

Infrastructure에 대한 BIM (Building Information Modeling) 동향



조 명 환 | (주)도화엔지니어링 기술개발연구원 책임연구원
 진 정 훈 | (주)도화엔지니어링 기술개발연구원 수석연구원
 이 종 화 | (주)도화엔지니어링 기술개발연구원 연구원장

1. 서론

미국의 Grobal Insight가 전망하는 자료에 의하면 전 세계 건설시장의 규모는 연간 5조에서 7조 달러로 추정하고 있으며, 중국과 인도 등의 신흥 개발국은 성장 견인에 의해 2020년까지 12.7조 달러 규모로 성장할 것으로 예상하고 있다. 최근 국내 건설업체의 해외 건설시장 진출 경향을 살펴보면 원자력 발전소나 원유 시설과 같은 플랜트에 모든 역량을 집중하고 있지만, Global Insight 자료에 의하면 토목시장이 연평균 6.7% 성장하여 토목시장이 세계 건설시장의 성장을 주도할 것으로 예상하고 있다(그림 1 참조). 또한 OECD에서 발간한 'Infrastructure to 2030'에 따르면 신흥국 인프라 시장은 향후 20년간 운송, 전력 및 수자원 등 인프라 분야에 연평균 1조 8천억 달러(USD)가 투자되며, 특히 도로의 경우 2011년에서 2030년까지 7,570억 달러의 투자가 이루어 질 것으로 예상하고 있다(표 1 참조).

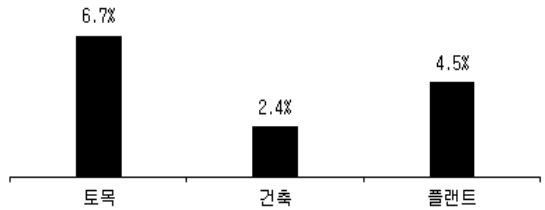


그림 1. 분야별 연평균 예상 성장률

표 1. 분야별 연평균 투자 예상금액

Billion USD.

구분	2000~2010년	2010~2020년	2020~2030년
도로	220	245	292
철도	49	54	58
통신	654	646	171
전력	127	180	241
수자원	576	772	1,037
합계	1,626	1,897	1,799

토목을 포함한 건설 프로젝트는 기획, 설계, 시공 그리고 운영 등에 이르는 여러 단계로 구분할 수 있으며, 각 단계별로 필요에 의해 구조, 지반, 수리, 환

경과 같은 토목기술과 유비쿼터스, 센서링 등 IT와 시스템 기술 등의 유기적인 결합을 통해 과거보다 의미 있고, 지속가능한 구조물이 될 수 있다. 따라서 해외에서는 건설산업의 생산성 향상, 건설비용 절감뿐만 아니라 구조물의 생애주기 관리까지 발주자를 포함한 설계 및 시공업체 간의 원활한 건설 정보를 효과적으로 공유할 수 있는 기술로 BIM(Building Information System)기술에 대한 연구가 활발히 진행되고, 실제로도 많은 건설현장에 적용되고 있다.

국내의 경우 BIM에 대한 연구가 아직은 도입 초기 단계에 머무르고 있다. 최근 정부에서는 BIM의 활용에 대한 관심을 가지기 시작하여 2012년부터 500억 이상의 공사를 대상으로 공공건물의 계획 및 설계단계에서부터 에너지 성능을 고려한 BIM을 도입하였으며, 2016년 이후 발주되는 모든 시설공사에 대하여 BIM을 적용할 계획이다.

건설 분야의 BIM 발주 방식은 설계 및 시공과정에서 발생하는 자원을 최대한 활용하기 위한 시스템적인 접근 방법으로 큰 장점을 갖고 있다. 토목 분야의 경우 BIM 도입은 아직까지 걸음마 단계로 기술력이나 전문 인력이 극히 부족하며, 일부 공공발주공사 및 시공사에서 설계검토 및 공정관리를 위하여 BIM을 도입하고 있으나 그 적용성 및 활용성은 제한적이다. 또한 건설업체의 경우 BIM 전문 인력이 없어 대부분 외주용역을 수행하는 실정이지만, 대부분의 BIM 업체는 건축 위주로 수행하는 업체이기 때문에 토목공사에 BIM 도입에는 제한적일 수밖에 없다. 본 고에서는 토목분야의 BIM에 대한 이해를 높이기 위하여, BIM의 표준화와 최근 연구동향에 대하여 개략적으로 BIM 동향을 소개하고자 한다.

