

既設鋼 I 桁橋における疲労照査用活荷重応力度の推定に関する検討

(独) 土木研究所 構造物メンテナンス研究センター 正会員 ○田代 大樹

(独) 土木研究所 構造物メンテナンス研究センター 正会員 村越 潤

1. はじめに

平成 18 年に、重交通路線の鋼板桁橋において、主桁ウェブに荷重分配横桁の下フランジを貫通させた溶接部の主桁に 1m に及ぶき裂が発見された¹⁾。鋼道路橋の疲労設計指針²⁾における応力に基づく疲労照査の対象となる部位から発生したき裂と考えられ、進展すると主桁破断等の重大事故につながる恐れがあることから、発見後には慎重な対処が必要である。一方、交通条件、供用年数や適用基準等による構造条件の違いなどから、今後同様な疲労損傷が発生する可能性が相対的に高い橋梁に共通する特徴を捉えておくことは、管理リスクを評価し、点検の信頼性を確保する上で有用となるものと考えられる。このような背景の下、本文では既設鋼 I 桁橋の疲労環境の厳しさを相対的に概略評価することを目的として、疲労照査用活荷重に対する応力範囲（以下、T 荷重応力範囲）を推定する方法について検討する。

2. 疲労照査用活荷重応力度の推定方法

2.1 応力度の推定方法

T 荷重応力範囲の推定にあたって、ここでは新設橋の設計で実施される平面格子解析を行わずに、既設橋の橋梁台帳等の保存・記録書類から引き出せる情報を基に、応力範囲を概略推定する手法を考えることにした。推定方法の概要を図-1 に示す。AASHTO 橋梁設計示方書³⁾での応力度算定の方法等⁴⁾を参考に、T 荷重応力範囲について、1 本桁の曲げによる直応力の算定式に荷重分配効果を表現するための係数 g （以下、本文では荷重分配係数と呼ぶ。）を乗じた次式(1)により、断面諸元に応じた推定式とした。

$$\Delta\sigma = g \cdot \frac{\Delta M}{I} \left(\frac{h}{2} - y - h' \right) \dots (1)$$

ここに、 $\Delta\sigma$: T 荷重応力範囲(N/mm²)、 g : 荷重分配係数、 ΔM : 梁モデルに T 荷重を載荷した時の最大曲げモーメント範囲(N・mm)、 I : 断面 2 次モーメント(mm⁴)、 h : 桁高(mm)、 y : ウェブ中心から中立軸ま

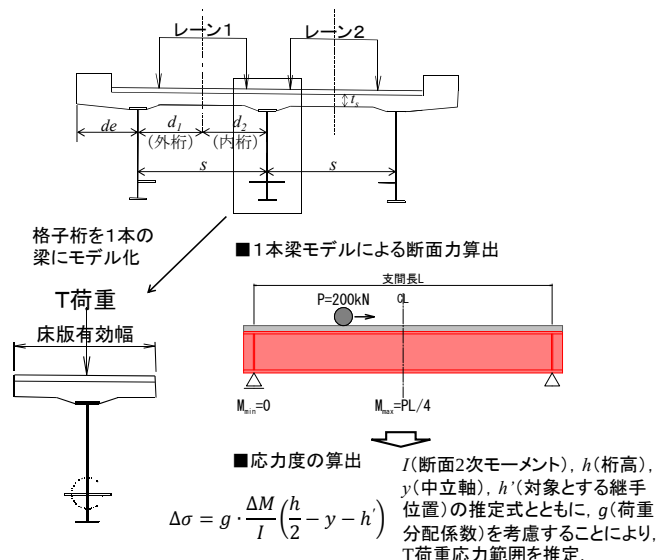


図-1 疲労照査用の活荷重応力度推定方法の概要

での距離 (mm)、 h' : 下フランジ上面から対象とする継手位置までの距離(mm)、である。

疲労照査の対象は、主桁支間中央の横構もしくは横桁の面外ガセット継手とした。ガセット位置は、過去の標準設計や設計事例を参考に下フランジ上面から 270mm とした。

