

일반국도 자산관리시스템 도입을 위한 기본체계 구축에 관한 연구

Study on Establishing Essential Framework for Importing Asset Management System of National Road

Hyosung Park^{a,*}, Soohyng Lee^{b,1}

^a Department of Civil Engineering, University of Kyonggi, Iui-dong, Yeongtong-gu, Suwon, Republic of Korea

^b Korea Institute of Construction Technology, 283 Goyangdae-ro, Ilsanseo-Gu 411-712, Republic of Korea

ABSTRACT

The government policy had placed new construction as the kernel of the investment in the road department. This had been shifted, however, since the government's budget of the road department reached its peak in 2000, new construction had come to a downsizing phase while the maintenance increased gradually. Considering this recent trend, the necessity of a new paradigm in the road policy had come to a fore, in order to prove the justification of increase in the maintenance budget as well as successfully fulfill the user's needs in the service quality. The developed countries that had intensively constructed social infrastructure in 1950-60s are enjoying a great achievement by applying the asset management concept in coping with the deterioration of the public facilities. This research suggests the basic framework in establishing "Korean Road Asset Management System" designed to efficiently manage the national road. The main feature of this system is to absorb economic analysis course into the current pavement management system, in order to form not only long-lasting but also preventive road management policy.

KEYWORDS

national road
maintenance
level of service
asset management
economic analysis

우리나라의 경우 그동안 도로부문의 투자는 신규건설 그 자체가 정부 정책의 핵심이었다. 그러나 최근 정부의 도로부문 예산이 2000년을 정점으로 신규건설은 감소하고 유지관리는 증가하는 추세이다. 이러한 추세에서 도로 유지관리 예산 증가에 대한 정당성을 입증하면서 서비스수준에 대한 사용자 요구에 부응할 수 있는 새로운 도로정책 패러다임이 필요하다. 1950~60년대에 사회기반시설을 집중적으로 건설하였던 선진국들이 최근 공공시설물의 노후화에 대처하기 위해 자산관리 개념을 도입하여 많은 성과를 거두고 있다. 본 연구에서는 일반국도의 효율적인 유지관리를 위해 「한국형 도로 자산관리시스템」을 구축하는데 필요한 기본체계를 제시하였다. 이 시스템의 특징은 장기적이며 예방적인 도로 유지관리 정책을 수립할 수 있도록 기존의 포장관리시스템에 경제성 분석 과정을 포함시키는데 있다.

일반국도
유지관리
서비스수준
자산관리시스템
경제성 분석

© 2014 Korea Society of Disaster Information All rights reserved

* Corresponding author. Tel. 82-31-249-9710 Fax. 82-31-244-6300
Email. hyosungroad@hanmail.net
1 Tel. 82-31-910-0144. Email. shlee1@kict.re.kr

ARTICLE HISTORY

Received Dec. 27, 2013
Revised Jan. 22, 2014
Accepted Jun. 27, 2014

1. 서론

우리나라의 경우 그동안 도로부문의 투자는 신규건설 중심이었으나 최근 정부의 세출예산 편성과정에 사회기반시설 (Social Overhead Capital, SOC) 예산이 다른 공공부문 예산과 경쟁관계에 놓여 있으며, 향후 더욱 심화될 것으로 전망된다. 이러한 추세에서는 SOC 보수비용을 작년 대비 몇 % 증액과 같은 논리로는 설득력이 없고 집행의 정당성을 설명하기도 어렵다. 종전의 도로정책은 ‘어떻게 하면 한정된 예산으로 투자효과를 극대화시켜 원활한 교통망을 확충할 수 있는가’였다. 이제는 ‘기 건설된 도로망을 어떻게 관리해야 국가자산으로서의 가치를 적절히 유지할 수 있는가’라는 자산관리 개념의 새로운 정책으로 접근하여야 한다. 이 정책의 일환으로 기획재정부에서 2007년 『국가회계법』 제정 이후, 기존의 현금주의·단식부기를 발생주의·복식부기 회계로 전환하기 위하여 2009년 국가회계기준을 공포하였다(MSF, 2009). 이 기준에 따라 2011회계연도부터 SOC 시설을 포함한 공공재산의 가격평가를 최초로 실시하였다. 국토교통부에서도 『제2차 도로정비기본계획(2011~2020)』 수립시 도로시설물의 유지관리 업무에 자산, 감가상각, 생애주기비용 등의 자산관리 개념 도입 방안을 제시하였다(MLIT, 2011a). 호주, 뉴질랜드, 미국 등의 외국에서는 SOC 유지관리에 자산관리시스템을 적용하여 상당한 효과를 얻고 있는 것으로 알려져 있다. 따라서 우리나라도 이제는 도로 유지관리 업무에 자산관리시스템의 도입 방안을 연구할 필요가 있다. 그동안 국내의 경우 개인 차원에서 SOC 자산관리 연구가 일부 수행된 바 있으나, 도로부문에 대한 연구는 아직 초기단계이다(KICT, 2011). 본 연구는 외국의 SOC 운영사례를 탐구하여 우리나라에 적합한 자산관리의 개념과 운영과정을 정립하는데 그 목적을 두고 있다. 이를 위해 국내에서 현재 운영하고 있는 일반국도 포장관리시스템 (Pavement Management System, PMS)을 바탕으로 『한국형 도로 자산관리시스템(Korean Road Asset Management System, KRAMS)』 기본체계를 구축하기 위한 주요 요소를 제시하여 최적의 도로 유지관리정책 수립을 지원하고자 한다.

2. 국내 선행연구의 접근방법과 본 연구와의 차별성

국내에서는 최근 들어 SOC 각 분야에서 개인적인 업무 경험을 바탕으로 공공시설물의 자산관리시스템 도입방안을 연구하는 초기단계이며, 도로 자산관리와 직접 관련되는 학술적인 선행연구는 아직 없다. 본 논문에서는 그동안 정부 출연 연구기관에서 수행되었던 선행연구를 중심으로 고찰하였으며, 본 연구와의 차별성은 Table 1과 같다.

『2008 도로관리통합시스템 최종보고서(KICT, 2009)』는 한국건설기술연구원에서 운영하고 있는 포장, 교량, 비탈면 등 기존 개별적인 도로관리시스템의 기능을 통합하는데 중점을 두었기 때문에, 그 성과를 도로 자산관리시스템으로 직접 발전시킬 수 없는 한계가 있다.

Table 1. Distinction between the preceding study and this study

연구 과제	연구 범위 및 특징	자산관리와의 관계
2008 도로관리통합시스템 최종보고서 (KICT, 2009)	현재 운용 중인 포장, 교량, 터널, 사면 등 개별적인 유지관리시스템을 통합하여 상호 연계성 확보	자산관리시스템으로 발전시키지 못하는 한계
생애주기비용에 기초한 시설물 최적 유지관리시스템 개발 (KISC, 2005)	기존의 교량 유지관리시스템을 생애주기비용 측면에서 접근하여 자산관리 개념 적용	도로시설물 중에서 교량만을 대상으로 접근
도로교통시설 자산관리시스템 구축을 위한 기초연구 (KTI, 2006)	선전국 자산관리 사례 분석을 통해 국내 자산관리시스템 도입 방향을 제시하여 향후 연구의 초석 제공	국내 자산관리시스템 도입을 위한 기초적인 성과 제시
자산관리 통합프레임워크 및 정책 개발 (KICT, 2011)	기존 사후대응형 유지관리체계를 사전예방형 자산관리체제로 전환하기 위한 요소기술 개발	공공시설물 자산관리시스템 전체를 최초로 연구

『생애주기비용이 기초한 시설물 최적 유지관리시스템 개발(KISC, 2005)』은 한국시설안전기술공단의 조직 특성상 교량 구조물의 생애주기비용을 중심으로 자산관리 개념의 도입방안을 연구하였으며, 특정한 도로시설물에 대한 자산관리 측면에서 접근하지는 않았다.

『도로교통시설 자산관리시스템 구축을 위한 기초연구(KTI, 2006)』는 한국교통연구원에서 도로교통시설을 중심으로 선진국의 SOC 자산관리시스템의 운용 내용을 소개하는 기초연구로서, 도로 자산관리시스템의 구성요소 및 구축방향에 대하여 체계적으로 제시하지는 않았다.

