

# 새로운 활하중 모형을 적용한 도로교설계기준의 하중-저항계수 결정

## Determination of Load-resistance Factors for KHBDC by a New Live Load Model

김세상\* · 김지환\*\* · 이해성\*\*\*

Kim, Sesang · Kim, Jihwan · Lee, Hae Sung

본 연구에서는 국내의 Weigh-In-Motion (WIM) 데이터를 기반으로 몬테 카를로 모사 (MCS)를 수행하여 새로운 표준차로하중 모형을 제안하고 활하중 및 활하중효과의 확률모형을 결정하였다. 그리고 새로운 활하중 효과 확률모형을 적용하여 국내의 케이블교량을 포함한 도로교설계기준(한계상태설계법)에 대한 저항계수와 중력방향 하중지배 극한한계상태의 하중계수를 결정하였다.

핵심용어 : 표준차로하중, 활하중, 활하중효과, 확률모형, 하중-저항계수, 도로교설계기준

### 1. 서론

신뢰도기반의 한계상태설계법을 적용하는 설계기준의 하중-저항계수는 하중효과 및 저항의 확률모형에 의해 결정된다. 따라서 하중-저항계수 산정에 앞서 하중의 확률모형의 정립이 선행되어야 한다. 고정하중효과의 확률모형은 국내외적으로 동일한 확률모형을 적용하는 것이 타당하나, 활하중효과의 확률모형은 지역적 특성에 따라 다를 수 있기 때문에, 국외의 활하중효과의 확률모형을 적용하는 것은 적절하지 않을 수 있다. 따라서 본 연구에서는 표준차로하중 모형 제안을 통해 국내 지역성 특성에 맞는 활하중과 활하중효과 확률모형을 결정하였다. 그리고 이를 적용하여 국내의 케이블교량을 포함한 도로교설계기준(한계상태설계법)의 하중-저항계수를 결정하였다.

### 2. 새로운 표준차로하중 모형 및 활하중, 활하중효과 확률모형

김지환과 송준호 (2017)는 국내 WIM 데이터를 바탕으로 활하중의 확률분포가 검분포를 따르는 것을 확인하였다. 본 연구에서는 평균과 변동계수가 큰 왜관 지역의 차로하중의 평균으로 새로운 표준차로하중 모형  $w$ (kN/m)를 식 (1)과 같이 제안하였다. 이 때, 표준차로하중 모형은 기준 길이  $L$ (m)을 도로교설계기준(한계상태설계법)에서 시간의 길이 또는 영향선 길이로 정의한 것과 달리, 교량의 길이로 정의하였다. 이것은 차로하중의 교량 전체에 대한 기댓값을 차로하중으로 재하하는 것이 타당하기 때문이다. 그림 1에 새로운 표준차로하중 모형을 기존 설계기준의 표준차로하중 모형 1, 2와 함께 도시하였다.

$$w = \begin{cases} 16.5 & (L \leq 100) \\ 16.5 \times (100/L)^{0.28} & (L > 100) \end{cases} \quad (1)$$

활하중  $L$ 의 변동계수는 0.06 - 0.10이며, 식 (1)의 새로운 표준차로하중 모형으로 계산한 하중을 공칭값으로 설정하면 활하중의 편심계수는 1.00이다. Nowak (1999)에 따라 활하중효과  $Q_{LL}$ 를 구조해석 계수  $E$ 와 하중을 균일한 차로하중으로 이상화하는 계수  $P$ , 활하중  $L$ 의 곱으로 표현하여 MCS를 수행하면, 활하중효과는 감마분포를 따르며, 편심계수는 1.00, 변동계수는 0.17로 계산된다. 여기서  $E$ 와  $P$ 의 편심계수는 모두 1.00

\* 서울대학교 건설환경공학부 석사과정, 공학사 (E-mail:kss12@snu.ac.kr) - 발표자

\*\* 서울대학교 건설환경공학부 석박통합과정, 공학사 (E-mail:wighks4599@snu.ac.kr)

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

이며 변동계수는 각각 0.06, 0.12이다.

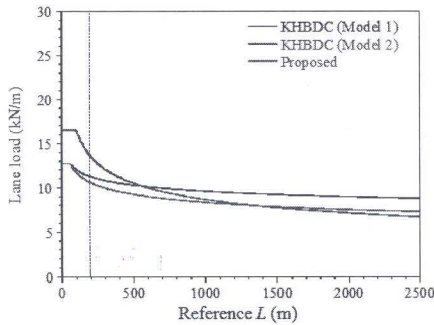


그림 1. 새로운 표준차로하중 모형

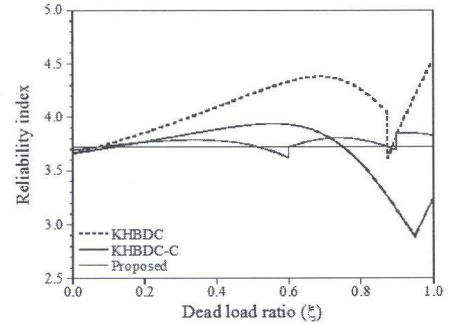


그림 2. 제안 하중-저항계수에 의한 신뢰도지수

### 3. 최적화를 이용한 하중-저항계수 결정

전체 하중효과 공칭값의 합에 대한 고정하중효과 공칭값의 비를 고정하중비  $\xi$ 라 정의하였다. 그리고 새로운 활하중효과 모형을 적용하고 최적화를 이용하여, 고정하중비 전체 영역에서 목표신뢰도지수에 가까운 균일한 신뢰도지수를 만족하게 하는 하중-저항계수를 결정하였다 (그림 2). 저항계수와 중력방향 하중지배 극한한계상태의 고정하중비 구간에 따른 하중계수는 각각 표 1, 2에 정리하였다.

표 1. 제안 저항계수

재료	하중효과	저항계수
RC	휨	0.90
	전단	0.90
Steel	휨	0.97
	전단	0.94
PSC	휨	0.92
	전단	0.91

표 2. 제안 하중계수

고정하중비 구간	$\gamma_{DC}$	$\gamma_{DW}$	$\gamma_{LL}$
$0.0 \leq \xi \leq 0.6$	1.10	1.20	1.60
$0.6 \leq \xi \leq 0.9$	1.25	1.50	1.35
$0.9 \leq \xi \leq 1.0$	1.30	1.55	1.15

### 4. 결론

국내 WIM 데이터를 기반으로 새로운 표준차로하중 모형을 제안하고, 활하중 및 활하중효과 확률모형을 결정하였다. 그리고 새로운 활하중효과 확률모형을 적용하고 최적화를 이용하여 목표신뢰도지수에 가까운 균일한 신뢰도지수를 만족하는 하중-저항계수를 제안하였다.

### 감사의 글

이 연구는 국토교통부 건설기술 연구사업 중 케이블교량 글로벌 연구단 2 세부과제 (17SCIP-B119964-02-00 0000)를 통하여 경제적 지원을 받아 연구가 이루어진 것입니다. 연구지원에 감사드립니다.

### 참고문헌

- 김지환, 송준호, 2017, *WIM (Weigh-In-Motion) 데이터 기반 교량 차량하중 확률모델 개발*, 2017 대한토목학회 정기학술대회, 대한토목학회, 대한민국 부산.
- Nowak, A. S., 1999, *Calibration of LRFD bridge design code*, NCHRP Report 368, Transportation Research Board, Washington, DC.