

도로분야 BIM 라이브러리를 활용한 실적공사비 산정모델 구축

문현석[†] · 주기범

한국건설기술연구원, ICT융합연구소

An Estimation Model of Historical Cost Using BIM Library for Road Project

HyounSeok Moon[†] and KiBeom Ju

ICT Convergence and Integration Research Institute, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

Received 6 March 2015; received in revised form 11 November 2015; accepted 15 November 2015

ABSTRACT

Currently, a BIM-based quantity takeoff (QTO) system is mainly focused on architectural projects. To perform this, diverse quantity takeoff methods such as an object-based automatic quantity takeoff, manual quantity and base functions of calculation have widely been utilizing. However, since BIM library for road projects includes structural elements associated with alignment, it is necessary to establish cost estimation system interlocked with historical cost using 3D library by each unit length. Accordingly, the aim of this study is to develop cost estimation model with using a historical cost approach so that it can be utilized in construction planning based on the BIM library for road projects. For this, based on the BIM library for road, the standardized quantity is estimated, and a process for calculating historical cost and a verification model with a 5D simulation was developed by mapping a WBS code with each BIM library object. This can be applied during the approximate cost estimation process in a project planning and an initial design phase for road projects. Besides, it is expected that these results will be utilized in constructing an optimal historical cost estimation process for project libraries.

Key Words: BIM(Building Information Modeling), Library, Takeoff Quantity, Historical Cost, WBS

1. 서 론

공사비 산출은 건설 생애주기 프로세스에서 각 단계별로 중요한 업무이다. 기존의 공사비 산출은 주로 품셈방식을 활용하였으나, 모든 직접공사비 항목을 입력해야 하는 어려움과 분산된 내역 작성

방식을 해결하기 위해 공사비 지수를 반영한 실적 공사비 방식과 병행하여 활용하고 있다. 이러한 과정에서 2D도면을 기반으로 물량 및 공사비를 산출하고 있으나, 정확한 물량을 산출하는 것이 곤란하다. 그러나 BIM라이브러리¹(Lee *et al.* 2011,

[†]Corresponding Author, hsmoon@kict.re.kr
©2015 Society of CAD/CAM Engineers

¹공사의 단위 부재 형상을 BIM 설계 소프트웨어를 통해 사전에 미리 제작해둔 3D 객체 단위로서 설계시 레고블럭처럼 조립하여 설계를 수행하는데 활용할 수 있다.

Jun and Yun 2011)는 3D 객체 기반으로 입체설계를 수행하므로 이를 형성하는 개별 기하 체원을 통해 자동적으로 물량을 산출할 수 있는 특징을 갖는다. 또한 도로시설은 건축시설과는 달리 단위 객체보다는 단위 길이에 의한 공사비 산출 비중이 높다. 이는 선형적으로 구성되는 도로시설의 특성에 기인한다. 즉 단위길이당 실적공사비를 입력하면 단면이 변한다는 조건을 만족할 경우 길이 또는 공중단위에 비례하여 공사비를 손쉽게 산출할 수 있다.

특히 실적공사비는 모든 재료비, 노무비 및 경비의 세부내역 항목을 개별적으로 구성하는 품셈 방식과는 달리 단위 공종 별 모든 공사비 세부 내역을 상위 공종 항목으로 요약한 단위 1식 가격항목으로 구성한다. 그러므로 3D 라이브러리를 통한 단위 공종의 공사비 속성을 단순화 할 수 있으며, 입력변수의 수가 최소화되어 속성입력이 간편해지고 공사비 산정오류를 최소화할 수 있는 장점이 있다. 품셈 방식에 의한 BIM기반 공사비 산출은 다수의 입력 속성으로 인해 데이터 용량 처리 문제 및 사용자 입력의 부담을 가중시킬 수 있다. 이러한 측면에서 BIM라이브러리를 통해 최소한의 속성으로 입력되어 실적공사비를 산출하고 관리하는 것이 바람직하다. 기존 BIM기반 공사비 산출 연구(Lee et al. 2010, Kwon et al. 2010, Chung et al. 2014)에서는 라이브러리가 아닌 개별 건축설계 객체들에 대한 품셈 기반의 공사비 산출 방식에 중점을 두고 있으며, 주로 개산견적을 위한 비용 모델 및 프로세스(Lee et al. 2015)를 구축하고 있다. 일부 실시설계 단계에서의 수량산출을 위한 객체 분할 연구(Park et al. 2015) 등이 수행된 바 있다. 또한, 건축 기계설비 라이브러리를 기반으로 기계설계(MCAD) 데이터를 재활용하는 방안(Choi et al. 2014), 건축 시공계획용 시공객체 라이브러리 개발(Jun et al. 2011) 방법 연구 등이 수행되어 왔다. 토목분야의 경우 특정 형식 교량의 견적자동화에 관한 시스템 개발에 관한 연구(Han et al. 2011)가 수행된 바 있다. 이러한 연구들은 주로 건축 분야에 중점을 두고 있으며, 라이브러리를 활용한 응용서비스 적용에 관한 연구보다는 라이브러리 객체의 생성과 데이터 활용에 관한 연구가 주를 이루고 있다. 주로 실적공사비 방식 보다는 원가계산 방식인 품셈기반의 견적을 수행하고 있으며, 토목시설의 선형적 특성을 반영

BIM기반의 공사비 산출 연구는 미흡한 실정이다.

본 연구는 도로분야 BIM라이브러리를 기반으로 실적공사비를 산출을 통해 설계단계에서 개략공사비 산출 과정을 단순화하며, 시공단계에서는 기성계획 및 적정 공사비 투입 계획 등을 검토할 수 있도록 하는 기술적 타당성을 검증하는 것이 목적이다.

이를 위해 도로 표준도 기반의 BIM라이브러리를 활용하여 관련 공사비 산출 속성을 정의한다. 다음 단계로 각 표준도면과 건설정보분류체계와 연결하며, 실적공사비 코드와 매핑 구조를 정의한다. 여기서 BIM모델을 통해 공정-원가 통합관리 개념(Lee et al. 2013)이 적용된다. 이러한 절차에 의해 설계 소프트웨어의 일괄표 산출 기능을 활용하여 일반도 및 상세도 수준에서 BIM라이브러리 기반 실적공사비 산출 방법을 제시한다. 실적공사비는 Spreadsheet모델을 통해 추출되고 일정 Data의 비용 필드로 추가하였으며, 5D² 시뮬레이션 모델을 통해 실적공사비 투입현황을 시각적으로 검증하였다.

