

技術番号 TN010032-V0023

技術名 トンネル検査システム(TM-270) 開発者名 株式会社保全工学研究所

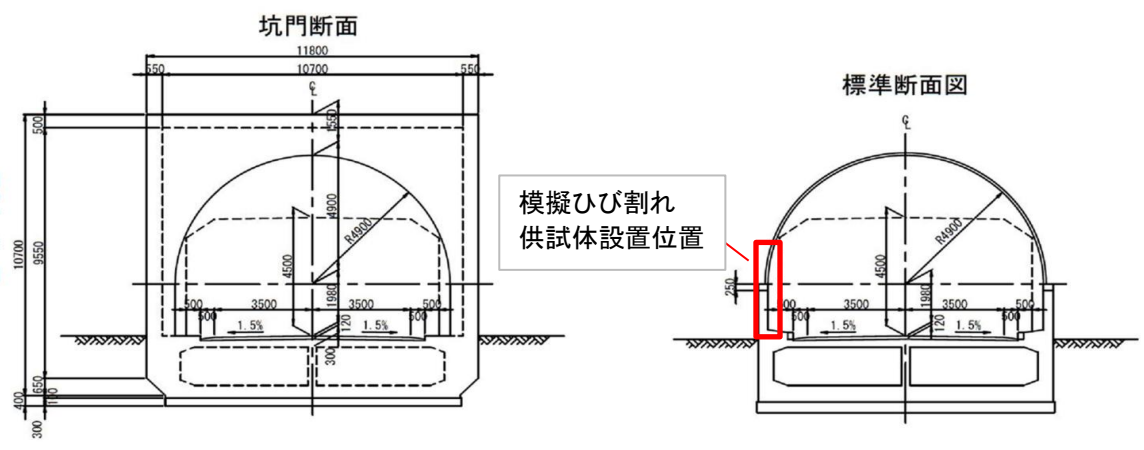
試験日 令和5年 1 月 19 日 天候 晴 気温 °C 風速 m/s

試験場所 国総研実大トンネル実験施設 茨城県つくば市

カタログ分類 画像計測技術 カタログ 検出項目 ひび割れ幅 試験区分 標準試験  
現場試験

試験で確認する  
カタログ項目 計測精度[1]通常のひび割れ

対象構造物の概要



対象トンネル標準断面図



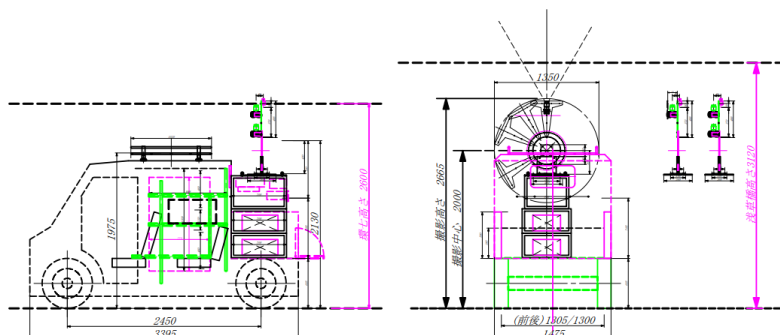
対象トンネル全体写真



模擬ひび割れ供試体設置写真

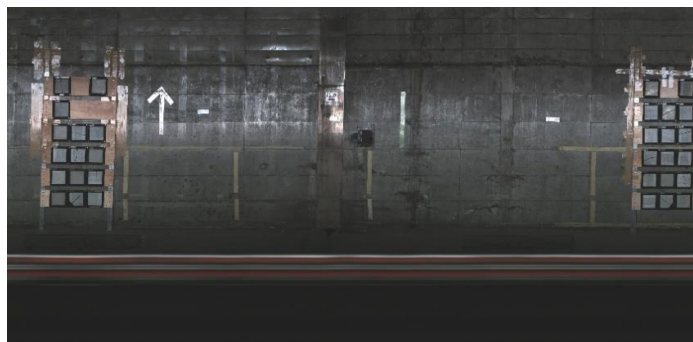
- ① トンネル外にて、カメラを調整し、機器の動作確認を行う。
- ② 対象物(ひび割れパネル)の走行撮影を行った。走行速度: 45km/h
- ③ 計測を終えるたびに、正常に撮影出来ているかを確認する。
- ④ 撮影画像の解析を行い、ひび割れ幅・長さを検出する。その後、供試体真値と検出値を比較し、計測精度を求める。

開発者による計測機器の設置状況



比較対象を得るため、  
立会者による計測機器の設置状況

ひび割れパネル設置状況



ひび割れパネル検出結果一覧

供試体No.	ひびわれNo.	供試体ひび割れ幅 真値	計測値	誤差	誤差の二乗
1-2	②	1.1	0.97	0.13	0.0169
	④	0.5	0.47	0.03	0.0009
	⑦	0.7	0.64	0.06	0.0036
1-3	②	3.0	2.97	0.03	0.0009
	②	3.5	3.85	(0.35)	0.1225
2-3	③	1.6	1.58	0.02	0.0004
3-1	②	2.5	2.29	0.21	0.0441
4-1	④	0.9	0.61	0.29	0.0841
	②	0.4	0.46	(0.06)	0.0036
4-3		0.2	0.18	0.02	0.0004
	⑦	5.0	4.79	0.21	0.0441
5-1	②	3.0	3.35	(0.35)	0.1225
	③	0.4	0.23	0.17	0.0289
6-1	①	1.0	0.51	0.49	0.2401
6-2	①	0.6	0.26	0.34	0.1156
	④	0.5	0.19	0.31	0.0961
	⑥	0.4	0.17	0.23	0.0529
	②	3.0	3.03	(0.03)	0.0009
7-1	②	1.3	0.95	0.35	0.1225
7-2	②	1.1	1.02	0.08	0.0064
	⑤	0.6	0.47	0.13	0.0169
	⑧	0.3	0.29	0.01	0.0001
	②	3.0	3.18	(0.18)	0.0324
7-3	⑦	3.5	3.57	(0.07)	0.0049

供試体No.	ひびわれNo.	供試体ひび割れ幅 真値	計測値	誤差	誤差の二乗
18-2	②	4.0	3.36	0.64	0.4096
18-3	②	0.7	0.53	0.17	0.0289
19-1	②	1.5	1.29	0.21	0.0441
19-3	②	0.3	0.29	0.01	0.0001
20-1	②	1.5	1.55	(0.05)	0.0025
20-2	②	3.5	3.83	(0.33)	0.1089
20-3	②	0.3	0.25	0.05	0.0025
21-1	②	0.4	0.36	0.04	0.0016
21-2	②	0.8	0.83	(0.03)	0.0009
21-3	③	4.0	3.74	0.26	0.0676
22-1	②	4.5	4.22	0.28	0.0784
22-2	②	1.0	0.94	0.06	0.0036
22-3	②	0.3	0.37	(0.07)	0.0049
23-1	①	0.3	0.17	0.13	0.0169
	③	0.8	0.61	0.19	0.0361
23-3	⑤	3.5	3.05	0.45	0.2025
	⑦	0.1	0.17	(0.07)	0.0049

供試体No.	ひびわれNo.	供試体ひび割れ幅 真値	計測値	誤差	誤差の二乗
8-1	④	0.4	0.43	(0.03)	0.0009
	⑦	0.2	0.27	(0.07)	0.0049
	⑩	0.7	0.72	(0.02)	0.0004
8-2	⑤	0.1	0.17	(0.07)	0.0049
	⑥	0.1	0.18	(0.08)	0.0064
	⑦	0.1	0.2	(0.10)	0.0100
	②	3.0	2.85	0.15	0.0225
10-2	②	4.0	4.1	(0.10)	0.0100
11-1	①	2.5	2.62	(0.12)	0.0144
11-2	②	0.9	0.96	(0.06)	0.0036
	⑥	0.2	0.19	0.01	0.0001
11-3	②	0.4	0.34	0.06	0.0036
13-1	③	3.0	1.96	1.04	1.0816
13-3	①	0.9	0.86	0.04	0.0016
	④	0.5	0.4	0.10	0.0100
	②	0.3	0.35	(0.05)	0.0025
15-1	②	0.2	0.39	(0.19)	0.0361
15-2	①	3.0	3.07	(0.07)	0.0049
15-3	③	0.7	0.81	(0.11)	0.0121
16-1	②	0.7	0.4	0.30	0.0900
16-2	②	3.5	2.77	0.73	0.5329
17-1	②	0.7	0.62	0.08	0.0064
17-3	②	0.8	0.58	0.22	0.0484

供試体No.	ひびわれNo.	供試体ひび割れ幅 真値	計測値	誤差	誤差の二乗
24-1		0.5	0.18	0.32	0.1024
		0.4	0.3	0.10	0.0100
	②	4.0	3.3	0.70	0.4900
24-3		0.2	0.16	0.04	0.0016
		0.4	0.28	0.12	0.0144
		1.5	1.08	0.42	0.1764
26-1		2.5	2.74	(0.24)	0.0576
26-2		0.7	0.51	0.19	0.0361
27-3	②	3.0	2.42	0.58	0.3364
28-1	④	4.0	4.13	(0.13)	0.0169
28-2	②	0.7	0.68	0.02	0.0004
29-1	③	3.0	2.06	0.94	0.8836
29-2	②	2.0	1.55	0.45	0.2025
30-1	②	0.3	0.24	0.06	0.0036
30-2	①	3.5	2.74	0.76	0.5776
30-3		2.5	2.2	0.30	0.0900

供試体ひび割れ真値	ひび割れ幅計測精度 E
0.3mm以下	0.079
1.0mm未満	0.158
1.0mm以上	0.418
合計	0.298

ひび割れ幅計測精度 E (mm) 計算式

$$E = \sqrt{\frac{(x_1 - a)^2 + \dots + (x_n - a)^2}{n}}$$

## ① 性能を確保するための条件

- ・計測(撮影)速度： 45km/h以下かつ、一定の速度で走行すること
- ・照度： 約10000lx

## ② 本試験時の撮影条件

- ・計測(撮影)速度： 40～45km (0.1mmのひび割れを検出する時のみ25km/hにて走行)
- ・被写体との距離： 車体の中心から約3.2m
- ・被写体： 模擬ひび割れ供試体
- ・照度： 約10000lx



技術番号 TN010032-V0023

技術名 トンネル検査システム(TM-270)

開発者名 株式会社保全工学研究所

試験日 令和5年 1 月 19 日

天候 晴

気温 °C

風速 m/s

試験場所 国総研実大トンネル実験施設 茨城県つくば市

カタログ分類 画像計測技術

検出項目 ひび割れ幅

試験区分 標準試験  
現場試験

試験で確認する  
カタログ項目 計測精度【2】復工表面が  
煤で汚れた状態のひび割れ

対象構造物の概要

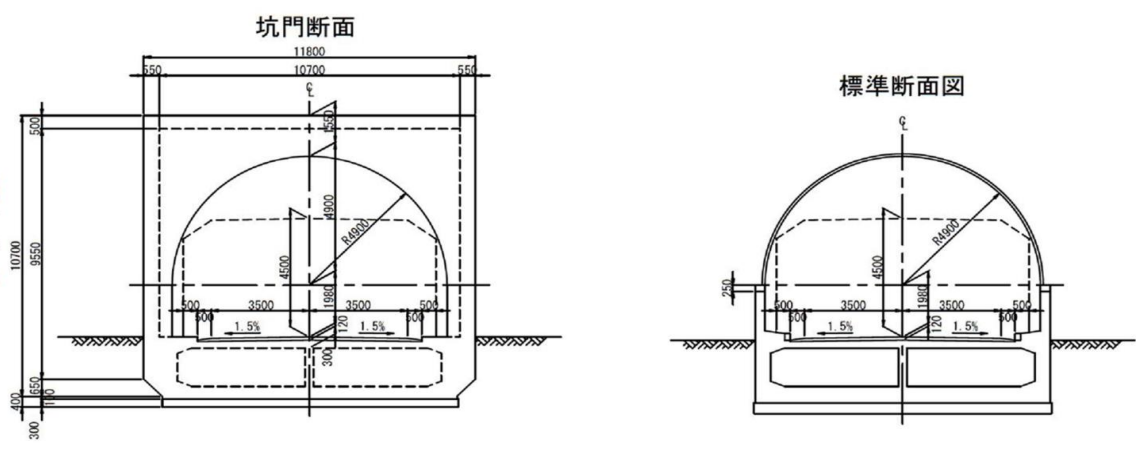


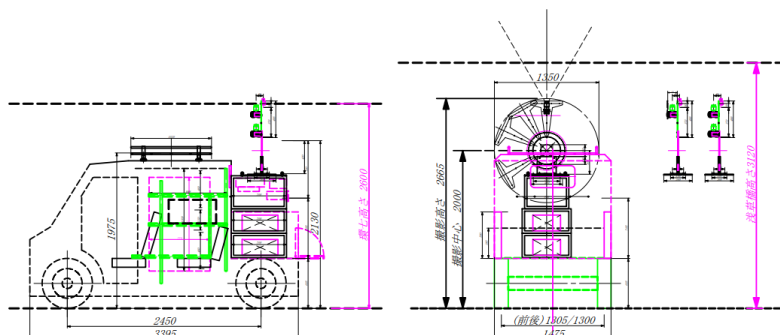
図1.トンネル断面図



図2.トンネル全体写真

- ① トンネル外にて、カメラを調整し、機器の動作確認を行う。
- ② 対象物(煤汚れ付着ひび割れパネル)の走行撮影を行った。走行速度:45km/h
- ③ 計測を終えるたびに、正常に撮影出来ているかを確認する。
- ④ 撮影画像の解析を行い、ひび割れ幅・長さを検出する。その後、供試体真値と検出値を比較し、計測精度を求める。

開発者による計測機器の設置状況


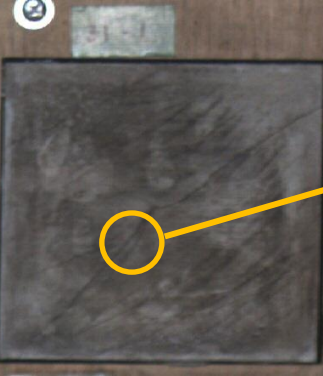

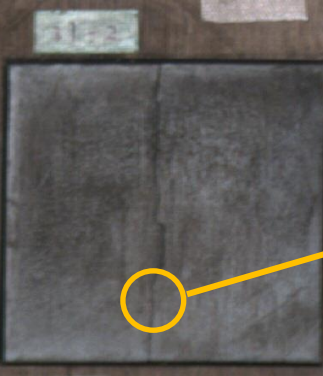
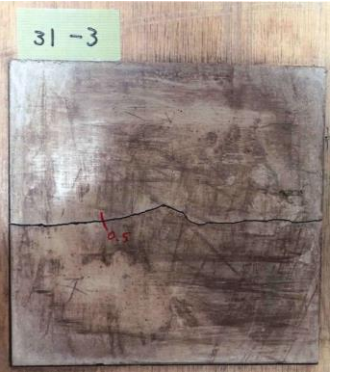
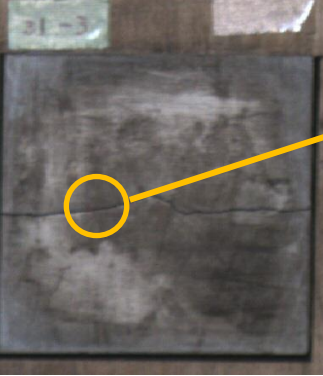

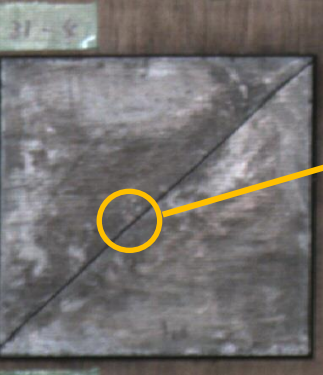


比較対象を得るため、立会者による計測機器の設置状況




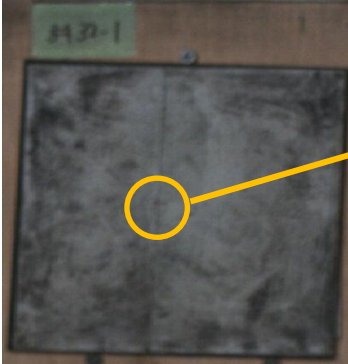

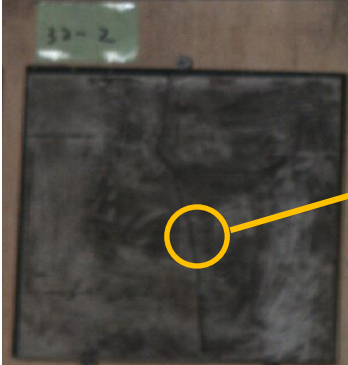

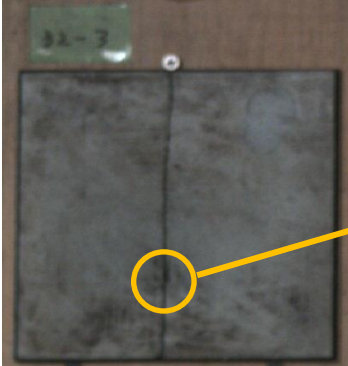


覆工表面が煤で汚れた状態のひび割れの検出可否結果

正解画像と現地計測画像

正解画像(立会者デジカメ撮影)	現地計測画像
 <p>31-1</p>	 <p>0.18mm</p>
 <p>31-2</p>	 <p>0.29mm</p>
 <p>31-3</p>	 <p>0.47mm</p>
 <p>31-4</p>	 <p>0.62mm</p>



正解画像(立会者デジカメ撮影)	現地計測画像	
<p>31-5</p> 		0.76mm
<p>32-1</p> 		0.15mm
<p>32-2</p> 		0.31mm
<p>32-3</p> 		0.56mm

## 煤で汚れたひび割れ検出結果

## 煤汚れパネル

供試体No.	ひびわれNo.	供試体ひび割れ幅 真値	計測値	誤差	誤差の二乗
31-1	②	0.2	0.18	0.02	0.0004
31-2	②	0.3	0.29	0.01	0.0001
31-3	④	0.5	0.47	0.03	0.0009
31-4	⑦	0.7	0.62	0.08	0.0064
31-5	②	0.8	0.76	0.04	0.0016
32-1	②	0.1	0.15	-0.05	0.0025
32-2	②	0.4	0.31	0.09	0.0081
32-3	③	0.7	0.56	0.14	0.0196

供試体ひび割れ真値	計測精度
0.2	0.02
0.3	0.01
0.4	0.09
0.5	0.03
0.7	0.13
0.8	0.04

## 1.3 煤で汚れたひび割れの検出可否結果

1.2より、幅0.1mm～0.8mm全て識別可能

## 2. 性能を確保する条件

走行速度：50km/h以下かつ、一定の速度で走行すること。

照度：10000lx以上の照度が必要

## ① 本試験時の撮影条件

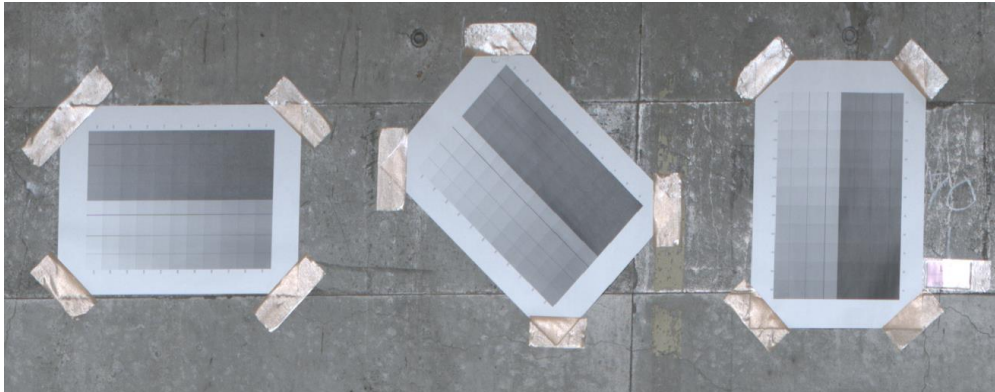
- ・計測(撮影)速度 : 40～45km(0.1mmのひび割れ抽出時のみ、25km/h)
- ・被写体との距離 : 車体の中心から約3.2m
- ・被写体 : 煤汚れひびわれパネル
- ・照度 : 約10000lx

2.直線有りグレースケールシート上の黒色の直線が検出可能な輝度の結果

直線有りグレースケールシートの仕様

図3に示す通り、グレースケールシートは、輝度50~250の間で10ずつ変化したグレースケールとなっておりさらに、0.3mm、0.5mm、1.0mmの直線が引かれている。

グレースケール供試体



	輝度別識別可否																			
ひび割れ幅	50	60	70	80	90	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##
0.3	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
0.5	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
1.0	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

直線の距離0.3mm 輝度90以上で検出可能

直線の距離0.5mm 輝度70以上で検出可能

直線の距離1.0mm 輝度50以上で検出可能



技術番号 TN010032-V0023

技術名 トンネル検査システム(TM-270)

開発者名 株式会社保全工学研究所

試験日 令和5年 1 月 19 日

天候 晴

気温 °C

風速 m/s

試験場所 国総研実大トンネル実験施設 茨城県つくば市

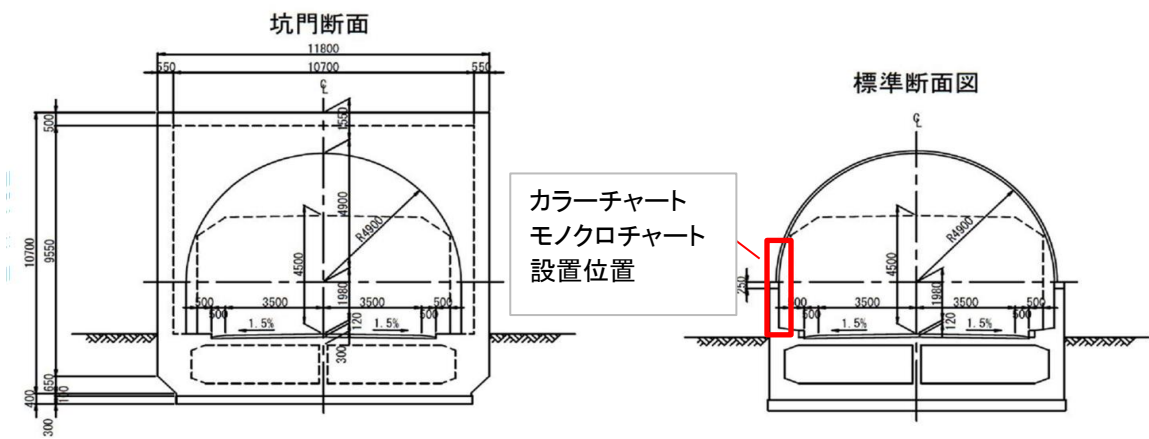
カタログ分類 画像計測技術

検出項目 色識別性能

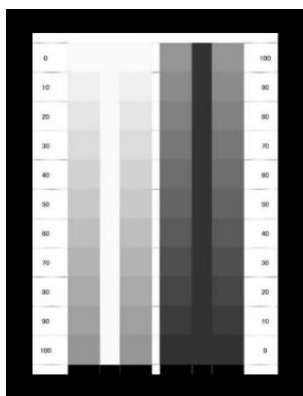
試験区分 標準試験  
現場試験

試験で確認する  
カタログ項目 色識別性能

対象構造物の概要



対象トンネル標準断面図



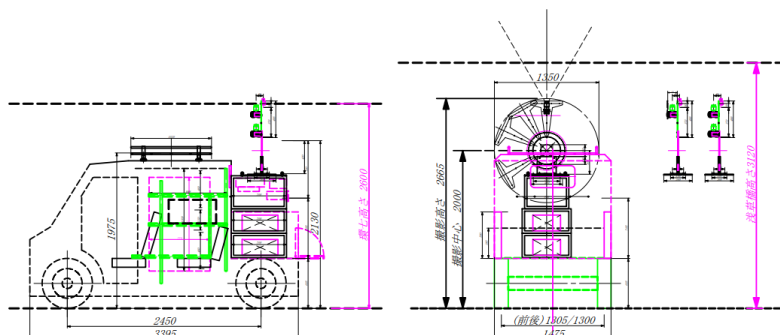
モノクロチャート写真例



カラーチャート写真例

- ① トンネル外にて、カメラを調整し、機器の動作確認を行う。
- ② 対象物(グレースケール・カラーチャート)の走行撮影を行った。走行速度:45km/h
- ③ 計測を終えるたびに、正常に撮影出来ているかを確認する。
- ④ 撮影画像の解析を行い、その後、グレースケール・カラーチャートを目視で確認し、色識別が可能か判断する。


開発者による計測機器の設置状況



比較対象を得るため、立会者による計測機器の設置状況



1.色識別性能確認結果(フルカラー)

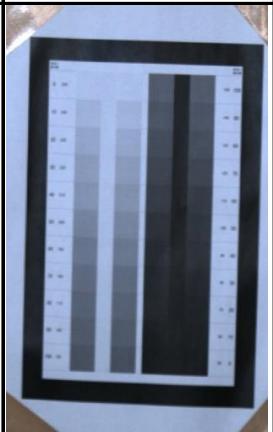
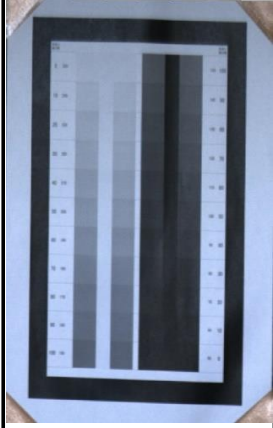
確認位置	撮影画像
S52	
S54	
S56	


技術名	識別可否
トンネル検査システム(TM-270)	フルカラー識別可能

① 本試験時の撮影条件

- ・計測(撮影)速度 : 40~45km
- ・被写体との距離 : 車体の中心から約3.2m
- ・被写体 : ひびわれパネル
- ・照度 : 約10000lx

2.色識別性能確認結果(モノクロ)

確認位置	計測画像
S52	
S54	

確認位置	計測画像
S56	

技術名	識別可否
トンネル検査システム TM-270	グレースケール識別可能

① 本試験時の撮影条件

- ・計測(撮影)速度 : 40~45km
- ・被写体との距離 : 車体の中心から約3.2m
- ・被写体 : ひびわれパネル
- ・照度 : 約10000lx

技術番号 TN010032-V0023

技術名 トンネル検査システム(TM-270)

開発者名 株式会社保全工学研究所

試験日 令和5年 1 月 19 日 天候 晴 気温 °C 風速 m/s

試験場所 国総研実大トンネル実験施設 茨城県つくば市

カタログ分類 画像計測技術

検出項目 ひび割れ幅

試験区分 標準試験  
現場試験

試験で確認する  
カタログ項目 長さ計測精度

対象構造物の概要

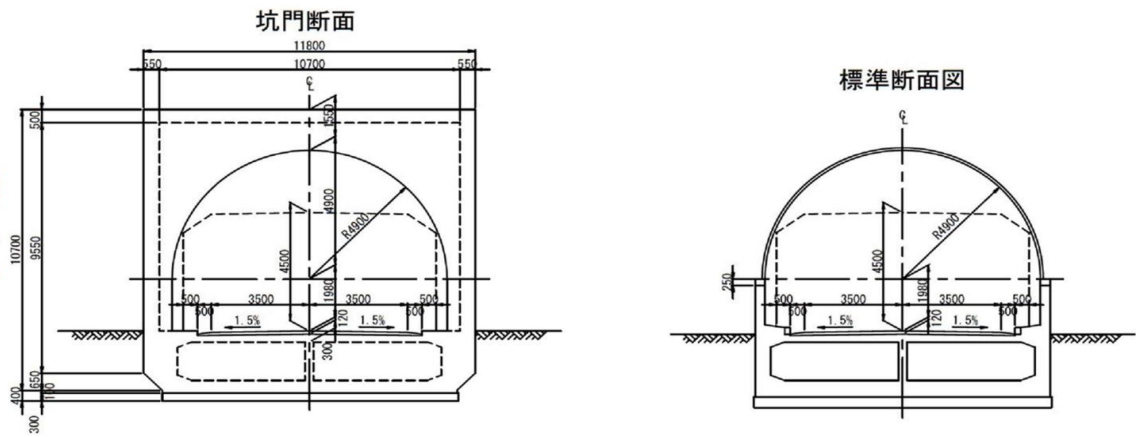


図1.トンネル断面図

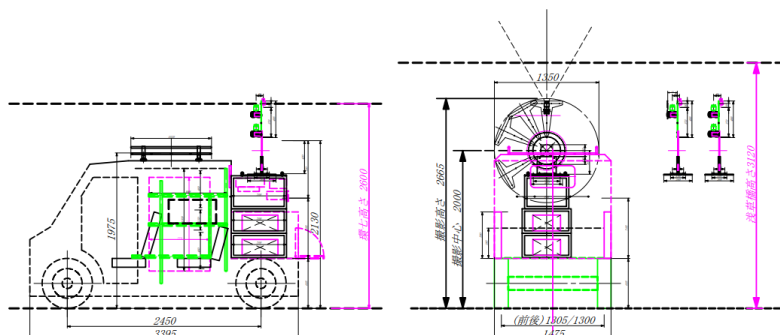


図2.トンネル全体写真



- ① トンネル外にて、カメラを調整し、機器の動作確認を行う。
- ② 対象物(ひび割れパネル)の走行撮影を行った。走行速度: 45km/h
- ③ 計測を終えるたびに、正常に撮影出来ているかを確認する。
- ④ 撮影画像の解析を行い、ひび割れ幅・長さを検出する。その後、供試体真値と検出値を比較し、計測精度を求める。

開発者による計測機器の設置状況



比較対象を得るため、  
立会者による計測機器の設置状況

■トンネル内に設置した位置マーカー写真





試験結果

長さ計測精度

測定地点	測定部位	実測値	画像による計測値	誤差	相対誤差(誤差÷実測値)%
S50-S51	L(A-B)	1.496	1.647	-0.151	10.09%
	L(C-D)	1.480	1.623	-0.143	9.66%
	L(A-C)	6.309	6.301	0.008	0.13%
	L(B-D)	6.305	6.290	0.015	0.24%
S53-S54	L(A-B)	1.503	1.606	-0.103	6.85%
	L(C-D)	1.494	1.578	-0.084	5.62%
	L(A-C)	8.707	8.836	-0.129	1.48%
	L(B-D)	8.705	8.830	-0.125	1.44%
S56-S57	L(A-B)	1.498	1.585	-0.087	5.81%
	L(C-D)	1.497	1.584	-0.087	5.81%
	L(A-C)	11.712	11.803	-0.091	0.78%
	L(B-D)	11.707	11.810	-0.103	0.88%

水平距離平均(進行方向)	0.82%
鉛直距離平均(周方向)	7.31%

① 本試験時の撮影条件

- ・計測(撮影)速度 : 40~45km
- ・被写体との距離 : 車体の中心から約3.2m
- ・被写体 : ひびわれパネル
- ・照度 : 約10000lx

技術番号 TN010032-V0023

技術名 トンネル検査システム(TM-270)

開発者名 株式会社保全工学研究所

試験日 令和5年 1 月 19 日 天候 晴 気温 °C 風速 m/s

試験場所 国総研実大トンネル実験施設 茨城県つくば市

カタログ分類 画像計測技術

検出項目 ひび割れ幅

試験区分 標準試験  
現場試験

試験で確認する  
カタログ項目 位置精度

対象構造物の概要

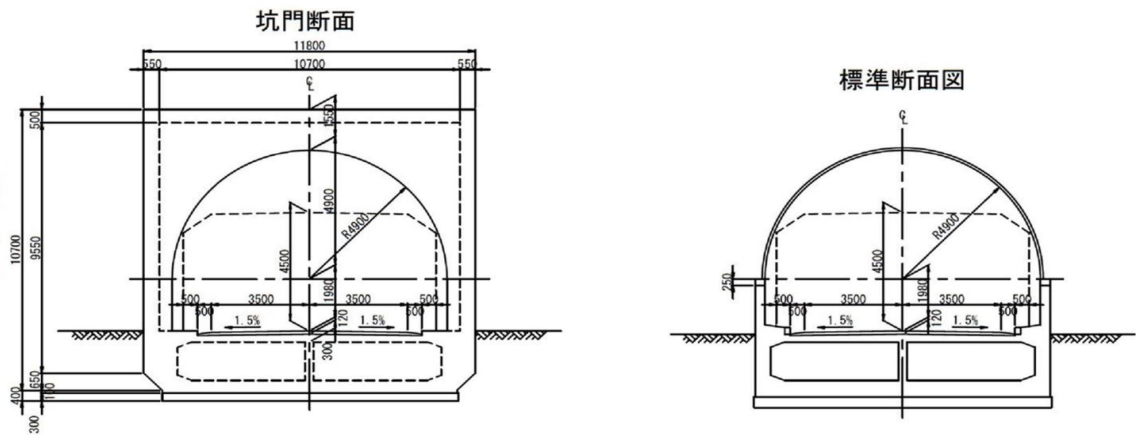


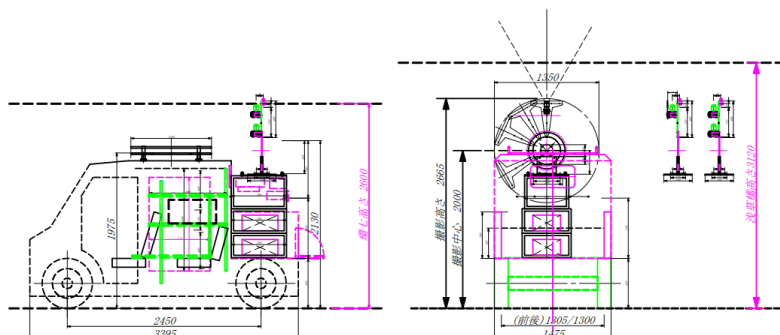
図1.トンネル断面図



図2.トンネル全体写真

- ① トンネル外にて、カメラを調整し、機器の動作確認を行う。
- ② 対象物(ひび割れパネル)の走行撮影を行った。走行速度: 45km/h
- ③ 計測を終えるたびに、正常に撮影出来ているかを確認する。
- ④ 撮影画像の解析を行い、ひび割れ幅・長さを検出する。その後、供試体真値と検出値を比較し、計測精度を求める。

