

I-362

道路橋の信頼性設計における活荷重を含む荷重組合せと荷重係数

大阪大学大学院 学生員 星加益朗 大阪大学工学部 正会員 川谷一郎
 ㈱栗本鉄工所 正会員 原 直人 ㈱横河橋梁製作所 正会員 高森博之

1. はじめに 限界状態設計法の導入にあたり、死荷重、活荷重といった常時作用する主荷重だけでなく、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。本研究では、死荷重D、活荷重L、温度荷重T、地震荷重Eを代表的荷重として取り上げ、各々の荷重強度の確率分布ならびにそれらの荷重の同時発生確率を考慮して、限界状態における超過確率（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。ところで、活荷重と地震荷重の組合せ（D+L+E）については、道路橋に被害を与えるような大地震と交通渋滞の同時発生確率が非常に小さいという前提により、設計照査から除外されている。しかし、都市域において慢性的に渋滞が起こる現在の交通状況を考えれば、同時に地震が起こるケースは十分考えられる。そこで、今回はそのような比較的頻繁に起こる通常の渋滞についても活荷重のモデル化を行い、地震との組合せを設計照査に加え、荷重係数を試算する。

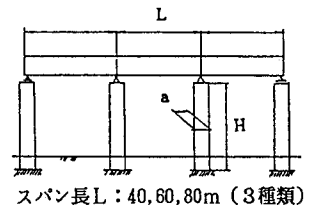
2. 荷重係数決定法 荷重係数決定の際には次の基本的な考え方に従う。ある限界状態に対する各構造物の限界状態確率のばらつきを、目標とする限界状態確率まわりに小さくすることで、各構造物に対して均一な安全性が得られると考える。先の研究¹⁾における荷重組合せにD+L+Eを加え、荷重係数設計法の照査式を次のようにおく。

$$\begin{aligned} \text{code-1} \quad \phi \sigma_a &\geq \alpha_{D1} \gamma_{D1} D_n + \alpha_{L1} \gamma_{L1} L_n \\ \text{code-2} \quad \phi \sigma_a &\geq \alpha_{D2} \gamma_{D2} D_n + \alpha_{L2} \gamma_{L2} L_n + \alpha_{T2} \gamma_{T2} T_n \\ \text{code-3} \quad \phi \sigma_y &\geq \alpha_{D3} \gamma_{D3} D_n + \alpha_{E3} \gamma_{E3} E_n \\ \text{code-4} \quad \phi \sigma_y &\geq \alpha_{D4} \gamma_{D4} D_n + \alpha_{T4} \gamma_{T4} T_n + \alpha_{E4} \gamma_{E4} E_n \\ \text{code-5} \quad \phi \sigma_y &\geq \alpha_{D5} \gamma_{D5} D_n + \alpha_{L5} \gamma_{L5} L_n + \alpha_{E5} \gamma_{E5} E_n \end{aligned}$$

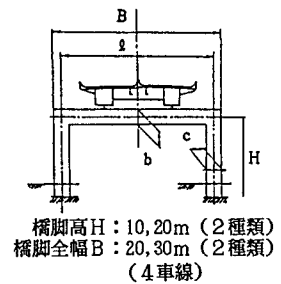
ここに、 ϕ ：抵抗係数、 σ ：照査応力度、 γ ：荷重係数

α ：荷重から応力への変換係数

3. 活荷重シミュレーション 活荷重をモデル化するにあたり、設定した交通荷重条件に従う荷重列を作成し、それを対象橋梁に載荷して着目する応答値（モーメントや反力など）を求めるシミュレーションを行う。一般に、活荷重応答の最大値は、大型車を含む渋滞時に発生すると考えられる。そのため、これまでは大型車混入率の大きいときに事故や工事などによって引き起こされる突発渋滞に着目してモデル化を行ってきた。今回は、地震荷重との同時発生を考慮するため通常渋滞についてもシミュレーションを行った。表-1に示す大型車混入率や車間距離などの交通荷重条件は文献²⁾を参考に設定した。ともに渋滞状況を想定しているため、衝撃は考えていない。また、シミュレーションは計算時間短縮のため、着目応答に関する影響値の大きな箇所に重量車両（トレーラー積載車）を載荷して効率化³⁾を行っている。シミュレーション結果はその荷重強度分布を極値Ⅰ型分布で表現することで示される。一例として図-1



(a) 横軸方向モデル



(b) 横軸直角方向モデル

図-1 構造物の一般形状

表-1 交通荷重シミュレーション条件

走行モード	渋滞発生頻度	継続時間	大型車混入率	車間距離(m)		
				分布形	平均値	標準偏差
突発渋滞	50 回/年	1~2時間	60 %	対数正規	$\mu = 2.71$	$\sigma = 1.49$
通常渋滞	1 回/日	6時間	20 %	対数正規	$\mu = 8.05$	$\sigma = 3.93$

に示すような4車線の3径間連続桁橋の中間支点反力について、突発渋滞および通常渋滞の各シミュレーション結果を図-2に示す。また比較のため、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_0 の比を図-3に示す。

