

鋼 I 桁橋の疲労信頼度評価と疲労寿命推定に関する研究

鳥取大学工学部 正会員 白木 渡 N T T (株) 正会員 山路 良隆
鳥取大学工学部 正会員 松保 重之 鳥取大学大学院 学生員 〇美濃岡 武志

1. まえがき 本研究においては、道路橋示方書¹⁾の新・旧標準によって設計された鋼 I 桁橋を対象として、まず荷重分配作用に基づく構造性能が新・旧標準鋼 I 桁橋の疲労信頼度へ及ぼす影響度を解析する。さらに各標準鋼 I 桁橋の疲労損傷に対する耐用年数、すなわち疲労寿命の推定を行う。ここで、道路橋示方書における旧標準とは昭和53年に出版された『RC床版に関する建設省通達』以前の基準であり、新標準とは、それ以後の基準を指す。そして、旧標準に基づき設計された鋼 I 桁橋はこれまでにRC床版や支間中央付近における主桁と横桁・対傾構との取合部において疲労が原因とされる損傷例が数多く報告されているが、しかし新標準で設計された鋼 I 桁橋では、まだそのような損傷例は報告されていない。

2. 荷重分配モデル

先に述べたように、本研究においては、対象とする鋼 I 桁橋は、新・旧標準で設計された鋼 I 桁橋とし、その概略図および構造諸元を図-1に示す。さらに、その疲労信頼度を評価するために、NymanとMoses²⁾による式(1)において示される実用的な疲労限界状態関数を採用する。ここで、式(1)における各パラメータは、道路橋の疲労損傷に影響を及ぼす不確定要因を確率変数としてパラメータ化したものであり、本研究においては、桁分布係数 G とモーメント比 M を一体とした式(2)によって評価されるパラメータ M_0 をモンテカルロ・シミュレーションにより推定し、新・旧標準鋼 I 桁橋の荷重分配作用によって変化する疲労信頼度を評価する。さらに、鋼 I 桁橋の荷重分配作用を評価するために、文献³⁾より、以下の仮定を設ける事により鋼 I 桁橋の荷重分配作用モデルを構築する。

- ① 対傾構・横桁などの2次元的荷重分配作用は、RC床版による荷重の分配作用に比べ微小であると仮定する。
- ② RC床版による橋軸方向の荷重の分配作用は、その橋軸直角方向の分配作用に比べ無視できるものとする。

- ③ ①、②の仮定より、鋼 I 桁における荷重分配作用を支配する1次部材であるRC床版は各主桁に1枚の板が乗っている状態に置き換えられ、さらにこの状態は、各主桁に弾性支持された連続梁に置き換えられる。

$$g = D_e - \frac{M^3 \cdot G^3 \cdot I^3 \cdot H^3}{S^3} \cdot L_0 \quad (1)$$

D_e : 限界累積損傷度、 M : モーメント比、 G : 桁分布係数比、 I : 衝撃係数比、 H : 車輪係数比、 S : 応力範囲比、 $L_0 = \sum (w_i / w_D)$: 荷重影響係数、 t : 供用期間

$$M_0 = \frac{1}{V t} \cdot \frac{\sum (m_i / w_i)}{(m_D / w_D)} \quad (2)$$

なお、弾性支持された連続梁における $I_{max} = 3.3 \cdot L^{2.3}$ $I_{min} = 0.33 \cdot L^{2.3}$ $I_{med} = (I_{max} + I_{min}) / 2$ (3)

バネ定数は、ここでは、簡単化のため L : 橋梁支間長(feet) I : 主桁断面2次モーメント(inches⁴)

主桁の支間中央において単位荷重が作用した時の逆数とする。

3. 疲労信頼度評価法

上記の鋼 I 桁橋の荷重分配作用による疲労信頼度の評価は、以下の3つ場合について行う。

- ① 新・旧標準鋼 I 桁橋に対して、Schilling³⁾が提案している式(3)に基づき、主桁の断面2次モーメントに変化させる。
- ② 新・旧標準鋼 I 桁橋に対してRC床版厚を $t=18.0\text{cm}$ から $t=25.0\text{cm}$ まで $t=3.5\text{cm}$ 間隔で変化させる。
- ③ 新標準鋼 I 桁橋に対して車線位置比 $p=d/s$ (d : 外側主桁から最も近い車線の中央位置までの距離、 s : 主桁間隔)を $p=1.0357$ から $p=0.8214$ まで $p=0.10715$ 間隔で3段階に変化させる。

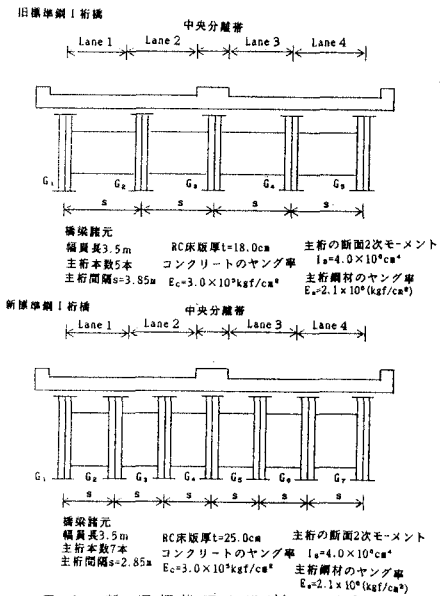


図-1 新・旧標準鋼 I 桁橋の構造諸元

4. 疲労寿命の推定法

本研究における鋼 I 桁橋の疲労寿命の推定法は、式 (1) における供用期間 t を $t=10$ 年から $t=100$ 年まで $t=10$ 年間隔で変化させ、その疲労破壊確率 P_f を求めていく。

