

## 전환부궤도시스템의 거동특성에 관한 연구

## A Study on Behavioral Characteristics of Transition Track System

김광우\*†, 최정열\*\*, 김충언\*\*\*, 이선길\*, 박용걸\*\*\*\*

Kwangwoo Kim\*†, Jungyoul Choi\*\*, Choongeon Kim\*\*\*, Sungil Lee\*, Yonggul Park\*\*\*\*

**Abstract** The goal of this paper is to evaluate a structural behavior for transition track system of railway bridge deck end. In this study, the structural behavior of transition track such as the variation in static and dynamic displacements and dynamic properties (acceleration, natural frequency and damping ratio) was assessed by performing loading test using actual vehicle impact loading. As a result, we found that the static and dynamic behavior of transition track system is expected to satisfy the actual vehicle impact loading, and therefore it is inferred that the structural capacity and safety of transition track system is proved.

**Keywords :** Transition track system, Natural frequency, Damping ratio

**초 록** 본 논문의 목적은 철도교량 단부 궤도의 성능개선을 위해 개발된 전환부 궤도시스템에 대한 정·동적 거동특성 및 요구조건을 수치해석 및 실내시험을 통하여 분석하는 것이다. 본 연구에서는 국내 고속철도 궤도설계기준을 바탕으로 설계된 전환부 궤도시스템에 대한 수치해석을 수행하고, 동특성(고유진동수 및 감쇠비)을 실험적으로 산출하여 관련기준과 비교함으로써, 전환부 궤도시스템의 정·동적 거동특성을 분석하였다. 연구결과, 본 연구에서 적용한 전환부 궤도시스템은 국내 철도하중에 대하여 충분한 정·동적 구조안전성을 확보할 수 있음을 실험적으로 입증하였다.

**주요어 :** 전환부 궤도시스템, 고유진동수, 감쇠비

## 1. 서 론

본 연구에서는 국내외적으로 단부 궤도의 성능개선을 위해 개발, 적용되고 있는 전환부 궤도시스템을 국내 철도하중 및 기준에 맞게 설계, 제작하여 전환부 궤도시스템에 대한 거동특성을 실내시험을 통해 분석하고자 하였다[1-5, 6,8,9,10]. 국내 고속철도 교량상 궤도 표준도를 바탕으로 설계된 전환부 궤도시스템에 대한 실내시험을 수행함으로써 구조적 거동특성 및 동특성(고유진동수 및 감쇠비)을 실험적으로 산출하였다[10].

\*† 교신저자: 서울과학기술대학교 철도전문대학원 철도건설공학과 (kwang@seoultech.ac.kr)

\*\* 베를린공과대학교 철도-궤도공학과

\*\*\* (주)삼현피에프 기술개발팀장

\*\*\*\* 서울과학기술대학교 철도전문대학원 철도건설공학과 교수

## 2. 실내시험

### 2.1 시험체 설계 및 시험하중 조건

전환부 궤도시스템의 시험체 단면은 고속철도 교량상 궤도표준단면 및 철도설계기준을 준용하여 단면제원을 결정하고 설계하였다[10,11]. 전환부 궤도시스템의 폭은 상부와 하부 각각 2.8m, 2.9m인 변단면으로 설계하였으며, 높이는 본선 일반 궤도구조의 TCL(Track concrete layer) 높이를 기준으로 전환부 궤도용 받침의 높이(84mm)를 고려하여 설계하였다[10]. 전환부 궤도의 길이는 고속철도교량 신축이음부의 최대 유간 길이 조사결과를 참고하여 3m로 선정하였으며, 시험체의 전경과 제원은 각각 Table 1 및 Fig. 1과 같다[10].

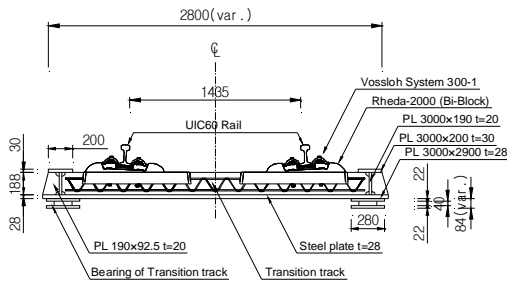


Fig. 1 Section of transition track system

Table 1 Properties of components for transition track system

Description	Properties
Rail	UIC60
Fastening system	Vossloh System 300(SKL 15)
Sleeper	Rheda 2000 Bi-block
Girder	T-Beam : 3,000 × 200 × 30t, 3,000 × 188 × 20t Plate : 150 × 2,900 × 28t (SM490)
TCL	$f_{ck}=45\text{MPa}$
Bearing of Transition track	150 × 250 × 30t, $k=121.45\text{kN/mm}$

실내시험에서는 정격하중 500kN 인 Actuator를 이용한 정, 동적 재하시험을 통해 전환부 궤도시스템의 변위 및 가속도 측정을 수행하고, 또한 동적 가진시험을 통해 획득한 가속도 응답의 자유진동 파형을 이용하여 고유진동수 및 감쇠비를 산출하였다[10,13]. 본 연구의 실내시험에서 적용한 하중케이스는 Table 2와 같으며, Fig. 2는 동적 가진시험에 적용된 주기하중의 예를 나타낸다. [10,13].