2. BIM 라이브러리

2.1 BIM 라이브러리의 기본 개념

토목구조물은 크게 포장, 터널, 교량 등의 복합체

이고, 포장은 표층, 기층 보조기층, 암거, 측구 등으로 다시 구분할 수 있다. 또한 암거나 측구는 콘크리트, 철근, 스트러드 등으로 구분될 수 있다. 이렇게 토목구조물은 여러 요소 또는 객체들의 복합체이며, BIM 구성을 위해서는 각각의 객체에 대한 재료, 요소화한 형상을 규정해야 한다. 즉, BIM에서 라이브러리란 자동차의 부품이며, 토목 구조물의 각각의 최저단위의 객체를 의미한다. 만약 토목 구조물에서 객체의 치수가 변경된다면, 이 객체가 사용된 다른 부분들도 함께 각 객체의 치수가 수정되어야 한다. 파라메트릭은 치수와 형상관의 관계를 정의한 수학적 수식과 같다. 치수는 객체 파라미터의 한 종류이다.

또한 각각의 요소들은 다른 요소들과 연결되기 때문에 연결점(connector)을 가지고 있다. 예를 들어 건축물 기둥의 양끝 연결점은 바닥과 천장에 연결되어 붙어(glue) 있게 할 수 있다. 이러한 요소들은 재료의 특성과 속성을 가진다. 재료는 요소의 기능(function)에 따라 달라지며, 형태(shape) 또한 요소의 기능에 따라 달라진다. 형태는 보통 솔리드 모델링으로 만들며, 이를 UML 다이어그램으로 표현하면 그림 2와 같으며, 라이브러리는 이러한 모든 것을 고려한 솔리드 모델을 만든다.

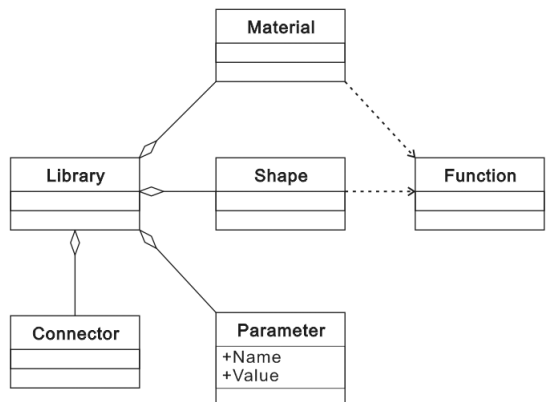


그림 2. 라이브러리 구조

라이브러리는 객체의 타입(type)이며, 객체는 그 자체가 파라미터를 독립적으로 가지고 있지 않을 수 있다. 예를 들어 벽 라이브러리에서 만들어진 벽 객

체는 높이란 파라미터를 독립적으로 가지고 있지 않고, 벽의 DNA를 가지고 있는 라이브러리의 높이란 파라미터를 참조(reference)할 수 있다. 만약 벽 라이브러리의 높이를 수정한다면, 이 라이브러리의 DNA로 만들어진 객체들의 높이도 같이 변경된다. 그러나 벽 라이브러리에서 만들어진 객체지만 필요에 따라서 독립적인 높이를 갖는 벽이 필요할 수 있다. 이럴 경우에는 객체의 특정 파라미터를 라이브러리 해당 파라미터를 참조하지 않고, 인스턴트화하면 독립적인 높이를 갖는 벽 객체를 생성할 수도 있다.

