

鋼部材の疲労き裂について（その1）－道路橋の主桁－

1. はじめに

道路橋の鋼部材では、溶接部や切欠き部などの応力集中が生じやすい部位で、自動車通行等に伴って繰り返される応力変動により疲労き裂を生じることがあります。既存橋梁の増加と高齢化も背景に、平成14年に改訂した道路橋示方書では全ての鋼橋で疲労の影響を考慮することが定められました。併せて設計手法の標準を示す目的で「鋼道路橋の疲労設計指針」（社）日本道路協会、平成14年）（以下「疲労設計指針」という。）がとりまとめられました。

一方、これ以前に設計された道路橋では疲労耐久性に劣る施工品質や形式の溶接継手や構造をもつものも多く、本稿で取り上げる例も現在は採用が望ましくないとされる溶接構造からの疲労き裂が発見されて通行止めに至ったものです。

2. 名阪国道山添橋の補修・補強事例

2.1 概要

平成18年10月に一般国道25号の山添橋（鋼3径間連続鈹げた橋、橋長128.02m、1971年竣工）で点検時に主桁に1mに及ぶき裂が発見され、安全確保のために通行止めと応急対策が実施されました。

2.2 調査

本橋は山間部にあり、き裂は橋下の地上からや橋台部からの遠望目視では発見不可能な支間中央部で4本主げたの内側の1本に発生しました。幸いにも、当時実施されていた近接目視点検において見落とされずに発見・対処ができたため、落橋等の致命的な事態は防がれました。き裂は、主げたに設けたスリットに横げたを貫通させた箇所（図1）の溶接部から主げた腹板に進展して、主げた腹板は断裂に近い状態になっていました。

調査の結果、き裂面の一部に脆性破壊の特徴がみられる箇所があり、き裂全長のうち少なくともある範囲はき裂が一気に進展した可能性が高いとみられました。このように不規則な応力変化が繰り返す道路橋では、疲労き裂の発生時期、発生後のき裂進展の速度や方向等を正確に予測したり、制御すること



図-1 名阪国道 山添橋

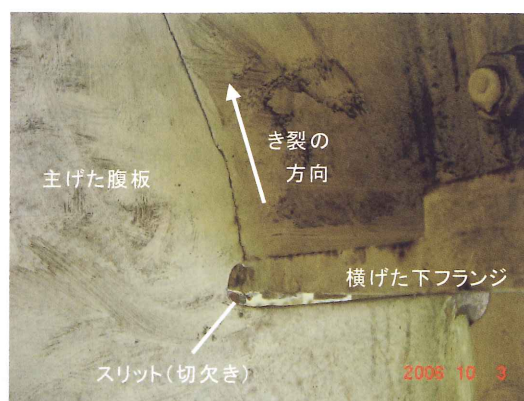


図-2 主げた腹板の疲労き裂

はほぼ不可能です。このためある頻度で点検を行ってき裂の早期発見に努めるとともに、発見したき裂に対しては進展性やそれが大きく進展した場合の影響について十分に検討のうえ適時的確な判断を行うことが不可欠です。

この事例では、発見された大きき裂への対処と並行して、改めて全橋に対するき裂に着目した詳細点検が行われました。その結果、同一構造部位をはじめとする幾つかの溶接部位でき裂が確認されました。既設橋の疲労き裂発生時期の予測は極めて困難ですが、このように一度き裂が発見されると荷重や施工品質、材質、構造細目など種々の条件が同様なその橋では他の部位でも既に疲労き裂が生じているか、今後き裂を生じる可能性は相対的に高いとみなせません。そのため、き裂が発見された橋については、そのき裂の対処にとどまらず他の部位に対してもき裂が疑われるような塗膜割れがないかどうかを確認しつつ、適宜、磁粉探傷試験等の非破壊検査技術を併