Table 2 Load case for test

Static test	0 ~ 220kN (loading step : 20kN)				-
Dynamic test	Case 1 (5%)	Case 2 (15%)	Case 3 (25%)	-	
	LC1 (170kN)	161.9 ± 8.1	147.9 ± 22.1	136.0 ± 34.0	5, 10Hz
	LC2 (220kN)	209.5 ± 10.5	191.3 ± 28.7	176.0 ± 44.0	
	LC3 (200kN)	105.0 ± 95			5Hz

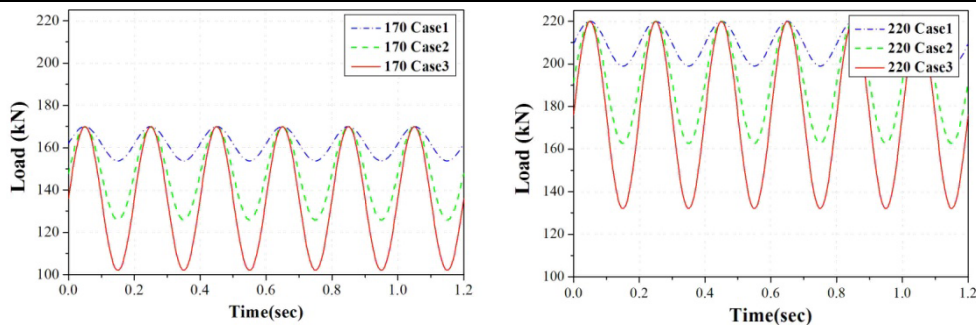
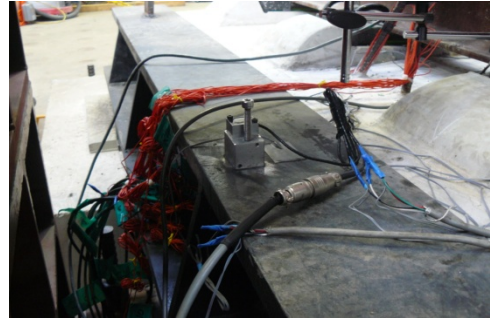
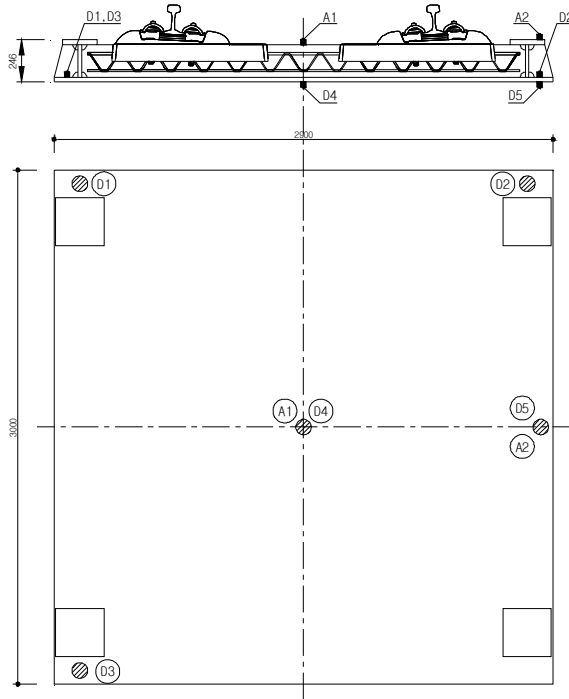


Fig. 2 Example of history load for dynamic test (5Hz)

## 2.2 측정센서설치

정, 동적 재하시험에 따른 전환부 궤도시스템의 처짐수준을 파악하고자 하부 강판의 상, 하면에 변위계를 설치하였으며 센서설치 위치도는 Fig. 3(a)와 같다.

또한 동적 가진하중에 의해 발생하는 전환부 궤도구조의 고유진동수 및 감쇠비와 같은 동특성 측정을 위해 Fig. 3(b)와 같이 주형 및 궤간중심의 콘크리트상면에 가속도계(2g)를 설치하여 가속도를 측정하였다.