본 연구의 범위는 도로분야 BIM 라이브러리를 활용한 실적공사비 산출에 중점을 두고 있다. BIM 라이브러리 제작에 대한 내용은 2014년 3월에 본지에 발표된 “표준도 기반의 토목구조물 BIM라이브러리 개발-국토교통부 표준도를 대상으로” 논문(Moon et al. 2014)을 참조하면 되므로 본 연구의 범위에서는 제외하였다.

본 연구는 초기 계획 및 설계단계시 BIM라이브러리를 활용하여 개략 공사비 산출 등 프로젝트 비용계획에 활용될 수 있으며, 신속한 실적공사비 목록 구성을 통해 시공단계의 기성계획 및 비용변동 예측 등의 사용자 중심의 공사비 관리체계를 구축할 수 있을 것으로 기대된다.

2. BIM 라이브러리기반 실적공사비 산출 속성 구성

2.1 라이브러리 모델 분할 및 설계

도로 BIM 라이브러리를 활용하여 설계시 실적공사비 매핑을 고려하여 해당 개별 객체를 분할해

²3D모델에 시간(Time)을 부가한 4D모델을 기반으로 공사비(Cost) 데이터를 연계한 것으로 일정의 진행에 따라 부재의 시공상태의 시각화와 함께 공사비 투입현황을 시뮬레이션 하기 위한 기법

야 하는 경우가 발생할 수 있다. 예를 들어 단일 객체가 여러 개의 세부 객체로 분할되어야 하는 경우 동일한 객체일 때는 단위길이당 개별 라이브러리를 복사하여 생성한 후 동일 타입으로 저장하고 설계시 해당 분할된 객체별로 단계적으로 해당 위치에 배치한다. 이러한 경우 다수의 단위객체는 단일의 상위 객체로 인식할 수 있다.

2.2 라이브러리 물량 및 실적공사비 산출범위

도로 BIM라이브러리는 단순 기하형상 외에 표준도에서 제시하고 있는 물량산출에 관한 기하속성을 포함한다. 이는 개별 표준도의 재료표상에 명시된 물량 항목으로 정의된다. 또한 물량산출이 가능한 라이브러리 종류는 2D³ 프로파일⁴을 제외한 3D⁵ 객체로 한정한다. 본 연구에서 구성하는 도로 BIM라이브러리는 국토교통부에서 발간한 도로암거표준도, 도로옹벽표준도, 국도설계실무요령 및 소규모교량 표준도(MOLIT 2008)를 대상으로 3D 라이브러리화를 수행하였다. 구축된 라이브러리 중 각 표준도의 시설물 항목인 구조물 도면에 대하여 물량 및 공사비 산출 범위를 대분류와 소분류 항목으로 구성하였다. 여기서 각 라이브러리의 형상 제한에서 구성된 기하 파라미터⁶ 속성을 활용하여 객체 단위의 물량산출에 대한 체적 값을 산출하기 위한 함수를 정의한다. 이를 통해 각 객체 물량은 기하속성에 의해 자동적으로 계산될 수 있다. 만약 라이브러리의 형상을 수정할 경우 변경된 기하 제한에 따라 물량이 동시에 변경된다.

Table 1은 도로암거표준도의 재료표 상에 정의된 물량산출 항목을 기반으로 BIM Library의 물량산출 항목 사례를 나타낸 것이다.

예를 들어 암거의 경우, 시설물 항목에는 구조물 본체와 해당 구조물의 부대시설 도면으로 분류된다. 암거 표준도의 경우 구조물은 암거 본체가 되며, 이의 부대공에는 암거 사각부의 보강철근, 옹벽식 날개벽, 날개벽 보호공 및 평행 날개벽이 된다. 이들을 대상으로 콘크리트와 거푸집에 대한 세부 부위별 소분류를 구성하여 물량 및 공사비

Table 1 Quantity takeoff scope and items for 3D road culvert libraries

시설물 항목	Library 번호	재료표 항목	
		대분류	소분류
구조물 도면	암거 P1-1 ~ H3-35	콘크리트	상부슬래브, 벽체, 하부슬래브
		버림콘크리트 볼륨	
		거푸집	
		철근	
부대공 도면	암거 사각부 보강철근 E4 ~ E12	철근	
		옹벽식 날개벽 E14 ~ E35	콘크리트
	거푸집		전면벽, 벽배면, 기초, 마감
	비계		강관
	철근		
	날개벽 보호공 E36	무근콘크리트	벽체, 활동방지턱, 계
		거푸집	면벽, 배면벽, 마감
		평행날개벽 E37 ~ E50	콘크리트
	거푸집		
	철근		

산출 범위로 활용한다. 대분류 항목은 제한에 의해 물량을 산출할 수 있는 대상으로서 재료표상에 정의된 요소로 구성한다. 소분류 항목에서는 대분류 항목을 구성하는 세부 단위의 재료표 항목으로서 좀 더 정확한 물량을 산정하기 위한 객체 항목으로 정의된다.

2.3 BIM라이브러리의 실적공사비 속성 정의

BIM라이브러리를 구성하기 위해서는 각 라이브러리가 갖는 형상 특성 및 식별 구분 정의를 위해 속성항목을 분류해야 한다. 본 연구에서 구성한 속성항목은 크게 라이브러리 식별, 형상에 관한 치수, 재료표 항목 물량, 재료성질, IFC Parameters⁷, COBie Parameters⁸ 항목 외에 실적공사비 공종 코

³2차원의 평면 도면에 구성된 x, y에 의한 기하모델
⁴2D형태의 횡단면을 구성한 것으로 일정한 중심선형을 따라 제작될 수 있는 2차원 모델
⁵x, y, z에 의해 3차원 공간에 구성된 객체 기하모델
⁶3차원 공간에서의 점, 길이, 면적, 체적을 결정하는 x, y, z와 같은 속성

⁷IFC구조에 정의된 구조물 형상의 엔티티에 부여하는 특성 값으로서 주로 관리, 재료, 물량, 일정 등의 속성을 포함한다.
⁸COBie 엑셀 시트에 정의된 개별 템플릿 별 필드 속성을 포함한다.

