

3차원 정보모델 기반 건설 실무적용 (Construction Practices based on 3D Information Models)



심창수 중앙대학교 공과대학 건설환경공학과 교수

1. 서론

우리 나라가 장점을 갖고 있고 국제적인 경쟁력 우위에 있다는 정보통신기술 분야는 그 자체로서 의미가 있지만 상당 부분이 전통 산업으로 회귀하여 진정한 가치를 찾아가는 과정에 있다. 건설 산업은 그 특성상 개별적인 기술자의 경험과 지식에 의존하고 전체 프로젝트에는 상당히 다양한 참여자들이 협업을 통해 동일한 대상물을 창조해내게 된다. 아직 국내 건설산업의 신규시장이 어느 정도 유지되고 있고 기술자 공급이 충분한 상황이지만 최근의 경향은 이러한 현재 상태의 개별 기술자 의존형의 건설 실무가 더 이상 경쟁력 혹은 생산성을 높이기 힘든 한계에 도달해 있다고 볼 수 있다. 즉, 기술자의 개인적 경험을 통합하고 이를 체계적으로 자산화하여 개별 기술자의 업무를 뒷받침할 수 있는 새로운 시스템 혹은 도구를 요구하고 있다. 특히, 시스템 산업으로 불릴 수 있는 철도, 공항, 플랜트, 개발사업의 영역은 그 중요성이 더욱 높아지고 있다.

건설 기술 분야에서 그 파급효과를 가늠하기 힘든 정도로 높은 가능성을 지닌 것이 BIM (Building Information Modeling)이라고 할 수 있다. 3차원 형상모델이 엔지니어링 프로세서에 필요한 다양한 속성정보를 함께 보유하는 정보 모델로 진화하고 프로세서와 리소스를 함께 다룰 수 있도록 해주는 도구가 된다. 척 이스트만이 "Building Product Models"라는 개념을 제시한 이후 건축 분야에서 설계의 창조성을 뒷받침하기 위해 형상 모델을 주로 활용했는데 이를 뒷받침하기 위한 엔지니어링 작업이 이루어지면서 단순한 모델이 아닌 이 모델이 정보를 가지고 협업과 다른 솔루션과

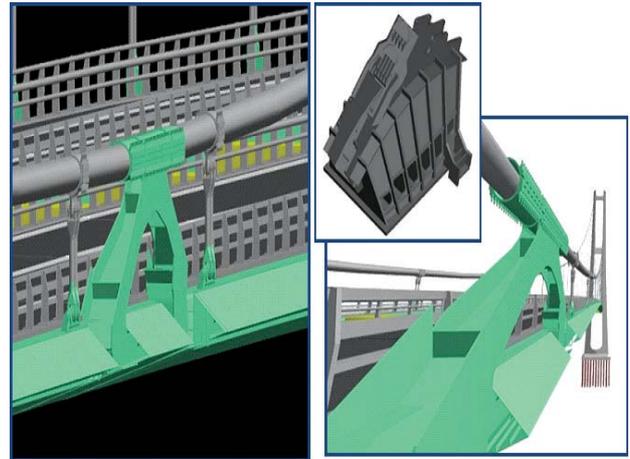
의 연동성을 확보하도록 하게 되면서 "Model"이라는 객체의 개념에서 "Modeling"이라는 행위의 개념으로 진화하였다. 이 글에서는 국내에서 이러한 BIM 기술이 토목분야에서 도입되어 기술적 진보를 거듭하여 현재 적용되는 건설 실무 적용사례를 중심으로 소개하였다. 토목분야는 엔지니어링이 프로젝트를 주도하는 것이 대부분이고 BIM이 별개의 내용이 아닌 기존 프로세서의 일부를 대체하는 것이기 때문에 건축분야의 BIM과 구분하는 것은 당연하다. 기존의 2차원 도면이 상호 분리되어 있고 기술자에 의해 관리되었다면 3차원 모델은 정보를 담을 뿐 아니라 2차원 도면의 상호 연계성에 대한 정의를 갖고 있어서 정확한 도면 생성을 담보할 수 있게 되는 차이점이 있다.

2. 건설 프로젝트 기획 및 입찰 단계의 활용

건설 프로젝트를 기획하고 입찰하기 위한 단계에서 협업의 매개체 및 정보 공유의 수단으로 3차원 정보모델의 사용 가능성은 매우 높다. 특히 해외 건설공사의 경우에 수주 기획단계에서의 착오는 곧 상당한 손실을 초래하게 되기 때문에 초기 프로세스의 중요성이 매우 높다. BIM을 이용한다는 것의 의미는 대상인 객체(product)와 프로세서(process), 그리고 자원(resource)를 함께 다룬다는 것이다. 즉, 제한된 자원을 가장 효율적으로 사용하는 방법은 대상 목적물에 대한 인식을 공유하고 최적의 안을 찾기 위해서 각자의 경험과 기술을 융합하는 것이다.

