의 정체상황 및 정도를 파악하기 위해 통행속도, 통행시간 등의 교통지표를 활용하여 정립된 기준이다. 이러한 정체기준은 이용목적에 따라 이용자에게 고속도로 소통 정보를 제공하기 위한 정체기준(이용자 측면)과 관리자가 고속도로 교통운행을 효율적으로 하기 위한 정체기준(관리자 측면)으로 구분된다.

이용자 정보제공을 위한 정체기준으로 한국도로공사의 경우 3단계로 구분하여, '소통원활' 통행속도 80km/h 이상, '서행' 40-80km/h, '정체' 40km/h 이하인 경우로 판단하여 이용자들에게 정보를 제공하고 있다.

관리자 교통운행을 위한 고속도로 정체기준으로 한국도로공사에서는 고속도로 본선구간의 경우 주행속도가 40km/h 이하이며 지정체 지속시간이 평일 1시간/일, 주말 2시간/일 이상, 지정체 빈도가 평일 8일/월, 주말 4일/월 이상의 경우 상습정체구간으로 판단하고 있다.

한국도로공사(2008a)에서는 혼잡의 정의, 혼잡기준, 혼잡관리지표(종합소통지수)의 제시는 물론 혼잡의 유형을 분류하고, 분류된 유형에 맞춰 혼잡을 관리하는 방안을 단기대안과 중장기대안으로 구분하여 제시하였다. 한국도로공사(2008b)에서는 고속도로 검지기 수집 자료의 조사분석을 통하여 각 구간별 교통류 특성을 분석·적용하여 속도-교통량 그래프에서 급변하는 단절점 분석을 통해 소통상황 기준 속도로 40km/h, 80km/h를 제시하였다.

국토해양부와 한국도로공사(2012)는 국도 및 고속도로 등 간선도로에 대한 모니터링을 위해 분석단위구간 및 시기를 설정하고 실시간자료 등 자료분석방법을 제시하였다.

기존의 고속도로 교통상황 모니터링은 모니터링 유형에 대한 구분이 명확치 않으며, 세부적 절차 및 방법론은 미흡한 실정이다. 특히 정체개선대안 시행 후 사후모니터링과정이나 고속도로 외부요인에 의한 교통상황 변동에 대한 모니터링 방법이 공식적으로 수립되지 않은 실정이다.

2. 국외 관련현황 및 연구

고속도로의 교통혼잡 상황을 파악하기 위한 모니터링 지표로는 통행속도, 통행시간 및 통행밀도 등 기본적인 교통지표들뿐 아니라 이를 기반으로 교통소통의 상황을 보다 효과적으로 대변하는 지표를 찾아내기 위해 연구 및 개발된 많은 지표들이 있다. 이러한 다양한 모니터링 지표는 그 분석목적, 분석기준 및 해당 관리대상에 따라 분류될 수 있다.

분석목적에 따라서는 이용자 정보제공을 위한 지표와 관리자의 교통운행을 위한 지표로 나누어 볼 수 있다. 일반적으로 이용자 정보제공을 위한 모니터링 지표로는 자료의 수집이 용이하며 일반인이 이해하기 쉬운 통행속도, 통행시간 등 비교적 간단하며 익숙한 지표가 포함된다. 관리자 모니터링 지표는 일반 이용자들에게 정보를 제공하기 위

한 용도가 아니므로 일반인이 이해가 어려울 수 있지만 보다 교통상황에 대한 정보를 정확히 대변하고 학술적인 지표가 포함될 수 있다.

분석기준에 따른 모니터링 지표는 기초 교통지표(통행시간, 교통량, 밀도)에 따라 크게 통행시간 기반 지표, 교통량기반 지표, 밀도기반 지표, 기타 지표로 분류될 수 있다.

Texas DOT(2005)는 혼잡원인을 용량감소, 교통사고, 공사구간, 날씨요인, 교통제어장치, 특별상황, 통행수요 변동 등으로 구분하여 제시하였다. 즉 일반적 상황(물리적, 운영적요인)과 특별상황 및 일간/계절간 변화요인으로 인한 정체를 구분하여 특별상황을 배제한 반복적인 혼잡을 중점으로 관리방안을 제시하였다.

