

도로·하천 건설사업 관리를 위한 BIM 플랫폼 요구기능 및 활용 방안에 관한 연구

신재영*, 주기범°, 손아영*, 문현석**

A Study on the BIM Platform Required Functions and Application for Road and River Construction Project Management

Jae-young Shin*, Ki-Beom Ju°, A-Young Son*, Hyounseok Moon**

요약

본 연구는 공공 건설 BIM 사업이 체계적으로 관리될 수 있도록 건설사업관리 업무를 지원하는 BIM 플랫폼 개발을 위한 기초 연구로서, 시공단계 공정 및 공사비 관리의 측면에서 BIM 플랫폼 지원 업무의 수행 체계를 검토하여 BIM 플랫폼의 요구기능 및 활용 방안을 도출하였다. 특히 BIM 플랫폼 활용을 위한 BIM 품질 관리가 필요해짐에 따라 본 연구에서는 표준 기반 BIM 데이터 품질 검토 프레임워크를 정립하고 BIM 모델 품질 검토 기능의 프로토타입을 제시하였다. BIM 플랫폼은 BIM 데이터 표준 및 BIM 기반 물량·공정·공사비 통합 관리 기술 등 다양한 요소기술을 통합 적용하여 건설사업관리 업무 절차 상에서 건설정보를 체계적으로 축적 및 관리하고 활용할 수 있도록 지원하는 핵심기술이라고 할 수 있다. 제안한 BIM 플랫폼은 CALS 건설사업관리 체계와의 연계를 고려한 IFC 표준기반 BIM 납품·검증 및 활용 기반을 구축하는데 기여할 것이며, 나아가 생애주기 단계 간 BIM 데이터의 호환성을 확보하고 체계적 관리 운영이 가능한 환경으로 역할을 할 수 있을 것으로 기대된다.

키워드 : 건물정보모델링, 건설사업관리, BIM 플랫폼, 활용 시나리오, 데이터 품질 관리

Key Words : BIM(Building Information Modeling), Construction project management, BIM Platform, Application Scenario, Data Quality Management

ABSTRACT

This study is a basic research for the development of BIM platform supporting construction project management task so that public construction BIM project can be systematically managed. In terms of construction process and cost management, tasks supported by the BIM platform was reviewed. Finally required SW functions were defined and the platform utilization scenarios were derived. In particular, due to the need for BIM quality control to utilize the BIM platform, this study established an IFC data quality review framework and presented a prototype of the BIM model quality review function. The BIM platform is a key technology that supports the systematic accumulation, management, and utilization of construction information in the construction project management procedures by applying various element technologies. The proposed

※ 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었습니다(20SCIP-C121389-05).

• First Author : Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, jaeyoungshin@kict.re.kr, 전임연구원, 정회원

° Corresponding Author : Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, kbju@kict.re.kr, 선임연구원, 정회원

* Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, ayths28@kict.re.kr, 박사후연구원, 정회원

** Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, hsmoon@kict.re.kr, 수석연구원, 정회원

논문번호 : 202009-224-C-RU, Received September 11, 2020; Revised October 11, 2020; Accepted October 13, 2020

BIM platform can contribute to establishing the IFC-based BIM delivery, verification and utilization foundation considering the link with the CALS construction project management system, and is expected to further serve as an environment capable of ensuring interoperability of BIM data between life cycle stages and systematic management and operation.

I. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 BIM(Building Information Modeling, 건설정보모델링) 기술은 스마트건설 구현을 위한 핵심기술로 자리매김하고 있으며, 건축분야에 이어 토목분야로 BIM 기술이 빠르게 확대 적용되는 추세이다. 국내에서는 2020년 500억 이상 도로사업 대상으로 BIM의 무화가 추진되었으며, 이외에도 제6차 건설기술진흥기본계획 및 제5차 건설사업정보화진흥계획 등 정부 차원에서 공공건설분야의 BIM 활성화 및 확산 여건 조성을 위한 정책 및 제도적 기반을 마련하고 있다. 이러한 흐름에 맞춰 한국토지주택공사, 한국도로공사 등 일부 공공기관에서는 BIM 시범적용을 시행하고 자체적으로 BIM 로드맵과 지침을 개발하는 등 BIM 도입을 위한 다양한 노력들이 시도되고 있다. 이처럼 공공건설분야 BIM 발주가 확산됨에 따라 BIM 사업관리를 위한 BIM 성과품 납품 및 활용 기준과 시스템의 대비가 요구되고 있다.^[1] 특히, 발주기관 차원에서 BIM 기반 건설정보를 체계적으로 관리 및 활용 할 수 있도록 사업단계별 BIM 기반 건설사업관리 업무 체계의 마련이 시급하다.

지방국토관리청의 도로·하천 건설사업관리 업무 수행 과정에서는 발주청과 건설사 간 다양한 문서 및 2D기반 건설정보의 유통이 이루어진다. 현재 국토교통부에서 운영하는 CALS(Continuous Acquisition & Life-cycle Support, 건설사업정보화)의 건설사업관리 시스템^[2]은 기획, 설계, 시공감리 단계에서 주체 간 발생하는 건설사업관리 업무를 처리하고 관련 정보를 관리하는데 활용되고 있다.^[3] 그러나 BIM 사업은 공정, 공사비 관리 측면에서 기존 건설사업관리 업무 방식과 차이가 있어 현 건설사업관리시스템은 BIM 업무 체계를 수용하기 어려운 실정이다. 최근에는 도로 및 하천의 BIM 기반 건설사업관리 체계로의 전환과 도입 기반을 마련하기 위한 연구개발로서 BIM 표준 분류체계 및 데이터 표준^[4-6], BIM 성과품 납품 기준^[6], BIM기반 수량·공정·공사비 통합 관리 기술^[7], BIM기반 건설사업관리 업무를 지원하는 BIM 플랫폼 기술 개발이 진행되고 있다. 플랫폼 기술은 다양한 요

소기술을 통합 적용하여 건설사업관리 업무 절차 상에서 건설정보를 체계적으로 추적 및 관리하고 활용할 수 있도록 지원하는 핵심기술이라고 할 수 있다. 플랫폼이 효과적으로 활용되기 위해서는 다양한 주체 간 협업이 진행되는 업무의 특성과 절차를 반영하는 것이 중요하다.

본 연구는 도로 및 하천분야 BIM 사업관리를 지원하는 플랫폼 개발 연구의 일환으로, 건설사업관리 업무 분석을 통해 플랫폼의 개발 요건을 구체화한 후 BIM 플랫폼의 요구 기능을 제시하고 활용 방안을 도출하고자 한다. 특히 BIM 플랫폼 활용을 위한 BIM 품질 관리가 필요해 짐에 따라 본 연구에서는 표준 기반 BIM 데이터 품질 검토 프레임워크를 정립하고 BIM 모델 품질 검토 기능의 프로토타입을 제시하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 지방국토관리청의 도로 및 하천 건설사업을 대상으로 시공단계에서의 기존 건설사업관리 업무 중 BIM과 연계 활용이 가능한 업무를 범위로 한다. 이를 토대로 BIM 플랫폼 요구 사항과 활용 방안을 도출하기 위해 다음과 같은 과정으로 연구가 진행된다.

첫째, 국토교통부에서 고시한 건설공사 사업관리방식 검토기준 및 업무수행지침^[8] 및 건설사업관리시스템을 활용한 도로·하천 사업관리 업무^[9] 분석을 통해 시공단계의 도로 및 하천 건설사업관리 업무를 분석한다. 이를 통해 CALS 건설사업관리시스템의 정보연계를 고려하여 시공단계 사업관리측면에서 BIM 플랫폼의 역할을 설정한다. 둘째, 앞서 설정한 BIM 플랫폼의 역할에 따라 건설사업관리 주체가 플랫폼을 활용하여 수행하는 업무의 대상을 정의하고, 업무별 프로세스를 정립한다. 대상 업무를 지원하기 위해 BIM 플랫폼과 이와 연계 활용되는 시스템을 구분하여 소프트웨어 요구 기능을 정의한다. 셋째, 건설사업관리 주체가 향후 요구기능이 구현된 플랫폼을 기반으로 업무를 수행하기 위한 BIM 플랫폼 활용 시나리오를 제시한다. 넷째, BIM 플랫폼 활용에 근간이 되는 BIM 데이터의 신뢰성 및 실무 활용성 확보를 위해

사업관리 측면에서 필요한 표준 BIM 데이터의 품질 검토 기준과 로직을 구성하여 체크의 프로토타입을 개발하고 테스트를 실시한다.

