

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

長崎大学工学部 学生会員○前畑光一郎

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 高橋和雄

長崎大学工学部 学生会員 呉 慶雄

1. まえがき

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。具体的な疲労設計の方法については、「鋼道路橋の疲労設計指針」¹⁾(以下、指針)に示されているが、そこ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^{1),2)}

本研究では、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 ～ 100 km/hr の種々の条件に対し、以下に示す考え方でシミュレーション解析を行った。

(1) 車種構成

車種は図-1 に示す 5 種類のモデルに分類する。また、表-1 に示す 2 種類の車種構成モデルを対象とし、それぞれの車種構成率に従うように一様乱数によって車種を決定する。

(2) 車両の重量分布

2 種類の小型車両 (C, ST) の疲労被害に対する寄与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 3 種類の大型車両 (LT, LLT, TT) の重量分布のみを考慮する。これらの大型車両重量は表-2 に示すような平均値、標準偏差を有する対数正規分布に従うものと仮定する。

(3) 車頭時間間隔

車頭時間間隔は式(1)で表現されるアーラン分布に従うと仮定する。その際、文献 3) に従い、 $n=3$ とする。

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} (\lambda t)^{n-1} / (n-1)! \cdots (1)$$

(平均値; $E(t)=n/\lambda$, 分散; n/λ^2)

3. 検討方法

本研究では、図-2 に示すような方杖ラーメン橋剛結部を検討対象とし、橋脚に着目した。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(2)で求められる。

$$\sigma = \frac{M}{Z} + \frac{N}{A} \cdots (2) \quad (A: \text{断面積}, Z: \text{断面係数})$$

式(2)の両辺に断面積 A を乗じると式(3)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

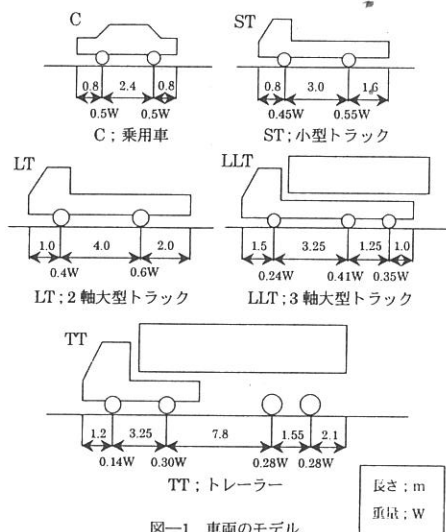


図-1 車両のモデル

表-1 シミュレーションに用いた車種構成 (%)

交通流モデル	C	ST	LT	LLT	TT
A	50	5	20	20	5
B	10	5	25	50	10

表-2 車種別平均・標準偏差

車種	平均(tf)	標準偏差(tf)
LT	8.1	3.2
LLT	17.7	6.1
TT	22.2	9.6

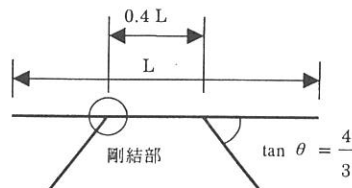


図-2 対象構造

においては σ に代わって F を用いることとする。なお、 Z/A の値は断面形状により決まる定数であり、その値が大きければ着目部位の発生応力に対する曲げモーメントの寄与は小さくなる。

$$F = \sigma \times A = \frac{M}{Z/A} + N \cdots (3)$$

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。

$$F_{eq} = \sqrt[3]{\sum (F_{ri})^3 \cdot f_i} \cdots (4)$$

$$F_{ri} : \text{代表断面力範囲}, f_i : n_i / \sum n_i$$

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 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。

$$\gamma_1 = \sqrt[3]{\frac{\text{シミュレーションによる等価断面力範囲}}{\text{同時載荷がない場合の等価断面力範囲}}}$$

$$\gamma_2 = \sqrt[3]{\frac{\text{同時載荷がない場合の等価断面力範囲}}{\text{代表荷重20tfによる等価断面力範囲}}}$$

4. 解析結果

ここでは、同時載荷係数についてのみ結果を示す。図-3 は橋長 50m の方杖ラーメン橋を対象とし、 Z/A を一般的な断面の上限と考えられる 0.6 と仮定した場合の剛結部における影響線である。 N を考慮した場合としない場合を比較すると、極値には差が見られるものの、変動幅はほぼ一致しており、 N の影響は小さいと予想できる。この影響線をもとに両者に対する同時載荷係数を求めると、図-4 に示すようにほとんど差は見られなかった。橋長や、車両速度、時間交通量を変化させても軸力の影響は著しく小さいという結果が得られた。指針においては、影響線が正負交番する場合の同時載荷係数は $\gamma_1=1.00$ と規定されている。 γ_1 の主な支配因子である橋上の平均同時載荷台数(NS)と同時載荷係数の関係は図-5 のようになり、指針の規定はここで対象としたラーメン橋剛結部にも適用できると考えられる。

5. まとめ

上述したように、今回対象としたような方杖ラーメン橋の疲労設計において γ_1 を設定するにあたり、曲げモーメントの影響線形状のみに着目し、指針の規定を用いればよいと考えられる。これは軸力の変動が同一符号であったため、応力の変動幅に大きな変化が見られなかったことによる。今後、支間割などのパラメータを変化させた場合の軸力の影響、さらには門形ラーメン橋についても同様な解析を進めていく予定である。

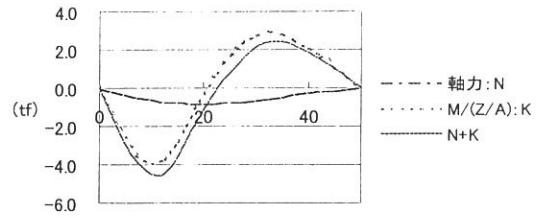


図-3 剛結部での影響線

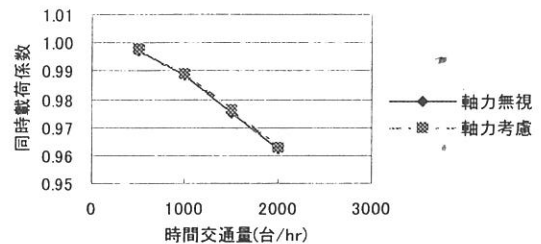


図-4 軸力を考慮した同時載荷係数

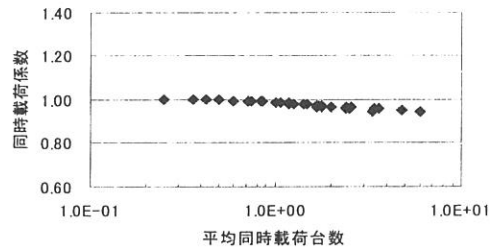


図-5 γ_1 - NS 関係

【参考文献】 1) 日本道路協会：鋼道路橋の疲労設計指針，pp29～35，2002-3 2) 三木千壽・後藤祐司・村越潤・館石和雄：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) 三木千壽・杉本一朗・宮崎早苗・森猛：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，pp.975～984，1990-3 4) 久保雅邦・篠塚正宣：自動車交通流の配列に関する確率的考察，土木学会第 38 回年次講演会概要集 I，1983-10