

BIM기반 비용·일정 통합관리 방안에 관한 연구

BIM based Integration Method of Cost and Schedule Information

백영인¹⁾, Baek, Youngin

¹⁾ 주식회사 센서웨이 전무, 국토해양부과제 첨단센서기반CM연구단 단장, shonjy55@hanmail.net

요약 : 공정과 공사비는 건설 프로젝트의 관리에 있어서 매우 중요한 두 가지 요소로써, 그동안 이들을 통합 관리 하려는 노력이 많이 이루어져 왔으나 국내의 국가계약법에 따른 내역체계의 한계점과 내역 및 WBS 표준화 작업의 미흡으로 인해 실제 시행에 많은 어려움을 겪고 있다. 본 연구에서는 최신관리기법인 BIM의 객체기반 3D 모델링 정보를 이용하여 비용과 일정정보를 연계하여 관리하는 방안을 제시하였다. 먼저 프로젝트 구성정보를 비용, 일정, 구조물의 부위별 구성요소로 나누고 각 구성정보에 의한 분류체계의 특징을 분석하였고, 국내의 내역중심 관리체계와 전체적인 관리 시스템 상의 한계를 감안하여 제약조건을 설정하고 작업분류체계(WBS)를 통한 일정정보를 중심으로 비용과 3D 모델링의 부위별 객체들을 연계하는 방안을 제시하였다. 제시된 방안의 검증에 위하여 대림산업에서 시공중인 청풍대교 현장에 대하여 사례연구를 실시하였으며, 이를 통하여 일정변화에 따른 시각화 및 비용예측 등의 기대효과를 확인하고 한계점 및 향후 추가 연구사항들을 가늠해볼 수 있었다.

Abstract : 3D and BIM technology are presumed to be used more and more in the construction industry. The scope of this paper arose from a general wondering of how the constructor in general can benefit from the use of 3D models. Presented herewith is the first application of BIM in Korea to a actual bridge construction site located in Cheongpoong in Chooncheongbook-Do. This paper tries to integrate design, cost and schedule under location-based conditions with industry-specific solution for 3D modeling. 292 activities constitute the cable-stayed bridge of 442m long with a main span of 327m long. Integration of 3D model, cost and schedule is shown by comparing the measurements of works at a specific time by use of 2 different construction sequencing scenarios and cost breakdown structures.

Keywords : BIM, Integration of Cost and Schedule Information, 3D Modeling, WBS

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

건설 프로젝트는 프로젝트 수행에 수반되는 다양한 제반 여건들의 영향으로 인하여 많은 리스크들을 가지게 된다. 또한 한 회사 내에서도 다양한 프로젝트들이 동시에 진행되기 때문에 각 프로젝트의 재정적 상황을 보다 정확히 예측하고 관리하기 위해서는 선진 기법의 도입이 필요하다. 이를 위하여 예전부터 비용과 일정을 통합관리하기 위한 연구들이 많이 이루어져 왔으나 국내의 내역중심 관리체계의 한계점과 산업 전체적인 표준화 작업의 미흡으로 인하여 실제 도입에 많은 어려움을 겪고 있다. 따라서 이러한 제약조건 하에서 정확한 구조물의 부위 정보를 이용하여 비용과 일정정보를 보

다 효과적으로 연계하고 시각적 효과를 보완하기 위하여 3D 모델링을 기반으로 한 BIM 기법을 적용하였다. BIM이란 용어는 기획에서 유지관리에 이르는 전체 건설 프로젝트 생애주기 동안에 발생하는 정보(3D 객체 정보+관련된 모든 데이터), 프로세스 및 호환성을 통합하는 개념으로 사용되고 있다(최철호 외, 2008). 즉, 시설물의 기둥, 보, 교각 등의 구성 요소가 각각 하나의 객체로 인식되어 설계단계부터, 시공, 유지관리에 이르기까지 해당되는 형상정보, 물성정보, 제작자 등의 다양한 정보가 통합적으로, 지속적으로 관리되는 체계를 의미한다. 이러한 BIM 기법을 이용하게 되면 일정에 따른 구조물의 진행과정을 시각화 할 수 있고, 3D 모델링을 통하여 제공되는 정확한 부위정보로 인하여 공사비용을 보다 정확하게 예측할 수 있다. 본 연구에서는 이러한 BIM의 객체기반 3D 모델링을 기반으로 비용과 일정을 연계하

여 통합관리하는 방안에 대하여 제시하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

건설 프로젝트에는 다양한 진행단계와 그에 따른 주체들이 존재하지만 본 연구에서는 시공회사의 입장에서 시공단계에 현장관리 차원에서 이용할 수 있는 관리방안에 대하여 제시하고자 한다. 또한 현재 BIM을 원활히 사용하기 위한 제반 여건이 조성되어 있지 않은 상태이기 때문에 현재의 시스템 내에서 상용 프로그램을 이용하여 구축할 수 있는 방안을 제시하고 교량현장을 대상으로 사례연구를 실시하였다.

