

국외 BIM 발주지침 분석을 통한 국내 토목 분야 BIM 가이드라인 개발 방향 제시에 관한 연구

- 싱가포르 토목 사업 과업지시서를 중심으로 -

Analysis of Singapore's BIM tender documents for the development of infrastructure BIM guidelines in Korea

구본상¹⁾, 옥현²⁾, 유영수³⁾, 정래규⁴⁾

Koo, Bon-Sang¹⁾ · Ok, Hyun²⁾ · Yu, Young-Su³⁾ · Jung, Rae-Kyu⁴⁾

Received April 3, 2018; Received April 30, 2018 / Accepted April 30, 2018

ABSTRACT: Recent increase in the interest and adoption of BIM for infrastructure projects has created a need for formal BIM guidelines in the civil engineering domain. Currently a BIM guideline has been developed in Korea exclusively for the road sector. However, the guideline has gaps in the specification of how BIM models should be generated, managed and applied for maximum effect in projects. This study reviewed the guidelines and tender documents of Singapore to determine potential improvements to adopt in Korea. Results showed that Korea's guideline should focus more on process integration as to stipulating BIM deliverables, encourage a common data environment, clearly distinguish between compulsory and selective BIM applications, and require data and models that can be leveraged in the operation phase of the facility.

KEYWORDS: BIM, Civil Engineering, Singapore, Tender Documents

키 워 드: BIM, 토목, 가이드라인, 싱가포르, 과업지시서

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

국내 토목 분야에서 BIM(Building Information Modeling)에 대한 관심과 활용이 증대되고 있다. 국내에서 시범사업이 늘어나는 추세이며, 국토교통부는 2020년까지 사회간접자본(SOC) 공사 20% 이상에 BIM을 적용하겠다는 방침을 내놨다.⁵⁾

그러나 국내에서 아직까지 BIM을 대규모 사회간접자본사업에 적용한 사례는 드물고 실제 BIM의 활용 방안이나 관리체계가 수립되지 않은 실정이다.

BIM의 적용 및 확산을 위해서는 발주자의 선도적 역할이 중요

하며 그 일환으로서 BIM 발주를 위한 가이드라인의 수립이 선제되어야 한다. 현재까지 국내 토목 분야를 위해 나온 가이드라인은 “도로분야 발주자 BIM 가이드라인”, “도로분야 발주자용 BIM 실무 매뉴얼” 등 주로 도로 사업에 대해 발간되었다.

그러나, 이들 내용을 살펴보면 아직 도입 초기 단계의 매뉴얼 성격으로 실제 사업에 적용된 사례가 드물고, 도로분야에 국한되어 있어 철도, 하천, 항만 등 다른 토목시설에 적용하기 어려운 면이 존재한다.

또한 BIM 작성, 관리, 납품 및 활용에 관한 기준이나 규정이 존재하나 프로세스 위주가 아닌 결과 제출물 위주로 작성된 문제가 있다. 즉, 사업자가 BIM을 기반으로 설계 및 시공을 진행하면서

¹⁾정회원, 서울과학기술대학교 건설시스템공학과 부교수 (bonsang@seoultech.ac.kr)

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

³⁾학생회원, 서울과학기술대학교 건설시스템공학과 석사과정 (digh0935@gmail.com) (교신저자)

⁴⁾학생회원, 서울과학기술대학교 건설시스템공학과 석사과정(예정) (forb1214@naver.com)

⁵⁾<http://www.etnews.com/20150716000221>

이의 활용을 극대화하기 위해 필요한 BIM 객체 및 속성 범위, 사업 참여자 간 협업 방식, 그리고 유지관리에 역점을 둔 BIM 결과물의 납품 내역 등에 관한 방향 제시가 필요한 실정이다.

이를 위해서는 BIM 발주가 정착된 해외 사례의 발주 지침서 및 과업지시서의 내용이 좋은 벤치마킹 대상이 될 수 있다. 앞서 건축 분야에서는 국내 BIM 가이드 작성을 위해 해외 사례를 분석한 연구가 다수 이뤄졌다 (Kim et al., 2011; Kwon and Jo., 2011; Roh et al., 2011; Peng et al., 2017). 그러나 상대적으로 토목 분야에서는 기초적 연구(Shim, 2011; Kim et al., 2017)외에는 아직 심층적인 분석이 이뤄지지 않았다.

이에 본 연구에서는 토목 분야 BIM 발주에 앞서 있는 해외 선진 사례의 BIM 발주 가이드 및 과업지시서를 참조해 국내 BIM 가이드와 비교 분석을 실시하였다. 이를 토대로 국내 BIM 발주 가이드 개발 방향에 주요 개선점을 제시하고자하였다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구를 위해 우선적으로 국내에서 진행된 BIM 가이드 관련 선행 연구를 건축 및 토목 분야를 구분하여 파악하였다. 동시에 국내에서 토목 분야 관련 BIM 가이드를 조사하였고 이 중 도로 분야의 “도로분야 발주자 BIM 가이드라인(16.12)”, “도로분야 발주자용 BIM 실무매뉴얼(17.11)”, “EX-BIM 가이드라인” 등의 내용을 심층 분석하였고 내용을 정리하였다.

해외 사례는 토목 BIM 발주 실적이 많은 싱가포르 사례를 중점적으로 다루었다. 싱가포르의 경우 건설청(Building and Construction Authority, BCA)에서 ‘싱가폴 BIM 가이드 라인’(Singapore BIM Guide, version 2, 2013)과 ‘BIM수행계획서 작성 가이드’(BIM Essential Guide for BIM Execution Plan, 2013)을 발행하여 BIM 기반 사업 운용에 대한 체계적 방향을 제시하고 있다.

