

鋼橋の疲労亀裂調査の効率化に関する研究プロジェクト（その2）

関西大学 正会員 ○坂野 昌弘

1. はじめに

疲労亀裂対策は発見された亀裂の状況に応じて講じられることから、疲労亀裂に対しては全数調査が原則である。しかしながら、調査箇所数が膨大な場合には全数調査に時間がかかることから、現実的には何らかの方法で優先順位付けを行い、効率化をはかる必要がある。

本研究プロジェクトは、荷重条件や各部位の応力の状況、FCM等の部材の種類、構造詳細、材料特性等に注目して優先順位付けを行い、効率化をはかるとともに、高い信頼性も確保できるような疲労亀裂調査方法を提案し、さらに予防保全も含めた補修方法も提案することを目的としている。本報では、前報¹⁾に引き続いて平成27年度に得られた成果を報告する。

2. 平成27年度の成果

(1) 解析による対策効果の検討

実橋を対象とし、1径間分の全体モデルを作成して、FEMによる応力解析とXFEMによる亀裂進展解析を行った。その結果、FEM解析により、分配横桁下フランジ貫通部では、ビード切削により溶接止端部の応力集中が消滅し、母材部の公称応力程度となること、分配横桁上部のウェブギャップ部と対傾構取付け垂直補剛材上端部では、当て板やアンゲル材が主桁の上フランジと密着することにより、ウェブギャップ板上端と垂直補剛材上端の応力集中が、対策前の6割～7割まで低減できることが予測できた²⁾。

また、XFEM解析により、横桁下フランジ貫通部ではビード切削後は導入した初期亀裂が進展しないこと、またウェブギャップ部では当て板対策後は対策前の100倍以上の疲労寿命となることを予測できた。

(2) 実験による対策効果の検討

前年度までの検討^{3),4)}で、横桁貫通部に対しては、止端仕上げや大型の当て板により、ある程度の予防

保全効果が確認されたが、亀裂の発生を完全に防止することはできず、また、仕上げ形状の管理や大型当て板取り付けの施工性等に課題があることから、より簡易で効果的なビード切削と小型アンゲル材による予防保全対策について検討を行った。

その結果、横桁下フランジと主桁ウェブの間のすみ肉溶接に対して、ビード全長の1/4程度以上を切削し、切削端部を仕上げた小型アンゲル材を取り付けることにより、疲労亀裂の発生が完全に防止できることが検証された⁵⁾。

また、塗膜割れ発生箇所400カ所の2/3を占める分配横桁上部のウェブギャップ部や対傾構取付け垂直補剛材上端部の疲労き裂に対して、ジャッキアップによる当て板補強と、タッピングボルトを用いたアンゲル材補強の二つの工法の補強効果を検討した。その結果、両方の工法とも、亀裂発生部の局所的な応力集中を50～60%程度まで低減できることが明らかとなった⁶⁾。

(3) 現地計測による対策効果の検討

実橋の横桁貫通部に対してビード切削と小型アンゲル材、分配横桁上部のウェブギャップ部と対傾構取付け垂直補剛材上端部に対してジャッキアップによる当て板とタッピングボルトを用いたアンゲル材の予防保全対策を試行し、その前後で72時間連続の応力計測を行って、予防保全対策による応力低減効果と疲労寿命向上効果を検証した⁷⁾。

その結果、横桁貫通部については、ビード切削により溶接部の応力集中が消滅して、疲労寿命が数十倍以上向上し、ウェブギャップ部と垂直補剛材上端部についても、応力集中が最大で6割程度低減でき、疲労寿命が数十倍向上する効果が検証できた。

(4) 効率的な疲労亀裂調査方法等の取りまとめ

以上の検討結果より、効率的で信頼性の高い疲労亀裂調査方法と補修方法を提案する。

1) 効率的で信頼性の高い疲労き裂調査方法

キーワード 鋼橋、疲労、点検、事後保全、予防保全
連絡先 〒564-8680 大阪府吹田市山手町3-3-35 関西大学環境都市工学部 坂野昌弘 TEL. 06-6368-1121