제시방안을 체계화하기 위하여 프로젝트 구성정보를 비용, 일정, 3D 모델(구조물)의 부위별 구성요소로 나누고 각 관리요소에 의한 분류체계의 특징을 분석하였고, 국내의 내역중심 관리체계와 전체적인 관리 시스템 상의 한계를 감안하여 제약조건을 설정하고 작업분류체계(WBS)를 통한 일정정보를 중심으로 비용과 3D 모델의 부위별 객체들을 연계하는 방안을 제시하였다. 최종적으로 제시된 방안의 검증은 위하여 대립산업에서 시공중인 청풍대교 현장에 대하여 사례연구를 실시하여 기대효과 및 한계점을 살펴보았다.

2. 프로젝트 구성정보

선진 외국의 경우 공정정보를 중심으로 프로젝트 관리가 이루어지는 반면, 국내 건설사업은 내역체계를 중심으로 입찰/계약과 원가관리가 이루어질 뿐만 아니라 내역서의 정보를 기반으로 공정관리까지 수행하고 있다. 이로 인하여 공정과 원가관리 시스템 간의 연계성이 미비하고 공사 진행사항의 분석과 향후예측, 문제점 조기발견 등이 어려운 실정이다(김지현 외, 2007). 이러한 문제점들을 근본적으로 해결하기 위해서는 공정과 공사비를 통합 관리할 수 있는 통합분류체계가 마련되고, 전체적인 프로젝트 관리가 공정정보 중심의 관리체계로 바뀌어야 할 것이다. 하지만 국내에서는 국가계약법에 따른 내역체계를 무시할 수 없는 상황이기 때문에 현실적인 상황을 고려하여 정보들을 통합 관리할 수 있는 방안이 마련되어야 한다.

본 연구에서는 프로젝트 관리를 위한 구성정보를 비용과 관련된 공사비 분류체계(Cost Breakdown Structure; CBS), 공정과 관련된 작업 분류체계(Work Breakdown Structure; WBS), 3D 모델과 관련된 구조물 구성요소 분류체계(Element Breakdown Structure; EBS)로 구분하였다. 분류기준을 비용, 공정, 구조물 중 무엇에 두느냐에 따라 그 분류체계가 달라지기 때문에 위 3가지 요소를 적절히 연계하여 상호 정보 교환이 가능하고 효율적인 관리가 이루어질 수 있도록 하여야 한다.

CBS는 원가를 구성하는 내역항목에 의해 분류된 체계이며 공종별 또는 자재별 규격, 단위, 물량, 단가 정보를 포함하고 있다. 하지만 국내에서 사용되고 있는 공사

비 분류체계는 각 분류체계마다 분류기준이 상이하여 분류항목에 다소 차이가 있고 부위 정보가 체계화 되어 있지 않아 공정과의 연계가 어렵다. 반면에 해외의 공사비 분류체계는 요소 및 부위별로 분류되어 있으며, 건설 프로세스 단계에서의 의사소통을 원활히 하기 위해 일정 분류기준을 수립하여 분류체계를 통합하려 노력해왔다(현장택 외, 2007). WBS는 실제 수행 작업항목에 의하여 일정에 따라 분류된 체계로 시설물, 공간, 부위, 공종 또는 Work Package에 따라 분류된다. 하지만 국내 공공공사는 내역중심의 실적위주로 공사를 관리하므로 WBS 구성을 통한 공정관리의 필요성을 느끼지 못하고 있으며 표준화가 미흡한 실정이다. 또한 현장에서 자체적으로 작성된 공정관리표 상의 요소들은 작업요소와 부위요소가 혼재된 경우가 많이 존재하여 내역서 상의 물량분개를 통하여 공사비를 관리하는 경우 많은 시간이 소요되고 정확성이 떨어진다. EBS는 구조물의 3D 모델 작성을 위한 부위 또는 공간별 분류체계로 3D 모델링이 아직 활성화되지 않아 표준분류체계가 마련되어 있지 않으며 공정연계를 목적으로 할 경우 나타내고자 하는 세부정도에 따라 객체 분할이 이루어질 수 있다.

