

覆工表面ひび割れ分布と 固有振動特性の相関について

藤山 啓太¹・米田 裕樹²・谷口 徹也³・蔣 宇静⁴

¹正会員 協同エンジニアリング株式会社 (〒870-0030 大分県大分市大字三芳1238-1)
E-mail: fujiyama@kyodo-ccc.co.jp

²正会員 協同エンジニアリング株式会社 (〒870-0030 大分県大分市大字三芳1238-1)
E-mail: yoneda@kyodo-ccc.co.jp

³正会員 西日本高速道路エンジニアリング九州株式会社
(〒810-0073 福岡県福岡市中央区舞鶴1-2-22)
E-mail: t.taniguchi.a@w-e-kyushu.co.jp

⁴フェロー会員 長崎大学大学院教授 工学研究科 (〒852-8521 長崎県長崎市文教町1-14)
E-mail: jiang@nagasaki-u.ac.jp

本報告では、トンネル覆工の健全度評価手法の現状と課題を述べるとともに、健全性診断の定量化を目的として大分県内の実トンネルを対象に覆工コンクリートの振動特性とひび割れ分布や覆工厚などとの関連性を検証した。具体的には、覆工表面ひび割れと振動特性との相関、振動粒子軌跡による覆工コンクリートの不安定性とその方向の判定、フーリエスペクトル値に最も影響を与える要因の抽出を行うとともに、振動特性とひび割れ分布には相関関係があることを明らかにした。

Key Words : tunnel lining concrete, crack distribution, vibration characteristics, fractal imension, multiple regression analysis

1. はじめに

日本は、その地形的制約から高度成長期(1955～1973)には社会的資本整備事業として数多くトンネル構造物が建設され、図-1¹⁾に示すように、供用開始年代別のトンネル箇所数の比率で見ると、1985年以前に建設され、供用後30年以上となるトンネルが約57%に及んでいる。

供用時間に伴う劣化現象が全国的に顕在化してきており、これら劣化に対する補修・補強などの適切な対応が急務となっている。現状のトンネル点検手法としては定量的評価が少なく、点検者の技術力で差異がみられ、確実な手法が確立しているとは言えないのが現状である。

そこで本報告では、健全性診断の定量化を目的として大分県内の実老朽化トンネルを対象に常時微動計測と覆工コンクリートの背面空洞の調査を行い、計測結果に関する考察に基づき、覆工コンクリートの健全性診断手法の実用性を検証した。

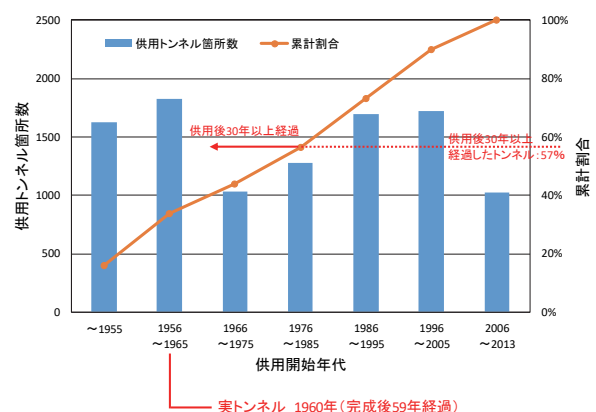


図-1 供用開始年代別トンネル箇所数 (文献1を加筆)

2. 対象トンネル概要²⁾

(1) トンネル緒元

対象トンネルは、昭和35年に施工された幅員7.26m、高さ5.45m、延長157.7mの二車線トンネルで完成後59年経過している。表-1にトンネル諸元、図-2にトンネル平面図、図-3に地質縦断面図、図-4にトンネル断面図及び終点側坑口部の写真を示す。

トンネル周辺の地質は、前期更新世の噴出物のうち、上部火砕堆積物の分布が示されている。対象トンネルは土石流・泥流・洪水などのラハール堆積物を主体としており、岩相としては凝灰角礫岩(凝灰質砂礫岩)を主体とし、凝灰質砂岩などを挟在している。

周辺地山の一軸圧縮強度の平均値は 552.9kN/m²、静弾性係数は 30,000~100,000kN/m²と推定されている。地山の自立性は悪く、地山強度比が 1.7 程度であることから、地山等級DⅡ程度と推察される。

(2) トンネルの変状状況

対象トンネルの定期点検結果を表-2に示す。これから次の事項が考察できる。

- ひび割れの最大幅は1.0mm、長さ5.4m：スパンNo.12（以下「S012」という）であり、ひび割れ密度が0.2m/m²を超えるスパンにて対策区分Ⅱa判定となっている。
- 覆工背面空洞は、S012にて最大深さ191cmで確認されている。
- 覆工厚30cm未満で且つ空洞厚30cm以上のS007、S011、S013、S014、S016～S018は、対策区分Ⅲ判定となっている。
- 有効巻厚は、設計巻厚の1/2未満であるS014は対策区分Ⅲ判定となっている。
- うき・はく離の対策区分は、アーチ部にて早期に落下する恐れのあるうきが確認されたスパンS002、S003、S006、S008、S009、S011、S013、S014、S017、S018にて対策区分Ⅲ判定となっている。
- 漏水に関しては、滴下および路面滞水が確認されたスパンS001、S018にて対策区分Ⅲ判定となっている。