開発者による計測機器の設置状況



比較対象を得るため、  
立会者による計測機器の設置状況

■トンネル内に設置した位置マーカー写真



試験結果

位置計測精度(縮尺設定後)

測定地点	測定部位	実測値	画像による計測値	誤差(m)	絶対誤差(mm)
S50-S51	L(O-A)距離	2.145	2.214	-0.069	69.00
	水平距離(進行方向)	1.994	2.056	-0.062	62.00
	鉛直距離(周方向)	0.789	0.819	-0.030	30.00
	L(O-B)距離	2.110	2.187	-0.077	77.00
	水平距離(進行方向)	1.990	2.025	-0.035	35.00
	鉛直距離(周方向)	0.703	0.827	-0.124	124.00
	L(O-C)距離	8.339	8.399	-0.060	60.00
	水平距離(進行方向)	8.302	8.358	-0.056	56.00
	鉛直距離(周方向)	0.789	0.830	-0.041	41.00
	L(O-D)距離	8.324	8.352	-0.028	28.00
水平距離(進行方向)	8.295	8.314	-0.019	19.00	
鉛直距離(周方向)	0.687	0.792	-0.105	105.00	
S53-S54	L(O-A)距離	9.223	9.311	-0.088	88.00
	水平距離(進行方向)	9.197	9.276	-0.079	79.00
	鉛直距離(周方向)	0.815	0.808	0.007	7.00
	L(O-B)距離	9.221	9.277	-0.056	56.00
	水平距離(進行方向)	9.195	9.243	-0.048	48.00
	鉛直距離(周方向)	0.684	0.797	-0.113	113.00
	L(O-C)距離	17.921	18.129	-0.208	208.00
	水平距離(進行方向)	17.903	18.093	-0.190	190.00
	鉛直距離(周方向)	0.799	0.772	0.027	27.00
	L(O-D)距離	17.913	18.093	-0.180	180.00
水平距離(進行方向)	17.900	18.055	-0.155	155.00	
鉛直距離(周方向)	0.692	0.806	-0.114	114.00	
S56-S57	L(O-A)距離	2.298	2.373	-0.075	75.00
	水平距離(進行方向)	2.158	2.232	-0.074	74.00
	鉛直距離(周方向)	0.790	0.807	-0.017	17.00
	L(O-B)距離	2.282	2.339	-0.057	57.00
	水平距離(進行方向)	2.170	2.206	-0.036	36.00
	鉛直距離(周方向)	0.705	0.778	-0.073	73.00
	L(O-C)距離	13.891	14.058	-0.167	167.00
	水平距離(進行方向)	13.869	14.035	-0.166	166.00
	鉛直距離(周方向)	0.792	0.799	-0.007	7.00
	L(O-D)距離	13.894	14.039	-0.145	145.00
水平距離(進行方向)	13.877	14.017	-0.140	140.00	
鉛直距離(周方向)	0.702	0.784	-0.082	82.00	

絶対誤差(mm)	
水平距離平均(進行方向)	88.33
鉛直距離平均(周方向)	61.67

① 本試験時の撮影条件

- ・計測(撮影)速度 : 40~45km
- ・被写体との距離 : 車体の中心から約3.2m
- ・被写体 : ひびわれパネル
- ・照度 : 約10000lx

技術番号 TN010033-V0024

技術名 隧道SfM/MVS技術 (Structure from Motion/Multi View Stereo) 開発者名 株式会社メンテナンス・ネットワーク

試験日 令和6年1月26日 天候 曇り 気温 4.4 °C 風速 m/s

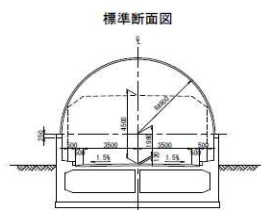
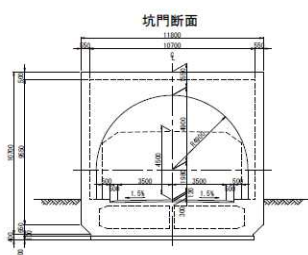
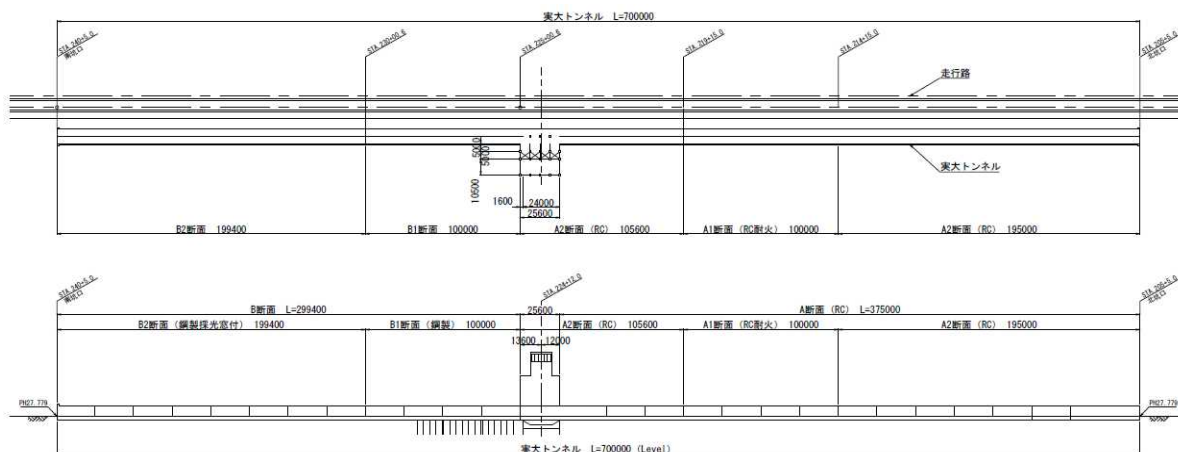
試験場所 国総研実大トンネル実験施設 (茨城県つくば市)

カタログ分類 画像計測技術 カタログ 検出項目 ひび割れ 試験区分 標準試験

試験で確認する  
カタログ項目 撮影速度、計測精度 (最小ひび割れ幅)、長さ計測精度、位置精度、色識別性能

対象構造物の概要

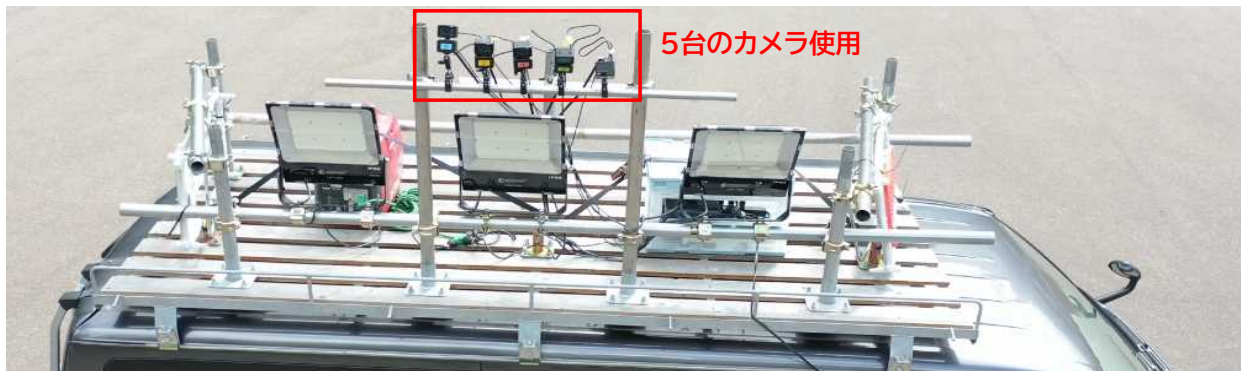
対象構造物: 実大トンネル実験施設 (つくば市)



- ① トンネル内にて、撮影機材の組立・設置を行う。
- ② 対象物(マーカー・ひび割れ供試体など)の走行型静止画撮影を行う。走行速度は5km/hで実施。
- ③ 計測ごとに、カメラ内にデータが正常に取得できていることを確認する。
- ④ 3次元メッシュモデルを作成し、覆工展開画像を抽出する。
- ⑤ 模擬ひび割れ供試体を使用し、ひび割れ幅を覆工展開画像からの検出結果と比較し、最小ひび割れ幅及び計測精度を求める。

開発者による計測機器の設置状況

本技術の走行型画像撮影では、下記の市販デジタルスチルカメラを使用した。

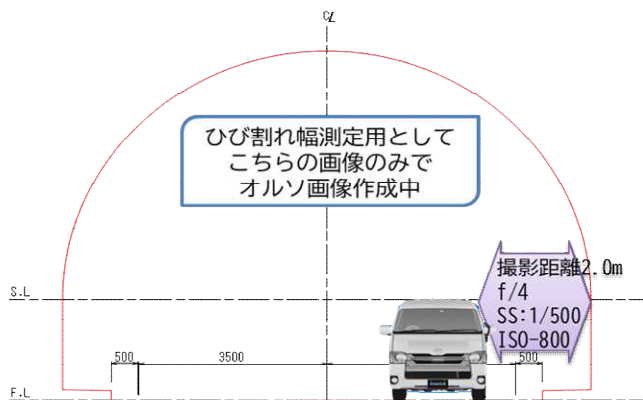


試験体の撮影は、カメラを走行車両にセットし、2mの距離から実施した。

使用カメラ



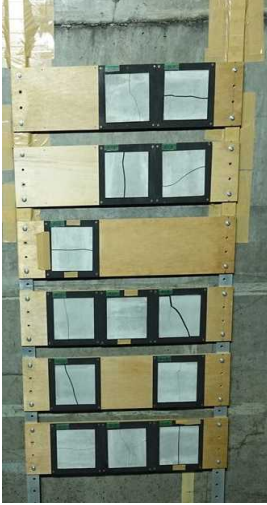
機種名 SONY RX0 II  
 焦点距離 7.9 mm(35ミリ換算24 ミリ)  
 シャッター速度 1/500 秒  
 絞り f4.0  
 ISO値 800  
 フォーカス オートフォーカス





国土技術政策総合研究所実大トンネル実験施設にて現場検証用に設置された試験体。  
ひび割れは、以下の6組のひび割れ検出用試験体。

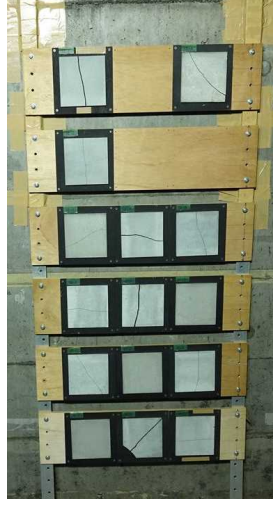
試験体(1-2~6-3)



試験体(7-1~11-3)



試験体(13-1~17-3)



試験体(19-1~23-3)



試験体(25-3~29-3)



試験体(31-1~32-3)



長さ計測・位置精度は、5枚のマーカ-3セット。



色識別性能の確認は、カラーチャート。



## 試験結果の比較

### ①撮影速度

SONY製 RX0 II(DSC-RX0M2)の場合:5~10km/h

※車体が揺れる場合は5km/h未満で走行



計測値は以下の通りである。試験体1-2～14-1,31-1～32-3は、検出結果画像も添付する。

タイル名	ポイント	方向	真値	計測値	誤差	1.0mm未満	1.0mm以上
1-2	②	縦	1.10	2.08	0.98		0.98
1-2	④	縦	0.50	0.60	0.10	0.10	
1-2	⑦	縦	0.70	0.60	0.10	0.10	
1-3	②	横	3.00	3.85	0.85		0.85
2-2	②	縦	3.50	4.45	0.95		0.95
2-3	③	横	1.60	1.59	0.01		0.01
3-1	②	横	2.50	2.05	0.45		0.45
4-1	④	縦	0.90	0.62	0.28	0.28	
4-2	②	横	0.40	0.70	0.30	0.30	
4-3	③	斜め	0.20	0.40	0.20	0.20	
4-3	⑦	斜め	5.00	5.30	0.30		0.30
5-1	②	斜め	3.00	3.30	0.30		0.30
5-3	③	縦	0.40	0.49	0.09	0.09	
6-1	①	横	1.00	1.04	0.04		0.04
6-2	①	斜め	0.60	0.48	0.12	0.12	
6-2	④	斜め	0.50	0.73	0.23	0.23	
6-2	⑥	斜め	0.40	0.63	0.23	0.23	
6-3	②	縦	3.00	2.98	0.02		0.02
7-1	②	縦	1.30	1.30	0.00		0.00
7-2	②	斜め	1.10	1.70	0.60		0.60
7-2	⑤	斜め	0.60	0.75	0.15	0.15	
7-2	⑧	斜め	0.30	0.47	0.17	0.17	
7-3	②	斜め	3.00	2.21	0.79		0.79
7-3	⑦	斜め	3.50	6.72	3.22		3.22
8-1	④	斜め	0.40	1.00	0.60	0.60	
8-1	⑦	斜め	0.20	0.29	0.09	0.09	
8-1	⑩	斜め	0.70	0.49	0.21	0.21	
8-2	⑤	斜め	0.10	0.50	0.40	0.40	
8-2	⑥	斜め	0.10	0.50	0.40	0.40	
8-2	⑦	斜め	0.10	0.12	0.02	0.02	
8-3	②	横	3.00	3.05	0.05		0.05
10-2	②	斜め	4.00	4.45	0.45		0.45
10-3		なし					
11-1	①	斜め	2.50	1.80	0.70		0.70
11-2	②	斜め	0.90	0.68	0.22	0.22	
11-2	⑥	斜め	0.20	0.20	0.00	0.00	
11-3	②	縦	0.40	0.28	0.12	0.12	
13-1	③	縦	3.00	3.09	0.09		0.09
13-3	①	斜め	0.90	0.86	0.04	0.04	
13-3	④	斜め	0.50	0.86	0.36	0.36	
14-1	②	縦	0.30	0.26	0.04	0.04	
15-1	②	横	0.20	0.17	0.03	0.03	
15-2	①	横	3.00	1.73	1.27		1.27
15-3	③	縦	0.70	0.43	0.27	0.27	
16-1	②	斜め	0.70	0.40	0.30	0.30	
16-2	②	縦	3.50	5.97	2.47		2.47
16-3		なし					
17-1	②	斜め	0.70	0.40	0.30	0.30	
17-2		なし					
17-3	②	縦	0.80	0.68	0.12	0.12	
18-1		なし					
18-2	②	斜め	4.00	4.37	0.37		0.37
18-3	②	横	0.70	0.68	0.02	0.02	
19-1	②	縦	1.50	1.80	0.30		0.30
19-3	②	縦	0.30	0.34	0.04	0.04	
20-1	②	縦	1.50	1.55	0.05		0.05
20-2	②	横	3.50	5.63	2.13		2.13
20-3	②	横	0.30	0.41	0.11	0.11	
21-1	②	縦	0.40	0.62	0.22	0.22	
21-2	②	横	0.80	0.57	0.23	0.23	
21-3	③	横	4.00	3.65	0.35		0.35
22-1	②	横	4.50	5.42	0.92		0.92
22-2	②	横	1.00	1.40	0.40		0.40
22-3	②	縦	0.30	0.27	0.03	0.03	
23-1	①	縦	0.30	0.49	0.19	0.19	
23-1	⑤	縦	0.80	0.49	0.31	0.31	
23-2		なし					
23-3	⑤	斜め	3.50	4.14	0.64		0.64
23-3	⑦	斜め	0.10	不検出			
24-1	中央	横	0.50	0.42	0.08	0.08	
24-1	右	横	0.40	0.79	0.39	0.39	
24-2	中央左	斜め	4.00	4.40	0.40		0.40
24-3	左	斜め	0.20	不検出			
24-3	中央右	斜め	1.50	1.17	0.33		0.33
24-3	右上	斜め	0.40	0.32	0.08	0.08	
25-3		なし					
26-1	中央右	斜め	2.50	2.88	0.38		0.38
26-2	中央右	横	0.70	0.85	0.15	0.15	
26-3		なし					
27-1		なし					
27-3	②	横	3.00	2.29	0.71		0.71
28-1	④	斜め	4.00	6.38	2.38		2.38
28-2	②	縦	0.70	0.55	0.15	0.15	
28-3		なし					
29-1	③	横	3.00	1.31	1.69		1.69
29-2	②	斜め	2.00	0.85	1.15	1.15	
29-3		なし					
30-1	②	斜め	0.30	0.18	0.12	0.12	
30-2	①	斜め	3.50	2.24	1.26		1.26
30-3	下	縦	2.50	2.68	0.18		0.18
計測精度E					0.747		
1.0mm未満E						0.281	
1.0mm以上E							1.070

②計測精度(最小ひび割れ幅)

(1)性能(精度・信頼性)を確保するための条件(検証時)

■走行速度 5km/h以下 ■照度 4200lx

■覆工面の状況 乾燥状態

■被写体との距離 2.0m及び3.0m

(2)ひび割れ幅計測精度

■ひび割れ幅計測精度を求める式

$$E = \sqrt{\frac{(x_1 - a_1)^2 + \dots + (x_n - a_n)^2}{n}}$$

■ひび割れ幅計測精度(最小ひび割れ幅)

ひび割れ幅計測精度E	0.747
ひび割れ幅計測精度E (1.0mm未満)	0.281
ひび割れ幅計測精度E (1.0mm以上)	1.070

(3)煤で埋まったひび割れの検出性能

■計測結果

タイル名	ポイント	方向	真値	計測値	誤差	備考
31-1	①	斜め	0.20	0.47	0.27	※
31-2	①	縦	0.15	不検出		
31-2	②	縦	0.30	0.70	0.40	※
31-3	①	横	0.50	0.63	0.13	
31-4	①	斜め	0.70	0.76	0.06	
31-5	①	斜め	0.80	0.83	0.03	
32-1	①	縦	0.10	不検出		
32-2	①	縦	0.40	不検出		
32-3	①	縦	0.70	0.83	0.13	
計測精度E					0.098	

※乖離しているため除外

■ひび割れ幅計測精度E 0.098

■ひび割れの最小検出幅 0.5mm

ひび割れ計測値 カメラ(SONY RX0 II)

番号	1-2	1-3	2-2	2-3	3-1	4-1	4-2
方向	縦	横	縦	横	横	縦	横
写真							

番号	4-3	5-1	5-3	6-1	6-2	6-3	7-1
方向	斜め	斜め	縦	横	斜め	縦	縦
写真							

番号	7-2	7-3	8-1	8-2	8-3	10-2	10-3
方向	斜め	斜め	斜め	斜め	横	斜め	なし
写真							

番号	11-1	11-2	11-3	13-1	13-3	14-1	31-1
方向	斜め	斜め	縦	縦	斜め	縦	斜め
写真							

番号	31-2	31-3	31-4	31-5	32-1	32-2	32-3
方向	縦	横	斜め	斜め	縦	縦	縦
写真							

## ③長さ計測精度の確認

5枚のマーカが設置された壁面をカメラ(RX0 II)にて撮影後、画像を合成した(下図)。

画像上のマーカ位置をもとにマーカ間の距離を算出した。

それぞれのスパン毎の検討結果を示す。



計測スパン s50-s51

	L(A-B)	L(C-D)	L(A-C)	L(B-D)	L(O-A)	L(O-B)	L(O-C)	L(O-D)
実測値(m)	1.540	1.536	9.856	9.855	3.250	3.188	13.009	12.994
計測値(m)	1.532	1.533	9.815	9.813	3.230	3.169	12.948	12.934
誤差(%)	0.52%	0.20%	0.42%	0.43%	0.62%	0.60%	0.47%	0.46%

計測スパン s53-s54

	L(A-B)	L(C-D)	L(A-C)	L(B-D)	L(O-A)	L(O-B)	L(O-C)	L(O-D)
実測値(m)	1.542	1.508	8.602	8.601	4.379	4.325	12.916	12.895
計測値(m)	1.544	1.514	8.619	8.621	4.381	4.326	12.935	12.916
誤差(%)	0.13%	0.40%	0.20%	0.23%	0.05%	0.02%	0.15%	0.16%

計測スパン s56-s57

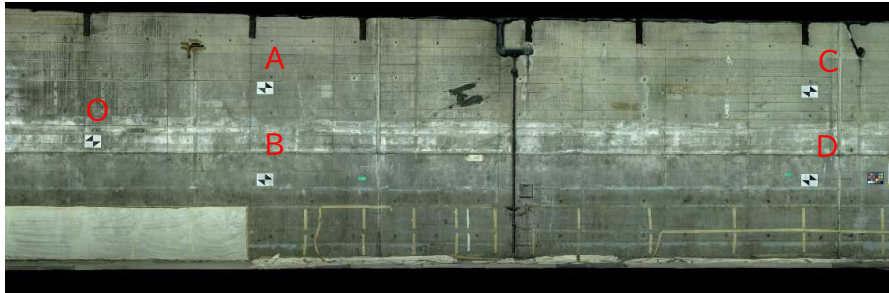
	L(A-B)	L(C-D)	L(A-C)	L(B-D)	L(O-A)	L(O-B)	L(O-C)	L(O-D)
実測値(m)	1.532	1.517	11.785	11.782	3.330	3.268	15.016	15.002
計測値(m)	1.546	1.538	11.914	11.911	3.359	3.296	15.174	15.159
誤差(%)	0.91%	1.38%	1.09%	1.09%	0.87%	0.86%	1.05%	1.05%

平均誤差率	0.56%
-------	-------



④位置精度の確認

5枚のマーカが設置された壁面をカメラ(RX0 II)にて撮影後、画像を合成した(下図)。  
 画像上のマーカOから各マーカ(A,B,C,D)への水平距離(X)、鉛直距離(Y)を算出した。  
 それぞれのスパン毎の検討結果を示す。



計測スパン s50-s51

	OA		OB		OC		OD	
実測値(m) (X,Y)	3.123	0.899	3.124	0.637	12.978	0.899	12.979	0.633
計測値(m) (X,Y)	3.114	0.906	3.119	0.630	12.969	0.917	12.972	0.618
誤差(mm) (X,Y)	9mm	7mm	5mm	7mm	9mm	18mm	7mm	15mm

計測スパン s53-s54

	OA		OB		OC		OD	
実測値(m) (X,Y)	4.284	0.910	4.279	0.628	12.885	0.894	12.880	0.610
計測値(m) (X,Y)	4.276	0.928	4.277	0.632	12.874	0.923	12.878	0.593
誤差(mm) (X,Y)	8mm	18mm	2mm	4mm	11mm	29mm	2mm	17mm

計測スパン s56-s57






	OA		OB		OC		OD	
実測値(m) (X,Y)	3.206	0.903	3.208	0.625	14.990	0.895	14.990	0.618
計測値(m) (X,Y)	3.195	0.900	3.200	0.626	14.977	0.912	14.979	0.607
誤差(mm) (X,Y)	11mm	3mm	8mm	1mm	13mm	17mm	11mm	11mm

位置精度(横:X)の平均値	8mm
位置精度(縦:Y)の平均値	12mm

⑤色識別性能の確認

壁面に設置されたカラーチャートをカメラにて撮影した画像をもとに3Dモデルを作成する。

3Dモデルから展開画像を作成し、その画像をもとに色を識別できるか確認した。

確認位置	本技術による結果	真値(カラーチャート)
S52		
S54		
S057		

以上の結果から、本技術はフルカラー識別可能である。

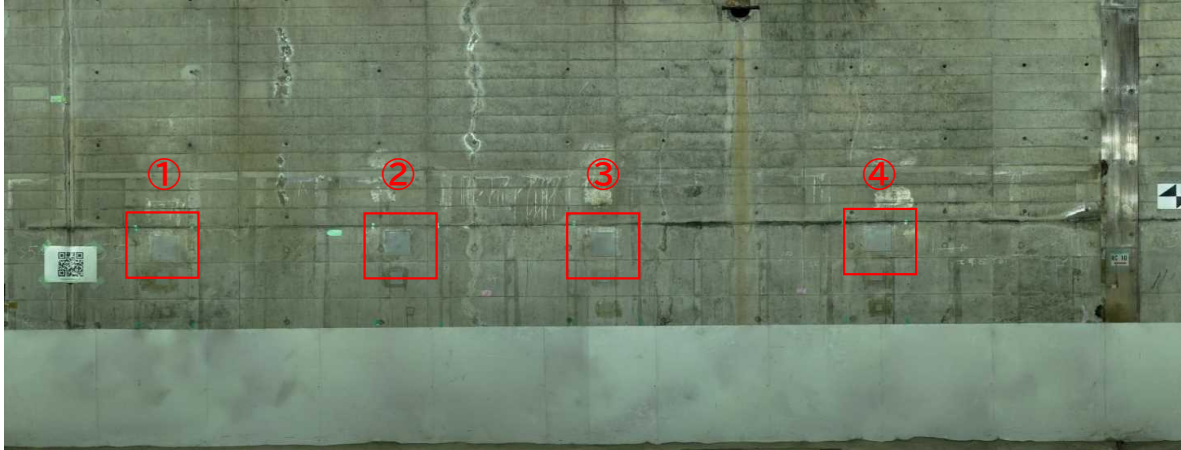


(参考資料)

うき識別性能の確認

壁面に設置された試験体(下:4箇所)をカメラ(RX0 II)にて撮影した画像をもとに3Dモデルを作成する。

作成した3Dモデルをもとに試験体の奥行方向を計測した。



番号	①	②	③	④
実測値(mm)	0.5	1.0	3.0	5.0
計測値(mm)	計測不能	計測不能	計測不能	計測不能

※奥行方向 計測不能



技術番号 TN010034-V0024

技術名 デジタル画像による、構造物の点検・分析支援システム 開発者名 株式会社中部EEN

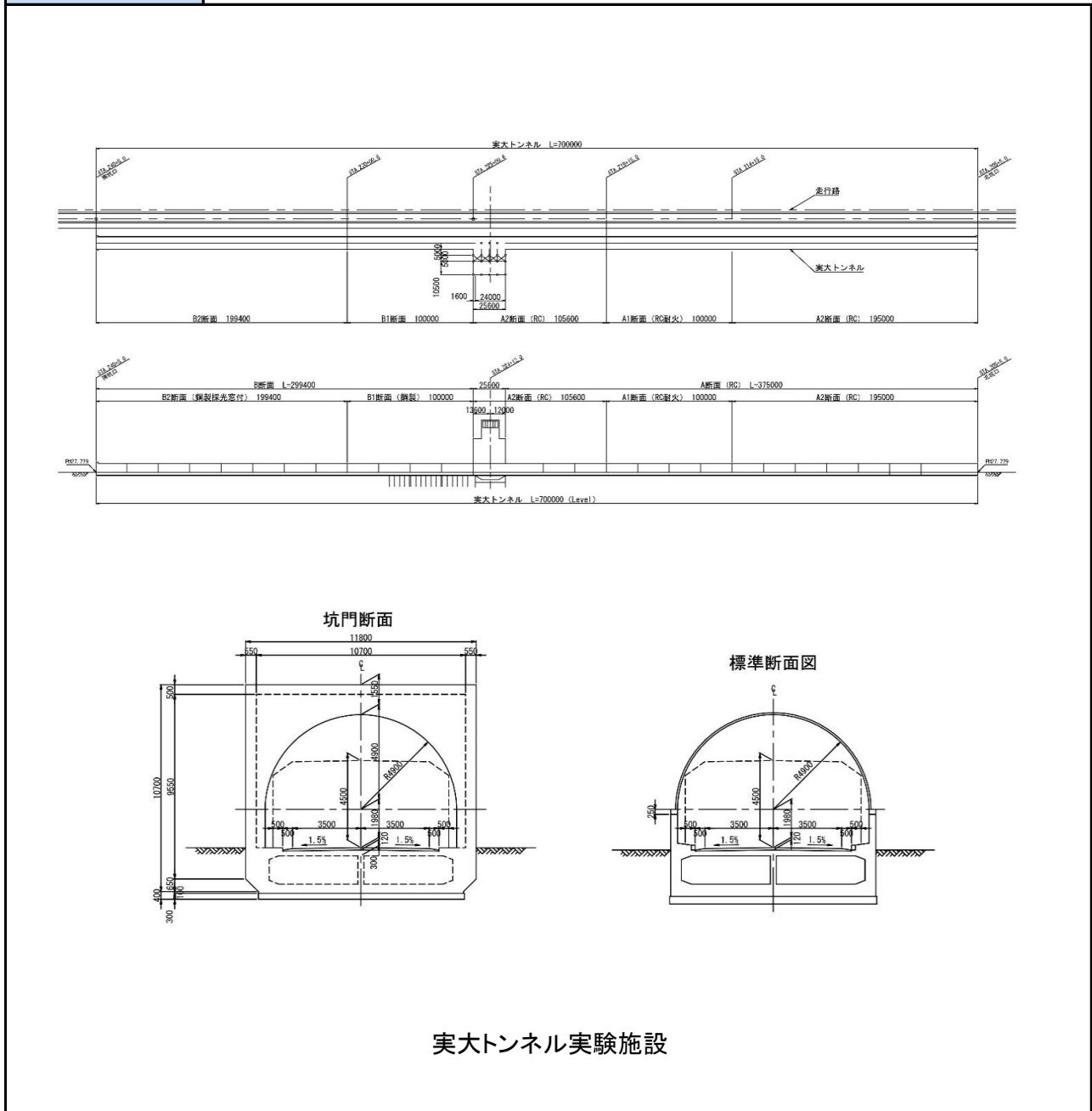
試験日 令和6年 1 月 24 日 天候 晴れ 気温 °C 風速 m/s

試験場所 国土技術政策総合研究所 実大トンネル実験施設

カタログ分類 画像計測技術 カタログ 検出項目 ひび割れ、うき、はく離、変形、鋼材腐食、漏水、腐食、欠損 試験区分 標準試験

試験で確認する  
カタログ項目 計測精度、長さ計測精度、  
位置精度、色識別性能

対象構造物の概要



実大トンネル実験施設

① 一眼レフカメラ、三脚の設置、対象構造物の寸法計測

② 対象構造物(試験体)の撮影

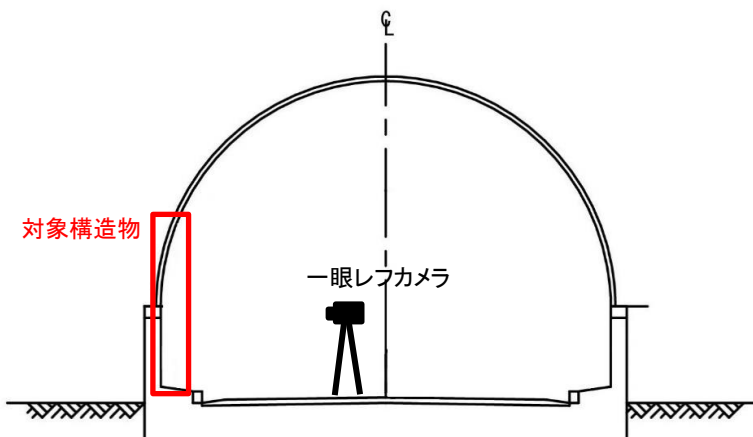
③ 撮影画像をオルソ化し、ひび割れ等を計測する。

④

開発者による計測機器の設置状況

本試験での撮影条件

- ・カメラ名称: NIKON D810
- ・被写体距離: 約3m
- ・焦点距離: 35~70mm
- ・画像ピクセル数: 4800 × 3200
- ・ISO値: 1600~2000
- ・シャッター速度: 1/60~100/秒



比較対象を得るため、  
立会者による計測機器の設置状況

①計測精度

1~30 通常ひび割れ

画像						
番号	1-2①	1-2②	1-2③	1-3	2-2	2-3
計測値	1.1	0.5	0.8	3.0	3.5	1.6
真値	1.1	0.5	0.7	3.0	3.5	1.6

画像						
番号	3-1	4-1	4-2	4-3①	4-3②	
計測値	2.5	0.9	0.4	0.3	4.8	
真値	2.5	0.9	0.4	0.2	5.0	

画像								
番号	5-1	5-3	6-1	6-2①	6-2②	6-2③		
計測値	3.0	0.4	1.0	0.6	0.4	0.6		
真値	3.0	0.4	1.0	0.6	0.4	0.5		

画像									
番号	6-3	7-1	7-2①	7-2②	7-2③	7-3①	7-3②		
計測値	3.0	1.3	1.0	0.6	0.3	2.9	3.5		
真値	3.0	1.3	1.1	0.6	0.3	3.0	3.5		

①計測精度

画像								
番号	8-1①	8-1②	8-1③	8-2①	8-2②	8-2③	8-3	10-2
計測値	0.2	0.4	0.7	0.1	0.1	0.1	3.0	3.9
真値	0.2	0.4	0.7	0.1	0.1	0.1	3.0	4.0

画像					
番号	10-3	11-1	11-2①	11-2②	11-3
計測値	ひび割れなし	2.4	0.9	0.3	0.5
真値	-	2.5	0.9	0.2	0.4

画像					
番号	13-1	13-3①	13-3②	14-1	15-1
計測値	3.0	0.9	0.5	0.3	0.2
真値	3.0	0.9	0.5	0.3	0.2

画像				
番号	15-2	15-3	16-1	16-2
計測値	3.0	0.7	0.7	3.5
真値	3.0	0.7	0.7	3.5



①計測精度

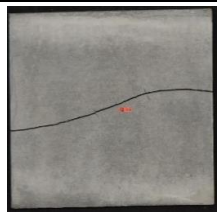
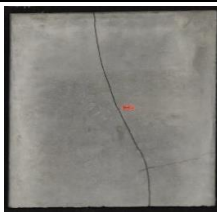
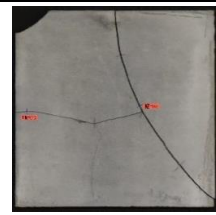
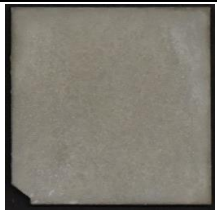
画像				
番号	16-3	17-1	17-2	17-3
計測値	ひび割れなし	0.7	ひび割れなし	0.8
真値	-	0.7	-	0.8