2.2 BIM 라이브러리 필요성

모든 토목 구조물 모델을 라이노 같은 솔리드 모델로 모델링하기에는 여러 가지 불편한 점이 존재한다. 예를 들면 파라미터 부재, 불충분한 정보, 동질성, 상호 운용성 등을 들 수 있다. 즉, 약간씩 다른 비슷한 형태, 속성을 갖는 객체가 100개 있다면, 100개를 모두 모델링해야 한다. 벽체를 예로 들면 만약 검증된 라이브러리가 있다면, 재활용하여 벽의 높이와 길이만 약간씩 변경해 모델링해도 큰 문제없이 신속하게 모델링할 수 있다. 이러한 파라미터의 부재는 재활용성에 나쁜 영향을 줄 수 있다.

재료 수량을 산출할 경우 부품 또는 부속품을 만든 곳에서 이 부분을 제일 잘 알고 있으므로 그 부분들의 도움을 받아 모델링을 해야 정확한 수량이나 속성 값을 얻을 수 있다. 라이브러리는 이러한 점을 고려하여 모델링 되어야 하며, 부품 제작업체에서 모델링된 것을 사용하는 것이 좋다. 이러한 라이브러리를 사용해서 만든 객체는 항상 동질한 파라미터와 형상을 가지며 재활용하고 관리가 수월하다.

2.3 라이브러리의 표준화

BIM은 여러 가지 장점이 있으며, 그 중 하나의 BIM 모델을 통해 설계자, 시공자, 운영자가 각자의

목적에 맞는 정보를 추출할 수 있어야 한다. 이러한 관점에서 BIM 라이브러리의 표준화는 매우 중요하다. 그림 3은 BIM 라이브러리의 표준화가 안될 경우 발생할 수 있는 문제를 직관적으로 보여주고 있다. 즉, BIM 라이브러리는 객체의 재활용과 효율의 문제를 해결하기 위하여 필요하다.

이러한 라이브러리는 라이브러리 코드와 그 코드가 가지는 의미를 사전에 정의하여 정보를 상호 운용, 교환할 때 혼란을 야기하지 않아야 한다. 만약 표준화가 이루어지지 않는다면, 즉 코드가 정의되지 않는다면 정보를 추출하더라도 그 정보의 정확한 의미를 모르기 때문에 어떻게 정보를 활용하고 관리해야 할지 알 수 없다. 따라서 정보의 공급자와 수요자는 이러한 점을 감안하여 방에 어떠한 이름(코드)을 붙여 넣어줄 것인지 사전에 약속을 해야 하며, 서로 정보를 통신할 프로토콜을 미리 정의해야 한다.

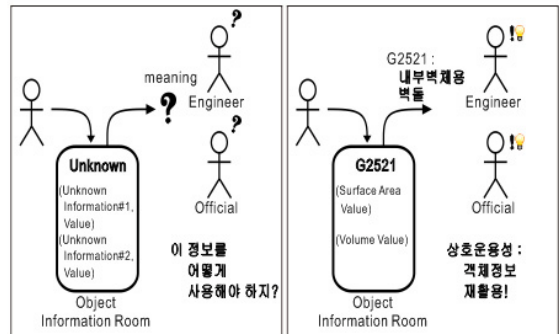


그림 3. 상호 운용성: 객체의 재활용

그림 3에서 정보 수요자인 엔지니어나 관리자가 벽돌 벽체의 재료 면적이나 체적과 같은 수량을 알고 정보를 재활용하여 견적이나 여러 가지 다양한 목적으로 활용하고자 했다면, 왼쪽과 같은 시스템에서는 이러한 일들이 불가능할 것이다. 그러나 오른쪽과 같이 표준 라이브러리를 사용한 BIM 모델은 수정하고, 관리하기 용이하다. 특히, 라이브러리의 파라미터 정보가 표준화되어 있으므로 다른 시스템과 연계해 재료 수량이나 속성들을 추출하기 용이하다.

만약 표준화가 되어 있지 않다면, 다른 시스템에

어떤 파라미터 값을 넘기든 지속가능성을 보장할 수 없다. 라이브러리를 사용하는 사용자 마음대로 파라미터 이름을 바꾸면 라이브러리에서 만들어진 BIM 객체들을 통해 4D, 5D, nD 정보들을 추출할 수 없게 된다. 이러한 이유로 표준 라이브러리 사용 또는 라이브러리의 상호운용성은 재활용성과 생산성에 직접적인 영향을 미치게 된다.

