

トンネル覆工コンクリートの振動特性に基づく健全性診断の試み

西日本高速道路エンジニアリング九州株式会社 正会員 ○谷口 徹也
 西日本高速道路株式会社 非会員 本山 和幸
 長崎大学大学院教授 工学研究科 フェロー会員 蔭 宇静

1 はじめに

国土交通省や高速道路各社が実施している道路トンネル定期点検および健全性診断¹⁾は、覆工本体の剛性面は診断材料でないため、必要な補強の程度は更に調査により判断する必要がある。そこで本稿では、覆工の振動特性から剛性を評価することで補強の要否や程度を診断することを目的として、覆工の常時微動計測とひび割れ分布状況との相関性、常時微動計測の再現性、および補強対策工実施前後の常時微動の変化について検証を行った。

2 検証方法

表-1 に検証対象トンネルを示す。対象スパンは、ひび割れ密度の範囲ごとに合計 10 スパンを選定した。

図-1 に検証手順を示す。まず、図-2 に示すとおり覆工表面画像からひび割れを抽出、図化し、フラクタル次元で定量表現²⁾する。また、覆工表面の軸方向、接線方向および法線方向に加速度計を設置し、常時微動計測およびフーリエスペクトル解析を異なる時期に 2 回行い各検証を実施する。なお対象スパンのうち 3 スパンは、第 1 回計測後に覆工内面に炭素繊維補強工が施工されている。

3 解析手法

(1) フラクタル次元解析

解析手法は、様々な図形に対する汎用性とコンピュータを利用して解析可能な Box Counting 法を採用した。本

手法は、ひび割れ分布図を幅 r の格子状に分割し、その格子中にひび割れが含まれる正方形の数を計上するものである。フラクタル次元算出式を式(1)に示す。

$$D = \lim_{r \rightarrow 0} \frac{\log N(r)}{\log \frac{1}{r}} \quad (1)$$

ここに、 D : フラクタル次元

$N(r)$: 正方形の数

r : 分割幅

(2) 常時微動計測およびフーリエスペクトル解析

常時微動計測は 1 スパンごとに 0.001 秒間隔で 180 秒間行い、スパイクノイズを除去後、10 秒間の加速度データを 6 個作成する。1 スパンのフーリエスペクトル代表値

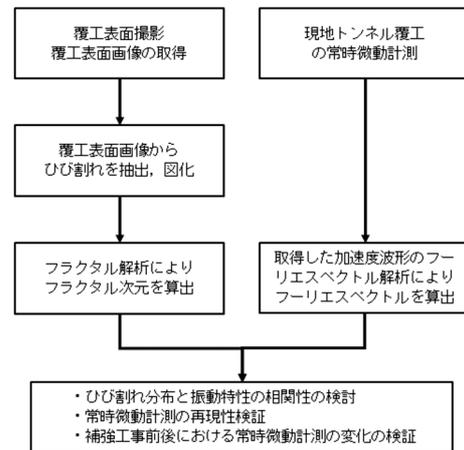


図-1 検証手順

表-1 検証対象トンネル

対象トンネル名	H トンネル (下り線)		
施工法	矢板工法		
延長, 供用年数	780m, 34 年		
タイプ名	A	B	C
ひび割れ密度 $H_i(m/m^2)$	$H_i < 0.2$	$0.2 < H_i < 0.5$	$0.5 < H_i$
ひび割れ展開図の例			
スパン数	5 スパン	3 スパン	2 スパン

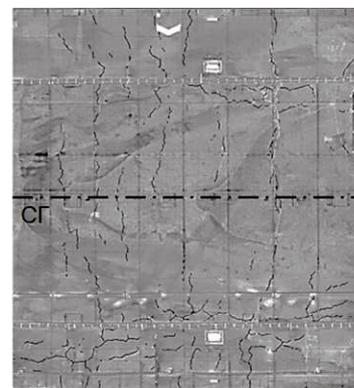


図-2 覆工表面画像およびひび割れ分布図の例

キーワード 覆工の剛性評価, 覆工表面画像, ひび割れ分布, フラクタル次元, 常時微動計測, フーリエスペクトル

連絡先 〒810-0073 福岡県福岡市中央区舞鶴 1-2-22 西日本高速道路エンジニアリング九州(株) TEL092-771-1414

は、各加速度データから解析した 50Hz から 200Hz までの平均値のうち最小値を採用する。接線方向および法線方向フーリエスペクトルは、図-3 に示すとおり水平方向および鉛直方向に補正する。フーリエスペクトル解析ソフトウェアは、建築研究所の「View Wave」を使用する。

4 検証結果

(1) 常時微動計測とひび割れ分布の相関性および常時微動計測の再現性検証結果

図-4, 図-5, 図-6 に各方向のフーリエスペクトルとフラクタル次元の相関を示す。相関性の判断は、式(2)より第1回の検定値は 0.58, 第2回は補強対策工が実施された3スパンを除いた検定値として 0.67 に設定して行った。

$$r_0 = \sqrt{\frac{4}{n+2}} \tag{2}$$

ここに、 r_0 : 相関係数の検定値

n : スパン数 (第1回 : 10, 第2回 : 7)

