

# 교량상 자갈궤도의 재하 하중에 따른 종저항력 특성

## Longitudinal Resistance Characteristics of Ballast Track on Bridge Subjected to Vertical Loads

민경환\*<sup>†</sup>, 장효범\*, 정준영\*, 김성순\*\*

Kyung-Hwan Min \*<sup>†</sup>, Hyo-Beom Jang \*, Jun-Young Jeong \*, Seong-Sun Kim \*

**Abstract** When a ballast track of high-speed train is constructed on bridges, displacements of bridge decks did not fixed against to a rail, besides, relative displacements between bridges and rails were caused by temperatures and external loads. On the other hand, current calculation methods for longitudinal resistance of tracks on bridge were identical to the cases for ballast track over roadbeds. In this study, therefore, a mock-up test specimens, simulated the deck-ballast track system, were fabricated, and the longitudinal resistances were measured, also, behaviors of track system by wheel loads were assessed.

**Keywords** : Ballast track, Bridge deck, Longitudinal resistance, Mock-up test

**초 록** 교량 상에 자갈궤도가 설치될 경우 장대레일의 변위는 고정되어 있는 반면, 온도와 외부 하중에 의한 교량에서 변위가 발생하고 이로 인해 레일과 상대 변위가 발생하게 된다. 현재의 궤도의 종저항력은 토반 위의 자갈궤도에 대한 실험 결과를 토대로 한 지침을 사용하고 있다. 본 연구에서는 철근콘크리트 슬래브와 자갈궤도를 모사한 실험체를 제작하여, 궤도의 종저항력을 측정하였다. 레일에 수직하중을 재하하여, 레일의 변위 또는 슬래브의 변위가 발생했을 때 교량 상에 설치된 자갈궤도의 종저항력의 거동을 평가하였다.

**주요어** : 자갈궤도, 교량 바닥판, 종저항력, 목업 시험

## 1. 서 론

현재 장대레일 궤도의 종방향 저항성 해석에 사용하고 있는 물성치는 장대레일의 일부분을 모사하여 레일의 종방향 및 횡방향 저항력에 대한 실험을 통해 얻어진 연구 결과물을 수정 보완하여 사용하고 있다. 따라서 궤도-교량의 비선형 해석에 있어서 궤도와 교량간의 상대적인 거동에 따른 연성효과를 충분히 반영하지 못하고 있다. 본 연구에서는 교량 바닥판과 자갈 궤도를 모사한 실험체를 제작하여, 바닥판 상에 설치된 도상 궤도의 종저항력을 측정하였다. 또한 차륜 하중의 재하 유무에 대하여 종저항 거동을 평가하였다.

<sup>†</sup> 교신저자: 충청대학교 공학기술연구원(alaskh@ok.ac.kr)

\* 충청대학교 공학기술연구원

## 2. 실험 계획 및 방법

기존의 연구 결과[3,4]를 토대로 할 때, 궤도 시스템의 실험을 위해서는 5개 이상의 UIC 60kg 침목이 설치된 규모의 실험체를 제작할 필요가 있을 것으로 판단되었다. 따라서 본 연구에서는 바닥판을 길이 7m, 폭 5m, 두께 240mm의 철근콘크리트 구조로 제작하고, 바닥판의 철근은 D16 철근을 200mm 간격으로 양측으로 2단으로 배근하였다. 또한 바닥판과 실험실 바닥 강판의 마찰력 감소를 위해 400×400mm 테프론(Polytetrafluoroethylene, PTFE, 마찰계수: 0.05 ~ 0.1) 플레이트를 5×2 = 10 개소에 설치하였고, 테프론 플레이트 2장 사이에 윤활 그리스(grease)를 도포하여 마찰 저항력을 감소시켰다.

자갈도상 및 궤광은 Fig. 1과 같이 가설하였고, 고속도로용 궤광을 반영하여, 침목 5분을 슬래브 상단에서 350mm 높이에 위치하고 침목 간 간격은 600mm로 설치하였다. Mock-up 시험체의 연속화 모사를 위해서 5분의 침목 양 외단에 레일과 체결하지 않은 침목을 1개씩 더 설치하였고, 레일의 길이는 바닥판 길이와 유압실린더 등을 고려하여 8.5m로 하였다. 실험시 측정 항목은 Table 1과 같다.