예를 들어 그림 1에 나타난 예시 그림과 같이 초기에 프로젝트에 대한 기본 입찰 정보를 입수하면 3차원 지형좌표를 얻

은 후 선형 및 중횡단 계획을 반영하게 된다. 지형모델이 3차원으로 구축되고 이에 기반한 선형 설계가 이루어지면, 자동 토공량 산출은 물론 주행 시뮬레이션도 얻을 수 있다. 또한, kmz 형식의 파일을 통해 계획된 구조물을 구글어스상에 위치시켜 자유로운 시점 및 거리에서 확인해 볼 수 있다. 이 지형 모델에 구조물의 기본 도면과 제원을 이용해서 3차원 모델을 구성함으로써 구조물 자체의 미관은 물론 주변 경관과의 조화, 주행 시뮬레이션 등이 가능하다. 물론, 가장 중요한 것은 경쟁력있는 기술을 도입하는 것이고 비용 경쟁력을 가질 수 있어야 한다는 것이지만 공유된 환경에서의 협업은 오류를 최소화하고 새로운 아이디어를 창출하는데 효과적이다.



(a) 현수교 3차원 모델 및 구성요소

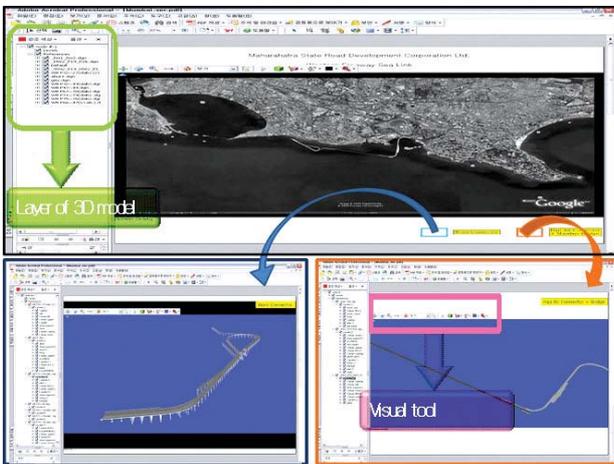
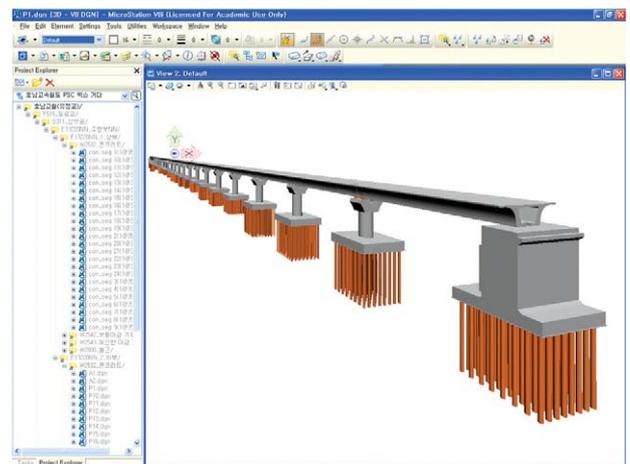


그림 1. 기획단계에서 3차원 정보모델의 활용



(b) 콘크리트 박스 교량의 3차원 모델

그림 2. 3차원 모델의 예

3차원 형상모델의 구성을 제품분류체계, 공정분류체계 및 단가분류체계를 고려하도록 하고 변수 모델링을 통해 모델을 생성하도록 하여 그림 2와 같이 유사한 프로젝트가 생길 경우 기존의 경험 모델을 빠른 시간내에 수정하여 재활용할 수 있도록 하였다. 기획 단계에서 다양한 대안을 검토하는데 있어서 가장 필요한 것은 대안 제시 후의 그 효과에 대한 피드백이 빨리 정확하게 되어야 한다는 것이다. 경쟁력 있는 기술 혹은 공법을 보유하고 있거나 활용가능하면 이를 기반으로 대안으로서의 공기, 공사비 측면에서 검토가 이루어져야 한다. 3차원 정보모델은 경쟁력있는 기술의 자산화를 통해서 이러한 기획 단계에서 효과적으로 과거 경험을 통합하고 응용할 수 있는 기반을 제공할 수 있다.

