

Prototype 현수교 주케이블의 신뢰도 평가

Reliability Assessment of Main Cable for Prototype Suspension Bridge

이호현* · 이승한** · 이해성***

Lee, Ho Hyun · Lee, Seung Han · Lee, Hae Sung

케이블교량설계지침(한계상태설계법)(안)은 신뢰도 이론에 근거하여 작성된 설계지침으로 제안된 하중계수 및 저항계수가 목표신뢰도수준을 만족시킬 수 있도록 결정되었다. 본 논문에서는 지침(안)을 바탕으로 설계된 Prototype 현수교의 주케이블 부재에 대한 신뢰도평가를 수행하여 실제 신뢰도와 목표신뢰도를 비교하였다. 주케이블의 신뢰도는 목표신뢰도와 다소 작지만 유사한 결과를 보여 전반적인 계수산정은 잘 이루어진 것으로 보이며 미세한 조정을 통하여 보다 완성도가 높은 지침(안)이 될 수 있을 것으로 판단된다.

핵심용어 : 케이블교량, 하중-저항계수설계법, 신뢰도 평가, 목표신뢰도지수, FORM

1. 서 론

교량설계는 세계적으로 허용응력설계법 기반의 설계에서 하중-저항계수설계법 기반의 설계로 바뀌고 있다. 이러한 추세에 맞춰 케이블교량에 대한 하중-저항계수설계법기반 설계기준을 작성하기 위한 연구가 진행되었고 그 결과 케이블교량설계지침 (한계상태설계법)(안)이 작성되었다. 본 연구에서는 이 지침(안)을 바탕으로 설계된 Prototype 현수교에 주케이블 부재의 신뢰도평가를 수행한다.

2. 케이블 부재의 설계

케이블교량설계지침(한계상태설계법)(안)의 설계식은 기존 하중-저항계수설계법의 설계식과 유사하다. 단, 설계지침(안)에서는 추가적으로 저항수정계수를 도입하였으며 이를 반영한 설계식은 식(1)과 같다.

$$\phi_{rm} R_r \leq \sum \gamma_i Q_i \quad (1)$$

여기서 ϕ_{rm} 은 저항수정계수, R_r 는 공칭저항과 저항계수를 고려한 계수저항을 의미한다. γ_i 와 Q_i 는 각각 i 번째 하중의 하중계수 및 하중효과를 의미한다.

저항수정계수는 기존의 하중-저항계수설계법의 틀을 유지하면서 목표신뢰도를 조절한다. 지침(안)에서는 케이블 부재의 목표신뢰도를 조절할 수 있도록 하였으며 저항수정계수를 통해 이를 달성하도록 한다.

3. 케이블 부재의 신뢰도평가

* 학생회원 · 서울대학교 건설환경공학부 박사과정, 공학석사 (E-mail:hhlee07@snu.ac.kr) - 발표자

** 정회원 · 서울대학교 교량설계핵심기술연구단 선임연구원, 공학박사 (E-mail:shlee02@snu.ac.kr)

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

케이블 부재의 신뢰도평가는 설계지침(안)의 극한한계상태I에 대해 수행하였고 신뢰도 평가 방법은 신뢰도 문제를 최적화 문제로 정의하여 푸는 FORM(First Order Reliability Method)를 적용하였다. 신뢰도평가를 위한 한계상태식은 식(2)와 같다.

$$G = R - T(Q) = A_s f_u - T(Q) \quad (2)$$

여기서 R 은 각 케이블 부재의 저항강도로 부재의 유효단면적 A_s 와 파단강도 f_u 의 곱으로 표현된다. 또한, Q 는 신뢰도평가에 고려된 하중의 벡터를 의미하며 T 는 그에 따른 장력을 의미한다.

FORM 해석을 위해서는 한계상태식의 민감도가 필요하다. 본 연구에서는 케이블요소를 탄성현수선 요소를 적용하여 모델링하였고 그 지배방정식을 직접 미분하여 민감도를 계산하도록 하였다.

4. Prototype 현수교 주케이블의 신뢰도평가 결과

Prototype 현수교는 총 경간장 3,700m의 2경간 현수교로 주케이블은 6.7을 목표신뢰도지수로 하여 설계되었다. 신뢰도 평가에서 고려한 확률 변수와 그 통계적 성질은 표 1에 정리하였으며 그 외의 변수들은 모두 확정값으로 가정하였다. 각 확률변수들의 통계특성은 황의승 등(2006)의 연구와 이승한(2014)의 연구를 바탕으로 설정하였다. 전체 주케이블 요소에 대한 신뢰도해석 결과는 그림 1과 같다.

표 1. 신뢰도평가에 고려된 확률변수 및 통계특성

확률변수		편심계수	변동계수	분포타입
케이블의 파단강도		1.07	12%	대수정규
구조부재와	보강거더	1.03	8%	정규
부착물의 중량	케이블	1.00	6%	정규
포장과 설비의 고정하중		1.00	25%	정규
차량활하중		1.00	20%	대수정규

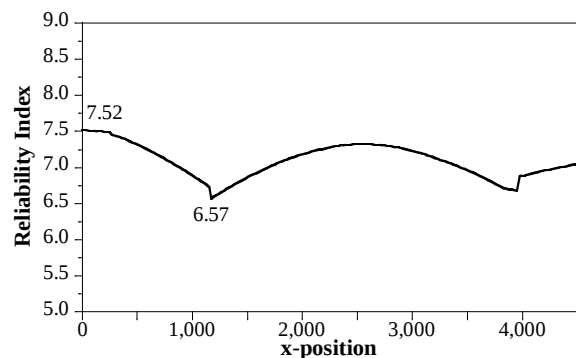


그림 1. Prototype현수교 주케이블의 신뢰도

5. 결 론

케이블교량설계지침(한계상태설계법)(안)에 따라 설계된 Prototype 현수교 주케이블의 신뢰도평가를 수행하였다. 신뢰도지수는 7.52 ~ 6.57로 최소값은 목표신뢰도에 비해 다소 작기는 하지만 2%미만의 오차를 보였다. 이로부터 지침(안)의 계수들은 적절히 작동하고 있다고 판단되며 미세한 조정을 통해 더 완성도가 높은 지침(안)이 될 수 있을 것으로 보인다.

감사의 글

본 연구는 초장대교량 사업단 제1핵심과제를 통한 국토교통부 건설기술혁신사업 (08기술혁신E01)의 연구비 지원으로 수행되었습니다. 연구 지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. 황의승, 백인열 (2006). “신뢰도기반 설계기준의 기본 이론 및 설계일반” 교량설계핵심기술연구단
2. 이승한 (2014). “케이블교량의 신뢰도기반 설계를 위한 하중-저항계수 산정” 공학박사학위논문, 서울대학교