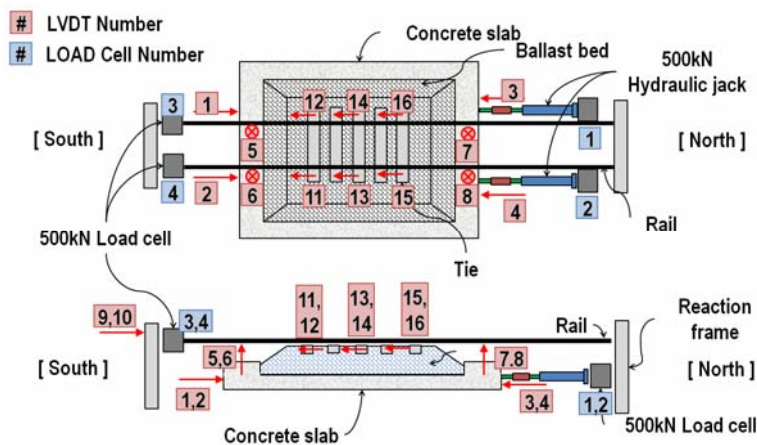


Fig. 1 Schematic outline of test program

Table 1 Measurement items

Item	Count	Marks
Cylinder Loads	2 ea	LOAD 1, LOAD 2
Rail Reaction Loads	2 ea	LOAD 3, LOAD 4
Longitudinal Displacements of Slab	4 ea	LVDT 1, LVDT 2, LVDT 3, LVDT 4
Vertical Displacements of Rail from Slab	4 ea	LVDT 5, LVDT 6, LVDT 7, LVDT 8
Reaction Block Displacements	2 ea	LVDT 9, LVDT 10
Rail-Tie Displacements	6 ea	LVDT 11, LVDT 12, LVDT 13, LVDT 14, LVDT 15, LVDT 16

### 3. 실험 결과 및 분석

레광 하중만이 재하되었을 때의 종저항력에 대해서는 바닥판의 북단과 남단에서 각각 2회씩 하중을 재하하여 실험을 수행하였고, 그 결과는 Fig. 2와 같다. 궤도/바닥판 시스템의 전체 종저항력은 약 70~80kN으로 측정되었고, 그래프에서 하중 재하 초기에 발생하는 굴절은 테프론 바닥판의 정지마찰력에서 기인한 것으로 판단된다.

차륜하중은 170kN의 하중을 중앙 침목의 위치의 레일에 가력하였고, 슬래브 북단에서 2회, 남단에서 1회 하중을 가하여 총 3회의 실험을 실시하였다. 실험 결과는 Fig. 3과 같으며, 궤도의 전체 종저항력은 약 200kN으로 측정되었다. 종방향 하중 재하 초기의 굴절은 앞선 비재하 실험과 같이 테프론 플레이트의 정지마찰력에 의한 것으로 판단된다. 초반 이후의 굴절은 도상 궤도의 이동으로 인해 변위 제어를 하는 액추에이터에서의 하중이 감소하여 발생하였고, 3회 실험의 전체적인 경향은 일관적인 것으로 판단된다. 차륜하중의 0.5배와 1.5배에 해당하는 85kN과 250kN을 중앙 침목의 위치에 재하하였을 때의 실험 결과는 각각 Fig. 4 및 Fig. 5와 같다.

