

鋼桁橋および鋼製橋脚隅角部の疲労設計用活荷重補正係数

長崎大学大学院 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. はじめに

我が国の鋼道路橋においても疲労による損傷が無視できなくなっており、直近の道路橋示方書¹⁾の改訂では疲労も設計時に照査すべき限界状態の1つとなり、具体的な照査方法が鋼道路橋の疲労設計指針²⁾(以下、指針とする)に示された。しかし、その照査方法は主に鋼桁橋などの橋梁上部構造に対する検討結果に基づいており、鋼製橋脚の疲労設計にも適用可能であるか否かは不明である。そこで本研究では、モンテカルロシミュレーションを応用し、指針でも検討されているような鋼桁橋および鋼製橋脚、それぞれに対して活荷重補正係数(T 荷重補正係数および同時載荷係数)を算定してその支配因子を調査し、両者に共通して使用可能な算定式の提案を試みた。

2. 解析方法

2.1 対象構造

本研究では、図-1に示すような2車線鋼桁橋を対象として、支間長 L (m)の単純桁橋の支間中央部、3径間連続桁橋の中央径間中央部および側径間中央部に着目する。また、図-2に示すような2車線を有する支間長 L (m)の単純桁あるいは3径間連続桁を支持し、表-1に示すような諸元を有する6種類の鋼製橋脚の隅角部も検討対象とし、軸力と曲げモーメントが同時に変動する柱部に着目する。

2.2 シミュレーションの概要³⁾

シミュレーションに用いる発生車両台数は1車線あたり10万台⁴⁾とする。車両モデルは指針²⁾で用いられたものと同じ8車種とする。車種は設定した車種構成率^{5), 6)}に従うような一様分布、車両重量および車頭時間間隔は、それぞれ対数正規分布、自由度3のアーラン分布⁷⁾に従うと仮定して、モンテカルロシミュレーションにより自動車荷重列を発生させる。発生させた模擬交通流に対する着目部位における応力の時刻歴を、影響線形状を用いて算定する。これにレインフロー法を適用して応力範囲の頻度分布を求める。得られた頻度分布を用いて線形累積被害則より式(1)を用いて、疲労損傷度 D を算出する。ただし、鋼桁橋に関する検討においては、応力に代わって、曲げモーメントを用いた。

$$D = \sum (\Delta\sigma_{ri}^3 \cdot n_i) \quad (1)$$

$\Delta\sigma_{ri}$: 変動応力範囲, n_i : $\Delta\sigma_{ri}$ の頻度

次に、同じ荷重列を車両の同時載荷がない状態で通過させた場合の疲労損傷度を求め、式(2)によりT 荷重補正係数 γ_{T1} を、式(3)により同時載荷係数 γ_{T2} を算出する。なお本研究では、同時載荷させない場合の疲労損傷度とT 荷重による疲労損傷度との比を用いてT 荷重補正係数 γ_{T1} を定義しており、指針の定義とは異なっている。

$$\gamma_{T1} = \sqrt[3]{\frac{\text{同時載荷しない場合の疲労損傷度}}{\text{T 荷重による疲労損傷度}}} \quad (2)$$

$$\gamma_{T2} = \sqrt[3]{\frac{\text{同時載荷する場合の疲労損傷度}}{\text{同時載荷しない場合の疲労損傷度}}} \quad (3)$$

2車線道路橋では車両がどの車線を走行するかで着目部位に生じるモーメントが異なるため、高いモーメントが発生する車線を基準としてその比(車線モーメント比)をとり、荷重分配を考慮するためのパラメータとする。鋼



図-1 対象構造(鋼桁橋)

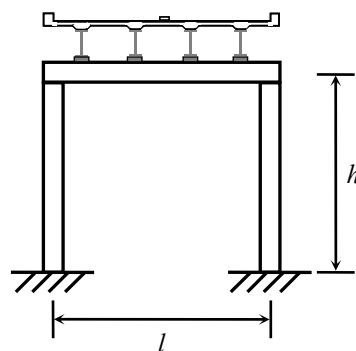


図-2 対象構造(鋼製橋脚)

表-1 解析モデルの諸元

model	h (m)	l (m)	主桁数(間隔(m))	幅員 (m)
1	8.0	12.0	2 (6.0)	9.50
2	8.0	12.0	3 (3.6)	8.70
3	8.0	12.0	4 (3.0)	10.80
4	8.0	12.0	5 (2.6)	11.50
5	23.0	20.0	4 (3.0)	10.80
6	8.0	20.0	4 (3.0)	10.80

キーワード 活荷重補正係数, 疲労設計, 疲労損傷度, 疲労設計荷重, モンテカルロシミュレーション
連絡先 〒852-8521 長崎市文教町1-14 長崎大学工学部社会開発工学科 TEL 095-819-2613

桁橋においては表-2に示すように、指針では検討されていない車線毎の大型車の偏りを表すパラメータを考慮することとする。鋼製橋脚においては着目断面の形状、荷重の載荷位置、主桁数、主桁間隔などの変化に伴い、着目部位の応力における曲げモーメントと軸力の寄与度が変化するため、3次元FEM解析結果に基づき表-3に示すようにその比を変化させる。なお交通流については、道路交通センサスのデータを参考に、大型車混入率5%~60%、1車線当たり時間交通量500~2000台/lane、車両走行速度50~100km/hrの範囲の種々の条件に対してシミュレーション解析を行うこととする。

