한국도로공사

Ex-BIM 설계 표준모델 구축 연구

최종 보고서

2016. 6.

한 국 도 로 공 사

설 계 처

연 구 진

▣ 한국도로공사
(설계처, 건설처, 재난안전처, 도로처, 정보처)

연구책임자 : 이혜묵 (팀장)
참여연구원 : 박종서 (차장)
참여연구원 : 조빛나 (대리)
참여연구원 : 유호인 (차장)
참여연구원 : 강지윤 (대리)
참여연구원 : 이병화 (차장)
참여연구원 : 한지욱 (대리)
참여연구원 : 정동균 (차장)
참여연구원 : 김호원 (대리)
참여연구원 : 김민철 (차장)

▣ (사단법인)한국비아이엠학회

연구책임자 : 심창수 (교수)
참여연구원 : 이광명 (교수)
참여연구원 : 김경주 (교수)
참여연구원 : 박만우 (교수)
참여연구원 : 김용한 (이사)
참여연구원 : 김진만 (이사)
참여연구원 : 최재웅 (이사)
참여연구원 : 신재철 (이사)
참여연구원 : 장형수 (과장)
참여연구원 : 송현혜 (박사과정)
참여연구원 : 김동욱 (박사과정)
참여연구원 : 박은경 (직원)

▣ ㈜서영엔지니어링

연구책임자 : 이지훈

참여연구원 : 이진우

참여연구원 : 정 준

참여연구원 : 임성순

참여연구원 : 이세화

참여연구원 : 이선우

참여연구원 : 김남일

< 목 차 >

목 차 ····· i
표 목 차 ····· iii
그림목차 ····· v

제 1 장 서론 ····· 2
1.1 배경 및 목적 ····· 2
1.2 과업의 범위 및 내용 ····· 11
1.2.1 설계-시공-유지관리 단계별 Ex-BIM 도입 로드맵 구축 ····· 11
1.2.2 3D 모델링 적용공종 연구 ····· 13
1.2.3 설계-시공-유지관리 단계 정보수준(LOD) 연구 ····· 51
1.2.4 시공단계 공정관리를 위한 객체분할 기준 연구 ····· 17
1.2.5 Ex-BIM 설계·시공·유지관리 표준 가이드라인 작성 ····· 17
1.2.6 교량 Ex-BIM 시범설계 ····· 91
1.3 과업 수행기간 및 절차 ····· 20
제 2 장 EX-BIM 로드맵 구축 ····· 52
2.1 BIM 현황조사 ····· 23
2.1.1 국내외 BIM 관련 추진현황 조사 ····· 23
2.2 기술 및 정책 조사 ····· 52
2.3 도로공사 과업 분석 및 의견 청취 ····· 91
2.4 BIM 관리자 교육 ····· 106
2.5 EX-BIM 로드맵 ····· 107
2.6 EX-BIM 추진전략 ····· 133
2.7 기대효과 ····· 157
2.8 추진과제 RFP ····· 158

제 3 장 EX-BIM 가이드라인 개발 ····· 91
3.1 관련 BIM 가이드라인 조사 ····· 179
3.2 3D 모델링 적용 공종 ····· 210
3.2.1 국내외 BIM 모델링 사례조사 ····· 210
3.2.2 정부 및 타 기관 3D 모델링 공종관련 선행연구자료 조사 ····· 217
3.3 도로분야에 대한 검토 ····· 222
3.3.1 도로분야 BIM 적용성 검토 ····· 222
3.4 단계별 정보수준(LOD) ····· 239
3.4.1 국내외 BIM 설계-시공-유지관리 단계 정보수준 ····· 242
3.5 시공단계 공정관리를 위한 객체분할 기준 연구 ····· 251
3.5.1 국내·외 BIM 설계 시 공정관리를 위한 객체분할 자료 조사 ····· 251
3.5.2 해외 관련 동향조사 ····· 256
3.6 EX-BIM 가이드라인 ····· 285

제 4 장 부록 ····· 289
4.1 참고자료 목록 ····· 289

< 표 목 차 >

표 1.1 현행 프로세스의 한계 ····· 4

표 1.2 설계변경 현황(2009~2013년) ····· 7

표 1.3 물량내역 수정입찰 현황(2009~2013년) ····· 8

표 1.4 Ex-BIM 시범설계 교량 ····· 9 1

표 1.5 과제의 주요 절차 ····· 2 1

표 1.6 과제의 추진일정 ····· 2 3

표 2.1 해외정책 및 기술개발 ····· 2 5

표 2.2 조달청의 BIM 추진계획 ····· 3

표 2.3 LH 공사의 단계별 로드맵 실행계획 ····· 3 4

표 2.4 BIM 적용 소프트웨어 현황 ····· 3 5

표 2.5 K-water 각 사업별 특성에 따라 도출된 BIM 적용 방안 ····· 8 3

표 2.6 사업별 BIM 도입 현황 ····· 4 0

표 2.7 BIM 성숙도 단계별 Push & Pull 전략 실천방안 ····· 0 6

표 2.8 미국의 BIM 적용현황 ····· 3 7

표 2.9 BIM 정책을 관할하는 국가기관 (미국) ····· 3 7

표 2.10 각 부처의 업무 ····· 9 3

표 2.11 단계별 도입 절차와 준비 사항 ····· 9 3

표 2.12 발주자 정보요구사항 세부항목 ····· 9 4

표 2.13 BIM 관리자 교육 프로그램 ····· 1 0 6

표 2.14 국내 건서 관련 사업의 변화와 대응방안 ····· 1 0 8

표 3.1 BIM 모델 제출 의무화 현황 ····· 1 7 9

표 3.2 해외 BIM 지침 개발 사례 ····· 1 8 0

표 3.3 한국도로공사 표준도(2012)와 적용가능성 검토 ····· 2 3

표 3.4 한국도로공사 표준도 집계표 ····· 2 3 7

표 3.5 AIA의 LOD 정의 ····· 239
표 3.6 LOD 정의 ····· 240
표 3.7 공사관리 상용프로그램 비교 ····· 255
표 3.8 객체 라이브러리 관련 표준 ····· 257
표 3.9 Process and Data Management 관련 표준 ····· 258
표 3.10 Guidance Documents 가이드 ····· 259
표 3.11 Guidance Documents 가이드 ····· 259

< 그 림 목 차 >

그림 1.1 미국 고속도로의 지속가능 발전 계획 ····· 3
그림 1.2 Ex-BIM 구성 ····· 01
그림 1.3 BIM기반의 건설사업 관리 체계 ····· 5
그림 1.4 Ex-BIM 단계별 IDM ····· 6 1
그림 1.5 단계별 모델 구성 및 통합 사례 ····· 18
그림 1.6 전체 과업 수행 절차 ····· 22
그림 2.1 조달청의 BIM 추진계획/출처:조달청 ····· 2
그림 2.2 BIM 도입을 통한 공동주택 경쟁력 강화 로드맵 및 전략(LH공사) · 33
그림 2.3 행정중심복합도시 금강 4교 건설공사 ····· 35
그림 2.4 교량 부재의 형상정보 모델 ····· 36
그림 2.5 청풍대교 건설공사 ····· 36
그림 2.6 K-water 전사적 BIM 도입 로드맵 ····· 73
그림 2.7 3D 작업방식의 예시 (영주다목적댐) ····· 3
그림 2.8 금강교 주행 및 경관 시뮬레이션 적용 사례 ····· 41
그림 2.9 기존 노선과의 교차 상황 검토 ····· 42
그림 2.10 철근 및 철골 부재에 대한 시각적 간섭확인 ····· 43
그림 2.11 모의 운행 시뮬레이션 ····· 43
그림 2.12 BIM 기반 해외 프로젝트 관리 시스템 ····· 4
그림 2.13 철골 구조의 BIM 모델 및 레이저 스캐닝 데이터 ····· 4
그림 2.14 철골 보, 기둥 요소 인식 ····· 47
그림 2.15 이동식 레이저 스캐닝 결과 ····· 47
그림 2.16 Point cloud 결과 ····· 8
그림 2.17 4D 설계 BIM 모델과 time-lapse 사진의 중첩을 통한 진도 관리 8 4
그림 2.18 태블릿 PC를 활용한 증강현실 시스템 ····· 9

그림 2.19 개체별 tagging이 필요한 무선주파수 기반 시스템 ····· 51
그림 2.20 건설 인력 및 장비의 위치추적 ····· 52
그림 2.21 BIM 도입을 위한 "Push & Pull"전략 개념도 ····· 75
그림 2.22 영국의 BIM 지침 ····· 85
그림 2.23 영국의 B/555 로드맵 ····· 95
그림 2.24 BIM 성숙도 단계 개념도 ····· 95
그림 2.25 BIM 성숙도에 따른 데이터 납품 기준 시나리오 ····· 16
그림 2.26 BIM에 활용되는 데이터 타입 ····· 26
그림 2.27 CObie의 발전 단계 ····· 62
그림 2.28 영국의 PAS 1192-2 ····· 36
그림 2.29 발주시 도면 정의 ····· 64
그림 2.30 영국 BIM 프로젝트 발주서의 공유데이터 환경 정의 ····· 65
그림 2.31 E-Submission을 위한 3D Model 준비 단계 모식도 ····· 76
그림 2.32 e-Submission Template and Guidelines ····· 96
그림 2.33 3차원 교량정보모델 기반의 업무 절차 및 체계 ····· 71
그림 2.34 BrIM Data Pool ····· 57
그림 2.35 LOD 수준에 따른 모델 정보 ····· 75
그림 2.36 교량 관리 시스템에서의 BIM 활용 ····· 67
그림 2.37 미국의 E-PLAN REVIEW 체계 ····· 67
그림 2.38 AASHTOWare Bridge Management (BrM) 예시 ····· 77
그림 2.39 Inspire Data Specification on Transport Networks 가이드라인 ··· 87
그림 2.40 BIM 모델과 레이저스캐닝, GPS 장비와의 연동 개념도 ····· 97
그림 2.41 영국 Crossrail 프로젝트 개요 ····· 18
그림 2.42 Crossrail 프로젝트의 BIM 기술 적용 ····· 28
그림 2.43 C1686 프로젝트 ····· 38
그림 2.44 C926 프로젝트 3D 모델 ····· 48

그림 2.45 C927 프로젝트 3D 모델 ····· 48
그림 2.46 ER403 프로젝트 3D 모델 ····· 53
그림 2.47 ER405 프로젝트 3D 모델 ····· 53
그림 2.48 3D 모델 ····· 56
그림 2.49 3D 모델 ····· 58
그림 2.50 Segmental Tunnel 3D 모델 ····· 78
그림 2.51 Changi Airport 프로젝트 3D 모델 ····· 78
그림 2.52 3D 모델 ····· 80
그림 2.53 3D 모델 ····· 89
그림 2.54 T205 3D 모델 ····· 98
그림 2.55 ER391 프로젝트 3D 모델 ····· 09
그림 2.56 ER382 프로젝트 3D 모델 ····· 09
그림 2.57 한국도로공사의 조직도 ····· 92
그림 2.58 비전 2020 중장기 전략경영계획(2010) ····· 29
그림 2.59 EIR에 대한 사용자 가이드 ····· 96
그림 2.60 미래의 고속도로 ····· 110
그림 2.61 EX-BIM 도입별 단계 ····· 1
그림 2.62 EX-BIM 단계별 전략 ····· 10
그림 2.63 BIM 기반 사업목표와 비전 ····· 113
그림 2.64 3D 전자도면의 예시 ····· 136
그림 2.65 싱가폴 CORENET E-Submission System ····· 731
그림 2.66 MVD 기반의 검토리스트와 검토방법 ····· 141
그림 2.67 3차원 기반의 대상지역 일조권 확인 ····· 142
그림 2.68 사용자 참여를 통한 모니터링 기술(미국의 Street Bump) ····· 61
그림 2.69 BIM을 통한 업무체계의 변화 ····· 152
그림 2.70 고속도로 생애주기 정보의 흐름 ····· 153

그림 2.71 미래의 고속도로 서비스 예측 ····· 156
그림 3.1 설계단계와 시공단계의 BIM 모델 연계 ····· 183
그림 3.2 싱가폴 BIM 가이드라인 구성 ····· 190
그림 3.3 싱가폴 BIM 가이드 ····· 191
그림 3.4 BIM 특수 조항 ····· 191
그림 3.5 BIM 프로세스 ····· 192
그림 3.6 BIM 참여자의 역할 및 책임 ····· 193
그림 3.7 건축분야의 BIM 객체 ····· 193
그림 3.8 토목분야의 BIM 객체 ····· 194
그림 3.9 건설 프로세스 단계별 BIM 객체 및 활용 ····· 195
그림 3.10 개념설계 단계에서의 지형 모델링 가이드(건축 분야) ····· 195
그림 3.11 BIM Essential Guide 구성 ····· 0
그림 3.12 독일 네메첵사의 Allplan Engineering ····· 26
그림 3.13 PSC 박스 거더의 도면 생성 자동화 ····· 217
그림 3.14 교각의 변수모델링 활용 ····· 218
그림 3.15 도로에 대한 선형 및 구조형식의 분류 기준 ····· 223
그림 3.16 McGraw-Hill의 Market Report 조사예 ····· 42
그림 3.17 LOD의 예시 ····· 238
그림 3.18 국토건설부 제4차 건설사업정보화(CALS) 기본계획 ····· 1
그림 3.19 조달청 BIM ····· 243
그림 3.20 LH BIM 가이드에서의 LOD 설정의 예 ····· 1
그림 3.21 BS Code 1192 사례 ····· 8
그림 3.22 미국 FHWA의 Bridge Information Modeling의 정보흐름 정의 ··· 92
그림 3.23 프로젝트 업무별 단계별 정보 교환 정의 ····· 250
그림 3.24 BIM 4D의 개념도 ····· 1
그림 3.25 4D 시뮬레이션 예시도 ····· 252

그림 3.26 쿠스카 4D 예시도 ····· 253
그림 3.27 국내 낙동강 4D 활용 예시도 ····· 253
그림 3.28 BS Code 1192 및 해외(카타르) Tender Doc. 사례 ····· 452
그림 3.29 P6와 연동된 정보모델 및 연동 세부 절차 ····· 255
그림 3.30. BIM 수행을 위한 역할 ····· 260
그림 3.31 Common Data Environment(CDE) ····· 262
그림 3.32 캐드 도면 파일 구성 ····· 270

I 서 론

1.1 배경 및 목적

1.2 과업의 범위 및 내용

1.3 과업 수행기간 및 절차

제 1 장 서 론

1.1 배경 및 목적

- 한국도로공사의 구성원 개인의 역량 강화, 부처간의 체계적인 정보 공유 및 협력, 대외적인 투명성 및 신뢰도 향상, 전자정부 3.0에 적합한 고속도로 사업 관리의 새로운 패러다임으로 3차원 정보모델 기반의 BIM (Building Information Modeling) 기술을 도입, 정착시키고 장기적인 발전전략을 수립할 필요가 있음.

- 미국의 MAP-21 (Moving Ahead for Progress in 21st Century Act)은 7개의 국가적 목표를 설정하고 있는데 Safety, Infrastructure Condition, Congestion Reduction, System Reliability, Freight Movement and Economic Vitality, Environmental Sustainability, Reduced Project Delivery Delays 이다. 여기에 맞게 실행 계획을 각 주별 도로국(DOT)에서 설정하고 Highway for LIFE (Longer-lasting highway infrastructures using Innovations to accomplish the Fast Construction of Efficient and safe highways and bridges), ABC (Accelerated Bridge Construction) 프로그램 등을 발주자 주도로 이루어지고 있음. 의회와 정부로부터 법적 근거와 함께 예산이 주어지는 형태를 분석하여 발전계획을 위한 로드맵에 반영할 필요가 있음.

- NBIS (National Bridge Inspection Standard)를 수립하고 NBI (National Bridge Inventory)를 관리하는데 최근의 교량 붕괴 사례들로부터 이를 다시 분석하여 “a state of good repair”로 유지하도록 목표를 설정하고 부재의 파괴가 교량 붕괴로 이어지는 “Fracture critical bridge”를 별도로 파악하여 관리하고 있음. 이는 현재 국내 고속도로 구조물의 수명이 늘어나는 추세에 비추어 시급하게 관리할 수 있도록 방안을 수립하고 참고할 필요가 있고 이를 위해서는 설계, 구조물관리, 정보 등의 부서별 정보공유 및 실시간 소통이 필요함.

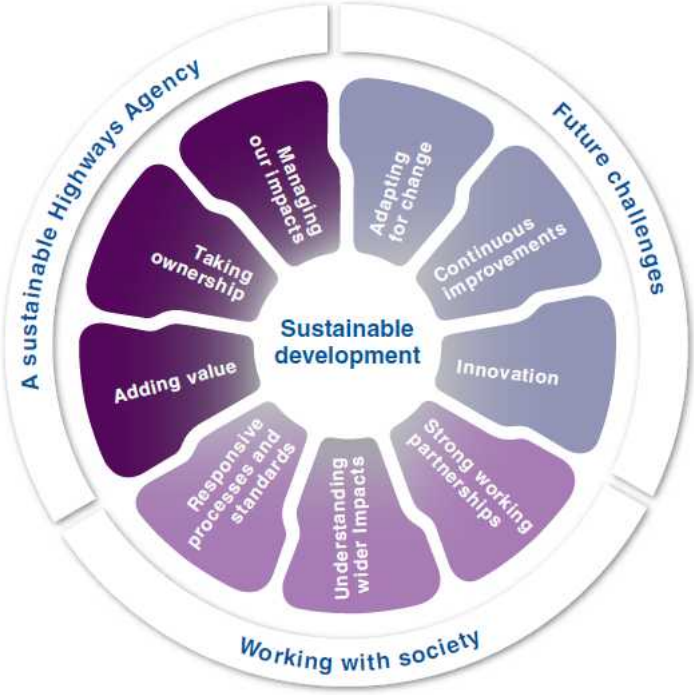


그림 1.1 미국 고속도로의 지속가능 발전 계획

- "The Movement for Innovation"이라는 주제로 영국의 이코노미스트지에 실린 기사에서 건설사업 과정 속에서 30%의 재시공이 이루어지고 있으며, 60%의 노동력 손실과, 10%의 자재 낭비가 항시 발생하고 있음.

- 1997년 영국정부가 「건설을 다시 생각하기(Rethinking Construction)」 이라는 이름의 보고서를 출간하였으며, 이 보고서는 연구 책임자 이름을 딴 「이건 리포트」로 핵심 내용은 건설 산업이 제조업 등 다른 산업에 비해 이윤이 적고 오류로 인한 손실이 많으며, 교육, 연구개발에 투자가 적은 심각한 문제를 갖고 있다는 것이다. 이를 극복하기 위해서 통합된 건설 프로세스와 리더십을 바탕으로 건설비용과 기간을 연 10% 줄이고, 오류를 연 20% 줄여가자는 것이 골자임.

- 미국의 NIST(National Institute of Standards and Technology, 미국국가표준기술원)는 건설예산 대비 추가비용의 요인을 연구하여 건설과정 중 설계단계부터 시공, 운영단계까지 설계변경, 품질저하, 협업부족, 법적소송 등의 요인으로 비용

의 증가가 뚜렷하게 나타났으며, 결국 엔지니어링 시간의 40%는 정보를 찾고 입증하는데 소요되고 프로젝트 비용의 30%가 부족한 의사소통으로 인해 낭비된다고 분석하였고 한 가지의 정보가 계획, 설계, 시공, 운영단계까지 순환체계를 갖는다면, 건설사업 공정상 50%의 시간 절약과 14%의 유지관리 비용이 절감될 것이라는 분석을 제시함.

- 새로운 건설기술을 요구하는 공공발주 사례가 증가하고 있지만 그에 따른 프로세스의 한계에 대한 개선책이 필요함.

표 1.1 현행 프로세스의 한계

구 분	내 용
프로젝트 비용 산출근거의 불명확성	▪ 실제 시설물과 도면·물량산출서의 비교·확인이 어려움 ▪ 정확한 프로젝트 비용 산출이 불명확함 ▪ 불명확한 프로젝트 비용은 곧 발주자의 리스크로 부담
정확한 도면산출이 어려운 구조물 증가 추세	▪ 비정형/곡면 구조물 증가 추세 ▪ 설계자의 직관적인 능력에 의존한 2차원 도면의 정확성을 담보하기 어려워 건설 업무 리스크 증가
도면불일치 및 낮은 생산성	▪ 각기 다른 주체들로부터 개별적으로 작업된 도면이 서로 상이함에 따라 도면품질의 저하가 야기됨
물량 산출근거의 불명확성	▪ 기존의 물량 산출 작업은 대부분 수작업에 의존하며, 이로 인하여 산출 오류 발생 가능성이 존재함
시공 품질의 저하	▪ 단순히 2D 도면으로는 오류 파악이 불가능하고 재시공, 공기지연으로 인하여 시공 품질 저하가 우려됨
건설 프로젝트의 대형화로 전체 프로세스의 이해가 어려움	▪ 대형화·복합화된 건설프로젝트에 대한 요구사항 증가 및 복잡화

- 정부의 창조경제 패러다임에 부합하고 전자정부 구현에 선도적인 역할을 한국도로공사가 주도할 수 있도록 혁신적인 프로젝트 수행 절차의 개선이 전사적으로 이루어져야 함. 이를 위해서는 개별적인 기술 도입 수준에 머물고 있는 현재 상태를 효과적이고 지속적으로 개선할 수 있는 로드맵 개발이 요구됨.

- 한국도로공사의 프로젝트는 기본설계, 실시설계, 시공계획과 준비, 시공, 준공, 운영유지, 해체 등으로 구성·진행되며, 많은 회사들이 수직, 수평적으로 참여하여 공동으로 업무를 진행하게 되므로 프로젝트를 성공적으로 구축, 운영하기 위해서는 프로젝트에 관련된 모든 정보의 생성, 관리 그리고 공유가 필수적이고 운영 및 유지관리 예산 절감을 위해서 반드시 필요함.

- 국내 사업에서의 프로젝트 관리 및 운영·유지관리 단계에서의 활용을 위한 것과 통합 고속도로 프로젝트의 노하우(Know-how)를 패키징(Packaging)하여 기술 경쟁력 강화를 통한 글로벌 전략 차원에서의 기술 자산화를 위한 것으로 추진할 필요가 있음.

- 국내에 BIM을 정착시키기 위해서 반드시 발주자, 시공자, 설계자, 운영유지관리자 사이에 합의점을 도출해야 되는 사항이 있음.
  - 조정 (Coordination)
  - 모델의 소유권 (Ownership)
  - 모델 요구사항 (Information Delivery Manual)
  - 관리
  - 프로젝트 실행계획 (project execution plan)
  - BIM 모델 제출 일정
  - 각 단계별 BIM 모델링의 범위 설정 (Level of detail)
  - 모델에 참여하는 모델관리자(정보관리자)의 역할, 범위, 참여자에 대한 규정
  - 모델에 대한 상세한 사용 권한
  - 책임의 한계와 리스크 배분
  - 지적재산권: BIM 정보의 활용에 대한 제한과 사용 정의

- BIM 프로젝트를 국가적으로 수행하고 있는 싱가포르에서 “BIM Project”의 정의를 현재의 건설 프로젝트 수행의 법적 근거가 되는 2차원 도면에서 “3차원 BIM

모델”을 승인 모델로 하여 계약의 근간을 삼는 프로젝트로 제시함.

- 미국의 Bridge Information Model (FHWA, Integrated Bridge Project Delivery and Life Cycle Management)에서 제시한 설계 및 운영 유지관리 정보 관리의 체계를 참고할 필요가 있음.

- 국토부는 '국토교통 기술을 통한 국민행복 및 국제적 가치 창조'라는 목표를 세우고, 융·복합 신산업 창출 기반 조성, 안전하고 편리한 국토공간 조성 및 국민생활복지 향상 등 4대 전략을 제시하고 노동·자본 집약적인 국토교통 산업을 기술·지식 중심의 신성장동력으로 전환하기 위해 '창조경제 실현을 위한 국토교통 연구개발 중장기전략안'을 새롭게 수립함.

- 2010년을 기점으로 건설엔지니어링의 일감이 지속적으로 감소하고 있으며, 전체 90%이상에 달하는 중소엔지니어링사는 물론이고, 일부 대형 설계 엔지니어링사(社)까지도 경영에 어려움을 겪고 있음. 특히, 이러한 업계 환경은 우수 인력의 타 업계(시공, 플랜트 등)로의 유출을 가속화하여 설계능력이 오히려 감소할 우려가 있어 발주처의 설계 기획 및 관리능력이 더욱 중요해지고 있음.

- 일본 고속도로 관리회사 3개사는 도로, 터널, 다리의 노후화 대책에 5조4천억엔(60조원)~10조6천억엔(118조원)이 필요할 것이라는 계산 결과를 발표했는데 다리에 4조4천억엔, 토목 구조물에 7천억엔, 터널에 3천억엔을 쓸 경우 최소 비용 5조4천억엔이 필요하고 이는 앞으로 100년간 별 이상없이 고속도로를 사용하기 위한 비용임

- 미국의 연방도로청(FHWA)과 각 주의 교통부(DOT)는 과거 도로 예산의 70 ~ 80%를 신규 및 확장에, 그리고 나머지 20 ~ 30%를 유지· 보수 및 재건설에 할당해 오던 정책을 180도 선회하여 70 ~ 80%를 유지·보수 및 재건설에 투자하기로 정책을 대폭 수정하였다. 연방도로청은 향후 10 ~ 15 년 동안 이루어질

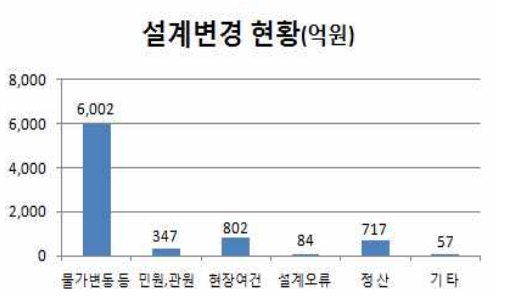
대규모 고속도로 재건설 추진 방안 및 전략의 일환으로 연방도로청 내에'교통 인프라 전담사무소를 신설하여 교량 및 도로 인프라 재건설을 위한 일종의 자산관리(Assets Management) 시스템을 가동함.

- 한국도로공사는 40년의 고속도로건설 경험과 지식이 축적되어 있으나 부서별 정보 공유와 사업 단계별 정보 순환이 실시간 혹은 체계화되지 않은 측면이 있다. 또한 국내 고속도로 건설시장의 축소에 따른 신규시장의 개척이 필요하고 국내 건설관련업체들의 해외시장진출을 지원하기 위한 첨병의 역할을 수행하여야 하는 필요성이 있어 새로운 패러다임에 맞는 절차와 기술을 요구하고 있음.

- 고속도로의 새로운 변화를 맞이하는 시점에 국민에게 안전하고 효율성 높은 도로체계를 재건설하기 위해서는 투명하고 일반인이 이해할 수 있는 소통의 도구가 필요하고 국가 예산의 투명한 수요 예측을 통해 공감대를 형성할 뿐 아니라 복잡 다양한 도로 사업 관련 제약조건을 종합적으로 사전 대응하고 국내의 높은 ICT 인프라를 활용한 서비스 연계를 위해서는 계획, 설계, 시공, 운영 및 유지관리, 재건설로 이어지는 생애주기 통합 정보 관리의 실시간 피드백 시스템이 구축되어야 함.

  – 최근 5년간('09~'13년) 한국도로공사의 설계변경건수는 8,601건에 이르고, 이로 인한 예산증액만도 8,009억원에 달하고 있다. 고속도로 설계변경의 주요원인은 물가변동, 시방기준변경, 지역개발 등 주변여건변화, 민원, 시공정산물량 등이 주요한 사유임.

표 1.2 설계변경 현황(2009~2013년)

구 분	횟수(건)	금액(억원/%)	비 고
계	8,601	8,009(100)	
물가변동 등	4,802	6,002(74.9)	
민원, 관원	382	347(4.3)	
현장여건변동	1,705	802(10.0)	
설계오류	508	84(1.1)	
정 산	898	717(9.0)	
기 타	306	57(0.7)	

- 최근의 물량내역 수정입찰 결과 설계 성과품간 불일치, 중복, 누락 등 오류 발생현황은 다음과 같음.

표 1.3 물량내역 수정입찰 현황(2009~2013년)

구 분	계	수량산출오류	도면, 수량 불일치	수량중복	도면누락
건/공구	85.3	7.7	22.4	29.6	25.6

- 잦은 설계변경으로 인한 공사중지, 설계변경에 따른 총사업비 협의의 어려움으로 인하여 공사 진행에 지장을 발생하고, 대내외적인 설계변경에 대한 부정적인 시각으로 인하여 설계기술자의 위상이 추락되고 설계신뢰성이 저하되고 있음.
- 물량내역 수정입찰 제도에서 초기 성과품에 비하여 최근 설계성과품의 설계오류가 감소하고 있으나, 인간의 사고작용에 의존하는 현행 평면(2D)설계기법으로는 작업 중 '휴먼에러'의 발생이 불가피함. 최근에 급증하는 설계변경에 대한 부정적 시각을 고려하면, 휴먼에러 배제를 통한 설계오류의 최소화를 위하여 설계단계에서 BIM의 도입을 적극적으로 검토할 필요가 있음.
- 현재 작성하는 평면(2D)기반의 설계도면은 단면이 복잡하지 않을 경우 설계오류가 많지 않지만 지형과 주변환경이 복잡한 지역에 가설되는 도로의 경우 평면(2D)기반으로 표현하기 어려운 다양한 가설환경을 만나게 되며 이러한 경우 설계도의 오류 또는 누락이 필연적으로 발생하게 된다. 따라서, 주변환경이 복잡한 지역을 통과하는 도로를 설계할 경우에 설계 품질을 확보하기 위하여 가설여건을 입체적으로 설계할 수 있는 BIM기법의 도입함을 고려해야 함.
- 설계성과품에서 설계오류를 배제하여 현장 설계변경 업무를 최소화하므로써 중단없는 공사의 원할한 진행과 변경설계에 대한 발주자의 내부업무 절감을 기대할 수 있다. 지연없는 공사진행과 내부업무 감소에 대한 정량적 영향분석을 통하여 BIM도입에 따른 경제성을 평가할 수 있음.

Ex-BIM(Expressway Building Information Modeling)은 3D 정보 모델링을 통

해 고속도로를 설계하고 이를 활용하여 시공 및 유지관리단계 까지 시설물의 총 생애주기 동안 발생되는 모든 정보를 관리하는 프로세스를 수립하여 고속도로 건설기술의 새로운 패러다임을 선도하는 역할을 해야 함. 따라서, 최근 국내외 건설환경 및 기술 패러다임이 3차원 모델링을 활용한 BIM으로 급속 전환 중으로 도로분야 설계·시공·유지관리의 선진화 및 글로벌 시장 경쟁력 확보를 위해 단계별 Ex-BIM 도입이 필요하며 이를 위한 로드맵 구축 필요함.

- 대구순환 5공구 Ex-BIM 시범설계 분석결과 3D 모델링 필요 공종 설정, 설계·시공·유지관리 단계별 정보수준 기준 및 표준 가이드라인 마련, 교량의 철근배근 및 안전을 고려한 기법도입 등이 미흡한 것으로 검토됨에 따라 Ex-BIM 설계 표준모델 구축 연구를 통하여 Ex-BIM 조기 정착 도모가 필요함.

- 새로운 기술과 패러다임의 내재화를 위해 자체 연구진에 대한 교육을 통해 BIM 기술과 활용 가능성을 파악하고 기존의 한국도로공사의 업무 절차에 비추어 비용 대비 투자효과가 높은 영역을 발굴하여 As-Is To-Be를 구축하여 실질적인 고속도로 기술혁신과 내부역량 강화가 이루어질 수 있도록 유도함.

- 발주자가 필요로 하는 정보와 수준을 결정하고 이에 기반하여 정확한 요구사항을 제시하지 않으면 새로운 기술이 오히려 장애요인이 되고 지속성을 가지기 힘들기 때문에 한국도로공사의 계획, 설계, 공사관리, 운영 및 유지관리의 전 단계에 걸쳐 각 담당 부서의 업무 개선사항을 도출하고 필요 정보 요구사항을 체계화하여 핵심적으로 관리되어야 하는 정보를 도출해야 함.

- 과업 기간동안 민간 전문가와의 활발한 토의를 통해 한국도로공사의 향후 추진 방향과 일정을 명확하게 제시하여 민간기업이 기술 패러다임 전환에 대한 준비를 할 수 있도록 할 뿐 아니라 도로분야 기존 설계인력의 재교육 등을 통해 정부가 추구하는 새로운 고부가가치 일자리 창출로 이어지도록 함.



그림 1.2 Ex-BIM 구성

1.2 과업의 범위 및 내용

이 과업을 통해 설계-시공-유지관리 단계별 Ex-BIM 도입 로드맵 구축, 3D 모델링 적용 공종 연구, 설계-시공-유지관리 단계별 정보수준(LOD) 연구, 시공단계 공정관리를 위한 객체 분할 기준 연구, Ex-BIM 설계-시공-유지관리 표준 가이드라인 작성을 수행하고 이에 기반하여 3개의 교량에 대한 시범 설계를 통해 제시된 안들에 대한 시범적인 구현과 그 효과를 평가한다.

1.2.1 설계 · 시공 · 유지관리 단계별 Ex-BIM 도입 로드맵 구축

공공인프라의 프로세스 혁신과 고품질의 성과품 품질이 요구되고 있고, 건설공사 관리의 효율화 요구와 첨단정보기술에 의한 공공시설물의 관리혁신이 대두되고 있으며, 첨단 건설정보화 트렌드에 의해 대외적으로는 선진국을 중심으로 건설정보모델(BIM) 정보체계 도입이 확산되고 대내적으로는 건축 및 설비분야를 중심으로 국토교통부 및 조달청에서 활발한 도입이 추진되고 있는 등의 추세에 발맞추어 도로분야 BIM설계기법을 정립하고 활용할 수 있는 기술을 개발하여 시설물 생애주기 비용을 절감할 수 있는 한국도로공사 맞춤형 *Ex-BIM* 중앙 정보관리시스템 구축을 위한 설계-시공-유지관리 단계별 중·장기적 추진전략 및 로드맵 구축이 필요함.

- 국내·외 BIM 관련 추진현황 조사
  - 정부 부처의 BIM 관련 추진 현황
  - 주요 발주처의 BIM 발주 현황
  - 민간 기업(시공사, 설계사, 전문업체)의 BIM 기술 도입 현황
  - 학회 및 대학의 BIM 교육 프로그램
  - 주요국가 (영국, 싱가폴, 미국, 호주, 핀란드 등)의 BIM 관련 현황

- 국내·외 BIM 기술 및 정책 동향 분석
  - 정부 부처의 BIM 관련 정책
  - 주요 발주처의 BIM 가이드라인 현황
  - 민간 기업(시공사, 설계사, 전문업체)의 BIM 기술 및 적용 사례
  - 주요 캐드별 BIM 솔루션 및 기술 현황 (오토데스크, 벤틀리, 네매첵, 카티아)
  - 영국의 BIM Strategy Report 및 BS 표준 분석 / 컨설팅 회사의 경쟁력 확보 차원의 전략 분석 및 중동 지역 발주서 분석

- 설계-시공-유지관리 단계별 Ex-BIM 도입의 필요성 및 경제성 분석
  - 국내외 건설 프로젝트의 수행 여건 분석
  - NIST, McGraw-Hill 등에서 분석한 BIM 적용 현황 및 ROI(Return on Investment)가 높게 평가된 영역
  - 도로공사의 5개 부서 실무자 인터뷰를 통한 현재의 절차 개선 항목 도출
  - 해외 주요 발주 사례 및 설계-시공-유지 관리 단계별 적용 사례 분석
  - BIM 기반의 설계를 위한 비용 평가 및 효과에 대한 경제성 분석 (시공, 유지관리 활용 포함)

- 설계-시공-유지관리 단계별 Ex-BIM 도입 시 위험요인과 대응방안 분석
  - Ex-BIM 도입시 도로공사 내부의 절차 변경 요인 분석
  - 설계처, 건설처, 도로처, 구조물처, 정보처의 현재 실무 절차 및 설계 정보 관리 체계 분석
  - Ex-BIM 도입을 위한 단계별 접근 방안 도출 및 절차 개선 사항 도출
  - 도로공사의 대외적인 변화 대응에 활용 방안 (정부 정책 및 유관 부처)

- 설계-시공-유지관리 단계별 Ex-BIM 도입을 위한 로드맵 구축 및 실행계획 수립
  - 한국도로공사의 전사적 Ex-BIM 도입을 위해 설계-시공-유지관리 관리 체계 개선 방안 및 BIM 설계 기법 도입 방안 제시

- 도입단계, 확장단계, 정착단계로 구분하여 전략과 목표를 설정하고 추진 전략을 수립하여 제시
- 단계별 추진 전략에 따른 실행계획 수립 제시

■ 설계-시공-유지관리 단계별 추진과제 제안서(RFP) 작성
- BIM 도입 단계별 추진전략에 따른 추진 과제 제안서 도출
- 내부 연구진 및 외부 전문가 워크샵을 통한 타당성 검토 및 의견 수렴

1.2.2 3D 모델링 적용공종 연구

■ 국내·외 BIM 설계 시 공종별 3D 모델링 적용 자료 조사
- 국내 주요 민간기업의 3D 모델링 적용 사례 조사
- 해외 건설 프로젝트에서의 발주서에서의 BIM 모델링 요구사항 분석 (중동/유럽/아시아 지역의 Tendor Document)
- 공공 사업 분야에서 적용된 BIM 기술에 대한 국내외 사례를 계획-설계-시공-운영 및 유지관리 단계별로 조사

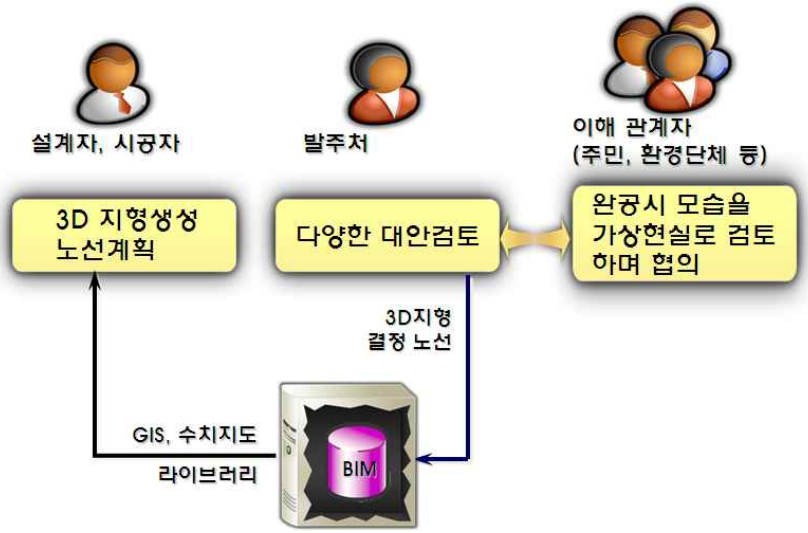
■ 정부 및 타 기관 3D 모델링 공종 관련 선행 연구자료 조사
- 조달청 지침 및 사례 조사
- 주요 발주처의 3D 모델링 사례 조사 (K-water, LH공사, 철도시설공단, 서울시 등)
- 연구 프로그램에서 제시한 BIM 활용 기술 조사

■ 자체연구진(설계처, 건설처, 도로처, 구조물처, 정보처 실무자) 의견청취 및 연구결과 적용성 검토
- BIM 교육 실시 후 자체 연구진에 대한 업무 개선 사항 의견 청취
- 각 부처별 개선 절차에 대한 As-Is To-Be 도출
- 로드맵, 가이드라인, 시범설계 결과에 대한 의견 청취 (3회 워크샵)

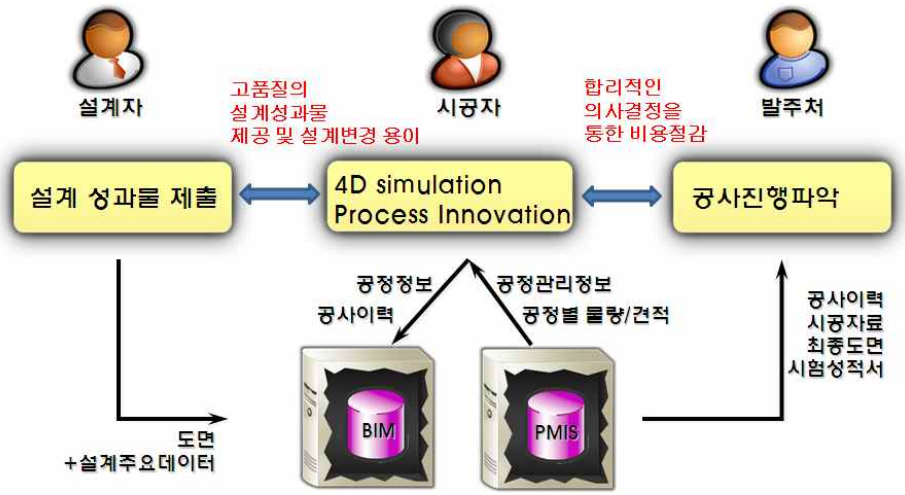
- 시공·유지관리 단계에서 공종별 3D 모델의 활용성 계량적 평가를 통한 적용 공종 검토
  - 시공 관리에 활용된 3D 모델의 우수 사례 분석
  - 공사 관리에 관한 기존 절차와 방법론 개선 사례 분석
  - 도로 사업의 주요 공종에 대한 3D 모델 활용성 검토
  - 현재의 한국도로공사의 유지관리 정보 체계 분석 및 3D 모델 활용방안 도출
  - 설계에서 BIM 도입시 시공 및 유지관리 단계의 활용 모델 및 정보 요구사항 분석

- 공종별 3D 모델링 효율성(소프트웨어 부재 또는 수작업 과다 등) 계량적 평가를 통한 적용 공종 검토
  - BIM 솔루션의 도로 사업 적용시 장단점 분석
  - 주요 공종별 3D 모델의 수준 설정 및 투입 인원/시간 평가
  - 설계의 주요 성과품 도출을 위한 BIM 모델 활용 수준 평가 (물량 및 도면)
  - BIM 기반의 설계 생산성 향상 방안 제시

- Ex-BIM 설계 시 3D 모델링 적용공종 제언
  - ROI가 높은 도로 사업 분야의 3D 모델링 적용 공종 도출
  - 도출된 적용 공종에 대한 시범 적용 결과에 대한 의견 청취



(a) 계획단계의 활용



(b) 시공단계의 활용

그림 1.3 BIM기반의 건설사업 관리 체계

1.2.3 설계 · 시공 · 유지관리 단계별 정보수준 (LOD) 연구

- 국내·외 BIM 설계-시공-유지관리 단계 정보수준 자료 조사
  - 주요 BIM 가이드라인의 LOD 정의 자료 조사
  - BIM 기반의 설계 및 시공 프로젝트에서 활용된 모델 사례 조사

- 정부 및 타 기관 정보수준 설정 관련 선행 연구자료 조사

- 주요 발주처의 LOD 설정 사례 조사
- 연구 프로그램에서 도출된 LOD 정의 및 제안 사항 조사

■ 자체연구진 의견청취 및 연구결과 적용성 검토
- 자체 연구진의 의견 청취를 위한 워크샵 실시
- 시범 설계를 통한 LOD 설정의 적정성 검토

■ 설계-시공-유지관리 단계별 정보 활용성 계량적 평가를 통한 정보수준(LOD) 기준 검토
- 설계-시공-유지관리 단계별로 LOD를 적용 공종별로 설정
- 정보 수준에 대한 자체 연구진 의견 청취와 현재 도로공사의 설계 정보 관리 체계를 반영한 LOD 기준 검토

■ Ex-BIM 설계-시공-유지관리 단계별 정보수준 제언
- Ex-BIM의 설계-시공-유지관리 단계별 IDM(Information Delivery Manual) 설정 방안 제언

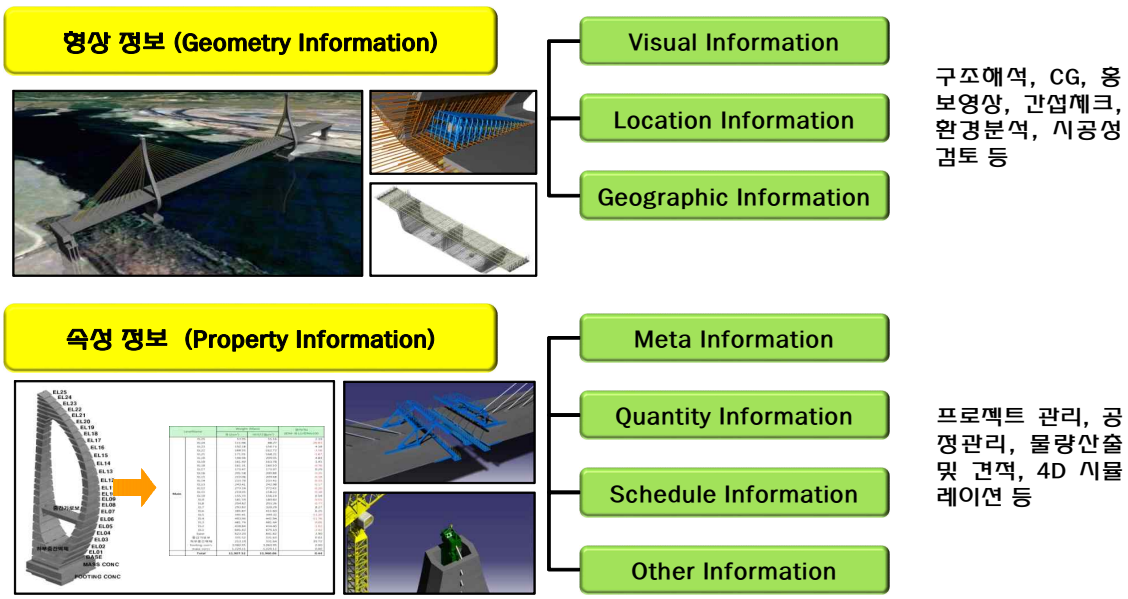


그림 1.4 Ex-BIM 단계별 IDM

1.2.4 시공단계 공정관리를 위한 객체분할 기준 연구

- 국내·외 BIM 설계 시 공정관리를 위한 객체분할 자료 조사
  - BIM 기반의 공정관리 사례 조사
  - 공정관리 솔루션과의 연동성 활용 사례 조사
  - 주요 공종별 Activity 분할 및 공정 관리 활용 자료 조사

- 정부 및 타 기관 객체분할 기준 관련 선행 연구자료 조사
  - 주요 발주처의 객체 분할 관련 사례 조사
  - 연구 프로그램에서 도출된 BIM 모델의 객체 분할 제안 사항 조사

- 자체연구진 의견청취 및 연구결과 적용성 검토
  - 자체 연구진의 의견 청취를 위한 워크샵 실시
  - 시범 설계를 통한 객체 분할 설정의 적정성 검토

- 시공, 공정관리 전문가 자문 및 현장 의견청취 등을 통한 객체분할 기준 연구
  - 자체 연구진 및 외부 전문가의 의견 청취를 위한 워크샵 실시

- Ex-BIM 설계 시 객체분할 기준 제언
  - Ex-BIM 설계를 위한 객체 분할 기준을 설정된 공종과 LOD를 고려하여 제시

1.2.5 Ex-BIM 설계 · 시공 · 유지관리 표준 가이드라인 작성

- 국내·외 BIM 설계·시공·유지관리 표준 가이드라인 조사
  - 국내 BIM 가이드라인 조사 및 분석
  - 해외 BIM 가이드라인 조사 및 분석

- 정부 및 타 기관 표준 가이드라인 관련 선행 연구자료 조사

- 조달청, LH공사, K-water의 가이드라인 선행 연구 조사
- 국토부의 연구 프로그램에서 수행된 BIM 표준 및 가이드라인 자료 조사

■ Ex-BIM 설계·시공·유지관리 단계별 모델 작성기준, 정보분류체계, 설계도 작성기준 등 검토

- 도출된 도로사업에서의 적용 공종, LOD, 객체 분할 기준을 반영한 설계·시공·유지관리 단계별 모델 작성기준 제시
- 정보분류체계 및 설계도 작성 기준 검토

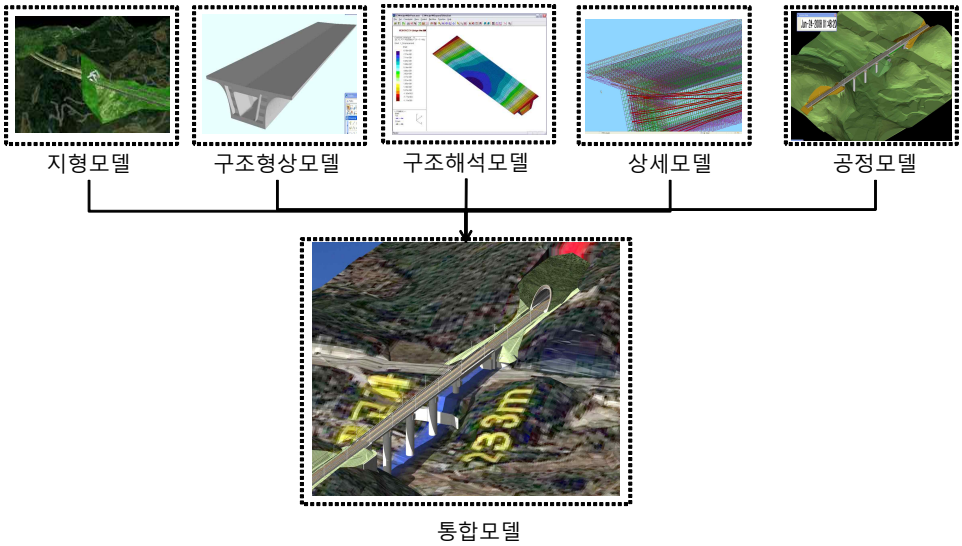


그림 1.5 단계별 모델 구성 및 통합 사례

■ Ex-BIM 각 단계별 설계문서 작성 및 설계도서 납품기준 등 설계도서 표준화 연구

- 2차원 도면 기반의 설계 문서와 3차원 모델 기반의 설계 문서 작성 방안 도출
- 시범 설계를 통해 2차원 도면 간소화 및 3차원 모델 활용 도면 및 계산서 제시

■ Ex-BIM 설계·시공·유지관리 표준 가이드라인 제언

- 과업을 통해 도출된 결과를 활용하여 Ex-BIM 설계·시공·유지관리 표준 가이드

라인 작성

- Ex-BIM 설계-시공-유지관리에 대한 지침서 구성 항목 제언

■ BIM 기술에 관한 관리자 교육 (8시간x4일)

- Ex-BIM 도입을 위한 의견 청취를 효율적으로 하기 위해 5개 부처별로 자체 연구진에 대한 BIM 관리자 교육
- BIM 모델 활용 가능성을 자체 연구진(설계처, 건설처, 도로처, 구조물처, 정보처)이 경험할 수 있도록 BIM 모델 관리 도구 교육 및 실습

1.2.6 교량 Ex-BIM 시범설계

■ 3개소의 Ex거더 교량에 대한 시범 설계 수행

- 개방형 BIM 데이터 포맷이 IFC 2x3으로 제시되어 있지만 현재 캐드 솔루션이 교량에 대한 표준을 제시하고 있지 않기 때문에 건축물 기반의 IFC 표준을 응용한 모델만 제시 가능
- BIM 솔루션은 제시된 교량의 전체 모델링 및 철근 모델링이 가능한 소프트웨어로 선정

표 1.4 Ex-BIM 시범설계 교량

노선 및 공구	교량명	제원	형식
함양~울산 14공구	대곡교(양방향)	L=105m (3@35)	EX거더(일체식)

■ 3D 모델링 기반 수량산출이 가능하도록 모델링

- BIM 가이드라인에 따른 모델링 수행

■ 시공단계별로 모델 객체분할 및 시공 시뮬레이션 수행

- BIM 가이드라인에 따른 모델 객체 분할
- BIM 기반의 공정관리를 위한 시공 시뮬레이션

- 교량일반도, 교대·교각·바닥판 일반도 및 철근상세도, 거더 일반도 및 철근상세도, 부대시설도 등 3D 모델링 시행
  - BIM 가이드라인에 따른 모델링 수행

- 경간장별 바닥판 및 거더 표준 라이브러리 구축
  - 제시된 교량에 활용된 경간장별 바닥판 및 거더 표준 모델 구축
  - BIM 모델링의 효율성 향상을 위한 방안 제시

- 교량·내역별로 기존의 2D 기반설계 수량·공사비와 비교 분석하여 설계신뢰성 분석보고서 작성
  - BIM 모델 기반의 수량 공사비 산출
  - 기존의 2차원 기반 설계 성과품과의 비교를 통한 설계 신뢰성 분석 보고서 작성

- 시공단계에서의 공사관리를 위하여 부재 간 간섭검토 및 거더 가설 시 장비-부재 간섭검토 수행
  - BIM 가이드라인에 따른 모델링 및 간섭 검토 수행
  - 설계 개선 사항 도출시 반영한 모델 수정

1.3 과업 수행기간 및 절차

- 과업 수행기간은 300일로 하고 아래와 같이 4 단계의 주요 절차에 따라 수행함.

표 1.5 과제의 주요 절차

협의	I. 교육/인터뷰	II. 로드맵/가이드라인	III. 시범설계
과업 범위와 성과물에 대한 협의 -자체 연구진 포함	4일간의 관리자 교육	적용 공종 도출	기본 모델링 (형상)
	부처별 인터뷰 As-Is To-Be 분석	객체 분할 및 LOD 설정	가이드라인에 따른 모델링 및 성과품 도출
	성과물에 대한 의견 청취를 위한 3회 워크샵	Ex-BIM 가이드라인	의견 청취를 통한 보완

- 과업 4개의 단계로 구분하여 진행하고 각 단계별로 내부 연구진의 의견을 청취하여 반영하도록 함.

- 한국도로공사의 내부 연구진 및 부서별 직원들에 대한 BIM 관리자 교육을 실시하여 기술에 대한 파악이 이루어진 후 개별 부서별 인터뷰를 실시하여 단계별 적용 우선 순위 설정 및 극복 과제를 도출함.

- 현황 조사와 정책동향 분석, ROI 분석 등을 통해서 한국도로공사의 내부 및 대외 전략에 적합한 로드맵을 작성하고 이를 실현하기 위한 Ex-BIM 가이드라인을 작성함.

- 시범 설계는 가이드라인에 따라 수행하고 그 적절성에 대한 의견 청취를 지속적으로 수행하여 적용 효율성이 높은 방안을 제시함.

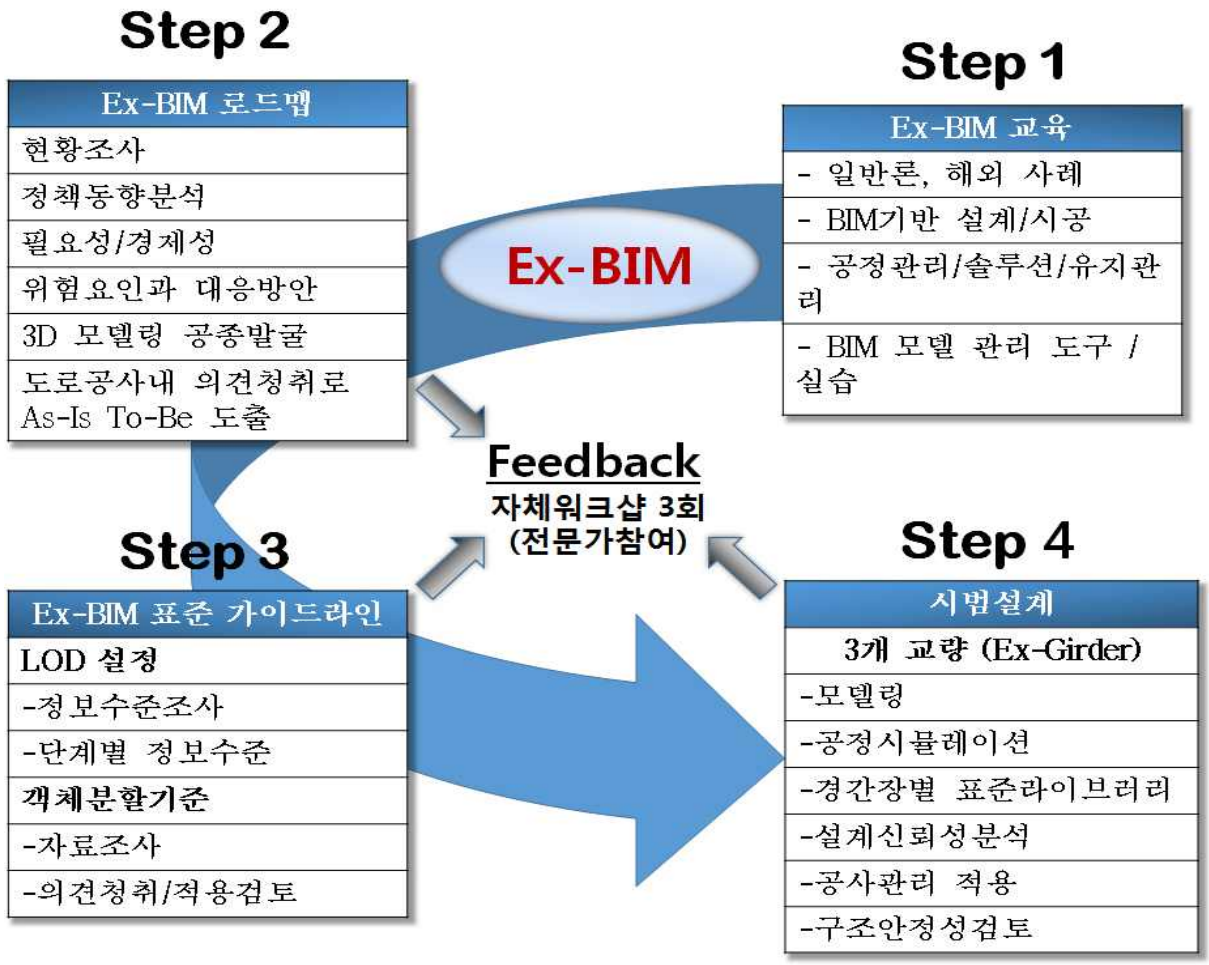


그림 1.6 전체 과업 수행 절차

표 1.6 과제의 추진일정

구 분		추 진 일 정 (월)																			
		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	
협의 및 의견 청취	과업 협의																				
	교육																				
Ex-BIM 로드맵 구축	의견 청취/ 워크샵																				
	BIM현황조사																				
	기술 및 정책 조사																				
	단계별 도입 필요성 및 경제성분석																				
	위험요인 및 대응방안 분석																				
	로드맵 / 실행계획																				
	추진과제 작성																				
Ex-BIM 표준 가이드라인 개발	3D 적용 공종 연구																				
	단계별 정보수준 연구																				
	공정관리를 위한 객체 분할 연구																				
	표준 가이드라인 작성																				
Ex-BIM 시범 설계	모델링																				
	성과물 도출 및 분석 보고서 작성																				
특별 제안	발주서 및 실행 계획서 템플릿																				

Ⅱ EX-BIM 로드맵 구축

2.1 BIM 현황 조사

2.2 기술 및 정책 조사

2.3 도로공사 과업 분석 및 의견 청취

2.4 BIM 관리자 교육

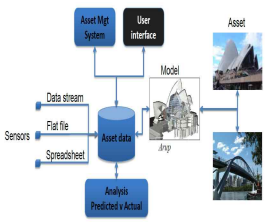
제 2 장 EX-BIM 로드맵 구축

2.1 BIM 현황 조사

2.1.1 EX-BIM 추진 배경

▣ 국내 건설시장이 신규 건설에서 유지관리로 전환되고 건설산업이 급격하게 글로벌화하고 있는 시점에 있고 인구 고령화와 더불어 시설물 고령화 시대에 진입하면서 안전한 도로 서비스와 증가되는 유지 보수 예산에 대한 합리적인 대응 방안이 지속가능성, 안전성, 첨단기술 활용, 국민 참여형으로 제시될 필요가 있음

표 2.1 해외 정책 및 기술개발 동향

국가	정책 및 기술개발 동향	
미국	<MAP-21 > 미국은 2012년에 Moving Ahead for Progress in 21st Century Act 법률을 만들어 교통분야에 $105억을 2013~2014년에 투자하고 고속도로 강화, 성능기반 프로그램 구축, 경제발전과 고용창출 지원, DOT의 안전체계 지원, 연방도로 프로그램 연계, 혁신적인 기술 및 공기 단축을 지원하고 있음	
영국 등	<자산관리 체계 적용 및 전산시스템 개발> 영국의 교통성, 도로공사, 철도청, 지방자치단체 연합으로 도로시설물 자산관리 가이드라인 작성 및 전산시스템(그림)을 개발하여 실무 적용 * Guidance Document for Highway Infrastructure Asset valuation(가이드라인) * Management of Highway Structure(시행지침) * Framework for Highway Asset Mgt.(지자체 매뉴얼)	
호주	<지능형 Infrastructure 관리 시스템 개발> 호주 국립연구센터(National Research Centre)는 BIM(Building Information Modeling) 기법과 센서에 의한 SOC의 관리 시스템을 개발하여 적용 * IDDS 모델의 개발 (설계·시공·유지보수·운영의 통합관리 모델) * 센서에 의한 시설물 상태 실시간 모니터링 가능 * 호주의 상징인 오페라 하우스 시범적용	

제3차 시설물의 안전및유지관리기본계획(국토부, 2013)

- 미국의 MAP-21 (Moving Ahead for Progress in 21st Century Act)은 7개의 국가적 목표를 설정하고 있는데 Safety, Infrastructure Condition, Congestion Reduction, System Reliability, Freight Movement and Economic Vitality, Environmental Sustainability, Reduced Project Delivery Delays 이다. 여기에 맞게 실행 계획을 각 주별 도로국(DOT)에서 설정하고 Highway for LIFE (Longer-lasting highway infrastructures using Innovations to accomplish the Fast Construction of Efficient and safe highways and bridges), ABC (Accelerated Bridge Construction) 프로그램 등을 발주자 주도로 이루어지고 있음. 의회와 정부로부터 법적 근거와 함께 예산이 주어지는 형태를 분석하여 발전 계획을 위한 로드맵에 반영할 필요가 있음.

- NBIS (National Bridge Inspection Standard)를 수립하고 NBI (National Bridge Inventory)를 관리하는데 최근의 교량 붕괴 사례들로부터 이를 다시 분석하여 “a state of good repair”로 유지하도록 목표를 설정하고 부재의 파괴가 교량 붕괴로 이어지는 “Fracture critical bridge”를 별도로 파악하여 관리하고 있음. 이는 현재 국내 고속도로 구조물의 수명이 늘어나는 추세에 비추어 시급하게 관리할 수 있도록 방안을 수립하고 참고할 필요가 있고 이를 위해서는 설계, 구조물관리, 정보 등의 부서별 정보공유 및 실시간 소통이 필요함.

- "The Movement for Innovation"이라는 주제로 영국의 이코노미스트지에 실린 기사에서 건설사업 과정 속에서 30%의 재시공이 이루어지고 있으며, 60%의 노동력 손실과, 10%의 자재 낭비가 항시 발생하고 있음.

- 1997년 영국정부가 「건설을 다시 생각하기(Rethinking Construction)」 이라는 이름의 보고서를 출간하였으며, 이 보고서는 연구 책임자 이름을 딴 「이건 리포트」 로 핵심 내용은 건설 산업이 제조업 등 다른 산업에 비해 이윤이 적고 오류로 인한 손실이 많으며, 교육, 연구개발에 투자가 적은 심각한 문제를 갖고 있다는 것이다. 이를 극복하기 위해서 통합된 건설 프로세스와 리더십을 바탕으로 건

설비용과 기간을 연 10% 줄이고, 오류를 연 20% 줄여가자는 것이 골자임.

- 미국의 NIST(National Institute of Standards and Technology, 미국국가표준기술원)는 건설예산 대비 추가비용의 요인을 연구하여 건설과정 중 설계단계부터 시공, 운영단계까지 설계변경, 품질저하, 협업부족, 법적소송 등의 요인으로 비용의 증가가 뚜렷하게 나타났으며, 결국 엔지니어링 시간의 40%는 정보를 찾고 입증하는데 소요되고 프로젝트 비용의 30%가 부족한 의사소통으로 인해 낭비된다고 분석하였고 한 가지의 정보가 계획, 설계, 시공, 운영단계까지 순환체계를 갖는다면, 건설사업 공정상 50%의 시간 절약과 14%의 유지관리 비용이 절감될 것이라는 분석을 제시함.

- 미국의 연방도로청(FHWA)과 각 주의 교통부(DOT)는 과거 도로 예산의 70 ~ 80%를 신규 및 확장에, 그리고 나머지 20 ~ 30%를 유지· 보수 및 재건설에 할당해 오던 정책을 180도 선회하여 70 ~ 80%를 유지·보수 및 재건설에 투자하기로 정책을 대폭 수정하였다. 연방도로청은 향후 10 ~ 15년 동안 이루어질 대규모 고속도로 재건설 추진 방안 및 전략의 일환으로 연방도로청 내에'교통 인프라 전담사무소를 신설하여 교량 및 도로 인프라 재건설을 위한 일종의 자산관리(Assets Management) 시스템을 가동함.

- 일본 고속도로 관리회사 3개사는 도로, 터널, 다리의 노후화 대책에 5조4천억엔(60조원)~10조6천억엔(118조원)이 필요할 것이라는 계산 결과를 발표했는데 다리에 4조4천억엔, 토목 구조물에 7천억엔, 터널에 3천억엔을 쓸 경우 최소 비용 5조4천억엔이 필요하고 이는 앞으로 100년간 별 이상없이 고속도로를 사용하기 위한 비용임

- 차세대 도로교통의 핵심 기술 및 시장은 전기차, 무인운전, 사물인터넷을 키워드로 한 전혀 다른 패러다임으로 진입할 것이고 이는 기존 차량 및 교통수단에 기반한 도로 시설물의 혁신을 요구할 뿐 아니라 공공 인프라의 디지털 정보화를

필수적으로 요구하게 됨

- 새로운 건설기술을 요구하는 공공발주 사례가 증가하고 있지만 그에 따른 프로세스의 한계에 대한 개선책이 필요함.

표 1.1 현행 프로세스의 한계

구 분	내 용
프로젝트 비용 산출 근거의 불명확성	▪ 실제 시설물과 도면·물량산출서의 비교·확인이 어려움 ▪ 정확한 프로젝트 비용 산출이 불명확함 ▪ 불명확한 프로젝트 비용은 곧 발주자의 리스크로 부담
정확한 도면산출이 어려운 구조물 증가 추세	▪ 비정형/곡면 구조물 증가 추세 ▪ 설계자의 직관적인 능력에 의존한 2차원 도면의 정확성을 담보하기 어려워 건설 업무 리스크 증가
도면불일치 및 낮은 생산성	▪ 각기 다른 주체들로부터 개별적으로 작업된 도면이 서로 상이함에 따라 도면품질의 저하가 야기됨
물량 산출근거의 불명확성	▪ 기존의 물량 산출 작업은 대부분 수작업에 의존하며, 이로 인하여 산출 오류 발생 가능성이 존재함
시공 품질의 저하	▪ 단순히 2D 도면으로는 오류 파악이 불가능하고 재시공, 공기지연으로 인하여 시공 품질 저하가 우려됨
건설 프로젝트의 대형화로 전체 프로세스의 이해가 어려움	▪ 대형화·복합화된 건설프로젝트에 대한 요구사항 증가 및 복잡화

- 국토부는 '국토교통 기술을 통한 국민행복 및 국제적 가치 창조'라는 목표를 세우고, 융·복합 신산업 창출 기반 조성, 안전하고 편리한 국토공간 조성 및 국민생활복지 향상 등 4대 전략을 제시하고 노동·자본 집약적인 국토교통 산업을 기술·지식 중심의 신성장동력으로 전환하기 위해 '창조경제 실현을 위한 국토교통 연구개발 중장기전략안'을 새롭게 수립함.

- 2010년을 기점으로 건설엔지니어링의 일감이 지속적으로 감소하고 있으며, 전체 90%이상에 달하는 중소엔지니어링사는 물론이고, 일부 대형 설계 엔지니어링사(社)까지도 경영에 어려움을 겪고 있음. 특히, 이러한 업계 환경은 우수 인력의 타 업계(시공, 플랜트 등)로의 유출을 가속화하여 설계능력이 오히려 감소할 우려가 있어 발주처의 설계 기획 및 관리능력이 더욱 중요해지고 있음.

- 정부 예산 부족, 민원, 용지 보상 지연 등 발주기관 사정으로 인해 공사 착공이 지연되거나 공사가 중단될 경우에는 국가계약법에 따라 발주기관은 공사기간 연장에 따른 추가 비용을 실비로 정산해 계약금액을 조정하도록 규정되어 있고 최근 주요발주처 상대로 민간기업의 소송이 모두 승소하면서 기재부 경제예산심의관 주재로 총사업비 관리지침 개정을 검토하고 있어서 고속도로 사업에 대한 사전검토 역량이 강화될 필요가 있음.

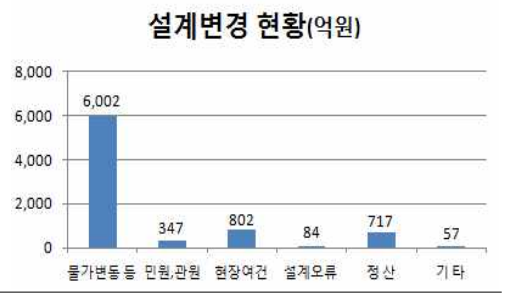
- 가설구조물을 실시설계 단계에서 구조검토를 하도록 하는 법안이 올해 1월 6일 공포됨에 따라서 발주처에서 이에 대한 설계 관리 역량이 필요하고 재난안전처 신설에 따라 공공기관의 안전관리 역량 강화가 필수적으로 요구되고 있을 뿐 아니라 해외사업에서도 EHS 분야의 중요성이 매우 높은 상태임.

- 고속도로의 새로운 변화를 맞이하는 시점에 국민에게 안전하고 효율성 높은 도로체계를 재건설하기 위해서는 투명하고 일반인이 이해할 수 있는 소통의 도구가 필요하고 국가 예산의 투명한 수요 예측을 통해 공감대를 형성할 뿐 아니라 복잡 다양한 도로 사업 관련 제약조건을 종합적으로 사전 대응하고 국내의 높은 ICT 인프라를 활용한 서비스 연계를 위해서는 계획, 설계, 시공, 운영 및 유지관리, 재건설로 이어지는 생애주기 통합 정보 관리의 실시간 피드백 시스템이 구축되어야 함.
  - 최근 5년간('09~'13년) 한국도로공사의 설계변경건수는 8,601건에 이르고, 이로 인한 예산증액만도 8,009억원에 달하고 있다. 고속도로 설계변경의 주요원인은 물가변동, 시방기준변경, 지역개발 등 주변여건변화, 민원, 시공정산물량 등이

주요한 사유임.

표 1.2 설계변경 현황(2009~2013년)

구 분	횟수(건)	금액(억원/%)	비 고
계	8,601	8,009(100)	
물가변동 등	4,802	6,002(74.9)	
민원, 관원	382	347(4.3)	
현장여건변동	1,705	802(10.0)	
설계오류	508	84(1.1)	
정 산	898	717(9.0)	
기 타	306	57(0.7)	



- 최근의 물량내역 수정입찰 결과 설계 성과품간 불일치, 중복, 누락 등 오류 발생현황은 다음과 같음.

표 1.3 물량내역 수정입찰 현황(2009~2013년)

구 분	계	수량산출오류	도면, 수량 불일치	수량중복	도면누락
건/공구	85.3	7.7	22.4	29.6	25.6

- 잦은 설계변경으로 인한 공사중지, 설계변경에 따른 총사업비 협의의 어려움으로 인하여 공사 진행에 지장을 발생하고, 대내외적인 설계변경에 대한 부정적인 시각으로 인하여 설계기술자의 위상이 추락되고 설계신뢰성이 저하되고 있음.
- 물량내역 수정입찰 제도에서 초기 성과품에 비하여 최근 설계성과품의 설계오류가 감소하고 있으나, 인간의 사고작용에 의존하는 현행 평면(2D)설계기법으로는 작업 중 '휴먼에러'의 발생이 불가피함. 최근에 급증하는 설계변경에 대한 부정적 시각을 고려하면, 휴먼에러 배제를 통한 설계오류의 최소화를 위하여 설계단계에서 BIM의 도입을 적극적으로 검토할 필요가 있음.
- 설계성과품에서 설계오류를 배제하여 현장 설계변경 업무를 최소화하므로써 중단없는 공사의 원할한 진행과 변경설계에 대한 발주자의 내부업무 절감을 기대할 수 있다. 지연없는 공사진행과 내부업무 감소에 대한 정량적 영향분석을 통하

여 BIM도입에 따른 경제성을 평가할 수 있음.

- 한국도로공사에서 BIM을 차세대 기술로 도입하기 위해서 시범사업과 관련 기술 개발을 지속적으로 추진해오고 있었지만 BIM 기술은 절차를 다루기 때문에 전사적인 도입전략과 최신 기술 동향을 반영한 로드맵이 필수적으로 요구됨.

- 민간에서 수행한 다양한 BIM 관련 연구는 발주자가 주로 수행하는 역할과 업무 성격과 달라서 현재 한국도로공사의 업무 체계와 해결과제를 심도있게 파악하고 이에 기반한 전략을 수립하여 EX-BIM이 전사적으로 도입될 수 있는 효율적인 방안을 제시해야 함. 이를 위한 추진과제를 도출하여 사회간접자본 시설의 재건이 시작되는 시점에 “Rebuild Digital Expressway for Life”를 목표로 새로운 시장 창출과 세계적인 기술 경쟁력을 확보할 수 있는 기반을 마련할 수 있도록 단계별 로드맵과 이를 위한 가이드라인을 제시하여야 함.

