

応力頻度測定結果を基にした既設橋の疲労損傷度の評価に関する検討

独立行政法人土木研究所 正会員 次村英毅
 独立行政法人土木研究所 正会員 村越 潤
 独立行政法人土木研究所 正会員 麓興一郎
 独立行政法人土木研究所 正会員 高木伸也

1. はじめに

既設橋の疲労耐久性の一方法として、対象部位における応力頻度測定結果を基にした疲労損傷度の評価が広く用いられている。本文では、既設鋼I桁橋の主桁の溶接継手を対象として、応力頻度測定を行わずに比較的簡易に疲労耐久性を評価する方法を見出すことを目的として、過去に測定された鋼I桁橋の応力頻度測定結果を基に、計算応力と実応力の関係、疲労損傷度と構造・供用条件等との関係について分析を行った。以下、概要を述べる。

2. 検討方法

検討対象とした応力頻度データは、主に文献 1)に報告されている鋼I桁橋 53 橋（33 橋：合成単純桁、20 橋：非合成単純桁）における主桁支間中央下フランジの 24 時間応力頻度計測結果である。このうち、30 橋では 20ton ダンプトラックの静的載荷試験を実施しており、支間中央載荷時の各主桁の応力測定を行っている。支間長は 17.6 ~ 46.0m である。なお、分析結果の一部は文献 2),3)に報告済みであるが、ここでは、各主桁の荷重分配率及び実応力比²⁾、疲労損傷度（支間中央のウェブガセット継手を想定）について詳細分析を行った。

3. 検討結果

(1) 荷重分配率と実応力比

図-1 に、荷重車載荷時の各主桁の実応力から算出した荷重分配率（ $i / \sum i$ 、ここで i は各主桁 i の応力を指す。）について、格子解析による計算値と実測値の関係を示す。また、図-2 に荷重分配率と載荷位置の関係を示す。図中には文献 4)において提案されている荷重分配率（外桁）を示す。

図-1 中には、荷重分配率の傾向が解るように、主桁数の異なる 3 橋の各主桁の値を結んで示しているが、荷重分配率の大きい桁、すなわち載荷位置に近い桁では実測値が小さく、計算値と比較して他の桁への荷重分配効果が若干大きい傾向が見られる。

図-2 より、 d/s の増加と共に荷重分配率が小さくなり、また主桁数が多くなるにつれて、載荷点近くの主桁の分配率が小さくなっている。文献 5),6)では荷重分配率と d/s の関係について、主桁間隔と車線位置が決まれば着目主桁についての荷重分配率がほぼ推定できるとしているが、図-2 中の実測値は同様の傾向を示している。

図-3 に実応力比（荷重車載荷時の応力の実測値に対する計算値の比）と載荷位置の関係を示す。載荷位置との相関性や外・内桁による特徴も特に見られず、これまで報告されているように 0.5 ~ 1.0 程度の値を示している。図中には実測値の比較的大きい主桁をピックアップして数値を示しているが、実測値が 100MPa 以上の橋梁では、合成桁では 0.50 ~ 1.50（平均 0.82）、非合成桁では 0.37 ~ 0.79（平均 0.53）となっている。

(2) 疲労損傷度評価手法の検討

図-4 に各橋梁の最大応力発生桁について、24 時間応力頻度分布を基に、次式より算出したウェブガセット継手の 50 年間の疲労損傷度 D と日大型車交通量の関係を示す。

