

효율적 도로관리를 위한 핵심도로망 분석에 관한 연구 : 충청권을 중심으로

A Study of Main-Road Analysis for Efficient Road Management : Focusing on the Chungcheong Area

강민준* · 오주택** · 박준석***

* 주저자 : 한국교통대학교 건설환경도시·교통공학부 도시·교통공학전공 석사과정
** 교신저자 : 한국교통대학교 건설환경도시·교통공학부 도시·교통공학전공 교수
*** 공저자 : 한국교통연구원 도로교통 연구본부 도로정책연구팀 팀장

Min-Joon Kang* · Ju Taek Oh** · Joon Seok Park***

* Dept. of Urban-Transportation Engineering, Korea National University of Transportation
** Dept. of Urban-Transportation Engineering, Korea National University of Transportation Professor
*** Dept. of Road Traffic Research, The Korea Transport Institute
† Corresponding author : Ju Taek Oh, jutaek@ut.ac.kr

Vol.20 No.1(2021)

February, 2021
pp.132~145

pISSN 1738-0774
eISSN 2384-1729
<https://doi.org/10.12815/kits.2021.20.1.132>

Received 29 November 2020
Revised 23 December 2020
Accepted 13 January 2021

© 2021. The Korea Institute of
Intelligent Transport Systems. All
rights reserved.

요약

본 연구는 효율적인 도로관리를 위해 이용자 중심의 핵심적인 도로망을 분석하고 개선 필요구간을 도출하고자 하였다. 기존의 도로관리는 혼잡을 바탕으로 한 관리자 중심의 다원화된 도로관리체계로 운영되어 왔다. 따라서 본 연구에서는 이용자 중심의 관점에서 여객이동, 물류이동, 관광이동 중심의 핵심도로망을 선정하였으며 서비스 수준(LOS) 분석, EPDO 사고율을 이용한 교통사고 안전성 분석, 네트워크 서비스 분석 등을 통해 개선 필요구간을 도출하였다. 이를 통해 핵심도로망 구축과 이용자 중심의 효율적인 도로 건설·관리체계 구축의 필요성을 강조하고 개선방안을 제시하였다.

핵심어 : 도로관리, 네트워크 분석, LOS분석, 사고분석

ABSTRACT

This study analyzes the main road network for road users to manage roads efficiently and derives problematic road sections to be improved. Traditional road management has been operated by manager-oriented view and a diversified road management system based on congestion. Therefore, in this research, the main road network was selected from the viewpoint of passenger-oriented, logistics-oriented and tourism-oriented, and the problematic road sections were derived through Level Of Service (LOS) analysis, safety analysis using EPDO accident rate, and network service analysis. This study emphasizes the efficient user-oriented road construction and management system and the need of constructing a main road network, and it suggests the improvement strategies.

Key words : Road management, Network analysis, LOS analysis, Accident analysis

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

우리나라는 1970년 본격적인 간선도로 건설 중심의 도로정책이 이뤄진 이후 국가기간망 교통계획, 도로건설·관리계획, 고속도로 및 국도·국지도 5개년 계획 등 국가기간망 도로에 대해 지속적인 투자를 하여 도로 인프라 구축에 큰 노력을 하였으며, 꾸준한 법정계획 지정으로 이를 효율적으로 유지·보수하고자 하였다. 그로 인해 도로의 총연장은 1980년대 46,951km에서 꾸준히 증가하여 2019년 현재 고속도로 4,767km, 일반국도 14,030km 등 총연장 111,314km까지 약 2.37배 증가하였다.

현재 우리나라의 현행 도로 건설·관리 계획은 크게 국가수립 도로부문 법정계획과 지자체 수립 도로부문 법정계획이 있으며, 건설·관리는 기본적으로 각 도로의 관리청에서 시행하고 있다. 국가지원지방도의 경우 총 사업비의 70% 이상을 국가에서 지원하는 도로이나 노선선정 및 지원타당성에 대한 명확한 기준이 미비한 실정이다. (The Korea Transport Institute, 2020)

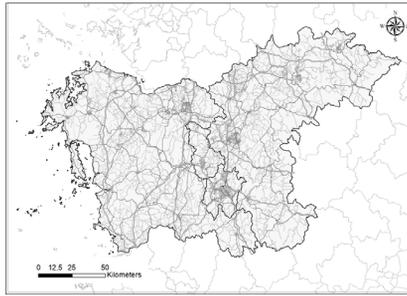
특히, 전체 도로망의 여객 및 물류의 전반적인 소통상황과 이동성·정시성·안전성 측면의 체계적인 분석이 미비한 실정이다. 지자체 관리 간선도로에 대한 도로품질이 저하되고 국가 및 지자체 관리도로에 대한 이동성·정시성, 노면상태, 접근관리 등의 도로 품질 서비스 차이가 심화되고 있다. 도로투자전략 측면에서 볼 때 지역균형발전 및 지역수요를 우선 반영한 국가 도로사업의 개별사업 중심 분산투자로 인해 전략적 네트워크 구축이 미비하고 전략적 투자가 부재한 상황이며 운영·관리 측면에서 볼 때 무분별한 접근도로 설치로 국가 주요 간선도로의 이동성이 저하되고 있다. 또한, 도로 관리연장이 지속적으로 증가하고 있으나 이에 따른 유지보수 예산이 부족한 상황이다.

영국과 미국, 캐나다와 같은 도로교통 선진국에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 국가간선도로의 효율적·전략적 건설, 운영 및 관리를 위해 중요 노선을 지정하여 집중 투자 및 유지 관리하고 있다. 따라서 이제는 도로의 양적성장을 넘어 도로를 직접 이용하는 이용자의 요구에 부응하는 핵심도로망을 선정 및 관리할 필요가 있다. 핵심도로망을 국가 차원에서 전체적으로 중요도가 더 높은 구간을 선택하기 위한 기준으로 사용하여 질 높은 도로 인프라 서비스를 제공할 수 있도록 도로건설·관리 체계의 개선이 필요한 시점이다.

