

鋼鉄道橋支承部下フランジ山形鋼のき裂発生原因に関する詳細調査

京橋ブリッジ株式会社 正会員 ○西田 寿生
 西日本旅客鉄道株式会社 正会員 木村 元哉
 大阪大学大学院 工学研究科 正会員 廣畑 幹人

1. 目的

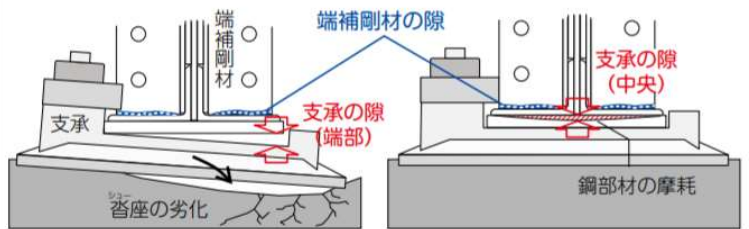
鋼鉄道橋の支承部下フランジ山形鋼のコーナー部に生じるき裂(図-1)は、鋼鉄道橋における代表的な変状の一つである。このき裂の発生原因としては、沓座モルタルの損傷、鋼材同士の接触に伴う摩耗により生じる支承部の隙、端補剛材下端が腐食や摩耗により鉛直力を下フランジ山形鋼に伝達できなくなることで、山形鋼コーナー部に高い面外曲げ応力が生じること等が挙げられる(図-2)¹⁾。本稿では、き裂発生の原因をより定量的に把握するため、実橋の応力・変位測定と摩耗量測定、支承部下フランジ山形鋼のき裂に伴い部材交換を行った部材を用いたき裂断面調査、さらに、下フランジ山形鋼の残留応力調査を行った。

2. 実橋計測結果

対象橋梁は上路プレートガーダー3橋梁、支間は12.9~19.2m、製作は1924~1932年である。き裂が生じていない支承部を対象に、応力・変位測定を行った。測定位置平面図を図-3に示す。応力測定では支承部下フランジ山形鋼上面に一軸ゲージを橋軸直角方向に貼り付けている。列車通過時の最大発生応力度を図-4に、鉛直変位を図-5に示す。下フランジ山形鋼はコーナー部が閉じる方向に挙動しており、コーナー部の応力はいずれも圧縮であり、最大では70MPaが生じていた。図-2(b)の赤い斜線部に示すとおり下フランジ山形鋼とソールプレートとの接触面ではすり鉢状の摩耗が生じ、長期間の使用に伴い摩耗は進行し、コーナー部の応力も高まると考えられる。また、図-6にはソールプレート下面と沓の接触面での摩耗量について示す。ソールプレートの板厚は24mmであるが、可動支点では最大10mmの摩耗が生じていた。



図-1 下フランジ山形鋼コーナー部のき裂



(a) 下フランジ端部 (b) 下フランジ中央

図-2 支承の隙と端補剛材下端の欠損¹⁾

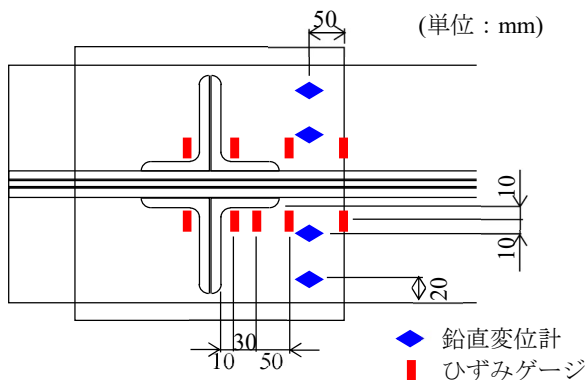


図-3 下フランジ山形鋼 計測位置図(基本)

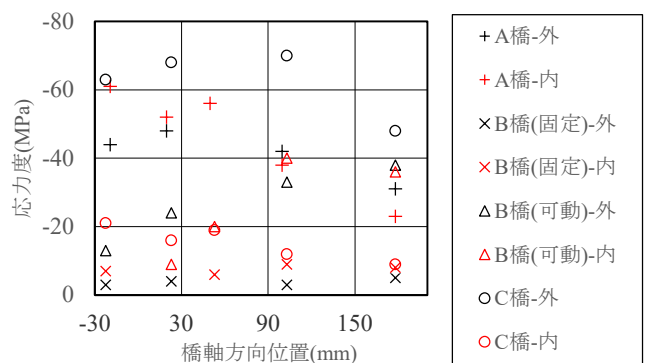


図-4 下フランジ山形鋼上面の発生応力度

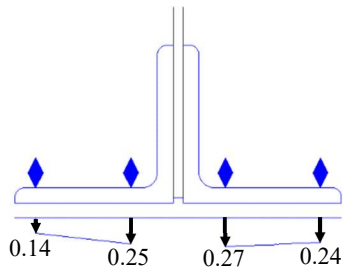
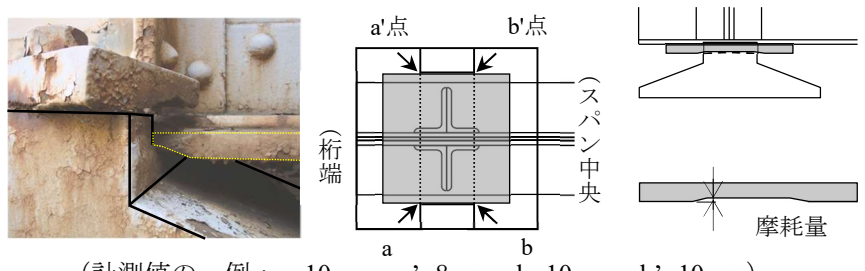


