

수직하중을 고려한 레일체결장치 종방향 저항특성

Longitudinal resistance characteristic of rail fastener considering the vertical load

박상준*, 윤경민*, 배현웅*, 임남형†

Sang-Jun Park*, Kyung-Min Yun*, Hyun-Ung Bae*, Nam-Hyoung Lim†

Abstract Thermal load, acceleration/braking load and vertical load are considered for stability evaluation of track by track-bridge interaction and longitudinal resistance of track is used the same curve with UIC code. In these days, many researches suggest analysis method to consider the nonlinear longitudinal resistance of track. However, experimental study does not sufficient. In this study, laboratory experiments using rail fastening system of one of the main parameters inducing track-bridge longitudinal interaction were conducted. And variation of stiffness was analyzed applying the loading combination simulating the field.

Keywords : Rail fastener, Track-bridge interaction, Vertical loading, Longitudinal resistance

초 록 궤도-교량 종방향 상호작용에 의한 궤도의 안정성 검토 시 온도하중, 차량의 시제 동하중, 수직하중에 대한 응답을 독립적으로 고려하고 있으며, 궤도의 종저항선도는 UIC code에서 제시된 선도와 동일하게 사용하고 있다. 최근 많은 연구에서 궤도-교량 종방향 상호작용 해석 시 궤도의 비선형 저항력을 고려하기 위한 해석기법을 제시하고 있다. 그러나 이에 대한 실험적 연구는 충분히 이뤄지지 않고 있는 실정이다. 본 연구에서는 궤도-교량 종방향 상호작용에서 종방향 저항력을 유발하는 레일체결장치를 이용한 실내 종저항 실험을 수행하였다. 이를 위하여 실제 현장조건을 고려한 다양한 하중조합을 적용하여 체결장치의 강성변화를 분석하였다.

주요어 : 레일체결장치, 궤도교량 상호작용, 수직하중, 종저항력

1. 서 론

철도 구조물 상에 장대레일을 부설할 경우 레일의 장출 및 파단을 방지하고 궤도의 유지관리를 용이하게 하기 위하여 궤도 및 구조물 설계 시 궤도/교량 상호작용 검토를 수행한다. 궤도-교량 상호작용 해석을 위하여 UIC 774-3R[1]에서는 2가지 해석법을 제안한다. 궤도-교량 상호작용을 유발하는 주요 하중을 독립적으로 고려하는 해석과 하중의 이력을 고려하는 해석으로 후자의 경우 도상의 비선형성을 고려하여 더욱 현실적인 해석기법이다.[2] 그러나, 하중의 이력의 영향을 현장에서 계측하는 것은 매우 어려운 일이다. 따라서 본 연구에서는 실내 실험을 통하여 하중이력에 따른 영향을 분석하였다.

† 교신저자: 충남대학교 공과대학 토목공학과(nhlim@cnu.ac.kr)

* 충남대학교 공과대학 토목공학과

** 충남대학교 철도연구소

2. 레일체결장치 종방향 저항력 실험

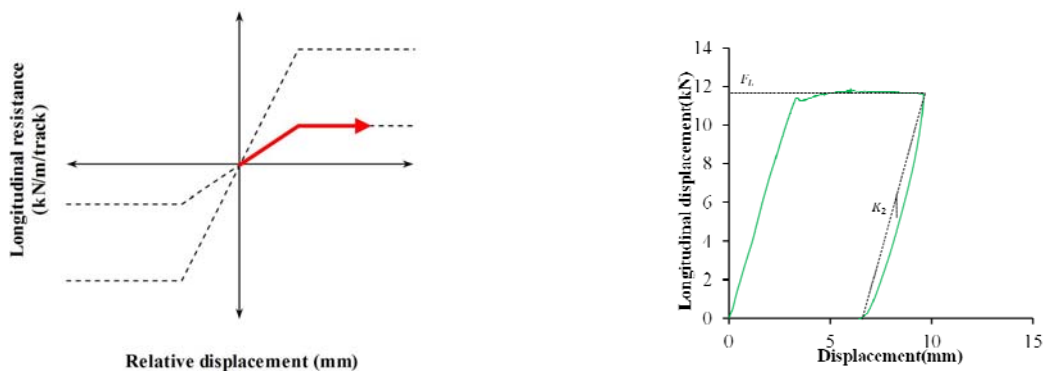
2.1 실험방법

실험방법은 종방향으로의 온도의 영향에 대한 신축거동을 모사하기 위해 레일의 한쪽 단부에 일정한 속도로 종방향력을 가하는 실험인 KRS TR 0014-15R[3], EN13146-1[4]에 의한 방법을 준용하였다. 실험체는 체결장치 1set, 레일, 침목을 포함하는 레일지지체로 구성된다.(Fig.1)