対象トンネルは通行に支障が出るほど覆工コンクリートの劣化損傷が進んでおり、トンネル定期点検によるトンネルの健全性はⅢ判定とされている。

表-1 対象トンネル諸元

完成年	昭和35年(完成後59年経過)		
幅員	7.26m	中央高	5.45m
延長	157.7m	工法	矢板工法

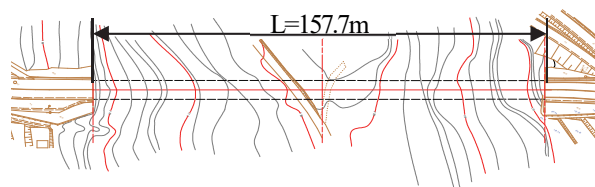


図-2 対象トンネル平面図

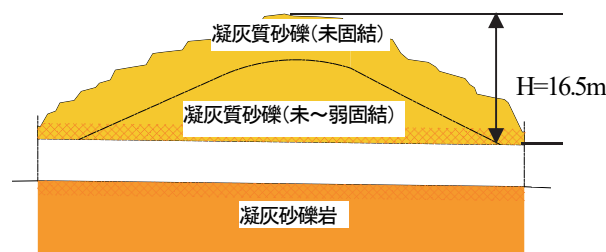


図-3 地質縦断面図

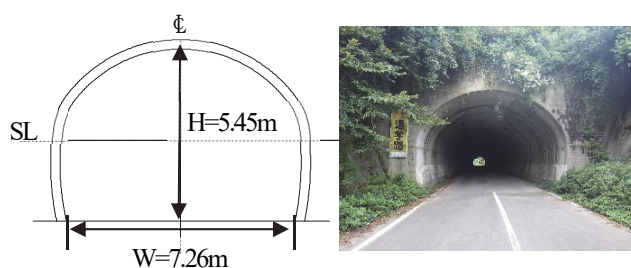


図-4 トンネル断面図及び終点側坑口部写真

表-2 対象トンネルの健全度判定表

スパン No.	推定覆工厚 (推定空洞厚)	ひび割れ 密度 (m/m ²)	判定区分				漏水による 変状 漏水
			外力によ る変状	材料による変状			
			ひび割れ	突発性崩壊	有効巻厚	うき・はく離	
1	53cm(48cm)	0.33	Ⅱ a	Ⅱ a	Ⅱ a	Ⅱ a	Ⅲ
2	24cm(13cm)	0.13	Ⅱ b	Ⅱ b	Ⅱ b	Ⅲ	Ⅱ a
3	18cm(29cm)	0.13	Ⅱ b	Ⅱ b	Ⅱ a	Ⅲ	Ⅱ b
4	24cm(17cm)	0.00	Ⅱ b	Ⅱ b	Ⅱ b	Ⅱ a	Ⅱ b
5	19cm(16cm)	0.10	I	Ⅱ b	Ⅱ a	Ⅱ a	Ⅱ b
6	18cm(27cm)	0.07	Ⅱ b	Ⅱ b	Ⅱ a	Ⅲ	Ⅱ b
7	29cm(47cm)	0.13	Ⅱ b	Ⅲ	Ⅱ b	Ⅱ a	I
8	25cm(17cm)	0.05	Ⅱ b	Ⅱ b	Ⅱ b	Ⅲ	Ⅱ b
9	26cm(21cm)	0.04	Ⅱ b	Ⅱ b	Ⅱ b	Ⅲ	Ⅱ b
10	33cm(174cm)	0.03	Ⅱ b	Ⅱ a	Ⅱ a	Ⅱ a	Ⅱ b
11	27cm(129cm)	0.00	I	Ⅲ	Ⅱ b	Ⅲ	I
12	36cm(191cm)	0.04	Ⅱ b	Ⅱ a	I	Ⅱ a	I
13	27cm(159cm)	0.00	I	Ⅲ	Ⅱ b	Ⅲ	I
14	13cm(137cm)	0.00	I	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	I
15	20cm(23cm)	0.06	Ⅱ b	Ⅱ b	Ⅱ b	Ⅱ a	Ⅱ b
16	23cm(48cm)	0.06	Ⅱ b	Ⅲ	Ⅱ a	Ⅱ b	Ⅱ b
17	18cm(63cm)	0.09	Ⅱ b	Ⅲ	Ⅱ a	Ⅲ	Ⅱ a
18	26 cm(68cm)	0.21	Ⅱ a	Ⅲ	Ⅱ a	Ⅲ	Ⅲ

