

시설물 유지관리 분야의 안전제고 방안

박기태 한국건설기술연구원 선임연구위원
(ktpark@kict.re.kr)

- I. 개요
- II. 시설물 유지관리 분야 빅데이터 종류
- III. 빅데이터를 활용한 시설물 안전 확보 방안
- IV. 결론

6

■ 국문요약 ■

SOC 시설물과 관련하여 신설보다는 효율적 유지관리를 통한 장수명화의 필요성이 부각되는 시점에서 4차산업혁명의 도래와 함께 전 세계적으로 빅데이터의 중요성이 대두되고 있다. 시설물 유지관리에 있어서의 빅데이터는 시설물 DB 관리와 관련한 시스템 정보를 포함하여 시설물의 미세한 거동과 주변 환경, 화학적 거동, 손상의 유형 및 패턴 등과 관련한 장기 이력데이터를 의미한다.

빅데이터 구축을 위해서는 빅데이터를 담기 위한 틀에 대한 세밀한 고려가 필요할 뿐만 아니라, 빅데이터를 입력하기 위한 도구를 사용자가 쉽게 사용할 수 있도록 하기 위한 최적화된 입력 방법이 필요하다.

시설물 유지관리 영역에서 빅데이터를 가장 효과적으로 사용하는 분야는 바로 미래 예측, 그리고 이를 기반으로 한 최적 의사결정 영역이며, 높은 신뢰도를 갖는 시설물의 수명 예측을 가능하게 하는 것이라고 할 수 있다.

시설물의 예방적 유지관리체계 도입을 위한 노력은 시설물의 노후화가 진행되고 있는 미국, 일본, 한국 등 주요 국가에서 진행되고 있는 세계적 추세이며, AI 기술의 활용은 반드시 필요하다. 시설물의 안전 확보는 국민이 안전한 생활을 할 수 있는 권리를 위해 국가에서 수행해야 하는 의무이다. 이러한 의무를 위해 국가 차원에서 시설물의 예방적 유지관리를 위해 노력해야 하며, 이를 위해 필요한 데이터 구축 및 활용기술 개발이 적극적으로 추진되어야 할 것이다.

주제어 : 시설물, 예방적 유지관리, 빅데이터, 미래 예측

I. 개요

4차 산업혁명의 도래와 함께 우리나라를 포함하여 전 세계적으로 빅데이터의 필요성 및 중요성이 대두되고 있다. 특히, 사회기반시설(이하 SOC시설물)과 관련하여 신설시대에서 유지관리시대로 전환되고 있는 시점에서 국토교통부를 포함한 각 지자체, 언론, 건설 분야 전문가들 역시 빅데이터의 필요성과 중요성을 강조하고 있다.

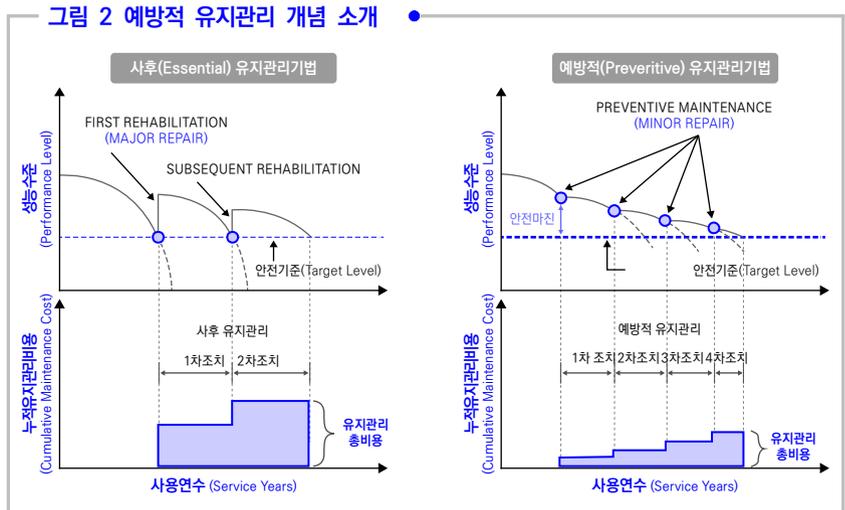
'22년 12월말 기준, 30년 이상 노후화된 교량수가 7,779개소(전체 교량 41,952개소중 18.5%), 20년 이상, 30년 미만 교량수는 13,829개소(전체 교량 41,952개소중 32.9%)로, 현재 기준 10년이 경과된 시점이 되면 전체 교량의 약 51% 수준이 30년 이상의 노후화 교량이 될 것으로 예상된다. 교량 외의 다른 시설의 경우도 유사한 현상을 나타내고 있다. 특히 '23년에 발생한 분당 정자교 붕괴사고 역시 노후화로 인해 발생한 사고 사례중 하나라고 할 수 있다. 이러한 시설물 노후화 시대를 대비하여 범국가적 차원의 대응 노력이 활발하다.