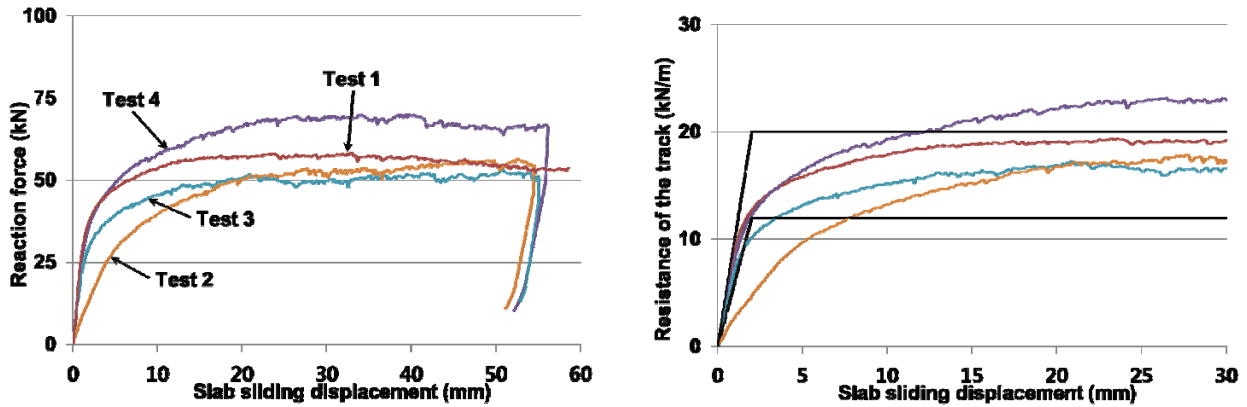


Fig. 2 Relationship between hydraulic cylinder loads and sliding displacements of the deck ( $F_{ver} = 0$  kN)

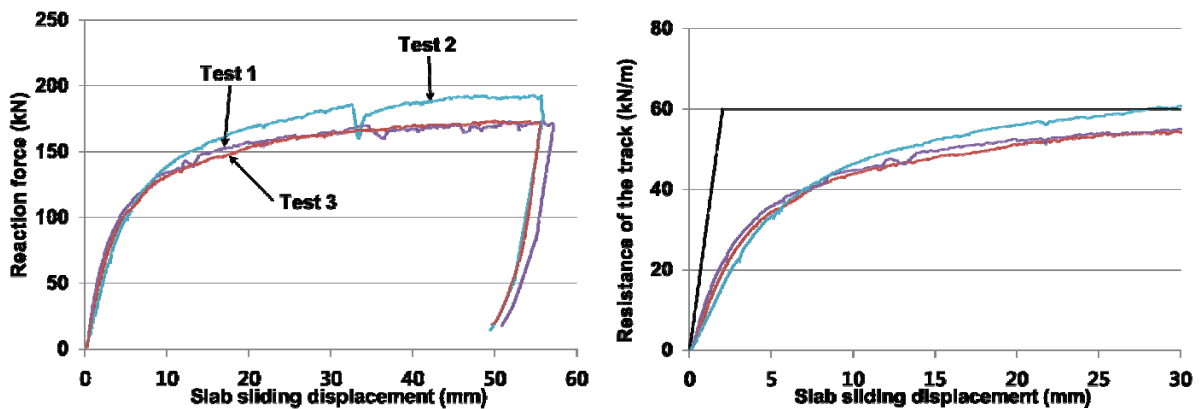


Fig. 3 Relationship between hydraulic cylinder loads and sliding displacements of the deck ( $F_{ver} = 170$  kN)

## 4. 결론

본 연구에서는 바닥판과 도상 궤도를 모사한 실험체를 제작하여, 교량 상에 설치된 도상 궤도의 종저항력을 측정하였고, 또한 차륜 하중의 재하 유무에 대해서도 그 거동을 평가하였다. 고속도로용 자갈도상을 모사한 궤광에 5개의 UIC 60kg 침목을 설치한 실험체를 제작하였고, 170kN의 차륜하중 재하 유무에 따른 레일의 종저항력을 측정하였다. 차륜하중 비재하 시 궤도/바닥판 시스템의 전체 종저항력은 약 70~80kN으로 측정되었고, 차륜하중 재하 시에는 궤도의 전체 종저항력이 약 200kN으로 측정되었다. 향후 데이터의 신뢰도를 높이기 위한 추가 실험과 다양한 재하하중에 따른 종저항력 특성을 평가해야 할 것으로 판단된다.

