

技術番号 BR010029

Skydio2

技術名 非GNSS環境型UAVを用いた橋梁点検支援システム 開発者名 株式会社IHI

試験日 令和5年 12月 8日 天候 晴れ 気温 - °C 風速 - m/s

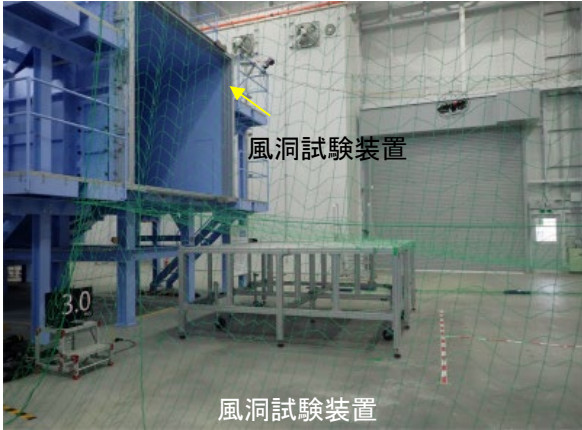
試験場所 福島ロボットテストフィールド風洞棟

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

試験で確認する
カタログ項目 安定性能(人工風)

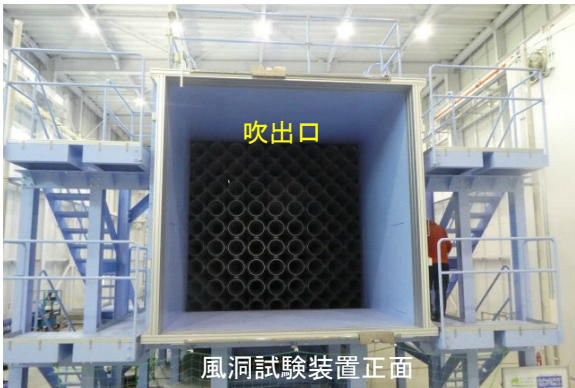
対象構造物の概要

使用施設: 福島ロボットテストフィールド風洞棟



風洞棟仕様

延床面積	900㎡・S造平屋建て
風洞試験装置(テーブル、保護ネット含む)	
天井クレーン(4.9t)	
測定部断面	3m×3m
最大風速	20m/s
風速分布	10m/s以上において±15%以下(吹出口)
乱流値	10m/s以上において±10%以下(吹出口中央付近)
突風性能	8m/sから20m/s時に3秒以内
脈動性能	10m/sから20m/s時に周期5秒以内
速度成層性能	鉛直方向に速度勾配



一定の風速(3m/s、5m/s、8m/s)で、突風を発生させる。

試験方法(手順)	技術番号	BR010029
①	ドローンに3Dモーションキャプチャ用のマーカを貼り付ける。(写真-1)	
②	吹出口の中心にドローンを正面向きにホバリングする。(写真-2)	
③	ホバリング後、風速3m/sの突風を発生させ、移動量を3Dモーションキャプチャより測定する。(写真-3)(写真-4)	
④	②、③について、ドローンを横向きにホバリングし、同様の作業を実施する。	
⑤	②～④について、風速5m/sおよび、8m/sの場合も同様に実施する。	

