

실내실험을 통한 체결장치의 수직방향 저항특성 분석

Characteristics Analysis of vertical resistance of fastener through laboratory test

박종찬*, 윤경민*, 박상준*, 장태영*, 임남형†

Jong-Chan Park*, Kyung-Min Yun*, Sang-Jun Park*, Tae-Young Jang*, Nam-Hyoung Lim†

Abstract The internal forces of the rail supports(uplift force) by deformation of superstructure of bridge from the variety of load should be in the serviceability limit range through the review on the serviceability of concrete track on the bridge. When evaluating the serviceability of concrete track on the bridge, the unit loads are loaded on simplified analysis model and uplifting force and compressive force are calculated according to KR C-08090. And the same stiffness are used in tension, compression on the unit load analysis model. In this paper, vertical stiffness of fastener is deducted through laboratory test, the difference of compression and tension stiffness is analyzed.

Keywords : Concrete track, Uplift force, Compression force, Laboratory tests, Vertical stiffness

초 록 교량 상 콘크리트 궤도의 설계 시 다양한 하중에 의해 발생하는 교량 상부구조물의 변형에 의한 레일 지지점의 작용력을 사용한계범위 내에 있도록 한다. 교량 단부 콘크리트 궤도의 사용성 검토 시 교량을 단순화 시킨 모델에 단위하중을 재하 후, KR C-08090 에 따라 압상력 및 압축력이 산정된다. 단순화된 모델에서 궤도의 연직방향의 강성은 압축과 인장을 동일하게 정의한다. 본 연구에서는 실내 실험을 통하여 체결장치의 연직방향 강성을 도출하였으며, 압축과 인장의 강성 차이를 분석하였다.

주요어 : 콘크리트 궤도, 압상력, 압축력, 실내실험, 연직방향 강성

1. 서 론

교량 상부구조 단부에서의 콘크리트궤도의 사용성을 보장하기 위해서는 교량 상부구조 단부의 회전 및 단차로 인해 레일 지지점의 체결장치에 발생하는 수직하중은 체결장치의 탄성지지체와 앵커시스템에서 공용기간 동안 아무런 손상없이 충분히 흡수할 수 있어야 한다. 국내의 경우 DS 804기준에 의한 사용성 검토를 준용하고 있으며, 다양한 하중조건에 의해 발생하는 교량 상부구조의 변위를 단차와 회전으로 구분하고, 그로 인한 레일 지지점 및 레일에서의 작용력이 사용한계 범위내에 있도록 한다.[1,2] 이때, 체결장치의 수직방향 저항을 압축 및 인장이 동일한 강성으로 정의한다.

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

* 충남대학교 공과대학 토목공학과

실제 체결장치의 강성은 인장 및 압축강성에 차이가 있으며, 이에 따른 응답 차이가 발생 할 수 있다.[3] 본 연구에서는 체결장치의 연직방향 강성을 도출하기 위하여 실내 실험을 수행하였다. 연직방향 강성 도출을 위하여 체결장치에 인장력, 압축력 하중을 정적, 동적으로 재하였으며, 분석을 통하여 강성차이를 도출하였다.

2. 체결장치 연직방향 강성실험

2.1 실험방법

실험에 사용된 레일 체결장치는 현재 고속철도의 콘크리트 궤도에서 적용되고 있는 체결장치를 사용하였다. 레일체결장치의 체결력 실험을 위한 장비는 부산대학교의 지진센터 내 시험장비(부산대) 내에 있는 25톤 유압 액추에이터를 사용하였다. (Fig. 1)

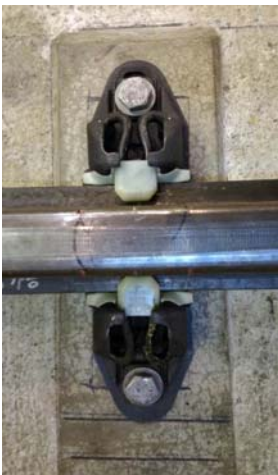


Fig. 1 Whole view of laboratory test

수직방향의 물성치 도출을 위하여 국내에 적용되는 레일체결장치 시험방법에 대한 규격인 KRS TR 0014-15R[4]을 참고 하였다.

설계 시 사용되는 체결장치의 정적, 동적거동에 대한 압축 및 인장에 대한 강성을 도출하기 위하여 다음의 실험을 수행하고자 한다.

- (1) 정적 압축시험
- (2) 정적 인장시험
- (3) 동적 압축시험
- (4) 동적 인장시험

각각의 시험에 대한 실험 방법 및 강성 산정 방법은 다음과 같다.