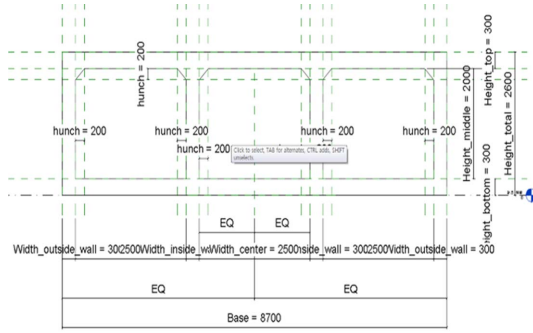


Fig. 1 Standardized cross-section parameters of three culvert

드를 매핑하기 위한 7가지 속성 타입으로 구분된다. 여기서 형상, 재료표 항목 물량 및 재료 성질은 각 라이브러리별로 서로 다르므로 개별적으로 속성을 정의하였으며, 이를 활용하여 실적공사비 산정을 위한 제원 항목을 추출할 수 있다. 형상 치수를 통해 재료표 항목 물량을 만들 수 있으며, 실적공사비 공종 코드 매핑 속성을 통해 공사비 산정 항목을 속성으로 정의할 수 있다.

형상에 관한 치수에서는 각 구조물의 형상을 결정하는 단위 치수들의 속성항목과 이에 대한 수치를 결정한다. 그리고 형상 치수에 정의된 수치값을 활용하여 거푸집과 벽체나 슬라브 등의 콘크리트 물량을 산출한다. 3련 암거의 예를 들면 Fig. 1 및 Table 2와 같다.

Fig. 1은 3련 암거 단면의 표준 형상 제원을 나타낸 것이며, 각 기하 명칭과 길이 값을 나타내고 있다. 이는 Table 2를 통해 각 부위별 물량을 정의된 형상에 관한 물량 수식을 구성하기 위한 속성으로 활용된다.

이와 같이 구성된 수식에 포함된 기하 제원은 실제 객체의 파라미터와 연동되어 있어 기하 속성 값이 변할 경우 객체와의 연동성에 따라 물량의 자동화된 계산이 가능해진다. 이러한 제원 및 물량 산정 데이터는 라이브러리 객체의 모델링 단계에서 관련 속성항목으로 입력된다.

2.4 도로 BIM 라이브러리의 건설정보분류체계 연계

BIM라이브러리 객체를 실적공사비 정보와 연동하기 위해서는 해당 객체 별 도면들이 어떠한 공종 분류에 해당되는지 식별할 필요가 있다. 이러

Table 2 Takeoff quantity items for 3D road culvert library

분류	속성 항목	속성 내용
Dimensions	Base	8700.0
	Height_bottom	300.0
	Height_middle	2000.0
	Height_top	300.0
	Height_total	2600.0 (수식에 의함)
	Length	1000.0
	hunch	200.0
	Width_center	2500.0
	Width_inside_wall	300.0
	Width_outside_wall	300.0
Data	거푸집 면적	23.997 (수식에 의함) = $(2 * \text{Height_total} + 6 * (\text{Height_middle} - \text{hunch}) + (\text{Base} - 2 * \text{Width_outside_wall} - 2 * \text{Width_inside_wall} - 6 * \text{hunch}) + 1.414 * \text{hunch} * 6) * \text{Length}$
	벽체 볼륨	2.160 (수식에 의함) = $2 * (\text{Width_outside_wall} + \text{Width_inside_wall}) * (\text{Height_middle} - \text{hunch}) * \text{Length}$
	상부슬라브 볼륨	2.970 (수식에 의함) = $(\text{Base} * (\text{Height_top} + \text{hunch}) - (\text{Base} - 2 * \text{Width_outside_wall} - 3 * \text{hunch} - 2 * \text{Width_inside_wall}) * \text{hunch}) * \text{Length}$
	철근량	0.712 t (수식에 의함) = $1\text{m당 철근량} * \text{Length}$
	1m당 철근량	712.000 kg/m
	콘크리트 총 볼륨	7.740 (수식에 의함) = 상부슬라브 볼륨 + 벽체 볼륨 + 하부슬라브 볼륨
	하부슬라브 볼륨	2.610 (수식에 의함) = $\text{Base} * \text{Height_bottom} * \text{Length}$

한 이유는 공종분류에 따라 실적공사비 코드 항목과 연계될 수 있기 때문이다. 따라서 BIM라이브러리에 대한 위계구조를 정규화하기 위해 표준도

Table 3 Mapping example of breakdown structure for culvert standard drawings with drawing number (Partial)

항 목			Library 객체번호 (2D기반)	건설정보분류체계		
				시설물분류 (F)	부위분류 (E)	공종분류 (W)
암거표준도	구조물공	통로1련암거	P1-1~P1-35	F11000 도로운송시설	E11440 암거	W3254 1련통로암거
		통로2련암거	P2-1~P2-35			W3250 암거구조물
		수로1련암거	H1-1~H1-50			W3251 1련수로암거
		수로2련암거	H2-1~H2-45			W3252 2련수로암거
		수로3련암거	H3-1~H3-35			W3253 3련수로암거
	부대공	암거연결및방수상세(연결부콘크리트받침)	E2			W3250 암거구조물
		암거 사각부 보강 철근 상세	E4~E12			W3250 암거구조물
		유출입부상세도(난간벽, 차수벽)	E13			W3258 암거날개벽
		옹벽식 날개벽	E14~E35			
		날개벽 보호공	E36			
		통로 암거 평행 날개벽	E37~E50			W2531 무근콘크리트 타설
		날개벽배수형식및상세	E51			
		버림콘크리트	다양			

별 건설정보분류체계를 기준으로 분류화하였다. 이를 위해 국토해양부 공고 제2009-781호에 따른 건설정보분류체계를 적용하였다. 이는 시설물, 공간, 부위, 공종 및 자원의 5개 파셋으로 구성된다. 이는 단지 분류타입을 정의한 것으로 실제 3D모델 내의 세부 단위 객체를 식별하지 못한다. 실제 3D객체를 물량산출에 대한 5D모델로 연계하기 위해서는 모든 객체를 식별할 수 있어야 한다. 본 연구에서는 각 표준도 구조물 항목별 도면에 대하여 건설정보분류체계와의 매핑을 수행하였다. Table 3은 도로암거표준도에 대한 분류체계 매핑 예를 일부 나타낸 것이다.

예를 들어 암거표준도의 구조물공에서 통로1련암거는 ‘P1-1’~‘P1-35’의 표준도가 있을 경우 이를 분류체계와 매핑하면 시설물 분류(F)로서 F11000 도로운송시설, 부위분류(E)로서 E11440 암거, 그리고 공종분류(W)로서 W3254 1련 통로암거의 분류구조와 매핑된다. 즉 통로1련 암거표준도의 코

드 매핑 결과 F11000-E11440-W3254로 정의된다. 이러한 절차를 각 분류코드 항목별로 표준도 항목과 개별적으로 매핑작업을 수행하면 연구에서 구성하는 표준도 BIM라이브러리 객체에 대한 분류코드 매핑구조를 완성할 수 있다.

