

토목분야 BIM 적용을 위한 로드맵 제안 및 정보모델표준 개발 기초연구

김진욱¹, 문진석^{1*}, 주기범¹
¹한국건설기술연구원 ICT융합연구실

Proposal of Roadmap and Basic Research of Information Model Standards for Application on the BIM on Civil Engineering

Jin-Uk Kim¹, Jin-Seok, Moon^{1*} and Ki-Beom, Joo¹

¹Korea Institute of Construction Technology, ICT Convergence and Integration Research Division

요 약 건축분야에서는 IFC 표준과 BIM 적용에 대한 다수의 연구 및 적용 사례가 있으나 토목분야는 미흡한 실정이다. 또한, 최근 공공 발주기관에서 토목사업에 BIM 도입을 계획하고 있으나 국가차원에서 BIM 표준 및 납품체계가 마련되지 않아 이에 대한 요구가 증가하고 있다. 이에 토목분야에 대한 BIM과 IFC 국제표준의 현황을 분석하고 토목분야의 표준과 납품체계 구축을 위해 토목분야 BIM 개발을 위한 로드맵을 수립한다. 또한 토목분야에 대한 BIM의 단계적 개발 및 적용을 위하여 도로건설분야에 대한 BIM 도입 연구를 우선 수행하고, 현행 도로건설공사를 대상으로 건설정보 분류체계를 확장 적용한 BIM 정보모델을 작성하고 분석한다.

Abstract Many research and case study for BIM have mainly been focused on architecture domain. However, it is insufficient to civil engineering domain. Although BIM will be applied to civil engineering domain. because national BIM standard and delivery system of BIM is not ready, these demands are increasing. First of all, this paper analyzed the current status of the IFC international standards and BIM of civil engineering domain. Second of all, we established the roadmap for BIM development for civil engineering domain. And this paper studied on the BIM application of road construction for a step by step development of civil engineering. Finally, we conduct case study about road project by applying to construction information classification.

Key Words : BIM, Civil Engineering, ifc

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 공공 발주기관에서 토목사업에 BIM(Building Information Modeling) 도입을 계획하고 있으나 국가차원에서 BIM 표준 및 납품체계가 마련되지 않아 이에 대한 요구가 증가하고 있다. 건축분야는 민간사업에 대한 BIM 적용이 확대되어 다수의 발주기관에서 로드맵과 제도, 지침 등을 정비하고 있다. 또한 국제 표준 중 하나인

IFC(Industry Foundation Classes)는 건축분야에서 많은 개발이 이루어져 BIM적용에 대한 근간을 이루고 있다. 이에 반해 토목분야는 학계, 업계를 중심으로 IFC 및 BIM의 적용성에 대한 연구가 진행 중이다. 토목 시설물의 경우 발주 및 관리의 특성상 정부주도의 표준 개발과 BIM 도입기반 조성과 함께 정책과 제도를 마련하는 것이 필요하다.

본 논문에서는 토목분야의 BIM과 IFC의 현황을 분석하고 토목분야 BIM 적용을 위한 로드맵을 수립한다. 또

본 연구는 한국건설기술연구원의 주요사업((12주요-임무) Infra BIM 정보모델 표준 및 검증 기술 개발)의 일환으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

*Corresponding Author : Jin-Seok, Moon (Korea Institute of Construction Technology)

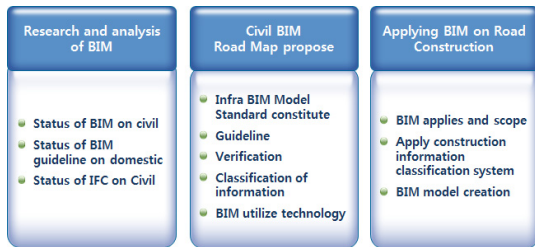
Tel: +82-31-910-0778 email: jsmoon@kict.re.kr

Received November 20, 2012 Revised December 5, 2012 Accepted December 6, 2012

한 토목분야에 대한 BIM의 단계적 개발 및 적용을 위하여 도로분야에 BIM 적용에 대한 연구를 진행한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 논문에서는 국내외 토목사업에서 적용하고 있는 BIM에 대하여 활용 분야 및 활용 소프트웨어의 현황, 국내 BIM관련 지침 및 가이드 현황, 토목분야 IFC 표준에 대한 현황 등에 대한 조사를 실시한다. 현황분석을 통해 토목분야 BIM활용을 위한 범위 및 목표를 설정하여 토목분야 BIM 적용을 위한 로드맵을 단기, 중기, 장기로 구분하여 BIM 활용 분야별 개발 방안을 제시한다. 본 논문에서는 로드맵 가운데 단기로 제안한 도로분야를 우선 적용 대상으로 선정하여 이에 대한 정보모델표준과 BIM 활용을 위한 건설정보 분류체계에 대한 연구를 수행한다. 연구의 범위 및 방법은 그림 1과 같다.



[Fig. 1] Scope and methodology of the research

2. 토목분야 BIM 활용 및 개발 현황

2.1 토목분야 BIM 활용 분야 및 소프트웨어 활용 사례

BIM은 3차원 설계성과품에 다양한 공사 정보를 연계함으로써 건설사업주체간의 협업, 신속한 의사결정, 3차원 설계를 통한 시각화, 설계오류 검증 등 다양한 분야에서 활용이 가능하다. 본 논문에서는 건설사업관리 측면에서 중요한 요소인 설계, 공정관리, 공사비 관리에 관한 국내외 토목분야 BIM S/W 적용 사례를 조사하여 분석한다. 이를 통해 토목분야 BIM 데이터 저작도구를 파악하고 소프트웨어간 데이터 호환성 분석 및 도로분야 BIM 기반 설계성과품 작성을 위한 기초 연구자료로 활용한다. 표1과 같이 적용 사례를 분석한 결과 토목분야 BIM 적용 수준은 이미 3D 설계를 통한 각종 시뮬레이션과 4D 시뮬레이션 부분에서는 적용 및 활용이 이루어지고 있음을 알 수 있다. BIM 모델링 관련 저작도구 또한 Allplan, Revit, Civil 3D 등을 다양하며, S/W마다 설계·시공·유지관리 단계별 편의 기능을 통해 프로젝트의 공기단축 및 공사비 절감 등의 효과를 얻을 수 있는 것으로 나타났다. 토목분야 BIM 적용을 통해 3차원 설계를 바탕으로 의사결정 및 공정관리의 시각화에 대한 효과를 얻고자 하고 있으며, 공정과 연계한 공사비 관리에 대한 적용이 시도되고 있다.

