渦電流探傷試験の実橋検証結果と課題

首都高技術株式会社　　正会員　○富田　大樹
首都高技術株式会社　　正会員　　浅川　優太
首都高技術株式会社　　非会員　　木下　剛

1．はじめに

道路構造物の老朽化が進行し，損傷数の増加が懸念されている．特に，鋼構造物における疲労き裂は，落橋につながる重大な損傷であるため，損傷数が増加する中でも見逃してはいけない損傷である．

現在，首都高速道路の保守点検では，鋼部材のき裂の検出方法として磁気探傷試験(以下，MT と称す)を用いている．しかし空振りが多いこと，塗膜除去作業があることから，効率面で課題があった．これからの非破壊検査は，検査の有効性だけではなく，効率的で作業環境にも配慮したものでなくてはならない．

渦電流探傷試験(以下，ET と称す)は，ハツリ作業がなく，高速探傷が可能であることから，効率的にき裂を検出する新たな技術として期待されている．しかし，正確にき裂寸法の計測が出来ないこと，探傷作業に一定のノウハウが必要等の理由により，首都高速道路の保守点検業務では本格的な運用には至っていない．

首都高技術では，過年度より，現場での本格適用に向けてデータの蓄積と検証作業を進めてきた．本稿では 2022 年度に実施した実現場検証結果と，今後の課題について報告する．

2．渦電流探傷試験（ET）について

ET は MT と同様に，表面きずを検出する非破壊検査手法の 1 つである．一般的に，導電性のある細径の配管の保守検査等に用いられている．

これまで溶接部の保守点検に ET が適用されてこなかった理由の 1 つとして，き裂からの信号の識別が困難であったことが挙げられる．識別に必要なデータの蓄積が少なく，結果の良否の判断が正確に行うことが出来なかったためである．溶接部に ET を適用するためには，き裂からの信号と，形状に起因する疑似信号の識別に関わるデータの蓄積と，点検自体が困難である箇所の選別が重要である．

3．探傷器（Mobile EDDy®）

今回の現場検証には，㈱IHI 検査計測社製の Mobile EDDy®を使用した（**図-1**）．探傷機本体と制御用タブレットは独立しており，Bluetooth 接続が可能なため，現場での持ち運びに優れている．使用するプローブは一様化方式を採用しており，一般渦流方式と比較して，表面形状の影響を受けにくく，高速探傷が可能である．また，AI による判定補助機能が搭載されており，3段階のリアルタイム評価が可能となっている（**図-2**）．

4．現場検証

ETの適用は効率化を目的としているため，今回は以下の各項目に着目して検証を行った．

① 適用困難箇所の抽出
② 検出限界き裂長さの確認
③ 調査速度の確認
④ 検査員判定とAI判定の整合性の比較

図-1　探傷器（mobile eddy）

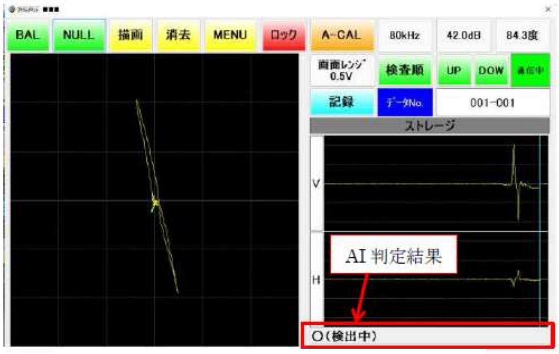

図-2　波形表示と AI による判定画面

キーワード　橋梁，点検，き裂，非破壊試験，渦電流探傷試験
連絡先　　〒104-0041　東京都中央区新富一丁目 1 番 3 号　首都高速道路㈱新富分室 5 階　ＴＥＬ03-3552-6832

