

# 토목분야 BIM 적용사례



글 정상훈 \ 토목기술부 대리 \ 전화 02-3433-7779 \ E-mail stoneear@ssyenc.com

## 1. 머리말

토목공사 현장은 건축 현장과는 달리 비정형화된 구조물이 많고 과업구간이 길어 BIM 적용이 상대적으로 어렵고 비효율적이라는 인식이 많았다. 그래서 초창기 토목분야의 BIM은 주로 구조분야, 그 중에서도 교량분야에 집중되어 3차원 상세 모델링을 통한 특수교량의 형상검토나 간섭검토 등의 시공성 검토와 가설단계 시뮬레이션을 이용한 장비운영 및 시공단계 이해에만 치중되었다.

하지만 2009년 말 4대강 살리기 등 대형 국가사업이 동시다발적으로 진행되면서 발주처와 시공사는 효과적인 공사관리 및 시공계획의 방안으로 BIM을 도입하기 시작하였으며, 3차원 토공모델을 이용하여 준설량을 검토하고, 3차원 철근모형을 이용하여 복잡한 부분 및 비정형 구조물의 배근상세를 검토하는 등 불필요하게 소비되는 시간과 비용, 노력을 최소화하고 정보의 통합관리 및 공유가 가능한 BIM을 다양한 분야로 적용하기 시작하였다. 그리하여 최근에는 교량이나 수자원분야 외에 지하철, 철도, 도로, 단지, 터널, 항만분야 등 거의 모든 토목분야로 광범위하게 확대되고 있다.

이러한 시대적 추세에 발맞추어 당사는 2009년부터 토목분야에서의 BIM 도입을 적극적으로 검토하였으며, 그 결과 호남고속철도 4-2공구를 필두로 국내외 토목현장에 BIM을 시범적으로 적용함으로써 명실상부한 토목분야 BIM 선두주자로 자리매김하고 있다.

본고에서는 당사 국내외 토목현장에 적용되고 있는 BIM 현황, 적용결과 및 효과 등에 대해 소개함으로써 현재 건설분야에서 이슈가 되고 있는 BIM에 대하여 그 중요성을 알리고자 한다.

## 2. 국내 토목현장의 BIM 적용사례

### 2-1. 호남고속철도 4-2공구

호남고속철도 4-2공구는 주요 구조물 외에 지형 모델링, 각종 부대공까지도 3차원 정보 모델링에 반영하였고, 가상현실 기법을 이용한 아바타 안전관리나 장비 운영관리 등 현재 BIM을 이용하여 시공현장에 반영할 수 있는 모든 선진기법이 적용된 선도적인 현장이라고 할 수 있다.

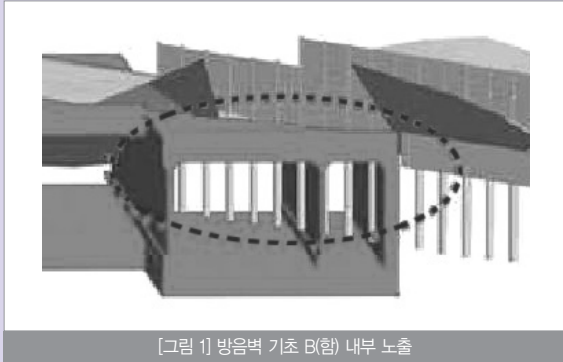
작년에 기고된 두 번의 기술기사(가을호 및 겨울호)에서 당사 토목분야의 BIM 통합공사관리시스템(Construction Management Integrated System based on BIM)의 구성 내용 및 적용 과정 등을 소개하였으므로, 본고에서는 3차원 정보모델을 활용하여 설계 성과품을 수정하고 시공성을 개선한 구조물 변경과 현장에서의 통합공사관리시스템의 보완 및 활용에 대한 장점을 기술하였다.

#### 1) 3차원 시설물 모델

2010년도에 당 현장의 BIM 통합관리시스템 구축 시에는 주요 구조물과 지형 위주로 3차원 정보모델을 구축한 바, 올해에는 개천 내기, 길내기, 배수구조물(본선수로, 비탈수로, 선로측구, 산마루측구, 소단측구), 방음벽, 낙석방지책, 안전울타리, 전철주기초 등의 부대공 구조물과 PSC BOX 가설벤트, 정읍고가 가설용 가교 구조물과 같은 가설구조물 등의 과업 전구간의 모든 구조물을 모델링하여 설계 적정성 검토와 시공 시 간섭검토에 활용하였다.