그림 1 정자교 붕괴 현장



정책적 측면에서는 '18년 12월에 제정되고 '20년 1월부터 시행된 지속가능한 기반시설관리기본법이 그 예이다. 지금까지의 시설물 유지관리는 눈으로 보이는 손상이나 위험을 해소하는 방향으로 진행되었다면 앞으로의 유지관리는 미래를 예측하고, 이에 사전 대응함으로써 막대한 예산이 미래에 소요될 것을 미연에 방지할 수 있는 체계를 통해 진행되어야 한다는 것은 유지관리 분야에 직간접적으로 관련된 국민들은 다 인지하고 있는 사실이다.

노후화가 진행된 SOC시설물에 대하여 현 수준의 유지관리를 지속할 경우, 고령화에 따른 교체 수요가 급증하여 막대한 재정이 소요될 뿐만 아니라, 국민 안전을 위협하고 국가 경제에 장애가 될 우려가 크다. 따라서 시설물의 장수명화 및 유지관리비용 절감을 위한 예방적 유지관리가 필요하며, 구조적 안전은 물론 성능유지 및 향상, 감가상각 등을 고려하는 종합적 비용편익 분석을 통해 한정된 재정을 효율적으로 투자할 수 있는 새로운 개념의 SOC시설물 유지관리 체계 구축이 필요하다고 판단된다.



최근 고령화 시설물에 대한 정확한 평가를 기반으로 한 유지관리의 필요성이 대두되고 있고, 이와 관련하여 기존 상태평가 중심에서 벗어나 성능중심의 평가체계 구축에 대한 수요자 요구가 급증하고 있는 것도 위와 같은 사실을 대변하는 것이라 할 수 있다. 전 세계적으로 시설물 고령화가 가속화 되고 있고, 이에 대한 유지관리 비용도 급속히 증가하고 있는 실정을 감안하면, 구조적 안전을 고려한 공학적 유지관리에서 성능유지 및 향상, 감가상각 등을 고려한 경제학적 유지관리 체계로의 전환이 시급히 필요한 시점이다.

본 글에서는 이러한 유지관리 체계의 전환 시점에서 시설물의 안전 제고를 위해 필요한 빅데이터의 종류와 활용방안 등에 대해 개략적으로 의견을 제시해 보고자 한다.

II. 시설물 유지관리 분야 빅데이터 종류

시설물 유지관리에 있어서의 빅데이터는 BMS(Bridge Management System), CSMS(Cut Slope Management System) 등 다양한 시설물 DB 정보 관리와 관련한 시스템에 구축되어 있는 내용만을 국한하는 것은 아니고, 이러한 정보를 포함하여 시설물의 미세한 거동과 주변 환경, 화학적 거동, 손상의 유형 및 패턴 등과 관련한 장기 이력데이터를 의미한다. 유지관리에 있어서 필요한 빅데이터는 이 외에도 손상의 진전 상황, 통행 차량 패턴, 설계 및 시공 이력 단계의 상세한 절차, 유지관리를 담당하는 관리자의 역량, 투입되는 유지관리 비용 등 다양한 모든 정보를 포함하는 것이다.

이러한 정보를 단기간에 구축하기는 어려울 뿐만 아니라, 현실적으로 지금 당장 구축은 불가능하다고 판단된다. 그 이유는 각종 빅데이터를 구축하기 위한 도구가 충분히 준비가 되어 있지 않고, 또 도구가 준비되어 있다고 하더라도 도구를 사용하여 데이터를 저장할 수 있는 인력이나 시간 역시 매우 부족하기 때문이다. 따라서 시설물 유지관리 관련 빅데이터 구축을 위한 기반을 확립하기 위한 노력이 국가적 차원에서 추진되어야 하고, 예산의 집중적인 투입 및 정책적 노력이 필요한 상황이다.

