

BIM 기반 시설물 유지관리를 위한 데이터 정의

- BIM기반 시설물관리 사례와 프로세스 분석 -

Data analysis for facility maintenance based on BIM

- Case studies of facility maintenance based on BIM and practical process -

김도영¹⁾

Kim, Do Young¹⁾

Received March 16, 2020; Received September 23, 2020 / Accepted September 28, 2020

ABSTRACT: The introduction of BIM technology is expanding not only in the field of design and construction, but also in the maintenance and use stage. In particular, researchers are looking to build a smart facility management system that integrates advanced IT technology and BIM. This study proposes the parts to be used and added to the BIM information, focusing on information generated and exchanged in the application case that is an issue during the current facility maintenance work by introducing the smart facility management technology and its use cases. The effectiveness of this proposal is compared with the scenario in which BIM-based facility safety management is applied and the current business scenario. In conclusion, the requirements for smart facility management are analyzed, and linkable parts between facility management tasks and BIM data that should be reflected in the facility management system are presented. In the maintenance phase, through the use case scenario, the facility management phase is subdivided according to the characteristics and contents of the work. In addition, information about the facilities required for each task is specified. Furthermore, it is examined whether BIM data and IT information can be linked with existing facility management systems. It is a process and guideline that can be provided to practitioners who want to introduce BIM and smart technology to facility management. It can define the required data items and levels according to the required information step by step based on the maintenance case.

KEYWORDS: Building maintenance, Building Information Modeling, Metadata, Facility Management System (FMS), Use-case scenario

키 워 드: 건물 유지관리, 건물정보모델, 메타데이터, 시설물관리시스템, 적용사례

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

시설물 유지관리단계에 BIM을 적용하기 위한 시도가 늘고 있다. 현재의 BIM기술은 시설물유지관리 단계의 업무 효율성을 높이는 등, 경제적 효과가 기대되기 때문이다(The agility effect, 2017; Bortolini, 2016; Sinopoli, 2014; Schultz, 2013). 시설물 신축보다 유지관리 비용의 급증이 예상됨에 따라 BIM 이외에도 VR, IoT 기술들을 활용한 스마트 시설물관리 방법이 개발되고 있다 (Cheng, 2020). 이러한 융합기술 기반의 시설물관리는 통상적인 시설물관리 방법에 비해 정보가 선순환될 것으로 기대된다 (Figure 1).

BIM과 시설물유지관리에 대한 연구들이 진행되고 있으나, 두 가지가 결합되어 실무에 적용되기에는 현실적인 어려움이 있다 (Kim, 2016; Shim, 2011). BIM 데이터는 이론적으로 기획, 기본 설계, 실시설계, 시공 및 운영 단계의 프로세스를 통해 생성됨으로써 통상적으로 반복되었던 작업들을 줄이고 시설물 유지관리에 요구되는 원천정보를 제공해 줄 수 있다는 장점을 갖추고 있다(Public Procurement Service, 2010; Shim, 2011). 그러나 아직까지 시설물의 유지관리는 문서위주의 보고서를 정리하는 방식으로 운영되고 있다. 현 단계에서 BIM과 유지관리의 개념은 추구하는 정보체계가 다르며, 특히 건설단계의 다양한 사용자들의 이해관계가 얽혀 있다는 것이 두 요소의 결합을 어렵게 하는 원인이다(Lee, 2012). 이 밖에도 IT 기술이 미래에는 반드시 적용될

¹⁾정회원, 한국건설기술연구원(KICT) 미래융합연구본부 연구원 (doyoungkim0123@kict.re.kr)

기술임을 인정하고 있으나 이 적용기술과 현장업무 전문가들 간 상호업무에 대한 충분한 이해가 부족한 실정이다(Nah, 2013).

위와 같은 연구동향은 시설물유지관리와 BIM 기술은 기술의 성숙도, 업무의 효율성, 수익성 측면에서 많은 연구개발이 필요함을 시사한다.

현재의 시설물 관리 중, 이슈가 되고 있는 안전점검 사례 중 업무에서 발생 및 교환되는 정보를 중심으로 시나리오를 구성하고 BIM 데이터의 활용성을 높일 필요가 있다. BIM과 최신 IT 기술을 활용하여 시설물 관리가 가능하기 위해서 시설물관리 단계에 통상적으로 활용하고 있는 소통방식, 요구 데이터, 업무처리 절차와 기준을 파악하여야 한다. 또한 데이터를 취득하였을 때 처리, 관리하는 방식에 대한 효율적 방법을 필요로 한다. 예를 들어 시설물관리 단계에서 발생하는 구조적 결함을 해결하는 과정에서 활용되는 문서의 형태, 작성 방식, 문서에 포함된 정보들을 활용한 의사결정, 의사결정에 다른 결과들을 규정하는 것이 필요하다.

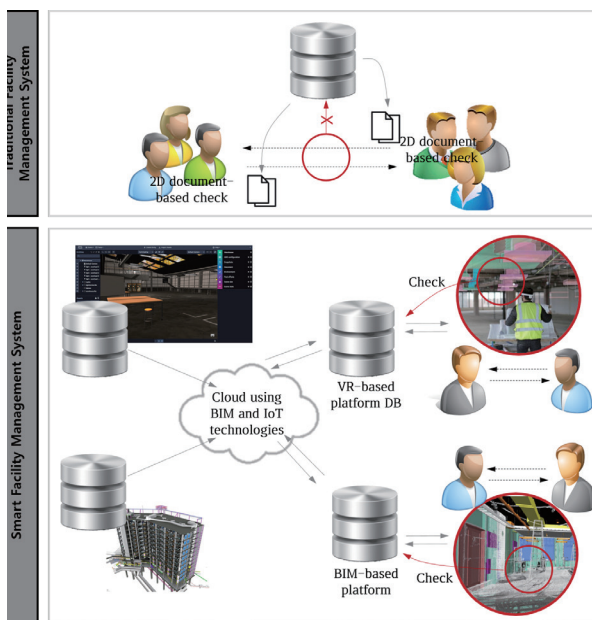


Figure 1. Comparison with traditional facility management system and smart facility management system

1.2 연구의 배경 및 목적

현재의 시설물 유지관리 업무중, 이슈가 되고 있는 적용사례에서 발생-교환되는 정보를 중심으로 BIM 데이터에 활용, 추가되어야 할 부분들을 제안한다. 이 제안내용의 실효성을 BIM 기반의 시설물 안전관리가 적용된 시나리오와 현 업무 시나리오를 비교한다.

건축물의 노후화, 기후환경 변화에 따라 지속적인 관리가 요구되는 시설물이 급증하였다. 그러나 정보의 효율적 관리와 정보의 표준화가 진행되지 못하고 있는 것이다. 시설물 유지관리 콘텐츠

를 활용하면서 BIM과 최신 IT 기술을 적용하기 위해 사용자의 입장에서 정보의 활용에 대한 개선이 필요한 부분을 찾고 요구사항을 정의하고자 한다. 연구의 진행방법은 아래 Figure 2 와 같다.

