

トンネル内路盤コンクリートの健全度評価に関する検討

西日本旅客鉄道（株） 正会員 ○小湊 祐輝，梶田 諭史，坂本 寛章，濱田 吉貞
中国施設設計（株） 非会員 新谷 星児

1. はじめに

鉄道トンネルにおける軌道および路盤の構造は、高速化に伴う性能向上や維持管理の省力化を目的にスラブ軌道が採用されてきた。一方、インバートが敷設されていないトンネルでは、列車走行に伴う繰返し荷重や湧水の影響により路盤コンクリートと地山の境界部に空洞が発生し、路盤コンクリートの沈下や噴泥が生じている箇所がある。このような変状に対しては、間接的に軌道検測値の進行性から判断することや、直接コアボーリングによって路盤下の空洞を確認する方法を採用してきている。しかし、変状箇所の特定制が困難なことや、局所的な調査に限定されるなど、路盤の定量的な健全度評価法は確立されていない。そこで、筆者らは、このような課題を克服するため、小型の起振器を用いた振動試験を行い路盤コンクリートの振動特性を利用した定量的な評価法を検討してきた。本稿では、トンネル内路盤コンクリートに対する健全度評価事例および健全度評価閾値の検討結果について報告する。

2. 健全度評価法

これまでの検討結果¹⁾から、路盤コンクリートの振動特性として、必ずしも明確な固有振動数が得られないことから、伝達関数のスペクトル面積（3～50Hz）²⁾を用いて評価を行う。この方法を用いることで、路盤注入前後で明確にスペクトル面積が低減することから、評価法の妥当性が示されている²⁾。本検討では、各トンネル（3トンネル 28箇所）での振動試験より健全・不健全の閾値について検討を行った。この際の健全度評価指標としては、先の研究³⁾より式（1）を用いて、路盤注入後の健全と考えられる状態を基準として、路盤注入前の不健全と考えられる状態を評価した。

$$\kappa = \frac{\text{スペクトル面積基準値（路盤注入後）}}{\text{スペクトル面積実測値（路盤注入前）}} \quad \text{式(1)}$$

3. 健全度評価事例

小型の起振器を用いた振動試験により得られた各トンネルの路盤注入前後のスペクトル面積を図1に示す。

試験では、永久磁石を用いた動電式の小型起振器を用いた。加速度計は小型起振器に近接した2箇所に設置した。なお、試験フロー、小型起振器の概要、路盤コンクリート上への小型起振器、加速度計の配置状況については、文献³⁾を参照されたい。

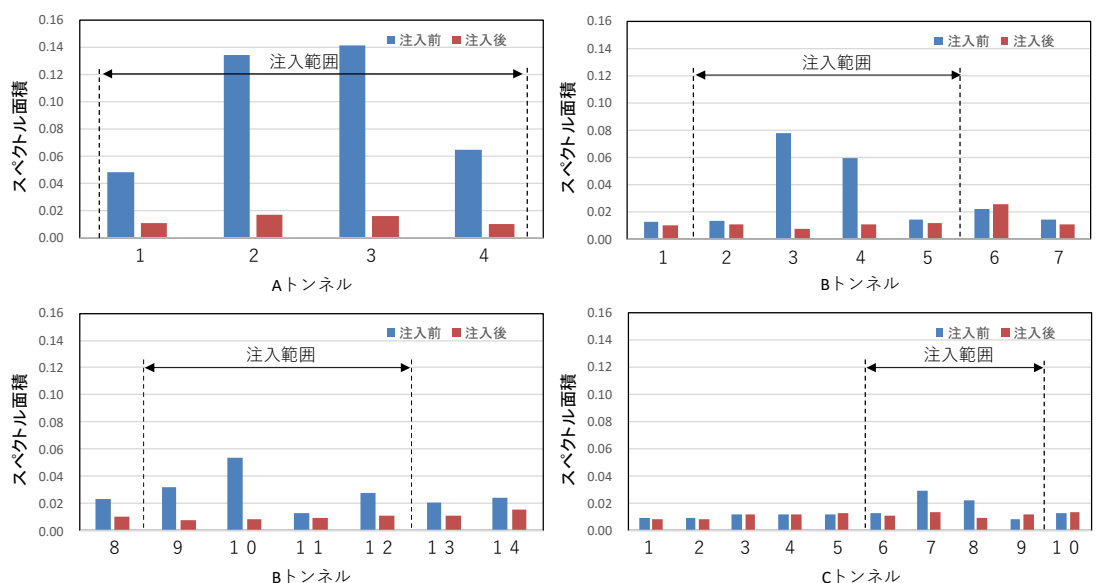


図1 計測箇所毎の路盤注入前後の振動試験結果

キーワード 山岳トンネル，小型起振器，路盤コンクリート

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

図1より、注入後は注入前と比較してスペクトル面積が減少していることがわかる。次に、図2に各トンネルにおける健全度評価結果を示す。なお、式(1)における基準値として、同一トンネルにおける注入後のスペクトル面積の平均値を適用した。図2のBトンネル(No.1~7)、Cトンネルより、軌道検測値に進行性がある箇所付近では健全度評価指標 κ が0.5未満、隣接区間では κ が0.5以上になっていることがわかる。また、図2に示す1スラブあたりの路盤注入量より、 κ が0.5未満の箇所では相対的に注入量が多い傾向にあることがわかる。図3に健全度評価指標 κ と路盤注入量の関係を示す。注入量は健全度評価指標 κ が小さい箇所が多くなっているが、注入量は空洞率だけでなく空洞深さ等の影響によって変化すると考えられ、その傾向はトンネル毎に異なっている。

