ひび割れ分布と振動特性に基づく老朽化トンネルの健全度診断

長崎大学工学部 学生会員 〇野口捺菜 長崎大学院工学研究科 フェロー会員 蒋宇静 長崎大学院工学研究科 学生会員 草場雅哉 協同エンジニアリング(株) 正会員 米田裕樹 正会員 宇都宮隆

<u>1. はじめに</u>

大分県内のトンネルは500本近くあり,都道府県別では全国1位 となっている.その大半は,供用年数が30年以上のものであり, 覆エコンクリートの劣化進行に伴い,健全度の的確な判断と対策 が必要とされている.本研究では,健全度評価手法の現状と課題 を述べるとともに,大分県内の実トンネルに基づいたひび割れの 分布や振動特性に着目した健全度の推定を行うことで,構造物と しての覆工の振動特性とひび割れ評価,覆工背面空洞との相関を 明らかにすることを目的とする.

2. 対象トンネルの概要

対象トンネルである A トンネルは,昭和 29 年に施工された幅 員 4.1m,高さ 4.9mの一車線トンネルである.供用後 60 年経過 しており,トンネル内は覆工表面ひび割れや漏水,うき・はく離 などの損傷が多く見られる.

3. ひび割れ分布の定量的評価

対象トンネルの全スパンの覆工表面ひび割れの分布密度について、フラクタル次元解析を行った.一般にひび割れが多いほどフラクタル次元は大きくなる¹⁾. 図1は対象トンネルの覆工表面ひび割れ分布展開図と覆工背面空洞分布図を示す.スパンごとおよびスパンを左右に分けた場合の2回について比較を行った. 各スパンのフラクタル次元の値を表1にまとめた.

4. 固有振動特性による評価

空洞とひび割れが多い箇所,少ない箇所を8スパン選別し, 非破壊計測手法である常時微動計測を2回行い,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つである フーリエスペクトル値について比較検討した.

本研究で用いた加速度センサの最大測定周波数が 250Hz で あるため、フーリエスペクトル波形も 250Hz までの値を用いた ^{2),3)}.得られた加速度波形の一例を図2に示す.また,算出した 各スパンのフーリエスペクトル値を表2に示す.1回目に測定 した値を表の左側、2回目を表の右側に示す.天端部分では、フ ーリエスペクトルが大きな値を示した.



(b) 覆工背面空洞分布

図1 対象トンネルの覆工表面ひび割れ分布

表1 フラクタル次元解析結果

(左:スパン全体,推定覆工厚,	右:スパン左右)
-----------------	----------

	推定覆工厚	フラクタル	フラクタル	フラクタル
スパンNo.	(cm)	次元	次元(左)	次元(右)
1	21.3	1.435	1.3299	1.5334
2	17.7	1.302	1.3431	1.4655
3	23.1	1.221	1.2076	1.2465
4	20.9	1.355	1.3308	1.4803
5	18.1	1.110	1.0925	1.1
6	13.3	1.058	1.3709	1.1159
7	16.3	1.094	1.1608	1.0052
8	18.4	1.095	1.3338	1
9	12	1.145	1.2492	1.2193
10	28.6	1.320	1.3167	1
11	18.4	1.380	1.2955	1.437
12	20.2	1.393	1.2293	1.111
13	25.5	1.430	1.4757	1.4961
14	20.4	1.471	1.522	1.4372
15	33.5	1.491	1.5017	1.5175
16	32.3	1.413	1.5272	1.6371
17	26.5	1.393	1.3816	1.4166

5. ひび割れ分布と振動特性との関係

天端部を除いた対象スパンのフーリエスペクトルとフラク タル次元の関係を図3に示す.

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 ペクトルも同様の傾向を示す.ひび割れに対する判定結果と 比較すると,健全部ではひび割れ判定Ⅱb(健全),不健全部で はひび割れ判定Ⅲ(不健全)となった.

6. 振動特性と覆工背面空洞との相関

対象スパンのフーリエスペクトルと電磁波探査に基づいて 算出した覆工背面空洞の体積との関係を図4に示す.背面空 洞の体積の増加に伴い,フーリエスペクトルがおよそ増加傾 向にある.

スパン 2C, 8R, 8C, 13C はすべて背面空洞の体積がゼロで あるが,フーリエスペクトルの値には差が生じた.今回の測定 では全体的に天端部のフーリエスペクトルが大きな値を示し ているため,スパン 2C, 8C, 13C の値が大きくなったと考えら れる.

また、スパン9Cについては他のスパンと比較してフーリエ スペクトルの値が大きくなった.これは、スパン9Cに大きな 背面空洞があったためと考えられるが、スパン15Cは他のス パンと比較してもそれほど大きな値を示していない.表1に 電磁波探査結果に基づいて推定した覆工厚を併せて示す.こ れより、覆工厚が大きいほどフーリエスペクトル値は小さく なるため、スパン15Cにおいてフーリエスペクトル値が小さ くなったと考えられる.

7. おわりに

本研究では老朽化トンネルを対象に覆エコンクリートの健 全度評価を試みた. 覆工表面ひび割れと振動特性との相関, 振動特性と覆工背面空洞との相関についてそれぞれ考察した. その結果,振動特性と覆工背面空洞には相関関係がある が,振動特性は,覆工背面空洞の大きさだけでなく,覆工厚 による影響も考慮する必要があることを明らかにした.

参考文献

- 1) 半田兼一,大西有三,西山哲,ほか:ディジタル画像処理を利用したひ 図4 フーリエスペクトルと び割れ抽出による道路トンネル健全性評価,第37回岩盤力学に関するシンポジウム講演集,pp.13-18,2008
- 2) 蒋宇静,谷口征嗣,山内淑人,安田亨,田近宏則: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,トンネル工学報告書,第
 20巻,pp.205-209,2010
- 3) 宇都宮隆,米田裕樹,草場雅哉,ほか:老朽化トンネルにおける覆工表面ひび割れ分布の評価,第27回トンネル工学研究発表論文,報告
 I-2,2017



図2 加速度波形の一例

表2 フーリエスペクトル値

(左:1回目,右:2回目)

スパンNo.	フーリエスペクトル (mgak×sec)	スパンNo.	フーリエスペクトル (m ga ksec)
7L	44.777	20	48.518
8R	45.549	7L	42.564
15L 15R	44.600	80	49.386
16L	45.050	8R	43.866
16R	45.711	9C	60.390
17L	44.903	130	46.491
17R	45.710	150	49.267



図3 フーリエスペクトルとフラクタル次元との関係



図4 フーリエスペクトルと背面空洞の体積との関係