

実物情報板支柱に対する ICR 処理方法に関する検討

岐阜大学 学生会員 ○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 重原 大二郎, 小塚 正博, 納土 武久

1. はじめに

道路情報板において鋼管支柱の基部定着リブ部（以後、リブ部）や点検開口部（以後、開口部）の溶接継手部から疲労き裂が発生した事例が報告されている¹⁾。このような溶接部に対し、疲労き裂発生の予防保全対策として溶接止端部に圧縮残留応力を導入する方法や溶接部の止端形状を改善する方法が検討されている。その内、情報板支柱では、溶接止端部に圧縮残留応力を導入することにより疲労強度向上を行う ICR 処理 (Impact Crack Closure Retrofit Treatment) の適用がこれまでに検討されている。しかしながら、情報板支柱に ICR 処理を実施する際、母材が曲面であることから垂直に打撃することが難しく、更に開口部ではフランジが張り出しているために従来 ICR 処理に用いられているチゼルでは溶接止端近傍を垂直に打撃することが困難である。従って、曲面な母材への打撃により導入される圧縮残留応力の評価、及び開口部の溶接止端部において所定の圧縮残留応力を導入することが可能な処理方法の確立が必要であると考えられる。本研究では、まず実物の情報板支柱を対象に曲面を有する母材部への ICR 処理による残留応力の導入効果を明らかにすることを目的とし、実物の情報板支柱への ICR 処理時の導入残留応力を平面な母材への打撃により導入される圧縮残留応力との比較により検証した。その上で、開口部の溶接止端近傍への新たな処理方法として、チゼルの形状を改良した ICR 処理方法を提案（以後、改良 ICR 処理）し、その改良 ICR 処理により導入された圧縮残留応力、並びに打撃痕形状により評価した。

2. 実物情報板支柱概要と ICR 処理条件

図-1 に実物情報板支柱の形状寸法を示す。対象とした情報板支柱の母材には板厚 11.1mm の STK400 材を用いている。図-2 に従来型と改良型の ICR 処理施工状況を示す。従来 ICR 処理には削り出し加工されたエアーツール先端部を平坦部が 4×5mm、0.5mm の R 面取りになるように加工を実施した。一方、改良 ICR 処理には、図-2 (b) に示す開口部の溶接止端近傍の母材を打撃可能とする張り出しフランジに干渉しないチゼル形状に加工した。なお、開口部において、溶接止端から施工処理までの距離が従来 ICR 処理では 7.1mm と止端近傍の母材への打撃が困難であったが、改良 ICR 処理では 1.1mm と止端近傍の母材への打撃が可能となっていることを確認している。エアーツールが対象物に与える振動数は 90Hz 程度、エアーツールの空気圧は 0.63MPa としエアーツール先端部を溶接止端部近傍の母材へ可能な限り垂直に押し当てながら打撃を行い、3~5 パス程度処理を行った。

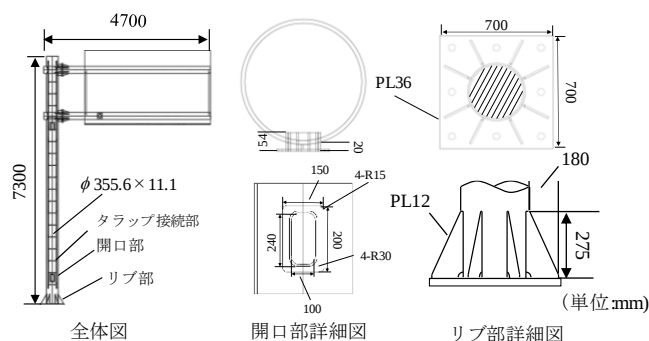
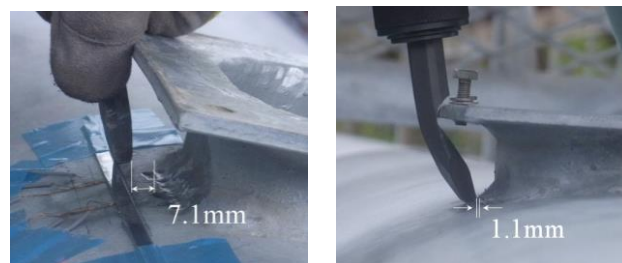