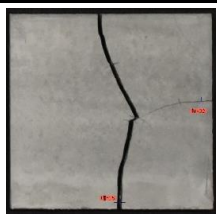
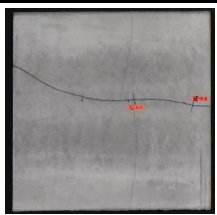

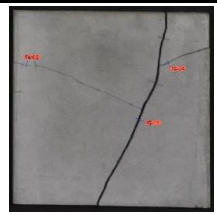

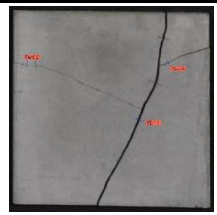
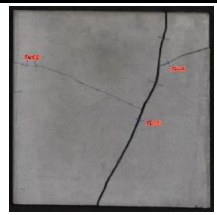
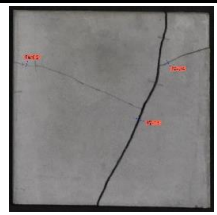
画像				
番号	18-1	18-2	18-3	19-1
計測値	ひび割れなし	4.0	0.7	1.5
真値	-	4.0	0.7	1.5

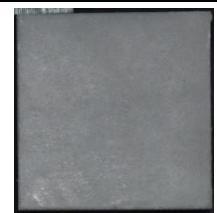

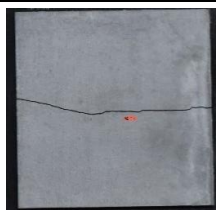
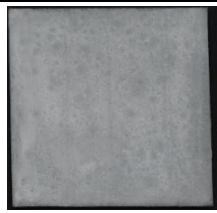
画像				
番号	19-3	20-1	20-2	20-3
計測値	0.3	1.5	3.5	0.4
真値	0.3	1.5	3.5	0.4

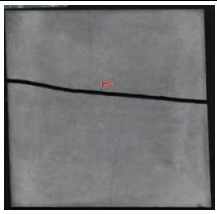
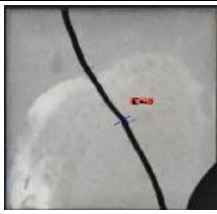


画像				
番号	21-1	21-2	21-3	22-1
計測値	0.5	0.8	4.1	4.4
真値	0.4	0.8	4.0	4.5

①計測精度

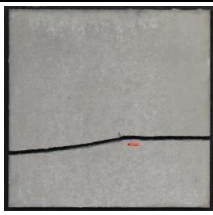
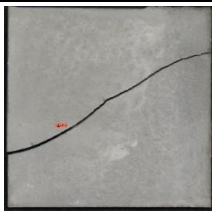

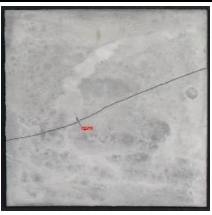
画像					
番号	22-2	22-3	23-1①	23-2②	23-2
計測値	1.0	0.4	0.3	0.8	ひび割れなし
真値	1.0	0.3	0.3	0.8	-

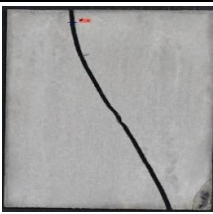
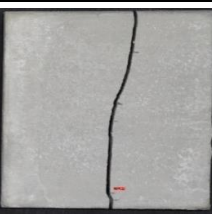
画像								
番号	23-3①	23-3②	24-1①	24-1②	24-2	24-3①	24-3②	24-3③
計測値	3.5	0.2	0.5	0.4	4.0	0.2	0.4	1.5
真値	3.5	0.1	0.5	0.4	4.0	0.2	0.4	1.5

画像				
番号	25-3	26-1	26-2	26-3
計測値	ひび割れなし	2.6	0.7	ひび割れなし
真値	-	2.5	0.7	-





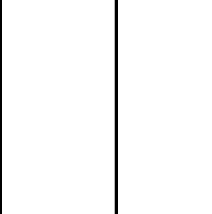
画像				
番号	27-3	28-1	28-2	28-3
計測値	3.0	4.0	0.8	ひび割れなし
真値	3.0	4.0	0.7	-





①計測精度

画像				
番号	29-1	29-2	29-3	30-1
計測値	3.0	1.9	ひび割れなし	0.3
真値	3.0	2.0	-	0.3

画像		
番号	30-2	30-3
計測値	3.6	2.5
真値	3.5	2.5

31～32 すず汚れ・すずが埋まったひび割れ

画像					
番号	31-1	31-2①	31-2②	31-3	31-4
計測値	0.2	0.4	0.4	0.5	0.7
真値	0.2	0.4	0.3	0.5	0.7

画像				
番号	31-5	32-1	32-2	32-3
計測値	0.8	0.1	0.3	0.5
真値	0.8	0.1	0.4	0.7

通常のひび割れ

最小ひび割れ幅:0.1mm

計測精度:0.01mm

煤で埋まったひび割れ

幅0.1mm 計測精度:0.00mm

幅0.3mm 計測精度:0.10mm

幅0.4mm 計測精度:0.20mm

覆工表面が煤で汚れた状態のひび割れ

幅0.2mm 計測精度:0.00mm

幅0.3mm 計測精度:0.10mm

幅0.4mm 計測精度:0.00mm

幅0.5mm 計測精度:0.00mm

幅0.7mm 計測精度:0.00mm

幅0.8mm 計測精度:0.00mm

②長さ計測精度及び③位置精度

O、A～Dのマーカーが設置された壁面の画像を合成し、各マーカー間の距離を計測。

本試験での撮影条件

- ・カメラ名称:NIKON D810
- ・被写体距離:約8m
- ・焦点距離:16～58mm
- ・画像ピクセル数:4800×3200
- ・ISO値:1600～2000
- ・シャッター速度:1/60～100/秒

S50～51



②長さ計測精度

	AB	CD	AC	BD
計測値(m)	1.530	1.535	9.843	9.841
真値(m)	1.540	1.536	9.856	9.855
誤差(m)	0.010	0.001	0.013	0.014
誤差(%)	0.65%	0.07%	0.13%	0.14%

## ③位置精度

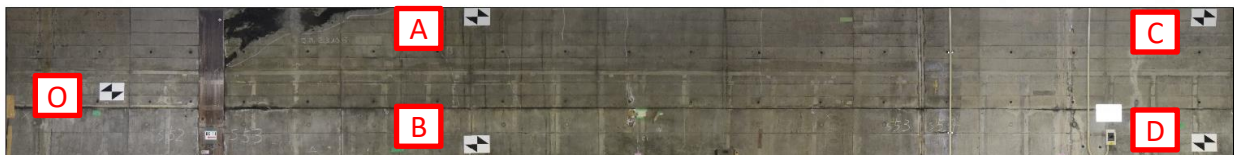
OA	単位(m)	真値	計測値	誤差
	距離	3.250	3.230	0.020
	水平距離	3.123	3.101	0.022
	鉛直距離	0.899	0.900	0.001

OC	単位(m)	真値	計測値	誤差
	距離	13.009	12.976	0.033
	水平距離	12.978	12.944	0.034
	鉛直距離	0.899	0.908	0.009

OB	単位(m)	真値	計測値	誤差
	距離	3.188	3.173	0.015
	水平距離	3.124	3.110	0.014
	鉛直距離	0.637	0.629	0.008

OD	単位(m)	真値	計測値	誤差
	距離	12.994	12.966	0.028
	水平距離	12.979	12.951	0.028
	鉛直距離	0.633	0.629	0.004

S52～54



## ②長さ計測精度

	AB	CD	AC	BD
計測値(m)	1.529	1.504	8.582	8.587
真値(m)	1.542	1.508	8.602	8.601
誤差(m)	0.013	0.004	0.020	0.014
誤差(%)	0.84%	0.27%	0.23%	0.16%

## ③位置精度

OA	単位(m)	真値	計測値	誤差
	距離	4.379	4.407	0.028
	水平距離	4.284	4.318	0.034
	鉛直距離	0.910	0.897	0.013

OC	単位(m)	真値	計測値	誤差
	距離	12.916	12.930	0.014
	水平距離	12.885	12.900	0.015
	鉛直距離	0.894	0.886	0.008

OB	単位(m)	真値	計測値	誤差
	距離	4.325	4.356	0.031
	水平距離	4.279	4.315	0.036
	鉛直距離	0.628	0.632	0.004

OD	単位(m)	真値	計測値	誤差
	距離	12.895	12.910	0.015
	水平距離	12.880	12.897	0.017
	鉛直距離	0.610	0.617	0.007



S56～57



## ②長さ計測精度

	AB	CD	AC	BD
計測値(m)	1.526	1.511	11.761	11.779
真値(m)	1.532	1.517	11.785	11.782
誤差(m)	0.006	0.006	0.024	0.003
誤差(%)	0.39%	0.40%	0.20%	0.03%

## ③位置精度

OA	単位(m)	真値	計測値	誤差
	距離	3.330	3.305	0.025
	水平距離	3.206	3.180	0.026
	鉛直距離	0.903	0.910	0.007

OC	単位(m)	真値	計測値	誤差
	距離	15.016	14.971	0.045
	水平距離	14.990	14.941	0.049
	鉛直距離	0.859	0.898	0.039

OB	単位(m)	真値	計測値	誤差
	距離	3.268	3.227	0.041
	水平距離	3.208	3.165	0.043
	鉛直距離	0.625	0.616	0.009

OD	単位(m)	真値	計測値	誤差
	距離	15.002	14.956	0.046
	水平距離	14.990	14.943	0.047
	鉛直距離	0.618	0.613	0.005

## ②長さ計測精度 平均相対誤差

横断方向:0.45%

進行方向:0.15%

## ③位置精度 平均絶対誤差

横断方向:30.4mm

進行方向:9.5mm

③色識別性能

カラーチャート、モノクロチャートが設置された壁面を撮影し、色識別性能を確認した。

カラーチャートに関しては、画像をオルソ化前後のRGB値を比較した。

本試験での撮影条件

- ・カメラ名称: NIKON D810
- ・被写体距離: 約3m
- ・焦点距離: 35~70mm
- ・画像ピクセル数: 4800×3200
- ・ISO値: 1600~2000
- ・シャッター速度: 1/60~100/秒



S52

	R		G		B	
	オルソ化前	オルソ化後	オルソ化前	オルソ化後	オルソ化前	オルソ化後
A1	96	96	60	63	46	47
A2	190	190	141	141	121	121
A3	92	92	99	101	156	156
A4	68	68	102	102	48	48
A5	122	122	95	95	172	172
A6	107	107	175	175	161	162
B1	221	221	134	131	61	61
B2	76	73	24	24	173	173
B3	188	188	72	72	76	79
B4	76	76	26	21	95	95
B5	138	138	193	193	84	85
B6	210	210	167	170	64	64
C1	57	57	0	0	152	154
C2	47	48	156	157	75	77
C3	162	162	52	51	43	42
C4	210	210	200	202	79	79
C5	181	181	63	64	143	143
C6	50	55	106	106	165	166
D1	218	218	215	215	216	216
D2	191	191	191	191	192	192
D3	155	155	155	155	157	157
D4	107	107	105	105	110	110
D5	63	62	63	63	62	62
D6	24	24	24	24	25	24

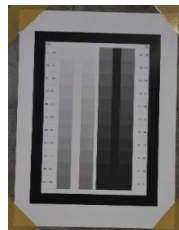
S54

	R		G		B	
	オルソ化前	オルソ化後	オルソ化前	オルソ化後	オルソ化前	オルソ化後
A1	90	90	52	53	37	37
A2	185	185	136	134	116	118
A3	75	75	87	87	144	144
A4	60	60	93	95	44	44
A5	118	118	95	94	165	163
A6	104	104	168	168	164	163
B1	220	220	128	127	63	62
B2	76	76	22	23	173	173
B3	192	193	74	74	78	79
B4	69	69	18	19	86	87
B5	142	142	192	192	90	90
B6	204	204	161	161	59	59
C1	52	52	0	0	143	143
C2	48	48	152	151	73	73
C3	161	161	50	50	41	41
C4	211	211	197	197	79	79
C5	179	179	61	61	138	139
C6	50	50	108	108	164	164
D1	214	214	214	214	214	214
D2	189	189	190	186	189	189
D3	153	153	153	153	153	153
D4	101	101	103	103	101	101
D5	58	58	58	58	58	58
D6	26	26	25	24	25	24

カラーチャート



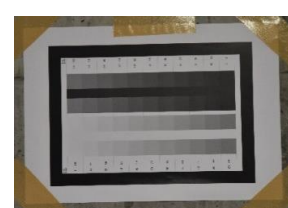
モノクロチャート



カラーチャート



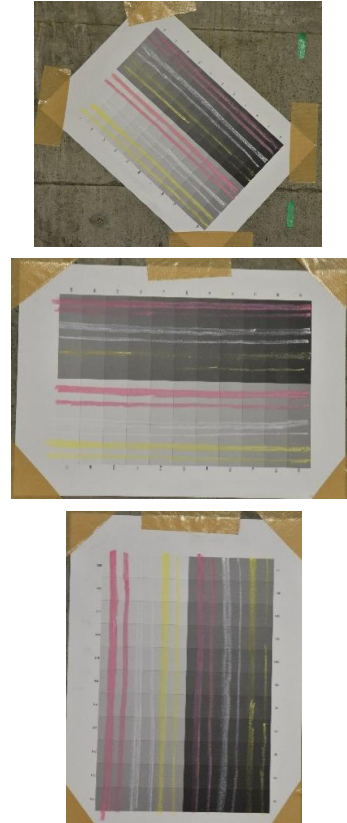
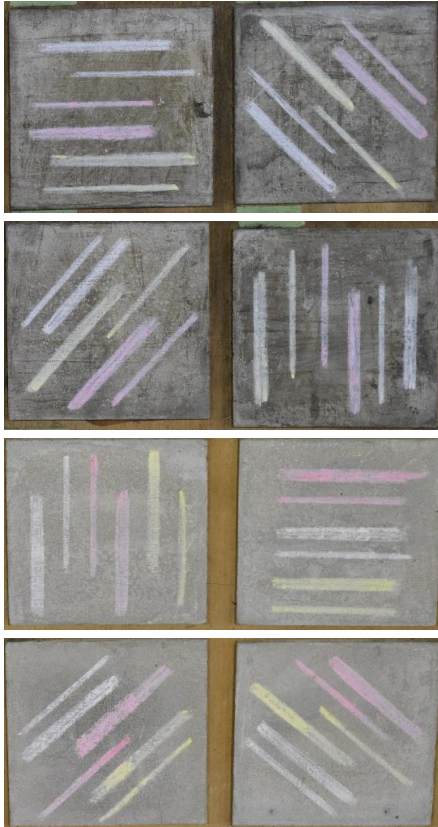
モノクロチャート



カラーチャート:フルカラー識別可能   モノクロチャート:グレースケール識別可能

⑤ひび割れ等のマーキング

コンクリート面及びグレースケール面でのマーキング検出可否を確認した。



コンクリート面のマーキング検出可否  
(検出可:○/検出不可:×)

マーキング色・幅		マーキングの向き		
色	幅(mm)	水平	垂直	45°
白	5	○	○	○
	10	○	○	○
黄	5	○	○	○
	10	○	○	○
ピンク	5	○	○	○
	10	○	○	○

グレースケール面のマーキング検出可否

マーキング色・幅		検出可能な輝度
色	幅(mm)	
白	5	250以下
	10	250以下
黄	5	250以下
	10	250以下
ピンク	5	250以下
	10	250以下

技術番号 TN010036-V0024

技術名 走行型可視光線撮影によるSfM三次元画像解析システム 開発者名 国際航業株式会社

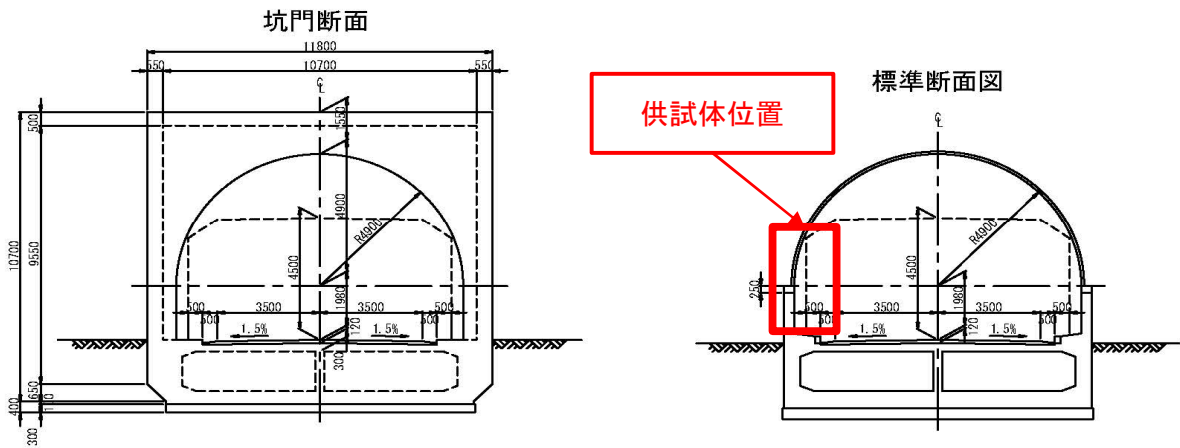
試験日 令和6年 1 月 29 日 天候 曇り 気温 10 °C 風速 2.5 m/s

試験場所 国土技術政策総合研究所 実大トンネル

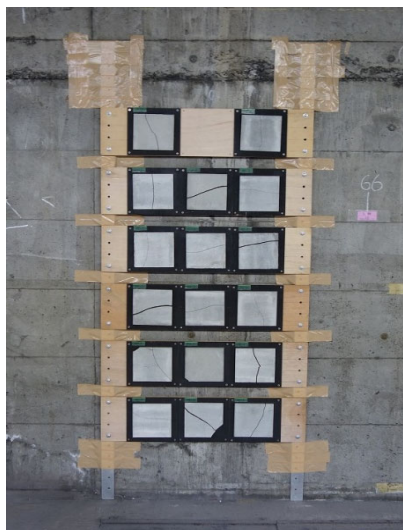
カタログ分類 画像計測技術 カタログ 検出項目 ひび割れ 試験区分 標準試験

試験で確認する  
カタログ項目 計測精度  
(最小ひび割れ幅)

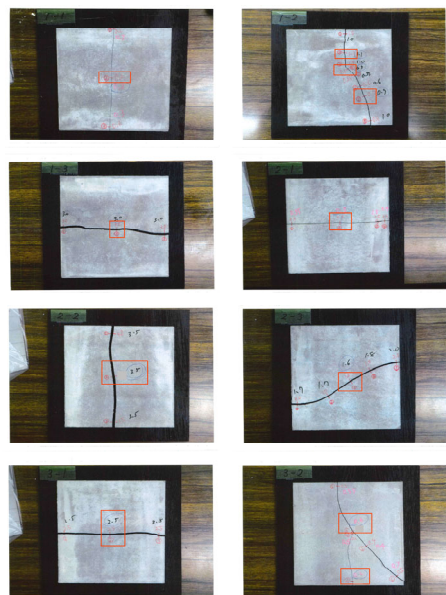
対象構造物の概要



対象トンネル断面図(実大トンネル)



模擬ひび割れ供試体 設置状況



模擬ひび割れ供試体のイメージ



- ① トンネル内にて、カメラを調整し、機器の動作確認を行った。
- ② 対象物(マーカ)の走行撮影を行った。走行速度は20km/h~30km/hで実施した。
- ③ 計測毎に、カメラ内にデータが正常に取得できている事を確認し、さらに、抽出断面の3次元接合検証を行った。
- ④ 模擬ひび割れ供試体を設置時に計測しておいたひび割れ幅を、取得画像からの検出結果と比較し、最小ひび割れ幅及び計測精度を求めた。

開発者による計測機器の設置状況



撮影画像を接合  
↓  
三次元モデルを展開  
↓  
展開画像





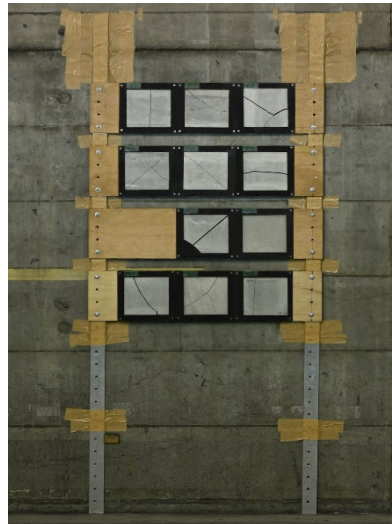
■ S52

※縮小しているため、  
実際の画質よりも劣化している



■ S58

※縮小しているため、  
実際の画質よりも劣化している



■ S59

※縮小しているため、  
実際の画質よりも劣化している



■ 計測データと真値の比較表

① 本試験の条件

撮影速度約 20km/h~30km/h

※ひび割れ幅計測精度E

精度確認データは20km/hを使用

壁面との離隔に変化なし

$$E = \sqrt{\frac{(x_1 - a_1)^2 + \dots + (x_n - a_n)^2}{n}}$$

② 算出方法

画像から検出できる最小ひび割れ幅が0.2mmのため

供試体計測対象(赤枠内)の真値 0.1~0.3mm のひび割れを抽出した

抽出したひび割れで、計測値との誤差を算出する

ひび割れ幅 (真値) (mm)	R5TN09 (仮)		備考	③誤差2乗(Xn-a) <sup>2</sup>	
	①計測値 (Xn)	②誤差 (Xn-a)			
0.1	8-2		画像判読可		
	23-3		画像判読可		
0.2	1-1		撮影画像にパネル無し		
	3-2		撮影画像にパネル無し		
	4-3	0.2	0.0		0.00
	7-1	0.2	0.0		0.00
	8-1	0.1	-0.1		0.01
	11-2	0.2	0.0		0.00
	12-1			撮影画像にパネル無し	
	13-2			撮影画像にパネル無し	
	15-1	0.3	0.1		0.01
	24-3		-0.2	読み取り不可	0.04
	25-1			撮影画像にパネル無し	
0.3	2-1		撮影画像にパネル無し		
	7-2	0.4	0.1		0.01
	9-3			撮影画像にパネル無し	
	12-1			撮影画像にパネル無し	
	14-1	0.3	0.0		0.00
	19-3	0.3	0.0		0.00
	20-3	0.2	-0.1		0.01
	22-3	0.3	0.0		0.00
	23-1	0.2	-0.1		0.01
30-1	0.3	0.0		0.00	

最小幅 (a)	0.2
E	0.127

技術番号 TN010036-V0024

技術名 走行型可視光線撮影によるSfM三次元画像解析システム 開発者名 国際航業株式会社

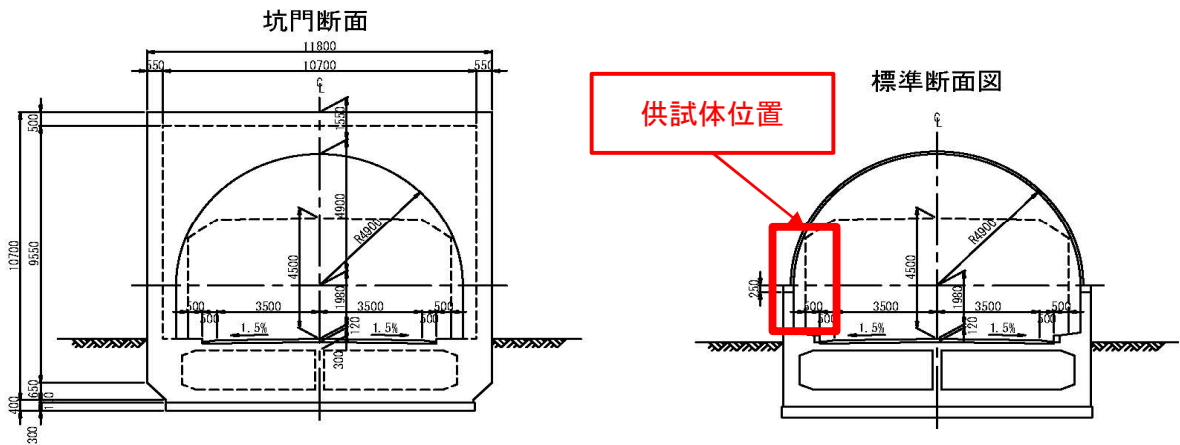
試験日 令和6年 1 月 29 日 天候 曇り 気温 10 °C 風速 2.5 m/s

試験場所 国土技術政策総合研究所 実大トンネル

カタログ分類 画像計測技術 カタログ 検出項目 ひび割れ 試験区分 標準試験

試験で確認する  
カタログ項目 長さ計測精度、位置精度

対象構造物の概要



対象トンネル断面図(実大トンネル)



実大トンネル 全体写真



マーカー供試体 設置状況



- ① トンネル内にて、カメラを調整し、機器の動作確認を行った。
- ② 対象物(マーカー)の走行撮影を行った。走行速度は20km/h~30km/hで実施した。
- ③ 計測毎に、カメラ内にデータが正常に取得できている事を確認し、さらに、抽出断面の3次元接合検証を行った。
- ④ マーカーを設置時に計測しておいた長さ・位置等の値を、取得画像からの検出結果と比較し、長さ計測精度及び位置精度を求める。

開発者による計測機器の設置状況



比較対象を得るため、立会者による計測機器の設置状況

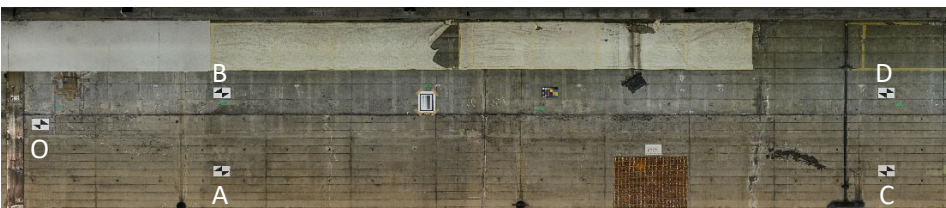
S50-S51



S52-S54



S57-S58



■長さ精度

【S50-S51】					
NO.	測定部位	真値(m) (A)	計測値(m) (B)	誤差(m) (C)=(A)-(B)	誤差率 (D)=(C)/(A)
1	L(AB)	1.540	1.567	-0.027	1.75%
2	L(AC)	9.856	9.905	-0.049	0.50%
3	L(BD)	9.855	9.922	-0.067	0.68%
4	L(CD)	1.536	1.556	-0.020	1.30%

【S52-S54】					
NO.	測定部位	真値(m) (A)	計測値(m) (B)	誤差(m) (C)=(A)-(B)	誤差率 (D)=(C)/(A)
1	L(AB)	1.542	1.551	-0.009	0.58%
2	L(AC)	8.602	8.684	-0.082	0.95%
3	L(BD)	8.601	8.694	-0.093	1.08%
4	L(CD)	1.508	1.515	-0.007	0.46%

【S56-S57】					
NO.	測定部位	真値(m) (A)	計測値(m) (B)	誤差(m) (C)=(A)-(B)	誤差率 (D)=(C)/(A)
1	L(AB)	1.532	1.523	0.009	0.59%
2	L(AC)	11.785	11.807	-0.022	0.19%
3	L(BD)	11.782	11.801	-0.019	0.16%
4	L(CD)	1.517	1.518	-0.001	0.07%

平均 誤差率 (全体)	0.69%
平均 誤差率 (進行方向 : X)	0.59%
平均 誤差率 (周方向 : Y)	0.79%

① 本試験の条件

撮影速度約 20km/h~30km/h

精度確認データは20km/hを使用

壁面との離隔に変化なし



## ■位置精度

【S50-S51】				
NO.	測定部位	真値(m) (A)	計測値(m) (B)	誤差(m) (C)=(A)-(B)
1	W(OA)	3.123	3.100	0.023
2	W(OB)	3.124	3.083	0.041
3	W(OC)	12.978	13.005	0.027
4	W(OD)	12.979	13.005	0.026
5	H(OA)	0.899	0.916	0.017
6	H(OB)	0.637	0.650	0.013
7	H(OC)	0.899	0.846	0.053
8	H(OD)	0.633	0.710	0.077

【S52-S54】				
NO.	測定部位	真値(m) (A)	計測値(m) (B)	誤差(m) (C)=(A)-(B)
1	W(OA)	4.284	4.336	0.052
2	W(OB)	4.279	4.339	0.060
3	W(OC)	12.885	13.030	0.145
4	W(OD)	12.880	13.033	0.153
5	H(OA)	0.910	0.910	0.000
6	H(OB)	0.628	0.641	0.013
7	H(OC)	0.894	0.888	0.006
8	H(OD)	0.610	0.627	0.017

【S56-S57】				
NO.	測定部位	真値(m) (A)	計測値(m) (B)	誤差(m) (C)=(A)-(B)
1	W(OA)	3.206	3.212	0.006
2	W(OB)	3.208	3.217	0.009
3	W(OC)	14.990	15.019	0.029
4	W(OD)	14.990	15.019	0.029
5	H(OA)	0.903	0.907	0.004
6	H(OB)	0.625	0.617	0.008
7	H(OC)	0.895	0.908	0.013
8	H(OD)	0.618	0.608	0.010

## ① 本試験の条件

撮影速度約 20km/h～30km/h

精度確認データは20km/hを使用

壁面との離隔に変化なし

位置精度(mm) (進行方向 : X)	50.0
位置精度(mm) (周方向 : Y)	19.3

技術番号 TN010036-V0024

技術名 走行型可視光線撮影によるSfM三次元画像解析システム 開発者名 国際航業株式会社

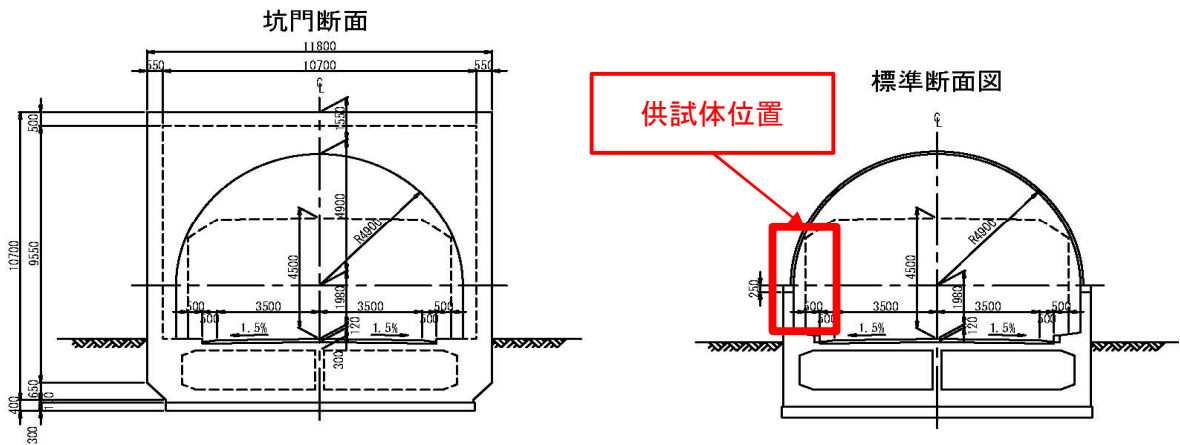
試験日 令和6年 1 月 29 日 天候 曇り 気温 10 °C 風速 2.5 m/s

試験場所 国土技術政策総合研究所 実大トンネル

カタログ分類 画像計測技術 カタログ 検出項目 ひび割れ 試験区分 標準試験

試験で確認する  
カタログ項目 色識別性能

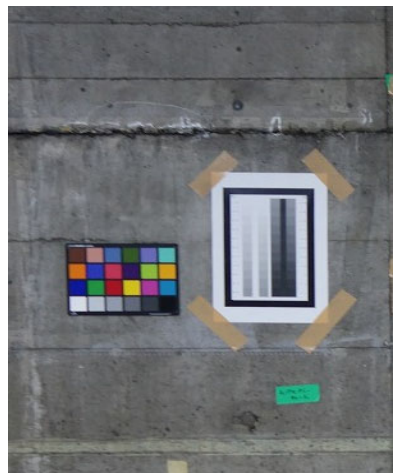
対象構造物の概要



対象トンネル断面図(実大トンネル)



実大トンネル 全体写真



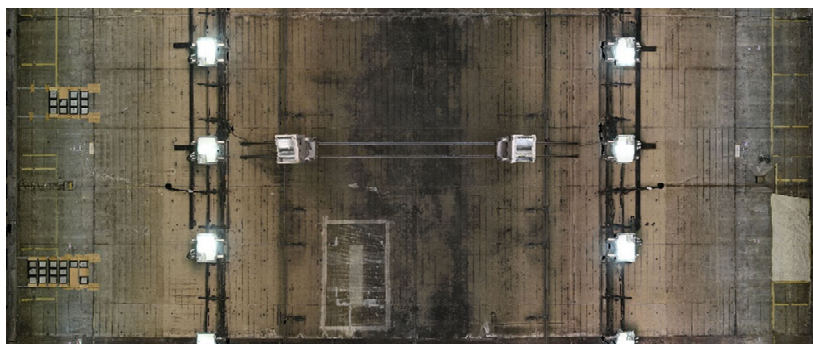
カラーチャート供試体 設置状況

- ① トンネル内にて、カメラを調整し、機器の動作確認を行った。
- ② 対象物(マーカ)の走行撮影を行った。走行速度は20km/h~30km/hで実施した。
- ③ 計測毎に、カメラ内にデータが正常に取得できている事を確認し、さらに、抽出断面の3次元接合検証を行った。
- ④ 取得画像からの色識別結果と比較し、色識別性能を確認する。