(1) 정적 압축시험

KRS TR 0014-15R[4]에서의 표 “수직강성 측정을 위한 하중” 에서 제안하는 하중(D형식) $F_{SA2} = 51.2kN$ 을 120kN/min의 속도로 재하 하였으며, 강성은 Eq.01을 이용하여 산정하였다.

$$k_{SA} = \frac{F_{SA2} - F_{SA1}}{d_{SA}} (kN / mm) \tag{1}$$

여기서,

$$k_{SA2} = 0.8F_{SAmax}$$

(2) 정적 인장시험

KRS TR 0014-15R에서의 “체결력 시험” 을 참고하여 10kN/min의 속도로 20kN까지 레일에 상향력을 재하하였다. 인장강성에 대한 산정방법은 제시하고 있지 않으며, 하중-변위 선도로부터 도출하였다.

(3) 동적 압축시험

KRS TR 0014-15R에서의 “동적 수직강성” 을 참고하였다.

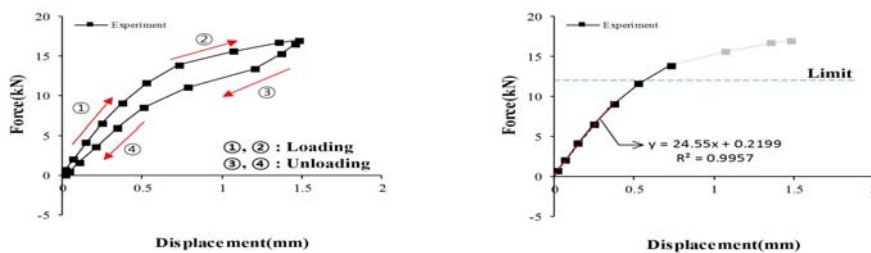
1kN에서 51.2kN 범위의 압축 반복하중을 5Hz 1000회 가하고, 마지막 100회 하중재하 주기 동안 10회에 걸친 작용 하중-수직변위를 기록하는 KRS TR 0014-15R에 의한 방법을 준용하였다.

(4) 동적 인장시험

동적 상향력(인장) 실험방법으로는 하중을 1kN 에서 17kN의 반복하중을 동적 압축력 실험 방법과 동일하게 진행 하였다.

2.2 결과분석

앞에서 기술한 바와 같이 정적·동적 압축강성은 TR 0014-15R에서 제시하는 방법을 이용하여 도출하였고, 정적·동적 인장의 강성은 하중-변위 선도의 초기 강성을 산정하기 위하여 선형회귀 분석을 이용하여 도출하였다.(Fig. 2)



(a) loading-unloading curve

(b) linear regression

Fig. 2 Stiffness from test

A-type 레일체결장치의 동적, 정적 하중에 대한 하중-변위 선도를 Fig. 3에 도시하였다. Fig. 3에서 변위, 하중이 (-)는 압축, (+)는 인장을 나타낸다.

