

3차원 정보모델을 활용한 지하공간 굴착 CIP 공법의 가상검토

-서울대학병원 지하 복합진료공간 임대형 민자사업 BIM 설계를 중심으로-

BIM Based Virtual Simulations in CIP(Case in Place Pile) Method for Underground Space Excavation

이혁진*·박건영**·김효진***·이상호****

Lee, Hyuk Jin · Park, Kun Young · Kim, Hyo-Jin · Lee, Sang-Ho

요약

BIM 설계시 의무사항으로 포함되어 있는 원지형과 암층별 지층, 흙막이 공법 중 CIP(Cast in Place Pile)공법, 구조물 형상을 3차원 정보 모델로 생성하고, 모델을 통해 정확한 2D 도면의 생성, 각 공정간의 간섭검토, 암층별 토공량 및 흙막이의 수량을 산출하였다. 최종 설계안을 도출하기 위해 3차원 기법이 설계 초기에 도입되어 반복적인 노력과 시간을 최소화하여 많은 설계대안을 제시하도록 하였으며, 정확한 설계결과를 얻기 위해, 2D 설계와 3D 설계를 병행 수행함과 동시에 이 과정과 결과를 비교하여 3차원 모델의 효과를 검증하였다.

keywords : CIP(Cast in Place Pile), 3차원 정보 모델, BIM 설계, 3차원 지형 생성, 흙막이 공법

1. 서론

건설산업은 다양한 참여 주체간의 지식정보 공유가 절실히 요구되는 지식정보기반산업으로 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. Lee와 Jeong (2006)은 STEP 자원을 기반으로 강교량 설계정보를 위한 데이터모델을 개발하였으며, Arthaud와 Lebegue(2007)는 건축분야에서 BIM (Building Information Model) 정보의 교환에 사용 되는 IFC표준을 기반으로 교량을 위한 데이터 모델을 개발하였다. 이러한 노력으로 최근 공공분야에서 본격적으로 BIM 설계 의무적용 발주를 활성화하기 시작했으며, 용인시민체육공원TurnKey(2009. 9)를 그 예로 들 수 있다. BIM 설계시 필수사항으로 지형 및 흙막이의 모델링이 포함되어 있으며, 본 연구에서는 이에 대한 해결책으로 3D 모델링 방법을 찾고 설계에 최대한 활용할 수 있는 방안에 대해 적용사례를 중심으로 분석하고자 한다. 서울대학병원 BTL사업에서는 공사구간이 기존 주변 병원시설과 인접하고, 공사부지가 제한적이어서 Top-Down 방식을 적용하여 구조물을 시공하는 방식을 채택하였고, 외벽과 흙막이를 일체화 시키는 방식인 CIP(Cast in Place Pile)공법을 적용하였다. CIP공법은 원지반의 표고, 지하 지층의 상태, 지하수위, 굴착의 범위와 구조물의 굴착심도에 따라 그 형태와 수량이 변화하므로 정확한 표현과 공사비 산출이 요구된다. 이번 BIM 모델을 통해 정확한 지층별 형상, 구조물,

* 학생회원 · 연세대학교 토목환경공학과 박사과정 hjlee@csem.yonsei.co.kr

** 학생회원 · 연세대학교 토목환경공학과 석사과정 kun@csem.yonsei.co.kr

*** 정회원 · 연세대학교 토목환경공학과 연구교수 jinski@yonsei.ac.kr

**** 정회원 · 연세대학교 토목환경공학과 교수 lee@yonsei.ac.kr

CIP를 모델링함으로서 시각적인 효과, 원활한 의사소통, 수량산출, 2D 도면의 생성, 시공시 간섭부분의 사전 제거 및 단계별 공정을 수립하여 설계시의 오류를 최소화하는데 큰 효과를 거두었다.

