

데이터 기반 노후 철도시설 자산관리 전략 도출을 위한 벤치마킹 연구

백승원* · 유민경** · 윤성민***

Baek, Seungwon*, Yoo, Minkyung**, Yun, Sungmin***

A Benchmarking Study for Deriving Data-driven Asset Management Strategy: U.S. Federal Transit Administration (FTA) Case

ABSTRACT

Rail transit agencies in Korea have been struggling to set up a performance-based rail facility maintenance plan because there are no formal definition and decision criteria for aging infrastructure. This study investigates the definition of aging infrastructure through extensive literature review and identifies benchmarking criteria through comparison with rail transit facility management systems in Korea and United States. As results, an aging infrastructure should be defined considering both service age and performance level of a facility. The priority of repair/replacement should be also determined with reasonable criteria based on relationship between service age and performance level. To determine the definition and decision criteria, a practicable classification system for aging rail transit needs to be established in accordance with classification system for performance assessment. Furthermore, a comprehensive database needs to be built including useful life, performance level, and maintenance cost of each component of rail transit. It will allow establishing an efficient budget execution plan for aging infrastructure.

Key words : Aging rail infrastructure, State of good repair, Asset management, Benchmarking

초 록

현재 국내 철도시설 운영기관은 노후 시설물 판단을 위한 명확한 정의와 시설물 보수/개량 우선순위 산정 방법이 정립되지 않아 성능중심 유지 관리계획 수립에 어려움을 겪고 있다. 따라서, 본 연구는 선행연구에서 노후 시설물을 어떻게 정의하였는지 고찰하고, 국내 노후 철도시설물 관리제도와 미국 연방대중교통청(FTA)의 교통시설물 자산관리체계 비교분석을 통해 벤치마킹 포인트를 도출하였다. 노후 시설물 판단은 경과연수와 성능수준을 같이 고려해야 하며, 경과연수와 성능등급 간 관계를 통계적으로 분석하여 보수/개량 우선순위를 산정해야 한다. 또한, FTA와 같은 데이터 기반 철도시설 관리를 위해서는 표준 철도시설물 분류체계를 기반으로 시설물 분류 하위 수준에서 내용연수, 성능평가 결과, 유지관리비용 데이터베이스를 구축하는 것이 필요하다. 향후 데이터가 충분히 축적되면 성능중심 노후 철도시설 관리를 위한 효율적 예산집행계획 수립에 기여할 것으로 기대된다.

검색어 : 노후 철도시설, 적정성능수준, 자산관리, 벤치마킹

* 정희원 · 연세대학교 건설환경공학과 박사과정 (Yonsei University · baeksw@yonsei.ac.kr)

** 영남대학교 건설시스템공학과 석사 (Yeungnam University · mkyoo@yu.ac.kr)

*** 종신회원 · 교신저자 · 영남대학교 건설시스템공학과 교수 (Corresponding Author · Yeungnam University · smyun@yu.ac.kr)

Received November 16, 2020/ revised February 4, 2021/ accepted March 11, 2021

1. 서론

1.1 연구 배경 및 목표

국내 중대형 사회기반시설은 1970~1990년 사이에 집중적으로 건설되었으며, 2019년 기준 경과연수가 30년 이상인 철도시설은 전체 시설물의 37 %인 것으로 조사되었다(MOLIT, 2019). 노후 철도시설 개선을 위해서는 자금조달이 적정 규모로 적시에 이루어져야 하며, 객관적인 성능평가에 기반한 합리적 예산투자계획이 수립되어야 한다. 이러한 성능기반 선제적 유지관리 개념을 반영하여 최근 『철도의 건설 및 철도시설 유지관리에 관한 법률』, 『시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법』, 『철도안전법』, 『지속가능한 기반시설관리 기본법』 등 관련 법에서 성능평가 및 유지관리 계획 수립을 의무화하였다. 그러나 성능중심 철도시설 유지관리체계로의 전환은 현재 진행 중에 있으며, 앞서 수립된 철도시설 성능평가 지침에 따른 결과를 바탕으로 노후 철도 시설물 정의 및 보수개량 우선순위 선정을 위한 세부지침은 아직 미흡한 실정이다. 철도시설 노후화 여부와 수준을 판단하기 위한 명확한 정의나 개념은 아직 정립되지 않았으며, 이에 따라 국내에서는 아직도 경과연수를 기반으로 노후 시설물을 분류하는 경우가 대부분이다(Yoon, 2020). 노후 시설물의 유지관리계획 수립 및 효율적 예산 집행을 위해서는 노후 시설물에 대한 명확한 정의와 판단기준 수립이 선행되어야 한다. 이에 따라, 본 연구에서는 노후 시설물 판단을 위한 기존 연구에서의 노후 시설물 정의를 고찰하고, 국내 철도시설물 관리제도와 미국 연방대중교통청(Federal Transit Administration, FTA)의 교통시설물 관리체계를 비교분석하여 노후 철도시설물 적정성능수준 평가 및 보수/개량 우선순위 산정방안을 제안하기 위한 벤치마킹 기준을 도출하는 것을 목표로 한다.

1.2 연구 절차 및 범위

본 연구의 절차는 Fig. 1과 같다. 기존에 노후 시설물을 어떤 기준으로 판단하였는지 국내의 문헌을 고찰하였다. 또한, 우리나라보다 앞서 사회기반시설의 노후화를 경험하고 있는 미국의 인프라 자산관리체계를 FTA 자료를 중심으로 분석하고, 국내 노후 철도시설 관리를 위한 법·제도 및 자산관리체계를 검토하였다. 마지막으로 미국 FTA 사례와 국내 현황을 비교분석하여 시설물 내용연수 산정 및 성능평가 데이터 활용방안을 중심으로 시사점을 도출하였다. 대부분의 기존 선행연구 및 FTA에서는 철도시설물보다 상위인 교통시설물 수준에서 노후 시설물에 대해 다루고 있다. 따라서, 본 연구에서는 노후 시설물 정의 및 미국 FTA 자산관리체계에 대한 고찰은 교통시설물 수준에서 진행하고, 국내 현황 분석은 교통시설물 중 철도시설물을 중심으로 하였다.

