

穿孔法による死荷重計測を用いたトラス橋の耐力評価および FBG センサによる無線計測モニタリング

(株)IHI 検査計測 正会員 西土 隆幸, 非会員 ○福本 伸太郎, 非会員 鈴木 優平
京都府 非会員 寺岡 毅
国立大学法人京都大学大学院 正会員 横山 勇氣, 正会員 塩谷 智基

1. はじめに

建設から 50 年以上経過した橋梁の増加に伴い、検査に関する技術者不足と維持管理コスト増大が懸念されており、効率的な維持管理手法のニーズが高まっている。維持管理の効率化を図るため、京都大学インフラ先端技術産学共同講座では、各種モニタリング技術の確立に向け、産官学が連携し、実橋梁を用いた検討を行うなど精力的に活動している。今回の対象橋梁は、橋長 87.6m の 3 連の鋼溶接リベット単純トラス橋（表-1）である。目視点検および詳細調査の結果、各径間の横桁にき裂の発生が確認されており、通行できる車両の重量制限が設けられている。著者らは、本橋梁の交通可能な車両重量の確認、およびき裂発生原因の究明を目的とした各種計測を実施した。本稿ではその結果について報告する。

2. 計測の概要

(1) 活荷重ひずみおよび死荷重ひずみ計測

一般に、橋梁耐力は活荷重と死荷重により発生する応力により評価される。活荷重ではトラック載荷試験によるひずみ計測で求まる。死荷重応力は設計値や FEM 解析などから求めているため現状の値が不明瞭である。そこで現状の死荷重ひずみを穿孔法

により計測した。穿孔法によるひずみ計測箇所は、第 1 径間の中央部および端部の下弦材下部（図-1）の 2 か所であり、写真-1 に示す穿孔装置、および写真-2 に示す 3 軸ゲージを用いて計測した。なお活荷重（20t トラック載荷時）も、この 3 軸ゲージを用いて計測した。

(2) FBG センサによる無線計測モニタリング

図-1 に示す支承位置（赤色）に横桁があり、その横桁の支承付近に疲労き裂が発生した。き裂の進展を防ぐためにストップホールを設けているが、さらにき裂が進展しないか監視する必要がある。き裂が進展した際に、ストップホール周辺でひずみ変化が起こると想定し、FBG センサを写真-3 のようにストップホール近傍に貼り付けた。長期間の計測であるため、センサの劣化がない FBG センサを使用し、電源不要で遠隔地から無線計測できるシステム（写真-4）を使用した。なお、写真-5 に示すように本システムは橋台内側に、太陽光パネルは橋脚に設置した。

表-1 計測した橋梁の概要

建設年(供用年)	1956 年(供用 65 年)
上部工形式	3 径間鋼溶接リベット単純トラス橋
下部工形式	重力式橋台(杭基礎, 直接基礎) ラーメン橋脚(直接基礎)
橋長(m)	87.6
全幅員(m)	5.18
支承構造	固定: ピン支承 可動: ピンローラー支承
床版厚(mm)	150
交通量	919 台/12h(大型車: 34 台/12h)

