국가 표준도를 이용한 토목 구조물 BIM 파라메트릭 라이브러리 구축에 관한 연구

김청운¹ · 구본상*

¹서울과학기술대학교 건설시스템공학과

Development of Parametric BIM Libraries for Civil Structures using National 2D Standard Drawings

Kim, Cheong-Woon¹ · Koo, Bonsang*

¹Department of Civil Engineering, Seoul National University of Science and Technology

Abstract : Development of infrastructure component libraries is a critical requirement for the accelerated adoption of BIM in the civil engineering sector. Libraries reduce the time for BIM model creation, allows accurate quantity take offs, and shared use of standard models in a project. However, such libraries are currently in very short supply in the domestic infrastructure domain. This research introduces library components for retaining walls and box culverts generated from 2D standard drawings made publicly available by MOLIT. Commercial BIM software was used to create the concrete geometry and rebar, and dimensional/volumetric parameters were defined to maximize the reuse and generality of the libraries. Use of the these libraries in a project context demonstrates that they allow accurate and quick quantity take offs, and easier management of geometric information through the use of a single library as to numerous 2D drawings. It also demonstrates the easy modification of the geometries of the components if and when they need to be changed. However, the application also showed that some of the rebar components (stirrups and length wise rebars) do not get properly updated when concrete geometries are changed, demonstrating the limits of current software applications. The research provides evidence of the many advantages of using BIM libraries in the civil engineering, thus providing the incentive for further development of standard libraries and promoting the use of BIM in infrastructure projects.

Keywords : BIM, Parametric Modeling, Libraries, Box Culvert, Retaining Wall

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

국내 건설 산업에서 BIM(Building Information Modeling)의 도입이 활발해 지고 있다. 건축 분야에서는 BIM 적용 설계 가이드라인(2011)을 통한 공공 및 민간 프로젝트 전반에 걸쳐 적용이 확대 되고 있으며, 토목분야의 경우 국토교통부에서 BIM 적용 가이드를 마련하는 등, 정책적으로도 BIM 도입을 위한 다양한 시도가 적용되고 있다(Seo et al, 2010).

BIM의 도입을 가속화하기 위해서는 국내 실정에 맞는 표

준 및 지침의 개발, 참고실무 적용사례의 축적, BIM 라이브러리 개발 등, 여러 과제가 남아 있다(Cho 2009). 이중에서 라이브러리 개발은 국내 설계 기준 및 시공 관행에 맞는 콘텐츠가 조속히 제공된다는 측면에서 매우 중요한 항목이다.

BIM은 파라미터(Parameter)를 설정하고 라이브러리(Library)를 구축할 수 있다는 점에서 기존의 CAD 도구들과 차별화된다. 라이브러리를 구축하면 개별 시설물을 프로젝트마다 별도로 모델링하지 않고 재활용이 가능하다. 3차원으로 모델링하고 치수를 파라미터화 함으로서 변형이 용이하며, 기본적인 물량 산출이 곧바로 가능해진다. 뿐만 아니라 다수의 도면을 소수의 3차원 형상 파일로 저장함으로서 관리 및 정보 공유가 신속하고 정확해 진다.

건축 분야에서는 국내외에서 BIM 라이브러리 구축을 위한 많은 노력이 진행되고 있다. 미국의 조달청(General Service Administration: GSA)는 2003년에 공공시설국의 수석 건축(Office of Chief Architecture: OCA)가 제정한 국가 3D-4D-BIM 프로그램을 운영하고 있으며 이

* Corresponding author: Koo, Bonsang, Department of Civil Engineering, Seoul National University of Science and Technology, Seoul 139-743, Korea
E-mail: bonsang@seoultech.ac.kr
Received May 8, 2014; revised May 20, 2014
accepted May 23, 2014

를 위해 BIM 가이드라인과 표준화된 라이브러리 포맷을 제공하고 있다. 영국의 경우에도 NBS(National Building Specification)에서 국가 표준 라이브러리(National BIM Library)를 제공하고 있다.

국내에서도 빌딩스마트협회 코리아(buildingSMART Korea)를 통해서 BIM 표준 라이브러리 시범버전을 공개하였다(Cho 2012). 라이브러리는 기초, 기둥, 보 등 기본 구조와 계단, 천정 등의 이차구조, 그리고 구조물의 마감부위 등과 같은 일반적으로 건축에 대한 객체와 템플릿을 제공하고 있다.

이에 비해 토목공사는 수평적으로 작업이 진행되고, 넓은 작업구역에서 대체로 비반복적인 작업들로 공사가 진행되어 건축분야에 비해 상대적으로 라이브러리 구축이 어려운 이유가 된다(Kang et al. 2013).

이에 따라 라이브러리로서 활용이 가능한 구조물을 선별할 필요가 있으며, 라이브러리 구축 시에도 재활용성을 극대화하는 방법으로 파라미터들을 설정하는 것이 중요하다. 또한 토목 구조물은 공공재 성격이 강하여 라이브러리를 구축했을 때 어느 특정 기업이 아닌 토목 산업 전반에서 사용할 수 있어야 그 활용도가 높아진다.

본 연구에서는 상기 언급한 재활용성과 범용성 기준을 충족할 수 있는 토목분야 시설물의 라이브러리를 구축하는 것을 목적으로 두었다.

우선 라이브러리로서 적합한 대상의 선정에는 단순한 구조물로서 국토교통부에서 표준도를 제공하고 있는 기초 시설물(예: 암거, 옹벽 등)을 대상으로 국한하였다.

이들을 대상으로 상용 BIM 소프트웨어에서 치수 및 물량 파라미터를 정의하여 라이브러리 구축 가능여부를 파악하였다. 또한 라이브러리를 구축했을 때 그 효과 (예, 물량 산출의 정확성, 정보관리 용이성 등)를 파악하였으며 더불어 현재 소프트웨어 기능상 한계점과 개선방안을 도출하였다.