注1)ひび割れ判定区分でひび割れ密度が0.2m/m²を超える場合判定区分を1ランクアップしている。
注2)判定区分で □ I判定、■ Ⅱb判定、■ Ⅱa判定、■ Ⅲ判定を示す。

判定区分	定義
I	利用者に対して影響が及ぶ可能性がないため、措置を必要としない状態
Ⅱ	Ⅱb 将来的に、利用者に対して影響が及ぶ可能性があるため、監視を必要とする状態
	Ⅱa 将来的に、利用者に対して影響が及ぶ可能性があるため、重点的な監視を行い、予防保全の観点から計画的に対策を必要とする状態
Ⅲ	早晚、利用者に対して影響が及ぶ可能性が高いため、早期に対策を講じる必要がある状態
Ⅳ	利用者に対して影響が及ぶ可能性が高いため、緊急 ¹⁰⁾ に対策を講じる必要がある状態

3. 計測評価手順

対象トンネルの覆工表面を近接目視点検し、変状展開図から対象スパンの覆工表面ひび割れを抽出、図面化し、フラクタル次元解析を行う。併せて、現地トンネル覆工の対象スパンについて常時微動計測を行い、得られた加速度データからフーリエスペクトルを求める。そして同スパンのフラクタル次元とフーリエスペクトルの相関性を検証する。図-5に計測評価手順を示す。

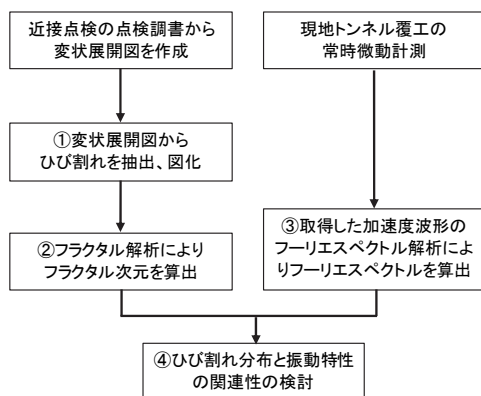


図-5 計測評価手順

4. 覆工ひび割れ分布の定量化

(1) 常時微動計測の対象スパン

常微動計測の対象スパンは、ひび割れ密度、推定覆工厚、推定空洞厚に着目し、それぞれの値の大小スパンを抽出した。

対象スパンは S001, S004, S007, S010, S011, S013, S014, S015, S016, S017, S018 の11 スパンとし、現地トンネル覆工の常時微動計測、フラクタル次元解析、フーリエ解析を行った。

変状展開図からAutoCADを用いて、ひび割れのみを抽出した図、覆工背面空洞の推定分布図、空洞測定位置を図-6に示す。



図-7 ひび割れ展開図(S001)