開発者による計測機器の設置状況




写真-1




写真-2

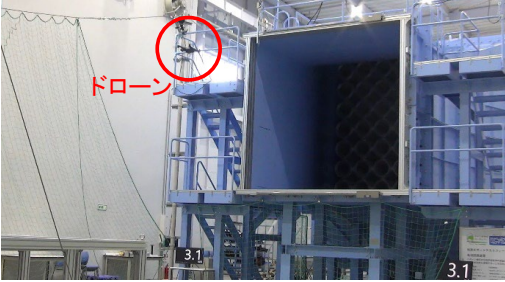


写真-3

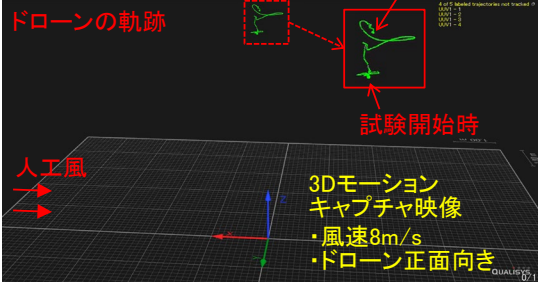


写真-4

比較対象を得るため、立会者による計測機器の設置状況

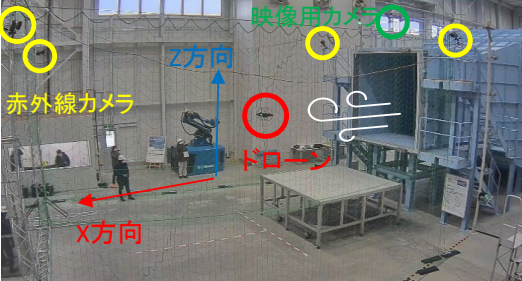


写真-5

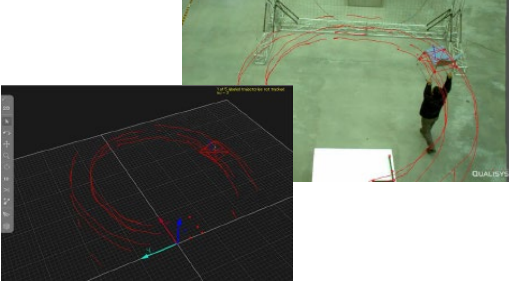


写真-6

※4台の赤外線カメラおよび、1台の映像カメラにより、対象物を撮影し、移動量を専用ソフトにて計測。(写真-5)(写真-6)