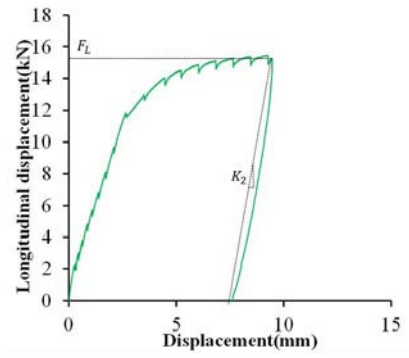
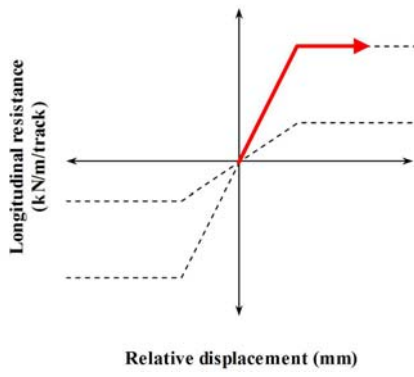


Fig. 1 The whole view of experiment

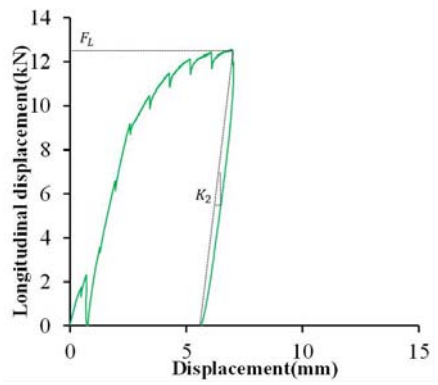
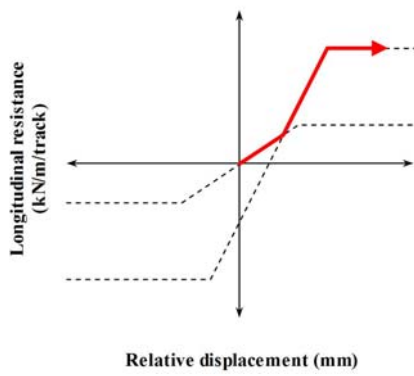
실험은 현장의 조건을 고려하기 위하여 열차에 의한 수직하중 비재하시와 재하시의 종방향 마찰거동 실험을 수행하였다. 수직하중은 KR C-08080[5]에서 제시하고 있는 KRL-2012[5]를 참고하여 60kN을 적용하였다. 실험하중은 Fig.1 과 같이 4가지로 수행하였으며 실험 경우에 따른 하중-변위 선도는 Fig.3 과 같다. 여기서, CASE 1은 레일체결장치의 일반적인 종방향 저항력이며, CASE 2는 수직하중(열차하중) 재하시의 레일체결장치 종방향 저항력이다. CASE3은 종방향 하중에 의해 종저항력이 탄성구간 범위내에서 수직하중 재하 후 밀림이 발생 시 체결장치의 저항력을 의미하며, CASE 4는 밀림이 발생할 때까지 종방향 하중 재하후 수직하중을 재하된 상태에서 체결장치의 종방향 저항력을 의미한다.



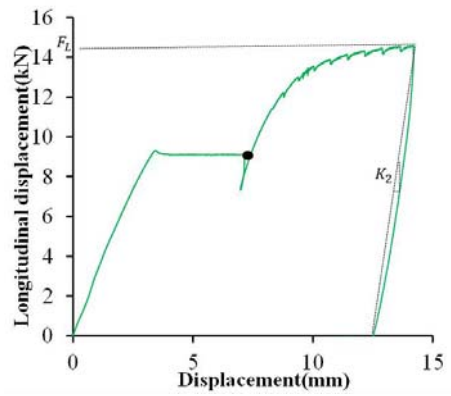
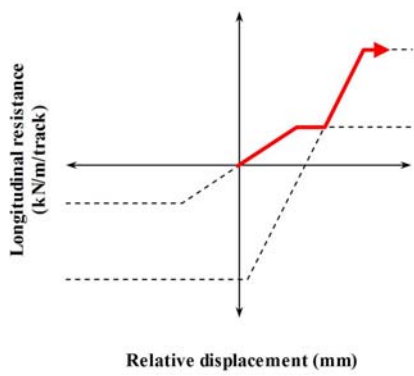
(a) case1



