

# U-건설을 향한 Virtual Construction (가상시공모델) 활용 방안

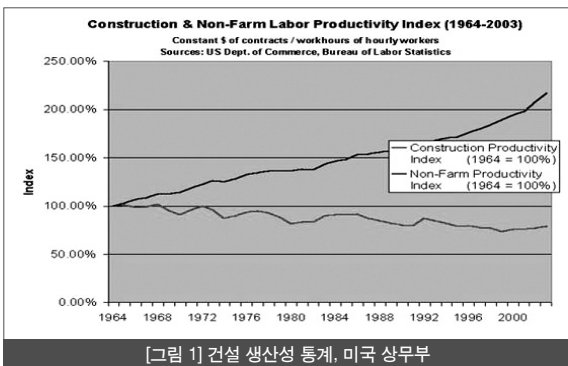


글 | 최철호 | (주)두울테크 대표이사

## 1 건설산업 생산성

건설산업이 타 산업에 비해 생산성이 매우 떨어지고 있고, 이를 극복하기 위해 국민소득 2만 불이 넘는 선진 외국일수록 3D CAD 시스템을 적극 활용하고 있으나 국내는 아직 걸음마 단계이다. 국내에 2D CAD 시스템이 소개되어 실무에 활용된 지도 어언 25년이 넘었지만 그때와 지금의 CAD 활용 수준은 별반 다를 바가 없다. 그만큼 건설산업에 종사하는 사람들이 '변화'에 매우 더디다고 할 수 있다.

그럼에도 불구하고 최근 일부 건설현장을 중심으로 3D CAD 시스템을 활용한 가상시공모델링(Virtual Construction)을 통해 매우 효율적으로 공사를 진행하고 있어 소개하고자 한다.



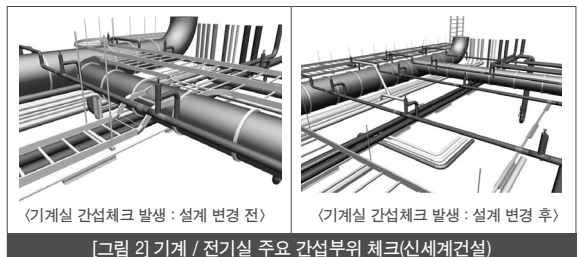
[그림 1] 건설 생산성 통계, 미국 상무부

## 2 건설현장에서의 3D CAD 시스템 활용

가장 이상적인 것은 프로젝트가 설계 단계에서부터 3D CAD 환경으로 설계되어 건설현장에 전달되는 것이지만, 유감스럽게도 아직 우리나라의 현실은 그러하지 못하다. 필자가 지난 7년간 차칭 '3D 전도사'라 하여 약간 과장해서 대한민국 설계사무소를 크건 작건 안 가본 데가 없을 정도로 발품을 팔아봤지만, 정말 여러 가지 이유

로 차일피일 미루기만 하는 곳이 대한민국의 설계사무소였다. 대형 설계사무소는 대부분의 설계가 외주로 처리되는 관계로 협력사와 함께 바뀌어야 하기 때문에 그렇고, 중·소형 설계사무소에서는 바뀌고 싶어도 먼저 바꾸기가 그렇고, 또 결정적으로 '돈'이 없어서 3D CAD 환경으로 바꾸질 못한다고 한다. 그럼에도 불구하고, 극히 일부 소형 설계사무소에서 과감하게 3D CAD 환경으로 전환하여 설계사무소 소장 혼자서 영업하고, 설계하는 1인 2역을 거뜬히 소화해내는 것을 볼 때 '비용'을 줄이기 위해서라도 결국은 우리나라도 국민소득이 2만 불을 넘는 시점에서는 설계사무소도 대부분 3D CAD 환경으로 전환하지 않을 수 없을 것이라 믿어 의심치 않는다.

