BIM 백서 - 데이터품질확보

BIM White Paper for Data Quality

BIM 데이터 품질확보 목적과 방향
BIM 데이터 품질관리 프레임웍
BIM 활용과 데이터품질에 관한 현황
BIM 데이터 품질관리 교훈과 솔류션
부록 - BIM 데이터 품질도구

Ver 1.0

한국BIM학회
Korean Institute of Building Information Modeling

2023.11. BIM 데이터품질연구 위원회

Table of Contents

1. BIM 백서 데이터 품질편을 펴내며 5

2. 감사의 글 6

3. 주요 용어 정의 7

4. BIM 데이터 품질확보의 기본원칙 9
   - 4.1 개요 9
   - 4.2 품질관리 참조모델과 원칙 9

5. 국내 BIM 프로젝트 데이터사용과 품질관리 현황 12
   - 5.1 국내 건축 프로젝트 BIM 데이터 활용 현황 12
     - 5.1.1 개요 12
     - 5.1.2 BIM 사용 목적 12
     - 5.1.3 BIM 활용 주체와 품질관리 계획 14
     - 5.1.4 BIM 사용 효과 및 한계 16
   - 5.2 토목 BIM 데이터 활용 및 품질관리의 현황 17
     - 5.2.1 BIM 사용 목적 17
     - 5.2.2 토목 설계 시 BIM 활용 19
     - 5.2.3 토목 BIM 데이터 품질검토 현황 22
     - 5.2.4 토목 BIM 데이터 품질검토 과정의 개선사항 25
     - 5.2.5 교훈 27
   - 5.3 디지털트윈 국토공간정보 데이터 활용 현황 30
     - 5.3.1 공간정보분야 데이터 품질 개요 30
     - 5.3.2 공간정보 데이터 품질평가 준비 31
     - 5.3.3 데이터 품질 평가 사용 효과 34

6. 해외 건축설계 사무소의 설계 BIM 활용 사례 및 현황 소개 35
   - 6.1 개요 35
   - 6.2 Nothing is impossible, Only painful. 36
   - 6.3 Only where it is necessary. 39
   - 6.4 Be ready for change 45
   - 6.5 Less is more. 57
   - 6.6 소결 75

7. BIM 데이터 품질확보 아이디어와 솔류션 77
7.1 BIM 데이터 품질 자동화 솔류션 기술 동향 77
7.1.1 머리말 77
7.1.2 공종 간 BIM 모델의 물리적 정합성 77
7.1.3 일관된 정보 교환을 위해 요구되는 BIM 모델의 시멘틱 정합성 79
7.1.4 BIM 모델 활용을 위한 속성 및 기하의 적정 상세 수준 81
7.2 해외 BIM 데이터 품질관리 디지털 도구 활용 사례 83

8. 부록 - BIM 데이터 품질관리 도구 90
8.1 BIM 데이터 품질 통제 계획 메뉴얼, 뉴욕시 엔지니어링 부서 90
8.2 싱가포르 BIM 가이드라인, BCA 95
8.3 MIDP 도구, 영국 96
8.4 3D 스캔 기반 BIM 품질 검사 지침, 미국 97
8.4.1 개요 97
8.4.2 QA/QC 프로세스 98
8.4.3 품질 지표 99

9. 부록 - FDOT QA/QC 관리 계획, FDOT 101
9.1 일반사항 101
9.2 품질 관리 계획 101
9.3 QA/QC 인력 배치 계획 101
9.4 BIM 검토 기술 102
9.5 계획 및 문서에 대한 QC 검토 절차 104
9.6 5 단계 검토 프로세스 104
9.7 전자 검토 프로세스 106
9.8 BIM 파일에 대한 QC 검토 절차 107
9.9 개발 검토 107
9.9.1 적합성 107
9.9.2 완전성 108
9.9.3 일관성 108
9.10 설계 분석 검토 108
9.11 분야 간 검토 109
9.12 디지털 검토 프로세스 109
9.13 품질 준수 증명서 113
9.14 독립적인 동료 검토 113
9.15 현장 검토 113

10. 레퍼런스 114



1. BIM 백서 데이터 품질편을 펴내며

이 백서는 BIM 전면발주로 인해 BIM 데이터 활용과 품질관리에 대한 요구가 그 어느때보다 중요해진 시점에서 시작된 학회의 작은 시도 중 하나입니다. BIM은 건설 분야를 혁신할 수 있는 잠재력이 있는 도구로, 지금은 스마트건설과 디지털트윈의 기반이 되는 핵심기술로 인식되고 있습니다. 지금처럼 BIM과 같은 건설 디지털 데이터에 기대가 커지고 국가에서 지속적인 투자를 하게 된 상황은 국내 BIM발전을 위해 노력했던 수많은 선배, 동료, 후배 분들의 노력의 결실이라고 생각합니다.

국내의 척박한 엔지니어링 환경에서 BIM을 정착시키기 위해 노력한 이유는 건설산업의 생산성 저하, 낮은 품질, 체계적이지 못한 건설 프로세스를 극복하기 위하여, 그 속에서 일하고 있는 사람들을 연결하고, 각 단계에서 서로가 원하는 데이터를 원활히 교환·연결·소통하며, 의사결정이 필요한 시점에 정확한 정보를 이해당사자들에게 전달할 수 있는 BIM의 잠재력을 높게 여겼기 때문입니다. 화려한 BIM의 화려한 겉모습 때문에 우리가 노력한 것이 아닙니다.

건설 프로세스 간에 주고받은 데이터는 의사결정에 매우 중요한 역할을 기능을 합니다. 만약, 생성된 BIM 데이터가 오염되어 있거나, 누락이 있는 경우, 이를 바탕으로 처리한 산출물과 의사결정들은 무용지물이 될 수 있습니다. 이런 문제가 계속된다면, BIM에 대한 불신, 나아가서는 파편화된 프로세스와 사람들을 연결하려는 수많은 시도의 진정성과 노력이 거품이 될 수도 있습니다. 그러므로, 자발적인 BIM에 대한 데이터 품질관리와 무결성 확보 노력은 매우 중요하다고 생각합니다.

아직, 국내에서는 BIM 품질관리에 대한 프로세스가 일반화되지 않은 경향이 있고, BEP에도 품질관리에 대한 절차나 방법론이 명확하지 않는 경우가 많습니다. BIM의 효과를 확인하고자 하는 사람들이 많은 반면, BIM데이터 품질을 확보하려는 사람은 그리 많아 보이지 않습니다. 선진국의 경우, 정부차원에서 디지털 데이터를 자산으로 인식하고, 품질을 관리하고자 하는 노력을 지속해오고 있습니다. 이런 배경에서, 이 백서는 우리 학회에서 데이터 품질관리에 대한 관심이 있는 위원들이 모여 데이터 품질관리, 교훈, 도구들을 소개하고 경험을 공유하기 위해 만든 성과물입니다.

BIM이 국내 건설 산업 생산성 향상에 기여하고, 향후 스마트 건설에서 실질적인 가치를 만들어낼 수 있는 작은 도구로 활용되길 바라는 마음에서 이 백서를 발간합니다.

- 한국BIM 학회 학회장 이광명, 2023.11

2. 감사의 글

본 백서는 한국BIM학회 데이터품질연구 위원회 활동을 통해 조사된 내용을 자유로운 형식을 빌어 펴낸 것입니다. 본 백서 목적에 맞지 않는 불필요한 오해를 막기 위해, 예시를 위해 언급된 몇몇 프로젝트명은 익명을 사용되었음을 알립니다.

아울러, 본 백서는 BIM 데이터 품질에 대한 국내외 경험, 교훈과 인사이트, 이때 사용된 도구들을 공유하고자 하는 것이지, 강제화된 지침을 제공하는 것은 아님을 밝합니다.

이 백서를 펴내는 데 도움을 주신 위원분들은 다음과 같습니다.

- BIM 데이터 품질확보 기본원칙: 강태욱 위원 (한국건설기술연구원 미래건설연구본부 연구위원)
- 국내 건축 프로젝트 BIM 데이터 활용 현황: 조태용 위원 (DA그룹 DX본부장)
- 토목 BIM 데이터 활용 및 품질관리의 현황: 채재현 위원 (한국종합기술 BIM본부 팀장)
- 디지털트윈 국토공간정보 데이터 활용 현황: 정민우 위원 (안양대 공간정보연구원)
- 해외 건축설계 사무소의 설계 BIM 활용 사례 및 현황 소개: 이진미 위원 (홍익대 건축도시대학 건축학과 교수)
- BIM 데이터 품질 자동화 솔류션 기술 동향: 구본상 위원 (서울과학기술대학교 건설시스템디자인공학 교수)
- 부록: 강태욱 위원
- 편집: 강태욱 위원
- 지원 및 출판: 한국BIM학회

이외, 관련 자료와 협조를 해준 위원회 위원들은 다음과 같습니다.

- 문현석 위원 (한국건설기술연구원 BIM클러스터장)
- 김호중 위원 (ABIM 건축사무소 소장)
- 이정희 위원 (담원 BIM엔지니어링 소장)

이에 감사드립니다.

3. 주요 용어 정의

3D 스캔: 3 차원 스캐너 등을 이용해, 3 차원 형상 정보인 포인트 클라우드를 얻는 방법

4D 모델: BIM 객체가 시공 혹은 조립되는 순서를 시뮬레이션할 수 있도록, 해당 객체에 공사 일정을 연결해 놓은 정보 모델

BIM: Building Information Model. 건설정보모델링. 일반적으로 3 차원 기반 건설정보 데이터베이스로서 모델링 방법론을 포함함

BIM Object: BIM 객체. 객체는 BIM 분야에서 광범위하게 사용되고 있는 용어로서, BIM에서는 일반적으로, 그래픽 ·비그래픽·파라메터·속성정보 및 함수를 통칭함. 예를 들어, 벽체는 물리적 형상(그래픽), 파라메터 및 속성(비그래픽), 모델링 함수(3 차원 돌출 기능 등)을 포함하는 BIM객체임

BEP: BIM Execution Planning. BIM 수행계획서. BIM 프로젝트 요구사항을 만족하는 정보 모델링을 위한 실행 계획서. 계약 방식에 따라 BEP가 포함될 수 있음

BQR: BIM Quality Requirement. BIM 품질 요구사항. 요구사항은 BEP에 포함될 수 있음

CDE: Common Data Environment. 공동 데이터 환경. 일반적으로, BIM 산출물 뷰어, 산출물 버전 및 형상관리, 협업 등을 지원함

COBie: Construction Operations Building Information Exchange. 건설 인프라 운영 관리를 위한 정보 교환 방법. BIM 데이터에서 자동 생성될 수 있는 스프레드 시트 형식의 표준 파일 포맷

FMS: Facility Management System. 시설물 관리 시스템

GIS: Geographic Information System. 지리정보 시스템

GUID: Global Unique Identifier. 소프트웨어적으로 객체를 유일하게 구분하기 위해 생성된 참조 번호. 예를 들어, GUID는 시설물 관리 데이터베이스에서 BIM 객체를 참조하기 위해 사용될 수 있음

IFC: Industry Foundation Classes. 국제 빌딩스마트 민간 협회(buildingSMART)에서 상업용 BIM 솔류션 간의 데이터 상호운용성을 지원하기 위한 목적으로 개발된 표준화된 파일 포맷

ISO: International Standard Organization. 국제표준화 기구

ISO 19650: BIM 프로젝트를 수행하기 위한 프로세스와 각 단계의 수행 내용을 명시한 개념적 준의 국제 표준. 참고로, 실무적으로 적용하기 위해서는 프로젝트 요구사항에 따라 적절히 작성된 BEP, 지침이 있어야 함. 이때, ISO 19650 은 프로세스 단계 및 내용이 참조되는 방식으로 사용됨

LoD: LoD. Level of Detail. 정보의 상세 수준. 일반적으로 물리적 형상에 대한 그래픽적 상세 수준을 말하나, 파라메터 및 속성 정보도 포함될 수 있어, 혼선을 방지하기 위해, LoI (Level of Information)과 구분되어 사용되고 있음

Meta Data: 메타데이터. 데이터를 어떻게 다루는 지 설명하는 데이터. 예를 들어, 사진 이미지 데이터가 있을 경우, 이 데이터를 설명하는 해상도, 렌즈 초점 거리, 촬영 위치와 같이 같이 저장되는 항목들이 메타데이터에 해당함. 이 항목들은 데이터를 사용하는 응용 프로그램 개발 시 사전 약속되어 있어야, 해당 데이터를 적절히 처리할 수 있음. 이와 유사하게, BIM 데이터를 설명하는 데이터도 사전 약속되어 있어야, 다른 응용에서, BIM 데이터를 이해하고 처리할 수 있음

QA: Quality Assurance. 품질 관리 활동으로 품질 보증을 의미함. 예를 들어, 프로젝트 조직에서 합의한 BIM 데이터 품질 요구사항에 따라, 데이터 개발부터 활용에 이르기까지 전생애주기에 따라 품질을 통제하는 프로세스를 정의하고 수행하는 활동

QC: Quality Control. 품질 관리 활동의 하나로 품질 통제를 의미함. 예를 들어, 품질 요구사항에 근거해 산출물이 개발되었는지 테스트하고 피드백하는 활동

TC: Test Case. 품질 시험 사례. 예를 들어, 산출물의 품질을 검토하기 위해, 속성, 기하형상 등에 대한 품질을 만족하기 위한 조건을 포함한 체크리스트가 될 수 있음

TP: Test Plan. 품질 시험 계획. 예를 들어, 산출물의 품질을 검토하기 위해, 주요 프로세스 단계마다 TP를 수행하는 게이트웨이를 둘 수 있음. TP는 BEP와 BQR에 근거한 테스트 사례 세트로 구성될 수 있음

WBS: Work Breakdown Structure. 프로젝트 액티비티를 작업 및 관리 가능한 요소로 분할한 항목

4. BIM 데이터 품질확보의 기본원칙

4.1 개요

건설 디지털 전환의 핵심 컴포넌트 중 하나인 BIM은 스마트 건설의 다양한 응용의 중요한 데이터소스가 될 수 있다. 데이터소스로써 역할을 제대로 수행하기 위해서, BIM 산출물이 납품되기 전에 데이터 품질을 확보하는 것은 발주자와 사용자가 요구사항에 맞는 결과물을 제대로 활용할 수 있게 하는 기반이다.

BIM 데이터 품질에 대한 신뢰가 바탕이 되었을 때, BIM 데이터에 대한 가치를 제대로 평가받을 수 있으며, 그게 걸맞게 활용될 수 있을 것이다. 이러한 관점에서 본 백서는 BIM학회 데이터품질위원회 활동을 통해 조사된 내용을 바탕으로 나무가 아닌 숲을 조망하는 관점에서 BIM 사용과 관련된 데이터품질 현황을 살펴보고, 건설 생산성• 품질•가치 개선을 지원하는 BIM 활용은 무엇이 전제되어야 하는 지에 대한 경험을 공유하는 기회로 삼으려 한다.

본 백서는 BIM 프로젝트 수행 과정을 상세히 기술하는 것에 목적이 있지 않는다. 수행된 프로젝트의 BIM 데이터 품질 관점에서 BIM이 어떤 가치로 활용되었는 지, 혹시 문제가 있었다면, 어떤 부분을 우리가 간과했는 지를 공유함으로써 BIM을 통해 가치를 얻는 데 도움이 될만한 교훈을 얻는 것을 목적으로 한다.

4.2 품질관리 참조모델과 원칙

BIM 데이터 품질관리를 프로세스로 내재화하려면, 그 이전에 BIM 프로젝트 수행 조직의 발전 방향성을 고민할 필요가 있다. 조직이 아직 BIM 에 익숙하지 않은 초기 단계에서 무조건적으로 요구를 강요한다고 BIM 산출물 품질과 생산성이 향상되지는 않는다.

BIM 데이터품질관리는 조직의 프로세스 수행 관점에서 두 가지 지점을 고려할 필요가 있다.

첫번째, BIM 품질관리는 BIM 프로젝트 요구사항 수준에 따라 적용되는 방법론이 달라질 수 있다. 현장에 사용될 데이터의 사용수준은 낮은 데, 과도한 요구가 있을 경우, 혹은 그 반대일 경우, 모델링된 데이터는 구축된 목적을 달성하지 못할 것이다.

두번째, BIM 조직의 수행 프로세스는 교육, 훈련, 기술개발 및 실무적용을 통해 단계적으로 성숙할 것임을 예상해야 한다. 예를 들어, 적절한 교육, 훈련과 경험이 없이 투입된 인력이 제대로된 산출물을 개발하기는 어렵다. 그러므로, 조직의 성숙도 수준에 따라 개발 방법을 달리해야 한다.

이런 이유로, 데이터 품질 확보 관점에서 BIM 사용 요구사항과 수행 프로세스 성숙도 수준은 BIM 프로젝트를 수행하기 전에 고려해야할 첫 단추가 된다. 다음 참조모델은 이 두가지 관점을 보여준다.

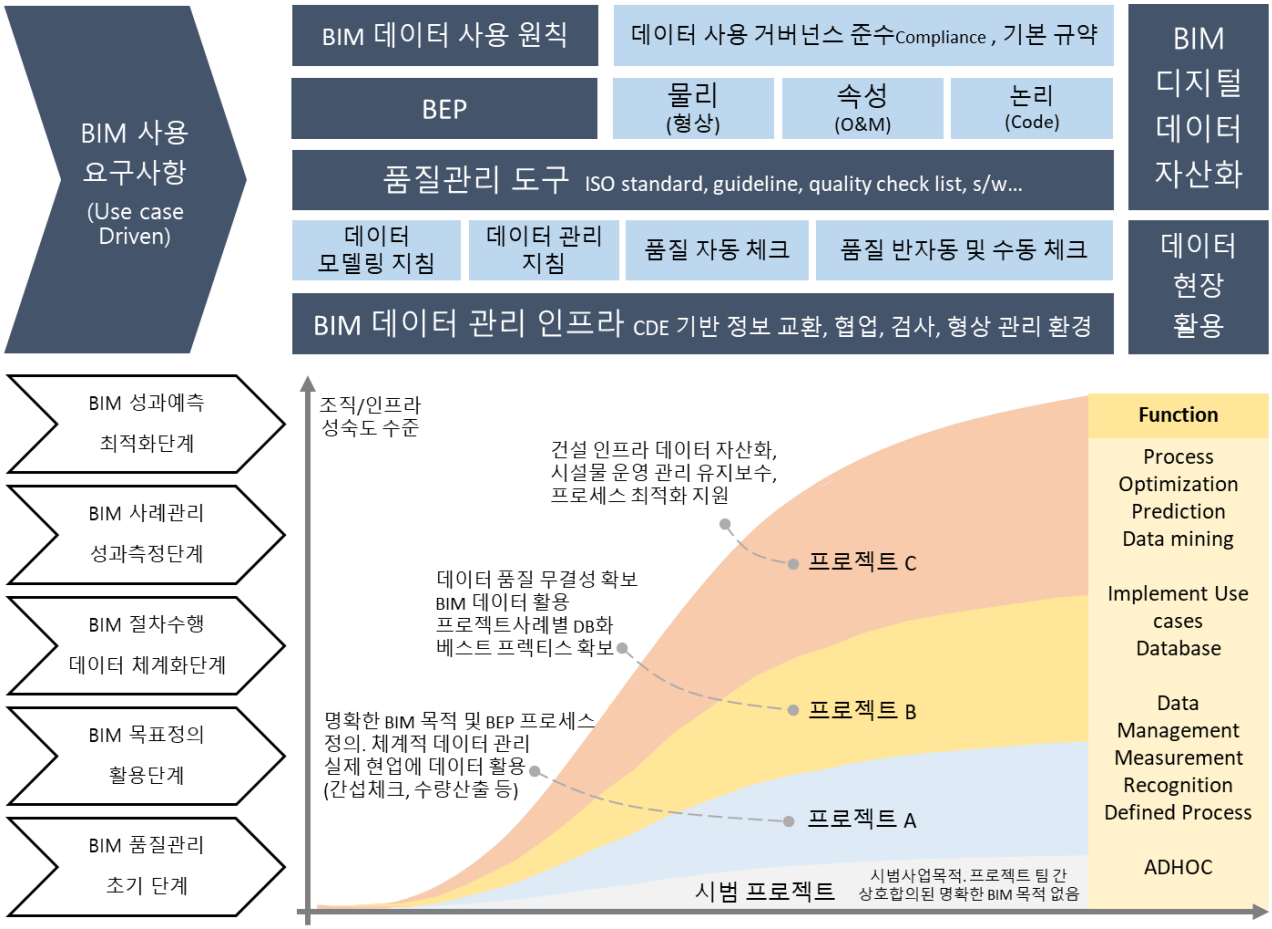


그림. BIM 품질관리 프레임웍과 성숙도수준 참조모델

이 참조모델이 의미하는 바는 다음과 같다.

1. 발주자의 BIM 사용 요구사항 (BIM use case driven)에 기반한 BEP 팀 합의와 이에 따른 BIM 데이터베이스 모델링이 수행되어야 한다.

2. BIM 데이터 사용 원칙은 프로젝트 이해당사자간에 사전 확립한 품질 관리 거버넌스(Goverance), 정책과 규약을 바탕으로 하고 있어야 한다.

3. BEP는 BIM 사용 요구사항을 명확히 명시되어야 한다. BIM 데이터는 BEP에 의해 사전 규정되기 때문이다. BIM 품질은 BEP에 의해 체크될 수 있어야 한다.

4. 품질관리지침, SW와 같은 도구는 프로젝트 수행 전 준비되어 있어야 하며, 수행 팀은 이를 충분히 이해하고 있어야 한다.

5. 프로젝트 데이터를 관리하기 위한 적절한 인프라가 사전 구성되어 있어야 한다. CDE는 프로젝트 요구 수준에 따라, 적절히 구성될 수 있다.

6. BIM 프로젝트 수행에 필요한 프로세스가 적절하다면, 데이터를 자산화하여, 현장에서 활용하기 편리하다. 데이터의 자산화가 필요하다면, 이를 BEP에 명시해야 한다.

7. BIM 수행에 적절하다는 것은 BIM이 제대로 활용되기 위해 필요한 것들, 앞에서 언급한 조직, 프로세스, 도구가 성숙도를 고려한 수준에서 준비되어 있어야 한다는 것을 의미한다.

8. 성숙도 수준은 프로세스 수준 측정모델인 CMM 관점에서 초기, 절차 정의, 절차 수행, 측정 관리, 최적화 단계로 정의될 수 있다. 이는 BIM 요구사항에 따라, 수행 조직의 역량에 따라 다를 수 있다는 것을 의미한다.

9. QA 프로세스는 다음 그림과 같이, PDCA (Plan-Do-Check-Act. 계획-작업-검토-개선) 원칙에 따라 정의될 수 있다. 이 프로세스는 발주 요구사항에 근거해, 지침으로 개발된 후, 프로젝트 시작 전 참여자간 공유되어야 한다. QA역할을 맡은 관리자는 적절한 QC가 수행될 수 있도록 해야 한다.

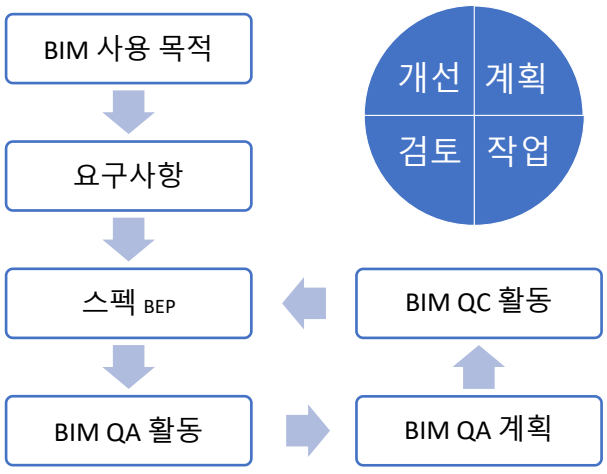


그림. BIM 프로젝트 품질관리 기본원칙

다음 장부터는 국내외 BIM 품질과 관련된 사례, 이슈 및 교훈을를 살펴본다. BIM 프로젝트의 생산성과 품질은 기술보다는 조직 문화와 작업 습관에 많은 영향을 받는다. 나열된 사례들은 실무에서 겪었던 저자들의 시행착오, 통찰과 아이디어를 보여준다

5. 국내 BIM 프로젝트 데이터사용과 품질관리 현황

5.1 국내 건축 프로젝트 BIM 데이터 활용 현황

5.1.1 개요

BIM저작도구를 활용해 직접 설계를 진행하는 건축설계 프로젝트는 국내 거의 없는것이 현실이다. 그렇기에 건축설계에 BIM저작도구를 직접 활용한 프로젝트를 사례로 이야기하기 보단 현실적으로 BIM을 적용해 건축설계와 시공단계 품질향상을 목적으로 하고 있는 시공책임형 프로젝트 하나를 사례로 이야기하려 한다.

시공책임형 프로젝트는 기본설계 이후, 실시설계 단계에 시공사가 사업관리자 역할로 설계사와 합동사무실에서 실시설계를 같이 진행하는 프로세스로 이때, 시공때 설계오류로 인한 설계변경이 원칙적으로 금지되어 있기에 시공사는 설계사 실시설계 도면을 공종별 BIM데이터로 구축하면서 설계오류를 방지하고 있다.

물론 공종간 간섭도 확인하지만 2D기반 공종별 설계도서가 갖는 낮은 정합성은 시공단계에도 리스크로 연결되기에 설계단계에 이같은 오류를 확인하고 조치하는 업무가 중요한다.

이제 더는 화려해보이지도 않고 대단해 보이지도 않지만 BIM데이터를 구축하는것만으론 아무 의미가 없을수 있기에 시공단계 전에 설계 정합성에 대한 확인이 매우 필요한 상황이다. 이런 의미들이 모아져 어렵고 현재로선 효율도 낮아 보이지만 결국 BIM기반 설계(물론 BIM기반 설계 역시 오류는 발생한다. 다만 그 확률상..)를 진행해야 하는 낮은 의미들일수 있다고 생각한다.

5.1.2 BIM 사용 목적

기존 BIM적용이 각각 설계와 시공단계로 나누어 BIM을 적용하는 주체가 다른 반면 A사 B프로젝트는 이러한 개별 적용이 갖는 한계와 단점을 개선하고 결과적으로 실질적 올바른 건축정보 생성을 높이는 목적을 선택했다. 물론 전체 사업 목적이 BIM을 최우선 하지는 않았지만 설계와 시공단계로 구분된 업무 범위가 갖는 한계와 단점을 극복하는 취지에서 기존과 다른 발주 방식과 BIM활용이 적용되었다.

표. BIM 사용 목적

No	BIM 사용 목적	BIM 사용 배경

1	실시설계단계 공종별 BIM구축	실시설계단계에 BIM 실질적 활용을 위해 시공사 주체로 개별공종 설계사 2D dwg BIM데이터 구축
2	도서검토, 조치, 이력관리	2D 기반 작성된 dwg가 갖는 낮은 건축설계정보 정합성 향상을 위해 BIM데이터를 구축하면서 발췌되는 상이, 누락, 간섭, 시공성등에 대한 도서검토건 작성하여 설계사, 시공사와 함께 조치계획 수립 그리고 이에 대한 이력관리를 통해 시공전 도서 정합성 향상.
3	공종별 간섭검토	도서검토건 작성·조치·이력관리와 함께 공종별 특히, 기계분야와 건축·구조분야 간섭구간에 대한 확인·조치·이력관리 수행
4	시공단계 BIM적용	BIM인원이 현장에 상주하여 실시설계단계에 구축한 BIM데이터를 활용해 실제 현장에서 BIM관련 요청하는 사항들 예를들어, 기성물량, 복잡부위확인, 시공부위 단면 구성 확인, 드론 측량과 촬영, 공정씬 확인등을 비롯한 다양한 업무 지원.

각 BIM 사용 목적 달성을 위해, 필요한 모델링 데이터와 성과물은 다음과 같았다.

표. BIM 수행단계별 성과물

No	BIM수행 성과물	수행 성과물 데이터 종류 및 내용
1	실시설계 공종별 설계정합성 확인	공종별 BIM원본파일, IFC, NWD (도면표현 1/100~1/200 수준 작성, BIL40 수준)
2	도서검토보고서	공종별, 공종간 설계정보 정합 확인을 위한 보고서
3	도서검토리스트	도서검토가 필요한 건에 대한 이력관리 파일
4	업무수행계획서와 결과보고서	BIM적용 목적과 범위, 결과 명기 문서
5	드론측량데이터	착공전 토사량 확인을 위한 GPS 측량 원본파일
6	공정시뮬레이션 데이터	착공전 예정공정표를 토대로 작성한 공정시뮬레이션
7	개략물량 산출 데이터	실시설계단계 BIM데이터를 기반으로 한 구조물량 산출
8	시공BIM 현장 대응 원본 파일	시공BIM 현장에서 변경·요청 부위 반영한 BIM 원본파일
9	시공BIM 현장 상주 일지	BIM상주 인원 업무를 일일 정리한 일지

10	시공BIM 월간보고서	월간 BIM 활용과 운용 보고

5.1.3 BIM 활용 주체와 품질관리 계획

프로젝트 수행에 앞서 작성된 BIM 업무수행계획서에 명시된 업무수행 범위 및 내용에 따라 BIM 데이터 구축 및 각종 검토가 이루어졌으며, BIM 데이터 구축은 Autodesk사의 Revit 소프트웨어를 활용하였다.

업무수행 범위는 시공단계에 따라 '건축', '구조', 'MEP', '토목/조경'으로 구성하였으며, 각 공종별 업무수행 내용은 다음과 같다.

표. BIM 업무수행 내용

No	구분	업무수행 내용
1	공통	공정 시뮬레이션 공종 간 물리적 충돌, 간섭 검토 세부 모델링을 통한 시공성 사전 검토 현장 BIM 교육
2	건축	실시설계도서의 부족한 정보(평/입/단면) 지원 시공에 필요한 형상 및 정보 반영/검토 시공 복잡부 시각화 지원
3	구조	실시설계도서의 부족한 정보(평/입/단면) 지원 간섭검토 및 현장 여건에 의한 변경부위 반영 시공 복잡부 시각화 지원 철골 샵드로잉 데이터를 BIM데이터에 반영
4	MEP	현장 설비 샵드로잉 요원과 긴밀한 협조 단면, 입면 등에 대한 실시설계도서의 부족한 정보 지원 시공에 필요한 형상 및 정보 반영/검토 샵도면 BIM에 적용

위 업무수행 내용에 따른 BIM 데이터 작성주체 및 활용주체는 다음과 같다.

표. BIM 데이터 작성주체 및 활용주체

No	작성주체	역할	활용주체
1	건축/구조 모델러	현장상주	건축/구조 설계사, 설계 인력
		건축/구조 BIM 데이터 구축	건축/구조 시공사, 시공 인력

		설계도면과 정합성 체크 공종별 요구 BIM 데이터 입력 주요 재료 물량산출	→ 공종별 설계 정합성 확보 → 공종별 시공 시각화 확보
2	기계/전기 모델러	현장상주 기계/전기 BIM 데이터 구축 설계도면과 정합성 체크 공종별 요구 BIM 데이터 입력	기계/전기 설계사, 설계 인력 기계/전기 시공사, 시공 인력 → 공종별 설계 정합성 확보 → 공종별 시공 시각화 확보
3	비상주 현장지원	각종 회의 및 의사결정 지원 BIM 데이터 활용방안 모색 BIM 모델 작성방안 지원 결과보고서 작성 지원	건축/구조 모델러 기계/전기 모델러 공종별 설계, 시공사 → 프로젝트 진행에 따른 의사결정 지원

BIM 데이터 품질관리의 경우 업무수행계획서 상에 '데이터 작성 개요', '파일 구성체계', '단위 및 규격', '라이브러리명 및 부재명' 등 BIM 데이터 작성기준을 사전 수립하였다.

또한, BIM 데이터 작성 간 수시로 검토할 수 있는 'BIM 데이터 작성 체크리스트'를 수립하여 BIM 데이터 작성 간 최소 표현 수준 및 균일한 품질을 확보할 수 있도록 유지하였다.

품질관리를 위한 체크리스트 항목은 다음과 같다.

표. BIM 데이터 작성 체크리스트

No	내용
1	BIM 데이터 작성 시 모든 객체는 건물의 부위단위로 구분하여 작성하였다.
2	입력대상의 건물 부위객체는 BIM 소프트웨어의 해당 객체 작성기능을 사용하였다.
3	BIM 데이터의 단위는 mm 기준으로 하였다.
4	BIM 데이터의 치수는 사실과 다르게 임의로 조정된 바 있다.
5	모든 건물 부위객체는 층 단위로 작성되었다.
6	BIM 데이터에서의 층의 명칭은 다음과 같이 사용하였다. - 지하 + 기호(층수) + 층 - 아파트동 + 기호(층수) + 층 - 부대시설 + 기호(층수) + 층
7	모든 창호는 벽에 속하도록 입력하였다.
8	시설물 개요에 대한 "사업정보"를 입력하였다.
9	모든 부위객체에 조달청이 정한 "라이브러리명"을 부여하였다.
10	건축 및 구조 부위객체에 조달청이 정한 "부재명", "조달청 표준공사코드" 정보를 입력하였다.

5.1.4 BIM 사용 효과 및 한계

실제 본 프로젝트에서 BIM 관리(실무)를 수행해 본 결과 다음과 같은 효과를 얻을 수 있었다.

- 간섭 사전 체크 및 설계 반영을 통한 시공 오류 사전 대응
- 시공 복잡부 시각화 지원을 통한 시공효율 향상
- 주요 재료(건축 부재, 구조 콘크리트 등) 물량산출을 통한 의사결정 기초자료 활용
- 공정시뮬레이션을 통한 시공, 공정 이해도 증진 및 시각화 결과물로서 프레젠테이션 활용
- BIM 교육을 통한 시공단계 BIM 데이터 활용 효율 증진

현 시점의 BIM 데이터 구축 프로세스 및 BIM 표현 수준에 따라 활용의 한계점 또한 존재했다.

상세 공종 부재(구조-철근 등)의 물량산출에 관련된 한계점은 두가지 측면의 원인으로 인해 발생하였다.

첫째, BIM 데이터 표현 수준 범위로 철근콘크리트 부재 내 철근은 모델링에서 제외되었다.
이는 데이터 구축 효율성 확보를 위한 사항으로, 부재에 대한 상세정보는 기재되지만
형상정보는 외형으로 보이는 형태까지만 작성한다.

둘째, 주 소프트웨어 외 별도의 소프트웨어를 활용하여야 한다.

이로 인해, 물량 산출은 일부 수작업을 통해 보완되었다. 별개 소프트웨어 간의 데이터 변환도 BIM을 사용할 때 어려움이다.

BIM 특성상 모든 정보를 하나의 모델에 표현한다는 것은 비효율적인 일이 될 수 있다.
모델링에서 제외된 데이터는 별도의 과정을 통해 수량산출 등 목적에 맞게 변환하고 사용하는 단계를 거칠 필요가 있다.

5.2 토목 BIM 데이터 활용 및 품질관리의 현황

5.2.1 BIM 사용 목적

국내 건설산업은 높은 부가가치 창출과 미래 지향적 산업으로의 도약을 위해, 4 차 산업혁명의 첨단 기술을 도입하여 스마트 건설기술의 발전을 추구하고 있다. 건설 분야에서 BIM, 드론, 로봇, IoT, 빅데이터, AI 등의 첨단 기술이 융합하여, 건설산업을 스마트 건설기술로 발전시키기 위해 노력 중에 있다.

스마트 건설기술의 도입은 건설 현장의 노동 생산성을 향상시키고, 작업의 안전성을 강화하며, 근로시간을 단축하는 등의 이점을 제공한다. 더불어 향상된 국내 건설 기술력은 해외 수주를 확대해 나갈 수 있을 것으로 기대하고 있다.

이와 같은 맥락에서, 국토부는 2030 년을 목표로 건설 과정의 디지털화 및 자동화를 위한 다양한 방안을 모색하고 있으며, 이에 따른 스마트 건설기술의 단계별 적용은 다음과 같다.(국토부, 2018)

- 설계단계 : BIM 기반 스마트설계, 설계자동화, 3D 설계
- 시공단계 : 드론, 로봇, IoT 기술이 결합된 건설기계 자동화, 현장 모니터링, 안전관리, 통합운영 및 관제
- 유지관리단계 : IoT 센서, 드론, 로봇을 이용한 시설물 진단 및 디지털트윈과 AI 기술을 통한 실시간 정보 수집 및 분석 등

BIM은 건설 정보의 통합 관리를 가능하게 하는 핵심 기술로, 스마트 건설의 기반을 형성한다. BIM을 통해 건설 계획부터 설계, 시공, 그리고 유지관리에 이르기까지, 각 단계별 정확하고 일관된 정보를 공유하고 활용할 수 있게 해준다. 따라서 BIM 데이터는 스마트 건설기술의 가장 기본이 되는 자료라 할 수 있다.

이러한 배경 속에서, 스마트 건설기술의 활성화를 위해 발주 기관들은 적극적인 노력을 기울이고 있다. 국토부는 특히 BIM을 건설산업의 디지털 전환의 핵심 기술로 보고 적극적으로 추진하고 있다. 현재 BIM의 가이드라인 및 건설기준, 대가기준의 제도 정비를 진행하고 있으며, 공공공사를 중심으로 BIM 의무화 및 건설 전 과정에 BIM의 도입을 추진하고 있다. 또한 이러한 변화를 지원하기 위해 전문 인력 양성에도 힘쓰고 있다.

특히, 국토부는 "건설산업 BIM 기본지침(2020)" 및 "시행지침(2022)"을 제정, 발주처가 적용지침과 실무요령을 마련하도록 지침하고 있다. 이에 따라, 다음 표와 같이 한국도로공사와 한국토지주택공사, 국가철도공단 등 관련 기관들도 각자의 업무 영역에서 BIM 가이드라인을 개발하고 운영함으로써 건설 업무의 효율성 향상을 추구하고 있다.

