

A Development of Unified and Consistent BIM Database for Integrated Use of BIM-based Quantities, Process, and Construction Costs in Civil Engineering

Jae-Hong Lee*, Sung-Woo Lee**, Tae-Young Kim***

Abstract

In this study, we have developed a calculation system for BIM-based quantities, 4D process, and 5D construction costs, by integrating object shape attributes and the standard classification system which consist of Cost Breakdown System(CBS), Object Breakdown System(OBS) and Work Breakdown System(WBS) in order to use for the 4 dimensional process control of roads and rivers.

First, a new BIM library database connected with the BIM library shape objects was built according to the CBS/OBS/WBS standard classification system of the civil engineering field, and a integrated database system of BIM-based quantities, process(4D), and construction costs(5D) for roads and rivers was constructed.

Nextly, the process classification system and the cost classification system were automatically disassembled to the BIM objects consisting of the Revit-family style elements. Finally, we added functions for automatically generating four dimensional activities and generating a automatic cost statement according to the combination of WBS and CBS classification system

The ultimate goal of this study was to extend the integrated quantities, process(4D), and construction costs(5D) system for new roads and rivers, enabling the integrated use of process(4D) and construction costs(5D) in the design and construction stage, based on the tasks described above.

▶Keyword: BIM(Building Information Modeling), Civil BIM, Parametric Quantity and Cost Take-Off, BIM-based Cost Take-Off, BIM-Based Schedule Management, Integrated BIM-based Standard Breakdown Structure

I. Introduction

1.1 The purpose and background of research

일반적으로 건설 프로젝트의 2D와 BIM 설계단계에서 사용하는 라이브러리나 템플릿의 사용목적은 설계단계에서 매번 반복적으로 수행되는 비효율적인 2D 도면 작도나 3차원 BIM 모델링 설계 요소를 하나의 라이브러리나 템플릿으로 미리 구축하고 이를 재사용하여 효율적인 2D 도면 작도나 BIM 모델링 설계를 수행하고자 하는데 있다.

하지만 이러한 대부분의 라이브러리나 템플릿 설계는 2D 도면설계와 BIM 모델링 설계의 효율성 개선을 위한 설계단계 요소로 활용되는 것이 대부분이다.

현재 건설사업 정보화(CALS) 시스템 (<https://www.calspia.go.kr>)에서는 토목시설물에 대한 BIM 라이브러리를 토목분야 BIM 모델링 설계자들을 대상으로 제공하고 있다.

• First Author: Jae-Hong Lee, Corresponding Author: Jae-Hong Lee

*Jae-Hong Lee (jhlee3d@mjsoft.com), BIM Business Manager of Glotech Company

**Sung-Woo Lee (lsw@mjsoft.com), Director of the Business Development Department of Glotech Company

***Tae-Young Kim (no1kty@naver.com), Business Development Manager of Glotech Company

• Received: 2019. 01. 29, Revised: 2019. 02. 22, Accepted: 2019. 02. 22.

• This work is supported by the Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement(KAIA) grant funded by the Ministry of Land, Infrastructure and Transport (Grant 18SCIP-C121389-03)

하지만 BIM 형상객체기반의 라이브러린 건설사업 정보화 시스템 BIM 라이브러리의 활용성이 현재는 그리 높지 않다는 것이 현재의 상황이다. 그 이유로는 몇 가지를 들 수 있다.

첫째, BIM 형상 라이브러리를 활용한 구체적인 토목분야 BIM 모델링 설계 대상에 대한 모델링 설계기준이 미비하다는 것이다.

즉, 건설사업 정보화시스템 BIM 라이브러리를 활용하여 토목분야에서 BIM 모델링 설계를 할 BIM 설계 인프라가 아직은 조성되어 있지 않다는 것이다. 따라서 현재는 기존 2D 설계방식으로 라이브러리 또는 템플릿 방식의 설계가 계속 유지되고 있고 BIM 모델링 설계를 주로 작성된 2D 설계도면을 바탕으로 추가로 BIM 모델링 설계를 작성하는 전환설계 위주로 수행되고 있는 실정이다.



Fig. 1. Civil BIM library in CALS web site (<https://www.calspia.go.kr>)

둘째, 가장 중요한 실제 BIM 모델링 설계를 수행하는 말단 사용자 측면에서 건설사업 정보화시스템 BIM 라이브러리의 활용가치가 그리 높지 않다는 것이 가장 큰 이유라 할 수 있다.

건설사업 정보화시스템 BIM 라이브러리의 홍보와 활용교육이 미비한 것도 그 원인이 되겠지만 수요자측면의 토목분야 설계단계의 BIM 적용 설계에 대한 체계적인 준비와 대응이 미비하다는 것이 가장 큰 원인이라고 할 수 있다.

셋째, 또한 이러한 건설사업 정보화시스템 BIM 라이브러리를 활용한 수량 및 공사비 연계산출 등의 BIM 모델링 설계이후 BIM 설계데이터의 활용에 대한 구체적인 기준이나 활용방법 등이 미비한 상황이므로 더욱 필요성을 크게 못 느끼고 있는 실정 이라고 할 수 있다.

BIM 모델링 설계이후 수량 및 공사비를 연계하는 과정이 아직은 견적 작업자의 수작업이나 엑셀(Excel) 또는 상용 내역작성 프로그램 등에 의해 기존 2D 방식에 의존할 수밖에 없는 실정이다.

기존 2D 도면을 바탕으로 한 BIM 모델링 전환설계가 되었

든 건설사업 정보화시스템 BIM 라이브러리에 의한 BIM 모델링 설계가 되었던 이를 파라메트릭하게 수량 및 공사비 내역과 연계하여 수량-공사비를 자동으로 연계산출 하는 이러한 요소 기술은 BIM 설계데이터의 생명주기 관점의 일관성 유지와 건설 프로젝트 참여자간의 협업(Cooperation)을 통한 생산성 향상을 위해 중요한 반드시 구현되어야할 BIM기반 활용 프로세스 측면의 핵심 요소기술이라고 할 수 있다.

또한 이러한 BIM 라이브러리 형상기반의 모델링 설계를 통해 수량-공사비 연계산출을 위해 반드시 추가적으로 연계되어야 할 또 하나의 중요한 요소가 있다.

수량 및 공사비 내역서 작성이나 공정 관리를 위한 관련 자료 작성에 있어서 표준화와 관련하여 발주처 차원에서 제공되고 있는 표준분류체계인 CBS(Cost Breakdown System) 비용분류체계와 OBS(Object Breakdown System) 객체분류체계 그리고 WBS(Work Breakdown System) 작업분류체계 등의 정보와의 연계를 고려해야 한다는 것이다.

이는 설계단계와 시공단계를 포함한 전체 BIM 프로젝트 참여자간의 공통된 방식의 BIM기반 수량-공정-공사비 연계활용을 위해 통일된 하나의 일관성 있는 BIM 데이터 구축과 활용을 위해서 반드시 구축되어야할 표준화 관점의 추가적으로 고려해야할 요소이기 때문이다.

II. Preliminaries

BIM 형상 정보에 견적 작업을 위한 필요 데이터를 모델링 생성 규칙을 가지고 BIM 설계의 DB로 구축할 필요성에 관한 선행연구가 에서는 BIM을 활용한 견적 작업을 효율적으로 수행하기 위해 BIM 객체 모델링 방식 및 입력되는 정보 연계 및 출력 형식을 최적화하는 방안을 수립하고 효율적으로 수행하기 위한 좋은 연구 사례가 있었다. 하지만 위 선행연구는 연구범위가 건축의 실내마감재로만 한정되어 실용화나 확장성에서 한계가 있었다고 할 수 있다. (LEE Myung-Hoon, 2011)

최근 건축분야에서는 건축BIM 정보구축을 위한 정보분류체계 개발에 관한 연구에서 설계 및 시공단계의 각 분류체계를 분석하고 이를 수량산출과 연계하는 과정에서 WBS-CBS 분류체계의 통합 방안을 BIM관점에서 제시하였다. (Ahn Jae-Hong, 2018)

본 연구에서는 이를 토목분야 전체에 적용이 가능한 CBS/OBS/WBS 표준분류체계 정보를 연계한 BIM기반 수량-공정-공사비 연계활용으로 범위를 확대 적용하고자 한다.