3. BIM 국제 표준 및 3차원 설계 가이드라인의 현황

3.1 BIM 국제 표준

BIM 기술을 이용하여 시설물을 설계하는 것은 가상의 공간에 가상의 자재를 조립하여 목적하는 시설물을 모델링하는 일련의 과정을 말한다. 즉, BIM 프

로그램을 통한 가상공간에서 설계자는 기둥, 철근, 보 등 가상의 자재를 조립하여 시설물을 모델링 하게 되며, 가상의 자재는 객체(object)라고 불린다.

각 객체(또는 자재)들은 3차원 형상, 규격 및 재료 물성 등 여러 데이터를 자체적으로 가지며, 설계자는 이러한 데이터를 이용하여 3차원 BIM 모델링을 수행할 수 있다. 이러한 BIM 모델의 설계 정보는 구조 해석, 에너지 시뮬레이션, 물량산출 등 다양한 설계 단계에 활용될 수 있다. 또한 BIM 모델을 통해 시공 오류, 작업자의 사전/사후 교육, 장비 배치 등 시공 단계에서 필요한 목적에 맞는 정보를 만들어 활용할 수도 있다.

ISO PAS 16379는 이러한 데이터 모델간의 연계를 위한 기반 모델인 IFC(Industry Foundation Classes) 표준 데이터 모델을 제시하고 있으며, BIM과 관련된 국제 표준화 현황을 표 2에 나타내었다.

표 2. BIM 관련 국제 표준화 현황

구 분	내 용
ISO 12006-2 : 2001	Building Construction : Organization of Information about Construction Works - Part 2. Framework for Classification of Information
ISO 12006-3 : 2007	Building Construction : Organization of Information about Construction Works - Part 3. Framework for Object-oriented Information
ISO TR/14177 : 1994	ISO TR/14177 : 1994 - Classification of Information
ISO PAS 16739 : 2005	ISO PAS 16739 : 2005 - Industry Foundation Classes, Release 2x, Platform Specification (IFC2x)
ISO 22263 : 2008	Organization of Information about Construction Framework for Management of Project Information
ISO/NP TS 12911	Framework for Provision of Guidance on Building Information Modeling
ISO/DIS 29481-1 : 2010	Building Information Modeling : Information Delivery Manual - Part 1. Methodology and Format
ISO/NP 29481-2	Building Information Modeling : Information Delivery Manual - Part 2. Management Communication
ISO/DIS 29481-3	Building Information Modeling : Information Delivery Manual - Part 3. Model View Definition

표 3. 각국의 BIM 가이드라인 현황

국 가	명 칭	개발기관	개발기관유형		
			공공	민간	학계
한 국	BIM 적용 설계 가이드라인	국토해양부	●		
	건축분야 BIM 적용 가이드	국토해양부	●		
미 국	BIM Guide Series	GSA	●		
	National Information Building Standards	NBIMS	●		
	General Building Information Hand Over Guide	NIST	●		
	BIM Standards for Architects, Engineers & Contractors	BuildLACCD			●
	BIM Standards for Architects, Engineers & Contractors	SDCCD			●
	BIM Standards for A/E/C	Wisconsin	●		
호 주	Draft Guideline	CRC-CI	●		
핀란드	BIM Requirement 2007	Senate Properties		●	
노르웨이	BIM Manuals	STATSBYGG	●		
덴마크	3D Working Method	BIPS			●
독 일	BIM/IFC User Guide	독일 IAI			●
영 국	AEC(UK) BIM Standard	AEC(UK)			●