3. 프로젝트 통합관리 방안

본 연구에서는 앞서 살펴본 CBS, WBS, EBS 세 가지의 프로젝트 구성정보들을 서로 연계하여 통합관리할 수 있는 프로토타입을 그림1과 같이 제시하였다. 이 모델에서 가장 중요한 것은 비용 중심의 CBS 구성요소들과 공간 및 부위 중심의 EBS 구성요소들을 서로 연결시킬 수 있는 공통분모로서의 작업 분류체계(WBS)를 구성하는 것이라 할 수 있다. 세 가지 분류체계가 각기 다른 기준으로 이루어져있기 때문에 명확한 기준을 세워놓아야 WBS를 구성하는데 혼동을 없앨 수 있다. 실제로 현장에서 내역체계를 바탕으로 작성한 공정관리표의 액티비티들은 부위와 작업 개념이 혼용되어 복잡한 형태를 이루는 경우가 많이 존재한다(조진 외, 2008).

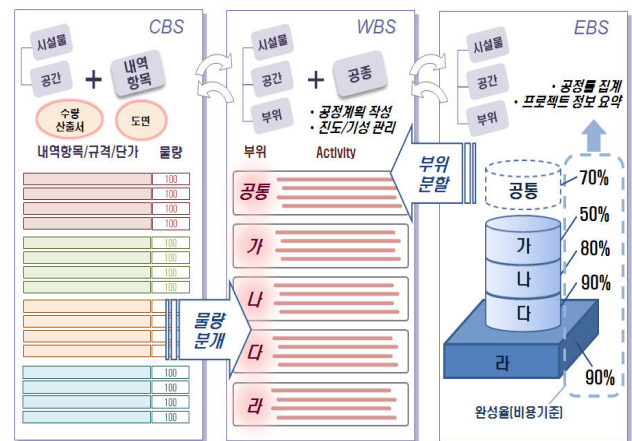


그림 1. 프로젝트 통합관리 방안

국내 공공공사에서 내역서는 수량산출서와 도면을 토대로 작성된다. 하지만 이렇게 작성된 내역서는 도면과 수량산출서의 정보 오류와 비정형화로 인해 공정정보와의 연계가 어렵고 내역서의 물량을 액티비티에 분개하는 작업에 많은 시간이 소요되어 작업의 효율성이 떨어진다(윤석현 외, 2005). 반면에 내역서 작성 시 표준화된 WBS와 3D 모델의 부위 또는 공간을 기준으로 작성할 경우 내역서, 공정표, 3D 모델이 서로 연관관계를 갖게 되어 상호간의 연계와 물량분개 작업이 용이하고 정보의 정확성이 높아진다. 하지만 앞서 언급한 바와 같이 국내의 기존 내역체계를 무시할 수 없고 3D 모델을 이용하기 위한 충분한 인프라가 확충되지 않은 상황이기 때문에 제시한 프로토타입에서는 기존의 수량산출서와 도면을 통해 작성한 내역서의 항목들을 CBS로 그대로 이용하는 것으로 하였다.

프로젝트 통합관리를 BIM 기반으로 하기 위하여 가장 기본적으로 이루어져야 하는 작업은 2D 도면을 바탕으로 객체기반의 3D 모델을 생성하는 것이다. 객체기반 3D 모델링을 지원하는 소프트웨어로는 Autodesk의 Revit Architecture, Graphisoft의 ArchiCAD, Bentley의 Microstation, Dassault System의 Catia 등이 있다. 3D 모델링 작업을 할 때는 공정관리 담당자와 3D 설계업체 간의 지속적인 조율을 통하여 객체분할 단위 및 구체화 정도를 결정하고 EBS를 구성하여야 한다. EBS는 시설물, 공간, 부위 순으로 트리구조를 이룬다. 교량 프로젝트를 예로 들면 시설물은 사장교, 접속교, 접속도로 등이 될 수 있고, 공간은 주탑공, 상부공, 하부공 등이 될 수 있다. 부위는 주탑공을 콘크리트 타설 단위별로 나누어 구분하거나 상부공을 단위 블록으로 나누어 구성할 수 있다.

