

## I - 139

## 交通荷重特性の変化が道路橋の疲労信頼度に及ぼす影響評価

鳥取大学工学部 正会員 上田 茂 鳥取大学工学部 正会員 白木 渡  
鳥取大学工学部 正会員○松保 重之 鳥取大学工学部 学生員 山本 宏

## 1. まえがき

近年の自動車交通量は、一昔前に比べ飛躍的に増大し、昭和53年の『RC床版に関する建設省通達』以前の設計基準（旧標準）で設計された鋼 I 桁橋について疲労が原因と考えられる損傷事例が数多く報告されるようになってきた。また、平成5年に道路橋示方書の設計活荷重が改定され交通車両の大型化・重量化が進み、さらにそれに伴う疲労損傷の発生が増加が予想される。本研究では、現在供用されており、疲労損傷事例がほとんど報告されていない建設省通達以降の新標準鋼 I 桁 7 本主桁橋の主桁と荷重分配横桁との取合部補剛材に着目して、それが現在どの程度の疲労信頼度を有しているのか、また、平成5年に実施された設計活荷重の改訂に対してどの程度疲労信頼度が低下するのかを評価する。

## 2. 補剛材応力値に対する荷重影響係数の簡易算定法

解析の対象とするのは、図-1に示すような現在供用されている鋼 I 桁 7 本主桁橋である<sup>1)・2)</sup>。各点の補剛材応力値あるいは荷重影響係数をすべて有限要素法などを用いた詳細解析により求めることも可能であるが、これには多大の計算労力を要する。ここでは  $G_2$  主桁付補剛材応力値を有限要素法による詳細解析と平面骨組モデルによる簡易応力解析を実施して求め、両者を比較することにより補正係数を計算する。解析点是对称性を考慮して図-1に示す a ~ f 点とする。この補正係数を用いて、任意の荷重状態に対する任意の位置の取合部補剛材応力を評価する。そして走行車両シミュレーションを実施して疲労損傷度を評価するため、式(1)に示す影響係数  $\alpha_{ij}$  の形で平面骨組モデルの各節点についての応力を算出する。

## 3. 取合部補剛材の疲労損傷確率の算定法

亀裂進展則における、1 応力サイクルの間の亀裂長さ  $a$  の伸び率は式(2)で表され、式(2)を変数分離を行って初期亀裂深さ  $a_0$  から任意の亀裂深さ  $a$  まで積分し、 $a_0 \sim a$  までの変動応力の繰り返し数を  $n$  とすると、式(2)は式(3)の形で表される。ここで、 $C'$ 、 $m$  は材料定数であり、 $C' = 9.69E-12$ 、 $m = 2.9$  の確定量とした<sup>3)</sup>。式(4)に示す補剛材に対する疲労限界状態を設定すると、式(5)の限界状態関数が得られる。なお  $a_f$  は最終亀裂深さで板厚の80%とし、 $a_0$  は初期亀裂深さで平均値  $\mu = 0.13(\text{mm})$ 、標準偏差  $\sigma = 0.046(\text{mm})$  とした。補正項  $F(z)$  は従来から用いられている各種補正係数の組合せである、三木らによるものを用いた<sup>4)</sup>。本研究における活荷重モデルは、活荷重実態調査報告書<sup>5)</sup>に基づいて作成した場合と、道路

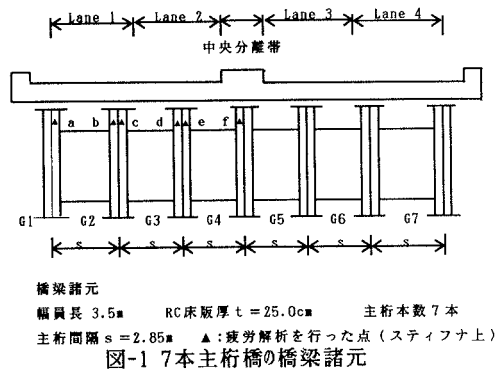


図-1 7本主桁橋の橋梁諸元

$$\alpha_{ij} = K_{tc} \cdot M_{cij} / Z_{yc} \quad (1)$$

ここに、

$\alpha_{ij}$ : 荷重影響係数（補剛材  $i$  の接点  $j$  における単位荷重による応力値）

$K_{tc}$ : 有限要素解析による応力値と平面骨組解析による応力値との比

$M_{cij}$ : 補剛材  $i$  の取付部の荷重分配横桁の接点  $j$  における単位荷重による曲げモーメント値

$Z_{yc}$ : 荷重分配横桁の断面係数

$$\frac{da}{dN} = C' \cdot (\Delta K)^m \quad (2)$$

$$\psi(a) = \int_{a_0}^a \frac{dz}{F(z) \cdot (\pi z)^{m/2}} = C' \cdot \sum_{i=1}^n S_i \quad (3)$$

$$g = a_f - a \quad (4)$$

$$g = \int_{a_0}^a \frac{dz}{F(z) \cdot (\pi z)^{m/2}} - C' \cdot V t \cdot S_0^m \quad (5)$$

$$S_0^m = \frac{1}{V t} \sum_{i=1}^{V t} S_i^m \quad (6)$$

橋示方書の改定に伴う交通荷重特性の変化を想定した場合（トレーラ類・積載車の重量分布の平均値を5tf増加の方向に移行させた場合）の2ケースのモデルを作成した。まず、各活荷重モデルを用いて車種別混入率の活荷重列をモンテカルロ・シミュレーションにより発生させる。そして補剛材応力の影響面上に荷重列を載荷して、着目補剛材に生じる応力の時系列変動より実働応力範囲 $S_i$ を求め、それより疲労信頼度評価のための等価応力範囲 $S_e$ を式（6）より算出する。応力値を求める際には、1時間当たり1車線の交通量を平均値600台（1日交通量57600台、6時間交通量14400台）、標準偏差60台が発生するものとし、6時間分のシミュレーションを行う。式（5）の疲労限界状態関数 $g$ が $g < 0$ のとき補剛材に疲労損傷が生じるとして、疲労損傷確率 $P_f$ を算出した。この疲労損傷確率 $P_f$ の算出については、効率化モンテカルロ法により行った<sup>6)</sup>。

