

사장교 케이블의 신뢰도기반 저항계수 산정

Reliability-based Resistance Factor Calibration for Cable Member of Cable-stayed Bridge

이호현* · 이승한** · 이해성***

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

케이블 부재는 케이블교량에서 주로 사용되는 특수부재로 비선형거동을 한다. 그러한 특성을 반영한 일반적인 설계기준이 마련되어 있지 않아 이를 개발하기 위한 연구가 진행되었으며 그 결과로 도로교설계기준(한계상태설계법)-케이블교량편이 작성되었다. 이 논문에서는 해당 설계기준의 극한한계상태1 하중조합을 바탕으로 신뢰도평가를 수행하고 목표신뢰도지수 및 이를 만족시키기 위한 저항계수를 도출하는 방법을 제시하였다.

핵심용어 : 케이블교량, 하중-저항계수설계법, 신뢰도평가, 목표신뢰도지수, 저항계수, 저항수정계수

1. 서 론

케이블 부재는 일반적인 교량에서 흔히 쓰이지 않는 특수부재로 여타부재와 달리 기본적으로 비선형 거동을 보인다. 따라서 케이블부재의 설계를 위해서는 그러한 특성을 반영한 설계기준이 필요하나 국내외의 설계기준 중에서 케이블에 신뢰도기반 하중-저항계수설계법을 적용하여 설계하기 위한 설계기준은 사장교케이블을 대상으로하는 PTI recommendations(PTI, 2012)외에는 찾아보기 힘들다. 따라서 이 연구에서는 국내의 기존 사장교에 대해 신뢰도평가를 수행하고 그 결과를 바탕으로 사장케이블의 신뢰도기반 설계를 저항계수 산정방법을 제시하고 그에 따라 적절한 저항계수를 도출하고자 한다.

2. 케이블부재의 신뢰도기반 설계기준 산정

케이블부재는 전술한대로 기본적으로 비선형 거동을 하기 때문에 이러한 특성을 반영한 설계기준을 개발할 필요가 있다. 기본적으로 신뢰도기반 설계기준을 작성하는 과정은 기존에 다른 부재에 대해 수행되었던 것과 크게 다르지 않다. 우선 케이블교량의 케이블부재에 대해 신뢰도평가를 수행하여 기존 교량의 케이블부재가 갖는 신뢰도수준을 파악한 후 이를 바탕으로 목표신뢰도지수를 설정한다. 그리고 목표신뢰도지수를 만족하는 설계를 유도하기 위해 적절한 산정절차에 따라 하중계수와 저항계수를 설정하여야 한다.

3. 사장케이블의 목표신뢰도 지수

사장케이블의 목표신뢰도지수를 설정하기 위해 3개의 국내 기존교량에 대한 신뢰도평가를 수행하였다. 해석을 수행한 교량은 인천대교, 부산항대교, 제2진도대교이며 신뢰도평가는 일반적으로 케이블설계를 지배하는 차량활하중조합인 도로교설계기준(한계상태설계법)-케이블교량편(국토교통부, 2015)(이하 케이블교량편)의 극한한계상태1 하중조합에 대해 수행하였다. 그림 1은 세 교량에 대해 가장 낮은 신뢰도지수를 보이는 케이블요소에 대해 기존의 허용응력설계법의 설계안전율에 상응하는 신뢰도지수를 표시한 것으로 기존의 허용응력설계법 기반 설계에서 사용하던 설계안전율 2.2에 대응되는 신뢰도지수는 최소 5.62이다. 따라서 사장교 케이블의 목표신뢰도지수는 파괴확률 10^{-8} 에 해당하는 5.61로 설정하였다.