본 연구에서는 효율적인 도로관리를 위하여 미국과 영국, 캐나다의 국가도로망 계획 등을 참고하였고 우리나라 실정에 맞게 여객 및 물류 통행분석을 통해 여객이동 중심, 물류이동 중심, 관광이동 중심 등 이용자 맞춤형 핵심도로망을 선정하였다. 또한, 선정된 핵심도로망의 서비스 수준(LOS) 분석, EPDO에 따른 교통사고 안전성 분석, 네트워크 서비스 분석을 통하여 개선 필요구간을 도출하여 현재 우리나라의 부족한 도로사업 우선순위 결정 방법론에 대한 해결책을 마련하고자 하였다. 본 연구에서는 이용자 중심의 핵심도로망 구축 필요성을 강조하고 효율적인 도로관리를 위한 도로 건설·관리체계 개편의 방안들을 제시하고자 하였다.

2. 연구방법 및 범위

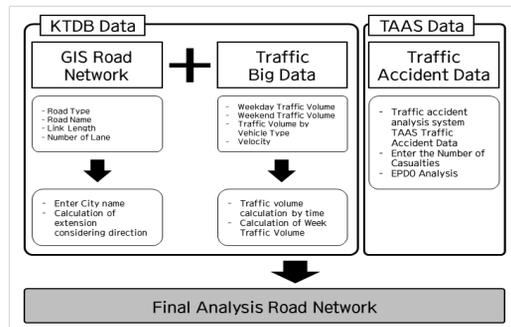
본 연구는 이용자 중심의 이동성·정시성·안전성 측면의 핵심도로망을 선정 및 분석을 위하여 공간적 범위는 우리나라 국토의 중심부에 위치하여 가장 높은 국토계수당 고속도로 비율을 보이고 있는 충청북도와 충청남도, 세종특별자치시, 대전광역시를 포함한 충청권을 대상으로 하였다. <Fig. 1>은 본 연구의 공간적 범위를 나타내는 그림이다.



<Fig. 1> The Scope of Study

시간적 범위로는 현재 KTDB에서 적용 가능한 최신 년도인 2017년 자료를 기초로 하였으며, 교통사고 데이터의 경우에는 도로교통공단의 교통사고분석시스템(TAAS)에서 제공하는 최근 3년(2017-2019)의 사고 자료를 이용하였다.

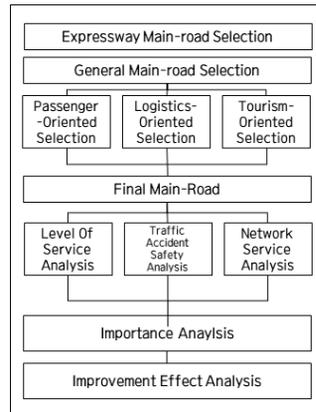
본 연구의 효율적인 데이터 분석을 위해 국가교통데이터베이스(KTDB)에서 제공하는 전국 도로망 GIS 데이터 중 Level 6 도로망을 선택하여 분석에 활용하였으며, 국가교통데이터베이스(KTDB)에서 제공하는 교통 빅데이터를 전국 도로망 GIS 데이터에 연결하여 작업환경을 구축하였다. 또한, 도로교통공단 TAAS에서 제공하는 교통사고 자료를 이용하여 2017년도부터 2019년도까지 3개 년도의 교통사고 데이터를 Geocoding을 통하여 도로망 GIS 데이터에 추가 연결하여 최종적인 데이터를 구축하였다. 교통사고의 종류는 사망사고, 중상사고, 경상사고로 총 3가지로 분류하였으며, 도로망 GIS 데이터의 링크별로 사고 데이터를 입력하였다. <Fig. 2>는 KTDB의 도로망 GIS 네트워크와 교통 빅데이터, TAAS의 교통사고 자료를 통합하여 최종적인 분석 도로망 네트워크를 구축하는 과정을 나타낸다.



<Fig. 2> Process of data building

이를 토대로 여객이동, 물류이동, 관광이동 중심의 핵심도로망을 선정하고 선정된 도로망에 대하여 서비스 수준(LOS) 분석, EPDO 사고율법에 의한 교통사고 안전성 분석, 서비스 인구에 따른 네트워크 서비스 분석 등을 통해 개선 필요구간 및 개선 시급구간을 도출하고자 한다.

<Fig. 3>은 고속도로 핵심도로망 선정과 여객이동 중심, 물류이동 중심, 관광이동 중심의 일반 핵심도로망 선정 절차 및 서비스 수준(LOS) 분석, 교통사고 안전성 분석, 네트워크 서비스 분석 등의 핵심도로망 분석에 관련한 전반적인 연구 흐름을 나타낸다.



<Fig. 3> Main-road Selection Process

II. 문헌 고찰

본 연구의 분석에 앞서 현재 국·내외에서는 효율적인 도로 건설·관리체계 구축을 위하여 국가도로망을 지정 및 관리하는 사례를 살펴보면 국내에서는 「국가전략도로망 지정 및 관리 방안」(KRIHS, 2016)이 있다.

2017년 국토연구원(KHHS)에서는 국가전략도로망을 지정 및 관리하는 방안을 연구하였다. 기존의 도로관리기관 중심의 국가도로관리체계를 도로의 간선기능 중심의 전략도로망 통합관리체제로 점차 발전시켜 나가기 위한 기초연구로써 국가전략도로망의 개념을 정립하고 지정 및 관리방안을 제안하고자 하였다. 국가전략도로망 선정절차는 교통량 실적 기반 도로 분류, 거점 연결성 확보 기반 도로 분류로 이원화하였다. 교통량 실적 기반 도로 분류는 네트워크 정산 과정을 거친 후, 산출되는 각 링크별 VKT를 활용하여 도로 링크 성능 평가를 진행하였으며, 거점 연결성 확보 기반 도로 분류는 각 통행 유형별 거점을 확인한 후, 최단 경로 탐색 알고리즘을 통하여 각 거점 간 최단 경로를 산출하였다. 또한, 도로의 성능평가를 통해 중요도를 고려하여 선택과 집중을 할 수 있는 체계적 관리체계 마련이 필요하다고 제시하였다.

