

極低周波渦電流探傷法を用いた鋼構造物の腐食減肉率計測結果の特性検証

神鋼検査サービス(株) 正会員 ○中村 柁輝
正会員 佐々木 昇

1. はじめに

鋼構造物に発生する腐食やき裂を検出する技術の一つに「極低周波渦電流探傷法 ELECT : Extremely Low-frequency Eddy Current Testing」が報告されている。当社では橋梁等の鋼構造物への非破壊検査手法の拡充を図るため、ELECT を原理とする地際腐食検査器 GMD-01(ACTUNI(株)製)を導入した。本実験では、ELECT の推定腐食減肉率計測結果の特性検証を目的として、腐食減肉が発生している鋼構造物に対して、超音波厚さ測定と ELECT による測定の結果を比較した。

2. 測定手法

2-1. 超音波厚さ計を用いた板厚測定

本実験で用いた超音波厚さ計(OLYMPUS 製)を写真 1 に示す。原理は超音波探傷試験(UT)であり、局所的な腐食部の最小板厚をより精度良く測定するためペンシル型プローブを使用した。



写真 1 超音波厚さ計

2-2. 極低周波渦電流探傷法 ELECT

ELECT の測定原理の概要を図 1 に示す。磁気センサプローブの中に一定の距離・角度に保たれた高感度磁気センサが 2 つ配置されており、それぞれのセンサで

検出した渦電流の変化量の比から腐食減肉率および腐食位置(深さ)を推定できる。地際腐食検査器 GMD-01 の全景を写真 2 に示す。本装置は検査器用バッテリー、検査器本体、磁気センサプローブ、プローブ用ケーブル、検査ソフト用 PC、キャリーケースから構成されている。

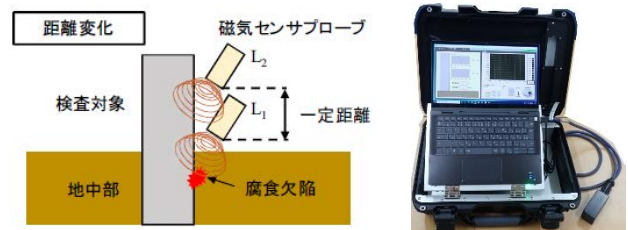


図 1 ELECT の概要 1)

写真 2 GMD-01

3. 測定結果

今回の検証では、大阪府 八尾土木事務所から借用した腐食減肉が発生している道路照明柱を試験体として用いた。照明柱基部の表面状態を写真 3 に示す。超音波厚さ計を用いて、照明柱腐食部の最小板厚を得るために円周方向に 15 度間隔、地際から深さ 50mm までを 10mm 間隔で計測した結果を表 1 に示す。×印で示してある箇所は、除去しきれなかった錆や固着物の影響で超音波が十分に入射しなかったことにより測定できなかったと考えられる。一方、GMD-01 を用いた測定では、照明柱基部のリップ間中心かつ地際線上に磁気センサプローブの端面を設置し 90 度間隔で 4 か所を計測した。1 か所の計測が十数秒で完了するため、素早く腐食減肉率を推定することができる。