개별 라이브러리에 대응하는 코드집합은 실적공사비 코드 항목에서 정의한 단위시설물 공종 코드와 연계될 수 있으며, 세부 공종코드와의 연동을 통해 단일 라이브러리 모델에 대한 실적공사비 연계 모델을 구성한다.

2.5 도로 BIM라이브러리의 실적공사비 표준코드 매핑 구조 정의

도로 BIM라이브러리를 실적공사비와 연계하고 이를 5D시물레이션으로 구축하기 위해서는 구조물 표준도 라이브러리별 실적공사비 공종코드를 정의하여 매핑할 필요가 있다. 여기서 ‘2013년 상반기 건설공사 실적공사비 공종 및 단가’를 참조

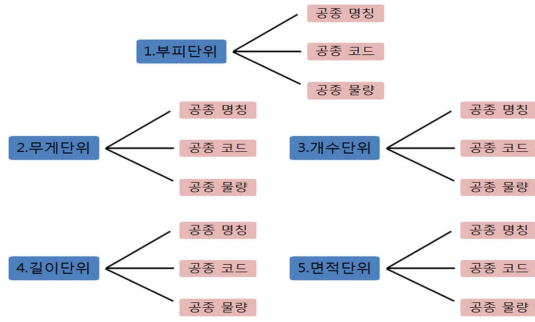


Fig. 2 Property items of historical cost data

하여 암거 등의 길이 방향에 대한 단위시설물 공종과 라멘교와 같이 실적공사비 공종이 있는 경우로 정리하였다. 실적공사비 공종 명칭 및 코드는 부피단위, 무게단위, 면적단위, 길이단위 및 개수단위 별로 구분하였으며, 각 해당 도로 BIM라이브러리 속성에 입력하였다. Fig. 2는 실적공사비 관련속성을 도식화한 것이다.

Table 4는 도로 BIM라이브러리 개별 속성에 입력된 실적공사비 공종코드를 일부 나타낸 것이다. 여기서 구조물공인 암거에 대한 단위시설물 공종코드와 단위 물량항목에 대한 실적공사비 공종코드를 매핑하고 있다.

개별 라이브러리 속성분류에서 재료표 항목 물량에는 실적공사비의 공종이름과 코드가 정의된

다. 이들은 국토교통부의 실적공사비 표준을 기준으로 구성된다. 통로 1련 암거의 경우 도면 ‘P1-1~P1-35’의 실적공사비 공종코드는 LM141.05010 ~ LM141.13050으로 각각 매핑되고 이에 대한 물량항목은 콘크리트, 거푸집 및 철근에 대한 원가코드가 각각 연결된다. 콘크리트 물량에 대해서는 EC220.12321 코드가 연계된다. 이와 같이 모든 도로 BIM라이브러리 시설에 대한 실적공사비 코드와 개별 원가 코드를 연계하면 라이브러리 객체별 실적공사비 코드 구조가 완성된다.

이와 같이 개별 라이브러리 객체에 대한 실적공사비 속성항목이 입력된다. 여기에 실적공사비의 1식 단가와 매핑되는 공종코드를 입력하면 단위 라이브러리 객체별 실적공사비 항목과 연결된다.

3. 도로 BIM라이브러리 기반 실적공사비 산출 모델

연구에서는 암거에 대한 재료별 물량을 산출하기 위해 Autodesk Revit Structure 2012TM에서 제공하고 있는 일람표 기능을 활용하고 이를 Spreadsheet로 출력하여 실적공사비 산정 기초 자료를 작성한다. 이를 통해 계산된 라이브러리 객체별 실적공사비용 값은 시물레이션 데이터의 연

Table 4 Activity Code mapping of historical cost data inputted into road BIM library (Partial)

항 목	도면번호	단위시설물 공종			실적공사비 공종코드				
		공종코드	공종코드 이름	단위	데이터/물량 항목	공종코드	공종코드 이름	단위	
구조물공	통로 1련 암거	P1-1~P1-35	LM141.05010~LM141.13050	통로암거 (1련)	m	콘크리트	EC220.12321	콘크리트타설 / 펌프카	m ³
						거푸집	ED300.01000	거푸집 / 매끈한마감	m ²
						철근	EE000.30000	철근가공 및 조립 / 복잡	ton
	통로 2련 암거	P2-1~P2-35	LM142.05010~LM142.12050	통로암거 (2련)	m	위와 동일			
	수로 1련 암거	H1-1~H1-50	LM110.01010~LM110.11050	수로암거 (1련)	m	위와 동일			
수로 2련 암거	H2-1~H2-45	LM120.01010~LM120.09050	수로암거 (2련)	m	위와 동일				
수로 3련 암거	H3-1~H3-35	LM130.01010~LM130.09050	수로암거 (3련)	m	위와 동일				

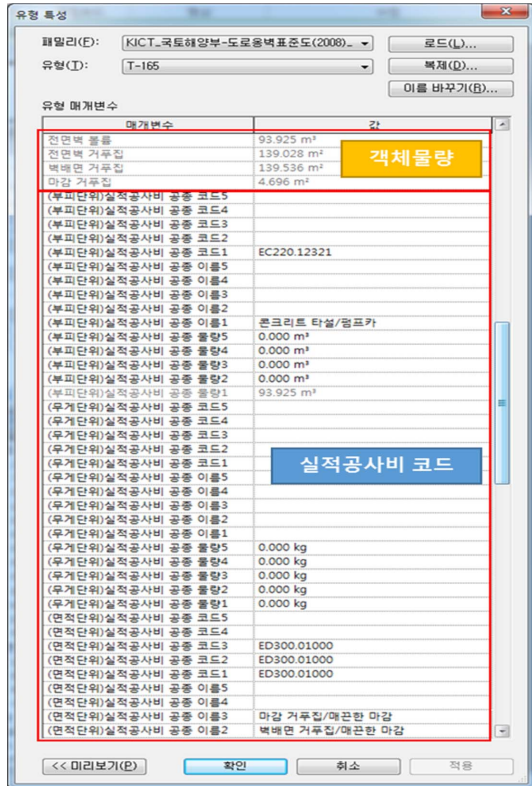


Fig. 3 Input sample of historical cost properties

동 항목으로 참조된다. 즉 4D⁹시물레이션 동안 해당 라이브러리의 일정별 투입 비용을 연속적으로 확인하기 위한 기초데이터가 된다.