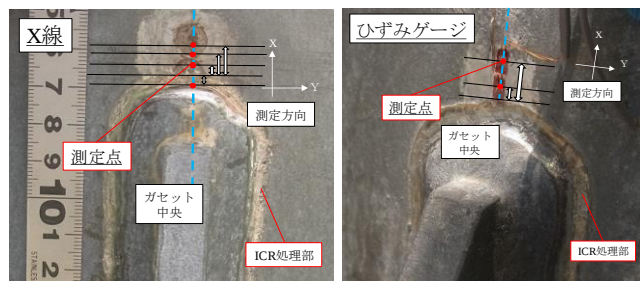
図-1 実物情報板支柱の形状寸法



(a) 従来 ICR 処理

(b) 改良 ICR 処理

図-2 ICR 処理施工状況



(a) X線

(b) ひずみゲージ

図-3 残留応力計測位置と方向

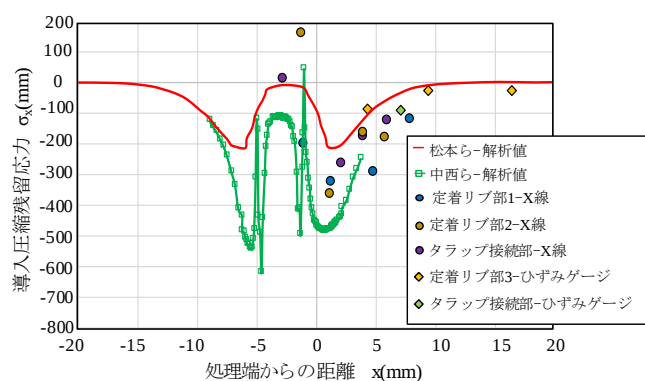


図-4 ICR 処理後の残留応力計測結果

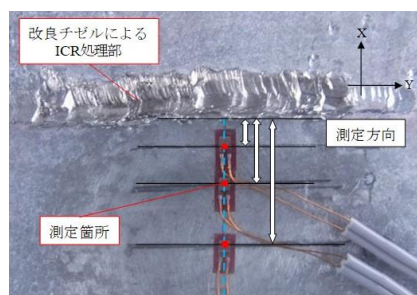
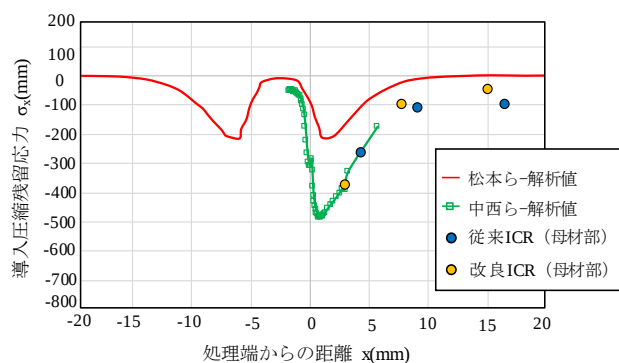
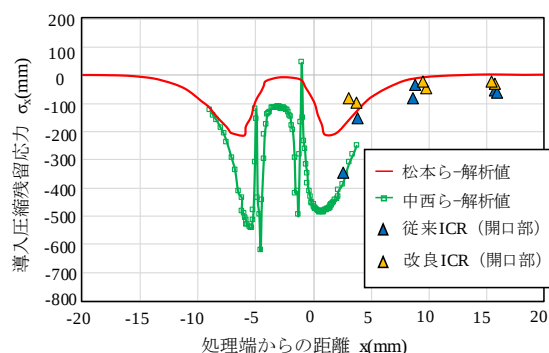


図-5 残留応力計測位置と方向 (母材部)



(a) 母材部



(b) 開口部

図-6 ICR 処理後の残留応力分布

3. 基部定着リブ部への導入残留応力の計測結果

残留応力測定には PULSTEC 製のポータブル型 X 線残留応力測定装置 μ -X360s (cosa 法), ひずみゲージを用いた. 図-3 (a) (b) に X 線とひずみゲージの計測位置と方向を示す. X 線においては, 塗膜をグラインダー処理により除去した後, 電解研磨を行い, 残留応力の計測を行った. 電解研磨深さはグラインダー処理による影響が及ばない $100\mu\text{m}$ となるようにデプスゲージにて管理した. また, 本研究では, X 線とひずみゲージの計測位置を画像計測により整理している. 図-4 に ICR 処理後の残留応力の計測結果を示す. 同図には, 同施工時に行ったトラップ接続部での ICR 処理による残留応力計測結果, 平面な母材部に対してピーニング処理 (母材打撃ピーニング処理) した松本ら²⁾の解析値, 及び中西ら³⁾の解析値を併せて示す. 本結果は, 既往の研究で得られた残留応力分布と処理近傍において多少の差が見られるものの, 概ね同程度の分布形状を示すことがわかった. これより, 曲面を有する母材への打撃により導入される圧縮残留応力は, 平面母材への打撃により導入される圧縮残留応力と概ね同程度であったと言える.