3. 解析結果

紙面の制約上、鋼製橋脚の結果のみを示すが、提案する式(4)、(5)は鋼桁橋に対しても適用可能である。

T荷重補正係数 γ_{T1} は大型車間での車種構成率と支間長に依存する。車種構成率を代表するものとして、大型車重量の3乗平均値の3乗根 W_H (各車種の平均重量の3乗に車種構成比率を乗じ、総和を取ったものの3乗根)を考え、基線長 L およびT荷重補正係数 γ_{T1} との関係を整理した一例が図-3である。この関係に基づき、次式を提案する。ここでは L を指針と同様、影響線の基線長とした。

$$\gamma_{T1} = A(W_H) + B \quad (4)$$

$$A = 0.0008 \ln(L) + 0.0026, \quad B = -0.0636 \ln(L) + 0.2322$$

同時載荷係数 γ_{T2} に対しては、支間長、大型車混入率、時間交通量、車両速度が支配因子であることを確認した。よってここでは、指針と同様、1車線あたり日大型車交通量($ADTT/lane$)と影響線の基線長 L の積で同時載荷係数 γ_{T2} を整理し(図-4参照)、最小二乗法を適用することにより得られた式(5)を提案する。

$$\gamma_{T2} = 3.45 \times 10^{-5} \times \{\log(0.126 \times L \times ADTT/lane)\}^{4.769} + 1.0 \quad (5)$$

提案したT荷重補正係数 γ_{T1} および同時載荷係数 γ_{T2} の算定式を用いて得られた疲労損傷度 D' とシミュレーションより得られた疲労損傷度 D を比較することによりその精度を検証したのが図-5である。両者の相違は概ね20%以内となっており、今回提案した算定式が妥当であると判断できる。

4. まとめ

本研究では、鋼桁橋、鋼製橋脚隅角部それぞれに対して種々の条件により着目部位の疲労損傷度を算定することにより、両者に適用可能な活荷重補正係数をそれぞれの支配因子にて表現した算定式を提案し、その精度を検証した。今後、多様な構造形式に対する本提案式の有効性を確認する必要がある。

【参考文献】

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 II 鋼橋編，2002.3
- 2) 日本道路協会：鋼道路橋の疲労設計指針，2002.3
- 3) 三木千壽ら：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
- 4) 森猛：2車線道路橋の疲労設計荷重に用いる同時載荷係数の検討，土木学会論文集，No.759/I-67，pp.247-258，2004.4
- 5) 日本道路公団東京第一管理局，大日本測量：東名高速道路（東京～三ヶ日間）交通荷重測定調査報告書，1983.3
- 6) 日本道路協会：第12回鋼橋疲労設計WG資料
- 7) 久保雅邦ら：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I，1983.10

表-2 設定したパラメータ（鋼桁橋）

支間長 L (m)	単純桁	20, 40, 80
	連続桁	30, 60, 100
車線モーメント比	0, 0.2, 0.4, 0.7, 1.0	
車線大型車走行比	1, 2, 3, 4, 5	

表-3 設定したパラメータ（鋼製橋脚）

N/M (1/m) (lane1)	0.2, 0.4, 0.6
N/M (1/m) (lane2)	0.3, 0.5, 0.7, 0.9
車線モーメント比 (lane1/lane2)	0.8, 1.0
断面係数 Z と断面積 A の 比 (Z/A) (m)	1.0, 0.32
支間長 L (m)	10, 30, 50, 100

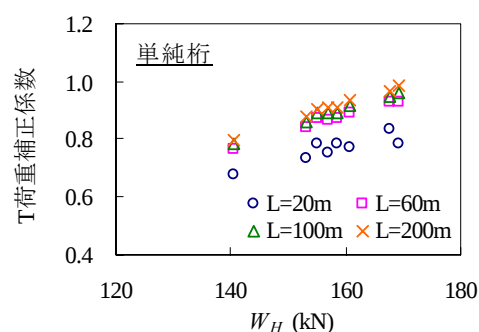


図-3 W_H で整理したT荷重補正係数

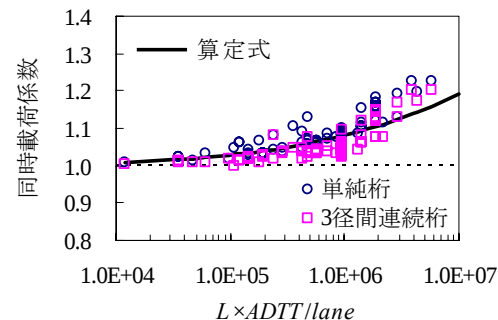


図-4 $ADTT$ で整理した同時載荷係数

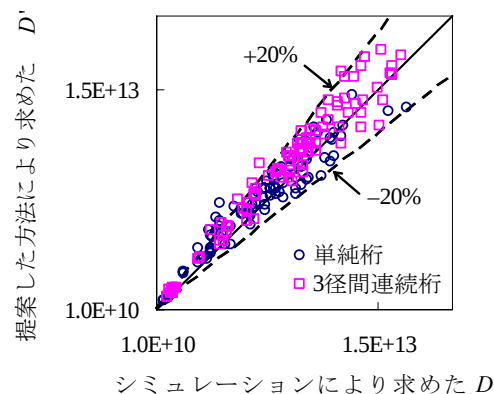


図-5 疲労損傷度の比較