빅데이터 구축을 위해서는 빅데이터를 담기 위한 틀에 대한 세밀한 고려가 필요할 뿐만 아니라, 빅데이터를 입력하기 위한 도구를 사용자가 쉽게 사용할 수 있도록 하기 위한 최적화된 입력 방법이 필요하다. 여기에서 빅데이터를 구축하기 위한 도구는 각종 센서, 비파괴장비, 조사 자동화 장비, 내부 탐상 장치 등을 의미하며, 빅데이터를 구축하는데 IoT 통신기술과 클라우드 기술은 반드시 필요하다.

최근에 각광받고 있는 AR, VR, 디지털 트윈(Digital Twin) 기술의 경우 본 글에서 제안하는 다양한 빅데이터, 그리고 유지관리 시나리오 등에 대한 DB구축이 수반되어야 가능한 첨단기술로써, 해당 분야 전문가 외의 건설 분야, 특히 유지관리 분야 전문가들의 적극적인 참여 및 노력이 필요한 분야이다. 또한 인공지능(이하 AI)기술을 기반으로 한 노후화 예측에 필요하다고 판단되는 다양한 데이터를 장기적으로 구축하여야 한다. 이를 위해 국가적 차원에서 시설물 유지관리와 관련된 다양한 데이터를 구축하기 위한 제도적 장치가 마련되어야 할 것이다.

IoT 통신 기술은 위에서 제시한 각종 센서를 포함한 여러 장비 또는 장치

III. 빅데이터를 활용한 시설물 안전 확보 방안

에 필수적으로 탑재되어 해당 측정 및 진단 결과가 해당 시점별로 바로 클라우드 서버로 전송되는 과정에서 필요하며, 전송된 내용에 대해 필요로 하는 사용자가 활용하거나, 구축 또는 저장할 수 있도록 하는 형식으로 진행된다. 이때 IoT망은 새롭게 구축하는 방법도 있겠지만, 현재 운용중인 IoT망을 활용하도록 하는 것이 효율 측면에서 가장 타당하며, 이러한 내용을 성공적으로 도입하기 위해서는 연구개발과정을 통해 관련 핵심 요소기술의 확보가 필요하다.

시설물 유지관리 영역에서 빅데이터를 가장 효과적으로 사용하는 분야는 미래 예측, 그리고 이를 기반으로 한 최적 의사결정 영역이라고 판단된다. 다시 말하면, 과거의 정보와 현재 상태를 활용함으로써 구체적으로 미래에 어떤 식으로 변화할지를 추정하고, 추정된 결과를 이용하여 유지관리 방법이나 예산을 미리 확보할 수 있게 되는 것이다.

이러한 과거와 현재, 미래를 연결하는 형태의 함수관계는 열화모델이라는 용어로 대변될 수 있다. 각 손상유형별로 시간의 경과에 따라 어떻게 변화될지, 그리고 변화되는 수준에서 어떤 방식의 유지관리 행위를 적용했을 때, 지금의 상태가 어떻게 변화하고, 어떤 수준으로 유지될지 등에 대한 추정 결과를 관리주체에게 제시해 주는게 가능할 것이라고 사료된다. 물론, 이러한 과정에서 추가적으로 활용되는 것이 AI 기술이다. AI 기술의 기본 틀은 구축된 데이터이고, AI의 활용 목적에 따라 다양한 빅데이터를 구축해야 할 필요성이 부각될 수 있다.

빅데이터를 통해 알 수 있는 것은 여러 가지가 있을 수 있다. 즉, 우리가 알아야 하지만, 데이터의 한계로 인해 인지하지 못하였던 분야를 제시하면 쉽게 그 답을 찾을 수 있다. 시설물의 장래 철거 예상 시점, 시설물 보수보강 최적 시기 및 효과, 해당 시설물에 가장 맞는 보수보강공법, 미래에 투입 필요한 예상 소요 비용, 누수 경로 및 시설물 영향도 수준, 관리자가 현장에 방문하여 조사하여야 하는 적정 시점 등이 그 예이며, 구축된 데이터와 AI 기술의 활용을 거치면서 자동으로 관리자에게 전달해 주도록 하는 기술 개발이 필요할 것으로 사료된다.