3. 설계 실무에서의 활용

기하학적인 3차원 도면과 3차원 정보 모델 혹은 BIM의 차이점은 명확하다. 3차원 기반의 기존 디지털 툴은 대상물이 되는 객체를 단순한 그래픽 요소들인 선, 곡선, 호, 원 등으로 표현해왔지만 이 대상물이 지니고 있는 속성 등에 대한 정보를 담을 수 없었다. 설계에서 선은 단순한 이미지 정보이지만 3차원 정보모델에서는 선은 재료, 해석, 비용, 공기, 제작 등이 프로그래밍 되는 정보라 할 수 있다. 즉, 그래픽에 의한 형상 뿐 아니라 정보관리 환경을 동시에 제공하기 때문에 설계와 건설의 모든 단계에 걸쳐 수정 가능한 디지털 문

서에 기반해 정보를 축적함으로써 물량, 비용, 공기, 재료목록 등의 각종 정보 및 설계 검토 데이터를 효율적으로 생성 제공할 수 있다는 것이다.

2차원 기반 혹은 문서기반의 현재의 건설산업의 의사소통 방식의 가장 큰 문제점은 제안된 설계를 평가하는데 필요한 핵심적인 정보인 견적, 구조상세 정보, 에너지 사용량 분석 등을 생성하는데 많은 시간과 비용이 든다는 점이다. 또한, 이러한 분석이 대부분 프로세스의 마지막 단계에서 이루어지기 때문에 중대한 설계 변경 요인이 있어도 그럴 수 없는 경우가 많다. 또한, 프로젝트 제안내용을 평가하는 입장에서도 짧은 시간내에 설계 및 시공안에 대한 평가를 하는 것이 현실적으로 어렵기 때문에 여러 가지 문제점을 유발하고 건설분야 기술 경쟁력의 선진화를 늦추는 요인이 되기도 한다.

3차원 구조물 계획이 완료되면, 이를 이용하여 3차원 구조물과 연동되는 일반도를 작성할 수 있다. 정면, 평면, 측면이 3차원 모델과 정확하게 일치하므로 기존 기술자의 직관에 의하던 방법에 비해 품질확보가 확실하며, 계획의 잦은 변경시에도 작업상의 누락이나 오류를 사전에 방지할 수 있다. 또한, 각 면에서 표현되는 철근이 서로 연동되어 3차원 데이터 베이스를 이루는 스마트 배근도는 3차원 모델을 생성시켜 작업자나 감독자의 이해를 도울 뿐 아니라, 부재간섭이나 시공성 검토가 가능하다. 또한, 사용되는 모든 철근형상에 대해 데이터 베이스가 구축되기 때문에 철근수량을 자동산출할 수 있을 뿐만 아니라 시공상세도면(샵드로잉)의 자동생성과 철근순을 최소화 가능한 반입철근량 계획이 추가적으로 가능하다.

내부 철근까지 고려된 3차원의 구조물 모델의 구축은 그림 3의 예와 같이 선, 면, 체적 정보를 이용하여 수량을 자동으로 산출할 수 있도록 해준다. 이는 기존의 도면을 보고 수작업에 의해 구하였던 수량산출 방식에 비해 오류발생 소지를 없애고 3차원 모델정보만 수정되면 자동으로 수량산출량이 바뀌게 되어 작업시간도 상당히 줄어들게 하는 장점이 있다. 그림 4에서 보는 바와 같이 자동산출된 수량정보는 단가 및 내역 자동화 프로그램에 의해 정확한 공사비 산정이 가능하다. 또한, 3차원 모델이 공정별로 구분되어 있는 경우는 수량과 내역은 각각의 공정에 따라 검토 및 관리가 가능하여 실제 현장에서 스케줄에 따른 공사비 관리를 할 수 있다.

