

## 充電式電動工具を用いた ICR 処理による疲労強度の向上効果（その1）

中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋株式会社 ○正会員 多賀 翔一, 有馬 直秀, 山田 健太郎  
 国立大学法人東海国立大学機構 岐阜大学 正会員 須川 清諒, 木下 幸治

### 1. はじめに

疲労き裂の進展を防ぐ簡易な補修・補強および疲労き裂の発生を抑制させる対策として、ICR 処理があげられる<sup>1)</sup>。ICR 処理を行う主要な使用工具は、フラックスチッパー、コンプレッサー、発電機である。しかしながら、機材手配の煩雑さ、ICR 処理の箇所数が比較的少ない場合では効率的でないなど課題がある。本検討では、市販の充電式電動工具（以下、電動工具）を用いて手軽に ICR 処理を行うことを試みる。その1では、平板試験体を用いて電動工具の設定を変え、振動数の違いによる圧縮残留応力の導入効果を確認した。その2では、面外ガセットによる疲労試験を行い、疲労強度の向上効果を確認した。

### 2. 計測方法

#### (1) ひずみ計測による圧縮残留応力計測

本検討で用いた ICR 処理の使用工具を表-1 に示す。重さ 3.4kg 程度の電動工具のみで施工可能となる利点があり、表-2 に示すように5段階の変速ダイヤルで振動数を変更できる。図-1 に示すように平板試験体（SM490, 400×12×400mm 程度）にひずみゲージを貼り、下向き姿勢で ICR 処理を実施した際の施工性および ICR 処理面の品質、並びに圧縮残留応力の導入効果を確認した。計測は変速ダイヤル毎に1回と従来工具で4回実施した。ICR 処理面とひずみゲージの貼付け位置の間隔は疲労試験に合わせて12mmとし、凹み量の出来形管理は0.1mm以上とした。なお、振動数が大きくなると打撃の衝撃で制御が困難であったため、変速3以上の施工では、変速2で2~3パス程度整形した後、変速ダイヤルを上げて施工した。

#### (2) X線残留応力計測

ICR 処理した近傍の圧縮残留応力を詳細に把握するため、写真-1 に示すように計測を実施した<sup>2)</sup>。計測箇所は、ICR 処理面から2mm, 5mm, 10mmの位置とし、打撃近傍の圧縮残留応力の分布を確認した。

表-1 ICR 処理の使用工具

No.	現在の工具	今回提案する工具
1	フラックスチッパー (FCH-20) : 約 0.8kg 	充電式の機械工具 (マキタ・HK180DRGX) : 約 3.4kg 
2	コンプレッサー 作動圧力 : 0.5~0.7MPa タンク容量 : 8~10L エアホース 	/
3	発電機 定格出力 : 2.3kVA ケーブル 	

表-2 変速ダイヤルによる振動数

変速ダイヤルの番号	振動数 (Hz)
1	約 17
2	約 22
3	約 32
4	約 45
5	約 53

※従来工具は約 90Hz



図-1 平板試験体を用いた ICR 処理状況



写真-1 X線残留応力計測の状況

キーワード：充電式電動工具, ICR 処理, 圧縮残留応力, X線残留応力計測

連絡先：〒460-0003 愛知県名古屋市中区錦 1-8-11 DP スクエア錦 TEL : 052-212-4774

### 3. 計測結果

#### (1) ひずみ計測による圧縮残留応力計測

計測結果を表-3に示す。電動工具の変速ダイヤルを変えて振動数を大きくすると圧縮残留応力が大きくなった。しかし、変速4および5は制御が困難で施工性が悪かった。従来工具はばらつきがあるものの約100MPaの圧縮残留応力の導入を確認した。変速3および従来工具を対象にした圧縮残留応力の導入効果を図-2に示す。従来工具(約90Hz)に対し電動工具(変速3:約32Hz)の方が振動数は少ない反面、概ね同程度の圧縮残留応力が導入された要因として、電動工具の重量が影響すると推察された。上記の結果から、実施工においては施工姿勢が横向きや上向きもあることを考慮し、変速3でICR処理を施すのが最も効果的であると判断した。