국의 사례로는 미국의 NHS(National Highway System), 영국의 SRN(Strategic Road Network), 캐나다의 NHS(National Highway System) 등이 있다. 미국은 1995년 제정된 국가간선망지정법(National Highway System Designation Act)에 의해 주를 연결하는 도로나 주요 공항, 항만, 철도, 트럭 터미널 등을 연결하는 도로를 국가간선체계(National Highway System, NHS)로 구축하고 이에 해당하는 도로를 전략적 간선망이라고 칭하였다. 미국의 핵심도로망은 전체 도로연장의 4%를 차지하고 있지만, 모든 고속도로 교통류의 40% 이상, 중차량 트럭 교통류의 75%, 여가 통행의 90%를 차지할 정도로 높은 운영 비용을 나타내고 있다. 또한, 핵심도로망 5마일 범위 내에 미국 국민의 90%가 거주하고 있으며, 핵심도로망은 인구 5만 명 이상의 도시지역 모두를 포함하고 있다.

영국은 2010년부터 매년 국가인프라계획을 발행하여 투자우선순위를 결정하는 등 종합적 방향을 제시하였다. 2014년부터는 핵심도로망(SRN : Strategic Road Network)를 지정하였는데, 전체 교통량의 33%인 400대/일의 교통량을 처리할 수 있는 2.4%의 전략도로망을 선정하여 5년간 25조원을 집중 투자하였다. 또한, 향후 5년의 계획주기의 투자를 통해 국가전략도로망을 개선하고자 하였다.

캐나다는 연방정부가 고속도로와 프리웨이로 구성된 국가간선망(National Highway System)을 지정 및 관리

하고 있다. 국가간선망은 공공도로망 전체의 연장 중 3.7%에 불과한 수치이지만, 2005년에 비하여 2015년 여객통행에서는 1,340억 VKT로, 12% 증가한 것으로 분석되었으며, 화물통행은 8% 증가한 추세로 나타났다. 또한, 도시 간의 주요 간선도로와 고속도로를 연계하고 있으며, 중요한 항만, 철도 터미널, 공항과 페리 터미널 등 타 교통수단과 밀접하게 연계 가능하도록 설계되었다.

국내·외 사례를 중심으로 국가도로망 지정 및 관리 형태를 비교해 볼 때, 현재 우리나라의 도로 건설·관리 체계는 국가의 중요한 도로망 지정 상태가 미비하며 과도한 도로 관리 주체로 인하여 일관된 도로 인프라 서비스를 구축하지 못하고 있는 실정이다. 국내 연구의 경우, 단순히 도로의 총 교통량과 VKT 위주의 핵심 도로망 선정으로 출근통행 특성 등과 같은 이용자 중심의 도로망 구축이 미비하여 이용자가 원하는 핵심적인 중요 도로망에 대한 투자가 제대로 이루어지지 못하고 있음을 알 수 있다. 또한, 선정된 도로망에 대한 우선순위 판단법이 미비하여 도로망 선정의 효율성을 강조하지 못하고 있다. 미국과 영국, 캐나다의 경우 국가에서 핵심적인 도로망을 지정 및 관리·투자하여 이용자 중심의 도로 인프라 서비스를 제공하고 있다. 따라서 본 연구에서 제안한 핵심도로망 선정을 통해 우리나라의 현 실정에 맞는 국가의 중점적인 도로망 구축이 가능할 것으로 예상된다. 또한 우선순위 판단을 통한 도로 개선을 통하여 이용자들의 편의향상에 큰 도움을 줄 것으로 예상된다.

Ⅲ. 데이터 분석

본 연구에서는 도로교통공단의 TAAS에서 제공하는 교통사고 자료와 KTDB에서 제공하는 도로망 GIS 데이터, 교통빅데이터를 사용하였다. 이 중 교통사고 데이터는 TAAS에서 제공하는 서비스인 교통사고 GIS 분석 시스템에서 지역별 교통사고정보를 이용하여 구축하였다.

TAAS 교통사고분석시스템을 이용한 2017년부터 2019년 충청권의 사망 교통사고는 총 1,897건이며, 총 사망자수는 1,964명으로 사망사고 1건당 약 1.035명의 사망자가 발생하는 것으로 분석되었다. 이는 강원권과 호남권 다음으로 높은 수치로 나타났다. 또한, 중상 교통사고는 총 25,420건, 이 중 중상자수는 43,095명으로 중상사고 1건당 약 1.695명의 중상자가 나타나는 것으로 분석되었으며, 이는 강원권을 제외한 모든 권역의 수치보다 높은 수준이다. 종합적으로 충청권의 교통사고의 사상자수는 타 권역과 비교하였을 때 높은 수준으로 나타나 충청권의 교통사고 심각도가 높게 나타나는 것으로 분석되었다.

<Table 1> Traffic accident statistics by area

Name of Area	Number of Fatalities	Death toll	Number of deaths per accident	Number of serious injury accidents	Number of casualties	Number of injuries per accident
Metropolitan Area	3,247	3,326	1.024	80,757	129,468	1.603
Gangwon Area	581	618	1.064	6,634	11,640	1.755
Chungcheong Area	1,897	1,964	1.035	25,420	43,095	1.695
Daegyeong Area	1,517	1,568	1.034	26,347	41,580	1.578
Honam Area	1,966	2,047	1.041	19,840	33,131	1.670
Dongnam Area	1,524	1,564	1.026	31,883	48,286	1.514
Total	10,732	11,087	1.033	190,881	307,200	1.609

KTDB의 도로망 GIS 데이터는 Level 6 도로망으로써, 전국적으로 약 70만 개의 링크와 만 개의 노드로 구성되어 있다. 이중 충청권에 해당되는 링크는 총 98,653개로 분석되었으며, 도로연장은 약 18,569.6km로 나타났다. 분석 데이터에 따른 충청권의 km당 평균교통량은 5,944대/일/km로 나타났으며, km당 평균화물교통량은 1,191대/일/km로 분석되었다. 또한, 충청권의 평균통행속도는 약 57.2km/h로 분석되었다. km당 평균교통량과 km당 평균화물교통량은 수도권에 비해 적은 수치를 보이고 있으나 전국적으로 보았을 때, 평균 이상의 수치를 보이고 있어 충청권은 평균적으로 많은 교통량을 담당하고 있는 것으로 나타났다.

