

해외사례 분석을 통한 조경분야에서의 BIM 도입효과 및 실행방법에 관한 연구

김복영* · 손용훈**

*서울대학교 환경대학원 협동과정 조경학 · **서울대학교 환경대학원

A Study on the Effects of BIM Adoption and Methods of Implementation in Landscape Architecture through an Analysis of Overseas Cases

Kim, Bok-Young* · Son, Yong-Hoon**

*Interdisciplinary Program in Landscape Architecture, Graduate School of Environmental Studies,
Seoul National University

**Graduate School of Environmental Studies, Seoul National University

ABSTRACT

Overseas landscape practices have already benefited from the awareness of BIM while landscape-related organizations are encouraging its use and the number of landscape projects using BIM is increasing. However, since BIM has not yet been introduced in the domestic field, this study investigated and analyzed overseas landscape projects and discussed the positive effects and implementation of BIM. For this purpose, landscape projects were selected to show three effects of BIM: improvement of design work efficiency, building of a platform for cooperation, and performance of topography design. These three projects were analyzed across four aspects of implementation methods: landscape information, 3D modeling, interoperability, and visualization uses of BIM. First, in terms of landscape information, a variety of building information was constructed in the form of 3D libraries or 2D CAD format from detailed landscape elements to infrastructure. Second, for 3D modeling, a landscape space including simple terrain and trees was modeled with Revit while elaborate and complex terrain was modeled with Maya, a professional 3D modeling tool. One integrated model was produced by periodically exchanging, reviewing, and finally combining each model from interdisciplinary fields. Third, interoperability of data from different fields was achieved through the unification of file formats, conversion of differing formats, or compliance with information standards. Lastly, visualized 3D models helped coordination among project partners, approval of design, and promotion through public media. Reviewing of the case studies shows that BIM functions as a process to improve work efficiency and interdisciplinary collaboration, rather than simply as a design tool. It has also verified that landscape architects could play an important role in integrated projects using BIM. Just as the introduction of BIM into the architecture, engineering and construction industries saw great benefits and opportunities, BIM should also be introduced to landscape architecture.

Key Words : LIM, Landscape Information, 3D Modeling, Interoperability, Visualization

Corresponding author: Yong-Hoon Son, Graduate School of Environmental Studies, Seoul National University, Seoul 08826, Korea,
Tel.: +82-2-880-8107, Fax: +82-2-874-7181, E-mail: sonyh@snu.ac.kr

국문초록

현재 미국, 호주, 북유럽 등지의 해외 조경실무에서 BIM의 필요성에 대한 자각과 함께 전문적 연구가 수행되고 있으며, 관련 단체에서도 조직적 활동을 펼침으로써 BIM을 활용한 조경 프로젝트들이 증가하는 추세다. 그러나 아직 국내 조경분야에서는 BIM 도입이 이루어지지 않고 있으므로, 본 연구에서는 BIM을 활용한 조경 프로젝트 사례를 조사, 분석하여 BIM 도입에 따른 효과와 활용방법을 논하고자 했다. 이를 위해 세 가지 BIM 도입효과인 설계업무의 효율성 향상, 협업 환경의 마련, 지형설계의 형태 구현을 보여주는 조경 프로젝트들을 선정하고, 이들을 대상으로 조경정보 구축, 3D 모델링 제작, 상호운용성 확보, BIM 모델의 시각적 활용이라는 네 가지 측면에서 BIM의 활용방법을 살펴보았다. 첫째, 조경정보 구축의 측면에서 사례들을 살펴본 결과, 시설물과 수목 등 상세한 조경요소들로부터 기반시설 등 광범위한 건설정보들이 3D 라이브러리나 2D CAD 형식으로 구축되었다. 둘째, 3D 모델링 제작을 살펴보면 간단한 지형과 수목을 포함한 조경공간을 Revit으로 모델링하거나, 정교하고 복잡한 지형을 Maya와 같은 전문적 3D 모델링 도구로 모델링했다. 그리고 통합모델은 분야별 모델을 제작하여 주기적으로 교환, 검토하고, 최종적으로 이들을 통합하는 방식으로 제작되었다. 셋째, 분야간 데이터의 상호운용성은 파일 포맷의 단일화, 상이한 포맷의 변환, 또는 정보 표준의 준수를 통해 이루어졌고, 이를 토대로 건설정보를 공유하여 협업을 도모했다. 넷째, 3D 모델을 시각화함으로써 참여자들간의 의견조율, 설계안의 인허가, 대중 홍보가 이루어졌다. 사례분석을 통해 BIM은 디자인 도구라기보다 설계업무의 효율성을 높이고, 분야간 협업을 도모하는 프로세스임을 알 수 있었고, 특히 조경가들이 BIM을 활용한 통합 프로젝트에서 중요한 역할을 수행하고 있음을 확인했다. 따라서 그간 건설분야에서 BIM으로의 전환을 통해 많은 이익과 기회를 누렸듯이 조경분야에서도 적극적으로 BIM을 도입해야 할 것이다.

주제어 : 조경정보모델링, 조경정보, 3D 모델링, 상호호환성, 시각화

1. 서론

1. 연구배경 및 목적

BIM(Building Information Modeling, 이하 BIM)은 건설분야에서 시설물의 물리적, 기능적 특성에 대한 정보를 디지털화하고, 3D 모델링하여 사업의 다양한 참여자들이 시설물의 전생애주기 동안 그 정보를 생산, 통합, 재활용할 수 있도록 하는 업무절차를 지칭한다(Kim and Son, 2014). 미국, 호주, 북유럽 등지에서는 정부 차원에서 BIM 활성화 정책을 펴고 있으며, 다양한 사업에서 적용을 시도하고 있다. 이에 대해 McGraw-Hill Construction의 한 조사보고서에서는 정부 차원에서 BIM 정책을 펴고 있는 국가들은 시설물에 대한 구체적 목표를 설정하고, 이를 달성하기 위해 설계 및 시공사들이 BIM을 활용할 수 있도록 도움을 주고 있으며, 그 활용영역은 건축물 외에도 도로, 터널, 수자원을 포함한 기반시설과 자연자원 등 다양한 사업에 확대되고 있다고 했다(McGraw-Hill Construction, 2014).

BIM의 여러 가지 이점과 다양한 프로젝트에서의 활용 가능성에도 불구하고, 조경분야에서의 BIM 도입은 느리게 진행되고 있다. BIM 도입이 단일 소프트웨어의 전환이 아닌 설계, 시공, 관리 프로세스 전반에 걸친 대변화를 요구하기 때문이다. 더욱이 조경용 BIM 소프트웨어 및 라이브러리의 부재라는 한

계와 함께 조경소재의 특성과 다양성, 시공의 현장성이 조경정보의 규격화와 표준화를 어렵게 한다. 그러나 BIM 활성화 정책은 펴는 국가들이 증가하고, 원활한 사업 수행과 사후 시설물 관리를 위해 BIM을 요구하는 발주처들이 늘어나는 가운데 건축과 토목을 중심으로 BIM이 보편화되고 있으므로 업무 수행 과정에서 분리될 수 없는 밀접한 연관성을 가지고 있는 조경분야에서 이러한 흐름을 외면할 수만은 없다.

이에 대해 Flohr(2011)는 통합된 프로젝트를 지원하는 건설 환경으로 나아가기 위해서 건축물과 부지 개발이 함께 이루어져야 한다고 주장하면서, 여러 발주처에서 이미 통합사업방식(Integrated Project Delivery, IPD)의 이점을 깨닫고 BIM을 요구하고 있으므로 이 과정에서 조경가들이 낙오되면 안 된다고 했다. Goldman(2011)은 BIM용 소프트웨어나 콘텐츠 등의 측면에서 BIM은 건축을 위한 것이고, 조경에는 맞지 않는다는 일부 시각에 반론을 펴면서, 발주처에서 BIM 프로세스의 이점을 실감하고 있는 상황에서 BIM 확산은 계속될 것이기 때문에 BIM을 도입한 조경업체들은 성장해 나가는 가운데 그렇지 못한 조경업체들은 도태될 것이라고 했다. Barth(2016)는 정부기관이나 발주처의 BIM에 대한 요구와 상관없이 BIM이 우세한 현재 건설산업에서 조경가들이 BIM을 수행하지 못하면 통합된 작업환경에서 열악한 위치를 차지할 것이라고 했다. BIM 수행능력 없이 건축업체의 하도급으로 계약이 성사될 경우, 조

경가들이 설계 자료를 BIM 파일이 아니라, 2차 출력자료인 CAD 파일을 요청했을 때 이로 인해 발생하는 설계오류에 대한 책임을 질 수 있다는 것이다.

