

# 철도 BIM의 룰 항목 도출을 위한 설계기준 검토

## A Review on Track Design Standards for Selection of Rule Items for Railway BIM

박수열<sup>1)</sup>, 배영훈<sup>2)</sup>, 박영곤<sup>3)</sup>, 김석<sup>4)</sup>

Park, Su-yeul<sup>1)</sup> · Bae, Young-hoon<sup>2)</sup> · Park, Young-kon<sup>3)</sup> · Kim, Seok<sup>4)</sup>

Received June 29, 2022; Received August 09, 2022 / Accepted August 06, 2022

**ABSTRACT:** Railway is composed in various components, such as subgrade, track bed, sleeper, rail, and overhead line, on a linear space. Therefore, comprehensive work for various design standards and guidelines is required when designing a railway facility. For this reason, much time and effort are required to review the relevant design standards and guidelines. While, automatic legal check system for BIM models has been developed in the architectural engineering, it has not been developed in the railway engineering. This study reviews the Korean design standard and the Korean code for railway engineering, and suggests some rule items of logical information. Comparing the suggested rule items to the railway BIM library, items of logical information and additional attribute information are obtained. The analysis results of railway design standards and BIM library presented in this study would be utilized for defining rule-set items that is essential for development of the automatic legal check system for railway BIM models.

**KEYWORDS:** Railway BIM, Logical Information Check, Rule Items, Design Standards, Ballasted Track

**키워드:** 철도 BIM, 논리정보 검토, 룰 항목, 설계기준, 자갈도상 궤도

### 1. 서론

#### 1.1 연구의 배경 및 목적

최근 국내·외 건설공사가 대형화됨에 따라 설계 및 시공단계에서 다양한 기술적 문제가 발생하고 있다. 이에 발주처 및 설계·시공주체에서는 BIM(Building Information Modeling) 기술을 도입하여 설계 및 시공단계에서 발생하는 문제를 해결하기 위한 기술적 해결방안을 모색하고 있다(Eastman et al., 2009). 건축분야에서는 2012년부터 조달청 공공사업 500억 이상에 대해 BIM을 적용하였고, 국토교통부의 '건축 BIM 활성화 로드맵'(21~'30)'에 따라 2025년까지 한국토지주택공사 (KOREA LAND & HOUSING CORPORATION, LH)의 공동주택 설계에도 100% 의무화 시행하여 BIM의 전면 도입을 계획하고 있다(MOLIT, 2020).

건축분야에서 BIM은 설계 및 시공단계에서 3D BIM, 4D BIM, 5D BIM 등으로 구축되어 도면 불일치, 오류 및 간섭사항 체크, 공사 계획 및 일정 검토, 모델기반의 물량산출 및 적산 등 다양하게 활용되고 있다(Lee et al., 2021). 이에 반해 철도분야는 건축분야보다 늦게 BIM 기술을 도입하였다. 2018년 국토교통부는 '철도 BIM 2030 로드맵'을 발표하여 철도BIM의 적용 및 발전계획을 제시하였다(MOLIT, 2018b). 건축분야에 비해 철도분야가 상대적으로 BIM 기술이 늦게 도입된 것은 철도의 산업적 특성에 따른 것으로 다음과 같이 구분하여 설명할 수 있다. 첫째, 철도시설물은 타 구조물과 달리 선형의 좁은 공간에 노반, 도상, 레일, 전차선 등 다양한 시설물이 복합적으로 구성되어 있어 관련 법령 및 기준을 검토하는데 많은 어려움이 있다. 둘째, BIM을 도입하기 위해서는 설계 및 시공단계에서 BIM 모델의 일관성(Consistency)

<sup>1)</sup> 정회원, 한국교통대학교 철도융합시스템공학과 박사과정 (sypark@ut.ac.kr)

<sup>2)</sup> 정회원, 한국철도기술연구원 첨단인프라융합연구실 책임연구원 (yhbae@krri.re.kr)

<sup>3)</sup> 정회원, 한국철도기술연구원 첨단궤도토목본부 본부장 (ykpark@krri.re.kr)

<sup>4)</sup> 정회원, 한국교통대학교 철도인프라시스템공학과 부교수 (kimseok@ut.ac.kr) (교신저자)

을 확보해야 하는데 철도분야는 시설물의 특성상 일관성의 확보에 어려움이 있다(Park and Seo, 2017a; Park and Seo, 2017b). 건축분야의 경우는 벽, 바닥, 지붕, 계단 등 정형화된 BIM 라이브러리를 구현 가능하지만, 철도분야는 구간마다 선형 및 구조물이 다르기 때문에 표준화에 어려움이 발생한다. 마지막으로 BIM 라이브러리를 개발하기 위한 소프트웨어들이 건축분야에 특화되어 철도분야에 적용하는데 어려움이 있다. 기존의 BIM 개발 소프트웨어는 건축물의 층(Floor) 중심의 수직적인 모델링 프로세스를 따르는 경향이 크다. 그러나 철도 설계는 수평적인 선형에 따라 구성요소를 생성하고 배치하므로 설계측면에서 건축분야와 철도분야의 BIM 소프트웨어에 접근 방식에 차이가 있다(Kwon et al., 2017; Jang et al., 2017).

