

국내 발주지침 보안을 통한 토목분야 BIM 활성화 전략 제안

- 도로분야 BIM 프로젝트 지원을 위한 과업지시서 구성요소 제안 -

Proposing a BIM Activation Plan in Civil Projects by Investigating Guidelines in Procurement Processes

- Proposing Contents of Guidelines to Support BIM Project in the Road Sector -

최고은¹⁾, 이재욱²⁾, 홍창희³⁾, 문현석⁴⁾, 김도영⁵⁾

Choi, Go-eun¹⁾ · Lee, Jaewook²⁾ · Hong, Chang Hee³⁾ · Moon, Hyeonsuk⁴⁾ · Kim, Do Young⁵⁾

Received July 12, 2022; Received March 21, 2023 / Accepted June 29, 2023

ABSTRACT: The purpose of this study is to propose a guideline to help the client and bidder operate the BIM project in the domestic road field. As BIM design is mandatory in the construction field, documents disclosed by the ordering agency must essentially include procedures and step-by-step requirements to support BIM. The purpose of this study is to propose the structure and components of the guidelines that practitioners need practically by utilizing the currently announced road field guidelines. The guidelines are analyzed based on the procurement documents that were pre-emptively shared overseas, and supplemented according to the domestic situation. Furthermore, the effectiveness of the revised guidelines is confirmed through expert consultation. This study aims to contribute to creating an environment in which construction practitioners who have no experience in BIM project can efficiently carry out BIM projects.

KEYWORDS: Civil BIM, Procurement, Request for Proposal, Road, Guideline

키워드: 토목 건설정보모델링, 발주, 과업내용서, 도로분야, 가이드라인

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

BIM(Building Information Modeling, 혹은 건설정보모델)은 건설프로젝트에서 참여자들 간 활용하는 정보가 전달됨으로써 데이터 기반의 의사결정할 수 있는 프로세스를 의미한다. BIM을 시행하기 위한 전략에 대해 의견차이가 있으나 BIM이 기존 건설 방식과 연계해야 하는 전환/병행 설계의 매개체가 아닌 필수적으로 활용되어야 할 전략과 기술임은 분명하다. 국토교통부는 ‘2030 건축 BIM 활성화 로드맵’과 ‘BIM 기본 및 시행지침’을 발표하였다. BIM을 활용하여 건설분야의 생산성 및 효율성을 개선하기 위한 노력을 하고 있다(Ministry of Land, Infrastructure

and Transport, 2020).

건설분야에서 BIM을 통해 생산성을 달성하기 위해 발주자와 실무자들을 지원하기 위한 BIM 기반의 체계가 확립되어야 한다. 토목분야는 선발 주자인 건축분야에 비해 BIM 생태계가 조성되어 있지 않다. 토목분야에서 BIM을 활성화하기 위해 공공 사업을 중심으로 하는 특징에 맞게 국가차원의 유도책을 필요로 한다. 공공사업에 BIM을 적용해온 싱가포르를 통해 보면, 정부가 선제적으로 건설분야에서 활용 가능한 지침들을 공개하고 있다. 건설분야 공통사항 뿐 아니라 프로젝트의 특성별로 지침을 순차적으로 보완·공개하고 있다. 공공사업에서 BIM 설계를 기반의 데이터, 자산운용을 돕기 위해 정부부처의 적극적인 노력이 매우 중요한 것으로 판단된다.

¹⁾학생회원, 성균관대학교 글로벌스마트시티융합전공 석박통합과정 (gogo516151@gmail.com)

²⁾정회원, 한국건설기술연구원 수석연구원 (juklee@kict.re.kr)

³⁾정회원, 한국건설기술연구원 연구위원 (chhong@kict.re.kr)

⁴⁾정회원, 한국건설기술연구원 연구위원 (hsmoon@kict.re.kr)

⁵⁾정회원, 한국건설기술연구원 박사후연구원 (doyoungkim0123@kict.re.kr) (교신저자)

발주자와 실무자들을 지원하기 위한 교육 및 제반 문서들이 개정되고 있는데, 이 체계는 통상적인 건설사업의 방식에서 BIM 으로의 전환을 도울 필요가 있다. 토목분야의 BIM 지원체계를 구축하는 데에 활용되기 용이한 매개체들이 여러 가지가 있는데, 예를 들어 발주기관에서 공개한 문서들이 있다. 예를 들어 “스마트건설기술 현장적용 가이드라인(국토교통부, 2020)”은 현장적용이 가능한 수준의 원칙과 절차, 운영방안을 포함하고 있다. “스마트 설계지침(도로공사, 2020)”은 BIM 전면설계 기반의 기본사항과 데이터 작성, 설계도면 작성 및 설계수량 산출에 대한 기준들을 명시하고 있다. 이 문서들은 여러 부처의 요구사항과 실무자들의 의견을 기반으로 한 것이나 실무자의 관점에서 애매한 서술이 많다는 지적이 있었다(Kim and Kim, 2017). 뿐만 아니라 현재까지 발표된 절차서 외에 지원체계의 낮은 실효성을 지적하는 의견들도 있다. BIM 지침들은 BIM 성과품을 주로 강조하고 있다(Kim et al., 2017). BIM 지침은 발주처에서 필요로 하는 성과품 제출뿐만 아니라 전체 절차의 운용방법, 현실성 있는 성과품 납품 기준, BIM 기반 협업을 근간으로 구성될 필요가 있다. 즉, BIM 전면설계를 기반으로 한 문서들의 개선이 요구된다.

본 연구에서 BIM 지침과 관련된 BIM 과업지시서의 구성을 보완하고자 한다. 과업지시서는 과업 수행자들의 수행이 원활히 이행될 수 있도록 국가계약법 기준으로 작성되는 문서로서 시행 지침보다 우선시 된다(Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2022). BIM 전면설계는 설계와 시공단계의 성과품과 중간 협의내용들이 BIM을 통해 수행됨을 의미한다. 지침의 경우 통상적인 수행절차를 기준으로 하나, BIM 연계 및 건설데이터 통합에 대한 구체적인 기준을 포함하고 있지 않다. 공공 프로젝트의 과업지시서의 경우도 통상적인 건설 프로젝트에 BIM 관련 어휘와 문장을 삽입하는 수준으로 기술되어 있음을 확인할 수 있다. BIM 전면설계를 기반으로 한 국가차원의 지침을 제안하는 것도 필요하나, 프로젝트 참여자들과 프로젝트의 유형이 다양하기 때문에 현실적으로 의견수렴에 많은 시간을 필요로 할 것이다.