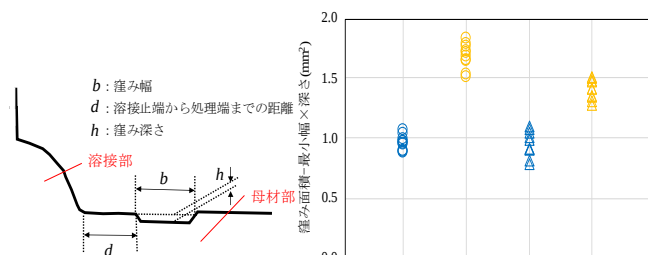
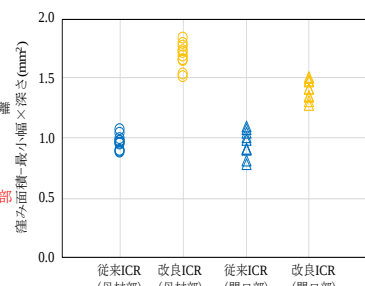


図-7 打撃痕形状

図-8 窪み面積計測結果



4. 開口部への導入残留応力の計測結果

(1) 残留応力計測結果

図-5 にひずみゲージの計測位置と方向を示す. 図-6 (a) (b) に母材部と開口部での残留応力の計測結果を示す. 導入残留応力の計測にはひずみゲージを用いた. 同図にリブ部と同様に松本ら, 中西らの解析値を併せて示している. これらの図より, 処理部近傍において, 従来 ICR 処理, 改良 ICR 処理により導入される圧縮残留応力は, 概ね同等の圧縮残留応力が導入されることが確認できた.

(2) 打撃痕の窪み面積及び溶接止端からの打撃距離

中西らの研究³⁾より, ICR 処理による打撃痕の窪み幅と窪み深さの積である窪み面積と導入される圧縮残留応力は, 概ね比例関係にあることが示されていることから, ここでも従来 ICR 処理と改良 ICR 処理の打撃痕の窪み面積の比較を行った. 図-7 に本研究における ICR 処理による打撃痕形状の定義と, 図-8 に ICR 処理による打撃痕の窪み面積の計測結果を示す. なお, 打撃痕形状は従来実施されている止端形状の計測方法を参考に歯科用印象材により採取し, 1.0mm 程度の厚さにスライスしたものを画像上で拡大することで計測を行った. 図-8 より, 改良 ICR 処理による窪み面積は従来 ICR 処理と比較して同程度以上であることが分かった. これより, 前述した改良 ICR 処理, 従来 ICR 処理の施工により処理近傍に導入された圧縮残留応力は概ね同程度であったことも説明できたと言える. 以上より, 導入残留応力と打撃痕の窪み面積について, 従来 ICR 処理, 改良 ICR 処理ともに既往研究と同等であることが確認できた. 以上より, フランジが張り出している開口部の溶接部であっても溶接部近傍の打撃が可能な改良 ICR により従来通りの圧縮残留応力の導入が可能になったと言える.

謝辞 本研究を遂行するにあたり, 岐阜大学 SIP 実装プロジェクトにおいて購入したポータブル型 X 線残留応力測定装置を使用させていただいた. ここに記して感謝の意を表する.

参考文献

- 1) 山田聡, 片桐英喜, 前野裕文, 山田健太郎: 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) 松本理佐, 栗津裕太, 石川敏之, 服部篤史, 河野広隆, 中野隆: ピーニング処理された溶接継手の疲労強度に圧縮の過荷重が及ぼす影響, 構造工学論文集, Vol.61A, pp.638-649, 2015.
- 3) 中西克佳, 森影康, 川畑篤敬, 榎一: 母材打撃ハンマーピーニングによる溶接継手部の疲労強度向上方法に関する研究, 土木学会論文集, Vol.71, pp.10-19, 2015.