2012년 건축분야의 BIM 라이브러리 구축과 관련한 선행 연구에서는 BIM 라이브러리를 제작하는데 필요한 형상정보 및 속성 정보에 대한 분석에 국한되어 이를 향후 다양한 건설정보분류체계의 여러 가지 파셋에 대응할 수 있는 분류로 확대하여야 하고 이를 BIM 라이브러리로 한 곳에 모아 BIM Template으로 구성할 추가 연구의 필요성을 제시하였다. (Jo Hyun, 2012)

현재 건설사업 정보화시스템의 토목시설 BIM 라이브러리에서는 공종별 객체요소를 Autodesk Revit 패밀리 유형(Element Type) 단위로 아래 Fig. 2와 같이 제공하고 있다.

Revit 패밀리의 BIM 형상 속성에 일반 정보, 치수 정보, IFC 매개변수 정보, 실적공사비 정보, COBie 매개변수 정보 등을 담아 BIM 모델링 설계자들을 대상으로 현재 제공되고 있다.

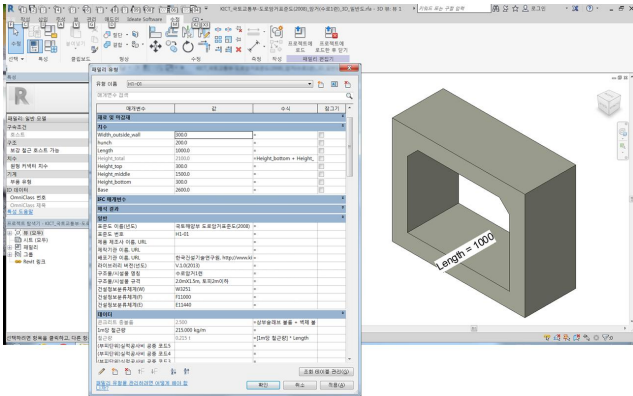


Fig. 2. Revit family element type property of Civil BIM library

또한 같이 제공되고 있는 사용자 가이드에 의해 아래 Fig. 3에서와 같이 건설사업 정보화시스템 Revit 패밀리 BIM 라이브러리를 통해 BIM 모델링 설계를 수행하게 되면 이를 Revit 프로그램의 일람표 기능을 통해 수량을 연계 산출할 수 있게 된다.

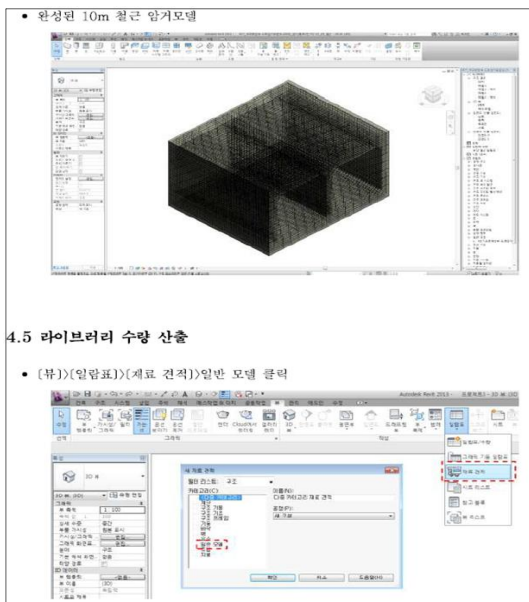


Fig. 3. Integrated quantity of Civil BIM library

하지만 여기서 건설사업 정보화시스템 BIM 라이브러리를 통해서 BIM 모델링 설계를 수행하게 되면 이후 수량-공정-공사비 등의 견적과 공정 등의 연계활용을 위해서는 반드시 2차 활용 S/W 프로그램이 있어야하거나 별도의 추가적인 수작업이 별도로 필요하게 된다는 한계에 부딪히고 만다.

따라서 BIM 모델링 설계 데이터를 활용하여 수량-공정-공

사비를 연계활용하기 위해서는 BIM 데이터의 생애주기(Life-Cycle) 관점의 프로세스 측면에서 이러한 전체 프로세스를 통합하고 연계 활용할 수 있도록 하는 새로운 연계활용 시스템 구축이 필요한 상황에 직면하게 된다.

BIM 형상정보와 표준분류체계가 연계된 새로운 BIM 라이브러리 DB 구축과 이를 연계활용하기 위한 하나의 수량-공정-공사비 통합관리 시스템 구축을 통해 BIM 모델링 설계데이터의 연계활용이 이루어져야 표준화된 방식의 생애주기관점의 일관성 있는 BIM 활용이 유지될 수 있다고 할 수 있다.

본 연구에서는 2018년 초 이미 앞서 선행되어 구축되었던 Autodesk사 Revit 프로그램에 의한 모델링 설계 데이터와 연동되는 표준분류체계 CBS 비용분류체계와 OBS 객체분류체계 그리고 WBS 작업분류체계 연계활용 플랫폼 구축에 대한 선행연구(LEE Jae-Hong, 2018)를 본 연구를 통해 추가적으로 공정과 연계하는 기능 등의 고도화 연구를 통해 새로운 도로/하천분야 BIM기반 수량-공정-공사비 연계활용 시스템을 개발구축하는 연구를 수행하고자 한다.

본 연구를 통해 선행연구에서 구축된 표준분류체계 연동 BIM기반 수량-공사비 산출 플랫폼에 표준분류체계 정보가 BIM 라이브러리 형상객체와 연계되도록 하고 이를 새로이 BIM 라이브러리 DB로 구축하도록 하고자 한다.

즉 새로이 구축할 BIM 라이브러리 DB는 도로/하천 BIM기반 수량-공정-공사비 산출 시스템의 시스템 DB로 새로이 설계 구축 하고자 하는 것이다.

이렇게 아래 Fig. 4와 같이 기존 건설사업 정보화시스템 BIM 라이브러리를 새로이 고도화 설계 구축하고자 하는 것이 본 연구를 시작하게 된 배경이라 할 수 있다.

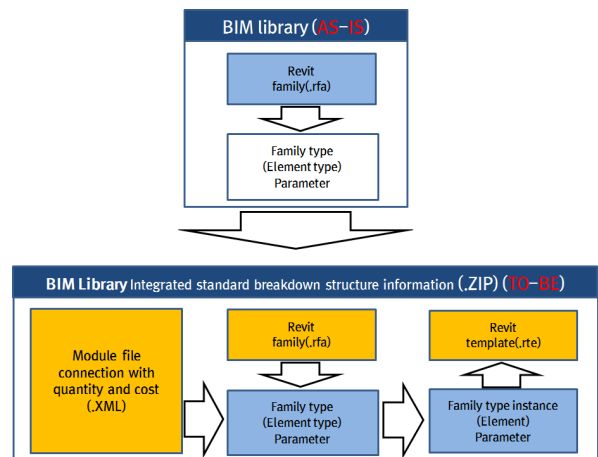


Fig. 4. BIM library structure integrated standard breakdown structure

연구의 대상 및 범위는 기존의 토목분야 건설사업 정보화 시스템(CALS)의 토목시설 BIM 라이브러리에 대한 현황분석을 통해 이를 표준분류체계 정보와 연계 한다.

이를 기존 도로/하천 BIM기반 수량-공사비 산출시스템의 새로운 BIM 라이브러리 DB로 구축한다.

여기에 기존 도로/하천 BIM기반 수량-공사비 산출시스템에 공정-공사비 연계를 위한 매트릭스(Matrix) 모듈을 추가 개발하여 WBS와 CBS 표준분류체계 연동 Activity 자동분개 기능과 내역서 자동생성을 기능을 구현하여 공정-공사비를 연계활용 할 수 있도록 한다.

