

BIM기반 사회기반시설물 유지관리를 위한 표준화 가이드라인 연구

A Study on Standardization Guidelines for BIM-based Maintenance and Management of Civil Infrastructures

지 승 구¹⁾
Seung-Gu Ji

김 지 원²⁾
Ji-Won Kim

서 종 원^{3)*}
Jong-Won Seo

Abstract

This paper provides core standardization items and method for the building information modeling (BIM) based maintenance and management (M&M) of civil infrastructure. Value chain of the M&M and characteristics of BIM technology has been analyzed and compared. As a result, it has been revealed that the initial activity recording damage information is very similar to the BIM-based information operation. The core standardization items for generation and operation of BIM data were identified according to the M&M value chain, The identified items were categorized into common standard item and specialized items for M&M of civil infrastructure, and proper government funded organizations for each standardization items were introduced on the basis of the roles in the laws.

Keywords : Standardization, Building information modeling, Civil infrastructure, Maintenance and management

1. 서 론

건축분야에서 먼저 화두가 된 Building Information Modeling (BIM)을 토목 시설물 분야에 도입하기 위한 연구와 실무 적용사례가 최근 급격하게 증가하고 있다. 실제로는 BIM의 용어가 대두되기 전에 토목분야에서는 이미 제품데이터모델링 (Product Data Modeling) 개념을 기반으로 한 데이터 모델 개발 중심의 연구 (Lee and Jeong, 2004; Lee et al., 2005) 또는 상용 3D CAD 툴을 이용한 모델링 방안을 위한 연구 (Cho et al., 2004; Lee et al., 2006)가 수행되어 왔다. 그러나 ISO/TC59 (2010)가 BIM을 “A shared digital representation of physical and functional characteristics of any built object including buildings, bridges, roads, process plants”로 정의한 사례와 같이 BIM은 토목 시설물을 포함한 전체 시설물의 생애주기 정보를 다루는 디지털 모델 (model) 또는 프로세스적 의미를 강조한 모델링 (modeling)의 의미로 현재 사용되

고 있다. 이러한 사실은 최근 토목분야에서 발표되는 많은 정보모델링에 관한 연구와 실무 적용사례에 BIM이라는 키워드의 사용이 급격히 증가된 현황으로도 알 수 있다. 한편 일본의 경우 정보모델링 대상이 되는 시설물 범위의 포괄성에 의해 Construction Information Modeling (CIM)이라는 용어가 BIM을 대신하여 활용되고 있다.

현재까지 토목분야에서 BIM과 관련하여 발표된 대다수의 연구들은 토목분야에서 BIM 기법을 적용하기 위한 모델링 방안이나 설계 또는 시공 현장에서 적용된 사례를 위주였으며, 유지관리 측면에서 연구된 내용은 아직 많지 않다. BIM을 유지관리에 적용한 일부의 사례로서, Lee et al. (2006)은 시설물 유지관리 시 구조화된 디지털 정보를 통해 쉽게 자료 조회를 지원하기 위해 3D 모델과 문서정보의 통합 방안에 관하여 연구를 수행하였으며, Shim et al. (2011)은 BIM 기반의 지하철 구조물 유지관리 방안에 관한 개념적 연구를 수행하였다. 단지 구조물 형상을 가시화하는 차원을 넘어서

1) 정회원, 한양대학교 건설환경공학과 박사과정, 한국시설안전공단 부장
2) 정회원, (주)토탈페이브시스템 대표이사, 공학박사
3) 정회원, 한양대학교 건설환경공학과 교수, 공학박사, 교신저자

* Corresponding author : jseo@hanyang.ac.kr

• 본 논문에 대한 토의를 2013년 12월 31일까지 학회로 보내주시면 2014년 1월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

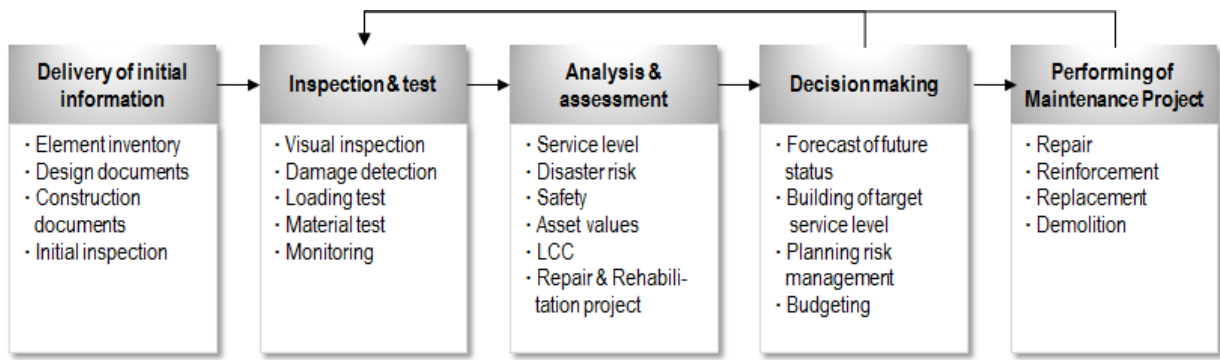


Fig. 1 Value chain in maintenance and management of civil infrastructure

3D 모델을 안전점검 프로세스에 접목하는 실제 시스템으로 구현된 사례로는 Samlim Engineering (2011)이 개발한 시범 시스템이 있다. 이 시스템은 스마트 패드와 3D 모델을 이용하여 현장점검정보를 실시간으로 서버에 전송하고 사무실에서 3D 모델을 통해 조회할 수 있으며, 현장에서도 기 점검이력을 3D 모델을 통해 조회할 수 있도록 구현되었고, 시범 적용을 끝낸 상태이다. 이와 같이, BIM의 적용영역이 현재까지는 시설물의 계획, 설계, 시공에 그치고는 있으나 앞으로는 유지관리까지 확대되어 갈 것으로 전망되며, 이에 대비한 표준화가 추진되어야 할 것이다. 특히, 공공시설물인 토목 시설물에 관하여서는 국가적인 차원에서 표준화 추진체계가 마련이 필요하다.

