

交通流の特性が鋼橋上部構造の疲労設計用同時載荷係数に及ぼす影響に関する一検討

長崎大学工学部 学生会員 酒井康成 長崎大学工学部 正会員 中村聖三
 長崎大学工学部 フェロー会員 高橋和雄 長崎大学工学部 正会員 呉 慶雄

1. 序論

わが国の鋼道路橋においても疲労による損傷が無視できなくなっており、直近の道路橋示方書の改訂では疲労も設計時に照査すべき限界状態の一つになった。橋梁上部構造に対しての疲労設計荷重を含めた具体的な照査方法は鋼道路橋の疲労設計指針¹⁾に示されているが、種々の交通流特性に対する適用性は明確ではない。そこで本研究では、単一車線の鋼橋上部構造を対象として、モンテカルロシミュレーションで発生させた種々の模擬交通流による同時載荷係数を算定し、交通流特性の影響について検討するとともに指針の算定式の適用範囲を明確にする。

2. 荷重列のシミュレーション^{1),2)}

本研究では、シミュレーションに用いる車両発生台数を2万台³⁾、大型車混入率を40%とし、一般的な交通流モデルをA、信号の存在を想定し車両の満載状態と空載状態を繰り返す交通流モデルをBとしてモンテカルロ法によって荷重列を発生させる。

(1) 車種構成

車種は図-1に示す8種類のモデルに分類する。また本研究では、図-2に示す車種構成率¹⁾に従うよう一様乱数分布で車種を決定する。

(2) 車両の重量分布

2種類の小型車量(C, CT)の寄与は疲労被害に対しては無視できるものと考えられるので、解析を簡略化するため6種類の大型車両(MT, LT, LD, TR, TT, BS)の重量分布のみを考慮する。これらの大型車両重量は対数正規分布に従うと仮定する。

(3) 車頭時間間隔

交通流モデルAにおける車頭時間間隔は、式(1)で表されるアーラン分布に従うと仮定する。その際、文献4)に従い、 $n=3$ とする。

$$f(x) = \lambda e^{-\lambda x} (\lambda x)^{n-1} / (n-1)! \cdots (1) \quad \text{平均値: } E(t) = n / \lambda \quad \text{分散: } n / \lambda^2$$

3. 解析方法

本研究では、図-3に示すように支間長Lの単純桁中央部分P点におけるモーメントの影響線形状を用いて解析を行う。モンテカルロシミュレーションにより発生させた荷重列が橋梁上を通過するときの検討位置P点のモーメント時刻歴を図-3の影響線形状を用いて算定し、これにレインフロー法を適用してモーメント範囲の頻度分布を求める。得られた頻度分布から、式(2)により等価モーメント範囲 M_{eq} を求める。

$$M_{eq} = \sqrt[3]{\sum (M_{ri})^3 \cdot f_i} \cdots (2) \quad M_{ri}: \text{モーメント範囲} \quad f_i: n_i / \sum n_i$$

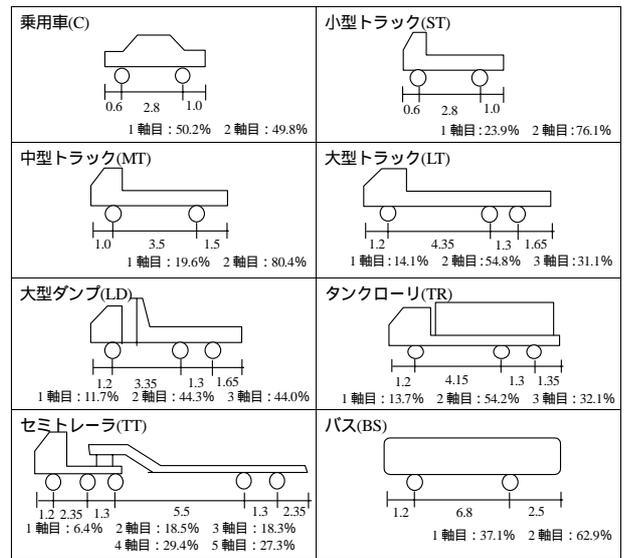


図-1 車両モデル

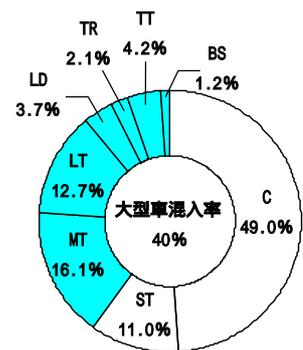


図-2 車種構成率

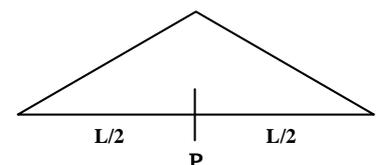


図-3 影響線形状

キーワード: 疲労設計, 同時載荷係数, 交通流特性, モンテカルロシミュレーション
 連絡先: 〒852-8521 長崎市文教町 1-14 長崎大学工学部社会開発工学科 (TEL&FAX)095-819-2613

次に、同じ荷重列を車両の同時載荷がない状態で通過させた場合の等価モーメント範囲を求め、式(3)により検討位置 P 点における同時載荷係数 γ_s を算出する。

$$\gamma_s = \frac{\text{シミュレーションによる等価モーメント範囲}}{\text{同時載荷がない場合の等価モーメント範囲}} \dots (3)$$