앞에서 살펴본 바와 같이 철도분야에 BIM을 도입하기 위해서 해결해야 하는 다양한 문제들이 있다. 제시한 세가지 문제점 중에서 본 연구는 철도시설물의 법령 및 기준검토의 어려움에 초점을 맞춰 관련 문제를 해결하기 위해 연구를 수행하였다. 본 연구는 철도BIM모델의 자동 법규검토시스템 개발을 위해 자갈도상궤도를 대상으로 철도 BIM 라이브러리 및 설계기준을 검토하였으며, 검토한 철도 BIM 라이브러리 및 철도 설계기준의 검토내용을 기반으로 룰 항목 선정 및 개발 중인 철도인프라 BIM 디지털 모델 라이브러리와 비교하여 논리정보, 속성정보 등 관련 사항을 검토하였다.

## 1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 연구수행을 위해 철도시설물 중에서 자갈도상궤도를 연구범위로 선정하였고, 분기 및 콘크리트도상궤도는 연구의 범위에서 제외하였다. 또한 자갈도상궤도의 관련 법령 및 BIM 라이브러리 검토를 위해 철도설계기준(KDS), 철도설계지침 및 편람(KR CODE), 철도인프라 BIM 디지털 모델 라이브러리를 중심으로 분석하였다.

연구의 수행방법으로는 우선 국내·외 BIM 모델 자동 법규 검토시스템에 대한 문헌고찰을 실시하여 건축분야의 룰셋 정의서에 관한 연구 및 사례를 중심으로 BIM 모델의 자동 품질검토에 대한 개념 및 절차에 대한 검토를 수행하였다. 또한 철도설계기준 및 편람에서 자갈도상궤도를 대상으로 논리정보의 룰 항목을 선정하였으며, 국내의 철도설계기준, 철도설계지침 및 편람 중에서 자갈도상에 관한 설계기준을 중심으로 검토하였다 (Korea rail network authority, 2018a; Korea rail network authority, 2018b; Korea rail network authority, 2013; Korea rail network authority, 2019a; Korea rail network authority, 2019b; Korea rail network authority, 2019c; Korea rail network authority, 2016). 또한, 검토한 법규 및 기준에서 룰셋 정의서 개발에 필요한 룰 항목을 도출하여 「철도인프라 생

애주기 관리를 위한 BIM기반 통합플랫폼 개발」 연구과제(KRII, 2021)에서 개발한 '철도인프라 BIM 디지털 모델 라이브러리'와 비교 및 분석을 실시하였다.

## 2. 기존 문헌 고찰

### 2.1 BIM 모델 자동 법규검토시스템 검토

BIM을 기반으로한 자동 법규검토시스템 개발에 관한 연구는 국외 뿐만 아니라 국내에서도 이루어지고 있다. 싱가포르는 1995년 정부 주도로 건축물의 자동 법규검토시스템을 개발하는 CORENET 프로젝트를 시작하였다. CORENET 프로젝트는 웹 기반의 건설행정시스템으로 기업과 정부부서간의 정보공유를 위한 프로젝트이다. CORENET 프로젝트에서 개발한 시스템은 e-Submission 시스템, e-Information 시스템, e-Plancheck 시스템으로 구분된다. e-Submission 시스템은 기업과 정부 간에 업무와 관련된 문서를 공유하기 위한 웹기반 시스템이고, e-Information 시스템은 웹기반의 정보 공유 시스템으로써 정부 행정부서와 기타 조직으로부터 생성된 다양한 정보를 열람할 수 있다. 마지막으로 e-Submission 시스템은 IFC(Industry Foundation Class) 포맷을 기반으로 개발되었으며 건축물에 대한 자동 법규검토를 위한 기능이 포함되어 있다 (Eastman et al., 2009; Lee et al., 2012). 또한, 미국의 조지아 공과대학교 (Georgia Institute of Technology)는 2006년부터 2007년까지 미국 법원의 설계 단계에서 납품된 BIM 데이터를 검토하여 보안 수준과 동선을 해석하고 분석하였다. 이를 통해 법원 건축물의 설계에서 일반인, 판사, 직원, 죄수, 증거물 간의 동선을 분석하여 공간설계에 문제점을 도출하였다. 이러한 BIM 설계 데이터를 검토하기 위해 조지아 공과대학교는 Solibri Model Checker(SMC)를 플랫폼으로 사용하여 자동 법규검토시스템을 구축하였다 (Eastman et al., 2009).

국내에서는 2020년 건축 인허가 및 법규 자동검토 시스템으로 KBIM Assess-Lite에 관한 연구가 수행되었다(Kim et al., 2020). KBIM Assess-Lite 연구는 IFC를 기반으로 수행되었으며, BIM 도구와 관련 없이 IFC 파일만으로 법규 검토가 가능한 특징을 가지고 있다. 또한 법규검토의 결과는 간략하게 Pass(통과), Fail(실패), N/A(해당사항 없음)으로 확인할 수 있다. KBIM Assess-Lite 연구는 건축행정시스템인 세움터와 연계하여 실증테스트를 수행하였고, 머신러닝 기법인 MVCNN(Multi-View Convolutional Neural Network), SVM(Support Vector Machine) 알고리즘을 적용하여 기준 검토시스템의 성능 향상을 위한 연구를 수행하였다 (Rehman et al., 2021). 상기 연구들과 같이 국내·외 BIM 모델을 기반으로 개발되는 자동 법규검토시스템에 관한 연구는 대부분 건축분야를

중심으로 수행되었고, BIM기반의 자동 법규검토시스템을 적용하여 업무의 효율성이 향상되었다고 평가하고 있다.