[Table 1] Civil Engineering BIM S/W Utilize Status

Sector	3D	4D	5D	Software
Nepal (power plant)	●	×	×	Allplan & etc
Singapore (subway)	●	●	×	Allplan & etc
Oman (subway)	●	●	●	Allplan & etc
German (bridge)	●	●	×	Allplan & etc
USA (road)	●	●	×	Civil3D, UC-win/Road
Honam High-speed railroad	●	●	●	P6, ssbim(self-developed), etc
2nd Dolsan Great Bridge	●	×	×	Microstation, etc
Geumgang Bridge 2	●	●	●	Revit, EVMS(self-developed), etc
Yongin Civil Sports Park	●	●	×	Revit, Naviswork, Civil 3D, Allpaln, etc
Seoul Metropolitan Subway	●	●	●	Microstation, Revit, P6, IPMS(self-developed)
Pohang Breakwater	●	●	×	Web-based 4D, etc
Bohyeonsan Multipurpose Dam	●	●	×	P6, 4D solution(self-developed), etc
Nakdong-river Recovery Project	●	●	×	4D solution(self-developed), etc

공공 및 민간기관의 토목 프로젝트 수행시 BIM 기술을 적용하는 사례가 점차 확대되고 있으나, 공정관리의 경우 일부 프로젝트에서는 3D 형상정보만을 이용한 개략 공정 시뮬레이션에서 활용되며, 공사비 관리의 적용사례는 3D 및 4D분야에 비하여 활성화 되지 못한 것으로 나타났다. 이는 형상, 공정, 공사비 정보의 통합 및 연계과정에서 기존 S/W간의 정보 표준 및 호환, 분류체계 등이 각 S/W 마다 정형화되어 BIM 체계에서의 활용성이 저하되기 때문이다.

또한 건설사업 생애주기동안 활용하는 다양한 S/W에서 발생하는 공사정보의 호환성 확보와 건설단계별로 생성되는 정보의 연속성 유지를 위한 3차원 설계모델 작성 표준, 건설정보 분류체계, 건설단계별 및 분야별 BIM 발주를 위한 지침 등과 같은 가이드 개발이 시급한 것으로 사료된다.

2.2 국내 BIM 가이드 및 지침 현황

조달청은 시설사업 혁신 및 재정집행 관리 강화를 목적으로 BIM을 단계적으로 적용하는 BIM추진계획을 발표하였으며, 「시설사업 BIM적용 기본지침서 v1.1」을 통해 BIM발주를 견인하고 있다. 국토해양부는 기관별 BIM 실무기준 제작을 위한 기본프레임을 마련하기 위해 「건축분야 BIM 적용가이드」를 제공하여 기관별 BIM 도입을 지원하고 있다. 한국건설기술연구원에서 개발된

「건설정보모델 작성·납품기준」은 건축, 토목, 플랜트 등 건설 전 분야의 건설정보모델을 활용 및 관리하는데 필요한 공통기준을 제공하며, 현재 건축분야를 시작으로 단계적으로 확장개발을 목표로 하고 있다. “가상건설연구단”은 건축 및 토목분야 「BIM적용 설계 가이드라인」을 개발하여 BIM활용을 위한 기술가이드라인을 제공하고 있다. 또한, 빌딩스마트협회 및 한국BIM학회를 중심으로 BIM확산을 위한 연구 및 노력이 이루어지고 있지만, 토목분야는 건축분야와 달리 표준, 제도, 지침 등 BIM도입을 위한 기반체계가 부족한 실정이다[1].

국내 BIM지침은 발주자 관점의 공공기관에 의하여 제작된 지침과 민간 연구단에 의하여 개발된 지침으로 구분된다. 발주자 관점의 지침은 국토해양부의 ‘건축분야 BIM적용 가이드’와 한국건설기술연구원의 ‘건설정보모델 작성·납품 공통 지침’이 유사한 성격으로 BIM적용 기관의 BIM실무가이드 제작을 위한 가이드를 제공하며, 조달청의 ‘시설사업 BIM 적용 기본지침서’는 조달청 발주를 위해 활용대상과 적용단계에 고려한 실무지침이다. 반면, 민간 관점의 지침은 가상건설연구단에서 개발한 「BIM적용 설계 가이드라인」으로 3차원 건축설계 지침과 3차원 토목설계 지침으로 실무자 관점에서 BIM을 실무에 적용하기 위한 프로젝트단계별 지침을 제공하고 있으며, 실무활용 도메인에 따른 가이드를 제시하고 있다.

건설관련 BIM 활용을 위한 발주자 및 실무자 관점의 지침에 대하여 관점별로 분석한 결과 건설단계별, 적용시

[Table 2] Research and Analysis of IFC Development

Author	Thesis name	Key contents
Nobuyoshi Yabuki et al (2006)	Development of new IFC BRIDGE data model and a concrete bridge design system using multi agents	- To offer the IFC-Bridge improvement model - To verify schema through pre-stress bridge girder design to a concrete design system
Jinhun Lee et al. (2007.4)	Automatic Generation Module of IFC-based Structural Analysis Information Model Through 3-D Bridge Information Modeling	- To develop and offer in order to expand a concrete-based IFC-Bridge model to a steel bridge - To add objects and attribute in order to express the reinforced materials, spot joints and others. - To develop AutoCAD, ACIS model-based IFC converter pilot - Verification of schema through modeling a sample of a steel girder bridge
Jaenam Park et al. (2007.10)	Expression of a Product Data Model for NATM Road Tunnels based on the IFC model	- To additionally offer the part of IFC2X3-based NATM engineering-applied tunnel structure
Hyunjeong Ahn et al. (2008.2)	IFC-based Interpretable information modeling of tunnel monitoring	- To additionally offer IFC2X3-based tunnel measurement - To additionally develop the schema for tunnel measurement and safe management
Furuya H. (2011.11)	A Study of the construction management which used the three-dimensional model for shield construction	- To develop the IFC shield tunnel design model - To verify through the performance of process simulation at Navisworks by modeling the development schema as an IFC file

점, 실무관점의 적용 지침 등이 부족한 것으로 나타났다. 토목분야 BIM지침을 개발 시 건설단계를 고려한 지침의 구성, 도메인에 따른 별도 지침을 개발, 발주자관점과 민간관점의 분리 개발, 구체적인 사례 예시 등을 포함한 지침이 개발되어야 활용성을 높일 수 있을 것으로 판단된다.