본 연구는 BIM 기반의 토목 시설물 유지관리를 위한 표준화 추진 시 참고할 수 있는 가이드라인 개발을 위해 수행되었다. 이를 위한 선행 연구로서 국내외 BIM 가이드라인 고찰에 관한 연구가 있으며 (Kim et al., 2012), 본 논문에서는 토목 시설물의 유지관리에 BIM을 도입하기 위해 도출된 핵심 정보 표준화 항목 및 고려사항과 이들 항목에 대하여 표준화를 추진하기에 적합한 담당기관을 제시하였다. 이를 위해 먼저 토목시설물의 유지관리 특성과 BIM의 기술적 특성을 비교하여 그 적용성을 분석하였으며, 이를 바탕으로 유지관리 프로세스에 BIM을 도입하기 위해 필요한 핵심 표준화 항목과 표준 개발 시 고려사항을 도출하였다. 마지막으로는 이와 같이 도출된 각 항목별로 표준화 추진에 적합한 전담기관을 법령에 근거하여 제시하였다.

2. 시설물 유지관리 정보와 BIM의 연계성

2.1 시설물 유지관리 가치사슬과 지식구조

시설물 유지관리의 가치사슬 (value chain)을 구성하는 주

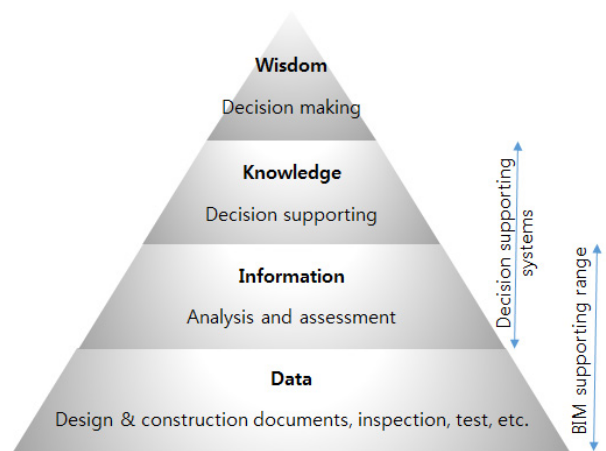


Fig. 2 DIKW hierarchy in civil infrastructure management

요 활동은 Fig. 1에 나타난 바와 같이 크게 5단계로 구분할 수 있다. 이를 다시 정보의 생성과 활용 관점에서 재구분하면 '시설물 정보의 납품', '점검 및 계측', '유지보수 공사'에 관한 활동은 시설물의 유지관리를 위한 원시 데이터의 생성과정으로 구분할 수 있고, '분석 및 평가'는 원시 데이터를 활용한 가공된 정보의 생성과정으로 구분할 수 있다. 마지막으로 '의사결정 (지원)'은 정보의 활용으로 구분할 수 있다.

이와 같은 각 업무 단계의 특성에 따른 정보를 다시 정보과학 분야에서 구분하는 '데이터-정보-지식 구조 (DIKW Hierarchy)' (이하 '지식구조'라 한다)에 매핑하면 Fig. 2와 같다. Fig. 2에 나타난 바와 같이 시설물 정보의 납품 단계, 점검 및 계측 단계, 유지보수 공사 단계는 1차 데이터를 생성하는 단계로 매핑할 수 있고, 분석 및 평가단계는 1차 데이터를 활용하여 가공된 의미있는 정보를 생성하는 단계로 구분할 수 있다.

마지막으로 의사결정지원 체계는 분석 및 평가단계에서 생성한 정보를 기반으로 미래 시설물의 서비스 상태를 예측하여 여러 대안에 대한 지식체계를 지원하며, 최종 의사결정

은 사람에 의해 이루어진다. 지식구조에서 기존의 시설물 유지관리를 위해 구축된 의사결정지원 시스템은 ‘Information’과 ‘Knowledge’에 해당되며, BIM에 의해 관리되는 정보의 영역은 ‘Data’와 ‘Information’중 일부에 해당되는 것으로 볼 수 있다.

2.2 BIM에 의한 시설물 정보 표현 방식

BIM은 그 기술기반을 객체지향 CAD에 두고 있다. 따라서 BIM에서 다루는 데이터들은 객체라고 불리우는 정보체제로 다루어진다. 실제 객체지향 CAD 프로그램은 형상을 표현하기 위한 데이터들의 집합인 형상객체가 있으며, 각 형상객체들은 업무에서 필요한 정보들을 포함할 수 있다. 업무에 필요한 정보는 제조산업이나 건설산업과 같이 각 산업분야에 특화된 정보들이 반영되며, 건설분야에서 다루는 기본적인 정보의 종류를 규정한 것이 건설정보분류체계이다. 국내외 건설정보분류체계의 기반이 되는 국제표준으로는 ISO 12006-2 (ISO TC59/SC13, 2001)이 있으며, 이 표준에서 건설정보는 크게 건설자원, 업무, 그리고 물리적으로 생성되는 시설물 (공간, 부위 포함)로 구분되며, 이들은 모두 정보체제에서 각각 객체로 다루어진다.

