

トンネル路盤コンクリート模型による振動試験

西日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○坂本 寛章 正会員 近藤 政弘 正会員 長山 喜則
(公財)鉄道総合技術研究所 正会員 篠田 昌弘 正会員 雪岡 剛哲

1. はじめに

鉄道トンネルにおけるスラブ軌道区間では、列車通過による繰返し荷重や地下水の影響などにより路盤と地山の間に空隙が形成され、軌道が沈下する変状が発生することがある。スラブ軌道は、路盤コンクリートにより直接支持されているため、地盤に変状が生じると路盤コンクリートを介して軌道に与える影響は小さくなく、適切に変状を把握し維持管理していくことが重要となる。筆者らは、このような路盤変状を定量的に把握できる検査手法として、起振器を利用した振動試験を実施し、健全度評価手法としての検討を行っている¹⁾。図1にトンネル内における計測の概要を示す。これまで実トンネル内で実施してきた振動試験により、路盤変状と路盤の振動特性との関係を概ね把握できた²⁾ものの、路盤変状の詳細な状況に対応した振動特性は把握できていない。

本研究では、路盤変状と振動特性との相関関係をより明確に把握するため、あらかじめ空隙を設けた路盤を有する模型を用いて振動試験を実施し、路盤変状と振動特性との関係を把握する。また、路盤注入による対策工効果を評価する。

2. 試験の概要

路盤コンクリート模型の平面および断面を図2に示す。実トンネルでは、路盤コンクリートは進行方向に10mの長さであるが、これに対し縮尺1/2で模擬した。地盤側は、路盤コンクリート下の空隙率を変化させ地盤A(空隙なし)、地盤B(空隙率約25%)、地盤C(空隙率約50%)の3種類を作製した。地盤Bおよび地盤Cの平面図を図3に示す。起振器で加振する際には、加速度計を路盤コンクリート上に設置し、加速度を計測した。図4に路盤コンクリート上の加振箇所および計測箇所を示す。また、実験条件を表1に示す。地盤A～地盤Cそれぞれに路盤コンクリートを敷設した、路盤A～路盤Cに対し、図4の加振箇所および計測箇所で行った。また、路盤Bに対しては、空隙部に注入を行い注入前後に振動試験を行った。

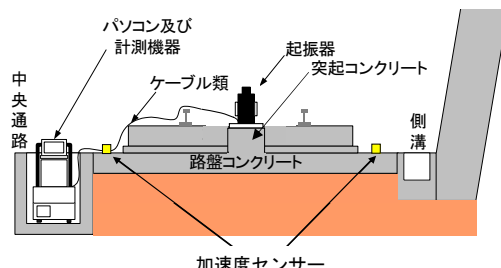


図1 トンネル内での計測



写真1 路盤模型（山口県下関市）

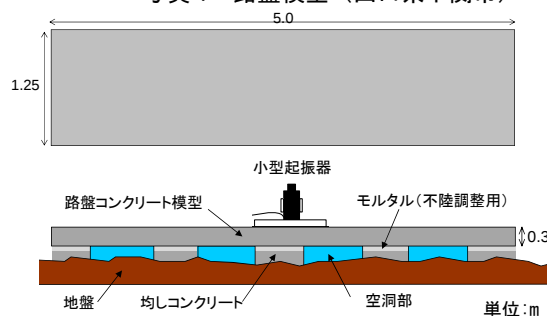


図2 路盤コンクリート平面および断面

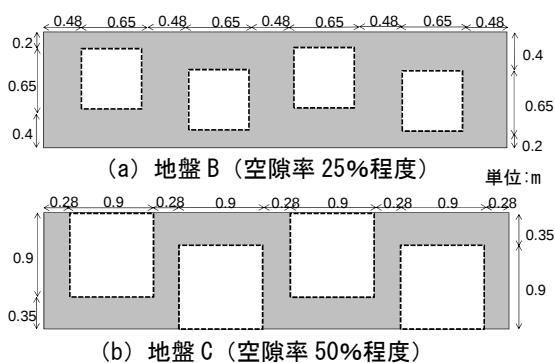


図3 模型地盤平面図（地盤B, 地盤C）

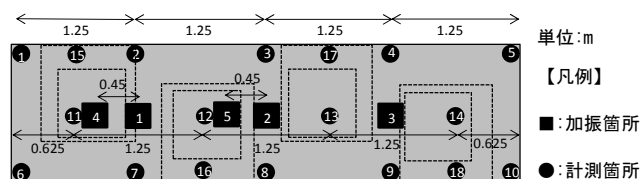


図4 加振および計測箇所

表1 実験条件

項目	内容
起振器本体重量(kg)	6
最大加振力(N)	98
周波数範囲(Hz)	3~200
スweep速度(Hz/秒)	5

キーワード トンネル, 路盤コンクリート, 起振器, スペクトル面積

連絡先 〒532-0011 大阪市淀川区西中島5-4-20 JR西日本（構造技術室） TEL 06-6305-6957

3. スペクトル面積による評価

筆者らの研究により、トンネル路盤変状に対する定量的な評価指標²⁾として、図5で示すスペクトル面積で評価する。スペクトル面積は、ある周波数範囲における振幅比により囲まれる面積であり、構造物の健全性を示す指標と考えられる。本検討では、これまでの検討²⁾と同様に3~50Hzまでの低周波数域のスペクトル面積で評価を行うこととした。