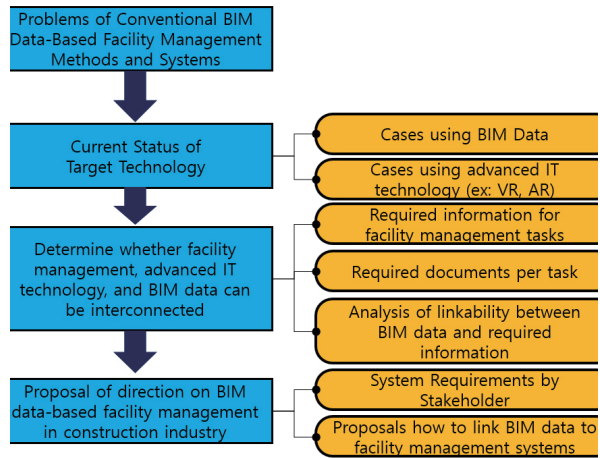


Figure 2. Research flow

첫째, 건설산업에서 첨단 IT 기술과 BIM 기술의 현황을 통해 비즈니스의 측면에서 개선이 필요한 점들과 이 두 기술들의 가능성들을 분석하고자 한다. 둘째, 유지관리 업무 및 운영관리 업무의 사례를 통해 시설물관리에서 첨단 IT 기술과 BIM 기술이 상호연계가 가능한 항목들을 분석한다. 특히 업무의 요구정보 및 관련문서, BIM 데이터 연계를 위한 방안, 그리고 활용목적에 따른 관계자별 시스템 요구사항을 정리한다. 이를 위해 적용사례 시나리오의 시설물관리 단계를 업무의 특성과 내용에 따라 세분화하고 각각의 업무에서 요구되는 시설물의 정보를 구체화한다. BIM 데이터와 IT 정보들이 시설물의 정보들과 연계가 가능한지 여부를 검토한다. 주요 연구내용은 아래와 같이 3단계로 구분할 수 있다.

- BIM기반 시설물관리 활용사례 분석
- 현업의 시설물 유지관리의 절차 및 데이터의 조건 분석
- 시설물 유지관리를 위한 업무별 요구 사항 분석

2. 시설물 유지관리 기술과 그 활용사례 분석

2.1 시설물관리 시스템 개발 동향

국내 건설분야에서 시설물관리에 대한 자동화가 요구되는 상황에서 고수익을 창출하기 위해 통합건물관리시스템을 도입하고 있다. 이 시스템은 선진국의 사례를 참고한 것으로서 대규모의 건설사업에서 주요한 구성 요소로 인식되고 있다.

통합시설물관리시스템은 도면을 바탕으로 시설물 관리, 공

간 관리하는 것을 의미하는데, 부동산 및 임대차관리, 공사관리, 환경 및 위험관리, 건물 에너지 소비 저감 및 효율적 에너지관리 기술의 통합을 위한 수단으로 관심이 증가하고 있다. 이 기술은 컴퓨터를 이용한 시설물관리(CAFM; Computer Aided Facility Management) 또는 통합 업무장소 관리 시스템(IWMS; Integrated Workplace Management Systems)으로 명명되기도 한다. 선진국에서는 CIFM(Computer Integrated Facilities Management), TIFM(Total Infrastructure and Facilities Management) 등 다양한 형태의 기술적용이 이루어지고 있다 (Kim, 2020; 한국건설기술교통평가원, 2013).

CAFM은 이상적으로 컴퓨터를 활용한 건물의 제반 시설을 효율적으로 관리하고 건물의 경영을 효율화할 수 있도록 지원하는 시스템을 의미한다. 현재는 CAFM에 대한 기술이 일부 대학 및 병원을 중심으로 적용되고 있다. 최근에 인터넷 기반의 소프트웨어가 개발됨에 따라 웹기반 CAFM 기술로 이동 중에 있다. 건물은 방대한 데이터와 자료를 포함하기 때문에 데이터베이스화하고 통합·관리할 수 있는 시스템으로 구축하는 것이 요구된다. CAFM의 시스템은 하드웨어와 소프트웨어에 영향을 받기 때문에 시스템의 업그레이드와 새로운 관련 기술의 도입과 추가하는 과정이 개선되어야 기술의 수명이 유지될 수 있다.

현재는 CAFM의 도입기로서 관련시장이 아직 명확하게 형성되어 있지 않다. CAFM의 시장규모에 대한 추정이 어려운 상황이다. 또한 구축된 시스템들 간 정보연계를 위한 표준이나 동일 목적 시설물 간의 정보를 연계하는 서비스도 제공되지 않는다는 단점이 있다.

2.2 신기술과 시설물 유지관리의 비즈니스 전략 동향

최근 건축물의 노후화와 천재지변으로 인한 안전사고가 증가함에 따라 안전점검에 관한 관심과 논의가 늘고 있다. 건설(도로, 교량, 터널, 철도 등)분야에서 인공지능의 부분집합에 해당하는 머신러닝/딥러닝을 활용하여 현실문제를 정확하게 해결하려는 노력은 진행 중이다. 예를 들어 물체 감지(Object detection)(Cha 2017; Zhang 2016), 현장의 성능을 결정하는 요인 감지에 관한 연구(Zhao 2019; Imriyas 2009)가 있다.

건축물의 연수가 30년을 넘어선 “노후 건축물”이 폭발적으로 증가함에 따라 노후 건축물의 유지관리 및 리모델링에 대한 문제가 점차 사회적 이슈로 떠오르고 있다(Kim 2016; Kwon 2015). 예를 들어 내부공간에서 발생하고 있는 소비자피해 중에 하자보수를 이행하지 않았거나 지연되는 경우가 큰 비율을 차지한다. 소비자피해는 건축주의 관점에서 지속적인 비용이 발생되며 사태를 방지할 경우 대형사고, 인명피해로 이어질 수 있기 때문에, 사건 사고의 발생 이전에 해결되는 것이 중요하다. 노후 건축물은 단순 불량건축물로 치부하기보다는 시대적 요구에 적절하게 구조와 설

비, 마감을 변경함으로써 건축물을 재탄생시킬 경우 천문학적 비용의 발생을 억제하고 경제적 파급효과를 얻을 수 있다.

건축물의 유지관리 분야에서 딥러닝/머신러닝이 적용되어야 하는 이유는 두 가지로 설명할 수 있다. 유지관리 적용사례가 폭발적으로 늘고 있는 상황에서 건축물 유지관리에 투입되는 전문 인력과 장비의 수를 무작정 늘리는 것은 현실적으로 불가능하다. 사람에 의해 이루어지는 검사나 진단은 인간의 경험과 능력에 의존도가 높기 때문에 문제가 발생한 부분의 접근성이 낮고 사례가 많은 경우 정확하고 신속한 진단을 내리는 데에 한계가 있다. 때문에 딥러닝/머신러닝이 적용됨으로써 유지관리 단계의 업무 효율성이 개선될 필요가 있다.