본 연구는 토목 시설물의 BIM 라이브러리 구축의 가능성 여부와 소프트웨어상의 요건을 파악한 기초 연구로 향후 국내 인프라 분야의 BIM 확산에 기여하고자 한다. 최근에는 한국건설기술연구원(Moon et al. 2013)에서 이에 관한 도로, 교량, 터널 등 인프라 시설에 대한 BIM 표준 연구를 선행적으로 수행하고 있으며, 본 연구도 이와 같은 맥락을 하고 있다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 토목 구조물 중 암거 및 옹벽을 파라메트릭에 기반한 라이브러리를 구축하는 것으로 국한하였다. 암거 및 옹벽은 자주 쓰이고, 형상이 유사하여 국토교통부에서 구조설계 없이 바로 쓸 수 있도록 2D 표준 도면을 제공하고 있다.

이들 도면을 기준으로 Autodesk Revit 2014 버전을 사용하여 라이브러리를 구축하였으며, 이들 라이브러리는 구조물의 형상 모델링과 표준 배근도를 이용한 철근을 모델링을 포함하고 있다. 이들 라이브러리로부터 콘크리트, 거푸집 및 철근의 물량을 산출할 수 있도록 파라미터들을 개별적으로 설정하였다. 라이브러리 구축 후 재활용이 가능한지 확인하고 특히 정확한 물량 산출이 가능한지 간단한 검증을 실시하였다.

본 논문에서는 우선 BIM의 핵심 기능인 파라메트릭 모델링, 라이브러리 구축에 관한 이론 및 연구 동향을 소개하였다. 그 후 실제 라이브러리 구축 방법을 소개하고 이를 암거 및 옹벽 라이브러리 구축한 사례를 소개하였다. 마지막으로 라이브러리들의 한계점과 개선 방향을 제시하였다.

2. 이론적 배경

2.1 파라메트릭 모델링

2.1.1 파라메트릭 모델링의 개념

파라메트릭 모델링의 개념은 1980년대 PTC(Parametric Technologies Corporation)가 주도한 산업계와 미국 대학의 복합적인 연구 결과로 떠오르기 시작했다. 기본 개념은 개별 객체의 형상과 속성들이 각각 객체로서 뿐만 아니라 다른 여러 개 객체의 조합 또는 그보다 더 하위 조합의 매개변수에 의해서 위계적으로 정의되고 연동될 수 있다는 것이다(Eastman et al. 2011). Eastman은 이러한 파라메트릭 연동 개념에 근거한 방법론을 적용하면 임의의 객체로부터 다양한 유형의 디자인 대안을 생성하는 것이 가능해진다고 하였다.

예를 들면, 구조물의 크기 변경시 관계가 설정되어 있는 모든 정보가 자동으로 변경되는 특성을 가지게 된다. 이를 통해 실수나 복잡함으로 인하여 발생하는 도면오류를 방지할 수 있다(Park et al. 2010).

이러한 도면 생산방식의 변화는 작업이 효율적으로 수행되는 것을 보장함은 물론, 도면 작업 또는 수정에 투입되는 인원과 시간 절감을 가져오며, 이는 결국 비용절감을 의미한다(Yoon et al. 2009).

2.1.2 BIM 파라메트릭 소프트웨어

BIM 라이브러리를 구축하기 위해서는 소프트웨어의 파라메트릭 모델링 디자인 수법이 요구 된다. Autodesk Revit, Bentley Microstation, Graphisoft ArchiCAD, Gehry Technologies Digital Project, Nemetschek Allplan과 같은 대표적인 BIM 소프트웨어들은 모두 기계 시스템 설계를 위해 개발된 객체중심 파라메트릭 모델링 기능을 바탕으로 만들어졌다.

Table 1에 나와 있는 파라메트릭 기반 소프트웨어들 중 Revit, Microstation, Allplan은 건축, 토목, 플랜트 모두 공통적으로 사용되고 있다. 이에 비해 ArchiCAD 및 Digital Project는 건축분야 중에서도 비정형 구조의 파라메트릭 모델링에 활용이 높다. Civil 3D는 토목 구조물을 위한 전용 프로그램이지만 그 사용도가 국내에서 높지 않고 Revit Structures와 같이 특화된 소프트웨어가 더 많이 쓰인다.

Table 1. Major parametric BIM software

Domain	Software	Company	Characteristics
Buildings + Civil	Revit	Autodesk	People use the most in Korea Intuitive Interfaces The vulnerability of irregular structure
	Micro Station	Bentley	2D and 3D dimensional design and drafting Read and write a variety of standard CAD formats
	Allplan	Nemetschek	People use the most in Europe for Construction process that supports all levels of use Automatic Quantity
Buildings	ArchiCAD	Graphisoft	Collaboration and remote access APIs and scripting Data interchange
	Digital Project	Gehry Technology	Based on CATIA V5 and developed by Gehry Technologies Free-style surface modeling (NUBRS) Integration with Microsoft Project
Civil	Civil3D	Autodesk	Based on AutoCAD Generate construction documentation as a by-product of the design Supports large surface models while maintaining dynamic relationships to source data

이 중에서 Revit은 Fig. 1에서 보듯이 현재 국내에서 가장 많이 사용하고 있고, BIM 도구 시장을 주도하고 있는 프로그램이다. 직관적인 인터페이스로 사용자가 배우기 쉽고, 각각의 기능들이 쉽게 이해할 수 있도록 잘 설계되고 배치되어 있어 BIM S/W를 처음 접하는 사용자도 쉽게 사용할 수 있는 프로그램이다(Lee et al, 2009).

본 연구에서는 토목 구조물의 라이브러리 구축을 위하여 Autodesk사의 Revit 2014버전을 사용하였다.