4. 健全度評価閾値

軌道検測値に進行性がある箇所付近での健全度評価結果より、健全度評価閾値を $\kappa=0.5$ とすることで、健全と不健全の判定が可能であり、先の研究³⁾同様、評価閾値を0.5とすることの有効性を確認した。図4に健全度評価指標 κ と健全度評価指標の向上量(スペクトル面積基準値(路盤注入後)÷スペクトル面積実測値(路盤注入後)－健全度評価指標 κ)の関係を示す。図より、 κ が0.5未満の箇所では健全度の向上量が大きい傾向にあり、優先的に路盤注入を実施することで大きな効果を期待できる。また、注入前後に振動試験を実施することによって注入効果を定量的に把握することが可能になる。

5. まとめ

トンネル内路盤コンクリートの健全度評価に関する検討を実施し、健全度評価閾値を $\kappa=0.5$ とすることで健全と不健全の判定が可能であること、路盤注入前後に振動試験を実施することで注入効果を定量的に把握可能なことを示した。

今後、同様の計測事例を積み重ねることで健全度評価法の精度を高めていきたい。

《参考文献》

1)坂本ほか: 起振器を用いたスラブ軌道の走行安定性に関する評価法, 鉄道工学シンポジウム論文集, 第15号, pp.124-131, 2011. 2)窪田ほか: 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, pp.179-180, 2013. 3)坂本ほか: トンネル内路盤コンクリートの健全度評価に関する検討, 土木学会第74回年次学術講演会, pp.767-768, 2019.

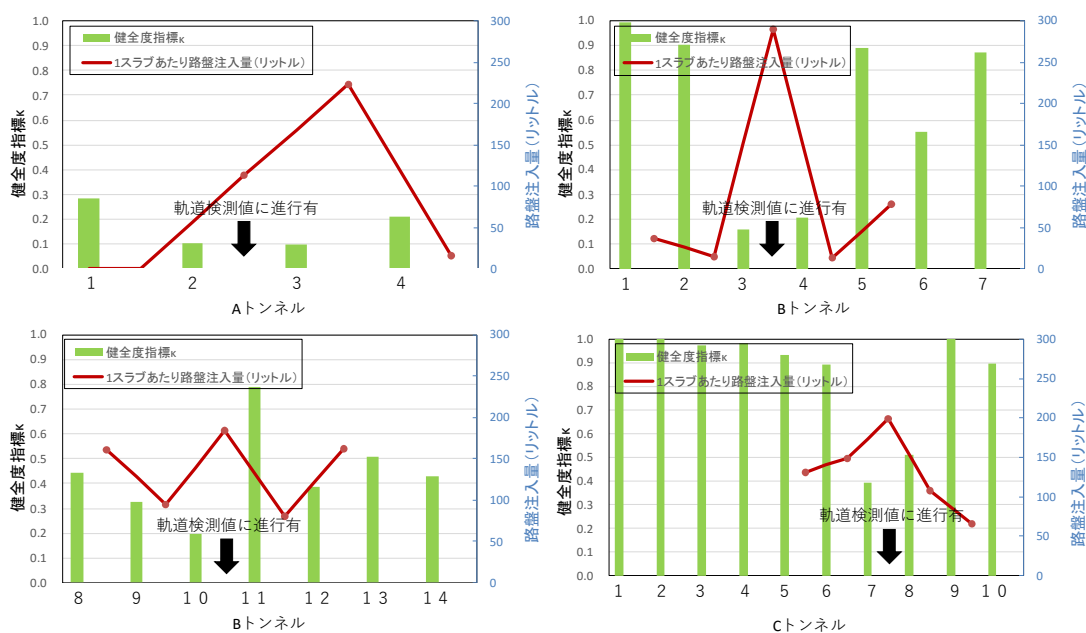


図2 計測箇所毎の健全度指標 κ と路盤注入量の関係

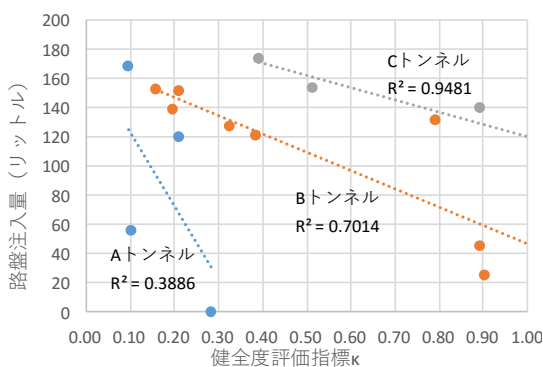


図3 健全度指標 κ と路盤注入量の関係

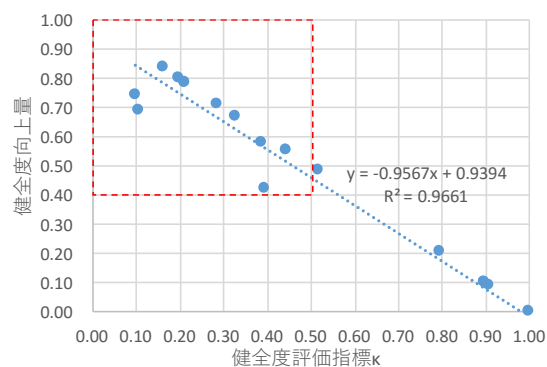


図4 健全度指標 κ と健全度向上量の関係