

# 도로교설계기준(한계상태설계법)의 중력하중 지배 한계상태에 대한 하중-저항계수 결정

## Calibration of Load-Resistance Factors for Gravitational Loads-Governed Limit State of Korean Highway Bridge Design Code(Limit State Design)

송상원\* · 이해성\*\* · 김지현\*\*\*

Song, Sang Won · Lee, Hae Sung · Kim, Ji Hyeon

이 연구에서는 공칭강도를 기반으로 한 하중-저항계수 최적화 방법을 제시하며, 이를 이용하여 도로교설계기준(한계상태설계법)의 중력하중 지배 한계상태에 대한 합리적인 하중-저항계수를 제안한다. 제안한 하중-저항계수를 사용하여 신뢰도분석을 수행하고 제안한 하중-저항계수가 목표신뢰도지수를 균일하게 확보하는 것을 확인한다.

**핵심용어** : 하중-저항계수, 최적화, 신뢰도, 도로교설계기준, 한계상태

### 1. 서 론

신뢰도기반 설계기준의 하중-저항계수는 다양한 부재와 하중조합에 대하여 목표신뢰도지수가 균일하게 확보되도록 결정되어야 한다. 하지만, 도로교설계기준(한계상태설계법)(도로교설계기준, 국토교통부, 2016)을 포함한 현 설계기준들에서는 하중-저항계수가 하중조합을 고려하지 않고 결정되어 목표신뢰도지수가 균일하게 확보되지 못하는 문제점이 있다. 이 연구에서는 공칭강도를 기반으로 한 하중-저항계수의 최적화 방법을 제시하고, 도로교설계기준의 중력하중 지배 한계상태에 대한 합리적인 하중-저항계수를 제안하였다. 신뢰도분석을 통해 제안한 하중-저항계수가 목표신뢰도지수를 균일하게 확보하는 것을 확인함으로써 제안한 하중-저항계수의 타당성을 검증하였다.

### 2. 공칭강도 기반 최적화 방법 및 하중-저항계수 제안

이 연구에서는 도로교설계기준의 중력하중 지배 한계상태에 대한 하중-저항계수를 결정하기 위하여 다음과 같은 최적화 문제를 정의하였다.

$$\begin{aligned} \text{Min}_{\phi, \gamma} \Pi = & \frac{(1-\Theta)}{2} \int_0^{\xi_0} \int_{\eta_1}^{\eta_2} (\bar{S}_0(\phi, \gamma, \xi, \eta) - \bar{S}_T)^T \cdot (\bar{S}_0(\phi, \gamma, \xi, \eta) - \bar{S}_T) d\eta d\xi \\ & + \frac{\Theta}{2} \int_{\xi_0}^1 \int_{\eta_1}^{\eta_2} (\bar{S}_0(\phi, \gamma, \xi, \eta) - \bar{S}_T)^T \cdot (\bar{S}_0(\phi, \gamma, \xi, \eta) - \bar{S}_T) d\eta d\xi \end{aligned} \quad (1)$$

여기서,  $\phi$ ,  $\gamma$ ,  $\xi$ ,  $\eta$ ,  $\bar{S}_0$ ,  $\bar{S}_T$ ,  $\Theta$ ,  $\xi_0$ 는 각각 저항계수, 하중계수, 고정하중비, DC하중비, 공칭강도, 공칭목표강도, 가중치 및 고정하중비 영역 경계점이다. 고정하중비는 총고정하중효과를 총공칭하중효과로 나눈 것으로 정의하였으며, DC하중비는 구조부재와 비구조적 부착물에 의한 하중효과를 총고정하중효과로 나눈 것으로 정의하였다. 공칭강도는 총공칭하중효과로 표준화된 총계수하중효과를 저항계수로 나눈 것으로

\* 서울대학교 건설환경공학부 석사과정, 공학사 (E-mail:swsong13@snu.ac.kr)

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

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

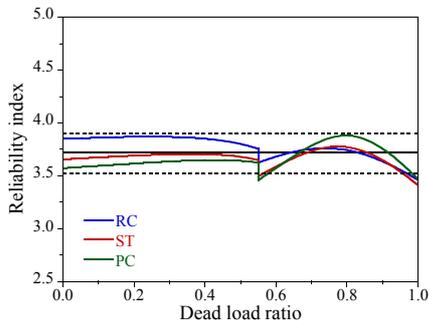


그림 1. 휨에 대한 부재별 평균신뢰도지수

하중효과	영역	저항계수			하중계수			
		$\phi_{RC}$	$\phi_{ST}$	$\phi_{PC}$	$\gamma_{DC}$		$\gamma_{DW}$	$\gamma_{LL}$
					공장	현장		
휨	1	0.90	0.97	0.91	1.05		1.05	1.80
	2	0.91	0.94	0.91	1.25	1.35	1.40	1.45

표 1. 제안 하중-저항계수

정의하였다. 공칭목표강도는 목표신뢰도지수를 정확히 만족시키는 공칭강도이다. 공칭목표강도는 Bae(2016)와 이승한(2014)의 연구에서 사용된 하중-저항계수의 통계특성을 이용하여 산정하였다. 실교량의 사례를 분석한 결과를 반영하여 고정하중비 영역 경계점은 0.55로 설정하였고, DC하중비의 범위는 0.6~1.0으로 설정하였다. 고정하중비에 대하여  $0.00 \leq \xi \leq 0.55$  구간은 영역1로 정의하였으며,  $0.55 \leq \xi \leq 1.00$  구간은 영역2로 정의하였다. 설계기준의 사용성을 고려하여 하중계수는 고정하중비 구간별로 독립적으로 설정하였으며 모든 재료에 대하여 동일하였다. 저항계수는 전체 고정하중비 구간에 대해 동일하였으며 재료별로 독립적으로 설정하였다. 전술한 조건들을 적용하여 하중-저항계수를 산출하였고, 이를 기준으로 도로교설계기준의 중력하중 지배 한계상태에 대해 적합한 하중-저항계수를 표1과 같이 제안하였다.

### 3. 제안한 하중-저항계수의 타당성 검증

표 1의 제안 하중-저항계수를 적용하여 휨하중효과의 중력하중 지배 한계상태에 대한 신뢰도분석을 수행하고, 결과를 도시하면 그림1과 같이 나타난다. 제안한 하중-저항계수는 대부분의 사하중비 영역에서 목표신뢰도지수를 오차범위 5% 안에서 균일하게 확보하는 것을 확인할 수 있다.

### 4. 결론

공칭강도를 기반으로 한 하중-저항계수의 최적화 방법을 제시하였고, 이를 이용하여 도로교설계기준의 중력하중 지배 한계상태에 대한 합리적인 하중-저항계수를 제안하였다. 제안한 하중-저항계수를 적용하여 휨하중효과의 중력하중 지배 한계상태에 대한 신뢰도분석을 수행하였고, 제안한 하중-저항계수는 대부분의 사하중비 영역에서 목표신뢰도지수를 오차범위 5% 안에서 균일하게 확보하는 것을 확인하였다.

### 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), 국토교통부, 서울, 대한민국
2. Bae, C. (2016). Determination of the Load-Resistance Factors for Reliability-Based Codes by Optimization, Master thesis, Seoul National University, Seoul, South Korea.
3. 이승한 (2014). 케이블교량의 신뢰도기반 설계를 위한 하중-저항계수 산정, 박사학위논문, 서울대학교, 서울, 대한민국.