

トンネル覆工コンクリートのひび割れ発生状況と振動特性との相関に関する評価

長崎大学工学部 学生会員 ○草場雅哉 大学院工学研究科 学生会員 呉 学震 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 正会員 谷口徹也

1. はじめに

高度経済成長期に建設されたトンネルや橋梁などインフラの老朽化が進む中、顕在化している重大事故のリスクの低減，維持管理・更新の負担低減のため，効率的な維持管理を支援する高速かつ的確な安全性診断技術の確立が必要とされている．現在はトンネル点検車を用いた覆工コンクリート表面ひび割れの発生状況調査が実施されているが，覆工本体を直接計測して健全性を評価する手法は確立されていないのが現状である．そこで，本研究では覆工コンクリートのひび割れについて，時速 80km 走行中の撮影と同時に進行方向に連続静止画像を作成できるラインセンサカメラを用いて，画像から覆工コンクリートの損傷個所を迅速に識別できる点検システムを実証し，構造物としての覆工の振動特性（健全度）との相関を明らかにすることを目的とする．

2. 覆工コンクリートのひび割れ分布の評価

本研究では，ラインセンサカメラを搭載したトンネル覆工表面撮影車で撮影した連続画像からひび割れを抽出し，ひび割れの分布密度を評価するためにフラクタル次元の算出を行った．フラクタル次元とひび割れの連結性には相関関係があり，一般的にはひび割れの分布が多いほどフラクタル次元は大きくなる．フラクタル次元解析のひび割れの抽出過程を図 1 に，また，フラクタル次元の計算例を図 2 に示す．

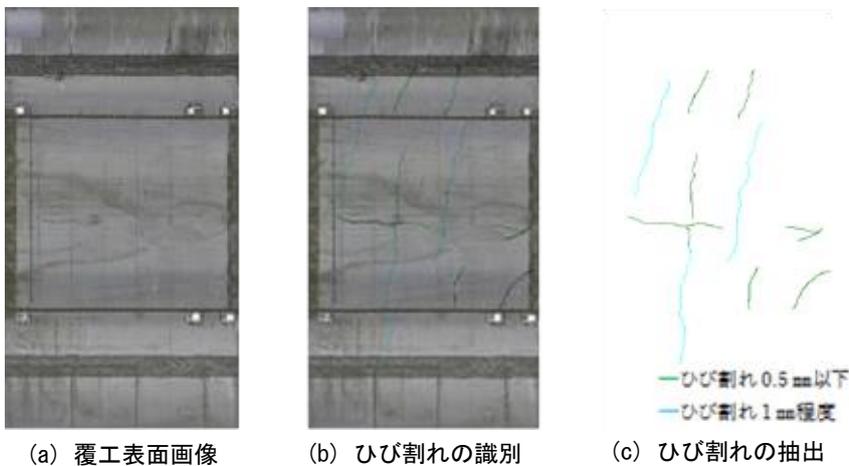


図 1 覆工表面のひび割れの抽出

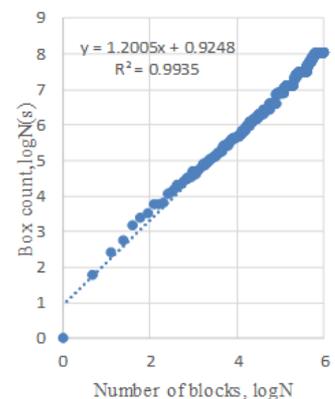


図 2 フラクタル次元の計算

全長約 780m の H トンネル（下り線）の健全スパン・不健全スパンを含めた 10 スパンについて評価を行った．H トンネルは 1982 年に，矢板工法で建設された道路トンネルである．供用 34 年の現状では，ひび割れや漏水の補修が適宜実施されている．フラクタル次元の計算結果を表 1 に示す．健全部では 1.0 より大きく 1.2 より小さい値を，不健全部では 1.2 より大きい値を示した．

3. 常時微動計測による評価

対象の 10 スパンの覆工コンクリートに対し，非破壊計測手法である常時微動計測を実施し，測定された加速度波形についてフーリエ解析を行い，振動特性の 1 つ

表 1 フラクタル次元とフーリエスペクトルの計算結果

スパン No.	フラクタル次元	フーリエスペクトル
1	1.2005	48.58971
12	1.0508	45.16607
16	1.1225	45.21641
18	1.0293	45.62569
20	1.0528	47.28190
35	1.0972	44.89557
42	1.0914	44.06898
49	1.2775	46.60131
58	1.2294	48.37130
65	1.2260	46.57371