조경실무에서의 이러한 지적과 함께 전문적 연구도 진행되고 있다. LIM(Landscape Information Modeling)의 필요성을 강조한 Ahmad and Aliyu(2012)의 연구를 비롯하여 BIM 표준인 IFC와 OmniClass의 분류체계¹⁾에서 지형과 식생 등 조경요소의 수용 가능성을 점검한 Abdirad and Lin(2015)의 연구 등이 그 예이다. 또한 LIM 또는 SIM(Site Information Modeling)의 확산을 위해 영국과 미국 등 선진국의 조경 관련 단체에서는 BIM Working Group을 조직하여 소프트웨어 개발사에 의견을 주거나, 조경요소의 라이브러리 구축 및 표준화에 대한 조직적 활동을 전개하고 있다. 이에 힘입어 BIM을 활용한 해외 조경 프로젝트 사례들이 점차 증가하는 추세이다.

하지만 아직 국내 조경분야에서의 BIM 도입은 이루어지지 않고 있다. 2010년 국토교통부에서 BIM의 적용과 확산을 촉진하기 위해 건축분야 BIM 적용가이드를 작성하여 발표한 이래, 2015년 건축용 BIM 표준 객체모델인 라이브러리 및 활용 어플리케이션을 비롯하여 토목용 도로시설 BIM 라이브러리를 공개하고 무료 배포했다. 조달청에서는 2016년부터 발주하는 모든 공공시설물 사업에서 BIM 사용을 의무화하는 등 적극적인 정책을 펴고 있다. 그러나 조경분야에 대한 정부정책은 아직 구체적으로 공론화되지 않았고, 당장 BIM을 요구하는 조경 프로젝트도 없는 실정이다.

이와 함께 근본적으로 국내 조경분야에서 BIM 도입의 추진이 쉽게 이루어지지 않는 이유는 내부적으로 그 실질적 효과와 실행방법이 공유되지 못한 채 도입에 대한 막연한 어려움과 부정적 시각을 가지고 있기 때문이다. 현재 국내 조경설계는 단순한 도면제작과 수정작업이 비효율적으로 반복되고 있고, 법규 등 관련 분야의 폭넓은 이해와 지식이 부족한 상황이며, 지형을 고려하지 못한 2D 평면 위주의 설계가 이루어지고 있다. 이러한 국내 조경설계분야의 문제점들은 건설정보를 토대로 3D 설계를 지향하는 BIM을 도입함으로써 해결될 수 있다.

이에 본 연구는 BIM을 활용한 해외 조경 프로젝트 사례를 조사, 분석함으로써 국내 조경분야에서 아직 활성화되지 않은 BIM의 도입효과와 그 실행방법을 논하는 것을 목적으로 했다.

이를 위해 BIM의 일반적 특징과 여기에서 예상되는 도입효과들을 유추해 보고, 이 효과들을 보여주는 대표적인 조경 프로젝트를 선정하여 이들을 대상으로 조경정보 구축, 3D 모델링 제작, 상호운용성 확보, BIM 모델의 시각적 활용이라는 네 가지 측면에서 BIM의 실행방법을 살펴보았다.

2. 연구방법

현재 국내 조경설계에서 발생하는 실무적 문제점을 BIM을 도입함으로써 해결할 수 있음을 논하기 위해 BIM의 일반적 특징에 대한 문헌연구를 실시했다. 이를 통해 조경분야에서의 예상 가능한 BIM 도입효과를 살펴보고, BIM 도입에 필요한 요소들을 도출하여 실행방법에 대한 사례분석의 항목으로 사용했다.

다음으로 해외 조경 관련 협회에서 공식적으로 소개된 BIM 프로젝트들을 조사하고, 선행연구에서 논의된 도입효과를 보여주는 대표적 사례를 선정했다. 조경분야에서 BIM 도입을 위한 조직적 활동이 이루어지고 있는 곳은 미국, 영국, 노르웨이와 호주 등이다. 연구의 원활한 진행을 위해 비영어권인 노르웨이를 제외하고, 미국조경가협회(American Society of Landscape Architects, 이하 ASLA), 영국조경협회(Landscape Institute, 이하 LI)와 호주조경가협회(Australian Institute of Landscape Architects, 이하 AILA)로 조사 범위를 한정하여 조경 관련 협회들의 BIM 도입을 위한 활동과 동향을 검토하고, 그 속에 드러난 조경 프로젝트 사례를 조사했다. 이를 위해 각 협회에서 발간된 도서 및 정보지, 학술저널, 뉴스레터, 행사자료집과 유인물, BIM 관련 내부 조직의 소개글과 공개 회의록 등 다양한 자료를 오프라인과 온라인에서 살펴보았다. 조사결과, 공식적으로 소개된 BIM 사례들은 많지는 않았지만, 행사, 출판물, 수상작 소개 과정에서 그 사례들이 발견되었고, 이 중에서 선행연구에서 논의된 설계업무의 자동화, 협업 환경의 마련, 지형설계에서의 형태 구현이라는 세 가지의 BIM 도입효과를 보여줄 대표적인 프로젝트를 선정했다(Table 1 참조).

첫 번째 사례는 미국 Arnold and Porter Roof Terrace다. ASLA는 전문가실무위원회(Professional Practice Committee)에 BIM Working Group을 조직하고, 본격적으로 BIM 도입을

Table 1. The overview of the selected BIM projects

Project	Country(location)	Main effect of BIM	Project type	Client	Contractor
Arnold and Porter Roof Terrace	The United States (Worthington D.C.)	Work efficiency	Garden design	Arnold and Porter (Private company)	HOK
Queen Elizabeth Olympic Park	The United Kingdom (London)	Platform for cooperation	Public park	Olympic Delivery Authority (Public organization)	Arup, Atkins etc.
Victorian Desalination Project	Australia (Wonthaggi)	Topography design	Infrastructure	Victoria state government + AquaSure (Public-private partnership)	ASPECT Studios

준비하고 있는데, 2015년 11월 개최된 Annual Meeting and EXPO에서 세 개의 BIM 프로젝트 사례를 소개했다²⁾. 이중 미국 건축설계회사 HOK(Hellmuth, Obata & Kassabaum)의 워싱턴 D.C. 사무소 조경팀에서 설계한 이 프로젝트는 BIM을 활용하여 설계업무 효율성 향상의 좋은 본보기를 보여주었으므로 본 연구의 첫 번째 사례로 선정했다. 이 프로젝트는 사내 BIM 경연대회(HOK Annual BIM Awards Competition)의 2014년도 특수 프로젝트 유형부문 수상작이다.

두 번째 사례는 영국 Queen Elizabeth Olympic Park다. LI 역시 협회 내 BIM Working Group을 구성하여 조직적으로 BIM 도입을 준비하고 있다. 2016년도에 이 그룹에서 『BIM for Landscape』를 출간했는데, 여기서 이 프로젝트를 BIM 사례로 언급했다. 이 프로젝트는 영국 정부에서 정의한 BIM 성숙도의 Level 2에 해당되며³⁾, 조경전문가들이 토목 및 기반시설에서 설계책임을 맡아 중요한 역할을 수행하면서 협업을 이룬 좋은 본보기를 보여 주었으므로 두 번째 사례로 선정했다.

세 번째는 호주 Victorian Desalination Project다. AILA에서는 CPD(Continuing Professional Development)를 통해 BIM 사용 확대를 꾀하고 있다. Victorian Desalination Project는 AILA에서 개최하는 Victorian Landscape Architecture Awards에서 여러번 수상한 작품으로 2012년도에는 Research & Communication 부문에서, 2016년도에는 Infrastructure 부문에서 수상했다. 이 프로젝트에서 조경가들이 다양한 공간적 맥락의 변수들을 활용한 파라메트릭 모델링(Parametric Modeling)을 이용하여 지형설계를 수행했으므로 본 연구의 세 번째 사례로 선정했다.

이와 같이 선정된 사례의 자세한 조사와 분석을 위해 프로젝트 수행업체, 발주처나 정부 관계기관, 프로젝트에서 사용된 소프트웨어 판매사의 자료들을 추가적으로 수집했다. 수집된 자료는 선행연구에서 도출된 BIM 도입을 위한 네 가지 항목인 조경정보 구축, 3D 모델링 제작, 상호운용성 확보, BIM 모델의 시각적 활용이라는 측면에서 분석되었다.