표. 국내 BIM 지침 및 가이드라인 현황

기관	BIM 지침 및 가이드라인
국토교통부	도로분야 발주자 BIM 가이드라인(2016) 공공건설분야 BIM 로드맵 및 활성화 전략(2018) 건설산업 BIM 기본지침(2020) BIM 기반 건설산업 디지털 전환 로드맵(2021) 건설산업 BIM 시행지침(발주자편, 설계자편, 시공자편, 2022) 건설산업 BIM 시행지침(품질관리편, 2023)
한국도로공사	EX-BIM 가이드라인(2016) 시공단계 EX-BIM 매뉴얼(2018) 고속도로 스마트 설계지침(2020) 고속도로분야 BIM 정보체계 표준 지침서(2022) 고속도로 BIM 적용지침(설계자편, 2023)
한국토지주택공사	LH Civil-BIM 업무지침서(2018), 건설산업 BIM 적용지침(단지분야 토목부문, 2022)
국가철도공단	철도 인프라 BIM 가이드라인(2018) BIM 설계 및 시공관리(2021) 철도 BIM 적용지침(2023)
경기주택도시공사	경기주택도시공사 BIM 가이드라인(2019) GH- Civil-BIM 적용지침(2021)
조달청	시설사업 BIM적용 기본지침서 v1.0(2010) 시설사업 BIM적용 기본지침서 v2.1(2022)

이렇듯 건설 산업에서 BIM 적용의 중요성이 강조되면서, 토목 엔지니어링 분야에서도 기존의 2 차원 도면에 기반한 설계 방식에서 벗어나, BIM을 통한 설계 방법을 적극 도입하고 있다. 이는 도로, 단지, 교량, 터널, 수자원, 항만, 하천 등 다양한 인프라 분야에 BIM 설계를 적용함으로써 여러 이점을 얻을 수 있기 때문이다.

설계단계에서 BIM 활용은 3D 현황 분석을 통한 정확한 설계 기초를 마련할 수 있게 하며, 다양한 설계 시나리오의 효율적 검토와 문제 해결을 가능하게 한다. 더불어, 이를 통해 시각적이고 직관적인 설계 검토가 가능해져 다양한 대안의 신속한 평가가 가능하다. 이렇듯 BIM을 통해 3D 공간에서의 설계는 기존 2D 도면 기반 설계에 비해 더 정확하고 직관적인 정보 전달을 가능하게 한다. 이는 설계 과정의 오류를 사전에 발견하고 수정함으로써 설계 효율성을 향상시킨다.

하지만 BIM의 활용은 설계단계에서 끝나지 않고, 공공발주가 중심인 토목 분야에서는 시설물의 전 생애주기 동안 BIM 데이터의 일관된 관리와 활용이 필수적이다. 이는 설계단계에서 생성된 BIM 데이터가 건설, 운영, 그리고 유지보수 단계에 이르기까지 지속적으로 활용될 수 있도록, BIM을 시설물의 전체 생애주기 정보 통합 관리 기술로 발전시켜야 함을 의미한다.

즉 설계 BIM 데이터를 전적으로 연계하여 시공단계, 유지관리단계까지 활용할 수 있는 관리 체계를 만들어야 진정한 BIM을 사용하는 궁극적인 목적이라 할 수 있을 것이다.

5.2.2 토목 설계 시 BIM 활용

토목 설계분야에서 BIM은 다양한 설계 과정을 디지털화하고 설계자들 간의 협업을 강화함으로써, 기술력 향상 및 커뮤니케이션 개선에 도움을 주고 있다. 프로젝트 계획부터 설계, 검토단계에 이르기까지, 토목 설계에서 BIM이 활용되는 사항은 다음과 같다.

계획단계에서는 3D 지형구축을 통한 현황 분석이 가능하다. 수지지도와 측량 데이터를 활용하여, 현장의 실제 지형 정보를 3D 지형 모델링으로 정밀하게 반영하여, 이를 통해 설계 전 현황 분석과 검토가 가능하다.

그리고 BIM을 활용해 초기 설계안을 다양한 3D 시뮬레이션을 통해 검토한다. 이를 통해 경관성 검토, 설계 현황 분석 등을 수행하며, 결과를 영상으로 제공함으로써 다양한 관계자들이 쉽게 검토할 수 있다. 또한, GIS 데이터와의 연동을 통해 설계 현황에 대한 다양한 정보를 시각적으로 표현함으로써, 설계 검토 과정을 보다 직관적이고 효과적으로 진행할 수 있다.

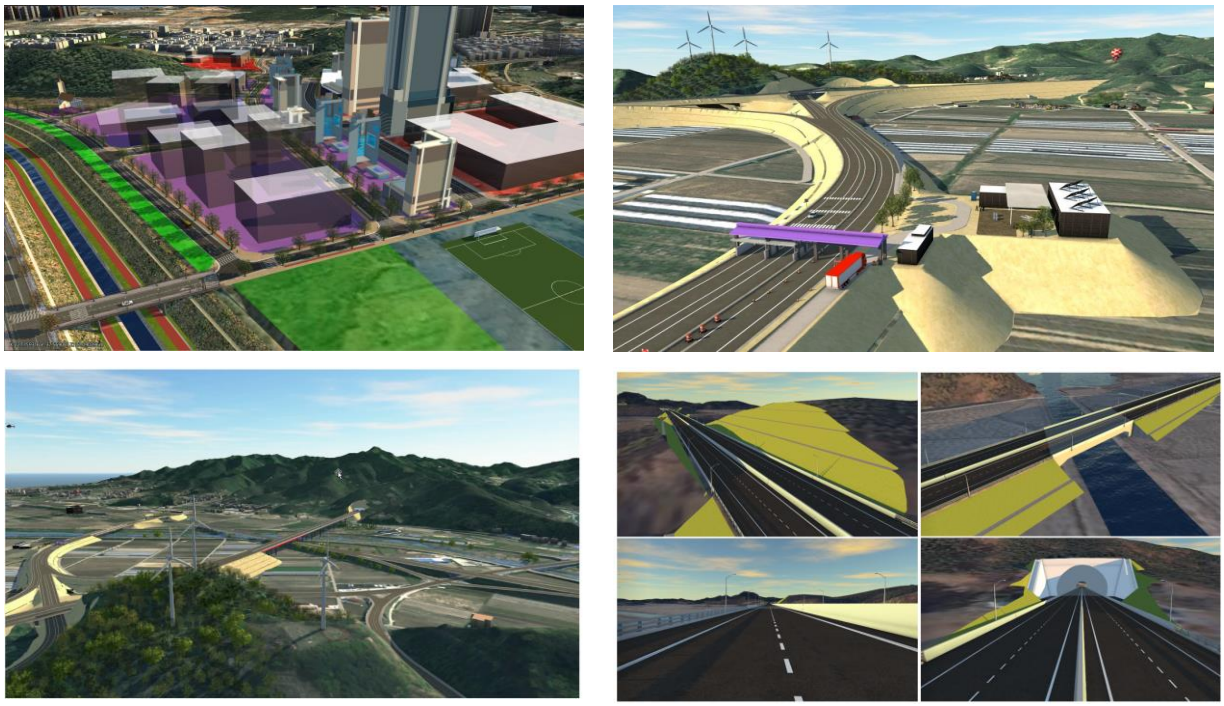


그림. 도로/단지분야 계획단계의 BIM 활용

설계단계에서는 BIM을 활용하여 도로, 철도, 국토계획 등의 지형 정보를 3D 데이터로 변환한다. 이는 교량, 터널, 가시설, 관로, 방파제, 댐 등과 같은 토목 구조물과 결합하여, 시설물에 대해 종합적으로 검토 및 분석이 이루어진다.

BIM은 이 과정에서 토목 설계의 다양한 공정을 통합, 검토하는 중요한 역할을 한다. 특히 이 단계에서 핵심은 BIM 데이터와 설계 자동화 기술의 결합으로, 이를 위한 BIM 기반 설계의 알고리즘 개발은 필수적이다. 이러한 설계 자동화 방식은 작업 시간을 단축하며, 정확도 높은 BIM 데이터를 작성하게 해준다.

또한, BIM 설계 데이터를 활용해 도면 작성 및 수량산출을 효율적으로 수행할 수 있게 한다. 이를 통해 설계 대안을 신속하게 생성하고 비교 분석함으로써, 설계자는 최적의 방안을 빠르게 도출할 수 있다. 더 나아가 BIM 데이터의 활용을 확장하여, 구조 및 수리 계산과 같은 추가적인 분석에도 이용할 수 있다. 이는 BIM을 더욱 기술력 있고 연속적으로 활용한다는 장점이 있다.

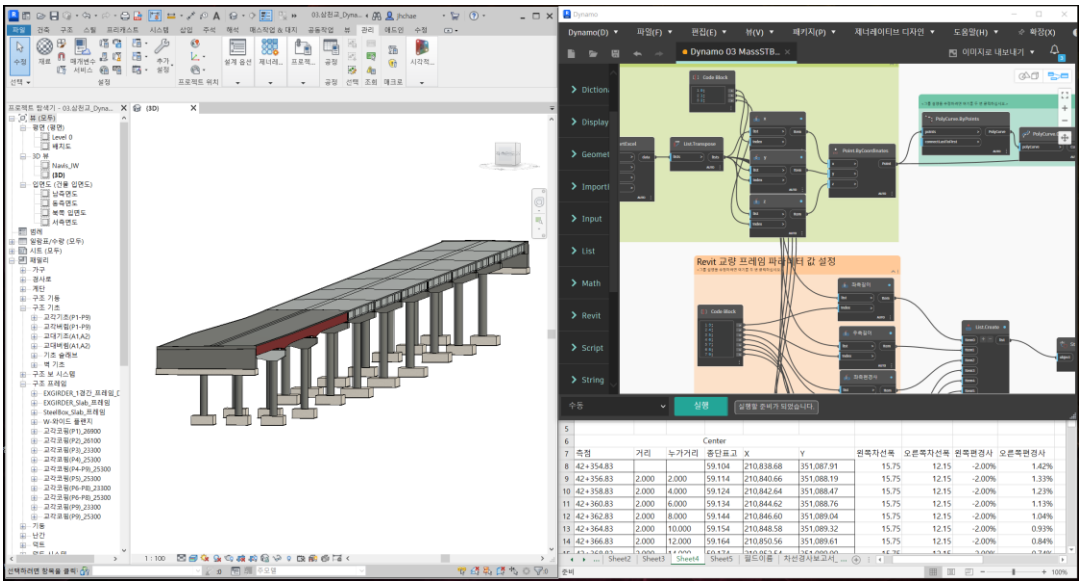


그림. 설계단계의 BIM 기반 알고리즘 개발을 통한 설계 자동화 기술

검토단계에서는 BIM으로 구축된 모델을 활용하여 간섭체크를 실시한다. 이는 구조물이나 관로 등에서 발생 가능한 간섭 문제를 파악하고 수정함으로써, 프로젝트의 문제를 사전에 예방할 수 있다. 또한 가상 공간의 3D 디지털 환경은 설계 검토의 정확성을 높이는 역할을 한다. 이러한 과정은 BIM 품질검토의 중요한 요소로써, BIM 설계 결과물의 철저한 검토가 이루어진다.

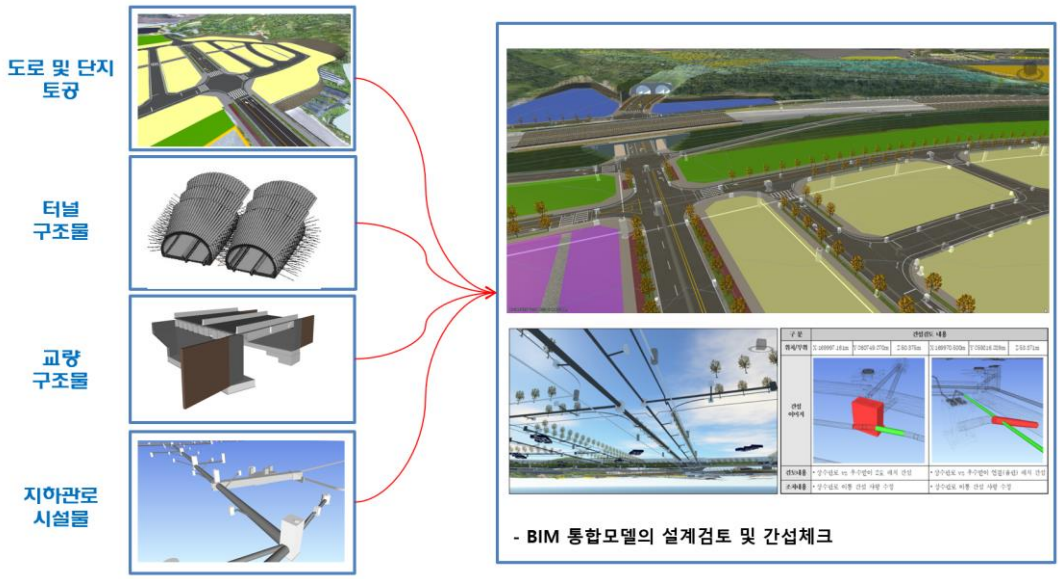


그림. 디지털 가상공간에서 BIM 데이터를 통합한 검토단계의 활용

이렇게 완성된 BIM 데이터는 이후 시공단계에서도 활용할 수 있다. 예를 들어, 시공사는 BIM 데이터와 공정을 연계한 4D 시뮬레이션을 통해 프로젝트 공정의 진행 상황을 예측하고 관리할 수 있다.

따라서 정확한 BIM 데이터의 구축과 그것을 검증할 수 있는 품질검토 과정은, BIM 데이터를 건설 생애주기 전반에 걸쳐 활용하기 위한 중요한 요소이다. 즉 프로젝트의 각 단계에서 정보 품질의 정확성을 보장함으로써, 이 정보는 건설 생애주기의 다양한 단계에서 즉시 활용될 수 있다.

5.2.3 토목 BIM 데이터 품질검토 현황

대부분의 공공건설 프로젝트 위주인 토목분야에서 BIM의 적용은 현재 필수적인 요소가 되고 있고, 이에 지속적으로 공공건설의 BIM 발주도 증가하고 있다. 이러한 흐름을 따라 국토부, 한국도로공사, 한국토지주택공사, 국가철도공단 등의 BIM 관련 지침 및 가이드라인이 지속적으로 발전해 가고 있다. 이들 기관의 지침은 BIM 모델의 효율적 생성과 활용을 위한 방향을 제공하는 것은 물론, BIM 데이터의 품질과 연계성을 확보하는 데에도 중점을 두고 있다.

특히, "건설산업 BIM 기본지침(국토부, 2020)"에 따르면, 설계단계에서 BIM 적용은 전면 BIM 설계를 원칙으로 하고 있다. 전면 BIM 설계 방식은 시설물의 모델을 BIM 저작도구로 작성하고, 이를 토대로 업무를 수행하는 방식으로 관리한다.

이는 BIM 모델의 후속 단계로 지속적으로 활용이 가능하도록 데이터 품질과 연계성을 확보하여 관리하기 위함이다. 그래서 이런 전면 BIM 설계를 통해 3 차원 기반의 BIM 모델을 작성하되 BIM 모델로부터 기본도면을 추출할 수 있도록 구성하고 있다. 하지만 일부 BIM 모델로 표현이 불가능하거나 불합리한 상세부분의 설계에 대해서는 보조도면을 활용할 수 있도록 하고 있다.

실제 업무에서도 BIM을 토목 설계에 적용할 때, 프로젝트의 성격이나 복잡성에 따라 모든 과정을 전면 BIM으로 처리하는 것이 어려운 경우가 있다. 이러한 상황에서는 BIM 병행 수행 방식이나 BIM 전환 수행 방식을 탄력적으로 적용하고 있는 것이다.

BIM 데이터 작성의 주요 절차로 "건설산업 BIM 시행지침(국토부, 2022)"의 규정에서 BIM 모델작성, BIM 성과품 작성, BIM 성과품 품질 검토, BIM 성과품 납품, BIM 성과품 관리 및 활용으로 구분하고 있다.

표. BIM 데이터 작성의 주요 절차(건설산업 BIM 시행지침, 2022)

적용단계	내용
BIM 모델 작성	BIM 프로젝트 초기 단계에서 발주자의 요구사항을 반영한 BIM 수행 계획서를 작성한다. 이어지는 과정에서는 BIM 표준에 따라 프로젝트에 맞는 모델 범위의 설정, BIM 데이터 구축, 그리고 협업을 위한 CDE(Common Data Environment) 플랫폼의 활용 등이 이루어진다. 이러한 절차를 통해, 각 공종별 엔지니어들은 형상과 속성 정보의 BIM 데이터를 작성하고, 효율적인 모델링을 위해 BIM 라이브러리를 활용할 수 있다.
BIM 성과품 작성	BIM 도면 및 BIM 수량산출 작성하고 BIM 결과보고서까지 산출하게 된다. 성과품들은 제출하기 앞서 품질 검토 과정을 거치게 되며, 이는 프로젝트 초기에 작성된 BIM 수행계획서의 근거하게 된다.
BIM 성과품 품질 검토	발주처의 요구사항과 품질검토 방법, 기준 설정 및 품질 계획에 따라 검토가 이루어진다. 이를 통해 BIM 데이터의 정확성과 완전성이 검증되며, 결과는 BIM 품질 검토보고서에 명시된다.
BIM 성과품 납품	BIM 데이터와 그에 따른 BIM 결과보고서, BIM 품질 검토보고서, BIM 수량산출서 등의 문서를 포함한 최종 성과물을 제출한다.
BIM 성과품 관리 및 활용	BIM 성과품은 시공 및 유지관리 과정에서도 계속적으로 활용된다.

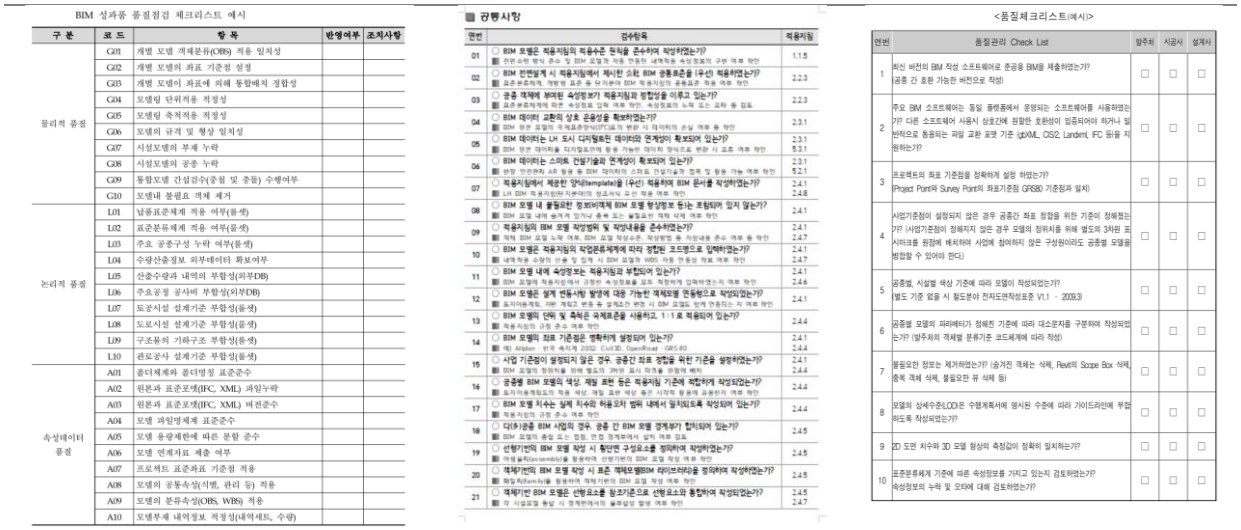
이렇게 설계단계에서 구축된 BIM 데이터는 설계에서 활용되는 사항뿐만 아니라, 이후 시공 및 유지관리 단계에서도 중요한 역할을 하게 된다. 따라서 BIM 품질검토를 통한 성과품 관리는 설계적인 측면에서만의 문제가 아닌 시설물 전 생애주기를 관리함에 있어 중요한 사항이다.

현재 각 발주처별 BIM 가이드를 제작하여 운영중에 있으나 BIM 성과품에 대한 체계적인 품질검토 기준, 절차, 방법등은 미흡한 실정이다. 이에 따라 국토부는 "건설산업 BIM 시행지침 발주자편, 설계자편, 시공자편"의 주체별 시행지침에서, 분야별 시행지침인 "건설산업 BIM 시행지침 품질관리편(국토부, 2023)"까지 제작하였다. 이는 BIM 성과품 품질검토에 대한 기준, 방법, 기법 및 절차, 소프트웨어 활용에 대해 서술하고 있어 그만큼 BIM 데이터의 품질관리가 중요해지고 있다고 할 수 있다.

BIM 품질검토란 설계자가 작성한 BIM 성과품이 납품 이전에 발주자 요구사항 및 사전에 설정된 BIM 품질검토 기준에 따라 적절하게 작성되었는지 확인하는 단계이다. 품질검토는 설계자가 BIM 데이터를 활용하기 전에 실시하며, 납품 시 BIM 체크리스트가 포함된 품질검토보고서를 제출하여 발주자의 검수를 돕는다. 이 품질 검토보고서에는 물리적 품질검토, 논리적 품질검토, 속성데이터 품질검토에 대한 세부 사항이 포함된다.

- 물리적 품질 검토 : BIM 데이터의 형상 오류 및 객체 간 충돌, 이격 등을 식별하고 해결하기 위한 방법을 제시.
- 논리적 품질 검토 : BIM 데이터가 품질기준, 법규 및 설계기준 등 논리적인 요구사항을 만족하는지 검토.
- 속성데이터 품질 검토: 표준분류체계, 필수 속성정보의 누락 및 오타, 물량산출 정보 등을 검토.

표. 국내 표. 국내 BIM 지침 별 품질점검 체크리스트 예시


BIM 성과품 품질점검 체크리스트 예시

구 분	코 드	항 목	반영여부	조치사항
물리적 품질	G01	개별 모델 객체분류(OBS) 적용 일치성		
	G02	개별 모델의 좌표 기준점 설정		
	G03	개별 모델이 좌표에 의해 통합배치 정합성		
	G04	모델링 단위적용 적정성		
	G05	모델링 축적적용 적정성		
	G06	모델의 규격 및 형상 일치성		
	G07	시설모델의 부재 누락		
	G08	시설모델의 공종 누락		
	G09	통합모델 간섭검수(충돌 및 충돌) 수행여부		
	G10	모델내 불필요 객체 제거		
논리적 품질	L01	납품표준체계 적용 여부(물량)		
	L02	표준분류체계 적용 여부(물량)		
	L03	주요 공종구성 누락 여부(물량)		
	L04	수량산출정보 외부데이터 확보여부		
	L05	산출수량과 내역의 부합성(외부DB)		
	L06	주요공정 공사비 부합성(외부DB)		
	L07	토공시설 설계기준 부합성(물량)		
	L08	도로시설 설계기준 부합성(물량)		
	L09	구조물의 기하구조 부합성(물량)		
	L10	관로공사 설계기준 부합성(물량)		
속성데이터 품질	A01	콜더체계와 콜더명칭 표준준수		
	A02	원본과 표준포맷(IFC, XML) 파일누락		
	A03	원본과 표준포맷(IFC, XML) 버전준수		
	A04	모델 파일명체계 표준준수		
	A05	모델 용량제한에 따른 분할 준수		
	A06	모델 연계자료 제출 여부		
	A07	프로젝트 표준좌표 기준점 적용		
	A08	모델의 공통속성(식별, 관리 등) 적용		
	A09	모델의 분류속성(OBS, WBS) 적용		
	A10	모델부재 내역정보. 적정성(내역세트, 수량)		

공통사항

연번	검수항목	적용지침
01	○ BIM 모델은 적용지침의 적용수준 원칙을 준수하여 작성하였는가?	1.1.5
02	○ BIM 전면설계 시 적용지침에서 제시한 오류 BIM 공통프로콜 (우선) 적용하였는가?	2.2.3
03	○ 공종 구분에 부여된 속성정보가 적용지침과 정합성을 이루고 있는가?	2.2.3
04	○ BIM 데이터 교환의 상호 운용성을 확보하였는가?	2.3.1
05	○ BIM 데이터는 LH 도시 디지털트윈 데이터의 연계성이 확보되어 있는가?	2.3.1 5.3.1
06	○ BIM 데이터는 스마트 건설기술의 연계성이 확보되어 있는가?	2.3.1 5.2.1
07	○ 적용지침에서 제공한 양식(template)을 (우선) 적용하여 BIM 문서를 작성하였는가?	2.4.1 2.4.8
08	○ BIM 모델 내 불필요한 정보(객체) BIM 모델 탑재정보 등는 포함되어 있지 않는가?	2.4.1
09	○ 적용지침의 BIM 모델 작성범위 및 작업내용을 준수하였는가?	2.4.1 2.4.7
10	○ BIM 모델은 적용지침의 작업분류체계 따라 정합한 프로젝트로 입력하였는가?	2.4.1 2.4.7
11	○ BIM 모델 내에 속성정보는 적용지침과 부합되어 있는가?	2.4.1 2.4.6
12	○ BIM 모델은 설계 변동사항 발생에 대응 가능한 객체모델 연동형으로 작성되었는가?	2.4.1
13	○ BIM 모델의 단위 및 축척은 국제표준을 사용하고, 1:1로 적용되어 있는가?	2.4.4
14	○ BIM 모델의 좌표 기준점은 명확하게 설정되어 있는가?	2.4.1 2.4.4
15	○ 사업 기준에 설정되지 않은 경우, 공종간 좌표 정합을 위한 기준을 설정하였는가?	2.4.1
16	○ 공종별 BIM 모델의 색상, 재질 표현 등은 적용지침 기준에 적합하게 작성되었는가?	2.4.4
17	○ BIM 모델 지수는 실제 지수와 허용오차 범위 내에서 일치되도록 작성되어 있는가?	2.4.4
18	○ 다(多)공종 BIM 사업의 경우, 공종 간 BIM 모델 경계부가 합치되어 있는가?	2.4.5
19	○ 선행기반의 BIM 모델 작성 시 확인된 구성요소를 정의하여 작성하였는가?	2.4.5
20	○ 객체기반의 BIM 모델 작성 시 표준 객체모델(BIM 라이브러리)을 정의하여 작성하였는가?	2.4.5
21	○ 객체기반 BIM 모델은 선행요소를 참조기준으로 선행요소와 통합하여 작성되었는가?	2.4.5 2.4.7

<품질체크리스트(예시)>

연번	품질관리 Check List	발주처	시공사	설계사
1	최신 버전의 BIM 작성 소프트웨어로 준공용 BIM을 제출하였는가? (공종 간 호환 가능한 버전으로 작성)	□	□	□
2	주요 BIM 소프트웨어는 동일 플랫폼에서 운영되는 소프트웨어를 사용하였는가? 다른 소프트웨어 사용시 상호간에 원활한 호환성이 입증되어야 하거나 별도의 툴을 통해서는 파일 교환 포맷 기준 (gbXML, CIS2, Landxml, IFC 등)을 지정하는가?	□	□	□
3	프로젝트의 좌표 기준점을 정확하게 설정 하였는가? (Project Point와 Survey Point의 좌표기준점 GRS80 기준점과 일치)	□	□	□
4	시설기준점이 설정되지 않은 경우 공종간 좌표 정합을 위한 기준이 정확했는가? (시설기준점이 정해지지 않은 경우 모델의 정위치를 위해 별도의 3차원 표시마크를 원점에 배치하여 사업에 참여하지 않은 구성원이라도 공종별 모델을 병합할 수 있어야 한다)	□	□	□
5	공종별, 시설별 색상 기준에 따라 모델이 작성되었는가? (별도 기준 없을 시 철도분야 전자도면작성표준 V1.1 - 2009.3)	□	□	□
6	공종별 모델의 파라메터가 정해진 기준에 따라 대소문자를 구분하여 작성되었는가? (발주처의 객체별 분류기준 코드체계에 따라 작성)	□	□	□
7	불필요한 정보는 제거하였는가? (숨겨진 객체는 삭제, Revit의 Scope Box 삭제, 중복 객체 삭제, 불필요한 뷰 삭제 등)	□	□	□
8	모델의 상세수준(LOD)은 수행계획서에 명시된 수준에 따라 가이드라인에 부합하도록 작성되었는가?	□	□	□
9	2D 도면 치수와 3D 모델 형상의 측정값이 정확히 일치하는가?	□	□	□
10	표준분류체계 기준에 따른 속성정보를 가지고 있는지 검토하였는가? 속성정보의 누락 및 오타에 대해 검토하였는가?	□	□	□

한국도로공사	한국토지주택공사	국가철도공단
고속도로분야 BIM 정보체계 표준지침서	LH 건설산업 BIM 적용지침서	BIM 설계 및 시공관리 지침
품질점검 체크리스트 예시	품질점검 체크리스트 예시	품질점검 체크리스트 예시

이때 BIM 품질 검토하는 방법은 수동적 방법과 자동적 방법이 있다. 수동적 방법은 사람이 BIM 소프트웨어나 뷰어를 사용하여 직접 시각적으로 품질을 확인하는 방식이고, 자동적 방법은 품질관리 소프트웨어가 사전 설정된 조건이나 규칙을 적용하여 자동으로 품질을 검토하는 방식이다. 자동적 품질 검토에는 객체 간의 간섭 검사, 법규 준수, 설계 조건 확인 등을 수행하는 다양한 전문 소프트웨어가 사용된다.

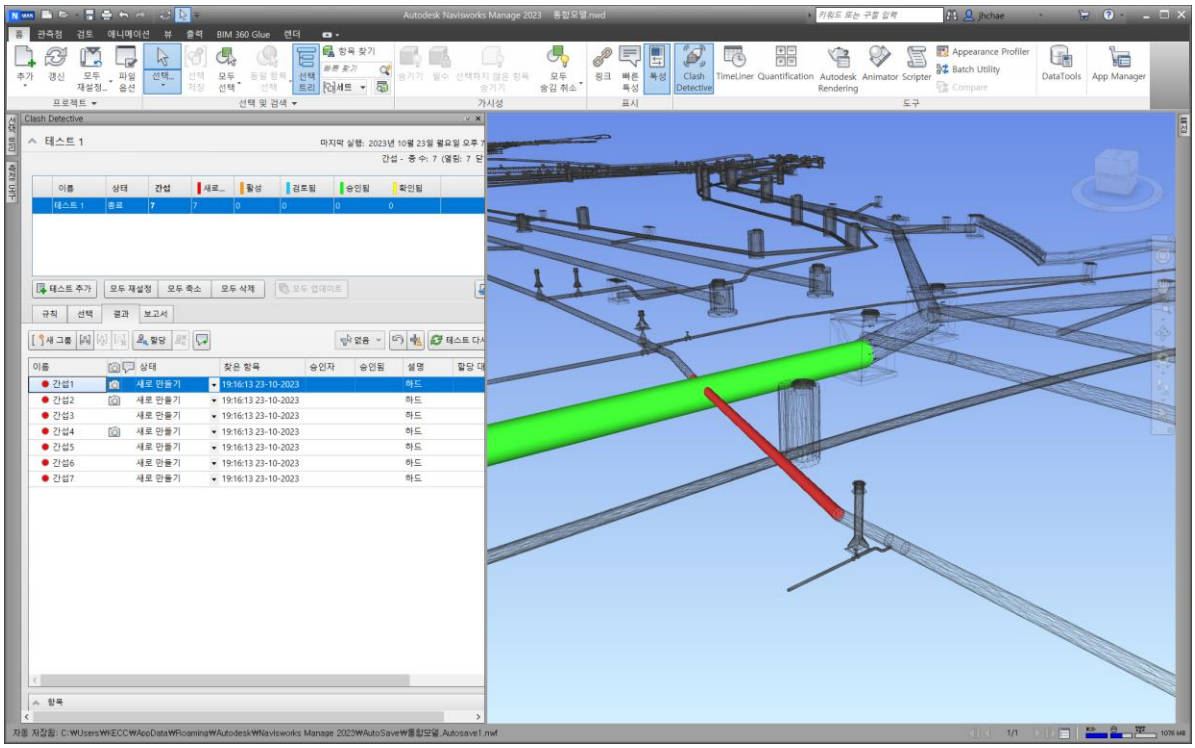


그림. 자동적 방법의 BIM 데이터 품질검토(간섭체크)

5.2.4 토목 BIM 데이터 품질검토 과정의 개선사항

앞서 살펴본 바와 같이, 토목 BIM 설계데이터의 품질검토는 국내 BIM 가이드와 지침에 따라 BIM 품질검토 절차에 맞게 검수를 진행하게 된다. 그러나 BIM 데이터의 품질이 프로젝트에 매우 중요한 부분을 차지함에도 불구하고, 여전히 BIM 품질검토 과정에 다수의 문제점이 존재한다. 이러한 문제점들은 프로젝트 품질에 직접적인 영향을 미치므로, 이를 개선하기 위한 방안 모색이 필요하다. 여기서 BIM 품질검토 과정에서 나타나는 다섯 가지 주요 문제점을 살펴보면 다음과 같다.

첫째, BIM 품질검토 과정에서 '물리적 품질', '논리적 품질', '속성 데이터 품질' 부분을 고려한 체크리스트 기반으로 검토가 이루어 진다. 하지만 현재의 체크리스트를 중심으로 한 검토 방식에는 한계가 있다. BIM 지침에서는 물리적, 논리적, 속성 데이터를 정의하고 있으나, 이러한 카테고리 내의 세부 항목 구분이 모호하여 체크리스트 만으로는 모든 상황을 완벽하게 대응하기 어렵다. 따라서 이러한 상황은 종합적인 품질검토를 어렵게 만들며, 프로젝트의 다양한 요구 사항을 충족시키지 못할 수 있다. 이에, 체크리스트의 기준을 명확히 하는 것은 물론, 프로젝트의 다양한 상황을 충족할 수 있는 유연한 검토 방법과 가이드라인이 필요하다.

둘째, BIM 품질검토는 크게 "BIM 데이터의 품질 검토"와 "BIM 기반으로 설계검토"의 두 가지 주요 측면으로 구분할 수 있다. 이는 BIM 데이터의 정확성이 중요한 것은 물론, BIM을 이용한 설계 검토의 중요성 역시 강조해야 함을 의미한다. 다시 말해 설계에서 BIM 데이터는 시공 및 유지관리 단계에서의 활용하기 위해서는 정확한 정보는 필수적이다. 하지만 법규 준수나 설계 조건과 같은 중요한 요소에 오류가 있을 경우 프로젝트 데이터의 가치를 크게 저하시킬 수 있게 된다. 따라서 이 두 과정은 서로 다른 접근 방식과 목표를 가지고 있음을 명확히 인지하고, 각각을 명확히 구분하여 관리하는 것이 중요하다. 즉 BIM을 단순히 데이터에만 초점을 맞춤것이 아닌, 건설 업무의 향상을 위한 도구로 활용되야 하며, 그에 따른 품질검토가 이루어 져야 한다.

셋째, 현재 토목 분야에서는 자동화된 품질검토는 주로 간섭체크에 국한되어 있다. 그 외의 대부분은 수동 방식으로 품질검토 체크리스트의 내용을 사용자가 BIM 뷰어를 통한 수동적인 시각 검토를 수행한다. 이는 시간 소모적이고 주관적 오류의 가능성을 내포하고 있다. 따라서, 효율성과 정확도를 향상시키기 위해, 토목 설계 분야에서의 법규 준수, 설계 조건 확인과 같은 중요한 품질검토 요소에 대한 자동화 기술의 도입이 필요하다.

넷째, BIM 성과품으로 교량, 터널, 지하차도와 같은 구조물들은 현재 IFC 표준을 사용하여 납품하고 있다. IFC는 개방형 교환 형식의 BIM 표준 모델 데이터로, 원래는 건축 BIM을 위해 개발되었으나, BIM이 활성화되면서 따라 토목 분야에서도 표준으로 활용되고 있다. 그러나 IFC 형식은 건축 분야를 위해 개발되었기 때문에, 건물과 관련된 벽, 기둥, 슬래브, 문, 창 등에 객체 클래스는 있지만 토목 시설물과 관련된 정보는 상대적으로 부족하다.

현재 국제빌딩스마트 협회에서는 IFC4.0 까지 개발하였다. IFC4x3 부터는 Infra 분야를 포함하는 Road, Railway, Bridge, Tunnel의 도메인을 확장할 계획이다. 이에 따라 토목 분야에서도 IFC 스키마의 계층적 구조를 통해 토목 요소의 클래스 관계성을 관리할 수 있게 될 것이다. 이는 BIM 데이터 객체 간의 상호 연결성을 제공하며, 법적 요구사항이나 설계 조건을 자동으로 검토할 수 있는 기반이 된다. 이러한 개선은 시공 및 유지관리 단계를 포함한 설계 데이터 연계성 향상을 의미한다. 그러므로, 품질 검토에서 IFC에 대한 검증은 형상에만 국한되지 않고, 설계 요소와 IFC 클래스 간의 매핑 관리도 포함해야 한다. 따라서 토목 BIM 구조물 제출 시에도 IFC 클래스의 정확한 정의와 그 관리에 대한 준비도 필요하다.

마지막 다섯째, 각 발주처별 품질검토 지침에서는 설계자 위주로 품질검토 내용이 작성되어 있다. 이는 발주자, 설계사, 시공사 등 프로젝트의 다양한 참여자들이 각자의 역할에 맞는 품질검토를 수행할 수 있도록 지침을 보다 구체적으로 지정하여 검토해야 한다. BIM 품질검토의 목적은 단순히 BIM 생성에만 초점을 맞춘 것이 아니라, 설계에서부터 시공 및 유지관리에 이르는 전 과정에서 BIM이 얼마나 효과적으로 활용될 수 있는지 확인하는 데 있다. 이를 염두에 두고 각자의 역할에 맞는 품질검토를 수행할 수 있도록 보다 구체적인 지침이 마련되어야 한다.

지금까지 토목 분야에서의 BIM 품질검토의 현황과 여러 문제점들에 대해 살펴보았다. 건설 프로젝트는 초기 계획 단계부터 설계, 시공, 그리고 유지관리에 이르기까지 일관되고 정확한 정보의 흐름을 필요로 한다. 이러한 복잡한 과정을 통합적으로 관리할 수 있도록 BIM이 필수적인 도구로 자리 잡았으며, 따라서 BIM 데이터의 정확성과 품질은 중요한 사항이라 할 수 있다. 앞으로 이러한 BIM 품질검토의 문제점들을 체계적으로 해결해 나가면서, 건설 프로젝트의 전반적인 품질 향상을 위해 끊임없이 노력해야 할 것이다. 이것은 건설 산업의 지속 가능적 발전을 위한 필수적인 단계로서, 모든 이해관계자의 적극적인 참여와 협력이 요구된다.

5.2.5 교훈

국내 건설산업은 4 차 산업혁명의 기술을 활용하여, 특히 BIM을 기반으로 스마트 건설로의 전환을 추구하고 있다. 이러한 디지털 변환은 생산성 향상과 안전성 강화를 목표로 하며, 국제 경쟁력 향상에 기여할 것으로 기대하고 있다. 이 과정에서 국토부와 각 발주처는 스마트 건설의 활성화를 위해, BIM 기술의 전 생애주기에 걸친 일관된 관리와 활용에 관한 정책과 가이드라인 마련에 힘쓰고 있다.

BIM은 건설산업에서 디지털 전환을 이끌어가는 핵심 기술이며, 설계 과정에 있어서도 많은 이점을 제공한다. 설계 초기에는 다양한 3D 시뮬레이션으로 설계안을 검토할 수 있고, 상세 설계로는 BIM 기반 알고리즘을 통해 설계의 자동화 요소를 적용할 수 있다. 또한, 3D 디지털 가상 공간에서의 정밀한 설계 검토가 가능하게 함으로써, 보다 정확하고 효율적인 결과물을 도출할 수 있다.