開発者による計測機器の設置状況



撮影画像を接合  
↓  
三次元モデルを展開  
↓  
展開画像





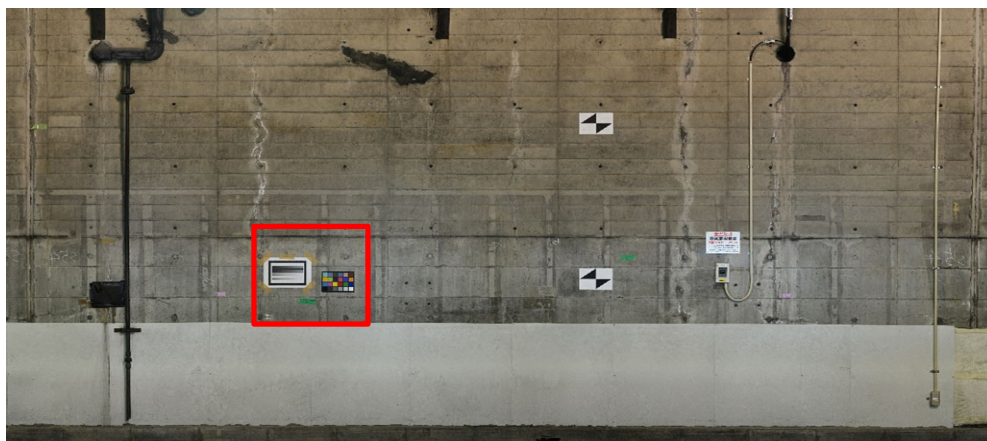
●S52



●S54



●S57



●S52



●S54



●S57



色識別性能

フルカラー識別可能



技術番号 TN010037-V0024

技術名 あいあい ～軽量垂直ポールカメラ～ 開発者名 首都高技術株式会社

試験日 令和6年 1 月 25 日 天候 晴れ 気温 - °C 風速 - m/s

試験場所 国土技術政策総合研究所 実大トンネル

カタログ分類 画像計測技術 カタログ 検出項目 ひび割れ 試験区分 標準試験

試験で確認する  
カタログ項目 ひび割れ計測精度  
色識別性能

対象構造物の概要

国土技術政策総合研究所実大トンネルに設置された、ひび割れパネル(通常5組、煤付き1組)、カラーチャート(3組)



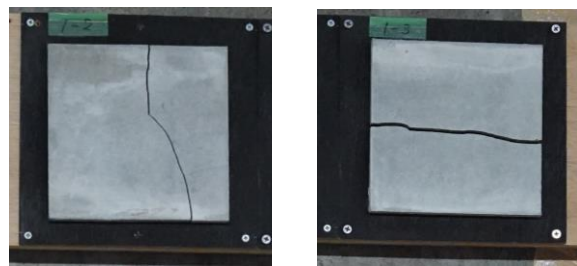
トンネル状況



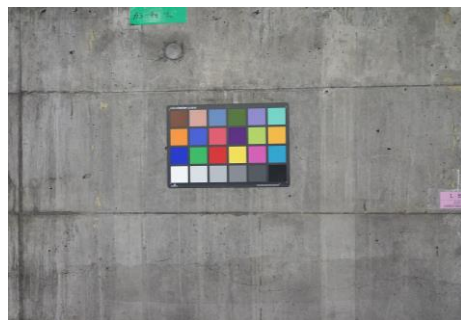
試験体設置状況



ひび割れパネル状況(遠景)



ひび割れパネル状況(近景)



カラーチャート状況

- ① 長手ポール先端にあいあいを設置し、有線コードにてあいあいとWindows PCとを接続する。
- ② あいあいを操作し、カメラを対象の試験体へ向ける。その際の距離は50cmとする。
- ③ 試験体を撮影し、Windows PCに画像を保存する。
- ④ 後日、撮影画像からひび割れ幅、カラーチャートのRGBを求める。

開発者による計測機器の設置状況

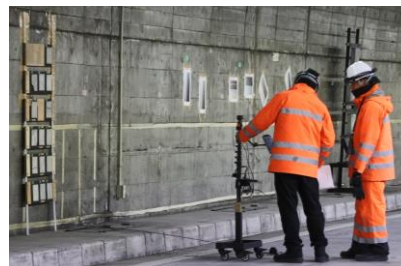
あいあい(カメラ1)



あいあい設置状況



実施状況



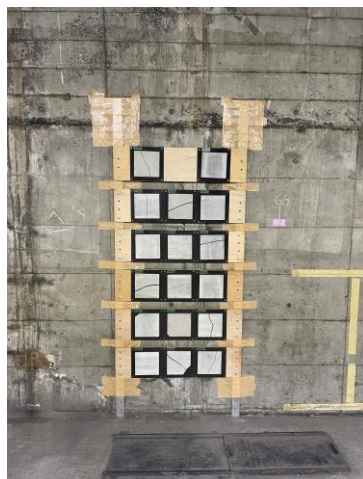
あいあい(カメラ2)



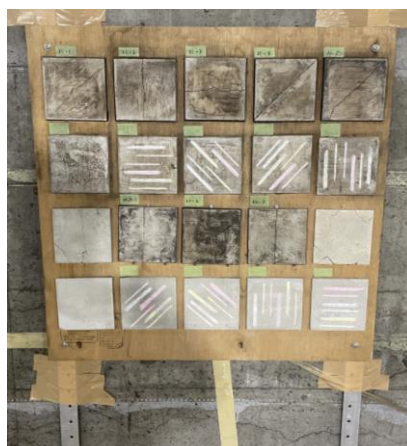
※画像はⅡ型を使用

比較対象を得るため、立会者による計測機器の設置状況

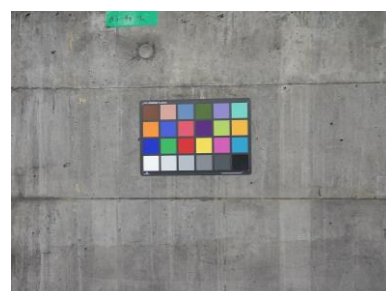
トンネル内に設置された、ひび割れパネル(通常5組、煤付き1組)、カラーチャート(3組)



ひび割れパネル(他4組)



ひび割れパネル



カラーチャート

ひび割れ計測精度 あいあいカメラ1(SONY製 RX-0Ⅱ)

ひび割れパネル(通常)

番号	1-2	1-3	2-2	2-3	3-1	4-1	4-2	凡例
写真								
計測値	②1.13 (1.1)	3.08 (3.0)	4.60 (3.5)	1.73 (1.6)	3.24 (2.5)	0.72 (0.9)	0.29 (0.4)	
	④0.64 (0.5)	-	-	-	-	-	-	
	⑦1.03 (0.7)	-	-	-	-	-	-	
番号	4-3	5-1	5-3	6-1	6-2	6-3	7-1	凡例
写真								
計測値	③0.35 (0.2)	3.46 (3.0)	0.47 (0.4)	1.20 (1.0)	①0.83 (0.6)	3.31 (3.0)	1.02 (1.3)	
	⑦4.83 (5.0)	-	-	-	④0.39 (0.5)	-	-	
	-	-	-	-	⑥0.40 (0.4)	-	-	
番号	7-2	7-3	8-1	8-2	8-3	10-2	10-3	凡例
写真								
計測値	②1.27 (1.1)	②3.82 (3.0)	④0.30 (0.4)	⑤0.10 (0.1)	4.33 (3.0)	4.15 (4.0)	ひびわれなし	
	⑤0.42 (0.6)	⑦3.90 (3.5)	⑦0.30 (0.2)	⑥0.10 (0.1)	-	-	-	
	⑧0.50 (0.3)	-	⑩0.56 (0.7)	⑦0.26 (0.1)	-	-	-	
番号	11-1	11-2	11-3	13-1	13-3	14-1	15-1	凡例
写真								
計測値	2.07 (2.5)	②1.08 (0.9)	0.32 (0.4)	2.65 (3.0)	①0.60 (0.9)	0.22 (0.3)	0.23 (0.2)	
	-	⑥0.18 (0.2)	-	-	④0.46 (0.5)	-	-	

( )は真値、画像内ーはひび割れ幅計測箇所

画像の描画は当該ひび割れの最大幅を表すため、必ずしも計測値と一致するものではない



ひび割れパネル(通常)

番号	15-2	15-3	16-1	16-2	16-3	17-1	17-2	凡例
写真								
計測値	2.57 (3.0)	0.72 (0.7)	0.88 (0.7)	4.90 (3.5)	ひびわれなし	0.65 (0.7)	ひびわれなし	
番号	17-3	18-1	18-2	18-3	19-1	19-3	20-1	凡例
写真								
計測値	0.99 (0.8)	ひびわれなし	4.03 (4.0)	0.77 (0.7)	1.70(1.5)	0.22 (0.3)	1.56 (1.5)	
番号	20-2	20-3	21-1	21-2	21-3	22-1	22-2	凡例
写真								
計測値	4.60 (3.5)	0.34 (0.3)	0.49 (0.4)	0.63 (0.8)	4.43 (4.0)	4.38 (4.5)	0.98 (1.0)	
番号	22-3	23-1	23-2	23-3	24-1	24-2	24-3	凡例
写真								
計測値	0.35 (0.3)	0.29 (0.3)	ひびわれなし	⑤3.67 (3.5)	①0.43 (0.5)	4.55 (0.4)	①0.20 (0.2)	
	-	1.00 (0.8)	-	⑦0.16 (0.1)	②0.45 (0.4)	-	②2.34 (1.5)	
	-	-	-	-	-	-	③0.52 (0.4)	
番号	25-3	26-1	26-2	26-3	27-1	27-3	28-1	凡例
写真								
計測値	ひびわれなし	2.12 (2.5)	0.75 (0.7)	ひびわれなし	ひびわれなし	2.77 (3.0)	5.09 (4.0)	

( )は真値、画像内一はひび割れ幅計測箇所

画像の描画は当該ひび割れの最大幅を表すため、必ずしも計測値と一致するものではない

ひび割れパネル(通常)

番号	28-2	28-3	29-1	29-2	29-3	30-1	30-2	凡例
写真								
計測値	0.93 (0.7)	ひびわれなし	2.85 (3.0)	2.17 (2.0)	ひびわれなし	0.32 (0.3)	3.33 (3.5)	
番号	30-3	-						凡例
写真		-						
計測値	2.23 (2.5)	-						

( )は真値、画像内-はひび割れ幅計測箇所

画像の描画は当該ひび割れの最大幅を表すため、必ずしも計測値と一致するものではない

ひび割れパネル(汚れ模擬)

番号	31-1	31-2	31-3	31-4	31-5	32-1	32-2	凡例
写真								
計測値	0.23 (0.2)	①0.45 (0.4)	0.47 (0.5)	0.76 (0.7)	0.73 (0.8)	未検出 (0.1)	0.43 (0.4)	
	-	②0.30 (0.3)	-	-	-	-	-	
番号	32-3	-						凡例
写真		-						
計測値	0.76 (0.7)	-						

( )は真値、画像内-はひび割れ幅計測位置

画像の描画は当該ひび割れの最大幅を表すため、必ずしも計測値と一致するものではない

- ・最小ひび割れ幅 0.1mm
- ・計測精度 0.085mm (0.2mm未満のひび割れ幅を対象とした検出性能)
- 0.076mm (0.2mm以上0.3mm未満のひび割れ幅を対象とした検出性能)
- 0.081mm (0.3mm以上0.5mm未満のひび割れ幅を対象とした検出性能)
- 0.133mm (0.5mm以上0.7mm未満のひび割れ幅を対象とした検出性能)
- 0.171mm (0.7mm以上1.0mm未満のひび割れ幅を対象とした検出性能)
- 0.562mm (1.0mm以上のひび割れ幅を対象とした検出性能)



ひび割れ計測精度 あいあい カメラ2 (Microsoft製 LifeCam Studio Q2F-00021)

ひび割れパネル(通常)

番号	1-2	1-3	2-2	2-3	3-1	4-1	4-2	凡例
写真								
計測値	②1.16 (1.1)	3.11 (3.0)	2.92 (3.5)	2.47 (1.6)	2.44 (2.5)	1.44 (0.9)	0.50 (0.4)	
	④0.74 (0.5)	-	-	-	-	-	-	
	⑦1.39 (0.7)	-	-	-	-	-	-	
番号	4-3	5-1	5-3	6-1	6-2	6-3	7-1	凡例
写真								
計測値	③0.39 (0.2)	2.98 (3.0)	0.44 (0.4)	1.39 (1.0)	①0.89 (0.6)	3.34 (3.0)	2.02 (1.3)	
	⑦4.58 (5.0)	-	-	-	④0.89 (0.5)	-	-	
	-	-	-	-	⑥0.53 (0.4)	-	-	
番号	7-2	7-3	8-1	8-2	8-3	10-2	10-3	凡例
写真								
計測値	②1.45 (1.1)	②2.73 (3.0)	④0.90 (0.4)	⑤0.17 (0.1)	2.55 (3.0)	3.67 (4.0)	ひびわれなし	
	⑤0.95 (0.6)	⑦2.77 (3.5)	⑦0.46 (0.2)	⑥0.13 (0.1)	-	-	-	
	⑧0.55 (0.3)	-	⑩0.80 (0.7)	⑦0.09 (0.1)	-	-	-	
番号	11-1	11-2	11-3	13-1	13-3	14-1	15-1	凡例
写真								
計測値	2.81 (2.5)	②1.11 (0.9)	0.38 (0.4)	3.37 (3.0)	①1.20 (0.9)	0.35 (0.3)	0.50 (0.2)	
	-	⑥0.23 (0.2)	-	-	④0.51 (0.5)	-	-	

( )は真値、画像内一はひび割れ幅計測箇所

画像の描画は当該ひび割れの最大幅を表すため、必ずしも計測値と一致するものではない

ひび割れパネル(通常)

番号	15-2	15-3	16-1	16-2	16-3	17-1	17-2	凡例
写真								
計測値	2.88 (3.0)	0.80 (0.7)	0.74 (0.7)	3.08 (3.5)	ひびわれなし	1.05 (0.7)	ひびわれなし	
番号	17-3	18-1	18-2	18-3	19-1	19-3	20-1	凡例
写真								
計測値	1.30 (0.8)	ひびわれなし	3.72 (4.0)	1.10 (0.7)	1.70 (1.5)	0.37 (0.3)	1.70 (1.5)	
番号	20-2	20-3	21-1	21-2	21-3	22-1	22-2	凡例
写真								
計測値	4.00 (3.5)	0.33 (0.3)	0.53 (0.4)	1.30 (0.8)	3.57 (4.0)	4.55 (4.5)	1.18 (1.0)	
番号	22-3	23-1	23-2	23-3	24-1	24-2	24-3	凡例
写真								
計測値	0.26 (0.3)	0.31 (0.3)	ひびわれなし	⑤3.25 (3.5)	①0.57 (0.5)	3.91 (0.4)	①0.18 (0.2)	
	-	0.82 (0.8)	-	⑦0.13 (0.1)	②0.45 (0.4)	-	②2.60 (1.5)	
	-	-	-	-	-	-	③0.53 (0.4)	
番号	25-3	26-1	26-2	26-3	27-1	27-3	28-1	凡例
写真								
計測値	ひびわれなし	2.15 (2.5)	0.68 (0.7)	ひびわれなし	ひびわれなし	3.20 (3.0)	4.10 (4.0)	

( )は真値、画像内一はひび割れ幅計測箇所

画像の描画は当該ひび割れの最大幅を表すため、必ずしも計測値と一致するものではない

ひび割れパネル(通常)

番号	28-2	28-3	29-1	29-2	29-3	30-1	30-2	凡例
写真								
計測値	1.10 (0.7)	ひびわれなし	2.77 (3.0)	2.40 (2.0)	ひびわれなし	0.25 (0.3)	3.05 (3.5)	
番号	30-3							凡例
写真								
計測値	2.25 (2.5)							

( )は真値、画像内ーはひび割れ幅計測箇所

画像の描画は当該ひび割れの最大幅を表すため、必ずしも計測値と一致するものではない

ひび割れパネル(煤付き)


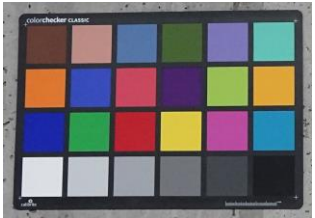

番号	31-1	31-2	31-3	31-4	31-5	32-1	32-2	凡例
写真								
計測値	0.47 (0.2)	①0.77 (0.4)	0.49 (0.5)	0.85 (0.7)	1.00 (0.8)	0.21 (0.1)	0.41 (0.4)	
	-	②0.64 (0.3)	-	-	-	-	-	
番号	32-3							凡例
写真								
計測値	1.00 (0.7)							

( )は真値、画像内ーはひび割れ幅計測位置

画像の描画は当該ひび割れの最大幅を表すため、必ずしも計測値と一致するものではない




- ・最小ひび割れ幅 0.1mm
- ・計測精度 0.061mm (0.2mm未満のひび割れ幅を対象とした検出性能)
- 0.211mm (0.2mm以上0.3mm未満のひび割れ幅を対象とした検出性能)
- 0.189mm (0.3mm以上0.5mm未満のひび割れ幅を対象とした検出性能)
- 0.245mm (0.5mm以上0.7mm未満のひび割れ幅を対象とした検出性能)
- 0.345mm (0.7mm以上1.0mm未満のひび割れ幅を対象とした検出性能)
- 0.412mm (1.0mm以上のひび割れ幅を対象とした検出性能)

色識別性能 あいあいカメラ1 (SONY製 RX-0 II)

番号	①			②			③			
	1	2	3	4	5	6				
撮影 画像										
	RGB	R	G	B	R	G	B	R	G	B
	A-1	111	69	61	110	71	64	130	89	74
	A-2	195	154	146	199	155	152	214	168	159
A-3	95	132	186	92	131	186	111	145	193	
A-4	79	113	63	78	111	65	90	120	70	
A-5	137	136	204	133	134	204	144	142	207	
A-6	107	207	197	107	206	199	121	213	203	
B-1	231	132	62	230	133	65	247	155	72	
B-2	66	90	210	63	87	207	76	99	215	
B-3	213	82	107	215	82	109	227	95	116	
B-4	84	46	129	82	44	127	93	50	130	
B-5	168	206	102	166	201	102	181	212	108	
B-6	234	181	69	229	178	65	242	187	77	
C-1	28	45	185	38	50	198	41	62	207	
C-2	51	174	92	49	173	97	67	189	106	
C-3	204	47	57	200	49	58	214	58	61	
C-4	233	214	85	230	212	86	244	223	95	
C-5	202	92	178	198	87	177	212	98	186	
C-6	46	162	207	42	158	207	53	164	209	
D-1	230	235	239	229	234	241	241	245	248	
D-2	201	209	218	199	211	221	218	224	230	
D-3	167	179	189	166	178	190	183	190	200	
D-4	124	132	144	122	132	146	13	141	152	
D-5	77	85	94	79	87	98	88	92	101	
D-6	32	35	42	30	33	40	41	42	47	

・フルカラー識別可能

色識別性能 あいあい カメラ2 (Microsoft製 LifeCam Studio Q2F-00021)

番号	①			②			③			
	1	2	3	4	5	6				
撮影 画像										
	RGB	R	G	B	R	G	B	R	G	B
	A-1	73	42	22	74	37	28	117	73	62
	A-2	181	115	99	201	126	123	250	174	174
A-3	61	80	123	72	92	152	97	129	202	
A-4	43	69	22	56	75	35	72	108	62	
A-5	101	91	154	112	99	180	150	33	239	
A-6	93	179	152	88	196	181	121	236	219	
B-1	205	102	44	240	106	50	244	156	84	
B-2	28	38	135	36	44	171	60	67	233	
B-3	201	45	69	237	46	87	248	80	115	
B-4	54	14	67	61	20	76	84	31	111	
B-5	129	186	53	144	209	83	181	245	122	
B-6	226	149	43	245	174	66	251	219	108	
C-1	4	7	124	3	6	145	22	25	200	
C-2	28	123	33	27	139	54	47	184	78	
C-3	159	28	34	196	22	47	242	42	71	
C-4	217	203	54	237	223	79	252	255	140	
C-5	184	46	123	212	52	153	245	80	198	
C-6	24	87	140	21	104	174	45	140	224	
D-1	224	224	224	241	241	241	255	255	255	
D-2	181	181	181	205	205	205	241	241	241	
D-3	130	130	130	156	155	164	196	198	213	
D-4	81	81	81	95	95	95	133	132	140	
D-5	39	39	39	48	48	48	69	67	78	
D-6	3	3	3	3	2	7	16	16	18	

・フルカラー識別可能



技術番号 TN010038-V0024

技術名 HIVIDAS(ヒビダス)

開発者名 株式会社保全工学研究所

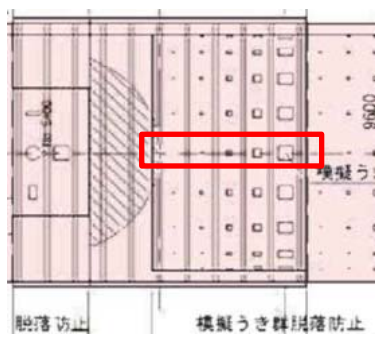
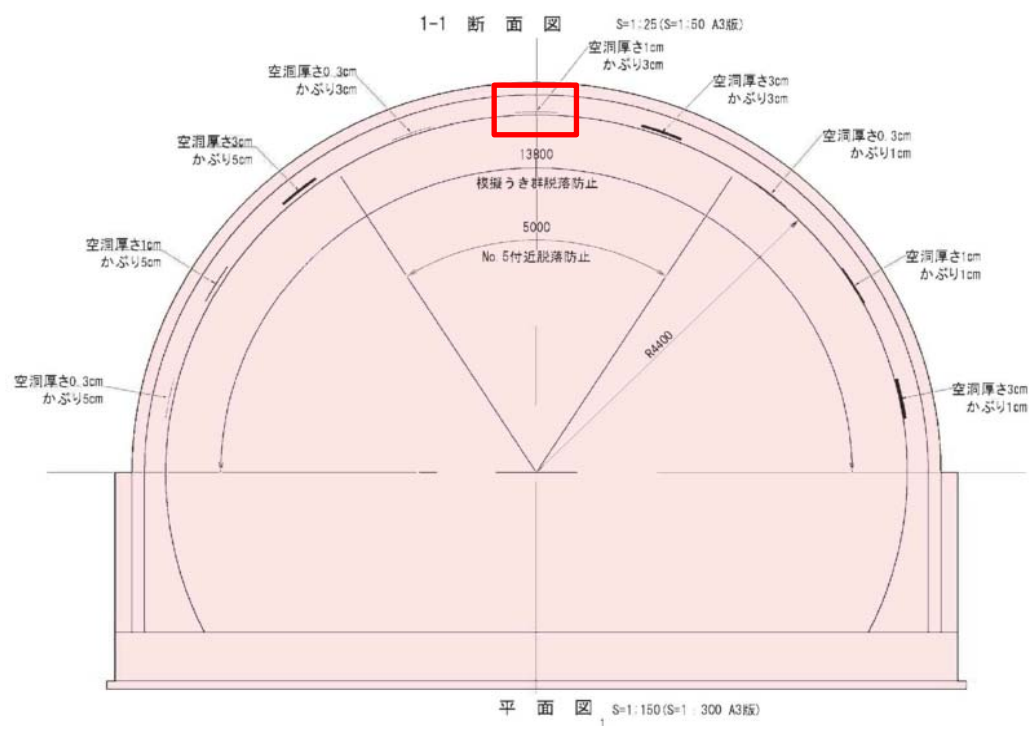
試験日 令和6年 2月20日 天候 曇り 気温 °C 風速 m/s

試験場所 福島ロボットテストフィールド

カタログ分類 画像計測技術 カタログ 検出項目 うき 試験区分 標準試験

試験で確認する  
カタログ項目 計測(劣化、表面近くの空洞)

対象構造物の概要



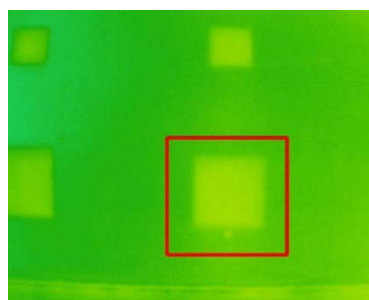
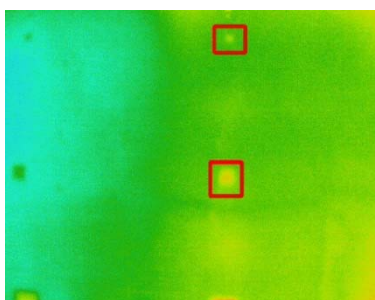
・覆工内に埋め込まれた模擬うきを計測  
計測速度 50km/h

- ① トンネル外にて、カメラを調整し、機器の動作確認を行う。
- ② 対象物(空洞天端を鉄板とした模擬空洞)の走行撮影を行う。(走行速度:10km/h・40km/h・50km/hの3パターン)
- ③ 計測を終えるたびに、正常に撮影出来ているかを確認。問題なければ撮影を終了する。
- ④ 撮影した可視・赤外線画像を持ち帰り、解析を行う。その後、供試体真値と比較を行う。

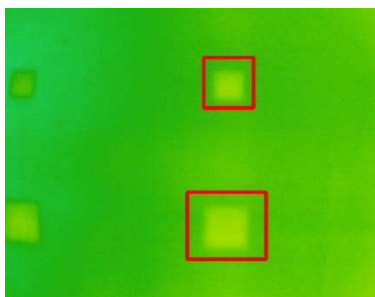
開発者による計測機器の設置状況

模擬うき検出写真

・5cm角・10cm角(かぶり1cm) 模擬うきパネル検出赤外線画像 50cm角(かぶり1cm) 模擬うきパネル検出赤外線画像



・20cm角・30cm角(かぶり1cm) 模擬うきパネル検出赤外線画像



比較対象を得るため、立会者による計測機器の設置状況

技術番号 TN010038-V0024

技術名 HIVIDAS(ヒビダス)

開発者名 株式会社保全工学研究所

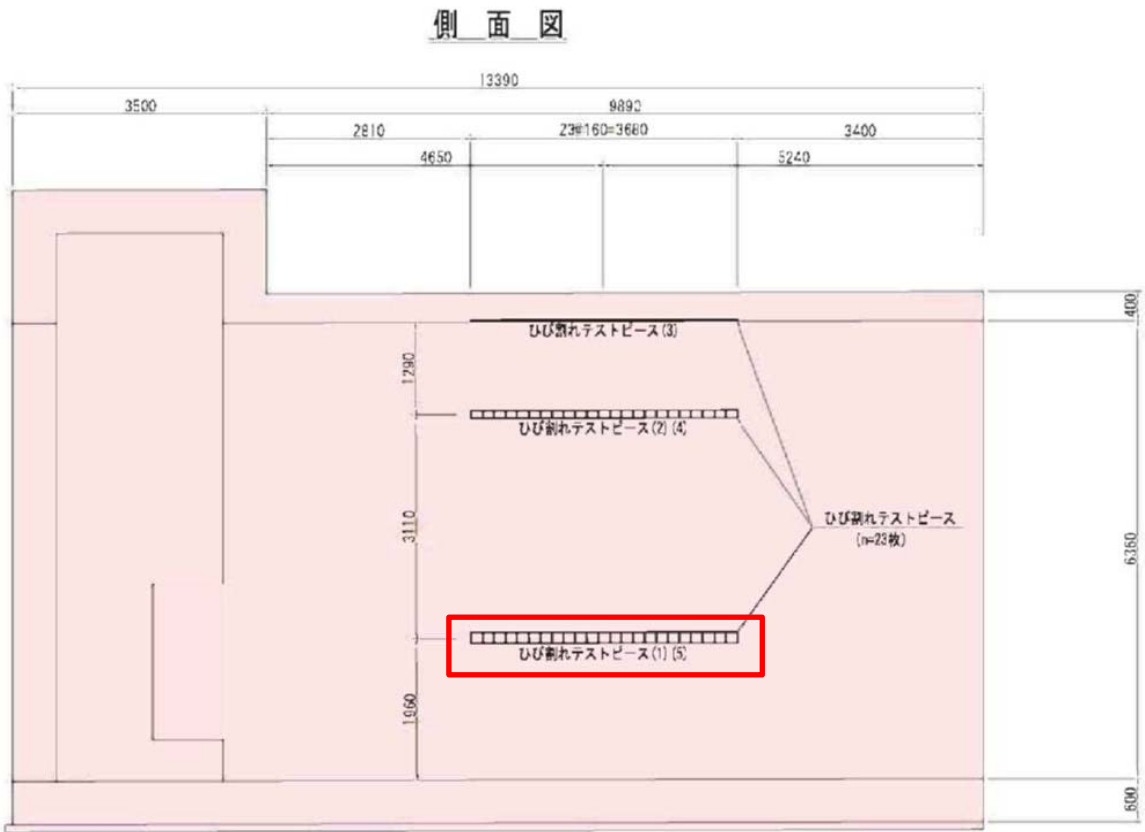
試験日 令和6年 2月 20日 天候 曇り 気温 °C 風速 m/s

試験場所 福島ロボットテストフィールド

カタログ分類 画像計測技術 カタログ 検出項目 ひび割れ 試験区分 標準試験

試験で確認する  
カタログ項目 計測(ひび割れ)

対象構造物の概要



ひび割れテストピース配置図

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
0.1 (縦)	ひび割れ なし	0.1 (横)	0.1 (縦)	0.2 (横)	ひび割れ なし	0.2 (横)	0.2 (縦)	0.3 (横)	0.3 (縦)	0.3 (横)	0.5 (縦)	0.5 (横)	2.5 (縦)	0.5 (横)	0.5 (縦)	0.5 (横)	0.7 (縦)	0.7 (横)	0.7 (縦)	1.0 (横)	1.0 (縦)	1.0 (横)

- ① トンネル外にて、カメラを調整し、機器の動作確認を行う。
- ② 対象物(ひび割れテストピース)の走行撮影を行う。(走行速度:10km/h・40km/h・50km/hの3パターン)
- ③ 計測を終えるたびに、正常に撮影出来ているかを確認。問題なければ撮影を終了する。
- ④ 撮影した可視画像を持ち帰り、解析を行う。その後、供試体真値と比較を行う。

## 開発者による計測機器の設置状況

**ひび割れの検出可否**

## 【標準試験】

- ひび割れ
  - ・標準試験方法(2019)
  - ・実施年 2024年
  - ・最小ひび割れ幅 0.1mm (0.1mmのひび割れを検出可能)
  - ・計測精度
    - ひび割れ幅 0.1mmの場合  
計測精度: 0.026mm
    - ひび割れ幅 0.2mmの場合  
計測精度: 0.036mm
    - ひび割れ幅 0.3mmの場合  
計測精度: 0.112mm
    - ひび割れ幅 0.5mmの場合  
計測精度: 0.117mm
    - ひび割れ幅 0.7mmの場合  
計測精度: 0.124mm
    - ひび割れ幅 1.0mmの場合  
計測精度: 0.137mm
  - ・ひび割れ幅の最小単位: 0.01mm
  - ・ひび割れ長さの最小単位: 0.01mm

比較対象を得るため、  
立会者による計測機器の設置状況

ひび割れパネル現地撮影写真(ひび割れ抽出済み)





技術番号 TN010039-V0025

技術名 デジタル画像とAIを用いたトンネル点検サポートシステム 開発者名 株式会社 ニコン・トリンプル

試験日 令和7年 1 月 22 日 天候 晴れ 気温 5 °C 風速 m/s

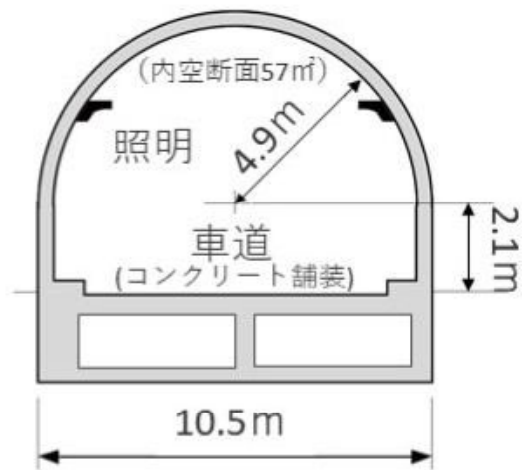
試験場所 国土技術政策総合研究所 実大トンネル

カタログ分類 画像計測技術 カタログ 検出項目 ひび割れ 試験区分 標準試験  
現場試験

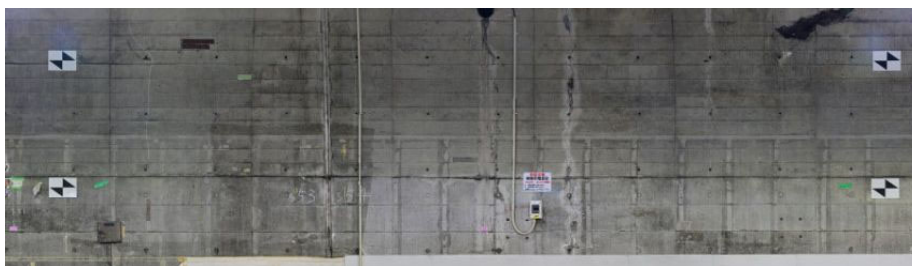
試験で確認する  
カタログ項目 最小ひび割れ幅・計測精度、長さ  
計測精度、色識別性能

対象構造物の概要

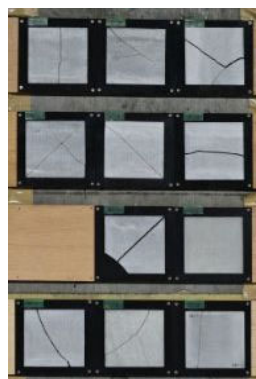
国土技術政策総合研究所 実大トンネル



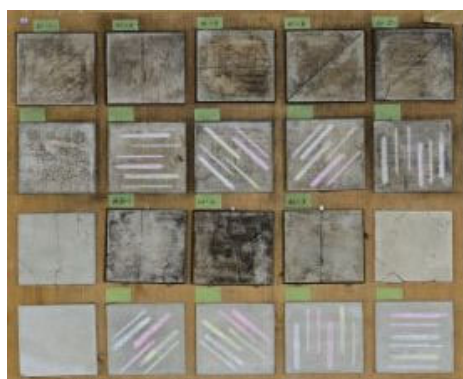
<https://www.nilim.go.jp/lab/ucg/reference/index.html>



