

Invitation To Railway Technology

トンネル内路盤下空洞検知手法の開発

1. はじめに

山陽新幹線トンネル内スラブ軌道区間の路盤コンクリート部では、軌道スラブの沈下、中央通路や側壁の変状、路盤面の滞水、噴泥などの現象が発生しています。これらの現象の原因としては、路盤コンクリートと地山との間に空洞が発生していることが考えられます。このような、いわゆる路盤下空洞の検知、確認手法としては、直接コアを採取する方法や、軌道検測車の検測データから推定する方法などがありますが、路盤下空洞を定量的に評価することは困難な状況です。

そこで現在、路盤下空洞を検知する新たな手法として、「振動」を利用した探査手法について開発をすすめています。

2. 試験の概要

山陽新幹線トンネル内スラブ軌道の断面図を図1に示します。小型起振器を路盤コンクリートの突起部に設置します（写真1）。路盤コンクリートは軌道スラブの両側に一部表れており、この部分に加速度センサーを設置して、起振時の振動を計測します。計測のフローは図2で示すとおりです。このような流れで計測を行い、路盤コンクリートの「揺れやすさ」を評価します。

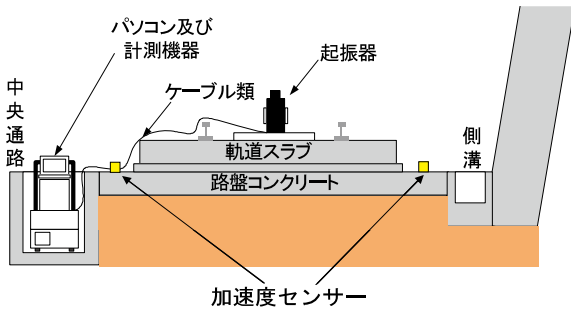


図1：振動試験概要図



写真1：小型起振器

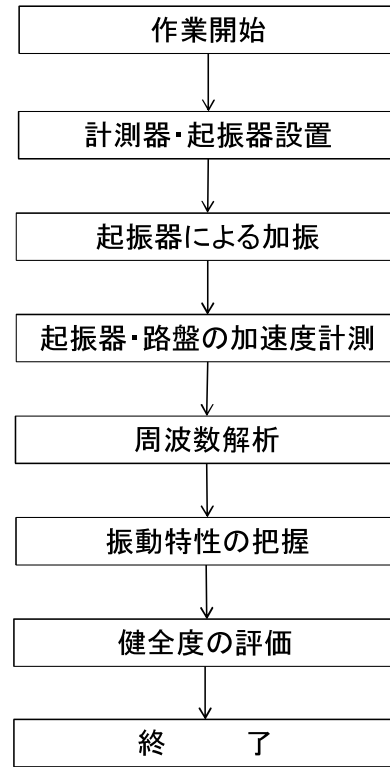


図2：振動試験フロー

3. 計測例

図3に、小型起振器で加振させた時の、小型起振器および路盤コンクリート上の測点における応答加速度の時刻歴を示します。加振方法として、周波数を3Hzから200Hzまで徐々に上げるスイープ加振を行います。ほぼ一定の加速度で動いている小型起振器に対し、路盤コンクリートは加速度が変化していることが確認できます。このような、路盤コンクリートの振動特性を用いて、評価を行います。