Freeway Performance Measurement System (PeMS)는 캘리포니아 전역에서 수집된 루프검지기의 자료를 수집, 가공, 저장하여 관리하는 시스템으로 UC버클리 대학교와 캘리포니아 교통국(California DOT)이 공동으로 연구개발하였다. 이를 기반으로 실시간 또는 과거 이력 자료로부터 정보를 추출하여 고속도로 교통관리시스템을 운영하고 있으며, 고속도로 성능을 측정하고 평가한다.

국내의 이용자 정보제공을 위한 정체기준과 마찬가지로 대부분 국외 고속도로 관리기관도 고속도로 본선의 통행속도를 바탕으로 정체의 정도를 구분하여 이용자에게 제공하고 있다(한국도로공사, 2006, 한국도로공사, 2011). 국가별 지정체 정도는 국내의 경우와 유사하게 통행속도를 구간별로 3-4단계로 나누어 정보를 제공하고 있으며, 가장 낮은 정체 단계에 속하는 통행속도는 20-51km/h으로 파악되었다.

스웨덴의 경우 교통소통 상황을 통행속도 구간별로 자유류(free flow), 정상(normal), 혼잡(congestion), 정체(jam)의 4단계로 구분하여 정보를 제공하고 있는 것으로 나타났으며 통행속도가 40km/h 이하일 경우 혼잡, 20km/h 이하일 경우 정체로 정의하고 있다. 일본과 캐나다의 경우 소통정도를 3단계로 나누어 정보를 제공하고

있는 것으로 나타났으며 통행속도가 40km/h 이하인 경우 정체로 판단하고 있다.

미국의 Oregon주와 Washington 주의 경우 다른 경우와 상이하게 통행속도가 아닌 지체시간에 따라 지정체 정도를 구분하여 정보를 제공하고 있었는데, 지체시간에 따라 2시간 이상이면 Heavy Congestion, 20분-2시간 사이일 경우 Moderate Congestion, 20분 미만일 경우 Low Congestion으로 정체정도를 3단계로 나누어 정보를 제공하고 있다.

국외의 관리자 교통운영을 위한 정체기준을 살펴보면 크게 두 가지 형태로 나누어 볼 수 있다. 첫째는 기존 통행속도 기반 정체기준에 정체빈도에 관한 기준을 도입하여 정체구간을 선정하는 기법이고, 둘째는 TTI(Travel Time Index), Buffer Index, Breakdown 등의 고속도로의 교통상황을 효과적으로 나타내기 위해 개발된 전문적 지표를 산정하고 그에 대한 기준을 마련하여 정체구간을 선정하는 기법이다.

III. 고속도로 교통정체 모니터링 절차 및 방법

1. 모니터링 절차

모니터링의 주요 절차는 다음과 같다. 우선 모니터링의 유형과 유형별 절차에 따라 모니터링



그림 1. 모니터링 절차

표 2. 모니터링 유형별 시간적, 공간적 범위

구분		시행 시기	분석시간단위	공간적 범위
상시모니터링		상시	최근 1년 연/월/요일별 15분 단위	▪ 잇갈림 구간, 연결로 접속부에서 잇갈림과 합류 및 분류 차량의 영향을 받지 않는 ITS 구축 구간(터널, 교량, 특정정차구간, 오르막구간 등 포함)
특별 모니터링	외부상황 모니터링	교통여건 변화기간	교통여건 변화기간 및 전년 동기간	▪ 일정 규모 이상의 교통량 변화가 발생한 구간
	사후 모니터링	소통개선 시행 전/후 일정기간	3/6/12개월	▪ 소통개선사업 시행 전후 해당 구간 및 영향권
정기모니터링		연 1회	연도별	▪ 전국 고속도로 네트워크

지표를 설정한다. 다음에는 설정된 모니터링 지표와 관련된 자료를 수집하고 분석한 후 모니터링 유형별로 모니터링 결과를 도출하여 다음 단계로 넘긴다.

2. 모니터링 유형

고속도로의 원활한 소통상태를 유지하고 이용만족도를 극대화하기 위하여, 대상 및 목적에 따라 상시모니터링, 특별모니터링, 정기모니터링으로 구분하였다.

1) 상시모니터링

상시모니터링은 고속도로의 전반적인 교통상황(정체, 사고, 공사)에 대한 교통정보 제공 및 운영관리를 목적으로 하며, 범위는 검지기가 매설되어 있는 구간, 축 및 네트워크를 대상으로 하며 시간대별, 요일별, 월별 자료를 활용한다.