그러나 시설 안전점검에 관한 딥러닝은 현재 도입단계에 있으며, 다양한 테스트와 실패가 보고되고 있다. 시설 안전점검은 불안정한 작업방법 및 행동, 위험한 물질 물체 및 기계 기구의 상태를 조사함으로써 위험의 정도 및 범위를 발견하는 수단이다. 시설 안전점검의 목적은 사고가 발생되기 이전에 적절한 예방책을 강구하는 것이다. 그러나 사람을 통해 수행되는 현장 검사는 한정적인 점검자의 수, 고가의 장비에 의존하고 있다. 이와 같은 안전진단의 과정은 사고의 사전방지를 어렵게 한다. 안전진단의 정확성, 신속성, 효과성의 향상이 요구된다. 이 세 가지 측면에서 딥러닝/머신러닝은 점검자와 장비를 보조하는 데에 필수적인 역할을 할 것이다.

딥러닝/머신러닝 기반의 기술이 프로토타이핑 과정을 거치기 위해, 현장 데이터를 기반으로 적용된 다양한 사례가 요구된다. 실제 IT 부서가 주도하는 인공지능 프로젝트들은 한정적인 시야를 제공하기 쉽고 기업의 생산성을 높이는 데에 실패하고 있는 것으로 이야기되고 있다(Ransbotham 2019). MIT와 BCG 보고서에 따르면 AI를 통해 성과를 거둔 비율은 CIO가 AI 프로젝트를 담당하는 기업의 경우 17%에 그쳤지만, CEO가 직접 주관하는 경우 34%에 달했다. AI로부터 가치를 창출했다고 응답한 기업들은 AI가 기술적 기회일 뿐만 아니라 인재, 데이터, 프로세스 변화에 대한 투자가 필요한 전략적 이니셔티브라는 사실을 인식하고 있었다. AI 기술이 무엇을 할 수 있는지에 집중하는 것 보다는 AI 전략에 대한 전체적인 시각을 갖는 것이 요구된다.

2.3 BIM기반 시설물관리 동향

미국의 보건 BIM 컨소시엄(Healthcare BIM Consortium, HBC)은 시설물의 전생애주기 관리(Facility Life Cycle Management, FLCM)에 관련하여 데이터의 상호운용성 향상을 지원하기 위해 만들어진 포럼이다. 이 포럼은 빌딩 전생애주기에 걸친 BIM 데이터를 활용하여 프로세스의 이해당사자 간 관련 부문 간에 데이터를 끊임없이 전달할 수 있도록 하는 것에 목적이 있다(buildingSMARTalliance – HBC Data flow).

영국의 뉴캐슬어폰타인의 Northumbria University의 교수 Steve Lockley는 대학 캠퍼스 관리를 위한 BIM 프로토콜의 사용 가능성을 조사하기 위하여 32개의 캠퍼스 내 건물들을 Revit을 이용하여 약 5주에 걸쳐서 BIM 스펙을 완성하였다. 이로 인하여 연중 이어지는 빌딩 이용률의 변화 등을 짧은 시간에 걸쳐 손쉽게 도출할 수 있었다. 또한 지형학적 정보 및 특정 건물 정보를 BIM 모델을 통해 알 수 있으므로 업데이트 스케줄, 고도, 3차원적인 비주얼/렌더와 같은 정보를 생성할 수 있게 하였다.

BIM기술의 FM에의 적용은 삶의 질(Quality of Life) 측면에서의 이익 또한 제공함. Nor Diana Aziz 등은 2016년 38개의 자료(논문, 도서, 웹페이지 포함) 리뷰를 통하여 삶의 질 측면에서의 BIM이 FM에 제공하는 이점을 정리하였으며 내용은 아래와 같다.

- 효율적인 유지비용: 유지관리에 관련한 사람들의 노력여하에 관계없이 발생할 수 있는 막대한 비용이 소요되는 실패와 관련된 요소들을 예측할 수 있게 함으로써 유지관리에 관련된 비용을 효과적으로 사용할 수 있게 한다.
- 의사결정을 위한 시간 축소: 건물의 유지관리를 위해 필요한 분석이나 평가 등에 필요한 정보 및 데이터베이스를 빠르게 제공함으로써 의사결정에 필요한 시간을 줄일 수 있도록 한다. 미국의 해양경비 시설계획의 시범연구 보고에 따르면 BIM을 사용하였을 경우 시설의 데이터의 구축과 업데이트에 걸리는 시간의 약 98%가 절약되었다고 한다.
- 의사결정을 위한 자원: BIM은 유지관리 매니저가 전체 시스템에 관한 분석 정보를 볼 수 있게 함으로써 전체 시설물관리 시스템에 걸친 통합된 시각을 제공함으로써 의사결정을 위한 보다 합리적이고 믿을 수 있는 자원이 된다.
- 효율적인 기록 시스템: 건물의 청사진 대신에 BIM 모델을 사용함으로써 유지관리 관련자들은 3D 모델을 통해 실제 요소들을 조화시킬 수 있도록 한다.
- 협업 용이성: ICT 장비들을 이용함으로써 시설물 유지관리에 관련한 다수의 사람들 사이의 의견교환 및 데이터 공유 등이 가능하게 함으로써 협업을 용이하도록 한다.
- 업데이트된 정보 및 정보충돌(clash) 감지: BIM을 이용하여 건물의 유지관리를 위한 정보의 업데이트 및 정보충돌을 즉시 감지할 수 있다.

BIM이외에도 ICBM (IoT, Cloud, Big Data, Mobile)을 건물의 유지관리에 적용한 스마트 시설물관리 사례가 있다. 본 연구에서 ICBM을 기반으로 한 스마트 시설물관리 플랫폼을 지향한다. IBM 왓슨 연구소는 IoT 클라우드 플랫폼을 이용해 빌딩 곳곳으로부터 센서를 이용하여 데이터를 취득하고, 이 데이터를 분석하여 빌딩 작업자가 작업에 편리한 환경을 만들기 위해 적용하고 있음. IBM의 Watson IoT 플랫폼은 TRIRIGA 시설물 관리 소프트웨어와 연계되어 활용된다.

3. 스마트 시설물관리 절차 및 데이터 정의

3.1 시설물관리 정보와 절차

시설물관리 중 공간관리는 균등하고 형평성 있는 공간 활용을 위한 것으로 공간 활용도를 극대화하기 위한 목적과 관련이 있다. 시설물관리 업체가 작성한 공간의 운영관리를 위한 시나리오를 바탕으로 공간 활용 조정에 필요한 일련의 업무 과정을 세분화한다. 업무를 진행하는 과정에서 발생하는 문제를 해결하기 위해 요구되는 정보와 관련정보들을 분석하고자 한다.

