

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1)

—5点平均によるスムージング処理—

東京鐵骨橋梁 正会員 ○細見 直史 フェロー 入部 孝夫 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 鋼製橋脚の基部や道路標識・照明支柱の地際部では、マクロセル腐食により著しい腐食損傷が生じる。この地際部の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）を用いた探傷波形の非線形回帰分析を行うことで、非接触で鋼材地際部の残存板厚を推定する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、地際腐食位置と平均腐食深さの推定値のスムージング処理手法を検討した。

2. 非接触・非破壊検査¹⁻³⁾ ECTは電磁誘導現象によりきず信号（欠損体積）がコイル（センサ）の電圧変化で得られるため、非接触で導体の高速検査が可能である。本研究では、このセンサを地際損傷部に対して100mm 手動あるいは自動で走査させ、そのECT走査波形の非線形回帰分析を行うことで地際腐食の位置とその平均腐食深さを推定した。なお、地際腐食損傷部のECTおよび平均腐食深さの推定は、以下で示す手順で行った。1) 対比試験片を用いて探傷機器のキャリブレーションを行う。2) 実構造物のECTを実施する。3) ECT波形の非線形回帰分析を行い、各種パラメータを推定する。4) 対比試験片のキャリブレーション結果と実構造物の被検査材の諸条件を用いて地際腐食位置 Y と地際平均腐食深さ D を計算する。5) 検査材の腐食前の板厚は設計板厚とし、設計板厚と D から、残存平均板厚を算出する。

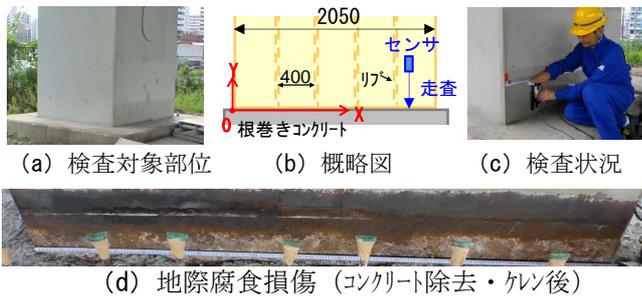


図-1 対象構造物と非破壊検査方法

表-1 スムージング処理結果 測線数 N=401

	ECT 測定値のスムージング処理				実測値	
	なし	3点	5点	7点		
全測線の平均腐食深さ D_{mean} (mm)	1.43	1.42 (-0.8)	1.42 (-0.8)	1.40 (-1.8)	1.64 (15)	
推定誤差	平均誤差 m (mm)	0.237	0.234 (-1.1)	0.234 (-1.1)	0.231 (-2.6)	—
	標準偏差 s (mm)	0.770	0.739 (-4.0)	0.722 (-6.2)	0.716 (-7.0)	—
	変動係数 s/m (%)	325	315 (-3.1)	308 (-5.2)	310 (-4.6)	—

