

# 車線間における大型車走行台数の偏りを考慮した 鋼道路橋の疲労設計用活荷重補正係数

## LIVE LOAD MODIFICATION FACTOR FOR FATIGUE DESIGN OF STEEL HIGHWAY BRIDGES CONSIDERING DIFFERENCE IN PERCENTAGE OF HEAVY VEHICLES BETWEEN LANES

酒井 康成<sup>1)</sup> 中村 聖三<sup>2)</sup>  
Yasunari Sakai Shozo Nakamura

### 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、平成14年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となった。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<sup>1)</sup>(以下、指針と記す)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、2車線道路橋を対象として、モンテカルロ法により車線ごとに大型車混入率の異なる交通流を発生させて活荷重補正係数(同時載荷係数およびT荷重補正係数)を算定し、車線間における大型車走行台数の偏りが両係数に及ぼす影響を明らかにするとともに、その影響を考慮した活荷重補正係数の算定式を提案する。なお、本論文は修士論文の内容を取りまとめたものである。

### 2. 解析方法

#### 2.1 対象構造

本研究では、同一方向2車線道路橋の上部構造を対象とする。図-1(a)は一般的な桁形式の2車線道路橋の断面を示したものである。橋梁形式は支間長L(m)の単純桁橋および三径間連続桁橋とし、着目部位は図-1(b)に示す単純桁橋の支間中央部、三径間連続桁橋の中央径間中央部ならびに側径間中央部の3箇所とする。

#### 2.2 荷重列のシミュレーション<sup>2)</sup>

本研究では、シミュレーションに用いる発生車両台数を1車線あたり100,000台<sup>3)</sup>とする。その際、車両モデ

ルは指針で用いられたものと同じ8車種とし、大型車混入率を20%、40%、60%としたときの車種構成率(表-1参照)に従うように一様乱数により車種を決定する。その車種に対して車両重量は対数正規分布、車頭時間間隔は自由度3のアーラン分布<sup>4)</sup>に従うと仮定して、モンテカルロ法により荷重列を発生させる。

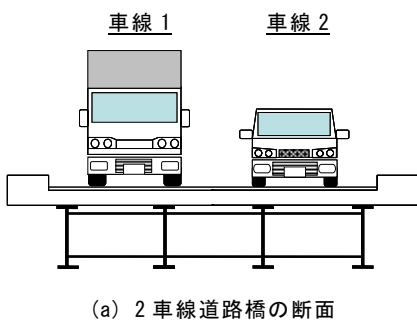
#### 2.3 同時載荷係数とT荷重補正係数

シミュレーションにより発生させた荷重列を用い、着目部における応力変動を解析することで疲労損傷度<sup>3)</sup>を算定する。本来、疲労損傷度は当該部に生じる応力を用いるべきであるが、本研究では、応力と1対1関係にある断面力(曲げモーメント)を用いる。まず、モーメントの時刻歴を、図-2に示す影響線形状をもとに求め、レインフロー法によりモーメント範囲の頻度分布に変換する。その頻度分布における各モーメント範囲成分の大きさとその繰り返し回数から、線形累積被害則<sup>5)</sup>より式(1)を用いて、疲労損傷度を算出する。

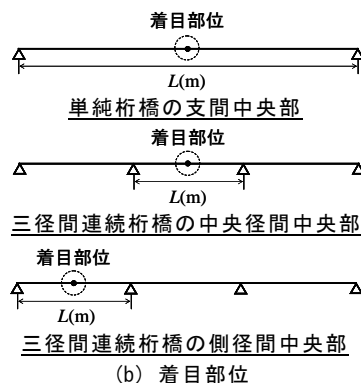
$$\text{疲労損傷度} = \sum (\Delta M_{ri}^3 \cdot n_i) \dots (1)$$

$\Delta M_{ri}$ ; モーメント範囲成分  $n_i$ ;  $\Delta M_{ri}$ の頻度

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疲労損傷度を求め、式(2)により同時載荷係数 $\gamma_S$ を算出する。また本研究では指針と異なり、同時載荷させない場合の疲労損傷度とT荷重による疲労損傷度とを用い、式(3)により算出した係数をT荷重補正係数 $\gamma_T$ と定義する。