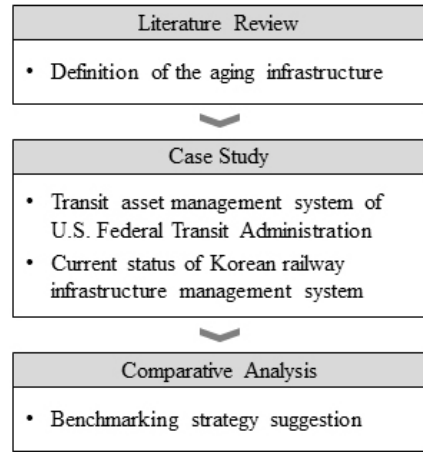


Fig. 1. Research Process

2. 국내외 노후 시설물 정의

2.1 국내 노후 시설물 정의

본 연구에서는 우선 시설물 노후화에 대한 기존 정의를 파악하기 위하여 국내 인프라 관련 연구기관이 수행한 연구에서 노후 시설물을 어떻게 정의하였는지 고찰하였다. Lee et al.(2019)은 노후 인프라 실태조사에서 철도시설물은 안전등급 D등급 이하, 철도역사는 건설 후 30년이 넘는 시설물을 노후시설물로 판단하였다. Park et al.(2018)은 인프라 시설물의 각 부재별 열화수준을 기반으로 노후도를 산정하는 알고리즘을 제시하였으며, 노후도가 80 % 이상인 시설물을 노후시설물로 정의하였다. Chin et al.(2017)은 중장기 철도시설 개량투자계획 수립 연구에서 철도시설 노후화 현황을 경과연수와 안전등급을 바탕으로 파악하였다. 구체적인 노후시설물 판단 기준을 제시하지는 않았으나, 시설물 분류별 전체 시설물 대비 준공 후 30년 이상 경과된 교량 터널과 내구연한이 경과된 전기·통신설비의 비율을 중점적으로 서술했으며, 국내 노후철도시설의 선제적 개량 전략을 제시하면서 성능평가에 따른 철도시설물 유형별 개량 대상 시설물 선정기준을 내용연수와 성능평가등급을 기반으로 제시하였다. Ahn et al.(2017)은 노후시설을 신규시설과 대비되는 개념으로 경과연수와 관계없이 유지, 관리, 개선이 필요한 기존 기반시설이라고 조작적 정의를 제시하였으며, 국내 노후기반시설 현황 분석 시에는 경과연수 31년을 기준으로 집계하였다. Jung et al.(2016)은 교통 시설물 노후화 정도를 진단하기 위해 연령과 기능성을 고려하였으며, 그 기준으로 경과연수 30년 이상으로 설정하였으며, Kim et al.(2015)은 경과연수뿐만 아니라 안전등급 C등급 이하를 유지보수의 한계값으로 판단하고 노후시설물로 진단하였다. Ahn et al.(2013)은 교통시설물의 노후도를 파악하기 위해 각 시설물의 준공연도를 ~1960, 1961년부터 10년 단위, 2001년 이후의 6개 구간으로 나누어 조사하였으며,

Table 1. Criteria to Evaluate Aging Infrastructure Used in Previous Studies

Research Institution (Reference)	Infrastructure	Age (year)	Grade	
			Performance	Safety
Construction and Economy Research Institute of Korea (Lee et al., 2019)	Rail infrastructure	-	-	D
	Rail station, Port, Airport, Sewage facility	30	-	-
Korea Institute of Construction Technology (Chin et al., 2017)	Structure (Bridge, Tunnel, Platform)	-	C	-
	Guideway	-	C	-
	Rail electric power system	Useful Life	D	-
	Signal and communication system	-	D	-
	General rail station	30	-	-
	Wide area rail station	20	-	-
Korea Research Institute of Human Settlements (Ahn et al., 2017)	Type 1, 2 infrastructure defined by Korea's Special Act on the Safety Management of Infrastructure	31	-	-
Korea Construction Engineering Development Collaboratory Management Institute (Jung et al., 2016)	Road and rail bridge	30	-	-
The Korea Transport Institute (Kim et al., 2015)	Transit infrastructure (Bridge, Tunnel, Port, Retaining wall, Cut-slope, rail station)	30	-	C
The Korea Transport Institute (Ahn et al., 2013)	Transit infrastructure (Bridge, Tunnel, Retaining wall, Cut-slope)	30	-	-
Hyundai Research Institute (Yoo and Kim, 2013)	Bridge, Tunnel, Port, Retaining wall, Dam, River infrastructure, Water and wastewater infrastructure, Industrial estate	30	-	-

경과연수를 특정하지는 않았지만 준공 후 30년이 경과한 인프라의 비중이 지속적으로 증가함에 따라 노후 인프라의 물리적 증가가 예상된다고 언급하였다. Yoo and Kim(2013)은 인프라 노후화 판단기준을 『법인세법 시행규칙』에서 제시하는 철근콘크리트 구조물의 내용연수 하한인 30년으로 설정하였다.

기존 국내 연구에서의 노후 시설물에 대한 정의를 종합하면 내용연수와 같은 시간경과에 따른 정의와 성능평가등급 및 안전등급과 같은 시설물 상태에 따른 정의로 구분할 수 있다(Table 1). 대부분의 연구에서 준공 후 30년 이상 경과한 시설물을 노후 시설물로 판단하였으며, 연구보고서뿐만 아니라 정부 발표자료, 기사 등에서도 노후 인프라에 대한 판단기준을 경과연수 30년으로 설정하는 경향을 보였다. 또한, 노후 시설물 현황 파악시 시설물 분류를 상위 수준에서 설정하여 하위 수준에서의 시설물 노후화 판단에 대한 근거를 제시하는 연구는 미흡하였다.

