

국토정책 Brief

KRIHS ISSUE PAPER

KRIHS POLICY BRIEF • No. 532

발행처 | 국토연구원 • 발행인 | 김동주 • www.krihs.re.kr

도로 자산의 지속가능성 확보를 위한 효율적 관리방안

김혜란 국토연구원 책임연구원

요 약

- ① 도로는 국유재산 평가액 총 171조 원에 달하는 국가의 자산이자 생산활동에 기여하는 자본임
- ② 도로의 성능은 임계점을 지나면 급격히 저하되는 속성을 가지고 있어 심각한 결함이 발생하기 전에 예방적 관리를 수행하는 것이 생애주기를 통틀어 소요되는 관리 비용 감소에 효과적임
- ③ 도로의 노후화 누적에 따른 붕괴, 도로유실 등의 위험으로 도로이용자인 국민의 안전이 위협 받고 있어 도로관리의 중요성이 과거 어느 때보다 증대되고 있음
- ④ 도로망의 구축이 우리보다 빠른 미국, 호주 등 선진국은 일찍이 도로 자산관리시스템을 도입하여 효율적으로 도로를 관리하며, 자산의 지속가능성 평가를 바탕으로 관리에 필요한 자원 확보에 활용하고 있음
- ⑤ 장기적으로 도로가 제공하는 안전한 주행여건을 미래에도 계속 누리기 위하여 우리나라도 과학적 분석에 기반한 예방적 도로 유지관리시스템의 도입이 필요함

정책방안

- ① 주기적으로 면밀한 도로 및 주요 시설물의 성능을 조사하여 도로 자산관리시스템의 기반이 되는 DB를 확보하고, 이를 이용하여 도로 자산관리 시스템의 핵심인 성능예측 모형을 마련해야 함
- ② 3~5년 단위 주기로 도로의 거시적 성능평가 보고서 발간을 통하여 투명하고 객관적인 도로성능의 현황과 전망을 제시하고 이를 도로관리 소요 자원 확보의 근거로 활용하여야 함
- ③ 도로관리청이 도로관리 예산수립 단계에서 활용할 수 있는 거시적인 도로 자산관리 계획모델을 정부가 나서서 구축하고, 장기적으로는 독자적 도로관리 시스템을 구축하기 어려운 지자체가 활용할 수 있는 플랫폼을 구축하여 지원하여야 함

1. 자산으로서 도로의 중요성과 가치

● 왜 ‘자산’인가?

- 도로, 항만, 철도 등의 교통 인프라는 여러 가지 생산 활동에 간접적으로 기여하는 자본으로서의 역할을 한다는 측면에서 사회간접자본(Social Overhead Capital)이자 국가의 자산임
 - 교통 인프라는 다른 생산 활동 및 사회적 활동을 위한 접근성을 제공하는 투입요소인 자본(capitals)의 위상을 가지는 동시에 공공(때로는 민간)에 의하여 생산되는 산출물인 중간 산출물의 성격을 지니는 자산(assets)임

● 도로의 자산 가치란?

- 매일같이 수많은 국민이 이용하는 기반시설인 도로 자산의 가치는 산출물로서의 재산적 가치와 도로의 기능 및 사회적 역할에 바탕을 둔 투입물로서의 기능적 가치를 포함하여 산출되어야 함
- 도로의 재산적 가치는 건설비를 포함하여 도로가 제공하는 서비스를 생산하는 기능을 대체할 수 있는 대체건설비용으로, 도로를 산출물로 보았을 때 이를 생산하는 데에 투입되는 비용이 얼마인가 관점에서의 가치를 부여한 것임
 - 국유재산법에 의해 산정된 도로의 재산적 가치는 연간 정부예산의 절반에 육박하는 상당한 규모로 평가되고 있음¹⁾
 - 2014년 재정상태표에 따르면 사회기반시설(도로, 철도, 항만, 댐, 공항, 기타) 자산총액 300조 원 중 도로가 가장 많은 171조 원(57%)을 차지하고 있으며, 이는 2015년 정부예산 375조 원의 46%에 해당하는 상당한 규모임
 - 현재 도로 중 장부가액이 가장 높은 사회기반시설은 경부고속도로로, 자산가치는 10.9조 원(2014년 기준)으로 평가됨
- 한편 도로의 기능적 가치는 도로를 최종산출물(통행)을 위한 투입요소로 보고 안전한 통행을 위하여 성능을 얼마나 유지하고 있는가, 그리고 도로 이용자 비용(통행시간, 타이어마모 등 차량운행비용)과 사회적 비용(교통사고, 환경오염 등) 절감에 얼마나 기여하는가 관점에서의 가치로서, 광의의 자산 가치에 해당

1) 국회입법조사처, 2015.

