

信頼性解析に基づく鋼製橋脚の設計条件の形式別適用性に関する研究

鹿島建設(株) 大島 秀敏*
 ○中央大学大学院 学生会員 菊地 武志
 中央大学 正会員 佐藤 尚次

1. はじめに

従来、土木構造物は許容応力度設計法で設計されてきており、これまで安全性が不明瞭であることや構造形式によって安全性が異なるといった問題点を道路橋橋脚、特に鋼製門型ラーメン橋脚を対象に指摘されてきた¹⁾。そこで、本研究では鋼製門型ラーメン橋脚と鋼製単柱型橋脚の二つの異なる構造形式を対象に、信頼性解析により許容応力度設計法により設計された両構造物の安全性評価を行う。その結果をもとに信頼性理論に基づく荷重係数設計法について検討し、両構造物の荷重係数の設定に関して一定の知見を得ることを目標とした。

2. 対象構造モデル

図-1 に示す上部構造を2個の固定支承で支える鋼製門型ラーメン橋脚と鋼製単柱型橋脚とする。また表-1 には構造モデルの諸元を示す。

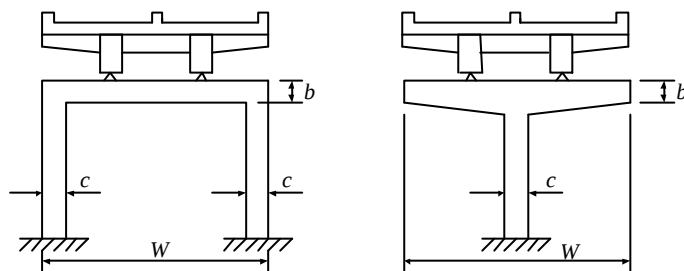


図-1 対象とする橋脚モデル

表-1 構造モデルの諸元

		単位:m					
Model		L	H	W	a	b	c
ラーメン型橋脚	1	40.0	10.0	20.0	2.00	1.67	1.50
	2	40.0	10.0	30.0	2.00	2.50	2.00
	3	40.0	15.0	20.0	2.00	1.67	1.75
	4	40.0	15.0	30.0	2.00	2.50	2.25
単柱型橋脚	5	40.0	10.0	20.0	2.00	1.67	1.50
	6	40.0	10.0	30.0	2.00	2.50	2.00
	7	40.0	15.0	20.0	2.00	1.67	1.75
	8	40.0	15.0	30.0	2.00	2.50	2.25

3. 信頼性解析および荷重係数設計法

本研究で考慮する荷重は、死荷重、活荷重、温度荷重、地震荷重の4種類である。信頼性解析を行う際の荷重のモデル化は既往の研究を参考にした。構造物の安全性はHasofer-Lind型の安全性指標 β ²⁾を用いて評価し、弾性限界状態を鋼材の降伏点強度 $\sigma_y=3.6 \times 10^8$ (N/m²)とした。また荷重係数の算定には目標安全性指標 β_a を設定し、各構造モデルの安全性指標 β_i と β_a で定義される目的関数をが最小となるように各荷重係数を最適化する。

4. 許容応力度設計法で設計された橋脚の信頼性評価

許容応力度設計法³⁾において先に示した荷重を橋軸直角方向から作用させて信頼性解析を行い安全性指標 β を算定した結果を図-2に示す。この図から明らかなように鋼製門型ラーメン橋脚の安全性指標は $\beta=2 \sim 8$ と大きく幅があり安全性にバラツキことがわかる。一方、鋼製単柱型橋脚の安全性指標は、バラツキは見られないがほぼ $\beta=1$ と極めて安全性が低いことがわかる。いずれにしても、許容応力度設計法は安全性にバラツキを与え、構造形式によって安全性が異なる。これは許容応力度設計法が一律に許容応力度の割増しを行っているためと思われる。

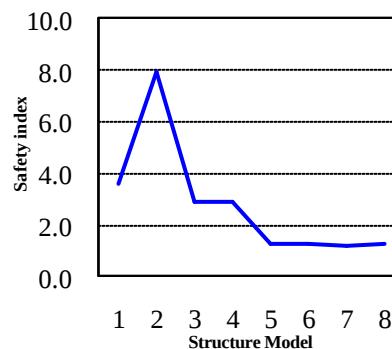


図-2 許容応力度設計法により設計された場合の安全性指標

Keyword：信頼性解析，鋼製橋脚，荷重係数設計法

* 研究当時 中央大学大学院

〒112-8551 文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部土木工学科設計工学研究室 TEL 03-3817-1816