長さ計測評価用マーカー



疑似ひび割れ供試体



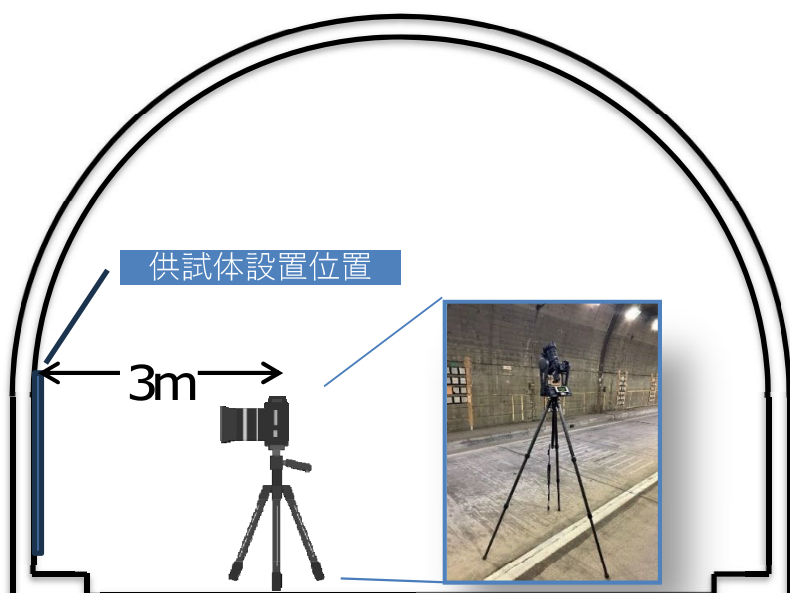
煤汚れ疑似ひび割れ供試体



グレースケール・カラーチャート

- ① 供試体をデジタルカメラで撮影（撮影距離3m、焦点距離43mm、画素分解能 0.5[mm/pixel]で撮影）する。
- ② 【マーカ距離評価】 自社ソフト（SightFusion for Desktop）へ撮影画像を取り込みステッチおよびオルソ化を行い、DXFファイルで出力したのち、CADビューワーにてマーカー間距離を計測する。
- ② 【ひび割れ計測】 自社ソフト（SightFusion fro Desktop）へ撮影画像を取り込み、AIによりひび割れ検出を行ったのち、ひび割れ幅計測を行う。
- ③ 計測したマーカー間距離、ひび割れの幅を、供試体の真値と比較し、計測精度を求める。

開発者による計測機器の設置状況



【撮影機材】

カメラ： Nikon Z7 ii

レンズ： Nikon Z24-70mm f/2.8s

【撮影条件】

撮影距離： 3m

焦点距離： 43mm

画素分解能： 0.5mm/pixel

絞り： F8.0

ISO： 1000

シャッター速度： オート

補助光： なし（トンネルのLED灯下）

比較対象を得るため、  
立会者による計測機器の設置状況

## 疑似ひび割れ供試体 ひび割れ幅計測結果（通常のひび割れ）

供試体 No.	ひび割れ No.	真値	計測値	誤差	誤差の二乗	供試体 No.	ひび割れ No.	真値	計測値	誤差	誤差の二乗
7-1	②	1.3	1.26	0.04	0.0016	19-1	②	1.5	1.33	0.17	0.0289
7-2	②	1.1	0.96	0.14	0.0196	19-3	②	0.3	0.54	-0.24	0.0576
	⑤	0.6	0.55	0.05	0.0025	20-1	②	1.5	1.65	-0.15	0.0225
	⑧	0.3	0.46	-0.16	0.0256	20-2	②	3.5	3.85	-0.35	0.1225
7-3	②	3.0	3.11	-0.11	0.0121	20-3	②	0.3	0.33	-0.03	0.0009
	⑦	3.5	3.57	-0.07	0.0049	21-1	②	0.4	0.48	-0.08	0.0064
8-1	④	0.4	0.52	-0.12	0.0144	21-2	②	0.8	0.80	0.00	0.0000
	⑦	0.2	0.30	-0.10	0.0100	21-3	③	4.0	3.83	0.17	0.0289
	⑩	0.7	0.75	-0.05	0.0025	22-1	②	4.5	4.35	0.15	0.0225
8-2	⑤	0.1	0.09	0.01	0.0001	22-2	②	1.0	0.93	0.07	0.0049
	⑥	0.1	0.12	-0.02	0.0004	22-3	②	0.3	0.46	-0.16	0.0256
	⑦	0.1	0.10	0.00	0.0000	23-1	①	0.3	0.20	0.10	0.0100
8-3	②	3.0	3.12	-0.12	0.0144		④	0.8	0.77	0.03	0.0009
10-2	②	4.0	3.92	0.08	0.0064	23-3	⑤	3.5	3.15	0.35	0.1225
11-1	①	2.5	2.42	0.08	0.0064		⑦	0.1	0.15	-0.05	0.0025
11-2	②	0.9	0.87	0.03	0.0009	24-1	中央	0.5	0.46	0.04	0.0016
	⑥	0.2	0.21	-0.01	0.0001		右	0.4	0.30	0.10	0.0100
11-3	②	0.4	0.59	-0.19	0.0361	24-2		4.0	3.81	0.19	0.0361
13-1	③	3.0	2.95	0.05	0.0025	24-3	左	0.2	0.09	0.11	0.0121
13-3	①	0.9	0.99	-0.09	0.0081		右上	0.4	0.34	0.06	0.0036
	④	0.5	0.43	0.07	0.0049		右下	1.5	1.42	0.08	0.0064
14-1	②	0.3	0.28	0.02	0.0004	26-1		2.5	2.39	0.11	0.0121
15-1	②	0.2	0.36	-0.16	0.0256	26-2		0.7	0.69	0.01	0.0001
15-2	①	3.0	3.09	-0.09	0.0081	27-3		3.0	2.93	0.07	0.0049
15-3	③	0.7	0.74	-0.04	0.0016	28-1		4.0	3.84	0.16	0.0256
16-1	②	0.7	0.56	0.14	0.0196	28-2		0.7	0.69	0.01	0.0001
16-2	②	3.5	3.92	-0.42	0.1764	29-1		3.0	2.82	0.18	0.0324
17-1	②	0.7	0.58	0.12	0.0144	29-2		2.0	1.76	0.24	0.0576
17-3	②	0.8	0.78	0.02	0.0004	30-1		0.3	0.33	-0.03	0.0009
18-2	②	4.0	3.82	0.18	0.0324	30-2		3.5	3.57	-0.07	0.0049
18-3	②	0.7	0.55	0.15	0.0225	30-3		2.5	2.56	-0.06	0.0036

## 疑似ひび割れ供試体 ひび割れ幅計測精度（通常のひび割れ）

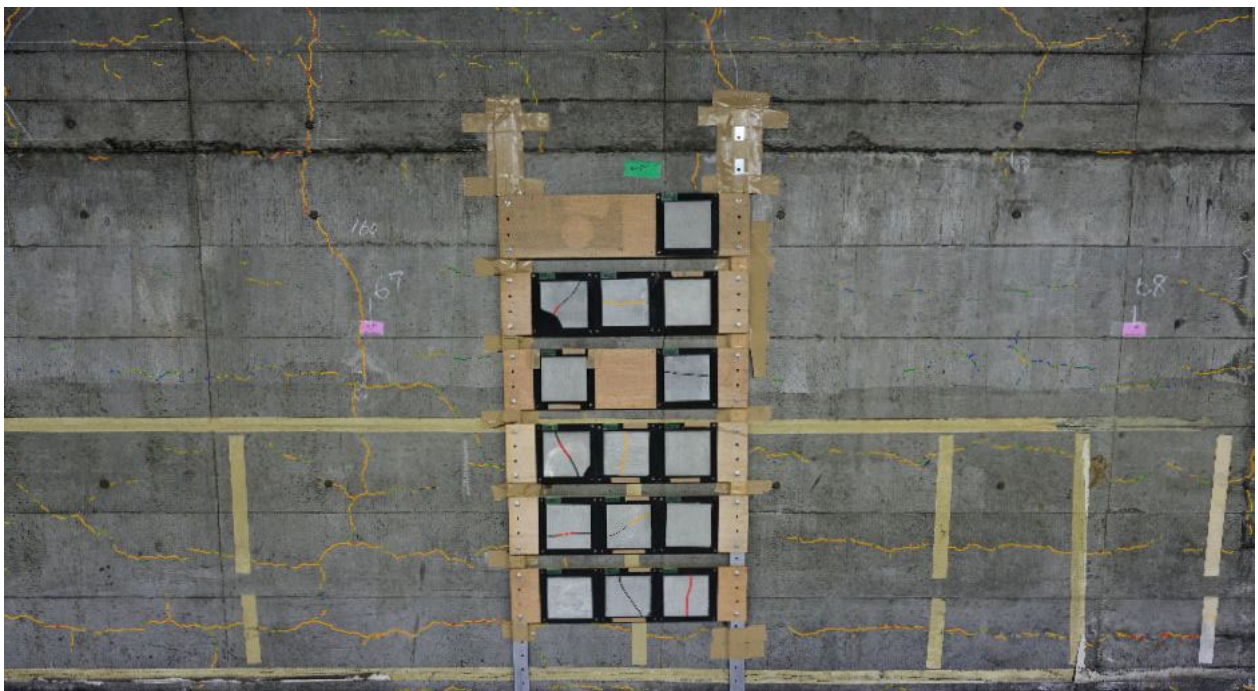
最小計測ひび割れ幅（画素分解能 0.5[mm/pixel]で撮影したとき）	0.1[mm]
ひび割れ幅計測精度E（ひび割れ幅 0.1～1.0[mm]のとき）	0.096[mm]
ひび割れ幅計測精度E（ひび割れ幅 1.0～4.0[mm]のとき）	0.174[mm]

ひび割れ幅計測精度 E 計算式 
$$E = \sqrt{\frac{(x_1 - a_1)^2 + \dots + (x_n - a_n)^2}{n}}$$



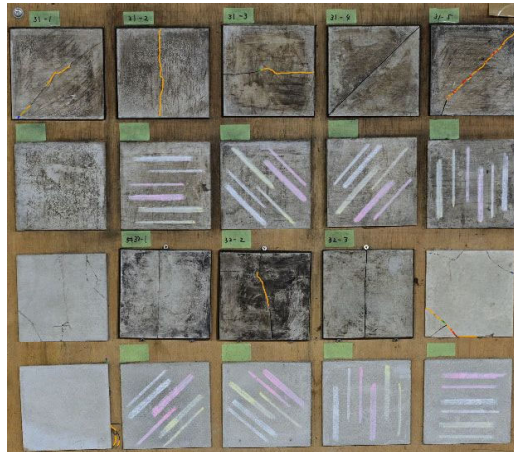
**疑似ひび割れ供試体 ひび割れ検出結果（通常のひび割れ）**

人工的に生成された直線的な "割れ" は学習データに含んでいないため、AI検出感度は高くない。  
実際に発生したひび割れを検出している様子は下図を参照。

**疑似ひび割れ供試体周辺の、実際にトンネル壁面に発生しているひび割れを検出した様子（参考図）**

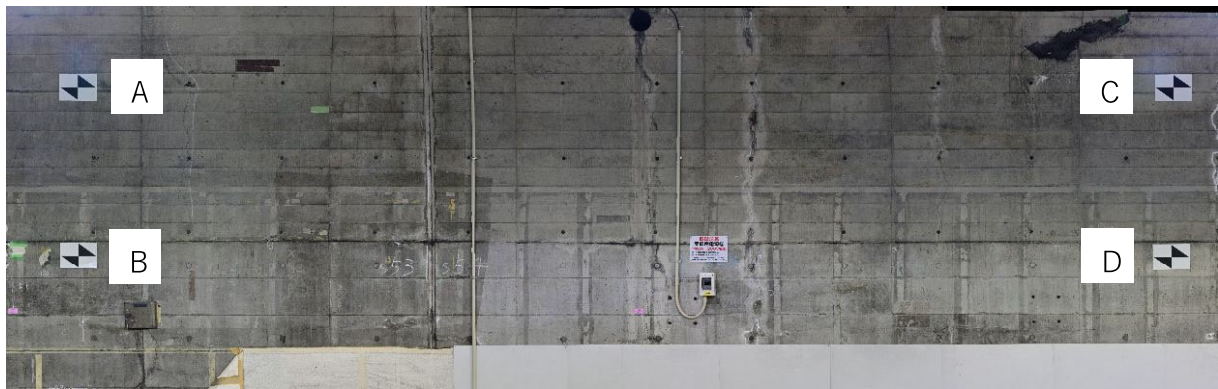
疑似ひび割れ供試体 ひび割れ幅計測精度 (覆工表面が煤で汚れた状態のひび割れ)

供試体 No.	真値	計測値	誤差	誤差の二乗
31-1	0.2	0.30	-0.10	0.0100
31-2	0.4	0.70	-0.30	0.0900
	0.3	0.56	-0.26	0.0676
31-3	0.5	0.81	-0.31	0.0961
31-4	0.7	1.01	-0.31	0.0961
31-5	0.8	0.77	0.03	0.0009
32-1	0.1	0.29	-0.19	0.0361
32-2	0.4	0.48	-0.08	0.0064
32-3	0.7	0.94	-0.24	0.0576



汚れの如何にかかわらず、人工的に生成された直線的な"割れ"に対するAI検出感度は高くない。  
また、チョークには反応しない。

長さ計測精度



▲14枚の撮影画像をオルソ画像化

		AB	CD	AC	BD
距離[m]	真値	1.368	1.379	8.770	8.751
	計測値	1.365	1.373	8.743	8.722
誤差[m]		0.003	0.006	0.027	0.029
誤差[%]		0.22	0.44	0.31	0.33

長さ計測精度

進行方向平均誤差(AC, BD)	0.32%
周方向平均誤差(AB, CD)	0.33%

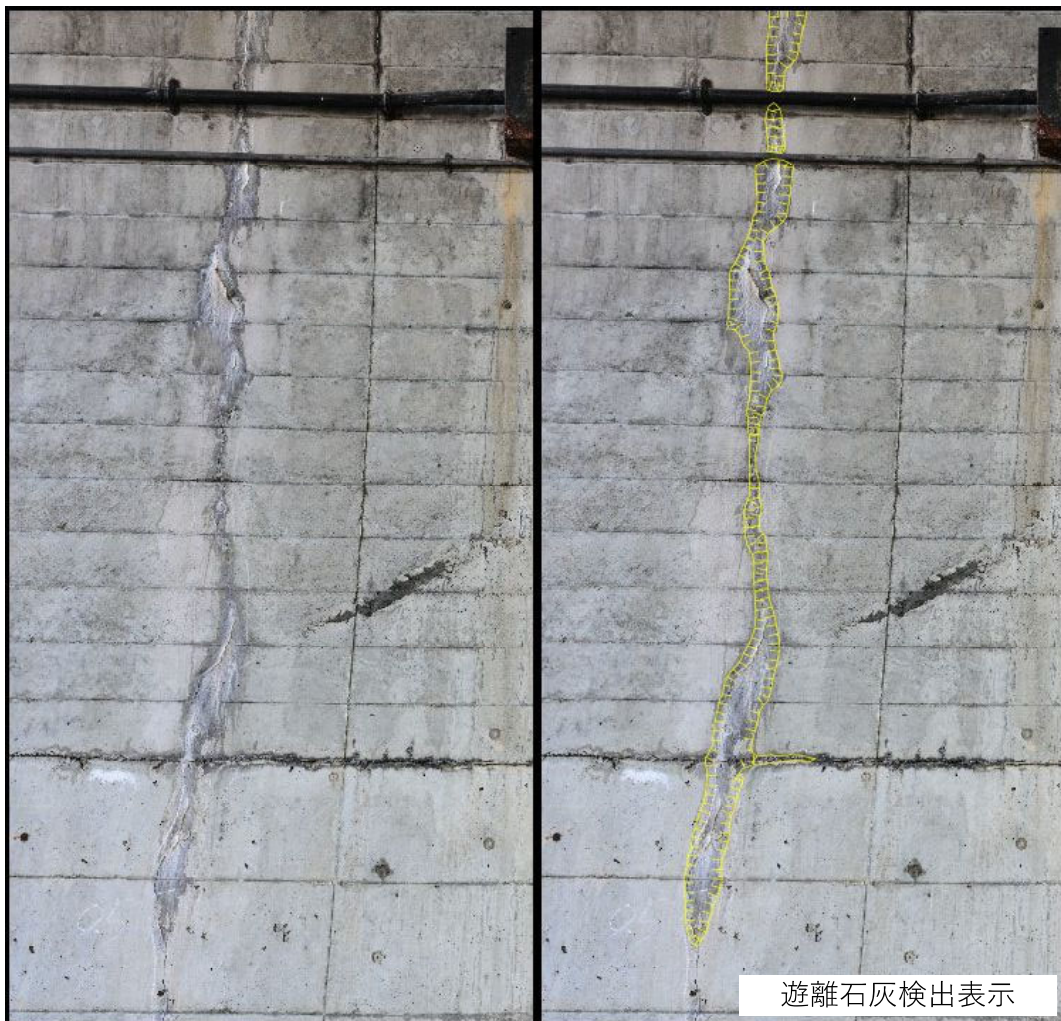
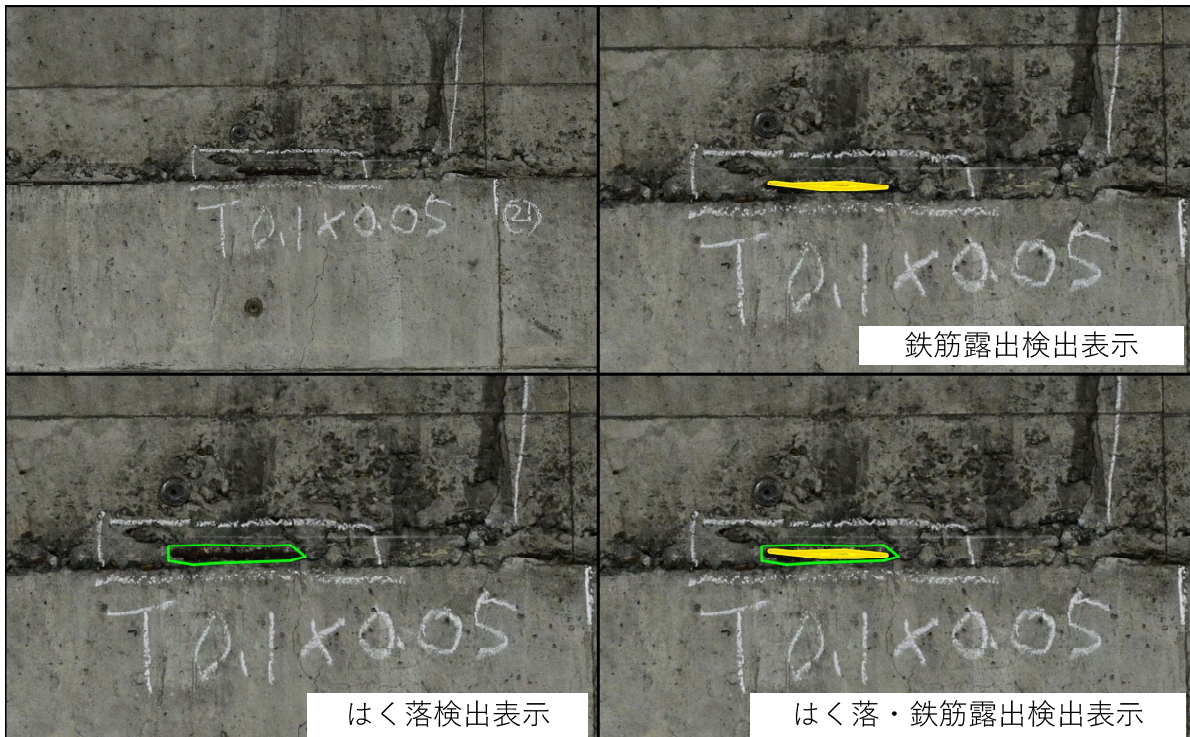
色識別性能



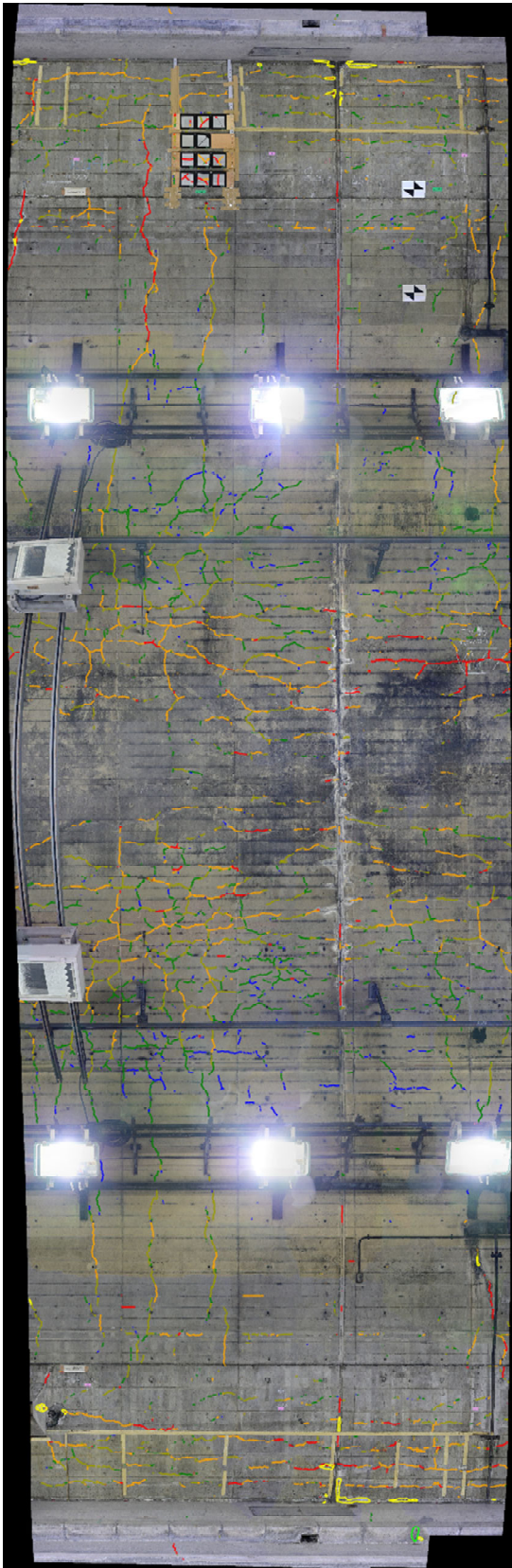
フルカラー識別可能



その他の変状検出（ひび割れ以外の変状に対するAI自動検出）の様子（参考図）





その他の変状検出（トンネル内周のオルソ画像化と、AIによる変状自動検出）の様子（参考図）**検出・計測性能に関する留意事項**

- ・トンネル内照明がNa灯（3000K以下）の場合、LED灯に比べて変状検出性能／計測性能が劣る可能性がある

技術番号 TN010040-V0025

技術名 ドローンを活用したトンネルの状態把握と点検調書作成の支援技術(ドローンエーモン) 開発者名 ディプロ・テック(株), (有)伊藤建設, (株)CSC, (株)シアスタ

試験日 令和7年 1 月 31 日 天候 晴れ 気温 6.0~7.9 °C 風速 - m/s

試験場所 福島ロボットテストフィールド/試験用トンネル

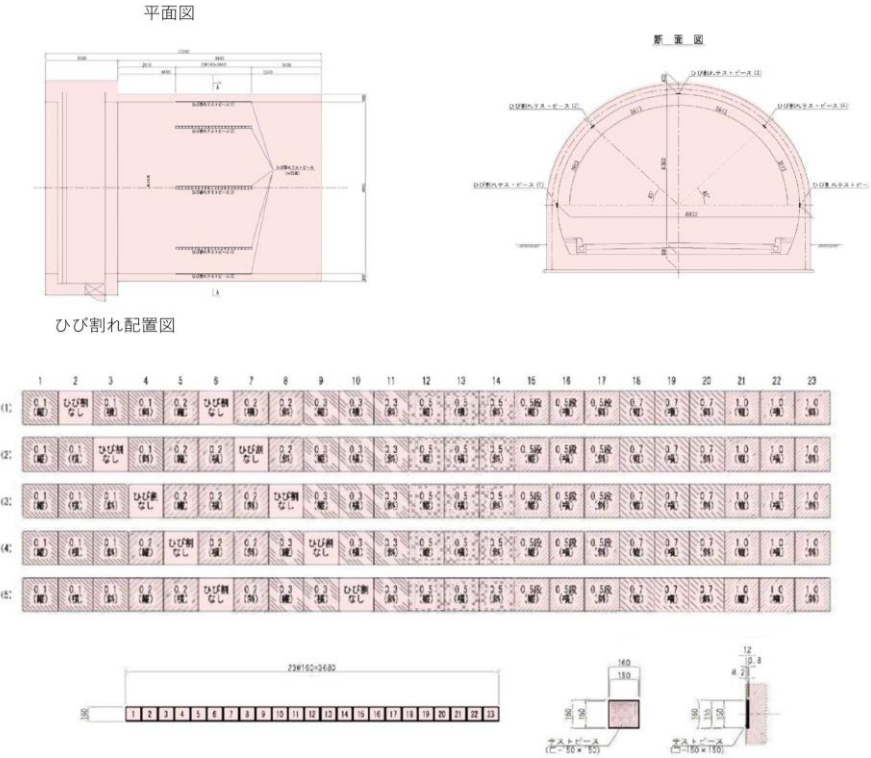
カタログ分類 画像計測技術 カタログ 検出項目 計測精度 試験区分 標準試験 現場試験

試験で確認する  
カタログ項目 通常のひび割れ

対象構造物の概要

- ・ 供試体（アーチ部：5列・23ピースの計115ピース）に対して画像計測を実施
- ・ 取得した画像データについてAIによるひび割れ検出を実施し、ひび割れ幅・長さを特定

図1 試験用トンネルひび割れ供試体の配置図



- 試験時の条件
  - 【走行速度】 停止 【照度】 536.6lx 【覆工面の状況】 良好 【天候】 晴れ
  - 【撮影条件】
    - ・ 使用カメラ: Zenmuse P1 <35mm, オートフォーカス, フルサイズセンサー>
    - ・ 気温: 6.0~7.9°C
    - ・ 被写体距離: 2.27~2.71m ・ 照度: 64.1~67.9 lx ・ 露出時間: 1/5000秒

- ① 坑外で運搬用車両に機材を設置し、坑内の計測位置に移動
- ② 計測コース、計測機器高さ、対象部位との離隔を確認し、取得画像の状態等を確認する試験計測を実施
- ③ アーチ部に設置された供試体に対し、画像取得のできる位置へ移動し、車両停止状態で画像を取得
- ④ 後日、標準試験法に沿ってAIによるひび割れ解析結果と供試体の基準値を比較し、計測精度を算定

開発者による計測機器の設置状況

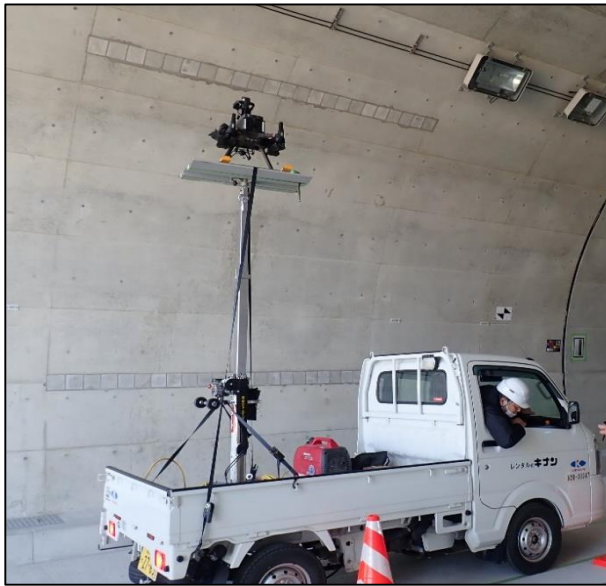


写真1 トンネルに設置した供試体と計測状況

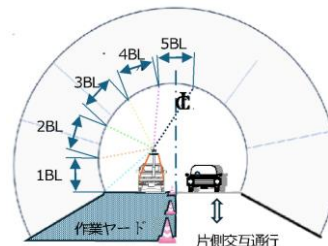


図1 機器設置と計測イメージ

比較対象を得るため、  
立会者による計測機器の設置状況

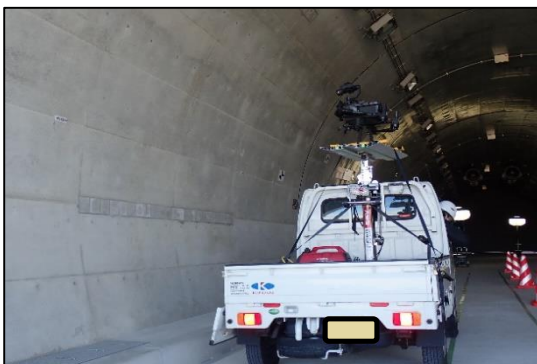


写真2 トンネルに設置した供試体の状況



表1.1 供試体の取得画像とA Iによるひび割れ検出の結果

計測結果の比較

ひび割れテストピースNO. (1) 1~23

被写体までの距離 2.43~2.70

テストピースNO.	(1)-1	(1)-2	(1)-3	(1)-4	(1)-5	(1)-6
ひび割れ幅 (mm)	0.1	ひび割れなし	0.1	0.1	0.2	ひび割れなし
(方向)	(縦)		(横)	(斜)	(縦)	
AI検知前の写真						
テストピースNO.	(1)-1	(1)-2	(1)-3	(1)-4	(1)-5	(1)-6
AI検知後の写真						
AI検知後のひびわれ幅	0.1	-	0.1	0.1	0.3	-
テストピースNO.	(1)-7	(1)-8	(1)-9	(1)-10	(1)-11	(1)-12
ひび割れ幅 (mm)	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.5
(方向)	(横)	(斜)	(縦)	(横)	(斜)	(縦)
AI検知前の写真						
テストピースNO.	(1)-7	(1)-8	(1)-9	(1)-10	(1)-11	(1)-12
AI検知後の写真						
AI検知後のひびわれ幅	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3
テストピースNO.	(1)-13	(1)-14	(1)-15	(1)-16	(1)-17	(1)-18
ひび割れ幅 (mm)	0.5	0.5	0.5段	0.5段	0.5段	0.7
(方向)	(横)	(斜)	(縦)	(横)	(斜)	(縦)
AI検知前の写真						
テストピースNO.	(1)-13	(1)-14	(1)-15	(1)-16	(1)-17	(1)-18
AI検知後の写真						
AI検知後のひびわれ幅	0.7	0.3	0.3	0.7	0.3	0.7
テストピースNO.	(1)-19	(1)-20	(1)-21	(1)-22	(1)-23	
ひび割れ幅 (mm)	0.7	0.7	1.0	1.0	1.0	
(方向)	(横)	(斜)	(縦)	(横)	(斜)	
AI検知前の写真						
テストピースNO.	(1)-19	(1)-20	(1)-21	(1)-22	(1)-23	
AI検知後の写真						
AI検知後のひびわれ幅	0.7	0.5	0.7	0.7	0.7	

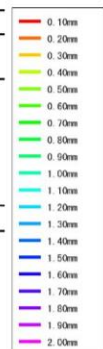




表1.2 供試体の取得画像とA Iによるひび割れ検出の結果

ひび割れテストピースNO. (3) 1~23		被写体までの距離 2.56~2.58				
テストピースNO.	(3)-1	(3)-2	(3)-3	(3)-4	(3)-5	(3)-6
ひび割れ幅 (mm)	0.1	0.1	0.1	ひび割れなし	0.2	0.2
(方向)	(縦)	(横)	(斜)		(縦)	(横)
AI検知前の写真						
テストピースNO.	(3)-1	(3)-2	(3)-3	(3)-4	(3)-5	(3)-6
AI検知後の写真						
AI検知後のひびわれ幅	0.3	0.1	0.1	—	0.3	0.3
テストピースNO.	(3)-7	(3)-8	(3)-9	(3)-10	(3)-11	(3)-12
ひび割れ幅 (mm)	0.2	ひび割れなし	0.3	0.3	0.3	0.5
(方向)	(斜)		(縦)	(横)	(斜)	(縦)
AI検知前の写真						
テストピースNO.	(3)-7	(3)-8	(3)-9	(3)-10	(3)-11	(3)-12
AI検知後の写真						
AI検知後のひびわれ幅	0.3	—	0.7	0.3	0.7	0.7
テストピースNO.	(3)-13	(3)-14	(3)-15	(3)-16	(3)-17	(3)-18
ひび割れ幅 (mm)	0.5	0.5	0.5段	0.5段	0.5段	0.7
(方向)	(横)	(斜)	(縦)	(横)	(斜)	(縦)
AI検知前の写真						
テストピースNO.	(3)-13	(3)-14	(3)-15	(3)-16	(3)-17	(3)-18
AI検知後の写真						
AI検知後のひびわれ幅	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.7
テストピースNO.	(3)-19	(3)-20	(3)-21	(3)-22	(3)-23	
ひび割れ幅 (mm)	0.7	0.7	1.0	1.0	1.0	
(方向)	(横)	(斜)	(縦)	(横)	(斜)	
AI検知前の写真						
テストピースNO.	(3)-19	(3)-20	(3)-21	(3)-22	(3)-23	
AI検知後の写真						
AI検知後のひびわれ幅	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	

