

기반시설의 선제적 유지관리를 위한 방법론 개발

오원준¹, 조종연², 이민재^{1*}
¹충남대학교 토목공학과, ²유니콘스(주)

Develop Methodology for Preventive Maintenance of Infrastructure

Won-Joon Oh¹, Choong-Yeun Cho², Min-Jae Lee^{1*}
¹Department of Civil Engineering, Chungnam National University
²R&D Division, Unicons Co. Ltd

요약 기존 유지관리 체계는 주기적 점검·진단을 시행하고, 도출된 시설물의 손상에 대한 복원 차원의 유지관리를 수행하고 있어, 장기적이고 분석적인 예산 계획 수립이 어려운 현실이다. 또한, 최근 기반시설관리법의 도입이 이루어져 법에 따른 신규 이행사항에 대한 구체적인 실행방안이 필요한 실정이다. 본 논문에서는 사후 대응방식 유지관리 체계의 한계를 극복하고, 생애주기 차원의 성능·비용 효과를 고려한 기반시설의 중장기적 계획 수립을 위해 선제적 유지관리체계를 위한 신규 이행사항 중 실태조사에 대한 세부 방법론을 제시하였다. 첫째, 정보조사는 정보관리체계의 전산화 자료를 구축하여 실행계획 수립 등의 근거 자료로 활용하는 단계이다. 둘째, 정보분석은 조사된 이력정보를 활용하여 개별시설물의 유지관리를 위한 조치시기를 기대효과로 분석하는 단계이다. 마지막으로, 실행계획은 유지관리 소요 예산과 항목별 세부 내용을 수립하는 단계로 구분하여 방법론을 제시하였다. 본 논문에서 제시한 실태조사 방법론은 관리주체의 유지관리 의사결정에 적용이 가능하여 효율적인 기반시설 유지관리업무 수행에 도움이 될 것으로 판단된다.

Abstract The current process and framework used for infrastructure maintenance is based on a reactive repair and reinforcement approach for damaged parts of structures. However, there is a shortage of maintenance funds compared to the massive increase in aged structures, so application of an effective maintenance strategy and decision making is necessary. Application of a short-term and long-term maintenance management strategy is very important for safe and effective management of infrastructure assets. Recently, the government has recognized greater needs for infrastructure maintenance funds and has promoted several laws and acts to prepare for these needs. In this study, a life-cycle-based infrastructure-asset management information framework was developed. Unlike the previous reactive maintenance approach, we developed a preventive long/short-term maintenance strategy framework and information flow process. The process could help to find and monitor structural deterioration conditions and to prepare proper preventive actions for more effective timing at lower cost by comparing cost-performance decision analyses. The framework could help to make better decisions for more effective and safer management of infrastructure assets.

Keywords : Life Cycle Cost, Preventive Maintenance, Asset Management, Sustainable Infrastructure, Maintenance Management

본 연구는 한국연구재단 이공분야기초연구 지원사업의 연구비 지원(NRF-2022R1I1A3068942)에 의해 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

*Corresponding Author : Min-Jae Lee(Chungnam Univ.)

email: lmjcm@cnu.ac.kr

Received May 11, 2023

Accepted July 7, 2023

Revised May 23, 2023

Published July 31, 2023

1. 서론

1.1 연구의 배경

기반시설은 국가를 형성하는 주요 자원이며, 국민이 삶을 영위하는 데 필요한 교통, 공급, 유통 등의 시설로 국가의 근간과 바탕을 이루고 있다.

기반시설은 주로 건설과 유지관리로 구분하여 관리가 되어왔으며, 이에 따른 시장도 건설과 유지관리 시장으로 구분되어 있다. 건설의 경우, 계획, 설계, 시공 등의 다양한 공학 기술이 세계적인 수준에 이르렀다 할 수 있지만, 유지관리는 1990년대 성수대교와 삼풍백화점 붕괴사고 이후 제정된 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법(이하 “시설물안전법”)에 따라 점검·진단과 보수보강의 두 가지 공학 분야로만 나누어져 있었다. 건설기술의 발전만큼 유지관리 기술의 고도화가 매우 중요하지만, 그동안 급속 성장 정책으로 건설기술 위주의 발전에 치중한 것도 사실이다. 하지만, 최근 발생한 열수송관 사고, 통신선로 화재 사고, 도로 침몰 사고 등으로 지하 시설물 등 기반시설의 안전에 관심이 높아졌으며, 과거 성수대교와 삼풍백화점 붕괴사고와 같은 참사를 막기 위해 기반시설의 효율적인 유지관리, 종합적인 자산관리 체계 수립, 방법론 개발에 관심이 높아지고 있다[1].

1.2 연구의 목적

사회기반시설에 대한 기존 유지관리 체계는 점검진단을 수행하고, 발견된 손상을 복원하는 사후 조치 형태의 유지관리를 시행해왔다. 이러한 유지관리체계는 기반시설을 구성하는 세부 시설물이 노후화될수록 복원 대상 손상이 늘어나고, 이에 따른 예산도 증가하여, 사후 대응 방식의 유지관리체계 한계에 대한 문제가 대두하였다. 이에 따라 기존 대응 방식의 유지관리를 개선하기 위한 시설물 유지관리 기본법, 개별법, 특별법 등이 제·개정되고 있고, 법령에 따라 유지관리 주체의 새로운 업무가 생겨나고 있다[2]. 그중 본 논문은 점검·진단과 보수보강공사 행위 이외에 지속가능한 기반시설 관리 기본법(이하 “기반시설관리법”)의 실태조사 유지관리 업무를 위한 체계적이며 구체적인 자산관리 방법론을 제시하고자 한다.