であるフーリエスペクトル値について比較検討する。なお、計測はトンネルの天端部において、トンネル軸方向、トンネル横断方向、上下方向の3方向で軽量振動計(図3)を取り付けて、180秒間で計測した。180秒間の計測データのうちスパイクノイズを取り除き、各スパンに差が出ないように100秒間で統一した。この加速度波形を用いてフーリエスペクトルを算出し、15Hz~250Hzの間で平均をとり、3



図3 軽量振動計

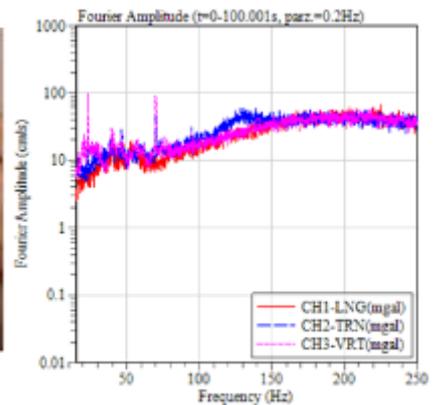


図4 フーリエスペクトル波形

方向成分のベクトル値を合成してそのスパンの代表値とした^{り2)}。算出した各スパンのフーリエスペクトルの代表値を表1に示す。また、解析結果の一例としてスパンNo.1のフーリエスペクトル波形を図4に示す。表1より、3成分合成フーリエスペクトルの値は健全部で44.0~46.0、不健全部で46.5~49.0であることが分かる。

4. ひび割れ分布と振動特性との相関

図5は、フーリエスペクトルとフラクタル次元との関係を示す。ほとんどのスパンではフラクタル次元の値が健全部該当の値ならばフーリエスペクトルの値も同様の傾向を示す。しかし、スパン20に関しては、フラクタル次元では健全部該当の値を示すが、フーリエスペクトルでは逆の結果を示した。この結果から、表面的には健全のようだが、コンクリート内部もしくは背面には空洞など不健全な箇所が存在することが推定される。これよりフーリエスペクトルとひび割れ密度(フラクタル次元)の間には必ずしも明確な相関関係がないと考えられる。その理由として、フラクタル次元があくまでもコンクリート表面のひび割れの評価であり、コンクリート内部の損傷まで推測できないためである。現在のトンネル評価は覆工コンクリート表面のみの評価が多いようであるため、トンネル覆工の健全度を的確に評価するためには振動特性などのような強度パラメータを取り入れる必要があると考えられる。

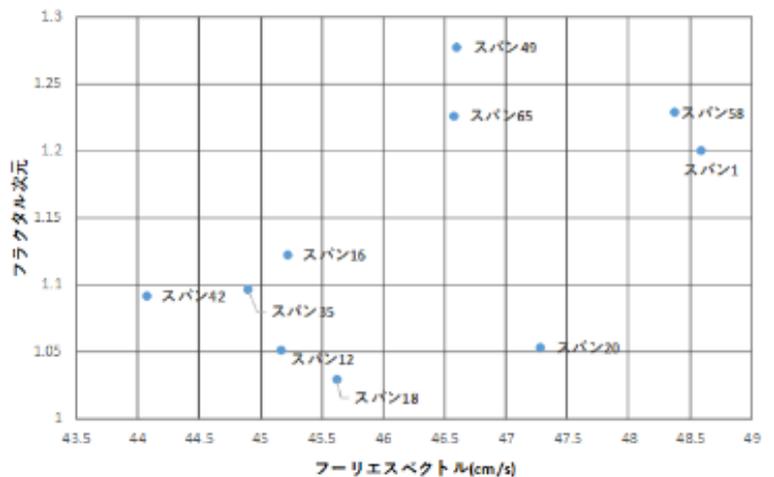


図5 フラクタル次元とフーリエスペクトルとの関係

5. おわりに

本研究では道路トンネルの維持管理における覆工コンクリートの健全度評価について、ひび割れ密度を表すフラクタル次元と健全度を表すフーリエスペクトルの2つの特性値を用いて両者の相関を考察した。覆工コンクリート内の劣化損傷状態の違いにより、フラクタル次元だけでは評価できない箇所があり、常時微動計測によりコンクリート内部の不健全部の存在可能性が推測できた。今後は、常時微動計測をより多くの現場に適用することにより、ひび割れや空洞の有無が覆工コンクリートの健全性に及ぼす影響を解明していく。

6. 参考文献

- 1) 山内淑人, 蔣宇静, 李博, 小川能克, 大嶽剛志: 常微動測定によるトンネル覆工コンクリート健全性評価の可能性, JCOSAR 2011 論文集, pp.645-648, 2011
- 2) 蔣宇静, 谷川征嗣, 山内淑人, 安田亨, 田近宏則: 常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, 第20巻, pp.205-209, 2010