

既設橋評価のための実交通荷重を考慮した活荷重係数に関する研究

埼玉大学大学院 学生会員 ○木村 正志
埼玉大学大学院 正会員 奥井 義昭
埼玉大学 非会員 八島 孝太

1. はじめに

既設橋の性能評価手法として Load rating が海外では用いられている。Load rating は橋梁の点検結果に基づいて活荷重に対する耐荷力を評価するプロセスである。AASHTO における既設橋評価マニュアル¹⁾では、定期点検を前提として次回点検までの比較的短い期間の不確定性を考慮することで、Load rating における活荷重係数を低減している。さらに、海外では橋梁の架設地点の実態活荷重を用いて Load rating を行う手法が用いられていて、日本でも全ての橋梁に同レベルの活荷重を見込んだ補修を施すことは合理的ではないといえる。そこで本研究では既設橋の Load rating のための活荷重係数を提案することを目的として、実交通データを用いた交通荷重シミュレーションを行った。

2. 交通荷重シミュレーション

活荷重によって発生する橋梁主桁の曲げモーメントの年最大値を得るために、交通荷重シミュレーションを行った。シミュレーションのフローチャートは図-1の通りである。対象橋梁に進入する車両をランダムに発生させて、橋梁上に配置し車列を作成した。車列を年間の渋滞時間走行させて、曲げモーメントを算出し、年最大曲げモーメントを数百回求めた。曲げモーメントの橋梁内での算出位置は、外桁の支間中央部とし、車軸の荷重値に別途求めた影響線の値を乗じることで発生曲げモーメントを求めた。本研究では、橋梁形式の発生曲げモーメントへの影響を検討する目的で、橋梁形式の異なる3橋（A橋、B橋、N橋）について検討した。A橋は2方向4車線の単純桁橋、B橋は1方向2車線の単純桁橋で、N橋は1方向2車線の3径間連続桁橋である。A橋については着目桁側の車線が渋滞で、反対側を通常走行と仮定した。車重や車種構成率、渋滞時間はETCデータや軸重計、WIMデータ、トラフィックカウンターなどの実データからモデル化した。

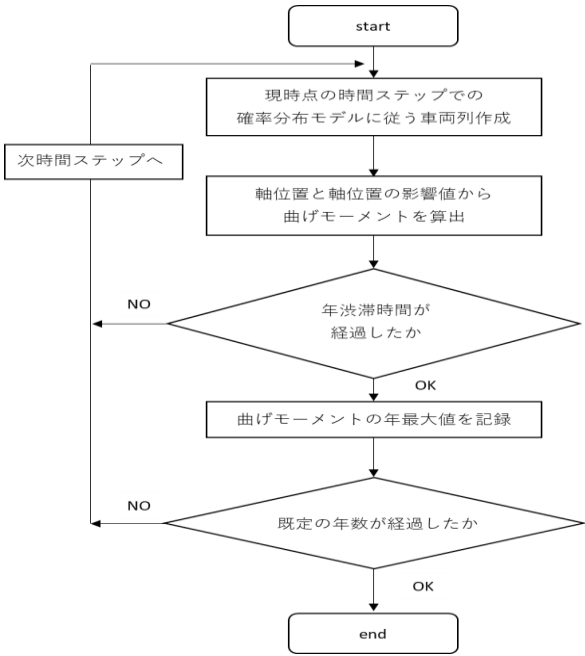


図-1 交通荷重シミュレーションのフローチャート

シミュレーション中に確率モデルとした項目は、発生する車種とその車重、及び車間距離である。渋滞時間の影響も検討するために渋滞時間は7, 10, 13 時間/日に設定した。路線による影響も検討するために、大型車混入率の異なる2つの地点（Site-1, Site-2）の輪荷重データを用いて検討を行った。両 Site の大型車混入率は各々22%と 33%である。

3. 維持管理用活荷重係数の検討

シミュレーションで得られた年最大曲げモーメントを、B 活荷重による設計曲げモーメントで除して無次元化し、その値を用いて一般極値分布(GEV)に対して最尤推定を行った。GEV の定義式は以下の式(1)の通りである。

$$f(x) = \left(1 + \xi \left(\frac{x - \mu}{\sigma}\right)\right)^{-\frac{1}{\xi} - 1} \exp \left[- \left(1 + \xi \left(\frac{x - \mu}{\sigma}\right)\right)^{-1/\xi} \right] \tag{1}$$

キーワード 活荷重係数, Load rating, 交通荷重シミュレーション, 極値分布

連絡先 〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保 255 埼玉大学大学院 TEL 048-858-3558

