

実物大の疲労試験に基づく情報板支柱の疲労耐久性向上に関する検討

岐阜大学 学生会員 ○村瀬紘貴, 小原健司 岐阜大学 正会員 木下幸治
 中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋 (株) 正会員 小塚正博

1. はじめに

道路橋の付属施設である図-1に示すような情報板支柱は、風荷重や交通荷重による繰り返し荷重を受けており、これまでにリブ部や開口部の溶接継手部に疲労き裂が発生した事例が報告されている¹⁾²⁾。疲労き裂が検出された情報板支柱に対しては、取替作業が実施されているものの、施工コストや人手不足といった面から全ての情報板支柱に対して取替作業を行うことは困難な状況にある。そこで簡易かつ効率的に既設の情報板支柱の疲労耐久性を向上させる補修・補強手法の確立が望まれている。例えば、近年提案された代表的な簡易補修手法として、衝撃き裂閉口処理 (Impact Crack Closure Retrofit Treatment, 以降 ICR 処理)³⁾がある。これは疲労き裂近傍の母材に対してエアーツールを用いて打撃して表面を閉口させ、進展を停留あるいは抑制する技術である。ICR 処理の効果は平板や面外ガセットを対象に確認されており³⁾⁶⁾、著者ら⁷⁾はこれまでに、簡易かつ効率的に既設の情報板支柱の疲労耐久性を向上させる補修・補強手法の検討を行うため、実物情報板支柱の疲労試験システムを構築し、疲労試験を実施してきた。本概要では、この疲労試験⁷⁾においてリブ部及び開口部に発生した疲労き裂に対し、リブ部には繰り返しの ICR 処理、開口部には当て板補強を施工して引き続き疲労試験を実施して、各手法の疲労耐久性向上効果の検討結果を述べる。

2. 実物情報板支柱概要

本試験では土工路肩部で約20年間供用されていた情報板支柱を用いた。図-2に情報板支柱の形状および寸法を示す。情報板支柱の高さは7.9m、鋼管径と板厚がそれぞれ355.6mmと11.1mmである。材質は鋼管に STK400 材、リブ部および開口部の付加板には SS400 材が使用され、溶接部は等脚な形状となっており、脚長は8mm程度となっている。本試験では情報板を取り外した鋼管支柱を対象とした。図-3にリブ部および開口部の各部名称を示す。



図-1 情報板支柱

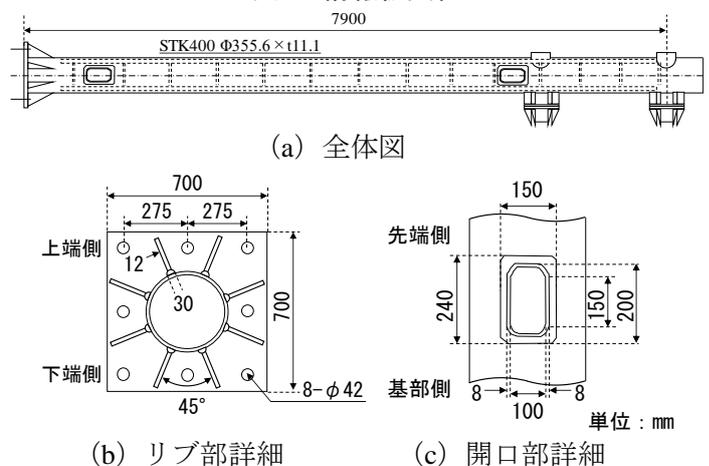


図-2 情報板支柱の形状および寸法

3. 疲労試験概要と結果

本試験では情報板支柱を岐阜大学が所有する反力壁に片持ち梁状となるように PC 鋼棒を用いて設置し、小型の偏心モーターを支柱の頭頂部に U ボルトを用いて設置し、加振周波数と情報板支柱の固有振動数を近接させて振動させる共振現象を利用することで、リブ部および開口部に所定の繰り返し載荷荷重を与えた⁷⁾。紙面の都合上、本試験方法の詳細については、文献⁷⁾を参照いただきたい。また、ひずみゲージを用いて応力の測定を行い、き裂検知用、公称応力確認用に上下計4つのリブ部及び開口部の溶接止端から軸方向にそれぞれ6mm、75mmの位置に貼付した。試験条件は、リブ部の公称応力範囲100~120MPa、応力比-1.0の両振りとした。疲労試験開始後、疲労き裂の発生および進展については、き裂検知用ひずみゲージの応力範囲の低下と、磁粉探傷試験または浸透探傷試験により確認した。発生した疲労き裂が回し溶接部から鋼管母材の円周方向に進

