

トンネル覆工コンクリートの振動特性に関する一考察

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 正会員 村上 貴行
長崎大学大学院教授 工学研究科 フェロー会員 蔣 宇静
西日本高速道路エンジニアリング九州株式会社 非会員 波多野 成行

1 はじめに

現在のトンネル定期点検における健全性診断は、覆工コンクリートに発生するひび割れの分布状況やその進展状況により判定される¹⁾²⁾。覆工コンクリートの「壊れやすさ」という観点でトンネルの健全性とは何かを考えた場合、健全性の程度はひび割れ分布状況だけでなく覆工コンクリート本体の構造や品質、周辺地山の状況にも影響を受けると考えられる。これらの状況は、定期点検段階では把握困難である。そこで本稿では、トンネル構造の剛性を直接計測して表現する方法として、覆工コンクリートの振動特性に着目し、振動特性と覆工コンクリート及び周辺環境との関連性について考察した。

2 検証方法

表-1 に検証対象トンネルおよび対象スパン数を示す。HI トンネルは、筆者の既往研究成果を採用した³⁾。
図-1 に検証手順を示す。まず、詳細点検のひび割れ展開図からひび割れ分布状況を表す Tunnel Lining Crack Index(以下、「TCI」という)を算出する²⁾。また既往の調査結果などから地山等級、覆工厚、背面空洞深さを調べる。次に、現地トンネルにて覆工表面のトンネルセンターから横断方向に1mの位置に、トンネル軸方向、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行う。そして、TCI などの調査

結果およびフーリエスペクトルとの関連性について分析、考察する。

3 常時微動計測およびフーリエスペクトル解析方法

常時微動計測は、トンネル軸方向、接線方向、法線方向の各方向について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個作成してそれぞれフーリエスペクトル解析を行い、50Hz から200Hz までの平均値を算出する。各方向のフーリエスペクトルの代表値は最小値を採用する。更に、軸方向、接線方向及び法線方向の合成値(以下、「3方向合成フーリエスペクトル」という)と、接線方向および法線方向の合成値(以下、「2方向合成フーリエスペクトル」という)を算出する。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。図-2 に加速度計設置位置を図-3 に加速度計設置状況を示す。

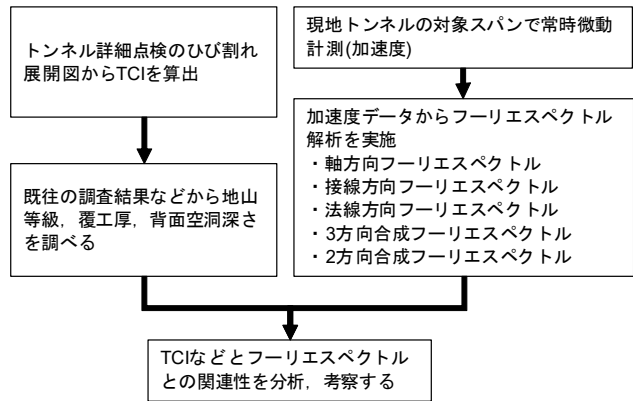


図-1 検証手順

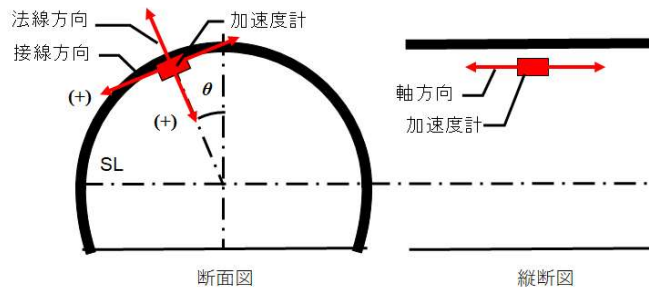


図-2 加速度計設置位置

表-1 検証対象トンネルおよび対象スパン数

対象トンネル名	工法	供用年数	スパン数
HI トンネル(下り線)	矢板工法	37	10
KI トンネル(上り線)	矢板工法	38	16
KI トンネル(下り線)	矢板工法	38	16
TE トンネル(上り線)	矢板工法	38	11
TE トンネル(下り線)	矢板工法	38	12
KA トンネル(上り線)	矢板工法	38	5
KA トンネル(下り線)	矢板工法	38	8
合 計			78

キーワード 覆工コンクリート、ひび割れ分布状況、周辺地山状況、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) TEL092-771-0831

