

スラブ軌道てん充層損傷に対する非破壊検査手法の適用に関する一考察

西日本旅客鉄道（株） 正会員 ○山本 健吾
西日本旅客鉄道（株） 非会員 小野 隆
西日本旅客鉄道（株） 正会員 白水 健介
非破壊検査（株） 非会員 峯 宏之
非破壊検査（株） 非会員 吉川 恭平
非破壊検査（株） 非会員 江淵 高弘

1. はじめに

スラブ軌道におけるてん充層の損傷は、スラブあおりによる乗り心地悪化や他の軌道材料の損傷等に繋がるため、損傷の早期把握と予防保全が欠かせない。しかし、現行検査は目視に頼るもので、損傷状態の定量的な把握が難しい。そこで、損傷状態のより簡易な定量化を目的とする現行検査の補完手法を検討し、今後の損傷検査のあり方を考察したので、以下に報告する。

2. 検査方法の選定

2. 1. 非破壊試験の検討

本検討では、軌道スラブ下面にあり目視が難しいてん充層部分の検査において、既にトンネル等の土工検査で用いられている非破壊検査手法に着目した。しかし、軌道スラブのような約 100mm 間隔の緻密な配筋を持つコンクリート構造体に対する非破壊検査の実績はほとんど無く、適用可能性に不透明な部分がある。

そこで、軌道スラブをモデルとした供試体で基礎試験を実施し、適用可能な非破壊検査手法を選定した。

2. 2. 非破壊試験の概要

候補として、土工検査等で実用化済みのレーダー法、打音法、超音波法を挙げた。各々の特性を表 1 に示す。

供試体は、図 1 に示す鉄筋コンクリートを用いた。本試験では非破壊検査手法の選定を目的とし、発泡スチロール(以下 EPS という)で空隙を模擬した損傷は、実際に想定される範囲より大きい 100mm～800mm とした。

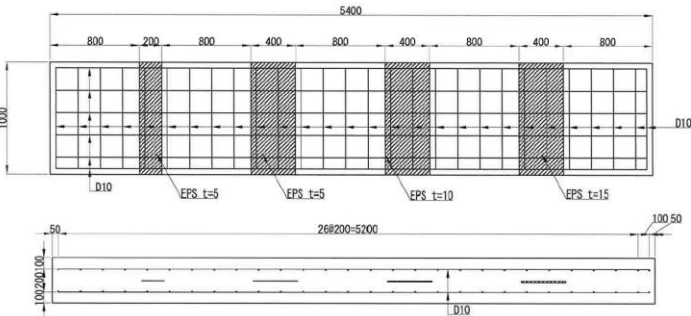


図 1 比較試験に用いた供試体

EPS の深さは直結 4 形軌道スラブのてん充層と同様に供試体表面より 200mm とし、EPS と供試体表面の間にはスラブ軌道と同様に鉄筋を配置した。

いずれの手法も、反射波の周波数成分に EPS 深さでの反射が含まれているか検証した。また、検出可能性だけでなく、材料検査としての作業性にも着目した。

2. 3. 比較試験の結果と考察

検査手法を比較した結果を表 2 に示す。レーダー法は、供試体内部の鉄筋で入射波の大半が反射され、供試体内の EPS を検知できなかった。超音波法は、EPS の検出には成功しているものの、作業時間が 1 か所当たり数分要するなど作業性に課題がある。打音法については、EPS をおおよそ検出できており、検査速度や作業性についても他の 2 検査手法と比較して良好であった。以上より、スラブ軌道てん充層の損傷に対する検査手法としては打音法が最も有効であると判断した。

表 2 非破壊検査手法の検討結果の比較

	レーダー法	打音法	超音波法
EPS の検出性	低い	高い	高い
EPS 検出位置（深さ）の精度	低い	高い	高い
鉄筋有無の影響	あり	なし	あり
配筋幅の影響	あり	なし	あり
探傷速度	早い (約 400mm/s)	早い (約 300mm/s)	遅い (一箇所あたり約 2 分)

表 1 非破壊検査手法の特性

	打音法	レーダー法	超音波法
検査深度	200～300mm	200～300mm	数m
主な用途	簡易な検査	精密な検査	精密な検査
特性	広範囲の検査が可能	鉄筋の影響を受けやすい	指向性が強く 局部検査に向く

キーワード スラブ軌道てん充層、セメントアスファルトモルタル、非破壊検査、スラブ軌道

連絡先 〒720-0066 広島県福山市三之丸町 30-2 西日本旅客鉄道(株) 新幹線管理本部 福山新幹線保線区 TEL(084)921-2372

3. 打音法の損傷検出可能範囲

スラブ軌道てん充層に対する検査手法として打音法が有効と判明したが、その精度は未知である。そこで、打音法の検出精度に関する試験を実施し、検出可能な損傷大きさや位置（以下、検出可能範囲）を検討した。