#### (2) X線残留応力計測

従来工具および電動工具(変速3)の結果を図-3に示す。なお、図には本検討のひずみ計測結果および既往の研究結果<sup>3)</sup>を補足する。X線残留応力計測の結果は、ばらつきはあるものの従来工具と電動工具の間では概ね同様な傾向であり、ICR処理部に近くなるにつれ圧縮残留応力が大きくなった。X線残留応力計測とひずみ計測に着目すると、ひずみ計測の圧縮残留応力が大きな数値を示す結果となった。X線残留応力計測では、鋼材表面を100 $\mu$ 程度電解研磨しており、圧縮残留応力に差が生じたものと推察される。ただし、本検討と既往研究のX線残留応力計測の結果を比較すると概ね同様な結果が得られ、電動工具を用いても従来工具と同程度の圧縮残留応力が導入していることを確認することができたと考えられる。

### 4. まとめ

- 1) 電動工具では、5段階の変速設定があり振動数が大きくなると圧縮残留応力の導入が大きくなった。ただし、出来形形状および施工性を考慮すると変速3が最も効果的であると判断した。
- 2) ひずみ計測の結果、電動工具(変速3)は、従来工具と概ね同程度の約100MPaの圧縮残留応力が導入されていることを確認した。また、X線残留応力計測の結果、既往の研究結果と比較しても概ね同様な結果であることを確認した。

表-3 計測結果

	振動数 (Hz)	圧縮残留応力 (MPa)	出来形形状と施工性	施工写真
変速1	約17	約22	○ (0.1mm)	
変速2	約22	約49	○ (0.1mm)	
変速3	約32	約101	○ (0.15mm)	
変速4	約45	約194	△ (0.1mm) ※施工性悪い	
変速5	約53	約155	× (—) ※打撃不可	
従来工具 ※4回	約90	約100 (95~172)	○ (0.15~ 0.20mm)	

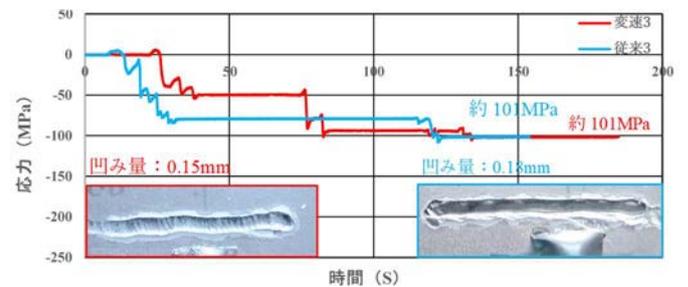


図-2 ひずみ計測による圧縮残留応力の導入効果

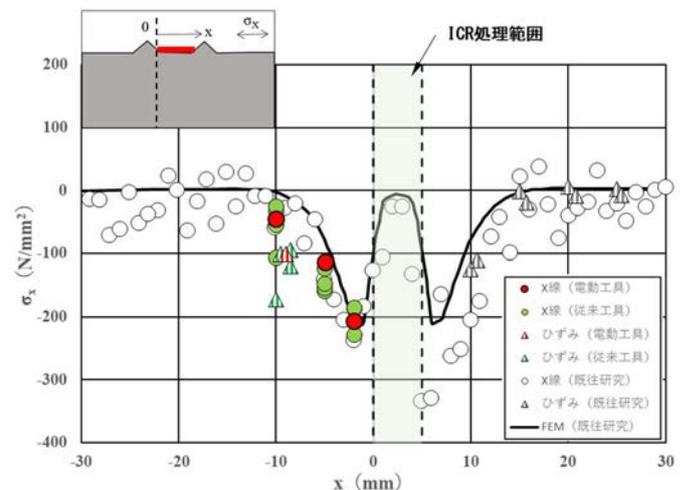


図-3 X線残留応力計測およびひずみ計測の結果

#### 参考文献

- 1) 山田健太郎, 石川敏之: 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, 2009.1
- 2) 鋼橋の強靱化・長寿命化に向けた疲労対策技術資料, 一般社団法人日本鋼構造協会, 2020.10
- 3) 松本理佐, 石川敏之: ハンマーピーニング処理による残留応力の解析的検討, 構造工学論文集 Vol.62A, 2016.3