II. BIM과 조경

LI는 BIM을 시설물의 설계, 시공 및 운영 과정에서 신뢰성 있고 조율된 정보를 기반으로 한 통합된 프로세스라고 하면서 결과물인 3D 모델보다 정보를 건설하는 과정이 중요하다고 했다⁴⁾. 이렇듯 건축분야 외에도 조경을 비롯한 건설산업의 여러 분야에서 그 개념 적용이 가능한 BIM은 속성정보를 포함한 파라메트릭 모델링과 상호운용성이라는 측면에서 기존 모델링 방식과는 다른 다음과 같은 특징을 지닌다(Eastman *et al.*, 2014). 첫째, 3D 형상에 대한 물리적 정보뿐 아니라, 가격, 에너지 효율성, 건설공정, 운영관리 등의 속성정보를 담을 수 있고, 둘째, 이러한 정보가 원활히 교환될 수 있도록 데이터의 상호운용성을 기반으로 하며, 셋째, 고정된 속성이 아닌 변수인 파라미터(Parameter)와 정해진 규칙에 의해 운용되는 파라메트릭 모델링⁵⁾방법을 사용한다.

이러한 BIM의 일반적 특징은 조경분야에서 다음과 같은 BIM의 도입효과를 가능하게 한다(Table 2 참조).

첫째, 정보화된 3D 모델을 활용하면 물량산출 및 견적, 자동 도면 생성, 시방서 작성, 설계의 시각화 등 다양한 업무의 자동화를 이루고, 수정에 따른 오류를 감소시킨다. 따라서 단순하고 반복적인 도면 제작과 수정으로 정작 설계에 소요되는 시간이 줄어들어 현재의 비효율적 설계 업무에 효율성을 기할 수 있다.

둘째, 데이터의 상호호환성을 확보하면 조경 계획과 설계, 시공과 운영 등 단계별 프로세스에서 생성된 정보를 재활용할 수 있고, 발주처를 포함하여 건축, 토목 등 관련 분야와의 정보 공유를 통해 원활한 의견 조율과 협업적 환경이 마련된다. 이로 인해 법규 등 관련 분야의 폭넓은 이해와 지식이 부족한 경우라도 관련 건설정보의 접근과 재활용을 통해 프로젝트에 적극 참여가 가능하다.

셋째, 파라메트릭 모델링을 활용하면 객체간 조건을 설정하고, 파라미터를 변경함으로써 맞춤형 조경 소재의 라이브러리 제작이 가능하고, 유기적이고 복잡한 형태를 구현할 수 있다. 특히 조경의 기초가 되는 지형설계에 파라메트릭 설계도구를 사용하면 지형의 다양한 형태와 이에 따른 성질토량, 경사도, 배수 등의 계량적 산출도 가능해져서 형태별 대안 비교를 할 수 있고, 지형의 구체적 데이터는 시공까지 연계된다. 이는 특히 2D 평면 위주로 설계가 이루어져 3차원적 지형설계에 한계

Table 2. Features of BIM and BIM effects in landscape architecture

Features of BIM	BIM effects in landscape architecture	
Information on various properties with 3D models	· Automatization in conducting documentations, specifications, quantity take-off and cost estimation · Accuracy avoiding many errors	Work efficiency
Interoperability of data	· Information reuse through the process of landscape plan, design, construction and operation · Improvement in communication among various contractors including clients	Platform for cooperation
Parametric modeling	· Producing customized landscape elements with parameters and rules · Advantages in manipulating topographical forms based on cut/fill, slope and irrigation	Topography design

Source: Eastman *et al.*, 2014: 30-34. Author edited

를 가지는 국내 조경설계분야의 한계성을 극복할 수 있다.

BIM의 일반적 특징과 도입효과를 토대로 BIM 실행에 실질적으로 필요한 항목들을 나열하여 분류하면 (1) 조경정보의 구축과 관련하여 정보의 내용, 구축 및 활용법, (2) 3D 모델 제작의 측면에서 소프트웨어와 특정 도구 활용법, BIM 통합모델 저장과 관리, (3) 상호운용성 확보와 관련하여 데이터 포맷과 교환, 정보 표준화, 협업 과정, 그리고 (4) BIM 모델의 시각적 활용 측면에서 시각화의 목적, 내용 및 방법으로 정리된다. 이들은 연구의 다음 과정에서 사례의 분석항목으로 사용되었다.

III. 조경분야에서의 BIM 사례 분석

1. 미국 Arnold and Porter Roof Terrace

Arnold and Porter Roof Terrace(이하 아놀드 앤 포터 옥상 정원)는 워싱턴 D.C. 소재의 법률회사 건물 10층에 위치한 테라스 정원이다. 이 프로젝트를 담당했던 HOK의 Brandon Hartz는 LandArch BIM과의 인터뷰를 통해 조경팀에서 설계와 도면작업의 효율성을 높이기 위해 BIM을 성공적으로 수행하고 있다고 했다⁶⁾. 기존 2D 설계방식으로는 펜스, 가드레일, 경사로, 계단식 벽체 등 복잡한 조경요소들의 입단면도 및 상세도를 개별적으로 제작해야 했으나, BIM 도입으로 설계와 동시에 복잡한 도면이 자동 생성되므로 업무의 효율성을 높일 수 있다고 했다. 이 프로젝트는 발주처의 BIM에 대한 특별한 요구가 있었던 것은 아니지만, Revit이 설계 및 업무 전반에 걸쳐 사용되었으며, 다음과 같은 특징을 가진다.

첫째, 조경정보의 구축과 관련하여 살펴보면 HOK의 조경팀은 이 프로젝트를 위해 Revit에서 기본적으로 제공하지 않는 조경요소들을 Family⁷⁾로 제작했다. Khemlani(2015)는 플랜터, 스크린, 트렐리스, 포장 등이 제작되었는데, 이들을 일일이 속성정보와 함께 3D 형태로 제작하는 것은 시간과 노력을 요하는 것이었지만, 일단 만들고 나면 차후 다른 프로젝트에서 지속적으로 사용할 수 있으므로 설계 효율성을 극대화시킬 수 있을 것이라고 했다. 그는 또한 이 프로젝트에서 재식 유형을 모델링하는 등 식물소재에서도 전적으로 Revit을 사용하여 식재 계획도, 재식 일정 및 수량표 등을 자동으로 작성했다고 전했다(Figure 1-d와 e 참조).

둘째, 3D 모델 제작의 측면에서 살펴보면 기초 건축물과 실내 구조가 이미 Revit으로 제작되었기 때문에 이 모델을 기반으로 조경설계도 Revit에서 이루어졌다. 조경을 위한 전문 소프트웨어의 부재가 지적되는 가운데, 부정형의 지형과 비규격의 유리 가드레일 등 일부 조경요소들은 Revit의 건축 도구들을 적절히 활용한 것으로 드러났다. LandArch BIM과의 동일한 인터뷰에서 Hartz는 지형을 다루는 것은 조경 모델링에서 큰 어려움 중의 하나지만, 이 정원에 계획된 소규모 파형의 지형은 Revit에서 제공되는 바닥(Floor)의 Sub-elements를 활용하여 완성했고, 모델링 후에는 지점별 높이를 활용하여 정확한 경사도 도면을 자동으로 생성했다고 했다. 또한 그는 맞춤형 가드레일을 위해 Revit의 Curtain Wall 도구를 사용함으로써 기존 건축물에 정확히 부합되도록 단절부위를 자유롭게 설정할 수 있었다고 했다(Figure 1-b와 c 참조).

