

3

시공 BIM 활용기준

3.1 시공 BIM 데이터 활용기준 개요

3.2 시공중 설계지원

3.3 시공통합모델

3.4 공정관리

3.5 공사비 관리

3.6 시공관리

3.7 안전관리

3.8 스마트건설 연계 및 적용

3.9 탈현장 시공의 활용

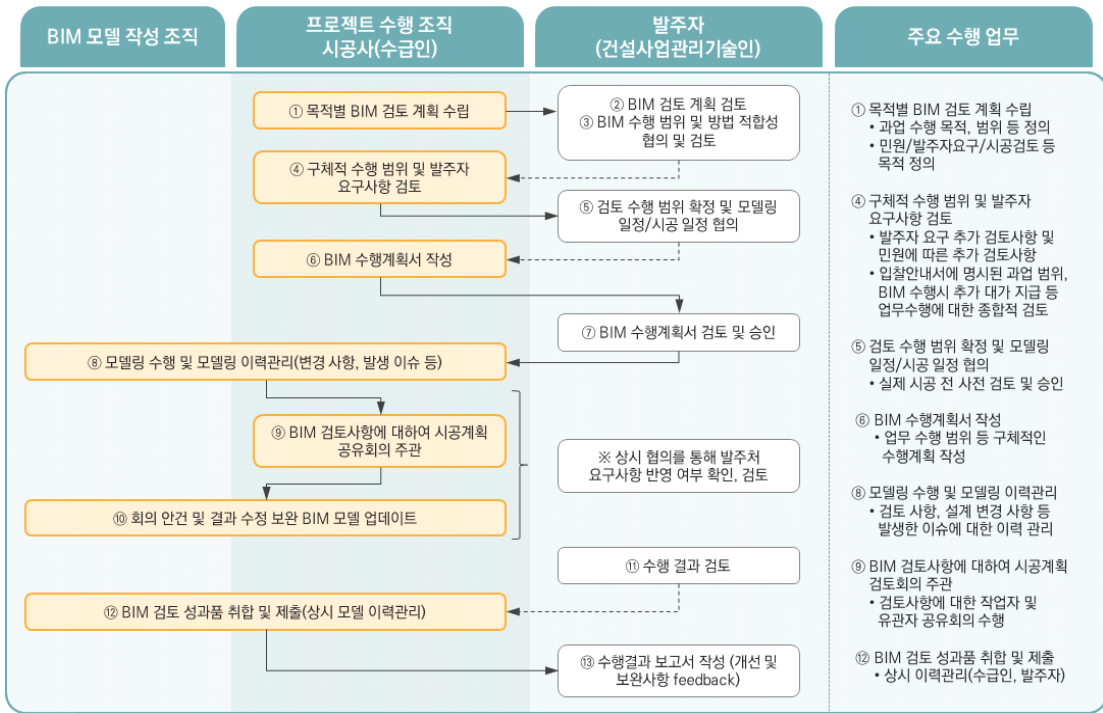
건 설 산 업
B I M
시 행 지 침

제3장 시공 BIM 활용기준

3.1 시공 BIM 데이터 활용기준 개요

3.1.1 목적

- 앞의 2.2 시공 BIM 데이터 작성 내용을 준수하여 작성된 자료는 아래와 같은 업무에 활용하도록 한다.
 - 시공 중 현장의 여건 변경으로 인한 설계변경지원, BIM 데이터를 활용한 간섭 검토, 가설 구조물의 시공성 검토, 공사용 가설도로의 대안 검토, 기존 시설물과 신설 시설물의 간섭 검토, 대외 홍보자료 및 민원 협의자료를 위한 시각화 자료, 공사 대금 수령을 위한 기성신청의 근거 자료, 스마트 건설장비와의 연계를 위한 지형데이터 작성 등 시공중 발생하는 모든 문제들에 대하여 BIM 데이터를 적절하게 활용하는 것을 목적으로 한다.
- 설계단계에 작성한 BIM데이터는 수급인의 필요에 따라 시공단계에서 현장의 여건에 맞게 수정·보완하여 활용할 수 있고, 이러한 데이터가 시공 실적 및 설계 변경 등에 필요한 근거 자료로 활용되기 위해서는 발주자의 승인을 반드시 받아야 하며, 모델 원본 데이터 및 발주자가 요구하는 BIM 데이터를 작성·제출하여야 한다.
 - 수급인(설계자): 원 설계에 대한 간섭, 오류 및 민원으로 인한 수정에 따른 데이터 작성
 - 수급인(시공자): 상세, 공법, VE 등 시공개선 활동으로 인한 수정에 따른 데이터 작성



- BIM 데이터를 활용하여 프로젝트 수행 담당자 및 관련 유관 조직은 하나의 일관된 목표를 위하여 상시 협업할 수 있는 체계를 구축하여야 하며, 상시 협업 및 문제를 해결할 수 있는 체계를 구축하여야 한다.

3.1.2 활용원칙

- 시공 BIM 데이터는 영구 구조물 및 계획 지표면에 대한 설계 BIM데이터를 기반으로 시공 중 발생 가능한 현장 여건에 대한 시공성 검토, 가설 구조물을 포함한 시공중 공사 관리, 부득이한 설계 변경으로 인한 설계 대안검토, 공사용 가설도로의 대안 검토, 스마트 건설장비 운영을 위한 현황데이터 작성 등에 활용할 수 있으며, 디지털 트윈 기반의 기존 시설물 및 지형에 대한 현장 현황자료를 기반으로 활용하여야 한다.
- 설계 BIM 데이터를 활용하여 시공 BIM 데이터를 구성할 경우 설계 시 활용한 기준 좌표에 의한 연속 모델구축이 가능하도록 좌표정보나 기준점 정보를 활용하여야 한다.

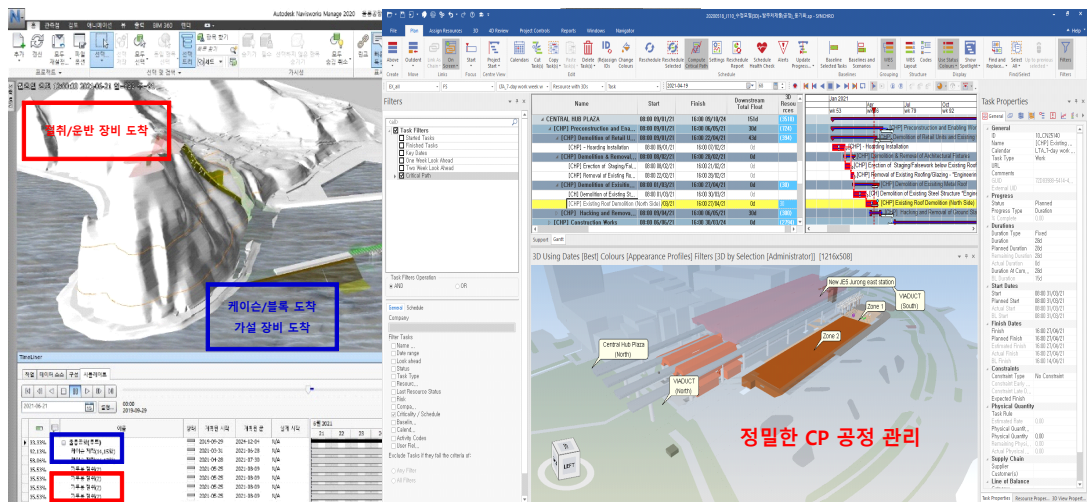
3.2 시공 중 설계지원

3.2.1 개요

- 2.2 시공 BIM 데이터 작성의 (3) 시공 중 설계지원 BIM 데이터작성 내용을 준수하여 작성된 자료는 아래와 같은 업무에 활용하도록 한다.
- 현장의 공사 계획의 변경, 설계 단계에서 고려하지 못한 현장의 여건 변경 등에 의한 설계 변경 시 BIM 데이터 작성을 통하여 사전 시공성 및 수량을 검증하여 발생 가능한 리스크를 사전에 도출하여 리스크를 제거하고 정밀한 시공을 통하여 시공품질을 확보하는 데 목적이 있다.
- 시공 중 BIM을 활용하여 건설 생산성을 향상 시킬 수 있는 사례는 많이 있다. 대표적인 사례로는 정밀한 공정 관리가 필요한 경우, 주요 시설물의 수량 검증, 토공 구간의 불확실성(토공량) 검증이 필요한 경우, 시공 순서가 복잡해서 단계별 구현이 필요한 경우(교통 변경 계획, 장비 작업 동선 확보), 지형/지층의 현황, 인접 건물 현황 분석이 필요한 경우, 정밀 장비 작업의 시공성 검토가 필요한 경우, 구조물의 형상이 복잡하여 2차원 도면으로 현황 파악이 어려운 경우, 스마트 건설장비와 연계를 통한 검토 및 적용이 필요한 경우 등에 대하여 적용할 수 있다.

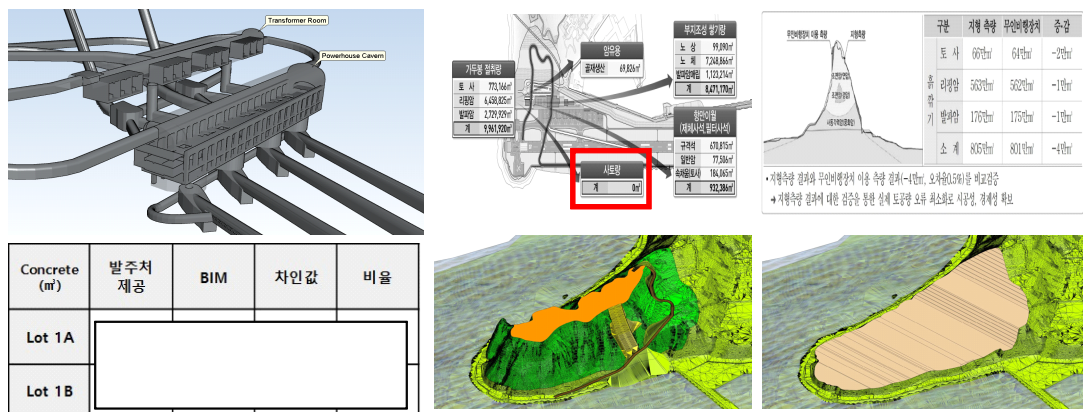
그림 32 정밀한 공정관리가 필요한 경우

[출처: DL E&C 토목사업본부, 2021]

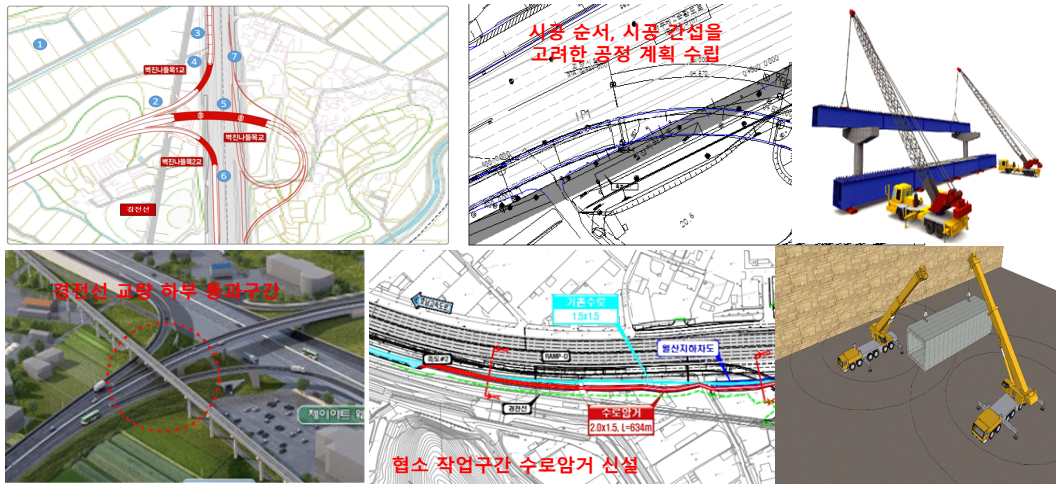


개요	- 구조물 상세가 복잡하여 구조물간 공정 간섭이 예상되는 경우 - 여러 가지 공종에 대한 공사가 동시에 수행되어 공종 간 공정 간섭이 예상되는 경우
기대효과	- 선행되어야 하는 공정 파악/ CP공정 관리 - 단위 공정 지연에 따른 연계 공정 파악/ CP공정 변화 파악 및 관리
활용방법	설계 기준 좌표가 반영된 통합모델을 활용하여 디지털 공정 시뮬레이션을 통해 검토

그림 33 시설물 수량 검증, 토공 구간 불확실성(토공량) 검증이 필요한 경우 [출처: DL E&C 토목사업본부, 2021]



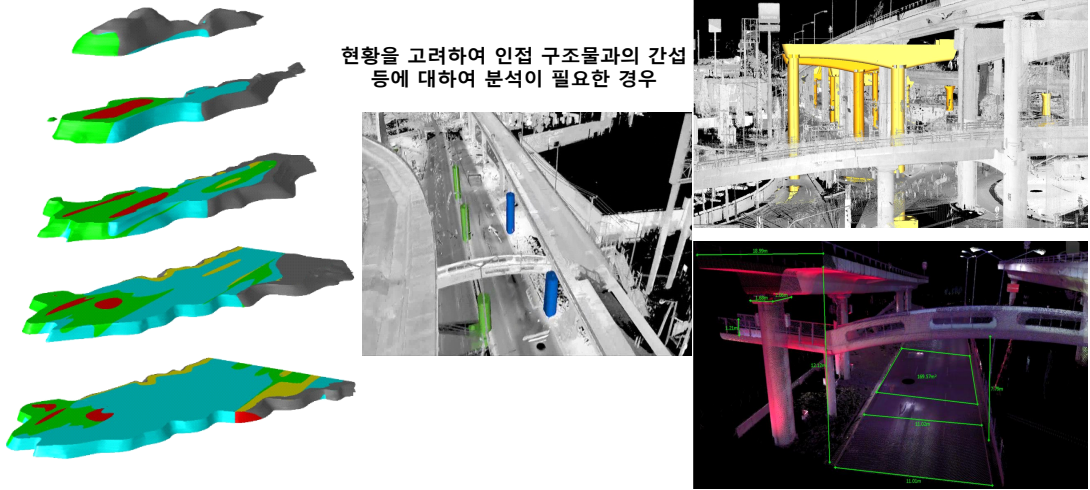
개요	- 대규모 토공사에 암종별 수량 파악이 필요하여 공정계획 수립 시 암종별 수량 데이터 활용이 필요한 경우 2차원 설계로 수량 파악이 정확히 되지 않는 경우
기대효과	- 현장의 여건에 따른 절·성토 계획을 유연하게 반영 - 절토 토공에 대한 가성도 부지 검토 및 유용 계획에 대한 시뮬레이션 - 암질에 따른 절토 속도 및 다짐 / 비다짐을 고려한 성토 시뮬레이션
활용방법	- 수량검토 및 검증이 필요한 부분에 대하여 주변 지형 및 현황을 반영하여 BIM 모델을 작성하여 검토 수행 - 토공의 경우 암종별 지질 주상도 및 지장물 현황을 반영한 BIM 모델을 작성하여 검토 수행