() はスムージングなしに対する増減 (%) を示す。

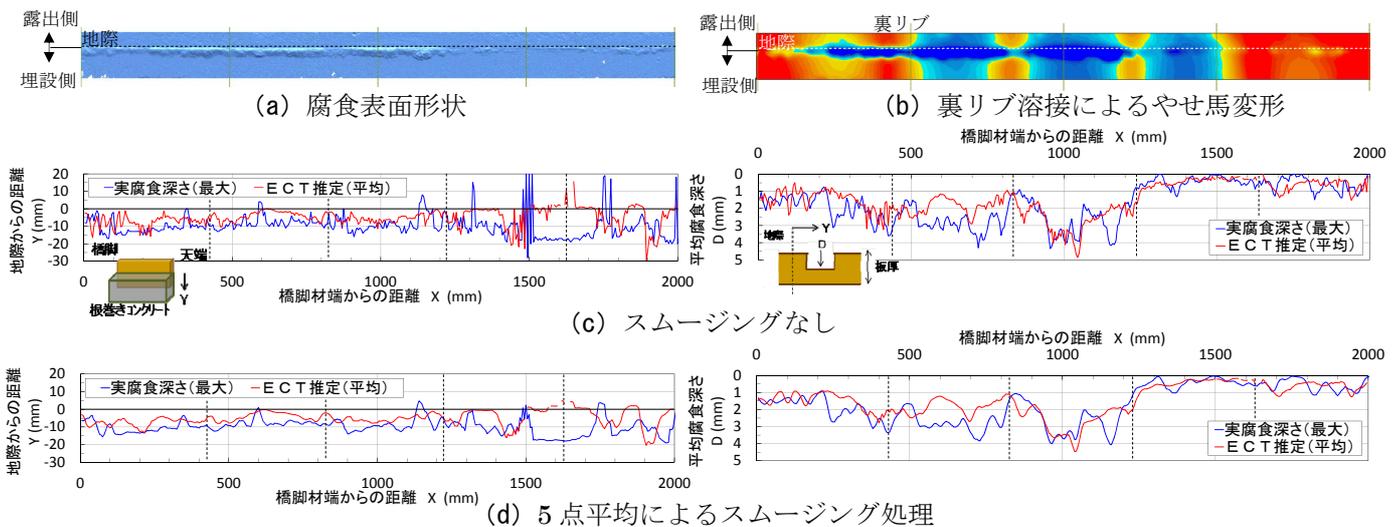


図-2 実測および ECT 推定による腐食損傷位置と平均腐食深さ (手動検査)

