DOI: https://doi.org/10.13161/kibim.2022.12.1.023

철도인프라 BIM 성과물의 품질검토 절차 및 룰 기반 적용성 검토

Rule-based Review and Automated Quality Management Process of BIM deliverables for Railway Infrastructures

강전용[1], 하산 사이에드 모빈[2], 민지선[3], 안준상[4], 최재웅[5]
Kang, Jeon-Yong[1] · Hasan Syed Mobeen[2] · Min, Ji-Sun[3] · An, Joon-Sang[4] · Choi, Jae-Woong[5]
Received August 07, 2021; Received March 18, 2022 / Accepted March 21, 2022

ABSTRACT: In the current 2D-based design, design reliability is lowered due to interference and inconsistency between plans, errors in drawings and quantities, etc. At the time of transition to BIM-based 3D design, it is necessary to expand the reliability and usability of BIM by eliminating these errors from the design stage through securing the quality of the BIM digital model.
Therefore, in the railway infrastructure design stage, the quality management process and standards of the BIM digital model were defined and quality management index were developed. Based on the rule extracted from the quality management index, a pilot quality management was conducted in connection with the commercial Model-Checker rule, problems and improvement plans were derived, and a rule-based automated quality management plan was prepared.

KEYWORDS: Railroad Infrastructures, BIM Digital Model, Quality Management, Automated System, Quality Management Index, Rule
키 워 드: 철도인프라, BIM 디지털 모델, 품질관리, 자동화 시스템, 품질검토 지표, 룰

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

BIM 기반의 3D 전면설계로 전환되는 시점에서, BIM의 신뢰성과 활용성을 확대하기 위해서는 디지털 모델의 오류를 최소화하여 품질을 확보해야 한다. 그러나, 복잡하고 무수히 많은 BIM 모델을 사용자의 실무적 경험을 통한 시각적 판단과 해당 SW 자체 기능에 의하여 품질을 검토하고 있는 실정이다. 더우기 물리적인 형상과 설계기준, 설계 정보 등을 일일이 검토하여 품질을 확보하기에는 한계가 있으며, 시간 비용, 인력 투입 등 BIM 효과 차원에서도 바람직하지 않다.

이러한 문제를 해결하기 위해 토목분야 특히, 철도인프라 분야에서는 계획 및 설계, 성과품 작성, 납품 등 설계단계별 BIM 디지털 모델의 품질을 확보하고자 체계적이고 자동화된 품질관리 연구를 진행 중에 있다. 이에, 본 연구는 철도인프라 분야 BIM 디지털 모델의 품질검토 자동화를 구현하기 위한 사전 연구로 진행하였다. 철도인프라 BIM모델을 대상으로 상용 Model-Checker를 활용한 품질검토 시, 룰(rule) 기반의 적용성을 검증하고 문제점을 도출함으로써, 인프라분야에 활용 방안을 마련하는데 연구의 목적이 있다.

1.2 연구의 범위 및 흐름

철도인프라는 기술 특성에 따라 노반, 궤도, 전기 · 신호 분야로 구분이 된다. 본 연구에서는 노반분야 BIM 디지털 모델을 대상으로 상용 Model-Checker를 활용하여 룰 기반 품질검토 방안을

[1] 정회원, (주)베이시스소프트, 이사 (jykang@basis.co.kr) (교신저자)
[2] 정회원, (주)베이시스소프트, 사원 (mobeen@basis.co.kr)
[3] 정회원, (주)베이시스소프트,과장 (jsmin@basis.co.kr)
[4] 정회원, (주)베이시스소프트, 대표이사 (joonsang@basis.co.kr)
[5] 정회원, (주)베이시스소프트, 대표이사 (jason@basis.co.kr)

마련하는 것으로 연구 범위를 한정하였다.

연구 순서는, 먼저 사례분석을 통하여 품질검토 기준과 자동화 방향을 설정하였다. 품질검토 지표를 개발하여 상용 Model-Checker의 룰과 연계방안을 마련하였으며, 해당 룰의 철도분야 적용성을 검증하기 위하여 시범 모델을 작성하여 시범적으로 품질검토를 수행하였다. 마지막으로 검증 결과를 분석하여, 상용 Model-Checker를 활용한 인프라분야 품질검토 시 문제점 도출 및 개선방안을 마련하였으며, 향후 철도 인프라분야 룰기반 품질관리를 위한 개발 방향을 제시하는 절차로 연구를 수행하였다.

1.3 BIM 디지털 모델의 품질검토 사례 연구

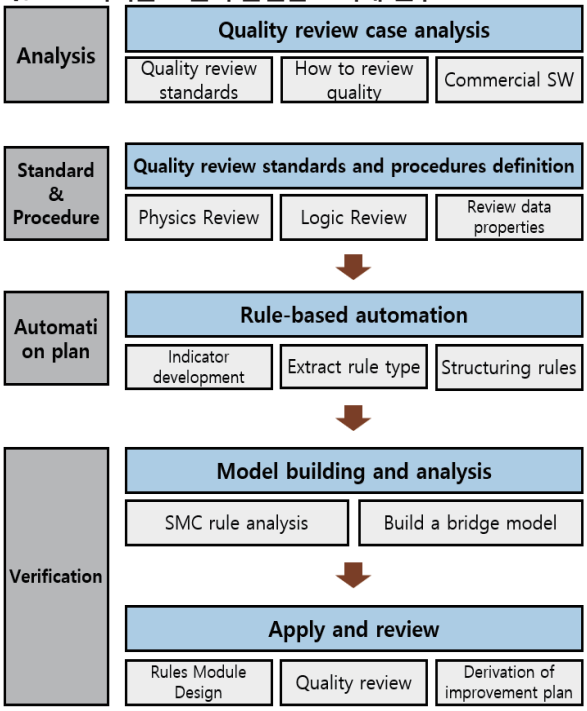


Figure 1. Research procedures

1.3.1 국내외 BIM 관련 가이드 및 매뉴얼 분석

철도인프라 BIM 디지털 모델의 품질관리 기준과 절차를 정의하기 위해서 먼저 국내외 BIM 관련 가이드 및 매뉴얼을 분석하였다. 이미 해외 및 건축분야에서는 품질관리를 위한 기준을 정의하고 있으며, Ex-BIM 가이드라인(Korea Expressway Corporation, 2015), LH Civil-BIM 업무지침서(Korea Land & Housing Corporation, 2018) 등 국토교통부 산하 공공기관에서도 품질관리 개념과 절차, 기준 등을 제시하고 있기 때문에 철도인프라 분야에서도 방향성은 유지하였다. 분석 내용은 국내 및 해외로 구분하여 Table 1, 2와 같이 정리하였다.

국내 BIM 가이드 및 매뉴얼 분석 결과, 대부분의 기관에서는 품질검토 기준을 물리정보 품질, 논리정보 품질, 속성정보 품질로 구

Table 1. Summary of domestic BIM guides

Sector/Field		Contents
Construction	BIM in Architecture Application guide [Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2010]	• Classification of physical information/ logic/data attribute quality standards • Passive visual review using Viewer • Perform quality management using SW's function
	Facility business BIM Application Basic Guidelines [Public Procurement Service, 2010]	• Classification of planning, information, and physical quality standards • Passive visual review using Viewer • Automatic review using SW's function
Civil Engineering	Road owner BIM Guidelines [Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2016]	• Classification of physical information/ logic/data attribute quality standards • Visual passive review using modeling viewer • Automatic review using SW self-review function
	Ex-BIM Guidelines [Korea Expressway Corporation, 2015]	• Quality inspection time, items, and methods are included in the BEP • Classification of physical information quality (interference collision, etc.), logical information quality (design error, etc.), data quality (shape and attribute information, etc.)
	LH Civil-BIM Guidelines [Korea Land &Housing Corporation, 2018]	• Visual passive review using Viewer • Automatic review using SW self-review function • Classification of physical information quality (interference collision, etc.), logical information quality (design error, etc.), data quality (shape and attribute information, etc.)
	Railway Infrastructure BIM Guidelines (V.1.0) [National Railroad Corporation, 2018]	• Propose a method for BIM quality management - Model self-review: quality management using checklist - Interference review: Visual and automatic review using dedicated software