2.1.2 국내 · 외 BIM 관련 추진 현황 조사

주요 발주처의 BIM 발주 현황

- 조달청은 기본 및 실시설계의 BIM 적용 평가를 위해 2010년 12월 BIM 지침을 공식 발표 하고 2012년부터 500억 이상의 공공공사에 BIM 적용 의무화 시행하여 2016년부터 시설사업 전체로 BIM 적용 확대한다고 발표, 설계 단계에서 BIM 적용 과정을 유도하기 보다는 BIM 모델 작성을 통한 성과물 도출에 중점을 두어 설계 생산성 향상에 기여하지 못하고 있고 활용성에 제약이 되고 있음

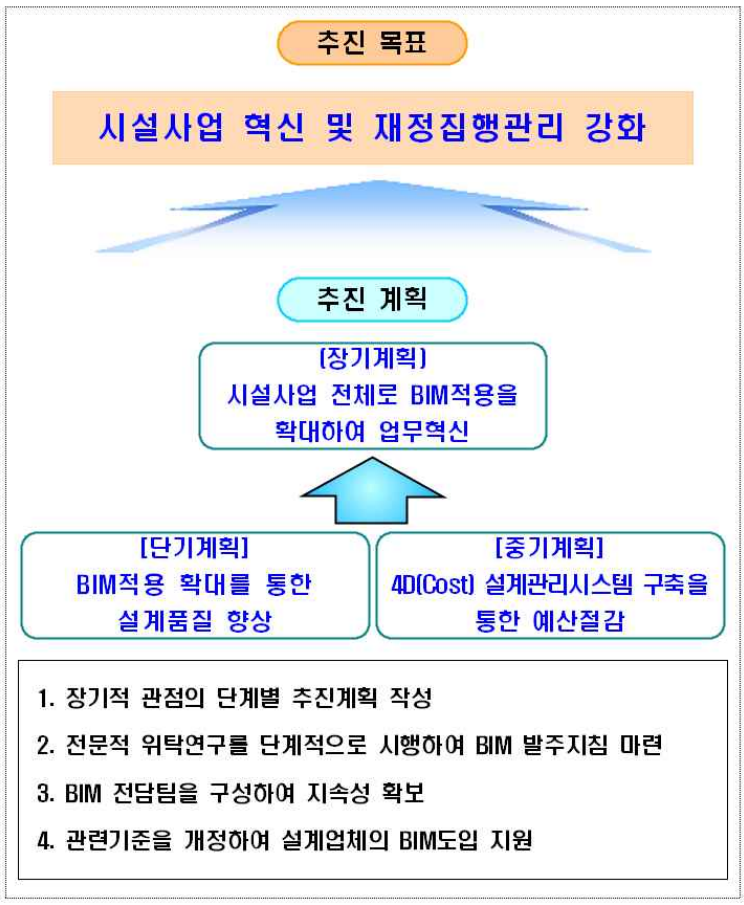


그림 2.1 조달청의 BIM 추진계획/출처:조달청

표 2.1 조달청의 BIM 추진계획

구분	단기('10~'12)	중기('13~'15)	장기('16~)
목표	BIM적용 확대를 통한 설계품질 향상	4D(Cost) 설계관리 시스템 구축을 통한 예산절감	시설사업 전체로 BIM적용을 확대하여 업무혁신
대상	Total Service 대상 건축공사 중 총공사비 500억원 이상의 턴키 또는 설계공모로 발주하는 공사	Total Service 대상 총공사비 500억원 이상 건축공사	모든 건축공사
방법	·적극적 마케팅을 통해 BIM발주를 촉진 ·연차별로 BIM 발주지침을 개발 ·BIM 적용시 인센티브 제공	·BIM발주 사업을 전문적으로 관리할 전담팀 구성 ·3D모델 데이터를 활용한 사업관리 시스템 구축	·공사관리 업무에 BIM 모델데이터 활용 ·공사계약 업무에 BIM 모델데이터 활용 ·총사업비검토 업무에 BIM 모델데이터 활용
기대효과	·3D설계를 적용하여 수요기관 만족도 향상 ·민간 부문의 BIM 인프라 조성을 촉진 ·설계단계에서의 다양한 검토로 설계품질 향상	·Total Service 원가관리 및 일정관리가 향상 ·시공단계의 설계변경을 최소화하여 예산낭비 요인을 제거	·시설사업 혁신 및 재정집행 관리 강화

● LH 공사 공동 주택의 BIM 활성화 방안 및 지침마련 연구

– BIM을 활용한 보금자리주택을 포함한 공동주택 건설분야의 경쟁력 강화방안 마련을 목적으로 아래 사항을 수행함. (본사 사옥 프로젝트에 시범 적용함)

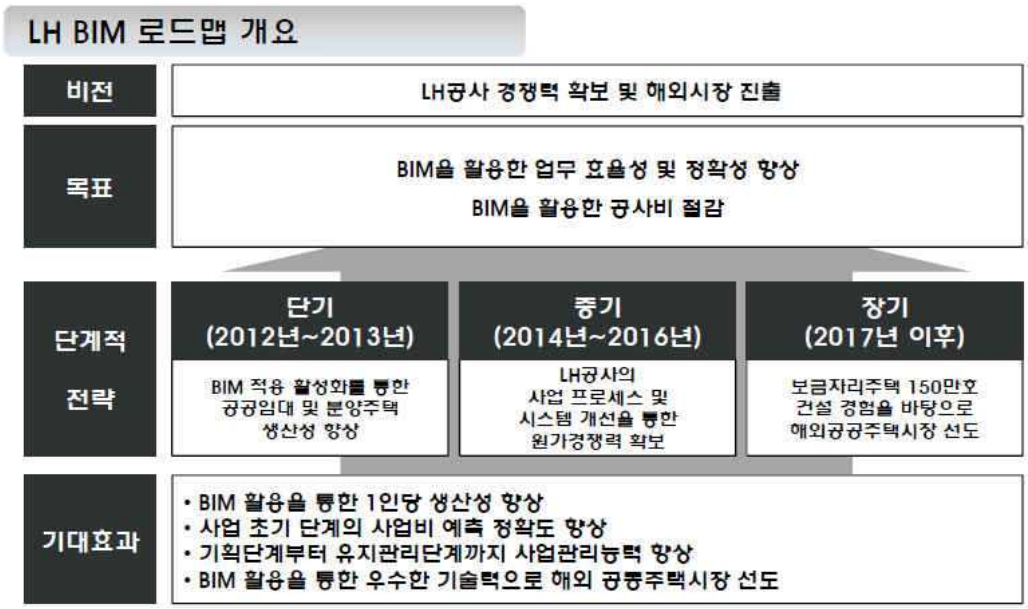


그림 2.2 BIM 도입을 통한 공동주택 경쟁력 강화 로드맵 및 전략(LH공사)

표 2.2 LH 공사의 단계별 로드맵 실행계획

구분	단 기 (2011 ~ 2012)	중 기 (2013 ~ 2014)	장 기 (2015 ~ 2016)
비전	**BIM기반의 선진기술력 확보**	**국내 공동주택사업 프로세스/시스템 개선**	**해외 공동주택시장 진출**
가이드라인	발주부터 활용까지의 역량강화를 위한 BIM 가이드 구축 ▶	전 사업단계 통합 가이드 구축 ▶	해외사업 확대 적용을 위한 BIM 가이드 구축
인력	내부TF팀 동시운영/ 외부전문인력Pool 확보 ▶	전 분야 전담인력 배치 및 역량 강화 ▶	BIM기반의 조직 개편
인프라	분야별 BIM Database 확보 ▶	국내 공동주택 표준 Library 구축 및 통합 ▶	국제 공동주택 표준 Library 구축 및 통합
시스템	업무프로세스의 부분적 개선 ▶	BIM 기반의 IPD 도입 ▶	BIM 기반의 IPD 정착
제도/법	BIM확산을 위한 제도 및 규칙 확립 ▶	BIM 정착을 위한 법/제도 개선 ▶	해외진출을 위한 법/제도 확립

- 국내·외 BIM 지침 및 공동주택 등 공공발주사업의 BIM 적용현황 분석
- BIM 기술 분야 선진국의 BIM 데이터 관리현황 및 활용분야 분석
- 공동주택 BIM 활성화를 위한 단기·중기·장기 비전 및 전략 마련
- LH 사업특성 기반 LH 사업 분야별 BIM 적용대상과 범위 도출
- 공공발주사업의 BIM 적용현황 국가 및 공공의 BIM 가이드, 지침 분석
- LH의 BIM 기술 활용을 위한 단기·중기·장기 비전 및 전략 마련
- 단계별 BIM 적용범위 및 발주, 작성, 평가 및 관리지침 도출
- 설계용역비 산정방안 및 지침 활용 방안 도출
- LH BIM 데이터의 활용성 극대화를 위한 표준규격 적용 방안
- 시범사업 수행을 위한 사업 시기, 범위, 내용, 규모, 공종, 단계 등 분류
- 발주 및 데이터 작성지침, 평가지침 적용방안 분석

- 시범사업 수행결과 분석을 위한 모니터링 및 수행결과 평가방안 제시

● 한국토지주택공사(LH)에서 발주한 행정중심복합도시 금강4교 건설공사로 주변 경관과의 조화를 위한 미관을 고려한 설계가 이루어졌으며 교량형식 측면에서 볼 때 국내 최초의 2면 하프형 콘크리트 사장교로 건설되었고 실시설계 단계에 간섭 및 시공성 검토 위주의 BIM이 적용되었으며, 3차원 모델 작성 시 교량의 주요 부재들의 형상정보를 구현



그림 2.3 행정중심복합도시 금강 4교 건설공사

표 2.3 BIM 적용 소프트웨어 현황

소프트웨어	적용내용	개발사
Revit Structure 2010	교량구조물의 구조적 모델 작성	Autodesk
Bridge Extension for Revit Structure	구조적 모델 작성의 자동화 지원	
Revit Architecture 2010	기타 부재에 대한 모델 작성	
Navisworks Manage 2010	간섭확인 및 공정시뮬레이션 구현	
MS-Project 2007	공정정보를 BIM 모델과 연계할 수 있도록 가공	Microsoft

- 교량의 주요 부재인 고주탑, 저주탑, P형교각, PSC박스 등의 형상 및 체적정보 구현을 통해 치수를 검증하고 연관된 도면과 사전 검토를 통해서 도면 정합성을 높여 성과의 품질을 향상시키며 시공오류를 줄이고자 하였다.

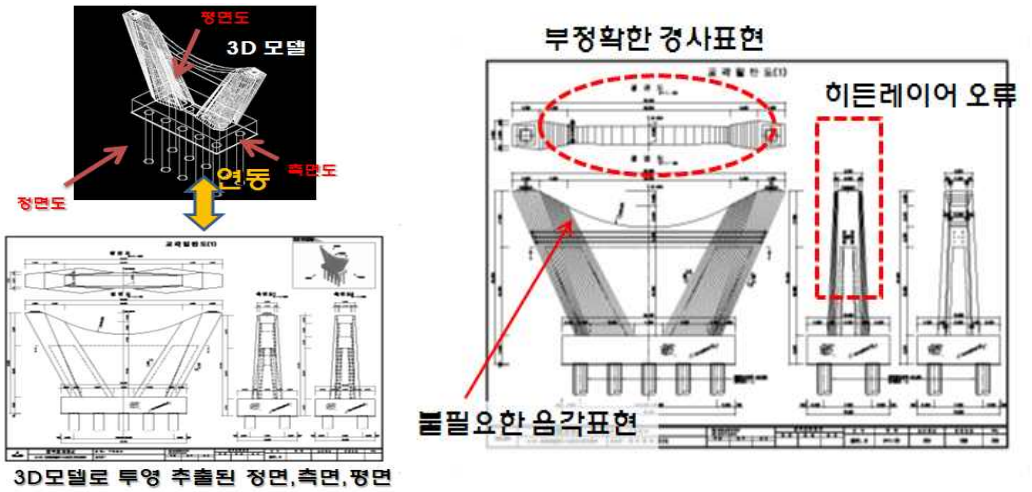


그림 2.4 교량 부재의 형상정보 모델

- 청풍대교 건설공사는 국내 첫 복합 사장교로 청풍호수는 연중 수위 변화가 심하고 수심이 40m에 이르는 등 사장교가 건설되기엔 열악한 조건을 지닌 곳이기 때문에 지형 여건과 기존 도로와의 연결성을 고려해 주탑과 주탑 사이의 주경간장(327m)에 비해 측경간장(57.5m)이 짧은 형태로 다리를 설계하였고 이를 위한 3D 공정 시뮬레이션을 적용하여 사전 시공성 검토를 통한 시공성 최적화 및 원가절감을 위한 설계를 지원

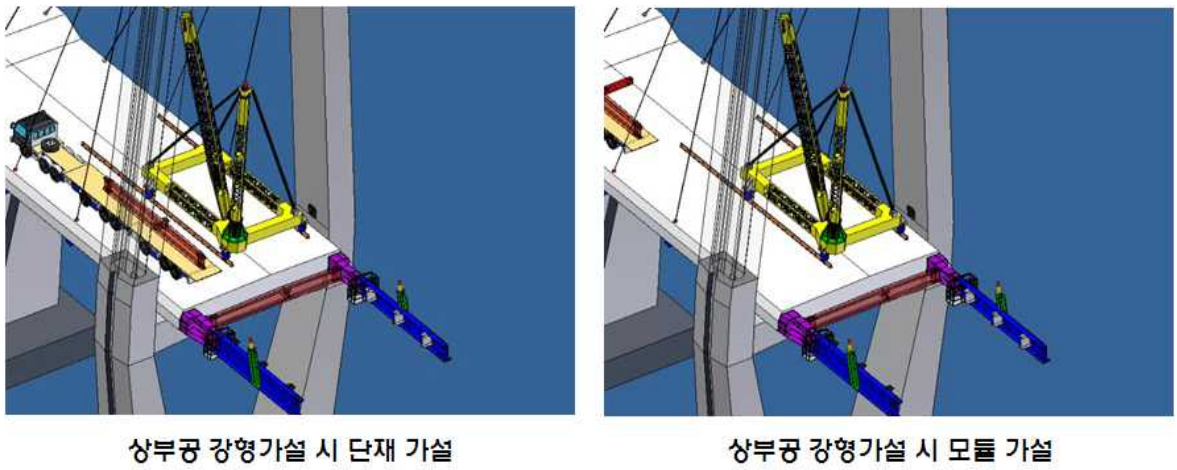


그림 2.5 청풍대교 건설공사

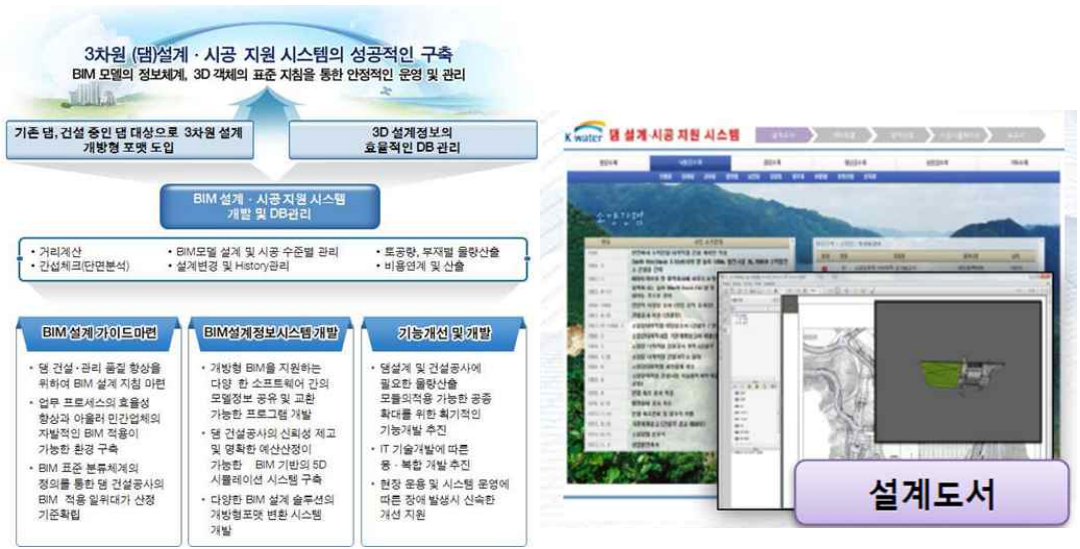
수자원공사의 K-water 전사적 BIM 도입방안 수립

전사적 BIM 도입 로드맵 구성

- 기존 댐의 3차원 모델화 및 관련 정보의 연계 시스템 구축하여 사내 정보 공유체계 마련
- 기존 댐의 3차원 모델화를 통한 현재상태 모델 구축 후 사업 이력을 포함한 종이 문서 스캐닝을 통해 전자 데이터화 후 공유체계 구축

비 전	전시적 건설기술 지원 체계 구축을 통한 K-Water 국제적 마케팅 강화 및 해외사업 성장 동력 마련		
목 표	K-Water 설계 · 시공성과 관리 체계 개선 방안 제시 전사적 BIM 다차원 설계기법 도입 방안 제시		
전 략	도입단계 (13~15년)	확정단계 (16~18년)	정착단계 (19~20년)
	댐 사업부분 선(先) 적용	수도 · 녹색사업 확대 적용	전사적 건설기술 지원 체계 구축
건설기술 세계화 선진기술 도입 조직지침 교육정비	기존 건설중인 댐 D/B 및 Feedback 시스템 구축 BIM 라이브러리 및 프로그램 개발 Pilot Project 수행조직, 발주지침, 교육제도 정비	사업별 건설기술 D/B 구축 및 Feedback 확장 · 연계 BIM 라이브러리 추가 개발 및 프로그램 확장 전사 BIM 팀 구성, 지침 개정 및 실무교육제도 정비	전사적 건설기술 통합화를 통한 글로벌 경쟁력 강화 선진기술 도입을 통한 예산 절감 실현 물 산업 전문가 구성 체계 확립

그림 2.6 K-water 전사적 BIM 도입 로드맵 (한국BIM학회 기획보고서)



● K-Water BIM 도입 범위 검토

- K-Water 전사적 BIM 도입 범위는 조사에서 유지관리 단계까지의 건설 단계별로 3D- visualization, 데이터의 추출, 부재의 간섭체크, 물량 및 견적 자동화, 4D 시뮬레이션 등 BIM의 일반적인 범위와 각 사업별(댐·수도·단지)로 도입될 수 있는 특징적인 범위로 설정하고 분석한다. 다음 **[표 5-2]**는 각 사업별 특성에 따른 BIM 범위에 대해 정리하여 제시함.
- 구조 안정성 해석의 3차원 정보모델 활용
- 수방시설이 능동형 재난관리
- BIM 기반의 토공 물량 산출
- 3차원 기반의 최적 토공 이동 계획
- BIM 기반의 계측시스템 관리
- 발주자형 BIM 프로그램 필요성 분석

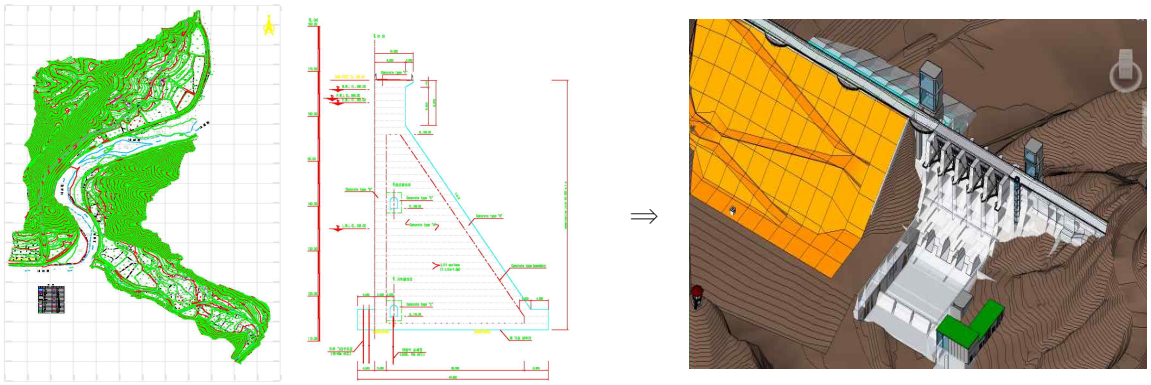
표 2.4 K-water 각 사업별 특성에 따라 도출된 BIM 적용 방안

구분	내용
댐 사업	▪ 기초지반의 안정성 ▪ 지반 그라우팅의 시공 방안 ▪ 댐 전도·활동·지지력에 대한 안정성 ▪ 댐 제체의 정적·동적 하중에 대한 안정성 ▪ 수방시설의 능동적 재난관리
수도 사업	▪ 관망 해석 ▪ 유수율 제고
단지 사업	▪ 지형데이터(위성 DEM)와 연계한 3D 지형 생성 및 지질조사 정보를 활용한 지층 생성 ▪ 토공유용계획을 적용한 토공량 및 용토량 산출의 자동화

● BIM 시스템 적용사례

- 궁극적으로 설계초기에 주요 의사결정의 다각적 검토가 가능한 다차원 호환 플랫폼인 발주자형 BIM 프로그램을 개발하고 이를 위한 BIM 적용 프로세스 기반의 조성이 필요하며 K-water BIM 프로세스에 대한 단계별 적용 방안을 도출

- 직접적인 3D 디지털 방식이 아닌 기존 2D 도면(실시설계 최종도면)을 3D 모델링 Tool인 Microstation, Revit 등을 사용하여 3차원 도면 작성을 수행하여 수정 사항 발생 시 2D 도면 작업이 선행되어야 했다. 또한, 3D 정보모델(Parametric Model) 작성을 통한 라이브러리 구축이 이루어지지 않아 설계 과정 이후 시공 및 유지관리 과정에서의 지속적인 활용이 되지 못했음.



지형 및 구조물 실시설계 도면 (2D) 3D 작업 (Revit Structure 2010)

그림 2.7 3D 작업방식의 예시 (영주다목적댐)

- K-water 사업별 BIM 도입 현황으로 수자원, 수도 사업에 적용된 3D 설계에 대한 내용이며 4대강 사업의 일환으로 영주·보현산 다목적댐 건설공사에도 동일하게 적용되었다. 주로 적용된 내용은 3차원 시뮬레이션과 공정관리시스템 구축이며 사용된 솔루션은 과업부문별로 상이한 것으로 나타남.

표 2.5 사업별 BIM 도입 현황

과업명		적용내용	구현방법
낙동강 살리기 사업	18공구(함안보)	▪ 3D 주행 및 시공 시뮬레이션 – 3D설계 : Microstation V8i – 렌더링 : 3Ds MAX ▪ 현장 공정관리 프로그램 – 3D설계 : Microstation V8i – 공정계획작성 : Premavera P3	▪ 인터넷 기반 구현 – 시스템 환경 : Virtools – www.river4d.com – 시공사 운영 – 감독원 사용 불가
	20공구(합천보)		
	22공구(달성보)		
	23공구(강정보)		
경인운하 2공구 사업 (경인아라뱃길)		▪ 3D 시운전 및 시공 시뮬레이션 – 수문조작, 선박통항 등 – 3D설계 : Microstation V8i – 렌더링 : 3Ds MAX ▪ 현장 공정관리 프로그램 – 3D설계 : Microstation V8i – 공정계획작성 : Premavera P3	
영주다목적댐 건설공사		▪ 3D 주행 및 시공 시뮬레이션 – 3D설계 : Revit Structure 2010 – 렌더링 : 3Ds MAX, Quest 3D ▪ 현장 공정관리 프로그램 – 3D설계 : Revit Structure 2010 – 공정계획작성 : V-CPM	▪ 하드디스크 실행 파일 구현 – 데이터 용량 과다 – 별도 구동 PC 납품 – 시공사 운영 – 감독원 사용 가능
보현산다목적댐 건설공사		▪ 3D 주행 및 시공 시뮬레이션 – 3D설계 : Microstation V8i – 렌더링 : 3Ds MAX ▪ 현장 공정관리 프로그램 – 3D설계 : Microstation V8i – 공정계획작성 : IPMS	▪ 인터넷 기반 구현 – 시스템 환경 : Virtools – www.kwaterbim.com – 시공사 운영 – 감독원 사용 불가
대산임해산업지역 공업용수도 건설공사		▪ 3D 간섭 및 시공 시뮬레이션 – 설비 및 배관 간섭 검토 – 3D설계 : Revit Architecture 2010 – 렌더링 : 3Ds MAX, Quest 3D ▪ 현장 공정관리 프로그램 – 3D설계 : Revit Architecture 2010 – 공정계획작성 : V-CPM	▪ 하드디스크 실행 파일 구현 – 데이터 용량 과다 – 별도 구동 PC 납품 – 시공사 운영 – 감독원 사용 가능

한국철도시설공단

- 한국철도시설공단에서 발주한 호남고속철도 건설사업 2006년 착공하여 2017년까지 완료된다. 서울에서 충청북도 청원군 오송까지는 기존의 경부고속철도를 공용하고, 분기점인 오송에서 목포시까지의 총 230.9㎞ 구간을 신설하는 프로젝트의 기본계획 시 경관·노선검토·모의주행을 위한 시뮬레이션과 부재의 간섭확인을 위해 BIM을 적용.

  – 오송~광주 구간의 고속철도 노선 중 금강교 가설을 위한 시뮬레이션으로 행정중심 복합도시에 인접하여 금강을 횡단하므로 주변 경관과의 조화 등 미관을 고려한 설계가 필요하여 경관 시뮬레이션을 적용.

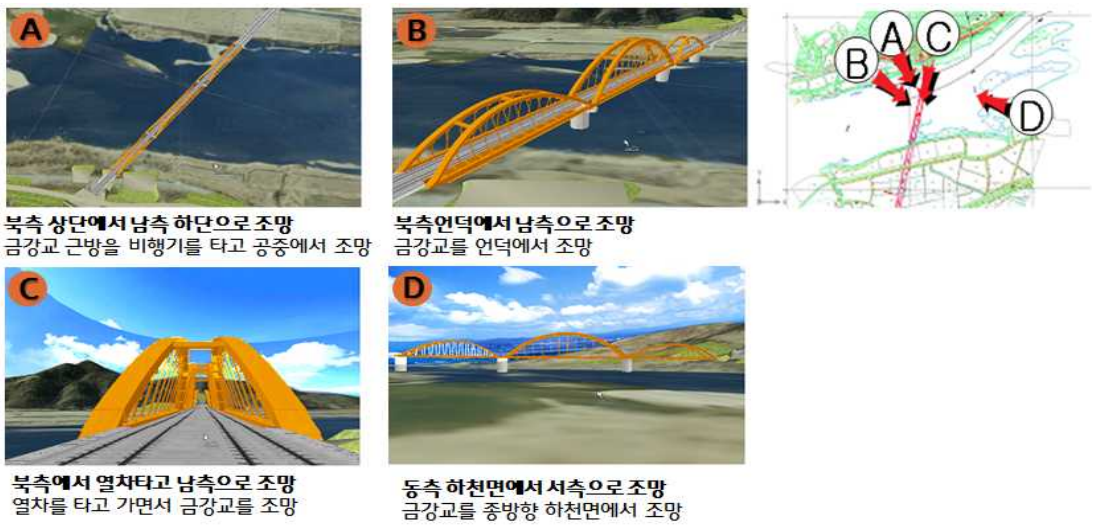


그림 2.8 금강교 주행 및 경관 시뮬레이션 적용 사례

– 또한, 서울~오송 구간의 노선은 경부선 및 중부내륙 인입철도와 지하화 터널의 교차에 대한 노선 검토, 시공성 검토를 위한 주행 시뮬레이션을 적용.



그림 2.9 기존 노선과의 교차 상황 검토

- 시공 전 슬라브 철근 배근·이음새, 교량·터널·사갱 철골에 대한 시각적 간섭확인을 적용하였으나 상기 국외사례의 충돌방지 자동화와 같은 기술적 검토는 이루어지지 않았으며, 적용범위도 일부에 국한되어 공사비용과 시간에 관련된 기대효과는 전무하였음.

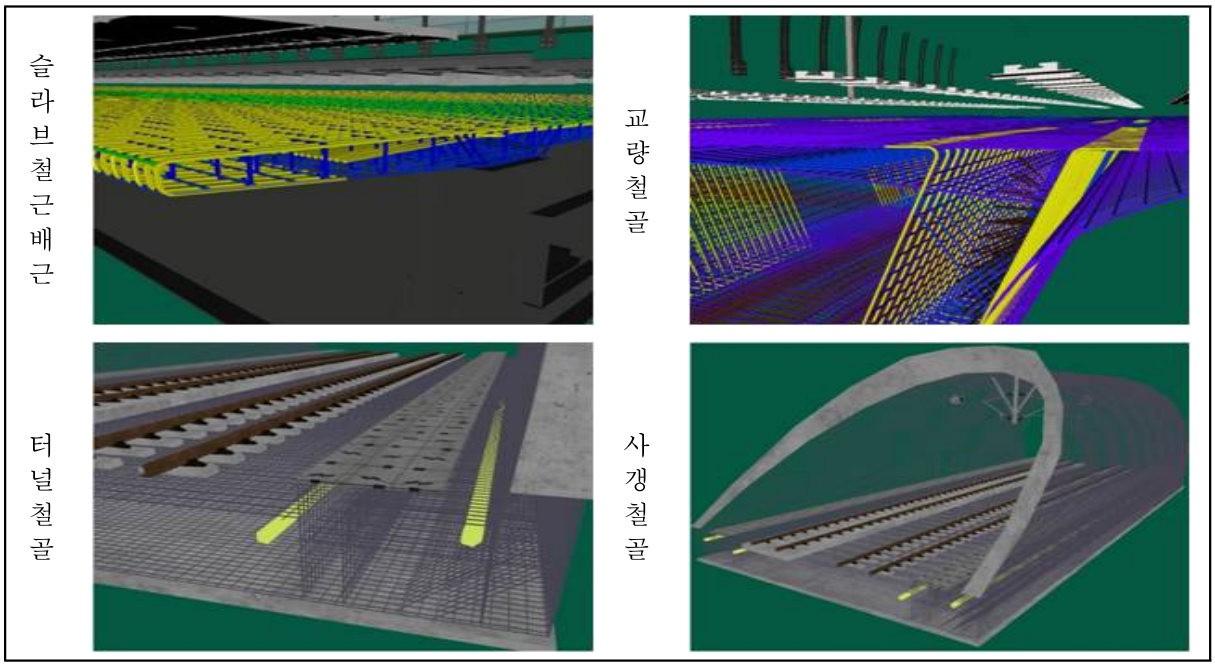


그림 2.10 철근 및 철골 부재에 대한 시각적 간섭확인

- 실시설계 단계에서 모의 운행을 통해 신호등의 위치와 시야 확보 등 운행 편의 확보, 운용성 검토를 수행하였음.



그림 2.11 모의 운행 시뮬레이션

민간기업의 BIM 현황

- Roy Hill PJT는 호주 북서부에 위치한 Pilbera지역의 철광석 광산개발 사업이다. 연간 철광석 생산량은 5500만 톤으로 예상한다. 과업은 4가지의 Package

로 구분되어 Package 1은 Mine 플랜트공사, Package2는 340km 철도공사, Package3는 Mine 플랜트 공사, Package 4는 항만시설 공사로 분리되어있다. 본 과업은 각 Package별 3D 모델을 작성하여 간섭, 수량 및 4D를 수행하여 실제 시공부분에 활용.



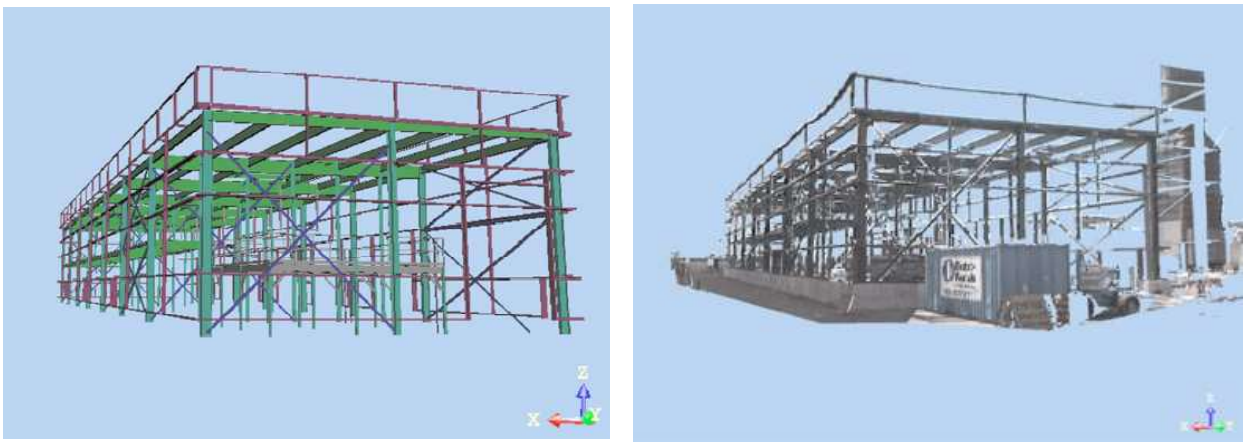
그림 2.12 BIM 기반 해외 프로젝트 관리 시스템

- 한국철도 시설공단에서 발주한 수서-평택 도시고속철도 사업은 총 61.119km의 공사 구간으로 총 12개 공구로 이루어져 있다. 2008년부터 사업을 시작하였으며 동탄 정거장은 제 5공구에 해당된다. 본 과업은 2013년 9월 정거장 지하화에 따라 터파기 공사에 따른 가시설, 정거장 구조물, 장비, 토공 및 철근 3D Modeling, 수량산출, 간섭검토 및 4D 시뮬레이션에 BIM을 적용하였으며, 협소한 지하 공간에서의 장비 이동과 타설 계획들에 BIM 기법을 활용하여 초기의 시공 검토용 BIM을 거쳐 시공 상세도면까지 BIM을 적용하여 활용.

- 삼성(중국) 반도체 유한공사에서 발주한 M(Michigan) Project는 중국 시안에 반도체 단지를 신설하는 사업으로 2012년에 착공하여 M-Project를 거쳐

TEN-Project등으로 확장하고 있다. 신설단지에 들어서는 도로와 상·하수도 및 전기·총신관로를 3D 모델링하였으며, 시공 시 발생될 수 있는 간섭 등의 설계 오류부분을 BIM을 통하여 해결하였다. 또한 BIM Data를 이용한 수량 산출과 2D 시공도면을 생성하여 공사에 적용.

- 최근 설계 및 계획 단계에서의 BIM의 적용 뿐 아니라, 시공 및 유지관리 단계에서의 효율성을 높이고자 BIM과의 시너지 효과가 기대되는 3D Reconstruction 기술의 도입이 추진되고 있음.
- 실제 시공된 구조물의 정보가 보다 정확하게 반영된 BIM 모델의 생성을 위하여 다양한 센싱 기술을 활용한 연구들이 진행되고 있다. 이러한 기술을 바탕으로 생성된 기성 구조물 정보와 계획 단계에서 작성된 BIM 모델을 비교/분석함으로써 보다 정밀한 품질관리 또한 기대해 볼 수 있음.



(a) BIM 모델 (b) 레이저 스캐닝 결과

그림 2.13 철골 구조의 BIM 모델 및 레이저 스캐닝 데이터

- 레이저 스캐닝 - LiDAR/LADAR (Light/Laser Detection and Ranging)는 Time-of-flight(TOF) 방식: 레이저 빔을 물체 표면에 조사하고 그 빔이 반사되어 돌아오는 데에 걸리는 시간을 측정하여서 시간을 측정함으로써 빔을 조사한 레이저 스캐닝 센서와 물체 간의 거리를 계산하는 방식으로 시설물의 형상 정보를 기존의 수작업과는 달리 신속 정확하게 얻을 수 있고, 측정 가용거리가 최대 1000m에 이르며 3~6mm의 정확도를 갖기 때문에 레이저 스캔 데이터를 이용한 BIM 모델 생성이 활발하게 시도되고 있음.

i. 레이저 측량

- 레이저 빔은 구조물을 투과하지 않기 때문에 다양한 위치 및 방향에서의 스캐닝 필요
- 레이저 스캐닝은 조사하는 빔의 수에 따라 수만 개의 3차원 좌표로 이루어진 point cloud 데이터를 제공한다.

ii. 데이터 정합: 각기 다른 위치와 방향으로부터 얻어진 다수의 point cloud 데이터를 하나로 통합하는 과정

- 불필요한 데이터를 수작업 또는 자동으로 제거하는 필터링 작업이 필요
- 정합의 기준이 되는 특정 control point들을 수작업으로 지정하여야 하는 과정 또한 필요

iii. BIM 모델링: BIM 모델링을 위해서는 이 point cloud로부터 구조물의 형상(선, 면) 데이터를 생성하는 단계

- 대부분 수작업으로 진행되고 있으나, 자동화를 위한 연구들이 활발하게 진행되고 있어 자동화 비율이 향후 크게 증가될 것으로 기대됨
- 부분적인 3D 좌표 집합의 패턴인식을 활용하여 평면이나 파이프 형태의 곡면을 생성하는 연구들이 진행된 바 있음
- point cloud와 설계 BIM 모델의 중첩을 통해 기둥, 보 등의 요소들을 자동 생성하는 연구가 진행된 바 있음

– 이동식 레이저 스캐닝 시스템이 자주 활용되는데 고정식 스캐닝은 폐색 지역의 배제, 균등한 point cloud 수집을 위하여 여러 번 위치 및 방향을 변경하여야 하므로, 폐색 지역이 많은 실내 공간의 3D 모델링에는 자동 정합이 가능한 이동식 레이저 스캐닝이 효율적임

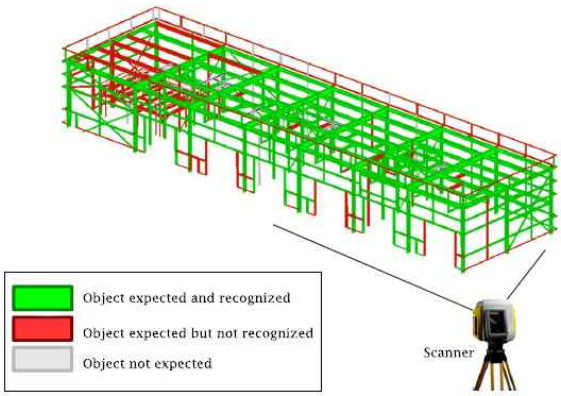


그림 2.14 철골 보, 기둥 요소 인식

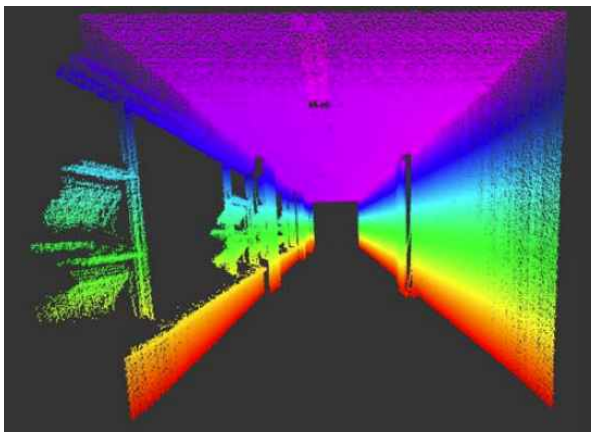
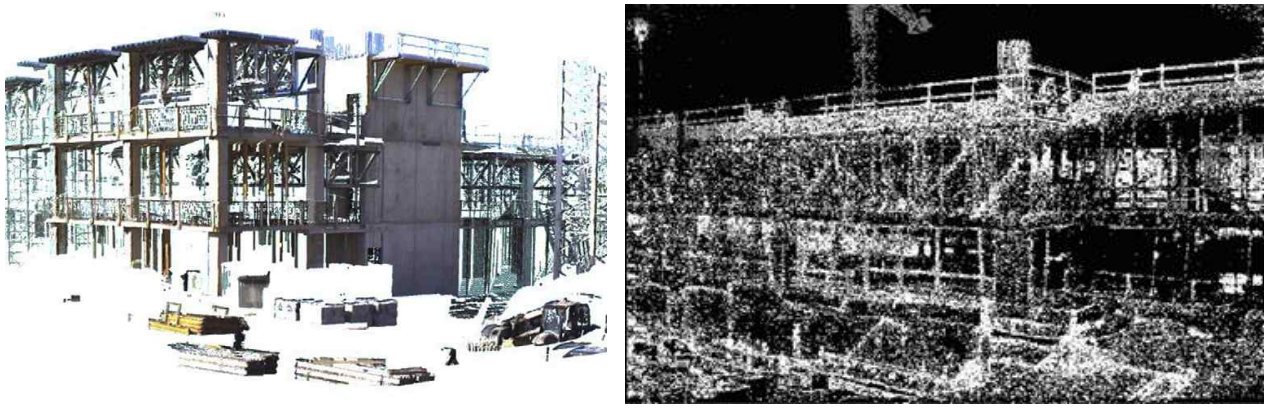


그림 2.15 이동식 레이저 스캐닝 결과

- Photogrammetry는 레이저 스캐닝의 단점(높은 소요 시간/비용)을 보완하는 대체 기술로서 제안되었고 LADAR/LiDAR와 같이 구조물 표면의 3D point cloud를 생성한다. 단일 카메라와 스테레오 카메라, 그리고 고정 카메라와 이동 카메라 등 다양한 카메라 시스템 가능함.
  - 단일 카메라를 사용할 경우, 이동 시스템일 경우에만 3D 정보 추출이 가능한 반면, 스테레오 카메라는 고정된 시스템에서도 3D 복원 가능
- LADAR/LiDAR가 3D 좌표를 곧바로 제공하는 데에 비해, 카메라 기반 시스템은 수집된 사진 또는 영상으로부터 3D data를 계산하는 신호처리가 필요
  - 카메라만을 이용하기 때문에 저비용이며, 사용이 용이함
  - LADAR/LiDAR의 스캐닝에 비해 현저하게 적은 시간 소요
  - LADAR/LiDAR 결과에 비해 3D 좌표의 정확도가 낮고, data 수가 적음 ==> 고해상도 카메라와 높은 사양의 컴퓨터 프로세서의 개발에 따라 이점은 조금씩 보완될 것으로 기대됨
  - Photogrammetry는 LADAR/LiDAR와 달리 매끈한 질감의 면으로부터는 point 데이터를 얻기 힘듦 ==> 최근 point가 아닌 edge(선) 기반의 photogrammetry가 제안되고 있음



(a) LADAR를 이용한 point cloud (b) 스테레오 카메라를 이용한 point cloud

그림 2.16 Point cloud 결과

- 이동하면서 촬영한 영상을 이용하여 3D point cloud를 생성하는 방법은 photogrammetry 기법을 매 프레임에 적용하여 보다 많은 data 수집 가능
- 실무적으로는 공사 진도 관리를 위해 photogrammetry에 의한 3D point cloud 데이터와 설계 BIM 모델을 비교/분석하는 연구가 발표된 바 있음.

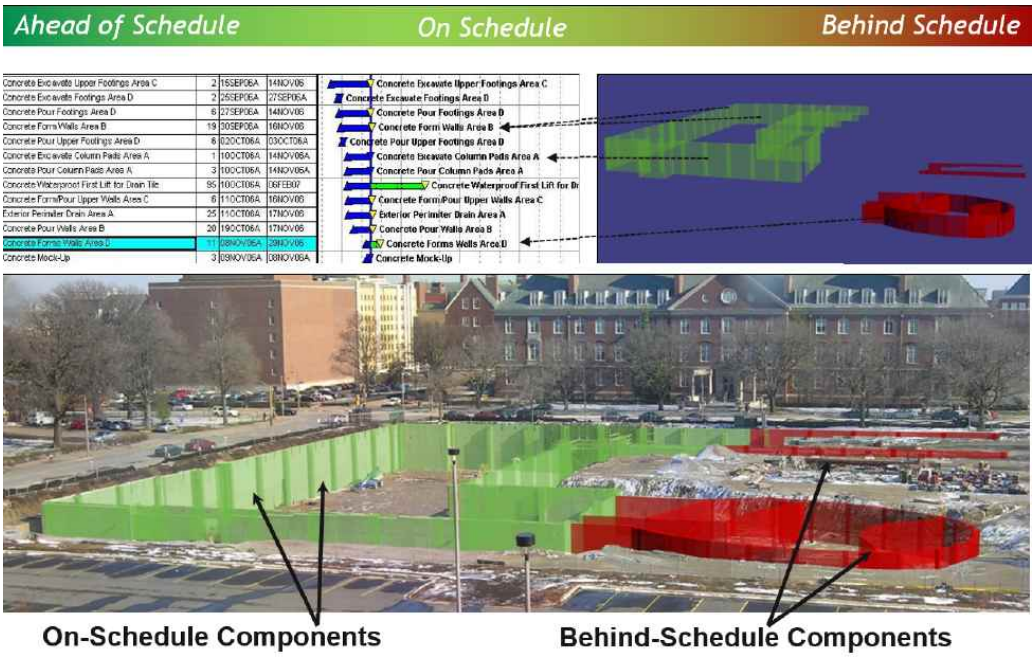


그림 2.17 4D 설계 BIM 모델과 time-lapse 사진의 중첩을 통한 진도 관리

– **증강 현실 기술**은 건설 품질관리의 주요업무 중 하나인 검측업무의 단순화 및 효율화를 위해 모바일 컴퓨팅 및 증강현실(Augmented Reality: AR) 기술 활용에 대한 연구가 진행됨

○ 사용자가 눈으로 보는 현실세계에 가상의 물체나 정보를 겹쳐 보여주는 기술

○ 건설산업에 BIM이 도입되면서 건설분야에서의 증강현실에 대한 관심 높아짐 (BIM 모델이 가상의 물체 및 정보를 함유)

○ 카메라 및 영상처리 기술의 향상과 함께 AR 기술 활용에 대한 기대감 높아짐

○ 카메라 영상과 BIM 모델이 각각 현실세계와 가상의 정보를 제공

○ 이들의 정합을 통해 카메라 영상 속의 구조물에 대한 설계 데이터를 바로 검색할 수 있으며, 시공 상태와 설계 데이터 간의 차이를 검토할 수 있는 시스템까지 기대해 볼 수 있음

○ BIM 모델과 카메라 영상 간의 정합: 카메라 상에 나타난 구조물 요소와 BIM 모델 간의 매칭

- 주요 요소에 특정 marker를 부착시켜놓고 marker를 자동 인식하는 영상처리 알고리즘을 구현하여 해당 요소를 인식하는 방식
- 카메라가 탑재된 태블릿 PC의 GPS(Global Positioning System)나 gyroscope 등의 센서들을 연동하고 카메라의 위치 및 시선각도를 실시간으로 계산하여 현재 카메라 뷰를 BIM 모델에 정확하게 매핑시키는 방식

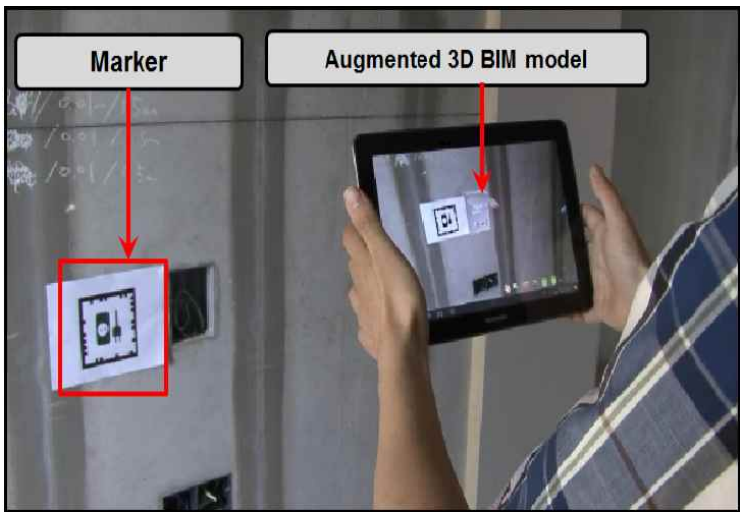


그림 2.18 태블릿 PC를 활용한 증강현실 시스템

- **위치 추적 시스템은** 건설 인력, 장비, 자재들의 실시간 위치 데이터는 체계적인 진도 관리, 현장 안전 관리, 생산성 분석, 공정 관리에 중요한 정보로 활용 가능하여 BIM 모델과 연계가 가능해진다면 현장 상황을 보다 효과적으로 시각화(visualization)할 수 있을 것으로 기대됨

■ 무선주파수 기반 위치 추적 시스템

○ 건설현장 위치추적 시스템으로 무선 주파수 기술을 기반으로 한 RFID(Radio Frequency Identification), GPS, UWB(Ultra Wide-Band) 등이 주목을 받아왔고, 이들의 활용을 위한 꾸준한 연구가 진행됨

○ GPS

- 실외에서의 추적만이 가능하며, 주로 건설 중장비의 추적에 적용
- 비교적 저렴한 가격의 일반 GPS는 약 10m 정도의 오차를 보일 정도로 정확도가 떨어지며, 높은 정확도를 위해서는 kinematic GPS의 사용이 필연적이지만, 비용이 높아 많은 수의 개체를 추적하기에는 아직 무리가 있음
- 중앙 모듈과 센서들의 설치에 소요되는 많은 시간과 비용이 단점

○ RFID

- RFID 태그, 리더, 데이터 관리 시스템으로 구성되어 있으며, 리더와 태그가 일정 거리 이내로 근접하면, 태그의 ID가 리더로 전송되며, 전송된 시간이 같이 저장되어 데이터 관리 시스템에 보고됨 (연속직인 위치 추적이 아니라, 리더가 태그에 근접해 있을 때에만 그 대략적인 지역을 제공)
- 중요 자재들이 현장에 조달되고 설치되는 과정을 모니터링하기 위하여 자재에 RFID 태그를 설치하여 정해진 소수 위치에 이를 때마다 리더로 읽음
- 품질 관리, 건설 중장비들의 충돌사고 방지 등에 적용



그림 2.19 개체별 tagging이 필요한 무선주파수 기반 시스템

○ 무선주파수 기반 시스템의 단점

- 추적하고자 하는 개체마다 센서(sensor)나 태그(tag)를 부착하여야 함
- 추적 개체 수가 늘어남에 따라 소요비용이 늘어나게 되며, 정해진 기간마다 센서들을 회수하고, 다시 부착하는 번거로움을 감수해야 한다.

■ 영상 기반

○ 센서나 태그를 필요로 하지 않으며 카메라와 영상처리를 위한 전산 프로세서 외에는 별다른 장비를 필요로 하지 않기 때문에 비용 면에서 효율적이며, 장비의 설치 역시 간단하여 시간 면에서도 효율적

○ 영상 기반 위치추적을 건설 현장에 적용한 연구

- 현장 안전관리를 목적으로 건설인력을 추적하는 연구
- 타워크레인에 의해 운반되는 콘크리트 버킷을 추적하여 생산성 산출에 적용한 연구

○ 3차원 좌표를 계산해 주는 3D 위치 추적 시스템

- 두 대의 카메라로 구성된 스테레오 카메라 활용
- 추적하고자 하는 개체들을 자동탐지하는 object detection에 대한 연구가 활발하게 진행됨
- 다수의 개체들을 동시 자동 추적하기 위해서는 추가적으로 도입되어야 할 알고리즘 및 단계들이 있으며, 실제 복잡한 현장의 영상에 대한 검증은 아직 미비한 상태



그림 2.20 건설 인력 및 장비의 위치추적

2.2 기술 및 정책 조사

▣ 정부 부처의 BIM 관련 추진 현황

– 제5차 건설기술진흥 기본계획(2013~2017) – 2012년 국토부 보도자료

전략 1 : 건설기술 경쟁력 기반 구축

기술인력분야 **글로벌 환경에 맞는 인력관리, 시장친화·미래형 교육**

○ **건설기술인력 수급예측시스템**과 해외건설 **경력자 DB**를 **구축**하여 **자발적 구인·구직 매칭** 및 청년 및 전문 기술인력 양성 체계 마련

○ **학력·자격·경력**을 종합한 **'역량지수'로 기술력 평가**

○ 교육원·협회 등을 통해 **해외건설기술 교육인원**을 **순차 확대, 토목-플랜트** 등 분야간 **전환교육** 및 **해외현장 훈련**(OJT) 지원

○ 新에너지·BIM 등 **미래유망산업 전문 교육프로그램** 운영

건설정보분야 **정보표준화 및 통신기술(ICT) 융복합 연구 촉진**

○ 건설CALS 표준의 적용범위를 확대하고 시방서·품셈체계와 연계를 통해 정보 호환성 개선

○ 토목분야 BIM 도입 기반을 마련(설계도서 작성·납품 체계 등), 대용량 데이터(Big-data)의 속성정보 활용기술을 개발·보급

○ 건설정보와 첨단 ICT 기술을 융합한 선진 건설공사관리 기법 도입

R&D·신기술분야 **Green·Smart 건설기술개발, 기술실용화**

○ 첨단재료·프로세스 등 건설기술분야 R&D를 지속 추진하고 건설ENG 역량제고에 필요한 과제를 단계적으로 발굴·지원

○ 저영향개발(LID) 기법을 공공사업에 적용하고 시설물별 全생애주기 온실가스 관리 강화

○ 대형 실험인프라를 구축하여 공동 활용하고 민간이 개발한 기술의 사업화 예산지원 확대 [('12) 40억→('14) 50→('16) 60]

전략 2 : 건설 단계별 '소프트' 역량 강화

계획·설계단계 **기술력 중심 발주·심의, Global·User지향 기준 정비**

○ 건설엔지니어링 경쟁력 강화를 위해 설계·감리·CM을 유기적으로 통합하고 ENG 능력평가를 실시

○ 기술력 중심의 기술제안입찰을 활성화, 낙찰자 결정방식 다양화

○ 기업부담을 완화하고 공생발전을 지원하는 설계용역 PQ 정착

○ 설계·시공기준을 코드화하고 녹색·첨단기술을 반영하여 기준의 컨

텐츠를 **총체적 정비**

시공관리단계 **현장 밀착형 품질·안전관리, 녹색체질 강화**

○ ISO 등 국제표준에 맞는 **품질관리체계**(품질경영·평가 등)를 **정립**하고 **품질교육 및 공사현장**에 대한 **인증제** 도입

○ **전국단위**의 **시공종합평가**를 실시하고 **전문기관**이 통일된 기준에 따라 **안전관리계획 심사**하도록 개선

○ **건설현장**의 특성에 맞는 **강우유출수 및 오염인자**(토사, 소음·진동, 비산먼지 등) **모니터링**을 **강화, 환경관리 점검체계 마련**

시설물관리단계 **선제적·국민체감형 시설물 유지·안전관리**

○ **자산가치 개념**에 따라 **시설물**을 **관리**하고 도출된 **취약요소**를 **설계·시공단계로 피드백**하는 **선순환적 유지관리** 강화

○ 시설물 정보를 **BIM 기술과 연계**하여 체계적으로 관리하는 '**스마트 유지관리 기법**' **개발·보급**

○ **소규모 시설물**에 대한 **안전관리 기준**을 **도입**하고 '**시설물 안전점검 기동반**'을 **활성화**해 시설물 안전에 대한 **국민 신뢰 제고**

전략 3 : 글로벌 시장을 겨냥한 역량 결집

해외진출지원 **全방위적 건설ENG 해외진출 지원체계 구축**

○ 국내 ENG기업의 해외진출에 유리한 **전략국가**를 **선정**하고, 해당 국가의 **법·제도 연구**를 통해 **진출전략 수립**, 정보 제공

○ **EU・아시아 등** 주요국과 **정부간 '건설기술협력회의'**를 **운영**하여 **정책・기술 교류** 및 **민간**의 **사업참여 지원**

○ **FEED, PMC** 개념을 **응용**한 사업모델을 **공공분야**에 **시범 적용**하여 **기획・설계** 등에서 글로벌 경쟁력을 갖춘 **원천기술 배양**

* PMC (Project Management Consultancy) : 프로젝트 종합관리
** FEED (Front-End Engineering and Design) : 개념・기본설계

○ 해외 ENG 수주역량 강화를 위하여 **프로젝트 타당성조사**(F/S), **발주청 인사 초청**, 현지 **수주교섭・조사활동 지원**을 **지속 확대**

* 국토해양전자정보관(CODIL)을 통해 기업이 필요한 사업・인력 정보 제공, 금융소싱 다양화, 보증・보험 지원 등 리스크 관리 병행

- 정부가 중점적으로 추진하는 창조경제에 부합하고 우리 사회가 당면한 고령화 문제, 숙련 인력 부족, 해외 시장 진출 지원, SOC 예산 축소, 시설물 노후화 등의 복잡한 상황에 대처하기 위한 핵심 기술로 BIM이 대두되고 있음.
- BIG DATA, 사물인터넷 등 새로운 정보 혁신의 흐름에 건설 산업이 능동적으로 대처하기 위해서는 단순한 하드웨어 산업을 넘어 서비스 영역으로의 연계가 필수적이고 건설 이외의 분야로 서비스 영역을 확장하기 위해서는 대규모 시설물 정보를 체계적으로 관리하고 활용할 수 있는 정보의 틀이 갖춰져야 함.

해외 BIM 관련 정책

영국 BIM 도입 전략

- 영국 Crossrail project에서의 협업은 모든 절차에서 BS1192를 준용하였으며 협업 솔루션을 적절히 활용하여 이전보다 35% 빠르게 진행되어 280만 파운드를 절감하였다고 보고됨 (URS Scott Wilson, 2010). 프로젝트 진행시 각 모델 파일에 대한 무결성을 체크 (예를 들어 좌표계, 작업 단위, 도면 층, 속성, 레퍼런스 도면, 태그 등을 체크해 에러를 미리 제거)하여 생산성 증대를 도모함.

- 다양한 산업에서 IT기술을 활용하여 공통된 플랫폼을 구축하고 프로젝트를 진행함으로써 수반되는 비용의 감소와 오류 발생의 확률을 점점 낮추어 가고 있다. 그러나 건설 산업에서는 이러한 디지털 기술 요소를 100% 채택하는 것의 어려움에 직면하여 진행 속도가 더딘 것이 일반적이다. 이를 해결하기 위하여 영국 정부는 체계적인 BIM 기술 도입을 위한 로드맵을 수립하였으며 향후 사회 안전망을 구축함과 동시에 이에 따른 제반 비용을 최대 20% 줄이는 것을 목표로 하고 있음.
- 또한 영국 정부는 BIM 기술의 활용도를 높이기 위해 “Push & Pull” 전략을 활용하고 있다. 건설 산업계(Industry Push)와 정부(Client Pull)가 주축이 되어 진행중이며, 그림 2.21과 같이 Push는 프로젝트의 공급체인 구성원을 밀어주고 지원하는 것에 관한 것이며 표준, 지침, 교육지원 등을 포함하고 있다. Pull은 BIM 관련 정책과 법을 제정하고 BIM 정보 명세화 등을 통한 요구사항을 정의하여 기술 활용을 요구하거나 유도하는 역할을 한다. Push & Pull 정책의 세 가지 핵심 성공 요인은 BIM 활용 이점에 대한 명확한 인식과 건설 산업계의 전반적인 BIM 도입 및 활용이며, 마지막으로 건설 프로젝트의 공급망(supply chain)시스템에 대한 BIM 도입으로 규정하고 있다. 또한 건설 프로젝트의 공급망과 BIM 기술 연계에 따라 발생할 수 있는 각 프로젝트 단계별 이해 관계자들 간의 정보 공유와 연계의 문제점을 해결하고자 노력하고 있음.



그림 2.21 BIM 도입을 위한 "Push & Pull"전략 개념도

● B/555 Roadmap

- 영국 내각은 그림 2.22의 “Building Information Modelling Working Party Strategy Paper (2011)” 에서 그림 2.23과 같은 BSI의 B/555 위원회에서 개발한 “영국 BIM 로드맵”을 제안하였다. B/555 위원회는 자국 건설 산업의 정보 교환 방법의 국제 표준에 중점을 두었으며 BIM 로드맵을 작성하기 위하여 BIM 성숙도 개념을 도입하였다. BIM 로드맵에 적용된 성숙도 개념은 그림 2.22와 같이 Level ‘0’ 부터 ‘3’까지 BIM 적용단계 또는 수준에 맞는 기술을 정의하고 각 수준에 부합되는 프로젝트와 계약에 적용될 수 있는 기준을 제시하기 위해 사용되었다. 각각의 성숙도 단계는 협업 수준에 따라 구분되어 있으며, 도구와 기술에 대한 이해도를 포함하고 있음.
- 위의 Roadmap을 구체화하기 위한 BIM의 성숙도 Level은 ‘0’에서 ‘3‘까지 총 4단계로 구성되어 있으며, Level 0은 2D CAD, Level 1은 3D 모델링 수준, Level 2는 BIM 프로세스 수준, Level 3은 통합 BIM 수준을 의미한다. 각각의 성숙도 단계는 기술적 수준, 협업의 정도, 프로젝트에서 BIM의 활용 과정에 대한 이해 정도에 따라 아래와 같이 레벨을 구분함.

- Level 0 : 종이에 기반을 둔 2D 형태의 CAD 작업으로 데이터 교환 메커니즘이 포함되지 않는 도면 수준
- Level 1 : BS 1192:2007 정의에 따른 2D 또는 3D 캐드로 일반적인 데이터 환경에

대한 협업을 제공하는 수준으로 표준 데이터 구조와 포맷을 사용하고 상용 데이터 관리 및 통합되지 않는 상황에서 비용 관리가 가능한 수준

- Level 2 : 제출된 데이터를 활용할 수 있는 BIM 도구를 이용하여 3D 환경으로 4D 공정관리뿐만 아니라 5D 공사비관리를 수행할 수 있고 자원관리도 조직의 ERP(Enterprise Resource Planning) 시스템과 연계 가능한 수준
- Level 3 : IFC/IFC 표준을 준수하며 통합이 웹서비스를 통해 건설 프로젝트의 협업을 수행할 수 있는 최종단계로 완전 개방 프로세스와 iBIM 혹은 통합 BIM을 이용해 동시 공학적 프로세스가 가능한 수준

- 위의 성숙도 모델에서는 그림 2.24와 같이 프로젝트를 진행하는데 있어 일관된 해결책을 제시하기 위한 다양한 기준과 관련 Tool을 정의하고 표 1과 같이 각 단계별 자세한 업무 지침에 대해 명시하고 있다. 현재 영국의 BIM 기술수준은 Level 1과 Level 2 사이이며 2D와 3D 모델에서 BIM 환경으로 변화하고 있는 상황임.



Section
1. Purpose
2. Recommendations
3. Aims & Objectives of the Working Party
4. The BIS BIM Strategy
5. Issues, Barriers & Solutions
5.1. Exploiting Digital Capabilities
5.2. Legal, Contractual & Insurance
5.3. Delivery Standards & Process
5.4. Education, Training & Support
5.5. Improved Handover Information
5.6. Information Use & Benefits
5.7. Communications & Institutional Support
5.8. Investment
5.9. Programme
6. Next Steps

그림 2.22 영국의 BIM 지침

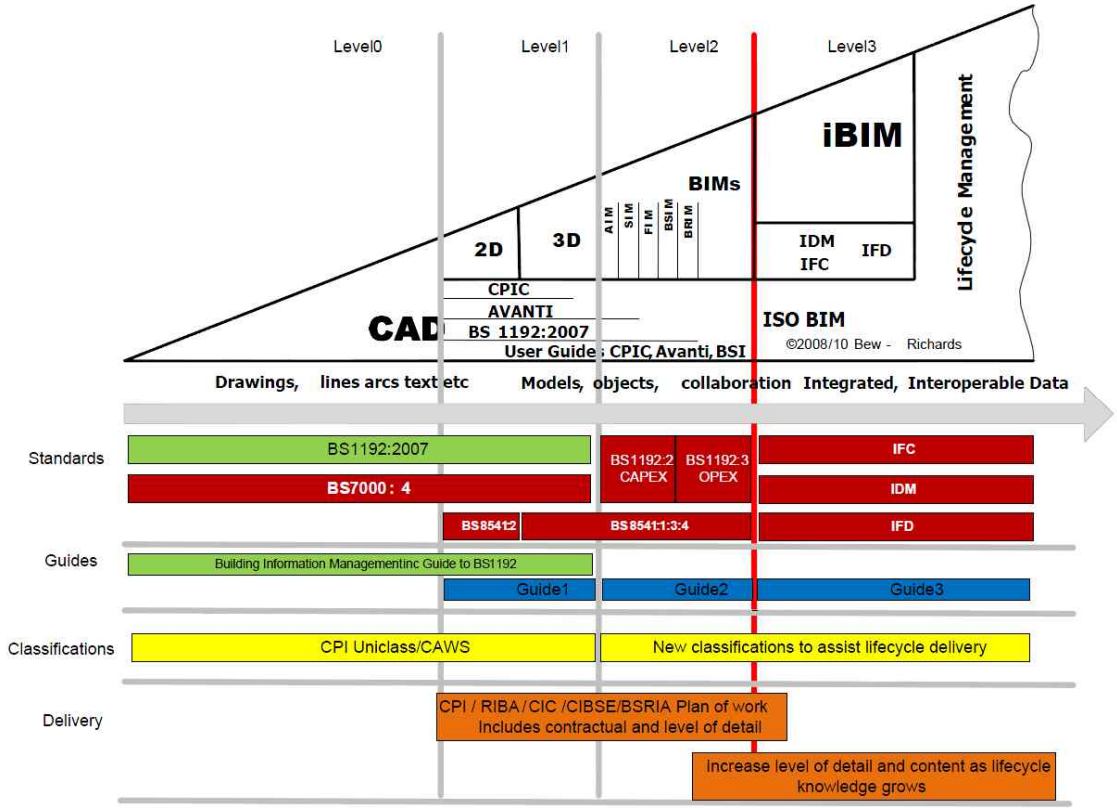


그림 2.23 영국의 B/555 로드맵

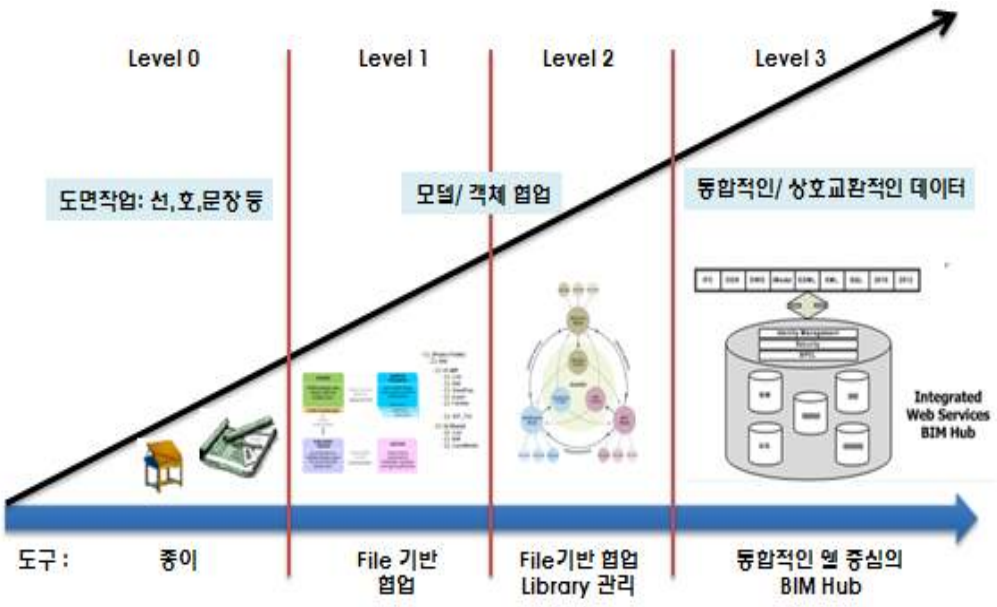


그림 2.24 BIM 성숙도 단계 개념도

표 2.6 BIM 성숙도 단계별 Push & Pull 전략 실천방안

Activity	Push/ Pull	Level 1	Level 2	Level 3
BIM roadmap	Pull	1. Define requirements for 2. managed information exchange between participants	1. Define requirements for use of outputs during project 2. Define requirements for post-completion use of outputs	1. Define output requirements for integrated model 2. Define requirements for use of outputs during project 3. Define requirements for post-completion use of outputs
BIM roadmap	Push	1. Establish targets and programme for capability to deliver information exchange and reuse 2. Deliver capability as required	1. Deliver capability as required	1. Deliver capability as required
BIM protocol	Pull	1. Use protocol based on current 2D/3D exchange standards and project deliverables 2. Establish single representative group to deliver BIM protocol	1. Standardise BIM protocol requirements as basis for forward development by supply chain 2. Use protocol based on BIM exchange standards	1. Use protocol based on fully integrated BIM 2. Protocol describes additional project deliverables based on fully integrated BIM
BIM protocol	Push	1. Contribute to BIM protocol through direct engagement and capability development	1. Contribute to BIM protocol through direct engagement and capability development	1. Contribute to BIM protocol through direct engagement and capability development
Construction contract	Pull	1. Draft amendment to enact BIM protocol	1. Incorporate amendment to enact BIM protocol	1. Use integrated project team contract
Schedules of service	Pull	1. Draft duties for model integrator/manager	1. Incorporate duties related to use of the model and extended outputs 2. Draft duties for model integrator/manager	1. Draft duties for appointment of integrated team

데이터 납품 기준 시나리오

- 폐쇄형 BIM은 단일 플랫폼을 기준으로 프로세스가 진행되는 반면, 개방형 BIM은 호환 가능한 표준 데이터 포맷을 이용하여 프로세스가 진행되는 것을 의미한다. 이러한 개방형 BIM을 달성하기 위해서는 BIM 프로젝트의 전반적인 정보가 상호 호환성을 가져야 한다. 이와 동시에 데이터의 이동 및 최종 납품의 과정 또한 어느 특정 형식에 귀속되기 보다는 중립성과 호환성이 전제 되어야 한다. 데이터 납품 기준 시나리오의 최종 목표는 IFC/IFD를 통한 개방형 프로세스 달성 및 데

이터 통합이다. 정부는 이 큰 목표를 달성하기 위하여 성숙 단계와 프로젝트의 수행 단계를 고려하여 그림 2.25와 같이 데이터 납품 시나리오를 정하였음.

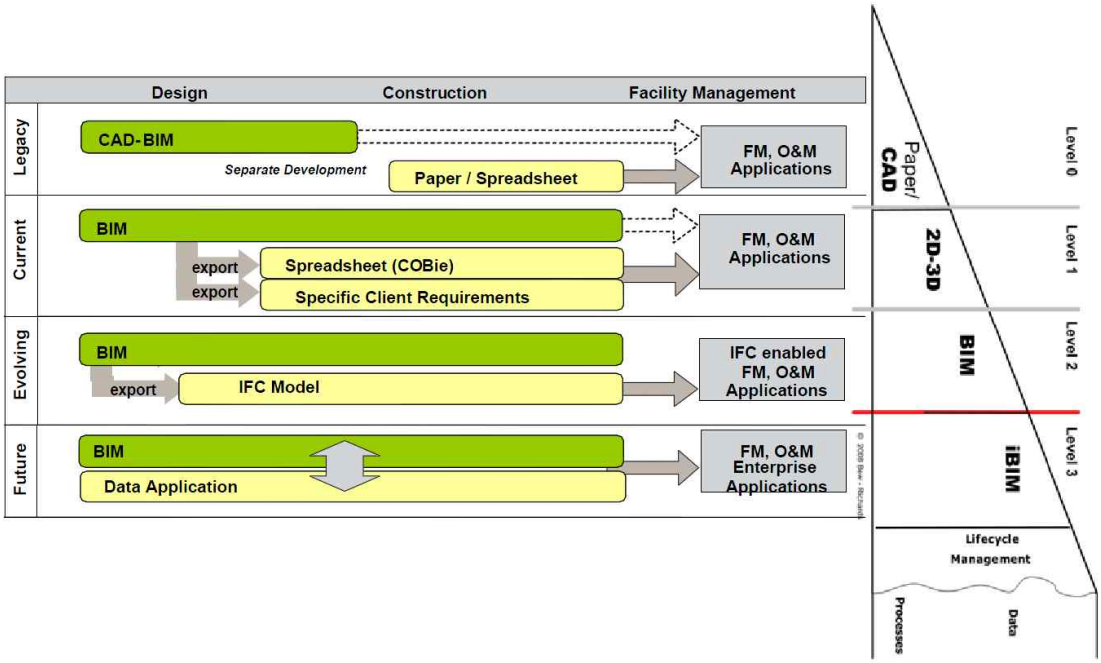


그림 2.25 BIM 성숙도에 따른 데이터 납품 기준 시나리오

- 과거에는 단지 종이도면을 중심으로 활용되어 프로젝트 단계별 이해 관계자들 간의 정보공유와 연계의 문제점이 발생하였다. 이를 해결하기 위하여 소프트웨어 간 정보의 직접 교환을 지원하는 COBie(Construction Operation Building Information Exchange)를 활용하였으며, 건설 전체과정에서 발생하고 요구되는 데이터들을 확보하고 전달하기 위하여 필요한 업무를 표준화하고 단순화 하였다. 프로젝트 진행시 발생하는 정보는 문서, 형상 정보, 비형상정보로 나눌 수 있으며 그림 2.26과 같이 이러한 정보들이 공유되는 것을 도식화하였다. 현재 영국의 상황은 Level 2로 나아가는 과도기적인 시기로서, COBie와 IFC(Industry Foundation Classes) 데이터를 조합하여 납품 하는 추세이다. 그림 2.27에서처럼 현재 단계는 프로젝트 전체 정보의 호환을 위한 포맷인 IFC로 완전히 넘어가기 위한 준비 단계라고 할 수 있다. 즉, 과거의 납품 형태가 시설물의 유지관리에만 초점을 둔 형태였다면, 성숙도가 올라갈수록, 적용 범위는 설계 단계까지 확장되게 되어 더욱 효율적인 데이터 관리 및 납품이 가능함.

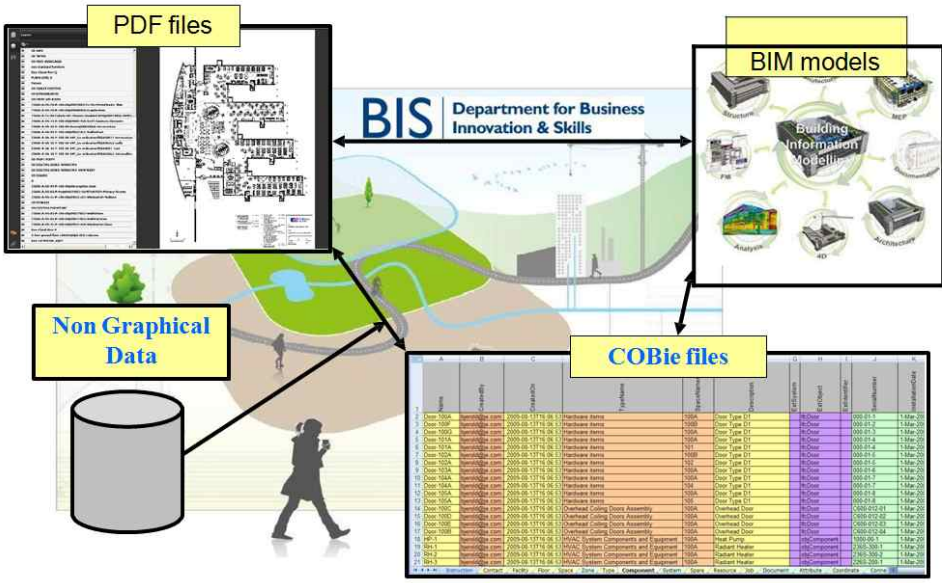


그림 2.26 BIM에 활용되는 데이터 타입

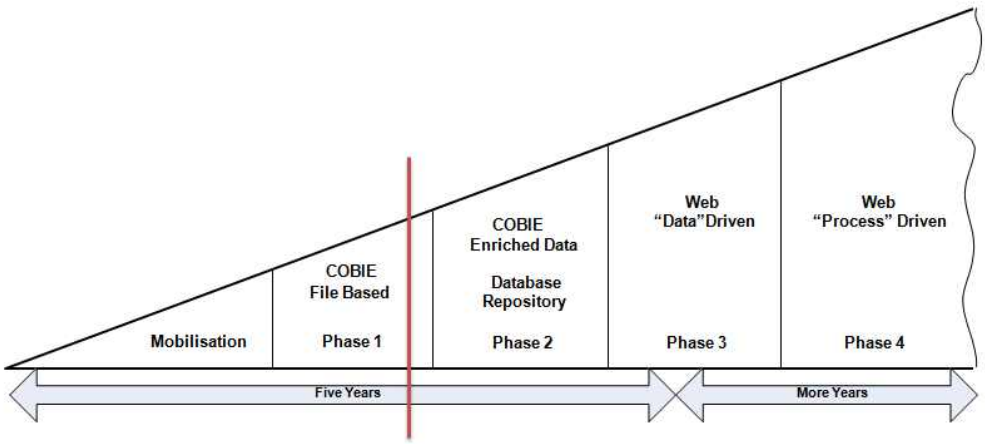
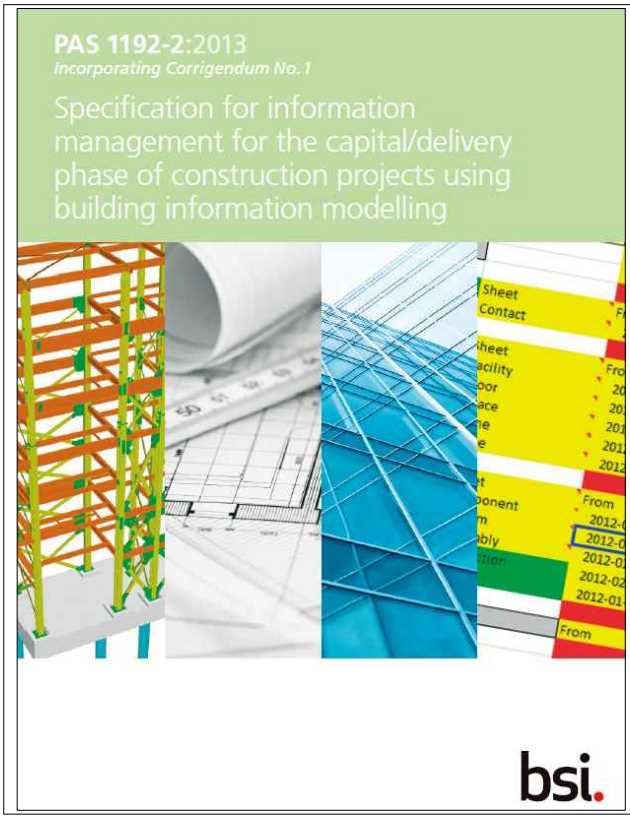


그림 2.27 CObie의 발전 단계

- 영국 표준인 BS 시리즈의 이전 BS1192의 후속으로 PAS1192-2 : Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling을 개발 제시함.