## 2.2 BIM 모델의 자동 품질검토 개념 및 절차 검토

국내 '건축분야 BIM 적용 가이드'에 따르면 BIM 품질의 검토방법은 수동적 방법과 자동적 방법으로 구분한다(MOLIT, 2010). 수동적 방법은 사람이 모델 데이터를 확인할 수 있는 뷰어(Viewer)를 사용하여 품질검토 대상을 직접 육안으로 확인하는 것이며, 자동적 방법은 소프트웨어 기능에 의하여 자동으로 확인하는 방법을 말한다. 자동적 품질검토 방법의 경우에는 모델데이터를 분석할 수 있는 품질검토 소프트웨어를 사용해야하며, 이 때 품질검토를 위한 조건이나 규칙이 사전에 마련되어야 한다. 또한 BIM 모델의 품질검토는 물리적 품질검토, 논리적 품질검토, 데이터 품질검토로 구분된다. 물리적 품질검토는 모델을 구성하는 형상에 대한 객체간의 간섭검토와 최소요구기준 검토 등의 형상에 관한 품질검토를 의미하며, 논리적 품질검토는 관련 법령 및 규정 에 대한 기준과 같이 논리적인 판단에 의한 품질검토를 의미한다. 데이터 품질검토는 시설물을 구성하는 공간 및 부재 객체의 정보표현과 요구하는 속성정보가 입력되었는지를 판단하는 품질검토를 의미한다(Choi et al., 2011). 또한, 국내 철도분야에서 BIM 모델의 품질검토 가이드라인으로는 '철도 인프라 BIM 가이드라인 VER1.0'이 있다. '철도 인프라 BIM 가이드라인 VER1.0'는 간섭검토, 공정계획검토, 주요 수량 검토 등 철도 BIM의 활용방안 및 철도 설계단계에 따른 LOD(Level of Detail)의 수준에 관한 내용이 대부분이며, 논리품질검토에 관한 부분은 설명이 부족하기에 본 연구에서는 '건축분야 BIM 적용 가이드'의 논리적 품질검토의 개념을 채택하여 철도 설계기준 및 편람의 논리적 품질검토를 수행하였으며 룰셋항목 도출 및 룰셋 정의서에 필요한 설계기준의 검토를 수행하였다(MOLIT, 2018a).

일반적으로 BIM모델의 법규 및 설계기준 자동검토 시스템 개발 연구에서는 시스템 개발을 위해 룰셋 정의서가 필요한데, 룰셋 정의서의 작성을 위해서는 대상 법규 및 기준에 대한 분석과 BIM 모델의 객체 속성 및 대상 법규와의 연계성이 분석되어야한다. 그리고 선정한 설계기준 및 편람을 컴퓨터가 이해할 수 있도록 구조화하고, 룰 기반 모델 체커(Model checker)에서 구현할 수 있도록 룰에 대한 절차 및 설명을 제공하는 룰셋 정의서를 작성한다(Song and Ju, 2013). 룰 기반의 모델 체커에서 룰은 논리적 품질검토를 위한 BIM 모델의 법령 및 기준을 의미하며, 룰셋은 컴퓨터가 판별할 수 있는 언어의 형태를 의미한다(Kim et al., 2012). 본 연구는 철도 BIM모델 설계기준 자동검토시스템 개발을 위해 필요한 룰셋 정의서를 작성을 위한 것으로 관련 법령 및 설계기준 검토를 통해 룰 항목으로 표현 가능한 자연어를 도출하였으며, 도출한 룰 항목은 철도 BIM 라이브러리와 비교 및 분석하였다.

## 3. 국내 철도 궤도분야 설계기준 및 편람 검토

### 3.1 국내 철도 궤도분야 기준검토

국내의 철도설계 법령은 국토교통부에서 고시하고 있는 철도설계기준과 철도공단에서 발표한 철도설계지침 및 편람으로 구성되어있다. 철도설계기준은 설계기준의 특성에 따라 공통편, 시설물편, 사업편으로 구분되어 있었으나(Hwang et al., 2015), 2016년 건설기준 코드화로 통합 및 정비됨에 따라 'KDS 47 00 00'의 형식으로 통합하였다(Hwang et al., 2015; MOLIT, 2019). 그러나 아직까지 현업에서는 이전 설계기준인 철도설계기준(노반편, 2015) 등을 많이 사용하고 있으며, 철도지침 및 편람은 KDS 코드체계화가 이뤄지지 않고 'KR T-00000' 형식으로 사용하고 있다.

이에 본 연구에서는 전체적으로 최신의 철도설계기준인 노반설계 일반사항(KDS 47 10 05 : 2021), 철도설계기준(노반편, 2016), 철도지침/편람 KR T-01010(총칙, 2014) 등을 상호 비교하여 검토하였다. 본 과정을 통해 최신의 철도설계기준(KDS), 이전의 철도설계기준(KDS), 철도지침 및 편람(KR CODE)을 동시에 비교하여 기준 및 의미가 다른 부분 검토 등 전체적으로 기준간의 차이점을 확인하였다. 이후에 Table 1과 같이 연구범위인 자갈도상궤도의 설계기준(KDS 2016, 2019), 지침 및 편람(KR CODE)을 집중적으로 검토하여 기준간 표현 및 의미가 다른 부분, 개정된 부분 등을 확인하였으며, 이를 기반으로 BIM 모델의 룰셋 정의서 작성을 위한 룰 항목을 도출하였다. 세 가지의 철도설계기준 및 편람을 검토한 결과에 따르면, 코드화된 최신의 설계기준 및 이전 설계기준의 비교에서는 일부 기준은 개정되었지만, 대부분의 기준들은 유사한 것을 확인할 수 있었다. 최신의 설계기준과 편람 및 지침을 비교한 결과는 설계기준의 경우는 주로 개념적인 설명 및 주요 기준이 명시되어 있었고, 해당 기준의 자세한 설명 및 기준은 설계지침 및 편람에서 확인 가능하였다. 이러한 기준간의 검토결과를 고려하여 본 연구에서는 BIM모델의 룰 항목 도출 시 이전 철도설계기준은 제외하였고, 최신의 철도설계기준과 철도설계지침 및 편람을 상호 검토하여 룰 항목을 도출하였다.

