

大阪大学工学部 正 員 川谷充郎

大阪大学大学院 学生員○濱田 洋

大阪大学工学部 学生員 工藤 浩

1. まえがき 限界状態設計法の導入にあたり、構造物に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である。これまでの研究¹⁾では、代表的荷重として死荷重D、活荷重L、温度荷重T、地震荷重Eを取り上げ、荷重係数を評価してきた。現行示方書では、風荷重Wを含む組合せについても照査を行っており、上述した荷重に加えて同時に作用する荷重として風荷重も考慮にいれる必要がある。そこで、今回は風荷重のモデル化を行い、各々の荷重強度の確率分布ならびにそれらの組合せ荷重の同時発生確率を考慮して限界状態確率を求め、それを基に荷重組合せと荷重係数を評価する。また、地震荷重についてより実態にあった実働荷重を考えるため、各々の構造物の固有周期を考慮し、荷重係数および限界状態確率に及ぼす影響について考察する。

2. 荷重係数決定法²⁾ 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る。

3. 解析モデル **3.1 構造モデル** 対象とする構造物は、図-1に示すような12種類の鋼製ラーメン橋脚モデルを考える。実働荷重のモデルは実測データ³⁾を基に作成した。

3.2 荷重モデル (1) 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。(2) 活荷重は、交通実態調査に基づいたシミュレーションにより、突発渋滞および通常渋滞に対する荷重強度分布を求めると、それぞれ極値Ⅰ型分布がよく適合した。なお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。(3) 地震荷重については、構造物間の違いは無視して実働地震力に固有周期を0.5秒とした応答加速度を用いてきた¹⁾。しかし、固有周期は構造物モデルの違いによって0.2~1.0秒の範囲でばらついている。荷重特性をより適切に評価するためには、固有周期に応じて荷重強度をモデル化する必要がある。そこで、各固有周期に応じた応答加速度分布を求めたところ、それぞれ極値Ⅲ型分布がよく適合した。(4) 温度荷重の荷重強度特性は正規分布がよく適合した。(5) 風荷重のモデル化には、大阪における1929年から1981年の53年間の年最大風速の記録から大型台風と類似経路の台風による記録とそれ以外の要因による記録に分けて考え、それぞれ極値Ⅰ型分布をあてはめるとよく適合することが確認された。

4. 数値計算 **4.1 荷重係数** 使用鋼材をSM490Yとし、各組合せ荷重における限界状態は、許容応力度の割り増しを参考に、“割り増し係数 $\times 2100\text{kgf/cm}^2$ ”と仮定し、目標限界状態確率もそれにあわせて設定した。各荷重係数の試算結果を表-1に示す。また、比較のため固有周期を一定として地震力を算定した場合の試算結果を表-2に示す。固有周期を考慮した地震力を用いたとき(表-1)、固有周期を一定として求めたとき(表-2)に比べて地震荷重Eの荷重係数が小さく、逆に温度荷重T、活荷重Lの荷重係数が非

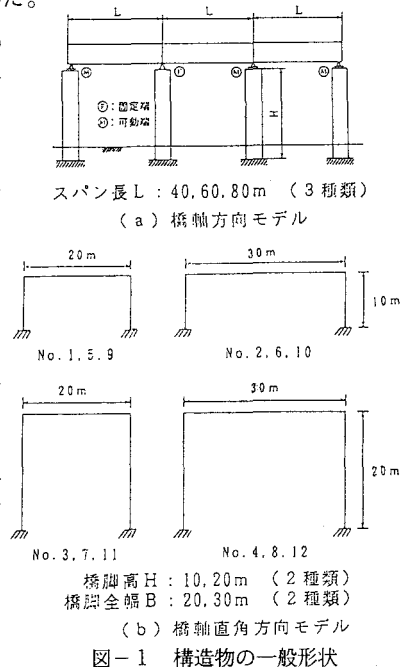


図-1 構造物の一般形状

常に大きくなっている。これは、ある範囲の固有周期では一定として算出する現行の設計地震荷重が、固有周期により変化する実働荷重を適正に評価していないことに起因している。