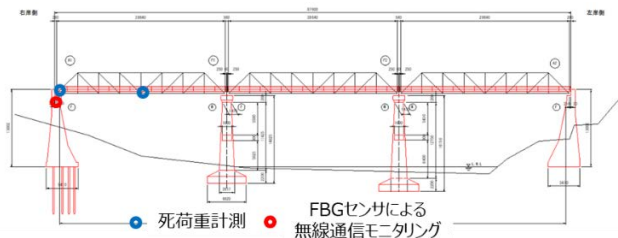


図-1 計測箇所

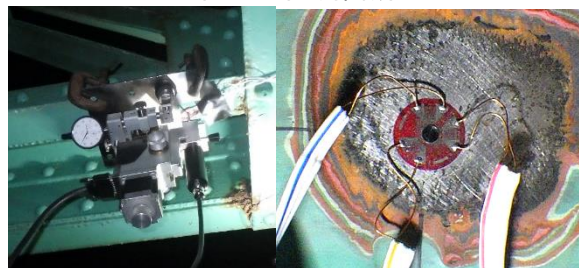


写真-1 穿孔装置 写真-2 3軸ゲージ



写真-3 FBG センサ設置状況

キーワード トラス橋, 穿孔法, 死荷重, FBG センサ, 無線計測モニタリング

連絡先 〒236-0004 神奈川県横浜市金沢区福浦二丁目 6 番 17 号 株式会社 I H I 検査計測 TEL 045-791-3522

3. 計測結果と考察

(1) 活荷重ひずみおよび死荷重ひずみ計測

穿孔法によって開放されるひずみには、死荷重のほか、溶接による残留応力、製作時の加工ひずみなどが含まれている。そこで本評価では、①曲げモーメントが最大となる径間中央、②ほぼ0となる径間端部付近で計測し、①-②を死荷重による発生応力とした。図-2に死荷重と活荷重による発生応力を示す。その結果、径間中央の死荷重による発生応力は、109MPaとなった。なお、解析では72MPaであったが、この差異は、解析モデルが単純梁であることなどの理由が考えられる。活荷重による発生応力に関しては、径間中央部で14MPaの引張応力であり、端部はほぼ0となった。死荷重による発生応力(109MPa)を加えると、123MPaとなり、使用鋼材(SS400)の許容応力度内に収まり、耐力上問題ないといえる。

(2) FBG センサによる無線計測モニタリング

図-3に40日間(2021/12/5 9:00~1/13 15:00)のひずみ計測結果を示す。なお、計測間隔は1時間に1回である。き裂が進展するとひずみの変化も生じ、ひずみの0 μ 点の勾配が0から上下に変化すると考えられる。この結果から、ストップホールからひずみは進展していないと判断した。また、20tトラック載荷時の鉛直方向のひずみ①は、-20 μ eであった。支承が正常に機能している場合、ひずみは発生せず、支承が正常に機能していないことも考えられる。なお、本橋から約400mの距離に位置するトンネルに隣接する形で、より大きな断面のトンネルが新たに建設され、通行車両に変化が生じたことも疲労き裂の発生要因のひとつとして考えられる。

4. まとめ

橋梁耐力を活荷重と死荷重応力から評価した結果、20tトラック1台載荷時では、主構及び横桁は許容範囲内であり、当該部材は耐力上問題ないことがわかった。また、死荷重によるひずみ計測を穿孔法で行い、実荷重を反映して橋梁の耐力評価を行えた。橋梁のひずみ測定では、山間部など、電源施設のない個所が多くあり、またWi-Fiを使えば無線通信が可能となることから、遠隔地となる場合でも、国内橋梁を対象とした無線システムによるひずみ測定は可能であり、効率的な維持管理手法となる。

謝辞

本計測を実施するにあたり、京都府および京都大学インフラ先端技術産学共同講座の関係者各位にご協力いただいた。ここに謝意を表す。

参考文献

- 1) 三上隆男：穿孔法による残留応力測定法について（その1）、IIC REVIEW, No. 48, 2012.10

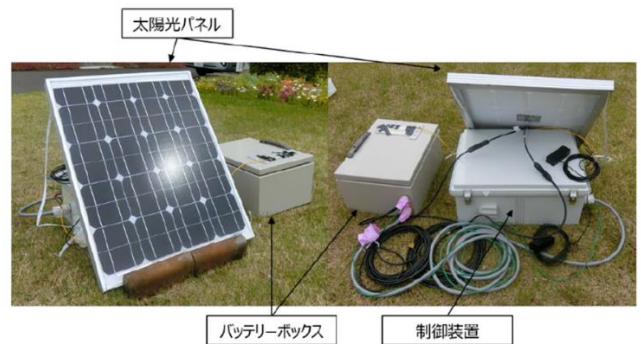


写真-4 無線計測モニタリングシステム



写真-5 システム設置状況

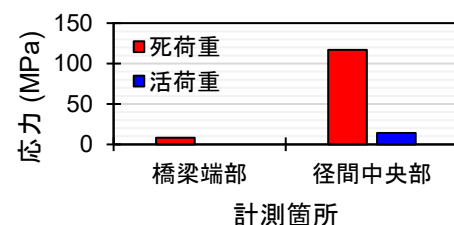


図-2 死荷重と活荷重による発生応力

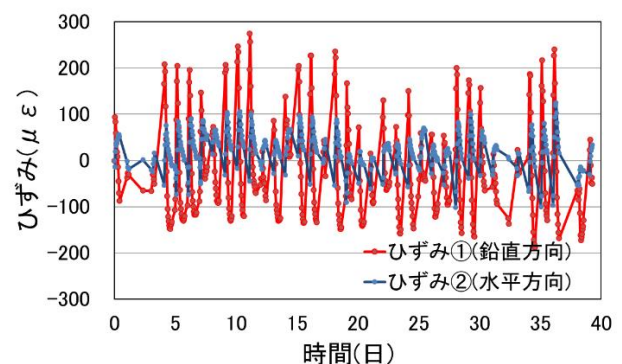


図-3 40日間のひずみ計測結果