

鉄道橋 I ビーム桁支点首部に発生した疲労き裂調査

西日本旅客鉄道(株) 正会員 ○池頭 賢 正会員 丹羽 雄一郎
名古屋大学 学生会員 岩井 将樹 正会員 判治 剛 フェロー会員 館石 和雄

1. はじめに

I ビーム桁の支点部のウェブと下フランジの境界付近(以下、支点首部)に、き裂が発生することがある。このき裂は図-1に示すように、支点部に生じた不等沈下が原因で、I ビーム支点首部に面外曲げが発生し、き裂が発生するものと考えられる¹⁾。

実橋で支点首部にき裂が発生した橋りょうを対象に、き裂先端へストップホールを施工した。ストップホール施工後、継続監視を行った結果、ストップホール孔縁(以下、孔縁)にき裂が再発したため、応力測定を実施し、検証を行った。

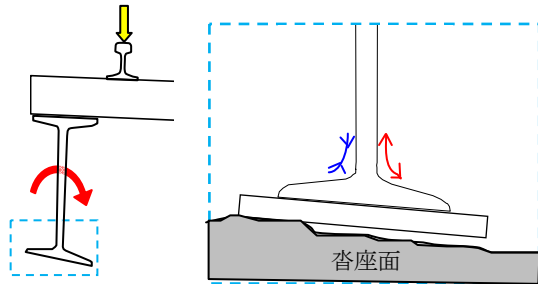


図-1 支点部の首曲げ

2. 実橋調査

(1) 概要

測定橋りょうの概況を図-2に示す、昭和2年に架設された支間2.28m、腹板高さ305mm、フランジ幅152mmのI ビーム桁を対象とした。写真-1に示すようにき裂が発見され、き裂長さは桁端から200mm程度であった。応急対策としてき裂の先端にストップホールを施工したが、約10ヶ月後に、桁外側孔縁に写真-2に示すき裂を発見した。そこで、き裂を削り込んで除去し、ストップホール近傍の応力を測定した。

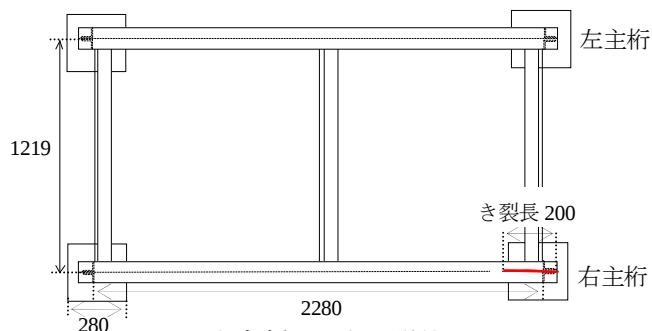


図-2 対象橋りょう (単位: mm)



写真-1 対象支点部

写真-2 孔縁からのき裂

(2) 測定位置

図-3に測定位置を示す。左右主桁それぞれで支間中央下フランジ下面の軸方向応力を測定した。また、ソールプレート前端位置の下フランジ縁部において、鉛直方向の変位測定した。さらに、き裂先端のストップホールの径間側孔縁から10mm位置において、ウェブ表裏の鉛直方向応力を測定した。なお、測定列車は381系6両編成を対象とした。

(3) 測定結果

支間中央下フランジ下面の軸方向応力を図-4に示す。右主桁(き裂のある支点側)が18.1N/mm²の引張応力のとき、左主桁は22.9N/mm²の引張応力であった。

ソールプレート前端付近の桁外側、桁内側の下フランジ縁部の鉛直変位を図-5に示す。桁内側の方が、桁外側に比べて沈下量が大きく、相対変位は最大で0.7mm程度であった。

孔縁から10mm位置の鉛直応力を図-6に示す。孔縁の応力は波形から列車の車軸ごとに応答している。桁内側で45N/mm²の引張応力、桁外側で-102N/mm²の圧縮応力であり、面内応力と面外応力の比は1:2.6であった。

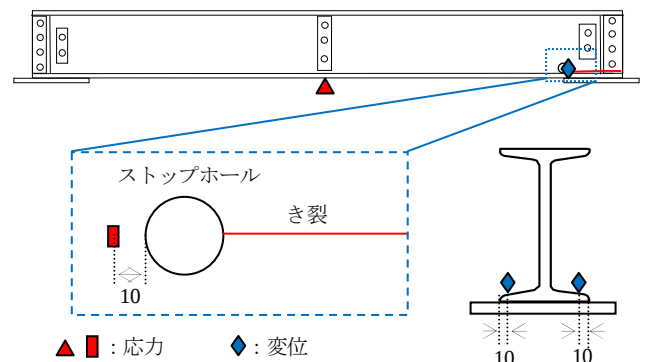


図-3 測定位置 (単位: mm)

