垂直補剛材上端部の疲労き裂に対する渦電流探傷試験の検出能力向上の試み

（株）日本工業試験所　正会員　○松元 伸明
正会員　L. H. Ichinose
関西大学　正会員　坂野　昌弘

１．はじめに

近年，鋼橋において疲労き裂と疑われる塗膜割れが多数発見されており，現在これらの箇所全てが磁粉探傷試験（MT）の対象となっている．調査箇所数が膨大になる場合，塗膜割れ箇所の全数調査には時間と費用がかかるため，き裂調査の効率化が求められている．

既往の研究で，実橋で渦電流探傷試験（ET）を用いた疲労き裂検出の効率化の試みがなされた事例があるが，特に数が多い損傷パターン④の垂直補剛材上端部に発生する疲労き裂については，見逃し率が約 40％であったと報告され，課題として残っている[1]．そこで本研究では垂直補剛材上端部のき裂に着目し，S/N 比を改善した新型プローブで ET の性能検証を行った．

２．実験方法

（１）試験体

垂直補剛材上端部の疲労き裂を再現するため，2 体の試験体を製作し，補剛材上端部の廻し溶接部（上下左右×2 体で合計 8 箇所）を試験対象箇所とした．(**図-1**)

（２）プローブについて

従来 ET に使用していたプローブは，廻し溶接部コバ面のように断面が急変する箇所でのノイズ信号が大きかったため，その適用は難しかった．本試験で使用した新型プローブは，狭隘の廻し溶接部で使用でき，かつ疑似信号が少ない新型のプローブ[2]として，4 年前に当社と ACTUNI（株）が共同開発したものである．

（３）試験方法

図-1 に示す試験体の廻し溶接部に荷重が集中するように載荷棒を設置して疲労試験を行い，廻し溶接部からき裂を発生させた[3]．**写真-1** に載荷状況を示す．

疲労試験前と疲労試験中 2 万回毎に ET 波形を取得して，ET でき裂が検出されるまで疲労試験を続け，き裂が検出された時点で，MT でき裂の有無と長さの確認を行った．

３．試験結果および考察

試験結果を**表-1** に示す．ET により，8 箇所中 7 箇所でき裂有と判定され，MT では全ての箇所でき裂指示が検出された．ET でき裂無と判定した箇所では，MT によりコバ面に 7 mmのき裂が確認された．

ET と MT の結果を比較すると，8 箇所中 7 箇所で的中し，見逃しが 1 箇所（見逃し率 12％）であった．き裂長さが 10 mm以上の場合は，5 箇所全て的中したが，10 mm未満のき裂は 3 箇所中 1 箇所で見逃し（見逃し率 33％）があった．