2) 특별모니터링

특별모니터링은 외부상황모니터링과 사후모니터링으로 구분하였다. 외부상황모니터링은 교통상황이 일정기간 동안 변화된 경우에 변화의 영향이 구조적, 지속적인지, 일시적인지의 여부를 파악하는 것을 목적으로 하며, 교통여건의 변화가 일어난 특정기간 동안 상시모니터링 대상지역 인근의 변화요인을 대상으로 한다.

사후모니터링은 소통개선사업 시행 후 시행 전

과의 비교를 통해 그 효과를 파악하는 것을 목적으로 하며, 교통혼잡 개선사업이 시행된 영향권에 대해 정해진 기간 동안을 범위로 한다.

3) 정기 모니터링

정기모니터링은 신설 또는 확장과 같은 네트워크 변화에 따른 구간별 중요도 변화 등을 파악하는 것을 목적으로 한다. 필요시 수행하며 전국 고속도로에 대해 1년 단위로 시행한다.

3. 모니터링 지표

1) 상시모니터링

상시모니터링을 통해 고속도로 혼잡 정도를 판단하고 파악하기 위해서는 이에 적합한 혼잡지표의 설정이 필요하다. 상시모니터링 지표는 고속도로 교통혼잡의 심각도, 발생지역, 공간적 분포를 손쉽게 파악할 수 있어야 하며, 운전자 및 도로관리자의 이해도가 높고 명확하게 판단할 수 있는 지표여야 한다. 따라서 상시모니터링 지표로 통행속도를 혼잡지표로 채택하되, 발생빈도 및 지속시간을 함께 고려하는 기존의 고속도로 교통정체기준을 채택하였다.

- 통행속도 : 40km/h 이하
- 지속시간 : 평일 1시간/일, 주말 2시간/일 이상
- 발생빈도 : 평일 8일/월, 주말 4일/월 이상

2) 특별모니터링

(1) 외부상황 모니터링

외부상황 모니터링은 일정 수준 이상의 교통량 변화가 발생한 경우 또는 관리자의 필요에 의해 수행하는 특별모니터링의 하나이므로, 모니터링 지표로 구간 교통량(±15%의 교통량 변화가 발생하는 구간 또는 노선의 교통량)을 선정하였다. 구간교통량의 변화원인을 분석하기 위하여 필요시에는 주변 지역의 TCS 통행량 자료를 분석에 활용할 수 있다.

(2) 사후모니터링

사후모니터링은 주로 교통정체 개선사업의 시행효과를 파악하기 위해 실시하는 것이므로 해당 모니터링 지표는 개선사업 시행 전/후 혼잡상태의 비교가 용이해야 한다. 또한 필요시에는 개선사업의 시행으로 인한 교통량의 경로 전환을 검토하기 위해 주변 노선에 대한 모니터링이 병행되어야 한다.

따라서 사후모니터링의 지표는 개선사업 시행 전/후의 효과비교에 효과적이고 자료의 수집 및 획득이 용이한 통행속도를 주요지표로 선정하였다. 필요시 교통량, 통행시간, 대기행렬 길이, 통행시간 분산, 서비스수준 등의 보조지표를 활용할 수 있도록 하였다.

(3) 정기모니터링 지표

정기모니터링은 고속도로 네트워크 차원의 변화로 인한 구간별 기능 변화를 파악하는 것으로, 통행속도, 교통량, 통행시간 등의 지표로는 분석이 어렵다. 따라서 본 연구에서는 전체 네트워크의 활용에 대한 기여도, 즉 해당 구간이 전체 네트워크에 미치는 영향을 반영한 구간중요도 지표를 도입하였으며, 그 특성은 다음과 같다.

- 기중점 간 최단경로를 구하여, 해당구간을 지나는 교통존간 최단경로의 수 산정
- 해당 구간을 경유하는 최단경로의 수가 많을수록 해당 구간의 네트워크 중요도가 높은 것으로 평가

구간중요도는 최근에 교통분야연구에 도입되어 사용되기 시작한 betweenness centrality 개념에서 차용하였다. 즉 어떤 교통존이 다른 많은 교통존들 사이에 위치하게 되면 그 존은 중심성이 높다는 개념에서 출발한 것으로, 한 존이 다른 존과 존을 잇는 최단경로 상에 위치하는 횟수가 많으면 많을수록 그 존의 centrality는 높다고 판단한다.