또한 국내 건설기업들이 싱가포르 시장에 진출하면서 실제로 참여한 사업의 BIM 과업지시서를 입수하여 이를 중점 분석하였다.

구체적으로 가이드 및 과업지시서에 제시된 내용을 BIM 작성 준비 단계, BIM 작성 기준, BIM 협업 방식, BIM 납품 기준 및 BIM 추가 서비스 및 대가로 재구성하고 주요 사항을 정리하였다.

마지막으로 분석된 내용을 국내 BIM 가이드와 비교하고 이를 토대로 주요 개선 방향을 제시하였다.

2. 선행 연구 및 이론 고찰

2.1 국내 BIM 가이드 선행 연구

2.1.1 건축 분야 선행 연구

국내에서 BIM 가이드 구축을 위한 연구는 건축분야에서 선행적으로 이뤄졌다. Kim et al.(2011)은 국내외 BIM 발주 지침서 분석을 통해 국내 BIM 가이드라인에 대한 개발 방향을 제시하였다. 국내 국토해양부, 조달청, LH공사 및 가상건설연구단의 발주 지침서를 참조하고 국외의 경우 Department of Veteran Affairs (2010) 및 Qatar National Museum의 BIM 제안요청서(RFP)를 토대로 비교 분석을 실시하였다. 이를 통해 1) 제출물 위주가 아닌 BIM 기반 업무 프로세스 유도, 2) BIM 기술 자체를 평가 요인으로 적용 지양, 3) 명확한 LOD 기준 제시, 및 4) BIM 활용 분야에 대한 구체적 요구사항 제시 등의 개선 방향을 제시하였다.

최근에는 BIM 가이드의 세부 분야를 구체화시키기 위한 심층적 연구로 이어지고 있다. Kwon and Jo(2011)는 BIM 모델의 품질 검토 기준을 제시하기 위해 미국 GSA, NBIMS, NIST의 BIM 가이드 및 핀란드와 덴마크의 BIM 요구정의서를 국내 국토해양부 및 조달청 BIM 기본 지침서등과 비교 분석하여 품질 검증 지침안을 제시하였다.

또한 Roh et al.(2011)은 국내외 건축 BIM 가이드라인을 분석하여 국내에 적절한 상세수준(Level of Development, LOD)을 제시하고자 하였다. 구체적으로 국내 조달청 기준과 미국 공병대 및 보훈청 가이드를 비교하였다. 그 결과 해외의 경우 사업단계별로 LOD를 상세하게 제시하고 모델 분류도 Uniclass 및 Omniclass로 정확하게 명시한데 비해 국내에서는 축적을 사용하는 등 모호한 부분이 존재하는 문제를 지적했다.

이외에도 Peng et al.(2017)은 영국 BSI의 BIM 가이드라인 분석을 통해 중국 BIM 가이드라인 구축에 개발 방향을 제시하였다.

그러나 이들 연구는 가이드에 국한돼 있고 과업지시서를 구체적으로 분석한 연구는 드물다.

2.1.2 토목 분야 선행 연구

국내 토목 분야 BIM 가이드 관련 연구도 진행되고 있다. Shim(2011)은 토목 분야의 BIM 적용은 건축과 다른 특성을 감안해서 실행돼야 한다고 주장한다. 즉, 발주자가 대규모 사회간접자본을 발주, 유지관리하기 때문에 이에 맞는 정보모델 기준과 내부 시스템이 수립되어야 한다. 또한 대부분 넓은 영역에 분포하고 선형 의존성이 크며 표준 라이브러리를 활용하기 어려운 여건으로 표준화가 이뤄지기 쉽지 않다. 따라서 토목 분야 BIM 가이드라인은 이런 특성을 고려해야 하며 특히 사업단계별 LOD 설정이 중요하고 지형모델, 구조모델, 상세모델 공정 모델의 연계 구축이 이뤄져야 한다.

최근에 Kim et al.(2017)은 국내 철도 분야 BIM 가이드라인 개발을 위해 해외 카타르 레일 BIM 가이드라인, 홍콩 MTR (Mass Transit Railway) BIM 요구사항, 두바이 모델링 표준에서 정의하는 BIM 모델 작성 기준 항목을 비교, 분석하였다. 분석 결과, 일반건축물과 달리 3개국의 철도 BIM 가이드라인에서 BIM 모델 작성 시 추가적으로 정의한 항목은 트랙(궤도), 터널, 고가선, 스크린 도어, 티켓팅, 신호 관련 부재들이었다. 이처럼 토목 분야에 대한 모델링 요구사항이 증대하고 있는 것을 파악하였다.

최근에 Kim et al.(2012)은 토목 분야 시설의 유지관리 특성을 고려한 BIM 모델의 작성, 관리 및 요구 데이터를 분석하기 위해 국내외 BIM 가이드를 분석하였다. 그 결과 유지관리에 활용을 위한 응용 기술, 데이터의 표준화 및 유지관리 단계 적용을 위한 제도정비의 필요성을 주장하였다.

상기와 같이 다수 연구들이 이뤄졌으나, 대부분 가이드라인 내용 분석에 그치고 있으며 과업지시서나 입찰안내서와 같이 구체적인 내용까지 파악하지 않고 있다. 또한 건축 위주에 연구가 많은 반면, 토목 분야를 위한 BIM 가이드 개발 연구는 아직 드문 편이다.