4. 考察

腐食を有する部材の耐荷性能の評価には、平均板厚²⁾、

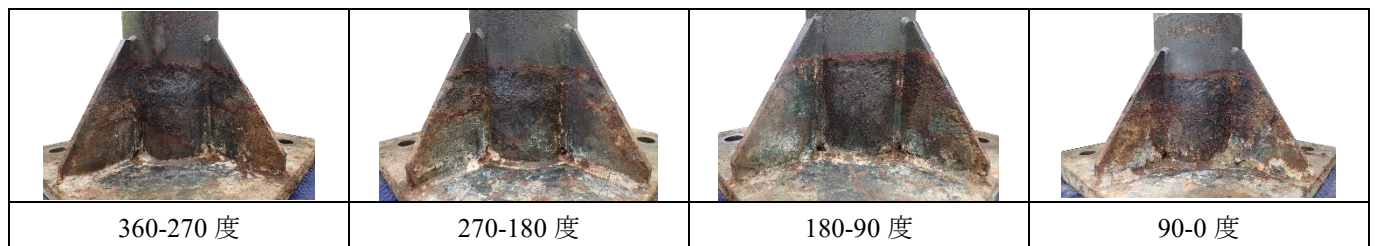


写真 3 道路照明柱基部の表面状況

キーワード 鋼構造物, 道路照明柱, 腐食, 非破壊検査, 超音波探傷, 渦電流探傷

連絡先 〒676-8670 兵庫県高砂市荒井町新浜 2 丁目 3 番 1 号 神鋼検査サービス(株) 技術部 TEL:079-445-7272

表1 超音波厚さ計を用いた最小板厚測定結果

深さ [mm]	角度[deg]																							
	345	330	315	300	285	270	255	240	225	210	195	180	165	150	135	120	105	90	75	60	45	30	15	0
0	4.50	4.40	4.43	4.47	4.57		4.40	4.40	4.40	4.43	4.40		4.30	4.40	4.40	4.43	4.57		4.40	4.40	4.40	4.30	4.27	
10	×	1.93	3.10	2.50	2.80		3.83	3.40	4.47	3.40	3.53		4.20	3.87	4.10	4.03	4.23		×	4.20	3.43	4.37	4.30	
20	×	2.07	1.60	2.60	1.90	リ	×	3.10	2.80	×	×	リ	4.30	3.90	4.10	3.90	4.30	リ	×	4.33	3.60	3.23	×	リ
30	×	3.90	2.77	2.70	3.80	ブ	×	×	2.80	3.33	4.40	ブ	4.40	4.20	4.30	4.20	4.37	ブ	×	×	×	4.40	4.10	ブ
40	×	4.30	4.30	×	×		×	4.40	4.10	4.20	4.53		4.30	4.43	4.40	4.30	4.50		×	×	4.37	4.20	4.23	
50	×	×	×	×	×		×	×	4.10	4.30	4.30		4.33	4.50	4.43	4.40	4.30		×	×	4.30	4.30	×	

平均腐食量²⁾、板厚減少率²⁾のような腐食パラメータを用いることが知られている。本実験では超音波厚さ計による最小板厚測定の結果を真値として、ELECTで得られた推定腐食減肉率の特性を検証するために、超音波厚さ測定の結果から板厚減少率を算出した。表1に示した値からリブ間(90度範囲)の4エリアの平均板厚を算出したのち、照明柱健全部の板厚(初期板厚):4.4mmから平均板厚を減じた値を平均腐食量と設定し、エリア毎に平均腐食量を求めた。算出結果の一覧を表2に示す。

表2 リブ間の平均板厚および平均腐食量

範囲[deg]	平均板厚[mm]	平均腐食量[mm]
360-270	3.32	1.08
270-180	3.96	0.44
180-90	4.28	0.12
90-0	4.16	0.24

続いて、平均腐食量の初期板厚に対する比である板厚減少率の算出値とELECTの推定腐食率の測定値を併せて表3に示す。

表3 超音波厚さ測定およびELECTの評価結果

範囲 [deg]	超音波厚さ測定 板厚減少率[%]	ELECT 推定腐食減肉率[%]
360-270	24.5	28.0
270-180	10.0	17.5
180-90	2.7	2.7
90-0	5.3	9.1

表3より、超音波厚さ測定から算出した板厚減少率とELECTで計測した推定腐食減肉率が同様の傾向を示した。一方で、ELECTは過大気味に評価したとも捉えられる結果になった。なお表1における×箇所は、その周囲の測定点の減肉度合いからある程度の腐食減肉が発生していると推定される。したがって、×箇所の測定ができていれば超音波厚さ測定の結果から求められる板厚減少率は増加してELECTの評価結果に近づくと予想することができる。実際、エリア内の全ての測定点で最

小板厚を測定できた180-90度においては、超音波厚さ測定とELECTの計測結果が同等であることがわかる。以上より、ELECTで出力される推定腐食減肉率は板厚減少率として扱うことができると考えられる。また、目視による腐食部の観察からも360-270度の範囲で最も腐食が発生していたことがわかり、ELECTの評価結果の妥当性を確認することができた。

5. まとめ

腐食減肉が発生している鋼構造物に対して超音波厚さ測定結果とELECTの測定結果を比較することで、ELECTで計測した推定腐食減肉率の特性を検証した。本実験で得た知見を以下に示す。

- 今回の実験では超音波厚さ計を用いて120箇所の最小板厚を測定し板厚減少率を算出したが、ELECTでは4箇所の測定で簡単に推定腐食減肉率を求めることができた。
- 超音波厚さ測定から算出した板厚減少率とELECTで得られた推定腐食減肉率は同等であった。

6. 今後の展望

橋梁等の鋼構造物で全断面に対する腐食減肉率の分布を耐荷性能の評価指標として用いる仕組みが整えば、ELECTの計測結果を腐食部材の耐荷力評価に有効活用できる可能性があると考えられる。

謝辞

本検証で用いた道路照明柱は大阪府八尾土木事務所殿からお借りした。また、ELECTに関しては岡山大学の塚田啓二名誉教授、関西大学の石川敏之教授にご指導をいただいた。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 塚田啓二：磁気センサを用いた社会インフラ劣化診断技術、第24回表面探傷シンポジウム講演論文集、pp.1-6、2021
- 日本鋼構造協会：第8章 腐食損傷の点検・診断と補修・補強、土木鋼構造物の点検・診断・対策技術—2017年度改訂版—、pp.220-221、2017