Betweenness Centrality를 활용한 연구로 Holme(2002)는 실제 네트워크상에서 링크와 노드의 degree 및 betweenness centrality를 산출하고 가장 높은 centrality를 가진 링크(가장 중요한)부터 제거하는 등의 네트워크 변화를 시도해 보고 이에 따라 전체 네트워크가 받는 영향을 검토하였다.

구간 중요도는 각 구간의 네트워크 상의 중요도를 평가하여 교통정체 개선계획간 시행 우선순위를 설정하는 데에 활용 가능한 계량지표로, 산정 개념은 다음과 같다.

$$I_v^B = \sum_{\forall s,t|s \neq t \neq l} n_{st}(l)/n_{st}$$

단, n_{st} : 교통존 s와 t 간의 최단경로 개수
 $n_{st}(r)$: 교통존 s와 t 간의 최단경로이면서 구간 l을 지나는 경로수

IV. 모니터링 유형별 자료수집 및 분석

1. 상시모니터링

상시모니터링은 고속도로 교통정체 개선계획 수립시 문제구간을 선별하기 위한 준비 단계이며, 상시모니터링의 과정을 따르되 각각의 목적에 적합한 분석범위 및 분석자료를 적용하도록 하였다.

상시모니터링을 위한 자료는 1년간 고속도로 구간별 VDS 자료를 기본으로 하며, 필요시 연간 통행특성을 대표하는 특정 월의 자료도 활용이 가능하다. 현재는 교통혼잡을 등급에 따라 구분하고 있지 않으나, 도로구간의 혼잡수준을 측정하여 계량

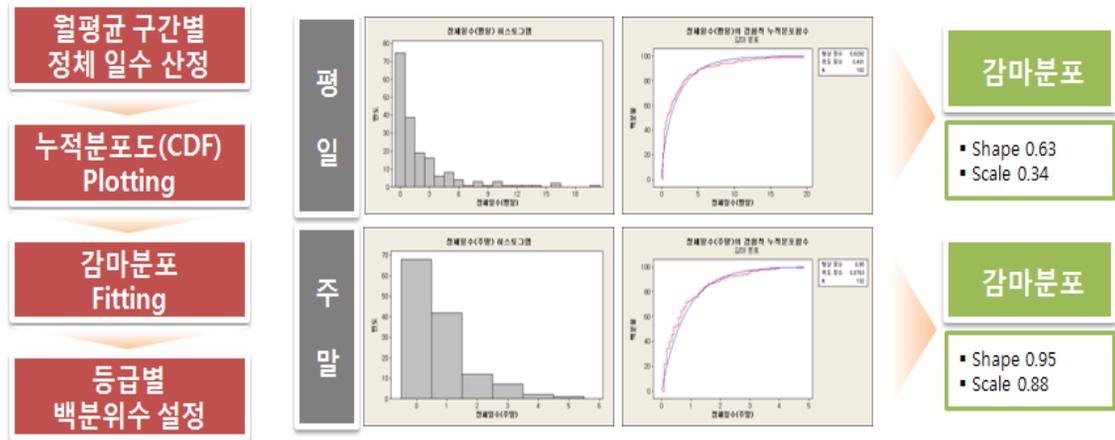


그림 2. 정체일수 기준 혼잡등급 산정 과정

표 3. 정체일수 기준 혼잡등급

등급		S	A	B	C	D	E
구간	평일	혼잡일수 없음	0일/월 초과 -4일/월 미만	4일/월 이상 -6일/월 미만	6일/월 이상 -8일/월 미만	8일/월 이상 -13일/월 미만	13일/월 이상
	주말		0일/월 초과 -1일/월 미만	1일/월 이상 -2일/월 미만	2일/월 이상 -3일/월 미만	3일/월 이상 -4일/월 미만	4일/월 이상
백분위수		-	100%	15%	10%	5%	1%

화시키는 것은 물론 혼잡의 변화를 관찰하고 우선 순위를 설정하기 위해서는 혼잡등급의 설정이 필요하다.

본 연구에서는 상시모니터링을 위한 혼잡등급을 설정하였으며, 이를 위한 수집자료에 대한 분석과정은 다음과 같다.