따라서 BIM 전면설계를 기반으로 발주지침과 문서들을 지속적으로 갱신하고 있는 발주처를 대상으로 과업지시서를 선정하여 보완하고자 한다. BIM 전면설계를 기반으로 한 과업지시서는 BIM 프로젝트의 특성, BIM 수행에 필요한 참조기준 뿐만 아니라 BIM을 수행하는 발주처와 기업의 관점을 고려하여 재구성될 필요가 있다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서 도로분야 과업지시서(과업내용서라 명명하기도 함)를 BIM 프로젝트의 특성에 맞게 보완하고자 한다.

항만, 교통, 공항, 터널 등과 같이 다양한 세부 분야 중에서

도로분야를 선정한 이유는 다음과 같다.

첫째, 도로분야는 시범사업을 통해 BIM 적용 가능성을 검토했을 뿐만 아니라, 설계 표준모델 구축 연구와 3차원 전자표준도 개발이 진행되고 있다. 국내 토목분야에서는 철도(2019), 도로(2011) 순으로 BIM이 적용되었다. 특히 도로공사의 경우 스마트 건설 관련 지침을 발표하여 보완에 힘쓰고 있으며 시범사업 운영을 통해 BIM 도입효과를 측정하고 있다. 둘째, 자율주행차의 도입과 같이 첨단기술의 적용을 앞두고 있는데 이러한 과정에서 BIM이 중요한 역할을 할 것으로 예상된다. 도로공사와 국토지리정보원은 자율주행 지원을 위해 3차원 디지털지도 구축과 관련하여 상호협력 양해각서(MOU, '17)를 맺기도 하였다. 이에 Shim et al.(2017)은 3D 정보모델을 기반으로 사업운영과 유지관리 체계를 구축해야 할 필요가 있음을 주장하였다. 특히 자율주행차는 도로 시설물 뿐만 아니라 다양한 도시 시설물(예: 주거, 업무 공간 등)의 연계를 필요로 하기 때문에 정확한 데이터 활용 및 의사결정과 관련된 BIM 도입은 필히 고려되어야 한다.

본 연구에서 과업지시서에서 크게 세 가지를 보완하고자 한다. BIM 프로젝트의 특성과 BIM 수행을 위한 참조기준, BIM 프로젝트를 수행하는 사용자의 관점 이다.

첫째, BIM 프로젝트의 특성을 반영하기 위해 통상적인 건설 프로젝트와의 차별화된 내용을 제시한다. 예를 들어 2D 기반의 정보전달보다 “전달을 전제로 한 정보 및 관련 데이터 구성의 중요성”의 내용을 강조한다.

둘째, BIM 수행을 위한 참조기준을 반영한다. 예를 들어 시행 지침에서 규정한 참조기준과 국가차원의 “디지털전략”에 대응하기 위한 참조기준들을 제시한다.

셋째, BIM 프로젝트 수행자의 관점을 고려하여 BIM 수행을 지원할 수 있는 환경을 제시한다. 예를 들어 발주자와 참여기업에게 적절한 성과품의 형식, 정보전달의 환경설정 방법을 명시한다.

본 연구의 결과물은 공개되어 있는 과업지시서의 사례를 보완한 것이다(Figure 1, ⑦). 과업지시서 사례를 보완하기 위해 다음과 같이 연구를 진행하고자 한다. BIM 관련 도로분야의 산업적 특성을 파악(①)하고 기존 BIM 과업지시서의 문제점과 개선방향에 대한 전문가 인터뷰를 진행(②)한다. 전문가 제언을 통해 BIM 과업지시서를 포함한 지침의 요구사항들을 파악한다. 나아가 공공 BIM 프로젝트를 선도하고 있는 발주기관의 지침의 구조와 내용을 분석(③)하고 싱가포르 발주처에 해당하는 LTA(Land Transport Authority, 2020) 과업지시서와 비교(④)하여 BIM 지침문서들의 평가기준을 정의한다. 이에 따라 BIM 과업지시서의 사례를 LTA 과업지시서의 수준과 비교하고(⑤) 국내실정에 맞게 일부항목들을 보완한다(⑥). 전문가들의 인터뷰를 통해 과업지시서의 내용을 평가(⑦)함으로써 보완안을 제시(⑧)한다.

Part 2	Literature review	
	Issues in road field (①)	Opinions of practical experts for BIM guidelines (②)
Part 3	Study cases	
	Case: Smart-BIM guideline (③)	Case: LTA procurement document (④)
Part 4	Proposal	
	Evaluation: a domestic case of BIM TORs (⑤)	Strengthen: contents of "BIM" in the TOR (⑥)
Part 5	Verification	
	Opinions of practical experts (⑦)	

Figure 1. Research framework

2. 선행 연구 및 문헌 조사

2.1 도로분야 BIM 관련 연구동향

도로분야 BIM 관련 문헌 조사를 통하여, 도로분야 BIM 프로젝트의 특성과 BIM 적용을 위한 연구동향에 대하여 알아보았다.

도로분야 BIM 프로젝트의 특성은 다음과 같다. 도로분야 프로젝트는 대상 지형의 범위가 넓으므로 BIM 과업내용서 상 공사의 사업구간 기획, 위치, 분할 등 공간정보의 구분을 명확하게 하고 (Nam and Kim, 2019), 그 과정에서 공유 가능한 정보체계로 사전 협의를 진행할 수 있게 해야 한다. 도로분야 BIM 모델링은 일반적으로 지형 모델링, 도로 선형, 도로 코리더(Corridor)를 연계한 모델링과 토목 일반구조물을 설계하는 모델링으로 나뉘어 진행된다. 비정형 지형과 도로선형 구조물은 Surface 방식의 BIM S/W(ex : Autodesk Civil 3D)가 사용되며, 정형 구조물은 Solid 방식의 BIM S/W(ex : Autodesk Revit) 사용되는 것이다. 소프트웨어 기술 문제로 인하여 성과물은 프로그램 별로 각각 작성되며, 호환성을 위한 IFC 모델 또한 각각 작성된다. 이는 성과품 작성을 위한 업무량의 증가와 복잡성을 야기한다(Lee and Kim, 2020). 도로공사는 작업체계가 비 반복적이고 수평적이며 발생하는 정보의 양이 방대하다. 또한 선형계산, 구조계산 등 엔지니어링 업무별로 소프트웨어가 각각 다르게 사용되어 공간간 호환 및 연계가 어렵다. 그러므로 이러한 자료들을 통합하기 위한 시스템 운영이 필요하다(Shin, 2020). 도로분야의 이러한 특성으로 인하여 BIM은 여러 파일로 분할되어 작성되며, 제출 포맷에 따라 변환이 요구되기 때문에 복잡성을 유발한다(Shin, 2020).

