

渦電流探傷試験による塗膜下に進展する疲労き裂検出技術に関する研究

琉球大学 ○石川望 下里哲弘 田井政行
 (株)IHI 大橋タケル 瀬戸口雄介

1. はじめに

鋼橋の溶接継手部では、溶接止端部で疲労き裂が発生する場合がある。一般的に、疲労き裂の探傷には、図1-1に示すように塗膜割れが発生した個所について塗膜を除去し、磁粉探傷試験が行われる。しかしながら、塗膜割れが生じていたとしても、き裂が生じていない場合も多く、塗膜を除去することなくき裂を探傷できる技術が求められている。

疲労き裂検出技術として渦電流探傷試験¹⁾がある。渦電流探傷試験は、電磁誘導作用を用いた手法を利用したき裂の検出を行う非破壊試験方法である。図1-2のようなキャリブレーション用平板のスリットにおいて、き裂がない場合の溶接止端部では渦電流探傷の応答は斜め方向、き裂ありの溶接止端では垂直方向の応答を示すことを確認している(図1-3)。しかしながら、溶接止端形状が複雑であることに起因する誤検知に対する対策や塗膜割れ下き裂の探傷性能については十分検討されていない。

そこで本研究では、止端形状の影響を考慮した探傷方法の検討を行った。また、塗膜割れ下き裂の検出性能についても検討を行った。

2. 止端形状の影響を考慮した探傷方法の検討

2. 1. 渦電流探傷試験でのき裂応答についての探傷方法

後述する探傷角度 60° で事前に計測を行い、き裂ありの応答を示した試験体1体とき裂を有する試験体1体を用いて探傷方法の検討を行った。

図2-1のように溶接止端部に対してプローブを当て、3つ計測点を取り、1箇所につきプローブを10往復させて計測を行った。このとき、図2-2に示す探傷角度 0° 、 45° 、 30° 、 60° 、 90° の5つの角度でき裂探傷を行い、溶接止端形状の影響を受けない探傷方法の検討を行った。また、探傷時の周波数は 160kHz とした。

2. 2. 探傷角度の影響

図2-3に探傷結果を示す。いずれのケースにおいても、探傷角度が $45^\circ\sim 90^\circ$ の場合、き裂検出時の応答を示した。一方、 0° や 30° ではき裂なしの試験体ではき裂検出時の応答を示さず、き裂ありの試験体でのみき裂検出時の応答を示した。このことから 0° から 30° で探傷を行うことで止端形状の影響を受けずに探傷が行える可能性があるといえる。

3. 塗膜割れ下き裂検出性能の検証

本研究で用いた試験体を図3-1に示す。载荷条件は、試験体①では荷重範囲 70kN 、载荷周波数 5Hz 、試験体②では荷重範囲 35kN 、载荷周波数 5Hz とした。その結果、表1に示すように塗膜割れは①-3、①-4、②-1で発生したことから、これらについて探傷を実施した。なお、探傷角度は、探傷角度は、 0° 、 30° 、 60° 、探傷における周波数は2.1と同様に 160kHz とした。