3.2 BIM 가이드라인 개발 동향

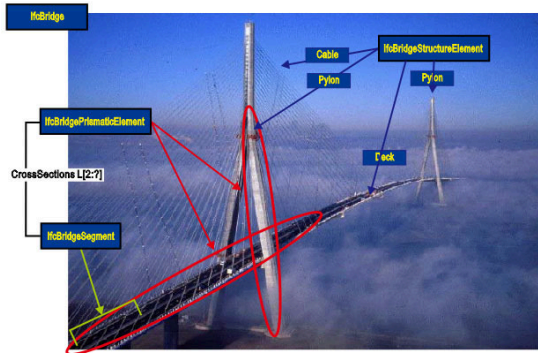
BIM 기술 적용을 위한 가이드라인은 용도에 따라서 구분될 필요가 있으며, 일반적으로 기술 가이드라인, 발주 가이드라인, 솔루션 개발 가이드라인으로 구분할 수 있다. 기술 가이드라인은 산업계에서 BIM 기술 적용을 위한 실질적인 방법론 차원에서의 지침이고, 발주 가이드라인은 성과품 납품 기준에 해당한다. 또한, 솔루션 개발 가이드라인은 BIM 객체를 활용한 다양한 프로세서를 지원하기 위한 솔루션 개발을 위한 지침이다. 이러한 가이드라인의 정립을 위해서는 발주처의 정책적 결단과 관행의 개선이 요구되고 건설프로젝트 경험의 자산화에 대한 인식이 높아져야 한다. 표 3은 각 국가에서 개발하여 사용하고 있는 BIM 가이드라인을 정리한 것이다.

4. 최근 BIM 기술 개발 동향

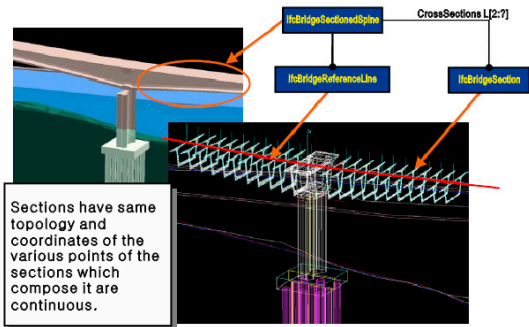
4.1 토목 설계 및 시공을 위한 BIM 라이브러리

BIM은 건축 분야에 활발히 적용되었으며, BIM 라이브러리도 건축 구조물에 맞추어 개발되었다. 따라서 토목 분야에 BIM을 적용하는데 BIM 라이브러리의 부재라는 문제를 갖고 있으며, 이러한 문제를 인식하고 2000년대 중반부터 토목 구조물에 적합한 BIM 라이브러리가 개발되고 있다. 토목 구조물용 대표적인 BIM 라이브러리로 IFC-Bridge, IFC-Tunnel이 있다. IFC-Bridge는 프랑스의 OA-Express와 일본의 IFC를 확장한 프리스트레스 교량의 BIM 라이브러리를 하나로 통합하여 만들어진 BIM 라이브러리며, IFC-Bridge 라이브러리의 개발을 위한 기본 개념은 그림 4와 같다.

IFC-Tunnel은 2009년 개발된 IFC-Shield Tunnel과 IFC-CutAndCoverTunnel, IFC-MountainTunnel을 합쳐 하나의 IFC-Tunnel로 통합한 라이브러리이다. 그림 5는 IFC-ShieldTunnel에 대한 적용 방안을 나타낸 것이다. 이외에도 단지와 도로에 적용할 수 있는 LandXML이나 Road Centerline Skeleton Model(일본), JHDM(일본), TransXML(미국), EuroRoadS(Europe) 등이 있다.

