

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

西日本旅客鉄道株式会社 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

大阪大学接合科学研究所 正会員 金 裕哲

1. はじめに

鋼鉄道橋で数多く見られる変状として、上路プレートガーダー（リベット構造）の支承部下フランジ山形鋼（以下、山形鋼という）に生じる疲労き裂が挙げられる（写真1）。このき裂の発生原因としては、端補剛材下端部が腐食し、鉛直力を山形鋼に伝達できなくなり、さらにソールプレートが摩耗することで、山形鋼のコーナー部に高い面外曲げが生じ、き裂発生に繋がることが一因として考えられる¹⁾（図1）。著者らはき裂の発生原因として山形鋼と端補剛材接触部の摩耗に着目し、山形鋼上面の摩耗（写真2参考）を模擬した試験体を用いて疲労試験を行った。その結果、山形鋼上面に摩耗があり、かつ、山形鋼上面に高い引張応力が生じる条件において山形鋼上面からき裂が発生し、摩耗のない状態や圧縮応力下ではき裂が生じないことを確認した²⁾。

き裂の発生原因としては、ソールプレートや山形鋼の摩耗の他、腐食による応力集中、沓座の損傷や下部工の沈下・傾斜等による支点部のバタつきに伴う山形鋼の首振り挙動（図2）の発生等が考えられる。しかしながら、き裂発生の主たる原因や、き裂発生に至るメカニズムについては現在のところ十分に解明されていない。今後、き裂を適切に補修し、将来に亘って適切な維持管理を継続して行うためには、き裂の発生原因を解明し、それらの原因に応じた措置を施すことが肝心である。本稿では山形鋼のき裂発生部についてミクロ観察等を行い、き裂の発生・進展のメカニズムについて検討した。

2. 調査内容

調査は疲労き裂が生じたために交換した山形鋼を対象に行った。この山形鋼は1928年製作の橋梁にき裂が生じたものであり、山形鋼の設計上の断面寸法は152.4×152.4×12.7mmである。

調査手順としては、はじめに塗膜や錆除去処理を行い、磁粉探傷試験や拡大鏡によりき裂の有無を調査した。その後、分割切断、き裂部の破面解放を行い、き裂の断面や破面について、光学式顕微鏡を用いて調査を行った。

3. 調査結果

写真2に山形鋼き裂部の分割切断・き裂破面解放状況を示す。なお、山形鋼上面における端補剛材との接触箇所では摩耗が見られ、山形鋼の板厚が7～9mmまで摩耗減肉していた。

山形鋼切断面を写真3に示す。き裂は山形鋼の内角コーナー部から鉛直方向に貫通している。また、写真4にはき裂先端付近の、写真5には端補剛材付近（き裂起点付近）におけるき裂破面解放部の写真と模式図を示す。写真4の山形鋼表側や写真5のき裂破面に凹凸があることが特徴的である。これは山形鋼の表面から複数のき裂が発生し、隣接するき裂同士が短絡したものと考えられる。なお、写真4ではき裂が表裏から発生し、板厚中央付近で繋がりが、稜線のような形状を成しているが、写真5のき裂起点部付近では稜線は見られず、き裂は表裏片面から発生し、反対面へ進展したことが伺える。き裂破面は腐食が酷く、破面からき裂進行方向は確認できないが、後述する調査結果より、き裂は表面腐食孔より発生し、裏面へ進展したものと推定している。

次に山形鋼表面の状況について観察結果を図3に示す。山形鋼の表面には腐食孔が複数観察されたが、ウェブとの接触面やソールプレートとの接触面においては、腐食孔は殆ど見られなかった。これは山形鋼がウェブ