셋째, 상호운용성과 관련하여 살펴보면 건축, 실내, 조경분야

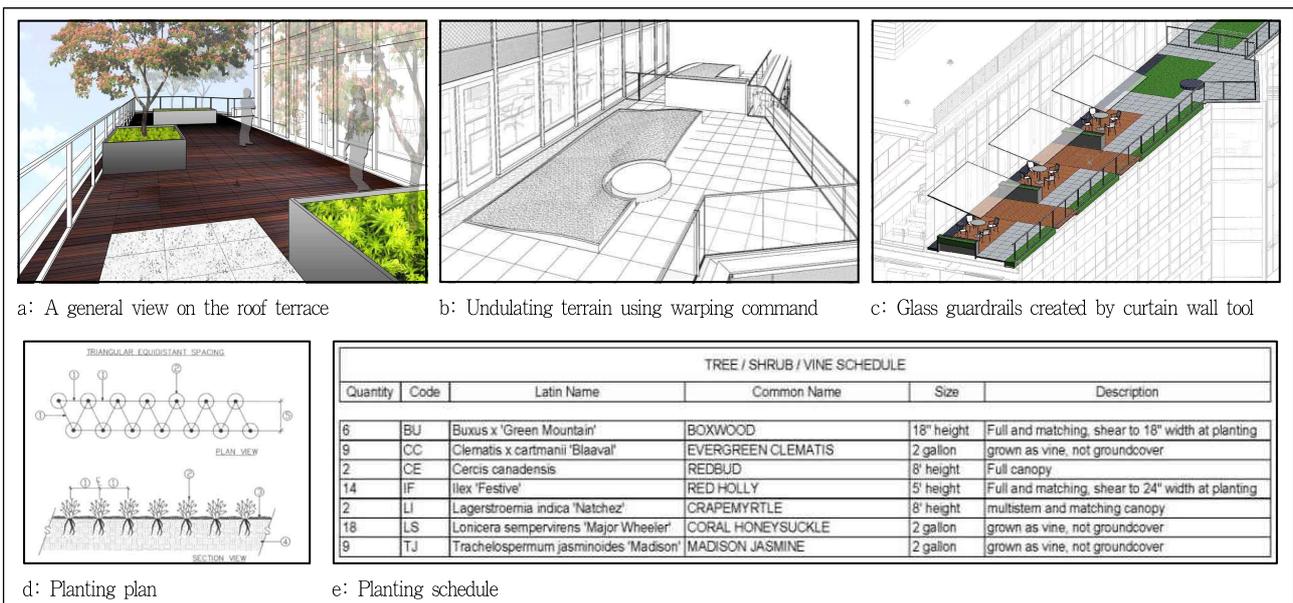


Figure 1. Using BIM in Arnold and Porter Roof Terrace
Source: http://www.aecbytes.com/feature/2015/HOK_BIM_Awards.html

에서 동일한 소프트웨어를 사용하고, 단일 파일 포맷의 건설정보를 생성함으로써 원활한 협업을 이루었다. Khemlani(2015)에 의하면 분야간 협업을 도모하기 위해 정원설계를 Revit에서 진행하기로 결정했고, 이에 조경팀은 처음부터 기초 건축물의 Revit 모델을 건축팀에서 제공 받아서 3D 조경모델을 제작했다. 따라서 이 조경모델은 프로젝트의 최종 단계에서 단일 모델로 쉽게 통합될 수 있었다고 한다.

넷째, BIM 모델의 시각적 활용 측면에서 살펴보면, 3D 조경 모델은 발주처와의 협의에서 프리젠테이션에 사용되어 설계안에 대한 이해를 높이고, 실시간 피드백을 받는 등 적절히 활용되었다(Figure 1-a 참조). 이에 대해 Hartz는 테라스 조경공간이 길고 좁은 장방형 부지였으므로, 설계안이 이용자의 자유로운 동선을 확보하면서 어떻게 사적 또는 공적 공간으로 사용될 수 있는지 발주처에게 보여줘야 했는데, 이때 모델의 3D 투시도들을 통해 설계의도를 정확히 전달할 수 있었고, 동시에 그림자 효과와 캐노피가 형성되는 시뮬레이션을 효과적으로 시연할 수 있었다고 LandArch BIM과의 인터뷰에서 전했다.

2. 영국 Queen Elizabeth Olympic Park

런던의 Queen Elizabeth Olympic Park(이하 런던 올림픽공원)는 2012년 개최된 올림픽경기장을 재활용해 2014년에 재개장한 공원이다(Figure 2-a 참조). 발주처는 올림픽 개발위원회

(Olympic Delivery Authority, 이후 ODA)이며, 마스터플랜은 EDAW(현 AECOM)에 의해 2005년 처음 제안되었다. 그 후 LDA Design과 Hargreaves Associates에서 컨소시엄을 구성하여 설계를 진행했으며, Arup과 Atkins에서 공원 남측과 북측을 담당하여 사업을 수행하면서 본격적으로 BIM을 활용했다. Landscape Institute(2016)는 공원 조성사업은 처음부터 공식적인 BIM 프로젝트로 시작된 것은 아니었지만, 정의된 표준에 따라 도면과 모델을 생성, 공유하고, 통합된 모델을 구축함으로써 BIM에 의한 원활한 협업을 보여준 좋은 사례라고 밝혔다(Figure 2-c 참조).

첫째, 조경정보 구축과 관련하여 살펴보면 대규모 공원 조성 사업에 건축과 조경, 토목, 기반시설에 관련된 다양한 업체들이 참여했으므로 방대한 양의 건설정보를 수집, 저장, 관리하는 등 효과적으로 프로젝트를 관리하기 위해 통합적인 건설정보의 구축이 이루어졌다. May *et al.*(2012)에 의하면 공원에 대한 설계와 시공이 함께 진행되어 수시로 변하는 현황 정보를 참여업체들이 제공 받고 직접 업데이트할 수 있도록 웹 기반의 GIS 검색도구가 개발, 운영되었다(Figure 2-e 참조).

Turnbull(2012)에 의하면 조경, 토목, 기반시설분야에서 2D의 통합 CAD 모델을 제작하여 건설정보를 구축했다. 외부공간의 설계책임은 맡은 Arup과 Atkins는 각 하도급업체에서 2주에 한번씩 CAD 모델을 제출하도록 하고, 개개의 모델을 참조하여 중첩된 통합 모델을 제작했다(Figure 2-d 참조). 이에 대

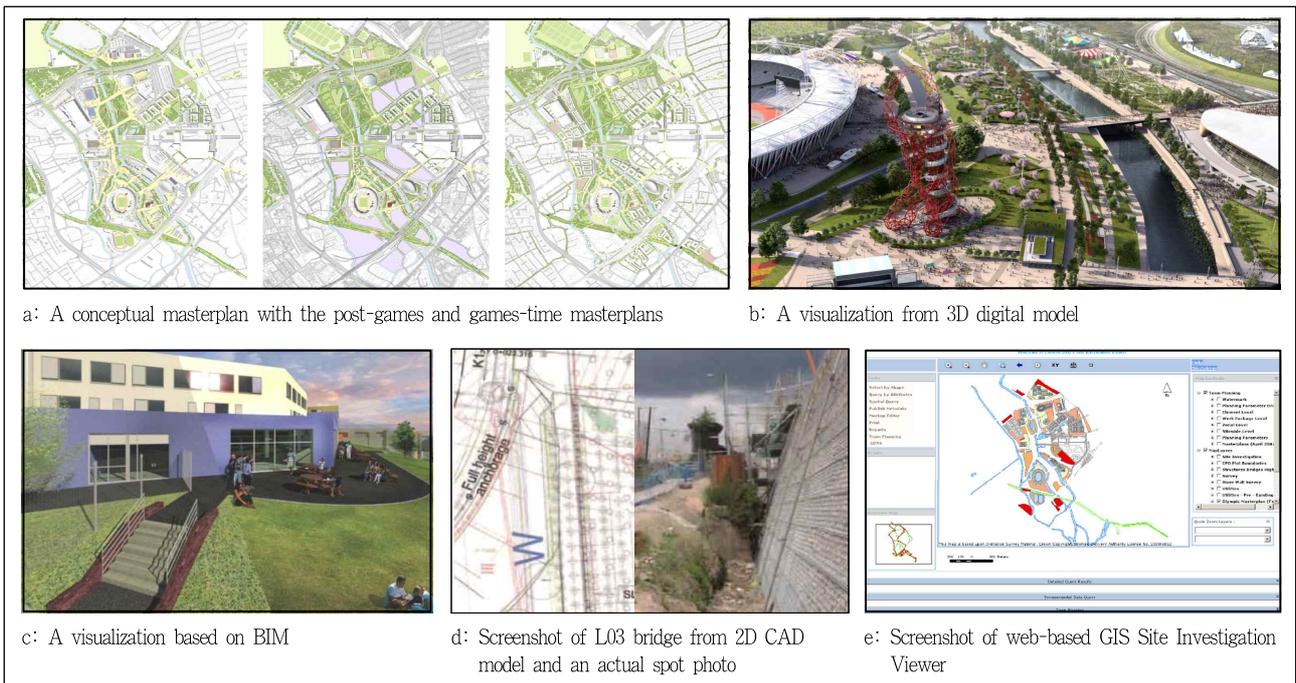


Figure 2. Using BIM in Queen Elizabeth Olympic Park

Source: <http://learninglegacy.independent.gov.uk>; http://www.arup.com/projects/london_2012_landscape_engineering_the_olympic_park; Landscape Institute, 2016: 6; May *et al.*, 2012: 1; Turnbull, 2012: 1

해 Roberts(2012)는 IT 공급업체로 지정된 Bentley System에서 MicroStation의 토목, 구조, BIM에 대한 소프트웨어의 전체 라이선스를 제공하고, 사용을 유도함으로써 설계도구의 통일을 이루었고, 이로 인해 업체들로부터 단일 파일 포맷을 얻을 수 있었다고 했다.

