

小型FWDを用いた軌道スラブの支持状態評価に関する研究

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○小滝康陽 高橋貴蔵 桃谷尚嗣

1. はじめに

スラブ軌道は軌道スラブをてん充層で均一に支持する軌道であり、てん充層には複合グラウト材料の CA モルタルが用いられている。寒冷地では凍害などの要因より CA モルタルが劣化し、一部では軌道スラブと CA モルタルの境界面に隙間が生じている。隙間が生じたスラブ軌道上を列車が通過すると軌道スラブに変位が生じ、ひび割れが生じるおそれがある。CA モルタルの劣化や軌道スラブの支持状態の調査は現在目視により行われているが、目視調査には人員不足や経済的な観点から限界がある。今後、スラブ軌道を適切に維持管理していくためには軌道スラブの支持状態を簡易的に評価し、補修箇所を選定していく必要がある。軌道スラブの支持状態を簡易的に測定する方法としては、図 1 に示す軌道スラブ上面における小型 FWD を用いた衝撃载荷試験（以下、小型 FWD 試験）がこれまでも実施されており、隙間補修の前後では軌道スラブの隅角部における支持ばね係数が変化することも確認されている¹⁾。そこで、本研究では、隙間を設けた実物大スラブ軌道供試体を作製し、小型 FWD 試験を実施して隙間補修前後の支持ばね係数の違いを確認した。さらに、営業線のスラブ軌道において小型 FWD 試験を実施し、軌道スラブ側面からの隙間深さとの関係について評価したので、その結果を報告する。

2. 実物大スラブ軌道供試体に対する小型 FWD 試験

実物大スラブ軌道供試体は、表 1 に示す諸元で作製した。隙間は CA モルタルの打込み時に図 2 に示す隙間形状のシートを軌道スラブ底面に貼付け、CA モルタルが硬化した後に軌道スラブをジャッキアップして貼付けたシートを撤去し元の位置にジャッキダウンすることで作製した。その後、小型 FWD 試験を実施し、隙間注入補修材である高流動 CA ミルク²⁾によって隙間を補修し、再度小型 FWD 試験を実施した。

小型 FWD 試験の条件は、重錘 15kg、落下高さ 500mm とした。なお、本研究では図 3 に示す小型 FWD 試験の時刻歴波形から得られる最大荷重と最大変位を用いて算出した支持ばね係数と最大荷重の発生時刻と最大変位の発生時刻の差から得られる応答変位遅延時間を評価指標とした。評価には測定回数 3 回の平均値を用いることとし、試験時の CA モルタルの材齢は 28 日以降とした。測定は A、B、C の 3 測線の各 23～25 点で実施した。



図 1 軌道スラブ上面における小型 FWD 試験の状況

表 1 実物大スラブ軌道供試体の諸元

	種別
軌道スラブ	A-55M (寸法:幅 2340mm, 長さ 4930mm, 厚さ 190mm)
てん充層	CA モルタル(A 配合, 厚さ:50mm)

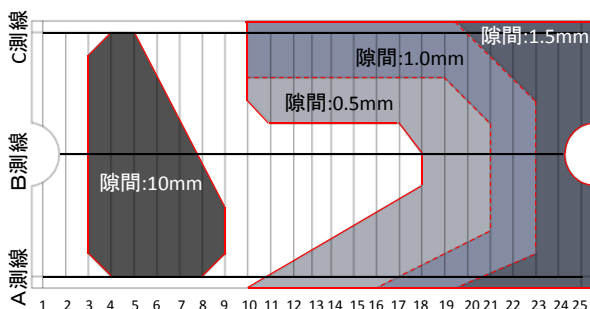


図 2 実物大スラブ軌道供試体（平面図）

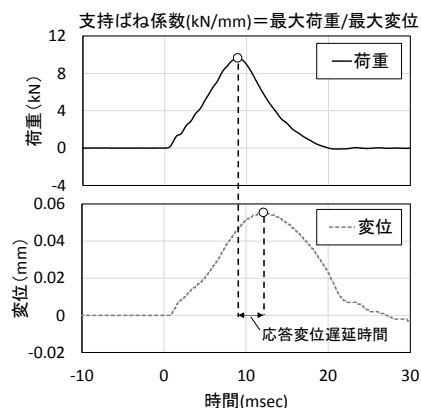


図 3 小型 FWD 試験の時刻歴波形の例

キーワード スラブ軌道, 小型 FWD, てん充層, CA モルタル, 隙間補修

連絡先 〒185-0854 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財)鉄道総合技術研究所 軌道・路盤 TEL042-573-7276

小型 FWD 試験の結果を図 4 に示す。隙間補修前は、A 測線および C 測線ともに測定位置[25]に近づくに伴い支持ばね係数が低下し、測定位置[25]では支持ばね係数は 10~20kN/mm となった。一方、軌道スラブ中央の B 測線では、測定位置[24]に近づくに伴い支持ばね係数が低下しているものの、10mm の隙間を設けた測定位置[3~8]では支持ばね係数は低下しておらず、内部の隙間を特定するには至らなかった。隙間補修後については、どの測定位置でも 130kN/mm 以上の高い支持ばね係数を示した。

軌道スラブ隅角部は隙間がある場合、支点距離が長く曲げモーメントが大きくなるため、たわみやすく支持ばね係数が顕著に低下したと考えられる。一方、軌道スラブ中央部は内部に隙間があってもたわみにくいため、支持ばね係数に差が見られなかったと考えられる。