현재 시설물관리를 아래 네 가지 키워드로 설명할 수 있다. 2D 도면-문서 중심의 시설물관리, 시설물관리시스템(Computer Aided Facility Management, CAFM), BIM 기반 시설물관리, 스마트 시설물관리시스템(Smart Facility Management System, SFMS)이다. 이는 시설물관리에 접근하는 방식의 차이에 따른 것이다.

2차원 도면 및 문서는 과거의 시설물관리 과정에서의 매개체이다. 2차원 형태의 정보는 정보의 재입력이나 갱신, 지속적인 정보 관리가 어렵다. 이 때문에 건물들의 구조적·기능적인 변화를 효율적으로 관리하기 위해 방대한 자료를 데이터베이스화함으로써 통합·관리할 수 있게 하는 시스템의 구축이 요구된다. 최근 컴퓨터를 이용한 시설자산 관리에 대한 기술적용이 이루어지고 있다.

시설물관리시스템은 컴퓨터를 통해 건물의 제반 시설의 관리와 건물경영에 필요한 정보관리 업무를 용이하고 신속하게 지원하는 시스템이다. 시설물관리시스템은 통상적인 공간관리 및 임대관리뿐만 아니라 유지관리, 운영관리, 자산관리 등의 시설물관리 분야의 세부업무를 지원하고 있다.

BIM기반 시설물관리는 BIM 설계를 통해 생성된 3차원 공간 및 객체에 시설물 정보를 연동함으로써 시설물의 기능을 보전하고 상시적으로 점검·정비, 개량·보수·보강하는 것을 뜻한다. BIM은 유지보수 정보를 갱신, 설계변경을 할 수 있게 하고 쉽다는 장점 외에도, 3D 기반의 직관적인 인터페이스를 제공함으로써 시설물관리 관계자들의 효율적인 커뮤니케이션을 도모할 수 있게 한다(인천시설공단 Incheon Facilities Corporation, 2010)

BIM기반의 유지관리 시스템의 장점들에도 불구하고 실무에서 시행되지 못하고 있다. BIM의 도입이 얼마만큼 효용가치를 가지고 있는지 명백히 검증되지 못하였기 때문이다. 보다 근본적으로 시설물관리시스템과 BIM 데이터 간 정보의 상호운용성이 낮기 때문이다. 정보 상호운용성의 부족은 정보체계의 차이에서 발생한다. 근본적으로 업무 절차 및 정보의 표준화가 완성되지 못한 것에서 기인한다. 이외에도 시스템 통합 기술력의 부족, BIM 기술에 대한 인식 부족, 성공사례의 부족, 모델링된 데이터의 부족 등을 해결해야 한다.

스마트 시설물관리시스템은 3D 스캐너를 활용한 역설계 기술, 드론과 같은 신기술을 포함한다. 스마트 시설물관리시스템

에 관한 기술개발은 진행 중에 있으며(Kang, 2018; KICT, 2016; Complex-shaped Tall Building Integrated Design System & KICT, 2016; Won, 2013), 기술성숙도 측면에서 적용성은 기술별로 상이하기 때문에 상용화를 위해 해결해야 할 과제들이 남아 있다. 본 연구는 앞서 언급한 첨단 IT 기술들을 보편적으로 사용하게 되는 상황을 전제로 하고자 한다.

시설물관리 업무는 일반적으로 유지관리, 운영관리, 자산관리로 구분될 수 있다.

■ 유지관리

- 일반관리업무: 청소, 경비, 일반관리, 보험관리 등
- 예방계획업무: 장기 수선계획, 일정관리, 유지관리계획 등
- 수선교체업무: 분야별 수선보수, 설비 등 교체수리, 하자관리, 대수선 등
- 점검진단업무: 특별점검, 일반점검, 정기점검, 안전점검, 정밀안전진단 등
- 정보관리업무: 정보 업데이트, 관련서류관리, 통계자료관리, 설비/운영/공간/객체/도면/이력/시방서 정보 입력, 검색 및 편집 작업 등

■ 운영관리

- 에너지관리: 사용현황조회 및 분석, 검침결과 입력 및 조회, 검침항목관리, 에너지분석 관리, 에너지유형 코드 등록 등
- 사용자 요구사항관리: 작업요청 및 조회, 작업등록, 작업일정관리, 작업예산관리

- 운영정보관리: 코드(사용자, 시설, 건물, 설비, 작업, 레이아웃, 장애, 공통 등)관리, 문서관리, 시설정보(건축, 임대, 환경 정보 데이터베이스) 관리 등
- 공간관리: 기능/공간/용도별 시설이용 현황관리, 시설물 모니터링, 도면관리 등
- 기타 비상시설, 소방시설, 주차시설, 보안시설 및 위험물 시설 운영관리


■ 자산관리

- 일반재무관리: 시설운영 및 유지관리 예산관리, 비용관리, 통계 및 예측관리 등
- 자재관리: 자재에 입출고 관리, 자재소요량 관리, 구매요청 및 발주관리, 재고관리, 계약관리, 물가정보 등 외부 정보 데이터베이스 등
- IT자산관리: Hardware 및 Software관리, 사무기기 관리, 데이터 관리 등
- 실험시설 및 장비관리

유지관리의 수선 교체 업무(누수 및 구조적 결함의 발견)와 운영관리의 공간관리 및 에너지관리에 관련한 적용사례 시나리오를 제시하고 이에 상응하는 업무절차를 분석한다.

본 연구는 이하 4가지 업무에 수행된다. 첫째, 세부 시나리오를 제시한다. 둘째, 각각의 실무를 수행하기 위해 동반되는 세부 업무절차를 정리한다. 셋째, 각각의 업무 절차에 필요한 관련 문서와 요구정보를 분석한다. 넷째, BIM 기반의 데이터 호환성 향상을 위한 정보체계의 요구사항을 분석한다.

Table 1. Summary of scenarios for solving structural problems

Categories	Details	Categories	Details
Date	10-10-2018	Location	The 3rd Floor (Main Building), the Future Convergence Room, Southeast Side Pillar
Inspector	000 (Assistant manager in the department of Architecture)	Issue	Deterioration of concrete and reinforcing bars in the Main Building
Identification of causes	Due to lacks of coating in rebar and deepening carbonation of concrete during construction	Image	
Further action	Record status reports ▶ Take measures to repair and reinforce ▶ Determine whether to perform a precision safety diagnosis ▶ Conduct repair and reinforcement		