5. 解析結果

3. における①、②の場合について疲労破壊確率 P_f を求めた結果を図1～図4に示す。ここにおいてはLane2に交通流を流した場合についてのみ示す。これより、各標準鋼 I 桁橋において主桁の断面2次モーメントは小さくなる程、床版厚は厚くなる程、各主桁に分配される応力は小さくなり、そして各主桁と2次部材との取合部における疲労破壊確率 P_f も一様性を増す結果となった。③の場合について疲労破壊確率を求めた結果を図-5に示す。これより車線位置比 P が増加する程、内側主桁 (G_3, G_4, G_5) に分配される応力が増加し、そして、その疲労破壊確率 P_f も増加した。次に4. で示した疲労寿命の推定においては、図-6の計算結果より、旧標準鋼 I 桁橋の場合、Lane1 載荷にした場合の G_1, G_5 主桁の2次部材との取合部が供用期間 $t=40$ 年から $t=70$ 年付近で疲労破壊確率 P_f が疲労破壊するとみなせる値 ($P_f=0.4$ から $P_f=0.5$ 程度) に達している。さらにLane2に載荷した場合の G_2, G_4 主桁の2次部材との取合部が供用期間 $t=70$ 年から $t=100$ 年付近で疲労破壊確率 P_f が疲労破壊するとみなせる値 ($P_f=0.4$ から $P_f=0.5$ 程度) に達している。それに対し、新標準鋼 I 桁橋の場合、図-7の計算結果より、その主桁本数が大きく影響し、各主桁に分配される応力が低減されるため、旧標準鋼 I 桁橋よりかなり疲労損傷が生じる可能性は低くなる。そして、Lane1に載荷した場合の G_1, G_5 主桁と2次部材との取合部における疲労破壊確率 P_f が供用期間 $t=100$ 年にいたって疲労損傷の可能性が高くなるのみである。

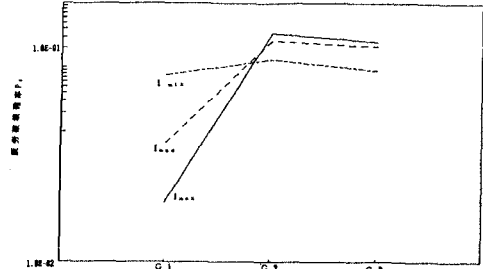


図-1 主桁断面2次モーメントを変化させた場合 (新標準)

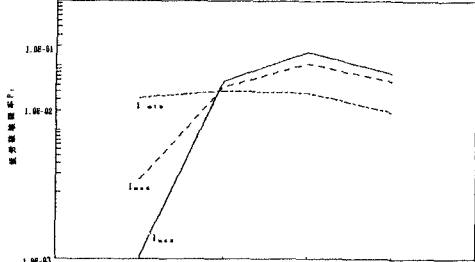


図-2 主桁断面2次モーメントを変化させた場合 (旧標準)

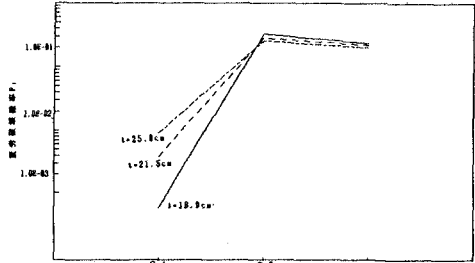


図-3 床版厚を変化させた場合 (旧標準)

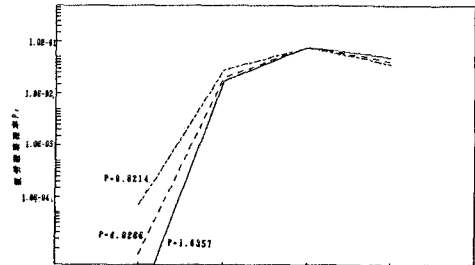


図-5 車線位置比を変化させた場合

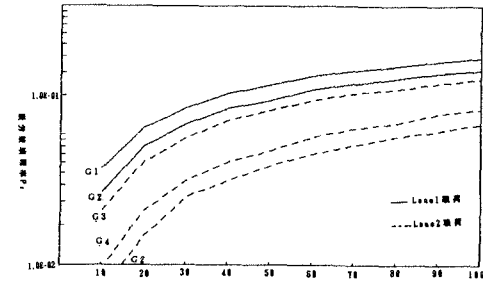


図-7 疲労寿命推定曲線 (新標準)

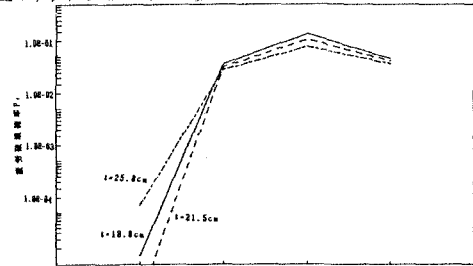


図-4 床版厚を変化させた場合 (新標準)

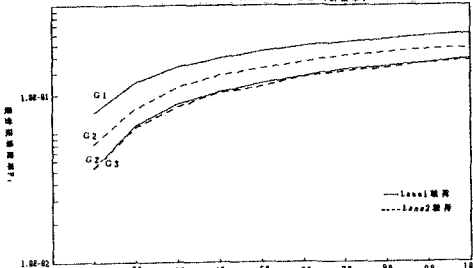


図-6 疲労寿命推定曲線 (旧標準)

- 参考文献
 1) 日本道路協会: 道路橋示方書, 同解説 I 共通編, 丸善, 1990.
 2) W. E. Hyman and F. Moses: Calibration of Bridge Fatigue Design Model, Jour. of Structural Engineer, ASCE, Vol. 11, No. 6, 1985.
 3) G. G. Schilling: Lateral Distribution Factor for Fatigue Design, ASCE, Vol. 108, No. ST9, Sept., 1982.