

## 一車線鋼π形ラーメン橋剛結部の疲労設計用活荷重補正係数

長崎大学工学部 学生会員 ○峰 穂高

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

## 1. まえがき

近年,さまざまな部材で自動車荷重が原因と考えられる鋼材の疲労損傷の発生が報告されるようになってきており,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こととしている.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」<sup>1)</sup>(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,曲げモーメントに加え軸力も変動する鋼π形ラーメン橋の剛結部(柱側)に着目し,自動車荷重列のモンテカルロシミュレーションを利用し,当該部の疲労設計に用いる同時載荷係数及び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<sup>1)2)</sup>

本研究では,シミュレーション台数を10万台とし,また時間交通量500~2000台,車両走行速度50~100km/hrの範囲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.

## 2.1 車種構成

車種は指針<sup>1)</sup>を参考に乗用車(C),小型トラック(ST)の2種類の小型車と,中型トラック(MT),大型トラック(LT),大型ダンプ(LT),タンクローリ(TR),セミトレーラ(TT),バス(BS)の6種類の大型車の全8種類のモデルに分類する.また表-1に示すように大型車混入率を20~60%の範囲で変化させ,それぞれの構成率に従うよう一様乱数によって車種を決定する.

## 2.2 車両の重量分布

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.

## 2.3 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.

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

$$\text{分散: } n / \lambda^2$$

## 3. 検討方法

本研究では,図-1に示すようなπ形ラーメン橋剛結部を対象とし,柱側に着目した.着目断面に作用する曲げモーメントを $M$ ,軸力を $N$ とすると,応力は式(2)で求められる.

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

$$Z: \text{断面係数}$$

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 $\sigma$ 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 $\sigma$ に代わって $F$ を用いる

表-1 車種構成率

| 車種 | 大型車混入率 |       |       |
|----|--------|-------|-------|
|    | 20%    | 40%   | 60%   |
| C  | 0.653  | 0.490 | 0.327 |
| ST | 0.147  | 0.110 | 0.073 |
| MT | 0.081  | 0.161 | 0.242 |
| LT | 0.068  | 0.127 | 0.190 |
| LD | 0.018  | 0.037 | 0.056 |
| TR | 0.011  | 0.021 | 0.032 |
| TT | 0.021  | 0.042 | 0.063 |
| BS | 0.006  | 0.012 | 0.017 |

表-2 車種別平均値・標準偏差

| 車種 | 平均値(kN) | 標準偏差(kN) |
|----|---------|----------|
| C  | 12.7    | 3.5      |
| ST | 35.5    | 12.8     |
| MT | 59.5    | 24.5     |
| LT | 164.3   | 61.7     |
| LD | 192.5   | 93.6     |
| TR | 135.6   | 61.9     |
| TT | 243.1   | 126.7    |
| BS | 135.8   | 23.6     |

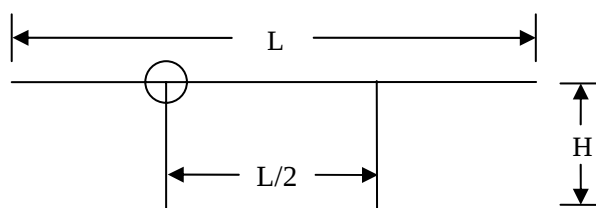


図-1 対象構造

こととする．なお， $Z/A$  の値は断面形状により決まる定であり，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．

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

各係数の算定手順は次のとおりである．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疲労損傷度を求める．その際， $N$  を無視した場合についても同様に計算し， $N$  の影響を調査する．