表1.3 供試体の取得画像とAIによるひび割れ検出の結果

ひび割れテストピースNO. (4) 1~23		被写体までの距離 2.27~2.42				
テストピースNO.	(4)-1	(4)-2	(4)-3	(4)-4	(4)-5	(4)-6
ひび割れ幅 (mm)	0.1	0.1	0.1	0.2	ひび割れなし	0.2
(方向)	(縦)	(横)	(斜)	(縦)		(横)
AI検知前の写真						
テストピースNO.	(4)-1	(4)-2	(4)-3	(4)-4	(4)-5	(4)-6
AI検知後の写真						
AI検知後のひびわれ幅	0.3	0.1	0.3	0.2	—	0.3
テストピースNO.	(4)-7	(4)-8	(4)-9	(4)-10	(4)-11	(4)-12
ひび割れ幅 (mm)	0.2	0.2	ひび割れなし	0.3		0.5
(方向)	(斜)	(縦)		(横)	(斜)	(縦)
AI検知前の写真						
テストピースNO.	(4)-7	(4)-8	(4)-9	(4)-10	(4)-11	(4)-12
AI検知後の写真						
AI検知後のひびわれ幅	0.3	0.7	—	0.3	0.7	0.7
テストピースNO.	(4)-13	(4)-14	(4)-15	(4)-16	(4)-17	(4)-18
ひび割れ幅 (mm)	0.5	0.5	0.5段	0.5段	0.5段	0.7
(方向)	(横)	(斜)	(縦)	(横)	(斜)	(縦)
AI検知前の写真						
テストピースNO.	(4)-13	(4)-14	(4)-15	(4)-16	(4)-17	(4)-18
AI検知後の写真						
AI検知後のひびわれ幅	0.3	0.7	0.7	0.3	0.7	0.7
テストピースNO.	(4)-19	(4)-20	(4)-21	(4)-22	(4)-23	
ひび割れ幅 (mm)	0.7	0.7	1.0	1.0	1.0	
(方向)	(横)	(斜)	(縦)	(横)	(斜)	
AI検知前の写真						
テストピースNO.	(4)-19	(4)-20	(4)-21	(4)-22	(4)-23	
AI検知後の写真						
AI検知後のひびわれ幅	0.7	0.7	2.0	0.7	2.0	

表1.4 供試体の取得画像とA Iによるひび割れ検出の結果

ひび割れテストピースNO. (5) 1~23		被写体までの距離 2.58~2.71				
テストピースNO.	(5)-1	(5)-2	(5)-3	(5)-4	(5)-5	(5)-6
ひび割れ幅 (mm) (方向)	0.1 (縦)	0.1 (横)	0.1 (斜)	0.2 (縦)	0.2 (横)	ひび割れなし
AI検知前の写真						
テストピースNO.	(5)-1	(5)-2	(5)-3	(5)-4	(5)-5	(5)-6
AI検知後の写真						
AI検知後のひびわれ幅	0.2	0.1	0.3	0.3	0.3	0
テストピースNO.	(5)-7	(5)-8	(5)-9	(5)-10	(5)-11	(5)-12
ひび割れ幅 (mm) (方向)	0.2 (斜)	0.3 (縦)	0.3 (横)	ひび割れなし	0.3 (斜)	0.5 (縦)
AI検知前の写真						
テストピースNO.	(5)-7	(5)-8	(5)-9	(5)-10	(5)-11	(5)-12
AI検知後の写真						
AI検知後のひびわれ幅	0.3	0.3	0.3	—	0.3	0.7
テストピースNO.	(5)-13	(5)-14	(5)-15	(5)-16	(5)-17	(5)-18
ひび割れ幅 (mm) (方向)	0.5 (横)	0.5 (斜)	0.5段 (縦)	0.5段 (横)	0.5段 (斜)	0.7 (縦)
AI検知前の写真						
テストピースNO.	(5)-13	(5)-14	(5)-15	(5)-16	(5)-17	(5)-18
AI検知後の写真						
AI検知後のひびわれ幅	0.7	0.3	0.7	0.3	0.7	0.7
テストピースNO.	(5)-19	(5)-20	(5)-21	(5)-22	(5)-23	
ひび割れ幅 (mm) (方向)	0.7 (横)	0.7 (斜)	1.0 (縦)	1.0 (横)	1.0 (斜)	
AI検知前の写真						
テストピースNO.	(5)-19	(5)-20	(5)-21	(5)-22	(5)-23	
AI検知後の写真						
AI検知後のひびわれ幅	0.7	0.7	0.7	0.7	2.0	



□ ひび割れ幅：AI検出結果の計測精度

計測精度集計表 (単位:mm)

ひび割れ幅	計測精度	計測精度
0.1	0.12	<b>0.26</b>
0.2	0.09	
0.3	0.23	
0.5	0.20	
0.7	0.06	
1.0	0.56	

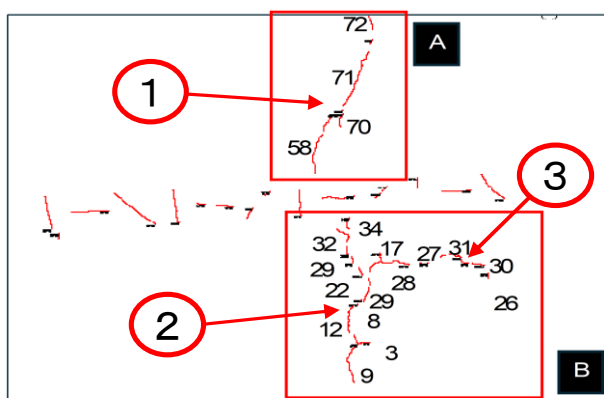
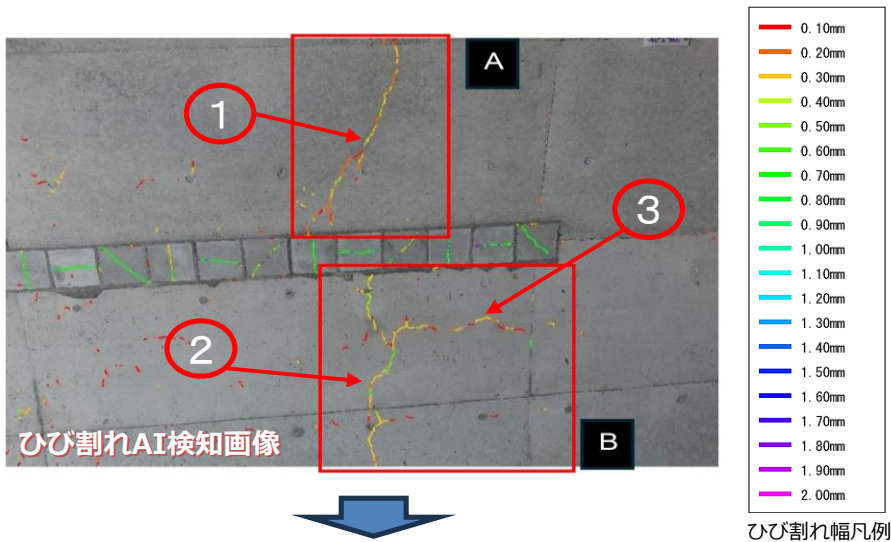
$$E = \sqrt{\frac{(x_1 - a)^2 + \dots + (x_n - a)^2}{n}}$$

$x_1 \sim x_n$  : ひび割れ測定結果  
 $a$  : ひび割れ幅 (真値)  
 $n$  : データ数

注) 「計測精度」は、二乗平均平方根誤差の方法で算定

表2 検出したひび割れ幅と計測精度

【参考】 AIによる検出結果の活用例：ひび割れ幅・長さの算出



		幅(mm)		長さ(mm)
A領域	①	0.3	①	0.75
	②	0.3	②	0.56
B領域	③	0.3	③	0.47

技術番号 TN010040-V0025

技術名 ドローンを活用したトンネルの状態把握と点検調査作成の支援技術(ドローンエーモン) 開発者名 ディプロ・テック(株), (有)伊藤建設, (株)CSC, (株)シアスタ

試験日 令和7年 1 月 31 日 天候 晴れ 気温 6.0~7.9 °C 風速 - m/s

試験場所 福島ロボットテストフィールド/試験用トンネル

カタログ分類 画像計測技術 カタログ 検出項目 長さ計測・位置精度 試験区分 標準試験 現場試験

試験で確認する  
カタログ項目 長さ計測・位置精度

対象構造物の概要

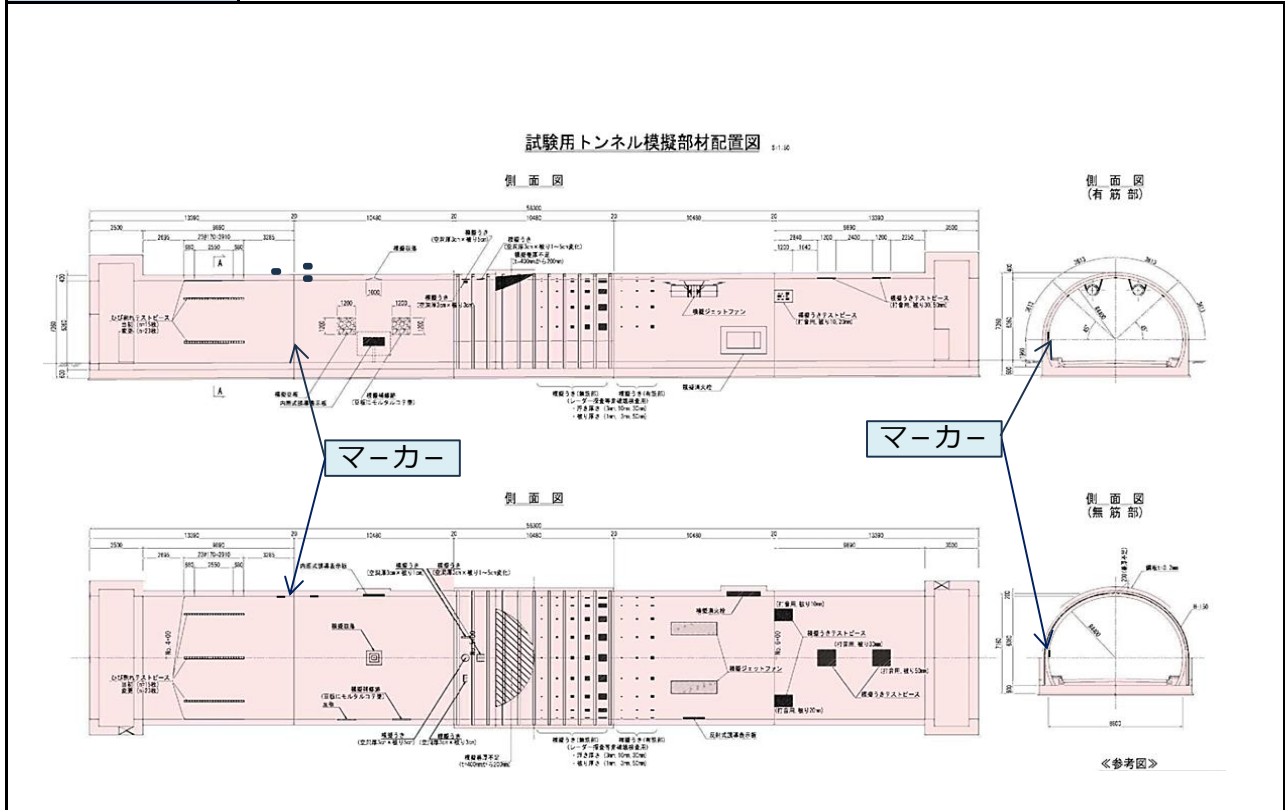


図1 試験用トンネル 側面・平面・標準断面図

- 試験時の条件
- 【走行速度】 停止
- 【照度】 536.6lx



- ① 坑外で運搬用車両に機材を設置し、坑内の計測位置に移動
- ② 計測コース、計測機器高さ、対象部位との離隔を確認し、取得画像の状態等を確認する試験計測を実施
- ③ 設置したマーカの画像を取得できる位置へ移動し、車両停止状態で画像を取得
- ④ 後日、標準試験法に沿って基準マーカと各マーカ間の距離を求めて、実測値との誤差を算出

開発者による計測機器の設置状況

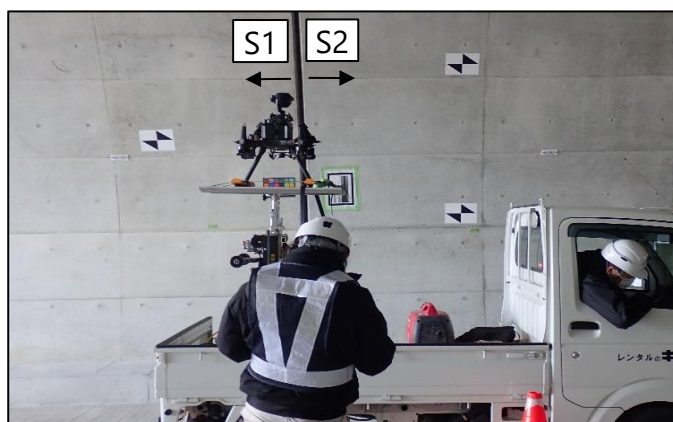


写真1 トンネルに設置したマーカと計測状況

比較対象を得るため、  
立会者による計測機器の設置状況

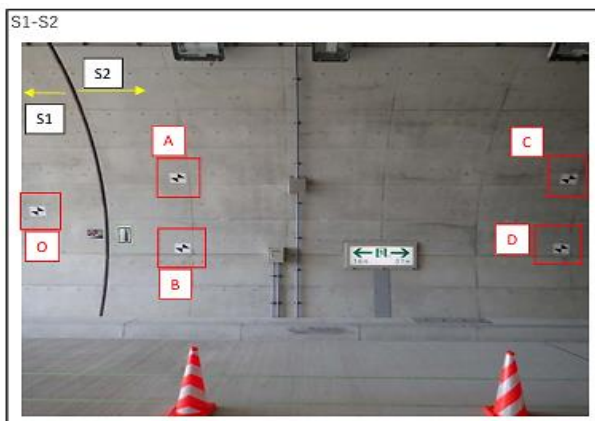


写真2 計測用マーカの設置状況

□ 計測結果（基準マーカと近接するA・B点を対象として実施）

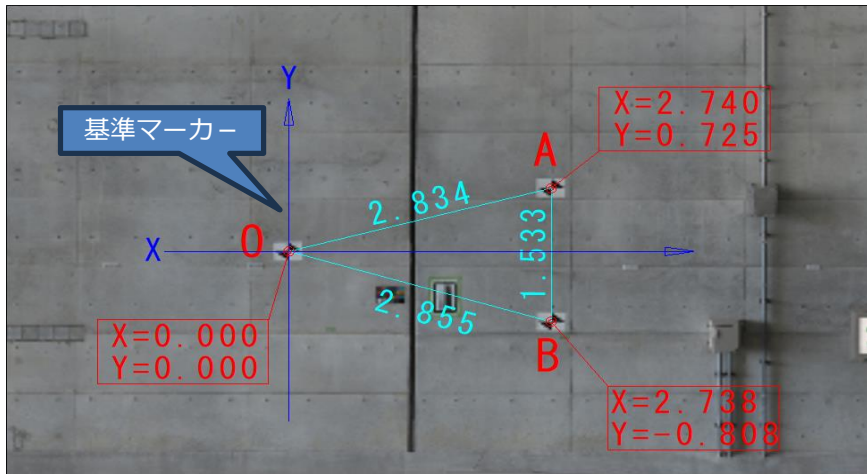


写真3 計測用マーカと計測結果

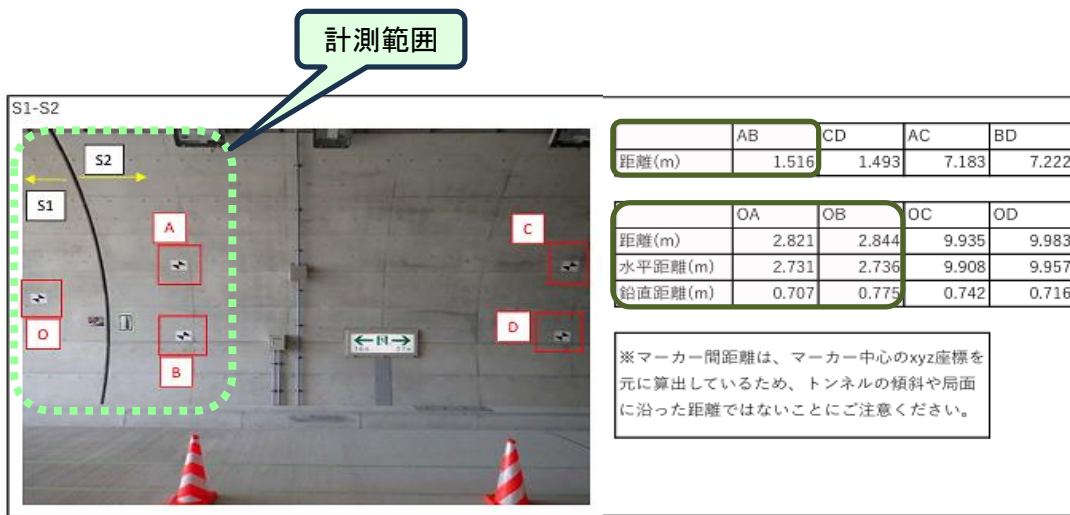


図1 試験用マーカの配置と各マーカ間距離の真値

□ 長さ計測精度

長さ計測精度 (単位 : m)					平均誤差率(%)		
測定部位	真値 a	計測値 b	誤差 c=(a-b)	相対誤差 c/a(%)	進行方向	周方向	全平均
O-A	2.821	2.834	-0.013	0.46	<b>0.43</b>	-	<b>0.66</b>
O-B	2.844	2.855	-0.011	0.39			
A-B	1.516	1.533	-0.017	1.12	-	<b>1.12</b>	

表1 長さ計測精度

□ 位置精度

位置精度 (単位 : m)						平均値	
測定部位		真値 a	計測値 b	誤差 c=(a-b)	相対誤差 c/a(%)	誤差率 (%)	精度 (mm)
進行方向 x	O-A	2.731	2.740	-0.009	0.33	<b>1.80</b>	<b>13.5</b>
	O-B	2.736	2.738	-0.002	0.07		
周方向 y	O-A	0.707	0.725	-0.018	2.55		<b>17.5</b>
	O-B	0.775	0.808	-0.033	4.26		

表2 位置精度

技術番号 TN010040-V0025

技術名 ドローンを活用したトンネルの状態把握と点検調査作成の試験技術(ドローンエーモン) 開発者名 ディプロ・テック(株), (有)伊藤建設, (株)CSC, (株)シアスタ

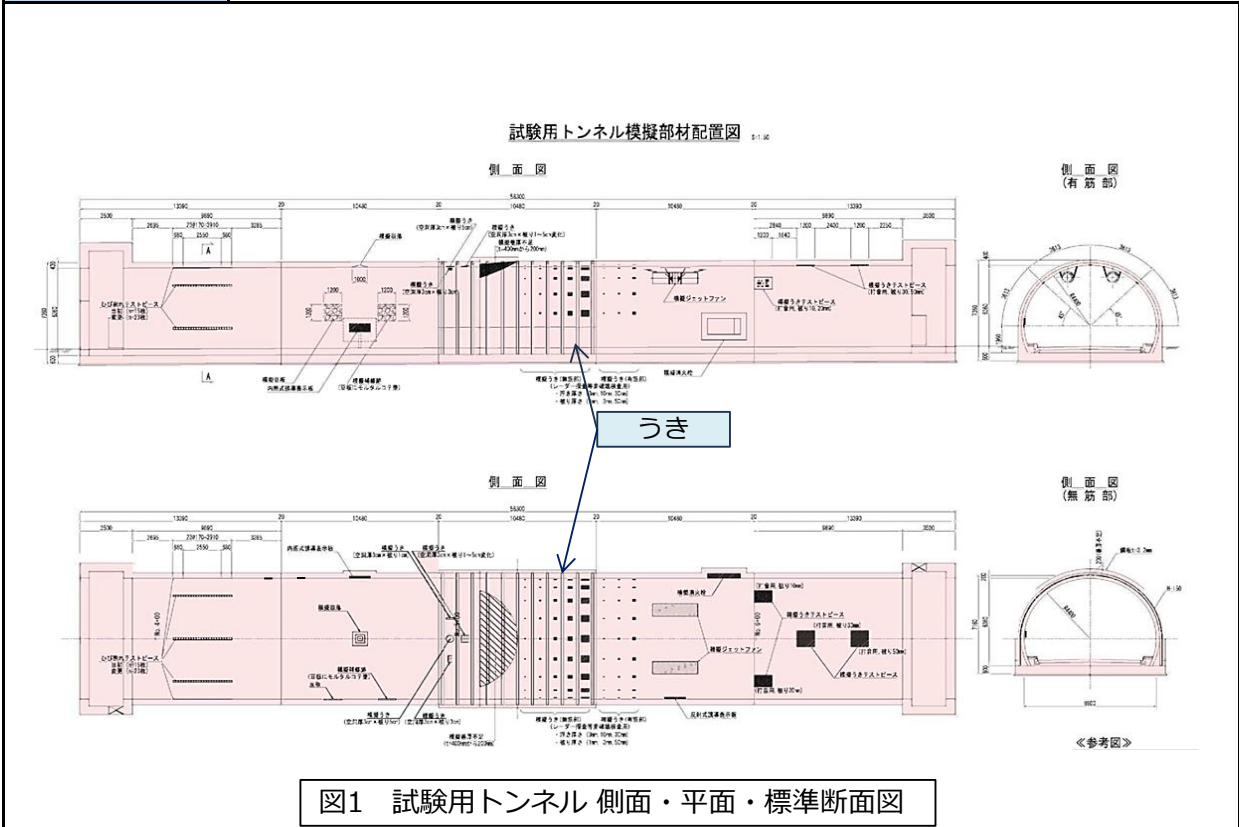
試験日 令和7年 1 月 31 日 天候 晴れ 気温 6.0~7.9 °C 風速 - m/s

試験場所 福島ロボットテストフィールド/試験用トンネル

カタログ分類 画像計測技術 カタログ 検出項目 うき・はく離 試験区分 標準試験 現場試験

試験で確認するカタログ項目 うき・はく離

対象構造物の概要



- 試験時の条件
  - 【走行速度】 停止 【照度】 536.6lx 【覆工面の状況】 良好 【天候】 晴れ
  - 【撮影条件】
    - ・ 使用カメラ: Zenmuseh20T <赤外線カメラ: 非冷却VOxマイクロボロメーター>

- ① 坑外で運搬用車両に機材を設置し、坑内の計測位置に移動
- ② 計測コース、計測機器高さ、対象部位との離隔を確認し、取得画像の状態等を確認する試験計測を実施
- ③ 設置した供試体の画像を取得できる位置へ移動し、車両停止状態で画像を取得
- ④ 後日、標準試験法に沿って検出可能な変状サイズを整理

開発者による計測機器の設置状況

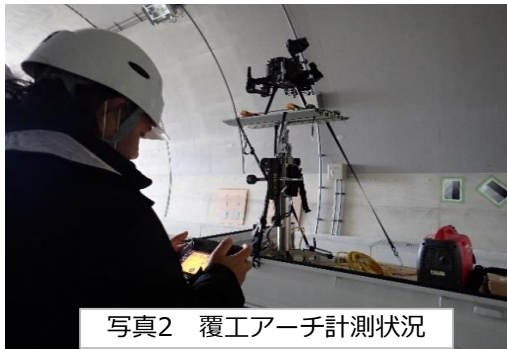


写真2 覆工アーチ計測状況



写真3 うき確認状況

平面図 S=1:150 (S=1:300 A3版)

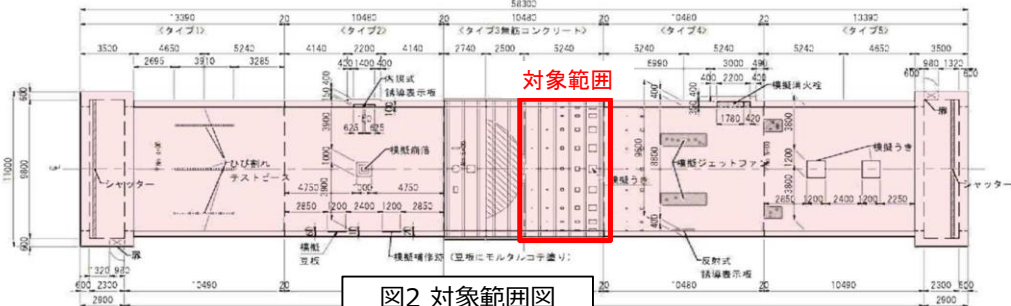


図2 対象範囲図

比較対象を得るため、  
立会者による計測機器の設置状況

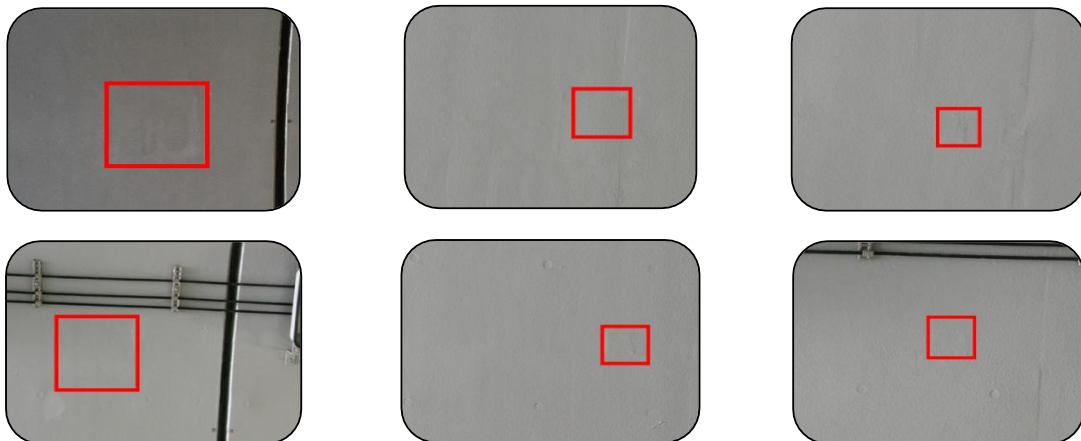
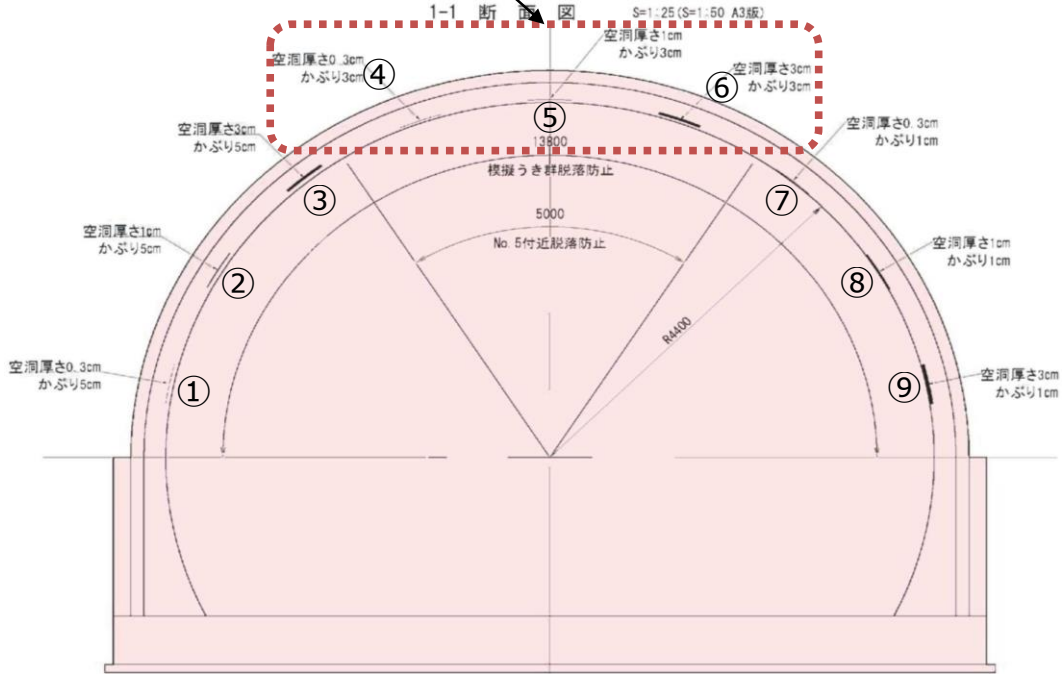


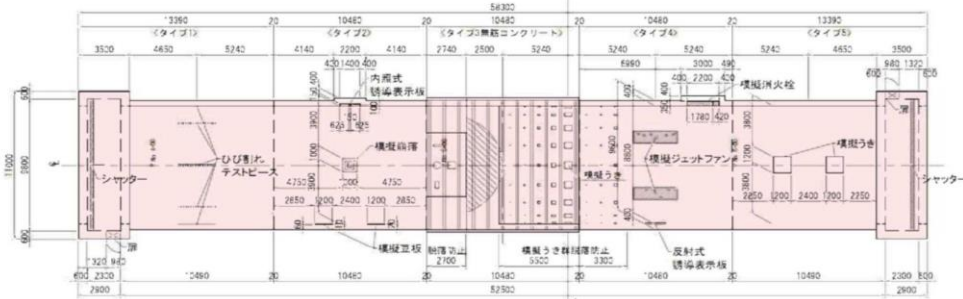
写真4 アーチ部に配置した供試体の状況



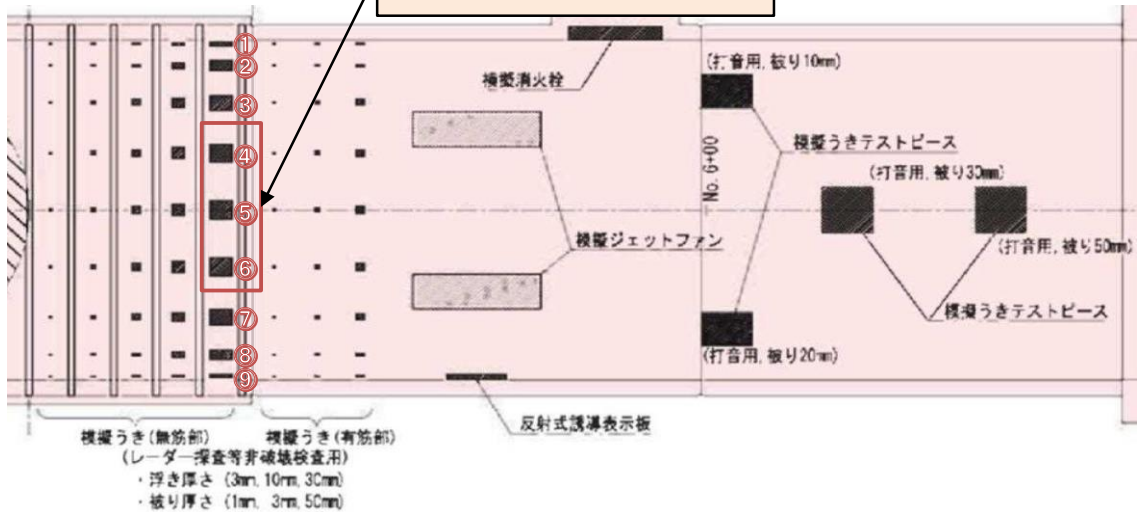
<アーチクラウン部 ④・⑤・⑥>  
赤外線反応が弱く撮影取り止め



平面図 S=1.150 (S=1.300 A3版)



<アーチクラウン部> ④・⑤・⑥  
赤外線反応が弱く撮影取り止め



模擬うき(無筋部) 模擬うき(有筋部)  
(レーザー探索等非破壊検査用)  
・浮き厚さ(3mm, 10mm, 30mm)  
・被り厚さ(1mm, 3mm, 50mm)

表1 模擬うきパターン一覧

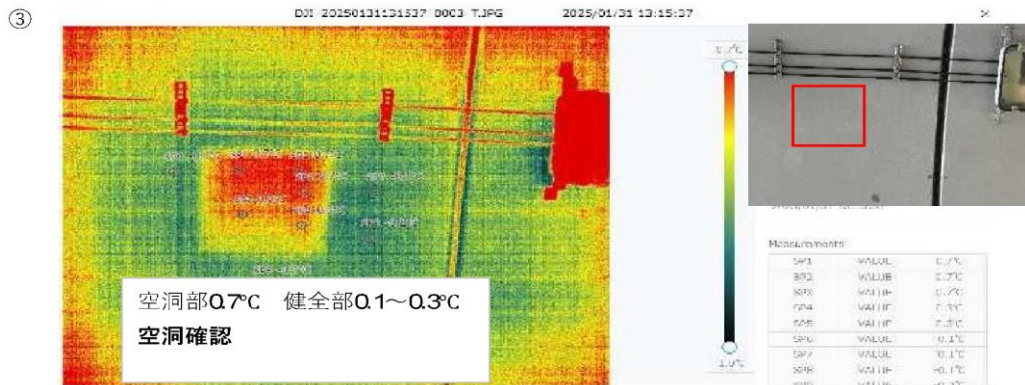
空洞のサイズ	無筋区間		有筋区間	
	空洞の厚さ	かぶり	空洞の厚さ	かぶり
5cm × 5cm	0.3cm	1cm	0.3cm	1cm
"	"	3cm	"	3cm
"	"	5cm	"	5cm
"	1.0cm	1cm	1.0cm	1cm
"	"	3cm	"	3cm
"	"	5cm	"	5cm
"	3.0cm	1cm	3.0cm	1cm
"	"	3cm	"	3cm
"	"	5cm	"	5cm
10cm × 10cm	0.3cm	1cm	0.3cm	1cm
"	"	3cm	"	3cm
"	"	5cm	"	5cm
"	1.0cm	1cm	1.0cm	1cm
"	"	3cm	"	3cm
"	"	5cm	"	5cm
"	3.0cm	1cm	3.0cm	1cm
"	"	3cm	"	3cm
"	"	5cm	"	5cm
20cm × 20cm	0.3cm	1cm	0.3cm	1cm
"	"	3cm	"	3cm
"	"	5cm	"	5cm
"	1.0cm	1cm	1.0cm	1cm
"	"	3cm	"	3cm
"	"	5cm	"	5cm
"	3.0cm	1cm	3.0cm	1cm
"	"	3cm	"	3cm
"	"	5cm	"	5cm
30cm × 30cm	0.3cm	1cm		
"	"	3cm		
"	"	5cm		
"	1.0cm	1cm		
"	"	3cm		
"	"	5cm		
"	3.0cm	1cm		
"	"	3cm		
"	"	5cm		
50cm × 50cm	0.3cm	1cm		
"	"	3cm		
"	"	5cm		
"	1.0cm	1cm		
"	"	3cm		
"	"	5cm		
"	3.0cm	1cm		
"	"	3cm		
"	"	5cm		
50cm × 50cm	3.0cm	1~5cm		
10cm × 50cm	3.0cm	1cm		
50cm × 25cm	3.0cm	3cm		
φ50cm	3.0cm	5cm		