1 Scope
2 Normative references
3 Terms and defi nitions
4 Overview of documents referenced from this specification
5 Information delivery . Assessment and need
6 Information delivery . Procurement
7 Information delivery . Post contract-award
8 Information delivery . Mobilization
9 Information delivery . Production
10 Information delivery . Asset information model (AIM) maintenance
Annex A (informative) Terms, defi nitions and abbreviations for BIM documentation

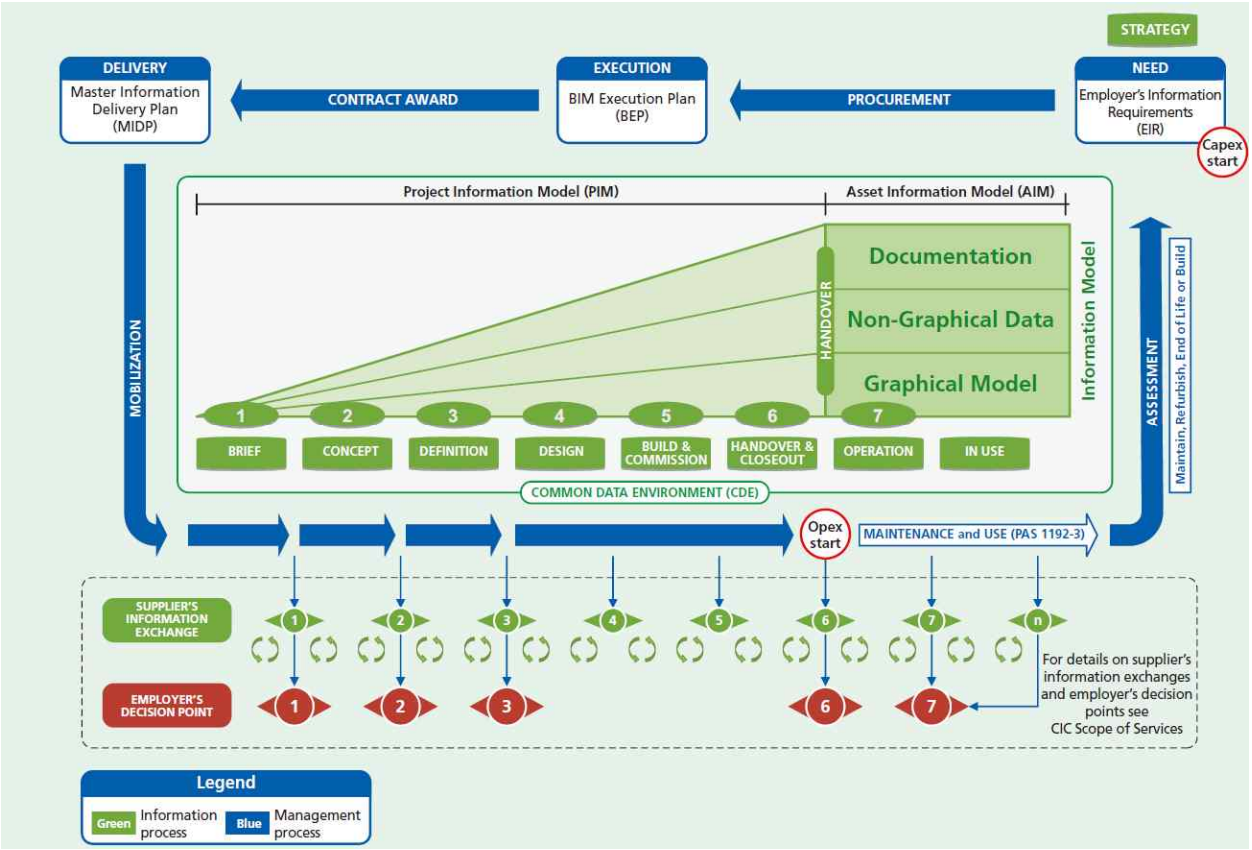


그림 2.28 영국의 PAS 1192-2

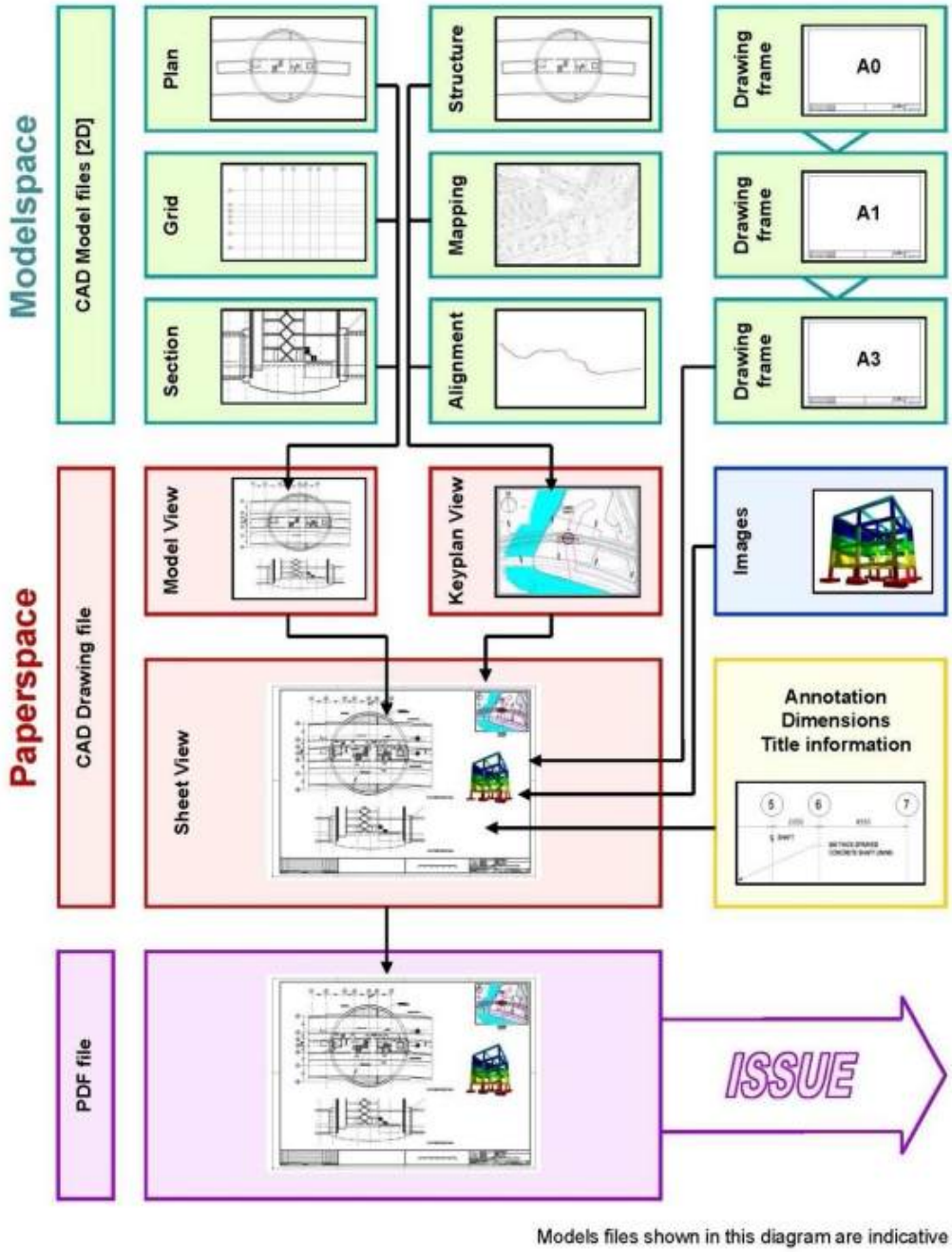


그림 2.29 발주시 도면 정의

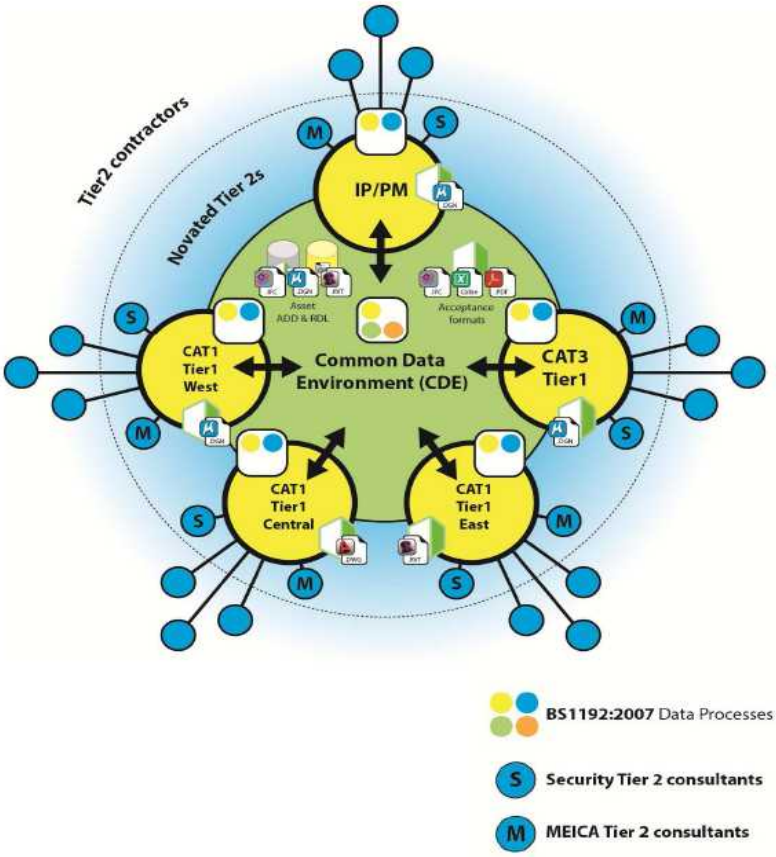


그림 2.30 영국 BIM 프로젝트 발주서의 공유데이터 환경 정의

싱가포르 정부의 BIM 도입

- BCA(Building & Construction Authority)에서는 2015년까지 BIM을 전격적으로 도입하는 것은 장려하기 위해 “5 years plan for BIM adoption”을 발표하고 5가지 로드맵을 제시함.

① Public sector taking the lead(공공부문에서 선도할 것)

A. BIM E-Submission system 구축

② Promoting success stories(성공사례를 홍보할 것)

A. Skilled Builder Competition 개최

B. BIM Competition 개최

C. Build Smart Conference 개최

D. BuildTech Asis Exhibition 개최

E. Build Smart Site Tour 시행

③ Removing impediments(장애요인을 제거할 것)

A. BIM E-Submission template 구축

B. Architectural design object library 구축

C. M&E component library 구축

④ Building BIM capability and capacity(BIM 수행 능력을 키울 것)

A. BCA Academy 시행

⑤ Incentiving BIM adopters(BIM 도입 회사에 인센티브를 지급할 것)

A. BIM Fund 지원

싱가포르 BIM E-submission System

(http://www.corenet.gov.sg/integrated_submission/bim/bime_submission.htm)

- 시기적으로나 시스템적으로 BIM 적용이 가장 앞선 나라는 싱가포르이다. 1990년대 중반부터 IFC기반 공공조달시스템을 구축해 CORENET(Construction and Real Estate Network)이라는 시스템을 만들었다. CORENET은 처음에는 전자도면 제출만 가능하도록 했다. 지금은 IFC로 BIM 모델 제출이 가능하고 700여 개 기본법규 검토가 가능하며 노르웨이·미국·기타 북유럽 국가는 싱가포르 CORENET 프로젝트의 성공에 영향을 받았다. 건축 분야가 중심이기는 하지만 토목공정으로 확대하는 일정을 이미 제시하고 있고 CORENET을 통한 BIM E-submission 시스템을 활용하고 있다. 2010년 1월에서 2013년 6월까지 3,340건(740건 프로젝트)의 E-Submission 활용 실적이 있음.

① 2013년까지 20,000m^2 이상의 모든 신규 건축 프로젝트에 Architectural submission 시행

② 2014년까지 20,000m^2 이상의 모든 신규 건축 프로젝트에 Architectural & Engineering submission 시행

③ 2015년까지 5,000m^2 이상의 모든 신규 건축 프로젝트에 Architectural & Engineering submission 시행

싱가포르 BIM E-submission Template

- 현재 BIM e-Submission의 제출 파일 형식은 light-weighted file format인 "single" DWF 혹은 PDF이며, 발주처는 Native File, 즉 각 BIM 소프트웨어 별 프로젝트 원본파일을 요구할 수 있도록 되어있다. 크게 Architectural BIM e-Submission, Structural BIM e-Submission, MEP BIM e-Submission으로 나뉘어져 있고 각각 Guideline과 함께 각 BIM 소프트웨어 별(Revit, Archicad, Bentley, Tekla) Template을 제공하고 있으며 Allplan 소프트웨어의 Template도 추가될 예정임.

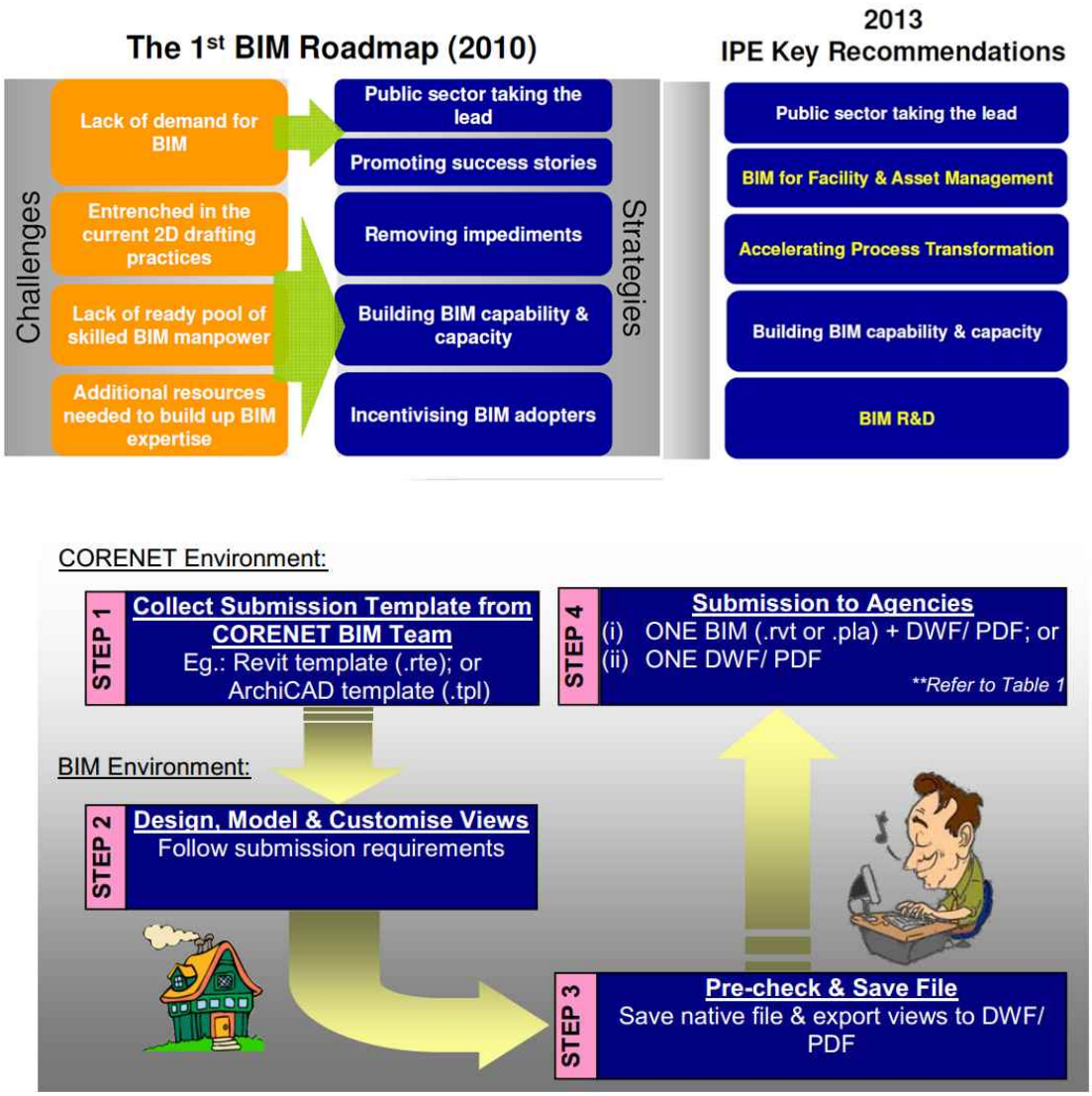


그림 2.31 E-Submission을 위한 3D Model 준비 단계 모식도

- 또한, BCA에서는 BIM 소프트웨어에서 활용 가능한 E-Submission Template을 제작하기 위한 가이드라인을 제공하고 있으며 File fomat, Model Scale, File Naming, View Naming, BIM Modeling Work flow 등에 관해 기술되어 있음.

① Architectural BIM e-Submission

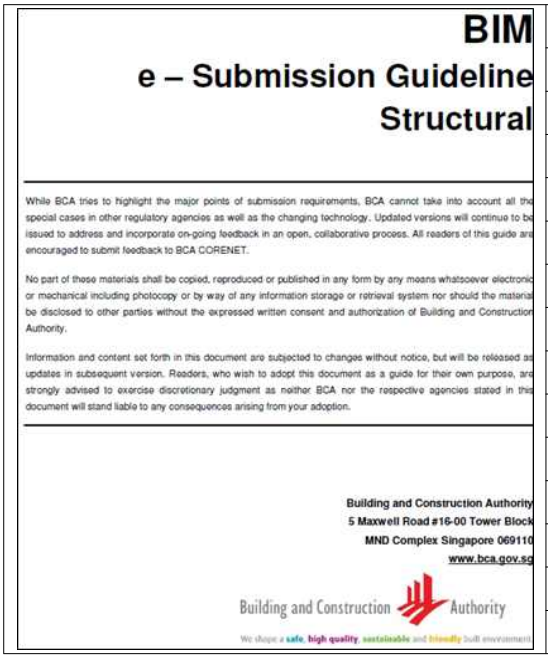
- Architectural Guidelines
- Revit Architectural Template v2014 / Revit Template Training v2014
- Archicad Architectural Template v17 / Archicad Template Training v17
- Bentley AECOsim v8i Architectural Template* / Bentley AECOsim v8i Template Training

② Structural BIM e-Submission

- Structural Guidelines 2.1
- Template for Revit v2015 / Annex1a: Recommended Process for Revit, Annex1b: Template Training Guide for Revit
- Template for Bentley AECOsim v8i* / Annex 2a: Recommended Process for AECOsim Building Designer v8i*, Annex 2b: Template Training Guide for AECOsim Building Designer v8i
- Template for Tekla Structures v18* / Annex 3a: Recommended Process for Tekla Structures 18*, Annex 3b: Template Training Guide for Tekla Structures 18

③ MEP BIM e-Submission

- MEP Guidelines
- Revit MEP Template v2013 / Revit MEP Template Training Guidelines
- Bentley AECOsim V8i MEP Template* / Bentley AECOsim V8i MEP Template Training Guidelines



목 차
BIM e – Submission Packages
File Format and Size
Project Model Scale
Site Layout
Project North Orientation
Project Elevation Datum
Standardized File Naming
Standardized View Naming
Last Saved Views
Addition and Alteration Projects
Project Resubmission
Project Drawings Basic Composition
BIM Modeling Workflow
Structural BIM e – Submission Checklist

그림 2.32 e-Submission Template and Guidelines

싱가포르 BIM Fund

(http://www.bca.gov.sg/BIM/bimfund.html)

- 2010년부터 2억 5천만 싱가포르 달러의 CPCF(Construction Productivity and Capability Fund, 건설생산성펀드)를 배정하였고 이 중 5백 7십만 싱가포르달러를 BIM Fund로 조성하여 BIM 기술을 도입하려는 업체들에게 도입 비용의 일부를 지원하고 있음.

① 한번에 Firm Level Scheme 또는 Project Collaboration Scheme 중 하나만 신청할 수 있다.

② Firm Level Scheme는 BIM 프로젝트 수행과 관계없이 신청이 가능하며 BIM 교육, 소프트웨어 및 하드웨어 구입 및 임대비용으로 최대 2만 싱가포르달러까지 지원이 가능하다.

③ Project Collaboration Scheme는 BIM으로 프로젝트를 수행할 경우에만 신청할 수 있으며 BIM 교육, 소프트웨어, 하드웨어 및 컨설팅 비용의 50%까지 지원가능하며 최대 금액은 프로젝트 당 21만 싱가포르달러이고 협업 프로젝트에 참가하는 분야별로

3만 5천 싱가포르달러를 지원한다.

④ BIM Fund 도입 초기에는 최대 3회 까지 신청 가능하였으나 현재는 더 많은 회사에 혜택을 주기 위하여 6회까지 신청 가능하며 Project Collaboration Scheme 지원 금액이 21만 싱가포르달러에서 3만 5천 싱가포르 달러로 조정되었다.

- BIM Fund를 지원받기 위해서는 아래와 같은 사항들을 반드시 이행하여야 한다.

① Project Collaboration Scheme는 싱가포르 프로젝트에 한해서만 BIM Fund를 지원받을 수 있다.

② BIM E-submission을 활용하여 해당 정부 기관의 요구조건에 맞게 성과품을 제출하여야 한다.

③ 최소 1명 이상의 직원을 BCA Academy 에서 제공하는 BIM 교육 과정을 이수 하여야 한다.

④ BIM을 활용한 결과 10% 이상의 생산성 향상 리포트를 제출하여야 한다. 현재 1~3회는 10%, 4~6회는 20%의 생산성 향상 리포트를 제출하는 것으로 변경되었다.

⑤ BCA 관계자가 참석하는 프로젝트 협업 미팅을 최소 1회 이상 실시하여 한다.

싱가포르 BCA BIM Academy

http://www.bcaa.edu.sg

- BCA에서 설립한 교육기관으로 아래와 같이 6가지 다양한 BIM 관련 교육 과정이 있으며 그 중 BIM Management 코스는 BIM 모델링 교육뿐만 아니라BIM을 도입하려는 회사의 BIM 수립 계획 및 BIM project 실행 계획 등을 수행 할 수 있는 BIM 매니저 또는 프로젝트 매니저로서 역량을 키울 수 있도록 개발되어 있음.

① BIM Planning Course (Building Developers and Facility Managers)

② BIM Modelling (Architecture Track)

③ BIM Modelling (MEP Track)

④ BIM Modelling (Structure Track)

⑤ Specialist Diploma in Building Information Modeling

⑥ BIM Management

⑦ BIM for Senior Management (준비 중)

덴마크 (IFC 모델저장소 개발)

- 덴마크는 2007년 1월부터 모든 공공 공사에 IFC 모델 제출을 의무화하였다. 이에 따라 IFC 모델을 저장할 수 있는 IFC 모델 저장소(IFC 모델 서버) 개발에 박차를 가하고 있음.

핀란드 (IFC로 BIM 모델 제출 의무화)

- 핀란드의 조달청인 세니트 프라퍼티스(Senate Properties)를 중심으로 2001년부터 IFC를 이용한 다양한 프로젝트를 시작해 2010년 10월 1일부터 BIM 모델을 IFC로 제출할 것을 의무화하였음.

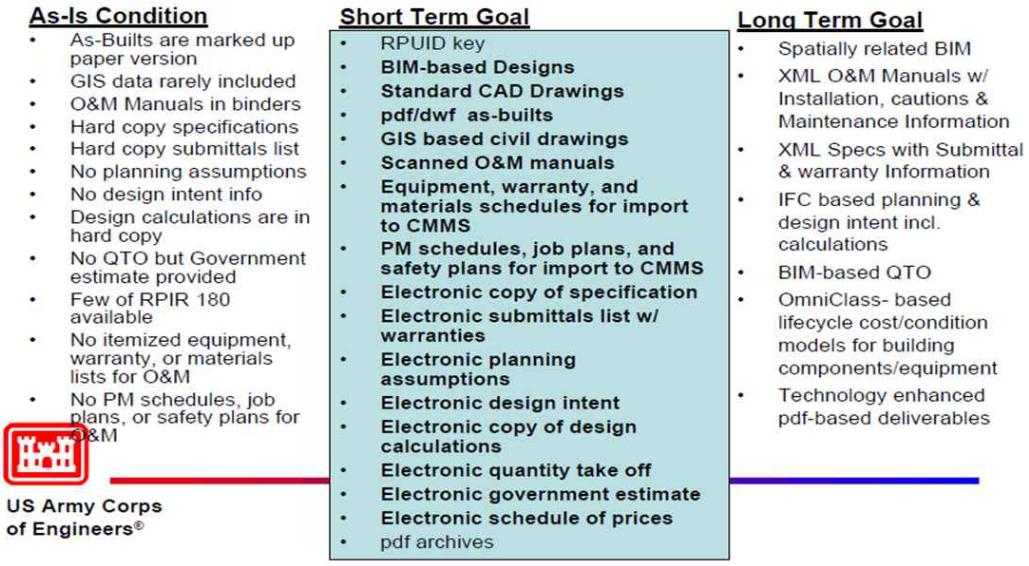
노르웨이 ('하나, 다섯, 열다섯, 모두'계획)

- 노르웨이 조달청 기구인 스태츠비그(Statsbygg)는 공공 건설 사업에 BIM을 도입하는 것과 관련해 2007년에는 1개 프로젝트, 2008년에는 5개, 2009년에는 15개, 2010년에는 모든 프로젝트에 BIM을 적용한다는 계획을 세우고 설계 및 심사에 IFC 모델을 기본으로 GIS 활용, 자동법규 검토 등을 적용하고 있음.

미국 BIM 적용의 전반적 추세 및 동향

• 미국의 BIM 추진 현황

- 미국은 National BIM 가이드라인을 개발하고 정부 시설물 위주로 BIM을 통한 설계, 시공 관리 및 O&M 체계를 구축하고 있음
- 현재 평택 미군기지 사업 등에 활용되고 있는 상태임



- BIM을 시각화, 엔지니어링 해석, 분규 분석, 법규 검토, 견적, 준공도서, 예산 계획 등 많은 목적을 위해 시설물의 전자 모델을 만드는 행위로 정의하고 시설물 생애주기 동안의 정보 흐름에 중점을 두고 가이드라인을 개발하여 제시하고 있음. 리나라 조달청에 해당하는 미국의 GSA(General Services Administration)는 2006년 10월부터 주요 공공건물에 BIM모델을 IFC 포맷으로 제출할 것을 요구하고 있음.

– BIM은 2008년 이후 세계적으로 급속히 확산되어 BIM 기반으로 수행되는 프로젝트가 급증하였으며 국가적 정부 차원에서 BIM을 정책적으로 의무화하는 추세이다. 미국의 경우 1990년대 후반부터 구축한 각종 연구와 시공경험을 토대로 2000년대 초반부터 본격적으로 BIM을 도입하기 시작하였음.

– 미국에서의 BIM 프로젝트는 상당히 목적 지향적으로 제시되고 있는데 강구조 분야에서 CSI2 표준을 성공적으로 활용하였고 프리캐스트 분야에서도 중립 표준을 활발하게 개발하여 최근에 제시되었고 각 주별로 XML 등의 활용 가능한 중립표준을 기반으로 BIM 프로젝트를 발주하고 있다. 위스콘신 DOT의 경우에는 2014년 중반부터 모든 프로젝트에 토목분야 3차원 모델을 활용하도록 제시하고 있음.

표 2.7 미국의 BIM 적용현황

미국의 경우 지역별로 BIM모임이 결성됨	미국 National BIM Conference	미국 중심으로 일어나고 있는 최신 현황
▪ 뉴욕 설계사무소와 건설사 중심 BIM 전문가 모임결성 ▪ 시카고, LA, 플로리다 등 미국의 다양한 도시와 주에서 BIM 모임이 결성되고 가속화 추세	▪ 캘리포니아 애너하임에서 미국 내 BIM Conference 개최 ▪ 차세대 BIM, BIM을 활용한 관리 등 흥미로운 내용으로 발표	▪ 최근 미국 국회에서는 친환경을 주제로 BIM의 활발한 논의 ▪ 온라인"BIM"워크숍 개최

- 미국은 BIM 관련 기관 및 조직을 국가기관과 민간조직으로 나누어 역할을 이분화하여 BIM 도입에 체계적으로 대응하고 있다. 먼저 BIM 관련 표준의 제정과 관련된 사항을 관할하는 국가기관을 살펴보면 다음과 같다.

표 2.8 BIM 정책을 관할하는 국가기관 (미국)

기관명	수행내용
GSA	▪ General Service Administration (미국의 조달청) ▪ GSA는 미국 정부기관으로는 최초로 BIM을 도입하였으며 관련 사업계에 BIM 도입을 촉진시키는 중요한 역할을 수행
NIST	▪ National Institute for Standards and Technology ▪ 정보, 커뮤니케이션, 자동화기술의 통합으로 건설생산성 향상방안 개발을 수행
DOD	▪ Department of Defence (미육군 공병단) ▪ 산하에 CERT(Civil Engineering Research Laboratory)가 BIM 관련 연구개발을 수행
NIES	▪ National Institute of Building Science ▪ BIM 관련 국가 BIM 표준(NBIMS) 등을 발표하고 있으며 NIBS는 Building Smart를 조직 내에 흡수하면서 NBIMS와 NCS의 업무를 관장
DOE	▪ Department of Energy (에너지부) ▪ 산하에 Building Technology Program을 운영하여 건물에서의 에너지 성능분석 시스템 개발 및 보급
CSI	▪ Construction Specification Institute ▪ 건설 전반에 걸친 표준코드를 제안하는 기관으로 현재 몇몇 BIM 솔루션들은 견적을 위해 이 기관에서 제작한 Uniformat을 사용

- 도로분야에서는 교량에 대한 정보모델에 대한 연구가 활발하게 진행되었고 FHWA에서 교량정보모델을 BrIM으로 명칭 부여하고 (이는 벤틀리의 제품 홍보명과도 동일함) 아래와 같은 주요 사항들과 정보체계를 제시하였음.
  - 교량 설계의 critical path에 기반하고 목적 위주의 현실적인 방안을 제시하고 있음.
  - 단계별로 발주처 입장에서 필요한 정보 요구사항을 정의하고 이를 기반으로 하는 교량 정보 체계를 제시함.
  - 정보 호환을 위한 Link는 XML 기반 혹은 API를 이용한 상호 연동이 가능하도록 현실적인 대안을 제시함.
  - LOD를 모델 정보요구사항과 사용자에 대해서 정의하여 제시함.
  - 교량의 형상 정보 모델과 BMS (Bridge Management system) 연계 구조를 제시하여 발주자인 동시에 시설물 관리자의 입장에서 BrIM의 체계를 제시함.

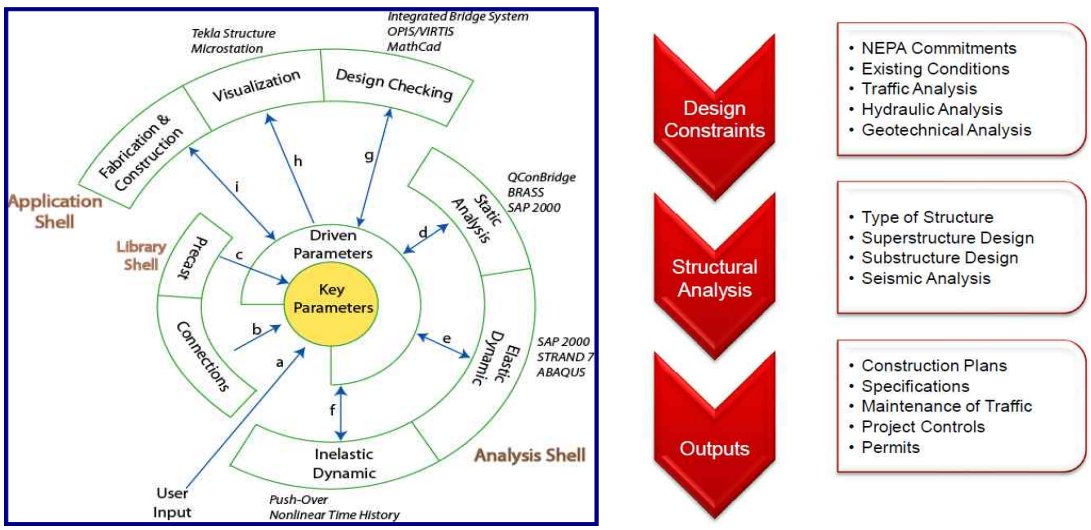


그림 2.33 3차원 교량정보모델 기반의 업무 절차 및 체계

- 상호연동성의 문제를 완화시키고 발주자로서 시설물 관리 정보로 활용하기 위해서 형상과 정보를 분리하고 정보의 경우에는 XML 형태로 저장하도록 설정함.

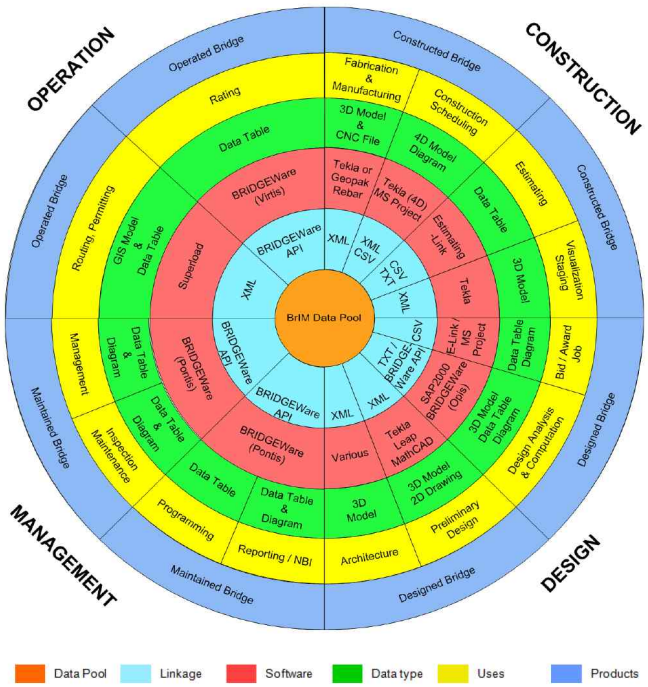


그림 2.34 BrIM Data Pool

Table 3: AIA Definitions of LOD as applicable to Bridges

Level of Development (LOD)	Model Content Requirements	Authorized Uses
LOD 100	Overall massing indicative of height, volume, location and orientation. May be modeled in three dimensions or represented by other data.	Limited analysis Aggregate cost estimating High-level staging
LOD 200	Elements are modeled as generalized systems or assemblies with approximate quantities, size, shape, location and orientation. Attributes may be attached to model elements.	Preliminary Analysis High-level cost estimating High-level scheduling
LOD 300	Elements are modeled as specific assemblies and are accurate in quantity, size, shape, location and orientation. Attributes may be attached to model elements.	Construction documents Detailed analysis Project controls
LOD 400	As per LOD 300 plus complete fabrication, assembly and detailing information	Model-based fabrication Actual cost tracking Look-aheads Virtual mock-ups
LOD 500	Elements are as-constructed assemblies accurate in quantity, size, shape, location and orientation. Attributes may be attached to model elements.	Maintenance and planning of future construction

그림 2.35 LOD 수준에 따른 모델 정보

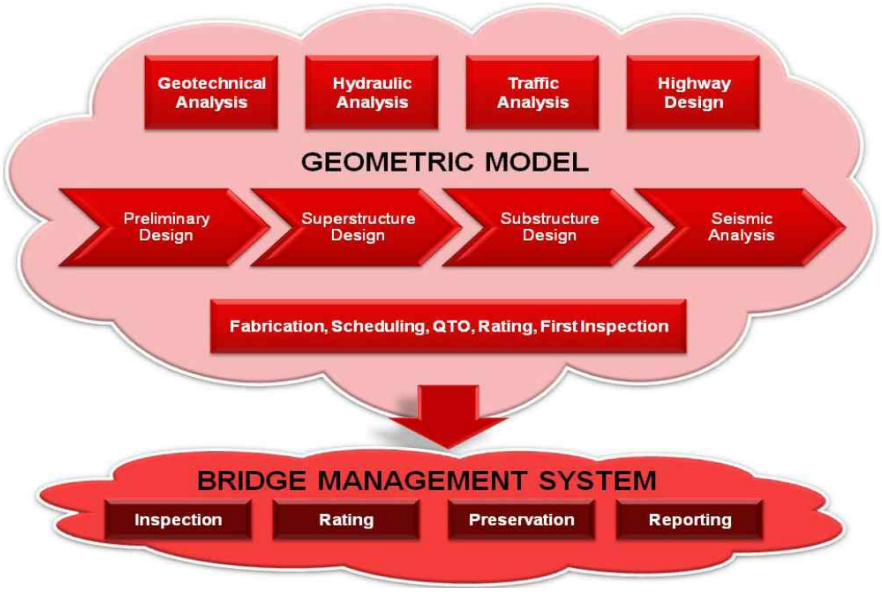


그림 2.36 교량 관리 시스템에서의 BIM 활용

- 법규나 규정에 대한 설계검토의 시간을 단축하는 시스템이 도입되어 상당히 효과를 보고 있음.



그림 2.37 미국의 E-PLAN REVIEW 체계

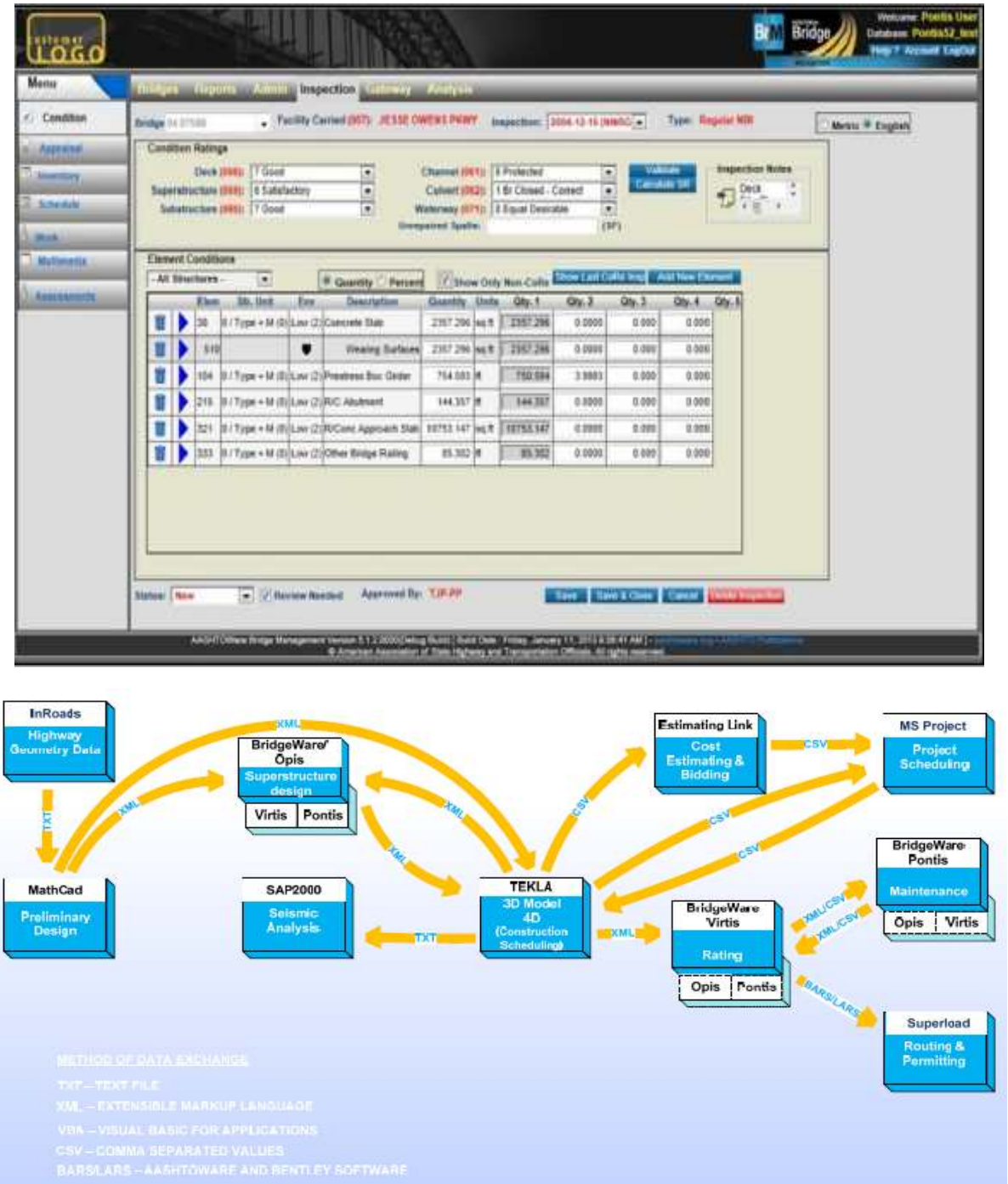


그림 2.38 AASHTOWare Bridge Management (BrM) 예시

핀란드 BIM 적용의 전반적 추세 및 동향

National bridge information modeling guidelines

- Finnish road administration에서 국가교량정보모델링 가이드라인을 만들기 위해서 Oulu 대학 주관으로 설계회사들의 참여를 통해 개발됨.
- 교량의 3차원 모델링에는 Tekla Structures와 Solidworks가 주로 사용되고 AutoCAD Revit과 Microstation을 평가함.
- 5D Bridge consortium에서 동적인 교량 부재에 대한 라이브러리를 개발하고 핀란드의 교량 관련 업체에 공유함.
- 교량 모델을 활용하는 분야로 토공 혹은 파일 장비, GPS 장비 솔루션 등과 같이 machine control 활용이 시도되도록 진행하고 있음.

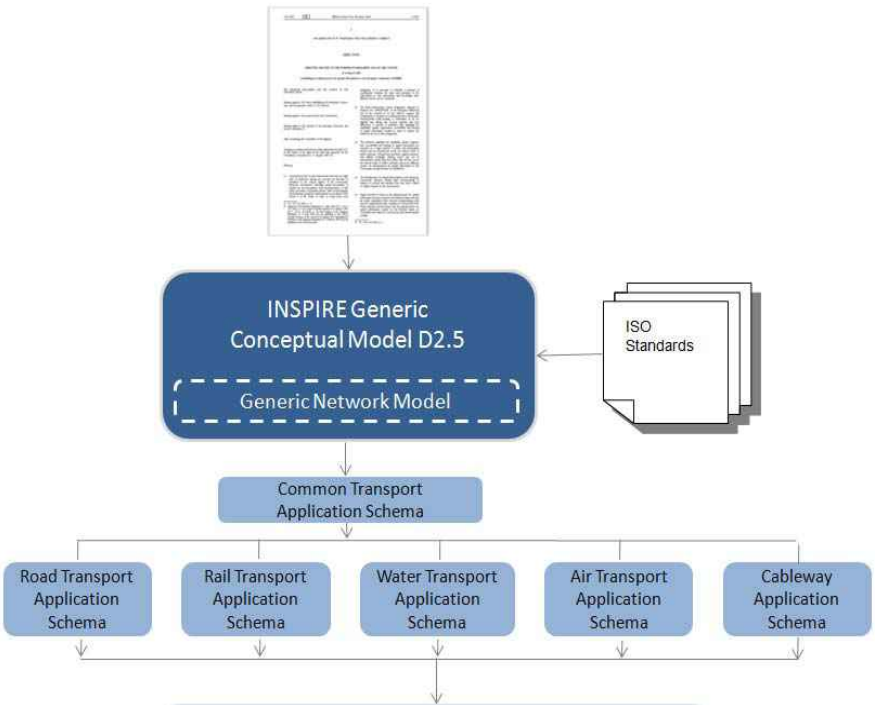


그림 2.39 Inspire Data Specification on Transport Networks 가이드라인

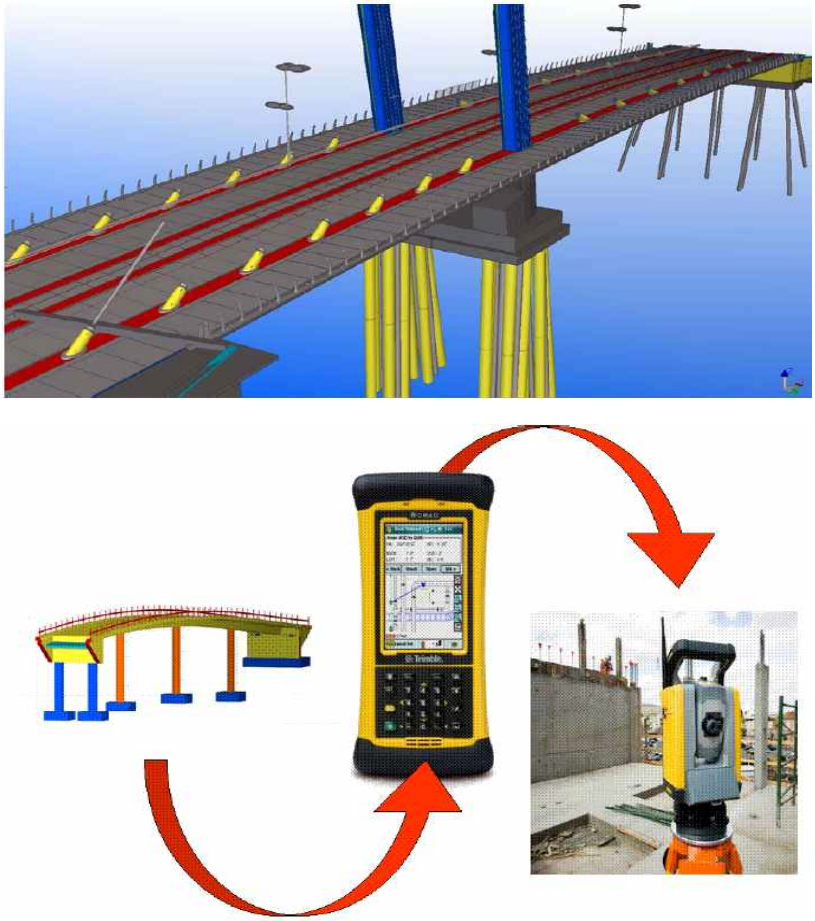


그림 2.40 BIM 모델과 레이저스캐닝, GPS 장비와의 연동 개념도

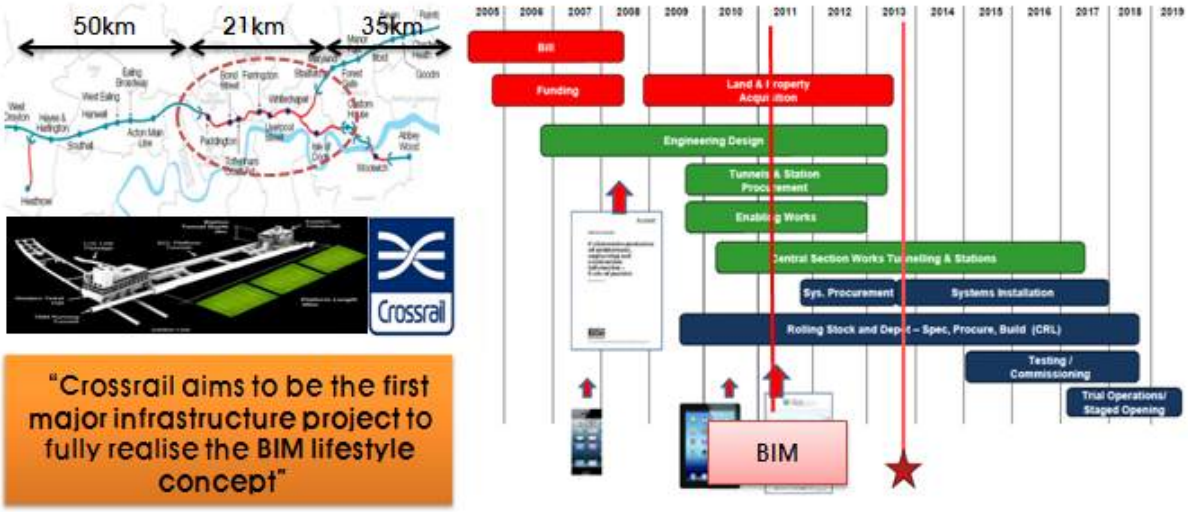
- D2.8.I.7 INSPIRE Data Specification on Transport Networks . Guidelines에서는 Road transport, Rail transport, Water transport, Air transport, Cableways 를 대상으로 공간데이터에 대한 표준을 제시함.

해외 주요 발주 사례

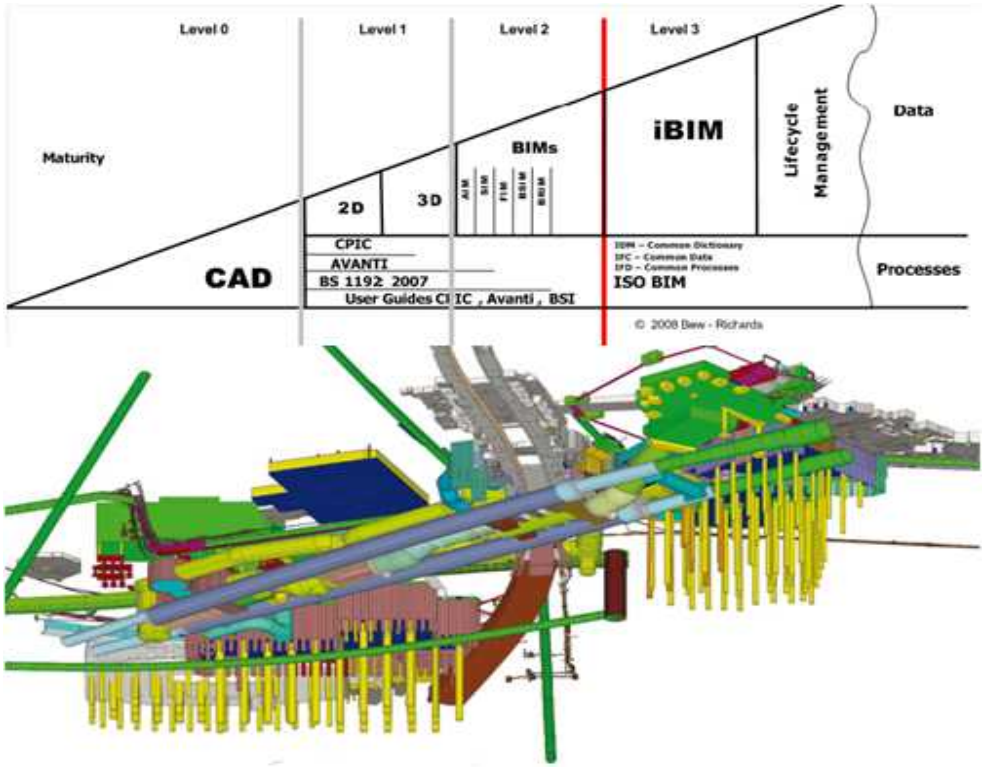
영국 BIM 적용 사례 : Crossrail 프로젝트

- 영국 Crossrail 프로젝트는 현재의 지하철과 국철 용량의 한계에 도달한 문제를 해결하는 방안으로 런던권의 도시 외곽을 동서로 가로질러 영국 런던 주면 수도권 지역을 묶는 광역철도망 사업으로 도심지역의 경우 지하 60m 대심도로 공사가 계획되었다. 약 150억파운드(한화 약 26조원)이 투입되어 2017년 개통예정인 유럽 최대 인프라 건설 프로젝트.
- 영국 정부는 막대한 예산이 투입되는 Crossrail 프로젝트에 BIM을 적용하고자 계획단계부터 단계별 도입전략을 수립하고 입찰서류에 BIM(조달 기준, 법규 검토, BIM 작성 수준 및 정보변환 기준, 조직 구성, 향후 관리시스템 연계 등)을 추가하여 정책적으로 사업을 수행하고 있다. 현재 영국 Crossrail 프로젝트에 BIM지침이 도입되어 활성화되고 있으며 2017년 개통 후 본 프로젝트의 BIM 도입성과를 볼 수 있을 것으로 예상된다. 아울러 최근 영국에서 발주되는 교량 등의 공공 시설물은 Level 2에 해당하는 BIM 기반 프로젝트 발주가 이루어지고 있음.
- 영국 Crossrail 프로젝트에서의 협업은 모든 절차에서 BS 1192를 준용하였으며 협업 솔루션을 적절히 활용하여 이전보다 공사를 35% 빠르게 진행하여 비용을 280만 파운드를 절감하였다고 보고된 바 있다. 대표적인 BIM tool인 Bentley사의 Microstation을 활용하여 진행하였으며, 그림 2.42와 같이 3D 도면, 간섭체크와 4D 시뮬레이션 등의 기술들을 활용하였다. 또한 프로젝트 진행시 각 모델 파일을 확인하여(예를 들어 좌표계, 작업 단위, 도면 층, 속성, 참고 도면, 태그 등을 체크해 에러를 미리 제거함.) 생산성 향상을 도모하였음.
- 현재 건설 산업의 생산성을 낮추는 요인에는 시스템간의 낮은 호환성, 규준 및 규범의 부족, 설계자와 발주자의 상이한 요구 등이 있는데, BIM의 도입을 통하여 이를 해결함으로써, 모든 참여자들은 같은 데이터를 기반으로 프로젝트를 진행하게 된다. 그 결과 대안 설계의 평가가 더욱 용이해지고, 모든 데이터는 3D 기반으로 맞춰지며, 프로젝트 참여자들은 호환이 완벽한 데이터를 기반으로 더욱 설

계 및 시공이 용이하게 되며, 이는 자산 관리나 후속 프로젝트를 고려하는데 있어 좋은 기반이 됨.

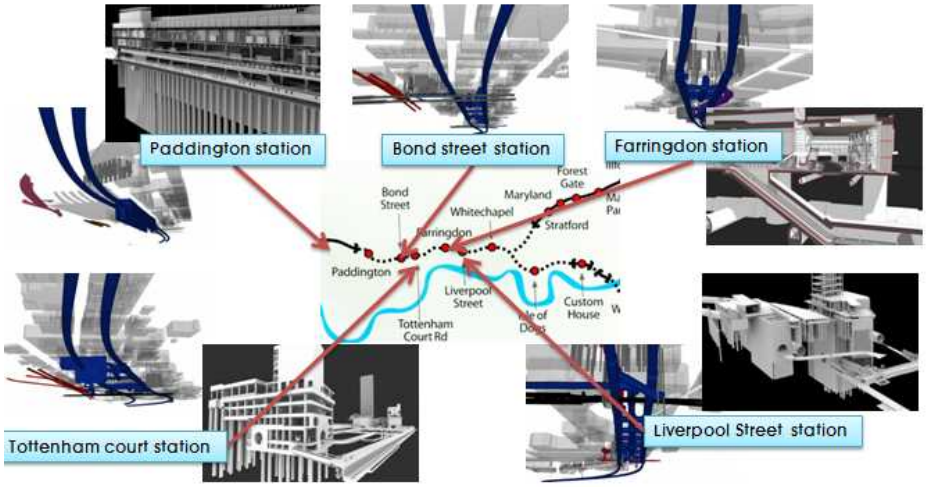


(a) 프로젝트 Life-cycle에 대해 BIM 적용

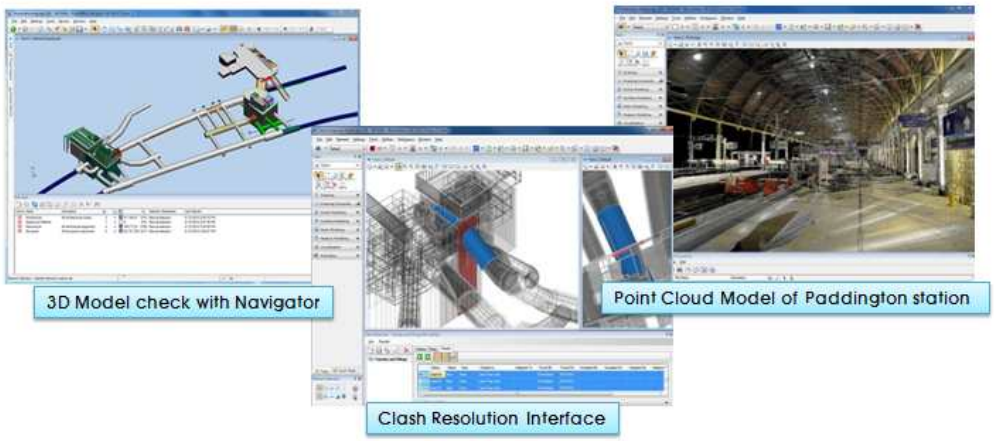


(b) BIM 성숙도 단계를 고려한 BIM 활용

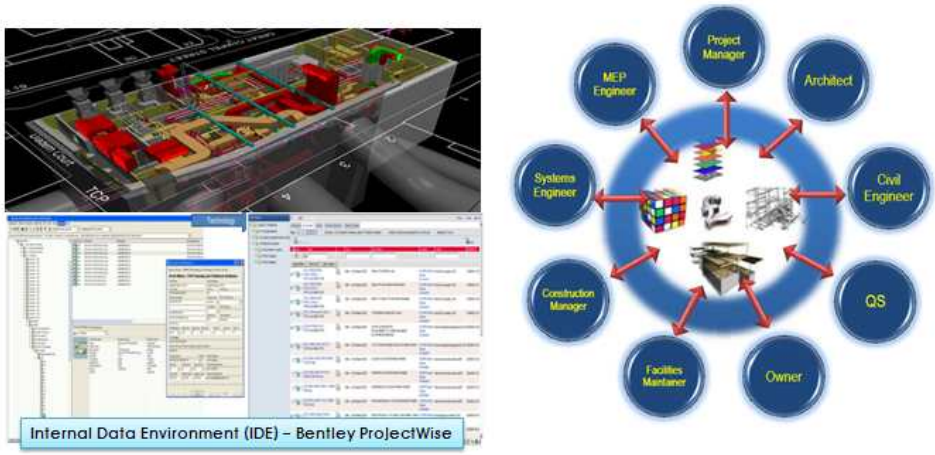
그림 2.41 영국 Crossrail 프로젝트 개요



(a) Microstation을 활용한 3D 모델링



(b) BIM 기술 적용 사례



(c) IDE를 통한 통합 데이터 관리

그림 2.42 Crossrail 프로젝트의 BIM 기술 적용

싱가포르 토목분야 BIM 적용 사례

입찰단계 BIM 적용 사례

① C1686 프로젝트

발주처는 LTA(Land Transport Authority)이며 개요는 다음과 같다.

A. 2 Stations

B. rail Via duct Length = 1.8km

C. 2 single track maximum 40m span

D. External work – Drain, Road, extra

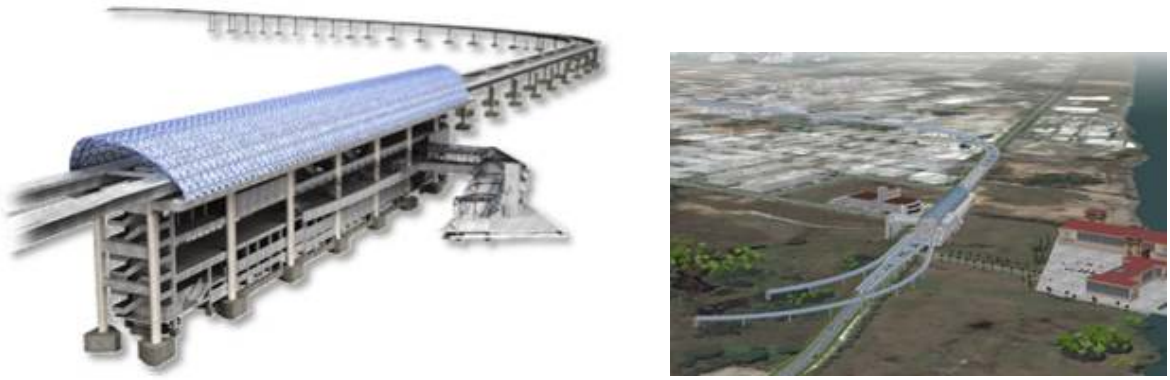


그림 2.43 C1686 프로젝트

② C926(Downtown3) 프로젝트

발주처는 LTA(Land Transport Authority)이며 개요는 다음과 같다.

A. Station

B. Cut & Cover Tunnel

C. Bored Tunnel

D. Shaft

E. Cross Passage



그림 2.44 C926 프로젝트 3D 모델

③ C927(Cross Passage) 프로젝트

발주처는 LTA(Land Transport Authority)이며 개요는 다음과 같다.

A. Tampines West and Bedok Reservoir Station

B. Associated Tunnel

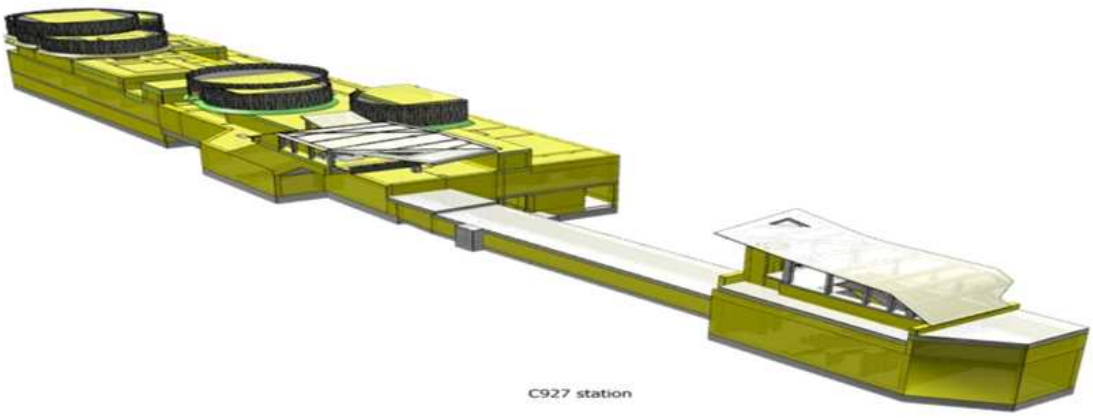


그림 2.45 C927 프로젝트 3D 모델

④ ER403 프로젝트

발주처는 LTA(Land Transport Authority)이며 개요는 다음과 같다.

A. Widening Bridge

B. 1 Depressed road

C. 1 Under path road

D. 2 Facility building

E. Widening Road

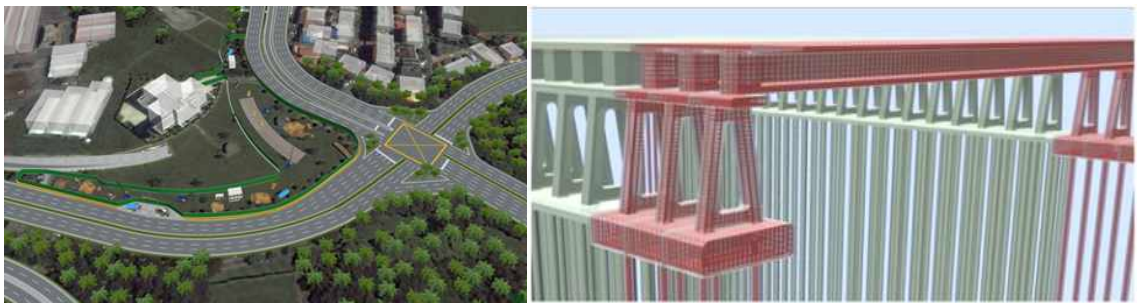


그림 2.46 ER403 프로젝트 3D 모델

⑤ ER405 프로젝트

발주처는 LTA(Land Transport Authority)이며 개요는 다음과 같다.

A. 2 pedestrian overhead bridge

B. Widening Road

C. four to six lanes



그림 2.47 ER405 프로젝트 3D 모델

⑥ Impvt to Bt Timah First Diversion Canal Contract 1 프로젝트

발주처는 PUB(Public Utilities Board)이며 개요는 다음과 같다.

A. Waterway Drain

B. Sewer Pipe

C. Pedestrian Bridge

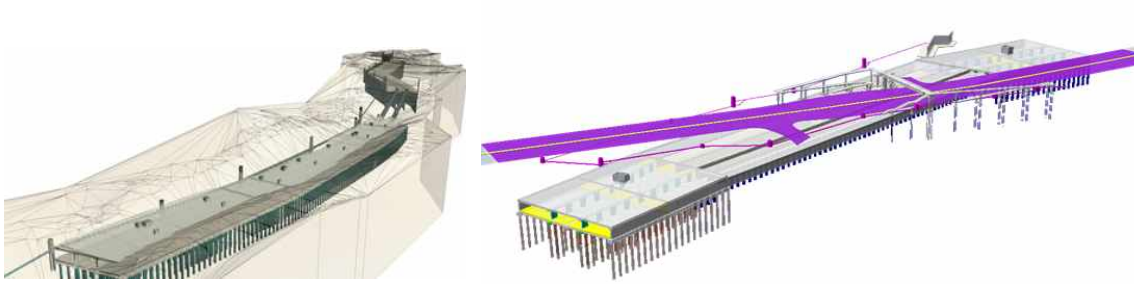


그림 2.48 3D 모델

⑦ Construction of Punggol East(Part 4) and Vehicular Bridge Across Punggol Waterway 프로젝트

발주처는 PUB(Public Utilities Board)이며 개요는 다음과 같다.

A. Punggol Bridge

20+55.3+20=95.3m(FCM Bridge)

B. Drain

C. Retaining wall

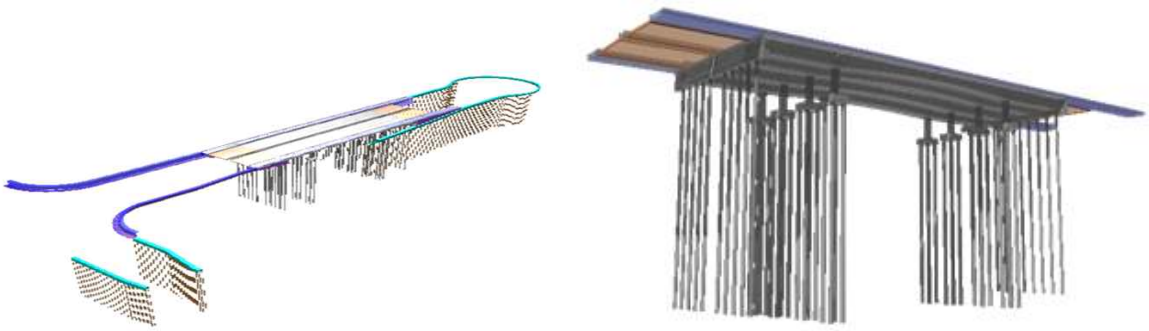


그림 2.49 3D 모델

⑧ NIPE CONTRACT C7 프로젝트

발주처는 PUB(Public Utilities Board)이며 개요는 다음과 같다.

A. 2.7km Length

B. 4m Diameter Segmental Tunnel

C. 2200mm Diameter Pipeline

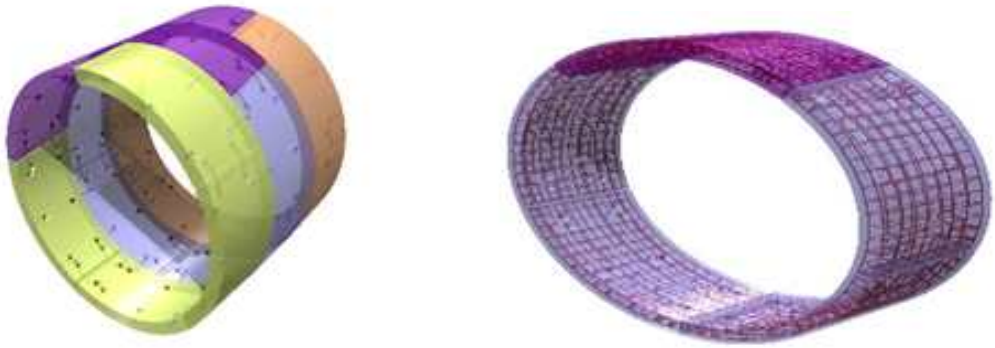


그림 2.50 Segmental Tunnel 3D 모델

⑨ D&B for Retention Pond at Changi Airport 프로젝트

발주처는 CAG(Changi Airport Group)이며 개요는 다음과 같다.

A. Excavation & reclamation

B. Counterfort Retention Wall(842m)

C. Application of CIP + Slurry Wall

D. BOX Culvert (2type)

E. U-Drain (2type)

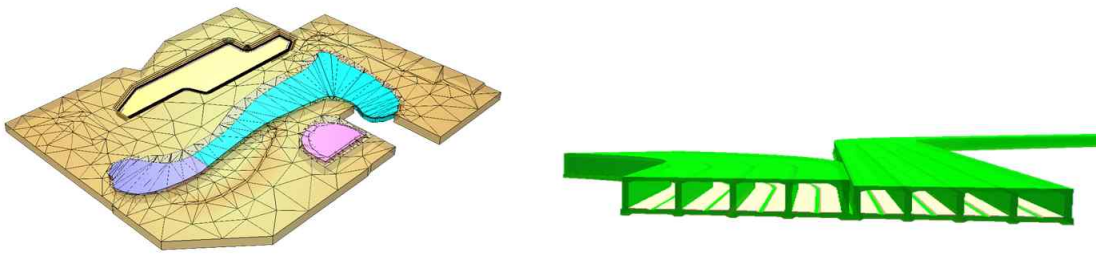


그림 2.51 Changi Airport 프로젝트 3D 모델

⑩ Earth Retaining Structures at Mount Faber Ⅱ Service Reservoir 프로젝트

발주처는 PUB(Public Utilities Board)이며 개요는 다음과 같다.

A. Retaining structure

B. Bored Pile

C. Earth Anchor

D. Drain Pipe

E. latticed-block for slop protecting

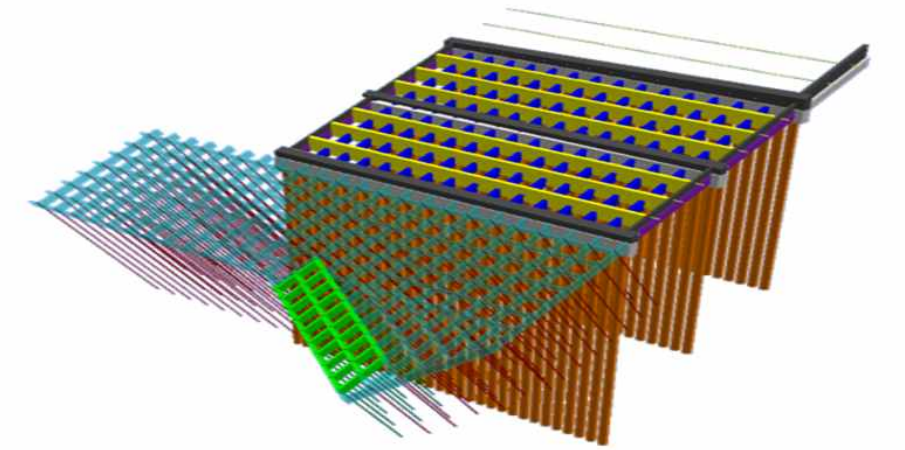


그림 2.52 3D 모델

⑪ T201 프로젝트

발주처는 LTA(Land Transport Authority)이며 개요는 다음과 같다.

A. Bus depot and train depot

B. Main workshop, Stabling area

C. Rail administration

D. Permanent Way Workshop

E. locomotive and Wagon Stabling Canopy

F. Bus Parking Deck, Bus Maintenance / Administration Etc.

G. Roof Steel truss frame

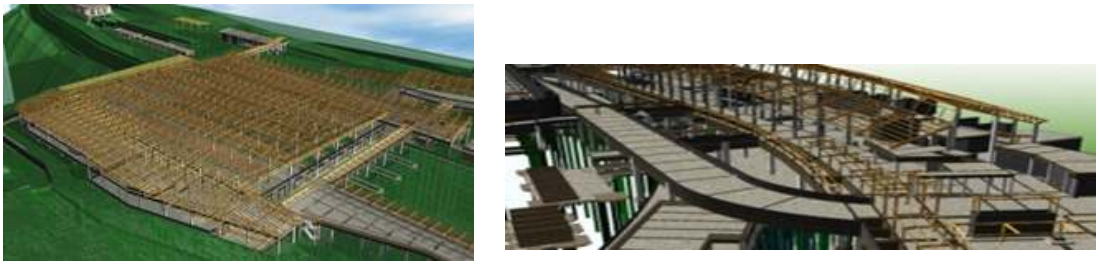


그림 2.53 3D 모델

설계 단계 BIM 적용 사례

① T205 프로젝트

LTA에서 발주한 싱가포르 북쪽에 위치하고 있는 Woodland South MRT station 공사 프로젝트이다. BIM을 통하여 시각적으로 각 분야의 전문가 및 기술자들이 기술 협의를 하여 물량을 최소화 한 사례이다. 아래 그림은 각 암반 지층별 모델링과 직경별 Bored Pile의 모델링이다. 해당 암반 지층별 Bored Pile의 길이(깊이)와 직경 및 강도 등이 서로 다르게 자세히 설계되어 물량을 최소화 하고 공사비 절감을 가능토록 한 프로젝트 사례이다.

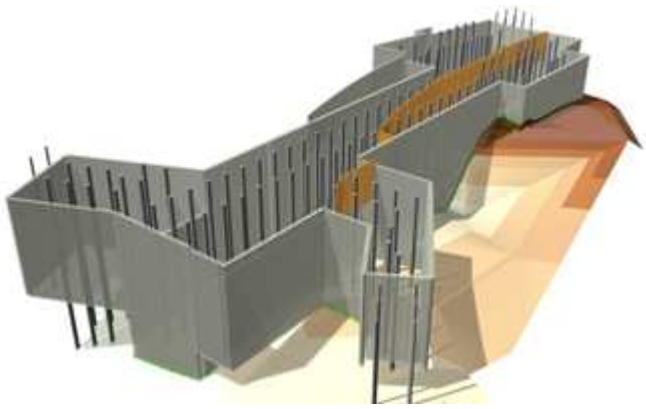


그림 2.54 T205 3D 모델

시공 단계 BIM 적용 사례

① ER391 프로젝트

고속도로 분기점 및 고가도로 확장 공사로 발주기관인 LTA와 시공회사인 OKP Holding Limited, 그리고 설계회사인 CPG Corporation Pte. Ltd.등 각 기관과의 원활한 협업을 위해 도입한 BIM 활용 사례이다. BIM을 이용하여 설계 검토를 정확하고

빠르게 가시적으로 검토하여 각 기관들의 신속한 의사 전달 및 결정을 통해 공사 기간을 단축한 프로젝트 사례이다.



그림 2.55 ER391 프로젝트 3D 모델

② ER382 프로젝트

싱가포르의 맥리치 고가교와 아담 고가도로 사이의 신설 도로 공사 project 이다. 2012년 LTA에서 발주하여 Sweehong에서 BIM을 이용하여 입찰하여 수주 하였고 시공단계에도 BIM을 적용하고 있다.



그림 2.56 ER382 프로젝트 3D 모델

2.3 도로공사 과업 분석 및 의견 청취

도로공사 조직 구성 및 업무

○ 한국도로공사의 고속도로 프로젝트의 프로세스 혁신과 고품질의 성과품 품질이 요구되고 있는 추세에 발맞추어 BIM설계기법 정립 및 활용 기술을 개발하여 시설물 생애주기 비용을 절감할 수 있는 설계·시공·유지관리 단계별 Ex-BIM 단기/중기/장기 추진전략 및 로드맵을 구축하기 위해 내부 연구진의 의견 조회를 부록 2와 같이 수행함.

○ 발주자가 필요로 하는 정보와 수준을 결정하고 이에 기반하여 정확한 요구사항을 제시하지 않으면 새로운 기술이 오히려 장애요인이 되고 지속성을 가지기 힘들기 때문에 한국도로공사의 기획/계획, 설계, 사업/공사관리, 운영 및 유지관리의 전단계에 걸쳐 각 담당 부서의 업무 개선사항을 도출하고 필요 정보 요구사항을 체계화하여 핵심적으로 관리되어야 하는 정보를 도출해야 함.

○ 정부의 창조경제 실현을 위한 노력에 부합하도록 전자정부 시책의 여러 정책적 노력을 고려해야 하고 조달청, 토지주택공사, 한국수자원공사에서 이미 제시했거나 현재 진행중인 “BIM 도입을 위한 로드맵”을 충분히 파악하고 국토부가 2013년에 진행한 “Infra BIM 협의체”에서 논의한 각 발주처별 BIM 발주의 지침과 계약 등의 일관성 확보를 위한 연계를 고려하여 제시함.