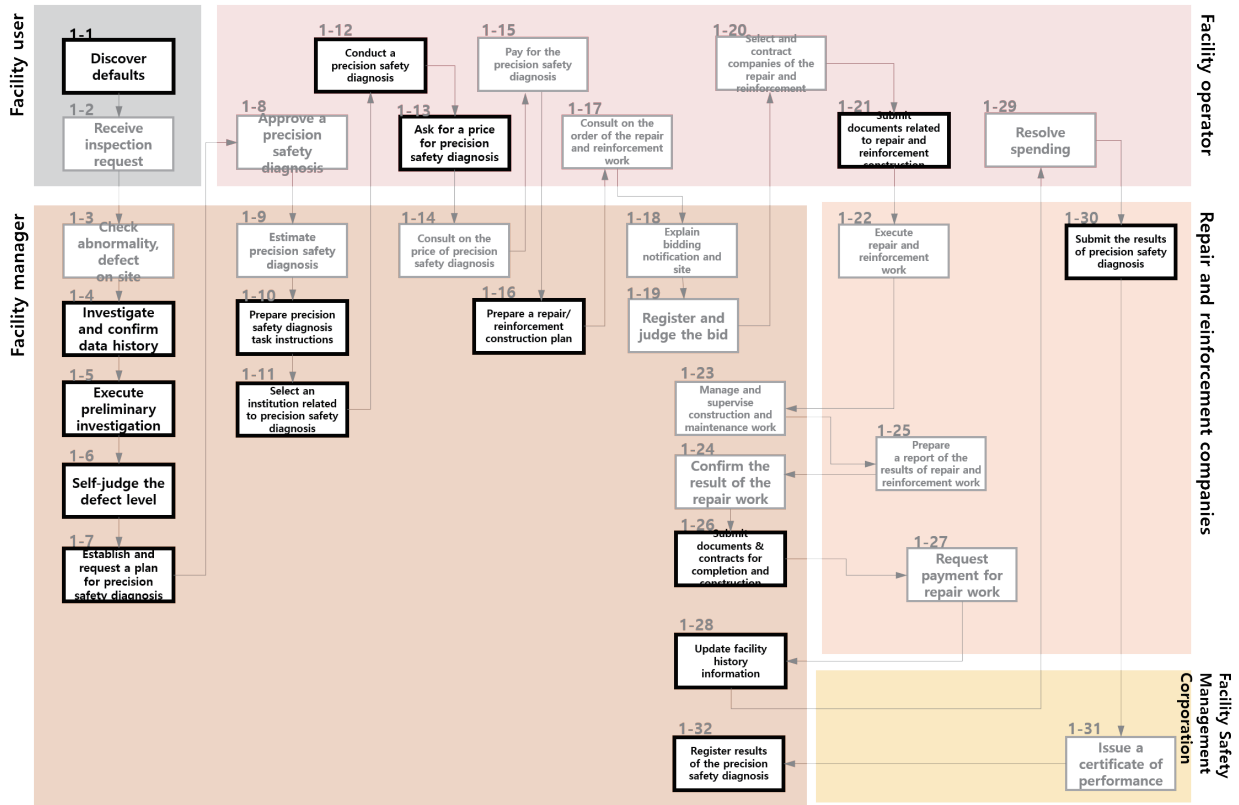


Figure 3. Specific procedures for structural problem solving scenario
(The classification of entire procedure and scenario by participatory experts)

3.2 적용사례를 활용한 유지관리 업무 절차의 분석

유지관리 업무는 시설물의 이용자 혹은 관리자가 시설물의 노후에 따른 문제점을 인식하고, 업체와의 계약을 통해 유지/보수 및 하자/보수 작업을 시행하는 형태라 할 수 있다. 공동주택관리법 제 36조 제4항에 의하면, 하자란 공사상의 잘못으로 인한 균열, 처짐, 비틀림, 침하, 파손 붕괴, 누수, 누출, 작동 또는 기능 불량, 부착 또는 접지불량 및 결선불량 등으로 건축물 또는 시설물의 기능, 미관 또는 안전에 지장을 초래할 정도의 것'을 의미한다. 국토해양부 (Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2015), 서울시설공단 (Seoul Facilities Corporation, 2014, 2017)의 사례를 통해 유지관리 업무의 적용사례를 조사하였다.

- 구조상의 하자: 건축물이 구현해야 할 가장 근본적인 성능인 구조안전에 관한 결함
- 마감에 대한 하자: 구조안전과 관계없는 조적 벽체 등의 균열, 차음, 단열성능의 결함, 누수, 결로, 도색부위 결함, 창틀 등의 뒤틀림 등
- 사용상의 하자: 사용하는데 지장을 초래하는 것
- 설계도서와 상이하게 건축된 모든 사항

이 하자들 중 구조문제의 해결에 관한 적용사례(Table 1)의 시

나리오를 통해서 통상적인 업무에서 요구되는 정보(Table 2)들을 분석하고 BIM 데이터와의 연계가능성을 분석한다. 적용사례 내용은 현장 데이터를 수집하는 6가지의 단계를 제외한 나머지는 설명을 생략한다.

- 적용사례 1-1. 시설물 하자 발견
 - 시설사용자에 의한 하자 발견 (본 적용사례에 채택)
 - 시설물관리자에 의한 수시점검에 의한 하자 발견
 - 시설물관리자에 의한 시설물점검계획서에 따라 하자 발견
- 적용사례 1-4. 시설물 하자부재 이력확인
 - 설계도서: 설계보고서 및 도면, 구조계산서, 시방서 등
 - 시설물 안전 점검표, 시설물관리 대장, 시설물안전 (표) 결과서
 - 보수 · 보강 이력: 보수 · 보강 경위, 적용공법, 적용 범위, 공사기간, 시행자(감독, 시공자)등
 - 사고기록: 사고의 날짜, 경위, 사고의 원인 및 조치사항 등
 - 사진: 시설물 부재와 관련된 시공 운영사진
 - 품질관리 관련 자료: 재료증명서(시공재료의 종류, 등급, 품질 등), 품질시험기록, 기타 각종 시험기록
- 적용사례 1-5. 예비조사(광운대학교 관리처, 2015)
 - 예비조사는 설계도서 등의 검토와 육안검사 및 간단한

Table 2. Types of document and information that can be linked and utilized between BIM data and facility objects

Basic facility information	Facility information (e.g. structural classification, structural features, structural form, etc.)		Property information of repair and reinforcement works that can be linked to the level of facility objects	Construction plans for repair and reinforcement	
	Property information of safety diagnosis that can be linked to the level of facility objects	Safety diagnostics information		Types of safety diagnosis	Letters of approval for orders in repair/reinforcement
Safety diagnosis identification number				Bid report and site guide	
Inspection period				Documents of bid registration and screening	
Inspection cost				Construction Specifications for repair and reinforcement	
Information of parties in safety diagnostics	Facility manager (Chief management officer, executive dept. contact information)	Facility operator (Chief operating officer, executive dept., contact information)		Commencement declaration	
	Agency conducting safety diagnosis (Company name, location, representative business registration number, contact information, homepage)			Contract warranty	
				Construction plan	
Documents of safety diagnosis that can be linked to the level of facility objects	Documents prepared by the facility manager	Plans of precision safety diagnosis		Historical information that can be linked to the level of facility objects	Notifications of the designation of field engineers
		Task reports of precision safety diagnosis			All documents related to maintenance and reinforcement
	Safety diagnosis agency prepared documents	Results of safety diagnosis	Date of renewal (period)	Documents for updates of historical information	History manager and approver (department, position, contact information, etc.)
		Estimations about precision safety diagnosis	Defect inspection report, defect & repair register, facility management register, as-built drawing for repair and reinforcement		
		Letters of approval for precision safety diagnosis	Performance record for precision safety diagnosis, Performance confirmation for precision safety diagnosis		
		Payments of precision safety diagnosis	Facility Management System (FMS)		

시험·조사 기구를 사용하여 실시하는 건축물의 전반에 걸친 개황조사임. 정밀조사의 범위 및 방법을 결정하고, 진단의 전체적인 상세계획 수립에 활용함.

