

電磁波レーダの最大反射波解析を利用した上層路盤の土砂化評価について

西日本高速道路エンジニアリング中国(株) 会員 ○高砂 圭司, 浜田 剛
(株)土木管理総合試験所 会員 竹元 大, 垂水 稔

1. はじめに

高速道路の舗装補修は、表層または表層+基層の切削オーバーレイによる上層部のみ補修がこれまで多かった。これは、建設後数十年では、下層部までの劣化進行が少なかったからと考えられる。しかし今後は、劣化進行により上層路盤で使用されているアスファルト安定処理路盤材（以後 As 安）の補修の増加が懸念される。¹⁾ このことは、全国的な課題であり近年では、高耐久性上層路盤用混合物²⁾も提唱されている。

本研究では As 安の劣化度を評価するために、道路の空洞調査や橋梁床版の剥離調査で使用する電磁波レーダのうち、車線規制無しで調査可能な 3D-RADAR に着目した。そして 3D-RADAR で得られたデータを数値化し、最大反射強度で劣化を評価する。その現場への適用前段階で供試体を用いた検証について報告する。

2. 供試体と測定方法について

検証用供試体は、ホールトラッキング試験用の供試体（30cm×30cm）を利用した。それを図-1のように複数枚重ねることで 60cm×90cm×20cm とした。

各層の厚さは、表層 5 cm（高機能1型）、基層 5 cm、上層路盤 10cm（As 安）とした。さらに3層目（As 安）の層の上部に骨材を挟む等の疑似的な劣化状況を作った。3D-RADAR は、車両から外して動かない状態で設置した。そして人力にて供試体を引っ張り移動させた。（写真-1）

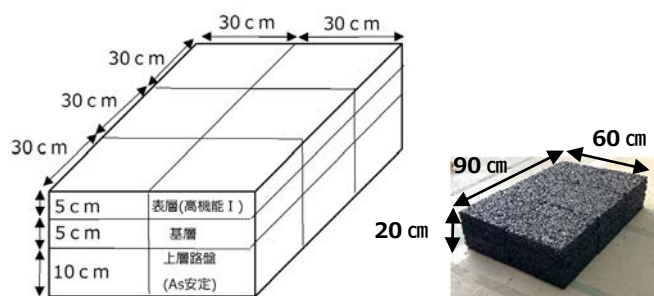


図-1 検証用供試体



写真-1 測定状況

3. 最大反射強度抽出の概要について

(1) 一般的な電磁波レーダ解析

一般的な解析方法は、図-2の受信強度の波形（A スコープ）や図-3の距離方向の解析画像（B モード）から専門技術者が経験も踏まえ判断する。

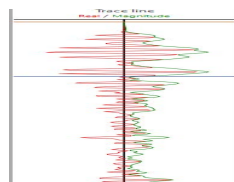


図-2 A スコープ

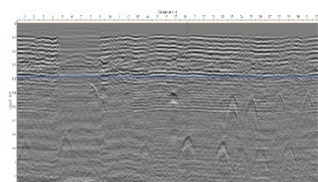


図-3 B モード

(2) 本研究の解析方法

3D-RADAR から得られたデータをプログラム処理し舗装表面から3層目までの反射強度の最大値を算出する（図-4）。次に算出値と移動距離でグラフ化する（図-5）。

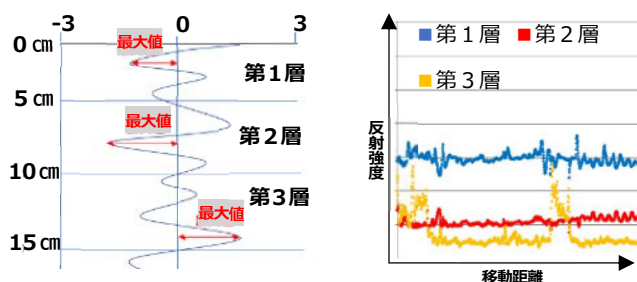


図-4 各層の反射強度最大値 図-5 移動距離でグラフ化

4. 疑似的劣化部の作成

電磁波探査は、比誘電率の関係から、劣化部が湿潤状態だと反応が出やすい特徴がある。実際の現場でも劣化部が乾燥・湿潤の両方の状況が想定されるため検証試験も乾燥状態と湿潤状態の両方で実施した。検証用に疑似的に作成した劣化は、層間の土砂化、層間剥離、鉛直方向ひび割れとした。そのうち本論文では、層間の土砂化に

キーワード) アスファルト舗装, アスファルト安定処理路盤, 土砂化, 電磁波レーダ, 3D-RADAR, 比誘電率
連絡先: 〒733-0037 広島市西区西観音町 2-1 西日本高速道路エンジニアリング中国 (株)

について詳述する。

層間の土砂化は、写真-2のように3層目(As 安)の層の上部に隙間を30mm作成し、粗骨材を挟んだ。



写真-2【層間土砂化モデル】

5. 検証結果

取得したデータを従来手法のAスコープとBモードで解析した結果を図-6, 7, 8に記載する。また本研究でグラフ化したものを図-9, 10, 11に記載する。

(1) Aスコープ, Bモード解析(従来手法)