최종적으로 새로운 BIM 라이브러리 DB기반 표준분류체계 연동 도로/하천 수량-공정-공사비 연계활용 시스템에 연계되도록 한다.

구체적인 본 연구의 범위와 방법은 아래와 같다.

첫째, 토목분야 2D와 BIM 라이브러리 구축 및 활용현황과 표준분류체계 정보의 활용현황 분석을 통해 BIM 형상정보와 표준분류체계 정보 연계를 통한 새로운 BIM 라이브러리 DB 구축의 필요성을 고찰한다.

둘째, 토목분야 기존 건설사업 정보화시스템 토목시설 BIM 라이브러리의 형상속성과 BIM기반 표준분류체계인 CBS 비용분류체계와 OBS 객체분류체계 그리고 WBS 작업분류체계 정보와의 연계 방안을 설계도출 한다.

셋째, 토목분야 표준분류체계 연동 BIM 라이브러리기반 수량-공사비 연계산출에 대한 세부적인 방안을 설계도출하고 구현한다.

넷째, 토목분야 설계와 시공단계의 공정관리에 사용이 가능한 공정-공사비 매트릭스기반 CBS와 WBS 표준분류체계 조합에 의한 공정 Activity 자동분개 기능을 기존 수량-공사비 산출시스템에 추가 설계 도출하고 이를 구현 반영한다.

다섯째, 도로/하천 BIM기반 수량-공정-공사비 연계활용 시스템의 내역서 자동생성 기능을 설계구현하고 연계활용 시스템의 전체 시스템 프로세스를 최종 확립한다.

통해 새로운 BIM 라이브러리 DB로 구축한다.

이를 기 개발 구축된 도로/하천 수량-공사비 산출시스템의 BIM 라이브러리 DB로 연계 구축한다.

도로/하천 수량-공사비 산출시스템에 매트릭스 공정-공사비 연계활용 모듈을 추가 연구개발 구현하여 토목분야 도로/하천에 대한 수량-공정-공사비를 윈스톱으로 통합 관리할 수 있는 획기적인 시스템 프로세스로 확립하는 방법을 연구하여 제시한다.

III. The Proposed Scheme

1. Necessity need consideration of BIM library modeling design integrated the standard classification system in civil engineering

1.1 Necessity need consideration of new BIM library system db setting integrated BIM object information and standard classification system in civil engineering

BIM 모델링 설계를 수행한다는 것은 BIM 형상정보에 관련 정보 속성을 담아 설계이후의 수량-공정-공사비 연계산출이나 유지보수 등의 생애주기 관점의 연계활용을 도모하고자 하는 당위성이 포함되어 있다고 할 수 있다.

따라서 이와 관련하여 BIM 라이브러리를 구축함에 있어 설계와 시공단계에서 수량산출서, 공사비내역서, 공정표 등에 연계되어 사용되고 있는 기존 표준분류체계 정보가 BIM 모델링 형상정보와 연계되어야 하는 것은 필수불가결한 요소라 할 수 있다.

표준화된 BIM 모델링 설계 라이브러리나 템플릿 구축 및 활용도 중요하지만 여기에 표준화된 수량-공정-공사비 관련 내역서 산출을 통한 BIM 프로젝트 참여자간의 효율적인 협업을 위해서 표준분류체계 정보를 BIM 설계 라이브러리 형상정보와 연계되어 새로운 라이브러리 DB로 구축되어야 한다는 것이다.

표준분류체계와 BIM 설계 데이터와의 연계와 관련한 앞선 선행연구에서는 BIM 라이브러리 분류체계의 정립과 BIM 라이브러리 속성정보의 정형화의 과정을 통해 이를 실무에 적용하기 위해 건설정보 분류체계의 부위별 분류체계와 비교, 분석을 하고 또한 이를 BIM 라이브러리 분류체계로 적용하기 위해 BIM 라이브러리 분류체계와 속성정보 표준화를 수행하였었다. 국내외 BIM 라이브러리 체계에 대해 체계적인 분석을 통해 데이터 표준화 요소로 BIM 라이브러리 분류체계 정립과 BIM 라이브러리 속성정보의 정형화 및 분류체계 정립을 도출한 의미 있고 좋은 선행연구 사례이지만 건축설계분야에 한정되어 진행된 한계점을 가지고 있다. (Lee Yee-Bum, 2011)

본 연구에서는 이를 토목분야로 확대적용하고 도로/하천 표준분류체계 정보를 좀 더 구체적인 방법으로 BIM 형상정보에 연계하여 새로운 BIM 라이브러리로 구축할 것인지? 또 이를 실무에서 실효성을 검토할 수 있는 수준의 라이브러리 DB로 구축할 것인지? 등에 대한 새로운 대안을 제시하고자 한다.

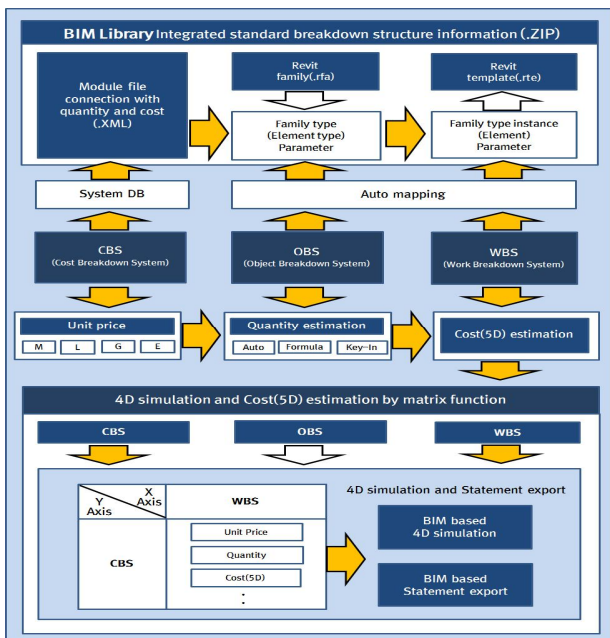


Fig. 5. System flowchart connection with road and river BIM-based quantity-schedule(4D)-cost(5D)

본 연구의 최종 연구 범위와 방법은 새롭게 정립된 BIM기반 표준분류체계 정보를 기존의 건설사업 정보화시스템의 토목시설 BIM 라이브러리의 속성 정보에 연계한 고도화 설계구축을

1.2 Development design method for generation process existing CALS system BIM library object information and CBS/OBS/WBS standard classification system in civil engineering

앞서 건설사업 정보화시스템의 토목시설 BIM 라이브러리가 하나의 Revit 패밀리 속성에 관련 모든 속성을 담아 제공되고 있고 이러한 건설사업 정보화시스템 BIM 라이브러리의 활용성이 낮고 BIM 모델링 설계이후 BIM 라이브러리를 활용한 수량-공사비 연계과정이 모두 수작업의 과정으로 이루어 질수 밖에 없다는 현재의 상황도 설명을 하였다.

이를 개선하기 위한 하나의 대안으로 BIM 형상속성과 표준 분류체계 정보를 연계하는 새로운 BIM 라이브러리 DB를 설계 구축하는 것을 제안하고 자 한다.

아래 Fig. 6과 같이 기존 하나의 Revit 패밀리 파일로 이루어진 건설사업 정보화시스템 토목시설 BIM 라이브러리를 3가지의 파일로 구분하여 표준분류체계 정보를 3가지 파일에 각각 수량-공정-공사비 연계산출을 위한 BIM 라이브러리 구조로 연계 구축하고 이를 하나의 압축파일 형태로 구축 제공하고자 한다.