Fig. 1. Domestic BIM software usage (source: Lee, June 2010)

2.1.3 파라메트릭 관련 국내 연구 동향

Table 2는 최근 건설 분야의 파라메트릭 기술에 대한 국내 연구동향이다. 건축분야에서는 부재나 책상, 의자, 전등, 설비 등과 같은 기본적인 라이브러리들은 파라메트릭 기반으로 어느 정도 구축되어 있기 때문에, 최근에는 초고층 건물이나 비정형 구조에 대해서 파라메트릭 기술이 적용되고 있다(Kim et al, 2012). 더불어 단순한 모델링을 넘어 구조 해석이나 위치정보와 결합한 디지털 공간에 대한 연구도 진행되고 있다(Yoon et al, 2011).

토목분야에서는 최근 들어 BIM의 필요성이 대두되면서 라이브러리 구축에 관한 연구가 진행되고 있고(Moon et al, 2013), 비교적 구조가 정형화 되어 있다고 할 수 있는 교량 분야에서 파라메트릭 기술이 적용되고 있다. 그러나 전체가 아닌 교량 일부분에만 파라메트릭 기술을 적용한 연구가 진행되고 있다(Lee et al, 2013).

Table 2. Major research in BIM parametric modeling in Korea

Title	Author(year)	Summary
Selection of Optimal Structural System for Complex-shaped Super-tall Building Structural Systems Using Parametric Design Technique	Kim. Y., M., KIM. C., K., Choi. H., C. (2012)	Suggests the methodology for selection of optimal complex-shaped super-tall building structural systems using parametric design technique.
Creating Parametric Atypical Form on the BIM-base in the Digital Space	Yoon. M., C., Koh. S., L. (2011)	Converted coordinates with GDL commands can make a parametric Voronoi diagram and make it possible to express creative design thoughts.
Development of BIM Library for Civil Structures based on Standardized Shop Drawings	Moon. H., S., Ju. K., B. (2013)	Develops BIM library based on standardized 2D shop drawings for civil structures.
Parametric Modeling Method for 3D Assembly Design of Parts Composing Superstructure Module on Modular Steel Bridge	Lee, S., H., An. H., J. (2013)	Applicability of the parametric modeling method is demonstrated by testing the shape variation of the superstructure module according to changing the defined parameters.

2.2 BIM 라이브러리

2.2.1 BIM 라이브러리의 필요성

BIM 라이브러리는 BIM 소프트웨어에 내장돼 있거나 사용자가 구축한 개별 부재들의 집합을 일컫는다. 개별 라이브러리는 실제 건설과정에서 사용되는 특정 부재에 대해 다양한 정보(형상 및 치수, 재료, 단가 등)를 포함하고 있다. 라이브러리의 활용은 설계 과정에 있어서 반복적인 작업을 줄이고 데이터를 직접 전달함으로써 협력자간 혼란을 줄여 프로젝트에 대한 신뢰도를 높일 수 있다. 또한 라이브러리를 통해 전적 및 시공, 유지관리까지에도 활용할 수 있다.

따라서 BIM이 건설 산업 전반에 확산될수록 라이브러리의 구축은 시급하다. 하지만 국내에서 제공되는 라이브러리는 다양하지 못하며 기업들도 필요할 때마다 개별적으로

만들어 사용하는 실정이다(Kim et al, 2012).

건설업계 종사자들을 대상으로 설문한 결과 BIM 도입 및 적용의 장애요인으로 라이브러리와 기술 콘텐츠의 부족으로 나타났다(Kwon 2012).

2.2.2 국내외 주요 라이브러리 구축 사례

국내에서는 buildingSMART Korea에서 2011년 BIM 라이브러리 시범버전 v0.9를 공개하였다. 이는 Autodesk사의 Revit과 GraphiSoft사의 ArchiCAD용으로 제작되었으며 Korea BIM Standards (KBIMS) 표준 규격에 따라 조달청 공종코드가 탑재되었고, 추후 정식버전을 공개할 예정이다(Table 3).

‘레빗 패밀리(Revit Family)’는 국내 Revit 사용자들이 만든 온라인 커뮤니티로 사용자들의 필요에 의해 Revit 패밀리를 만들어 공유하고 있다.

Table 3. Research initiatives in BIM library development

Domain	Type	Country	S/W	Summary
Domestic	BIM Standard Library	Korea (public)	Revit, ArchiCAD	BIM library prototype of buildingSMART KOREA
	Revit Family	Korea (private)	Revit	Build and share by Revit users needs in Korea
International	National BIM Library	U.K, (public)	Revit ArchiCAD, Bentley, Tekla, Vectorworks	The primary source of free-to-use BIM content in the UK
	Arcat	USA (private)	Revit, ArchiCAD, AutoCAD	Thousands of data-rich BIM objects and systems, all available in RFA, RVT, DWG, DXF and in Revit 2011, 2012, 2013 and 2014 formats
	Autodesk Seek	USA (private)	Revit, AutoCAD, Sketchup	It's operated by Autodesk company Offer building products
	BIM Object	Sweden (private)	Revit, ArchiCAD	This normally includes popular formats like Autodesk Revit, Artlantis and ArchiCAD

이처럼 국내 BIM 라이브러리는 대부분 건축 요소에 대한 라이브러리이며, 아직은 부족한 실정이다. 이에 비해 국외 BIM 라이브러리는 대부분 민간에 의해 구축되었지만 국제적인 분류체계를 잘 반영하고 있으며, 데스크 톱 컴퓨터 뿐 만 아니라 모바일, SNS 등 다양하게 접근이 가능하고, Arcat의 경우 BIM 데이터 뿐 아니라 dwg, e-catalogs 등도 제공한다.

National BIM Library는 영국 NBS(National Building Specification)에서 배포하고 있는 라이브러리이며 IFC를 포함하여 Revit, Archicad, Vectorworks, Tekla, Bentley 라이브러리를 모두 포함하고 있다. 라이브러리는 사용방법을 설명하는 매뉴얼 파일까지 포함되어 있다.

문이나 창문 제작 업체 등 많은 업체들이 BIM 라이브러

리를 만들기 위해 작업 중이며, 이로 인해 몇 주 단위로 새로운 라이브러리들이 업데이트 되고 있다.