※安定性能

風速:3.0m/s

正面

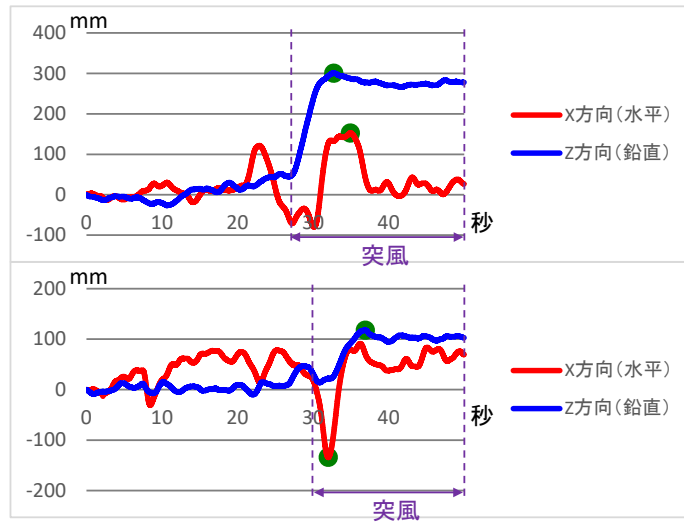
水平方向 最大移動量 15cm

鉛直方向 最大移動量 30cm

側面

水平方向 最大移動量 13cm

鉛直方向 最大移動量 12cm



風速:5.0m/s

正面

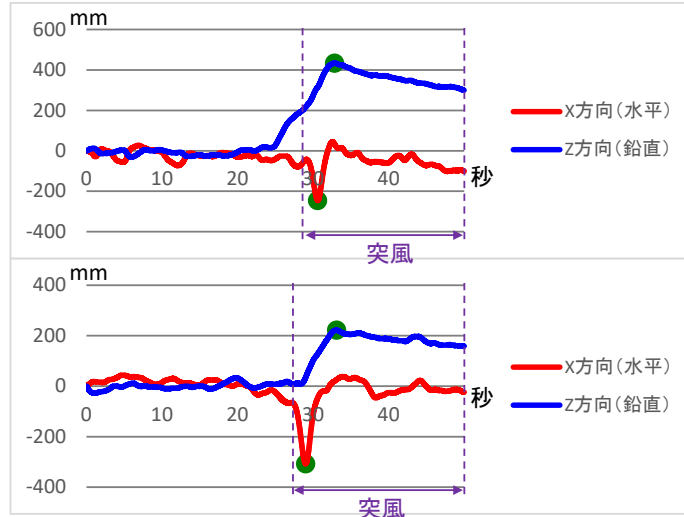
水平方向 最大移動量 25cm

鉛直方向 最大移動量 43cm

側面

水平方向 最大移動量 31cm

鉛直方向 最大移動量 22cm



風速:8.0m/s

正面

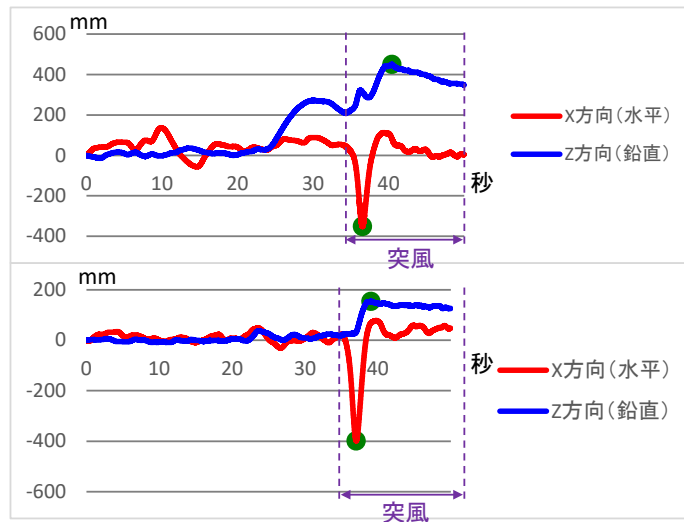
水平方向 最大移動量 35cm

鉛直方向 最大移動量 45cm

側面

水平方向 最大移動量 40cm

鉛直方向 最大移動量 15cm



技術番号 BR010029

Skydio2

技術名 非GNSS環境型UAVを用いた橋梁点検支援システム

開発者名 株式会社IHI

試験日 令和5年 12月 8日

天候 晴れ

気温 17.6 °C

風速 4.1 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

検出項目 ひびわれ

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
最小・ひびわれ精度
色識別性能

対象構造物の概要

・幅0.05mm、0.1mm、0.2mm、0.3mm、1.0mmのひびわれを「縦」、「横」、「斜」の方向それぞれに有したひびわれのモルタルのパネルをA1橋台、P1橋脚に配置した。(写真-1、2、3 ○:パネル)

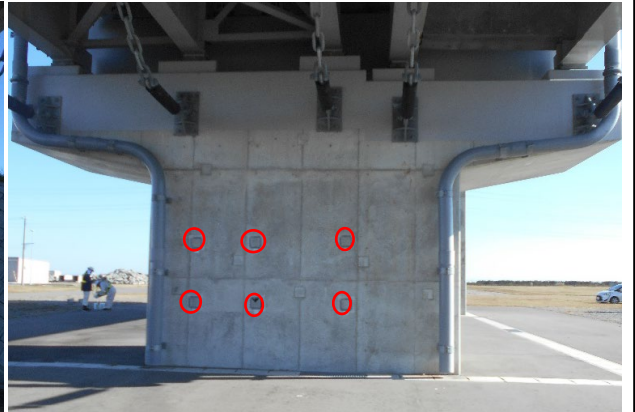
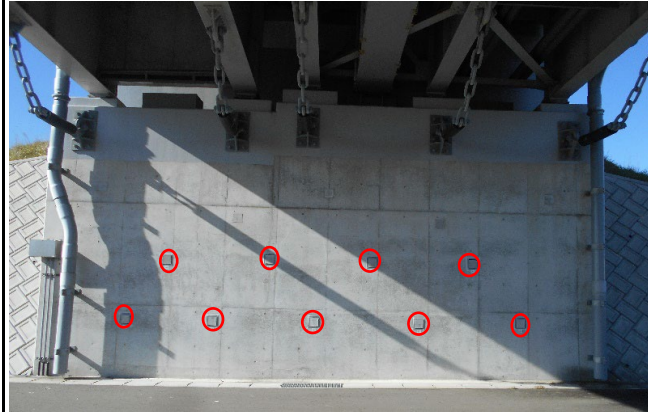


写真-1: A1橋台 (9パネル)

写真-2: P1橋脚 (起点側) (6パネル)

パネル番号(チャート番号)とひびわれ方向(縦、横、斜)

A1橋台(正面左からの配置(写真-1))