- 조사항목: 건축물의 평면, 입면, 단면, 용도 등의 변경사항, 구조부재의 변경사항, 하중조건, 기초·지반 조건, 주변 환경조건 등의 변동사항, 균열발생 상태(위치, 유형 및 형상(종류), 크기(폭, 길이 등), 진행 상황, 누수여부 등), 구조물 혹은 부재의 변위·변형 상태, 콘크리트의 표면노후화 상태, 철근의 노출 및 부식 상태, 강재구조물의 노후화 상태 등 조사

- 적용사례 1-6. 하자정도 판단(인천광역시 시설물관리공단, 2010, 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법 시행령 제 12조, 2018)
 - 경미한 결함으로 자체 안전진단이 가능하고, 부분적 개선으로 사용 가능한 경우와 긴급한 보수 및 응급조치가 요구 경우, 그리고 구조적 결함으로 정밀안전진단 필요하고 전면적 시설의 부재 개선 요구 경우로 구분함 (본 적용사례에 채택)

이외의 Figure 30에 강조된 항목들에 관한 문서들과 요구정보들을 확인하였다.

- 적용사례 1-11. 정밀안전진단실시
- 적용사례 1-12. 정밀안전진단 및 결과보고서 작성
- 적용사례 1-16. 보수·보강 공사계획서
- 적용사례 1-21. 보수·보강 공사 관련 문서 접수
- 적용사례 1-26. 준공확인
- 적용사례 1-28. 시설물 이력정보 갱신
- 적용사례 1-30. 정밀안전진단 실적제출
- 적용사례 1-32. 정밀안전진단 실적결과 등록

지금까지 구조적 문제가 발생한 경우의 적용사례 시나리오를 통해 정밀안전진단과정에 필요한 세부 절차와 각 절차에 요구되는 정보를 분석하였다. 이를 통해 시설의 구조적 문제, 특히 시설물안전점검 절차에 활용될 수 있는 BIM 데이터, 특히 객체와 그 속성정보를 분석하면 아래 내용과 같다.

BIM 데이터는 적용 범위 및 요구정의, 용도 및 대상, 단계에 따라 작성범위와 상세함이 다르다(Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2010, 2009). 본 연구는 KBIMS v1.0 BIL (Building Information Level) 50 수준을 전제로 한다. 즉, 연구는 건축물 전생애주기에 관련된 전 분야에서 요구하는 정보(예: 도면추출, 물량산출, 공사비산출, 구조계산, 유지관리, 에너지 해석과 같은 목적에 맞게 요구되는 형상, 물성의 정보)를 포함하고 있

다는 가정 하에 진행되었다. 또한 작성된 BIM 데이터의 객체 및 그 속성 정보는 데이터 간 명확한 메타데이터 정보로 구분되어 상호 유기적으로 상위 메타데이터를 공유되고 있다. 각각의 수치 데이터는 파라미터로 정의되어 정보의 동기화 및 일관성, 상호운 영성이 확보되어 있다는 이상적인 데이터 구축을 가정으로 연구 를 진행하였다. 이 중 (1) 항목에 대한 내용은 위 Table 2와 같다.

- BIM 데이터 시설물 객체 Level에 연계 및 활용 가능한 정보
 - BIM 데이터로부터 직접 연계 가능 정보: 건설정보분류 체계 시설물 분류 정보
- BIM 데이터에 연계 가능한 시설물 공간운영 속성정보
 - 시설물 목록 정보: 본관동, 체육관, 기숙사 등
 - 시설물 현황 정보: 건물현황코드, 건물안전등급, 건축연도, 재해취약여부, 내진건물적용여부, 내진설계여부, 내진보강여부, 내진보강연도, 특정관리대상여부, 녹색인증유무(등급, 인증날짜, 유효기간), 에너지효율등급여부(등급, 인증날짜, 유효기간), 에너지절약계획서유무(등급, 인증날짜, 유효기간) 등
- BIM 데이터 공간객체 Level에 연계 및 활용 가능한 정보
 - 공간 속성정보
 - 공간운영에 필요한 분류정보: 실분류(기능분류, 용도분류), 사용자분류(대학전체, 교수공용, 교수전용, 전공공용, 본부부서, 부속기관 등), 조직분류(대학, 인문대학, 학과)
 - 공간운영관리 정보: 실 목록, 실 번호, 실명, 최대사용인원, 전용면적, 실사용상태, 사용자구분, 사용자정보, 속성정보(수업배정, 수업배정시간, 활용률, 안전관리대상 등)
 - 기자재 및 비품 정보: 기자재 및 설비, 공간에 소속된 자산 및 비품
- BIM 데이터 부재객체 Level에 연계 및 활용 가능한 정보
 - 성능(내화구조, 내력구조, 방화등급, 열전도율, 열관류율) 정보 일부 활용 가능

4. 스마트 시설물관리의 요구사항

4.1 BIM기반 스마트 시설물관리 정보통합

스마트 시설물관리 정보와 BIM 데이터 간 통합은 정보운영과 시설물관리 업무 의사결정 지원에 대한 비효율성을 개선할 수 있게 한다. 그러나 현재까지 BIM 데이터와 시설물관리 시스템 상의 정보통합은 미완 상태이다. 스마트 시설물관리 시스템과 BIM 데이터간의 일원화된 정보 운영을 위해서는 다음과 같은 기술적인 해결 과정이 선제적으로 요구된다.