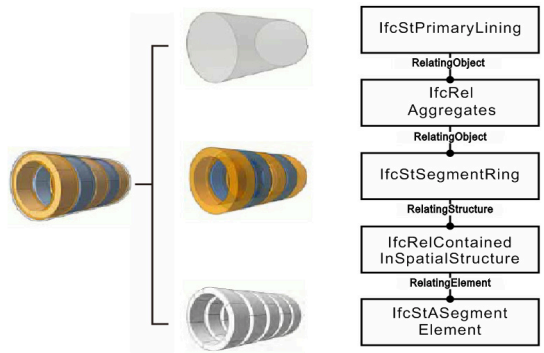


(a) 교량의 IFC-Bridge 적용

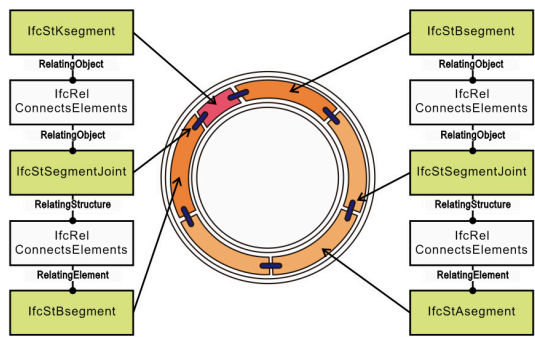


(b) IFC-Bridge Section 적용 방안

그림 4. IFC-Bridge의 적용 방안 개념도



(a) 터널 공간요소의 개념도



(b) 복공(세그먼트)의 구성도

그림 5. IFC-ShieldTunnel의 적용 방안 개념도

4.2 클라우드 기반 BIM 기술

BIM은 2D CAD 작업을 3D 모델 작업 환경으로 바꿀 수 있다. 또한 BIM을 통해 프로젝트의 계획부터 설계, 시공 및 유지관리 단계까지 BIM 모델의 파라메트릭 기술을 통해 통합 관리할 수 있다. 하나의 도로 프로젝트의 경우 포장부분 뿐만 아니라 토공, 터널, 교량 등 여러 공종이 존재하며, 각각의 공종에 대한 설계와 BIM 모델이 모여 하나의 BIM 모델로 완성되어야 한다. 도로 프로젝트뿐만 아니라 토목 구조물의 BIM 모델은 모델링, 렌더링, 수치해석 등을 위해서 높은 수준의 서버 컴퓨터를 필요로 할 수 있다. 이러한 관점에서 최근 클라우드 기반의 BIM 기술이 개발되고 있다. 클라우드 기반 기술이란 그림 6과 같이 거대한 구름과 같은 컴퓨터에 접속해 구름의 일부

를 원하는 만큼 사용한다는 의미에서 붙여진 것으로 사용자들이 정해진 고정된 PC 없이도 인터넷 기술을 활용하여 웹상에서 자료를 저장하고 어디서나 프로그램을 실행할 수 있는 분산형 서비스를 지칭한다.

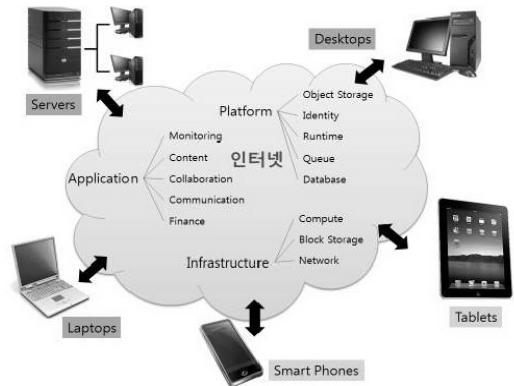


그림 6. 클라우드 컴퓨팅 개념도

따라서 클라우드 기반의 BIM 기술은 작업 장소의 제한이 없으며, 고효율의 클라우드 컴퓨터를 이용함으로써 데이터 안전성과 렌더링 및 구조해석 시간을 단축시킬 수 있는 장점을 갖고 있다. 현재 클라우드 기반의 BIM 기술은 완성된 모델의 업로드, 렌더링 또는 수치해석과 같은 하나의 단계 또는 작업이 가능한 수준으로 올라와 있다. 그러나 클라우드 기반의 BIM 기술은 현재 개발 및 응용 단계로 클라우드 기반에서 모든 작업을 수행할 수는 없다. 그러나 클라우드 기반의 BIM 기술이 완성된다면, 현장에서 고효율의 컴퓨터 없이 스마트폰이나 태블릿PC를 통해 BIM 모델과 현장 시공 상황을 비교하고, 설계와 시공 오차를 실시간으로 확인이 가능할 것으로 기대된다. 또한 시공 시 발생할 수 있는 여러 문제점을 모든 담당자들이 현장에 모여서 검토하던 현재의 시스템을 BIM 모델을 통해 공간과 시간적 제약 없이 의견을 개진하거나 작업을 지시할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 토목 구조물이 완성된 이후 유지관리도 유사한 방법으로 유지보수가 필요한 부분에 대하여 현장에서 실시간으로 유관부서에 필요한 자료와 유지보수방법을 전달할 수 있으며, 유지보수에 대한 이력 관리도 동시에 가능하게 될 것으로 기대된다.