- 유지관리체계 : 시설물안전법에 의한 점검·진단 ⇒ 부재 및 시설물 등급 평가 ⇒ 배정된 예산에 따라 등급이 낮은 부재 우선으로 유지관리 수행
- 선제적 유지관리체계 : 시설물 정보조사 ⇒ 정보분석 ⇒ 실행계획(단기/중장기) 수립 ⇒ 계획에 의한 예산 배정 ⇒ 상태 예측에 따른 유지관리 수행

1.3 연구의 범위 및 방법

국내의 유지관리의 동향 분석 결과를 기반으로 생애주기 이력 정보조사 및 분석에 기초한 기반시설 관리방법론을 기반시설관리법상 실태조사로 정의하고, 정보조사, 정보분석, 실행계획 수립의 단계별 내용과 절차를 제시하였다. 본 논문에서 제시한 세부 방법론은 효율적인 유지관리를 위한 기반시설의 실태조사를 위한 유지관리 절차와 의사결정을 위해 이력 정보를 수집하고, 정보분석 결과를 정량적으로 제시하기 위한 방법론(Fig. 1)을 중심으로 연구를 진행하였다.

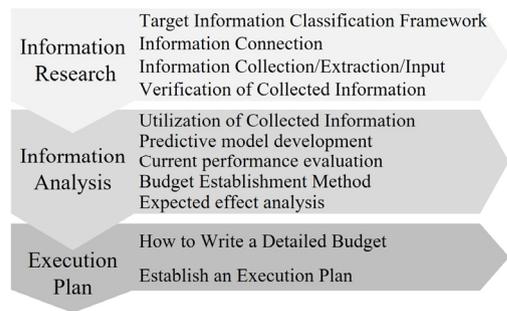


Fig. 1. Research Methodologies and Processes

2. 선제적 유지관리를 위한 선행연구 분석

2.1 국외 노후 기반시설 유지관리 방법론

2.1.1 영미권의 유지관리체계

미국 주 고속도로 및 교통 공무원 협회는 5단계의 환류 체계 목표와 목적의 설정, 옵션 분석과 균형, 의사결정과 자원분배, 수행 및 완성을 통해 효율적 유지관리를 위한 단기 및 장기 의사결정 업무체계를 제공하고, 의사결정시 정책성, 예산, 기대효과를 반영하고 있다[3].

호주는 국제사회기반시설 관리매뉴얼(IIMM)에 준하여 자산관리 전략을 기초로 계획의 검토 및 감사를 정보관리 및 데이터 개방을 통해 지원하고, 자산 정보조사를 통해 서비스 수준을 결정하여, 생애주기 관리전략에 따라 재정 예측 후 계획의 타당성 검증 후 전략을 개선하거나, 피드백하는 환류 체계를 구축하고 있다[4].

캐나다는 도로관리를 위한 유지관리체계(TIMs)를 바탕으로 효율적인 자금 운영계획과 조달을 위한 관리 프로세스를 구축하고 있다. 절차는 기반시설의 상태(등급, 위치 등) 및 조건 분석부터 유지관리계획 시행까지의 단계로 구성되어 있고, 기반시설의 상태와 예상되는 성능

을 결정하기 위해 CPI를 도입·운영하고 있다.

2.1.2 일본의 유지관리체계

일본은 노후 기반시설 유지관리 계획과 동시에 사회자본 정보 플랫폼을 통해 국토교통성에서 정책 입안과 예산요구 등에 자료를 활용하기 위해 분야별 DB를 구축하고, 시설의 기본제원과 점검기록 등을 공개하여 일반 이용자 등에 의한 활용을 쉽게 하였으며, 각 분야에서는 점검 진행 상황, 시설의 건전성과 조치상황의 실태를 공표하고 있다[5].

2.2 국내 노후 기반시설 유지관리 절차분석

2.2.1 기반시설관리법

기반시설관리법은 국토교통부가 5년 단위의 기본계획을 수립하고, 관리주체도 기본계획에 따라 5년 단위의 관리계획을 작성하여 이를 기반시설관리 위원회에 제출하도록 하고 있다[6]. 관리주체는 관리계획 작성을 위해 15종 시설에 대해 실태조사 및 성능평가를 계획·이행하고, 국토교통부의 성능개선 및 최소유지관리 공통기준에 따라 시설물 세부 유형별 성능개선 및 최소유지관리 기준을 수립하게 되어 있다.

그러나 세부 항목에 대한 기준, 편람 등이 수립 중인 상태이며, 철도법을 제외하고 나머지 기반시설들의 개별법 관련 내용의 제정과 세부적인 방법론의 수립이 필요한 상황이다.

실태조사는 기반시설관리법 제9조에 따른 기반시설 관리계획을 작성하기 위해 수행되어야 하는 기초 조사이며, 관리계획에 따라 세부 유지관리 계획을 수립하려면 기반시설관리법에서 제시하는 최소유지관리기준 이상으로 관리계획 수립 및 유지관리를 시행하도록 하고, 성능개선기준에 따라 소관 시설의 주기적인 성능평가를 시행하여 성능개선이 이루어지도록 하고 있다. 기준 수립 및 관리계획은 기반시설의 실태조사를 기초로 하며, 기반시설관리법 제14조(기반시설 실태조사)에서 관련 사항을 제시하고 있다[7].