Fig. 3은 개별 라이브러리 객체에 대해 입력된 실적공사비 관련 속성 내역을 구성한 것이다. 부피단위 공종일 경우 해당 실적공사비 코드를 입력하고, 해당 물량은 라이브러리 기하 제원을 통해 자동적으로 계산되어 입력된다. 거푸집과 같은 항목은 면적에 따른 실적공사비 계산을 위해 해당 공종 코드(ED300.01000)를 입력하여 연계를 완료한다. 본 속성항목들은 옹벽의 실적공사비 계산을 위해 필요한 실적공사비 코드를 입력하고 있다.

3.1 BIM객체 별 실적공사비 관련 속성 입력

작성된 도로 BIM 라이브러리는 국토교통부 표

준도를 개별적으로 3D객체화한 형태이며, 개별 공종 수준으로 분할되지는 않고 있으나, 분할 수준에 따라 단위 라이브러리 객체의 작성 후 이를 복사하여 모델로 조합하는 것이 가능하다.

BIM라이브러리객체 별로 입력되는 실적공사비 속성은 개별 객체의 실적공사비 값을 도출하기 위한 요소로 활용된다. 그러나 이는 Fig. 2에서 제시한 부피, 무게, 개수, 길이 및 면적의 5가지 실적공사비 단위항목에 대해서는 해당 항목에 따라 사용자가 입력해야 한다. 이러한 값은 속성의 매개변수로만 값을 가질 뿐 모든 값이 자동적으로 입력되지 않는다. 상기의 Fig. 3은 T-165라는 도로옹벽 구조물에 대해 실적공사비 코드를 입력한 화면을 나타낸 것이다.

여기서 기본적으로 형상속성을 통해 전면벽 볼륨, 전면벽 거푸집, 벽배면 거푸집 및 마감 거푸집 물량을 입력된 산식에 의해 자동적으로 산출된다. 아래의 실적공사비 단위 코드에서 부피단위는 해당 부피단위로 물량을 산출할 수 있는 항목으로서 콘크리트 타설이 이에 해당된다. 무게 단위는 철근, 면적단위는 거푸집 물량등이 해당된다.

3.2 BIM라이브러리 실적공사비 일람표 작성

일람표는 실적공사비용을 산출하기 위해 각 라이브러리객체에 해당하는 물량 및 실적공사비 관련 값을 테이블 형태로 구성한 것이다. BIM라이브러리 모델이 화면에 표현된 상태에서 뷰 메뉴의

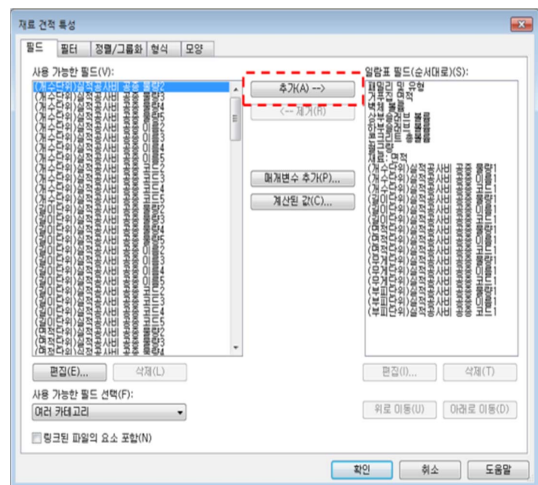


Fig. 4 A catalog table of historical cost properties

⁹3D객체에 공정(Time)을 부가한 것으로 시간의 진행에 따라 공사의 진척상황을 시각적으로 시물레이션하기 위한 개념

일람표에서 재료견적을 선택한다. 이미 개별 라이브러리 속성에 형상속성과 물량 및 재료속성이 포함되어 있기 때문에 Revit™에서 제공하는 일람표 Template을 자동적으로 구성할 수 있다. 재료견적 특성화면에서 일람표로 표현하기 위한 실적공사비 필드항목을 선택한다. Fig. 4는 재료견적 특성에서 재료 물량 및 실적공사비 속성을 일람표 필드 항목으로 구성한 것이다.

본 필드항목은 라이브러리 유형, 각 부위별 제적값과 거푸집 면적 및 철근량 등의 재료에 대한 물량을 추출할 수 있다. 또한 5가지의 실적공사비 산출단위에 대해 물량, 이름, 코드 필드를 추가한다. 이와 같이 정의된 필드에 따라 개별 라이브러리 객체별 물량을 Table형태로 산출할 수 있으며, 이는 Microsoft Excel™의 Spreadsheet로 출력하여 관리할 수 있다. Autodesk Revit™에서는 투입된 철근의 총 무게만을 확인할 수 있다.

그러나 철근이 포함된 모델의 경우 철근 종류에 대해 개별적으로 Revit에서 수량을 산출하는 것이 곤란하여 Nemetschek Allplan™의 Smartpart 모듈을 통해 구성된 BIM라이브러리를 활용하여 철근 수량표를 산출할 수 있다. 이는 Allplan™의 Reinforcement Report 기능을 통해 수행되며, 철근 종류, 개별길이, 종료 별 총 길이 및 무게 등이 산출된다. 이러한 철근 수량표 또한 Excel로 출력할 수 있다.

3.3 일람표 기반 Spreadsheet 비용항목 계산

Revit에서 우선 입력된 속성을 기준으로 실적공사비 산정 기초 데이터 구성을 위한 필드를 재료견적 특성에 추가하고 일람표를 완성한다. 일람표 항목을 실적공사비 데이터로 활용하기 위해서는 Spreadsheet로 Export하여 공중별로 매핑된 실적공사비 코드에 따라 공사비를 계산할 필요가 있다. Fig. 5는 Revit™에서 구성된 BIM라이브러리의 일람표 정보를 Spreadsheet로 출력한 화면을 나타낸 것이다.

Microsoft Excel™에서 실적공사비 산정에 필요한 필드를 정리하고 실적공사비 코드에 맞도록 공사비 시트를 작성한다. 이미 일람표를 통해 실적공사비 공중 코드에 따라 규격, 단위, 단가 및 물량이 도출되었고, 단가와 물량 속성을 통해 실적공사비 원가를 산정할 수 있다.

3.4 MS-Project에서 공정별 공사비 항목 추가

상기와 같이 산정된 도로 BIM라이브러리 객체별 실적공사비 원가 정보는 5D시물레이션을 위해 공중 데이터의 분류체계를 기준으로 비용 필드를 추가하여 입력된다. 이를 위해 MS-Project™에 의해 구성된 공정정보를 기준으로 구성된다. 이는 4D시물레이션 정보와 연동되며, 일정의 진행에 따라 BIM라이브러리별 공사비 투입상태를 시각화하기 위한 기초자료로 활용된다.

