

常時微動によるトンネル覆工コンクリートの振動特性の推定

東京都市大学 正会員 丸山 収
 (独) 土木研究所寒地土木研究所 正会員 佐藤 京
 北海道旅客鉄道 正会員 糸井謙介
 東京都市大学 正会員 須藤敦史
 (独) 土木研究所寒地土木研究所 正会員 西 弘明

1. はじめに

我が国では 1950 年代以降, 特に高度経済成長期において多くのトンネル構造物が建設されている。覆工コンクリートの経年劣化が進行すると, コンクリート片の落下する危険性が増加し, 市民生活, 経済活動に多大な影響を及ぼすことになる。したがって, 点検による劣化箇所の早期発見と適切な対策が重要となる。現状では定期点検は目視点検や写真撮影によるデータ抽出により行われている。

本研究の目的は, 常時微動による健全度モニタリングシステムを構築することである¹⁾。特に, 過去の補修により覆工コンクリート表面が被覆されている場合には, 目視および画像データによる評価が困難であるので, 常時微動による評価の可能性について検討している。旧サロマトンネルを研究対象とし, 常時微動データのスペクトル解析および AR モデルへのモデル化を行い, トンネル覆工コンクリートの振動特性と劣化の関係を明らかにする。

2. 常時微動測定概要

対象とした覆工コンクリートは目視により, 不健全部と健全部と判定された箇所とした(図-1)。

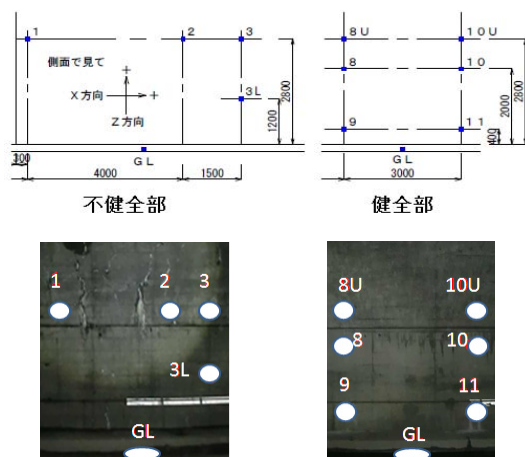


図-1 測定点配置

測定ではサーボ式加速度計を用いて常時微動を計測した。測定機器を図-2, 加速度計の仕様を表-1 に示す。測定は選定した側壁面で, それぞれトンネル軸方向 (X), 横断方向 (Y), 上下方向 (Z) の 3 成分を 15 分間計測した。図-3 に常時微動波形を示す。



図-2 測定機器

表-1 測定機材の仕様

使用機器	メーカー	機種	測定レンジ
測定器	共和電業	EDX-2000A	2V
サーボ加速度計	リオン	LS-10C	10mm/s ²
汎用振動計(アンプ)	リオン	VM-83	10mm/s ²
延長ケーブル	リオン	EC-40シリーズ(20m,50m)	-

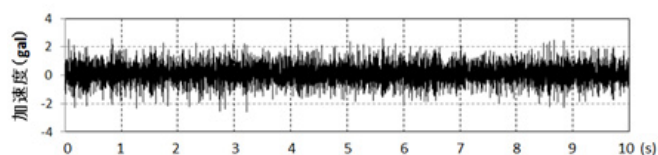


図-3 常時微動波形一例

3. 覆工コンクリートの振動特性

目視により健全と不健全に評価されたスパンにおいて測定した常時微動波形のフーリエスペクトルを算出し, 覆工コンクリートの振動特性評価を行った。

まず, 図-3 に示すような常時微動波形をフーリエ変換すると高周波成分が検出されたため, カルマンフィルターにより, トレンド成分, 主成分およびノイズ成分に分解することを試みた²⁾(図-5)。ここで, ノイズ成分のフーリエスペクトルを求め, 図-4 における高周波成分と対応していることからノイズの除