2.2.2 시설물안전법

시설물안전법은 시설물에 대해 부재 단위의 안전상태를 평가하고 이를 종합하여 시설물을 등급화하여 관리하도록 체계를 수립하였으며, 기반시설의 이력을 분석하기 위한 자료를 시설물통합정보관리시스템(FMS)으로 관리하고 있다[8].

2.2.3 철도건설법

기반시설관리법과 시설물안전법의 법령 체계를 고려하여 철도시설 전반에 걸친 안전관리를 위해 철도건설법이 제정·시행되고 있다.

법률의 내용은 기반시설관리법에서 정의하는 개별법의 성능평가 세부 기준에 부합되는 내용과 정보관리체계의 구축 등의 세부 사항의 방법론을 정의하였으며, 철도 시설에 대한 정기점검·성능평가 기준 등을 마련하여 철도시설관리자가 점검, 진단, 성능평가를 수행할 수 있는 기초를 마련하였다. 또한, 해당 법령에서는 대상 시설을 국한하지 않고, 철도시설 전체를 대상으로 유지관리 절차를 제시하고 있다.

2.2.4 서울시 노후 기반시설 성능개선 및 장수명화 촉진 조례

기반시설관리법과 유사한 조례로 서울시 장수명화 촉진 조례가 있다. 서울시 장수명화 촉진 조례는 노후 기반시설의 선제적 관리추진을 위한 것으로 노후 기반시설 실태를 분석하여 선제적으로 유지관리하는 체계를 구축하는 것으로 빅데이터 분석 시스템을 개발하고, 중앙정부 차원의 제도적 지원체계 마련과 유지관리 예산 추가 확보 방안을 수립하고 있다.

2.3 국내 시설물 정보관리체계 운영현황 분석

기반시설관리법에 따른 유지관리체계 변화에 핵심적인 사항은 시설물 관련 이력 정보를 조사하고, 이를 데이터베이스화하여 효율적인 시설물 관리를 위한 다양한 전략 수립에 활용하는데 있다. 하지만, 현재 다양한 건설정보 관련 시스템이 구축 운영 중이나, 기반시설관리법의 세부 관리절차 내용에 부합되는 시스템은 없는 실정이다. 따라서 국토교통부는 국토계획법상 기반시설 중 15종의 주요 관리대상 기반시설 분류에 따른 시설물별 정보관리 체계를 분석하여 필요 정보에 대한 정보관리시스템을 구축하는 세부 계획을 수립하고 있다.

2.4 동향 분석에 따른 문제점 및 보완 방향

시설물안전법은 대응 방식의 유지관리체계를 시작으로 성능중심 평가체계까지 고도화를 목적으로 하고 있지만, 주로 규모가 크거나 중요도가 높은 대형 시설물만 적용되고, 단위 시설물 위주의 평가로 인해 종합적인 자산 관리 측면의 의사결정보다는 개별적 문제점 해결에 초점을 맞춰왔다.

이러한 문제점을 개선하기 위해 기반시설관리법은 개별 관리시설물을 통합기준을 통해 관리하고, 생애주기 이력 정보를 지속적으로 구축하여 미래 상태 예측과 전망을 포함하여 개선된 유지관리 계획을 도출할 목적으로 시행되었지만, 법 제도 정착과 이를 통해 실효성을 갖추려면 몇 가지 중요한 현안 문제점이 보완되어야 할 것으로 판단된다.

이를 위해 본 논문에서는 성능중심 및 선제적 유지관리체계에 관한 절차를 분석하여 기반시설관리법에 따른 유지관리 주체가 수행하는 실태조사의 세부 방법론을 제시하였다.

3. 기반시설물 생애주기 정보조사

3.1 정보조사 개요

정보조사는 시설별 실태조사시 정보분석, 실행계획 수립을 위한 기초자료를 조사하는 것으로서 관리주체가 관리하는 해당 시설을 대상으로 준공 이후 현재까지의 유지관리 이력 자료를 수집하는 단계이다.

3.2 정보조사 절차

정보조사 수집은 설계·유지관리·예산정보로 구분하여, 해당 시설물의 준공 이후부터 정보조사 시점까지 발생한 설계, 유지관리, 예산 등에 관련된 이력 자료를 수집한다. 수집된 정보는 정보분류체계 및 정보 표준화에 맞춰 추출, 입력, 검증 과정을 통해 정보조사 결과 DB에 축적된다. 정보조사의 절차(Fig. 2)는 정보조사 대상 정의 후 정보수집, 정보추출, 정보입력, 정보검증 순으로 4단계로 구분하여 수행된다.

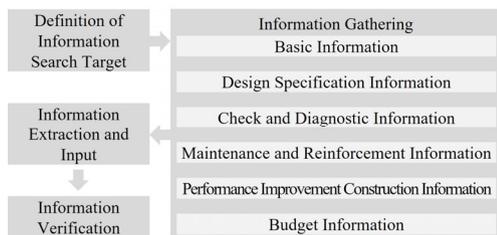


Fig. 2. Information Investigation Process for Fact-Finding Survey

[1단계] 정보수집 : 대상시설물의 이력 자료(설계도서, 도면, 내역서, 점검진단보고서, 보수보강 내역

서, 성능개선공사자료, 예산 내역서, 과업내용서 등)를 수집한다.

[2단계] 정보추출 : 개별시설물 단위의 정보를 연차별, 부위별, 부재별 분류 레벨을 적용하여 객체화된 정보를 추출한다.

[3단계] 정보입력 : 추출된 정보를 정보분류체계 및 정보 표준화에 따라 전산화 정보로 DB에 입력한다.