Fig. 6은 MS-Project™에 공중별로 입력된 실적공사비 투입상태를 나타낸 것이다.

예를 들어 갭문의 경우 총 8일의 기간 동안 8,117,968원이 투입되며, 이는 해당 기간 동안 동일한 비율로 투입되는 것으로 가정하여 활용된다. 실제 투입비용은 비용투입계획에 따라 변동특성을 가지고 있으므로 이를 반영한 일별 비용투입계획의 수립이 요구된다.

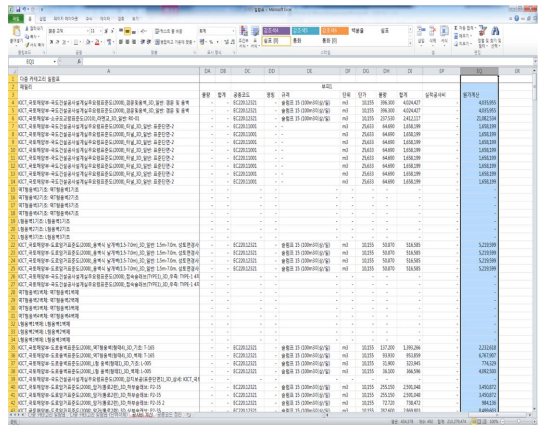


Fig. 5 Historical cost for BIM library in spreadsheet

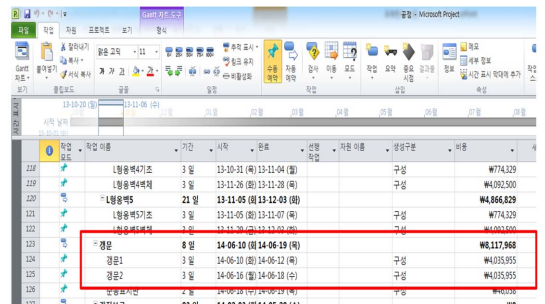


Fig. 6 Historical cost input with activity for BIM library in MS-Project

4. 도로 BIM라이브러리 기반 실적공사비의 5D시물레이션 구축

본 연구에서는 산출된 물량을 기반으로 실적공사비를 산출하고 이의 공종별 투입상태를 시각적으로 확인하기 위해 4D모델에 실적공사비 정보를 추가한 5D시물레이션 모델을 구축한다.

4.1 5D시물레이션 모델 구성 개요

본 연구에서는 BIM라이브러리 기반 실적공사비 데이터의 투입 상태를 시각적으로 검증하기 위해 BIM라이브러리를 활용한 도로 설계 모델을 가상적으로 구성하였다(Fig. 7).

본 사례 프로젝트는 연구에서 구축한 도로분야 BIM라이브러리를 활용하여 설계된 모델이다. 본 모델 구축을 위해 지형모델을 우선적으로 구축하고 여기에 총 33개 Type의 도로 BIM라이브러리를 배치하여 설계를 수행하였다. 옹벽의 경우 국토해양부 도로옹벽표준도(2008) 역T형 옹벽의 도면번호 T-165, L형 옹벽의 경우 L-005도면을 활용하였다. 국토설계실무요령(2013)로부터 콘크리트 다이크인 도면번호 3.004, 터널인 5.001, 강지보공인 5.004도면 및 준공표지판인 8.032 도면 등을 일반도 수준에서 활용하였다. 이 외에도 표준도의 표현 수준에 따라 일반도와 상세도 수준으로 구분하여 BIM 설계를 수행하였다.

본 모델은 라이브러리 객체만을 활용하여 설계를 수행하였으며, 라이브러리에 의한 설계 수행의 기술적 및 생산성 측면에서의 경제적 타당성을 검토할 수 있었다. 시점부 옹벽의 경우 도로의 특성에 따른 공사비 변동성을 확인하기 위해 곡선인 선형구간을 포함하였다. 전체 구간은 약 540m이며, 역T형 및 L형 옹벽, 암거, 터널, 교량, 부대 및 배수공등의 라이브러리를 포함하고 있다.

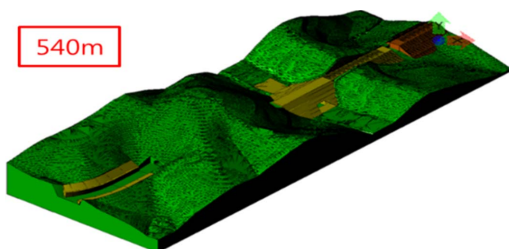


Fig. 7 A sample project summary for 5D simulation

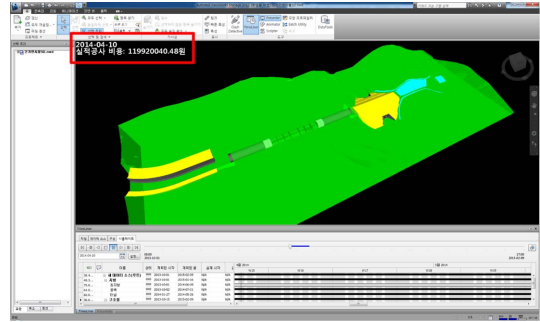


Fig. 8 5D simulation of BIM library based on historical cost

4.2 실적공사비 구성을 통한 5D시물레이션

MS-Project™를 통해 구성된 일정정보와 실적공사비 정보를 Autodesk Navisworks©™에 연결하여 5D시물레이션을 구현하였다.

여기서 입력되는 실적공사비용은 3.4절에서 구성한 비용필드 값을 참조하고 있다. Fig. 8에서는 일정에 따라 BIM라이브러리의 실적공사비 투입 현황을 객체의 진행상태와 함께 시각적 확인이 가능하다.