II. 도로 및 하천 건설사업관리 업무 분석

본 장에서는 시공단계에서의 발주청(공사감독자 등)과 시공사(수급인), 건설사업관리기술인 등 주체 간 수행되는 건설사업 관리 업무를 분석하여 공사 착수 단계, 공사 시행단계, 공사 준공 및 납품 단계별 업무 절차를 도출하고자 한다. 기존 CALS 건설사업관리시스템을 활용한 건설사업관리 업무 상에서 BIM 연계 활용을 효과적으로 지원할 수 있는 범위를 검토함으로써, 본 연구를 통해 구현하고자 하는 BIM 플랫폼의 역할을 정의한다.

2.1 시공단계 도로 및 하천 건설사업 관리

2.1.1 공사 착수 단계

발주청과 시공사와의 공사 계약 이후 공사 착수단계에서 시공사는 선행단계 성과품인 설계도서를 검토하여 해당 공사의 공정예정표, 품질관리/안전관리 계획서 등을 포함한 착수신고서를 제출하고 건설사업관리기술인 및 공사감독자 등은 이에 대한 적정성을 검토하고 승인한다. 공사 착공 즉시 시공사 및 건설사업관리기술인 등은 현지 환경 조건을 조사하고 확인측량을 실시하여 실착공을 준비한다. 공공 도로·하천 건설사업의 경우, 건설사업관리시스템을 활용하여 공사 및 현장정보와 참여자 정보를 등록하여 관리한다.

2.1.2 공사 시행 단계

공사 시행 전 시공사는 진행단계별로 현장조직표, 공사 세부공정표, 시공일정 등이 포함된 공종별 시공계획서를 제출해야하며, 건설사업관리기술인 및 공사감독자 등은 이를 검토 및 승인한다. 사전 승인된 계획요건에 따라 시공사는 각 단계별 공사 추진과 공정, 자재, 품질, 안전, 환경 및 현장시공관리 업무를 수행하고, 건설사업관리기술인 및 공사감독자 등은 이를 관리 감독한다. 공정관리 업무는 주간 또는 월간 공사공정율, 추진계획 및 실적을 보고 및 확인하는 과정이며, 현장시공관리 업무는 시공사의 작업일지를 참조하여 건설사업관리기술인이 현장시공을 확인하는 과정이다. 공사 현지여건에 따라 설계 변경이 발생할 수 있으며, 이때 설계 변경을 위한 실정보고 및 기술 검토가 실시된다. 설계변경 조치가 이루어진 경우, 설계

변경에 의한 계약금 조정 및 변경 시공 등의 업무가 진행된다.

단계별 공사 완료 후, 시공사는 계약사항에 따라 공사가 완료된 기성 부분에 대하여 공사비를 지급받고 다음 단계 공사 착수를 준비한다. 기성검사 업무는 시공사가 기성부분 검사원 접수 시 기성검사자로 하여금 기성검사를 실시한 후 결과에 따라 기성금 지급 또는 보완시공 등의 조치를 하여 기성내역과 사업비 집행 실적을 관리하는 절차로 진행된다.

2.1.3 공사 준공 및 납품 단계

공사완료 후 준공 기한 내 준공 가능여부 및 미진 사항에 대한 사전 보완을 위해 예비준공검사를 실시하며 정산설계도서를 검사한다. 준공검사 전 건설사업관리기술인은 시공사로부터 시설물 인수인계 계획서 및 (사전 시운전 필요 시) 시운전 계획을 제출받고 검토한다. 이후 시공사가 납품한 준공도서 및 성과품을 검수하여 준공검사자로 하여금 준공검사를 실시한다. 준공검사 결과에 따라 준공금을 지급하거나 보완시공 등의 조치를 한다. 준공감사 후 발주청과 시공사간 시설물 및 현장문서 인수인계 절차를 진행한다.

2.2 CALS 연계를 고려한 BIM 플랫폼 역할

앞서 분석한 건설사업관리 업무 프로세스 상에서는 발주청과 시공사 및 건설사업관리기술인 간 건설사업관련 문서와 공사정보의 유통이 이루어지고 있다. 지방국토관리청의 도로·하천 건설사업의 경우, 설계, 시공 과정에서 발생하는 제반 문서 및 보고 자료를 CALS 건설사업관리시스템을 통해 업무 보고·처리 하고 있으며, 발주청은 구축된 건설정보를 기반으로 담당 건설사업의 관리와 의사결정을 한다.

BIM 기반 설계는 시설, 부위, 부재 단위의 객체 기반으로 모델을 구축하고 물량 및 내역, 공정 정보를 연계함으로써 객체 단위의 물량과 비용의 산출, 공종별 공정계획을 가능케 한다. 특히 시공단계 사업관리 측면에서 공정 및 공사비 관리는 핵심 업무로^[10], BIM 도입의 우선순위가 높은 분야로 볼 수 있다. 본 연구에서 개발하고자 하는 BIM 플랫폼은 CALS의 도로·하천 건설사업관리 체계에서 BIM 연계 활용을 지원하는 시스템으로 정의하였으며, 시공단계에서 1) 공정 계획 및 이력/실적관리, 2) 준공도서 납품 및 검수 관리 업무를 지원하는 것을 목표로 설정하였다(그림 1). 목표한 플랫폼을 구현하기 위해서 주체별로 플랫폼의 활용 목적과 세부 요건을 구체화하였다.

시공사는 설계단계에 작성된 BIM을 활용하여 시

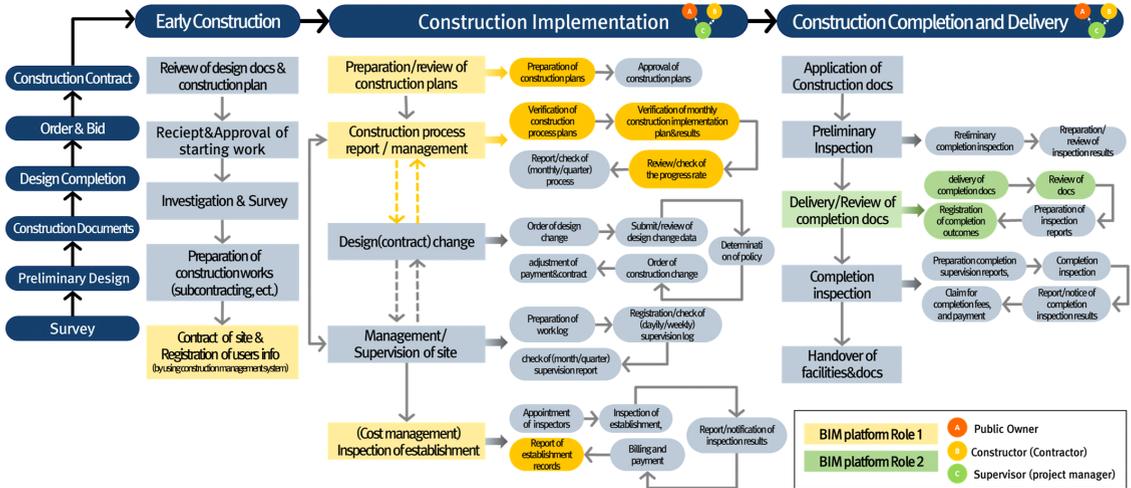


그림 1. BIM 플랫폼 역할 및 기존 건설사업관리 업무 지원 범위
 Fig. 1. BIM platform role and scope of support for construction project management tasks.

