

철도 구조물의 내진설계를 위한 철도설계기준 분석 및 고찰

A Study on the Railway Design Codes for Seismic Design of Railway Structures

하성진*†

Seong Jin Ha**†

초 록 본 연구에서는 지진하중 하에서 철도교와 지하시설물을 포함한 철도 구조물의 내진설계 및 내진성능평가와 관련하여 현행 철도내진기준을 분석하고 한계점을 명시하였다. 국토교통부고시 국내 철도설계기준에서 포함하고 있는 철도 구조물의 내진설계는 기본적으로 국내 도로교 설계기준을 따라가고 있다. 그러나 현재 국내 도로교 및 철도기준은 과거의 국내 건축구조기준 및 미국 토목기준인 AASHTO를 그대로 차용하고 있으며, 과거의 국내 지진위험도를 기반으로 계수만 조절하여 사용되고 있다. 또한 내진설계를 위한 입력 지진파의 선정 기준이 명확히 제시되어 있지 않기 때문에 엔지니어들은 철도 구조물뿐만 아니라 철도, 설비시스템 등의 내진해석을 위해 강진에서 기록된 매우 제한적인 지진파만을 사용하고 있으며, 이는 국내 지진의 특성을 구체적으로 반영하지 못하는 해석 결과를 도출할 수 있다.

주요어 : 지진하중, 철도 구조물, 내진설계, 내진성능평가, 입력 지진파

1. 서 론

최근 경주지진과 포항지진이 잇따라 발생하면서 건축과 토목분야뿐만 아니라 철도교 및 지하시설물을 포함한 철도 구조물과 설비 등의 분야에서도 내진설계 및 내진성능평가와 관련한 연구가 점차 확대되고 있다.

현재 철도 설계와 관련하여 국내 철도건설기준 운영체계는 철도건설법령을 산하로 국토교통부고시 철도설계기준-노반편, 건축편, 시스템편, 연계교통시설편으로 구성되어 있다. 이들 중, 노반편' 과 '건축편' 에서 철도 시설물의 내진설계 일부를 포함하고 있다. 그러나 현재 국내 기준은 과거 국내 건축구조기준과 도로교 설계기준을 그대로 사용하고 있으며, 특히 내진설계를 위한 입력 지진파 선정 조건이 명확하지 않아 엔지니어들에게 많은 혼란을 야기할 수 있다.

이에 따라, 본 논문에서는 현행 국내 철도의 내진설계기준을 분석하고 한계점을 명시하였다.

2. 철도내진설계기준 분석

현행 국내 철도 시설물의 내진설계기준은 철도설계기준 (2015)의 '노반편' 과 '건축편' 에 수록되어 있으며 모든 철도 건축물 및 토목 구조물은 해당 기준을 따르도록 구성되어 있다.

'건축편'에서는 철도 건축구조물의 내진설계를 위한 지진하중 및 지역계수만을 제시하고 있으며, 각 구조별 설계기준은 과거의 KBC 2009에 따르도록 명시되어 있다. 이에 따라 2013년에 소방방재청에서 공표한 국가 지진위험지도를 반영하지 못하고 있다. 또한, 지반분류체계도 과거의 기준을 그대로 따르고 있다. 비록, 철도시설공단에서 지속적으로 철도설계지침을 수정하여 연구자 및 실무자들에게 제공하고 있지만 최근 개정된 KBC2016을 따르지 않고 있다.

† 교신저자: 한국교통대학교 공과대학
건축공학과(sjha@ut.ac.kr)

* 한국교통대학교 공과대학 건축공학과

‘노반편’에서는 2.4.4절에서 내진설계의 철학과 7.4절에서 지하구조물의 내진설계기준, 8.8절에서는 교량의 내진설계기준이 제시되어 있다. 특히, 8.8.9절에는 지진격리시스템의 내진설계와 입력 지진파 선정 기준이 제시되어 있다. 기준에 제시된 철도 구조물의 내진설계 기본방침은 현재 국내외로 널리 사용되고 있는 4단계의 성능목표(기능수행, 즉시거주, 인명안전, 붕괴방지)를 명확히 분류하지 못하고 있으며, 내진등급에 따라 다소 차이는 있지만, 기본적으로 500년 재현주기의 지진력에 기반을 두고 있다. 또한, 현재 건축구조기준 또는 해외 토목기준에서는 지반의 전단파속도 또는 표준관입시험등에 지반종류를 6가지로 분류하고 있으나, 본 기준에서는 5가지로 분류하고 있다.

그리고 해당 기준에서는 분명히 명시되어 있진 않으나, 비정형성이 뚜렷한 지하구조물이나 토목구조물, 지진격리시스템의 내진설계 또는 해석 시, 시간이력해석을 수행하는 것이 적합한 것으로 서술하고 있다. 이 때, 신뢰할 수 있는 해석결과를 얻기 위해서는 구조물의 붕괴메커니즘과 비선형성을 고려한 정확한 해석모델과 함께 적절한 입력지반운동의 선정이 매우 중요하다. 하지만, 본 기준에서 입력지진파 선정을 위한 기준이 매우 정성적으로 서술되어 있다. 비록, 지진격리시스템에 대해서는 비교적 구체적으로 제시되어 있으나 엔지니어가 직접 적용하기에는 다소 무리가 있다. 이에 따라 국내 연구자들은 해외에서 기록된 소수의 강진 지진파만을 사용하여 내진해석을 수행하고 있으며, 이는 국내 실정을 반영하지 못하는 편향된 결과를 도출할 수 있다.

국내 도로교설계기준과 ‘노반편’ 설계기준을 비교하면, 철도 토목 구조물의 내진설계기준은 거의 도로교기준을 따르고 있으며, 해당 기준 또한 해외 토목기준을 기반으로 하고 있다. 그러나 앞서 서술한 설계지진력과 지반분류체계가 AASHTO (2014)에서는 각각 2400년 재현주기와 6개의 분류체계로 개정되었다. 또한, 시간이력해석을 위한 입력지진파선정 기준도 매우 분명하게 제시되어 있을 뿐만 아니라 내진설계에 필요한 입력지

진파의 개수 또는 설계응답을 결정하는 절차에서 다소 차이를 보이고 있다.

3. 결론

본 연구에서는 국내 철도내진설계기준을 분석하고 해외 내진설계기준과 비교하여 그 한계점을 서술하였다. 국내 철도기준이 철도 건축구조물과 철도 토목구조물을 개별적으로 다루고있고 각각 국내 건축구조기준과 도로교설계기준을 따르고 있는 반면, 미국과 같은 구조선진국에서는 각 분야의 지진재해와 성능목표를 공유하고 있는 추세이며 지속적으로 연구 및 개선되어 오고 있다. 따라서 최근 국내에서도 증가하고 있는 건축 및 토목 구조물의 내진설계와 내진성능평가의 수요와 요구에 부합하도록 현행 철도내진설계기준이 개선되어야 할 필요가 있다.

후 기

본 연구는 한국연구재단의 지원(NRF-2017R1C1B5076937)과 2018년 한국교통대학교의 지원을 받아 수행된 연구임.

참고문헌

- [1] 한국철도시설공단 (2015) 철도설계기준 - 건축편
- [2] 한국철도시설공단 (2015) 철도설계기준 - 노반편
- [3] 대한건축학회 (2016) 건축구조기준
- [4] 한국도로교통협회 (2010) 도로교 설계기준
- [5] AASHTO (2014) LRFD Seismic Analysis and Design of Bridges