

側面ガセット溶接継手に対する ELECT による疲労き裂検出

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

1. はじめに

重交通路線において、鋼橋の疲労き裂の発生が数多く報告されている。鋼橋の点検で塗膜割れを発見した場合、塗膜を除去して磁気探傷試験によって疲労き裂の発生を確認する必要があるが、塗膜割れのみでき裂が発生していない場合もあり、塗膜の上からき裂の発生の評価法が求められている。

本研究では、腐食部を非接触で感知が可能である高感度磁気非破壊の極低周波電流検査(以下、ELECT)^{1) 2)}を疲労き裂の非破壊検査に適用することを考えた。

本研究では、側面ガセット溶接継手に板曲げ疲労試験を実施し、ELECT による疲労き裂検出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¹⁾。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つの入力周波数の差分ベクトル強度を用いて、損傷の評価を実施する²⁾。

3. 面外ガセット試験体の計測

面外ガセット試験体に対して、ELECT による疲労き裂検出を検討されている²⁾。図-2 に示すように、溶接止端部から主板部に平行移動した位置を ELECT で計測した。計測で得た差分ベクトル強度の値(健全部の値で無次元化)と繰返し回数との関係を図-3 に示す。図には、溶接止端部から 5mm の位置のひずみゲージから得た応力範囲も示している。図に示すように、疲労き裂の進展によって、応力範囲の低下が見られたが、差分ベクトル強度の値も変化しているため、ELECT による疲労き裂

を検出できることが明らかとなった。

4. 側面ガセット試験体の計測

本研究では、面外ガセット試験体と異なる溶接継手として側面ガセット試験体³⁾を用いて、疲労試験を実施し、き裂を発生・進展させる。用いた試験体を図-4 に示す。試験体の材質は SM490 とした。

き裂の定義として、溶接止端に発生したき裂を N_{loc} 、まわし溶接部に進展したき裂を N_b 、主板部に 10mm 離れた位置を N_{10} とした。本研究では、片側の溶接部からのき裂が N_{10} に達した時点で疲労試験を終了した。

板曲げ疲労試験は、公称応力範囲 $\Delta\sigma=80\text{N/mm}^2$ で実施した。疲労き裂を計測面に発生させるために、自由端側のバネを押し下げて、応力比 $R=0$ で疲労試験を実施した。

ELECT で標準に設定されている印加磁場周波数 3-40Hz を用いて、図-4 に示すように、プローブを自由端側から固定端側に沿って、10mm 間隔で計測を実施した。き裂長さが N_{10} まで進展した試験体の各き裂長さ別の

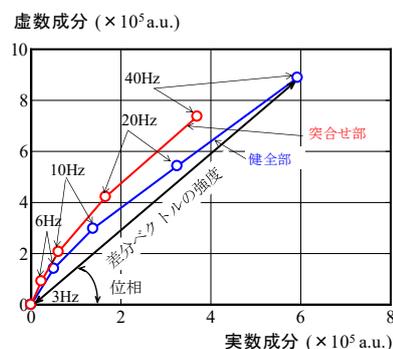


図-1 ELECT の磁気スペクトルの一例

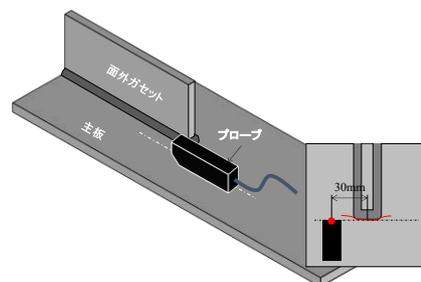


図-2 面外ガセット溶接継手試験体の計測位置²⁾

キーワード 疲労き裂, 渦電流, 磁気スペクトル

連絡先 〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-35 TEL.06-6368-0926

差分ベクトル強度と主板部からの距離との関係を図-5に示す。疲労試験前(AW), N_{loc} , N_b , N_5 および N_{10} の差分ベクトル強度をそれぞれ Z_{AW} , $Z_{N_{loc}}$, Z_{N_b} , Z_{N_5} および $Z_{N_{10}}$ とする。図には、各き裂長さの際に得た差分ベクトル強度を損傷がない試験体の中央付近の主板部の差分ベクトル強度 Z_0 で無次元化している。図に示すように、計測位置が負の領域($x = -50 \sim 0$)の差分ベクトル強度の値が高いことがわかる。この要因は、側面ガセットとその溶接部の溶着金属の影響であると考えられる。疲労き裂が発生・進展することで、主板部から $0\text{mm}(x=0)$ のき裂発生付近近傍の計測で得た差分ベクトル強度の値が低下することがわかる。溶接止端部から $50\text{mm}(x=50)$ の位置の差分ベクトル強度の値に差が大きく低下していたが、プローブの位置のずれによる影響である。