Table 1. Review on korean design standards of ballasted tracks

Korean Design Standard (The latest version)	Korean Design Standard (The previous version)	Korean Code
General track design (KDS 47 20 05 [2019])	Railway track design (KDS 47 20 05 [2016])	General track design (KR C-14010 [2013])
Linear and wiring (KDS 47 20 10 [2019])	-	Track alignment and wiring (KR C-14020 [2018])
Ballasted track (KDS 47 20 15 [2019])	-	Ballasted track structure (KR C-14030 [2018])

### 3.2 자갈궤도 BIM 모델의 논리정보 검토 및 룰 항목 도출

본 단계에서는 Table 1의 설계기준들을 검토하여 룰 항목을 도출하였다. 도출한 룰 항목은 철도BIM 모델의 자동 법규검토시스템 개발을 위해 필요한 룰셋 정의서 작성에 사용된다. 룰 항목의 도출방법으로는 Table 1에서 검토한 설계기준 및 편람의 검토결과 중에서 실무에서 자주 사용하고, 소프트웨어 상에서 표현이 용이한 정량적 기준들을 위주로 선정하였다. 또한 철도 BIM 라이브러리에서 검토 가능한 속성정보도 참고하여 룰 항목을 도출하였다. 특별히 본 연구는 시스템개발의 방향성 선정을 위해 수행되는 연구의 성격이 크므로 본 연구에서는 사용 빈도가 높다고 판단되는 항목을 중심으로 룰 항목을 도출하였다. 이에 Table 1의 철도설계기준 및 편람에서 실무 활용성이 높으며 자연어 코딩이 가능한 정량적 기준들을 선별하였고, 철도 BIM 라이브러리의 속성정보와 비교하여 Table 2와 같이 룰 항목을 도출하였다. 선정한 룰 항목은 Table 2와 같이 네 가지를 도출하였다. Table 2는 자갈도상궤도의 법규에서 도출한 네 가지 룰 항목과 해당 설계기준 및 편람을 정리한 것이다.

Table 2. Selections of the ballasted track rule items for railway BIM

Facilities	Rule items (Reviewed)	Track design standards
Ballasted track	① Review of ballasted tracks standard cross-section (Logical information review item)	· KDS 47 20 15 (2019) · KR C-14030 (2018)
	② Review of cant measurement (Logical information review item)	· KDS 47 20 10 (2019) · KR C-14020 (2018)
	③ Review of the spacing between the centers of tracks (Additional item for attribute information)	· KDS 47 20 10 (2019) · KR C-14020 (2018)
	④ Review of foundation level and rail level standard (Additional item for attribute information)	· KDS 47 20 15 (2019) · KR C-14030 (2018)

네 가지의 룰 항목은 논리정보 항목검토에 해당하는 '자갈도상 표준 단면검토', '캔트값 검토'를 도출하고, 속성추가 필요항목으로 '궤도 중심간 간격 검토', '시공기면과 레일면고 기준검토'를 도출하였다. 본 연구에서 검토한 논리정보 항목검토는 자동검토방법 중에서 논리적 품질검토에 해당하며, 속성추가 필요항목은 논리적 품질검토를 수행하며 철도BIM 라이브러리에서 기재되어 있지 않지만 최소한으로 필요한 부분들을 본 연구에서 제안한 것이다.

### 4. 철도설계기준 및 철도인프라 BIM 디지털 모델 라이브러리 비교 및 분석

본 장에서는 도출한 자갈도상궤도의 룰 항목에 대해서 최신 설계기준, 철도설계지침 및 편람, 철도인프라 BIM 디지털 모델 라

이브러리를 상호 비교하여 논리정보 관점에서 검토하였다. 또한, 본 작업에서 철도설계기준 및 BIM 라이브러리에 대해 검토를 수행하며 철도설계기준 및 편람에는 기준이 있으나 철도인프라 BIM 디지털 모델 라이브러리에는 관련 내용이 없는 항목에 대해 속성정보 추가 항목으로 따로 분류하였다. 이에 본 연구에서 검토한 항목으로는 논리정보 항목, 속성정보 추가 항목 등이며, 룰셋 정의서로 표현 가능한 정량적 기준을 중심으로 분석하였다. 또한 그 외에 외부정보 연계 필요 항목을 추가하여 개발 중인 철도인프라 BIM 디지털 모델 라이브러리에 반영이 필요한 부분을 기재하였다.