2.2 국내 토목 분야 BIM 가이드라인

최근 국내에서 토목 분야에 BIM 적용을 위한 노력들이 증가하고 있으며, 이를 위한 첫 단계로 발주자의 가이드 개발이 선행적으로 이뤄지고 있다. 도로 분야에 대한 가이드를 시발점으로 하여 하천, 철도, 항만 등 공종별로 가이드 작업이 구체화되고 있다.

이 중 토목 분야 BIM 적용을 위한 가이드라인은 국토교통부가 발간한 “도로분야 발주자 BIM 가이드라인(‘16.12),” “도로분야 발주자용 BIM 실무매뉴얼(‘17.11),” 및 한국도로공사의 “EX-BIM 가이드라인” 등이 대표적이며, 각각의 내용은 Table 1~3에 각각 정리하였다.

“도로분야 발주자 BIM 가이드라인”에서는 발주자가 BIM 발주에 앞서 BIM에 대한 정의와 목적 그리고 활용방안을 소개하는 등 이해도를 높이기 위한 필요한 정보를 제공하였다. “도로분야 발주자용 BIM 실무매뉴얼”은 실제 발주를 내기 위한 과업지시서, BIM 수행계획서 양식을 제공해 주고 있으며 가이드라인을 참조하고 있다. 이에 비해 “EX-BIM 가이드라인”은 BIM 발주 후 실제 BIM을 통한 설계, 시공 및 운영단계에서 상세한 관리 및 활용 방안을 제시하고 있다.

이처럼 국내 BIM 관련 문서에서도 상호 위계를 갖추고 구성을 띠고 있다. 그러나 아직 실제 사업에 적용된 사례가 드물어, 포괄적으로 내용을 기술하고 활용방안을 넓게 제시한 면이 있다.

이에 본 연구에서는 싱가포르에서 실제 수행을 위해 작성된 토목 사업의 과업지시서와 비교하여 잠재적 개선 방향을 제시하고자 하였다.

Table 1. Summary of owner’s BIM guideline for korea’s road sector

Table of contents	Summary
1. General requirements	Defines the objective, principles and scope of the guide Responsibility and rights regarding BIM data
2. BIM procurement standards	Specifies scope and process for BIM tendering, bid criteria, and contracts
3. BIM development and deliverables	Specifies BIM development steps as BIM preparation, BIM development, BIM quality control, BIM deliverables, and deliverables checking
4. BIM applications	Provides examples of BIM applications for design error checking, value engineering, equipment simulations, cost estimating, constructibility evaluation, 4D modeling, design changes and mock up construction.

Table 2. Summary of owner’s BIM execution manual for korea’s road sector

Table of contents	Summary
1. Manual objectives and use	Provides the objective, and scope of the manual specifies that it should be used as a follow up to the owner’s BIM guidelines
2. BIM procurement overview	Specifies the scope and process for BIM tendering, bid criteria, and contracts referencing the owner’s BIM guidelines
3. BIM setup and deliverables	Provide guidance on owner’s tasks for BIM development planning, deliverables documentation and selection of BIM execution plan template
4. Appendix	Provides definition and examples of LOD and BIM execution plan template

Table 3. Summary of Ex-BIM guideline for korea’s road sector

Table of contents	Summary
1. Objectives and Scope	Provides the objective, and scope of the manual specifies that it should be used as a follow up to the owner’s BIM guidelines
2.-3 Terminology, naming and WBS	Defines major terminology, naming conventions, and WBS
4. Applicable work types and LOD	Defines which work types to apply BIM, their LOD and data attributes to be included
5-7. BIM deliverables for project phases	Specifies usage, deliverables, and quality control measures, at the design, construction and operation stages of project

3. 싱가포르 BIM 가이드 및 과업지시서 분석

싱가폴은 공공사업에서 BIM의 도입을 선도적으로 진행하고 있으며 대규모 인프라 사업에서 BIM을 발주한 실적도 다수 보유하고 있다.

제반 공공 건설 사업을 총괄하는 싱가포르 건설청(Building and Construction Authority, BCA)은 BIM 발주 가이드(Singapore BIM Guide, version 2, 2013)를 발간하였고 실제 개별 사업의 과업지시서 및 입찰안내서에서 이를 준용하고 있다.

본 연구에서는 싱가포르의 대표적인 인프라 사업 두 개를 선별하여 이들의 과업지시서 내용을 파악 및 분석하였다. 첫째 사업은 전철 차량 기지 사업으로 싱가포르 국토교통청이 발주한 사업이며, 둘째 사업은 국제 창이공항 사업으로 발주처는 창이공항 그룹이다(Table 4). 두 사업 모두 토공 및 지하시설물을 필요로 하는 대규모 사업이다.

이들의 과업지시서에서 국내 토목 분야 BIM 발주 지침에 유용할 내용을 선별하여 주요 사항을 정리하였다.

본 장에서는 현행 도로분야 BIM 발주 지침서와 비교 분석을 용이하게 하기 위해 싱가포르 사업의 내용을 'BIM 작성 준비 단계', 'BIM 작성 기준', 'BIM 활용 방식', 'BIM 납품 기준', 및 'BIM 서비스 대가'로 분류하여 과업지시서 내용을 재정리하였고 각 부분의 주요 사항을 기술하였다 (Table 5).