공단계에 요구되는 데이터 작성 기준에 따라 BIM 모델을 구축하고, 공사 관리에 필요한 세부 공정계획과 물량 및 공사비를 산출한다. 현재 실무에서는 VICOoffice, Navisworks, Constructor 등 다양한 4D/5D를 위한 상용 소프트웨어를 활용하고 있다. 그러나 공공 건설사업에서는 생애주기 단계에 따라 각기 다른 기관 및 주체가 업무를 수행하는 특정 상 특 정 소프트웨어에 국한된 형태보다는 다양한 시스템 간 호환 가능하고 표준화된 데이터의 사용을 고려해야 한다. 이에 소프트웨어 자체 포맷이 아닌 국제표준인 IFC(Industry Foundation Classes, ISO16739 표준) 및 XML(Extensible Markup Language, W3C 표준) 등의 중립 포맷을 활용한 공정 및 공사비 관리 지원 기능이 요구된다. 또한, 시공사가 발주청 등에 보고하는 공정 실적에 대한 정확성을 보증하기 위해서는 물량, 공사비 산출에 활용한 BIM 성과품 품질의 확보가 필수이다. 수급인 관점에서 플랫폼은 공사 시행 과정에서 단계별 공정 계획, 내역산출과 계획 대비 공정 보고 업무의 지원이 중요하며, BIM 성과품 품질을 검수하는 기능을 포함함으로써 BIM 연계 활용 업무의 신뢰성을 확보할 수 있도록 하는 것이 필요하다.

발주청 및 건설사업관리기술인은 시공사가 보고한 공정계획 대비 추진 실적 및 공정율에 대한 관리와 기성 및 계약변경에 의한 예산 모니터링이 가능해야 한다. 발주청 등의 관점에서는 플랫폼은 공정, 공사비에 대한 이력정보를 시각화하여 보여주는 현황 모니터링 기능이 중심이 되어야 한다. 정보관리 측면에서는 설계 및 시공 단계 공통적으로 BIM 성과품 관리를 위한 BIM 성과품의 납품 기능과 BIM 정보의 활용목적에

맞는 성과품의 정보 구축 및 관리의 기능이 요구된다.

III. BIM 플랫폼 요구 기능 정의

BIM 플랫폼의 두 가지 역할에 따라 건설사업관리 주체가 플랫폼을 활용하여 수행하는 업무의 대상을 6가지로 분류하고, BIM 적용 사업의 상위 업무 단계^[11]에 따라 6가지 업무의 수행 절차를 정립하였다. 해당 절차를 바탕으로 요구되는 BIM 플랫폼의 내재 기능과 BIM 플랫폼을 통한 BIM 성과품의 활용을 위해 BIM 데이터 작성 단계에서 요구되는 외부시스템의 기능을 정의한다.

3.1 BIM 플랫폼 기능 도출을 위한 BIM기반 도로 및 하천 건설사업 관리 업무 절차 정립

본 연구에서는 BIM 플랫폼 활용을 위한 건설사업 관리 업무의 범위를 총 6가지 유형인 1) 사업(공사) 정보 및 사업참여자 정보 등록, 2) 표준분류체계 기반 시공모델 작성, 3) 물량 및 공사비 내역 산출과 연계 공정 계획, 4) 공종별 물량, 공사비, 공정 검토와 이력 및 실적 모니터링, 5) BIM 성과품 납품 및 검수, 6) BIM 성과품 정보 관리로 정의하였다. 각 6가지 BIM 활용 업무는 기존 건설사업관리 업무 절차 상에서 그림 2와 같이 연계되어 수행될 수 있다.

BIM 사업의 수행 체계는 기존 건설사업 수행 체계와 상이기에 BIM 사업 관리 측면에서 대상 업무의 세부 절차를 수립할 필요가 있다. 일반적으로 BIM 사업 업무 수행 단계는 발주 및 계약단계, 사업 착수 단계, BIM 데이터 작성 단계, BIM 품질확인 및 활용단계,

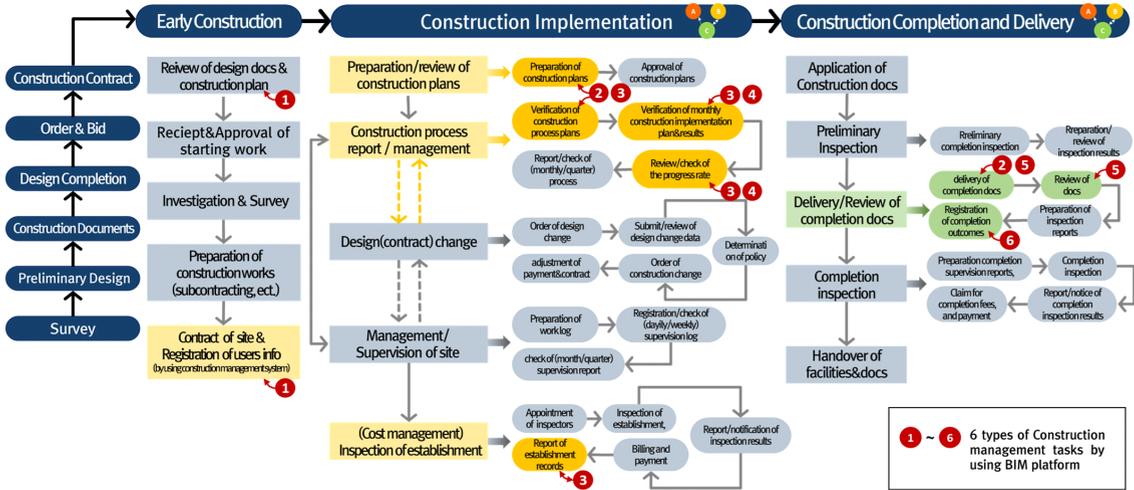


그림 2. 기존 건설사업관리 업무와 6가지 BIM 활용 업무의 연계
 Fig. 2. Link between the existing construction project management tasks and the six types of BIM-based tasks.

BIM 성과품 제출·납품 단계와 BIM 성과품 관리 및 재활용 단계로 구분된다. 앞서 정의한 BIM 플랫폼 기반 건설사업 관리 업무는 사업 착수단계부터 BIM 성과품 납품 단계에 해당하며 이를 기준으로 기본 절차를 정립한 결과 그림 3과 같이 요약되었다.

사업 착수 단계에서는 사업 수행조직을 구성하고 선행단계 성과품을 검토하여 시공단계에서 재활용하기 위한 계획을 세우는 등 사업 수행 환경을 준비한다. BIM 데이터 작성 단계에서는 플랫폼이 직접 활용되지는 않지만 플랫폼 활용을 위해 사전에 수행되어

야하는 표준 기반 BIM 데이터 및 성과품 작성 업무가 이루어진다. 이 과정에서는 단계별 시공 계획을 위한 시공 BIM 모델을 구축하고, BIM 모델을 기반으로 물량 및 공사비를 산출 후, 이와 연계한 공정표를 작성한다. BIM 모델은 BIM 객체 및 속성 데이터 구축 방식에 따라 정보의 추출 및 활용 방식이 달라진다.¹¹⁾ 이에 활용 목적에 따른 BIM 데이터 작성 기준의 마련이 선행되어야 한다. BIM 데이터 검증 및 활용 단계에서는 시공사가 제작한 BIM 성과품을 제출하고 품질 검증된 BIM 성과품을 기반으로 공사 시행 과정에