IV. 핵심도로망 선정

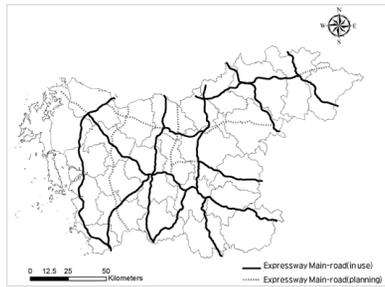
본 연구에서 제시한 핵심도로망은 현재 우리나라의 부족한 도로사업 우선순위 결정 방법론에 대한 해결책으로써의 역할을 수행하는 도로를 선정하였다. 일반적으로 고속도로는 국가 도로교통망의 중요 축을 이루며 주요도시를 연결하는 도로로써, 자동차 전용의 고속교통에 사용되는 특징이 있으며, 일반도로는 국가 여객 및 물류 흐름에 중요 역할을 담당하여 고속도로를 보조·지원할 수 있는 도로로써, 도로 이용자를 위해 이동 서비스 및 안전성을 제공하는 역할을 담당한다. 따라서 본 연구에서는 고속도로와 일반도로의 특성의 차이를 고려하여 핵심도로망을 고속도로 핵심도로망과 일반도로 핵심도로망으로 이원화하여 선정하였다.

고속도로는 국가기간망에 해당되는 중요 도로축이며 「제1차 고속도로 5개년 계획」의 중점 추진사업, 「2019 국가균형발전 프로젝트」의 고속도로 사업, 「제1차 국가도로망 종합계획」 등과 같은 상위 계획이 다수 시행중이며, 7 X 9 축과 같은 명확한 기준이 존재한다. 따라서 고속도로 핵심도로망은 현재 시행 중인 7 X 9 축을 기준으로 검토하여 충청권에 해당되는 고속도로 핵심도로망을 구축하였다.

일반도로 핵심도로망 선정은 충청권의 중요도가 높은 구간을 선정하기 위해 여객이동, 물류이동, 관광이동 중심 선정을 진행하였다. 여객이동 중심 선정으로 링크별 총 교통량 상위 구간을 선정한 후, 한국교통연구원(The Korea Transport Institute)의 출근통행특성 연구 결과에 따른 우리나라 전체 교통량 대비 평균적인 출근 통행량 비율인 26.8%를 초과하는 구간을 추가 선정하였다(The Korea Transport Institute, 2016). 물류이동 중심 선정으로는 링크별 화물 교통량 상위 구간을 선정한 후, 물류시설, 국가산업단지, 무역항 등의 화물교통 유발시설과의 연결성을 추가 고려하였다(KRIHS, 2019). 또한, 관광이동 중심 선정으로 주중 교통량 대비 주말 교통량 상위 링크를 기준으로 선정 후(The Korea Transport Institute, 2001), 「관광진흥법」에서 명시하고 있는 충청권의 관광지 및 관광단지와의 같은 관광교통 유발시설과의 연결성을 추가 고려하여 선정하였다.

1. 고속도로 핵심도로망 선정 결과

선정된 고속도로 핵심도로망의 총연장은 1,208.2km로 나타났으며 이는 충청권 전체 도로망 연장의 6.5%를 차지하는 수준이다. 고속도로 핵심도로망의 km당 평균 주중 교통량은 40,785대/일/km, km당 평균 화물 교통량은 12,597대/일/km로 나타나 충청권 전체도로망 일평균교통량인 5,846대/일/km보다 약 6.9배 많은 수준으로 분석되었다. 이는 고속도로 특성상 일반도로보다 많은 교통량을 수반하며, 권역 간 이동에 중점을 둔 도로망이기 때문에 나타난 결과라고 볼 수 있다. <Fig. 4>는 선정된 고속도로 핵심도로망을 도면으로 나타낸 그림이다.

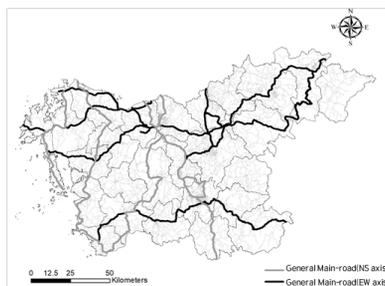


<Fig. 4> Expressway Main-road Network

고속도로 핵심도로망의 각 도시별 분포를 살펴보면 전체적으로 평균 84.1km의 고른 분포를 보이고 있지만 10만 이하 소도시의 태안군의 경우, 고속도로 핵심도로망이 존재하지 않는 것으로 나타났다. 이는 태안군에 고속도로가 존재하지 않기 때문이며, 이를 보완하기 위해 고속도로 계획을 수립하거나 일반도로 핵심도로망을 집중 선정 및 관리하여 고속도로 핵심도로망과의 접근성을 높일 필요성이 있다. 또한, 당진시, 충주시, 아산시와 같은 인구 10만 이상 50만 이하의 중소도시의 경우 가장 긴 연장(373.6km)과 가장 높은 연장비율(40.1%)을 보이는 것으로 분석되었으며, 반대로 전체 도로망 대비 연장 비율은 4.9%로 가장 낮은 수치를 나타냈다. 이는 중소도시의 전체 도로 연장(7,640km)이 가장 길게 나타나고 있기 때문이다.