이러한 이유로 자료를 공유하고 중복 업무를 방지할 수 있는 협업 체계가 필요하다. 이를 위하여 발주지침에서 원활한 협업

이 이루어질 수 있도록 절차를 안내하고 관련 협업 시스템 또는 플랫폼에 대한 설명이 필요하다. 또한 현장에서 발생하는 리스크 발생으로 인해 BIM 설계 시 계약자 간 사전 표준/기준 정립과 다자간 협의로 발생하는 정보들을 즉시 공유할 수 있게 함으로써 중복 업무 방지가 해결되어야 한다.

도로분야에서 BIM 적용을 위한 연구 동향은 다음과 같다. 도로분야 BIM 프로젝트의 발주절차 및 문서를 개선하고자 하는 노력들이 있었다. 2016~2021년에 ‘BIM 기반 도로·하천 시설물의 건설사업정보 통합관리기술 개발’ 연구가 수행되었다. 이를 통해 도로 및 하천 시설공사의 BIM 발주를 위하여 BIM 데이터를 일정한 기준에 맞게 성과품을 작성하고 이를 활용 및 납품할 수 있도록 업무절차와 기준을 제시한 지침이 개발되었다. 관련 성과물로 BIM 표준분류체계 코드를 작성하고 자동생성 및 매핑시스템을 개발하였으며, BIM 납품 지침을 작성하고 BIM 표준을 검증하는 납품 시스템을 개발하였다. 또한 두 시스템은 클라우드 및 BIM을 기반으로 통합 운영할 수 있는 형태로 구축되었다. 이 통합플랫폼은 부산청 포항-안동 국도건설공사의 테스트 베드를 통해 성과품 납품 및 검수 운영의 측면에서 점검되었다.

앞서 문헌조사를 통하여 추출된 도로분야 BIM 프로젝트의 난점을 바탕으로 관련 핵심 키워드를 선정하였으며, 핵심 키워드 별 선행연구를 조사하였다. 키워드는 성과품 체계, 협업 환경, 데이터 포맷이다. 선정기준은 키워드 외에도 최근 3년간 등재 학술지 게재원료 건을 대상으로 하였다. 각 논문의 요약 내용은 Table 1과 같다.

Lee and Kim(2020)은 지형, 도로, 코리더 등 분야별로 나뉘어 작성된 BIM 모델링의 복잡성을 해결하기 위하여 발주처, 시공사, 설계자가 공통으로 사용할 수 있는 표준과 기준 정립이 필수적으로 선행되어야 함을 강조하였으며, 간소화 및 표준화된 성과품 작성 형식과 제출체계를 제안하였다.

Nam and Kim(2019)은 넓은 대상 지형의 공간정보 구분을 명확하게 하기 위하여 객체분류체계와 속성분류체계에 의한 BIM 표준분류체계를 제안하였으며 이를 통해 정보체계의 구축 여건을 마련하였다.

Shin(2020)은 공정별로 나뉘어지는 세부분야의 데이터 통합과 협업을 위하여 통합 시스템 운영에 대한 요구사항을 사업 단계별로 도출하였으며, 자료를 공유하고 중복 업무를 방지할 수 있는 협업 체계의 필요성을 강조하였다.

Ok et al.(2019)(a)은 BIM 성과품의 납품 운영시스템을 보완하기 위하여 가이드라인 구성 체계, BIM 발주 기준, BIM 데이터 작성 및 납품 기준, BIM 출력물 관리 및 활용 방안, 공통 BIM 출력물 목록을 정하여 적합한 세부 기준을 제시하였다.

Ok et al.(2019)(b)은 BIM 성과품 작성 및 전달을 용이하게 하기 위하여 BIM 매뉴얼 구성 체계 및 세부 구성 방법을 정의하였으

Table 1. Literature search

Author	Research Title	Research Result
Nam and Kim (2019)	A Study on the Development of BIM Property Classification System in Road and River Field	Proposal for a BIM standard classification system for establishing a convenient modeling and information system in the roads field and river field.
Lee and Kim (2020)	A Measure for Activating BIM by Actual Application Analysis of Integrated Utilization Process of Quantity, Process(4d), and Construction Cost(5d) in View of Life-cycle	Proposal for performance system to convert previous 2D processes in civil engineering design and construction stage into BIM style processes
Shin (2019)	A Study on the Integrated Life Cycle Management of Road Facilities using BIM	Apply BIM to the design, construction, and maintenance stage of road facilities and present requirements for the operation of the integrated system at each stage
Ok et al. (2019)(a)	Study on the Development Measures for the BIM Practice Manual in the Road Sector	To supplement the BIM product delivery operation system, appropriate detailed standards such as the guideline composition system were presented.
Ok et al. (2019)(b)	Guideline Development Measure Presentation for the Creation and Delivery of BIM Outputs in Road Sectors	Define the BIM manual composition system and detailed composition method to facilitate the creation and delivery of BIM deliverables.



Figure 2. A case of BIM landscape simulation of road bridge(Hwang et al., 2017)

며, 도로부문 개발 조치에 대한 BIM 실습 매뉴얼을 제시하였다.

추가로 실제 도로분야 프로젝트에 BIM을 적용한 사례에 대한 문헌조사를 수행하였으며, 적용 효과를 확인하였다. Hwang et al.(2017)은 실제 프로젝트에 BIM을 활용하여 도로 교량의 경관을 시뮬레이션(Figure 2)하고 설계안을 도출하였다. BIM S/W를 활용하여 도로설계의 효율성을 높이기 위하여 기본설계 단계에 BIM S/W와 3D 시뮬레이션 도구를 연계 및 활용하였다. 계획안의 경관을 사전 검토하고 비정형 형상을 신속하게 결정할 수 있을 뿐 아니라, 3D 모델에서 단면을 추출하여 일반도를 신속하고 정확하게 작성하였다.

Kim et al.(2020)는 실제 BIM 프로젝트의 실시설계에서 3D 철근 모델링으로 배근도를 검토하고 간섭 검토 및 시공성을 검증하였다. 시공단계에서 발생할 수 있는 설계 변경 요소를 사전에 최소화하기 위해 3D 기반의 사전검토를 진행하였다. 이 3D 기반 사전검토는 정밀한 모델링 기술을 확보함으로써 설계와 시공 업무의 인력 낭비를 최소화할 수 있었다.

