

多径間連続橋のRC橋脚の部分安全係数の試算

豊橋技術科学大学大学院 学生員 O. Leelawat Chartchai

豊橋技術科学大学工学部 正 員 栗林 栄一

1. まえがき

多径間連続橋のような不静定構造物の場合には部材（例えば橋脚など）の一部の破壊が必ずしも構造物全体の崩壊を意味するわけではない。しかし、1986年の土木学会のコンクリート標準示方書で用いる部分安全係数設計法は、部材の信頼度だけで部分安全係数を決めている。これらの値を用いて多径間連続橋を設計するには不合理ではないかと考えられる。以上のような観点から、本研究は、都市内高速道路に多く見られる多径間連続橋の鉄筋コンクリート橋脚を対象に、死荷重、活荷重、温度荷重および地震荷重の実荷重が作用したときの部材および構造物全体の信頼度を評価し、これらの信頼度に基づいて橋脚の設計に対する荷重組合せの部分安全係数（ここでは、荷重係数と呼ぶ）の試算を行った。

2. 構造モデルおよび実荷重のモデル

本研究で対象とした9種類の構造モデルは、都市内高速道路に多く見られる連続鋼桁橋の中間支点を支える鉄筋コンクリート・ラーメン橋脚である。図-1にこれらの概略図、表-1に構造モデルの諸元を示す。なお、橋脚断面は一様断面と仮定し、また、断面の寸法および設計条件は、現行の道路橋示方書で設計されたときの寸法および設計条件を用いた。実荷重のモデルについて、本研究では、死荷重(D)、活荷重(L)、温度荷重(T)、地震荷重(E)の4つの実荷重を考える。ここでは、各荷重の和の最大値の分布関数が求めやすいようにPerry Borges-Castanheta(B-C)荷重モデルを用い実荷重をモデル化した。そして、このB-C荷重モデルにTurkstraの規則を適用して荷重の組合せを解析した。なお、温度荷重および地震荷重のモデル化に対しては東京地域のデータを対象にして行った。活荷重のモデル化に対しては文献2)等を参照して決定した。また、構造物の供用期間は50年とする。

3. 構造物の信頼度解析

構造物の部材の信頼度を求めるために、本研究では、多径間連続橋の上下部構造を平面骨組構造物にモデル化し、各柱要素の節点で得られた最大破壊確率を部材の破壊確率とした。本研究は、軸力を考えずに曲げモーメントだけが作用する場合の初期状態（全節点弾性挙動）を考えた。構造物全体の信頼度に関しては部材の信頼度解析と同様に多径間連続橋の上下部構造を平面骨組構造物にモデル化し、Murotsuら³⁾によって提案された方法を用いて構造物全体の信頼度を算定した。

4. 荷重係数の算定

コンクリート標準示方書で用いられている部分安全係数設計法の安全性の照査式は次式のように表せる

$$\frac{\gamma_a S (\gamma_f \phi F_k)}{R (f_k / \gamma_m) / \gamma_b} \geq \gamma_1 \quad \dots (1)$$

ここに、R：抵抗値、 f_k ：材料強度、S：作用値、 F_k ：荷重特性値、 γ_m ：材料係数、 γ_b ：部材係数、 γ_1 ：構造物係数（全体係数）、 γ_f ：荷重係数、 ϕ ：組合せ係数、 γ_a ：構造解析係数である。本研究は組合せ荷重の荷重係数 γ_f を求めるためにその他の係数を $\gamma_m = 1.3$ （コンクリート）および1.0

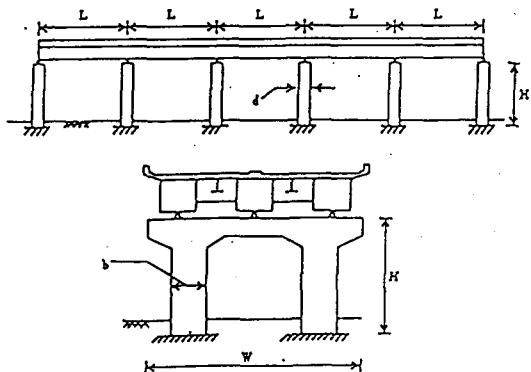


図-1

(鉄筋)、 $\gamma_b = 1.15$ 、 $\gamma_l = 1.0$ 、 $\phi = 1.0$ 、 $\gamma_a = 1.0$ と設定した。荷重係数の算定においては以下の式を用いて算定した。

$$\Omega = \sum_{i=1}^N \left(\frac{\log P_i^i - \log P_i^*}{\log P_i^*} \right)^2 + \sum_{i=1}^N \left(\frac{\log P_i^i - \log P_i^*}{\log P_i^*} \right)^2 \quad (2)$$