#### 4.1 철도인프라 BIM 디지털 모델 라이브러리 소개

본 연구에서 활용한 철도 BIM 라이브러리는 「철도인프라 생애주기 관리를 위한 BIM기반 통합운영시스템 개발」 과제에서 개발 중인 연구의 중간결과물이며(KRII, 2021), 철도인프라 BIM 디지털 모델 라이브러리 중에서 자갈도상 부분을 활용하여 논리정보에 해당하는 룰 항목을 도출하였다. 본 연구에서 활용한 철도 BIM 라이브러리 프로토타입은 한국철도시설공단의 시설물분류체계를 활용하여 코드체계를 부여하였고, 각 부재의 명칭 및 변수명을 지정하였다(Lee et al., 2018). Table 3은 철도인프라 BIM 디지털 모델 라이브러리에서 자갈도상 중 단선에 해당하는 표준유형을 발췌한 것이며, LOD 100, LOD 200 수준으로 레일의 높이, 침목부, 두상두께, 노반면 기울기, 도상어깨의 폭 등의 표준유형의 정보를 포함하고 있다.

Table 3. Rail infrastructure BIM digital model library (ballasted track, single track)

Facility	Level	Object	Standard type		
			Shape		
			Measurement	difference	
Ballasted track	LOD 100, LOD 200	Ballast profile with sleeper	Rail level (a)		
			Height of rail (b)		
			Sleeper	Thickness (c)	Layer, Color, Texture
				Rail side slope (d)	
				Width (e)	
			Thickness of Ballast (f)		
			Slope of surface (g)		
			Width of Ballast shoulder (h)		
			Extra banking (i)		
			Surface slope of ballast track (j)		
Starting point cant measurement (k)					
End point cant measurement (l)					

#### 4.2 논리정보 항목검토

본 장에서는 Table 2의 논리정보 항목을 검토한 내용 중 한 가지의 대표 사례를 보여주고자 한다. 본 연구에서 논리정보의 항목검토로 선정한 대표적인 룰 항목은 Table 2와 같이 「자갈도상 표준 단면검토」, 「캔트값 검토」이며, 이 중에서 임의로 선정한 룰

항목인「자갈도상 표준 단면검토」에 관한 분석내용은 아래의 <분석내용예시>를 통해 확인 할 수 있다. 「자갈도상 표준 단면검토」에 해당하는 법규는 철도설계기준(KDS 47 20 15 : 2019 자갈궤도)과 설계지침 및 편람 (KR C-14030 2018.09.10. 자갈궤도 구조)이며, Table 3의 철도인프라 BIM 디지털 모델 라이브러리에서 형상의 치수에 해당하는 정보를 동시에 검토하였다.

설계기준 및 편람, 철도인프라 BIM 디지털 모델 라이브러리에서 논리정보 항목을 검토한 결과로 2019년도 설계기준 KDS 24 20 15에는 자갈도상 궤도의 표준 단면에 관한 상세한 정보 보다는 설계기준의 방향성 및 설계 시 포함되어야 하는 내용들이 기재되어 있는 것을 확인 할 수 있었다. 또한, 설계지침 및 편람의 검토에서는 2019년도 설계기준에 비해 상세한 기준들이 기재되어 있고, BIM 라이브러리와 비교하였을 때, LOD 100, LOD 200 수준에서 ‘레일의 높이’, ‘침목부(두께, 레일면 기울기, 폭)’, ‘두상두께’, ‘노반면 기울기’, ‘도상어깨의 폭’ 등에 관한 항목들 확인 할 수 있었다. 논리정보에서 검토한 구체적인 내용은 아래의 <분석내용 예시>에서 정리하였다.

### 4.3 속성정보 추가 및 외부정보 연계 필요 항목

또한, 논리정보 항목 이외에 Table 2의 룰 항목을 검토하며 설계기준 및 편람에는 있으나, 철도인프라 BIM 디지털 모델 라이브러리에서 관련 정보가 없는 것을 확인하여 관련 속성정보 철도인프라 BIM 디지털 모델 라이브러리에 추가될 필요가 있는 항목을 제안하였다.

본 연구에서 속성정보 추가항목으로 선정한 대표적인 룰 항목은 Table 2와 같이 「궤도 중심간 간격 검토」, 「시공기면과 레일면고 기준검토」이며, 이 중에서 임의로 선정한 룰 항목인「궤도 중

심간 간격 검토」에 추가되어야 할 부분을 아래에서 <분석내용예시>에 정리하였다. 궤도 중심간 간격 검토」의 법규는 철도설계기준(KDS 47 20 10 : 2019 선형 및 배선)과 설계지침 및 편람(KR C-14020 2018.09.10. 궤도 선형 및 배선)이며, Table 3의 철도인프라 BIM 디지털 모델 라이브러리에서 형상의 치수에 해당하는 정보를 동시에 검토하였다.

본 연구에서 관련 기준들을 검토한 결과로 철도 BIM 라이브러리가 단선을 중심으로 개발되어 복선에서 안전사고와 밀접한 연관이 있는 궤도 중심간 간격에 관한 속성항목은 확인 할 수 없었다. 궤도 중심간 간격은 설계지침 및 편람(KR C-14020 2018)에서 설계속도에 따라 궤도의 최소 중심간격이 정량적 수치로 잘 정리되어 있어 BIM 모델 검토 시 사용가능한 항목으로 판단되어 본 연구에서 제안하고자 한다. 속성정보 추가 필요 룰 항목에 대한 구체적인 내용은 아래의 대표 사례인 <분석내용 예시>를 통해 확인 가능하다.