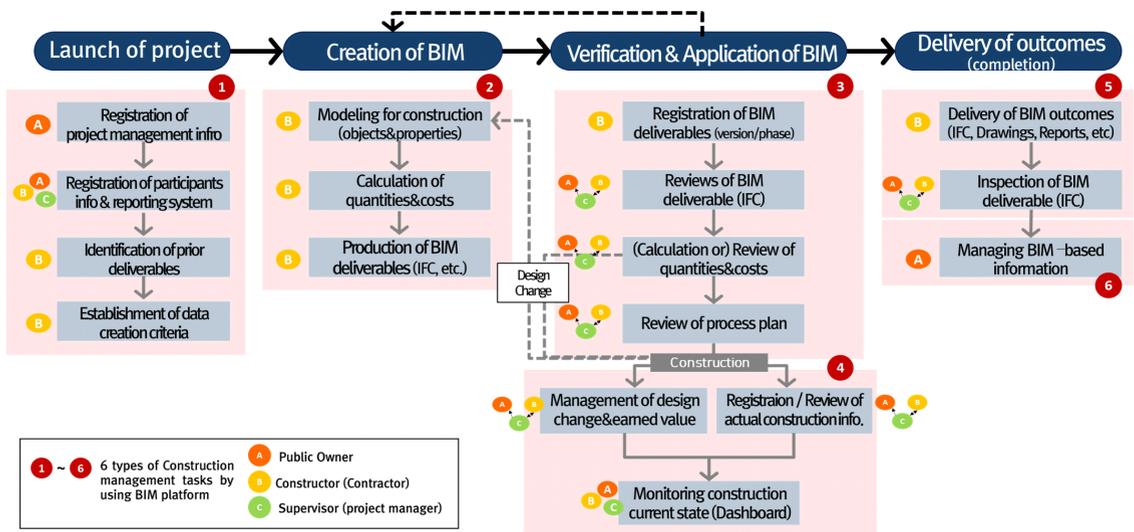


그림 3. 단계별 BIM 플랫폼 활용 기반 건설사업 관리 업무 수행 절차
 Fig. 3. Process for construction project management task based on the utilization of BIM platform.

서 계획대비 실적정보를 축적하여 공사 관리에 활용한다. BIM 성과품 납품 단계에서는 준공성과품 납품 기준에 따라 BIM 성과품을 납품하고, 일련의 과정에서 발생한 BIM기반 건설정보를 체계적으로 관리하여 유지관리 단계 등 향후 재활용 할 수 있도록 한다.

3.2 BIM 플랫폼 기능 정의

앞서 분류한 업무 중 BIM 플랫폼에 내재되는 기능은 9가지로 정의되었으며, 본 기능은 1, 4~6 유형 업무를 지원하는데 활용될 수 있다(표 1 (a)). BIM 플랫폼을 활용하여 발주청, 시공사, 건설사업관리인 간 공정 이력을 보고 및 검토하고, 실적을 모니터링하기 위해서는 사전에 BIM 작성 기준에 부합하도록 만들어진 BIM 모델과 성과품을 등록(납품)하는 기능, 등록 과정에서 BIM 모델의 품질이 적정한지 검토하기 위한 BIM 모델 뷰잉 기능과 BIM 모델 품질 검토 기능이 필요하다. BIM 모델 품질 검토 기능은 BIM 데이터 품질과 성과품 납품 기준에 따라 폴더 및 파일 구성이 되었는지 검토하는 기능을 우선 포함할 수 있다.

실질적인 공정 및 공사비 계획, 이력과 실적 모니터링 업무를 수행하기 위해 요구되는 기능으로 물량-공정-공사비 관리 기능, 실적 관리 기능, 설계변경/ 기성 관리 기능, 공사 현황 모니터링 기능이 도출되었다. 물량-공정-공사비 관리 기능과 실적 관리 기능은 각각 플랫폼으로 입력받은 IFC 및 IFC 모델 정보와 연계된 물량산출 및 공사비 데이터 그리고 계획대비 공정 실적 정보의 인풋이 필요하다. 설계변경/ 기성 관리 기능은 설계변경/ 기성 정보를 CALS 정보 연계를 통하거나 플랫폼에 직접 입력 받아야한다. 상기 세 가지 기능을 통해 만들어진 데이터가 이력정보로 저장되고, 저장된 이력정보는 공사 현황 모니터링 기능의 데이터 소스로 활용되어 다양한 통계치 및 분석 정보를 재산출할 수 있다.

3.3 BIM 플랫폼 활용을 위한 외부 시스템 기능 정의

BIM 데이터 작성 단계에서 활용되는 BIM 저작도구와 같은 외부 시스템의 기능은 2, 3 유형 업무를 지원하는 기능으로 4가지를 도출하였다(표 1 (b)). 시공사로 하여금 시공모델 구축과 물량 및 공사비 내역 산출 및 연계 공정 계획 업무 지원을 위해 BIM 저작도구에서 요구되는 기능은 표준분류체계의 객체 코드 및 속성 입력 기능과 물량-공사비 산출 및 공사비 연계 공정 계획 기능이다. 물량산출 기능에는 BIM으로 모델링 되지 않은 공중에 대한 수동물량도 포함하여

종합적인 물량 산출이 가능도록 고려해야한다. 물량, 공사비산출과 공정계획 기능은 BIM 모델로부터 물량, 공정 정보 추출 및 연계를 위해 특정 구간 단위로 구성된 BIM 모델이 입력되어야한다. 마지막으로 각 BIM 저작도구별로 작성된 BIM 모델을 납품 포맷으로 변환하기 위한 도로 및 하천 IFC 표준 포맷 변환 기능이 필요하다. IFC 변환 기능에는 데이터 누락 유무 등 IFC가 온전하게 정의되었는지 검토하는 Prechecking의 기능이 포함될 수 있다.

IV. BIM 플랫폼 활용 시나리오 도출

본 장에서는 건설사업관리 주체가 향후 요구기능이 구현된 플랫폼을 기반으로 업무를 수행하기 위한 BIM 플랫폼 활용 시나리오를 제시한다. 본 시나리오는 BIM 플랫폼에서 지원하는 시공단계 업무 범위와 BIM 플랫폼 활용을 위해 요구되는 BIM 성과품 작성 업무를 포함하며, 도출된 시나리오는 설계단계 업무에도 적용 가능하다.

4.1 사업 착수 단계

공사 계약 이후, 시공사는 BIM 사업 목표에 따른 BIM 작성, 활용 및 납품 등 과업 요구사항을 고려하여 BIM 수행계획서 작성한 후 발주청으로부터 승인을 받아 최종 확정한다. 발주청은 사업 수행 조직 구성에 대한 적절성을 검토한 후 건설사업정보시스템 또는 BIM 플랫폼을 통해 (신규) 계약된 사업 및 공사 현장과 사업 정보를 등록한다. 이후 시공사는 해당 사업 및 공사 프로젝트의 사업참여자 정보를 등록하고 승인받는다.

또한, 공사 시행 과정 중 BIM 플랫폼 상에서 업무 보고 및 결재 진행을 위해 사전에 주체 간 승인보고체계를 설정하고 주체별 활용기능 및 정보의 접근 권한을 설정한다. 시공사는 BIM 수행계획서 등 계약문서의 요건에 맞춰 BIM 데이터 작성 및 활용을 위해 선행단계 성과품과 데이터 요구기준을 검토한다.

4.2 BIM 데이터 작성 단계

시공사는 BIM 과업에 부합하는 BIM 데이터 작성 기준을 정립하며 과업지시서에 제시된 모델링 기준이 있는 경우 이를 준수한다. 선형 기반 모델과 구조물 모델 등 모델링 대상의 특성에 따라 효과적인 저작도구를 활용하여 BIM 모델 및 연계 데이터를 작성한다. 시공 BIM 모델 작성 시, 설계단계 BIM 성과품을 활용하며 필요시 공유된 BIM 라이브러리를 활용하여

표 1. BIM 플랫폼 요구 기능 및 BIM 플랫폼 활용을 위한 외부 시스템 상세 요구 기능
 Table 1. Required Detail function of BIM platform and external system for applying BIM platform.