Table 4. Overview of singapore projects used for the analysis

Project	c9061 Galibatu MRT depot	Changi international airport
Overview	- STABLING YARD AT GALIBATU MRT DEPOT - \$410 million	- Changi airport terminal 5 - \$10 billion
Client	- Land transport authority	- Changi airport group
BIM Document	BIM requirements (Design) CONTRACT 9061	CAG Fundamental BIM standard
Acronym	Project A	Project B

Table 5. Organization of content analysis

Content	Sub content
BIM preparation	BIM execution plan
	BIM objective and responsibility matrix
	BIM professionals
BIM development	BIM model standards and types
	BIM element standards
	BIM attributes and LOD criteria
BIM coordination	Coordination procedure
	BIM software and data exchange format
BIM deliverables	Reports and data submittals
	Files and folder structure
BIM compensation	Compensation
	Additional services

3.1 BIM 작성 준비 단계

3.1.1 BIM 수행계획서 작성

BIM 수행계획서(BIM Execution Plan, BEP)는 BIM의 실행을 위해 수급자가 BIM 운영/관리/납품에 대한 절차 및 방법을 규정한 문서다.

BCA는 'BIM Essential Guide for BIM Execution Plan' (2013)을 따로 발간하여 지침서를 제공하며 이를 기반으로 BIM 수행계획서를 사업 착수 전 각 사업 주체들끼리 협의를 통해 작성할 것을 요구하고 있다.

3.1.2 BIM 목표 및 책임 매트릭스 작성

BIM 수행계획서와 별도로 "BIM 목표 및 책임 매트릭스" (BIM Objective and Responsibility Matrix)를 작성하여 사업단계별로 BIM 모델의 종류와 작성 주체에 규정하도록 한다. 해당 매트릭스에 사업단계별로 BIM 모델 종류(예, 지형(Site) 모델, 공중별 모델, 샵(Shop) 모델 등) 및 BIM 모델로부터 출력할 정보 및 보고서를 규정한다.

구체적으로 Figure 1과 같이 1) 권장 성과품, 2) 특정 사업 단계에서의 BIM 목표, 3)-4) 목표달성을 위한 사업 참여자, 5) 각 사업 참여자의 BIM 모델 역할(작성자 (Author)또는 사용자 (User))를 명시한다.

본 매트릭스는 BIM 수행계획서와 더불어 BIM 실질적 이행 및 활용을 위해 작성해야 할 핵심 성과품이다.

2 BIM Project Objective	3 Project members involved in fulfilling the objective						
	A - model author	U - model users	Arch	Struc	MEP	PM	Cont-factor
Name of building stage: General description of BIM in this building stage:							
BIM Project Objective:							
BIM deliverable(s) to be achieved through this objective:							
Suggested Deliverable							
Example: 13. Maintain and update the Structural Model, based on the latest Architectural Model • Design, analysis and detailing • In preparation for regulatory submission • In preparation for tender			U	A	U	U	FOR REFERENCE ONLY

Figure 1. BIM objective and responsibility matrix

3.1.3 BIM 전문 인력

싱가포르 BIM 가이드에서는 BIM 인력 구성에 대해 규정하고 있으며 크게 3가지로 분류, 즉, BIM Manager, BIM Coordinator for consultant 및 BIM Coordinator for Contractor로 구분하고 있다.

여기서 BIM Manager는 일반적으로 전체 프로젝트를 관리

하는 직책이며, BIM Coordinator는 개별 공종 또는 하도급자의 BIM 담당자이다.

본 분류는 과업지시서에 그대로 적용되고 있으며 더 구체적인 조항이 들어가 있다. 예를 들어 A사업의 과업지시서에는 전체 총괄을 하는 BIM Manager를 선임하고, 각 공종마다 BIM Coordinator도 역시 선정할 것을 요구한다. 이때 BIM Manager는 Project Manager(PM) 또는 팀장 (Team Leader)가 겸임할 수 없도록 제한하고 있다.

3.2 BIM 작성 단계

3.2.1 BIM 모델 정의

Table 6과 같이 사업단계 및 공종별로 구축할 BIM 모델의 종류를 규정하였으며 두 과업지시서 모두 'BIM 목표 및 책임 매트릭스'에 이를 명시하고 있다.

구체적으로 개념설계 단계에서는 지형 및 매스 모델, 기본 설계 단계에서는 건축/구조/토목/전기기계 설비 등 각 공종별 모델을 구축하도록 하였다. 실시설계 및 시공단계에서는 통합 모델이 등장하고 준공 시에는 유지관리를 위한 준공 모델을 구축하게 돼 있다.

Table 6. BIM model types by project stages

Stage	Project A	Project B
Conceptual design	Site model Massing models	Arch / Struct. / Civil models MEP models
Schematic / Preliminary design	Arch / Struct. / Civil models MEP models	
Detailed design	Arch / Struct. / Civil models MEP models Combined models	
Construction	Shop / Fabrication models Combined models As-Built models	Coordination models Fabrication models As-Built models
Facility management	As-Built models with O&M data	As-Built models by specialty
Source	BIM objective & responsibility matrix (Annex 2)	BIM milestones and performance requirements Table (Appendix D)

3.2.2 BIM 객체 정의

두 과업지시서에는 BIM 모델에 포함되어야 하는 최소 요구 수준을 객체들을 구체적으로 상세하게 제시하고 있다.

일례로 과업지시서 A에는 토목 공종 중 모델 해야 할 지형 및 지하 구조물을 명시하고 있다. 과업 지시서 B에도 Table 7과 같이 현장 모델에 포함되어야 할 구체적 객체를 정의하고 있다.

과업지시서 B는 공종별 객체에 대해 따로 규정을 하였으며 이중 토목시설과 관련된 객체는 Figure 2와 같다.

