

건설정보모델의 속성입력 간소화에 관한 연구- I : 옹벽의 BIM 속성분류체계 및 변수모델 개발

이헌민^{1*}, 안재윤², 정영욱²

¹서영엔지니어링 BIM 개발부, ²서영엔지니어링 기술연구소

A Study on the simplification of Inputting Attributes into a Building Information Model - I: The Development of BIM Attributes Classification and Parametric Model for Retaining Wall

Heon-Min Lee^{1*}, Jae-Yoon Ahn², Young-Wook Jung²

¹BIM Development Department, Seoyoung Engineering Co., Ltd.

²R&D Center, Seoyoung Engineering Co., Ltd.

요약 건설 과정은 발주, 설계, 시공, 운영, 유지관리에 이르는 전 생애 주기를 거쳐 방대한 양의 정보들을 생성시킨다. 이상적인 건설정보모델은 이러한 정보들을 빠짐없이 보유하고 있어야 한다. 본 연구에서는 과정이 진행됨에 따라 생성되는 많은 양의 정보들을 건설정보모델에 입력하는 과정을 간소화 시킬 수 있는 방법을 제시하였다. 그 방법은 건설정보모델을 정보가 기록되는 최초의 파일로 사용하는 것이다. 이를 위해서 본 연구에서는 모델의 속성 분류 체계와 속성 항목을 정의하고 이에 대한 코드 체계를 정립하여 BIM 소프트웨어의 사용자 속성에 추가하였다. 또한 추가된 사용자 속성의 각 항목으로 올바른 값을 반환시켜 줄 수 있는 변수 모델을 개발하였다. 그리고 개발된 변수 모델이 과정의 핵심 도구로서 활용될 수 있는지 검증하였다. 본 연구에서 제시한 방법을 활용하면 설계 분야에서 건설정보모델을 능동적으로 활용할 수 있으므로 중복 업무가 배제되어 설계 비용이 감소될 수 있을 것으로 예상된다. 또한 시공 및 유지관리 분야에서도 확장하여 적용할 수 있을 것으로 기대된다.

Abstract Construction goes through a life cycle, ordering, design, construction, operation, and maintenance. This process generates a vast amount of data. The ideal building information model should have all of this information. This study proposes a method to simplify the task of inputting information into a building information model (BIM). It uses the BIM as the first file in which information is recorded. To do this, we defined an attribute classification system and attribute items for a building information model, established a code system for them, and added them to the user attributes of BIM software. We also developed a parametric model that can return the correct value of each item of the added user attribute. We verified that the parametric model could be used as a key tool for construction. By using this method, a BIM can be actively used in design. It eliminates redundant tasks and reduces design costs. In addition, it is expected that it can be expanded and applied in construction and maintenance.

Keywords : Building Information Modeling, Attributes, BIM Attribute Classification, Parametric Model, Reinforced Concrete Retaining Wall

본 논문은 국토교통과학기술진흥원 “철도인프라 생애주기 관리를 위한 BIM기반 통합플랫폼 개발” 지원으로 수행되었음.

*Corresponding Author : Heon-Min Lee(Seoyoung Engineering Co., Ltd.)

email: misora410@gmail.com

Received November 8, 2022

Accepted January 6, 2023

Revised December 14, 2022

Published January 31, 2023

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

발주, 설계, 시공, 운영, 유지관리에 이르는 건설의 모든 과정에서 수많은 정보들이 생성된다. 이상적인 건설정보모델은 이들 모두를 빠짐없이 보유하고 있어야 한다. 또한 모델이 보유한 정보를 활용하여 사용자가 원하는 결과를 도출함에 있어 장애가 없어야 한다. 이것은 그 결과를 도출해 주는 장치를 모델이 탑재하고 있거나 그 장치와 모델이 상호 작용할 수 있는 인터페이스가 준비되어 있다면 가능하다. 이때 중요한 것은 건설정보모델이 정보를 기록하는 최초의 파일이 되어야 한다는 것이다. 모델과 무관하게 프로세스가 진행되면 방대한 양의 정보들을 다시 모델에 저장해야 하는 업무의 중복이 발생하기 때문이다. 이 경우 정보 입력의 오류를 간과할 수 없다. Lee et al.(2022)은 다수의 참여자에 의해 수작업으로 진행되는 BIM 모델링 과정 특성상 모델 내 기입된 정보의 정확성을 보장하지 못하고 있음을 강조하고 있다 [1]. 또한 Park et al.(2022)은 모델 구축 시간이 오래 걸려 설계 분야의 업무 생산성이 낮은 문제가 있음을 지적하고 있다[2]. 이를 해결하기 위하여 Shin et al.(2020)은 매개변수형 옹벽과 배수공 라이브러리 개발에 대한 연구를 수행하여 효율적인 모델 생성 방법을 제시하였으나[3] 형상의 정확성 제고에 초점을 둔 연구로 상세 수준별 모델의 구현이나 속성의 활용성 제고에 대한 내용이 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 모델의 속성에 대한 분류 체계를 정립하고 BIM(Building Information Modeling) 소프트웨어에 추가하는 한편, 상세 수준별 정보 항목을 설정하여 업무의 단계별로 필요한 속성이 출력될 수 있을 뿐 아니라 설계 도구로서 활용할 수 있는 수준의 형상 변경 자유도를 겸비한 변수 모델 제작 방법을 제시하고자 한다. 연구 성과의 구체적인 제시를 위하여 현장 타설 콘크리트 옹벽을 대상으로 연구를 수행하였다.

1.2 이론적 고찰

1.2.1 건설정보모델의 구성요소

건설정보모델은 형상(geometry)과 속성(attributes)으로 구분된다. 형상은 영상처리 장치를 통하여 구현되는 디지털 그래픽으로 그 목적은 사람에게 시설의 형상을 명확히 전달하는 것이다. 형상을 구현하기 위한 데이

터는 크게 치수와 식별로 그 유형을 구분할 수 있다. 치수는 조형 요소인 점, 선, 면, 솔리드를 작도하기 위한 길이, 각도, 비율, 개수 등과 같은 숫자형(numerical) 데이터이며 식별은 선의 종류나 선과 면에 반영되는 색 또는 재질을 정의하는 문자형(string) 데이터이다.

속성은 특정한 목적을 위하여 모델에 저장되는 정보를 의미한다. 그 목적은 후속 업무의 정상·정량적 결과 도출에 사용되는 장치, 모듈, 함수 등에서 필요로 하는 입력 정보로 활용되는 데 있다. 따라서 속성은 각 단계의 업무에서 활용하기 편한 형태로 분류, 정의될 필요가 있다. 현재 상용화되고 있는 BIM 소프트웨어들은 기계, 건축 등의 분야에서 정립된 기본적인 속성들을 제시하고 있지만 토목 분야의 시설들이 요구하는 속성과 사뭇 달라 본 연구에 적용하기에는 적절하지 않았다. 따라서 본 연구에서는 설계 단계에서 모델이 보유해야 하는 건설 정보를 분석하여 이에 대한 분류 체계를 정립한 후 이를 본 연구에 활용되는 소프트웨어의 사용자 속성 그룹 및 그룹별 속성으로 정의하고 변수 모델 개발에 활용하는 방식으로 연구를 수행하였다.