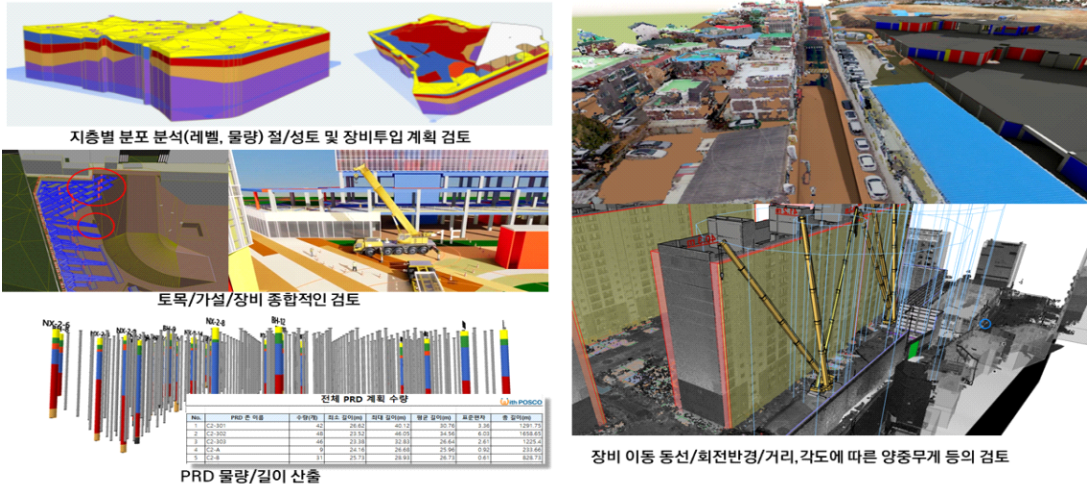
개요	- 구조물이 복잡하고 간섭이 예상되는 경우, 장비 운영 및 효율까지 고려한 시공 단계별 공정 시뮬레이션을 통해 시각적 분석이 필요한 경우 - 교통 흐름을 저해하지 않는 시공계획 수립, 가설 및 철거에 대하여 교통 우회대책, 장비 동선 등의 검토가 필요한 경우
기대효과	- 시공 순서, 시공 간섭, 시공 난이도 등을 사전에 검토 - 시공에 대한 협의자료로 활용
활용방법	시공 시뮬레이션을 통해 단계별 공정 파악이 필요한 경우, 주변 지장물, 활용 장비 등을 반영하여 통합모형을 통한 시공 시뮬레이션 수행

그림 35 지형·지층의 현황, 인접 건물 현황 분석이 필요한 경우

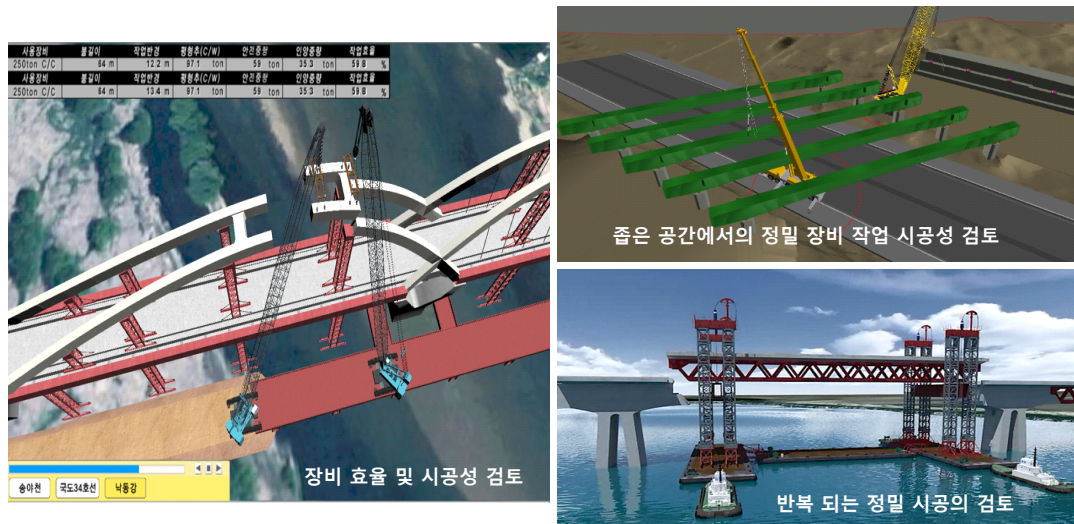
- 토목사례 [출처: DL E&C 토목사업본부, 2021]



- 건축사례 [출처: 포스코건설, 프로젝트 수행보고서, 2021]



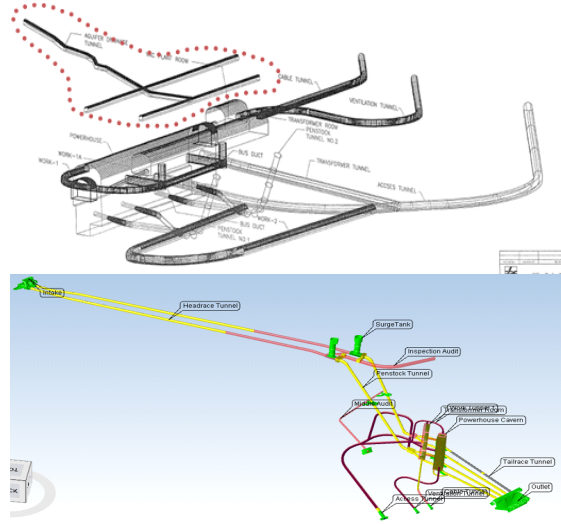
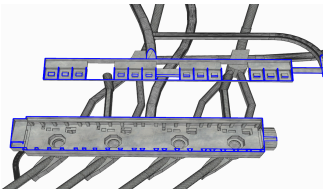
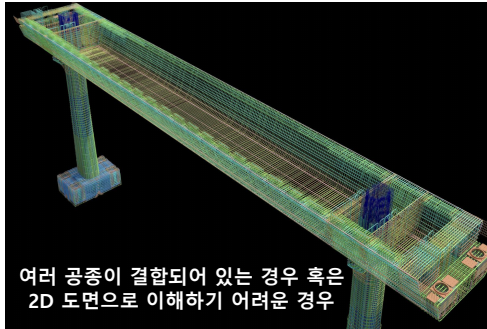
개요	● 도심지 공사 등과 같이 지하 지상 지장물이 공사구간에 위치하여 있어 간섭이 예상되는 경우 ● 지하공간 개발 공사 등과 같이 공사 중 지상 지하 구조물과의 간섭이 예상되어 지장물 이설계획 수립 등이 필요한 경우
기대효과	● 현장의 지층 조건을 고려한 작업 효율 산정 / 장비 투입 계획 수립 ● 인접 구조물의 현황 파악을 통한 작업 계획 수립
활용방법	● 지상 및 지하구조물의 현황을 BIM 모델에 반영하여 통합모델 활용을 통한 검토 수행



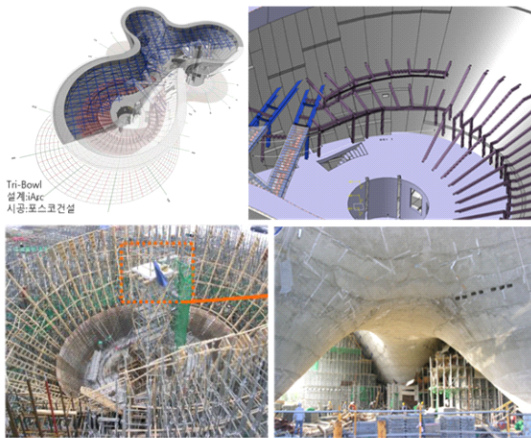
개요	- 영구 구조물 가설 시 필요한 가시설 공사, 과업 구간에 포함된 지장물 및 구조물의 철거 공사에 대하여 활용 장비의 효율을 고려한 정밀한 시공관리가 필요한 경우 - 좁은 공간에서의 정밀 작업 시공성 검토가 필요한 경우 - 반복되는 공종 공사에 대하여 작업 효율을 개선할 목적으로 검토가 필요한 경우
기대효과	- 현장 조건을 고려한 장비 효율 검토 - 좁은 공간에서의 주변 환경을 고려한 장비 운용성 검토
활용방법	현장에서 실제로 활용하는 장비 제원, 지형조건, 장비 이동 동선, 장비 작업 동선을 고려한 통합모델을 작성하여 정밀 검토 수행

그림 37 구조물의 형상이 복잡하여 2차원 도면으로 현황 파악이 어려운 경우

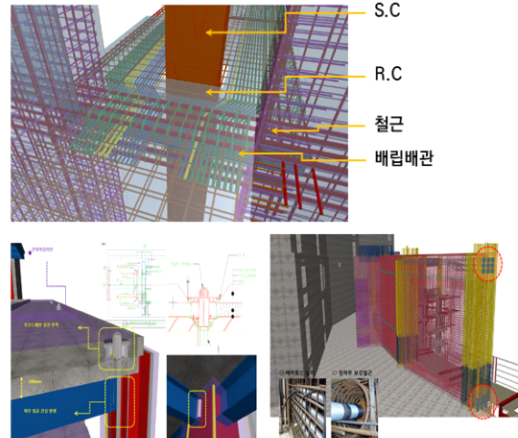
● 토목사례 [출처: DL E&C 토목사업본부, 2021]



● 건축사례 [출처: 포스코건설, 프로젝트 수행보고서, 2021]



복잡한 형상으로 기존(2D)로 정확한 설계/시공이 어려움 경우

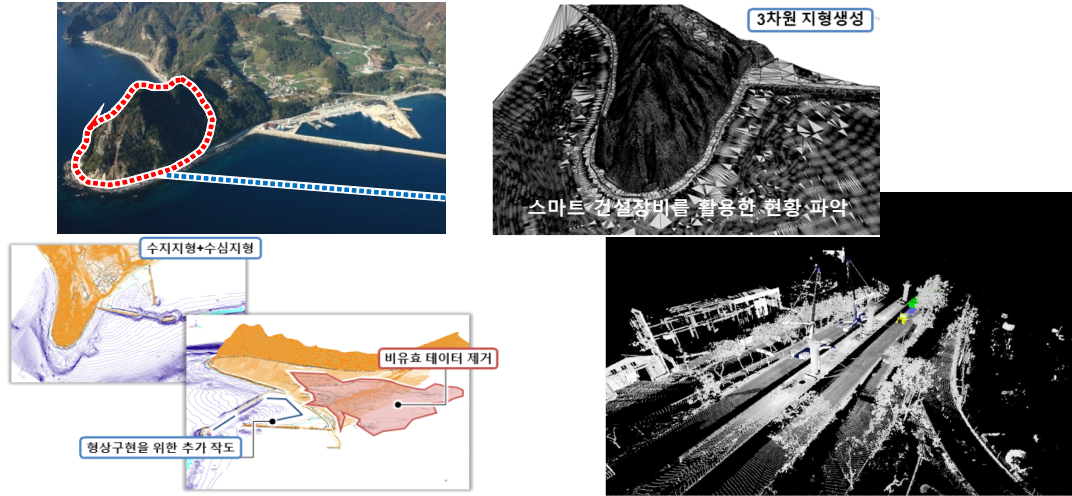


여러 공종이 결합되어 있는 경우 혹은 2D 도면으로 이해하기 어려운 경우

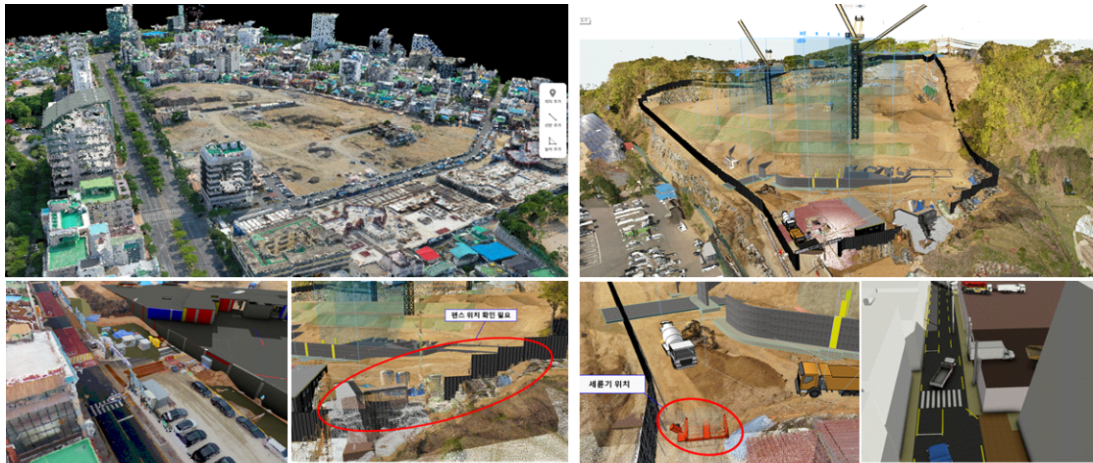
개요	구조물 및 철근 배근 등 상세가 매우 복잡하여 2차원 도면으로 표현이 불가능한 경우에 대하여 작업자의 이해도 향상, 시공 간섭 검토, 시공계획 수립 등과 같은 검토가 필요한 경우
기대효과	- 상세가 복잡한 경우의 간섭 사전 확인 2차원 도면으로 확인 불가능한 부분의 사전 간섭 검토 및 협의 자료로 확인
활용방법	주변 환경을 반영한 통합 모델, 부분검토 모델을 작성하여 검토 수행

