

パルス渦電流による減肉鋼板の板厚測定

名古屋大学大学院 学生会員 ○西島 悠太
 名古屋大学大学院 正会員 北根 安雄
 名古屋大学大学院 フェロー会員 伊藤 義人

1. 目的

現在鋼構造物の板厚測定は超音波厚み計による測定（UT）が用いられている，UT は測定精度が高い反面，腐食生成物や海洋性付着物を除去する必要がある，表面処理に時間を要する．本研究ではパルス渦電流を用いた非接触板厚計測方法(PEC)に着目する．この方法は磁界とそれに誘発される渦電流を利用するものであり，磁界が海洋性付着物や腐食生成物などの付着物の影響を受けないため表面処理の必要がなく測定時間を大きく短縮できる．本研究では，腐食した鋼構造物の点検への適用を目指し，減肉加工を施した鋼板の板厚測定および有限要素法による板厚測定シミュレーションを行い PEC の適用限界を検討した．

2. 渦電流による板厚測定の原理

PEC には，図-1(a)のような 15cm 程のプロープ（SHELL 社製）を用いる．プロープから磁界を発生させると電磁誘導が生じ，鋼材表面に渦電流が発生する．図-1(b)に示すように渦電流は鋼材内に浸透していくにつれて減衰していくが，渦電流が鋼材裏面に到達すると急激に減衰する．この減衰開始点までの時間により板厚既知点に対する相対板厚を算出する．また，PEC の特徴としては，フットプリントと呼ばれる測定範囲の平均的な板厚が測定されることである．このフットプリントは，プロープから測定される鋼板の裏面までの距離に比例していることが経験的に知られている．

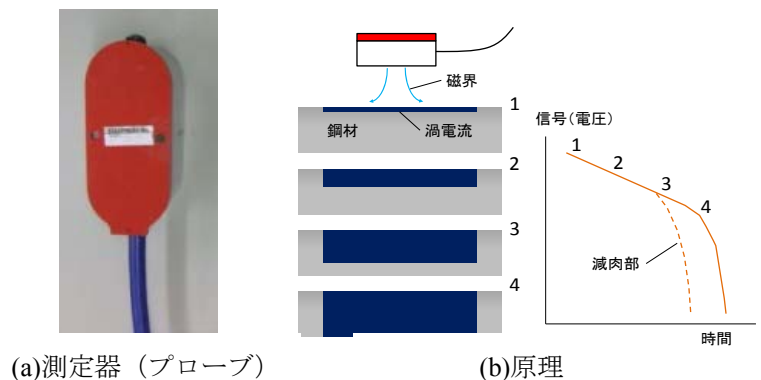


図-1 測定器と原理

3. PEC による減肉鋼板の板厚測定

PEC による板厚測定の特徴をとらえるため，人工的に加工した鋼板の板厚測定を行う．図-2 に，測定に使用した減肉鋼板を示す． $\phi 10\text{mm}$ ～ $\phi 70\text{mm}$ までの円形の単一減肉ピットを複数もつ鋼板 A，複数の減肉ピット（ $\phi 10\text{mm}$ ～ $\phi 40\text{mm}$ ）からなる領域をもつ鋼板 B である．元厚は 12mm で，減肉量は 4mm とした．鋼板 A は減肉ピットの中心を通る線を 5mm 間隔，鋼板 B は減肉領域を複数点測定した．

図-3 に板厚測定結果を示す．鋼板 A は減肉ピット $\phi 10$ ， $\phi 20$ ， $\phi 30\text{mm}$ の減肉ピットの中心線を測定した結果を，鋼板 B は減肉部 $\phi 10 \times 144$ 個の 3 点を測定した結果を示す．プロープと鋼板裏面までの距離を 30mm とし，このとき測定器の仕様では 1 点当たりの測定範囲は $\phi 30\text{mm}$ の円となる．

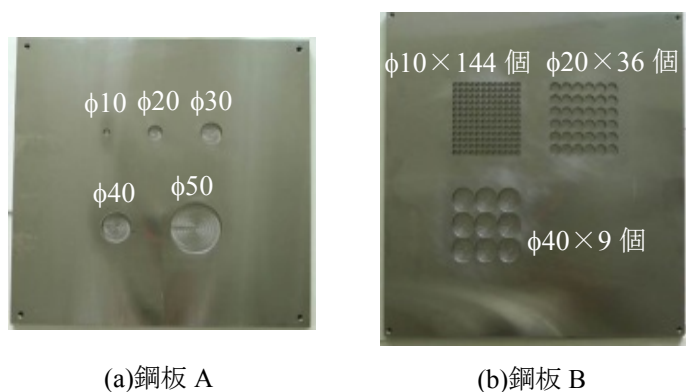


図-2 板厚測定を行う減肉鋼板

キーワード パルス渦電流，非破壊検査，板厚測定，電磁界解析，維持管理

連絡先 〒464-8603 名古屋市千種区不老町 C1-3(651) 名古屋大学大学院 社会基盤工学専攻 TEL052-789-2736

鋼板 A では、減肉ピットの直径が小さいと減肉の存在が明確に捉えられていないが、 $\phi 30\text{mm}$ の減肉ピットでは減肉の存在を捉えていることがわかる。しかし、 $\phi 30\text{mm}$ の減肉ピットでも理論値と比較すると誤差は最大で 3.3mm と大きく、減肉量は正確に捉えられていない。しかし、複数ピットの領域をもつ鋼板 B では、測定値と理論値の差が $0.1\sim 0.2\text{mm}$ と小さく、精度良く板厚を捉えていることがわかる。ここで、理論値とは測定範囲（今回は直径 30mm の円形領域）で求めた平均板厚である。