[4단계] 정보검증 : 유사 정보의 통계 분석 및 오입력, 미입력 정보에 대한 검증을 시행한다.

4. 기반시설물 생애주기이력 정보분석

4.1 정보분석 개요 및 절차

정보분석은 정보조사에서 수집된 자료를 토대로 개별 시설물에 대한 현시점 성능평가, 부재 단위 또는 시설물 전체 적용 공사계획, 최적 보수보강공사 계획 등을 수립하여 개별시설물 전체의 유지관리를 위한 보수보강 및 성능개선 공사의 시기와 비용, 그에 따른 기대효과를 분석하는 단계(Fig. 3)이다.

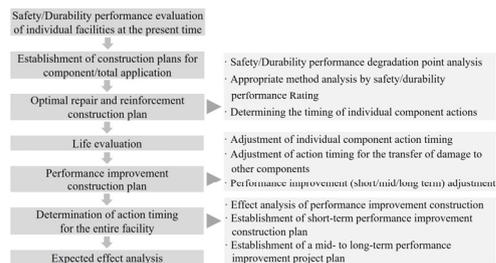


Fig. 3. Information Analysis Procedure for Fact-Finding Survey

4.2 현시점 성능평가

생애주기 분석을 위한 정보관리체계에 구축된 정보분석의 첫 번째는 개별시설물 단위의 현시점 성능을 평가하는 것이다. 현시점 성능평가는 안전, 내구, 사용성능으로 구분하여 각각 평가되며, 가중 결합을 통해 시설물 단위의 종합성능을 도출한다.

현시점 성능평가를 위해서는 세부 평가지표 및 평가항목의 상태지수를 조사한다. 평가지표 및 평가항목에 가중치를 적용하여 종합점수를 도출하고, 이를 현시점 성능평가 등급으로 산정한다. 마지막으로 종합점수를 토대

로 현재 성능과 시설물 최소유지관리 및 성능개선 기준을 비교하여 현시점 개별시설물의 성능 만족 여부를 판별한다.

4.3 부재/전체 적용공사계획 수립

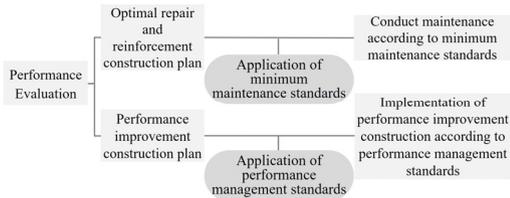


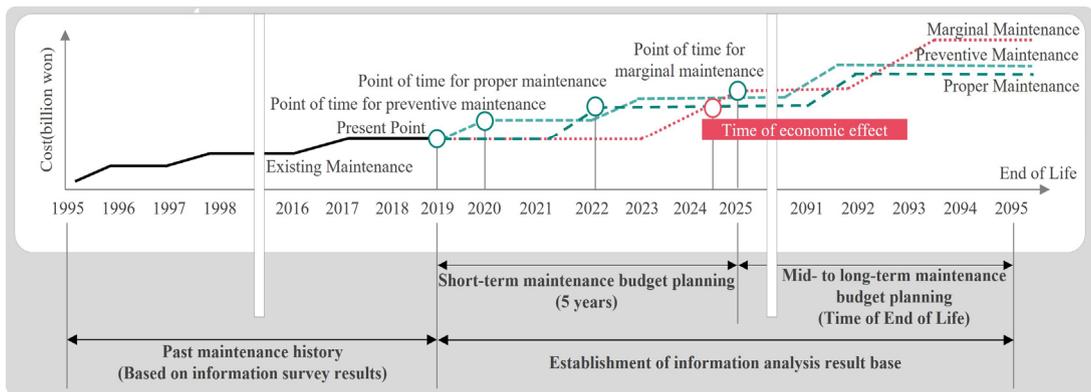
Fig. 4. Standard for Establishing Plan for Component /Total Application Construction

현시점 성능평가 수행 후 기반시설물 유형별 정보조사에서 구분된 부재 혹은 시설물 단위에 대해 최적 보수보

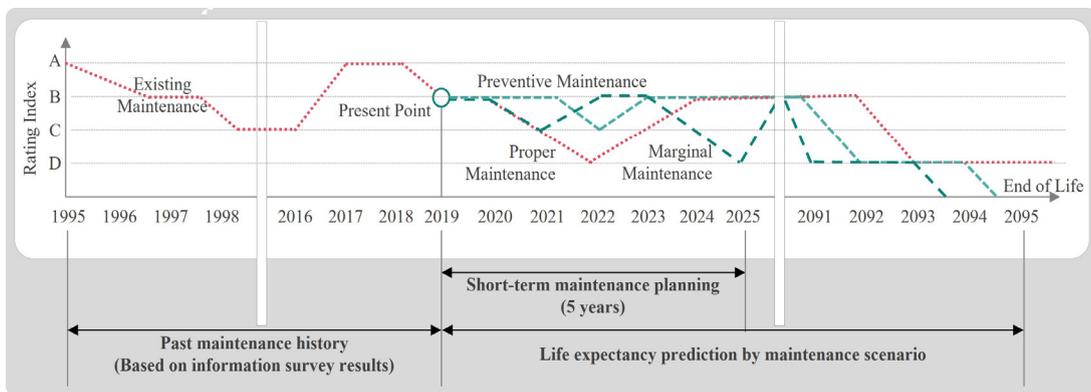
강 및 성능개선공사 계획을 수립하며, 각각의 계획은 시설물 유형별로 적용되는 기준을 토대로 수립된다. 먼저, 최적 보수보강공사에 대한 세부 계획은 최소유지관리 기준에 따라 성능등급 조치가 필요한 수준으로 저하되면 기준에 따라 분류된 유지관리 조치 수준을 적용하고, 성능개선공사에 대한 세부 계획은 시설물 유형별 성능개선 기준을 바탕으로 성능평가 결과에 따라 적용공사를 수립 (Fig. 4)한다.