그림 38 스마트 건설장비와 연계를 통한 검토 및 적용이 필요한 경우

- 토목사례 [출처: DL E&C 토목사업본부, 2021]



- 건축사례 [출처: 포스코건설, 프로젝트 수행보고서, 2021]



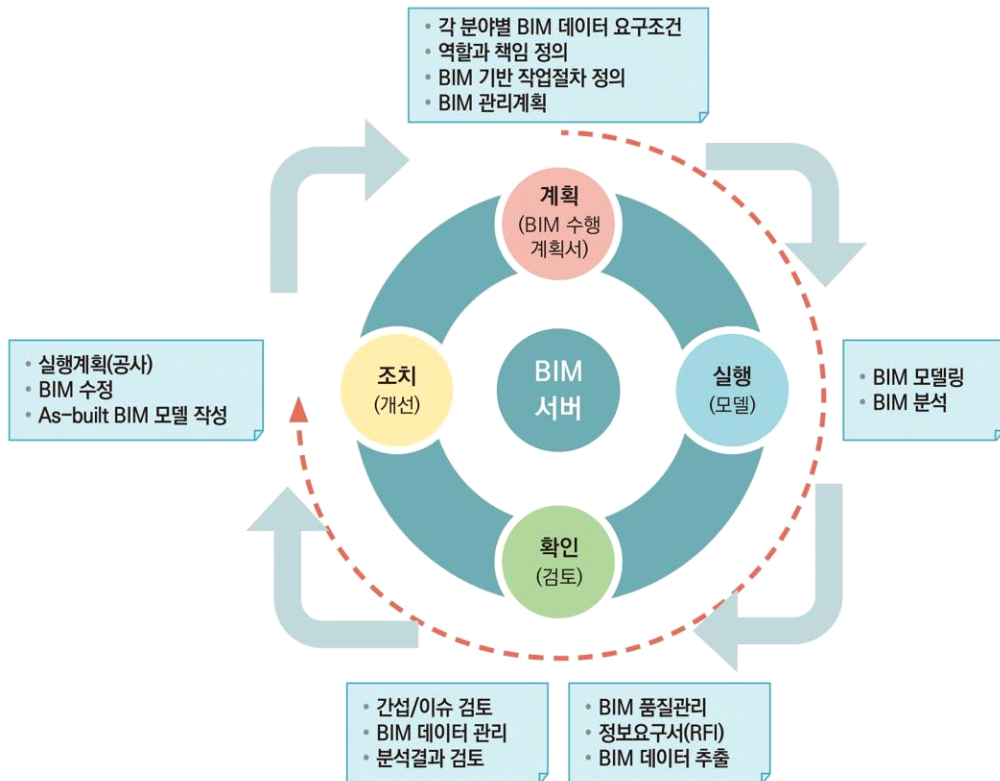
3D Scan/드론(Point Cloud) + BIM기반 인접도로 진입 동선 및 가설배치 검토

개요	● 동일한 작업이 반복되어 스마트 건설장비를 통하여 작업 효율에 대한 개선이 필요한 경우 ● 공사 구간이 넓어 드론과 같은 스마트 건설 장비를 통하여 주변 현황 및 공사 범위에 대한 수량 파악이 필요한 경우
기대효과	● Drone 촬영을 통하여 현장 현황과 완성 단계의 비교가 필요한 경우 ● MC, MG 운영을 위하여 현장 현황 파악이 필요한 경우 ● MC, MG에 의하여 일일 작업량 파악이 필요한 경우(완성 단계와 비교)
활용방법	● 드론을 활용한 점군데이터를 수집하여 지형 구현 ● 스마트 건설장비와 연계 가능한 BIM 데이터를 작성하여 스마트 건설장비와 연계

- 시공 중 간섭 혹은 현장 여건에 의하여 설계 도면대로 시공이 되지 않는 경우는 최적의 대안 선택을 위한 전략을 수립하여 프로젝트를 수행하여야 한다. 프로젝트의 수행 전략은 계획-모델링-확인-조치(Plan-Model-Check-Action)의 효과적이고 효율적인 BIM의 생애주기관리방식을 보조하여 궁극적인 목표를 달성할 때까지 반복 Cycle에 맞추어 리스크를 최소화 할 수 있는 전략을 수립해야 한다.

그림 39 P-M-C-A에 의한 BIM 수행 선순환 구조

[출처: DL E&C 토목사업본부, 2021]



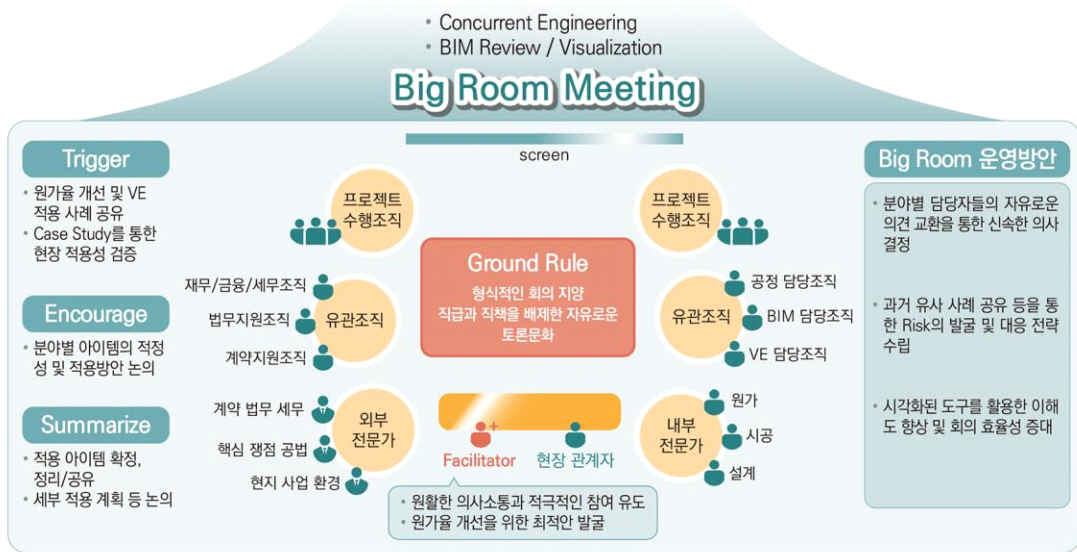
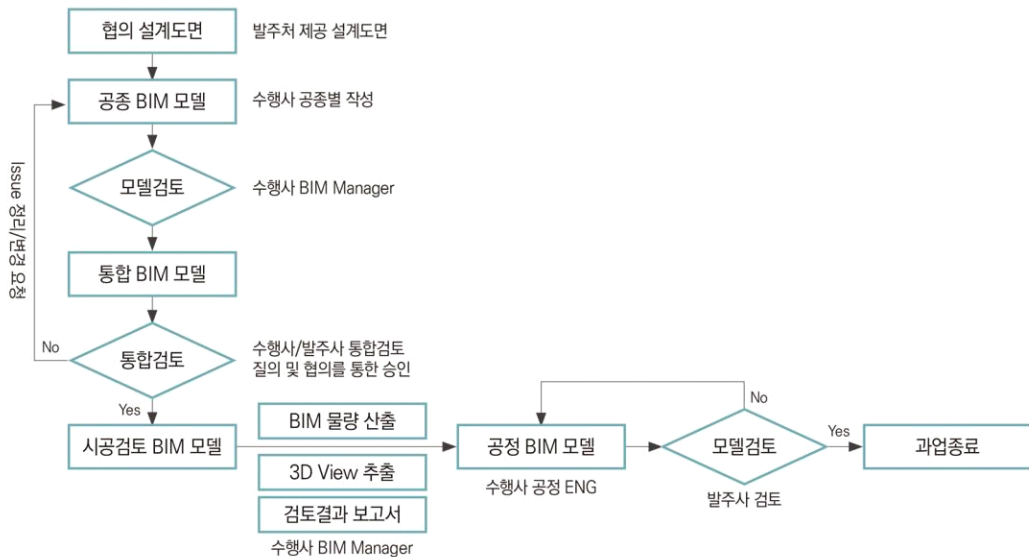


그림 41 프로젝트 수행 절차



- BIM 수행이 완료된 후 정량적 평가와 정성적 평가를 통해 개선점을 도출하고 이를 보완하여야 한다. 도출된 결과로부터 추후 BIM을 적용할 때 효과가 큰 아이템 및 공종에 대하여 활용하면 시공 시 건설 생산성 향상에 기여할 수 있다.

3.2.2 대안검토

- 시공 중 예상하지 못했던 기존 구조물과 신설구조물의 간섭, 발주자의 설계 대안 검토 요구, 민원으로 인한 설계 변경 등 현장 여건 변화에 의하여 설계 데이터를 기반으로 선형 변경, 구조물 형상 변경, 토공의 계획고 변경, 공사 중 우회 도로 검토 등을 검토하여 활용할 수 있다.
- 설계 대안 검토는 기존의 설계 데이터와의 연속성을 확보하여야 하고, 설계 데이터에 입력된 속성 데이터를 기본적으로 확보하고 있어야 하며, 필요시 변경이력, 대안에 대한 특이사항을 추가적으로 입력하여 활용할 수 있다.

3.2.3 설계변경지원

- 시공 중 BIM 데이터 및 이와 관련된 문서 작성은 발주자의 성과품 및 증빙서류에 대한 지침을 우선적으로 적용하며, 공공 및 민간 발주자 등이 자체 BIM 적용지침을 마련하지 않은 경우에는 건설산업 BIM 기본지침과 시행지침을 참고하여 각 발주자별 사업 특성에 맞게 설계변경에 대한 BIM 데이터를 작성하여 활용할 수 있다.
- 설계 변경이력관리
 - 설계 변경에 의한 이력 변경은 CDE를 기반으로 설계 변경 내용 및 항목 등에 대하여 원본 파일, 통합모델 파일, 관련 문서를 버전별로 관리하여야 한다.
 - 설계 변경에 대한 변경 승인은 공종별 수행 주체가 포함되어야 하며, 통합 모델을 기반으로 부재 및 공종간 간섭, 공정 간섭 등을 면밀히 검토 후 승인되어야 한다.

3.2.4 시공상세도 활용

- 정합성이 검증된 BIM 모델로부터 추출된 2차원 도면은 발주자와의 사전 협의에 의하여 기성청구 및 설계 변경에도 활용할 수 있다. BIM모델로부터의 2차원 도면 추출은 정해진 양식(템플릿)에 의하여 샵 드로잉 등으로 활용할 수도 있고, 발주자가 요구하는 경우 추가적인 부분의 시공 상세모델로 작성·활용할 수 있다.
- 시공상세도의 작성에는 시공 시 적용되어야 하는 가설구조 계획을 포함하여야 하며, 사용 장비의 작업 성능을 고려하여 시공상세도를 작성·활용할 수 있다.

- 시공상세도 작성 시 발주자의 요구 및 협의에 따라 지하시설물(상수도, 하수도, 통신, 난방, 전력, 가스), 지하구조물(지하철, 공동구, 지하상가, 지하도로, 지하보도, 지하주차장), 지반정보(시추, 지질, 관정)의 데이터를 포함하여 시공상세도를 작성할 수 있으며, 시공 간섭이 예상되는 경우는 지하 지장물을 포함하여 시공성 검토를 수행해야 한다.

3.2.5 제작도면 활용

- 제작도면의 추출은 현장의 시공을 위해 기반이 되는 거푸집, 철근 배근, 강재 제작 및 용접 등의 상세를 다루는 도면으로 제작도면은 시공상세도의 범위에 포함될 수 있다. 제작도면은 거푸집 및 철근의 형상이 정확히 표현되도록 평면도, 측면도, 정면도가 활용 목적에 맞게 추출되어야 하며, 각 부재의 특징이 정확히 표현되어야 한다.
- 거푸집 형태가 비정형이거나 평면도, 측면도, 정면도의 형태로 표현하기 어려운 경우는 별도의 상세도면을 구성하여 추출할 수 있다. 단, 모든 도면 추출 과정은 BIM 데이터를 기반으로 수행되어야 한다.
- 철근 및 강재는 반드시 이음 및 용접 상세가 반영된 도면을 추출하여 현장의 시공에 활용하여야 하며, 구조물과의 간섭 등이 종합적으로 검토된 BIM 데이터를 기반으로 도면을 추출해야 한다.
- 2차원 도면의 추출로 현장 시공에 활용도가 떨어지는 경우 치수가 포함된 3차원 PDF 도면을 활용할 수 있다.
- 철골부재의 발주-운송-설치를 위한 관리시스템과 연계 시에는 철골제작사, 설계사, 시공사 간 ID체계에 대한 사전합의를 통해 지정 및 반영하도록 하며, 상세도에서 양중-설치-안전을 위해 상세한 사전 검토가 이루어지도록 필요한 정보를 관련부서(설계, 시공, 안전)와 협의 하에 상황과 필요에 따라 적합한 수준의 상세정보를 반영하여 활용하도록 한다.

3.3 시공통합모델

3.3.1 개요

- 본 지침에서 2.2 시공 BIM 데이터 작성의 (4) 시공통합모델 제작 BIM 데이터 작성 내용을 준수하여 작성된 자료는 아래와 같은 업무에 활용하도록 한다.
- 시공 통합모델은 여러 가지 공종이 복합된 공사의 흐름을 파악하여 공기 지연을 방지하는데 활용할 수 있다. 또한, 소요 자재의 공급시기, 소요 장비 등을 사전에 파악하여 공정 지연을 미연에 방지하는 데 활용할 수 있다. 통합 모델은 기상조건, 현장의 불가피한 여건 등으로 공정이 변경될 경우 즉시 반영하여 후속 공정 및 대체 공정에 대한 방안을 마련해야 하며, 모델 변경 시 다른 파일에 저장하여 파일을 관리하여야 한다.