第1回は各方向とも相関係数 R が検定値を上回り、相関関係があることが判明した。第2回と第1回を比較すると、軸方向と鉛直方向はほぼ同様の分布であり、水平方向は、分布域は異なるが相関係数 R が検定値を上回ったことから、計測を再現できる可能性があると判断した。

(2) 補強対策工前後における常時微動の変化検証

図-7 に、覆工内面に補強対策工を施工した3スパンにおける補強前後の法線方向フーリエスペクトルを示す。この結果、補強後の値が減少したことから、覆工内面の引

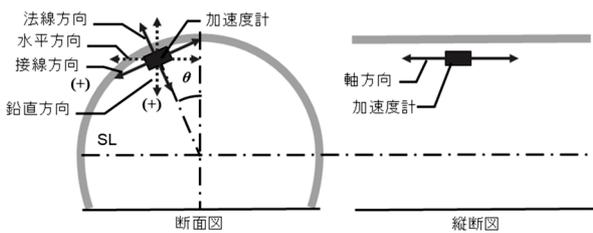


図-3 加速度計設置位置およびフーリエスペクトル方向補正模式図

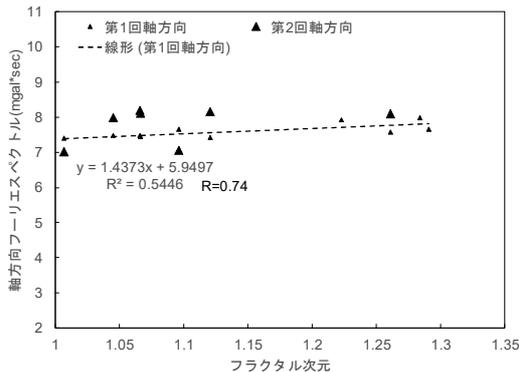


図-4 軸方向フーリエスペクトルとフラクタル次元

張側の補強効果を表現できる可能性があると判断した。

5 おわりに

本検証によりひととおりの知見を得ることができたが、検証数がわずかであるため引き続き同様の計測実績を蓄積して検証を深度化することが今後の課題である。

参考文献

- 1) 国土交通省道路局国道・防災課：道路トンネル定期点検要領, p.10, 2014.6
- 2) 西日本高速道路株式会社：保全点検要領 (構造物編), 2015.4
- 3) 谷口徹也, 山戸隆秀, 蔣宇静, : 計測に基づくトンネル覆工コンクリートの健全度評価の試み, 土木学会第 72 回年次学術講演会, III-363, pp.725-726, 2017.9

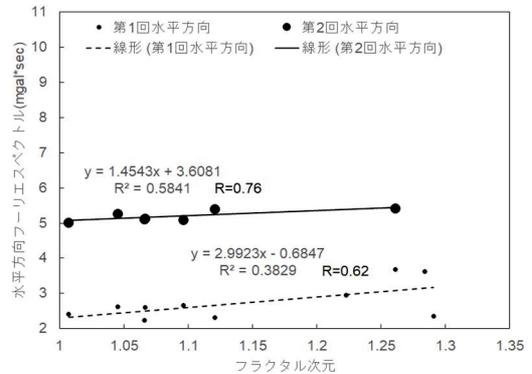


図-5 水平方向フーリエスペクトルとフラクタル次元

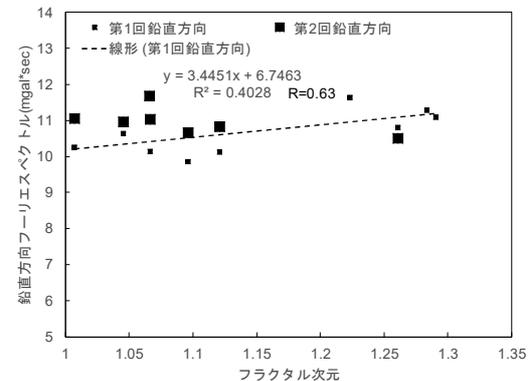


図-6 鉛直方向フーリエスペクトルとフラクタル次元

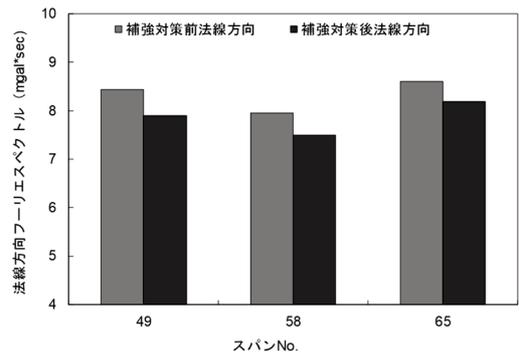


図-7 補強対策前後における法線方向フーリエスペクトルの比較結果