

# 궤도-교량의 상호작용에 대한 하중이력의 영향

## The Loading History Effect on the Track-bridge Interaction

윤경민\*  
Kyung-Min Yun

한상윤\*\*  
Sang-Yun Han

황만호\*\*\*  
Man-Ho Hwang

김해곤\*\*\*\*  
Hae-Gon Kim

임남형†  
Nam-Hyoung Lim

### ABSTRACT

In case of the continuous welded rail(CWR) track is supported by the railway bridge, the additional axial force is occurred in the CWR due to the track-bridge interaction. In the various design codes such as Korean code, European code, UIC code, etc, three important loads(temperature variation in the bridge-deck, braking/acceleration and the bending of the bridge-deck resulted from the passing train) are treated as the independent loading case. In other words, the additional axial force can be obtained by summing up the three different values calculated by the three independent analysis. However, this analysing method may have an error because the behavior of the longitudinal resistance between the rail and the bridge-deck is under the highly nonlinear. Therefore, in order to exactly analyse the track-bridge interaction, nonlinear loading history and the change of the longitudinal resistance owing to the loading history must be considered in the analysis process. In this study, the loading history effect on the track-bridge interaction is investigated considering the reasonable combination of three loads and the longitudinal resistance change.

## 1. 서론

장대레일 궤도가 철도교량 상에 위치하는 경우, 교량과 궤도의 상호작용에 의해 장대레일에는 추가적인 축력이 발생된다. 한국, 유럽, UIC 기준과 같은 많은 설계기준에서는 3개의 중요한 하중(교량 상판의 온도변화, 통과 열차에 의한 시제동하중 및 교량 상판의 휨)을 서로 독립적인 별개의 하중으로 취급하고 있다. 즉, 추가적으로 발생하는 축력은 3개의 서로 독립적인 해석에 의해 산출된 3개 값의 단순한 합으로 구할 수 있다. 그러나 이러한 방법에는 레일과 교량 상판과의 사이에 발생하는 종방향 저항력의 비선형 거동으로 인해 오차가 포함될 수 있다. 그러므로 궤도-교량 상호작용을 정확하게 해석하기 위해서는 비선형 하중 이력과 하중 이력에 의한 종방향 저항력의 효과를 고려해야한다.

## 2. 장대레일 궤도의 해석 모델

### 2.1 해석 모델

궤도의 모델링을 위하여 토공구간은 교량 시종점 교대부로부터 300m까지 모델링하였으며, 교량은 40m 지간, MFM방식의 지지조건을 갖는 복선교량을 고려하였다. 해석에 사용된 물성 및 조건은 표 1과 같다.

† 교신저자, 충남대학교, 토목공학과, 부교수  
E-mail : nhrim@cnu.ac.kr

\* 충남대학교, 토목공학과, 석사과정

\*\* 고려대학교, 공학기술연구소, 박사

\*\*\* 한국철도시설공단, 고속철도사업단, 차장

\*\*\*\* 한국철도공사, 연구원, 기술연구처, 처장

표 1. 해석에 사용된 물성 및 조건

구분	단면적(m <sup>2</sup> )	탄성계수(N/m <sup>2</sup> )	온도팽창계수(/°C)	단면 2차모멘트(m <sup>4</sup> )	교각스프링상수(N/m)
레일(UIC60)	0.015374	$2.1 \times 10^{11}$	$1.0 \times 10^{-5}$	$3.055 \times 10^{-5}$	-
교량	11.86	$2.1 \times 10^{11}$	$1.0 \times 10^{-5}$	8.97	$3.0 \times 10^8$

궤도의 종방향 저항력은 UIC Code 774-3R에서 일반적인 수치로 제시한 값을 사용하였으며, 하중 재하 상태별 궤도 종저항력은 그림 1과 같다.

