

풍하중지배 한계상태의 목표신뢰도 설정

Evaluation of Target Reliability Index for Wind Load-Governed Limit State

이해성* · 김지현**

Lee, Hae Sung · Kim, Ji Hyeon

이 연구에서는 풍속의 재현주기를 바탕으로 풍하중지배 한계상태의 목표신뢰도를 설정하는 방법을 제안한다. 풍압의 통계특성과 목표신뢰도지수의 해석적 함수로 정의되어 있는 기존의 풍하중계수에 풍속의 통계특성과 풍압의 통계특성 관계를 도입함으로써 풍하중계수를 풍속의 통계특성과 목표신뢰도지수에 대한 함수로 나타낸다. 그로부터 풍속의 재현주기와 목표신뢰도지수의 관계를 도출하며, 적절한 풍속의 재현주기를 바탕으로 도로교설계기준(한계상태설계법)-케이블교량편의 풍하중지배조합에 대한 목표신뢰도지수를 제안한다.

핵심용어 : 기본풍속, 극한풍속, 목표신뢰도지수, 풍하중지배조합, 신뢰도기반 설계기준

1. 서 론

도로교설계기준(한계상태설계법)-케이블교량편 (국토교통부, 2016)에서는 풍하중지배 한계상태인 극한한계상태 하중조합III에 대하여 목표신뢰도지수를 3.1로 제시하고 있으며 그에 상응하는 풍하중계수를 1.7로 명시하고 있다. 하지만 김지현 및 이해성 (2017)은 현 설계기준의 기본풍속과 풍하중계수 1.7에 의해서 목표신뢰도 3.1을 확보하지 못하는 것을 확인하였다. 따라서 현 설계기준의 극한한계상태 하중조합III에 대한 목표신뢰도지수 및 풍하중계수의 조정이 필요하다. 이 연구에서는 풍속의 통계특성과 풍압의 통계특성의 관계식을 도입하여 Kim et al. (2017)에 의해서 제안된 풍하중계수를 풍속의 통계특성 및 목표신뢰도지수의 함수로 표시한다. 그로부터 풍속의 재현주기와 목표신뢰도의 관계를 유도하며 극한한계상태 하중조합III의 적절한 목표신뢰도지수를 제안한다.

2. 풍속의 통계특성과 풍압의 통계특성의 관계

국내외 설계기준에서는 풍속의 공칭값을 기본풍속으로 지칭하고 있으며 일반적으로 풍속의 재현주거나 비초과확률을 이용하여 기본풍속을 제시하고 있다. 주어진 설계수명 동안 특정재현주기를 가지는 기본풍속이 발생할 확률이 그 기본풍속의 비초과확률과 동일하다는 조건으로부터 기본풍속은 풍속의 변동계수, 오일러상수, 풍속의 재현주기와 설계수명의 비(RRD)에 대한 함수로 나타낼 수 있다.

Kim et al. (2017)의 연구에서는 풍하중지배 구조물의 신뢰도평가 결과를 바탕으로 신뢰도지수의 기하학적 정의를 이용하여 풍하중계수를 풍압의 통계특성 및 목표신뢰도지수의 해석적 함수로 나타내었다. 하지만 많은 국내외 설계기준에서는 기본풍속을 이용하여 공칭값을 정의하고 있기 때문에 정확한 풍하중계수 산정을 위하여 풍속의 통계특성과 풍압의 통계특성의 관계가 필요하다. 따라서 이 연구에서는 몬테-카를로 모사법을 이용하여 풍압의 분포를 생성한 후 선형회기법을 이용하여 풍압의 변동계수와 평균값을 풍속의 변동계수에 대한 1차 함수로 근사한다. 또한 도로교설계기준(한계상태설계법)-케이블교량편의 기본풍속에 해당하는 풍압의 편심계수를 풍속의 변동계수에 대한 1차 함수로 근사한다. 풍속의 통계특성과 풍압의 통계특성의 관계를 Kim et al. (2017)이 유도한 풍하중계수의 해석적 식에 대입하여, 풍하중계수를 풍속의 변동계수와 목표신뢰도지수에 대한 함수로 나타낼 수 있다.

