

地際腐食損傷の非接触・自動非破壊検査による平均腐食深さの推定 (その2)

ー推定損傷深さの限界値と平均腐食深さの精度ー

東京鐵骨橋梁 フェロー ○入部 孝夫 正会員 細見 直史 藤井淳平
九州大学大学院 フェロー 貝沼 重信 日本電測機 永野 徹 山田 隆明

1. はじめに 道路標識・照明支柱や鉄塔、鋼製橋脚の基部などの地際部では、マクロセル腐食により著しい腐食損傷が生じる。この地際腐食損傷を検査するには、コンクリートのはつり作業や塗膜の除去などの煩雑な作業を要する。そのため、著者らは、渦流探傷検査（以下、ECT）の探傷波形の非線形回帰分析により非接触で鋼材地際部の残存板厚が推定可能な非破壊検査法を提案した¹⁾。本研究では、自動非破壊検査による検査精度および効率の向上を図るため、非線形回帰分析により推定可能な地際損傷深さ、およびその平均腐食深さの推定精度を実際の地際腐食検査データを用いて検討した。

2. 対象構造物 実際の地際腐食検査データには、供用年数の異なる2種類の角形鋼製支柱に生じた地際腐食損傷部の ECT 探傷波形を用いた。対象構造物を図-1に示す。支柱Aの支柱幅は190mm、板厚は4.5mm、供用年数は27年（1987年1月設置）である。また、支柱Bの支柱幅は155mm、板厚は4.5mm、供用年数は19年（1995年3月設置）である。支柱の基礎コンクリート上には、約30~70mm厚さの土壌が堆積しており、地際腐食は支柱の土壌地際部で生じていた。

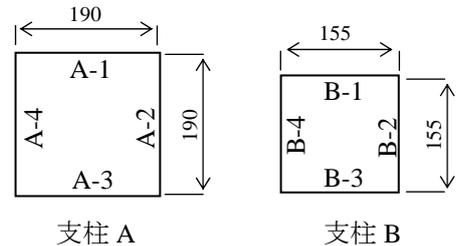


図-1 対象構造物と検査面

3. 渦流探傷検査と非線形回帰分析¹⁻³⁾ ECTは、図-2に示す自動検査装置を用いて行った。検査ではコンクリート地際部の損傷状況も検査するため、支柱周辺の土壌を掘削してセンサが地際腐食損傷部の直上を通過するように基礎コンクリートの100mm上方から直近までECTセンサを走査させた。この走査を支柱幅方向に5mm間隔で繰返し、1~4面全周の自動検査を行った。本検査により得られた探傷波形の一例を図-3に示す。図中に青プロットで示す探傷波形は、断面欠損の体積減少による電圧低下を示している。実線は探傷波形に近似するガウス関数の非線形回帰分析により近似した確率密度関数を示している。腐食がない場合には、電圧変化が生じないものの、腐食がある場合には、ECT探傷波形はガウス関数に一致しており、センサがきずを通過する際に最大の電圧変化が生じている。このような走査波形をA、B支柱であわせて224測線計測した。