2.3 국토교통부 도로 암거 및 옹벽 표준도

국토교통부에서는 공공공사에서 설계 작업의 효율을 높이기 위해 구조분석이 별도로 필요 없는 기초적 토목 구조물에 대해 표준도면을 제공하고 있다(<Table 4>). 국토건설공사 설계실무요령은 일반국도, 국도대체우회도로, 국가 지원 지방도 건설공사에 있어 설계 및 시공 중 실무자가 분야별 참고자료로 활용할 수 있도록 구성되어 있다. 도로암거표준도와 도로옹벽표준도는 설계변경 등에 유연하게 대처하고, 예산 절감을 위해 단순 반복적으로 시공되는 암거와 옹벽 구조물에 대한 설계 기준을 제시한 표준도이다. 소규모 교량표준도는 상대적으로 규모가 작아 전문 인력 투입이 쉽지 않은 소규모 교량 설계와 시공에 있어 인력관리의 효율성 증대와 부실공사 우려를 방지를 위해 국토교통부에서 2010년 건설교통 R&D정책 인프라사업의 일환으로 만들어진 표준도이다.

Table 4. Standard drawings for civil structures published by Ministry of Land, Infrastructure and Transport

Type	Subtype	Type	Subtype
National highway design manual	earthwork	Retaining wall	gravity retaining wall
	slope stability		semi-gravity retaining wall
	drainage		reversed T-shaped retaining wall
	structure work		L-shaped retaining wall
	tunneling work		
	paving work		
	traffic safety facility		
Box culvert standard drawings	subsidiary work	Small bridge	rigid-frame bridge
	one-bay box culvert		
	two-bay box culvert		
	one-bay waterway culvert		
	two-bay waterway culvert		
	three-bay waterway culvert	standard drawings	slab bridge

이 중에서 도로 암거나 옹벽은 일반 설계 뿐 아니라 수해 복구와 같은 긴급공사에서도 설계 빈도가 잦고 설계기준에 적용에 있어 동일한 작업이 많아, 구조적 안전을 감안한 합리적인 표준설계도가 필요하게 되므로 설계조건별, 규격별로 구조를 표준화해 놓고 있다. 표준도는 규격별로 각각 일반도, 단면도, 철근 조립도, 철근 상세도 재료표 등으로 Fig. 2처럼 구성 되어 있다.

암거 표준도는 사용 용도에 따라 통로암거와 수로암거로 나뉘며, 암거의 크기와 토피고에 따라서 암거의 형태를 나누고 있다. 예를 들어 1면 통로암거의 경우 Table 5와 같이 P1-01부터 P1-35번까지 35개의 암거로 이루어져 있다. 옹벽 표준도는 옹벽 적용 높이와 지반 조건 등에 따라 중력식, 반중력식, L형, 역T형 4가지 형태의 옹벽으로 나뉜다. 암거와 옹벽 표준도의 형식별 종류는 Table 6에 나타내었다.

Fig. 2. Construction of 2D standard drawing by box culvert

Table 5. Standard drawings of box culverts by size and depth of cover

Drawing No.	Size(m)	Depth of cover(m)
P1-01	3.0 X 2.5	2.0
P1-02	3.0 X 2.5	3.0
P1-03	3.0 X 2.5	5.0
P1-04	3.0 X 2.5	8.0
P1-05	3.0 X 2.5	10.0
P1-06	3.0 X 3.0	2.0
P1-07	3.0 X 2.5	3.0
P1-08	3.0 X 2.5	5.0
P1-09	3.0 X 2.5	8.0
P1-10	3.0 X 2.5	10.0
...		
P1-35	7600	1050

Table 6. Standard drawing of retaining wall and box culvert

Type	Subtype	Drawing No.
Box culvert standard drawings	one-bay box culvert	P1-01 ~ P1-35
	two-bay box culvert	P2-01 ~ P2-35
	one-bay waterway culvert	H1-01 ~ H1-50
	two-bay waterway culvert	H2-01 ~ H2-45
	three-bay waterway culvert	H3-01 ~ H3-35
Retaining wall standard drawings	gravity retaining wall	G-1 ~ G-7
	semi-gravity retaining wall	M-01 ~ M-35
	reversed T-shaped retaining wall	T-001 ~ T-165
	L-shaped retaining wall	L-001 ~ L-133

3. BIM 라이브러리 구축 방법

3.1 형상 정보 모델링

구조물의 형상 라이브러리는 Revit에서 새로운 패밀리 만들기 기능을 이용하여 작성하며 다음과 같은 순서로 진행된다.

- 1) [참조평면]을 이용한 기준선 생성
- 2) [솔리드 돌출]을 이용하여 단면 형상 스케치
- 3) 단면의 치수 기입 및 매개변수 지정
- 4) 새로운 유형 추가

Fig. 3. The section type of box culvert

Fig. 3은 1면 통로 암거 구조물에 대한 단면 작성에 대한 그림이다. [참조평면] 기능을 이용하여 기준선을 생성하고, [솔리드 돌출] 기능을 통해 단면을 작성한다. 참조평면은 평면도, 입면도 등 어느 단면에서나 존재하기 때문에 모델링하기 전 기준으로 생성해 놓으면 작업하기가 수월해진다. 이후 작성된 돌출 모델 형상에 필요한 치수를 기입하고, 파라미터로 지정한다. 각 치수들을 파라미터로 지정하게 되면 [패밀리 유형 추가] 기능을 통하여 형태가 같고, 단면 치수만 다른 구조물을 바로 작성할 수 있다. 예를 들어 <Table 7>에서 나타난 P1-01 암거에 대하여 [솔리드 돌출] 모델 작성 후에 각 단면 치수들을 파라미터로 지정하고, P2-02부터 P-35까지의 암거들은 패밀리 유형을 새로 추가하여 파라미터 치수만 바뀌주면 1면통로암거 35개에 대한 라이브러리를 손쉽게 작성할 수 있다.