- ① 최근 1년의 고속도로 구간별 15분 단위 통행속도 자료 수집
- ② 구간별로 지속시간이 평일기준 1시간 이상, 주말기준 2시간 이상인 정체발생일수를 월별로 정리(결측치는 분석가의 판단에 따라 배제 가능)
- ③ 월별로 정리된 혼잡발생일수를 취합하여 구간별 평균치 산정
- ④ 누적분포도 플로팅
- ⑤ 통계적 신뢰구간에 따라 누적분포 작성 후 백분위수로 등급 구분

분석결과에 따라 현재 정체기준을 검토하면 평

일 정체기준은 상위 5% 구간(D등급), 주말 정체기준은 상위 1% 구간(E등급)에 해당된다. 본 분석(2011년 VDS 자료)과 정체기준 설정(2009-2010년 VDS 자료)의 분석시점 차이로 인해 정체등급이 달라진 것으로 판단되며, 당분간은 교통정체개선 관리의 일관성을 위해 현재 정체기준을 적용하는 것이 적절할 것으로 판단된다. 그러나 향후 고속도로 이용자들의 만족도 요구수준이 달라지는 경우에는 관리목표 및 정체기준의 상향조정 등(예 : 상위 10% 수준)이 필요할 것이다.

현재 정체기준은 정체일수를 기준으로 설정된다(평일 8일/월, 주말 4일/월). 정체일수 기준의 정체등급은 기존 정체기준과 동일한 척도를 사용한다는 점에서 이해가 용이한 반면, 오전/오후로 반복되는 첨두특성을 고려할 때 정체상황을 상세히 표현하지 못하는 단점이 있다. 따라서 향후 분석의 필요에 따라 정체시간 기준의 정체등급 설정방안도 도입이 가능할 것이다.

2. 특별모니터링

1) 외부상황모니터링

교통수요가 일정 규모 이상 변화한 경우, 또는 관리자의 판단에 의해 수행하는 모니터링으로, 해당 교통수요 변화의 원인을 분석하고 그 영향의 지속여부를 판단한다. 공간적 범위는 교통량이 전년 동기간 또는 전월 대비 ±15% 이상 변화한 구간이나 관리자의 의견에 따라 분석이 필요한 지역의 인접구간 또는 노선으로 한다. 시간적 범위는 교통량이 전년 동기간 또는 전월 대비 ±15% 이상 변화한 기간으로 한다.

분석을 위해서는 변화기간 동안의 상시모니터링 결과, 주변 지역의 TCS 자료, 주변 지역의 변동요인을 수집한다. 변동요인으로는 단기요인으로 유가변동, 축제, 이벤트 등의 지역행사, 자연재해 및 구제역 등 전염병 발생, 도로 공사 등 일시적인 상황변화가 포함된다. 장기요인으로 경기변동, 신도시 개발 등 주변지역 개발, 경쟁노선이나 경쟁수단의 개통 등 구조적이고 지속적인 요인이 포함된다.

2) 사후모니터링

교통정책 개선후 시행효과를 시행 전/후 비교를 통해 파악하는 것으로, 공간적 범위는 교통정책 개선계획이 시행된 구간(개선구간의 인접 IC, JCT 포함)을 기본으로 하고 관리자의 의견에 따라 필요시 인근 접속도로까지 영향권 확장이 가능하다. 시간적 범위는 개선계획 시행 후 일정기간(3/6/12개월) 이후로 한다. 사후모니터링을 위해 공간적 범위 내의 구간별 개선사업 시행 전/후의 상시모니터링 결과를 수집분석한다.

3. 정기모니터링

고속도로 네트워크의 변화로 인한 구간별 기능변화를 파악하는 모니터링으로 네트워크 자료를

표 4. 구간중요도 지표 등급화

등급	A	B	C	D	E
백분위수	1%	5%	10%	15%	100%
구간(개)	4,776 초과	~3,879 이하	~2,978 이하	~2,406 이하	~2,024 이하

활용하여 거시시물레이션 도구(EMME/3 등)로 분석한다. 분석의 공간적 범위는 전국 고속도로 네트워크이며, 시간적 범위는 1년 단위로 수행한다. 이를 위해 공인된 전국 네트워크 자료(국가교통 DB센터의 최신 배포자료)를 이용한다.

구간별 중요도 분석을 위해 구간중요도 지표를 개발하였으며 지표 등급은 다음과 같은 과정을 통해 설정하였다.