展した段階での繰り返し荷回数 N_b 、さらに xmm 進展した時を N_x とした。

図-4 にリブ部の疲労試験結果を示す。ICR 処理の疲労寿命は、き裂が処理部先端を抜けるまで、グラインダー+PPP 処理の疲労寿命は、き裂の再発生が確認出来るまでとした。本試験では A-1、A-2、A-3 の溶接止端部から疲労き裂が発生した。A-1 では繰り返し荷回数 4 万回において N_b のき裂(表面き裂長さ 30mm 程度)を確認し、ICR 処理を実施した。き裂閉口の確認後、10 万回で N_5 のき裂を確認し、以降、所定のき裂長さの時に ICR 処理を実施した。繰り返し荷回数 60 万回で N_{25} 、80 万回で N_{45} 、120 万回で N_{65} のき裂を確認し、疲労試験を終了した。A-2 では繰り返し荷回数 10 万回において N_b のき裂を確認し、グラインダー+PPP 処理を実施した。き裂除去の確認後、試験終了に至るまでき裂の再発生は確認されなかった。A-3 では 25 万回で N_b のき裂を確認し、ICR 処理を実施した。き裂閉口の確認後、試験終了に至るまでき裂の再発生は確認されなかった。図-5 に開口部の疲労試験結果を示す。本試験では B-1、B-2 の溶接ルート部から疲労き裂が発生し、繰り返し荷回数 18 万回時点における溶接ビード上での確認時には 120mm 程度の長大き裂となっており鋼管母材に達していた。そこで、SH 施工を母材のき裂両側の先端部に実施した。き裂先端の除去を確認後、1 万回程度で、き裂が両側の SH 縁から再発生し進展したのを確認し、再度の SH 施工に加え PPP 処理を両側の SH 壁内に実施した。き裂先端の除去を確認後、1 万回程度で、再びき裂が両側の SH 縁から発生した。そこで図-6 に示すような、補強材 L 型鋼を用いた当て板補強を実施した。鋼管母材と L 型鋼の接触面の処理として、支柱の溶融亜鉛メッキ除去を行った後、エポキシ樹脂(コニシ 258R)を接触面に塗布し摩擦力伝達と隙間の防錆処理を行った。補強材設置後、試験終了に至るまでき裂の再発生は確認されなかった。

4. 結論

- 1) リブ部の溶接止端部から発生し、ICR 処理後の疲労き裂に対し、繰り返しの ICR 処理を実施することにより、疲労強度等級は E 等級以上となる。
- 2) 開口部溶接ルート部から発生し、長大な疲労き裂に対しては、SH 施工及び SH+PPP 処理による延

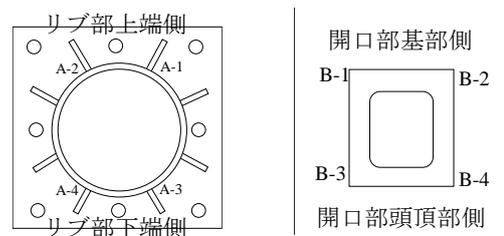


図-3 リブ部および開口部の各部名称

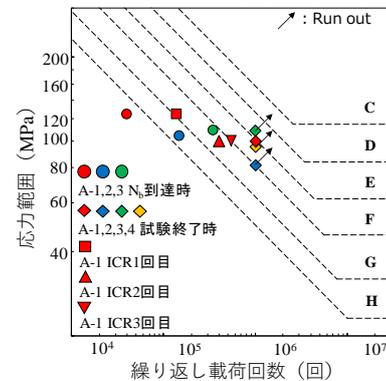


図-4 リブ部の疲労試験 S-N 線図

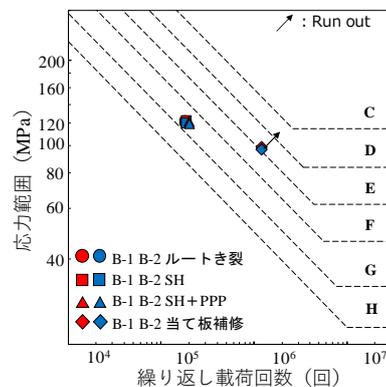


図-5 開口部の疲労試験 S-N 線図



図-6 当て板補強設置図

命効果はほとんど得られない。

- 3) そこで、当該き裂に対して、L 型鋼を用いた当て板補強を実施することにより、疲労強度等級を E 等級以上まで延命可能である。

参考文献

- 1)山田ら：門型標識柱の基部に発生した疲労き裂の補修効果の検討，鋼構造論文集，第 16 巻，第 61 号，pp.11-22，2009. 2)小塩ら：交通振動下にある高架橋付属構造物の振動測定と疲労耐久性の評価，土木学会論文集，No.766，I-68，pp.219-232，2004 年 7 月. 3)山田ら：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，Vol.65，No.4，pp.961-965，2009. 4)木下ら：情報板溶接部への ICR 処理による疲労強度向上に関する検討，鋼構造年次論文報告集，第 26 巻，pp.776-780，2018. 5)柿市ら：鋼板の側面にガセットプレートがすみ肉溶接された継手への ICR 処理による疲労強度向上効果，鋼構造論文集，Vol18，No.70，PP.39-47，2011. 6)柿市ら：すみ肉溶接継手の溶接止端部に発生した疲労き裂の ICR 処理による補修・補強，構造工学論文集，Vol159A，PP.665-672，2013. 7)木下ら：情報板支柱の疲労試験システム構築とその疲労特性，鋼構造年次報告集，第 27 巻，pp.778-783，2019.11