2.3 토목분야 IFC기반 정보모델표준 개발 현황

IFC는 건설 분야 전반에 걸쳐 프로젝트 참여자간 데이터의 공유와 교환을 가능하게 하는 표준정보모델이다. 이는 응용 소프트웨어 간 데이터 호환을 가능하게 하여 표준 데이터 포맷의 역할을 한다.

토목분야의 IFC 기반 정보모델 개발에 관한 연구는 일본과 프랑스에서 활발히 진행되고 있다. 연구의 주제는 IFC-BRIDGE 교량모델의 개선 방향 제안이 주를 이루고 있으며[2][3], 터널모델에 대한 신규 제안 관련 연구도 일부 수행되었다[4][5]. IFC 기반 정보모델 개발의 연구현황을 분석한 결과, 도로시설 중 교량과 터널 구조물 부문은 참조할 정보모델 개발 사례가 다수 있는 것으로 파악된다[6].

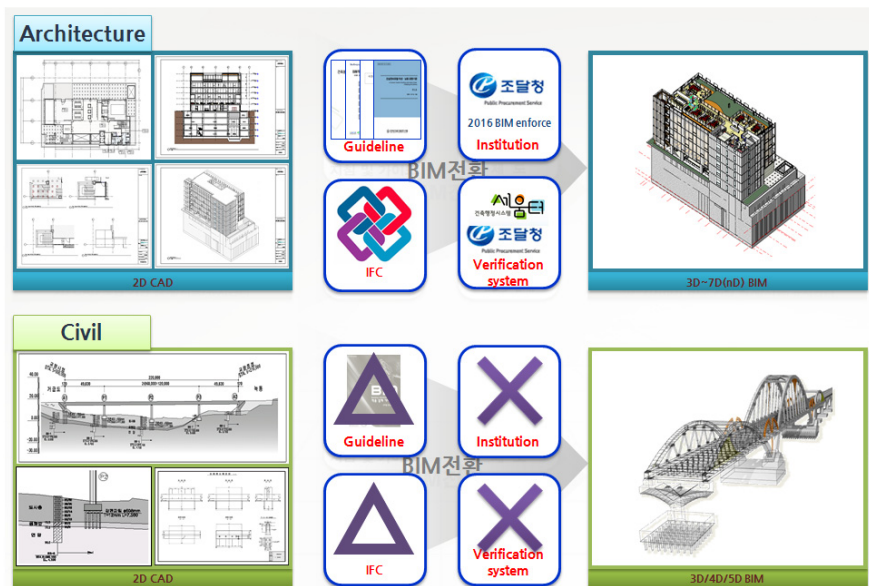
최근 IFC가 STEP(Standard for the Exchange of Product Model Data)등 타 정보모델에 비해 실질적인 표준으로 부각됨에 따라 토목시설도 수용하도록 모델 확장에 대한 요구가 제기되고 있다. 이에 buildingSMART에서는 ‘openINFRA’라는 IFC for Infrastructure 개발 프로젝트를 준비 중이다. 교량부문 IFC 개발을 위해

buildingSMART 프랑스 지부에서는 “OpenINFRA : IFCBridge+”의 프로젝트를 수행하고 있으며, 학계에서도 특정 형식의 교량 및 터널 시설물을 대상으로 IFC 확장모델을 개발, 제안하고 있다.

표 2와 같이 문헌과 프로젝트를 살펴본 결과 대부분 구조물의 특정 형식 관점에서 모델을 개발, 제안한 것이 대부분이다. 기 개발된 정보모델의 대상시설과 범위는 향후 개발할 토목분야 BIM 정보모델표준 개발을 위해 용도별로 상위구조 또는 하위구조, 또는 특정 구조형식 개발에 참조할 수 있을 것으로 기대된다.

2.4 국내 토목분야 BIM 개발 현황 분석

국내 건축분야는 조달청을 중심으로 서울시, 용인시, LH공사, 전력거래소 등 공공 발주사제가 확산되는 추세이며 기존 2D CAD에서 3D BIM으로 설계 및 공사관리의 패러다임이 변화하는 단계에 있다. Fig. 2와 같이 건축분야는 국토해양부, 조달청 등 공공기관에서 지침 및 가이드가 제정되었으며, 조달청에서는 제도적으로 BIM의 정착을 유도하고 있다. 표준 분야에는 IFC국제표준을 기반으로 건설정보모델데이터의 관리를 가능하도록 하며, 조달청, 한국전력거래소, 조달청 등에서 법규 및 규칙에 대한 준수 규정을 체계화 하여 BIM 데이터모델의 검증 체계를 갖추고 있다. 이에 반해 토목분야는 BIM 적용을 위한 지침 및 가이드, IFC 국제표준 등의 준비가 원활하지 못하며 적용을 위한 제도적 뒷받침도 미흡한 상황이다.



[Fig. 2] Road project Infra BIM development status

본 논문에서는 토목분야 BIM 적용 및 활성화를 위하여 지침, 제도, IFC 국제표준, 검증 체계 및 활용 방안 등에 대한 토목분야 BIM 개발 로드맵을 수립하고자 한다.

3. 토목분야 BIM 로드맵 제안

건설산업이 양적 성장 중심에서 질적 성장 중심으로 전환되는 중심에는 건설 경쟁력의 핵심인 건설표준이 있으며, 표준과 더불어 건설산업의 경쟁력을 향상시키고 국내의 건설프로젝트의 필수 요소로 BIM 기술을 활용하고 있다. 정부 차원에서 제5차 건설기술진흥 기본계획을 통해 BIM도입 기반을 마련하고자 하고 있으며, 조달청을 중심으로 공공건설 BIM적용 의무화를 발표하고 있는 상황이다. 이에 토목분야의 BIM 적용을 위하여 단기(2012~2014년), 중기(2015~2016년), 장기(2017 ~2021년)로 구분하여 단기에는 연구 및 개발을 중점 추진하며, 중기에는 연구개발의 성과물을 검증·시험적용하고, 장기단계에서는 분야를 확장 개발하는 10년간의 토목분야 BIM 표준의 적용 및 활용에 대한 로드맵을 제시한다. 로드맵은 토목분야의 정보모델표준개발, BIM 성과물에 대한 검증기술, 지침·가이드 등 제도개발, 정보분류표준, 라이브러리 기술과 BIM 개발에 따른 BIM 활용기술로 구분한다. 최근 IFC가 타 정보모델과 비교하여 우위를 점하고 있지만 건축 중심이며, 토목분야는 일부 시설물에 대한 연구가 진행되었지만 IFC 정식버전으로 등록되어 있지 않는 실정이다. 토목 시설물은 종류와 활용에 따라 BIM 적용에 대한 성격이 상이하고 모든 시설물에 대한 BIM의 일괄적용 및 통합개발이 불가능하므로, 시설물별 표준 개발의 우선 순위의 검토가 요구된다. 본 연구에서는 국토해양부에서 발주·관리하고 있는 교량, 터널, 토공 등을 포함한 도로분야에 대한 BIM 표준을 우선 개발하고 장기적으로 국토해양부에서 관리하고 있는 하천(보, 제방 등), 항만(항구 방파제 등), 철도(선로 역사 등) 시설물의 BIM 표준을 확장 개발을 목표로 한다.

