

I-A2

道路橋鋼製ラーメン橋脚の限界状態設計と荷重係数

大阪大学大学院 正会員 川谷 充郎
大阪大学工学部 学生員 ○金島也恵子

1. まえがき 近年、道路橋の設計において、現行の許容応力度設計法から信頼性を抛りどころとした限界状態設計法への移行が進められている。これまでの研究¹⁾では、道路橋鋼製橋脚の各々の限界状態における超過確率を求め、その限界状態確率を基に死荷重、活荷重、温度荷重、地震荷重、風荷重を取り上げ、荷重係数の評価を行ってきた。ここでは、設計自動車荷重の変更による影響²⁾と、構造物が地震動により弾塑性応答する場合について考慮し、荷重係数と限界状態確率に及ぼす影響を検討する。

2. 荷重係数決定法³⁾ 荷重係数決定の際には次の基本的な考え方に従う。ある限界状態において、その超過確率の目標とする値に対して、各構造物の限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られる。

3. 解析モデル 3.1 橋脚モデル 構造物は阪神高速道路の代表的な高架橋を対象とし、Fig.1に示すように下部工についてモデル化する。対象とする上部構造は支間長を変えた3径間連続鋼箱桁橋であり、下部構造は橋脚の長さとし幅を変えた鋼製ラーメンである。

3.2 荷重モデル 今回用いる荷重のうち、死荷重、温度荷重、風荷重については文献1)を参照。

(1) **活荷重** 交通実態調査に基づいたシミュレーションを行い、交通条件を通常渋滞（大型車混入率20%）と突発渋滞（大型車混入率60%）とし、活荷重だけを考える場合、および発生頻度の高い温度荷重との組合せを考える場合に突発渋滞を考える。なお、平成5年に設計自動車荷重が改定され、車両総重量の制限が20tfから25tfに引き上げられたことに関しては、積載車および過積載車の大型車の重量を25%増しにすることで考慮する。

(2) **地震荷重** 各構造物の固有周期に応じた応答加速度を用いる。さらに減衰定数の固有周期依存および塑性率による応答加速度の低減を考慮し、地震荷重モデルとする。構造物が降伏点を超えて弾塑性応答する場合の効果を取り入れた非線形応答加速度の推定は、亀田らの方法⁴⁾により、塑性率 μ をパラメータとして、 μ に対応する非弾性応答加速度を求める。塑性率 μ は降伏変位を δ_y 、弾塑性応答変位を δ_{max} とすると、 $\mu = \delta_{max} / \delta_y$ で表わされる。 $\mu = 2$ とすることで、構造物の非線形挙動を近似的に取り扱う。

4. 限界状態と目標限界状態確率 各荷重組合せによる限界状態は、降伏応力度 σ_y や許容応力度 σ_a のような限られた応力度のみで最も卓越するとは限らない。そこで本研究では、現在の許容応力度設計法における照査の実状を反映して、限界状態を「割増し係数」×許容応力度とし、その対象とする荷重組合せでは、その割増した応力度で限界状態が卓越すると仮定する。また目標限界状態確率は現行設計法を基にしたコード・キャリブレーションにより決定すべきであるが、経験的な工学的判断の

基にその値を仮定する。

5. 荷重係数 使用鋼材をSM490Yとし、各荷重組合せごとの荷重係数を、その限界状態と目標限界状態確率を併せてTable 1およびTable 2に示す。TL25およびTL20は、それぞれ設計自動車荷重の車両総重量を表し、linearおよびnonlinearは、それぞれ弾性域のみの線形挙動を考慮する場合と塑性域までの非線形挙動を考慮

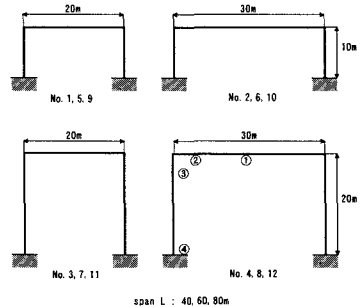


Fig.1 Skeleton of structures and points of interest

Table 1 Load factors (TL25)

Load combination		Target P_f	Limit state (kgf/cm ²)
linear	nonlinear		
1.05D+1.07L	same as the left	1.0×10^{-1}	1.00×2100
1.05D+1.04L+0.71T	same as the left	0.5×10^{-1}	1.15×2100
1.05D+1.59E	1.05D+0.77E	1.0×10^{-3}	1.50×2100
1.05D+1.12T+1.40E	1.05D+1.10T+0.62E	0.5×10^{-3}	1.70×2100
1.05D+1.55L+0.44E	1.05D+1.39L+0.14E	0.5×10^{-3}	1.70×2100
1.05D+1.15W	same as the left	0.5×10^{-1}	1.25×2100
1.05D+0.77T+0.83W	same as the left	0.5×10^{-1}	1.35×2100
1.05D+0.76L+1.20W	same as the left	0.5×10^{-1}	1.35×2100

キーワード：荷重係数、限界状態確率、設計自動車荷重、地震荷重、塑性率。

連絡先：〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-1, Phone 06-6879-7598, Fax 06-6879-7601

する場合を表している。Table 1 と Table 2 を比較すると、荷重係数は類似した結果となっている。これは、活荷重の設計荷重と実態荷重の双方を 25% 増加させたためである。また、地震荷重係数は、nonlinear の場合に、linear の場合の半分以下になっていることがわかる。