(b) case2



(c) case 3



(d) case 4

Fig. 2 Experiment results according to experiment case

2.2.1 Case 1

원시데이터(Raw data)로부터 탄성한계점을 찾기 위한 방법으로 KRS TR 0014-15R[2]에서 제시하는 방법으로 적용하였다.

2.2.2 Case 2

종방향 하중 재하 시 갑작스런 레일의 미끄러짐이 발생하지 않으며, 큰 변위에도 지속적으로 저항하는 다중선형(multilinear) 거동을 나타낸다. 따라서 CASE1과 동일한 방법을 이용하여 탄성한계점을 찾는 것은 오차를 포함 할 수 있다. 다만, 하중 제거 시 수직하중이 재하된 상태에서 탄성회복변위를 구할 수 있으므로 Fig. 2 와 같이 수직하중 재하 시 강성인 k_2 를 산정 할 수 있다. 또한 수직 하중이 재하된 경우에서 저항하는 최대 종저항력(F_L)을 도출하였다.

2.2.3 Case 3, 4

CASE 2와 동일한 방식으로 최대 저항력 F_L 및 수직하중 재하 시 강성 k_2 를 도출 할 수 있다.

3. 수직하중에 따른 종방향 저항력 관계

수직하중에 따른 종저항력과 관련된 사항으로 아래 식(1)과 같은 관계로 나타낼 수 있다.

여기서, F_L 는 수직하중 재하시 체결장치의 종방향 저항력, F_{Un} 는 수직하중 비재하시 체결장치의 종방향 저항력, μ 는 관계계수, F_{vert} 는 수직하중(kN)을 나타낸다.

$$F_L = F_{Un} + \mu F_{vert} \tag{1}$$

즉, μ 은 수직하중 재하시 체결장치의 종방향 저항력의 값과 수직하중 비재하시의 값의 차이 값에서 수직하중을 나누어 구할 수 있다.

실험을 통하여 얻어진 k_2 값은 아래 Table 1 과 같다.

Table 1 probability design value of rail fastening system

Data	n	Standard Deviation	Average
μ	48	0.01	0.10
K_2	48	1.44	8.30

4. 결론

본 연구에서는 국내 교량상 콘크리트 궤도에 적용되는 레일체결장치의 종저항력 선도의 도출을 위하여 실내실험을 수행하였으며, 수직하중에 따른 종저항력 관계를 분석하였다. 수직하중에 의해 저항력은 증가되었으며, 비교적 일정한 비로 증가하였다. 또한 실험을 통해 도출된 수직하중 재하 시 저항력은 KR code에서 제시되는 저항력과 큰 차이가 발생하였다. 추후 추가 실험을 통하여 결과에 대한 신뢰성 확보가 요구되며, 종방향 하중 및 수직방향

하중의 조합을 통하여 하중이력이 고려된 해석기법을 개발 시 도움을 줄 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부 철도기술연구사업의 연구비지원(15RTRP-B071565-03)에 의해 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

참고문헌

- [1] International Union of Railways (2001) Track-bridge interaction recommendations for calculations, UIC Code 774-3R.
- [2] Kyung-Min Yun, Beom-Ho Park, Byeong-Heun Jeon, Chin-Ok Lee, Nam-Hyoung Lim (2015) *Response Variability of Track-Bridge Interaction according to Variation of Longitudinal Resistance of Concrete Track on the Bridge, Autumn Conference of the Korean Society for Railway*
- [3] Korean Railway Standards (KRS) (2013) Rail fastening system, KRS TR 0014-15R, Korea Railroad Research Institute
- [4] British Standard, BS EN 13146-1:2012 Part 1 : Determination of longitudinal rail restraint
- [5] Korea Rail Network Authority (2012) Railway design guidelines and handbooks: Track-bridge longitudinal interaction analysis, KR C-08080.