(a) Illustration of sensor instrumentation

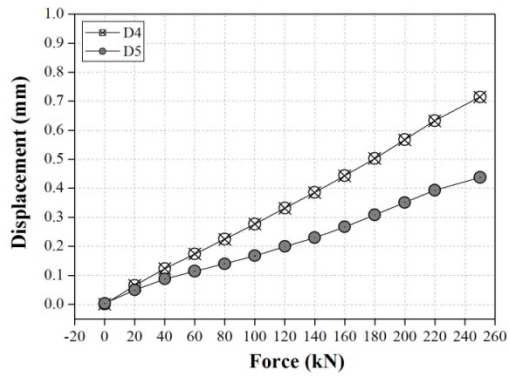
(b) Photograph of sensor instrumentation

Fig. 3 Illustration and Photos of sensor instrumentation

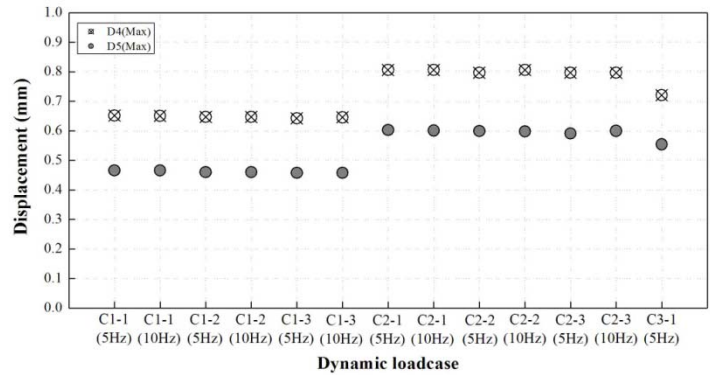
## 3. 측정결과 및 분석

### 3.1 변위 및 가속도 검토

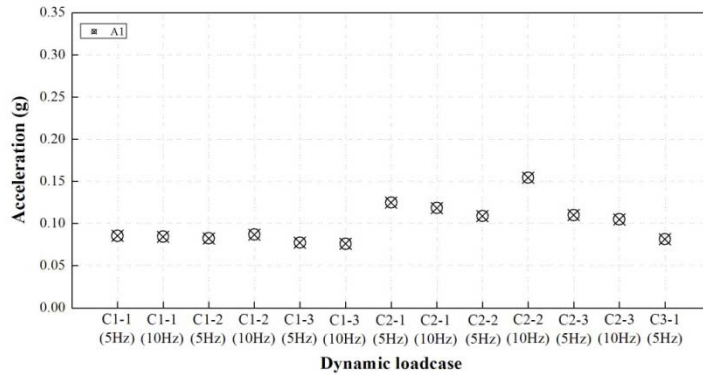
정적 최대하중 250kN 가력 시 측정된 전환부 궤도시스템의 하부강판 중앙부 및 주형 하부의 정적 변위는 Fig. 4(a)와 같다. Fig. 4(a)와 같이 정적 최대하중 250kN 재하 시 하부강판 및 주형의 변위량은 약 0.7mm 정도로 나타났으며, 동적 재하시험 결과 역시 마찬가지로 Fig. 4(b)와 같이 가진하중의 크기 및 진폭에 영향을 받지 않고 전환부 궤도시스템의 연직 처짐 기준치 0.9mm[2,3,6,8,9]를 하회하는 것으로 나타났다.



(a) Static displacement



(b) Dynamic displacement



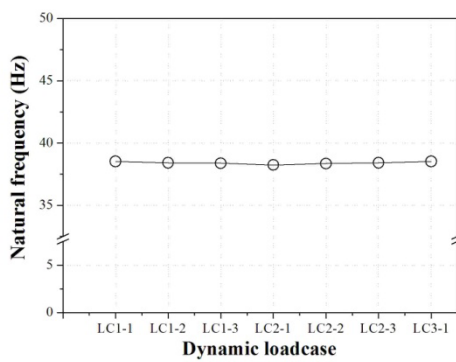
(c) Acceleration

Fig. 4 Test results of displacement and acceleration measurements

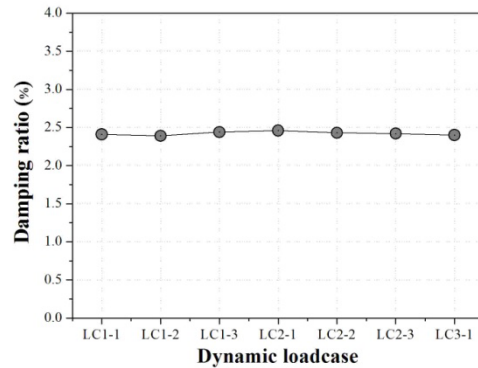
또한 가속도 측정결과, Fig. 4(c)와 같이 전환부 궤도시스템의 연직가속도 허용기준인 0.25g를 하회하는 것으로 나타났다[3,6,8,9].

### 3.3 동특성 검토

측정 가속도 신호의 자유진동파형을 이용한 FFT분석을 수행하여 Load case 별 측정 고유진동수 및 감쇠비를 산출하여 Fig. 5에 나타내었다.



