

도로교설계기준(한계상태설계법)-케이블교량편의 공칭풍압 및 풍하중계수 결정

Determination of Wind Load Factors for Korean Highway Bridge Design Codes (Limit State Design)-Cable Supported Bridge

김지현* · 이해성**

Kim, Ji Hyeon · Lee, Hae Sung

이 연구에서는 도로교설계기준(한계상태설계법)-케이블교량편의 풍하중지배조합에 대한 풍하중계수를 제시하였다. 해석적으로 유도된 풍하중계수 산정식으로부터 국내설계기준에서 제시하고 있는 목표신뢰도지수를 만족하는 풍하중계수를 계산하였으며, 국내설계기준의 저항계수 및 재료계수를 적용하여 극한한계상태 하중조합 III의 풍하중계수를 제안하였다. 제안된 풍하중계수를 적용하여 국내 케이블지지교량의 주탑 단면을 결정하고, 그 단면이 목표신뢰도지수를 만족하는지 검증하였다.

핵심용어 : 풍하중계수, 신뢰도기반설계기준, 목표신뢰도지수, 도로교설계기준, 철근콘크리트주탑

1. 서 론

신뢰도기반 설계기준의 하중저항계수는 설계기준에서 제시하는 목표신뢰도지수를 만족하도록 결정되어야 한다. 그러나 중력방향하중 지배조합과는 달리 국내외적으로 풍하중지배조합의 목표신뢰도 및 하중-저항계수를 결정하는 명확한 방법이 보고된 바가 거의 없다. 최근 Kim et al.(2017)은 계측데이터를 기반으로한 풍하중계수 산정식을 해석적으로 유도하였다. 이 연구에서는 Kim et al.(2017)이 제시한 풍하중계수 산정식으로부터 도로교설계기준(한계상태설계법)-케이블교량편(이하 도로교설계기준)의 고정하중계수 및 재료계수를 반영하여 목표신뢰도를 만족시키게 하는 극한한계상태하중조합 III의 풍하중계수를 제시하였다. 제안된 하중계수의 정당성을 확인하기 위하여 국내의 주요 케이블지지교량 주탑 단면의 신뢰도분석을 수행하였으며, 그 결과 제안된 하중계수가 목표신뢰도를 확보하고 있는 것을 확인 하였다.

2. 목표신뢰도를 만족하게 하는 풍하중계수 결정

신뢰도지수의 기하학적 정의에 따라 신뢰도지수에 상응하는 파괴확률과 파괴시 풍하중변수의 초과확률이 같은 값을 가지게 된다는 신뢰도해석 결과를 바탕으로, Kim et al. (2017)은 주어진 목표신뢰도지수에 상응하는 풍하중지배조합의 풍하중계수를 다음과 같은 식으로 제시하였다.

$$\tilde{\gamma}_{WS} = \lambda_{WS}(1 - \delta_{WS}\sqrt{6}(\ln(-\ln\Phi(\beta_T)) + \gamma)/\pi) \quad (1)$$

여기서, $\tilde{\gamma}_{WS}$, λ_{WS} , δ_{WS} , Φ , β_T 및 γ 는 각각 기본풍하중계수, 풍하중의 편심계수, 풍하중의 변동계수, 표준정규분포의 누적분포함수, 목표신뢰도지수 및 Euler 상수이다. 위의 식(1)은 풍하중계수를 제외한 다른 하중계수 및 저항계수는 모두 그 확률변수의 평균값으로 가정 하여 유도된 것이기 때문에, 실제 설계기준의 하중계수 및 저항계수를 적용하기 위한 보정과정이 필요하다. 도로교설계기준의 고정하중 및 재료계수를 이용하여 보정계수를 계산한 결과 0.80로 계산되었으며, 식(1)의 기본풍하중계수에 보정계수를 곱하면 $\lambda_{WS}=1$ 일 때 $\delta_{WS}=0.27, 0.30$, 및 0.33 에 대한 풍하중계수를 그림 1과 같이 도출할 수 있다.