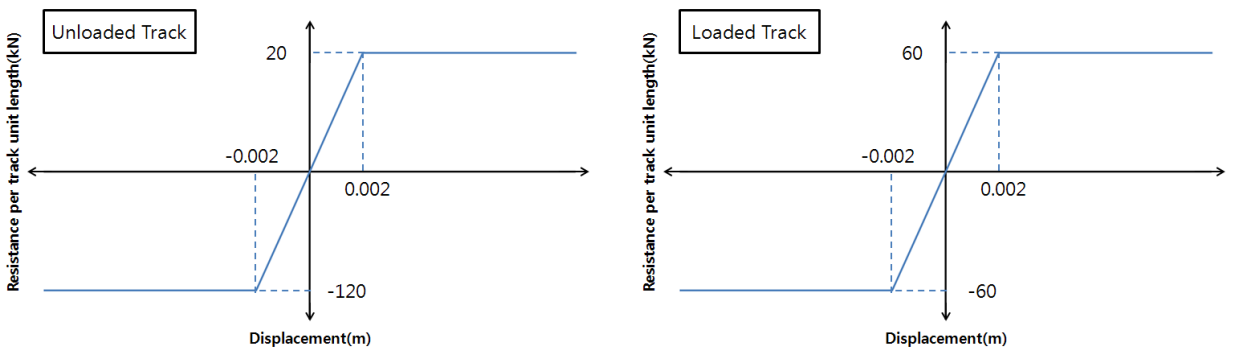


그림 1. 하중재하상태별 하중-변위선도

## 2.2 해석시 고려된 매개변수

해석 수행시 하중은 Loading model 71에 명시된 것과 동일하게 적용하였으며, 본 논문에서는 온도하중과 제동하중만 고려하였다. 온도하중은 35°C를 교량의 상판에 재하하였고, 제동하중은 등분포 하중으로 20kN/m를 재하하였다. 해석 방법은 절차에 따라 2가지로 나누어 해석하였다.

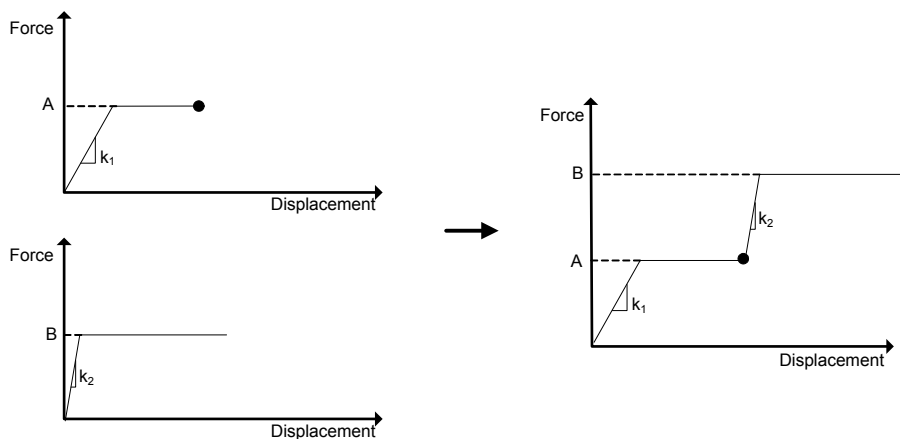


그림 2. 하중 이력을 고려한 단계별 해석시 도상종저항력 곡선의 변화

- 하중 이력의 고려없이 온도하중, 제동 하중을 분리한 해석

온도에 의한 영향은 알 수 없는 상태에서 해석하는 것으로 차량하중이 재하되기 전에 내재된 응력 및 변형율을 0으로 가정하는 해석이다. UIC Code에서 허용하는 방법으로 해석이 간단하지만 비선형 거동에 따른 오차를 포함하고 있다.

- 하중 이력을 고려한 온도하중, 제동 하중의 단계별 해석

차량하중이 재하되기 전에 온도하중이 구조에 영향을 미치는 것을 가정하여, 차량하중이 재하시 내재된 응력 및 변형율을 고려하는 해석이다. 본 논문에서는 온도하중으로 인한 영향 중 응력만 고려하였으며 궤도의 종저항력 곡선은 그림 2와 같이 Unloaded Bi-linear Curve에서 Loaded Bi-linear Curve로 고려하였다.