(a) Required function, inputs&outputs and reference standard of BIM platform

Task Type	Inputs (Data, File)	SW Function	Outputs	Reference standard
1	Project management Information (Linked with CALS information)	Registration of project and participant information	Project/ Construction information, participant information	CALS project management information link criterion
4	IFC file, Statement of QTO&Cost item (XML file)	Management of Quantity-Process-Cost	Quantity-Process-Cost planning information (History Information)	Quantity-Cost & estimation criteria
4	Actual Construction information	Management of actual construction	Actual construction results compared to plan (History Information)	-
4	Design change and earned value information (Linked with CALS information)	Management of Design change and earned value	Design change and earned value information compared to plan (History Information)	-
4	Planning information, Actual Construction information, design change and earned value information (History Information)	Monitoring construction current state (Dashboard)	BIM based construction state information	-
5	IFC File	Viewing BIM models	IFC geometric data and property	IFC Schema for Road and Waterway
5	BIM deliverables(BIM Model original file, IFC file, etc.)	Registration of deliverables	Organized BIM deliverables (according to delivery folder and file system)	delivery criteria
5	IFC File	Pre-checking IFC files	Report of quantity assurance	BIM data pre-checking criteria
6	BIM deliverables(BIM Model original file, IFC file, etc.)	Management of BIM information	Metadata (files, version and history information of deliverables)	CDE standard

(b) Required function, inputs&outputs and reference standard of external system for applying BIM platform

Task Type	Inputs (Data, File)	SW Function	Outputs	Reference standard
2	BIM models (Libraries)	Utilization of BIM information classification system	BIM models with required object and property code)	BIM information classification system criteria
2, 3	BIM models for quantity takeoff and cost calculation	Quantity takeoff and Cost estimation	Statement of QTO&Cost item (XML file)	Criteria for QTO and cost based on object units (WBS etc.)
2	BIM models for detail schedule (Activity levels)	Linking cost and process planning	Detailed process schedule	Criteria for segmentation of detailed work and activity configuration
2,3	BIM models for delivery	IFC format converting	IFC files	IFC Schema for Road and Waterway

설계변경을 진행할 수 있다. 또한, BIM 객체별 속성 구성 기준에 따라 수동 또는 템플릿 및 속성정보 입력 도구를 활용한 자동 방식으로 속성 정보를 입력할 수 있다.

본 시나리오에서는 시공 모델을 활용한 물량, 공사비 산출과 공정계획을 목적으로 한다. BIM 모델을 활용하여 물량 및 공사비 산출하는 방법에는 대표적으로 BIM 저작도구의 Add-in 기능을 활용하여 객체 모델과 물량정보를 내재된 견적 소프트웨어에서 활용 가능한 포맷으로 재구성하여 전달하는 방식, IFC 등의 포맷을 활용하여 물량정보를 포함한 객체 정보를 별도 견적 소프트웨어로 전달하는 방식, 형상정보를 포함한 BIM 모델 혹은 IFC 등 다양한 형태의 데이터를 4D/ 5D를 포함한 통합건설관리 소프트웨어로 전달하는 방식이 있다.^[13] 본 시나리오에서는 BIM 데이터 작성 단계에서 시공사가 여러 가지 대안 모델을 생성하는 과정에서 자체적으로 물량 및 공사비 산출을 실시하는 과정과 BIM 데이터 검증 및 활용 단계에서 BIM 플랫폼을 활용하여 최종 결정된 BIM 시공 모델로부터 산출한 내역서를 발주청에 보고 및 검토하는 과정으로 구분하였다. 현 단계에서는 첫 번째 방식을 도입하였으며, 이 방식은 시공 모델 확정 전 BIM 모델과 실시간 연계하여 대안별 분석을 수행하기에 유용할 것으로 판단된다.

따라서 시공사는 특정 BIM 저작도구의 Add-in 프로그램을 활용하여 BIM 모델링 과정에서 객체별 물량을 산출하고, 객체 정보와 WBS(Work Breakdown Structure, 작업분류체계), CBS(Cost Breakdown Structure, 내역분류체계), 일일대가 정보의 연계를 통해 공사비 산출을 병행한다. 나아가 객체를 WBS 공종의 위치별 구간을 분할하고 실질적인 세부공정(Activity)을 생성하여 세부공정표를 작성할 수 있다. 남정용 외(2017)는 토목공사의 BIM기반 WBS 정보 구축 연구를 통해 국토교통부에서 발표한 WBS의 7레벨 단위에서 BIM 객체를 구성하고 조달청 CBS의 연계 활용을 통해 BIM기반 공정 및 공사비 관리가 가능함을 보여주었다.^[10] 이처럼 BIM을 통해 공정 및 공사비의 통합관리가 가능하나, 현재 공사관리 측면에서 BIM 관점의 정보체계와 데이터 요구조건이 부재한 상황으로 후속 연구가 필요하다.

BIM 요구기준에 따라 작성한 BIM 모델 및 산출물은 발주청에 보고 및 납품 시에 성과품 납품 기준에 따라 폴더 구조 및 파일로 구성하고, 납품 포맷으로 제작되어야 한다. (중간)성과품에는 BIM 모델의 원본 파일과 IFC로 변환한 파일, IFC 데이터와 연동 활용

되는 물량-공사비, 공정 관련 속성정보 파일(XML)과 BIM 기반으로 산출한 다양한 도서(도면, 수량산출 내역서, 공사비 내역서, 세부 공정표)를 포함할 수 있다. IFC 파일의 경우, 국제표준연맹기구인 buildingSMART International (이하, bSI)에서 발표한 IFC 스키마로 변환할 수 있는 컨버터를 사용해야 하지만 현재 도로 및 하천분야의 IFC 표준은 개발 중이기 때문에 향후 이를 반영한 변환기의 개발이 필요하다.

4.3 BIM 데이터 검증 및 활용 단계

시공사는 납품 기준에 따라 구성한 (중간)성과품을 BIM 플랫폼에 등록하여 발주청 및 사업관리기술인에 제출한다. 발주청 등은 등록된 BIM 성과품의 품질 검토를 시행해야하며, 품질 검토 기준에 부적합 시 수정 보완을 요청한다. 품질 검토 기준에는 데이터 품질, 물리정보 품질, 납품기준 품질, 논리정보 품질 검토 항목이 있다. 발주청 등은 IFC 뷰어를 통해 시각적으로 오류를 점검하는 반수동적 방식 또는 IFC 체커를 통해 데이터 품질 검토, 객체별 충돌 여부, 간섭검토, 법규 위반 검토 등을 자동으로 수행할 수 있다. BIM 플랫폼에서는 시공사가 성과품 등록 시 IFC 뷰어를 통해 BIM 형상 및 속성 오류를 점검하고, 데이터 품질 오류를 자동 검토하는 IFC 체커를 통해 기본적인 데이터 요건을 만족하는 성과품만 제출되도록 한다.

납품된 IFC 파일 및 XML 형태의 물량-공사비 정보 파일은 BIM 플랫폼의 DB(Database, 데이터베이스)에 저장되며, 발주청 등은 웹 모듈을 통해 IFC 및 XML 데이터를 호출하여 시공사가 제출한 물량-공사비 내역과 물량-공사비와 연계된 공정계획을 검토한다. 이는 앞서 언급한 BIM기반 물량 및 공사비 산출 방식 중 세 번째 방식을 도입한 것이며, 표준 변환을 지원하는 모든 BIM 저작도구의 모델을 수용할 수 있으며 솔루션에 구애받지 않고 데이터의 연계 및 공유에 적합하다.^[13]

시공사 및 발주청은 최종 확정된 시공 모델과 공정계획을 기준으로 공사 시행과정에서 계획 대비 공정 및 실적 관리를 진행하게 된다. 시공사는 현장에서 BIM 플랫폼을 통해 공사 실적을 입력하면, 발주청은 계획 정보와 입력된 실적정보를 비교하여 공정율을 관리할 수 있다. 또한 단계별로 공사 과정 중 발생하는 기성정보와 설계변경 이력정보는 건설사업관리시스템과의 연계를 통해 확보할 수 있으며, 발주청 등이 공사 현황에 대해 종합적으로 이력을 확인할 수 있도록 함으로써 BIM 플랫폼의 활용도를 높일 수 있다.