위와 같은 문헌조사 결과, 협업 환경의 필요성 및 데이터 포맷

간소화의 필요성에 대하여 알아볼 수 있었으며, 성과품 납품 체계에 대한 선행 연구가 진행되어왔음을 확인하였다. 본 연구에서 도로분야 연구과제에서 지향하고 있는 표준 분류체계를 고려한 업무절차와 기준 반영, 성과물과 통합시스템 운영을 고려하여 보강안을 제시하고자 한다.

2.2 BIM 지침에 대한 실무자의 의견수렴

BIM 프로젝트에 참여하는 과정에서 활용되는 BIM 지침의 현황과 실무자의 관점에서 어떤 변화를 필요로 하는지 파악하였다. 2021년 10월부터 2022년 02월에 이르기까지 전문가 의견수렴을 위해 인터뷰를 진행하였다. 인터뷰는 건설 엔지니어링, BIM 전문업체, 발주처 소속이며 최근 5년이상 BIM 프로젝트를 수행한 경험이 있는 전문가들을 대상으로 진행되었다. 아래와 같은 의견들을 정리하였다(Table 2).

인터뷰를 통해 현 단계에서 BIM 지침은 통상적인 엔지니어링 용어, 건설절차에 관하여 BIM 관점에서 재정립되어야한다는 것을 알 수 있었다.

자문회의에서 BIM 지침에 대한 의견들을 정리함으로써 하나의 체크리스트로 정립하였다(Table 3). 여기서 핵심은 실무자들이 BIM을 단순 정보들이 모여져 있는 상태에서 발전하여 ‘연결성’으로 해석되어지길 바라고 있다는 것이다.

3. BIM 발주지침 현황 분석

3.1 국내 BIM 발주지침 사례 현황

도로공사는 BIM을 기반으로 전환설계를 수행하는 데에 필요

Table 2. Opinions on BIM guidelines

Date ('21)	Interviewee	Opinions	Interviewee Classification
Oct.	A	- It is necessary to include continuous support services for procurement procedures	①
Nov.	B	- Share opinions on directions of the BIM guidelines and provide documents provided in the projects of Singapore (LTA)	②
	C	- Mention the unrealistic part of the guidelines considering the experience of real BIM-based projects - It is different between the LOD level required by the guidelines and the actual LOD - The subject of BIM is different in the case of special construction methods, - It is difficult to completely remove the 2D-based design method	①
Nov.	D	- BIM guideline requirement • BIM data creation criteria (quantity calculation criteria), • Smart design guidelines (drawing calculation criteria), • The criteria for making performance, • Design sector requirements (3D+ quantity = construction cost), • Construction sector requirements (process, established management), - Capacity Assessment of BIM Performers: The BIM Engineering Company is expected to be relatively sufficient, with about 24	③
Nov.	E	- In the case of OO corporation, there is a lack of internal guidelines/systems suitable for civil engineering - Civil engineering BIM orders are not proceeding smoothly	③
Nov.	F	- The information (participating company and collaborative method) is offered about the project scheduled to perform to the front side BIM mode - In the case of turnkey method, BIM modeling time is relatively insufficient	②
Nov.	G	- It is difficult to improve productivity dramatically through BIM only with current resources and manpower level - There is no separate BIM organization within ENG - Provide five Instructions To Bidders (ITB) cases from the client	④
30 interviewees, including those mentioned above, completed			

(①: Engineering corporation, ②: BIM expert corporation, ③: Procurement corporation)

한 정보를 제공하기 위하여 BIM 관련 지침을 만들었다. 이 지침은 대외적으로 가이드라인, 지침 등으로 명명되었으며, 시행지침과는 다른 수준의 문서이다. 도로공사가 발주하는 프로젝트의 특성과 절차를 담고 있다는 측면에서 좀 더 구체적이다. 이 문서들은 크게 두 번에 걸쳐 보완되었다.

첫째, ‘BIM 가이드라인 ver.1.0’(16)을 발행하였다. 이 가이드라인에서는 설계단계, 시공단계 및 유지관리 단계에 걸쳐 BIM 활용을 위한 계획 및 실행에 적용되었으며, 모델 작성과 성과품을 중점적으로 다루었다.

둘째, 이후 BIM 전면설계 도입시기에 ‘고속도로 스마트 설계 지침’(20)을 발행하였다. 해당 지침의 적용 사업단계는 기본설계 및 실시설계이며, 시공단계 및 유지관리단계는 적용 단계로 포함되지 않는 것으로 판단된다. 목차의 구성을 통해 본 결과, 설계 성과품 납품에 필요한 기본 요구사항과 수행 과정을 중점적으로 다루었으며 문단에서 시공 및 유지관리에 대해 언급하는 수준으로 작성되었다.

목차와 주요 내용을 중심으로 한 지침의 변화는 다음과 같다

(Table 4).

두 지침의 목차를 비교한 결과, ‘20 지침에서 시공단계 및 유지관리단계 관련 항목이 별도로 분리되어 있지 않다. 이는 2016년도에 적용된 BIM 전환설계가 2020년도 전면설계로 변경됨으로 인해 전 생애주기를 동일체계로 해석하고 있는 것으로 판단된다. 단, 설계도면과 물량산출에 대해 좀 더 상세히 기술하게 되었다. BIM 데이터로부터 추출하여 작성하도록 유도하고 있으며 2020년도 지침의 ‘부속서-3 스마트설계 상세 설명서’에서 공사별 전면설계 상세도 기준을 추가하였다. 또한 동일 지침 ‘3장 BIM 전면설계 기준’에서 BIM으로부터 추출되는 도면과 물량산출의 요구되는 상세도에 따라 공종별로 요구되는 상세한 LOD가 제시되고 있다.

이와 같이 국가전략의 변화에 따라 BIM 설계 수준에 따라 목차 및 구성 내용이 변화된 것을 확인하였다. 전면설계로 전환됨에 따라 성과품에서 요구되는 상세도를 반영하기 위하여 일부 목차가 보완되었다.