『자산관리 통합프레임워크 및 정책 개발(KICT, 2011)』은 한국건설기술연구원에서 국내 최초로 공공시설물의 유지관리 체계를 자산관리 측면에서 접근하기 위한 프레임워크 요소기술 개발을 착수하였으며, 이 연구의 포괄적인 결과를 토대로 본 논문에서는 일반국도 자산관리시스템 도입을 위한 기본체계 구축 방안을 체계적으로 제시하였다.

3. 우리나라 도로 유지관리시스템의 고찰

국도교통부는 1990년대에 일반국도를 대상으로 포장관리시스템(Pavement Management System, PMS), 교량관리시스템(Bridge Management System, BMS), 도로절개면유지관리시스템(Cut Slope Management System, CSMS), 도로대장전산화(National Highway Management Information System, NHMIS), 교통량조사시스템(Traffic Monitoring System, TMS) 등을 개발하여 운용하고 있다(KICT, 2009). 이 중 본 연구의 근간이 되는 일반국도 PMS 운영 현황은 다음과 같다.

3.1 일반국도 PMS 보수공법 결정체계 흐름도의 개념

한국건설기술연구원은 일반국도 PMS 조사대상으로 매년 약 3,000km(2차로 환산)를 선정하여 노면상태조사장비로 포장상태(균열, 소성변형, 종단평탄성)를 조사한다(MLIT, 2011b). 조사된 포장상태의 등급에 따라 보수공법을 결정하고, 현장 실사를 통해 재검증한다. 이 중 교통량, 보수이력 등을 감안하여 상세조사구간을 선정하며, 파손이 심각한 구간, 재생공법을 적용한 구간, 기능성 포장이 필요한 구간 등에 대한 경제성 분석을 통해 최종 보수공법 및 보수 우선순위를 결정한다.

3.2 아스팔트포장 보수공법 결정체계 흐름도의 개선

일반국도 PMS를 최초 도입한 1989년에는 포장의 노면상태와 구조적 상태에 따라 보수대안을 결정한 후, 보수를 하지 않는 것과 보수대안을 시행하는 것에 대해 각각 경제성을 평가하여 최적 보수공법을 적용하였다. 2001년부터는 소성변형 발생 구간에는 내유동성으로 개발된 개질아스팔트를 적용하였고, 기능성 요구 구간에는 수막현상 감소, 교통소음 저감 등의 기능을 가진 배수성포장을 우선적으로 적용하였다. 그 이외의 구간에는 경제성 분석을 통해 보수공법과 우선순위를 결정하였다. 현재는 포장상태(균열, 소성변형, 종단평탄성)에 따른 유지보수기준을 먼저 설정하고, 그 기준에 따라 우선보수구간을 결정한 후, 잔여 구간에 대해 경제성 분석을 실시하여 우선순위를 결정하고 있다.

3.3 보수공법 투자대안 선정 및 우선순위 결정 기준

일반국도 PMS에서는 먼저 보수의 필요성 여부를 판정한 후, 우선보수구간으로 선정되면 파손정도를 고려하여 적합한 보수공법을 적용한다. 예를 들어 아스팔트포장 구간의 경우 균열률 30% 이상에는 내유동성(5cm) 또는 균열보강+5AC를 적용한다. 보수우선순위 결정은 우선보수구간을 제외하고, 경제성 분석 대상 구간에 대하여 수행한다. 경제성 분석은 소성변형 10mm 초과~15mm 이하이면서 균열 10% 초과~20% 이하 구간을 대상으로 수행한다. 이 구간에 5cm 덧씌우기 보수공법을 검토할 때는 차기연도에 수행하는 것과 수행하지 않는 것에 대한 분석기간 5년 동안의 할인율 5%를 고려한 순현재가치(Net Present Value, NPV)를 기준으로 경제성 분석을 수행한다. 경제성 분석은 세계은행(World Bank)에서 개발한 HDM-4(Highway Development Management-IV) 모델을 활용하며, 그 결과에 따라 보수우선순위를 결정한다.

4. 우리나라 도로 유지관리시스템의 한계

4.1 인프라 노후화로 인한 유지관리 예산 수요의 증가

1950~60년대에 SOC를 집중적으로 구축하였던 선진국들은 최근 인프라 노후화 문제에 직면해 있다. 우리나라의 경우 1970~80년대에 건설한 인프라가 2010년대 후반부터는 선진국들과 유사한 문제에 직면할 것으로 예상된다. 현재 우리나라는 SOC 유지관리 예산이 Table 2에서 보듯 신규건설 예산의 8.0% 수준으로 일본의 1/3, 영국의 1/5 정도에 불과하다(OECD, 2011). 향후 국내 인프라의 노후화 정도를 감안하면 유지관리 예산 수요가 점차 증가할 것으로 예상되어 도로정책의 새로운 패러다임이 요구된다.

4.2 도로관리통합시스템(HMS) 업무 전산화의 한계

국토교통부에서 운영하고 있는 PMS, BMS, CSMS 등의 운영시스템들은 포장, 교량, 사면 등의 개별 시설물을 대상으로 구축되었기 때문에 도로시설물 전체를 통합적으로 유지관리하기 어려운 한계가 있다. 이 한계를 극복하기 위해 국토교통부(2009)는 일반국도 유지관리 업무의 전산화 체계 통합을 목표로 제시하여 2008년 도로관리통합시스템(Highway Management System, HMS)을 완성하였다. 그러나 HMS 역시 기존의 운영체계를 통합하는 것이 주된 목적이므로 자산관리시스템으로 직접 발전시킬 수 없는 한계가 있다. 도로 자산관리시스템은 기존 개별 시설물의 유지관리시스템에서 사용되는 데이터의 단순한 통합 그 이상을 실현할 수 있는 체계를 기본적으로 갖추어야 하기 때문이다.

4.3 제2차 도로정비기본계획에 자산관리 개념의 도입

국토교통부는 2011년 『제2차 도로정비기본계획(2011~2020)』을 수립하면서 도로 유지관리 업무에 자산관리 개념을 도입하기 위해 다음과 같은 3가지의 정책과제를 추진하겠다고 밝혔다. 첫째, 저비용·고효율의 도로 유지관리를 실현할 수 있도록 자산관리, 감가상각 및 생애주기비용 개념을 도입한다. 둘째, 현재 시점에서 도로의 자산가치를 정확히 실사 및 평가하고 이를 토대로 체계적인 자산관리시스템을 정립한다. 셋째, 각급 도로관리청별로 자산관리기본계획을 수립하는 등 필요한 제도를 정비한다. 국토교통부는 이와 같은 신개념의 도로정책을 수행하기 위하여 향후 증가하는 유지관리 예산에 대한 정당성을 입증하면서 도로이용자가 요구하는 서비스수준(LoS)에 부응할 수 있도록 조속히 『한국형 도로 자산관리시스템』의 기본체계(framework)를 구축하여 단계별로 실현할 계획이다.

5. SOC 자산관리시스템의 정의 및 외국 운영 사례

5.1 자산관리의 정의

재무회계 분야에서 자산관리(Asset Management)는 개인이나 기업들이 보유하고 있는 예금, 주식, 채권, 부동산 등의 일반적인 자산을 위험성, 수익성 등을 감안하여 적절히 운용함으로써 그 가치를 극대화시키는 활동이다. 이론적으로 금융시장에서 주식이나 부동산의 자산가치는 미래에 창출될 수 있는 수익을 현재의 가치로 환산하는 순현재가치(Net Present Value, NPV)로 산정한다. 이와 같이 재무회계 분야에서는 자산관리와 관련된 의사결정자들이 경제적인 접근방법을 활용하여 특정 전략의 선택에 필요한 의견을 자유롭게 교환하여 목표를 달성하고 있다(KICT, 2011). SOC 분야에서 자산관리는 시설물의 관리주체가 이용자에게 일정한 서비스수준을 제공하기 위해 시설물의 조사, 설계, 건설, 유지관리, 운영, 폐기 등 생애주기 동안에 투자되는 물리적 자산을 효율적으로 관리하는 시스템을 말하며, 그 특징은 다음과 같다(KTI, 2006).