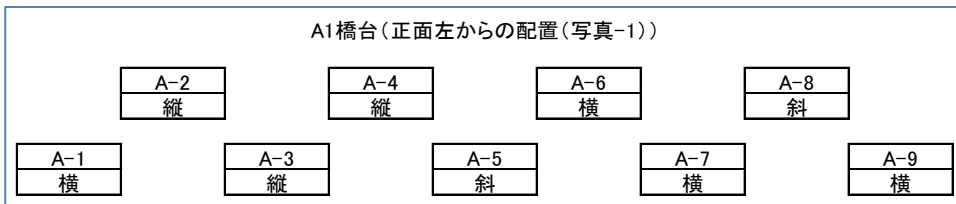
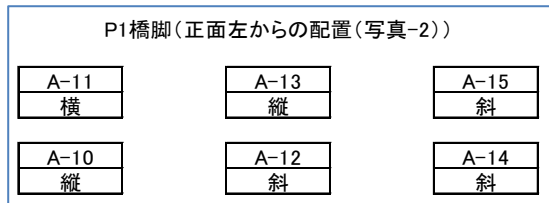


写真-3: パネル(抜粋 A-3、A-11)

P1橋脚(正面左からの配置(写真-2))



試験方法(手順)	技術番号	BR010029
① 機器の搬入(ドローン、コントローラ)(写真-4)		
② 測定状況(A1橋台縦壁部に位置のひびわれ模擬版の撮影)(写真-5)		
③ 測定状況(P1橋脚柱部に配置のひびわれ模擬版の撮影)(写真-6)		
④ 測定状況(P1橋脚柱部に配置の24色カラーチャートk1)の撮影)(写真-7)		
⑤ 計測範囲と計測時間から撮影速度を計測する。また、計測終了後、撮影画像を基に模擬版のひびわれ幅を計測する。色識別性能は24色カラーチャートのRGB値を撮影画像とオルソ画像から求める。		

開発者による計測機器の設置状況



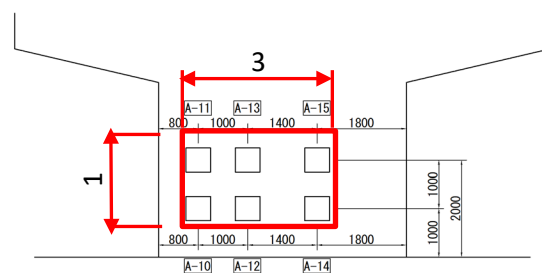
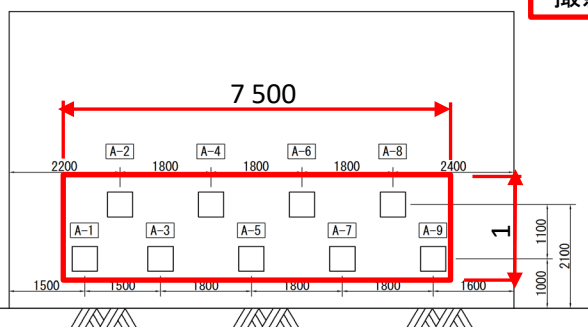
※撮影速度



A1橋台

撮影範囲

P1橋脚



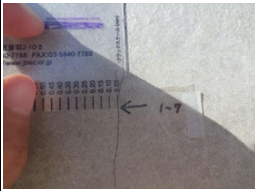






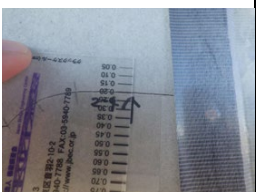
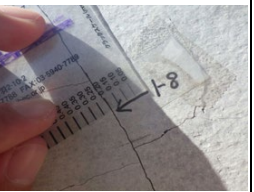

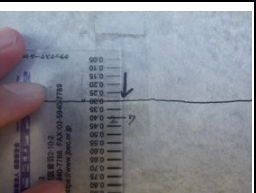

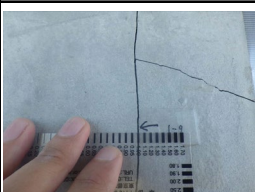


撮影面積(7.5×1.5+3.5×1.5=16.5m²)を飛行しながら移動して、撮影に要した時間(秒)を計測する。

$$\text{速度(撮影速度)} = 16.5\text{m}^2 \div \text{所要時間(秒)}$$

※最小ひびわれ幅・計測精度

各ひびわれ幅のパネルについて、クラックスケールで計測した値を真値とする。

真値(ひびわれ幅)

