

加速度センサを用いたポニートラス橋のたわみ挙動推定に基づく端横桁の亀裂発生原因の推定

パシフィックコンサルタンツ株式会社 正会員 ○芳賀 堯
京都府 寺岡 毅

京都大学大学院 正会員 塩谷 智基, 正会員 横山 勇気
東京大学大学院 楊 曜華, 正会員 蘇 迪, 正会員 長山 智則

1. はじめに

対象橋梁は、橋長 85m の 3 連の鋼溶接リベット単純トラス橋 (1956 年完成) (表-1) であり、上弦材の横つなぎがないポニートラス形式である。目視点検及び詳細調査の結果、各径間の横桁に亀裂の発生が確認された。著者らは、亀裂発生原因の究明を目的とし、床版と主構のたわみ挙動の差異によって生じるものとの仮説に基づき、加速度センサを用いた主構と床版の「たわみ挙動」の推定を行った。本稿は、その結果について報告する。

2. 亀裂発生状況

亀裂発生位置を図-1 に示す。第 1 径間では、端横桁と、端部から 2 本目、3 本目の横桁に亀裂が発生している。この他、第 2 径間及び第 3 径間にも 4 箇所 (いずれも端横桁) で発生している。

図-2 に亀裂発生状況を示す。いずれの亀裂も、床版を支持する横桁のウェブと上フランジの首溶接部に発生するパターンであった。

3. 亀裂発生原因の仮説

横桁は 1 径間あたり 9 本配置されており、床版からの荷重を主構に伝達する構造となっている。ここで、亀裂発生状況より、床版の首振りによる横桁上フランジのねじれにより生じたものと推察されるが、亀裂の発生が桁端部付近に集中していることから、桁端部における主構と床版の挙動について、以下の 2 パターンのいずれかの挙動が生じていると仮説を立てた。

- ① 主構の回転 > 床版の回転
- ② 主構の回転 < 床版の回転

ここに、①②はいずれも、橋軸直角方向まわりの回転を示す。この仮説を立証するために、加速度計を用いたたわみ挙動の推定方法¹⁾を参考に載荷試験と計測を行った。

4. 計測方法

図-3 及び図-4 に加速度センサの配置を示す。

表-1 対象橋梁諸元

完成年・供用年数	1956年・供用65年(2021年現在)
上部工形式	3径間鋼溶接リベット単純トラス橋(下路式ポニートラス橋、プラットラス)
下部工形式	重力式橋台(A1:杭基礎、A2:直接基礎)、ラーメン橋脚(直接基礎)
橋長(m)	87.6m
全幅員(m)	5.18m
支承構造	固定:ピン支承、可動:ピンローラー支承
床版厚(mm)	150mm
交通量	919台/12h(大型車交通量:34台/12h)
交差物件	河川

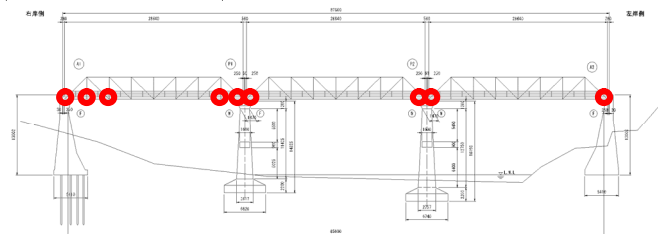


図-1 亀裂発生位置

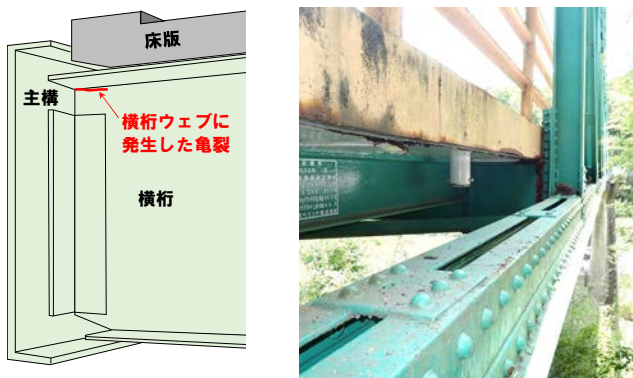


図-2 亀裂発生状況 写真-1 実橋の主構と床版

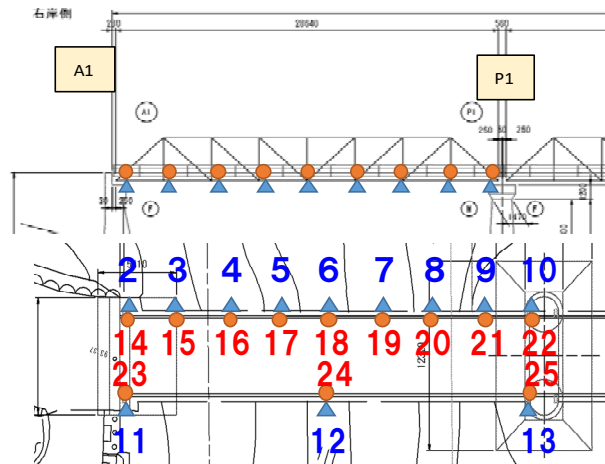


図-3 加速度センサの配置(側面・平面)

キーワード ポニートラス橋, 加速度センサ, 亀裂, 原因推定, たわみ挙動

連絡先 〒101-8462 東京都千代田区神田錦町三丁目 22 番 パシフィックコンサルタンツ(株) TEL03-6777-4720

床版、主構の格点に、合計 20 点配置した。使用した加速度計は、LPWA にて、マルチホップ形式で時刻の同期を図るものである。荷重車はダンプトラック 20t を使用した。