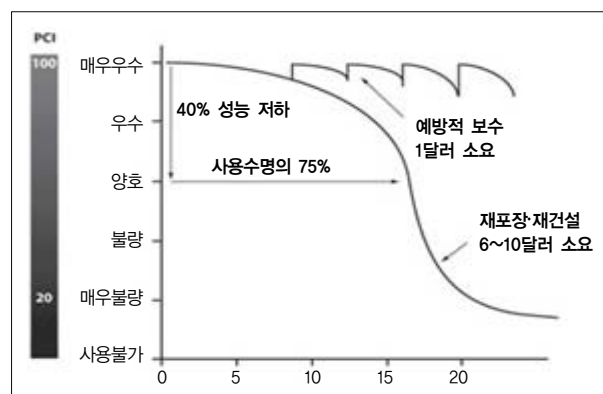
2. 도로 자산의 특성과 자산의 지속가능성 이슈

● 도로 자산의 감가상각

- 국가 자산인 도로의 가치는 건설이 완료된 후 그대로 유지되는 것이 아니라 시간의 경과와 도로의 사용 누적에 따라 가치가 하락하며, 이를 도로자산의 감가상각이라 함
 - 도로시설은 많게는 하루에 수만 대의 차량이 통과하는 시설로, 반복적으로 시설에 부하되는 하중으로 인하여 물리적 성능이 저하됨
 - 그러다가 안전한 통행여건을 제공할 수 없을 정도로 물리적 손상이 심각해지면 폐쇄되는 등 사회간접자본으로서 도로의 가치가 소멸됨

- 도로시설의 성능은 대체로 서서히 저하되다가 성능 수준이 임계점까지 도달하게 되면 이후 급격히 성능이 저하되는 함수 형태를 가지는데, 이는 도로성능이 임계점 이하로 떨어지면 기능적 가치 하락으로 인하여 자산 가치도 급격하게 하락한다는 것을 의미함
 - 도로의 자산 가치 유지를 위해서는 꾸준한 유지보수 등 관리가 필요

그림 1 도로포장 성능(PCI)의 변화



자료: FHWA 2006

● 자산관리 측면에서 지속가능성 이슈

- 지금까지 구축된 도로시설의 노후화가 누적됨에 따라 도로관리의 중요성이 더욱 증대되고 있음
 - 상당수의 국가 간선도로망이 1990년대에 집중적으로 구축되었기 때문에 교량 중 사용연수가 20년 이상인 교량이 29%로 아직까지는 도로시설 노후화가 심각하지 않으나, 10년 후에는 사용연수 20년 이상인 교량이 지금의 70%로 크게 증가할 것임
 - 도로시설의 노후화는 부식이나 자재의 피로 누적에 따른 균열 등이 도로시설의 물리적 변형을 초래하며, 이는 포장면의 요철이나 미끄러짐과 같은 주행여건 악화, 도로시설물 낙하, 지반침하에 따른 싱크홀 발생 혹은 교량붕괴에 따른 도로의 유실 등으로 이어질 수 있음
- 도로의 관리가 부실하여 낙석, 교량붕괴 등의 사고가 발생하면 도로 이용자인 국민의 생명과 안전을 해치게 되는 등 사회적 비용이 크게 증가함

- 도로시설의 관리를 소홀히 하여 국민의 안전을 저해한 사례는 1994년 성수대교 붕괴 사고를 예로 들 수 있으며, 국외에도 일본에서 발생한 수도권 연계 고속도로의 터널 붕괴 사고, 미국 미시시피강 교량 붕괴 사고 등의 사례가 있음
 - 2012년 일본 수도권 연계 고속도로인 주오자동차도 터널에서 관리 소홀 등의 원인으로 천장이 붕괴되어 9명의 사망자가 발생하고 장기간 통행이 금지되었음
 - 2007년 미국 미네소타의 미시시피강 횡단교량이 붕괴되어 13명이 사망하고 100여 명이 부상하는 사고가 발생하였으며, 이 사고의 원인은 보수지연 및 피로, 부식으로 인한 철골 노후화로 추정됨
- 또한 도로 성능이 임계점에 도달하기 전까지는 비교적 적은 비용의 보수로 성능 복구가 가능하나, 성능이 임계점 이하로 떨어지면 이후 필요한 보수비용이 크게 증가하는 특성을 가짐
- 이와 같은 특성으로 인하여 중대 결함 보수 중심의 대응형 유지관리는 장기적으로 도로 자산의 지속가능성과 도로관리 재원의 지속가능성 이슈를 야기함
 - 만약 도로의 중대 결함을 적기에 보수하지 못할 경우 교량붕괴, 도로의 유실 등으로 인한 피해, 복구비용 등 막대한 사회적 비용을 유발하거나 안전을 위한 도로 폐쇄 등 교통인프라로서의 기능을 상실하여 기반시설로서의 자산 가치를 지속적으로 유지할 수 없음
 - 중대 결함이 발생할 경우에만 보수를 시행하는 대응형 유지관리 전략으로 도로를 관리할 경우, 미래에는 도로 노후화로 인하여 지금 수준의 도로의 교통인프라 서비스를 지속적으로 누리기 위한 유지보수 재정 소요가 급증할 것으로 전망되어 지속가능한 자원조달에 어려움이 예상됨
- 따라서 도로의 성능이 심각한 수준으로 저하되기 전에 약간의 결함에도 유지관리 조치를 취하는 예방적 유지관리 전략으로 장기적으로는 도로관리 생애주기 비용을 절감할 수 있음