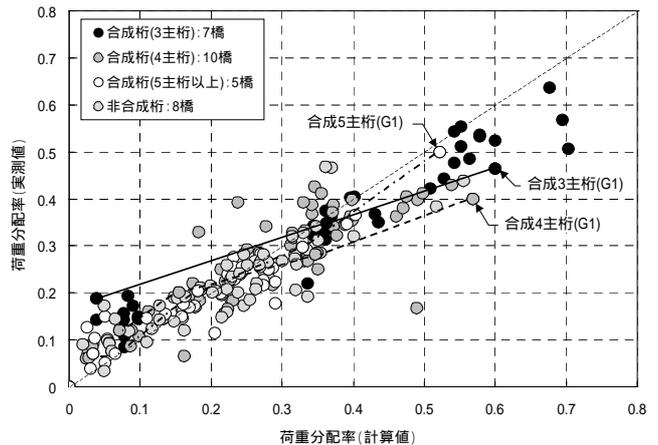


図-1 荷重分配率（実測値と計算値）

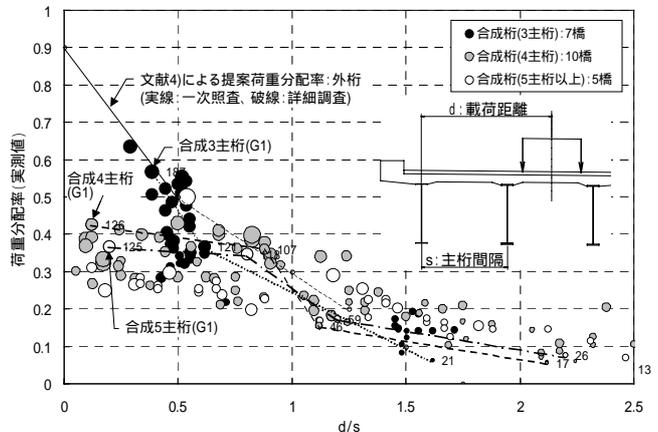


図-2 荷重分配率(実測値)と d/s の関係

キーワード：道路橋、疲労、疲労損傷度、応力頻度、ウェブガセット

連絡先：〒305-8516 茨城県つくば市南原 1 番地 6 TEL:029-879-6793 FAX:029-879-6739

$$D = \{ (req^3 \cdot ni) \times 365 \times 50 \} / C \quad \text{-----}(1)$$

ここで、

req : 応力頻度計測結果より求められる等価応力範囲

$$req = \{ (ri^m \cdot ni) / ni \}^{1/m}$$

ri : スライスレベル i の応力範囲

ni : ri の頻度

C : 継手の等級により定まる定数

継手の疲労強度はガセット継手のまわし溶接止端からの亀裂を対象として、G等級(200万回疲労強度 50MPa)⁷⁾を用いた。また、継手部の応力は取り付け位置を考慮し、下フランジ応力の 0.9 倍としている。図中のプロットは変動応力振幅に対する打ち切り限界は考慮せずに疲労損傷度を算出しているが、回帰式については打ち切り限界を考慮した場合の結果も併せて示している。

図中の凡例中の記号は静的載荷試験を実施している橋梁で、荷重車載荷時の実応力(T-20(L-γ1))により分類している。は応力頻度測定のみを実施している橋梁である。また、文献 8)中に示されている結果(図中×印)も参考に示した。

これまでも指摘されているが、疲労損傷度と日大型車交通量の相関性が見られ^{5),6)}、また、荷重車載荷時の応力 T-20(L-γ1) が大きいほど疲労損傷度は大きくなる傾向が見られる。

図-5 に疲労損傷度について、大型車交通量と荷重車載荷時の実応力を基にした、以下の回帰式(式(2)、A橋は除く。)による計算値と式(1)による計算値の関係を示す。

$$Dcal = \{ 1.45 \times (T-20(L-\gamma 1))^3 + T-20(L-\gamma 2)^3 \} \times Q \times 365 \times 50 / C \quad \text{-----}(2)$$

ここで、

T-20(L-γ1), T-20(L-γ2): それぞれ着目桁に近い車線(レ-γ1)と隣接車線(レ-γ2)に荷重車を載荷した場合の応力度

Q: 日大型車交通量(台/車線)

多少ばらつきは見られるが、実橋データについても、荷重車載荷時の応力度と日大型車交通量で概ね評価出来るものと考えられる。なお、ばらつきの要因としては、式(2)では考慮されない構造的要因(振動特性等)や大型車の載荷条件(車両重量の頻度分布、載荷条件)の影響が考えられる。基本的な構造諸元等に対し回帰分析を行ったが、相関性の高い項目は見られなかった。載荷条件については、路線毎の特性が大きく寄与するものと考えられるが、活荷重モニタリング結果の評価を反映することにより、より実務的な評価に繋がれるものと考えられる。

4.まとめ

上記図-4 の結果よりラフではあるが、日大型車交通量を基に鋼 I 桁橋について疲労の影響の厳しい橋梁の絞り込みや、点検の優先順位付け等に活用していくことも可能と考えられる。また、T 荷重載荷時の応力度を照査に反映させる場合には、図-1 ~ 3 に述べた関係を参考により実態に見合った評価に繋げていくことも可能と考えられる。