Table 2. Summary of overseas BIM guides

Field	Contents
3D Working Method/3D Project Agreement [Denmark, 2016]	• Regulations on creation, exchange, and reuse of 3D design info - Design quality management e.g. direct & indirect geometrical structure matching - Quality management for geometry, objects, and object properties - Simulation quality management elements
Senate Properties, BIM Requirements [Finland, 2017]	• Regulation of software-based BIM requirements - Spatial BIM: Review spatial location, properties, etc. - Architectural BIM: Review modeling errors such as object interference -Structural BIM: Clash review between architectural/ structural BIM objects - Merged BIM: Review of model applicability and coordinates
BIM guide for Germany [Germany, 2013]	• Establishment for BIM uses and deliveries • Proposal of quality assurance through various templates in BIM Contract Addendum and BEP
BIM Essential Guide for Contractors [Singapore, BCA, 2013]	• Select a visual method for BIM use cases in the bidding, pre-construction, construction stages and so on. • Presenting the items to be checked by the contractor at each stage - All discipline-specific models assume the same level - Suggestion of modeling method and compliance with facility regulations
International BIM Report [UK, NBS, 2016]	• National standard guidelines for architecture, construction and related services provided by the Royal Association of British Architects (RISA) • BIM level defines quality management procedures according to the BIM maturity model

Field	Contents
BIM Guide Series [USA, GSA, 2007]	• Published BIM Guide Series (GSA, 2010) guidelines by GSA in the US • Review of space, movement, security level, energy consumption, construction cost, etc. • Development of own module based on SMC platform • Modeling according to internal policies, procedures, and standards, and regulation of delivery conditions
National BIM Guide for Owners [USA, 2017]	• Propose a guide for managing project requirements and deliverables - Quality planning: Defines quality assurance and control - Quality Assurance (QA): To ensure that the modeling process stipulated in BIM PxP is carried out - Quality control (QC): regulations to ensure that project deliverables are consistent with project requirements

분하고 있다. 품질검토 방법도 뷰어(viewer) 프로그램이나 체크리스트를 활용한 육안검토 위주로 제시하고 있다.

해외에서는 모델의 활용성 위주로 소프트웨어 자체 기능에 의한 품질검토를 유도하고 있다. 특히, BIM Guide Series(GSA, 2012)에서는 Solibri Model–Checker(이하, SMC)를 플랫폼으로 해서 자체 모듈을 개발하여 품질검토를 수행하고 있었다.

1.3.2 BIM 모델의 품질검토 관련 논문 사례

BIM 모델의 품질관리에 대한 연구 현황과 기술 수준을 파악하기 위하여 관련 논문을 분석하였다. Moon et al.(2016)은 국토교통부 표준도를 기반으로 작성된 토목분야 BIM 라이브러리를 토대로 기존 2D와 비교하여 물리적, 데이터 관점에서 정확한 라이브러리 객체가 작성되었는지 확인하기 위한 품질검토 방법을 제시하였다. 이는 BIM 모델의 품질검토를 위한 룰셋(rule–sets) 정보로 활용되어 파라미터 기반의 자동화된 품질검증 시스템 구축에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

Kwon et al.(2012)은 IFC 포맷으로 변환된 구조 모델을 SMC 룰셋을 활용하여 품질검토를 수행하였으며, 모델링의 문제점과 개선방향을 제시하고 있다. Kim et al.(2012)은 BIM 모델을 이용하여 국내 편의증진법에서 실무 건축계획 과정에서 빈번하게 검토되는 항목을 중심으로 최적화된 룰 정의서를 개발하였다. 정의된 룰셋은 실제 프로젝트를 통해서 적용성 및 정합성을 검증하였다. Choi et al.(2016)은 피난법규검토를 대상으로 개방형 BIM 기반의 품질검토 시스템 개발 방안을 제시하였다. 컴퓨터를 통한 자동화된 속성검토가 가능하고, 논리적인 구현이 가능한 법규를 선별하여 피난법규 검토시스템에 적용하고자 하였다.

해외 사례도 건축분야 위주의 품질관리 시스템 개발을 위한 연구 위주로 수행되었다. 특히, Joao and Andre (2013)는 급배수 시설과 관련된 BIM 모델의 설계검토를 위하여 BIM 기반의 애플리케이션을 개발하였다. IFC 모델을 대상으로 시설물의 설계코드 검사에 한정하였으며, 대학교 학술연구 차원에서 수행하였기 때문에 연구성과의 실용화에는 한계가 있었다.

Table 3. Analysis of papers related to domestic and overseas BIM–based quality management

Author	Title	Contents
Choi, J.S, Kim, I.H(2016)	Development of openBIM-based Quality Checking System	• Propose a plan to develop an open BIM-based quality management system • Select laws that can be logically implemented and apply them to the evacuation law review system
Song, J.K, Ju, K.B(2013)	Development of Rule Quality Checking Items to Raise Quality of BIM Model	• Definition of quality management items for BIM-related guidelines for quality management in the construction sector • Purpose of developing rule definitions and applying cases
Kwon, O.C, Cho, J.W, Cho, C.W,(2012)	BIM Model Quality Improvement by Case Study Analysis	• Perform quality management using SMC (Solibri Model-Checker) ruleset • Proposal of improvement directions for modeling problems
Kim, Y.R, Lee, S.H, Park, S.H. (2012)	Development of Rule-Set Definition for Architectural Design Code Checking based on BIM	• Development of an optimized rule set centering on the items reviewed in the building plan • Verification of rule set applicability and consistency through actual projects using SMC
Jeong, J.Y., Lee, G (2009)	Requirements For Automated Code Checking For Fire Resistance And Egress Rule Using BIM	• Study on possibility of automatic review of evacuation & disaster prevention laws using BIM • Analysis of automatic review requirements by analyzing the existing automatic legal system and research status
Joao Pocas Martins and Andre Monteiro (2013)	LicA : A BIM Based Automated Code Checking Application For Water Distribution Systems	• Review of automated regulations for water pipes in Portugal • Development of LicA application to perform hydraulic analysis
Zhang, S. et al. (2012)	A Framework For Automatic Safety Checking Of Building Information Models	• The purpose of supporting designers in the planning/design stage based on information on the safety plan • Proposal of automatic safety check framework using BIM model
Nawari O.Nawari (2011)	A Framework For Automating Codes Conformance In Structural Domain	• Review of structural design for building structure related laws and user-defined rules • Propose a new framework for developing an automatic rule checking system
Moon, H.S., Kim, C.Y., Cho, K.H., Ju. K.B. (2016).	An Object Quality Verification Method for BIM Libraries based on Standardized Drawings in Civil Projects : Focusing on Retaining Wall Case	• Present a quality management plan for civil engineering BIM library modeled based on Typical Drawing of Ministry of Land, Infrastructure and Transport • Prepare a quality management plan to confirm that the library object is created accurately from a physical and data property point of view compared with the traditional 2D method • Utilize to build a automated quality management system based on parameter

BIM 모델의 품질검토 관련 논문 분석결과, 토목분야는 대상범위가 BIM 라이브러리로 한정적이었으나, 룰셋 정보 활용 측면에서 본 연구와 유사성을 확인할 수 있었다. 건축분야는 상용 Model–Checker를 활용해서 룰 기반으로 품질검토를 자동화하는 방안이나 add–in 형태의 애플리케이션 개발 방향이 본 연구의 목표와 유사성이 있는 것으로 분석되었다.

1.3.3 품질검토 SW 현황 및 분석

국내에 소개되거나 프로젝트에 활용되고 있는 BIM Model-Checker의 품질검토 모듈 위주로 분석하였다. BIM 모델의 적절성 검토를 위한 SW는 아래 표와 같이 SMC(Nemetschek), Navisworks(Autodesk), Synchro(Bentley), Bexel Manager(Bexel Consulting), BIMvision(Datacomp)이 대표적이다. Desite BIM(Thinkproject)는 아직 국내에서는 생소하지만 토목분야 API를 지원하고 있어 앞으로 확장성이 기대되는 SW이다.