5. 計測結果及び考察

(1) 主構と床版のたわみ差

図-5 に加速度計測の結果から算出した、たわみの時刻歴波形を示す²⁾。Node3 と Node15 はそれぞれ、A1 側（車両進入側）端横桁の 1 つ隣の格点の主構と床版のたわみを示す。これによると、車両の通過に対する桁端部での変形挙動は、同時刻で見ると、床版のたわみに比べて主構のたわみが小さい。また、主構のたわみが、床版のたわみと同程度となる時刻は、約 2 秒後である。同じ現象は、P1 側（車両が出る方）の Node9 と Node21 にも見られる。なお、動的計測は、全部で 6 回実施したが、いずれも同じ傾向を示した。

(2) 主構と床版の回転角差

図-6 に加速度計測の結果から算出した、支間中央の変位が最大となる時の、橋軸直角方向まわりの回転角を示す。図-7 に回転角の方向の定義を示す。これによると、支間中央（cross beam No.5）の回転角は、ほぼゼロ、A1 支承線（No.1）及び P1 支承線（No.9）において、床版の回転角が主構の回転角を大きく上回っている。すなわち、床版がよく回転し、主構が回転しない挙動を示した。

6. まとめ

図-8 に本計測結果を踏まえた、挙動のイメージを示す。3. で仮定した挙動のうち、「②主構の回転角 < 床版の回転角」の結果を明確に捉えることができ、亀裂を発生させる挙動が特定できたと言ってよい。

主構の回転が小さくなる要因としては、主構の回転挙動と床版の剛性不足の影響などが推察されるが、いずれにしても、今回の挙動の推定結果は、今後の措置（補修・補強）において重要な情報となる。このように橋梁全体あるいは着目箇所の挙動を推定するために、加速度計を用いたセンシングは有効である。最後に、本計測を実施するにあたり、京都大学インフラ先端技術産学共同講座の関係者の皆様に協力いただいた。ここに謝意を表す。

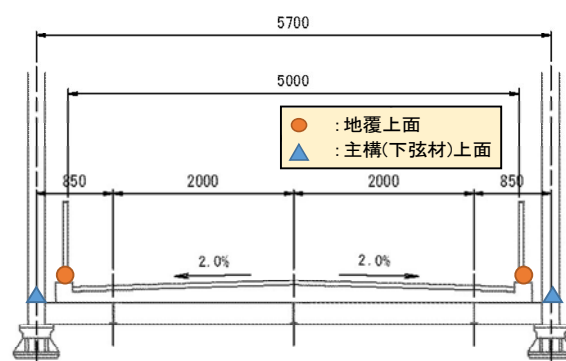


図-4 加速度センサの配置(横断)

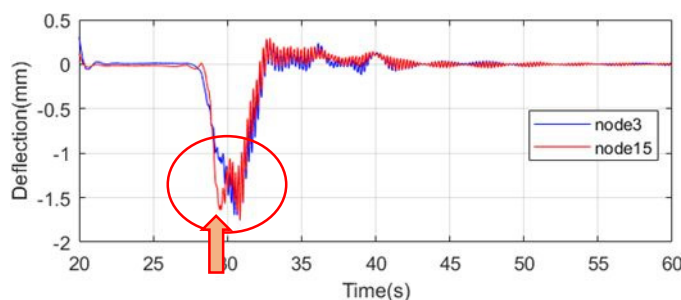


図-5 たわみの時刻歴波形

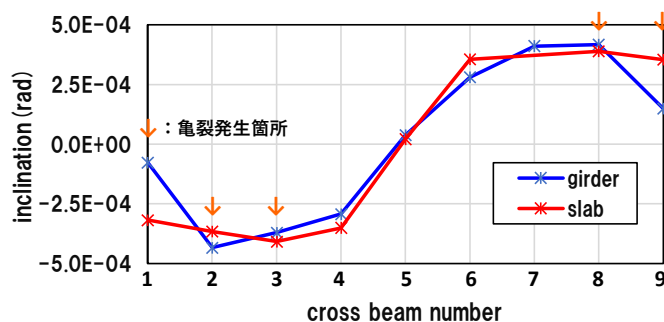


図-6 回転角の分布(支間中央最大変位発生時)

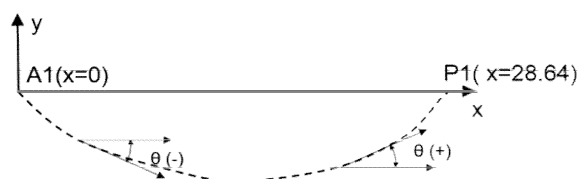


図-7 回転角符号

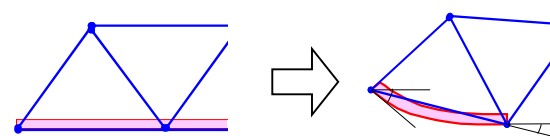


図-8 挙動のイメージ図

参考文献

- 1) Tomonori Nagayama, Chunbo Zhang. A numerical study on bridge deflection estimation using multi-channel acceleration measurement, Journal of Structural Engineering Vol.63A (March 2017), pp.209-215
- 2) Helmi K., Taylor T., Zarafshan A., & Ansari F. Reference free method for real-time monitoring of bridge deflections, Engineering Structures, 103(November 2015), pp.116-124.