최종 산출물로 여길 수 있는 시설물에 대한 BIM 데이터는

일반적으로 Fig. 3에 나타난 바와 같이 시설물의 구성체계와 함께 표현된다 (Kim, 2009). 즉, 여러 구성요소들이 모여 하나의 시설물 부위를 이루고, 시설물 부위들이 모여 하나의 시설물이 되는 방식이다. 이와 같이 3D 형상으로 표현된 각 시설물의 구성요소에 대한 객체들은 이론적으로는 무한대의 속성정보를 가질 수 있다.

2.3 BIM과 시설물 유지관리의 연계성

현행 ‘안전점검 및 정밀안전진단 세부지침’ (Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2010)에 의한 구조물의 상태평가는 시설물의 구성요소별로 손상을 점검하여 평가하고, 각 구성요소별로 평가된 결과는 다시 각 구성요소가 조합되는 상위 부위의 상태를 평가하는 방식으로 진행된다. 따라서 시설물의 구성요소별로 정보를 관리하는 BIM과 안전점검 정보운영 방식에 있어 매우 유사하다.

3. 핵심 표준화 대상

3.1 핵심 표준화 대상의 선정

본 연구에서는 시설물 유지관리를 위한 BIM 도입 시 추진

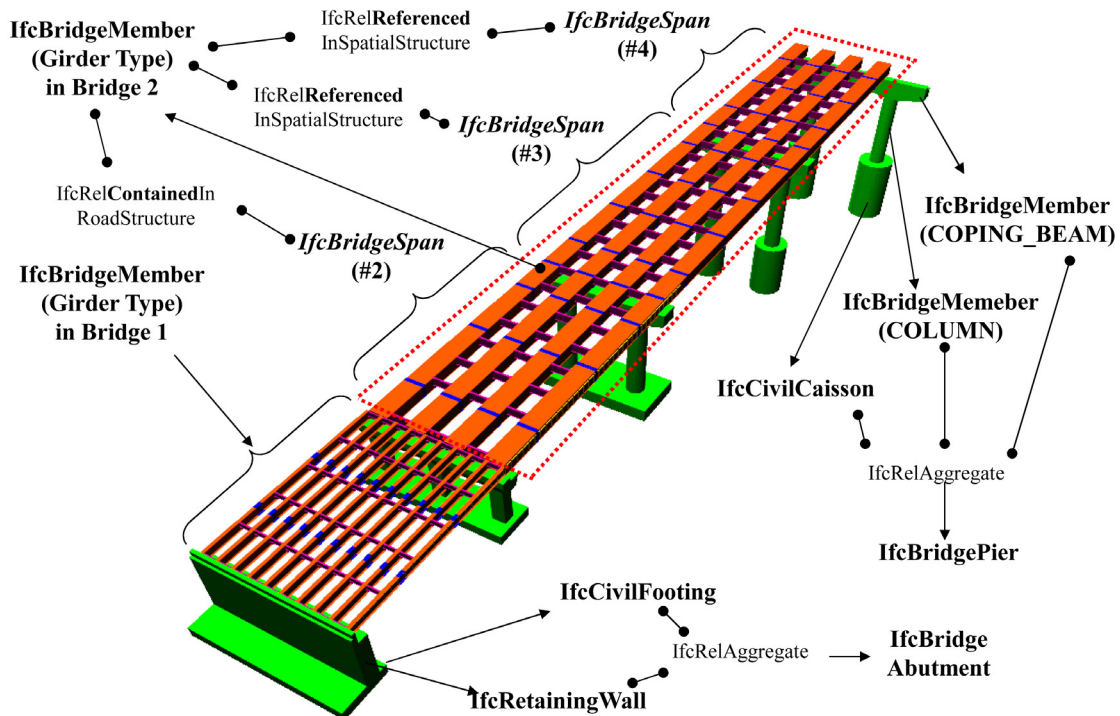


Fig. 3 An example of bridge component aggregation using IFC-based bridge data model (Kim, 2009)

되어야 하는 핵심 표준화 대상으로 시설물의 구성체계 표현 방식, 시설물별 BIM 데이터 요구사항 정의서, 그리고 토목 시설물 BIM 데이터를 표현하기 위한 개방형 표준 포맷을 선정하였으며, 그 선정이유는 다음과 같다.

앞서 2.1절에서 언급한 바와 같이 시설물 유지관리 가치사슬은 시설물을 구성하는 각 부위에 대하여 손상 정보를 기록하며, 기록된 손상 정보를 분석하여 노후화 정도 또는 안전성을 평가하고, 이러한 평가결과를 바탕으로 유지보수에 대한 의사결정을 진행하는 연속적인 업무로 진행된다. 가치사슬을 시작하는 점검업무에서 조사된 손상정보는 시설물 구성체계에 따라 기록되므로 시설물 구성체계에 대한 정보는 시설물의 유지관리 전체 가치사슬 상에서 기본이 되는 인벤토리 정보라 할 수 있다. 시설물의 구성체계를 표현하는 정보항목들은 시설물 구성요소에 대한 분류체계, 구성요소의 조합체계, 구성요소의 명명체계, 그리고 각 구성요소의 형식에 관한 정보가 있으며, 이들 각 항목에 대하여 표준화 추진 시 고려되어야 하는 사항은 3.2절에 보다 자세히 설명하였다.

