

I-534 鋼 I 桁橋の疲労信頼度の評価

鳥取大学工学部 正会員 〇白木 渡
鳥取大学工学部 正会員 松保 重之

NTT (株) 山路 良隆
鳥取大学大学院 学生員 美濃岡 武志

1. まえがき 本研究では、我国の鋼道路橋において、疲労が原因と考えられる数多くの損傷例が報告されている旧標準(昭和53年に出版された「RC床版に関する建設省通達」以前の設計基準、以下旧標準とよぶ)による鋼 I 桁橋の主桁と荷重分配横桁との取合部補剛材に注目して、それがどの程度の疲労信頼度を有しているかを検討する。また、現在のところ疲労損傷が見られない新標準(昭和53年に出版された建設省通達以降の設計基準)による鋼 I 桁橋についても疲労信頼度の評価を行い、両者の信頼性レベルを比較する。

2. 解析モデル 解析の対象とするのは、図-1に示すような現在阪神高速道路公団で供用されている旧標準5本主桁橋および新標準7本主桁橋である^{1)・2)}。これら両方を平面骨組構造としてモデル化し、構造解析を行う。疲労信頼度を行う点は、各主桁と荷重分配横桁との取合部補剛材であるが、対称性を考慮して旧標準では、図-1の a ~ d の4点、新標準では、図-1の a ~ f の6点とする。

3. 補剛材応力値に対する荷重影響係数の簡易算定法

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²⁾。この補正係数を用いて、任意の荷重状態に対する任意位置の取合部補剛材応力を評価する。

ここでは、走行車両の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、次式(1)に示す影響係数 α_{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。

4. 取合部補剛材の疲労破壊確率の算定法

ここでは、式(1)で示す影響係数 α_{ij} を用いて活荷重シミュレーションを行い、疲労損傷度の確率モデルを作成し、それを用いて疲労破壊確率を算定する方法について示す。

シミュレーションは、昨年度の報告³⁾と同様、総重量が20tf以上のトラックのみを対象とする。今回は、トラックの車幅も考え、これを1.75mとする。

α_{ij} を用いて求められた各補剛材の影響面上に各トラックを1台、図-1に示す各走行レーン上に載荷させ

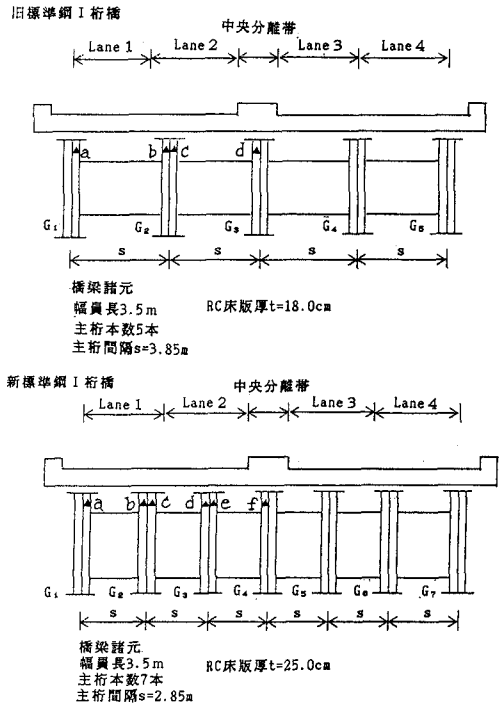


図-1 新・旧標準鋼 I 桁橋の橋梁諸元

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

- α_{ij} : 荷重影響係数(補剛材 i の節点 j における単位荷重による応力値)
- M_{cij} : 補剛材 i の取付部の荷重分配横桁の節点 j における単位荷重による曲げモーメント値
- Z_{vc} : 荷重分配横桁の断面係数

る。載荷方法は、着目する補剛材に生じる応力が最大となる最も厳しい位置にトラックを載荷する。20tf以上の重量トラック1台による応力範囲の3乗和の全トラックの走行量 Vt (ただし、 V :1車線当りの日トラック通行台数、 t :供用期間)に対する平均 S_0 を式(2)で定義し、これを確率量として取り扱う。この S_0 については対数正規分布に従うとして平均値と標準偏差の推定を行った。

$$S_0 = \frac{1}{Vt} \sum_{i=1}^k S_i^3 \quad (2)$$

なお、衝撃の影響は、道路橋示方書⁴⁾に規定される衝撃係数をトラックの重量に掛けることによって評価する。シミュレーション期間は、各レーンとも3日間 $3 \times 3700 = 11000$ 台のトラックを発生させ、これを1000回行って、 S_0 の平均値、標準偏差を求める。