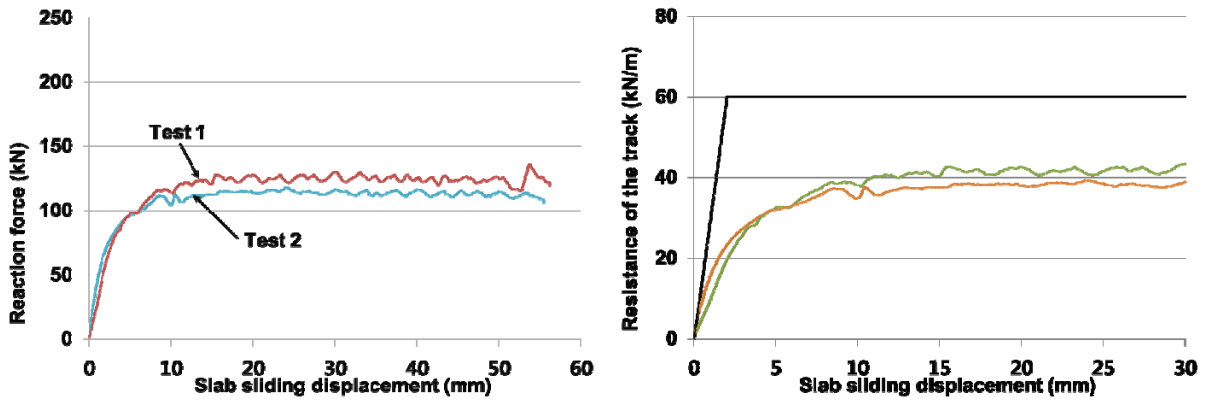


Fig. 4 Relationship between hydraulic cylinder loads and sliding displacements of the deck ( $F_{ver} = 85$  kN)

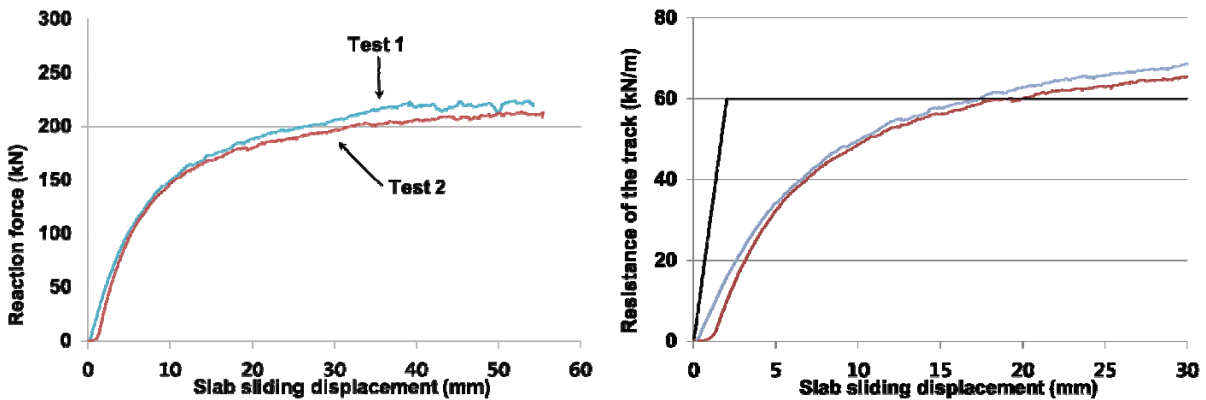


Fig. 5 Relationship between hydraulic cylinder loads and sliding displacements of the deck ( $F_{ver} = 250$  kN)

## 감사의 글

본 연구는 국토교통부 미래철도기술개발사업의 연구비 지원(과제번호 15RTRP-B071565-03)에 의해 수행되었습니다.

## 참고문헌

- [1] KR (2013) Ballast Track Structures, KR C-14030, Korea Rail Network Authority.
- [2] KR (2012) Track-Bridge Longitudinal Interaction Analysis, KR C-08080, Korea Rail Network Authority.
- [3] r. J. van't Zand and ing. J. Moraal (1997) Ballast Resistance under Three-Dimensional Loading, ERRI D 202/DT 362, European Rail Research Institute.
- [4] C. Esveld (1997) Improved knowledge of CWR track, Delft University Press.