시설물의 안전성의 평가는 각 시설물의 특성에 따라 그 방식이 다르다. 이에 한국시설안전공단 (Korea Infrastructure Safety & Technology Corporation)의 ‘시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침 (2010)’ 또한 각 시설물별로 별도의 평가 방법을 제공하고 있다. 따라서 표준화된 시설물의 구성체계를 기반으로 추가될 정보들은 각 시설물별 평가방법에 적합하게 작성되어야 하며, 이를 위한 표준은 각 시설물별 BIM 데이터 요구사항 정의서 형태로 개발될 수 있다. 선행 연구 (Kim et al., 2012)에서 조사된 국내외 BIM 가이드라인의 사례를 살펴볼 때에 BIM 데이터의 활용목적, 응용모델에 포함되어야 하는 구성요소의 종류와 상세수준, 그리고 속성정보체계가 요구사항 정의서에 기본적으로 포함되어야 하며, 시설물의 유지관리에 관한 사항을 반영하기 위한 세부 고려사항은 3.3절에 설명하였다.

마지막으로 시설물 유지관리 가치사슬 상에서 최종적으로 이루어지는 의사결정은 여러 기관에서 작성된 데이터를 기반으로 한다. 여러 기관에서 조사 및 평가된 결과에 대한 BIM 데이터가 표준화되어 있지 않는 경우 의사결정지원 시스템을 위한 별도의 DB 구축 및 업데이트 체계가 마련되어야 하며, 이는 가치사슬의 연속성을 해치는 결과를 가져온다. 따라서 의사결정지원 시스템을 보다 원활히 사용하기 위해서는 프로그램에 의해 다양한 정보의 추출이 가능하여야 하며, 이를 위해서는 시스템에 납품되는 BIM 데이터 포맷이 개방형 표준을 기반으로 표준화되어야 한다. 이에 관한 자세

한 사항은 3.4절에 설명하였다.

3.2 시설물 구성체계 표현을 위한 표준

시설물 구성체계 표현이란 시설물을 구성하는 부위와 여러 부위의 조합에 따라 새로운 의미를 가지는 또 다른 부위 또는 공간 사이의 연관관계를 정의하는 것을 의미하며, 이의 결과로 시설물이 어떠한 구성요소들의 조합으로 구성되어 있는가를 살펴볼 수 있다. 시설물 구성요소는 부위요소와 공간요소를 모두 포함한다. 구성체계 표현에 관한 표준화 대상과 표준 개발 시 고려되어야 하는 사항을 도출하기 위해 먼저 구성체계 표현에 관한 기존의 국내외 BIM 가이드라인을 분석하였다. 이후 기존의 표준들이 ‘시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침’에 따른 시설물 평가방식과 부합되는지를 검토를 통하여 기존의 표준들이 부족한 면들을 조사하였다. 이와 같이 검토된 내용에 따라 시설물 구성체계 표현을 위해 기본적으로 요구되는 표준화 대상과 표준 개발 시 고려되어야 하는 사항은 다음과 같다.

3.2.1 시설물 구성요소 분류체계

시설물 구성요소에 대한 분류체계는 국내외로 이미 표준이 제정되어 있다. 그러나 각 표준들에서 제공하는 구성요소가 토목 시설물 유지관리 실무에서 요구되는 수준에 맞는지 재검토가 필요하다. 일례로, 교량에서는 경간이라는 개념이 영구적으로 남는 중요한 공간요소 중 하나로서 의미를 가지는 반면 기존에 제정된 ‘건설정보분류체계 적용기준’ (Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2009)의 경우 이러한 개념이 아직 반영되지 않았다. 따라서 기존 분류체계에 관한 표준의 개정이 요구되며, 이러한 표준의 개정 시 시설물의 유지관리 관점에서 다음과 같은 사항들이 고려되어야 한다.

- ‘안전점검 및 정밀안전진단 세부지침’에 따른 상태등급 평가 시 구분하는 구성요소가 반영되어야 한다.
- 공간객체와 부위객체의 명확한 구분을 위하여 하나의 분류트리 안에서 공간적 개념과 부위 개념이 혼재되는 것은 피하여야 한다.
- 구성요소의 유형 (Type)은 여러 관점 (재질, 시공법, 기하형태 등)에서 정의될 수 있는 또 다른 큰 부류로 구분될 수 있으므로 구성요소 유형의 확장성을 보장하기 위해서 구성요소를 분류하는 분류트리 안에서 구성요소의 유형에 대한 개념을 혼재하여 표기 하는 것은 피하여야 한다.

3.2.2 시설물 구성요소의 조합체계

시설물의 구성체계는 BIM 데이터의 뼈대라 할 수 있다. BIM 데이터를 작성하는데 있어 작성자 마다 서로 다른 뼈대를 구축한다면 전체 시설물을 아우르는 시설물 정보체계에서 BIM 데이터의 운용성은 매우 제약될 수밖에 없다. 이는 장기적인 발전 단계로 볼 때 BIM 데이터를 여러 의사결정지원체계에 재활용하기 위한 전략 또는 업무개선을 위한 응용체계 확장에 걸림돌이 된다.

시설물 구성요소의 조합체계 표준은 모델 데이터의 뼈대를 구축하는데 있어 기본 골격구조를 나타내는 표준으로서 시설물의 구성요소 간의 위상체계를 정의한 것이다. 시설물의 구성체계는 각 시설물별로 다르므로 시설물 구성요소의 조합체계 표준 또한 각 시설물별로 개발되어야 하며, 표준을 개발하는데 있어 다음의 사항이 고려되어야 한다.