チャート番号	A-2	A-11	A-15
方向	縦	横	斜
写真			
真値	0.05	0.05	0.05
チャート番号	A-10	A-1	A-14
方向	縦	横	斜
写真			
真値	0.1	0.1	0.1
チャート番号	A-4	A-6	A-5
方向	縦	横	斜
写真			
真値	0.2	0.2	0.2
チャート番号	A-3	A-9	A-12
方向	縦	横	斜
写真			
真値	0.3	0.3	0.3
チャート番号	A-13	A-7	A-8
方向	縦	横	斜
写真			
真値	1.0	1.0	1.0

※色識別性能

市販の24色のカラーチャート(写真-8)を使用する。
RGB値はカラーチャートの販売業者提供しているRGB値を真値とする。

配置はP1橋脚(K1)(写真-9)とA2橋台(K2)(写真-10)の2箇所



写真-8



写真-9 □:K1



写真-10 □:K2

	真 値		
	R値	G値	B値
A-1	43	41	43
A-2	80	80	78
A-3	122	118	116
A-4	161	157	154
A-5	202	198	195
A-6	249	242	238
B-1	25	55	135
B-2	57	146	64
B-3	186	26	51
B-4	245	205	0
B-5	192	75	145
B-6	0	127	159
C-1	238	158	25
C-2	157	188	54
C-3	83	58	106
C-4	195	79	95
C-5	58	88	159
C-6	222	118	32
D-1	112	76	60
D-2	197	145	125
D-3	87	120	155
D-4	82	106	60
D-5	126	125	174
D-6	98	187	166

※撮影速度

撮影面積: 16.5m^2 、撮影時間: A1(7分10秒)、P1(4分8秒) = 11分18秒 = 678秒(678sec)

撮影速度 = $16.5 / 678 = 0.024\text{m}^2/\text{sec}$

※最小ひびわれ幅・計測精度

■カメラ名称: Sony IMX577

■被写体距離: 0.9 m ■照度: 9.24~66.6 kLux ■風速: 2.0~5.1 m/s

■気温: 17.6~19.3 °C

■焦点距離: 20mm(35mm判換算) ■シャッター速度: 1/2265秒

■絞り: f 2.8 ■ISO値: 101

■フォーカス: AF ■画像Pixel数: 4056 × 3040

チャート番号	A-2	A-11	A-15
方向	縦	横	斜
真値	0.05	0.05	0.05
撮影画像			
計測値	0.1	0.4	0.2
チャート番号	A-10	A-1	A-14
方向	縦	横	斜
真値	0.1	0.1	0.1
撮影画像			
計測値	0.3	0.2	0.4
チャート番号	A-4	A-6	A-5
方向	縦	横	斜
ひびわれ幅	0.2	0.2	0.2
撮影画像			
計測値	0.3	0.2	0.4
チャート番号	A-3	A-9	A-12
方向	縦	横	斜
真値	0.3	0.3	0.3
撮影画像			
計測値	0.4	0.5	0.3
チャート番号	A-13	A-7	A-8
方向	縦	横	斜
真値	1.0	1.0	1.0
撮影画像			
計測値	0.70	1.0	1.0

ひびわれ幅	計測精度
0.05mm	0.22mm
0.1mm	0.22mm
0.2mm	0.13mm
0.3mm	0.13mm
1.0mm	0.17mm

※色識別性能

■カメラ名称: Sony IMX577

■被写体距離: 0.9 m ■照度: 10.3~67.0 kLux ■風速: 2.0~5.0 m/s

■気温: 17.3 °C

■焦点距離: 20mm(35mm判換算) ■シャッター速度: 1/1589秒

■絞り: f 2.8 ■ISO値: 101

■フォーカス: AF ■画像Pixel数: 4056 × 3040



立会者撮影



K1:開発者撮影



K1:オルソ画像

K1:計測比較

K1:開発者撮影

	R値		G値		B値	
	真値	計測値	真値	計測値	真値	計測値
A-1	43	34	41	37	43	42
A-2	80	63	80	67	78	68
A-3	122	114	118	115	116	119
A-4	161	158	157	162	154	163
A-5	202	205	198	205	195	207
A-6	249	235	242	239	238	242
B-1	25	11	55	39	135	146
B-2	57	42	146	157	64	54
B-3	186	199	26	25	51	48
B-4	245	236	205	208	0	13
B-5	192	208	75	47	145	150
B-6	0	1	127	130	159	170
C-1	238	230	158	165	25	23
C-2	157	167	188	201	54	45
C-3	83	101	58	28	106	107
C-4	195	214	79	56	95	91
C-5	58	29	88	62	159	165
C-6	222	217	118	117	32	23
D-1	112	107	76	57	60	46
D-2	197	203	145	150	125	136
D-3	87	54	120	114	155	164
D-4	82	61	106	94	60	39
D-5	126	122	125	115	174	182
D-6	98	76	187	201	166	185