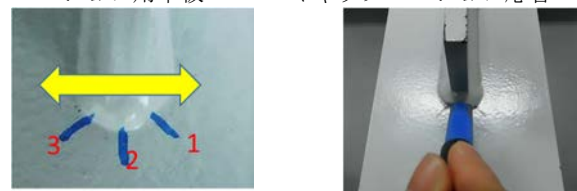


図1-1 溶接継手部の疲労き裂



図1-2 キャリブレーション用平板

図1-3 キャリブレーション応答



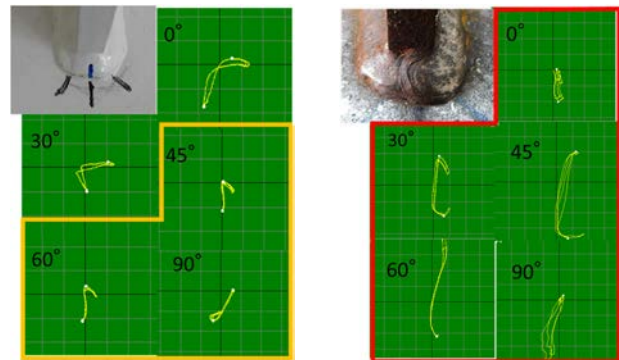
(a) 探傷箇所

(b) 当て方

図2-1 探傷方法



図2-2 プローブの角度



(a) き裂なし

(b) き裂あり

図2-3 探傷結果

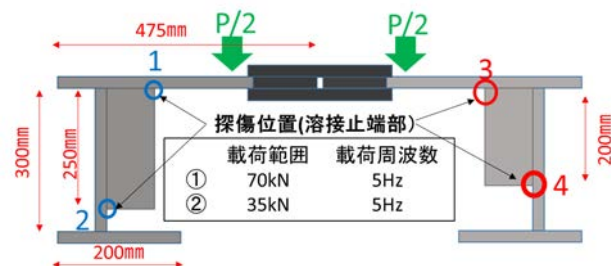


図3-1 疲労試験

キーワード 渦電流探傷試験, 塗膜割れ, 疲労き裂検出

連絡先 琉球大学工学部工学科社会基盤デザインコース (〒903-0213 沖縄県中頭郡西原町千原1番地)

3. 1. 塗膜割れ下のき裂有無に対する検証

(1) 探傷位置①-3：デッキ側溶接止端部

①-3では、図3-2に示すように5万回載荷時点で約8mmの塗膜割れが発生した。渦電流探傷試験では探傷位置2において、0°、30°、60°のいずれの探傷角度においても垂直方向の応答を示しており、き裂が発生していると考えられる。試験終了後塗膜を除去し、MT試験を実施した結果、き裂の発生が確認されたことから、渦電流探傷試験によって塗膜割れ下のき裂の有無の探傷ができたと考えられる。

(2) 探傷位置①-4：ウェブ側溶接止端

①-4では、図3-3に示すように8万回載荷時点で約5mmの塗膜割れが発生した。渦電流探傷試験では探傷位置1において、30°、60°の探傷角度において垂直方向の応答を示し、11万回載荷時点では0°、30°では垂直方向の応答を示したが60°では応答が小さくき裂と判断できなかった。13万回載荷時点で塗膜を除去し、MT試験を実施した結果、き裂の発生が確認されたことから、0°、30°の角度では、き裂の発生を示す応答が得られたと考えられる。

(3) 探傷位置②-1：リブ上端側溶接止端

②-1では図3-4に示すように45万回載荷後に約3mmの塗膜割れが発生したため疲労試験を終了し、塗膜除去後にMT試験を実施した。塗膜除去前、除去後に渦電流探傷を行ったがいずれもき裂の応答は得られなかった。MT試験ではき裂の発生が確認できた。渦電流試験によりき裂の応答が選らなかつた理由としては、リブ側コバ面角部の形状の影響で探傷プローブが十分に接触できなかった可能性が考えられる。

3. 2. 塗膜下のき裂先端に対する検討

塗膜下き裂の検討には、塗膜除去前に渦電流探傷を行い、塗膜下に進展したき裂の先端位置を推定した。その後、塗膜を除去し、MT試験を行い、き裂先端推定位置との比較を行った。

(1) 探傷位置①-3：リブ上端側溶接止端

疲労試験11万回載荷後に図4-1で示すように①-3のリブ側において塗膜割れが発生した。ここで渦電流探傷試験の結果から、推定したき裂位置とMT試験による結果を比較したところ概ね一致したため、塗膜下のき裂の先端位置の探傷可能であると考えられる。

4. まとめ、今後の課題

- 1) 疲労き裂に対しプローブの角度を0°、30°とすることで止端形状の影響を受けない可能性が示唆された。
- 2) デッキ側及びウェブ側の溶接止端に発生した塗膜割れ下の疲労き裂の有無を検出可能である。
- 3) リブ側の溶接止端に沿って進展した塗膜下の疲労き裂の先端位置は角度を変えて渦電流探傷試験を行うことにより精度良く推定できる。