キーワード I ビーム、疲労き裂、ストップホール、不等沈下、面外曲げ

連絡先 〒532-0011 大阪市淀川区西中島5-4-20 西日本旅客鉄道(株) 構造技術室 鋼構造 TEL 06-6305-6958

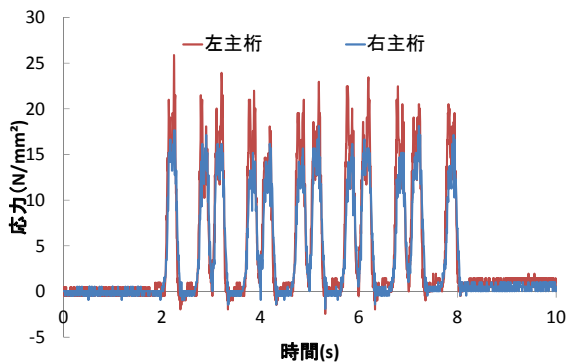


図-4 下フランジ軸方向応力

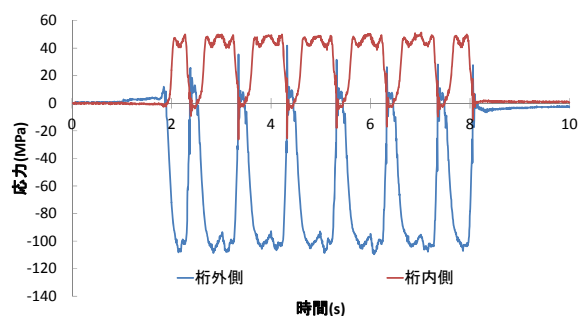


図-5 孔縁の応力

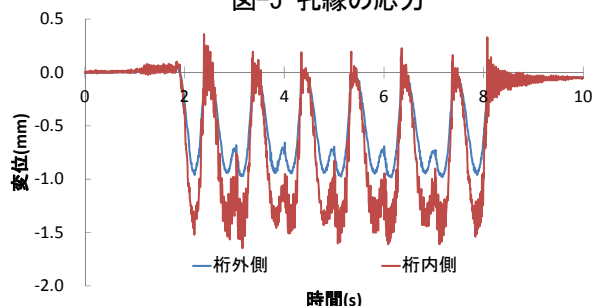


図-6 ソールプレート前端位置の鉛直変位

(4) き裂の再発生

応力測定を実施した約8ヶ月後に桁外側の孔縁に、写真-3に示すようなき裂が発見されたため、桁取替を実施した。き裂が発見されてから桁取替までの時系列を図-7に示す。



写真-3 孔縁のき裂（桁外側から撮影）

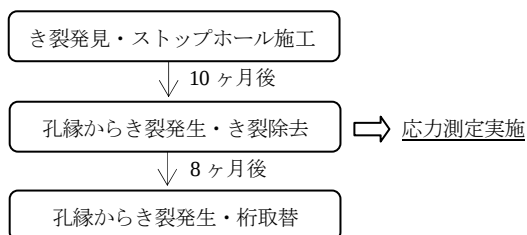


図-7 時系列

3. 孔縁に発生したき裂に関する考察

ストップホール施工から10ヶ月後、およびストップホール拡大（き裂除去）から8ヶ月後に発生したき裂は、いずれも桁外側から発生していた。図-3に示したように、桁外側の孔縁の最大応力は圧縮応力が卓越している。既往の文献²⁾では、支点部に沈下差が生じることで面外曲げが発生、き裂は引張側の部位が先行して進行していくとされていた。しかし、今回の橋りょうでは孔縁から2回再発したき裂は、いずれも圧縮応力が卓越して作用している部位であった。測定した結果は孔縁から10mm位置で測定を実施しているが、孔縁に近づくほどさらに高い圧縮応力が作用していると考えられる³⁾。孔縁にて圧縮降伏した後、その最小応力点が原点となり、除荷過程において引張が負荷され、き裂が発生した可能性がある。

4. まとめ

I ビーム支点首部の疲労き裂に対してストップホールを施工し、継続監視および応力測定結果を行い、以下の結果を得た。

- ①き裂の発生していた支点部において鉛直方向の変位を測定した結果、下フランジ縁部には0.7mm程度の相対変位が発生していた。
- ②ストップホールの径間側孔縁の応力は、車軸ごとに応答しており、ウェブ表裏の鉛直方向の応力は面外曲げが発生していた。
- ③ストップホールを施工後、継続監視を行った結果、圧縮応力が卓越する孔縁からき裂が再発することを確認した。

圧縮応力が卓越している部位でき裂が発生した原因について検証できていないが、圧縮応力の場合でもIビーム支点首部のき裂は発生する可能性があることがわかった。そのため、ストップホール施工などの対策を実施した際には応力範囲に着目し、孔縁の応力を十分に下げることがあると考えられる。

【参考文献】

- 1) 池頭ら：鉄道橋I ビーム桁支点首部の疲労き裂対策，土木学会第70 回年次学術講演会，pp. 1063-1064，2015.9
- 2) 岩井ら：鉄道橋I ビーム桁支点首部の疲労き裂の進展性状に関する研究，土木学会第71回年次学術講演会，pp. 785-786，2016.9
- 3) 大倉ら：膜応力と板曲げを受けるストップホールの疲労強度，土木学会論文集，I-35，pp. 327-338，1996.4.