$$D(t) = \frac{1}{C} \sum_{i=1}^k S_i^3 \quad (3)$$

$$C = N_D \cdot S_{rt}^3 \quad (4)$$

マイナー則に従えば、任意時点 t における累積損傷度 $D(t)$ は、式(3)で与えられる。ここに、 C は、 $S-N$ 曲線の S 切片でありここでは、式(4)で与えられるものとする。ここに、 N_D =設計繰返し数(設計疲労寿命)、 $S_{rt} = N_D$ に対応する応力範囲で、対数正規分布する確率量とする。式(2)、(3)、(4)より、この

$$g = D_f - D(t) = D_f - \frac{Vt}{N_D} \cdot \frac{S_0}{S_{rt}^3} \quad (5)$$

場合の疲労限界状態関数 g は、式(5)で与えられる。ここに、 D_f は、破壊に至る累積疲労損傷度で、平均値1.0、変動係数15%を有する対数正規分布する確率変数としてモデル化する³⁾。式(5)で与えられる疲労限界状態関数 g が負の値をとれば補剛材は疲労破壊すると考え、その破壊確率を効率化モンテカルロ法⁵⁾により評価する。

表-1 4車線すべての独立載荷を考えたときの点の疲労破壊確率(旧標準)

a) a点に関する疲労破壊確率

t	10年	20年	30年	40年	50年
破壊確率	0.723298E-04	0.561231E-02	0.373527E-01	0.103538E-00	0.203655E-00

b) b点に関する疲労破壊確率

t	10年	20年	30年	40年	50年
破壊確率	0.913647E-03	0.320550E-01	0.132314E-00	0.277562E-00	0.428775E-00

c) c点に関する疲労破壊確率

t	10年	20年	30年	40年	50年
破壊確率	0.543923E-02	0.998221E-01	0.296420E-00	0.498800E-00	0.663722E-00

d) d点に関する疲労破壊確率

t	10年	20年	30年	40年	50年
破壊確率	0.803145E-01	0.445148E-00	0.728845E-00	0.869980E-00	0.939047E-00

5. 数値計算例

4車線すべての独立にトラックを載荷した場合について、各点の補剛材の破壊確率を計算した結果を、表-1、表-2に示す。表-1は旧標準、表-2は新標準鋼I桁橋に関する結果である。表から明らかのように、旧標準の場合、解析点c点、d点では供用期間 $t=10$ 年の場合でも、かなり高い破壊確率の値を示している。

供用期間 $t=20$ 年にすれば、d点では疲労破壊確率が0.5と非常に高い値を示し補剛材がほぼ破壊するようになる。

新標準では、供用期間 $t=50$ 年に対しても、d点、e点、c点で若干大きな破壊確率を示しているが、全体的に高い疲労信頼度を有している。新標準橋の場合は、供用期間 $t=50$ 年の範囲内での疲労損傷の可能性は少なく、かかる損傷に対してはほぼ安全であると考えられる。

表-2 4車線すべての独立載荷を考えたときの点の疲労破壊確率(新標準)

a) a点に関する疲労破壊確率

t	10年	20年	30年	40年	50年
破壊確率	0.292805E-23	0.390297E-18	0.256595E-15	0.148057E-13	0.517948E-12

b) b点に関する疲労破壊確率

t	10年	20年	30年	40年	50年
破壊確率	0.101572E-35	0.177051E-31	0.912385E-28	0.257359E-25	0.237978E-23

c) c点に関する疲労破壊確率

t	10年	20年	30年	40年	50年
破壊確率	0.214851E-11	0.792573E-08	0.473583E-06	0.596831E-05	0.365656E-04

d) d点に関する疲労破壊確率

t	10年	20年	30年	40年	50年
破壊確率	0.881376E-11	0.720861E-06	0.204607E-04	0.157009E-03	0.693366E-03

e) e点に関する疲労破壊確率

t	10年	20年	30年	40年	50年
破壊確率	0.322385E-05	0.620680E-03	0.625960E-02	0.242558E-01	0.588791E-01

f) f点に関する疲労破壊確率

t	10年	20年	30年	40年	50年
破壊確率	0.242366E-17	0.434420E-13	0.682516E-11	0.177807E-09	0.186481E-08

1) 土木学会 鋼橋設計委員会: 鋼I桁橋の主桁と横桁、対備構との取合部補剛材の疲労損傷に関する報告書、1988。
 2) 国土交通省 道路局: 川崎重工業(株): 合成I桁橋の主桁および横桁の取合部接合部設計指針(その2)、1988。
 3) 土木学会 鋼橋設計委員会: 鋼I桁橋の疲労信頼度評価に関する研究、土木学会第46回年次学術講演会概要集、I-365、1991。
 4) 国土交通省 道路局: 道路橋示方書、同解説I 共通編、丸善、1990。
 5) 土木学会 鋼橋設計委員会: 鋼I桁橋の疲労損傷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、35A、1989。