5. 국내 BIM R&D 현황

미국은 PBS, OCA National 3D-4D-BIM P/G 개발 등이 개발되었으며, 2006년도부터 BIM 설계를 의무화하여 2009년도에는 전체 프로젝트의 30%에 BIM을 적용하고 있다. 유럽은 이미 2000년대 중반에 건축프로젝트의 50% 이상에 대하여 BIM 모델을 적용하고 있다. 중국의 경우 2008년도에 베이징 올림픽과 국제수상경기센터 건설에 적용한 바 있다. 독일의 경우 BIM/IFC User Guide를 작성하였으며, 노르웨이는 DIM(정보전달지침) 연구를 정부 주도로 추진하고 있다. 싱가포르의 CORENET 개발과 관련하여 국가 건설개발부 주관으로 건축과 IT 관

표 4. 국내 BIM 관련 주요 R&D 현황

발주 기관	연구과제명	연구기간
교육과학기술부	건설품질 향상을 위한 한국형 BIM 실무화 설계 기술 개발	2011. 5. 1~ 2014. 4. 30
	클라우드 컴퓨팅을 활용한 모바일 BIM 공사관리시스템의 구축	2011. 5. 1~ 2014. 4. 30
	저탄소 도로노선 선정을 위한 실감형 시뮬레이터 개발	2010. 5. 1~ 2013. 4. 30
	BIM 기반의 철골접합부 설계자동화 시스템	2010. 5. 1~ 2013. 4. 30
국토해양부	가상 건설시스템 개발	2006. 12. 29~ 2011. 10. 28
	BIM/IFC 파일을 이용한 건축물 안내 및 관리 시스템 개발	2009. 5. 22~ 2009. 8. 21
기 타	3D BIM 기반의 공사계획관리	2011. 6. 1~ 2012. 5. 31
	IFC기반 토목구조물 표준 라이브러리 개발 및 BIM 통합 서버 구축	2012. 6. 1~ 2014. 5. 31
	글로벌 건설IT산업 생태계 조성을 위한 개방형 BIM통합솔루션 개발	2011. 12. 29~ 2013. 11. 30

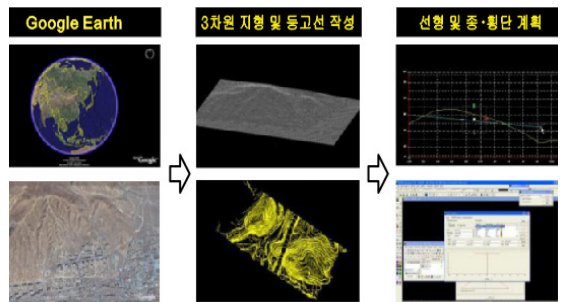


그림 7. 가상건설시스템개발연구단 시범사업의 노선설계

련 13개 정부기관이 연계된 웹기반 건설행정 처리 시스템을 제공하는 등 활발한 제도개선 노력과 기술력을 갖추어 나가고 있다.

국내의 경우 2006년 12월 국토해양부에서 가상건설시스템개발연구를 발주하였다. 가상건설시스템개발연구는 5년간 약 190억 원의 연구비가 투입되었다. 주요 연구 내용은 BIM 모델을 통한 구조설계, 견적자동화, 시뮬레이션 P/G, 의사결정지원시스템의 개발이며, 그림 7과 같이 노선설계를 시범사업으

로 수행하였다. 또한 가상건설시스템개발연구 결과를 바탕으로 국토해양부의 'BIM 적용 설계 가이드 라인' 이 발표되었다. 또한 이 연구를 출발점으로 하여 국내에서 많은 BIM 관련 국가연구과제가 수행되고 있으며, 주요 국가연구과제 현황을 표 4에 나타내었다.