하지만, BIM의 진정한 가치는 설계 단계에서 끝나는 것이 아니라, 이를 통해 구축된 데이터가 시공, 유지관리, 운영에 이르기까지 시설물의 전 생애주기에서 지속적으로 활용되는 데에 있다. 이는 BIM을 활용하는 궁극적인 목적으로 볼 수 있으며, 특히 공공 발주를 중심으로 한 토목 분야에서는 시설물의 전 생애주기에 걸쳐 BIM 데이터를 일관되게 관리하고 활용하는 것은 필수적이라 할 수 있다.

설계 데이터를 디지털 전환하는 이유는 건설분야 데이터 활용성을 높여 생산성을 향상시키기 위해서이다. 이 과정에서 BIM 기술이 중요한 역할을 하게 되는데, 만약 BIM 품질이 충분히 확보되지 않는다면, 이 기술의 활용성은 크게 떨어질 수 있다. 그렇기 때문에 BIM이 필수적으로 적용되는 공공 건설 프로젝트에서는, BIM 데이터의 효율적인 생성과 높은 품질 유지를 위한 지침 및 가이드라인이 지속적으로 갱신하고 있다. 이러한 노력은 BIM을 통한 설계 데이터의 품질 향상에 기여하며, 시설물의 생애주기 전반에 걸친 품질 개선을 가능하게 한다.

BIM 품질검토는 발주자의 요구사항과 BEP에 명시된 기준을 바탕으로 최종 성과물의 적합성을 평가하는 중요한 과정이다. 더욱이 설계 단계의 BIM 품질검토는, BIM 데이터를 시설물의 전 생애주기 동안 중요하게 활용하기 위한, 매우 중요한 단계로 자리잡고 있다. 따라서 BIM은 단순히 모델링하는 것이 목적이 아니라 설계와 시공, 유지관리 업무의 향상을 위한 도구로 활용되어야 하며, 그에 따른 품질검토가 이루어져야 한다.

BIM 품질의 중요성에도 불구하고, 현재의 BIM 품질 검토 방식은 여러 한계점을 내포하고 있다. 이 문제를 해결하기 위한 대안으로 다음과 같은 접근 방법이 필요하다고 제안된다.

체크리스트를 통한 품질검토 방식으로는 전체 품질을 완벽히 검토하기가 어렵다. 그러므로 품질검토 기준을 더욱 명확히 하기 위한 상세한 가이드라인의 마련이 요구되고 있다. 더 나아가, 품질검토의 자동화 방법이 필요하며, 특히 토목 분야에서는 법규 준수 및 설계 조건과 같은 기준을 자동으로 검토하는 기술의 도입이 중요하다. 자동화된 품질검토 기술은 설계 검토의 정확성을 향상시키는데 도움이 되며, 프로젝트에서 발생할 수 있는 오류를 최소화하는 데 기여할 것이다.

그리고 BIM을 단순히 데이터 구축에만 초점을 맞추는 것이 아니라, 건설 업무의 전반적인 향상을 위한 중요한 도구로서의 역할을 해야 한다. 이를 위해서는 'BIM 데이터의 품질 검토'와 'BIM 기반 설계검토'를 명확히 구분하고, 각 상황에 맞는 품질검토를 구체적으로 정의하고 수행해야 한다.

마지막으로, BIM 품질검토 지침은 프로젝트 참여자들이 각자의 역할과 책임에 맞추어 효과적인 품질검토를 수행할 수 있도록 상세하게 정의되어야 한다. 이와 함께, 다양한 전문가들이 협력하여 품질검토 과정을 보다 체계적이고 효율적으로 관리할 수 있는 환경 구축이 필요하다.

BIM은 건설분야의 디지털화를 넘어서, 전반적인 생산성 향상과 품질 제고의 핵심 수단으로써 중요한 역할을 하고 있다. 이에 따라, BIM의 가능성을 최대한 활용하고, 건설 프로젝트의 다양한 측면에서 품질과 효율성을 개선하려는 지속적인 노력이 필요하다. 이를 통해 건설 정보를 연속적이고 지속 가능한 방식으로 활용할 수 있게 되며, 이는 건설산업 전 생애주기 동안 정보의 관리를 지속적으로 발전시켜 나아갈 수 있을 것이다.

5.3 디지털트윈 국토공간정보 데이터 활용 현황

5.3.1 공간정보분야 데이터 품질 개요

본 장에서는 디지털트윈 공간정보 데이터를 효과적으로 사용할 수 있도록, 품질을 확보하기 위한 표준화 노력을 소개한다. 공간정보분야는 데이터표준과 관련되어, 국가공간정보기본법에 기반한 작업이 진행되고 있다. 아울러, 디지털트윈 정보교환모델이 KS표준화되어, 데이터 품질 확보 및 활용을 위한 기초를 만들어 나가고 있는 중이다.

공간정보는 지상·지하·수상·수중 등 공간상에 존재하는 자연적 또는 인공적인 객체에 대한 위치정보 및 이와 관련된 공간적 인지 및 의사결정에 필요한 정보이다(「국가공간정보기본법」 제 2 조 제 1 항 및 「국토지리정보원 공간정보 표준화지침」 제 2 조 제 1 항). 즉, 지상·지하·수상·수중 등에 존재하는 자연적, 인공적인 물체에 대한 위치정보 및 속성정보는 공간정보이다.

공간정보 데이터 품질 평가는 1. 데이터 품질 평가 준비, 2. 데이터 품질 측정 지정, 3. 데이터 품질 평가 방법 지정, 4. 데이터 품질 평가 결과 순으로 수행된다.

데이터 품질 평가 준비: 데이터 품질을 평가하기 전에 품질확보할 데이터의 범위와 평가할 품질 요소를 지정하여 데이터에 대한 특징과 상세한 설명을 작성하여 준비한다.

데이터 품질 측정 지정: 데이터 품질 측정은 데이터 품질 평가 준비과정에서 선택된 품질 요소의 측정 목록을 통해 데이 터를 설명할 수 있다.

데이터 품질 평가 방법 지정: 데이터 품질 평가 방법을 지정하여 그에 알맞게 설명하고, 절차를 따라 데이터를 평가한다. 각 각의 데이터마다 하나 이상의 평가 방법을 적용할 수 있다.

데이터 품질 평가 결과: 데이터 품질 평가를 수행한 후, 최종적으로 데이터 품질의 결과를 설명한다. 품질 보고를 통해 평가 결과를 설명한다

평가시기는 데이터 제품 사양이나 사용자 요구사항을 명시할 때, 품질 평가는 최종적으로 제품이 충족해야 하는 품질 수준을 정하는 데 유용하게 사용한다. 그리고 제품 생산 단계에서 생산자는 제품 사양에 명확히 포함되지 않더라도 제품 품질 관리의 일부 과정으로 품질 평가를 적용할 수 있다. 또한, 제품 완성 단계에서 데이터 품질 결과를 생성 및 보고하기 위해 품질 평가할 수 있으며, 데이터셋이 사용자 요구사항에 지정된 품질 수준 충족 적합성 여부를 설정하는 데 품질을 평가한다.

5.3.2 공간정보 데이터 품질평가 준비

공간정보 데이터는 시간 및 공간적 범위와 지형지물의 유형과 특성, 공간적 표현 또는 제품 위계 상 위치에 의해 제약될 수 있기 때문에 하나 이상의 기준을 통해 제품의 데이터 내용을 나누어 기술한다.

표. 공간정보 데이터 사양 항목

No	일반적인 구조 항목	내용
1	개요	제품 사양서의 간략한 정보 (제목, 관리부서, 언어, 배부 포맷, 용어 및 약어 정의, 참고적 설명)
2	제품 사양 범위	제품 사양 범위에 관한 정보 (레벨 수준, 레벨 수준명, 레벨 설명, 범위, 커버리지)
3	데이터 제품 사양 식별정보	데이터 제품 사양을 식별 가능한 정보 (제목, 요약, 지리적 범위, 주제 범주, 공간 해상도, 목적, 부가정보)
4	데이터 내용 및 구성	응용 스키마와 지형지물 목록 및 참조 정보와 이에 대한 해설 (응용 스키마, 지형지물 목록, 참조 및 서술 설명)
5	참조체계	데이터 제품에 사용되는 참조체계 정보 (공간 참조체계, 시간 참조체계)
6	데이터 품질	데이터 제품에 관한 데이터 품질 요건들을 식별 (품질 요소 및 하위수준)
7	데이터 수집	데이터 획득에 대한 정보 (데이터 제품의 원시 자료수집과 처리 과정 등에 관한 일반적인 설명)
8	데이터 유지관리	데이터 유지관리에 대한 정보 (선택사항 - 갱신주기, 사용자 정의 갱신주기)
9	데이터 표현	데이터 제품을 실제로 구현하기 위한 정보 (데이터 표현을 위해 참조한 규정·지침 기술, 데이터 표현에 대한 상세 정보)
10	데이터 배포	데이터 제품 배포에 관한 요구사항, 배포포맷 정보와 배포매체 정보 (배포포맷 정보, 배포매체 정보)
11	부가정보	데이터 제품에 대한 부가정보 (데이터 제품 사양 항목에 포함되지 않은 사항을 기술)
12	메타데이터	KS X ISO 19115 에 규정된 핵심 메타데이터 요소 (메타데이터를 구성하는 요소로 데이터의 정보를 기술)

공간정보 데이터 품질 요소를 적용하여 제품의 품질을 설명한 다. 품질 요소를 적용하여 제품의 품질을 데이터에 알맞게 평가하여 자세히 설명한다.

완전성 : 완전성은 지형지물 속성 및 관계에서 초과하거나 누락된 데이터의 정도를 말한다.

표. 완전성

구성요소	정의	예시
초과	데이터셋에서 기준보다 지형지물이 많음	데이터셋은 5 ㎡보다 큰 건물만 포함해야 할 경우, 5 ㎡ 이하의 건물은 초과로 보고됨
누락	데이터셋에서 기준보다 지형지물이 빠짐	서울시 인구 데이터셋에 강남구의 인구수가 없는 경우, 인구 데이터셋은 누락으로 보고됨

논리 일관성 : 논리 일관성은 데이터의 구조, 속성, 관계에 따라서 개념 일관성, 도메인 일관성, 포맷 일관성, 위상 일관성으로 나누어지며, 데이터의 논리적인 규칙을 준수하거나 일관된 정도를 말한다.

표. 논리 일관성

구성요소	정의	예시
개념 일관성	데이터의 개념 스키마 규칙 준수 여부(도메인 일관성과 위상 일관성이 함께 고려될 수 있음)	서울 지역 번호 '02'는 경기 지역 번호 '031'에 포함될 수 없으며, 개념적 일관성 오류로 보고됨
도메인 일관성	도메인 영역에서 값의 준수 여부	Language 필드에는 'KOR'와 'ENG'가 포함되어야 함
포맷 일관성	데이터가 물리적 구조에 알맞게 저장되는 구조	데이터 제품 사양에서 'GML' 포맷을 지정했으나 데이터 셋 포맷이 'GML'이 아닌 경우 포맷 일관성 오류로 보고됨
위상 일관성	변경되지 않는 항목과 데이터셋의 항목 간 기하 관계를 말 하며, 정의된 개념 스키마가 지형지물 위상 관계와 일치 여부	개념 스키마에 명확한 요건이 있는 경우, 불분명한 데이터 의 위상 관계(언더슈트, 오버슈트, 겹침, 자체 겹침 등)는 위상 일관성 오류로 보고됨

위치 정확성: 위치 정확성은 지형지물의 위치가 실제 값과 얼마나 일치하는지 확인하며, 실제 값과 지형지물 이 가까울수록 위치 정확성은 높아진다.

표. 논리 일관성

구성요소	정의	예시
절대 외부 정확도	지도상의 대상 위치가 허용 좌표계에 따라 지구의 정확한 위치와 일치하는 정도	GPS로 측정한 A지점(X′, Y′)와 실제 A 지점의 위치 (X, Y)에 가까울 때 절대 외부 정확성은 높아짐

상대 내부 정확도	데이터 포인트와 다른 데이터 포인트 근처의 위치 일관성을 측정한 값을 말하며, 지도에서 물체의 크기 조정된 거리를 지면에서 측정한 같은 거리와 비교하여 근접한 정도를 측정함	지형지물의 위치(X′, Y′)가 실제 위치(X, Y) 거리가 가까울 때, 상대 내부 정확성은 높아짐
그리드 데이터 정확도	그리드 데이터에서 지형지물의 공간적 위치 값이 참값에 근접한 정도	번째 그리드에 위치한 지형지물은 실제 거리와 차이가 작을수록 정확성은 높아짐

주제 정확성: 속성을 셀 수 있는 양적 속성과 속성을 셀 수 없는 특성을 가진 비 양적 속성의 주제 정확성은 지형지물 간 관계 분류가 정확한 정도를 말한다.

표. 주제 정확성

구성요소	정의	예시
분류 정확성	논의 영역에서 지형지물 또는 속성에 할당된 클래스를 비교하여 정확하게 분류된 정도	실제 세계에서 나무의 개수는 10 개, 건물은 5 대가 있을 때, 논의의 영역에서 이와 비슷하게 나타나면 분류 정확 성은 높아짐
양적 속성 정확도	양적 속성값이 참값에 정확한 정도	지형지물의 양적 속성(나무의 수, 건물 대수 등)이 실제 값과 가까울수록 정확성은 높아짐
비 정량 속성 정확성	양적으로 설명할 수 없는 비 양적 속성값이 정 확한 정도	지형지물의 비 양적 속성(도로의 주소, 건물 번호 등)이 실제 값과 일치하면 정확성은 높아짐

시간 품질: 시간 품질은 지형지물의 시간 관계와 시간 속성의 품질로 정의한다.

표. 시간 품질

구성요소	정의	예시
시간 측정의 정확성	정의된 규칙이 보고된 측정 시간 이 참으로 알려진 값의 근접성	'START_DATE'(시작일) 필드 값에 미래 날짜를 포함하면 시간 측정 의 정확성 오류로 보고됨
시간 일관성	정의된 규칙의 시간순서 정확성	지형지물 A, B를 '2017-10-13'와 '2017-10-14' 순차적으로 생 성하는 규칙이 존재할 때, 지형지물 B는 A보다 시간을 앞설 경우에 시간 일관성 오류로 보고됨
시간 유효성	정의된 규칙의 시간과 관련된 데 이터 유효성 여부	날짜 값은 ISO 8601 규칙에 따라 'YYYY-MM-DD' 형태인 '2017-10-13'이어야 유효함

유용성 요소: 유용성 요소는 위의 5 가지 요소로 품질을 설명할 수 없을 때, 사용자 요구사항에 기반을 두고 평가한다. 모든 품질 요소는 유용성을 평가하는 데 사용해도 되며, 평가할 때 세부사항을 품질 요 소의 디스크립터를 활용하여 제공할 수 있다.

5.3.3 데이터 품질 평가 사용 효과

사업수행 결과 보고서와 함께 공간데이터 품질을 확보한 메타데이터 및 품질 보고서를 제출하도록 하고 있다.

공간정보 데이터 품질 평가 수행이 검증된 지역의 국가기본도를 공간데이터를 활용하는 사용자에게 공유하 기 위해 국가공간정보 포탈에 데이터를 올리고, 공간정보 사업 관련 또는 시스템 구축 사업에서 데이터 생산자가 데이터의 품질을 확보할 수 있도록 지원하기 위해 품질 표준 해설서를 제공할수 있다.

또한, 국가기본도를 조회시 메타데이터를 통해 전반적인 데이터에 대한 정보를 확인할 수 있다. 예를 들어, 사용자가 필요한 요구사항에 알맞은 품질을 확인할 수 있는 데이터의 품질 항목이 상세하게 작성되어 있으면, 공간정보 품질정보 덕분에 사용자가 원하는 데이터인지 신속히 확인할 수 있는 있으며, 이를 통해, 대용량 데이터의 검토 시간을 줄일 수 있는 품질 관리 체계가 개발되고 있다.

6. 해외 건축설계 사무소의 설계 BIM 활용 사례 및 현황 소개

6.1 개요

건축설계 과정에서 BIM을 활용하지 않는 이유는 복잡다단하다. 국내 건설분야 종사자들의 BIM에 대한 인식이 저조하고 BIM에 대한 관심과 기대는 높지만 도입의 의지가 낮으며[1] 산업 생태계 관점에서도 BIM 사용의 의무가 없거나, 계약방식과 책임관계가 불분명하여 BIM을 도입할 필요성을 느끼지 못한다. 건축설계 프로세스의 시작점이자 활용의 주체가 되어야 할 건축설계 실무자들은 정작 BIM을 업무프로세스 안으로 받아들여야 할 필요성을 느끼지 못하고 있으니[2] BIM 기반 협업 프로세스는 먼 나라 이야기일 수밖에 없다.

국내의 BIM과 해외의 BIM을 비교하며 언제까지 건축설계 및 건설산업의 얽히고 설킨 시스템의 문제를 탓할 수는 없다. 국내와 국외 설계 BIM이 현재 어떻게 다른지(where we are)가 아니라 과거 비슷한 시기에 제공된 기술을 가지고 활용해 왔음에도 불구하고 어떻게 지금과 같이 다른 곳에 다다르게 다르게 되었는지(how we get here), 그 과정을 들여다보고 건축설계 사무소의 관점에서 체질 개선을 해 나아가는 방법을 고민할 필요가 있다.

해외라고 모든 것이 일사천리였을 리가 없다. 해외의 성공스토리는 차고 넘치게 소개되었을 터이니 필자는 이번 백서에 해외 건축사무소에서 BIM을 도입하면서 어떠한 진통을 겪었는지, 그 과정에 대한 이야기를 실무자 입장에서 소개하고 BIM의 품질보증과 품질관리(QA/QC)를 위해 어떠한 노력이 수반되었는지 살펴보고자 한다.

필자는 영국에서 15 년동안 해외 건축계에 몸담으면서 대형 건축설계 사무소의 BIM 도입전환기를 겪었다. A사에 입사한 2010 년 BIM으로 진행되는 프로젝트는 손에 꼽힐 정도였지만 퇴사시점인 2017 년에는 대부분의 프로젝트가 BIM으로 전환되었다. 비슷한 시기 영국의 많은 건축사무소에서 그 모양은 달랐으나 제 각각의 진통을 겪으며 BIM을 실무프로세스 안으로 끌어들였고 각고의 노력 끝에 현재의 시스템을 구축하였다. BIM을 실무의 프로세스 안으로 끌어들이면서 데이터 품질을 유지하기 위해 건축설계자의 관점에서 어떠한 노력을 했는지를 짚어보면서 국내 사무소가 취할 수 있는 나름의 전략을 생각해 볼 수 있는 기회가 되기를 바란다.

---

[1] Kim, S., Park, C.H. & Chin, S. Assessment of BIM acceptance degree of Korean AEC participants. *KSCE J Civ Eng* **20**, 1163–1177 (2016). https://doi.org/10.1007/s12205-015-0647-y

[2] 진상윤. *스토리텔링 Bim*. 서울: 씨아이알, 2020.

프로젝트별로 BIM 도입의 정도가 상이하며 동일한 위계로 사례별 데이터를 제시하지 못하는 점 양해 바란다.

6.2 Nothing is impossible, Only painful.



그림. 프로젝트 컨셉

A사 B 프로젝트는 벨기에 출신 패션쇼 감독이었다. 클라이언트는 브루셀 외곽의 주거지역에 주택을 의뢰하였다. 디자인 감각이 남다른 클라이언트는 부양하는 파빌리온과 땅 속으로 침잠하는 벙커라는 극도로 대비되는 인상의 주택을 의뢰하였고 디자인 발전을 통해 위와 같은 디자인이 도출되었다.

프로젝트 팀은 초기에 A사와 벨기에 로컬 건축사무소, 구조 엔지니어, MEP 엔지니어로 구성되었고 디자인 발전단계에서 상부 파빌리온의 디자인을 컨설턴트이자 시공자로 FRP 전문 업체인 Holland Composites BV이 팀에 합류하였다. A사의 팀은 프로젝트 리더와 필자와 그 외 팀원 포함 4 인으로 구성되었고 필자는 디자인 리더이자 BIM 리더로 프로젝트 초기부터 Planning을 거쳐 Tender stage까지 관여하였다. 팀원 중에 BIM사용자는 필자가 유일하였다.

BIM은 클라이언트의 요구사항이 아니었으나 BIM을 적극적으로 도입하고 자하는 A사의 내부 방침이 있었고 초기 팀 구성시에 프로젝트에 참여할 내부 인력이 절대적으로 부족하여 인력절감을 위한 목적으로 BIM 프로젝트로 확정하여 진행하였다. 당시 A사는 정해진 BIM 프로토콜이 없는 상황이었다. BIM 매니저가 있었으나 개별 프로젝트의 문제를 기술적으로 해결해 주는 BIM Technician의 성격이 짙었다. BIM QA/QC 없이 BIM을 기존의 RHINO와 AUTOCAD를 대체하는 툴로 활용한다는 인식이 지배적이기 때문에 프로젝트별로 겪는 다양한 문제를 해결해가며 Knowhow를 쌓는 것이 일반적인 흐름이었다. 이 때문에 BIM으로 운영하는 프로젝트들은 각 팀별로 상당한 어려움을 겪는 시기였다.

기본 디자인은 Rhino에서 완성하였고, 각각의 매싱을 SAT로 전환하여 BIM에 외부 객체로 Import한 이후 Wall by Face로 매스의 면을 수동으로 선택하여 파빌리온 파트의 기울어진 벽체를 모델링하였다. 이러한 과정의 가장 큰 문제는 예각으로 많게는 7 개의 면까지 한점에서 만나는 매싱에 FRP 벽체를 입힐 경우 아래 그림의 화살표로 지시한 부분과 같이 정돈되지 않는 벽체가 형성되어 보이드 매스를 활용하여 하나씩 제거해 주는 작업이 필요했다. 2 주에 한번씩 진행된 디자인 팀 미팅에 따라 디자인이 수시로 변경되었는데 그때마다 파빌리온 파트를 Rhino에서 변경한 후 레빗으로 넘겨오는 작업과 BIM 객체를 입히고 다듬는 Manual Process가 반복되었다.

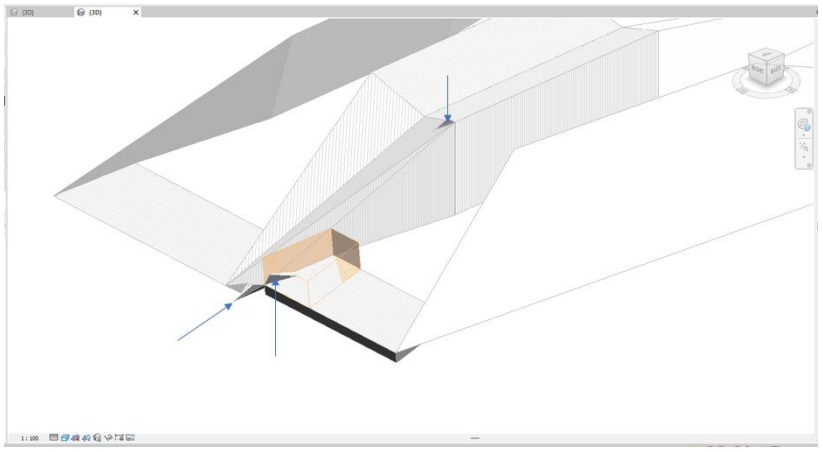


그림. 모델링 과정

B 프로젝트의 경우 작은 규모의 프로젝트로 변경에 따른 수작업에 소요되는 시간이 타 비슷한 시기의 대규모 프로젝트보다 작았으나 팀내에서 BIM을 담당하는 사람의 업무 부담은 증가될 수 밖에 없는 구조였다. 프로젝트의 도면 생산 프로세스(document workflows)가 Rhino Modeling – Revit Generic Modeling – Revit Construct Documenting이었는데 각 단계가 전환되는 과정에서 많은 시간이 소요되었다. 특히 플레닝 단계로 넘어가면서 파빌리온 뿐만 아니라 상하부를 연결해 주는 기울어진 벽구조체의 잦은 변경이 있었는데 이 때마다 평면과 입단면, 디테일을 업데이트 해야 했으며 BIM으로 커버하지 못한 부분을 수작업으로 보완하는 단순 반복적이고 소모적인 작업이 수반되었다.

또한 건축 디자인 담당이었던 A사를 제외한 로컬 건축가, 구조 엔지니어, 설비 엔지니어가 BIM을 활용하지 않아 구조적 변경이나 설비적인 변경에 대한 정보를 건축팀에서 AutoCAD나 Rhino 포맷의 정보로 변환 후 제공해야 했으며 변경사항을 확인하고 수정을 요청하는 과정에서 업무가 과중 되는 문제가 발생하였고 요청한 변경 사항이 반영되지 않는 문제가 수시로 발생하였다.

예를 들어 파빌리온을 들어 올리는 두개의 기울어진 벽체는 내부에 벽난로 설비를 포함하고 있었는데 벽난로의 디자인이 변경될 때마다 관련 정보를 구조 엔지니어와 설비 엔지니어에게 각각 Rhino와 AutoCAD로 제공하여 변경사항을 Inform하고 변경된 디자인이 구조적 설비적으로 작동 가능한지 확인과 관련 드로잉을 요청하였다. 변경에 대한 확인이 되면 해당내용을 Rhino에서 수정하고, 수정한 모델을 레빗으로 불러와 수정하고 관련 도면을 업데이트하는 사이클을 반복하였다. 플레닝 이전까지 벽난로의 디자인은 10 회이상 변경되었는데 그때마다 위의 소모적인 사이클이 반복되었고 이는 벽난로 뿐 아니라 주차장 입구 벙커, 메자닌 레벨의 난간, 파빌리온 내부의 침실과 욕실 등등 그 외 디자인적으로 중요하게 다룬 많은 부분에서 이러한 사이클로 프로젝트를 발전시켜 나아갔다. 디자인 리더이자 단독으로 BIM을 담당했던 필자의 당시 주당 근무시간은 100 시간에 이르기까지 했다.



그림. 세부 디자인

B 프로젝트는 A사의 대표적인 BIM 도입 초기 프로젝트로 BEP없이 운영되었고 QC/QA 노력 미비하였다. Complex geometry를 BIM환경에 구현하는데 큰 어려움과 시행착오를 겪었으며 로컬 건축가나 엔지니어들이 BIM을 활용하지 않아 프로젝트 구성원 간의 정보의 교환에 어려움이 있었고 Change management가 효율적으로 이루어지지 않았다.

A사는 Complex한 디자인으로 널리 알려진 건축사무소이다. 건축에서 실현하기 어려운 것이 있을 뿐 불가능한 것은 없다는 모토로 혁신적이고 실험적인 디자인을 하는 컬처가 있는데 BIM 도입 초기에 일반적이지 않은 디자인을 BIM 환경에서 구현하는 과정 초기에는 BIM 담당 팀원들의 개인적인 희생으로 프로젝트가 위태롭게 운영되는 안타까운 시기를 보냈다. 그러나 다수의 프로젝트들이 B 프로젝트와 같은 소모적인 사이클을 겪는 과정에서 Knowhow가 점차 축적되었다.

6.3 Only where it is necessary.

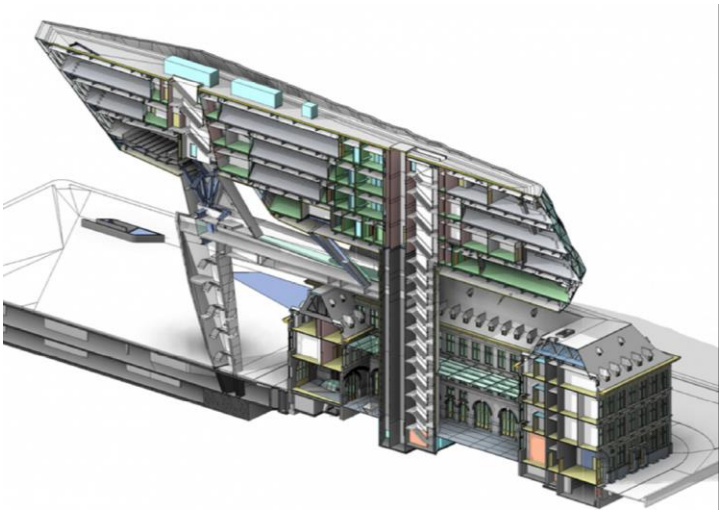


그림. 프로젝트 컨셉 디자인

A사 C 프로젝트는 벨기에 안트워프 항만의 소방소서 건물을 리노베이션하여 새로운 항만공사 사옥으로 전환하는 프로젝트이다. 2008 년 현상설계의 당선작으로 필자는 2010 년에 프로젝트에 합류하여 리드 건축가로 공모전 당선안을 기본설계안으로 발전시켜 Planning, Tender, Construction까지 담당하여 2015 년 완공에 이르기까지 5 년동안 관여하였다. 전체 연면적은 12,800m^2 으로 하부는 기존의 소방소 건물을 보존하여 리노베이션 하였고 상부는폭 24m 높이 46m 길이 114m의 볼륨이 콘크리트 구조체 상부에 지지되어 있는 혁신적인 구조로 이루어져 있다.

프로젝트 팀은 컨소시엄으로 구성되었고 로컬 건축사무소와 구조 엔지니어, MEP 엔지니어, 음향 엔지니어, 보존 건축가, 소방 건축가로 구성되었고 파사드 엔지니어와 시공팀인 Groven+과 Schüco가 PCSA(Pre-Construction Services Agreement)로 팀에 합류하였다. A사와 로컬 건축사무소는 공동으로 다음 사항의 책임을 분담하였다.

Responsibility of Lead Architect and Local Architect

- General contacts for the design team and design activities

- Formal contacts with the principal
- Administrative coordination of the parties during implementation of the contract
- Chairing design meetings
- Drawing up and correcting the design plans
- Architectural design and internal fittings for parts of the new building and the existing building
- Coordination of the design work of the various contributing design teams
- Integration of the design techniques and stability in terms of the design architecture
- Internal and external signs
- Integration of artistic elements
- Design of the landscape architecture (excluding planted areas) in coordination with the design architecture
- Integration of the landscape architecture design (excluding planted areas) in the architectural design
- Coordination of safety aspects for both the design and its implementation
- Providing the parties with all the necessary data and explanations with regard to its individual task
- Reproduction of its own/individual files

그림. 책임 역할 기술서

C 프로젝트도 앞서 언급한 B프로젝트와 마찬가지로 BIM을 활용할 의무가 계약상에 있지 않았다. BIM을 도입한 이유는 로컬 건축가였던 Bureau Bouwtechniek 사무실이 BIM 전문 사무실로 BIM 역량이 우수했기 때문에 A사에게 사용을 권유하였고 내부 논의를 통해 BIM으로 건축부분을 진행하는 것으로 합의하였다. 그러나 구조 사무실을 포함하는 그 외의 사무실은 BIM을 활용하지 않았다.

C프로젝트가 진행되던 시기는 B프로젝트와 마찬가지로 A사의 BIM 도입 전반기에 해당하나 효율적으로 BIM을 활용하기 위한 내부의 노력이 활발하던 시기로 프로젝트별로 다양한 실험이 이루어진 시기이다. 여전히 많은 부분을 일일이 수정하는 어려움이 있었으나 복잡한 디자인을 BIM에서 구현하기 위한 방법, 프로젝트의 다음단계에 필수적인 데이터를 BIM안에 담아내기 위한 방법이 적극적으로 탐구되었다. C 프로젝트의 파사드는 안트워프의 다이아몬드 산업을 연상케 하는 다면체의 형상인데 이러한 복잡한 입면 디자인의 정보를 담아내면서 패널의 지점 정보를 효율적으로 관리할 수 있도록 Adaptive Component를 활용하였다. Maya와 Rhino에서 패널의 디자인을 발전시킨 후 패널의 면 정보가 아닌 지점 정보 (Cloud Points)를 Revit으로 가져온 뒤에 Adaptive Component로 생성한 패밀리를 불러와 패널별로 6 개의 각 지점을 지정하여 입면을 완성하였다. 전체 파사드 패널을 완성하는데 단 42 개의 Adaptive Component Family가 사용되었다.

아래 그림은 순서대로 패널과 지점정보를 보여주는 서측 파사드 모델과 프로젝트에 사용된 Adaptive Component Family의 종류 그리고 Adaptive Component Family의 모습이다.

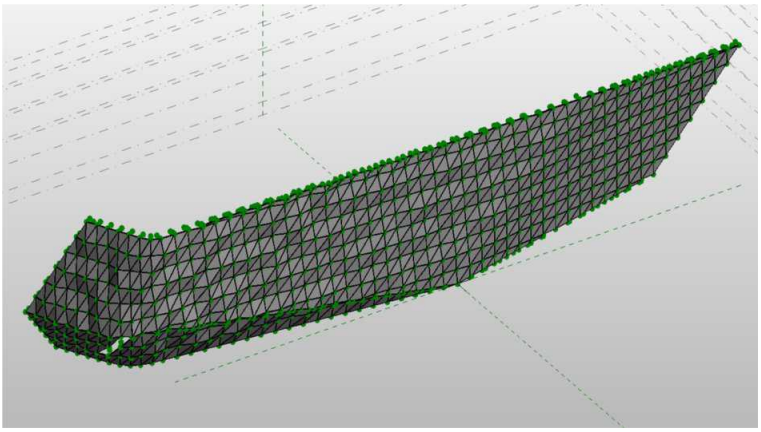


그림. 패널 정보 모델링

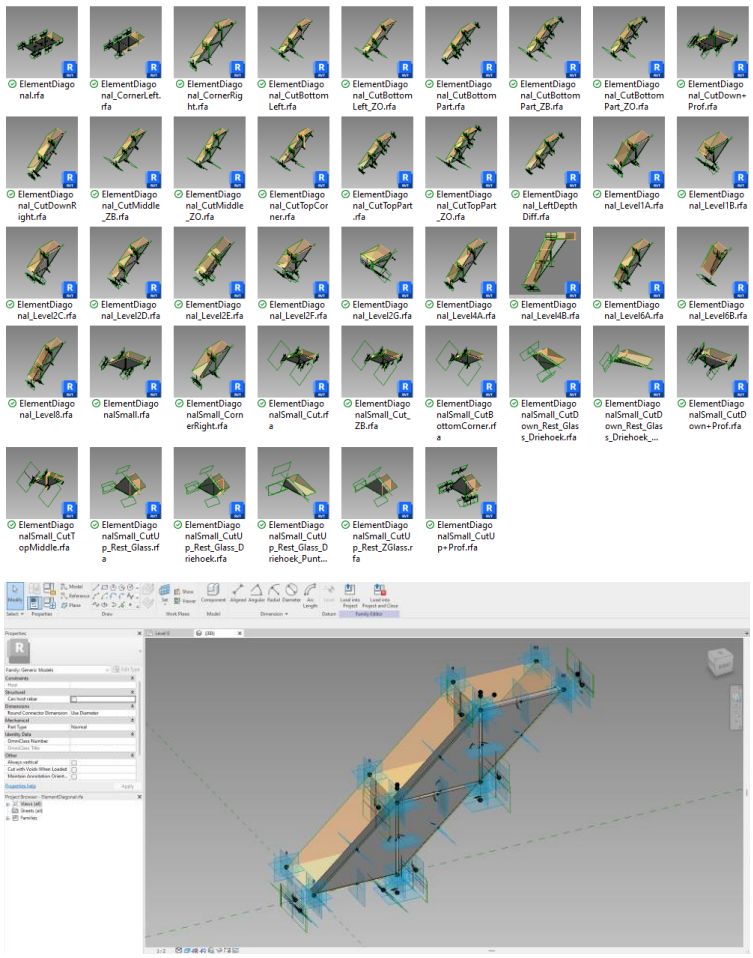


그림. 패널 어셈블리 정보 모델링

초기 디자인 결정은 BIM환경이 아닌 디자인 변경과 리뷰가 용이한 Rhino나 Maya를 활용하고 이를 기반으로 Generic Geometric 모델을 추출하여 BIM환경에 불러와 BIM 객체로 구축하는 프로세스는 B 프로젝트의 그것과 동일하다. 그러나 BIM 객체를 만드는 과정에서 반 수동적-실용적인(Semi-automatic / pragmatic) 방법론이 활용되었다. 지점 정보에 따라 패널 유닛별로 6 개의 지점을 수동으로 지정해 주어야 하는 번거로움이 있었지만 개개 패널의 정보에 따라 BIM 객체를 일일이 부가하던 B프로젝트에 비하여 적은 시간이 소요되었고 Adaptive Component 자체에 불필요한 Geometry를 삭제하는 Void가 아래 그림과 같이 패밀리 안에 포함되어 수작업을 줄여주었다.

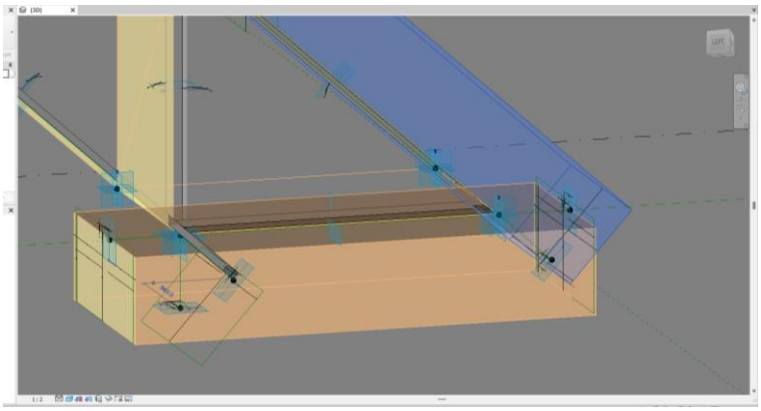


그림. 어셈블리 정보 상세

프로젝트 차원에서 Adaptive Component 활용의 가장 큰 잇점은 Scheduling(물량산출)과 GA Production이었다. C프로젝트의 경우 대형 프로젝트로 물량의 산출이 쉽지 않은 대규모 프로젝트였는데 Adaptive Component를 활용하여 Revit모델에 추가된 모든 패널은 스케쥴이 가능한 객체로 대략의 물량산출이 가능하였고, General Arrangement 도면을 생산하기 위한 외피경계를 제공하였다. 아래그림은 지상 9 층 GA 평면상에 외벽체가 BIM에서 어떻게 구현되었는지 보여준다.