BIM 성과물에 대한 검증기술 개발은 3단계로 진행하며, 단기 계획으로 Revit 등 BIM 상용소프트웨어에서 작성된 BIM기반 설계성과물을 BIM 표준에 따라 IFC 표준 포맷으로 변환하는 Converter를 개발하며, 중기에는 지방국토관리청의 도로공사 발주에 시험 적용하여 BIM 성과물의 적법성·유효성을 검증하는 도구(Checker)와 성과물의 시각적 확인과 관리를 위한 뷰어(Viewer)를 개발한다. 장기 계획으로 시공단계 관리를 위하여 공정과 공사비 현황을 모니터링하고 완료된 공사에 대한 설계·준공 성과물을 검수하는 BIM 통합관리시스템을 개발한다. BIM

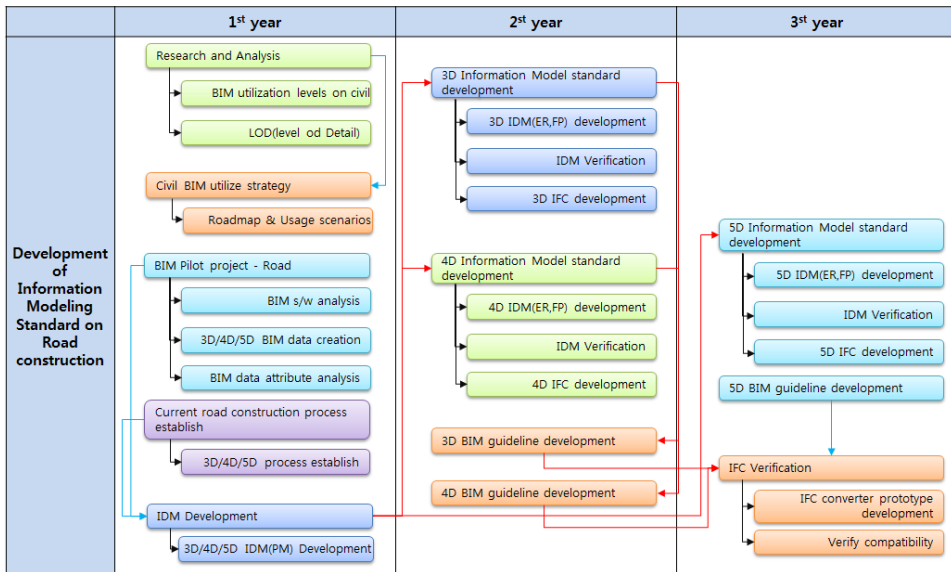
통합관리시스템은 국토해양부에서 운영하고 있는 건설 CALS(건설사업관리시스템)와의 연계 또는 통합을 고려하여 구축할 계획이다. 또한, 토목 시설물 분야의 지침·가이드의 개발을 목표로 단기 계획은 형상모델과 공정모델 공사비모델에 대한 BIM 적용 지침을 개발하며, 중기에는 발주기관지침(BIM을 관리하기 위한 조직·발주방법·사업단계별관리방법·품질관리기준 등), 용역사 적용지침(BIM 성과품 작성·납품 등), BIM 소프트웨어 개발자 가이드를 개발한다. 장기계획은 개발된 지침·가이드를 시설물별 표준 개발과 병행하여 확장한다.

[Table 3] Civil BIM Road Map

Division	Short term (2012-2014)	Medium term (2015-2016)	Long term (2017-2021)
Information model standard	Road Construction sector		River sector Port sector Rail road sector
Verification techniques	Converter development	Pilot Checker Pilot Viewer	BIM integrated management system
Policy (guideline)	BIM Guideline (3D 4D 5D)	Owner's guideline Engineering guideline SW development guideline	Guideline expansion(facility sector)
Information Classification on Standard	WBS-CBS-OBS connect		Extension Construction Information Classification System
library	Production standards	Certification Institution	Circulation system
BIM utilize technology		Design phase	Planning phase construction phase Maintenance phase

다양한 건설정보의 관리와 호환을 위하여 지방국토관리청의 도로공사에 적용하고 있는 작업분류체계(Work Breakdown Structure, WBS), 내역체계(Cost Breakdown Structure, CBS) 공정 및 공사비 정보를 연동한 건설사업 정보 관리를 위한 객체분류체계(Object Breakdown Structure, OBS)를 개발한다. 이를 통해 지방국토관리청의 도로공사에 시범적으로 적용하여 BIM 기반의 공정과 공사비를 관리하고, 이에 대한 결과를 활용하여 장기 계획기간에 국토부에서 공고한 "건설정보 분류체계 적용기준"에 객체 정보를 반영하여 보완·확장할 계획이다.

BIM라이브러리 개발은 국가 주도하에 BIM 라이브러리를 제작·배포보다는 국가는 라이브러리에 대한 제작기준을 제시하고 엔지니어링 업체나 소프트웨어 개발업체



[Fig. 3] Civil BIM Short-term Road Map

에서 제작한 라이브러리를 인증하고 유통하는 방향을 계획하였다. 단기계획으로 본 연구에서 개발한 BIM 표준에 적합하도록 라이브러리를 제작할 수 있는 라이브러리 제작기준을 제시하며, 중기계획으로 라이브러리 인증을 위한 평가지표, 인증기술, 인증제도 등을 개발하며, 장기적으로 인증된 라이브러리를 데이터베이스로 구축하여 유통하는 라이브러리 유통시스템을 개발한다. 라이브러리 유통시 유통 여부, 당시의 시장환경 등을 고려하여 검토가 필요하다.