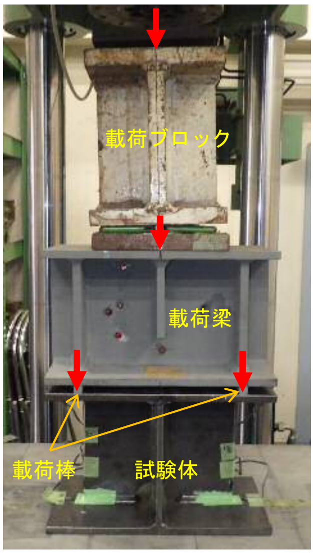


写真-1 載荷状況

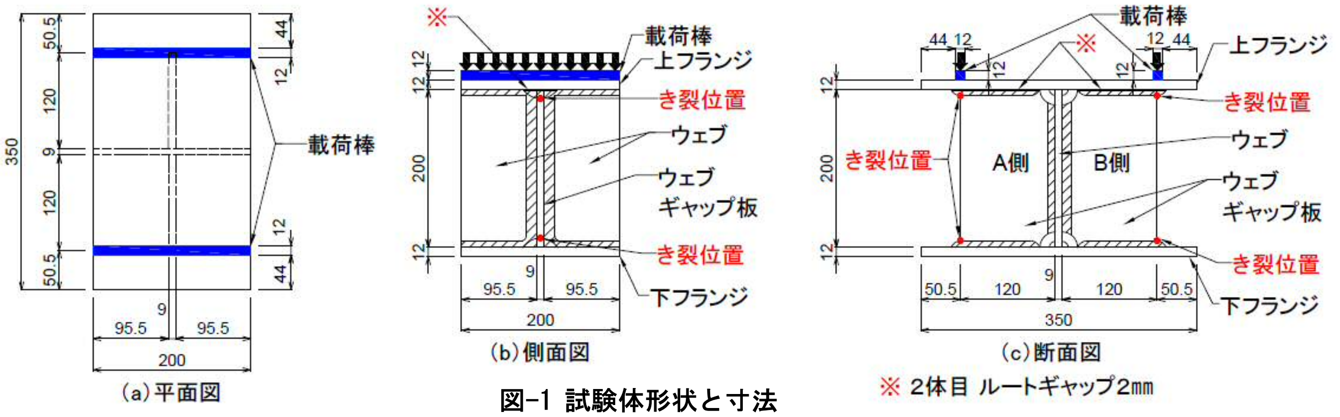
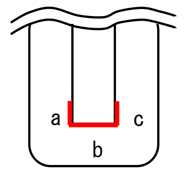


図-1 試験体形状と寸法

キーワード　鋼橋，非破壊検査，渦流探傷試験，磁粉探傷試験，疲労き裂，維持管理
連絡先　〒553-0002 大阪市福島区鷺洲 2 丁目 12 番 17 号 (株)日本工業試験所 TEL. 06-6453-7221

表-1 試験結果 － ＥＴとＭＴの比較

試験体No.	1体目				2体目			
載荷位置	上側		下側		上側		下側	
	A側	B側	A側	B側	A側	B側	A側	B側
ET判定（き裂）	有	有	無	有	有	有	有	有
ET判定回数（万回）	10	10	16	8	6	6	6	4
MT判定（き裂）	有	有	有	有	有	有	有	有
MTき裂長 a+b+c（mm）	0+9+3	3+9+5	0+7+0	2+9+0	0+6+0	0+9+6	1+5+4	0+5+0



