鋼鉄道橋の維持管理に関する研究　縦桁片側切欠き部に発生する疲労き裂について

東日本旅客鉄道㈱　正会員　○丹澤裕太郎

1　研究の背景

鋼橋に発生する変状の一つである疲労き裂は、応力の繰り返しによって発生し、近年、列車本数の増加や列車速度の向上によって、より厳しい使用環境下になっている。特に縦桁横桁連結部のような部材交差箇所では、設計では考慮出来ない特殊な変形挙動が局部応力を生じさせ、疲労き裂が発生する事例がある。2004年3月に中央線石和温泉・酒折間第二平等川橋りょうの縦桁横桁連結部の縦桁下フランジ端部から疲労き裂が発生した。発生原因としては、縦桁横桁連結部の縦桁フランジが縦桁ウェブ端部の手前で切断されていることにより、断面変化点に大きな応力集中が生じたためである。そのため対策は断面変化点を解消することで、応力集中を低減させた。このように、疲労き裂の補修・補強方法を考える上では、局部応力を発生させる部材の変形挙動を把握し、発生メカニズムを明らかにする必要がある。

2　本研究の対象

1999 年に常磐線利根川橋りょうの縦桁横桁連結部の縦桁ウェブに疲労き裂が認められた。この疲労き裂が発生した縦桁上フランジ端部の構造は、片側のみ縦桁ウェブと同様の長さとなっており、片側は手前で切り欠かれている（**図１**）。

疲労き裂は縦桁の上フランジ端部の溶接部から発生し、溶接ビードに沿って進んだ後、角度を変えてウェブに進展した。その後、応急及び恒久対策が実施されている。き裂が主部材に進展しているため、列車走行安全性に与える影響が大きいことや初期状態を目視で確認できないことから重大な変状である。さらに片側切欠き構造が当社管内に少なくとも 32 連が確認されていることから、き裂の発生メカニズムを明らかにする必要がある。

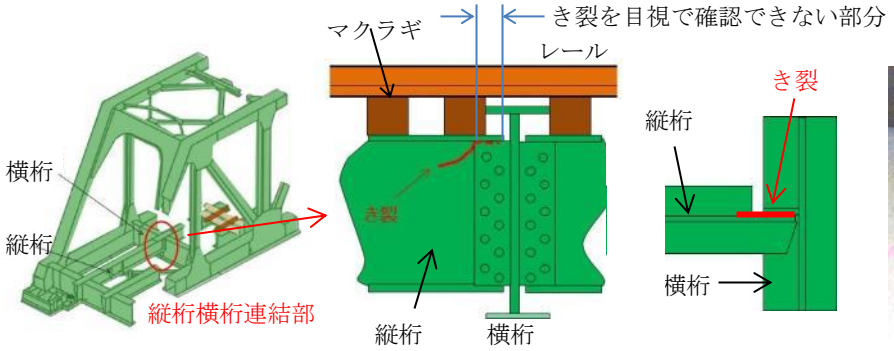


図１　疲労き裂発生部の構造

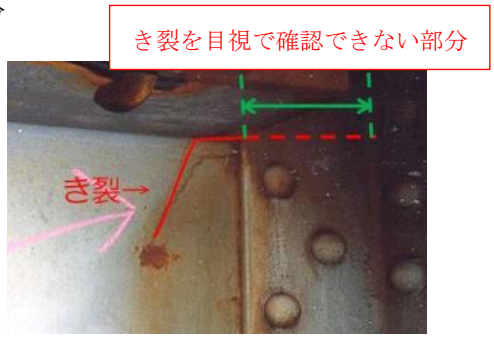


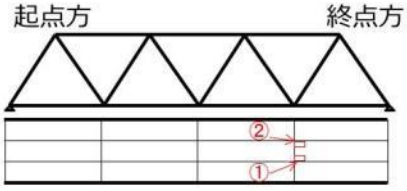
写真１　疲労き裂発生状況

3　研究の目的

本研究では、縦桁上フランジの片側切り欠き構造に発生する疲労き裂の発生メカニズムを明らかにすることを目的とし、縦桁ウェブに生じる応力の測定及び FEM 解析を実施することで、片側切欠き構造の変形挙動及び応力性状を把握する。

4　応力測定

疲労き裂が発生した利根川橋りょうは既に撤去



列車名：E653 系
編成：7 両
車両重量：37.0t
輪重：45.325kN

図２　応力測定位置及び列車諸元

キーワード　鋼鉄道橋，トラス橋，縦桁，疲労き裂
連絡先　〒192-8502 東京都八王子市旭町 1 番 8 号 TEL042-620-8564，FAX042-620-8565

されているため、本研究では同種構造をもつ羽越本線第二最上川橋りょうを対象とした。

縦桁ウェブ上部の鉛直方向応力をひずみゲージで測定した。測定位置と列車諸元を**図２**に示す。

ひずみゲージ取付位置及び測定結果を**図３、４**に示す。ウェブの内側に圧縮応力が発生しており、縦桁上フランジには桁の内側に倒れ込むような面外変形が発生している（**図５**）。