(a) 2車線道路橋の断面



(b) 着目部位

表-1 車種構成モデル

車種	大型車混入率		
	20%	40%	60%
乗用車	65.3	49.0	32.7
小型トラック	14.7	11.0	7.3
中型トラック	8.1	16.1	24.2
大型トラック	6.3	12.7	19.0
大型ダンプ	1.8	3.7	5.6
タンクローリ	1.1	2.1	3.2
セミトレーラ	2.1	4.2	6.3
バス	0.6	1.2	1.7

1) 技術グループ 設計部 大阪チーム

2) 長崎大学大学院 助教授

$$\gamma_s = \sqrt[3]{\frac{\text{同時載荷する場合の疲労損傷度}}{\text{同時載荷しない場合の疲労損傷度}}} \dots(2)$$

$$\gamma_T = \sqrt[3]{\frac{\text{同時載荷しない場合の疲労損傷度}}{\text{T 荷重による疲労損傷度}}} \dots(3)$$

2.4 解析条件

本研究では、車線1に対する車線2の大型車の走行台数を車線大型車走行比と定義し、その比を表-2のように変化させ、活荷重補正係数に及ぼす影響を検討する。

2車線道路橋では、車両がどの車線を走行するかで着目部位に生じる応力が異なるが、高いモーメントが発生する車線を基準としてその比をとったものを車線モーメント比と呼び、荷重分配を考慮するためのパラメータとする。それ以外に、大型車混入率、時間交通量、車両速度ならびに支間長の値を表-3のように変化させ、車線大型車走行比と活荷重補正係数の関係に及ぼす影響を調査する。

3. 活荷重補正係数に対する各パラメータの影響

3.1 同時載荷係数と車線大型車走行比の関係

(1) 影響線形状の影響

図-3(a)は、車線モーメント比1.0、大型車混入率40%、時間交通量1,000台/hr/lane、車両速度70km/hr、支間長80m(単純桁)、100m(連続桁)に対して、同時載荷係数と車線大型車走行比の関係を示したものである。影響線形状で同時載荷係数の値に差は見られるが、車線大型車走行比が増加しても、影響線形状の違いによらず同時載荷係数の値はほぼ一定の値となっているため、両者の関係を議論する上で、影響線形状の影響は考慮しなくて

もよいと言える。そのため、これ以降の考察は、影響線Aに対してのみ行うものとする。

(2) 大型車混入率の影響

図-3(b)は、車線モーメント比を1.0としたときの時間交通量1,000台/hr/lane、車両速度70km/hr、支間長80mに対する解析結果である。大型車混入率により、車線大型車走行比と同時載荷係数の関係は多少変化しているが、最大でも数%程度の変動であり、大型車混入率によらず

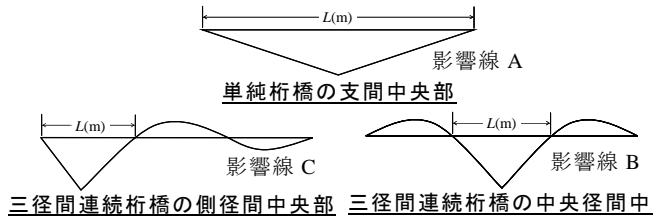


図-2 モーメント影響線形状

表-2 車線大型車走行比

時間交通量比 車線1：車線2	大型車走行比 車線1：車線2
1：1	1：1
	1：2
	1：3
	1：4
	1：5

表-3 各種パラメータの値

大型車混入率PHV(%)	20, 40, 60,
時間交通量Q(台/hr)	500, 1000, 2000
車両速度V(km/hr)	50, 70, 100
単純桁支間長L(m)	20, 40, 80
連続桁支間長L(m)	30, 60, 100
車線モーメント比	0, 0.2, 0.4, 0.7, 1.0