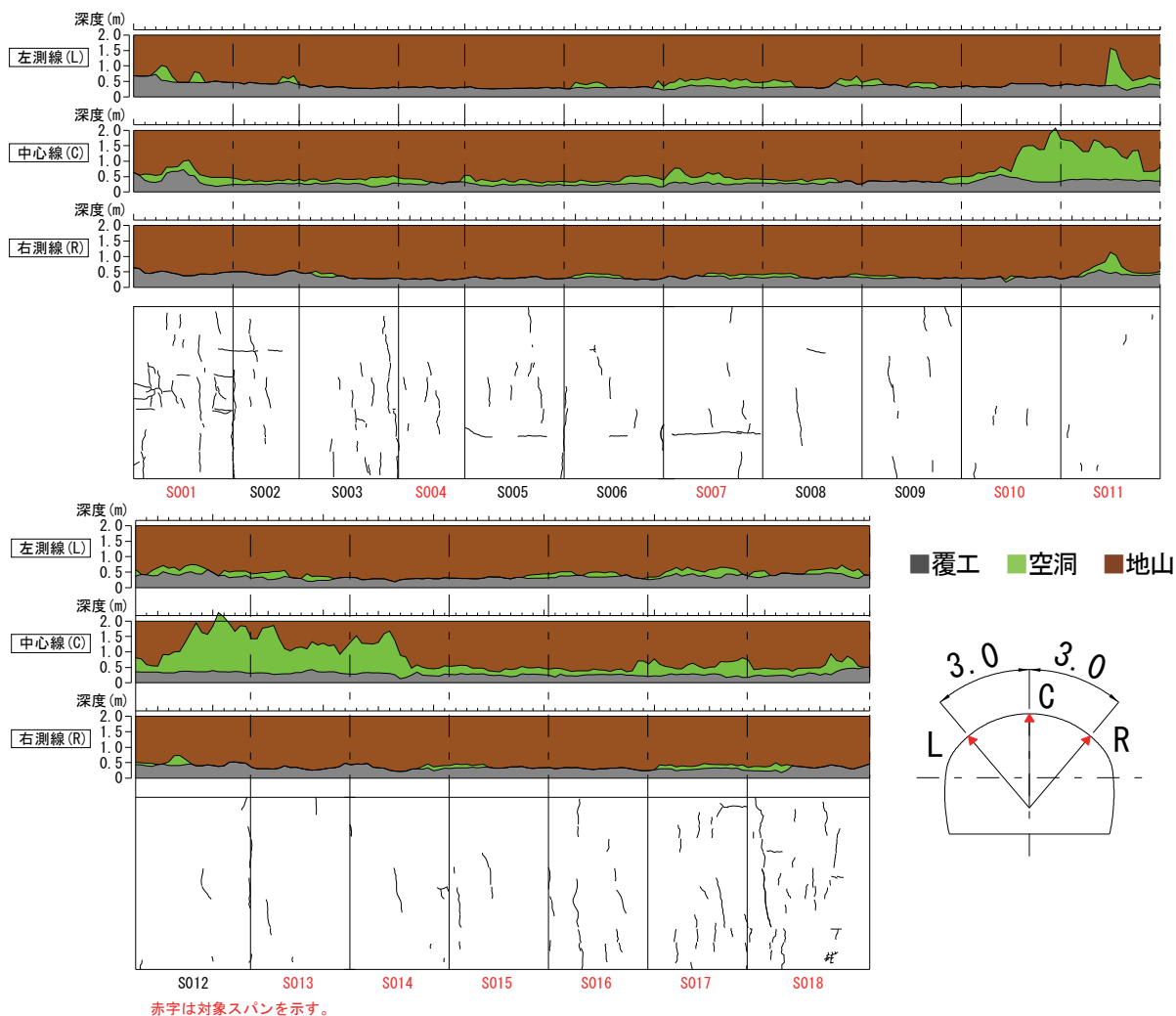
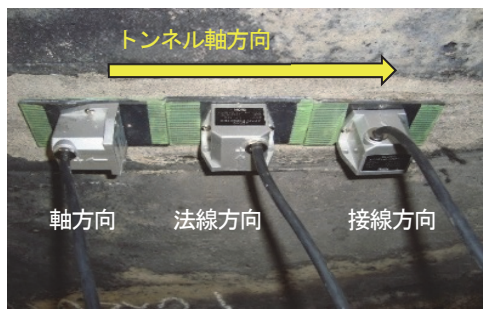


図-6 ひび割れ・空洞分布図・空洞測定位置図

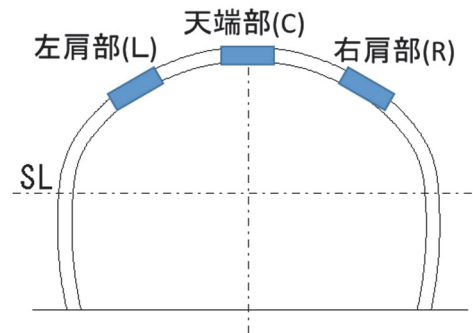
表-3 対象スパンのフラクタル次元解析結果

スパン番号	S001	S004	S007	S010	S011	S013
ひび割れ展開図						
フラクタル次元	1.2739	1.2641	1.0641	1.2424	1.0100	1.1928

スパン番号	S014	S015	S016	S017	S018
ひび割れ展開図					
フラクタル次元	1.1295	1.1326	1.4068	1.2751	1.4623



(a) サーボ式加速度計取付状況



(b) 加速度計の取付位置

図-8 加速度計設置状況

(2) ひび割れ分布の定量化手法

対象スパンのひび割れ分布密度を評価するためにMathworks社のMATLABを用いてフラクタル次元を算出した³⁾。なお、解析では図-7に例示するひび割れ展開図を使用した。

対象スパンの覆工コンクリート表面ひび割れ分布のフラクタル次元およびひび割れ展開図を表-3にまとめた。ひび割れ密度が高いスパンほど、フラクタル次元も大きな数字を示す。

5. 覆工表面ひび割れ分布と振動特性との相関

(1) 振動特性の計測

対象トンネルの覆工の常時微動測定を実施したが⁴⁾，ここでは，トンネル天端において微小な振動を測定する必要があるため，分解能1mgalという微小加速度を測定できるサーボ式加速度センサを用いた。加速度計をトンネル軸方向，トンネル接線方向，トンネル法線方向の3方向において取り付け，対象スパンの左肩部(L)，天端部(C)，右肩部(R)の3箇所にて測定した。図-8に常時微動計測の加速度計取付図を示す。