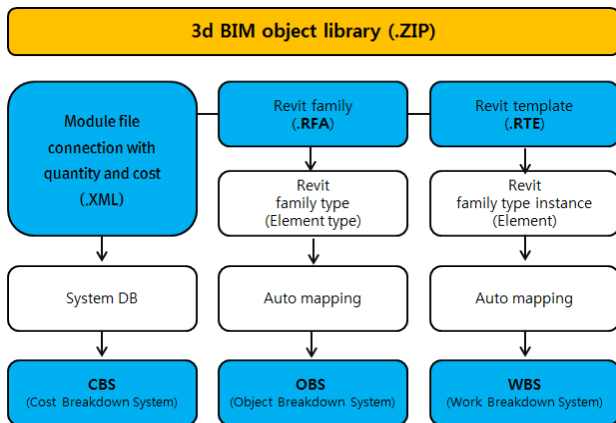


Fig. 6. BIM-based library database flowchart integrated CBS/OBS/WBS standard breakdown structure

새롭게 압축파일 형태로 구축하고자 하는 BIM 라이브러리 DB의 BIM 형상속성과 표준분류체계 정보연계를 통한 새로운 BIM 라이브러리 DB 구성은 위 Fig. 6과 같이 구성하고자 한다.

첫째, CBS 비용분류체계 정보는 수량 및 공사비 산출을 위해 사용되는 기초DB 요소로 Revit의 BIM 형상속성과는 별개로 수량-공정-공사비 연계활용 시스템의 시스템 DB로 구축하여 제공한다.

둘째, OBS 객체분류체계 정보는 Revit 패밀리 단위의 객체 단위로 수량산출을 수행하기 위해 자동 매핑(Mapping) 또는 사용자 입력 방식으로 자동 및 연동 산출 등의 수량산출관련 산식정보 등과 함께 OBS 객체분류체계 정보를 함께 연계구축하여 제공한다.

셋째, WBS 작업분류체계 정보는 Revit 패밀리 인스턴스의 위치정보를 기반으로 인스턴스 객체 단위로 공사비 산출을 수행하기 위해 자동 매핑 방식으로 WBS 작업분류체계 정보를 연계구축하여 제공한다.

2. The proposal of system buildup integrated BIM library-based quantity-process-construction cost in civil engineering

이러한 BIM 형상정보와 표준분류체계 정보를 연계한 BIM 라이브러리 DB를 새로이 구축하려는 이유는 BIM 라이브러리 기반의 모델링 설계를 수행하고 아래 Fig. 7과 같은 BIM기반 수량-공정-공사비 연계활용의 프로세스 과정을 거쳐 설계단계와 시공단계에서 표준화된 일관성 있는 BIM 모델링 설계 데이터의 활용 시스템을 구축하고자 하는데 궁극적인 목적이 있다고 할 수 있다.

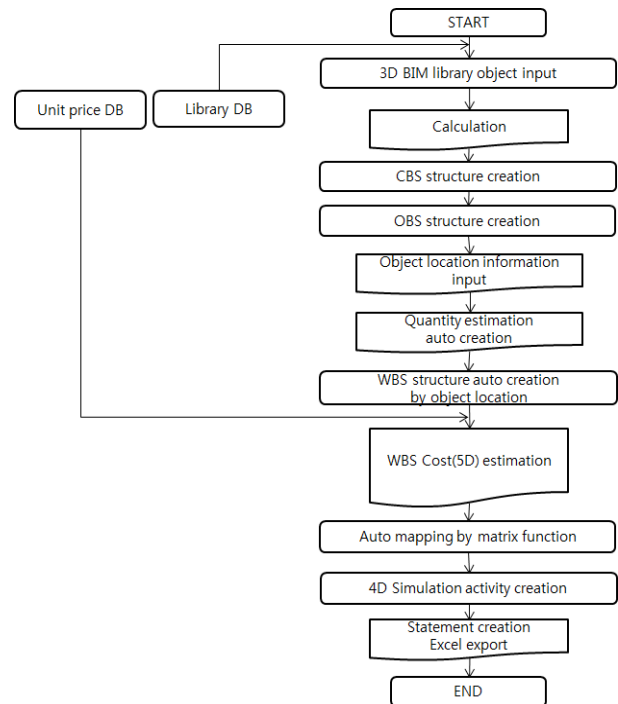


Fig. 7. System process connection with road and river quantity-schedule(4D)-cost(5D)

위 그림 Fig. 7은 새로이 구축된 BIM 라이브러리를 활용하여 BIM 모델링 설계를 수행하게 되면 BIM기반 수량-공정-공사비 연계활용의 시스템 DB로 구축된 BIM 형상정보와 연계된 표준분류체계 속성 정보와 수량 및 공사비 산출을 위한 일위대가 DB 정보 데이터 등이 호출 및 연계되는 과정을 거쳐 자동으로 관련 표준분류체계 트리(Tree) 정보가 연계활용 시스템에 생성되고 이와 연동되는 수량-공정-공사비가 연계산출이 되는 과정에 대한 연계활용 시스템의 전체적인 프로세스 흐름도이고 이를 연계활용 시스템에 추가 연구개발 되어 구축된 것이 도로/하천 수량-공정-공사비 연계활용 시스템이다.

본 연구의 핵심 주제인 표준분류체계와 연동된 BIM 라이브러리 구축을 통해 이루어지는 도로/하천 수량-공정-공사비 연계활용 시스템의 프로세스 적인 측면의 기능요소이다.

따라서 아래의 표준분류체계와 연동된 BIM 라이브러리 구축이후의 연계활용의 기능적인 요소에 대한 연구내용 중 표준분류체계 정보인 CBS 비용분류체계와 OBS 객체분류체계, 그

리고 WBS 작업분류체계가 어떻게 3차원 BIM 형상과 연계되어 이를 구축 활용하였는지 관점에서 아래에서 추가 연구내용을 설명하고자 한다.

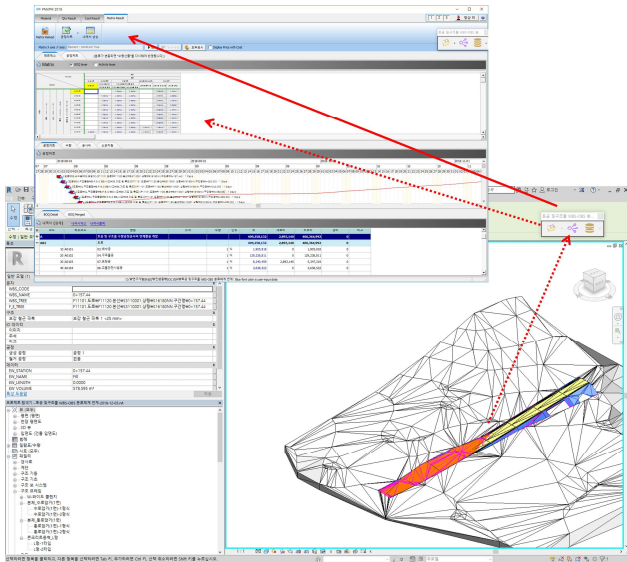


Fig. 8. System sample display connection with road and river quantity-schedule(4D)-cost(5D)

위 그림 Fig. 8은 실제 이러한 수량-공정-공사비 연계활용 시스템이 Revit 프로그램에 반영된 실제 구현에서 화면이다.

도로/하천 수량-공정-공사비 연계활용 시스템의 실제 구현에 있어서 BIM 라이브러리 DB를 구축하면서 CBS/OBS/WBS 각각의 표준분류체계 정보와 어떠한 내용으로 어떻게 연계되는지? 이를 수량-공사비 산출과 어떻게 연계할 것인지? 매트릭스기능을 통해 이를 어떻게 공정-공사비와 연계하고 이를 내역서로 산출하는지? 등에 대한 세부적인 내용과 방법에 대해 설명하고자 한다.

2.1 Detail development design for BIM library-based calculation method quantity and cost integrated standard classification in civil engineering

건축분야에서는 이미 BIM기반 견적산출과 관련한 선행연구가 있었다.