- 글로벌 산업 환경에 맞는 인력관리
- 시장친화·정보표준화·실시간 현장관리의 정착
- 기술력 중심의 발주·심의
- 유저(User) 지향 건설공사로의 업그레이드
- 유지 관리 과정의 취약 요소들의 D/B화
- 설계·시공 단계로의 피드백(Feedback)

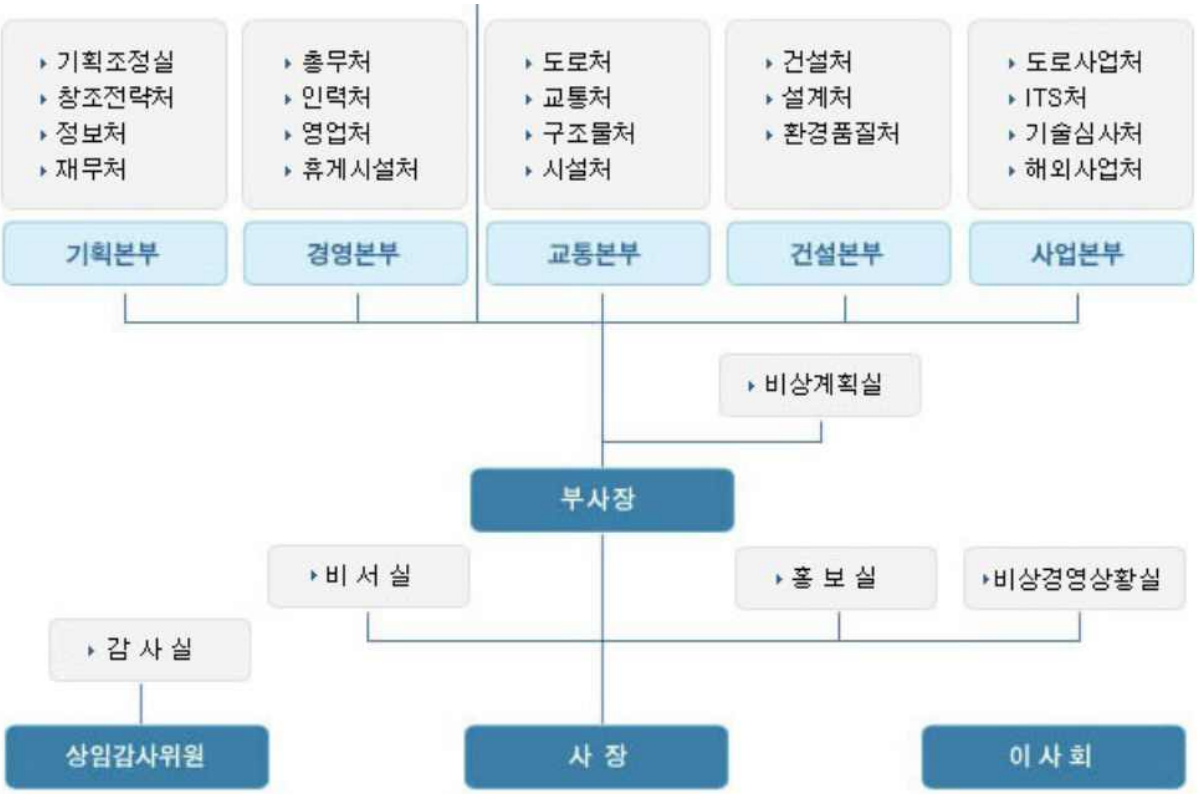


그림 2.57 한국도로공사의 조직도

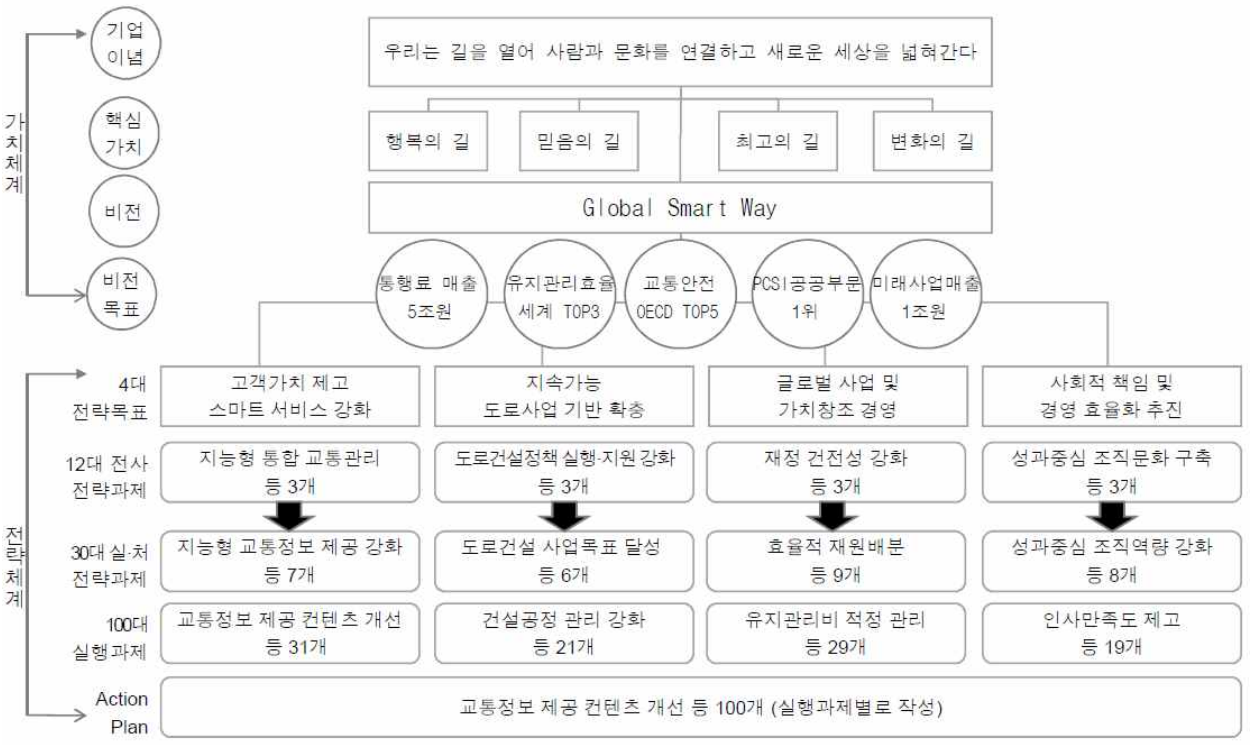


그림 2.58 비전 2020 중장기 전략경영계획(2010)

표 2.10 각 부처의 업무

정 보 처	장·단기 정보화사업 계획 수립 및 시행 IT 인프라 도입 및 운영 총괄, 유지관리 계획·설계, 재난복구 정보보안 및 개인정보보호 정책 총괄, 사이버보안 경영·영업·고객 정보시스템 구축 및 관리 건설·교통·유지관리 정보시스템 구축 및 관리
도 로 처	재난·재해 등 방재관련 업무 총괄 도로 유지보수계획 수립 및 사업추진 총괄 시설개량사업 시행지침 수립 및 총괄 포장공사의 설계, 시공 및 소관공사 관리
구조물처	각종 구조물 관리계획 수립 구조물 점검, 개축 및 보수 업무 총괄 구조물 안전진단 업무
건 설 처	고속도로 건설사업 추진계획 총괄 고속도로 건설현장 평가 업무 주관 건설공사 원가관리 및 건설사업 제도개선 업무 고속도로 건설사업 관리 총괄 건설공사 개통·준공 관련 업무 건설현장 상생협력 관련 사항 건설공사 정보화 및 첨단건설현장 구축 건설공사 인·허가 추진 등 제반 관련 업무
설 계 처	고속도로 건설공사 실시설계 기준수립 및 표준도 총괄 건설공사의 설계 및 감독

표 2.11 단계별 도입 절차와 준비 사항

단계	적용 분야
설계 단계	BIM을 통한 2D/3D-도면, 물량산출 자동화, 물량정보 DB화, 물량정보 연동 내역정보 DB화, 위치·재료·물량·공종·공정 정보 DB화, 부재·장비 간섭검토, 경관검토, 가상현실구현을 통한 시공·유지관리 단계 사전검토
시공 단계	가상시공을 통한 시공오류예방 및 설계단계 BIM을 활용한 실시간 공정·실적·기성·자재·장비·현장·품질·안전관리
유지 관리	실시간 위치별 설계-건설-보수이력 통합관리를 통한 점검·보수시기 사전계획 및 실시간 도로시설·장비·부대시설 상황관리, 실시간 계측·포장·방재·기상·교통·재해·재난·통행료징수 관리에 활용, 실시간 교통정보 및 관광연계 모바일 시스템에 활용

발주처의 정보요구사항 분석

○ 발주자의 정보 요구사항을 정의해서 BIM 실행계획, 입찰안내서 등에서 반영할 수 있도록 기본적인 틀을 제공

표 2.12 발주자 정보요구사항 세부항목

구분	세부 항목
기술적 요구 (Technical)	▪ **소프트웨어 플랫폼** – 협업 및 시설물관리시스템을 위한 플랫폼 정의 – 개방형을 지향하지만 사업관리시스템과 자산/시설물 관리시스템으로의 데이터 교환을 위해 필요한 소프트웨어 버전 및 플랫폼 요구 가능 – BIM 실행계획서에 각 설계 부분별 솔루션 정의 포함하여 상호 통합 및 협업 가능하게 함 – 시공자 요구사항이 포함되는 경우에는 환경, 안전, 4D, 5D를 포함한 솔루션 및 버전 요구사항 포함 ▪ **데이터 교환 포맷** – 원본 파일 – 개방형 파일 (IFC) 혹은 자산관리를 위한 COBie – pdf 파일 – 동일한 데이터세트에서 산출된 파일 포맷이어야 함 ▪ **조정 작업** – 공간 좌표 공유로 인한 조정이 최소 요구사항 – 치수 등 통합을 위한 표준 제시 ▪ **상세 정도 (LOD)** – 정보 요구사항의 수준 정의 (공정, 각 공정별 LOD, 공정별 데이터 수집, LOD 정의) **Levels of Detail and the Model Production and Delivery Table** The Levels of Detail are as follows: / The Stages are as follows: LOD 1 _____ STAGE 1 _____ LOD 2 _____ STAGE 2 _____ LOD 3 _____ STAGE 3 _____ LOD 4 _____ STAGE 4 _____ LOD 5 _____ STAGE 5 _____ LOD 6 _____ STAGE 6 _____ LOD 7 _____ STAGE 7 _____ ▪ **교육 훈련** – 발주자 참여인력에 대한 추가로 요구되는 교육 정의 (모델링,해석 등 설계 검토 및 모델 활용 기술)

관리 (Management)	▪ **표준** – 프로젝트에서 산출되는 핵심 성과물에 대한 정의 – PAS1192:2, BS1192:2007, COBie 등 참고 – 설계관리시스템, 조달관련, 데이터보안, 자산관리 관련 기준 포함 여부 논의 필요 ▪ **참여자 역할 및 책임 정의** – 정보관리 기준에 따른 역할 정의 – BIM 실행계획서에 포함 ▪ **업무계획 및 데이터 분할** – 모델 관리, 명칭 체계 등 정보관리 기준에 맞는 입찰자 제안 사항으로 포함 ▪ **보안** – 협업 시스템 혹은 전자 문서 관리 시스템에서 요구하는 보안 사항 준수 (레벨1~4까지 정의가능) ▪ **조정작업과 간섭검토 과정** – 소프트웨어, 절차, 책임사항, 결과물 – 기술 협의 절차 – 허용 오차 – 간섭 해소 절차 ▪ **협업 과정** – BIM 실행계획서에 포함 – 정보 공유 형태 – 모델의 수준 (감소된 LOD로 공유가능) – 협업과 정보 교환의 주기 – 모델 검토 및 협업 실무의 상세 ▪ **안전 및 시공설계관리** – 공정 / 각 공정별 안전 핵심 관리 사항 / 재해재난 대비 – 사전 시공 정보 (PCI) / 설계로부터 리스크 평가 ▪ **시스템 성능** – IT 관련 요구사항 (모델 크기, 소프트웨어, free viewer 정보, 보안) ▪ **법규준수 계획 (Compliance plan)** – BIM 실행계획서에 포함 – QA 절차, 모델의 관리 주기 등 ▪ **자산정보 획득 전략** – 자산정보모델 (AIM) 및 정보교환 방안
발주 측면 (Commercial)	▪ **데이터 및 프로젝트 성과물 정의** – 공정, 공정별 정보 취득, 데이터 취득의 주요 목적, 정보요구

사항

Stage	Description	Drop	Purpose
Stage 1	fees for Option Appraisal	-	
Stage 2	Option Appraisal	1	Approved Outline Business Case
Stage 3	Feasibility Study	-	
Stage 4	Project Brief / Tender Model	2a	Tender package
Stage 5a	Initial Project Proposals Proposals (IPP)	2b	Appoint Constructor
Stage 5b	Developed Constructor Proposals (DPP) Agreed Maximum Price (AMP)	3	Agree maximum price (submit DPP for evaluation)
Stage 6	Construction	-	
Stage 7	Completion	4	Practical completion / certificate A

– 단계별 요구사항에 맞는 데이터 취득 절차

- **발주자의 전략적 목표**
  - 데이터의 주요 사용 목적 명시

P01	Registration	P06	Assessment and re-use
P02	Use and utilisation	P07	Impacts
P03	Operations	P08	Business case
P04	Maintenance and repair	P09	Security and surveillance
P05	Replacement	P10	Regulation and Compliance

- **BIM 관련 역량평가**
  - 입찰서류에 BIM 관련 역량 평가 자료 포함
  - BIM 수행실적 및 역량
  - BIM 실행계획
  - 기준에 따른 상세 절차
  - 주요 협력사 및 예상 결과물 및 평가 절차

Specimen Production and Delivery Table for BIM Protocol user Guide

	Drop 1 Stage 1		Drop 2a Stage 2		Drop 2b Stage 2		Drop 3 Stage 3		Drop 4 Stage 6	
	Model Originator	Level of Detail	Model Originator	Level of Detail	Model Originator	Level of Detail	Model Originator	Level of Detail	Model Originator	Level of Detail
Overall form and content										
Space planning	Designer	1	Designer	2	Contractor	2	Contractor	3	Contractor	6
Site and context	Designer	1	Designer	2	Contractor	2	Contractor	3	Contractor	6
Surveys							Contractor	3		
External form and appearance			Designer	2	Contractor	2	Contractor	3	Contractor	6
Building and site sections					Contractor	2	Contractor	3	Contractor	6
Internal layouts					Contractor	2	Contractor	3	Contractor	6
Design strategies										
Fire			Designer	2	Contractor	2	Contractor	3	Contractor	6
Physical security			Designer	2	Contractor	2	Contractor	3	Contractor	6
Disabled access			Designer	2	Contractor	2	Contractor	3	Contractor	6
Maintenance access			Designer	2	Contractor	2	Contractor	3	Contractor	6
BREEAM					Contractor	2	Contractor	3	Contractor	6
Performance										
Building	Designer	1	Designer	2	Contractor	2	Contractor	3		
Structural	Designer	1	Str Eng	2	Contractor	2	Contractor	3		
MEP systems	Designer	1	MEP Eng	2	Contractor	2	Contractor	3		
Regulation compliance analysis							Contractor	3	Contractor	6
Thermal Simulation							Contractor	3	Contractor	6
Sustainability Analysis							Contractor	3	Contractor	6
Acoustic analysis							Contractor	3	Contractor	6
4D Programming Analysis										
5D Cost Analysis										
Services Commissioning							Contractor	3	Contractor	6
Elements, materials components										
Building			Designer	2	Contractor	2	Contractor	3	Contractor	6
Specifications			MEP Eng	2	Contractor	2	Contractor	3	Contractor	6
MEP systems					Contractor	2	Contractor	3	Contractor	6
Construction proposals										
Phasing							Contractor	3		
Site access							Contractor	3		
Site set-up							Contractor	3		
Health and safety										
Design							Contractor	3		
Construction							Contractor	3		
Operation							Contractor	3	Contractor	6

LOD definitions (fr

1 Brief
2 Concept
3 Developed
4 Production
5 Installation
6 As constru
7 In use

Stage definitions (

0 Strategy
1 Brief
2 Concept
3 Definition
4 Design
5 Build & Co
6 Handover
7 Operation

Model Originators

그림 2.59 EIR에 대한 사용자 가이드

○ 단계별 BIM 도입을 위해 기존 입찰서류에서 최소한의 변경을 통해 반영

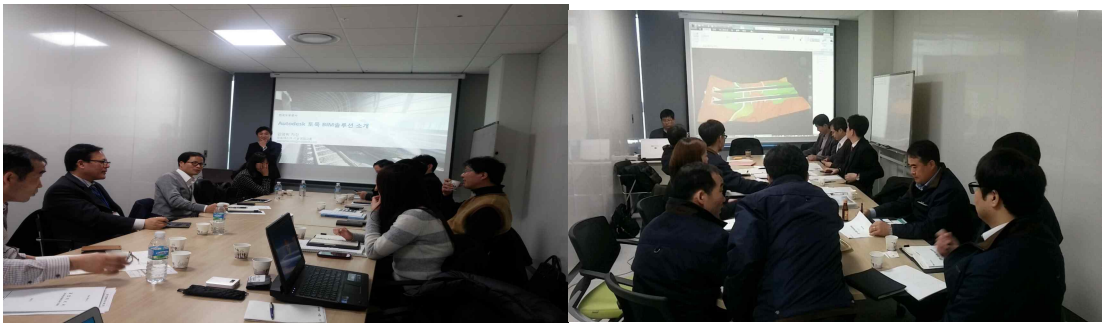
- BIM을 프로젝트에 도입하면서 명확하고 간략한 요구사항을 포함
- EIR 문서에 표준, 포맷, 내용을 규정
- 프로젝트 실행계획 (project execution plan)에 협업 환경에서 모델의 업로드와 공유의 절차를 명시 (모델 명칭체계는 추가적으로 제시하고 나머지는 기존 도면 파일 참조한 절차 활용)
- 역량 평가에 대한 것은 추가 논의 필요 (관련 경력 혹은 실적 증빙 방안이 부재한 상황 고려)

3차원 정보모델 기반의 업무를 도입하고 이에 따른 효과를 극대화하기 위해서는 업무의 주체인 한국도로공사 내부 실무진의 업무 현황과 개선사항을 우선적으로 파악하기 위한 내부 연구진 인터뷰 및 세미나를 진행함.

3차원 모델을 활용한 기술은 3차원 캐드, 설계 및 해석, 도면 추출 및 물량 산출, 시각화, 센싱 및 사물인터넷, 빅데이터, 드론 등 다양한 ICT 및 최신 기술과의 연계가 이루어지고 있기 때문에 우선적으로 이를 내부 연구진에게 세미나를 통해 제공하고 이후 인터뷰를 진행하여 기술 파악과 업무 적용성에 대한 현실적인 안을 도출하기 위한 활동을 수행함.

첨단 교통 시스템의 등장 및 새로운 교통수단의 보급 확대, 지능형 교통체계, 사회기반 시설 및 주택 등 자동화 및 지능화, 컴퓨터 및 정보통신 기술을 기반으로 한 정밀시공, 극한조건 작업 가능 로보틱스 등 기술생태계 변화를 고려한 EX-BIM 로드맵의 초안은 외부연구진이 우선 제시하고 이를 기반으로 도로공사 업무의 활용성, 투자 대비 효과 (ROI), 단계별 도입을 위한 내부 준비 사항을 파악하여 수정 보완하는 절차를 수행함.

국토부를 비롯한 관련 기관의 BIM 관련 로드맵과 조사 작업의 결과를 분석하고 연계될 수 있는 방안을 조율하는 과정을 거쳤고 수정 보완된 로드맵은 내부 연구진에게 다시 피드백하여 검토하는 과정을 수행함.



세미나 및 인터뷰 프로그램

분 야	일 시	내용	참여자
계획분야 /솔루션	2015.2.11	○ 도로계획분야 BIM 활용 사례 소개 및 도입방안 ○ 오토데스크 도로 계획 솔루션 ○ 오토데스크 BIM 솔루션 소개 ○ 평화데이터시스템 솔루션 소개 ○ 토의 및 인터뷰	○ 설계처, 도로조사팀 ○ 외부연구진 ○ 평화데이타 시스템 ○ 오토데스크
설 계	2015.2.12	○ 설계분야 BIM 활용사례 소개 및 도입방안 ○ 현 설계 프로세스 및 설계 정보 시스템 운영 분석 ○ 벤틀리 솔루션 및 도로 활용사례 ○ 올플랜 솔루션 및 활용사례 ○ 정보 전달 표준 ○ 견적 솔루션 및 사례 소개 ○ 토의 및 인터뷰	○ 설계처 ○ 외부연구진 ○ 벤틀리/네매첵 ○ 견적관련 전문가 (글로텍)
도로/안전 /유지관리	2015.3.12	○ Hi-설계, 건설 등 시스템 분석 및 평가 ○ 유지관리분야 BIM 활용사례 소개 및 도입방안 ○ 3차원기반 교량유지관리 ○ 회전익 UAV을 이용한 도로 지형 측량과 시설물관리 ○ 토의 및 인터뷰	○ 정보처, 도로처, 재난안전처 ○ 외부연구진 ○ 드론 전문가

시 공	2015.3.19	○ 인터뷰 개요/로드맵 설명 ○ 건설중 BIM 적용 사례 ○ 증강현실(AR) 기반의 건설관리 기술 현황 ○ 건설 GIS 개요 및 활용사례 ○ 토의 및 인터뷰	○ 설계처, 건설처, 대구순환사업단 ○ 외부연구진 ○ 건국대 편무욱 교수

□ As-Is To-Be 분석을 위한 업무 분석

1. 현재 업무 현황

설 계 처	고속도로 건설공사 실시설계 기준수립 및 표준도 총괄 건설공사의 설계 및 감독
도 로 처	재난·재해 등 방재관련 업무 총괄 도로 유지보수계획 수립 및 사업추진 총괄 시설개량사업 시행지침 수립 및 총괄 포장공사의 설계, 시공 및 소관공사 관리
재난안전처	각종 구조물 관리계획 수립 구조물 점검, 개축 및 보수 업무 총괄 구조물 안전진단 업무
건 설 처	고속도로 건설사업 추진계획 총괄 고속도로 건설현장 평가 업무 주관 건설공사 원가관리 및 건설사업 제도개선 업무 고속도로 건설사업 관리 총괄 건설공사 개통·준공 관련 업무 건설현장 상생협력 관련 사항 건설공사 정보화 및 첨단건설현장 구축 건설공사 인·허가 추진 등 제반 관련 업무
정 보 처	장·단기 정보화사업 계획 수립 및 시행 IT 인프라 도입 및 운영 총괄, 유지관리 계획·설계, 재난복구 정보보안 및 개인정보보호 정책 총괄, 사이버보안 경영·영업·고객 정보시스템 구축 및 관리 건설·교통·유지관리 정보시스템 구축 및 관리

2. 도로공사의 대외적인 가치를 높이는데 각 부처가 맡은 가장 주요한 목표점은 무엇인가요? (예: 글로벌 스마트 웨이)

설 계 처	
도 로 처	
재난안전처	
건 설 처	
정 보 처	

3. 각 부처의 핵심 KPI는 무엇이고 이를 위해 추가로 도입해야 하는 기술/제도/정책은 무엇이라고 보십니까? (첨부한 경영전략계획에서 각 부처의 KPI를 참고)

설 계 처	
도 로 처	
재난안전처	
건 설 처	
정 보 처	

4. 개인적인 역량 강화를 위해서 BIM 교육을 통해 확보하면 도움이 될 것으로 보는 항목은 무엇인가요 ? (교육자료 참고 - 현황, 솔루션 기술, 모델 활용기술, 해외발주사례 등)

설 계 처	
도 로 처	
재난안전처	
건 설 처	
정 보 처	

5. 담당 업무에서 반복적으로 수행되거나 관련 정보를 찾고 유지하는데 시간을 많이 소비하는 업무를 구체적으로 작성해주세요.

설 계 처	
도 로 처	
재난안전처	
건 설 처	
정 보 처	

6. 도로공사가 차세대 기술 및 서비스 영역으로 고려하고 있는 분야에서 BIM 기반의 업무 절차와 기술이 활용될 수 있는 분야는 무엇이라고 생각하는지 담당하시는 부처의 업무 영역내에서만 의견을 주십시오 (교육 이후 답변 가능).

설 계 처	
도 로 처	
재난안전처	
건 설 처	
정 보 처	

7. 현재 각 부처에서 추진하는 전략과제 혹은 발전 과제에서 BIM 기술 혹은 절차가 유용하게 사용될 수 있는 것은 무엇이라고 생각하시는지 의견을 주세요 (교육 이후 답변 가능).

설 계 처	
도 로 처	
재난안전처	
건 설 처	
정 보 처	

8. 도로공사의 해외사업 (북한을 포함) 추진시에 BIM 기술을 활용하여 도로사업 관리 기술과 경험의 패키징에 유용한 정보가 무엇이 될 수 있는지 각 부처별 업무에 기반해서 추천해주시기 바랍니다. (전생애주기적 관점에서 기획, 계획, 타당성검토, 발주관리, 설계, 시공, 운영/유지관리를 포괄)

설 계 처	
도 로 처	
재난안전처	
건 설 처	
정 보 처	

9. 최근 국내적으로 사회적 이슈사항이 되고 있는 안전문제, 환경문제, SOC 예산 축소, 고령화 사회, 탄소저감 등의 영역에서 한국도로공사가 능동적으로 대응하고 관련 이슈를 선도하기 위해 할 수 있는 과업은 무엇이라고 생각하시는지 담당 부처의 입장에서만 기술해주세요.

설 계 처	
도 로 처	
재난안전처	
건 설 처	
정 보 처	

■ 설계관리 및 검토 단계에서의 개선 사항

- 복잡해진 사업환경을 고려한 도로 계획 및 설계 검토에 기존의 2차원 도면 및 문서 기반의 업무는 개선이 필요함.
- 도로계획 및 사업관리시 이해관계자를 설득할 때 현재의 성과품 체계에서 비전문가를 대상으로 투명성과 소통을 확보하는데 어려움이 있음.
- 2차원 도면 기반의 설계 성과물로부터 각종 시설과의 간섭, 시공성, 환경 및 민원 사항 파악, 현장 여건에 대한 종합적 분석에 최신 기술 도입이 필요함.
- 설계 변경 최소화를 위해 설계 검토와 정확한 물량 산출 여부의 파악에 많은 시간이 소요되고 도로공사 내부의 관련 규정, 방침 등을 준수하는지 여부를 검토하는 데에도 경험과 시간을 요구하고 있음.
- 설계 오류에 많은 부분이 도면 오류, 구조계산서, 도과 물량 산출서간의 불일치 및 누락/중복계산, 노선간/공구별 적용 기준 상이가 많아 이를 현재의 성과품 체계에서 빠른 시간내에 정확하게 검토하는데 어려움이 있어 개선이 필요함.
- 신규 고속도로 사업의 축소에 따라 기존 노선 개량, 교체 및 개선사업이 주요 사업 영역이 되고 있어 설계가 차세대 교통 환경을 고려할 수 있는 새로운 패러다임으로 전환될 필요성은 있는데 이를 뒷받침할 수 있는 환경조성은 미흡한 상황임.

■ 워크샵의 BIM 기술 적용 사례를 바탕으로 도로공사에서 활용 가능할 것으로 판단되는 기술적 영역

- 기존 도로 선형자동화 프로그램과 3차원 모델 연계된 도로 선형 결정
- 복잡한 나들목 진출입 부분 설계 및 사전 시뮬레이션
- 비정형 터널 부분 설계 / 터널 갱구부 사면절취에 대한 이해도 향상
- 설계 단계에서 각종 설계 변수에 따른 노선 선정 등 공사 간섭 문제 사전 예측
- 물량, 공정, 해석 연계를 통한 설계검토 업무 효율성 확보
- 설계 성과물의 전자문서화를 통한 상호연계로 정보 검색 및 활용 생산성 개선
- 고교량, 장대교량, 도심지 시공 등 위험 공종에 대한 시뮬레이션을 통한 사전 안전 검토
- 국민안전처 출범에 따라 타부처가 재해재난 관련 신기술 도입을 추진하고 있어 VR/AR 등 새로운 형태의 안전 관리 역량의 도구로 활용
- 조망권 및 일조 민원지역 사전 시뮬레이션으로 공사 중 작업지연 및 민원 예방
- 철근 조립 도면의 3차원 시각화를 통한 재시공 방지
- 창의적 설계 결과물로 도출되는 비정형 구조물의 시공성 검토
- 현장 지형에 맞는 구조물 (지하박스, 집수정) 배치
- 터널 토목, 소화설비, 전기 등 주된 간섭 발생 경우에 대한 사전 검토
- 지자체, 관련 기관, 주민 등 사업 이해 당사자 의사소통 도구
- 해외 및 북한 지역에 대한 사전 도로 설계
- 해외 도로 타당성 검토시 3차원 지형 연계 경제성 검토
- 신규사업 축소에 따른 신규 직원의 설계 검토 경험 전수의 수단으로 활용

도로공사가 EX-BIM을 도입하기 위해 해결할 필요가 있는 과제

- 도로공사의 Hi-설계 시스템 개선
- 클라우드 및 모바일 기반의 실시간 협업 및 정보 공유를 위해서는 공사가 유지하고 있는 네트워크 보안 정책에 부합하는 보안 대책 필요
- 개방형 BIM이 도로분야에 활용 가능할 때까지 3차원 정보 모델 기반의 업무를 도입하기 위해 상대적으로 효율적인 3차원 캐드 플랫폼 선정 및 직원 교육
- EX-BIM 도입에 따른 정량적 효과를 확보하기 위해서 도로공사가 현재 요구하는 설계 성과품, 전자납품 체계, 설계 검토 및 공사/사업관리 시스템, 절차의 개선이

병행되어야 함

- 민간 기업과의 협력관계 구축을 위해서 EX-BIM 도입 일정 및 정보요구사항을 미리 공지해야 함
- 기존 도로관리시스템, HBMS, ITS 체계 등에서 관리하고 있는 도로자산 데이터를 3차원 모델 기반으로 전환하고 도로공사가 보유한 하드웨어인 고속도로 및 관련 시설물의 디지털 자산화를 위한 기술적 투자가 필요함
- 자동차 생산 및 관련 서비스 기업과의 연계를 통해 무인운전, 전기차, 사물인터넷, 네비게이션 등의 신사업 창출을 통해 EX-BIM 설계 모델의 효과를 극대화할 수 있는데 이를 위해서는 내부 조직에서 이러한 사업 영역에 대한 이해와 소통이 필요함

■ 정보관리 및 검토 단계에서의 개선 사항 (워크샵 및 인터뷰 3/12, 19)

- 앞으로 도로공사의 모든 시스템은 표준 WBS 분류체계와 연계를 기본으로 하며 도로공사 Hi-5 시스템 또한 표준 WBS 기반 정보 통합관리 시스템 고도화가 필요함(2015~2016 용역 수행 예정)
- 표준 WBS 분류체계가 반영된 BIM 라이브러리 구축과 WBS 기반의 검색 시스템 고도화가 필요함(DB + 도면 + pdf + BIM 모델을 WBS 기반의 검색이 가능해야 함)
- 3개의 납품파일 형식(dwg, 3D pdf, BIM 모델)과 표준 WBS 분류체계와의 연동 가능성과 특히 BIM 전체 모델은 WBS 기반의 통합 시스템에서 검색 가능한 시스템 구축이 필요함.
- 정보처에서 운영하고 있는 Hi-5 시스템이 WBS기반으로 정보체계를 운영하고 있으므로 이를 BIM기반으로 변화되더라도 기존의 WBS기반의 Hi-5 시스템을 유지하면서 연계되어지는 시스템을 구축하고자 함.

  Level 1 : Hi-설계도서 고도화

  기존의 Hi-설계도서 중 도면을 dwg 파일 한 가지 종류만의 DB 운영관리에서 향후 BIM기반의 경우 dwg/pdf/모델링파일 (폐쇄형 선호) 3가지 종류의 DB운영관리를 위한 기존 Hi-설계도서 시스템 업그레이드.

Level 2 : 차세대 도로기술 통합정보 시스템 구축

BIM 모델링 시 3차원 객체마다 첨부해 드리는 “통합표준분류체계 (도메인)(2014.11.04).xlsx" 파일에서 정의 내린 방식과 같이 CBS 8자리, WBS 7자리 총 15개의 속성정보를 입력하여 모델링을 레벨화시킴

pdf-도면과 모델링의 연계방법 개발 : pdf-도면에 3차원 모델링을 클릭하면 모델링 파일이 열려서 속성정보를 볼 수 있도록 하기를 원함

: 위에서 설명한바와 같이 “모델링 레벨화” 및 “pdf-도면과 모델링의 연계”등의 구현을 위한 문제점 해결방안을 도출하고자 함(예를 들어 15가지의 속성정보 입력 자동화 방안, 속성정보 입력이 불가한 Civil3D의 경우 해결 방안 등)

- BIM 성과품 납품을 위해 기존의 H-CAD(CD 성과품) 시스템의 고도화 필요와 BIM과 WBS를 통합하는 플랫폼에 대한 기획 연구가 필요함

3D pdf 파일에 대한 이슈사항

- 전자 표준 pdf 도면에 3D 모델을 넣을 경우 각각의 모델을 개별로 넣을 지 전체 통합 BIM모델로 부터 바로 연계해서 전자 도면에 필요한 파트(또는 라이브러리)만 넣을 것인가에 대한 검토 필요함
- 3D pdf 파일에서도 MVD 정의가 가능한지 검토 필요함

구조물의 유지관리 및 안전 단계에서의 검토 사항

- 구조물의 이동이나 휨 등을 알 수 있는 최종 준공 시의 정보를 체크할 수 있는 구조물의 시공 초기 값이 중요하나 현재 준공도서와 같은 자료만 있을 뿐 시설물의 현황관리가 안되고 있어 신뢰할 수 있는 데이터가 별로 없음
- Hi 시스템이 구축되어 있기는 하지만 교량, 포장관리를 제외하고는 체계적인 관리가 되어있지 않고 있으므로 설계-시공단계까지는 가능하지만 유지관리는 힘들다고 생각하며 도로공사 직원 누구든 점검을 쉽게 하고 체크할 수 있는 도구가 필요함
- 3D 설계는 시간단축이 관건이나 아직까지 시간단축에 대한 신뢰가 없음.

2.4 BIM 관리자 교육

발주자의 BIM 관리자 교육

- BIM 관련 로드맵 구축과 가이드라인을 작성하기 위해서는 도로공사 내부의 업무 절차 및 개선 사항을 가장 잘 파악하고 있는 내부 연구진의 교육이 필수적임

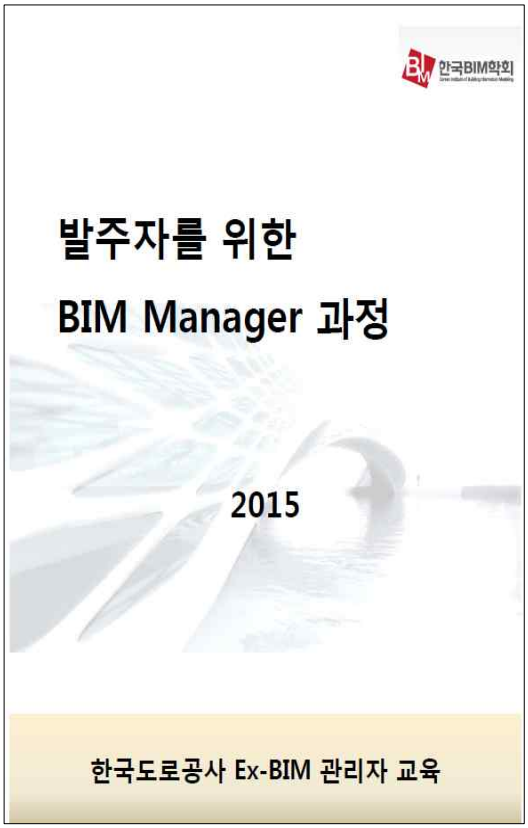
- BIM 관련 기본 현황에서 세부 기술사항을 포괄하도록 교육 프로그램을 구성

- BIM 관리 도구 실습 시간을 배정하고 Navisworks를 무상 제공하고 직접 3차원 정보 모델을 다룰 수 있도록 교육 실시

- 다음의 항목으로 교육을 구성하고 이를 교재로 제공함

표 2.13 BIM 관리자 교육 프로그램

	내용
1일차	BIM 일반사항 및 발주현황, BIM시범사업 해외 BIM 실무사례, 도로기획 단계 BIM 기술
2일차	BIM 설계 실무 I, II BIM 기반 수량원가산출시스템
3일차	BIM 기반 공정관리, 건설자동화를 위한 영상기반시스템 가시설 설계, 유지관리, 솔루션 개발
4일차	BIM 관리도구 (Navisworks) 교육 및 실습


한국BIM학회
발주자를 위한
BIM Manager 과정
2015
한국도로공사 Ex-BIM 관리자 교육


한국도로공사
발주자를 위한 BIM Manager 과정
BIM 일반 및 발주현황
심창수
한국BIM학회


발표순서
01 BIM 기술동향 및 이슈
02 BIM 해외 발주 사례
03 BIM관련 표준 및 가이드라인
04 맺음말









2.5 EX-BIM 로드맵

EX-BIM 비전 및 전략

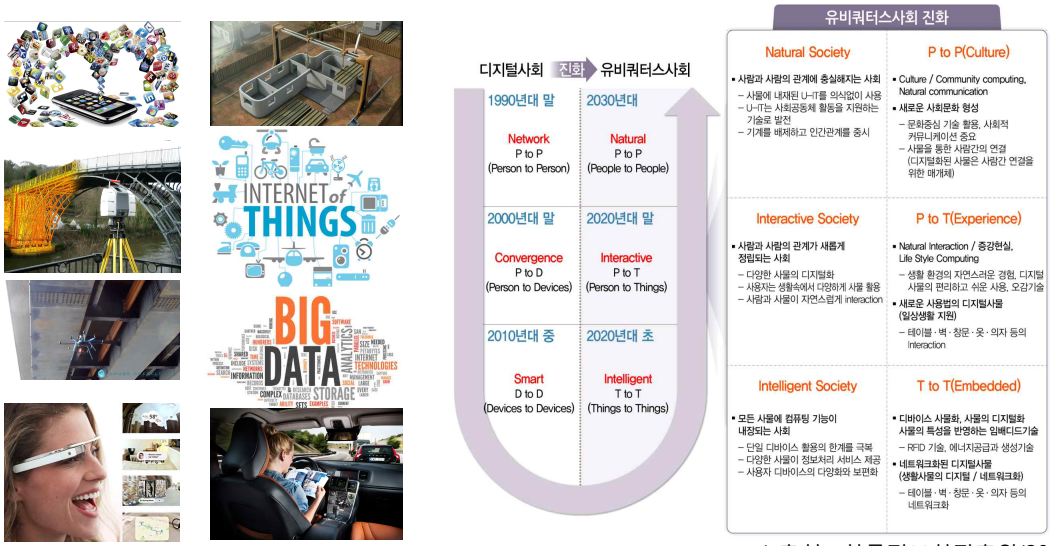
- **건설산업의 기술생태계 현황의 주요 사항을 아래와 같이 평가하고 이에 따른 EX-BIM 비전 수립**
  - 국내 건설시장은 신규건설에서 유지관리 및 교체 주기로 진입하고 있어 이에 대한 사전 대비가 필요하고 해외 시장 진출을 위한 프로젝트 관리 능력에서도 첨단기술 위주의 경쟁력 확보가 우선되어야 함
  - 주요 민간기업의 연구개발이 “기술구매”형태로 전환되고 설계회사의 열악한 상황으로 우수 인력이 이탈하거나 진입하지 않아 향후 건설분야 기술주도권을 발주처가 유지하지 않으면 건설기술 퇴보와 이에 따른 안전 문제가 지속적으로 증가할 우려가 있음
  - 교통수단과 새로운 ICT 기술의 발전 속도는 건설분야에 비해 빠르고 기술의 수명주기가 짧기 때문에 새로운 교통수단에 대응하는 미래 고속도로 건설과 이를 위한 지속가능한 ICT 기술 적용이 건설 전문가 주도로 진행되어야 함

표 2.14 국내 건설관련 사업의 변화와 대응방안

구 분	변화 추세	대응 방안
국내 건설산업	개발위주 신규 건설에서 유지관리/교체	고속도로 재건 대비와 안전 관리
건설 시장	국내 ⇨ 중동 ⇨ 아시아, 아프리카,남미 ⇨ 북미,유럽	해외시장 PMC 핵심기술 경쟁력 확보
건설기술 주도	민간 기술 개발 주도에서 기술선도 주체 미비	Best Practice를 선도하고 민간기술 개발을 유도하는 주체
교통수단	전기차, 무인운전, 드론	새로운 교통수단에 대응하는 미래 고속도로 재건
ICT기술	모바일, 사물인터넷, 빅데이터로 진화	업무 효율성과 신규 서비스 창출에 활용

ICT 및 제조업 분야의 혁신 기술에 대한 대응 및 능동적인 활용 전략이 요구됨

- 기존의 산업 영역간의 경계가 모호해지고 정보의 생성 및 활용주체가 다수로 바뀌면서 모바일 생태계 및 이에 근거한 빅데이터 등 정보기반 기술이 산업전반의 경쟁력을 좌우하게 됨
- 레이저 스캐닝을 통한 역설계, 3차원 프린팅을 통한 디지털 제조기술, 무인 항공기를 통한 안전관리 등이 이미 실현되고 있고 웨어러블 디바이스의 상용화는 건설분야의 기존 업무 형태를 혁신적으로 변화하게 하는 전략을 요구하게 됨
- 첨단 기술 기반의 다국적 기반의 미래 시장 분석에서 첨단 인프라가 포함되는 것은 기존의 인프라에 ICT 기술을 탑재하여 운영 및 유지관리를 포함한 시장 분석에 근거함
- 빅데이터나 사물인터넷 등의 새롭게 대두되는 기술에서 교통 인프라가 담당할 수 있는 기술적 영역이 많고 이를 통한 새로운 비즈니스 창출의 가능성이 매우 높아 능동적인 대응 전략이 필요함
- 무인 운전의 상용화는 새로운 교통 체계를 필요로 하고 선제적으로 이러한 기술개발과 함께 가는 미래 고속도로 설계가 필수적으로 요구되고 이를 통해 세계 시장 진출의 경쟁력을 확보할 수 있음



* 출처 : 한국정보화진흥원(2012)

EX-BIM의 비전을 아래와 같이 설정하고 세 가지 주안점을 제시함

다차원 설계환경(BIM) 기반의 차세대고속도로 설계 및 관리역량 강화

(Rebuild Digital Expressway for Life)

- ☞ One-Source Multi-Use (정보 활용성 증대)
- ☞ One Click for In & Out (정보획득 및 저장 효율성 증대)
- ☞ One Master Model for Digital Expressway (정보의 통합 연계성 증대)

**Life: Longer lasting, innovative, fast, efficient and safer*



그림 2.60 미래의 고속도로

도로공사 설계분야의 BIM 로드맵 초안

EX-BIM 도입을 3단계로 구분하여 로드맵 설정

- 도입단계에서는 업무단위의 적용을 시도하고 부처단위와 프로젝트 단위로 확장하여 최종적으로 생애전주기 정보관리를 위한 정착단계로 설정
- 3차원 모델 기반의 업무는 의사소통을 증진시키는 장점을 가지지만 이를 위해서는 기존 업무와 절차의 변화를 이끌 수 있는 시간이 요구됨
- 프로젝트 단위의 BIM을 활용하기 위해서는 민간 기업과의 상시 협업 체계가 필요하고 이를 위해서 현재의 보안시스템에 대한 개선이 요구됨
- 궁극적으로 고속도로 생애주기 관리를 위한 수단으로 활용되어야 하고 기술적 효율성을 높이도록 발전단계별 전략을 수립해야 함

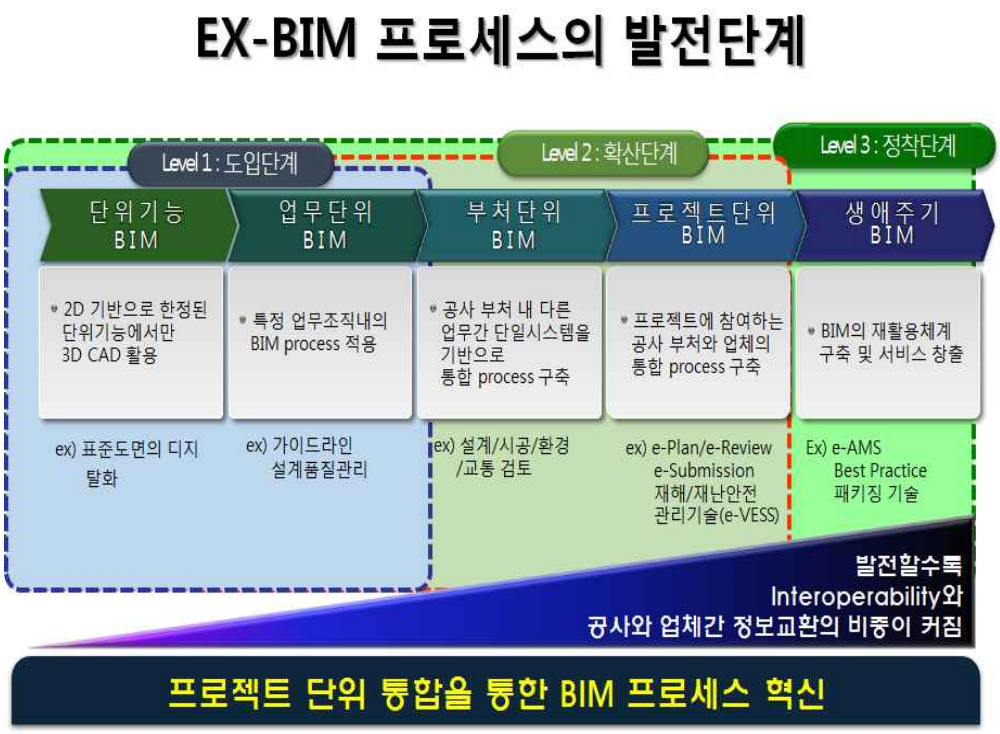
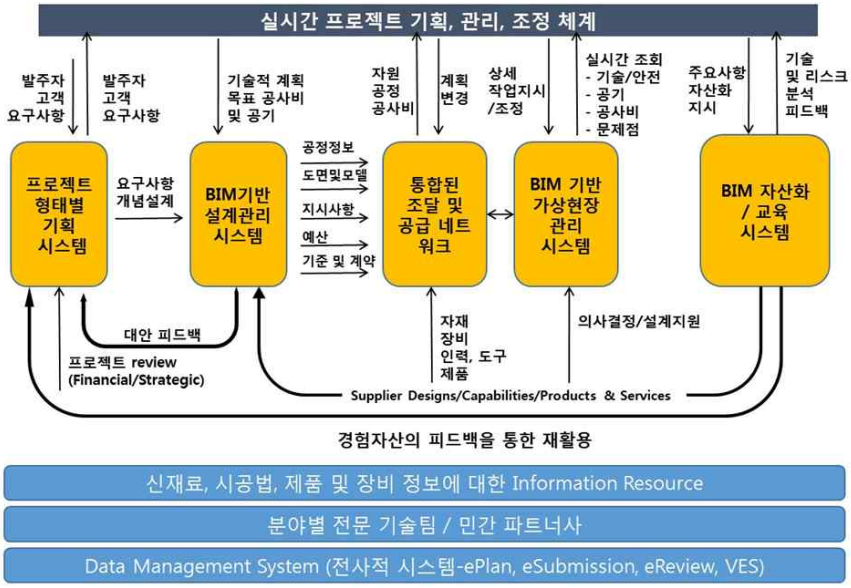


그림 2.61 EX-BIM 도입별 단계

- Fiatech이 제시한 자산 프로젝트의 기술 로드맵을 참고하여 EX-BIM을 위해 필요한 체계는 아래와 같이 제시함.



- BIM을 도입하기 위해서는 단계별 전략이 필요하고 4단계의 목표 설정을 제시하고 워크샵 및 인터뷰를 진행함

- 도입단계: BIM 임시조직 (현재 이 과업의 내부연구진)을 구성하여 파일럿 프로젝트 수행/ 단기·중기·장기 목표를 수립
- 확장단계: 교육을 받은 BIM 담당자들이 실제 프로젝트에 투입되어 업무 절차 및 매뉴얼 보완하고 확산하는 역할 수행
- 정착단계: 체계화된 BIM 업무 매뉴얼 바탕으로 프로젝트 수행하고 Best Practice 전파 및 혁신기술 선도적 도입으로 경쟁력 확보



그림 2.62 EX-BIM 단계별 전략

● **워크샵 및 인터뷰를 통해 도출된 주요 목표 설정**

- 도로의 계획과 설계분야에 대한 워크샵과 인터뷰에서 도출된 중점추진분야는 도로계획, 설계 검토 효율성, 정보 공유 및 협업, 고속도로 관리 첨단화로 구분할 수 있음
- 이를 기반으로 세부 목표를 설정하고 사업목표와 비전을 수립함
- 계획 및 설계관리 역량을 강화하고 이를 기반으로 해외 PMC 시장 진출의 질적확대, 설계단계에서의 안전관리 역량강화, 신규 서비스 사업 창출을 통해 다차원 설계환경 기반의 차세대 고속도로 설계 및 사업관리 역량을 혁신적으로 강화하는 것을 목표로 함

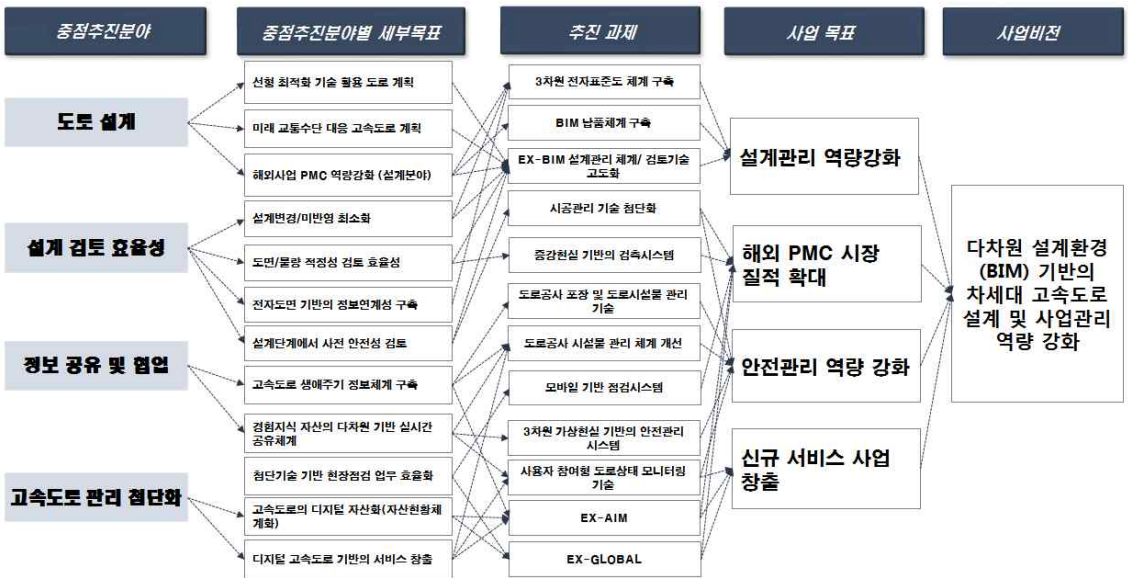


그림 2.63 BIM 기반 사업목표와 비전

● **도로공사 내부연구진 5개 부처 담당자와 로드맵 도출을 위한 인터뷰 및 로드맵 초안에 대한 피드백을 수행하여 고속도로 업무 단계별 개선항목 도출, 적용기술 및 추진과제를 설정하였음**

계획 및 설계

-개선 항목 및 추진과제

개선항목	적용 기술	추진과제
- 설계 검토의 효율성 (도면 정합성, 물량 정확성, 법규, 도공방침확인, 설계 검토 리스트) - 기존 설계 내용과의 연동 - 위험공종에 대한 사전 예방 및 예방시설 설계 반영 - 설계단계에서 각종 변수에 따른 노선선정 등 공사간섭 문제 사전예측 - 설계오류 예방을 위한 설계 성과품 체계 개선	- BIM기반 도면 및 수량 추출 - 모델뷰어 정의 (MVD)를 통한 설계 검토 - 노선최적화 기술과 GIS연동 - 3차원 모델 기반의 전자표준도	- 3차원 모델 기반 전자 표준도 - EX-BIM 설계 검토 체계 - 미래교통수단 대비 디지털 설계 기술 - 설계단계에서 Preconstruction을 통한 사전 안전 및 영향성 검토

-단계별 적용 전략

구분	도입단계(~2016년)	확장단계(2017~2019년)	정착단계(2020년이후)
타당성 조사	- 선정노선의 최종확인 (선형 및 구조물 등) - 관련기관 협의 (필요시) - 검토모델 성과품 작성	- 기존 고속도로 보수 및 교체 사전 설계 및 계획	- 새로운 교통수단 대응 고속도로 체계 재구축
기본설계	- 선정노선의 최종 확인 - 선정구조물 적정성검토 (교대, 교각, 터널, 갱문 등) - 관련기관 협의 (필요시) - 검토모델 성과품 작성	- 노선계획 (비교노선검토) - 구조물(교량, 터널)계획 (형식선정, 가설공법검토) - 노선 및 선형설계 (출입시설 등) - 구조물(교량, 터널)설계	
실시설계		- 노선계획 (비교노선 검토) - 구조물(교량, 터널)계획 (형식선정, 가설공법검토)	- 선형 등 분야별 도면 작성 및 통합모델 - 분야별 수량, 내역산출 통합 검토
기술개발	- BIM 표준 지침서 개발	- BIM 기반 수량산출기준 개발	

안전 및 유지관리

부처	2D 기반 현황	BIM 기반 현황	추진과제
재난안전처 / 도로처	1. 비숙련현장 인력에 대비한 이해력 증진 도구 필요 2. 현장 점검 효율성 제고 필요 3. 손상 및 보수 기록 관리 개선 필요 4. 점검 업무 위주에서 노후 시설물의 생애주기 고려 의사 결정 업무 중심으로 개선 필요 5. 도로 시설물 현황 관리 체계 개선 6. 이력관리를 통한 LCC 체계 구축이 필요 7. 유지보수 의사결정에 집중할 수 있는 업무 체계 개선 8. 현재 노선의 기하구조적 검토를 통한 개선사항 도출 9. 포장 수명에 따른 전면 재시공 계획 정보 미비	1. 3D모델 기반의 점검 기술 2. 모바일/레이저스캐닝 등의 광학기술 활용 점검 기술 2. 드론 및 로보틱스 등의 첨단 기술 활용 육안 점검 대체 기술 3. 3차원 모델기반의 설계/시공/점검/보수 정보 연계 기술 4. 유지관리 정보의 체계적 관리 기술 5. 유지관리 정보 활용기술 6. 3차원 모델로부터 가상 시설물 구축 기술 7. 가상 시뮬레이션과 측정 데이터를 연계한 도로 선형 최적화 기술 (에너지, 탄소배출 저감을 위한 최적화) 8. 고속도로 사용자 정보 기반의 도로 상태 모니터링 기술 9. 시뮬레이션을 이용한 시공 시나리오 사전 검토	1. 3D모델 기반 점검 교육 시스템 구축 2-1. GIS Scan Point Data 최적화 알고리즘 개발 2-2. 무인/원격 점검 기술 3. HBMS 개선을 통한 BIM 도로생애주기 통합정보 플랫폼 구축 4-1. BIM기반 도로시설물 LCC분석을 통한 의사결정지원 시스템 구축 4-2. EX-Asset Management System 기술 5. HPMS의 디지털 모델 기반 개선 6. 가상 주행 시뮬레이션 시스템 개발 7-1. 도로사용자 참여형 도로 상태 모니터링 시스템 7-2. 포장 전면 재시공 평가 및 사전 계획 시스템 (preconstruction)

시공 및 사업관리

부처	2D 기반 현황	BIM 기반 현황	추진과제
건설처	1. 시공 검측분야 ·시공 검측시 측정 및 육안, 사진에 의한 검측 실시 ·Paper형태의 검측요청서 작성(검측 체크리스트, 관련도면, 시험성과, 시공참여자, 야장) ·시공사진첩 등으로 현장실정 및 상황 보고서 작성 ·패드 등의 디지털 디바이스 사용에 현장 여건이 맞지 않음(기후, 두 손이 자유롭지 않는 활동의 제약 등)	·시공자의 1차검측 및 감리원의 현장 검측에 최신 IT장비를 이용 ·현장에서 검측된 자료와 BIM모델의 정보를 비교 검측 ·최신 IT 장비를 이용해 얻어진 3차원 형상을 통해 현장 실 정 파악 ·현장에서 검측된 자료 전자보고서 형식으로 검측시스템 전송(Process 간소화)	·최신 IT장비 (Drone+GPS+Scanner, Google Glass, Mobil 등)를 이용한 3차원 가상현장 통한 검측 체계 구축 ·통합 플랫폼에 검측시스템 구축 ·최신 IT 장비 이론/ 실무 교육기반 마련 ·Google Glass 등의 웨어러블 디바이스 도입으로 활동의 제약 문제 해결 ·증강현실 기술 구현을 통한 현장 검측 효율화: 검측 위치에 해당하는 설계 정보를 실시간으로 시각화하여 설계와 기시공 상태 간의 비교 검토를 효율화하는 시스템 구축

부처	2D 기반 현황	BIM 기반 현황	추진과제
건설처	2. 전자기준점 ·시공측량은 매설된 TBM을 기준으로 현장 내 필요부위 측량 ·측량전문인력이 상시로 필요하고, 측량 기계의 숙련도에 따른 측량오차 발생 ·현장상황에 따라 측량기기를 설치하기 어려움 있음 ·공사가 연장되거나 자연 재해등 기타 사유로 매설된 TBM 유실 ·그로 인하여 재시공 발생 ·기준좌표로 부터의 원하는 지점의 좌표 역계산 과정에서 좌표 오류로 인한 재시공(교량 받침 좌표 등)	·RFID (Radio Frequency Identification·전자 식별테그)가 내장된 표지 설치. 전자기준점을 이용한 주변 위치정보를 제공 ·측량기준점 표지에는 RFID가 내장돼 있어 리더기만 있으면 전문인력 없이 언제든지 위성측량에 따른 정확한 위치정보를 활용 ·BIM 모델을 활용한 3차원 좌표(교량 받침 좌표 등)의 직접도출을 통한 정밀 시공 확보	·전자기준점을 이용한 시공측량시스템 개발 ·전자기준점의 위치정보 외 부가적인 시공에 필요한 정보 제공 개발 ·BIM을 활용한 설계 발주 기반 마련

부처	2D 기반 현황	BIM 기반 현황	추진과제
건설처	3. 공정관리방법 및 시공이력 관리 ·현장개설 전 사전공정표 작성 ·현장개설 후 주 공정표(Milestone Schedule), 월간, 주간 공정표 등을 작성하여 현장에서 공정관리 ·예산변경, 현장여건에 따른 공정의 변화가 잦으므로 이를 유기적으로 관리(공정관리, 공정률, 공사비) 할 수 있는 인력 필요	·BIM설계를 기반으로 공정을 사전 시뮬레이션 해봄으로써, 시나리오별 공정을 파악하여 최적공정 결정 ·5D (BIM+공정+비용) 도입으로 공정변화를 최소화하고 공기 단축 및 공사비 절감 효과와 예산변경에 대한 공정변화를 유연하게 대처 ·시공 기간 동안 변경된 공정 및 공사비에 대한 이력이 DATABASE화 되어 관리	·BIM설계를 기반으로 사전공정 시뮬레이션 방안 도입 ·5D (BIM+공정+비용)로의 설계 PROCESS 도입
	4. 3차원 모델에서 원하는 단면 추출 ·2D기반 설계에서 설계자의 드로잉에 의한 횡단 및 종단면 추출 ·추가적인 변단면은 설계자의 별도 작업 필요	·3차원 모델를 통하여 원하는 단면추출 및 2D 설계도면 추출가능 ·다양한 각도로 횡단 및 종단면 생성	·BIM기반 설계 및 시공을 위한 제도 개선 마련

부처	2D 기반 현황	BIM 기반 현황	추진과제
건설처	5. 터널 여굴, 지질관리 업무 개선 방안 ·RMR분류법에 의거하여 요소별 기준 점수 부여 후 암판정 ·터널입구부의 수직 절토 후, 육안 및 강도시험으로 Face mapping sheet작성 ·NATM 시공 시 막장면 및 굴착단면에 과다한 여굴 발생	·막장 단면별 3차원 암질 모델을 작성하여 최적의 굴착 및 안정성 확보 (막장스케치 대체) ·3D 레이저 스캔 후 생성좌표로 3차원 모델을 작성하여 실제 여굴의 발생과의 수치 파악	
	6. 건설관리 어플리케이션 28개 통합 ·28가지 어플리케이션의 HI-5시스템 운영 ·몇 가지 어플리케이션을 제외하고 실무자들의 업무 사용 빈도가 현저하게 낮음	·시공분야에 해당되는 어플리케이션을 통합 개선하여 사용자의 사용성 확보 ·BIM기반을 이용 DB를 통합하여 정보의 연속성 및 신뢰성 확보	·BIM연계 어플리케이션 개발을 위한 정보처와 긴밀한 협의 ·사용자의 편의성과 요구 사항을 고려하여 기존 어플리케이션 업그레이드 ·BIM기반 시공분야 통합 지원 시스템 구축 ·실무자 및 감독의 어플리케이션 활용 교육 매뉴얼 및 활용방안 마련

부처	2D 기반 현황	BIM 기반 현황	추진과제
건설처	7. 철근검측의 AR, 웨어러블 기술 결합 방안 ·가공, 설치된 철근을 직접 확인 및 사진 등을 통해 도면과 비교 확인하여 철근 검측 실시	·최신 IT 장비 (Drone + GPS + Scanner Google Glass, Mobil 등)와 3D BIM모델을 통해 현장과 동일한 뷰로 직관적인 검측 가능 ·전자기준점을 이용한 증강현실(Augmented Reality,AR) 구현으로 시각적으로 확인이 어려운 철근에 대해 보다 정확한 검측 가능 ·대상철근에 대한 모든 전자정보를 포함 도면 및 검측 양식 없이 간단히 검측 및 결과기입 가능	·철근모델에 대한 LOD설정 등을 통해 BIM모델작성의 기준 제시 필요 ·여러 증강현실기법 (mobile, HMD, HUD) 등의 검토 후 최적의 방안 선정 ·구현 시스템

부처	2D 기반 현황	BIM 기반 현황	추진과제
건설처	8.전자종합상황도 ·공사전체에 대한 도면 및 조감도를 벽면에 게시, 아날로그표 식으로 공사의 상황을 확인 ·한정된 공간에 계략적인 정보만을 표현 ·공사상황에 대한 즉각적인 변경 및 반영이 어려움 ·본사에서 실시간 현장관리 어려움	·BIM을 이용한 가상현장을 비디오월로 표현 ·전체 현황뿐만 아니라 상황에 따라 주요 부분에 대한 세밀한 상황 파악 가능 ·획일화된 정보가 아닌 상황에 따라 변화된 정보 표현 가능 ·가상공간의 throw view를 통해 현장을 체험할 수 있음 ·네트워크 및 인터넷을통한 원격현황 확인가능	·전자종합상황도를 구성하는 하드웨어 및 표현 정보에 대한 기준마련필요 ·공사특성 및 필요정보를 표현할 수 있는 시스템 개발필요 → 공사현황 및 공정 정보의 연동방안 마련 → Ex-BIM운영을 위해 작성된 시스템의 활용방안 모색 → 기존시스템(Hi-5)의 정보연동 방안 필요
	9.무인항공기를 이용한 현장관리 ·시공 중 위험요소가 확인을 위해 인력이 투입되고 있는 상황 ·작업량 검토가 필요한 토공(대규모 절성토)작업의 경우 주기적인 인력 측량시행 ·CCTV등을 통한 현장확인이 가능하나 한정된 범위이며, 정확한 확인은 인력에 의해 시행	·무인항공기를 이용한 위험요소확인으로 위험요소의 인력 투입을 배재하여 안전사고 예방 ·무인 항공기+ 3D Scanner, 사진측량 등을 이용한 정기적인 현장확인 및 작업량 검토 가능 ·BIM와 연계하여 모델 및 현장상황을 감독이 원하는 지점에 원격으로 확인, 접근이 어려운 위치의 시설물에 대해서도 확인 가능함	·BIM과 연계된 무인 항공기 운영을 통한 안전 및 공사관리 시스템 개발 ·무인항공기 활용을 위한 체계마련

부처		도입단계 (~2016년)	확장단계(2017~2019년)	정착단계(2020년 이후)
운영유지관리	I*	1. 3D모델 기반 점검 교육 시스템 구축 3,4,5,6,7. Hi-유지관리의 시설물 현황 분석 및 정보 완결성 개선 사업 3,4,5,6,7. 유지관리를 위한 Digital Expressway 체계 시범 구축	2-1. 시설물 상태평가를 위한 역설계 기술 개발 3,4,5,6,7. 3차원 Digital Expressway 기반의 고속도로 시설물 인벤토리 구축 (HBMS/HPMS 개선사업) 9-1. 도로 사용자 참여형 도로상태 모니터링 시스템 개발 9-2. 차세대 교통 수단을 고려한 시설물 및 포장 교체를 위한 의사결정 시스템 구축 ·BIM기반의 특수구조물 유지관리 시스템 구축 ·고속도로 사용자를 위한 ICT 서비스 플랫폼 개발 (IoT, 교통정보/네비게이션, 무인운전 등	2-1. GIS Scan Point Data 최적화 기술 알고리즘 개발 3,5,6,7. 도로 시설물 설계/건설/유지관리/기술/안전 및 점검 통합시스템 4-1 EX-AIM 구축 4-2 BIM기반 도로시설물 LCC분석을 통한 의사결정 지원 시스템 구축 9-1. 도로사용자 참여형 도로 상태 모니터링 시스템 9-2. 포장 전면 재시공 평가 및 사전 계획 시스템 (preconstruction)

부처		도입단계 (~2016년)	확장단계(2017~2019년)	정착단계(2020년 이후)
운영유지관리	R*	·비숙련자등의 유지 관리업무 능력 향상 ·설계/시공/유지관리 DB통합 이력관리를 통한 정보의 연속성 및 신뢰성 확보 ·체계적인 도로 및 구조물 상태 평가를 통해 안전과 예산 투자 효율성 제고	·시설물 상태 및 현황의 종합적 평가를 통한 유지관리 비용 절감 및 업무 효율성 제고 ·고속도로 사용자 친화적 서비스 제공으로 대국민 이미지 제고 및 신규 서비스 사업 창출 ·상시 고속도로 상태 평가 시스템 구축으로 안전 확보 ·국민 참여형 시설물상태 평가로 신속한 상태 개선 및 대국민 서비스 향상	·기존 Hi 시스템의 ·개선을 통한 업무 효율성 증대 ·운영 예산 절감 ·현장 실시간 재난관리 시스템 고도화 ·설계/시공/유지관리 DB 중복관리로 인한 데이터 신뢰저하 및 오프라인 업무지시, 전산입력 부실화 개선 ·예산절감 및 도로시설물의 유지 보수 효율화

부처	2D 기반 현황	BIM 기반 현황	추진과제
정보처	·WBS기반 Hi-5 시스템 운영 ·설계/시공/유지관리 DB 중복관리로 인한 데이터 신뢰저하 및 오프라인 업무지시, 전산입력 부실화 ·건설/유지관리 현장 계측기별 개별설치에 따른 표준화 및 통합관리 미흡	·WBS기반 Hi-5 시스템 유지 ·설계/시공/유지관리 DB통합 이력관리를 통한 정보의 연속성 및 신뢰성 확보 ·산재된 IoT*에 대한 시설물 통합관리 표준 플랫폼 필요 ·현장 실시간 재난관리 시스템 고도화 필요	·WBS기반의 BIM 도로생애주기 통합 정보 플랫폼 구축 ·BIM기반 도로시설물 LCC분석을 통한 의사 결정 지원 시스템 구축 ·통합정보 플랫폼을 위한 BIM Viewer 개발 ·GIS Scan Point Data 최적화 알고리즘 개발 ·BIM vs. 실시간 현장 Scan Data 시공 오차분석 알고리즘 개발
	·HI-설계도서 DWG-도면 DB관리	·HI-설계도서 DWG/PDF/BIM 원본-도면 DB관리	·HI-설계도서 도면 DB 운영관리 시스템 개선

※ IoT(Internet of Things) : 주변 사물들이 네트워크로 연결되어 유기적으로 정보를 수집, 공유하면서 상호작용하는 지능형 네트워킹 기술

부처	2D 기반 현황	BIM 기반 현황	추진과제
정보처	·WBS기반 설계정보 DB 파일관리	·WBS/CBS기반 설계 속성정보 DB 전산정보관리 ·통합표준분류체계를 통한 DB관리 ·도면-모델링 연계	·WBS/CBS기반 통합표준분류체계 표준화 및 모델링 레벨화 ·WBS/CBS기반 통합표준분류체계에 따른 속성정보를 활용한 물량분개/원가관리/기성관리/공정관리 시범사업(공구단위) ·속성정보 입력방안 검토 ·도면-모델링 연계방안 검토
	·고속국도건설공사 전산설계도서 표준지침서(v5.0)	·BIM기반 설계도면 및 설계문서 작성기준에 따른 설계도서 관리 ·BIM기반 설계도서 납품기준에 따른 납품도서 관리	·BIM기반 고속국도건설공사 전산설계도서 표준지침서 마련

부처		도입단계 (~2016년)	확장단계(2017~2019년)	정착단계(2020년 이후)
정보관리	I*	·설계,시공,유지관리분야 시스템 DB통합재 구축 ·BIM기반 고속국도건설공사 전산설계도서 표준지침서 마련 ·3D 모델링 및 2D 대상 공종 LOD 및 시공단계 분절 LOD 설정에 따른 자동수량산출(설계처 내용으로 정보처에서 제안한 내용임)	·HI-설계도서 도면 DB 운영관리 시스템 개선 ·WBS/CBS기반 통합표준분류체계 표준화 및 모델링 레벨화 ·WBS/CBS기반 통합표준분류체계에 따른 속성정보를 활용한 물량분개/원가관리/기성관리/공정관리 시범사업(공구단위) ·속성정보 입력방안 검토 ·도면-모델링 연계방안 검토	·WBS기반의 BIM 도로생애주기 통합정보 플랫폼 구축 ·BIM기반 도로시설물 LCC분석을 통한 의사결정 지원 시스템 구축 ·통합정보 플랫폼 구축을 위한 BIM Viewer 개발 ·BIM기반의 특수구조물 유지관리 시스템 구축 ·GIS Scan Point Data 최적화 기술 알고리즘 개발 ·BIM vs. 실시간 현장 Scan Data 시공오차분석기술 알고리즘 개발

부처		도입단계 (~2016년)	확장단계(2017~2019년)	정착단계(2020년 이후)
정보관리	R*	·설계/시공/유지관리 DB통합 이력관리를 통한 정보의 연속성 및 신뢰성 확보 ·BIM기반 설계도면 및 설계문서 작성기준에 따른 설계도서 관리 ·BIM기반 설계도서 납품기준에 따른 납품도서 관리 ·자동수량산출을 통한 WBS/CBS기반 수량/내역 DB 연계 전산관리 구체화	·HI-설계도서 DWG/PDF/BIM원본-도면 DB 운영관리 ·WBS/CBS기반 설계 속성정보 DB 전산정보관리 구체화 ·통합표준분류체계를 통한 BIM 물량/공종 이외의 수동물량 공종 DB관리 효율화 ·도면-모델링 연계를 통한 활용도 제고	·WBS기반 Hi-5 시스템 유지 ·3D모델 중심으로 각 분야 관계자 동시 협업체계 실현(토목/건축/전기/설비…) ·산재된 IoT*에 대한 시설물 통합관리를 통한 건설/유지관리 현장 계측기별 개별설치에 따른 표준화 및 통합관리 효율화 ·현장 실시간 재난관리 시스템 고도화 ·설계/시공/유지관리 DB 중복관리로 인한 데이터 신뢰저하 및 오프라인 업무지시, 전산입력 부실화 개선

※ IoT(Internet of Things) : 주변 사물들이 네트워크로 연결되어 유기적으로 정보를 수집, 공유하면서 상호작용하는 지능형 네트워킹 기술

I : investment R : return

EX-BIM 전체 로드맵

비전	다차원 설계환경 (BIM) 기반의 차세대 고속도로 설계 및 관리 역량 강화		
목표	· EX-BIM을 통한 가치 창조형 설계 및 고속도로사업 관리 (PMC) 역량 증대 · 전사적 공유 정보 (open shared information) 체계 확립으로 실시간 소통역량 제공 · 다차원 설계 전환의 선도적 역할을 통한 국제적 수준의 첨단 설계관리 능력 확보		
전략	도입단계(~2016년)	확장단계(2017~2019년)	정착단계(2020년 이후)
	로드맵/가이드라인/시범사업 추진	신규 사업적용 및 내재화	전사적 활용 및 서비스 가치 창출
세부 목표	·설계품질 관리 체계 구축 ·차세대 전자도면 체계 개발 ·EX-BIM 로드맵/가이드라인 개발 ·시공관리(공정, 자재, 인력, 문서) 체계 구축	·신규 국내외 고속도로프로젝트 BIM 도입 ·Paperless 전자납품 및 사업관리기술 ·도로 기술 통합정보시스템 구축 ·가상현장기반의 도로사업 사전검토 기술	·차세대 교통체계에 맞는 EX-BIM 설계 관리 및 자산관리 시스템 (E-AMS) ·다차원 설계기술 기반의 신규 서비스 시장 창출 ·EX-BIM 파트너십구축을 통한 세계시장확대
세부 추진 과제	·3차원 모델기반 전자 표준도 (H-CAD 고도화필요) ·정보모델 활용 및 설계 검토기술 (MVD) ·납품시 발주처 정보요구사항 정의 ·BIM 기반 예산연계 공정관리 기술 ·도로, 기술 통합정보시스템 구축	·e-PLAN/e-Submission/e-Review 기술 ·AR 및 모바일장치 기반의 검측/점검기술 ·디지털 고속도로 재해재난안전관리기술 ·최적노선 결정 통합검토체계 적용 (북한 및 해외 도로사업 시범 적용)	·EX-AIM System/EX-Global 기술 ·원격 무인 점검 및 안전관리 기술 ·무인운전/사물인터넷/빅데이터 정보제공 서비스 기술

Ex-BIM 환경 조성	·Hi-설계 / 전자납품 체계 개선을 통한 기술 및 자산정보 순환체계 개선 ·도로공사 시설물 현황관리 체계 개선 ·디지털 정보 기반의 업무 절차 개선 및 교육	·전사 EX-BIM 관리자 육성 ·전자 납품 및 승인 절차 (외부협력을 위한 보안체계) ·디지털 정보 기반 공사 및 사업관리 체계(BEP,PEP) ·도로공사 도로 및 시설물 인벤토리 작성 ·BIM을 통한 부서별 업무 효율화	·EX-BIM 민간 파트너 체계 (PMC 세계화) ·시공간제약이 없는 업무 환경 및 절차구축 ·고속도로 기반 정보 자산화 및 서비스체계
가치 창출	·설계단계에서의 관리 역량 강화 (설계 변경 최소화) ·업무 효율화 ·사업 관리 능력 개선	·비정형 창의적 설계로 자산의 유산 가치화 ·미래 성장 동력으로의 자산 정보 가치증대 ·민간기업과의 상시 협력을 통한 경쟁력확대	·시설자산의 디지털화를 통한 가치 증대 ·ICT 산업계와의 융합을 통한 시장 개척 ·민간기업의 고속도로 자산활용 증대로 서비스 시장 창출

단계별 EX-BIM의 ROI (return on investment)

		도입단계(~2016년)	확장단계(2017~2019년)	정착단계(2020년 이후)
계획/설계/사업관리	I	·BIM 로드맵/가이드라인 ·BIM 발주를 위한 제도 및 절차 정비 (BIM발주서)	·EX-설계시스템 / EX-설계 검토절차 개선 ·설계검토에 VR/AR 등 신기술 도입 ·BIM 기반 도로계획 및 설계 검토 기술 개발	·디지털 고속도로 설계 기술 및 서비스 연계 기술개발 ·새로운 교통 시스템을 위한 고속도로설계 기술개발
	R	·차세대 설계관리 기술 확보(도면, 물량 적정성, 설계변경최소화) ·전자도면 및 문서 기반 업무 및 정보공유 절차 혁신	·전자정부에 부합하는 paperless 디지털 공공사업 및 설계 관리기술 확보 ·글로벌 수준의 비정형 창의적 설계 검토 능력 확보	·도로분야 첨단기술 기반 PMC 시장 확대 ·새로운 교통 체계에 따른 신규 시장 창출
시공/안전관리	I	·시공중 검측 효율성 제고 기술도입 ·현재 건설관리 어플리케이션 정비 ·내부 교육 (도로공사 직원 및 프로젝트 참여자)	·3차원 정보모델기반 시공이력/공정관리 기술 ·AR활용 공사품질 관리 기술 ·Design for Safety (DFS) 절차 구축	·센서 및 장비 기반 시공 및 안전관리 시스템 개발
	R	·사전 시공/환경/교통 검토 ·시공중 안전성 및 생산성 증대	·사전시공정보(PCI) 기반 설계로부터 리스크 평가 ·재해/재난/안전관리 역량 제고 ·국내외 PM/CM 역량 강화	·고령화시대에 대비할 수 있는 시공 및 안전관리 역량 구축

		도입단계(~2016년)	확장단계(2017~2019년)	정착단계(2020년 이후)
운영/유지관리	I	·운영 및 유지관리 정보 전달체계 확립 ·도로 자산 관리 체계 개선 및 현장 점검 업무 지능화 ·점검 및 보수이력 3D 시각화 및 모바일 공유기술	·EX-AIM 정보 체계 및 정보획득 방안구축 ·WBS기반 도로 기술 통합정보시스템 구축 (의사결정지원시스템, 재난관리 시스템고도화, IoT기반 표준 플랫폼, 협업관리 플랫폼)	·EX-AIM 구축 및 운영 ·도로 시설물 설계/건설/유지관리/기술/안전 및 점검 통합시스템
	R	·준공도서 및 구조물 현황의 체계 확립으로 LCC 토대구축 ·점검 등 man-hour 투입 요소 절감 ·고속도로 O&M 의사결정 근거 데이터 개선	·모바일 클라우드 기반의 상시적 정보공유로 생산성 및 도로 자산 가치 증가 ·인적 경험 자산의 활용도 제고	·도로공사의 자산가치 증가(하드웨어+디지털자산) ·운영 및 유지관리 효율화
서비스 창출	I	·발주자 정보요구서 및 전달체계 확립(EIR, IDM) ·신기술(무인항공, IoT, 빅데이터) 도입	·신기술에 자산 정보 가공하여 제공할 영역 개발 ·기존 도로공사 자산의 디지털화	·자산 정보 실시간 제공 서비스를 위한 컨텐츠 및 시스템 개발
	R	·디지털화된 도로공사 자산의 가치 인식	·모바일, 물류, 자동차, 사물인터넷, 빅데이터 등의 신사업의 가치화	·새로운 시장 창출 ·미래형 도로교통 체계 인프라 제공

2.6 EX-BIM 추진 전략

EX-BIM 중점 추진 분야

중점분야	정 의	활용
EX-설계 시스템	·3차원 모델 기반의 전자표준도 ·미래 교통 수단 대비 디지털 설계 및 검토기술 ·시설물 데이터 통합을 통한 선형검토, 민원, 안전, 타당성 검토 ·설계단계에서 precostruction을 통한 사전안전 및 영향성 검토 ·설계 검토 데이터 연계: 법규, 내부방침, best practice	
EX-납품 체계	·24시간 설계성과품 전자 납품 시스템 (Hi-설계 도서 고도화 연계) ·성과품 검토 결과로 전자문서로 통보 ·전자서명을 통한 다단계 보안 및 이력관리 ·Paper-free 시스템 (IT 표준에 대한 업계와의 합의)	
EX-설계 검토 절차	·분야별 검토 전문가 동시 협업으로 검토 시간 단축 ·종합적인 설계 검토 기능 (도면정확성, 물량, 설계검토 리스트) ·해외 프로젝트 적용성 : 원격 작업으로 전문가 풀 활용	
시공관리 기술 첨단화	·3차원 가상현장 통한 검측 체계구축 ·전자기준점을 이용한 시공측량 시스템 ·BIM 설계기반 사전공정 시뮬레이션 및 5D ·3차원 스캐닝 기반의 시공관리 기술 ·건설관리 어플리케이션의 통합 재구축 ·증강현실 기반 철근 및 상세 검측 기술 ·전자종합상황도 ·무인항공기 활용 공사 관리 기술	

중점분야	정의	활용
EX-AIM	·도로공사의 디지털화된 자산관리 시스템 (31개 노선 3790 km) ·WBS기반의 설계,건설,유지관리, 기술 통합 시스템 구축 ·LCC의사결정지원/재난관리시스템고도화/협업관리 플랫폼 지원 ·통합정보 플랫폼 구축을 위한 BIM Viewer 개발 ·Hi-설계도서 도면 DB 운영관리 시스템 개선 ·BIM 기반 고속국도 건설공사 전산설계도서 표준지침서 마련 ·ICT 산업에 컨텐츠 가공 서비스 사업화 (빅데이터, IoT, 무인운전	
EX-Global	·북한 및 해외 도로건설 PMC를 위한 기반 구축 ·도로설계를 위한 기본 정보 축적 엔진 ·도로공사의 설계, 시공, 운영/유지관리의 best practice 탑재	
Virtual Expressway Safety Management System(VES)	·3차원 모델 기반 점검 교육 시스템 ·무인 원격 점검 기술 ·HPMS의 개선을 통한 EX-BIM 도로생애주기 통합정보 플랫폼 ·가상주행 시뮬레이션 시스템 ·3차원 가상 모델 기반의 안전관리 (시공 전,후, 운영단계) ·센서 및 레이저스캐닝, HDM 등 신기술 활용 ·스마트 빅보드 등 정부 재난안전관리 체계 지원 시스템	

● 기존 표준도의 차세대 전자도면 표준화

– 2차원 도면의 파악이 어려운 경우 3차원 모델을 탑재하고 이를 모바일 기기 등에서 쉽게 확인할 수 있도록 도면 전환

– 도면 및 문서에 고유 번호체계를 부여하여 이를 코드화하고 구조물에 부착하거나 목록을 통해 one-click으로 필요 정보를 획득할 수 있도록 연계

– 시각화 도구가 연계되면 구조물 내부의 상세를 증강현실로 확인 가능





- 현재 도로공사에서 관리하고 있는 표준도에서 3차원 모델이 유용한 경우를 논의하여 168건 도출하고 전자표준도로 전환 추진
- One Source Multi-Use의 원칙에 따라 납품된 BIM 모델을 설계검토, 공사관리, 유지관리 등에 활용가능한 형태로 전환하여 사용

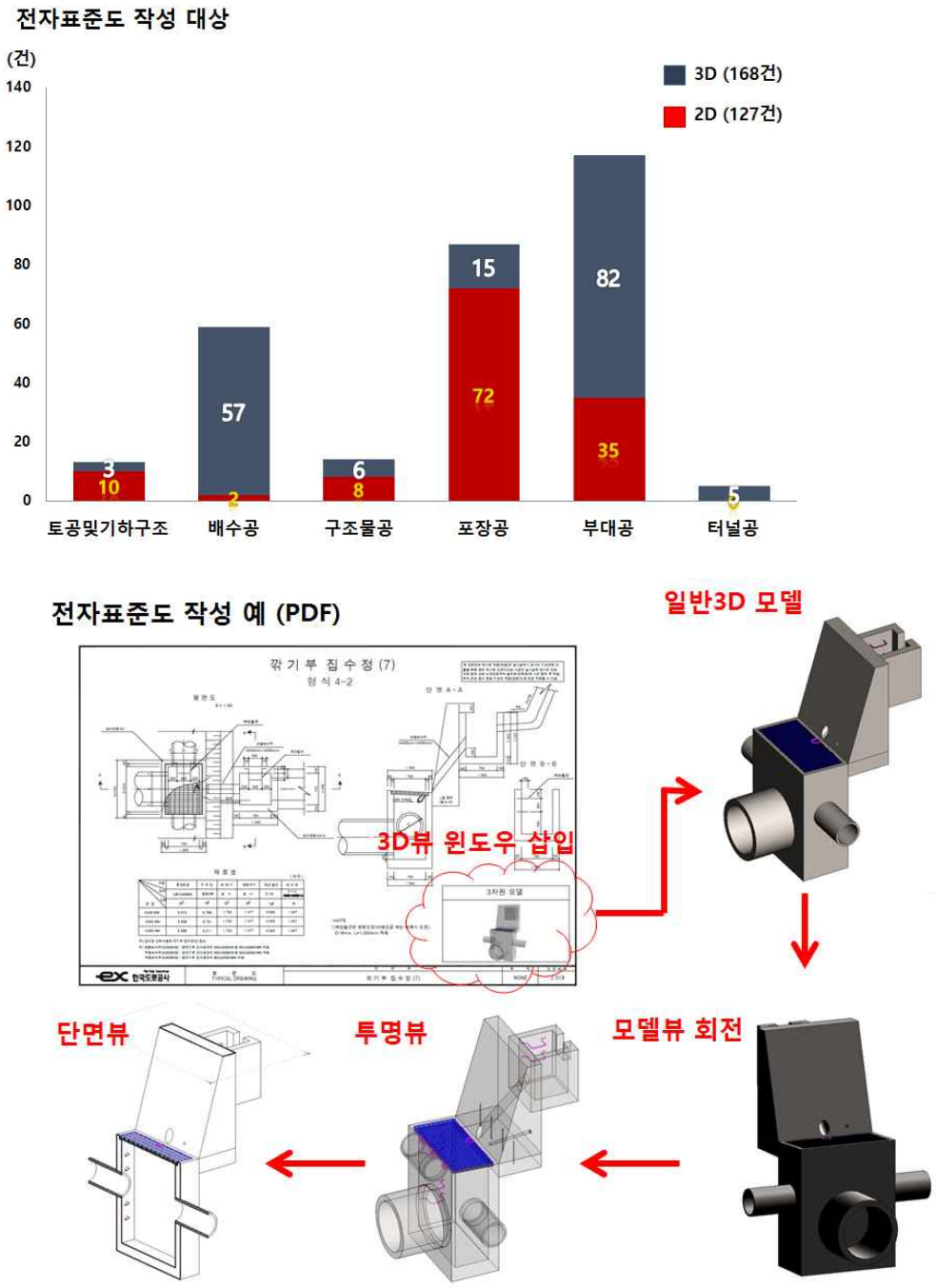


그림 2.64 3D 전자도면의 예시

EX-납품 체계

- 싱가포르에서 시행하고 있는 E-submissoin 시스템과 같이 24시간 인터넷을 통해 설계성과품을 납품하고 검토 결과를 피드백해주는 납품 체계 구축이 필요함
- BIM 모델 및 이를 탑재한 전자도면은 많은 설계 저작권에 관한 정보를 담고 있기 때문에 엄격한 보안 및 이력관리가 요구됨
- 전자서명 기능을 통해서 성과품 작성자를 명확하게 하고 복사나 수정 이력을 관리할 수 있도록 함
- 건설 프로젝트의 준비 및 입찰과정에서 소모되는 상당한 양의 종이를 최소화하여 친환경적인 paper-free 납품 시스템을 갖추기 위해서는 민간 기업과 납품하는 성과물에 대한 IT 표준에 대한 합의가 필요함
- 설계성과품 등이 전자 문서로 납품되면 내부적으로 기술검토, 내용검토, 업무 조율, 그룹 조율 등을 통해 최종 승인하게 되고 이 모델 혹은 설계 성과물이 승인 도면과 같은 효력을 가지게 됨.
- 모델과 전자도면은 설계 승인 후 작성하는 것이 바람직하고 free viewer가 제공되는 형태의 전자문서화가 필수조건임.