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

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

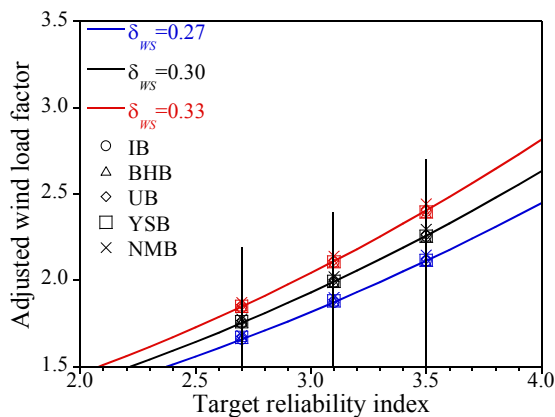


그림 1. 풍하중계수 및 best-fit line

δ_{ws}	풍하중계수		
	$\beta_T=2.7$	$\beta_T=3.1$	$\beta_T=3.5$
0.27	1.66	1.87	2.11
0.30	1.75	1.99	2.26
0.33	1.85	2.11	2.40

표 1. 도로교설계기준을 위해 제안된 풍하중계수

3. 풍하중계수의 타당성 검증

그림1의 best-fit line으로부터 목표신뢰도지수를 만족하게하는 도로교설계기준의 극한한계상태 하중조합 III에 적용할 풍하중계수를 표1에 제시하였다. 제안된 풍하중계수 및 도로교설계기준의 고정하중 및 재료계수를 이용 하고, $\lambda_{ws}=1$ 에 상응하는 평균풍압을 공칭풍압으로 하여 하중-저항계수를 제외한 다른 적용성이 없도록 국내 케이블지지교량의 주탑 단면을 설계하였다. 재설계된 단면 및 하중을 이용하여 Kim et al.(2015)가 제시한 방법으로 신뢰도평가를 수행하였으며, 그 결과 신뢰도지수가 오차 2% 미만으로 매우 정확하게 목표신뢰도지수를 만족하는 것을 확인하였다.

4. 결 론

이 연구에서는 도로교설계기준의 극한한계상태하중조합III의 공칭풍하중을 평균풍압으로 정의하고 목표 신뢰도지수를 만족하게 하는 풍하중계수를 계산하여 제시하였다. 현재 도로교설계기준의 극한한계상태하중 조합III의 공칭 풍하중은 설계수명과 동일한 재현주기의 풍속 즉, 비초과확률 약 36.7%에 해당하는 풍속에 의한 하중으로 정의 되어 있다. 그 하중은 이 연구에서 공칭값으로 정의한 평균풍압보다 더 작은 풍압에 상응하기 때문에 표1의 풍하중계수보다 더 큰 풍하중계수를 필요로 한다. 하지만 실제 설계기준에서 제시하고 있는 풍하중계수는 1.7로 목표신뢰도지수 3.1을 만족시키기에는 작은 값으로 보여진다. 또한, 하중계수는 원칙적으로 하중 및 하중효과에 적용하는 계수이므로 설계기준에서 풍속이 아닌 풍압으로 공칭하중을 정의 하고 그에 맞는 하중계수를 제시해야 할 것으로 판단된다.

감사의 글

이 연구는 국토교통부 건설기술 연구사업 중 케이블교량 글로벌 연구단 2세부과제(17SCIP-B119964-02-000000)를 통하여 경제적 지원을 받아 연구가 이루어진 것 입니다. 연구지원에 감사 드립니다.

참고문헌

1. 국토교통부 (2016). 도로교설계기준(한계상태설계법)-케이블교량편
2. Kim, J.H., Lee, S.H., Paik, I., and Lee, H.S. (2015). "Reliability assessment of reinforced concrete columns based on the P-M interaction diagram using AFOSM." *Struct. Safety*, Elsevier, 55, 70-79.
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.