写真1 下フランジ山形鋼の疲労き裂

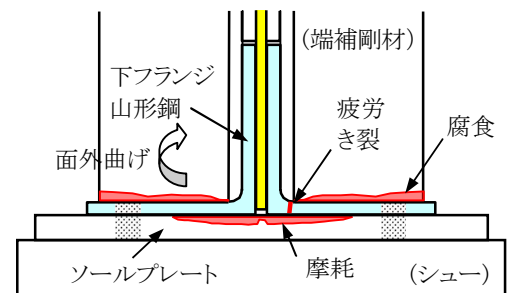


図1 ソールプレートの摩耗等によるき裂発生

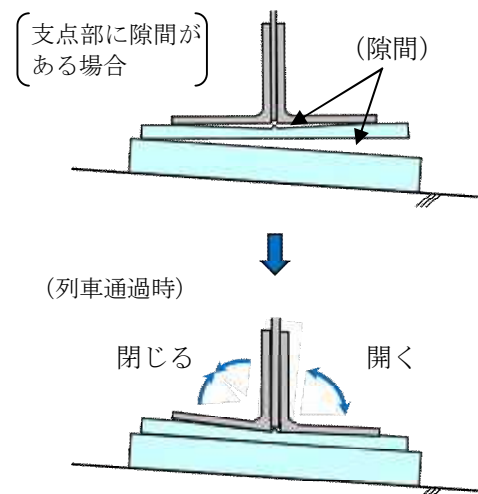


図2 山形鋼の首振り

キーワード 鉄道上路プレートガーダー、疲労き裂、下フランジ山形鋼、破面調査

連絡先 〒532-0011 大阪市淀川区西中島 5-4-20 中央ビル 2F TEL: 06-6305-6958

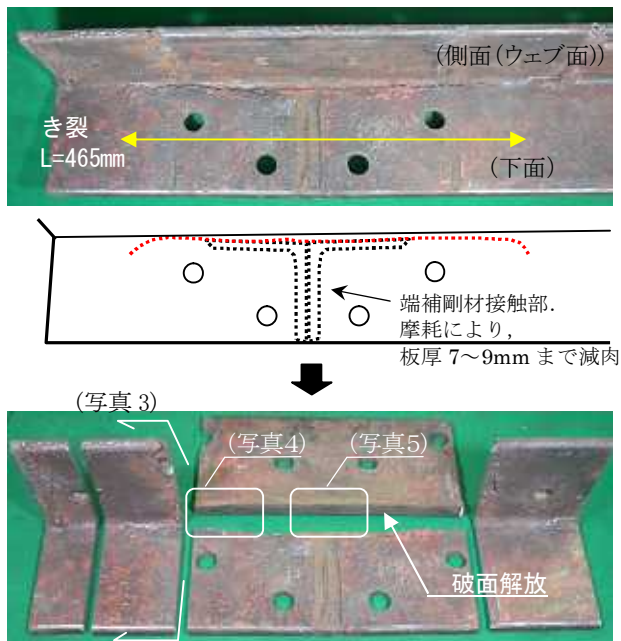


写真2 山形鋼の分割切断・破面解放状況

やソールプレートと密着しているため、腐食しにくいことや、ソールプレートとの接触面においては摩耗により、腐食孔が消失することも一因と考えられる。また、写真4のき裂破面において、裏側からのき裂には明確な凹凸が見られなかったが、これはき裂が橋軸方向に長く進行したことにより、当該箇所では相当に大きい応力振幅が生じ、腐食孔を必ずしも起点とせずに疲労き裂が発生したものと推定される。

写真6には光学式顕微鏡による腐食孔の拡大写真を示す。写真6はそれぞれ別の位置での写真であるが、このように腐食孔からき裂が発生・進展していることが伺える。また、写真6の中段では、き裂の枝分かれが見られるが、応力に起因するき裂であれば、き裂が途中で分岐することは考え難く、このことから、山形鋼のき裂は、腐食を伴い進展していることが分かる。