그러나 실무자들이 중요하게 보고 있는 정보의 ‘연결성’(2.2

Table 3. Checklists of BIM guidelines

No.	Contents	Inclusion or not
1	(Clarification) Present directions through specific criteria	Yes or No
	(Definitions) establish appropriate criteria for the time of BIM input	Yes or No
	(Definitions) provide reasonable criteria for evaluation of BIM implementation plans;	Yes or No
	(Remove, modify) Avoid using ambiguous terms, such as “major structures” and “major rooms”	Yes or No
	(Documentation) Provide templates for BIM outcomes and extraction books	Yes or No
	(Clarification) Present BIM preparation standards and utilization plans	Yes or No
2	(Additional) BIM Project Considering the Characteristics of Project	Yes or No
	(Additional) Reflect the specificity of projects such as form, use, and ordering method	Yes or No
	(Modified) set up LOD in the part where additional review is required, rather than rigid standard application in the same step	Yes or No
3	(Improvement) modify the construction process through BIM to a structure with intent to improve	Yes or No
	(Additional) the criteria to be followed by the recipient and the areas to be proposed	Yes or No
	(Additional) Responsibility and role of BIM coordinator/manager;	Yes or No
	(Definitions) establish a plan for maintenance/asset management	Yes or No
4	(Definitions) find and establish ways to improve efficiency through collaboration	Yes or No
	(Definitions) create a system for engineering companies and contractors to participate in building BIM models	Yes or No
	(Definitions) Engineering companies may present a model creation method and a utilization plan to make use of construction companies	Yes or No
	(Definitions) prepare a method of dividing data/models from integrated models	Yes or No
	(Definitions) seek ways to simplify BIM extraction books	Yes or No
5	(Definitions) establish standards that reflect the sharing and cost of profits	Yes or No
	(Definitions) establish a reviewable system based on the total amount/workload in the process of calculating the price	Yes or No
	(Definitions) allow VE to review the share of profits from cost savings	Yes or No

Table 4. BIM guideline of Korea express corporation(Korea Expressway Corporation, 2016; Korea Expressway Corporation & KIBIM, 2020)

Year	Contents		Details
‘16	1	Range of application and execution plan	Range of application, manual, execution plan, and procedure
	2	Definition of terms	Definition of main terms
	3	Title and classification system	Title system and classification system
	4	BIM utilization and LOD definition	BIM Information requirements
	5	Applying BIM in the design stage	Utilizing BIM in the design stage, delivery, and quality management
	6	Applying BIM in the construction stage	Utilizing BIM in the construction stage and delivery
	7	Applying BIM in the maintenance stage	Utilizing BIM in the maintenance stage
‘20	1	General information	Purpose of guideline, definition of terms, and range of BIM application
	2	Basic information	BIM format and management
	3	Standard of BIM overall design	BIM delivery and information requirements
	4	스마트설계 ⁶⁾ 지침 Guideline of smart design	Utilizing plan of BIM schematic design and BIM construction document
	Annex 1	Standard of terms of reference for BIM full-scale design	General details of the project, management of the human resources, and detailed performance tasks
	Annex 2	Standard template of BIM result report	Summary and BIM data classified by working types
	Annex 3	A detailed manual of smart design	BIM full-scale design and method for performing simulation

단원에서 언급)에 대한 내용보완이 절실히 보인다. 예를 들어 성과품의 중요성과 형식에 대해 예시를 제시하고 있음에도 성과물 작성절차와 데이터의 효율적 연계방법 등은 보완이 필요해 보인다. 이에 따라 3.2장에서는 정보의 ‘연결성’을 강조하는 추세인 국제사례를 상세하게 분석하고, 상대적으로 국내 지침에서 미흡한 항목은 4장에서 보완하고자 한다.

3.2 해외 BIM 발주지침 사례 분석 및 비교

싱가포르 LTA의 발주문서(PIR, '20)를 참고하여 발주문서를 구성하는 16가지 주요 항목을 도출하였다(Table 5). 도출된 주요 항목들은 BIM 프로젝트의 일관되고 효율적인 수행을 위하여 필요한 절차, 성과품, 수행 주체에 관한 것으로, ‘절차, 용어 정의, 참여자 역할 및 책임, 참여자 권리, BIM 수행계획서, BIM 요구사항, 성과품 목록, 보고서, 도면 작성, 3D 검토, 4D 시뮬레이션, 5D 물량 산출, 품질 관리, 협업 환경, 교육, 업데이트 관리’가 이에 해당된다.

Table 5. The table of contents ('20 LTA BIM procurement document)

No. of Contents	Singapore LTA Document ('20)	Details
1	Objectives	
2	Definitions	Key words in BIM projects
3	General	General roles and responsibilities about the contract
4	Ownership and rights to BIM deliverables	-
5	LTA BIM model content requirements and standard	Additional requirements regarding the BIM model that LTA specifically wants
6	BIM deliverables	Deliverables list, BIM execution plan, final report, and file update
7	Model quality assurance (QA) & quality control (QC)	-
8	BIM software versions and file formats	-
9	BIM roles and responsibilities	Roles and responsibilities of contractors in terms of "BIM"
10	Hardware and BIM software	Collaboration environment

11	User support for BIM tools	Responsibilities to conduct internal training for employees working with the BIM model
Annex	A - Model development diagram B - CCSM BIM requirements C - Trackwork (TWK) CCSM BIM requirements D - 4D simulation BIM requirements E - 5D quantity take-off (QTO) and costing BIM requirements F - 6D asset information BIM requirements G - Static terrestrial laser scanning BIM requirements	

- A : ① + ② + ③
 B : ① + ② + (③, the supplementary explanation is necessary)
 C : ① + ②
 D : ① + (②, the supplementary explanation is necessary of the application methods or scopes of criterion)
 E : ①
 F : It is necessary to revise the contents in detail

이러한 주요 항목들이 도로분야 BIM 발주지침에서 적절하게 서술되어야 한다. 따라서 BIM 발주지침에서 포함되어야 할 구성 항목들에 대하여 방법과 예시가 충분히 설명되었는지 평가하고자 한다. 평가는 각 항목의 수행 방법과 예시를 서술한 정도에 따라 A~E등급으로 나누어 평가하였다(Table 6).

Table 6. Evaluation Criteria for Description Methods based on Singapore Documents (LTA)

Description methods	Levels					
	A	B	C	D	E	F
Directly describe specific details (①)	O	O	O	O	O	X
Briefly refer to a reference criterion (②)	O	O	O	Δ	X	X
Take an example (③)	O	Δ	X	X	X	X

앞서 도출된 주요 항목들에 대하여 ‘고속도로 스마트 설계지침’(‘20)에서 어떠한 수준으로 서술되고 있는지 Table 6의 평가 기준에 따라 평가하였다. 항목별 평가 등급 결과는 다음과 같다 (Table 7).

항목별 등급 평가 결과는 표5와 같이 A등급 8개(50%), B등급 및 D등급 각각 2개(13%), E등급 4개(25%), 그리고 C등급과 F등급은 0개(0%)로 분류되었다.