Table 2. Investment comparison for maintenance vs. construction of OECD Countries(2011)

Country	Italy	UK	Germany	Japan	USA	France	Korea
Invest rate	57.2%	38.0%	26.0%	21.7%	15.8%	10.0%	8.0%

- 자산관리는 기반시설의 모든 분야에 걸쳐 구축된 물리적인 자산을 경제적인 방법으로 관리한다.
- 자산관리는 기반시설의 계획에서부터, 건설, 유지보수, 운용, 폐기 및 재활용에 이르기까지 총 생애주기를 고려한다.
- 자산관리는 물리적인 자원의 경제적인 할당을 위하여 체계적인 해석을 수행한다.
- 자산관리는 기존 관리시스템의 자료를 단순히 통합하는 것만이 아닌 그 이상의 것이다.
- 자산관리는 체계적 해석, 공학적 판단, 경영학적 프로세스를 조합한 것으로 경제적인 효율성의 극대화에 초점을 둔다.
- 자산관리는 중복을 피하면서 기존의 방법 및 도구를 최대한 활용한다는 것을 의미한다.

이상과 같은 특징을 감안하여 SOC 자산관리시스템을 정의하면 ‘공학적이며 경제적인 접근방법을 통하여 기반시설로부터 이윤을 창출하고, 효율적이며 합리적으로 자원을 분배하는 의사결정 과정을 제공하기 위한 업무프로세스’라고 할 수 있다. 이 정의를 도로시설물의 자산관리시스템에 적용하면 예방적 유지관리(preventive maintenance)가 사후적 유지관리(essential maintenance)에 비해 보다 적은 비용으로 일정한 서비스수준(LoS)을 유지할 수 있다. 따라서 일반국도의 자산관리시스템이란 ‘다양한 특성을 지닌 도로시설물에 대하여 경제성 분석을 통해 예방적인 유지관리를 수행함으로써 투자비용 대비 최대의 편익을 얻을 수 있도록 예산배정을 지원하는 의사결정 과정’이다.

OECD(2001)에서 호주, 캐나다, 핀란드, 프랑스 등 13개 회원국의 SOC 자산관리시스템 구축현황을 비교하였다. 이 국가들 중에서 오늘날 인프라의 자산관리를 위해 서비스수준(LoS) 등급체계를 설정하고 인프라의 평가보고서(Report Card)를 정기적으로 발간하면서 자산관리시스템을 활발히 운영하고 있는 호주, 뉴질랜드 및 미국의 사례를 예시하면 다음과 같다.

5.2 호주의 SOC 자산관리

호주는 1980년대 후반 경제위기를 극복하기 위하여 국가 아젠다(agenda)를 기업중심에서 고객중심으로 전환하는 강력한 리더십을 발휘하였다. 이 개혁정책의 일환으로 호주와 뉴질랜드 연방정부 간에 도로분야의 긴밀한 협의를 위해 Ausroads라는 조직을 설립하였다. Ausroads의 설립목적은 두 나라의 조화로운 사회발전을 도모하기 위해 불필요한 중복 투자를 방지하고 고속도로의 효과적인 건설과 안전한 이용을 증진하며, 고속도로를 세계 최고 수준으로 운영할 수 있도록 정부와 의회를 지원하는데 있다. Ausroads가 주관하여 1996년 『자산관리지침서(Guide to Asset Management)』 제1판을 발간하고, 2009년 동 지침서의 제2판을 발간하는 등 두 나라 고속도로의 통합개발, 유지관리, 운영전략 등의 정책방향을 활발히 제시하고 있다. 이 지침서 제5권 도로성능(pavement performance) 편에는 자산목록(inventory), 거칠기(roughness), 소성변형(rutting), 강도(strength), 균열(cracking), 미끄럼저항(skid resistance), 구조(texture), 성능모형(performance modelling) 등이 수록되어 있다(Austrroads, 2009). 또한 Ausroads는 2002년에 도로망 통합자산관리지침서(Integrated Asset Management Guidelines for Road Networks)를 발간하여, 도로망의 생애주기 전체에 걸쳐 도로이용자가 요구하는 서비스수준을 효율적으로 실행하기 위한 자산관리의 주요 요소를 제시하고 있다(Austrroads, 2003).

5.3 뉴질랜드의 SOC 자산관리

뉴질랜드는 SOC의 자산가치를 측정하기 위해 『Local Government Amendment Act 2002』를 개정하면서 10년 단위의 장기지역사회계획(Long Term Council Community Plans) 수립을 의무화하여, 중앙정부와 각 지방정부 간에 유지관리 협력시스템을 구축하였다. 이 협력시스템은 뉴질랜드 중앙정부 교통부의 Transit NZ와 Land Transport NZ를 중심으로 운영되고 있다. Transit NZ에서는 국가 전체 도로연장의 11.5%인 10,836km(차량-km 기준 50%)를 담당하고 있다. Land Transport NZ에서는 도로시스템 유지보수, 교통수단 개발, 자동차 운행 억제, 에너지 효율 증대, 교통시스템 사용에 따른 역효과 최소화 등에 중점 투자하고 있다(MoT, 2009). 뉴질랜드의 국가자산관리위원회(National Asset Management Steering, NAMS) Group은 호주의 Ausroads와 합동으로 『국제기반시설관리지침서(International Infrastructure Management Manual, IIMM)』를 발간하여 공공시설물의 관리 목표를 제시하고 실현함으로써, 오늘날 자산관리 분야에서 세계 기술을 독보적으로 선도하고 있다(NAMS, 2006). 뉴질랜드의 교통부는 도로시설물 자산관리시스템을 수행하기 위해 수립한 국가자산관리계획(Nation Asset Management Plan, NAMP)에 자산관리의 주요 심요소를 제시하고 있다.

5.4 미국의 SOC 자산관리

미국은 각 주별로 기반시설을 관리하고 있지만, 연방정부가 주간고속도로망을 효율적으로 유지보수하기 위하여 1976년 『고속도로법(Highway Act)』을 제정하였다. 1998년 연방정부 교통부(Department of Transportation)의 연방도로관리청(Federal Highway Administration, FHWA)에 자산관리국(Office of Asset Management, OAM)을 설치하고 예방적 유지관리 관점에서 주간고속도로망에 자산관리시스템을 도입하였다. 연방정부가 자산관리 개념을 도입한 배경은 주간고속도로망이 완성된 이후 도로예산을 지속적으로 확보하기 어려워짐에 따라 일정한 서비스수준(LoS)을 유지하면서 도로 관련 민원해결 및 예산배정을 위해 도로정책에 새로운 패러다임이 필요했기 때문이었다.

미국 연방정부는 1991년 제정된 『육상교통효율화법(Intermodal Surface Transportation Efficiency Act)』을 근거로 각 주정부의 교통부(Department of Transportation, DOT)에 포장, 교량, 터널 등에 대한 자산관리시스템을 갖추도록 권장하였다(OECD, 2001). FHWA(1999)의 자산관리국(OAM)에서 발간한 자산관리지침서(Asset Management Primer)에 자산관리의 주요 요소를 제시하고 있다.

6. 도로 자산관리시스템의 도입 방안

6.1 외국 SOC 자산관리가 시사하는 점

호주의 경우에는 『국제기반시설관리지침서(International Infrastructure Management Manual, IIMM)』에 따라 운용하고 있는 통합자산관리(Total Asset Management, TAM) 시스템에 의해 각 주정부는 민간업체와 도로 유지관리계약을 체결하여 기술업무를 위탁하고, 관리주체는 서비스수준(LoS)을 정기적으로 측정하고 있다. 뉴질랜드는 호주와 공동으로 작성한 국제기반시설관리매뉴얼(IIMM)을 근거로 하여 NAMS Group에서 도로 자산관리를 위해 계획수립, 공용성 측정, 정보시스템 이용, 포장상태 자료 수집, 투자 우선순위 결정 등을 수행하고 있다. 또한 미국의 경우에는 포장관리모니터링시스템(Pavement Management Monitoring System, PMMS)에 의해 각 주정부가 현재 상태를 판정하고 미래 상태를 예측하여 유지관리전략을 수립하며, 경제성 분석을 통해 보수·보강 우선순위를 결정하고 있다.