SMC는 미국의 GSA와 유럽 등에서 널리 활용되고 있는 대표적인 품질검토용 SW로써, JAVA 기반의 개발자 지원 API를 제공하고 있으며, 기본 룰 라이브러리를 활용하여 사용자가 룰셋을 정의함으로써 다양하게 적용할 수 있다. Bexel Manager는 개방형 API/Add-in System을 운영하고 있으며, 3D/4D/5D까지 검토 기능을 지원하고 있다. Navisworks와 Synchro는 시각화를 통한 설계검토와 4D에 강점이 있는 SW로써, 한정된 자체 규칙 설정을 통하여 물리적인 간섭 위주로 품질검토가 가능하다. BIMvision은 개방형 뷰어를 제공하고 있으며, plug-in 형태로 다양한 모듈을 탑재할 수 있어 기능 확장성을 장점으로 하고 있다.

Table 4. Major BIM model-checker software

Software	Contents
SMC (Nemetscheck)	• Available for developer support. API based on JAVA • IFC format support • Lack of extensibility of rule library and definition book • It is possible to review objects and properties, clashes, space, comparison between models of fields, etc.
NavisWorks (Autodesk)	• Support for inter-model clash and attribute review • Supports various formats such as DWG/DGN/IFC • Plan vs. execution process review / 4D simulation
Synchro (Bentley)	• Model shape and automatic clash review support • Supports various formats such as DWG/DGN/IFC • 4D simulation function • Plan versus execution
Bexel Manager (Bexel Consulting)	• Model review for each stage of planning, design, and pre-construction • IFC format support • 3D/4D/5D/6D and CDE environment support • Open API / Add-in System
OpenRail Designer (Bentley)	• BDN (Bentley Developer Network) based API provided • BIM planning-design-review-visualized civil engineering total solution • Supports various formats such as DWG/DGN/IFC
Desite BIM (Thinkproject)	• Open API based on Java Script • Support Civil environment such as Terrain, Alignment, coordinate system • Model review for each stage of planning, design, and pre-construction • Supports various formats such as IFC / DGN / DWG / LandXML / DXF • Model shape and automatic clash review support • 4D / 5D simulation function

Desite BIM은 Java Script를 활용한 룰 기반의 토목분야 API를 지원하고 있으며, 룰 확장시 선형기반의 BIM 모델 검토가 가능할 것으로 판단되었다. 특히 BIM 모델의 데이터 속성 관리를 통하여 물리적 검토, 논리적 검토, 데이터 속성 검토에 활용할 수 있을 것으로 분석되었다.

하지만, 국내 BIM SW 관련해서는 글로벌 대형 벤더사의 특정 솔루션에 Add-in 형태로 적용하기 위한 개발 위주로 진행되고 있다. 특히 BIM 모델의 품질검토 분야에서는 건축분야 위주의 애플리케이션 개발과 이론 정립 연구에 국한되어 있는 것이 현실이다.

1.3.4 분석 결과 및 시사점

공공기관에서 제공하고 있는 BIM 관련 가이드에서는 BIM 모델의 품질검토를 위한 구체적인 절차와 방법은 제시하지 않고 있다. 체크리스트를 활용한 정성적이고 수동적인 시각적 방법 위주로 제시하고 있으며, 프로그램 자체 기능을 활용하는 수준에 머무르고 있다. 국내 토목분야는 시범사업을 통하여 BIM 모델의 품질관리 필요성을 인지는 하고 있지만, 선형 기반 비정형 BIM 모델의 호환성에 대한 SW의 기능적 한계로 품질관리 자동화를 수행하기에는 기술적으로 미흡한 수준이다.

이에, 철도인프라 분야 BIM 디지털 모델의 품질관리 기준은 국내 BIM 관련 지침과 가이드에 제시되어 있는 내용을 준용하여 반영하고자 한다. 또한, 철도인프라 분야의 BIM 데이터를 다양한 조건으로 품질을 검토하기 위해서는 관련 설계기준으로 조건을 적용해야 하며, 이를 위해서, 룰 기반의 품질검토를 통한 자동화 방안이 타당하다고 판단하였다.

2. 품질검토 기준 정의 및 자동화 방안 마련

품질검토에서 언급하는 룰은 하나의 품질검토 기준을 프로그램적 언어로 규정한 규칙(Song and Ju, 2013)의 의미로 통용되고 있는 용어로써, 본 연구에서도 그대로 반영하였다. 철도인프라의 BIM 디지털 모델의 품질을 검토하기 위해서는 일정한 규칙을 반영한 룰 기반의 품질검토를 수행하는 것으로 사례연구 시사점에서 언급하였다. 이에, 룰 기반으로 품질검토가 가능한 상용 SW를 선정하여, 철도분야 품질검토에 적용할 수 있는지 검증 과정을 거쳐, 향후 룰 기반의 철도인프라 품질관리 자동화를 구현하고자 한다.

이를 위해서, 본 장에서는 철도인프라 BIM 디지털 모델의 품질검토 기준을 설정하고 룰 기반의 품질검토 자동화 방안을 마련하였다. 먼저 품질검토 기준을 정의하고, 철도시설물 분류체계를 반영한 품질검토 지표를 개발하여 유형별로 구분하였다. 품질검토 지표를 근거로 룰 기반의 상용 SW에서 기본적으로 제공하고 있는 룰 라이브러리(rule library)를 수정함으로써 룰 적용방안을 마련하는 절차로 내용을 구성하였다.

2.1 철도분야 BIM 디지털 모델의 품질검토 기준

국내 BIM 관련 가이드에서는 품질검토를 위해서 물리검토, 논리검토, 데이터 속성검토 등 품질관리 기준을 구분하고 있다. 발주자가 요구하는 BIM 모델 수준 대비 실무 엔지니어의 기술적 역량과 솔루션의 기능적 한계 등으로 인하여 품질관리에 대한 인식이 아직은 부족하여 세부 기준은 마련되지 못하고 있다.

따라서, 국내외 관련 BIM 관련 지침이나 매뉴얼을 근거로 품질관리 방향성은 유지하고자 하였으며, 철도분야 BIM 모델의 품질검토 기준도 물리정보 품질검토, 논리정보 품질검토, 데이터 속성 품질검토로 구분하였다.

Table 5. Quality management standards for BIM model

Type	Explanation
Physical information quality management	• Examination of model conformity to shape requirements - Physical review such as interference of target models by field - Rule-Set definition and commercial Model-Checker S/W linkage
Logic quality management	• Examination of logic requirements' satisfaction by model - Review of compliance with design regulations and design standards - Rule-Set definition and commercial Model-Checker S/W linkage
Data attribute quality management	• Review of model's data requirements - Review data properties of object models - Rule-Set definition and commercial Model-Checker S/W linkage

2.2 룰 기반 품질검토 플랫폼 선정

품질검토 자동화를 구현하기 위하여 룰 기반의 상용 SW를 선정하여 플랫폼으로 활용하고자 한다. 국내에서 상용되고 있으며, 간섭검토 기능을 탑재하고 있거나 뷰어 기능을 활용할 수 있는 SW를 대상으로 1차, 2차로 구분하여 활용 여부를 검토하였다.

1차 검토는 토목분야 BIM 디지털 모델의 품질검토를 위해 최소한의 핵심 기능 위주로 필수적으로 요구되는 항목을 선정하여, 상대적 · 정성적으로 평가하였다. 간섭검토 기능은 필수적으로 요구되는 사항이며, IFC에 대한 호환성이 확보되어야 이종간의 SW에서 작성된 BIM 모델을 통합하여 검토할 수 있을 것이다. 또한, 대부분 건축분야 위주로 API로 개발되어 있기 때문에 토목분야 확장성도 포함하였다.

위 내용을 근거로 룰 기반의 간섭검토 기능을 지원하는 Desite BIM, SMC와 토목 요소를 지원하고 사용자 층이 두터운 Navisworks 등 3개 SW를 아래와 같이 선정하였다.