Table 7. BIM elements for infrastructure (Project A)

Model/Report	Element
Digital terrain model (DTM)	3D surface based on topography that shows site conditions and building locations
Geology report	Soil investigation report (A BIM model is not required)
Utilities model	All points of connection for existing and new utilities within site boundary
Rainwater & storm water pipe work	For drainage only
Underground public utilities	Includes outlets, surface channels, slot channels and manholes
Others	Drains, canals, crossings, retaining walls, and underground harvesting tanks Underground electrical supply cables and sewer lines, IDA (telecom) line and gas lines.

Table G-1 - Architectural BIM Elements

	Element
Site Model	Site infrastructure within site boundary (roads, pavements, car park spaces, access and parking arrangements and surrounding land use)
	Street fire hydrant (only indication of locations necessary)
	Surface drainage (only indication of locations necessary)
	External drainage & underground drainage
	Hard landscaped areas within site boundary
	Planter boxes including sub-soil drainage systems Massing of adjacent buildings relevant to project

Figure 2. Site model element specification (Project B)

3.2.3 BIM 속성 및 상세 수준 정의

BIM 개별 객체에 포함되어야 할 기본 속성 및 상세 수준을 규정하고 있다.

기본 속성의 경우 Table 8과 같이 개별 요소의 규격, 면적, 체적, 위치 및 좌표를 포함하게 돼 있으며 사업 단계가 진전될수록 물량, 제작 사양 등 속성 정보가 증가한다. 과업지시서 B의 경우 기계/전기/설비에 대해서는 설비의 전력량, 수명 등과 같은 제원 사양에 대해서도 속성을 포함시키도록 하고 있다 (Figure 3).

상세 수준(Level of Development, LOD)에 관해서는 발주자가 규정하기 보다는 'BIM 목표 및 책임 매트릭스'에서 사업주체들 간 합의한 목적에 부합하는 LOD를 사용하되, 미국 VA⁶⁾ 및 BIM Forum⁷⁾ 등과 같은 국제 공인 기관에서 권장하는 LOD 기준을 참조하도록 되어 있다.

또한 LOD보다 축적(Scale)으로 상세수준을 명시하는 경우가 더 많았다. 일례로 토목시설의 경우 1:1200, 구조물의 경우 1:50

⁶⁾VA Object/Element Matrix www.cfm.va.gov/til/bim/BIMGuide/
⁷⁾www.bimforum.org/LOD

과 같은 축적으로 규정하고 있다. 설비의 경우에는 해당 부재와 관련된 제반 사양을 적용 가능한 기준을 제시하고 있다. 예를 들어 배관의 경우 구경을 사용(예: 직경 15mm NPD)하여 모델링 상세수준을 명시하고 있다.

Table 8. BIM attributes by project stage (Project A)

Stage	Attributes
Conceptual design	Dimensions, Area, Volume, Orientation, Coordinates
Schematic / Preliminary design	Dimensions, Area, Volume, Orientation, Coordinates Quantities
Detailed design	Dimensions, Area, Volume, Orientation, Coordinates Quantities
Construction	Dimensions, Area, Volume, Orientation, Coordinates Quantities Fabrication parameters
Facility management	Data required for O&M

Drainage System (Rain Sump)	
Parameters	Unit
Motor Power Rating	kW
Motor Voltage Rating	V
Pump Capacity	L/s
Pump Total Pressure Head	m
Life	Years
Split	e.g. T3

Figure 3. BIM attributes for Drainage System (Project B)

3.3 BIM 기반 협업 방법

3.3.1 협업 절차 및 대상

BIM의 취지 중 핵심 사항은 사업참여자 간 BIM을 통해 설계 및 시공 중 협업을 위한 의사소통 도구로 활용하고자 함이다.

이를 위해 가이드에서는 각 사업자가 모델을 구축하고 이를 통합하여 관리하는 일련의 절차를 세우도록 명시하고 있다. 본 절차는 BIM 수행계획서 및 BIM 목표 및 책임 매트릭스에 규정되어 있어야 한다.

구체적으로 각 사업자는 개별 모델을 구축한 후 모델에 대한 검증을 실시하여 '협업에 적합한(fit for coordination)' 모델로서 승인이 되면 이를 전체 통합모델에 귀속시키도록 돼 있다. 통합 모델에서 공중 간 협업 작업을 위해서는 본 승인 작업이 사전에 합의된 납품일자('cut off date') 이전에 이뤄져야 한다.

이처럼 구축된 통합모델의 활용 대상은 다수 존재하나 가이드 및 과업지시서에는 기본적으로 2차원 도면 추출, 설계 오류 검토, 간섭검토, 및 공간 분석 검토를 필수 작업으로 규정하고 있다 (Table 9 참조).

가) 2차원 도면 추출

각 사업단계별 성과품으로 2차원 도면을 별도로 제출할 것을 요구하고 있으며, 준공단계에서도 BIM 모델과 함께 2차원 도면을

제출할 것을 명시하였다.

2차원 도면은 원칙적으로 BIM 모델로부터 추출하는 것을 원칙으로 삼고 있다. 그러나, 가이드에서는 현재의 기술 수준으로는 2차원 도면 기반의 설계와 3차원 설계가 병행하는 단계에 있기 때문에 BIM 기반으로 모두 대체하기는 어려운 실정을 인정하고 있다. 특히, 높은 상세수준과 얇은 도면 수준을 요구하는 작업에는 기존 방식으로 2차원 도면을 생성 후 납품할 수 있는 것으로 규정하고 있다.

나) 설계 오류 및 간섭 검토

설계 오류 및 간섭 검토 역시 통합 모델을 활용하는 핵심 사항 중 하나이다. 설계단계의 BIM 모델 구축 취지 중 하나는 시공단계에서 발생할 수 있는 설계상 오류 및 공중 간 간섭을 최소화하는 것이다.