3. 예방적 도로 자산관리 시스템의 구축과 활용

● 도로관리 재원확보의 어려움을 타개하려면

- 장기적으로 동일한 도로의 기능과 성능을 유지하고 도로관리 비용(생애주기비용)을 줄이기 위하여 예방적 유지관리가 효율적이나, 문제는 도로관리의 중요성과 예방적 유지관리의 효율성에도 불구하고 현실적으로 필요한 재원을 확보하기 어렵다는 것임

- 도로관리 예산 확보의 어려움은 우리나라의 문제만이 아니라 미국, 일본, 유럽, 호주 등 선진국에서도 마찬가지로 겪고 있으며, 이러한 현상의 근본적인 이유는 다음과 같이 설명할 수 있음
 - 도로의 관리(특히 예방적 유지관리)는 당장에 어떠한 중대결함을 해결하기 위한 것이 아니라 미래에도 안전하게 도로를 계속 사용할 수 있도록 하기 위한 것이라 할 수 있음
 - 즉, 미래 세대의 니즈(도로서비스 향유)에 부응하기 위한 비용을 현 세대가 부담하는 것임
 - 그러나 SOC 부문뿐만 아니라 복지, 고용, 교육 등 타 부문의 예산증대 요구도 증가하고 있음
 - 치열한 예산확보 경쟁에서 현 세대의 요구(복지, 교육 등)보다 미래 세대를 위한 비용분담(도로 관리)을 우선시하는 것은 예산 결정자에게 어려운 문제임
- 도로관리는 그 효과를 사전·사후적으로 확인할 수 없음에도 사전 조치를 취한다는 점에서 예방접종과 유사하며, 이 점에서 도로관리 예산 확보를 위한 시사점을 찾을 수 있음
 - 아무리 치명적인 병원균이라도 평생에 걸쳐 감염 기회가 없을 수 있으므로, 예방접종의 효과를 단정적으로 말할 수 없으며 단지 확률적 위험을 이용하여 설명할 수 있음
 - 그럼에도 불구하고 예방접종을 하지 않아 감염되었을 경우 그 피해가 매우 크기 때문에 국가는 예방접종 지원사업을 통하여 소요 비용의 상당부분을 국가가 부담하고 있음
 - 도로 관리에 있어서 동일한 잣대를 적용하지 못하는 것은 소홀한 투자로 인해 관리에 실패하였을 때의 피해의 크기와 피해의 확률에 대한 명확한 분석적 근거를 제시하지 못하기 때문임

● 도로 자산관리시스템 구축

- 호주, 영국, 미국 등 선진국은 도로를 효율적으로 관리하고 자산의 지속가능성을 제고하기 위하여 도로 자산관리시스템을 구축하여 활용하고 있음
- 도로 자산관리의 핵심은 도로의 성능과 도로 파손으로 인한 영향이 어떠한 것인지에 관하여 확률적으로 예측할 수 있다는 점임
 - 도로 성능에 관한 이력 DB가 구축되어 있어야 이 자료를 바탕으로 도로 성능 및 도로파손 영향에 관한 장기 예측모형을 구축할 수 있음
- 더불어 현재 어디에 어떠한 도로 시설물이 존재하는지, 도로 시설물의 성능이 어떠한지를 포함하는 자산 목록을 바탕으로 도로관리의 목표수준에 도달하기 위한 유지보수 전략이 도출되어야 함
 - 자산 목록의 정보와 목표 성능수준과의 격차(gap)를 바탕으로, 언제 어떤 도로시설에 어떠한 유지보수를 시행하여야 전 생애주기 관리비용을 최소화할 수 있는지를 산출할 수 있음

