

## 鋼鉄道橋上フランジの変状と補修方法の検討

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○明見 正雄 篠崎 有司  
脇坂 文也 瀬谷 誠  
酒井 永光 青木 勇

### 1. はじめに

鉄道橋には多くの鋼橋があり、これらの橋りょうは比較的経年が長く、種々の変状が発見されている。その中でも、鉄道橋特有の損傷の一つに上フランジにマクラギに沿って発生するき裂がある。近年においても、同種のき裂が発見され補修が検討されている。この種の変状に対して、補修方法はある程度確立されているものの、補修効果については定量的な評価がなされていないのが現状である。本検討では、上フランジにマクラギに沿って発生したき裂(写真1)の発生要因と補修方法について検討し、FEM解析を用いて補修効果のある程度明らかにした。

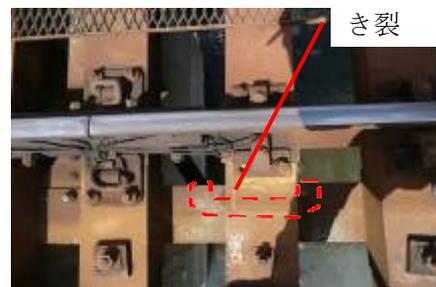


写真1 変状の状況

### 2. 発生要因

現場での観察や調査結果から、変状が発生した要因として以下の3つの要因を推定した。

①腐食：マクラギ下は塗装が難しく、また湿潤状態となりやすいため、他の部位と比較して、腐食が進行しやすい。腐食により減厚したため応力集中点が発生し、そこを起点としてき裂が進展した。

②面外曲げ：マクラギと上フランジの接触状態が偏ることにより、大きな面外曲げが生じるとされている。上フランジが部分的に腐食して接触状態が偏ったことにより、列車通過時に他の箇所より大きな面外曲げが生じた(図1)と考えた。しかし、マクラギ交換の際に上フランジ上面を観察したが、接触面の偏りは認められなかった。

③レール継目：レール継目が近傍にあり、列車通過時の衝撃により大きな力が繰返しかかった。

### 3. 対策の検討

腐食による減厚については、腐食した上フランジを新しい部材に交換することが有効と考えられる。また、レール継目の影響については、当該箇所前後の広範囲のレール交換が必要となり大掛かりな工事となる。継目部に大判マクラギを導入し、フランジにかかる応力を低減するなどの対策が考えられ関係箇所と検討中である。

これらの検討から、き裂発生の最大の要因と考えられる減厚した個所を補修することとした。具体的には、フランジを新しい部材に交換する案(フランジ広範囲取替(L=3m)・フランジ一部取替当て板(L=0.6m))、当て板により断面の欠損を補う案(当て板案)、既設のフランジ下部に新設のフランジを設置し断面の剛性を高める案(ダブルフランジ案)の4案において施工性について比較した。結果を表1に示す。なお、表1には以下で検討した補修効果を併せて記した。

フランジ広範囲取替は、列車を進入させない措置をとって行う夜間の短時間で施工が難しく、施工条件の観点から見て実現は不可能である。当て板補修案は減厚が激しくまた、マクラギに支障しないようボルトを用いて添接板と接合することができない。施工条件の観点から見て実現可能な縦桁フランジ一部取替案と、軌道工事を必要とせず施工費の面で有利なダブルフランジ案をさらに検討することとした。

補修方法の選定においては、鋼構造物補修・補強の手引きや他の施工事例を参考にしながら、施工性やコスト面での評価が中心となっている。重要な要素のひとつである補修効果については、定量的な評価がなされていないケースも多い。本検討では、補修効果のある程度定量的に評価する目的で、FEM解析を用いた検討をおこなった。

キーワード 鋼鉄道橋, 疲労, 補修

連絡先 〒310-0015 茨城県水戸市宮町1-1-20 JR東日本 水戸土木技術センター TEL029-221-2992

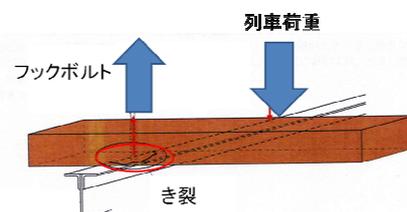


図1 面外曲げ発生模式図

モデル形状はIビームで、各寸法は実橋から求めたものである。解析モデルは、補修前、フランジ一部取え添接板(GPモデル)、ダブルフランジ案(DFモデル)の3種類作成した。荷重は変状発生箇所のマクラギ位置に等分布圧力を与えた。解析結果を図2に示す。補強前モデルでは载荷点周辺部に高い応力が発生し、実橋におけるき裂発生位置とほぼ一致している。载荷点周辺部の高い応力は、荷重によって上フランジが下方に変形するため生じたものと考えられる。