本研究では、表 - 1 に示すように支間長 L 、車両速度 V 、時間交通量 Q をパラメータとして解析を実施した。

表 - 1 解析パラメータ

	モデル A	モデル B
L (m)	10 ~ 100	
V (km/hr)	50 ~ 100	考慮しない
Q (台/hr)	200 ~ 2000	(車間距離 2m)

4. 解析結果および考察

(1) **交通流特性の影響** 図 - 4 は信号交通流であるモデル B と一般的な交通流であるモデル A ($V50, Q2000$) について、支間長と同時載荷係数との関係を表している。モデル B は車間距離を一定にしているため、支間長が大きくなると、車両の同時載荷台数が増え車群で載荷するため、車両が 1 台ずつ載荷するのに対し等価モーメント範囲が大幅に大きくなる。そのため、図 - 4 のように同時載荷係数も、一般的な交通流（モデル A）に比べて大きくなると考えられる。

(2) **指針の算定式の適用性** 指針に掲載されている同時載荷係数の算定式⁵⁾は、モデル A と同様な交通流条件で解析された結果に基づき提案されており、式(4)のように表せる。

$$\gamma_s = 0.05 \times \left\{ \log \left(8.33 \times 10^{-5} \times L \times ADTT / lane \right) \right\}^2 + 1.0 \dots (4)$$

ここに L : 基線長(m), $lane$: 車線数, $ADTT$: 1 日当たりの大型車交通量である。

モデル B は信号交通流であり、信号が存在することにより、交通流は停止、発進を繰り返す。そのため、連続的に車両が走行する場合における算定式(4)を用いるには、信号の間隔を設定し、各支間長における平均的な可能同時載荷台数からそれに対応した時間交通量を求める必要がある。これにより、算定式(4)を利用した場合の同時載荷係数を求めることができる。図 - 5 はモデル B における解析結果と信号間隔を 2 分、1 分、30 秒としたときの各支間長における同時載荷係数をプロットしたものである。シミュレーション解析の結果と算定式より得られた基準値を比較すると、両者の同時載荷係数の差は最大で約 70% と非常に大きい。このことより、信号交通流のように車群が断続的に通過する交通流においては、支間長が大きくなると指針の算定式をそのまま利用できないことがわかる。

5. 今後の検討

ここでは、交通流特性が同時載荷係数に及ぼす影響、および指針の算定式の適用性について検討した。今後は、信号交通流のような特殊な条件に対する同時載荷係数の算定式を確立すべく、車線数や対象構造、さらには影響線形状の違いによる影響について調査するとともに、信号停止時に橋梁上に小型車両が連続載荷する場合には、その重量を無視できない可能性もあるため、この点についても検討する予定である。

参考文献 1) 日本道路協会：鋼道路橋の疲労設計指針, pp.29 ~ 35, 2003-3 2) 三木千壽ら：シミュレーションによる道路橋の疲労設計荷重の研究, 構造工学論文集 Vol.32A, pp.597 ~ 608, 1986-3 3) 田川拓哉ら：鋼製橋脚の疲労設計に用いる単一車線の活荷重補正係数, 鋼構造年次論文報告集第 11 巻, pp.555 ~ 562, 2003-11 4) 久保雅邦ら：自動車交通流の配列に関する確率的考察, 土木学会第 38 回年次講演会, 1983-10 5) 日本道路協会：鋼道路橋の疲労設計指針, pp.81 ~ 97, 2002-4.

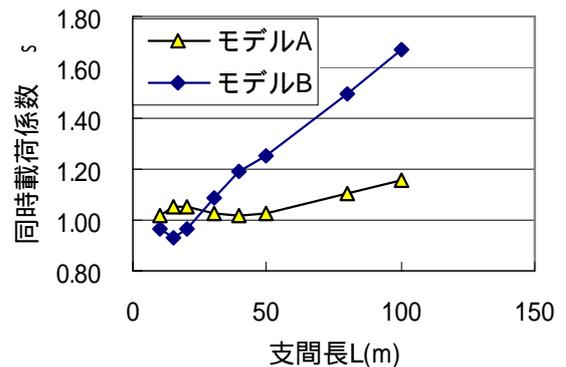


図 - 4 結果の比較

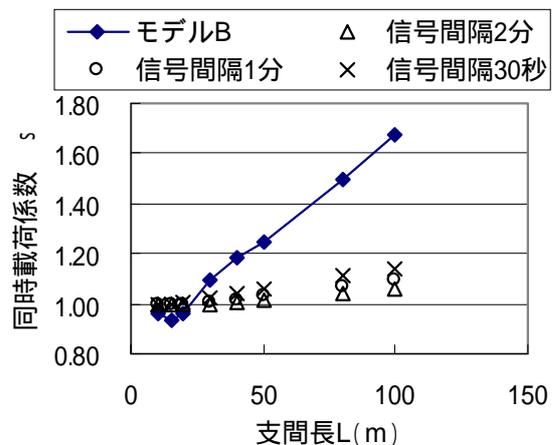


図 - 5 結果と基準値の比較