ここでは、目的関数 Ω が最小となるとその荷重係数が最適な荷重係数となる。なお、部材のターゲット破壊確率 P_i^* および構造物全体のターゲット破壊確率 P_i^* はそれぞれ 10^{-3} 、 10^{-7} と仮定した。表-2に、荷重組合せCode-2(D+L+T)場合の結果を示す。ここでは、構造モデル1から9すべてを考慮し、死荷重、活荷重および温度荷重の荷重係数がそれぞれ1.0、0.6および1.0の時に Ω_e および Ω が最小値となった。この表では、 Ω_s が最小値になる時の荷重係数が得られなかったと示しているが、実は、1.2以上の温度荷重係数を用いると Ω_s が最小値になることがわかる。これは、構造モデル1から3までの構造物全体の破壊確率が大きいためである。Code-3(D+EQ)の場合では、表-3に示すように、死荷重係数と地震荷重係数がそれぞれ1.0と1.2および1.0と1.1となる時に Ω_e および Ω が最小値となった。ここでもCode-2(D+L+T)と同じように Ω_s が最小値になる時の荷重係数が得られなかった。以上の結果を総合的にみると、荷重係数はほとんどのCodeにおいて部材の信頼度に依存する結果となっている。これは構造物全体の信頼度を考慮しなくてもよいと意味しない。より安全より経済的に構造物を設計するために部分安全係数の算定をするときに部材の信頼度だけではなく構造物全体の信頼度も考慮する必要がある。

5. まとめ

本研究では、多径間連続橋のRC橋脚を対象に、部材および構造物全体の信頼度に基づく部材安全係数設計法の荷重係数を試算した。しかし、本研究の結果は、構造物の種類、荷重のモデル化および荷重組合せの解析方法に大きく左右される。直ちに実用的な荷重係数を提供するものではないが、設計基準の再検討の際の基礎的な資料になり得るものと思われる。今後では、個々の荷重について実荷重特性をより正確にモデル化すると共に、荷重組み合わせを行う上でもさらに工夫が必要かと思われる。

参考文献

- 1) 土木学会、コンクリート標準示方書（設計編）、昭和61年10月。
- 2) 北沢正彦、久保雅邦、白木渡、亀田弘行、鋼製橋脚における荷重組み合わせの解析と荷重係数の試算、構造工学論文集, Vol. 33A, pp. 761-773, 1987-3.
- 3) Murotsu, Y., Okada, H., and Matsuzaki, S., Reliability Analysis of Frame Structure under Combined Load Effects, Proc. of ICOSAR'85, Vol. I, Kobe, Japan, 1985.

表-1

Model No.		Span Length L	Pier Height H	Pier Width W	Column Width b	Column depth d
5-SPAN	1	40.0	12.0	19.0	2.70	2.70
	2	50.0	12.0	19.0	2.80	2.80
	3	60.0	12.0	19.0	2.90	2.90
7-SPAN	4	40.0	12.0	19.0	3.10	3.10
	5	50.0	12.0	19.0	3.20	3.20
	6	60.0	12.0	19.0	3.30	3.30
9-SPAN	7	40.0	12.0	19.0	3.20	3.20
	8	50.0	12.0	19.0	3.30	3.30
	9	60.0	12.0	19.0	3.40	3.40

Unit: in metre

表-2

γ_D	γ_L	γ_T	Ω_e	Ω_s	$\Omega = \Omega_e + \Omega_s$
1.0	0.6	0.6	2.96129	3.91628	6.87757
1.0	0.6	0.9	1.03435	2.15821	3.19256
1.0	0.6	1.0	0.34080	0.76012	1.10092
1.0	0.6	1.1	1.64657	0.45919	2.10586
1.0	0.6	1.2	3.51808	0.35385	3.88191

表-3

γ_D	γ_{L+T}	Ω_e	Ω_s	$\Omega = \Omega_e + \Omega_s$
1.0	1.0	1.38727	0.47676	1.86403
1.0	1.1	0.48541	0.64705	1.13246
1.0	1.2	0.04683	1.72516	1.77199
1.0	1.3	0.31975	4.77371	5.09347
1.0	1.4	1.35755	10.27618	11.63373