5. 荷重係数の算定

3.で示した方法により荷重係数を構造形式別に算定した結果を表-2 に示す．地震荷重を含む荷重の組合せとして本研究で考慮する荷重の組合せは4種類の荷重をすべて組合わせ，それらの実荷重を橋軸直角方向から作用させて荷重係数を算定した結果である．表中の γ_d ， γ_l ， γ_t ， γ_e はそれぞれ死荷重，活荷重，温度荷重，地震荷重に対する荷重係数である．表2より目標安全性指標 β_a を2.0と4.0に設定した場合，地震荷重の荷重係数が最も変化していることがわかる．また，その他はそれほど変化はみられない．一方で構造形式で比較すると，温度荷重と地震荷重の荷重係数が鋼製門型ラーメン橋脚より鋼製単柱型橋脚の方が大きい数値を示している．

表-2 荷重係数の算定結果

	安全性指標	死荷重	活荷重	温度荷重	地震荷重
	β_a	γ_d	γ_l	γ_t	γ_e
RFP	2.0	1.00	0.11	0.34	1.43
	4.0	1.00	0.11	0.32	2.66
SP	2.0	1.00	0.14	0.54	1.53
	4.0	1.00	0.12	0.57	2.91

RFP：鋼製門型ラーメン橋脚

SP：鋼製単柱型橋脚

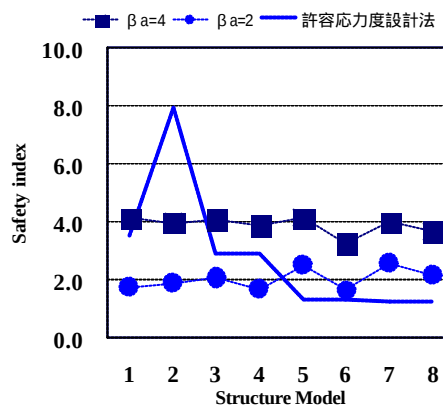


図-3 荷重係数設計法により設計された場合の安全性指標

6. 荷重係数設計法で設計された橋脚の信頼性評価

荷重係数設計法において信頼性解析を行い安全性指標 β を算定した結果を図-3に示す．許容応力度設計法で設計を行った場合，安全性にバラツキがあり，特に構造形式別では安全性に大きな隔たりがある．しかし，荷重係数設計法により設計を行うことで，構造形式を問わず，ほぼ同程度の安全性を保有できていることがわかる．以上から，信頼性理論に基づく荷重係数設計法は，構造形式を問わずある程度均一な安全性を保有する橋脚の設計を行うことができると考えられる．

7. まとめ

本研究では，信頼性理論に基づいた荷重係数設計法を構造形式別に適用することで荷重係数の設定に関する知見を得ることを目的とした．研究の結果，温度荷重と地震荷重の荷重係数の数値に差が現れた．このことから単純に考えれば，荷重係数の設定は構造形式別にそれぞれ行うことが望ましいということになる．また現実にはこのような複雑な操作を行うのは煩わしいが，係数を統一する場合の構造形式の違いによる安全性のバラツキには注意が必要である．このように荷重係数の数値が異なる原因としては，構造物の設計を支配するのが軸力か曲げかといった力学的特性によるものと思われる．いずれにしても，荷重係数設計法は許容応力度設計法に比べ合理的な設計法であると言えるだろう．

しかし，本研究は解析を弾性域に留めており，限界状態を弾性限界状態に仮定しているため実際の構造物の挙動を考慮しているとは言い難い．また，ラーメン構造と単柱構造の形式の差も大きく出るはずである．そこで，今後は塑性域を考慮した解析を行い，信頼性解析を行うことでより現実的な安全性評価が可能になると思われる．

参考文献

- 1) 白木渡 鋼製ラーメン橋脚の耐震信頼性評価，構造工学論文集，Vol.43A, pp505-510, 1997-3.
- 2) Christensen, P.T. and Baker, M.J. Structural Reliability Theory and Its Applications, Springer Verlag, 1982
- 3) 日本道路協会 道路橋示方書 同解説 共通編，鋼橋編，1990.