### 3. 결과 분석

아래와 같은 조건의 Analysis 1~3으로 나누어 해석을 수행하였다. 그림 3은 제동하중 재하시 모형을 나타낸 것이다.

- ① Analysis 1 : 교량 상판에 온도하중 재하
- ② Analysis 2 : Track-1에 제동하중 재하
- ③ Analysis 3 : Analysis-1 해석의 초기조건을 이용한 Track-1에 제동하중 재하

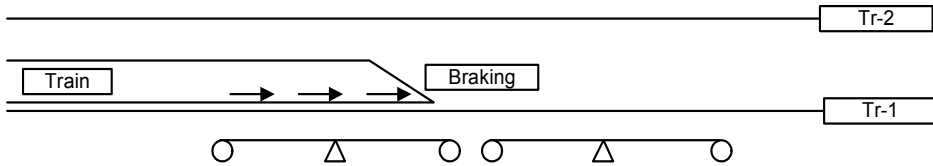


그림 3. Braking 하중 재하 모형

해석 결과는 그림 4, 5와 같다. Tr-1에서 온도하중에 의한 종저항력의 비선형 거동에 대한 영향을 고려하지 않은 Analysis 2가 종저항력의 거동을 고려한 Analysis 3보다 약 68% 더 큰 축력 값을 보였다. 또한 제동하중이 고려되지 않는 궤도(Tr-2)에서도 Analysis 2의 축력값이 더 큰 값을 보였다.

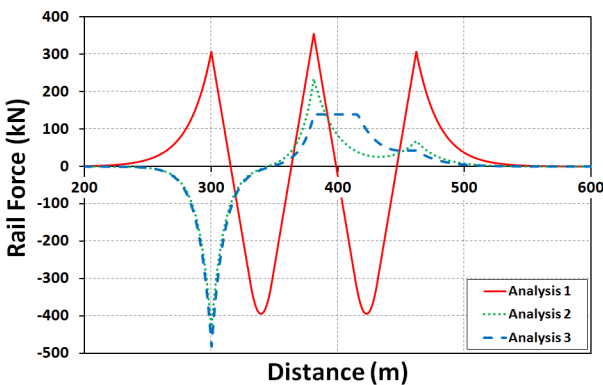


그림 4. Tr-1에서의 Rail Force

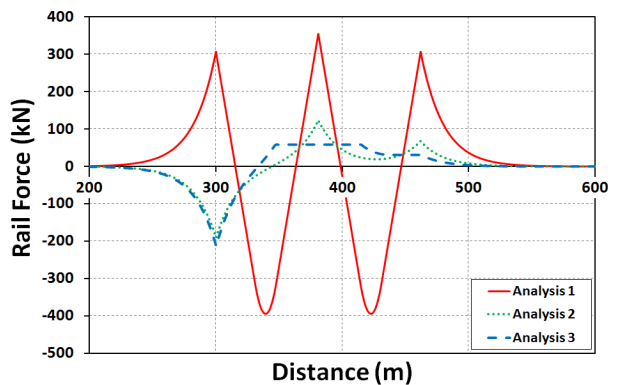


그림 5. Tr-2에서의 Rail Force

### 4. 결론 및 향후 계획

본 연구에서는 교량상 장대레일 궤도에서 궤도-교량 상호작용을 해석하기 위하여 하중 이력과 하중 이력에 의한 종방향 저항력의 비선형거동을 고려하여 수치해석을 수행하였다. 개별 해석결과의 단순한 합은 레일에 나타나는 축력이 과다하게 산출됨을 알 수 있다. 공학적으로 타당하면서 경제적으로 설계를 하기 위해서는 레일의 축력뿐만 아니라, 레일과 교량의 상대변위, 사용성 검토 등 추가 연구가 필요하다 판단된다.

## 감사의 글

이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것입니다(2011-0022755).

## 참고문헌

1. UIC Code 774-3R, 2001
2. M. Cuadrado Sanguino and P.Gonzalez Requejo, "Numerical methods for the analysis of longitudinal interaction between track and structure" Track-Bridge Interaction on High-Speed Railways, pp.95-108, 2007.