き裂位置

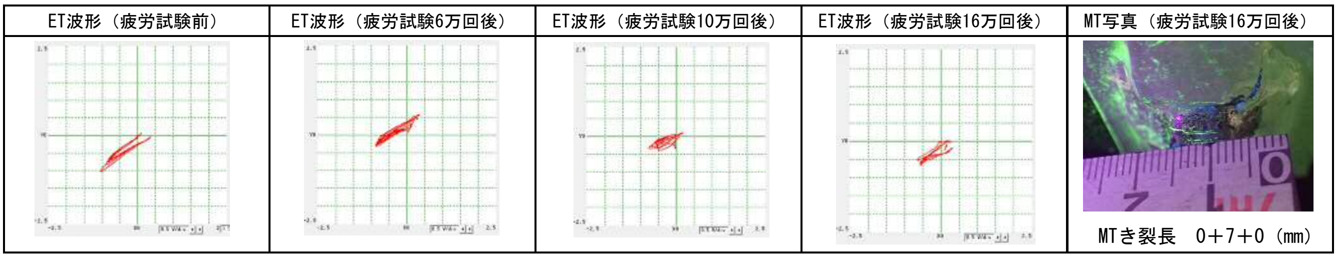


図-2 ＥＴ「き裂無」判定箇所（1 体目-下側-A 側）のＥＴ波形およびＭＴ写真

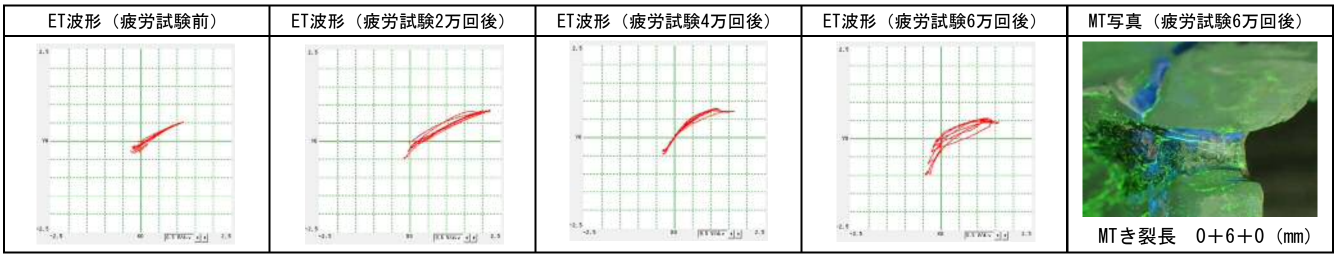


図-3 ＥＴ「き裂有」判定箇所（2 体目-上側-A 側）のＥＴ波形およびＭＴ写真

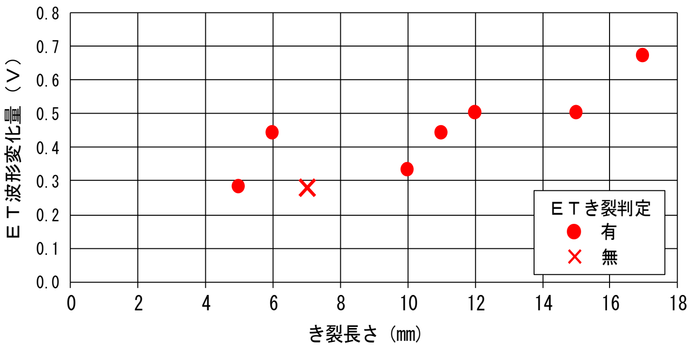


図-4 き裂長さとＥＴ波形変化量の分布図

ET でき裂無と判定された「1 体目-下側-A 側」では，ET 波形（図-2）で示すとおり，疲労試験前から 16 万回まで、ET 波形に変化がほとんど見られなかったが，16 万回載荷後に，MT を実施してみると，き裂が確認された．ほぼ同じ長さのき裂が MT で確認された「2 体目-上側-A 側」では、疲労試験 6 万回で ET 波形（図-3）に微細な変化が確認され，き裂有と判定された．

き裂長さが長ければ，ET 波形の変化（円弧状に変化したときの矢高の高さ）が大きくなる傾向（図-4）があり，き裂長さが 10 mm以上（ET 波形変化量が 0.3V 以上）であれば，新型プローブで全てのき裂が見逃しなく検出できている．

４．まとめ

本研究で，疲労試験で発生させた垂直補剛材上端部のき裂に対して，新型のプローブを用いて検出性能の検証を行った．その結果，長さが 10 mm以上の 5 箇所のき裂に対しては見逃し無し，10 mm未満のき裂に対しては，見逃し率を 1/3 程度に低下できることが確認された．き裂長さが 10 mm以上であれば，新型のプローブを使用して，全てのき裂が見逃しなく検出できた．

今後の課題として「き裂有」と判定した波形の特徴を定量的に評価し，き裂有無の判定を定量化できるようにするために，種々の検証を行っていく方針である．

謝辞

疲労試験に際して，当時関西大学 4 年生の奥山亮太氏にご協力頂きました．ここに感謝の意を表します．

参考文献

1) 一ノ瀬，水江，坂野：渦流探傷試験を用いた鋼橋の疲労き裂調査の効率化に関する検討（その２），鋼構造年次論文報告集，第 23 巻，pp.356-363，2015.11.
2) 栗原，福島，村野：渦流探傷試験を用いた鋼橋のき裂検出効率化の検討，土木学会第 69 回年次学術講演会，pp.329-330，2014.9.
3) 奥山，坂野：垂直補剛材上端部とソールプレート前面溶接部の疲労き裂の再現，第 15 回機械，構造物の強度設計・安全性評価に関するシンポジウム，材料学会，pp.9-12，2017.11.