- 구체적인 도로 자산관리시스템의 구성요소는 다음과 같은 일반적인 자산관리 수행 점검표를 참고하여 구축하여야 함

표 1 일반적인 자산관리 수행을 위한 점검표

주요 질문	세부질문
1. 자산 목록	• 나는 무엇을 가지고 있는지 정의 및 파악되고 있는가? • 그것이 어디에 있는지 파악하고 있는가? • 그것의 상태를 파악하고 있는가? • 자산의 기대수명과 가치를 알고 있는가?
2. 서비스수준(LOS)	• 시설물별로 LOS체계가 설정되어 있는가? • 이해관계자들이 요구하는 LOS를 파악하고 있는가? • 법적 요구사항이 적용되었는가? • 현재 내가 제공하는 LOS는 어느 수준인가? • 주기적으로 LOS를 조사하고 있는가? • 목표 LOS와 현재 LOS의 차이를 알고 있는가?
3. 자산의 파손 및 영향	• 자산의 기대수명과 파손추세를 파악하고 있는가? • 자산의 파손가능성 계산이 가능한가? • 파손으로 인한 영향은 설정되어 있는가? • 파손발생 시 보수예산비용은 정립되어 있는가? • 파손으로 인한 사회환경비용은 얼마인가?
4. 최적의 대안과 최소의 생애주기비용	• 예산제약, 목표LOS를 고려한 최적유지관리 전략이 있는가? • 장기 유지관리 비용을 예측할 수 있는가?
5. 최적 예산조달 방안	• 목표 LOS를 충족하기 위한 예산과 확보된 예산과의 차이는 얼마인지 파악하고 있는가? • 장기적으로 필요비용을 충당할 수 있는가에 대한 분석이 가능한가? • 예산 Peak에 대응하기 위한 중장기 유지관리전략이 있는가?

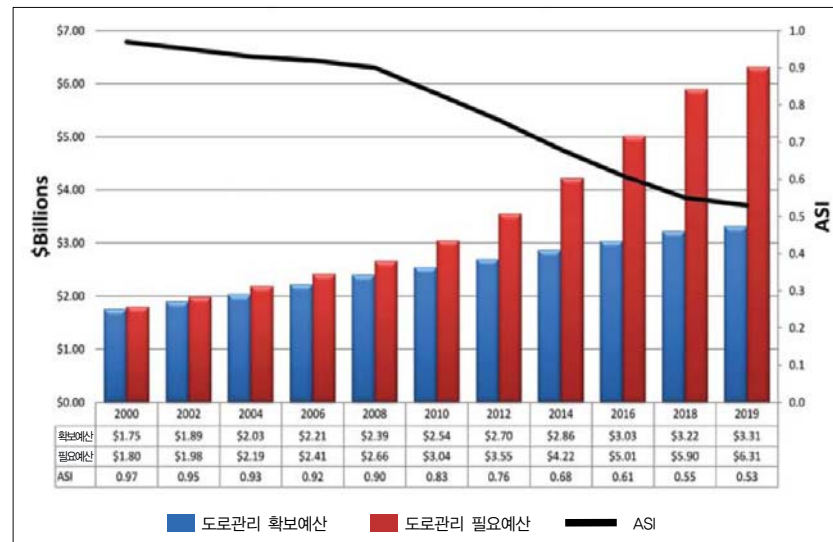
● 도로 자산관리시스템 활용: 자산 지속가능성 지표 평가

- 도로 자산관리시스템에서는 기본적으로 일정 수준의 예산제약하에서 기존에 설정된 목표 성능수준에 도달하기 위한 유지관리 전략을 도출할 수 있음
- 또한 도로 자산관리시스템의 분석 모델을 바탕으로 하여 도로관리 예산 확보가 장기적 지속가능 관점에서 적절한지 여부를 평가할 수 있으며, 이러한 자산 지속가능성 평가는 도로관리 예산 확보의 근거자료로 활용이 가능함(미국, 호주)
- 미국의 자산 지속가능성 지수(Asset Sustainability Index)
 - 도로관리에 요구되는 재원소요 대비 확보되는 예산의 비율로 산정됨

$$\text{자산 지속가능성 지수} = \frac{\text{도로관리를 위하여 확보한 예산}}{\text{목표수준 도로 관리를 위하여 필요한 예산}}$$

- <그림 2>의 파란 막대는 확보될 것으로 전제되는 예산이며, 빨간 막대는 매년 관리투자 부족으로 인한 보수필요 물량의 증가를 고려하여 매년 관리에 필요한 예산규모가 증가하는 경향을 보여줌

그림 2 미국의 자산지속가능성지수(ASI)



자료: FHWA, 2012.