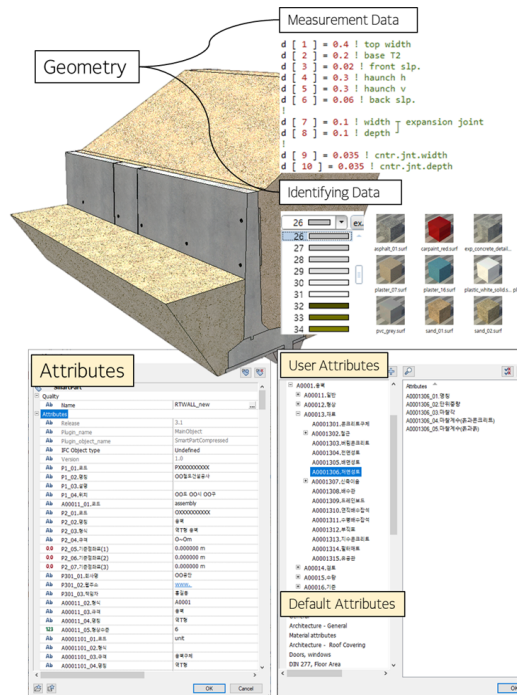


Fig. 1. The Components of Building Information Model

1.2.2 상세수준별 정보항목의 설정

건설정보모델의 상세 수준(LOD : Level Of Development)을 구분하는 이유는 현재 단계의 업무에 필요한 가용(허용 오차 이내)의 결과를 도출할 수 있는 최소 상세 수준의 모델을 정의하기 위함이다. 상세 수준은 ‘형상’과 ‘정보’ 각각에 대하여 정의될 수 있다[4]. Lee et al.(2021)은 ‘형상’에 대한 상세 수준(LOG : Level Of Geometry, 이하 LOG)을 유닛(unit)과 어셈블리(assembly) 두 가지 유형에 대하여 정의하였다. 여기서 유닛은 트리 구조의 리프(leaf)단 노드에 해당하는 모델을 의미하며 어셈블리는 그 외의 모든 노드에 해당하는 모델을 의미한다(Fig. 2). 유닛과 어셈블리 모두 LOG를 부여하는 방식은 동일한데 그 방식은 가장 높은 LOG를 정의한 후 필요에 따라 낮은 LOG를 설정하는 것이다. 낮은 LOG를 설정하는 방식에는 두 유형에 차이가 있는데 유닛의 경우 그래픽 구현에 활용되는 절점의 개수를 저감하여 설정하며 어셈블리는 트리 구조상 해당 노드의 바로 아래에 위치하는 서브 모델들의 LOG를 저감시키는 방식으로 낮은 LOG를 설정한다[5].

‘정보’에 대한 상세수준(LOI : Level Of Information 이하 LOI)은 업무의 단계와 동일하게 구분할 수 있으며, 구분된 LOI는 모델에 저장되어야 하는 모든 정보 각각에 LOI 정수를 부여하는 방법으로 표현 할 수 있다.

1.2.3 변수 모델

변수 모델은 사용자가 입력한 정보를 활용하여 형상의 변경, 설계 정보의 계산, 수량의 산출 등 원하는 결과가 도출되도록 개발된 건설정보모델이다. 변수 모델은 변수, 데이터, 함수로 개발되는 결과물이며 대화창(user interface), 모델, 정보로 구성된다. 변수는 데이터를 저장하기 위한 장소이며 용도에 따라 전역 변수(global parameters)와 지역 변수(local parameters)로 구분된다. 전역 변수는 보통 사용자와의 대화를 목적으로 활용되며 지역 변수는 개발의 편의를 위하여 활용된다. 함수는 BIM 소프트웨어의 개발 도구에서 기본적으로 제공하는 명령문과 개발자가 필요에 의해서 이들을 조합하여 사용하는 사용자 함수로 구분할 수 있다. 본 연구에서는 건설정보모델을 BIM 프로세스의 핵심 설계 도구로 활용하기 위한 방법의 일환으로, 연구의 범위에 설정한 현장타설 콘크리트 용벽의 설계가 가능한 변수 모델을 개발하였다.

2. 본론

2.1 모델의 속성 분류 및 코드 체계 제시

모델의 정보는 과업이 진행됨에 따라 점차 누적된다. 이 과정에서 이전에 정의된 정보는 새로운 정보를 정의하는데 필요한 변수로 호출될 수 있어야 하므로 고유한 명칭으로 정의될 필요가 있다. 모델링은 일반적으로는 미시의 부품이나 제품(볼트, 레일체결장치 등)에서부터 거시의 부재나 시설(거더, 교량 등)에 이르는 모든 규모의 물체를 그 대상으로 하며, 특수하게는 특정 형상으로 표현하기 어려운 어떠한 공정의 결과나 그 공정 자체가 모델링의 대상이 될 수 있다. 과업은 이러한 모델들이 필요에 따라 조합되며 새로운 정보가 정의되는 행위의 반복으로 진행된다. 정보는 모델에 종속되어 있으며 반복되는 호출에서 고유함을 잃지 않아야 하므로 정보의 명칭에서 모델이 특정될 수 있어야 한다.

이를 위하여 본 연구에서는 속성의 코드 체계를 Fig. 2과 같이 모델 코드와 속성 코드로 구분하였다. 여기서 모델 코드는 모델링의 대상이 되는 물체를 특정할 수 있는 방법으로 규정되어야 하는데 본 연구에서는 이를 따로 정의하지 않았으며 임의의 코드를 사용하였다.

속성의 코드 체계를 제시하기 위하여 본 연구에서는 모델의 속성을 Table 1과 같이 8가지 유형의 클래스로 분류하였다. 분류의 기본 개념은 Fig. 2와 같은 트리 구조에 존재하는 모든 노드의 모델에 적용할 수 있는 정보 그룹의 명칭과 항목을 정하는 것이며 해당 노드에 서브 모델이 존재하는 경우 각 서브 모델의 정보가 조회될 수 있도록 하는 것이다.

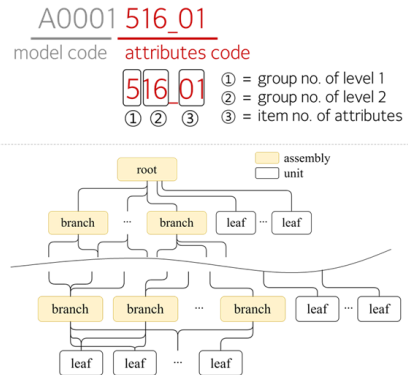


Fig. 2. Attributes Code System

Table 1. Attributes Classes

Attributes Class		Items
1.actual model	project	code, title, description, address
	target	code, name, type, standard, coordinates, date
	parties	order, design, construction, operation, maintenance
2.virtual model	master model	model code, name, type, standard, LOG, LOI, LOD
	sub_model-1	
	sub_model-n	
3.geometry	master model	It is selected as input information for programs used for follow-up work or information that can be used for decision-making
	sub_model-1	
	sub_model-n	
4.material	sub_model-1	
	~	
	sub_model-n	
5.check	performance	the items of required performance and the result value and satisfaction of each item.
	checklist	checklist
	note	Annotation of the facility as specified in the design documents.
6.quantity	work-1	name, standard, unit cost, quantity, total cost
	~	
	work-n	
7.standard	order	standard document name
	design	
	construction	
	operation	
	maintenance	
8.document	order	product document name, author, document URL
	design	
	construction	
	operation	
	maintenance	