2.2 해외 노후 시설물 정의

해외 노후시설물 정의 사례는 국내와 마찬가지로 시간 경과에 따른 정의와 시설물 상태에 따른 정의로 구분할 수 있으며, 일반적으로 시간경과에 따라 시설물 경과연수가 내용연수를 초과하거나 특정 시점에 도달한 경우 또는 시설물 상태등급이 일정 수준 이하인 경우 노후시설물로 정의하였다. 미국 MNDOT(2019)는 교통시설물 자산관리 관리 계획 수립을 위한 보고서에서 교량의 약 40

%가 건설 후 50년 이상 경과되어 노후화 정도가 심각하다고 진단하였다. 또한, 시설물의 노후화 수준을 4등급(Good, Satisfactory, Fair, Poor)으로 구분하였으며, Good, Satisfactory 등급은 일상적인 유지보수와 예방적 조치를 통해 관리하는 시설물이며, Fair, Poor 등급은 유지관리 및 보수를 위해 대대적인 투자가 필요한 노후화된 시설물이라고 정의하였다. 미국 FRA(2016)는 철도시설물 투자 분석 지침 보고서에서, 내용연수를 철도시설물 주요 자산의 노후화를 방지하기 위한 유지 관리 및 보수 시점으로 활용하였다. 미국 DOD(2008)는 철도시설물의 노후화 정도를 시설물 상태에 따라 3등급(Full compliance: 모든 진단 기준을 만족하여 일상적 유지보수가 필요함, Restricted operation: 몇 가지 결함이 발견되어 보수가 필요할 수 있음, No operation)으로 정의하였으며, “No operation” 등급 이하의 철도는 보수가 완료되기 전까지 운영을 중단하도록 하였다.

한편, 일본 국토교통성은 설계 및 재료가 동일한 시설물이라고 하더라도 시설물의 입지환경과 유지관리 상황에 따라 시설물 상태가 상이하므로 건설연도를 기준으로 인프라 시설의 노후화를 정의할 수 없다고 전제하면서도, 분석상 편의를 위해 건설 후 50년이 지난 시설물을 노후시설물로 설정하였다(Cho, 2017). 일본 MLIT(2015)에서 발표한 도로시설물 유지관리 대책 마련을 위한 분석자료에서는 건설 후 50년 이상 경과한 교량의 비율이 2013년 18 %에서 2023년 43 %로 증가하여 시설물 노후화 정도가 심각해

질 것이라 분석하였으며, 시설물 노후화 진단을 위한 근접 육안검사를 5년마다 실시하여 시설물 상태를 4개 등급(Good: 구조적 결함 없는 상태, Preventive maintenance: 특별한 결함은 없으나, 예방적 유지보수가 필요한 상태, Early rehabilitation: 결함이 될 수 있는 상태로, 사전 유지보수가 필요한 상태, Emergency rehabilitation: 구조적 결함이 발견되어 보수가 필요한 상태)으로 평가하였다. Tamakoshi et al.(2014)은 일본 도로시설물 검사 지침 마련을 위한 보고서에서 시설물 노후화 등급을 7단계로 구분하고, 건설 후 30년 이상 경과한 시설물에서 3단계 이하(보수가 필요한 시설물)의 비중이 가장 높은 점을 지적하며, 예방적 유지관리의 중요성을 강조하였다.

영국 Highways England(2020)는 도로시설물의 노후화 수준을 5개 지표(Pavement condition, Structures condition, Technology availability, Drainage resilience, Geotechnical condition)를 사용하여 평가하고, 평가 결과에 따라 4개 등급(Category 1: 노후화가 진행되지 않은 상태, Category 2: 노후화 수준이 낮아 조치가 필요하지 않은 상태, Category 3: 노후화가 진행되어 조사가 필요한 상태, Category 4: 노후화 수준이 높아 조치가 필요한 상태)으로 정의하였다. 영국 MOD(2009)는 철도 선로의 시설물 노후화 수준을 3개 등급(A: 탈선, 차량손상, 인명 피해 등을 유발할 수 있는 즉각적인 조치가 필요한 시설물, B: 결함이 심각하지 않아 계획적인 유지관리로 사용연수를 증가시킬 수 있는 시설물, C: 결함이 없으나 지속적인 모니터링이 필요한 시설물)로 구분하였다.

이렇듯 미국, 일본, 영국의 선진국에서도 시설물에 대한 노후화를 정의할 때 각 시설물의 관리주체별로 내구연한 기준이 상이하고 시설물의 상태평가 기준 또한 상이하게 적용하고 있었다. 또한, 국내에서는 경과연수를 기반으로 노후 시설물을 정의하는 경향이 강했으나, 해외 선진국에서는 시설물 상태를 각자 수립한 기준에 맞춰서 평가하고, 이를 기반으로 노후 시설물을 판단하는 것으로 나타났다.

3. 한국과 미국의 노후시설물 관리체계 비교분석

3.1 적정성능수준과 성능평가

미국 정부는 『Moving Ahead for Progress in the 21st Century』(MAP-21)와 『Fixing America’s Surface Transportation Act』(FAST Act)를 통해 도로건설, 유지관리, 안전, 대중교통, 교통계획 및 제반 연구에 대규모의 예산을 투자하여 성능중심 시설물 관리체계를 도입하여 정부 예산을 효율적으로 투자하도록 의사결정 과정을 개선하였다(Cho et al., 2018). 특히 FAST Act는 정책명에도 반영된 바와 같이 노후 교통시설물의 유지보수를 통한 안전성 강화에 초점을 맞추고 있다. 미국 FTA는 미국 DOT (Department of Transportation) 산하 공공기관으로, 각 주 정부 및 지방 정부와 협력하여 대중교통시스템 개선을 목적으로 재정적·기술적 지원을 수행하고 있다. FTA는 도시철도를 포함한 대중교통 시설물 자산관리를 위한 효율적 자산 배분을 목적으로 미국 전역의 대중교통 시설물 자산 성능을 평가하고 데이터베이스를 구축하고 있다. FTA는 자산관리 관점에서 교통시설물의 성능을 State of Good Repair (SGR)로 정의하고 있으며, 문맥적 의미를 고려하여 의역하면 ‘적정 성능수준’이라고 할 수 있다. FTA는 SGR을 “The condition in which a capital asset is able to operate at a full level of performance. A capital asset is in a state of good repair when that asset; 1) Is able to perform its designed function, 2) does not pose a known unacceptable safety risk, and 3) its lifecycle investments must have been met or recovered.”으로 정의하고 있다(FTA, 2017). 이를 기준으로 FTA는 교통시설물 적정성능수준 유지를 위해 필요한 예산 규모를 산정하는 모델(Transit Economic Requirements Model, TERM)을 운영하고 있다. 교통시설물을 최소 1점에서 최대 5점으로 평가한 후 5개 등급으로 구분하여 평가한다(Fig. 2). 성능평가