둘째, 3D 모델 제작의 측면에서 살펴보면 건축과 공원 전체 형상을 담은 단일 모델이 제작되었다. 이것은 2D의 통합 CAD 모델과는 별개의 것으로 Timmis and Wan(2012)에 의하면 경기장 설계를 담당한 업체들은 각각 3D Studio로 모델을 제작하여 제출했고, 이를 통합하여 단일 모델을 완성했다(Figure 2-b 참조). 이때 Arup에서 그 기반이 되는 상세한 3D 지형모델을 제작하여 제공함으로써 건축, 도로, 교량, 구조 등 수많은 설계 요소들을 조합할 수 있었다(Arup, 2013).

셋째, 상호운용성 확보와 관련하여 살펴보면 동일한 포맷의 데이터와 정보의 표준화를 통해 설계 및 시공 프로세스 전 과정에서 원활한 협업이 이루어졌다. 이미 설명한 바와 같이 참여 업체들의 다양한 설계도구가 통일되어 2D CAD 모델은 MicroStation에서, 3D 모델은 3D Studio에서 제작되었으므로 각각 동일한 포맷의 데이터가 생성되었다. 또한 Roberts(2012)에 의하면 ODA에서 영국 정보표준인 BS 1192(British Standard 1192)를 준수하여 성과품을 납품하게 함으로써 건설정보의 표준화가 이루어졌다. BS 1192는 CAD에 의한 정보 등 다양한 건설정보의 생산, 배포, 품질을 관리하는 방식에 대한 기준으로, 데이터의 명명, 분류, 레이어, 교환에 대한 방식과 프로

젝트에서의 역할과 책임에 대해 규정한 것이다⁸⁾. 그는 또한 서버에 건설데이터 저장공간(Engineering Data Repository)이 마련되고, 서류관리시스템(Document Control System)이 운영되어 정보의 효율적 관리가 이루어졌다고 전했다.

여기서 주목할 것은 외부공간의 계획, 설계, 시공의 전 단계에서 조경가들이 수많은 참여업체들을 조율하고 관리하는 역할을 했다는 것이다. ODA가 Arup과 Atkins에서 디렉터급 조경기술자(landscape engineer)들의 참여를 요청하여 사업 초기부터 조경팀이 조경과 공공공간에서 설계책임을 지고, 마스터플랜과 토목, 구조, 배수, 조경분야 등 기반시설 사업을 관리, 진행하는 역할을 수행했다(Carmichael, 2012; Arup, 2013).

넷째, BIM 모델의 시각적 활용 측면을 살펴보면 공원 전체의 단일 3D 모델이 설계안 검토, 사업승인, 대중홍보에 사용되었다. Timmis and Wan(2012)은 경기장 건축물을 포함해 40개가 넘는 설계 관련업체들이 참여하여 설계와 시공이 동시에 진행되던 상황을 전하며, 3D 모델을 활용하여 건축물과 구조물들 간의 상관관계를 검토했고, 지역계획위원회(Local Planning Authority)에 개별적 요소들이 주변 환경과 조화롭게 설계되고 있음을 증명함으로써 설계안 승인을 앞당겼다고 했다. 또한 대중매체에 제공할 비디오 동영상을 출력하거나 3D 프린터로 보내, 공청회를 위한 물리적 모델을 출력하는 등 3D 모델의 여러 가지 활용으로 비용을 절감할 수 있었다고 했다.

3. 호주 Victorian Desalination Project

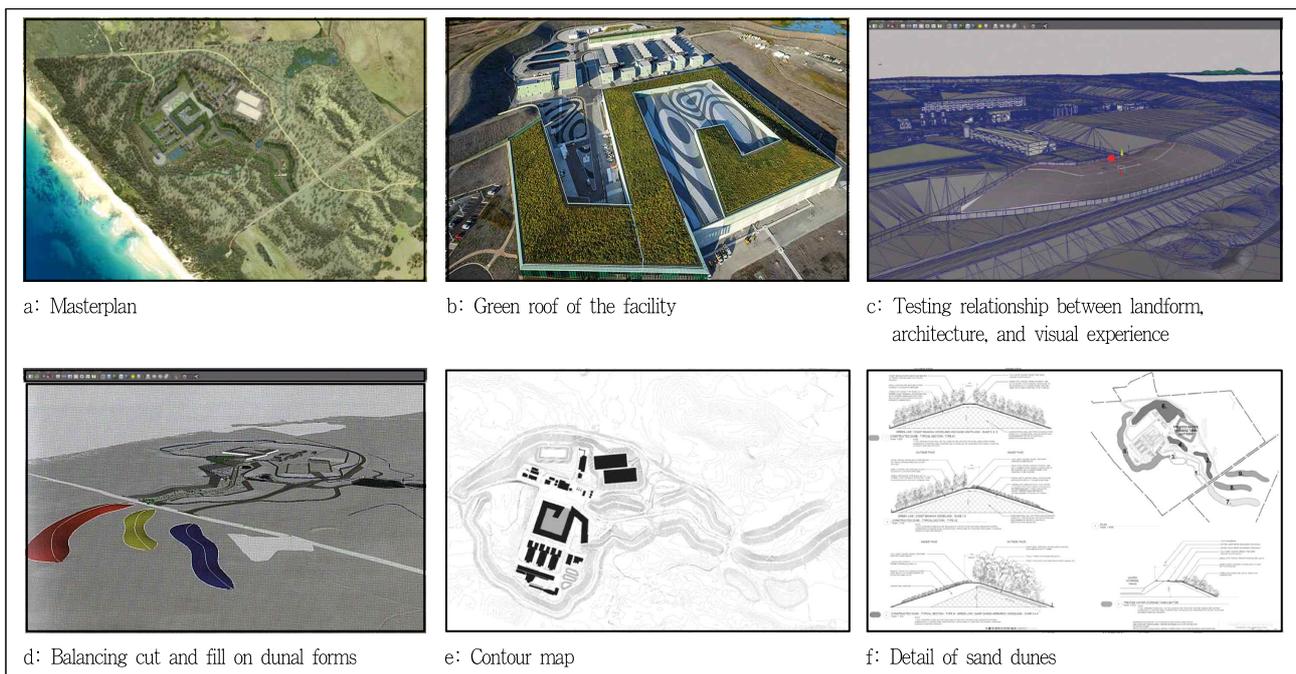


Figure 3. Using BIM in Victorian Desalination Project

Source: <http://www.depi.vic.gov.au>; <http://aspect.net.au>; Wallis and Rahmann, 2016: 28, 31; Petschek, 2014: 248, 249

Victorian Desalination Project(이하 빅토리아 담수처리시설 프로젝트)는 2009년 설계가 시작되어 2012년 완공된 빅토리아 주 완타기(Wonthaggi)의 해안 기반시설로 대규모 담수처리시설과 주변 225ha의 생태보호구역이 포함된다(Figure 3-a 참조). 프랑스 AAE 건축사무소가 설계개념을 잡은 후, 조경을 담당한 ASPECT Studios가 PeckvonHartel과 ARM 건축사무소, Parsons Brinckerhoff와 Beca의 토목팀과 함께 프로젝트에 참여했다. 빅토리아 주정부는 담수처리 시설에 의해 발생할 주변 해안의 환경적 영향과 시각적 침해를 최소화할 것을 요구했다(State Government Victoria, 2009). 이에 ASPECT는 건축 및 토목팀과 함께 시설물의 26,000m²에 달하는 옥상을 녹화하고(Figure 3-b 참조), 그 주변으로 사구(dune)를 조성하는 등 지형설계를 주도함으로써 시각적 충격을 완화하고, 주변 해안과의 조화로운 경관을 계획했다⁹⁾.

