

## 車載式電磁波レーダによる舗装内部のひび割れ検出について

西日本高速道路エンジニアリング中国(株) ○高砂 圭司  
ジオ・サーチ(株) 荒川 大治郎

### 1. はじめに

平成28年に舗装点検要領(国土交通省)が制定された。この要領の柱に、早期劣化区間の把握と路床・路盤劣化を防ぐ予防保全型管理への移行が定義され、これが今後我が国の舗装維持管理の方針の一つとなる。NEXCO西日本中国支社管内では、補修履歴データからも表層、または表層+基層の切削オーバーレイによる上層部の補修がこれまで多かった。これは、建設後数十年は、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、供用後50年を超える区間が年々増加してくるなか、舗装下層部(上層路盤以深)が劣化し、大規模な補修が必要な区間も年々増加してくると考える。

本研究は、中国自動車道のPAランプ部で、アスファルト(以後As)舗装内部のひび割れの把握に車線規制無しで調査できる車載式電磁波レーダを使用し、その解析データからひび割れ反応が強く出ている部分は、高い確率でひび割れが発生していることを確認した。この技術を利用し、FWD測定やコア採取等の舗装補修深さ判断のための調査を補完し維持管理に役立てることを目的とする。

### 2. As舗装の補修深さ判断に関する現状と課題

As舗装の補修深さを判定する調査として、FWD測定やコア採取調査<sup>1)</sup>がある。その課題として、a. 車線規制を必要とし規制時間、測定(調査)数に制約があること、b. FWD測定やコア採取は点での調査(部分的調査)であり、調査位置以外の劣化を検知できないこと、c. ランプ区間は、幅員が狭く、通行帯確保のために、最も劣化の可能性が高い車輪通過部の調査ができないことがある。

### 3. 電磁波レーダによるAs舗装内部ひび割れ把握

舗装調査・試験法便覧(日本道路協会)<sup>2)</sup>によると、舗装体内部の調査方法の1つに電磁波レーダによる調査が挙げられている。レーダによる探査技術は年々進歩し、現在では、土工部の空洞把握や橋梁コンクリート床版等の調査に非規制(法定速度)で実施できる車載式電磁波レーダ(図-1)が開発されている。

これに着目しAs舗装内部のひび割れ把握への適用を

キーワード)アスファルト舗装、ひび割れ、電磁波レーダ、比誘電率、層境界

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

考え、令和2年度に中国自動車道のPAのランプ部での検証を行った。この場所を選定した理由は、昭和50年代の建設時から舗装全層が未補修であり、検証に適していたためである。

#### (1) 電磁波レーダの特性

電磁波は、電気的特性(比誘電率 $\epsilon_r$ )の異なる物質(舗装材料や空洞、埋設物など)の境界で反射波を生じる性質を持っている。また、物質の持つ電気的特性の違いにより、反射波の強度や極性が変わる特性もある。そして空洞は、比誘電率が1であり全物質中最小の値を持つ。(図-1)



材 質	比誘電率	材 質	比誘電率	材 質	比誘電率
真空	1	コンクリート(乾燥)	5~11	アスコン	4~6
清水	81	コンクリート(湿潤)	8~20	碎石	5~9

図-1 車載式電磁波レーダ測定状況と物質の比誘電率

#### (2) 検証の箇所の状況

検証箇所の舗装構成は、密粒40mm、基層用混合物60mm、タイプ1アスファルト安定処理路盤(以後As安)150mm、粒状下層路盤200mmであった。その上下線のONランプとOFFランプを車載式電磁波レーダで測定し、FWD測定とコア採取結果を比較した。また舗装補修工事での表層・基層切削後のAs安表面のひび割れ(スケッチ)資料と対比した。

#### (3) コア採取調査結果との比較

コア採取は、事前に電磁波レーダで測定し、解析の結果、反射応答の強度が高い箇所(技術者が画像解析により変状の可能性が高いと判断)で実施した。現地は、FWD測定で表層~As安または、表層~基層まで劣化と判定された区間である。結果6箇所中、5箇所が事前予測と一致的中率は83%と高い値となった。

#### (4) 路面切削後のひび割れ目視確認結果との比較

次に電磁波レーダ解析で把握できなかったひび割れ検

証のため、路面切削(表層+基層)後のAs安表面のひび割れ状況資料と対比した。その結果、電磁波レーダでひび割れが検知できていた箇所は、約40%だった。検知精度が低かった要因として、基層とAs安のような比誘電率の差が小さい(図-1のアスコンの示す比誘電率の範囲内の差)箇所にはひび割れや隙間があった場合、解析画像に反映されにくいことが推察される。これについては、検出精度向上のために検証を重ね、データの蓄積と解析手法等の改善を行う必要がある。