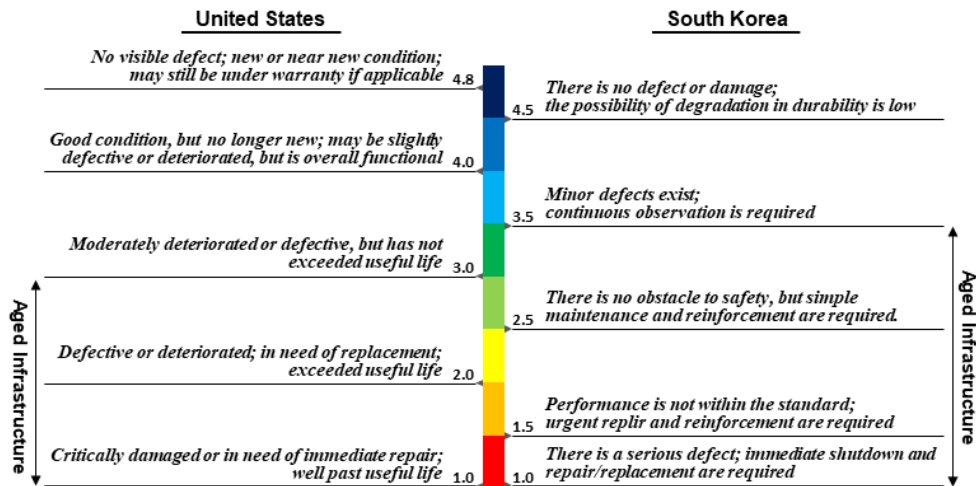


Fig. 2. Performance Assessment Rating Scale for Railway Facilities of U.S. and Korea

결과가 3점 미만인 경우 시설물이 서비스 제공에 필요한 적정성능수준에 미치지 못한다고 판단한다(FTA, 2016).

우리나라는 최근 성능 중심의 철도시설 유지관리를 목적으로 최근 법·제도 개·제정을 하였다. 철도시설의 성능평가는 『철도의 건설 및 철도시설 유지관리에 관한 법률』에 근거하여 『철도시설의 정기점검 및 성능평가에 관한 지침』에 따라 평가한다. 성능평가 대상은 선로 및 건축시설(구조물, 궤도시설, 건축물)과 전기 및 통신설비(전철전력설비, 신호제어설비, 정보통신설비)로 구분하며, 성능평가는 안전성, 내구성, 사용성으로 구분하여 평가한다. 미국 FTA와 마찬가지로 5개 등급으로 구분하여 평가하며, 평가 기준은 『철도시설의 정기점검 및 성능평가에 관한 지침』에 선로 및 건축시설과 전기 및 통신설비로 구분되어 제시되어 있다. 성능평가를 위한 중요도는 평가부문별 평가항목의 중요도 합이 100이 되도록 설정하며, 평가부문 중요도는 안전성, 내구성, 사용성의 합이 100이 되도록 설정한다. 성능평가치수에 따른 성능평가 등급 부여 기준은 Fig. 2와 같다. 그리고 성능평가 결과에 따라 성능평가 등급이 C등급 이하이거나, 안정성, 내구성, 사용성 중 어느 하나 이상이 D등급 이하인 경우 해당 철도시설 운영기관은 성능 향상을 위한 보수·보강 등 유지관리 계획을 시행해야 한다.

우리나라와 미국의 철도 시설물 성능평가 등급 기준은 Fig. 2와 같다. 우리나라는 시설물 성능평가지 내용연수와 경과연수를 점수화하고 가중치를 두어 최종 성능점수를 계산하기 때문에 최종 성능등급 산정시 시간적 개념이 일부 반영되는 방법을 사용하는 반면에 미국은 최종 등급 산정시 시설물의 내용연수 초과 여부가 직접적으로 반영된다는 차이가 있다. 또한, 미국 FTA는 성능등급이 3점 이하인 경우 시설물이 적정성능수준에 미치지 못한다고 판단하고 있으며(FTA, 2020), 우리나라는 적정성능수준에 대한 명확한 정의는 없으나 3.5점 이하이면 유지관리 계획을 시행하도록 하고 있다. 미국 FTA에서 3점을 적정성능수준 기준으로 설정한 이유는 명확하지 않으며, 전문가별 적정성능수준 기준에 대한 의견이 분분하다. 다만, 자산관리지침에서는 시설물 관리자의 편의성을 위해 3점으로 설정하였다고 서술하고 있다(FTA, 2016).

3.2 교통시설물 내용연수 및 보수/개량 우선순위 산정

내용연수는 시설물 적정성능수준 평가와 그에 따른 적정 개량시점 및 비용 산정의 주요 요인 중 하나이다. 그러나 시설물 관리체계가 잘 구축되어있는 철도시설 관리기관의 경우 자체적으로 내용연수 데이터를 가지고 있으나, 미흡한 기관에서는 시설물별 내용연수 산정에 어려움을 겪고 있다. 이에 따라, FTA는 매년 지역 교통시설물 관리기관으로부터 각 교통시설물 적정성능수준 데이터와 함께 내용연수 데이터를 같이 수집하고, 시설물별 경과연수에 따른 적정 성능수준을 통계적으로 분석하여 Facility, Guideway, Station,

System 4개 분류의 총 127개 교통시설물에 대한 손상곡선(decay curve)을 도출하고 내용연수 벤치마크(Useful Life Benchmark)를 공시하고 있다(Fig. 3). 이를 바탕으로 지역 교통시설물 관리기관은 시설물별 내용연수 산정 및 시설물 관리에 활용하고 있으며, 최근에는 관리기관별 시설물 특성을 반영하여 산정한 내용연수를 활용하여 자산을 관리하는 것으로 나타났다. 또한, 동일 시점에 도입한 같은 유형의 시설물이라고 하더라도 신설·도입 시점, 연간 사용량, 유지관리수준, 세부구성요소 등 시설물에 영향을 미치는 다양한 내·외부 환경에 따라 관리주체가 상이하기 때문에, 노선별로 내용연수를 각각 산정하여 관리하는 것으로 나타났다(RTA, 2016).