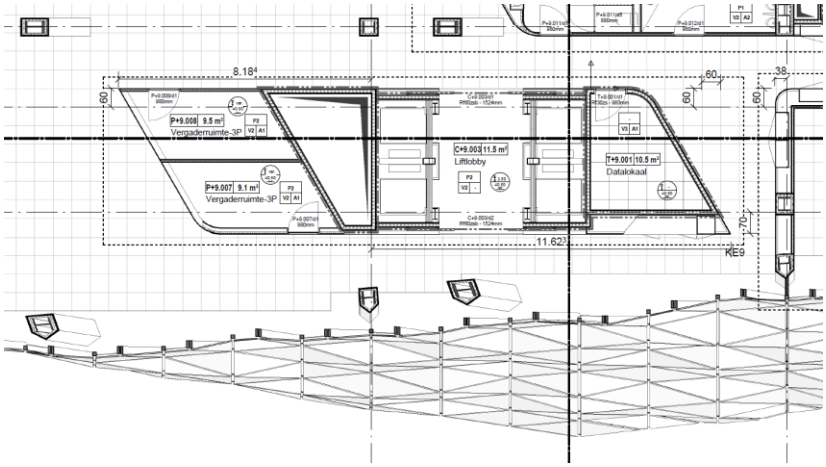
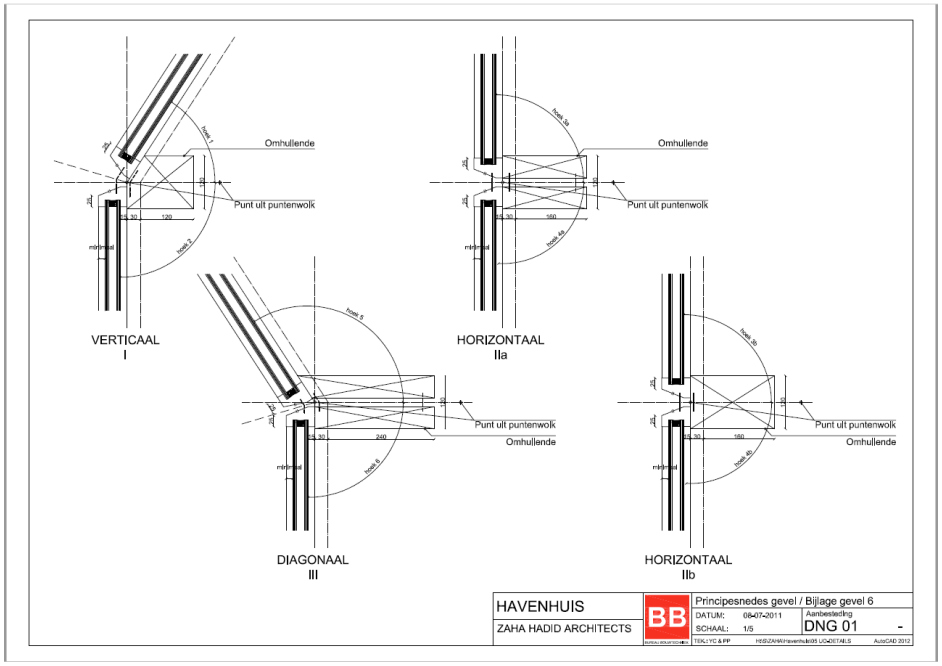


그림. 외벽체 상세도

프로젝트 팀은 로컬 건축가와 긴밀하게 협조하여 불필요한 정보 즉, 다음 단계에서 소거되거나 변경될 불필요한 정보를 생산하지 않도록 주의하였다. 예를 들어 텐더 도면에 Façade의 디테일은 입찰에 반드시 필요한 정보만으로 한정하여 파사드 디테일과 시공을 담당할 Groven+과 Schüco에 이관하였다. 아래 그림은 순서대로 텐더단계에서 Adoptive Component를 활용하여 기본적인 패널의 조합의 변화를 보여주는 도면(2011 년)과 디테일 디자인 단계에서 발전된 디테일 도면(2014 년)이다.



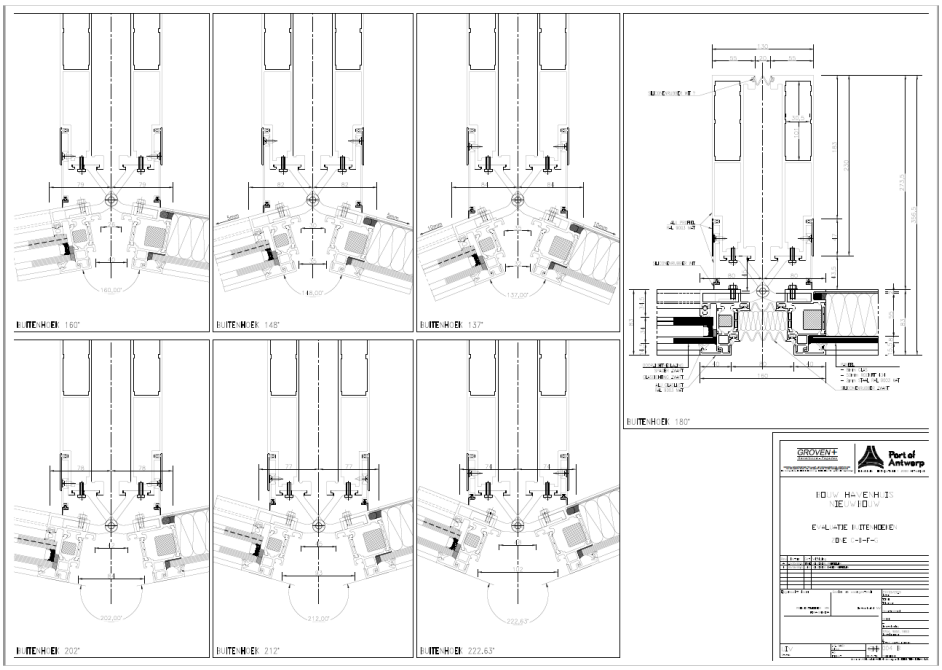


그림. 접합부 텐더용 GA 상세와 시공상세

프로젝트 변경에 따른 Change Management는 디자인 이슈의 변경은 A사의 주도로 이루어졌고 기술적인 이슈로 인한 변경은 로컬 건축가가 주도하는 Two tier System으로 진행되었다. 예를 들어 천장 패널의 디자인 변경이 필요한 경우 변경된 디자인 모델을 A사가 로컬 건축가에게 3D모델로 제공하고 로컬 건축가가 이를 Revit 모델에 반영하면 해당 모델을 A사가 확인하여 승인하고 이후 전체 프로젝트 팀에 배포하는 사이클로 진행되었다. 반면 로컬 건축가가 엔지니어와 협의하던 중에 주요 디자인의 변경이 필요하게 되는 경우 로컬은 디자인을 직접 변형할 수 없고 디자인 변경이 필요한 범위를 A사에 통보하여 A사가 변경사항을 디자인에 반영한 모델을 로컬 건축가에게 제공하고 BIM을 업데이트 하도록 공식적으로 지시해야만 변경 프로세스가 시작된다. A사가 승인하지 않은 디자인 변경은 공식적인 변경 프로세스로 넘어가지 않기 때문에 디자인 건축가로서 전체 디자인을 컨트롤하는 전권을 가졌다고 볼 수 있다.

C 프로젝트는 A사가 BIM을 효율적으로 활용하기 위해 QA/QC 프로세스를 구축해 나가는 과정의 프로젝트로 디자인 변경이 수시로 일어나는 A사의 조직문화를 수용하는 BIM implementation 방법, 즉 Rhino와 같은 Design Tool과 BIM Tool을 연계하기 위한 방법(Method to Import Revit Native Elements)을 본격적으로 모색하기 시작한 프로젝트이다.

6.4 Be ready for change

2015 년 7 월 A사의 Bim Management 팀이 개발한 Rhino BIM Plug-in이 릴리즈 되었다.

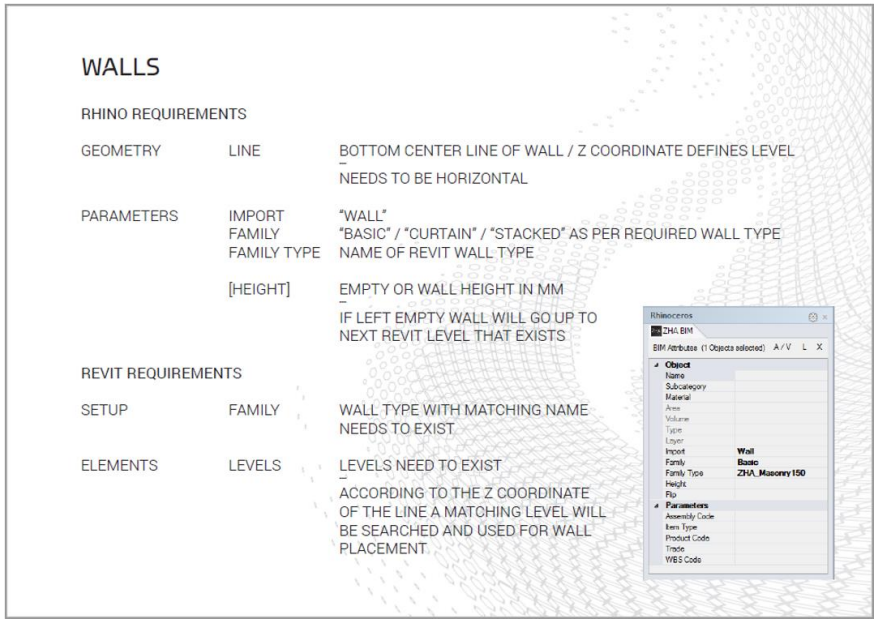


그림. 개발된 플러그인

A사의 D 프로젝트는 A사가 자체 개발한 Rhino BIM Plug-in을 활용하여 본격적으로 QA/QC 프로세스를 구축하기 시작한 프로젝트이다. D프로젝트는 하이난의 해변가에 위치한 프로젝트로 255,000m^2 대지에 3 동의 서비스 아파트먼트, 8 동의 호텔, 31 채의 빌라와 각각 한 동의 로비빌딩, 비치프론트 관리동, 스파 빌딩으로 총 45 개의 건물로 이루어진 마스터플랜 프로젝트이다. 프로젝트 리더와 5 인 내외의 팀원과 1 인의 BIM 매니저가 투입된 프로젝트였다.

프로젝트의 효율적인 BIM 구현을 위해 아래와 같은 팀 차원의 전략을 수립하였다. 업무의 효율과 퍼포먼스를 위해 레빗 파일은 최대한 작고 간단하게 유지하였고 동기화 작업으로 인해 발생하는 업무 지연을 막기위해 센트럴 파일을 활용을 최소화하였다. 3D 모델과 도면, 스케쥴을 Revit 내부에서 구현하도록 하였으며 네이티브 객체를 활용하도록 장려하였다. Workflow차원에서 최적의 소프트웨어와 툴을 활용하며 업무의 흐름이 최적화될 수 있도록 하며 디자인을 합리화(rationalize)하며 Grasshopper와 같은 툴을 활용하여 반복적인 요소를 효과적으로 처리할 수 있도록 하였다. 반복되는 프로젝트 작업을 용이하게 하기 위해서 지속적으로 프로젝트 맞춤형 소프트웨어를 개발하고 사용하도록 권장하였다. 디자인팀, BIM 팀, CAD 팀을 엄격하고 분리하지 않고 기본적으로 설계자는 디자인과 Revit 3D 컨텐츠 작업, Revit 도면작업과 관련된 통합적인 책임을 진다.

Performance

- Keep Revit files as small and simple as possible to optimize speed
- Minimize use of central file and worksharing (slow, regular synchronising needed)

Content

- Use Revit to collate all content - 3D BIM model, drawings, schedules
- Use of native 3D elements wherever possible
- Create Revit drawings for majority of content (always matching 3D)
- Other drawings linked in and layouted on sheets in same way
- Use Revit for management and generation of drawing set

Workflow

- Use software and tools best suited
- Optimise workflow wherever possible
- Rationalise design and handle repetitive elements / tasks with Grasshopper
- Develop / use custom software to facilitate recurring project tasks

Effective collaborative teamwork

- No strict separation into Design / BIM / CAD team
- Designers take responsibility for their buildings / topics in regards to design, Revit 3D content and Revit drawings

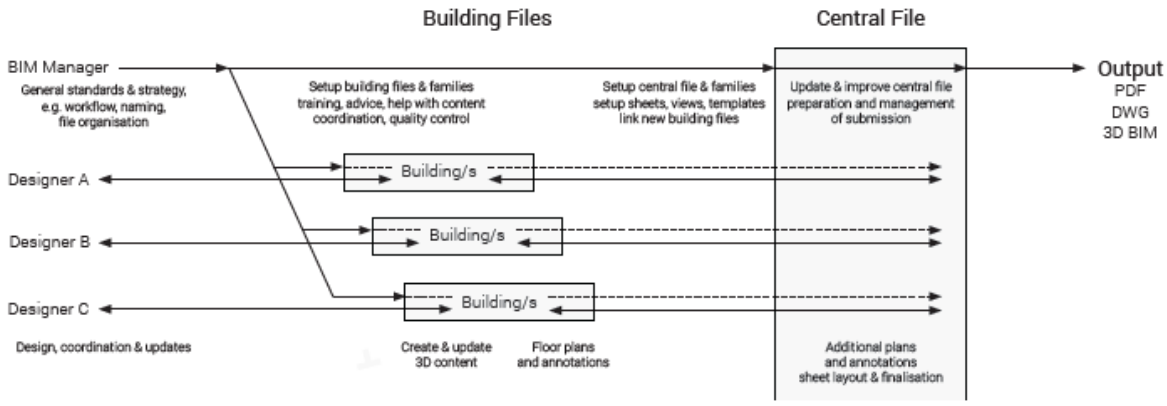


그림. 작업 흐름 설계

위의 도식은 업무별로 팀원을 배치하지 않고 빌딩별로 팀원을 배치하는 전략을 보여주는데 특정 팀원이 BIM을 전담하는 것을 지양하고 전체 팀원이 각각의 건물을 전담하여 BIM으로 전체 프로젝트를 진행하도록 하였다. 프로젝트의 구체적인 세부 책임은 건물의 유형별 (서비스 아파트먼트, 호텔, 로비빌딩, 비치프론트 관리동, 빌라 등)과 관련 전문분야(마스터플렌, 조경, 파사드, 인테리어, 파라메트릭 디자인 등)에 따라 부여되었다.

SD(Schematic Design) Stage와 DD(Design Development) Stage에서 Revit파일의 세팅을 아래와 같다. 파일크기를 경량화 하기 위해 빌딩별 Revit 파일을 세팅하고 외부 Geometry나 객체는 Revit 파일에 Link한다. 최대한 많은 작업을 빌딩별 Revit 파일안에서 소화하고 부분적인 Worksharing을 수행한다.

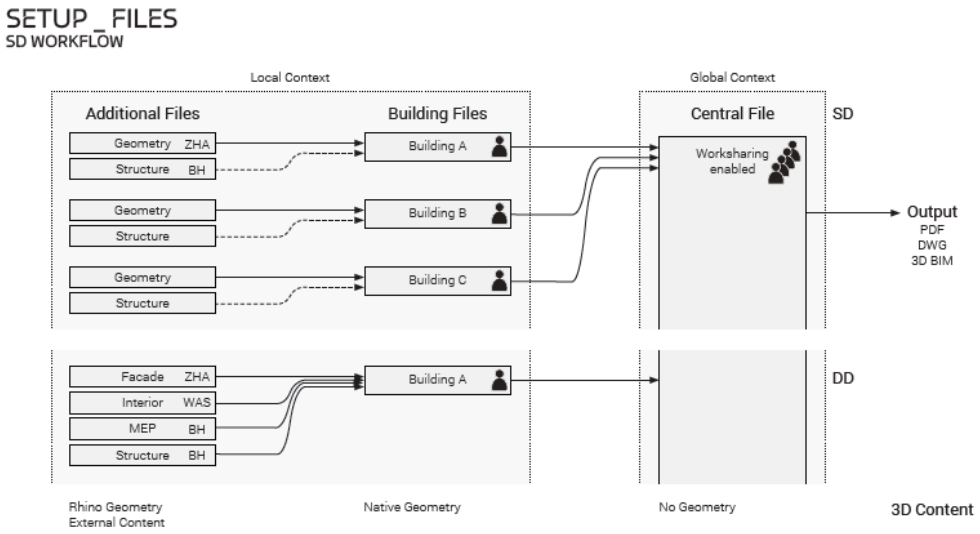


그림. 파일 구조 설계

뷰 세팅은 아래의 다이어그램과 같이 빌딩별 평면 뷰(Floor Plan View)는 빌딩별로 구성하고 사이트 차원의 도면은 Central 파일에서 구성하여 불필요한 동기화로 인한 업무 지연을 피하도록 하였다.

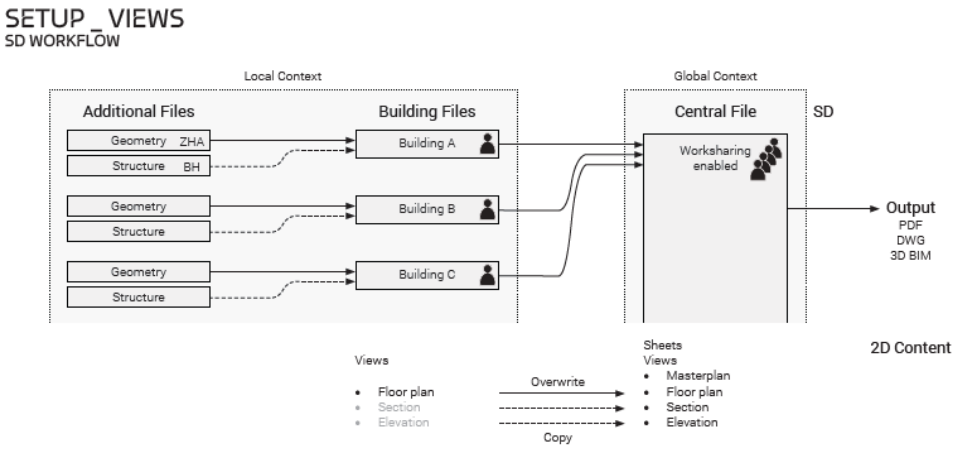


그림. 뷰 설정 상세

아래는 각 빌딩의 평면과 사이트 차원의 평면의 모습이다.

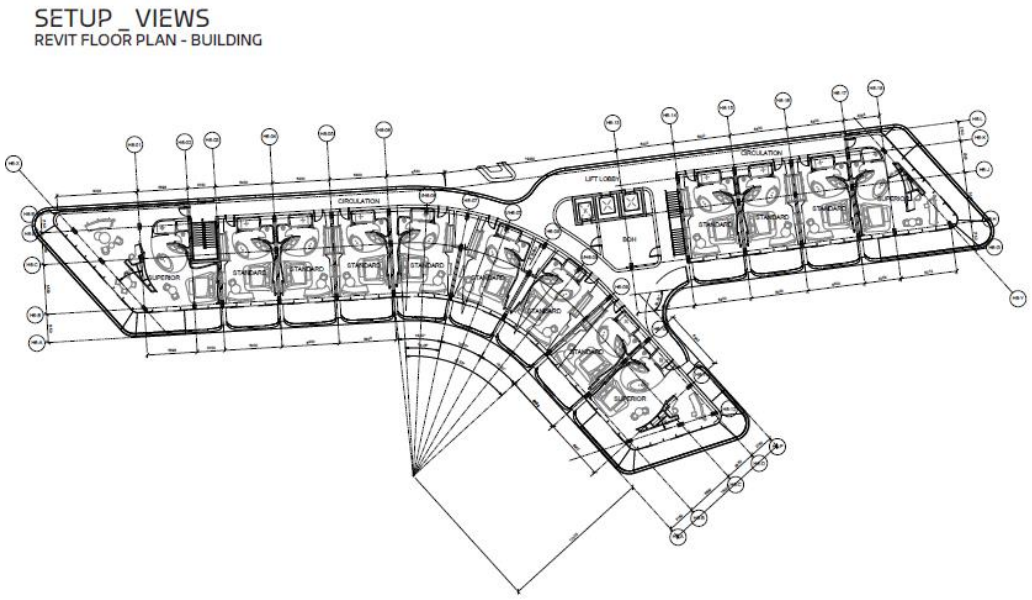


그림. 평면 뷰 예시

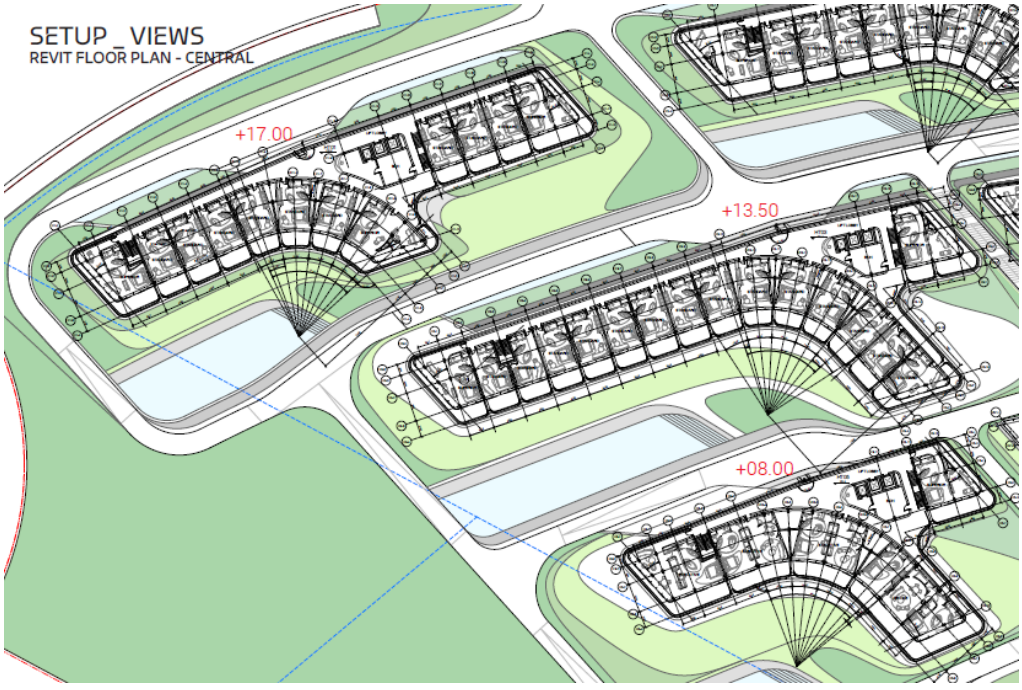


그림. 평면 렌더링 예시

Revit 외부에서 생성된 정보를 불러오는 방법으로는 두가지가 있는데 아래 그림과 같이 CAD 레퍼런스의 경우와 Grasshopper/Plugin의 경우로 나누어진다. 첫번째 CAD 레퍼런스의 경우 호텔이나 로비의 내부 평면 레이아웃이 대표적인 예로 기본 빌딩은 Revit에서 구현하였고 내부 레이아웃이 있는 CAD 도면을 linking하는 형식으로 구성 되어있다. 레빗이 익숙하지 않은 구성원들이 활용하기에 용이한 방식이나 변경이 있을 경우에 수동으로 변경 사항을 적용해야 하는 단점이 있다. 두번째 Grasshopper/Plugin의 경우 Grasshopper와 Rhino로 디자인을 구현하고 이를 플러그인을 통해 Revit으로 불러오는 형식이다. 빌딩의 BIM요소를 생성하기 위해서는 Grasshopper의 Definition이 설정되어야 하고 건물의 각각의 빌딩의 객체 유형에 따라 적합한 객체를 구성하여 제공할 수 있도록 사전에 설정이 필요하며 이러한 정보를 Revit 객체로 변환시키는 Dynamo Plugin이나 Grasshopper 및 Grevit, Hummingbird, Chameleon과 같은 GH Plugin이 활용된다. 반복적인 요소가 있는 빌딩에 적합한 방식이며 주기적으로 변경이 있는 디자인에 적합한 방법이다. 활용하는데 있어 깊이 있는 Revit관련 지식이 요구되지 않으나 고도의 Grasshopper 운용 능력과 외부 플러그인을 적절히 설정할 수 있는 역량이 요구된다. 또한 특정 요소만 반복적으로 업데이트 할 경우 문제가 발생하기 때문에 전체적인 업데이트가 주기적으로 요구된다.

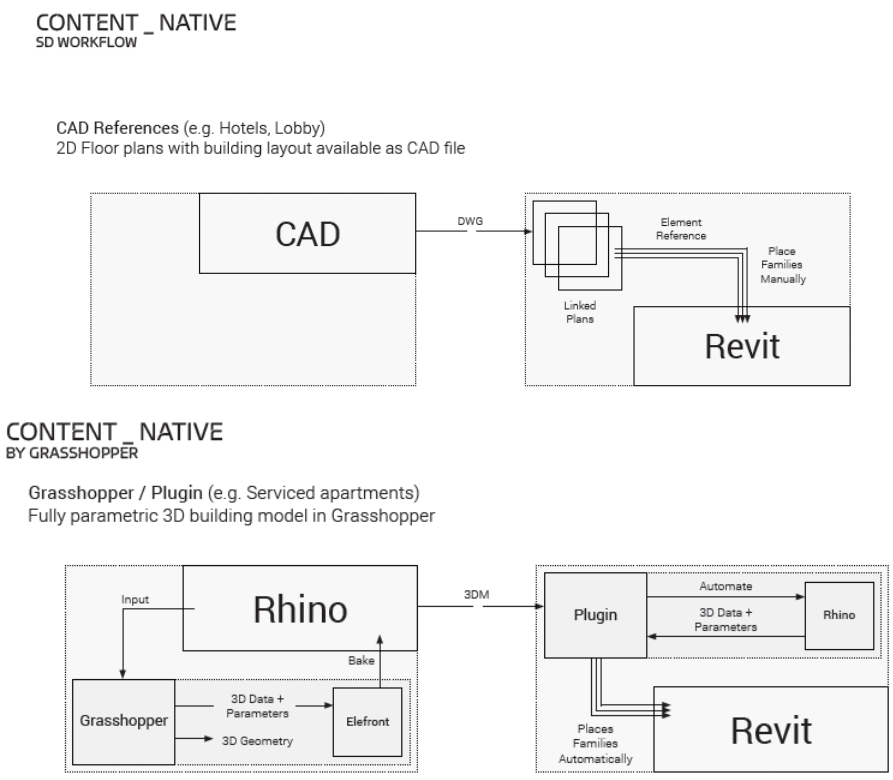


그림. 애드인 기반 정보 모델링 연계 구조

아래 첫번째 그림은 D 프로젝트에서 활용한 GH Definition의 예이고 두번째 그림은 실제 Rhino input, GH로 만든 3D geometry, Revit으로 Import하기 위한 GH 3D 데이터의 예시이다.

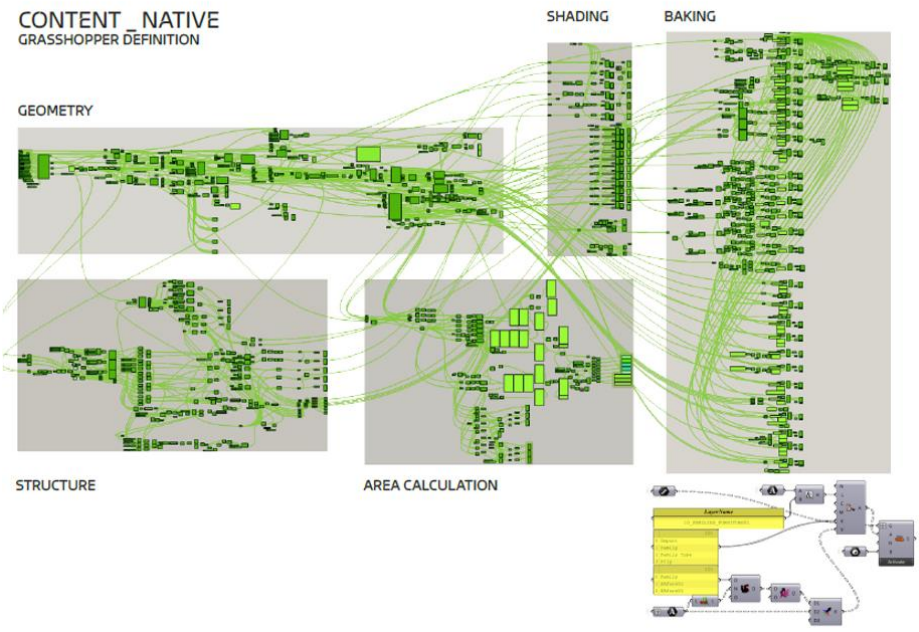


그림. 비정형 파라메트릭 모델링 프로그램 구조

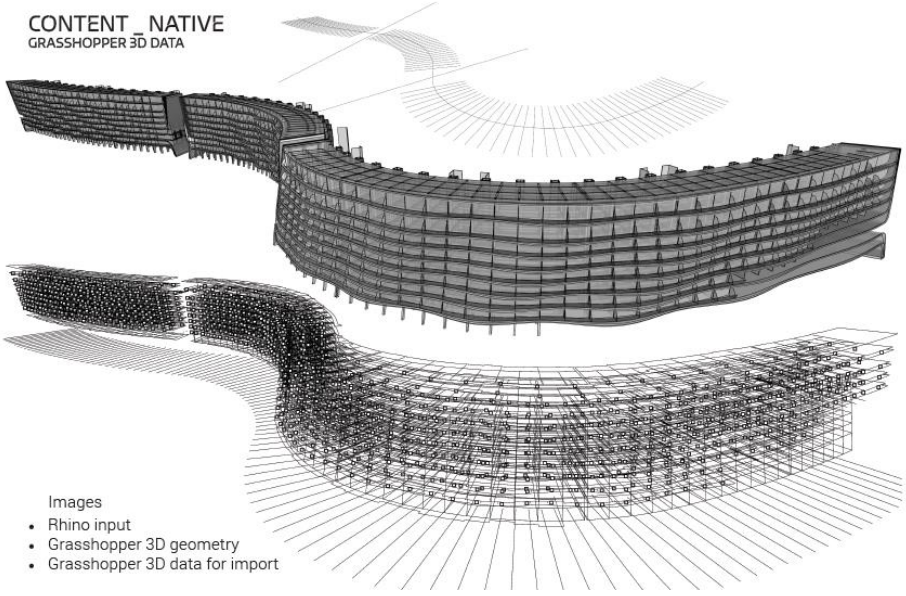


그림. 비정형 모델링 결과

모든 객체를 Revit에서 구현하는 것은 불가능하거나 비효율적이다. 특히 파사드나 지붕, 가구와 같이 곡면이 있거나 복잡한 면으로 구성된 Geometry의 경우 Revit의 고유 객체로 구현하지 않고 Maya로 디자인을 완성한 후, Rhino/Grasshopper로 Rationalization을 거쳐 BIM plug-in으로 재료나 면적, 체적이나 그 외 BIM 관련 정보를 Metadata로 부여하여 Revit에 삽입하였다.

아래는 필자가 A사의 B프로젝트에 활용한 일반적인 객체 삽입방법과 플러그인을 활용한 방법을 비교한 표와 Revit에서 BIM plug-in으로 불러온 지붕 객체의 모습이다.

CONTENT _GEOMETRY

Common workflow (manual)

Rhino
- Export geometry as SAT file/files

Revit
- Create new "Generic Model" family / families
- Import SAT file into family
- Explode SAT container to create Revit elements
- Save family and load it into project file
- Place family in the proper location (difficult)

BIM workflow (automatic)

Rhino
- Attach BIM information and settings to geometry via ZHA BIM panel or Grasshopper plugin

Revit
- Start ZHA BIM import and chose Rhino file

All common workflow steps are simulated by the Revit plugin and the SAT conversion is done properly. Additional functions are available.

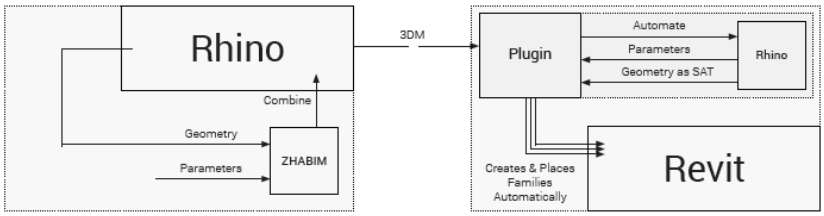


그림. 지붕 모델링 부분 모듈 구조

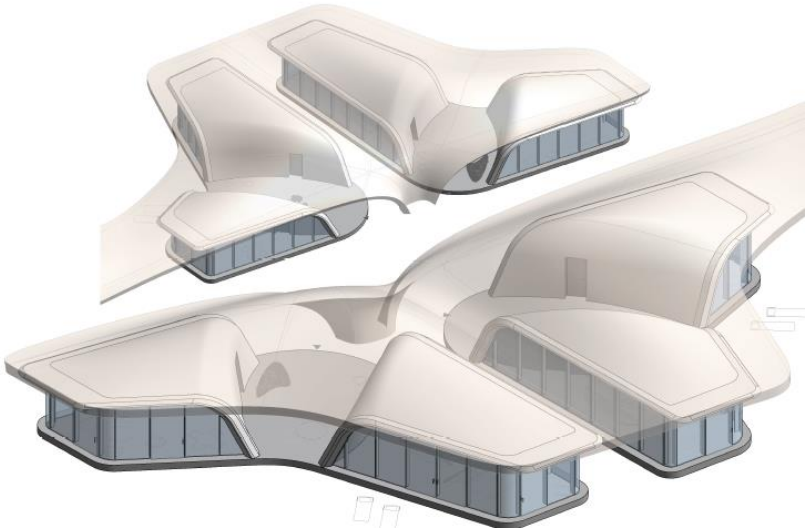


그림. 지붕 모델링 결과

Rhino의 Plug-in과 Revit의 Plug-in의 환경은 아래 두 그림과 같다. Rhino Plug-in의 경우 Rhino의 Graphic User Interface상에 추가의 패널을 활용하여 객체의 특성을 부여하도록 되어있어 사용자의 input이 필요하나 Revit Plug-in은 자동으로 작동하여 빠른 업무 수행이 가능하고 다양한 삽입 방법을 지원한다. 완벽하지 않은 Geometry도 비교적 문제없이 삽입이 가능하며 호스팅이 가능한 객체로 변환된다. Revit의 정보가 Rhino에서 읽을 수 있는 정보로 저장되며 Shared Parameter로 불러오는 것도 가능하다. 또한 Revit의 material, workset, subcategory와 같은 요소도 불러오는 것이 가능하다.

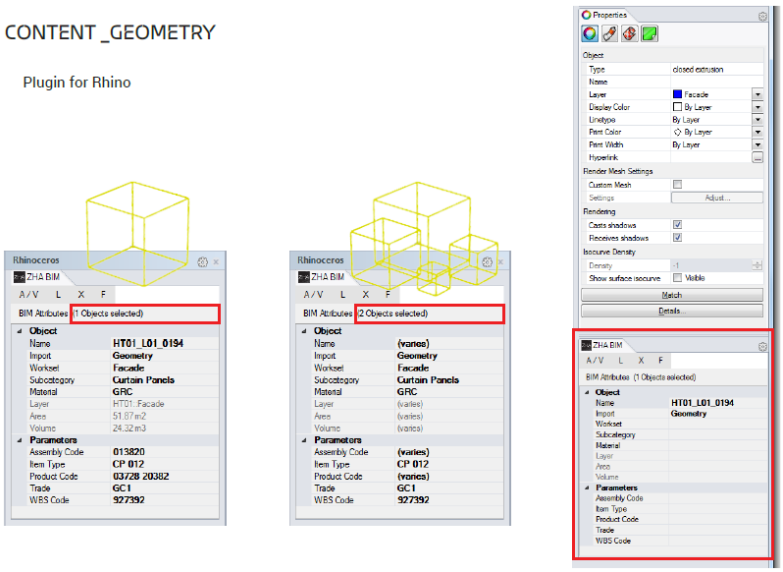


그림. 형상 모델링 속성

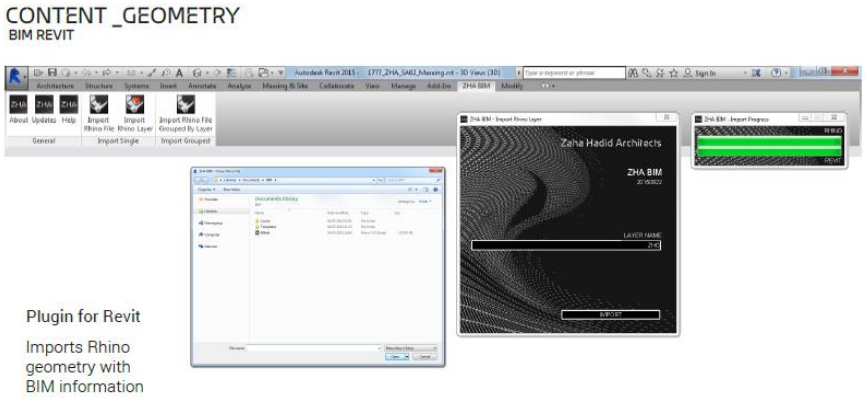


그림. 변환 결과

아래 그림은 Rhino와 Revit에서 동일한 객체를 선택하였을 때 모습이다.

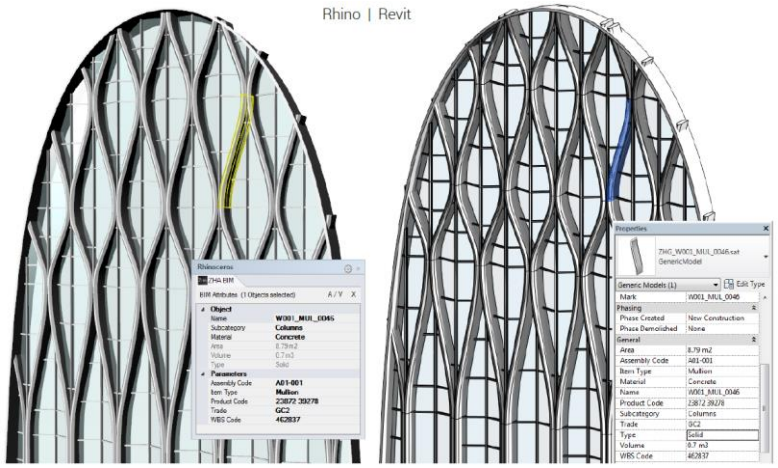


그림. 파사드 모델링 결과

BIM 전환을 방해하는 가장 큰 요소는 Revit에서 2D 구현시 AutoCAD보다 업무의 효율이 현저하게 떨어진다는 사실이다. 정형의 Geometry가 아닌 내부 공간이나 컨설턴트로부터 받은 정보를 BIM환경에서 구현하는 것은 많은 시간이 소요되며 지속적으로 디자인 변경이 일어나는 경우 3 차원의 객체에서 2 차원의 도면을 만드는 것이 매우 비효율적이다. 그렇기 때문에 정보의 종류와 변경 가능성에 따라 2 차원의 정보를 그대로 활용하였다. 아래 그림과 같은 아파트 내부 평면은 CAD에서 도면을 작성하여 Family로 전환하여 Revit에 삽입하는 방식을 채택하였다.