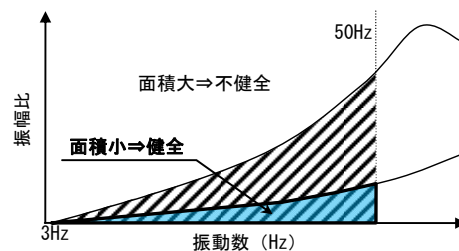


図5 スペクトル面積による評価

4. 実験結果および考察

実験結果の一例として、図6に路盤A~路盤Cの中央(加振箇所2)を加振させた時の各箇所のスペクトル面積を示す。特に空隙率の大きい路盤Cの各測点のスペクトル面積が大きいことがわかる。路盤Cにおいては、50Hz以下で各計測箇所においてピークが得られ、このことがスペクトル面積の増大につながったと考えられる。

次に、路盤Bにおける空隙への注入前後の振動特性を比較する。図7に、加振箇所1、計測箇所2における路盤注入前後における伝達関数を示す。注入後のスペクトルが注入前と比較して低減していることがわかる。また、図8に、加振位置1の各計測箇所における注入前後のスペクトル面積を示す。これより、加振箇所を中心として、注入後にはスペクトル面積が概ね低減していることがわかる。各箇所の平均値は、注入前0.01と比較して、注入後は0.008と8割に低減した。

また、加振箇所直下の空洞の有無が、路盤の振動特性へ与える影響を確認するため、路盤Cに対して路盤中央付近の加振箇所2および5で、スペクトル面積を比較した。図9にそれぞれの加振位置における各計測箇所のスペクトル面積を示す。これより、加振箇所直下の空洞の有無により路盤コンクリートの振動特性はほとんど変化しないといえる。

5. まとめ

小型起振器を用いて路盤コンクリート模型上で振動試験を実施した。得られた知見は以下のとおりである。

- ・路盤Cのように空隙率が50%程度であれば、比較的大きく振動しスペクトル面積に反映される。
- ・路盤注入前後で振動特性を比較することにより、対策工の効果を定量的に評価することが可能である。
- ・空隙を有する地盤上の路盤コンクリートにおいては、加振箇所直下の空隙の有無は、路盤の全体的な振動特性にはほとんど影響しない。

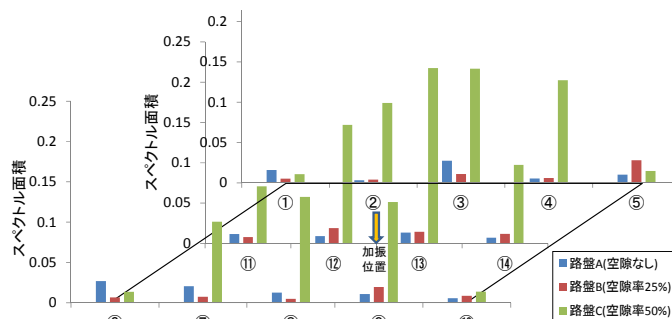


図6 各測点におけるスペクトル面積(加振箇所2)

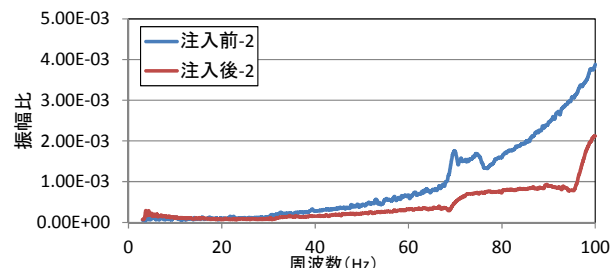


図7 路盤注入前後のスペクトル

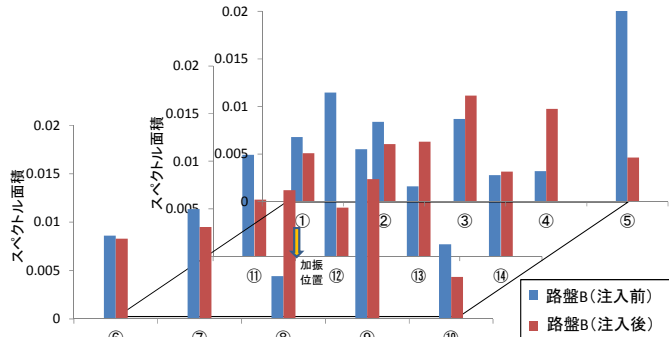


図8 各測点におけるスペクトル面積(注入前後)

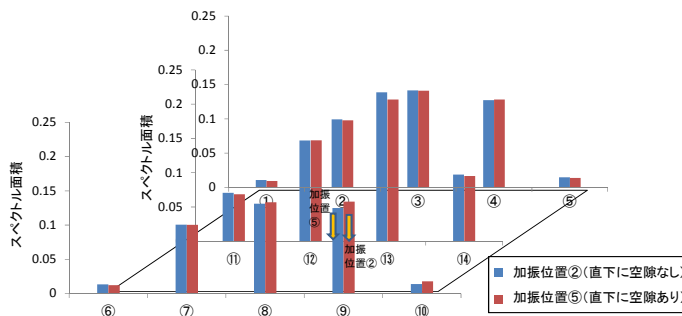


図9 各測点におけるスペクトル面積(加振箇所2, 5)

〈参考文献〉 1)小湊祐輝,篠田昌弘,雪岡剛哲,坂本寛章,御崎哲一:起振器を用いたトンネル路盤の健全度診断手法の開発,土木学会第70回年次学術講演会概要集,投稿中 2)窪田勇輝,篠田昌弘,中島進,阿部慶太,江原季映,坂本寛章,御崎哲一,高橋康将:起振器試験を用いたスラブ軌道を有するトンネル路盤の変状対策工評価方法,土木学会第68回年次学術講演会概要集,pp.179-180,2013.