- 시설물 구성요소 분류체계 표준과 연계성
- 시설물 유지관리를 위한 LoD (Level of Detail) 구분기준과의 일관성
- 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침에 따른 상태등급 평가와 연계성
- 유지관리를 위한 BIM 데이터의 응용영역별 (상태평가, 안전성평가, 보수 및 보강물량산정, 보수 및 보강 계획 수립 등) 모델작성 시 일관성 유지 가능성

3.2.3 시설물 구성요소의 명명체계

시설물 구성요소 명명체계는 프로그램 상에서 자동으로 생성되는 각 구성요소에 대한 인스턴스 (Instance)의 고유 아이디 (Global Unique Identifier : GUID)와 함께 시설물의 생애주기 동안 해당 인스턴스에 연계된 다양한 정보를 추적·관리하기 위한 아이디 부여 체계이다. 이는 사람이 구성요소의 종류를 식별할 수 있다는 점에서 GUID와 차별점이 있다. 따라서 시설물 구성요소에 대한 명명체계는 설계도서, 안전점검 및 정밀안전진단 보고서 등 시설물과 관련하여 생성되는 다양한 문서와 2D 도면 내에서 동일하게 사용될 수 있으며, 이를 통하여 3D 모델 정보에서 여러 문서 및 도면 정보에 접근하는 것이 가능해진다. 이러한 시설물 구성요소의 번호체계에 대한 표준을 정의하는데 있어 다음의 사항을 고려하여야 한다.

- 시설물 구성요소에 대한 분류체계 표준과 연계성
- 시설물 구성요소 조합체계와 연계성
- 사람에 의한 식별 및 사용의 용이성
- 명명체계의 확장성

3.2.4 시설물 및 구성요소의 유형

시설물 또는 시설물 구성요소 형식의 구분은 용도, 기능, 재료, 공법, 구조물의 구성체계 그리고 형상과 같이 매우 다양한 관점이 존재한다. 일반적으로 이러한 유형들은 해당 유형에 대한 통계자료의 축적이나 각 유형별로 일반화된 기준을 적용하기 위해 구분하는 경우가 많다. 따라서 유형은 통계자료로서 의미가 큰 관점들과 시설물 유지관리 업무 시 일반적으로 필요로 하는 관점들에 대하여 표준화되어야 하며, 유형에 대한 표준화 추진 시 고려되어야 하는 사항은 다음과 같다.

- 건설정보 분류체계와의 연계성
- 시설물 구성요소 조합체계와 연계성
- 상태등급 평가를 위한 가중치와의 연계성
- 보수·보강 단가 산출을 위한 통계자료와 같은 유형별 통계정보 추출 시 의미부여 가능성
- 새로운 유형에 대한 확장성

3.3 요구사항 정의서

요구사항 정의서는 BIM 데이터에 포함되어야 하는 정보의 종류와 정보의 작성 방법을 정의한 명세서라 의미한다. 요구사항 정의서에 명시되는 상세 내용은 BIM 데이터의 활용 목적에 따라 다르지만 국내외 BIM 가이드라인을 분석한 결과 다음의 사항들이 공통의 항목으로 도출되었다.

- 모델 데이터의 활용 목적
- 모델 공간의 기준 정의
- 필수 구성요소의 종류
- 모델의 상세수준
- 속성정보

상기 항목 중 모델 데이터의 활용 목적은 BIM 데이터를 적용하는 기관이 가지는 비전, 전략 및 목표에 따라 매우 다르게 나타날 수 있으며, 모델 공간의 기준을 표기하는 방법은 이미 정해져 있으므로 (Supply Administration, 2012; Korea Institute of Construction Technology, 2011) 시설물 유지관리와 관련하여 공통적인 표준이 정해져야 하는 항목은 필수 구성요소의 종류, 모델의 상세수준, 그리고 속성정보로 꼽을 수 있다. 이러한 각 항목의 표준 개발 시 고려되어야 하는 사항은 앞서 3.2절에서 설명한 바와 같이 안전진단 실무 측면에서 기존의 표준들이 반영하지 못한 면을 추가적으로 분석하였다.

3.3.1 필수 구성요소 종류

시설물 구성요소에 대한 명세는 BIM 데이터에 어떠한 시설물 구성요소가 컴퓨터에 의해 식별 가능하여야 하는지를 나타내는 명세이다. 따라서 BIM 데이터의 활용 목적에 비추어 동일한 시설물이라 하더라도 요구되는 구성요소의 상세 수준은 다를 수 있다. 그러나 시설물 유지관리 가치사슬 상에서 연속성을 가진 구성요소를 식별하기 위해서는 최소한 상태등급 평가 시 반드시 포함되어야 하는 요소들을 명세화 하는 것이 필요하며, 필수 구성요소에 대한 명세는 BIM 데이터를 작성하거나 납품된 BIM 데이터를 검토하는데 활용 할 수 있다. 이러한 구성요소 및 구성체계에 대한 정보 작성은 앞서 3.2절에 언급된 표준을 활용하도록 해야 하며, 필수 구성요소 선정을 위한 상세수준은 다음의 3.3.2절의 내용을 참조할 수 있다.