主板部から $0\text{mm}(x=0)$ の差分ベクトル強度の変化と繰返し回数との関係を図-6に示す。図には、溶接止端部から 5mm の位置のひずみゲージから得られた応力範囲の結果も示している。図に示すように、繰返し回数の増加に伴い、応力範囲の低下が見られたが、差分ベクトル強度の値も低下することがわかる。したがって、面外ガセット試験体の計測結果と同様に、本研究で用いた構造形式の試験体の計測結果も、ELECTによって得られた差分ベクトル強度の値の変化によって、疲労き裂の発生・進展を検出できることが明らかとなった。

5. まとめ

本研究では、側面ガセット試験体に疲労試験を実施し、高感度磁気非破壊の極低周波電流検査による疲労き裂検出を実施した。計測結果より、繰返し回数の増加に伴い、差分ベクトル強度の値が変化することが明らかとなった。したがって、本研究で用いた構造形式の試験体の計測でも疲労き裂の検出の可能性はある。

参考文献

- 1) 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 Magnetics, Vol. 54, No. 11, 2018.
- 2) 大西ら, 高感度磁気非破壊検査による疲労き裂の検出の試み, 構造工学論文集, Vol.67A, pp.-, 2021. (印刷中)
- 3) 柿市ら, 鋼板の側面にガセットプレートが溶接された継手への ICR 処理による疲労強度向上効果, 鋼構造年次論文報告集第 18 巻, pp39-47, 2011.

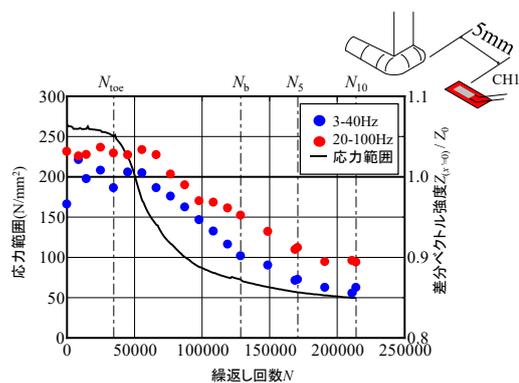


図-3 差分ベクトル強度と繰返し回数との関係²⁾

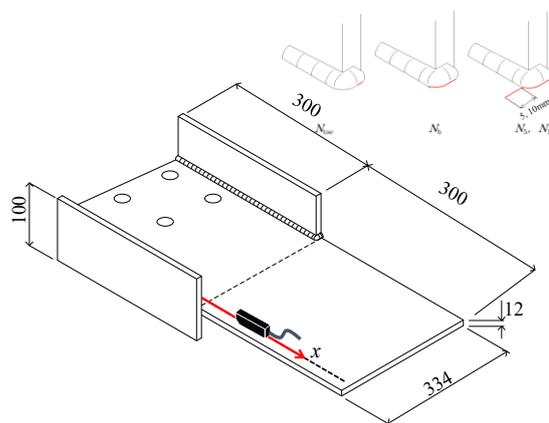


図-4 側面ガセット試験体³⁾

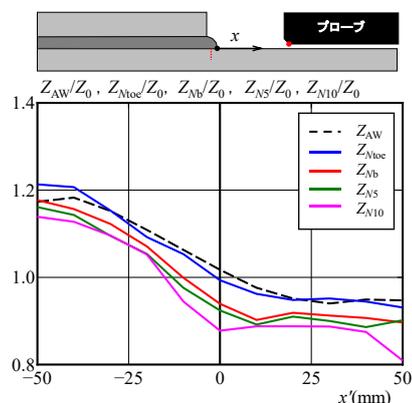


図-5 自由端側から固定端側に沿った計測

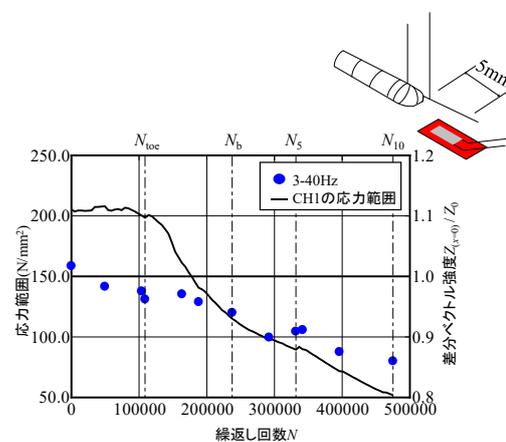


図-6 差分ベクトル強度と繰返し回数との関係