대안설계는 실시설계를 근간으로 하여 짧은 기간 내에 주요 구조물 위주의 검토를 배경으로 설계가 이루어지는 경우가 많아 부대공에서는 어느 정도의 설계유류가 불가피하며 가설구조물의 경우

에는 현장 여건상 사전검토가 불가능하고 시공 시 문제점을 급박하게 처리할 수 밖에 없다. 또 2D 설계도면은 분야별로 각각 설계되며 분야간 인터페이스 협의가 이루어지는 경우가 드물어 구조물끼리의 간섭이 많은 반면 3D 모델링은 분야별 구조물 간섭에 대한 즉각적인 검토와 확인이 가능하여 불합리한 설계와 오류를 수정하였다.



[그림 1] 방음벽 기초 B(함) 내부 노출

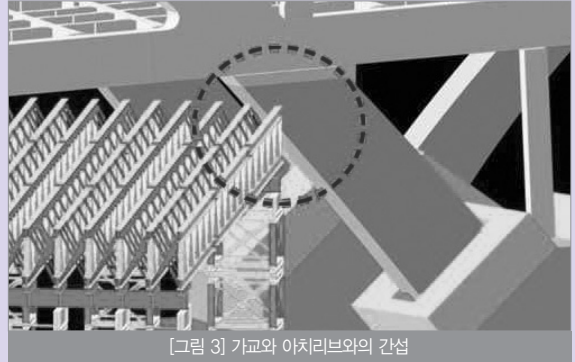
[그림 1]과 같이 토공용 방음벽 기초의 길이가 5.1m이므로 토피가 낮은 종점부의 B(함)에서는 내부로 노출이 되는데 이는 2차원 설계도면에서는 분야별 도면을 통합해 검토를 하지 않으면 발견할 수 없는 오류이지만 3차원 모델에서는 쉽게 확인할 수 있다. 또한 교량 유지보수용 도로의 경우 종단면도와 20m 간격의 횡단면도만 설계도에 표현되어 있고, 교축 직각방향으로의 지형의 구배가 고려되지 않기 때문에 교각기초가 [그림 2]에서처럼 일부 노출되는 구간(한교천교 P15, 규촌교 P9, P10)이 파악되었다.



[그림 2] 유지보수용 도로상부 교각 기초 노출

이러한 간섭 검토는 기존의 2차원 설계도면으로는 파악하기 거의 불가능한 부분으로써, 시공 전 BIM 검토를 통해 오류사항들을 상세하게 파악함으로써 공기 지연요소를 사전에 차단하고 공사비를 절감하는 데 큰 도움이 된다.

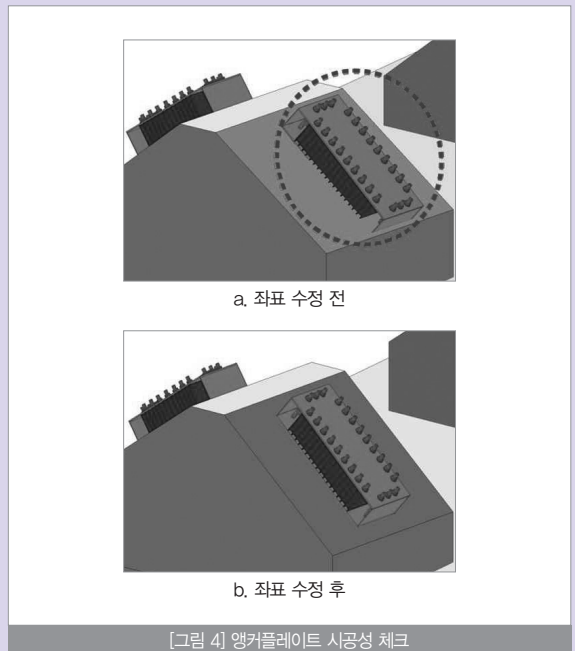
[그림 3]은 정읍고가 강교 가설용 가교 구조물을 실제 가설위치에 모델링한 결과 아치 리브와의 간섭이 확인된 모습을 보여주는 것이다. 트러스 거더 하부에 위치한 호남고속도로의 형하공간 확보를 위해 가교의 부재 설계 시 확인하지 못한 부분을 3차원 모델링을 통해서 간섭을 파악한 후 가교의 가설위치를 조정하여 시공 오류를 사전에 차단하였다.