표 1. 분류체계 구성요소 정의

구분	정의
시설물 (Facilities)	- 물리적, 환경적 관점의 시설물/기능 및 용도분류(e.g. 도로, 교량, 터널 등)
공간 (Spaces)	- 기능적 혹은 이론적으로 구획되는 시설물의 구성요소로서의 공간(e.g. 상하부, 지하, 지상 등)
부위 (Elements)	- 물리적, 기능적 관점에서의 시설물을 구성하는 부분적 요소(e.g. 구간, 교대, 교각 등)
공중 (Works, Activities)	- 건설자원 등 부위를 생산하는 작업 및 유무형의 지원활동

이렇게 시설물, 공간, 부위 정보로 이루어진 EBS를 WBS를 작성하기 위한 기본 정보로 보내주면 이 정보와 CBS의 내역항목을 바탕으로 하위 액티비티들을 도출해 내어 WBS를 구성한다. 여기서 모든 액티비티들을 3D 모델로 표현할 수가 없기 때문에 액티비티들 중에서 부위정보로 분류할 수 없는 액티비티들이 생기게 된다. 예를 들어 폐기물 처리, 비파괴 검사와 같이 어느 한부위

에 국한할 수 없는 액티비티들을 위하여 부위 정보에 공통부분을 만들었다. 이렇게 WBS 구성이 완료되면 액티비티들의 선·후행 관계와 공기정보를 입력하여 공정계획을 작성한다. 이후 내역항목의 물량을 각 액티비티별로 물량분개를 실시하면 액티비티마다 비용정보가 생성되게 되고, 공정정보를 중심으로 비용정보와 3D 모델링이 서로 연계된다. 이를 통하여 기간별 소요비용 예측, 각 부위의 완성률 표시 및 구조물 시각화 등 실시간 현황상황 파악이 가능하게 된다.

그림2는 이러한 프로토타입 구축을 통한 결과화면을 가상으로 구성해 본 것이다. 3D 모델링을 통한 3차원 시각화와 함께 액티비티 별 일정정보, 공사비 월별 배분을 통한 월별 비용정보, 전체적인 프로젝트 요약 정보를 한 눈에 살펴볼 수 있도록 구성되어 있다.



그림 2. 프로젝트 통합관리 구성화면 예시

4. 적용사례

4.1 적용대상 개요

BIM을 기반으로 한 비용 및 일정정보의 연계방안에 대한 실제적인 검증은 위하여 대립산업에서 시공 중인 청풍대교 현장을 대상으로 시범적용을 수행하였다. 청풍대교는 충청북도 제천시의 충주호 상류인 청풍호반에 가설되는 교량이며, 총연장 442m(중앙경간 327m)의 국내 최초 육상화 시공 및 합성형 복합 사장교(측경간 콘크리트 보강형, 주경간 강합성 보강형)이다. 2005년 8월에 착공하였으며 2008년 3월 현재 공정율 48%로 측경간 1, 2, 4구간과 주탑 103m 중 약 60m가 시공되었다.

4.2 3D 모델링

대상구조물의 기본 3D 모델링은 Autodesk의 Revit Architecture을 이용하여 작업이 이루어졌으며 전체 공

사범위 중 접속도로, 접속교, 옹벽공을 제외한 사장교 구간만을 모델링 하였으며 객체 분할 정보는 그림 3과 같다.



그림 3. 구조물 객체 분할 정보

주탑, 부탑 및 측경간은 실제 현장의 콘크리트 타설 단위로 분할하여 모델링 하였으며, 중앙경간 및 케이블은 부재별로 상세 모델링하여 원하는 액티비티 단위에 따라 묶어줄 수 있게 하였다.

4.3 WBS 작성 및 비용정보 연계

3D 모델링을 토대로 도출된 구조물의 부위별 객체분할 정보를 WBS의 상위 트리구조로 받고 내역서의 항목들과 현장의 공정관리표를 토대로 총 292개의 세부 액티비티들을 하위 트리구조로 도출하고 공정계획을 작성하였다. 공정계획은 공사초기에 현장에서 계획된 공정계획표를 기준으로 작성하여 실제 공사진행과는 차이가 있다. WBS 및 공정계획 작성, 액티비티 별 내역서 물량분개, 공사비용 월별배분 등 일정정보 및 비용정보 관련

작업은 대립산업에서 사용하고 있는 EVMS 시스템 내에서 이루어졌다. 이후 EVMS 시스템의 일정정보를 Primavera 파일로 내보내고, Autodesk의 Navisworks 프로그램을 이용하여 객체 분할된 3D 모델과 일정정보에서의 각 액티비티 들을 연계하였다. 이렇게 함으로써 3D 모델과 일정정보, 비용정보가 액티비티 단위로 서로 서로 연결되어 현장관리 시 실시간 현황과약과 예측의 정확성을 높여줄 수 있게 된다.