BIM 플랫폼은 앞선 과정에서 축적한 계획대비 실적 정보와 기성 및 설계변경 이력 정보를 종합하여 이력 정보를 관리하고 이를 시각화한 대시보드를 통해 사용자별로 원하는 공사 현황 정보를 실시간 제공한다.

4.4 BIM 성과품 납품 단계

준공성과품은 BIM 모델의 원본파일, IFC 파일과 연계 콘텐츠, BIM 수행보고서 등의 도서를 포함할 수 있으며, 발주청의 준공성과품 납품 기준에 준하여 구성해야 한다. BIM 플랫폼을 활용한 준공성과품 납품은 BIM 데이터 검증 및 활용단계에서 중간 성과품의 제출 과정과 동일한 절차로 진행된다. BIM 플랫폼은 CDE(Common Data Environment, 공통 데이터 환경)^[14] 개념을 적용하여 성과품의 파일 및 데이터의 버전과 이력관리 기능을 탑재하여 플랫폼을 통해 등록되는 모든 성과품은 표준화된 체계로 관리될 수 있다. 최종 제출되는 준공성과품은 일련의 납품 과정에서 준공검사 후 발주청으로부터 승인된 성과품으로 정의될 수 있다.

BIM 성과품 정보 관리 측면에서 CDE에 따른 성과품의 메타데이터 관리와 함께 납품된 성과품을 기반으로 발생하는 물량·공정·공사비 관련 이력정보를 관리하기 위해 BIM 데이터 연계 활용의 관점에서 DB를 구성해야 한다. 또한, 기존 업무와의 중복 문제를 방지하고 기 운영 시스템과의 상호 활용될 수 있도록 기존의 사업관리 정보와의 연계 방안을 마련할 필요가 있다.

V. BIM 플랫폼 활용을 위한 BIM 데이터 품질 검토 기능 프로토타입 개발 및 평가

본 연구에서 제안한 BIM 플랫폼은 IFC 데이터를 도입하여 건설사업 관리 업무에서의 표준 활용을 지원하고 있다. 건설사업 관리를 위한 표준 활용의 신뢰성 확보를 위해서는 IFC 데이터 품질 검토는 반드시 선행되어야 한다. 즉, IFC 데이터의 품질은 BIM 품질의 근간이 되는 관리 대상이라 할 수 있다. 본 연구에서는 BIM 플랫폼의 요구 기능 중 BIM 모델 품질 검토 기능 모듈의 프로토타입을 개발하고 3가지 케이스를 통해 테스트를 실시하였다. 이를 통해 건설 사업관리 활용 측면에서 제시한 표준 기반 BIM 데이터 검토 프레임워크 및 기능의 적절성을 검토하였다.

5.1 IFC 체커 프로토타입 개발

데이터 품질 지표에는 일관성, 정확성, 유일성, 완

표 2. 데이터 품질 지표별 BIM 데이터 품질 검증 방법
Table 2. Method of BIM data quality validation by quality metric.

Quality metric[15]	define	Apply method of BIM Data quality	Checking phase	Checking method
consistency	Is it correspond data for	Elements of BIM attribute should be listed according to code	Phase 1	Check the file version
accuracy	Is the data accuracy?	Accuracy of elements for BIM attribute is required	Phase2	Check the number of attribute
uniqueness	Is the data have an identity?	Elements for BIM attribute is characterized by no redundancy.	-	Entity mapping through the Method of Key-Value
Integrity	Is data available without omission?	Entering for the essential attributes of BIM data is required.	Phase 3	Confirm the Null value whether or not, Check the elements
validation	Is BIM data format correct?	The attribute of BIM must follow the data format	Phase 4	Check the data type

전성, 유효성이 있다.^[15] 본 연구에서는 해당 지표에 따라 BIM 데이터 품질 검증을 위해 다음 표 2와 같이 IFC 데이터 품질 검토 단계를 4단계로 구성하고 체크 로직을 설계하였다.

5.1.1 IFC 품질 검토 프레임워크

1단계(스키마 버전체크)는 사용자가 제출한 IFC 파일이 납품 기준으로 제시된 스키마 버전에 맞게 입력되었는지 확인하는 단계이다. 사전 설정된 IFC 스키마와 IFC 파일을 비교하여 단계별 품질 검토를 수행한다. 1단계에서는 IFC 파일의 Header 정보에 입력된 스키마 버전 정보와 스키마 버전의 일치 여부를 체크한다.

2단계(속성요소 수 체크)는 IFC 파일이 스키마에 정의된 엔티티와 엔티티별 속성요소 수에 맞게 변환되었는지 확인하는 단계이다. 스키마와 변환된 엔티티에 있는 속성요소들의 수를 비교하며, 수가 다르다면 에러를 기록하고 같다면 3단계 체크 단계를 수행한다.

3단계(속성요소 값 유무 체크)는 IFC 파일의 엔티티 속성요소 값의 유무를 속성요소의 정의 방식에 따라 검토하는 단계이다. 속성요소가 있는 경우에는 다음 단계를 실시하며, 속성요소가 없는 경우는 속성요소의 조건을 판단하여 적정 여부를 체크한다. 속성요소의 조건 중 'OPTIONAL'과 '[0:?]' 조건에 해당 되면 4단계를 수행하고 아니면 엔티티를 기록하여 에러를 기록한다. 해당 조건은 속성요소의 유무가 선택적이거나 Null 값을 포함하여 0개 이상의 값을 허용하는 것을 의미하기 때문에 속성요소가 없어도 이상이 없는 경우이다. 표 3은 3단계의 체크 규칙 예시이다. 사전 정의된 스키마와 입력 파일의 속성 요소들을 규칙에 따라 비교하여 다음 단계로 진행할지 에러를 기록할지를 판단하게 된다.

4단계(데이터 타입 체크)는 IFC 파일의 엔티티 속성 요소의 데이터 타입을 확인하는 단계로 엔티티 속성 값이 정의된 데이터 타입에 맞게 작성되었는지 체크한다.

표 3. 3단계 품질 검토를 위한 체커 규칙 예시
Table 3. Example of checker rule for data quality validation.

	Pre-defined Schema	Input file	Checker Rule	Result
Entity	IFCWall	IFC Wall(#4 4604)	[Comparing EXP and IFC instace]	
Attribute	GlobalId: IfcGlobally UniqueId	''	Check the elements whether or not	error
	OwnerHistory: OPTIONAL IfcOwnerHistory,	\$	Check the "OPTIONAL" keyword	pass
	Name: OPTIONAL IfcLabel	'IfcWall'	Check the "OPTIONAL" keyword	pass

5.1.2 체커 프로토타입

IFC 품질 검토 프레임워크를 적용하여 표 4의 개발 환경에서 체커 프로토타입을 개발하였다. 체커 프로토타입은 그림 4의 로직에 따라 동작하여 입력받은 IFC 파일이 검토의 기준이 되는 IFC 스키마의 요소 정의

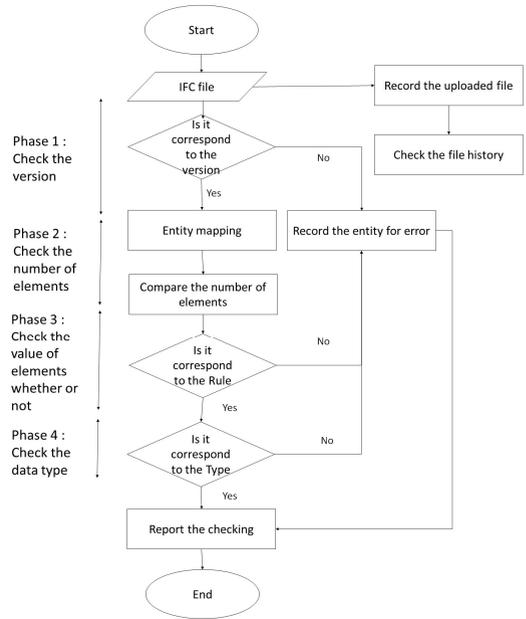


그림 4. 체커 동작 단계
Fig. 4. Checker for operation phase.