今後の課題としては、様々な条件下の亀裂の探傷データを蓄積し、探傷可能なき裂サイズ・深さについて検討を行う必要がある。

参考文献

- 1) 大橋ら：鋼橋における塗膜下のき裂を対象とした多チャンネル渦電流探傷システムの開発，第75回土木学会年次学術講演会，VI-574，2020。

表1 試験体一覧

試験ケース	探傷位置			
	デッキ側1	ウェブ側2	デッキ側3	ウェブ側4
①	母材側 貫通き裂 (対象外)	塗膜割れなし	塗膜割れあり	塗膜割れあり
	リブ側	塗膜割れなし	塗膜割れなし	塗膜割れあり
②	母材側	塗膜割れなし	塗膜割れなし	塗膜割れなし
	リブ側	塗膜割れあり	塗膜割れなし	塗膜割れなし

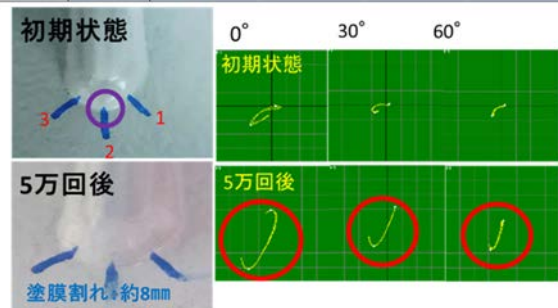


図3-2 ①-3 結果

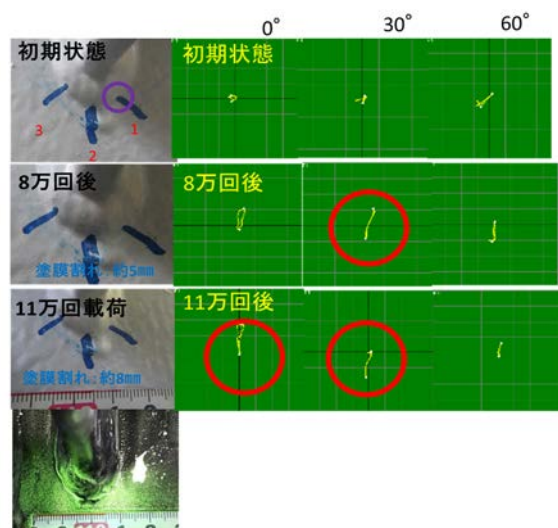


図3-3 ①-4 結果

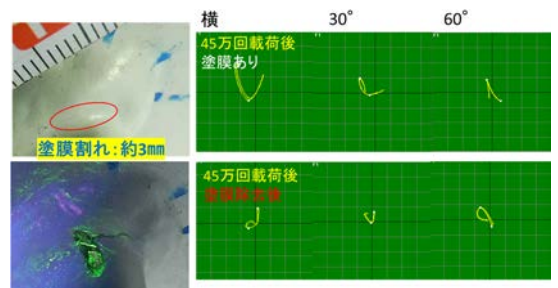


図3-4 ②-1 結果

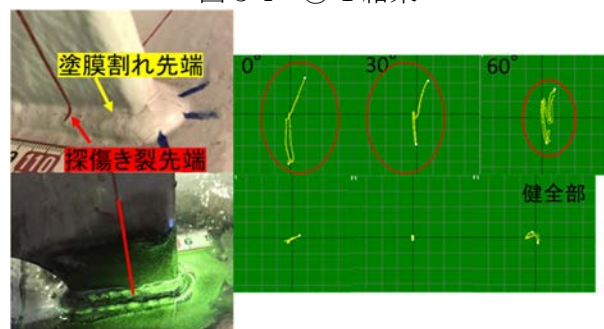


図3-5 ①-3 リブ側結果