4 検証結果

(1) フーリエスペクトルとひび割れ分布状況および周辺環境との関連

各方向のフーリエスペクトルを目的変数, TCI, 覆工厚, 背面空洞, 地山等級を説明変数に設定して重回帰分析を行った. 図-4 に各方向のフーリエスペクトルと説明変数との関連を示す. 軸方向フーリエスペクトルは相関性が低く, 他のフーリエスペクトルは高い結果となった. 説明変数の影響度については, 背面空洞深さと地山等級が高く, ひび割れ分布状況が低い結果となった. 覆工厚については, 法線方向において低く接線方向, 3 方向合成, 2 方向合成で高い結果となった. これらの結果より, 軸方向以外のフーリエスペクトルは説明変数で説明できる可能性があることが明らかとなった.

(2) 各方向フーリエスペクトルとひび割れ分布状況および周辺環境との相関性

図-5 に, 各方向フーリエスペクトルに対するひび割れ分布状況および周辺環境との相関性について検証した. 表-2 に各相関係数を示す. 相関性の判定は, 式(1)より検定値は 0.224 である.

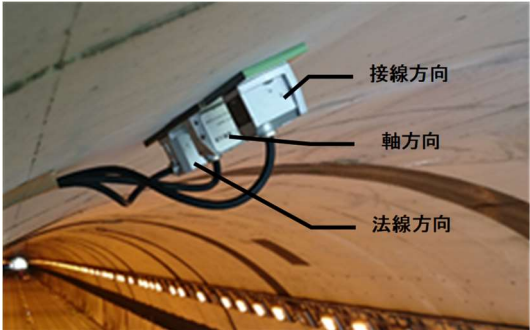


図-3 加速度計設置状況

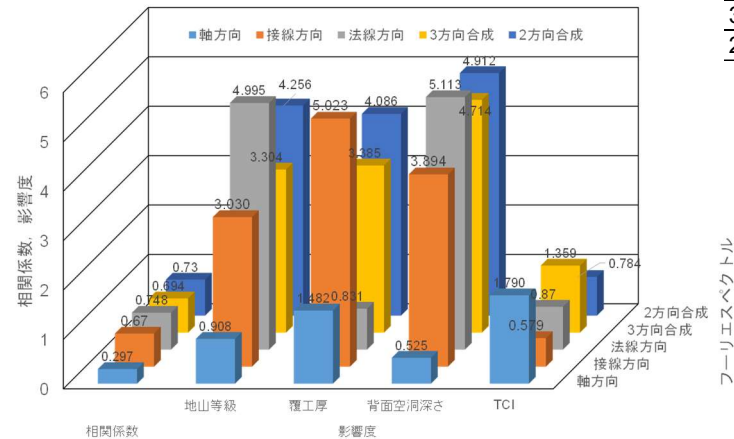


図-4 各方向フーリエスペクトルとひび割れ分布状況及び周辺環境との相関性

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

ここに, r_0 : 相関係数の検定値
 n : スパン数 (78)

表中ハッチングが, 相関性が認められる項目である. 接線方向フーリエスペクトルとの相関性は, 地山等級, 覆工厚, 背面空洞深さにあり, 法線方向, 3 方向合成, 2 方向合成フーリエスペクトルに対しては覆工厚に相関性が低い反面, ひび割れ分布状況に相関性が若干認められる結果となった. これらの結果より, 軸方向以外のフーリエスペクトルを併用することによってひび割れ分布および周辺環境との関連性を評価できる可能性があると判断した.

5 おわりに

本検証によりフーリエスペクトルとひび割れ分布状況および周辺環境との関連性について可能性を見出すことができた. 今後は常時微動計測による実用的なトンネル構造の剛性可視化技術を構築したい.

参考文献

1) 国土交通省道路局:道路トンネル定期点検要領, 2019.2
2) 西日本高速道路株式会社:保全点検要領(構造物編), 2019.7
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

表-2 各方向フーリエスペクトルに対する相関係数

各方向フーリエスペクトル	地山等級	覆工厚 (mm)	背面空洞深さ (mm)	TCI
軸方向	0.038	-0.179	0.111	0.222
接線方向	-0.404	0.347	0.442	0.181
法線方向	-0.608	-0.056	0.632	0.258
3方向合成	-0.472	0.177	0.561	0.278
2方向合成	-0.526	0.216	0.560	0.230