- ① 거시시물레이션 도구를 활용하여 국가교통 DB센터에서 배포한 최신 전국 네트워크에 단위 O/D 매트릭스의 배정
- ② VDF에서 통행시간을 제외하고 거리제약만 적용
- ③ 구간별로 정리된 정체발생일수를 취합하여 구간별 평균치 산정
- ④ 구간별 배정교통량(최단경로의 수)을 누적분포도로 도시
- ⑤ 누적분포도 플로팅
- ⑥ 통계적 신뢰구간에 따라 누적분포 작성 후 백분위수로 등급 구분

V. 모니터링 사례

1. 상시모니터링

2011년 서울외곽순환고속도로 구리T/G→토평 IC 구간을 상시모니터링 사례구간으로 선정하였다. 분석결과 월평균 혼잡일수는 4.92일/월(정체등급 B)이나, 이는 자료 결측으로 혼잡상황이 과소추정된 것으로 판단되어, 결측이 적은 11월의 혼잡일수를 재조사한 결과 13일/월(정체등급 E)로, 혼잡이 극심한 구간으로 분석되었다.

표 5. 상시모니터링 사례(2011년 월기준)

구분	정체일수 (일/월)	정체등급	비고
평균	4.92	B	
1월	8	D	혼잡 심각
2월	1	A	
3월	4	B	
4월	9	D	혼잡 심각
5월	0	S	
6월	0	S	
7월	0	S	
8월	9	D	혼잡 심각
9월	5	B	
10월	0	S	
11월	13	E	혼잡 극심
12월	10	D	혼잡 심각

2. 특별모니터링

1) 외부상황모니터링

먼저 장기요인에 대한 분석사례로, 주요 구간의 교통량 변화와 그 원인을 파악하기 위해 주변 도로

표 6. 도로망 변화에 따른 TCS 통행량 변화

영업소	통행량 변화(대)			증감율	감소사유
	2010년	2011년	증감		
동서울	66,899	66,286	-613	-0.9%	영동선 확장에 따라 경부선으로 교통수요전환 거가대교 개통으로 전환
곤지암	15,253	15,119	-134	-0.9%	
고성	9,364	6,539	-2,825	-30.2%	
통영	13,154	10,034	-3,120	-23.7%	

자료: 한국도로공사, 2011년 교통통계, 2012

표 7. 구제역 발생에 따른 TCS 교통량 변화 모니터링 결과

(단위 : 대/일)

구분	평일			토			일		
	전	후	변화율	전	후	변화율	전	후	변화율
경기안성	85,246	77,867	-8.7% (-6.1%)	84,703	70,203	-17.1% (-8.3%)	65,958	50,754	-23.1% (-15.4%)
강원횡성	15,340	13,563	-11.6% (1.8%)	27,556	25,154	-8.7% (13.9%)	23,699	22,192	-6.4% (19.7%)
경북안동	15,296	12,371	-19.1% (-13.2%)	23,958	17,349	-27.6% (-19.9%)	25,825	16,339	-36.7% (-20.1%)
경북영천	30,574	27,057	-11.5% (-11.8%)	35,663	28,259	-20.8% (-15.6%)	34,239	22,235	-35.1% (-18.7%)

주: 괄호 안은 2009-2010년 동일일자의 입출구교통량 변화율

자료: 구제역 확산에 따른 설연휴 기간 교통영향 검토(도로교통연구원, 2011.1.)

망 변화를 분석한 결과는 표 6과 같다.

단기요인 분석사례로, 2010년 11월 1일 - 2011년 1월 25일 동안 구제역 발생에 따른 외부 상황 모니터링을 수행하였다. 외부상황, 즉 구제역은 2010년 11월 28일(경상북도 안동시 와룡면)에 발생하였고, 관심(11/28)→주의(11/29)→경계(11/15)→심각(11/29)→경계(11 3/24)로 그 수준이 경과하였다.

표 7과 같이 분석기간 동안 피해규모가 큰 10개 영업소를 대상으로 통행량 변화를 모니터링한 결과 평일보다 주말의 통행량 감소가 더 컸으며, 경기 안성이나 강원 횡성 등은 피해지역이 아님에도 특히 주말의 통행량 감소가 상당했던 것으로 분석되었다.

2) 사후모니터링

갓길차로제를 사후모니터링한 결과, 갓길차로제 도입구간의 평균통행속도는 시행 전 48km/h에서 시행 후 74km/h로 증가(+26km/h) 하였으며, 이에 따라 연간 924억 원의 사회적 편익 창출과 29,467톤의 CO₂ 배출량 감소효과를 나타내었다.

