

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2）

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 有馬 直秀, 多賀 翔一, 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^{1,2)}。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、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. 疲労試験の概要

(1) 疲労試験方法

疲労試験は、図-1 に示すように板曲げ振動疲労試験機³⁾を用いた。図には、試験体寸法およびひずみゲージと被覆銅線の貼付け位置を示す。

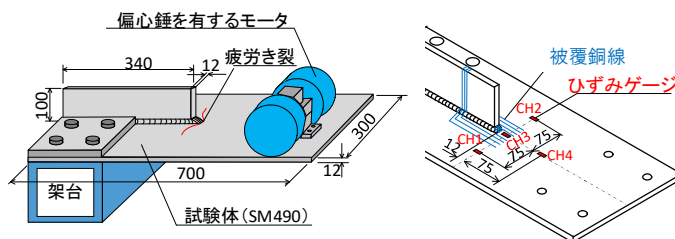
疲労き裂の発生と進展状況を確認するため、試験体表面にφ0.04mmの被覆銅線を貼付けた。疲労き裂は、最初にまわし溶接止端から発生し、止端に沿って回り込むように進展した後に、母材に板幅方向に進展する。各銅線が切れた段階をそれぞれ、 N_{toe} 、 N_b 、 N_{10} 、 N_{20} と定義し、疲労き裂が溶接止端から30mm進展した段階あるいは母材を貫通した段階を N_f と定義して疲労試験を終了することとした。

また、き裂の進展状況を疲労破面に残すため、作用応力範囲を半分程度にして5~20万回程度繰返し载荷することでビーチマークを残した。

(2) 疲労試験のケース

疲労試験のケースは、既往の論文³⁾を参考に6ケースを計画している。本論文では、表-1に示す3ケースについて報告する。疲労き裂が N_b および N_{10} の段階で、電動工具により表に示すICR処理を行った後に疲労試験を再開した。

＜疲労試験機、ひずみゲージと被覆銅線の貼付位置＞



＜疲労き裂の定義＞

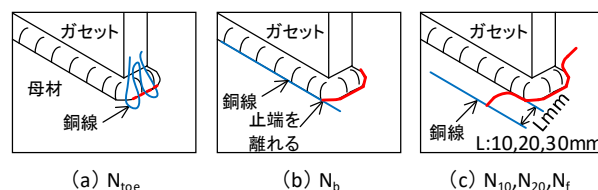


図-1 面外ガセットを用いた疲労試験の概要

表-1 疲労試験のケース

No	試験体	試験体の内容
1	as-welded 試験体 (R=-1)	ICR 処理を行っていない溶接のままの試験体。
2	N_b +ICR 試験体 (R=-1)	疲労き裂が N_b まで進展した段階で ICR 処理を行った試験体。
3	N_{10} +ICR 試験体 (R=-1)	疲労き裂が N_{10} まで進展した段階で ICR 処理を行った試験体。

＜ICR 処理の仕方＞
 電動工具：マキタ・HK180DRGX, 重量 約 3.4kg
 変速ダイヤル 3（振動数：約 32Hz）

3. 疲労試験の結果

(1) 疲労き裂近傍に生じる応力

疲労き裂がない段階では、図-2に示すように面外ガセットによる応力集中を受けるため、中央応力CH3の応力はCH1,CH2の平均応力に比べ応力が大きく、き裂が N_b や N_{10} に達すると中央応力は平均応力に比べ小さくなっていった。しかし、各段階でICR処理を行うことで、き裂がない段階と同程度の傾きに戻っていた。このことより応力が確実に伝達できており、表面のき裂は閉口していると推察される。ま

キーワード：電動工具、ICR 処理、疲労き裂、疲労強度、疲労破面、ビーチマーク

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

た、この傾向は既往の文献²⁾と同様の結果であった。

(2) 各試験体の結果

試験結果を表-2、図-3に示す。図には、試験体1と既往の結果²⁾を付記する。試験体1の N_f 時点では、JSSCの疲労強度等級でG等級であったが、試験体2の N_f はC等級であった。試験体3は3/1時点で疲労試験中であるが、ICR処理後に N_{10} までき裂が再開口しておらずC等級であった。電動工具によるICR処理することで4等級の疲労強度が向上し、約16倍の疲労寿命になると推察できる。この結果は、既往の結果に比べ疲労強度の向上が確認できた。

(3) 疲労破面の観察

疲労破面の一例を写真-1に示す。試験体1は、 N_{toe} 段階で複数の微細なき裂が確認された。疲労き裂は、溶接止端部で発生し板厚方向のき裂は8割程度で停留し、板幅方向にも進展していた。また、板厚方向に進展しながらガセットの下に潜り込むように長手方向に3次元的にき裂が進展していた。

試験体2は、 N_b から N_{10} 間で複数のビーチマークが確認でき、割れ、段差が確認された。試験体2については、今後SEM観察等を行ってき裂の進展状況を詳細に観察する予定である。