Table 3. Comparison of SOC asset management system in inside and outside countries

Section	Asset management situation in Korea	Australia TAM	New Zealand NAMS	U.S.A. PMMS	Korea PMS
Asset management strategy	Nothing of long-term investment plan and spare expensive asset management strategy	○	○	△	×
Asset present state grasping	Operating facilities state grasping and repair record data, but non operating asset present state grasping and performance data	○	○	○	△
Level of Service establishment	Displaying facilities state classified into five groups A(good)~E(bad), but non displaying quantitative LoS establishment	○	○	○	×
Decision-making support system	Doing survey·analyze·grade facilities state and decide repair priority, nothing decision-making support system by economic analysis	○	○	○	△
Asset value evaluation	Doing grade SOC asset value from 2011 by accrual basis·double-entry bookkeeping account conduct	○	○	○	○
Long-term operation & budget organization	Nothing of long-term operation and budget organization in Korea	○	○	○	×

앞서 살펴본 호주, 뉴질랜드 및 미국과 우리나라의 SOC 자산관리시스템의 구현정도를 비교하면 Table 3과 같다. 이 표에서 보듯 외국은 기반시설 유지관리를 위한 자산관리시스템을 운영하고 있으나, 각 국에서 자산관리 관련 법률, 정부조직, 수행절차 등에 대해서는 동일한 기준에 의하지 않고 필요에 따라 독자적인 기준을 적용하고 있음을 알 수 있다. 따라서 아직도 도로 자산관리시스템을 완전하게 통합하여 체계적으로 운영하고 있는 나라는 없다고 할 수 있다. 반면 우리나라는 SOC의 현재 상태를 조사하여 그 자산가치가 어느 정도인지 평가하는 자산관리의 초기단계에 진입하고 있는 수준이다.

6.2 자산관리시스템의 주요 요소

오늘날 컴퓨터의 출현에 의해 기반시설 관리분야에서 정교하게 분석할 수 있는 모형이 개발된 이후, 이 모형들을 종합적으로 운영함으로써 자산관리시스템이 태동하게 되었다. 그 대표적인 사례가 포장관리시스템(PMS)이다. PMS는 하드웨어 측면에서 포장공학 지식을 기반으로 하며 소프트웨어 측면에서 통계학과 경제학 지식을 활용하는 모형이다. 이러한 모형은 교량, 터널뿐만 아니라 철도, 항만, 댐 등 거의 모든 기반시설의 관리시스템에도 적용 가능하다. 각 관리시스템들은 독특한 요소로 구성되어 있으나 하드웨어 측면에서는 고정된 시설물이라는 공통적인 자산 요소가 있으므로 통합이 가능하다. Fig. 1은 OECD가 제시하고 있는 SOC 자산관리시스템의 주요 요소이다. 현재 시점을 기준으로 각 관리시스템의 자산가치, 과거 유지보수기록 등에 대하여 동일한 요소기술로 데이터베이스를 구축하고, 앞으로 예상되는 교체시기, 교체비용 등의 예측시스템을 통합하면 SOC 자산가치를 더욱 높일 수 있다(OECD, 2001). 외국의 기반시설 자산관리시스템 운영 사례를 토대로 국내에 자산관리 개념을 도입하는데 필요한 연구·개발 분야를 열거하면 아래와 같다.

- 도로사업의 목적, 장·단기적인 사업계획은 있는가?
- 도로망의 공용성 척도, 서비스수준(LoC)을 설정하고 있는가?
- 도로의 재고, 상태 등 자산관리 명세표(portfolio)를 분석하고 있는가?
- 향후 도로의 예산조달, 교통수요, 성장예측, 위험관리 등을 하고 있는가?
- 생애주기비용(LCC) 측면에서 도로를 운영, 유지관리하고 있는가?
- 도로사업의 추진과정에서 개선, 검증, 통제 등을 하고 있는가?

6.3 「한국형 도로 자산관리시스템」 기본체계의 구성 및 업무흐름도

본 연구에서는 전술한 외국 사례의 분석 결과를 바탕으로 『한국형 도로 자산관리시스템(Korean Road Asset Management System, KRAMS)』의 기본체계(framework)를 기존 시스템과 새로운 시스템을 하나의 운용체제로 통합하는 것으로 설정하였다. 이를 위하여 기존의 PMS, BMS, CSMS, NHMIS, TMS 등에서 수행하고 있는 성능의 조사 및 평가 과정을 최대한 활용하면서, 동시에 각 시설물별로 서비스수준(LoS)을 개발하고 내용연수 및 감가상각을 고려한 자산가치 평가 과정을 갖춘 새로운 시스템을 구축하여야 한다.

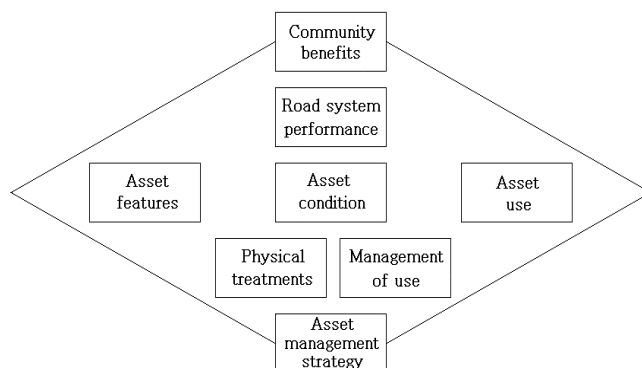


Fig. 1. Major elements of an asset management(OECD, 2001)

Australia (Austroads)	USA (FHWA)	Korea (KRAMS)
Long-term investment plan and asset management strategy	SOC asset management strategy	1. Asset management strategy Target·Policy Long-term strategy
Using continuously present facilities asset	Grading quantitatively present facilities asset	2. Displaying System Technology Standard Asset Lists Asset States
Definition of LoS and performance	LOS establishment wanted by road user	3. Establishing Level of Service States Grade Demand performance
Risk management of damage for facilities asset	Most important facilities asset	4. Decision-making Support System Gab analysis Risk Valuation
Maintaining approach method by Life-cycle facilities asset	Best method of maintain and improvement strategy	5. Estimating Present Asset value Cost Model Life-cycle Analysis
Estimating growth influence by demand & invest of facilities	Best method of long-term budget supply strategy	6. Long-term budget organization & Execution Priority Maintenance

Fig. 2. Comparison of essential elements for road asset management system in inside and outside countries

기본적으로 SOC 자산관리시스템의 주요 요소는 대상 시설물과 관리주체에 따라 강조되는 분야가 달라지기 때문에 단계별로 명확히 구분하기 어렵다. 앞서 외국 사례연구를 통해 살펴본 호주(Austroads)와 미국(FHWA)의 SOC 자산관리시스템의 주요 요소를 감안하여 본 연구에서는 도로 자산관리시스템의 주요 요소를 Fig. 2와 같이 6단계로 구분하였다. 각 단계별로 살펴보면 1단계는 도로 자산관리를 위한 장기적인 목표와 전략 수립, 2단계는 기존 개별 운영시스템의 통합을 위한 기술표준 실현, 3단계는 도로관리자 및 도로이용자 관점에서의 서비스수준(LoS) 설정, 4단계는 도로 성능유지를 위한 의사결정지원시스템 구축, 5단계는 현재의 도로 자산가치 평가, 6단계는 최적의 장·단기 예산편성 등을 포함하고 있다.

Fig 2에서 제시한 도로 자산관리시스템의 주요 요소를 근간으로 본 연구에서 제안하고자 하는 한국형 도로 자산관리시스템(KRAMS)의 기본체계(framework)는 Fig. 3과 같다. 국내의 경우 1994년 성수대교 붕괴 이후 SOC 유지관리는 『시설물안전관리에관한특별법』에 의해 최소한의 안전규정을 만족시키는 개념으로 시설물의 상태변화에 따른 사후 대응적인 관리였다. 따라서 Fig. 3의 2~3단계인 자산의 현황파악과 성능유지를 위해 주기적인 상태점검을 바탕으로 보수·보강을 시행할 뿐, 장기적인 유지관리 관점에서 성능 모니터링에 의한 피드백은 없었다. 이로 인해 시설물의 공용연수에 따른 이력관리체계 구축을 위한 정보와 기술이 부족하고, 자산관리의 핵심이라고 할 수 있는 예방적 유지관리를 위한 보수·보강 매뉴얼도 미흡하다. 이제는 우리나라도 1970~80년대에 집중 건설하였던 인프라의 노후화 속도를 감안하여 기존의 유지관리시스템을 새로운 자산관리시스템에 연계시켜 하나의 기본체계로 통합하여야 한다. 즉, 기존의 PMS, BMS, CSMS, NHMIS, TMS 등의 성능 조사 및 평가 기능을 보완하여 최대한 활용하는 동시에 서비스수준(LoS) 설정, 생애주기비용 및 감가상각을 고려한 자산의 가치평가 기능을 갖춘 자산관리시스템으로 발전시켜야 한다. 따라서 KRAMS의 기본체계는 Fig. 3과 같이 국내의 현재 여건과의 호환성을 갖추도록 구성되어야 하며, 도로 자산관리시스템의 6단계 주요 요소와 긴밀한 상관관계를 유지하여야 한다.