정보를 기록하는 최초의 파일로 건설정보모델을 활용하려면 목표 시설의 용도, 형상, 과업의 단계에 따라 생성되어야 하는 정보들의 항목이 명확히 정리되어 있어야 한다. 본 연구에서는 이를 위하여 개발되는 변수 모델별로 최적화된 정보 분류 체계를 정의하는 것을 제안한다. 이러한 방식은 최소 단위의 변수 모델을 개발하고 이들의 조합으로 목표 시설의 건설정보모델을 생성하는 방식의 BIM 저작 도구 개발에 편리하게 도입될 수 있다. 기 개발된 변수 모델이 구현해야 하는 목표 시설의 범위에 속하는 제품, 공법이 신규로 개발되면 이것을 변수 모델의 형식 또는 규격에 추가해야 하는데 이때 모델 별로 전용의 정보 분류 체계를 가지고 있으면 모델에 저장해야 하는 신규 정보들을 개발자가 목표 시설의 정보 항목에 손쉽게 추가할 수 있기 때문이다. 즉 본 연구에서는 Fig. 3과 같이 하나의 변수 모델을 개발할 때 그에 대응하는 하나의 정보 분류 체계를 정립할 것을 제

안한다. 이러한 일 대 일 방식의 정보 분류 체계 정립은 변수 모델을 처음 개발하는 단계에서 많은 노력을 요하는 문제점이 있지만 해당 제품이나 공법의 저작권을 보유한 각 기관에서 변수 모델이 개발된다면 해결될 수 있을 것으로 생각된다. 본 연구에서 제시한 속성 분류 체계는 포함될 수 있는 모든 그룹의 항목을 표시한 것이다. 필요 없는 항목은 모델의 속성으로 고려하지 않을 수 있다.

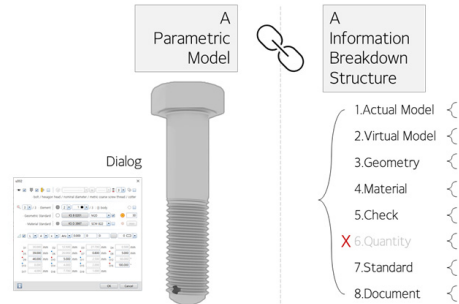


Fig. 3. One-To-One Correspondence Between A Parametric Model And A Information Breakdown Structure (ex. Bolt)

2.2 옹벽의 속성 항목 정의

본 연구에서는 옹벽의 설계 단계에서 필요하거나 생성되는 정보들을 현행 설계 성과품들에서 추출하였다. 대상이 된 설계 성과품은 계획 보고서, 도면, 구조계산서, 수량 산출서, 설계 예산서, 시공 방법서 5가지이다. 조사된 모든 정보들을 2.1절에서 제시한 속성 분류 그룹에 해당하는 항목으로 정의하였으며 본 연구에서는 이것을 현장 타설 콘크리트 옹벽 전용의 속성 분류 체계로 사용하였다. Table 2는 분류된 정보 중 가상 모델 정보와 수량 정보를 예시로 나타낸 표이다. 총 15개의 서브모델로 구성하였으며, 24단계의 공정으로 수량 정보를 정의하였다. 또한 이 정보들이 모델로부터 노출될 수 있도록 연구에 활용된 BIM 소프트웨어의 사용자 속성에 추가하였다 (Fig. 4). 변수 모델 개발을 위하여 활용된 BIM 소프트웨어는 독일 네메츠크(nemetschek)사의 올플랜(allplan) 스마트파트(smartpart)이다. 스마트파트는 올플랜에서 사용하기 위한 라이브러리(library)나 애드온(add-on) 프로그램을 개발할 수 있는 스크립트(script) 언어로 올플랜의 스마트파트 편집기에서 사용할 수 있다. 이것은 다른 개발 언어와 마찬가지로 복잡한 조건, 반복, 제어 알고리즘을 묘사할 수 있고 다양한 명령어(솔리드, 대화창 제작)를 바탕으로 2D, 3D 그래픽의 자유로운 구현은 물론 기능 요구에 최적화된 대화창 개발이 가능하다.

Table 2. 'Virtual Model' & 'Quantity' Information Breakdown Structure of The Reinforced Concrete Retaining Wall

Class		Attributes		
1. Actual Model				
2 * Virtual Model	Master Model		·Master Model	
		NameList	Value(example)	
	1 (Concrete)	①Code	A0001	
	2 (Rebar)	②Type	Inverted T-type	
	3 (Lean-Concrete)	③Specification	5-Cross Section	
	4 (Front-Fill)	④Name	Retaining Wall	
	5 (Back-Fill)	⑥LOG	3	
	6 (Base-Fill)	⑦LOI	350	
	7 (Expansion Joint)	⑧Composition	Assembly	
	8 (Drain Pipe)		·Sub Model-2 (Re-Bar)	
		List	Value(example)	
	9 (Drain Board)	①Code	U1001	
	10 (Vertical Drain)	②Type	01	
	11 (Horizontal Drain)	③Specification	H16	
	12 (Non-Woven)	④Name	Rebar Array 01	
13 (WR.Concrete)	⑤LOG	1		
14 (Filter Mat)	⑥LOI	1		
15 (Perforated Pipe)	⑦LOD	-		
	⑧Composition	Unit		
3.Geometry ~ 5.Check				
6 * Quantity	1 (Forming)		·Work Step-16 (Re-Bar Work)	
	2 (Euro Forming)		List	
	...		①Name	Re-Bar Work
	16 (Re-Bar Work)		②Specification	Complex
	...		④Quantity	0.310 ton
24 (Perforated Pipe)		⑤Cost	- won	
7.Standard ~ 8.Document				

2.3 변수 모델 개발

2.3.1 LOI, LOG의 정의 및 OBS (Object Breakdown Structure) 구축

현장 타설 콘크리트 옹벽의 변수 모델을 개발하기 위하여 설계 절차를 파악하고 각 절차에서 모델에 요구하는 정보와 형상을 정의하였다. 이 때 정의된 요구 정보와 형상은 OBS 구축에 반영되었으며, Table 4에 나타낸 바와 같이 콘크리트 구체를 포함한 9개의 서브 모델로 조립되는 마스터 모델(master model)로 정의하였다. 옹벽형상의 상세 수준(LOG)은 각 서브 모델들의 상세 수준을 다르게 구성하는 방식으로 구분하였으며 Table 4와 같다. 정보의 상세 수준(LOI)은 정보 추출의 대상이 된

설계 성과품 중에서 계획 보고서에서 추출된 정보들을 레벨 1로 설정하고 도면, 구조계산서, 수량 산출서, 설계 예산서, 시방서 추출된 정보들을 레벨 2로 설정하여 구분하였다(Table 3). 5번 서브 모델인 뒤채움 모델에 저장되어야 하는 기하 정보는 각 설계 단면의 성토 높이로 설정하였으며 모든 LOI에서 속성에 할당된다. 8번 서브 모델인 배수관의 기하 정보인 직경은 레벨 2에서만 속성에 할당된다. 6번 서브 모델인 저면 성토의 재료 정보와 모든 검토 정보들은 레벨 2에서만 속성에 할당된다. 속성에 할당하는 기본적인 방식은 대화창을 통한 입력이며 기 입력된 값들로 계산 가능한 정보들은 스크립트로 작성하여 해당 속성으로 자동 할당될 수 있도록 하였다.