3. 営業線における小型 FWD 試験

営業線では、まず 2 枚の軌道スラブ（軌道スラブ I および II、寸法：幅 2340mm、長さ 4930mm、厚さ 190mm）の底面の隙間に対して 0.5mm 厚さの薄板を差込み、隙間範囲を測定した。図 5 に小型 FWD の測定位置とともに隙間の範囲の結果を示す。軌道スラブ I の隙間は線間側の終点方の隅角部(R1)が深く、軌道スラブ側面からの隙間深さは 930mm であり突起周囲にまで達した。軌道スラブ II は通路側の終点方に位置する隅角部(L3)が大きく、側面からの隙間深さは 880mm であった。

図 5 に示した位置で実施した小型 FWD 試験の結果として、支持ばね係数と隙間深さの関係を図 6 に示す。隙間の範囲が広い R1 や L3 の支持ばね係数は 12~13kN/mm となり他と比較して小さな値となった。次に、応答変位遅延時間と隙間深さの関係を図 7 に示す。支持ばね係数と同様に隙間の範囲が広い R1 や L3 の応答変位遅延時間は 4~5.3msec となり、他と比較して長くなった。したがって、応答変位遅延時間も隙間の指標として用いることができるものと考えられる。薄板測定による隙間の範囲が狭い箇所では測定された支持ばね係数は 16~25kN/mm であり、隙間補修後の実物大スラブ軌道供試体の 1/6 程度となった。営業線のスラブ軌道では 0.5mm 以下の隙間がさらに内部まで広がっているものと考えられる。

4. おわりに

実物大スラブ軌道供試体に対する小型 FWD 試験の結果、軌道スラブの隅角部に隙間がある場合、隙間補修後と比較して支持ばね係数が小さいことを確認した。また、営業線における小型 FWD 試験では、隙間の範囲が広いほど支持ばね係数が小さく、さらに応答変位遅延時間が長くなることを確認した。以上から、小型 FWD 試験により軌道スラブの支持状態を定量的に評価できる可能性を見出した。

5. 参考文献

1) 瀧上翔太, 高橋貴蔵, 吉川秀平, 桃谷尚嗣, 高流動ミルクを適用したスラブ軌道でん充層隙間注入補修に関する研究, 鉄道工学シンポジウム論文集, Vol.20, pp119-125, 2016

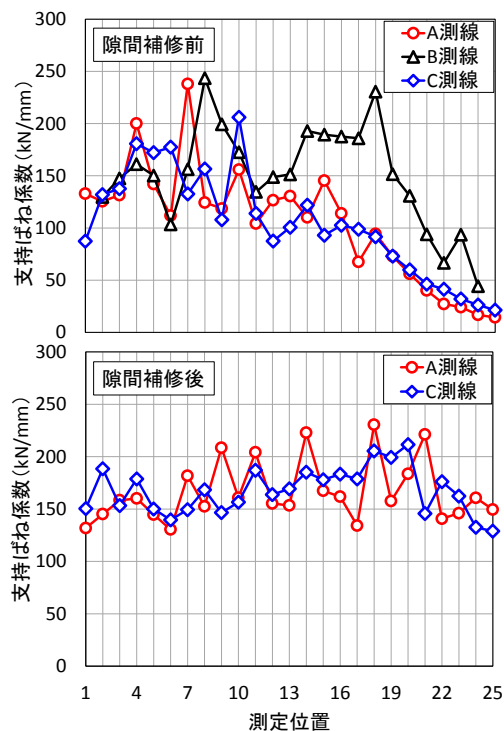


図 4 隙間補修前後の支持ばね係数

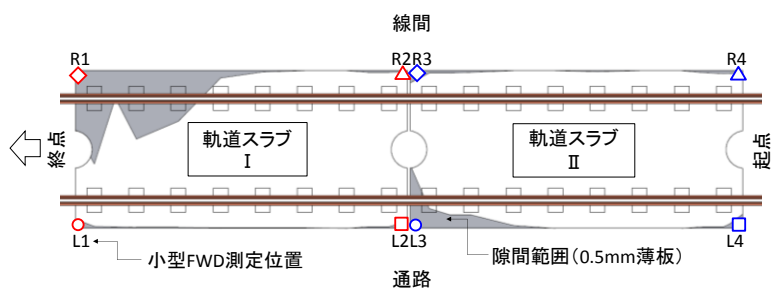


図 5 隙間範囲と小型 FWD 測定位置

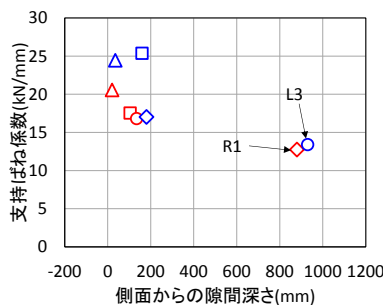


図 6 支持ばね係数と隙間深さ

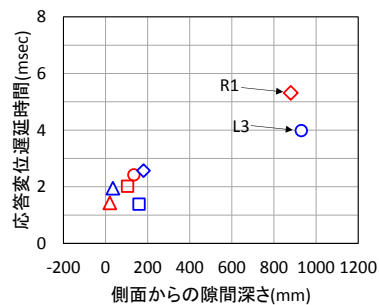


図 7 応答変位遅延時間と隙間深さ