4.4 최적 보수보강 계획수립

최적 보수보강공사 계획은 초기 설계된 성능 수준을 유지하고, 시설물의 장수명화를 도모하기 위하여 최적의 보수/보강 공사계획을 수립하는 목적이 있으며, 이를 위한 최적화는 보수/보강 비용 절감, 생애주기 평균 성능의 향상, 시설물의 사용 수명증대를 기초로 한다. 최적 보수보강공사 계획은 시설물 혹은 부재에 대하여 보수 및 보



(a) Annual Cumulative Budget Required by Maintenance Scenario



(b) Annual Performance Change by Maintenance Scenario

Fig. 5. How to Establish an Optimal Repair and Reinforcement Plan

강 등의 유지관리 조치를 통하여 수명을 연장하는 유지관리 계획이다. 최적 보수보강공사 정보조사에서 분류된 부재에 대해 설계정보, 유지관리정보, 성능개선공사정보, 시설물 관리 예산정보를 통하여 주기 및 재주기 등의 성능저하를 분석하고, 각 안전/내구 성능등급별 유지관리 비용과 이로 인한 수명 등을 분석한다. 부재별로 성능저하 곡선 및 각 안전/내구 성능등급별 유지관리 비용을 최적화할 수 있는 유지관리 단기(5년 이내)/중장기(5년 이후~공용수명) 관리계획을 도출한다.

Fig. 5는 최적 보수보강계획 수립 방법을 도식화한 것으로 개별 부재 단위에서 최적의 조치 시기 분석을 통해 세부 내용을 수립할 수 있다. 이러한 최적 조치 시기 분석은 해당 시설물의 부재별 성능등급이 저하되는 시기를 예측하여 성능등급에 따른 보수, 보강 및 교체 등의 조치를 통하여 성능등급을 향상하기 위한 시기를 결정하는 것이다. 이를 통해 성능과 비용, 그리고 수명에 대하여 최적화된 유지관리 시나리오를 찾아 공사계획을 수립하는 것이다. 이때, 유지관리 시나리오는 선제적, 적정, 한계 등으로 구분하여 과거 유지관리 이력 기반 향후 발생할 비용의 변화, 성능의 변화를 도출하여야 하고, 경제적 효과가 발현되는 시점을 분석하여 최적의 시나리오를 결정하여야 한다. 각각의 시나리오에 대해 성능, 비용, 수명에 대한 기대효과를 비교 검토하여 최적의 시나리오를 통해 현시점의 보수보강 계획을 수립한다. 성능저하 및 비용예측 모델과 수명분석에 따른 기대수명 동안의 기대효과 분석은 최적 조치시기 분석 방법을 통해 정량적 수치의 도출이 가능하다.

- 선제적 유지관리 시나리오 : B등급 조치
- 적정 유지관리 시나리오 : B ~ C등급 조치
- 한계 유지관리 시나리오 : D등급 조치

4.5 성능개선 계획수립

성능개선공사는 현재 시점에 개별시설물의 안전성, 내구성, 사용성에 대한 성능을 평가한 후 저하된 개별성능이나 종합성능을 개선하기 위해 수립한다.

성능개선공사 계획수립은 현시점 성능평가 및 적용공사계획 수립을 따른다. 성능등급 하락으로 부분 또는 전체 시설물의 성능개선공사 적용 여부가 확정되면, 적용 가능한 대안을 수립하고, 해당 대안의 성능과 비용에 대해 분석을 수행한다. 성능과 비용에 대한 분석은 보통 대안 평가에 많이 활용되는 비용-효과분석, VE/LCC 분석, BC 분석 등을 적용할 수 있다. 분석 결과에 의한 최적

대안을 해당 성능개선공사 계획으로 결정하고, 이에 대한 기간과 비용의 세부 사항을 마련하여 관리계획에 포함하여야 한다.

4.6 시설물 전체 조치시기 조정

시설물 전체 조치시기 조정의 첫 번째 대상은 인접 시점에 유지보수 공사를 해야 하는 부재들의 유지보수 시점을 조정하여, 중복으로 발생하는 유지보수비용의 부대비용이나 간접비용을 절감할 수 있는 경제적 유지보수 공사계획을 수립하는 것이다.

시설물 전체 조치시기 조정의 두 번째 대상은 개별 부재가 타 부재로의 손상이 전이되기 전에 조치시기를 조정하는 것으로, 영향 유발 부재의 손상이 영향 부재로의 손상 이전 시점에 영향 유발 부재를 조치하는 것이다.

4.7 기대효과 도출

실제 수행할 유지관리계획과 대안으로 구성할 유지관리계획을 비교하여, 유지관리 효율성에 대한 부분을 검증하고, 예산 투입의 타당성을 높이기 위한 단계이다. 기대효과는 최적 조치 시기 결정 과정에서 언급한 기대수명 증대 효과, 생애주기 비용 절감효과, 생애주기 평균 성능향상 효과로 구분하여 도출한다. 대안은 최적 조치 시기 결정을 위한 분석에서 다양한 유지보수 조치수준 중에서 기대효과가 가장 높은 것을 선제적 유지관리로 구성하고, 기존 유지관리 체계에 의한 유지관리 수준을 한계 유지관리로 설정하여 각각의 기대효과를 상대비교(Table 1) 한다.