[그림 3] 가교와 아치리브와의 간섭

정읍고가 아치교는 공장에서 주요 부재를 제작하여 현장에서 크레인으로 거치한 후 용접하여 가설하므로 좌표 세팅이 가장 중요한 부분이다. 3차원 모델링으로 가설부재의 좌표를 확인해본 결과 앵커플레이트가 교각 기초 콘크리트에 묻히는 것을 [그림 4]처럼 확인할 수 있었다.

이처럼 3차원 모델링으로 시공전 모든 구조물에 대하여 검토한



a. 좌표 수정 전

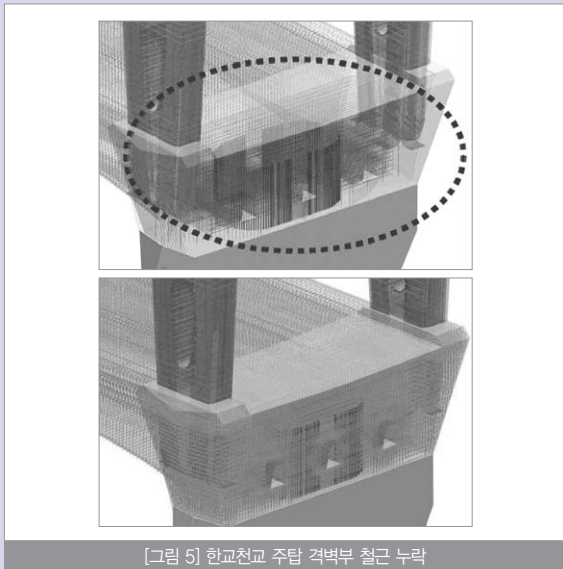
b. 좌표 수정 후

[그림 4] 앵커플레이트 시공성 체크

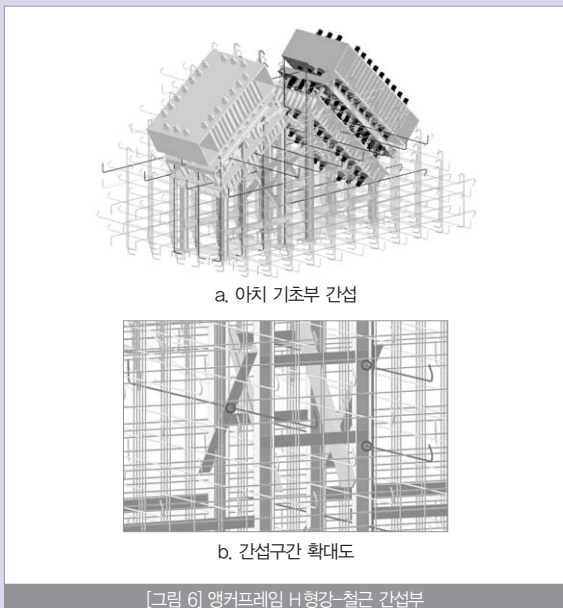
결과 시공 시 발생할 수 있는 오류를 사전에 차단함으로써 공사비 절감과 공기단축에 큰 기여를 하고 있다.

## 2) 3차원 철근상세 모델 구축

2010년 과업 시 주요 구조물의 3차원 철근상세 모델 검토로 철근 상세도의 오류를 찾아내고 사전 시공성 검토를 하는데 이용하였으며 2011년에는 모델별 통합과 보완에 중점을 두었다. [그림 5]에서 볼 수 있듯이 2월 보완설계 이후 수정된 도면을 바탕으로 3차원 철근상세 모델링을 구축한 결과, 한교전교 주탑 격벽부 철



[그림 5] 한교전교 주탑 격벽부 철근 누락



a. 아치 기초부 간섭

b. 간섭구멍 확대도

[그림 6] 앵커프레임 H형강-철근 간섭부

근 누락을 확인하였다.

하나의 모델링으로 통합된 정보를 확인할 수 있는 BIM의 장점이 잘 나타나는 경우라고 하겠다. 그리고 정읍고가 아치 기초부는 앵커프레임을 지지하기 위한 하부의 H형강과 철근이 복잡하게 배치되어 철근의 간섭을 피할 수 없는 구조이다.