2차 검토는 각각 평가지표를 활용하여 5점 척도를 적용하였다. 지표별 가중치는 고려하지 않았으며, 점수가 가장 많은 SW를 선정하였다.

Table 6. Functional review of commercial SW (1st step)

구분	Clash Detection	IFC Compatibility	Civil Support Level	API Accessbility	Ways for Quality Management
Solibri	◎	△	△	△	rule-based review
NavisWorks	○	○	○	△	phisycal review
Synchro	×	×	○	×	-
Visicon	○	○	×	△	rule-based review
OpenRail Designer	×	△	◎	×	phisycal review
BIMvision	△	△	△	×	visual review
Desite BIM	◎	○	○	△	rule-based review

note) ◎ : Excellent, ○ : Good, △ : Average, × : Poor

Table 7. Functional review of commercial SW (2nd step)

Evaluation Index	Evaluation item	Evaluation Contents for Selection	Desite BIM			Navisworks			Solibri ModelChecker		
			1	3	5	1	3	5	1	3	5
funtionality	Functional implementation	Design review function including interference review of Civil BIM model		○		○				○	
	openness	Compatibility or conversion with standard formats such as IFC Rail			○	○				○	
	interoperability	Interoperability with other programs or systems such as data exchange, interface		○		○				○	
scalability	connectivity	Linkage with this Research Group's integrated platform		○			○			○	
	interface	Interface extensibility for rule-based quality management			○			○			○
compatibility	accessbility	Open API availability			○			○			○
	downward compatibility	Whether to use old data if there is an older version		○			○			○	
usability	UI adjustability	Whether to change the menu, screen layout, etc.		○			○				○
	drivability	Appropriateness of using system resources (CPU, memory, etc.) of SW		○			○			○	
	learnability	Easy to learn user menu (UI) and tool		○			○				○
reliability	product reliability	Whether continuous product upgrades and maintenance after development		○			○				○
	operational stability	Whether the system operates stably when operating for a long time		○			○			○	
	system stability	Stability for processing large amounts of data		○			○			○	
maintainablility	supportability	Whether to provide a diagnostic function to solve the error		○			○			○	
	easy to update	Whether the product is easy to update to improve functionality		○			○				○

검토 결과, 기본적인 간섭검토 기능과 IFC 호환성, 토목분야 확장성 측면에서는 Desite BIM이 양호한 것으로 판단되었다. 그러나, 국내에 적용 및 검증 사례가 없어 장래 확장성이나 사용성이 다소 우려되었다. Navisworks은 사용성에 있어서 가장 보편적이며, 물리적인 간섭검토 기능이 우수한 것으로 판단되었으나,

룰 적용성 측면에서는 어려운 면이 있었다. SMC는 건축분야에 특화되어 있기는 하지만, 룰 기반 품질검토 적용 사례로 볼 때, 토목분야 확장성을 검증해 볼 필요가 있다고 판단하였다. 따라서, 개방형 API를 지원하고 사용자 정의가 가능한 SMC를 룰 기반 플랫폼으로 활용하고자 하며, SMC의 룰 활용성을 우선적으로 검증하기로 하였다.

2.3 철도인프라 BIM 디지털 모델의 품질검토 지표 개발

2.3.1 품질검토 지표 항목 분류

품질검토 지표는 BIM 디지털 모델의 품질관리를 위한 최하위 수준의 절차이다. 상용 SW 자체 기능만으로 검토가 불가능한 대상이나 체계적인 절차를 통하여 검토 시 누락 방지 및 정확성을 높여줄 수 있는 장점이 있다. 지표는 엔지니어가 품질검토를 위하여 상시적으로 활용하거나, 지표별 유사 항목간 유형을 추출하여 룰 기반 품질관리의 DB 구축을 목적으로 하였다.

지표를 개발하기 위해서 철도시설물 분류체계를 근거로 분야별 공종을 분류하여 지표의 범위와 항목, 구성 체계를 마련하였다.

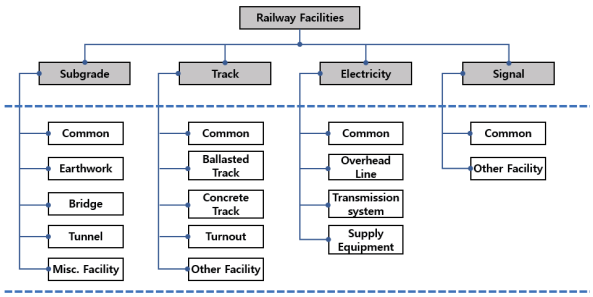


Figure 2. Railway facility classification structure for developing the quality management index

건설공사의 시설물 분류체계 분석 결과, 대부분 '시설물 / 공종' 등은 상위 위계로 분류하고 있으며, '세부 요소(Element)'는 하위 위계로 적용하였다.

철도인프라의 품질관리 지표를 개발하기 위해서, 시설물 분류체계는 선행 연구인 'BIM기반의 철도인프라 관리 표준기술 개발(MOLIT, 2018)'성과를 반영하여 국가철도공단의 '확장시설물분류체계(이하, 확장PBS)'를 적용하였다. 실무 적용성과 편의성을 위해 지표의 구성 체계와 항목을 단순화하였다. 또한, 계층의 깊이가 깊어짐에 따라 고려할 항목이 늘어나고 이에 따라 용도의 파악이 쉽지 않기 때문에, 확장PBS의 Level. 1(대분류), Level. 2(중분류) 항목을 지표 개발 범위와 항목으로 설정하였다. Level. 3(소분류), Level. 4(세분류), Level. 5(세세분류), Level. 6(세세세분류) 항목은 하위 위계로써 해당 지표의 내용적 범위에 포함하였다.

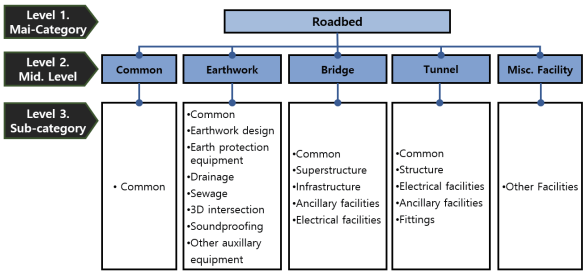


Figure 3. Application of extended facility classification structure(extended PBS) to classify the subgrade quality management index items

품질검토 지표는 노반과 궤도분야를 대상으로 우선적으로 개발하였으며, 지표 범위와 항목에 따라 물리적 품질검토, 논리적 품질검토, 데이터 속성 품질검토 등 품질검토 기준별로 구분하여 지표 내용을 제시하였다.

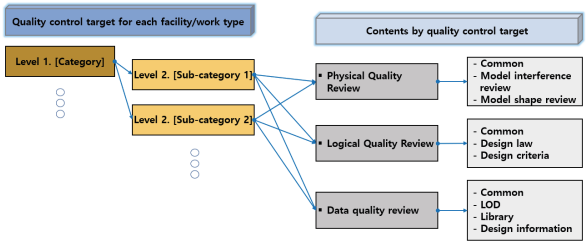


Figure 4. Hierarchical structure of quality control index items for subgrade and track facilities

2.3.2 철도인프라 BIM 모델의 품질검토 지표

분야별 Level. 2 항목을 기준으로 지표를 개발하였으며, 지표 범위에 따라 물리검토, 논리검토, 데이터 속성 검토를 기준으로 내용을 제시하였다. 노반분야는 토공 32개, 교량 30개, 터널 30개 등 92개의 지표를 개발하였으며, 궤도분야는 자갈도상 궤도 23개, 콘크리트도상 궤도 23개, 분기기 22개 등 68개의 지표를 개발하여, 노반 및 궤도분야는 총 160개의 지표를 정의하였다.

물리정보 품질검토의 지표 유형은 '모델검토, 간섭검토 등 물리적 형상'에 대한 내용으로 구분하였다. 논리정보 품질검토의 지표 유형은 '좌표 검토, 단위 및 축척 검토, 설계기준 등 법규 및 설계기준'에 대한 내용으로 구분하였다. 데이터 속성 품질검토의 지표 유형은 '분류체계 검토, 객체속성 검토, 라이브러리 속성 검토 등 설계 속성정보'에 대한 내용으로 구분하였다.