図-6, 7, 8画像の四角で囲んだ部分が疑似的に土砂化を作った部分である。そして左側と真中の四角のある画像がBモード解析画像、右側の四角がAスコープ解析結果である。これらを専門技術者が経験も踏まえ判断するのが一般的である。

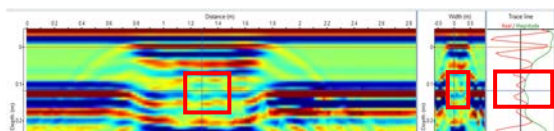


図-6 層間土砂化無し Aスコープ, Bモード

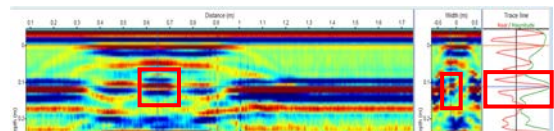


図-7 層間土砂化(粗骨材乾燥) Aスコープ, Bモード

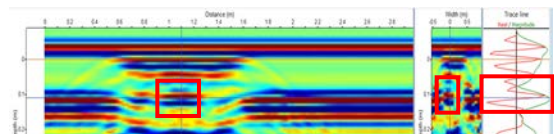


図-8 層間土砂化(粗骨材湿潤) Aスコープ, Bモード

(2) 最大反射波強度解析をグラフ化(本研究の手法)

本研究は、舗装表面から3層目までの反射強度のピーク値を算出し移動距離とともにグラフ化した。それを図-9, 10, 11に示す。図-9と10, 11を比較すると土砂化のある図-10, 11に丸で囲んだ2層及び3層に異常反射の存在を誇示する大きなピークを抽出することができた。次に図-10の乾燥と図-11の湿潤状態を比較すると湿潤状態でピークの値が大きくなることも判明した。これは、湿潤状態の土砂化部とアスコンの比誘電率の差が大きくなることでより大きなピークを示したものと考えられる。

また3層目上部に土砂化部分を作ったが、図-10および図-11で2層目の波形にも変化が出ていた。これは、2層目の解析条件として舗装表面から10cm内でピークを算出する設定にしたが、境界付近の土砂化位置の微細な誤差により2層目の解析結果にも影響がでた可能性がある。

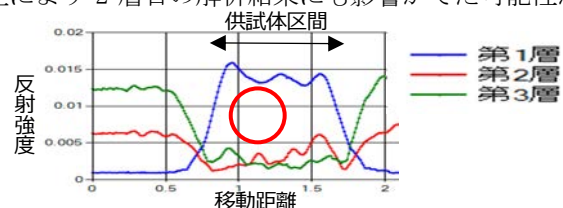


図-9 層間土砂化無し：最大反射強度をグラフ化

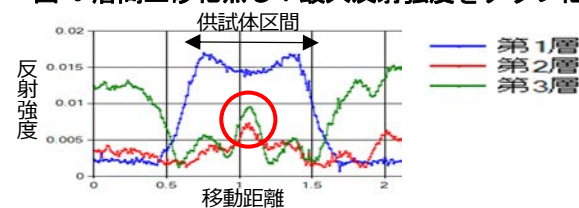


図-10 層間土砂化(乾燥)：最大反射強度をグラフ化

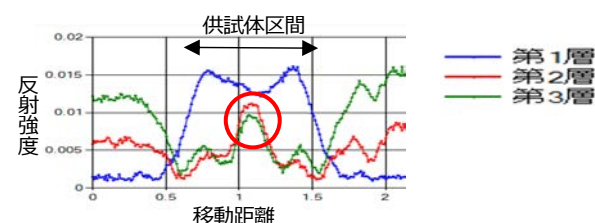


図-11 層間土砂化(湿潤)：最大反射強度をグラフ化

6. 最大反射波強度解析の図化を検討

現在、最大反射強度データを水平断面で図化し表現する方法を検証している。(図-12)これにより一般的な解析に比べ、より経験によらないAs 安の健全度評価が行うことが可能になると考える。

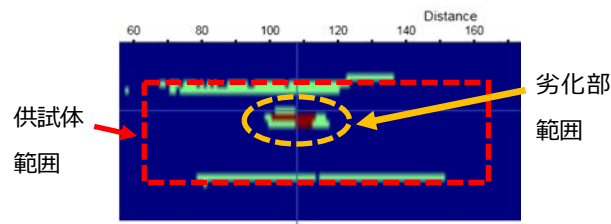


図-12 2-3層境界部の水平断面評価図

7. おわりに

経験的に電磁波レーダは、空洞の範囲が大きいほど検出しやすく、微細の空洞は検出が難しい。今後の課題としてAs 安で検出可能な空洞のスケールを明らかにする必要がある。また、今回の内容を踏まえ現場での検証も実施していく予定である。

参考文献

- 1) 高速道路総合技術研究所：長寿命舗装の作り方, 2019.
- 2) 東日本高速道路：高耐久上層路盤混合物 設計施工マニュアル(案), 2021.