計測方法は，加速度計とトンネル覆工に接着材により取付け 0.001 秒間隔で 180 秒行い，対象スパン毎にフーリエスペクトルを解析する。

(2) 計測結果

計測結果の解析で得られたフーリエスペクトル値を表-4に示す。各方向によって、また、ひび割れ分布状況によって、計測結果の違いが確認されたが、詳細は次節に考察する。

(3) 覆工の卓越振動方向に関する考察

覆工の卓越振動方向を考察するために、覆工の振動計測結果に基づく振動粒子軌跡を用いた。振動粒子軌跡⁵⁾は2成分の計測データの振動軌跡・振幅の大きさと同時にその方向も視覚的に見比べることができるため、不安定性の評価に役立つ。また、平面内での計測点の動きを示すものなので、振幅に加えて卓越する振動方向が把握出来、覆工コンクリートの不安定性や同一性に加えて、不安定な方向を判断する材料となる。

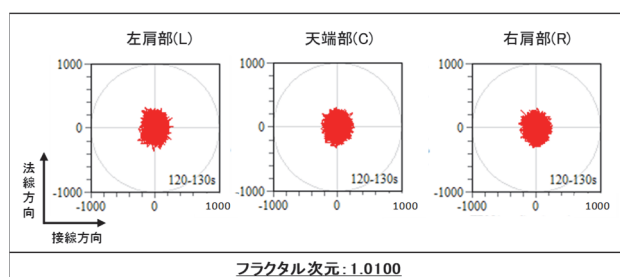
常時微動計測で得られた加速度波形を基に作成した振動粒子軌跡（縦軸：トンネル法線方向，横軸：トンネル接線方向）を図-9に示す。

表-4 フーリエスペクトル解析結果

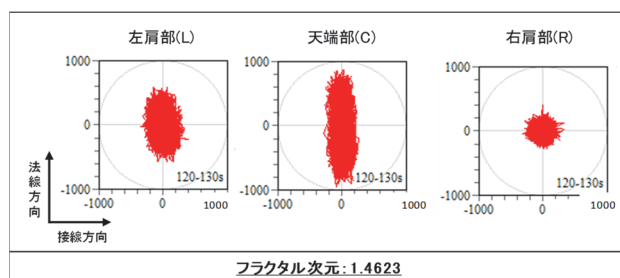
スパン No.	フラクタル 次元	フーリエスペクトル				
		測定箇所	軸方向	接線方向	法線方向	3方向合成
1	1.2739	左肩部(L)	9.913	7.260	9.248	15.386
		右肩部(R)	9.403	7.705	7.972	14.538
		天端部(C)	9.347	7.210	9.432	15.112
4	1.2641	左肩部(L)	9.370	7.503	8.675	14.812
		右肩部(R)	9.483	8.388	10.450	16.418
		天端部(C)	9.595	7.372	12.583	17.459
7	1.0641	左肩部(L)	9.220	7.110	8.282	14.289
		右肩部(R)	9.312	7.812	11.017	16.405
		天端部(C)	9.170	7.132	8.460	14.372
10	1.2424	左肩部(L)	9.138	7.385	8.485	14.494
		右肩部(R)	9.178	7.825	8.698	14.873
		天端部(C)	9.272	7.202	8.550	14.524
11	1.0100	左肩部(L)	9.273	6.808	8.368	14.227
		右肩部(R)	9.157	7.150	8.510	14.405
		天端部(C)	9.262	6.713	8.083	14.009
13	1.1928	左肩部(L)	9.283	6.985	9.610	15.078
		右肩部(R)	9.337	7.335	8.922	14.853
		天端部(C)	9.338	7.028	8.533	14.472
14	1.1295	左肩部(L)	9.205	7.153	7.952	14.113
		右肩部(R)	9.443	7.170	7.775	14.179
		天端部(C)	9.370	6.717	8.683	14.433
15	1.1326	左肩部(L)	9.422	7.165	8.767	14.730
		右肩部(R)	9.358	7.935	8.543	14.952
		天端部(C)	9.423	7.037	9.507	15.123
16	1.4068	左肩部(L)	9.498	7.168	14.900	19.070
		右肩部(R)	9.240	7.468	8.123	14.396
		天端部(C)	9.468	7.088	16.450	20.262
17	1.2751	左肩部(L)	9.350	7.615	15.950	19.996
		右肩部(R)	9.190	7.367	9.110	14.891
		天端部(C)	9.497	7.950	18.450	22.226
18	1.4623	左肩部(L)	9.338	7.520	14.917	19.146
		右肩部(R)	9.295	7.610	7.645	14.240
		天端部(C)	9.595	7.298	20.183	23.511