표 4. 개발 환경
Table 4. Development environment.

Type	Spec
Language	JAVA JDK 1.8
Server	Tomcat 8.5
Tool	Eclipse 4.15.0

에 맞게 작성되었는지를 4단계(현재 1~3단계를 지원)에 걸쳐 검토를 수행하게 된다.

IFC 스키마는 버전마다 엔티티 및 속성 요소가 확장 및 변경되어 속성요소의 수와 값이 달라지는데, 본 프로토타입은 다양한 버전을 수용할 수 있도록 설계되어 범용적으로 활용 가능하다. 또한, 파일이 업로드 될 때마다 파일의 이력이 저장되어 파일 버전 및 이력 관리를 가능케 한다. 체크 룰을 설계할 때에는 BIM SW별로 상이한 IFC Null 값 표현에 대한 규칙을 반영하여 SW 자체 특성으로 인한 오류를 예방하고자 하였다.

5.2 실험 및 평가

5.2.1 실험 환경

체커 프로토타입을 테스트하기 위해 본 실험에서는 3가지 시설 모델에 대한 IFC 샘플 파일을 활용하였다 (표 5). 주요 실험 대상인 Case 1, 2 샘플 파일에는

bSI에서 공식 발표한 IFC 2X3 버전(IFC 2.3)과 IFC 4 버전(IFC 4)으로 변환된 파일과 최근 bSI의 InfraRoom 표준 프로젝트에서 개발 과정 중에 발표되었던 IFC4.3 RC1의 Candidate 버전(IFC 4.3 Draft)으로의 변환 파일로 구성되었다. IFC 2.3 버전 파일과 IFC 4 버전 파일은 Autodesk의 Revit 프로그램에서 제공하는 Export 기능을 통해 제작되었으며, IFC 4.3 Draft 버전 파일은 본 연구팀이 Revit Add-in으로 개발한 IFC 4.3 변환기를 활용하여 제작되었다. 테스트 시나리오는 IFC 납품 파일 포맷 기준이 도로 및 하천 분야 데이터 모델을 포함하고 있는 IFC 4.3 Draft 버전의 포맷이라고 가정하였을 때, 3가지 스키마 버전으로 변환된 IFC 샘플 파일들이 IFC 4.3 Draft 스키마 정의에 맞게 작성되었는지 검토하기 위해 검증 2~3 단계를 적용하는 것으로 설정하였다.

표 5. 3가지 케이스별 샘플 IFC 파일의 현황
Table 5. Sample IFC files by 3 cases.

Case 1 : Bridge model		
Samples	Applied IFC Schema	Tool for conversion
Sample file A	IFC 4.3 Draft (Intermediate version)	Revit 2018 Add-in Converter (self-developed)
Sample file B	IFC 4 (Official version)	Revit 2018 Converter (Embedded SW)
Sample file C	IFC 2.3 (Official version)	Revit 2018 Converter (Embedded SW)

Case 2 : Ecological overpass model		
Samples	Applied IFC Schema	Tool for conversion
Sample file D	IFC 4.3 Draft (Intermediate version)	Revit 2018 Add-in Converter (self-developed)
Sample file E	IFC 4 (Official version)	Revit 2018 Converter (Embedded SW)
Sample file F	IFC 2.3 (Official version)	Revit 2018 Converter (Embedded SW)

Case 3 : Road model		
Samples	Applied IFC Schema	Tool for conversion
Sample file G	IFC 4.1.X (Intermediate version)	Civil3D 2019 Add-in Converter (self-developed)

5.2.2 실험 결과

그림 5는 체커 프로토타입을 활용하여 Case별 샘플 파일의 데이터 품질 검토 결과를 보여준다. Case 1인 교량 모델의 경우 IFC 4.3 Draft, IFC 4, IFC 2.3 버전으로 변환한 3개 샘플 파일(A, B, C)의 품질 검토 결과, 두 검증 단계에서 오류가 발생한 총 엔티티 개수는 각각 0, 1, 8개로 검출되었다. Case 2인 생태육교 모델을 3가지 스키마 버전으로 변환한 샘플 파일은 D, E, F로, 오류가 발생한 총 엔티티는 0, 30, 25개였다. 이 경우에는 2단계 검증에서 다수의 오류가 존재하였고, 파일 E, F 내 각각 29, 24개 엔티티의 속성 요소 수가 스키마에 정의된 엔티티 속성요소 수 보다 적은 경우였다. Case 3에서는 본 연구진이 IFC4.1 기반으로 도로분야 표준을 확장하여 개발한 IFC4.1.X 버전으로 변환한 샘플 파일 G 하나를 대상으로 테스트를 실시하였다. 그 결과 2단계 검증과정에서 43개, 3단계에서 2개로 총 45개의 엔티티에서 오류가 발생하였다.

3가지 경우 모두 IFC 4.3 Draft 버전의 변환 파일에는 오류가 없었으며, 그 외 버전으로 변환된 B, C, E, F, G 파일은 공통적으로 3단계에서 IFCOrganization 엔티티의 속성요소의 값이 부재하여 오류가 나타났다. 이외에도 3단계에서 오류가 발생한 엔티티에는 ifcApplication이 존재하였다. 2단계에서 오류가 발견되었던 엔티티에는 IFCMaterial, ifcCurveStyle, ifcFillAreaStyle, ifcTextStyle, ifcAlignment 등이 포함되었다.

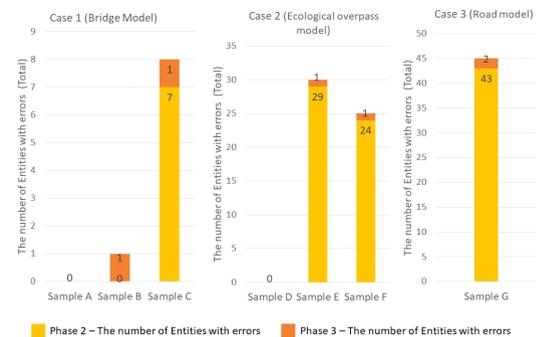


그림 5. 케이스별 샘플 파일의 데이터 품질 검토 결과
Fig. 5. Results of data quality validation in experiment

5.2.3 실험 결과 분석

bSI의 IFC 2.3 스키마는 건축분야에 한정된 데이터 모델로, 공식적으로 IFC 4.1 부터 토목분야로 확장하여 토목시설을 표현하는 객체 및 속성 요소가 포함되

기 시작했다. 본 실험 결과에서도 스키마 버전 별 엔티티 요소의 차이를 체크 오류의 결과에 비추어 확인할 수 있었다. 시나리오에 따른 샘플별 테스트 예상 결과에 부합한 실험 결과가 도출되었으며, 검증 단계에 따라 점차 고도화된 규칙에 근거하여 IFC 품질 결과의 유효성을 보강할 수 있음을 확인하였다. 이에 따라 발주기관에서 납품 기준으로 제시한 IFC 버전을 준수하였는지를 검토하는 기본적인 검증부터 수량-공정-공사비 관리에 요구되는 IFC 데이터 속성의 적절성에 대한 품질 검증으로 구성된 본 프로토타입의 절차적 로직과 기능이 건설사업 관리 측면의 목적에 맞게 구축된 것으로 판단되었다.