⁶⁾BIM데이터와 스마트 건설기술을 융합한 설계기법

Table 7. Evaluation Results of BIM RFP Document by items (based on Table 6)

Categories	Level	Categories	Level				
(a) Procedure	D	(i) Drawing preparation	B				
(b) Key word	E	(j) 3D evaluation	A				
(c) Roles and Responsibility of Participants	A	(k) 4D simulation	A				
(d) Rights of participants	E	(l) 5D quantity calculation	A				
(e) BIM execution plan	B	(m) Quality control	A				
(f) BIM information requirements	A	(n) Collaboration environments	E				
(g) Deliverables list	A	(o) Educations	E				
(h) Reports	A	(p) File update & management	D				
Levels	A	B	C	D	E	F	Total
Count	8	2	0	2	4	0	16
Rate	50%	13%	0%	13%	25%	0%	100%

참조 기준과 예시가 적절하게 제시된 A등급에 해당하는 항목은 ‘참여자 역할 및 책임, BIM (LOD 및 정보요구사항), 성과품 목록, 3D 검토, 4D 시뮬레이션, 5D 물량산출, 품질관리, 보고서’이다. ‘참여자 역할 및 책임’의 경우 역할과 책임 목록이 작성되어 내용이 명확하였으며, ‘BIM 모델의 LOD 및 정보요구사항’ 항목에서는 사업단계별 및 공종별 LOD의 범위를 상세하게 제시하였다. ‘성과품 목록’과 ‘보고서’ 항목에서는 각각 제출해야 할 성과품 및 보고서 리스트가 제시되었으며 세부 항목 또한 서술되어 계약상대자의 이해를 도왔다. 또한 ‘3D검토’ 및 ‘4D 시뮬레이션’을 위하여 시각화, 간섭검토, 교차검토, 안전성 및 주행성 확보 등 시각화와 시뮬레이션 수행을 위한 방법과 예시를 제시하였다. ‘5D 물량산출’에서는 ‘BIM 기반 수량산출기준(○○도로공사, ’20)’을 산출 기준으로 제시하였으며, 해당 기준에서는 공종별로 상세한 산출 기준과 계산 방법, 작성 템플릿이 서술되어 균일한 성과품을 작성하는 데에 도움이 될 것으로 기대된다. ‘품질관리’는 수행 주체와 시기, 방법 및 기준 등이 설명되어있으며, 결과보고서에 검토결과가 포함되도록 하였다.

참조 기준은 제시되었으나 예시의 보완이 필요한 B등급에 해당하는 항목은 ‘수행계획서, 도면작성’이다. ‘수행계획서’는 포함되어야 할 목적이 제시되었으나, 지침에서 포함해야 한다고 기술되었던 일부 항목이 누락되어 보완이 필요할 것으로 보인다. ‘도면작성’ 부분은 ‘BIM 기반 설계도 표준(○○도로공사, ’20)’이 산출 기준으로 제시되었으나, 추출 방법과 임의변경 여부의 검증 방법은 미제시되었다.

또한 참조 기준의 보완이 필요하고 예시가 미비한 D등급에 해당하는 항목은 ‘절차, 업데이트 관리’이다. ‘절차’에 관하여 세부절차 내용은 기술되었으나, BIM 적용에 따라 수행되어야 하는 성과품과 작성 주체 및 시기를 파악할 수 있는 절차 예시가 보완되어야 할 것으로 예상된다. ‘업데이트 관리’ 부분에서는 설계나 보고서와 같은 주요 내용이 변경될 때 협의해야 할 주체는 기술되었으나 지속적인 업데이트와 정보공유를 위한 방법 또는 플랫폼에 관하여 보완이 필요할 것으로 보인다.

마지막으로 참조기준과 예시가 모두 미비한 E등급에 해당하는 항목은 ‘용어정의, 참여자 권리, 협업환경, 교육’이다. 이 항목들에 대한 기준 또는 예시에 대하여 보완이 필요할 것으로 예상되며, 본 논문 4장을 통하여 보완 안을 제시하고자 한다.

4. BIM 과업지시서 제안사항

4.1 BIM 과업지시서 제안사항 (1차)

앞서 BIM 발주지침에서 필요한 보완 항목에 대하여 알아보았다. 본 장에서 ‘BIM 과업내용서 표준’의 구조 및 구성요소 보완안을 제안하고자 한다. BIM 수행 절차와 주체를 고려하여 목차 순서를 분류 및 재배치한 수정안을 제안한다. 3.2장에서 비교적 낮은 등급으로 평가된 항목은 싱가포르 LTA 문서의 분석결과를 토대로 새로운 목차를 추가하고자 한다.

보완된 과업지시서의 평가를 위해 실무진들을 대상으로 서면 자문을 진행하였다. 2022년 3월부터 2022년 6월까지 토목분야의 3개의 시공사, 8개의 BIM 전문업체를 대상으로 진행하였다.

기존 과업지시서의 목차는 Table 8과 같다. 1장 일반사항은 24개절로 구성되어 있으며, 2장 인력운영은 2개의 절로 구성되어 있다.

Table 9는 과업지시서 목차를 보완한 것이다. BIM 수행 절차와 수행 주체를 고려하여 목차 순서를 분류 및 재배치 하고, 3.2장에서 E등급으로 평가된 ‘(b) 용어 정의, (d) 참여자 권리, (n) 협업환경, (o) 교육’ 항목에 대하여 보완하기 위하여 일부 목차를 추가하고자 한다.

1장은 공통사항, 2장은 시공사의 프로젝트 수행 시 발주처 승인이 필요한 항목, 3장은 시공사 수행 항목, 4장은 프로젝트 수행과정에서 발주처와 협력이 필요한 항목, 마지막으로 5장은 협력업체의 프로젝트 수행 항목으로 분류하였다.

또한 본 논문의 3.2장에서 E등급으로 분류된 항목을 보완하기 위하여 ‘용어 정의, 지식재산권 및 소유권, 공동데이터환경(CDE), 인센티브’ 등 4개의 절을 추가하였다.