아무튼 우리나라에서는 설계사무소보다는 건설현장에서 먼저 3D 환경으로 전환될 가능성이 높아 보인다. 설계사무소에서 제공하는 2차원 도면이 워낙 불완전하여(꼭 모두가 그렇다는 것은 아니다) 평면·입면·단면을 3D로 시공 전 검토해 볼 필요성이 있고, 공중 간에 간섭이 많이 발생하기 때문에 설계사무소에서 제공받은 2D 도면을 토대로 현장에서 자체적으로 3D 검토를 해 보는 것은 현장에서 품질을 확보하고, 공기를 단축하고 결과적으로 공사비를 절감할 수 있는 가장 손쉬운 방법이기 때문이다.



[그림 2] 기계 / 전기실 주요 간섭부위 체크(신세계건설)

신세계 건설에서는 기존 2D 도면에 의존하는 방식으로는 건축·설비·전기 공중 간의 간섭체크가 어려워 기계실 도면을 시공 전 3D 도면화 하였다. 그 3개 프로젝트에 시범적으로 적용한 결과 기

계설의 면적을 평균 153m<sup>2</sup>를 줄일 수 있었고, 프로젝트 당 기계실 공사비를 평균 9천만원 정도 절감할 수 있었다. 간단한 3D 검토로 인해 얻는 이익은 매우 크다고 할 수 있다.



삼성건설의 서초 프로젝트 현장에서 복잡한 Transfer Wall 지하구조물에 대한 도면검토용으로 처음에는 지하구조물에 대한 모형을 제작코자 하였으나 모형 제작에만 약 1개월이 소요되고 비용도 수천만원에 달하여 3D CAD 시스템을 활용한 결과 모델링에 약 1주일 정도 소요되었고, [그림 3]에서 보는 바와 같이 2D 도면에서는 확인하기 어려운 시공순서에 대한 시뮬레이션과 시공성에 대한 검토를 사전에 철저하게 시행할 수 있어 공사 수행에 많은 도움을 주었다.



풍림산업의 사직동아파트 현장에서는, 2D 도면만으로 시공할 경우 도면 오류로 인한 재작업을 해야 하는 비용을 절감하기 위해 3D 설계를 통하여 구조체인 철골과 설비 배관들 간의 간섭, 배관들 사이의 간섭체크를 함으로써 실제 시공상에서 생길 수 있는 오류를 미리 체크하고, 철골을 관통하는 설비 배관들을 고려하며 3D 상에서 제작 전에 미리 철골의 Opening을 설계해봄으로써 철골 제작의 오류로 인해 발생할 수 있는 추가 비용을 막아 비용 절감을 할 수 있는 효과를 주었다.

작업이 진행되는 동안 발견된 배관의 간섭에 대해서는 현장의 담당자들과 협의하여 설비배관의 경로를 수정하여 3D로 설계가 되었고, 그로인해 실제 시공상의 재작업을 방지하는 효과를 보였다.



롯데건설의 마포재개발 주상복합 신축현장에서는 기준층인 20층의 90평형대의 오피스텔 4호와 70평형대의 아파트 4호에 대한 시공성 검토가 이루어졌으며, 설계사무실로부터 작성되어 온 2D 도면의 문제점을 발견하기 힘든 프로젝트의 초기단계에서, 3D 모델링에 의한 건축 / 구조 / 설비 / 소방 / 전기 / 통신의 시공성 검토는 불충분한 도면으로 이해하기 힘든 부분에 대해서 실무자가 쉽게 이해할 수 있도록 설명을 해주었고, 잘못된 도면의 수정을 요청할 수 있는 근거자료가 되었으며, 현장에서의 진행되는 업무협의 및 샵드로잉을 작성함에 기초가 되는 자료로서 활용 되었다.

현장에서는 필요시에 그래픽 영역을 주어 이해하기 힘든 부위의 단면 작업을 하게 되고, 절단되는 곳이 정해진 2D상의 단면의 그래픽 영역비용이 보통 장당 30만원에 작업이 이루어지는데 반해서, 3D 모델링 데이터는 원하는 곳은 어디든 단면으로 끊어서 정확한 치수를 얻을 수 있는 제한이 없이 이용할 수 있다는 장점이 있으며, 도면의 변경이 생기는 경우 현장이 끝날 때까지 간편한 3D 모델 수정으로 평면 / 단면 / 3D 이미지를 계속 사용을 할 수 있다는 장점이 있었다.