또한, 미국에서는 데이터 기반 노후 교통시설물 관리를 목적으로 교통시설물 적정성능수준 유지를 위한 보수/개량 우선순위 산정 모델을 개발하여 활용하고 있다(Cohen and Barr, 2012). 우선순위 산정 모델은 경과연수 기반 모델과 성능등급 기반 모델로 구분된다. 각 모델의 입력 데이터는 TERM에서 축적한 미국 내 교통시설물

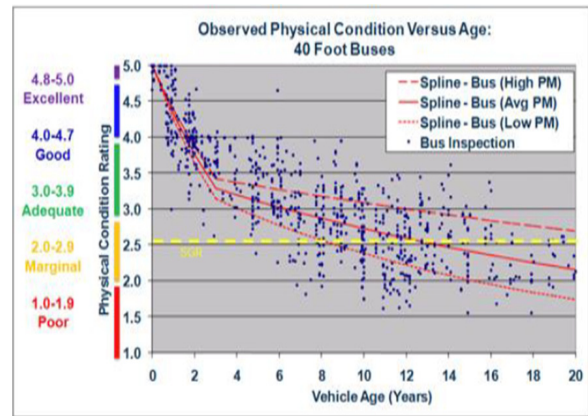


Fig. 3. Example of the State of Good Repair Distribution according to Age (Cevallos, 2016)

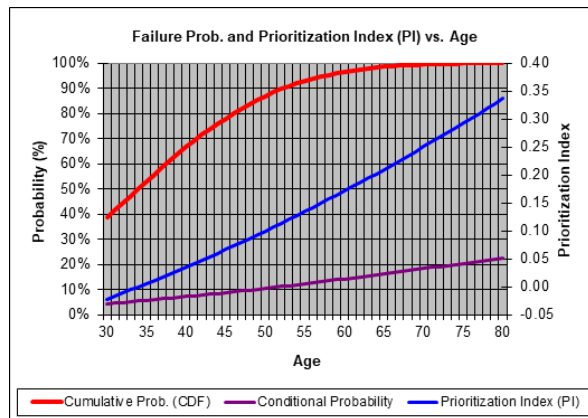


Fig. 4. Example of Failure Probability and Prioritization Index according to Age (Cohen and Barr, 2012)

경과연수 및 성능등급 데이터, 연간 유지관리비용, 시설물 교체에 소요되는 비용 데이터를 활용한다. 경과연수 기반 개별시설물 보수/개량 우선순위점수 산정 모델은 Weibull 분포, 조건부확률, 몬테카를로 시뮬레이션, 다항회귀분석을 사용하여 시설물 보수/개량 우선순위지표를 계산하고, 성능등급 기반 보수/개량 우선순위점수 산정 모델은 Markov Decision Process의 전이확률을 사용하여 시간경과에 따른 성능등급 변동 확률과 보수/개량 우선순위지표를 계산한다(Fig. 4). 마지막으로 각 모델에서 산정된 개별시설물 보수/개량 우선순위지표를 기반으로 연간 전체 교통시설물 보수/개량 우선순위 및 소요 비용, 연간 잔여 시설물 보수/개량 비용(Backlog)을 산정한다.

국내에서는 『법인세법』, 『물품관리법』, 『지방공기업법』, 국토부 및 조달청 고시 등에서 업종별·자산별 내용연수를 제시하고 있다. 『노후 철도차량 및 철도시설의 유지관리 세부기준』에서 철도시설물의 기대수명은 1) 『물품관리법』 제16조의2에 따라 조달청장이 고시하는 내용연수, 2) 『지방공기업법 시행규칙』 제19조에 따른 내용연수, 3) 철도차량 및 철도시설의 제작자가 권고하는 사용 횟수 또는 사용 가능 연수, 4) 철도안전법 개정(2014.3.19. 시행) 이전에 정한 사용내구연한(연장하지 않은 최초 내구연한), 5) 기타 일반적으로 통용되는 사용 횟수 또는 사용 가능 연수를 고려하여 정하도록 하고 있다. 『물품관리법』 제16조의2에 의해 조달청에는 2020년 기준 차량을 제외한 1,640개의 물품에 대한 내용연수를 고시하고 있으나 일반적인 물품이 대다수이며, 본 연구에서 대상으로 하는 철도시설물 항목은 거의 없다. 『지방공기업법 시행규칙』에서는 별표 2 건축물 등의 내용연수표와 별표 3 업종별 자산의 내용연수표에서 내용연수를 고시하고 있다. 건축물의 경우 건축물 구조에 따라 5년, 12년, 20년, 40년으로 구분하고 있으며, 도시철도사업은 건축물(터널)은 60년으로 별도 명시하고 있다. 업종별 자산에 따른 내용연수의 경우 도시간 철도운송업 및 구역내 철도운송업은 20년을 적용한다고 명시하고 있다. 한국감정원은 자산의 감정평가액 산정, 과세 표준 결정, 기업회계업무 및 국부통계 조사업무 등을 목적으로 유형고정자산 내용연수표를 발간하고 있으며, 2020년 기준 2013년 10월에 발표한 내용연수표가 최신본이다(KAB, 2013). 한국감정원 내용연수표는 자산을 건물(구조별, 용도별), 건물의 부대설비, 공작물(업종별, 구조별, 용도별) 및 공통설비로 분류하여 내용연수를 고시하고 있으며, 이 중에서 철도시설물과 관련된 부분은 건물 용도별 분류에서 철도역사가 있으며, 공작물 업종별 분류에서 철도영업, 궤도영업이 있다. 철도역사는 구조에 따라 내용연수가 산정되어 있으며, 철도영업/궤도영업 공작물은 33개 세분류로 구분하여 내용연수를 제시하고 있다. 이와 같이 국내 제도상 내용연수는 시설물 분류 범주가 상위 수준에서 분류되어 세부항목별 내용연수를 산정하기에는 한계가 있다. 또한,

