

ラーメン橋剛結部の疲労設計に用いる単一車線の活荷重補正係数

宮崎県庁 正会員 ○前畑光一郎

長崎大学工学部 フェロー 高橋和雄

長崎大学工学部 正会員 中村聖三

長崎大学工学部 正会員 呉 慶雄

1. はじめに

近年、道路橋において疲労損傷が顕著化してきており、平成14年3月の「道路橋示方書・同解説」では疲労の影響を考慮するよう規定された。しかし、「鋼道路橋の疲労設計指針」¹⁾(以下、指針)に規定されている荷重の補正係数は単一の断面力のみを考慮した検討に基づくものであり、複数の断面力が同時に変動する場合に対する適用性は明らかではない。そこで本研究では、曲げ応力に加え軸応力も変動するラーメン橋の剛結部に着目し、モンテカルロシミュレーションより発生させた自動車荷重列を用い、当該部の疲労設計に用いる同時載荷係数およびT荷重補正係数について検討する。

2. 荷重列のシミュレーション^{2),3)}

シミュレーション台数2万台、時間交通量500～2000台、車両走行速度50～100km/hrの種々の条件において、図-1・表-1に示す車両モデル・構成率を対象としシミュレーション解析を行う。なお、車両の重量分布は対数正規分布、車頭時間間隔はアーラン分布に従うものと仮定する。

3. 解析方法

図-2に示すようなラーメン橋を検討対象とし、橋脚に着目した。橋脚を実線で表したものが門形ラーメン橋、破線で表したものが方杖ラーメン橋である。橋長・支間割・橋脚高さを変化させ解析を行った。

着目断面に作用する曲げモーメント、軸力をそれぞれ M 、 N とすると、応力は式(1)で求められる。

$$\sigma = \frac{M}{Z} + \frac{N}{A} \quad (1) \quad (A: \text{断面積、} Z: \text{断面係数})$$

式(2)の両辺に断面積 A を乗じると式(2)を得るが、 F (ここでは代表断面力と呼ぶ)と応力 σ は線形関係にあることから、疲労損傷度の算定においては σ に代わって F を用いることとする。

$$F = \sigma \times A = \frac{M}{Z/A} + N \quad (2)$$

各係数の算定手順は次のとおりである。すなわち、まずシミュレーションにより発生させた荷重列が橋上を通過する際の F の変動を、影響線を用いて計算する。変動範囲の頻度解析にはレインフロー法を適用し、得られた頻度分布から次式により等価代表断面力範囲 F_{eq} を求める。その際、 N を無視した場合(すなわち $M/(Z/A)$)についても同様に計算し、 N の影響を調査する。

$$F_{eq} = \sqrt[3]{\sum (F_{ri})^3 \cdot f_i} \quad (3) \quad (F_{ri}: \text{代表断面力範囲、} f_i: n_i / \sum n_i)$$

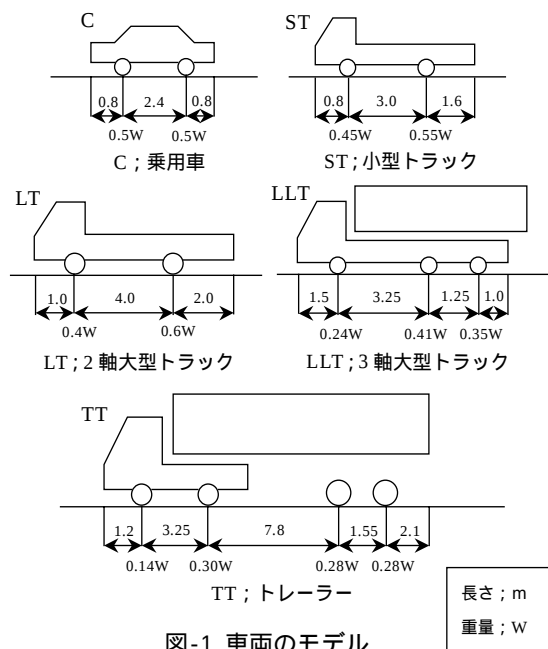


図-1 車両のモデル

表-1 シミュレーションに用いた車種構成 (%)

C	ST	LT	LLT	TT
50	5	20	20	5

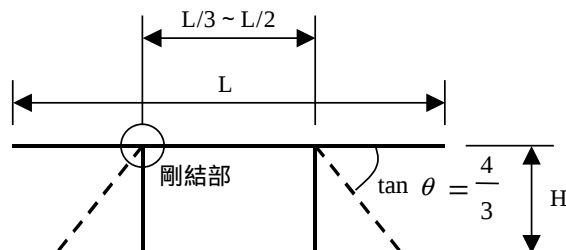


図-2 対象構造

キーワード：ラーメン橋剛結部、疲労設計、活荷重補正係数、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) 095-819-2610

次に、同じ荷重列を同時載荷の全く生じない状態で載荷させた場合と、代表荷重 20tf のみを載荷させた場合について同様に等価断面力範囲を求め、同時載荷係数 γ_1 と T 荷重補正係数 γ_2 を、次式により算定する。

$$\gamma_1 = \sqrt[3]{\frac{\text{シミュレーションによる等価断面力範囲}}{\text{同時載荷がない場合の等価断面力範囲}}} \quad (4) \quad \gamma_2 = \sqrt[3]{\frac{\text{同時載荷がない場合の等価断面力範囲}}{\text{代表荷重20tfによる等価断面力範囲}}} \quad (5)$$