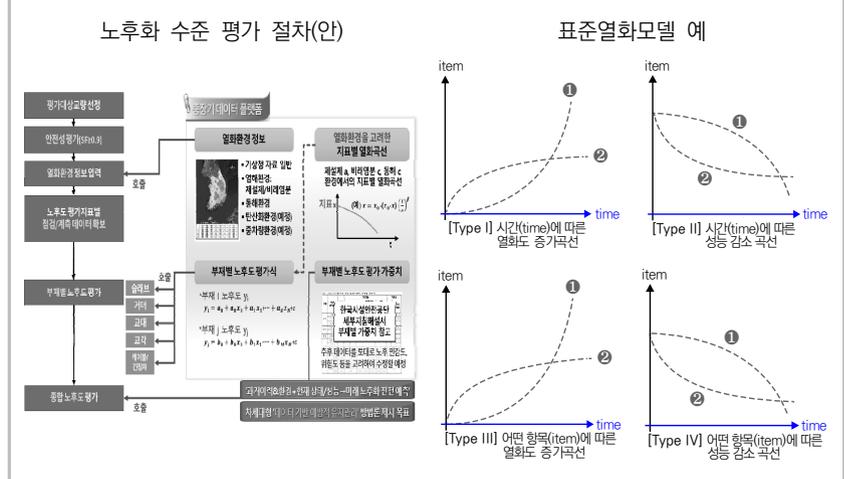
한국건설기술연구원에서는 빅데이터 구축 및 활용, 그리고 시설물 노후도 평가와 관련한 핵심적인 기술 개발을 수행한 바 있다. 시설물의 노후화에는

시간, 원자재 특성, 주변환경 등 여러 요인이 영향을 미친다. 즉, 노후화를 예측하려면 다양한 데이터가 필요하고, 방대한 양의 시설물 노후화와 관련된 데이터를 담고 운용하는데 필요한 플랫폼을 개발중이다. 노후도 평가 알고리즘, 노후화 수준 판정 표준화 기술 등 예방적 관리에 필요한 알고리즘 연구를 함께 수행하고 있으며, 교량을 대상으로 하여 현재 개발중인 스마트 유지관리 플랫폼 개념은 다음 그림과 같다.

그림 3 노후 교량구조물 스마트 유지관리 플랫폼 개념



그림 4 시설물 손상도 및 노후화 수준 평가



교량손상정보, AI 기술을 활용한 가상의 데이터, 현장 교량에 구축된 IoT 센서시스템, 열화환경 정보 등에 대한 분석을 통해 미래의 변화 추이를 예측하고, 이를 근거로 교량구조물의 예방적 유지관리 전략수립, 유지관리 사각지대 해소 등이 가능할 것으로 예상된다. 미래의 스마트 유지관리 개념은 표준화된 플랫폼을 활용하는 것이 보편적으로 고려될 것이며, 이를 위해 국가 차원에서의 사전 준비 또는 대책 마련이 필요할 것으로 사료된다.

빅데이터 활용에 있어 가장 중요한 역할은 높은 신뢰도를 갖는 시설물의 수명 예측을 가능하게 하는 것이라고 할 수 있다. 우리나라를 포함하여 전세계적으로 장기적인 데이터를 기반으로 열화모델을 확보한 사례는 없다.

미국의 LTBP(Long Term Bridge Performance) 프로그램에 의해 다양한 환경하에 위치한 교량의 장기 성능과 관련한 데이터를 구축하고자 한 사례는 있으나, 더 세밀한 환경조건하의 세밀한 손상 종류에 대한 다양한 데이터를 확보하고자 한 사례는 없다는 것이다. 우리나라의 경우 한국건설기술연구원에서 콘크리트 내구성과 관련한 장기데이터 확보를 위해 옥외노출시험장을 내륙환경과 비래염분 환경으로 구분하고 시편을 제작하여 지속적으로 장기데이터를 구축한 바 있다.