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

$\Delta F_{ri}$  : 変動代表断面力範囲

$n_i$  :  $\Delta F_{ri}$  の頻度

次に，同じ荷重列を同時載荷の全くない状態で載荷させた場合と， $T$  荷重を載荷させた場合について同様に疲労損傷度を上式で求め，同時載荷係数  $\gamma_1$  と  $T$  荷重補正係数  $\gamma_2$  を次式により算定する．

$$\gamma_1 = \sqrt[3]{\frac{\text{同時載荷する場合の疲労損傷度}}{\text{同時載荷しない場合の疲労損傷度}}} \quad \dots (4)$$

$$\gamma_2 = \sqrt[3]{\frac{\text{同時載荷しない場合の疲労損傷度}}{T \text{ 荷重による疲労損傷度}}} \quad \dots (5)$$

#### 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 150m，橋脚 50m の  $\pi$  形ラーメン橋を対象とし， $Z/A$  を 1.0m と仮定した場合の剛結部における影響線である．この影響線をもとに車両速度を 50km/hr，大型車混入率を 20% とし，時間交通量を変化させた場合の両者に対する同時載荷係数を図 - 4 に示す．また車両速度を 50km/hr，大型車混入率を 20%，時間交通量を 500 台/hr，橋脚高を 15m とし橋長を変化させた場合の両者に対する同時載荷係数を図 - 5 に示す．両者において同時載荷係数の値はほとんど差が見られなかったことにより軸力の影響はほとんどないと言える．これは軸力の影響線形状が，正負交番せず値そのものも小さいため，応力の変動幅に大きな変化がなかったことに起因すると考えられる．

#### 5. まとめ

上述した結果以外にも大型車混入率などのパラメータを変化させても同様な結果が得られた．したがって，今回対象とした  $\pi$  形ラーメン橋の疲労設計における同時載荷係数の設定では，軸力を無視してよいと言える．今後，軸力の影響が  $\pi$  形ラーメン橋より大きくなると考えられる方杖ラーメン橋についても同様の解析を進めていく予定である．

【参考文献】1) 日本道路協会：鋼道路橋の疲労設計指針，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：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.32A，pp.597～608，1986.3

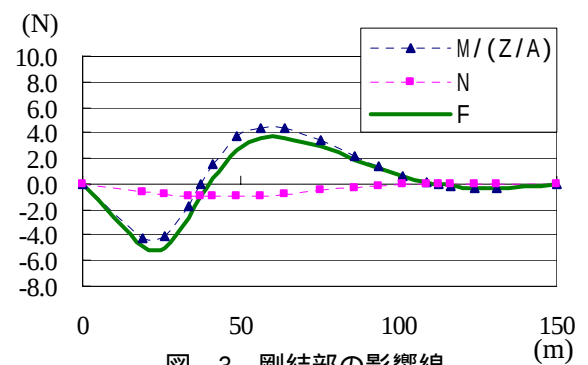


図 - 3 剛結部の影響線

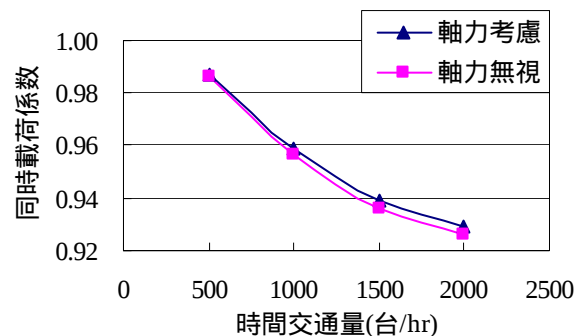


図 - 4 同時載荷係数(時間交通量の影響)

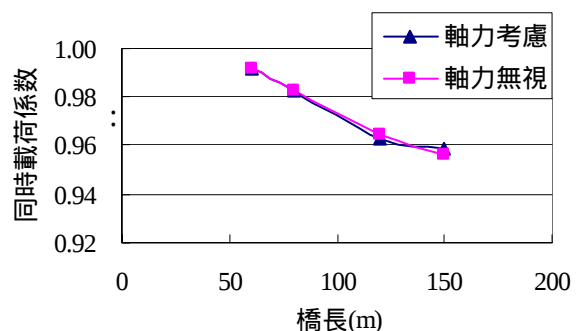


図 - 5 同時載荷係数(橋長の影響)