KRAMS의 기본체계를 구축하기 위해서는 Fig 3에서 제시한 6단계 주요 요소에 대하여 Fig 4와 같은 업무흐름도에 따라 연구를 수행해야 한다. 우리나라와 같이 SOC 자산관리 관련 요소기술이 축적되지 않은 상태에서의 KRAMS의 기본체계는 Fig. 4 상부에 표시된 PMS의 4가지 요소기술을 업그레이드하고 BMS, CSMS, NHMIS, TMS 등의 요소기술과 호환성을 확보하면 자산관리시스템의 견고한 기반을 마련할 수 있다. Fig. 4 하부와 같이 도로 서비스수준(LoS)을 설정하여 현재 자산가치를 평가하고, 관리자비용과 이용자비용을 산출한다. 이를 근거로 경제성 분석을 수행하면 장·단기 예산편성에 필요한 최적의 유지관리 정책결정을 지원할 수 있다. 이와 같은 KRAMS의 업무흐름도에 따른 6단계 주요 요소는 다음과 같다.

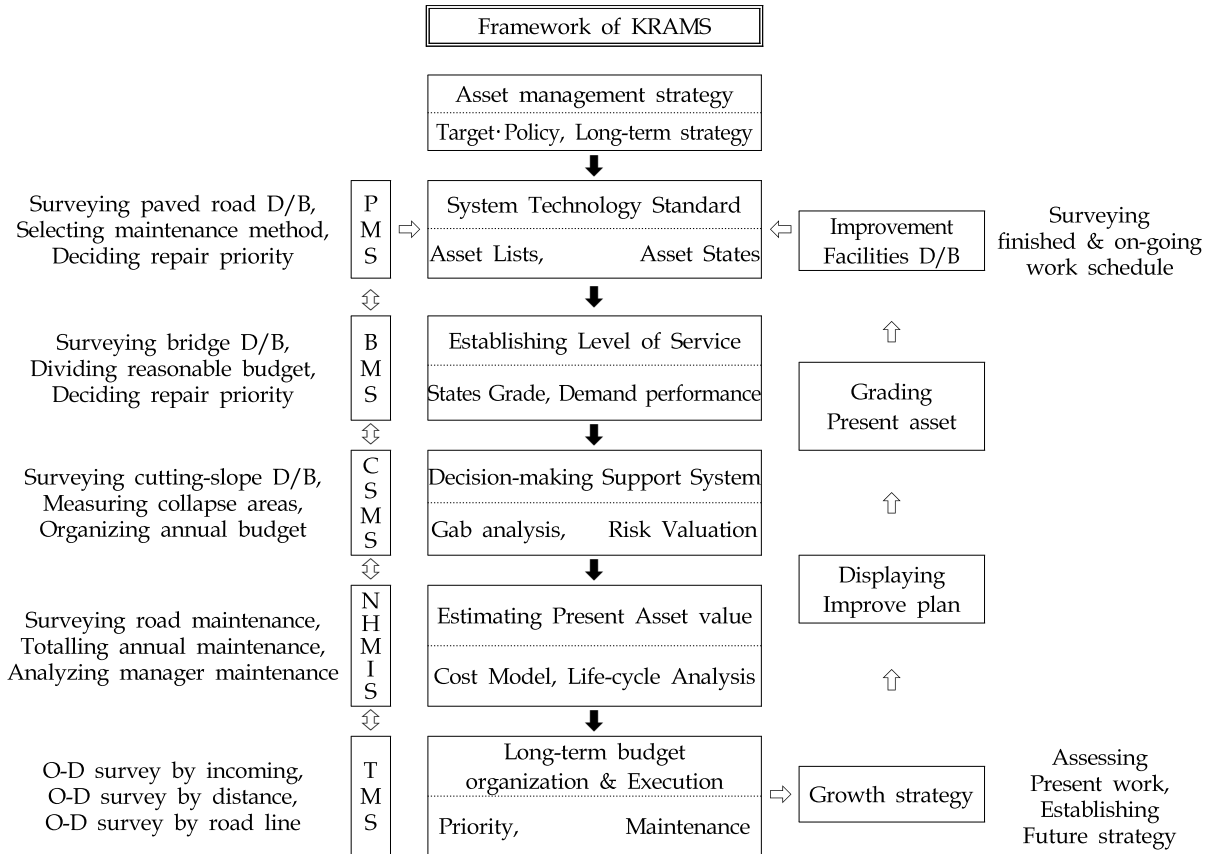


Fig. 3. Composition for framework of 『Korean Asset Management System』

[제1단계] 자산관리 전략

관리주체는 도로시설물을 자산관리의 우선순위(priority) 관점에서 접근하여 목표와 전략을 수립한다. 유형이 다른 시설물의 통합관리를 위해 2~10년 중기계획과 10~20년 장기계획으로 구분하여 예방적 보수·보강계획을 수립한다.

[제2단계] 시스템 기술표준 실현

현행 PMS, BMS 등 개별 유지관리시스템의 기술표준을 실현하고 자산목록을 작성한다. 자산목록 DB는 종류별, 요소별, 위치별 등으로 구분하여 계층화(hierarchy)한다. 상태변화를 기록하여 생애주기 측면에서 잔존수명을 표시한다.

[제3단계] 서비스수준(LoS) 설정

서비스수준(LoS)은 현재 『시설물안전에관한특별법특법』에 의해 A-E의 5단계로 구분하여 ' 좋음'과 '나쁨'을 정성적으로 표현하고 있다. 자산관리 개념에서는 상태평가를 위해 서비스수준을 정량적 관점에서 적절한 지수로 표현한다.

[제4단계] 의사결정지원시스템 구축

사용자 요구에 의해 설정된 서비스수준을 유지하기 위한 성능 차이를 규명하기 위해 갭 분석을 한다. 이러한 갭을 줄이기 위하여 최적 대안을 선정한다. 제한된 예산과 자원 내에서 위험을 최소화하기 위해 위험도 분석을 수행한다.

[제5단계] 현재의 자산가치 평가

시설물의 상태자료를 바탕으로 예방적 유지관리를 위해 변화를 예측하고, 공용연수를 정의하여 생애주기를 분석한다. 최적의 보수·보강 시나리오를 선정하기 위해 현재의 자산가치를 실증적으로 평가하기 위한 평가 모델을 개발한다.

[제6단계] 장·단기 예산 편성 및 집행

유지보수 기간 동안 최소 20년간의 소요자금곡선을 추정하여 연도별로 평준화하면 관리주체의 예산부담을 줄일 수 있다. 각 시설물별로 수립된 보수·보강 시나리오를 바탕으로 연도별 투자 우선순위에 따라 예산을 집행한다.