4.2 限界状態確率 表-1, 2の設計フォーマットにより設計された構造物の限界状態確率を図-2, 3に示す。また図中には許容応力度設計法により設計した場合の限界状態確率を併せて示す。図-2より、荷重係数設計法における各構造物の σ_y に関する限界状態確率のばらつきが大きくなっている。構造物Nos. 2, 6, 10で小さい限界状態確率となっているのは、構造物の形状から温度荷重の影響を大きく被るためD+T+Eの組合せでかなり安全な断面が設計されることによる。そこで、一つの試みとして、設計荷重からD+T+Eの組合せを除いて設計した構造物の限界状態確率 P_L を算定すると図-4のようになる。構造物Nos. 2, 6, 10の P_L は、目標限界状態確率まわりに落ちつくことがわかる。また図-2において、構造物 Nos. 1, 5, 9の限界状態確率が固有周期を一定としたとき(図-3)に比べて大きくなっている。これは設計される断面に大きな変化はないが、固有周期を考慮したときに構造物Nos. 1, 5, 9の固有周期は小さく、実働荷重の応答加速度が0.5秒で代表するより大きく算出されるため、危険な限界状態確率となったものである。以上のように、図-2において、荷重係数設計法における σ_y に関する限界状態確率のばらつきが大きいようであるが、目標限界状態確率まわりのばらつきの程度を示す目的関数の値は9.5であり、許容応力度設計法では13.2となり、許容応力度設計法に比べて荷重係数設計法で求めた値の方が小さくなり、より最適化されていることがわかる。

表-1 荷重係数(固有周期別強度モデル)

	load combination	Target P_L^*	limit state(kgf/cm ²)
load-1	1.05D+1.07L	1.0×10^{-1}	1.00×2100
load-2	1.05D+0.73T+1.03L	0.5×10^{-1}	1.15×2100
load-3	1.05D+1.87E	1.0×10^{-3}	1.50×2100
load-4	1.05D+4.45T+1.40E	0.5×10^{-3}	1.70×2100
load-5	1.05D+3.29L+0.26E	0.5×10^{-3}	1.70×2100
load-6	1.05D+1.16W ₁	0.5×10^{-1}	1.25×2100
load-7	1.05D+0.82T+1.09W ₁	0.5×10^{-1}	1.35×2100
load-8	1.05D+1.79T+1.12W ₂	0.5×10^{-1}	1.35×2100
load-9	1.05D+1.02L+0.47W ₂	0.5×10^{-1}	1.35×2100

W₁: 類似経路の強風
W₂: 非類似経路の強風

表-2 荷重係数(単一強度モデル)

	load combination	Target P_L^*	limit state(kgf/cm ²)
load-3	1.05D+2.04E	1.0×10^{-3}	1.50×2100
load-4	1.05D+0.45T+2.02E	0.5×10^{-3}	1.70×2100
load-5	1.05D+0.69L+0.92E	0.5×10^{-3}	1.70×2100

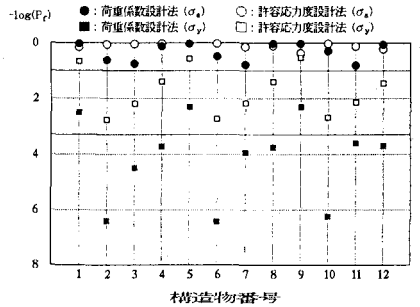


図-2 限界状態確率(固有周期別強度モデル)

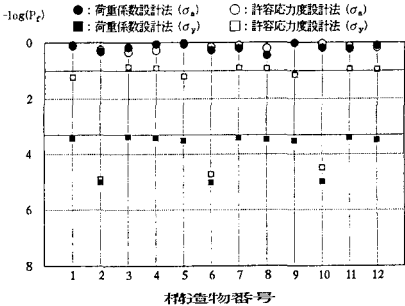


図-3 限界状態確率(単一強度モデル)

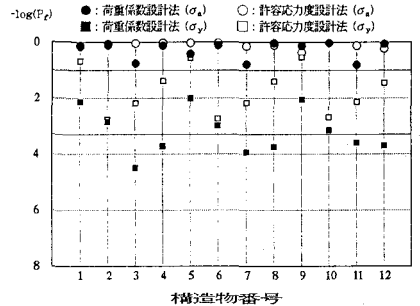


図-4 限界状態確率(固有周期別強度モデル, D+T+Eを除く)

【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, 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研究, 設計荷重(HDL)委員会報告書, 1986.12.