2010년 ‘공공건설프로젝트의 공사비 산출을 위한 BIM 속성정보 모델링에 관한 연구’에서 당시 보편적으로 사용되던 ArchiCAD, Bentley Architecture, Revit Architecture 등의 상용 BIM S/W 들의 속성정보 구축과 이를 통한 물량산출 기능 등에 대한 분석을 통해 공통으로 사용할 목적의 속성정보 모델링 기법 구축을 통해 이를 공공건축물의 공사비 산출 특성을 반영한 견적업무를 수행할 수 있는 가능성을 제시하였다. 일위대가 기반 속성정보 모델 Database의 구축, 속성정보 모델링, 모델링 기법 등을 적용하여 공공건설프로젝트의 공사비 산정 특성을 반영한 물량산출 방법을 제안하는 의미있는 선행연구라 할 수 있다. (Lee Min-Chol, 2010)

2012년 ‘공공건설 프로젝트의 개선견적을 위한 BIM기반 통합솔루션의 활용에 대한 연구’에서 반복적으로 수행되는 비효

율적인 기존 2D 방식의 견적업무를 개선하기 위해 수량/공사비 산출을 위한 일위대가 정보를 BIM 형상정보와 연계하는 방법, 객체간의 특성을 고려한 물량산출 정확도 개선방법, 다양한 공공건축물에 대한 건설정보 분류체계를 견적정보 분류체계를 적용하는 방법 등을 제시하였다. (Shim Hyun-Woo, 2012)

이를 토목분야로 적용하기 위해 본 연구에서 새롭게 구축될 BIM 라이브러리 DB는 아래 Fig. 9에서와 같이 3가지 파일의 압축파일 형태로 각각의 표준분류체계 정보를 연계하게 되는데 여기에 수량-공정-공사비의 연계활용을 위해 세부적인 관련 정보들을 아래와 같이 연계하게 된다.

첫째, 시스템 DB로 구축될 CBS 비용분류체계 트리 정보와 함께 수량 및 공사비 산출을 위한 일위대가 DB를 연계하여 구축하게 된다. 또한 이 일위대가 DB를 구성하는 재료비, 노무비, 경비, 장비비 등의 기초단가 DB와 이에 따른 일위대가 구성 정보 들이 포함되게 된다.

둘째, Revit 패밀리 속성 정보에는 OBS 객체분류체계 트리 정보가 연계되면서 패밀리 유형 단위로 체적(M3), 면적(M2), 길이(M), 개수(EA) 등의 자동수량 산출식과 BIM으로 설계되지 않은 BIM 제외수량을 구하기 위한 연동수량에 대한 2차 산식 등을 속성 정보로 담아 BIM 라이브러리 DB로 구축하게 된다.

셋째, Revit 패밀리 인스턴스 속성 정보가 표현되는 Revit 템플릿에는 WBS 작업분류체계 트리 정보가 연계되면서 패밀리 인스턴스를 포함하는 상위 패밀리 유형 속성에 저장된 자동수량 산출식과 연동수량 2차 산출식에 의한 수량산출 결과와 연동되는 일위대가 DB 단가에 의한 공사비 산출을 수행할 수 있도록 관련 정보를 BIM 라이브러리 DB로 연계 구축하게 된다.

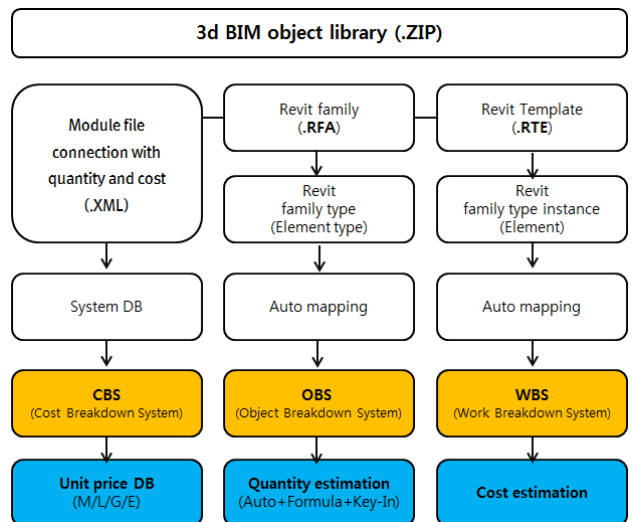


Fig. 9. Quantity-Cost(5D) connection with BIM-based library DB

아래 그림 Fig. 10은 실제 토목분야에서 사용되고 있는 CBS 비용분류체계와 관련한 2015년도 기준 ‘도로분야 공중항목체계(CBS) 코드집’의 한 예로 토공 공중에 대한 CBS 분류체계(안) 예시이다.

이 기준사례는 실제 현재도 토목분야의 2D기반 설계와 시공 단계에서 공종별 내역서의 기준으로 적용되어 통용되어 사용되고 있다.

Fig. 10. Cost Breakdown Structure Sample data

아래 그림 Fig. 11은 위 CBS 비용분류체계 정보에 따른 수량 및 공사비 산출을 위한 코드, 명칭, 규격, 단위 등의 CBS 정보들을 트리별로 도로/하천 수량-공정-공사비 연계활용 시스템의 시스템 DB로 구축되어 실제 적용된 사례 예시 화면이다.

Fig. 11. BIM-based quantity-schedule(4D)-cost(5D) system sample display integrated Cost breakdown system information

이를 통해 BIM 모델링 설계자는 구축된 BIM 라이브러리로 형상 모델링을 수행하면 이러한 시스템 DB로 구축된 CBS 비용분류체계 트리에 의한 코드, 명칭, 규격, 단위 등의 수량 및 공사비 산출을 위한 기초코드를 일괄 자동으로 불러와 사용할 수 있게 된다.

아래 그림 Fig. 12는 Revit 패밀리 단위로 자동 및 연동산식에 의한 수량산출을 수행하기 위한 OBS 객체분류체계 트리 자동 생성을 위한 속성 정보 예시화면으로 이를 반영하여 BIM 형상객체 단위로 수량산출을 수행할 수 있게 하였다.

Fig. 12. Object Breakdown Structure Sample data

아래 그림 Fig. 13은 Revit 패밀리 속성 정보에 저장된 OBS_TREE 속성 정보(ex) RConstruction ResultW133.옹벽 W04.L형)에 의해 도로/하천 BIM기반 수량-공정-공사비 연계 활용 시스템에서 수량산출을 수행하기 위해 실제 구축되어 구현된 OBS 객체분류체계 트리 정보 적용사례 예시 화면으로 QBS_CODE 필드 속성에 수량산출을 위한 객체 수량코드를 입력하여 할 수 있도록 하였다.

Fig. 13. The process of BIM-based library property and Object breakdown structure property information

아래 그림 Fig. 14는 OBS 객체분류체계 트리에 따른 Revit 패밀리별 자동 및 연동 산식에 의한 수량 산식을 적용하여 수량계산 기능을 통해 수량산출 결과 값을 수량-공정-공사비 연계활용 시스템

템을 통해 구현된 적용사례 예시 화면으로 OBS 분류체계와 BIM 패밀리 속성 간 연계에 의한 수량산출 결과 예시 화면이다.

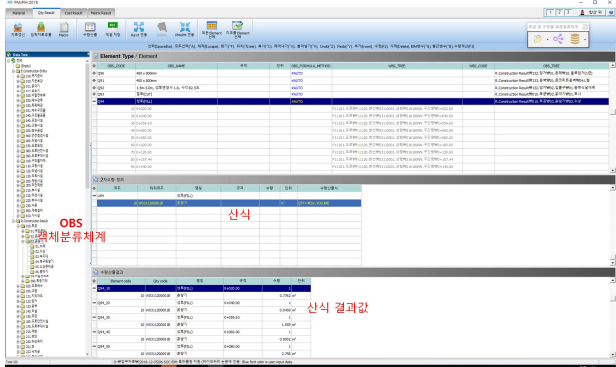


Fig. 14. BIM-based quantity-schedule(4D)-cost(5D) system sample display integrated Object breakdown system information

위와 같은 BIM 형상정보와 OBS 표준분류체계 정보를 연계한 S/W 시스템 관점의 수량산출 방식과 기존 2D 방식 수량산출과의 물량비교는 본 시스템의 실용화 관점에서 추후 추가적으로 연구되어야 할 부분이라 본 단계에서는 생략하고자 한다.