3. 1. スラブ軌道てん充層の損傷実態と検出目標

山陽新幹線におけるスラブてん充層の損傷割合は、補修を必要としない「監視」を含めても数%程度であるが、今後構造物の劣化進行によっては増加する恐れがある。てん充層損傷の補修基準は、列車荷重によってスラブ軌道に働く曲げモーメントの増加量により決定されており¹⁾、100mm 程度の損傷を検知できれば、スラブ軌道の管理に有効であると考えられる。

3. 2. 打音法に関する詳細な検討の概要

新たな試験体では、図2のように損傷(EPS)の大きさを50mm,80mm,100mm,120mm,150mm 四方の5種類設け、損傷サイズに対する打音法精度を求めることとした。

試験では、第2章の試験と同様に反射波を解析しEPSを検知可能かどうか検証した。また、打音速度、測線間隔を変化させ、これらの影響を確認した。

3. 3. 打音法に関する詳細な検討の結果と考察

試験の結果、最小で80mm 四方のEPSについて、反射波にEPSの深さで反射が認められた。図3に、打音に対する反射波の結果をEPSなしの場合と比較して示した。EPS 深さ付近の反射重特性を持つ周波数帯で、振幅が増加している。その他の知見を以下に示す。

- ・1.0 km/h を超える打音速度ではデータ欠損が発生
 - ・測線間隔は、50mm 以下で解析結果に影響しない
- これらの知見は、軌道スラブに限らず高密度配筋の

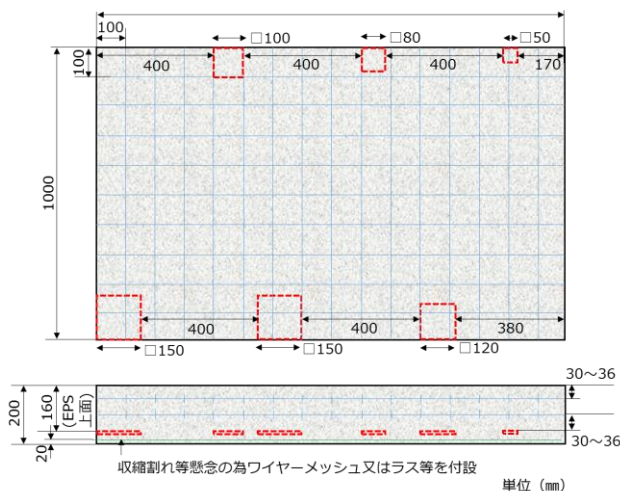


図2 打音法試験に用いた試験体（一部）

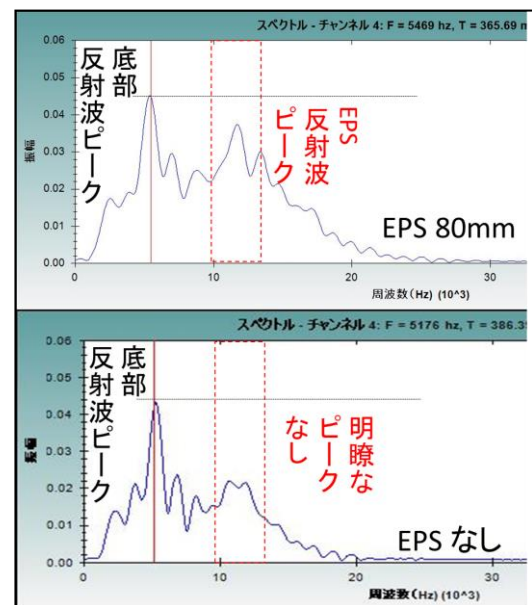


図3 反射波の周波数解析結果（一部）

構造物への検査方法としても新規性がある。ただし、使用する機器の性能に拘束される点には留意されたい。

4. スラブてん充層検査のあり方について

5m 弦高低狂い²⁾や静的動的差³⁾など、軌道測定データによるスラブ軌道てん充層損傷等によるあおりの把握手法が各方面より提案されている。これらと本研究で示した非破壊試験手法に関する知見と組み合わせることで、損傷検査精度の更なる向上に繋がり、目視検査の補完にとどまらず非破壊検査手法を用いた新しいスラブ検査手法を提案できる可能性があると考えられる。

5. おわりに

本稿では、現行のスラブ軌道てん充層検査を補完する非破壊試験手法として打音法が有効と判断し、損傷の検出可能範囲が80mm 程度であることを定量的に示した。今後は、実機試験を通して軌道スラブに付随するタイプレート等の影響を詳細に確認し、スラブ軌道てん充層検査への実用化に向けた検討を行う。また、軌道測定データ等他の指標も活用し、より定量的かつ高精度な検査方法について検討する予定である。

【参考文献】

- 1) 鉄道総合技術研究所：スラブ軌道各部補修の手引き，鉄道総合技術研究所，p. 55, 2012
- 2) 佐竹宣章ら：確認車を活用した新しい軌道管理手法の発案，土木学会第67回年次学術講演会講演概要集，pp. 83-84, 2008
- 3) 藤田起也ら：スラブCAモルタル管理方法の研究，新線路，Vol. 70, No. 6, pp. 33-36, 2016