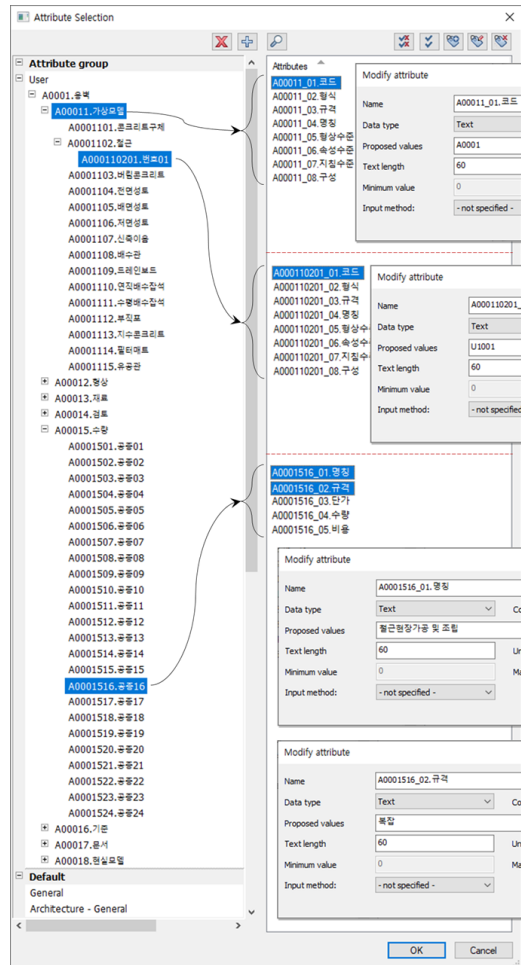


Fig. 4. Attribute Groups & Attributes of Virtual Model And Quantity Information for The Reinforced Concrete Retaining Wall

Table 3. LOI of The Parametric Model (Geometry, Material, Check Information)

Class		Level of Information				
1.Actual Model ~ 2.Virtual Model						
3° Geometry	Master Model					
	Sub Model	1 (Concrete)	:Sub Model-5 (Back-Fill)			
		2 (Re-Bar)	Information List		LOI	
		3~4	Name	Section No.	1	2
		5 (Back-Fill)	Height of Back Fill	1	✓	✓
		6 (Base-Fill)		2	✓	✓
		7 (Expansion Joint)		...	✓	✓
		8 (Drain Pipe)		5	✓	✓
		9~13	:Sub Model-8 (Drain Pipe)			
	14 (Filter Mat)	Information Name		LOI		
15 (Perforated Pipe)	Diameter			✓		
4° Material	Sub Model					
	1 (Concrete)	:Sub Model-6 (Base-Fill)				
	2 (Re-Bar)	Information Name		LOI		
	...	Material Name			✓	
	5 (Back-Fill)	Internal Friction Angle			✓	
	6 (Base-Fill)	Unit Weight			✓	
	7 (Expansion Joint)	Friction Coefficient Between Soil & Soil			✓	
	8 (Drain Pipe)	Friction Coefficient Between Soil & Concrete			✓	
	...	:Sub Model-8 (Drain Pipe)				
	14 (Filter Mat)	Information Name		LOI		
15 (Perforated Pipe)	Material Name			✓		
5° Check	Performance		Information Name		LOI	
			Surcharge Load		✓	
			Seismic Coefficient		✓	
			Earth Pressure Method		✓	
			Vertical Force		✓	
			...		✓	
			Min. Subgrade Reaction		✓	
	Check List		Information List		LOI	
			Name	List No.	1	2
			Note	1~15		✓
		Result	1~15		✓	
6.Quantity ~ 8.Document						

Table 4. OBS & LOG of The Parametric Model

Object Breakdown Structure	Level of Geometry			
	1	2	3	4
Master Model (assembly)	1	2	3	4
Concrete (unit)	1	2	3	3
Rebar (unit)	0	0	0	1
Lean-Concrete (unit)	1	1	1	1
Front-Fill (unit)	1	1	1	1
Back-Fill (unit)	1	1	1	1
Base-Fill (unit)	1	1	1	1
expansion joint (assembly)	0	1	1	1
drain pipe (unit)	0	1	1	1
drain board (unit)	0	1	1	1

2.3.2 소요 기능 설정 및 변수의 정의

본 연구에서는 설계 도구로 활용 할 수 있는 변수 모델을 개발하는 것에 초점을 두고 기본적인 기능 요구 항목들을 도출하였다.

첫 번째로 임의의 옹벽 경로(옹벽 설치 시중점 사이의 공간 선형)에 대응할 수 있어야 하며 이 경로를 따라가며 변화하는 단면의 형상도 반영할 수 있어야 한다.

Table 5. Function Requirement of The Parametric Model

No.	Requirements
1	<p>It should be able to respond to various routes. It should also be possible to reflect the shape of the cross-section that changes along this path.</p> <p>Cross Sectional Variation Elements Along Alignment</p> <ul style="list-style-type: none"> ① Front Banking Height Level ② Back Banking Height Level ③ Height of wall ④ Width of Base ⑤ Thickness of Base ⑥ Length of Toe ⑦ Position of Base Key ⑧ Depth of Base Key ⑨ Width of Base Key
2	It shall be able to implement the front, back, and bottom mound as a model for calculating the amount of earth-work and structural calculation.
3	It should be possible to express the LOG & LOI index entered by the user.
4	Among user attributes, information that can be calculated and information to be input should be distinguished. It is necessary to provide a dialog window for the user to check or enter these information.