동일 자산 그룹으로 분류된 시설물이라고 하더라도 시설물별 기능 및 용도, 생산시점, 유지관리수준 등에 따라 시설물의 수명은 상이하다. 『유·무형자산 감가상각 회계처리지침』에서는 사회기반시설의 경우 내용연수가 장기라서 일반유형자산 기준내용연수를 정하는 것은 합리적이지 않기 때문에 경제적 효익을 고려하여 중앙관서의 장이 합리적인 내용연수를 정하도록 안내하고 있다.

4. 노후 철도시설 자산관리 전략 구축을 위한 제언

국내 노후 인프라 관리의 필요성에 대한 논의는 꾸준히 진행되어 왔으며, 최근 성능중심의 철도시설 유지관리를 위한 연구 및 법·제도 개선이 활발하게 이루어지고 있다. 국내 노후 철도시설물 관리를 위한 법·제도 개선 방향은 미국의 현행 노후 교통시설물 관리체계와 유사하다. 특히, 철도시설물 성능평가 지침은 안정성, 내구성, 사용성으로 구분하여 시간적, 물리적, 사회적 개념을 복합적으로 고려하여 시설물의 적정성능수준을 평가하도록 하고 있다. 이처럼 국내 철도시설물 성능평가체계는 최근의 연구와 법·제도 개정을 통해 고도화되고 있지만, 노후 시설물 판단을 위한 시설물별 적정성능수준 및 내용연수 산정과 효율적 예산 집행을 위한 노후 시설물 우선순위/교체 우선순위 산정은 아직 미흡한 것으로 판단된다.

4.1 데이터 기반의 시설물 적정성능수준 벤치마크 마련

기존 연구에서 통용되는 사회기반시설의 노후 수준 평가를 위한 명확한 학술적 정의나 개념은 정립되지 않았으며, 연구자에 따라 다양한 기준으로 노후 시설물을 정의한 것으로 분석되었다. 국내 문헌은 주로 시설물 분류 상위 수준에서 “준공 후 30년 경과한 시설물”과 같이 경과연수를 기반으로 노후 시설물을 정의하였으며, 최근 성능평가 제도가 도입됨에 따라 성능등급에 따른 노후 시설물 판단 기준을 제시한 연구가 있었다. 반면 해외에서는 성능평가 및 등급 분류 기준은 다양하였지만, 대체적으로 성능등급을 기반으로 노후 시설물을 정의하였다. 보다 정밀한 노후 시설물 판단을 위해서는 시설물 분류 하위 수준에서 개별 내용연수를 고려할 필요가 있다. 또한, 경과연수와 유형이 동일한 시설물이라고 하더라도 주변환경 및 유지관리 수준에 따라 시설물 노후도가 다양하므로 경과연수뿐만 아니라 시설물의 물리적 상태평가 결과를 노후도 산정에 반영하는 것이 적절하다. 이에 따라, 본 연구에서는 노후 철도시설을 “경과연수가 특정 시점에 도달하거나, 성능평가 결과가 적정성능수준 이하인 철도시설”로 정의한다. 여기서, 성능평가는 『철도의 건설 및 철도시설 유지관리에 관한 법률』 제 33조에 따른 성능평가 결과를 의미하며, 적정성능수준은 『철도시설의 정기점검 및 성능평가에 관한 지침』 제20조 성능평가 결과의 조치에 따라 성능평가등급이 C등급 이하이거나, 안정성, 내구성, 사용성 중

어느 하나 이상이 D등급 이하인 경우를 의미한다. 또한, 특정시점은 노후에 따른 보수개량이 필요한 시설물과 천재지변 또는 설계오류와 같은 노후화가 아닌 다른 사유로 인해 보수개량이 필요한 시설물을 구분하기 위해 개별시설물이 적정성능수준에 평균적으로 도달하는 경과연수를 통계적으로 분석하여 산정할 필요가 있다.

시설물의 내용연수는 국가회계기준에 따라 객관적이고 합리적인 방법으로 추정된 자산이 사용가능할 것으로 기대되는 기간을 의미한다(MOEF, 2011). 그러나 노후 시설물 관리에 있어서 내용연수는 감가상각이나 조세를 위한 회계적 관점보다는 시설물의 목표 서비스 수준을 국민에게 정상적으로 제공하는 적정성능수준 유지 관점에서 산정되어야 한다(Cho et al., 2012). 그러나 국내 철도시설물 내용연수는 관련 법 및 조달청에서 제시하는 가이드라인을 기반으로 산정하고 있어 내용연수에 하위분류 수준에서의 시설물 성능을 실증적으로 반영하지 못하고 있다. 국내 시설물 성능평가 제도는 시행된 지 얼마 되지 않았으며, 미국에 비해 철도시설 운영기관이 적기 때문에 데이터 기반 실증적 내용연수 산정을 위한 데이터가 양적으로 부족하다. 이는 철도시설물 성능평가제도가 정착하고 향후 성능평가 데이터가 충분히 누적되면 극복할 수 있을 것으로 기대되며, 이후 미국 FTA에서 활용하고 있는 데이터 기반 성능 중심 내용연수 산정 및 우선/교체 우선순위 산정을 벤치마킹하여 적용할 수 있을 것이다.