3. 정기모니터링

구간중요도 산정결과에 따르면 경부선, 영동선 일부의 중요도가 가장 높게 나타나며, 중부내륙고속도로의 구간중요도도 비교적 높게 나타났다. 교

표 8. 갓길차로제 시행효과 분석사례

구간	연 장 (km)	통행속도 (km/h)			편익 (억원)	CO2 (톤)
		시행 전	시행 후	증감		
신갈분기점 →서울요금소	7.0	45	64	19	143	3,657
판교→양재	7.6	47	63	16	118	3,296
서울요금소 →신갈분기점	7.0	35	98	63	357	12,813
수원→기흥	3.1					
기흥→수원	3.7	65	81	16	33	1,319

자료 : 한국도로공사, 2009 고속도로 교통분석 자료집, 2010.5

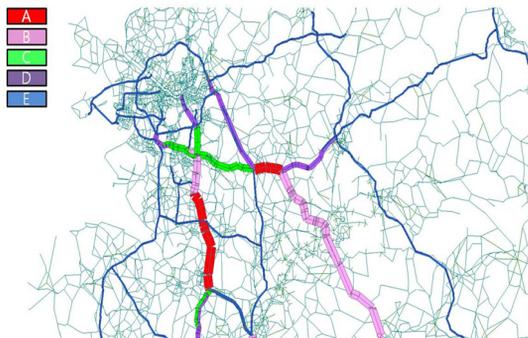


그림 3. 수도권 고속도로 구간중요도 등급사례

통량이 많음에도 불구하고 구간중요도가 낮은 구간이 존재하는데, 이는 교통량은 정체가 반영된 결과인 반면, 구간중요도는 네트워크의 물리적 관계만을 고려한 지표이기 때문이다. 서울외곽선은 최단경로가 아닌 우회도로의 성격이 강하므로 구간중요도가 비교적 낮게 도출되었다.

VI. 결론

수도권을 중심으로 고속도로의 교통정체가 지속됨에 따라 교통정체 개선을 위해 필수적인 교통상황 모니터링의 다양화와 체계화가 더욱 요구되고 있다. 본 연구는 고속도로 관리기관의 교통상황 모니터링사례를 토대로 모니터링 과정을 체계화하고 세부방법론을 제시하는 것이 목적이다. 이를 위해

교통정체 구간을 파악하기 위한 모니터링을 몇 가지 유형으로 구분한 후 각 유형별로 분석지표를 설정하였으며, 유형별로 자료 수집 및 분석방법 등을 제시하였다. 또한 2011년 서울외곽순환고속도로 구리T/G→도평IC 구간 등을 사례로 모니터링 분석과정 및 결과를 제시하였다.

향후 수행사항으로 본 연구에서 제시된 모니터링 방법론을 보다 구체화하고 다양화하는 연구가 필요하다. 또한 이러한 모니터링 체계를 유지하고 발전시키기 위해 관련자료의 수집분석제공체계 수립과 함께 관련 전문가의 교육 및 훈련이 필요하다. 본 연구를 통해 고속도로 교통상황을 파악하고 교통정체 개선계획을 수립하기 위한 모니터링의 객관성과 활용성을 높일 수 있을 것으로 기대한다.

참고문헌

국토해양부, 한국도로공사 (2012), 교통혼잡관리시스템 도입방안 연구.
 한국도로공사 도로교통기술원 (2006), 고속도로 교통소통진단기법 개발.
 한국도로공사 도로교통연구원 (2008a), 교통소통진단 지원시스템 개발.
 한국도로공사 (2008b), 고속도로 소통상황 판정기준 정립연구.
 한국도로공사 (2010), 2009 고속도로 교통분석 자료집.
 한국도로공사 (2011a), 고속도로 교통혼잡개선 타당성 조사.
 한국도로공사 (2011b), 구제역 확산에 따른 설 연휴 기간 교통영향 검토.
 한국도로공사 (2012), 고속도로 교통정체 개선 방안 수립연구.
 한국도로공사 (2012), 2011년 교통통계.
 Texas DoT (2005), Traffic Congestion and Reliability.
 Holme P. (2002), Attack Vulnerability of Complex Networks, PHYSICAL REVIEW E, Vol.65.