BIM 표준개발·검증기술·정책 등 BIM의 기본기술 외에도 토공량 산출, 수량산출, 에너지 분석 등 BIM 활용기술에 대한 연구가 필요하다. BIM을 활용하기 위한 기술 개발을 위하여 우선 BIM의 활용이 높은 설계단계의 BIM 활용 기술(수량산출, 토공량산출, 선형검토, 구조물대안 검토 등)을 연구하며, 장기적으로 건설공사의 기획단계(타당성검토, 개략공사비산정, 개략일정검토 등), 시공단계(공정관리, 공사비관리, 현장관리 등), 유지관리단계(계획관리, 보수·보강관리 등)의 건설공사 전체 라이프사이클을 지원하는 BIM 활용기술을 개발할 계획이다.

Fig. 3은 토목분야 BIM적용을 위한 단계에 해당하는 연구개발 방안이며, 본 논문은 도로분야 토목분야 BIM 정보모델 표준 개발을 위하여 토목분야 BIM의 현황조사, 구축전략수립, 현행 기술을 이용한 도로분야 BIM 성과물 제작 등의 연구를 진행하였다. 차후 연구에서는 조사 분석을 바탕으로 정보모델표준 개발을 위한 정보요구사항을 정의하고 BIM적용 지침, BIM 정보모델의 표준파일

변환 컨버터 등을 개발하여 도로사업에 BIM을 적용하고 도출되는 문제점을 보완하고자 한다.

4. 도로분야 BIM 정보모델 시범적용

토목분야 BIM 로드맵에서 제안한 바와 같이 단기기간은 도로분야에 대한 정보모델표준, 검증기술 등을 개발한다. 본 논문에서는 도로분야 정보모델표준의 개발을 위해 현행 국토해양부에서 관리하고 있는 도로공사의 기존 시설체 성과물을 바탕으로 BIM 정보모델을 작성한다. 이를 위해 BIM데이터 관리를 위해 건설정보 분류체계를 근간으로 CODE를 세분화하여 적용하며, IFC표준과의 비교 및 검토를 실시하였다.

4.1 적용 대상 및 범위 설정

토목분야는 도로, 하천, 항만, 공항, 철도 등 다양한 시설물 존재하며 종류와 활용에 따라 BIM 적용에 대한 성격 및 분야가 상이하야 분야 및 단계별 접근이 필요하다. 다양한 토목분야 가운데 국토해양부 산하 지방국토관리청에서 관리하고 있는 도로시설물을 우선 대상으로 선정하여 도로공사에 대한 BIM 적용 연구를 수행한다. 건축분야에서 토목분야로 BIM의 적용이 이루어지면서 교량 시설물에 대한 BIM 적용에 대한 연구가 다수 진행되었으며, 도로분야 구조물과 더불어 선형에 대한 BIM 적용에 대한 연구를 수행하였다. 또한 도로분야 사업 관리

에서 중요도가 높은 공사비, 공정 정보를 BIM을 활용하여 관리가 가능하도록 범위를 설정하였다.

4.2 토목분야 정보모델표준 개발 방안

기 서술한 바와 같이 현재 토목분야에 대한 IFC 국제 표준의 개발은 부족한 상황이다. 본 논문에서는 도로분야의 공사비, 공정, 형상정보를 관리하기 위한 방안으로 정보모델표준 구성의 예시를 그림 4와 같이 제시한다. Bottom-Up 방식으로 현행 토목관련 BIM S/W를 분석하여 기존의 IFC와 비교검토 및 호환성 등에 대한 연구를 수행한다. 이를 통해 현행 BIM 관련 S/W에서 다루고 있는 도로사업 데이터모델의 종류와 도로공사 데이터모델의 구현 여부파악이 가능하다. 또한, 상용 S/W에서 IFC 표준파일 포맷으로 변환시 IFC 데이터 구조를 분석한다. 이를 통해 도로분야 BIM 적용을 위한 기존 IFC의 수용여부와 추가 개발에 관한 분석을 수행한다. IFC를 확장, 개발하여 BIM기반의 도로분야 형상, 공사비, 공정데이터의 제작과 납품이 가능하도록 한다.

4.3 상용 소프트웨어를 통한 BIM 데이터 모델 작성

국토해양부 산하 지방국토관리청에서 관리하는 도로공사 가운데 설계가 완료된 도로공사를 선정하여 다양한 토목분야 BIM 소프트웨어를 통해 형상, 공정, 공사비 정보를 포함한 BIM 데이터 모델을 작성하였다. 이를 통해 상용 S/W 및 현행 BIM 기술로 구현 가능한 성과품 제작 범위 및 수준을 파악한다. 이는 도로분야에 BIM 적용 시

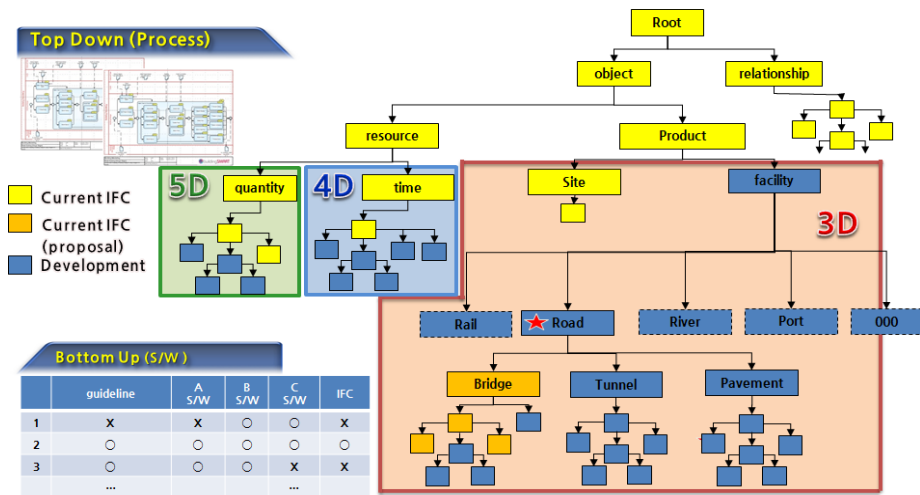
사업의 발주 및 납품 시 성과품에 요구되는 기술을 분석하고 3차원 설계데이터, 공정 데이터, 공사비 데이터를 연계한 운영기술 개발에 활용될 예정이다. 또한 상용 S/W를 통해 생성된 3차원 CAD파일의 IFC표준 포맷변환을 통해 호환성 및 3D 설계를 위한 필수 요소 분석에 활용한다. Table 5는 도로건설공사의 BIM 모델 생성을 위해 활용된 소프트웨어 목록이다. 기 작성된 2D 도면을 바탕으로 각각 Autodesk군과 Bentley군으로 구분하여 3D모델링을 실시하였다. 이를 바탕으로 IFC 호환성 비교검토, 국내 분류체계에 따른 모델 분류, 상용 공정프로그램과의 연계, 자동 수량산출에 대한 연구를 수행한다.

