

鋼鉄道橋りょうにおける ICR 処理の適用に関する一考察

西日本旅客鉄道(株) 正会員 ○大久保 成将
西日本旅客鉄道(株) 正会員 池頭 賢

大鉄工業(株) 非会員 池上 達也
関西大学 正会員 石川 敏之

1. はじめに

鉄道における鋼橋は、1880年代から適用され JR 西日本においては現在 10,000 連以上の鋼橋が使用されている。しかし、列車速度の向上や老朽化など様々な原因に伴い、多種多様な変状が発生しているものが多い。そのなかでも、疲労き裂に関する変状は最も多い変状のひとつであるが、全ての疲労き裂に対して大規模な補修・補強を行うことは、人的・経済的制約から困難である。

そこで、本研究においては、疲労き裂の簡易な補修法として近年提案され、道路橋において多くの適用実績がある ICR 処理 (Impact Crack Closure Retrofit Treatment)¹⁾ を、鉄道橋の溶接部に発生した疲労き裂に対して初めて適用したので、その効果の検証を行うこととした。

2. 対象橋りょうの概要

対象橋りょうの外観と諸元を写真-1、表-1 に示す。

対象橋りょうは、溶接構造で単線箱断面の無道床橋りょうであり、ダイヤフラムと水平補剛材のまわし溶接部において疲労き裂が発生しているのが確認された(図-1、2)。当該き裂は溶接部に近接しており、狭隘箇所であるためストップホール法(以下 SH 法と称す)や当て板などの施工は困難である。



写真-1 対象橋りょう

表-1 対象橋りょう諸元

桁形式	上路プレートガーダー	支間	33.0m
建設年度	1971年(経年47年)	設計荷重	KS-16



図-1 き裂発生箇所



図-2 き裂近景



図-4 溶接部近景

3. 変状原因の推定

3-1. 構造ディテール

当該橋りょうは 3 種類のダイヤフラムが設置されている(図-3)。今回発生した疲労き裂は、全てが Type3 のダイヤフラムであった。Type3 は、フルウェブのダイヤフラムに対傾構が接続されており、最も桁に対する拘束力が強い形状である。また、当該橋りょうは支間 33.0m と比較的長く、桁の振動が大きいと推測できる。そのため、Type3 のダイヤフラムと水平補剛材のまわし溶接部には、構造的に大きな応力が発生しやすいと考えられる。



図-3 ダイヤフラム形状

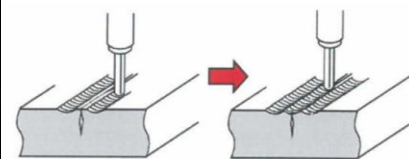
3-2. 溶接不良

対象き裂の溶接部の状態を図-4 に示す。

今回対象とした疲労き裂は全てまわし溶接部の止端部から発生したき裂であった。また、止端部においてはバークラインダー処理²⁾などによる仕上げはされていなかった。そのため、溶接止端部に応力集中が発生し、疲労き裂が発生しやすい状況であると考えられる。

4. 修繕方法の概要

ICR 処理は、発生した疲労き裂近傍の母材を打撃し、開口部を塑性流動させて疲労き裂表面を閉口させることで延命化を図る工法である(図-5)。溶接止端部に発生した疲労き裂に対しては、疲労き裂前面の母材を打撃することで閉口させる。ICR 処理には、SH 法などの従来の応急修繕工法に比べ、使用機器が小規模であることや狭隘部にも適用が可能であることなどの利点がある。

図-5 ICR 処理イメージ³⁾

キーワード 鋼鉄道橋、疲労き裂、ICR 処理、実橋測定、ダイヤフラム

連絡先 〒920-0036 石川県金沢市元菊町 68-2 西日本旅客鉄道株式会社 金沢土木技術センター TEL 076-223-3206

今回対象とする疲労き裂は、腹板に進展しない限り桁の安全性に重大な影響を与えるものではない⁴⁾。また、比較的短いき裂であり、後述する応力測定の結果より「疲労き裂の補修技術選定ガイドライン⁵⁾」における ICR 処理適用可能な疲労き裂であった。そのため、本研究においては、応急処置として ICR 処理を適用することとした。

5. 施工効果

当該き裂において、ICR 処理を行いその施工前後におけるひずみゲージによる応力測定を実施した結果を示す。

5-1. 施工前状況

ICR 処理の施工効果を確認するために、図-6 に示す位置で施工前の応力測定を実施した。

応力測定位置は、疲労き裂先端から 10mm 離れた位置（以下、き裂先端と称す）及びダイヤフラムの垂直補剛材コバ部（以下、コバ部と称す）とした。き裂先端においてはき裂進展の有無、コバ部においては ICR 処理における疲労き裂の閉口状態を確認することとした。それぞれの測定結果を図-7 に示す。コバ部の応力範囲は 11.6MPa と小さな値であった。これは、疲労き裂により垂直補剛材が列車荷重を下部へ伝達できていないからであると考えられる。き裂先端の応力範囲は、108.7MPa と大きな値であった。応力波形を見ると、車軸の位置において卓越した挙動を示すのではなく、同じ応力幅において振幅していることが分かる。つまり、車両入線時に当該ダイヤフラムにおいては、振動が発生していると考えられる。