[그림 6]에서처럼 기존의 2차원 도면으로는 간섭되는 철근을 확인하기 난해하지만 3차원 모델링으로 간섭되는 모든 철근들을 시각적으로 확인한 후 설계조정과 철근 절곡 위치변경, 절단 후 용접 등의 대처방안을 수립하는 데 큰 도움이 되었다.

## 2-2. 부산지하철 1호선 다대구간 5공구

부산지하철 1호선 다대구간 5공구 현장의 경우 당사 토목현장 중에서 BIM을 적용한 첫 지하철 현장이라는 데에 의의가 있다.

본 현장의 BIM 통합관리시스템은 현재 구축 중이므로 앞에서 소개한 호남고속철도 4-2공구와 같이 구체적인 BIM 적용 결과가 아직 도출되지는 않았으나, 본고에서는 BIM 적용 현황 및 예상 효과 등을 서술하였다.

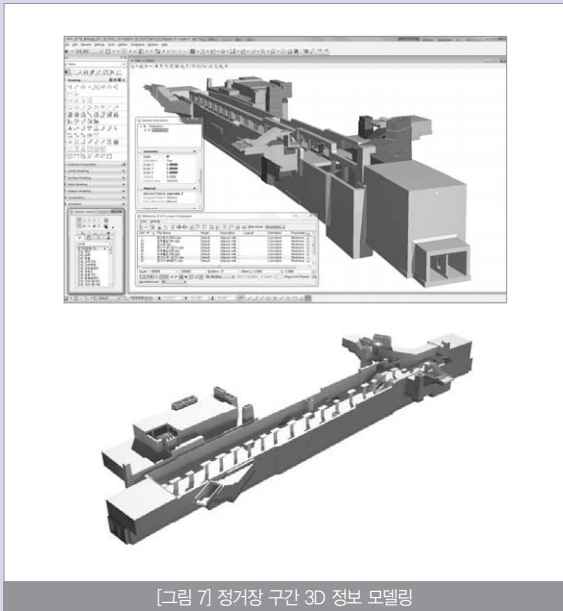
표 1 BIM 적용범위

항목	내용
3D 정보 모델링 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 정거장 1개소</li> <li>• 본선 터널</li> <li>• 주요 휴막이 가시설</li> <li>• 지형 및 지반</li> <li>• 지하 지장물</li> </ul>
5D 공사관리 시스템	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 공정계획에 따른 공사관리</li> <li>• 통합시스템 구축</li> </ul>
가상현실 안전관리	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3개 아이템에 대한 안전관리 시스템 구축</li> <li>• 추후 지속적 DB화</li> </ul>
가상현실 정비운영	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CPW 및 M-CAM 구간 시공에 대한 장비의 적정성 검토</li> </ul>

지하철 현장이라는 특성을 고려하여 전 구간(개착 구간, 터널 구간, 환기구 구간 등에 대하여 3D 정보 모델링을 구축하여 설계도면의 오류사항을 사전에 체크하였으며([그림 7]), 여기에 지장 매설물 현황을 추가로 모델링하여 시공구간의 구조물과의 간섭으로 인한 공기 지연 요소를 사전에 파악할 수 있도록 하였다.

또한 지형 및 지반을 모델링하고 각 지층별 정보를 입력함으로써 실제 시공 시 지반 현황 등을 파악하고 토공량 등을 미리 파악할 수 있도록 하였다[그림 9].

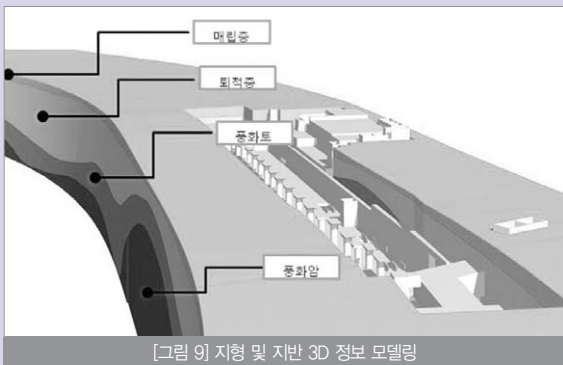
[그림 10]에서 볼 수 있듯이 휴막이 가시설의 3D 정보 모델링 구축으로 지하 구조물 시공 시 보다 정밀한 공정을 진행하고 사전