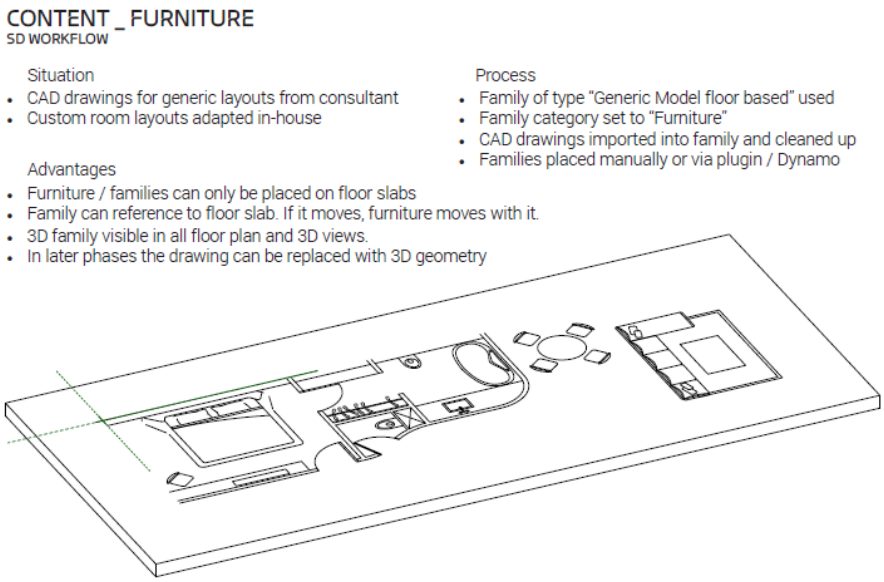


그림. 퍼니처 모델링 정보

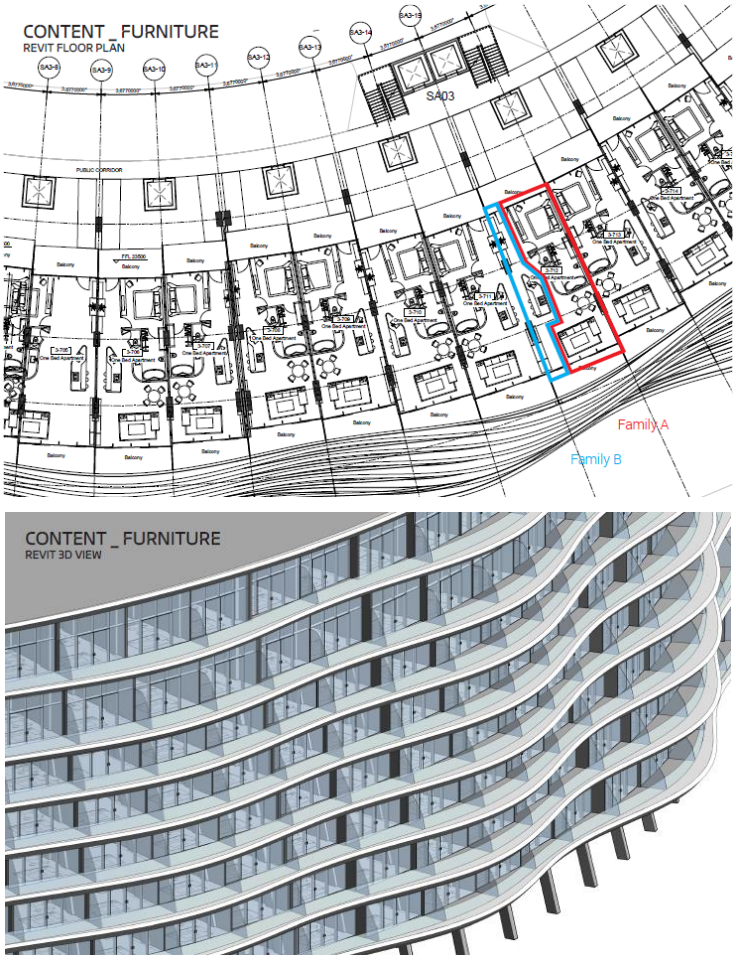
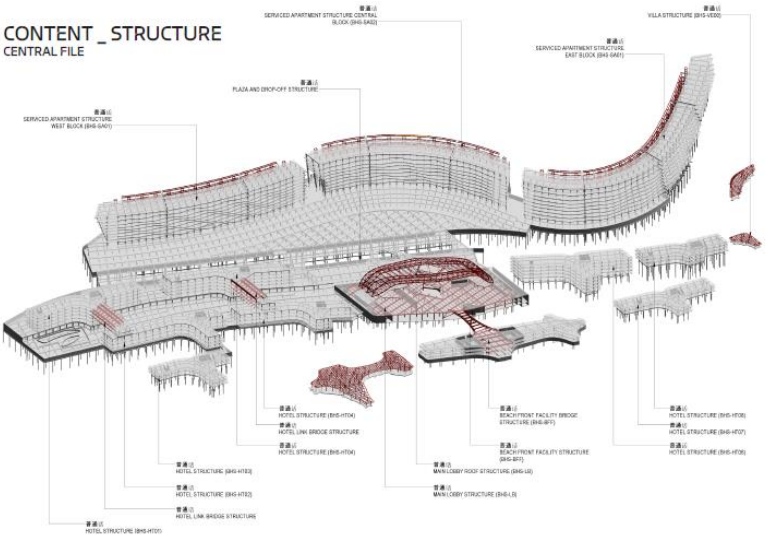


그림. 파사드 및 실별 퍼니쳐 모델

아래 그림과 같이 구조 모델은 Central File에 Link하여 Crash Detection, Service Coordination과 같은 작업을 수행하였으며 Central File의 업무효율을 향상시키기 위해 빌딩별, Datums 기준별(levels, Grids), 분야별 Workset을 설정하였다.


CONTENT _ STRUCTURE
CENTRAL FILE

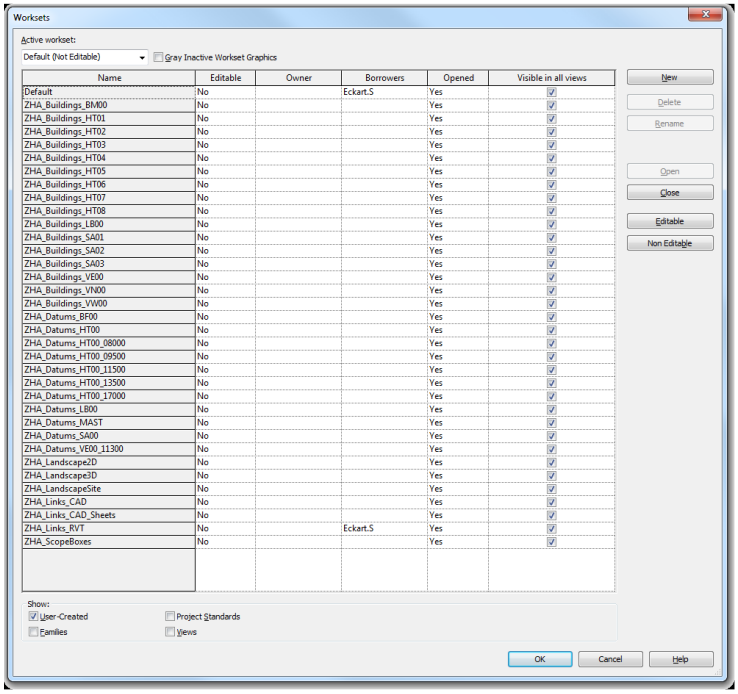

Worksets
Active workset:
Default (Not Editable)
Gray Inactive Workset Graphics
Name
Editable
Owner
Borrowers
Opened
Visible in all views
Default
ZHA_Buildings_BM00
ZHA_Buildings_HT01
ZHA_Buildings_HT02
ZHA_Buildings_HT03
ZHA_Buildings_HT04
ZHA_Buildings_HT05
ZHA_Buildings_HT06
ZHA_Buildings_HT07
ZHA_Buildings_HT08
ZHA_Buildings_LB00
ZHA_Buildings_SA01
ZHA_Buildings_SA02
ZHA_Buildings_SA03
ZHA_Buildings_VE00
ZHA_Buildings_VN00
ZHA_Buildings_VW00
ZHA_Datums_BF00
ZHA_Datums_HT00
ZHA_Datums_HT00_08000
ZHA_Datums_HT00_09500
ZHA_Datums_HT00_11500
ZHA_Datums_HT00_13300
ZHA_Datums_HT00_17000
ZHA_Datums_LB00
ZHA_Datums_MAST
ZHA_Datums_SA00
ZHA_Datums_VE00_11300
ZHA_Landscape2D
ZHA_Landscape3D
ZHA_LandscapeSite
ZHA_Links_CAD
ZHA_Links_CAD_Sheets
ZHA_Links_RVT
ZHA_ScopeBoxes
Eckart.S
New
Delete
Rename
Open
Close
Editable
Non Editable
Show:
User-Created
Project Standards
Families
Views
OK
Cancel
Help

그림. 워크시트

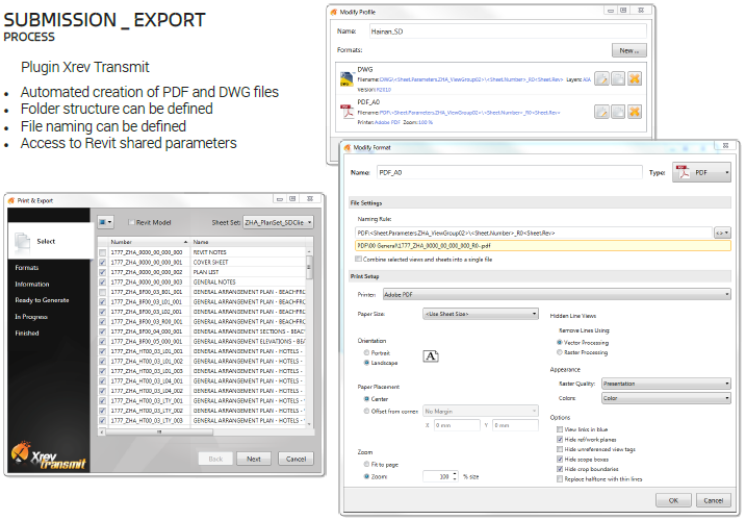


그림. 산출물 생성 화면

마지막으로 대량의 도면을 이슈하는 경우 Xrev Transmit을 활용하여 PDF와 DWG 도면을 생성하였다. 납품 도면과 함께 Revit 파일을 이슈하는 경우 불필요한 정보를 반드시 삭제하여 잘못된 정보가 프로젝트 팀에 배포되지 않도록 주의하였다. 불필요한 정보가 컨설턴트에게 배포되어 잘못된 정보가 재 생산될 경우 그 책임이 정보의 배포자에게 돌아오기 때문에 팀 리더의 책임하에 이슈되는 정보를 철저히 관리하고, 이슈 통보 이메일에 사용해서는 안되는 정보가 어떤 것들인지 명확히 하도록 하였다.

6.5 Less is more.

A사의 경우 혁신적인 디자인을 구현하며 디자인 변경에 따른 빠른 대응을 위해 최적화된 업무 프로세스를 구축하는데 힘을 썼던 것에 반해 필자가 2018 년부터 2020 년 사이 몸담은 G사의 경우 건축 디자인의 다양성과 창의성보다 건축물의 품질과 효율에 중점을 두는 사무실이다. 본 사례는 앞선 A사의 사례와 달리 실무차원의 BIM 도입과정의 관점이 아니라 건축데이터의 품질관리 역량이 뛰어난 사무실의 프로젝트 사례를 통해 실무차원의 품질관리 우수사례 소개에 중점을 두도록 하겠다.

G사의 조직문화는 BIM Woking Protocol에도 그대로 반영되어 있는데 BIM을 활용하는 프로젝트는 책임질 수 있는 정보만 명기하며 불필요한 정보를 담지 않도록 주의 받았다.

G사는 실무차원의 Informal BIM QA/QC는 전략은 다음과 같다.

Less is More

1. 모델에서 제외되는 것은 포함되는 것만큼 중요하다.
2. 각 프로젝트에 대해 모델링해야 하는 것이 무엇인지 한번 더 생각하라.
3. 실제로 중요한 부분, 디자인에 영향을 미치는 부분에 집중하라.
4. 문자정보 (Text, Teg, Annotation)활용하라. 모든 것이 모델링 필요는 없다.
5. 모델을 깔끔하고 단정하게 유지하라.
6. 선택적으로 로딩이 가능하도록 모델의 구조를 나누라.
7. 기존 모델을 최대한 재활용하고 반드시 필요한 경우만 새로운 모델을 작성하라. (객체속성 변경활용)
8. 모델에 모든 것이 포함되어야 한다는 원대한 꿈을 버리라.
9. 현실적인 모델링 범위를 선정하라.
10. 모델의 양이 아닌 품질을 목표로 하라.
11. BIM에서 어떤 작업이 왜 수행되는지 이해하기 위해서 매니징 직급인 경우도 활용할 줄 알아야 한다.
12. 청소용 소프트웨어 (CTC BIM Manager Suite Project Cleaner)를 적극 활용하라.

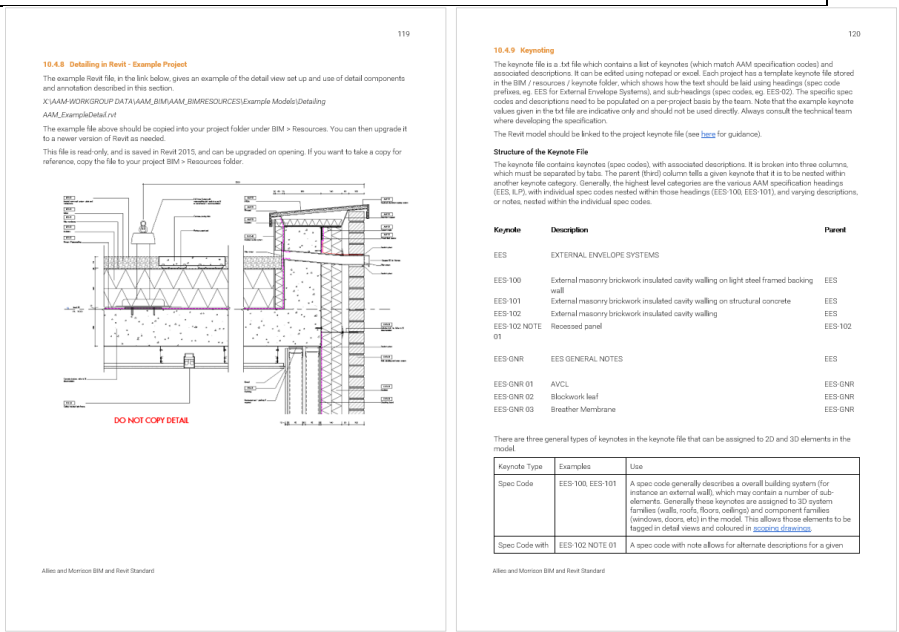
그림. BIM QA/QC 전략 기술서

건축가의 손을 떠난 정보는 어딘가에서 활용되는데 틀린 정보로 틀린 정보가 재생산되는 것은 악순환의 시작이 되기 때문에 항상 책임질 수 있는 정보만 순환할 수 있도록 주의를 기하였다.

모든 BIM 프로젝트는 BIM and Revit Standard에 따라 수행되었다. 아래는 BIM and Revit Standard에서 가이드하고 있는 항목과 예시이다.

BIM and Revit Standard

1. Outline and Revit Support
2. Naming Conventions
3. Revit Application Set up and Interface
4. Project Setup
5. Collaboration and processes
6. Modeling
7. Families
8. Working with Phasing and Design Option
9. Managing Settings
10. Project Output / Drawing Production
11. Model Management and Health
12. Add-ins and External application



119

10.4.8 Detailing in Revit - Example Project

The example Revit file, in the link below, gives an example of the detail view set up and use of detail components and annotation described in this section.

X:\AAM-WORKGROUP DATA\AAM_BIM\AAM_BIMRESOURCES\Example Models\Detailing

AAM_ExampleDetail.rvt

The example file above should be copied into your project folder under BIM > Resources. You can then upgrade it to a newer version of Revit as needed.

This file is read-only, and is saved in Revit 2015, and can be upgraded on opening. If you want to take a copy for reference, copy the file to your project BIM > Resources folder.

DO NOT COPY DETAIL

Allies and Morrison BIM and Revit Standard

120

10.4.9 Keynoting

The keynote file is a .txt file which contains a list of keynotes (which match AAM specification codes) and associated descriptions. It can be edited using notepad or excel. Each project has a template keynote file stored in the BIM / resources / keynote folder, which shows how the text should be laid using headings (spec code prefixes, eg. EES for External Envelope Systems), and sub-headings (spec codes, eg. EES-102). The specific spec codes and descriptions need to be populated on a per project basis by the team. Note that the example keynote values given in the txt file are indicative only and should not be used directly. Always consult the technical team where developing the specification.

The Revit model should be linked to the project keynote file (see here for guidance).

Structure of the Keynote File

The keynote file contains keynotes (spec codes), with associated descriptions. It is broken into three columns, which must be separated by tabs. The parent (third) column tells a given keynote that it is to be nested within another keynote category. Generally, the highest level categories are the various AAM specification headings (EES, IL.P), with individual spec codes nested within those headings (EES-100, EES-101), and varying descriptions, or notes, nested within the individual spec codes.

Keynote	Description	Parent
EES	EXTERNAL ENVELOPE SYSTEMS	
EES-100	External masonry brickwork insulated cavity walling on light steel framed backing wall	EES
EES-101	External masonry brickwork insulated cavity walling on structural concrete	EES
EES-102	External masonry brickwork insulated cavity walling	EES
EES-102 NOTE 01	Recessed panel	EES-102
EES-GNR	EES GENERAL NOTES	EES
EES-GNR 01	AVCL	EES-GNR
EES-GNR 02	Blockwork leaf	EES-GNR
EES-GNR 03	Breather Membrane	EES-GNR

There are three general types of keynotes in the keynote file that can be assigned to 2D and 3D elements in the model.

Keynote Type	Examples	Use
Spec Code	EES-100, EES-101	A spec code generally describes a overall building system (for instance an external wall), which may contain a number of sub-elements. Generally these keynotes are assigned to 3D system families (walls, roofs, floors, ceilings) and component families (windows, doors, etc) in the model. This allows those elements to be tagged in detail views and coloured in scoping drawings.
Spec Code with	EES-102 NOTE 01	A spec code with note allows for alternate descriptions for a given

Allies and Morrison BIM and Revit Standard

그림. BIM 산출물 품질 통제 관련 가이드라인

필자가 1 년여 동안 관여한 G사의 H프로젝트는 런던의 복솔지구에 위치한 프로젝트로 2 동의 주거타워, 2 동의 오피스와 부대 시설로 이루어져 있다. 필자가 참여한 단계는 Stage 2 로 LOD Level 2 의 프로젝트였다. 프로젝트의 데이터의 품질관리를 위해 EIR(Employer's information Requirement), BEP(BIM Execution Plan), AIR(Asset Information Requirement)에서 규정한 내용을 중점적으로 소개한다. 국내의 상용 전문용어와 다르게 번역하여 오독이 되지 않도록 최대한 원문을 그대로 전달하고자 하였다.

EIR(Employer's information Requirement)에 따른Level 2 관련 References(법규와 기준)는 다음과 같다.

References		Application													
R – Required S – Suggested		Collaboration	Project stages	File naming	Object authoring	Drawing	Classification	LOD/LOI	CDE	COBie	Contracts	FM	Health and Safety	Security	DFMA
BIM Level 2 Requirements	BS 1192:2007+A2:2016			R	R	R	R		R						
	PAS 1192-2:2013	R							R						
	PAS 1192-3:2014								R	R					
	BS 1192-4:2014	R					R			R					
	PAS 1192-5:2015	R							R	R					
	BS 8536-1:2015											R			
BIM Level 2 Enablers	BS 8541-1:2012				S										
	BS 8541-2:2011				S										
	BS 8541-3:2012				S										
	BS 8541-4:2012				S										
	BS 8541-5:2015				S										
	BS 8541-6:2015				S										
	NBS BIM Toolkit							R							
	Uniclass 2015						R								
	CIC/INF MAN/S 2013	R													
	CIC/BIM Pro (2nd edition 2018)	R									R				
Project Level	Information Management Protocol	R		R		R			R			R			
	BIM Execution Plan (BEP)	R	R	R		R	R	R	R	R	R	R	R	R	R

그림. EIR 기준 설정 예시

Coordination과 Crash Detection을 위한 소프트웨어는 아래의 소프트웨어를 규정하고 있다.

Solibri

- Solibri Model Checker 9.7 (and onwards, recommended)
- Solibri Model Viewer 9.7 (and onwards, recommended)

Autodesk Navisworks

- Autodesk Navisworks Manage 2016 (and onwards)
- Autodesk Navisworks Freedom 2016 (and onwards).

LOD에 대한 Verification은 NBS BIM Toolkit[3]을 따르도록 규정하고 있으며 Non-geometric 정보와 COBie, 프로젝트 조율과 좌표규준 관련 충족사항은 다음과 같이 규정 되어있다.

Non-geometric information requirements

- Uniclass 2015 classification (Entity En, Product Pr, Space Sl, System Ss number and descriptions)
- All Uniclass 2015 classifications, must be a minimum of 3rd Level deep, excluding table prefix (e.g SL_20_15_50), unless level terminates higher. Any deviation from this must be agreed by R+F Properties and the Information Manager.
- Basic parameter requirements

COBie required practices (As per BS 1194-4:2014 the integrity of data)

- Every Component shall be assigned to at least one Space
- Every Component shall be assigned to one Type
- Every Component shall be assigned to at least one System where possible
- Every Space shall be assigned to at least one Zone
- Every reference to other sheets shall be valid
- Every reference to PickList enumerations and classifications shall be valid
- Enumerations specified in the Attributes and PickLists shall be adhered to.

[3] https://www.thenbs.com/knowledge/level-of-detail-lod-and-digital-plans-of-work

- To enable consistency all COBie deliverables shall have continuity with earlier deliverables and must be developed cumulatively to enable comparison and validation.

Coordinates and origin requirements

- The base project reference points are to be identified and communicated by the Design Lead
- As a minimum requirement the base project reference point must be defined as a physical location that must not be altered during the project.
- To eliminate compatibility issues arising from discrepancies between coordinate systems, all BIM model files shall derive Survey Point and Coordinates from the Design Lead master grid file.
- The procedure is required for establishing model location and origin:

- Building and site location on the site file to be developed by the architect, consistent with the architectural BIM model must be set at the correct longitude and latitude or defined reference point
- True north of the building and site location on the architectural BIM model must also be set correctly. This is to be consistent with the existing site model.

- Project Stakeholders must share BIM models in the exchange BIM model format so that information is correctly and consistently aligned.
- The process is to be agreed with the Information Manager, BIM Leader and R+F Properties and documented in the post-contract award BEP.

QA/QC (Quality Assurance and Quality Control)는 크게 기하학적 품질 보증 및 품질 관리(Geometric quality assurance and quality control)와 데이터의 품질 보증 및 품질관리(Data Quality Assurance and Quality Control)로 나누어 규정하고 있는데, 먼저 기하학적 품질차원에서의 QA/QS는 모델파일, 공간품질, 정보의 무결성, 모델 공유 전 BIM 검증을 규정하고 있다.

Model Files

- All construction items to be represented in 3D as defined in the LOD requirements of the Model Production & Delivery Table (MPDT)[4]
- All drawing sheets must be created within the BIM model authoring environment for accuracy and coordination where possible.

Spatial Integrity

- Space validation – There must be no space gaps. Bounding boxes used to represent spaces and zones must match with architectural requirements and data values.
- All walls must be properly joined to prevent spaces being incorrectly defined. Bounding boxes of spaces must not conflict.
- Spatial data must be generated and associated with bounding elements (walls, doors, windows, floors, columns, ceilings).

Material integrity

- Modelling must follow the method of construction. However if Contractor Lead is yet to be appointed the models must be produced in such a manner as to prove buildability

[4] 프로젝트의 단계별로 Uniclass와 Sub-element별로 LOD, LOI, 책임자를 규정한 표

[redacted]		RIBA WORK STAGES														
		Stage 2 Concept			Stage 3 Development			Stage 4A Technical Design			Stage 4B Technical Design			St Cons		
Uniclass 2015	SUB-ELEMENT	LOD	LOI	RESPONSIBLE PARTY	LOD	LOI	RESPONSIBLE PARTY	LOD	LOI	RESPONSIBLE PARTY	LOD	LOI	RESPONSIBLE PARTY	LOD	LOI
15-05	Substructure	2	2	TBC	3	3	TBC	4	4	TBC	4	4	TBC	5	
15-05-65	Piling	2	2	TBC	3	3	TBC	4	4	TBC	4	4	TBC	5	
15-65-75	Insitu concrete frame	2	2	TBC	3	3	TBC	4	4	TBC	4	4	TBC	5	
15-65-75	Post tensioned concrete frame	2	2	TBC	3	3	TBC	4	4	TBC	4	4	TBC	5	
15-65-75	Precast concrete frame	2	2	TBC	3	3	TBC	4	4	TBC	4	4	TBC	5	
15-65-75	Steel frame including secondary steel	2	2	TBC	3	3	TBC	4	4	TBC	4	4	TBC	5	

그림. LOD, LOI 책임 설계 예시

- Once BIM models from other disciplines are available they must be used as linked files and the placeholder BIM objects previously representing aspects of these models are to be deleted. BIM object instances must not appear in more than one model
- In BIM authoring software where MEP systems are authored, a systems list must be agreed and detailed in the post-contract award BEP.

BIM Validation prior to model sharing

- All linked files and links to centralised information sources or databases have been removed All extraneous drawings sheets (i.e. those deemed to not be a deliverable) have been removed from the BIM model
- All BIM models contained within the BIM model file but not present in the design have been removed
- File format and naming conventions conform to this document and the post-contract award
- BEP and remain constant for the life span of the project
- Data segregation conforms to project requirements (as detailed in the post-contract BEP)
- 3D model and 2D drawings are up to date and the 2D information has been derived from the 3D model
- All BIM objects in the BIM model present in the design have been made visible
- All ownership of any shared work sets has been relinquished
- All BIM models are using the sharing coordinate system defined at the outset of the project.

데이터의 품질 보증 및 품질관리에 관해서는 정보 관리자(Information manager) 및 시공자 프로젝트 데이터(Contractor Lead project data) QA/QC 절차는 BS 1192-4:2014 조항 6 에 따른 절차를 따르도록 되어있고, 각각의 정보 교환 지점에서 제공되는 COBie 데이터에 대한 모델 데이터의 준수 및 완전성을 보고하는 것은 각 프로젝트 이해관계자의 책임으로 규정하고 있다.

또한 EIR은 역량평가(competence assessment)를 규정하고 있어 프로젝트 관계자들의 BIM 역량을 체크하도록 규정하고 있고 지식과 기술요구사항(Knowledge and skill requirement)을 BIM 목표 및 프로세스, 소프트웨어 및 하드웨어 자원 요구사항을 규정하여 데이트를 생산하는 주체의 품질관리를 도모하고 있다.

프로젝트 설계 팀 내의 각 조직과 계약업체 책임자는 BEP를 제출하여 BIM으로 프로젝트를 완수하기 위한 각 조직의 전략과 방법을 아래와 같은 프로젝트 단계별로 명확히 제시해야 한다.

Required BIM Use	RIBA Work Stage						
	1	2	3	4	5	6	7
Pre - Design							
Existing conditions modelling	-	-	-	-	-	-	-
Site analysis	-	-	-	-	-	-	-
Forward Planning							
Planning, sequencing and simulation	-	-	-	X	X	-	-
Visualisation and communication	-	X	X	X	X	X	X
Design							
Design authoring	-	X	X	X	X	X	X
Spatial planning and optimisation	-	X	X	X	X	-	-
3D design reviews	-	X	X	X	X	-	-
Drawing generation	-	X	X	X	X	-	-
Data classification	-	X	X	X	X	X	X
Bespoke BIM object library authoring	-	X	X	X	X	-	-
3D coordination	-	X	X	X	X	X	-
Assurance and data validation	-	X	X	X	X	-	-
Buildability analysis	-	X	X	X	X	-	-
Construction							
Field management tracking	-	-	-	-	X	-	-
Record modelling	-	-	-	-	X	X	X
Operation & Maintence							
Asset Management	-	X	X	X	X	X	X
Planned maintenance	-	-	-	-	-	X	X

그림. BEP에 명시된 작업 단계 기준

최종 납품 데이터의 품질은 다음과 같이 규정하고 있다.

Final handover requirment

- Model(s) in their native format and developed in accordance with this EIR and COBie requirements
- Model(s) in open standard IFC format and in accordance with best practice standards relevant at the time of handover
- Drawings, in the appropriate format, derived from the native model(s) where possible
- Structured data developed in accordance with this EIR, COBie requirements and BS1192-4:2014
- Non-structured data developed in accordance with this EIR, COBie requirements and specific programme and project requirements as detailed in the Employers Requirements (ER).

H프로젝트의 AIR(Asset Information Requirement)는 Standard Reference(PAS 1192-2:2013, BS 1192:2007+A2:2016)를 바탕으로 COBie data input requirements를 다음과 같이 규정하고 있다.

Guidance

- COBie should be delivered as a single, combined model in XML format.
- The COBie required COBie sheets have been defined by R+F Properties
- The assets below, defined within the AIR table are those where COBie data entry is required
- All relevant parameters should be added to models regardless of data responsibility at that stage
- All sheets, columns and header rows should be present in the deliverable and named and ordered in the same way as the standard
- Fields should be filled with N/A where other input is not applicable
- Data types should be consistent with the COBie v2.4 template

- Dates should be presented in accordance with BS ISO 8601, and as per the EIR
- All assets making up the COBie schedules should be named in a unique manner
- Object naming should be as per the EIR and identifiable outside a graphical environment as a minimum
- Naming should be in accordance with BS 1192-4:2014
- Names should use the characters A-Z, a-z and 0-9 with spaces and full stops.
- Elements should be classified as per the requirements set out in the EIR
- Units should be output as per the requirements set out in the EIR
- All data produced should be QA / QC checked internally before issuing to the Information Manager
- It is the responsibility of the data authors to ensure accurate and correct data input
- Data input responsibilities are defined with the MPDT, AIR and BEP

Asset Information Requirements Table의 예시와 COBie Requirements를 충족하기 위한 COBie sheets, parameters, 예시 데이터 테이블은 각각 아래 그림과 같다.

Asset Information Requirements (AIR)									
Ref	Category	Description	Max LOI	COBie Required	NRM1	Manufacturer Name	Fire	Acoustic	Thermal Conductivity
1	Sub-structure / Structural Foundations	Structural foundations, piles, retaining walls etc all below slab level	3	N	1.1 Substructure	N			
2	Structural Concrete	Structural Concrete elements Structural Beam Systems, Columns, Connections, Fabric Reinforcement, Rebar	3	N	2.1 Frame	N	Y		
3	Structural Floors and Compartment Walls	All structural separating elements	3	N	2.1 Frame	N	Y		
4	Structural Steel	Structural Steel elements Structural Beam Systems, Columns, Connections, Framing, Stiffeners, Trusses	3	N	2.1 Frame	N	Y		
5	Specialist Structural Floor	Structural floors provided by specialist contractor with associated guarantee	4	N	2.2 Upper floors	N		Y	Y

그림. COBie 데이터 요구사항 명시 예시

Construction Operations Building Information Exchange					
Parameter	Input Mechanism	Example	Notes	LOI	Project Requirement (Y/N)
Instruction					
Title	Automatic	COBIE	Expected, fixed	N/A	Y
Version	Automatic	2	Expected, fixed	N/A	Y
Release	Automatic	4	Expected, fixed	N/A	Y
Status	Automatic	ifc2x3	Expected	N/A	Y
Region	Automatic	EN-UK	Expected, fixed	N/A	Y
Contact					
Email	Manual - Toolkit	name@email.com	Expected	1	Y
CreatedBy	Manual - Toolkit	name@email.com	Reference	1	Y
CreatedOn	Manual - Toolkit	2015-08-08T11:00:00	Expected	1	Y
Category	Manual - Toolkit	C12: Qauntity managerment	Pick List	1	Y
Company	Manual - Toolkit	Company name	Expected	1	Y
Phone	Manual - Toolkit	01 1111 1111111	Expected	1	Y
ExtSystem	Automatic	Authoring Application	Application	1	Y
ExtObject	Automatic	IfcPersonAndOrganisation	Application	1	Y

그림. COBie 상세 예시

더불어 핵심성과지표(Key performance indicators)를 아래의 항목에 따라 Percentage로 규정하고 있다.

Key performance indicators

- Percentage LOD/LOI Compliance
- Percentage Compliance to Model Data requirements
- Model quality and coordination percentage compliance
- Percentage compliance to spatial design requirements

예를 들어 모델의 품질과 조율에 관한 핵심성과 지표를 클라이언트 보고차원에서 아래와 같이 규정하고 KPI 측정 방법과 수식을 명기하고 있다.

Model quality and coordination percentage compliance / Client reporting

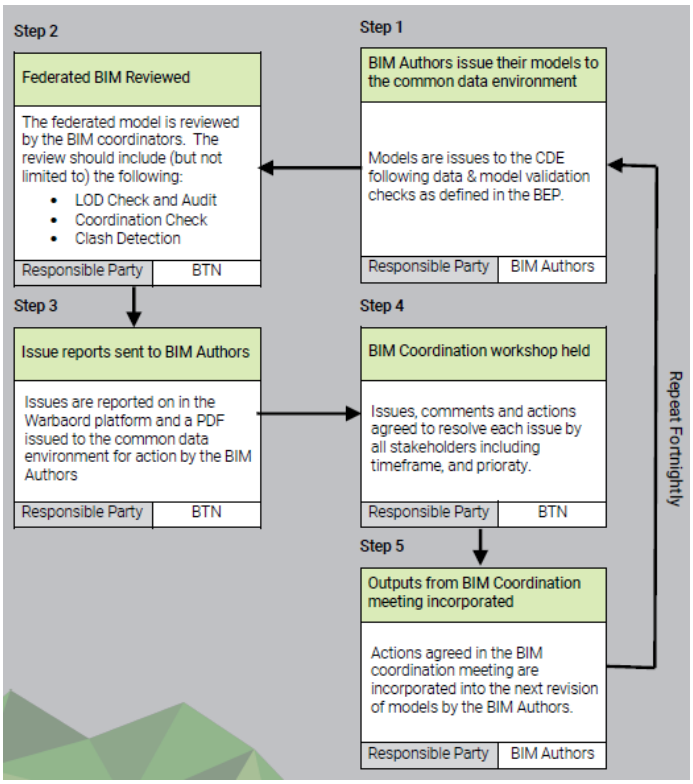
- Information exchange 1 (RIBA Workstage 2 – Concept Design) Coordination of Objects(within tolerance) 80%

- Information exchange 2 (RIBA Workstage 3 – Development Design) Coordination of Objects (within tolerance) 90%
- Information exchange 3 (RIBA work stage 4 – Technical Design) Coordination of Objects (within tolerance) 95%
- Information exchange 4 (RIBA works stage 5 – Construction) Coordination of Objects (within tolerance) 100%
- Information exchange 5 (RIBA works stage 6 – Handover and Close out) Coordination of Objects (within tolerance) 100%
- Information exchange 6 (RIBA works stage 7 – In Use) N/A

BEP의 경우 점차 사무실별로 특화되기보다는 일반화된 다큐먼트로 고착화되어가는 측면이 강하다. H프로젝트의 BEP도 일반적인 틀에 따라 Project information, Project Objectives & Goals, Major Project Milestones으로 전반부가 구성되어 있고, 후반부에 Collaborative Working, Technology Requirement를 구정하고 있다.

프로젝트 데이터의 QA/QC와 관여된 내용은 주로 Collaborative Working, Technology Requirement에 기술되어 있다. Collaborative Working의 세부 항목 중에 QA/QC와 관여된 내용은 Modeling Standard, Data Exchange Protocol, Crash Detection sprint process, Model/Data Validation, Model/Data Subdivision, Model Data Requirements가 있다.

Modeling Standard의 경우 앞서 소개한 EIR의 MPDT(Model Production and Delivery Table를 따르도록 하고 있고 Data Exchange Protocol은 교환할 데이터의 포맷과 환경을 규정하고 있다. 포맷은 IFC , NWC, Native Formats이고 프로젝트의 데이터 교환 플랫폼(Project Common Data Environment)을 Aconex으로 정하고 URL 주소와 함께 다큐먼트 관리 담당자의 이름과 연락처를 명기하고 있다. 파일을 작업중 파일(Work in Progress, WIP)파일과 공유파일(Shared), 이슈파일(Published)로 나누어 각각의 프로토콜을 규정하고 있다. Crash Detection process와 Clash set과Tolerance 정의의 예시는 각각 아래와 같다.



Stage 3 Clash Set & Tolerance Definitions			
Set	Name		Tolerances
3A	Structure(All) VS Arch(Priority)		20mm
Description	This clash set clashes all Structural elements against all Priority architectural elements.		
Navis Search Set:			Navis Search Set:
Structural Beams (xx.xx.xx.xx) Structural Columns (xx.xx.xx.xx) Structural Framing (xx.xx.xx.xx) Structural Foundations (xx.xx.xx.xx) Structural Connections (xx.xx.xx.xx) Structural Floors (xx.xx.xx.xx) Structural Walls (xx.xx.xx.xx) Structural Slabs (xx.xx.xx.xx) Structural Ramps (xx.xx.xx.xx) Structural Stairs (xx.xx.xx.xx) Structural Generic Models (xx.xx.xx.xx)		VS	Architecture Doors (xx.xx.xx.xx) Architecture Windows (xx.xx.xx.xx) Architecture Curtain Wall (xx.xx.xx.xx) Architecture Curtain Panels (xx.xx.xx.xx) Architecture Curtain Framing (xx.xx.xx.xx) Architecture Plumbing Fixtures (xx.xx.xx.xx) Architecture Casework (xx.xx.xx.xx) Architecture Stairs (xx.xx.xx.xx) Architecture Furniture (xx.xx.xx.xx) Architecture Furniture Systems (xx.xx.xx.xx) Architecture Railings (xx.xx.xx.xx) Architecture Ceilings (xx.xx.xx.xx) Architecture Facia & Soffits (xx.xx.xx.xx) Architecture Specialty Equipment (xx.xx.xx.xx) Architecture Generic Models (xx.xx.xx.xx)
Notes and Exclusions			
At this stage the search set will utilize Revit categories to classify objects for the purpose of clash detection search sets. This is because at this early stage it is unlikely that the model elements will contain correct and complete uniclass2015 classification.			