S018はフラクタル次元が1.4623と対象トンネルで最も大きい値を示しており、図-9(b)の振動粒子軌跡から、法線方向の振動が大きくなり不安定である軌跡を示した。また、S011は空洞が大きく推定覆工厚は小さいがフラクタル次元が1.0100ととても小さいため、図-9(a)の振動粒子軌跡から、円形に近く法線方向も接線方向も同程度の振動の比較的不安定でない軌跡を示した。

フラクタル次元の大きいスパンではいずれかの方向に大きく伸びた振動粒子軌跡を描く。振動粒子軌跡から明瞭な違いが確認される測定箇所が天端部に限定されていること、図-10に示すように振動粒子軌跡の伸びていく方向が法線方向に限定されていることが明らかとなった。



(a) S011



(b) S018

図-9 振動粒子軌跡

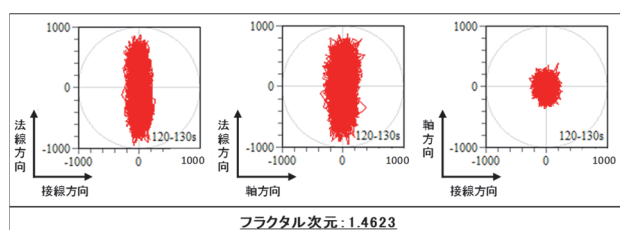


図-10 S018 天端部の各成分別粒子軌跡

(4) ひび割れ分布と振動特性との関連性

前述の計測結果からフラクタル次元とフーリエスペクトルの相関関係を検証した。図-11 に左肩部、図-12 に右肩部、図-13に天端部を示す。

左肩部および天端部では、フラクタル次元の値が増加すればフーリエスペクトルも同様の傾向を示し、相関性があることが分かる。しかし、右肩部では相関関係が低い結果となり、振動粒子軌跡にて明瞭な差が確認出来なかったことが相関関係に表れる結果となった。

また、振動粒子軌跡にて明瞭な違いが確認された「天端部：法線方向」を抽出し、相関関係を検証した結果、最も強い相関関係を示すことが明らかとなった。検証結果を図-14に示す。

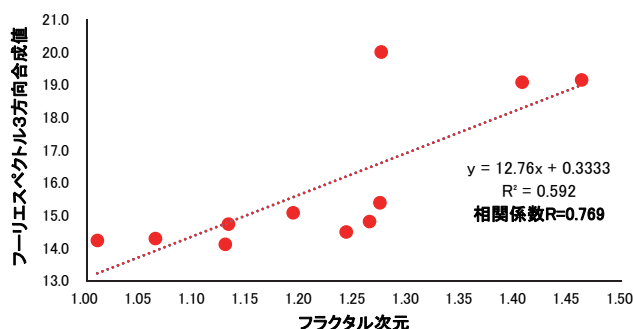


図-11 フーリエスペクトルとフラクタル次元との関係
測定箇所：左肩部

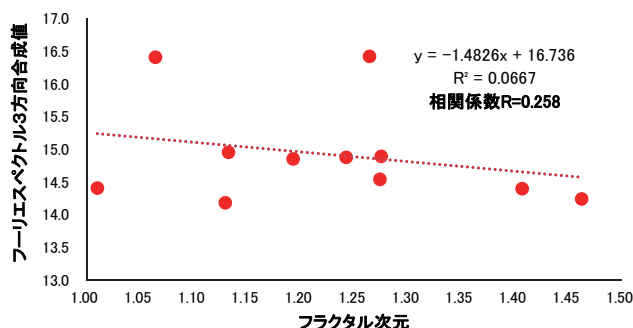


図-12 フーリエスペクトルとフラクタル次元との関係
測定箇所：右肩部

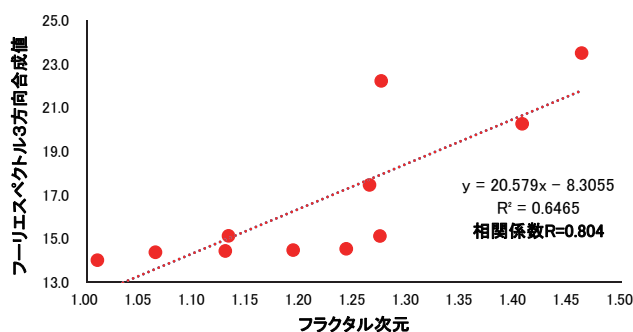


図-13 フーリエスペクトルとフラクタル次元との関係
測定箇所：天端部

(5) 重回帰分析による考察

強い相関関係ではない理由としては、覆工コンクリート表面のひび割れの他にも、コンクリートの推定覆工厚や背面の推定空洞厚が構造物の健全度に影響を及ぼす要因と考えられる。そこで、フーリエスペクトル3方向合成値を目的変数、推定覆工厚、推定空洞厚、フラクタル次元を説明変数に設定して、重回帰分析を行った。

選定スパン毎の測定結果を下記として整理した。

- ・フラクタル次元(D)
- ・推定覆工厚(T)
- ・推定空洞厚(C)

