

# 境界状態確率に基づく道路橋鋼製橋脚設計の荷重組合せと荷重係数

大阪大学工学部 正 員 川谷充郎

大阪大学大学院 学生員 星加益朗

大阪大学工学部 学生員 阿河賢治

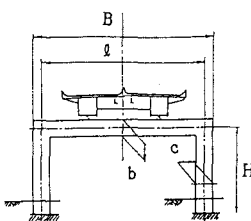
**1. まえがき** 道路橋設計に境界状態設計法を導入するにあたり、死荷重と活荷重の主荷重、ならびに風、温度、地震といったさまざまな荷重が同時に作用する場合について、設計照査として考慮する荷重組合せと荷重係数の評価が必要とされている。著者らによるこれまでの研究<sup>1)</sup>では、都市高速道路高架橋でみられる構造物（鋼製門型ラーメン）を対象として、境界状態確率に基づいて荷重組合せと荷重係数の評価を行っている。本研究では、阪神高速道路で供用中の鋼製橋脚の形状および構造諸元についての実績調査より、鋼製単柱橋脚についてもモデル化を行い、荷重係数に関して鋼製ラーメン橋脚との比較を行う。

**2. 荷重係数決定法<sup>2)</sup>** 荷重係数決定の際には次の基本的な考え方に従う。ある境界状態においてその超過確率の目標とする値に対して、各構造物の境界状態確率のばらつきを小さくすることにより、各構造物に対してより均一な安全性が得られると考える。本研究では、死荷重D、活荷重L、温度荷重T、地震荷重Eを都市高速道路高架橋における代表的荷重として取り上げ、また荷重組合せとして活荷重と地震荷重（D+L+E）も考える。ただし、鋼製単柱橋脚では温度荷重Tを考える必要はない。

**3. 解析モデル** **3.1 鋼製橋脚の実績調査に基づく解析モデル** 対象とする構造物は、鋼製門形ラーメン橋脚として図-1に示すような12種類のモデルを考える<sup>3)</sup>。阪神高速道路公団での実績調査における橋脚

全高・全幅の相関図（図-2）は、解析モデルの妥当性を示している。鋼製単柱は、調査結果（図-4）から全高・全幅の組合せを6種類、支間長3種類で計18種類のモデルを考える（図-3）。また、車線数は橋脚全幅10mで2車線、20mで4車線、30mで2車線を2本とする。

**3.2 実働荷重モデル** 実働荷重のモデルは、実測データを基に作成した。死荷重は、そのばらつきが他の荷重に比べて非常に小さく、ここでは荷重係数を $\gamma_D=1.05$ の確定値として評価する。温度荷重および地震荷重の荷重強度特性は、それぞれ正規分布、極値Ⅲ型分布によく適合することが分かっている。活荷重は交通実態調査に基づいて渋滞状況を想定したシミュレーションを行う。2車線と4車線について、それぞれ突発渋滞および通常渋滞に対する荷重強度分布を求めたところ極値Ⅰ型分布がよく適合した。また荷重強度比較のため、各50年最大値分布における10%超過確率値 $R_{10}$ と現行設計値 $R_D$ の比を図-5に示す。ここで、



スパン長 L: 40, 60, 80m (3種類)  
橋脚全高 H: 10, 20m (2種類)  
橋脚全幅 B: 20, 30m (2種類)  
梁高  $b = 0.0425 \times (B+H) + 0.717$   
柱幅  $c = 0.0392 \times (B+H) + 0.876$

図-1 鋼製ラーメン橋脚

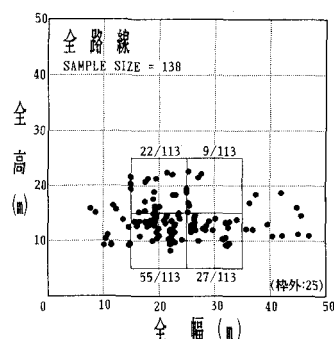
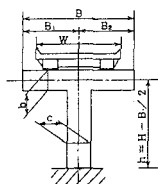


図-2 全高・全幅の相関図（鋼製ラーメン橋脚）



スパン長 L: 40, 60, 80m (3種類)  
橋脚全高 H: 10, 20m (2種類)  
橋脚全幅 B: 10, 20, 30m (3種類)  
梁高  $b = 0.158 \times B_1 + 1.07$   
柱幅  $c = 0.0699 \times (B+H) + 0.433$

図-3 鋼製単柱橋脚

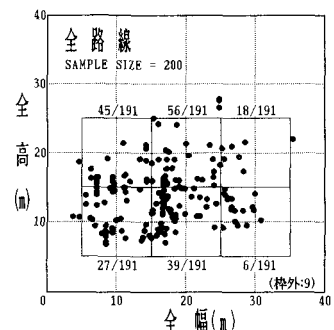


図-4 全高・全幅の相関図（鋼製単柱橋脚）

通常渋滞は地震荷重の組合せにおいて想定したものである。

**4. 数値計算**      **4.1 荷重係数**      使用鋼材をSM50Yとし、その許容応力度 $\sigma_a$ および降伏応力度 $\sigma_y$ に対して設計照査を行う。各荷重組合せに対する限界状態と目標限界状態確率を表-1および表-2のように設定した。以上の条件による各荷重組合せにおける荷重係数の試算結果を表-1および表-2に示す。鋼製門形ラーメンと鋼製単柱を比較すると、地震荷重が加わると荷重係数はかなり違っている。これは、一般的に構造物の固有周期が長くなれば応答加速度が小さくなるため、門形ラーメン（平均0.64秒）より固有周期の長い単柱（平均1.47秒）の荷重強度が全体的に小さいことによる影響である。