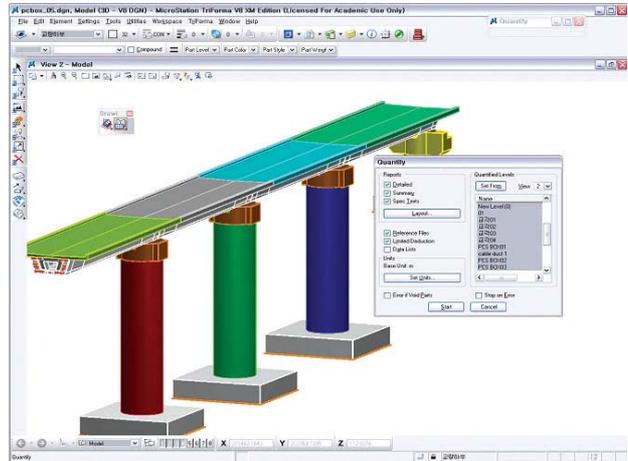


그림 3. 3차원 모델의 속성 정보 정의 예

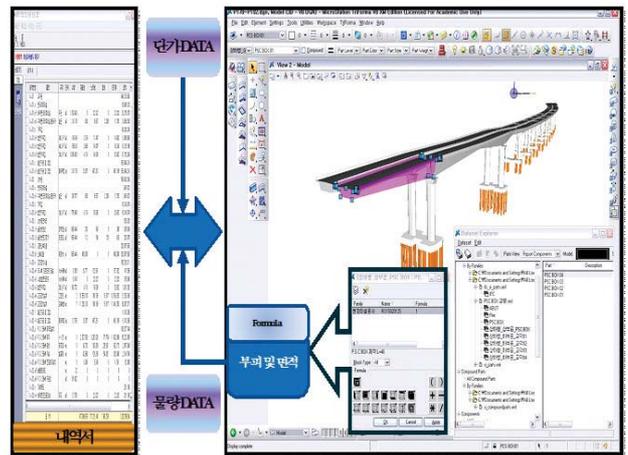


그림 4. 3차원 정보모델 기반의 내역 시스템

4. 시공 실무 적용 사례

3차원 모델을 공정단계별로 구분하여 예정 공정에 따른 시공 시뮬레이션(4D)이 가능하며, 이를 통해 공기의 적정성을 검토할 수 있을 뿐만 아니라, 작업자 및 감독자의 이해를 도울 수 있다. 특히, 최근에 건설공사 관리를 위한 5D 기술에 대한 요구가 높아지고 있다. 공정 뿐 아니라 비용을 함께 관리하기 위해서는 그림 5의 예시에서 보는 바와 같이 하나의 객체를 기반으로 Activity에 공정분류체계(work breakdown structure, WBS)와 비용분류체계(cost breakdown structure, CBS)가 연계되어야 한다. 이렇게 구축된 공사관리 시스템은 관리자로서 하여금 전체 프로젝트의 진행 상황을 한 번에 파악할 수 있도록 할 뿐 아니라 리스크의 시각화를

통해 사전에 위험요인을 파악하고 대처할 수 있도록 한다.

국내에서 3차원 기반의 프로젝트 수행은 체계적인 적용은 미비한 상태이지만 부분적인 적용이 활발하게 시도되고 있다. 특히, 해외사업에서 초기 리드타임의 최소화, 원가절감, 교통대책 수립 등을 위해 다수의 적용사례가 있고 현재에도 활발하게 추진되고 있다. 삼성건설의 교량현장 적용을 비롯해서 두바이의 지하도록 현장, 최근에 중동 및 싱가포르 등지에서 수주된 공사에도 적용이 진행되고 있다. 국내 현장에서의 적용은 현재까지 주로 특수교량 분야에서 이루어져왔다. 대림산업에서 다수의 케이블 교량에 대해서 3차원 교량 모델 적용을 시도해오고 있고 고속철도에서 2차레의 시범사업이 진행되었다. 토지공사에서 단지 개발 분야에서 4D 적용을 제한적으로 수행하고 있고 일부 교량 현장에 성과품으로 3차원 모델을 요구하는 수준에 이르고 있다. 현재는 4대강 사업 등에서 3차원 모델에 기반한 다양한 적용이 시도되고 있다.