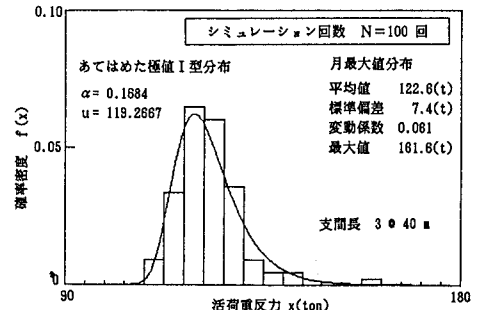
4. 数値計算例 解析の対象とする構造物は図-1(b)に示すような鋼製ラーメン橋脚（12種類）とし、使用鋼材をSM50Yとする。その許容応力度 σ および降伏応力度 σ_y に対して設計照査を行う。各荷重組合せに対する限界状態と目標限界状態確率は表-2のように設定した。以上の条件による各荷重組合せにおける荷重係数の試算結果を表-2に示す。今回考慮にいたれたD+L+Eの荷重組合せの荷重係数は、活荷重のモデルに通常渋滞を用いた場合の結果である。その荷重係数は活荷重・地震荷重ともに1より小さいが、橋脚高さに比べ橋脚幅の大きい形状のモデル（橋脚高 $H=10m$ 、橋脚幅 $B=30m$ ）においては、降伏応力度 σ_y で照査を行う他の地震を含む組合せよりも大きな板厚を与えることがある。ただし、これらのモデルは地震の影響を受けにくく、許容応力度 σ_a で照査を行うD+LやD+L+Tにより最大板厚となる。

構造物ごとの限界状態確率をプロットして図-4に示す。橋脚高さに比べて橋脚幅の大きいモデル（Nos. 2, 6, 10に対応）では、 σ_a においてD+LあるいはD+L+Tにより断面決定され、 σ_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。また、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。 σ_a 、 σ_y の各応力度ともに、荷重係数設計法の方が許容応力度設計法に比べて目標とする限界状態確率まわりのばらつきが小さく、より最適化されていることが分かる。

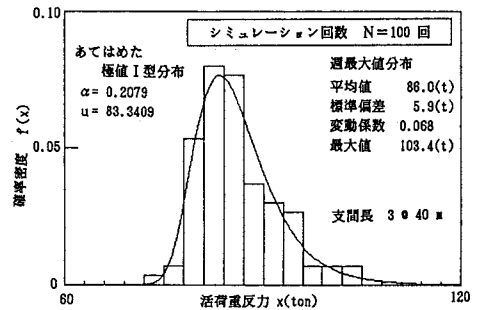
最近、車両荷状状態の道路橋について地震応答解析が行われている⁴⁾。今後そのような研究成果も考慮すべきである。

参考文献

- 1) 高森博之・川谷充郎・星加益朗・久保雅邦・古田均：限界状態確率に基づく道路橋設計の荷重組合せと荷重係数，土木学会第45回年次学術講演会講演概要集，I-167，1990.9.
- 2) 阪神高速道路公団・阪神高速道路管理技術センター：阪神高速道路の設計荷重体系に関する調査研究，1986.12.
- 3) 高田和彦・藤野陽三：道路橋最大活荷重評価のためのコンピューターシミュレーションの効率化，構造工学論文集，Vol.32A，pp.551-559，1986.3.
- 4) 亀田弘行・北啓之・盛川仁：載荷車両の動的効果を考慮した道路橋の地震荷重，構造工学論文集，Vol.36A，pp.791-801，1990.3.



(a) 突発渋滞時



(b) 通常渋滞時

図-2 活荷重シミュレーション結果

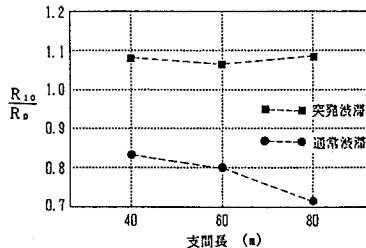


図-3 10%超過確率値 R_{10} と現行設計値 R_0 の比（中間支点反力）

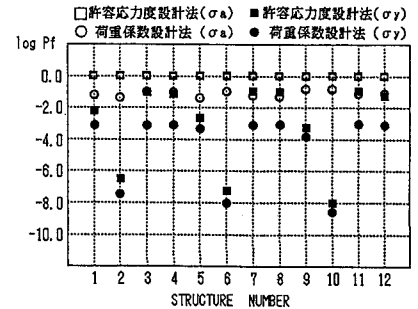


図-4 限界状態確率

表-2 荷重係数

Transverse model	Target P_f^*	Limit State(kg/cm ²)
1.05D+1.09L	0.5×10^{-1}	$\sigma_a=2,100$
1.05D+1.02L+0.74T	0.5×10^{-1}	$\sigma_a=2,100$
1.05D+2.19E	0.5×10^{-3}	$\sigma_y=3,600$
1.05D+0.48T+2.02E	0.5×10^{-3}	$\sigma_y=3,600$
1.05D+0.69L+0.94E	0.5×10^{-3}	$\sigma_y=3,600$