塗膜割れに対して、まず初めに、部材の重要度や亀裂であった場合の進展性に着目して優先順位をつけることができる。亀裂の進展性は、継手の疲労強度等級や作用応力、材料特性等を配慮してある程度推定可能である。

次に、磁粉探傷の前に渦流探傷法で亀裂調査を行い、亀裂有と判定された箇所について磁粉探傷法を適用することで、作業工程を短縮できる場合がある。ただし、亀裂の半数近くを見逃す可能性があることから、亀裂の重要性、進展性等に十分配慮する必要がある。なお、渦流探傷で亀裂有と判定される塗膜割れの個数が全体の半数以上である場合には、工程は短縮されないため、初めから磁粉探傷を行うほうがよい^{8),9)}。

2) 合理的な補修方法

横桁下フランジ貫通部

亀裂発生後の事後保全については、ストップホールがあげられる程度の長さの亀裂に対しては、ストップホールと高力ボルトの締め付けで亀裂の進展を防止することができる。亀裂が長い場合や応力が大きい場合には、更に当て板等の対策が必要になる場合もある。ストップホールがあげられないような短い亀裂に対しては、バークラインダーによる削り込みで亀裂を削除し、削除痕を滑らかに整形することにより亀裂の再発を防止することができる。応力が大きい場合には更に当て板等の対策が必要になる場合がある。

亀裂が生じていない箇所に対する予防保全対策として、応力条件が厳しくない場合には、溶接部の止端仕上げが可能である。ただし、仕上げ状態に対する施工管理が重要となる。応力条件が厳しい場合には、横桁下フランジと主桁ウェブの間のビードを切削し、切削したビードの分を小型のアングル材で補強しておけばよい。

分配横桁・対傾構取合い部の垂直補剛材上端部

予防保全対策として、アングル材を主桁の上フランジにタッピングボルトで密着させた後に、ウェブギャップ板あるいは垂直補剛材に高力ボルトで固定する方法がよい。

事後保全の場合には、長い亀裂の場合には亀裂先

端にストップホール、亀裂が短い場合には亀裂を削り込みで除去した後で上記のタッピングボルトとアングル材を用いた対策を行えば良い。

参考文献

- 1) 坂野昌弘：鋼橋の疲労亀裂調査の効率化に関する研究プロジェクト，土木学会第70回年次学術講演会講演概要集，CS4-004，2015.9.
- 2) 田辺篤史，松本理佐，小山雅弘，坂野昌弘：主桁と分配横桁・対傾構との交差部の疲労対策による応力低減効果の解析的評価，土木学会第71回年次学術講演会，CS6，2016.9.
- 3) 吉田直人，坂野昌弘，小西日出幸，藤井隆：横桁貫通構造に対する当て板による予防保全対策効果の検討，平成27年度土木学会関西支部年次学術講演会，I-36，2015.5.
- 4) 吉田直人，坂野昌弘，小西日出幸，藤井隆：横桁貫通構造の疲労損傷に対する予防保全対策効果の検討，土木学会第70回年次学術講演会，CS4-006，2015.9.
- 5) 吉田直人，坂野昌弘，小西日出幸，小山雅弘：横桁下フランジ貫通構造に対するビード切削による予防保全対策，土木学会第71回年次学術講演会，CS6，2016.9.
- 6) 坂本千洋，岡田康暉，坂野昌弘，小西日出幸，小山雅弘：対傾構取付けす直補剛材上端部の疲労対策効果に関する実験的検討，土木学会第71回年次学術講演会，CS6，2016.9.
- 7) Luiza H. Ichinose，小山雅弘，坂野昌弘：応力頻度測定による分配横桁・対傾構取合い部の疲労対策効果の検証，土木学会第71回年次学術講演会，CS6，2016.9.
- 8) 一ノ瀬伯子ルイザ，水江正弘，坂野昌弘：渦流探傷試験を用いた鋼橋の疲労き裂調査の効率化に関する検討，鋼構造年次論文報告集，第22巻，pp.825-832，2014.11.
- 9) 一ノ瀬伯子ルイザ，水江正弘，坂野昌弘：渦流探傷試験を用いた鋼橋の疲労き裂調査の効率化に関する検討（その2），鋼構造年次論文報告集，第23巻，pp.356-363，2015.11.