3.3.2 시공통합모델

- 수급인(시공자)은 공종분야별 모델(시설 및 공종별 모델)이 분리되어 작성된 경우 좌표체계의 연동 등을 통해 각 형상 객체가 물리적인 간섭 없이 통합되고 분류체계 등 논리적인 정보 또한 오류 없이 통합 운영될 수 있도록 관리하여야 한다.
- 수급인(시공자)은 분리된 파일을 전체 중첩하여 구성할 경우 기준 좌표에 의한 연속 모델구축이 가능하도록 좌표정보나 기준점 정보를 명확하게 제시하고 관리하여야 한다.
- 수급인(시공자)은 발주자와 협의하여 공유좌표가 반영된 공통 템플릿을 구성하거나 S/W 기능으로 공유좌표를 적용하는 등 통합모델의 구성방식 및 모델의 통합관리 방법을 마련하고, 그 내용을 BIM 수행계획서에 제시하여야 한다.
- 정합성이 검증된 BIM 모델로부터 추출된 2차원 도면은 발주자와의 사전 협의에 의하여 기성청구 및 설계 변경에도 활용할 수 있다. 2차원 도면의 추출은 정해진 양식에 의하여 샵 드로잉 등으로 활용할 수도 있으며, 발주자가 요구하는 경우 추가적인 부분의 시공 상세모델로 작성·활용할 수 있다.
- 시공 통합모델을 통하여 간섭 검토 및 설계 변경이 필요한 부분의 시공 간섭여부를 확인하고, 간섭이 확인된 경우 간섭확인 보고서를 제출한다. 구조물 및 형상이 변경된 경우 설계 수정사항에 대하여 변경된 BIM모델과 함께 승인을 받아야 한다.
- 간섭검토 보고서 및 수정사항을 제출하는 경우 BIM 데이터 파일을 함께 버전별로 관리해야 한다.

- 시공 중 직접적인 간섭이 발생하지 않더라도 시공에 문제 또는 어려움이 예상되는 경우 시공 상세 모델을 통해 시공성을 사전에 확인하고 필요한 경우 보완 조치를 취해야 한다.
- 시공성 검토 시 필요에 따라 현장의 가설 및 시공에 필요한 장비를 포함한 통합모델을 작성하여 검토할 수 있으며, 장비 및 가설구조물에 대한 공사계획의 통합모델 포함여부는 발주자와 협의한다.
- 시공성 검토 보고서를 제출하는 경우도 BIM데이터 파일을 함께 제출하는 것을 원칙으로 하며, 필요시 시공성의 검토 위치를 확인할 수 있는 View 및 관측점 정보를 같이 관리한다.
- 시공과정 동안 시공 성능 향상을 위한 시공 및 부속 자재 등에 대한 대안을 검토하는 경우, 통합 모델에 반영된 모델링 및 공정을 수정하여 승인을 득한 후 시공해야 한다.
- BIM통합 모델을 통하여 산출된 주요 수량에 대하여 설계 변경사항 혹은 시공 중 변경된 여건에 대한 수량 증감 내역을 비교 검토하여 관리하여야 하며, 필요시 검토 수량의 항목은 사전 협의를 통하여 선정한다.
- 시공 중 품질관리, 안전관리 등 VR(Virtual Reality) · AR(Augmented Reality)을 활용한 시각화 자료가 추가적으로 필요한 경우 관련 내용을 BIM 수행계획서(BEP : BIM Execution Plan)에 추가하여 수정본을 제출하며, 이에 대한 별도의 디바이스 및 데이터 파일을 협의에 의하여 구축한다.

3.4 공정관리

3.4.1 개요

- 시공단계 공정관리 BIM 은 시공통합 BIM모델과 공정계획 데이터 연계로 공정과정을 디지털 데이터화 하고, 공정계획 검토 및 수정, 진도관리 및 3D 시뮬레이션에 활용 선제적 리스크 분석, 공사 진행 과정에 대한 모니터링, 설계변경에 따른 대응방안 수립 등 효율적이며 체계적인 시공 관리 활용에 목적이 있다.

3.4.2 공정계획

(1) 공정계획의 절차

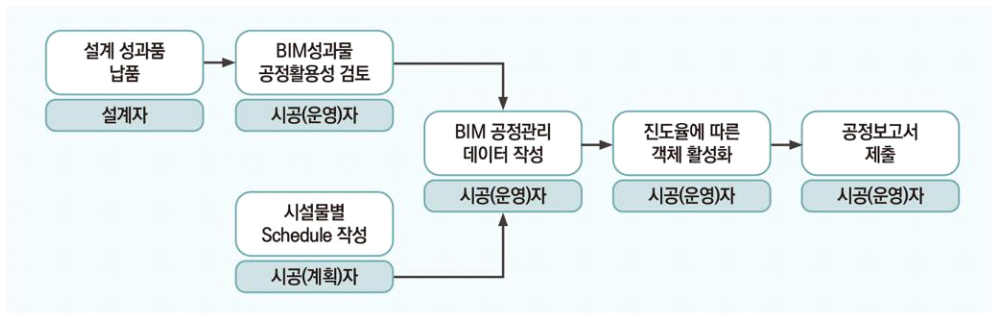
- 수급인(시공자)은 발주방식, 사업규모, 계약체계, 공사 특성 등을 고려하여 BIM 공정 수행계획서를 작성한다.

그림 42 시공단계 공정관리 BIM 수행 계획절차(예시)



- 수급인(시공자)은 BIM 공정계획에 의거 총공사에 대한 연도별, 월별 공정계획을 수립하여 제출하여야 하며, 공정계획 변경 시 사전에 발주자(건설사업관리기술인)의 승인을 받아야 한다.
- BIM 공정 수행계획 승인 후 BIM 공정데이터관리는 발주자(건설사업관리기술인)와 공동 관리를 원칙으로 하며, 착공 전 발주자(건설사업관리기술인)와 협의 후 관리주체를 변경할 수 있다.
- 공기를 효율적으로 달성할 수 있는 공정계획(BIM기법 등)을 수립하고, 진도율 관리를 할 수 있는 프로그램과 담당자 지정 및 각 조직 간 협업을 통해 원활하게 운영되도록 한다.
- 수급인(시공자)은 건설사업 특성상 선행되는 분야의 공정에 따라 각 분야별 상호 인터페이스가 반영되도록 공정표를 작성하여야 한다.
- 공정관리의 특수성을 고려 BIM 공정관리에 대한 이해도가 높고 경험이 많은 인력을 중심으로 효율적 공정관리를 해야 한다.

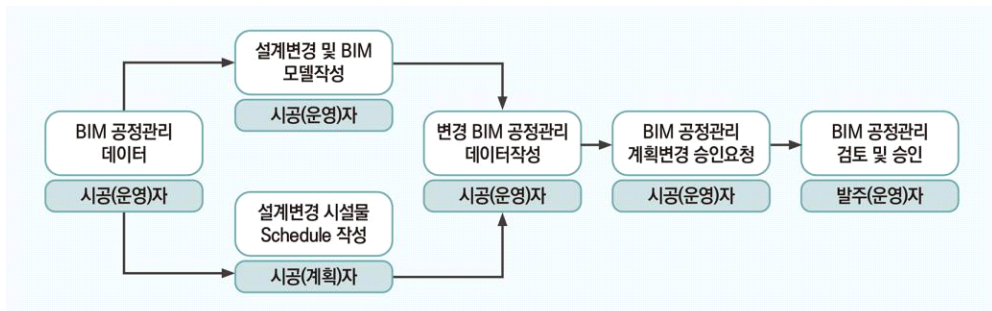
그림 43 시공단계 공정관리 BIM 수행 절차(예시)



- 다음 사항의 사유가 발생하였을 때 BIM 공정계획을 수정 작성하여야 한다.

- 계약(또는 기간) 변경 시
- 설계변경으로 인한 업무범위 변경 시
- 기타 계획변경 등으로 주무관청의 요청이 있을 경우
- 현실적 시공 검토에 따른 BIM 데이터의 추가 수정 시

그림 44 시공단계 공정계획 변경 절차(예시)

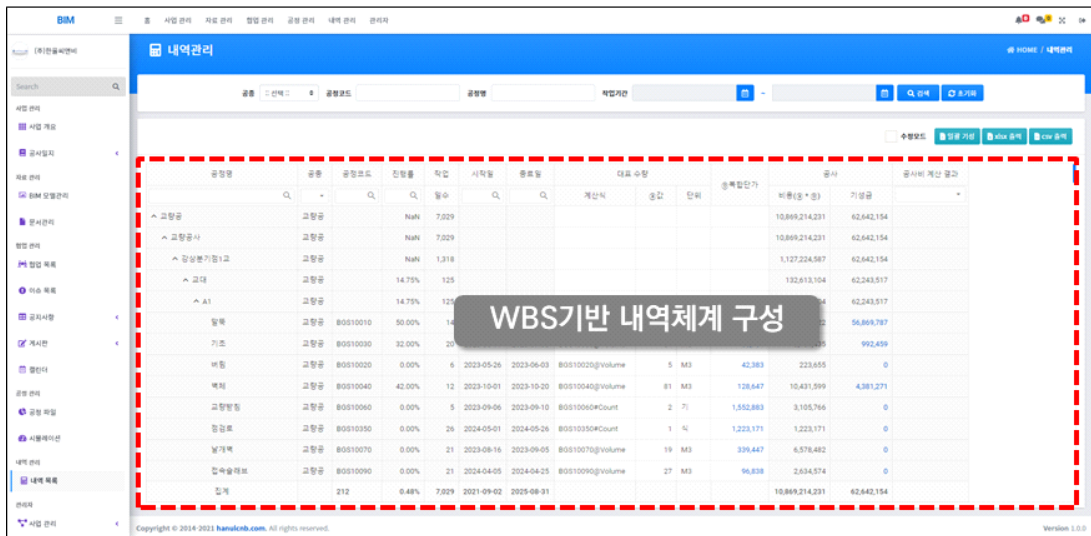
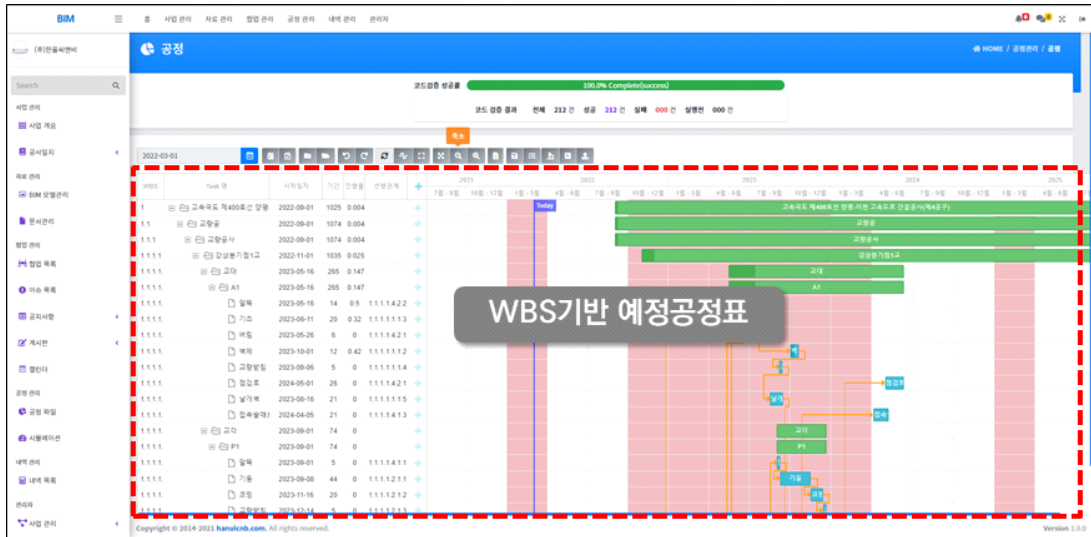


(2) 공정계획의 예시

- BIM 공정데이터는 발주자(건설사업관리기술인)의 작업분류체계에 따라 시설물, 공종, 위치, 방향, 작업관리 구간, 세부 작업분류체계를 구분할 수 있어야 하며, 공정관리 BIM 데이터 단위의 공기 정보를 산정, 관리하여야 한다.

그림 45 시공단계 공정계획 체계(예시)

[출처: 한울씨앤비, 2021]



3.4.3 진도관리

(1) 진도관리 활용

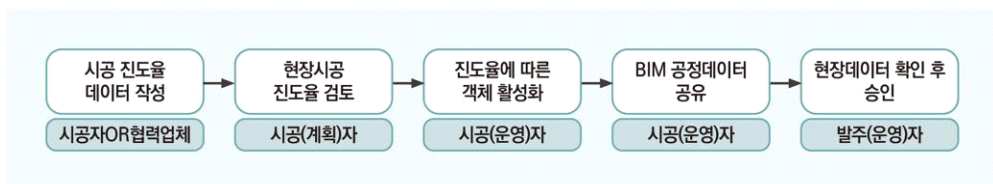
- 수급인(시공사)은 공정계획에 의거하여 생성된 BIM 공정관리 데이터를 일정관리, 자원 및 원가 관리, 데이터의 축적 등 진도관리에 활용 할 수 있다.

표 5 진도관리 활용

구 분	활용대상
일정관리	- 공사진척사항의 정기적인 업데이트 - 계획 및 실적의 비교분석과 대책 수립 - 진도분석 보고서에 의한 공사데이터 축적
자원 및 원가관리	- 인력, 기계, 장비의 수요예측 - 기간별 최적의 자원 투입계획 수립 및 적정 투입관리 - 기성 산정의 기초 자료
데이터의 축적	- 프로젝트 유형별 작업분류체계 정립 - 단위 공종별 공정실적 자료 분석 - 프로젝트별 공정계획 표준화

- 체계적 진도관리를 위해 발주자(건설사업관리기술인)과 수급인(시공사)은 담당자로 하여금 관리하도록 하여야 한다.
- 진도율에 대한 상세데이터는 해당 협력업체로부터 제공받을 수 있으며, BIM 공정데이터의 공유는 협력업체의 역량에 따라 사전 승인을 받아 결정하도록 한다.