4. まとめ

き裂破面詳細調査により、以下のことが分かった。

- (1) 山形鋼表面には腐食孔が複数確認された。
- (2) 疲労き裂は山形鋼表面の内角コーナー部付近の腐食孔を起点に、複数のき裂が発生し、腐食の進行とともにき裂は進展している。なお、き裂の進展に伴い隣接するき裂同士が短絡し、破面の凹凸が形成されている。

今回の調査で、き裂発生起点や進展のメカニズムについて推定できた。今後は、別の橋梁における山形鋼のき裂について調査を行い、同様の現象が生じているかを確認したい。

参考文献

- 1) 杉本一郎, 小林裕介, 市川篤司: 溶接付加物が鋼リベット桁の疲労に及ぼす影響と延命化手法, 鉄道総研報告, 20-5, 2006.5
- 2) 西田寿生, 金 裕哲: 鉄道上路プレートガーダー下フランジ山形鋼に生じた疲労き裂発生要因に関する検討, 土木学会第66回年次学術講演会, I-518, 2011

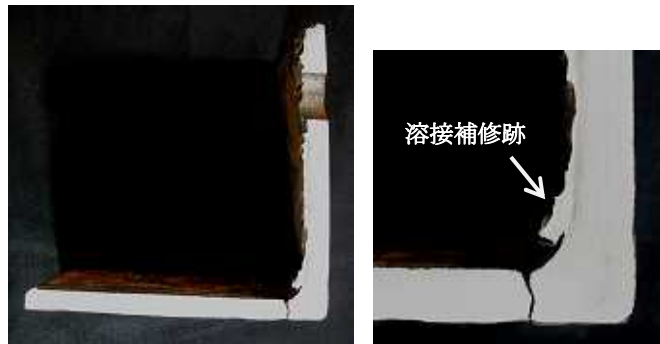


写真3 山形鋼切断面(き裂先端付近)

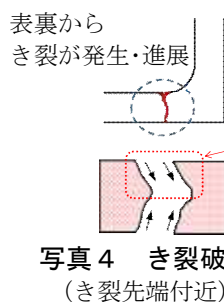
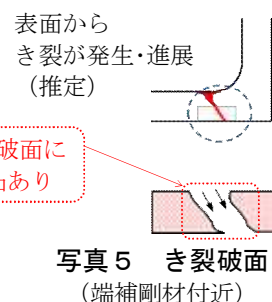
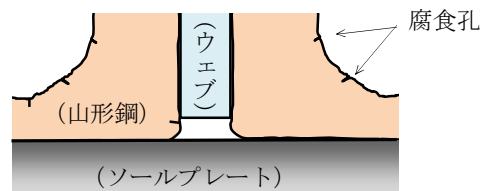
写真4 き裂破面
(き裂先端付近)写真5 き裂破面
(端補剛材付近)

図3 山形鋼表面の腐食孔(模式図)

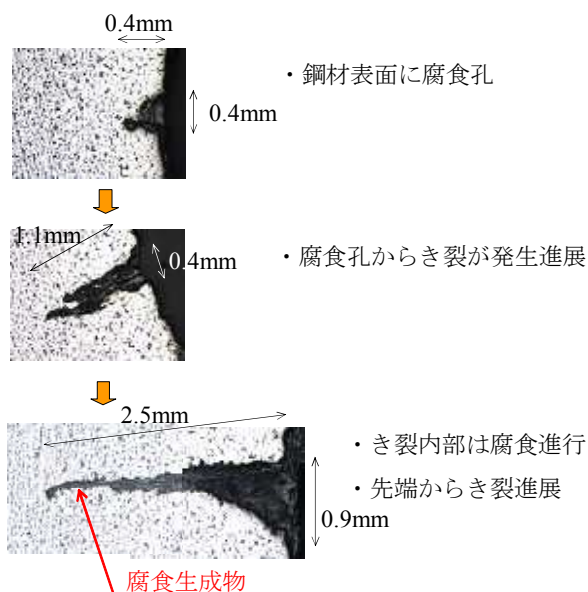


写真6 腐食孔からのき裂の進展