[그림 7] 정거장 구간 3D 정보 모델링



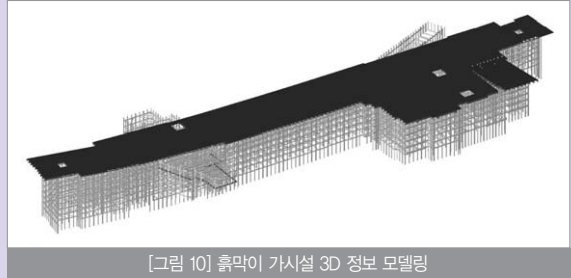
[그림 8] 기존 지하 지장물과의 간섭 체크



[그림 9] 지형 및 지반 3D 정보 모델링

공기 지연 요소를 체크할 수 있도록 하였다. 또한 CPW 및 M-CAM 시공장비를 이용한 가상현실장비 시스템을 통해 시공성 확보방안 등을 모색하고 있으며, KOSHA 18001을 바탕으로 아바타 안전관리시스템을 시공구간별로 구축함으로써 현장직원들

의 안전의식 고취를 통한 중대재해 사전예방에 만전을 기할 수 있도록 하였다.



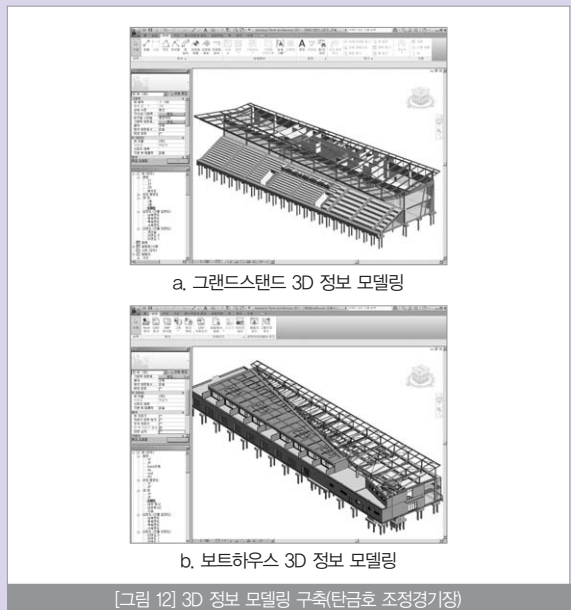
[그림 10] 휴막이 기시설 3D 정보 모델링



[그림 11] 가상현실 장비운영 시스템 구축

### 2-3. 탄금호 조정경기장

당사가 올해 턴키로 수주한 탄금호 조정경기장 조성공사 현장에도 BIM이 적용 중이다. BIM 구축 초반 단계이어서 현재 3D 정보



[그림 12] 3D 정보 모델링 구축(탄금호 조정경기장)

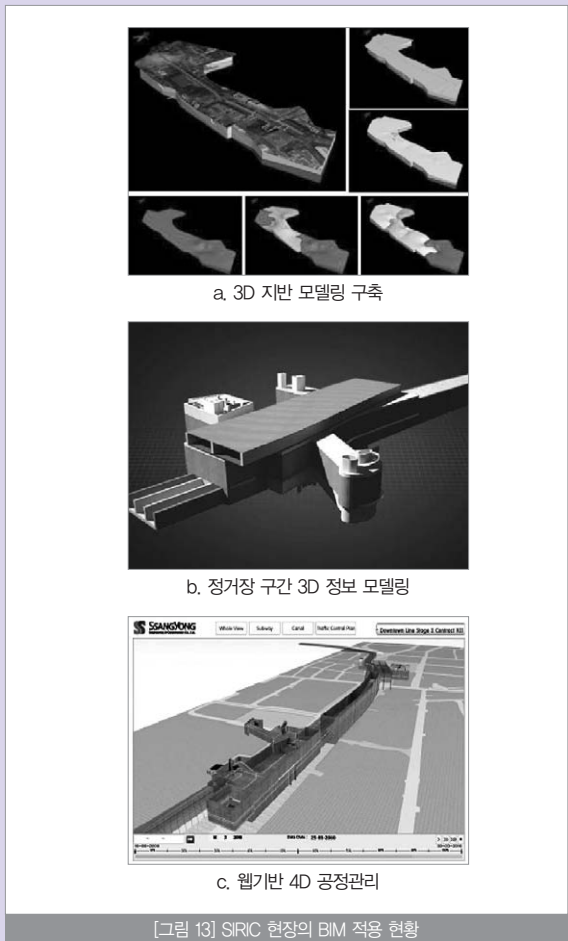
모델링이 진행 중이며 BIM 적용 결과 및 효과에 대해서는 내년 초 정도에 소개가 가능할 것으로 판단된다. [그림 12]는 현재 모델링이 완료된 그랜드스탠드와 보트하우스의 3D 정보 모델링 화면이다.