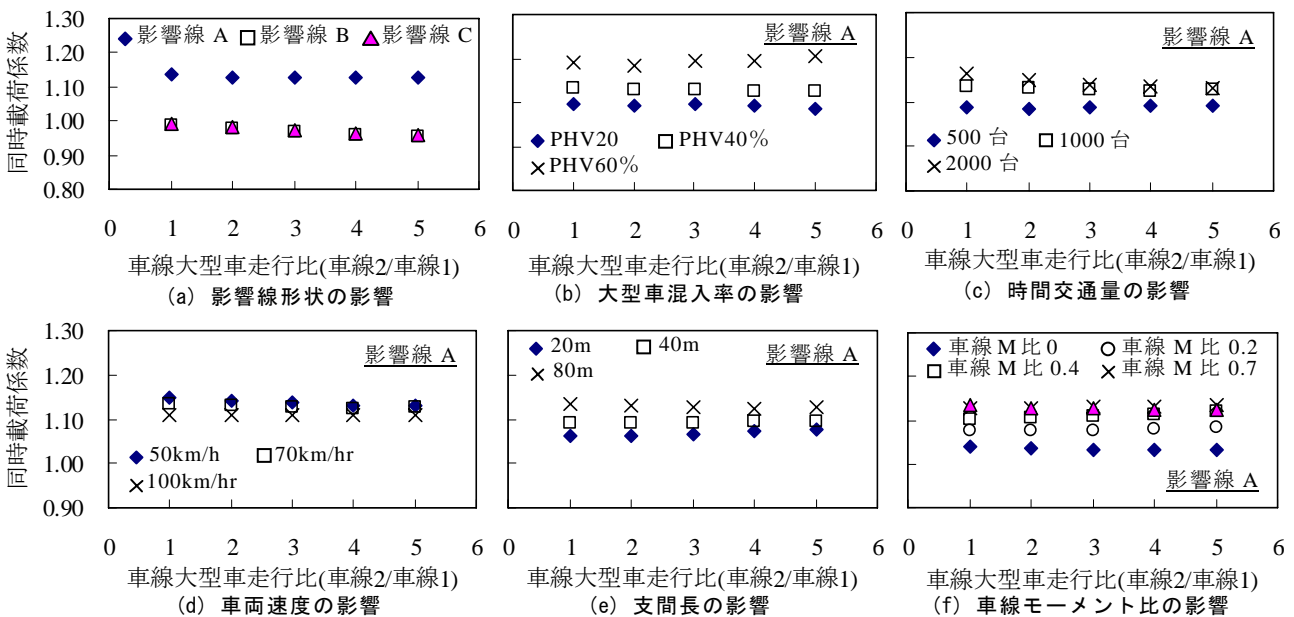


図-3 同時載荷係数と車線大型車走行比の関係

車線大型車走行比の影響は小さいといえる。

**(3) 時間交通量の影響**

図-3(c)は、車線モーメント比 1.0, 大型車混入率 40%, 車両速度 70km/hr, 支間長 80m に対する解析結果である。時間交通量が増えることで、同時乗荷係数と車線大型車走行比の関係に大きな変化は確認できない。

**(4) 車両速度の影響**

図-3(d)は、車線モーメント比 1.0, 大型車混入率 40%, 時間交通量 1,000 台/hr/lane, 支間長 80m に対して、車両速度を変化させて解析した結果である。時間交通量の影響と同様、同時乗荷係数と車線大型車走行比の関係に対しては、その影響を無視できると判断した。

**(5) 支間長の影響**

車線モーメント比 1.0, 大型車混入率 40%, 時間交通量 1,000 台/hr/lane, 車両速度 70km/hr として解析した結果を図-3(e)に示す。各支間長における結果を比較すると、全ての支間長において車線大型車走行比が増えても、同時乗荷係数の値はほぼ一定となっている。よって、同時乗荷係数と車線大型車走行比の関係に及ぼす支間長の影響は小さいといえる。

**(6) 車線モーメント比の影響**

大型車混入率 40%, 時間交通量 1,000 台/hr/lane, 車両速度 70km/hr, 支間長 80m に対する解析結果を図-3(f)に示す。車線モーメント比が大きくなるにつれて同時乗荷係数の値は増大しているが、同時乗荷係数に及ぼす車線大型車走行比の影響に違いは見られない。よって、同時乗荷係数と車線大型車走行比の関係については、車線モーメント比に依存しないといえる。

同時乗荷係数と車線大型車走行比の関係に及ぼすこれら各種パラメータの影響は、影響線 B, C についても同様であった。

**3.2 T 荷重補正係数と車線大型車走行比の関係**

**(1) 影響線形状の影響**

図-4(a)は、車線モーメント比 1.0, 大型車混入率 40%, 時間交通量 1,000 台/hr/lane, 車両速度 70km/hr, 支間長 80m に対して、各影響線形状に対する T 荷重補正係数と車線大型車走行比の関係を示したものである。影響線形状の違いによって T 荷重補正係数の値に差は見られるが、車線大型車走行比が増加しても、T 荷重補正係数の値はほぼ一定の値となっている。よって、両者の関係を議論する上で、影響線形状の影響は考慮しなくてもよいといえる。同時乗荷係数の場合と同様、これ以降は影響線 A についてのみ考察する。