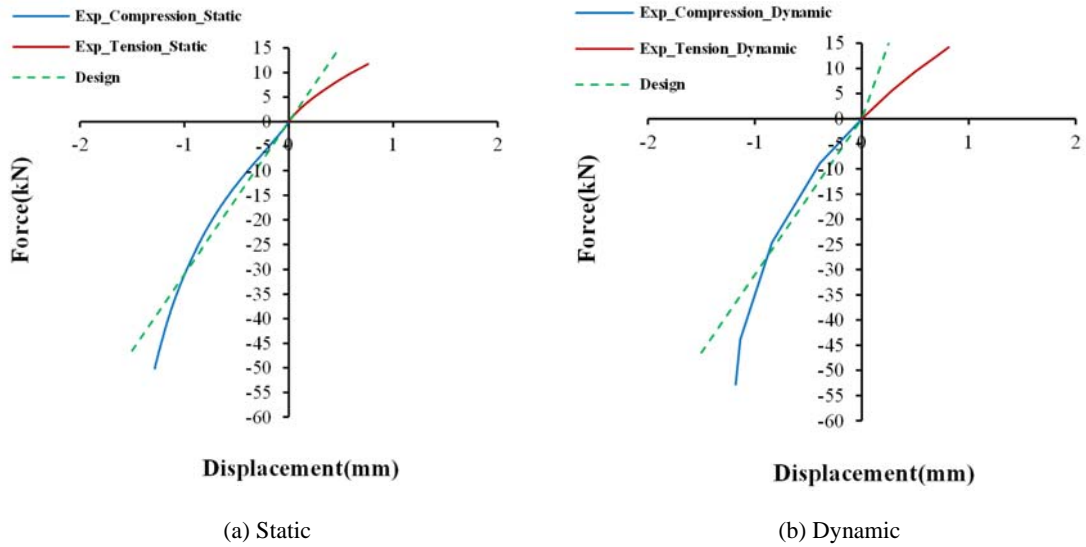


Fig. 3 A-type load-displacement curve

압축부에서 매우 큰 비선형 강성을 보이며, 인장부 강성은 매우 선형에 가까움을 알 수 있다. 또한 압축에서 인장으로 전환되는 하중에서 기울기는 유사하나, 인장강성은 설계 시 사용되는 강성과 큰 차이가 나타남을 알 수 있다. 따라서 사용성 검토를 위한 해석 시 이에 대한 물성치가 고려되어야 엄밀한 해석이 가능할 것으로 판단된다. 이를 설계 해석 시 반영하기 위한 분석이 요구된다. Table 1은 실험의 횟수 및 강성의 평균, 편차값이다. 도출된 평균강성을 설계 강성과 함께 Fig. 4에 도시하였다.

Table 1 Experimental value of A-type

Data	n	Standard Deviation	Average
Static tension	22	0.4	16.1
Static compression	18	2.2	38.4
Dynamic tension	6	1.0	17.3
Dynamic compression	5	2.9	42.0

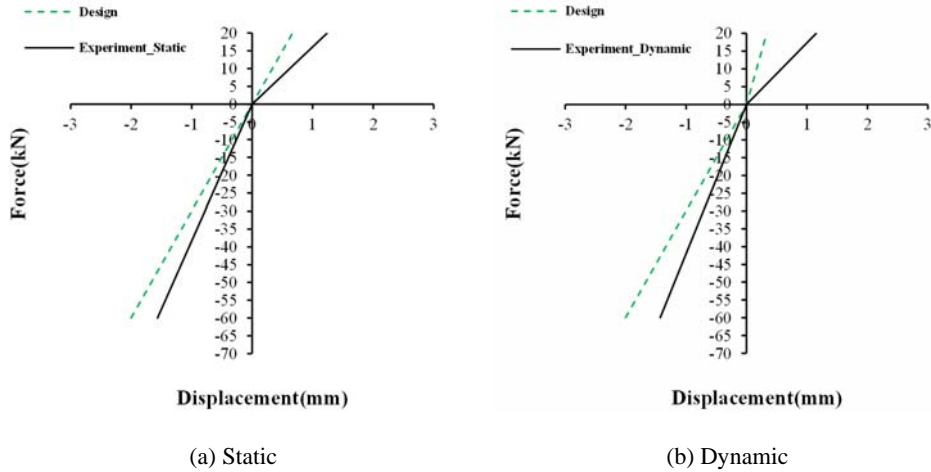


Fig. 2 Vertical stiffness of A-type

평균 정적 인장강성은 16.1 kN/mm, 평균 동적 인장강성은 17.3 kN/mm으로 나타났으며, 평균 정적 압축강성은 38.4 kN/mm, 평균 동적 압축강성은 42.0 kN/mm으로 나타났다. 따라서 압축과 인장강성에 차이가 있으며, 두 경우 모두 정적·동적 강성 차이가 크게 나타나지 않음을 알 수 있다.

3. 결론

본 논문에서는 교량 상 콘크리트궤도 단부에서의 사용성 검토 시 사용되는 궤도의 연직방향 강성도출을 위한 기초연구로, 체결장치의 연직방향 강성도출을 위한 실내 실험을 수행하였다. 체결장치의 정적, 동적의 인장 및 압축강성을 분석한 결과 체결장치의 연직방향 압축, 인장의 강성에 차이가 발생하였으며 정적, 동적 실험에 대한 강성은 유사하게 도출되었다. 추후 교량 상 콘크리트궤도의 단부 사용성 검토 시 이를 반영해 더욱 정확한 검토가 이루어 질 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

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

참고문헌

- [1] DS 804 App.29(2000), Bridge deck ends – check for serviceability limit state of superstructure.
- [2] KR (2014), KR C-08090 : Serviceability Review of End Decks of Concrete track structure.
- [3] K.J. Min, S.W. Lee, B.W. Lee (2014) *A Study on the nonlinear behavior of Rail Anchoring System*, Autumn Conference of the Korean Society for Railway.
- [4] KRS (2015),KRS TR 0014-15R : Rail Fastening System.