キーワード トンネル覆工コンクリート, 劣化診断, 常時微動, AR モデル

連絡先: 〒158-8557 世田谷区玉堤 1-28-1 TEL: 03-5707-0104 E-mail:omaruya@tcu.ac.jp

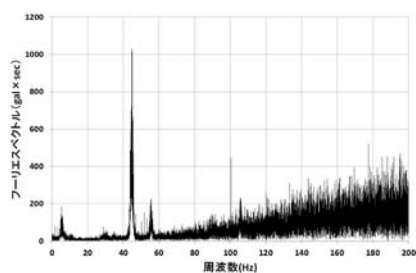


図-4 フーリエスペクトル

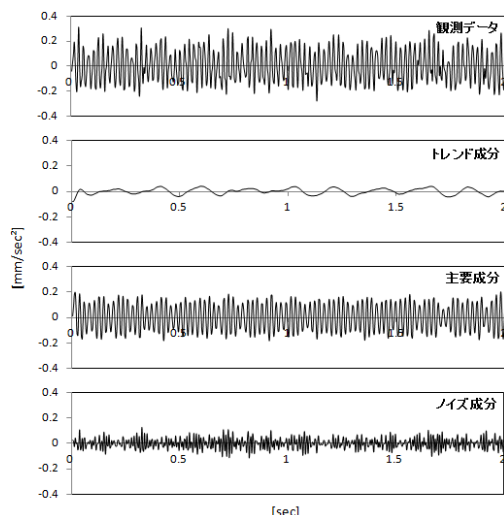


図-5 カルマンフィルタによる推定結果

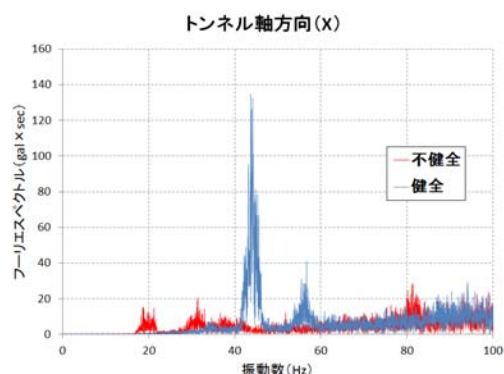


図-6 健全部と不健全部のフーリエスペクトル

去が行われていることを確認した。健全部と不健全部の観測データに対して、同様な処理によりノイズを除去して、フーリエスペクトルを求めた結果を図-6に示す。図-6から健全部では特に45Hz付近の卓越周波数が多いのに対し、不健全部では18Hzあたりに卓越周波数がみられる。全体的には、不健全部では卓越振動数が低下する傾向にあった。

4. ARモデルによるモデル化

前述したようにスペクトル解析により振動数成分の把握をすることが出来た。ここでは、常時微動波形をARモデルにモデル化して、得られた係数により振動特性の差異を読み取ることを試みる。すなわ

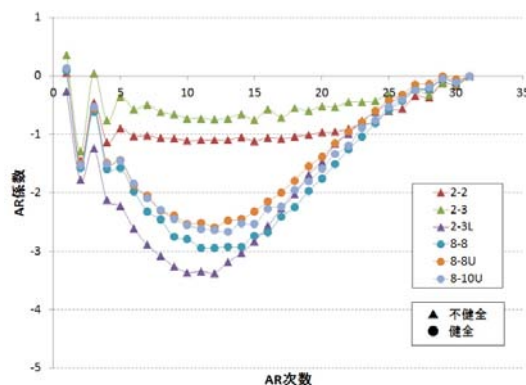


図-7 AR係数の比較 (トンネル軸方向振動)

ち、式(1)に示すARモデルの係数を、それぞれ健全部および不健全部の観測記録から求め、係数比較を行う。基本的にはスペクトル解析と同様に周波数特性の解析を行っているが、直接的に推定された係数比較により劣化状態の識別が可能であるかどうかを検討してみる。以下の計算ではAR次数を共通に30としている。

$$y(k) = \sum_{i=1}^m a(i)y(k-i) + \varepsilon(k) \quad (1)$$

図-7から、トンネル軸方向振動において、不健全な断面における測点2-2、測点2-3はAR次数5からAR次数25にかけて、AR係数値-0.5から-1の間と高い位置で直線に近い分布をしていることがわかる。一方、健全な断面の測点8-8、測点8-8U、測点8-10U、はAR次数5からAR次数27にかけて、AR係数値-1から-3の間と低い位置に曲線を描いて分布している。測点2-3Lは、上部が不健全な断面ではあるが、測定点付近はおおむね健全であり、健全な断面としている係数と同様の傾向をしている。

5. まとめ

今回の測定では、覆工コンクリート断面における健全部と不健全部では振動特性に違いを確認できた。また、AR係数からも健全不健全の違いを読み取ることができた。また、AR法による数値化より得られたデータから、サポートベクターマシンより劣化状態の自動検知を試みる。

参考文献

- 1) 蔣 宇静, 谷川 征嗣ほか: 常時微動測定に基づくトンネル覆工の健全度評価手法の提案, トンネル工学報告集 20号, pp.205-209, 2010-11
- 2) 北川 源四郎: 時系列解析入門, 岩波書店
- 3) 広兼 道幸, 野村 泰稔ほか: コンクリート構造物のひび割れ形状に基づく損傷度分類への線形 SVM の適用, 土木学会論文集 64号, pp.739-749