Table 7. Dimensions for box culvert(mm)

Drawings No.	box width	box height	inner hole height	outside wall height	slab height	hunch	total height
P1-01	3600	350	2500	300	300	200	3150
P1-02	3600	350	2500	350	350	200	3200
P1-03	3600	450	2500	300	400	250	3350
P1-04	3800	550	2500	400	500	300	3550
P1-05	3900	600	2500	450	600	300	3700
⋮							
P1-35	7600	1050	4500	800	1050	450	6600

Revit 패밀리 라이브러리에서 물량 산출은 앞서 지정한 치수 파라미터를 이용한 수식으로 표현한다.

Fig. 4와 같이 콘크리트 물량은 매개변수 유형을 체적 단위로 설정하여 추가하고, 거푸집 물량은 면적 단위로 추가한다. 추가한 매개변수 수식란에 치수 파라미터를 이용하여 물량을 계산한다.

Dimension Parameters		
Total_height	3150.0	=
Slab_height	300.0	=
Outsidewall_width	300.0	=
Box_width	3600.0	=
Length	1000.0	=
Innerhole_height	2500.0	=
Hunch	200.0	=
Footing_thickness	350.0	=
Data Parameters		
Wall_concrete_volume	1.380	= Outsidewall_width * (Innerhole_height - Hunch) * Length * 2
Total_concrete_volume	3.880	= Footing_concrete_volume + Wall_concrete_volume + Slab_c
Slab_concrete_volume	1.240	= ((Box_width * Slab_height) + (Outsidewall_width + Hunch +
Form_area	14.066	= (Total_height * 2 + (Innerhole_height - Hunch) * 2 + (Hunch
Footing_concrete_volume	1.260	= Box_width * Footing_thickness * Length

Fig. 4. Parameters for box culvert type P1-01

예를 들어 기초 콘크리트 물량의 경우 수식란에 [기초_폭*기초_높이*종방향_길이]처럼 입력하면 1.260이라는 기초 콘크리트 물량이 계산되는 것을 볼 수 있다. 단순 계산이 아니라 치수 파라미터를 이용한 수식으로 표현하였기에 나머지 P1-02~P1-35까지의 물량 역시 자동으로 계산된다.

3.2 철근 모델링

Revit에서 철근은 형상 라이브러리와 같은 방법으로는 구축이 불가능하다. Revit에서 제공되는 철근 라이브러리로는 사인장, 스티럽 철근 등 모든 철근을 모델링할 수 없다. 이에 따라 앞서 구축된 형상 라이브러리를 Revit의 프로젝트 파일로 불러들인 후, 기본적으로 제공되는 [보강 철근] 기능을 활용해야 하며, 그 순서는 다음과 같다.

- 1) 형상 모델링 파일 불러들이기
- 2) 철근을 배근하기 위한 단면 뷰(View) 생성
- 3) [참조평면]을 이용하여 기준선 생성
- 4) [보강철근] 기능을 이용한 철근 형상 스케치
- 5) 철근의 정확한 위치 및 간격 설정

Fig. 5. Rebar placing of box culvert

Fig. 5는 3.1절에서 작성한 1면 통로암거에 철근을 배근한 모습이다. 참조 평면은 피복선에 생성하여 철근의 위치를 잡는 데 사용하며, Fig. 1의 표준도를 토대로 단면도에 배근한다. 종방향 철근과 스티럽 철근의 형상은 측면도에서 배근해야 하는데, Fig. 6처럼 종방향 철근인 D1, D2, D3는 정면도에서 점으로만 보이기 때문에 측면도에서 정확하게 모델링이 가능하다. 또한 스티럽 철근인 S1, S2, S3도 정면에서는 직선으로 보이지만 실제 'ㄷ' 모양으로 측면에서 보아야 정확한 형상을 모델링이 가능하다.

Fig. 6. Standard cross-sectional drawing and detail drawing of Rebar

모든 철근들을 단면도에 배근을 하게 되면, 각 철근에 대한 간격을 설정한다. Fig. 1의 단면도와 주철근 조립도에 나와 있는 간격 치수를 보고 개별 철근들에 대한 간격을 설정한다. Fig. 7처럼 철근의 배치 형태와 간격을 설정하면 자동적으로 길이에 맞게 철근이 배근된다.

Fig. 7. Inputting rebar numbers and spacing in Revit

4. 암거 및 옹벽 라이브러리 구축 결과

4.1 형상 라이브러리

형상 라이브러리 구축에 사용된 파라미터는 크게 형상을 표현하는데 쓰이는 치수용 파라미터와 물량을 산출하는 데 쓰이는 데이터 파라미터로 구분한다. 데이터 파라미터는 치수 파라미터에 대한 수식으로 표현하여 치수 값이 바뀌면 자동으로 물량도 바뀌게 된다. 물량 산출용 데이터 파라미터는 기존 표준도의 재료표 항목대로 작성하였다.

4.1.1 암거 구조물 형상 라이브러리

암거 형상 라이브러리에 사용된 파라미터는 Table 8에 나열하였다. 암거 구조물의 단면 형상은 직사각형 형태이므로 치수 파라미터는 폭과 높이 및 암거의 종 방향 길이에 대한 파라미터를 사용하여 총 8개의 파라미터가 사용되었다. 단, 2련, 3련 암거의 경우 내측 벽체에 대한 치수 파라미터가 추가 되어 기존 1련 암거에서 1~2개의 파라미터가 추가되었다. 데이터 파라미터는 크게 거푸집 물량과 콘크리트 물량 두 가지를 사용하였다. 2D 표준도의 내용대로 콘크리트는 기초와 벽체, 상부 슬래브 및 총 콘크리트 물량으로 구분하였다.