앞서 언급한대로 통상 BIM 모델은 각 공종이 개별적으로 작성한 모델을 합쳐서 구축되는데 이때 공중 간 물리적인 간섭이나 작업 공간상의 간섭이 발생할 수 있다. 그러므로 실제 현장에서 이런 문제가 발생하기 전에 BIM모델에서 사전적으로 파악하는 것이 필요하다.

가이드 및 과업지시서에는 BIM 모델을 활용한 간섭검토가 기본 설계단계에서 실시단계에 이르기까지 지속적으로 진행될 것을 요구하고 있다.

특히 과업지시서 B에서는 간섭 검토에 대한 절차, 공중 간 간섭 표시 템플릿(Figure 4) 및 간섭 종류(Table 10) 등 상세한 방법까지 제공하고 있다.

Table 9. Coordination procedures and activities defined for project A and B

Requirements	Project A	Project B
Coordination procedure	Refers to singapore BIM guide agree on cut off dates and fit for coordination procedures in BEP and BIM objective & responsibility matrix	Set BIM submission and exchange requirements in BEP
Coordination activities	2D drawings Design coordination and clash detection Space validation checks	2D drawings clash detection(hard/soft/4D workflow clash) space validation

Disciplines	Architecture	Structure	HVAC	Plumbing	Specialised System	Electrical/Telecommunication
Architecture	columns	walls				
	beams	walls				
	ceiling	ceiling				
	windows	windows				
	ceiling	ceiling				
Structure	columns	columns	columns			
	beams	beams	beams			
	walls	slabs	slabs			
	door	beams	beams			
	ceiling	slabs	slabs			
	slabs	slabs	slabs			
	HVAC ducts & ceiling	HVAC ducts & columns	HVAC ventilation			

Figure 4. A matrix template for clash detection (Project B)

Table 10. Definition of clash types

Types	Definition
Hard dash	Two components occupying the same physical space.
Soft dash	A component is not provided with the spatial or geometric tolerances it requires or its buffer zone is breached.
4D workflow clash	Cashes resulting from scheduling clashes of inter-disciplinary activities

3.3.2 협업 소프트웨어 및 데이터 교환 기준

일련의 협업 작업을 위해 가이드에서는 공중 간 데이터를 원활히 교환할 수 있도록 협업 전용 소프트웨어를 사용할 것을 권장하고 있다.

특히 각 공종별 사업자가 사업이 진행되면서 변화 및 진보하는 모델의 버전 관리(Revision Management)를 할 수 있도록 버전 제어(Version control)가 되는 소프트웨어를 사용해야 한다는 것을 명시하고 있다.

과업지시서 A에는 소프트웨어 간 호환을 위한 조건으로 buildingSMART International(bsi)에서 인증된 소프트웨어 사용을 명시하고 있다. 과업지시서 B의 경우에는 더 구체적으로 협업을 위한 양식을 별도로 제공하고 있으며 각 공종이 'Autodesk Infrastructure Design Suite Ultimate' 에 호환이 되는 BIM 소프트웨어를 사용할 것을 명시하였다.

또한 데이터 교환을 위해서는 Table 11과 같이 IFC, LandXML 등의 국제 표준 포맷을 사용할 것을 요구하고 있다.

Table 11. Software and data exchange format

Requirement	Project A	Definition
Hard clash	gbXML, CIS/2, LandXML, IFC	IFC coordination view (3.8.1)
Software	bsi Certified	Autodesk infrastructure design suite ultimate recommendation (1.8.4)

3.4 BIM 납품 기준

3.4.1 BIM 성과품 보고서 및 데이터

두 과업지시서에는 공급자가 발주자에게 제출할 보고서 및 데이터를 Table 12와 같이 제시하고 있다.

사업기획 단계에서는 BIM 수행계획서 및 BIM 목표 및 책임 매트릭스를 제출해야 한다. 기본 및 실시 단계에서는 간섭검토 보고서, 공간 분석 보고서 및 BIM기반 수량산출 및 공사비 보고서를 요구하고 있다. BIM의 활용 성과품으로는 각 단계별로 2차원 도면 및 COBie 데이터를 제출하도록 돼 있다. 특히 과업지시서 B에서는 준공모델의 제출과 함께 LIDAR로 시공 현황 모델을 검증한 보고서도 함께 제출한 점이 주목할 만하다.

이들은 따로 제출해야 하는 성격이 아니고 BIM을 사업 관리에 활용하면서 발생하는 자연스러운 결과물들이다.

3.2.1절의 BIM 모델 종류(Table 6)의 내용을 종합하면 가이드 및 과업지시서에서 요구하는 성과품 목록을 Table 13과 같이 정리할 수 있다.