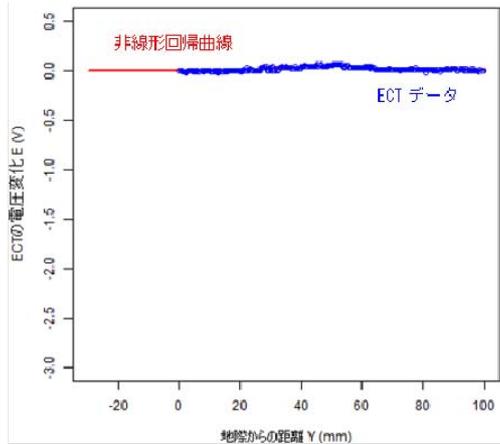


(a) 支柱 A

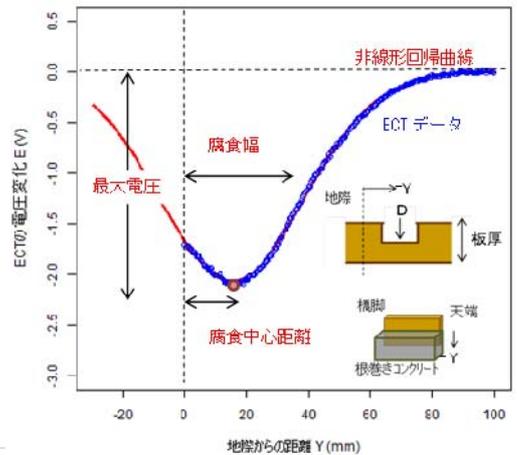


(b) 支柱 B

図-2 検査状況



(a) 腐食損傷なし



(b) 腐食損傷あり

図-3 探傷波形の非線形回帰分析

キーワード 腐食, 地際, 非破壊検査, 渦流探傷, 鋼製支柱

連絡先 〒302-0038 茨城県取手市下高井1020 (株)東京鐵骨橋梁 技術本部技術研究所 TEL0297-78-1113

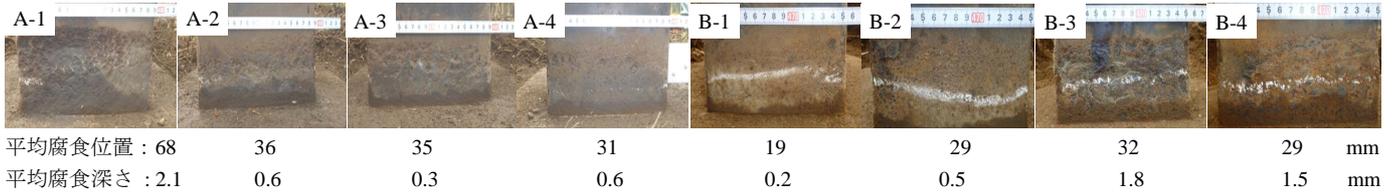


図-4 鋼製支柱の腐食損傷状況

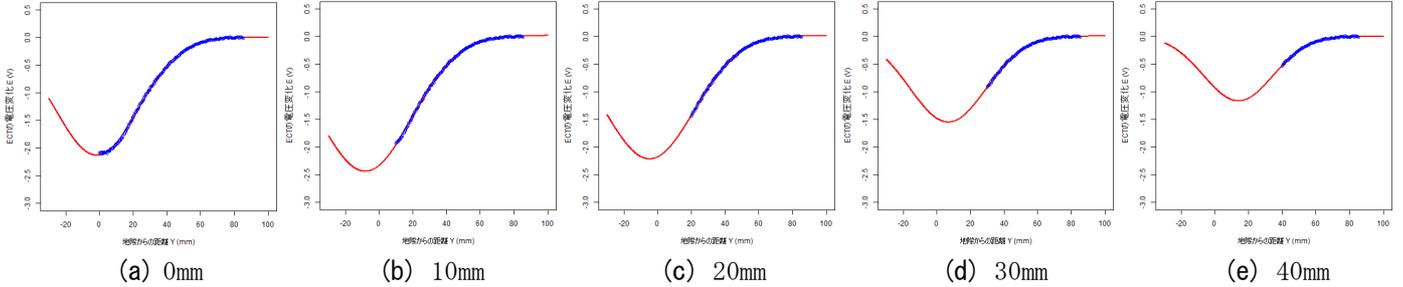


図-5 地際近傍の ECT 波形を削除した場合の非線形回帰分析例 (B-3 No.3 測線)