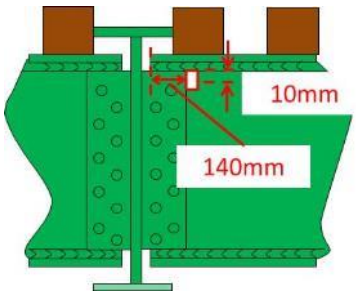


図３ ひずみゲージ取付位置

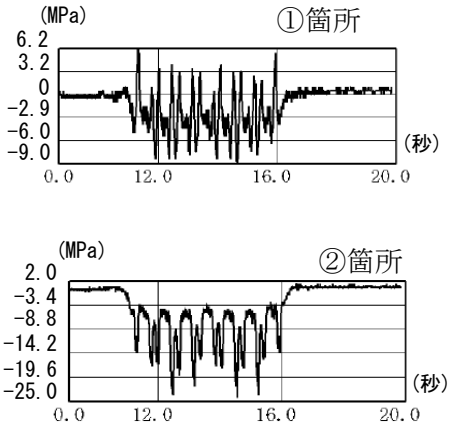


図４ 発生応力波形

５ FEM 解析

５．１解析モデル

連結材裏側のき裂発生点応力は、構造上測定不可能であるため、FEM 解析により応力を算出した。解析モデルは**図６**のように橋りょう全体をモデル化し、**図４**の応力測定結果を再現していることを確認した。局部応力の算出については、全体モデルの断面力を反映した部分モデル（**図７**）において詳細な検討を行った。

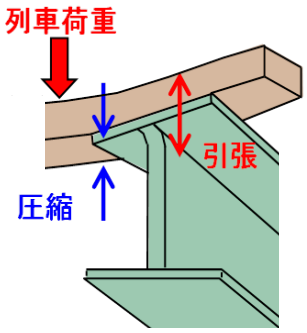


図５ 縦桁の首振り挙動

５．２解析結果

部分モデルの解析結果を**図８**に示す。

応力集中は利根川橋りょうで発生したき裂と同様に、連結材背面の溶接ビードに発生していることが確認された。しかし、最大圧縮応力は約 9MPa であり、本構造の疲労に影響する応力が 62.0MPa 以下であることを考慮すると、通常走行している列車では疲労に影響しないことが確認された。第二平等川橋りょうの構造と比べ、上フランジの片側が横桁ウェブまで伸びていることにより剛性が高いことが想定され、比較的縦桁の首振り挙動が抑えられていると考えられる。

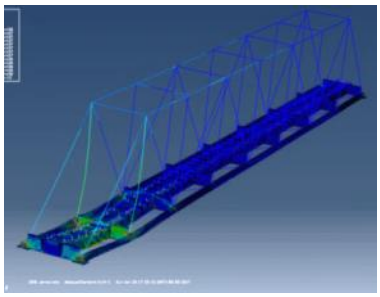


図６ 全体解析モデル

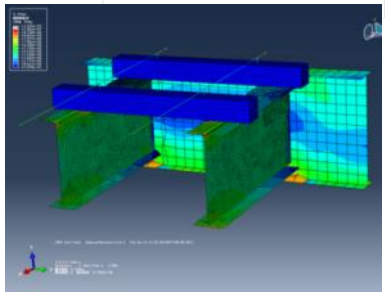


図７ 部分解析モデル

６ まとめ

本研究により、縦桁上フランジの片側切欠き構造についての変形挙動と応力性状を把握することで、発生メカニズムを明らかにした。その結果、通常走行している列車であれば疲労に影響する応力は発生していないことが確認され、疲労き裂が発生しないことがわかった。よって片側切欠き構造は特別な監視や対策は必要ないと考えられる。しかし、荷重条件やマクラギとフランジの接触状態等により、応力が増大する可能性があるため、今後のさらなる分析が必要である。

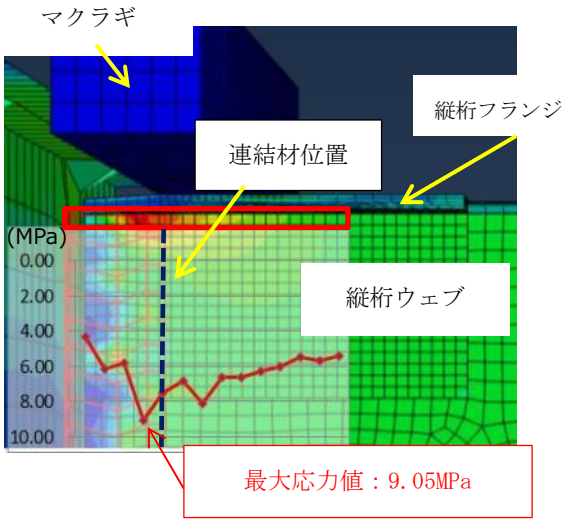


図８ 解析結果