ここで、 $f(x)$ ：確率密度関数、 μ ：位置パラメータ、 σ ：尺度パラメータ、 ξ ：形状パラメータである。

N 橋での結果は GEV では適合性が十分ではなかったため、一般パレート分布(GPD)でのモデル化を行った。GPD の定義式は以下の式(2)の通りである。

$$h(x) = \frac{1}{\sigma} \left(1 + \xi \frac{x}{\sigma}\right)^{-\frac{1}{\xi-1}}$$

(2)

ここで、 $h(x)$ ：確率密度関数、 σ ：尺度パラメータ、 ξ ：形状パラメータである。

結果の一例として、A 橋の渋滞時間 7 時間/日における再現レベル（無次元化した曲げモーメント=活荷重係数）と再現期間の関係を図-2 に示す。図-2 の○印はシミュレーションの結果を表し、黒曲線は最尤推定された GEV の再現期間と再現レベルの関係を表す。図中の青線は 95%信頼区間を示す。

道路橋示方書では 100 年間で 95%非超過確率相当の活荷重係数として 1.25 を設定している。本研究では定期点検を前提とした既設橋の Load rating 時の活荷重係数として、10 年で 95%非超過確率に相当する活荷重係数を用いることとした。10 年という期間は、5 年に一度の定期点検が義務付けられており、点検時の重大損傷の見落としのリスクを考慮したためである。10 年で 95%非超過確率は 200 年再現レベルに相当し、極値分布への最尤推定で得られた 200 年再現レベルの活荷重係数を表-1 に示す。橋梁形式と車線条件で一項目ずつ共通している B 橋を基準として、2 方向 4 車線の橋梁では活荷重係数は+3~5%、連続桁橋で-7~10%変化し、連続桁よりは単純桁、1 方向 2 車線より 2 方向 4 車線橋梁の方が、活荷重係数が多い。N 橋で異なる 2 地点で得られた実データを用いて求めた活荷重係数は表-2 の通りである。大型車混入率の高い Site-2 では、Site-1 を基準として活荷重係数が 40%程度大きくなる結果が得られた。

4. まとめ

交通荷重の実測データに基づき交通荷重シミュレーションを実施し、既設橋の Load rating 用の活荷重係数を検討した。得られた活荷重係数は橋梁形式（単純桁、連続桁）、車線構成、検討地点の交通特性、特に大型車混入率により変化するが、いずれも道路橋示方書の活荷重係数 1.25 に比べて、低い値を示した。実際の運用

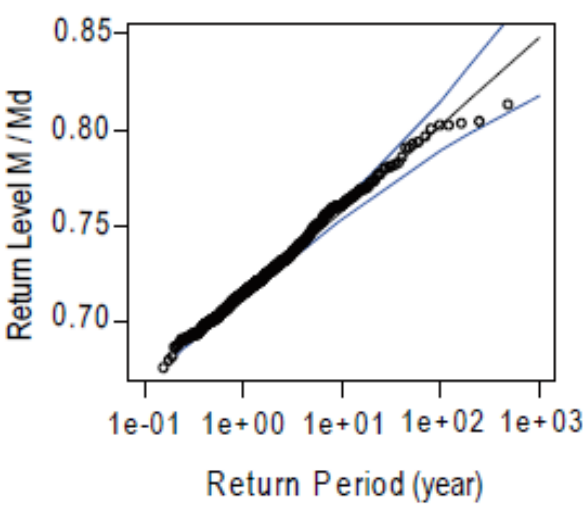


図-2 A 橋 7h/day 再現レベルプロット

表-1 推定した活荷重係数（200 年再現レベル）

	橋梁形式		
渋滞時間	2 方向 4 車線 単純桁橋 (A 橋)	1 方向 2 車線 単純桁橋 (B 橋)	1 方向 2 車線 連続桁橋 (N 橋)
7h/day	0.82	0.78	0.71
10h/day	0.81	0.78	0.71
13h/day	0.81	0.78	0.73

表-2 活荷重係数（200 年再現レベル）の Site 間比較

1 方向 2 車線連続桁橋(N 橋)		
渋滞時間	7h/day	13h/day
Site-1	0.71	0.73
Site-2	0.98	1.01

では安全側の立場から表-1, 2 に示している活荷重係数の平均値ではなく、例えば 95%信頼区間の上限値（図-2 の上段の青曲線）を用いるなどの対応が必要と思われる。

それでも、道路橋示方書に規定の 1.25 に比べると活荷重係数の大幅な低減が可能である。既設橋では TL-20 などの旧基準で設計されている橋梁のほうが多く、現行基準を満足できていない橋梁も多い。そのような橋梁の Load rating には今回検討した手法が有効と考える。

参考文献

1) AASHTO: Manual for Bridge Evaluation, 2011