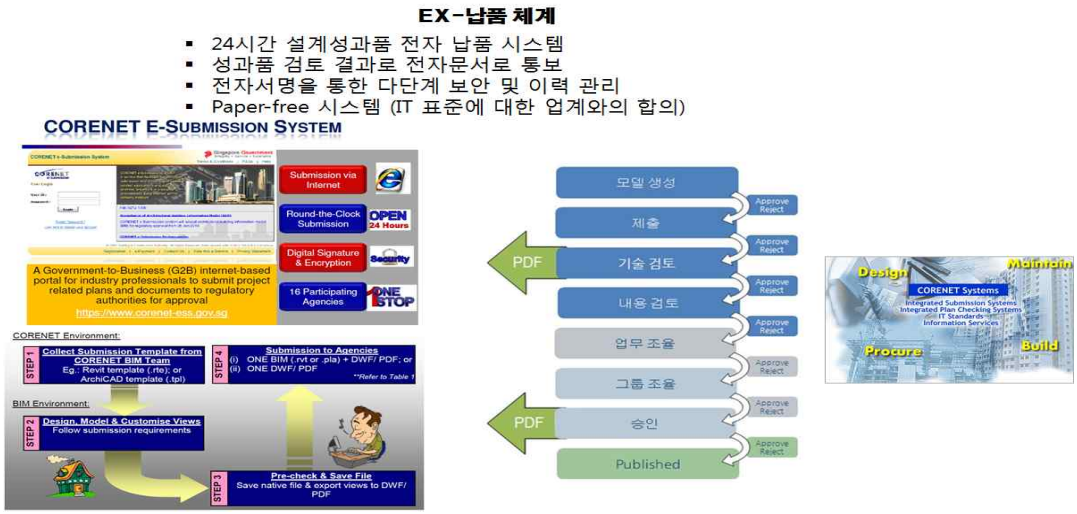
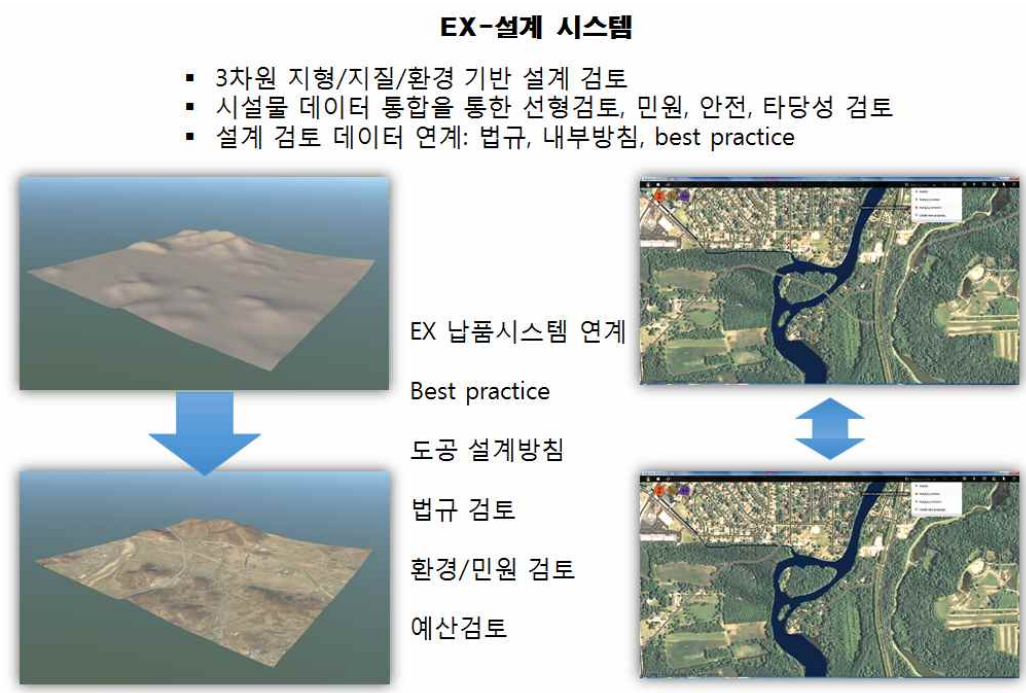


그림 2.65 싱가폴 Corenet E-Submission System

EX-설계 시스템

- BIM 모델이 설계 성과품으로 납품되면 이를 이용한 효율적인 설계 검토가 수행될 수 있는데 발주서의 BIM 모델 요구사항 (가이드라인으로 작성 예정)에 지형, 지질, 모델의 구조체계, 속성 정보, 명칭 및 분류체계가 반영되어 있음
- 도로의 계획 단계에서 선형 검토나 기존 시설물 및 지장물에 대한 데이터 통합을 통해 민원 문제, 안전 등에 대한 타당성 검토를 수행할 수 있게 되고 다양한 대안을 즉시 구현하고 그 영향을 평가할 수 있음
- 설계처의 업무 중에서 중요한 부분인 도로공사 설계 방침, 법규 검토, 환경/민원, 예산 검토 등의 검토 리스트를 효과적으로 수행할 수 있고 경험을 통해 축적되는 best practice에 대한 전파에 유용하게 활용될 수 있음(설계모델에 특정 형상 관계를 규정한 변수모델링 활용)



- 현재까지의 설계가 주로 경제성과 효율성에 중점을 두고 관리되어 왔다면 향후의 설계는 미래 세대에게 유산이 될 수 있는 창의적인 설계가 반드시 필요하고 최고의 가치 (best value)를 평가할 수 있는 준비가 필요함.
- 설계 대상 지역의 여건에 적절한 창의적인 설계는 시공성이나 향후 유지관리 용이성 등의 공학적인 측면과 함께 향후 지속적으로 발전할 것으로 예상되는 3차원 프린팅 등의 디지털 제조 기술의 변화를 수용할 수 있는 설계 검토가 필요함.



EX-BIM Review 체계

- 설계 혹은 사업관리 측면에서 각 전문 분야별 전문가가 하나의 대상 프로젝트에 대한 동시 검토 작업을 수행하면 검토 시간을 단축할 수 있고 상호 연계성을 포함한 연계 검토가 가능함
- 멀티 스크린, 3차원 시각화, 스마트 보드, 홀로그램 등 다양한 3차원 시각화 도구와 결합하여 도면 및 물량의 정확성을 바로 확인할 수 있고 설계 검토

리스트에서 2차원 도면으로 바로 확인이 어려운 항목들을 수월하게 검토할 수 있기 때문에 효율성이 높아질 수 있음

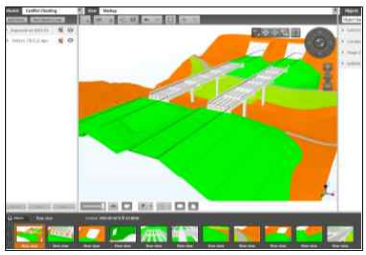
- BIM 모델링 요구서에 주요 검토 항목들에 대한 사전 시각화 요구사항인 MVD (Model View Definition)을 제시하여 몇 번의 클릭으로 해당 부분의 설계 적정성을 바로 확인할 수 있음
- 전자문서화된 설계자료는 해당 분야 전문가 그룹에 의해 효과적으로 검토되고 종합적이고 객관적인 평가를 가능하게 하여 기술 위주의 프로젝트 선정 평가가 가능할 수 있는 토대를 제공할 수 있음
- 해외 프로젝트 PMC 등에서 원격 회의나 원격 협업을 효과적으로 수행할 수 있을 뿐 아니라 관련 전문가 풀을 최대한 활용하여 높은 수준의 도로 프로젝트 관리 능력을 확보할 수 있음
- 고속도로에 대한 생애주기 동안의 통합 정보시스템이 연계되면 관련 이력 조회, 성공/실패 사례 등을 실시간으로 활용할 수 있음

EX-BIM Review 체계 구축

- 분야별 검토 전문가 동시 협업으로 검토 시간 단축
- 종합적인 설계 검토 기능 (도면정확성, 물량, 설계검토리스트)
- 해외 프로젝트 적용성 : 원격 작업으로 전문가 풀 활용



"Going from 60 days to 60 seconds" 검토 시간단축 / paperless



MVD(모델검토뷰어 정의)



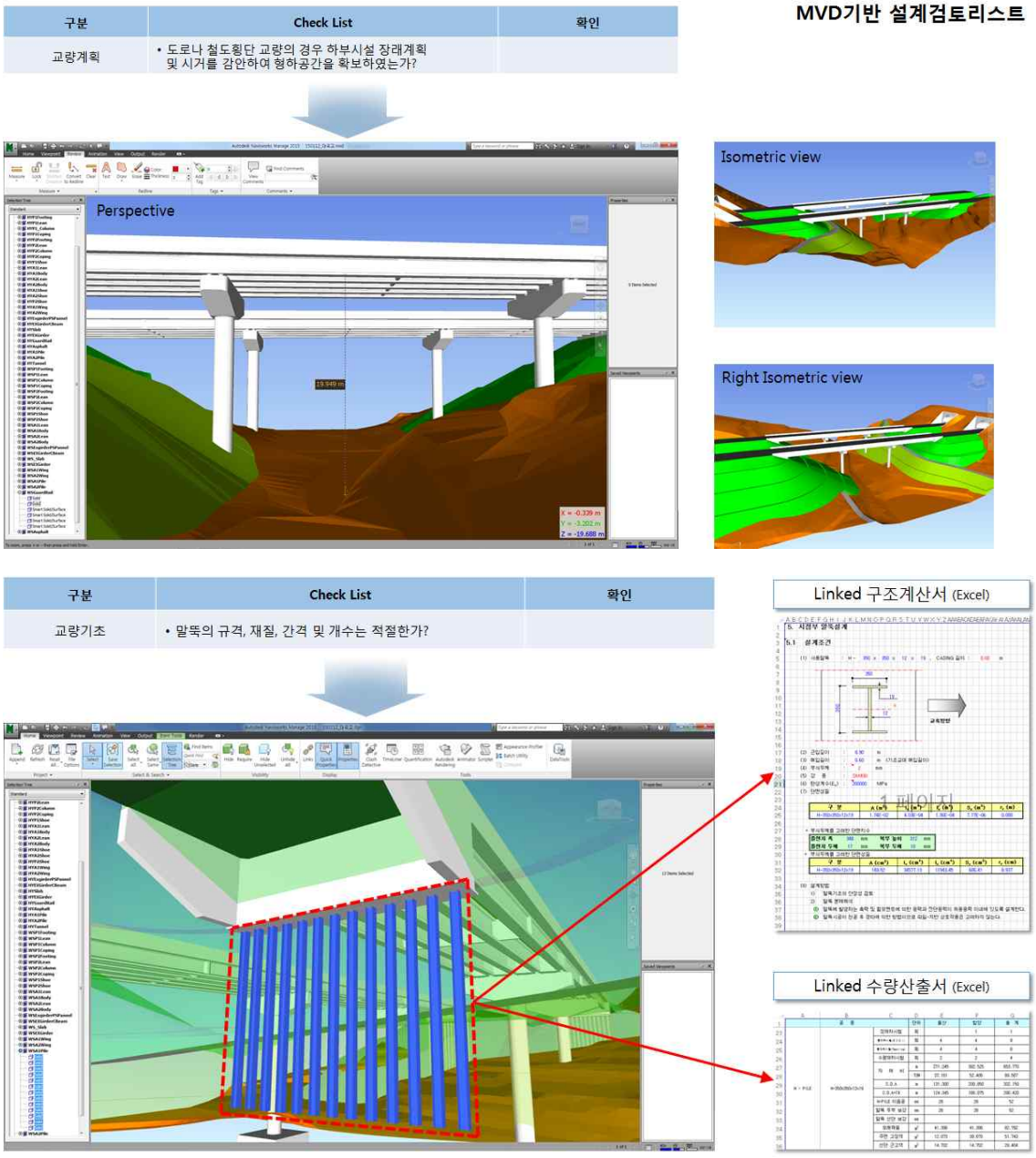


그림 2.66 MVD 기반의 검토리스트와 검토방법

- 고속도로 프로젝트에서 민원의 대상이 주로 될 수 있는 소음, 일조 영향 평가 등을 제출된 3차원 설계로부터 수월하게 검토할 수 있음.
- 3차원 기반의 환경 영향 평가 기술의 활용이 가능하도록 하는 체계가 구축되어야 함.



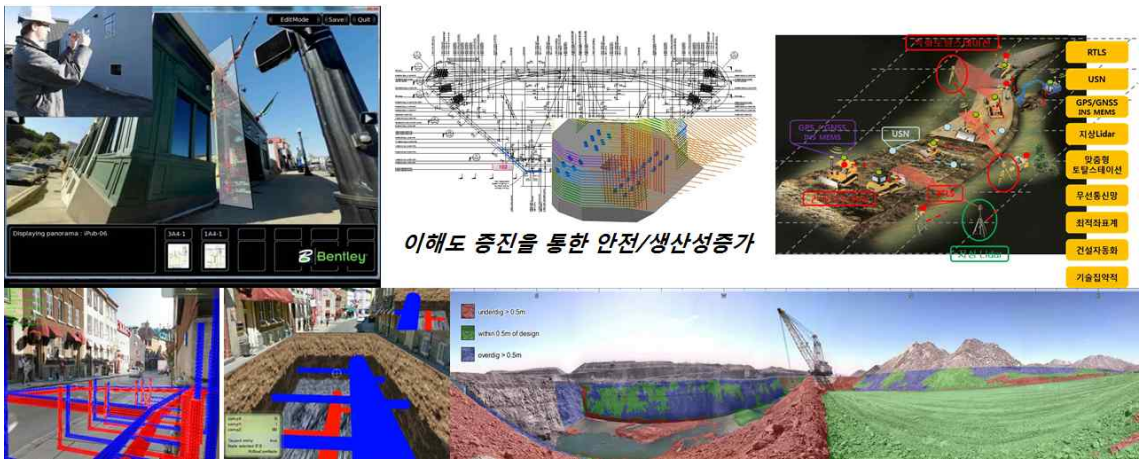
그림 2.67 3차원 기반의 대상지역 일조권 확인

시공관리 기술 첨단화

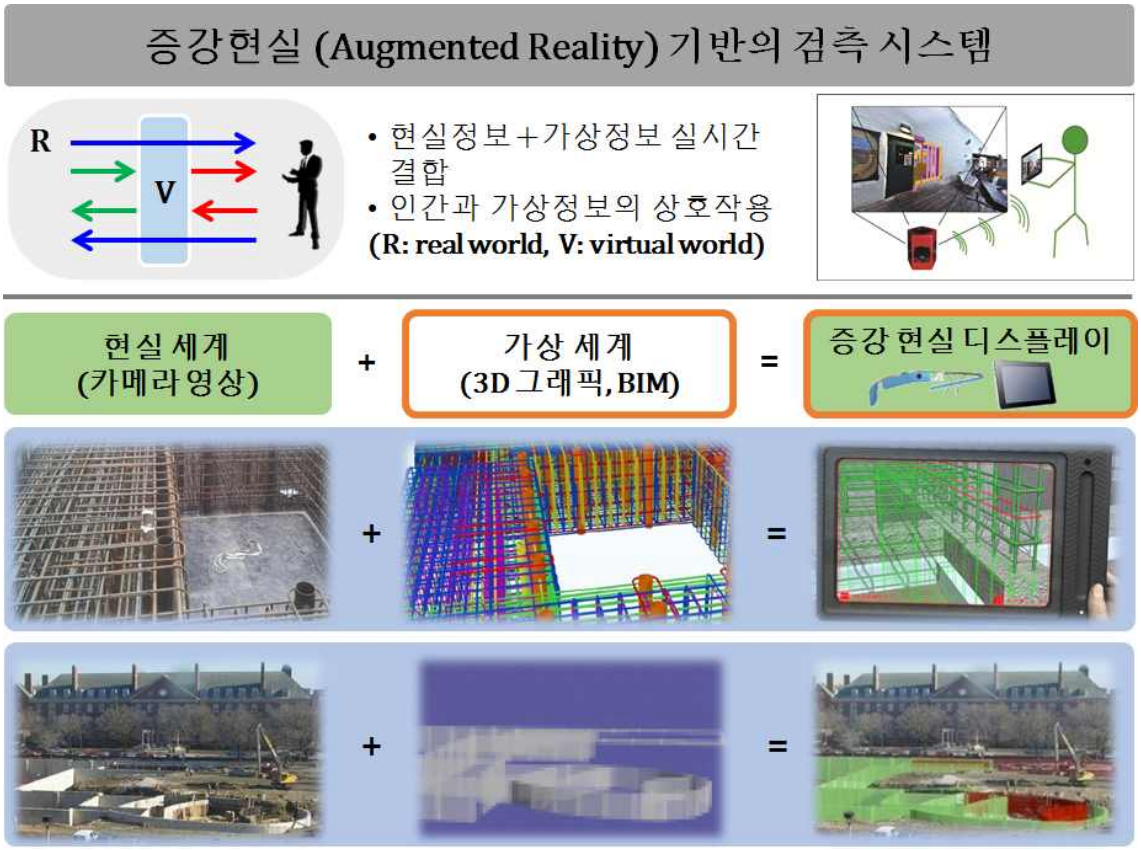
- 국내외 건설 현장에서 숙련 인력 이탈의 가속화와 인구 고령화에 따른 외국인 근로자 증가 등은 품질관리 및 안전관리의 어려움을 가속화시키고 있고 정확한 의사전달이 필수적으로 요구됨
- 3차원 전자도면 및 이를 활용한 시각화 기술은 비숙련 인력의 이해도를 높일 수 있고 전체적인 현장관리 측면에서 다양한 활용성을 가지기 때문에 첨단 ICT 기술과 연계된 활용이 필요함
- 모바일 장치나 웨어러블 장치와 3차원 시각화를 연계한 증강현실 기법 등은 검측의 정확도와 효율성을 높일 수 있고 현장의 어느 위치에서도 좌표를 확인할 수 있는 장점을 가짐
- 예산의 변동성에 따라 공정 관리의 중요도가 높아지고 있고 전체 건설 공기의 연장에 대한 배상 책임이 발주자에게 있기 때문에 예산과 연계된 공정 관리 기술의 활용도가 높아질 것으로 예상됨
- 시공 전 사전 시공 기술(preconstruction)을 통해 안전성을 제고하고 시공 이력을 모델과 연계해서 관리함으로써 관리자의 관리 역량을 매우 높일 수 있을 것으로 기대됨

시공관리 기술 첨단화

- 3차원 모델 및 첨단장비(스캐닝, 센서, 드론 등) 기반의 공사관리 기술 활용
- 설계 및 도면 정보의 상시 활용 기술
- 예산과 연계된 공정관리 및 시공이력 관리 기술



- 증강현실 기반의 검측 시스템은 설계 단계에서 구축된 3차원 BIM 모델을 활용하여 가상의 현장 혹은 시설물을 만들고 이를 실제 현장의 시공중인 시설물 혹은 철근과 같은 상세에 겹쳐서 검측을 즉시 할 수 있음
- 시공 전에는 가상 모델을 통해 시공 후의 모습을 미리 확인할 수 있기 때문에 안전관리자 및 공사 관리자의 이해도를 향상시킬 수 있음
- 구글 글래스와 같이 발전하고 있는 웨어러블 장치를 활용하면 현장 관리자의 업무 효율성을 매우 높일 수 있고 사무실에서의 문서 업무 등에 소요되는 시간을 단축할 수 있고 특정 기술 영역의 전문가 그룹을 본사에서 운영하면서 원격 지원을 할 수 있는 체계가 구축 가능함
- 해외 프로젝트의 지원 체계에 활용될 수 있는 기술임



● 포장 및 도로 시설물 관리기술 개선

- 현재 운영중인 포장 및 관련 도로 시설물의 현황은 변화가 잦고 시스템 입력의 노력이 많아서 정보의 균질성을 개선할 필요가 있기 때문에 도로 시설물 현황 관리를 정확하게 할 수 있도록 BIM 기반 디지털 인벤토리 작성 및 이에 연계된 현황관리 체계가 필요함
- 도로 손상 및 보수 이력 관리 체계화를 통해서 HPMS를 개선하고 유지관리 예산 예측 및 LCC 평가의 합리적인 근거를 마련할 필요가 있음.

▪ 도로 손상 및 보수 이력 관리 체계화를 위한 HPMS 개선
▪ 도로 시설물 현황관리 현실화 및 BIM 기반 디지털 인벤토리 작성



시설물의 현황 관리 효율성을 높이는 3차원 라이브러리/선형 연계 기반의 인벤토리 개발 및 이를 매개로 한 손상 및 보수 이력 관리 체계 구축으로 현황 파악의 정확성 개선 및 예산 절감 효과

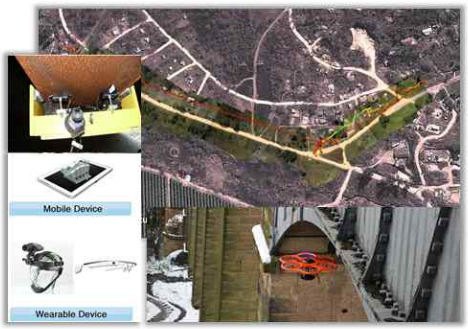
- 고속도로와 관련한 다양한 시설물들이 노후화가 진전되면서 이를 관리하는 주체인 시설물 관리자의 업무 부담이 증가하고 있는 추세이기 때문에 이를 완화할 수 있는 효과적인 기술을 적극적으로 도입할 필요가 있음
- 오래된 시설물이나 중요도가 적은 시설물의 경우에는 관련 설계 정보가 미비하거나 실제와 다른 경우가 있는데 이 경우에는 3차원 스캐닝 기술을 활용하여 설계 정보를 복원하는 역설계 기술과 생성된 3차원 모델을 해석 기술과 연동시켜 내하력을 직접적으로 평가하는 기술 등에 활용될 수 있음
- 현재 시설물 관리 업무의 많은 부분을 차지하고 있는 육안점검 업무는 점검자의 안전, 과도한 업무량으로 개선이 필요하고 이를 위해 무인 및 자동 경로 활용 장비를 이용한 점검 효율화 기술이 요구됨
- 도로공사의 지역사무소 등의 우수한 인력을 점검 업무 위주에서 시설물의 유지보수 의사결정을 위한 LCC 평가 등 경험의 축적과 기술적 난이도가 높은 업무 위주로 전환하는 계기가 되어야 함
- 디지털화된 3차원 고속도로 모델은 정부나 공사의 종합적인 안전관리 시스템에서 효과적으로 활용될 수 있음 (미국의 경우 정부 발주 공사에서 납품된 BIM 모델은 가공되어 안전 및 보안 관련 시스템에 활용되고 있음)

- 시설물 노후화 진전에 따른 업무량 증가 대응 첨단 기술 활용
- 현장 점검 업무 위주에서 평가 및 유지보수 의사결정 업무 위주로 전환



정보 부족 시설물들에 대한 디지털모델화

- *육안점검 대체 기술 – 무인 및 자동 경로 활용*
- *비숙련인력 점검 가능하도록 하는 기술 체계*
- *디지털 기술 기반 이력 관리*
- *기존 인력을 평가 및 유지보수 의사결정 위주 업무 활용*



모바일 기반 점검 시스템

– 국토부의 제3차 시설물의 안전 및 유지관리 기본계획(2013~2017)에 따르면 관리주체의 수동적인 자세를 유발하는 규제 위주의 정책에서 탈피하여 자발적이고 능동적인 안전관리를 이끌어낼 필요가 있음을 지적하고 있고 이에 따라 전문성 강화를 요구하고 있음

– 도로공사의 관리 시설물의 규모와 지역이 광범위하기 때문에 점검 업무의 효율성을 높이는 지능형 안전 및 유지관리 기술을 개발하고 적극 활용할 필요가 있음

– 모바일 기반 점검 시스템은 보수 보강 이력을 포함한 시설물의 이력을 현장에서 바로 파악할 수 있고 취약 위치 및 시설을 사전에 인지하여 업무의 효율성을 높일 수 있음

– 무인 항공기, 웨어러블 장치, 광학 기술의 연계를 통해서 점검자의 안전을 확보하면서 점검 업무를 정확하고 효과적으로 수행할 수 있는 체계 구축이 요구됨

– 현재 특수구조물 위주로 운영되고 있는 모니터링 체계를 노후 시설물로 확대하고 이를 네트워크로 연계한 통합 시스템이 필요함



3차원 가상현실 기반의 안전관리 시스템 (시공 및 운영단계)

- 건설현장에서 안전관리의 대상이 되거나 주체가 되어야 하는 근로자의 경우에는 현장에 대한 파악이 없거나 미미한 수준에 머무는 경우가 많고 특정 공종에서 위험성에 대한 판단이 어려워 현장 관리자 혹은 안전관리자에 의존할 수 밖에 없어 대규모 공사나 복잡한 공정에서는 실효성이 떨어지는 경우가 많음
- 미국 등의 사례를 보면 안전관리는 고난도의 기술을 보여주기 보다는 이를 활용한 storytelling 형태가 효과적이고 가상현장 기반으로 미리 공사 과정을 보여주면서 안전 관리 요소를 인지시키는 노력이 필요함
- 장비 운영이 증가하고 현장 여건이 혼잡한 경우에는 센서와 스캐닝 기술을 활용하여 현장 여건을 정확하게 가상화하고 안전관리 시스템에 연계해야 함
- 도로 시설물 운영 측면에서는 Digital Expressway가 구축되면 정부차원에서 운영하려는 재난안전관리 체계의 스마트 빅보드 등에 직접

가상 모델을 제공하고 현황을 시각화시켜 국가적 차원의 재난 안전 관리에 기여할 수 있음

- 3차원 가상현실 기반의 안전관리 시스템은 현재 도로공사가 해외 PMC 프로젝트에서 주로 담당하는 영역을 좀 더 부가가치가 높은 영역으로 확장할 수 있는 기반을 제공할 수 있음



EX-AIM (Expressway Asset Information Management)

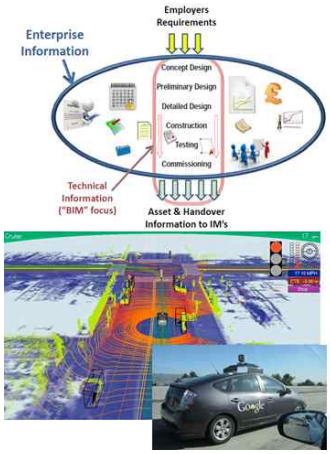
- 현재 도로공사가 관리하는 시설물 혹은 자산 정보가 텍스트와 캐드 도면의 2차원 정보로 저장되고 관리됨에 따라 시설물 정보 파악이 어렵거나 비효율적인 측면이 있어 정보의 활용성이 저하되고 있음
- 고속도로 자산의 디지털화는 이에 기반한 다양한 시스템의 고도화를 이끌어낼 수 있을 뿐 아니라 고속도로 사용자에게 새로운 정보 체계를 제공하고 관련 기업과의 연계를 통한 신사업 창출의 기회를 제공할 수 있음
- 향후 도래할 무인운전차량, 무인 항공 및 물류 시스템 등은 고속도로

라는 공간을 소유하고 관리하고 있는 도로공사에 혁신적인 사업 창출의 기회를 제공할 수 있기 때문에 선제적으로 관련 기업과 연계하는 기술 개발 및 미래형 도로 활용 방안을 수립해야 함

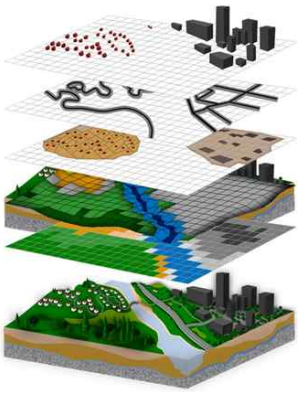
- 미국의 보스톤시의 사례와 같이 매일 고속도로를 이용하는 이용자와 차량 및 네비게이션 시스템과의 연계를 확보해서 이용자 참여형 시설물 모니터링 기술을 확립할 수 있고 이를 통해 상시 시설물 및 안전관리 체계 구축이 가능함

EX-AIM (Expressway Asset Information Management)

- 도로공사의 디지털화된 자산관리 시스템 (31개 노선 3790 km)
- WBS기반의 설계,건설,유지관리, 기술 통합 시스템 구축
- LCC의사결정지원/재난관리시스템고도화/협업관리 플랫폼 지원
- ICT 산업에 컨텐츠 가공 서비스 사업화 (빅데이터, IoT, 무인운전)







45년 경험 자산 체계화

사용자 참여형 도로상태 모니터링 기술

- 4000Km에 달하는 고속도로 포장 및 시설물 상태 모니터링에 도로 사용자 참여기술 개발
- 사용자 참여로 인한 신속한 도로 보수로 국민 안전을 위한 상시 서비스 체계 구축

미국(민간) : 도로파손 정보 수집 프로그램

< 참고 : 보스턴 시 도로파손 정보 수집 프로그램(Street Bump)>



- 자동차 운행 중 스마트폰 내 가속도계 센서를 통해 도로의 파손 정보를 수집하며, 파손된 도로 정보를 지도 위에 표시 : 스마트폰 어플리케이션 개발 후 무료 배포
- 시민들이 직접 참여하고 문제 제기 할 수 있는 수집 프로그램을 통해, 도로 파손 복구비를 매년 20만 달러에서 8만 달러로 절감

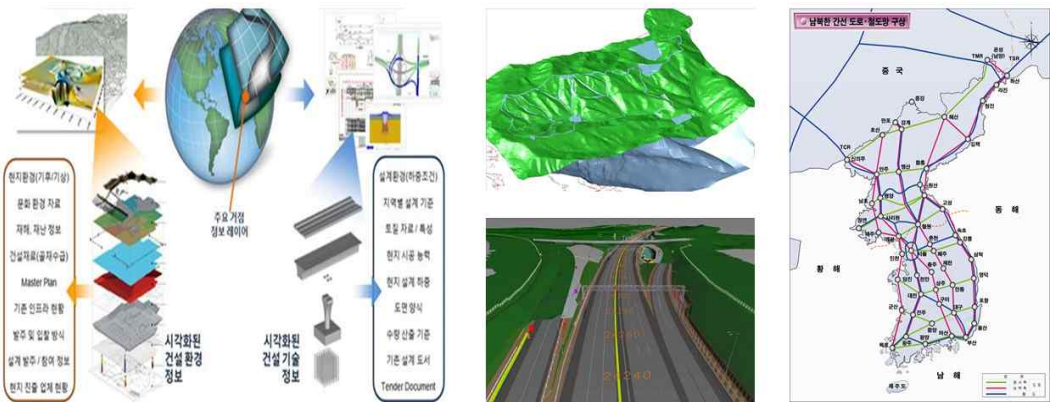
그림 2.68 사용자 참여를 통한 모니터링 기술(미국의 Street Bump)

EX-Global

- 3차원 설계 기술 기반의 해외사업 내실화 및 시장확대를 위한 EX-GLOBAL 체계구축 (민간기업과의 실시간 협업 체계 구축)
- 정보화된 3차원 모델은 현장 여건에 맞게 재활용될 수 있고 신속한 계획 및 의사결정을 지원할 수 있기 때문에 해외 진출에 활용하기에 효과적임

EX-Global

- 북한 및 해외 도로건설 PMC를 위한 기반 구축
- 도로 설계를 위한 기본 정보 축적 엔진
- 도로공사의 설계, 시공, 운영/유지관리의 best practice 탑재

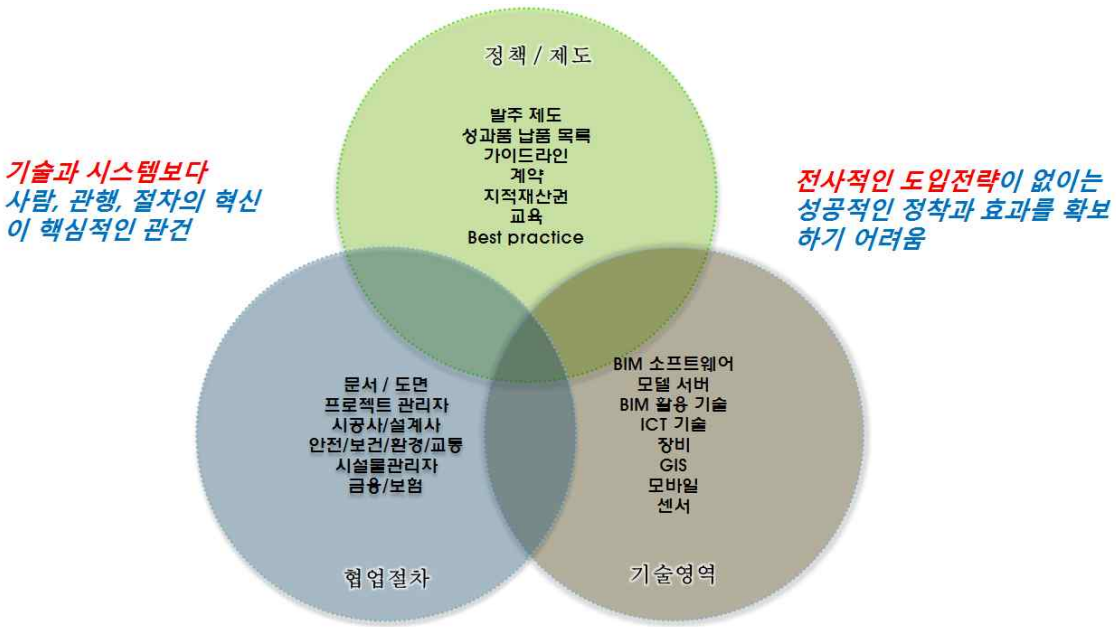


EX-BIM 도입을 위한 기반 구축

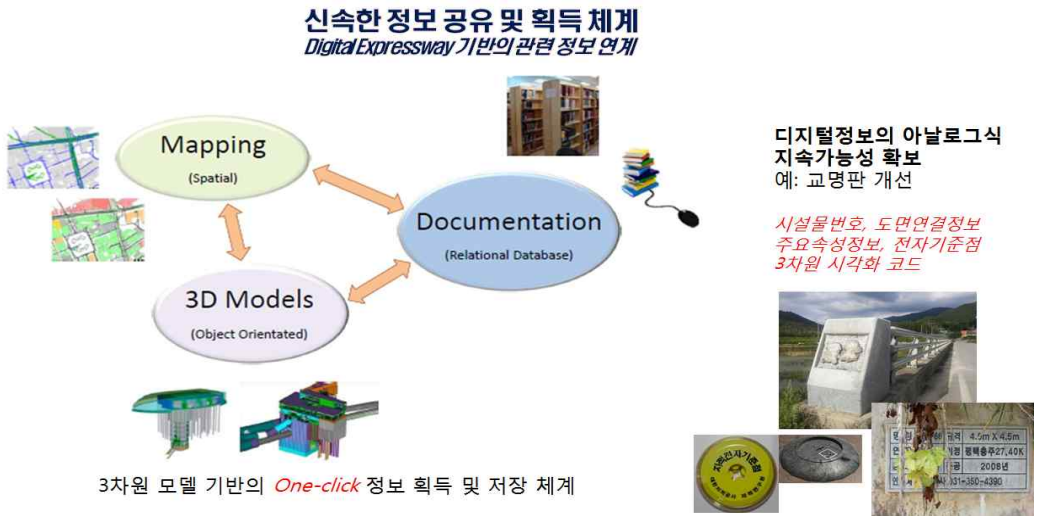
- BIM 도입을 위한 기반 구축을 위해서는 단계별 조직 구성이 필수적으로 요구되고 핵심인력을 통한 사내 전파가 필요함



- BIM 기술은 절차를 다루기 때문에 정책/제도, 협업 절차가 기술영역과 함께 고려되어야 하고 실무 관행의 혁신이 핵심 관건임



- BIM 도입을 위해서는 기존의 2차원 도면 및 문서 기반의 업무를 3차원으로 전환해야 하기 때문에 이를 통한 신속한 정보공유 및 획득이 이루어져야 그 효과를 확보할 수 있음
- 모델 기반의 정보 축적은 One-click에 의해 필요한 정보를 획득할 수 있도록 할 수 있고 기존의 전통적인 방식의 시설물 자체의 인식 정보를 디지털화하여 지속가능한 정보 관리가 가능함



3차원 모델 기반의 *One-click* 정보 획득 및 저장 체계

- 업무 구조와 프로젝트 수행 체계가 수직적 체계에서 수평적 체계로 전환되면 원할한 의사소통을 통해 건설프로젝트 관리 역량이 높아질 수 있음

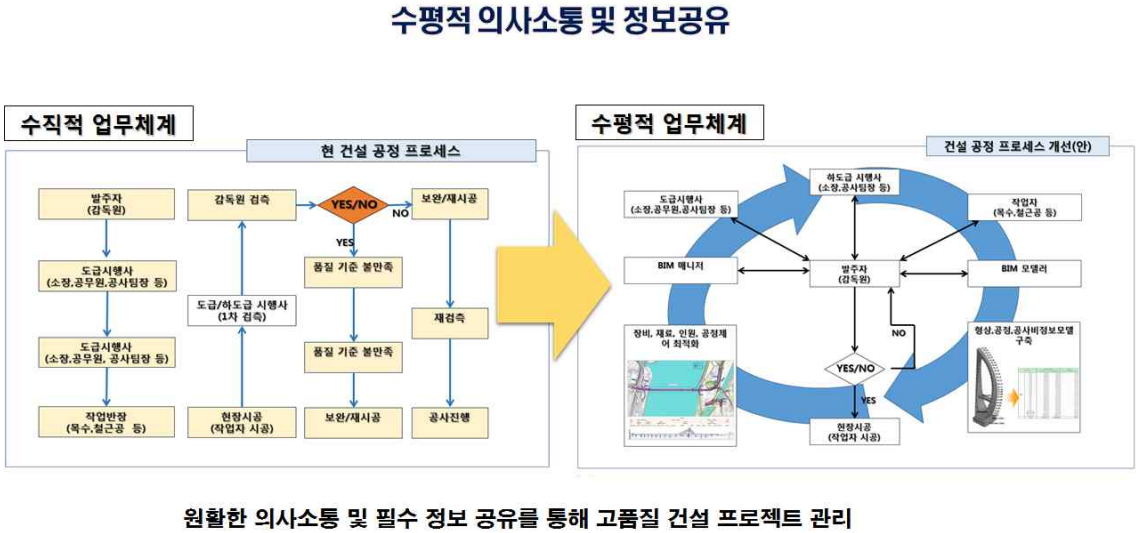
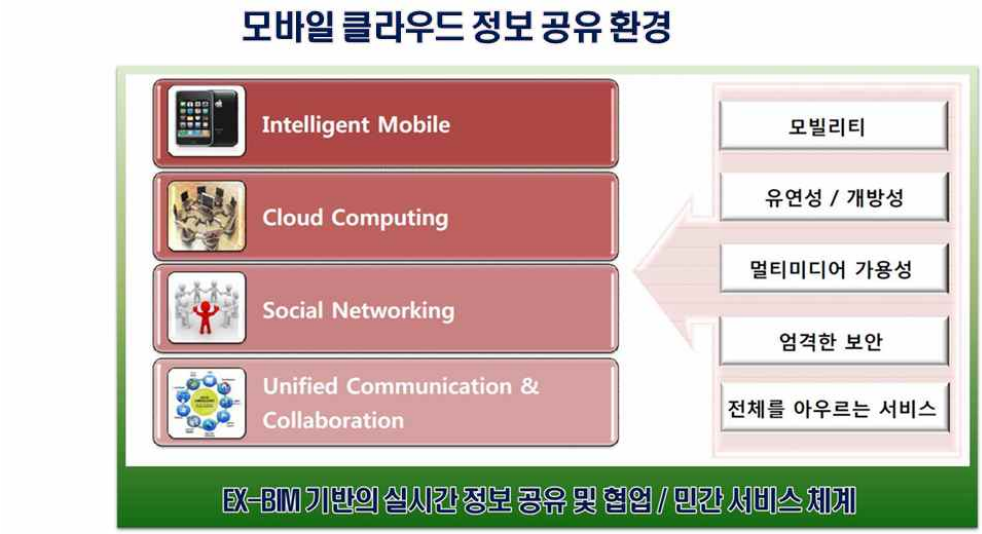
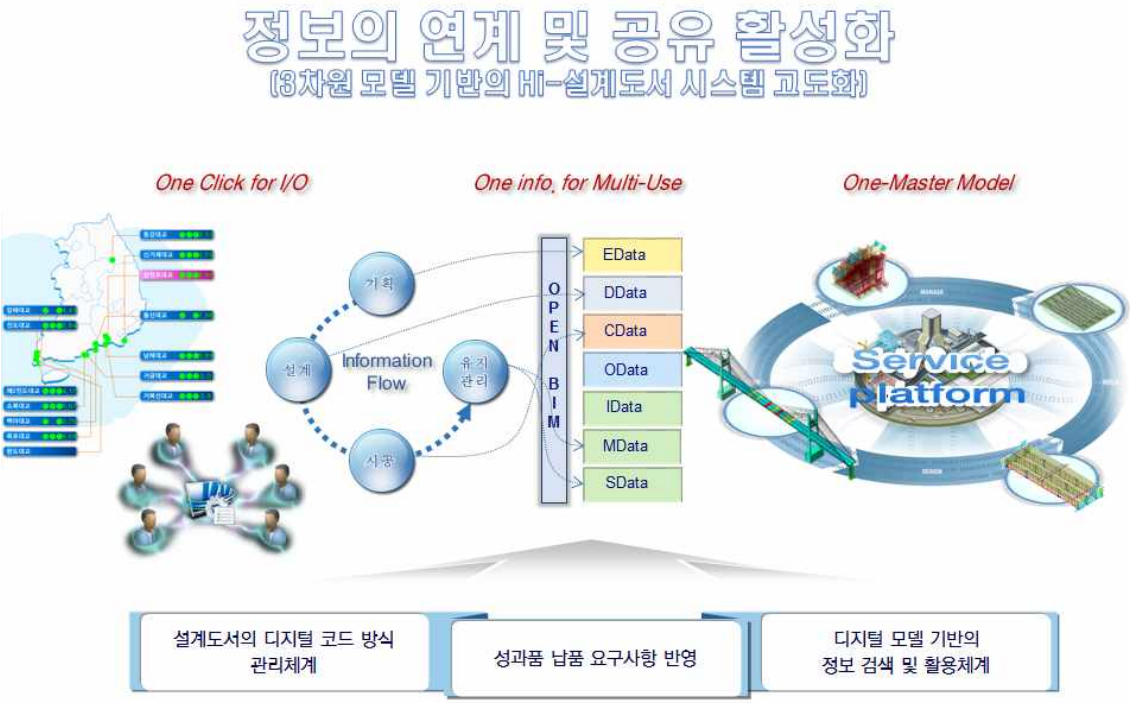


그림 2.69 BIM을 통한 업무체계의 변화

- One-click In & Out 은 정보를 입력하거나 활용하는 경우에 사용하는 도구나 네트워크 환경의 영향을 받기 때문에 이를 위한 기반 구축이 요구됨
- 특히 보안 시스템이 현재는 내부에서의 협업만을 지원하고 있어 민간 기업 등 외부와의 협업 지원을 위한 새로운 방안이 도출되어야 함

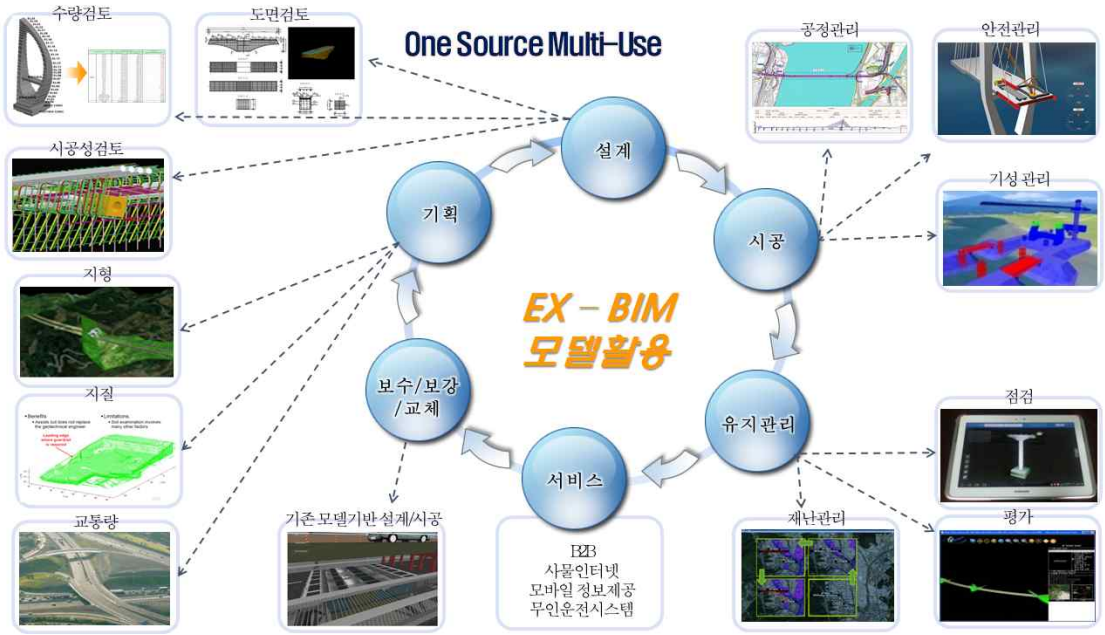


- **건설분야 업무의 30%는 재작업, 60% 노동력 낭비, 10%의 재료 손실 (The Economist)**
- **엔지니어링 업무의 40%는 정보 확보, 정보공유부재로 프로젝트 비용의 30% 손실 (NIST)**
- **Bring People Together to Accelerate Innovation (대국민 서비스 : 체감형)**



- **기존 성과품 체계를 개선하여 효과적인 정보 생성 및 활용 절차**

- EX-BIM 도입에 따라 설계단계에서 구축된 설계정보의 고속도로 생애주기 전단계 활용이 가능하도록 One Source Multi-Use 체계 구축 필요
- 영국의 사례와 같이 발주자가 프로젝트를 지원하는 기술 그룹을 운영하여 정보 연계나 활용을 원활하게 하도록 해야 함



- 기준 시설물이 신규 시설물에 비해 많기 때문에 이를 디지털화하는 노력이 상당기간 필요하고 단계별로 효과를 확보할 수 있는 장기 전략이 요구됨

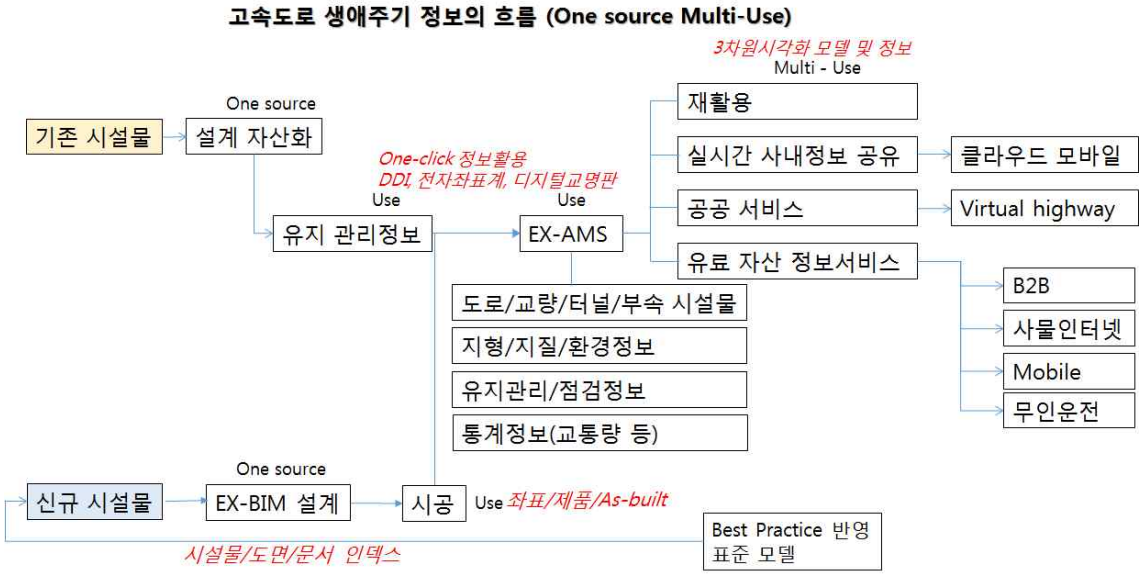


그림 2.70 고속도로 생애주기 정보의 흐름

- 차세대 도로교통을 고려한 디지털 고속도로의 체계를 전망하고 이를 지원하기 위한 설계 및 관리 기술 확보가 필요함

  *. 미래학자 토마스 프레이는 건설과 관련해서 예를 든 내용에는 무인 자동차 시대가 열리면 무인자동차 전용 고속도로 건설, 운영을 위한 인프라가 필요할 것으로 예측

- 노후 포장 및 구조물 교체시에 미래 교통 수요와 활용도를 미리 반영할 수 있도록 해야 하고 공간적 제약으로 기술 개발이 원활하지 못한 무인운전, 무인 항공, 무인 물류 체계를 도로공사가 보유한 고속도로의 공간을 최대한 활용하여 능동적으로 개발하고 지원함으로써 새로운 시장 창출을 선도할 필요가 있음

- 전기 차량의 증가는 시범적으로 추진하고 있는 신재생에너지 기술의 도입을 가속화하여 에너지 자립형 고속도로를 확보할 필요가 있음



그림 2.71 미래의 고속도로 서비스 예측

2.7 기대효과

· 정보와 소통의 혁신 (One source-Multi-use & One click)
· 미래 교통수단과 정보 요구사항의 변화에 선대응하는 EX-BIM 체계를 제시
· 3차원 도면 문서 기반의 업무 전환을 통한 공공사업 관리 분야에서의 혁신기술 선도
· 계획/설계/시공/운영 및 유지관리 단계별 3차원 모델 및 정보 흐름 체계화로 업무 생산성 향상
· Digital Expressway 구축을 위한 단계별 로드맵 제시로 고속도로 인프라를 디지털화하고 이를 활용한 정보서비스 사업 창출의 기반 확보
· 3차원 시각화는 소통을 통한 투명성, 창의적인 설계를 통한 미래 유산 창출, 국민 참여형 상시 서비스 및 안전 관리 역량 제고

2.8 추진과제 RFP

No. 1	BIM 기반의 설계 시공 시스템 기술
과 제 명	3차원 전자도면 체계 구축 및 도면 표준 수립
연구 목표	▪ 3차원 기반 도면관리 체계 구축 및 도면 표준 수립을 위한 기준 정립
연구 배경 및 필요성	▪ BIM 기술의 체계적이고 효율적인 도입 측면에서 2차원 도면과 3차원 정보모델의 개념적이고 실무적인 연결 및 통합시스템이 요구됨 • 3차원 정보모델을 이용한 도면관리 체계는 기존의 2차원 도면이 수행해온 역할을 보다 직관적이고 명확하게 수행할 수 있으며 모델과 관련된 정보를 통합하여 관리할 수 있음.
연구 내용	**<1차년도>** ▪ 3차원 전자도면 표준 수립 – 기존 전자도면(2차원도면)의 유형분석 및 도면요소의 명칭 포함 분류체계 분석을 통한 적용성 검토 – 설계발주서의 전자표준도 요구사항 분석 – 3차원 전자도면의 구비기능 정의 – 표준도 내 2차원 도면 구현 방법 정의 – 파일 유형정의를 포함한 3차원 전자도면의 표준 수립 **<2차년도>** ▪ 3차원 전자도면 분류체계 개발 및 검증 – 3차원 모델 및 2차원 전자도면작성 지침 개발 – 시범 적용 대상 구조물 선정 – 시범 전자도면 구축을 통한 해당 구조물의 PBS(Product Breakdown System)에 기반한 3차원 모델 라이브러리 체계 구축 – 설계, 시공, 유지관리의 활용목적에 따른 변환 체계 및 가이드 – 3차원 전자도면 시범 구축
추진전략	▪ 3차원 전자도면 표준 내용을 가시화 할 수 있는 시범 적용 대상 설정 ▪ 3차원 전자도면 구축을 위한 3차원 모델 구축 시 발생하는 정보관리 지침 마련 ▪ 3차원 전자표준도 체계가 구축되면 시범 적용 가능 공구를 선정하여 대상 공구에 대한 3차원 전자표준도 체계의 활용성 검증
연구개발 기간	▪ 2016년~2017년 (2년간)
연구개발	▪ 총 억

예산	▪ 3차원 전자도면 표준 수립 : ▪ 3차원 전자 도면 분류체계 개발 및 검증 :
연차별 성과 및 산출물	**<최종성과물>** ▪ 3차원 전자도면 표준 및 3차원 전자도면 구축 ▪ 3차원 전자도면 활용 절차 (설계, 시공, 유지관리) **<1차년도>** ▪ 3차원 전자도면 표준 편람 **<2차년도>** ▪ 전자도면 3차원 모델 라이브러리 ▪ 3차원 전자도면 (설계, 시공, 유지관리)
기대효과	▪ 기존 건설 프로세스의 혁신을 위한 과도기적 요구 시스템으로서의 역할을 수행하여 3차원 정보모델의 실효성을 피력함. ▪ 3차원 전자도면의 개념을 단순히 3차원 모델을 추가한 것이 아닌, 관련 설계 정보들의 검색이 가능한 정보모델의 개념으로 확장하여, 실무 적용 시 효율성 제공에 기여함. ▪ 설계 정보모델 분류체계 및 관련정보의 코드화 기술은 BIM기술 기반 건설 프로세스의 정립을 휘한 기반 기술로서 활용함.

No. 1	BIM 기반의 설계 시공 시스템 기술
과 제 명	3차원 설계 검토 시스템
연구 목표	▪ 3차원 기반 설계검토 체계 구축 및 모델 요구사항 정의
연구 배경 및 필요성	▪ 3차원 정보모델을 핵심성과로 활용하는 BIM 기반의 설계업무 도입 시, 이에 대응하는 설계검토 항목의 추가는 물론 해당 정보의 효율적인 활용이 가능한 설계 검토 시스템이 요구됨. • 기존의 설계 검토는 2차원 도면에 기반하여 설계도서 및 관련자료들의 상호 적정성을 검증하는 방법으로, 개별적으로 관리되던 설계도서 및 기타 관련자료들을 상호 연결하여 종합적으로 관리, 검토하기 위한 설계검토 정보관리 프로세스가 요구됨.
연구 내용	**<1차년도>** ▪ 설계검토 항목에 근거한 3차원 모델의 요구 사항 정의 – 기존 설계검토 항목의 유형분석 – 3차원 모델 기반 설계검토 항목 정립 – 선택적 정보(항목별 관련 설계 정보)전달에 대한 적용성 검토 – 설계검토 항목에 근거한 3차원 모델 요구사항 정의 **<2차년도>** ▪ 3차원 설계검토 시스템 구축 – 설계검토 정보관리 프로세스 설계 – 기 정립된(1차년도) 검토항목과의 관련정보 연계방법 정의 – 적용 뷰어의 선정 및 가시화 방법에 대한 정의를 포함한 설계 검토 대상 모델의 가시화 기준(MVD : Model View Definition) 정립 – 3차원 설계검토 시스템 구축
추진전략	▪ 정보의 관리 및 활용 측면에서, 기존 설계검토 수행 방법의 문제점을 다각적으로 분석 ▪ 전문가 의견의 수용을 통한 설계 검토 항목 수립 및 효율적인 설계 검토 수행이 가능한 MVD의 정립 ▪ 3차원 시각화를 위한 하드웨어 구축 ▪ 시범 사업을 통한 3차원 설계검토 시스템의 활용성 검증
연구개발 기간	▪ 2016년~2017년 (2년간)
연구개발 예산	▪ 총 억 ▪ 3차원 설계검토 정보 요구사항 정의 :

	▪ 3차원 설계검토 시스템 구축 :
연차별 성과 및 산출물	**<최종성과물>** ▪ 3차원 설계 검토 시스템 **<1차년도>** ▪ 3차원 모델기반 설계검토 항목 **<2차년도>** ▪ 3차원 설계 검토 시스템 (하드웨어, 소프트웨어) ▪ 설계검토 수행보고서(시범사업에 대한)
기대효과	▪ '3차원 설계검토 시스템'은 3차원 모델이 구비하고 있는 다양한 가시화 기능을 적극적으로 수용할 수 있으므로, 설계 검토자의 판단 근거 수립 시 모호성이 배제됨. ▪ '3차원 설계 검토 시스템'에서는 설계검토정보 관리 프로세스를 통하여, 소요 정보가 실시간으로 제시 될 수 있기 때문에 기존 설계검토 방법에 비하여 더욱 신속하고 직관적인 설계검토의 수행이 가능함. ▪ 설계검토 대상 모델의 가시화 기준을 포함한 3차원 설계 검토 시스템은 BIM기반의 건설 프로세스의 정립을 위한 기반 기술로서 활용될 수 있음.

No 1	BIM 기반의 VE/LCC 업무프로세스 모델 구축
과제명	BIM기반의 VE/LCC업무 프로세스 모델 구축
연구 목표	○ 설계정보와 LCC정보가 통합된 BIM모델링 기반으로 설계VE, 시공VE 업무 프로세스 개선 ○ BIM을 통한 설계통합정보에 초기공사비, 공정자료, 유지관리 비용을 구축하여 설계VE, 시공VE 업무프로세스 개선
연구 배경 및 필요성	○ 현재 VE활동은 팀 구성원들이 VE대상 프로젝트의 충분한 검토를 요구함에도 불구하고 2D설계정보가 분산되어 있고 통합적으로 제공되지 않아 VE업무 프로세스의 효율적인 운영에 어려움이 있음 – 건설프로젝트가 대형화, 복잡화되고 발주자의 요구가 증가하면서 2D 기반의 설계 자료로는 모든 설계정보를 표현하고 의사소통을 하는데 문제가 있음 – 설계정보 입수과정과 설계정보 분석에 많은 시간이 소요되므로 VE업무 진행에 효율성이 저하 – 설계정보에 대하여 VE팀원이 사전공유하고 분석 시간이 부족 ○ VE 제안 작성 시 대안물량 산출 및 공사비산정에 장시간 소요로 VE 워크샵 기간이 필요이상 증가됨 – 2D기반의 수량산출서와 내역서 분석을 통한 대안물량과 대안공사비가 산출되므로 산출과정의 공유와 의사소통이 부족 ○ 2D기반설계에 시공, 공정 및 유지관리를 위한 정보가 구체적으로 표현되어 있지 않으므로 설계원가중심의 VE프로세스 진행 – 총생애주기비용(LCC) 분석을 위한 기초자료가 2D설계정보에 상세하게 입력되어 있지 않으므로 유지관리와 자산관리 측면에서의 VE검토가 미흡한 실정임
기술 동향	○ 설계단계에서 BIM 모델링구축 다양한 정보를 입력가능 – 모델링 구축 시 자동 수량산출 가능 – 산출된 수량은 내역프로그램과 연동하여 내역서 작업 가능 – 한국도로공사 자체 LCC산출 프로그램과 연동하여 모델링에 LCC 입력가능 – BIM 모델링 뷰어 프로그램에서 모델링 객체 수정 시 설계도면, 수량산출서, 내역서 연동 자동 수정 ○ BIM툴과 연계한 VE제안서 및 결과보고서 생성 – BIM 모델링 뷰어에서 대안 작업 시 VE업무 프로세스 툴과 연동하여 제안서 및 결과보고서 생성
연구 내용	○ BIM LCC정보입력 체계 구축 – 기본적인 LCC를 위한 설계정보 입력체계 구축 – VE대표공종(정형모델, 비정형제외) LCC를 위한 BIM모델 매개변수 표준화 작업 – BIM 프로그램에서 LCC 수량산출을 위한 분류체계 작업 – LCC프로그램과 연동을 위한 LCC 속성 분류체계 작업

	- VE프로그램과 연동을 위한 LCC 속성 분류체계 작업 ○ VE대표공종(교량/터널) LCC 수량산출을 위한 라이브러리 구축 ○ VE/LCC를 위한 내역프로그램과 연동을 위한 수량자동화 산출 exporter 구축 ○ LCC 프로그램과 연동을 위한 BIM 프로그램 내 add-on 개발 ○ BIM 모델링 뷰어프로그램과 VE/LCC를 위한 BIM프로그램 연동 Interpreter 개발 ○ BIM 프로그램과 VE업무프로세스 프로그램 연동 Interpreter 개발
추진전략	○ VE업무 종사자를 대상으로 한 설문조사를 바탕으로 업무프로세스 세부 개선 방향 도출 ○ VE팀원, 설계자, 발주처가 공동 참여하는 방식이므로 인터넷을 기반한 공동협업시스템으로 구축 ○ 기존 BIM 시범설계로 진행된 함양~창녕 12공구 결과물을 BIM기반 VE/LCC 대상과업으로 선정하여 추진
연구개발 기간	2016년~2017년 (2년간)
연구개발 예산	총 억
연차별 성과 및 산출물	○ 최종성과물 - VE/LCC를 위한 설계정보와 LCC정보가 통합된 BIM모델링과 연동된 VE업무 프로세스 프로그램 ○ 1 단계 - VE대표공종(교량/터널) LCC 수량산출을 위한 라이브러리 구축 - LCC프로그램과 연동을 위한 LCC 속성 분류체계 - VE프로그램과 연동을 위한 LCC 속성 분류체계 ○ 2 단계 - VE/LCC를 위한 내역프로그램과 연동을 위한 수량자동화 산출 exporter 구축 - LCC 프로그램과 연동을 위한 BIM 프로그램 내 add-on 개발 ○ 3 단계 - BIM 모델링 뷰어프로그램과 VE/LCC를 위한 BIM프로그램 연동 Interpreter - BIM 프로그램과 VE업무프로세스 프로그램 연동 Interpreter
기대효과	○ VE업무 프로세스 개선으로 VE업무 비용 및 시간 단축 ○ 발주처에서 BIM모델링통합 뷰어하나로 설계, VE, LCC정보파악 가능으로 업무 효율성 제고 ○ 기 구축된 통합정보BIM모델을 이용하여 시공VE 실행시 VE업무 효율성 제공 ○ 설계통합정보와 LCC정보가 있는 통합BIM모델 구축으로 시설물의 유지관리 및 자산관리 D/B로 활용 가능

No 1	포장 및 도로시설물 관리 기술
과제명	3차원 인벤토리 기반 포장 및 도로시설물 관리 기술
연구 목표	3차원 BIM 기반의 포장손상, 보수이력 및 시설물 인벤토리를 통합한 고속도로 포장유지관리시스템 구축
연구 배경 및 필요성	○ 현재의 HPMS는 2D 기반의 통합정보시스템으로 개발 운영 – 포장손상, 노선정보, 보수이력, 교통량, 환경인자 등의 DB 구축이 완료되었으나 통합적인 정보 제공 미흡 – 도로시설물 DB 부재 전방 영상만을 제공하여 DB 기능 제한적 ○ BIM 기술을 활용한 3차원 기반의 통합 유지관리 시스템 개발 필요 – 포장손상, 보수이력 및 각종 유지관리 DB 3차원 통합 – 유지관리 DB와 시설물 인벤토리 DB 통합
기술 동향	○ 해외기술동향 – 미국, 영국 등 국제적인 건설분야 기술경쟁력 확보를 위해 BIM 기술을 전략적으로 도입하고 있음 – 각국의 도로관리 기관은 통합적인 유지관리시스템 구축 운영 – 선진국의 경우 디지털 맵핑 기술을 이용한 시설물 인벤토리 DB 구축 활용 ○ 해외기술동향 – 2010년 국가 및 공공기관에서 BIM 적용을 위한 가이드라인 수립 – 정부 및 공공기관을 중심으로 통합적인 유지관리시스템 구축 운영 – 디지털 맵핑 기술을 활용한 도로대장 도면화, 인벤토리 구축 연구 및 사업 진행 중
연구 내용	○ **1차년도** – 개선요소 및 요구정보 정의 – 유지관리 DB 및 시설물 인벤토리 DB 연계방안 수립 – 디지털 맵핑을 이용 시설물 인벤토리 DB 구축 ○ **2차년도** – BIM기반 고속도로 포장유지관리시스템 프로토 타입 구축 – 시험운영 및 보완 – 상용화

추진전략	○ 기존 고속도로 포장유지관리시스템과의 연계를 통한 효율성 향상 – 기존 유지관리 DB 활용 – 시설물 이미지 DB와 인벤토리 클라우드 좌표 통합 ○ 추가 요구사항 도출 및 적용을 위한 설문조사 ○ 시법 적용대상 설정하여 실제 구현 결과에 부합하는 시스템 활용성 검증
연구개발 기간	2016년~2017년 (2년간)
연구개발 예산	○ 총 억 – 프로토타입 시스템 구축 – 인벤토리 DB 구축 및 연구 – 프로토타입 BIM기반 모델링
연차별 성과 및 산출물	○ 최종성과물 – BIM기반 고속도로 포장손상, 보수이력 및 시설물 인벤토리 통합포장유지관리시스템 구축 ○ 1차년도 – 유지관리 및 인벤토리 통합 DB ○ 2차년도 – BIM 기반 고속도로 포장유지관리시스템 – 구축보고서 및 운영매뉴얼
기대효과	○ BIM 기반 유지관리 DB 및 시설물 인벤토리 DB 구축 및 연계를 통한 시스템 활용성 증대 ○ 시설물 인벤토리 DB 구축을 통한 도로관리자의 업무 효율성 증대 ○ 고속도로 유지관리 기술 향상으로 국내 도로 유지관리 기술발전에 기여

No 1	전자 교명판 및 교량유지관리시스템 개발
과제명	전자 교명판 및 사물인터넷 활용 기술 개발
연구 목표	▪ 전자 교명판 개발 ▪ 외부 유출 방지를 위한 보안프로그램 개발 ▪ 교량 유지관리시스템 개발
연구 배경 및 필요성	▪ 한국도로공사 주요 고속도로인 경부고속도로가 정식 개통된 지 올해로 45년이 경과됨 ▪ 교량의 기대수명을 60~70년 정도로 보았을 때 이제 청년기를 지나 장년기에 본격 돌입됨에 따라 선제적인 유지관리 방안 마련이 필요 ▪ 교량의 성능저하 및 노후화에 따른 업무량의 증가에 대응하여 첨단기술을 활용한 현장 점검을 도입함으로써 평가 및 유지보수 위주의 업무체계 전환이 시급함
기술 동향	**<국내 기술동향>** ▪ 교량 시설물 유지관리분야에서 계측 용도이외의 ICT 활용 사례는 거의 없음 ▪ 시설물의 유지관리를 위한 모바일, 드론 등 ICT를 이용한 연구는 지속적으로 진행되고 있으나 실제 현장에 사용한 사례는 없음. **<해외 기술동향>** ▪ 전 세계적으로 RFID/USN, 유무선통신기술, 다기능 복합센서 등을 활용한 시공단계의 연구 및 제품화된 경우는 다수 존재함 ▪ 특히 교량의 경우는 CCTV, X-band 무선기술, GPS 측위기술, 변위센서 등과 같은 유지관리분야에 있어 계측분야나 교량 유동량에 대한 계측 분야에만 ICT 기술을 활용하고 있는 실정임. ▪ ICT를 활용하여 모바일 플랫폼에 교량 데이터를 원격지의 서버와 통신하여 데이터를 수신, 이를 활용하고 수정하는 단계의 연구는 진행되고 있으나 이는 통신이 원활한 상태에서만 가능하며, 한국과 같은 산악지형(통신이 잘 안되는 곳)에서의 교량들에게는 적용하지 못하는 단점이 있음.
연구 내용	**<1차년도>** ▪ 유지관리 정보요구사항의 정의 ▪ 정보 모델 구성 및 정보 전달 체계 정의 ▪ 교량 정보저장 및 현장에서의 정보 획득을 위한 전자 교명판 개발 ▪ 전자 교명판과 데이터 통신을 위한 보안 알고리즘 및 프로그램 개발

	▪ 모바일기기에 탑재되는 전자 교명판 통신 및 교량 정보 표출 프로그램 개발 ▪ 프로토타입의 구축 : 교량 3개소 이상 현장 테스트 **<2차년도>** ▪ 교량 유지관리 서버 및 DB 서버 개발 ▪ QR 코드 부착 및 연동 API 개발 ▪ 교량 50개소 이상의 테스트 및 성능 시험 ▪ 시험운영 Feed Back 및 보완 ▪ 제품화, 문서화
추진전략	▪ 시스템의 개발과 병행하여 유지관리 정보 활용성 향상을 위한 현장 점검 실무진 참여 ▪ 고내구성, 무선충전기술 기반의 시설물 블랙박스 용도의 정보 저장, 표출, 사물인터넷 기술 활용 ▪ 개발기간 내에 현장테스트를 진행하여 신뢰성 확보
연구개발 기간	▪ 2016년~2017년 (2년간)
연구개발 예산	▪ 총 억 ▪ 1차년도 : 억원 – 전자 교명판 개발 (교량 3개소 테스트 포함) – 보안 알고리즘 개발 ▪ 2차년도 : 억원 – 교량유지관리서버 및 DB서버 개발 – 교량 50개소 이상 전자 교명판 테스트 비용
연차별 성과 및 산출물	**<최종성과물>** ▪ 전자 교명판 플랫폼 ▪ 보안 알고리즘 및 프로그램 ▪ 교량유지관리시스템 (유지관리 서버, DB서버) **<1차년도>** ▪ 전자 교명판 플랫폼 시작품 ▪ 보안 알고리즘 및 프로그램 시작품 **<2차년도>** ▪ 교량유지관리시스템 시작품 ▪ 시스템 구축보고서, 운영 및 데이터 시험서 ▪ 운영 가이드
기대효과	▪ 설계 및 시공 정보를 포함하여 유지관리의 기술적 발전에 대비한 정보 운영 체계 구현 ▪ 유지관리 정보 교환 프로세스 개선을 통한 현장 점검 업무 시간 단축 ▪ 사물인터넷 기술과 융합하여 디지털 고속도로 구현 ▪ 해외 O&M 시장 진출을 위한 킬러 아이템으로 활용

No 1	BIM기반 스마트 공사 및 안전관리 지원체계
과제명	BIM기반 스마트 공사 및 안전관리 지원체계
연구목표	• 3차원 BIM모델 기반 가상현장 및 공정/안전관리 체계 구축
연구배경 및 필요성	• 첨단기기 및 기술(BIM)을 이용한 감독업무의 선진화 대두 • 발주자의 경험에 의한 검측/공정관리업무에 대해 BIM기반 시스템을 도입하여 보다 효과적인 감독업무가 가능하게 하는 프로세서 필요 • 가상현장 구축과 첨단 기기 활용을 통한 종합적인 공사중 안전관리 체계 시범 구축
기술동향	<국내기술동향> • 국토교통부, 미래창조과학부, 조달청등에서 BIM 활용을 정책적으로 제시 • LH공사 및 수자원공사등에서 BIM을 적극적으로 도입한 업무체계 추진중 • 안전관리에 대한 적극적 대응이 필요하고 관련 기술 발전이 가속화되고 있어 발주자의 도입 노력이 필요함 <해외기술동향> • 영국 : 정부주도의 BIM로드맵 및 표준 제정, 장기전략을 제시하여 제도, 교육등의 기술생태계조성(Cross Rail Project) • 싱가포르 : BIM을 적용을 권장하고 적극적으로 활용(E-Cornet System) • 미국 : 장·단기적 목표를 가지는 BIM Roadmap구축, BIM을 기반으로 업무 전환중
연구내용	**<1차년도>** • 건설 프로젝트 관리 업무 분석을 통한 개선 사항 도출 • BIM 발주시 공사 및 안전관리를 위한 요구사항 도출 • 첨단기기 접목방향 및 산출물 기준 정립 • 첨단기기 데이터구현 알고리즘 개발 • 첨단기기를 이용한 현황정보 취득 및 Test-Bed가상현장 구축 **<2차년도>** • BIM기반 공사 및 안전관리 지원 시스템 구축 • 모바일을 통한 현장중심 시스템 활용 기법 개발 • 가상현장 및 증강현실(Augmented Realtiy)구현 Pilot test

<table>
<tr><td></td><td>


그림 301 드론을 이용한 공정관리 시스템(예시)


그림 302 AR기기를 통한 검측 지원 시스템(예시)</td></tr>
<tr><td>추진전략</td><td>• 현 감독업무의 현황 파악 및 실무자 참여를 통한 현장중심의 효과적 검측 및 공정관리 기법도출
• 3차원 BIM가상현장의 효과적 구축을 위한 첨단기기의 개별분석 및 연계
• 시범 적용 대상을 설정하여 TEST-BED 구축 및 시스템 활용성 검증 수행</td></tr>
<tr><td>연구개발기간</td><td>• 2년(년차별 수행)</td></tr>
<tr><td>연구개발예산</td><td>총 억원
• 개발방향 선정 및 관련기술도출
• 첨단기기(드론)을 이용한 가상현장 구축
• BIM기반의 검측/유지관리를 위한 시스템 개발</td></tr>
<tr><td>연차별 성과</td><td><1차년도></td></tr>
</table>

및 산출물	• 첨단기기를 이용한 현황정보 취득 기법 • 대상 TEST-BED의 BIM가상현장 모델 **<2차년도>** • BIM 및 첨단기기를 활용한 검측 및 공사/안전관리 시스템 • 모바일 활용을 위한 체계 개발
기대효과	• 도로 시설물에 대한 빠른 현황파악 가능(드론을 이용한 현황구축) • 첨단기기를 이용한 업무효율 향상 • 시각적 확인을 통한 감독의 의사결정에 효과적 • 공사참여자간의 현장정보의 빠른 공유·전달체계 확립을 통한 도로시설물의 품질향상 및 공정지연 요소 제거 및 공사중 안전관리 상시 모니터링

No 1	시공 검측을 위한 BIM 기반의 증강현실 기술
과제명	시공 검측을 위한 BIM 기반의 증강현실 기술
연구 목표	착용형 스마트 기기(wearable device)와 BIM 모델을 활용하여 시공 검측에 필요한 맞춤 정보를 실시간 시각화하는 증강현실 기술을 개발 ◆ 영상처리 기술과 음성인식 기술을 적절한 혼합 사용으로 시공 검측에 필요한 자료를 BIM으로부터 (반)자동으로 실시간 추출하는 시공검측 플랫폼 개발
연구 배경 및 필요성	■ 시공 검측의 기반이 되는 설계 자료로 현장에서 가장 의존도가 높은 자료는 2차원 도면임 ◆ 현장 점검에 필요한 자료를 반드시 구비하여야 하며 점검 요소별로 그에 맞는 자료를 일일이 찾아야 하는 번거로움 ◆ 일반적으로 도면에 한정된 현장에서의 가용 정보 ■ 도로공사 발주 사업에 BIM이 전반적으로 도입될 경우, 시공 검측 시에 필요한 제반 정보를 BIM으로 대체 가능 ◆ 구글글래스와 같은 wearable smart device를 활용하여 현장 점검 상황에 맞는 맞춤 정보를 실시간으로 제공하는 기술이 구현된다면 시공 검측 시의 BIM 활용도 제고 가능 ■ 건설 현장에서의 증강현실 기술 활용 가능성은 연구된 바가 많으나, 아직 현실적으로 구현 가능한 기술이 부족한 상태임. ■ 착용형 스마트 기기(wearable smart device)의 카메라 영상과 BIM에서의 시점(viewpoint)을 실시간 동기화하는 기술 부족
기술 동향	■ 건설에서의 증강현실 기술 적용 시도는 꾸준하게 진행되어 왔으나 적용 범위가 아직까지는 매우 한정적임 ◆ 카메라를 활용한 영상 기반의 증강현실 기술만 시도됨 ◆ 주로 마커 기반의 기술로서 한정된 정보의 추출만 가능 ■ BIM과 카메라 영상 기반의 증강현실을 위해서는 BIM의 가상 데이터와 카메라 영상의 형상 및 공간 정보 매칭이 필요하며, 이를 자동화하기 위한 방법은 크게 다음과 같이 두 부류로 나누어볼 수 있음. ◆ 마커(marker) 기반 방식: 마커를 시설물에 부착하고 영상처리 기술로 이를 자동인식하여 이와 연계된 BIM 데이터 전송 ==> 특정 표시를 일일이 부착하고 관리하여야 하는 번거로움 ==> 마커가 부착된 요소(한정적)에 대한 정보만 검색 가능 ◆ 카메라 이동 및 회전량 측정: 다양한 센서를 이용하여 카메라 움직임을 측정하고, 이를 바탕으로 BIM의 모델뷰와 카메라 영상의 시점을 동기화 ==> 번거로운 반복적 calibration 과정 ==> 자이로스코프, 가속도계 등 움직임 측정에 사용된 센서의 오차 누적

연구 내용	<1차년도> ■ 현장 시공 검측 작업에서 주로 요구되는 정보 도출 ◆ 시공 검측 작업에 대한 면밀한 조사 ◆ 도로공사 발주 사업에서의 BIM 모델 활용 방안 검토 ■ 도출된 필요 정보의 분석/분류 ◆ 각 정보의 필요 시기와 전달 방식에 대한 검토 ◆ 착용형 스마트 기기의 영상에 image processing 기술 적용하여 자동 추출 가능한 정보 분류 ◆ 사용자의 음성을 인식하여 필요한 정보가 무엇인지를 판단하고 추출하는 반자동 방식의 증강현실에 적합한 정보 분류 <2차년도> ■ 영상 처리 및 음성인식에 관한 최신 기술 동향 분석 ■ 영상 기반의 증강현실 구현 ◆ 착용형 스마트 기기의 영상 분석을 통한 BIM과 카메라 영상 간의 실시간 시점 동기화 기술 개발 ◆ Image processing 기술을 통한 검측대상 요소의 종류 및 상태 인식 기술 개발 ◆ BIM으로부터 필요 정보 자동 추출/시각화 기술 구현 <3차년도> ■ 음성 인식 기반의 증강현실 구현 ◆ 음성 DB 구축 ◆ 구축된 음성 DB의 자동 인식 기술 개발 ■ 영상 및 음성을 혼합 활용한 BIM 기반 증강현실 플랫폼 개발
추진전략	■ 시공 검측 작업에 대한 상세 내용 파악과 개발 플랫폼 사용자(시공검측자)의 요구사항 반영을 위한 설문조사 및 인터뷰(1차년도)와 지속적 피드백 필요 ■ 100% 자동화를 추구하기 보다는 오히려 사용자인 시공 검측자의 지능을 활용하고 상호 소통이 가능한 현실적 수준의 증강현실 기술 플랫폼 개발 (음성인식 활용) ■ 시범 적용 대상을 설정하여 가상의 테스트 베드 구축 및 시스템 활용성 검증을 수행
연구개발 기간	▪ 2016년~2018년 (3년간)
연구개발 예산	▪ 총 억
연차별 성과 및 산출물	<최종성과물> ■ 도로공사 발주 사업의 BIM 모델을 기반으로 한 시공검측용 증강현실 기술 플랫폼 <1차년도>

	▪ 시공 검측 작업에 필요한 설계정보의 음석 및 영상 기반 정보 체계 데이터베이스 <2차년도> ▪ 착용형 스마트 기기의 영상을 기반으로 한 증강현실 플랫폼 <3차년도> ▪ 음성 인식 기반의 증강현실 플랫폼 ▪ 영상 처리 및 음성인식 기술이 혼합된 증강현실 플랫폼
기대효과	■ 시공 품질 향상을 통한 국내 사업 활성화 및 해외 사업 진출 기반 구축 ◆ 증강현실 기술의 시공관리, 유지관리 및 안전관리에의 활용 ■ 도로공사의 Hi 솔루션과의 효율적 연계를 통한 최신 스마트 기기(태블릿 PC, 착용형 스마트 기기)의 활용도 제고 ■ 무인비행기, 드론의 활용도 제고 ◆ 카메라가 탑재된 드론을 토목/건축 구조물 점검 목적으로 사용할 경우, 드론의 위치 및 시점에 대한 정보를 BIM에 자동 매핑하여 그 활용도를 높일 수 있음.

