

コンクリート固定台内部の水圧鉄管等の摩耗・腐食の調査手法の開発

関西電力株式会社 正会員 ○森本 誠司

1. はじめに

水力発電所の水圧鉄管等は腐食や摩耗によって板厚が減少するため、定期的に板厚を測定し応力照査が実施されている。板厚は、鉄管周りに組まれた足場から、計測員が板厚計を鉄管に接触させて計測するのが一般的である。このため、コンクリート製の固定台内部の鉄管の板厚は測定できない。近年、計測器を搭載した台車を自走させ、鉄管内側から板厚を計測する方法も提案されているものの、この装置を用いる際には発電停止が必要となる。そこで、本検討では、水圧鉄管や余水管の外面から、固定台内部における鉄管内外面の腐食を、安全かつ効率的に把握することを目的として、超音波による非破壊検査手法を開発した。

2. 非破壊検査手法（超音波 SV 波）の選定

個体中を伝播する超音波には P 波と S 波があり、そのうち S 波は振動方向によって SH 波と SV 波の二つに分類される。水圧鉄管等の探傷へ超音波を適用する場合、SV 波は振動方向が鉄管表面に対して垂直であることから、塗膜等の表面付着物の影響を受けやすく、横方向に振動する SH 波と比べて伝搬距離が短くなるものの、接触媒質に粘性の低い液体で対応できる利点がある。このため、超音波探触子を固定することなく移動させながら計測可能であり、位置・形状も特定が容易となるため、断面画像表示（B スコープ）により欠陥（腐食等）の面的な分布状況が把握できる。また、SV 波は、SH 波とは異なり鉄管裏面まで超音波が伝搬する特性があり、超音波を入射させる水圧鉄管等の外面だけでなく、内面側を含めた欠陥（腐食等）の分布状況が把握可能である。

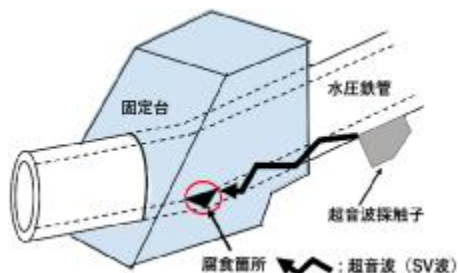


図-1 水圧鉄管固定台のコンクリート接触部における腐食調査のイメージ図

本検討では、前述の特性を考慮して、図-1のように水圧鉄管や余水管の外面から固定台コンクリートと接触している鉄管内外面の摩耗・腐食を把握するため、より遠方まで SV 波を伝搬するよう計測装置の条件を選定・開発し、室内や現地において測定結果の妥当性について検証を行った。

3. 超音波 SV 波を用いた摩耗・腐食検出装置の製作

超音波探傷装置は、主に超音波探傷器、および超音波を送受信するセンサーである超音波探触子（以下、探触子）、接触媒質等で構成される。本検討では、超音波をより遠方まで伝搬させるための探触子の選定、それを保持するための治具（探触子ホルダ）の製作、欠陥の位置を面的に把握できるよう断面画像表示を可能とするソフトの製作を行った。

4. 室内検証

開発した超音波探傷装置の性能評価を目的として、水圧鉄管を模擬した鋼板を使用して、超音波の距離振幅特性（欠陥からの反射エコーのエコー高さと、探触子から欠陥までの距離との関係）を確認した。

4.1 鋼板の距離振幅特性の確認

鋼板（厚さ 12 mm、寸法約 1.5m×6.0m、塗膜厚 350 μ m～450 μ m 程度）に ϕ 10 mm の腐食を模擬した 3 種類の疑似欠陥（腐食深さが板厚に対して 30%、50%、75%）を製作し、本装置を用いて欠陥から受信した反射エコーのエコー高さ（V）を確認した。なお、探触子から欠陥までの距離は 0.5m ピッチで計測した。図-2 に製作した疑似欠陥を示す。

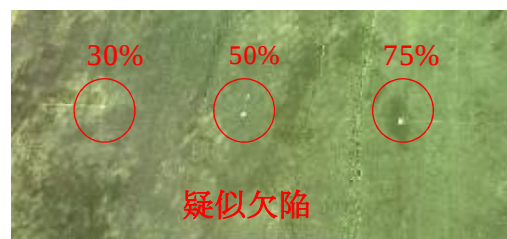


図-2 製作した疑似欠陥

キーワード 水圧鉄管, 超音波 SV 波, 非破壊検査手法, 板厚測定

連絡先

〒530-8270 大阪府大阪市北区中之島 3-6-16 関西電力株式会社 再生可能エネルギー事業本部 TEL 070-2452-3859

4.2 距離振幅特性曲線の作成

疑似欠陥の計測により得られた探触子と欠陥の距離とエコー高さの関係を図-3に示す。欠陥からの距離が同じ場合、腐食深さが大きいほどエコー高さが大きく、欠陥の規模とエコー高さとの間に相関があることが確認できた。