BIM 관련 연구 과제 중 교육과학기술부에서 진행하고 있는 저탄소 도로노선 선정을 위한 실감형 시뮬레이터 개발 연구는 도로의 생애주기 동안 발생하는 환경적 부하 및 경제적 비용을 예측하는 모형을 바탕으로 증강현실환경 안에서 도로 설계를 할 수 있는 기법을 연구하고 있다. 그러나 도로는 건설지역의 특성에 따라 공사비 편차가 매우 크게 발생할 수 있다. 따라서 이 연구에서는 이상치 추출 알고리즘을 활용하여 이상치가 제거된 평균적인 수준의 데이터를 선별하고, 통계적 기법을 적용해 표준공사비를 도출하는 방안도 연구 범위에 포함하고 있다. 이러한 연구를 통해 저탄소 도로노선 선정을 위한 실감형 시뮬레이터 개발 연구는 3차원 모델 저작도구, 노선 대안 시뮬레이터 및 실감형 인터페이스 개발을 목표로 하고 있다.

6. 결론

현재 국내 토목 특히 도로 부문의 시장은 큰 침체를 겪고 있다. 그러나 OECD나 ENR, Grobal Insight에서는 2030년까지 세계 토목시장은 플랜트나 건축 부문보다 더 큰 성장을 할 것으로 예상하고 있다. 따라서 국내 엔지니어링 회사들도 국내 시장의 한계를 극복하기 위하여 해외 건설 시장으로 진출을 모색하고 있지만, 가격 경쟁력만을 무기로 진출하기에 중국이나 터키 기업들과의 경쟁이 쉬운 것만은 아니다. 따라서 이를 해결하기 위하여 다방면의 노력이 필요 할 것이며, 생산 프로세스 개선을 위하여 BIM 도입도 하나의 대안이 될 것이다. 물론 BIM은 플랜트와 건축 기반으로 개발되어 인프라 부문에 바로 적

용하기에는 한계가 있다. 국내의 경우 기술적 한계뿐만 아니라 숙련된 엔지니어의 부재도 추가적인 문제로 인식될 수 있다. 그러나 살펴본 바와 같이 해외에서는 인프라 부문에 대한 BIM 개발이 활발히 이루어지고 있으며, 국내에서도 2000년대 후반 이후 지속적으로 BIM 관련 R&D가 이루어지고 있다. 이러한 국내외 환경을 감안하면, 엔지니어링 분야의 경쟁력 강화라는 관점에서 토목 분야 BIM 도입에 대해서 심도 깊은 고려가 있어야 한다고 사료된다.

참고 문헌

- 김성식(2010), BIM 건설정보화 표준, 대한토목학회회지 6월호, 대한토목학회.
- 강인석, 문현석(2009), 토목공사분야 BIM 활용 현황 및 적용 방안, 건설관리 기술과 동향 11월호, 건설관리학회.
- 강태욱(2012), BIM Automation에 대해, CAD & Graphics 226호, BB미디어,
- 이복남(2005), 해외 건설시장과 경쟁패러다임의 새로운 추세, 대한토목학회지 Vol.53, No.11, 대한토목학회.
- 이왕재, 최원우(2010), 모바일 BIM 공사관리 시스템을 위한 클라우드 컴퓨팅 기술 활용 방안, 한국건축시공학회 춘계학술발표대회, 제 11권 제1호, pp145-148.
- OECD(2006), Infrastructure to 2030 : Telecom, Land Transport, Water and Electricity.
- Yabuki, N(2012), BIM and Construction Information Modeling(CIM) in Japan, Computational Design in Engineering: Post Conference Workshop, Computational Structural Engineering Institute of Korea.
- Yabuki, N., Lebegue, E., Gual, J., Shitani, S., Zhantao, L.(2006), INTERNATIONAL COLLABORATION FOR DEVELOPING THE BRIDGE PRODUCT MODEL "IFC-BRIDGE", Joint International Conference on Computing and Decision Making in Civil and Building Engineering, Canada.