4. 解析結果と考察

図-3 に軸力を考慮した場合としない場合の γ_1 を示す。両者にはほとんど差は見られず、対象構造の疲労設計で γ_1 を求めるにあたり軸力の影響はほとんどない考えられる。これは γ_2 についても、また、各パラメータを変化させた場合においても同様な結果となった。

交通流パラメータを組み合わせる計算を行った結果、 γ_1 は車両の載荷台数が増加するにつれ、減少から増加に推移するという傾向が見られた。これは対象としたラーメン橋剛結部の影響線形状が正負交番しているためだと考えられる。一方、 γ_2 は橋長が大きくなるにつれて増加し、ある一定の値に漸近していった。これは橋長が小さいと車両モデルの軸配置の影響が顕著に現れるが、複数の車軸を有する車両モデルも橋長が長くなると相対的に集中荷重に近づくためだと考えられる。

5. 算定式の提案

ここでは、両係数の算定式を提案する。図-4・5 に解析より得られた $\gamma_1 \cdot \gamma_2$ とそれらの近似曲線をそれぞれ示す。

(1) 同時載荷係数 γ_1

同時載荷係数は橋上に載荷されている車両台数の影響を受けると考えられるため、式(6)の平均同時載荷台数 NS をパラメータとし、方杖ラーメン橋、門形ラーメン橋に対してそれぞれ式(7)・(8)のような 3 次式を提案する。

$$NS = (\text{橋長}) \times (\text{時間交通量}) / (\text{車両速度}) \quad (6)$$

$$\gamma_1 = 0.01K\alpha^3 - 2.0K\alpha^2 - 4.0K\alpha + 0.999 \quad (7)$$

$$\gamma_1 = 0.0007K\alpha^3 - 0.2K\alpha^2 + 0.0002\alpha + 0.9987 \quad (8)$$

$$(\alpha = 18.822 \ln(NS) + 17.551, K = 1.0 \times 10^{-5})$$

(2) T 荷重補正係数 γ_2

T 荷重補正係数は橋長に支配されるため、橋長 L をパラメータとし方杖ラーメン橋、門形ラーメン橋に対して式(9)・(10)のような対数式を提案する。

$$\gamma_2 = 0.023 \ln(L) + 0.8409 \quad (9)$$

$$\gamma_2 = 0.0399 \ln(L) + 0.7186 \quad (10)$$

6. まとめ

本研究では、断面形状を一般的な断面としては最も軸力の寄与が大きくなるよう設定し、解析を行った。その結果、ここで対象とした構造については、補正係数を定めるにあたり、実用上軸力の影響を無視してよいという結論を得た。また、 $\gamma_1 \cdot \gamma_2$ の算定式を提案したが、指針に規定された値の方が安全側であり、誤差もそれほど大きくないことから、指針の値を適用してもよいと考えられる。

【参考文献】1)日本道路協会：鋼道路橋の疲労設計指針，2002。 2)三木ら：シミュレーションによる道路の疲労設計活荷重の研究，構造工学論文集，Vol.32A，1986。 3)三木ら：鋼道路橋の疲労照査のための荷重に関する研究，構造工学論文集，Vol.36A，1990

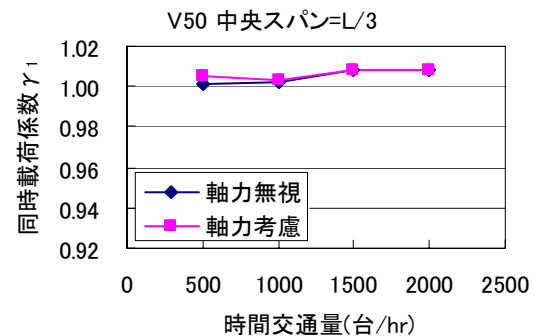


図-3 軸力の影響

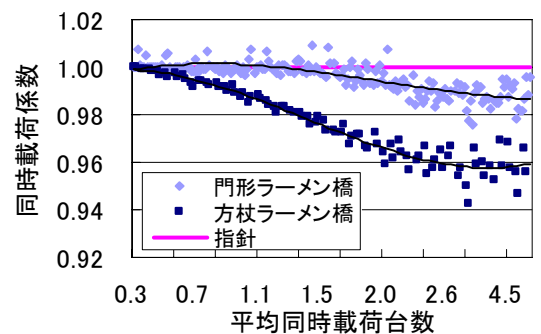


図-4 γ_1 -NS 関係

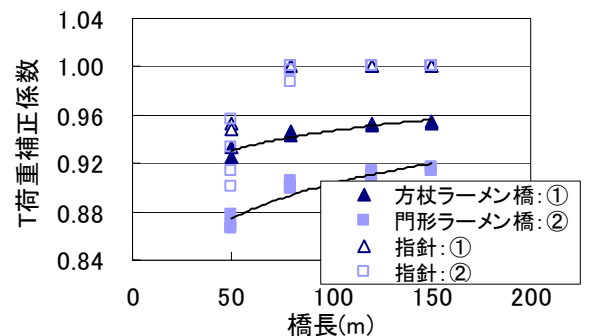


図-5 γ_2 - L 関係