

電磁波レーダによるアスファルト表面遮水壁の亀裂深度調査手法に関する研究

東京電力(株) ○土居 賢彦

山口大学 田中 正吾

大成ロテック(株) 城本 政一

1. はじめに

2011年3月11日に起きた東北地方太平洋沖地震により、栃木県に位置する八汐ダムのアスファルト表面遮水壁(以下、遮水壁)の左右岸部に2本の亀裂が発生した。これを切掛として、遮水壁の深さ方向に生じた変状の把握が急務となったことから、コンクリート構造物の劣化損傷位置の定量的な測定手法の研究¹⁾に用いている電磁波レーダを適用し、内部変状把握への有効性を検討した。

2. 調査方法

調査は遮水壁左右岸で亀裂を中心とした複数の側線(全側線数38本)で行った。図1に左岸コア採取部の測線例を示す。測定装置は日本無線株式会社製のNJJ-95A(アンテナ中心周波数800MHz)、データ収録時のサンプリング周期は $\Delta T=0.04\text{ns}$ 、計測ピッチは5mmである。

3. 測定結果と解析結果

測定の後、測定結果と亀裂の実態を確認するためにダム天端(斜長3m位置)より径50cmのコアを採取した。その結果、天端近傍で亀裂は36cmの積層構造からなる遮水壁全層を貫通していた(図2)。併せて測定対象の遮水壁の構造・各層の比誘電率・反射波到達時刻を図2に示す。測線30に対するBモード画像は図3上段に示す通りである。図より走査ラインに沿って平行な帯画像が観測される(異常箇所は破線、亀裂を→で示す)が、図で暖色系の黄色及び赤色の帯は、上から3本目まではほぼ平行で各帯の途中に不連続な切れ目は明確に見られない。ところが4本目の帯(伝搬時間にして55)以深は、画像が場所により僅かな乱れが見られる。この位置は上部遮水層下部、つまり中間排水層からの反射波であり、中間排水層以深に内部変状が連続して発生していると推測できる。一般的にどのような手法でも縦亀裂の検知は難しく、電磁波レーダも例外ではない。そのため本調査では、少しでも縦亀裂からの反射波を得やすくするため、アルミニウム粉末混入水をコア抜き箇所より斜面下方亀裂に流し込みデータを採取することを行った。そのときのBモード画像を測線58に対し図4上段に示す。

測線58でも伝搬時間70以降に水平方向の乱れが見られる。伝搬時間80~100間は下部遮水層、120付近はレベリング層とマカダム層である。レベリング層内の乱れが層内に生じた水平或いは傾斜の複雑な亀裂や剥離によるものなのか、または単なるアルミニウム粉末混入水の浸透跡かは判断が難しいが、電磁波レーダにより、遮水壁表面は正常であっても目視不可の内部変状(ここでは亀裂)の検知の可能性を示している。しかしながら、通常のBモード画像からだけでは、深さ方向の亀裂(つまり縦亀裂)からの反射波を明確に探知、判定することが困難なのは測線30のときと同様である。

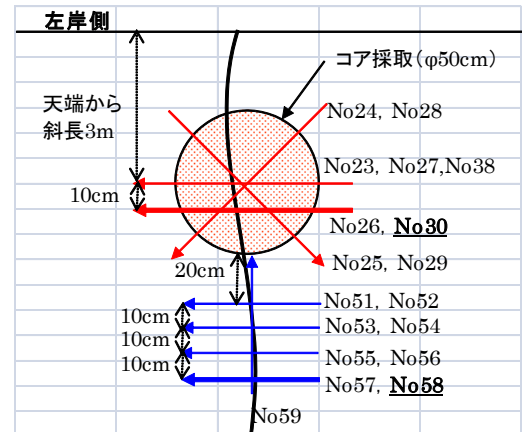


図1 測線とコア採取位置(左岸例)

遮水壁構造	採取コア写真	比誘電率	伝搬時間
上部遮水層 5cm×3層＝ 15cm		7.6	55
中間排水層: 8cm		3.8	80
下部遮水層: 5cm		6.3	100
レベリング層: 6cm		8.5	125
マカダム層			

図2 遮水層構成・採取コア状況

キーワード 電磁波、アスファルト遮水壁、亀裂、形状強調解析、内部変状

連絡先 〒230-8510 神奈川県横浜市鶴見区江ヶ崎町4-1 東京電力(株)技術開発研究所 TEL045-394-6326

そこで信号処理により波形を強調する方式を考えた。これは前述の内部変状箇所において、波形の連続性が失われていることに着目し、この不連続部分を強調する方法である。我々はこれを強調画像法と呼んでいる。先の2つのBモード画像と同一箇所にこの強調画像法を適用した結果を図3、4下段に示す。

この図では、Bモード画像では検知しにくい縦亀裂の位置を縦方向の縞模様として確認できた。また亀裂位置から僅かに離れた箇所でも、亀裂或いは混入水が流れた経路跡が、連続性のある赤、青のカーブとして確認できた。