아래와 같이 각 분야별 지표 항목과 항목별 내용, 조치결과 등으로 '품질검토 지표'를 구성하였으며, 이는 품질검토 체크리스트 자체로써 적용할 수 있으며, 룰 유형 추출을 위한 DB로도 활용하였다.

Table 8. Subgrade field quality management index (one part)

	Indicator Type	Indicator Content	action/ Result
Physics informa -tion quality	physical check	Were the beggining and ending of the bridge applied correctly?	
	physical check	Are the plan and vertical alignments correctly placed?	
	clash detection	Are the bridge facilities physically separated/not overlapping?	
	physical check	Are major elements such as slabs, abutments, piers proper?	
	physical check	Were the auxiliary facilities applied appropriately?	
	clash detection	Are the foundations and piles overlapped or separated?	
	clash detection	Was the bridge embankment applied correctley?	
	clash detection	Are there any inconsistencies between the model and the terrain?	
	clash detection	Is it appropriate when combining models ?	
	clash detection	Were the models and LOD referred the BEP proper ?	
	clash detection	Is the mdoels the same after conversion to the standard format?	
	clash detection	When combining with other BIM SW, is the Models proper?	
Logic quality	coordinate check	Is the same coordinate system applied to the project section?	
	unit check	Are the units and scales of the models properly applied?	
	criteria check	Was the models applied according to the standards?	
	criteria check	Has the existing structure and the clearance been secured?	
	criteria check	Were the auxiliary facilities arranged according to the standards?	
	criteria check	Was the covering depth of rebar proper according to criteria?	
Data quality	property check	Are unnecessary objects and information removed?	
	taxonomy check	Has the facility classification structure been reflected?	
	property check	Were the properties proper according to their information level?	
	property check	Is the attribute tag to identify the objects proper?	
	property check	Have you reviewed omissions and typos in attribute information?	
	property check	Is the attribute information applied according to the standards?	
	property check	Is the attribute information tag applied properly for each model?	
	property check	Does the library specification and the info match each other?	
	property check	Were the properties of the facility applied according to the BEP?	

2.4 상용 SW 룰 분석 및 철도분야 활용방안

룰 적용성을 분석하고 철도분야 활용방안을 마련하기 위하여 SMC(v9.9)에서 제공하고 있는 기본 룰 라이브러리를 분석하였다. SMC는 건축분야에 특화되어 있는 룰 기반의 API를 제공하고 있지만, 기존 연구사례를 근거로 본 연구에 적용성을 검증하고자 하였다.

철도분야에 적용이 가능한 룰을 추출함으로써 철도분야 활용방안을 마련하였다. SMC 각 항목별 룰은 아래와 같이 구성되어 있다.

- BIM 파일 구조 및 모델 구성요소 검토 : 12개
- 모델 슬래브 및 면적 분석 : 7개
- 공간적 정보 검토 : 24개
- 수량 산출을 위한 검토 : 6개
- 구성요소 속성 검토: 22개
- BIM 파일간 검토 : 3개
- 법규 및 기준 검토 : 37개

SMC에서 제공하고 있는 룰 라이브러리 7개 항목, 111개 규칙을 분석하여 철도분야에 적용이 가능한 9개의 규칙을 추출하였다. 이는 건축분야 특화되어 있는 SMC 룰을 철도분야에 적용이 가능한 위한 룰로 대체가 가능하다고 볼 수 있다. 예를 들어, 구성요소간 간섭(SOL.1) 검토를 위한 룰은 객체간 이격거리를 설정하여 철도분야 간섭검토에 활용할 수 있으며, 구성요소 속성값 일치성(SOL.171)은 철도분야에서는 모델의 데이터 속성검토에 활용할 수 있다.

SMC 룰로 대체가 가능한 지표를 구분하기 위하여 앞서 개발한 노반과 궤도분야의 품질검토 지표 160개 항목을 대상으로 공통적인 유형을 가지는 지표를 Table 9와 같이 분류하였다.

Table 9. Utilization plan for railway through SMC rule analysis

	SMC rules and contents	Measures for use in the railway infrastructure
1	• Allowable cross-sectional shape (SOL.215)	Review the application of structures such as bridges with appropriate cross-sections
2	• Interference between components (SOL.1)	Separation distance and interference between objects
3	• Consistency of building elements and structural elements (SOL.224)	Review of interface consistency between models such as subgrade, track, electricity, and signal
4	• Comparison of attribute values (SOL.231)	Compare and review the design reference value and the drawing application value
5	• Component Distance (SOL.222)	Review the distance between the components of the model such as subgrade, track, electricity, and signal
6	• A component inside a component (SOL.234)	Review of structure cover thickness or rebar spacing, etc.
7	• Consistency of component attribute values (SOL.171)	Review of property values of each facility model
8	• Model Comparison (SOL.206)	Model shape review possible through comparison between models
9	• Required attribute set (SOL.203)	Review of model properties for each facility in the railroad sector

물리적 형상이나 간섭검토를 목적으로 하는 지표 유형은 총26개로써 SOL.1,206,215 등을 활용하여 검토가 가능하며, 데이터 속성값의 비교를 통하여 검토가 가능한 지표 유형은 총60개로써 SOL.231,234를 활용할 수 있다.

Table 10. Extraction of rule types by quality management index

Rule Types by quality management Indicator	Count	Rule No.
Physical shape review	3	206/215
Physical interference review	23	1
Examining distances between model objects	24	222
Consistency review between object model elements	14	224
Review of attribute values of BIM model for logical quality management	51	171/203
Comparative review of attribute values for logical quality management	9	231
Review of element spacing and standards in objects(bar cover thickness, etc.	5	234
Criteria required for rule writing are ambiguous	26	-
Cannot be confirmed by ruleset	5	-
total	160	

교량분야 품질검토 지표(Table 8)를 활용하여 룰 유형 추출과정을 예로 들면, '교량 시설물이 물리적으로 이격되거나 중첩되지 않았는가'는 SMC 룰 (SOL.1)로 활용이 가능하다. '수행계획서를 반영하여 객체 모델링과 LOD가 적합하게 적용되었는가'는 SMC 룰 (SOL.171,203)로 적용할 수 있다. 그리고, '교량의 시종점은 정

확하게 적용이 되었는가'는 SMC 룰 적용에 필요한 기준이 모호할 수 있는 것으로 정리하였다. '표준 포맷으로 변환 후 타 프로그램에서 모델의 형상은 원본과 동일한가'는 룰셋으로 확인이 불가능한 지표로 구분하였다.

3. 룰 기반 품질검토의 철도분야 적용성 검토

본 장은 룰 기반 품질검토 모듈을 개발하는 과정과 모듈을 활용하여 SMC에서 적용성 검증하고 문제점을 도출함으로써, 향후 품질검토 자동화 시스템의 개발 방향을 제시하기 위한 내용으로 구성하였다.

룰은 대상 객체와 검토하고자 하는 기준, 그리고, 규칙으로 구성되어 있다. 철도인프라 BIM 디지털 모델의 품질관리 자동화 방안은 BIM 엔지니어 또는 관리자가 모델 객체의 형상, 설계기준과의 적정성, 설계 정보 등과 같은 정량적 기준에 대하여 컴퓨터가 이해할 수 있는 규칙, 즉 룰을 통해 BIM 모델의 만족 여부를 검토하는 절차를 의도하였다.

룰 기반 품질관리 자동화를 위하여 교량 구조물을 시범 모델로 제작하였다. 물리/논리/데이터 속성 등 품질관리 기준별로 룰을 수정하여, 물리적 형상이 적절한지, 설계기준에 따라 모델링이 되었는지, BIM 모델의 활용목적에 따라 요구하는 정보가 있는지 등 3가지 측면에서 상용 SW의 룰을 철도분야에 활용하고 검증하는 절차로 수행하였다.

3.1 룰기반 품질검토 모듈 설계

상용 Model-Checker가 실행될 수 있도록 이해시키기 위하여 룰에 대한 절차와 규칙을 포함한 명세서를 '룰 기반 품질검토 모듈'로 정의하였으며, 하나의 룰을 하나의 모듈로 규정하였다.