2. BIM 모델링 절차와 측량, 지반데이터 모델

2.1 BIM 모델링 절차

토목분야의 모델은 그림 1과 같이 2D기반의 수치지도로부터 원지반, 압층별 지층상태, 지하수위, 굴착계획면, 우수·오수관망, 도로 및 주차장, 흠막이 공법 순으로 진행된다. 정확한 측량과 지반조사의 결과가 모델링의 관건이며 모든 모델들이 상호 관계를 갖고 있어, 데이터가 모두 갖추어있지 않으면 모델을 생성할 수 없는 구조를 갖고 있다. BIM 모델의 특징이 변경의 용이성이이지만, 지반을 다루는 모델에서는 특히, 지층별 상호 동적연결이 어려워 원지반과 관련된 우수·오수와 3D모델에서 2D 도면 및 물량산출을 제외하고는 처음부터 다시 진행해야 하는 단점이 있으며, 이를 동적으로 연결하는 기술을 필요로 하나 지반데이터의 크기가 비대하여 동적으로 연결시키는 것이 속도저하를 유발 시킬 수도 있다.

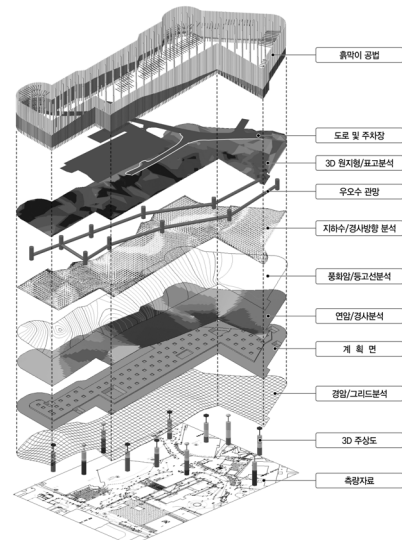


그림 1 BIM Modeling Process

2.2 측량 및 지반조사 데이터의 모델링

CIP 모델링 전에 조사데이터의 모델은 필수적이다. 수직적인 건축구조물과 교량과 같은 토목구조물의 모델은 정형화 또는 비정형이라 할지라도 일부 부재요소에 제한되어 있고, 각 부재는 주변 부재요소와 독립적으로 작성되며, 모델 데이터의 크기와 모델 방법도 향상되어 있지만, 토목에서 꼭 이용되는 지형의 모델은 주변 점 요소와 상호 연계되어 있어, 단순부재보다 복잡하여 필요하지 않는 모델영역이 생성 될 수 있고, 예측하지 못하는 오류를 항상 내포하고 있다. 또한, 국내에서 발행되는 수치지도도 등고선 오류, 측량 표고점의 오류로 정확한 지형의 모델을 완성하기 위해서는 사전에 오류 제거작업이 선행되어야 하는데, 오류점 제거, 데이터의 단순화 등이 지형모델의 정확도를 떨어뜨리는 요소로 지적되고 있다. 현행 지반조사결과는 보고서, 사진첩과 카드도면으로 제공되는데 이를 정보가 포함된 3D 추상도 객체로 연구 및 개발하여 좌표, 문서와 이미지, 기타 정보와 연계하여 정보 열람 및 관리방안을 향상시켰으며, 원지형과 비교하여 보링위치측량 오류 발견과 시각적인 지층 분석방법을 제시하였다.