3.3.2 모델의 상세수준

시설물의 유지관리 단계에서 가장 빈번히 활용될 수 있는 BIM 모델은 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단을 위한 모델이다. 안전점검과 정밀안전진단은 그 점검시기와 업무범위 상으로 구분된다. 이에 따라 각 업무에서 요구되는 구성요소의 상세수준과 입력되는 속성정보의 범위 또한 다르게 구분되므로 모델의 상세수준 또한 다르게 정의될 수도 있다. 그러나 동일한 시설물에 대하여 발견된 각종 손상정보는 보수·보강이 이루어지기 전까지 지속적으로 추적되어야 하며, 정밀안전진단은 정기점검을 대체하여 실시될 수 있는 점검이므로 업무의 연속성 측면에서는 동일한 부류로 간주될 수 있다. 따라서 정기 및 정밀점검을 위한 모델과 정밀안전진단을 위한 모델의 상세수준을 별도로 정하는 것보다 동일한 구성요소에 발생한 손상을 지속적으로 관리하는 측면에서 표준화된 하나의 상세수준에서 BIM 데이터를 관리하는 것이 BIM 데이터의 관리에 혼잡성을 줄일 수 있다. 그러므로 BIM 데이터의 상세수준은 업무의 범위가 보다 많은 정밀안전진단 수준에서 정의하는 것이 공용 중인 시설물의 BIM 데이터의 일관성을 지속적으로 확보하는 측면에서 합리적이다.

상세수준 정의와 관련하여 일부 국내외 기준들에서는 도면의 축척 개념을 이용하고 있다 (Kim et al., 2012). 그러나 축척을 이용하여 상세수준을 정의하는 것은 BIM 데이터의 활용 목적에 따라 요구되는 특정 구성요소 중 기준 축척보다 작은 치수를 가진 요소가 있는 경우 기준과 배치될 수 있다는 점에서 많은 예외 사항을 유발시킬 수 있다. 따라서 시설물의 구성요소에 대한 상세수준을 정의하는데 있어 축척은

보조적인 기준으로 적용되어야 하며, 표준 개발 시 다음의 절차를 참고할 수 있다.

- 필수적인 부위와 해당 부위를 구성하는 세부 구성요소 및 그 외 다차원 모델 데이터에 참고적으로 포함될 수 있는 구성요소들에 대한 상세 리스트 작성
- 각 구성요소별로 BIM 데이터의 활용목적에 따른 필수 구성요소의 상세수준과 형상의 상세수준 정의
- 필수 구성요소를 제외한 구성요소에 대한 축척 기준 정의

3.3.3 속성정보

속성정보는 모델 데이터를 특정 응용목적에 맞게 분석·처리하거나 3D 형상 정보 외에 어떠한 객체 (공간 및 부위)의 특성을 추가적으로 기술하기 위해 사용되는 데이터 집합이다. 각 속성정보는 시설물의 구성체계와 함께 모델 데이터가 활용되는 목적에 따라 필수 여부가 구분된다. 현재까지 사회기반시설물을 대상으로 한 모델기반 유지관리 연구가 많이 이루어지지 않은 상태이지만 시설물 유지관리를 위한 정보화 관련 연구 (Lee et al., 2008)와 기존 유지관리에 관한 기준 (Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2010) 및 기 수행되었던 여러 정밀안전진단 보고서에서 찾아볼 수 있는 세부 표준화 대상을 정리하면 다음과 같다.

- 실험 및 계측에 대한 속성정보 : 실험 및 계측의 종류 및 코드, 실험 및 계측 결과 값의 단위
- 손상에 대한 속성정보 : 손상 종류 및 코드, 손상 종류별 물량의 단위 (면적, 체적, 길이 등), 손상 원인에 대한 종류 및 코드, 상태등급 등
- 보수·보강에 대한 속성정보 : 공법 종류 및 코드, 공법별 물량의 단위 (면적, 체적, 길이) 등
- 관리를 위한 속성정보 : 손상이력, 보수·보강 이력, 모델 수정 이력, 프로젝트 참여자 등
- 시설물의 부재별 수명주기 표현을 위한 속성정보의 표기방법

3.4 BIM 데이터 표준 포맷

현재 빌딩구조물 분야 BIM 데이터 포맷의 표준으로는 IFC 2×3 파일이 국내외에서 널리 사용되고 있다. 차기 버전인 IFC4는 ISO 16739로 국제 표준화가 완료된 상태이며 (ISO TC 184/SC4, 2013), 주요 BIM 툴 벤더들은 이미 IFC4를 지원하기 위한 검증 및 인증 작업을 진행하고 있다. 그러나 IFC4는 토목 시설물을 구성하는 공간 및 부위를 의미하

는 엔티티가 아직 없기 때문에 교량 및 터널 등 토목 시설물의 BIM 데이터를 그 구성체계에 맞게 수용하는데 있어 제약사항이 있다. 토목분야에서 사용이 가능한 다차원 모델 데이터의 또 다른 중립파일 표준으로는 LandXML이 있다. LandXML은 토목분야 시설물 계획 정보 특히 도로모델과 측량 데이터의 교환을 위한 표준포맷으로 개발되었으며, 도로 또는 GIS 기반 응용 프로그램과 호환이 가능한 것이 가장 큰 특징이다. 그러나 LandXML은 구조물의 세부 구성체계를 표현하기에 적합하지 않다. 따라서, 기존 BIM 데이터 포맷의 제약성을 극복하기 위해서는 토목 시설물의 구성체계를 표현할 수 있는 합리적인 데이터 포맷의 표준의 개발이 필요하다.