지금까지 수명예측 또는 생애주기비용 분석(LCC)은 대상 시설물과 가장 유사하다고 판단되는 열화모델 또는 다른 연구를 통해 도출된 사례가 있는 열화모델이나 손상모델을 이용하고, 또 분석 과정에서 수많은 가정사항을 전제로 하여 수명예측 또는 LCC 분석을 수행해 온 것이 현실이다. 이 결과는 나름대로의 근거는 있으나 신뢰도 측면에서는 매우 낮을 수 밖에 없는 한계점이 존재한다. 그러나, 빅데이터를 기준으로 한 잔존수명 예측 또는 LCC 분석은 이와는 확연하게 다른 신뢰도를 확보할 수 있다. 이러한 결과의 신뢰도는 빅데이터가 지속적으로 구축될수록, 그리고 분석하는 알고리즘이 더욱 구체적으로 개발될수록 점점 더 높아질 것으로 기대되며, 이러한 산정 과정 및 빅데이터, 그리고 AI 기술을 기반으로 한 유지관리 체계로써의 구심점이 확보될 수 있을 것으로 예상된다.

IV. 결론

지금까지 시설물 유지관리에 활용될 수 있는 빅데이터의 의미에 대하여 개인적으로 생각하는 바를 개략적으로 정리하여 제시하였다. 표준화된 플랫폼을 이용하여 국가적 차원의 방대한 빅데이터를 구축하기 위해서는 국가 예산

의 투입이 불가피하다. 중요한 것은 지금까지 우리나라의 경우 그 어떠한 장기적인 데이터, 특히 시설물 유지관리에 활용될 수 있는 데이터가 많지 않다는 점이며, 이러한 상황, 즉 미래 예측이 불가능한 상황에서 지금까지 시설물에 대한 관리가 지속되어 왔다는 점이다. 일관성 측면이나 근거를 마련한 상태에서의 유지관리라기 보다는 근시안적 측면에서 현재 상태를 기준으로 한 유지관리를 수행해 온 것이 현실이다. 지금까지는 이러한 방식이 가능했다고 하더라도, 30년 이상 노후화된 시설물의 급증이 예상되는 10년, 20년 이후에는 이에 대한 대책 마련이 필요할 것으로 사료된다.

향후 인지 가능한 데이터만을 구축하는 것이 아니라, 시설물의 노후화 원인을 규명할 수 있는 세밀한 분야에 대한 모니터링 기술과 해당 데이터를 종합적으로 분석하기 위한 분석 알고리즘 개발이 필요하다. 그리고 장기적으로 빅데이터가 구축되기 위한 기반 구축 등이 선행되어야 하고, 시설물 노후화를 대비한 빅데이터 구축의 중요성 및 필요성에 대한 공감대가 관산학연 모든 분야의 전문가를 대상으로 필수적으로 수반되어야 할 것으로 판단된다. 또한 시설물 노후화에 대한 국가적 차원의 기반 구축을 위해서는 시설물 성능관리형 유지관리 및 평가방법에 있어 새롭게 제시된 지표 및 평가 기준에 대한 근거 마련을 통하여 신뢰도 및 정확도 확보가 필요하다.

시설물의 예방적 유지관리체계 도입을 위한 노력은 시설물의 노후화가 진행되고 있는 미국, 일본, 한국 등 주요 국가에서 진행되고 있는 세계적 추세이며, AI 기술의 활용은 반드시 필요하다. 시설물의 안전 확보는 국민이 안전한 생활을 할 수 있는 권리를 위해 국가에서 수행해야 하는 의무이다. 이러한 의무를 위해 국가 차원에서 시설물의 예방적 유지관리를 위해 노력해야 하며, 이를 위해 필요한 데이터 구축 및 활용기술 개발이 적극적으로 추진되어야 할 것이다.

참고문헌

1. 국토교통부, “2023 도로 교량 및 터널 현황조사서” 2023.8.
2. 한국건설기술연구원, DNA 기반 노후 교량 구조물 스마트 유지관리 플랫폼 및 활용기술 개발(2/3), 2022.12.
3. 국회입법조사처, “국가 주요시설물의 관리체계 개선을 위한 입법 및 정책 과제” 2018.12.
4. 박기태, “사회기반시설의 예방적 유지관리를 위한 성능중심 관리체계 개념 제안”, 한국건설관리학회지 제19권 제1호, 2018.2.