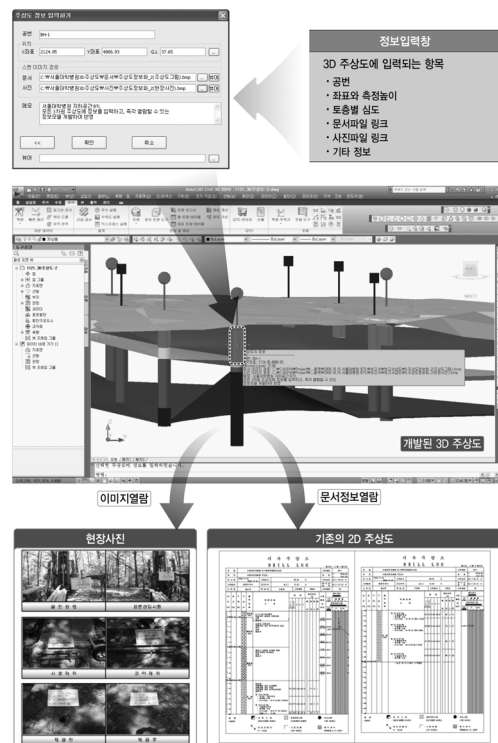


그림 2 추상도의 정보화

3. CIP 모델링

2장과 같은 방법으로 AutoCAD Civil3D 2010 환경에서 지반층을 완성하고 2D도면과 연계하여 계획 굴착면을 작성하였으며, Autodesk Revit Structure 2010을 이용하여 CIP 모델을 작성하였다. 그림 3과 같이 우선 H-PILE을 모델링하고, 분포된 지반조사를 근거로 엔지니어가 원지반층과 비교하여 추정하기 어려운 각 암층을 보간법을 이용하여 생성하였으며, 연암상단층을 기준으로 CIP의 토류벽 콘크리트와 목재 토류판의 경계로 모델링 하였다. 굴곡이 심한 원지반의 형상과 굴착면의 심도에 따라 CIP의 높이를 조정한 후 곡선부와 개구부에 버팀보 모델을 추가하였다. 여기에 구조물의 모델을 합침으로서 CIP와 구조물과의 관계와 타 분야간 의사소통의 정확성과 일치된 설계를 수행하였다. 흙막이 설치시 굴착에 따른 안전을 위해 계측기를 3D로 표현하여 계측기의 적정한 위치를 선정하였으며, 2장의 주상도에 정보를 포함한 객체처럼 3D 계측기에도 정보를 포함할 수 있는 방안을 제시하였다. 또한, 그림 4에서와 같이 인접구조물에 각종 계측기를 설치하여, 계측정보도 CAD화면에서 통합적인 정보 관리를 할 수 있게 되었다.

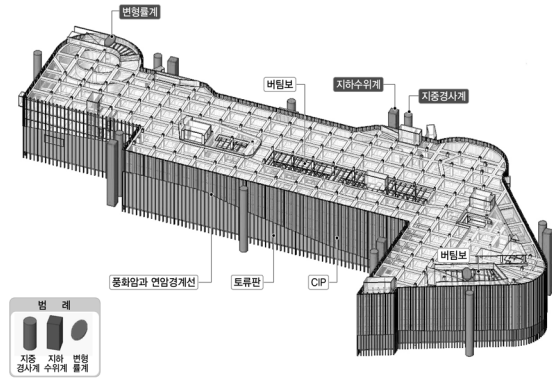


그림 3 CIP의 모델링

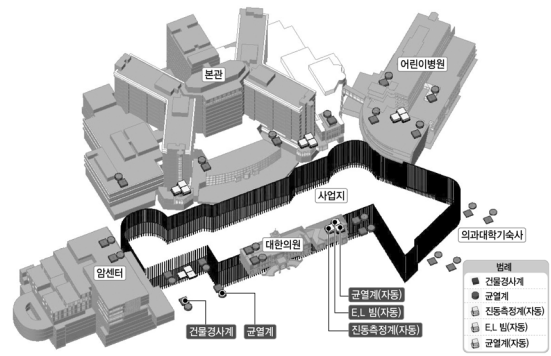


그림 4 인접구조물 계측기 설치

4. 3D 모델에서의 정보의 취득

모델의 완성에서 취득되는 성과로는 첫 번째, 2D 도면의 생성이다. 그림 5와 같이 평면상 곡선부로 구성된 구조물의 흙막이 전개도를 엔지니어가 상상하기 힘든 지층의 단면조차 손쉽게 추출하여 도면의 품질을 향상시켜 주며, 흙막이 평면도 및 굴착 평면도도 작성할 수 있다. 둘째로, 단계별 흙막이와 구조물 간섭의 검토이다. 타 분야간 2D 도면을 통한 간섭을 확인하기란 쉽지 않다. 3D 모델은 특별한 지식이 없이도 간섭내용을 확인할 수 있으며, 그림 6에서 나타난 바와 같이 지하주차장 진입램프, 계단실과의 간섭을 검토할 수 있고 3D의 장점인 높이별로 단면을 확인할 수 있어 단계별로 가시설 설치 및 콘크리트 타설 순서에 따른 간섭여부를 확인할 수 있다. 그림 7은 CIP 선시공후 외부통

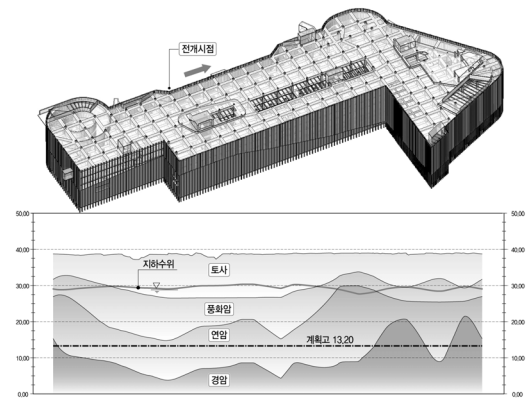


그림 5 전개도의 작성

로 연결로와 간섭을 확인하여 후시공되는 구조물을 위하여 CIP 제거 방법을 시공계획에 포함시켰다. 뿐만 아니라 설비, 전기, 통신, 소방, 기계분야의 모델을 모두 통합하여 전 분야에 걸친 간섭여부와 시공가능성을 검토했다.