2. 일반도로 핵심도로망 선정 결과

여객이동 중심 선정, 물류이동 중심 선정, 관광이동 중심 선정으로 최종 선정된 일반도로 핵심도로망의 총 연장은 1,339.6km로 충청권 전체도로망 연장의 12.5%에 해당된다. 일반도로 핵심도로망 km당 평균 여객이동 기준은 16,501대/일/km이며, km당 평균 물류이동 기준은 2,946대/일/km로 분석되었다. 일반도로 핵심도로망의 일평균교통량은 17,051대/일/km로 충청권 전체도로망 일평균교통량 5,846대/일/km의 2.9배 수준으로 나타났다. VKT는 20,831천 대로 분석되어 충청권 전체 VKT의 약 21.2%를 차지하여, 충청권 전체의 교통량 부담률이 높게 나타났다. 또한, 전체적으로 일반도로 핵심도로망은 주중 교통량보다 주말 교통량이 더 높은 값을 가지는 경향이 있다. 이는 관광중심 도로선정에 의해 주말 교통량이 주중 교통량보다 많은 상위 지역을 선정했기 때문에 발생한 결과이다. <Fig. 5>는 일반도로 핵심도로망 선정 결과를 도면으로 나타낸 그림이다.



<Fig. 5> General Main-road Network

일반도로 핵심도로망을 각 도시 규모별로 분석하였을 시, 약 49.4%에 해당되는 661.1km의 구간이 인구 10만 이상 50만 이하의 중소도시에 속하는 것으로 분석되었다. 이는 일반도로 핵심도로망의 선정 기준인 도시 규모별 총 교통량 상위 기준과 출근집중시간대에 해당되는 링크가 중소도시에 다수 존재했기 때문이다. 반대로 소도시의 경우는 인구가 적게 분포하여 교통량이 자연스럽게 적고, 관광단지 및 관광지, 물류유발시설 등이 존재하지 않았기 때문에 상대적으로 적은 일반도로 핵심도로망이 선정되었다.

V. 핵심도로망 분석 및 논의

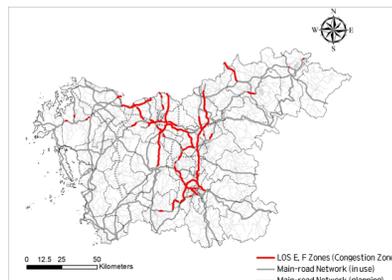
핵심도로망 선정 결과를 바탕으로 핵심도로망의 이동성·정시성·안전성 측면의 분석을 실시하여 개선이 우선적으로 필요한 구간을 도출하고자 하였다. 본 연구에서는 선정된 핵심도로망의 효율적인 분석을 위해 축별 구간별 15~25km의 대링크(Big link) 단위로 세분화하였다. 세분화 결과, 고속도로 핵심도로망은 현재 공용 중인 구간 총 42개, 일반도로 핵심도로망은 총 88개로 세분화되었다. 분석은 총 세 가지 과정으로 진행하였으며, 서비스 수준(LOS) 분석을 통한 혼잡 구간 분석, 교통사고 안전성 분석을 통해 사고 위험 구간 도출, 네트워크 서비스 분석을 통한 서비스 인구수 계산 등을 통해 개선 필요 및 시급구간을 선정하였다.

1. 서비스 수준(LOS) 분석 결과

서비스 수준(LOS)을 이용하여 보다 정확하게 이동성 및 정시성 측면에서 혼잡구간 및 개선이 필요한 구간을 선정하고자 하였다. 본 연구에서는 서비스 수준(LOS)의 판단 기준으로 밀도와 v/c 를 이용하였으며 핵심도로망의 서비스 수준 분석을 실시하여 핵심도로망의 운영 목표인 서비스 수준 E 이하로 운영되는 혼잡구간을 분석하였다(Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2013). <Table 2>는 핵심도로망의 혼잡 구간을 도시 규모별로 분류한 표이며, <Fig. 6>은 이러한 혼잡 구간에 대한 도면을 나타낸 그림이다.

<Table 2> Traffic Congestion Selection of Main-road Network by City Size (LOS E, F)

Population	Expressway Main-road Length (km)	General Main-road Length (km)	Total (km)	Ratio (%)
More than 500,000	165.8	131.3	297.1	52.9
100,000 ~ 500,000	58.1	129.8	187.9	33.5
less than 100,000	49.1	27.4	76.5	13.6
Total	273.0	288.5	561.5	100.0



<Fig. 6> Congestion Zones Selections

서비스 수준 E 이하로 운영되는 혼잡구간의 약 52.9%가 인구 50만 이상의 대도시(대전광역시, 천안시, 청주시)에 집중되는 것으로 분석되었다. 이는 대도시권에서 발생하는 혼잡구간이 인구 50만 이하의 중소도시 및 소도시에서 발생하는 혼잡구간보다 월등히 높다는 것을 의미하며, 대도시권의 혼잡 발생을 완화할 필요가 있음을 의미한다. 또한, 핵심도로망으로 선정된 구간이 선정되지 않은 일반 도로에 비해 더 높은 혼잡구간 비율을 보이고 있어, 개선이 요구되는 구간이라고 판단된다.

그러나 혼잡구간의 33.5%는 대도시권이 아닌 충주시, 아산시, 세종특별자치시, 당진시 등과 같은 인구 10만 이상, 50만 이하의 중소도시에서도 발생하였다. 기존에는 교통혼잡도로를 적용하는 범위를 인구 50만 이상의 대도시권으로 한정하였으나 최근에는 도시 및 교통의 발전으로 인해 중소도시의 교통혼잡도로 적용에 관한 타당성이 제시되고 있다(Kwon and Oh, 2018). 이러한 결과는 더 이상 혼잡구간 발생은 대도시권만의 문제가 아니라는 점을 보여준다. 따라서 중소도시에서도 과거와 달리 많은 교통 혼잡이 발생하며 중소도시에 대해서도 교통혼잡도로를 적용하여 그에 따른 개선사업을 실시할 필요가 있음을 보여준다.