5. 기반시설관리를 위한 실행계획 수립

5.1 실행계획수립

단기(5년 이내)/중장기(5년 이후~공용수명) 관리계획은 정보분석을 통해 도출된 기대효과를 기초로 시설물의 단기/중장기 유지관리 시행을 위한 실행계획을 수립하는 단계이다.

개별시설물의 실행계획수립 목적은 현재 시설물의 관리(성능)수준, 경제적 보수보강 시기 및 비용, 교체시기 연장(수명)을 고려한 최적 유지관리를 실행하기 위함이며, Table 2는 개별시설물의 실행계획 수립절차 및 단계별 내용을 나타낸 것이다.

Table 1. Performance, Lifespan, and Cost Expected Effect Analysis by Individual Component(Example)

Maintenance Scenario	Action Rating	Life Expectancy Increase Effect after Action	Life Cycle Prediction Cost (thousand won)	Cost/Life		Lifecycle Average Performance		
				Cost/Year	Relative Ratio	Rating Index	Relative Ratio	Rating
Preventive Action	Rating B	87	12,260	144.2	0.78	3.48	1.05	C
Marginal Management Action	Rating D	68	20,302	182.9	1.00	3.33	1.00	C

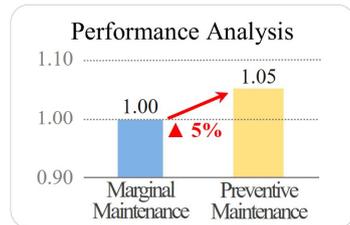
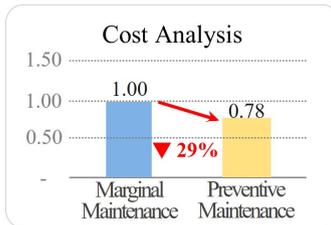
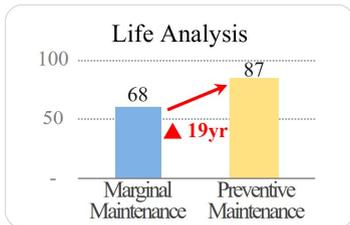


Table 2. Implementation Plan Establishment Process

Procedure	Contents
Implementation Plan Item Definition	Define cost items required for individual facilities during public use
Establishment of Implementation plan establishment period	Classification of short-term and mid- to long-term by detailed implementation plan item
Establish Implementation plan for each item	Establishment of implementation plans for each item, such as inspection and diagnosis, maintenance and reinforcement, daily repair, and performance improvement

Table 3. Detailed Implementation Plan Items

Detailed Items	Contents
Inspection and Diagnosis Plan	Inspection and diagnosis plan calculated according to detailed guidelines for safety and maintenance of facilities
Repair and Reinforcement Plan	Plans for repair, reinforcement, etc. calculated at the information analysis stage
Performance Improvement Plan	Plans for reconstruction, expansion, etc. calculated at the information analysis stage
Daily Maintenance Plan	Plan for routine repairs at the level of cleaning and routine maintenance
Agency and Consignment Plans	Necessary plan for outsourcing and consignment management of facilities
Facility Operation Plan	Plans for manpower and equipment for facility operation and operation, Planning for power use
Maintenance Plan for Electrical and Mechanical Facilities	Plans for maintenance of mechanical and electrical equipment

5.2 단계별 계획수립

개별시설물의 실행계획은 시설물의 성능을 유지하기 위해 현재시점 이후에 실시해야 하는 점검, 보수보강, 교체 등의 기본적인 유지관리 조치행위와 대형 및 위탁, 시설물 운영 등의 부가적인 유지관리 조치행위를 모두 포함한 종합적인 유지관리계획이다. 또한, 개별시설물의 실행계획은 정보분석 단계에서 도출된 개별시설물의 최적 보수보강공사 계획과 성능개선공사 계획뿐만 아니라 개별시설물의 공용 중에 발생하는 유지관리조치를 포함한다.

개별시설물의 세부실행계획 항목 정의는 공용 중 필요한 비용항목을 정의(Table 3)하는 것으로, 세부실행계획 항목에는 크게 점검진단계획, 보수보강계획, 성능개선계획, 일상보수계획이 있으며, 개별시설물의 특성에 따라 기타 세부실행계획 항목(대형 및 위탁/시설물 운영/기전 시설 보수)이 있는 경우 이를 포함하여 세부 실행계획 항목을 정의하여야 한다.

개별시설물의 실행계획은 시기별(단기, 중장기)로 구분하여 수립하여야 하며, 이는 관리부서의 시기별 필요 예산을 사전에 계획하는데 활용되도록 한다.

실행계획 수립과 공용 중 시설물에 투입되는 유지보수 조치 및 운영을 위해 투입되는 모든 비용에 대한 세부실행계획 항목을 정의하여야 한다. 특히, 기타 세부실행계획 항목을 정의하는 경우 실행계획을 수립하려는 대상시설물의 예산집행 이력정보를 검토하여, 대상시설물에 필요한 세부실행계획 항목이 누락되지 않도록 하여야 한다.