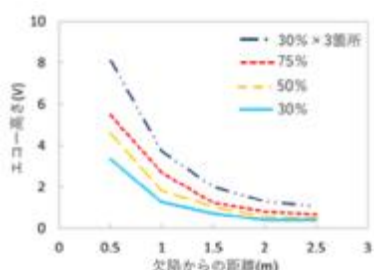


図-3 距離振幅特性曲線

5. 現地検証

供用中の水圧鉄管の固定台内部における鉄管とコンクリートの接触部を対象として、水圧鉄管内部に立ち入って実測した減肉量と、固定台外部から本装置を用いて推定した値を比較し、本装置の適用性を検証した。

5.1 検証方法

供用中の水圧鉄管（管径 2.8m，設計板厚 9mm）の固定台内部に存在する欠陥（板厚に対して最大 13% 程度の減肉量）に対して本装置の適用性の検証を行った。図-4に本装置での計測位置を示す。本装置による計測は、水圧鉄管固定台接触部の地側（周方向に 1.0m，水流方向に 1.5m の範囲）を対象とし、探触子を固定台境界部から 0.5m 離して円周方向に走査した。

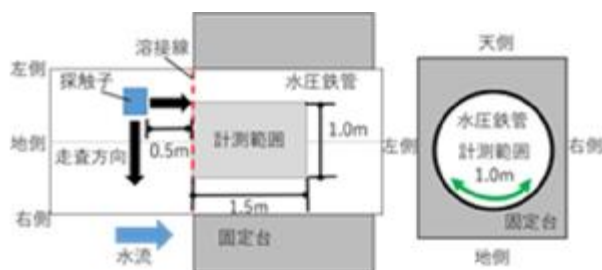


図-4 固定台接触部における超音波の計測位置
(左：平面図，右：断面図)

5.2 固定台内部における本装置の適用性の検証

図-5に検査員による内部からの板厚測定結果（減肉量に換算，対象範囲を 50mm ピッチで計測）と，本装置による計測結果との比較を示す（位置：鉄管右側～地側の 0.45m × 1.1m）。検査員による板厚測定結果との整合性は、面的な減肉評価（範囲①～③）および局部的な減肉箇所（0.9mm（板厚の 10%）以上の減肉箇所）の評価（点④～⑥）に分けて評価した。

5.2.1 減肉範囲の比較(範囲①～③)

図-6より超音波計測の方が板厚測定より減肉範囲が広く、評価が安全側となった。また、減肉範囲の規模はいずれの領域でも板厚測定と同様の傾向であった。図-5から、減耗していない範囲（0.1mm 未満）も、板厚測定結果と概ね一致していることが分かる。

5.2.2 減肉箇所の比較（点④～⑥）

0.9mm 以上である点④と⑥を超音波計測で判別できた。点⑤については、点⑤の直前にある点④の影響により超音波が飽和・減衰したことで過小評価となった。

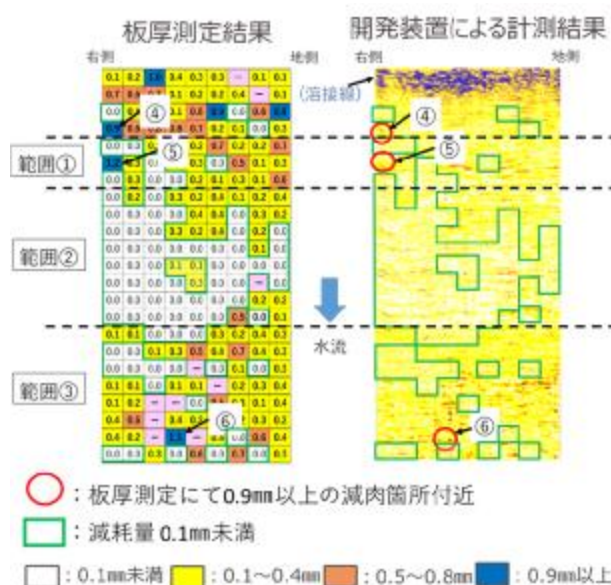


図-5 技術者による板厚測定結果と，
本装置による計測結果との比較

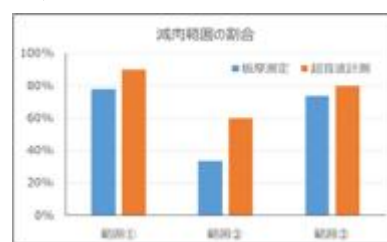


図-6 測定結果の減肉範囲の割合

6. まとめ

水圧鉄管等の固定台接触部の摩耗・腐食を把握するため、超音波（SV 波）を用いた調査・評価手法の適用性について検証した結果，得られた成果を以下に示す。

○現地検証では，腐食（板厚減肉）量を一定の精度で推定できることが確認された。

○本装置を用いることで，水圧鉄管等の固定台内部の腐食・摩耗等による減肉量を，検査員が内部に立ち入ることなく，発電中に鉄管外面から概略把握することが可能なスクリーニングとしての適用が可能である。