Table 8. Parameters for culvert library

Type	Dimension parameters	Data parameters
Box culvert	box width, box height, inner hole height, slab height, inside wall width, outside wall width, hunch, box longitudinal length	footing concrete volume wall concrete volume slab concrete volume total concrete volume form area

4.1.2 옹벽 구조물 형상 라이브러리

옹벽 구조물은 형상 자체가 일정하지 않고, 활동 방지턱이나 기초 상단부에 경사 유무에 따라 라이브러리를 2개 또는 4개의 파일로 작성하였다. Fig. 8과 같이 중력식 옹벽과 반중력식 옹벽의 경우 활동방지턱의 유무로 인하여 라이브러리를 2개의 파일로 만들었다.

Fig. 8. Section view of gravity and semi-gravity retaining wall

L형 옹벽과 역T형 옹벽은 활동방지턱 유무와 더불어 기초 상단부의 경사 여부에 따라서 라이브러리를 4개의 파일로 작성하였다. Fig. 9은 역T형 옹벽 라이브러리의 단면 형상을 나타낸 것이다.

Fig. 9. Section view of cantilever retaining wall

옹벽 라이브러리에 사용된 파라미터는 Table 9에 나타나 있고, 치수 파라미터는 기초와 벽체에 대한 파라미터로 구분되고 앞서 언급한 대로 활동방지턱과 기초 상단부 경사 유무에 따라 그에 대한 치수 파라미터가 추가 된다. 데이터 파라미터 역시 기초와 벽체로 구분하여 콘크리트 물량과 거푸집 물량으로 구분하였고 마감 거푸집은 마구리면에 대한 거푸집 물량을 의미한다. 중력식 옹벽의 경우는 Fig. 8의 (a)에서 보이듯이 기초와 벽체 구분이 없는 형태이므로 데이터 파라미터를 콘크리트와 거푸집 물량 2개로 작성하였다.

Table 9. Parameters for retaining wall library

Type	Size parameters	Data parameters
Gravity retaining wall	lower width of wall, upper width of wall front wall slope, length by front wall slope shear key, shear key height retaining wall total height, longitudinal length	concrete volume, form area
semi-gravity retaining wall	Gravity retaining wall parameters + footing width, wall height, horizontal distance of wall location	footing concrete volume, wall concrete volume, total concrete volume, footing form area, front wall form area, back wall form area, closing form area
L-shaped retaining wall	Gravity retaining wall parameters + footing width, footing height, wall height,	
reversed T-shaped retaining wall	L-shaped retaining wall parameters + horizontal distance of wall location	

4.1.3 형상 라이브러리 구축 결과 및 시사점

파라미터를 사용하여 라이브러리를 구축한 결과 국토교통부의 표준도에 제시된 옹벽과 암거를 모두 라이브러리화할 수 있었다. 더불어, 본 라이브러리를 이용하면 치수가 다른 옹벽 또는 암거라 하더라도 정의된 파라미터를 통해

쉽게 바꿀 수 있다는 것을 알 수 있다.

라이브러리의 구축을 통한 효과 중 하나는 정확하고 신속한 콘크리트 및 거푸집의 물량산출이다. 물량을 표준도의 재료표에 제시되어 있는 물량과 비교한 결과, 라이브러리의 물량 산출이 정확하다는 것을 검증할 수 있었다. 더불어, 재료표에 물량이 잘 못 기재된 경우가 종종 있었는데, 구축된 라이브러리를 통해 오히려 그 오타를 찾아낼 수 있었다.

또한 Table 10에 제시된 바와 같이 라이브러리 구축을 통해 웅벽 및 암거의 형상정보를 표현하기 위한 관리 항목이 크게 줄어드는 것을 볼 수 있다. 예를 들어, 통로암거 1련의 경우 이를 표현하기 위해 35개의 2D표준도가 필요하나, 라이브러리(Revit 패밀리)는 단 1개의 객체로 표현이 가능하다. 따라서, 정보 관리 측면에서도 라이브러리의 유용성을 알 수 있다.

형상이 복잡할수록 라이브러리 및 파라미터의 개수가 늘어나는 것을 볼 수 있다. 치수 파라미터는 반드시 본 연구에서 구축한 파라미터대로 사용해야 하는 것은 아니며, 라이브러리를 만드는 사용자에게 따라 바뀔 수는 있으나 최대한 파라미터 수를 적게 만드는 것이 사용자가 관리하기에 용이하다.

Table 10. Results of libraries and parameters for box culvert and retaining wall

Structures	Type	The number of drawings (ea)		The number of parameters (ea)	
		2D	Revit Library	size	data
Culvert	one-bay box culvert	35	1	8	5
	two-bay box culvert	35	1	9	5
	one-bay waterway culvert	50	1	8	5
	two-bay waterway culvert	45	1	9	5
	three-bay waterway culvert	35	1	10	5
Retaining wall	Gravity retaining wall	7	2	8,11	6
	semi-gravity retaining wall	35	2	6,8	2
	L-shaped retaining wall	165	4	8-12	6
	reversed T-shaped retaining wall	133	4	7-11	6

4.2 철근 모델링 결과 및 문제점

철근 모델은 각 철근마다 간격이 설정되어 있기 때문에 Fig. 10처럼 암거의 길이를 변화하면 철근의 간격대로 자동 배근이 된다. 그러므로 구조물의 길이 변화 시에 일일이 철근 수량을 계산하지 않아도 된다.

그러나 스티럽 철근에 대해서는 자동배근 기능이 제대로 적용되지 않는 것을 확인 하였다. Fig. 11을 보면 (a)처럼 스티럽 철근을 배근하고, 구조물의 길이를 변화시키면 (b)처럼 배근이 되어야 한다. 스티럽 철근을 제외하고 나머지 모든 철근들은 자동배근이 제대로 적용되지만 스티럽 철근은 (c)와 (d) 그림처럼 간격별로 배근이 적용 되는 것이 아

니라 스티럽 철근의 형상 자체가 변형 되는 것을 확인 할 수 있었다.