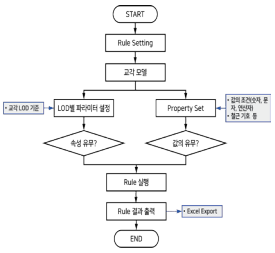
교각 모델의 데이터 속성검토는 각 LOD 표준 유형별 속성 누락 여부와 각 속성값이 값 유형에 적합한지를 2가지 경우로 구분하여 검토하는 것으로 설계하였다.

첫 번째, 속성 누락 여부는 각 LOD 표준 유형별로 정한 속성정보가 누락되어 있으면 속성별로 이슈를 작성하며, 모델에 속성이 존재하지 않는 경우도 이슈를 작성한다. 속성에 값이 필요하지만 값이 없으면 이슈가 생성되며, 값이 승인되지 않고 속성에 값이 있는 경우 이슈가 생성되도록 설계하였다.

두 번째, 속성값 유형이 적합한지 검토하는 방법은 값이 일치하는지를 검토하는 것이 아닌, 값 유형이 잘못된(허용된 어떤 값도 아님) 경우 이슈가 작성되도록 하였다. 즉, 값의 조건(숫자, 문자 등)에 해당하는 곳에 다른 조건이 입력된 경우에 이슈가 생성되도록 하였다.

교각 구조물의 데이터 속성 검토를 위한 룰은 기본적으로

Table 8. Subgrade field quality management index (one part)

No.:03	Title	Data property quality management of pier structures
Item	Details	Applicable Laws or Standards
Target Facility	Review of attribute information for Pier	Specifications for Pier design
Original Text	It is necessary to maintain the conformity between the attribute information applied to the railway infrastructure BIM digital model and the LOD standard type.	
Rule Interpretation	• The target structure is the pier. • By comparing the pier LOD regulations and the properties of the BIM model, if they match, OK, if not, set the rules as NG. • This rule checks whether the model has the required set of properties, or if the property has a value, it matches the type of the value.	
Module		
Flow		Rule
		• Reconfigure and use Solibri's own library • Using SMC's own library, 'Required Attribute Set (SOL.203)', review whether the attribute information of each object of the pier structure is properly entered into the LOD.
Condition	-	LOD type match or not
Parameter	Identification	Presence and matching of data attribute information
Class	LOD350	Level of Detail : 350
	LOD300	Level of Detail : 300
Result	Pass/Fail	
Review type		
• Determination of the existence of attribute information values by LOD level • Determining whether the type of attribute value matches (numeric, character)		

SMC 자체 룰 라이브러리를 재구성하여 사용하는 것으로 하였다. '검토유형(Review type)'은 모델을 검토하기 위한 필수 요소를 파악할 수 있도록 룰이 검토되는 방법을 명시하였으며, 룰 성격이 유사하거나 공통적 속성을 가지는 단위 룰을 그룹화하여 실제 검토시 유용하게 활용할 수 있도록 하였다.

3.2 룰기반 품질검토 적용 및 검증

SMC는 BIM 모델의 품질을 검토하기 위해 개발된 프로그램이지만, 토목분야 BIM 모델에 적용하는 데는 한계가 있다. 특히, 철도인프라는 선형기반으로 노반, 궤도, 전기 · 신호 등이 배치되는 구조이기 때문에 '선'의 개념이 강하다. 이에 반해, 건축은 층과 층을 대상으로 하는 '면'개념이 강하기 때문에 철도와 건축모델을 동일 선상에 놓고 SMC로 검토하는 것은 불가능에 가깝다. 그래서, 건축 모델과 유사한 교량 구조물을 대상으로 SMC에 내장된 룰 라이브러리를 활용하여 철도인프라 분야에 적용성을 검토하였다.

3D BIM 모델 저작도구인 Allplan(Nemetscheck)을 활용하여 각각의 검토 목적에 맞게 대상 모델을 제작하였다. 이전 단계 연구성과인 IFC Railway 스키마(철도인프라 정보모델링 기술 개

발, 2018)를 기반으로 객체 속성을 정의하였으며, SMC에서 검토할 수 있도록 IFC 포맷으로 export하였다. 선형객체를 기반으로 한 교량 모델은 각각 교유의 좌표값이 정의되어 있으며, 각 측점 정보를 포함하고 있다. 각 모델 요소는 슬래브, 거더, 코핑, 교각, 기초, 교대 등의 요소로 구성하였다.

품질검토 기준에 따라, 물리검토는 교량 모델의 물리적 형상과 SMC의 룰 특성을 고려하여 교각 기초와 파일의 근입깊이에 따른 간섭 여부를 판단하는 것으로 하였다.

논리검토는 교각에 배치된 철근의 피복 두께를 검토하여 설계기준과의 적절성 여부를 판단하는 것으로 하였다.

데이터 속성검토는 교각의 속성 정보가 LOD300 표준유형에 맞게 적용이 되었는지를 검토하였으며, LOD300 유형 기준 대비 모델의 데이터 속성 항목의 유무 여부를 판단하는 것으로 검토하였다.

(1) 물리품질 검토

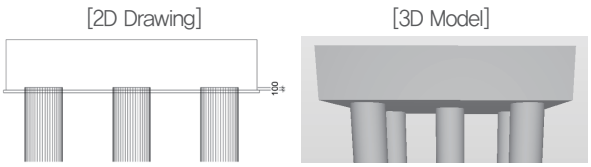


Figure 6. Bridge foundation model used for physical quality management

물리검토는 모델 형상의 정합성에 대한 요구 기준을 검토하는 것으로, 본 사례에서는 말뚝기초의 근입 깊이에 대하여 물리적인 간섭검토를 목적으로 실시하였다.

Rule-set Manager의 WorkSpace에서 룰 이름을 정의하고 Parameters에서 알고리즘을 설정하였다. WorkSpace의 상위 카테고리 항목 이름을 '물리품질 시범 검토'로 설정하고 하위 카테고리에는 룰 라이브러리에서 SOL.1 항목을 활용하여 '001 기초 근입깊이'로 수정하였다. Parameters에서 Component Type은 'Object'로 설정하고 Property 항목의 'Material'로 객체를 분류하였다. 이는 SMC는 건축분야만 정의되어 있기 때문에 토목분야 품질검토를 위한 객체를 분류하기 위함이다. 기초와 말뚝기초의 간섭 허용범위 값을 'overlapping'에 100mm를 입력하여 룰 정의를 완료하였다.

일반적인 BIM 모델에서 간섭검토는 주로 객체와 객체가 중첩되거나 같은 객체가 2중으로 겹치는 간섭이 주류를 이루고 있지만, Figure 7과 같이 서로 다른 객체가 간섭할 때의 허용하는 범위를 규칙으로 만들어 검토할 수 있다. 이 규칙을 사용하면 철도 인프라의 노반, 궤도, 전기 · 신호 분야의 다양한 시설물이 하나의 모델로 통합될 때, 물리적 규칙을 룰셋으로 제작하여 검토할 수 있을 것으로 예상된다.

하지만, 토목 객체로써 고유 특성을 가지는 선형기반의 측점 정보는 확인이 불가능하였으며, 이를 해결하기 위한 관련 연구가 필요할 것으로 판단되었다.