첫째, 정보체계의 일원화가 요구된다. BIM에서 다루는 데이터들은 객체 기반의 정보체계(Object-oriented)이다. BIM은 시설물

의 유지관리 단계의 업무에서 발생하는 정보를 포함하여 전생애 주기간 발생하는 특성정보를 각 구성요소별로 운영할 수 있게 한다. 그러나 BIM 데이터구성과 유사한 형태를 취하는 시설물관리 업무는 일부에 불과하다. 시설물관리 시스템에서 다루어지는 데이터들은 사람들의 행동 즉, 업무 중심의 정보체계(Operation-oriented)를 형성한다. 업무 중심의 정보체계는 사람위주, 문서위주, 프로세스 위주, 시간 위주의 정보관리가 수행된다는 특징을 갖는다. 보다 쉽게 표현하자면, 현행 시설물관리 시스템은 발생하는 이벤트(Event, 예를 들어 방수공사) 위주로 누가, 언제, 어떠한 과정을 통해, 처리하였는지를 표현하는 정보체계를 가지고 있다. 즉, 시설물관리 업무분야 중심으로 주로 행정업무를 처리하고 있으며, 결국 비 비구조화된 문서 양식의 정보로 관리된다고 할 수 있다. 이러한 경우 BIM 데이터의 객체 중심의 정보 조회 및 추출은 매우 어려워진다. 결과적으로, 객체 중심과 업무 중심 모두를 만족시킬 수 있는 정보체계 일원화의 과정이 필요하다. 현행 '안전점검 및 정밀안전진단 세부지침'에 의한 구조물의 상태 평가는 시설물의 구성요소별로 손상을 점검하여 평가하고, 각 구성요소별로 평가된 결과는 다시 각 구성요소가 조합되는 상위의 부위의 상태를 평가하는 방식으로 진행된다. BIM과 안전점검 및 진단의 세부지침은 정보운영 방식에 있어 매우 유사하다.

둘째, 시설물관리를 위한 BIM 모델링 표준이 정립되어야 한다. BIM 모델을 구축하는데 있어 사용자별로 시설물의 구성체계가 다르게 설계될 수 있다. 설계와 시공단계에서 구축된 3차원 모델은 간섭 검토, 4D 시뮬레이션 등 응용 분야에 따라 다른 방법과 상세수준을 가진다. 따라서 설계와 시공단계에서 작성된 3차원 모델이 모두 유지관리단계에서 활용할 수 있다고 보장할 수 없다. 따라서 현재 시설물관리 즉, 운영관리, 유지관리, 자산관리 등 활용 목적에 따라 BIM 모델링에서 표현하기 위한 표준이 제공되어야 한다.

셋째, 스마트 시설물관리 업무 중 발생하는 각종 텍스트 정보, 센서 정보, 동영상 및 음성 정보 등 비 구조화된 원시 데이터를 구조화된 양식으로 운영하기 위한 방안이 요구된다. 구조화된 원시 데이터는 컴퓨터에 의한 정보 추출 및 분석이 가능하기 때문에 원시 데이터를 구조화된 양식으로 변환하는 과정이 필요하다. 구조화를 위한 가장 표준화 대상은 시설물 구성요소에 대한 분류체계, 구성요소의 조합체계, 구성요소의 명명체계, 구성요소의 속성체계 그리고 각 구성요소에 대한 형식이 있다. BIM 데이터와 기존 시설물 유지관리시스템과의 구조화된 정보 연계 방안으로서 건설정보분류체계(COBie)와 같은 국제표준을 활용한 방법이 요구된다. 건설정보분류체계, BIM 객체 및 속성 정보체계, 시설물관리 정보체계 등의 이종의 데이터간의 정보 수준 및 메타데이터의 표준화, 정보체계의 구조화 과정이 필요하다. 정보체계의 구조화 과정에는 단순성, 확장성, 독립성이 보장되어야 하며, 특

히 시스템간의 정보의 동기화 및 자동화 측면에서 표준화 과정이 요구된다.

넷째, 일련의 정형화된 프로세스로 구성된 시설물관리 업무의 표준화 그리고 각각의 프로세스에서 요구되는 BIM 데이터에 대한 요구사항 정의서가 수립되어야 한다. 앞서 언급한 바와 같이 BIM 데이터는 시설물과 관련된 정보의 통합 데이터베이스로서 최적화된 의사결정을 지원할 수 있다. 미래지향적 스마트 시설물관리 시스템은 센서 정보, 네트워크 정보, 비디오 및 이미지 정보, 모바일 정보 등 방대한 량의 데이터를 수집하고 기계학습을 통해 시설물관리에 최적화된 의사결정을 지원한다.

4.2 BIM 데이터와 SFMS 간 정보통합 절차

BIM기반 스마트 시설물관리시스템을 정보체계를 구축하기 위한 방법으로 다음과 같은 체계화된 일련의 정형화 과정이 요구된다.

- 행위주체 정형화(WHO)
 - 적용사례를 통해 시설물관리 사용자들을 분류할 수 있었다. 내부 관계자로서 시설사용자(내부), 시설물관리자, 시설운영자가 존재하며, 외부 관계자로서 시설사용자(외부), 안전진단전문기관, 전문건설업체, 공공시설물관리기관으로 구분할 수 있다. 행위주체는 크게 사용자, 점검자(기술자), 관리자, 외부기술자, 분야 담당자로 구분할 수 있다. 사용자는 일상적인 생활에서 시설을 사용하는 자, 점검자는 하자를 발견하거나 확인하는 자, 내부 기술자는 시설물 자체수리를 할 수 있는 자를 뜻한다. 관리자는 점검자가 발견한 하자를 검토 및 확인하고 판단하는 행정담당자이다. 특히 하자 발생 시 자체적으로 수리가 가능하지 않다고 판단하거나 시설의 A/S가 가능 할 경우 해당 업체와 계약하여 분야별 전문가인 외부 기술자와 업무를 진행하며 점검자와 함께 시설물의 실제 유지보수작업을 진행한다. 분야 담당자는 도면, 품질 보증서 및 설명서, 수리 이력관리 문서 등을 보관 및 관리한다.
- 관리업무 정형화(WHEN)
 - 행위주체가 결정되면 업무 프로세스의 정형화 과정이 요구된다. 행위주체별로 세분화된 업무를 순서대로 정렬한다.
- 관리목적 정형화(WHY)
 - 시설물관리 업무 각각의 관계자가 각 단위 업무 프로세스에 필요로 하는 정보를 정의하기 위해서는 가장 우선적으로 정보의 활용 목적을 명시화해야 한다.
- 요구정보 정형화(WHAT)
 - 각 단위 업무의 활용 목적이 정의 되면, 다음 단계로는

원천정보의 정형화 과정이 요구된다. 각 세부업무에 요구되는 정보를 명명하고, 원천정보의 소스(시설물관리 시스템, BIM, 관련문서, 외부참조문서 등), 원천정보의 형태(Electronic File, 종이문서, Web 정보 등), 원천정보의 유형(직접사용 가능한 정보 인지 가공하여 사용하여야 할 정보인지 구분) 등에 대하여 정의한다.

- 통합방법 정형화(HOW)
 - 행위의 주체, 주체의 업무, 업무의 목적, 목적 달성을 위한 요구정보 등 일련의 과정이 선결되면 마지막으로 요구정보를 어떠한 방식(객체기반, 작업기반, 문서기반 등)으로 연계할 것인지, 데이터베이스 상 어디(시설물관리시스템, BIM, 또는 Hardware)를 주요 저장 공간으로 할 것인지 등을 정의하는 과정이 요구된다.