그림. 간섭 체크 프로세스 설계 예시

품질관리를 위한 Model/Data Validation은 비주얼 체크, 기준체크, 모델체크로 다음과 같이 나누어 각각의 Auditing Software를 활용하여 진행한다.

Checks	Description			Auditing Software	Model Validation Documentation
Visual Check	Ensure there are no unintended model components and the design intent has been followed	TTM	BTN	Native Authoring Software	✓
Standard Check	Ensure that the projects BIM standards have been followed	TTM	BTN	Solibri Model Checker 9.7.1	✓
Model Check	Ensure that the model data has no undefined, incorrectly defined or duplicated elements	TTM	BTN	Native Software & Solibri Model Checker 9.7.1	✓

그림. 품질 관리 범주 기준 예시

리포트는 Model Craft, Standard Compliance, LOD & LOI Compliance의 세 파트로 나누어 작성되고 클라이언트를 위한 모델 Audit은 BIM Validation Report와 Information Validation Report로 제공한다. Solibri를 Model Checker Rule Sets과 Model Checker COBie Extension은 아래와 같다.

Solibri Model Checker Rule Sets	
BIM Validation Rule Set Categories	Priority Reporting
Model Structure Check	High/Med/Low
Component Check	High/Med/Low
Clearance	High/Med/Low
Deficiency Check	High/Med/Low
Classification Check	High/Med/Low
Model Craft and Duplication Check	High/Med/Low
BS1192:4 (COBie) Schema Verification	High/Med/Low

그림. 모델 체크 규칙 세트 예시

Solibri Model Checker COBie Extension – Sheets to be checked																
	Contact	Facility	Floor	Space	Zone	Type	Component	System	Assembly	Coordinate	Connection	Impact	Document	Issue	Job	Resource	Attributes
Stage 3	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓									✓
Stage 4	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓									✓
Stage 5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓			✓				✓
Stage 6	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓			✓				✓
Stage 7	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓			✓	✓	✓	✓	✓

그림. 각 단계별 체크 데이터 예시

프로젝트의 모델 데이터는 사이트의 영역과 빌딩의 구별에 따라 아래 그림과 같이 6 개의 세부 zone으로 나뉘는데, 예를 들어 Zone 03 의 세부 모델 파일은 아래 두번째 표와 같이 건축 외피, 건축내부, 구조, 서비스, 인테리어 파트로 나누어 파일을 구성해야 한다.

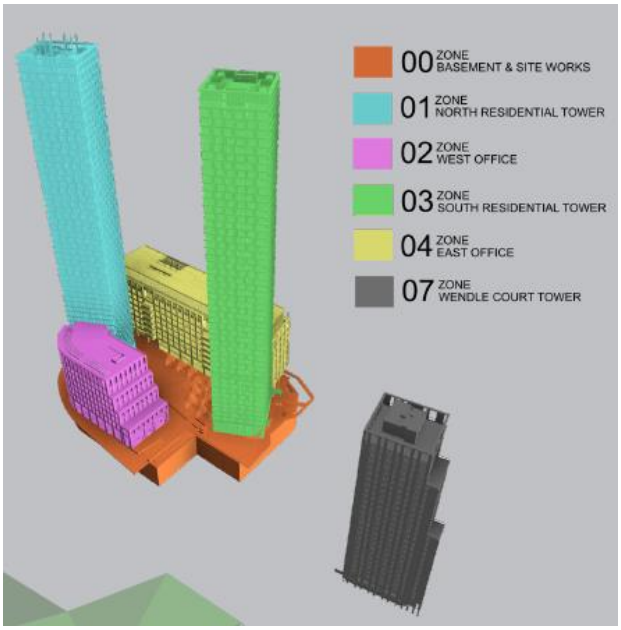


그림. 품질 체크를 위한 BIM 파일 구조 설계 예시

Model Subdivisions			
Zone Name	Zone Identifier	Zone Description	
North Residential Tower	03	South Residential Tower	
Organization and Model References			
Model File Ref	Architecture External (AAM)	VXSQ-AAM-03-ZZ-M3-A-0001	.Rvt
	Architecture Internal AAM)	VXSQ-AAM-03-ZZ-M3-A-0002	.Rvt
	Structure (WSL)	STR10435-WSL-03-ZZ-M3-S-00001	.Rvt
	MEP (SWE)	VXSQ-SWE-03-ZZ-M3-M-0001	.Rvt
	Interior Design (CPL)	VXSQ-CNP-03-ZZ-M3-I-0001	.Rvt

그림. 영역 별 파일 구분

Model Data Requirements는 BS 1192-4:2014 와 COBie schema에 따라 아래와 같이 규정되어 있다.

a) Every Component shall be assigned to at least one Space.

b) Every Component shall be assigned to one Type.

c) Every Component shall be assigned to at least one System.

d) Every Space shall be assigned to at least one Zone.

e) Every reference to other sheets shall be valid.

f) Every reference to PickList enumerations and classifications shall be valid.

g) Enumerations specified in the Attributes and PickLists shall be adhered to.

모든 3 차원 모델은 Uniclass 2015 classification[5]에 따라 구분되어야 하며 Stage에 따라 아래 COBie Information Exchage에 따라 데이터 교환이 이루어져야 한다.

[5] https://toolkit.thenbs.com/articles/classification#classificationtables

COBie Information Exchage																
Type				Version			Exchange Format			Deliverable			Responsibility			
COBie UK 2012 To BS1192:4				V2.4			.IFC 2x3 CV 2.0			.CSV			Model Authors facilitated by the Information manager (BIM.Technologies).			
	Contact	Facility	Floor	Space	Zone	Type	Component	System	Assembly	Coordinate	Connection	Impact	Document	Issue	Job	Resource	Attributes
Stage 3	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓									✓
Stage 4	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓									✓
Stage 5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓			✓				✓
Stage 6	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓			✓				✓
Stage 7	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓			✓				✓

그림. 정보 교환 설계 예시

마지막으로 온라인 도면 이슈 관리 프로그램(warboard)를 활용하여 프로젝트의 설계 및 시공단계에서 팀이 모델을 조율하고 문제를 협업하고 논의하여 데이터의 품질을 관리할 수 있도록 규정하고 있다.

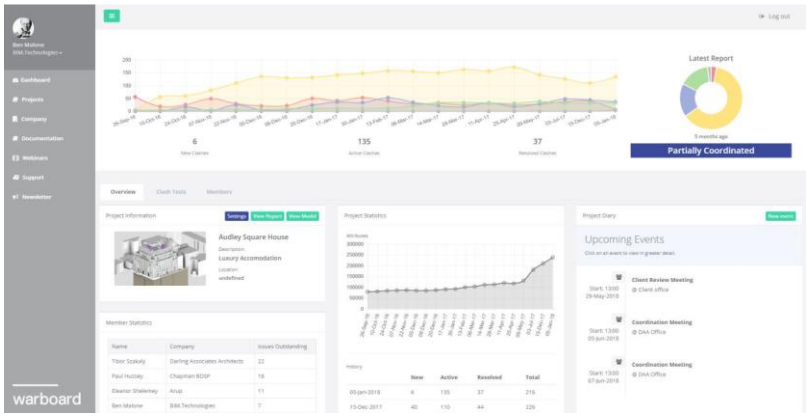


그림. BIM 품질관리 데쉬보드

효율성을 추구하는 G사의 H프로젝트도 실무적인 업무 차원에서 다수의 시행 착오가 있었다. 가장 잦은 문제는 주거 타워의 저층부에서 발생했는데 저층부의 공간계획이 수시로 변화하여 외부 모델과 매칭되지 않는 문제도 수시로 발생하였고, 내부 모델을 코어와 내벽부로 구분하였는데 코어부의 변경과 내벽부의 변경이 조율이 되지 않는 문제가 발생하였다. A사의 경우 디자인의 잦은 변경으로 정보의 변화를 체크하고 관리할 수 있는 자체 시스템을 구축한데 반해 G사의 경우 기본 디자인을 큰 틀에서 변화하지 않는 조직문화로 인해 오히려 Change Management가 부족하였고 이로 인해 몇몇 팀원은 업무의 과중을 소호하기도 하였다.

6.6 소결

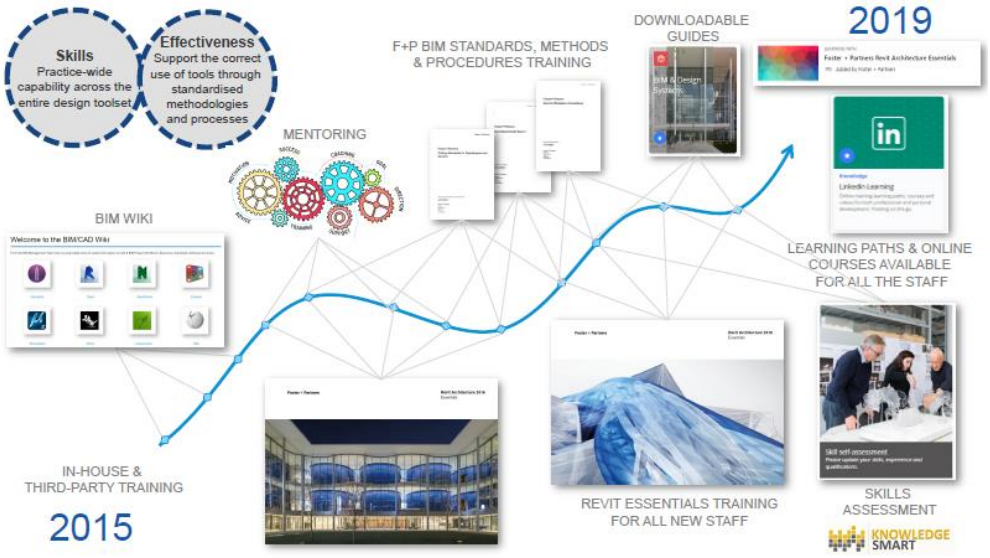


그림. 올바른 BIM 프로젝트 수행 및 데이터 품질 관리를 위한 시행착오

필자의 오랜 해외 실무 경험으로 비추어 볼 때 실무에서 BIM을 적용하는 정답은 없다. Foster & Partners의 BIM & Design Systems Coordinator인 Lola Carbajal는 AutoDesk-university에서 Foster & Partners가 BIM을 실무 프로세스 안으로 끌어들이기 위해 어떠한 노력을 했는지 소개하고 있다.[6] 2014 년 멕시코 공항 프로젝트를 시작부터 2019 년까지 5 년사이 동안 실무차원에서 경험한 시행착오를 바탕으로 아래의 5 가지 교훈을 공유하였다.

[6] https://www.autodesk.com/autodesk-university/class/Visual-Storytelling-BIM-Innovation-Foster-Partners-2019#video

- Start with smaller projects if you can. In large projects, make sure you have systems to handle it.
- Ensure there are enough people on the project with the technical skills needed
- Enroll key people to invest in BIM process.

a) Project Managers/ Job Captains can invest in process & tools

b) Partners& Execs can ensure investment is sufficient

- Test and document workflows. You'll always use multiple tools, but test that they work together first.
- Small automations & process improvements add up and help show the team the value of BIM

Foster & Partners의 경험과 교훈은 A사의 사례와 G사의 전략과 공유하는 바가 많다. 그러나 필자가 소개하는 사례는 각 조직의 사례일 뿐이다. 쉬운 길, 지름 길은 없다. 각 사무실별로 직접 시행착오를 겪으며 자신들의 조직 문화와 필요에 맞는 BIM 업무 방식을 구축해 나아가는 것만이 BIM을 활용하여 설계품질을 향상시키는 정도가 아닐까 생각한다.

7. BIM 데이터 품질확보 아이디어와 솔류션

7.1 BIM 데이터 품질 자동화 솔류션 기술 동향

7.1.1 머리말

앞서 소개된 바와 같이, BIM 의 도입이 국내에 확산되면서 BIM 모델의 품질이 중요한 이슈로 부상하고 있다. 여기서는 BIM 데이터의 품질 향상을 위해 진행되는 국내외 주된 연구를 소개하고자 하였다.

BIM 데이터 품질은 BIM 모델의 용도 내지 목적에 따라 요구되는 사항이 다를 수 있는데, 본고에서는 이를 1) 공종 간 BIM 모델의 물리적 정합성, 2) BIM 모델의 시멘틱 정합성, 그리고 및 3) BIM 모델 활용에 필요한 상세 수준 등 3 가지 측면으로 제시하였으며 각 사안에 대한 문제점과 솔루션을 개별적으로 소개하였다.

7.1.2 공종 간 BIM 모델의 물리적 정합성

설계 단계에서 BIM 모델은 공종별로 개별적으로 저작되기에 여러 모델을 연합 (Federated Model) 했을 때 공종 간 물리적 간섭이 어느 정도 발생할 수 밖에 없다. 물리적 간섭은 토목보다는 건축 및 플랜트 부문에서 더 많이 발생되며, 이는 특히 다량의 설비 부재 및 장비가 다수 포함되기 때문이다. 더불어, 건축 및 구조 모델이 선행적으로 구축되고 이를 기반으로 설비가 건물 구조에 끼워 맞춰 모델링해야 하는 관행적 설계 프로세스도 간섭의 발생을 높이게 된다.

이에 대한 해결을 위해서는 기본적으로 Navisworks, Solibri Model Checker, Trimble connect, Fuzor 등과 같이 시중에 나와 있는 간섭 체크 소프트웨어를 활용하면 된다. 그러나 이들은 검토된 간섭에 대한 심각도를 세부적으로 구분해 주지 않으며, 간섭에 대한 해결 방안 또한 제시해 주지 않는다. 따라서 실무자들은 각 간섭사항을 일일이 보며 간섭을 해소하는 방안을 수동적으로 해결해야 하는 실정이다.

이러한 문제에 대응하기 위해 최근에는 온톨로지 또는 강화학습 방식 등 인공지능 기술을 BIM과 연계하여 해결하고자 하는 연구가 등장하였다. Wang et al. (2023)는 각 공종별 BIM 모델을 개별 온톨로지로 구축한 후 이들을 연계하여 온톨로지 상에서 연동하는 방안으로 CBIM (Cloud BIM)을 제시하고 있다. 이에 특정 공종의 부재의 기하 또는 속성 정보가 바뀌면, 다른 공종 부재에 미치는 영향이 자동적으로 파악이 되는데, 이를 활용하여 체계적인 간섭 검토 및 해소 방안이 가능해지고 있다.

또한 Liu et al. (2020)은 AI 기술 중에 하나인 강화학습을 활용하여 문제에 접근하고 있다. 즉, 설비의 배관이나 철근을 개별 agent로 모델링하고 게임 환경에서 모델링을 반복 시행 하여 간섭을 최소화하는 솔루션을 제시하고 있다.

국내에서는 국토교통진흥원의 주최로 진행 중인 '인공지능 기반의 건축 설계 자동화' 연구의 일환으로 간섭 종류를 세분화하고 이를 온톨로지로 표현하여 유형별로 간섭을 자동 추론하는 연구 또한 진행되고 있다.

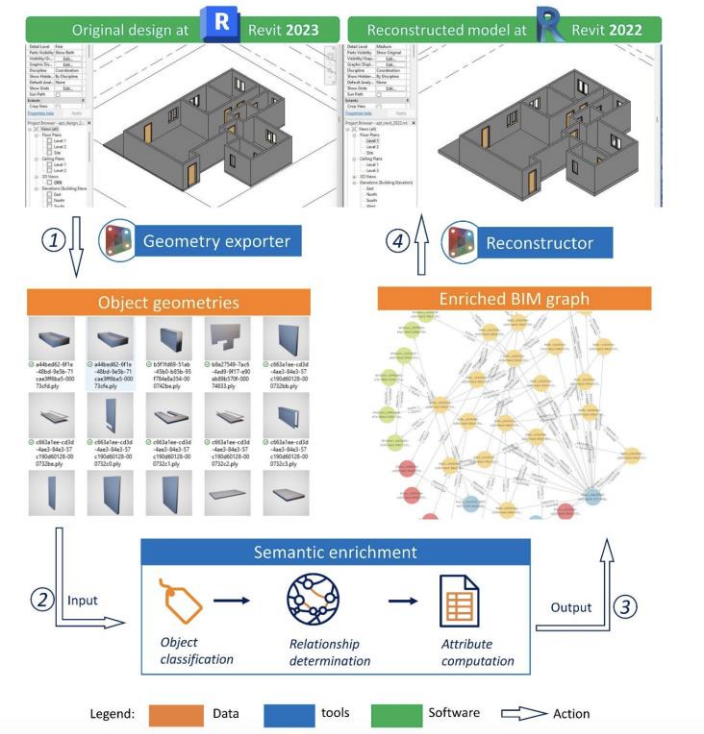


그림. CBIM 개요 (Wang et al., 2023)

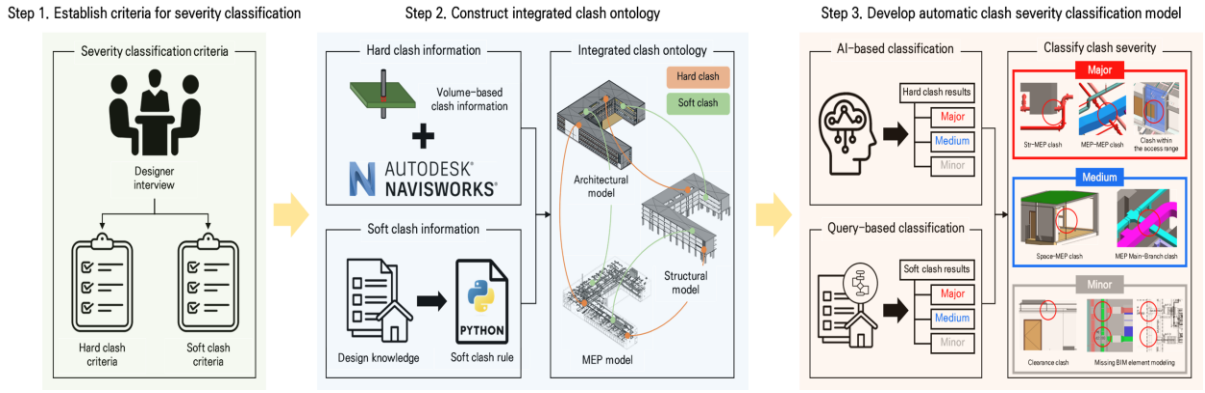


그림. 간섭 온톨로지 구축 절차 (Lee et al., 2023)

7.1.3 일관된 정보 교환을 위해 요구되는 BIM 모델의 시멘틱 정합성

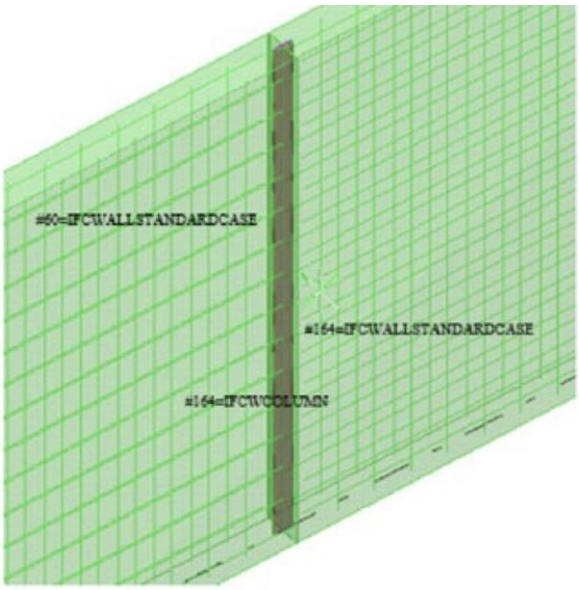
BIM 모델을 다수의 프로그램에서 사용하기 위해서는 개별 부재의 명칭, 속성, 타부재와의 관계 그리고 전반 분류체계가 통일되어야 한다. 이처럼 BIM 모델의 올바른 정보 교환은 다수의 참여자가 일관된 정보를 기반으로 사업을 수행한다는 BIM의 핵심 가치이기에 매우 중요한 요소이다.

Industry Foundation Classes (IFC)는 국제 표준 데이터 포멧(ISO 16379)으로 BIM 모델 간 데이터 공유 시 정보 상호호환성을 보장하기 위해 개발되었다. 그러나 IFC는 수십년에 걸쳐 다수 전문가에 의해 개발되었기에 스키마 자체가 불안전한 면이 존재한다. 즉, IFC는 BIM 저작도구에서 특정 부재를 어떤 형태로 표현 및 모델링해야 한다던 지, 어떤 형식으로 export하라는 것에 대한 규정이나 제약이 느슨하게 정의돼 있다. 이에 따라 IFC 기반으로 데이터 공유 시 종종 불완전한 결과가 도출되곤 하는데 이로 인해 BIM 정보 교환의 신뢰성이 떨어져는 경우가 존재한다.

이러한 문제점을 극복하기 위해 시멘틱 강화 (semantic enrichment)라는 연구 분야가 등장하였으며, 미국 Georgia Tech의 Eastman 교수를 시발점으로 하여, 현재는 이스라엘 Technion의 Raphael Sacks 교수를 위시하여 미국 및 유럽에서 주도적인 연구가 진행되고 있다.

이들 연구에서는 BIM 모델 및 IFC 스키마가 의미론적으로 올바른 지 체크하는 기술이 많이 제시되었다. 초기에는 개별 추론규칙(Inference rule)을 규정하는 연구(Belsky et al. 2016) 에서 최근에는 AI 기반으로 학습을 통해 부재나 속성의 정합성을 검토하는 방향으로 발전해 나가고 있다. 일례로 Bloch and Sacks (2018)는 BIM 건축 모델 내 공간 분류를 추론 규칙 및 AI 기반으로 각각 수행해 보고 여기서 AI가 월등한 성과를 내는 것을 입증하였다. 그러나 대상 부재나 속성에 따라 두 가지 기법을 적절히 사용하는 것이 필요하다고 설명하였다.

국내에서도 최근 AI 기반으로 BIM 모델의 정합성을 자동 검토하는 연구(Koo et al., 2019)가 진행되었으며 상용 소프트웨어인 BricsCAD에서도 유사한 방식으로 BIM 모델의 개별 부재를 자동 분류해 주는 기술이 도입되었다.



IF
<object1> *is_a* 'Precast Concrete Wall'
AND
<object2> *is_a* 'Precast Concrete Wall'
AND
<object1> *is_not_related_to* <object2>, 'Precast Joint'
AND
(<object1> *vertical_narrow_face is_adjacent_to*
<object2> *vertical_narrow_face* '60'
OR
<object1> *vertical_narrow_face is_adjacent_to*
<object2> *vertical_wide_face* '60')
AND
<objects_list> *is_in_between* <object1>, <object2>
THEN
change_elements_type 'IfcFastener', <objects_list>, 'ObjectType', 'Sealing Strip'
create_relationship 'IfcRealConnectsWithRealizing Elements',
<object1>, <object2>, <objects _list>, 'Connection-Type', 'Precast Joint'

그림. 규칙 기반 IFC 시멘틱 정확도 향상 연구 사례(Belsky et al. 2016)

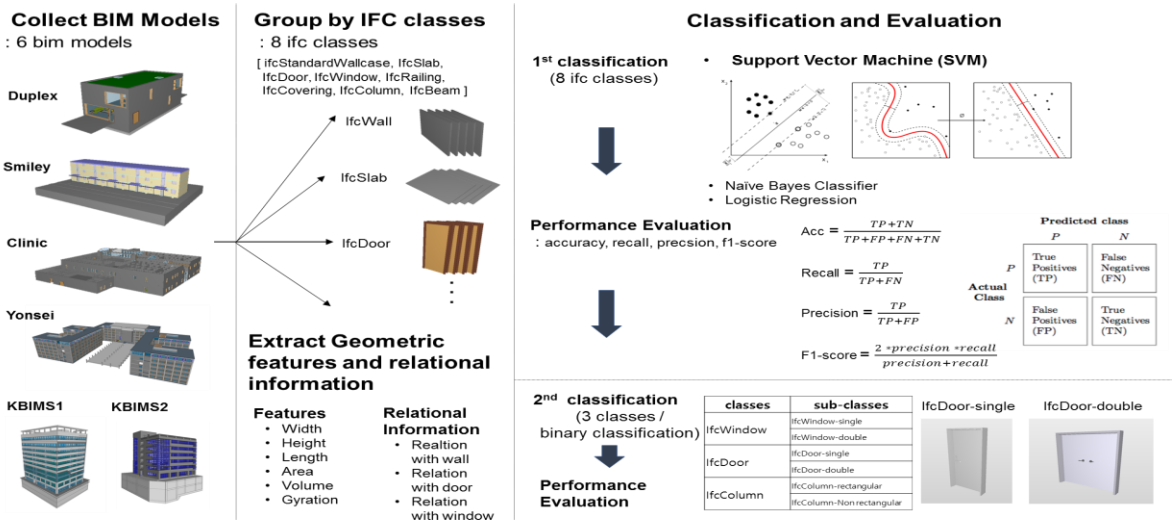


그림. AI 기반 BIM 부재 정합성 자동 검토 연구 (Koo et al., 2019)

7.1.4 BIM 모델 활용을 위한 속성 및 기하의 적정 상세 수준

BIM 모델은 저작과 동시에 여러 전문 분야에서 각종 엔지니어링 내지 사업 관리 분석에 활용될 수 있어야 그 가치가 극대화될 것이다. 이를 위해서는 해당 모델에 전문 분야별 분석에서 필요로 하는 부재 및 관련 정보가 포함되어야 한다. 즉, BIM 모델에 대한 Level of Geometry (LOG) 및 Level of Information(LOI)가 구체적으로 규정되어야 한다.

예를 들어, 에너지 분석을 위해서는 창문의 구체적 유형에서부터 유리의 재질, 복층 여부에서 개패 방법까지 상세한 속성 디테일, 즉 LOI가 해당 부재에 표현되어야 한다. 이와 함께 물리적 에너지 분석을 위해서는 3 차원 기하 표현, 즉, LOG도 상세할 수록 좋을 것이다.

BIM 기반 건축 법규 검토나 건설 설계 기준 검토도 좋은 사례이다. 일례로 건물의 안전 점검을 위해서는 방화벽의 설치와 더불어 방화벽의 재질, 성능 (예: 최대 비차열 시간) 등의 정보가 수반돼야 할 것이며, 국가 설계 기준 중 구조와 관련된 항목 검토를 위해서는 BIM 모델에 상세한 철근도 모델링 돼야 가능할 것이다.

상기 예시와 같이 우선 각 전문 분야별로 필요한 LOI 및 LOG에 대한 합의 및 명문화가 필요할 것이다. 그러나 규정이 만들어지더라도 실제 요구되는 상세 수준을 맞추기 위한 모델링 관련 시간 및 비용이 현실적인 걸림돌이 될 가능성이 높다.

이에 따라 최근에는 BIM 모델 내 속성 정보 및 기하 상세를 자동으로 높일 수 있는 연구가 등장하고 있다.

모델링을 자동화 내지 상세화하는 기술 중 가장 쉽게 접근할 수 있는 것이 가시화 프로그래밍(Visual Programming)이다. 이는 그래프 기반 명령어 구축으로 BIM 모델의 조작을 보다 쉽게 만든 프로그램으로 대표적으로 Revit 기반의 Dynamo와 독립적 프로그램으로 존재하는 Rhino Grasshopper를 들 수 있다. 이들 프로그램으로 BIM 모델을 자동 상세화하는 연구가 진행 중에 있으며 일례로 건축 BIM 모델이 주어졌을 때 내외장 마감재를 자동으로 모델링해 주는 개발이 진행되었다(Ha et al.,2023).

또한 최근에는 AI 기반으로 학습을 통해 BIM 모델의 LOG를 자동화는 연구도 등장하고 있다. 일례로, Chen et al. (2023)은 상세화 전후의 BIM 모델의 특징들을 Deep learning 기반으로 학습시켜 이후 모델의 상세화를 자동으로 해주는 연구를 소개하였다.

이외에도 이스라엘의 벤처 회사인 Swapp은 AI 기반으로 BIM 모델을 근거로 시공상세도를 자동으로 생성해 주는 기술을 개발하였다고 소개하고 있다.

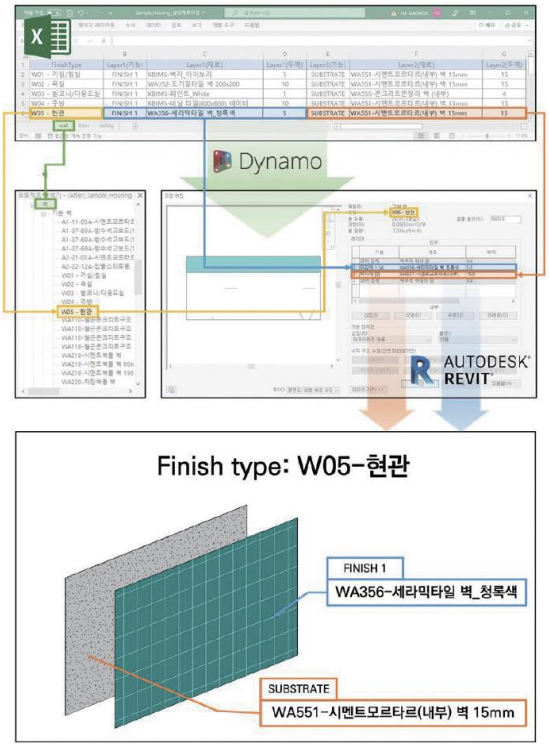


그림. Dynamo 기반 BIM 모델 마감 자동 상세화(Ha et al., 2023)

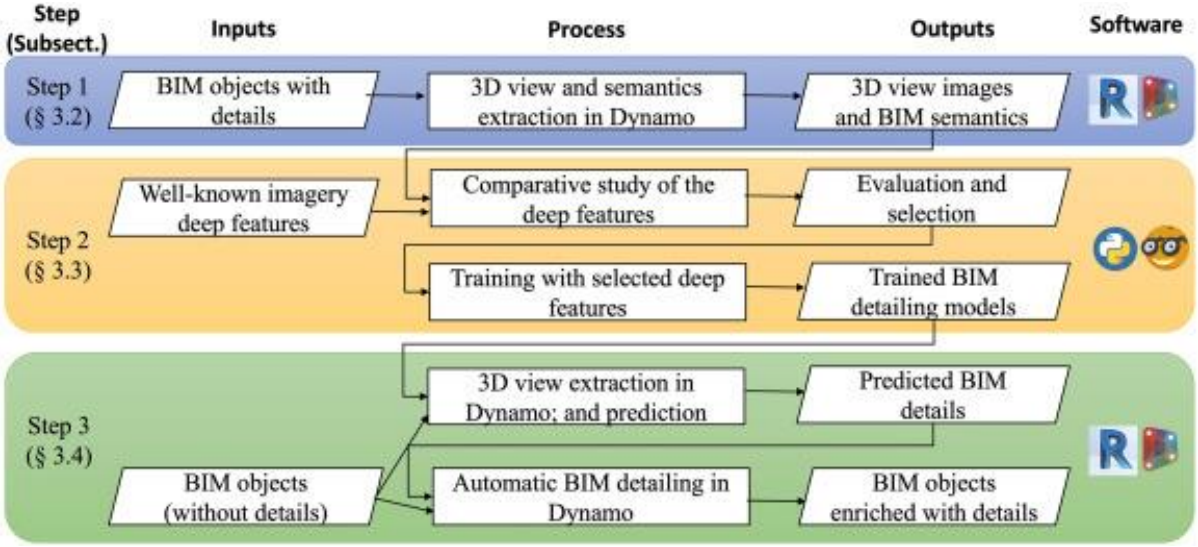


그림. 딥 피쳐 기반 BIM 자동 상세화(Chen et al., 2023)

7.2 해외 BIM 데이터 품질관리 디지털 도구 활용 사례

해외 BIM 데이터 품질관리 방식은 프로젝트 요구사항과 BEP에 입력된 정보에 기초한다.

Autodesk University의 캘리포니아 실리콘벨리 BART (2020) 프로젝트는 산출물 품질 관리를 위해 디지털 도구를 적극 사용한 사례 중 하나이다.

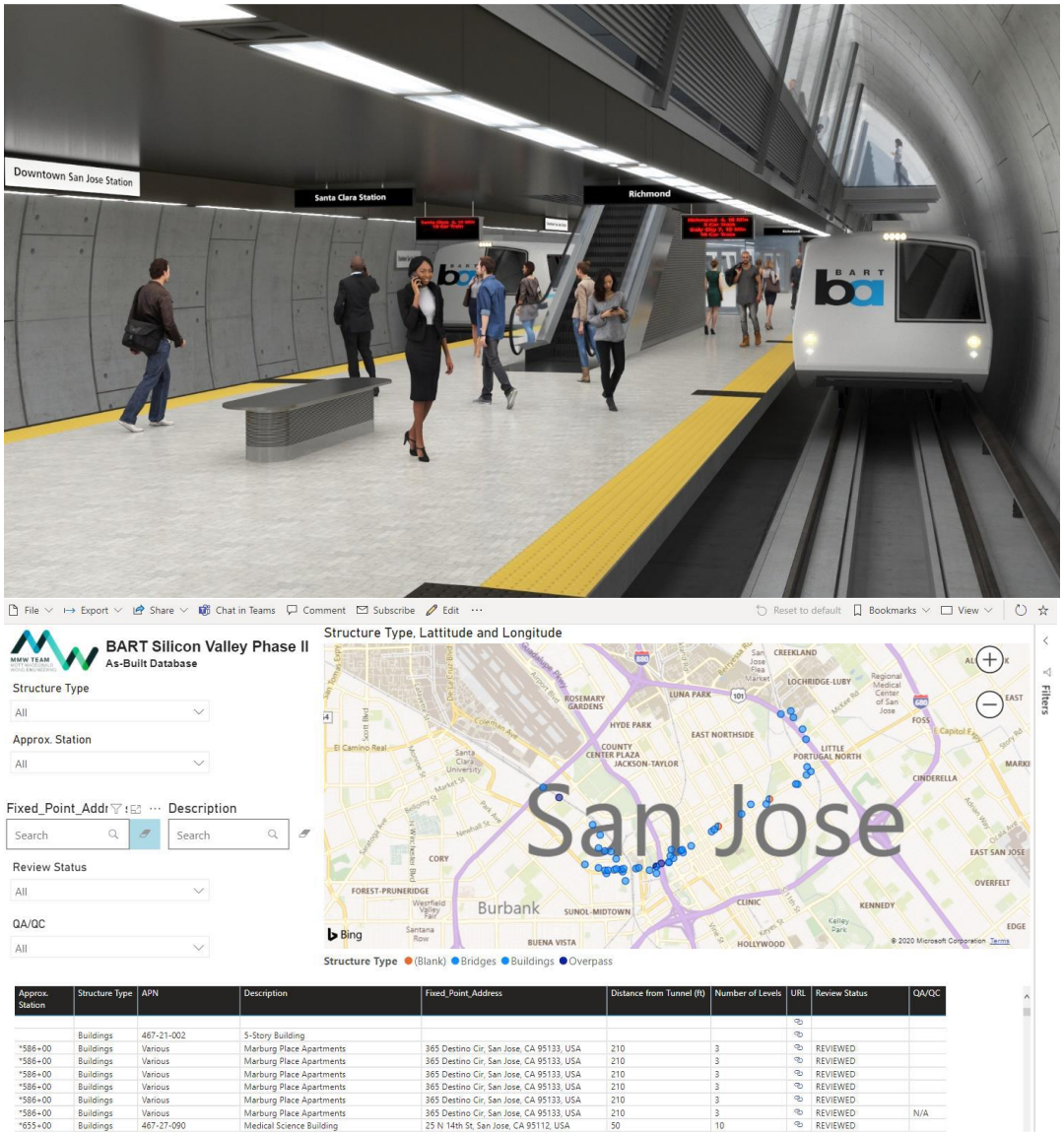


그림. 실리콘밸리 BART 프로젝트와 산출물 관리 데쉬보드 화면(일부)

이 프로젝트는 산출물 관리를 위해, BEP에서 MIDP(Master Information Delivery Plan)를 설정하는 것부터 시작한다. MIDP에 지정된 산출물의 품질은 프로세스 진행 과정에서 QA/QC 활동의 대상이 된다.

Asset Code	Project Stage	Deliverable	Status	IDR Complete	QC Complete	QA Complete	Drawing Index	Management Review	Coordinator check PW	Approved PW	Final Drawing ready for issuance	Sheet Number	Deliverable Number (ISO 19650 Compliant)	DELIVERABLE COMPONENT
TRACK	30%	Y		N	<>	<>						412203	385606-MMW-TRACK-XX-DR-TR-412203	PLAN AND PROFILES1 571+00.00 TO S1 581+00.00
TRACK	10%	Y		Y	<>	<>						412203	385606-MMW-TRACK-XX-DR-TR-412203	PLAN AND PROFILE - S1 571+00.00 TO S1 581+00.00
	EPD	Y	Management Review	Y	Y	Y		Y	Y	Y		412203	385606-MMW-TRACK-XX-DR-TR-412203	PLAN & PROFILE SHEET 3
TRACK	30%	Y		N	<>	<>						412204	385606-MMW-TRACK-XX-DR-TR-412204	PLAN AND PROFILES1 581+00.00 TO S1 590+00.00
TRACK	10%	Y		Y	<>	<>						412204	385606-MMW-TRACK-XX-DR-TR-412204	PLAN AND PROFILE - S1 581+00.00 TO S1 590+00.00
	EPD	Y	Management Review	Y	Y	Y		Y	Y	Y		412204	385606-MMW-TRACK-XX-DR-TR-412204	PLAN & PROFILE SHEET 4
TRACK	30%	Y		N	<>	<>						412205	385606-MMW-TRACK-XX-DR-TR-412205	PLAN AND PROFILES1 590+00.00 TO S1 598+00.00
TRACK	10%	Y		Y	<>	<>						412205	385606-MMW-TRACK-XX-DR-TR-412205	PLAN AND PROFILE - S1 590+00.00 TO S1 598+00.00
	EPD	Y	Management Review	Y	Y	Y		Y	Y	Y		412205	385606-MMW-TRACK-XX-DR-TR-412205	PLAN & PROFILE SHEET 5
TRACK	30%	Y		N	<>	<>						412206	385606-MMW-TRACK-XX-DR-TR-412206	PLAN AND PROFILES1 598+00.00 TO S1 608+00.00
TRACK	10%	Y		Y	<>	<>						412206	385606-MMW-TRACK-XX-DR-TR-412206	PLAN AND PROFILE - S1 598+00.00 TO S1 608+00.00
	EPD	Y	Management Review	Y	Y	Y		Y	Y	Y		412206	385606-MMW-TRACK-XX-DR-TR-412206	PLAN & PROFILE SHEET 6
TRACK	30%	Y		N	<>	<>						412207	385606-MMW-TRACK-XX-DR-TR-412207	PLAN AND PROFILES1 608+00.00 TO S1 617+00.00
TRACK	10%	Y		Y	<>	<>						412207	385606-MMW-TRACK-XX-DR-TR-412207	PLAN AND PROFILE - S1 608+00.00 TO S1 617+00.00
	EPD	Y	Management Review	Y	Y	Y		Y	Y	Y		412207	385606-MMW-TRACK-XX-DR-TR-412207	PLAN & PROFILE SHEET 7
	EPD	Y	Management Review	Y	Y	Y		Y	Y	Y		412208	385606-MMW-TRACK-XX-DR-TR-412208	PLAN & PROFILE SHEET 8
TRACK	30%	Y		N	<>	<>						412209	385606-MMW-TRACK-XX-DR-TR-412209	PLAN AND PROFILES1 624+00.00 TO S1 634+00.00
TRACK	10%	Y		Y	<>	<>						412209	385606-MMW-TRACK-XX-DR-TR-412209	PLAN AND PROFILE - S1 624+00.00 TO S1 634+00.00
	EPD	Y	Management Review	Y	Y	Y		Y	Y	Y		412209	385606-MMW-TRACK-XX-DR-TR-412209	PLAN & PROFILE SHEET 9
TRACK	30%	Y		N	<>	<>						412210	385606-MMW-TRACK-XX-DR-TR-412210	PLAN AND PROFILES1 634+00.00 TO S1 643+00.00
TRACK	10%	Y		Y	<>	<>						412210	385606-MMW-TRACK-XX-DR-TR-412210	PLAN AND PROFILE - S1 634+00.00 TO S1 643+00.00
	EPD	Y	Management Review	Y	Y	Y		Y	Y	Y		412210	385606-MMW-TRACK-XX-DR-TR-412210	PLAN & PROFILE SHEET 10
TRACK	30%	Y		N	<>	<>						412211	385606-MMW-TRACK-XX-DR-TR-412211	PLAN AND PROFILES1 643+00.00 TO S1 652+00.00
TRACK	10%	Y		Y	<>	<>						412211	385606-MMW-TRACK-XX-DR-TR-412211	PLAN AND PROFILE - S1 643+00.00 TO S1 652+00.00

그림. 실리콘밸리 BART BIM 프로젝트의 MIDP 정의 예시(일부)

이 프로젝트는 ISO 19650 의 CDE 기반 산출물 작업 상태 관리 개념을 준용하기 위해, 이를 어떻게 시스템의 기능으로 구현할지 미리 계획하였다. 다음 그림은 이와 관련된 개념을 보여준다.