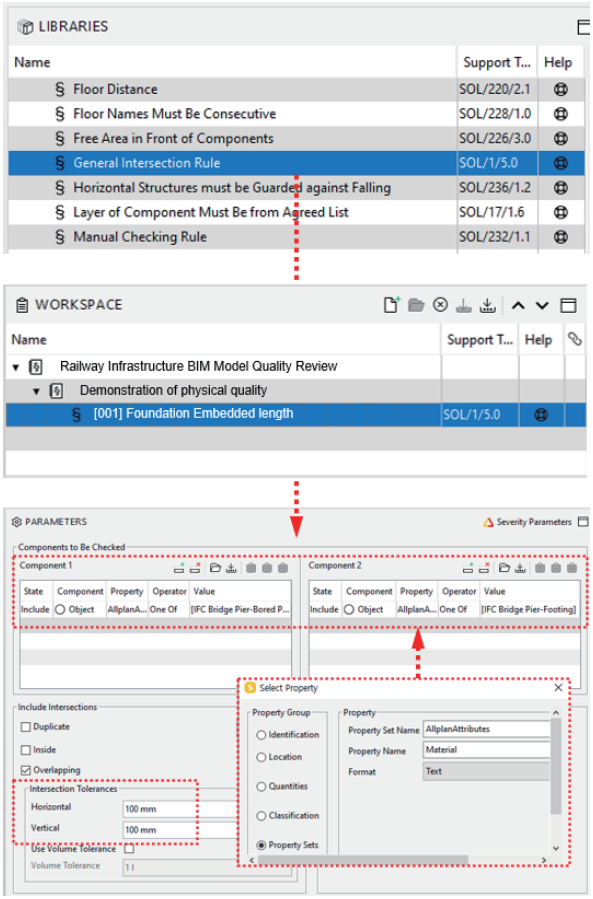


Figure 7. Physics review parameter input window (review of pile insertion depth)

(2) 논리품질 검토

논리검토는 관련 설계기준이나 규정에 대하여 논리적인 판단으로 검토하는 것을 말한다. 교량 구조물 중 교각을 대상으로 구조 설계기준에 의한 피복두께를 만족하는지 논리적인 검토를 실시하였다. 사용한 규칙은 '구성요소 내부에 있는 구성요소 검토'(SOL.234,1,2)로, 서로 교차하는 두 개의 구성요소 사이의 거리를 측정하는 방식이다. 철근과 콘크리트 표면 요소 사이의 거리가 정해진 피복두께인 100mm 이상인지를 검토하였다. 이 규칙을 사용하면 다양한 콘크리트 구조물의 피복두께는 물론이고 배근 간격, 이음길이, 정착길이, 앵커 철근 매입길이 등 구성요소 사이의 논리적인 검토가 가능하다는 것으로 확인할 수 있었다.

룰 추가는 '(1)물리품질 시범 검토'에서 언급한 방법과 동일하다. 항목 이름을 '논리품질 시범 검토'로 설정하고 룰 라이브러리에서 SOL.234,1,2 항목을 활용하여 '234 철근 피복두께 확인'으로 수정하였다. Parameters에서 철근 피복두께를 확인하기 위

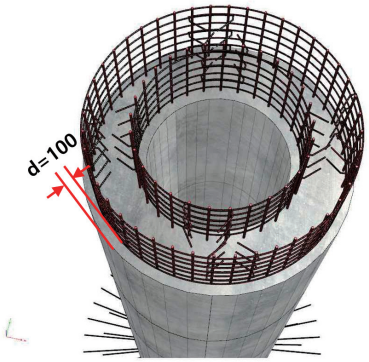


Figure 8. Pier model for logic review

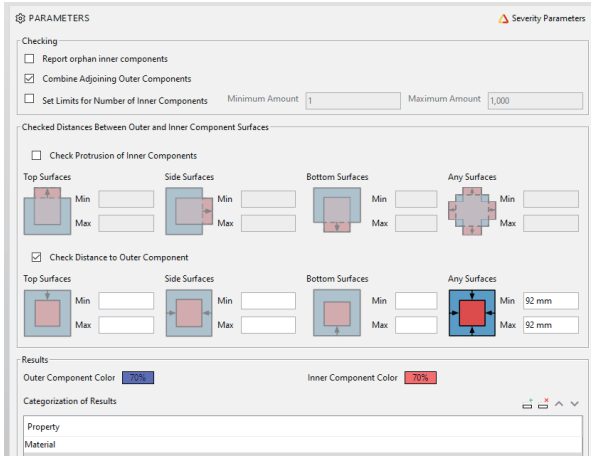


Figure 9. Logic review parameter input window (rebar cover thickness review)

한 Component Type으로 구조체는'Object', 철근은 'Reinforcing Bar'로 설정하고 Property 항목의 'Material'로 객체를 분류하였다. 간섭허용 범위를 입력하기 위해 'Any Surfaces' 항목에 피복 두께 92mm를 입력하였다. 이는 건축은 철근의 외곽선 기준으로 피복을 계산하는 반면 토목은 철근의 중심선 기준으로 피복 정의가 이루어지기 때문이다.

룰 정의를 완료하고 'Checking'에서 저장한 룰셋 파일을 추가하여 검토하였다. 물리품질 검토와 마찬가지로 선형정보와 같은 토목요소에 대한 정보는 확인할 수 없었다.

(3) 데이터 속성 검토

데이터 속성 검토는 BIM 모델에 포함된 다양한 속성 정보가 올바르게 입력되었는지, LOD 수준에 맞게 입력되었는지를 검토하는 것으로 정의하였다.

교각 모델을 대상으로, 이 모델에 필요한 속성 항목이 있는지, 속성 항목에 값이 있고 값 유형이 맞는지를 검토할 수 있는 SOL.171,203을 활용하여 LOD300 수준의 속성정보가 올바르게 입력되었는지 파라미터 창을 Figure 11와 같이 구성하여 검토하였다. 본 내용에서는 교각 모델의 LOD300은 '콘크리트 규격(골재 치수–콘크리트 강도–슬럼프 값)'에 대한 데이터 속성정보는 포함하고 있는 것으로 검토하였다.

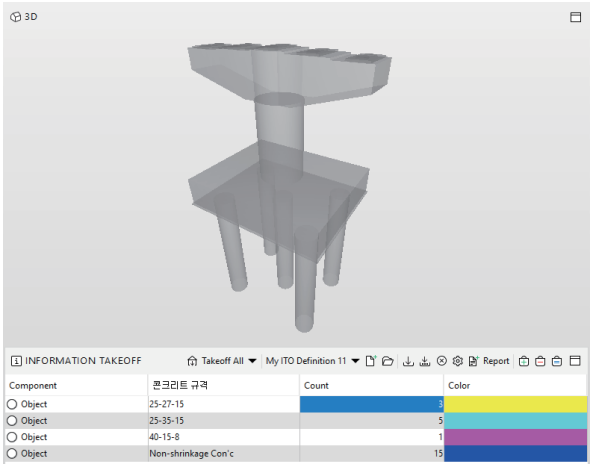


Figure 10. Pier model used for data property quality review

데이터 속성 품질검토를 위한 룰 추가는 '(1) 물리품질 시범 검토'에서 언급한 방법과 동일하게 수행하였다. 항목 이름을 '데이터 속성 시범 검토'로 설정하고 룰 라이브러리에서 SOL.203,2.4 항목을 활용하여 '203 데이터 속성 시범 검토'로 수정하였다. Parameters에서 데이터 속성검토를 확인하기 위한 Component는'Object'로 설정하고, Property 항목의 'Type'으로 객체를 분류하여'Value'값을 검토 항목으로 적용하였다.

이 규칙을 활용하면 LOD 수준에 대하여 값의 유무만이 아니라 속성정보의 값에 대한 검토도 가능하기 때문에 논리검토에서 사용하는 기준 값을 사용하여 데이터 품질에 대한 검토가 가능한 것으로 파악되었다.

특히, 설계단계에서부터 시공, 유지관리 단계에서 생산되는 다양한 속성정보는 휴먼에러가 대부분이기 때문에 룰을 정의하여 검토함으로써 BIM 모델의 품질향상에 기여할 것으로 판단된다.