No 1	유지관리점검을 위한 교량정보운영 플랫폼 기술
과제명	유지관리점검을 위한 교량정보운영 플랫폼 기술
연구 목표	▪ 3차원 기반 설계
연구 배경 및 필요성	▪ 한국도로공사 주요 고속도로인 경부고속도로가 정식 개통된 지 올해로 45년이 경과됨 ▪ 교량의 기대수명을 60~70년 정도로 보았을 때 이제 청년기를 지나 장년기에 본격 돌입됨에 따라 선제적인 유지관리 방안 마련이 필요 ▪ 교량의 성능저하 및 노후화에 따른 업무량의 증가에 대응하여 첨단기술을 활용한 현장 점검을 도입함으로써 평가 및 유지보수 위주의 업무체계 전환이 시급함
기술 동향	**<국내 기술동향>** ▪ 토목 시설물 분야에서 계획, 설계, 시공, 유지관리 전생애주기의 BIM기반 정보관리에 관한 활발한 연구와 건설 프로젝트 적용이 진행되고 있음 ▪ 시설물의 유지관리를 위한 모바일, 드론 등 ICT을 이용한 연구가 진행되고 있음
	<해외 기술동향> ▪ 미국과 영국 등 선진국을 위주로 토목분야의 생산성을 증대하고, 세계 건설시장 진출 확대 전략으로 BIM 관련 표준개발을 진행하고 있음 ▪ 시설물의 유지관리 분야에 있어 야장, 사진 등의 이미지 기반한 정보획득체계에서 3차원 모델 기반의 정보 운영체계로 전환되고 있음
연구 내용	**<1차년도>** ▪ 유지관리 정보요구사항의 정의 ▪ 정보 모델 구성 및 정보전달체계 정의 ▪ 3차원 유지관리 인벤토리의 정의와 정보 모델 연계 ▪ 프로토타입의 구축 **<2차년도>** ▪ 실교량 테스트베드 구축 및 성능 시험 ▪ 시험운영 Feed Back 및 보완 ▪ 제품화, 문서화
추진전략	▪ 시스템의 개발과 병행하여 유지관리 정보 활용성 향상을 위한 현장 점검 실무진 참여 ▪ 3차원 기반의 유지관리를 구현하기 위한 시스템 개발자 참여 필요 ▪ 시범 적용 대상을 설정하여 가상의 테스트 베드 구축 및 시스템 활용성 검증을 수행
연구개발 기간	▪ 2016년~2017년 (2년간)

연구개발 예산	▪ 총 억 ▪ 정보 운영을 위한 체계 및 플랫폼의 설계와 기반자료의 구축, 개발, 응용구현 및 시범적용단계
연차별 성과 및 산출물	**<최종성과물>** ▪ 유지관리 정보 플랫폼 운영 가이드 **<1차년도>** ▪ 기능명세서, 정보명세서, 모델정의서, 인벤토리 구성 체계 **<2차년도>** ▪ 시스템 구축보고서, 운영 및 데이터 시험서 ▪ 응용 플랫폼 및 운영 가이드
기대효과	▪ 설계 및 시공 정보를 포함하여 유지관리의 기술적 발전에 대비한 정보 운영 프레임 구현 ▪ 유지관리 정보 교환 프로세스 개선을 통한 현장 점검 업무 시간 20% 단축 ▪ 해외 O&M 시장 진출을 위한 킬러 아이템으로 활용

No 1	북한 및 해외 도로건설 계획 플랫폼 구축
과제명	북한 및 해외 도로건설 계획 플랫폼 구축
연구 목표	▪ 북한 및 해외 인프라 개발에서 도로 계획을 위한 플랫폼 구축 기술
연구 배경 및 필요성	▪ 북한 SOC 개발을 위해서는 현황 및 최적 노선 선정을 포함한 계획을 사전에 수립하고 준비할 필요가 있음 ▪ 과학위성 데이터 및 기존 GIS 기반의 정보를 활용하여 도로공사의 도로계획, 설계, 시공관리 및 유지관리의 핵심 기술을 탑재한 계획을 선도적으로 수행하여 향후 전개될 도로 시장에 대비할 경쟁 기술 확보가 요구됨 ▪ 철도 등 타 인프라관련 기관의 사전 준비와 연계가 필요하고 아시아인프라투자은행 참여에서 해외 도로시장 개척의 경쟁력 있는 기술로 PMC 역량 확보가 필요함
기술 동향	**<국내 기술동향>** ▪ BIM on GIS 연구 등 도로 계획을 위한 최신 기술 연구 개발이 활발하게 진행되고 있기 때문에 이를 활용한 설계 사례가 증가하고 있음 ▪ 국내 시공사 및 설계사의 해외 사업 진출시 3차원 엔지니어링 기반의 실무 적용 사례가 증가하고 있고 이를 위한 기술 개발도 활발하게 진행되고 있음 **<해외 기술동향>** ▪ 미국과 영국 등 선진국을 위주로 토목분야의 생산성을 증대하고, 세계 건설시장 진출 확대 전략으로 BIM 관련 표준개발을 진행하고 있고 중동, 싱가포르, 홍콩 등 인프라 발주에서 3차원 설계가 요구되는 프로젝트가 증가하고 있음 ▪ GIS, 드론, 위성 등 첨단 기술을 활용한 인프라 계획 및 설계 기술이 상용화되고 실제 실무 적용이 증가하고 있음
연구 내용	**<1차년도>** ▪ 위성 영상 및 GIS 기반의 3차원 도로 계획 기술 현황 조사 ▪ 북한 지역 공간정보 구축 ▪ 북한 지역 공간정보에 근거한 3차원 도로 계획 **<2차년도>** ▪ 도로공사의 best practice를 적용한 계획안 수립 ▪ 지역별 구분을 통해 3차원 인프라 계획을 위한 3차원 지형 모델 ▪ 해외 지역 도로 계획을 위한 기술 절차서 및 기본 데이터 축적 (지형 및 지질정보 공유 국제기구 활용)
추진전략	▪ 3차원 지형 정보 및 위성 정보 확보를 위한 연구진 구성 필요 ▪ 정부 차원의 지원이 필수적으로 요구되고 보안 관련 정보 취급에 대한 절차 및 허가가 필요할 수 있음 ▪ 북한 지역에 대한 도로 계획을 우선적으로 수행하여 타 해외지역 적용 플랫폼을 파일럿 활용하고 향후 통일 대비

연구개발 기간	▪ 2017년~2018년 (2년간)
연구개발 예산	▪ 총 억 ▪ 3차원 지형 및 현황 모델 구축 ▪ 플랫폼 구축 ▪ 기본 설계 및 모델 구축
연차별 성과 및 산출물	**<최종성과물>** 북한 및 해외 도로건설 계획 플랫폼 **<1차년도>** ▪ 도로설계를 위한 북한지역 3차원 지형 **<2차년도>** ▪ 해외 지역 도로 계획을 위한 3차원 설계 기술절차서 ▪ 북한 및 해외 도로건설 계획 플랫폼
기대효과	▪ 미래 북한 건설시장 개방에 따른 효율적 개발 사업 추진의 기반 인프라를 선제적으로 제공하여 국가 경제에 기여 ▪ 북한 지역에 대한 정밀 지형, 시설물 모델 확보와 함께 지질 정보 등 북한 시장 선점을 위한 핵심 데이터 확보 ▪ 북한지역에 대한 시범 사업을 통해 아시아개발 프로그램 등 해외 도로 사업의 PMC 역량의 핵심적 기술 확보

Ⅲ EX-BIM 가이드라인개발

3.1 관련 BIM 가이드라인 조사

3.2 3D 모델링 적용 공종

3.3 설계-시공-유지관리 단계별 정보수준(LOD)

3.4 시공 단계 공정관리를 위한 객체분할

3.5 EX-BIM 가이드라인

제 3 장 EX-BIM 가이드라인 개발

3.1 관련 BIM 가이드라인 조사

국내외의 BIM 모델 제출 의무화 현황 및 관련 가이드라인/표준

- 3차원 정보모델 혹은 BIM 기반의 건설 프로젝트의 정의는 계약의 근거가 2차원 도면이 아닌 3차원 모델이 되는 것이기 때문에 캐드 및 모델 표준에 대한 자료는 BIM 모델 제출을 의무화한 국가를 중심으로 자료 수집 및 분석을 수행

표 3.1 BIM 모델 제출 의무화 현황

지역	실행주체	요구사항
미국	GSA, National Coast Guard, USACE	2006년 10월부터 IFC 기반 BIM 모델을 납품 표준으로 채택 강구조, 프리캐스트 구조 등에서 확대 적용
영국	BIM Strategy Report / BS 1192	전략 보고서 및 표준 추진 Level-2 수준에서 공공사업 발주 BS 기준 확대하여 BIM 수용
싱가포르	Building & Construction Authority Singapore	3D-4D-BIM 프로그램 운영
홍콩	Construction Industry Council	2013년 BIM 전략에 대한 로드맵 제시하고 2014년부터 모든 프로젝트에 적용
중국	National 12^{th} Five Year Plan (2011-2015)	BIM Framework 작성
덴마크	National Agency for Enterprise & Construction	CORNET 시스템을 통해 모든 건축 행정업무 처리
핀란드	Senate Properties	2007년 1월 이후 모든 공공 공사에 적용
노르웨이	Statsbygg	2007년 1개, 2008년 5개, 2009년 15개, 2010년에는 모든 프로젝트에 BIM 적용

BIM 지침(가이드라인) 개발 현황

- BIM 가이드, 매뉴얼, 가이드라인이라고 불리는 종류의 BIM 지침은 BIM을 미리 경험해 본 사람들이 자신의 성공과 실패를 체계화하고 기록한 것이다. BIM을 도입하다 보면 여러 문제(정보호환, 설계변경 승인절차, 계약요건, 모델링 수준과 방법, 체계적 도입 방법 등)가 발생한다. BIM 지침은 이러한 문제에 답을 제시하며 각 BIM 지침은 제각각 목적과 특성이 있다. 어떤 지침은 발주 방식에, 어떤 지침은 BIM 실무에 초점이 맞춰져있다. 설계분야, 시공분야처럼 건설 단계별로 나눌 수도 있고, 건축, 토목, 플랜트처럼 업종별로 나눌 수도 있다. 국가별로 특성이 있기 때문에 이 또한 분류 기준이 된다. 이렇게 정부가 제작한 지침은 대부분 무료로 공개되어 있으며 계속 새로운 버전이 나오고 있다.

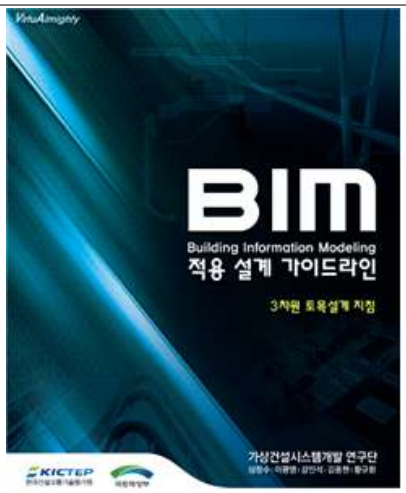
표 3.2 해외 BIM 지침 개발 사례

국가	개발주체	첫 발행시기	지침명
미국	NIBS	2007	NBIMS(National BIM Guidelines)
	GSA, PBS-OCA	2008	BIM Guide Series
	NIST	2007	General Building Information Handover Guide
	AGC	2006	The Contractors' Guide to BIM
	Penn State Univ.	2010	BIM Project Execution Planning Guide
싱가포르	BCA	2013	Singapore BIM Guide v.2
중국	China Institute of Building standard Design and Research	2014	Chinese BIM Standard
홍콩	Development and Construction Division	2009	BIM Standards Manual
호주	CRC	2007	National BIM Guidelines
독일	IAI 독일지부	2006	User Handbook Data Exchange BIM/IFC
덴마크	BIPS	2006	3D Working Method
핀란드	Senate Properties	2007	BIM Requirements
노르웨이	Statsbygg	2008	BIM Manual

● 국내 BIM 가이드라인 조사

1. 토목분야

– 국토부 국책과제로 추진되었던 “가상건설시스템개발” 연구단에서 토목분야의 연구개발 결과로 제시된 가이드라인으로 BIM의 국내 도입 초기의 여러 가지 시행착오를 줄이기 위한 목적으로 시범사업의 결과를 포함하여 제시된 내용임.



목 차
일반사항
설계 솔루션 연동 가이드라인
해석 연동 가이드라인
견적 연동 가이드라인
가상현실 연동 가이드라인
호환성 및 정보체계 가이드라인
부록

2. 건축분야

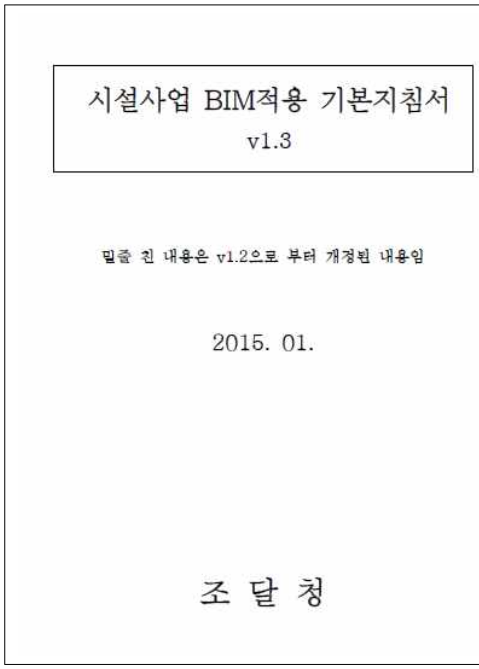
– 국토부 국책과제로 추진되었던 “가상건설시스템개발” 연구단에서 건축분야의 연구개발 결과로 제시된 가이드라인으로 이후 추진된 LH공사 등의 가이드라인의 토대를 제시함.



목 차
개요
BIM 업무 가이드
BIM 기술 가이드
BIM 관리 가이드
본 가이드의 활용

3. 조달청

- 조달청의 BIM 도입 정책에 따라 간략하게 제시된 지침서 수준의 내용으로 현재 BIM 2.0을 적용하고 있는 중임.
- “원활한 BIM 적용 확대를 위한 조달청 BIM 발주체계 개선방안 연구”를 진행하고 있음.
- “조달청 관급자재 BIM라이브러리 제작 매뉴얼”을 도입하여 BIM 라이브러리 보급의 활성화를 유도하고 있음.


시설사업 BIM적용 기본지침서
v1.3

밑줄 친 내용은 v1.2으로 부터 개정된 내용임

2015. 01.

조 달 청

목 차
지침의 개요
조달청 BIM 관리 지침 (조달청 내부용)
설계공모 BIM 적용지침 (응모자용)
일괄입찰공사 기본설계 BIM 적용지침 (입찰자용)
실시설계단계 BIM 적용지침 (계약자용)
시공단계 BIM 적용지침 (계약자용)
부록: BIM 속성 입력기준

지침에서 개방형 BIM 제출과 함께 무료 공개된 IFC 파일 뷰어를 아래와 같이 제시하고 있다.

① 무료 공개된 소프트웨어 목록 소개 사이트 :
http://www.ifcwiki.org/index.php/Free_Software

② IfcStoreyView :
http://www.iai.fzk.de/www-extern/index.php?id=1134&L=1

③ DDS-CAD Viewer
http://dds.no/ax10x0.xhtml

④ SolibriModelViewer

http://www.solibri.com/solibri-model-viewer.html

⑤ PDF Viewer :

http://www.adobe.com

개선된 부분은 실시설계 BIM 모델 작성시에 시공단계의 BIM 모델 재활용성을 향상시키기 위해 설계 통합 모델과 공통 마스터 모델을 구분하여 작성할 수 있도록 하였다.

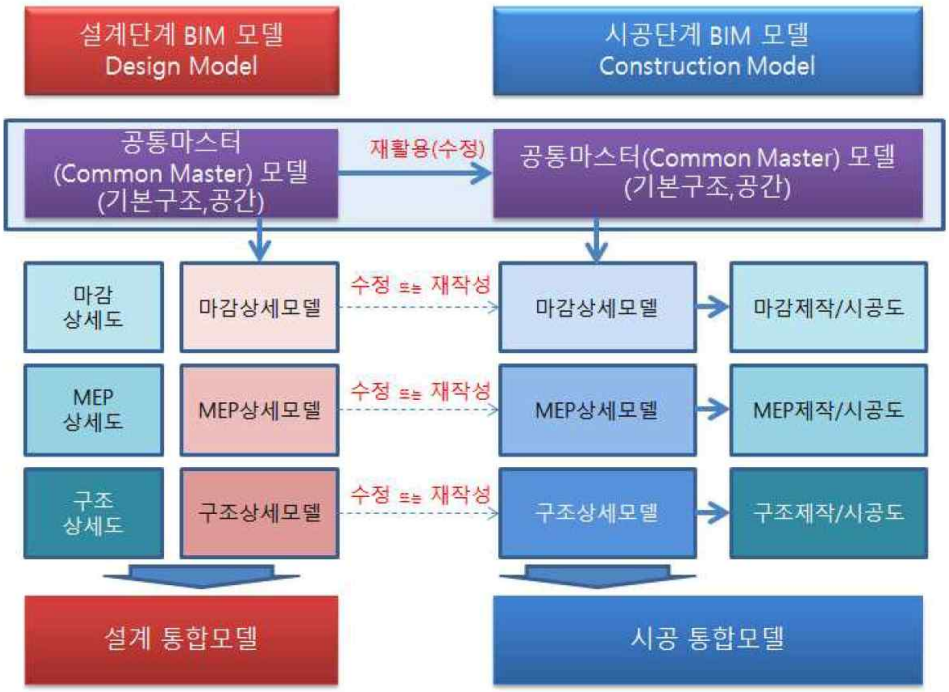


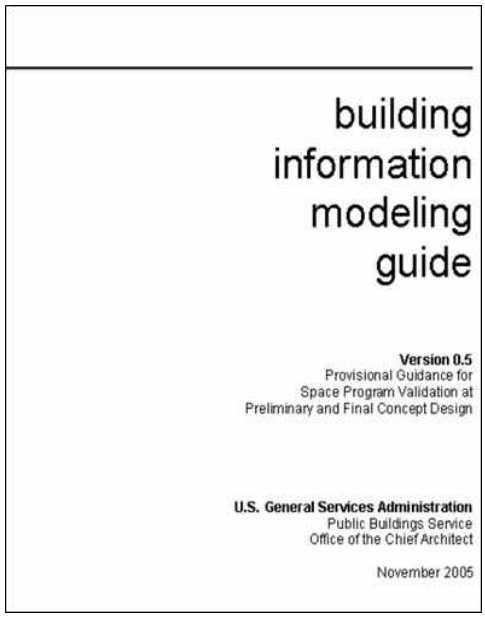
그림 3.1 설계단계와 시공단계의 BIM 모델 연계

● 해외 BIM 가이드라인 조사

– 미국

1. U.S. General Services Administration - BIM Guide Series

– 8 편의 가이드를 발표하여 미국 정부 발주 사업에서 BIM 도입을 위한 가이드로 활용함.



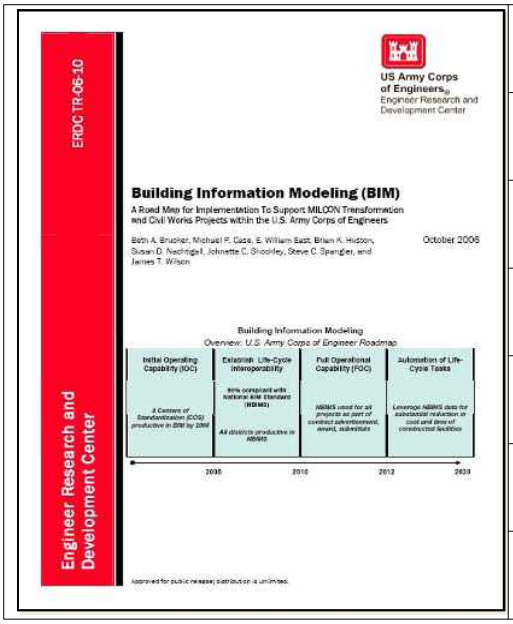
목 차
Series 01. 3D-4D-BIM Overview
Series 02. Program Validation
Series 03. 3D Laser Scanning
Series 04. 4D Phasing
Series 05. Energy Performance and Operations
Series 06. Circulation and Security Validation
Series 07. Building Elements
Series 08. Facility Management

– 프로젝트의 각 단계별 영역별로 BIM을 활용할 수 있는 분야와 그 목표를 설정함.

Technology →	Project Area →		Improvements in:
3D Laser Scanning	• As-built Information	• As-Constructed Information	• Quality • Accuracy • Coordination • Efficiency
3D Geometric Models	• Site • Architectural • Structural	• MEP • Fabrication/Construction Tolerance	
Design and Construction Coordination	• Coordination between disciplines	• Clash Detection	
4D Models	• Project Phasing • Tenant Phasing	• Construction Sequencing • Traffic Studies	
BIM Models	• Site • Architectural – Space – Zone/Circulation	• Structural • Mechanical • Equipment Information • Maintenance Schedules	
BIM-analysis Applications	• Program/Asset Management • GIS • Energy Analysis • CFD Analysis	• Acoustic • Cost Estimating • Equipment Inventory • Facility Management	

2. U.S. Army Corps of Engineer, Building Information Modeling

– 미군에서 활용하기 위한 BIM 가이드라인 (국내 미군기지 구축사업에 활용됨)

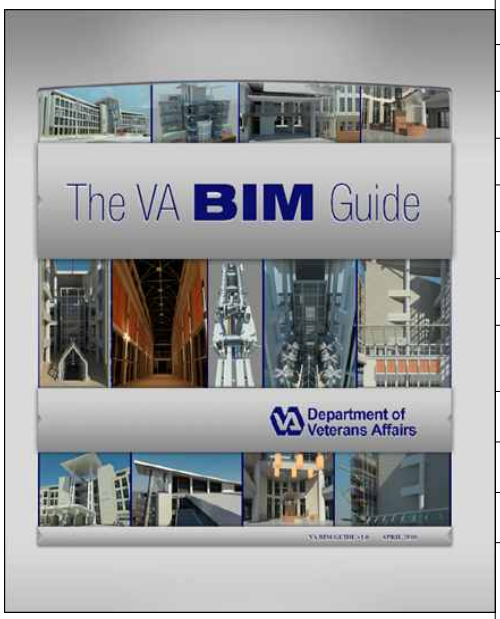


목 차

Introduction
BIM Status, Requirements, and Goals
Conclusion
Glossary of Terms
Acronyms and Abbreviations
Appendix

3. VA BIM Guide, Department of Veterans Affairs

- BIM 도입의 절차, 실행계획 등이 잘 정리되어 제시되어 있음.



목 차
VA's Building Information Lifecycle Vision
Implementation
BIM Management Plan (BMP)
BIM Roles and Responsibilities
Model Sharing
Collaboration Procedures
BIM Uses
3-D Models, Formats, and Model Structures
Technology Platform and Software
Modeling Requirements
Files, Security, Waivers
Drawing Requirements for Paper Printing
Glossary
Credits

4. FIATECH, General Buildings Information Handover Guide

- 정보 전달 가이드라인으로 제시되었고 사례 연구를 포함하고 있음.



목 차
Why an Information Handover Guide?
General Buildings industry Background
Key concepts and Terms
Case studies of Information Handover
Planning, Executing and managing Information Handovers
Conclusions and Recommendations for future efforts
Appendix

– 독일

BuildingSMART Germany, User Handbook Data Exchange BIM/IFC



목 차
Einfürung
Begriffsdefinitionen und Motivation zu BIM
Voraussetzungen fü BIM–Projekte und die Einfürung von BIM
Fachspezifisches und integriertes Arbeiten mit BIM
Richtlinien und weitere Regularien fü BIM in Deutschland
Glossar
Literaturverzeichnis
Abbildungsverzeichnis
Verzeichnis der Tabellen
Anhang

– 영국

AEC (UK) BIM Standard



목 차
Background
The Committee
Disclaimer
Scope
Definitions
Principles and Structure of BIM Resources
Naming
Drawing production
Modelling Standards
Data Exchange
Content Libraries

– 핀란드

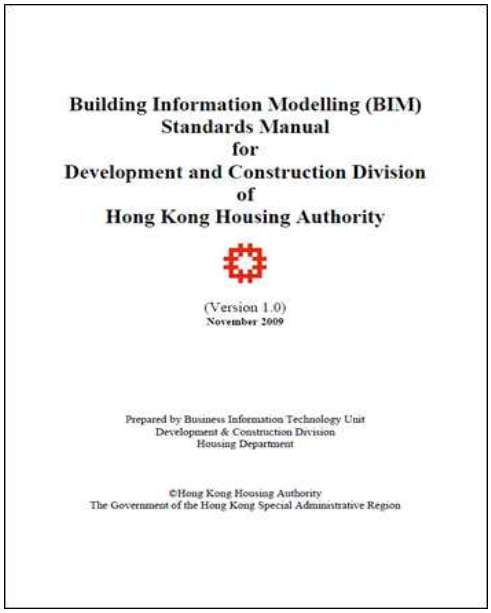
Senate Properties, BIM Requirements 2007



목 차
Osa 1 Yleinen osuus
Osa 2 Lähtötilanteen mallinnus
Osa 3 Arkkitehtisuunnittelu
Osa 4 Talotekninen suunnittelu
Osa 5 Rakennesuunnittelu
Osa 6 Laadunvarmistus
Osa 7 Määrälaskenta
Osa 8 Havainnollistaminen
Osa 9 Mallien käyttö talotekniikan analyyseissä
Osa 10 Energia–analyysit
Osa 11 Tietomallipohjaisen projektin johtaminen
Osa 12 Tietomallien hyödyntäminen rakennuksen käytön ja ylläpidon aikana
Osa 13 Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa
Osa 14 Tietomallien hyödyntäminen rakennusvalvonnassa

– 홍콩

BIM Standard Manual for Development and Construction Division


Building Information Modelling (BIM)
Standards Manual
for
Development and Construction Division
of
Hong Kong Housing Authority

(Version 1.0)
November 2009

Prepared by Business Information Technology Unit
Development & Construction Division
Housing Department

©Hong Kong Housing Authority
The Government of the Hong Kong Special Administrative Region

목 차
Introduction
Referencing & Naming Convention
Project Folders Structure
Hierarchy of Models

– 싱가폴

1. Singapore BIM Guide

- 싱가폴 BIM 가이드라인은 BIM 수행시 필요한 기본사항인 BIM Guide, 각 분야별 분류하여 설명하는 BIM Essential Guide, 발주처에 BIM 성과물을 납품시 고려해야할 BIM e-Submission Guide로 구성됨
- BIM Guide는 BIM 프로젝트를 수행할 때 필요한 기본적인 사항에 대한 설명을 안내하며, BIM Essential Guide는 이를 세분화하여 각 분야(건축, 구조, MEP)에 대한 성과물/생성방법과 BIM 수행계획, 조직에서의 BIM 도입에 필요한 설명을 안내함. 마지막으로 BIM e-Submission은 싱가폴 BIM 발주처별 성과물 납품시 필요한 가이드 및 BIM 솔루션별 템플릿을 안내함



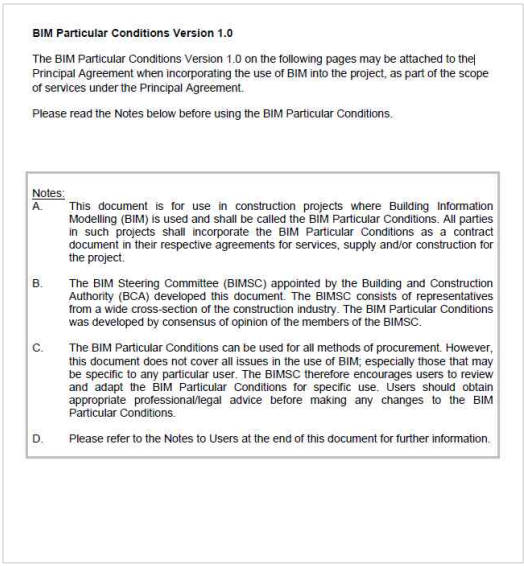
그림 3.2 싱가폴 BIM 가이드라인 구성

1.1 BIM Guide

BIM Guide는 싱가폴 BIM 가이드와 BIM 특수 조항으로 이루어짐



그림 3.3 싱가폴 BIM 가이드


BIM Particular Conditions Version 1.0

The BIM Particular Conditions Version 1.0 on the following pages may be attached to the Principal Agreement when incorporating the use of BIM into the project, as part of the scope of services under the Principal Agreement.

Please read the Notes below before using the BIM Particular Conditions.

Notes:

A. This document is for use in construction projects where Building Information Modelling (BIM) is used and shall be called the BIM Particular Conditions. All parties in such projects shall incorporate the BIM Particular Conditions as a contract document in their respective agreements for services, supply and/or construction for the project.

B. The BIM Steering Committee (BIMSC) appointed by the Building and Construction Authority (BCA) developed this document. The BIMSC consists of representatives from a wide cross-section of the construction industry. The BIM Particular Conditions was developed by consensus of opinion of the members of the BIMSC.

C. The BIM Particular Conditions can be used for all methods of procurement. However, this document does not cover all issues in the use of BIM; especially those that may be specific to any particular user. The BIMSC therefore encourages users to review and adapt the BIM Particular Conditions for specific use. Users should obtain appropriate professional/legal advice before making any changes to the BIM Particular Conditions.

D. Please refer to the Notes to Users at the end of this document for further information.

그림 3.4 BIM 특수 조항

가. 싱가폴 BIM 가이드

. BIM Guide는 2012년 5월 처음 발행 후 2013년 8월 두 번째 버전이 발행되었으며, 건설 프로젝트에서 BIM을 수행할 때 발생하는 BIM 성과물, 프로세스, 참여자들의 역할에 관련된 가이드임

① BIM 성과물

. 일반적인 BIM 성과물의 종류는 다음과 같이 정리함

- 대지 모델
- 매스 모델
- 건축, 구조, MEP 모델
- 공정관리
- 시공 및 제작 모델
- 샵 도면
- 준공 모델
- 시설관리 데이터
- 추가적으로 필요한 BIM 서비스

② BIM 프로세스

. BIM 프로세스는 각 분야(건축,토목,구조,MEP)별 모델 책임자가 BIM 모델을 생성하고 협업을 통해 BIM 모델 수정을 거쳐서 완료된다.

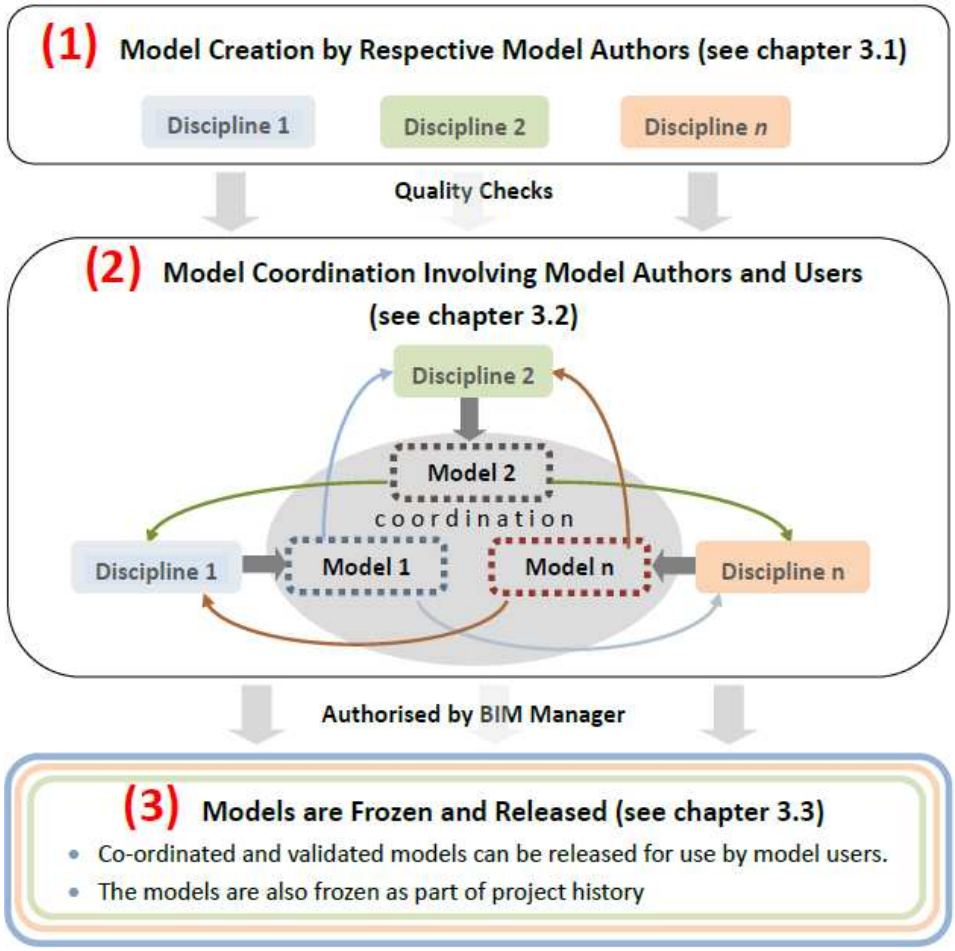


그림 3.5 BIM 프로세스

③ BIM 참여자의 역할 및 책임

BIM 매니저, BIM 코디네이터에 대한 모델관리에 대한 책임을 정의하였으며, 이외에 프로젝트에 맞게 캐드 매니저, 프로젝트 매니저 등을 추가할 수 있음

BIM 매니저는 BIM 수행계획, 목표, 책임 매트릭스표, BIM 성과물, 일정관리, 품질관리 등에 책임이 있으며, BIM 코디네이터는 BIM 모델 및 보고서 작성, 모델러와 디자이너간의 조율 등에 책임이 있음

ROLE	RESPONSIBILITIES IN MODEL MANAGEMENT
Project BIM Manager **(This role can be played by the lead consultant or BIM specialist appointed by the employer or project manager)**	Facilitate the definition and implementation of: • BIM Execution Plan • BIM Goal and Uses • Responsibility Matrix • BIM Deliverables • Delivery Schedules • BIM Modelling Quality Control • BIM Coordination
BIM Coordinator for Consultant	At Design and Construction Stage • Create BIM Design Models and Documentation • Define discipline-specific BIM uses including analysis • Coordinate between BIM modellers, design consultants and cost consultant • Coordinate with contractor and subcontractors • Ensure Modelling Quality Control

그림 3.6 BIM 참여자의 역할 및 책임

④ 분야별 BIM 객체

건축, 구조, 토목, MEP 분야별로 필요한 객체들을 명시하였으며, 타 분야에서 필요한 객체가 있을 경우 추가로 작성할 수 있음

(I) ARCHITECTURAL BIM ELEMENTS

	Element	Elements or Parameters needed by each non-Architectural discipline
Site Model	Site infrastructure within site boundary (roads, pavements, car park spaces, access and parking arrangements and surrounding land use)	
	Street fire hydrant (only indication of locations necessary)	
	Surface drainage (only indication of locations necessary)	
	External drainage & underground drainage	
	Hard landscaped areas within site boundary	
	Planter boxes including sub-soil drainage systems	
	Massing of adjacent buildings relevant to project	
Rooms / Spaces	Room spaces, corridors, other spaces, plant and equipment rooms (including designated use)	
Walls and Curtain Walls	Interior / Exterior walls / Non-structural walls / Blockwork walls (*Including finishes to identify if tiled / painted / plastered)*	
	Curtain wall with mullions and transoms with true profile and window glazing units including shading devices	

그림 3.7 건축분야의 BIM 객체

토목 분야인 경우, DTM / 지질 보고서 / 주변의 다목적 모델 / 지하시설물 등에 필요한 객체를 명시하였으며, 토목 외의 분야에서 필요한 객체는 별도로 작성할 수 있음

(III) CIVIL BIM ELEMENTS

	Element	Elements or Parameters needed by each non-Civil discipline
Digital Terrain Model (DTM) ❄	3D surface based on topography that shows site conditions and building locations Include existing walkways, roads, curbs, ramps and parking lots etc	
Geology Report △	Soil investigation report (A BIM Model is not required)	
Utilities Model	All points of connection for existing and new utilities within site boundary	
Rainwater & storm water pipe work	Includes outlets, surface channels, slot channels and manholes	
Underground Public Utilities	For drainage only	
Others	Drains, canals, crossings, retaining walls, and underground harvesting tanks	
	Underground electrical supply cables and sewer lines, IDA (telecom) line and Gas Lines.	

그림 3.8 토목분야의 BIM 객체

⑤ 분야별 BIM 모델링 가이드라인

. 건축, 구조, MEP 분야에 대하여 개념설계, 기본설계, 실시설계, 시공, 준공 단계별로 모델링 생성 방법을 정의함

Disciplines / Stages	Architectural Design	Structural Design	MEP Design	Intended Use
Conceptual	Topo, Massing, Site Elements, Site Boundary, Levels, Location, Orientation	*(optional)*	*(optional)*	Site planning, Location of the building(s) on the site, Starting situation for renovation project, Investigation, Visualization, Design options, Investment analysis, Preliminary energy simulation, Alternate spatial designs, Scope management, Investment calculation, Energy simulation, Finalised spatial requirements for structures and MEP systems, Visualisation

Preliminary Design	Building elements with nominal dimensions and details	Load-bearing structures, Proposed structural system & basic structure	MEP Schematics	Definition of building elements, Comparison of building element and structural alternatives, Management of quantity information, Preliminary dimensioning of structures, MEP Analysis, Visualisation
Detailed Design	Building elements with actual dimensions and details	Frame structures, Joints, Foundations, Joining to foundations, Penetrations & Reservations Connections	Service areas of MEP systems, Central units, Ducts, Pipe work, Terminal devices, Switchboards, Cable routes, Lighting fixtures, Penetrations & Reservations	Dimensioning of structures to the precision required for tenders, Definition of MEP systems, Quantity take-off, Penetration & Reservation design, Energy simulation, Visualisation. Combined Services Design
Construction	Model used to extract construction information	Model used to extract construction information	Model used to extract construction information	Detailed Design Information for construction, Prefabricated element design, Production planning
As-Built	Updated detail model as per actual site conditions	Updated detail model as per actual site conditions	Updated detail model as per actual site conditions	Information to be handed over for FM (maintenance & repairs; space & occupancy management)

그림 3.9 건설 프로세스 단계별 BIM 객체 및 활용

예를 들어 건축 분야인 경우, 개념설계 단계에서 지형, 매스, 대지 경계, 레벨, 위치 등의 모델링이 필요하다. 세부적인 모델링 가이드는 각 모델링 항목별로 명시되어 있으며, 기존 지형의 콘타 및 위치는 측량정보를 기반으로 모델링 되어야 하고, 설계되는 지형의 절성토는 나타나야 한다.

Stages	Elements	Modelling Guidelines	Remarks
Conceptual	Topo (Existing Site)	Existing site's contour and location should be modelled based on the registered surveyor's information (spot levels, northing and easting). Renovation Projects (A&A): If the existing buildings were not in BIM, then 2D drawings of the existing building can be used to complement the BIM model.	Follow BIM e-Submission guidelines for the content and colour code of existing/proposed site. Topographic survey can follow SLA's National Topographic Mapping Standard and Specification (to be released by September 2013)
	Topo (Proposed Site)	Proposed site's cuts and fills of earth should be shown with a proposed site Element	

그림 3.10 개념설계 단계에서의 지형 모델링 가이드(건축 분야)

나. BIM 특수 조항

BIM 프로젝트 수행 시 반드시 적용해야 하는 조항을 정의함

BIM 특수 조항의 규정과 다른 가이드라인과의 모순이 발생시 BIM 특수 조항이 우선시 되어야함

기본 방침, BIM 관리, BIM 수행계획, 리스크 관리, 지적재산권에 대한 규정을 정의함

1.2 BIM Essential Guide

BIM Essential Guide는 BCA 산하의 CCIT(Centre for Construction IT)에서 발간하였으며, 총 6종류의 가이드로 구성됨

각 분야별(건축설계, 토목&구조설계, MEP설계, 건설사) 가이드와 BIM 수행계획 가이드, 조직에서의 BIM 도입 가이드로 구분됨

BIM Essential Guide	FOR EACH BIM PROJECT		FOR EACH ORGANIZATION
	WITHIN EACH DISCIPLINE	ACROSS MULTIPLE DISCIPLINES	ALL DISCIPLINES
For Architectural Consultants	●		
For C&S Consultants	●		
For M&E Consultants	●		
For Contractor	●		
For BIM Execution Plan		●	
For BIM Adoption in an Organization			●

그림 3.11 BIM Essential Guide 구성

가. 건축 설계 (Architectural Consultants)

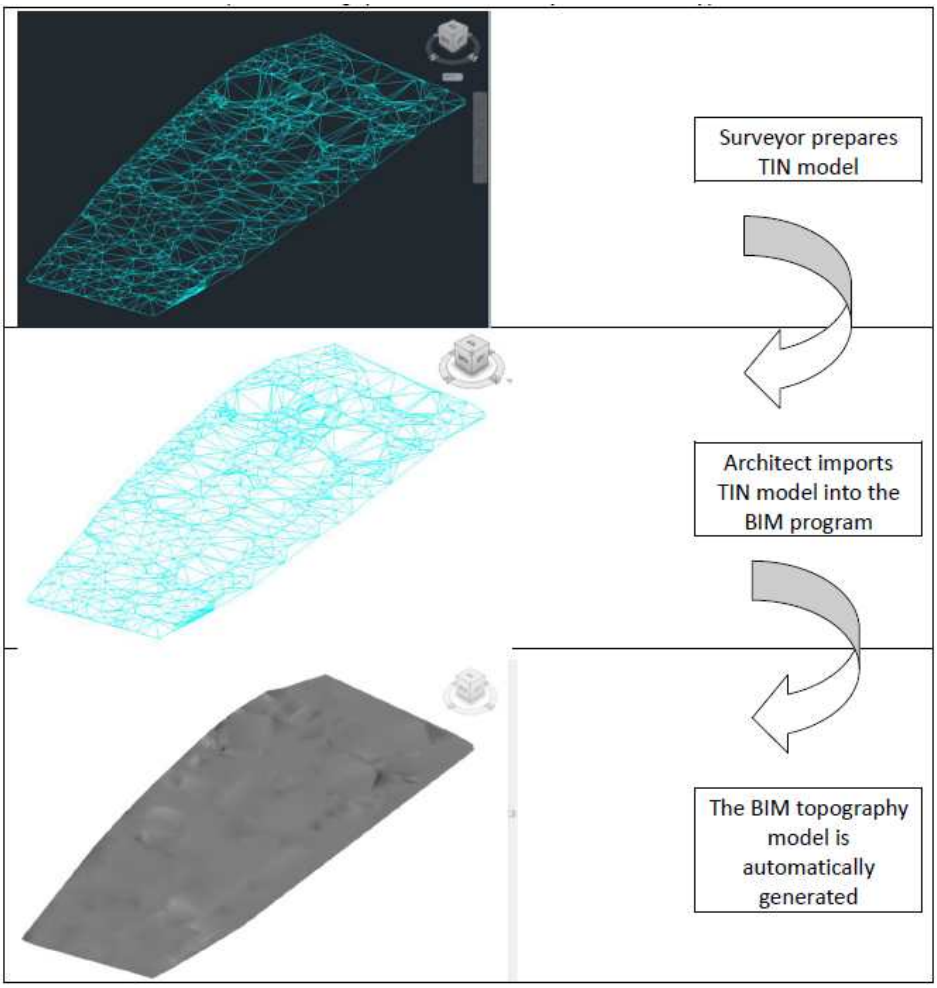
건축 설계자가 프로젝트에서 BIM 모델을 생성해 나가기 위한 가이드임

건설 프로젝트 단계별로 건축 분야의 BIM 성과물은 다음과 같음

STAGE	SUGGESTED BIM DELIVERABLES (ARCHITECTURAL ONLY)
1. Preparation & Conceptual Design	a. Understanding Client's Requirements b. BIM Execution Plan (as one of the parties involved in the BIM project) c. Site Model based on Surveyor's / Civil Engineer's Data d. Conceptual Massing Model

2. Schematic Design	a. Preliminary Model b. Preliminary Design Coordination Report between Architecture model & Structural model
3. Detailed Design	a. Detailed Design model, with input from specialist consultants b. Clash detection & resolution report between Architecture, Structure & MEP models c. Tender documents
4. Construction	a. RFI Resolutions
5. As Built	N/A
6. Facility Management	N/A

예를 들어 개념설계 단계의 성과물 중 지형 모델인 경우는 측량자가 TIN 모델을 준비한 후, 설계자가 BIM 프로그램에서 TIN 모델을 불러와서 지형 모델을 자동으로 생성함



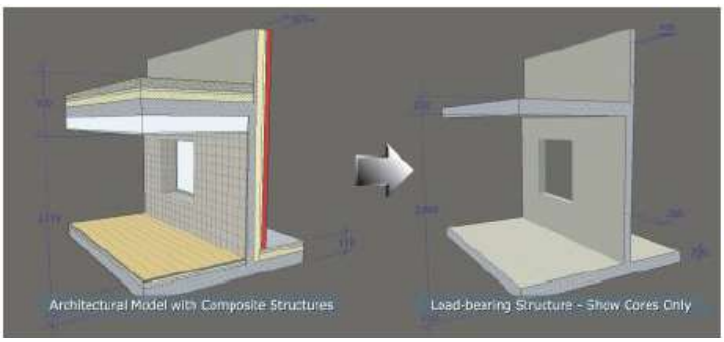
나. 토목&구조 설계

. 토목&구조 설계자가 프로젝트에서 BIM 모델을 생성해 나가기 위한 가이드임

. 건설 프로젝트 단계별로 토목&구조 분야의 BIM 성과물은 다음과 같음

STAGE	SUGGESTED BIM DELIVERABLES (STRUCTURAL ONLY)
1. Preparation & Conceptual Design	a. Soil profile & foundation options b. Material use: concrete, steel, aluminium, etc... c. Construction method:|in-situ, precast, prefab, etc. d. Design code to be used: ACI, BS, EN, etc.
2. Schematic Design	a. Preliminary Model based on Architectural Massing models b. Design Criteria / Brief, Framing Options & Alternate Design c. Preliminary structural analytical model d. Preliminary Design Coordination Report b/w Architectural & Structural models e. Preliminary cost estimate for Structural models
3. Detailed Design	a. Final Structural Model to produce ST & CD submission drawings b. Final structural analytical model and calculation report c. Clash detection & resolution report b/w Architectural, Structural & MEP d. Spatial Validation Report e. Detailed cost estimate, BOQ, tender docs prepared by QS
4. Construction	a. Design Validation Report (depth of piles, temporary structures, site restrictions, etc.) b. RFI Resolution & Constructability Report c. Contractor Model to produce Shop & Fabrication Drawings (rebar & steel) d. Single Services Drawings (SSD) & Combined Services Drawings (CSD) e. Detailed schedule of materials & quantities
5. As Built	a. As constructed drawings from Consultant b. Verification checks using laser scanners, survey data, etc...
6. Facility Management	a. As built Structural Model from Contractor

예를 들어 계획설계(Sch~~ 단계의 성과물 중 초기 구조모델인 경우는 구조적인 하중을 받는 객체만 모델링하며, 문/창문/가구/커튼월/계단실/MEP 등의 객체는 제외한다

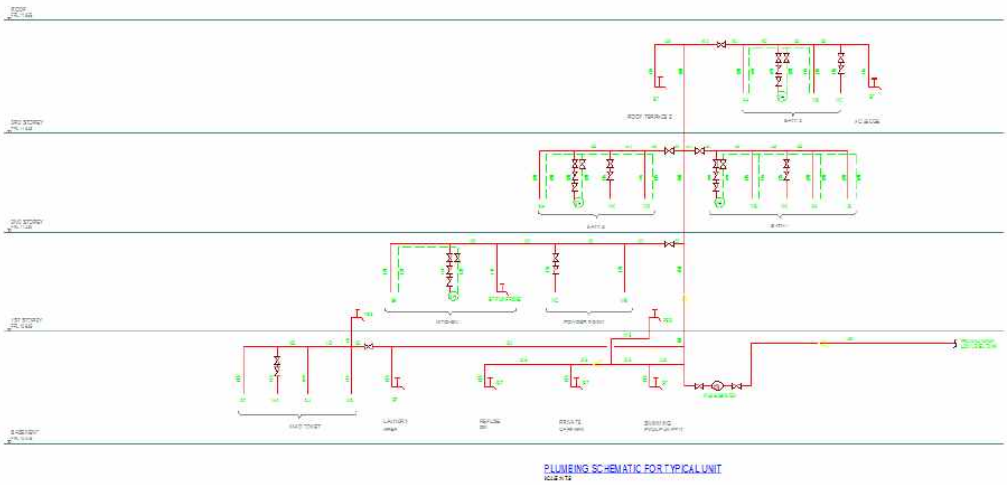


다. MEP 설계

MEP 설계자가 프로젝트에서 BIM 모델을 생성해 나가기 위한 가이드임
건설 프로젝트 단계별로 MEP 분야의 BIM 성과물은 다음과 같음

STAGE	SUGGESTED DELIVERABLES (MEP ONLY)
1. **Preparation & Conceptual Design**	a. Understanding Client's Requirements b. BIM Execution Plan c. MEP Concept Report which includes simple schematic, relevant design codes and etc.
2. **Schematic Design**	a. Preliminary Model based on Architectural massing models b. MEP Schematic Design Report which includes design criteria and prelim design calculation. c. Schematic Drawings
3. **Detailed Design**	a. Detailed Design Drawing + Model b. MEP Detailed Design Report which includes updated design criteria and design calculation c. Clash detection & resolution report between MEP model and Architect & Structure models d. Detailed cost estimate, BOQ, tender documents
4. **Construction**	N/A
5. **As Built**	N/A
6. **Facility Management**	N/A

예를 들어 MEP 계통도(Sch~~를 작성하는 경우는 대부분의 BIM 툴에서는 자동으로 생성하지 못하기 때문에 먼저 2D CAD 환경에서 작성 후 BIM 툴로 불러와서 해당 속성의 객체로 생성하게 됨



라. 건설사

건설사가 프로젝트에서 입찰단계, 시공이전단계, 시공단계에서 BIM 적용에 따른 장점을 설명하는 가이드임

STAGE	SUGGESTED BIM USES (CONTRACTOR ONLY)
1. Tender	a. Developing BIM Model(s) b. Cost Estimation c. Site Planning (Logistic Planning)
2. Pre-Construction	a. Reviewing Consultant Models b. Model-based Project Planning and Scheduling
3. Construction	a. Construction Coordination b. Shop Drawings and Model c. Sequencing Complex Construction d. Setting Out and Verification on Site e. Prefabrication f. As-Built models g. Model for Facility Management

마. BIM 수행계획

프로젝트에서 BIM 수행계획을 준비할 때 도움을 줄 수 있는 가이드임

BIM 수행계획에 작성되는 주요 내용은 아래와 같음

① 프로젝트 정보
② 프로젝트 참여자
③ 프로젝트 목표
④ 프로젝트 단계별 BIM 적용 항목
⑤ BIM 적용 항목별 성과물
⑥ 각 BIM 성과물별 모델 객체, LOD 및 속성
⑦ BIM 생성, 관리, 협업에 대한 프로세스
⑧ 기술적 환경 등

BIM 수행계획을 작성하는 방법은 싱가폴 BIM 가이드의 템플릿을 활용하여 작성하도록 명시하고 있으며, 아래 순서와 같음

① 기본적인 프로젝트 정보를 작성한다.

Section A: Project Information

This section defines basic project information.

1. Project Title: _____
2. Project Reference Number: _____
3. Contract Type / Delivery Method: _____
4. Brief Project Description & Address: _____

② BIM 매니저, BIM 코디네이터 등의 프로젝트 참여자들의 역할 및 책임을 확인하여 이에 대한 정보를 작성한다.

Section B: Project Members

Details of BIM Manager Contact

Contact Name	Title	Company	Email	Phone
	BIM Manager			

List of project members' and the respective BIM Coordinators' and Modellers' contacts.

Contact Name	Title	Company	Email	Phone
	BIM Coordinator			

③ 프로젝트 목표를 작성한다.

Section C: Project Goals

Describe how BIM is used to achieve specific project goal at different stages of the project

④ 프로젝트 단계별로 BIM 적용 항목을 작성한 후, 각 항목에 대한 BIM 성과물을 작성한다. (개념설계, 기본설계, 실시설계, 시공, 준공)

BIM Use Cases	Author Arc, Str, MEP, QS, Con, FM, Others	Users Arc, Str, MEP, QS, RS, Con, FM, Others
Conceptual Design Quality: Model with indicative dimensions, area, volume, location and orientation		
Essential: Create site BIM models for - Site Analysis - Apply an Outline Planning Permission if necessary Expected Deliverable • Site Model		
Essential: Create and compare BIM massing models for - space, areas and volumes study - design alternative study - presentation to client/design reviews Expected Deliverable • Massing Models or • other 3D Models (e.g. sketch-up)		
Value-added (optional): please specify Expected Deliverable • Please specify		

⑤ 분야별(건축,구조,토목,MEP) BIM 객체표에서 해당하는 BIM 객체를 선택한다.

⑥ 모델 생성, 협업을 위한 프로세스를 정의한다.

⑦ 프로젝트 진행에 필요한 소프트웨어 등 기술적 환경 요구사항을 작성한다.

Section H: Technological Infrastructure Needs

List of software to be used in the project

Identify share workspaces and databases (if any) to house and share the BIM deliverables

바. 조직에서의 BIM 도입

. 조직에서 BIM 도입을 활성화시킬 때 도움을 줄 수 있는 가이드임

. BIM 도입시 고려되어야 하는 항목은 아래와 같음

① 리더쉽

- BIM 위원회를 구성하고 역할과 책임을 작성한다.

SECTION 2: LEADERSHIP

One of the factors that will determine the success of a BIM Adoption Programme is the support of the organisation's leadership in driving the implementation. A BIM committee should be set up to assist the Senior Leaders to define and execute the BIM Adoption Programme. The committee should involve representatives from as many levels of the organisation as possible.

2.1 BIM Committee

NAME	DESIGNATION	ROLES & RESPONSIBILITIES
[John]	[Design Director]	[• Leader of the organisation's BIM adoption programme • Provide strategic BIM adoption direction]

② BIM 도입 계획

- BIM 비전, 목표, 변경관리, SW&HW 요구사항을 작성한다.

SECTION 3: PLANNING

This section defines the organisation's vision and goals that the leadership envisage for its BIM Adoption Programme. The key areas of focus in the adoption programme and the methodology for change management to assist the organisation to migrate from the current state of work processes to the BIM way of doing things should also be defined in this section.

3.1 BIM Vision

a) **Vision:**

[To be the premier architecture firm in green building design in the region]

b) **BIM Enhanced Vision:**

[Adoption of BIM enhances our offering with computer-aided green building design services to allow our clients to make sound decisions based on quantifiable digital simulation results.]

③ 정보

– BIM 모델링 객체 및 프로세스, 품질체크, 정보관리를 작성한다.

SECTION 4: INFORMATION

This section defines the "what" and "how" to create a BIM model at a particular stage of a project to meet a particular objective.

4.1 BIM Standards

a) BIM Elements

Model Type	Elements
[Site model]	[Refer to Singapore BIM Guide: Appendix A – Typical BIM Elements by Discipline]

b) Modelling Process

[Refer to Singapore Essential BIM Guides]

④ 프로세스

– BIM 프로세스 및 예상 성과물을 작성한다.

SECTION 5: PROCESS

This section specifies the type of BIM deliverables to be produced at different stages of a project.

5.1 BIM Process for Project

Stage	Suggested Deliverables
[Preparation & Conceptual Design]	[a. Understand Project Brief (or Client's Requirements) b. Define BIM Execution Plan c. Set up BIM Project Template, coordinate system, grids, level height]

⑤ 참여자 및 역량

– 참여자들의 BIM 역량 현황표, BIM 교육 로드맵을 작성한다.

⑥ BIM 수행 계획

– 효율적으로 BIM 프로젝트를 수행하기 위해 따라야 하는 문서, 가이드 또는 표준을 작성한다.

SECTION 7: CUSTOMER ENGAGEMENT

This section sets out the documents, guidelines or standards that the organisation will follow in order to participate effectively in any BIM project.

7.1 BIM Execution Plan (BEP)

7.2 BIM Conditions

⑦ KPI 정의

– 프로젝트, 조직, 참여자의 역량 수준을 작성하여 관리한다. 예를 들어 BIM 교육에 투입된 리소스, 교육받은 직원의 수, BIM 수행 프로젝트 규모, BIM 프로젝트 수주 능력 등을 관리할 수 있다.

SECTION 8: RESULTS

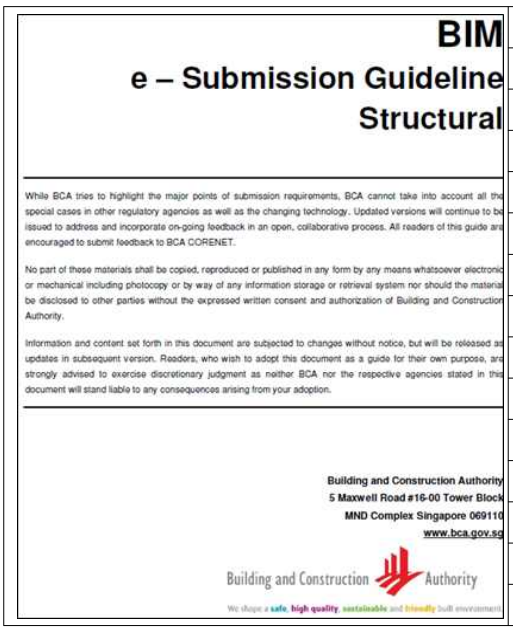
This section identifies the KPIs to monitor under the BIM Adoption Programme so that corrective actions can be taken promptly to steer the programme in the right course.

Level	KPI & Measurement Metrics	Target
[Organisation Level]	[People and Capability: • Input: Training resources • Output: Number of staff trained • Outcome: Extent of project stages conducted in BIM • Impact: Ability to win BIM project contracts]	
[Project Level]		
[Individual Level]		

2. e-Submission Template and Guidelines

. BIM e-Submission Guide는 발주처에 BIM 성과물 제출시에 필요한 내용이며, 건축, 구조, MEP 3가지 분야에 대한 가이드와 BIM 소프트웨어별 템플릿으로 구성됨

. BIM 성과물 제출 프로세스는 CORENET BIM 팀으로부터 BIM 템플릿을 받은 후에 BIM e-Submission Guide에 따라 BIM 설계 및 모델링함. 완료된 성과물은 원본파일과 DWF/PDF로 저장하여 각 발주처에 제출함


BIM
e – Submission Guideline
Structural

While BCA tries to highlight the major points of submission requirements, BCA cannot take into account all the special cases in other regulatory agencies as well as the changing technology. Updated versions will continue to be issued to address and incorporate on-going feedback in an open, collaborative process. All readers of this guide are encouraged to submit feedback to BCA CORENET.

No part of these materials shall be copied, reproduced or published in any form by any means whatsoever electronic or mechanical including photocopy or by way of any information storage or retrieval system nor should the material be disclosed to other parties without the expressed written consent and authorization of Building and Construction Authority.

Information and content set forth in this document are subjected to changes without notice, but will be released as updates in subsequent version. Readers, who wish to adopt this document as a guide for their own purpose, are strongly advised to exercise discretionary judgment as neither BCA nor the respective agencies stated in this document will stand liable to any consequences arising from your adoption.

Building and Construction Authority
5 Maxwell Road #16-00 Tower Block
MND Complex Singapore 069110
www.bca.gov.sg

Building and Construction Authority

We shape a safe, high quality, sustainable and friendly built environment

목 차

BIM e – Submission Packages
File Format and Size
Project Model Scale
Site Layout
Project North Orientation
Project Elevation Datum
Standardized File Naming
Standardised View Naming
Last Saved Views
Addition and Alteration Projects
Project Resubmission
Project Drawings Basic Composition
BIM Modeling Workflow
Structural BIM e – Submission Checklist

. 구조분야의 BIM 성과물 요구사항을 따르기 위한 BIM 모델 생성 가이드임

. 일반 요구사항은 제출 포맷, 모델 축척, 대지 구성, 파일명 및 뷰 명칭, 최근 저장된 모델 또는 뷰, 변경/추가 작업에 대한 모델 표시에 대한 기준을 정의하였으며 아래와 같음

① 제출 포맷

- DWF 또는 PDF 포맷으로 제출하며, 필요시 원본 파일로 제출한다.

② 모델 축척

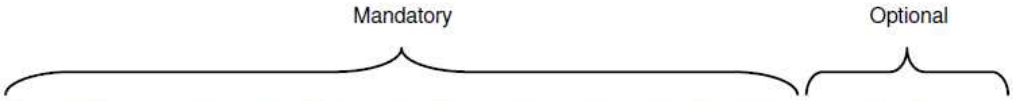
- BIM 모델은 1:1 크기로 생성해야 함

③ 대지 구성

– 모델 경계, 인접 경계선, 거리명, 대지의 진출입 부분을 포함해야 함

④ 파일명 및 뷰 명칭

– 파일명은 프로젝트 ID, 구조번호, 작성자, 공간, 버전, 사용자 정의 순서로 정의한다.



Part 1		Part 2		Part 3		Part 4		Part 5		Part 6
Project ID		ST #		Author		Zone		Version		User Defined
A1100-00001-2011	_	ST01	_	G	_	01	_	A	_	Foundation
A1100-00001-2011	_	ST02	_	S	_	01	_	A	_	Superstructure

Table 1 – Abbreviations to use in File Naming Convention

Name of Field	Number of Characters	Indicators	Description
Project ID	6 min 14 max	A0000-00000-2011	Project Reference # (14 digits). If Project Ref # is not available, a minimum of 6 characters will suffice.
Author	1	G	Geotechnical Engineer (PE /QP)
		S	Structural Engineer (PE/ QP)
		X	Contractor (PE)
Zone or Block	2	NN	Where N: zone or Block Number Eg. 01 for Block 1, A1 for Zone A1
		--	For all blocks
Version	1	A	1st Submission (original)
		B	2nd Submission (revision or resubmission)
		C	3rd Submission(revision or resubmission)
User defined	----	----	User defined code (Optional)

– 뷰 이름은 분야, 뷰 종류, 뷰 명칭 순서로 정의한다.

Part 1		Part 2		Part 3
Discipline		View		User Defined
STRU	_	FP	_	1st Storey Plan View
STRU	_	FP	_	2nd Storey Plan View

Field Name	Characters	Indicators	Description
Discipline	4	ARCH	Architectural Drawings
		STRU	Structural Drawings
		MEPS	Building Services Drawings
		Others	Additional disciplines not included but required
View	2	SP	Site Plans
		FR	Roof Plans
		FP	Floor Plans
		FE	Elevation Plans
		FX	Cross Section Views
		3D	3D Views
		DT	Detail Views (rebar details, steel connections etc...)
		LV	Layout View (text only-ex. AC, QP & PE declarations)
User Defined	4 (min)	This part describes the view. Some suggestions are listed below	
		1st Storey 2nd Storey 3rd Storey nth Storey Roof	Where n = Storey Number
		Mezzanine N	Where N = Mezzanine number
		Basement N	Where N = Basement Number
		Elevation X or X Elevation	Where X = Directions (eg. East, West, North, South or 1, 2, 3, 4)
		Section N	Where N = Section Number

⑤ 최근 저장된 모델 또는 뷰

– 최근 저장된 모델 또는 뷰는 아래 사항을 검토하여 제출해야 함

· 각 도면의 뷰는 'Zoom All' 상태로 저장한다.

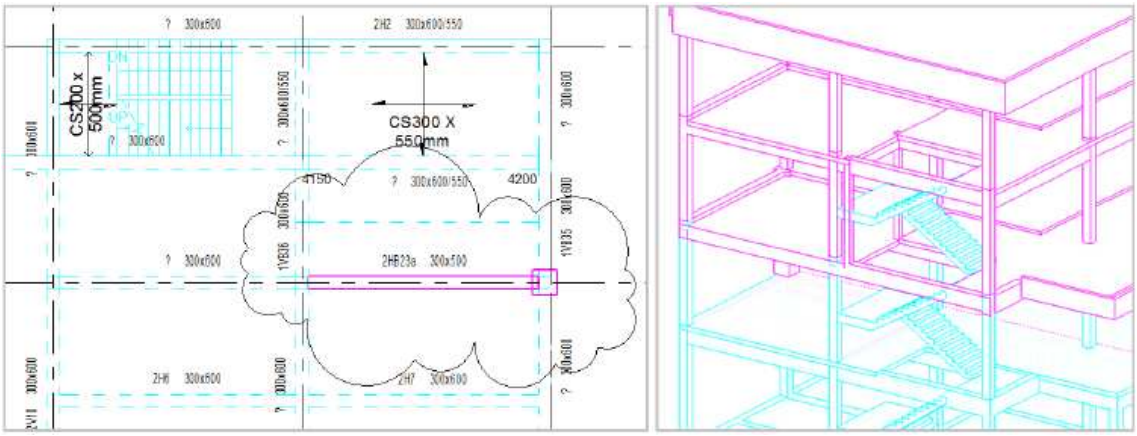
· 숨겨진 객체 또는 주석이 없도록 한다.

· 다른 파일의 3D 모델 또는 BIM 객체 같은 링크는 1개의 BIM 모델로 통합하여 제출한다.

· 모든 다른 외부 참조, 관련없는 도면 레이어/객체/주석/도면 작업들은 삭제되어야 한다.

⑥ 변경/추가 작업에 대한 모델 표시

– 기존의 모델에 변경 또는 추가가 발생한 경우 청록색(기존의 존재하는 부분), 자홍색(변경한 부분), 노란색(삭제한 부분)으로 표시해야 함



⑧ BIM 소프트웨어별 템플릿

- 구조분야의 BIM 소프트웨어별 템플릿은 Revit(2011)만 업로드되어 있으며, Revit과 함께 AECOsim(v8i)와 Tekla Structure(18.0)은 성과물 작성 방법을 안내하는 가이드가 있음

3.2 3D 모델링 적용 공종

3.2.1 국내 · 외 BIM 모델링 사례조사

■ 국내외 BIM 모델링 적용 사례 조사

○ 싱가포르, ER391 project, 시공단계

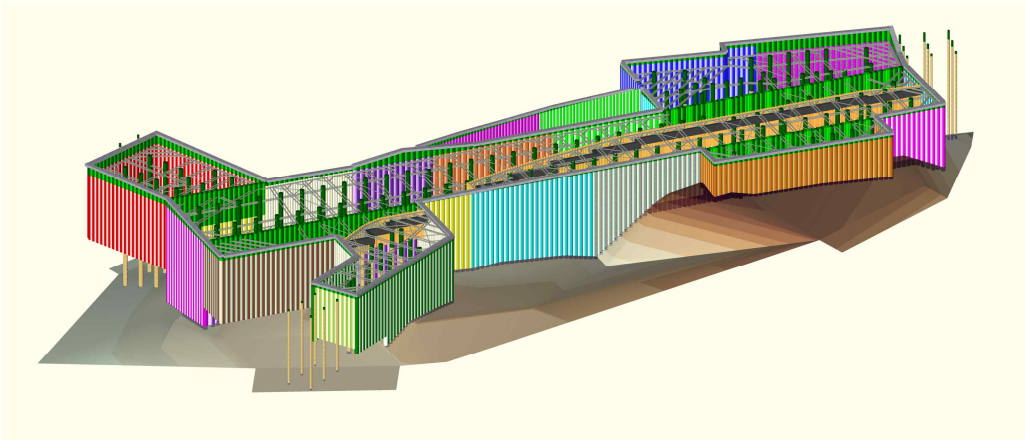
고속도로 분기점 및 고가도로 확장 공사로 발주기관인 LTA와 시공회사인 OKP Holding Limited, 그리고 설계회사인 CPG Corporation Pte. Ltd.등 각 기관과의 원활한 협업을 위해 도입한 BIM 활용 사례이다. BIM을 이용하여 설계 검토를 정확하고 빠르게 가시적으로 검토하여 각 기관들의 신속한 의사 전달 및 결정을 통해 공사 기간을 단축한 프로젝트 사례임.



○ 싱가포르, T205 project, 설계단계

LTA에서 발주한 싱가포르 북쪽에 위치하고 있는 Woodland South MRT station 공사 프로젝트이다. BIM을 통하여 시각적으로 각 분야의 전문가 및 기술자들이 기술 협의를 하여 물량을 최소화 한 사례이다. 아래 그림은 각 암반 지층별 모델링과 직경별 Bored Pile의 모델링이다. 해당 암반 지층별 Bored Pile의 길이(깊이)와 직경 및 강도 등이 서로 다르게 자세히 설계되어 물량을 최소화 하고 공사비 절감을 가능토록 한 프로젝트 사례

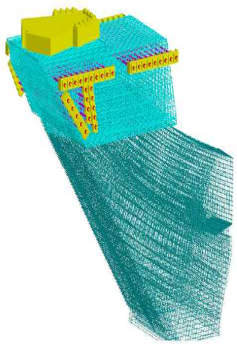
임.