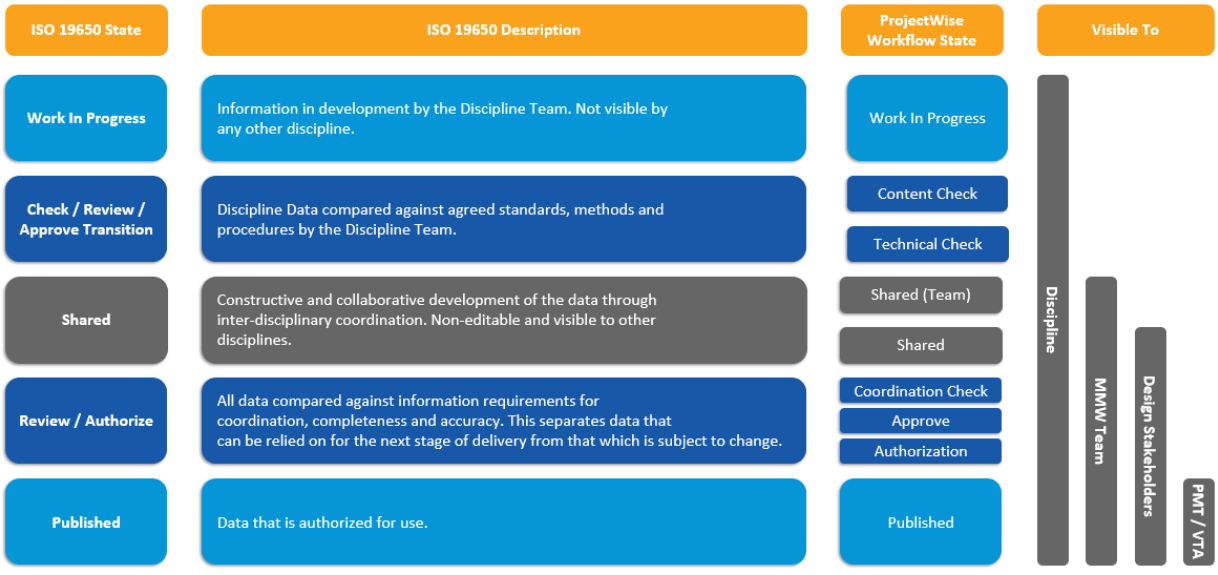


그림. ISO 19650 산출물 작업 상태 준용을 위한 시스템 기능 정의 예시

이 프로젝트는 설정된 MIDP에 근거해, QC KPI를 모니터링하는 데쉬보드를 사용하였다. 이를 통해 직관적인 프로젝트 중요정보 확인이 가능하다. 참고로, 이 데쉬보드의 화면 일부는 마이크로소프트의 쉐어포인트(SharePoint)를 사용해 개발되었다.

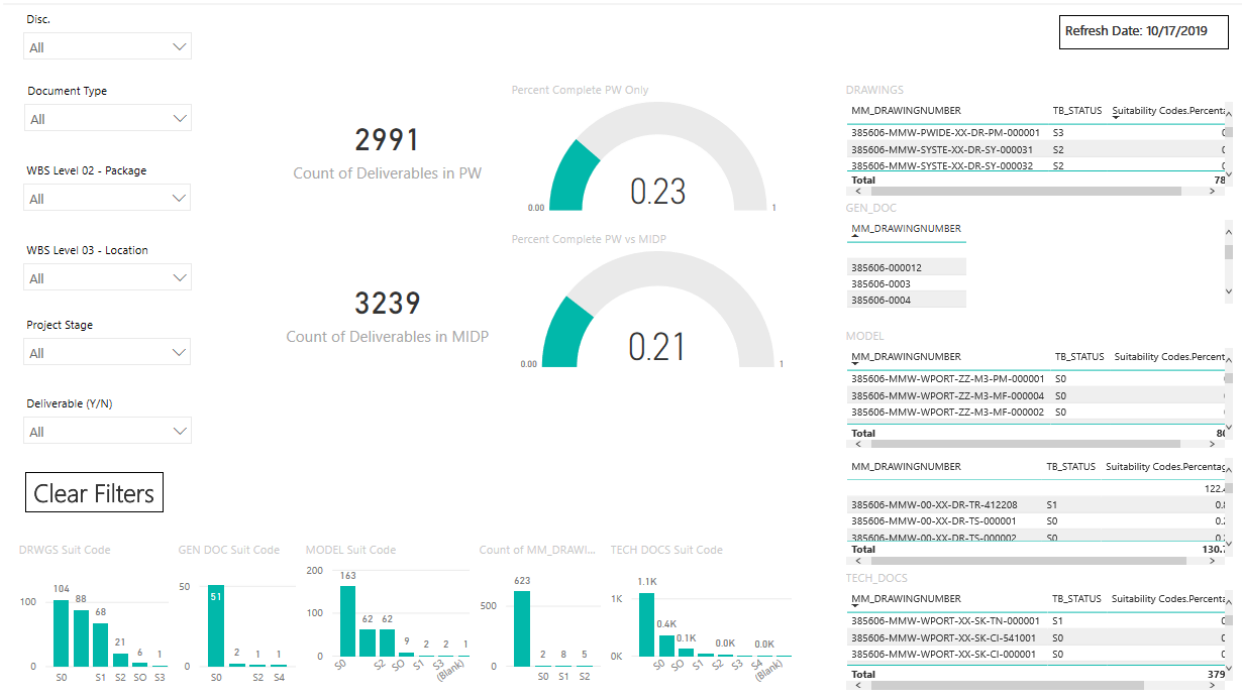


그림. MIDP에 근거한 QC KPI 데쉬보드 화면

관리되어야 할 프로젝트 정보는 각 산출물을 설명하는 데 사용되는 메타데이터도 포함된다. 디지털도구를 사용하면, 이런 정보를 별도 스프레드 시트 파일에서 관리하지 않아도 된다. 해당 산출물이 업데이트될 때마다 버전과 같은 형상정보도 자동으로 관리되도록 하였다.

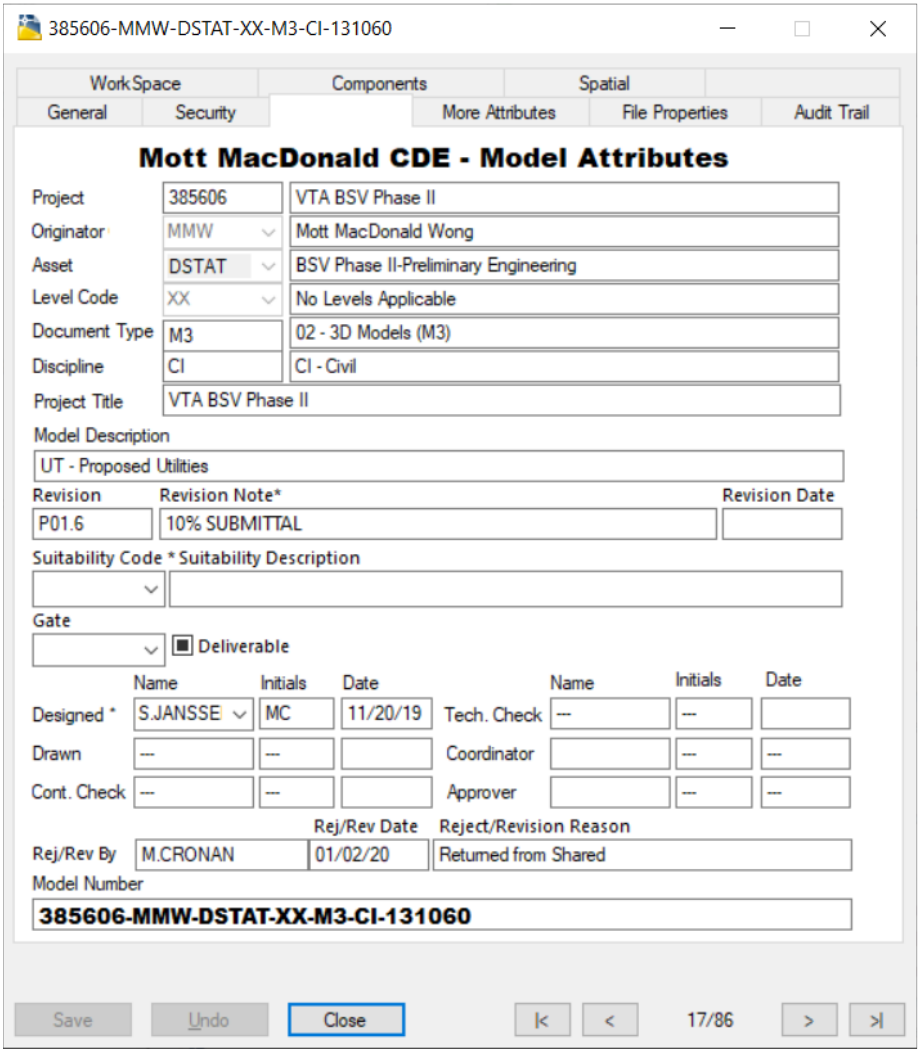


그림. 산출물을 설명하는 메타데이터 예시(실리콘밸리 BART 프로젝트)

프로젝트 관리에 필요한 정보를 데이터베이스로 수집하고, 산출물 개발 수준을 KPI로 관리하기 위해, 다음 그림과 같이 오토데스크 BIM 360 등 CDE 디지털 도구를 사용한다.

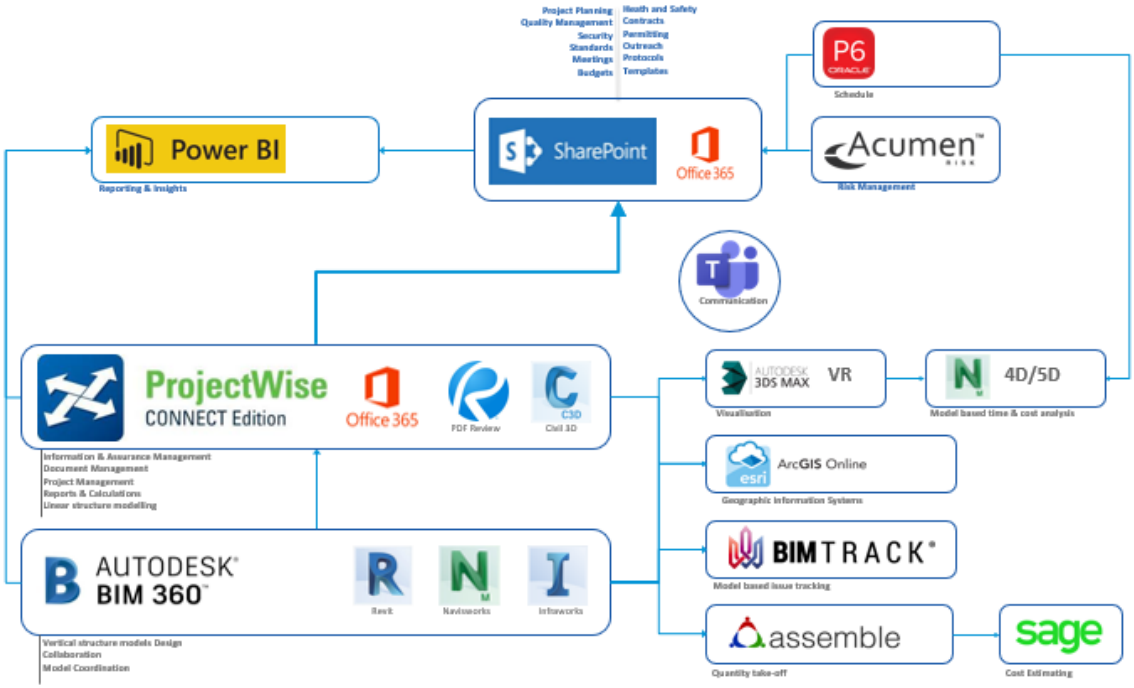


그림. 실리콘밸리 BART 프로젝트에서 사용된 CDE 디지털 도구

수작업으로 진행되는 품질관리를 좀 더 자동화하기 위해, 솔리브리 모델체커(Solibri Model Checker), 오토데스크 BIM 360 과 같은 디지털 도구가 일부 사용되었다.

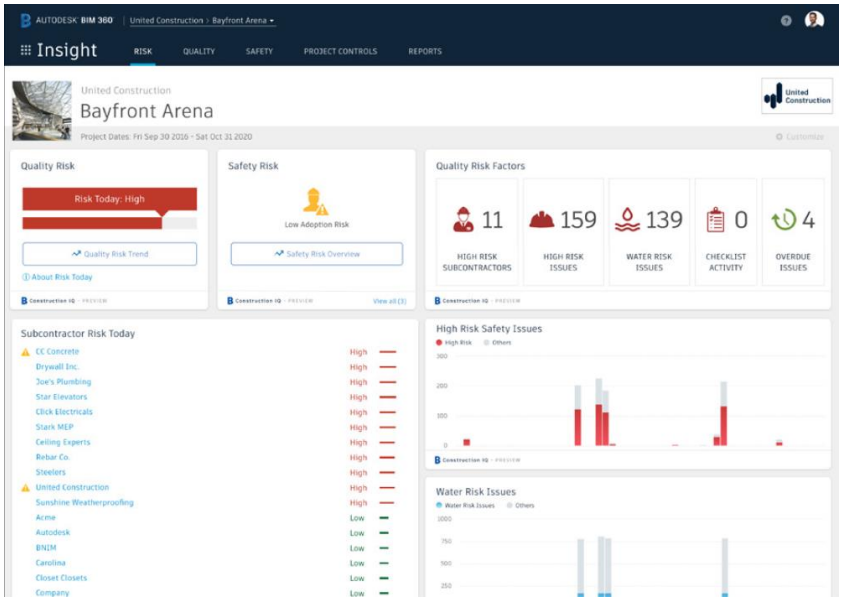


그림. 오토데스크 BIM 360 기반 품질관리 화면

이 프로젝트는 산출물 품질 관리를 위해, 디지털도구를 적극 사용한 예를 보여준다. 이외에, ISO 19650 기반 BIM 품질 통제 소프트웨어인 플래너리(Plannerly)는 BIM 요구사항을 정의하는 BEP 개발 단계부터 정보와 데이터를 체계적으로 관리하는 방법을 보여준다.

이 소프트웨어는 웹 기반으로 실행되며, 다자간 협업 기반 프로젝트 관리를 지원한다. 기본적으로 ISO 19650 표준을 준용한 BIM 산출물 품질 관리를 지원한다. 이 소프트웨어는 BEP 문서 정의를 위한 다양한 템플릿을 제공하며, 요구사항에 근거한 LoD를 정의한 후 산출물의 표준 및 품질 준용 여부를 모니터링할 수 있도록 한다.

이 소프트웨어는 다음 그림과 같이 품질체크 규칙을 정의하고, 체크할 BIM 객체를 선택해, 품질체크를 자동으로 수행할 수 있다. 품질체크 결과는 시각적으로 뷰어와 리포트에 표시된다.

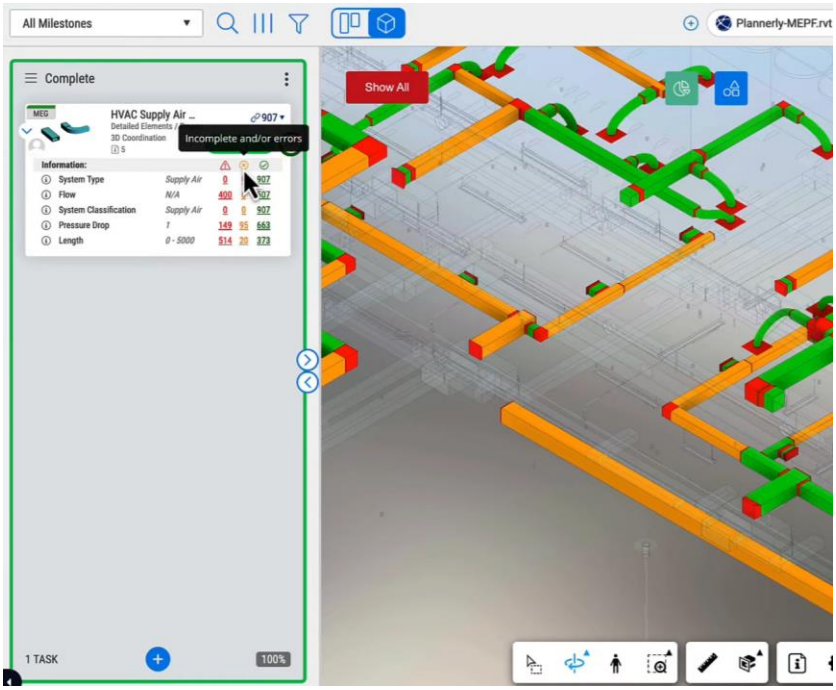


그림. 플래너리의 품질체크 결과 화면 예시(Plannerly)

검토되는 품질항목은 물리적 간섭, 속성 체크, 법률 코드 체크 등이 가능하다. 이 소프트웨어는 다음과 같은 방법으로 품질검토가 가능하다.

모델 규칙 준용 수준으로, 이름이나 코드를 기반으로 하는 모든 객체에 특정 속성 값이 있는지 체크한다.

특정 속성과 값을 기반으로 하는 작업 규칙을 정의해, 특정 조건에 맞는 모든 객체를 연결해 체크한다.

품질체크 조건과 연결된 객체는 정보 요구사항이 누락되었는지, 불완전한지, 값에 오류가 있는지 여부에 따라 색상으로 구분되어 표시된다.

이런 자동화된 BEP 정의와 품질관리 방식은 적절히 사용될 경우, 복잡한 프로젝트 산출물과 데이터 관리에 도움이 될 수 있다.

8. 부록 - BIM 데이터 품질관리 도구

8.1 BIM 데이터 품질 통제 계획 메뉴얼, 뉴욕시 엔지니어링 부서

이 글은 뉴욕시와 뉴저지 항만청(PANYNJ, Port Authority NY NJ)에서 BIM 데이터 품질관리를 목적으로 개발한 BIM Data Quality Control Plan 매뉴얼을 소개한다. 참고로 뉴욕시 뉴저지 항만청은 1921 년 설립된 지역 교통 인프라를 감독한다. 이 매뉴얼의 개발 목적은 VDC 프로세스를 통해 개발된 데이터의 품질을 보장하여, 문제없는 데이터 사용을 지원하는 것이다. 이 메뉴얼은 다음 그림과 같이 수립된 데이터 거버넌스의 실행 지침 중 하나이다.



그림. BIM 데이터 품질 통제 계획 매뉴얼과 데이터 거버넌스 범주(PANYNJ, 2021, BIM Data Quality Control Plan)

이 매뉴얼은 데이터 품질 보증을 위해, 데이터 정보 교환, 기술적 준용, 기능적 준용, 물리 형상 완전성, 메타 데이터(Meta data) 5 가지 목표를 설명한다. 이는 각각

- 데이터 정보 교환: 프로젝트 요구사항 만족에 필요한 적절한 데이터 생성 및 교환 보장
- 기술적 준용: 프로젝트에 사용되는 그래픽 및 비그래픽 정보 품질 준수 여부 보장
- 기능적 준용: 개발된 BIM 모델이 요구사항을 만족하는 VDC 실행이 가능한지 보장
- 물리 형상 완전성: LoD 요구사항을 만족하는 BIM 객체 형상 만족

- 메타 데이터 완전성과 검증: 데이터 활용 목적을 만족하는 BIM 객체 파라메터 완전성 보장

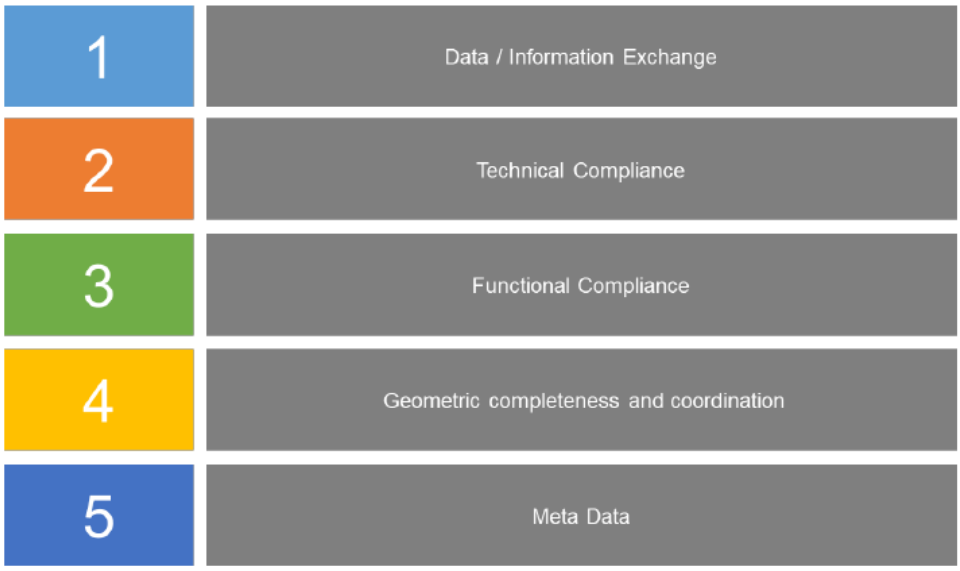


그림. 데이터 품질 목표 영역(PANYNJ, 2021)

이 매뉴얼은 각 영역 별로 프로젝트 성공을 만족하는 품질 관리 요구사항을 정의하고, 품질 보장 프로세스와 통제 방법을 마련하도록 명시하고 있다.

품질관리의 성능지표 측정을 위해, KPI(Key Performance Indicator)를 제출하도록 명시하고 있다. 이 매뉴얼은 각 영역의 준용 여부는 품질통제 활동 중 발견된 이슈가 해결할 때까지 걸린 시간을 기준으로 측정한다. 이슈는 시급성 수준에 따라 구분해 명시한다.

Section	Work Stage	Target
1. Information Exchange	All	100% compliance
2. Technical Compliance	Stage II	85% compliance
	Stage III	90% compliance
	Stage IV	95% compliance
	Work package completion	100% compliance
3. Functional Compliance	All	Fully functional model(s) per requirements.
4. Geometric Completeness	All (End of work stage)	100% compliance
4. Geometric Coordination	In accordance with coordination matrix and design development schedule	Zero coordination issues
5. Metadata Completeness and Verification	All	100% compliance

그림. 품질관리 영역별 KPI 관리 예시(PANYNJ, 2021)

품질통제기준은 요구사항에 따라 다를 수 있으나, 이 매뉴얼에서는 다음 표와 같이 특정 단계가 마무리되었거나, 특정 기간마다 체크하는 것으로 규정하고 있다.

Section	Performance Indicator	Measure	Frequency
1. Information Exchange	Models exchanged	Number of models exchanged compared to total number of models	Monthly
	Compliance against model federation frequency target	Existence of updated federated model	Monthly
2. Technical Compliance	Percentage of identified model object issues against the total number of objects within the model(s).	In accordance with definitions in 7.1.	Monthly
3. Functional Compliance	Number of uses per model e.g., 4D, 5D, construction as-built verification.	Usability of model data for each function.	Monthly
4. Geometric Completeness	The number of items that are developed in accordance with the required LOD	In accordance with the LODs defined Model Element Table in the Information Delivery Plan	Tracked monthly, formally measured at end of work stage.
4. Geometric Coordination	Number of clashes identified and mitigated during design	In accordance with definitions in 7.1	Tracked monthly, formally measured in accordance with agreed design development programme and clash matrix.
5. Metadata Completeness and Verification	The number of items that are developed in accordance with required parameters.	In accordance with the data defined by the Model Element Table in the Information Delivery Plan and the “common parameters” or “detailed parameters”.	Tracked monthly, formally measured at end of work stage or work package completion.

그림. 품질통제 측정 방법 및 시점정의 예시(PANYNJ, 2021)

이 매뉴얼은 부록에 CAD, BIM 데이터의 품질준용 여부를 다음과 같이 예시하여, 실무자의 이해를 돕고 있다.

APPENDIX B – BIM COMPLIANCE REVIEW

The same as for CAD, the VDC Group has developed a form called the BIM Discipline Compliance Report, which allows for the rating of BIM Standards compliance on every project worked on by each discipline at every project Stage. BIM Standards reviews are applicable to all projects, in-house and/or consultants that are issued either for construction contracts or work orders.
In addition to this review, there are two additional forms called BIM 3D Coordination Report and BIM 4D Simulation Report which allows for the rating of BIM Standards Federated and Synchro Models compliance on every project at every Stage.

B1. INSTANCES OF REVIEW AND SPECIFICATIONS:

B1.1 INTERIM COMPLIANCE REVIEW

- BIM Review is mandatory for:
  - Revit models used to produce report drawings (Stage I).
  - Revit Models used to produce contract drawings by one discipline or more (Stage I to III).
  - Revit Models used for 3D Coordination and As-Constructed (Stage IV).
  - Navisworks files used for 3D Coordination and 4D Simulation. (All Stages)
  - Synchro files used for 4D Simulation. (All Stages)
- Requirements
  - When:
    - **During Design** is required at 50% milestone and 100% submission, additionally as determined by the LEA if no official interim milestone prior to each official submission.
    - **During Construction** is required on every monthly submission or as determined by the RE.
  - Initiated by the LEA, RE via EOL request form.
- Report is issued to the Assistant Chiefs, Principals, LEA, Task Leaders and RE.

B1.2 PA WIDE BIM REVIEW

- BIM Review is mandatory for:
  - BIM models used to produce Construction Documents.
- Review process:
  - An initial compliance report is issued to the LEA and Task Leaders.
  - 2 weeks are provided for the correction of non-compliant model files.
  - At the end of the 2-week period the final BIM Review Reports are issued to the Assistant Chiefs, Principals, LEA and Task Leaders.
- Requirements
  - When: Required at the onset of PA Wide Review.
  - A PA Wide BIM Review is initiated by the LEA via an EOL request form.
    - Upon receipt of the request, the VDC Group is to upload the files to Live Link for electronic review and notify the Contract Engineer of the initiation of PA Wide Review.

B1.2 AS-CONSTRUCTED BIM REVIEW

- BIM Review is mandatory for:
  - BIM models used to produce As-Constructed models.
- Review process:
  - An initial compliance report is issued to the RE and Contractor.
  - 2 weeks are provided for the correction of non-compliant model files.
  - At the end of the 2-week period the final BIM Review Reports are issued to the RE.
- Requirements
  - When: Required at the onset of Stage IV.
  - The final BIM Review is initiated by the RE via an EOL request form.

B2. BIM – DISCIPLINE COMPLIANCE REPORT

The BIM Discipline Compliance report is divided into 3 main sections:

- **Project Information:** Project files submission Information. Prefilled from the Request form.
- Review fields: **Pre-Audit, Performance Summary** and **Drawing Performance Summary** sections, indicating compliance with BIM Standards results.
- **Notes:** Contain general comments referred to the review, BIM Standard Sections to refer to, etc. This notes will support the understanding of the items failed in the review.

The following images show the different sections of the BIM Discipline Compliance Report using a project example. See images below:

Engineering Operations Project Controls - VDC Group

BIM - DISCIPLINE COMPLIANCE REPORT

ACCEPTED		Reviewed By:	Kozamah, Gabriela
PROJECT INFORMATION			
Facility Name:	Port Authority Trans-Hudson	Review Type:	Stage IV Submittal
Contract Number:	PAT204201	Submittal Percentage / Number:	1256
PID Number:	00969000	Date Submitted:	01/11/2021
Project Title:	Replacement of Substation #7	Date Reviewed:	01/15/2021
Stage:	4	Due Date:	01/29/2021
Lead Discipline:	Architecture	Task Leader:	
LEA:	Stern, Jantema	Discipline:	Architecture
Resident Engineer:	May, Robert (ENG)	File Reviewed:	A00969000-3D_CENTRAL.rvt
Consultant/Contractor:	Mass Electric Construction Co.	Confidentiality Level:	Not Confidential

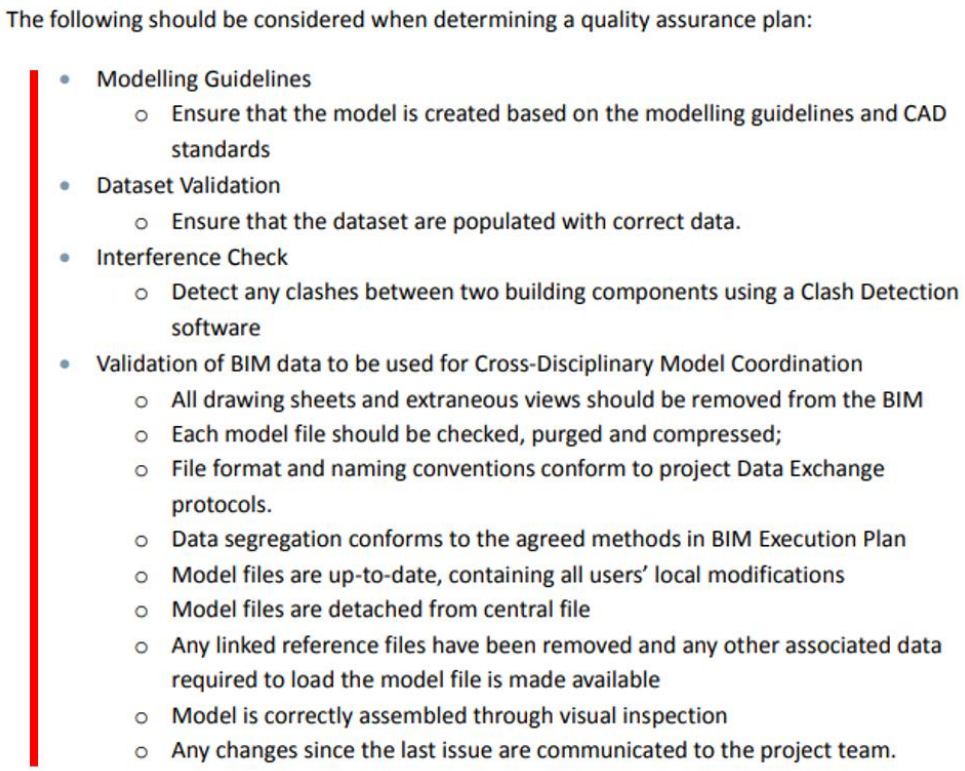
Example of BIM Discipline Compliance Report – Project Information

그림. BIM 데이터 준용 검토 예시(PANYNJ, 2021)

8.2 싱가포르 BIM 가이드라인, BCA

싱가포르 BCA(Building and Construction Authority. 건설청)에서 개발한 BIM 가이드라인에는 데이터를 사용하기 전에, BIM 관리자가 QA, QC 프로세스를 설정하고, 적절한 실행을 확인해야 한다고 명시하고 있다.

프로젝트 참여자는 QC 활동을 수행할 의무가 있다. 이는 다음 그림과 같이, 데이터 검증, 모델 체크, 조율 모델 데이터 검증 등 모든 단계에 포함될 수 있다.



The following should be considered when determining a quality assurance plan:

- Modelling Guidelines
  - Ensure that the model is created based on the modelling guidelines and CAD standards
- Dataset Validation
  - Ensure that the dataset are populated with correct data.
- Interference Check
  - Detect any clashes between two building components using a Clash Detection software
- Validation of BIM data to be used for Cross-Disciplinary Model Coordination
  - All drawing sheets and extraneous views should be removed from the BIM
  - Each model file should be checked, purged and compressed;
  - File format and naming conventions conform to project Data Exchange protocols.
  - Data segregation conforms to the agreed methods in BIM Execution Plan
  - Model files are up-to-date, containing all users' local modifications
  - Model files are detached from central file
  - Any linked reference files have been removed and any other associated data required to load the model file is made available
  - Model is correctly assembled through visual inspection
  - Any changes since the last issue are communicated to the project team.

그림. 싱가포르 BIM 가이드라인(BCA)

참고로, 이 가이드라인의 부록은 건축, 구조, MEP 설비 등 BIM 활용 목적에 따라, 테스트해야할 주요 데이터 항목이 예시되어 있다. 물론, 프로젝트 요구사항에 따라 체크항목은 발주자와 실무자가 협의해 합리적으로 결정되도록 하며, 이는 BEP이 미리 사전 명시되도록 하고 있다.

(II) QUALITY ASSURANCE

Architectural Detailed Design BIM	Structural Detailed Design BIM	MEP Detailed Design BIM	Merged model at Preliminary Design, Detailed Design, Construction and As-Built stages
- BIM in agreed version - BIM includes defined stories - Building elements & spaces modelled separately in each story - BIM includes required building elements - Building elements modelled using correct objects - Building elements include types - No excess building elements - No overlapping or doubled building elements - No significant clashes between objects - No conflicts between structures in architectural and	- BIM in agreed version - BIM includes defined stories - Building elements defined separately in each story - BIM includes required building elements - Building elements modelled using correct objects - Building element types are as agreed - No excess building elements - No overlapping or doubled building elements - No significant clashes between objects - No conflicts between structures in architectural and	- BIM in agreed version - BIM includes defined stories - Components defined separately in each story - BIM includes required components - Components modelled using correct objects - Components belong to a correct system - System colours are defined systematically - System colours are defined systematically - No excess components - No overlapping or doubled components - No significant clashes between components - No clashes between MEP disciplines	- All agreed models available - Models represent the same design version - Models are located in the correct coordinate system - No conflicts between vertical shafts and MEP systems - No conflicts between horizontal reservations and MEP - No conflicts between suspended ceilings and MEP - Penetrations of columns OK - Penetrations of beams OK - Penetrations of slabs OK

그림. 데이터 QA 항목(일부. BCA)

8.3 MIDP 도구, 영국

이 도구는 영국 BIM PORTAL에서 제공하는 MIDP 도구를 소개한다. MIDP 도구는 다음 링크를 통해 다운로드할 수 있다.

- MIDP 템플릿 도구: https://bimportal.scottishfuturestrust.org.uk/uploads/2017/1/midp-template-sft.xlsx

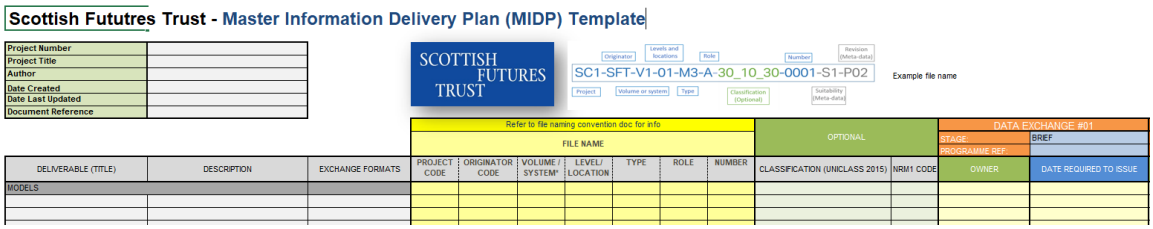


그림.

MIDP는 Master Information Delivery Plan의 약자로, 프로젝트 수명 주기 동안 산출물 전달 및 배포 프로세스를 관리하기 위해 사용되는 기본 계획이다. 일반적으로 프로젝트 납품 관리 책임자가 작업 팀 관리자와 공동으로 개발한 후, 프로젝트 납품 관리 책임자가 프로젝트 산출물을 체크하고, 관리할 때 사용된다.

MIDP는 다른 팀 구성원이 준비한 개별 작업 정보 배포 계획(TIDP. Task Information Delivery Plans)의 세트이며, 프로젝트 정보를 준비할 시기, 정보 교환 표준 및 절차, 산출물 모델링 책임자에 대한 정보를 포함한다.

MIDP에 나열될 수 있는 정보 결과물에는 다음이 포함되지만 이에 국한되지는 않는다.

- 모델, 도면 산출물
- 산출물 사양
- 산출물 공유 및 배포 일정
- 기타, 관련 데이터 시트

MIDP는 프로젝트 개발 팀원의 TIDP를 포함해, 이를 확정하기 위한 프로젝트 참여자 전체 미팅이 필요하다.

MIDP는 품질보증 프로세스의 일부이며, 산출물 품질관리에 사용되는 중요 계획 도구 중 하나이다.