4.2 시설물 성능 및 유지관리 데이터 확보를 위한 자산 관리체계 개선

국내 철도시설 관리기관은 각각의 자산분류체계에 따라 자산관리를 시행해왔다. 이에 따라, 동일 시설물이라고 하더라도 관리기관별 상이한 자산분류체계에 의해 기존에 축적한 시설물 관리 데이터 공유가 어려운 실정이다. 최근 국내 철도시설 성능평가와 유지관리 체계 구축에 대한 연구가 진행되면서 철도시설 분류체계가 공표되었다. 2019년 제정된 『철도시설의 정기점검 및 성능평가에 관한 지침』에서는 철도시설을 구조물, 궤도시설, 건축물, 전철전력, 신호 제어, 통신 등 6개 대분류 83개 소분류로 분류하였으며, 향후 이를 기반으로 주기적인 성능평가를 실시할 예정이다. 따라서, 국내 철도시설 관리기관에서 개별적으로 관리하는 시설물 내용연수, 유지관리내역 등 시설물 정보를 성능평가 지침에서 제시한 철도시설 분류체계에 따라 재정리하고 성능평가 데이터와 더불어 체계적인 데이터 축적이 이루어지면, 향후 데이터 기반 체계적 자산관리에 기여할 것으로 기대된다. 마지막으로, 시설물 성능평가 데이터와 유지관리비용 데이터 연계를 위한 자산관리체계 개선이 필요하다. 현재 국내에서는 시설물 유지관리를 위한 예산이 실제 어떤 시설물에 얼마만큼 배정되었는지에 대한 정보가 체계적으로 관리되지 못하고 있는 실정이다. 시설물 세부항목별 유지관리비용은 시설물

성과 유지관리비용 간 관계를 분석하고, 이를 기반으로 향후 노후 철도시설 유지관리를 위한 예산 수립을 위한 기초자료이다. 따라서, 성능평가 데이터뿐만 아니라 시설물 세부항목별 유지관리비용 데이터도 체계적으로 축적하고, 이를 기반으로 성능평가와 유지관리비용 간 관계를 분석하여 성능개선 의사결정에 활용하면 보다 효과적인 자산관리를 통해 효율적 예산 집행이 가능할 것으로 기대된다.

5. 결론

본 연구는 국내외 선행연구에서 노후 시설물을 어떻게 정의하였는지 고찰하고, 국내 노후 철도시설물 관리제도와 미국 FTA의 교통시설물 자산관리체계 비교분석을 통해 벤치마킹 포인트를 도출하였다.

기존 문헌에서 통용되는 노후 시설물에 대한 명확한 정의나 개념은 정립되지 않았으며, 대부분 준공 후 30년 이상 경과한 시설물과 같이 경과연수를 기반으로 노후 시설물을 분류하였다. 그러나 시설물 노후화는 시설물의 입지환경과 유지관리 상황 등 외부요인에 따라 달라지기 때문에 노후 시설물 판단시 경과연수뿐만 아니라 시설물의 성능도 같이 고려해야 한다.

우리나라보다 앞서 인프라 시설물 노후화를 경험하고 있는 미국은 성능평가 기반 교통시설물 관리체계를 수립하고, 공공기관인 FTA를 통해 미국 전역의 교통시설물 운영기관으로부터 시설물별 내용연수, 성능평가 결과, 유지관리비용을 수집·분석하여 데이터 기반 자산관리를 시행하고 있다. 내용연수는 동일 시설물이라고 하더라도 주변 환경과 관리수준에 따라 노후 수준이 상이하다. 이에 따라 미국 FTA에서는 127개 교통시설물에 대하여 경과연수에 따른 성능등급을 통계적으로 분석하여 내용연수 벤치마크를 제공하고, 엑셀기반 시설물 성능 예측 및 보수/개량 우선순위 지표 관리도구를 배포하고 있다.

국내 철도시설 관리기관은 최근 제정된 성능평가 지침에 따라 평가를 진행하고 있으나, 평가된 결과를 바탕으로 노후 시설물 정의 및 보수/개량 우선순위 산정에 어려움을 겪고 있다. 우리보다 앞서 노후화를 경험하고 전략을 수립한 미국의 경우 대규모 성능평가 데이터베이스를 구축하고, 통계적 분석을 기반으로 노후 시설물 유지관리계획을 수립 시행하고 있다. 국내 성능중심 철도시설 유지관리체계는 현재 다양한 연구를 통해 전환되고 있는 단계로, 본 논문에서 고찰한 미국 FTA의 교통시설물 관리체계는 국내 성능중심 노후 철도시설 유지관리체계 고도화에 도움이 될 것으로 기대된다.

그러나 아직 데이터 기반 성능중심 철도시설 유지관리를 위한 충분한 성능평가 데이터가 축적되지 않았으며, 철도시설 운영기관별 시설물 분류체계가 상이하기 때문에 기존 데이터를 공유하기가

어려울 것으로 판단된다. 따라서, 철도시설 성능평가 지침에서 제시한 철도시설 분류체계를 표준으로 기존 시설물 정보를 재정리하여 각 교통시설 관리기관의 데이터 공유가 가능해지면 데이터 기반 철도시설 유지관리에 도움이 될 것으로 기대된다. 또한, 성능평가 데이터가 충분히 축적되면 경과연수와 성능등급을 복합적으로 고려하여 노후 시설물을 판단하고 보수/개량 우선순위 산정이 가능할 것이다. 특히, 내용연수와 성능등급뿐만 아니라 시설물 유지관리비용을 시설물 분류체계에 따라 구분하여 관리하고 데이터베이스화하면, 시설물별 경과연수와 성능등급에 따른 유지관리 비용 예측 및 효율적 예산집행을 위한 투자계획 수립에 기여할 것으로 기대된다.

본 연구의 한계점으로는 철도시설 유지관리이력 및 성능평가 데이터 획득의 어려움으로 인해 실증적 타당성 및 실효성 검토에 미흡함이 있다. 향후 연구에서는 국내 철도시설 관리기관으로부터 표준 철도시설 분류체계에 따른 시설물 내용연수, 유지관리이력, 성능평가결과 등 시설물 정보를 수집하여 시설물 유형별 내용연수와 성능 간 관계를 분석하고, 적정성능수준을 도출하는 연구를 진행할 예정이다.

감사의 글

본 연구는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원(NRF-2020R1F1A1070612) 및 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원(P0008475, 2021년 스마트 디지털엔지니어링전문인력양성사업)을 받아 수행된 연구임.

