

고속철도용 플로팅 슬래브 궤도의 도입과 기본설계

Introduction and Preliminary Design of Floating Slab Track for Rapid Transit Railway

김용재*

이은호**

박명균***

문제우****

박만호*****

Kim, Yong Jae

Lee, Eun Ho

Park, Myoung Gyun

Moon, Je-U

Park, Man Ho

ABSTRACT

Recently, railway has been pointed to the efficiency of transportation, rapid transit, and comfortable train ride. the construction of railway near the downtown area and station building are increasing for maximization of utilization and convenience. but the heavy of transportation and rapid transit lead to increase noise and vibration. the noise and vibration of railway may cause the civil appeal, decline in the serviceability and insufficiency of environmental standard. Therefore, the solution to avoid environmental matters becomes one of the most important factor in constructing railway. In this study, floating slab system which is one of the solution to avoid noise and vibration in railway has been introduced, and the concept of preliminary design and vibration absorber of floating slab system according to the isolator has been introduced.

요 약

최근 철도는 운송수단으로써 그 역할이 증대되어 대량화, 고속화, 쾌적화를 지향하고 있다. 나아가 활용성의 극대화, 이용자 편의성 증대 등 다양한 목적을 위해 도심지 및 건물인접구간을 통과하는 철도 및 역사부설도 증가되고 있는 실정이다. 그러나 열차의 대량화, 고속화는 기존에 비해 증가된 소음 및 진동을 유발하며, 이러한 소음과 진동은 인접지역의 민원유발, 구조물의 사용성 저하, 소음진동관련 환경기준치 초과 등 다양한 문제를 야기할 수 있다. 따라서 철도의 소음 및 진동저감 관련기술개발은 철도건설에 있어 필수적이며, 향후 고속철도노선의 확대로 그 중요성은 더욱 증대될 것이다.

본 논문에서는 철도 및 선하역사의 소음·진동저감을 위해 플로팅 슬래브 궤도시스템(floating slab track system)을 소개하고자 하였으며, 이와 관련된 방진계의 개념도를 작성하고, 시스템의 기초해석 및 기본설계를 수행하였다.

*정회원, (주)삼보기술단 기술연구소 대리

**정회원, (주)삼보기술단 기술연구소 차장

***정회원, (주)삼보기술단 기술연구소 소장

****정회원, 한국철도시설공단 KR기술연구소 부장

*****정회원, 한국철도시설공단 KR기술연구소 과장

1. 서론

최근 철도는 운송수단으로써 그 역할이 증대되어 대량화, 고속화, 쾌적화를 지향하고 있다. 나아가 활용성의 극대화, 이용자 편의성 증대 등 다양한 목적을 위해 도심지 및 건물인접구간을 통과하는 철도 및 역사부설도 증가되고 있는 실정이다. 그러나 열차의 대량화, 고속화는 기존에 비해 증가된 소음 및 진동을 유발하며, 이러한 소음과 진동은 인접지역의 민원유발, 구조물의 사용성 저하, 소음진동관련 환경기준치 초과 등 다양한 문제를 야기할 수 있다. 따라서 철도의 소음 및 진동저감 관련기술개발은 철도건설에 있어 필수적이며, 향후 고속철도노선의 확대로 그 중요성은 더욱 증대될 것이다.

본 논문에서는 철도 및 선하역사의 소음·진동저감대책 중 하나인 플로팅 슬래브 궤도시스템(floating slab track system)을 설정하고 시스템의 기본해석·설계 및 방진재의 개념도를 소개하고자 한다.

2. 플로팅 슬래브 궤도시스템

2.1 시스템

지금까지 국외에서 개발된 저진동 궤도구조로는 VIT(Vibrating Isolation Track), ERS(Embedded Rail Structure) 등이 있으며 이중 가장 대표적인 것이 VIT 플로팅 궤도 시스템이다. 이러한 플로팅 궤도 시스템은 진동에너지를 줄이기 위해 궤도시스템과 궤도하부구조를 분리시켜 스프링과 댐퍼로 구성되는 스프링-질량(Mass-Spring System)시스템이다.

플로팅 슬래브 궤도구조는 궤도구조, 궤도슬래브, 방진재로 구성되어 있으며 진동분리장치로는 금속스프링이나 방진고무 등이 사용된다. 지지방식도 이산지지방식, 전면 또는 선형연속지지 등 다양한 형식이 있으나, 터널이나 역사, 진동취약구간에는 주로 금속스프링 절연진동체를 이산지지방식으로 배열한 시스템이 주로 적용되고 있다.