### 3. 국외 토목현장의 BIM 적용사례

#### 3-1. Downtown Line C921

싱가포르 DTL 2 C921 지하철 공사(이하 SIRIC)는 대단히 약한 연약지반에 단계별 운하 이설 및 기존 지하철 직하부에 NATM 터널 시공 등 가장 최고 수준의 난공사로서, NATM, TBM, Cut & Cover 등 주요 지하철 건설 공법을 모두 적용한 대규모 프로젝트이다. 따라서 본 현장의 매우 복잡한 공정을 효율적으로 관리하기 위하여 BIM을 적용하였다.

[그림 13]의 첫 번째 그림은 Boring Data로 3차원 지반 정보 모델을 구축하고 이를 이용하여 암별 굴착량 등을 산정한 사례를 보

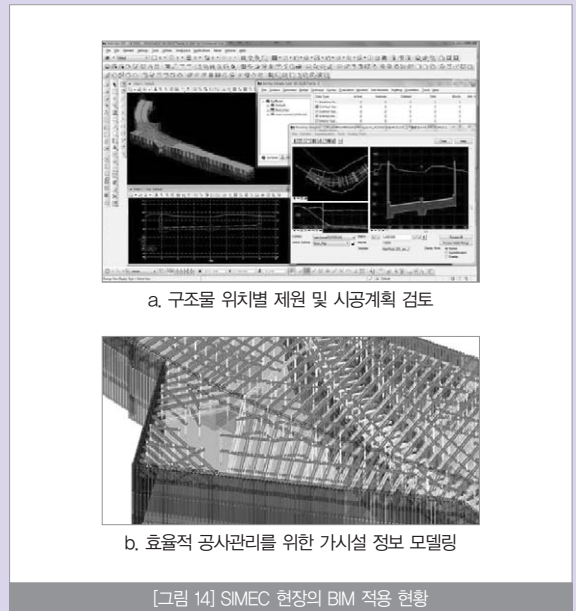


여주는 것이며, [그림 13]의 (b)와 (c)는 복잡한 공정을 효율적으로 관리하기 위하여 공정에 따라 모델링된 3D 정보 모델링 및 웹기반 4D 공정관리 모습이다.

#### 3-2. Marina Coastal Expressway C482

싱가포르 Marina Coastal Expressway 도로공사(이하 SIMEC)는 매립지의 연약지반처리 등 고도의 시공기술과 공정관리 능력이 요구되는 고난도 건설 프로젝트로서, 총 연장 1km의 왕복 10차선(B=60.0m)의 지하고속도로를 건설하는 공사이다.

본 프로젝트에서는 아래 그림과 같이 복잡한 선형 및 종단을 가진 구조물의 위치별 제원 및 좌표를 사전 검토하여 정확한 시공계획을 수립하였고, 흙막이 가시설에 대해 3차원 정보모델을 구축함으로써 시공 중 작업공간 확인 및 공정 간섭 체크에 활용하여, 구조적 안정성 확보뿐만 아니라 공기단축 등을 도모하였다.



### 4. BIM 공사관리 통합시스템의 활용

www.ssybim.com 사이트에 구축되어 운영 중인 쌍용건설의 BIM 통합공사관리시스템은 아이디와 패스워드로 구분하여 현장에서 공정관리와 대외홍보에 이용하고 있다.

별도의 프로그램을 구매하지 않아도 BIM을 이용한 공사관리 Tool을 사용할 수 있는데 장점이 있으며, 대개의 경우 3차원 모델의 용량 문제로 원활하게 가상현장을 확인하기 어려운데 반해 인터넷 상으로도 가볍게 볼 수 있는 특징이 있다.