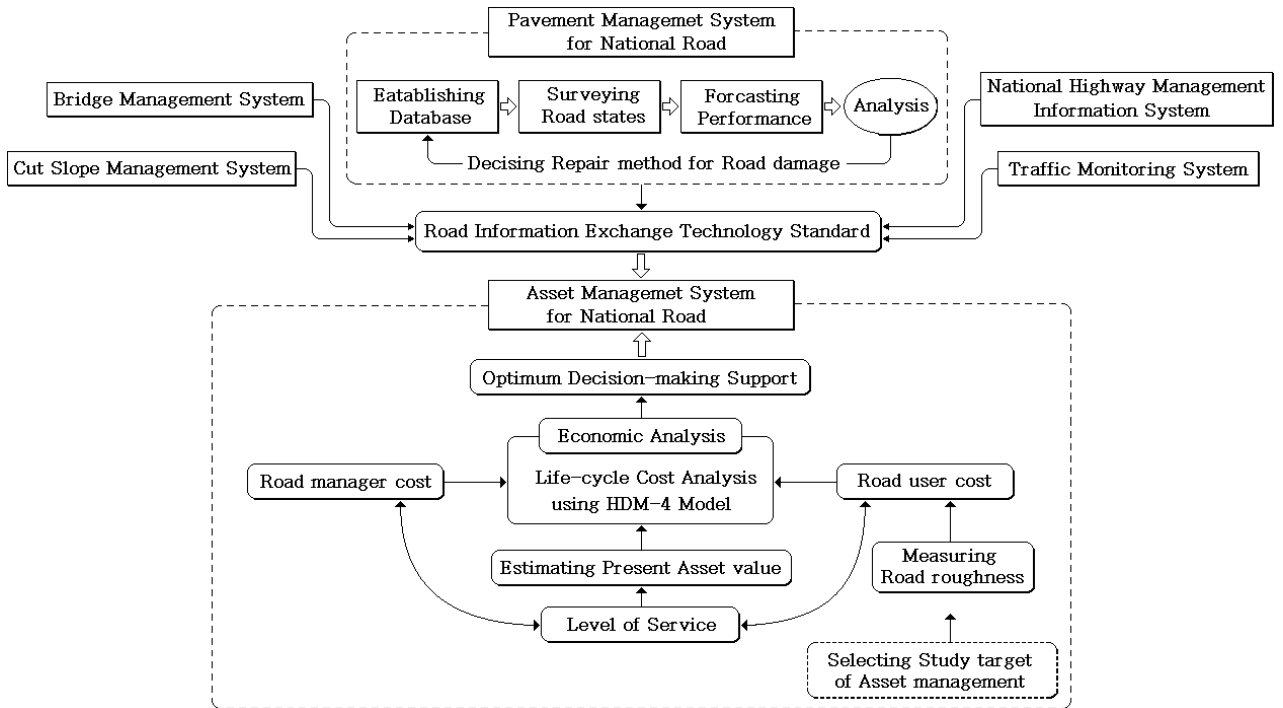


Fig. 4. Flowchart for framework of 『Korean Asset Management System』

7. 「한국형 도로 자산관리시스템」 구축을 위한 서비스수준(LoS) 설정 사례

KRAMS을 구축하기 위해서는 Fig. 4의 업무흐름도에서 보듯 도로시설물에 대한 서비스수준(LoS)을 우선적으로 설정하여야 한다. 그 이유는 도로시설물의 상태조사와 평가결과를 바탕으로 노후화를 예측하고 사전에 설정된 서비스수준에 따라 소요예산을 투자하면 최대편익을 얻을 수 있는 예산집행의 최적화가 가능하기 때문이다. 이 장에서는 외국의 인프라 서비스수준(LoS) 등급체계를 살펴보고, 국내에서 적용하고 있는 PMS의 서비스등급을 토대로 일반국도의 서비스수준(LoS) 설정 사례를 제시하였다.

7.1 외국의 인프라 서비스수준(LoS) 등급체계

OECD 회원국 중에서 오늘날 인프라 자산관리시스템을 선도적으로 적용하고 있는 호주, 미국 및 캐나다의 경우를 보면 인프라의 서비스수준(LoS) 등급체계를 Table 4, 5, 6과 같이 모두 A, B, C, D, E의 5단계로 구분하고 있다.

Table 4. Rating scale for Level of Service in Australia Infrastructure

Letter grade	Designation	Definition
A	Very good	Infrastructure is fit for its current and anticipated future purposes
B	Good	Minor changes are required to enable infrastructure to be fit for its current and anticipated future purposes
C	Adequate	Major changes are required to enable infrastructure to be fit for its current and anticipated future purposes
D	Poor	Critical changes are required to enable infrastructure to be fit for its current and anticipated future purposes
E	Inadequate	Inadequate for its current and anticipated future purposes

Table 5. Rating scale for Level of Service in USA Infrastructure

Letter grade	Designation	Definition
A	Exceptional	Fit for the future. The infrastructure in the system or network is generally in excellent condition, typically new or recently rehabilitated, and meets capacity needs for the future.
B	Good	Adequate for now. The infrastructure in the system or network is in good to excellent condition; some elements show signs of general deterioration that require attention.
C	Mediocre	Requires attention. The infrastructure in the system or network is in fair to good condition; it shows general signs of deterioration and requires attention.
D	Poor	At risk. The infrastructure is in poor to fair condition and mostly below standard, with many elements approaching the end of their service life.
E	Failing/Critical	Unfit for purpose. The infrastructure in the system is in unacceptable condition with widespread advanced signs of deterioration.

Table 6. Rating scale for Level of Service in Canada Infrastructure

Letter grade	Designation	Definition
A	Very good	Fit for the future (80% or higher)
B	Good	Adequate for now (70% to 80%)
C	Fair	Requires attention (60% to 69%)
D	Poor	At risk (50% to 59%)
E	Very poor	Unfit for purpose sustained service (50% or less)

이와 같이 외국에서는 인프라의 자산관리시스템을 운용하면서 의사결정자, 관리자 및 사용자 간에 의사소통을 할 때, 인프라의 서비스수준(LoS)을 다음과 같이 활용하고 있다.

- 인프라의 유지관리에 필요한 공공민간협력(Public Private Partnership)사업 및 외주(Outsourcing)사업을 발주하면서 협상수단으로 활용하고 있다.
- 인프라를 지속적으로 유지관리하기 위한 성능목표를 제시하고, 사용자에게 제공되는 서비스의 항목, 등급, 가중치 등을 조정하는데 활용하고 있다.
- 평가보고서(Report Card) 제도를 운영하면서 인프라의 자산가치 변화를 지속적으로 모니터링하고 있다.

7.2 현재 우리나라에서 적용하고 있는 개별 유지관리시스템의 상태평가기준 고찰

현재 우리나라는 도로용량편람(Korean Highway Capacity Manual, KHCM)에 의해 기존도로 개선방안을 수립하거나 신설도로 적정규모를 결정하기 위한 개념으로 도로의 서비스수준(LoS)을 A~F의 6단계로 분류하고 있다. 그리고 일반국도 포장관리시스템(PMS)에서는 노면의 균열, 소성변형 및 중단평탄성을 조사·분석하여 파손정도에 따라 상태평가기준을 1~7등급으로 분류하고 있다. 또한 『시설물의안전관리에관한특별법』에서는 교량, 터널, 절토사면 등 주요 도로시설물의 상태를 평가하기 위해 주요 부위의 ‘ 좋음’과 ‘ 나쁨’의 정도에 따라 A~E의 5등급으로 분류하고 있다. 이와 같은 상태평가 기준의 판정 결과에 따라 인프라의 보수·보강 등 후속조치가 이루어지고 있다.

현재의 상태평가기준은 도로나 교량 등 대규모 시설에 편중되고 기술적 측면에서 성능평가 위주로 수행되며, 도로정책이나 경영관리 관점에서 도로이용자를 위한 서비스수준을 고려할 수 없는 문제점이 있다. 따라서 기술적 및 경영적 관점에서 도로시설물을 통합적으로 평가할 수 있는 자산관리 개념에 의한 서비스수준(LoS)의 설정이 필요하다.

7.3 우리나라 일반국도 서비스수준(LoS) 등급체계의 설정 사례

인프라 자산관리시스템의 전략은 고객이 기대하는 자산에 의해 제공되는 서비스수준과 부합되어야 한다. 따라서 서비스수준은 시설물 자산의 성능 측정에 대비하여 유지관리 목표를 달성할 수 있도록 다음 사항을 포함하여야 한다.

- 서비스수준은 유지보수 관련 전략(예산)을 통해 실현될 수 있어야 한다.
- 서비스수준은 고객이 쉽게 이해할 수 있는 방식으로 표현되어야 한다.
- 서비스수준은 모든 서비스를 그림으로 나타내듯 투명성을 갖추어야 한다.
- 서비스수준은 유지보수 업무와 관련된 법적 의무사항과 일치되어야 한다.
- 서비스수준은 유지보수를 위한 주요한 수단으로 활용될 수 있어야 한다.
- 서비스수준은 비용 효과적으로 측정되고 설계기준과 일치되어야 한다.

서비스수준의 설정 원칙은 대상 전략과의 연계성, 측정 가능성, 달성 가능성, 구체적인 결과물, 일정한 기간 내에 달성 여부, 가능성, 측정 비용의 합리성 등을 고려하여 SMART-C로 표현할 수 있다.

- Specific 대상 전략과의 연계성을 구체적(Specific)으로 설명하여야 한다.
- Measurable 성과 측정이 가능(Measurable)하여야 한다.
- Achievable 성과 달성이 가능(Achievable)하여야 한다.
- Result 유지보수를 통해 달성해야 하는 구체적인 결과물(Result)이어야 한다.
- Timebound 일정한 기간(Timebound) 내에 달성여부가 확인되어야 한다.
- Cost effective 개발과 측정을 위한 비용이 합리적(Cost effective)이며 수용 가능하여야 한다.