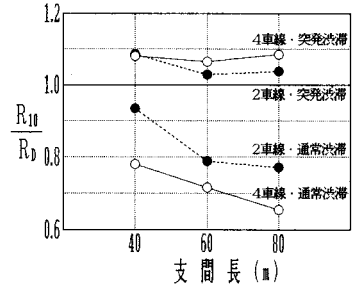


図-5 10%超過確率値 $R_{10}$ と現行設計値 $R_0$ の比

**4.2 重みの影響**      既往の研究<sup>1)</sup>

表-1 荷重係数（鋼製ラーメン橋脚）

では、荷重係数決定の最適化過程における目的関数 $\Omega$ に含まれる重み係数をすべて同じとしてきた。そこで、実際の施工実績を荷重係数の最適化に反映させることにして、図-2および図-4に示すように、モデルの値のそれぞれ前後5mを刻み幅に取り、それぞれ枠内の実績数の割合を重みとする。そのようにして重みを考慮した場合の荷重係数を表-1,2に併記

| 重みなし              | 重みあり              | Target $P_f^*$       | 限界状態(kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
| 1.05D+1.09L       | 1.05D+1.09L       | $0.5 \times 10^{-1}$ | $\sigma_a=2,100$          |
| 1.05D+1.03L+0.73T | 1.05D+1.03L+0.72T | $0.5 \times 10^{-1}$ | $\sigma_a=2,100$          |
| 1.05D+2.19E       | 1.05D+2.18E       | $0.5 \times 10^{-3}$ | $\sigma_y=3,600$          |
| 1.05D+0.43T+2.03E | 1.05D+0.45T+2.02E | $0.5 \times 10^{-3}$ | $\sigma_y=3,600$          |
| 1.05D+0.69L+0.92E | 1.05D+0.69L+0.92E | $0.5 \times 10^{-3}$ | $\sigma_y=3,600$          |

表-2 荷重係数（鋼製単柱橋脚）

| 重みなし              | 重みあり              | Target $P_f^*$       | 限界状態(kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|
| 1.05D+1.09L       | 1.05D+1.09L       | $0.5 \times 10^{-1}$ | $\sigma_a=2,100$          |
| 1.05D+0.83E       | 1.05D+0.80E       | $0.5 \times 10^{-3}$ | $\sigma_y=3,600$          |
| 1.05D+1.25L+0.30E | 1.05D+1.18L+0.30E | $0.5 \times 10^{-3}$ | $\sigma_y=3,600$          |

する。重みを考慮しなかった場合と比較して、荷重係数に大きな変化はみられない。

**4.3 限界状態確率**      構造物ごとの限界状態確率をプロットして図-6および図-7に示す。鋼製門形ラーメンでは、橋脚高さに比べて橋脚幅の大きいモデル(No.

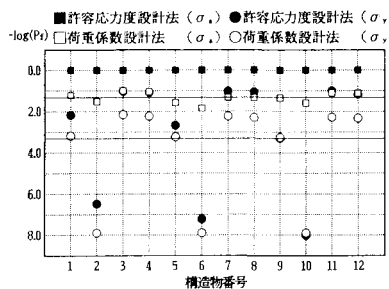


図-6 限界状態確率（鋼製ラーメン橋脚）

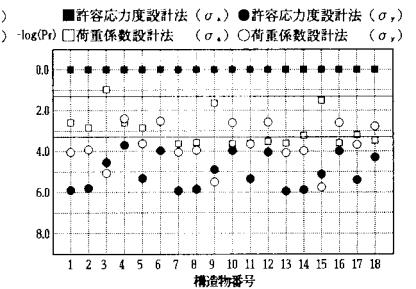


図-7 限界状態確率（鋼製単柱橋脚）

2,6,10)で、 $\sigma_a$ においてD+LやD+L+Tにより断面決定され、 $\sigma_y$ における限界状態確率は他のモデルに比べてかなり小さくなっている。鋼製単柱でも、同様なモデル(No.3,9,15)で、 $\sigma_y$ における限界状態確率は他のモデルよりやや小さくなっている。さらに、図中には許容応力度法により設計した構造物の限界状態確率も併記した。 $\sigma_a$ および $\sigma_y$ の各応力度について、荷重係数設計法の方が許容応力度設計法に比べて、目標限界状態確率まわりのばらつきが小さくなっており、より最適化されていることが分かる。

参考文献

- 1) 川谷充郎・高森博之・星加益朗・古田均・久保雅邦：道路橋の信頼性設計における荷重組合せと荷重係数，JCOSSAR '91 論文集，pp.519-526,1991.11.
- 2) Shinozuka, M. : Load Combination and Load Resistance Factor Design, Proc. of IABSE Symposium, pp.65-69, Sept.,1986, Tokyo.
- 3) 阪神高速道路公団：阪神高速道路の設計荷重体系に関する調査結果，設計荷重(HDL)委員会報告書，1986.12.