본 연구에서도 역사 및 인접구조물의 진동 및 소음 감소가 그 목표이므로 함안/군북 역사에 적용된 플로팅 궤도 시스템을 참고하여 그림 1과 같은 형식의 시스템을 설정하였다.

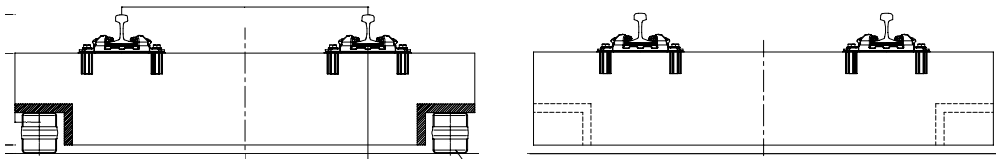


그림 1 플로팅 슬래브 궤도시스템 일반도

2.2 방진재

방진효과는 일반적으로 진동시스템의 고유진동수를 낮게 할수록, 즉 재료의 강성이 낮을수록 효과가 높다. 따라서 모든 탄성물질은 방진재료가 될 수 있는데, 현재 실용적인 방진재료로는 금속스프링, 고무, 공기스프링, 발포고무 등이 주로 쓰이고 있다.

금속스프링은 선형성이 뛰어나고, 주변 환경에 영향을 받지 않으므로 방진효과의 정확한 예측이 가능하다. 또한 약 2Hz의 낮은 고유진동수를 가진 시스템의 설계가 가능하므로 높은 방진효율을 이끌어 낼 수 있는 장점이 있다. 따라서 금속스프링은 일반적인 기계의 방진에 가장 보편적으로 이용되고 있으며, 독일 등에서는 철도궤도의 방진에 이미 사용되고 있다.

국내에는 약 20개 업체가 방진장치 관련제품을 생산하고 있으며, 이들 업체의 대부분은 고무와 스프링을 이용한 방진장치를 각각 개발하여 생산하고 있었다. 본 연구에서는 국내에서 생산되는 제품 중

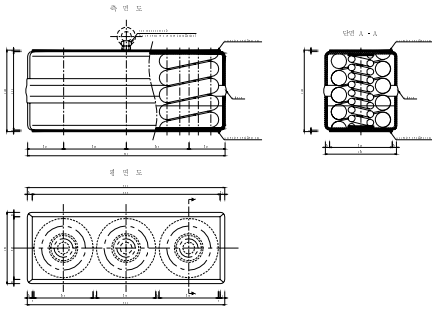


그림 2 방진스프링 상세도

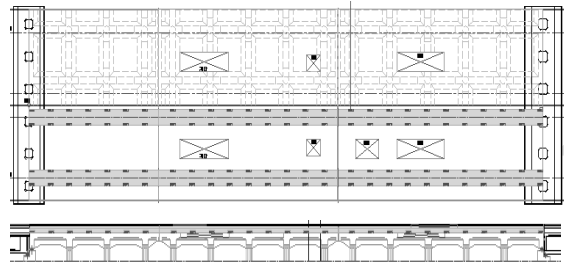


그림 3 방진스프링 배치도

수급 및 기술개발이 용이한 그림 2와 같은 금속스프링을 이용한 방진장치를 활용하였다.

3. 플로팅 슬래브 궤도시스템 해석

방진시스템의 합리적이고 효율적인 설계를 위해서는 방진재의 특성, 배치간격 등 다양한 변수의 적절한 조율이 필요하며, 이러한 변수의 적절한 조율은 지진동 궤도시스템의 구조해석을 통해 가능하다. 시스템의 해석은 범용구조해석프로그램인 MIDAS Civil을 이용하여 실시하였다. 플로팅 슬래브에 대해서는 절점당 6개의 자유도를 갖는 4절점 사각형 관요소를 사용하고, 레일에 대해서는 절점당 6개의 자유도를 갖는 2절점 보요소를 사용하여 플로팅 슬래브궤도 시스템을 모델링 하였으며, 기본설계를 위한 기초해석이므로 정적해석만 실시하였다.

3.1 해석제원 및 변수

하중은 통상적으로 적용되는 슬래브 자중, 레일 자중, 열차하중을 적용하였으며, 열차하중은 부천역 사 방진설계시 적용된 그림4와 같은 하중을 적용하였다.