첫째, 조경정보의 구축과 관련하여 살펴보면, 지형에 관련된 여러 파라미터들을 활용하여 대규모의 복잡한 지형을 3D 모델로 작성하면서 설계를 진행하고, 이후 이 모델로 도면작업을 수행했다. Wallis and Rahmann(2014)에 의하면 ASPECT는 담수처리 시설과 주변 부지와의 시각적 조화, 친환경성, 비용 측면에서 영향을 미치는 성질토량을 효율적으로 조정하는 것에 설계의 중점을 두었다. 이에 녹화된 시설물의 옥상을 따라 형성되는 경사도에 대한 조건, 대지에 조성될 사구들의 형태와 성질토량, 주변 주요 시점에서의 시각적 영향 등 정보를 수집, 반영하여 3D 모델을 통한 지형설계를 했고, 이후 이 모델을 Revit에 불러들여 경사도 계산과 평면도, 단면도 등 도면작업을 수행했다고 전했다(Figure 3-d, e, f 참조).

둘째, 3D 모델 제작의 측면에서 살펴보면 지형설계에 Maya를 이용한 파라메트릭 모델링 방식이 적용되었다. Wallis and Rahmann(2016)에 의하면 토목팀에서 개략적으로 계획한 지형을 바탕으로 조경기들이 Maya의 표면처리 도구(Surfacing Tool)를 사용하여 여러 포인트들을 밀고 당기면서 지형을 조정, 시험해 봄으로써 섬세하게 지형을 설계해 나갔다. 이때 Maya에 명령어의 작업내역 기록이 남아있어 경사도와 배수, 성질토량 등 다양한 파라미터들을 융통성 있게 설정하고 변경하면서 신속한 반복 작업을 수행할 수 있었다(Figure 3-c 참조). Petschek(2014)은 ASPECT의 이러한 지형설계에 의한 결과로 사구의 높이와 배열이 녹화된 시설물의 옥상과 통합적으로 설계되어 시각적 영향이 완화되고, 사구들은 민감한 시점에서 경관의 주요 요소로 인식되었다고 전했다.

셋째, 상호운용성 확보와 관련하여 살펴보면 조경, 건축, 토목팀은 모델을 서로 다른 소프트웨어로 제작했지만, 적절한 파일 포맷으로 출력하여 Revit에서 통합했다. Wallis and Rahmann은 그들의 연구에서 ASPECT는 Maya, 건축은 3D Studio, 토목은 12D Civil를 사용하여 모델을 제작했고, 개별 모델들은 일주일

마다 주기적으로 교환되었으며, 차후 Revit에서 통합 모델을 완성함으로써 데이터 과부하를 최소화하면서 참여업체들의 의견을 조율해 나갔다고 했다. 특히 시설물 건설에는 건축과 조경팀이, 사구 등 지형 조성에는 조경과 토목팀이 협업을 이루면서 조경팀이 중요한 역할을 했고, 특히 조경의 3D 지형모델은 모든 프로젝트 참여자들에게 '궁극적 의사소통 도구(The ultimate communication tool)'로 간주되었다고 했다(Wallis and Rahmann, 2014; Wallis and Rahmann, 2016).

넷째, BIM 모델의 시각적 활용 측면에서 살펴보면 제작된 3D 모델을 이용하여 시설물의 형태와 주변 지형의 관계를 상세한 수준까지 검토하고, 근접한 거리에서 공간 시뮬레이션을 진행했다. Wallis and Rahmann에 의하면 형태가 복잡한 지형설계에서 전통적인 2D 평면도나 단면도, 콜라주 등을 제작하려면 시간과 노력의 소모가 크고, 설계 이해도 어려웠겠지만, 이 프로젝트에서는 3D 지형 모델을 제작함으로써 다양한 규모에서 설계 업무를 수행하면서 정확한 GPS 지점에서 설계안을 시험해볼 수 있었다. 이로써 발주처와 정부부처, 이해관계집단들과 소통할 수 있는 효율적 프리젠테이션 도구로 사용되었고, 인허가를 받는데 중요한 역할을 했다(Wallis and Rahmann, 2014; Wallis and Rahmann, 2016).

IV. 사례 분석을 통한 시사점

1. 조경정보의 구축

사례의 규모에 따라 구축된 조경정보의 내용을 비교해보면 소규모의 아놀드 앤 포터 옥상정원에서는 시설물과 수목 등 상세한 조경요소들을 라이브러리로 제작하여 3D 형상과 속성정보를 구축한 반면, 대규모의 런던 올림픽공원에서는 2D CAD를 기반으로 조경, 토목, 기반시설에 대한 광범위한 건설정보를 구축했다. 이는 프로젝트에 따라 필요로 하는 정보의 종류와 범위의 차이에서 기인하지만, 이와 함께 대규모 프로젝트일수록 다양한 조경요소의 3D 형태와 정보가 아직 기성 라이브러리로 제작되어 있지 않으므로 그 구축에 대한 부담은 늘면서 소프트웨어 및 하드웨어의 제한은 커지기 때문이기도 하다.

이렇게 구축된 정보의 내용에 따라 BIM의 활용 효과에도 차이가 있었다. 소규모 프로젝트에서는 3D 모델링과 속성정보를 활용하여 도면작업을 자동화하는 등 주로 설계업무의 효율성을 높일 수 있었고 대규모 프로젝트에서는 보다 광범위한 건설정보를 토대로 분야간 협업을 도모할 수 있었다.

정보 구축의 형식을 살펴보면 BIM 성숙전의 과도기적 현상으로 3D 형상과 속성정보의 구축이 별도로 이루어지기도 했다. 런던 올림픽공원 조성사업에서 건설정보들이 3D 모델과 분리되어 2D CAD로 구축된 것이 그 예이다. 이는 영국정부가 구상

한 BIM 성숙도 모델의 Level 2에 해당되는 것이며, 여기서 BIM의 궁극적 목적은 3D 모델에 있는 것이 아니라, 건설정보의 구축과 공유에서 비롯되는 협력과정에 있다는 것을 알 수 있다. LI에서 BIM 프로젝트를 위한 소프트웨어에 대한 일반 실무지침(General Practice Note on SW for BIM Projects)¹⁰⁾을 통해 협회 회원들에게 소프트웨어의 무리한 구입 없이 BIM을 수행할 수 있는 방안으로 정보교환 표준포맷이자 스프레드시트인 COBie(Construction Operations Building Information Exchange)의 활용을 권하는 것도 이 맥락에서 이해할 수 있다.

2. 3D 모델의 제작

3D 모델링 도구를 살펴보면 아놀드 앤 포터 옥상정원에서는 설계도구와 라이브러리에 한계는 있지만, Revit이 사용되어 간단한 지형 조작과 식물소재를 이용한 조경공간의 모델링이 가능함을 보여주었다. 그러나 Revit으로 다양한 파라미터를 활용한 정교하고 복잡한 지형설계를 하기는 어려우므로, 빅토리안 담수처리시설 프로젝트에서는 전문적 3D 모델링 도구로서, Maya가 사용되었다. 이 프로젝트에서는 Maya로 여러 가지 공간적 맥락의 변수를 활용하여 지형설계를 함으로써 조경분야에서 파라메트릭 모델링이 가능하다는 것을 보여주었다. 이미 국내 건축분야에서는 비정형적 형태 전개를 위해 이 방식이 자주 사용되며, 여기서 도출되는 복잡한 정보들을 시공에 바로 연결시키고 있다. 이러한 파라메트릭 모델링을 조경분야에서도 BIM의 주요한 활용방안의 하나로 보고, 그 방법론을 개발해 나갈 필요가 있다.

통합모델 제작 과정을 살펴보면 분야별 모델을 제작하고 이를 주기적으로 교환, 검토하여 차후 통합모델을 완성하는 방식으로 진행되었다. 건설정보가 서버 등 한 곳에 모이도록 단일 모델을 제작하는 것이 이상적이지만, 다양한 분야의 전문가들을 만족시키는 소프트웨어가 아직 없고, 단일 통합모델에 지속적으로 업데이트되는 방대한 양의 건설정보를 저장, 관리하기에는 당시 기술로는 어려웠을 것이다. 모바일과 클라우드 기반의 BIM 기술이나 3D 레이저 스캐닝 등 새로운 도구와 기술이 발전하면서 통합 모델제작과 협업을 위한 보다 원활한 업무환경이 가능해졌으므로 앞으로 더욱 합리적인 모델링 방식을 도모해야 한다.