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

** 정회원 · 교토대학교 재난방지연구소 연구원, 공학박사 (E-mail:lee.seunghan.8a@kyoto-u.ac.jp)

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

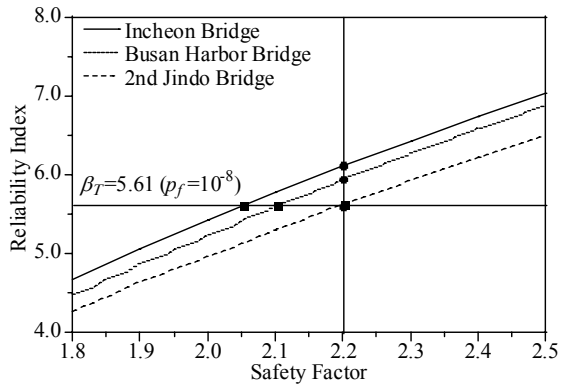


그림 1. 사장케이블의 설계안전율 대비 신뢰도지수

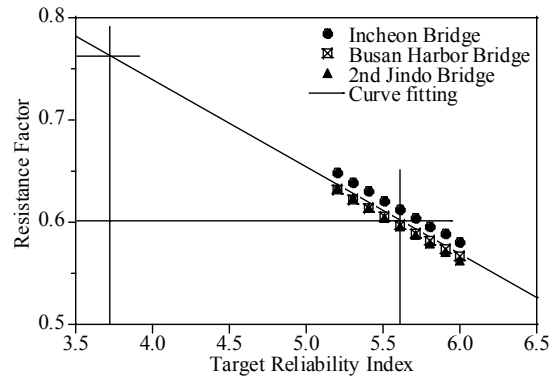


그림 2. 사장케이블의 저항계수 대비 신뢰도지수

4. 사장케이블의 목표신뢰도 지수

3장에서 설정한 목표신뢰도지수를 만족하도록 하중계수 및 저항계수를 설정하여야 한다. 엄밀히 말하면 케이블부재에 대해서도 앞선 신뢰도평가 결과를 바탕으로 하중계수를 설정하여야 한다. 그러나 일반부재와 다른 하중계수를 적용하는 것은 기준의 적용성을 저하시키므로 하중계수는 동일하게 적용하고 저항계수 및 저항수정계수를 통해 목표신뢰도지수를 만족하도록 하였다. 그림2는 사장케이블의 저항계수대비 신뢰도지수를 나타낸 것을 세 교량 모두 비슷한 결과를 보이는 것을 확인할 수 있다. 따라서 세 교량의 결과를 바탕으로 Best-fit line을 계산하여 저항계수를 도출 하였다. 케이블교량편에서는 일반부재와 동일한 목표신뢰도인 3.72는 저항계수를 통해 만족하도록 하고 사장케이블의 목표신뢰도인 5.61을 만족하기 위한 추가적인 안전율은 저항수정계수가 담당하도록 설정되었으며 이를 만족하는 저항계수 및 저항수정계수는 그림 2를 바탕으로 각각 0.76과 0.79로 설정하였다.

4. 결 론

사장케이블의 신뢰도기반 설계기준 산정과정을 제시하였다. 이를 바탕으로 설정된 사장케이블의 목표신뢰도지수는 5.61이며 이를 만족하도록 하는 저항계수 및 저항수정계수는 각각 0.76, 0.79로 도출되었다. 추가적인 연구를 통해 다양한 확률변수들이 가지는 불확실성을 정확히 고려할 수 있게 된다면 동일한 산정과정을 적용하여 보다 합리적인 저항계수 및 저항수정계수를 산정할 수 있을 것으로 보인다.

감사의 글

본 연구는 초장대교량사업단 제1핵심과제를 통한 국토교통부 건설기술혁신사업 (08기술혁신E01)의 연구비 지원으로 수행되었습니다. 연구지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. 국토교통부. (2015), 도로교설계기준(한계상태설계법)-케이블교량편
2. 황의승, 백인열. (2006) 신뢰도기반 설계기준의 기본 이론 및 설계일반, 교량설계핵심기술연구단
3. 이승한. (2014). 케이블교량의 신뢰도기반 설계를 위한 하중-저항계수 산정. 공학박사학위논문, 서울대학교