5.3 항목별 세부실행계획 수립

점검진단 실행계획 수립은 시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침에 따라 대상시설물에 필요한 점검진단 종류별 안전점검 실시시기를 적용한다[7]. 동 지침에 제시된 점검진단 종류별 비용 산정기준을 준용하여 세부 비용항목을 산정한다. 산정 결과를 기반으로 안전점검 실시 시기별 점검진단비를 적용하여 단기, 중장기 실행계획을 수립한다.

5.3.1 점검진단계획

시설물의 내구수명 동안에 실시하는 종류별 점검진단을 합리적인 비용으로 산정하여 점검진단 실행계획을 수립하여야 하며, 실행계획 수립 방법은 아래와 같이 안전점검 실시시기별 필요한 비용을 산정하여 단기 및 중장기 계획을 수립한다. 점검진단 실행계획 수립절차는 다음의 5단계로 구분된다.

- [1단계] 대상시설물의 점검진단 종류 및 시기를 산정
- [2단계] 대상시설물의 점검진단 비용을 산정
- [3단계] 대상시설물에 대하여 과거에 집행된 점검진단 종류별 비용과 계획된 점검진단 종류별 비용을 비교하여 합리적인 점검진단 비용을 결정
- [4단계] 대상시설물의 공용수명 동안의 점검진단 비용을 합산
- [5단계] 점검진단에 대한 단기/중장기 실행계획을 수립

5.3.2 보수보강계획

정보분석 단계에서 산정된 부재별 최적 보수보강 계획을 반영한 보수보강 실행계획을 수립한다. 보수보강 실행계획은 시설물의 공용수명 동안의 보수 및 보강시 투입되는 비용을 산정하고 단기, 중장기로 구분하여 보수보강 실행계획을 수립한다. 최적 보수보강공사 계획은 구조물의 안전성을 유지하고 성능향상 효과를 고려한 적정공법을 선정하고 보수보강 시행시기를 검토하여 실행 기간별 보수/보강 유지관리에 필요한 예산을 확보하기 위함이다. 보수보강 실행계획 수립절차는 다음과 같다.

- [1단계] 최적 보수보강계획을 기초로 보수보강시기 도출
- [2단계] 대상시설물의 부재별 손상유형에 보수보강공법 단가 도출
- [3단계] 대상시설물의 부재별 손상유형에 대한 보수보강물량 산정
- [4단계] 대상시설물의 부재별 보수보강비용 연차별 산정

[5단계] 보수보강계획에 대한 단기/중장기 실행계획 수립

5.3.3 성능개선계획

정보분석단계에서 산정된 부재별 성능개선 계획을 반영한 성능개선 실행계획을 수립한다. 성능개선 실행계획은 개량, 개축 등의 성능개선시 투입되는 비용을 산정하고 단기, 중장기로 구분하여 성능개선 실행계획을 수립한다.

성능개선 실행계획은 현시점 안전/내구 성능평가 결과 목표 성능등급을 만족하지 못해 성능개선 실행계획을 수립하는 경우와 향후 공용수명 경과시 노후화로 인한 성능개선(개축) 공사에 대한 예산을 예측하기 위함이다. 기본적으로 노후화로 인한 개축공사를 성능개선공사로 정의하고 이에 대한 비용을 산정하며, 성능개선 실행계획 수립절차는 아래와 같다.

- [1단계] 시기별(단기, 중장기) 요구되는 성능개선 공사 목록 정의
- [2단계] 정의된 성능개선 공사목록별 성능개선 공사비용 산정
- [3단계] 시기별(단기, 중장기) 요구되는 성능개선 공사 비용 합산
- [4단계] 성능개선 실행계획에 대한 단기계획 수립

5.3.4 일상보수계획

시설물의 일상보수 실행계획은 청소, 일상수선 등의 유지관리를 위한 일상적인 수준의 유지관리계획이며, 점검장비, 예비품 및 자재의 확보비용이 포함된다. 일상보수 실행계획은 요구되는 일상보수 유지관리 항목에 대해 연간 발생하는 비용을 산정하여 단기, 중장기로 구분하여 비용을 합산하며, 이러한 일상보수 실행계획 수립절차는 다음과 같다.

- [1단계] 개별시설물의 일상보수 목록 정의
- [2단계] 정의된 일상보수 목록의 구체적 내용 정의
- [3단계] 일상보수 목록별 실행 시기(주기) 산정
- [4단계] 일상보수비용 산정
- [5단계] 일상보수계획에 대한 단기/중장기 실행계획 수립

5.3.5 기타 실행계획

추가로 개별시설물이 요구하는 기타 유지보수 항목(대행 및 위탁, 시설물 운영, 기전시설 보수)에 대한 실행계

획을 수립한다. 기타 유지보수 항목별 유지보수 시기를 결정하고 1회 발생비용을 산정하여 단기, 중장기로 구분한 실행계획을 수립한다. 기타 실행계획은 점검, 보수보강, 성능개선, 일상보수 이외에 발생하는 유지관리 항목에 대한 실행계획으로 개별시설물마다 요구되는 유지관리 항목이 다양하므로 기타 실행계획 수립시 과거 발생하였던 기타 유지관리 항목을 참고하여 실행계획을 수립한다. 이러한 기타 실행계획 수립절차는 아래와 같다.