그림 46 시공단계 BIM 진도관리 절차 (예시)



(2) 4D 시뮬레이션(공정 시뮬레이션)

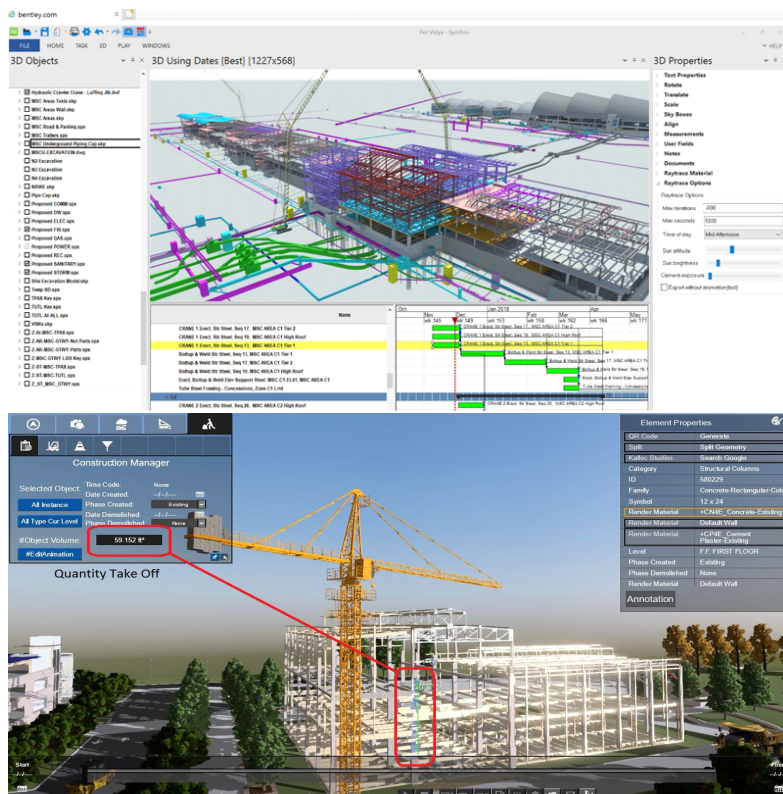
- BIM기반 4D 시뮬레이션은 3D 형상모델과 공정계획 데이터를 연계하여 4D[x, y, z, t(시간)] 모델을 구축하고 시공과정을 시뮬레이션 할 수 있다.
- 시공단계별 형상 모델을 시각화하여 시공성 및 안전성 측면의 공정검토에 활용한다.
- 시공단계 공정 시뮬레이션은 다음과 같은 절차에 따라 작성하여야 한다.

그림 47 공정 시뮬레이션 수행 절차



그림 48 4D 시뮬레이션(예시)

[출처: Bentley Systems, Fuzor, 2021]



3.5 공사비관리

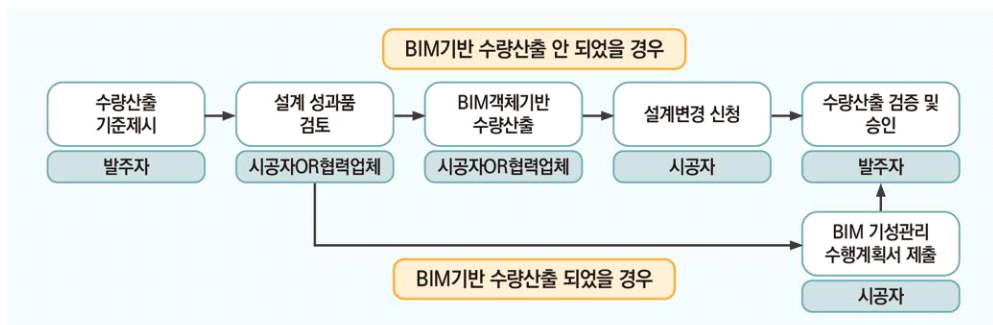
3.5.1 개요

- 시공단계 공사비관리 BIM은 시공통합 BIM모델 속성에서 수량정보를 산출 후 단위 공사비 데이터 연계로 전 공정별 투입되는 비용 현황을 쉽게 파악 할 수 있어, 단계별 예산계획을 수립하는데 큰 도움이 되며, 3D 시각정보와 함께 물량검토, 기성관리, 예산계획과 실제 투입 공사비에 대한 분석 및 유지관리 데이터 활용 등 공사 진도율에 따른 시공관리를 체계적이고 투명하게 관리하는데 목적이 있다.

3.5.2 수량산출 및 확인

- 발주자와 사업관리기관은 BIM 기반 수량산출 기준을 정립해야 하며, 발주 시 BIM 수량산출 기준을 수급인(시공자)에 제공해야 한다.
- BIM 객체로 수량산출이 불가능한 항목은, 발주자(건설사업관리기술인)과 수급인(시공자) 협의로 결정한다.
- 수급인(시공자)은 설계 BIM 성과품을 검토하여 수량산출 이상 유무를 확인 할 수 있으며, 설계 변경 시 발주자(건설사업관리기술인)과 협의로 결정한다.
- 수급인(시공자)은 발주자(건설사업관리기술인)과 협의로 수량산출 기준변경 시 공동도급사 및 협력업체에 통보해야 한다.
- 발주자(건설사업관리기술인)과 수급인(시공자)이 협의 후, BIM 기반 수량산출서는 기성관리 및 진도관리 서류로 활용 할 수 있다.

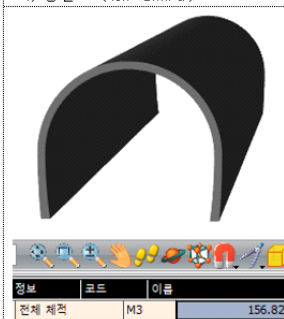
그림 49 BIM 기반 수량 확인 및 변경 절차 (예시)



Description/Quan...	Value	Unit
COLUMN_RECTANGULAR-00_S_기둥-Column		
Bottom Surface Area	22.330	M2
Count	기둥 57.000	EA
Gross Volume	96.120	M3
Height	228.795	M
Hole Surface Area	0.000	M2
Joint Horizontal Surfac...	0.000	M2
Joint Vertical Surface ...	0.000	M2
Net Volume	96.120	M3
Piece Count	57.000	EA
Piece Height	228.795	M
Top Surface Area	22.330	M2
Vertical Surface Area	613.832	M2

[BIM 객체 수량 속성]

11. 라이닝 콘크리트 (라이닝두께 : 0.30 m)	M3	256.155
1) 상 반 (fck = 27MPa)	M3	156.820

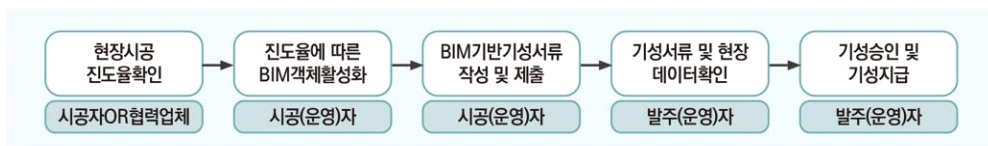


[BIM 수량산출서 (예시)]

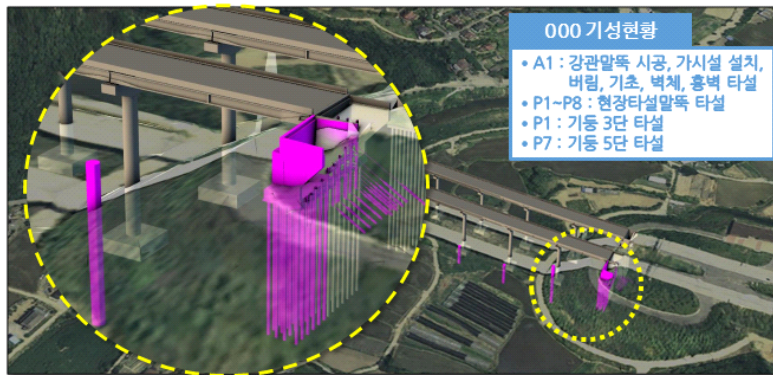
3.5.3 기성관리

(1) 기성관리 활용

- 수급인(시공사)은 발주자의 BIM기반 수량 및 단가산출기준을 참고하여 BIM 기성관리 수행계획서를 작성, 발주자(건설사업관리기술인)의 승인 후 BIM 기성데이터를 관리한다.
- BIM 기성관리 주체는 발주방식, 사업규모, 계약체계, 공사 특성 등을 고려하여 발주자(건설사업관리기술인)과 수급인(시공사)이 협의로 결정한다.
- 수급인(시공사)은 기성을 효율적으로 관리할 수 있는 BIM 기반 기성계획을 수립하고, 기성지급 방법 및 활용 프로그램을 발주자(건설사업관리기술인)의 승인 후 관리 한다.
- 기성관리의 특수성을 고려 BIM 및 기성관리에 대한 이해도가 높고 경험이 많은 인력을 중심으로 효율적 기성관리를 수행해야 한다.
- BIM기반 기성관리 시 기성진도율은 해당 협력업체와 공유하여 기성관리에 활용하는 것을 권장 하되 협력업체의 역량에 따라 사전 적용여부를 결정하도록 한다.



- BIM 기반 기성관리 시 기성내역서, 수량산출서, 현황도 등은 BIM 산출물로 대체 할 수 있다.



BIM 기반 기성 수량 집계표

공종명	규격	단위	단가	수량		비고
				CBS	OBS(BIM)	
3-04. 용달현2교(IPC GIRDER)	B=4.1~10.30m, L=321.0M	식	-	1	-	
3.01 토공			-	-	-	
c 구조물터파기	기계100%		-	-	-	
c-1 토사			-	-	-	
c-1-1 터파기(육상토사)	0~2m(기계)	M3	1.161	2,078	-	
c-1-2 터파기(육상토사)	2~4m(기계)	M3	1.161	912	-	
c-1-3 터파기(육상토사)	4~6m(기계)	M3	1.161	719	-	
c-1-4 터파기(육상토사)	6~10m(기계)	M3	1.382	847	-	
g 되배우기			-	-	-	
g-2 기계다짐	기계100%	M3	4.253	3,917	-	
3.02 현상타설 콘크리트 말뚝	육상부		-	-	-	
a 굴착			-	-	-	
a-5 D = 2500 M/M		M3	108.091	289	288,6605	
b. 현상			-	-	-	
b-5 D = 2500 M/M		M	1,712.350	72	72,1000	
c. 콘크리트타설			-	-	-	
c-9 D = 2500 M/M	(육상)	M3	24.041	701	700,6951	
d. 철근망건립			-	-	-	
d-9 D = 2500 M/M	(육상)	TON	89.319	55	54,6053	
e. 스팀드파이프			-	-	-	
e-5 D = 2500 M/M	철강강관	M	1,491.936	58	58,6000	

BIM 기반 기성 산출 내역서

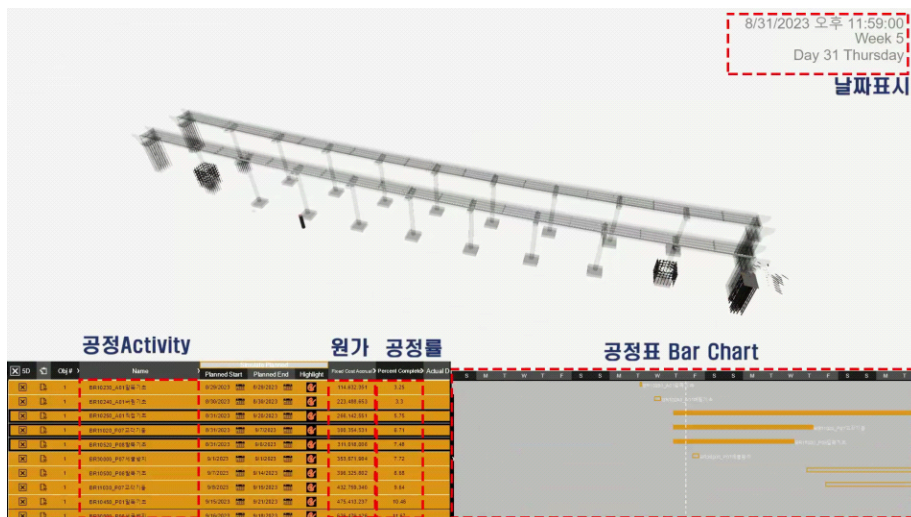
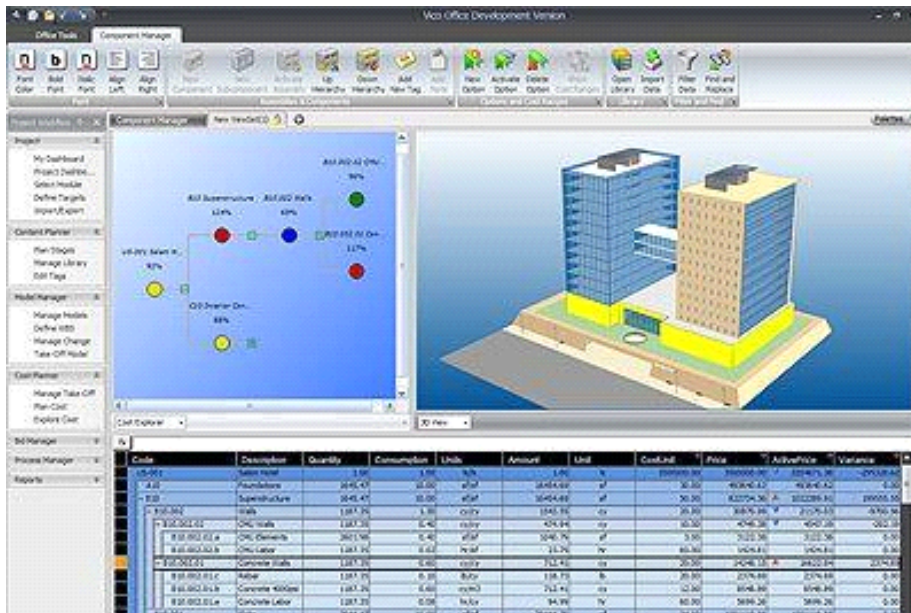
공종명	규격	단위	계약금액	합계		잔여		비고
				수량	공사비	기성비	수량	공사비
3-04. 용달현2교(IPC GIRDER)	B=4.1~10.30m, L=321.0M	식	4,423,140,568	-	1,498,428,116	33.80%	-	2,924,712,452
3.01 토공			22,136,704	-	5,687,165	26.60%	-	16,449,539
c 구조물터파기	기계100%		5,476,703	-	1,489,563	27.20%	-	3,987,140
c-1 토사			5,476,703	-	1,489,563	27.20%	-	3,987,140
c-1-1 터파기(육상토사)	0~2m(기계)	M3	2,412,458	619	713,659	29.70%	1,459	1,693,899
c-1-2 터파기(육상토사)	2~4m(기계)	M3	1,058,832	428	496,908	46.93%	484	561,924
c-1-3 터파기(육상토사)	4~6m(기계)	M3	834,759	236	273,996	32.82%	484	561,924
c-1-4 터파기(육상토사)	6~10m(기계)	M3	1,170,554	-	0.00%	0.00%	647	1,170,554
g 되배우기			16,659,001	-	4,397,602	26.40%	-	12,261,399
g-2 기계다짐	기계100%	M3	16,659,001	1,034	4,397,602	26.40%	2,884	12,261,399
3.02 현상타설 콘크리트 말뚝	육상부		300,900,069	-	182,206,984	60.81%	-	208,693,085
a 굴착			31,220,959	-	8,312,278	26.62%	-	22,908,681
a-5 D = 2500 M/M		M3	31,220,959	77	8,312,278	26.62%	212	22,872,001
b. 현상			123,693,200	-	33,340,802	27.08%	-	90,352,398
b-5 D = 2500 M/M		M	123,693,200	20	33,340,802	27.08%	53	90,352,398
c. 콘크리트타설			16,852,741	-	4,635,334	27.50%	-	12,217,407
c-9 D = 2500 M/M	(육상)	M3	16,852,741	193	4,635,334	27.50%	508	12,217,407
d. 철근망건립			4,884,231	-	1,289,942	26.62%	-	3,594,289
d-9 D = 2500 M/M	(육상)	TON	4,884,231	15	1,289,942	26.62%	40	3,574,289
e. 스팀드파이프			86,532,288	-	23,423,395	27.07%	-	63,108,893
e-5 D = 2500 M/M	철강강관	M	86,532,288	16	23,423,395	27.07%	43	63,108,893
f. 도방정리			3,738,240	-	954,560	25.00%	-	2,783,680
f-5 D = 2500 M/M		M	3,738,240	2	954,560	25.00%	6	2,803,680
g. 말뚝 시공비			124,402,400	-	110,210,600	88.59%	-	14,191,800
g-1 말뚝 시공비	D = 2500 M/M		124,402,400	-	110,210,600	88.59%	-	14,191,800
g-1-1 절삭단말뚝	현상단말뚝	회	105,480,000	1	105,480,000	100.00%	-	0.00%
g-1-4 각각도말 가시질	현상단말뚝	회	6,400,000	2	1,800,000	28.00%	6	4,800,000
g-1-5 각각도말 가시질	현상단말뚝	회	12,520,400	2	3,130,600	25.00%	6	9,389,800
3.03 강관말뚝			118,532,233	-	118,532,455	100.01%	-	0.00%
a 말뚝자재비			73,961,928	-	73,961,930	100.00%	-	0.00%
a-5 D=2500 M/M		M	73,961,928	552	73,961,930	100.00%	-	0.00%
c. 시공비			25,213,418	-	25,222,638	100.04%	-	0.00%
c-3 내방굴착, 흙막이 공법			25,213,418	-	25,222,638	100.04%	-	0.00%