3. 상호운용성의 확보

사례에서 드러난 BIM 데이터의 상호운용성을 정리하면 아놀드 앤 포터 옥상정원에서는 동일한 소프트웨어인 Revit에 의한 단일 파일 포맷을 사용함으로써, 런던 올림픽공원에서는 정보 표준인 BS 1192를 준수함으로써, 빅토리안 담수처리 시설에서는 Maya에서 Revit으로 파일 포맷을 변환함으로써 정보

의 상호운용성이 이루어졌다. 동일한 소프트웨어를 사용하는 회사내 또는 업체간에는 단일 파일 포맷을 사용하게 되므로 상호운용성을 걱정할 필요가 없지만, 다양한 분야의 업체들이 함께 참여하는 대규모 프로젝트의 경우, 사용하는 설계도구가 다르므로 정보의 표준화를 이루는 것이 중요하다. 따라서 국제 표준으로 인정되는 IFC를 준수할 필요가 있으며, 여기에 조경요소들을 포함시키려는 연구와 노력을 지속해야 한다.

또한 사례를 통해 분야간 데이터의 상호운용성을 토대로 건설정보를 공유하여 협업을 도모하는 것이 BIM의 중요한 효과임을 알 수 있었다. LI는 Lonely BIM과 Social BIM에 대해 다음과 같이 설명한다. 정보모델은 공유나 협력 없이 독립적으로 생성될 수 있으며, 이를 Lonely BIM이라고 한다. 이 경우, 소프트웨어를 최고 수준으로 사용하면서 상당히 복잡한 물체를 모델링할 수는 있으나, 정보공유 없이 이 모델의 사용은 제한적이며, BIM의 효과를 최고로 발휘할 수 없다. 따라서 BIM은 독립적으로 작업에 임하기보다 참여자간 디지털 정보를 공유함으로써 협력하기를 요구한다(Landscape Institute, 2016: 36, 37).

4. BIM 모델의 시각적 활용

건설정보 구축에 의한 업무 효율성 향상과 협업의 도모가 BIM 도입의 궁극적 목적이지만 3D 모델의 부수적 효과로서, 참여자들간의 의견조율, 설계안의 인허가, 대중 홍보 등에서 모델을 시각적으로 활용할 수 있음을 사례에서 확인했다.

McGraw-Hill Construction의 조사보고서에 의하면 2013년도 설계 관련업체에서 선호되는 BIM 활용방안을 조사한 결과, 분야간 협업 다음으로 설계안의 시각화가 우위를 차지했다. 그리고 도입 초기에 있는 BIM 수행능력이 낮은 건설업체들이 높은 수준의 업체들보다 생산성 향상이나 설계 프로세스 개선이 아닌 3D 시각화에 의한 의사소통과 이해도 개선에 BIM의 가치를 더 많이 둔다는 조사결과도 있었다(McGraw-Hill Construction, 2014: 26, 32). 이러한 결과를 바탕으로 보았을 때 협업을 이루는 Social BIM의 완숙단계로 가기 전에 BIM 모델의 시각적 활용도가 높은 편이므로 BIM 도입을 준비하는 국내 조경분야에서 복잡한 지형이나 수목 등 조경요소를 적절히 시각화하는 방안도 고민할 과제 중 하나이다.

V. 결론

이상에서 설계업무의 효율성 향상, 협업 환경의 마련, 그리고 지형설계의 형태 구현에 대한 대표적인 해외사례들을 선정하여 BIM 실행방법을 조경정보의 구축, 3D 모델링 제작, 상호운용성 확보, BIM 모델의 시각적 활용이라는 네 개의 측면에

서 조사, 분석했다. 사례를 분석한 결과, 조경설계분야에서 발견되는 업무상의 문제점들을 BIM을 도입함으로써 해결할 수 있음을 알 수 있었다. 단순하고 반복적인 도면 제작과 수정에 소요되는 시간을 줄여 설계 업무의 효율성을 기할 수 있고, 관련 건설정보의 접근과 재활용을 통해 프로젝트에 적극적 참여가 가능하며, 2D 평면 설계가 아닌 지형의 이해와 적극적 활용을 통한 3D 설계가 가능했다.

이를 통해 드러났듯이 BIM은 디자인을 위한 설계도구라기보다 설계업무의 효율성을 높이고, 분야간 협업을 도모하는 프로세스다. 일부에서는 BIM을 SketchUp, Lumion 등 기존 3D 소프트웨어와 동일시하기도 한다. 그러나 BIM은 단순한 소프트웨어를 의미하는 것이 아니며, BIM용 소프트웨어 역시 3D 형상의 전개 외에도 건설정보의 생성, 공유, 재활용을 가능하도록 한다는 점에서 기존 3D 모델링이나 렌더링 소프트웨어와 차별된다. 또한 일부에서는 BIM용 소프트웨어가 제공하는 도구와 기성 라이브러리들의 조합을 통해 설계가 이루어지면 디자인적 측면에서 창의력이 저하될 것이라는 우려를 나타낸다. 하지만 BIM은 설계가의 감각적 디자인을 대신해 주는 것이 아니라, 건설정보를 활용해 설계도면, 공정 시뮬레이션, 견적 등 관련 업무를 자동으로 수행해 줌으로써 설계가들이 디자인에 시간과 노력을 더 할애할 수 있도록 도움을 주고, 데이터의 상호 호환성을 토대로 분야간 협업을 도모하여 성공적으로 프로젝트를 수행할 수 있도록 도움을 주는 프로세스다.

이상적 사업방식인 IPD를 지향하는 BIM 프로세스는 조경가들이 프로젝트 초기부터 참여하여 전문인으로서, 역량을 발휘할 수 있는 기회와 여건을 마련해 준다. 이미 런던 올림픽공원 조성사업에서는 BIM의 협업 과정을 통해 조경가들이 조경과 공공공간에서 주도적 역할을 수행할 수 있음을 증명했다. 또한 빅토리아 담수처리시설 프로젝트에서는 조경팀에서 제작한 3D 지형 모델이 여러 관계기관들을 설득시키는 유일한 모델로 활용되면서 통합 모델의 기초가 되었고, 조경가들은 협업과정에서 건축과 토목을 이어주는 중요한 역할을 했다. 이렇게 조경가들이 통합 프로젝트에서 중요한 역할을 수행했듯이 건설분야에서 이루어지는 BIM으로의 전환을 위기로 보지 말고 기회로 삼아야 한다.

물론, 조경분야에 BIM을 도입하려면 시설물이나 수목, 지형 등 다양성과 비정형성이 많은 조경요소들로 인해 정보화가 어렵고, 라이브러리 등 관련 정보와 기술력이 부족하며, 지형설계에서도 공학적 이해의 한계가 드러난다. 따라서 객체 라이브러리 구축, 데이터 관리 및 운영 능력의 구축, 파라메트릭 설계기법 등 공학교육 확대 등 지속적 노력을 통해 서서히 변화해 나가야 한다.

본 연구는 사례 선정에서 한계가 있었다. 영어권 자료에 한정하여 노르웨이 등 북유럽국가의 사례들을 포함하지 못했고, 공신력 있는 사례를 선정하고자 특정 소프트웨어의 판매사에

서 소개된 사례들을 연구대상에서 제외시켰다. 또한 선정된 사례들은 2010년 전후의 것이므로 빠르게 진화하는 BIM 기술에 대한 연구가 뒤따라야 한다. 이러한 한계에도 불구하고, 이 연구는 그간 미미했던 조경분야에서의 BIM 도입효과와 실행방법을 사례를 통해 논함으로써 실무분야에서의 실질적인 BIM 활용 가치를 밝혔다는데 그 의의가 있다.