또한, 속성정보의 추가 이외에 외부정보 연계가 필요한 항목도 제안하고자 한다. 본 연구의 관련 설계기준 및 편람을 검토하며 철도설계기준과 편람의 기준들이 열차 속도 등 외부정보에 따라 기준 값이 다르게 적용되는 것을 확인 할 수 있다. 관련 설계기준 및 편람에서는 아래의 KR C-14020에서와 같이“ $v \leq 70$ ,  $70 < v \leq 150$ ,  $150 < v \leq 250$ ”, “ $250 < v \leq 300$ ”등으로 속도를 상세하게 구분하여 기준들을 제시하고 있다. 이에 반해 철도인프라 BIM 디지털 모델 라이브러리에는 아직까지 일반철도, 고속철도 등으로 열차의 속도에 대해 상세하게 구분하지 않는 것으로 검토되었다. 이에 본 연구에서는 차량 설계속도 등과 같은 외부정보와 철도인프라 BIM 디지털 모델 라이브러리가 연계가 필요한 것으로 분석되었다.

#### <분석내용 예시 (논리정보 룰 항목 검토)>

: 아래는 철도설계기준 및 편람에서 룰 항목인 「자갈도상 표준 단면검토」에 해당하는 내용을 일부 발췌한 것이며, 철도인프라 BIM 디지털 모델 라이브러리(Table 3)에 해당하는 기준을 (a) ~ (j)로 표시하였다. 본 논리정보 룰 항목검토에 관한 분석내용의 결과는 Table 5에서 확인가능하다.

– 설계기준 (KDS 47 20 15 : 2019 자갈궤도)에서 일부 발췌 –

#### 1. 일반사항

#### 1.2 적용 범위

#### 1.6.1 자갈궤도 표준단면

- (2) 자갈궤도 표준단면은 고속중의 열차하중작용과 장기적인 열차운행에 의한 누적통과 하중에 따른 궤도의 안전성을 확보하고, 유지보수 노력 절감과 경제성을 고려하여 최적의 단면을 결정하여야 한다.
- (3) 자갈궤도 표준단면은 설계속도, 도상어깨폭 기울기, 최소 도상어깨폭(h), 도상어깨 더듬기(i), 장대레일 여부, 자갈 비산 등을 고려하여 결정하여야 한다.

- 설계지침 및 편람 (KR C-14030 2018.09.10, 자갈궤도 구조)에서 일부 발췌 -

3. 자갈궤도 표준단면

3.2 자갈도상 표준단면

(1) 설계속도  $V \leq 200\text{km/h}$  이하의 자갈궤도 표준단면은 아래를 표준으로 한다.

① 도상 어깨폭의 기울기는 직선 및 곡선을 포함하여 장대화 와 관계없이 1:1.6을 표준으로 한다.

② 최소 도상 어깨폭은 다음을 표준으로 한다. (h)

가. 장대 및 장척레일 구간 : 450mm 이상

나. 정척레일 구간 : 350mm 이상

③ 장대 및 장척레일 구간은 도상어깨 상면에서 100mm이상 더돋기를 한다. 다만, 현장여건을 감안하여 제외할 수 있다. (i)

(설계속도  $200 < V \leq 350\text{km/h}$  구간, 설계속도  $230\text{km/h}$  이상 구간 정보 생략)

해설 1. 자갈궤도 표준단면

1. R.L-F.L 적용

1.1 일반사항

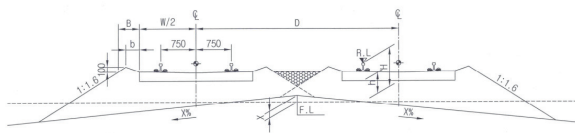
(3) 자갈궤도의 R.L-F.L의 공칭값은 설계속도를 고려하여 아래의 기준에 따라 적용한다(Table 4). 다만, 레일의 종별이나, 침목형상, 레일패드 등의 변경에 따라 값을 변경할 수 있다. (f)

Table 4. R,F-F.L. application standards according to design speed

Design speed V (km/h)	Rail (kg/m)	Minimum track bed thickness (mm)	R.L-F.L(mm)
$230 < V \leq 350$	60	350	740
$150 < V \leq 230$	60	300	690
$120 < V \leq 150$	60	300	680
$70 < V \leq 120$	50	270	630
$V \leq 70$	50	250	610

2. 자갈궤도 표준 단면

(6) 이상의 기준에 따라 노반기울기 형태 또는 구조물별로 구분한 자갈궤도 표준 단면은 다음과 같다.



< 노반면이 볼록형(△형)이고  
장대 · 장척구간의 경우 ( $V \leq 200\text{km/h}$ ): 직선의 경우 >

여기서, D : 선로중심 간격(mm)

H : R.L ~ F.L(mm)

h : 최소 도상두께(mm) (f)

W : 침목폭(mm) (e)

B : 최소 도상어깨폭(mm) (h)

b : 더돋기까지의 도상 어깨폭(mm) (i)

C : 캔트량(mm) (k), (l)

X : 시공기면 횡단 기울기(%)

(7) 도상어깨폭 및 더돋기

① 장대 및 장척레일 구간 : 450mm 이상 (단, 고속전용선의 경우 500mm 이상) (h)

② 정척레일 구간 : 350mm 이상 (h)

③ 장대 및 장척레일 구간의 도상어깨는 도상 횡저항력 강화를 목적으로 침목끝단에서 300mm(고속전용선의 경우 특수한 개소에 350mm) 까지 100mm 더돋기 하는 것을 원칙으로 한다. (i)