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

** 정회원 · 서울대학교 교량설계핵심기술연구단 선임연구원, 공학박사 (E-mail: jhkim07@snu.ac.kr) – 발표자

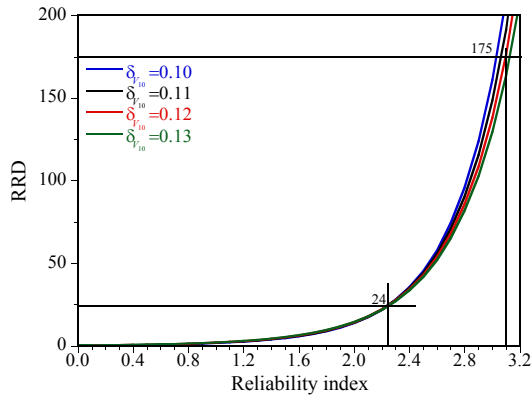


그림 1. RRD와 신뢰도지수 관계

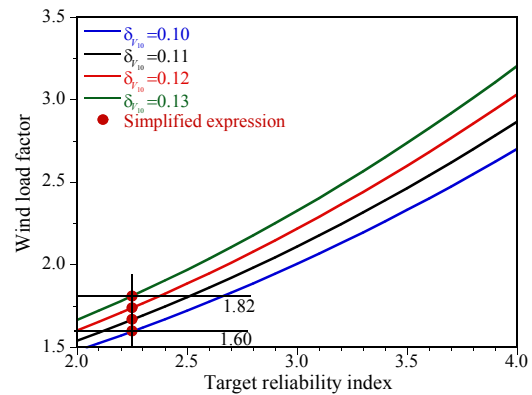


그림 2. 신뢰도지수와 풍하중계수 관계

3. 목표신뢰도지수 설정

풍하중계수의 해석적 식에 기본풍속의 편심계수를 대입하여 정리하면 풍속의 RRD와 목표신뢰도의 관계를 유도할 수 있다. 그림 1에는 RRD와 신뢰도지수의 관계가 풍속의 변동계수에 따라 도시되어 있다. 현 설계기준에서 명시하고 있는 목표신뢰도지수 3.1에 상응하는 RRD는 175로 100년 설계수명 구조물에 대해 17,500년 재현주기의 풍속으로 설계하는 것을 의미한다. 하지만 설계기준의 극단상황한계상태 하중조합I에서 지진하중의 RRD를 24로 채택하고 있는 것과 비교하였을 때 풍속의 RRD가 175인 것은 매우 비합리적이라 판단된다. 따라서 이 연구에서는 지진하중의 RRD와 동일한 값인 24를 풍속의 RRD로 채택하며, 이에 상응하는 신뢰도지수는 2.25이므로 극한한계상태 하중조합III의 목표신뢰도지수를 2.25로 제안한다. 그림2에는 신뢰도지수와 풍하중계수의 관계가 도시되어 있다. 그림 2에서 볼 수 있듯이 목표신뢰도지수 2.25를 만족하게 하는 풍하중계수는 풍속의 변동계수에 따라 1.60에서 1.82으로 변화하며, 이 평균값인 1.7이 현재 설계기준의 풍하중계수와 동일한 것을 알 수 있다.

4. 결론

이 연구에서는 풍속의 RRD과 신뢰도지수 관계를 정립하고 극단상황한계상태 하중조합I의 지진의 RRD와 동일한 RRD를 채택함으로써 극한한계상태 하중조합III의 목표신뢰도지수를 2.25로 제안 하였다. 제안한 목표신뢰도지수를 만족하기 위하여 필요한 풍하중계수의 평균값이 도로교설계기준(한계상태설계법)-케이블교량편의 풍하중계수 1.7과 동일함을 확인 하였다. 따라서 현 설계기준의 풍하중계수를 유지하는 경우 설계기준을 개정할 때 극한한계상태 하중조합III의 목표신뢰도지수를 2.25로 조정하는 것이 필요할 것이다.

감사의 글

이 연구는 국토교통부 건설기술 연구사업 중 케이블교량 글로벌 연구단 2세부과제(18SCIP-B119963-03)를 통하여 경제적 지원을 받아 연구가 이루어진 것입니다. 연구지원에 감사 드립니다.

참고문헌

1. 국토교통부 (2016). 도로교설계기준(한계상태설계법)-케이블교량편, 국토교통부, 서울, 대한민국
2. 김지현 및 이해성 (2017). “도로교설계기준(한계상태설계법)-케이블교량편의 공칭풍압 및 풍하중계수 결정”, *대한토목학회 정기학술대회*, 860-861.
3. Kim, J.H., Yoo, C-H., and Lee, H.S. (2017). “Evaluation of wind load factors of RC columns for wind load-governed limit state in reliability-based design code.” *J. Bridge. Eng.*, ASCE, 22(9): 04017053-1-12.