

I - A155

鋼製ラーメン橋脚の荷重係数設計法に関する研究

鳥取大学工学部 学生員 松原孝介 鳥取大学工学部 正会員 白木 渡
(株)横河ブリッジ 正会員 山本 宏 鳥取大学工学部 学生員 佐々木健太郎

1.はじめに

これまで我が国の土木構造物はマグニチュード7程度の地震に耐えうと言われてきたが、平成7年1月17日早朝に発生したマグニチュード7.2の兵庫県南部地震により多くの土木・建築構造物が被害を受けた。特に道路橋橋脚の破壊が目立ち、広範囲にわたって被害を受けた。これらの橋脚は許容応力度設計法によって行われており、これまでもその問題点として設計規準で想定されている以上の地震力が作用した場合、安全性が不明瞭であり、構造形式により安全性が異なることを指摘してきた¹⁾²⁾。本研究では、道路橋橋脚を対象とし、確率論的手法に基づいた荷重組み合わせ解析および信頼性解析を行い、現行設計法により設計された構造形式の異なる橋脚の弾性挙動限界に対する信頼性を評価する。その結果をもとに許容応力度法の問題点を指摘し、それを克服する方法としてすでに欧米で標準化されている信頼性理論に基づく荷重係数設計法について検討を行う。

2.対象構造物のモデル化

本研究では図-1に示す三径間連続非合成箱桁を支える鋼製門型ラーメン橋脚を対象とし、使用実績の多さを考慮して表-1に示す12種類の構造モデル¹⁾²⁾について解析を行う。

3.耐震信頼性解析法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、温度荷重および地震荷重の4種類であり、これらの荷重の実荷重のモデル化をB-C荷重モデルを用いて行う³⁾。モデル化は先の研究¹⁾²⁾を参考にして行う。構造物の信頼性は、Hasofer-Lind型の信頼性指標 β ³⁾によって評価し、弾性限界状態としては、鋼材の降伏点応力度 $\sigma_y=36000(\text{tf/m}^2)$ とした。また荷重係数の算定法としては、目標信頼性指標 β_T を設定し、各構造モデルの信頼性指標 β_1 と β_T で定義される目的関数 Ω が最小となるよう各荷重係数を最適化する¹⁾²⁾。

4.現行設計法により設計された橋脚の信頼性評価

現行設計法により設計された橋脚モデルの信頼性解析を行った結果を図-2に示す。図-2は設計された橋脚に橋軸直角方向と橋軸方向から荷重を作用させて信頼性指標 β を計算したものである。この図から明らかなように、各構造モデルの信頼性指標 β の値は $\beta=2\sim7$ と大きく幅があり、橋脚の信頼性は構造モデルごとにばらつくことが分かる。12モデルの中で信頼性指標 β の大きいモデルはNos.2,6,10で、 β の値が7以上となり、逆に β の値の小さいモデルはNos.3,7,11で β の値は3以下となる。こ

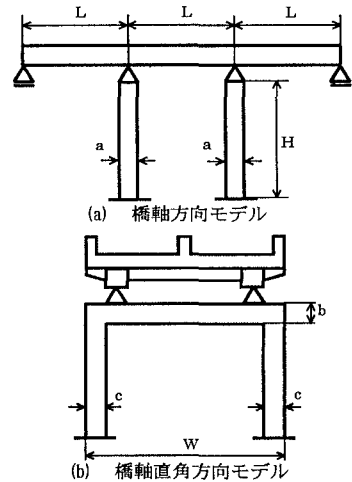


図-1 対象とする橋脚モデル

表-1 各構造モデルの諸元

(単位 m)

モデル No.	支間長 L	橋脚全高 H	橋脚全幅 W	梁柱厚さ a	梁高さ b	柱幅 c
1	40.0	10.0	20.0	2.00	1.67	1.5
2	40.0	10.0	30.0	2.00	2.50	2.0
3	40.0	20.0	20.0	2.00	1.67	2.0
4	40.0	20.0	30.0	2.00	2.50	2.5
5	60.0	10.0	20.0	3.00	1.67	1.5
6	60.0	10.0	30.0	3.00	2.50	2.0
7	60.0	20.0	20.0	3.00	1.67	2.0
8	60.0	20.0	30.0	3.00	2.50	2.5
9	80.0	10.0	20.0	4.00	1.67	1.5
10	80.0	10.0	30.0	4.00	2.50	2.0
11	80.0	20.0	20.0	4.00	1.67	2.0
12	80.0	20.0	30.0	4.00	2.50	2.5

Key Words: reliability analysis, steel pier, highway bridge, earthquake load, load factor design method