Fig. 10. Automatic changes in rebar length based on culvert length

Fig. 11. Misrepresentation of stirrups based on changes in culvert length

Table 11은 1련통로암거 단위길이(1m)에 대해 철근을 배근하고 암거표준도 재료표와의 물량을 비교한 것이다. 표준도 재료표상에는 총길이가 733.95m, Revit 일람표에서는 711.29m로 콘크리트와 거푸집 물량과는 다르게 차이를 보인다.

Table 11. Comparison of quantity in 2D Standard drawings vs. Revit library

Sym.	Dia	Length (m)		Quantity		Total length (m)		Problem	
		2D	Revit	2D	Revit	2D	Revit	Lap splice	Automatic placing
B1	25	7.44	7.44	4	4	29.76	29.76		
:									
B6	19	4.92	4.91	4	4	19.66	19.64		
D1	16	1.08	1.00	70	70	75.60	70.00	O	
D2	16	1.08	1.00	68	68	73.44	68.00	O	
D3	16	1.07	1.00	108	108	115.56	108.00	O	
H1	25	3.11	3.09	8	8	24.85	24.75		
H2	25	2.47	2.46	8	8	19.76	19.70		
R1	29	1.42	1.41	8	8	11.36	11.27		
S1	13	1.15	1.05	15	15	17.22	15.73		O
S2	13	1.15	1.05	15	15	17.22	15.73		O
S3	13	0.90	0.86	22	22	19.69	18.96		O
T1	22	7.74	7.74	4	4	30.95	30.95		
:									
T6	22	5.10	5.10	4	4	20.40	20.40		
W1	13	6.44	6.44	4	4	25.76	25.76		
W2	13	6.44	6.44	4	4	25.76	25.76		
Total						733.95	711.29		

그 이유는 Revit에서 겹이음에 의한 종방향 철근의 증가 되는 양을 제대로 반영하지 못하기 때문이다. Table 11에서 보듯이 종방향 철근인 D1, D2, D3 철근이 큰 차이를 보이고 있다. 단위 길이가 1m이기 때문에 종방향 철근 역시 1m가 되어야 하지만 2D 표준도에는 겹이음을 계산하여 1m가 아닌 1.06m, 1.07m 등으로 명시 되어 있다. 하지만 Revit 라이브러리 상에서는 1m로 모델링 하였기 때문에 차이가 발생하였고, 이는 구조물의 종방향 길이가 길어질수록 그 차이는 점점 커진다는 것을 의미한다. 따라서 철근 라이브러리에 대해서는 그대로 사용할 수 없고, 구조물의 종방향 길이에 변화가 있을 시에 겹이음에 대한 보정이 필요하다.

5. 결론

본 연구에서는 토목 시설물 중 옹벽 및 암거를 BIM 라이브러리로 구축하는 방법을 살펴보고 라이브러리의 재활용성과 범용성을 위해 필요한 파라미터들을 제시하였다.

그 결과로 국토교통부에서 표준으로 제시하고 있는 옹벽 및 암거를 총 17의 라이브러리로 모델링하였으며 라이브러리별로 8-12개의 치수 및 5-6개의 물량 산출용 파라미터를 정의하였다.

동일 시설물의 형상 표현을 위해서 540개의 2D 표준 도면이 필요한 것을 감안하면, 라이브러리를 통해 정보관리가 매우 수월해지는 것을 알 수 있다. 또한 2D 표준도의 경우 단순 오기로 인한 치수나 물량의 오차가 발생하지만 BIM 라이브러리의 경우 파라미터들의 자동 계산이므로 그러한 염려가 없어, 정확하고 신속한 물량 산출이 가능해진다. 특성 사업을 위해서 형상을 바꿔야 할 경우에도 파라미터들의 재설정을 통해 쉽게 변환이 가능해진다.

옹벽 및 암거의 형상 뿐 아니라 철근도 모델링이 가능하나 종방향 겹이음과 스트럽의 경우 현재 상용 소프트웨어에서의 문제점도 파악하였다.

철근 라이브러리는 각각의 철근을 하나씩만 모델링하고 간격만 설정해 주면 나머지는 자동 배근되어, 구조물의 길이가 변화되어도 배근과 물량 산출을 따로 하지 않아도 되는 장점이 있다. 그러나 종방향 철근의 겹이음에 대한 물량오차와 스트럽 철근의 자동배근에 대한 문제점이 있어 이에 대한 보완이 필요하다. 이는 Autodesk사에서 제공 Revit API(Application Programming Interface)를 이용한 Plug-in의 개발을 통해 보완이 가능할 것으로 판단되며 향후 연구가 계획되어 있다.

본 연구에서 구축한 라이브러리는 표준화된 제작 기준이 없어, 이를 따르지 못한 한계점이 있다. 현재 한국건설기술 연구원에서는 BIM 라이브러리의 제작 기준 및 가이드라인

을 제시할 계획이며, 이와 관련한 연구를 진행 중이다. 추후 API 등을 활용한 철근 라이브러리에 대한 보완과 표준화를 통한 Revit 외에 기타 다른 소프트웨어에 대한 상호연동 여부에 대한 연구가 계획되어 있다.

감사의 글

This study was supported by the Research Program funded by the Seoul National University of Science and Technology(2013-1162).