Local Parameters

Cross Section-Dependent Parameters

```

· Path
PUT 0.000 , 10.000 , 20.000 , 30.000 , 40.000 ! X
PUT 0.000 , 3.000 , 6.000 , 6.000 , 8.000 ! Y
PUT 212.070 , 212.290 , 212.510 , 212.730 , 212.950 ! Z

· Banking Height
PUT 210.000 , 209.820 , 209.740 , 209.480 , 209.740 ! Front
PUT 215.000 , 215.000 , 215.000 , 215.000 , 215.000 ! Back

· Retaining Wall Section Parameters
PUT 4.000 , 5.000 , 6.000 , 6.500 , 7.000 ! wall height
PUT 3.200 , 3.200 , 4.300 , 4.200 , 4.600 ! base width
PUT 0.500 , 0.500 , 0.500 , 0.500 , 0.500 ! thickness
PUT 0.600 , 0.600 , 0.600 , 0.600 , 0.600 ! toe length
PUT 0.500 , 0.500 , 1.000 , 0.500 , 0.500 ! key position
PUT 0.500 , 0.500 , 0.500 , 0.500 , 0.500 ! depth
PUT 0.400 , 0.400 , 0.500 , 0.500 , 0.500 ! width
    
```

Cross Section-Independent Parameters

```

d [ 1 ] = 0.4 ! top width
d [ 2 ] = 0.2 ! base T2
d [ 3 ] = 0.02 ! front slp.
d [ 4 ] = 0.3 ! haunch h
d [ 5 ] = 0.3 ! haunch vD
d [ 6 ] = 0.06 ! back slp.
d [ 7 ] = 0.1 ! width } expansion joint
d [ 8 ] = 0.1 ! depth }
d [ 9 ] = 0.035 ! cntr.jnt.width
d [ 10 ] = 0.035 ! cntr.jnt.depth
?
d [ 58 ] = 0.07 ! drain board thickness
d [ 59 ] = 0.5 ! drain posi.(top)
d [ 60 ] = 0.03 ! drain posi.(btm. from bottom pipe)
    
```

Global Parameters

LOG Option

#	Name	Di...	Type	Description
[]	1.OPTION			
597	lv01	[2]	Integer	LOG : 1.Concrete
598	lv02	[2]	Integer	LOG : 2.Contraction Joint
599	lv03	[2]	Integer	LOG : 3.Lean Concrete

LOI Option

135 lvi Integer LOI : All

Quantity

[]	3.OUTOUT			
575	area	[30]	Decimal	area
596	leng	[30]	Decimal	length
615	numb	[30]	Integer	number
696	volm	[30]	Decimal	volume

Attributes

#	Name	Type	Value	Attribute
[+]	[A] 0.Prj			
[+]	[A] 1.Gen			
[+]	[A] 2.Geo			
[+]	[A] 3.Mat			
363	A0001301_01	String	콘크리트	A0001301_01.명칭
364	A0001301_02	Decimal	24.500	A0001301_02.단위중량
365	A0001301_03	Decimal	24.000	A0001301_03.절개기준강도
366	A0001301_04	Decimal	26986.000	A0001301_04.탄성계수
367	A000130201_01	String	H13	A000130201_01.규격명
[+]	[A] 4.Rev			
[+]	[A] 5.Qto			
[+]	[A] 6.Std			
[+]	[A] 7.Doc			

이를 위해서는 단면을 결정하는 치수 중에서 경로를 따라가며 변화될 수 있는 항목을 선정해야 한다. 본 연구에서는 전면과 배면의 성토 높이, 벽체의 높이, 확대 기초의 폭과 두께 및 전면 내민 부의 길이, 활동 방지 벽의 치수(위치, 깊이, 폭)를 해당 항목으로 선정하였다. 두 번째로 현장 타설 콘크리트 옹벽의 변수 모델은 절·성토랑의 산정과 구조 계산을 위하여 옹벽 자체의 모델 이외에도 옹벽의 전면과 배면 그리고 기초 저면에 위치한 활동 방지 벽 부위의 되메우기를 모델로 구현할 수 있어야 한다. 세 번째로 의사 결정에 최적화된 모델이 생성될 수 있도록 사용자가 입력한 상세 수준이 모델의 형상으로 반영될 수 있어야 한다. 마지막으로 옹벽의 속성으로 할당되도록 설정한 정보들 중 이전 단계까지의 작업으로 산출 가능한 정보와 입력해야 하는 정보를 구분하여 사용자가 대화창에서 이러한 정보들을 확인하거나 입력할 수 있도록 해야 한다.

이를 종합하여 본 연구에서는 Table 5와 같은 기능 요구 항목을 설정하였으며 Fig. 5와 같은 설계 변수를 정의하였다. 형상의 구현과 각종 계산을 위해 사용자가 입력해야 하는 독립 변수는 개발의 편의를 위하여 지역 변수로 생성하였으며 모델의 LOG 및 LOI 변수, 미리 입력된 정보를 바탕으로 계산되는 속속 변수(예시 : 수량), 2.2절에서 옹벽의 속성으로 할당되어야 하는 변수, 이 세 가지 변수들은 대화창을 통한 입출력이나 속성 창으로의 노출이 가능해야 하므로 전역 변수로 생성하였다.

2.3.3 상세수준별 모델의 형상

2.3.2절에서 생성된 변수들에 입력된 값을 활용하여 옹벽을 구성하는 각 객체의 형상이 사용자가 입력하는 상세 수준별로 다르게 표현될 수 있도록 하였다. 콘크리트, 버림 콘크리트 성토 객체는 시공 이음과 신축이음 및 각종 공제부(수축줄눈, 배수관, 드레인 보드)의 구현 여부를 기준으로 Fig. 6과 같이 3단계로 구분하였다. 철근의 경우 본 연구에서는 주 철근만을 대상으로 모델이 생성될 수 있도록 하였으며 철근의 상세 수준은 구분하지 않았다. 배수관과 드레인 보드 역시 상세 수준을 구분하지 않고 단일 솔리드로 생성되도록 하였다. 신축이음의 경우 LOG 레벨 1에서는 신축이음 경계부와 같은 형상의 단일 솔리드로 표현되도록 하고 레벨 2에서는 Fig. 6과 같이 신축이음을 구성하는 재료들이 모두 표현될 수 있도록 하였다.

Fig. 5. Parameters Definition of The Parametric Model

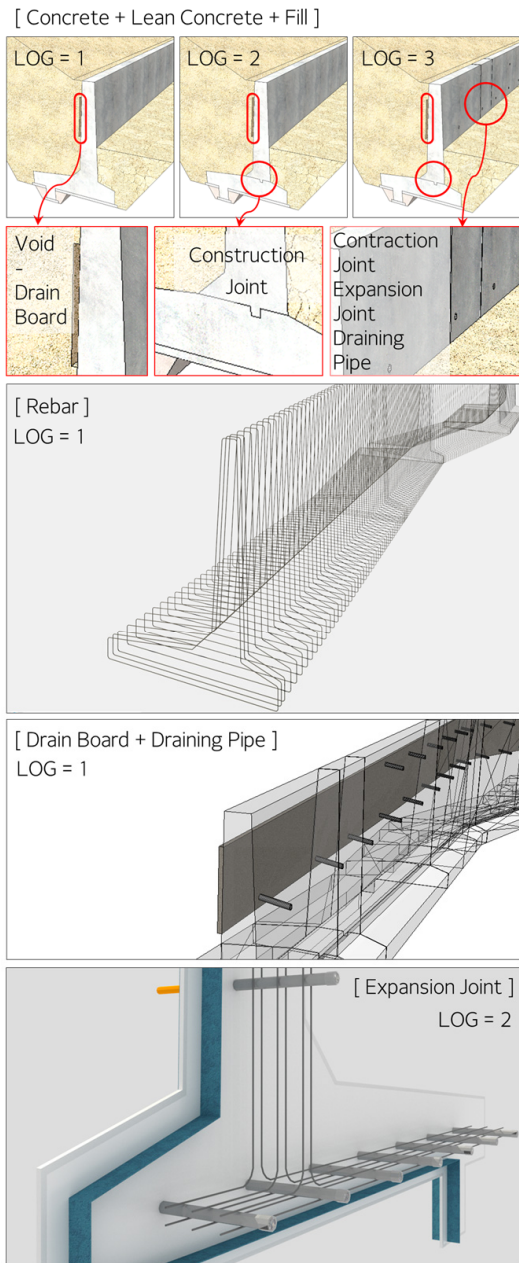


Fig. 6. Geometry by LOG of The Parametric Model

2.3.4 정보의 검토와 정의를 위한 대화창 제작

본 연구에서는 변수 모델에 입력된 값들과 이를 통하여 생성된 모델로부터 자동으로 계산되는 대표적인 정보를 수량으로 선정하였다. 계산된 수량 정보는 Fig. 7과 같이 대화창에서 확인할 수 있도록 자리를 마련하였으며 그 값은 2.2절에서 정의한 해당 속성으로 할당된다. 또한