各変数の値を表-5～表-7に示す。また、加速度計の設置位置、推定覆工および推定背面空洞の位置に対応した計測位置を図-15に示す。

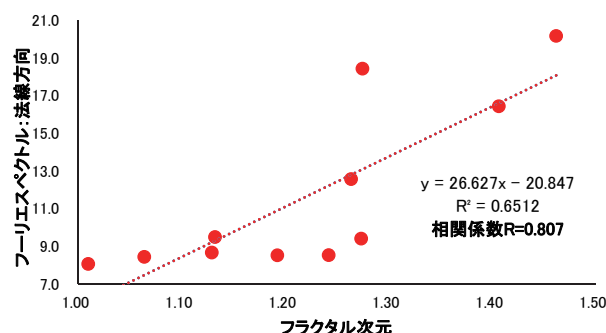


図-14 フーリエスペクトルとフラクタル次元との関係
測定箇所：天端部（法線方向のみ抽出）

表-5 各変数の値：左肩部

左肩部(L)				
スパン No.	フーリエスペクトル 3方向合成値	フラクタル次元(D)	推定覆工厚(T) (cm)	推定空洞厚(C) (cm)
1	15.3856	1.2739	0.47	0.00
4	14.8117	1.2641	0.33	0.00
7	14.2887	1.0641	0.31	0.29
10	14.4936	1.2424	0.36	0.00
11	14.2273	1.0100	1.21	1.21
13	15.0784	1.1928	0.26	0.26
14	14.1129	1.1295	0.25	0.25
15	14.7300	1.1326	0.29	0.29
16	19.0698	1.4068	0.31	0.31
17	19.9958	1.2751	0.45	0.45
18	19.1456	1.4623	0.48	0.48

表-6 各変数の値：右肩部

右肩部(R)				
スパン No.	フーリエスペクトル 3方向合成値	フラクタル次元(D)	推定覆工厚(T) (cm)	推定空洞厚(C) (cm)
1	14.5383	1.2739	0.37	0.00
4	16.4182	1.2641	0.29	0.00
7	16.4050	1.0641	0.29	0.00
10	14.8730	1.2424	0.31	0.00
11	14.4049	1.0100	0.45	0.69
13	14.8527	1.1928	0.29	0.00
14	14.1792	1.1295	0.21	0.00
15	14.9519	1.1326	0.33	0.10
16	14.3964	1.4068	0.26	0.00
17	14.8914	1.2751	0.28	0.09
18	14.2400	1.4623	0.43	0.00

表-7 各変数の値：天端部

天端部(C)				
スパン No.	フーリエスペクトル 3方向合成値	フラクタル 次元(D)	推定覆工厚(T) (cm)	推定空洞厚(C) (cm)
1	15.1121	1.2739	0.55	0.48
4	17.4587	1.2641	0.32	0.01
7	14.3718	1.0641	0.29	0.47
10	14.5243	1.2424	0.33	1.74
11	14.0085	1.0100	0.39	1.08
13	14.4719	1.1928	0.27	1.59
14	14.4335	1.1295	0.13	0.76
15	15.1233	1.1326	0.28	0.28
16	20.2621	1.4068	0.23	0.48
17	22.2261	1.2751	0.45	0.35
18	23.5108	1.4623	0.48	0.68

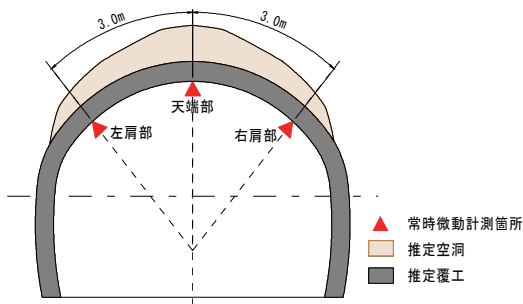


図-15 加速度計設置位置，推定覆工および推定空洞計測位置

表-8 フーリエスペクトルと説明変数との重回帰分析結果（左肩部）

フーリエ スペクトル	回帰式	相関係数	自由度修正済 決定係数
軸方向	$8.680+0.480D+0.588T-0.480C$	0.55	0.00
接線方向	$6.027+1.026D+0.121T-0.281C$	0.72	0.31
法線方向	$-14.764+20.494D-5.621T+8.014C$	0.91	0.74
3方向合成	$-2.593+15.026D-3.549T+5.216C$	0.91	0.74

フーリエスペクトルと説明変数との重回帰分析結果を表-8～表-10に示す。

法線方向および3方向合成フーリエスペクトルにおいて相関係数 0.91（左肩部），0.85（天端部）と左肩部および天端部の法線方向，3方向合成のフーリエスペクトルが本説明変数で説明できることが分かり，関連因子であると判断した。