4. 국내 도로 자산관리시스템 도입 방안

- 현재 우리나라의 도로 유지관리 전략은 임의순찰/민원대응, Worst-First 유지관리 수준이며, 아직까지 도로관리 투자 예산은 ‘목표 설정’ 및 ‘목표에 도달하기 위한 재원소요 확보’가 아닌 일정 예산한도 내 할당하는 방식으로 투자재원이 배분되고 있음

표 2 도로 자산관리 시스템 도입수준의 구분

수준	예산소요 산정	유지관리 전략
1수준	임의순찰/민원대응 유지관리	임의설정
2수준	임의설정	파손 발견 시 보수
3수준	Worst First 유지관리	예산한도 내 성능이 열악한 순서로 우선 보수
4수준	교체주기 기반 유지관리	시설별 교체주기에 기반하여 보수 및 교체
5수준	LOS 목표 기반 유지관리	관리 목표가 되는 LOS 기준을 설정 LOS 기준에 미달되는 시설을 보수
6수준	생애주기비용 기반 자산관리	분석기반 도출
7수준	생애주기비용을 최소화하는 LOS 기준을 설정하여 LOS 기준에 미달되는 시설을 보수	• 생애주기비용을 최소화하는 LOS 기준을 설정하여 LOS 기준에 미달되는 시설을 보수 • 혹은 주어진 예산을 바탕으로 생애주기비용을 최소화하는 관리전략 수립
8수준	사회·경제·환경 통합 자산관리	분석기반 도출
9수준	분석기반 도출	• 주어진 예산을 바탕으로 생애주기비용 및 사회적 비용을 최소화하는 관리전략 수립

- 중장기적으로 자산관리시스템 도입(5수준 이상)을 목표로 하여 다음과 같은 도입기반 구축이 필요함
- 첫째, 도로관리 투자의 필요성을 확인할 수 있는 투명하고 객관적인 도로관리 성능 보고체계를 마련하여 도로관리 투자 증대가 필요하다는 근거자료로 활용하여야 함
 - 선진국들이 ‘도로의 성능 저하를 객관적으로 증명’하는 정책수단으로 활용하는 Report Card와 같이 3~5년 주기로 도로 및 시설물(교량, 터널)의 성능 점검결과를 집계한 성능평가 보고서 발간이 필요함
- 둘째, 도로자산의 성능지표를 주기적으로 전수 조사하여 추적 관리함으로써 도로자산 관리를 위한 DB 기반을 구축하고 이를 바탕으로 핵심 예측모델을 마련하여야 함
 - 축적된 DB는 도로관리 현황 정보를 포함하며, 자산관리 핵심 예측모델을 구축하는 기반이 됨
- 셋째, 여러 해외 선진국 사례를 통하여 도로관리 예산수립 단계에서 활용할 수 있는 거시적인 한국형 도로 자산관리 계획모델을 마련하고, 이를 운영할 수 있는 플랫폼을 구축하여 기술적 기반이 부족한 지자체가 활용하도록 지원하는 것이 바람직함
 - 일본은 교체주기 기반 도로관리 계획 수립, 영국은 LOS 등급 예측 매트릭스를 통하여 도로관리 계획을 수립할 수 있는 엑셀 기반의 Tool Kit을 제작하여 보급하는 등 국가별 맞춤형 거시 계획모델을 가지고 있음
 - 우리나라의 도로관리 여건에 부합하는 거시적 계획모델을 어떤 방식으로 수립하느냐에 따라 장기적인 자산관리시스템 운용 전략이 차별화될 수 있으므로 한국형 자산관리 계획모델을 마련할 필요가 있음
 - 또한 국가가 관리하는 도로 외에도 지방자치단체가 관리하고 있는 많은 도로시설을 효율적으로 관리하는 데에도 자산관리시스템 도입이 필요하므로, 막대한 초기 구축비용 및 기술적·인적 자본 투입이 필요한 시스템을 지자체마다 독자적으로 구축하는 것이 아니라 국가가 기본적인 플랫폼을 구축하여 지원함으로써 국가 도로망 관리의 효율성을 제고하는 정책적 배려가 필요함

참고문헌

국회입법조사처, 2015, 사회기반시설의 종합재정·통계 시스템 개발을 위한 기초연구.
 FHWA, 2006, Pavement Preservation Compendium II.
 FHWA, 2012, Asset Sustainability Index: a proposed measure for long-term performance.

김혜란 국토연구원 국토인프라연구본부 책임연구원 (hyeran@krihs.re.kr, 031-380-0370)