4. 표준화 추진 담당 기관

앞서 3장에서 언급된 핵심 표준화 대상들은 토목 시설물 BIM에 대한 공통 표준과 시설물의 유지관리에서 BIM 데이터를 활용하기 위해 특화된 표준으로 구분할 수 있다. 공통 표준은 시설물의 유지관리 뿐 만 아니라 설계 및 시공 단계에서도 공통적으로 적용되는 표준 항목을 의미한다. 이와 같은 표준화 대상의 성격에 따라 표준화 추진에 적합한 담당기관은 Table 1과 같이 정리될 수 있다.

Table 1에서 표준화 추진 담당은 각 기관의 설립 목적과 역할을 정의한 법령을 참조하여 정하였다. 시설물 정보화와 관련하여 공통적인 표준화를 다루는 건설 CALS/EC 표준화는 Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2013a)의 ‘건설기술개발 및 관리 등에 관한 운영규정’에 의해 한국건설기술연구원이 주로 담당하고 있다. 한편 ‘시설물의 안전 관리에 관한 특별법’ (Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2013b)에 의해 한국시설안전공단은 국가 중요 기

반시설물에 대한 안전 및 유지관리에 관한 사업을 전담하고 있다.

따라서 공통의 표준이라 할 수 있는 시설물 구성요소 분류 체계는 기존 건설정보분류체계 표준의 개발 주체이면서 건설CALS/EC 표준화 전담기관인 한국건설기술연구원이 주관 이 되어 수행되는 것이 합리적이다. 다만, 앞서 3.2절에 언급한 바와 같이 구성요소의 분류체계에 관한 표준화 추진 시 시설물의 유지관리 관점에서 반영되어야 하며, 이를 위해서는 한국시설안전공단 또는 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 전문가의 참여가 건설정보분류체계의 개정 추진 시 필수적으로 요구된다.

또 다른 공통 표준이라 할 수 있는 BIM 데이터 포맷의 경우 국제표준화 활동에 참여하는 국제적 교류가 표준 포맷의 개발에 비하여 중요도가 높다고 할 수 있다. 이는 앞서 3.4절에서 언급한 바와 같이 국내 표준 포맷을 개발하였다 하더라도 국제적으로 협의된 표준 데이터 포맷이 아닌 경우 상용 S/W에 의한 지원이 미비하게 되고, 이는 표준의 활용성을 저하시키는 원인이 되기 때문이다. 따라서 토목 시설분야의 BIM 데이터 포맷은 어느 한 기관에서 개발하여 정하기보다 관련 전문가들과의 공동 개발 방식을 취하고, 개발에 참여한 전문가들과 함께 현재 buildingSMART에서 추진하고 있는 OpenInfra 미팅에 참여하여 국제 표준 포맷에 개발된 결과를 반영하도록 지원하는 것이 필요하다.

시설물 유지관리 가치사슬에서 1차 생산 데이터인 손상정보의 기록과 시설물의 안전성을 평가하는데 가장 널리 적용되는 기준은 ‘안전점검 및 정밀안전진단 세부지침’을 꼽을 수 있다. 이는 1·2종 시설물의 유지관리를 담당하는 모든 기관에서 적용하고 있는 기준이며, BIM 데이터 또한 이러한 안정된 기준을 기반으로 작성되어야 한다. 따라서 ‘안전점검

Table 1 Organizations for standardization

Level 1	Level 2	Core items	Purpose	Related standards (Proper organization)	Action
Modeling	Representation of element structure	Element classification	Common	Classification system for construction information (Korea Institute of Construction Technology)	Revision of existing standard
		Element aggregation rule	Maintenance & Management	Regulations for operation of facility management system (Korea Infrastructure Safety & Technology Corporation)	Development of new standard specifications / Revision of existing standard
		Element naming rule			
	Element type				
	Requirement document	Mandatory elements			
		Level of detail			
Attributes					
Share and Delivery	Data format	BIM data format	Common	IFC, LandXML (Experts in product data modeling)	Participation in global standardization activities

및 정밀안전진단 세부지침'의 개발과 운영에 관여하고 있는 한국시설안전공단에서 시설물의 안전 및 유지관리 목적에 맞도록 시설물의 구성체계 표현 방식, 그리고 시설물별 BIM 데이터 작성 및 납품에 관한 요구사항 정의서에 대한 표준화를 주도하는 것이 합리적이다. 개발된 표준은 '시설물정보관리종합시스템 운영규정'의 개정 시 반영되어 추후 시설물의 준공 후 설계도서 및 종합안전점검보고서 제출과 공용 중 안전점검 및 정밀안전진단 보고서의 제출 시 BIM 데이터가 함께 납품될 수 있도록 유도할 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 시설물 유지관리에 관한 가치사슬을 정의하였고 정의된 가치사슬 상에서 BIM 기반 정보의 운영 시 필요한 핵심 표준화 항목을 도출하였다. 이러한 표준화 항목을 도출하는데 있어 BIM의 기술적 특성과 국내외 BIM 가이드라인 고찰에 관한 연구 결과를 반영하였으며, 개정이 필요한 기존의 공통적 정보 표준과 토목 시설물 유지관리 목적에 맞추어 신규로 정의되어야 하는 표준화 항목을 구분하였다. 또한 구분된 표준화 항목을 추진하기에 적합한 전담 기관을 법령에 근거하여 제시하였다.