기존 목차에서 ‘제19절 신기술의 도입, 제23절 건설공사의 공사기간 산정’은 건설기술진흥법령에 따라 작성되어야 하는 항목

Table 8. The contents in BIM RFP documents: Express Corporation('20)

Chapt.	Contents
1	General information Section 1 Project name Section 2 Purpose of project Section 3 Section and scope of project Section 4 Overview of project Section 5 Project performance period Section 6 Design modification conditions Section 7 Prior consultation on major tasks Section 8 Project performance and schedule reporting Section 9 Service supervision Section 10 Inquiries about data requests Section 11 Responsibility of contracting party Section 12 Applicable regulations and design Criteria Section 13 Consultation of relevant institutions and permit Section 14 Compliance with "Enforcement Decree of the Construction Technology Promotion Act" Section 15 Security and confidentiality Section 16 Interpretation of the terms Section 17 Replacement of service performers Section 18 Design considerations Section 19 Introduction of new technologies Section 20 Utilization of soil information sharing system Section 21 Submission of WBS(Work Breakdown System) data Section 22 Matters related to bidding for revision of construction project quantity details Section 23 Calculation of the construction period for construction work Section 24 etc.
2	Manpower management Section 1 Manpower input plan Section 2 Responsibilities and duties of key experts

2	Manpower management Section 9. Manpower input plan Section 10. Responsibilities and duties of key experts Section 11. Replacement of service performers <u>Section 12. Subcontract Matters**</u> <u>Section 13. New Young Technician**</u>	Prior approval of the client (Essentially applicable before contract)
3	Scope of work and responsibilities* Section 14. Applicable regulations and design Criteria Section 15. Responsibility of contracting party Section 16. Task performance and process reporting Section 17. Compliance with "Enforcement Decree of the Construction Technology Promotion Act" Section 18. Security and confidentiality	Contractor (Contracting firm)
4	Consultation Section 19. Design modification conditions Section 20. Prior consultation on major tasks, etc. Section 21. Consultation of relevant institutions and permit Section 22. Service supervision, etc. Section 23. Inquiries about data requests, etc. Section 24. Additional cost** Section 25. Incentives*	Requirements for consultation between contractors and contractors
5	Performance of design work Section 26. Design considerations Section 27. Utilization of soil information sharing system Section 28. Matters related to bidding for revision of construction project quantity details	Partner companies

Table 9. A suggestion of contents of BIM RFP documents

Chapt.	Contents	Target reader
1	General information Section 1. Project name Section 2. Purpose of project Section 3. Section and scope of project Section 4. Overview of project Section 5. Project performance period <u>Section 6. Definition of Terms*</u> Section 7. Intellectual Property Rights and Ownership* <u>Section 8. Common Data Environment (CDE)*</u>	General

이므로 '건설기술진흥법령의 준수' 절에 귀속시켰으며, 기존 목차의 '제2절 작업분류체계 (WBS) 자료 제출' 항목은 시공사의 과업 수행 범위에 포함되므로 '과업수행 및 공정보고'에 포함하였다. 또한 기존 목차 '제24절 기타사항'의 항목은 '제2절 하도급에 관한 사항, 제24절 추가 비용'으로 분리하여 각각 '2장 인력운영'과 '4장 협의사항'의 하위 내용으로 귀속되도록 이동하였다.

4.2 BIM 과업지시서 제안사항 (2차)

앞서 과업지시서의 목차 구조 수정안을 제안하였으며, 과업

지시서 내용에 대한 제안사항을 작성하기 위하여 전문가 자문을 통해 개선이 필요한 사항을 수렴하였다. 전문가 자문 결과의 주요 내용은 아래와 같다(Table 10).

Table 10. Key findings from expert consultation

Categories	Target reader
(d) Rights of participants (Level E)	<ul style="list-style-type: none"> Provincial governments and local governments can acquire ownership and usage rights of BIM products, and engineers can obtain copyrights
(n) Collaboration environments (Level E)	<ul style="list-style-type: none"> Recommend to build a cloud that can secure the safety of shared data Expected that efficient project management will be possible if the safety and quality of data in the cloud are regularly monitored BIM integrated data management will be difficult because each project participant has different modeling purposes, uses, and data details accordingly BIM expertise is required of supervisors who manage the quality of BIM deliveries and perform collaboration
(p) File update & management (Level D)	<ul style="list-style-type: none"> Necessary to designate the BIM extraction drawing delivery format as PDF The second revision for the DWG format increases the amount of work and causes human error Recommend to use the format of BIM S/W according to international standards Overseas projects can be prepared, and change history can be estimated after BIM extraction

전문가 자문 결과, ‘(d) 참여자 권리’를 위하여 BIM 성과품에 대하여 지자체는 소유권과 사용권을 득하고 설계자는 저작권을 득하는 것이 필요하다는 의견을 수렴하였다. ‘(n) 협업 환경’에 대하여 BIM 통합 데이터 관리는 어려우므로 공유 데이터의 안전성을 확보할 수 있는 클라우드 구축을 추천하였다. 마지막으로 도면 등 ‘(p) 정보 업데이트’를 위하여 BIM 추출 정보에 대한 2차 수정이 필요없는 포맷을 납품 포맷으로 지정하는 것이 필요하다고 언급하였다.

앞서 기술된 전문가 자문 내용을 반영하여 3장에서 D등급 또는 E등급으로 평가를 받은 ‘(a) 절차, (b) 용어정의, (d) 참여자 권리, (n) 협업환경, (o) 교육, (p) 정보 업데이트’ 항목에 대한 보강안을 제안하고자 한다.

항목별 보강안과 이에 대한 예상 효과는 Figure 3과 같다.

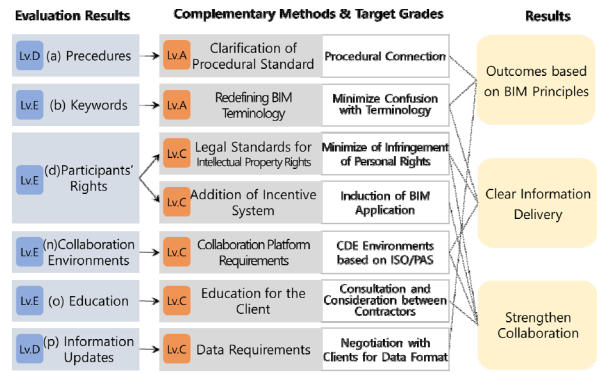


Figure 3. Reinforcement of components of RFP document

- (a) 절차 (D등급) : 절차를 시각화하고 명확화하여 성과품 작성 및 프로젝트 진행에 대한 이해도를 높임
- (b) 용어정의 (E등급) : 중요한 단어들의 의미를 정의하여 의문점과 혼동을 예방함으로써 일관성있는 의사소통이 가능하도록 함
- (d) 참여자 권리 (E등급) : 성과품에 대한 지식재산권 및 소유권을 적절하게 배분하여 분쟁을 예방하고, 인센티브 제도를 도입하여 업무량에 따라 적절한 대가가 주어지도록 함
- (n) 협업환경 (E등급) : 공동데이터환경(CDE)을 구축하고 ISO 및 PAS를 기반으로 사용 방법을 보완하여 협업이 용이한 환경을 조성함
- (o) 교육 (E등급) : BIM프로젝트 참여자들에 대한 소정의 교육을 제공하여 의사소통과 업무진행을 원활하게 함
- (p) 도면 업데이트 (D등급) : 납품 포맷을 BIM 소프트웨어에서 추출 후 2차 수정이 필요하지 않은 포맷으로 지정하여 휴먼에러를 방지하고 해외 추세를 고려함

위와 같은 각 항목별 제안사항을 통하여 예상되는 효과는 다음과 같다. (a), (b), (p)의 결과로 토목분야 BIM 프로젝트의 특성에 맞는 성과품 요구사항이 분명하게 제시될 것으로 예상된다. (b), (d), (n)을 통하여 BIM의 원활한 수행 환경이 설정될 것으로 예상된다. 마지막으로 (d), (n), (o)를 통하여 참여자들의 협력이 강화되는 환경을 구축하는데에 기여할 수 있을 것으로 예상된다.