※ <アーチクラウン部 ④・⑤・⑥> 赤外線反応が弱く撮影取り止め

表2.1 【空洞サイズ50×50】

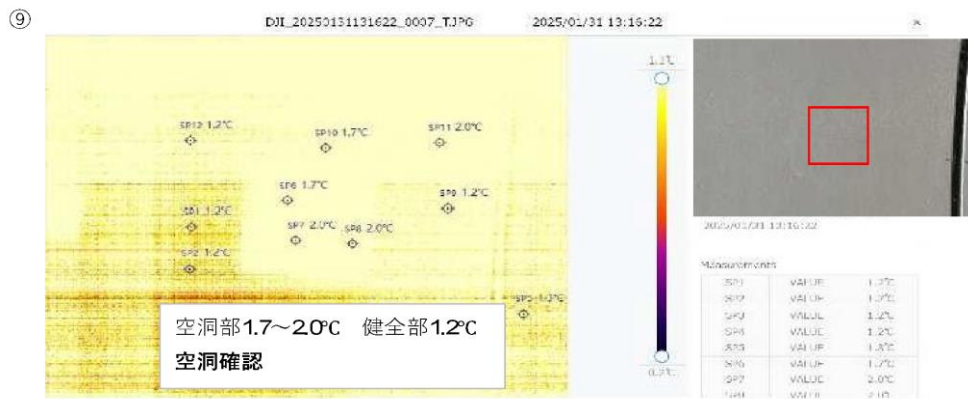
空洞のサイズ	空洞の厚さ	かぶり	撮影位置	検出結果
50cm×50cm	0.3cm	1cm	⑦	×
〃	〃	3cm	④	—
〃	〃	5cm	①	○
〃	1.0cm	1cm	⑧	○
〃	〃	3cm	⑤	—
〃	〃	5cm	②	○
〃	3.0cm	1cm	⑨	○
〃	〃	3cm	⑥	—
〃	〃	5cm	③	○

空洞50×50 空洞厚3cmかぶり5cm



検出例 撮影位置③

空洞50×50 空洞厚3cmかぶり1cm



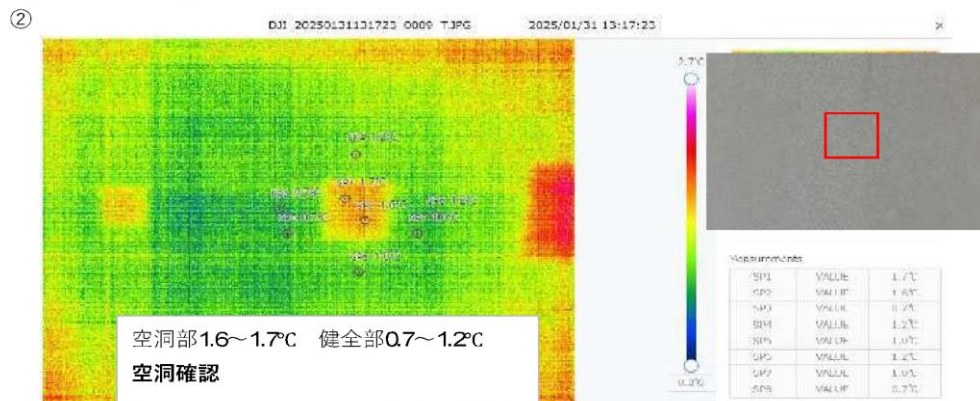
検出例 撮影位置⑨

※ <アーチクラウン部 ④・⑤・⑥ > 赤外線反応が弱く撮影取り止め

表2.2 【空洞サイズ30×30】

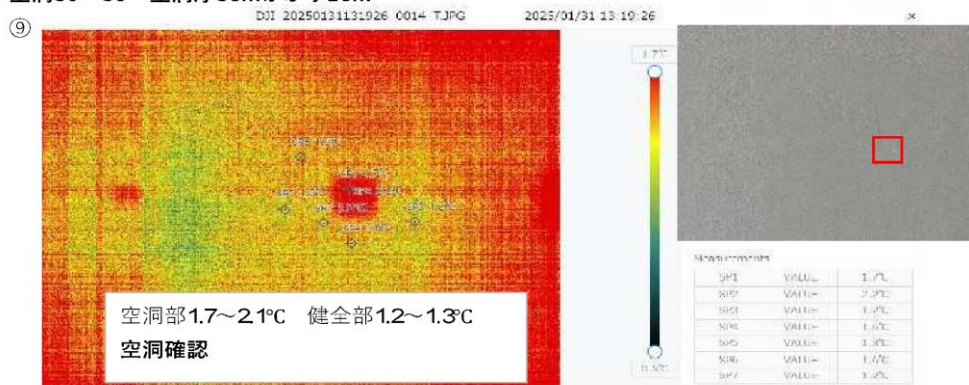
空洞のサイズ	空洞の厚さ	かぶり	撮影位置	検出結果
30cm × 30cm	0.3cm	1cm	⑦	×
〃	〃	3cm	④	—
〃	〃	5cm	①	○
〃	1.0cm	1cm	⑧	○
〃	〃	3cm	⑤	—
〃	〃	5cm	②	○
〃	3.0cm	1cm	⑨	○
〃	〃	3cm	⑥	—
〃	〃	5cm	③	○

空洞30×30 空洞厚1.0cmかぶり5cm



検出例 撮影位置②

空洞30×30 空洞厚3cmかぶり1cm



検出例 撮影位置⑨

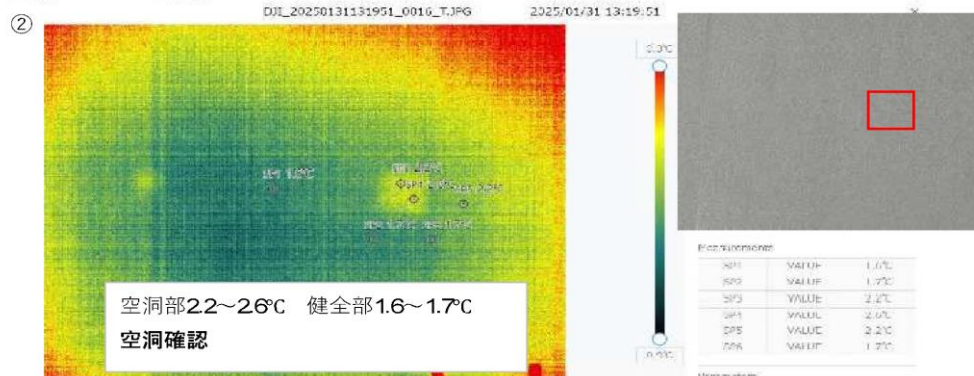


※ <アーチクラウン部 ④・⑤・⑥ > 赤外線反応が弱く撮影取り止め

表2.3 【空洞サイズ20×20】

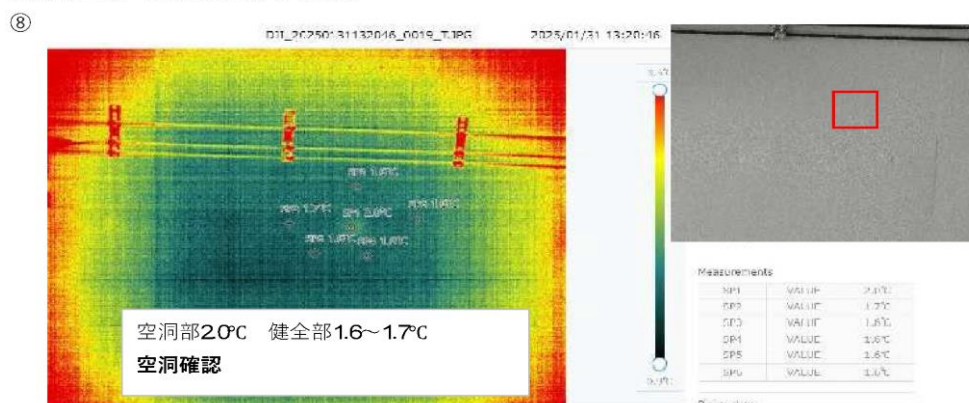
空洞のサイズ	空洞の厚さ	かぶり	撮影位置	検出結果
20cm×20cm	0.3cm	1cm	⑦	×
"	"	3cm	④	—
"	"	5cm	①	○
"	1.0cm	1cm	⑧	○
"	"	3cm	⑤	—
"	"	5cm	②	○
"	3.0cm	1cm	⑨	○
"	"	3cm	⑥	—
"	"	5cm	③	×

空洞20×20 空洞厚1.0cmかぶり5cm



検出例 撮影順序②

空洞20×20 空洞厚1cmかぶり1cm



検出例 撮影順序⑧

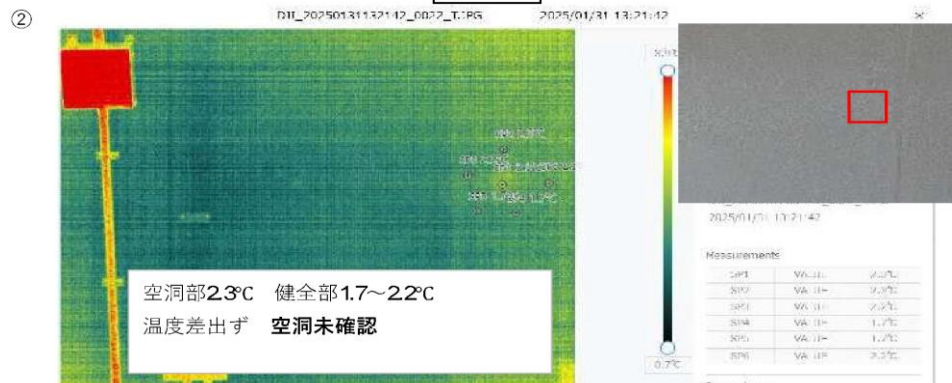
※ <アーチクラウン部 ④・⑤・⑥ > 赤外線反応が弱く撮影取り止め

表2.4 【空洞サイズ10×10】

空洞のサイズ	空洞の厚さ	かぶり	撮影位置	検出結果
10cm × 10cm	0.3cm	1cm	⑦	×
〃	〃	3cm	④	—
〃	〃	5cm	①	×
〃	1.0cm	1cm	⑧	×
〃	〃	3cm	⑤	—
〃	〃	5cm	②	×
〃	3.0cm	1cm	⑨	×
〃	〃	3cm	⑥	—
〃	〃	5cm	③	×

空洞10×10 空洞厚1.0cmかぶり5cm

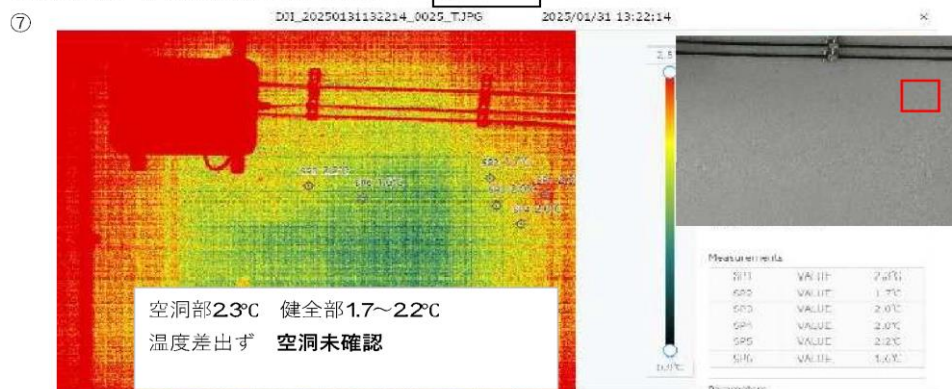
×



検出例 撮影位置②

空洞10×10 空洞厚0.3cmかぶり1cm

×



検出例 撮影位置⑧

※ <アーチクラウン部 ④・⑤・⑥> 赤外線反応が弱く撮影取り止め

表2.5 【空洞サイズ5×5】

空洞のサイズ	空洞の厚さ	かぶり	撮影順序	検出結果
5cm×5cm	0.3cm	1cm	⑦	—
〃	〃	3cm	④	—
〃	〃	5cm	①	—
〃	1.0cm	1cm	⑧	—
〃	〃	3cm	⑤	—
〃	〃	5cm	②	—
〃	3.0cm	1cm	⑨	—
〃	〃	3cm	⑥	—
〃	〃	5cm	③	—

・空洞サイズ5cm×5cm部分は赤外線検知できなかった。

#### 【無筋コンクリート部供試体の赤外線による調査結果】

- 空洞寸法のうち、□50・□30・□20は、空洞厚1.0cm、3.0cmを概ね検出可能
- かぶりでは、厚さ1cm～5cm程度の場合で概ね検出可能
- 空洞厚0.3cm、且つかぶり1cmは、検出不可  
理由として、空洞の厚み・かぶりが小さいと温度差が顕著に出難いためと推察  
(表2.1, 表2.2, 表2.3参照)
- 空洞寸法 □10・□5は、全て検出不可  
(表2.4, 表2.5参照)
- アーチクラウン部3箇所は、赤外線の反応が弱く、温度差が確認できなかった。

技術番号 TN010040-V0025

技術名 ドローンを活用したトンネルの状態把握と点検調査作成の支援技術(ドローンエーモン) 開発者名 ディプロ・テック(株), (有)伊藤建設, (株)CSC, (株)シアスタ

試験日 令和7年 1 月 31 日 天候 晴れ 気温 6.0~7.9 °C 風速 - m/s

試験場所 福島ロボットテストフィールド/試験用トンネル

カタログ分類 画像計測技術 カタログ 検出項目 色識別性能 試験区分 標準試験 現場試験

試験で確認する  
カタログ項目 色識別性能

対象構造物の概要

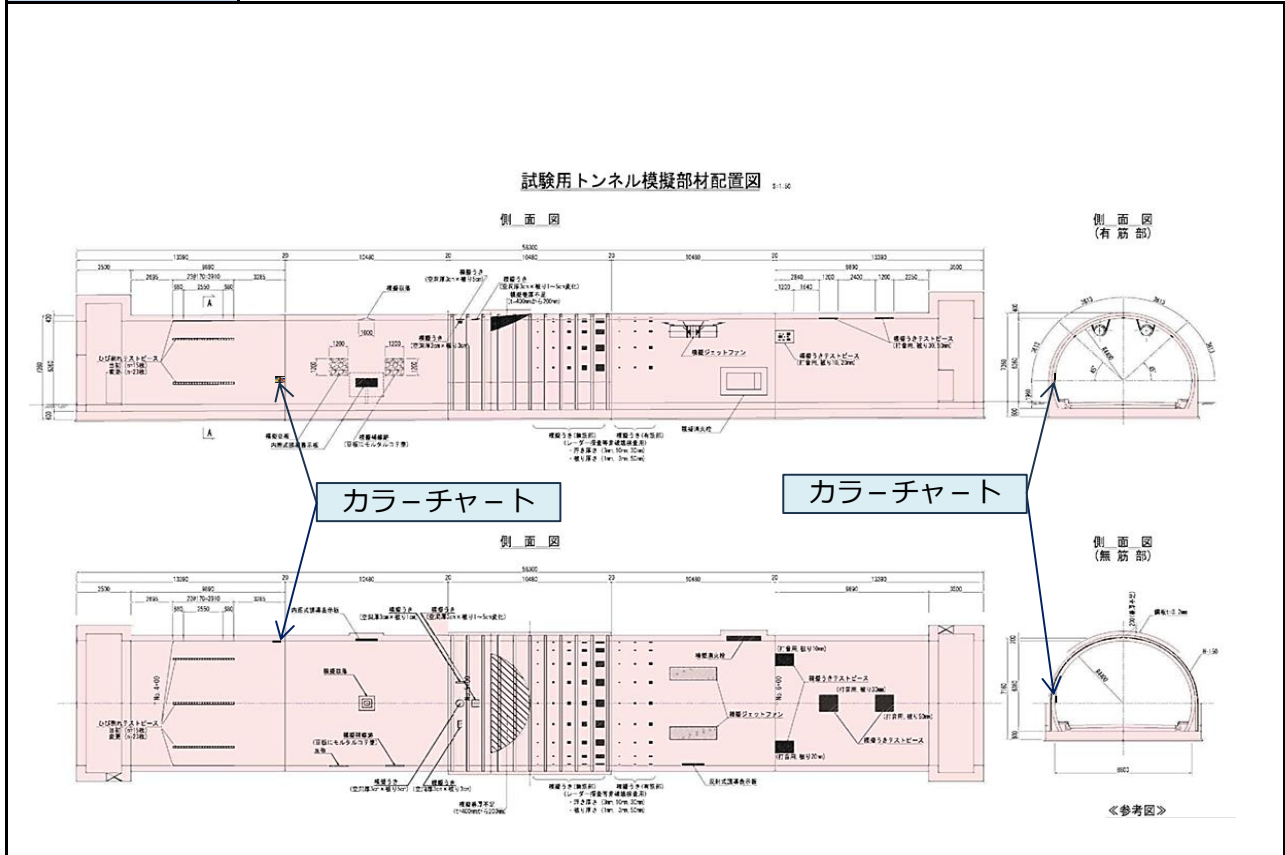


図1 試験用トンネル 側面・平面・標準断面図

□ 試験時の条件  
【走行速度】 停止      【照度】 536.6lx



- ① 坑外で運搬用車両に機材を設置し、坑内の計測位置に移動
- ② 計測コース、計測機器高さ、対象部位との離隔を確認し、取得画像の状態等を確認する試験計測を実施
- ③ 設置したカラーチャート画像が取得できる位置へ移動し、車両停止状態で画像を取得(カメラ:2種類使用)
- ④ 後日、標準試験法に沿って取得画像データと施設への設置写真を比較し、識別の可否を確認

開発者による計測機器の設置状況



写真1 トンネルに設置したカラーチャートと計測状況

比較対象を得るため、  
立会者による計測機器の設置状況

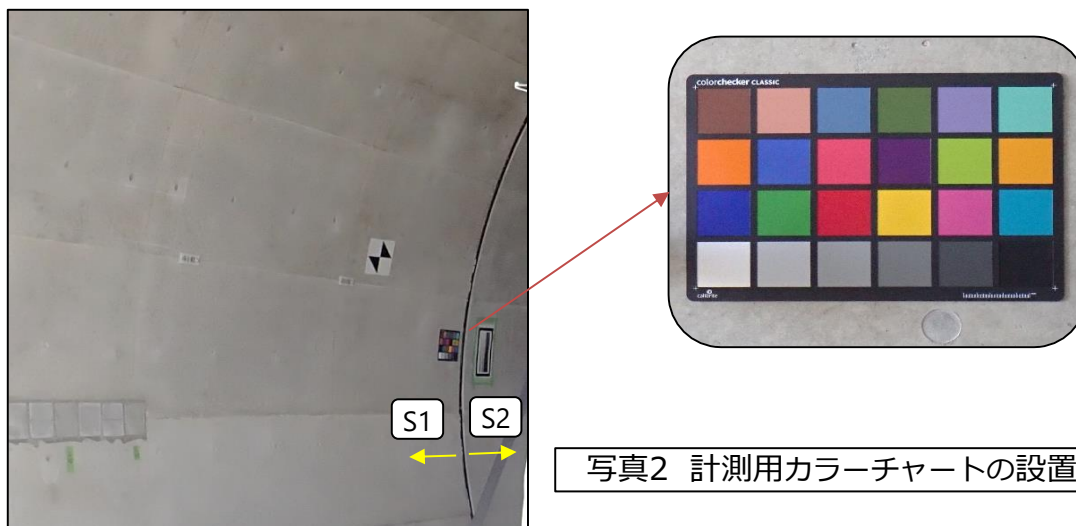


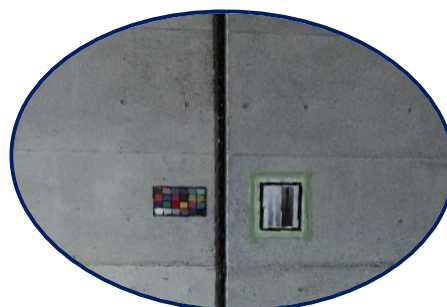
写真2 計測用カラーチャートの設置状況

試験結果『フルカラー識別可能』

レンズ : Zenmuse P1 ・ 35mm



参考：測定値			
	R値	G値	B値
A-1	61	43	43
A-2	134	94	84
A-3	41	69	106
A-4	52	58	48
A-5	78	84	134
A-6	69	143	142
B-1	144	55	15
B-2	39	64	138
B-3	134	38	57
B-4	41	28	45
B-5	103	128	47
B-6	144	89	22
C-1	28	36	99
C-2	43	99	50
C-3	115	14	28
C-4	160	135	35
C-5	132	44	102
C-6	7	92	123
D-1	185	192	198
D-2	145	154	161
D-3	110	119	126
D-4	73	76	81
D-5	48	49	52
D-6	18	19	21



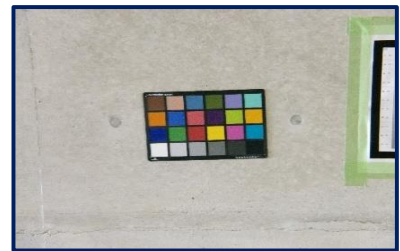
## 試験結果『フルカラー識別可能』

レンズ : Zenmuse H20T



写真3.2 計測結果(ZenmuseH20T)

参考：測定値			
	R値	G値	B値
A-1	105	74	54
A-2	195	158	139
A-3	70	123	169
A-4	69	89	29
A-5	140	140	192
A-6	116	191	184
B-1	209	126	30
B-2	47	98	187
B-3	185	82	89
B-4	56	35	77
B-5	162	189	48
B-6	211	159	14
C-1	19	46	135
C-2	69	145	71
C-3	175	66	63
C-4	213	187	14
C-5	187	86	156
C-6	8	143	186
D-1	233	233	235
D-2	193	194	198
D-3	162	167	170
D-4	108	112	111
D-5	50	59	54
D-6	16	25	22



技術番号 TN010040-V0025

参考：トンネル変状図への活用【標準試験法掲載外】

技術名 ドローンを活用したトンネルの状態把握と点検調書作成の試験技術(ドローンエーモン)

開発者名 ディプロ・テック(株), (有)伊藤建設, (株)CSC, (株)シアスタ

試験日 令和7年 1 月 31 日 天候 晴れ 気温 6.0~7.9 °C 風速 - m/s

試験場所 福島ロボットテストフィールド/試験用トンネル

カタログ分類 画像計測技術 カタログ 検出項目 トンネル変状図 試験区分 社内試験

試験で確認する  
カタログ項目

対象構造物の概要

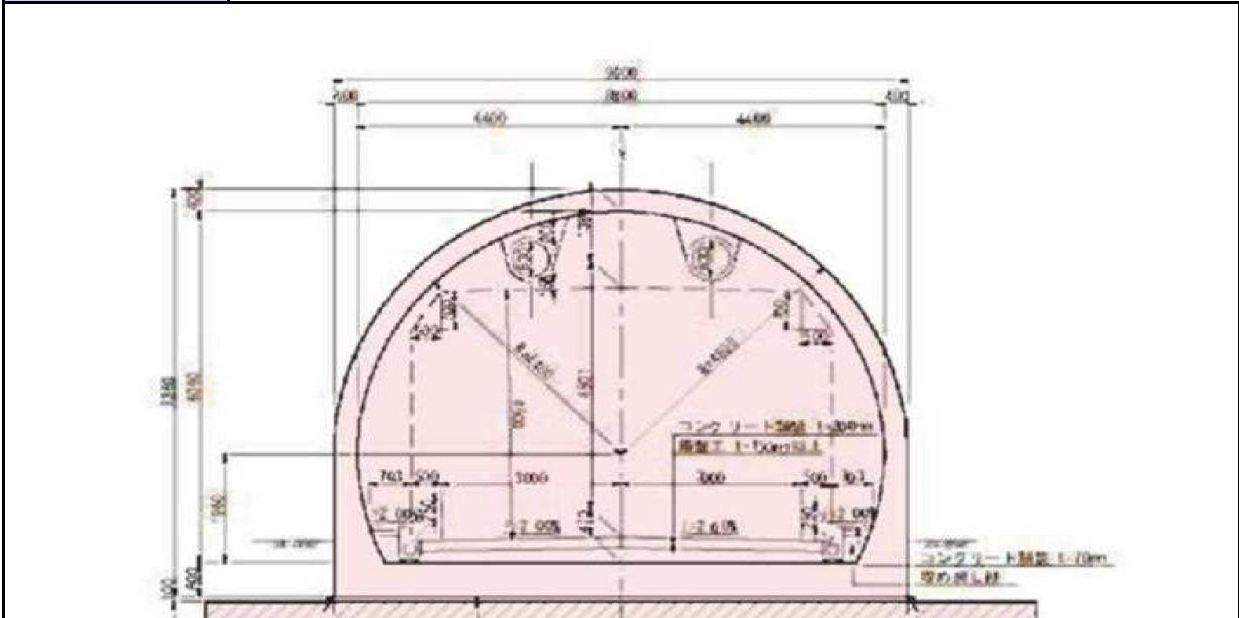


図1 試験トンネル断面図



写真1 試験トンネル正面



- ① 坑外で運搬車両に機材を設置し、坑内の計測位置に移動
- ② 計測コース、計測機器高さ、対象部位との離隔を確認し、取得画像の状態等を確認する試験計測を実施
- ③ トンネル坑内全体の画像を取得できる位置へ移動し、車両停止状態で画像を取得、路面は別途補完撮影
- ④ 後日、取得した画像データをSfMによる処理し、3次元モデルとオルソモザイク画像を作成

開発者による計測機器の設置状況



写真2.1 覆工アーチ撮影状況



写真2.2 路面撮影状況

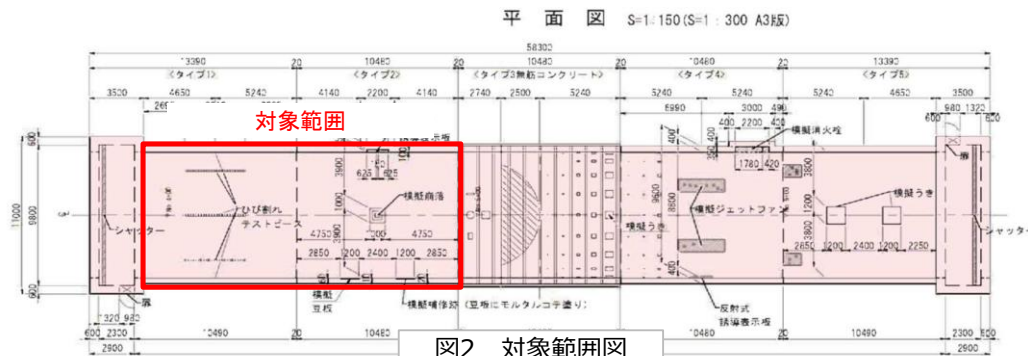


図2 対象範囲図

比較対象を得るため、  
立会者による計測機器の設置状況

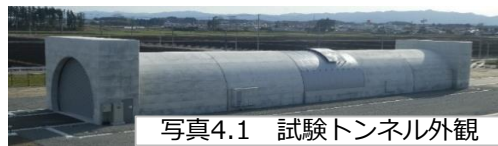


写真4.1 試験トンネル外観



写真4.2 試験トンネル坑内

写真5 トンネル坑内三次元モデル画像



□ 試験時の条件

【走行速度】停止      【照度】536.6lx



写真6.1 オルソモザイク画像（覆工アーチ部）

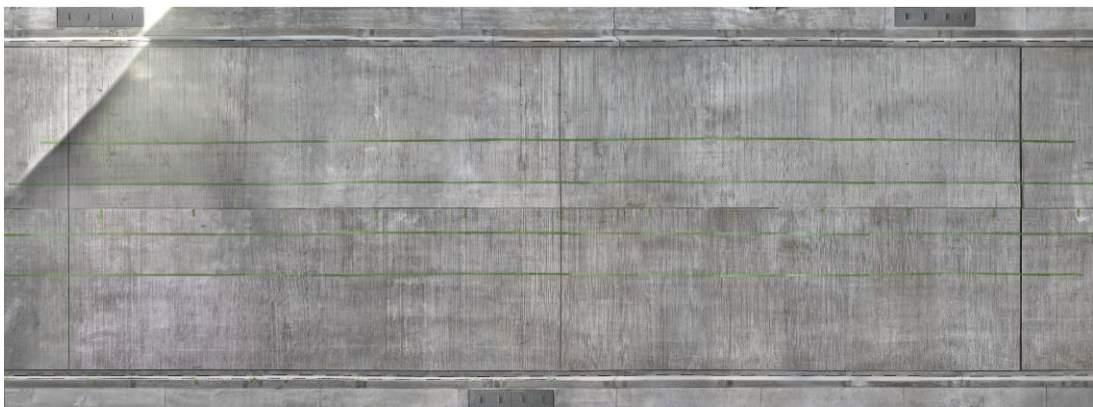


写真6.2 オルソモザイク画像（路面部）

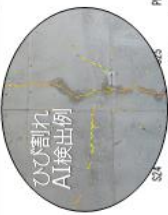


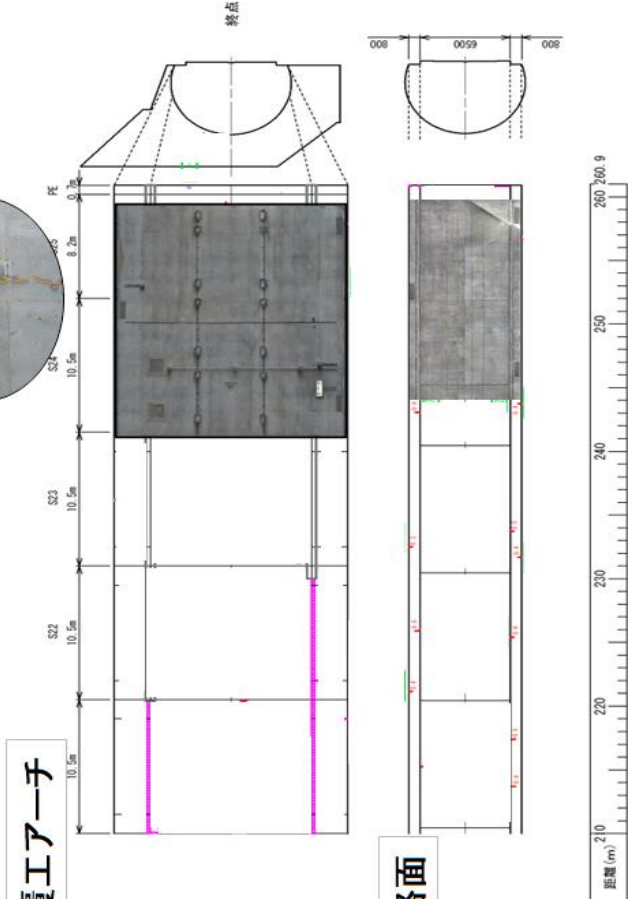
図3 オルソ画像を活用した点検調査書作成イメージ

■点検結果調書 トンネル変状・異常箇所写真位置図【様式B】												
フリガナ 名称	〇〇トンネル		路線名		管理者名		緊急輸送道路 代替路の有無					
	〇〇トンネル											
所在地	自		点検業者・点検者名		点検年月日		トンネル延長					
	至		調査業者・調査技術者名		調査年月日		トンネルの分類					
起点	緯度		変状・異常 箇所数合計		トンネル 本体工		材質劣化 漏水 外力		トンネル毎 の健全性		附属物の 取付状態	
	経度											
終点	緯度											
	経度											

**オルソ画像を変状図とした例**







覆工アーチ

路面

覆工アーチオルソ変状図



路面オルソ変状図



トンネル変状・異常箇所写真位置図 ( 3 / 3 )



技術番号 TN010041-V0025

技術名 電動カート撮影による変状展開画像作成システム 開発者名 株式会社 第一コンサルタンツ

試験日 令和7年 1 月 23 日 天候 晴れ 気温 6 °C 風速 2.5 m/s

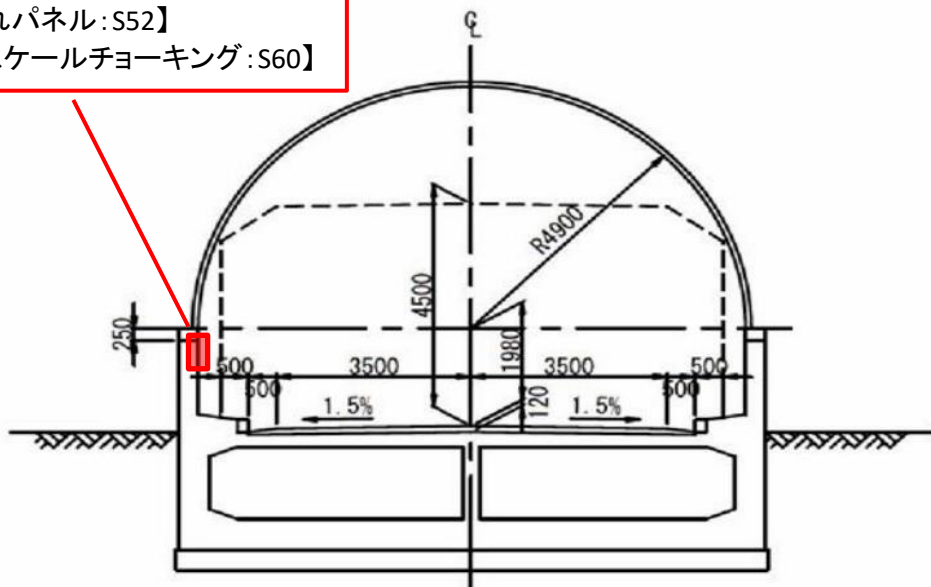
試験場所 国土技術政策総合研究所(旭庁舎)実大トンネル

カタログ分類 画像計測技術 カタログ 検出項目 ひび割れ 試験区分 標準試験 現場試験

試験で確認する  
カタログ項目 ひび割れ等のマーキング  
(2022)

