

道路橋の活荷重を含む荷重組合せにおける荷重係数

大阪大学工学部 正会員 川谷充郎 大阪大学大学院 学生員 〇高森博之
大阪大学大学院 学生員 星加益朗 大阪大学工学部 学生員 原 直人

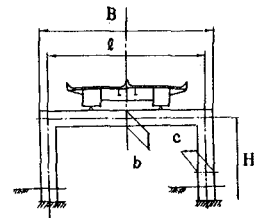
1. はじめに 限界状態設計法の導入にあたり、死荷重、活荷重といった常時作用する主荷重だけでなく、風、温度、地震といったさまざまな荷重が同時に作用する場合について、設計照査として考慮する荷重組合せと荷重係数の評価が必要とされている。本研究では、死荷重 D 、活荷重 L 、温度荷重 T 、地震荷重 E を代表的荷重として取り上げ、各々の荷重強度の確率分布ならびにそれらの荷重の同時発生確率を考慮して、限界状態における超過確率（限界状態確率）を求め、それを基に荷重組合せと荷重係数を評価する。ところで、活荷重と地震荷重の組合せ（ $D+L+E$ ）については、道路橋に被害を与えるような大地震と交通渋滞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信頼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。

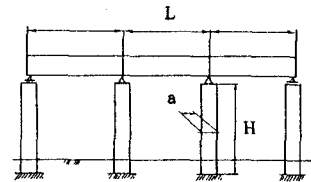
code-1 $\phi \sigma_s \geq \alpha_{D1} \gamma_{D1} D_n + \alpha_{L1} \gamma_{L1} L_n$
code-2 $\phi \sigma_s \geq \alpha_{D2} \gamma_{D2} D_n + \alpha_{L2} \gamma_{L2} L_n + \alpha_{T2} \gamma_{T2} T_n$
code-3 $\phi \sigma_y \geq \alpha_{D3} \gamma_{D3} D_n + \alpha_{E3} \gamma_{E3} E_n$
code-4 $\phi \sigma_y \geq \alpha_{D4} \gamma_{D4} D_n + \alpha_{T4} \gamma_{T4} T_n + \alpha_{E4} \gamma_{E4} E_n$
code-5 $\phi \sigma_y \geq \alpha_{D5} \gamma_{D5} D_n + \alpha_{L5} \gamma_{L5} L_n + \alpha_{E5} \gamma_{E5} E_n$
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、交通荷重条件を設定してそれに従う荷重列を作成し、それを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ので、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



(a) 橋軸直角方向



(b) 橋軸方向

図-1 構造物の一般形状

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ので、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

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	$\mu = 8.05$	$\sigma = 3.93$

Mitsuo KAWATANI, Hiroyuki TAKAMORI, Masuo HOSHIKA, and Naoto HARA

現することで示される。一例として図-1のような4車線幅員の3径間連続桁橋の中間支点反力について、突発渋滞・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_D 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(a)に示すような鋼製ラーメン橋脚とし、使用鋼材をSM50Yとする。その許容応力度 σ_a 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の結果を表-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、限界状態 σ_y において、すべての荷重組合せによる設計照査を行えば、橋脚基部においてこの組合せにより断面決定されるケースが見られた。しかも、橋脚基部は橋脚全体の破壊確率を支配しているケースが多い。

ところで、D+Lの荷重係数や図-3の結果を見てもわかるように、活荷重シミュレーションにより得られた活荷重強度は、突発渋滞においても現行設計値より若干大きい程度であり、通常渋滞では現行設計値より小さくなっている。今回のシミュレーションが4車線幅員の3径間連続桁橋という構造系に対するものであることを考えれば、複数車線に対する効率化シミュレーションや交通荷重条件について、さらに検討を行う必要があると思われる。

また、最近、車両載荷状態の道路橋について地震応答解析が行われている⁴⁾。解析結果によれば、橋梁と車両が同位相で振動し、橋梁の地震応答を増幅させる場合もあれば、逆の場合もあり、車両の積載率あるいは入力地震のわずかな変化により、橋梁の地震応答が大幅に変化すると言われている。今後そのような研究成果も取り入れて、荷重係数を求めるべきである。

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，1-167，1990.9.
- 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.

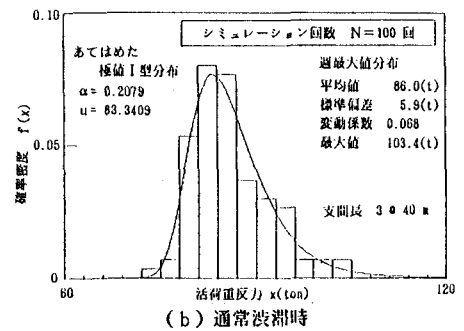
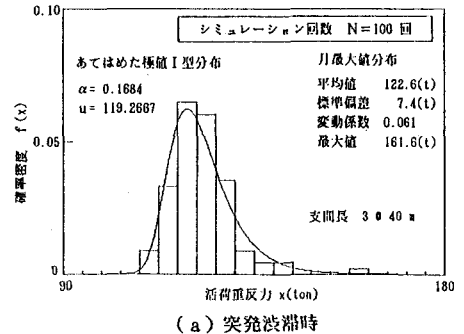


図-2 活荷重シミュレーション結果

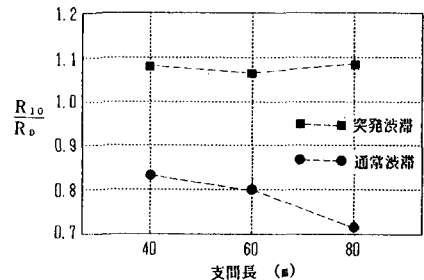


図-3 10%超過確率値 R_{10} と現行設計値 R_D の比 (中間支点反力)

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}	$\sigma_y = 3,600$