Table 2 Load factors (TL20)

Load combination		Target P_f	Limit state (kgf/cm ²)
linear	nonlinear		
1.05D+1.07L	same as the left	1.0×10^{-1}	1.00×2100
1.05D+1.02L+0.73T	same as the left	0.5×10^{-1}	1.15×2100
1.05D+1.75L+0.44E	1.05D+1.52L+0.14E	0.5×10^{-3}	1.70×2100
1.05D+0.76L+1.20W	same as the left	0.5×10^{-1}	1.35×2100

6. 限界状態確率 以上の荷重係数を用いて設計される各構造物の限界状態確率を Fig.2 および Fig.3 に示す。TL25 の場合と TL20 の場合を比較すると、限界状態確率もよく似た結果となっている。

なお、図中に示す番号は、Fig.1 に示す着目断面のうち、限界状態確率が最大となる断面を表すが、いずれの場合も橋脚基部(④)で最大となっている。TL25 の場合の④の板厚を Fig.4 に、TL20 の場合の nonlinear における④の板厚を Fig.5 に示す。

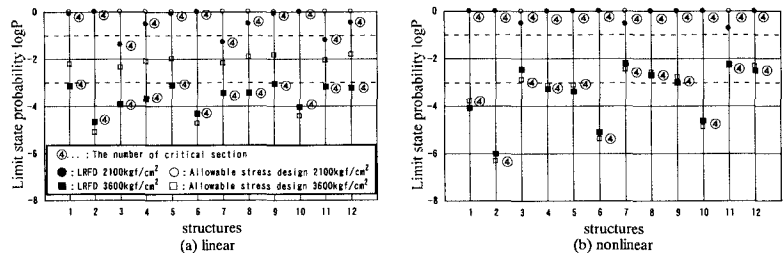


Fig.2 Limit state probability (TL25)

linear においては多くの構造物が地震荷重を含む組合せで板厚が決定しているのに対し、nonlinear では地震荷重を含む荷重組合せで板厚が決定することはない。これは塑性域まで考慮することによって、地震荷重係数が小さく算定されたためであるが、地震の影響を被りやすい構造物 No.3,7,11 では、特に決定板厚は小さくなっている。また、これらの構造物は風による横荷重の影響も被りやすいため、nonlinear では風荷重を含む組合せで安全性の余裕が少ない状態で設計されることから、限界状態確率は大きくなっている。

7. 荷重係数設計法と許容応力度設計法 Fig.2 および Fig.3 に、許容応力度設計法で設計した場合の各構造物の限界状態確率を併記する。2つの破線は、上から σ_a と σ_y における目標限界状態確率を示している。これより、荷重係数設計法の方が許容応力度設計法と比較して目標限界状態確率へのばらつきが小さくなっていることがわかる。すなわち、様々な形状の橋脚を含む道路橋について、荷重係数設計法は許容応力度設計法と比較して、信頼性のレベルを近づけることができる。

《謝辞》本研究は、阪神高速道路公団より(社)日本鋼構造協会への委託研究「都市高速道路の鋼製ラーメン橋脚の耐震信頼性に関する研究」の一環として行ったものである。記して、感謝の意を表す。

【参考文献】

- 1) 川谷充郎・星加益朗・濱田 洋・工藤 浩：道路橋鋼製橋脚の限界状態確率に基づく荷重組合せと荷重係数，Vol. 40A，pp. 629-636，1994. 3.
- 2) 川谷充郎・工藤 浩・今枝拓也：道路橋の設計活荷重の変更に伴う限界状態設計の荷重係数について，土木学会第 49 回年次学術講演会講演概要集，I-396，1994. 9.
- 3) Shinozuka, M.: Load Combination and Load Resistance Factor Design, IABSE Symposium, pp.65-69, Sep., 1986, Tokyo.
- 4) Milutinovic, Z. and Kameda, H.: Statistical Model for Estimation of Inelastic Response Spectra, Proc. of JSCE, Structural Eng. / Earthquake Eng., Vol. 1, No. 2, pp. 105-114, Oct., 1984.

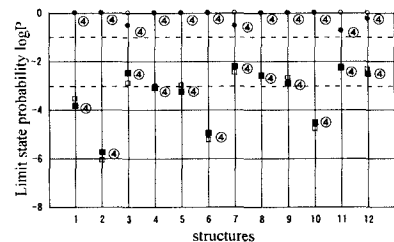


Fig.3 Limit state probability (TL20, nonlinear)

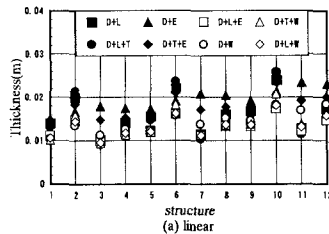


Fig.4 Thickness (TL25)

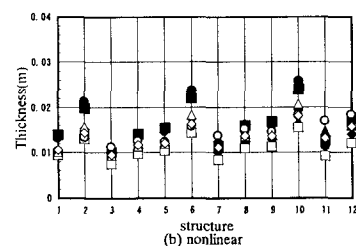


Fig.5 Thickness (TL20, nonlinear)