〒680 鳥取市湖山町南4丁目101 TEL 0857-31-5287

のように各構造モデルにおいて信頼性指標 β の値が大きく異なる要因として、地震荷重を含む荷重組み合わせを考える場合、荷重効果の大小を考慮せず一律に許容応力度の割り増し係数を規定しているためであると考えられる⁴⁾。

5. 荷重係数の算定結果

3. で示した方法により荷重係数を算定した結果の一例を表-2 に示す。表-2 は地震荷重を含む荷重組み合わせとして本研究で考慮する 4 種類の荷重すべてを組み合わせ、それらの実荷重を橋軸直角方向と橋軸方向から作用させて荷重係数を最適化させた結果である。表中の $\gamma_D, \gamma_L, \gamma_T$ および γ_E は、それぞれ死荷重、活荷重、温度荷重および地震荷重に対する荷重係数である。表-2 より目標信頼性指標 β_T を 3.0~4.5 まで変化させた場合、荷重係数に大きな変化が見られるのは地震荷重に対する荷重係数のみである。このことから地震荷重が構造モデルの耐震信頼性に大きく影響していることがわかる。

6. 荷重係数設計法により設計された橋脚の信頼性評価

次に荷重係数設計法で得られた 12 個の橋脚モデルについて信頼性解析を行った結果を図-3 に示す。図-3 は目標信頼性指標 β_T を 3.0, 3.5, 4.0, 4.5 に設定して各荷重係数を計算し、その荷重係数を用いて設計された橋脚の信頼性指標 β を示したものである。許容応力度設計法によって設計を行った橋脚では構造モデルにより信頼性指標 β に大きな違いが見られたが図-3 より明らかなように荷重係数設計法によって設計を行った場合、各構造モデルにおける β の値は予め設定した目標信頼性 β_T とほぼ同じ値をとり、12 種類の構造モデルによる差も非常に小さなものとなる。以上より信頼性理論に基づく荷重係数設計法は、構造形式の違いにかかわらず均一な信頼性を有する橋脚の設計を行うことができる手法であると考えられる。

7. おわりに

本研究では、信頼性理論に基づいた荷重係数設計法について検討したが、限界状態を弾性限界状態に仮定したため実際の構造物の限界状態を考慮したものになっているとは言い難い。実際の構造物の終局限界状態に対する信頼性についてより詳細に議論するためには弾性域を超えた非弾性領域における解析が必要であると考えられる。今後の課題としては弾性域のみでなく非弾性領域および崩壊メカニズムを考慮した耐震信頼性設計法の検討が挙げられる。

参考文献

- 1) 北沢政彦・久保雅邦・白木渡・亀田弘行: 鋼製橋脚における荷重組合せと荷重係数の試算、構造工学論文集 Vol.33A, pp.761-773, 1987-3.
- 2) Wataru Shiraki: Probabilistic Load Combinations for Steel Piers at Ultimate Limit State, Structural Safety, 13, pp.67-81, 1993.
- 3) P.T.Christensen and M.J.Baker: Structural Reliability Theory and Its Applications, Springer-Verlag, 1982.
- 4) 白木渡・山本宏・松原孝介: 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, pp.505-510, 1997-3.

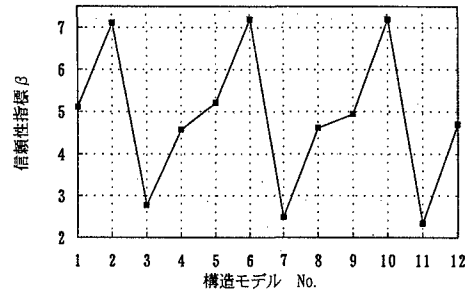


図-2 許容応力度設計法により設計された場合の信頼性指標

表-2 荷重係数の算定結果

β_T	γ_D	γ_L	γ_T	γ_E	Ω
3.0	1.05	0.10	0.39	1.93	1.13E-02
3.5	1.05	0.11	0.35	2.28	1.01E-02
4.0	1.05	0.11	0.34	2.67	8.50E-03
4.5	1.05	0.12	0.40	3.10	1.16E-02

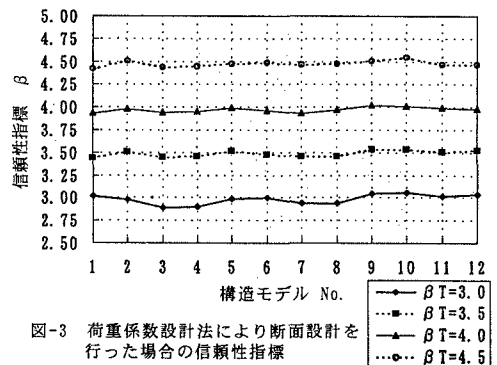


図-3 荷重係数設計法により断面設計を行った場合の信頼性指標