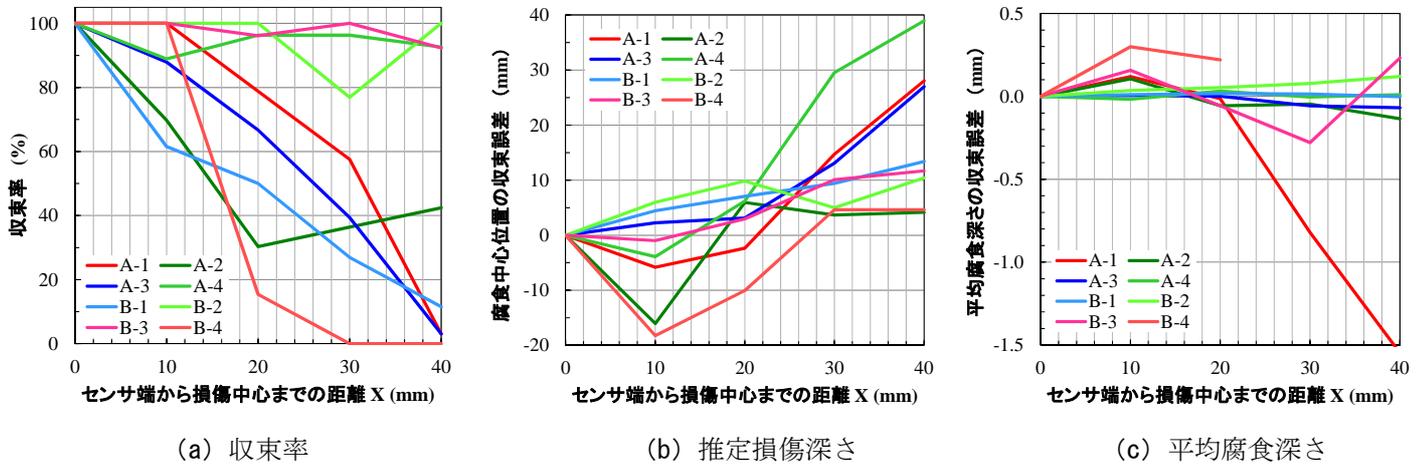


図-6 推定損傷深さと平均腐食深さ

鋼製支柱の腐食損傷状況を図-4 に示す。非線形回帰分析を行った結果、地際腐食の中心位置は、基部コンクリート上面から露出側に 19~68mm で生じており、その平均腐食深さ D_{mean} は 2.1~0.2mm となった。

4. 推定損傷深さと平均腐食深さ センサが地際腐食の中心位置から離れたから検査を行い、ECT 波形の非線形回帰分析により推定可能な地際損傷深さを検討するため、地際近傍の ECT 波形を 10mm 毎に 40mm まで削除した 5 ケースの非線形回帰分析を行った。その一例を図-5 に示す。地際近傍の ECT 波形を 10, 20 に削除するにしたがって、推定による最大電圧は低下し、その位置も浅くなる傾向にある。特に 20mm を超えると推定最大電圧が大きく低下している。全ての検査面の全測線について、5 ケースの非線形回帰分析を行った結果を図-6 に示す。図中の赤実線は D_{mean} が 1.5mm 以上生じていた検査面であり、緑は 1mm 程度、青色は 0.5mm 以下を示している。図-6 (a) は全測線に対して非線形回帰計算が収束した測線数の割合を示している。計算の収束率は D_{mean} によらずセンサ端から損傷中心までの距離が大きくなるほど低下しており、20mm を超えると著しく低下している。図-6 (b) および (c) の推定損傷深さと平均腐食深さそれぞれの誤差は、 X が 20mm までは比較的小さいものの、 X が 30mm になると著しく大きくなる場合がある。そのため、非線形回帰分析による推定損傷深さの限界値は、センサ端から約 20mm であり、その場合の D_{mean} の誤差は、0.3mm 程度と考えられる。

5. まとめ 非線形回帰分析による地際腐食の推定損傷深さは、20mm 程度であり、その平均腐食深さの推定誤差は、0.3mm 程度である。

参考文献 1) 細見直史, 入部孝夫, 貝沼重信, 山田隆明, 永野徹, 片山英資: 鋼部材のコンクリート地際における残存板厚の評価・予測(その 1), 第 68 回年次学術講演会, 2013., 2) 入部孝夫, 細見直史, 貝沼重信, 山田隆明, 永野徹, 片山英資: 鋼部材のコンクリート地際における残存板厚の評価・予測(その 2), 第 68 回年次学術講演会, 2013., 3) 入部孝夫, 細見直史, 貝沼重信, 山田隆明, 永野徹: 地際腐食損傷部の平均腐食深さの推定による残存平均板厚推定方法(特願 2013-071117).