#### 4-1. 웹기반 4D/5D 시스템

BIM 통합공사관리시스템의 주요 요소인 4D/5D 시스템은 현장에서 공정관리 프로그램으로 사용 중에 있는 MS 프로젝트 및 내역/수량을 관리하는 IPMS 프로그램과 연동되어 있다(그림 15, 그림 16) 참조).

호남고속철도 4-2공구의 경우, 구축된 3차원 모델을 총 2000여 개의 공종으로 분류하였으며 현재 6월 말에 작성한 최종 내역에 근거하여 5D 시스템을 구축하고 있다. 5D 시스템 구축이 완료되면 웹사이트에서 계획대비 실제 공정률을 정량적으로 파악할 수 있다.



[그림 15] 웹기반 4D시스템

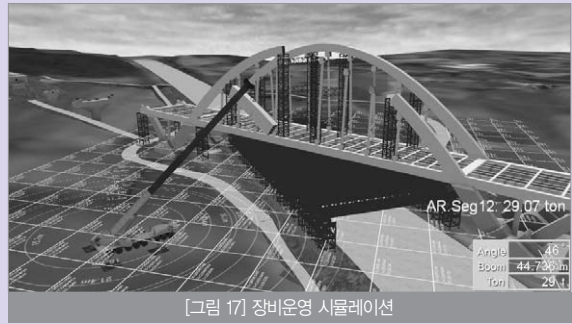


[그림 16] 웹기반 5D시스템

#### 4-2. 가상현실기법에 의한 장비운영 및 안전관리

앞서 소개했던 바와 같이 호남고속철도 4-2공구의 경우, 장비운영 시뮬레이션을 통해 440톤 크레인의 장비 데이터를 포함한 3차원 능동제어형 모델을 이용하여 장비운영 시뮬레이션을 구현하였다. Boom 각도와 길이를 고려한 양중기준에 덧붙여 크레인의 작업구간의 좌표를 표시하여 인양작업시의 위치를 결정하고 웹사이트에서 Boom을 조작하여 아치교 가설작업을 실제로 수행하며 위험요인을 즉각적으로 파악할 수 있다.

또한, 부산지하철 1호선 다대구간 5공구 현장의 경우 CPW



[그림 17] 장비운영 시뮬레이션

(Continuous Pile Wall) 및 M-CAM(Modified Cellular Arch Method) 시공장비 운영 시스템 구축으로 교통우회계획, 터널 공정 등을 반영한 시뮬레이션을 통하여 장비의 효율적인 활용방안 및 시공성 확보방안 등을 모색하고 있다.

건설아바타를 이용한 안전관리는 초기에는 가상현장을 현장 기술자의 입장에서 확인해보는데 그쳤으나, 한국산업안전보건공단(KOSHA 18001)을 포함한 상용건설의 공종별 위험성 평가 기준 데이터(그림 18) 참조)를 입력하여 주요 공종 위치에서 안전관련 기준을 확인할 수 있는 시스템으로 구축되었다. [그림 19]에서 볼 수 있듯이 해당 현장을 가상현실화한 공간에 그대로 옮겨 보다 현실감 있게 확인할 수 있다. 향후 위험공종 요소는 타 현장의 경



[그림 18] 공종별 위험성 평가모델 (KOSHA 18001)

