第I部門

高感度磁気非破壊計測による ICR 処理したき裂の進展の評価

関西大学 学生員 O大西 泰生,非会員 中谷 祐太,正会員 石川 敏之 岡山大学 非会員 塚田 啓二

1. はじめに

疲労き裂に対する補修工法の一つとして, 衝撃き裂閉口処 理(以下, ICR 処理)^{1,2}がある. ICR 処理とは, 疲労き裂 の近傍や直上をエアーツールで打撃し, き裂表面を閉口させ る方法である.

ICR 処理後のき裂閉口の施工確認として,磁気探傷試験 (MT)や浸透探傷試験(PT)などによる非破壊検査が行われて いる²⁾.しかし,ICR 処理はき裂表面の閉口処理であるため, MT では、き裂の指示模様が出る場合がある.また,PT で は、き裂表面が閉じていることの確認ができるが、打撃溝に 指示模様が出る場合があるため、適切な閉口処理確認が求め

られている.

本研究では、塗膜上からの疲労き裂の非破壊検査として、 鋼部材の腐食部の検出が非接触で行える極低周波渦電流検 査(以下, ELECT)^{3), 4)}を用いた高感度磁気非破壊計測を適用 する事を考えた. 文献 4)より, ELECT による、き裂閉口処 理効果の確認が明らかとなった. しかし, ICR 処理は鋼部材 の表面の閉口処理方法であるため、作用応力によっては部分 的にき裂の再開口する場合がある²⁾.

本研究では、試験体にき裂を発生させ、ICR 処理した後、 板曲げ疲労試験を実施し、ELECT による、き裂閉口処理効 果の再開口の評価の可能性を明らかにする.

2. ELECT の概要

ELECT は、極低周波の印加磁場を用いた鋼板の減肉板厚 を測定する方法として開発された³⁾.この方法では、プロー ブを固定して、複数の低周波の交流磁場を印加することで、 鋼部材深部まで渦電流を発生させている.極低周波磁場を印 加して鋼材に発生させた渦電流による発生磁場を高感度の AMR センサで検出し、複数の入力周波数に対して得られた 磁気強度と位相遅れを複素平面上にプロットした磁気スペ クトルが得られる(図-1).本研究では、ELECTの地際用プロ ーブで得た2つの周波数の差分ベクトル強度(図-1)を用いて、 損傷の評価を実施する.

地際用プローブを用いて,健全な鋼板および2枚の鋼板を 突合せて得た磁気スペクトルの一例(3,6,10,20,40Hzを 利用した例)を図-1 に示す.図では、3Hz の結果が原点となる様に補正している.図-1 に示すように、3Hz と 40Hz の差分ベクトル強度が突合せ部と健全部で大きく異なることがわかる.

対象とするき裂と ICR 処理方法

ICR 処理した後のき裂の進展を評価するために面外ガセット溶接継手を用いた. 試験体を図-2 に示す. この試験体の すみ肉溶接は等脚長 6mm とし,板曲げ疲労試験を行った.

き裂の定義として、まわし溶接部から主板部に 10mm 離 れた位置に到達した段階を N_{10} , 30mm 離れた位置に到達し た段階を N_{30} と定義した.本研究では、 N_{10} で ICR 処理を行 った後、疲労試験を実施し、 N_{30} に達した時点で終了とした.

ICR 処理範囲は先に主板部(I~III)を打撃し、その後まわ し溶接部(IV)を打撃した. N_{10} ~の ICR 処理では、まわし溶 接部で表面から深さ 1mm 程度き裂が閉口し、主板部では、 表面から深さ 2mm 程度まで疲労き裂が閉口する.

4. ELECT によるき裂閉口処理効果の確認

N₁₀のき裂を, ICR 処理した後, 応力範囲 Δσ=150N/mm²(R=



Taisei OHNISHI, Yuta NAKATANI, Toshiyuki ISHIKAWA and Keiji TSUKADA k947335@kansai-u.ac.jp

-1)で板曲げ疲労試験を実施し、処理後から N_{30} に達した時 点の 3-40Hz と 20-100Hz の差分ベクトル強度(ICR 処理前: Z_c, ICR 処理後: Z_{ICR},疲労試験終了後: Z_F)と止端から計 測したときの距離 x との関係を図-3 に示す.この図では、そ れぞれの差分ベクトル強度を損傷がない一般部の差分ベク トル強度 Z₀で無次元化している.図より、止端部(x=0)の ICR 処理後の 2 種類の周波数の差分ベクトル強度 Z_{ICR} はき裂表 面が閉口することで Z_c より向上していることが確認できる が、疲労試験後の差分ベクトル強度 Z_F は ICR 処理前の差分 ベクトル強度 Z_c と同等な結果となった.このように、き裂 が再開口・進展することにより、差分ベクトル強度が再び低 下することがわかった.

溶接止端部から 0mm(x=0)の差分ベクトル強度 Z を Z_c で除した比と ICR 処理後の繰返し回数との関係を図4に示す. 繰返し回数が 1 万回ほどで差分ベクトル強度が低下し, N₃₀ までき裂が進行しても差分ベクトル強度比が緩やかに低下 するのみであった.溶接止端部のき裂閉口部が小さい荷重に よっても部分的に開口するため,疲労試験初期に差に mm ベ クトル強度が低下するがその後の低下が緩やかになったと 考えられる.

 N_{10} のき裂を、ICR 処理後した、 N_{30} に達した時点の 3-40Hz と 20-100Hz の差分ベクトル強度と主板部で計測したときの 距離 x'との関係を図-5 に示す.この図からも、主板部におい て x'=0 の位置で ICR 処理後の差分ベクトル強度 Z_{ICR} が Z_C より向上しているが、疲労試験終了後の差分ベクトル強度 Z_F が再び低下していることがわかる.

主板部の x'=0 の位置の差分ベクトル強度と ICR 処理後の 繰返し回数との関係を図-6 に示す.この図からも, ICR 処理 後の繰返し回数の増加に伴い,差分ベクトル強度が徐々に低 下していることがわかる

5. まとめ

本研究では、極低周波電流検査を用いた、ICR 処理したき 裂の再開口の評価を行った. ICR 処理により、閉口したき裂 が荷重の繰り返しを受け、再び開口する場合も差分ベクトル 強度が低下することが明らかとなった.

参考文献

- 石川ら: ICR 処理による面外ガセット溶接継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.
- 家本ら:垂直補剛材廻し溶接部に対する ICR 処理2年後の追跡点検と非破壊検査方法,土木学会第69回年次学術講演会講演概要集,I-458, pp.915-916, 2014.



図-3 溶接止端部からの差分ベクトル強度の変化



図-4 差分ベクトル強度と ICR 処理後の繰返し回数との関係(x=0)





図-6 差分ベクトル強度と ICR 処理後の繰返し回数との関係(x'=0)

- K. Tsukada et al., Magnetic Detection of Steel Corrosion at a Buried Position Near the Ground Level Using a Magnetic Resistance Sensor, IEEE Transactions on Magnettics, Vol. 54, No. 11, 2018.
- 大西ら: ELECT を用いた ICR 処理のき裂閉口の確認, 鋼構造年次論文報告集第28巻, pp739-746, 2020.