일반국도의 유지보수현황은 1977년 이후 매년 발간되고 있는 『2011 도로보수현황(MLIT, 2012)』을 보면 Fig. 5와 같이 포장도로 보수, 구조물 보수, 부대시설 보수, 도로선형 개량 및 경상적 사업비 등의 핵심요소별로 집계되고 있다. Fig. 5와 같이 일반국도의 유지보수현황이 핵심요소별로 집계되는 경우에는 자산관리시스템의 전략 목표 달성을 위한 핵심요소들을 열거하고 그 중에서 중요한 요소를 선별한 후, 요소별 가중치를 부여하여 최종적으로 성과지표를 설정하는 방법이 효과적이다. 이 방법은 비계량적인 모형에서 논리구조가 명확하지 않은 경우에 적합한 접근방법 중의 하나이다.

Fig. 5의 핵심요소 중에서 교량 신설·확장(생태통로 설치, 청사 신축, 과적차량 단속, 응급복구, 접도구역 관리 등 포함) 및 경상적 사업비를 제외하고 순수한 도로 유지보수비를 대상으로 서비스수준을 설정하기로 기준을 정했다. Table 7은 이 기준에 따라 『2011 도로보수현황(MLIT, 2012)』에서 최근 7년간(표를 1쪽으로 정리하기 위해 2005~2011의 7년간 통계만을 선정)의 순수한 도로 유지보수비 20개 항목을 합계한 후, 가중치의 비율을 산정한 결과이다.

1. 포장도로 보수	2. 구조물 보수	3. 부대시설 보수	4. 도로선형 개량	5. 경상적 사업비
1) 포장 표면처리	1) 교량 보수	1) 방호벽 보수	1) 비탈석축 정비	1) 인건비(정규직)
2) 포장 소파처리	2) 교량 신설·확장	2) 도로안전시설 보수	2) 위험도로 개수	2) 인건비(보수원)
3) 포장 덧씌우기	3) 암거 보수	3) 측구 정비	3) 병목지점 개선	3) 건강보험료 등
4) 포장 재포장	4) 배수공 보수	4) 길어깨 정비	4) 응급복구	
5) 비포장 골재포설	5) 터널 보수	5) 도로표지 개선	5) 접도구역 관리	
6) 비포장 노면정리	6) 옹벽 보수	6) 차선 도색		
		7) 생태통로 설치		
		8) 청사 신축		
		9) 과속차량 단속		
		10) 인건비 외 비용		
		11) 실시설계비		

Fig. 5. Critical elements for maintenance at Korean National Road

Table 7. 2005~2011 Status on Repair and Maintenance of National Road

구분	2005년	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	합계	비율(%)
보수비 합계	874,773	754,893	703,930	708,594	1,000,234	796,639	840,172	3,736,074	100
1. 포장도로 보수	197,398	75,790	73,017	80,448	65,498	82,382	64,642		
1) 포장 표면처리	3,257	5,596	3,532	4,200	5,858	2,499	3,596	28,538	0.76
2) 포장 소파보수	9,213	9,869	12,204	11,617	12,754	10,790	11,190	77,637	2.08
3) 포장 덧씌우기	60,100	50,253	51,518	58,132	37,902	56,893	35,905	350,703	9.39
4) 포장 재포장	124,372	10,069	5,538	6,319	8,971	12,031	13,951	181,251	4.85
5) 미포장 골재포설	182	3	48	2	11	19	-	265	0.01
6) 미포장 노면정리	274	-	177	178	2	150	-	781	0.02
2. 구조물 보수	124,987	115,878	111,258	115,957	176,949	138,709	142,325		
1) 교량 보수	37,227	55,612	47,877	53,631	106,083	81,918	87,854	470,202	12.58
2) 교량 신설·확장	19,190	36,569	34,045	34,010	36,077	21,676	21,263		
3) 암거 보수	14,473	1,962	6,615	6,007	1,692	1,778	1,745	34,272	0.92
4) 배수공 보수	4,356	11,746	9,579	9,138	17,663	12,671	9,886	75,039	2.01
5) 터널 보수	48,258	8,548	12,597	12,547	9,481	10,250	16,815	118,496	3.17
6) 옹벽 보수	1,483	1,441	545	624	5,953	10,416	4,762	25,224	0.68
3. 부대시설 보수	205,357	175,387	201,316	202,988	314,322	180,260	181,579		
1) 방호책 보수	954	11,596	20,801	21,195	10,358	7,974	10,977	83,855	2.25
2) 도로안전시설	49,757	21,049	35,596	37,043	49,091	42,067	32,531	267,134	7.15
3) 측구 정비	45	4,825	5,289	5,233	9,843	9,949	7,109	42,293	1.13
4) 길어깨 정비	122	7,761	6,361	6,377	13,857	11,480	10,357	56,315	1.51
5) 도로표지 개선	7,631	5,733	7,241	6,785	7,243	7,490	4,694	46,817	1.25
6) 차선 도색	3,412	15,913	15,735	15,711	16,323	15,013	17,934	100,041	2.68
7) 생태통로 설치	2,000	2,375	1,532	1,532	3,045	2,815	3,207		
8) 청사 신축	7,400	4,707	14,969	14,969	103,778	9,572	4,120		
9) 과속차량단속	4,161	2,908	4,179	4,177	2,267	2,322	2,630		
10) 인건비 외 비용	95,580	47,839	35,968	35,855	25,534	23,964	722		
11) 실시설계비	34,295	50,681	53,645	54,111	72,983	47,614	87,298		
4. 도로선형 개량	330,781	301,821	237,482	236,875	346,754	312,557	350,942		
1) 비탈석축 정비	146,563	97,403	65,280	65,281	102,638	56,043	102,846	636,054	17.02
2) 위험도로 개수	91,594	70,341	76,197	74,717	94,124	85,075	86,345	578,393	15.48
3) 병목지점 개선	92,091	76,615	62,985	63,992	96,876	84,426	85,779	562,764	15.06
4) 응급복구	412	57,322	32,941	32,843	53,043	86,954	75,965		
5) 접도구역 관리	121	140	79	42	73	59	7		
5. 경상적 사업비	16,250	86,017	80,857	72,326	96,711	82,731	100,684		
1) 인건비(정규직)	-	-	18,898	18,155	28,537	23,328	32,947		
2) 인건비(보수원)	16,250	86,017	37,531	30,123	35,018	31,777	36,172		
3) 건강보험료 등	-	-	24,428	24,048	33,156	27,626	31,565		

Table 8은 일반국도의 순수한 유지보수비 20개 항목에 대하여 서비스수준(LoS) 설정 시 고려사항을 보여주고 있다. 서비스수준 등급을 선정할 때 기존 개별 유지관리시스템과 새로운 자산관리시스템이 연계성 및 호환성을 확보할 수 있도록 포장도로 보수 항목에는 현행 PMS 기준을 적용하고, 구조물 보수 항목에는 현행 『시설물의안전관리에관한특별법』 기준을 적용하였다. Table 9에서는 전술한 20개 항목에 대하여 서비스수준 등급별 기준치의 사례를 제시하였다. Table 9에 제시된 서비스수준 등급체계 사례는 향후 국토관리사무소를 통해 선정할 일반국도 상의 표본구간에서 현장조사를 거쳐 임계값을 보정한 후, 시뮬레이션 프로그램으로 개발하게 되면 국내 인프라 자산관리시스템 도입의 초석을 놓을 수 있을 것으로 기대된다.