2. 교통사고 안전성 분석 결과

핵심도로망의 안전성 분석을 실시하기 위해 교통사고 데이터를 이용하여 교통사고 안전성 분석을 실시하였다. 교통사고분석시스템 TAAS의 교통사고 자료를 입력하였다. 교통사고 안전성 분석의 효과적도는 EPDO 사고율로, 사고의 심각도를 고려하고자 하였다. 위험구간 선정은 일반도로 핵심도로망 구간 중 EPDO 사고율 상위 10% 구간으로 선정하였으며, EPDO 사고율은 식 (1)에 따라 분석하였다(Kim, 2008). EPDO 사고율 산정을 위한 각 사고의 가중치의 값은 사망사고 12, 중상사고 3으로 정의하였다(Kim, 2013).

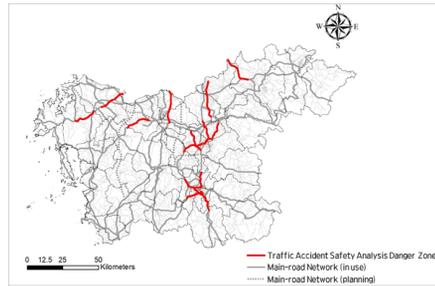
$$EPDO \text{ Accident Rate} = \frac{W_k \times K + W_a \times A + W_b \times B}{N} \dots\dots\dots (1)$$

- W* = Weight for each accidents severity
- K* = Number of Fatal Accidents
- A* = Number of Serious Injury Accidents
- B* = Number of Minor Injury Accidents
- N* = Number of Accidents

고속도로 핵심도로망의 평균 EPDO 사고율은 247.4로 나타났으며, EPDO 사고율 상위 10%로 분석된 위험구간 개수는 총 5 구간, 연장은 111.2km로 고속도로 핵심도로망의 약 12%를 차지하는 것으로 나타났다. 일반도로 핵심도로망의 평균 EPDO 사고율은 376.7로 나타났으며, EPDO 사고율 상위 10%로 분석된 위험구간 개수는 9, 연장은 144.0km로 일반도로 핵심도로망의 약 10.7%를 차지하는 것으로 나타났다. <Table 3>은 교통사고 위험구간을 도시규모별로 나타낸 표이며, <Fig. 7>은 이러한 교통사고 위험구간을 도면으로 나타낸 그림이다.

<Table 3> Traffic Accident Danger Zones in the Main-road Network by City Size

Population	Expressway Main-road Length (km)	General Main-road Length (km)	Total (km)	Ratio (%)
More than 500,000	40.0	103.5	143.5	56.2
100,000 ~ 500,000	32.7	34.9	67.6	26.5
less than 100,000	38.5	5.6	44.1	17.3
Total	111.2	144.0	255.2	100.0

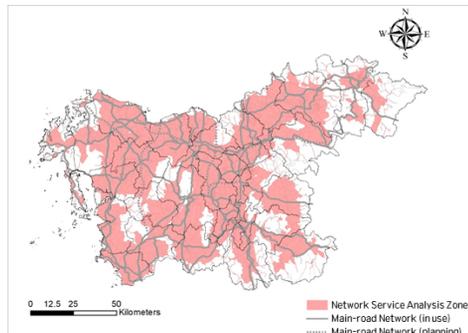


<Fig. 7> Traffic Accident Safety Analysis for Danger Zones

전체 위험구간의 56.2%가 대전광역시와 청주시, 천안시와 같은 인구 50만 이상 대도시에 밀집되는 것으로 분석되었다. 이는 인구가 많이 분포하고 교통량이 많은 대도시권일수록 교통사고의 건수 및 교통사고 심각도가 증가하는 것으로 판단할 수 있으며, 이를 토대로 대도시권의 교통사고를 중심으로 교통사고 감소 대책을 마련하는 것이 가장 경제적인 효과가 크다는 것을 의미한다. 충청권의 핵심도로망 교통사고 심각도 완화를 위해서는 보행자 및 고령자 통행에 대한 안전대책 및 구조물 개선, 노면 재포장 등의 개선 대책을 세워야 할 것이며(Kim, 2008), 졸음, 주시태만, 추월불량, 음주 등과 같은 운전자의 인적 요인으로 인한 사고를 예방하기 위한 운전자 교육을 실시하여 교통사고 안전 대책을 마련하여야 한다(Cho et al., 2015).

3. 네트워크 서비스 분석 결과

네트워크 서비스 분석은 제 1차 국가도로망 종합계획(KRIHS, 2016)에서 고속도로 접근성의 척도로 사용되고 있는 30분 이내 접근 가능한 서비스 인구수를 효과적으로 사용하고 각 링크별 제한속도를 고려하여 GIS의 Service Area 분석을 실시하였다. 고속도로 핵심도로망의 네트워크 서비스 분석 결과, 충청권 면적의 약 57.3%인 9,516km², 충청권 전체 인구의 약 72.3%인 3,983,778명이 고속도로 핵심도로망에 의한 서비스를 받는 것으로 나타났다. 일반도로 핵심도로망은 충청권 면적의 약 54.25%인 9,017.5km², 충청권 전체 인구의 약 67.7%인 3,728,747명이 서비스를 받는 것으로 나타났다. <Fig. 8>은 네트워크 서비스 분석 결과를 도면으로 나타낸 그림이다.



<Fig. 8> Network Service Analysis Result

고속도로 핵심도로망의 평균 서비스 인구수는 240,319명으로 분석되었으며 총 13개 구간에서 이러한 평균 수치를 넘어서는 것으로 분석되었다. 총연장은 268.7km의 구간이며, 이는 고속도로 핵심도로망 연장의 약 28.9%에 해당되는 수치이다. 일반도로 핵심도로망의 평균 서비스 인구수는 163,021명으로 고속도로 핵심도로망에 비해 적은 수치로 분석되었으며, 이러한 평균 인구수를 넘어서는 구간은 약 356.4km에 해당되는 총 22개 구간으로 분석되었다. 이는 일반도로 핵심도로망 연장의 약 26.6%에 해당되는 수치이며, 연장 비율은 고속도로 핵심도로망과 큰 차이를 보이지 않는 것으로 분석되었다. 이러한 결과는 고속도로 핵심도로망과 일반도로 핵심도로망의 선정 절차와 특징은 다르지만, 평균적으로 30분 이내에 접근할 수 있는 접근성은 크게 차이가 나지 않는다는 것을 의미한다. 또한, 도시의 규모별로 핵심도로망의 네트워크 서비스 분석 결과는 상이한 것으로 나타났다. 핵심도로망 축별 네트워크 서비스 분석 결과를 도시의 규모별로 분류한 결과는 <Table 4>와 같다.