(2) 5D 시뮬레이션(공사비 시뮬레이션)

- BIM 공사비 시뮬레이션은 3D 형상모델과 단위단가 정보를 연계하여 5D [x, y, z, c(비용)] 모델을 구축하고 건설 비용관리 과정을 시뮬레이션할 수 있다.
- 시공단계별 세부예산의 기성계획 비교로 시각적 비용검토가 가능하다.

그림 53 공사비 시뮬레이션 (예시)

[출처: Trimble & 한울씨엔비, 2021]



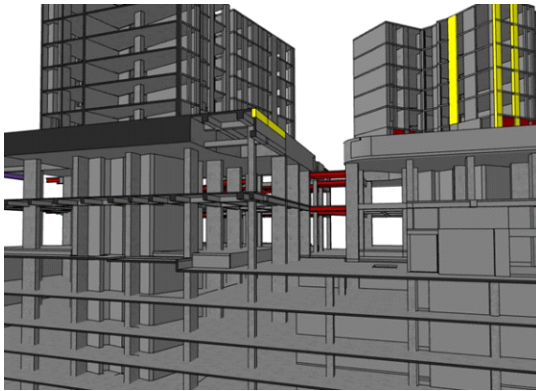
3.6 시공관리

3.6.1 개요

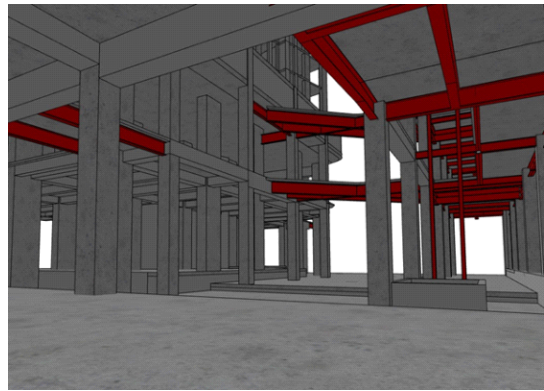
- 시공단계에서 BIM데이터는 기존 작성된 BIM데이터를 실제 시공관리에 어떻게 적절히 활용할 것인가에 초점을 맞추어 수행한다. 최종결과물만 작성하여 납품하는 것이 아니라 착공에서 준공까지 이루어지는 실무에 BIM데이터를 기반으로 하는 업무방식으로의 전환을 기본 목적으로 하며 이를 통해 업무 방식의 개선 및 효율성을 증대하기 위함이다.
- 상세 수행 계획은 “BIM 수행계획서”로 작성하며, 그 내용은 “BIM 시행지침 설계자 편 2.4.3 BIM 수행 계획서(BEP) 작성”의 내용을 기본적으로 준수하여 수급인(시공자)이 작성한다. 특히 시공단계 BIM 데이터는 각 단계별, 공종별 데이터 제공 필요 시기와 제공형태, 각 데이터 작업 담당 및 승인·책임에 대한 세밀한 계획을 수립하여 관리하도록 한다.

3.6.2 간섭 및 설계오류 확인

- 발주자로부터 설계통합BIM모델의 인수이후 간섭 및 설계오류 사항의 발견 시 각 원인별 수정 및 반영 주체를 결정하여 수행하도록 한다.
 - 수급인(설계자): 원 설계에 대한 간섭, 오류 및 민원으로 인한 수정
 - 수급인(시공자): 상세, 공법, VE 등 시공개선 활동으로 인한 수정
- 간섭 및 오류는 물리적 요인과 논리적 요인으로 구분될 수 있다.
 - 물리적: 공종별 부재 간 중첩, 포함, 충돌 등
 - 논리적: 지침, 기준, 법규 등의 부합여부 및 시공가능 여부
- 간섭 및 오류에 대한 검증은 엔지니어에 의한 직접검토와 소프트웨어를 활용한 자동검토 두 가지 방법을 여건에 맞게 활용할 수 있다.
 - 직접검토: 모든 검토의 기본, 담당자에 의해 시각적 검토 수행
 - 자동검토: 간섭과 오류에 대한 규칙을 정의하여 소프트웨어가 자동으로 해당부위를 검토
- 직접검토 시 가능한 관련된 모든 공종이 함께 종합적인 검토가 이루어지도록 하며 특별히, 구조물의 내부를 검증 시 가능한 1인칭 시점으로 실제 공간을 검측하듯 검토할 것을 권장한다. 1인칭 시점을 지원하지 않는 소프트웨어의 경우 별도 뷰어를 활용한다.



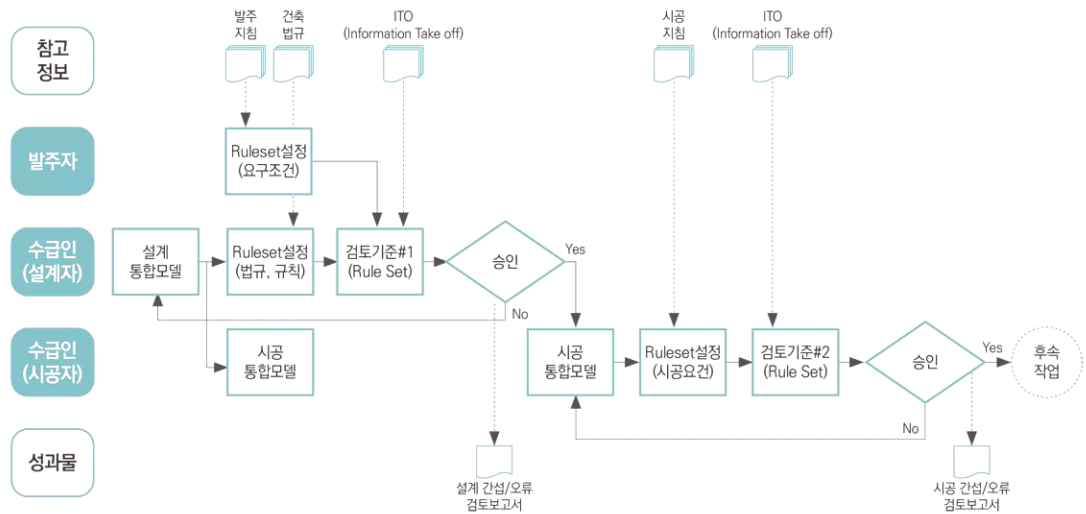
[3인칭 시점/단면박스 적용 검토]



[1인칭시점/보행, 비행 모드적용 검토]

- 자동검토의 경우 소프트웨어에 따라 물리적, 논리적 검토 가능여부가 다르므로 목적에 맞도록 사용한다. 물리적 검토의 경우 최근 대부분의 소프트웨어에서 기능을 제공하므로 각 사용주체별로 편의에 따라 적용하여 검토하도록 한다. 논리적 검토의 경우 전문 소프트웨어를 사용하되 검토기준이 되는 명령어에 대한 세팅을 사전 검증하고 적용하도록 한다(예: Solibri Model Checker, DESITE MD, BIM-vision 등).
- 가설, 장비 또는 공법적용 등에 따른 간섭 및 오류검토는 모든 조직이 수시 수행하도록 하고, 수급인(시공자)이 주체가 되어 정기적인 회의(주간/월간 등)를 통해 이를 공유하도록 한다.
- 설계변경 및 오류에 대한 기록과 이를 통합모델에 반영했는지에 대한 기록관리를 발주자, 수급인(설계자) 그리고 수급인(시공자)간 상호 공유하도록 한다.
- 검토내용은 BIM 모델, 뷰어 파일, 동영상 등을 활용하여 공유할 수 있는 방법을 마련하고, 가능한 한 현장에서 직접 확인 및 협의할 수 있도록 방법을 마련한다(ex. 모바일 Viewer, 주요 거점별 KIOSK설치, BIM room 운영 등).

그림 55 간섭 및 오류 자동검토 업무 순서(예시)



3.6.3 장비배치 및 운영계획

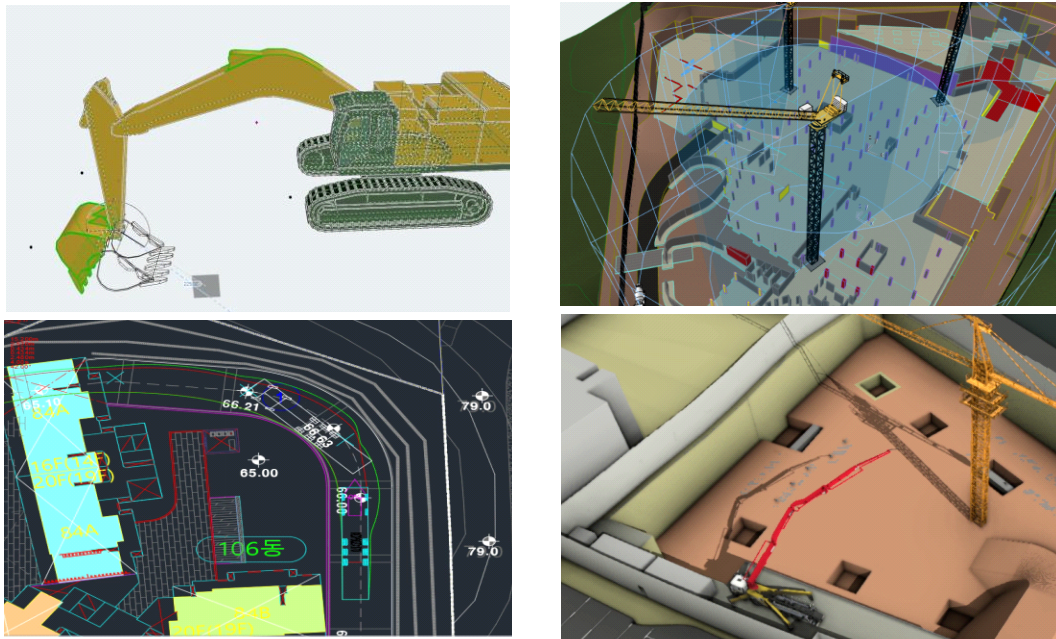
(1) 장비배치, 차량동선 및 양중

- 앞서 2.2 시공 BIM 데이터 작성 중 (7) 시공관리 BIM 데이터 작성 (나) 장비배치 및 운영계획의 내용을 준수하여 작성된 자료는 아래와 같은 업무에 활용하도록 한다.
- 수급자(시공자)는 착공초기 차량 진입동선, 회전반경 등을 활용한 게이트, 세륜기, 가설도로, 가설램프 등의 적정성 검토를 통해 인허가, 발주자협의, 공동가설 발주 등에 활용할 수 있다. 타워크레인, 호이스트, 안전통로, 낙하방지망, 동바리, 철골벤트, 시스템비계, 현장사무실 등의 배치검토를 통해 시공계획에 활용할 수 있다. 또한 이를 통해 적정 장비스펙, 가설 물량 등을 결정하는데 활용할 수 있다.
- 배치검토 시 동적인 장비의 경우 가능하면 장비의 동선 반경을 실제 검토할 수 있는 소프트웨어(예: Autodesk Navisworks, Fuzor, Synchro, Simulia, BEXEL Manager 등)를 활용하도록 한다. 예를 들어, 차량 회전 반경의 경우 소프트웨어를 활용하여 실제 차량의 회전반경을 반영하여 진입도로, 게이트 및 세륜기 위치 등을 계획하는데 활용한다.
- 장비 배치 시 구조물과의 간섭여부와 함께 적정 위치인지 BIM 데이터를 활용하여 검토한다. 해당 장비 스펙기준에 따른 양중 범위, 거리 및 각도에 따른 양중 무게 및 간섭 여부 등을 안전 담당자와 함께 검토하도록 한다.
- 장비배치, 차량동선 및 양중 계획은 전문시공업체와 계약, 협의, 작업지시, 실적보고 등에 활용하도록 한다.