○ 카타르 3D 모델링 적용 사례(교량 설계검토 용역)

1. 3D 모델링 구축

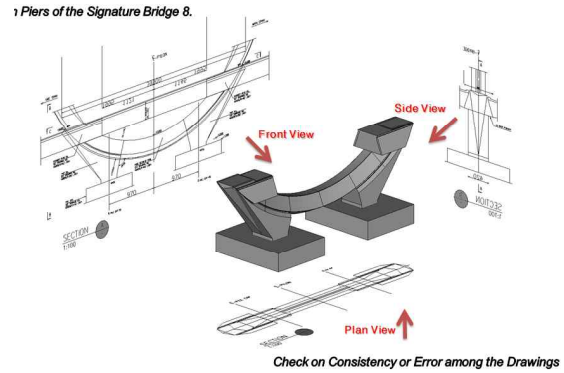
최종 2D 설계도면을 기반으로 정밀한 3D 형상모델 구축

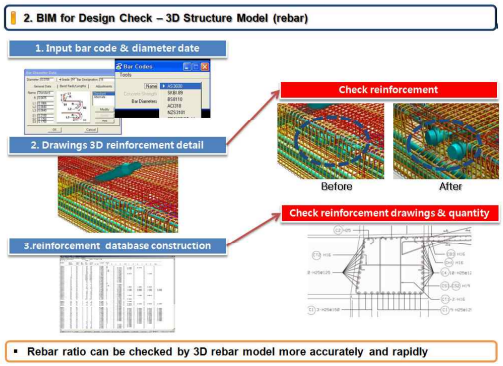
· 교각 본체 3D 형상모델 구축	· 철근 3D 정보 모델 구축
	
– 2D 설계도면 정합성 검토 수행	– 2D 설계도면 정합성 검토 수행

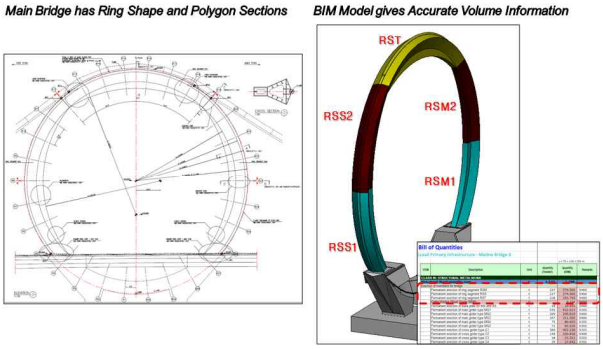
2. 3D 모델을 활용 설계검토 수행

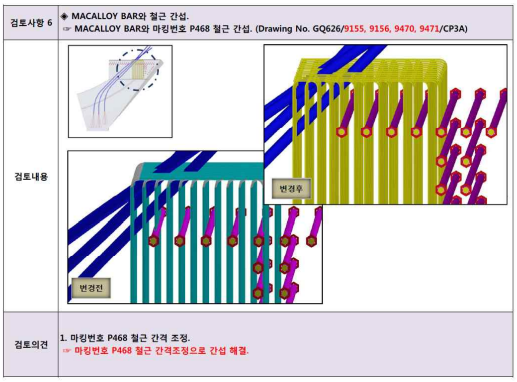
구축된 3D 모델을 활용하여 2D 설계도면에 대한 정합성, 시설물간 간섭, 설계 오류등 설계검토 수행

· 3D 모델을 활용한 설계검토









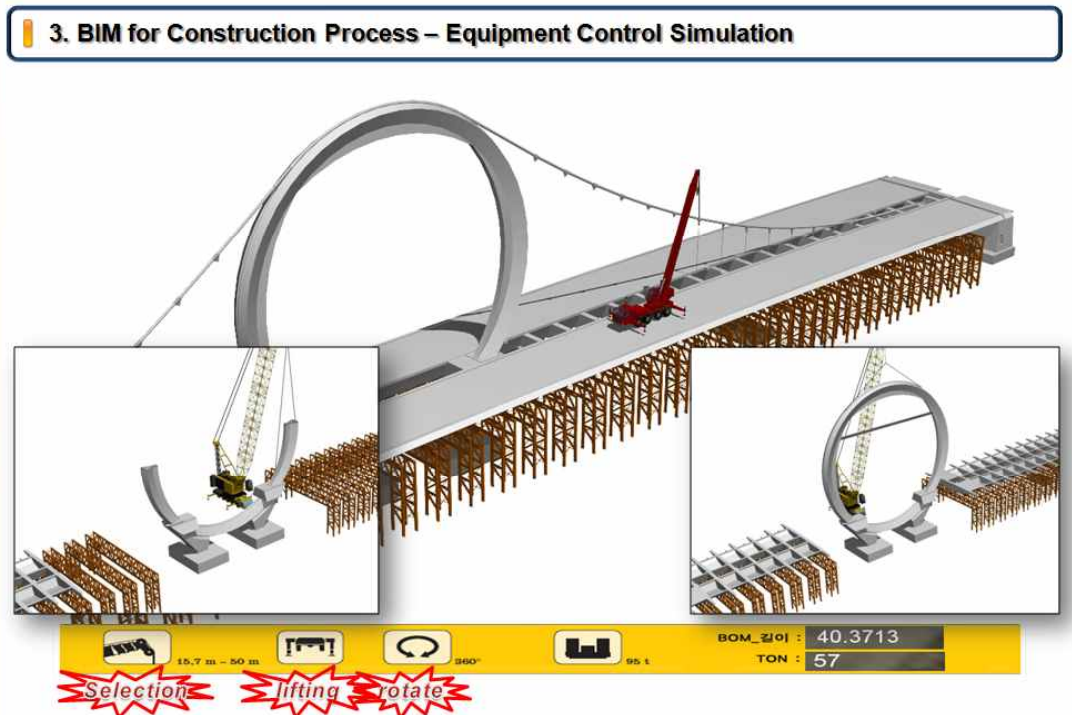
– 오류사항 작성 후 시공사 전달
– 시공사와 오류사항 해결방안 검토

– 설계오류, 시설물간 간섭, 시공을 고려한 변경등 시공방안을 발주처와 협의 후 시공

3. 3D 시뮬레이션 검토

3D 모델을 활용하여 시설물의 시공과정에 대한 시뮬레이션을 구축하여 공법이해 향상등 시각적으로 검토 및 검증하여 시공관리 수행

· 3D 시뮬레이션 검토

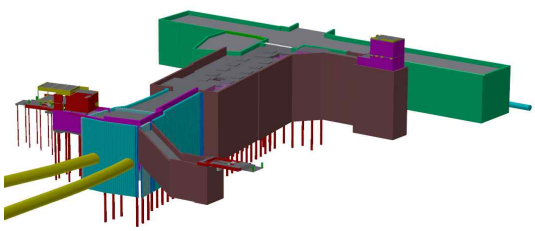
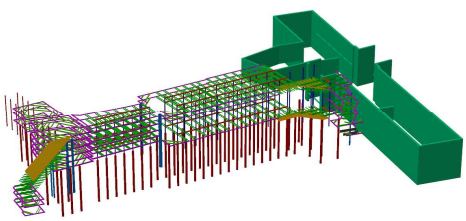


– 시공 전 시공 단계별 시뮬레이션을 통해 시공성, 시공계획을 검토 및 보완 수행
– 가설장비 운영 계획 및 검토 수행

○ 싱가폴 3D 모델링 적용 사례(지하철 정거장 설계검토 용역)

1. 3D 모델링 구축

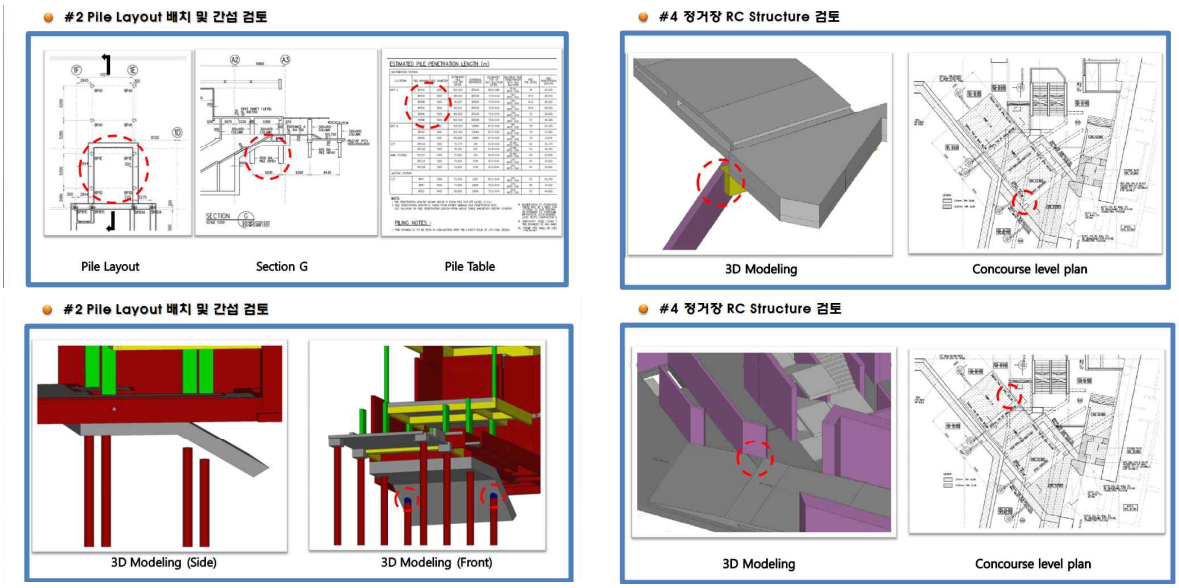
최종 2D 설계도면을 기반으로 정밀한 3D 형상모델 구축

· 정거장 본체 3D 형상모델 구축	· 가시설 3D 형상 모델 구축
	
– 2D 설계도면 정합성 검토 수행	– 2D 설계도면 정합성 검토 수행

2. 3D 모델을 활용 설계검토 수행

구축된 3D 모델을 활용하여 2D 설계도면에 대한 정합성, 시설물간 간섭, 설계오류등 설계검토 수행

· 3D 모델을 활용한 설계검토

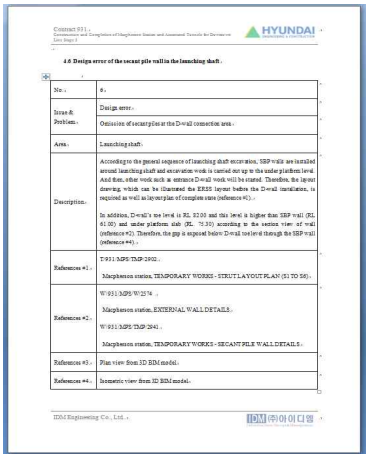
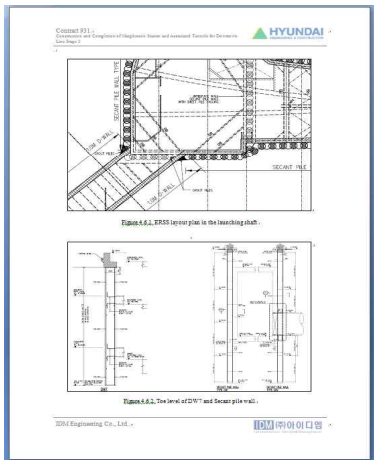
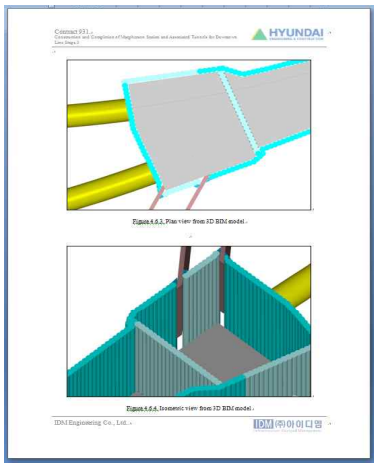


- 오류사항 작성 후 시공사 전달
- 시공사와 오류사항 해결방안 검토
- 발주처 질의 및 수정 요청 여부 판단

3. Design Review Report 작성

3D 모델을 활용하여 2D 설계도면의 오류, 시설물간 간섭을 검토하여 발주처에 질의 및 수정 요청

· Design Review Report 작성

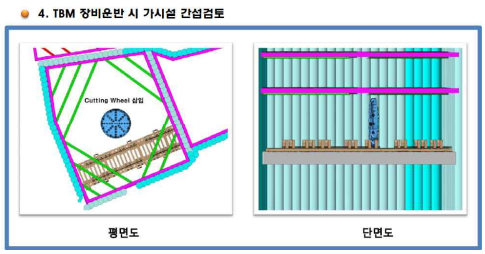




– 2D 설계도면의 오류사항을 발주처에 질의 및 수정 요청 수행
– 시공 전 설계오류 수정 완료

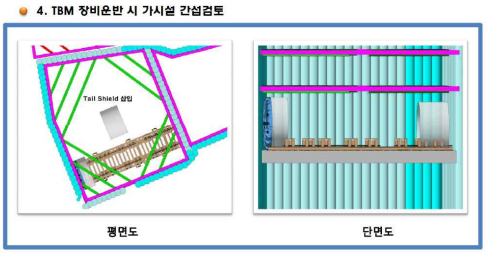
4. 3D 시뮬레이션 검토

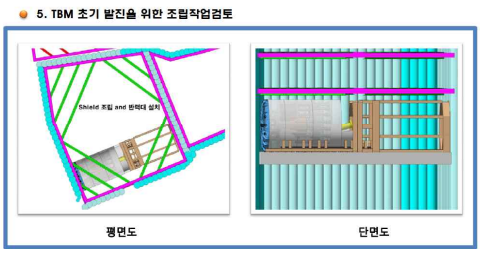
Launching Shaft 내에서 굴착장비와 반력대 조립 시 내부 작업공간 확보 가능 여부 검토 수행

· 3D 시뮬레이션 검토









– TBM(굴착장비) 장비부품을 Launching Shaft 내로 반입시 가시설과의 간섭검토
– 이동된 TBM 장비조립 및 굴진을 위한 반력대 설치 공간 확보 가능여부 검토

○ 네메첵의 올플랜 적용사례

- 시공과정상에서의 BIM 사례 중 하나로 독일 네메첵(Nemetschek)사의 Allplan Engineering을 들 수 있음
- Allplan Engineering은 건축 및 토목구조물의 설계 뿐 아니라 특수 구조물의 설계 등 다양한 구조물을 BIM 개념으로 설계할 수 있는 시스템으로, 특히 철근의 3D 자동 배근과 철근 Shop 도면 자동 작성 및 물량산출에 탁월한 성능을 갖고 있음
- 또한 철근 Shop 도면과 Bar 리스트에 의해 철근 가공공장에서 자동으로 철근가공(CAM)을 할 수 있고, 이렇게 제작된 철근(roll mat welding system)은 바닥에 카펫을 깔듯이 현장에서 설치함으로써 철근 배근작업의 생산성을 기존 수작업 대비 80%~90%까지 높이고, 철근의 물량도 20%~40%까지 절감하고 있음

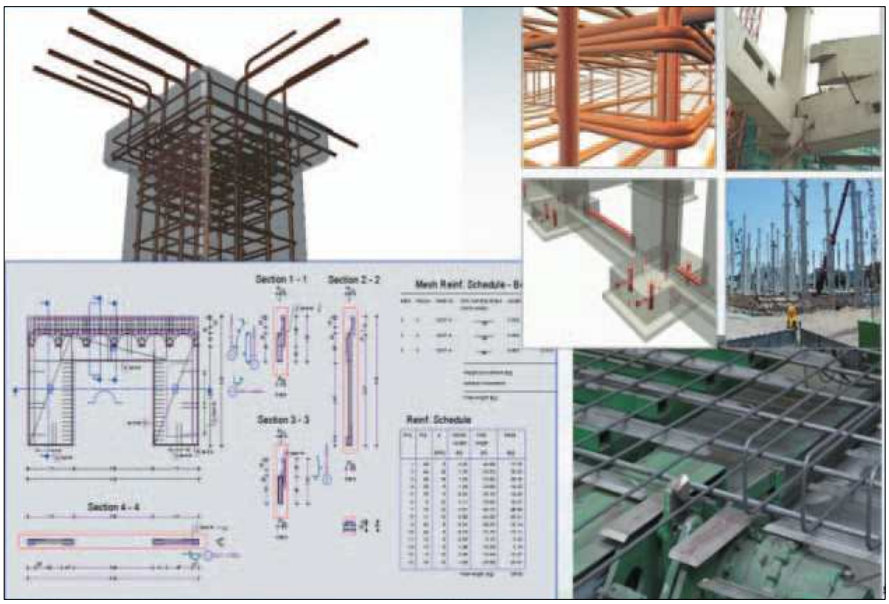


그림 3.12 독일 네메첵사의 Allplan Engineering

3.2.2 정부 및 타 기관 3D 모델링 공종 관련 선행 연구자료 조사

▣ 가상건설시스템 개발 연구단

국토부의 연구개발 사업으로 진행된 가상건설시스템 개발 연구단에서 건설 프로젝트 단계별 적용 방안과 함께 도로, 교량, 철도 분야에서 시범 적용을 시도하였고 이 연구에 연구진들이 참여하였기 때문에 관련 내용을 정리하여 제시함.

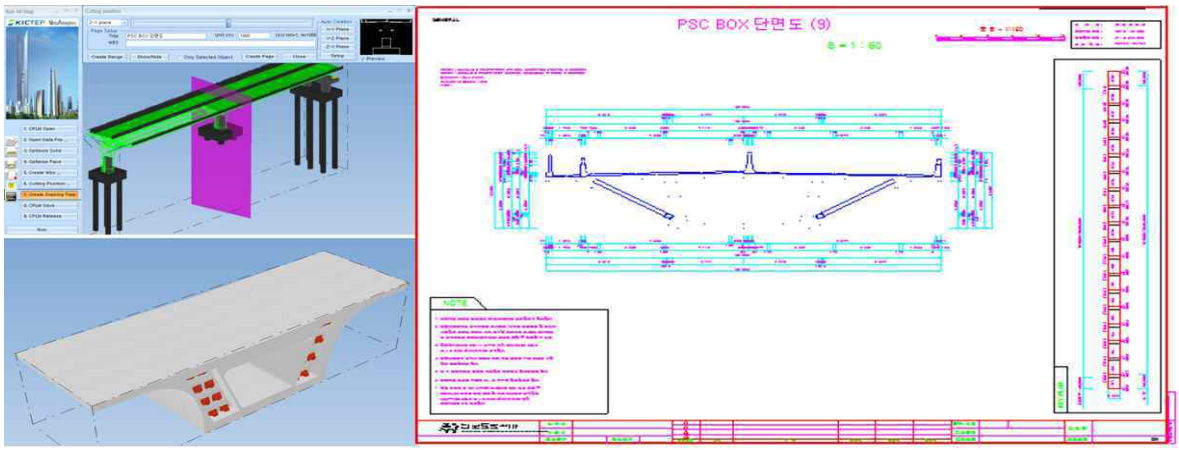


그림 3.13 PSC 박스 거더의 도면 생성 자동화



그림 3.14 교각의 변수모델링 활용

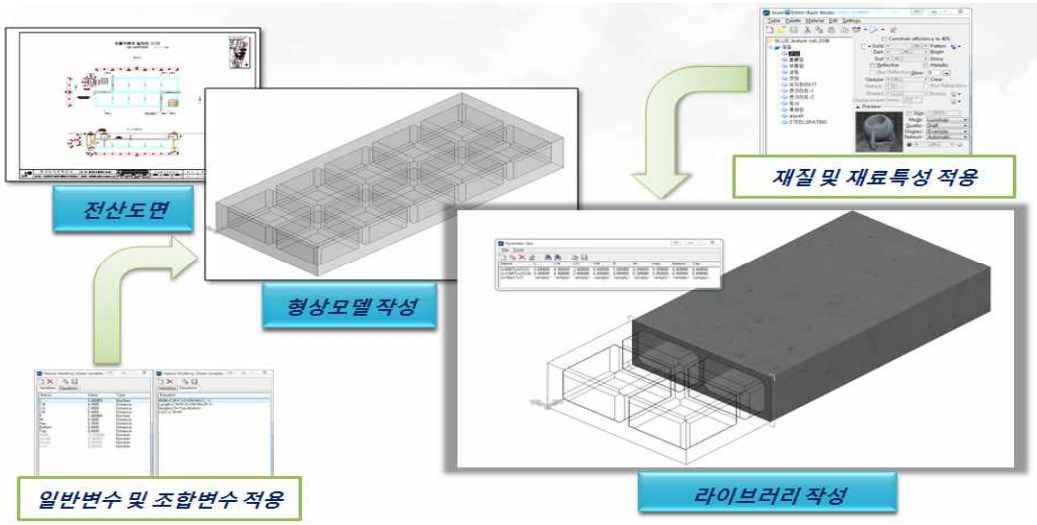
LID 연구과제 3D 모델링 적용 사례(라이브러리 구축)

- LID 개별 시설물에 대한 BIM 통합 라리브러리 개발 및 구축을 통해 구현성 및 적용성 검토

1. BIM 통합라이브러리 개발 과정

2D 도면을 기반으로 정밀한 3D 형상모델 구축하고, 구축된 3D 형상모델에 일반변수, 조합변수, 재질 및 재료의 특성 정보를 적용하여 라이브러리 구축

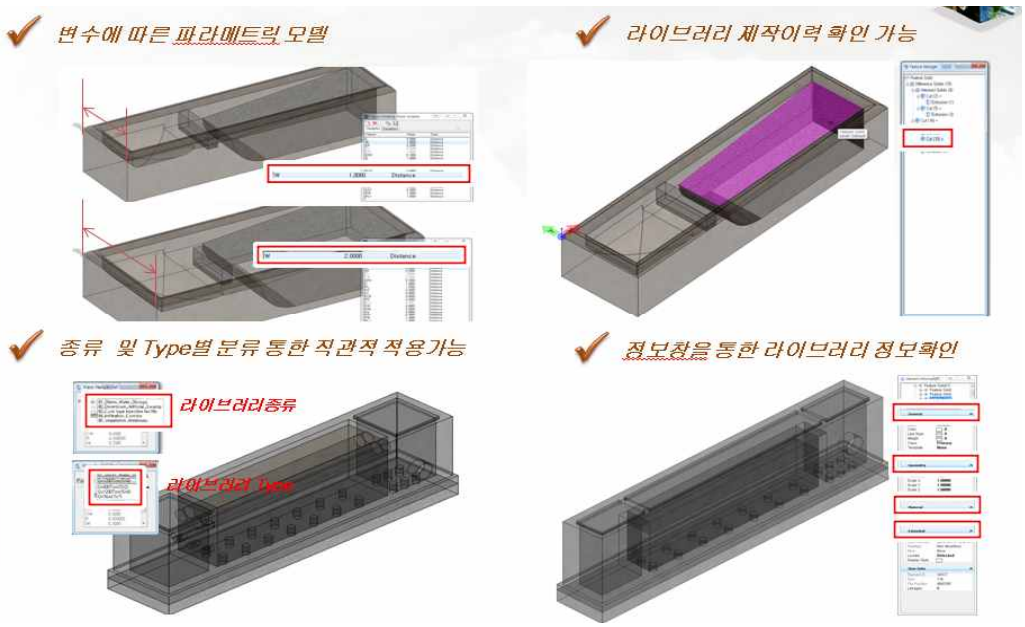
· 라이브러리 개발 과정



- 3D 형상모델에 일반변수 및 조합변수 적용으로 파라메트릭 모델 구축
- 3D 형상모델에 재질 및 재료의 특성 적용으로 3D 정보모델 구축

2. LID 시설 라이브러리 특성

· LID 시설 라이브러리 특성



- 파라메트릭기법으로 개별 시설물 변경수정 기간 및 설계오류 최소화
- 라이브러리 정보를 통한 주요 수량의 정합성 확보
- 라이브러리화로 현장관리 효율성 향상

3. LID 개별 시설물 BIM 통합라이브러리 개발 및 구축

· LID 개별 시설물 라이브러리 구축
현황

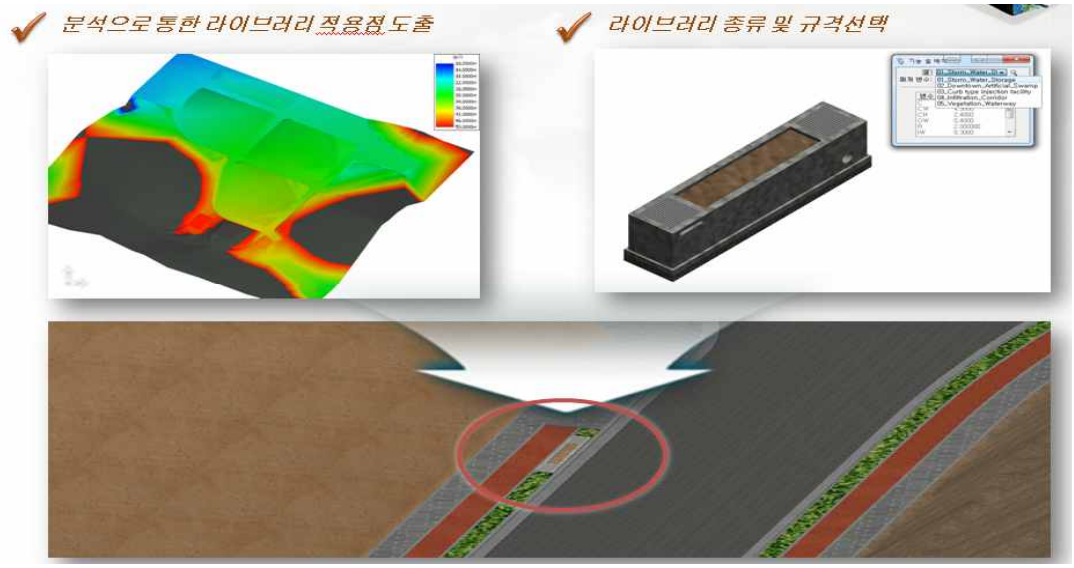


– 3D 형상모델을 파라메트릭 기법과 정보를 적용하여 3D 정보 모델 구축
수행

4. 라이브러리 적용성 검토

해석 및 분석을 통한 라이브러리 적용점을 도출하여 라이브러리 종류, 규격, Type을 선택 후 적용

· 라이브러리 적용성 검토



– 단지 BIM 모델에 라이브러리를 적용하여 라이브러리의 적용성 확인 수행

5. 라이브러리 활용성 검토

최종 설계 성과품에 대하여 개별 라이브러리를 구축하고, 시설물 간섭검토, 설계오류 검토, 주요자재 관리, 주요수량의 정합성 확인등 효율적인 관리에 활용

· 라이브러리 활용성 검토



– 설계 오류 및 설계 변경 시 신속, 정확성 향상
– 3D 모델 상에서 원하는 위치의 단면을 추출하여 시설물간 간섭검토에 활용
– 추출된 2D 도면은 설계도면의 적정성 검토에 활용
– 개별 라이브러리 정보를 추출하여 자재 관리 활용

3.3 도로분야에 대한 검토

3.3.1 도로분야 BIM 적용성 검토

▣ 도로 기하설계 분류 기준 정의

– 일반적으로 도로의 선형은 각 선형 설계요소의 조합으로 구성되고, 그 형상은 연속적으로 표현된다. 이러한 형상요소들 간의 위상학적 관계를 갖고 상호 연계도록 하며, IFC 구조에 따라 도로의 형상정보모델 개발을 위해서는 구조물 및 부위별 위계관계를 통해 구조요소들의 형상분류가 필요하다. 도로선형에 관한 기하구조들의 형상 표현을 위해서 횡단면, 평면선

형, 종단선형으로 구분하고, 각 형상분류에 관한 세부정보는 형상요소(Level 1), 형상종류(Level 2), 설계지침(Level 3)으로 구분한다.

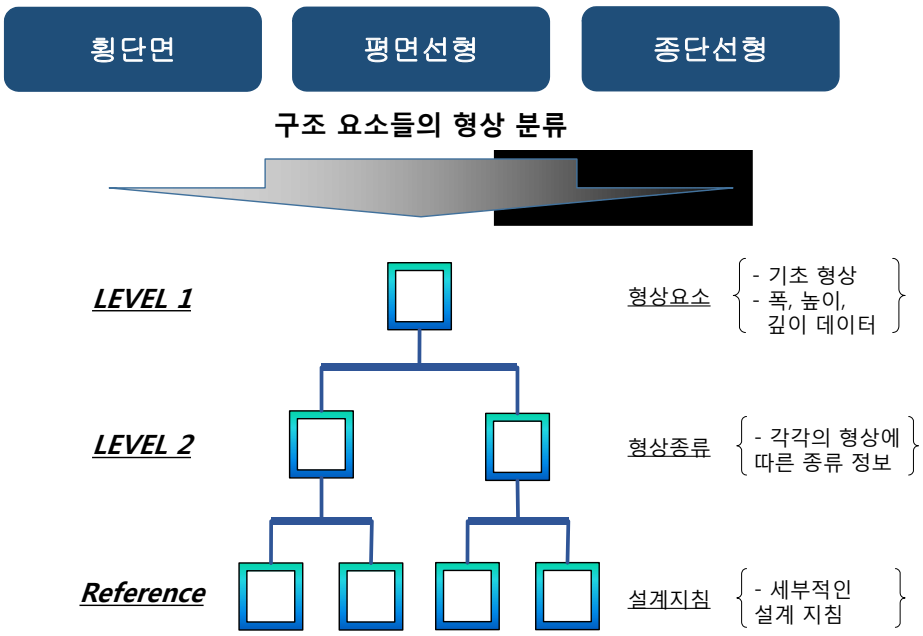


그림 3.15 도로에 대한 선형 및 구조형식의 분류 기준

- 시공·유지관리 단계에서 공종별 3D 모델의 활용성 계량적 평가를 통한 적용 공종 검토
  - Sullivan의 분석에 따르면[1] 구조분야 기술자 1266명에 대한 조사에서 BIM의 효용성을 스케줄과 업무절차에 대해서 59%, 내부 생산성 36%, 프로젝트 비용 절감 29%의 순으로 평가하였고 전체적으로 조사 대상의 77%가 효과에 긍정적인 경험을 나타내었음.
  - 국내외적으로 BIM 적용에 대한 계량적 평가 데이터가 많지 않고 특히 도로분야에서는 정성적인 평가가 주로 이루어졌고 정량적인 ROI 도출의 사례가 많지 않음. McGraw Hill의 BIM Market Report 등의 활용 가능한 데이터를 기반으로 적용 공종에 대한 평가를 수행하여 제시함.

1) Integrated BIM and Design Review for Safer, Better Buildings, Architectural Record, Oct. 2007.

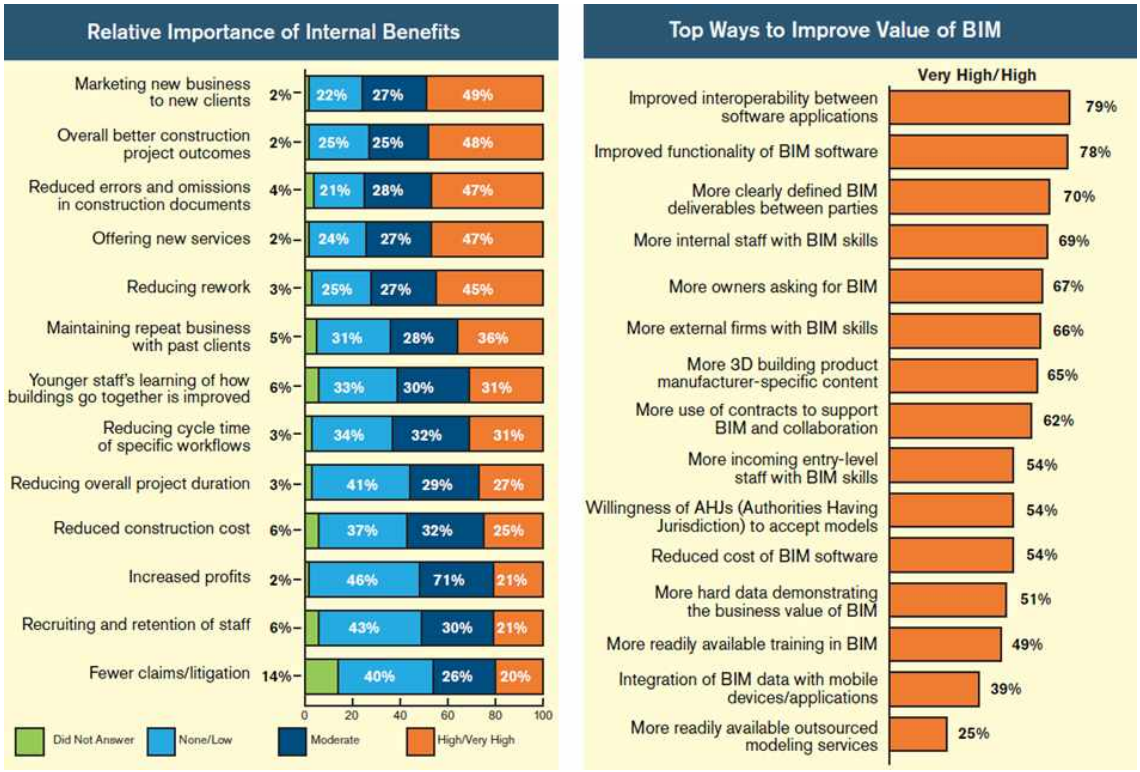


그림 3.16 McGraw-Hill의 Market Report 조사예

- 공종별 3D 모델링 효율성(소프트웨어 부재 또는 수작업 과다 등) 계량적 평가를 통한 적용 공종 검토
  - BIM 솔루션에 따라 모델 생성의 생산성이 달라지고 정보의 수준이나 활용성에 차이를 가지게 됨. 따라서, 도로공사의 사업 범위내에 있는 공종에 대해서 모델링의 효율성 (Man-hour 분석), 적용 범위 및 활용성, 2차원 도면 기반의 업무와의 비교 평가를 통해 적용 공종의 타당성을 검토함.
  - 현재 한국도로공사에서 보유하고 있는 표준도(2012)를 근거로 BIM 모델링에 대한 적용 가능성 검토를 실시한 초안을 표 3.3과 같이 제시하고 전자표준도 초안을 완성함.

표 3.3 한국도로공사 표준도(2012)와 적용가능성 검토

번호	구분	도면번호	도면명	내용	비고
1	토공 및 기하구조	1.001	표준횡단면도(1)	본선	
2		1.002	표준횡단면도(2)	본선 분리구간	
3		1.003	표준횡단면도(3)	나들목 연결로	
4		1.004	표준횡단면도(4)	오르막차로	
5		1.005	표준횡단면도(5)	부체도로	
6		1.006	표준비탈면경사	쌓기부·깎기부	
7		1.007	편경사 설치도(1)	편경사의 기준	
8		1.008	편경사 설치도(2)	편경사의 접속설치기준	
9		1.009	편경사 설치도(3)	길어깨 편경사 단차조정 상세	
10		1.010	회전교차로 설치 상세도	나들목 회전교차로 설치기준	
11		1.011	회전교차로 부대시설 설치도	회전교차로 부대시설 설치기준	
12	배수공	2.001	측 구 (1)	토사측구, V형측구,산마루측구	3D
13		2.002	측 구 (2)	L형측구 (형식1-6)	3D
14		2.003	측 구 (3)	U형측구 (형식1-5)	3D
15		2.004	맹암거	맹암거 (형식1-10)	3D
16		2.005	쌓기부 다이크	형식-1 (일반구간),형식-2 (길어깨보강부), 형식-3 (방음벽구간)	3D
17		2.006	횡단배수관 (공장제작관)		3D
18		2.007	횡단배수관 (관보강)		3D
19		2.008	종배수관 및 면벽	수밀밴드, 종배수관, 면벽	3D
20		2.009	배수관날개벽(1)	1련, 공장제작관 (경사 1:1.5)	3D
21		2.010	배수관 날개벽 (2)	2련, 공장제작관 (경사 1:1.5)	3D
22		2.011	배수관 날개벽 (3)	1련, 관보강	3D

번호	구분	도면번호	도면명	내용	비고
23	배수공	2.012	쌓기부, 집수정		3D
24		2.013	깎기부 집수정 (1)	형식-1	3D
25		2.014	깎기부 집수정 (2)	형식-1 철근상세도 (K=900, D=1.000일때)	3D
26		2.015	깎기부 집수정 (3)	형식-2,3	3D
27		2.016	깎기부 집수정 (4)	형식-2 철근상세도(K=900, D'=600일때)	3D
28		2.017	깎기부 집수정 (5)	형식-3 철근상세도 (K=900, D=1.000일때)	3D
29		2.018	깎기부 집수정 (6)	형식 4-1	3D
30		2.019	깎기부 집수정 (7)	형식 4-2	3D
31		2.020	깎기부 집수정 (8)	형식 4-3	3D
32		2.021	깎기부 집수정 (9)	철근상세도	3D
33		2.022	깎기부 집수정 (10)	철근상세도	3D
34		2.023	깎기부 집수정 (11)	철근상세도	3D
35		2.024	깎기부집수정(12)	형식 4-4	3D
36		2.025	깎기부 집수정 (13)	철근상세도	3D
37		2.026	깎기부 집수정 (14)	철근상세도	3D
38		2.027	깎기부 집수정 (15)	철근상세도	3D
39		2.028	깎기부 집수정 (16)	형식 5	3D
40		2.029	부체도로용 집수정		3D
41		2.030	중분대용 집수정 (1)		3D
42		2.031	중분대용 집수정 (2)	철근상세도 (형식-1)	3D
43		2.032	중분대용 집수정 (3)	철근상세도 (형식-2)	3D
44		2.033	중분대용 집수정 (4)	철근상세도 (형식-3)	3D
45		2.034	중분대용 집수정 (5)	철근상세도 (형식-4)	3D

번호	구분	도면번호	도면명	내용	비고
46	배수공	2.035	쌓기부 도수로 (1)	1련,형식-1 (1)	3D
47		2.036	쌓기부 도수로 (2)	1련,형식-1 (2)	3D
48		2.037	쌓기부 도수로 (3)	1련,형식-2 (1)	3D
49		2.038	쌓기부 도수로 (4)	1련,형식-2 (2)	3D
50		2.039	쌓기부 도수로 (5)	중분대배수용,형식-1 (1)	3D
51		2.040	쌓기부 도수로 (6)	중분대배수용,형식-1 (2)	3D
52		2.041	쌓기부 도수로 (7)	중분대배수용,형식-2 (1)	3D
53		2.042	쌓기부 도수로 (8)	중분대배수용,형식-2 (2)	3D
54		2.043	쌓기부 도수로 (9)	노면+중분대배수용, 형식-1 (1)	3D
55		2.044	쌓기부 도수로 (10)	노면+중분대배수용, 형식-1 (2)	3D
56		2.045	쌓기부 도수로 (11)	노면+중분대배수용, 형식-2 (1)	3D
57		2.046	쌓기부 도수로 (12)	노면+중분대배수용, 형식-2 (2)	3D
58		2.047	쌓기부 도수로 (13)	노면배수용,형식1-1 (1)	3D
59		2.048	쌓기부 도수로 (14)	노면배수용,형식1-2 (2)	3D
60		2.049	쌓기부 도수로 (15)	노면배수용,형식-2 (3)	3D
61		2.050	쌓기부 도수로 (16)	노면배수용 (4)	3D
62		2.051	깎기부 도수로 (1)		3D
63		2.052	깎기부 도수로 (2)		3D
64		2.053	깎기부 상부 집수정		3D
65		2.054	철근콘크리트개거 (1)	철근콘크리트개거 설계방법	
66		2.055	철근콘크리트개거 (2)	H=1.0m (1)	3D
67		2.056	철근콘크리트개거 (3)	H=1.0m (2)	3D
68		2.057	철근콘크리트개거 (4)	H=2.0m (1)	3D

번호	구분	도면번호	도면명	내용	비고
69	배수공	2.058	철근콘크리트개거 (5)	H=2.0m (2)	3D
70		2.059	터널 입출구 개구부 배수상세도		3D
71	구조물공	3.001	표준횡단면도		
72		3.002	중앙분리대 (1)	분리형	3D
73		3.003	중앙분리대 (2)	일체형	3D
74		3.004	방호벽 (1)	H=1.0 (인력타설)	3D
75		3.005	방호벽 (2)	H=1.0 (기계타설)	3D
76		3.006	방호벽 (3)	H=1.270 (인력타설)	3D
77		3.007	방호벽 (4)	H=1.270 (기계타설)	3D
78		3.008	교대보호블록 (1)	형식-1 및 형식-2	
79		3.009	교대보호블록 (2)	설치상세도	
80		3.010	교대보호블록 점검계단		
81		3.011	교량부대공 (1)	측량기준점 및 교명판, 점검용 계단	
82		3.012	교량부대공 (2)	교각 및 난간번호판 상세도	
83		3.013	교량부대공 (3)	교량 BOX GIRDER 내부경간 표지	
84		3.014	교량부대공 (4)	교대부 교량받침면 배수시설	
85	포장공	4.001	표준횡단면도(1)	아스팔트콘크리트 포장	
86		4.002	표준횡단면도(2)	콘크리트포장	
87		4.003	콘크리트포장 줄눈 일반도(1)	양방향4차로	
88		4.004	콘크리트포장 줄눈 일반도(2)	터널부, 편도2차로	
89		4.005	콘크리트포장 줄눈 일반도(3)	양방향6차로	
90		4.006	콘크리트포장 줄눈 일반도(4)	양방향8차로	
91		4.007	콘크리트포장 줄눈 일반도(5)	본선양방향4차로 연결로(1방향1차로)	

번호	구분	도면번호	도면명	내용	비고
115	포장공	4.031	절,성경계 보강슬래브(9)	철근배근도(TYPE-2,양방향8차로)(1)	
116		4.032	절,성경계 보강슬래브(10)	철근배근도(TYPE-2,양방향8차로)(2)	
117		4.033	연결로 길어깨(1)	콘크리트 포장	
118		4.034	연결로 길어깨(2)	아스팔트 포장	
119		4.035	콘크리트포장 접속부보강	예각부 및 노즈부 보강 콘크리트포장 및 아스팔트포장 접속부	3D
120		4.036	영업소 포장(1)	본선 양방향6차로	
121		4.037	영업소 포장(2)	본선 양방향8차로	
122		4.038	영업소 포장(3)	나들목(중분대 HI-pass미설치시)	
123		4.039	영업소 포장(4)	나들목(중분대 HI-pass설치시)	
124		4.040	영업소 포장(5)	철근배근도(1)	
125		4.041	영업소 포장(6)	철근배근도(2)	
126		4.042	버스정류장정차대 포장	철근배근도	
127		4.043	교량접속슬래브(1)	일반사항 적용시주의사항 TYPE별 받침상세도	
128		4.044	교량접속슬래브(2)	TYPE-1 4차로 일반도 (45°≤θ<90°)	
129		4.045	교량접속슬래브(3)	TYPE-1 4차로 배근도(1)	
130		4.046	교량접속슬래브(4)	TYPE-1 4차로 배근도(2)	
131		4.047	교량접속슬래브(5)	TYPE-1 4차로 교량완충슬라브 배근도	
132		4.048	교량접속슬래브(6)	TYPE-1 6차로 일반도 (45°≤θ<90°)	
133		4.049	교량접속슬래브(7)	TYPE-1 6차로 배근도(1)	
134		4.050	교량접속슬래브(8)	TYPE-1 6차로 배근도(2)	
135		4.051	교량접속슬래브(9)	TYPE-1 6차로 배근도(3)	
136		4.052	교량접속슬래브(10)	TYPE-1 6차로 배근도(4)	
137		4.053	교량접속슬래브(11)	TYPE-1 6차로 교량완충슬라브 배근도(1)	

번호	구분	도면번호	도면명	내용	비고
138	포장공	4.054	교량접속슬래브(12)	TYPE-1 6차로 교량완충슬라브 배근도(2)	
139		4.055	교량접속슬래브(13)	TYPE-1 6차로 교량완충슬라브 배근도(3)	
140		4.056	교량접속슬래브(14)	TYPE-1 6차로 교량완충슬라브 배근도(4)	
141		4.057	교량접속슬래브(15)	TYPE-1 8차로 일반도 (45°≤θ<90°)	
142		4.058	교량접속슬래브(16)	TYPE-1 8차로 배근도(1)	
143		4.059	교량접속슬래브(17)	TYPE-1 8차로 배근도(2)	
144		4.060	교량접속슬래브(18)	TYPE-1 8차로 배근도(3)	
145		4.061	교량접속슬래브(19)	TYPE-1 8차로 배근도(4)	
146		4.062	교량접속슬래브(20)	TYPE-1 8차로 교량완충슬라브 배근도(1)	
147		4.063	교량접속슬래브(21)	TYPE-1 8차로 교량완충슬라브 배근도(2)	
148		4.064	교량접속슬래브(22)	TYPE-1 8차로 교량완충슬라브 배근도(3)	
149		4.065	교량접속슬래브(23)	TYPE-1 8차로 교량완충슬라브 배근도(4)	
150		4.066	교량접속슬래브(24)	TYPE-2 4차로 배근도(L=6.0m)(1)	
151		4.067	교량접속슬래브(25)	TYPE-2 4차로 배근도(L=6.0m)(2)	
152		4.068	교량접속슬래브(26)	TYPE-2 4차로 배근도(L=7.0m)(1)	
153		4.069	교량접속슬래브(27)	TYPE-2 4차로 배근도(L=7.0m)(2)	
154		4.070	교량접속슬래브(28)	TYPE-2 4차로 배근도(L=8.0m)(1)	
155		4.071	교량접속슬래브(29)	TYPE-2 4차로 배근도(L=8.0m)(2)	
156		4.072	교량접속슬래브(30)	TYPE-2 4차로 배근도(L=9.0m)(1)	
157		4.073	교량접속슬래브(31)	TYPE-2 4차로 배근도(L=9.0m)(2)	
158		4.074	교량접속슬래브(32)	TYPE-2 4차로 배근도(L=10.0m)(1)	
159		4.075	교량접속슬래브(33)	TYPE-2 4차로 배근도(L=10.0m)(2)	
160		4.076	교량접속슬래브(34)	TYPE-2 6차로 배근도(L=6.0m)(1)	

번호	구분	도면번호	도면명	내용	비고
161	포장공	4.077	교량접속슬래브(35)	TYPE-2 6차로 배근도(L=6.0m)(2)	
162		4.078	교량접속슬래브(36)	TYPE-2 6차로 배근도(L=7.0m)(1)	
163		4.079	교량접속슬래브(37)	TYPE-2 6차로 배근도(L=7.0m)(2)	
164		4.080	교량접속슬래브(38)	TYPE-2 6차로 배근도(L=8.0m)(1)	
165		4.081	교량접속슬래브(39)	TYPE-2 6차로 배근도(L=8.0m)(2)	
166		4.082	교량접속슬래브(40)	TYPE-2 6차로 배근도(L=9.0m)(1)	
167		4.083	교량접속슬래브(41)	TYPE-2 6차로 배근도(L=9.0m)(2)	
168		4.084	교량접속슬래브(42)	TYPE-2 6차로 배근도(L=10.0m)(1)	
169		4.085	교량접속슬래브(43)	TYPE-2 6차로 배근도(L=10.0m)(2)	
170		4.086	차로이탈인식시설(1)	절삭형	
171		4.087	차로이탈인식시설(2)	전압형	
172	부대공	5.001	시선유도표지 (1)	설치기준, 설치간격, 지주규격	
173		5.002	시선유도표지 (2)	클로소이드 구간	
174		5.003	시선유도표지 (3)	토공용, 가드레일용	3D
175		5.004	시선유도표지 (4)	옹벽용, 중분대용	3D
176		5.005	갈매기표지 (1)	설치기준	
177		5.006	갈매기표지 (2)		3D
178		5.007	차선도색 (1)	본선(양방향2,4차로)	
179		5.008	차선도색 (2)	가속차로	
180		5.009	차선도색 (3)	감속차로	
181		5.010	차선도색 (4)	본선영업소	
182		5.011	차선도색 (5)	나들목영업소	
183		5.012	차선도색 (6)	요금소와 분리대부	

번호	구분	도면번호	도면명	내용	비고
184	부대공	5.013	차선도색 (7)	차선계획시 고려할 사항 (1)	
185		5.014	차선도색 (8)	차선계획시 고려할 사항 (2)	
186		5.015	차선도색 (9)	나들목접속부(연결로차로수양방향2차로)	
187		5.016	차선도색 (10)	나들목접속부(연결로차로수양방향4차로)	
188		5.017	차선도색 (11)		
189		5.018	차선도색 (12)	오르막차로	
190		5.019	차선도색 (13)	나들목접속부(회전교차로)	
191		5.020	방호울타리 적용기준		
192		5.021	가드레일 (1)	노측용(저속구간-SB1) - 1	3D
193		5.022	가드레일 (2)	노측용(저속구간-SB1) - 2	3D
194		5.023	가드레일 (3)	노측용(일반구간-SB3) - 1	3D
195		5.024	가드레일 (4)	노측용(일반구간-SB3) - 2	3D
196		5.025	가드레일 (5)	교량 전이구간 (1)	3D
197		5.026	가드레일 (6)	교량 전이구간 (2)	3D
198		5.027	가드레일 (7)	가드레일 단부처리 방법(1)	3D
199		5.028	가드레일 (8)	가드레일 단부처리 방법(2)	3D
200		5.029	가드레일 (9)	가드레일 단부처리 방법(3)	3D
201		5.030	가드레일 (10)	기타구간 (1)	3D
202		5.031	가드레일 (11)	기타구간 (2)	3D
203		5.032	중앙분리대 개구부 (1)	형식-1 (1)	3D
204		5.033	중앙분리대 개구부 (2)	형식-1 (2)	
205		5.034	중앙분리대 개구부 (3)	형식-2 (1)	3D
206		5.035	중앙분리대 개구부 (4)	형식-2 (2)	

번호	구분	도면번호	도면명	내용	비고
207	부대공	5.036	간이 출입시설 가드레일 (1)		3D
208		5.037	간이 출입시설 가드레일 (2)		
209		5.038	터널 입.출구 개구부 (1)	형식-1 (1)	
210		5.039	터널 입.출구 개구부 (2)	형식-1 (2)	
211		5.040	터널 입.출구 개구부 (3)	형식-2 (1)	
212		5.041	터널 입.출구 개구부 (4)	형식-2 (2)	
213		5.042	개폐식 중앙분리대 개구부 (1)		3D
214		5.043	개폐식 중앙분리대 개구부 (2)		3D
215		5.044	콘크리트 중앙분리대(1)	본선용	3D
216		5.045	콘크리트 중앙분리대(2)	나들목용 (1)	3D
217		5.046	콘크리트 중앙분리대(3)	나들목용 (2)	3D
218		5.047	콘크리트 중앙분리대(4)	나들목용 (3)	3D
219		5.048	콘크리트 중앙분리대(5)	나들목용 (4)	3D
220		5.049	콘크리트 중앙분리대(6)	중분대 개구부 접속부	3D
221		5.050	가드휀스	토공용, BUS STOP용, 육교용	3D
222		5.051	낙석방지 울타리 (1)	옹벽용 - 형식1	3D
223		5.052	낙석방지 울타리 (2)	옹벽용 - 형식2	3D
224		5.053	낙석방지 울타리 (3)	소단용	3D
225		5.054	낙석방지 울타리 (4)	토공용/터널용 - 형식1	3D
226		5.055	낙석방지 울타리 (5)	토공용/터널용 - 형식2	3D
227		5.056	낙석방지 울타리 (6)	출입문	3D
228		5.057	낙석방지망 (1)	상부지주-보강	
229		5.058	낙석방지망 (2)	상부지주-비보강	

번호	구분	도면번호	도면명	내용	비고
230	부대공	5.059	방음벽 (1)	방음벽 기초 설계 방법	
231		5.060	방음벽 (2)	지주	
232		5.061	방음벽 (3)	지주,앵커볼트,베이스플레이트,리브플레이트 상세도	3D
233		5.062	방음벽 (4)	지주,앵커볼트,베이스플레이트,리브 플레이트 상세도	3D
234		5.063	방음벽 (5)	누음차단재 및 방음판 고정장치	3D
235		5.064	방음벽 (6)	L형방음벽 일반도 형식-(1)	3D
236		5.065	방음벽 (7)	풍하중:0.7kN/㎡ (1)	3D
237		5.066	방음벽 (8)	풍하중:0.7kN/㎡ (2)	3D
238		5.067	방음벽 (9)	풍하중:0.9kN/㎡ (1)	3D
239		5.068	방음벽 (10)	풍하중:0.9kN/㎡ (2)	3D
240		5.069	방음벽 (11)	풍하중:1.2kN/㎡ (1)	3D
241		5.070	방음벽 (12)	풍하중:1.2kN/㎡ (2)	3D
242		5.071	방음벽 (13)	풍하중:1.5kN/㎡ (1)	3D
243		5.072	방음벽 (14)	풍하중:1.5kN/㎡ (2)	3D
244		5.073	방음벽 (15)	L형방음벽 일반도 형식-(2)	3D
245		5.074	방음벽 (16)	풍하중:0.7kN/㎡ (1)	3D
246		5.075	방음벽 (17)	풍하중:0.7kN/㎡ (2)	3D
247		5.076	방음벽 (18)	풍하중:0.9kN/㎡ (1)	3D
248		5.077	방음벽 (19)	풍하중:0.9kN/㎡ (2)	3D
249		5.078	방음벽 (20)	풍하중:1.2kN/㎡ (1)	3D
250		5.079	방음벽 (21)	풍하중:1.2kN/㎡ (2)	3D
251		5.080	방음벽 (22)	풍하중:1.5kN/㎡ (1)	3D
252		5.081	방음벽 (23)	풍하중:1.5kN/㎡ (2)	3D

번호	구분	도면번호	도면명	내용	비고
253	부대공	5.082	방음벽 (24)	옹벽일체형방음벽(풍하중:0.7,0.9kN/㎡)	3D
254		5.083	방음벽 (25)	옹벽일체형방음벽(풍하중:1.2,1.5kN/㎡)	3D
255		5.084	방음벽 (26)	직벽형 방음벽 일반도	3D
256		5.085	방음벽 (27)	방음벽(지주 125×125×6.5×9)	3D
257		5.086	방음벽 (28)	방음벽(지주 200×150×6×9)	3D
258		5.087	방음벽 (29)	방음벽(지주 200×200×8×12)	3D
259		5.088	방음벽 (30)	교량방호벽형 일반도	3D
260		5.089	방음벽 (31)	방음벽지주 H-125×125×6.5×9	3D
261		5.090	방음벽 (32)	방음벽지주 H-200×150×6×9	3D
262		5.091	방음벽 (33)	방음벽지주 H-200×200×8×12	3D
263		5.092	방음벽 (34)	교량용 방음벽 기초	3D
264		5.093	방음벽 (35)	토공부와 교량부의 접속상세 (1)	
265		5.094	방음벽 (36)	토공부와 교량부의 접속상세 (2)	
266		5.095	깎기부 점검로 (1)		
267		5.096	깎기부 점검로 (2)	전면부 점검로 (형식-1) (1)	3D
268		5.097	깎기부 점검로 (3)	전면부 점검로 (형식-1) (2)	
269		5.098	깎기부 점검로 (4)	전면부 점검로 (형식-2)	3D
270		5.099	쌓기부 점검로		3D
271		5.100	긴급제동시설 (1)	형식-1 (골재부설구간+이탈방지둑)	
272		5.101	긴급제동시설 (2)	형식-2 (골재부설구간+감속원통+이탈방지둑)	
273		5.102	긴급제동시설 (3)		
274		5.103	접도구역경계표주		3D
275		5.104	용지경계표주		3D

번호	구분	도면번호	도면명	내용	비고
276	부대공	5.105	도시계획구간말목(4차로)		3D
277		5.106	아일랜드(매표섬) 배치도 및 단면도		
278		5.107	축중기차로 옹벽 일반도 및 배근도	옹벽높이 H=1.0M	3D
279		5.108	영업소통로암거 (1)	일반도 (1)	
280		5.109	영업소통로암거 (2)	일반도 (2)	
281		5.110	영업소통로암거 (3)	일반도 (3)	
282		5.111	영업소통로암거 (4)	방수표준도	
283		5.112	과속단속차량 주차시설 (1)	형식 - 1	
284		5.113	과속단속차량 주차시설 (2)	형식 - 2	
285		5.114	과속단속차량 주차시설 (3)	안내표지 설치도	
286		5.115	과속단속차량 주차시설 (4)	안내표지판	
287	터널공	6.001	표준단면도		
288		6.002	배수상세도 (1)	배수관 규격 및 배치	3D
289		6.003	배수상세도 (2)	배수구 뚜껑	
290		6.004	피난연락갱 표준단면도	차량용/대인용	

- 기존의 2D 종이도면 및 2D CAD전자도면을 유지한 상태에서 추가로 3D 모델을 제공하고, 모델을 통하여 일정한 뷰(View)를 제공함으로써 사용자로 하여금 토목시설물의 형상을 정확히 인지하고, 도면의 해석의 차이로 인한 오류를 최소화 하여 설계, 시공, 유지관리 등의 수행 시 참조하게 하는 데 목적

- 내부 연구진과의 토의를 통해 작성된 전자 표준도 집계는 다음과 같다. 3D모델을 반영하여 작성할 도면은 모두 168매로 계획하였다.

표 3. 4 한국도로공사 표준도 집계표

번호	구분	전체	2D	3D			비고
				일반	철근	계	
1	토공	13	10	3	0	3	
2	배수공	59	2	35	22	57	
3	구조물공	14	8	0	6	6	
4	포장공	87	72	10	5	15	
5	부대공	117	35	63	19	82	
6	터널공	5	0	1	4	5	
계		295	127	112	56	168	

- 전자표준도의 작성방법은 아래의 순서를 따른다.

① 2D 표준도 검토 및 분류

: 2D 표준도를 검토하여 3D모델링 적합여부, 오류사항 등을 판단한다.

② 3D 모델링

: 2D 표준도를 근거로 토목시설물의 형상 및 제원을 모델링한다.

③ 2D 도면정리 및 PDF 도면 작성

: 기존 2D 도면을 수정하여 3D모델을 추가할 PDF도면을 작성한다.

④ PDF 도면에 3D 모델 삽입

: 작성된 PDF도면에 3D 모델을 변환하여 삽입한다.

⑤ PDF 도면에 작동단추 삽입 및 편집

: 삽입된 3D 모델을 원하는 View로 볼 수 있는 작동단추를 삽입한다.

⑥ 검수 및 확인

- 작성된 전자도면은 부록으로 제시하였고 예는 다음과 같다. 이 전자 도면은 활용 목적에 따라 다르게 설정할 수 있고 현장에서의 활용성이 높고 관련 기관 협의나 협력 업체 등 BIM 기술이 부재한 기업과의 협업에 유용하게 활용될 수 있다.

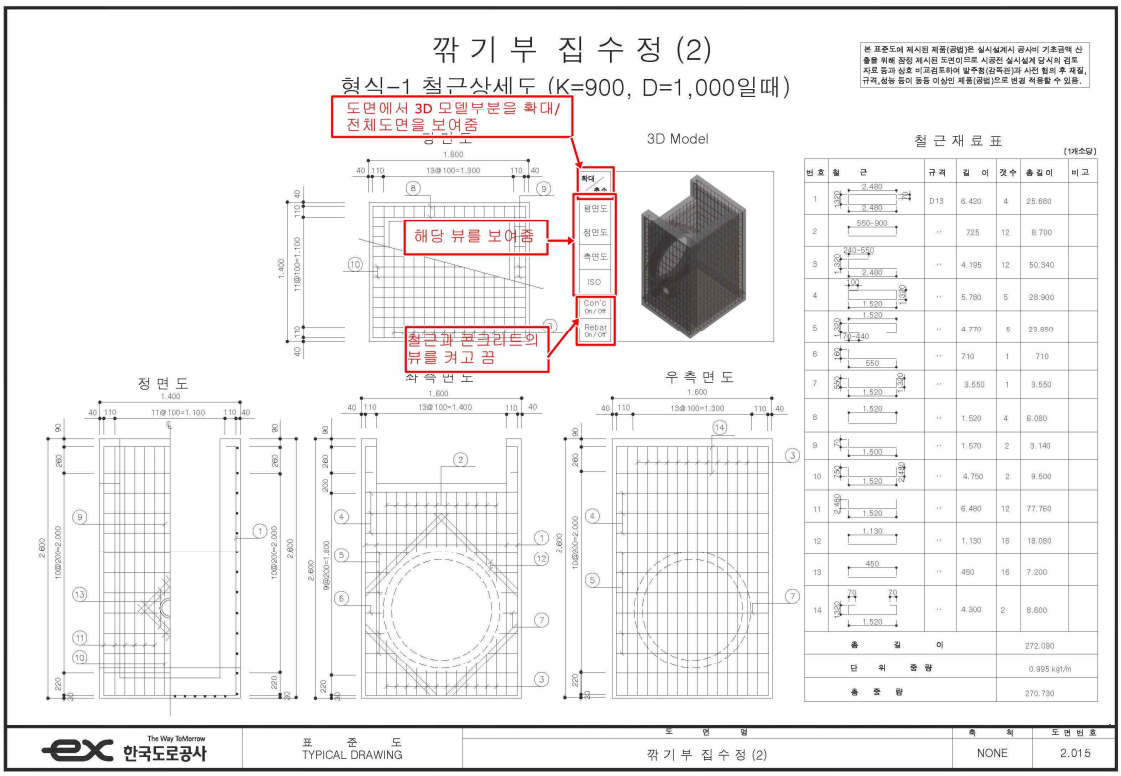


그림 3.17 전자표준도의 예시

3.4 단계별 정보수준(LOD)

3.4.1 국내 · 외 BIM 설계-시공-유지관리 단계 정보수준

- LOD는 Level of Detail, Level of Development의 약자로 사용되고 있고 모델의 상세 수준을 의미한다. 여기에는 정보의 수준을 나타내는 Level of Information을 포함해서 정의하는 것이 적절하다.
- AIA에서 제시하는 다섯 단계로 구분되는 기준을 참고하여 BIMForum이 새롭게 제시한 정의를 활용하여 교량구조물의 주요공정별 표준 객체모델 수준 방향의 결정을 시공단계의 공정관리의 목표와 연관하여 규정지을 수 있다.

표 3.5 AIA의 LOD 정의

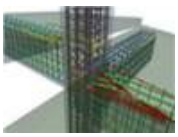
AIA BIM Protocol	LOD 100	LOD 200	LOD 300	LOD 400	LOD 500
Description	공간을 개념적으로 모델링	일반 부재들을 이용한 모델링	특정 정보를 담고 있어 필요에 따라 수량, 견적 등 산출가능	시공을 위한 모델링, 상세설계와 매핑될 수 있음	시공 후 모델링 (As built)
Model Content					
Design & Coordination	·비기하학 데이터 또는 라인 기반 ·대지,부피,영역 등	·기본 객체에 대해 3D 표현	·상세 객체를 3D기하학적으로 표현 (치수, 수용력, 연결)	·샵드로잉/제작(구매,제작,설치,상세도)	·완공
4D Scheduling	주요 부재의 전체적인 프로젝트 구성	주요 Activity의 일정 계획	상세한 어셈블리의 일정 계획	시공을 위한 제작 및 상세 어셈블리 표현	
Cost Estimating	개략 견적	기본 객체에 대한 견적	상세 어셈블리 기반 견적	특정 어셈블리의 공급가	견적서 작성

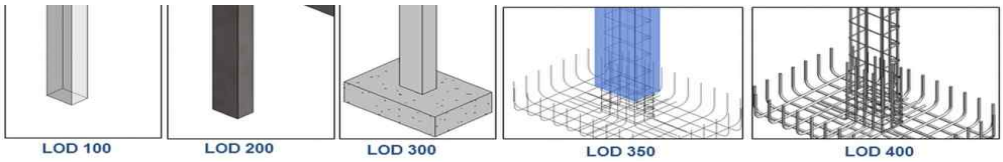
표 3.6 LOD 정의

단 계	상 세 수 준
LOD 100	컨셉수준의 형상표현
LOD 200	개략적인 수량, 크기, 형상 및 위치 등 치수정보 표현
LOD 300	정확한 수량, 크기, 형상 및 좌표 등 치수정보 표현
LOD 350	정확한 수량, 크기, 형상 및 좌표 등 치수정보 표현과 다른 시스템과의 인터페이스
LOD 400	정확한 수량, 크기, 형상, 좌표 및 제조와 조립 등 공정정보 표현
LOD 500	시공후의 모델을 구축한 것으로서 모든 정보를 정확히 표현

- 4D 공정관리 객체분할은 적용되는 공사의 예산, 성격, 공기, 활용목적에 따라 차별적으로 세부지침이 결정되어야 한다. 예를 들면 단순 홍보용일 경우에는 LOD 100~200수준의 분할, 일단위의 상세 공정검토를 통한 시공관리의 목적이면 LOD 300~400수준의 구현이 필요함.
- 객체분할 기준연구는 도로공사 해당부서의 인터뷰와 국내외 각종 BIM 기준분석, 각기관별 객체분할에 대한 선행 연구자료의 검토, 시공 및 공정전문가 자문을 통해서 세부 기준을 수립해야 함.

■ 국내·외 BIM 설계-시공-유지관리 단계 정보수준 자료 조사

● 2013년 BIMFORUM에서 제시한 “Level of Development Specification”에서는 LOD를 Level of Detail 보다 Level of Development로 사용하고 있음.



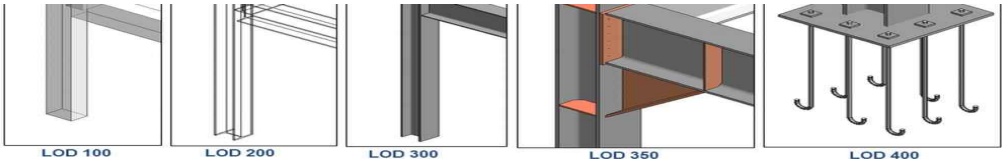


그림 3.18 LOD의 예시

- LOD는 단계별로 각 구성 객체의 표현 수준을 다르게 설정할 수 있다. 이는 BIM 활용 목적(BIM Uses)에 근거해서 아래와 같이 정의될 수 있다.



- 최근에 해외에서 발주되는 공공사업의 Tendor Document에서 활용 목적에 따라 구체적으로 LOD 요구사항을 제시하고 있어 이를 참고할 수 있음.

2.6 **Level of detail to be modelled in BIM**

2.6.1 The table below highlights common requirements of a BIM model and recommends the level of detail to be included for an equivalent drawing scale.

Purpose of BIM Model	Equivalent Scale
Component fabrication	1:100
Construction sequencing	1:200
Coordination/clash detection/resolution	1:100
Detail drawing production	1:100
Energy analysis	1:200
General Arrangement drawing production	1:100
Illustration/Design reports	1:100
Rendering/visualisation	1:200
Schedule production	1:100
Structural analysis/design	1:200
Structural frame fabrication	1:100
Alignments	1:750

▣ 정부 및 타 기관 정보수준 설정 관련 선행 연구자료 조사

● 국토교통부

– 국토교통부는 건설사업의 생산성 및 투명성 확보를 위해 2013년부터 2017년까지 향후 5년간 정보화 정책의 로드맵인 “제4차 건설사업정보화(CALS) 기본계획”에 따라 도로와 교량, 터널 등 도로시설물에 대한 형상정보모델(3D), 공정정보모델(4D), 공사비정보모델(5D) BIM 표준 개발을 진행하고 있다. 그러나 공사진척도 및 집행실적의 실시간 파악을 위해 작업분류체계 기반의 공정관리를 확대·적용하라는 규정은 있지만 정보모델 및 공정관리를 위한 객체분할의 수준에 대한 세부적인 지침은 없다.

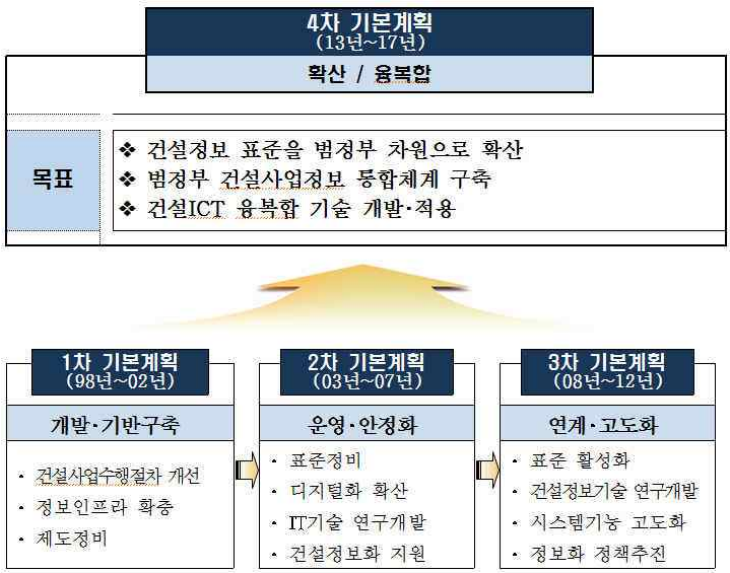


그림 3.19 국토건설부 제4차 건설사업정보화(CALS) 기본계획

● 조달청

– 시설사업 BIM적용 세부지침서는 조달청 시설사업의 공모단계 및 실시설계 단계에 BIM 기술을 적용하기 위한 최소의 요건을 정의하고, BIM 데이터를 시공 및 유지관리단계에도 사용할 수 있도록 BIM 업무기준을 제공하기 위한 목적으로 작성된 지침이다. 시공단계의 공정관리에 대한 대상은 규정되어 있으나 적용범위 및 수준은 입찰(계약)자의 제안사항으로 한다라고 되어 있다. 객체의 작성대상으로 최소 부재 작성대상의 목록을 제시하고 있다.

Building Information Level	표현수준	용도 예
BIL10	* 지형 및 주변건물 표현 * 면적, 높이, 볼륨, 위치 및 방향 1) 건물단위 건물단위의 매스 2) 층단위 층으로 구분된 매스 3) 블록단위 프로그램별로 분리된 블록매스	* 면적, 볼륨 또는 이와 유사한 추정기법에 따라 공사비 예측에 사용가능 (예를 들어, 바닥면적, 콘도미니엄 유닛, 병원 침실 등) * 프로젝트의 전체기간 스케줄 및 단계화를 위해 모델사용가능
BIL20	* 계획설계 수준에서 필요한 형상의 표현 * 계획에 필요한 부재의 존재표현 * 공간 * 주요 구조부재의 존재(기둥, 벽, 슬래브, 지붕) * 간략화된 계단 및 슬로프 * 벽은 단일벽으로 표현 * 개구부(창호생략가능) * 커튼월 멀리언 형상표현	* 규모검토 * 개략공사비검토 * 설계조건검토 * 각종개략분석 * 3차원협의 * 임대관리 * 피난관리
BIL30	* 기본설계 수준에서 필요한 모든 부재의 존재표현 * 부재의 수량, 크기, 위치 및 방향의 표현 * 공간 * 모든 구조부재의 규격	* 정확한 기본도면 산출 * 각종설계 의사결정 * 기본품질검토 * 각종분석

	* 계단은 정확한 단수포함 * 벽은 이중벽표현 * 개구부표현(창호는 프레임 존재표시) * 커튼월 멀리언규격 * MEP주요장비 및 배관	* 3차원협의 * 개략시공계획 * 개략 LCC분석
BIL40	* 실시설계 수준에서 필요한 모든 부재의 존재표현 * 입찰에 필요한 수량산출 가능수준 * 공간 * 모든 구조부재의 규격 * 모든 건축부재의 규격 * 마감은 직접모델링 또는 속성으로 처리 * MEP 장비 및 배관(시공성 검토수준) * 전선 등은 생략가능	* 간섭체크 * 정확한 실시도면산출 * 수량산출 * 각종상세분석 * 시공성검토 * 공법사전검토 * 시공계획 * LCC분석
BIL50	* 용도에 따라 정보추가 예 : 4D(공정), 5D(공사비), 6D(조달), 7D(유지관리), Digital Mockup 정보 * 시공도면 활용 가능한 내용 * 시공좌표 및 자재정보 * 공정관리에 필요한 정보 * 비용관리에 필요한 정보	* 공정 공사비관리 * 자재조달관리 * Digital Mockup
BIL60	* Client의 요구에따라 표현수준이 다양함 * 프로젝트별로 클라이언트의 요구에 따라 달라짐	* 유지보수

● LH공사

– LH공사는 BIM을 활용한 보금자리 주택을 포함한 공동주택 건설분야의 경쟁력 강화방안의 일환으로 BIM에 대해 중장기 로드맵을 마련하고 실제 적용을 위한 발주·설계·평가·데이터 활용 및 관리 가이드라인을 구축하는 연구를 수행하였다. 이 과업에서 각 단계별 LOD를 설정하여 제시하고 있음.

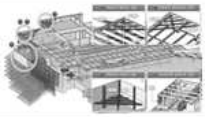
수준	이미지	내용	
LOD 100		삼각망 작성 및 등고선 분석 (표고분석, 경사분석, 유역분석) 주변도로 및 주요시설물, 지장물 모델 계획면 모델링	모델링 방법 (면, 솔리드) - 계획 검토용
LOD 200		지층 3D 모델링 (주상도, 토공횡단도) 지하수 모델링 원지반과 계획면 지장물	모델: 원지반, 대안별 계획모델, 지장물 모델, 지하수모델 - 대안별 주요수량 (지하연속벽, 굴착량) 분석용 - 지장물 처리계획 용
LOD 300		건축계획 반영한 기초 및 터파기, 피트 상수, 우수, 오수 관로	모델: 계획면 3D 모델, 관로모델, 건축물 형상 모델 - 기초 및 토공 공사 계획 - 방수/배수계획
LOD 400		흙막이 가시설 및 옹벽 굴착 및 주요구조물 시공 공정별 모델 장비 모델	흙막이 가시설 및 옹벽 설계 토목공사 공정 시뮬레이션 가시설과 건축구조물 간섭 검토
LOD 500		통합모델	건축물의 지하공간 및 구조물과의 통합 검토

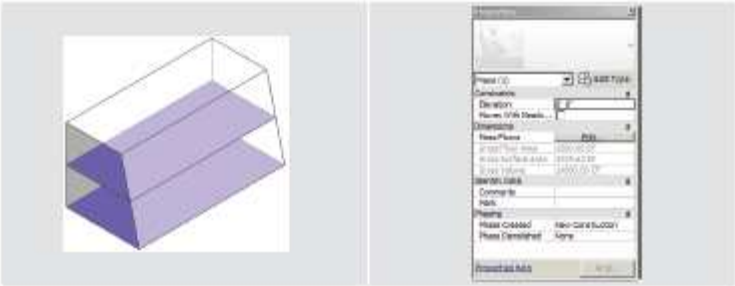
그림 3.20 LH BIM 가이드에서의 LOD 설정의 예

국내 S사의 자체적인 LOD 설정 사례

New York City BIM Guidelines의 LOD 기준을 참고하여 자체적으로 만든 BIM 실행 매뉴얼에 제시된 사례는 아래와 같다.

LOD 100

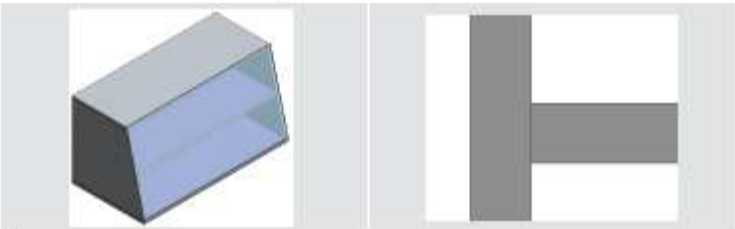
Level 100 Models include elements such as Masses and are used for preliminary studies, such as Conceptual Design and Overall Project Phasing. Analysis based on their Location and Orientation can be performed. Quantities based on Overall Area and Overall Volume can be obtained.



The images above show the Building Elements as Masses and its associated Area and Volume.

LOD 200

Level 200 Models include elements in which Masses have been replaced with Generic Components. Analysis based on Overall Systems can be performed. Quantities based on specific Elements can be obtained.



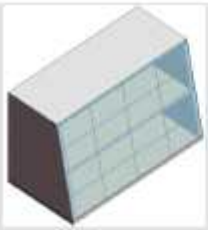
Wall Schedule (LoD-2)

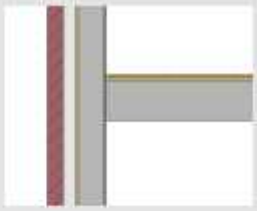
Family	Type	Width	Length	Area	Volume
Basic Wall	Generic - 8"	0' - 8"	39' - 0"	656 SF	437.51 CF
Basic Wall	Generic - 12"	1' - 0"	39' - 4"	759 SF	759.22 CF

The images above show the different Building Elements as Generic Components. The major characteristics of components are their thickness and width allowing quick takeoffs.

LOD 300

Level 300 Models include elements in which Generic Components have been replaced with fully defined Assemblies. Analysis based on Specific Systems can be performed. Quantities based on Materials can be obtained.





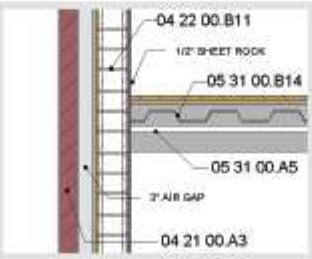
Wall Material Takeoff (LoD-3)	
Material: Name	Material: Volume
Gypsum Wall Board	58.66 CF
Masonry - Brick	425.26 CF
Metal - Stud Layer	703.87 CF
Misc. Air Layers - Air Space	351.94 CF
Wood - Sheathing - plywood	87.98 CF

The images above show the different Building Elements as fully defined Assemblies, where the different components have well-defined characteristics; therefore a more specific takeoff can be performed.

At LOD 300 the model can be leveraged for the generation of traditional Construction Documents and Shop Drawings. The model can be used for analysis such as: Energy Performance, Clash & Cost.

LOD 400

Level 400 Models include elements that are accurate in terms of size, shape, location, quantity and orientation with complete fabrication, assembly and detailing information. At this Level, the Model may also have non-geometric (3D) information such as text, dimensions, notes, 2D details, etc.



The image above shows a detail where 2D information has been placed on top of the 3D Model on a Section View.

At LOD 400 the model is a representation of the proposed elements. Analysis can be performed such as: Energy Performance, Clash Detection, and Sequencing & Cost.

LOD 500

Level 500 Models includes elements modeled as constructed. Elements are modeled to accurate size, shape, location and orientation. Non geometric or physical attributes are included as parameters to the geometric shape. At this level, model granularity is similar to LOD 400 with the exception that elements are as-constructed.

At LOD 500, the model is capable of being utilized for operations and maintenance.



element_ID	revit_ID	last_inspected	next_inspection_due_date	priority	condition
132457883	659832	6/2/2008	9/11/2011	medium	good
132426790	679334	6/2/2008	9/11/2011	medium	good
132447782	660013	6/2/2008	9/11/2011	medium	good
131276003	672363	4/26/2006	1/26/2011	high	fair
132786522	650933	6/2/2008	9/11/2011	medium	good
131038862	667681	6/2/2008	9/11/2011	medium	good
132290073	679911	6/2/2008	9/11/2011	medium	excellent
131189520	660087	6/2/2008	9/11/2011	medium	good

● 해외 사례 (BS Code 1192)

BS Code 1192 “Collaborative production of architectural, engineering and construction information”은 기술자의 협업시스템에 대해 규정한 설계 지침이나 공정검토를 위한 객체분할 기준은 규정되어 있지는 않다.

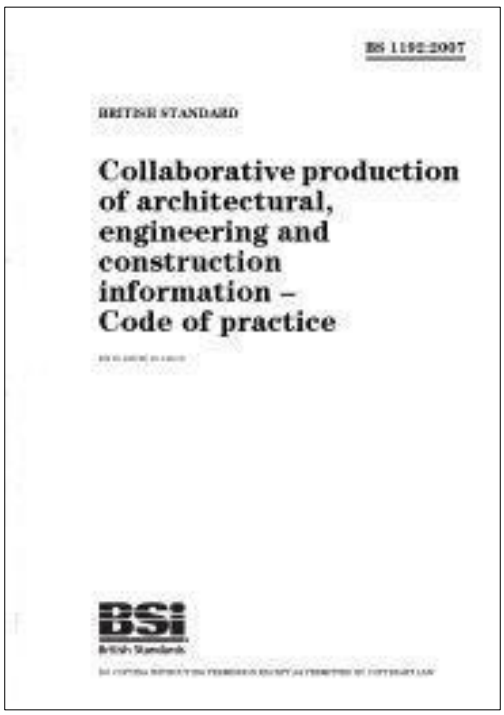


그림 3.21 BS Code 1192 사례

● British Standard : BS 1192-4:2014 Collaborative production of information

- Part 4: Fulfilling employers information exchange requirements using COBie - Code of practice
- BS 1192-4는 정보의 공동 생산에 대한 내용을 담고 있으며, COBie (건물 시공 관리 정보 교환)- 고용주 시설 정보를 제공하기 위한 국제적으로 합의된 정보 교환 스키마에 대해 정의하고 있다. 2014 년 여름을 게시 할 예정이며 이 표준은 BIM 환경의 일부로 당사자들 간의 정보를 전송할 때 사용되는 방식과 정보를 전송하기위한 기존의 방법을 포함한다.

Contents
1. Scope
2. Normative references
3. Terms and definitions
4. Business process
5. Purposes
6. Management and quality criteria
7. Execution
Annex A. (informative) Example COBie entries
Bibliography

- 3차원 모델의 LOD(Level of Detail)는 LOI(Level of Information)와 함께 제시되어야 함.
- 각 단계별로 업무에서 필요로 하는 성과 및 정보에 따라 LOD와 LOI를 설정해야 하고 공종별 BIM 적용성 검토의 결과를 반영하여 기준을 설정함.

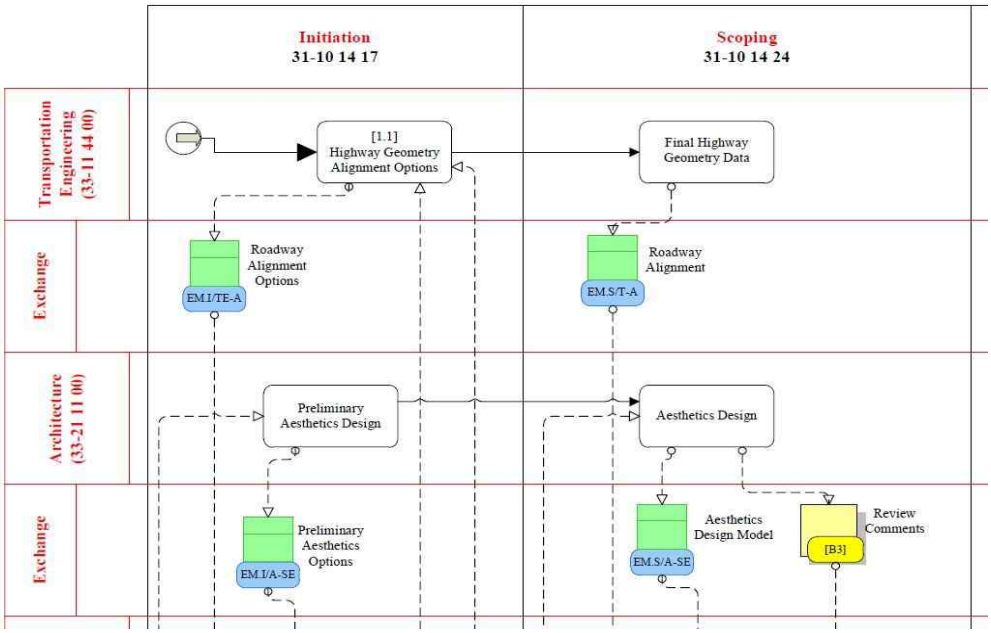


그림 3.22 미국 FHWA의 Bridge Information Modeling의 정보흐름 정의

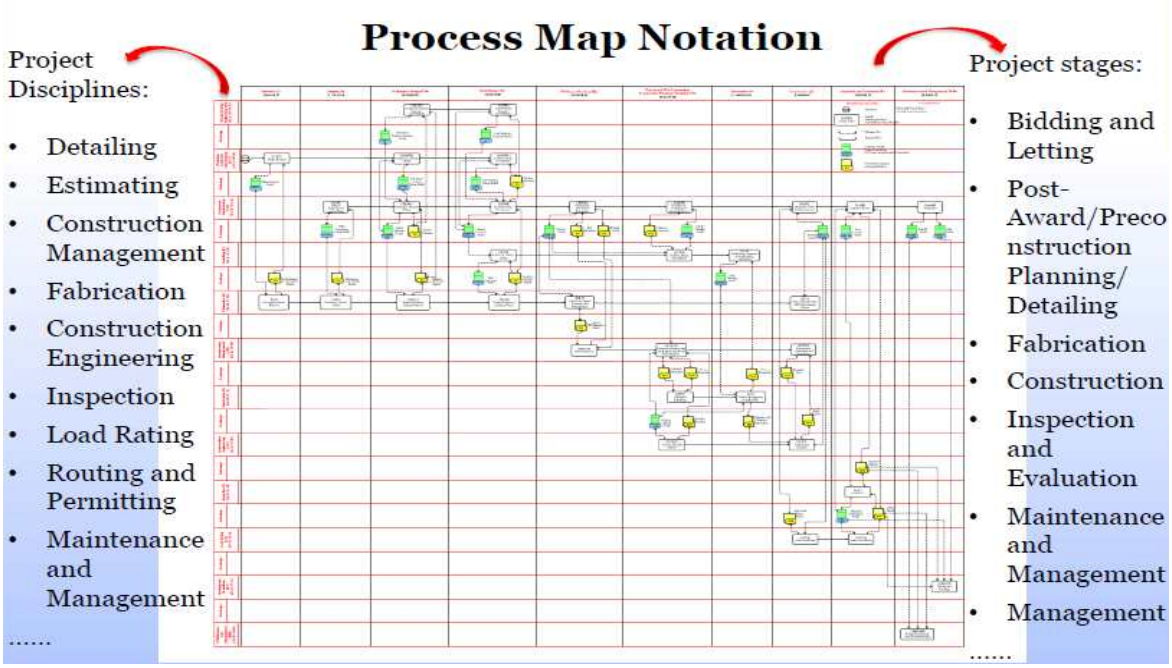


그림 3.23 프로젝트 업무별 단계별 정보 교환 정의

- LOD를 도로, 교량, 터널 등에 대해서 프로젝트 단계별로 표로 제시함. 이때 형상의 수준 뿐 아니라 정보의 범위도 함께 제시함.