이에 따라 참여자들이 BIM 적용으로 인하여 달라지는 설계 업무 절차와 협업 업무를 이해할 수 있고, 프로젝트 진행의 시행착오가 감소 될 수 있을 것으로 기대한다.

5. 결론

본 연구를 통하여 BIM전면설계를 위한 발주지침 개선방안의 예시를 제안하였다. 이를 위하여 BIM 도로분야 발주지침 관련 문헌들을 통해 도로분야 요구조건과 발주지침에서 갖추어야 할 주요 항목을 도출하였다. 기존에 발행된 지침을 분석하여 이 주요 항목들이 잘 갖추어져있는지 평가하였다. 양호한 항목과 미흡한 항목으로 나누었으며, 미흡한 항목을 중심으로 국내 BIM 도입현황을 고려하여 보완을 진행하였다. 여기서 핵심은 고착화되어 있는 건설분야의 방식에만 초점을 맞추지 않고 폭넓은 참

조기준과 예시를 찾는 것이 필요하다는 것이다. 참조기준과 예시가 없는 경우, 타분야에서 활용가능한 예시(예: 협업플랫폼, 절차 시각화, 지식재산권 및 소유권 등)를 참조하는 것이 가능하기 때문이다.

과업지시서의 목적을 재구성하여 제안하였고 실무자를 대상으로 수행한 인터뷰를 통해, 앞서 수행한 등급 평가에서 미흡한 항목으로 평가된 결과가 다수의 의견과 유사함을 확인하였다. 대부분의 전문가들은 상호 관점의 이해가 필요함을 분명 인지하고 있었음에도 불구하고 국가 차원에서 선제적 움직임이 있기를 기대하고 있었다.

4장에서 기술된 본 논문의 제안사항에 대한 예상 효과는 전문가 인터뷰 30인을 통하여 검증되었다. 인터뷰 대상은 토목분야 과업지시서에 관여하는 발주처 측 실무자 10인, 발주처와 협력관계인 연구기관 실무자 10인, 그리고 BIM설계 및 시공 협력사 실무자 10인으로 구성되었다. 인터뷰를 통하여 4장에서 작성한 제안사항과 그로 인하여 예상되는 효과에 대하여 동의/미동의를 기준으로 평가받은 결과, 100점을 만점 기준으로 91점의 평가를 득하였다.

본 연구의 결과로 제안된 가이드라인에 따라 도로분야 BIM 프로젝트를 수행할 경우, 재작업과 그에 따르는 소요 비용을 절감시키고 프로젝트의 특성에 적합하게 활용도를 높일 수 있을 것으로 예상된다.

BIM전면설계를 수행하기 위한 더 명확한 절차와 방법을 제시하고 더 나아가 프로젝트 참여자들의 업무수행에 대한 이해도를 높이는 데에 기여하기를 바란다.

본 연구는 도로공사 스마트설계지침의 과업지시서를 대상으로 보강안을 제안하였으나, 추후 지침의 본문 내용을 대상으로 분석 및 보강안이 제시되는 연구가 필요할 것으로 보인다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부 BIM 기반 인프라 설계 프로세스 디지털 협업 체계 개발사업(R&D, 과제번호: RS-2022-00143371) 연구비 지원에 의해 수행된 연구임.

References

Hwang, J. W., Park, H. M., Park, C. K., Lee, J. H. (2017). Case Study of BIM Implementations in the Bridge Design – Godeok Bridge, Korean Society of Civil Engineers Convention, pp. 826–827.
Kim, Y. O., Kim, H. D., Kim, J. Y., Jang, C. W., Kim, J. Y.

(2020). Algorithm Based on 3D Road Alignment Tunnel BIM Parametric Modeling Technique, KSCE magazine, 68(5), pp. 87–89.
Korea Expressway Corporation (2016). EX-BIM guideline (v2.0), Korean Institute of BIM (KIBIM).
Korea Expressway Corporation & KIBIM (2020). Expressway Smart Design Guideline
Land Transport Authority (2020). Project Information Requirements(PIR).
Lee, J. H., Kim, T. Y. (2020). A measure for activating BIM by actual application analysis of integrated utilization process of quantity, process(4D), and construction cost(5D) in view of life-cycle, Journal of The Korea Society of Computer and Information, 25(12), pp. 1–15.
Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2022). BIM implementation guideline, p. 16.
Nam, J. Y., Kim, M. J. (2019). A Study on the Development of BIM Property Classification System in Road and River Field, Journal of the Korea Academia-Industrial, 20(2), pp. 773–784.
Ok, H., Kim, S. J., Kim, T. H., Ju, K. B. (2019)(a). Guideline Development Measure Presentation for the Creation and Delivery of BIM Outputs in Road Sectors, International Journal of Highway Engineering, 21(1), pp. 61–71.
Ok, H., Kwon, B. R., Kim, S. J., Kim, T. H., Ju, K. B. (2019)(b). Study on the Development Measures for the BIM (Building Information Modeling) Practice Manual in the Road Sector, International Journal of Highway Engineering, 21(6), pp. 23–34.
Shim, C. S., Jin, J. H., Wang, M. H., Choi, J. W., Moon, Y. N. (2017). Implementation of EX-BIM for Next Generation Digital Expressway, KSCE Magazine, 65(11), pp. 33–37.
Shin, B. K. (2020). A Study on the Integrated Life Cycle Management of Road Facilities using BIM, Graduate School of Kyungpook National University, pp. 1–95.
Kim, T. J., Kim, K. M., Won, J. S. (2017). A Comparative Study on Railway Station-related BIM Guidelines in Other Countries for BIM Implementation in Railway Station Projects in South Korea, The Korea Society for Railway Annual Conference, pp. 183–184.
Kim, J. Y., Yun, S. H. (2017). Guideline of Building Information Modeling(BIM) Service Application Level using Service Level Agreement(SLA) in the Procurement Phase, Journal of the Korea Institute of Building Construction, 17(1), pp. 83–90.