각 서브모델의 그래픽 구현 여부에 대한 바이너리 값(②)과 LOG 등급정수(③) 및 곡면에 대한 해상도(④)를 입력할 수 있도록 하여 사용자가 원하는 상세수준의 서브모델들로 조합된 옹벽 모델이 구현될 수 있도록 하였다. 아직 계산식을 반영하지 않은 속성이나 사용자가 직접 입력해야 하는 정보에 대해서는 Fig. 8과 같이 사용자가 정보 분류(②)를 선택하여 직접 입력(④)할 수 있도록 대화창을 제작하였으며 입력 후 모델을 실행하면 해당 속성으로 업데이트된다.

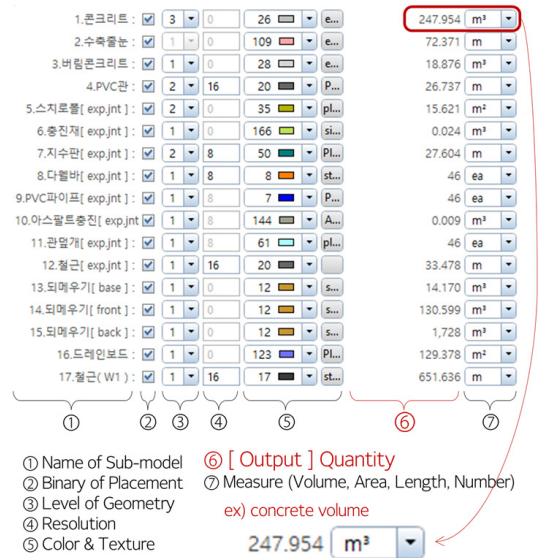


Fig. 7. Quantity information Displayed In the Dialog Window of The Parametric Model

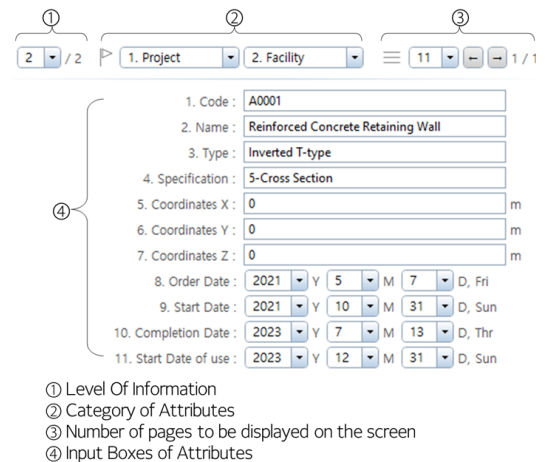


Fig. 8. The Dialog Window for Entering Attributes of The Parametric Model for The Reinforced Concrete Retaining Wall

2.3.5 전역 변수의 속성 반환

본 연구에서 제시하는 속성 입력을 간소화하는 방법은 속성으로 반환될 값들을 변수 모델 내부에서 계산이나 입력으로 정의되도록 한 후에 속성으로 반환시키는 것이다. 용벽에 필요한 정보 항목들은 본 연구에서 정립한 정보 분류 코드를 준용하여 사용자 속성에 추가하였으며 (Fig. 4), 변수 모델에서도 이 정보에 대한 값이 최종 할당되는 장소를 고유한 명칭을 갖는 전역 변수로 설정하였기 때문에 간단한 작업으로 변수의 속성 반환이 가능하다. 본 연구에서는 변수 모델 개발 도구인 스마트파트 편집기의 파라미터(parameter) 페이지(page)에서 각 전역 변수 행의 속성 열에 위치한 콤보 박스(combo box)에 드롭다운(dropdowns)되는 속성코드 목록 중에서 해당하는 코드를 선택하거나 전역변수 신규 생성 명령어의 속성 할당 기능을 활용하여 반환하였다(Fig. 9). 변수를 속성으로 반환하는 행위 자체는 적용하는 BIM 소프트웨어의 기능을 활용하였으며 속성 반환용 전역 변수들에 대한 항목의 선정과 변수의 값을 도출하기 위한 계산식의 작성 그리고 정보 입력을 위한 대화창의 구성을 최적화 하여 용벽 모델의 속성 입력을 간소화하였다.

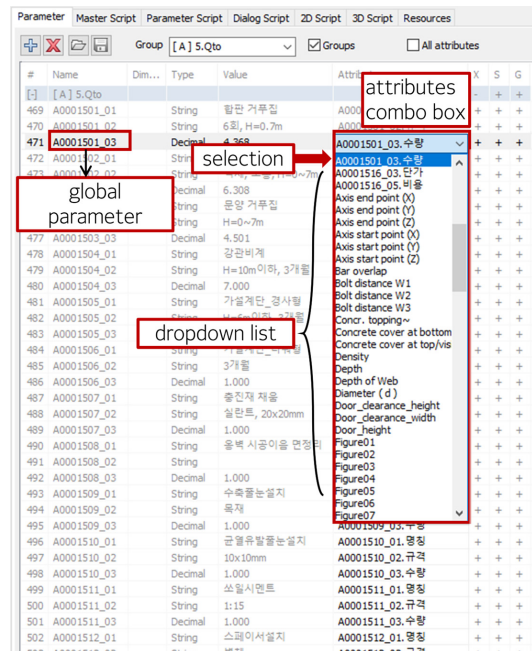


Fig. 9. Simplification of Inputting Attributes into a Building Information Model by Returning Value of Global Parameters

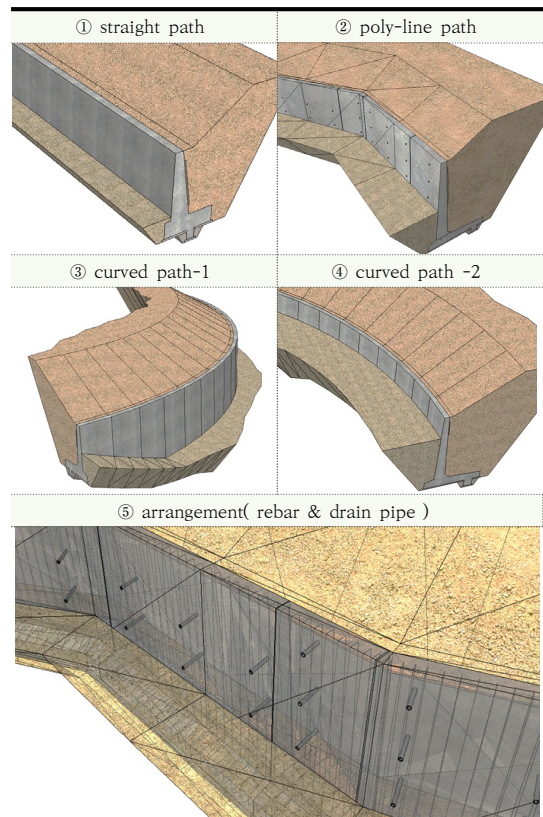
2.4 변수 모델의 검증

개발된 변수 모델의 검증은 '형상 구현'과 '속성 할당' 두 가지 기능에 대하여 실시하였다. 형상 구현 기능을 검증하기 위하여 선형 및 각종 치수를 다양한 값으로 입력하여 변수 모델을 실행한 후 형상을 관찰하였다. 또한 변경된 입력 값에 대하여 수량 정보를 올바르게 산출하여 속성으로 반환하고 있는지 검증하였다.