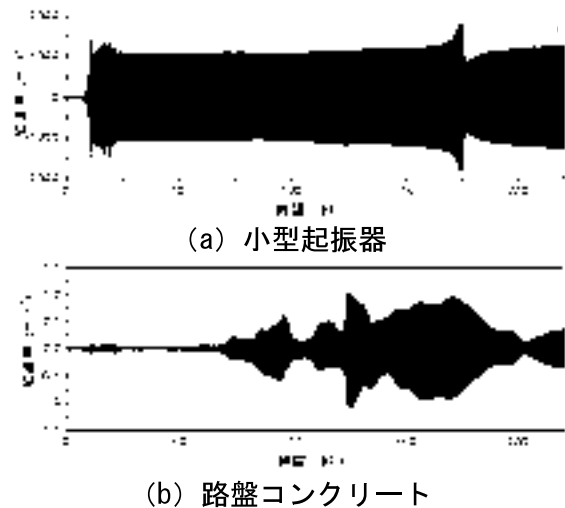


図3：計測例（加速度時刻歴）



4. 評価法および評価例

評価法としては、橋りょうの衝撃振動試験のように、固有振動数を用いる方法もありますが、ここではスペクトル面積を用いた評価を実施することにしました。この方法は、土留め壁のように背面に地盤がある構造物に適用される方法で、ある周波数帯域におけるスペクトルで囲まれた面積で評価します。図4で示すように面積が大きいと不健全、小さければ健全であると想定されます。

この評価法を用いて、路盤下空洞の対策工として実施される路盤注入の施工前後で振動試験を実施し、両者の結果を比較しました。図5に連続する10箇所の突起コンクリートを加振させた時のスペクトル面積の比較を示します。全ての箇所で路盤注入後に面積が減少しており、路盤の健全度が向上したものと考えられます。

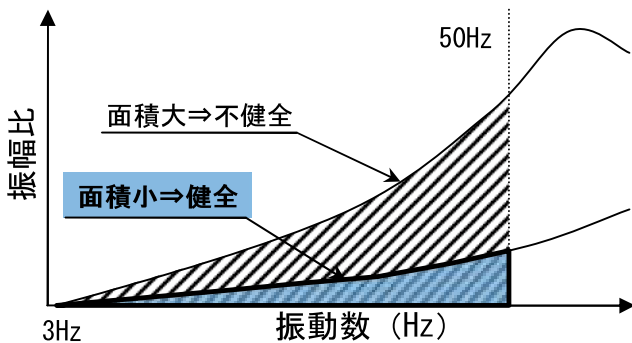


図4：スペクトル面積による評価

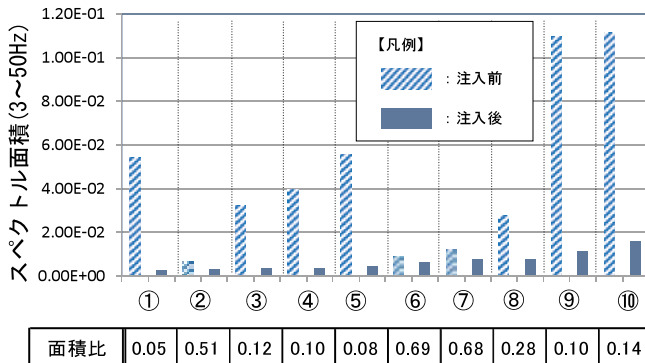


図5：スペクトル面積の比較（路盤注入前後）

5. 今後の課題

今後の課題については、下記の3点が挙げられます。

(1) 評価指標（基準値）

同一箇所における相対比較であれば、4で述べたように、初期値を測定し、その後の変化を確認することで、健全度評価は可能です。ただし、初期値がない時に路盤の健全度を評価する場合、基準値が必要となります。今後、これまでの振動試験結果の分析を進め、基準値の設定に関する検討を行う予定です。

(2) 解析によるシミュレーション

路盤の振動特性に対しては、路盤下空洞の大小のみならず、路盤コンクリート下部の地山の物性値や、路盤コンクリート周囲の境界条件（軌道スラブ、中央通路、側壁コンクリート）が影響を与えている可能性があります。それぞれの影響度合いを確認するためには、振動試験に対する解析的シミュレーションが必要です。そこで今後、数値解析を実施する予定です。

(3) 機器の可搬性の向上

これまでに使用した小型起振器は錘等も含めた重量が約80kgと、可搬性の点でやや難があります。今後、実用化へ向けてこの点を改善する必要があると考えています。

6. おわりに

これまでの検討結果についてまとめると以下のとおりです。

- ・小型起振器により突起コンクリート上で起振力を伝達することによって、路盤コンクリートの加振が可能であることを確認しました。
- ・路盤変状対策工の施工前後に起振器試験を実施し振動特性を比較することで、路盤の健全度評価における定量的指標としての可能性を示しました。

今後も計測を継続して実施し、データの蓄積や評価法の高精度化を進めていきたいと考えています。