**(2) 大型車混入率の影響**

図-4(b)は、車線モーメント比を 1.0 としたときの時間

交通量 1,000 台/hr/lane, 車両速度 70km/hr, 支間長 80m に対して、大型車混入率を変えて解析した結果であり、T 荷重補正係数に及ぼす車線大型車走行比の影響を示したものである。大型車混入率が大きくなるに従い、T 荷重補正係数も大きくなる傾向が見られる。T 荷重補正係数と車線大型車走行比の関係については、大型車混入率によって多少異なるが、その影響は小さいと見なすことができる。

**(3) 支間長の影響**

車線モーメント比 1.0, 大型車混入率 40%, 時間交通量 1,000 台/hr/lane, 車両速度 70km/hr という条件で、支間長を変化させた解析結果を図-4(c)に示す。各支間長に

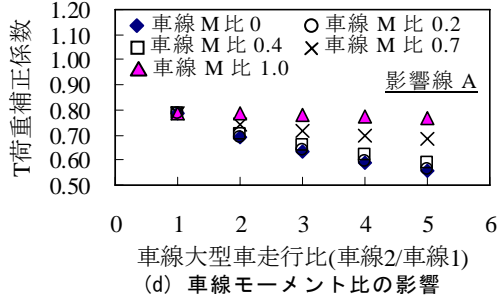
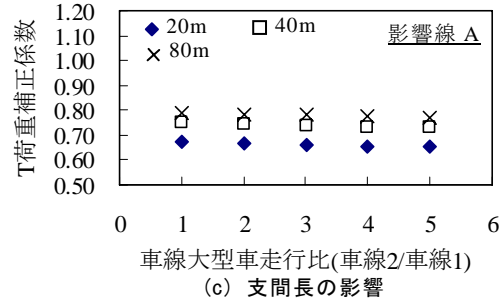
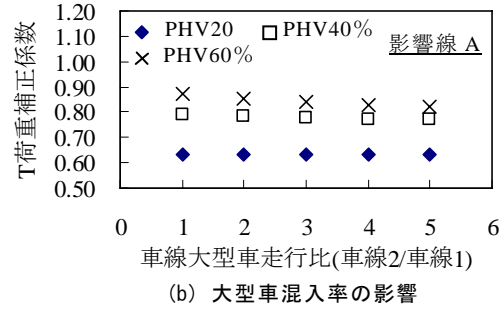
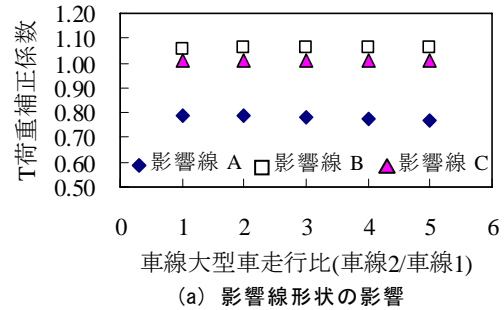


図-4 T 荷重補正係数と車線大型車走行比の関係

おける結果を比較すると、車線大型車走行比が増加しても T 荷重補正係数の値はほぼ一定の値となっている。支間長により値の大小は見られるが、車線大型車走行比の影響に支間長による違いはほとんどないことがわかる。

**(4) 車線モーメント比の影響**

大型車混入率 40%，時間交通量 1,000 台/hr/lane，車両速度 70km/hr，支間長 80m に対して，車線モーメント比を変化させた解析結果を図-4 (d) に示す。車線モーメント比が 1.0 のとき，T 荷重補正係数は車線大型車走行比の影響をほとんど受けないが，車線モーメント比が 1.0 より小さくなるにつれて，車線大型車走行比に対して T 荷重補正係数が変化する度合いが大きくなっている。このことより，車線モーメント比は T 荷重補正係数と車線大型車走行比の関係に対する支配因子であることがわかる。