#### 4. 解析結果

式（5）の疲労限界状態関数 $g$ に対する取合部補剛材の疲労損傷確率の経年変化を表-1に示す。ここにおいて、ケースIは交通荷重特性の変化を想定しない場合、ケースIIは交通荷重特性の変化を想定した場合である。また、解析点a、bでは、供用期間50年では疲労損傷確率は、ほぼ0.0となり高い疲労信頼度を有しているのでここには示していない。図-2に、解析点eにおけるケースIおよびケースIIについての供用期間10～40年までの疲労損傷確率の推移を示す。図より明かなように、交通荷重特性の変化を想定したケースIIの疲労損傷は、交通荷重特性の変化を想定しないケースIに比べ数年早く同一の値となる。本研究においては、車両大型化に伴う設計荷重の改訂に対し、トレーラ類・積載車の平均重量が単純に5tf増加した場合を想定したものであるため、今後の交通荷重特性の変化によって、疲労損傷が供用期間の早い時期に発生することも予想される。

#### 【参考文献】

- 1) 阪神高速道路公団、鋼構造委員会：鋼I桁橋の主桁と横桁・対傾構との取合部補剛材の疲労損傷に関する報告書、1986。
- 2) 阪神高速道路公団、川崎重工（株）：合成I桁橋の主桁および横桁の取合部検討業務（その2）、1986。
- 3) 科学技術庁金属材料研究所：各種マーク溶接法による溶接構造用高張力鋼溶接継手の疲れ亀裂伝播特性、金属技術疲れデータシート資料3、1984。
- 4) 三木・坂野：疲労亀裂進展解析による疲労設計曲線の検討、構造工学論文集、Vol. 36A, 1990。
- 5) 阪神高速道路公団・（財）阪神高速道路管理技術センター：HDL委員会報告書、阪神高速道路における活荷重実態調査と荷重評価のための解析、実態調査資料集、1984。
- 6) 白木渡・G. I. Schuler：条件付き破壊確率を用いた繰返し高速モンテカルロ法とその構造物の動的信頼度評価への応用、構造工学論文集、Vol. 35A, 1989-3。

表-1 各解析点における疲労損傷確率

| c点に関する疲労損傷確率 |     |     |     |           |           |           |           |
|--------------|-----|-----|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 供用期間         | 1年  | 5年  | 10年 | 20年       | 30年       | 40年       | 50年       |
| ケースI         | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.316E-08 | 0.169E-04 | 0.146E-02 | 0.191E-01 |
| ケースII        | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.181E-09 | 0.644E-04 | 0.438E-02 | 0.444E-01 |

| d点に関する疲労損傷確率 |     |     |     |     |           |           |           |
|--------------|-----|-----|-----|-----|-----------|-----------|-----------|
| 供用期間         | 1年  | 5年  | 10年 | 20年 | 30年       | 40年       | 50年       |
| ケースI         | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.665E-10 | 0.387E-08 | 0.692E-07 |
| ケースII        | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.561E-10 | 0.378E-08 | 0.798E-07 |

| e点に関する疲労損傷確率 |     |     |           |           |       |       |       |
|--------------|-----|-----|-----------|-----------|-------|-------|-------|
| 供用期間         | 1年  | 5年  | 10年       | 20年       | 30年   | 40年   | 50年   |
| ケースI         | 0.0 | 0.0 | 0.152E-01 | 0.152E-01 | 0.428 | 0.897 | 0.990 |
| ケースII        | 0.0 | 0.0 | 0.133E-07 | 0.415E-01 | 0.619 | 0.951 | 0.999 |

| f点に関する疲労損傷確率 |     |     |     |     |           |           |           |
|--------------|-----|-----|-----|-----|-----------|-----------|-----------|
| 供用期間         | 1年  | 5年  | 10年 | 20年 | 30年       | 40年       | 50年       |
| ケースI         | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.654E-10 | 0.395E-08 | 0.676E-07 |
| ケースII        | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.607E-10 | 0.422E-08 | 0.822E-07 |

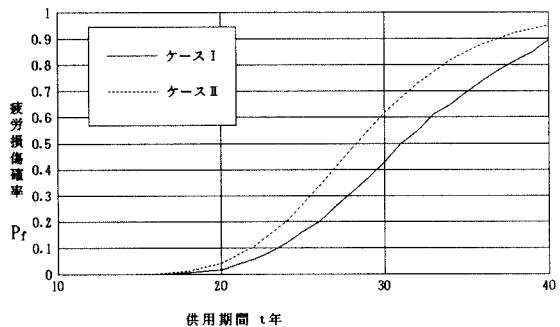


図-2 e点における疲労損傷確率