

장대레일이 부설된 무도상 하로 판형교에서 궤도 종저항력 특성에 따른 레일 응력과 궤도 변위 분석

Analysis of Rail Stress and Longitudinal Displacement of Track on CWR-installed Ballastless Plate-Girder Through Bridge

이용재*, 장승엽*, 유경석*, 최준혁*

Yong Jae Lee*, Seung Yup Jang^{*†}, Kyung Suk Yoo*, Jun Hyuck Choi*

초 록 무도상 교량에서는 도상 없이 침목과 교량이 직접적으로 체결이 되므로 침목고정장치가 충분한 수평저항력을 갖지 못하면 궤도 좌굴이 발생하거나 침목-거더 간 슬립이 발생하여 안정성에 문제가 발생할 수 있다. 본 논문에서는 궤도 종저항력 특성에 따라 궤도-교량 종방향 상호작용에 의한 레일 부가 축응력과 침목-거더 변위를 분석하였다. 연구결과에 따르면 침목고정장치의 종저항력보다 큰 저항력을 갖는 레일체결장치를 사용하면 침목-거더 간 슬립(slip)이 발생하게 되며, 저종저항력 레일체결장치를 사용하면 레일의 부가축응력을 감소할 뿐 아니라 침목-거더 간 슬립을 방지하여 무도상 철도교량의 안정성을 확보할 수 있음을 확인하였다.

주요어 : 무도상 교량, 레일체결장치, 침목고정장치, 종저항력, 슬립

1. 서 론

현대 철도는 열차 고속화로 인해 점차 유지 보수 부담이 가중됨에 따라 레일의 장대화가 필수적이다. 레일 장대화를 통해 레일 이음매의 감소로 인한 승차감 향상, 궤도 유지보수비용의 감소 등 여러 이점이 생기지만 교량 위에 장대레일을 부설하면 레일의 부가축응력이나 변위 증가 등 궤도의 안정성에 문제가 생길 수 있다. 특히, 무도상 교량에서는 침목과 교량 거더를 직접 연결하는데 만약 침목고정장치가 충분한 도상 횡저항력을 갖지 못하면 궤도 좌굴이 발생할 수 있고, 종저항력이 너무 낮으면 침목이 계속 밀려나게 되어 안정성을 확보하지 못하게 된다. 본 논문에서는 무도상 하로 판형교를 대상으로 유한요소 해석프로그램인 ABAQUS를 이용해 궤도-교량 상호작용에 의해 레일에 작용하는 부가축응력과 침목-거더 사이에서 발생하는 슬립(slip)을 분석하여 무도상 교량의 장대화에 따른 안정성을 분석하였다.

2. 해석방법

하로판형교인 H교를 대상으로 궤도-교량 종방향 상호작용 해석을 실시하였다. H교는 주거더에 일정 간격으로 가로보를 설치하고 그 사이에 세로보를 두고 그 위에 침목을 올린 구조로 되어 있다(Fig.1 참조). 해석모델에서는 레일체결장치와 침목고정장치를 별개의 비선형 스프링요소로 고려하고, 거더는 주거더 2개의 휨강성을 갖는 보로 모델링하였다. 주요 변수로 레일체결장치의 종저항력을 설정하여 일반적인 경우(Type 1)와 저종저항력 체결장치를 사용한 경우로 나누어 각각 해석하였다.

Table 1 Longitudinal track resistance

Properties		Resistance force	Displ.
Rail fastening	Type 1 (Ref)	Loaded	36 kN
		Unloaded	24 kN
	Type 2 (Low)	Loaded	25 kN
		Unloaded	10 kN
Sleeper fastening device		Loaded	0.1 mm
		Unloaded	

† 교신저자 : 한국교통대학교 교통대학원 교통시스템공학과(syjang@ut.ac.kr)