また，T 荷重補正係数と車線大型車走行比の関係に及ぼすこれら各種パラメータの影響は，影響線 B，C についても同様であった。

**4. 同時載荷係数に対する指針規定の適用性の検証と**

**T 荷重補正係数算定式の提案**

解析の結果，同時載荷係数は車線間の大型車走行台数の偏りの影響をさほど受けないことを確認した。そのため，大型車の偏りが極端な場合に対しても指針の規定のもととなった式(4)<sup>3)</sup>が適用可能であるものと考えられる。

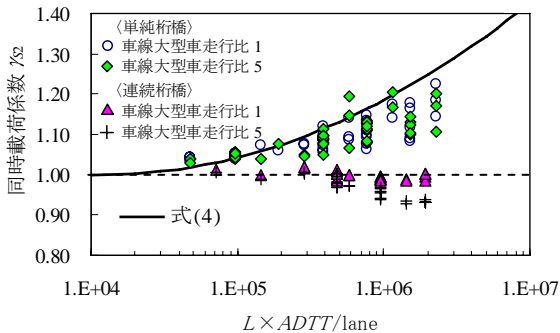


図-5 指針の規定の適用性

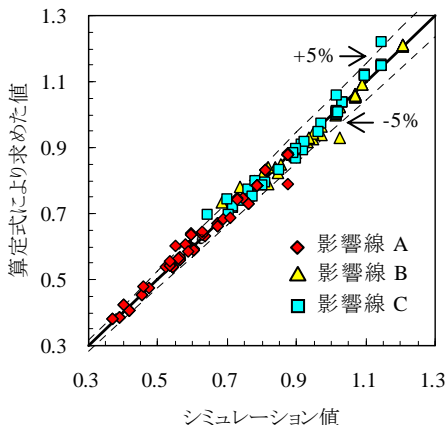


図-6 算定式の精度

ここではそれを検証する。

$$\gamma_{S2} = 0.05 \times \left\{ \log(8.33 \times 10^{-5} \times L \times ADTT / lane) \right\}^2 + 1.0 \dots (4)$$

ここに，L は影響線の基線長（支間長），ADTT は 1 日あたりの大型車交通量である。

図-5 によると，車線大型車走行比が 5 の場合においても，影響線 A に対する同時載荷係数の値は式(4)よりもほぼ安全側になっており，その適用性が確認できる。また，指針では「正負交番する影響線の場合，L や ADTT に関係なく同時載荷係数は 1.0 とする」とされているが，図-5 から影響線 B，C に対しても指針の規定は適用できると言える。

T 荷重補正係数については，図-4 (d) に示すように車線モーメント比が 1.0 より小さいときに車線大型車走行比の影響が顕著になった。本研究では，車線大型車走行比  $\alpha$ ，車線モーメント比  $\beta$ ，大型車混入率 PHV，支間長 L の影響を考慮した T 荷重補正係数  $\gamma_T$  の算定式(5)を提案する。なお，ここでは影響線 A についてのみ示す。

$$\left. \begin{aligned} \gamma_T &= \{A(\alpha^2 - 1) - B(\alpha - 1) + 0.786\} \cdot C \cdot D \\ A &= 0.0095(1 - \beta^2) \quad (0.2 < \beta \leq 1.0) \\ B &= 0.120 - 0.030\beta - 0.090\beta^2 \quad (0.2 < \beta \leq 1.0) \\ C &= 0.273 \ln(PHV) + 1.244 \\ D &= 0.107 \ln(L) + 0.540 \end{aligned} \right\} \dots (5)$$

図-6 は，対象とした全ての影響線形状に対して，シミュレーション値と算定式により求めた  $\gamma_T$  の値を比較したものである。両者は概ね  $\pm 5\%$  内の誤差に納まっており，よく一致していることがわかる。

**5. 結論**

本研究では，車線間における大型車走行台数の偏りが同時載荷係数および T 荷重補正係数に及ぼす影響を検討した。同時載荷係数については，車線大型車走行比の影響は小さいため，その影響は無視できると判断したが，T 荷重補正係数に対しては，車線大型車走行比と車線モーメント比，その他支配的なパラメータの影響を考慮した算定式を提案した。

**参考文献**

- 1) 日本道路協会：鋼道路橋の疲労設計指針，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，1986-3
- 3) 森猛：2 車線道路橋の疲労設計荷重に用いる同時載荷係数の検討，土木学会論文集，No.759/I-67，2004.4
- 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 I，1983-10
- 5) 日本道路協会：鋼橋の疲労，1997.5