- 지지간격(mm) : 2000, 3550, 4050, 4550
- 하중재하위치 : 슬래브 중앙, 좌측단부, 우측단부
- 재하하중 : #7100

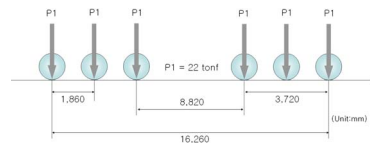


그림 4 Locomotive Model #7100

3.2 해석결과

상기의 시스템을 범용구조해석프로그램인 MIDAS Civil을 이용하여 구조해석하였으며, 그 결과는 다음 그림5와 같다.

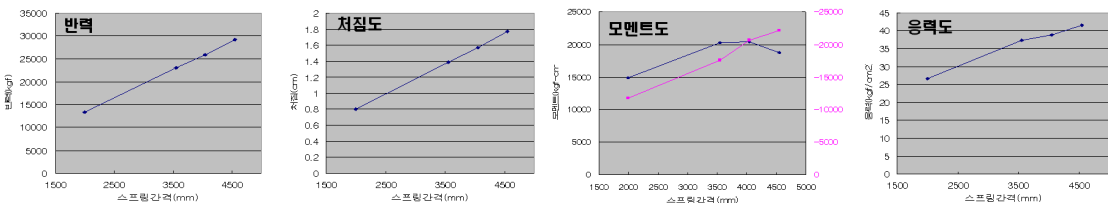


그림 5 해석결과

기본 해석결과 스프링의 지지간격이 증가할수록 모든 값이 증가되는 경향을 보이고 있으며, 특히 단부 재하시 큰 처짐양상을 나타내었다. 이는 단부의 비지지길이가 상대적으로 증가되어 발생된 것으로 판단되며, 단부의 처짐양상으로 보아 추후 지진동 플로팅케도의 설계시 단부의 방진재 배치, 개선된 다웰바 적용 등 슬래브연결에 관한 대책과 정밀한 해석이 필요할 것으로 판단된다.

또한 동적해석결과, 시공단가, 유지관리 등 다각적인 측면에서 분석을 실시하여 추후 가장 경제적이고 효율적인 시스템이 설계될 수 있도록 구성하여야 할 것으로 판단된다.

4. 플로팅 슬래브 케도시스템 설계

플로팅 슬래브 케도시스템의 설계는 그림3과 같은 시스템에서 대표적인 단면 2개를 선정하여 실시하였으며, 상기 해석결과를 토대로 다음 그림 6과 같은 슬래브 표준단면도를 도출하였다.

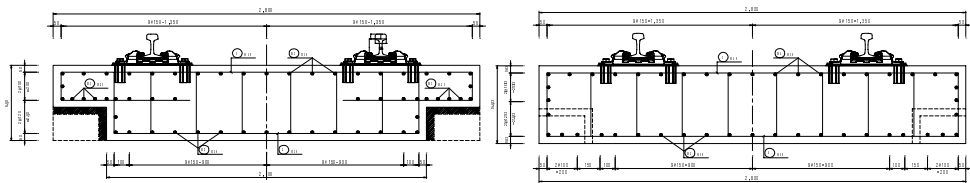


그림 6 플로팅 슬래브 표준단면도

5. 결론

최근 열차의 대량화, 고속화 등으로 인접구조물 및 선하역사 등의 소음과 진동의 저감대책이 필요하다. 이에 대한 대책으로는 국내 실정에 적합한 플로팅 슬래브 케도시스템의 도입이 가능하며, 방진재로는 금속스프링과 고무의 적용이 가능하다.

기본적인 정적해석결과, 스프링의 지지간격에 따라 해석값이 일정한 기울기의 결과변화를 보이므로 추후 다양한 조건을 통해 가장 합리적인 설계가 가능할 것으로 판단된다. 그러나 슬래브 단부의 경우 평균값을 크게 상회하는 처짐을 보이는 등 불리한 양상을 보이므로 단부의 방진재 배치, 슬래브간 연결방법의 개선 등 다양한 분석과 대책이 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 미래철도기술개발사업의 연구비지원(과제번호 07미래철도A02)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. 정우성, "철도 신공간 창출 기반기술개발", 한국철도기술연구원, 2003
2. 건설교통부·연세대학교, "건물을 통과하는 도로 및 철도진동의 방진설계 및 방진재료개발연구", 2004
3. 박용걸, "피로효과를 고려한 레일패드의 정적스프링계수 변화에 따른 콘크리트 슬래브 케도의 거동 분석", 서울산업대학교, 2007
4. 황성근, "방진방법별 방진효과 분석", 한국철도기술연구원, 2000