2.2 推定式中の各種パラメータの回帰方法

式(1)について、表-1 に示す既設橋の平面格子解析による再現設計を実施し、その応力範囲を真値として各種パラメータの回帰を行った。再現設計では、支間長が 25～50m の合成単純桁を対象として、昭和 39 年と昭和 55 年の設計基準を基に、標準設計等における構造諸元を参考にして有効幅員 (7～9.5m)、主桁本数 (3～4 本)、歩道 (幅員 2.5m) や斜角の有無 (60、90°) 等の異なるケースを選定し、全 15 橋の試設計を実施した。また、T 荷重の幅員方向の載荷位置を変えて計算を行い、全 23 ケースの試設計を実施した。なお、幅員構成は対称を基本とし、片側歩道付きのみ非対称とした。支間中央断面の使用鋼材は、昭和 39 年では SM50 (許容応力度 $\sigma_a=190\text{N/mm}^2$)、昭和 55 年では SM50Y ($\sigma_a=210\text{N/mm}^2$) である。

キーワード 既設橋、鋼 I 桁橋、維持管理、疲労耐久性評価、応力度推定

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 (独) 土木研究所 構造物メンテナンス研究センター TEL 029-879-6773

表-1 再現設計のケース一覧表

橋梁形式	単純合成桁橋										単純非合成桁橋 ^{注1)}		桁高／ 支間長
支間長(m)	25m	30m	40m	50m	25m	30m				25m	40m		
有効幅員(m)	9.5m				8.0m		8.5m	7.0m	9.5m (片側歩道2.5m)	9.5m	9.5m		
主桁本数	4主桁							3主桁	5主桁	4主桁	4主桁		
主桁間隔(m)	2.9m				2.3m		2.6m	3.0m	2.7m	2.9m	2.9m		
斜角(°)	90°									60°		90°	
適用 基準											○		1/18
	昭和39年 道示	○	◎ ^{注2)}	◎ ^{注2)}	○	○	◎ ^{注2)}	○	◎ ^{注2)}	○	○	○	1/20
			○										1/22
	昭和55年 道示		○	○									1/20

注1) 疲労照査においては、合成断面として応力を算出した。

注2) ◎は、疲労照査において載荷位置を変えて合計3ケース実施した。

荷重分配係数 g は、表-1 の再現設計の格子データと、格子データの支間中央部の断面諸元を有する 1 本桁の曲げ応力の比率として、式(2)で表される。

$$g = \frac{\Delta\sigma(\text{格子解析結果の支間中央曲げ応力})}{\Delta\sigma(1 \text{ 主梁モデルの支間中央曲げ応力})} \dots (2)$$

式(2)による算出結果に対して、各種パラメータによる関数式の回帰結果を踏まえて、簡易で、かつ精度も確保される回帰式として、次式(3)を考えた。

$$g = A \times \left(\frac{d}{s} \right) + B \dots (3)$$

ここに、 A, B : 回帰計算により決まる定数(図-4中に示す。),
 d : T 荷重の載荷中心位置から着目桁までの距離(mm), s :
主桁間隔(mm)である。

なお、幅員構成と桁配置の関係によって主桁設計に考慮する活荷重分布が異なるため、外桁と内桁に分けて荷重分配係数を検討した。また、式(1)中の変数のうち支間中央の断面諸元が不明である場合には、 I と y についても推定する必要があることから、荷重分配係数と同様に影響の大きいと考えられる構造諸元で回帰式を設定した。回帰結果を図-2、図-3に、回帰式を図中の式(4)～(7)に示す。ここに、 $C \sim I$: 回帰計算により決まる定数、 L : 支間長(m), d_e : 床板の張出し長(m), s : 主桁間隔(m), t_s : 床板厚(m) (図-1 参照) である。