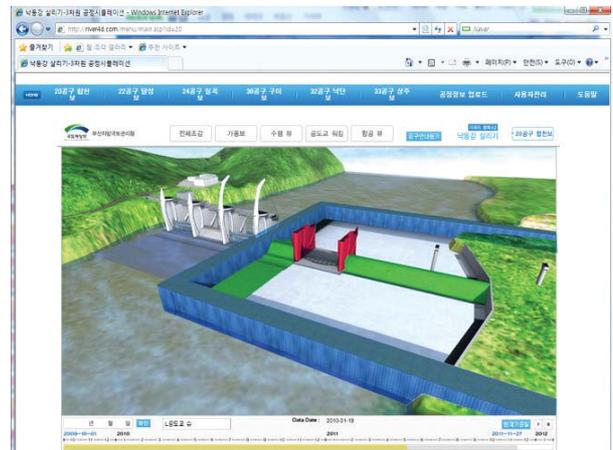
그림 5. 5D 시뮬레이션을 위한 내역 체계 및 모델 정의의 예

3차원 모델에 기반한 시뮬레이션은 현장 여건에 따른 장비 운영에 따른 위험도 관리 혹은 그림 6(a)와 같이 능동제어형 가상현실기법을 이용하면, 가상의 현장조건 속에서 실제 장비 운영해 보면서 최적의 계획을 수립할 수 있으며 사전 위험요소 감지로 안전한 시공이 되도록 할 수 있다. 고속철도와 같은 시스템 엔지니어링은 설계가 완료되는 시점에 다양한 형태의 운영 시뮬레이션을 통해서 설계자 뿐 아니라 실제 운영자의 측면에서 문제점을 분석하고 개선할 수 있는 기

회를 제공하게 된다. 그림 6(b)와 같이 사회적으로 중요한 이슈가 되는 건설 프로젝트에 대해서도 웹 기반으로 공정을 사전에 홍보하고 진척사항을 공개함으로써 이해를 높이는데 기여할 수 있다.



(a) 고속철도의 능동제어형 시뮬레이션



(b) 4대강 사업의 웹기반 시뮬레이션

그림 6. 3차원 모델기반의 시뮬레이션

5. 결론

3차원 기반의 설계 및 시공기술이 제조업 분야에서는 상당한 발전을 이루었지만 건설산업에서는 타 분야에 비하여 진전 속도가 느리고 다루는 대상이 다양하여 해결하여야 하는 문제가 산적해 있다. 건설산업이 대형화, 복합화되는 추세에 있고 각 프로세스별로 혹은 분야별로 방대한 양의 정보가 생성되고 이를 필요로 하는 주체가 다양화되고 있어 새로운 건

설 프로세스의 변화가 필수적이다. 따라서, 건설관련 정보의 생산, 유통, 축적 뿐 아니라 데이터베이스의 관리, 정보의 시각화 등이 유기적으로 연계될 수 있는 일관된 모델의 활용은 필수적인 전략이 되어야 할 것이다.

3차원 BIM 기반의 건설기술은 그 확장성을 어디까지 볼 수 있을지 알 수 없지만 모듈화를 통한 급속시공, 기계화 시공 및 로보틱스, 유비쿼터스 환경 등 다양한 기술 분야에 적용되고 기술을 패키징하는 역할을 할 수 있을 것으로 기대된다. 현재의 국내 토목분야의 기술 수준은 시공 분야에서 활발하게 BIM 기반의 기술 적용이 이루어지고 있는 정도이고 설계 분야에서의 활용에는 여러 가지 제약요건들로 인해 적용에 어려움을 겪고 있는 상태이다. 결국, 기존의 뛰어난 건설 기술자가 새로운 도구를 받아들여 자신의 내용으로 이를 채워나갈 때 비로소 3차원 정보모델 기반의 건설기술이 자리를 잡게 될 것이다.

참고문헌

1. Eastman C., Teicholz P., Sacks R., and Liston K. (2008), BIM handbook, John Wiley & Sons Inc., New Jersey.
2. Gallaher, M. P., O'Connor, A. C., Dettbarn, J. L., and L. T. Gilday (2004), "Cost Analysis of Inadequate Inoperability in the Capital Facilities Industry", National Institute of Standards and Technology (NIST) Technical Report No. NIST GCR-04-867, August.
3. GSA (2007), BIM guide series.
4. 심창수, 김덕원, 이광명, "콘크리트 박스 거더 3차원 교량 정보모델의 호환성", 한국전산구조공학회 학술발표회 논문집, 2009. 04. 16, pp.360-363.
5. 심창수, 김덕원, 이광명, "3차원 교량정보모델에 기반한 콘크리트 교량의 견적 시스템", 한국콘크리트학회 학술발표회 논문집, 2009. 05. 07, pp.43-44.
6. 심창수, 김용한, 곽태영, 전승민, "3차원 정보객체 기반의 사회간접자본시설의 설계지침", 대한토목학회 학술발표회 논문집, 2007.10.11, pp.670-673.
7. 심창수, 이광명 (2009), "토목분야 BIM 기반 3차원 설계 가이드라인, 대한토목학회지", 제57권 11호, pp.22-31.
8. 심창수, 이광명, 전승민, "콘크리트 교량 설계시 3차원 설계모델의 활용", 한국콘크리트학회 학술발표회 논문집, 2007. 05.03, Vol.19 No. 1, pp.203-206.