References

- Arcat <http://www.arcad.com/bim/bim_objects.shtml> (Apr. 2014)
- Autodesk Seek <<http://seek.autodesk.com/>> (Mar. 2014)
- BIMObject <<http://bimobject.com/Product>> (Mar. 2014)
- Cho, H. (2012). "Announcement of the BIM Library Version 0.9 for Supporting Efficient BIM-based Design Process." The BIM, buildingSMART Korea, 6, pp. 76-76.
- Eastman C., Teicholz Paul., Sacks Rafael. and Liston K. (2008). BIM Handbook. John Wiley & Sons Inc. USA. pp. 46-49.
- GSA (U.S. General Services Administration) <<http://www.gsa.gov/portal/category/21062>> (Mar. 2014)
- Oh, K. T., Ahn, J. M., Jeong, J. S., Jung, I. S., Lee, C. S. (2010). "Checklist of Design Phase for Reducing the Noise and Vibration occurring in Construction" Korean journal of Construction Engineering and Management, KICEM, 11(3), pp. 55-63.
- Kang, L. S., Moon, H. S., Kim, H. S. and Kwak, J. M. (2013) "Usability Improvement of BIM for Construction Projects Using Active BIM Functions." Korean journal of Construction Engineering and Management, KICEM, 14(5), pp. 74-83.
- KBIMS (Korea BIM Standards) (2011)<<http://kibims.buildingsmart.or.kr/Default.aspx>> (Mar. 2014)
- Kim, C. K. and Choi, H. C. (2012). "Selection of Optimal Structural System for Complex-shaped Super-tall Building Structural Systems Using Parametric Design Technique." Journal of the Architectural Institute of Korea Structure &

- Construction, Architectural Institute of Korea, 28(1), pp. 77-84.
- Kim, J. Y. and Park, J. D., (2012). "A Study on the International Classification Code based Standardization of BIM library." 2012 Conference Journal of Korean Institute of BIM. KIBIM. 2(1), pp. 23-24.
- Kwon, S. H. (2012). "2012 BIM Survey" The BIM, buildingSMART Korea, 8, pp. 48-50.
- Kim, Y. M., Kim, C. K. and Choi, H. C. (2012). "Selection of Optimal Structural System for Complex-shaped Super-tall Building Structural Systems Using Parametric Design Technique." Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction, AIK. 28(1), pp. 77-84.
- Lee, B. C. (2010). "A study on the BIM application for architectural design company." Dissertation of master degree in Soongsil University.
- Lee, C. J., Lee, G. and Won, J. S. (2009). "An Analysis of the BIM Software Selection Factor ." Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction, AIK, 25(7), pp. 153-163.
- Lee, S. H. and An, H. J. (2013). "Parametric Modeling Method for 3D Assembly Design of Parts Composing Superstructure Module on Modular Steel Bridge." Journal of Korean Society of Civil Engineers. KSCE, 26(1), pp. 35-46.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport(2008). "Standard drawings of Box Culvert."
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport(2008). "Standard drawings of Retaining Wall."
- Moon, H. S. and Joo. K. B. (2013). "Development of BIM Library for Civil Structures based on Standardized Shop Drawings." Summer Conference Journal of Society of CAD/CAM Engineers., Society of CAD/CAM Engineers, 8, pp. 150-156.
- NBS (National BIM Specification) National BIM Library. <<http://www.nationalbimlibrary.com/>> (Apr. 2014)
- Park, C. S. and Park, H. T. (2010) "Improving Construct ability Analysis Tasks by Applying BIM Technology." Korean journal of Construction Engineering and Management, KICEM, 11(2), pp. 137-146.
- RevitFamily <http://revit.gocad.co.kr/rvt_family> (Mar. 2014)
- Seo, J. H., Seo, H. C. and Kim, J. J. (2010). "A Study on the Improvement of BIM Education Programs. -Focused on the Industry and Public Organizations- " 2010 Conference Journal of The Korea Institute of Building Construction, KIC, 10(1), pp. 221-224.
- Shim, C. S. and Lee, K. M. "3D BIM Design Guidelines for Civil Infrastructures" Journal of Korean Society of Civil Engineers. KSCE. 57(11), pp. 56-65.
- Cho, C. W. (2009). "Survey Results on BIM Adoption in Korea" The BIM, buildingSMART Korea, 2, pp. 17-24.
- Yoon, M. C. and Koh, S. L. (2009). "A Comparative Study on AEC CAD Educational Methods Applied Building Information Modeling Tools." Journal of the Regional Association of Architectural Institute of Korea, AIK-RA, 11(2), pp. 93-100.
- Yoon, M. C. and Koh, S. L. (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, AIK-RA, 13(3), pp. 79-86.

요약 : 토목 분야 Building Information Modeling(BIM) 활성화를 위해 시급한 과제 중에 하나가 토목 구조물에 대한 라이브러리(Library)의 구축이다. 라이브러리의 구축을 통해 BIM 모델링의 시간을 단축할 수 뿐 아니라, 정확한 물량산출과 표준화된 모델의 공유가 가능해진다. 그러나, 건축분야에 비해 국내 토목 구조물에 대한 표준화된 라이브러리는 매우 부족한 실정이다. 본 연구에서는 국토교통부에서 제공하는 2차원 표준도를 기반으로 옹벽 및 암거 구조물을 라이브러리로 구축하였다. 상용 BIM 소프트웨어를 사용하여 각각 구조물에 형상과 철근을 모델링하는 방법을 적용하였으며, 특히 라이브러리를 재활용하고 범용적으로 쓸 수 있기 위한 치수 및 물량 파라미터들을 정의하는데 주력하였다. 구축된 라이브러리를 실제 사업에 투입했을 경우, 정확하고 신속한 물량산출이 가능하고 형상정보가 1개의 라이브러리로 통합 관리되어 기존 2D 도면에 비해 관리가 용이하다는 것을 파악 할 수 있다. 또한 콘크리트 형상을 파라미터의 조정으로 쉽게 바꿀 수 있다는 것을 알 수 있다. 그러나, 철근의 경우에는 형상 파라미터를 조정함에 따라 스트럽 및 겹이음 철근의 조정이 제대로 되지 않아 아직까지는 수동으로 물량을 조정해야 하는 한계점이 있다. 본 연구의 결과를 통해 토목구조물은 비정형적이고 개별 사업에 따라 단품적으로 생산되기에 라이브러리의 구축이 어렵다는 인식에서 벗어나 국내 토목 시설물 기준 및 시방서에 따른 꾸준한 라이브러리 추적을 통해 BIM 적용 확산을 앞당길 수 있을 것으로 판단된다.

키워드 : BIM, 파라메트릭 모델링, 라이브러리, 암거, 옹벽