* 한국교통대학교 교통대학원 교통시스템공학과

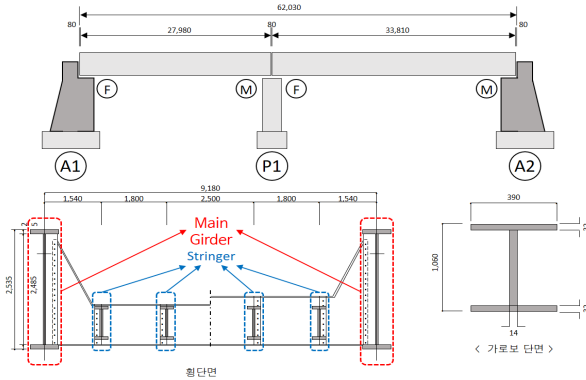


Fig. 1 Geometry and dimensions of bridge and spring element in modeling

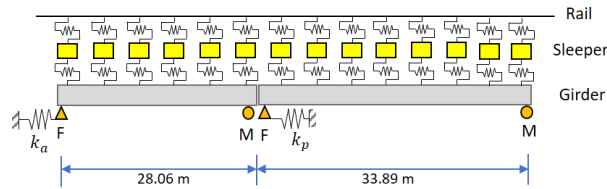


Fig. 2 Schematics of finite element model

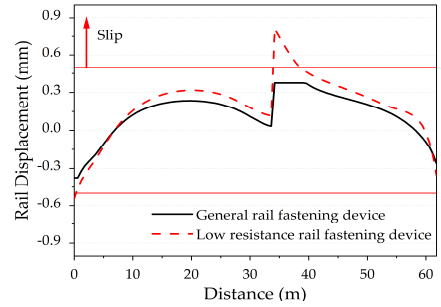
작용 하중으로 KR C-08080에 규정된 온도하중, 수직하중, 시·제동하중을 가장 불리한 위치에 작용시켜 개별 해석을 수행하였다.

3. 결과 및 분석

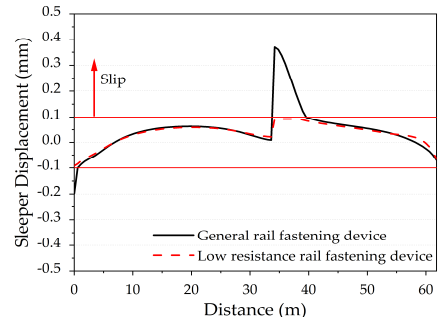
해석 결과 온도하중과 수직하중, 시·제동하중을 주었을 때 일반 레일체결장치를 사용한 경우 온도하중과 수직하중에서는 침목-거더 사이에서 슬립이 발생하지 않았지만, 시·제동하중이(Fig. 3) 작용할 때는 침목-거더 사이에서 슬립이 발생하는 것으로 나타났다.

반면 침목고정장치의 종저항력 보다 저항력이 작은 저종저항력 레일체결장치를 설치할 경우 모든 경우 레일 하부에서 슬립이 발생하는 대신 침목-거더 사이에서는 슬립이 발생하지 않게 된다. 또한 저종저항력 레일체결장치를 사용할 경우 레일의 부가축응력이 9MPa 가량 줄어들어 좌굴 위험을 현저히 낮출 수 있음을 확인할 수 있다(Table 2).

따라서 무도상 교량에 장대레일을 설치하는 경우 레일체결장치와 침목고정장치의 종저항력을 적절하게 설계하는 것이 매우 중요함을 알 수 있다.



(a) Rail - Sleeper displacement



(b) Sleeper - Girder displacement

Fig. 3 Relative longitudinal displacement according to traction & braking force

Table 2. Additional rail stress according to types of rail fastenings

Case	Additional rail stress (MPa)			
	Temperature	Vertical loading	Traction & Braking	Total
Type1	-23.04	-15.46	-36.37	-74.87
Type2	-13.77	-15.43	-36.77	-65.98

후 기

이 연구는 국토교통부 국토교통기술촉진연구사업(20RTRP-B137949-04)과 2020년 한국교통대학교의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] Korea rail network authority (KRC) (2017) Analysis of Track bridge longitudinal interaction (KR C-08080), pp.2-16
- [2] International Union of Railways (UIC) (2001) Track/bridge Interaction Recommendations for calculations(UIC 774-3R), UIC, pp.2-31