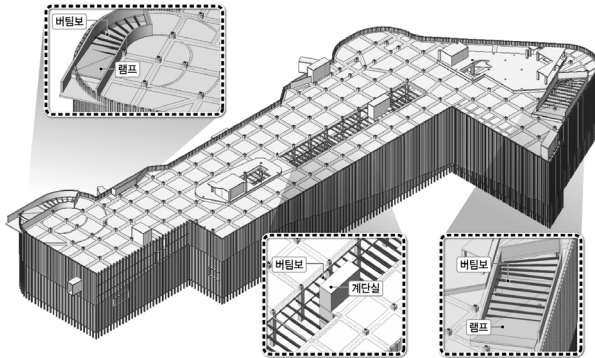


그림 6 버팀보와 구조물의 간섭

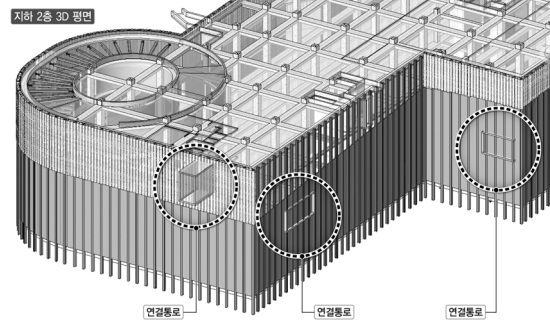


그림 7 CIP 콘크리트와 구조물의 간섭

세번째로는 정확하고 자유로운 수량산출이다. 3D 모델로 설계변경에 따른 수량산출의 시간과 노력을 단축하고 누락 없는 수량산출을 하였다. 특히나 암층별 토공량은 계획초기에 구조물의 배치와 높이에 따라 신속하게 산출됨에 따라 2D 설계보다 75% 수준의 신속한 결과를 얻었으며, 2D 횡단에서 산출된 토공량과는 5~10%정도의 상이한 결과값을 보였으나, 최종 설계안에서는 3D 수량의 정확성을 확인할 수 있었다. 이렇게 단축된 시간으로 많은 배치와 높이변경에 따른 토공모델을 제작하여 절성도 분배, 공사비 산출을 하여 최종설계안 결정에 크게 기여하였다.

5. 결론

CIP 흙막이 공법이 적용된 사업에서 효율적인 설계와 최종 결정안 도출을 위하여 반복적인 변경에 따른 노력을 최소화하기 위해 원지형과 지반층을 3차원으로 모델링하고, 지층 모델을 기반으로 CIP의 개별요소별로 상세 모델링 하였다. 모델링 결과로 의사결정 및 전달방법으로서 역할을 재확인 하였으며, 각 공정간 간섭검토로 설계 오류, 변경을 최소화하였으며, 2D 설계와 3D 설계를 동시 진행하여 각각 산출된 도면 및 수량을 비교함으로써 정확성과 신속함을 검증하였다. 또한, 3D 단면을 이용한 흙막이 해석 연동에 가능성을 확인할 수 있었다.

감사의 글

본 사업은 GS건설, (주)희림, (주)SMP와 콘소시엄 회사와 동시에 진행하였으며, 최종 설계까지 함께 3D 모델방법, 구조계산, 수량 및 적산과의 연동 등에 관한 기술개발 연구, 2D 설계와의 검증에 수고하신 엔지니어 분들께 감사드립니다.

참고문헌

- Arthaus, G. and Lebegue, E. (2007) *IFC-BRIDGE V2 Data Model*, BuildingSMART.
 Lee, S.-H. and Jeong, Y.-S. (2006) A system integration framework through development of ISO 10303-based product model for steel bridges, *Automation in Construction*, 15(2), pp.212-228.