Table 12. BIM deliverables for project A and B

Stage	Project A	Project B
Conceptual design	BIM execution plan (BEP) BIM objective and responsibility matrix feasibility studies	BIM execution plan (BEP) BIM objective and responsibility matrix
Schematic / Preliminary design	Design coordination report for Arch. / struct. disciplines 2D drawings BIM based cost estimation	Cost estimate report spatial evaluation report clash detection report 2D drawings
Detailed design	Clash detection and resolution report space validation report BIM based struct. analysis MEP analysis BIM based detailed estimating and BOQ 2D drawings	Detailed cost estimate report spatial evaluation report clash detection report COBie data 2D drawings
Construction	Shop drawings clash detection and resolution report fabrication models 2D drawings BIM based materials and quantity schedules	Detailed cost Estimate report spatial evaluation report clash detection report COBie data 2D drawings LIDAR analysis report

Table 13. BIM deliverables (models, reports and data)

BIM deliverables		Engineering		Construction
		Basic design	Detailed design	Construction
BIM models	Site model	○	○	○
	Struct. model	○	○	○
	MEP model	○	○	○
	Combined model		○	○
	Schedule model			○
	Shop / fabrication model			○
	As-built model			○
Reports	BIM execution plan	○		
	BIM obj. responsibility matrix	○		
	Cost estimation report	○	○	
	Coordination report	○	○	
	Clash detection report	○	○	○
Data / drawings	2D drawings	○	○	○
	COBie data			

3.4.2 폴더 구성 체계 및 파일 명칭 기준

가) 폴더 구성 체계

두 과업지시서에는 BIM 성과품의 관리 및 납품 시 사용할 폴더 구성 체계를 명시하고 있다.

과업지시서 A의 경우, 폴더 구조를 크게 기본 BIM 성과품(Default BIM folders)과 사업 전용 BIM 성과품(Project BIM folders)으로 구분한다.

기본 BIM 성과품은 사업을 위해 개발된 객체 라이브리를 보관하는 것으로 특수 객체 라이브리(Custom Library Content), 및 BIM 소프트웨어에서 제공하는 기본 객체 라이브리(Default Revit Content)로 구분한다.

사업 전용 BIM 성과품은 해당 사업에서 작성된 제반 BIM 모델들로 구성되며 크게 통합 모델(Main model), 구역모델(Level-zone)과 공종별 모델(Structural, Architectural, Systems)로 구분하도록 하였다.

나) 파일 명칭 기준

두 과업 지시서 모두 사업에서 생성된 BIM 파일명에 대한 작성 기준을 제시하였다. 즉, 파일의 종류, 저작자, 사업 공종, 현장 위치 등을 파악할 수 있도록 사업별로 코드화해서 관리할 것을 권장한다.

과업지시서 A의 경우, 파일명에 '저자', '부서', '공간분류', '위치' 및 버전(날짜)의 순서로 작성하도록 한다.

3.5 BIM 서비스에 대한 대가

가이드에서는 BIM 서비스로 인해 발생하는 추가 대가에 대해 언급하였다. 즉, 기존 2D 설계 방식에 비해 사업초기에 추가 비용(upfront cost)이 발생하므로 이를 감안해야 한다고 명시하였다.

더불어, 설계 단계에서는 기존 사업보다 효율 방식 기준으로 5%의 대가 상승을 예상하고 있다. 단, 이에 대한 비용을 시공 단계의 공사효율로 인해 동일한 5%의 공사비 감소를 얻을 수 있는 것으로 표현하였다. 실제로 BCA는 상승한 초기 비용에 대한 지원을 위해 'BIM 펀드'를 조성하고 관련 교육비, 컨설팅비, BIM 소프트웨어 및 하드웨어 등에 대해 지원금을 신청할 수 있는 제도를 마련하고 있다⁸⁾.

이와 더불어 BIM 활용을 통한 기본 성과품 외에 추가 서비스를 발주자가 요구할 수 있다고 규정하였다. 여기에는 BIM을 활용한 환경 영향 시뮬레이션 및 분석 설계 대안 분석, 에너지 분석이나 4D 시뮬레이션, BIM 기반 견적 등이 포함된다.

단, 추가 서비스 요구 시 비용이 증가할 수 있으며 이에 해당

하는 적정 대가가 수반되어야하기 때문에 이에 대한 발주자의 신중한 의사결정을 권장하였다.

4. 분석 결과 및 시사점

상기 분석결과 다음과 같은 주요 시사점을 추려내었다.

가) 제출위주가 아닌 BIM 기반 업무 프로세스 중심으로 작성

특히, BIM 목표 및 책임 매트릭스를 사업초기에 작성하여 모델의 작성자 및 사용자를 구분하고 승인절차 및 제출일자를 명시하도록 하며, 각 사업단계별 LOD 기준을 제시하여 간섭 검토나 설계오류 검토에 활용을 극대화할 수 있는 프로세스를 제시하였다. 또한 발주자에게 성과물을 별도로 제출하는 것이 아니라 작업의 진행과정에서 자연스럽게 추출되는 결과물, 그리고 발주자가 아닌 다음 사업단계의 주체들이 필요로 하는 결과물에 초점이 맞춰져 있다.

이에 비해 국내는 프로세스와 결과물의 연계성이 약하고 발주자에게 성과물을 의무화하는데 더 주관점이 있는 문제가 상존한다.

나) BIM모델 정보 교환 가능한 공유 플랫폼 제시

협업을 원활히 수행하기 위해 사업자간 BIM 모델 정보 교환을 위한 공유 플랫폼의 사용을 권장하며 데이터 포맷도 상호 교환에 문제가 없도록 유도하고 있다.

국내 가이드의 경우 데이터 표준 포맷은 제시하고 있으나 이를 운용할 수 있는 특정 플랫폼이나 체계를 제시하지 못하고 있다.

다) 핵심 업무만 규정, 나머지는 선택적 사항 및 추가 대가 언급

실제로 과업지시서에 명시된 BIM 활용성과품은 설계오류 검토, 간섭검토, 공간 분석 및 2차원 도면 추출이다. 즉, 최소한요구 사항만을 명시하고 있다. 그 외의 각종 BIM 기반 시뮬레이션이나 분석은 선택 사항으로 열어 두었으며 이를 요구할 경우 발주자가 추가 대가를 지불할 것을 명시하였다.