본 연구 결과를 토대로 향후에는 체크 룰의 확장을 통해 공사 관리에 필요한 IFC 파일의 물리정보 및 논리정보 품질을 검토하는 단계로의 고도화가 가능할 것이다. 체크는 정보 관리 측면에서 BIM의 QoD(Quality Of Data, 데이터 품질) 체고에 기여할 수 있으며, 궁극적으로 BIM 플랫폼 상에서 뷰어 및 공사 관리 기능과의 연계가 이루어짐으로써 공공 건설사업 관리 측면에서 성과품 관리 체계 기반을 마련하고 BIM 표준의 실무활용성을 높이는 효과를 기대할 수 있다.

VI. 결 론

공공 건설분야에서의 BIM 발주 증가로 BIM 기반 사업 관리를 위한 BIM 정보 활용 체계 및 품질 관리의 필요성이 부각되고 있다. 상용 BIM 사업관리 시스템은 독립된 프로그램 형태로 운영되어 SW 호환성 부족할 뿐만 아니라 국내 공공 건설분야(도로, 하천)의 사업관리 체계를 고려한 BIM 데이터의 운영 환경으로 활용하기에 한계점이 존재한다. 제안한 BIM 플랫폼은 CALS 건설사업관리 체계와의 연계를 고려한 IFC 표준 기반 BIM 납품-검증 및 활용 기반을 구축하는데 기여할 것이며, 나아가 생애주기 단계 간 BIM 데이터의 호환성을 확보하고 체계적 관리 운영이 가능한 환경으로 역할을 할 수 있을 것이다.

본 연구는 공공 건설 BIM 사업이 체계적으로 관리될 수 있도록 건설사업관리 업무를 지원하는 BIM 플랫폼의 요구 사항과 활용 방안을 고찰하여 BIM 플랫폼 개발의 방향성을 제시하였다는 것에 의의가 있다. 본 연구를 통해 제시한 요구 기능은 현재 BIM 플랫폼 구현하기 위한 개별 기능 모듈 설계 및 개발, 기능 모듈간 데이터 연계를 고려한 DB 설계와 화면 구성 등 플랫폼 환경을 구축하는 기준으로 활용되고 있다. 향

후 개발 완료 후 검증단계에서 BIM 활용 시나리오를 바탕으로 플랫폼의 기능성과 효용성 분석을 진행할 계획이다. 이러한 검증 과정을 통해 시나리오 세부 구성 또한 보완할 예정이다.

본 연구 결과를 바탕으로 업무 관점에서 CALS 시스템과 직접 연계될 수 있는 기성 및 실적 관리 업무 등에 대한 세부 프로세스 정립과 기술적 관점에서 CALS 정보와의 연계 운영 방안에 대한 후속 연구가 진행될 필요가 있을 것으로 판단된다. 또한, 최종적으로 BIM 플랫폼이 구축되면, 지방국토관리청의 도로 및 하천 사업에 참여하는 실 사용자 중심으로 다양한 도로 및 하천 공사 프로젝트 시범 적용을 통해 BIM 플랫폼 운영성에 대한 검증이 이루어져야 할 것이다.

References

- [1] H. Ok, S. J. Kim, T. H. Kim, and K. B. Ju, "Guideline development measure presentation for the creation and delivery of BIM outputs in road sectors," *Int. J. Highway Eng.*, vol. 21, no. 1, pp. 61-71, 2019.
- [2] Ministry of Land, Infrastructure and Transport, *CALS construction project management system*, Retrieved Aug. 30, 2012, from <https://www.calspia.go.kr/portal/intro/introCms.do>
- [3] S. J. Kim, B. S. Kim, T. H. Kim, and N. G. Kim, "A study on project information integrated management measures using life cycle information in road construction projects," *J. Korea Academia-Ind. Cooperation Soc.*, vol. 20, no. 11, pp. 208-216, 2019.
- [4] J. S. Won, J. Y. Shin, H. S. Moon, and K. B. Ju, "Extraction and verification method of IFC schema elements to represent BIM for river facility," *J. KICS*, vol. 44, no. 2, pp. 317-325, 2019.
- [5] J. Y. Nam and M. J. Kim, "Object-oriented road field BIM standard object classification system suggest development plan," *J. Korea Academia-Ind. Cooperation Soc.*, vol. 19, no. 3, pp. 119-129, 2018.
- [6] J. Y. Nam and M. J. Kim, "A study on the development of BIM property classification system in road and river field," *J. Korea Academia-Ind. Cooperation Soc.*, vol. 20, no.

2, pp. 773-784, 2019.

- [7] J. H. Lee and H. S. Hwang, "A conversion process to IFC files for integrated use of open and web-based BIM quantities, process, and construction costs in civil engineering," *J. Korea Soc. Comput. and Inf.*, vol. 24, no. 10, pp. 11-23, 2019.
- [8] Ministry of Land, Infrastructure and Transport, "Construction project management method review standards and business performance guidelines," Notice 2020-306, Enforcement Mar. 31, 2020.
- [9] Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, "Road and river project management task procedure using the construction project management system(Draft)," 2009.
- [10] J. Y. Nam, C. W. Jo, and S. H. Park, "A study on applying information framework for BIM based WBS -focusing on civil construction-," *J. Korea Academia-Ind. Cooperation Soc.*, vol. 18, no. 11, pp. 770-777, 2017.
- [11] Ministry of Land, Infrastructure and Transport, "Basic BIM guidelines for construction project(Draft)," Aug. 2020.
- [12] S. H. Park, J. H. Song, and K. S. Oh, "Development of construction schedule management system based on BIM," *J. Architectural Inst. Korea Structure & Construction*, vol. 34, no. 3, pp. 61-68, 2018.
- [13] J. S. Won, J. Y. Shin, H. S. Moon, and K. B. Ju, "IFC-based standardization methods of quantity take-off properties for road construction cost estimating," *J. KICS*, vol. 44, no. 12, pp. 2239-2251, 2019.
- [14] BS EN ISO 19650, Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modeling (BIM) - information management using building information modelling -, Dec. 2018.
- [15] O. C. Kwon, C. W. Jo, and J. W. Cho, "A study on the systematization of open BIM data quality management," *J. Architectural Inst. of Korea Structure & Construction*, vol. 28, no. 2, pp. 105-112, 2012.

신재영 (Jae-young Shin)



2015년 2월 : 한양대학교 실내건축디자인학과 이학사
 2015년 2월 : 한양대학교 실내건축디자인학과 이학석사
 2017년 3월~현재 : 한국건설기술연구원 미래융합연구본부 건설자동화연구센터 전임연구원

<관심분야> BIM, 건축, 디자인컴퓨팅
 [ORCID:0000-0002-5917-0472]

주기범 (Ki-Beom Ju)



1998년 2월 : 단국대학교 건축계획과 공학석사
 2006년 2월 : 서울시립대학교 건설관리과 박사수료
 1992년 3월~현재 : 한국건설기술연구원 스마트건설혁신본부 선임연구위원

<관심분야> 스마트건설, 건설3D프린팅, BIM
 [ORCID:0000-0002-3577-1169]

손아영 (A-Young Son)



2015년 2월 : 경희대학교 컴퓨터공학과 공학석사
 2020년 2월 : 경희대학교 컴퓨터공학과 공학박사
 2020년 4월~현재 : 한국건설기술연구원 스마트건설혁신본부 국가BIM연구센터 박사 후 연구원

<관심분야> 클라우드 컴퓨팅, BIM 플랫폼
 [ORCID:0000-0002-8291-6033]

문 현 석 (Hyoumseok Moon)



2006년 2월 : 경상대학교 토목공
학과 공학석사

2009년 8월 : 경상대학교 토목공
학과 공학박사

2009년 8월~2011년 1월 :
Teesside University (UK),
CCIR 센터 선임연구원

2012년 2월~2013년 1월 : University of Michigan
(Ann Arbor), Post-Doc.

2012년 12월~현재 : 한국건설기술연구원 스마트건설
혁신본부 국가BIM연구센터, 수석연구원

<관심분야> BIM, 디지털트윈, AI, 플랫폼, 건설관리
[ORCID:0000-0002-2543-4070]