[Table 5] BIM Model Creation Software

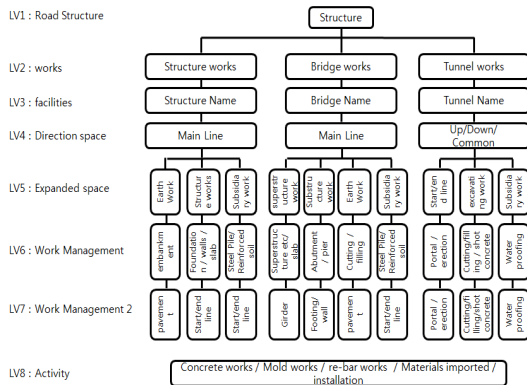
Division	3D structure & road 3D modeling		4D simulation	5D simulation	
	BIM Authoring Tools	Autodesk/Allplan	topography/road	Civil3D	Navisworks
structure			Revit Structure	I-solution	
re-bar			Allplan		N/A
Bentley		topography/road	Inroad	Projectwise Navigators	N/A
		structure	Microstation / Architecture		
		re-bar	Rebar	N/A	N/A

4.3.1 건설사업 분류체계 적용

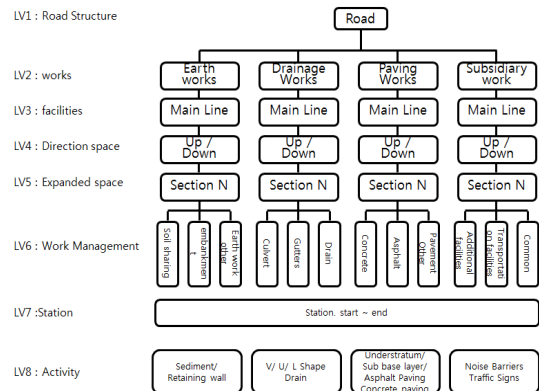
BIM 데이터 모델 작성 및 관리를 위하여 국토해양부에서 건설정보 분류체계를 활용하여 대상 공사의 구조물 분야와 선형분야를 분류하였다. Fig. 5와 같이 구조물분



[Fig. 4] Infra BIM Model Standard Constitue(Example)



[Fig. 5] Construction Classification System expansion - Facility sector



[Fig. 6] Construction Classification System expansion - Linear sector

야에 대한 분류체계는 공종, 시설물, 방향, 확장 공간을 순서대로 구분하고 이에 대한 작업관리단위를 3차원 설계가 가능한 작업관리 단위로 레벨 8까지 세분화 하였다. 터널공의 경우 레벨7과 레벨8의 내용이 동일한 경우는 추가로 세분화하여 객체를 생성하지 않아도 터널정보의 분류가 가능한 사례이다. 그림 6과 같이 선형부분에 대한 분류체계는 각각의 공종에 대해 그림과 같이 레벨6의 작업관리로 구분하되 일정한 구간을 구분하여 객체화하는 방안을 활용하였다. 또한, 해당 프로젝트의 BIM모델 생성을 위해 건설정보 분류체계를 세분화하여 CODE를 정의하였다. 건설정보 분류체계에서는 구조물의 구분은 제

시하고 있으나 교량의 종류에 따른 구분의 한계가 있다. 뿐만 아니라 선형구조물의 경우 상하행의 구분, 구조물의 시점부, 종점부의 구분, 다수의 교각, 교대에 대한 부속구조물의 구분이 필요하다. 표 6은 건설정보 분류체계를 통해 확장한 CODE를 적용한 사례이며 시설구분(F), 공간구분(S), 부위구분(E), 공종구분(W)으로 구분하여 적용하였다. 기존 건설정보 분류체계를 바탕으로 분류체계를 확장 개발하였다. 시설구분의 경우 도로교에 해당하는 F151, 공간 구분에는 S16130 등의 분류체계를 활용하였다.

[Table 6] Apply to Classification System CODE

level1	level2	level3	level4		level5	level6				level7	level8						
Facility			Structure			Element				Work							
Facility Classification 15. Bridge facility 151. Road Bridge 152. Railroad Bridge 153. Foot bridge			S16130	0	Common	E132	superstructure work	40	stiff	Work Classification 25. Reinforced concrete 253. Concrete placing 2531. Plane Concrete placing 2532. Reinforced concrete placing 2533 PS Concrete placing							
			S16130	0	Common	E132	superstructure work	70	s								
			S16130	0	Common	E136	Bridge Subwork	10	Con								
			S16130	0	Common	E136	Bridge Subwork	10	Con								
F151	Facility	00	Bridge Works	02	Galti Bridge	Structure classification 16. Arbitrary compartment space 16110. Process space 16120. materials space 16130. Station		20	abutment	01	start	1	n	W25320	Placing		
F151	Facility	00	Bridge Works	02	Galti Bridge			20	abutment	01	start	2	wall	W25320	Concrete Placing		
F151	Facility	00	Bridge Works	02	Galti Bridge			20	abutment	01	start	3	Parapet wall	W25320	Concrete Placing		
F151	Facility	00	Bridge Works	02	Galti Bridge			20	abutment	01	start	4	Wing wall	W25320	Concrete Placing		
F151	Facility	00	Bridge Works	02	Galti Bridge	S16130	0	Common	E131	Substructure work	Element Classification 13. Bridge facility element 131. Bridge Substructure 132. Bridge superstructure 13210. shoe 13220. mold bridge						
F151	Facility	00	Bridge Works	02	Galti Bridge	S16130	0	Common	E131	Substructure work					W25320	Concrete Placing	
F151	Facility	00	Bridge Works	02	Galti Bridge	S16130	0	Common	E131	Substructure work					W25320	Concrete Placing	
F151	Facility	00	Bridge Works	02	Galti Bridge	S16130	0	Common	E131	Substructure work					W25320	Concrete Placing	
F151	Facility	00	Bridge Works	02	Galti Bridge	S16130	0	Common	E132	Bridge Subwork	W34200	Shoe					
F151	Facility	00	Bridge Works	02	Galti Bridge	S16130	0	Common	E132	Bridge Subwork	10	Shoe	02	end	0	W34200	Shoe

표 7은 해당 프로젝트에서 추가로 요구되는 구조물에 대한 분류와 방향 구분을 위한 구분, 시설물별, 위치별, 부속별 구분을 위한 분류체계의 CODE를 정의한 내용이다. 정의된 CODE에 따라 객체의 식별자로 활용 가능하도록 매개변수를 적용한 분류표를 작성하였다. BIM 데이터 모델을 작성하기 위해 구조물 별 고유 CODE를 구성하였으며 방향구분, 시설물별 부속 구조물까지 분류가 가능하도록 구성하였다.