### 3 3D 모델을 활용한 물량산출 및 공정관리(5D)

3D CAD로 설계를 하면 설계사무소에서는 설계 생산성이 높아지고, 현장에서는 상기 사례들과 같이 시공성을 검토할 수 있어 좋지만, 또 한 가지 좋은 점은 물량산출 업무를 자동화 할 수 있다. 3D CAD 모델에 의한 물량산출 시도가 과거에도 여러 번 있었지만 3D 모델링의 한계로 인하여 건축설계(또는 디자인) 과정이 창조적 작업(Creative Work)임에도 불구하고 객체의 표준화, 모델링의 표준화 등 표준을 통한 물량산출 방법으로 접근을 하였고, 3D 모델에 의한 물량산출을 근본적으로 접근하기 어려웠다.

하지만 최근 CAD 기술과 하드웨어가 많이 발전하면서 3D 모델 기반의 물량산출이 충분한 정도로 3D CAD 시스템이 정교해지기

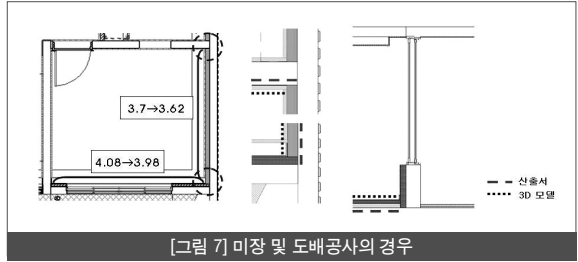
시작하였다. 우리나라의 물량산출 작업이 견적 방식에 있어 10mm의 오차도 견적상의 큰 오류사항으로 간주할 정도로 세밀한 물량산출 작업이라 3D 모델에 의한 물량산출 작업이 매우 어려웠지만 최근의 3D CAD 시스템이 이러한 세밀한 물량산출 작업을 지원해 주면서 오히려 기존의 수작업 물량산출조사 중 몇몇 자원의 경우 시공성을 고려하지 않은 물량산출 기준을 제시함으로써 이로 인한 전체물량 및 비용 상에 큰 차이가 발생하고 있음을 알 수 있었다.



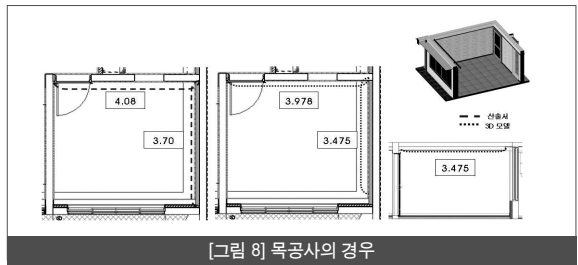
3D CAD로부터의 물량산출 결과가 기존의 수작업 방식 또는 2차원 CAD로부터의 물량산출 방식과 어느 정도 차이가 나며, 왜 이러한 차이가 나는지 사례를 들어 살펴보면, 수작업 물량산출 방식이 물량의 누락 또는 치수 오기 등의 문제가 있었으나 이는 시스템상의 문제라기보다는 작업자가 주의를 기울이면 충분히 막을 수 있는 문제이기 때문에 여기에서는 특별히 거론을 하지 않도록 하였다(그림에도 불구하고 3D로 모델링을 하는 과정에서는 작업자가 물량산출 아이템을 작업 과정에서 눈으로 직접 확인하면서 작업을 하기 때문에 물량의 누락을 방지하기가 매우 용이하다).

그러나 대부분의 견적사무소에서 작성하는 물량산출서상의 물량산출 기준 중 많은 부분에서 시공성을 고려하지 않고 물량산출을 하고 있다는 점은 주목할만 하였다. 예를 들어 흙음 및 단열공사, 미장공사, 도장공사, 목공사 등에서는 시공성을 고려하게 되면 많은 부분에서 물량 차이가 크게 나게 된다.

[그림 7]과 같이 물량산출서상에서 미장 및 도배공사의 물량산출 기준은 실벽 바닥면적을 기준으로 하지만, 실제 시공되어지는 미장 및 도배면적은 합지판넬 / 벽두께로 인해 산출면적이 줄어들게 된다. 따라서 벽체(면처리, 부직포, 걸레받이), 바닥(경량콘크리트, 맥반석몰탈, 바닥장판)에 관련된 물량에서 약 3~5%까지 물량차이가 발생하였다.



