

철도교 한계상태설계법 적용에 대한 고찰

Consideration of the Application of Railway Bridge Limit State Design Standard

최유복*[†], 오주한*, 이민수*, 여인호** , 김기현**

Yu-Bok Choi*[†], Ju-Han Oh*, Min-Soo Lee*, Inho Yeo**, Ki Hyun Kim**

초 록 국외 철도시장 진출의 걸림돌이 될 수 있는 기존의 교량설계기준을 선진화함으로써, 국외 철도시장의 국산철도가 진출하는데 이점이 될 수 있다. 이에 국내에서는 한계상태설계법을 도입하기 위한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 한계상태설계법을 도입하기 위해 가장 먼저 기존 교량의 신뢰도 지수를 정하고, 철도교의 목표 신뢰도를 설정하였으며, 이를 통한 극한·사용한계상태 하중조합 및 하중계수를 산정하였다. 이와 같은 변경사항을 적용하여 철도교 한계상태설계법 설계예제집을 구성하였으며, 각 교량의 형식에 따른 설계모듈을 제시하였다. 철도분야에 한계상태설계법 적용에 관하여 추진방향을 설정하여, 선진 설계법이 조기 정착될 수 있도록 지원할 계획이다.

주요어 : 철도교량, 한계상태설계법, 목표 신뢰도 지수, 하중조합 및 계수, 설계예제집

1. 서 론

국토교통부는 2012년 신뢰도에 기반한 도로교설계기준(한계상태설계법)을 제정하였다. 이에 철도분야에서도 국가 R&D “철도노반 성능 및 건설비 최적화 기반기술 개발” 연구과제를 통하여 철도교 한계상태설계법 도입을 위한 연구를 진행하고 있다. 본 논문에서는 앞으로 진행되는 철도교 한계상태설계법의 추진방향에 대해 설명하여 철도 관계자들의 이해를 증진시키고자 한다.

2. 본 론

2.1 철도교 한계상태설계법 추진 방향

2.1.1 목표 신뢰도 지수 결정

극한한계상태 목표 신뢰도 지수 결정을 위해 김희성 외 2명(2017)은 철도교량의 활하중 통계적 분석에 3가지 추정방법을 이용하여 실교량의 안전율을 검토하였다.[1] 또한 김기현 외 2명

(2016)은 사용중인 PSC-I 거더 철도교량을 대상으로 휨강도, 고정하중, 열차 하중의 통계특성을 통해 신뢰도 평가를 수행하였다.[2] 실사용 중인 해당 교량의 신뢰도는 6.67로 나타났으며, 현 도로교 신뢰도인 3.7에 비해 안전측에 있는 것으로 나타났다. 다양한 형식과 지간의 기존 철도교에 대한 신뢰도 평가 결과를 바탕으로 다수의 전문가 자문회의를 거쳐 철도교에서는 극한한계상태 목표 신뢰도는 4로 설정하였다.

사용한계상태 목표 신뢰도 지수에서는 기존 설계법을 기반으로 주행안전성, 승차감 등 사용성 관련 신뢰도 수준을 결정하였다. 그 결과는 아래 표와 같다.

Table 1 Target reliability index

구 분	목표 신뢰도 지수		
	1 년	50 년	100 년
주행안전성	4.7 ($P_f = 10^{-6}$)	3.8 ($P_f = 10^{-6}$)	3.5 ($P_f = 10^{-6}$)
승차감	2.9 ($P_f = 10^{-6}$)	1.5 ($P_f = 10^{-6}$)	1.3 ($P_f = 10^{-6}$)

† 교신저자: 한국철도시설공단 기술본부 궤도처
(bchoitj@kr.or.kr)

* 한국철도시설공단 KR연구원

**한국철도기술연구원

2.1.2 극한·사용한계상태 하중조합 및 계수 제시

1) 극한한계상태 하중조합 및 계수

극한 I의 고정하중계수는 기존 1.35에서 감소되어 1.25로 하였다. 활하중계수는 1.85로 도로교의 1.80과 차이를 두었다. 활하중 계열인 SB, CF는 활하중계열에서 분리하여 별도의 항으로 하고 하중계수를 1.35, 1.40을 적용하였다. 탈선하중조합을 극단상황 III으로 추가하였다. 추가 차선이 있는 경우에 한 차선에만 1.0 하중계수를 적용하여 조합하도록 명시하도록 하였다.