従って、亀裂等の存在でレーダ走査方向の測定波形に連続性が失われる場合には、本方式の画像では、異常境界面に沿って連続的なカーブが浮きぼりになる。当然のことながら、アルミニウム粉末混入水を流し込んだ場合も、混入水が中間排水層やレベリング・マカダム層に流れ込む可能性が高く、その様な場合もその境界面から強い反射があるので、「亀裂が存在すると、亀裂に沿った形状や亀裂の底部辺りで両側へ流れ込んだ混入水の経路の形状が浮き上がる」ことになる。

以上を要約すると、

(1) 上部遮水層内の亀裂の検出は困難である。これは、表面波（遮水層表面で反射した波）が最も大きく、その影響が伝搬時間40位まで影響するからである。

(2) これに対し、中間排水層内の亀裂は検出可能である。特に強調画像方式では検知しやすい。

(3) レベリング層以深は、層の構成材料が遮水層と異なるため（粗の状態）、亀裂の有無に関わらずレーダ走査方向の測定波形に連続性が見られず、そのため強調画像方式でも判定が難しい。

4. まとめ

Bモード画像は、亀裂及び亀裂からの異常波がどの辺りの層から発生しているか等をぼやけた画像により、ある程度検出できるが、亀裂の有無や大きさ等の判断は電磁波レーダの解析経験者の判断に左右される。しかし、亀裂形状強調画像法は、亀裂を検出する方法として、見易さ、判断し易さの点で有効な方法である。しかしながら、1mm以下の亀裂幅や材質的に連続的な波形が検出できない箇所では検出が困難である。今回は亀裂が全層貫通であったが、亀裂が遮水層内に留まっても、亀裂幅が1mmを越える場合は今回と同様アルミニウム粉末混入水の注入等により反射波を捉えられる可能性が高く、今後の検査に有効な解析方法と考えられる。

参考文献：1) 久保田克寿他：「電磁波レーダによるコンクリート構造物の表面・内部劣化調査に関する実験的考察」土木学会第65回年次学術講演会（2010）

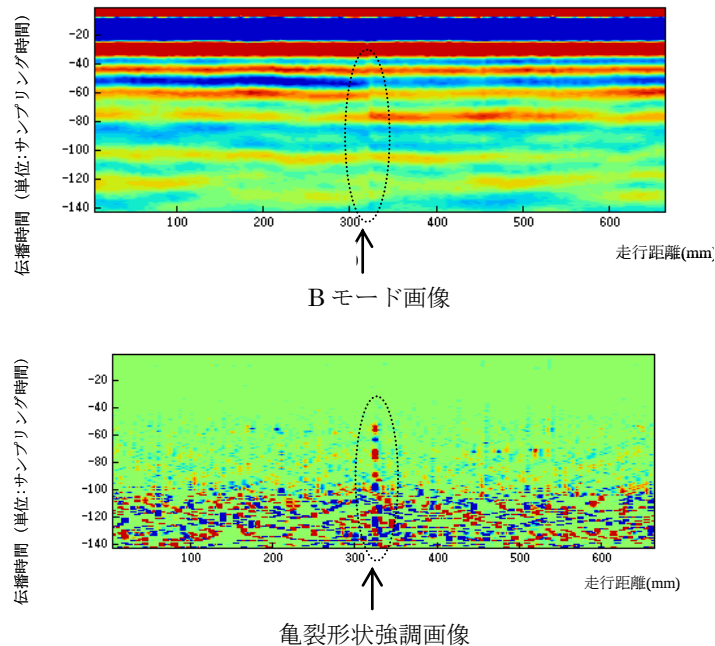


図3 測線30の測定と解析結果

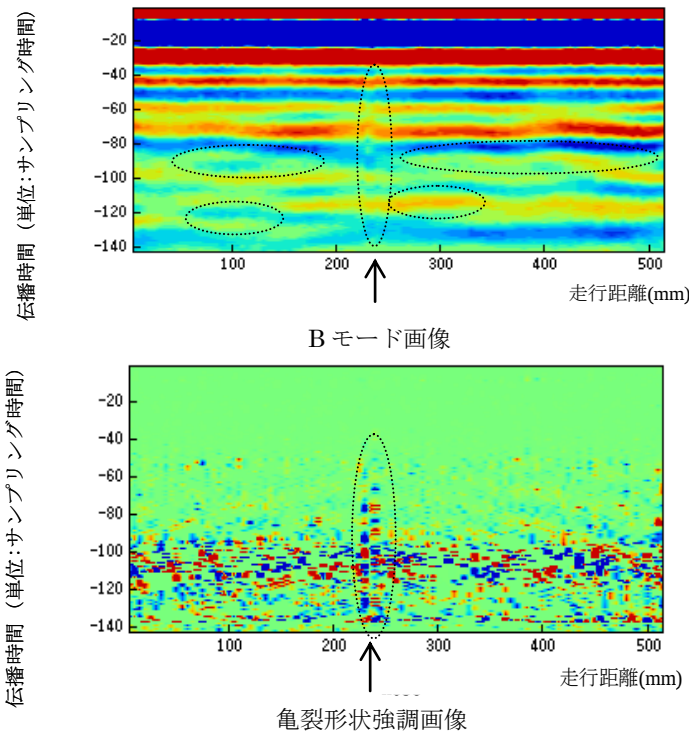


図4 測線58の測定と解析結果