[Table 7] Definition of Classification System CODE

Level 3		Level 4		Level 6					
no	Facility Name	no	direction	no	Facility	no	location	no	sub Facility
01	Galti IC - Bridge	0	common	20	abutment	01	start	1	foundation
02	Galti-Bridge	1	up	20	abutment	01	start	2	wall
03	Okdong - Tunnel	2	down	20	abutment	01	start	3	parapet wall
04	Okding IC - Bridge			20	abutment	01	start	4	wing wall
05	Okding - Bridge			20	abutment	02	end	1	foundation
06	Okding 2 - Tunnel			20	abutment	02	end	2	wall
07	Osan - Bridge			20	abutment	02	end	3	parapet wall
08	Wu Underpass			20	abutment	02	end	4	wing wall

4.4 상용 소프트웨어를 통한 IFC 변환 속성 비교

Revit Structure와 Bentley Architecture를 통해 생성한 갈티교 모델에 대해 각 S/W에서 제공하는 export 기능을 이용해 IFC 파일 포맷으로 변환하여 비교한 테이블 값은 표 8과 같다. 두 상용 S/W에서 내보낸 IFC 파일 내용 중 각 S/W 특성에 따른 속성을 제외하고 공통으로 포함되어 있는 Pset 항목에 대한 데이터를 비교하여 나타내었다. 표와 같이 전체 5개 Pset과 28개 Property를 입력하여 IFC로 변환 하였으나 소프트웨어마다 IFC로 변환되는 속성 차이가 발생하였다. 본 논문에서 객체를 분류하기 위해 건설정보 분류체계에 따라 사용자 정의로 생성한 CODE는 차이가 없었으나, 이외 각 S/W에서 공통으로 포함되어 있는 데이터는 많은 차이를 나타내었다. 특히, 위치정보는 좌표정보에 대한 전혀 다른 정보로 표현 되었으며, 건축에서 활용하고 있는 층간거리의 경우 교량정보를 표현하기에는 적절하지 못하다. 각각의 S/W에서 작성한 3차원 데이터 모델을 바탕으로 높이, 면적, 부피 등의 값은 일치하게 나타났으나, Height와 Width가 상반되어 표현되는 차이를 나타내었다. 이는 Profile 의 X Dim과 Y Dim에서도 동일한 차이로 나타난다. 상용 SW를 통해 3

차원 데이터 모델을 작성하여 IFC로 보관하고 활용할 경우 활용성 저하 및 일관성 부족 등이 예상된다. 이를 해결하기 위해서는 각 SW에서 제공하는 IFC 변환을 위한 속성체계의 표준화가 필요하며 기획·설계 단계에서의 속성 항목에 대한 표준화를 통해 시공, 유지보수 단계까지 지속적으로 정확한 정보가 활용되도록 정보 생성의 일관성이 요구된다.

[Table 8] IFC2x3 Converter Table for Comparison (Entity: IFCFOOTING)

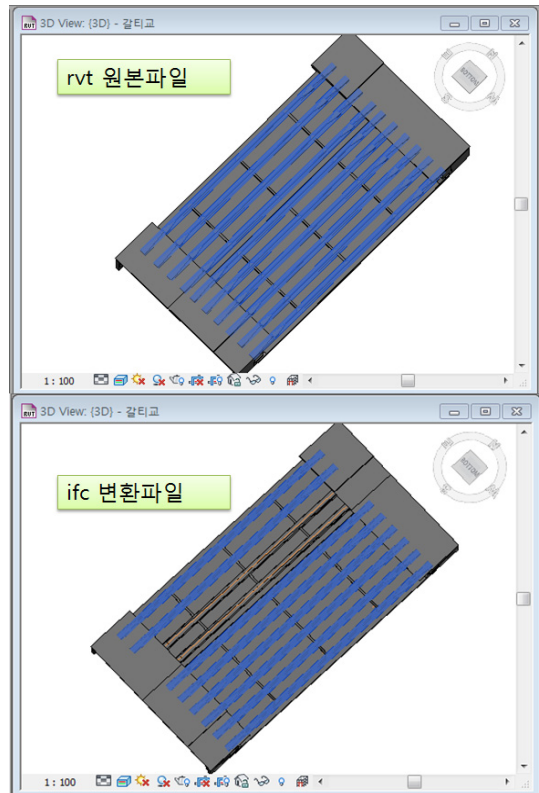
Common Contents in IFC2x3 for IFCFOOTING		Autodesk Revit Structure	Bentley Architecture
Pset	Property	Value	Value
Identification	Model	Galtigyo	Galtigyo
	Discipline	structural	architecture
	Name	A1- Abutment foundation 1:14125X7500X3000 mm	Concrete foundation;;14124 X7500X3000
	Type	A1- Abutment foundation 1:14125X7500X3000 mm	-
	Material	-	-
	Layer	S-----TEP	-
	Geometry	Extrusion	Extrusion
	GUID	1NSg2gw1z8m00iFQRFr7SG	1duAAx1wTEC9YGV\$VgWguy
	BATID	270881	-
	CAL S Code	F	1510002
S		161300	161300
E		13120011	13120011
W		2532	2532
C		4.09a	4.09a
Location		Building	Building.b.1
	Floor	A1 level 2	Galtigyo (Default)
	Top Elevation	0 mm	578.26 m
	Bottom Elevation	-1.5 mm	576.76 m
	Distance to Next Floor	85 mm	12.11 m
	Global Top Elevation	1.50 m	1.5 m
	Global Bottom Elevation	0 mm	0 mm
	Global X	-16.43 m	3,547.98 m
	Global Y	-27.91 m	155.45 m
	Quantities	Height	1.5 m
Bottom Area		105.94 m2	105.94 m2
Profile Height		7.5 m	14.12 m
Profile Width		14.12 m	7.5 m
Volume		158.91 m3	158.91 m3
Profile	Type	Rectangle Profile	Rectangle Profile
	Name	14125 x 7500 x 3000 mm	-
	X Dim	14.12 m	7.5 m
	Y Dim	7.5 m	14.12 m