4. まとめ

- 1) 疲労き裂近傍の応力範囲は、き裂発生後に電動工具によるICR処理を行うことで、き裂が発生する前と同様に応力伝達ができていることを確認した。
- 2) 疲労き裂が N_b および N_{10} 段階で、電動工具によるICR処理を行った場合、as-weldedの試験体で N_f はG等級、ICR処理を行うことでC等級になり、4等級程度の疲労強度の向上が確認できた。
- 3) 疲労破面の観察から、疲労の起点は複数の微細なき裂が発生しており、き裂の進展は板厚の8割程度で停留し、板幅方向に進展していた。また、疲労き裂は、板厚方向に進展しながら、ガセットの下に潜り込むように3次元的に進展していた。

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) 石川敏之，山田健太郎，柿市拓巳他：ICR処理による面外ガセット溶接接手に発生した疲労き裂の寿命向上効果，土木学会論文集 A，Vol.66 No.2，pp.264-272，2010.6.

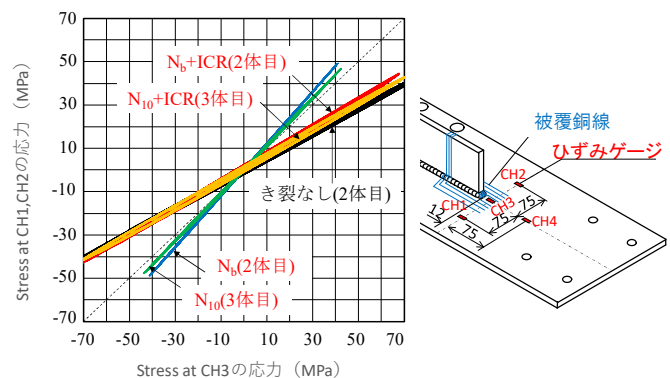


図-2 平均応力と中央応力の関係

表-2 疲労試験の結果

CASE	表面処理	応力範囲 (MPa)	繰返し回数(Cycle) $\times 10^3$				
			N_{toe}	N_b	N_{10}	N_{20}	N_f
1	as-welded	85	153	223	399	490	605
	as-welded	85	35	263	—	—	—
2	N_b +ICR	85	10,000				
		115	—	9,674	19,786	20,112	20,376
3	as-welded	85	17	148	440	—	—
	N_{10} +ICR	85	6,279	10,000	—	—	—
		115	—	2,163	10,000	—	—
		140	—	—	2,800 (継続中 3/1 時点)		

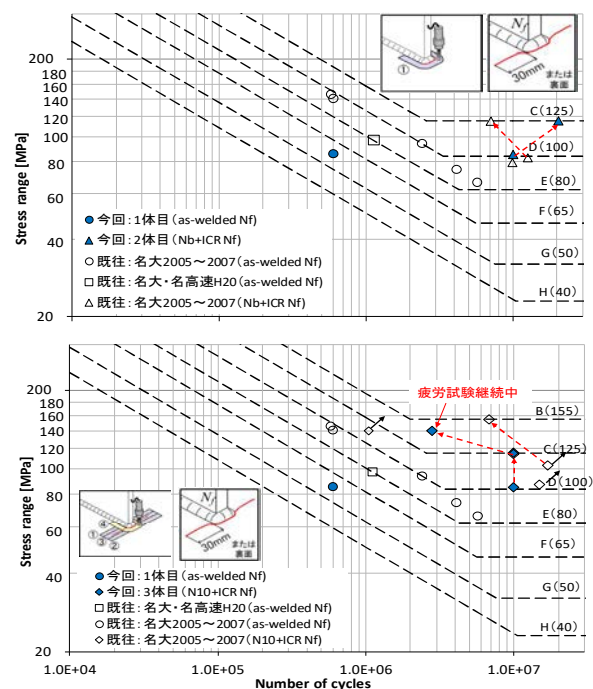


図-3 疲労試験の結果 (上:試験体2, 下:試験体3)

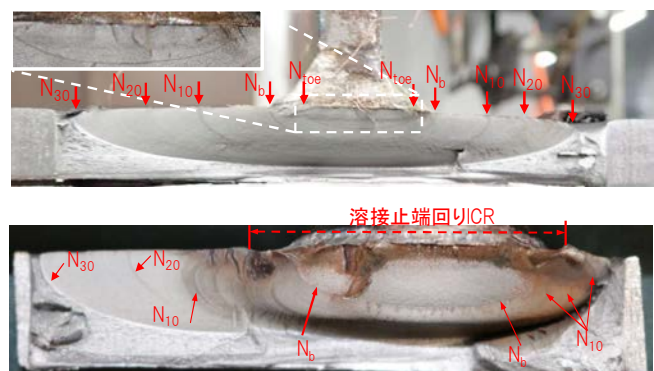


写真-1 疲労破面 (上:試験体1, 下:試験体2)