8.4 3D 스캔 기반 BIM 품질 검사 지침, 미국

8.4.1 개요

3D 스캔은 시공 BIM 및 준공 BIM 데이터 요구사항을 검사하는 주요 기술 중 하나이다. 3D 스캔은 LiDAR, 드론 기반 사진측량 등을 이용해 현장의 3 차원 고정밀 데이터를 수집한다. 이 데이터는 3 차원 공간상의 X, Y, Z 좌표, 색상값 RGB(Red, Green and Blue), 반사강도(Intensity) 등을 가질 수 있어, 이를 통해, 설계 BIM이 제대로 시공 및 준공되었는 지 높은 정확도로 확인할 수 있다. 이 데이터는 3 차원 포인트의 집합으로 표현되므로, 3D 포인트 클라우드 데이터(Point Cloud Data)라 칭한다.

3D 포인트 클라우드에서 BIM 모델로의 품질은 중요한 요소 중 하나이다. 이와 관련해, 미국 GSA(General Services Administration. 조달청)는 3 차원 레이저 스캔 기반 품질 관리 프로그램 가이드라인을 제시하고 있다.



그림. 3D 레이저 스캔 품질 관리 프로그램 가이드라인(GSA)

8.4.2 QA/QC 프로세스

3D BIM 모델을 만드는 프로세스에는 여러 단계가 포함된다. 각 단계에서 의도하지 않은 오류가 나타날 가능성이 더 크다. 이러한 오류는 최종 모델의 정확도에 영향을 줄 수 있다. 이것은 우리가 QA/QC 프로세스를 수행해야 하는 이유이다. QA/QC를 통해 우리는 고품질 BIM 모델을 얻을 수 있다.

- 오류를 제거하고, 후속 정보 모델링 과정에서의 문제 사전 예방
- BIM 모델을 생성하는 동안, 표준을 준수하도록 보장
- 요구사항을 만족하는 기하학적 요소, 올바른 위치 설계, VDC 기능 수행 가능 여부 보장
- BIM 모델이 고객의 정확한 요구 사항을 만족하는지 확인

QA와 QC는 동시에 사용되는 중요한 개념이다. 두 개념은 동일하지만, 그 사이에는 차이점이 있다.

3 차원 스캔 기술을 사용하는 관점에서, QA는 고객 요구 사항을 충족하기 위해 준용해야하는 표준, 절차 및 방법을 정의한다. QA에 의해, 산출물이 개발된다. 그러므로, QA는 BEP를 포함한 TP 프로세스 개발에 영향을 준다.

QC는 해당 산출물을 확인하는 프로세스이다. QC 프로세스의 목적은 오류가 있는 이슈를 식별, 수정하고 조율되는 BIM 산출물 간의 충돌 문제를 해결하는 것이다.

QA 프로세스는 품질 오류 방지에 중점을 두는 반면, QC 프로세스는 오류를 확인하고 해결하는 것을 목표로 한다.

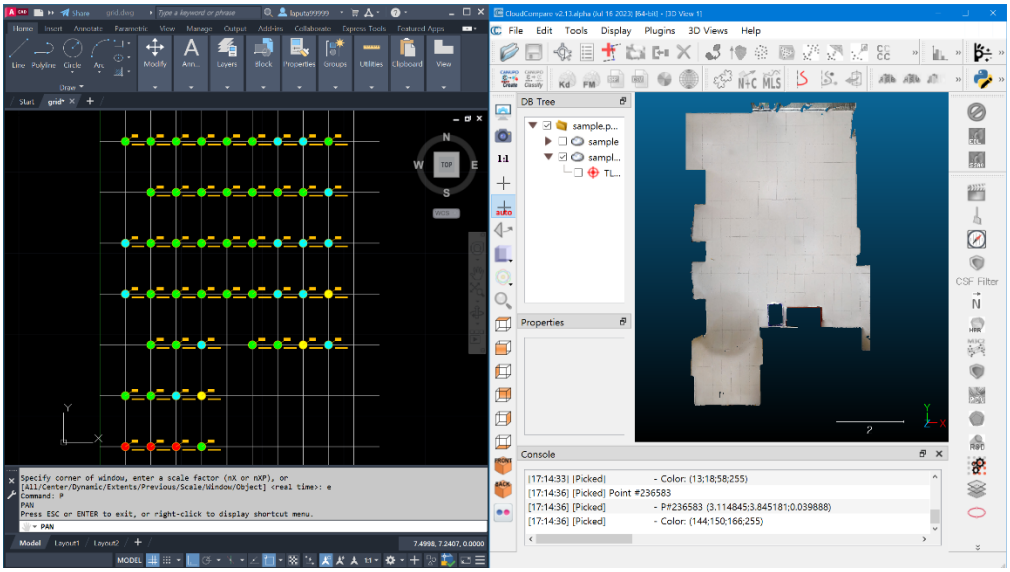
QA/QC 프로세스는 프로젝트 산출물 납품 혹은 준공 전에 최종 BIM 모델을 고객에게 전달하기 전에 수행된다.

8.4.3 *품질 지표*

시공BIM 품질은 평면성, 수직성, 곡률, 설계BIM 모델과 편차 등 다양한 품질지표가 있을 수 있다. 이는 BEP 요구사항에 따라 사전 정의된다.

스캔 데이터를 이용한 품질관리를 위해 LiDAR 제조사 등에서 개발한 다양한 소프트웨어가 사용된다. 이러한 도구를 통해, 시공 현장의 바닥이 설계된 것과 같은 평면성을 만족하는 지, 스캔된 데이터와 BIM편차가 어떻게 되는 지 확인할 수 있다.

다음 예는 시공 후 슬라브 위에 표시된 격자에서 편차를 체크한 결과를 보여준다. 편차 범위에 따라 녹색부터 적색까지 표시되며, 적색은 편차가 높아 문제가 있는 지점을 의미한다. 이런 방식으로 보고서를 요청하고 검토하면, 품질 관리가 좀 더 용이할 수 있다.



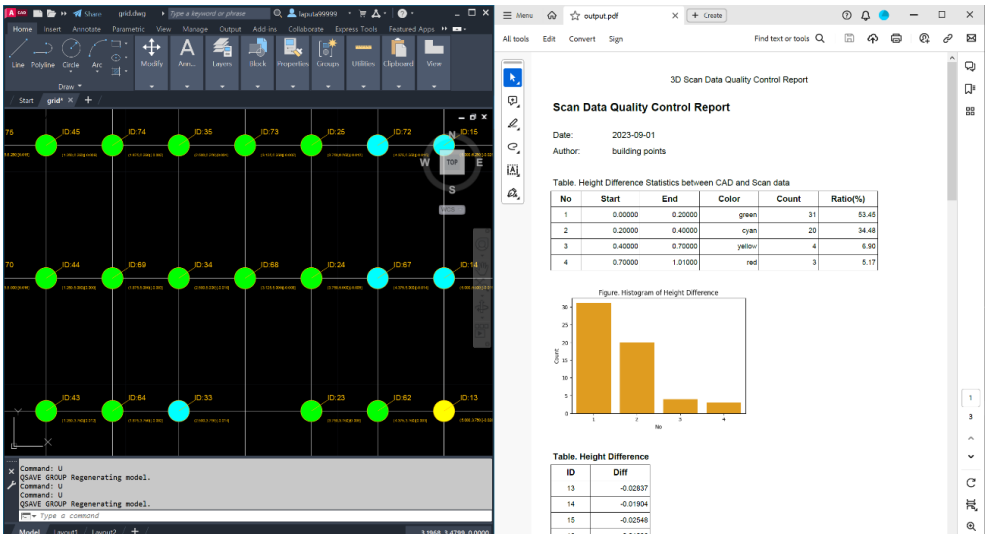


그림. 3D 스캔 데이터를 통한 슬라브 평면서 검토 예시(Check Scan Quality 도구, https://github.com/mac999/check_scan_quality, 2023)

9. 부록 - FDOT QA/QC 관리 계획, FDOT

9.1 일반사항

이 장은 FDOT의 QA/QC 관리 방식에 대해 소개한다.

품질 보증(QA)과 품질 관리(QC)는 결과물이 의도한 목적에 적합한지 확인하기 위해 컨설턴트와 부서(사내) 설계자가 사용하는 두 가지 프로세스이다. 결과물의 품질은 업계 표준을 충족하거나 초과해야 한다.

품질 관리(QC)는 부서 요구 사항을 준수하기 위해 결과물을 확인, 검토 및 수정하는 프로세스이다. 품질 보증(QA)은 품질 관리 절차가 확립되고 수행되었는지를 시행하고 검증하는 것이다. 이 장에서는 결과물 개발을 위한 부서의 QA/QC 관리 계획을 설명한다. 결과물은 제품의 최종 버전이 서명되고 봉인된 전문 서비스 문서(예: 계획, 사양, 보고서, BIM이다.

9.2 품질 관리 계획

품질 관계 계획은 다음을 고려해야 한다.

- QA/QC 인력 배치 계획
- 각 결과물 유형(예: 보고서, 계획, BIM 파일)에 대한 검토 절차
- 준수 인증서 프로젝트별 품질 관리 계획은 부서(예: -집) 디자인 프로젝트; 그러나 이러한 프로젝트는 이 장에 설명된 절차를 따라야 한다. 컨설턴트 설계 프로젝트는 다음 중 하나를 수행해야 한다.

부서에서 승인할 수 있는 프로젝트별 품질 관리 계획을 개발한다. 품질 관리 계획은 설계 작업이 시작되기 전에 완료되고 승인된다. 일반적으로 진행 통지 후 20 일 이내이다.

부서 PM에게 선언 이메일을 제출하여 FDM 124 에 설명된 품질 관리 계획 요구 사항을 채택한다. 제안된 QA/QC 인력 배치 계획을 선언 이메일에 첨부하세요. 이 옵션을 사용하면 수석 컨설턴트는 하위 컨설턴트도 이 장에 설명된 절차를 준수하도록 할 책임이 있다.

9.3 QA/QC 인력 배치 계획

QA/QC 인력 배치 계획에는 필수 결과물 및 관련 분야 목록이 포함되어 있다. 계획에는 다음 직원이 식별되어야 한다.

- 기록 엔지니어(EOR)(문서에 서명하고 봉인하는 전문가)

- 수석 기술 전문가
- 품질 관리(QC) 검토자
- 품질 보증(QA) 관리자
- BIM 관리자

위의 정보를 포함한다. 전체 디자인 팀을 위해; 즉, 지반, 조경, 측량 및 매핑, 환경 및 유틸리티 직원에 대한 정보를 포함한다.

QC 검토자는 결과물 개발에 관여해서는 안 된다. 배정된 직원은 경험이 풍부하고 자격을 갖추고 전문 자격증을 취득해야 한다.

수석 기술 전문가는 결과물 개발을 담당하는 전문가로, 기록 엔지니어인 경우가 많다. BIM 관리자는 통합된 BIM 콘텐츠에 대한 분야 간 검토를 조정하고 수행하는 일을 담당한다. BIM 관리자는 BIM 컨텐츠 개발 및 제공에 익숙해야 한다.

컨설턴트 설계 프로젝트의 경우 인력 변경이 필요할 때마다 부서 PM에게 업데이트된 인력 배치 계획을 제공하세요.

9.4 BIM 검토 기술

품질 관리 계획에서 BIM 검토를 수행하는 데 사용될 소프트웨어를 나열하세요. 따라야 할 디지털 검토 프로세스를 결정할 때 전체 프로젝트 팀의 요구 사항과 역량을 고려하세요. 포괄적인 BIM 검토를 수행하고 문서화하려면 두 개 이상의 솔루션이 필요할 수 있다.

고려해야 할 BIM 검토 기술의 예:

- 클라우드 협업 기술: 공동 BIM 검토에 여러 미래 지향적 기술을 사용할 수 있다(예: iTwin Design Review, BIM 360, Revizto, PlanGrid 등).
- 기본 설계 소프트웨어 기술: 모델 개발에 사용된 소프트웨어는 BIM 검토 수행에도 허용된다(예: OpenRoads Designer, Civil 3D 등).
- 증강 현실/가상 현실/혼합 현실(AR/VR/MR) 기술: BIM 검토(예: HoloLens, Google Glass, Oculus 등)를 수행할 때 몰입형 경험이 보장되는 경우 고려할 수 있다.

Element/Task	Deliverable	Lead Tech. Professional	QC Reviewer
General (PM: Luke S. Walker, PE) (QA Mgr.: Dew Wright, PE) (BIM Mgr.: Tye Down, PE)			
Project Schedule	Schedule	Luke S. Walker, PE	Dep Abillaba, PE
Quality Assurance	Quality Control Plan	Luke S. Walker, PE	Dep Abillaba, PE
Roadway (Rdwy EOR: Luke S. Walker, PE) (Drg EOR: Flow Fast, PE) (TTCP EOR: Lan Solo, PE)			
Variations/Exceptions	Sidewalk Variation	Luke S. Walker, PE	Dep Abillaba, PE
Typical Section	Typical Section Package	Luke S. Walker, PE	Dep Abillaba, PE
Pavement Design	Pavement Design Package	Luke S. Walker, PE	Dep Abillaba, PE
Project Control	Roadway Plans	Chad Bane, PE	Anna King, PSM
Roadway Design	Roadway Plans	Chad Bane, PE	Dep Abillaba, PE
	BIM files	Mora d' Minbas, E.I.	Sabrina Ren, PE
Temp Traffic Control	Roadway Plans	Lan Solo, PE	Luke S. Walker, PE
Drainage Design	Roadway Plans	Flow Fast, PE	Dep Abillaba, PE
Quantity Computations	QTDSRD files	Mora d' Minbas, E.I.	Sabrina Ren, PE
	EQ Report / AASHTOWare	Luke S. Walker, PE	Dep Abillaba, PE
Specifications, TSP	Specifications Package	Luke S. Walker, PE	Dep Abillaba, PE
Signing & Pavement Marking (EOR: Tara Full, PE)			
Signing Design	S&PM Plans	Tara Full, PE	Luke S. Walker, PE
Pavt Marking Design	S&PM Plans	Tara Full, PE	Luke S. Walker, PE
Quantity Computations	EQ Report	Chad Bane, PE	Luke S. Walker, PE
Survey and Mapping (SOR: Anna King, PSM)			
Design Survey	Survey Files	Anna King, PSM	Bob Afett, PSM
Terr Mobile LiDAR	SURVRD01.dgn file	Anna King, PSM	Bob Afett, PSM

그림. QA/QC 인력 계획 예시

9.5 계획 및 문서에 대한 QC 검토 절차

이 점검 및 백체크 검토 프로세스는 부서의 ERC 검토를 위해 결과물이 제출되기 전에 해당 설계 그룹(사내 설계 단위 또는 컨설턴트)에 의해 수행된다. 품질 관리 검토는 인쇄된 종이 사본이나 결과물의 PDF로 수행될 수 있다.

최종 결과물이 서명되고 봉인된 모든 초안 및 최종 보고서, 문서 및 계획에 대해 공식적이고 문서화된 품질 관리 검토가 수행된다. 프로젝트 일정은 제출일 이전에 검토를 완료하는 데 시간을 할당해야 한다. 일반적으로 1~3 주 정도 소요된다(제공물의 복잡성에 따라 다름).

품질 관리 검토가 완료된 계획 세트 또는 문서를 "QC 문서"라고 한다. 여러 분야에 걸친 정보가 포함된 문서에는 적용 가능한 모든 규율 검토 문서가 표시되어야 한다. 논문 검토를 위해 QC 문서를 PDF로 스캔하세요.

컨설턴트 설계 프로젝트의 경우 최종 PDF 문서가 서명되고 봉인되는 결과물 제출 시 QC 문서가 포함되어야 한다. 예: 일반 단면 패키지, 포장 설계 패키지, 사양 패키지, 계획(모든 단계 제출), 조명 정당성 보고서.

모든 프로젝트에 대해 부서 PM은 QC 문서를 프로젝트 파일에 배치해야 한다.

9.6 5 단계 검토 프로세스

이 장에서 설명된 5 단계 검토는 QC 문서의 종이 인쇄 검토와 관련된다. 설명된 5 단계 검토 프로세스에 대한 사소한 차이는 사무실 또는 비즈니스 채택 관행에 따라 발생할 것으로 예상된다. 그러나 5 단계를 각각 수행해야 한다.

이 장에 설명된 것과 다른 색 구성표를 사용할 수도 있으며, QC 스탬프 내에 사용되는 색상을 지정할 수 있다.

1 단계 – 작성

수석 기술 전문가는 검토 문서를 조립하고 제본된 문서 세트의 표지 또는 제본되지 않은 경우 개별 시트에 QC 스탬프를 적용한다. QC 스탬프는 디지털 방식으로 생성될 수 있다. QC 스탬프의 예가 그림 124.3.1 에 나와 있다.

수석 기술 전문가는 제공된 블록에 QC 문서에 대한 설명을 입력한다.(예: 2 단계 계획, 일반 섹션 패키지 초안). 수석 기술 전문가는 원본 블록에 이니셜과 날짜를 입력하여 문서를 확인할 준비가 되었음을 확인한다.

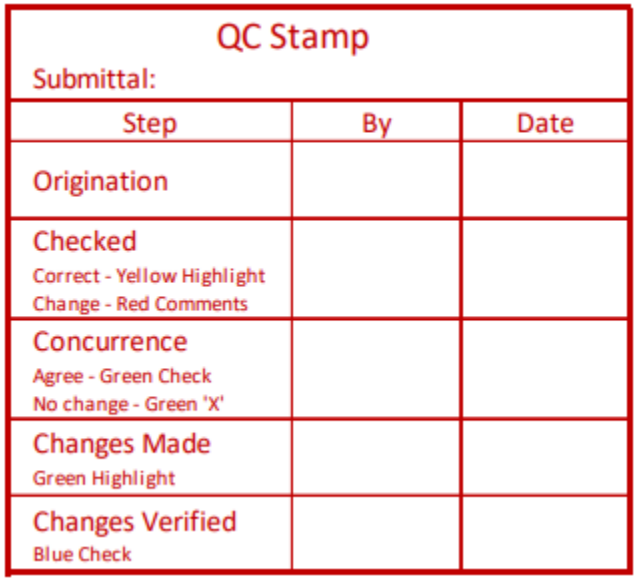


그림. QC 스탬프 예시

2 단계 – 확인

QC 검토자는 QC 문서를 확인한다.

- 노란색 강조 표시는 허용 가능한 것으로 간주되는 문서 요소를 식별하는 데 사용된다. 체크하지 않은 항목은 강조 표시되지 않는다.
- 빨간색 표시는 오류가 있거나 의심스러운 것으로 간주되는 문서 요소를 식별하는 데 사용된다(예: 의견 제공).

검정색 펜(또는 이와 유사한 것)은 임시 수동 계산을 수행하거나 문서에 참조할 메모를 작성하는 데 사용된다.

Checked 블록의 이니셜과 날짜를 지정함으로써 QC 검토자는 확인 프로세스가 완료되었음을 확인한다.

3 단계 – 동의

수석 기술 전문가는 QC 의견 옆에 녹색 확인 표시를 하여 제안된 변경 사항에 동의함을 나타낸다. 이는 이러한 변경이 이루어짐을 확인한다. 수석 전문가는 QC 의견 위에 녹색 "X" 표시를 표시하여 제안된 변경 사항에 동의하지 않음을 나타낸다.

이는 이러한 변경이 이루어지지 않음을 확인한다. 이는 수석 전문가가 QC 검토자와 의견을 논의하고 함께 결론에 도달한 후에만 수행된다. 파란색 잉크를 사용하여 QC 의견 근처에 의견 해결에 대한 명확한 설명을 제공할 수 있다.

수석 전문가는 동의 블록의 이니셜과 날짜를 기록함으로써 이 동의 단계가 완료되었음을 확인한다.

4 단계 – 변경 수행

수석 전문가는 합의된 변경을 수행하고 녹색 강조 표시를 사용하여 변경이 수행되었음을 식별한다. 변경 사항 블록에 이니셜과 날짜를 기재함으로써 수석 전문가는 합의된 모든 변경 사항이 적용되었음을 확인한다.

5 단계 - 변경 사항 확인

QC 검토자는 QC 의견에 파란색 체크 표시를 하여 의견이 적절하게 해석되고 처리되었는지 확인한다. QC 검토자는 최종 해결을 위해 수석 전문가와 해결되지 않은 문제를 조정하고 필요한 경우 4 단계를 반복한다.

Changes Verified 블록의 이니셜과 날짜를 기록함으로써 QC 검토자는 합의된 모든 변경 사항이 확인되었음을 확인한다.

9.7 전자 검토 프로세스

PDF 문서 내에서 품질 관리 검토를 수행할 때 5 단계 검토 프로세스를 사용한 전자 의견 검토, 해결 및 문서화 프로세스를 사용한다. QC 스탬프는 QC 문서의 첫 번째 시트에만 부착한다. 참고로, 프로세스 수행상 편의에 따라 Bluebeam©과 같은 솔류션이 사용될 수 있다. 이러한 솔류션은 디지털 QC 검토 수행에 대한 공동 접근 방식을 제공하며, 다분야 검토에 권장된다. 유사한 작업 흐름을 제공하는 다른 소프트웨어 응용 프로그램을 사용할 수도 있다.

9.8 BIM 파일에 대한 QC 검토 절차

이 장에 설명된 대로 공식적인 품질 관리 검토는 서명 및 봉인된 프로젝트 BIM 파일에 대해 수행되어야 한다. 부서에 제공되는 다른 CADD (Computer Aided Design and Drafting) 파일도 이러한 요구 사항을 따르는 것이 좋다. 디지털 검토 프로세스를 사용하여 BIM 검토를 수행하고 문서화한다.

9.9 개발 검토

개발 검토는 일반적으로 각 분야에 대해 QC 검토자가 수행하며 세 가지 중점 영역이 있다.

(1) 적합성: BIM은 CADD 표준을 준수한다.

(2) 완전성: BIM은 프로젝트 범위 기대치를 충족한다.

(3) 일관성: BIM 파일은 서로 상대적으로 정확한다.

9.9.1 적합성

개발 검토는 BIM의 적합성을 확인하고 BIM 요소가 FDOT CADD 매뉴얼에 정의된 표준을 준수하는지 확인하기 위해 수행된다.

개발 이정표에서 적합성을 확인하면 결함의 영향이 최소화된다(즉, 도로 기하학적 구조가 처음 생성될 때, 배수 네트워크가 처음 개발될 때).

적합성 검사의 예는 다음과 같습니다.

- QC 프로젝트 검사기 및 프로젝트 검증 도구를 사용하여 파일이 CADD 표준 준수를 준수하는가?
- 파일이 올바른 시드 파일을 기반으로 하는가?
- 파일과 폴더의 이름이 올바르게 지정되어 있는가?
- 요소에 올바른 레벨/레이어, 색상, 선 스타일 및 두께가 할당되어 있는가?
- 요소에 올바른 기능 정의/스타일, 재료 유형 및 데이터 속성이 할당되어 있는가?
- 파일에 올바른 지리 좌표계가 정의되어 있는가?

- 맥락 분류, 접선/곡선, 교차점 및 중요한 스테이션 기대치를 설명하는 데 복도 빈도 간격이 적절한가?

9.9.2 완전성

개발 검토는 BIM의 완전성을 확인하기 위해 수행되며, 필요한 모든 기존 요소와 제안된 요소가 최소 개발 수준(LOD)으로 개발되었는지 확인한다.

완전성 검사는 각 단계별 배송 전에 수행된다. 완성된 파일에 대해 수행되는 완전성 검사에서는 BIM 파일에서 "작업" 요소가 제거되었는지 확인해야 한다.

9.9.3 일관성

개발 검토는 BIM의 일관성을 확인하고 프로젝트 요소가 다양한 유형의 데이터 형식(예: dwg/dgn, xml, i-model)에서 일관되는지 확인하기 위해 수행된다. 동등한 데이터 간의 차이는 파일 중 하나가 정확하지 않음을 나타낸다.

일관성 검사의 예는 다음과 같다.

- XML 형식으로 제공된 정렬 데이터가 PDF 형식의 2D 평면도 설계와 일치하는가?
- dwg/dgn 형식의 3D 제안 브레이크라인이 pdf 형식의 2D 평면도 설계와 일치하는가?
- dwg/dgn 형식의 3D 제안 브레이크라인이 xml 형식으로 제공되는 3D 최종 경사 표면과 일치하는가?
- 수량 설계 파일의 요약이 PDF 형식의 평면 설계의 2D 표현과 일치하는가?

9.10 설계 분석 검토

설계 분석 검토는 BIM이 설계 기준을 준수하고 설계 결함이 없으며 부서 요구 사항을 준수하는지 확인하기 위해 수행된다. 이러한 검토는 각 단계가 제공되기 전에 전문 QC 검토자가 수행한다.

계획 검토에서 많은 설계 결함이 식별되지만, BIM 내 검토는 다음과 같은 부적합한 조건을 좀 더 쉽게 식별할 수 있다.

- 수직 또는 수평 간격 문제

- 시공성과 사용성에 문제 있는 교차로, 샛길 또는 진입로
- 잘못된 기하학적 구조물
- 깊은 굴착과 관련된 시공성 문제

BIM 설계 분석 검토에는 프로젝트 보고서(예: 도로 일반 단면 패키지, 도로포장 설계 패키지, 통과 금지 구역, 배수 설계 보고서, 수리학 보고서, 지반 공학 보고서)에 포함된 데이터를 반영하는지 확인하는 검사도 포함되어야 한다.

9.11 분야 간 검토

분야 간 검토는 각 분야에서 개발된 BIM 산출물 간의 상호 작용을 확인하기 위해 수행된다. 이러한 검토는 일반적으로 각 단계 산출물 제출 전에 BIM 관리자가 조정한다.

분야 간 검토의 주요 목적은 다음과 같은 분야 설계 간의 충돌이나 불일치를 식별하는 것이다.

- 배수 입구 높이가 연석, 도랑 및 연못에 대해 적절하게 설정되어 있는가?
- 클리어링(Clearing) 및 그러빙(Grubbing) 한도가 모든 분야에 적합한나?
- 여러 요소가 동일한 물리적 공간을 차지하고 있는가?
- 최소 배관 피복 기대치가 충족되는가?
- 조경은 옆길과 진입로에 필요한 시거를 제공하는가?
- 도로 포장 횡단 경사가 교량 바닥 횡단 경사와 일치하는가?

9.12 디지털 검토 프로세스

이 섹션에서는 BIM 콘텐츠 검토를 수행하는 데 사용되는 디지털 검토 프로세스에 대해 설명한다. 이 프로세스는 다음 그림에 표시된 기본 QC 단계를 따른다.

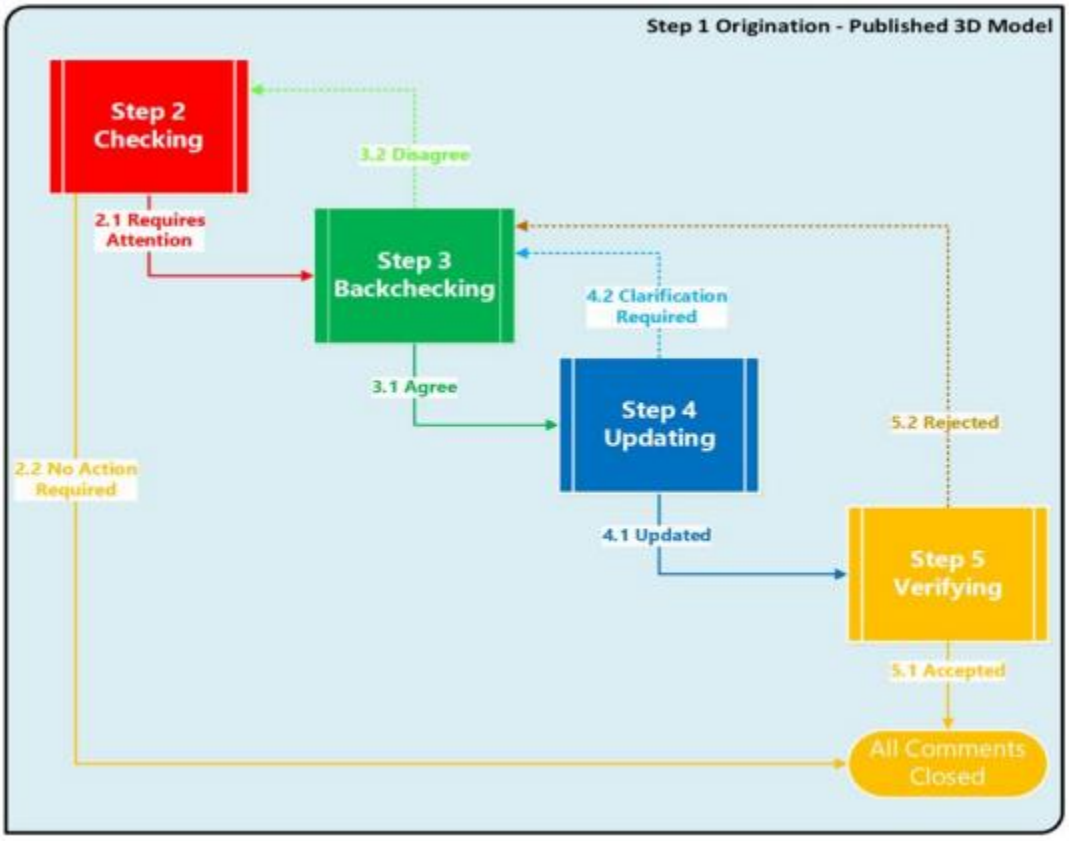


그림. QC 검토 단계

설계 개발 중에 예상되는 디지털 검토를 관리하려면 BIM 검토 로그를 기록할 필요가 있다. 검토 로그는 BIM 파일의 각 단계 제출과 함께 제출되도록 한다. BIM 검토 로그의 예는 다음 표에 나와 있다.

Review Description	Reviewer	Developmental Review			Design Analysis Review	Inter-disciplinary Review
		Conform.	Complete.	Consist.		
Initial Geometrics	Sabrina Ren, PE	12/10/2020			12/12/2020	
Existing Utilities	Sabrina Ren, PE	2/14/2021			2/15/2020	
Phase I BIM	Tye Down, PE	3/25/2021	3/27/2021	3/28/2021	3/28/2021	3/29/2021
Initial Drainage	Dep Abillaba, PE	4/20/2021			4/21/2021	
Final Geometrics	Sabrina Ren, PE	4/26/2021			4/28/2021	
Phase II BIM	Tye Down, PE	8/9/2021	8/10/2021	8/12/2021	8/13/2021	8/15/2021
QTDSRD files	Sabrina Ren, PE					
Final Drainage	Dep Abillaba, PE					
Phase III BIM	Tye Down, PE					
Phase IV BIM	Tye Down, PE					
Final BIM	Tye Down, PE					

그림. BIM 검토 로그 예

많은 BIM 품질검토 이슈 로그관리 애플리케이션은 공통적인 산출물 상태 코드를 사용해 리뷰 프로세스의 이슈 로그들을 추적한다. 물론, 이 징에서 설명된 것과 다른 상태 코드가 사용될 수 있다.

QC 요약 보고서에는 각 이슈 의견에 대해 다음 정보가 포함되어야 한다.

- 고유 ID 번호
- 작성자의 이름 및 역할
- 검토자의 이름 및 역할
- 날짜 및 검토 유형(개발, 설계 분석 또는 분야 간)
- 의견 상태
- 의견 응답
- 커뮤니케이션 로그(예: 토론, 결정, 지시)

1 단계 – 시작

BIM 검토 로그에 기록된 대로 수행된 각 BIM 검토는 작성자가 검토자에게 BIM 작업이 잠겨 있고, 검토할 준비가 되었음을 알리는 것으로 시작된다. BIM 관리자는 종종 이 단계를 조정한다.

2 단계 - 확인

검토자는 BIM을 확인하고 다음 상태의 주석을 작성한다.

(a) "주의 필요"(적색 표시) - QC 주석이 백체킹할 준비가 되었음을 나타낸다.

(b) "조치 필요 없음"(노란색 표시) - QC 의견이 추가 조치가 필요하지 않은 모델의 정보 메모임을 나타낸다.

검토가 완료되면 검토자는 필요한 설명을 요청하고 작성자와 QC 의견을 논의해야 한다.

3 단계 - 백체크

작성자는 QC 의견에 응답하고 의견 상태를 "주의 필요"로 변경한다.

(a) "동의"(녹색 표시) – QC 의견을 해결하기 위해 개정이 이루어질 것임을 나타낸다.

(b) "동의하지 않음"(적색 표시) - 검토자와 작성자가 변경이 필요하지 않다고 결정했음을 나타낸다.

4 단계 – 엡데이트

원본은 "동의"가 포함된 QC 댓글의 개정을 감독하고 댓글 상태를 다음과 같이 변경한다.

(a) "업데이트됨"(청색 표시) – BIM이 개정되었음을 나타낸다.

(b) "설명 필요"(연청색 표시) – 추가 정보 또는 검토자와의 논의가 필요함을 나타낸다.

5 단계 - 확인

원본은 "동의"가 포함된 QC 댓글의 개정을 감독하고 댓글 상태를 다음과 같이 변경한다.

검토자는 QC 의견이 적절하게 해석되고 처리되었는지 확인하고 "업데이트" 의견 상태를 다음으로 변경한다.

(a) "수락됨"(노력색 표시) – QC 의견이 해결되었음을 나타낸다. 추가 조치가 필요하지 않는다.

(b) "거부됨(적색 표시) - QC 설명이 완전히 해결하려면 추가 조치가 필요함을 나타낸다.

9.13 품질 준수 증명서

컨설턴트가 제작한 산출물에 대해 회사가 지정한 품질 관리 활동 감독 담당자(예: 품질 관리 책임자, 품질 보증 관리자)는 확립된 품질 관리 절차가 수행되었는지 검토하고 인증해야 한다. 규정 준수 인증서의 목적은 품질 관리 검토를 완료하는 데 사용된 노력의 수준이 업계 표준을 준수함을 증명하는 것이다.

부서 PM과 함께 준수 인증서에 대한 요구 사항을 조정한다.

9.14 독립적인 동료 검토

독립적인 동료 검토는 품질 관리 검토를 보완하며 선택된 컨설턴트 프로젝트에 대해 수행된다. 이 검토는 프로젝트의 특정 디자인 요소 또는 부분에 대해 자격을 갖춘 검토자로 구성된 독립적인 팀에 의해 수행된다. 독립적인 동료 검토 팀의 구성원은 프로젝트를 관리하고 제작한 동일한 조직 단위에 할당되지 않는다.

9.15 현장 검토

현장 검토(Plans-in-Hand 검토)는 품질 관리 검토를 보완한다. 검토는 건설 중 직면하는 현장 조건과 설계의 적합성을 검증하기 위한 목적으로 프로젝트 현장에서 수행된다. 현장 검토 기록에는 다음이 포함된다.

- 날짜 및 시간.
- 참석자 목록.
- 문서화된 현장 조건 및 관찰 사항(표시된 계획 시트, 사진 또는 적절하다고 간주되는 기타 방법 포함)
- 컨설턴트 프로젝트의 경우 부서 PM에게 검토 기록 사본을 제공

10. 레퍼런스

국가철도공단, 2021, BIM 설계 및 시공관리 지침

국토부, 2018, 스마트 건설기술 로드맵

국토부, 2020, 건설산업 BIM 기본지침

국토부, 2022, 스마트 건설 활성화 방안

국토부, 2022, 건설산업 BIM 시행지침 설계자편

국토부, 2023, 건설산업 BIM 시행지침 품질관리편

한국도로공사, 2022, 고속도로분야 BIM 정보체계 표준지침서

한국토지주택공사, 2022, LH 건설산업 BIM 적용지침서

Autodesk, (Visual Storytelling of) BIM Innovation at Foster + Partners, https://www.autodesk.com/autodesk-university/class/Visual-Storytelling-BIM-Innovation-Foster-Partners-2019#video

Belsky, M., Sacks, R., & Brilakis, I., 2016. Semantic enrichment for building information modeling. Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, 31(4), 261-274.

Bloch, T., & Sacks, R., 2018. Comparing machine learning and rule-based inferencing for semantic enrichment of BIM models. Automation in Construction, 91, 256-272

Chen, S. H., & Xue, F., 2023, Automatic BIM detailing using deep features of 3D views. Automation in Construction, 148

Check Scan Quality 도구, https://github.com/mac999/check_scan_quality

GSA, General Services Administration, 2018, BIM Guide - Imaging, www.gsa.gov/bim_guide

Ha, D., Yu, Y., Choi, J., Kim, S., & Koo, B., 2023, Integrating a Machine Learning-based Space Classification Model with an Automated Interior Finishing System in BIM Models. Korean Journal of Construction Engineering and Management, 24(4), 60-73

FDOT, Florida Department of Transportation, 2022, FDOT Design Manual, QA/QC 관리 계획

Koo, B., La, S., Cho, N. W., & Yu, Y., 2019, Using support vector machines to classify building elements for checking the semantic integrity of building information models. Automation in Construction, 98, 183-194

Kim, S., Park, C.H. & Chin, S. 2016, Assessment of BIM acceptance degree of Korean AEC participants. KSCE J Civ Eng 20

Lee, W., Kim, S., Myint, M., Yu, Y., & Koo, B., 2023, A Study on the Development of Ontology-Based Process for Automatic Classification of BIM Clash Severity. KIBIM Annual Conference 2023

Liu, J., Liu, P., Feng, L., Wu, W., Li, D., & Chen, F., 2020, Towards automated clash resolution of reinforcing steel design in reinforced concrete frames via Q-learning and building information modeling. Automation in Construction, 112, 10306

NBS, 2022, Level of detail (LOD) and digital plans of work, https://www.thenbs.com/knowledge/level-of-detail-lod-and-digital-plans-of-work

NBS, Digital Plan of Work, https://www.thenbs.com/our-tools/digital-plan-of-work#classificationtables

Port Authority NY NJ, 2021, BIM Data Quality Control Plan

Scan data (3D point cloud) quality checker tool, https://github.com/mac999/check_scan_quality

Wang, Z., Ying, H., Sacks, R., & Borrmann, A, 2023, CBIM: A Graph-based Approach to Enhance Interoperability Using Semantic Enrichment

BIM 백서-데이터품질확보

비매품

저 자 BIM데이터품질연구위원회
발행인 이 종 권

판 권
소 유

2023年 11月 30日 초 판 발 행

發行處 (주) 한솔아카데미

(우)06775 서울시 서초구 마방로10길 25 트윈타워 A동 2002호
TEL : (02)575-6144/5 FAX : (02)529-1130
〈1998. 2. 19 登錄 第16-1608號〉

※ 본 교재의 내용 중에서 오타, 오류 등은 발견되는 대로 한솔아카데미 인터넷 홈페이지를 통해 공지하여 드리며 보다 완벽한 교재를 위해 끊임없이 최선의 노력을 다하겠습니다.
※ 파본은 구입하신 서점에서 교환해 드립니다.
www.inup.co.kr / www.bestbook.co.kr

ISBN 979-11-6654-448-4 13540

13540
9 791166 544484
ISBN 979-11-6654-448-4