4.5 자동수량산출 기능을 통한 IFC 호환성 검토

Revit Structure에서 작성한 BIM 모델과 IFC간의 호환성 검토를 위하여 Revit Structure에서 갈티교.rvt파일을 IFC파일로 변환하여 Revit Structure에서 Import하여 자동수량산출에 대한 비교 수행하였다. 이를 위해 Revit Structure의 Material Takeoff기능을 통해 수량에 대한 검토를 실시하였다. Revit Structure에서 동일한 스펙의 beam객체 10개를 생성하고 자체 프로그램에서 volume값을 산출한 결과 39.911m³으로 동일하게 나왔으며, Revit에서 ifc로 export하여 파일을 solibri 프로그램을 통해 물리적파일로 분석한 값은 Table 9과 같다. 10개의 beam객체에 대한 수량은 산출되었으나 미세하게 수량의 차이가 나타나는 것을 확인 할 수 있다. 또한, Fig. 7과 같이 Export한 ifc파일을 Revit Structure에서 Import하여 IFC 변환파일을 확인하였을 경우 10개의 Beam 객체 중 2개의 Beam관련 객체는 시각적으로 존재하였으나 수량에 대한 정보 확인 위해 객체를 선택하였을 경우에는 수량정보를 포함하지 않았다. 또한 Volume 결과값이 Revit에서 산출한 값과는 상이하게 도출되었다. Revit Structure에서 정의하는 Volume의 계산 방법과 IFC에서 정의하고 있는 계산 방법의 차이, IFC로 변환 및 읽어오는 과정에서 속성정보가 누락 또는 변형되는 것으로 판단된다. 각각의 변환 파일에 대한 Volume의 차이는 무시할 정도로 적으나 하나의 소프트웨어에도 서로 상이한 결과값이 도출된다는 부분에서 BIM 활용을 위한 IFC 적용의 한계점을 나타낸다.

[Table 9] Comparing with rvt and ifc of Attribute (m³)

Materials	rvt (revit)	rvt → ifc (Solibri)	ifc → Revit (revit)
beam1	39.911	39.910	39.907
beam2	39.911	39.911	39.907
beam3	39.911	39.911	-
beam4	39.911	39.911	-
beam5	39.911	39.911	39.908
beam6	39.911	39.910	39.909
beam7	39.911	39.909	39.909
beam8	39.911	39.908	39.910
beam9	39.911	39.908	39.911
beam10	39.911	39.912	39.911



[Fig. 7] Comparing with rvt and ifc Model

5. 결론

지금까지 토목 분야에 대한 BIM 적용을 위하여 토목 분야에서 수행되고 있는 BIM에 대한 이론적 고찰을 통하여 필요성을 제시하고 향후 토목분야 BIM 개발을 위한 로드맵을 제시하였다. 또한 로드맵에 따라 현재 토목분야 BIM 적용을 위한 연구 대상과 범위를 설정하고 이에 대하여 건설정보 분류체계를 확대 개발하여 적용한 BIM모델링 작성을 수행하였다. BIM 모델과 IFC 표준 속성에 대한 비교검토를 수행하였으며, 자동수량산출 기능을 통해 ifc 파일변환 시 호환성에 대한 연구를 수행하였다. 이를 통해 도로분야 BIM 적용을 위한 정보모델표준 개발에 요구되는 정보 분류체계 및 속성에 관한 기초연구를 수행하였으며, 향후 연구과제로서 현행 공정, 공사비, 설계 프로세스에 대한 분석을 통하여 도로분야 BIM 적용을 위한 Top-down방식의 정보요구사항 검토 및 정보모델표준 제안을 위한 IDM 개발에 대한 연구가 수행될 것이다.

References

- [1] Seong, Joon-Ho, Kim, Ghil-Chae, "A Study on the Development of BIM Guideline", *Journal of KBIM, Vol.1, NO.2(2011)*, pp. 1-5, 2011.
- [2] Nobuyoshi Yabuki, Zhantao Li, "Development of New IFC-BRIDGE Data Model and a Concrete Bridge Design System Using Multi-agents", *Intelligent Data Engineering and Automated Learning - IDEAL 2006, Lecture Notes in Computer Science Volume 4224*, pp.1259-1266, 2006, [ArticleCrossRefLink](#)
- [3] Yi Jin-Hoon, Kim Hyo-Jin, Lee Sang-ho " Automatic Generation Module of IFC-based Structural Analysis Information Model Through 3-D Bridge Information Modeling", *Proceedings of Computational Structure Engineering Institute of Korea conference. Section25 Information Technology and Its Applications*, pp.809-812, 2007.
- [4] Park Jae-Nam, Kim Bong Geun, Yi Jin Hoon, Lee Sang Ho, "Expression of a Product Data Model for NATM Road Tunnels based on the IFC model", *Proceedings of Korean Society of Civil Engineers conference*, pp.683-686, 2007.
- [5] An Hyun-Jungm Yi Jin Hoon, Kim Hyo Jin, Lee Sang Ho, "IFC-based Interperable information modeling of tunnel monitoring", *Proceedings of Korean Society of Hazard Mitigation conference*, pp.613-616, 2008.
- [6] Furuya H. "A Study of the construction management which used the three-dimensional model for shield construction", *Obayashi Corporation*, 2011.11,

김 진 욱(Jin-Uk Kim)

[정회원]



- 1991년 2월 : 충남대학교 계산통계학과(석사)
- 1999년 2월 : 충남대학교 컴퓨터과학과(박사수료)
- 1991년 3월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 연구위원

<관심분야>

건설정보화, 정보검색, 데이터베이스, RFID

문 진 석(Jin-Seok Moon)

[정회원]



- 2009년 2월 : 경상대학교 토목공학과 (공학석사)
- 2011년 4월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 전임연구원

<관심분야>

건설 표준, IFC, BIM, CM(건설사업관리)

주 기 범(Ki-Beom Kim)

[정회원]



- 2006년 12월 : 서울시립대학교 건축공학과(박사수료)
- 1992년 7월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 수석연구원

<관심분야>

CM(건설사업관리), 건설자재정보 표준화, BIM, 시설물유지관리, 건설정보화