対象構造物の概要

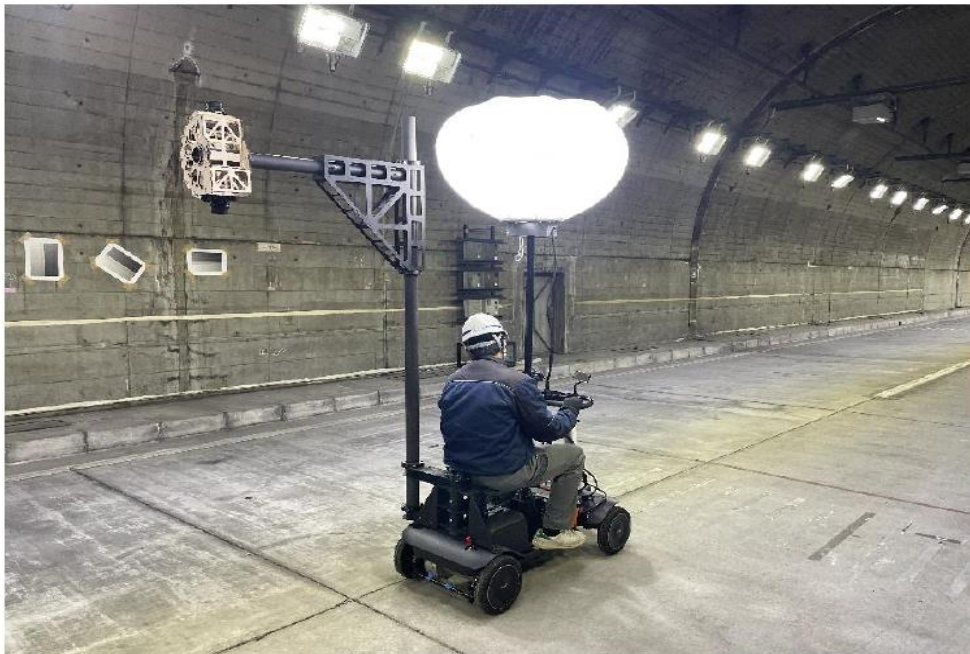
マーキング供試体設置場所  
【ひび割れパネル:S52】  
【グレースケールチョーキング:S60】



実大トンネル標準断面図

- ① 電動カートと撮影機材を組み立てる。
- ② 1km/hで走行しながらインターバル撮影する。(1秒毎)
- ③ 撮影画像からSfMにより3次元モデルを作成する。
- ④ 3次元モデルから座標・角度を解析し、撮影画像の回転・サイズを算出し、画像を配置し、変状画像を作成する。

## 開発者による計測機器の設置状況

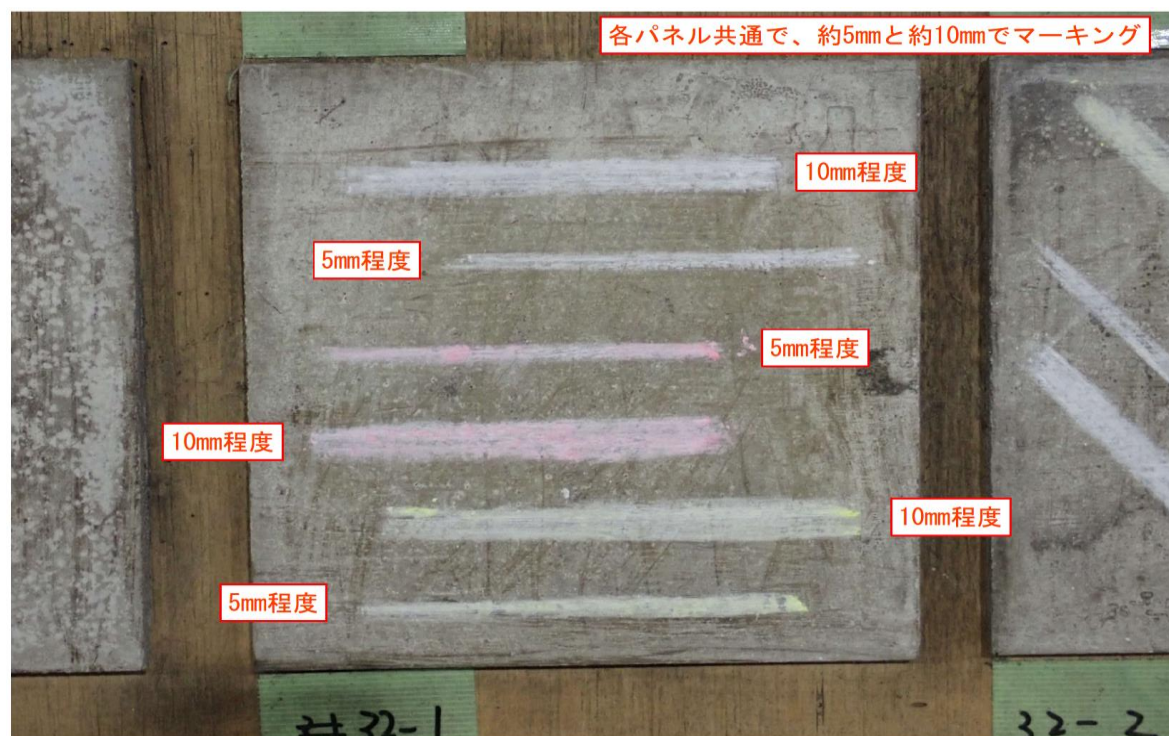
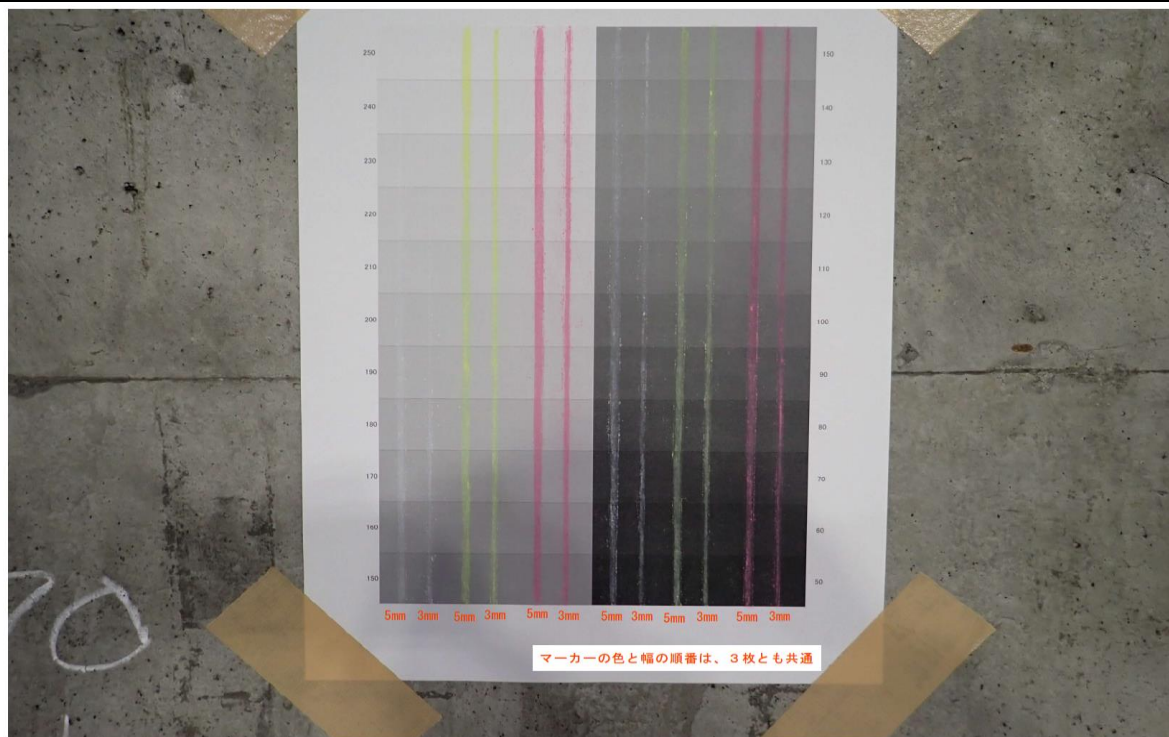


実大トンネルでの実証実験の状況

比較対象を得るため、  
立会者による計測機器の設置状況

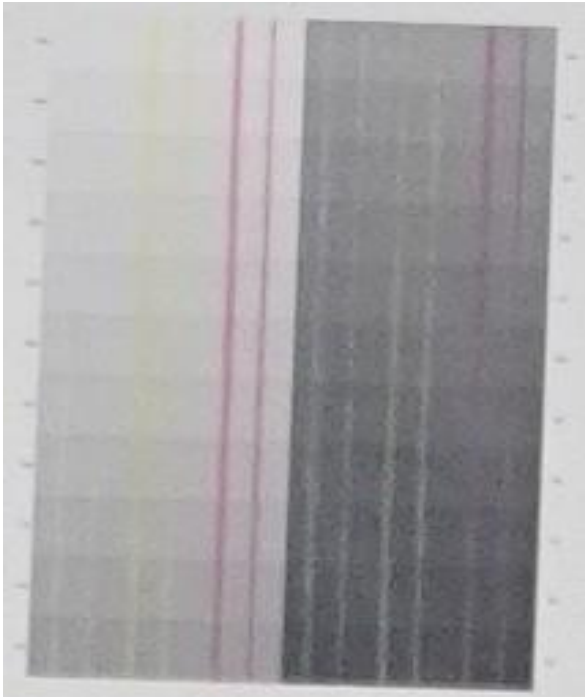
技術番号

TN010041-V0025



マーキング供試体設置状況

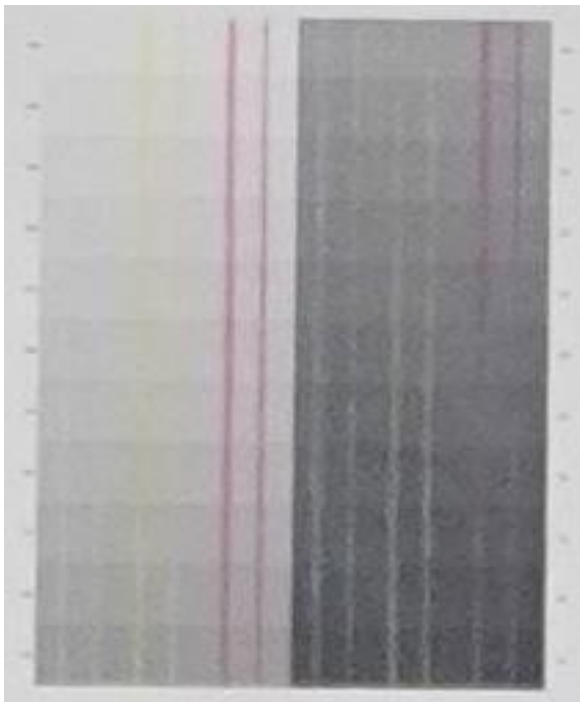
オリジナル画像



3Dモデルの画像



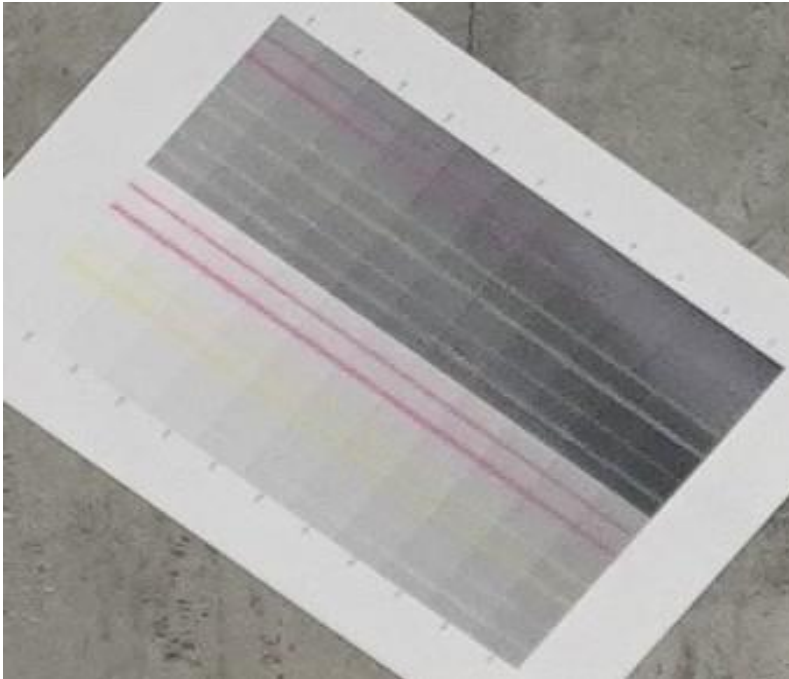
展開後の画像



グレースケールチョーキング(垂直)



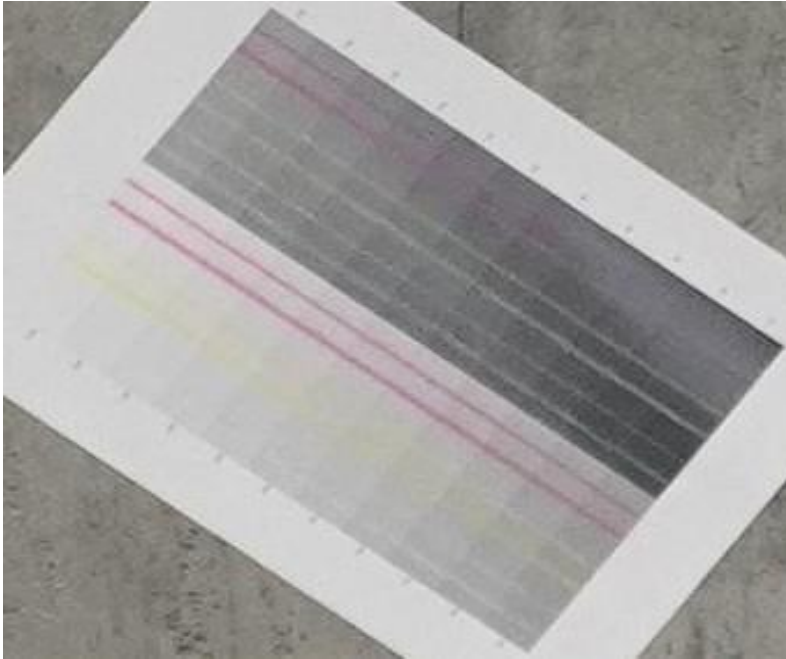
オリジナル画像



3Dモデルの画像

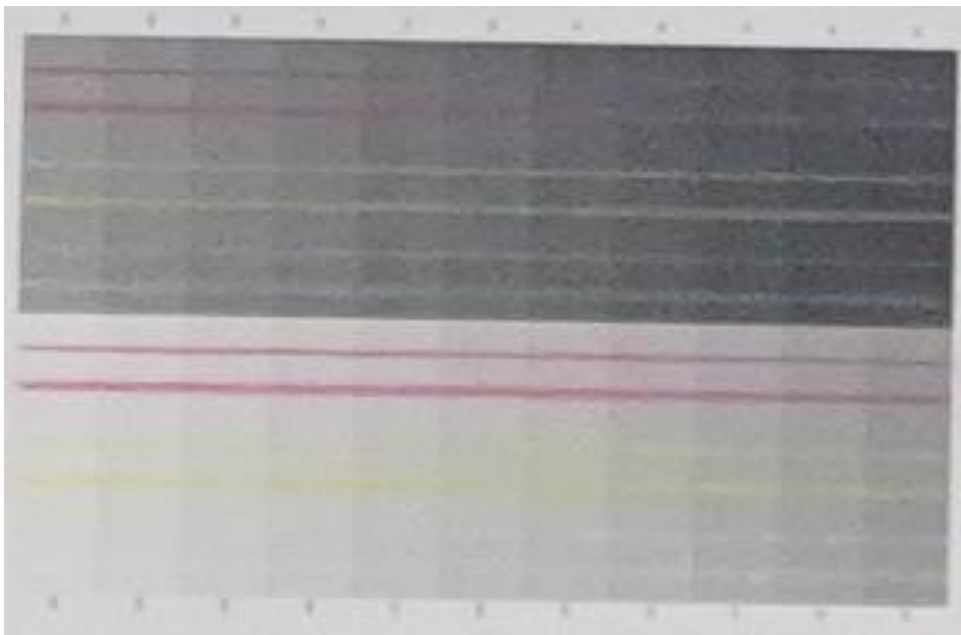


展開後の画像

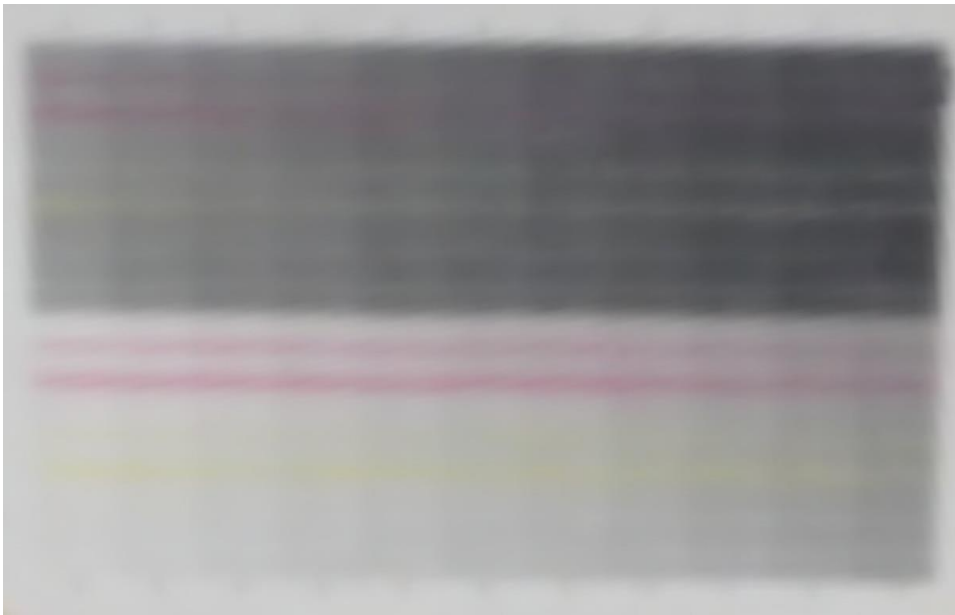


グレースケールチョーキング(45°)

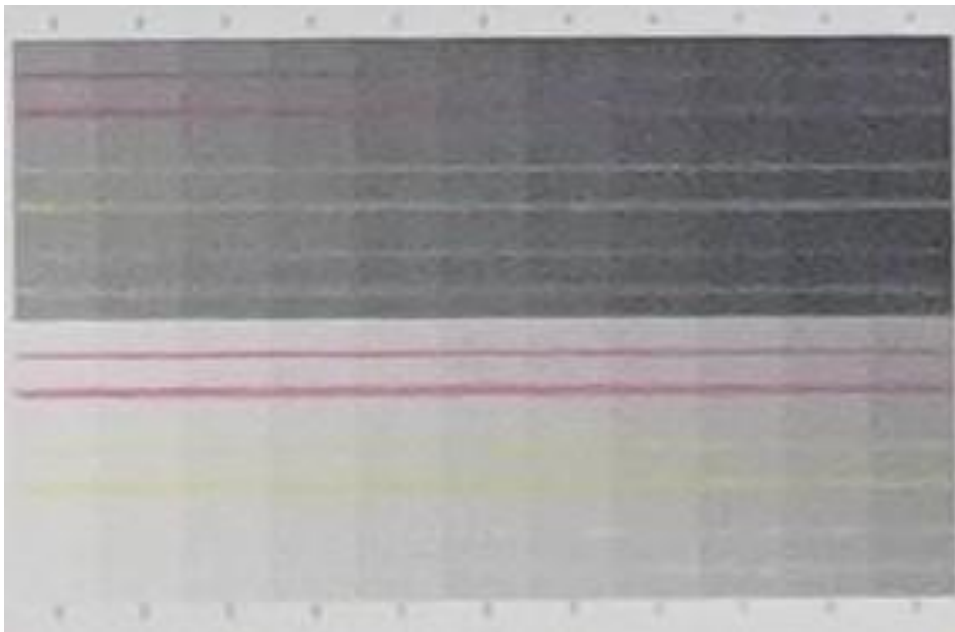
オリジナル画像



3Dモデルの画像



展開後の画像



グレースケールチョーキング(水平)

グレースケールシート面のマーキングの検出可否

マーキング色・幅		検出可能な輝度	
色	幅(mm)		
白	5	200以下	
	3	170以下	
黄色	5	全て検出可能	
	3	全て検出可能	
ピンク	5	全て検出可能	
	3	全て検出可能	



オリジナル画像



3Dモデルの画像



展開後の画像



ひび割れパネル（マーキング供試体）

コンクリート面のマーキングの検出可否（検出可：○／検出不可：×）

マーキング色・幅		マーキングの向き		
色	幅(mm)	水平	垂直	45°
白	5	○	○	○
	10	○	○	○
黄色	5	○	○	○
	10	○	○	○
ピンク	5	○	○	○
	10	○	○	○

技術番号 TN010041-V0025

技術名 電動カート撮影による変状展開画像作成システム 開発者名 株式会社 第一コンサルタンツ

試験日 令和7年 1 月 23 日 天候 晴れ 気温 6 °C 風速 2.5 m/s

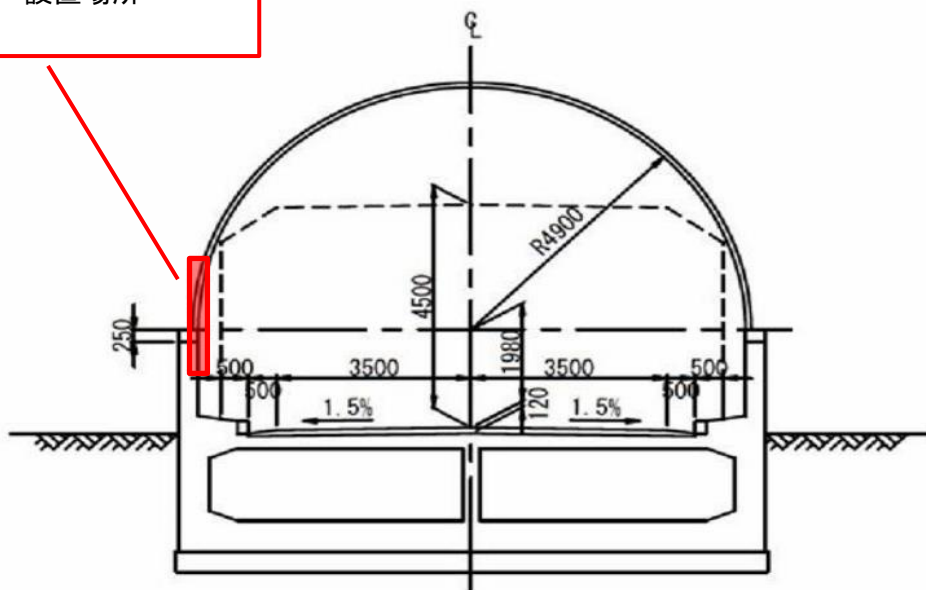
試験場所 国土技術政策総合研究所(旭庁舎)実大トンネル

カタログ分類 画像計測技術 カタログ 検出項目 試験区分 標準試験 現場試験

試験で確認する  
カタログ項目 長さ計測・位置精度

対象構造物の概要

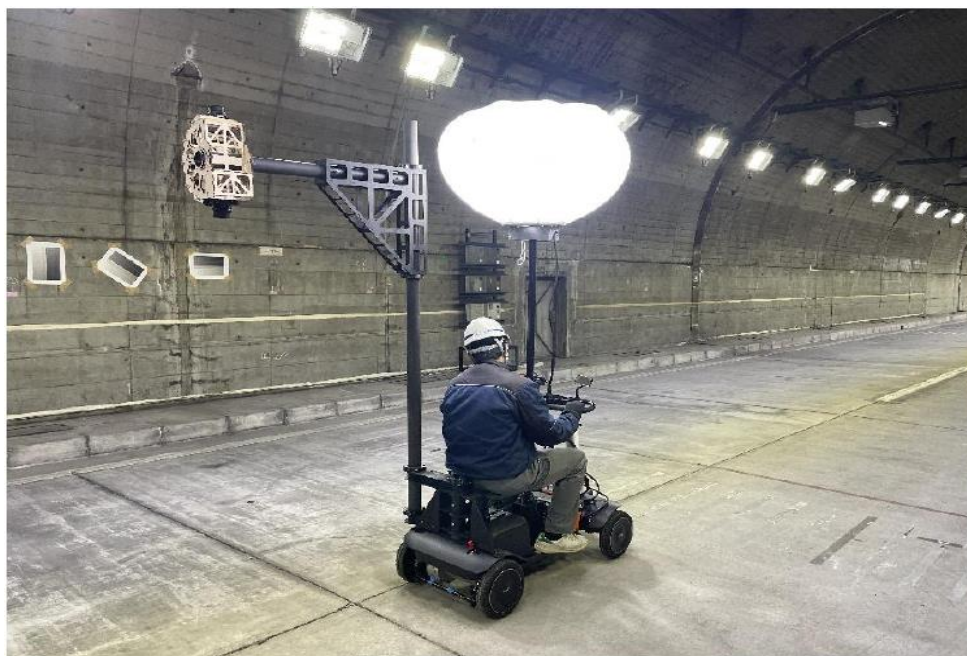
マーカー設置場所



実大トンネル標準断面図

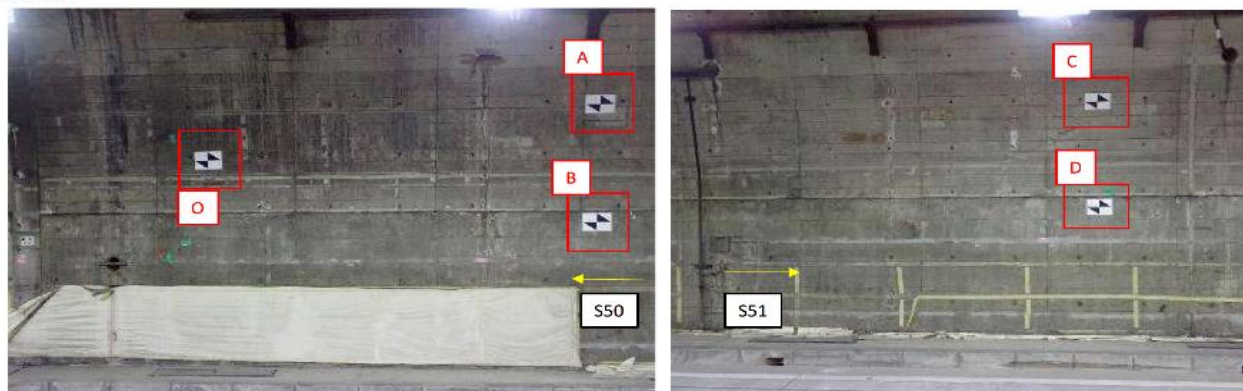
- ① 電動カートと撮影機材を組み立てる。
- ② 1km/hで走行しながらインターバル撮影する。(1秒毎)
- ③ 撮影画像からSfMにより3次元モデルを作成する。
- ④ 3次元モデルから座標・角度を解析し、撮影画像の回転・サイズを算出し、画像を配置し、変状画像を作成する。

## 開発者による計測機器の設置状況



実大トンネルでの実証実験の状況

S50-S51



	AB	CD	AC	BD
距離(m)	1.368	1.379	9.439	9.468

	OA	OB	OC	OD
距離(m)	4.145	4.170	13.554	13.588
水平距離(m)	4.103	4.098	13.541	13.566
鉛直距離(m)	0.592	0.768	0.591	0.779

※マーカー間距離は、マーカー中心のxyz座標を元に算出しているため、トンネルの傾斜や局面に沿った距離ではないことにご注意ください。



No.	測定部位	測定値[m] (A)	展開画像による 計測値[m] (B)	差 (C)= (A)-(B)	誤差率[%] (D)=(C)/(A)
1	AB	1.368	1.384	0.016	1.16
2	CD	1.379	1.389	0.010	0.72
3	AC	9.439	9.457	0.018	0.19
4	BD	9.468	9.464	0.004	0.04
5	OA	4.145	4.127	0.018	0.44
6	OB	4.170	4.156	0.014	0.33
7	OC	13.554	13.551	0.003	0.02
8	OD	13.588	13.571	0.017	0.12
9	水平距離(OA)	4.103	4.081	0.022	0.53
10	水平距離(OB)	4.098	4.084	0.014	0.34
11	水平距離(OC)	13.541	13.538	0.003	0.02
12	水平距離(OD)	13.566	13.548	0.018	0.13
13	鉛直距離(OA)	0.592	0.611	0.019	3.21
14	鉛直距離(OB)	0.768	0.773	0.005	0.64
15	鉛直距離(OC)	0.591	0.592	0.001	0.17
16	鉛直距離(OD)	0.779	0.797	0.018	2.30

## 長さ計測精度

進行方向:0.11%(2測線の平均値)

周方向:0.94%(2測線の平均値)

## 位置精度

進行方向:14.3mm(4測線の平均値)

周方向:10.8mm(4測線の平均値)

技術番号 TN010041-V0025

技術名 電動カート撮影による変状展開画像作成システム 開発者名 株式会社 第一コンサルタンツ

試験日 令和7年 1 月 23 日 天候 晴れ 気温 6 °C 風速 2.5 m/s

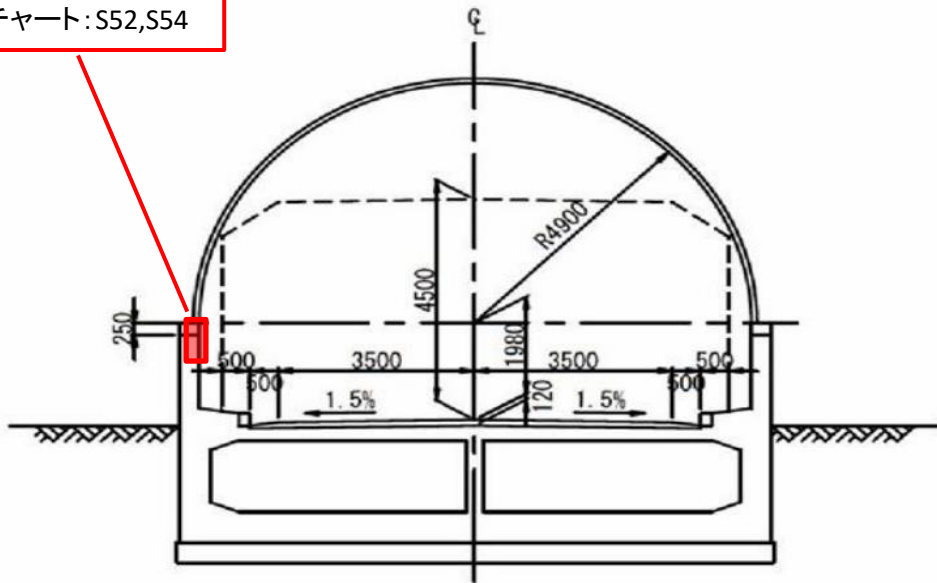
試験場所 国土技術政策総合研究所(旭庁舎)実大トンネル

カタログ分類 画像計測技術 検出項目 試験区分 標準試験 現場試験

試験で確認する  
カタログ項目 色識別性能

対象構造物の概要

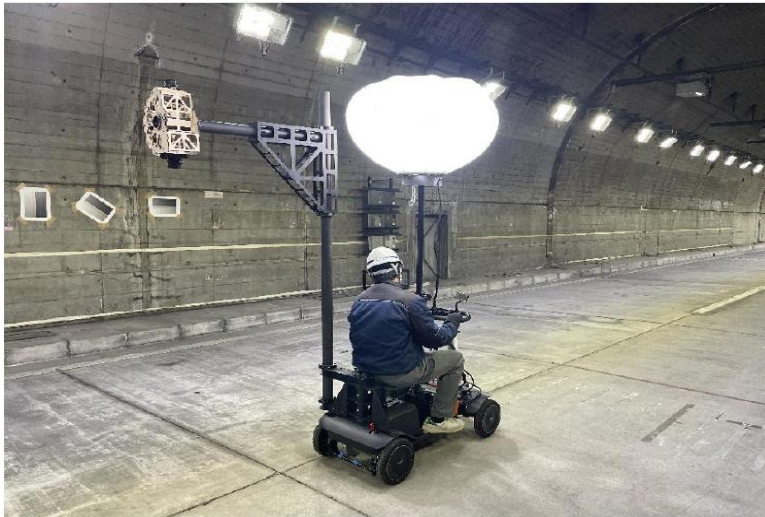
カラーチャート設置場所  
カラーチャート: S52, S54



実大トンネル標準断面図

- ① 電動カートと撮影機材を組み立てる。
- ② 1km/hで走行しながらインターバル撮影する。(1秒毎)
- ③ 撮影画像からSfMにより3次元モデルを作成する。
- ④ 3次元モデルから座標・角度を解析し、撮影画像の回転・サイズを算出し、画像を配置し、変状画像を作成する。



## 開発者による計測機器の設置状況





実大トンネルでの実証実験の状況

比較対象を得るため、  
立会者による計測機器の設置状況

対象スパン	被写体との距離[m]	オリジナル画像
S52	4.75	
S54	4.75	

対象スパン	被写体との距離[m]	3Dモデルの画像
S52	4.75	
S54	4.75	



対象スパン	被写体との距離[m]	展開後の画像
S52	4.75	
S54	4.75	

## 色識別性能

フルカラー識別可能