4.3 제약사항

2D라이브러리를 활용하여 설계한 곡선구간의 선형 모델에서는 일람표를 뽑을 경우 해당 라이브러리 및 실적공사비 속성이 사라지게 되어 실적공사비용을 추출하는데 제약이 있음을 확인하였다(Fig. 9). 이로 인해 5D시물레이션 수행 시 해당 구조물의 비용이 산정되지 않는 단점이 있다. 이는 라이브러리를 작성한 설계 소프트웨어의 속성을 포함한 형상처리 기능 제약으로 발생된다. 즉 선형에 따라 형상이 달라지므로 특정한 물량속성을 사전에 정의하기 어려워진다. 대부분의 도로 BIM 객체는 선형을 따라 생성되는 부분이 많기 때문에 모든 선형(평면, 종단)의 곡선형태를 반영한 라이브러리를 개별적으로 생성하는 것이 곤란하다. 선형을 따라 형상이 일정하게 변하는 부재의 경우 해당 단면프로파일을 라이브러리로 제공하면 선형에 따라 자유롭게 3D라이브러리 형상을 재구축하고 새로운 라이브러리로 저장하여 신규 유사 설계에 활용 할 수 있다. 본 사례는 2D 프로파일을 활용하여 라이브러리로 작성시 해당 객체에 대한 공사비 코드를 포함한 속성을 부여하였으나, 이를 활용하여 3D라이브러리를 구축할 경우 속성

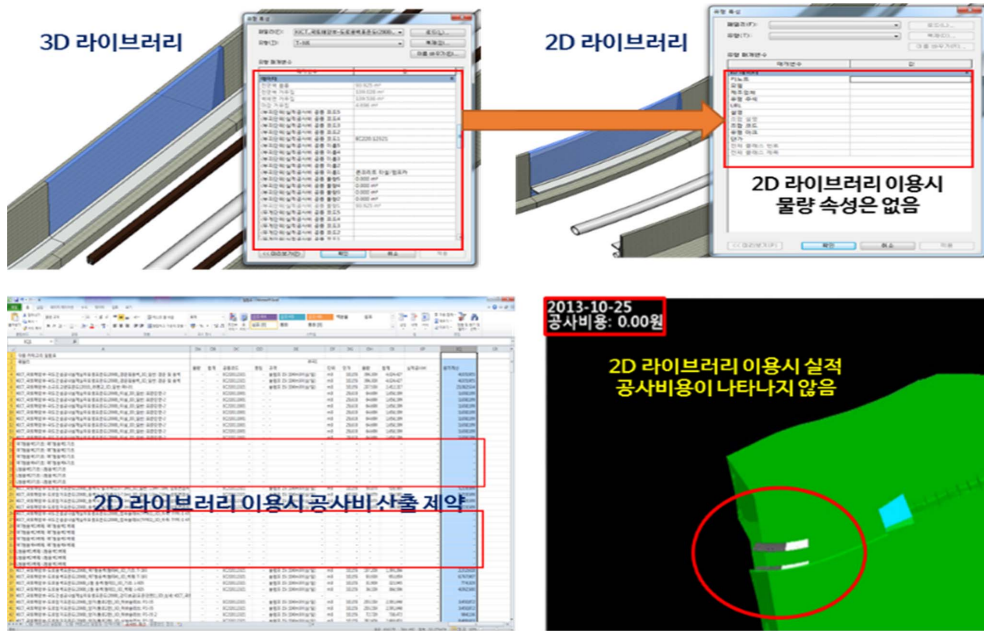


Fig. 9 Comparison of Properties between 3D and 2D Profile Library

이 손실되는 문제가 발생하였다. 이는 2D단면을 기반으로 3D라이브러리를 작성 후 해당 실적공사비 속성을 재입력하면 해결되며, 관련 속성을 포함한 신규 라이브러리로서 활용 가능하다.

또한, 표준도 기반의 제한된 BIM 라이브러리만으로 모든 공사비를 산출하는데 제약이 있다. 현실적으로 공사비 산출 과정은 자동물량, 수동물량, 연동물량 등을 복합적으로 고려해야 하나 활용된 소프트웨어의 기능 제약과 국가별 공사비 산정 방식의 차이로 인해 공통된 공사비 산출방식을 고려하고 있지 못하다.

특히 BIM라이브러리의 속성에는 실적공사비 코드 및 물량을 포함하고 있으며, 이에 따라 개별 구조물의 총 비용과 세부적으로 콘크리트, 거푸집 및 터파기 비용 등 개별 물량을 구할 수 있었다. 그러나 Autodesk Navisworks™에서는 5D 시물레이션 수행시 비용을 화면에 출력하기 위해 상기에 제시된 개별 비용을 표현할 수 없었다. 단지 재료비, 임금비용, 장비 비용, 하청업체 비용 및 총 비용 합계만 화면에 출력할 수 있도록 되어 있어 시간에 따른 공사비의 변동을 직관적으로 확인하는데 제약을 갖는다. 이를 위해 새로운 비용 표현을 위한 추가 항목을 정의하기 위한 인터페이스의 개발이 요구된다. 이와 함께 공사비 내역을 자동으로 생

성하기 위한 표준 템플릿이 필요하고, 외부 실적공사비 단가 DB와의 연계가 필요하다.

5. 결론 및 논의

본 연구에서는 도로 BIM라이브러리를 개발하고 이를 기반으로 실적공사비 연동체계를 구축하여 4D모델에 실적공사비를 연동한 5D시물레이션 모델을 구성하고 있다. 이를 위해 각 BIM라이브러리에서 시설물 항목과 이에 대한 도면번호에 따른 재료표 항목으로 대분류와 소분류를 정의하여 물량산출 대상과 실적공사비 산출범위를 제시하고 있다. 그리고 BIM라이브러리 객체 내에 실적공사비 산출을 위한 기본적 속성항목을 정의하여 형상 치수에 따라 각 부위별 체적 값을 자동적으로 산출하도록 하였다. 이는 실적공사비의 단가와 연동되는 기초 물량값으로 활용된다. 또한 개별 라이브러리가 4D모델로 연동된 후 Cost 값을 각 공종별로 입력하기 위한 기준으로서 라이브러리 객체별 건설정보분류체계 파셋들과 상호 연동되도록 위계 구조를 결정하였다. 특히 각 표준도 라이브러리 별로 실적공사비 공종코드를 매핑하였으며, 이에 대한 물량항목과 단위코드를 정의하여 실적공사비를 BIM라이브러리 별로 산출되도록 기

준을 구성하였다. 이러한 실적공사비 항목은 상용 소프트웨어에서 실적공사비 속성을 개별 라이브러리별로 입력한 후 일괄표 산출 기능을 활용하여 라이브러리 종류에 따른 개별 체적값을 산출하였다. 이 항목들은 Spreadsheet 형태로 출력되어 실적공사비 산출을 위한 기초데이터로 활용되었다. 실적공사비 데이터는 일정데이터의 공종별 투입비용을 위한 공사비항목으로 추가되었다. 이러한 데이터는 5D시뮬레이션 모델을 위한 입력데이터로 활용된다. 산출된 실적공사비용의 적절성과 정확성 측면에서 실제 2013년도 하반기 실적공사비 단가집의 실적공사비 코드에서 정의한 단가정보를 참조하여 입력하였으므로 코드 값 연동에 따라 적절한 공사비와 구조물 단위에서는 정확한 공사비로 산정되었음을 검토하였다.