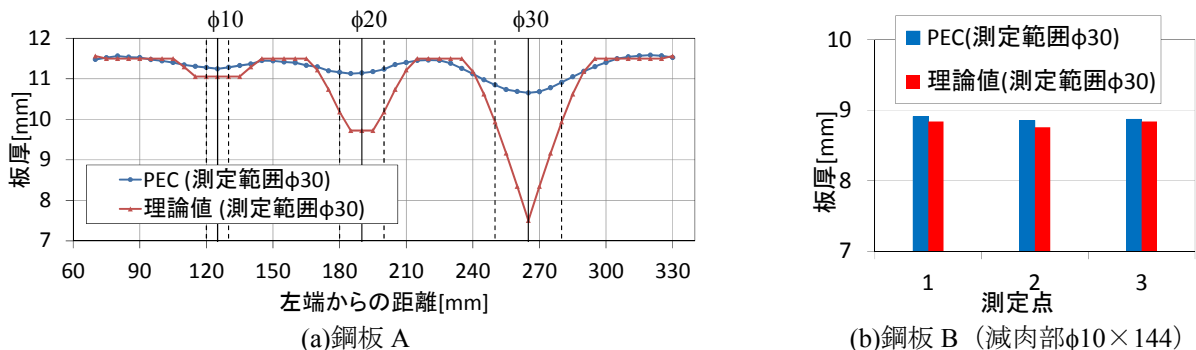


図-3 板厚測定結果

4. 有限要素法による板厚測定シミュレーション

減肉形状によって測定精度に差が生じる原因を明らかにするため、有限要素法により測定を再現した。解析には、電磁界解析ソフトウェア PHOTO-Series (PHOTON, 2013) の動磁界・過渡応答解析モジュール EDDY を用いた。プローブ（コイル）と鋼板をモデル化し、コイルにパルス電流を流し磁界を発生させ、鋼板に渦電流を発生させる。発生した渦電流により誘発される磁界をコイルで起電力とし、減衰曲線を得る。図-4 に解析の鋼板モデルを示す。鋼板モデル（ $200\text{mm} \times 200\text{mm}$ ）は、鋼板 A を模擬し、直径 70mm の減肉を設けたモデル A と、鋼板 B を模擬し、直径 20mm の減肉を 36 個設けたモデル B とした。元厚は 12mm ，減肉深さは 8mm である。

図-5 に解析の流れと得られた検出コイルでの電圧の減衰曲線を示す。モデル A は減衰開始点が基準点（板厚 12mm ）とほぼ変わらず減肉を捉えていないのに対して、モデル B は基準点と比較して減衰開始が早く、減肉を捉えていることがわかる。解析結果からも、実験と同じ傾向が確認できた。この測定結果の違いは、単一ピットの場合、減肉部の縁に渦電流およびそれに起因する磁界が集中する現象が解析結果から確認でき、減肉形状による渦電流および磁界の発生の違いが原因であることが明らかとなった。

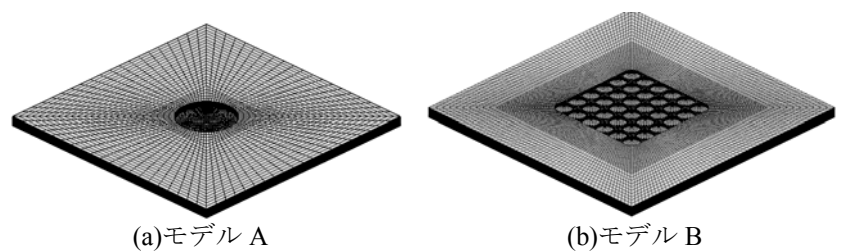


図-4 鋼板モデル

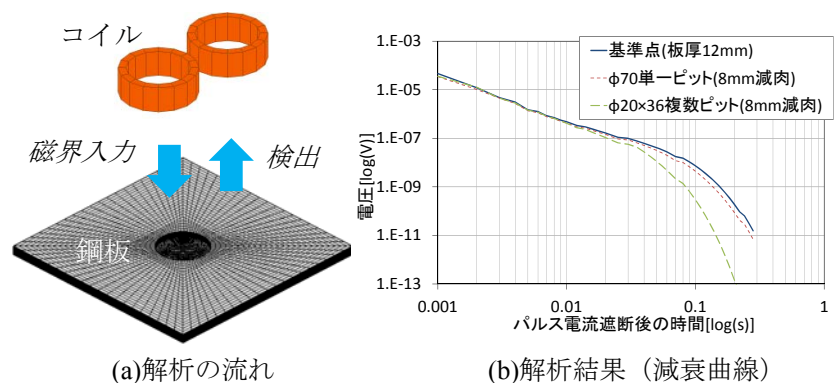


図-5 電磁界解析による板厚測定の再現

5. まとめ

孔食のような単一減肉部は直径 30mm 以上であれば減肉の存在を捉えることが可能であるが、磁界が減肉部の縁に集中してしまいその減肉量を正確に得ることはできない。一方、減肉領域が広がっている箇所では、磁界がある程度均一に生じるため正確に板厚を捉えることが可能である。

謝辞：(有)TTS の中野裕二郎氏にはパルス渦電流による板厚測定にご協力いただいた。ここに深く感謝の意を表します。