Table 8. Consideration items for developing LoS of Critical elements

구분		비율(%)	서비스수준(LoS) 설정 시 고려사항
1. 포장도로 보수	1) 포장 표면처리	0.76	국토교통부 일반국도 포장관리시스템(PMS)의 7단계를 5단계로 변환하여 적용함 각 공종별 파손지표에 대한 서비스수준(LoS)을 추가적으로 운영할 필요가 있음
	2) 포장 소파보수	2.08	
	3) 포장 덧씌우기	9.39	
	4) 포장 재포장	4.85	
	5) 미포장 골재포설	0.01	
	6) 미포장 노면정리	0.02	
2. 구조물 보수	7) 교량 보수	12.58	『시설물의안전관리에관한특별법』에 적용받는 공종임 기존 유지관리 체계와의 일관성 유지를 위하여 시특법 기준을 그대로 적용함
	8) 터널 보수	3.17	
	9) 비탈석축 정비	17.02	
	10) 옹벽 보수	0.68	각 국가에서 공통적으로 활용하고 있는 “파손 및 막힘연장” 기준을 적용하기 위해 NCHRP677(미국), Austroads(호주), MAP(미국) 등의 기준을 참조함 결합률에 대한 정의는 국토관리사무소 실무자 의견을 반영함(25%→50% 조정)
	11) 배수공 보수	2.01	
	12) 암거 보수	0.92	
	13) 측구 정비	1.13	
	14) 길어깨 정비	1.51	
15) 방호책 보수	2.25		
3. 부대시설 보수	16) 도로안전시설	7.15	각 국가의 “손상된 도로안전시설 비율” 참조, LoS 임계치는 현장조사를 통해 보정함
	17) 도로표지 개선	1.25	해외 사례가 없으므로 LoS 등급은 국토관리사무소 실무자 의견을 반영함
	18) 차선 도색	2.68	한국도로공사 기준 백색 117Lux, 황색 90Lux 적용, 결합기준은 실무자 주관을 반영함
4. 도로선형 개량	19) 위험도로 개수	15.48	인구 100만명당 사고율 고려, 당해 국토관리사무소 관내 사고다발지점을 선정
	20) 병목지점 개선	15.06	국토교통부 도로용량편람(KHCM) 서비스수준(LoS) FFF, FF, F 순으로 적용함

Table 9. Standard values for graduated LoS of Critical elements

구분	비율(%)	서비스수준(LoS) 등급별 임계값					참조 기준	
		A	B	C	D	E		
1. 포장도로 보수	1) 포장 표면처리	0.76	≥4	>3.5	>3	>2	≤2	PMS의 7단계를 5단계로 변환 공종별 LoS 임계치를 동일하게 설정
	2) 포장 소파보수	2.08	≥4	>3.5	>3	>2	≤2	
	3) 포장 덧씌우기	9.39	≥4	>3.5	>3	>2	≤2	
	4) 포장 재포장	4.85	≥4	>3.5	>3	>2	≤2	
	5) 미포장 골재포설	0.01	≥4	>3.5	>3	>2	≤2	
	6) 미포장 노면정리	0.02	≥4	>3.5	>3	>2	≤2	
2. 구조물 보수	7) 교량 보수	12.58	≤0.13	<0.26	<0.49	<0.79	≥0.79	현행 시특법 기준을 참조 각 구조물 상태/안전성 등급 중 최소치
	8) 터널 보수	3.17	≤0.15	<0.30	<0.55	<0.75	≥0.75	
	9) 비탈석축 정비	17.02	≤0.15	<0.30	<0.55	<0.75	≥0.75	
	10) 옹벽 보수	0.68	≤0.15	<0.30	<0.55	<0.75	≥0.75	NCHRP677, Austroads, MAP 파손 및 막힘연장의 비율 50%로 조정
	11) 배수공 보수	2.01	≤5	<10	<15	<20	≥20	
	12) 암거 보수	0.92	≤5	<10	<15	<20	≥20	
	13) 측구 정비	1.13	≤5	<10	<15	<20	≥20	
	14) 길어깨 정비	1.51	≤5	<10	<15	<20	≥20	
15) 방호책 보수	2.25	≤5	<10	<15	<20	≥20		
3. 부대시설 보수	16) 도로안전시설	7.15	≤0.5	<1.0	<1.5	<2.0	≥2.0	각 국가의 손상비율 적용, 임계치 조정
	17) 도로표지 개선	1.25	≤0.3	<0.6	<0.9	<1.2	≥1.2	실무자 의견을 반영, 임계치 조정
	18) 차선 도색	2.68	≤5	<10	<15	<20	≥20	한국도로공사 백색 117Lux, 황색 90Lux
4. 도로선형 개량	19) 위험도로 개수	15.48	≤20	<40	<60	<70	≥70	인구 100만명당 사고율, 사고다발지점
	20) 병목지점 개선	15.06	≤10	<20	<30	<40	≥40	국토부 도로용량편람 FFF, FF, F 적용

8. 결론

1. 최근 정부의 도로부문 예산배정 추세를 보면 2000년을 정점으로 신규건설 예산은 감소하고 유지관리 예산을 점차 증가하고 있다. 이러한 추세에서는 도로이용자가 요구하는 서비스수준(LoS)에 대해 유지관리 예산 증가의 정당성을 입증하기 위해 새로운 도로정책의 일환으로 외국에서 적용하고 있는 인프라 자산관리 개념을 국내에 도입할 필요가 있다.
2. 외국에서는 1950~60년대에 집중적으로 구축하였던 인프라의 노후화에 대응하기 위해 자산관리 개념을 적용하여 많은 성과를 거두고 있다. 본 연구에서는 우리나라의 인프라를 효율적으로 관리하기 위해 『한국형 도로 자산관리시스템(KRAMS)』 구축에 필요한 기본체계를 제시하였다.
3. KRAMS의 특징은 예방적 유지관리(preventive maintenance)를 통해 최소비용으로 도로이용자의 요구에 대응할 수 있는 서비스수준(LoS)을 유지하기 위하여 경제성 분석을 거쳐 최적의 보수공법을 선정하는데 있다. 현행 『시설물안전관리에관한특별법』에 의해 도로 상태를 A~E의 5단계로 구분하여 ' 좋음'과 '나쁨'을 정성적으로 표현하고 있다. KRAMS에서는 도로 상태를 평가하기 위해 정량적인 지수를 적용하여 서비스수준의 등급체계를 설정하는 사례를 제시하였다.
4. 인프라 자산관리시스템에서 서비스수준을 정량적으로 표현하기 위해서는 도로관리자비용(초기공사비, 유지관리비)과 도로이용자비용(차량운행비용, 지·정체비용)을 고려한 총 사회적비용에 대한 경제성 분석이 수행되어야 한다. 특히 도로이용자비용은 평탄성 수준과 보수비 투입 정도에 따라 크게 달라져 유지관리 전체비용에 미치는 영향이 매우 크기 때문에 차량운행비용 산정을 위해 노면 평탄성과 차량 연료소모량의 관계를 정립하여야 한다. 향후 KRAMS를 실제 적용하기 위해서는 본 논문에서 제시된 각 단계별 핵심과제를 체계적으로 연구해 나가야 한다.

References

- American Society of Civil Engineer USA (2013). "2013 Report Card for America's Infrastructure." June 2013.
- Austroroads (2003). "Integrated Asset Management Guidelines for Road Networks." Sydney, Australia.
- Austroroads (2009). "GUIDE TO ASSET MANAGEMENT." Sydney, Australia.
- Canada Society for Civil Engineering (2012). "Canadian Infrastructure Report Card 2012." September 2012.
- Department of Transportation, Federal Highway Administration, Office of Asset Management (1999). "Asset Management Primer." Washington, USA, pp. 19, 27-29.
- Engineers Australia (2010). "Infrastructure Report Card 2010 Australia." November 2010.
- Korea Infrastructure Safety Corporation. (2005), "Development of Facilities Optimum Bridge Maintenance System Based on Life-Cycle Cost"
- Korea Institute of Construction Technology. (2011), "Development of Asset Management Framework for Increasing Performance and Service Efficiency of Roads(IV)"
- Korea Institute of Construction Technology. (2011), "Development of Framework and Policy for KTAM-40(IV)"
- Korea Transport Institute. (2006), "An Introductory Study for Developing Asset Management System of Road Facilities"
- Ministry of Transport (2009). "Long Term Council Community Plans." Wellington, New Zealand.
- National Asset Management Steering Group (2006). "International Infrastructure Management MANUAL." Auckland, New Zealand.
- Organization for Economic Cooperation and Development (2001). "Asset Management for the Roads Sector." Paris, France, p. 14
- Ministry of Strategy and Finance(2009), "National account working-level conduct guide for the Accrual basis·Double-entry bookkeeping Account conduct of Finance department", MSF announcement No.342.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport(2011a), "The Secondary Road Maintenance Master Plan(2011-2020)", MoLIT announcement No.2011-326.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport(2011b), "Annual Final Report of the National Highway Pavement Management System 2011".
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport(2013), "Status on Road Repair and Maintenance".
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport. (2009), "2008 Final Report of Highway Management System"