図3にフランジ上面の最大主応力を比較した図を示す。横軸は橋軸直角方向のウェブ中心からの距離を示している。いずれのモデルにおいても、ウェブとフランジの接合部付近(図3参照)断面急変部で最大となっている。各モデルで発生した最大応力を補修前と比較すると、DFモデルの最大応力は補修前とほぼ同じであったが、GPモデルでは65%程度低減している。したがって、ウェブにフランジを追加する補修より、マクラギを直接受ける上フランジに当て板をし、剛性を高める補修のほうが効果は高い。これは、上フランジの剛性の相違によるものと推定される。以上の検討から、列車を進入させない措置をとって行う夜間の短時間で施工が可能で、高い効果が期待できるフランジ一部取替え当て板案が有効と考える。

4. まとめ

本検討により得られた結果は、以下の通りである。

- ・変状の要因として、腐食による上フランジの減厚、上フランジ上面の部分腐食による面外曲げ、レール継目による衝撃が推定される。
- ・施工性、コスト、補修効果を考慮し、フランジ一部取替え当て板案が有効である。
- ・FEM解析の結果、フランジ一部取え添接板モデルは、ダブルフランジモデルと比較して発生した最大応力が大きく低減した。これは、上フランジの剛性の相違によるものと推定される。

表1 施工性の比較

工法	①フランジ広範囲取替え(L=3m)	②フランジ一部取替え当て板(L=0.6m)	③当て板	④ダブルフランジ
工事費	×	△	○	◎
施工性	・支障するマクラギの本数が多く夜間の短時間では施工が不可能	・支障するマクラギの本数が1本である ・事前に詳細な調査必要(リベットの位置など)	・減厚が激しくボルトを用いて添接板の設置は不可	・軌道工事が不要 ・事前の詳細な調査不要
補修効果	○	◎	×	△
評価	×	○	×	△

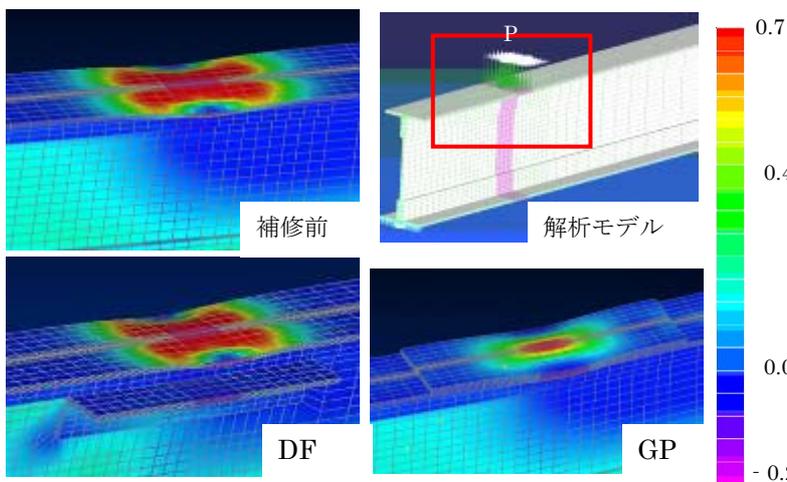


図2 変形図と接触面の応力分布

N/mm<sup>2</sup>

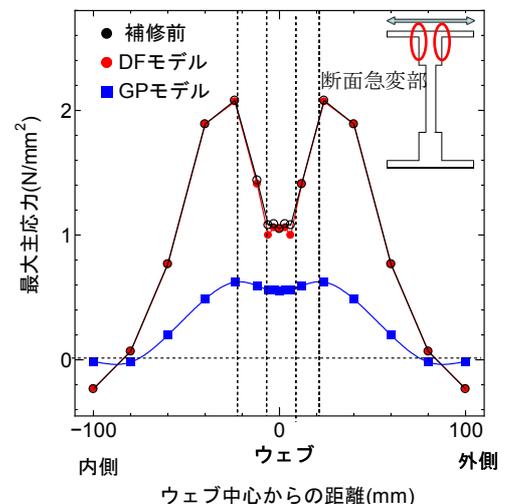


図3 フランジ上面の最大主応力

参考文献

1)大都亮,松本健太郎,丹羽雄一郎,中山太士,坂野昌弘:下路トラス鉄道橋縦桁におけるマクラギ直下上フランジの面外曲げ挙動,構造年次論文報告集 vol16,pp703-710,2008.