- 장비 및 가설 라이브러리는 소프트웨어가 제공하는 기본 라이브러리가 실제 스펙을 반영할 수 있다면 직접 활용 가능하나 그렇지 않을 경우 장비, 가설 전문업체에서 실제 스펙에 맞춘 라이브러리를 제작하여 납품하는 것을 기본으로 하며, 상황에 따라서 수급자(시공자)가 제작하여 활용할 수 있다.
- 장비 라이브러리 제작 시 실제 사이즈, 작업 반경(예: 크레인 붐대 회전각, 펼침길이, 아웃트리거 등), 이동 동선 등을 표현할 수 있도록 제작한다. 그렇지 못할 경우 별도 응용하여 검토할 수 있는 방법을 마련하여야 한다.

그림 56 장비배치 검토(예시)

[출처: 포스코건설, 2021]

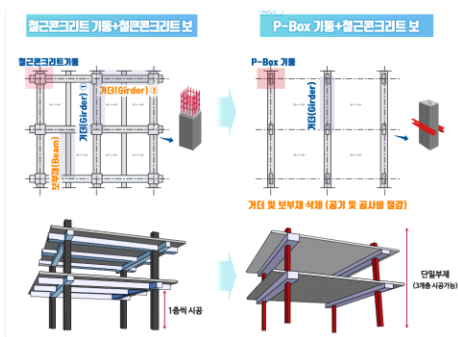


3.6.4 공법계획

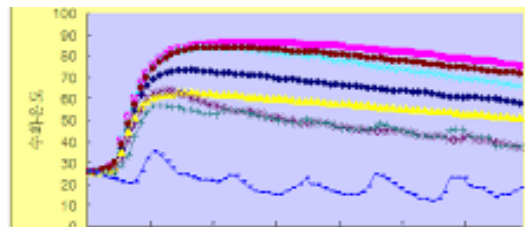
- 앞서 2.2 시공 BIM 데이터 작성 중 (7) 시공관리 BIM 데이터 작성 (다)공법계획의 내용을 준수하여 작성된 자료는 아래와 같은 업무에 활용하도록 한다.
- 시공공법의 종류는 분야별로 다양하나 그 중에서 BIM으로 검토 가능한 것은 작업순서에 따른 자재의 설치 또는 해체 등으로 이루어지는 공법이 대상이 될 수 있다. 예를 들어 건축공사의 Top-down공법, 터널시공의 쉴드 TBM공법, 교량공사의 FCM공법 등이 공법일 경우 검토대상이 될 수 있다. 그러나 화학반응, 역학성능 등의 기술이 필요한 공법의 경우에는 해당이 되지 않으나 특별한 경우에 한해 전문 분석 소프트웨어를 활용하여 분석할 수 있다. 예를 들어 단열성능개선, 기류분석, 일조분석 등의 경우 별도의 전문 분석 시스템을 활용할 수 있다.
- 공법검토는 전문업체 발주를 위한 현장설명회 시 BIM기반 구현 여부, 범위 및 방법 등에 대한 기준을 사전제시하고, 공사계획 제출 시 이에 대한 결과물을 함께 받도록 한다.
- 공정순서에 연관된 공법의 경우 수급자(시공자)의 주도하에 각 협력업체들과 함께 전체 공정 계획과 공법에 대한 검토 자료를 작성하도록 한다.
- 전문해석이 요구되는 공법의 경우 전문업체가 단독 수행할 수 있으나 수급자(시공자)가 이에 대한 결과물을 취합·관리하도록 한다.
- 공사계획 보고 시, 공사 작업 지시, 진도관리 자료 작성 시 활용하며 해당 공법계획에 대한 자료는 해당공법 설명에 가장 적합하다 판단되는 다양한 방법을 활용하여 작성할 수 있으며, 작성된 자료는 시공계획서에 첨부하여 활용한다.

그림 57 공법 검토 활용(예시)

[출처: 포스코건설, 2021]



P-Box 공법 설명



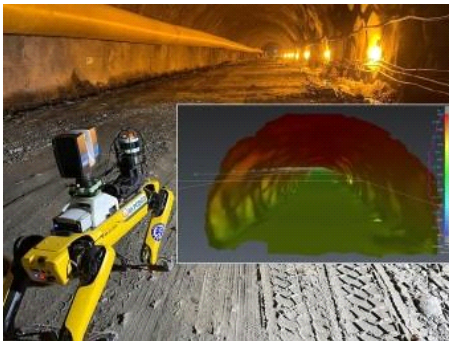
콘크리트 배합을 통한 내화열 관리 성능개선 공법

3.6.5 검측

- 앞서 2.2 시공 BIM 데이터 작성 중 (7) 시공관리 BIM 데이터 작성 (라)검측의 내용을 준수하여 작성된 자료는 아래와 같은 업무에 활용하도록 한다.
 - BIM기반 검측의 대상은 위치, 규격, 형태 등의 물리적인 형상과 위치 위주의 검측을 대상으로 한다.
 - 검측은 수급인(시공자)이 건설사업관리기술인에게 사전 검측에 사용될 장비, 인력에 대한 인증을 득한 후 검측에 활용하도록 한다.
 - 검측에 활용되는 전문업체는 장비에 대한 검증자료와 이를 운영하는 전문인력의 공식 자격 또는 가늠할 수 있는 경력 등의 자료를 제출해야 한다.
 - 검측정보의 오류가 발생할 경우 이에 대한 책임은 수급자(시공자)가 지게 되므로 사전에 검측 정보를 위한 도근점(CP, Control Point)과 파일취합에 대한 검증을 관리하여야 한다.
 - 대공간, 높은 옹벽, 장경간 구조, 터널, 터파기 등의 시공 시 정밀측량장비(LiDAR/ 드론, 로봇 등)를 활용하여 검측 데이터 구축 기준에 따라 시공 중 모니터링과 완료 후 검측에 활용할 수 있다.
 - 건설사업관리기술인은 검측에 사용된 장비 및 방법에 의해 검측된 정보는 사전 적용여부를 합의했다면 그 결과에 대한 신뢰를 인정해주어야 한다. 다만, 검측 방법과 검측 당시의 상황을 고려하여 작업자의 오류에 의한 오류가 발생하지 않도록 검측을 진행한다.

그림 58 LiDAR 장비 활용 검측(예시)

[출처: 포스코건설, 2021]



[LiDAR사족 로봇 활용 터널시공검측]



[LiDAR 드론 항공측량 활용 토공물량 검측]

3.6.6 자재운송

- 앞서 2.2 시공 BIM 데이터 작성 중 (7) 시공관리 BIM 데이터 작성 (마)자재운송의 내용을 준수하여 작성된 자료는 아래와 같은 업무에 활용하도록 한다.
- 주요 핵심 자재에 대해 자재운송 계획을 반영하도록 하고, 현장 내 운송장비에 의한 이동과 양중장비에 의한 양중에 대한 검토가 이루어지도록 한다. 현장 내 운송 시 BIM데이터를 활용하여 장비 이동, 회전과 자재 야적공간 검토가 이루어져야 하며, 양중 시 작업반경, 양중 허용 무게, 양중 시간, 양중 스케줄 등을 검토하는 데 활용할 수 있다.
- 자재운송 검토는 수급자(시공자)의 주도하에 관련 업체가 참석하여 BIM기반으로 검토가 이루어지도록 한다. 이 검토는 일정주기로 계획을 수립하고, 필요시 수시 협의가 이루어질 수 있도록 한다.
- 검토 대상이 되는 자재는 패키지 단위의 자재를 중심으로 관리하며, BIM 시공통합모델, 공정 정보와 연계하여 실제 자재운송 관리를 수행하도록 한다.
- 필요시 주요 자재에 한해 실시간 물류관리시스템과 연동하고자 할 때는 각 패키지 자재마다 바코드, QR코드, RFID, Zigbee 등을 선택해 각 단계별(발주, 출고, 운송, 입고, 설치)에 대한 정보를 실시간으로 읽어 들일 수 있도록 각 담당자가 관리한다. 각 단계별로 읽어 들인 자재정보는 BIM 모델과 연동되어 실시간으로 그 상태와 위치의 파악이 가능한 시스템을 구축할 수 있다.
- 작업분류체계(WBS), 비용분류체계(CBS)를 기반으로 관리 코드 기준을 협력업체와 협의하여 패키지 단위로 관리하도록 하며. 모듈러, 철골, 커튼월, PC, 창호, 교량 거더박스 등과 같이 개별관리가 가능하거나 패키지 단위 관리가 가능한 자재에 한해 실시간 관리 대상으로 한다.

3.7 안전관리

3.7.1 개요

- 무재해 준공을 이루기 위해 설계, 시공과 함께 안전에 대한 검토가 다양한 부분에 적극적으로 활용하도록 한다.
- 안전담당은 전체 안전관리 계획 수립 시 BIM기반 안전시설물 계획, 작업자 동선 및 대피 동선 등 가능한 모든 부분에 사전검토와 시뮬레이션을 통해 안전위험요소를 제거하기 위한 활동을 적극적으로 수행하도록 하며, 이에 대한 업무지원은 전 직원이 함께 협업하도록 한다.
- 안전담당의 안전관리계획을 기반으로 각 시공담당은 시공계획 수립 시 반영해야 하며, 월간/주간 등 정기 시공계획 보고 시 함께 검토 및 보고가 이루어지도록 한다.
- 안전시설물 관련 사전검토는 시공통합모델과 공정정보를 활용하여 검토하며, 안전시설계획 또는 관련 검토 자료는 모든 현장의 사람들이 공유하기 쉽도록 영상, 모바일기기용 뷰어, 이미지, KIOSK 활용 등 현장여건에 맞추어 다양하게 제공할 수 있도록 한다.
- 스마트 안전고리, 위험지역 접근 센서 알람, 유해가스 검측 센서, 바디캠, 이동형 CCTV, 이상행동 감지 카메라, 등 현장여건에 맞게 적극적으로 활용하여 안전관리를 수행하도록 한다.

그림 59 LiDAR 장비 활용 검측(예시)

[출처: 포스코건설, 2021]



[스마트 상황판]

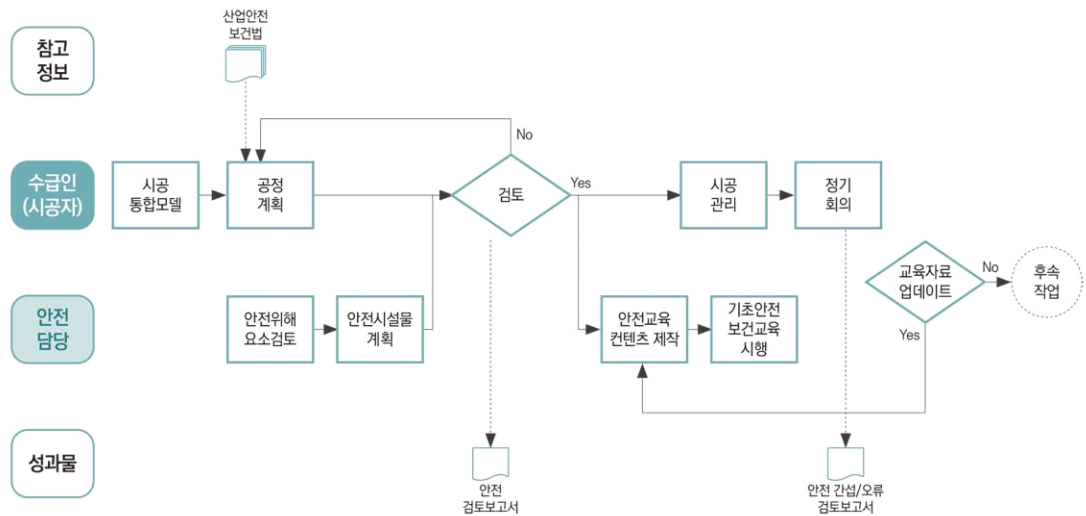


[이동형 CCTV]

3.7.2 안전교육

- 수급자(시공자)는 현장을 출입하는 근로자를 위해 시행하는 기초안전보건교육에 교육 콘텐츠로 BIM을 활용한 적극적이고 실질적인 안전교육이 이루어지도록 한다.
- 모든 현장 참여자는 기초안전보건교육에 적극적인 협조가 이루어지도록 하여야 한다.
- 현장 안전교육 콘텐츠 제작은 수급자(시공자)가 제작하고 안전 담당자가 운영하도록 한다. BIM 모델을 활용한 실제와 유사한 공간구현에 안전위해요소(고소작업 구간, 낙하물 위험구간, 장비 이동 구간, 협착 위험 작업, 화재발화 위험작업, 유독가스 발생위험 구역 등)에 대한 경각심을 일으킬 수 있도록 교육자료를 작성한다.
- 교육자료는 BIM 자료를 활용하여 이미지, 영상, VR 등 다양한 방법으로 가능한 참여와 체험형의 콘텐츠로 제작하도록 한다.