이에 비해 국내 가이드에서는 이를 모호하게 적시하여 수급자의 의무사항으로 비취질 수 있으며 이에 대한 추가 대가에 대한 언급은 부재한다.

라) 유지관리와 연계된 업무 프로세스

유지관리를 위해 COBie 데이터 제출을 의무화하고 있는 점이

⁸⁾<https://www.bca.gov.sg/BIM/bimfund.html>

국내 가이드와는 두드러진 차이점이다. 또한 최종 준공모델의 정확성을 보장하기 위해 LIDAR기반 검증을 요구하기까지 한다. 이는 BIM을 사후 관리 및 유지관리에 활용하려는 강한 의지의 표명으로 볼 수 있다. 반면 국내에서는 준공도서 형태로 데이터를 요구하고 있어 형식은 갖추었으나 이에 대한 상세한 활용 방안이 아직 수립되지 않은 실정이다.

5. 결론

본 연구에서는 싱가포르의 대표적인 토목 사업 두 개를 선별하고 이들의 과업지시서에서 핵심 내용을 선별하고 주요 사항을 정리하였다. 이를 국내의 도로분야 BIM 가이드와 비교하여 차이점을 분석하고 개선점을 도출하고자 하였다.

분석 결과 싱가포르의 가이드 및 과업지시서는 1) 제출위주가 아닌 BIM 기반 업무 프로세스 위주로 작성되었으며, 2) BIM모델 정보 교환 가능한 공유 플랫폼을 강조하고, 3) 핵심 업무와 선택업무를 구분하며, 4) 유지관리과 연계된 업무 프로세스에 역점을 두는 것을 파악하였다. 이에 따라 국내 가이드에서도 BIM이 별도로 운용되지 않고 기존 업무 프로세스와 통합되고 개선할 수 있는 방향을 제시할 필요가 있다. 또한 모델 교환이 가능한 플랫폼 제시가 필요하며, 핵심 업무와 선택 업무를 유연하게 적용할 수 있도록 가이드의 문구를 명확히 할 필요가 있다. 마지막으로 사회기반 시설의 유지관리에 필요로 하는 모델과 데이터의 정립을 통해 준공 모델의 활용방안에 대한 내용이 구체화될 필요가 있다.

본 연구에서는 이를 위해 국내 BIM 가이드에 추가될 항목과 내용을 제시하지는 못하고 있다. 이를 위해 추가 연구를 진행 중이며 향후 구체화된 조항 및 구성을 제시하고자 한다.

국내 토목 분야에서는 BIM이 아직 초기 단계이기에 이런 내용들은 점진적으로 도입하는 것이 적합할 것이다. 더불어 실제 사업에서 실적을 쌓으면서 자연스럽게 수정되고 국내 여건에 맞게 개선될 수 있을 것이다. 그러나 궁극적으로 해외 사례와 걸맞은 수준으로 이행돼야 국내에서 실적을 쌓고 해외에서도 경쟁력을 갖출 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 서울과학기술대학교 교내연구비의 지원으로 수행되었습니다.(2017-0706)

References

- Building and Construction Authority of Singapore. (2012). Singapore BIM Guide Version 2, pp. 1-60.
- Building and Construction Authority of Singapore. (2013). BIM Essential Guide For BIM Execution Plan, pp. 1-35.
- Gang, J. M., Gil, H. B., Seo, M. H. (2017). Application of construction Ex-BIM Manufacture application Project, KIBIM Annual Conference, pp. 77-80.
- Kim, B. G., Kim, J. W., Ji, S. G., Seo, J. W. (2012). A Study on BIM Guidelines for Model-based Infrastructure Management, Journal of KIBIM, 2(2), pp. 10-16.
- Kim, J. H., Kim, Y. J., Kim, S. A., Chin, S. Y. (2011). Proposal of BIM Guideline development direction by Analyzing domestic and foreign BIM based delivery guides, Korea Institute of Construction Engineering and Management Annual Conference, pp. 101-102.
- 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 Korean Society for Railway Annual Conference, pp.183-184.
- Kim, Y. H. (2012). A Comparative Analysis of BIM Guidelines for Practical Management System Development, Masters Thesis, Yonsei University, pp. 1-73.
- Korea Expressway Corporation, KIBIM (2016). EX-BIM Guidelines, pp. 1-127.
- Kwon, O. C., Jo, C. W. (2011). Proposal of BIM Quality Management Standard by Analyzing Domestic and International BIM Guides, Journal of the Korea Institute of Building Construction, 11(3), pp. 265-275.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport of Korea, KICT (2016). BIM Guidelines for Road Owners. pp. 4-45.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport of Korea, KICT (2017). BIM Practical Manual for Road Owners. pp. 3-12.
- Peng, L., Cheng, C., Kim, J. H., Kim, J. J. (2017). A study on the Development of the China BIM Guideline through the UK BSI Guideline, Journal of KIBIM, 7(1), pp. 91-92.
- Roh, M. S., Choi, Y. S., Kang, H. J., Jun, H. J. (2011). A Study on the LOD Standard through Case Study of Domestic and Foreign BIM Guidelines, Journal of the Architectural Institute of Korea, 31(2), pp. 145-146.

Shim, C. S. (2011). BIM Guideline for Infrastructure, KIBIM Annual Conference, pp. 124–125.

Shim, C. S. (2013). BIM Implementation Strategy and Response Strategy through Overseas Project Tender Document Analysis, Construction Technology Ssangyong, pp. 4–8.

Shim, C. S. (2016). EX-BIM Guidelines for Design of Expressway, Magazine of KIBIM, pp.30–37.