

케이블지지교량의 철근콘크리트 주탑에 대한 신뢰도평가

Reliability Assessment of Reinforcement Concrete Pylon in Cable-supported Bridges

김지현* · 이해성**

Kim, Ji Hyeon · Lee, Hae Sung

국내외 교량설계개념이 경험적 설계에 기반한 설계법에서 확률이론을 기반으로 한 한계상태설계법으로 변화하고 있다. 국내에서는 케이블교량설계지침(한계상태설계법)(안)을 제정하기 위한 연구를 진행하고 있으며, 이 지침에서는 정량적인 신뢰도 수준을 확보하기 위하여 부재의 신뢰도평가 결과를 바탕으로 하중계수와 재료계수를 제시하고 있다. 본 연구에서는 케이블교량의 철근콘크리트 주탑 단면에 대한 신뢰도평가를 수행하여 기존 설계개념의 신뢰도수준을 파악하고, 케이블교량설계지침(한계상태설계법)(안)에서 제시하고 있는 하중계수와 재료계수를 만족하는 주탑의 최적단면에 대하여 신뢰도평가를 수행하여 지침이 확보하고 있는 신뢰도수준을 확인하였다. 그 결과 기존에 설계되었던 교량의 실제 단면은 신뢰도지수 5.32-5.36 수준으로 나타났으며 최적단면의 신뢰도지수는 2.81-3.53 수준으로 나타났다.

핵심용어 : 케이블교량, 철근콘크리트 주탑, 신뢰도평가, 한계상태설계법

1. 서 론

현재 우리나라의 케이블교량의 설계에 있어 확률이론에 근거한 한계상태설계법을 도입하기 위하여 다양한 연구가 진행되고 있다. 한계상태설계법을 도입하기 위해서는 먼저 설계대상의 부재의 안정성여부를 판단 할 수 있도록 한계상태식을 설정하고, 설계변수들의 확률적 통계적 특성을 반영한 신뢰도평가가 선행되어야 한다. 그 신뢰도평가 결과를 바탕으로 균일한 안정성을 확보하도록 하중계수 및 재료계수를 선정한다. 이 연구에서는 현재 사용되고 있는 케이블교량의 철근콘크리트 주탑에 대한 신뢰도평가를 수행하여 기존 설계방식의 신뢰도수준을 확인하고, 케이블교량설계지침(한계상태설계법)(안)에서 제시하고 있는 하중계수와 재료계수가 확보하고 있는 신뢰도수준을 확인한다.

2. PM상관도를 이용한 철근콘크리트 주탑의 신뢰도해석

신뢰도평가를 하기 위하여 철근콘크리트 주탑의 PM상관도를 한계상태로 정의하고 신뢰도해석을 수행한다. 불확실성을 반영하고 있는 하중의 확률변수는 주탑의 고정하중, 케이블과 거더에 의한 고정하중, 2차사하중, 풍하중 등이 있으며, 저항의 확률변수는 콘크리트 압축강도, 철근의 항복응력, 철근의 탄성계수와 단면적, 철근의 위치 그리고 전체단면적을 포함한다. 신뢰도평가를 위해 정의되는 최적화 문제의 해는 iHLRF Algorithm [2]에 Gradient projection method [2]를 접목시킨 방법으로 계산한다.

* 서울대학교 건설환경공학부 박사과정, 공학석사 (E-mail:jhkim07@snu.ac.kr) - 발표자

** 정회원 · 서울대학교 건설환경공학부 교수, 공학박사 (E-mail:chslee@snu.ac.kr)

3. 실교량 주탑의 신뢰도평가

국내 케이블교량 주탑의 실제 설계단면에 대한 신뢰도평가를 수행하여 기존 설계개념으로 설계된 현재 단면의 신뢰도수준을 확인한다. 또한 케이블교량설계지침(한계상태설계법)(안)에서 제시하는 하중계수와 재료계수를 만족하되 다른 여유성을 고려하지 않는 주탑의 최적단면을 설계하고 그 최적단면에 대해 신뢰도평가를 수행함으로써 제시된 하중계수와 재료계수가 확보하는 신뢰도지수를 확인한다. 신뢰도해석을 위한 통계특성은 참고문헌[2][3]를 참조한다.

아래 표 1에서는 이순신대교와 부산항대교 주탑의 실제 단면에 대한 신뢰도평가결과와 최적 단면에 대한 신뢰도 평가 결과를 나타내고 있다. 단면감소율은 실제 단면의 단면적과 최적단면의 단면적을 비교하여 계산한 단면적의 감소 비율을 의미한다.

표 1. 케이블교량 주탑의 실제 설계단면에 대한 신뢰도평가 결과

교량	주탑높이	실제 단면의 단면적	실제 단면의 신뢰도지수	단면감소율	최적단면의 신뢰도지수
이순신대교	270m	$6.987 \times 10^7 \text{ mm}^2$	5.32	49% 감소	2.81
부산항대교	190m	$4.812 \times 10^7 \text{ mm}^2$	5.36	57% 감소	3.53

4. 결 론

본 연구에서는 국내 케이블교량의 철근콘크리트 주탑에 대한 신뢰도평가 결과를 이용하여 주탑의 신뢰도수준을 파악하고, 케이블교량설계지침(한계상태설계법)(안)에서 제시하고 있는 하중계수와 재료계수가 확보하는 신뢰도수준을 확인하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 이순신대교와 부산항대교의 철근콘크리트 주탑은 신뢰도지수 5.32~5.36 수준으로 충분한 안정성을 확보하고 있음을 확인하였다.
2. 케이블교량설계지침(한계상태설계법)(안)에서 제시하고 있는 하중계수와 재료계수는 풍하중에 대해서 신뢰도지수 2.81~3.53 정도의 안정성을 확보하고 있음을 확인하였다.

감사의 글

이 연구는 초장대교량 사업단 제1핵심과제를 통하여 지원된 국토교통부 건설기술혁신사업(08기술혁신E01)의 연구비 지원으로 수행되었습니다. 연구 지원에 감사 드립니다. 또한 설계기준에서 제시하는 하중계수와 재료계수가 확보하는 최적단면설계를 수행해주신 (주)유신의 장석과정님께 감사 드립니다.

참고문헌

1. Liu P., and Der Kiureghian, A. (1991). "Optimization algorithms for structural reliability." *Structural Safety*, Vol.9, pp161-177
2. 황의승, 백인열. (2006). "신뢰도기반 설계기준의 기본 이론 및 설계일반", 교량기술설계연구단, TRS001
3. Nowak AS. (1999) "Calibration of LRFD Bridge Design Code. NCHRP Report 368", *Transportation Research Board, Washington, D.C.*