본 논문은 2020 CONVENTION 논문을 수정·보완하여 작성되었습니다.

References

Ahn, J. W., Cho, J. H. and Lee, S. H. (2017). *Strengthening public-private partnership for infrastructure asset management*, Korea Research Institute of Human Settlements, KRIHS (in Korean).

Ahn, K. W., Oh, J. H., Park, J. H., Woo, S. G., Park, J. S., Kim J. I., Jang, I. S. and Madanat, S. (2013). *The new transport SOC strategies and policies in response to changes in socio-economic circumstances: Development of SOC monitoring indicators and adoption of deteriorated infrastructure management system*, The Korea Transport Institute, KOTI, 2013-22 (in Korean).

Cevallos, F. (2016). *State of good repair performance measures: Assessing asset condition, age, and performance data*, U.S. National Center for Transit Research.

Chin, K. H., Lee, Y. H., Jung, I. S. and Kim, Y. H. (2017). *A study on establishment of medium and long-term improvement investment plan of aging national railway facilities*, Korea Institute of Construction Technology, KICT (in Korean).

Cho, D. Y., Jung, H. S. and Gong, J. H. (2018). *Research on infrastructure maintenance systems in major overseas countries*, National Assembly Research Service, NARS (in Korean).

Cho, J. Y. (2017). *Strategies and policy implications for responding to old infrastructure in Japan*, Korea Research Institute for Construction Policy, RICON, Construction Policy Review, 2017-11 (in Korean).

Cho, T. H., Lee, B. C. and Do, K. T. (2012). "A study on the estimation of useful life for individual asset." *National Account Review, Bank of Korea*, Vol. 2012. No. 1. pp. 1-46 (in Korean).

Cohen, H. S. and Barr, J. (2012). "State of good repair: Prioritizing the rehabilitation and replacement of existing capital assets and evaluating the implications for transit." *U.S. Transportation Research Board*, Vol. 157.

Japan Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (MLIT) (2015). *Road maintenance in japan: problems and solutions*, Available at: https://www.mlit.go.jp/road/road_e/s3_maintenance.html (Accessed: November 16, 2020).

Jung, D. S., Ahn, G. K., Kim, C. Y., Park, S. H., Kim, J. H., Shin, B. G. and Yang, H. M. (2016). *Establishment of research foundation for longevity of bridges in public service through performance evaluation of aged (demolishing) bridge*, Korea Construction Engineering Development Collaboratory Management Institute, KOCED (in Korean).

Kim, J. Y., Cho, J. S. and Lee, J. H. (2015). *Investment paradigm and policy corresponding to transport infrastructure deterioration*, The Korea Transport Institute, KOTI, MP-15-07 (in Korean).

Korea Appraisal Board (KAB) (2013). *List of useful life of tangible fixed assets*. Available at: <http://www.kab.co.kr/kab/home/main/main.jsp> (Accessed: November 16, 2020) (in Korean).

Korea Ministry of Economy and Finance (MOEF) (2011). *Asset revaluation accounting guidelines* (in Korean).

Korea Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MOLIT) (2019). *Comprehensive countermeasures to strengthen safety for sustainable infrastructure* (in Korean).

Lee, S. W., Kim, J. J., Uhm, K. Y. and Kim, S. H. (2019). *The necessity of expanding investment in old infrastructure and policy measures*, Construction and Economy Research Institute of Korea, CERIK (in Korean).

Park, K. T., Park, H. S., Lee, J. S., Yoo, Y. J., Lee, Y. H., Seo, D. W., Kim, B. C., Min, J. Y., Na, W. K., Park, J. S., Jung, G. S., Kim, G. Y. and Lee, S. H. (2018). *Development of mid-long term data based standardized platform and service technology for aging infrastructure maintenance*, Korea Institute of Construction Technology, KICT (in Korean).

Tamakoshi, T., Shirato, M., Yokoi, Y., Mabuchi, T. and Yabu, M. (2014). *Guidelines for periodic road structure inspections*, Japan National Institute for Land and Infrastructure Management (NILIM). Available at: http://www.nilim.go.jp/english/annual/annual2015/pdf_file/43.pdf (Accessed: November 16, 2020).

U.K. Highways England (2020). *Highway England operational metrics manual*, Available at: <https://highwaysengland.co.uk/publications/> (Accessed: November 16, 2020).

- U.K. Ministry of Defense (MOD) (2009). *UK railways permanent way design and maintenance policy and standards*.
- U.S. Department of Defense (DOD) (2008). *Railroad track maintenance and safety standards*.
- U.S. Federal Railroad Administration (FRA) (2016). *Benefit-cost analysis guidance for rail projects*.
- U.S. Federal Transit Administration (FTA) (2016). *Transit asset management final rule*, Available at: <https://www.transit.dot.gov/sites/fta.dot.gov/files/docs/Transit%20Asset%20Management%20Final%20Rule.pdf> (Accessed: November 16, 2020).
- U.S. Federal Transit Administration (FTA) (2017). *Transit asset management final rule fact sheet*, Available at: <https://www.transit.dot.gov/TAM/rulemaking/finalrulefactsheet> (Accessed: November 16, 2020).
- U.S. Federal Transit Administration (FTA) (2020). *Performance measures - Facilities*, Available at: <https://www.transit.dot.gov/PerformanceManagement> (Accessed: November 16, 2020).
- U.S. Minnesota Department of Transportation (MNDOT) (2019). *Minnesota transportation asset management plan*.
- U.S. Regional Transportation Authority (RTA) (2016). *Capital asset condition 2016 - Year 5 assessment*.
- Yoo, B. K. and Kim, D. Y. (2013). *Current state of aging infrastructure and problems*, Weekly Economic Review. Hyundai Research Institute (in Korean).
- Yoon, J. S. (2020). *28% of aged rail infrastructure have passed 40 years or more after construction.*, Yonhap News, Available at: <https://www.yna.co.kr/view/AKR20200917052000003?input=1195m> (Accessed: February 9, 2021).