2) 사용한계상태 하중조합 및 계수

사용한계상태 하중조합에서는 주행안전성과 승차감에 관련된 처짐, 먼들립 기준의 적정성을 검토하여 변경사항을 적용하였다.

2.2 철도교 한계상태설계법 설계예제집

철도교 한계상태설계법의 실무자의 이해를 증진시키기 위해 설계예제집을 구성하였다. 크게 4가지로 구분할 수 있으며, 철근콘크리트 부재, PSC Beam 부재, PSC Box 부재, 강 부재 설계모듈로 나뉜다. 또한 단계별 한계상태 설계법 구조계산서를 작성할 수 있도록 프로세스를 예시와 비롯하여 구성해 놓았으며, 도출된 하중계수를 적용하는 사례 연구를 이용하여 제안하중을 결정할 수 있는 예제를 제시하였다.

Table 2 Design modulus

부재	설계 모듈
철근 콘크리트	- 직사각형 RC 단면의 휨강도 검토 모듈 - 전단강도 검토 모듈 - RC 단면의 사용한계상태 균열 검토 모듈 - T형 콘크리트 부재의 계면전단 검토 모듈
PSC (Beam)	- 긴장력에 의한 응력 계산 (초기긴장력 및 즉시 손실) - 응력한계 검토 모듈 (사용한계상태 검토) - 긴장력에 의한 응력 계산 (장기 손실)
PSC (Box)	- T형 및 직사각형 PSC 부재 휨강도 검토 모듈 (휨강도 산정) - 응력한계 검토 모듈 (사용한계상태 검토) - T형 및 직사각형 PSC 부재 휨강도 검토 모듈 (취성파괴 방지 검토)
강	- Box Girder 단면제원 검토 모듈 - 사용성, 시공성, 피로, 강도한계상태 검토 모듈 - 단면특성 산정 모듈 (합성단면 휨강도 검토) - 보강재 검토 모듈 (수직보강재 및 지점보강재) - 전단연결재 설계 모듈

3. 결 론

전 세계적으로 교량설계를 한계상태설계법으로 적용하고 있는 추세이다. 이를 비추어 볼 때 국내 철도교 한계상태설계법 도입을 위한 연구를 통하여 국외 철도시장에 우리 국산 철도가 진출하는데 이점이 있다. 도입시기는 기존 도로교에 한계상태설계법을 적용했을 경우를 예시로 삼아 기존 설계법과 3년간의 혼용을 토대로 한계상태설계법을 보완하여 최종적으로는 철도교에 한계상태설계법만 사용할 수 있도록 정착시키는 방법이 있다. 도입 이후에도 설계기준 뿐만 아니라 표준/전문시방서의 한계상태설계법을 적용해야 하며, 설계지침 등 세부 사항에 대한 연구도 계속해서 진행해야 할 것으로 보인다. 이러한 한계상태설계법의 실제 적용은 필요기술의 공감대 확산사업과 철도건설공사 시범사업을 통한 단계적인 적용 절차가 필요할 것으로 보이며, 이에 한국철도시설공단은 국내에 선진 설계법이 조기 정착하기 위해 적극적으로 협력할 예정이다.

후 기

본 논문은 국토교통부 철도기술연구사업(과제번호: 17RTRP-B067919-05)의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

[1] H. Kim, K. Kim, I. Paik (2017) Statistical Analysis of Live Load for Design of Railway Bridge, *Journal of the Korean Society for Railway*, 20(6), pp. 809-818.

[2] K. Kim, I. Yeo, H. Sim (2016) Flexural Reliability Assessment of PSC-I Girder Rail Bridge Under Operation, *Journal of the Korean Society for Railway*, 19(2), pp. 187-194.