4.3 이해당사자에 따른 시스템 기능 요구사항

시설물관리업무 다수의 관계자가 다양한 단계에 복잡한 정보 처리 과정을 수행하면서 운영된다. 이해당사자에 따른 시스템 기능 요구사항은 매우 복잡하고 상이할 수 있음을 감안하고 정보 통합 및 시스템 개발을 수행하여야 한다. 기본적으로는 정보가 유용하게 활용되기 위해서는 '누가', '언제', '어디서', '무엇을', '어떻게', '왜' 와 같이 6하원칙(5W1H)에 기반한 다차원적 정보구현이 가장 이상적일 것이다.

이를 위해서 각 관계자들과 인터뷰 및 시나리오 작성을 통해 요구사항을 수집하고 수집된 요구사항을 통해 개발되어야 하는 시스템에 대한 사용자 요구와 시스템 기능 및 제약사항을 식별하고 이해한다. 필요하다면 적용사례 다이어그램을 요구사항이 시스템에 충분히 반영되었는지에 대한 검토가 요구된다.

5. 결론

BIM 기술의 도입이 점차 확산됨에 따라 설계, 시공 뿐 아니라 유지관리 단계에 적용하려는 시도가 진행되고 있으며, 최근에는 이를 넘어서 첨단 IT 기술을 접목한 스마트 시설물관리시스템의 구축에 많은 관심을 가지고 있다. 한편, 실무에서 CAFM이 도입되었음에도 불구하고, 문서위주의 보고서를 정리하는 방식으로 운영되고 있는 것이 현실이다. 다양한 이유가 존재하겠지만, BIM 및 첨단 IT 기술의 도입이 아직까지 실무에 확대되지 않은 것은 기술 성숙도, 업무 효율성, 수익성 측면에서 많은 연구개발의 여지를 남겨 두고 있다고 할 수 있다.

본 연구는 BIM 및 첨단 IT 기술을 시설물관리에 어떻게 적용할 것인지에 대한 방향 설정을 위해 우선 스마트 시설물관리기술과 그 활용사례를 소개하고, 시설물관리 업무를 업무적 특성 및 내

용에 따라 마이크로(Micro)한 수준으로 세분화하였다. BIM과 스마트 기술을 시설물관리에 도입하고자 하는 실무자들에게 제공할 수 있는 일련의 프로세스이자 가이드라인이다. 이는 유지관리 사례를 기반으로 단계별 요구정보에 따라 요구되는 데이터 항목과 수준들을 정의할 수 있게 한다.

BIM 기반의 스마트 시설물관리시스템 구축을 위해서는 다음과 같이 요구사항이 충족되어야 할 것이다. 첫째, 시설물관리의 작업을 중심으로 파악한 정보와 BIM의 객체중심의 정보 일원화가 요구된다. 둘째, 시설물관리를 위한 적절한 수준의 BIM 모델링 표준이 정립되어야 한다. 셋째, 마트 시설물관리 업무 중 발생하는 각종 텍스트 정보, 센서 정보, 동영상 및 음성 정보 등 비구조화된 원시 데이터를 구조화된 양식으로 운영하기 위한 방안이 요구된다. 넷째, 일련의 정형화된 프로세스로 구성된 시설물관리 업무의 표준화 그리고 각각의 프로세스에서 요구되는 BIM 데이터에 대한 요구사항 정의서가 수립되어야 한다.

이를 위한 정보통합 절차로 행위주체, 관리업무, 관리목적, 요구정보, 통합방법론의 정형화에 대한 방향을 제시하였다. 본 연구를 통해 미래지향적 스마트시설물관리 시스템으로 다가서는 초석으로, 시설물관리산업에 고부가가치를 창출하고 다양한 비즈니스 서비스를 제시하는 전환의 계기가 마련되기를 기대해 본다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부 도시건축 연구개발사업의 연구비지원(20AUDP-B127891-04)에 의해 수행되었습니다. 본 연구를 진행하는 과정에서 관련 사례조사와 조언을 주신 권방호 대표, 조대구 박사, 강태욱 박사님께 감사드립니다.

References

buildingSMARTalliance, Healthcare BIM Consortium, https://www.nibs.org/page/bsa_healthcarebim, (Sep. 15. 2020).

Cheng, J. C., Chen, W., Chen, K., Wang, Q. (2020). Data-driven predictive maintenance planning framework for MEP components based on BIM and IoT using machine learning algorithms, *Automation in Construction*, 112, 103087.

Complex-shaped Tall Building Integrated Design System & KICT (2016). Guidelines for modeling BIM-based maintenance information, V 2.0.

Incheon Facilities Corporation (2010). Construction business manual.

KICT (2016). Guidelines for modeling BIM-based maintenance information, V 2.0.

Kim, Y. H., Choi, J. S., Kim, I. H. (2020). Establishment of BIM data input system for maintenance of facilities in design phase, *Korean Journal of Computational Design and Engineering*, 25(1), pp. 1-11.

Kim, Y. J., Kim, H. S., Kim, M. K. (2016). A study on the ranging of phased BIM introduction into the architectural information system, *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, 17(10), pp. 131-138.

Lee, S. K., Yu, J. H., An H. K. (2012). Improvement of information collection system in design and construction phase for efficient facility management, *Journal of the architectural institute of Korea, Planning & Design*, 28(5), pp.33-42

Kang, T. W. (2018). BIM-based Smart Facility Management Framework for Existing Buildings, *Journal of the Architectural Institute of Korea*, 62(6), pp.37-42.

Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs (2010). Guidelines for the application of BIM in the field of construction, written by the Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs.

Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs (2009). Operational rules for the combined system for facility information management, *National Maritime Notice*, 2009-139.

Nah, H. S., Choi, W. S., Kim, N. G., Moon, H. S., Seo, M. B. (2013). A Method of Facility Management based on BIM. In *Proceedings of the Korea Contents Association Conference*, pp. 435-436.

Seoul Facilities Corporation (2014). A facility maintenance plan of the Jang chung Arena.

Seoul Facilities Corporation (2017). 2017 Jang chung Gymnasium facility maintenance plan for optimized and efficient operation of facilities.

Sinopoli, J. (2014). Smart building system for architects, owners, and builders, CIR.

Schultz, A. (2013). The economics of BIM and added value of BIM to construction sector and society, CIB (International Council for Research and Innovation in Building and Construction), Publication 395.

Shim, C. S., Kim, S. W., Song, H. H., Yun, N. R. (2011). Development of BIM for a Maintenance System of Subway Infrastructures, Journal of KIBIM, 1(1), pp. 6-12.

The agility effect (2017). The age of BIM for FM: smart maintenance and new services, <https://www.theagilityeffect.com/en/article/age-bim-fm-smart-maintenance-new-services/>, (Sep. 14, 2020).

Won, J. S., Joo, K. B., Jo, K. H. (2013). Development method of BIM data modelling guide for facility management: Focusing on building mechanical system., Korean journal of air-conditioning and refrigeration engineering, The Society of Air-Conditioning and Refrigerating Engineers of Korea, 25(4), pp. 216-225.

<http://mdon.co.kr/news/article.html?no=4316>