3.5 시공단계 공정관리를 위한 객체분할 기준 연구

3.5.1 국내·외 BIM 설계 시 공정관리를 위한 객체분할 자료 조사

4D 공정관리

- 대규모 도로사업의 경우 공정계획 기초 데이터 준비에 1개월 이상이 소요되고, 도로공사의 정식 및 약식 기성신청에 소요되는 인력은 각각 평균 31.67 man-day와 14.52 man-day인 것으로 나타났다. 따라서 연간 정식 기성신청을 4회, 약식 기성신청을 8회 한다고 가정할 때 단위 사업장 당 연간 기성신청에 소요되는 평균 투입공량은 242.84 man-day가 된다. BIM을 활용하면 설계정보와 공정관리 간의 연계가 용이해지며, 공정계획 및 기성관리에 소요되는 비용과 시간을 절감하고 효율적 공사관리의 기반을 마련할 수 있다. 공정을 고려한 분류체계를 기반으로 3D 모델을 생성하고 모델의 각 구성 요소에 공정 관련 정보를 추가하면 시공의 4D 시뮬레이션이 가능해지며 공정관리가 수월해진다. 여기에 대체 공정 부여, 장비 교체 등에 대한 검토 기능이 부여되면 효율적인 4D 시뮬레이션의 활용이 가능함.

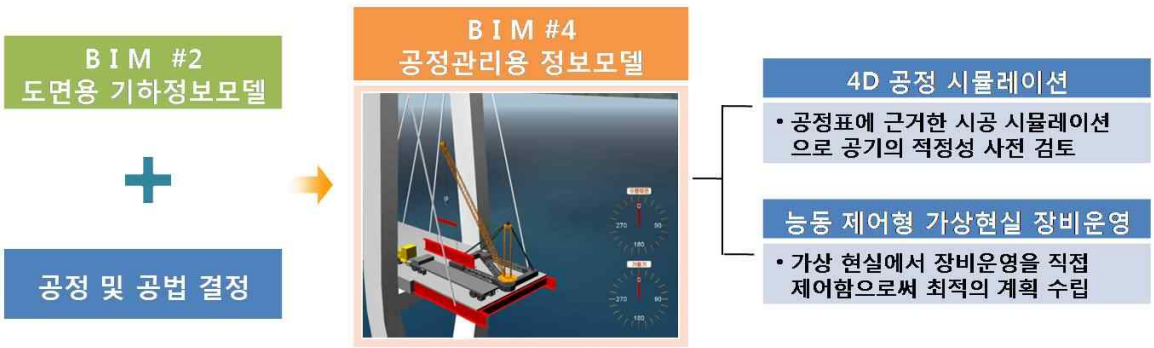


그림 3.24 BIM 4D의 개념도

- 현재 4D 소프트웨어들은 4D를 구현할 때 3차원 모델 객체와 공정관리 소

프트웨어상의 공정들을 수동으로 연결해서 사용하고 있다. 아래 그림과 같이 기존의 테이블 형태의 공정관리표를 대체하여 4D 시뮬레이션을 활용하는 것은 단순한 과정을 거치지만 공정 변경이 발생하는 경우에 능동적으로 변경이 가능하도록 하는 기능이 부여될 필요가 있다. 이는 작업분류체계상의 데이터를 수정함으로써 시뮬레이션 프로그램이 자동으로 이를 반영하여 4D 시뮬레이션을 변경하도록 설정함으로써 가능함.

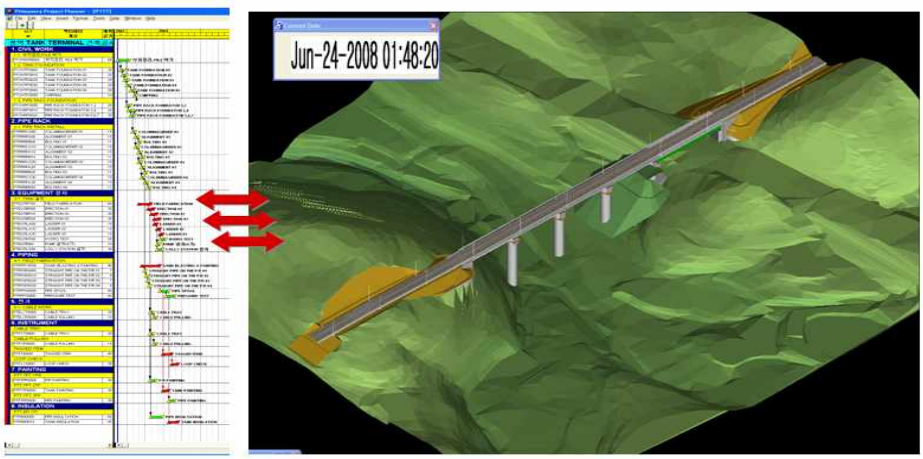


그림 3.25 4D 시뮬레이션 예시도

■ 국내·외 공정관리 수행사례

● 쿠스카 (쿠웨이트 쉐이크 자베르 코즈웨이 건설공사)

쿠웨이트 시티와 자베르 지역을 연결하는 총연장 36.14Km의 해상교량을 가설하는 공사현장에 4D 공정검토를 적용하였다. P6연동을 통한 4D 시뮬레이션 및 주공정 및 부진공정 정보를 3D 정보모델과 연계하여 웹사이트 상에서 공정 정보에 대한 현황을 조회할 수 있고 계획공정의 오류를 검토할 수 있음.



그림 3.26 쿠스카 4D 예시도

● 낙동강 살리기

낙동강 살리기 총 6개공구에 대해 통합 사이트를 구축하였으며 보 시설물의 경우 실제 공정과 연계된 일(Day) 단위로 공정실적의 업데이트가 가능하고, 정상공정 및 부진공정에 대해 색상별로 구별하여 시각적으로 현재일의 공정 진행 현황을 확인 가능하도록 공정을 관리하였음.



그림 3.27 국내 낙동강 4D 활용 예시도

● 해외 사례 (BS Code 1192)

- BS Code 1192 “Collaborative production of architectural, engineering and construction information”은 기술자의 협업시스템에 대해 규정한 설계 지침이나 공정검토를 위한 객체분할 기준은 규정되어 있지는 않으며, 최근에 발주된 카타르 Doha Metro의 Tender Doc.에서도 4D에 대한 구체적인 객체 분

할 지침은 제시되어 있지 않음.

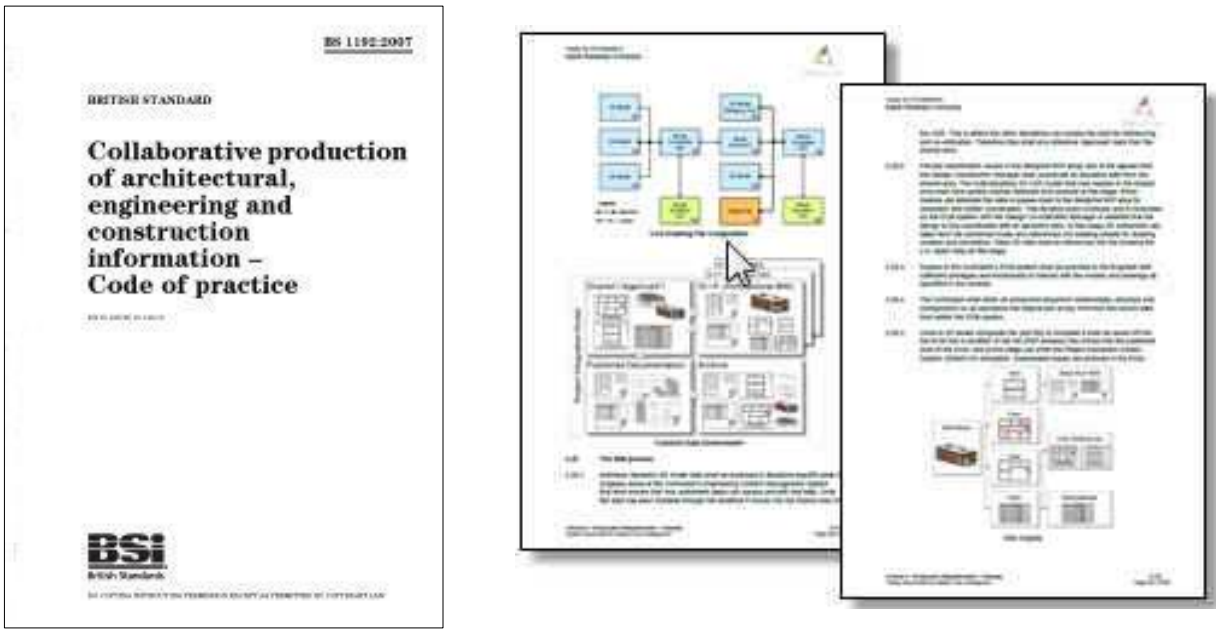


그림 3.28 BS Code 1192 및 해외(카타르) Tender Doc. 사례

● 공정 관리 프로그램과 연계한 4D 공정관리

- 건설공사의 공정관리를 위한 시스템은 대표적으로 잘 알려져 있는 Primavera Project Planner, Microsoft Project를 비롯하여 국내에서 자체 개발된 Nex-Pert, Neo-Plan 등이 있다. 아래 표는 공정관리 상용프로그램의 특징을 비교·분석한 표이다.

표 3.7 공사관리 상용프로그램 비교

제품명	제조사	특징
Primaver Project Planner	Primaver Korea	- 벡텔 등 다국적 기업에서 사용 - 대형 국책사업에서 주로 사용 - 가격이 비싸고 User가 적다
Microsoft Project	Microsoft	- MS Office와 호환 가능하므로 전세계적으로 사용 - 국내 사용 실적이 적다
Nex-Pert	(주)공간 프로테크	- 시장 점유율이 높고(80%) Excel과 호환 가능 - 웹기반 사용시에 추가 비용 발생
Neo-Plan	(주)한과박 Soft	- 가격이 저렴하고 Excel과 호환 가능 - 사용실적이 작다

- 시공현장에서 주로 사용하는 공정관리 프로그램에 3D 정보모델을 연동하여 효율적이고 시각적으로 차별적인 공사관리가 가능하며 아래는 대규모 토목건설현장에서 공정관리 프로그램으로 주로 사용하고 있는 P6 프로그램과 3D 정보모델과 연계한 개념도와 세부 절차가 표현되어 있음.



그림 3.29 P6와 연동된 정보모델 및 연동 세부 절차

3.5.2 해외 관련 동향 조사

Roadmap 관련 표준

(1) 1단계 : 객체 라이브러리 (2011~2012)

- 해당 기준들은 Level 0~1 단계에서 사용되는 데이터의 기준을 명시하고 있으며, 기존 2D CAD 데이터들의 관리 및 해당 규범을 제공하고 있다. 2D 정보에 대한 기호 정의는 BS 8541:2 가 완전히 발간되기 전까지는 정의되지 않고 있었으나, 이 문서가 발간 된 이후로는 일관성 있게 현재까지도 사용되고 있다. 또한 영국에서는 3D 라이브러리와 이에 대한 정의가 없었지만, BS 8541 시리즈의 발간으로 여러 방면에서 이 주제들을 폭넓게 다루고 있음.

(2) 2단계 : Process and Data Management (2012 ~ 2015)

- 2013년 2월에 PAS 1192:2가 발간되고, PAS1192:3는 2014년에 BS 1192:2007을 기반으로 발간되었다. 이처럼 계속적으로 가이드를 수정하고 보완하고 있지만, 새로운 기술과 협업 기술이 계속적으로 시장에 진입하면서 더욱 명확한 가이드라인이 필요해질 것이다. PAS 1192:3의 경우 사용자들의 특성에 따라 각기 다른 내용으로 발간될 필요가 있었기 때문에 “Capital Delivery”와 “Operational Delivery” 두 버전으로 발간되었으며, 두 문서 모두 데이터 관리와 프로세스 관리를 다루고 있다. 이를 계기로 현재의 분류체계와 RIBA 단계에서와 같은 납품체계는 'BIM Task Group'이나 ‘CIC'와 같은 기관의 프로젝트의 기준과 호환될 수 있을 것이다. 또한 이 두 문서는 제품의 전체 라이프 사이클을 다루고 있으며, 각 단계에서의 Open Data Exchange가 정의되었다. 프로세스와 데이터 관리에 관련된 표준을 표 3.7에 정리하였음.

표 3.8 객체 라이브러리 관련 표준

BIM 표준	내용
BS 8541-1: 2012	● Level 0~3 전체를 아우를 수 있는 객체 라이브러리를 정의함.
BS 8541-2: 2011	● BIM에서 2D 기호를 정의하고 그 도면을 dwg, dxf, ifc 형식으로 만듦. ● 이 기준은 Level 0, 1에 특히 적합한 기준들이며, 그 내용이나 과정을 개략적으로 표현함.
BS 8541-3: 2012	● 여러 LOD에서 쓸 수 있는 3D 기호들을 정의함. ● 이는 분석되어 설계된 결과물을 표현하기 위하여 Level 1,2에 특히 적합한 기준들임. ● 또한 객체의 부피, 면적, 사영된 면적, 유효 거리 등과 같은 요소를 포함함.
BS 8541-4: 2012	● Level 2,3 적합한, 정보의 다양한 레벨과 특징을 정의함. ● 위 문서는 시방서, 환경조건, 비용, 사회적 영향등과 같은 다양한 조건들을 명시함.
BS 8541-5: 2014 "Assemblies"	● 조립을 이루는 sub-model들에 대한 타입과 시스템을 공유하며, 이에 따라 명명하고 분류하는 방법을 명시함.
BS 8541-6: 2014 "Product Declarations"	● 제품 선언, 상표, 환경적 조건에 따른 데이터 공유를 다룸. ● 관련된 수치는 각 라이프 사이클 단계마다 정확하게 산출되어야 하며, 이는 IFC, IFD, XML, COBie에 표준 폼으로 제공됨.

표 3.9 Process and Data Management 관련 표준

BIM 표준	내용
Revision of BS 7000:4:1996	● 납품 관리 시스템에 관한 내용으로 프로젝트 데이터에 대한 저반적인 관리 및 조정을 명시한다.
PAS 1192-3	● 자산 정보 모델 (the Asset Information Model, AIM)의 관리와 사용에 대한 지침 제공 ● 납품과 시운전 기간 사이의 데이터 이동 뿐만 아니라, 시설물의 포트폴리오 관리 및 예방 유지 프로그램을 계획하는데 지원하기 위함.
BS 1192-4	● '발주자 정보 요구사항' 이 실행서는 "the COBie-UK-2012 template formats"를 표준화 하고 이를 영국 정부 BIM 팀이 발주자 요구 사항의 실행 매뉴얼로 사용할 것이다.
BS 8541-5	● "Assemblies"
BS 8541-6	● "Product declarations"
BS 8541-7	● "시방서 템플릿"
BS 8541-8	● "설계 엔지니어링" MEP 설계 파라미터 범위 결정

(3) 3단계 : Guidance Documents

- BSI와 연계작업을 통해 부분적으로 발간되고 있으며, 세부적으로 발전되어야 될 부분은 계속해서 수정되고 있다. 또한 점점 복잡해지는 Level에 맞추어 Guide를 표 3.8과 같이 제시하였음.

표 3.10 Guidance Documents 가이드

BIM 가이드	내용
Level 1 "Guide 1"	● A Standard Framework and Guide to BS1192을 발간하여 일정한 형식을 갖춘 기준의 적용에 대하여 명확한 가이드를 제공함.
Level 2 "Guide 2"	● 설계, 데이터 관리, 워크플로우에 대한 가이드를 제시함. ● 필수 사항 및 포함되어야 할 내용들이 정의되며, 관련된 모든 사항은 관련된 ACE, ICE, RIBA와 같은 기관들의 조정에 의해 결정될 것임.
Level 3 "Guide 3"	● 앞의 모든 기술들과 관련 가이드를 바탕으로 웹 서비스로 발전되는 단계이며, 이에 따라서 모든 data들 체계적으로 웹으로 관리됨. ● 현재 영국 정부는 계속해서 Level 3 필수 사항을 수정해 나가고 있으며, 이 로드맵은 관련 시행자들이 이 조건(국내 혹은 국제 기준)을 맞춰 가는지 계속적인 업데이트가 이뤄질 것임.

- 영국의 CAD 표준위원회에서 실용적이고 효과적인 BIM 표준을 적용하는 방안과 설계자들을 위한 BIM 데이터교환에 관한 지침이 'AEC(UK) BIM Protocol'을 통해 발표되었다. 이 표준안은 BIM작업과 후속작업으로 도면을 추출하는데 있어서 고려해야 할 사항들에 대해 설명하고 있으며, B/555 로드맵 작성에 사용된 BS1192:2007, PAS1192-2와 BS8541-1을 바탕으로 작성되었다. 이 표준안에서는 BIM 프로젝트 수행을 위한 역할과 업무에 대해 그림 8과 같이 각각의 역할을 Strategic, Management,

Production으로 나누어 제시하고 있다. 또한 구조, 건축, MEP 모델간의 상호 정보공유에 대한 개념을 그림 9와 같이 표현하고 있으며, 'Shared' 영역을 통해 BIM 프로세스에서 발생되는 정보들을 공유할 수 있게 가이드라인을 제시하였다.

	Strategic						Management				Production	
Role	Corporate Objectives	Research	Process + Workflow	Standards	Implementation	Training	Execution Plan	Model Audit	Model Co-ordination	Content Creation	Modelling	Drawings Production
BIM Manager	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N	N	N	N	N
Coordinator	N	N	N	N	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N
Modeller	N	N	N	N	N	N	N	N	N	Y	Y	Y

그림 3.30 BIM 수행을 위한 역할

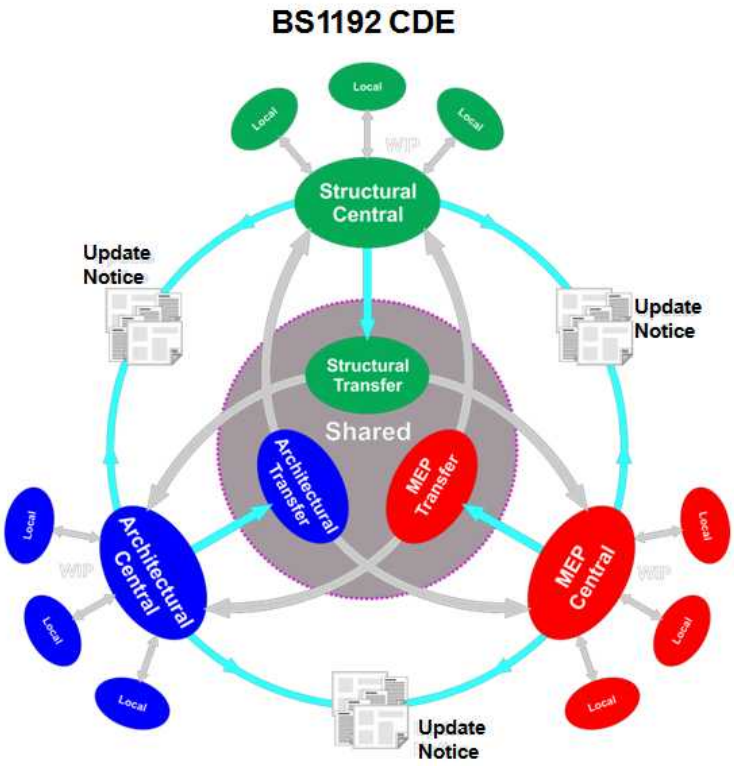


그림 3.31 Common Data Environment(CDE)

인천국제공항 제2여객터미널 연결철도 건설공사 BIM 작성기준 분석

- 국내에서 최근에 발주된 입찰안내서에서의 BIM 작성기준을 다음과 같이 분석하였음.

1. BIM 공종 분류체계

BIM모델을 건축/토목으로 나누어 작성 하도록 제시하고 있음. 각각의 공종은 부위별로 구분하도록 되어 있으며 BIM모델 작성기준 분류는 다음과 같음

1.1 건축분야

1) 구조-파일기초, 기초판, 기둥, 벽체, 보, 슬래브, 계단, 램프, 트러스, 브레이스
2) 건축(내부)-비내력벽, 비내력벽 중 유리칸막이, 바닥마감, 천장, 난간, 엘리베이터, 에스컬레이터, 무빙워크, 문
3) 건축(외부)-커튼월, 기타외벽, 지붕
4) BHS
5) 기계-덕트, 배관
6) 전기-케이블 트레이, 케이블 덕트
7) 소방-덕트, 배관
8) 대지-대지, 녹지, 도로포장, Pad

1.2 토목분야

1) 노반 및 궤도 구조물-파일기초, 벽체, 보, 슬래브, 계단, 램프
2) 노반 중 가시설-보안울타리, 도로
3) 대지-토목, 조경

2. BIM 객체별 상세수준 (LOD)

상세수준 작성 원칙은 부위단위로 구분하며 BIM 소프트웨어의 해당 객체의 작성기능을 사용함. 필요시 협의를 통해 입력할 속성정보의 항목을 추가할 수 있음

상세수준 분류는 다음과 같음

1 단계-객체의 대략적인 크기를 파악할 수 있는 수준, 직육면체 형태 가능
2 단계-객체의 대략적인 크기와 형상을 파악할 수 있는 수준
3 단계-객체의 정확한 치수가 반영된 수준
4 단계-객체의 정확한 치수와 재료가 표현된 수준

3. BIM 테이터 작성 기준

3.1 일반원칙

- 모든 부위객체는 건물의 부위단위로 구분하여 작성한다. (예: 기둥과 보를 합쳐서 하나의 객체로 작성하지 않음)
- 모든 객체는 BIM 소프트웨어의 해당 객체의 작성기능을 사용함(예: 기둥은

반드시 기둥 작성기능으로 작성)을 원칙으로 한다.
- BIM 소프트웨어의 해당 부재의 BIM객체 작성에 제약이 있는 경우 범용객체(Generic Object)로 작성하고 그 속성에 의하여 해당 부위를 정의한다.
- 모든 객체는 다음의 BIM 속성정보 입력기준에 따라 속성정보를 입력한다. (공사와의 협의를 통해 입력할 속성정보의 항목을 추가할 수 있다.)

■ BIM 속성정보(매개변수) 항목

설계계약 패키지 번호, 시공계약 패키지 번호, 사업단계
시설분류체계, 레벨분류, 주요 치수

- 모든 객체는 타 객체와 간섭 및 중첩이 발생하지 않도록 작성한다.
- 단위는 밀리미터(mm)단위를 사용한다.
- 각 부위객체의 치수는 사실과 다르게 임의로 조정하지 않는다.
- 각 객체는 층 단위로 작성함을 원칙으로 한다. 여러 층에 걸치는 경우, 층 단위로 구분하여 작성하고, 층 단위의 구분이 곤란할 경우 최하층에 종속되도록 작성한다.
- 상세수준은 건물 전체에 동일하게 적용한다. 단, 공사와 협의된 경우에 한하여 부분적으로 상세수준을 다르게 적용할 수 있다.
- 각 부위객체 작성 시 상세수준은 다음의 BIM객체별 상세수준기준이며, 사업부서에서 결정한 BIM데이터의 활용 목적에 따른 상세수준을 결정하여 따른다.
- 각 파일은 진북방향을 기준으로 하고 N/S: 20,000,000, E/W: 50,000,000, Elev: 0.0인 점을 공유좌표로 사용한다.
- 각 파일 혹은 취합된 파일에 해당 시설에 대한 다음의 정보를 입력한다.

발주처, 용역명, 제출날짜, 개정번호

- 각 파일은 Workset, Layer등을 통해 레벨, 객체의 종류 등을 포함한 특정 기준으로 구분할 수 있도록 한다.

3.2 세부작성기준 (건축)

건축구조 및 기계,설비 등 대표적 건축 공종으로 분듀되어 있으며 각각의 공종은 BIM 모델로 표현 할 수 있는 부위별 객체로 세분화 되어 있음

3.2.1 구조

대상	객체	기준	상세수준
파일기초	Structural Foundation	-정착길이는 인터페이스 구조체의 최하단 레벨을 초과하여 작성 -기초판과 구분하여 작성	3
기초판	Structural Foundation	-파일기초와 구분하여 작성	4
기둥	Structural Column	-작성 높이 최하층: 기초상단~위층의 SL 기타층: 해당층의 SL~위층의 SL 최상층: 해당층의 SL~지붕구조물 상단) -철골기둥 형태에 따라 3D 프로그램을 사용하여 작성 한 후 Revit Data로 삽입할 수 있다	4
벽체	Structural Wall	- 작성 높이 최하층: 기초상단~위층의 구조물의 하단 기타층: 해당층의 SL~위층의 구조물의 하단 최상층: 해당층의 SL~지붕구조물의 하단)	4
보	Structural Framing or Structural Beam System	-작성 높이: 해당층 혹은 해당 부위의 SL -단차 표현 -기둥과 기둥 사이 단위로 작성	4
슬래브	Structural Floor	- 작성 높이: 해당층 혹은 해당 부위의 SL -단차 표현(단차가 난 슬래브 사이가 비지 않도록 작성)	4
계단	Stair	-작성 층: 계단이 시작하는 층	4
램프	Ramp or Structural Floor	-작성 층: 램프가 시작하는 층	4
트러스	Structure Truss or Structural Framing	- 작성 높이: 해당층 혹은 해당 부위의 SL	4
브레이스	Structure Brace	-설치 포인트 준수	4

3.2.2 건축(내부)

대상	객체	기준	상세 수준
비내력벽	Wall	-유리재료와 구분되는 재료로 표현 -작성 높이 하단부: 해당층 혹은 단차가 나는 경우 해당 부위의 FL 혹은 SL 중 각 부분에 맞는 레벨 상단부: 천장재까지 혹은 상부층의 구조부재 하단 중 각 부분에 맞는 레벨)	3
비내력벽 중 유리칸막이	Wall or Curtain Wall or Curtain Wall System	-유리 재료 표현 -작성 높이 하단부: 해당층 혹은 단차가 나는 경우 해당 부위의 FL 혹은 SL 중 각 부분에 맞는 레벨 상단부: 천장재까지 혹은 상부층의 구조부재 하단 중 각 부분에 맞는 레벨) -Curtain Wall 혹은 Curtain Wall System으로 작성한 벽에 있는 창문과 문은 Curtain Wall Panel로 작성	4
바닥마감	Floor	-마감의 총 두께 표현 -작성 높이: 해당층 혹은 해당 부위의 FL에 바닥마감 객체의 상부를 맞춤 -같은 높이에서 같은 상세번호를 가진 바닥마감은 하나의 객체로 표현 가능	3
천장	Ceiling	-형태, 천장고 표현	3
난간	Railing	-Open 부위 주변만 작성 -개략적인 형태 표현	2
엘리베이터	Door	-엘리베이터 도어만 작성 -폭, 높이 표현	3
에스컬레이터	Generic Model	- 작성 층: 에스컬레이터가 시작하는 층	2
무빙워크	Generic Model	-형태, 크기 표현	2
문	Door	-외여닫이, 쌍여닫이 여부 표현 -벽에 소속하도록 작성	2

3.2.3 건축(외부)

대상	객체	기준	상세 수준
커튼월	Curtain Wall or Curtain Wall System	-유리와 패널의 재료구분 -여러 층에 걸쳐 계획된 경우 최하층에서 작성 -커튼월에 속해 있는 창문, 그릴, 문은 Curtain Wall Panel로 작성할 수 있음.	3 또는 4
기타 외벽	Wall	-유리와 패널의 재료구분 -여러 층에 걸쳐 계획된 경우 최하층에서 작성	3 또는 4
지붕	Roof	-형태 표현 -유리와 패널의 재료구분 -Curtian Wall System으로 작성한 객체에 속해 있는 창문은 Curtain Wall로 작성할 수 있음.	3 또는 4

3.2.4 기계

대상	객체	기준	상세 수준
덕트관련	덕트	-너비 600mm 이상의 덕트 작성 -형태, 크기, 용도 표현 -여러 층에 걸쳐 계획된 경우 최하층에서 작성	3
배관관련	배관	-직경 100mm 이상의 배관 작성 -형태, 크기, 용도 표현 -여러 층에 걸쳐 계획된 경우 최하층에서 작성	3

3.2.5 전기

대상	객체	기준	상세 수준
관로 관련 (통신 포함)	케이블 트레이	-여러 층에 걸쳐 계획된 경우 최하층에서 작성	3
	케이블 덕트	-여러 층에 걸쳐 계획된 경우 최하층에서 작성	3

3.2.6 소방(기계)

대상	객체	기준	상세 수준
덕트 관련	덕트	-너비 600mm 이상의 덕트 작성 -여러 층에 걸쳐 계획된 경우 최하층에서 작성	3
배관 관련	배관	-직경 100mm 이상의 배관작성 -형태, 크기, 용도 표현 -여러 층에 걸쳐 계획된 경우 최하층에서 작성	3

3.2.7 소방(전기)

대상	객체	기준	상세 수준
배관 관련	배관	-직경 50mm 이상의 배관작성 -형태, 크기, 용도 표현 -여러 층에 걸쳐 계획된 경우 최하층에서 작성	3

3.2.8 대지

대상	객체	기준	상세 수준
대지	Toposurface	-형태, 크기, 높이 표현	2
녹지, 도로,포장	Subregion	-형태, 크기, 높이 표현 -각각을 색상으로 구분	1
Pad	Pad	-건물의 하부 구조물의 높이에 따라 작성	1

3.3 세부작성기준(토목)

건축의 자세한 부위별 분류체계(기초, 기둥, 슬라브 등)에 비해 해당 공사의 객체(박스, 집수정 등)만으로 분류되어 있음

3.3.1 노반 및 궤도 구조물, 가시설

대상	객체	상세 수준
T1~T2 연결철도 시점부(T1 종점부, A/S 통과 하부구간) : 기존구조물 개량구간	-기존구조물: 개량 후 구조물 -개량구조물: BOX 구조물, BOX 내 신설 벽체, 파일 -보강구조물: 강관, 슬래브관, 갤러리관	3
제3활주로 통과구간 : 쉴드 TBM 터널	-발진 및 도달구, 도달 및 발진구, 갱문, 쉴드TBM터널 세그먼트, 횡갱	3
T2 정거장 지축구간 : T2역 시점부, 종점부, Wing 통과구간	-구조물: 개착 BOX 구조물, 파일 -부속시설: 환기구, 집수정, 공동구	3
그 외 구간	-구조물: 노반, U-type 구조물, BOX 구조물 -부속시설: 배수구조물, 공동관로 구조물, 계단 및 계단 구조물, 공동구, U형수로, 흄관, 집수정	1

3.3.2 노반 중 가시설

대상	객체	상세 수준
보안울타리	-영구보안울타리 -공사용보안울타리	2
도로	-공사용 가도 -공사중 우회도로	2

3.3.3 대지

대상	객체	상세 수준
토목	-노반 중 토공 부분	1
조경	-녹지, 포장	1

4.재료에 따른 시각적 분류

재료 속성을 지정할 수 있는 부위객체의 경우 구조재료와 건축재료로 분류되어 있으며 재료의 명칭칭과 표현 방법은 Autodesk사 Revit 프로그램 기능을 사용함

4.1 구조재료의 표현

재료명	Revit 재료명	Shading RGB	Transparency	Surface Pattern		Cut Pattern	
				Pattern	RGB	Pattern	RGB
콘크리트	Concrete	192-192-192	0	Concrete	0-0-0	Concrete	0-0-0
철골	Steel	247-247-247	0	none		Steel	0-0-0

4.2 건축 재료의 표현

재료의 명칭	Plain Concrete, Tile and Sheet, Paint, Stone, Wood, Metal, Cement, Glass, P.V.C, Tex	
표현값	Shading	Color
		Transparency
	Surface Pattern	Pattern
		Color
	Cut Pattern	Pattern
		Color

해외 BIM 발주서 분석

(1) 카타르 사례

- 발주서의 BIM 관련 표준은 BS1192에 따르도록 규정하고 있고 Master Document Index를 아래와 같이 구성하도록 하고 있다.

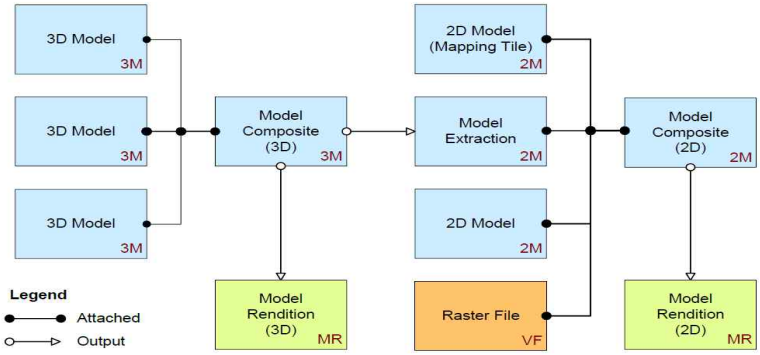
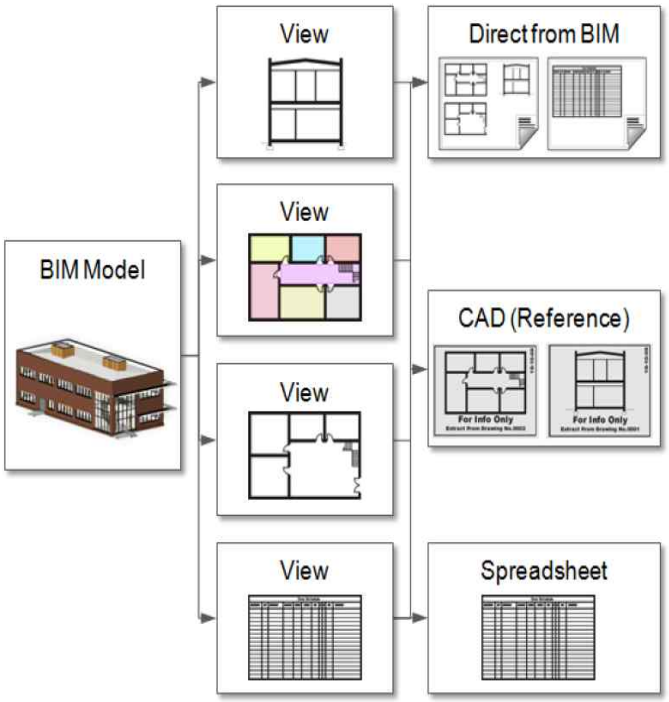


그림 3.32 캐드 도면 파일 구성

- 개별적인 3차원 모델은 각 부분별로 생성하고 데이터가 검증 절차를 거치면 CDE상의 공유 영역으로 옮겨져서 다른 분야에서 접근가능하도록 한다. 조정 작업이 이루어지게 된다.
- 주요 조정 작업은 Design Coordination Manager가 정해진 시간에 공유 영역에서 모든 분야에서 온 데이터들을 조정하는 곳에서 이루어진다. 여러 분야의 3차원 캐드 모델로부터 공간적인 간섭검토가 수행되고 그 결과는 다시 개별 분야별 팀에게 전해져서 해결책을 찾도록 한다. 모든 수정작업이 완료되어 Design Coordination Manager가 만족한 수준이 되면 이 모델로부터 2차원 도면이 추출된다.
- Contractor는 ECM 시스템내의 원본 데이터로부터 언제나 원본 플롯을 재생산할 수 있도록 모든 문서 관계, 구조와 구성을 보관한다.
- 일단 2차원 모델 구성 파일이 완성되면 PDF 파일 형태로 변환되어 ECM 내의 공유 공간으로 이동한다.



BIM Outputs

- CDE에서 모델과 도면의 승인 절차는 위임된다. 모든 승인된 하드카피 도면에 수기 서명이 있어야 한다는 요구사항이 있다면 Originator's responsible engineer / Architect and Originators' Project Manager의 서명이 있어야 한다.
- Contractor는 전체 Work package에서 단일 CAD/BIM 응용 플랫폼을 지정할 수 있다. ECM 시스템은 응용 프로그램과 서버의 접근을 관리하고 CAD 도면과 BIM 모델 파일의 중앙저장소 역할을 할 수 있다. ECM내에서 버전, 접근, 업무절차 관리를 한다. 이 체계가 CDE이다.
- 지정된 데이터 제출 (data drop)은 초기, 설계단계 1, 최종, 설계단계 2, 준공으로 구분될 수 있고 캐드 데이터는 이 제출시기에 전자적이고 직접적으로 이루어져야 한다. 즉, 데이터베이스에서 데이터베이스로
- 소프트카피 형태의 성과물 제출은 2차원 도면은 CAD plot 구성파일, 관련된 모든 참조관계, 2차원 PDF를 포함해야 한다. 3차원 객체는 캐드 모델, DTM, 선형 및 조사 파일 등이 있고 3차원 캐드파일이나 3D PDF로 제출될 수 있다.

- 객체 데이터에 속성이 포함된다면 원본 파일 포맷과 IFC 검증을 함께 제출한다.
- 캐드 파일의 변환은 허용되지 않는다.
- Seed/Base/Template File Settings: Global origin, Working Units, base units of measurement, drawing accuracy, file resolution, read out accuracy text settings 등을 공통으로 지정한다.

(2) 싱가포르 창이공항 발주서

- BIM 발주서에 BIM 도입의 목표를 명확하게 제시하였고 이에 따른 BIM 활용 목적을 구체적으로 제시하였다.

▪ **발주서 목차**

a) Service Providers Requirements
b) BIM Format
c) BIM Execution Plan
d) BIM Model Content
e) Level of Details
f) BIM Parameters
g) Quality Controls
h) Project Reviews
i) Milestone and Deliverable
j) Submittal Requirements
k) Folders Structure and File Naming Convention

▪ **BIM 목표**

- 공항 설계 정보의 품질과 효율성 증대
- 공항의 생애주기 비용 절감을 위한 지속가능한 설계 지원
- 견적과 예산 산정의 정확성 증대
- 작업 효율성을 높일 수 있는 O&M을 위한 디지털 데이터 개선
- 더 나은 의사결정을 위한 프로젝트 정보의 투명성 개선
- 기존 플랫폼과 BIM을 결합한 자산 관리 체계의 개선
- 지속가능한 설계 개념을 이용한 시설물 성능 개선
- 프로젝트 초기부터 완성시까지 모든 참여주체들 사이의 협업 환경 제공
- 설계와 시공 절차의 전반적인 효율성 증진

▪ **BIM 활용 목적**

- 3차원 모델링과 BIM의 변수 특성을 이용한 프로젝트 문서들의 조정 작업

- 시공 과정에서 설계 의도를 조정하고 수행할 수 있도록 해서 설계 변경을 최소화하고 시스템 조정 작업 개선
- 설계에서 시공으로의 전환을 개선해서 가상으로 시공 과정을 시뮬레이션하여 현장에서의 간섭 회피
- 시설물 생애주기 비용과 좀 더 정확한 프로젝트 예산 산출
- 준공 BIM 모델을 공항 정보관리 시스템과 연계
- 준공 정보를 시설물 관리 도구 및 소프트웨어에 연계
- 설계변수, 준공 내용, 공급자 및 기술 사양서 등을 포함한 프로젝트 기간에 걸친 BIM 모델의 생성, 개발, 제출
- 설계 시공 단계에서 모든 참여자들이 협업할 수 있도록 BIM의 사용을 일반화
- 설계와 시공 절차의 효율성 개선
- 설계 BIM 모델을 모든 설계 조정작업에 활용

▪ **일반적인 요구사항**

- 설계자와 시공자는 이 발주서와 함께 싱가포르 BIM 가이드라인 Version 2에 따라야 한다.
- 설계자와 시공자는 BIM Manager와 함께 조정작업을 수행할 BIM Coordinator를 지정해야 한다.
- 설계자와 시공자는 BIM 모델로부터 직접 추출된 데이터로 프로젝트에서의 의사소통과 협업을 수행해야 한다.

▪ **BIM 절차 요구사항**

계약자 요구사항

- 설계자와 시공자는 BIM 요구사항들을 적절하게 만족시켜야 한다.
- 설계자와 시공자는 이 발주서를 따라야 하고 예외적인 부분들은 승인을 받아야 하고 그 사항들은 BEP에 명확하게 정의해야 한다.
- 설계자와 시공자는 BEP가 이 프로젝트의 BIM 목적에 부합하도록 해야 한다.
- 시설물 관리 목적으로 설계자와 시공자는 설계에서 시공 단계의 BIM으로부터 COBie 데이터 입력을 조정해서 해야 한다.

BIM 포맷 요구사항

- 서로 다른 부분들은 복수의 BIM 플랫폼을 사용할 수 있다고 가정한다. 사용되는 툴들의 리스트는 제출되어야 하고 BEP에 포함되어야 한다.
- 프로젝트 모델 데이터는 모델에 직접 저장되거나 외부 데이터베이스에 저장될 수 있다. 데이터가 외부에 저장될 때는 모델에 연결되어 있어야 하고 수동으로 입력되는 것은 허용되지 않는다. 설계자나 시공자는 그렇지 않을 경우에는 승인을 받아야 한다. 외부 데이터베이스는 모델과 연동하기 위한 주요 변수들을 갖고 있어야 한다.
- BIM 솔루션들은 IFC Coordination View (2x3 이상)에서 검증된 것이어야 하고 아래 사이트에서 그 리스트를 확인할 수 있다.

http://www.buildingsmart-tech.org/certification/ifc-certification-2.0/ifc2x3-cv-v2.0-certification/participants

- 설계자와 시공자는 BIM 모델을 활용해서 수량, 해석, 시뮬레이션, 공정관리 목적의 모델로부터 데이터를 추출할 뿐 아니라 정확한 설계도서와 시공 도서를 생성해야 한다.
- 시설물 관리 목적으로 설계자와 시공자는 CAG가 선택한 시설물 관리 소프트웨어에 의한 교환 데이터 포맷으로 BIM 모델과 COBie 포맷에 입력 시설물 데이터를 사용해야 한다.
- 모든 프로젝트에서 기존 현황에 대한 모델링은 CAG에 의해 제공된 준공 정보에 기반해서 생성되어야 한다. 현장에서 조사하거나 레이저 스캐닝을 통해 정확도가 검증될 수 있다.

▪ **BEP 요구사항**

설계를 위한 BEP

- 설계 시작 전에 설계자는 BEP를 제출해야 하는데 설계, 해석, 시뮬레이션, 견적을 위한 BIM의 활용 가능성을 포함해야 한다. BEP에는 프로젝트 BIM 모델을 생성하는데 사용되는 기술을 설명해야 하는데 모든 설계 단계에서 설계, 조정, 문서화와 협업을 포함한다.
- BEP는 BIM을 설계, 간섭 관리, 설계 변경 이력 등에 활용하는 것을 설명하고 BIM 모델과 시설물 데이터를 CAG에 제출하는 것도 포함해야 한다.
- BEP는 어떻게 BIM 데이터가 모든 프로젝트 설계와 팀 구성원들에 의해 관리되고 연동될 것인지를 정의해야 한다. (데이터 저장, 공유, 시각화, 품질 관리, 업데이트)
- BEP를 승인한 후 30일 이내에 초기 설계 단계에서 시행해보고 BEP가 BIM을 통해 업무 절차를 제대로 하는지 확인해야 한다. 변경이 필요하면 승인을 위해 최종 BEP를 제출해야 한다.

시공을 위한 BEP

- 시공을 시작하기 전에 시공자는 BEP를 제출해야 하는데 시공, 제작, 견적, 공정관리를 위해 BIM을 활용할 수 있는지를 포함해야 한다. BEP는 준공 BIM 모델을 생성하기 위해 선택된 기술과 소프트웨어를 설명해야 한다.
- CAG는 BEP 승인여부를 결정하고 필요하면 추가적인 절차와 활동을 요구할 수 있다. 시공 시작 회의 전에 시공자는 시공을 위한 BIM, 제작을 위한 BIM, 견적을 위한 BIM, 공정관리를 위한 BIM을 포함한 실행 기술을 제시해야 한다. BEP는 준공 모델, 생산, 조정, 시공, 제작, 문서화, 협업을 위한 BIM 모델 작성에 채택된 소프트웨어와 기술들을 설명해야 한다.
- BEP는 BIM을 설계, 시공단계에서 가치 관리, 인터페이스 관리, 설계 변경 이력 등에 활용하는 것을 설명하고 프로젝트 진행과정과 완공시에 BIM 모델과 시설물 데이터를 CAG에 제출하는 것도 포함해야 한다.
- BEP는 어떻게 BIM 데이터가 모든 프로젝트 팀 구성원들에 의해 관리되고 연동될

것인지를 정의해야 한다. (데이터 저장, 공유, 시각화, 품질 관리, 업데이트)
BEP를 승인한 후 30일 이내에 초기 시공 단계에서 시행해보고 BEP가 BIM을 통해 업무 절차를 제대로 하는지 확인해야 한다. 변경이 필요하면 승인을 위해 최종 BEP를 제출해야 한다.

▪ **BIM 모델 내용 요구사항**

건축
- 건축 시스템 BIM 모델은 각 요소별로 LOD가 다를 수 있지만 1:50 축적에 포함되는 모든 객체를 최소한 포함해야 한다.

구조
- 구조 시스템 BIM 모델은 각 요소별로 LOD가 다를 수 있지만 1:50 축적에 포함되는 모든 객체를 최소한 포함해야 한다.

ACMV / MEP / Fire protection / 전기 / 특수시스템

토목
- 토목 BIM 모델은 각 요소별로 LOD가 다를 수 있지만 1:1200 축적에 포함되는 모든 객체를 최소한 포함해야 한다.

기존 현황에 대한 BIM 모델
- 기존 현황에 대한 BIM 모델은 준공단계에서의 LOD에 따라 모델링되어야 한다. 경우에 따라 일반적인 매스 형태로 모델링될 수 있다.

Level of details
- 프로젝트의 모든 요소들은 프로젝트 단계별로 제시된 LOD에 따라 모델링되어야 한다. (싱가포르 BIM 가이드라인 Version 2)
- 설계자와 시공자는 필요한 경우에 규정된 것보다 낮은 수준의 상세를 갖는 모델에 대해 CAG에 승인을 요청할 수 있다.

BIM 변수 요구사항
프로젝트 변수, 공간 변수, 장비 변수, 특별시스템 변수

품질 관리
모델 표준 검토
- 프로젝트 시설물 데이터 세트가 정의되지 않거나 부정확 혹은 중복요소가 없는지 확인해야 한다. 준수하지 않은 요소들은 보고해야 하고 승인을 득해야 한다.

캐드 표준 검토
- BIM 모델에서 추출된 어떤 캐드 도면도 품질 검토를 해야 하는데 폰트, 치수, 선

형태, 레벨 등이다.

▪ BIM 모델 검토 리스트

BIM 모델 검증 체크리스트는 BEP에 문서화되어 있어야 한다.

Table K1 – Checklist for model preparation prior validation

Update Project Information	
Check model file name conforms to Standards	☐
Review and fix all warning messages where possible	☐
Check that all families conform to Standard naming conventions	☐
Check Line Styles conform to Standard naming conventions	☐
Check that all COBie parameter content is in the correct information input to Standards	☐
Check model is correctly assembled through visual inspection	☐
Update Model Matrix if required	☐
Update revision on Splash Sheet	☐
Update Project Information	☐

Table K2 – Checklist for model validation

Update Project Information	
Open Central file with Detached from Central and Audit selected	☐
Remove non transmittal linked-in files	☐
Remove all non-required Views / Legends / Schedules / Sheets / Images	☐
Remove unwanted Design Options	☐
Purge model (repeat process three times as materials are only removed after the parent object has been removed)	☐
All files should be saved at the respective file folder according to BEP standards that according to the agreement contract as the note down within CAG to consultant.	☐

Table K3 – BIM Model Quality Checklist (LOD 300)

Architecture	
• Ceilings	
○ Ceiling heights	☐
○ Ceiling Ppattern	☐
• Columns [arch columns]	
○ Column finishes	☐
○ Column heights and size	☐
○ Column levels	☐
• Curtain panel by pattern	
○ Curtain wall systems	☐
○ Panel sizes	☐
○ Mullion sizes and design	☐
• Detail components	
○ Detail design components	☐

▪ 프로젝트 검토 (Project Review)

설계검토

– 설계자는 제안된 주기에 CAG와 함께 BIM 모델의 조정과 이를 활용해서 설계 의도, 물량, 견적을 BIM 모델로 검토할 수 있다. 최소의 모델 검토는 다음을 포함한다.

시각적 검토 : 설계의도가 잘 반영되었는지와 BIM 모델에서 의도하지 않은 요소가 없는지를 검토

간섭 관리 검토 : BIM 모델에서 두 개의 요소가 같은 공간을 차지하는 공간 데이

터의 충돌을 검토하고 간격이 부족한 soft interference에 대해서도 보고서로 제출하고 해소해야 한다.

IFC 조정 뷰 : 모든 제출 성과물에 대해서 IFC 포맷에서의 뷰를 제공하고 IFC를 지원하는 요소들에 대한 속성 데이터 추출을 제공

Program for Design (PFD) 검증 검토 : 계약상의 PFD와 실제 설계 PFD의 비교, 비교는 모델 플랫폼 내에서 혹은 외부의 프로젝트 검토 프로그램에 의해 수행가능하다. 검증 보고서는 허용치를 초과한 모든 부분에 대해 작성되어야 한다.

전체 면적 표 계산: 설계자는 Gross Floor Area (GFA)를 모델에서 자동으로 계산하여 보고서로 제출하고 승인을 받아야 한다.

물량 및 견적 : 설계자는 BIM 저작 도구로부터 혹은 외부의 견적 소프트웨어에 연계하여 물량을 산정하는데 수작업은 없거나 최소화해야 한다.

지속가능한 설계 : 설계자에 의해 지속가능한 설계가 규정되어 있으면 BIM 모델로부터 수작업이 없이 혹은 최소한으로 해서 형상과 데이터를 추출해서 관련 소프트웨어에서 수행되도록 해야 한다.

line of sight : 보안, 안전 혹은 다른 상황에 대해서 시야가 확보되는지에 대한 시각적 검토를 BIM 모델로 할 수 있다.

시공 검토

- 시공사는 pre-construction과 시공 검토를 주어진 기간에 할 수 있는데 BIM 모델의 조정도 하고 이를 통해 시공계획을 시공성, 공정, 물량, 견적, 안전문제에 대해 검토할 수 있다. 검토되는 BIM 모델은 CAG에 제공된 실제 성과물과 연계되어야 한다.

시각적 검토: 설계의도와 의도하지 않은 모델의 존재 여부 검토

간섭 관리 검토 : BIM 모델에서 동일 공간을 동시에 차지하는 두 개 요소들이 있는지 공간 데이터 검토, hard interference/soft interference

IFC 조정 뷰 : 모든 제출 성과물에 대해서 IFC 포맷에서의 뷰를 제공하고 IFC를 지원하는 요소들에 대한 속성 데이터 추출을 제공

물량 및 견적 : 시공사는 BIM 저작 도구로부터 혹은 외부의 견적 소프트웨어에 연계하여 물량을 산정하는데 수작업은 없거나 최소화해야 한다.

지속가능한 설계 : 계약에 의해 지속가능한 설계가 규정되어 있으면 BIM 모델로부터 수작업이 없이 혹은 최소한으로 해서 형상과 데이터를 추출해서 관련 소프트웨어에서 수행되도록 해야 한다.

공정 : 시공사는 BIM 모델 형상과 저작도구 소프트웨어 내의 데이터를 활용해서 공정 검토를 할 수 있고 외부의 공정관리 소프트웨어로 모델을 추출하여 가능한 공사 관련 이슈들을 검토할 수 있다.

공사중 안전: 시공사는 BIM 모델을 활용하여 발생가능한 위험을 파악하고 이에 대한 안전 관리 절차를 제시해야 한다.

성과물 제출 : 프로젝트 팀은 BEP에 BIM 관련 성과물을 제출하기 우한 수단, 방법, 구성원을 지정해야 한다.

▪ **성과물 요구사항 / 데이터의 소유권 및 권한**

(3) BIM 모델링 표준, 방법 및 절차

- BIM 발주서에 제시된 부록으로 계약자가 구체적으로 따라야 하는 방법론을 기술하였는데 이를 요약하면 아래와 같다.

1.1 목적

이 가이드라인은 계약에 의해 수행되는 프로젝트의 CAD, GIS, BIM의 표준, 방법 및 절차를 설명한다. 특정 work package를 위한 SMPs를 만들기 위해 참조할 수 있고 EDMS 시스템에서 PDF 문서의 배포에 ECM 시스템으로부터 출력이 입력으로 사용될 수 있다. 이 가이드라인은 협업을 위해 분할된 절차와 특정 파일 및 모델 명칭체계를 활용하여 CAD, GIS, BIM 시스템에 의해 생성되는 설계정보의 생산, 배포, 품질을 관리하기 위한 방법론을 수립한다.

1.2 범위

BIM SMP는 성공적인 BIM 기반의 협업이 가능하도록 하기 위해 필요한 역할과 책임사항들을 다룬다. CDE는 여러 분야의 환경에서 건설정보를 공유하기 위한 관리와 구조를 갖는다.

1.3 정의

1.4 책임사항

1.4.1 The Engineer's BIM Manager
- BIM 요구사항의 정의
- 프로젝트의 설계 및 시공단계에서 엔지니어링 및 사업적 요구사항을 만족할 수 있는 BIM 절차 확인
- 프로젝트의 설계 및 시공단계에서 엔지니어링 요구사항을 맑고하도록 정의된 데이터 스키마 확인
- BIM 적용에 있어 가장 최선의 실무가 적용되도록 하고 설계와 준공 데이터가 운영 데이터로 전환되도록 확인

1.4.2 The Engineer's BIM Coordinator
- 계약자에 의해 정의된 BIM 절차가 효과적으로 적용되고 활용되도록 확인
- 계약자에 의해 제출된 BIM 계획이 프로젝트의 특정부분에 대한 엔지니어링 요구사항에 부합하는지 검증
- 설계와 시공 단계에서 계약자에 의해 정의된 엔지니어링 측면의 이익들이 BIM 절차에 의해 수행되는지 확인

1.4.3 계약자 (혹은 시공자)
- 계약에 의해 수행되는 모든 과업들에 요구되는 설계, 시공 데이터와 정보에 대한 구조화된 BIM 방식을 BS1192에 따라 제공

- 발주자의 요구사항을 만족하거나 그 이상의 성과를 도출하도록 협업 3차원 객체 기반의 CDE 내에서 모든 분야의 통합, 조정, 해결 절차가 이루어지도록 제공
- CDE 내에서 다분야 객체 데이터의 공유가 일관성이 있도록 어떤 소프트웨어를 사용해도 전체 프로젝트에 걸쳐 단일 소프트웨어 혹은 하드웨어 플랫폼을 제공해야 하고 데이터는 형상과 객체 속성을 포함한다.
- 중첩되는 모든 영역에서 원활한 통합이 이루어지도록 다른 프로젝트 패키지들 사이의 어떤 인터페이스에서도 절차를 포함하여 소프트웨어와 하드웨어 플랫폼간의 상호 연동성을 제공
- Engineering Content Management System (ECM)은 BS1192에서 제시된 것과 일치하도록 CDE 업무 절차를 제공
- the Engineer가 ECM에 접근하도록 제공
- 구조화된 데이터 세트가 다음 단계에 제공
  I. Detailed design stage 1;
  ii. Detailed design stage 2;
  iii. As-built drawings
- 데이터 세트는 모든 출력 파일과 이와 관련된 참고자료, 모든 모델과 이와 관련된 참고자료, 모든 연관 객체와 속성데이터를 위임된 형태로 제공되어야 하고 전자문서 형태로 PDF를 Master Document Index (MDI)에 나열된 데로 제공
- ECM 시스템으로부터 데이터베이스의 복사본과 그 파일들
- 이 BIM SMP, CAD and GIS 지침에서 제시하는 영국의 AEC Uniclass에 부합하는 형태의 구조화된 데이터 (Level/Layer/Filename)
- 준공 데이터는 COBie 포맷에 따라 제공

1.4.4 계약자의 Design Coordination Manager

- 계약자의 BIM Manager와 함께 주어진 과업에 대한 일반적인 BIM 적용 계획을 작성
  I. 사업영역의 구분, BIM 해상도에 대한 수준, 설계와 시공의 업무 절차내에서 각 모델들의 상세수준(LOD)을 호함하여 특정 분야별 모델의 수를 설정
  ii. BIM 모델을 활용한 각 업무의 통합 및 시공 단계의 수준 설정
  iii. 각 사업 영역별로 어떻게 인터페이스가 확보되고 관리될 수 있는지에 대한 설정

- 다양한 영역의 설계 및 시공팀 사이의 중앙 의사소통의 연결 제공
- 조정된 설계가 정시에 제출되도록 시공 프로그램에 대해 전문설계자, 특정영역의 설계자, 협력업체의 설계 성과물의 통합 및 조정을 제공
- 다음 사항을 포함한 설계 승인을 위한 각 세부 패키지에 대한 BIM 계획 제출
  I. 해당 과업을 위한 절차와 방법
  ii. 영역별 모델의 수, 정확도, 해상도와 이 모델들의 객체 정의의 수준, 각 단계별 설계와 시공 절차에 대해 적절한 간섭 검토와 해결방안에 대한 조정

1.4.5 계약자의 BIM Manager

- 계약자의 설계를 조정하는 Manager (Design Coordination Manager)와 함께 각 사업 패키지에 대한 BIM 적용 계획 제공

I. 사업영역의 구분, BIM 해상도에 대한 수준, 설계와 시공의 업무 절차내에서 각 모델들의 상세수준(LOD)을 호함하여 특정 분야별 모델의 수를 설정

ii. BIM 모델을 활용한 각 업무의 통합 및 시공 단계의 수준 설정

iii. 각 사업 영역별로 어떻게 인터페이스가 확보되고 관리될 수 있는지에 대한 설정

- 계약자의 BIM 시스템이 설계 조정 매니저를 지원하는 적절한 도구, 절차를 제공하도록 하고 구조화되고 조정된 정확한 정보가 제출되도록 한다.
- 모든 CAD, GIS, BIM 데이터가 일관되고 연동되고 정확해야 하고 BS1192와 부합하는 BIM 절차를 제공
- 계약자의 BIM 절차들이 엔지니어링과 사업적 요구사항에 대해서 다분야 협업 절차, CAD QA, 간섭해소, 프로그램 연결성과 시공 절차를 포함하도록 제공
- IT 솔루션들에 대한 프로젝트 요구를 조정
- 합의된 프로젝트 SMPs와 SMPs의 업데이트
- 표준과 방법론의 준수

1.4.6 계약자의 정보 관리자 (Information Manager)

- 모든 파일, 문서관리 이슈에 대한 초점
- 모든 정보가 표준에 부합하고 각 모델 혹은 파일이 목적에 적합하도록 승인

1.4.7 계약자의 Lead Designer

1.4.8 계약자의 Task Team manager

1.4.9 계약자의 Interface Manager

1.4.10 계약자의 CAD Manager

- 모든 캐드 모델과 도면이 프로젝트에서 합의된 IT 솔루션들에 제출되고 프로젝트 SMP에 부합하도록 함
- 모든 객체 속성 데이터가 구조화되고 BS1192에 따라 프로젝트 SMPs에 부합하도록 하고 이는 계약자의 BIM Manager의 책임
- 참고문서로 발주자에게 제출되는 각 역할별 담당자 표

1.5 Common Data Environment (CDE)

- 계약자는 다양하게 작성된 데이터로 전통적인 도면 혹은 문서들을 생성할 수 있도록 충분히 자세한 CDE 정보를 생성
- 계약자는 적절한 Engineering Content management (ECM) 시스템을 개발하고 활용해서 권한 설정, 업무절차, 참조, 버전 관리, 절차와 정보 체계를 모든 모델과 도면들에 대해서 일관되게 해야 한다.

- ECM 시스템에 발주자 엔지니어의 접근을 허용해야 한다.

2. BIM 모델링

2.1 모델 파일 생성 원칙

- 모든 설계와 시공 정보는 객체 기반 소프트웨어를 활용하고 2차원 모델이 추출될 수 있도록 단일 분야의 모델로 만들어져야 하고 통합모델에서 3차원 공간에서 조정되어야 한다.
- 모든 단일 분야 모델들은 CDE를 통해서 공유되어야 한다. 이 영역에서 간섭검토와 해소가 이루어져야 한다. 모든 3차원 모델 데이터와 2차원 도면 추출물은 공간 시스템에서 공간적으로 조정되어야 한다.

2.2 모델 파일 통합

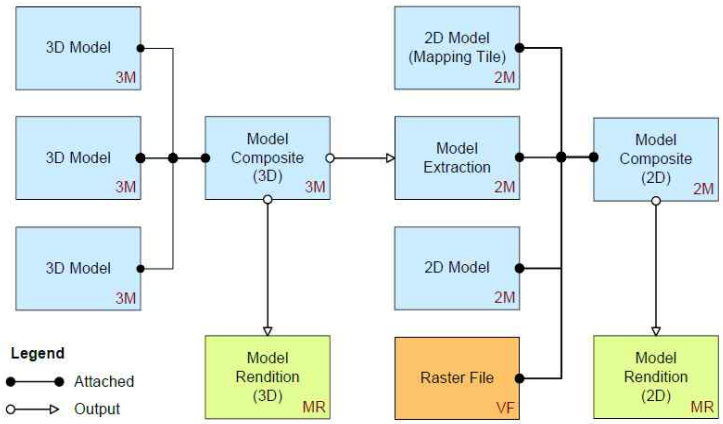
- 모델 파일은 seed files을 통해서 생성되어야 한다. 이는 계약자의 패키지 SMP에 제시되어 있다.
- 모델 파일들은 하나의 모델 뷰와 하나의 시트 뷰를 가져야 한다.
- 모든 그래픽 요소들은 모델 뷰에 위치해야 한다.
- 모델 파일들은 시트 뷰내에 타이틀 박스내에 위치해야 한다.
- 모든 모델 파일들은 1:1 비율로 생성되어야 한다.

2.3 데이터 구분 (Zoning)

- 각 구조물은 하나의 파일에 생성되어야 한다.
- 사용되는 BIM 소프트웨어는 모델이 어떻게 분할되는지에 많은 영향을 미치기 때문에 모든 경우에 하부 구분은 적절한 하드웨어에서 구동가능하도록 나눠져야 한다.

2.4 모델 결과물

- CDE내에서 중요한 전제는 승인된 데이터만 공유된다는 것이다. 각 영역에서 진행중인 작업들은 승인된 영역에서의 승인된 데이터만을 참조할 수 있다. 통합모델로 이 데이터들이 들어오면 완전하게 조정된 후에 통합된 산출물이 3D pdf 포맷과 같이 생성될 수 있다.



2.5 모델 검토

- 계약자는 각 영역의 캐드 모델이 복잡한 수준이나 단위가 작업 단계에 적절하게 설정되도록 해야 한다.
- 계약자는 모든 영역들이 공간적으로 기능적으로 통합되고 조정되도록 해야 한다. 이는 심도있는 설계 검토 조정회의를 통해 이루어질 수 있고 모든 관련된 모델들이 하나의 공통 통합 모델 (common master model)에 포함되어야 한다.

2.6 BIM에서 모델되는 LOD

- 일반적으로 요구되는 BIM 모델의 요구사항과 추천되는 LOD

BIM 모델의 용도	Equivalent Scale
요소 제작 (component fabrication)	1:100
공정 관리	1:200
조정/간섭검토 및 해소	1:100
상세도면 생성	1:100
에너지 해석	1:200
도면 생성을 위한 일반적인 배치	1:100
일러스트/설계보고서	1:100
렌더링/시각화	1:200
공정 생성	1:100
구조해석/설계	1:200
구조 프레임 제작	1:100
선형 (Alignments)	1:750

2.7 구성요소 등급

- 2차원 캐드 파일과 마찬가지로 요구되는 축적에 대한 정보를 생성하기 위해서는 독립적인 모델 파일에 추가적인 상세가 생성되어야 한다. 동일 객체에 대해서 다수의 목적으로 사용되는 구성요소가 있으면 세 등급으로 나누어 생성될 수 있다. low, medium, high resolution. 이런 식의 모델링은 구성요소 관리를 수월하게 하고 다른 등급으로 간단하게 교체할 수 있게 한다. 또한, 각 단계에서 컴퓨터 프로세싱

의 효율적인 사용을 가능하게 한다. 계약자의 패키지 BIM 전략 문서에 구성 요소의 명칭, 등급, 형태, 변수, 재료 등을 정의해야 하고 품질 보증과 각 요소들의 파일링을 제공해야 한다. 다운로드한 컨텐츠를 사용하기 위한 가이드도 제공해야 한다.

2.8 기존 시설물 데이터 세트

- 계약하에서의 공사 내용과 통합을 제공하기 위해 기존 시설물과 시스템들이 충분한 상세로 모델링되어야 한다.
- 관리 주체가 다른 데이터 세트들은 모델에서 참조관계 설정이 되어야 한다. 이러한 모델들에 포함된 데이터는 언제나 발주자의 관리하에 있어야 한다.
- 해소되지 않은 영역의 구조물/서비스/마감/간섭 등은 모든 도면과 모델들에 항상 명확하게 표시되어야 한다. 참조된 모든 데이터 세트들은 모든 관련된 모델들과 도면들에서 원래 소스가 어디인지를 명시해야 한다.
- 데이터의 불일치는 언제나 발주자에게 보고되어야 한다.

2.9 4D & 5D

- 계약자는 BIM 환경하에서 3차원 객체 속성들은 비용, 시공관련 물류, 제작, 발주자에 의해 요구된 프로그램 등을 제공하기 위해서 충분히 활용해야 한다.

2.10 조정 및 통합 - 도면 작업

- BIM 환경하에서 각 부분별로 조정 작업을 위해서 다른 모델들을 참조해야 한다. 각 부분별 책임자는 도면 제출물에 표시되는 정도와 범위를 설정해야 한다. 간섭검토는 여러 분야의 모델들을 통합된 마스터 모델에서 수행되고 해소되어야 한다. 보고서는 발주자의 요구에 따라 제출되어야 한다.
- 도면 작업은 각 부분별로 요구되는데 CDE로부터 3차원 모델에서 2차원 도면을 추출해야 한다.

  Combined Services Drawings (CSDs) : 구조, 토공 등
- 일반적인 도면 (평면도, 측면도 등)은 구조적인 고려가 있는 도면을 활용해서 모든 공간과 마감을 표시해야 한다.
- 모든 캐드 도면들은 3차원 마스터 모델로부터 추출된 2차원 모델로 구성되어야 한다. 설계 변경이 있을 경우에 3차원 모델에 반영되고 이로부터 도면들은 재생성되어야 한다.
- 모든 도면 작성을 위한 기본 파일들은 CDE에서 사전에 검토되어야 한다.

2.11 제출 성과물

- 설계 및 시공 단계 제출되는 성과물들은 MDI 내에서 상세하게 수량과 범위가 정해져야 한다.
- 모든 캐드 도면들은 모든 추출 정보를 담고 있는 원래의 plot composition files를 갖고 있어야 한다.
- 모든 캐드 도면들은 단순화된 독립적인 2차원 벡터 플롯 구성 파일을 갖고 있어야 한다.

- 모든 캐드 도면들은 연관된 pdf 파일을 제출해야 한다.
- 모든 캐드 도면들은 출력에 참조, 추출, 모델 수정 등의 정보가 표시되어야 한다.
- 모든 데이터베이스와 파일 저장 데이터는 계약자의 ECM 시스템으로부터 와야 한다.

2.12 Master Document Index (MDI, 도면과 모델 등록)

- 계약자는 프로젝트 초기에 MDI를 제공해야 하는데 모델들과 도면들에 대한 모든 파일 인식자를 제출날짜와 중간이정표와 함께 포함한다. 문서 속성 (메타 데이터)는 다음을 포함한다.
  프로그램 ID / 계약 번호 / 생성자 코드
  분야 / 형태 / 영역 / 수준 / 번호
  설명/제목 / 제출 날짜

- 모든 캐드 모델들과 도면들은 공사 시작 전에 MDI (스프레드 시트)에 포함되어야 한다. 각 설계 단계별로 제출되는 모든 모델들과 도면들을 포함해야 한다.
- MDI 스프레드시트는 다음 정보를 포함한다.
  파일 인식자 / 제목 / 시트 크기/ 축적 / 프로그램 제출 날짜

- CAD MDI는 도면 등록 방법에 의해 관리하기 위해 사용될 수 있다.

2.13 격자 규칙 (Grid Conventions)

- 단일 좌표 시스템이 사용되어야 한다.
- 모든 BIM 모델 데이터는 1:1 크기로 생성되어야 하고 국가 좌표 시스템에 따라야 한다.
- 계약자는 캐드 템플릿/seed file을 공사 시작적 30일내에 제출해야 한다.
- 소프트웨어가 원점 (0,0)을 반드시 필요로 하는 경우에는 특별하게 생성될 수 있다.

2.14 파일 명칭 규칙

- 모든 파일들은 신속, 정확하게 인식될 수 있도록 생성되어야 한다. 소유권, 장소, 파일 형태와 인식번호가 매우 중요하다.
- 파일 명칭 코드
  프로그램 인식자, 계약자 인식자, 영역, 파일 형태, zone, 레벨, sequence number,

2.15 변경

- 'revision'은 모델과 도면 시트 템플릿에서 제목에 정의되는 속성이다. 변경과 상태는 파일과 문서의 이력을 추적하는데 활용된다.
  WIP : S0 - 공유 이전
  시공승인전 : S1
  시공승인 후 : A

2.16 파일 확장자

- 파일 확장자는 캐드 소프트웨어가 제공하는 것을 변경하지 말아야 한다.
  a) Typical CAD File Number: M-002-ABC-ARC-DRG-XXX-XX-2345.
  b) Typical Drawing number: M-002-ABC-ARC-DRG-XXX-XX-2345.S1.P2
  c) Typical CAD Model Number: W-017-ABC-CIV-MD2-XXX-XX-6789

- 라이브러리 객체들은 패밀리 혹은 파트들이다. 그룹을 만들 때는 Uniclass 분류체계에 따른다.

2.17 Layer/Level/Attribute 표준

- 레이어 명칭 표준은 모든 2차원 및 3차원 캐드 모델에 적용되어야 한다.
- BS1192에 근거한 규칙이 적용된다.

Role	Classification	Presentation	Description
Example	AG322	M	Doors
Layer Name	A-G332-M_Doors		

- 표준 코드

코드	형태
D	치수
H	해치와 음영
M	모델 관련 요소
P	출력 관련 요소
T	텍스트

3.6 EX-BIM 가이드라인

목적 및 범위 설정

- 이 가이드라인은 과업을 통해 도출된 EX-BIM 로드맵에서 제시된 단계별 목표를 달성하기 위한 전략과제를 수행하는데 필요한 초기 적용 수준을 고려하여 제시한다.
- 국내외에 관련 BIM 가이드라인이 다수 존재하지만 사용 주체에 대한 요구 분석이 이루어지지 않고 일반적인 사용자를 대상으로 제시된 것이 대부분이다. 따라서, 한국도로공사의 BIM 도입을 위한 가이드라인은 실무 부서와의 인터뷰와 현황 파악을 통해 단계적으로 새로운 기술과 절차를 도입하기 위해서 고려해야 하는 사항과 절차 위주로 제시하였다.
- 발주자로서의 요구사항과 BIM 활용목적을 명확하게 제시하면 계약자가 다양하고 효율적인 자체 기술로 이를 구현하여 요구된 정보와 목적을 달성하도록 하는 원칙을 가지고 작성하였다.
- 관련 기준과 분류체계, 표준이 현재 개발 진행중인 관계로 이에 관한 구체적인 사항을 명시하지 않았는데 이는 BIM을 사업에 도입할 때의 상황에 따라 유연하게 적용될 수 있도록 한다.
- 개방형 BIM은 국제적인 실무 사례에 비추어 앞서 제시한 것처럼 정보요구사항과 활용목적을 달성할 수 있는 모든 캐드 솔루션의 원본을 허용하고 IFC 표준의 활용 가능한 버전에 근거한 파일을 제출하도록 하였다. 다만, IFC 표준이 미비하여 변환이 불가하거나 변환하여도 활용이 어려운 객체는 BIM 실행계획시에 계약자와 감독관이 협의하여 제외할 수 있도록 제시하였다.
- BIM 성과물의 정의, 명칭 및 분류체계, 저장 매체 등에 대해서는 현재 한국도로공사가 운영중인 정보 시스템과의 연계성을 고려하여야 하기 때문에 모델과 정보 데이터베이스가 연계되는 형태의 체계를 병행하는

것을 고려하였다. 분류체계는 국토부가 수행중인 InfraBIM 표준 과업의 성과물에 따라서 적용할 수 있도록 체계만 예시로 제시하였다.

목차

1. 적용 범위 및 실행계획
1.1 적용 범위
1.2 BIM 프로젝트 수행계획
1.3 BIM 실행절차
1.4 BIM 적용을 위한 지원사항
1.5 개방형 BIM 및 캐드 플랫폼 선택
2. 용어 정의
3. 명칭 및 분류체계
3.1 명칭
3.2 분류 체계
4. BIM 적용공종 및 모델 수준정의
4.1 BIM 적용 공종
4.2 단계별 모델 수준 (LOD)
4.3 BIM 모델 정보 요구사항 정의
5. 설계단계의 BIM 적용
5.1 설계 BIM 계획
5.2 설계단계 BIM 활용
5.3 BIM 성과물 정의
5.4 BIM 품질 관리
6. 시공단계의 BIM 적용
6.1 사업M 안전관리
7. 유지관리 단계의 BIM 적용
7.1 준공 BIM 모델
7.2 유지관리관리 BIM 계획
6.2 BIM 공정관리
6.3 BI BIM 활용
8. BIM 발주서
9. 참고문헌
부록 I. BIM 실행계획서 양식

Ⅳ 부 록

참고 자료 목록

EX-BIM 가이드라인 (별권)

시범 설계 보고서 (별권)

전자 표준도 (별권)

4.1 참고 자료 목록

국토해양부, 제3차 시설물의 안전 및 유지관리 기본계획 (2013~2017년), 2012.

한국도로공사, 비전2020 중장기 전략경영계획, 2010.

한국도로공사, 창조경제 시대와 고속도로의 발전방향, 2013.

AEC(UK) CAD Standards Committee, (2012), AEC(UK) BIM Protocol.

AGC of America, "The Contractors' Guide to BIM", Ed. 1

Arun M. Shirole, Timothy J. Riordan, Stuart S. Chen, Qiang Gao, Hanjin Hu and Jay A. Puckett, BrIM for project delivery and the life-cyle : state of the art, Bridge Structures, Taylor&Francis, 2009; 5(4): 173-187.

BIMForum, "Level of Development Specification", 2015.

BS 7000-4:1996, Design management systems; Part 4: Guide to managing design in construction

BS 8541-1:2011, Library objects for architecture, engineering and construction . Part 1: Identification and classification . Code of practice

BS 8541-2:2011, Library objects for architecture, engineering and construction . Part 2: Recommended 2D symbols of building elements for use in building information modelling

BS 8541-3:2012, Library objects for architecture, engineering and construction . Part 3: Shape and measurement . Code of practice

BS 8541-4:2012, Library objects for architecture, engineering and construction . Part 4: Attributes for specification and assessment . Code of practice

BS 11000-1:2010, Collaborative business relationships. Part 1: A framework specifi cation

BS 11000-2:2010, Collaborative business relationships. Part 2: Guide to implementing BS 11000-1

British Standards Institution(BSI), (2014), B/555 Roadmap (Feb 2014 update) - Design, Construction & Operational Data & Process Management for the Built Environment.

British Standards Institution(BSI), (2014) B/555 Roadmap (June 2014 update) - Design, Construction & Operational Data & Process Management for the Built Environment.

BSI, “PAS 1192-2:2013, Specification of information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modeling”, 2013.

BSI, “Collaborative production of information, Part 4: Fulfilling employer’s information exchange requirements using COBie – Code of practice”, 2014.

Building and Construction Authority, “BIM Essential Guide, For BIM Adoption in an Organization”, 2013.

Building and Construction Authority, “BIM Essential Guide, For BIM Execution Plan”, 2013.

Building and Construction Authority, “BIM Essential Guide, For C&S Consultants”, 2013.

Building and Construction Authority, “BIM Essential Guide, For Contractors”, 2013.

Building and Construction Authority, “Trainging of Architectural BIM e-submission Template (for Revit Users Only)”, 2014.

Building and Construction Authority, “Trainging of Architectural BIM e-submission Template (AECOsim Building Designer v8i Users only)”, 2013.

Computer Integrated Construction (CIC), "Building Information Modeling (BIM) Project Execution Planning Guide", 2010.

Construction Industry Council, “Building Information Modeling(BIM) Working Party Strategy Paper”, 2011.

Eastman C, Sacks R, Panushev I, Venugopal M, Aram V. Precast concrete BIM standard documents: Model view definitions for precast concrete. volume-1, Precast/Prestressed Concrete Institute Report. 2010.

Khosrowshahi, F. (2012), "Roadmap for implementation of BIM in the UK construction industry". ECAM, Vol. 19, No. 6.

Ganah, A. and Jogn, G. (2014), "Achieving Level 2 BIM by 2016 in the UK", Computing in Civil and Building Engineering, pp. 143-150.

General Services Administration, GSA BIM Guide For Spatial Program Validation, GSA BIM Guide Series 02, 2007.

NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY, General Buildings Information Handover Guide: Principles, Methodology and Case Studies, NISTIR 7417, 2007.

National Institute of Building Sciences, U.S. National Building Information Modeling Standard: version 1 - Part 1: Overview, principles, and methodologies, 2007.

PAS 55:2008 (all parts), Asset management. Specification for the optimized management of physical assets

PAS 91:2010, Construction related procurement. Prequalifi cation questionnaires

Shim CS, Lee KM, Kang LS, Hwang J and Kim YH. Three-Dimensional Information Model-based Bridge Engineering in Korea, Structural Engineering International 2012; 22(1):8~13.

UK Government Construction Client Group, (2011), A report for the Government Construction Client Group - BIM Working Party Strategy Paper.

The UK Cabinet Office, (2011), Government Construction Strategy.