【参考文献】

- 1)建設省土木研究所：既設橋梁の耐久性評価向上技術に関する調査研究 ・ 土木研究所資料,第 2615 号(昭和 63 年 2 月),第 2682 号(昭和 63 年 12 月)
- 2)藤原,村越,鹿嶋：鋼プレートガ-ダ-橋における応力測定結果に関する報告,土木学会構造工学論文集,平成 3 年 3 月
- 3)西川,村越：鋼プレートガ-ダ-橋の主桁に作用する活荷重応力の実態と疲労に関する一検討,土木学会第 48 回年次講演会,平成 5 年 9 月
- 4)Schilling,C.G.: Lateral-Distribution Factors for Fatigue Design,journal of the Structural Division,ASCE, Vol.108,No.ST9,1982.
- 5)三木,館石,杉本：道路橋の疲労照査のための活荷重に関する一考察,土木学会論文集 No.432/I-16,平成 3 年 7 月
- 6)三木,杉本,宮崎,森：鋼道路橋の疲労照査のための荷重に関する研究,土木学会構造工学論文集 Vol.36A,平成 2 年 3 月
- 7)(社)日本道路協会：鋼道路橋の疲労設計指針,丸善出版,平成 14 年 3 月
- 8)(財)阪神高速道路管理技術センター：阪神高速道路における鋼橋の疲労対策,平成 14 年 3 月

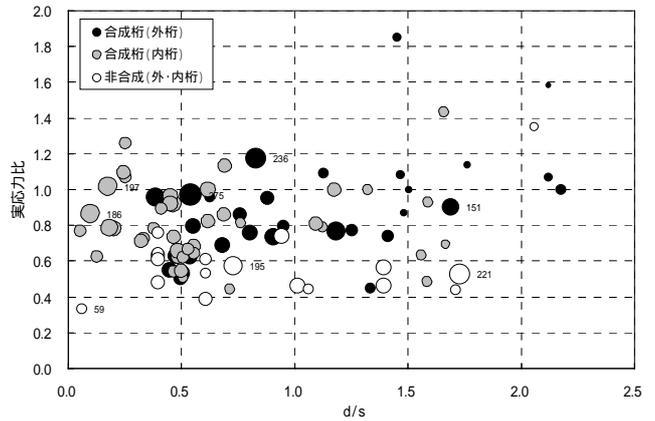


図-3 実応力比と d/s の関係

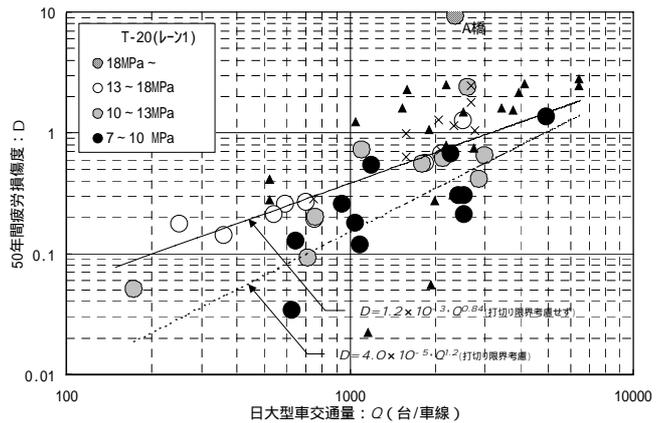


図-4 疲労損傷度と日大型車交通量の関係

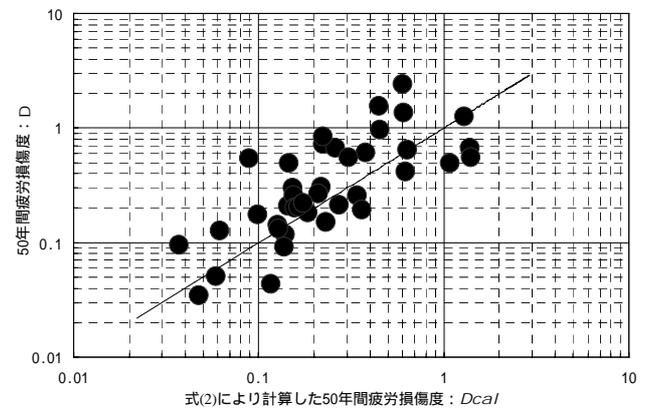


図-5 疲労損傷度の比較