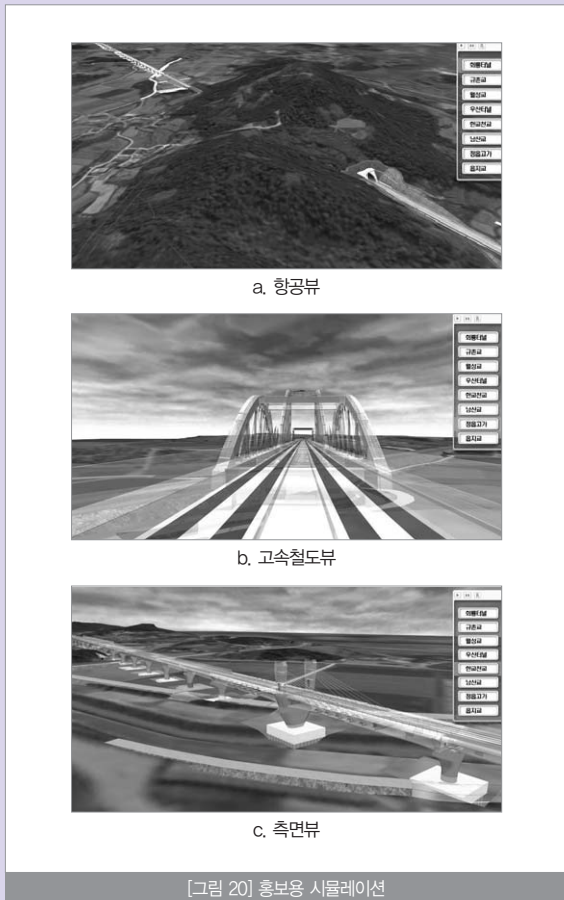


[그림 19] 아바타를 이용한 가상현실 안전관리시스템

우를 포함하여 계속해서 DB화될 예정이며, 위험성 평가모델뿐만 아니라 안전관련된 다양한 자료가 추가로 포함될 예정이다.

### 4-3. 웹기반 홍보

이미 구축된 웹기반 BIM 통합관리시스템에서 홍보동영상을 수정, 보완하여 항공부, 고속철도부, 측면부의 시뮬레이션으로 확인할 수 있다. 시점에 따라 각각의 부로 과업 전구간의 공정현황과 구조물 및 지형 여건을 확인할 수 있어 홍보용, 설명용 자료로 활용되고 있다.



### 5. 현장직원 BIM 활용교육

BIM이라는 효과적인 툴과 시스템이 구축되어 있더라도 활용도가 떨어진다면 효용성이 낮아질 수밖에 없으므로 현장직원들에게 BIM의 기본이론과 더불어 솔루션 사용방법, 도면검토, 철근 간섭 검토를 주기적으로 시행하여 활용성을 높이고 있다. 시공 전 미리 3차원 모델링을 확인하여 좌표, 형상 등의 기본적인 정보를 확인

하고 시공 시 주의점에 대해 숙지하며 철근가공 조립 시 3차원 철근모델링으로 간섭을 검토하여 협력사와 협의 후 조정하여 작업성과 시공성을 개선하고 있다.



### 6. 맺음말

본 논문에서는 당사 국내 토목현장에 적용되고 있는 BIM 구축현황 및 웹기반 5D 통합 공사관리 시스템에 대해 소개하였으며, BIM을 적용함으로써 사전 설계오류와 시공시 발생할 문제를 사전에 차단함으로써 원가 절감과 공기단축에 기여할 수 있음에 대해 기술하였다. 또한 IT와 접목한 가상현실을 이용한 장비운영 시스템 및 안전관리 아바타 시스템 등을 구축함으로써, 장비의 원활한 운용 효과를 기대할 수 있고, 안전관리 계획 및 교육을 통한 사전 안전마인드를 제고함으로써 현장에서 발생가능한 안전사고를 사전에 방지할 수도 있다. 그 외에도 여러 가지 복잡한 현장상황에서 부득이하게 초기에 공기가 지연될 경우, 미리 BIM 정보 모델링을 구축하고 시뮬레이션 해 봄으로써 현장 작업자와 관리자가 사전 시공을 통한 학습의 효과를 야기하므로 추후 본 공사 진행시 원활한 시공이 가능할 수 있도록 한다.

현재 사회적으로 이슈가 되고 있는 BIM을 토목분야에 성공적으로 정착시키기 위해서는 BIM은 단순한 도구가 아니라 체계적인 시스템이며 BIM을 통해서 철저한 공사관리를 통한 공기 단축, 공사비 절감 등을 도모할 수 있다는 점을 널리 고취시키고 신규 적용 아이템들을 추가적으로 개발하는 등 토목분야에서 BIM이 더욱 활성화될 수 있도록 노력해 나가야 할 것이다.

앞으로도 토목분야 신규 현장에 대하여 BIM 통합관리 시스템을 지속적으로 확대해 나갈 것이며, 신규 적용 아이템들을 개발하여 당사가 BIM 분야에서 Leading Company의 자리를 더욱 공고히 할 수 있도록 부단히 노력해 나갈 것이다. S