© Japan Society of Civil Engineers

５．検証結果

(1) 適用困難箇所の抽出

溶接終始端部は，アークの安定性の低下から，アンダーカット，オーバーラップ，ブローホールなどの溶接欠陥が発生しやすい部位になる．アンダーカット部と健全部の波形信号を図-3 に示す．これらの波形信号は判別が非常に困難であり，過検出もしくはき裂の見逃しにつながる．外観形状は様々なものがあり，適用困難箇所として数値による閾値を設けるのが困難であるが，道路橋示方書 [1]など，既存の溶接外観基準を可否の基準にすれば一律の選別が可能になると考える．

(2)検出限界長さの確認

ET は平板に発生したき裂を検出する能力は高く，過年度に実施した検証結果では，図-4 に示す 3mm の母材進展き裂を確認することができた．しかし溶接ビード上の探傷では凹凸の影響を排除しきれないため，今回の検証では 1～9mm の微細なき裂を見逃す結果となった．よって現段階では 10mm を閾値とし，それを超えるものは検出可能であると考えるのが妥当と考える．

(3)調査速度の確認

MT は目視による塗膜ワレの確認後，塗膜除去，仕上げ，磁化の工程がある．更に黒色磁粉を使用しているのでバックグラウンドの形成のためコントラスアップの塗布作業がある．その乾燥時間を含め 1 箇所 MT を適用するのに合計 10 分程度の時間を要する．それに対して ET は 1 箇所平均 2 分程度で実施が可能であることを確認した．MT と比較して約 1/5 の時間で探傷作業が出来た．

(4)検査員判定と AI 判定の整合性の比較

前述の通り，ヒューマンエラー防止と検査精度向上を図るための補助的機能として，本装置には AI 機能が搭載されている．今回，検査員判断と比較して過検出傾向にあることを確認した．理由としては安全側に配慮した判断の仕組みになっていることや，AI 構築の際のデータ量が不足していたことが考えられる．

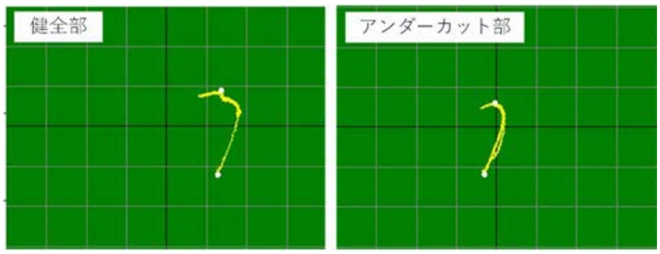

図-3　健全部とアンダーカット部の波形

6. 検証結果の分析と課題

検証を行った544箇所の検証結果を表-1に示す．AI判定結果は採用せず，検査員による判定のみを採用した結果，安全側判断の過検出を含む一致率94%を達成した．見逃し判定は6%となったが，前述の通り，溶接形状に起因するき裂や10mm以下のき裂によるものである．今後，保守点検でETを運用する場合，今回の検証結果を鑑みて，10mm以下のき裂の取り扱いに注意を払う必要がある．

ET は MT と違い，結果を直接視認することが出来ないため，得られた ET 信号の誤認を極力なくす必要がある．そのために，AI 機能の上手な活用と技術者育成をいかに進めていけるかが今後の課題として残る．

７．おわりに

日本社会の労働人口の減少や担い手不足は深刻であり，今後，点検業務においても従事者の減少や高齢化が進んでいくものと考えられる．そのような背景があるなか，首都高速道路の保全維持業務を進めていくためには，効率化を更に進めていかなくてはならない．現在，首都高技術では前述の課題を克服するために，資格取得の推進と，新たなAIシステムの現場検証作業を進めている．

参考文献

1) ㈳日本道路協会：道路橋示方書・同解説 II 鋼橋・鋼部材編 2017.

図-4　検出できた 3mm の母材進展き裂と波形信号

表-1　検証結果

凡例	検証結果	検査箇所	合計		
一致	ET き裂有 / MT き裂有	100	438	80.5%	94.3%
	ET き裂無 / MT き裂無	338			
ET誤検知(過検出)	ET き裂有 / MT き裂無	75	75	13.8%	
ET見逃し (性能限界)	溶接形状に起因	19	31	5.7%	5.7%
	塗膜割れ10mm以下	12			
合計		544	544	100.0%	100.0%