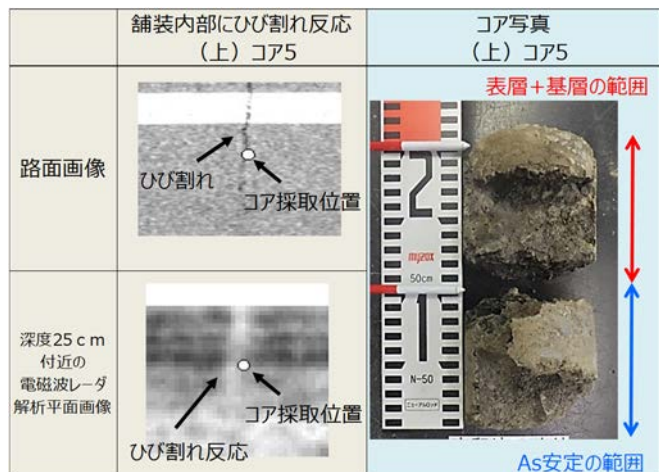


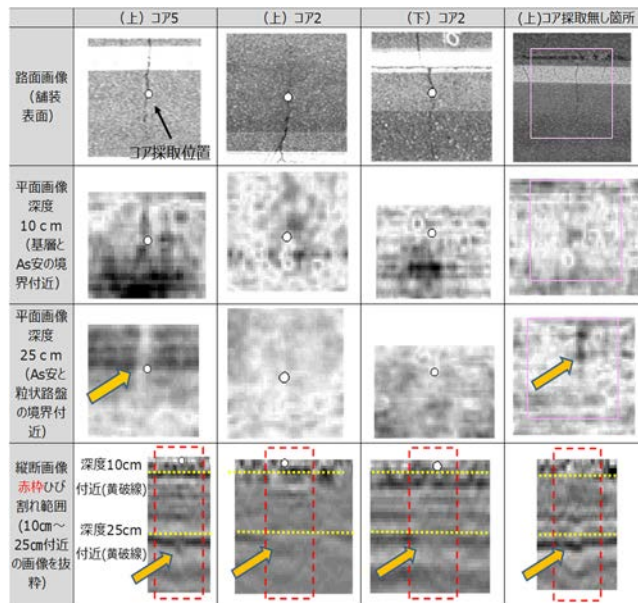
図-2 コア採取位置例と結果比較

(5) ひび割れ解析結果の特徴

解析結果の特徴として物性(比誘電率)の異なる上層路盤(As安)と下層路盤(粒状路盤)の層境界では、明瞭な反射波が得られている傾向が複数箇所あった。図-3 に抜粋して示す。

これより、基層と上層路盤の境界(深度10cm付近)では明瞭なひび割れの反射波が得られていないが、上層路盤と下層路盤の境界(深度25cm付近)でひび割れの特徴を有する信号が比較的確認できた。また縦断画像は、ひび割れ位置の深度25cm付近で層境界が乱れる、もしくは、途切れるような特徴があり平面画像よりもひび割れを示す特徴が強く出る傾向にあった。さらにコア採取箇所以外にも同様の傾向で内部にひび割れ有りと推測するものが、

複数確認できた。



※ ひび割れの疑いのある画像の特徴的な部分を示す  
図-3 層境界に着目した電磁波レーダ解析結果抜粋

5. コンクリート舗装内部ひび割れ把握

トンネルコンクリート舗装でもAs舗装内部のようなひび割れ把握がある程度可能かの検証を令和4年度に実施予定である。

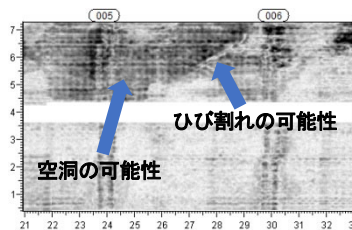


図-4 Co版下面付近平面画像例

4. おわりに

舗装内部のひび割れ検知を目的として電磁波レーダを使用した手法を検証した。今回の検証箇所では、As舗装内部のひび割れ把握において、車載式電磁波レーダで反射強度が高い部分は、高い確率で実際にひび割れが発生していることを確認した。その特徴として、As層と粒状路盤層境界付近のような比誘電率の差が大きい部分に反応がより強く出る傾向があり、特に縦断画像で顕著に表れていた。

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い傾向があり、微細の空洞は検出が難しい傾向がある。そしてクラックでも同じことが考えられる。今後の課題としてクラック幅による検出傾向を考える。またアスファルト量や密度等の状態との関係も調べたい。さらに、コンクリート舗装の検証も実施していき維持管理に役立てることを目的とした検討をしていきたい。

参考文献

- 1) 西日本高速道路(株)：調査要領 舗装編，2020。
- 2) 日本道路協会：舗装調査・試験法便覧 S004T，2019。