<Table 4> Network Service Analysis Result in the Main-road Network by City Size

Population	Expressway Main-road Length (km)	General Main-road Length (km)	Total (km)	Ratio (%)
More than 500,000	200.8	211.3	412.1	63.0
100,000 ~ 500,000	39.8	132.6	172.4	26.3
less than 100,000	28.1	42.0	70.1	10.7
Total	268.7	385.9	654.6	100.0

대부분의 네트워크 서비스 평균 이상인 핵심도로망 구간의 63.0%는 인구 50만 이상 대도시권(대전광역시, 천안시, 청주시)에 밀집되는 경향을 보이고 있다. 중소도시와 소도시의 비율은 37.0%에 불과해 네트워크 서비스 분석에 의해 선정된 구간은 과반 이상이 대도시에 집중되는 것으로 나타난다. 이는 핵심도로망이 통과하는 구간에 거주하고 있는 인구수가 많을수록 30분 이내에 핵심도로망에 접근 가능한 인구수도 자연스럽게 증가하며, 대도시권일수록 도로 인프라 서비스가 중소도시 및 소도시보다 월등하여 핵심도로망까지의 접근 시간이 단축되었기 때문이다. 따라서 핵심도로망에 개선이 필요한 구간이 존재할 때, 네트워크 서비스 분석 결과 선정된 구간은 서비스 인구수가 평균적으로 많은 구간이므로 가장 개선이 시급하다고 판단할 수 있는 기준이 될 수 있으며, 개선 시 타 구간을 개선했을 때보다 더욱 큰 경제적 편익을 얻을 수 있다.

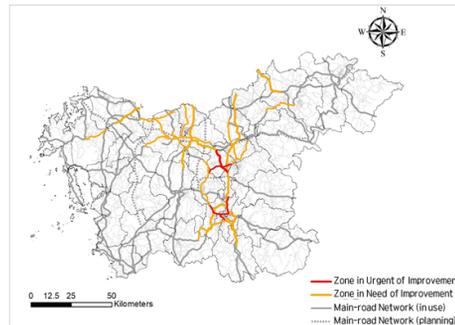
4. 중요도 분석 결과

서비스 수준(LOS)에 의한 분석 결과와 교통사고 안전성 분석 결과, 네트워크 서비스 분석 결과를 토대로 개선 필요 구간과 개선 시급 구간을 선정하였다. 서비스 수준(LOS) 분석에서 혼잡 구간으로 선정되거나 교통사고 안전성 분석에서 교통사고 위험구간으로 선정되는 구간을 개선 필요구간으로 정의하였다. 또한 2가지 기준 모두 충족하지만 네트워크 서비스 분석에서 서비스 인구수가 충청권역 핵심도로망 평균 이하인 구간 또한 개선 필요구간으로 구분하였다. 개선 시급구간은 2가지 기준 모두 충족하며 네트워크 서비스 분석에서 서비스 인구수가 충청권역 핵심도로망 평균 이상인 구간으로 정의하였다.

분석 결과, 개선 필요 구간은 총 28개 구간으로 약 464.8km로 나타났으며, 개선 시급 구간은 총 4개 구간, 약 140.3km로 나타났다. 개선 필요 구간은 핵심도로망 연장의 약 20.5%이며, 개선 시급 구간은 핵심도로망 연장의 약 6.1%를 차지하는 것으로 분석되었다. 이는 핵심도로망 전체의 비율로 보았을 때 미비한 수치이나, 개선 시급구간으로 지정된 구간은 앞서 실시한 서비스 수준(LOS) 분석에 따른 위험 구간, EPDO 사고율에

따른 교통사고 안전성 분석 위험 구간, 네트워크 서비스 분석에 따른 인구수 평균 이상 수만 구간 모두에 해당되는 구간이므로 개선하였을 시, 타 구간에 비해 얻는 경제적 편익이 더 클 것으로 예상된다.

개선 필요구간 또한 개선 시급구간에 비해 중요도가 다소 떨어지는 구간이나, 본 연구에서 실시한 분석에 따라 서비스 수준(LOS) 분석에 따른 혼잡구간으로 분류되거나, 교통사고의 심각도가 높은 구간으로 판단되므로, 타 구간에 투자하는 것보다 더욱 큰 경제적 편익을 얻을 수 있을 것으로 판단된다. <Fig. 9>는 개선 필요구간 및 개선 시급구간을 도면으로 나타낸 그림이다.



<Fig. 9> Urgent Zones of Improvement

VI. 결 론

기존의 도로관리는 도로 종류별로 과도하게 다원화된 운전자 중심의 도로관리 체계를 유지하고 있다. 이에 본 연구에서는 이용자 중심의 이동성·정시성·안전성 측면의 도로를 선정하고 일관된 관리체계를 구축하기 위한 방법 중 하나로 핵심도로망을 선정 및 관리하여 도로에 일관되고 편리한 서비스를 제공하는 방법을 제시하고자 하였다. 이를 위해 본 연구에서는 여객이동 중심, 물류이동 중심, 관광이동 중심의 도로 선정으로 이용자 중심의 핵심도로망 체계를 구축하고 서비스 수준(LOS) 분석을 통한 혼잡구간 도출, 교통사고 안전성 분석을 통한 교통사고 위험구간 도출, 네트워크 서비스 분석을 통한 서비스 인구 수 분석을 통한 개선 필요구간을 도출하였다.

핵심도로망 선정 결과, 충청권 시군구별 평균 약 84.1km의 핵심도로망이 선정되었다. 도시 규모별 분석 결과, 지방지역(941.1km)의 핵심도로망 연장이 광역시 및 도시지역(1329.0km)에 비해 상대적으로 적게 선정되었음을 알 수 있다. 또한 충청권의 약 70% 이상의 인구가 본 연구에서 선정한 핵심도로망을 이용할 수 있는 것으로 나타났다.