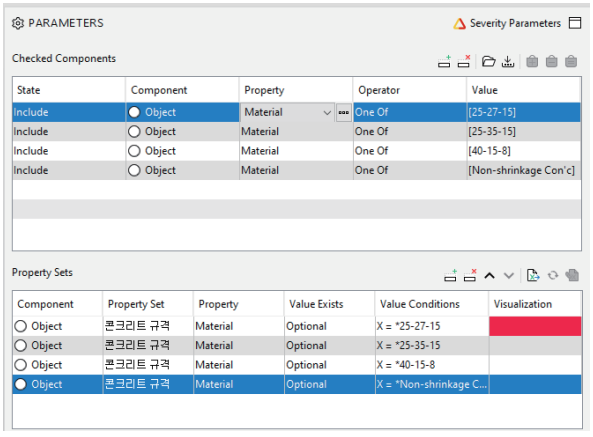


Figure 11. Data property review parameter input window

3.3 결과 및 개선방안 도출

철도인프라 BIM 디지털 모델은 선형기반의 객체 모델요소간의 조합으로 이루어져 있다. 하지만, 선형객체 및 정보는 IFC 포맷으로 정의할 수 없는 근본적인 문제점이 있었다. 또한, SMC에서는 토목분야의 객체 특성인 토공 비탈면, 캔트, 도로 편경사 등 기울기 속성 값을 가지는 객체를 검토할 수 있는 기본적인 API를 제공하고 있지 않아 논리적 품질검토를 수행하기에는 한계가 있었다.

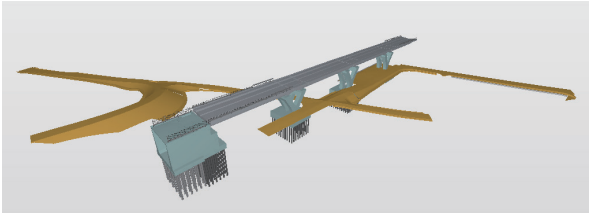


Figure 12. Alignment-based Railway infrastructure BIM model(example)

이러한 문제를 해결하고 룰 기반의 품질검토 자동화를 구현하기 위해서는 선형 정보에 대한 값을 설정할 수 있어야 한다. 토목분야 IFC 항목을 사용자가 정의할 수 있는 기능이 지원되어야 인프라분야에 활용성을 확대할 수 있을 것으로 기대되며, 향후 추가 연구를 통하여 API 개발을 통하여 해결할 수 있을 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구는 철도인프라 BIM 디지털 모델의 품질검토 자동화를 위하여 상용 Model-Checker 활용시 문제점을 파악하고 개선사항을 도출함으로써 자동화 시스템의 개발 방향을 제시하는 것을 목적으로 하였다.

이를 위해, 사례 연구를 통하여 품질검토 기준을 물리정보 품질, 논리정보 품질, 데이터 속성정보 품질로 구분하여 정의하였으며, 실무자가 상시적으로 품질의 완성도를 체크하고, 룰 기반의 품질검토 자동화를 위한 DB 활용을 목적으로 품질검토 지표도 개발하였다. 룰 기반 품질검토 자동화를 위해 건축분야에서 이미 검증된 SMC 룰 라이브러리를 분석하여 철도인프라 분야에 적용이 가능한 룰을 추출하였다. 추출한 룰의 적용성을 검토하기 위하여 교량 모델을 대상으로 시범 품질검토를 수행하였다.

검토 결과, SMC는 기본적으로 토목분야의 특성인 선형기반 모델의 정보를 인식할 수 없었다. BIM 모델에서 선형은 다양한 모양을 가진 선(線)이지만, SMC에서는 객체로 인식되지 않아 선형기반의 인프라 모델은 적용이 불가능하였다. 이 선형 정보는 각 측점이 가지고 있는 좌표와 높이 정보가 중요한 요소이지만, SMC에서는 이러한 정보를 인식할 수 없어, 이에 따른 토공 요소 검토와 구조물, 전기 · 신호 객체의 위치를 검토할 수 없는 치명적인 단점이 존재하였다. 초창기 BIM 모델 애플리케이션에서 3차원 좌표를 인식할 수 없었던 것과 같은 맥락이다.

토목인프라 BIM 모델의 품질검토를 위해서는 기본적으로 지형 및 지층 모델 포맷인 surface 객체와 선형 객체, 좌표, 측점 등의 정보를 인식할 수 있어야 한다. 인프라스트럭쳐가 정의된 IFC 4.0(ISO16739, 2013)은 이미 출시되었지만, IFC Alignment는 아직 인증받지 못한 상태이며, 더욱이 상업용 프로그램에서 이러한 IFC 포맷을 언제부터 지원할 수 있을지는 아직 장담할 수가 없다.

따라서, 이런 문제점을 해결하기 위해서는 최소한 3D 객체 모델의 형상과 정보 호환성이 양호한 IFC 4.0과 Landxml 2.0 이상 버전을 지원하는 프로그램이 요구되며, 이를 플랫폼으로 하는 룰 기반 품질관리 자동화 애플리케이션 개발이 필요할 것으로 검토되었다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부가 주관하고 국토교통과학기술진흥원에서 시행한 '철도인프라 생애주기 관리를 위한 BIM기반 통합플랫폼 개발 사업'(22RBIM-C158185-03)의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

References

Choi, J. S., Kim, I. H. (2016). Development of open BIM-based Quality Checking System, Architecturral Institute of Korea. Autumn Conference, 36(2).

CORENET, Singapore CORENET Project. http://www.corenet.gov.sg (July. 9. 2021).

General Services Administration, USA (2007). BIM Guide Series (01). pp. 2-32.

General Services Administration, USA, GSA BIM Program. http://www.gsa.gov/bim (July. 21. 2021).

Jeong, J. Y., Lee, G. (2009). Requirements for automated code checking for fire resistance and egress rule using BIM. In International Construction Management Conference, May 27-30, Jeju, Korea, Vol. 3., S5-3, pp. 316-322.

Kim, Y. R., Lee, S. H., Park, S. H. (2012). Development of Rule-Set Definition for Architectural Design Code Checking based on BIM, KJCEM. 36(6), pp. 143-152.

Korea Expressway Corporation (2015). Ex-BIM Guideline. pp. 53-81.

Korea Land & Housing Corporation (2018). LH Civil-BIM Practice Guideline. pp. 87-94.

Kwon, O. C., Cho, J. W., Cho, C. W. (2012). BIM Model Quality Improvement by Case Study Analysis, Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers, 17(3), pp. 164-174.

Martins, J.P., Monteiro, A. (2013) LicA : A BIM Based Automated Code Checking Application For Water Distribution Systems, Automation in Construction, 29(1), pp. 12-13.

Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2010). BIM in Architecture Application guide. pp.24-29.

Molio Anvisninger(BIPS), Denmark (2016). 3D Working Method/3D Project Agreement. pp.11-66.

MOLIT (Ministry of Land, Infrastructure and Transport) (2016). Road owner BIM Guidelines. pp. 17-34.

MOLIT (Ministry of Land, Infrastructure and Transport) (2018). Establishment of BIM-based project management system, R&D Report. pp. 11-12.

Moon, H. S., Kim, C. Y., Cho, K. H., Ju. K. B. (2016). An Object Quality Verification Method for BIM Libraries based on Standardized Drawings in Civil Projects : Focusing on Retaining Wall Case, Korea Academia-Industrial cooperation Society, 17(4), pp. 129-137.

National Building Specification, UK (2016). International BIM Report. pp. 4-22.

National Institute of Building Sciences, USA (2017). National BIM Guide for Owners. pp. 9-11.

National Railroad Corporation (2018). Railway Infrastructure BIM Guidelines (V.1.0). pp. 16-18.

Nawari, N. (2011). A Framework For Automating Codes Conformance In Structural Domain Journal of Computer and Information Technology, 1(1), pp. 569-577.

Public Procurement Service (2010). Facility business BIM Application Basic Guidelines. pp. 57-74.

Senate Properties, Finland (2017). BIM Requirements. pp. 5-66.

Song, J. K., Ju, K. B. (2013), Development of Rule Quality Checking Items to Raise Quality of BIM Model, KJCEM 14(5), pp. 131-143.

The Building and Construction Authority (BCA, Singapore) (2013). BIM Essential Guide for Contractors. pp. 3-36.

The Federal Institute for Research on Building, Urban Affairs and Spatial Development, Germany (2013). BIM guide for Germany. pp. 1-6.

Zhang, S., Lee, J. M., Venugopal, M., Teizer, J., Eastman, C. M. (2012). A Framework for Automatic Safety Checking of Building Information Models. Construction Research Congress 2012, pp. 574-581.