Table 5. The comparison result of logical information rules items for BIM digital model library (table 3) and korean design standard / korean code

Facility	Standard type	Analysis of rule items of logical information [○: Related content, × : Nothing related]	
Ballasted track	Rail level (a)	×	
	Height of rail (b)	×	
	Sleeper	Thickness (c)	×
		Rail side slope (d)	×
		Width (e)	○
	Thickness of Ballast (f)	○	
	Slope of surface (g)	×	
	Width of Ballast shoulder (h)	○	
	Extra banking (i)	○	
	Surface slope of ballast track (j)	×	
	Starting point cant measurement (k)	○	
	End point cant measurement (l)	○	

〈분석내용 예시(속성정보 추가 필요 항목 검토)〉

: 아래는 철도설계기준 및 편람에서 룰 항목인 「궤도 중심간 간격 검토」에 해당하는 내용을 일부 발췌한 것이며, 철도인프라 BIM 디지털 모델 라이브러리에 해당하는 부분에 '치수'의 (a) ~ (l)로 표시하여야 하나 관련된 사항이 아직 철도인프라 BIM 디지털 모델 라이브러리에 반영이 되지 않았으므로 직선구간의 궤도 중심간 간격에 대한 편람에 관한 내용을 표시하였다.

- 설계기준 (KDS 47 20 10 : 2019 선형 및 배선)에서 검토 결과 -  
: 관련 기준 없음

- 설계지침 및 편람 (KR C-14020 2018.09.10. 궤도 선형 및 배선)에서 일부 발췌 -  
3.11 궤도의 중심간격

(1) 정거장외의 구간에서 2개의 선로를 나란히 설치하는 경우에 궤도의 중심간격은 설계속도에 따라 다음 표의 값 이상으로 하여야 하며, 고속철도 전용선의 경우에는 다음 각 호를 고려하여 궤도의 중심간격을 다르게 적용할 수 있다. (다만, 궤도의 중심간격이 4.3미터 미만인 구간에 3개 이상의 선로를 나란히 설치하는 경우에는 서로 인접하는 궤도의 중심간격 중 하나는 4.3미터 이상으로 하여야 한다.)

- ① 차량교행 시의 압력
- ② 열차풍에 의한 작업원의 안전  
(선로사이에 대피소가 있는 경우에 한한다)
- ③ 궤도부설 오차
- ④ 직선 및 곡선부에서 최대 운행속도로 교행하는 차량  
및 측풍 등에 의한 탈선 안전도
- ⑤ 유지보수의 편의성 등

Table 6. Ballast track center spacing according to design speed

Design speed V (km/h)	Minimum center spacing of ballast track (m)
250<V≤350	4.5
150<V≤250	4.3
70<V≤150	4.0
V≤70	3.8

## 5. 결론

본 연구는 철도시설물의 법령 및 기준검토 작업의 효율성을 높이고자 자갈궤도를 대상으로 철도 설계기준 및 편람을 검토하여 논리정보의 룰 항목을 선정하였다. 선정된 룰 항목은 철도 설계기준·편람 및 철도 BIM 라이브러리를 상호 비교하여 논리정보 항목검토, 속성정보 추가 항목검토, 외부정보 연계 추가 항목검토에 대한 분석 결과를 도출하였다. 본 연구의 수행 방법으로는 국내·외 BIM 모델 자동 법규검토시스템에 대한 문헌 고찰을 실시하여 철도분야에 비해 먼저 BIM 모델 자동 법규검토시스템의 연구를 수행한 건축분야의 사례를 검토하여 룰셋 정의서에 관한 연구를 중심으로 BIM 모델의 자동 품질검토에 대한 개념 및 절차에 대한 문헌 검토를 수행하였다. 또한 철도설계기준 및 편람에서 자갈궤도를 대상으로 논리정보의 룰 항목을 선정하였고, 국내의 철도설계기준, 철도설계지침 및 편람에서 자갈궤도에 관한 설계기준을 검토하였다. 또한, 검토한 법규 및 기준에서 룰셋 정의서 개발에 필요한 룰 항목을 도출하였고, 철도인프라 BIM 디지털 모델 라이브러리와 검토한 법규에 대한 비교 및 분석을 실시하여 연구의 결과를 도출하였다.

연구를 수행한 결과로 논리정보 항목에서 「자갈궤도 표준 단면 검토」, 「캔트값 검토」의 룰 항목을 도출하였다. 본 논문에서는 대표적으로 「자갈궤도 표준 단면검토」에 해당하는 철도설계기준과 설계지침 및 편람의 기준들을 철도인프라 BIM 디지털 모델 라이브러리와 상호비교하여 관련 사항을 검토하였다. 또한, 철도인프라 BIM 디지털 모델 라이브러리에 추가될 사항을 제안하는 항목으로 속성정보 추가항목의 룰 항목인 「궤도 중심간 간격 검토」, 「시공기면과 레일면고 기준검토」를 도출하였으며, 대표 사례로 「궤도 중심간 간격 검토」에 해당하는 검토내용을 추가하였다. 마지막으로 철도인프라 BIM 디지털 모델 라이브러리에서 외부정보의 연계가 필요한 항목인 열차속도에 관한 정보의 추가도 제안하였다.