キーワード 腐食, 地際, 非破壊検査, 渦流探傷, 鋼製橋脚

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

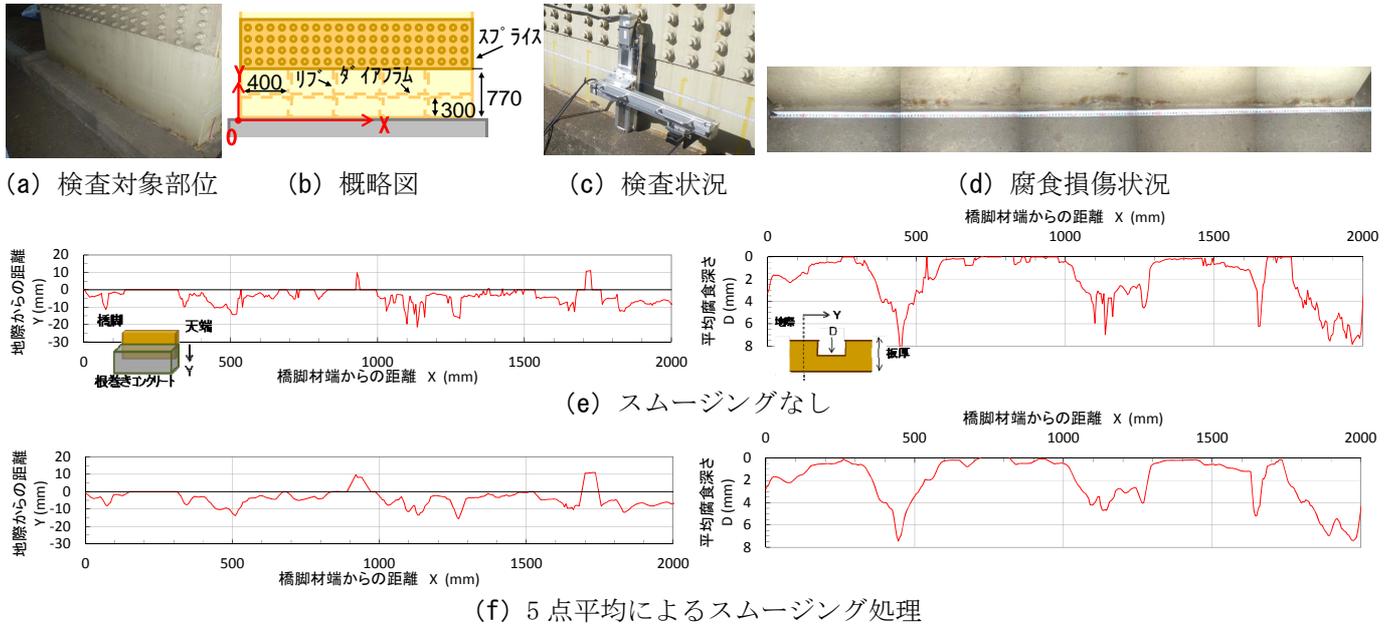


図-3 ECT 推定による腐食損傷位置と平均腐食深さ (自動検査)

3. 鋼製橋脚基部での実証試験

手動および自動検査による地際腐食損傷部の腐食損傷調査は、それぞれ角形鋼製門型ラーメン橋脚の基部を対象に実施した。手動検査の対象橋脚 A とその検査方法を図-1 に示す。調査を実施した対象部位の使用鋼材は SM400A であり、橋脚柱の幅は 2050mm、板厚は 19mm である。なお、調査時における対象橋脚の供用年数は 31 年 (1981 年 10 月竣工) である。また、ECT 検査後に根巻きコンクリートを除去し、セルフポジショニング・レーザスキャナを用いて実腐食深さの計測を行った。実測および ECT 推定による腐食損傷位置とそれらの平均腐食深さを図-2 に示す。地際腐食による損傷位置は、地際からコンクリート埋設側に約 10mm 深い位置で生じ、その平均腐食深さは最大で 4mm 程度となっており、ECT による推定結果は実際の損傷位置や腐食深さと比較的良く一致している。

次に、自動検査を行った対象橋脚 B とその検査状況、および ECT 推定結果を図-3 に示す。地際腐食による推定損傷位置は、埋設側に 10mm より浅く、その平均腐食深さは最大で 8mm 程度である。なお、使用鋼材は SM490YA であり、橋脚柱の幅は 2000mm、板厚は 15mm、供用年数は 34 年 (1979 年 11 月竣工) であった。図-3(c) に示す非接触・自動非破壊検査装置を用いることで、手動検査に比べて約 4 倍検査効率が向上した。

4. スムージング処理

図-2(c) の図中に赤実線で示す平均腐食深さ D の全測線 ($N=401$) の平均値 D_{mean} および、3, 5, 7 点の平均値でスムージング処理した平均腐食深さ D_i の平均値 $D_{i,mean}$ を表-1 に示す。スムージング処理は、ある測線とそれに隣り合う 1, 2, 3 測線における D を平均することで算出した。スムージング処理の点数が多くなるほど、実測値に対する平均誤差 m や誤差の標準偏差 s は小さくなっている。しかし、処理の点数が多いほど、平均化され実際の傾向が捉えにくくなる。そこで、変動係数 s/m により最適な処理点数を 5 点とした。5 点のスムージング処理により推定誤差は 6% 程度向上し、推定精度は $\pm 1.4\text{mm}$ となった。スムージング処理により、非線形回帰による推定値のばらつきが小さくなり精度が向上したものと考えられる。

橋脚 A の図-2(c) をスムージング処理した結果を図-2(d) に示す。実腐食深さの測定値はスムージング処理により大きく変化していないが、ECT 推定結果は分布が滑らかになり、全体の傾向が捉えやすくなっている。特に裏リブ溶接によるやせ馬変形により、局所的な面外変形が大きい箇所では誤差が大きくなっている。なお、図-3(f) に示す橋脚 B においてもスムージング処理により、全体の傾向を捉えやすくなった。

5. まとめ

(1) 手動検査における平均腐食深さの推定精度は、 $\pm 1.4\text{mm}$ ($m \pm 2s, N=401$) である。(2) 手動検査における平均腐食深さの 5 点スムージング処理を行うことで、推定精度は約 6% 向上する。

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).