그림 60 안전관리 및 교육 업무(예시)



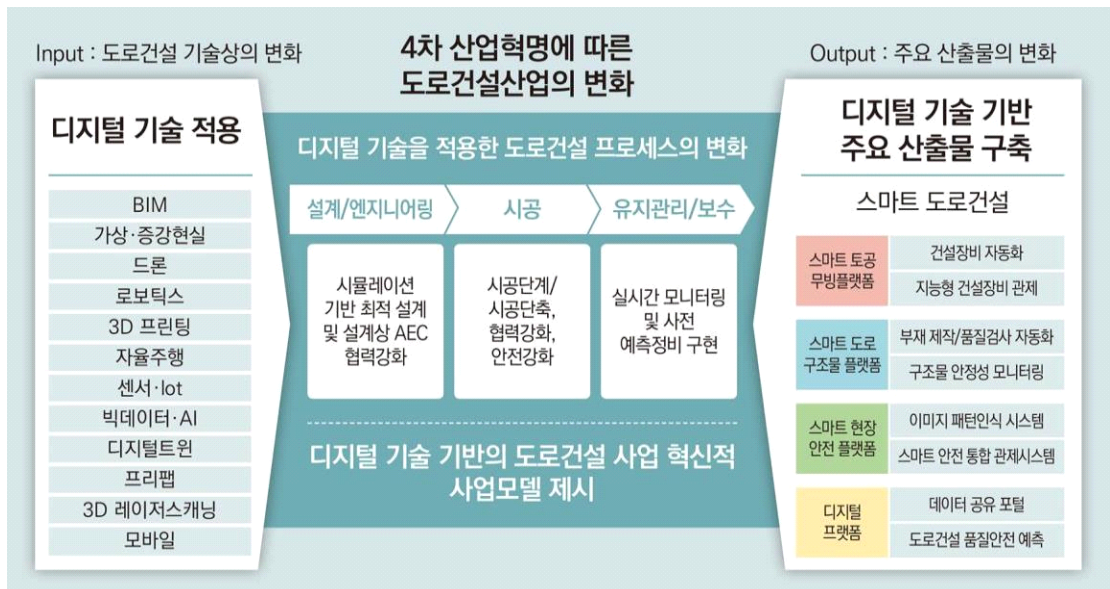
3.8.1 개요

- 앞서 작성된 2.2 시공 BIM 데이터 작성의 (9) 스마트건설 BIM 데이터 작성 내용을 준수하여 작성된 자료는 아래와 같은 업무에 활용하도록 한다.
 - 스마트건설기술을 활용하여 건설 생산성을 높이는 방법은 로봇에 의한 사전제작 시스템 자동화, 스마트 현장관리 시스템을 이용한 현장의 시공관리, AR/VR/MR/XR과 같은 가상 건설 시스템을 이용한 시공 중 관리, 드론과 같은 기기를 이용한 시공 중 · 후 현장관리, 레이저 스캐너, 라이더와 같은 측량기기를 이용한 시공 후 품질관리, 하자관리 등 다양한 분야에서 활용될 수 있다.
 - 설계 단계
 - Lidar, Camera 등을 활용한 건설 현장 정보 수집
 - Big Data 활용 시설물 배치 계획
 - VR기반 대안 검토
 - BIM기반 설계 자동화
 - 시공 단계
 - Drone을 활용한 현장 모니터링
 - IoT기반 현장 근로자 안전관리
 - 스마트 건설장비 자동화 & 로봇 시공
 - 3D 프린터를 활용한 급속 시공
 - 유지관리 단계
 - IoT 센서를 활용한 예방적 유지관리
 - Drone을 활용한 시설물 모니터링
 - AR기반 시설물 운영
- ① BIM : BIM모델을 이용한 구조해석 수행 S/W, BIM 기반의 시공 시뮬레이션 및 공정/공사비 관리 S/W 등 다양한 방면으로 활용
 - ② Drone : Drone에 Lidar, Camera 등 각종 장비를 탑재하여 건설현장의 지형 및 장비 위치 등을 빠르고 정확하게 수집하는 기술로 활용

- ③ VR&AR : 건설 현장의 위험을 인지할 수 있도록 VR/AR기술을 통한 건설사고의 위험을 시각화한 안전교육 프로그램에 활용, 시공 전/후 건설현장을 VR을 통해 현실감 있는 정보제공 가능
- ④ 빅데이터 및 인공지능 : 건설현장에서 수집 가능한 다양한 정보를 축적하여 축적된 정보를 AI 분석을 통해 다른 건설현장의 위험도 및 시공기간 등을 예측하는 기술로 활용
- ⑤ 3D 스캐닝 : 레이저 스캐너를 이용하여 건설 현장을 보다 정확하게 측량하고, 측량한 정보를 디지털화 하여 Digital Map을 구축하거나, 구조물 형상을 3D로 계측 및 관리
- ⑥ IoT : 건설장비, 의류, 드론 등에 센서를 삽입하여 건설현장에서 장비·근로자의 충돌 위험에 대한 정보 제공 및 건설장비의 최적 이동 경로를 제공하는 데 활용
- ⑦ 디지털 트윈 : 건설 현장(On Site)직접 방문하지 않고 컴퓨터로 시공 현황을 3D로 시각화하여(Off-Site) 현실감 있는 정보를 제공하는 데 활용
- ⑧ Mobile기술 : 건설현장의 다양한 정보를 수집·분석하여 위험요소에 관한 정보를 근로자에게 실시간으로 제공하여 현장의 안전성을 향상하는 데 활용
- ⑨ Digital Map : 정밀한 전자지도 구축을 통해 측량오류를 최소화하여 재시공 및 작업지연을 방지할 수 있는 기술로 활용
- ⑩ 자율주행 : 건설장비의 지능형 자율 작업이 가능하게 함으로써 작업의 생산성 향상 및 작업시간 절감이 가능한 기술로 활용

그림 61 4차 산업혁명에 따른 스마트 건설기술의 적용

[출처: 스마트건설사업단, 2021]



3.8.2 Machine Control(MC)/ Machine Guidance(MG) 활용

- 건설 노동자의 고령화, 그레이더(Grader), 크롤러 크레인(Crawler Crane)등과 같은 특수 건설 장비에 대한 숙련공 부족 그리고 건설생산성 향상 등 건설산업의 현장 여건은 예전에 비하여 좋지 않다. 이러한 문제점들을 스마트 건설 장비를 활용하여 극복할 수 있다.
- 작업의 정확성, 효율, 안전성을 높이는 MC(Machine Control)/MG(Machine Guidance) 기술은 백호(Back-Hoe) 등과 같은 굴착 장비, 도저(Dozer)나 롤러(Roller) 같은 다짐 장비 등의 현장 적용이 점점 확대되고 있으므로, 정보통신기술(ICT)과 인공지능을 결합한 시스템을 개발하여 현장에 적용할 수 있다.
- 또한, IoT기반 센서를 부착하여 장비의 작업 효율에 대한 분석, 연료 소모량, 부품 교체시기 분석 등에도 활용할 수 있다.

그림 62 Machine Guidance 활용 예시

[출처: DL E&C 토목사업본부, 2021]

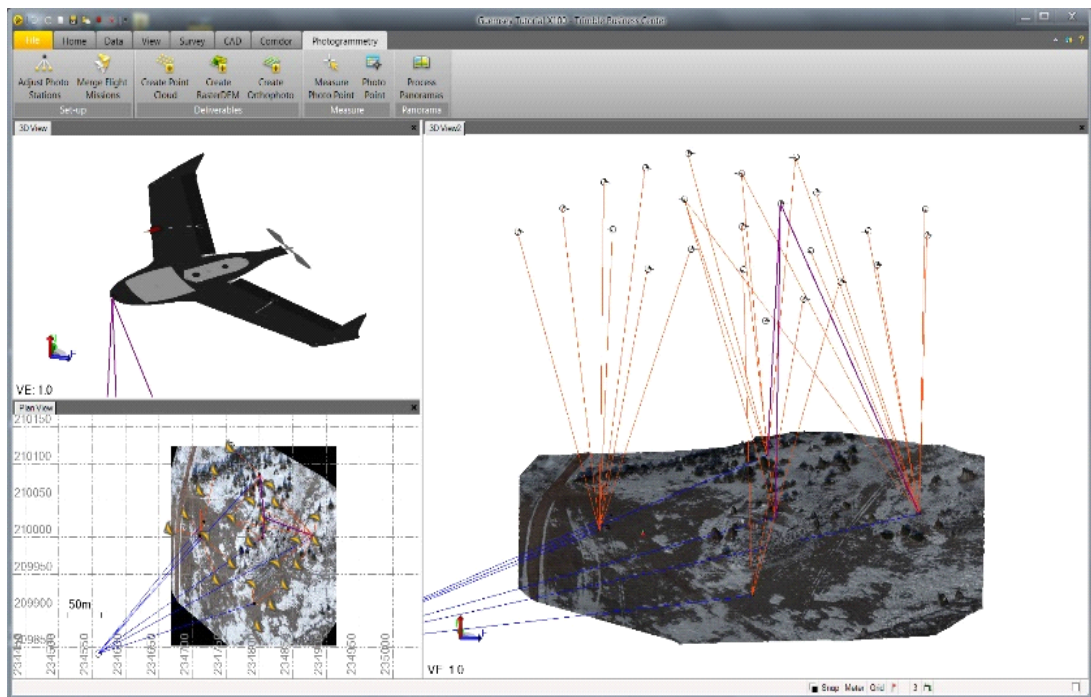


3.8.3 드론기반 토공사 진도관리

- 건설 공사의 불확실성이 가장 큰 공종은 대규모 토공사로, 드론 기반 토공량을 측정하여 절·성토 토공량을 분석하여 공정계획을 수립·변경에 활용할 수 있다.
- 드론은 현장의 공사 진도 관리, 토공 유용 계획 수립, 민원 문제에 대한 시각적 협의도구로 활용할 수 있으며, 드론 촬영 데이터를 웹과 연계하여 활용하는 상용 플랫폼을 활용할 수 있다.

그림 63 BIM 토공 데이터와 드론의 연계

[출처: Trimble, 2021]



3.8.4 스마트 안전관리

- 위치기반 데이터 속성이 연계된 BIM모델을 활용하여 시공 중 현장의 안전관리 및 작업자의 안전관리에 활용될 수 있다.
- 작업자의 실시간 이동 동선 파악, 장비와 근로자의 협착, 가스누출, 폭염, 폭우에 대한 근로자 건강관리, 시공 중·후 축적된 데이터를 활용한 최적 설계안 도출, 리스크 도출, 유지관리 등에 활용할 수 있다.
- 드론 등 무인기를 활용하여 공사현장의 상황과 인접구조물에 대한 정보를 정확하게 파악하여 3차원 데이터로 구축할 수 있으며, 이를 활용하여 위험요소 파악 및 안전관리에 활용할 수 있다.

그림 64 스마트 안전기술의 현장적용 사례(예시)

[출처: 대우건설, 2021]



3.8.5 VR/AR/MR/XR을 활용한 현장 관리

- 가상현실(Virtual Reality), 증강현실(Augmented Reality) 그리고 혼합현실(Mixed Reality)기술은 현장의 시공 관리를 위해 활용될 수 있으며, 이렇게 모델과 현장의 겹침 기술을 활용하기 위해서는 좌표점을 일치시킨 후 사용해야 한다.

그림 65 BIM기반 데이터를 활용한 디지털 트윈 활용(예시)

[출처: 국토교통부, 디지털뉴딜, 2020]



그림 66 증강현실을 이용한 현장관리(예시)

[출처: Trimble SiteVision, 2021]



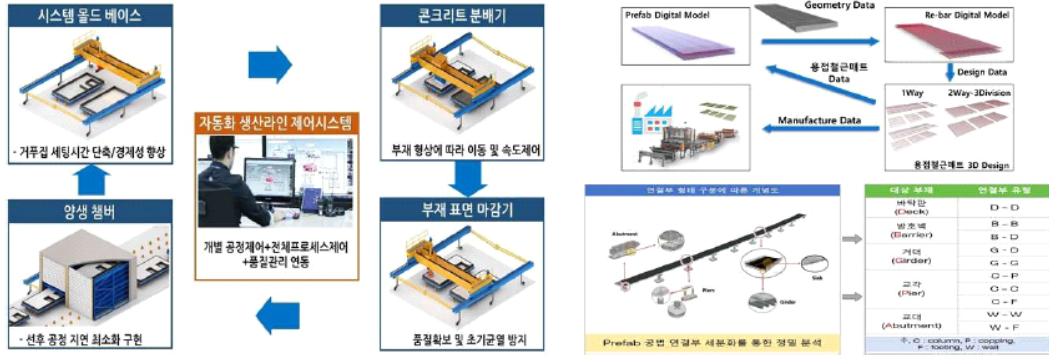
3.9 탈현장 시공의 활용

3.9.1 개요

- 앞서 작성된 2.2 시공 BIM 데이터 작성의 (10) 탈현장 시공 BIM 데이터 작성 내용을 준수하여 작성된 자료는 아래와 같은 업무에 활용하도록 한다.
 - 탈현장 시공 BIM 데이터는 미학적 디자인과 3차원기술, 구조물 디지털 가설 등의 분야에서 활용할 수 있으며, 디지털 디자인과 로봇의 가공기술의 융합을 통한 건설 생산성 향상, 기존 공법의 혁신 등의 부분에 활용될 수 있다.
- ① 프리팹(Prefabrication) : 건설 부재를 공장제조를 통해 생산하여 현장 작업을 최소화하고 공사기간을 단축하는 기술로 활용
- ② 로보틱스(Robotics) : 사고 위험이 높은 환경에서 로봇을 통한 원격시공으로 안전 확보 및 공사기간 단축이 가능한 기술로 활용

3.9.2 프리팹 기술을 활용한 사전 제작

- 디지털 엔지니어링 기반의 정보 데이터는 제조업 기반의 부재 생산 공정에 활용 되어 시스템 모델 개발, 재료 이송 장비를 포함한 콘크리트 분배기, 표면 마감기, 자동 양생 시스템 구축 등에도 활용될 수 있다.
- Lean Construction의 접근 방식에서 프리팹 시공을 접근하여 활용한다면, 건설 생산성의 향상, 노동력 절감 및 부품 수 감소에 의한 낮은 시공(조립)비용, 더 높은 품질과 지속 가능성 확보, 구성 요소의 개소 감소에 의한 유지관리 용이 등 건설현장의 수 많은 장점들을 극대화 할 수 있다.
- 이러한 프리팹 기술을 활용하기 위해서는 제작단계, 시공단계의 활용 데이터에 대한 정의, 요구 속성정보, 요구 형상정보 등을 사전에 정의하여야 한다.



3.9.3 모듈러 기술을 활용한 사전 제작

- 모듈러 기술은 사전에 제작된 표준화된 모듈을 현장에서 조립하는 공법으로 재해, 사고 등으로 인한 구조물 손상에 빠른 복구가 가능한 공법이다.
- 모듈러 기술을 활용하면 가설교량, 가설벤트, 근로자 접근용 가시설 등과 같은 현장의 가설구조물에 활용할 수 있으며, 모듈러 주택, 모듈러 교량 하부구조, 상부구조 등과 같은 영구 구조물에도 활용할 수 있다.
- 건축(주택)분야에 있어서 모듈러기술을 활용한 주택이 점차 확대되고 있으며 다양한 방식(유닛, 패널, 인필 등)과 재료를 접목한 새로운 방식의 주택을 시도하여 시공이 아닌 설치(조립)개념으로 발전하고 있다.

- 모듈러 기술은 공장에서 사전에 제작하고, 현장까지 운반하여 현장에서 조립하는 기술로 현장의 여건을 반영할 수 있는 지형과 같은 현장의 현황 정보와 조립 시 발생할 수 있는 현장의 조립 오차를 고려하여 각 구성 모듈에 대하여 BIM 제작데이터를 작성하여야 한다.

그림 69 모듈러 교량 모델 정의 활용(예시)

[출처: 스마트건설사업단 4세부, 2021]