2.4.1 선형에 따른 단면 변화와 객체 배열의 검증

Table 6에는 변수 모델에 다양한 선형과 단면 치수를 입력했을 때 구현되는 용벽의 형상과 선형을 따라가며 배열되는 객체인 배수 파이프와 철근에 대한 형상을 나타내었다. 그림에서도 알 수 있듯이 본 연구에서 개발한 변수 모델은 좌표로 입력되는 어떠한 평면 및 종단 선형에 대해서도 단면 변화의 형상은 물론 객체 배열의 방향과 위치 역시 입력된 치수대로 정확히 구현하고 있는 것이 확인되었다.

Table 6. Various Path & Arrangement of Object

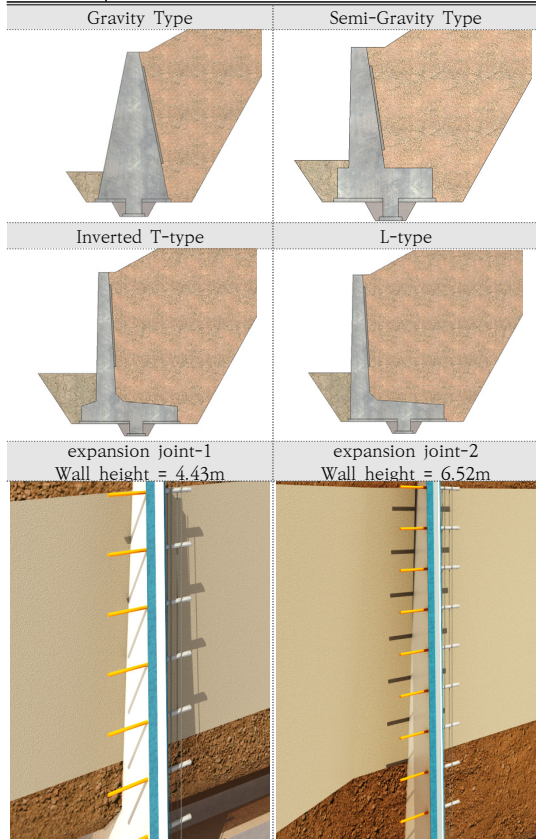


2.4.2 그 외 설계변수에 대한 검증

본 연구에서 개발된 변수모델은 선형을 따라가며 변경될 수 있는 치수들(Table 4) 외에도 옹벽의 형상을 결정하는 대부분의 치수들을 조절할 수 있다. Table 7에는 본 연구에서 개발한 변수 모델에서 조절 가능한 치수들을 나열하였으며 실제로 이들 변수를 조절하여 표준도[6]에 제시되어 있는 현장 타설 옹벽의 모든 형식들이 설계될 수 있음을 검증하였다.

Table 7. Design Parameter of The Parametric Model

Element	Parameters
Concrete	top width, base rising, front slope, haunch(h,v), back slope, contraction joint(width, depth, space, 1st distance), lean concrete thickness
Rebar	cover depth, diameter, bending roll factor
expansion joint	thickness, space, 1st distance, various parameters for sub-model(water proof plate, dowel bar, filler, pipe, cap, rebar) of expansion joint
Drain Pipe	diameter, thickness, slope, vertical distance from bottom, minimum value of vertical distance from top for wall, minimum horizontal distance from expansion joint, vertical space, horizontal space
Earthwork	slope and distance(front, back, base)



2.4.3 속성 입력 간소화 기능에 대한 검증

본 연구에서 개발한 변수 모델은 사용자가 입력한 값과 이를 통하여 구현된 그래픽에서 도출될 수 있는 면적, 체적 값으로 옹벽 설계에 필요한 수량 정보를 자동으로 산출한다. 아직 계산식을 반영하지 않은 정보들(예, 검토 정보의 성능정보 등)은 대화창(Fig. 8)을 통하여 사용자가 입력할 수 있다. 이렇게 값이 정의된 각 정보들은 옹벽의 사용자 속성 항목들(Fig. 4) 중 대응하는 각 속성으로 반환된다. 또한 속성으로 반환되는 모든 정보들에 상세수준을 나타내는 등급 정수를 설정하여 사용자가 옹벽에 대한 정보의 상세수준을 선택하면(Fig. 8, ①) 선택된 상세수준 이하의 등급 정수가 설정된 정보들만이 속성으로 반환되도록 하였다. 정보의 속성 반환과 상세수준 설정 기능을 검증하기 위하여 옹벽의 변수 모델을 정보 교환 표준 포맷인 IFC(Industrial Foundation Classes)로 내보낸 후 공개용 IFC 뷰어(BIM vision 2.26.3)에서 확인한 결과 속성의 목록과 각 값들을 누락 없이 올바르게 노출되고 있는 것을 확인하였다. Fig. 10은 형상 상세 수준과 정보 상세 수준에 대한 등급 정수를 모두 1로 설정하여 IFC로 변환한 모델이며 Fig. 11은 형상 상세 수준은 3, 정보 상세 수준은 2인 모델이다.

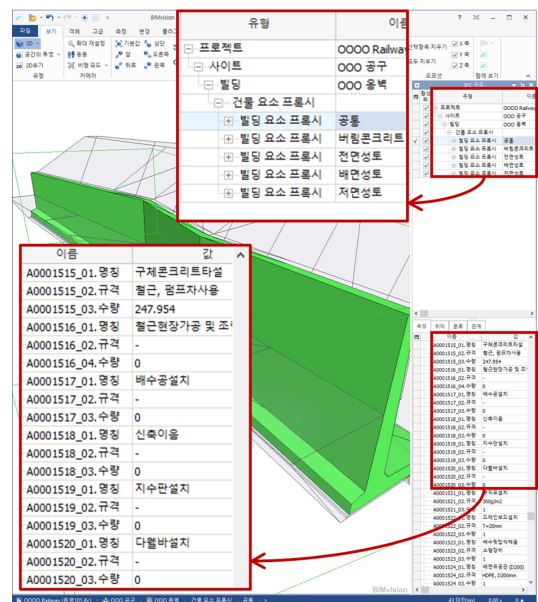


Fig. 10. IFC Model of The Reinforced Concrete Retaining Wall Designed by The Parametric Model, LOG=1, LOI=1 (with BIM vision 2.26.3)