図-5 支点部鉛直変位量と変形模式図



(計測値の一例：a=10mm, a'=8mm, b=10mm, b'=10mm)

図-6 ソールプレート下面の摩耗状況

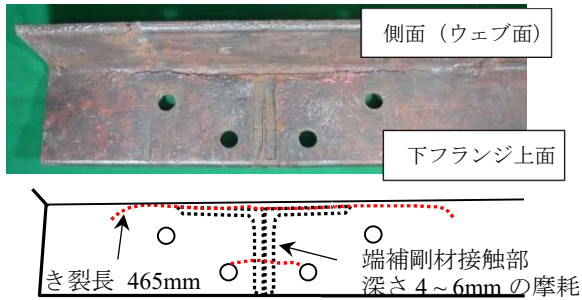


図-7 下フランジ山形鋼 (L-152×152×13)

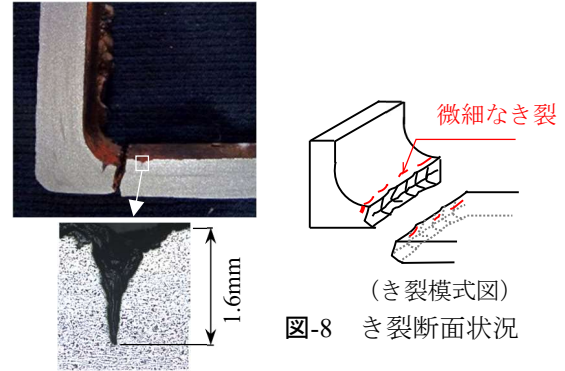


図-8 き裂断面状況

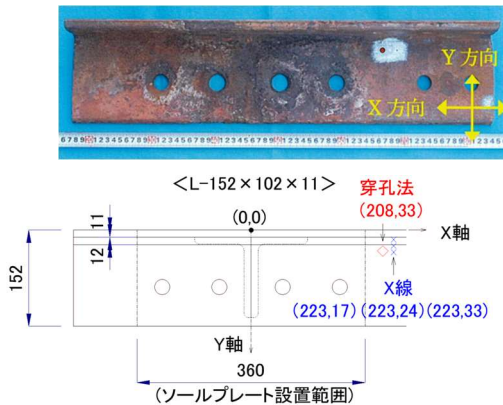


図-9 調査部材と残留応力測定位置

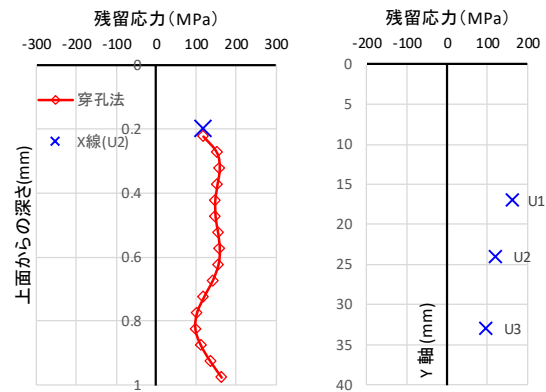


図-10 残留応力測定結果

3. 下フランジ山形鋼の顕微鏡観察と残留応力測定

修繕工事の部材交換により取り出した下フランジ山形鋼を用いて顕微鏡観察を行った²⁾。山形鋼には図-7に示すとおり端補剛材位置を中心に長さ465mmのき裂が生じている。図-8に山形鋼の輪切り断面の顕微鏡観察結果を示すが、貫通しているき裂の近傍では、山形鋼の上面において微小なき裂が複数確認された。

下フランジ山形鋼の上面では図-4に示したとおり列車通過時には圧縮応力が生じている。そのため上面にき裂は発生しにくいものと考えられる。そこで、き裂が生じていない別の部材を用いて、穿孔法³⁾とX線回析法により山形鋼上面の残留応力を測定した。調査部材と測定位置を図-9に示す。測定位置についてはソールプレートの連結リベット撤去時に熱を加えていることから、リベット孔からやや離れた位置で、かつ表面の凹凸が軽微な箇所を選定している。測定結果(σ_y)を図-10に示す。上面には引張残留応力が確認され、コーナー部に近いほど値も大きかった。本結果より、引張残留応力が存在する状態で列車通過による圧縮応力が繰り返し作用することが上面き裂の一因となる可能性が考えられる。ただし、残留応力は製作時、供用中、撤去時にも付加されるため、実橋計測等による検証が必要と考えている。

4. まとめ 当該箇所のき裂は発生割合が比較的高く、補修工事も容易でない。今回得られた知見も参考に、き裂発生を防ぐための対策や、より長寿命化が期待できる修繕方法について引き続き検討を行いたい。

- 1) 吉田善紀, 小林裕介: リベット桁支承部の疲労き裂進展抑制のための補強工法, 鉄道総研報告, Vol.34, No.6, pp.41-46, 2020.
- 2) 西田寿生, 木村元哉, 金裕哲: 上路プレートガーダー下フランジ山形鋼疲労き裂の発生原因推定, 土木学会第67回年次学術講演会, VI-69, 2012
- 3) 三上隆男: 穿孔法による直交異方向性材料の残留応力測定技術, IIC REVIEW, No.61, pp.13-23, 2019.4.