3. 応力度の解析値と推定値の比較結果

図-4 に格子解析値と、式(1)～(7)より推定した荷重分配係数及び断面係数により応力範囲を推定した結果を示す。内桁では算出結果が多少ばらつくものの、推定誤差は最大で 3MPa 程度と比較的小さい。限られた構造諸元の既設橋の再現設計に基づく検討結果であり、引き続き検討は必要であるが、構造諸元データに基づく単純桁における疲労照査対象部位の T 荷重応力度の概略の推定は可能と考えられる。

参考文献: 1)鋼部材の疲労き裂について(その1)一道路橋の主桁一: 土木技術資料 Vol.51, No.10, 2009. 2)(社)日本道路協会: 鋼道路橋の疲労設計指針, 2002.3 3)American Association of State Highway and Transportation Officials: AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, 6th Edition, 2012. 4)NCHRP REPORT 592: Simplified Live Load Distribution Factor Equations, 2007.

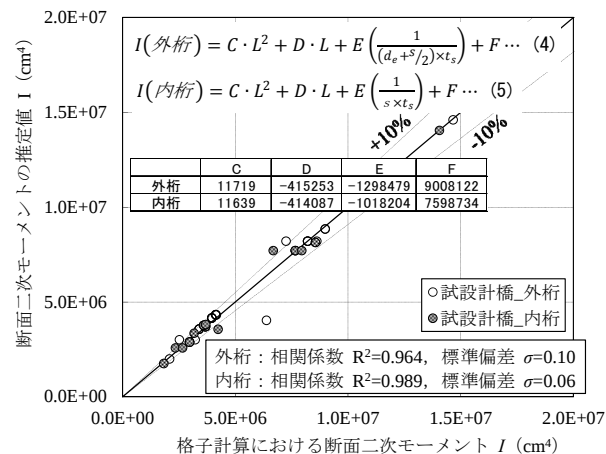


図-2 断面 2 次モーメントの推定結果

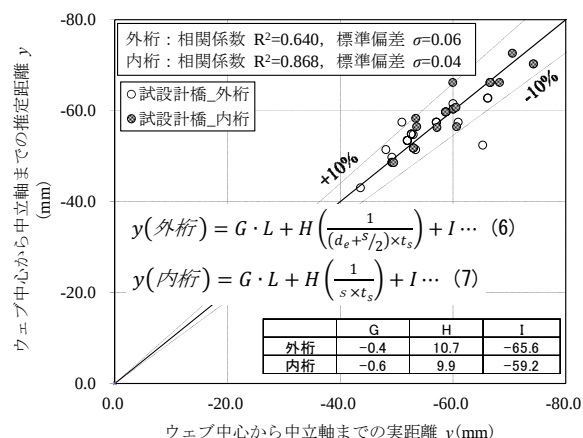


図-3 ウェブ中心から中立軸の距離の推定結果

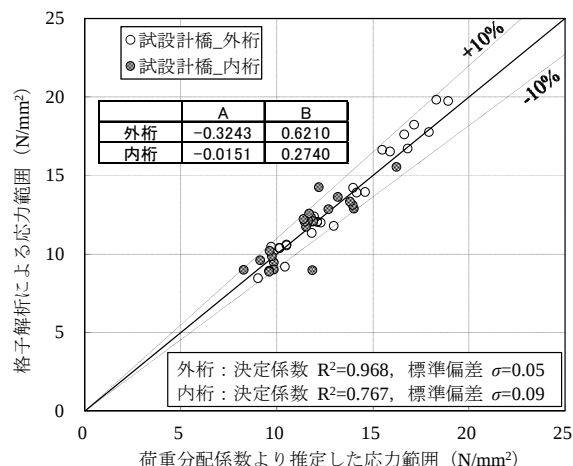


図-4 T 荷重応力範囲の推定結果