이와 같이 제시된 본 연구의 결과는 토목 시설물 유지관리에 BIM을 도입하기 위한 표준화 추진에 참고될 수 있으며, 토목 시설물의 전 생애주기 상에서 BIM 데이터 활용도를 높이고 시설물 유지관리 선진화에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 논문은 국토교통부 산하 한국시설안전공단의 "BIM기반 스마트 유지관리기술 도입방안 연구"의 일환으로 수행되었으며, 연구비 지원에 감사드립니다.

References

1. Cho, D. Y., Ahn, S. S., Park, Y. H., Lee, I. K. and Chong, H. S., "Object oriented method for 3D CAD modeling of two-girder steel bridges", Proceedings of 2004 Conference of Korean Society of Civil Engineers, 2004, pp.88-91 (in Korean).
2. ISO TC 184/SC4, Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries, International Organization for Standardization (ISO), 2013 (available at : www.iso.org).

3. ISO TC59/SC13, Building construction - Organization of information about construction works - Part 2: Framework for classification of information, International Organization for Standardization (ISO), 2001 (available at : www.iso.org).
4. ISO TC59/SC13, Building information modelling - Information delivery manual - Part 1: Methodology and format, International Organization for Standardization (ISO), 2010 (available at : www.iso.org).
5. Kim, B. G., Integration of a 3-D Bridge Model and Structured Information of Engineering Document, Ph.D. dissertation, Yonsei University, Seoul, Korea, 2009, pp.96-109.
6. Kim, B. G., Kim, J. W., Ji, S. G. and Seo, J. W., "A study on BIM guidelines for model-based infrastructure management", Journal of KIBIM, Vol. 2, No. 2, 2012, pp.10-16 (in Korean).
7. Korea Institute of Construction Technology, KCCS-0005-2001: V1.0 (N01) A Common Guide for Building Information Model - Modeling and Delivery V1.0, Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, Gyeonggi-do, Gwacheon-si, 2011, pp.11-14 (in Korean).
8. Lee, J. H., Kim, B. G., Lee, Y. J. and Lee, S. H. "A common data model for bridge management and maintenance activities", Journal of Korean Society of Societal Security, Vol. 1, No. 4, 2008, pp.41-49 (in Korean).
9. Lee, S. H. and Jeong, Y. S., "Development of Data Model for Design Information Representation of Steel Bridges", Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea, Vol. 17, No. 2, 2004, pp.105-117 (in Korean).
10. Lee, S. H., Jeong, Y. S. and Kim, B. G., "An integrated database for engineering documents and CAD/CAE information for the support of bridge maintenance", Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers, Vol. 11, No. 3, 2006, pp.183-196 (in Korean).
11. Lee, S. H., Jeong, Y. S. and Kim, B. G., "Sharing of steel bridge information using CAD system with ACIS solid modeler", Journal of the Korean Society of Civil Engineers, Vol. 25, No. 4A, 2005, pp.677-687 (in Korean).
12. Lee, Y. B., Lee, K. M., Park, Y. H. and Park, M. S., "Digital mock-up for bridges using 3D CAD modeling", Proceedings of 2006 Conference of Korean Society of Civil Engineers, 2006, pp.914-917 (in Korean).
13. Ministry of Land, Infrastructure and Transport, A directory for development and management of construction technology, Korea Ministry of Government Legislation, 2013a (available at : www.law.go.kr) (in Korean).
14. Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Special Act on Safety Control for Infrastructure, Korea Ministry of Government Legislation, 2013b (available at : www.law.go.kr) (in Korean).
15. Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, A standard for classification system on the construction information, Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, Gyeonggi-do, Gwacheon-si, 2009, pp.8-29 (in Korean).
16. Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, Guidelines for inspection and assessment of infrastructure safety, Korea Infrastructure Safety & Technology Corporation. Gyeonggi-do, Goyang-si, 2010, pp.1-164 (in Korean).

17. Samlim engineering, Bridge inspection system using 3D model and smart device (final report), Samlim engineering, Seoul, 2011, pp.27-49 (in Korean).

18. Shim, C. S., Kim, S. W., Song, H. H. and Yun, N. R., "Development of BIM for a maintenance system of subway infrastructures", Journal of KIBIM, Vol. 1, No. 1, 2011, pp.6-12 (in Korean).

19. Supply Administration, Guidelines for application of BIM to

public infrastructure project - v1.1, Supply Administration, Seoul, 2012, pp.18-19 (in Korean).

Received : 07/30/2013
 Revised : 08/19/2013
 Accepted : 08/26/2013

요 지

본 논문은 토목 시설물의 유지관리 분야에서 BIM을 도입하기 위해 필요한 핵심 표준화 항목과 그 추진 방안을 제시한다. 이를 위해 시설물의 유지관리에 관한 가치사슬과 BIM의 기술적 특성을 분석하여 가치사슬 상에서 최초로 수행되는 손상정보의 기록 방식이 BIM의 정보이용 방식과 매우 유사함을 밝혔다. 또한 시설물 유지관리 가치사슬 단계별로 수행되는 업무에 부합되는 BIM 데이터를 생산하고 운영하기 위해 필요한 표준화 항목을 제시하였다. 제시된 표준화 항목은 시설물의 전 생애주기에서 공통으로 적용되는 표준과 시설물 유지관리 목적에 맞추어 특화된 표준화 항목으로 구분하였으며, 각 구분된 항목에 대하여 표준화 추진 시 중심 역할을 수행할 수 있는 기관을 법령에 근거하여 제시하였다.

핵심 용어 : 표준화, 건설정보모델링, 토목 시설물, 유지관리