이러한 본 연구의 결과는 현재 수행 중인 철도BIM모델 기반의 자동 법규검토시스템 개발 연구의 룰셋 정의서 개발에 활용되며, 향후 국내 철도분야의 BIM 도입 및 적용 시 활용될 것으로 기대한다. 그러나 본 연구는 전체 철도시설물을 연구의 범위로 설정하지 못하고 자갈궤도로 한정하여 수행한 것은 연구의 한계점이라 할 수 있다. 향후, 개발이 완료된 철도인프라 BIM 디지털 모델 라이브러리를 대상으로 추가연구 시 실무자와의 기술적 협업을 통해 룰 항목의 논리적 검토가 현실성 있게 이루어질 필요가 있다.

## 감사의 글

본 연구는 한국연구재단의 기초연구지원사업 (과제번호: NRF-2020R1F1A1073089) 및 국토교통부 철도인프라 생애주기 관리를 위한 BIM기반 통합플랫폼 개발사업 (과제번호: 22RBIM-C158191-03)의 지원을 받아 수행되었습니다.

## References

- Choi, J. S., Kim, I. H. (2011). Interoperability Tests of IFC Property Information for Open BIM based Quality Assurance, *Korean Journal of Computational Design and Engineering*, 16(2), pp. 92-103.
- Eastman, C., Lee, J. M., Jeong, Y. S., Lee, J. K. (2009). Automatic rule-based checking of building designs, *Automation in Construction* 18(8), pp. 1011-1033.
- Hwang, S. K., Kim, M. C. Pyo, S. H. (2015). Railroad Track Design Standard (draft) and the Framework of Construction Code, *Proceedings of the Korean Society for Railway*, Autumn, KSR2015A183.
- Jang, S. G., Kwon, T. H., Park, S. I., Lee, S. H. (2017). A Method of Tunnel Information Modeling Reflecting Curved Alignment and Model-based Information Management using IFC Data Schema, *Computational Structural Engineering Institute of Korea*, 30(6), pp. 549-557.
- Kim, I. H., Lee, S. J. Choi, J. S. (2020). The Introduction of openBIM-based Building Code Compliance Checking System, *The BIM Spring 2020 Vol.22*, pp. 34-38.
- Kim, Y. L., Lee, S. H., Park, S. H. (2012). Development of Rule-Set Definition for Architectural Design Code Checking based on BIM (for Act on the Promotion and Guarantee of Access for the Disabled, the Aged, and Pregnant Women to Facilities and Information), *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, 13(6), pp. 143-152.
- Korea rail network authority (2018a). Ballasted track structure, KR C-14030, pp. 1-46.
- Korea rail network authority (2018b). Track alignment and wiring, KR C-14020, pp. 1-52.
- Korea rail network authority (2013). Track design general, KR C-14010, pp. 1-77.
- Korea rail network authority (2019a). Ballasted track, KDS 47 20 15, pp. 1-2.



- Korea rail network authority (2019b). Linear and wiring, KDS 47 20 10, pp. 1–2.
- Korea rail network authority (2019c). General track design, KDS 47 20 05, pp. 1–5.
- Korea rail network authority (2016). railway track design, KDS 47 20 05, pp. 1–5.
- Korea Railroad Research Institute (2021). Development of technology for improving productivity and quality control of railroad infrastructures BIM design, Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement (KAIA)
- Kwon, T. H., Park, S. I., Shin, M. H, Lee, S. H. (2017). Information Modeling of Railway Track using Information linkage of Railway Alignment and Alignment-based Objects, Computational Structural Engineering Institute of Korea, 30(6), pp. 507–514.
- Lee, C. H., Kim, I. S., Lee, C. Y., Shin, J. M., Kang, C. H. (2021). Application of Smart Construction Technology for Quality and Productivity Improvement, Magazine of the Korea Concrete Institute, 33(6), pp. 67–72.
- Lee, C. Y., Shim, U. J, Ahn, Y. S. (2012). A Basic Study on Review the Classification System and the Process of BIM Information for an Automatic Review of Building Code, Korean Journal of Construction Engineering and Management, 13(5), pp. 45–52.
- Lee, H. M., Kim, H. S., Lee, I. S. (2018). Development of Automated 3D Modeling System to Construct BIM for Railway Bridge, Computational Structural Engineering Institute of Korea, 31(5), pp. 267–274.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport, (2010). Guide to BIM Application in Architecture.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport, (2018a). Rail Infrastructure BIM Guidelines VER1.0.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport, (2018b). Rail BIM 2030 Roadmap
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport, (2019). railway plan KDS 47 10 15.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport, (2020). Architectural BIM Activation Roadmap'21~'23
- Park, H. J., Seo, M. B. (2017a). A Development of Railway Infrastructure BIM Prototype Libraries for Roadbed and Track, Computational Structural Engineering Institute of Korea, 30(5), pp. 461–468.
- Park, H. J., Seo, M. B. (2017b). Analysis of Standardized Drawings and Breakdown Structure to Develop of 3D Object Library for Railway Infrastructure, Computational Structural Engineering Institute of Korea, 30(1), pp.71–76.
- Rehman, S. U., Lee, S. J., Choi, J. S., Kim, I. H. (2021). Analysis of development of open BIM-based automation rule checking system in KBIM project, 13th Asian Forum on Graphic Science 6–8 December, 2021, Hong Kong.
- Song, J. K., Ju, K. B. (2013). Development of Rule for Quality Checking Items to Raise Quality of BIM Model(Focusing on the Domestic BIM Guidelines), Korean Journal of Construction Engineering and Management, 14(5), pp. 131–143.