이와 관련한 토목분야 선행연구인 ‘도로분야 BIM 적용을 위한 신뢰성기반 물량산출 오차분석 연구’에서는 터널과 교량에 대한 실제 BIM 모델링 수량산출 결과와 기존 2D CAD 방식 수량내역서 수량과의 신뢰성 비교분석을 수행하였지만 BIM 모델링과 CAD 설계 방식의 차이에서 오는 물량차이와 BIM 모델링이 이루어지지 않는 부분 등에 물량비교 불가 등의 문제 등에 대한 해결방안이 필요한데 이는 쉽지 않은 또 하나의 실용화 관점의 주제로 남겨져 있다. (Kim Ji-Yoep, 2013)

아래 그림 Fig. 15는 실제 토목분야에서 사용되고 있는 WBS 작업분류체계의 한 사례인 ‘2017년 도로공사 작업분류체계(WBS) 개정목록’의 전체 7단계의 구성 내용 중 1단계(도로시설)W2단계(시설물)W3단계(방향공간)W4단계(확장공간)의 총 4단계를 도로/하천 BIM기반 수량-공정-공사비 연계활용 시스템에 적용하기 위한 WBS 분류체계 트리 정보에 대한 예시화면이다.

코드	도로시설	코드	시설물	방향공간	확장공간
코드	도로시설	코드	시설물명	분류1	분류2
F11101	도로	F11120	본선	S3110000	S16180NN
F11101	도로	F11120	본선	S3110000	F11490NN
F11101	도로	F11120	본선	S3110001	S16180NN
F11101	도로	F11120	본선	S3110001	F11490NN
F11101	도로	F11120	본선	S3110002	S16180NN
F11101	도로	F11120	본선	S3110002	F11490NN
F11101	도로	F11430	IC/C	S3110000	S16180NN
F11101	도로	F11430	IC/C	S3110000	F11490NN
F11101	도로	F11490	기타도로	S3110000	S16180NN
F11101	도로	F11490	기타도로	S3110000	F11490NN
F11101	도로	F11490	기타도로	S3110001	S16180NN
F11101	도로	F11490	기타도로	S3110001	F11490NN
F11101	도로	F11490	기타도로	S3110002	S16180NN
F11101	도로	F11490	기타도로	S3110002	F11490NN

Fig. 15. Work Breakdown Structure Sample data

또한 아래 그림 Fig. 16은 Revit 패밀리 인스턴스 속성 정보를 담은 Revit 템플릿(RTE) 파일의 유형 인스턴스 속성에 저장된 WBS_TREE 속성 정보(ex) F11101.도로W11120.본선 WS3110001.상행WS16180NN.구간명W0+140.00)에 의해 실제 도로/하천 BIM기반 수량-공정-공사비 연계활용 시스템에 실제 구현된 WBS 작업분류체계 트리 정보 적용사례 예시화면으로 이곳의 WBS 작업분류체계와 BIM 형상 인스턴스 정보가 연계되어 BIM 형상 객체의 위치에 의한 공사비를 산출할 수 있게 된다.

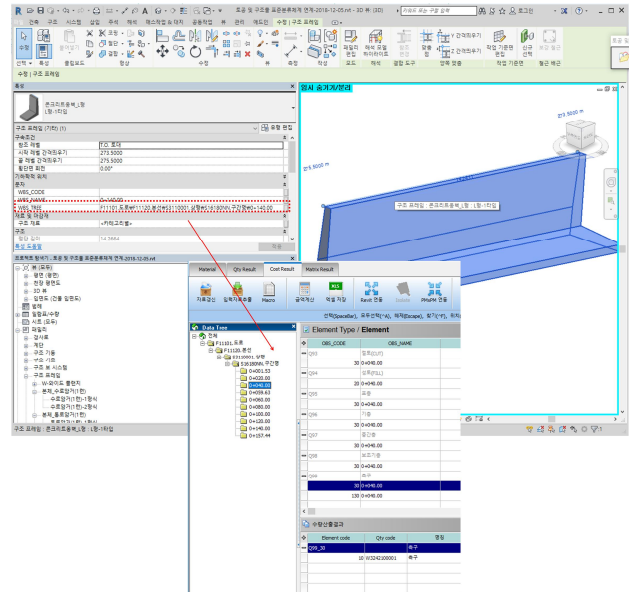


Fig. 16. The process of BIM-based library property and Work breakdown structure property information

아래 그림 Fig. 17에서와 같이 도로/하천 수량-공정-공사비 연계활용 시스템의 금액계산 기능을 통해 WBS 작업분류체계 트리에 따른 Revit 패밀리 인스턴스별 수량 및 공사비 산출 결과 값을 구할 수 있게 된다.

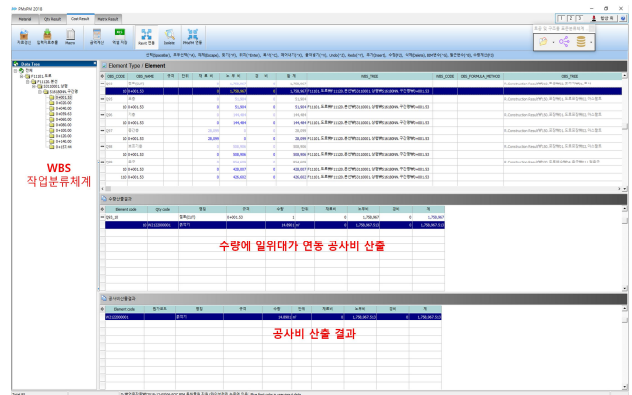


Fig. 17. BIM-based quantity-schedule(4D)-cost(5D) system sample display integrated Work breakdown system information

앞서의 그림 Fig. 10 ~ Fig. 17에서와 같은 일련의 도로/하천 연계활용 시스템을 통한 수량-공사비 연계활용의 과정은 모두 표준분류체계 정보가 연계활용 시스템 DB와 Revit 패밀리

형상 정보에 각각 서로 연계 저장되어 새로운 BIM 라이브러리 DB로 구축이 되었기에 가능하게 되는 과정들이다.

이러한 일련의 연계활용 과정은 향후 좀 더 사용자 관점의 편리성을 가진 기능으로 발전되어 갈 수 있지만 이를 가능하게 한 것은 표준분류체계와 연동되는 BIM 라이브러리 DB의 구축이 선행 되었기에 가능한 것이다.

2.2 Calculation of Schedule(4D)-Cost(5D) Integrated module connection with matrix function module in quantity-schedule(4D)-cost(5D) system

앞선 과정까지는 CBS 비용분류체계와 OBS 객체분류체계를 활용한 수량 및 공사비 산출에 대한 과정 이었다.

이와 관련한 선행연구인 ‘3D BIM기반 원가관리와 공정관리’의 정보연계를 위한 객체분류체계 개발 연구에서는 국내 원가 및 공정관리의 현황 및 문제점을 분석하여 요구되는 정보들을 도출하여 BIM 객체에 대한 분석을 통해 원가 및 공정에서 나타나는 문제점을 해결하는 방향으로 새로운 3D BIM 기반 분류체계를 개발하고 공동주택 골조공사 및 마감공사를 대상으로 검증 실시하였다. (Kim Hyuk, 2012)

앞선 과정에서 표준분류체계와 BIM 형상 정보를 연계한 BIM 라이브러리 DB 구축과 BIM 모델링 설계를 통해 도로/하천 BIM기반 수량-공사비 연계산출이 수행되었다면 이제 이를 시공단계의 공정(5D)과 연계하기 위해 별도의 추가적인 작업이 필요하게 된다.