現場に学ぶメンテナンス

用した調査を行うとともに、今後き裂を生じる危険性が高い溶接構造の有無やその状態の確認等の精査を行うことも重要です。

2.3 応急復旧

疲労き裂は、発生部位や発生応力の状態によっては突然大きく進展する危険性があるため、大きさによらず今後大きく進展した場合の影響も考慮して応急措置の必要性や方法を検討しなければなりません。そのとき、き裂部はその先端部で大きな応力集中を生じる一方、き裂部そのものは応力伝達が行われず、き裂を生じた部材のみならず周辺の部材も健全時とは既に応力状態が異なっています。そのため、仮受けなどによる応力調整を行わないままき裂部を単にあて板等で繋いでも、き裂の発生で変化してしまった応力状態は改善せず補強部材も施工時は無応力であることから、施工後の荷重による応力しか分担できないことに注意が必要です。

本橋の場合も、仮支柱によって主げたを一旦仮受けしてき裂を生じた主げたの死荷重応力を除去した状態で補修ができれば、橋の応力状態をき裂発生前に回復できます。しかし、緊急の仮支柱設置が困難なことから、やむを得ず全面通行止めのみを行い、そのままき裂進展防止のストップホール施工とき裂部へのあて板補強、さらに措置中の不測の事故防止に必要な耐荷力確保のためき裂部を跨ぐように主げた下フランジに補強H形鋼を設置しました(図-3)。対策後には動的載荷試験とFEM解析による対策効果の検証を行い、あて板補強によりき裂周辺部の応力が緩和される一方、他の部材や部位に悪影響は生じないことを確認しました。解析結果から、補強H形鋼の残置は主げたの応力状態の改善にそれなりの効果はあるもののH形鋼両端部にあたる主桁下フランジに一部応力集中が懸念されたため、その緩和のために最終的に上フランジ部分のみを残して切断しました。

2.4 応急復旧後の対応

本橋のように一旦深刻な疲労き裂が生じた橋では、疲労環境も厳しく、き裂の新たな発生や既に生じたき裂が将来急速に進展する危険性は相対的に高いといえます。そのため、本橋で確認されたき裂については大きさに関わらずき裂周辺を削り込んだり平滑に仕上げる等の対策を検討しました。

特に3次元的に複雑な応力変化が生じるスリット部では、一般のストップホールのように単に円孔状

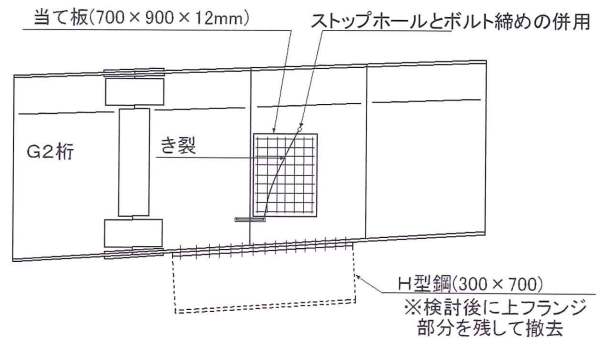


図-3 応急復旧の状況

にするのではなく応力計測とFEM解析による検討を踏まえ3次元的に滑らかな曲面状の形状修正を行い応力集中の低減を図りました。この他にも主げたと横げたの交差部をL型部材で連結する補強対策等も既往事例を参考に検討しています。

3. おわりに

既設橋には、建設後の知見からは疲労耐久性に劣るとされる構造や溶接継手をもつものも多く、維持管理では常に最新の技術情報が反映できる体制によることが事故防止の為にも不可欠です。

また、き裂の進展の予測は一般に困難であることからできるだけ予防的措置を講じるとともに、発見されたき裂に対してはき裂長さだけで判断せず慎重に進展性や進展時の影響を評価することが重要です。

本橋の例では、同路線上の橋の緊急点検で他の橋にもき裂が複数確認されました。このようにある路線で疲労損傷が確認された場合、少なくとも同路線で交通条件や建設年次など共通点のある橋では同様に疲労損傷が生じているか今後発生する危険性が相対的に高いと言え注意が必要です。

国土交通省国土技術政策総合研究所道路研究部
道路構造物管理研究室長 玉越隆史
国土交通省近畿地方整備局奈良国道事務所
管理第二課 修繕係長 三宅淳市
独立行政法人土木研究所構造物メンテナンス研究センター
橋梁構造研究グループ 上席研究員 村越 潤