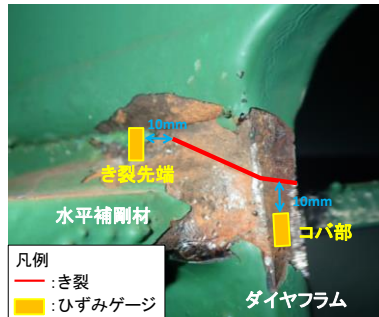


図-6 応力測定位置

5-2. 施工後状況

図-8 に施工後の結果を示す。測定箇所は図-7 と同一箇所である。き裂先端の応力範囲は 54.0MPa であり、施工前と比較すると 54.7MPa の低減となった。また、当該箇所の疲労限を E 等級とすると、一定振幅応力に対する打ち切り限界 62.0MPa よりも小さな値となった。コバ部の応

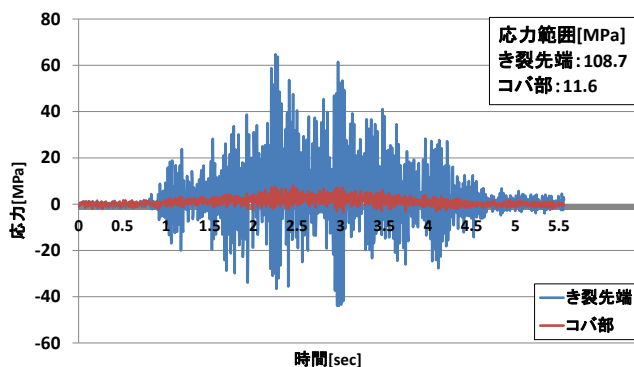


図-7 施工前応力波形

力範囲としては、40.9MPa となり施工前よりも大きな値となった。これは、き裂周辺に ICR 処理を施工することでき裂が閉口し、垂直補剛材に応力が伝達されるようになったからであると考えられる。その結果、き裂先端の応力集中を緩和できたと考えられる。また、図-9 に ICR 処理施工前後の疲労き裂における、閉口状況の確認結果を示す。当該箇所においては、浸透探傷試験を実施した結果き裂は確認されなかった。以上の結果から、ICR 処理において疲労き裂が閉口したことが確認された。



図-9. a 施工前き裂確認

図-9. b 施工後き裂確認

6. 結論

今回確認された疲労き裂において、ICR 処理を実施し、その結果得られた知見をまとめる。

- ① ICR 処理により、き裂先端の応力集中を緩和することで応力範囲の低減が出来ることを確認した。
- ② 鉄道橋の溶接部においても、道路橋と同様の検討⁵⁾によって ICR 処理の適用は可能である。
- ③ 振動の影響を受ける部材においても、一定の施工効果が確認できた。

参考文献

- 1) 山田健太郎, 石川敏之, 柿市拓巳: 疲労き裂を閉口させて寿命を向上させる試み. 土木学会論文集 A. 2009, vol.65, No4, p.961-966
- 2) 森猛, 猪股俊哉, 平山繁幸: グラインダ仕上げ方法が面外ガセット溶接継手の疲労強度に及ぼす影響, 鋼構造論文集, Vol.42, pp55-62, 2004.
- 3) 石川敏之, 山田健太郎: 亀裂表面を閉口させて疲労寿命を向上させる工法 (ICR 処理), 溶接技術者交流会
- 4) 財団法人 鉄道総合技術研究所: 「鋼構造物補修・補強・改造の手引き」, 平成4年7月
- 5) 館石和雄, 判治剛, 石川敏之: 道路政策の質の向上に資する技術研究開発成果報告レポート. No.24-8, p.49-50.

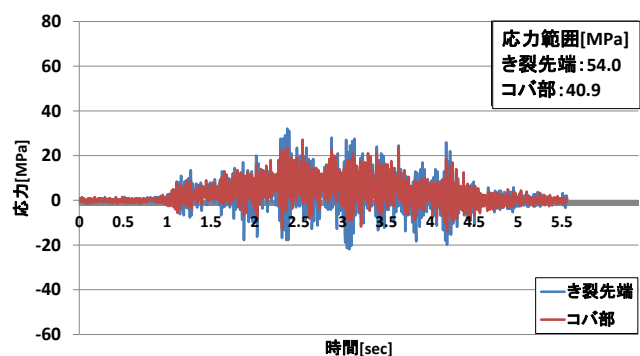


図-8 施工後応力波形