4.4 적용효과

표2는 상부공 가설시 모든 강형을 단재로 가설하는 경우(Case 1)와 가로보 1개와 세로보 1개를 한 쌍으로 조립하여 가설하는 경우(Case 2)를 비교하여 일정시점을 기준으로 시각적인 차이와 기성금액에서의 차이를 보여주는 예이다. 모듈가설 시 단재가설에 비하여 공기가 단축되어 공정계획에 반영되기 때문에 일정정보와 연계된 3D 모델과 비용정보에도 차이가 생기게 된다. 표2에서 보는 것과 같이 2008년 10월 20일을 기준으로 하여 시각적인 차이를 살펴보면 모듈가설은 상부공이 모두 완료된 반면 단재가설은 상부공 4개 블록이 미완료된 상태를 보인다. 비용정보 연계를 통한 정량적 수치들도 아래와 같이 도출되어, 누계 진도율은 약 3.4%, 기성금액은 약 10억 정도 차이가 난다. 또한 준공예정일이 약 한 달가량 앞당겨지는 것을 확인해 볼 수 있었다.

5. 결론

본 연구는 국내의 내역 중심 프로젝트 관리체계 하에서 비용, 일정, 3D 모델 정보를 연계하여 프로젝트를 통

표 2. 일정정보 및 비용정보 연계 예시

Case1 : 단재가설	Case2 : 모듈가설
<ul style="list-style-type: none"> - 기준일 : 2008.10.20 - 누계 진도율 : 92.60% - 기성금액 : 29,059,813 천원(직접비만 고려) - 준공예정일 : 2009.07.08 	<ul style="list-style-type: none"> - 기준일 : 2008.10.20 - 누계 진도율 : 95.97% - 기성금액 : 30,115,095 천원(직접비만 고려) - 준공예정일 : 2009.06.10

합관리하는 방안을 제시하였다. 기존의 내역체계 및 프로젝트 관리를 위한 제반환경으로 인하여 여러 가지 제약조건 속에서 연구가 진행되었지만 실제현장에 적용하여 시각적 효과, 비용정보의 예측, 실시간 현장 현황과약 등 여러 가지 기대효과를 직접 확인해 볼 수 있었다.

하지만 앞서 제시한 제약조건들로 인하여 작업과정에 많은 시간이 소요되고 효율성이 떨어지는 단점이 있었다. 이러한 점들은 CBS, WBS, EBS에 대한 표준화 작업과 제반 인프라가 확충을 통하여 지속적으로 보완해 나가야 할 점이라 판단된다. 특히 3D 모델링과 관련된 소프트웨어들이 다양하게 개발되고 있음에도 불구하고 이에 대한 관심과 활용이 아직까지 미흡한 실정이다. IT 기술이 급속도로 발전함에 따라 앞으로 설계환경에도 많은 변화가 있을 것이라 생각한다. 따라서 3D 모델링 소프트웨어에 대한 분석을 통하여 활용방안을 찾고 사 용환경을 갖추어나가는 노력도 필요할 것이라 생각된다.

참고문헌

1. 김지현, 이재용, 이수용, “건축공사의 EVMS 활용을 위한 액티비티 적정 분할 방법”, 대한건축학회논문집, 제23권 제7호, 2007, pp. 143-150
2. 윤석현, 김성식, “공정-내역정보 연계를 위한 통합건설정보분류체계기반의 공통WBS 활용방안”, 한국건설관리학회논문집, 제6권 제6호, 2005, pp. 107-114
3. 조진, 박재현, 박원호, 윤석현, 백준홍, “조합식 공정생성을 통한 BIM기반 건축시공 시뮬레이션 시스템 프로토타입 개발에 관한 연구”, 대한건축학회논문집, 제24권 제7호, 2008, pp. 101-108
4. 최철호, 윤상희, 황경미, 진상운, 윤수원, “성균관대학교 학술정보관 사례에서 본 비정형 건축물의 BIM적용 현황과 발전 방향”, 대한건축학회지, 제52권 제6호, 2008, pp.66-68
5. 현창택, 홍태훈, 구교진, 연희정, 문현석, 조규만, “공공아파트 건설공사의 공간별 공사비분류체계 개발”, 한국건설관리학회논문집, 제8권 제3호, 2007, pp. 178-187