이는 표준분류체계에 연계되어 산출된 일위대가 DB 연동 수량-공사비 산출 결과를 아래 그림 Fig. 18에서와 같이 매트릭스공정-공사비 연계활용 모듈에 입력(Input) 받아 이를 수행하게 된다.

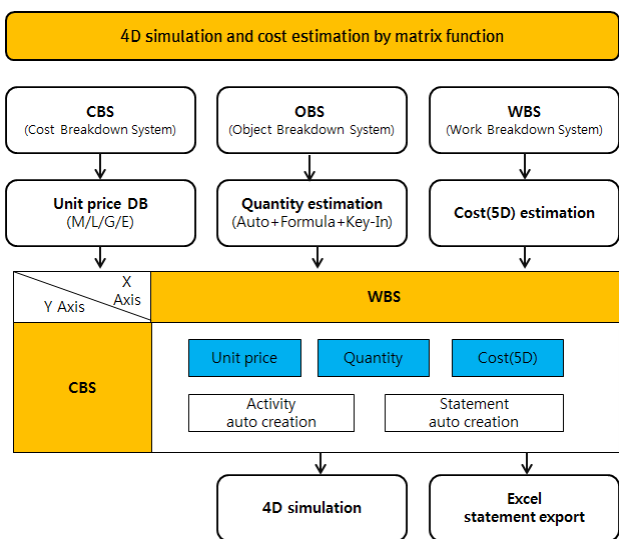


Fig. 18. The flowchart of Schedule(4D)-Cost(5D) Integrated module connection with matrix function module in quantity-schedule(4D)-cost(5D) system

보가 연계된 일위대가 DB 연동 수량 및 공사비 산출의 결과를 X축, Y축이 만나는 행렬구조의 셀(Cell) 단위 매트릭스공정-공사비 연계활용 모듈에 입력(Input) 받아 Revit 패밀리 인스턴스 형상객체의 위치정보를 기반으로 한 X축의 WBS 작업분류체계와 Y축의 CBS 비용분류체계의 조합에 의해 공정 Activity를 셀(Cell) 단위로 자동분개하고 여기에 각각의 수량 및 공사비를 연계 산출하게 된다.

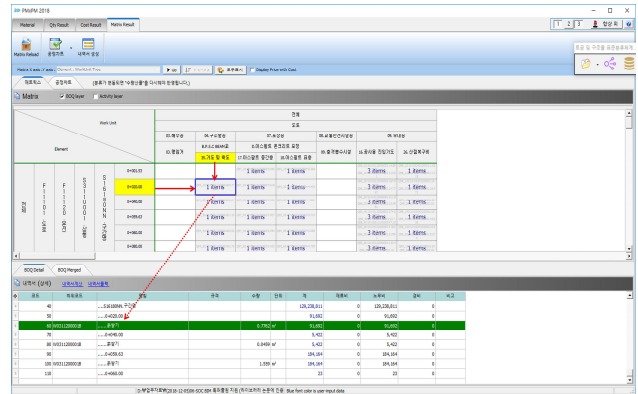


Fig. 19. The sample system display connection with quantity-cost(5D) by matrix cell unit

X축, Y축이 만나는 행렬구조의 매트릭스공정-공사비 연계활용 모듈에 의해 CBS 비용분류체계와 WBS 작업분류체계의 조합에 의한 셀(Cell) 단위의 Activity 자동생성은 아래 그림 Fig. 20에서와 같이 CBS 비용분류체계가 반영된 X축의 공종별 내역서 트리 정보와 Y축의 Revit 패밀리 인스턴스 객체의 위치정보를 기반으로 한 WBS 작업분류체계 트리 정보가 가로와 세로로 만나 CBS와 WBS 표준분류체계 간 조합에 의해 BIM기반 Activity가 자동 생성되는 구조라 할 수 있다.

2.3 The defining total process of connection system BIM-based quantity-4d process-5d construction cost in civil engineering

이제 CBS 비용분류체계와 WBS 작업분류체계의 조합에 의한 Activity 자동분개에 따른 매트릭스공정-공사비 연계활용 시스템의 산출 결과는 엑셀내역을 통해 출력되어 설계와 시공단계의 새로운 공정-공사비 연계활용의 데이터로 활용될 수 있게 된다.

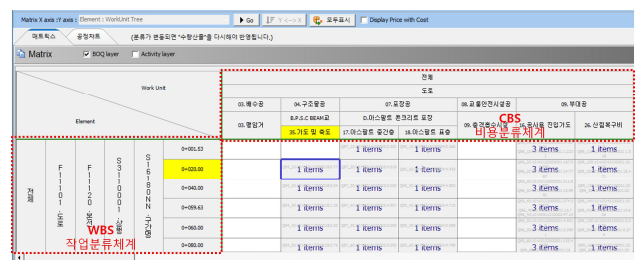


Fig. 20. The activity automatically create by matrix combine CBS and WBS breakdown structure

아래 그림 Fig. 19에서와 같이 표준분류체계와 BIM 형상정

위 그림 Fig. 20과 같이 매트릭스 모듈의 내역서 생성 기능을 통해 화살표 방향의 CBS와 WBS 조합에 의한 자동분개 내역서를 생성하게 된다.

매트릭스내역서 생성 기능을 통해 내역서 생성을 아래 그림 Fig. 21과 같이 생성하고 이를 하단의 내역서 계산 기능을 통해 CBS와 WBS 조합에 따라 자동분개 된 Activity 단위별 내역서 생성 기능에 의해 수량 및 공사비 산출을 수행하게 된다.

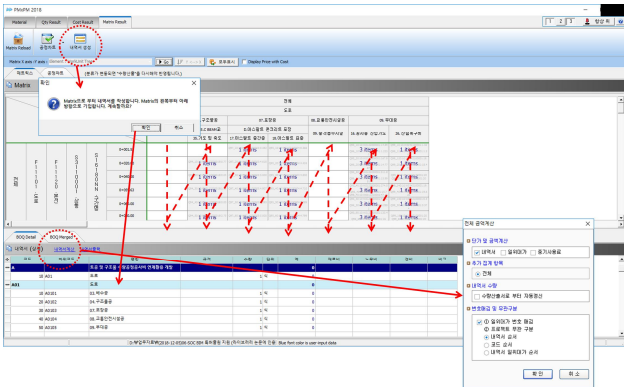


Fig. 21. The statement automatically create by matrix function combine with CBS and WBS breakdown structure

위의 과정을 거치게 되면 아래 그림 Fig.22 하단의 내역서 출력 기능을 통해 공정 Activity별 수량 및 공사비에 대한 엑셀 양식의 내역서를 출력(Export) 할 수 있게 된다.

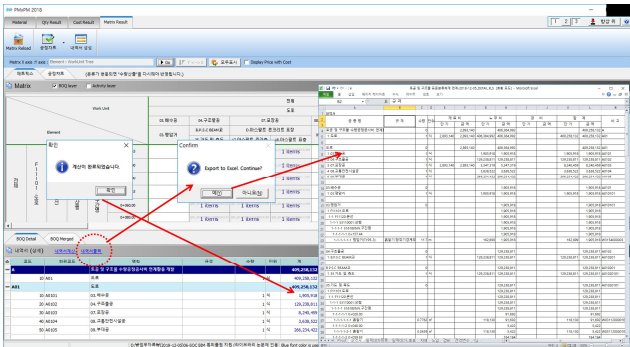


Fig. 22. Export of excel file format statement automatically create by matrix function

지금까지는 토목분야 도로/하천분야 수량-공정-공사비 산출의 전체적인 프로세스적인 측면의 연구내용에 대해 나열하였다. 여기서 가장 중요한 요소는 이러한 일련의 과정을 수행하기 위한 CBS/OBS/WBS 표준분류체계 정보와 연동된 새로운 BIM 라이브러리 구축이 선행되었기에 가능하였다는 점이다.

IV. Conclusions

본 연구의 표준분류체계가 연동된 도로/하천 BIM기반 수량-공

정-공사비 연계활용 시스템의 전체적인 프로세스 측면에서 실제 현 BIM 설계 전문가 그룹을 대상으로 하여 검증을 수행하였다.