ただし，表-11の3方向合成フーリエスペクトルと説明変数との相関関係が示すように，法線方向および3方向合成フーリエスペクトルと最も相関関係があるのはフラクタル次元であり，推定覆工厚と推定空洞厚は相関性が低い結果となった。

右肩部にて相関性が低い結果となった要因としては，推定空洞厚の値がほぼ0となっていたためではないかと予想した。また，各方向の相関係数が異なる結果となっている。このような結果を招いた原因を明確なものにすることを今後の課題としたい。

表-9 フーリエスペクトルと説明変数との重回帰分析結果（右肩部）

フーリエ スペクトル	回帰式	相関係数	自由度修正済 決定係数
軸方向	$9.692-0.343D+0.223T-0.430C$	0.59	0.06
接線方向	$7.912-0.783D+2.452T-1.523C$	0.53	-0.03
法線方向	$14.544-4.610D+0.195T-2.147C$	0.50	-0.07
3方向合成	$18.820-3.457D+1.645T-2.419C$	0.51	-0.06

表-10 フーリエスペクトルと説明変数との重回帰分析結果（天端部）

フーリエ スペクトル	回帰式	相関係数	自由度修正済 決定係数
軸方向	$8.659+0.688D-0.098T-0.101C$	0.83	0.55
接線方向	$5.899+0.831D+1.046T-0.153C$	0.67	0.21
法線方向	$-17.481+24.322D+3.066T-2.200C$	0.85	0.61
3方向合成	$-5.821+18.678D+2.974T-1.619C$	0.85	0.60

表-11 3方向合成フーリエスペクトルと説明変数との相関性

説明変数	法線方向フーリエスペクトル との相関係数		3方向合成フーリエスペクトル との相関係数	
	左肩部	天端部	左肩部	天端部
フラクタル次元	0.75	0.81	0.77	0.80
推定覆工厚	0.06	0.35	0.07	0.37
推定空洞厚	0.14	0.40	0.10	0.38

6. おわりに

本報告は，覆工表面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目的で，実トンネルを対象に覆工の振動特性と覆工表面ひび割れの分布との相関を検討したが，以下の知見が得られた。

- フラクタル次元によって覆工ひび割れの定量的評価が可能であり，トンネル劣化度評価の一指数となり得る。
- 常時微動計測によるフーリエ解析は覆工の損傷箇所によって異なる傾向が示された。
- フラクタル次元とフーリエスペクトルとの間には相関関係がある。
- 覆工厚と背面空洞厚とフラクタル次元（ひび割れ）のうち，最もフーリエスペクトルに影響を与える要素はフラクタル次元であった。
- 振動粒子軌跡により，2成分の計測データの振動軌跡・振幅の大きさと同時に，微小であるが覆工の卓越振動方向も視覚的に見比べることができる。また，フラクタル次元の大きいスパンではいずれかの方向に大きく伸びた振動粒子軌跡を描く。

本研究では一本の実トンネルに関しての計測と考察しか行っていないが，他のトンネルに関しても同様の結果が得られると推測している。今後は，常時微動測定をよ

り多くの現場に適用することにより、ひび割れや覆工コンクリート内部の不健全部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。また、覆工厚が振動特性に与える影響についても明らかにしていく。

参考文献

- 1) (社)日本道路協会：道路トンネル維持管理便覧【本体工編】，2015.
- 2) 的場亮，蔣宇静，草場雅哉，大嶺聖，杉本知史，米田裕樹，藤山啓太：老朽化トンネルの覆工表面ひび割れ分布と固有振動特性との相関について，平成 30 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集，III-111，2019.
- 3) 野口捺菜ほか：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，土木学会西部支部研究発表会講演概要集，III-82,2018.
- 4) 蔣宇静ほか：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，第 20 巻，pp.205-209,2010.
- 5) 藤澤和範ほか：不安定岩盤ブロック抽出のための岩盤斜面振動計測マニュアル（案），土木研究所資料，第 4051 号，2007.

(2019. 8. 9 受付)

CORRELATION BETWEEN LINING SURFACE CRACKS DISTRIBUTION AND NATURAL VIBRATION CHARACTERISTICS OF EXISTING TUNNELS

Keita FUJIYAMA, Hiroki YONEDA, Tetsuya TANIGUCHI and Yujing JIANG

In this report, the current status and issues of the soundness evaluation method for tunnel linings was described. For the purpose of quantifying the soundness diagnosis, the relationship between vibration characteristics of the lining concrete and crack distribution was verified by using an actual tunnel in Oita Prefecture as a model. Specifically, the correlation between surface cracking and vibration characteristics, estimation of the direction of instability of lining concrete by oscillating particle trajectories have been conducted, and the factor that most affected the Fourier spectrum value was also extracted. Finally, the correlation between vibration characteristics and crack distribution on the lining surface was clarified.