(a) Natural frequency



(b) Damping ratio

Fig. 5 Result of dynamic modal test for transition track

Fig. 5(a)와 같이 전환부 궤도시스템의 고유진동수는 가진하중(진폭)의 변화에 영향을 받지 않고 약 38Hz로 일정하게 나타났다. 또한 본 연구에서 수행한 감쇠비 분석은 측정 가속도 신호의 자유진동파형을 이용하여 대수감소법(Logarithmic decrement)에 의한 감쇠비 추정방법을 적용하였다. 측정 감쇠비 분석결과 고유진동수와 마찬가지로 Fig. 5(b)와 같이 가진하중의 영향을 받지 않고 일정한 수준(약 2.38%)을 유지하는 것으로 나타났다.

#### 4. 결 론

국내 고속철도 궤도설계기준을 준용하여 설계 및 제작한 전환부 궤도시스템은 국내 철도하중에 대한 충분한 정, 동적 구조안전성을 확보할 수 있음을 실험적으로 입증하였다.

또한 전환부 궤도시스템의 고유진동수는 국내 철도운행열차속도 대역에서 공진발생의 위험은 없는 것으로 분석되었으며, 측정 감쇠비는 강합성 구조형식의 감쇠비 기준을 만족하는 것으로 분석되었다. 따라서 본 연구에서 수행한 현장적용을 위한 전환부 궤도시스템의 실물 시제품 실험결과 전환부 궤도시스템은 국내 주행열차하중에 대한 구조적 안전성을 입증하였다.

#### 후 기

본 연구는 국토교통부 국토교통과학기술진흥원 미래철도기술개발사업의 연구비지원(과제번호: 12PRTD-C059777-02, 과제명: 콘크리트궤도가 부설된 철도교량상 장대레일 축력저감 및 단부 사용성 확보를 위한 한국형 횡단궤도시스템 개발)에 의해 수행되었으며, 관련자분들 모두에게 감사드립니다.

#### 참고문헌

- [1] Deutsche Bahn, DB Netz AG (2008) Bridge deck Ends, Check for serviceability limit state of superstructure, DS804 – Appendix 29 (German language).
- [2] Deutsche Bahn, DB Netz AG (2003) Richtlinie 804.5202 (German language).
- [3] Rudolf Seidel (2000) Feste Fahrbahn auf großen Stahlüberbauten der NBS Hannover-Berlin, EI-Eisenbahningenieur (51), pp. 23-29 (German language).
- [4] Deutsche Bahn, DB Netz AG (1995) Anforderungskatalog zum Bau der Fahrbahn, 3. Überarbeitete Auflage, Stand, Catalogues for construction of slab track (German language).
- [5] Edgar Darr, Werner Fiebig (2006) Feste Fahrbahn, Konstruktion und Bauarten für Eisenbahn und Straßenbahn, ISBN 3-8266-1485-2, Eurail press (German language).
- [6] J.I. Lim, S.O. Song, J.Y. Choi, Y.G. Park (2013) Experimental Study on Applying a Transition Track System to Improve Track Serviceability in Railway Bridge Deck Ends, *Journal of the Korean Society for Railway*, 16(3), pp. 207-216.
- [7] J.I. Lim, S.O. Song, J.Y. Choi, Y.G. Park (2013) Experimental Study on Characteristics of Deformation for Concrete Track on Railway Bridge Deck End induced by Bridge End Rotation, *Journal of the*

*Korean Society for Railway*, 16(3), pp. 217-225.

- [8] K.H Lee (2013) Applying transition track system to improve track performance in a railway bridge deck ends, Master's thesis, Seoul National University of Science & Technology.
- [9] K.H Lee, J.Y Choi, M.C Kim, Y.G Park (2012) The Behavior Analysis of Track of Railway Bridge Ends Deck Installed Transition Track, *2012 Autumn Conference & Annual Meeting of the Korean Society for Railway*, Gyeongju, pp.1342-1352
- [10] G.Y. Jo, J.Y. Choi, B.J. Park, Y.G. Park (2013) A Study on Evaluation of Fatigue Behavior for Transition Track System of Railway Bridge, *2013 Autumn Conference & Annual Meeting of the Korean Society for Railway*, Daegu.(Submitted)
- [11] Korea Rail Network Authority (2011) Railway design Standard (Track part).
- [12] Korea Rail Network Authority (2011) Railway design Standard (Railway bridge part).
- [13] D.S. Chun, J.Y. Choi, H.Y. An, Y.G. Park (2008) Behavior of Fastening system of HSR bridge ends deck on slab Track installed Bridge, *2008 Autumn Conference & Annual Meeting of the Korean Society for Railway*, Gwangju, pp. 1624-1633.