이와 같이 본 연구는 BIM라이브러리를 구축한 후 공사비 속성 입력 정의를 통해 실적공사비와 연동한 비용계획 프로세스를 나타내고 있다. BIM 라이브러리에 기본적으로 정의된 실적공사비 속성 항목은 사전에 정의하였으나 이에 대한 값들은 개별적으로 입력해야 하는 단점이 있다. 이러한 부분은 외부 실적공사비 데이터를 참조하여 자동적으로 입력할 수 있는 기능의 구성이 필요하다. 특히 현재의 5D시뮬레이션은 소프트웨어에 구현된 기능적 한계에 따라 실적공사비 세부 항목에 대한 개별 공사비 투입현황의 파악이 곤란하다. 또한 실적공사비 투입 정도에 따른 객체의 색상변화 파악에도 제약이 있다. 현재 BIM 라이브러리가 표준도 기반으로 구성되어 실제 프로젝트에 활용에는 제약이 있다. 이를 위해서는 BIM 라이브러리 콘텐츠의 확대, 물량 및 공사비 산출의 정확성 비교, 실적공사비 코드의 확대 및 공사비 DB 연동과 물량산출 자동화 기능 개발, 외부 공사비 내역 DB나 수량 산출 DB를 활용하여 코드에 맞도록 객체를 분할하고 연동함으로써 자동화를 구현할 수 있으며, 좀 더 현실화된 공사비 산출이 가능하다. 연구에서 구성한 라이브러리 기반 실적공사비 산정체계는 향후 인프라분야의 BIM기반 3D 설계시 라이브러리 객체를 활용한 효율적 공사비 계획을 수립할 수 있을 것이다. 또한 프로젝트 초기 계획 및 설계단계에서 개략적인 공사비 산출과 비용 투입계획을 수립하는데 활용할 수 있을 것이며, 토목분야의 BIM기술을 조기에 적용할 수 있는 기반을 제공할 것으로 기대된다. 현재 모든 부재에 대

해 실적공사비를 산정하고 있지 않으나 향후 BIM 라이브러리 콘텐츠의 확대와 함께 본 공사비 산정 방식의 실무 적용 기대를 높일 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 한국건설기술연구원의 주요사업인 “(15주요-임무) Infra BIM 정보모델 표준 및 검증 기술 개발” 과제의 지원으로 수행되었습니다. 또한 BIM라이브러리의 개발을 위해 도움주신 (주)태성에스엔아이의 김봉근 박사님께 감사드립니다.

References

1. Lee, C.J. and Lim, S.H., 2011, A Study on Development of BIM Library for Unit Modular Housing-Focused on Small-sized Urban-life-housing, *Journal of the Korean Housing Association*, 23(6), pp.11-20.
2. Lee, J.Y., Choi, J.S. and Kim, I.H., 2015, A Study on Schematic Estimation Process using Architectural Object Library based on BIM, *Proceedings of Architectural Institute of Korea*, 35(1), pp.53-54.
3. Choi, D.G. and Kim, J.J., 2014, A Study on Resue 3D MCAD Data for BIM based Library Creation-Focusing on the Mechanical BIM Library, *Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers*, 19(3), pp.263-271.
4. Jun, K.H. and Yun, S.H. 2011, Developing Construction Object Library for BIM based Building Construction Planning, *Journal of the Architectural Institute of Korea*, 27(9), pp.143-151.
5. Park, S.H., Kim, H.S. and Yoon, D.Y., 2015, A Study for Automated Division of Composite Walls for Quantity Take-off in Construction Document Phase, *Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers*, 20(2), pp.124-132.
6. Han, J.H. and Nam, S.H., 2011, A Study on the Automated Estimating System using BIM based Library, *Journal of Korea Institute of Building Information Modeling*, 1(2), pp.12-18.
7. Lee, D.G. and Cha, H.S., 2010, Development of BIM Standard Database System for an Approximate Estimate of Old-Aged Apartment Remodeling Project, *Journal of Korea Institute of Construction Engineering and Management*, 11(5), pp.53-64.
8. Kwon, O.B., Son, J.H. and Lee, S.H., 2010, Study on the Application of 3D-based BIM for School Facilities to Increase Cost Management

- Efficiency, *Journal of the Korea Institute of Building Construction*, 10(6), pp.49-60.
9. Chung, S.W. and Kwon, S.W., 2014, Framework of Conceptual Estimation Model for BIM based Internal Finishes of High-rise Building Project, *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, 15(2), pp.53-61.
 10. Lee, J.G., Lee, H.S., Park, M.S. and Jung, M.H., 2013, A Framework Integration Cost and Schedule based on BIM using IFC, *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, 14(3), pp.53-64.
 11. Moon, H.S. and Ju, K.B., 2014, Development of BIM Library for Civil Structures based on Standardized Drawings-Focused on 2D Standard Drawings of The MOLIT, *Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers*, 19(1), pp.80-90.
 12. Jun, K.H. and Yun, S.H., 2011, Developing Construction Object Library for BIM based Building Construction Planning, *Journal of Architecture Institute of Korea*, 27(9), pp.143-151.
 13. MOLIT, Standardized Shop Drawings of Culvert, 2008.
 14. MOLIT, Standardized Shop Drawings of Retaining Wall, 2008.
 15. MOLIT, National Road Design Practical Guide, 2013.



문 현 석

2004년 경상대학교 토목공학과 학사
 2006년 경상대학교 토목공학과 석사
 2009년 경상대학교 토목공학과 박사
 2009년~2010년 영국 Teesside University CCIR연구센터 방문연구원

2011년 경상대학교 공학연구원 선임연구원 및 토목공학과 시간강사
 2011년 부산대학교 토목공학과 시간강사

2012년 미국 University of Michigan (Ann Arbor) LIVE연구소 Post-Doc.

2013년~현재 한국건설기술연구원 ICT융합연구소 수석연구원

관심분야: Building Information Modeling, Virtual Construction, 4D CAD, Process Optimization, Construction Management, Human Motion Modeling



주 기 범

1992년 단국대학교 건축공학과 학사
 1997년 단국대학교 건축공학과 석사
 1992년~현재 한국건설기술연구원 ICT융합연구소 소장/연구위원
 관심분야: BIM, Construction Information, 건설CALS