이동성 및 혼잡 구간의 척도인 서비스 수준(LOS) 분석과 안전성의 척도인 교통사고 안전성 분석, 네트워크 서비스 분석 결과를 종합하였을 때, 세 가지 척도 모두 충청권 내에 위치한 인구 50만 이상 대도시인 대전광역시, 청주시, 천안시 등에 집중되는 결과를 보였다. 그에 따라 본 연구의 개선 시급구간 및 개선 필요구간 또한, 대전광역시, 청주시, 천안시 등의 대도시권에 밀집되는 경향을 보인다. 따라서 인구분포가 많은 지역일수록 핵심도로망을 이용하는 인구수가 많으며 그에 따른 혼잡도와 교통사고 발생률이 증가하므로, 본 연구에서 제시한 핵심도로망을 선정하고 개선 시급구간 및 개선 필요구간을 우선적으로 유지관리 및 보수한다면 이용자가 만족할 수 있는 도로 인프라 서비스를 구축하는데 용이하며 제한된 예산으로 많은 경제적 편

익을 추구할 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구를 토대로 다음과 같은 정책적 제언을 하고자 한다. 첫 번째, 효율적인 도로관리를 위하여 본 연구에서 선정된 핵심도로망 체계를 「국가도로망 종합계획」, 「국도·국가지원지방도 5개년 계획」 등과 같은 상위 계획에 반영해야 한다. 반영 이후에도 5년마다 교통량 변화, 교통 유발시설 변화 등과 같은 여건 변화 등을 고려한 수정안 작성, 개선 필요 구간에 대한 사업 선정 등과 같은 제도화를 실시하여 효율적인 도로 건설·관리 체계를 구축하여야 할 것이다.

두 번째, 핵심도로망에 대해 국가 및 지자체간 협조체계 구축이 필요하다. 국가 핵심도로망 구축의 핵심적인 이유는 도로 종류에 구애받지 않은 국가의 중요 도로에 대한 일관적인 도로 건설·관리 체계 확립이다. 따라서 정부 및 지자체간의 긴밀한 협조체계 마련 및 공동 사업추진으로 핵심도로망의 일관적이고 효율적인 도로 건설 및 유지관리 체계를 확립하는 것이 중요하다.

세 번째, 효율적인 도로관리를 위해서는 분석하고자 하는 대상구간들의 DB 구축 및 이용의 편리성이 절실하다. 이동성·정시성·안전성·환경성·인프라 보존 등과 같은 도로관리 평가지표들을 구축하고 지속적인 모니터링과 DB 구축, 유지관리 매뉴얼 등이 마련되어야 할 것이다.

네 번째, 이용자의 관점에서 도로의 효율성 평가는 이동성·안전성·환경성 등 지표들의 개별평가에 국한되지 않는다. 따라서 보다 종합적인 관점에서 도로망의 문제 구간을 선정해야 할 것이다. 이를 위해서는 다양한 개별지표의 개발은 물론, 이들 개별 평가지표들을 통합하고 종합적인 관점에서 평가할 수 있는 이용자 중심의 평가체계 구축이 필요할 것이다.

마지막으로 본 연구에서는 충청북도와 충청남도, 대전광역시와 세종특별자치시를 포함하는 충청권에 대해서만 핵심도로망을 지정 및 분석하였으나, 이를 「국가도로망 종합계획」과 「고속도로 건설 5개년 계획」, 「국도·국지도 건설 5개년 계획」, 「대도시권 교통혼잡도로 개선 사업계획」 등과 같은 도로건설 관리계획에 반영한다면 제한된 도로 유지 및 보수 예산으로 보다 효율적인 도로관리가 가능한 지표로 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구를 통해 핵심도로망 선정 및 관리가 이루어져 기존의 관리자 중심의 관리체계에서 탈피하여 이용자 중심의 효율적인 도로 건설·관리 체계의 개선이 이루어진다면 이용자들이 실질적으로 느끼는 도로 이용 편리성이 증대될 것으로 기대된다. 또한, 보다 효율적인 도로 유지·보수 부문의 투자로 인해 더욱 큰 경제적 효과가 있을 것으로 예상되며 효과적인 도로 건설·관리 체계 구축에 도움이 될 것으로 기대된다.

REFERENCES

- Cho C., Kim Y., Lee Y. and Lee M.(2015), “Traffic Safety Technology Proposal for Chungcheong Region,” *Journal of Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, vol. 16, no. 2, pp.1524-1532.
- Kim B.(2013), *A Study on Characteristics Analysis of Traffic Accident Factors in Honam area*, Jeonnam University,
- Kim J.(2008), *Analysis of Highway Traffic Accident Characteristics using EPDO*, Jeonnam University.
- Korea Research Institute for Human Settlements(2016), “National Strategic Road Network Designation and Management Plan,” *Korea Research Institute for Human Settlements Report*,

pp.1-5.

Korea Research Institute for Human Settlements(2019), “Overseas Cases and Implications as Logistics Focus Road,” *Korea Research Institute for Human Settlements Report*, p.12.

Kwon H. and Oh J.(2018), “A Study on the Feasibility of the Improvement of Traffic Congestion,” *The Journal of the Korea Institute of Intelligent Transportation Systems*, vol. 18, no. 3, pp.34-45.

Ministry of Land, Infrastructure and Transport(2013), *Korea Highway Capacity Manual*, p.146.

The Korea Transport Institute(2001), “Establishment Plan of Tourism Transportation Plan,” *The Korea Transport Institute Report*, pp.25-26.

The Korea Transport Institute(2016), “Characteristics of Commuting Traffic in Korea,” *The Korea Transport Institute Report*, pp.1-2.

The Korea Transport Institute(2020), “A Study On The Road Construction and Management System Establishment Plan using Traffic Big Data,” *The Korea Transport Institute Report*, pp.1-3.

Traffic Accident Analysis System, <http://taas.koroad.or.kr/>, 2020.09.01.