- [1단계] 개별시설물에 대하여 기타 실행계획 항목 정의
- [2단계] 매년 발생하는 항목과 주기적 발생 항목으로 구분하여 실행시기 설정
- [3단계] 기타 실행계획 항목별 발생비용 산정
- [4단계] 시기별(단기, 중장기) 요구되는 기타 실행계획 비용 합산
- [5단계] 기타 실행계획에 대한 단기/중장기 실행계획 수립

5.4 실행계획서 작성

마지막으로 개별시설물별 점검진단, 보수보강, 성능개선, 일상보수, 기타 세부 실행계획서를 작성한다. 실행계획서는 시설물의 공용수명 동안 발생하는 세부 실행계획 항목별 연차 실행계획서와 단기, 중장기 기간 비용을 합산한 총괄 실행계획서를 구분하여 작성한다. 총괄 실행계획서는 현시점~향후 5년 동안의 비용을 합산한 단기와 이후 공용수명 동안 발생하는 비용을 합산한 중장기로 구분하여 작성한다. 집계된 총괄 실행계획서는 해당 연도 예산과 비교 검토하여 예산확보 및 효율적인 예산수립에 기초자료로 활용된다.

6. 결론

사회기반시설의 유지관리체계에 있어서 건설기술의 발전만큼이나 유지관리 기술의 고도화가 중요한 문제이지만, 유지관리 체계는 다소 발전이 더딘것이 현실이다. 본 논문에서는 먼저 국내의 유지관리의 동향 분석 결과를 기반으로 생애주기 이력 정보조사 및 분석에 기초한 기반시설 관리방법론을 기반시설관리법상 실태조사로 정의하였다. 기반시설 관리방법론을 기반으로 효율적인 시설물 유지관리를 위한 정보조사(유지관리이력 자료 조사 및 수집), 정보분석(유지관리를 위한 기대효과 분석), 실행계획 수립(단기/중장기 유지관리 계획)의 단계별 내용과 절차에 대한 세부 방법론을 제시하였다.

본 논문에 제시된 절차와 단계별 방법론을 적용하여 기반시설에 대한 실태조사가 수행되면, 조사 결과를 통해 최소유지관리 및 성능개선 기준과 관리계획을 수립하고, 정보조사와 정보분석 결과를 활용하여 정보관리체계를 구축, 운영할 수 있을 것으로 판단된다. 향후, 선제적 유지관리체계 달성을 위한 유지관리 체계 개선에 대한 연구가 추가적으로 이루어져야 할 것이다.

References

- [1] J. Y. Nam, M. J. Kim, C. W. Jo, "A Study of Information Update and Framework for Intergrated Maintenance and Operation of River Facilities", The Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol.18, No.12, pp.140-149, Dec. 2017. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.5762/KAIS.2017.18.12.140>
- [2] H. Ok, J. U. Kim, "Research on the Plans of Construction Information for National Infrastructure in Public Construction Projects", The Journal of the Korea Contents Association, Vol.13, No.12, pp.1026-1035, Dec. 2013. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.5392/JKCA.2013.13.12.1026>
- [3] G. H. Choi, M. H. Ko, J. H. Kwon, "Comparison of Infrastructure Maintenance Framework", 2019 Fall Academic Conference, Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection, KOREA, Vol.23, No.2, pp.106, October 2019.
- [4] J. H. Kwon, M. H. Ko, G. H. Choi, C. Y. Cho, H. S. Lee, "A Study on the Infrastructure Survey Strategy for Sustainable Management", 2019 Fall Academic Conference, Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection, KOREA, Vol.23, No.2, pp.230, October 2019.
- [5] C. Y. Cho, Develop a Sustainable Infrastructure Management Methodology based on Life Cycle History Information Survey and Analysis, Ph.D dissertaton, Chungnam National University, Korea, pp.18-21, 2020.
- [6] W. S. Choi, H. S. Nah, M. B. Seo, S. Y. Jeong, J. T. Lim, "Asset Management Information in the Social Infrastructure", The Journal of the Korea Contents Association, Vol.10, No.4, pp.68-79, Nov. 2010. DOI: <https://dx.doi.org/10.5392/JKCA.2010.10.11.068>
- [7] <http://law.go.kr>
- [8] J. H. Kwon, G. H. Choi, M. H. Ko, M. J. Lee, "Sustainable Infrastructure Management Framework", 2019 Fall Academic Conference, Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection, KOREA, Vol.23, No.2, pp.227, October 2019.

오 원 준(Won-Joon Oh)

[정회원]



- 2006년 2월 : 세종대학교 토목공학
학과 (도로공학석사)
- 2006년 1월 ~ 2013년 12월 :
금호건설 근무
- 2016년 4월 ~ 2020년 5월 :
한국토지주택공사 토지주택연구원
- 2020년 2월 : 충남대학교 토목공
학과 (건설관리학박사수료)

<관심분야>

공동구, 자산관리, 경제성(B/C), 기반시설

조 중 연(Choong-Yuen Cho)

[정회원]



- 2006년 8월 : 한양대학교 건설환
경시스템공학과 (학사)
- 2008년 8월 : 한양대학교 토목공
학과 (구조공학석사)
- 2020년 8월 : 충남대학교 대학원
토목공학과 (건설관리학박사)
- 2008년 9월 ~ 현재 : 유니콘스(주)
대표이사

<관심분야>

시설물 자산관리, Life Cycle Cost, Value Engineering

이 민 재(Min-Jae Lee)

[정회원]



- 2000년 12월 : 위스콘신대학교
(건설관리학석사)
- 2002년 12월 : 위스콘신대학교
(건설관리학박사)
- 2003년 3월 ~ 2003년 12월 :
위스콘신대학교 강사 및 연구원
- 2004년 2월 ~ 현재 : 충남대학교
토목공학과 교수

<관심분야>

건설관리, SOC 자산관리, 기반시설