- 주 1. BIM 기술의 이점 중 하나로 거론되는 것은 건설정보를 다양한 업무에서 생성, 공유, 재활용할 수 있다는 것이다. 이는 건설정보의 체계적 분류와 표준화를 전제로 하므로 전 세계적으로 또는 국가별로 이에 대한 노력을 기울이고 있다. IFC(Industry Foundation Classes)는 이러한 맥락에서 개발된 국제표준이며, OmniClass는 유럽과 북미의 건설 분류체계 통합과 국제표준 및 호환성 확보를 위해 개발된 표준이다.
- 주 2. <http://www.asla.org/contentdetail.aspx?id=47349>
- 주 3. BIM 성숙도는 영국 정부에서 본국 BIM 로드맵을 계획하면서 그 활용단계를 정의한 것으로 Level 0에서 Level 3까지 4단계로 나뉜다. Level 2에서는 BIM을 활용한 3D 프로젝트를 수행하는 단계로 각 분야의 프로젝트 참여자들이 3D 모델에 표준화된 건설정보를 첨부하여 활용함으로써 정보를 통한 협력이 이루어진 상태다.
- 주 4. <https://www.landscapeinstitute.org/wp-content/uploads/2016/01/WhatIsBIM.pdf>
- 주 5. 파라메트릭 모델링은 객체를 형태의 고정된 치수나 속성으로 표현하지 않고 다양한 변수와 규칙에 의해 정의하며, 구속조건기반(Constraint-based)과 번식기반(Propagation-based)으로 구분된다. Yoon and Koh(2011)에 의하면 구속조건기반은 소프트웨어에서 벽, 지붕, 창문 등 정의된 구성요소의 치수 및 속성정보 변경으로 정형화된 디자인이 가능한 반면, 번식기반은 연산작용으로 규칙을 가진 요소간에 무한한 진화와 제어를 가능하게 하여 다양한 3차원 형상을 만들어낸다. 이에 대한 구체적인 예를 들어 보면 구속조건기반 모델링에서는 미리 정의된 창문의 형태에 폭을 변경하면서 다양한 크기의 창문을 제작할 수 있고, 또한 이렇게 제작된 창문이 등간격으로 벽에 배치되도록 규칙을 정함으로써 다양한 길이의 벽에 자동으로 창문이 배치되도록 할 수 있다. 반면, 번식기반 모델링에서는 보로노이 다이어그램(Voronoi Diagram) 등 설계가가 정의한 알고리즘을 기반으로 반복적 과정을 통해 단순하지만 불규칙적인 기하학적 패턴을 얻음으로써 건축물의 복잡하고 비정형적인 3D 형태를 만들어 낼 수 있다.
- 주 6. LandArch BIM은 조경분야의 BIM 도입을 위해 온라인 자료를 제공하는 웹사이트로서, 성공적인 BIM 사례를 발굴하여 인터뷰를 실시하고, 내용을 공개했다. (<http://landarchbim.com/2015/04/09/bim-in-practice-hok/>).
- 주 7. Revit의 Family란 다양한 설계요소들을 3차원 형태에 여러 가지 정보를 담아서 미리 작성해 둔 것으로 Auto CAD의 블록과 유사한 개념이다.
- 주 8. http://www.designingbuildings.co.uk/wiki/BS_1192
- 주 9. <http://www.depi.vic.gov.au/water/urban-water/desalination-project>, <http://aspect.net.au>
- 주 10. <http://www.landscapeinstitute.org/wp-content/uploads/2016/01/GENERALPRACTICENOTEONSOFTWAREFORBIMPROJECTS.pdf>

References

1. Abdirad, H. and K. Lin(2015) Advancing in object-based landscape information modeling: Challenges and future needs. *Computing in Civil Engineering*: pp. 548-555.

2. Ahmad, A. M. and A. A. Aliyu(2012) The need for landscape information modelling(LIM) in landscape architecture. Proceedings of Digital Landscape Architecture Conference: 531-540.
3. Arup(2013) London 2012: To the finish line and beyond. (http://publications.arup.com/publications/l/london_2012_to_the_finish_line_and_beyond).
4. Barth, B.(2016, February) The limits of BIM. Landscape Architecture Magazine: pp. 118-125.
5. Carmichael, L.(2012) Learning legacy: Lessons from master planning and designing London 2012. Olympic Delivery Authority. (<http://learninglegacy.independent.gov.uk/documents/pdfs/supporting-documents/learning-legacy.pdf>).
6. Eastman, C., P. Teicholz, R. Sacks and K. Liston(2014) BIM Handbook. 이강, 문현준, 권순옥, 이재민, 김준하, 이진국, 함성일, 강훈식, 최명석, 정지용, 정호중(역). 건축주, 건축가, 엔지니어 그리고 건설인을 위한 BIM 가이드. 서울: 시공문화사. 원서출판 2011.
7. Flohr, T.(2011) A landscape architect's review of building information modelling technology. Landscape Journal 30(1): 169-170.
8. Goldman, M.(2011) Landscape Information Modeling. (http://www.di.net/articles/archive/landscape_information_modeling).
9. Khemlani, L.(2015) HOK's fifth annual BIM awards. (http://www.aecbytes.com/feature/2015/HOK_BIM_Awards.html).
10. Kim, B. Y. and Y. H. Son(2014) The current status of BIM in the field of landscape architecture and the issues on the adoption of LIM. Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture 42(3): 50-63.
11. Landscape Institute(2016) BIM for landscape. Abingdon: Routledge.
12. May, I., D. McCloud and M. Wan(2012) Learning legacy: Web-based spatial data viewer. Olympic Delivery Authority. (<http://learninglegacy.independent.gov.uk/documents/pdfs/systems-and-technology/312-web-based-spatial-data-viewer-s-t.pdf>).
13. McGraw-Hill Construction(2014) SmartMarket report: The business value of BIM for construction in major global markets. (<http://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/solutions/building-information-modeling/construction/business-value-of-bim-for-construction-in-global-markets.pdf>).
14. Petschek, P.(2014) Grading: Landscaping Smart 3D-Machine Control Systems Stormwater Management. Basel: Birkhäuser.
15. Roberts, H.(2012) Learning legacy: Engineering content management and collaboration system deployed by ODA delivery partner. Olympic Delivery Authority. (<http://learninglegacy.independent.gov.uk/documents/pdfs/systems-and-technology/354-engineering-content-management.pdf>).
16. State Government Victoria(2009) Partnerships Victoria project summary: Victorian desalination project. (<http://www.dtf.vic.gov.au/Publications/Infrastructure-Delivery-publications/Partnerships-Victoria/Victorian-Desalination-Project-summary>).
17. Timmis, S. and M. Wan(2012) Learning legacy: 3D model creation and its use on the Olympic Park. Olympic Delivery Authority. (<http://learninglegacy.independent.gov.uk/documents/pdfs/systems-and-technology/323-3d-model-creation-s-t.pdf>).
18. Turnbull, S.(2012) Learning legacy: Using an integrated CAD model for design coordination. Olympic Delivery Authority. (<http://learninglegacy.independent.gov.uk/documents/pdfs/systems-and-technology/9-integrated-cad-s-t-amended.pdf>).
19. Wallis, J., and H. Rahmann(2016) Landscape Architecture and Digital Technologies. Abingdon: Routledge.
20. Wallis, J., and H. Rahmann(2014) Interdisciplinary intersections: New roles for digital technologies and landscape architecture in the design of large scale infrastructures. Proceedings of the 7th International Conference, Kingdom of Saudi Arabia: the Arab Society for Computer Aided Architectural Design. 123-135.
21. Yoon, M. C. and S. L. Koh(2011) Creating parametric atypical form on the BIM-base in the digital space: Focusing on the Voronoi diagram to definition of the parametric space. Journal of the Regional Association of Architectural Institute of Korea 13(3): 79-86.
22. http://www.aecbytes.com/feature/2015/HOK_BIM_Awards.html
23. <http://learninglegacy.independent.gov.uk>
24. http://www.arup.com/projects/london_2012_landscape_engineering_the_olympic_park
25. <http://www.depi.vic.gov.au>
26. <http://aspect.net.au>
27. <http://www.asla.org/contentdetail.aspx?id=47349>
28. <https://www.landscapeinstitute.org/wp-content/uploads/2016/01/WhatisBIM.pdf>
29. <http://landarchbim.com/2015/04/09/bim-in-practice-hok>
30. http://www.designingbuildings.co.uk/wiki/BS_1192
31. <http://www.depi.vic.gov.au/water/urban-water/desalination-project>
32. <http://aspect.net.au>
33. <http://www.landscapeinstitute.org/wp-content/uploads/2016/01/GENERALPRACTICENOTEONSOFTWAREFORBIMPROJECTS.pdf>

Received : 24 November, 2016

Revised : 05 January, 2017 (1st)

Accepted : 05 January, 2017

4인익명 심사필