[그림 8]은 목공사의 경우인데 기존의 물량산출서상에서는 물량의 물량산출 기준은 실벽 벽체 둘레길이를 기준으로 하지만, 실제 시공되어지는 부위는 커튼박스 부위와 합지판넬 두께를 제외한 부분이 된다. 이로 인해 1개동 기준으로 했을 때 약 4~6%정도의 물량산출 차이가 발생하였다.



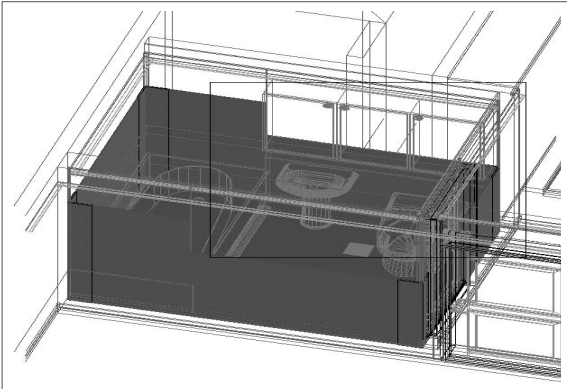
상기 사례에서 살펴보았듯이 기존의 물량산출 방법은 2D 도면을 기준으로 물량산출을 하기 때문에 3D모델링을 통해 시공성이 고려된 물량산출 방법보다 실제보다는 과다하게 계상되는 것으로 나타났고, 입찰에서 보다 경쟁적인 금액을 산출하기 위해서는 보다 정확한 물량산출이 이루어져야 하고 3D에 의한 물량산출 방식은 상기 사례에서 살펴보듯 자연스럽게 시공성이 고려된 물량산출 작업이 이루어지기 때문에 수치의 오류, 물량 누락분에 대한 오류방지 등 물량산출 결과에 대한 신뢰성이 높아진다고 볼 수 있다.

또한 3D 모델 기반의 물량산출은 실벽 개념 적용으로 물량산출조사 즉 산출근거의 확인 작업 없이도 물량산출에 대한 시각적 자료 제공이 가능하다. 예를 들어 공용욕실에서 시멘트액체방수(2차)의 경우 결과값에 대한 산출근거(산식)는

$$(2.175+1.575) \times 1.2 + \langle \text{욕조부위} \rangle (1.575+0.75 \times 2) \times 0.6 - (0.75 \times 1 \times 1.2) = 9.945 \text{ m}^2$$

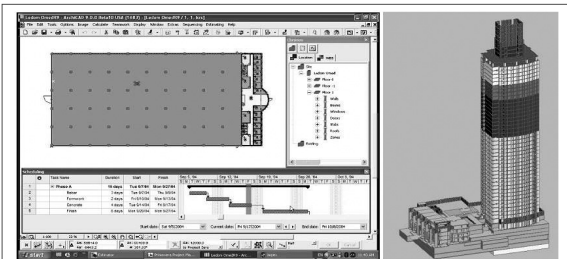
와 같이 복잡한 산식을 검증하여야 하지만 [그림 9]와 같이 간단한 시각적 확인으로 물량산출 근거에 대한 검증이 가능해 진다.

이렇게 작성된 3D 모델은 물량산출에만 활용되는 것이 아니라 공사일정(Schedule)과 연계되어 각 단계별 시공 시물레이션을 할 수 있다. 공사일정은 자체적으로 작성을 할 수도 있고, 기존의 공정관



[그림 9] 공동육실의 시멘트 액체방수(2차)의 물량 확인사례

리시스템(Primavera, MS Project 등)과의 자료 연계를 통해서 작업을 훨씬 유연하게 할 수도 있다. 공사일정에 의한 시공 시물레이션의 장점은 현장에서 3D 모델을 통해 시공성검토를 시행할 수 있고, 사업주의 입장에서는 복잡한 공정표를 이해하는 대신 간단한 시물레이션을 통해 시점별 공사 진척을 쉽게 이해할 수 있다는 것이다.