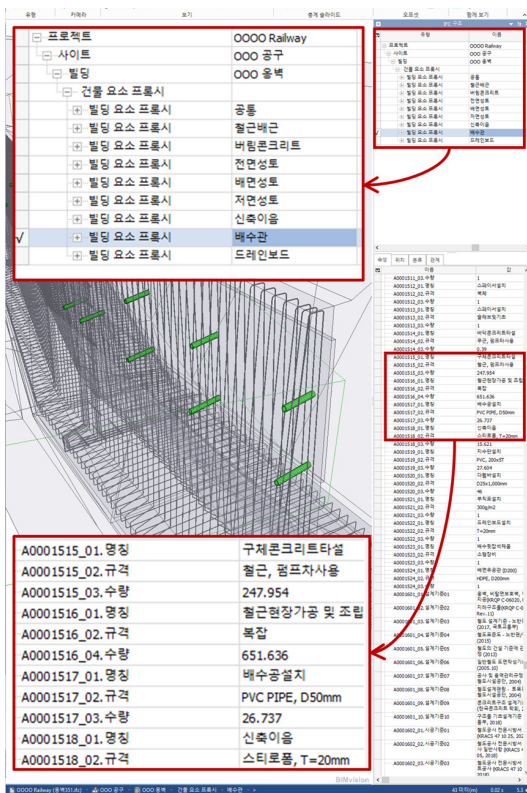


Fig. 11. IFC Model of The Reinforced Concrete Retaining Wall Designed by The Parametric Model, LOG=3, LOI=2 (with BIM vision 2.26.3)

3. 결론

본 연구에서는 과업이 진행됨에 따라 생성되는 정보들이 건설정보모델에 자동으로 입력될 수 있는 방법을 제시하였다. 그 방법은 건설정보모델을 정보가 기록되는 최초의 파일로 사용하는 것이다. 이를 위하여 본 연구에서는 현장타설 콘크리트 옹벽을 대상으로 설계 단계에 필요한 정보들을 분석하여 BIM 속성 분류를 구성하였으며 이에 대한 코드체계를 정립하여 본 연구에서 활용한 BIM 소프트웨어의 사용자 속성으로 추가하였다. 또한 실시 설계수준의 상세한 형상의 그래픽이 선행과 설계 변수의 입력만으로 구현될 수 있고 속성으로 할당될 정보들이 자동으로 산출되거나 사용자가 입력할 수 있는 변수 모델을 개발한 후 계획한 기능들이 잘 구현되고 있음을 확인하였다. 현재는 주요 수량 정보만을 자동으로 계산되도록 개발되어 있으나 성능 정보가 계산될 수 있는 구조계산 모듈을 모델에 추가하는 연구가 수행될 예

정이다. 또한 이와 함께 현장 타설 철근 콘크리트 옹벽 대부분의 형식에 대하여 현행 설계 예산서에 표현되고 있는 모든 공종 항목들에 대한 정보들이 모델과 최적의 연계성을 가지고 도출될 수 있도록 보완할 예정이다.

BIM 도입의 효과는 건설정보모델이 과업에서 차지하는 비중에 비례한다. 이를 위해서 건설정보모델은 중복 없이 특정할 수 있는 형태로 관련된 모든 정보를 보유하고 있어야 하며, 이러한 정보들을 직관적이고 명확하게 표현할 수 있도록 더욱 다양한 기능을 수행할 수 있어야 한다. 본 연구에서 제시한 방법은 과업 참여자가 정보 모델을 건설 과업의 핵심 도구로 사용할 수 있도록 해주는 기반 기술이다. 이 방법을 활용하면 설계 분야에서 건설 정보모델을 주체적이고 능동적으로 활용할 수 있으며 중복 업무의 배제로 인한 설계 비용의 감소를 예상할 수 있다. 또한 시공 및 유지관리 분야에서도 필요한 정보와 기능을 변수 모델에 추가하는 것으로 본 연구에서 제시한 방법을 확장하여 적용할 수 있을 것으로 기대된다.

References

- [1] W. Lee, S. Kim, Y. Yu, B. Koo, "Development of Graph based Deep Learning methods for Enhancing the Semantic Integrity of Spaces in BIM Models", Korean journal of construction engineering and management, Vol.23, No.3, pp.45-55, 2022. DOI: <https://doi.org/10.6106/KJCEM.2022.23.3.045>
- [2] J. Shin, S. Lee, S. Kim, Y. Yun, Y. Baek, "Development and Application of BIM Library for Offshore Wind Jacket Foundation", KIBIM Magazine, Vol.12, No.1, pp.62-71, 2022. DOI: <https://doi.org/10.13161/kibim.2022.12.1.062>
- [3] Y. Park, J. Oh, H. Park, "A Study of BIM-based Algorithm of Parametric Library and Automated Modeling System of Retaining Wall and Drainage", KSCE 2020 convention, Korean Society of Civil Engineers Jeju, Korea, pp.436-437, 2020.10.
- [4] Trimble, In the world of Building Information Modeling (BIM), LOD stands for the Level of Development. As the required LOD can have a major impact on the size of your model, it's useful to make a distinction between LOI and LOG, March 2019. <https://constructible.trimble.com/construction-industry/lo-d-simply-explained-the-iod-kiwi>
- [5] H. Lee, H. Kim, I. Lee, "A Study on LOG Specific Methods for BIM of Transportation Infrastructure Facilities", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol.22, No.11, pp.848-858, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2021.22.11.848>

- [6] Korea Rail Network Authority, "Railroad Standard Drawings - Roadbed & Track" pp.127-167, Korea Rail Network Authority, 2015.03.

이 현 민(Heon-Min Lee)

[정회원]



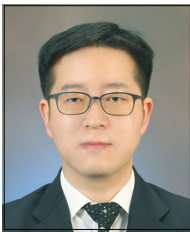
- 2004년 2월 : 성균관대학교 건축조경 및 토목공학부 (공학사)
- 2006년 2월 : 성균관대학교 대학원 건설환경시스템공학과 (공학석사)
- 2014년 8월 : 성균관대학교 대학원 건설환경시스템공학과 (공학박사)
- 2015년 3월 ~ 현재 : 서영엔지니어링 BIM개발부 차장

<관심분야>

BIM, 설계자동화, 구조해석

안 재 윤(Jae-Yoon Ahn)

[정회원]



- 2002년 2월 : 단국대학교 토목환경공학과 (공학사)
- 2014년 2월 : 고려대학교 대학원 건축사회환경공학부 (공학석사)
- 2015년 9월 ~ 현재 : ㈜서영엔지니어링 기술연구소 부장

<관심분야>

지반공학, BIM, 설계자동화

정 영 욱(Young-Wook Jung)

[정회원]



- 2007년 8월 : 한양대학교 지구환경시스템공학과 (공학사)
- 2009년 8월 : 한양대학교 대학원 토목공학과 (공학석사)
- 2009년 12월 ~ 현재 : ㈜서영엔지니어링 기술연구소 차장

<관심분야>

환경공학, 설계자동화