전문가1의 경우 도로/하천 토목분야의 BIM 설계 시 표준분류체계의 표준화 연계가 필요한 시점의 시의적으로 적절한 수량-공정-공사비 연계활용 시스템이지만 Autodesk Revit 제품만이 아닌 다양한 타 BIM 상용 툴에 대한 운용성 연계 여부도 추가 검토가 요구된다는 검증 결과와 전문가2의 경우 사용자 관점에서 표준분류체계와 BIM 형상의 속성정보가 너무 많거나 중복되지 않는 선에서 최소한의 정보로 연계하여 도로/하천 연계활용 시스템이 구동되어야 정보 관리 측면에서 중요하다는 검증의견을 제시하였다.

BIM 활용 관점에서 유사한 선행연구에서는 건설정보 분류체계 표준화를 통해 프로젝트 참여주체 상호간 의사소통을 원활하게 하기 위해 건설과정에서 요구되는 문서화 작업의 표준적이고 통합적인 구성을 지원하기 위한 건설정보 분류체계의 표준화와 관련한 연구를 통해 단일코드와 복합코드 개념을 통해 3차원 기반 BIM을 활용한 효율적 건적업무의 방안을 제안하였다. 하지만 이를 체계적인 코드화 방안을 제시하지 못한 한계점과 건축과 토목 공사들에 실제 적용하여 활용할 수 있는 방안을 구체적으로 제시하지는 못했다. (RYU Myung-Geun, 2008)

또한 지금도 건축분야에서 국가 R&D 연차 지속 연구과제로 연계되어 진행되고 있는 2012년 ‘개방형 BIM의 효율적 도입을 위한 표준프레임워크 개발에 관한 연구’에서 그 당시 기존 국내와 해외의 표준 환경에 대한 분석과 문제점들을 분석하여 이를 개선한 국내 실정에 맞는 BIM 표준프레임워크에 대한 표준 방안을 개발하여 국토해양부 및 조달청 지침에 반영하고 이를 제시하였다. (Cho Chan-Won, 2012)

이상과 같은 본 연구 결과가 적용된 도로/하천 수량-공정-공사비 연계활용 시스템에 대한 전문가 그룹의 검증 내용과 관련 논문 사례 등에 대한 추가적인 사례를 반영한 실용화 가능 수준의 시스템 구축은 차년도 연구를 통해 이를 반영하고자 한다.

또한 본 연구의 표준분류체계와 BIM 형상정보가 연계한 BIM 라이브러리리 통한 도로/하천 수량-공정-공사비 연계활용 시스템에 대해 향후에 추가적으로 우선시 하여 고려해야할 요소는 아직 몇 가지가 더 남아 있다.

첫째, 본 연구에 의해 제시된 BIM 라이브러리 DB에 의한 모델링 설계가 아닌 일반적으로 사용자가 직접 수행한 BIM 모델링 설계데이터에 대해 토목분야 표준분류체계 정보를 어떻게 연계할 것인지? 또한 이를 어떻게 도로/하천 BIM기반 연계활용 시스템에 입력하여 수량-공정-공사비에 대한 연계산출을 수행할 것인지? 등에 대한 추가적인 대안이 필요할 것이라 판단된다.

둘째, 본 연구를 통해 Revit 패밀리 인스턴스 형상의 위치정보에 의한 WBS 작업분류체계와 연동된 BIM 형상기반 공정 연계에 대한 하나의 대안은 본 연계활용 시스템 구현으로 하나의 방법적인 대안은 제시되었다고 할 수 있지만 ‘BIM 형상으로 모델링 설계되지 않은 BIM 제외 공종에 대한 연동산식과 수동 입력에 의한 Activity 내역항목들은 어떻게 BIM 형상과 연계하여

어떻게 공정 Activity 요소로 처리할 것인가?’ 하는 부분이다.

셋째, SOC 시설물과 같은 대형 프로젝트 위주의 토목분야 BIM 모델링 설계로 구축된 BIM 프로젝트 결과물을 도로/하천 수량-공정-공사비 연계활용 시스템에서 어디까지 어떻게 연계하여 활용할 것인지? 하는 부분이다.

즉, BIM으로 모델링 설계될 토목분야 대형 BIM 프로젝트 대상을 공구별로 어떻게 끊어서 나눌지?, 교량 또는 터널, 도로 등과 같은 시설물 위주로 나눌지?, 몇 개의 BIM 모델링 설계 S/W로 몇 개의 파일형식과 크기로 구분하여 나눌지? 등이다.

따라서 본 연구를 통해 제시된 토목분야 표준분류체계 정보와 BIM 형상정보가 연계된 새로운 BIM 라이브러리 DB 구축을 통한 도로/하천 BIM기반 수량-공정-공사비 연계활용 시스템이 향후 BIM 생애주기 관점의 일관성 있는 BIM 설계 데이터 구축과 활용을 통해 BIM 프로젝트 참여자간의 올바른 협업을 수행할 수 있는 하나의 새로운 BIM 모델링 구축 및 활용 시스템의 대안으로 활용되기를 기대한다.

REFERENCES

- [1] LEE M. H. “A Study on Adoption of Normalizing Method for Database of Estimate on Design Stage using BIM -Focused on Building Interior Construction”, Masters Thesis, Han-Yang University, pp. 2, pp. 36. August 2011
- [2] LEE J. H. Parametric Quantity Take-Off of Earthwork by Comparing the Use of Surface and Solid Models, Journal of the BIM Association of Korea, pp. 59, August 2018.
- [3] LEE Y. B. A Study on Standardization of BIM Library for Classification System and Property Information, Masters Thesis, Se-Jong University, pp. 18-20, pp. 58-60. June 2011
- [4] RYU M. G. A Study on Improving Estimating Practices of Building Projects using BIM, Masters Thesis, Chung-Ang University, pp. 46-47, December 2008
- [5] Ahn J. H. A Study on the BIM based Development of Integrated Information Breakdown Structure, Masters Thesis, Dong-Myung University, pp. 2, pp. 80-81, February 2018
- [6] Jo. H. A Basic Study on the Construction to BIM Library of Architectural Design Firms, Masters Thesis, Han-Yang University, pp. 59, February 2012
- [7] Lee. M. C. A Study on the BIM Property Information Modeling for the Cost Estimate of the Public Construction Projects, Masters Thesis, Seoul National University of Science and Technology, pp. 58, August 2010
- [8] Shim. H. W. A Study on The Usability of a BIM-based Integration Solution to The Preliminary Estimate of The

Public Construction Projects, Masters Thesis, Seoul National University of Science and Technology, pp. 68, February 2012

- [9] Kim. J. Y. A Study of Reliability-based Quantity Estimation Error Analysis apply, Masters Thesis, Han-Yang University, pp. 104-105, February 2013
- [10] Kim. H. Development of 3D BIM Based Object Breakdown Structure for Integrated Cost/Time Information, Masters Thesis, Kyung-Hee University, pp. 48, February 2012
- [11] Jo. C. W. A Study on Developing Standard Framework for Implementing Open BIM - A Proposal for Developing Practical BIM Standard in Korea -, Masters Thesis, Kyung-Hee University, pp. 97-100, August 2012

Authors



Jae-Hong Lee received the B.S. degrees in Architecture Chung-Ang University, Korea, in 1994. Jae Hong Lee is currently a Team Leader Of BIM Business in the Glotech Company. He is interested in BIM Program Operation and BIM Solution.



Sung-Woo Lee received the B.S. degrees in Computer Science Han-Shin University, Korea, in 1994. Sung-Woo Lee is currently the Major Chief Manager of the business development department of the Glotech Company. He is interested in convergence

between BIM and civil engineering.



Tae-Young Kim received the B.S. degrees in transportation engineering Han-Yang University, Korea, in 1998. Kim Tae-young is currently the manager of the business development department of the Glotech Company. He is interested in convergence

between BIM and civil engineering.