[그림 10] 3D 모델과 공사일정의 연계작업 및 4D 시물레이션 사례 (Graphisoft, 2005)

이렇게 수립된 공사일정 및 공사물량을 토대로 현장에서는 자재에 대한 반입 양과 시기를 결정하게 된다. 필요한 시점에 적절한 자재의 공급을 결정하는 구매 관리가 공사의 성패 및 일정관리에도 큰 영향을 끼친다.

#### 4 시공모델 기술자 (construction modeler)

3D CAD 시스템을 기반으로 한 가상시공모델(Virtual Construction) 기술의 활용이 활성화 되면서 시공모델기술자(Construction modeler)라고 하는 새로운 유형의 전문건설직업군이 만들어 질 것으로 여겨진다. 이들의 역할은 시공 목적에 정확하

게 부합하는 3D 건물 모델을 만들어 내는 것이다. 이것이 중요한 이유는 바로 '돈' 과 연결되기 때문이다. 이 새로운 전문 직업은 건축 프로젝트의 비용을 2~3% 절감하게 하고, 공사기간을 크게 줄일 수 있는 역할을 한다.

시공모델기술자(Construction modeler)는 모델링을 할 때 그 모델의 예정된 용도 및 용도에 대한 최소한의 지식이 필요하다. 시공성 분석(Constructability Analysis)을 검토하는 것은 현장에 소요되는 건설 장비를 사용하는데 필요한 공간을 포함하여 건축 요소가 어떻게 종합되는지에 대한 지식이 있어야 하고, 견적(Estimation)은 각 건축 구성요소별 견적에 대한 지식이 있어야 하고, 시공순서(Sequence) 검토에는 각 건축 구성요소를 시공하는데 수반되는 예상 시공순서에 대한 지식이 필요하다.

제작 작업(Fabrication)은 작업도면에 대한 지식과(또는) 제작 대상의 조립에 수반되는 건설기계장치에 대한 지식이 필요하다. 제작 작업을 위한 모델링 또한 조립 비용을 줄이고 조립을 보다 쉽게 하기 위해서 각 건축 구성 요소별 허용오차에 대한 지식도 필요하다. 시공모델기술자는 또한 가상시공(Virtual Construction)에서 사용되는 기술에 대한 폭넓은 지식을 가지고 있어야 한다.

견적, 공정, 공법 및 기술의 결합은 오늘날 건설 산업에서 어느 개인이 모두 다 갖추기가 쉽지 않다. 따라서 시공모델기술자들은 이 모든 분야에서 전문가일 필요는 없지만 광범위한 전문분야에 걸쳐 중간 정도의 지식은 가지고 있어야 한다. 따라서 시공모델기술자는 CAD 학원에서 몇 개월 배운 CAD 기술자가 할 수 있는 일이 아니라 현장에서 다양한 분야에 많은 경험을 한 엔지니어가 3D 모델링 기술을 배워야 할 수 있는 새로운 전문 직업 분야인 것이다.

시공모델기술자(Construction Modeler)들은 우선적으로 건설회사 및 설계 / 감리 회사를 위해 일한다. 이들은 견적기술자, 공정관리사, 프로젝트 매니저, 프로젝트 엔지니어 및 현장 관리자들과 매우 긴밀하게 작업을 하여 각 전문분야의 기술자들이 필요로 하는 해당 작업별 필요자원 및 의사결정 자원을 제공하게 된다. 이들이 제공하는 가상시공모델(Virtual Construction)을 통해 시공성 분석(Constructability Analysis), 신속하고 정확한 견적, 시공순서의 결정, 필요한 시점에 적절한 자재의 공급을 결정하는 구매관리 업무의 지원 등이다. 공정관리의 중요성이 인식되면서 공정관리사(Scheduler)라는 전문 직업군이 생겼듯이 시공모델기술자(Construction Modeler)는 공정관리는 물론 견적, 시공성 분석, 구매관리, 시공계획 등 다양한 분야의 업무에 대한 의사결정업무를 지원해주기 때문에 앞으로 향후 10년 내 매우 중요한 전문 직업군 중 하나로 인식될 것이다.