K1:オルソ画像

	R値		G値		B値	
	真値	計測値	真値	計測値	真値	計測値
A-1	43	34	41	37	43	42
A-2	80	63	80	67	78	70
A-3	122	120	118	121	116	123
A-4	161	166	157	167	154	169
A-5	202	212	198	212	195	214
A-6	249	245	242	246	238	250
B-1	25	9	55	39	135	151
B-2	57	42	146	161	64	57
B-3	186	207	26	27	51	54
B-4	245	244	205	214	0	18
B-5	192	219	75	54	145	158
B-6	0	1	127	134	159	175
C-1	238	238	158	172	25	24
C-2	157	174	188	209	54	47
C-3	83	107	58	32	106	114
C-4	195	219	79	57	95	94
C-5	58	33	88	66	159	173
C-6	222	223	118	121	32	23
D-1	112	116	76	59	60	50
D-2	197	208	145	155	125	139
D-3	87	57	120	119	155	170
D-4	82	65	106	98	60	41
D-5	126	126	125	119	174	186
D-6	98	86	187	209	166	191

※色識別性能

■カメラ名称: Sony IMX577

■被写体距離: 0.9 m ■照度: 10.3~67.0 kLux ■風速: 2.0~5.0 m/s

■気温: 17.3 °C

■焦点距離: 20mm(35mm判換算) ■シャッター速度: 1/1589秒

■絞り: f 2.8 ■ISO値: 101

■フォーカス: AF ■画像Pixel数: 4056 × 3040



立会者撮影



K2:開発者撮影



K2:オルソ画像

K2:計測比較

K2:開発者撮影

	R値		G値		B値	
	真値	計測値	真値	計測値	真値	計測値
A-1	43	40	41	46	43	58
A-2	80	60	80	69	78	86
A-3	122	110	118	118	116	129
A-4	161	152	157	164	154	180
A-5	202	194	198	204	195	216
A-6	249	223	242	234	238	252
B-1	25	12	55	39	135	156
B-2	57	44	146	156	64	70
B-3	186	188	26	36	51	59
B-4	245	229	205	211	0	41
B-5	192	197	75	53	145	166
B-6	0	3	127	135	159	183
C-1	238	221	158	165	25	42
C-2	157	160	188	204	54	59
C-3	83	94	58	35	106	125
C-4	195	202	79	61	95	104
C-5	58	34	88	66	159	179
C-6	222	212	118	120	32	37
D-1	112	104	76	64	60	64
D-2	197	191	145	150	125	144
D-3	87	57	120	116	155	182
D-4	82	68	106	101	60	56
D-5	126	122	125	123	174	206
D-6	98	84	187	207	166	202

K2:オルソ画像

	R値		G値		B値	
	真値	計測値	真値	計測値	真値	計測値
A-1	43	33	41	39	43	51
A-2	80	52	80	61	78	76
A-3	122	92	118	104	116	118
A-4	161	135	157	153	154	167
A-5	202	175	198	193	195	207
A-6	249	207	242	228	238	245
B-1	25	10	55	34	135	140
B-2	57	38	146	141	64	60
B-3	186	168	26	30	51	53
B-4	245	208	205	199	0	34
B-5	192	179	75	49	145	157
B-6	0	1	127	126	159	172
C-1	238	199	158	149	25	36
C-2	157	142	188	188	54	53
C-3	83	79	58	30	106	109
C-4	195	183	79	56	95	97
C-5	58	29	88	59	159	171
C-6	222	196	118	110	32	35
D-1	112	85	76	55	60	53
D-2	197	170	145	137	125	132
D-3	87	47	120	105	155	169
D-4	82	58	106	90	60	51
D-5	126	101	125	108	174	189
D-6	98	73	187	196	166	191

技術番号 BR010029

Skydio2

技術名 非GNSS環境型UAVを用いた橋梁点検支援システム

開発者名 株式会社IHI

試験日 令和5年 12月 8日

天候 晴れ

気温 15.9 °C

風速 4.6 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

検出項目 ひびわれ

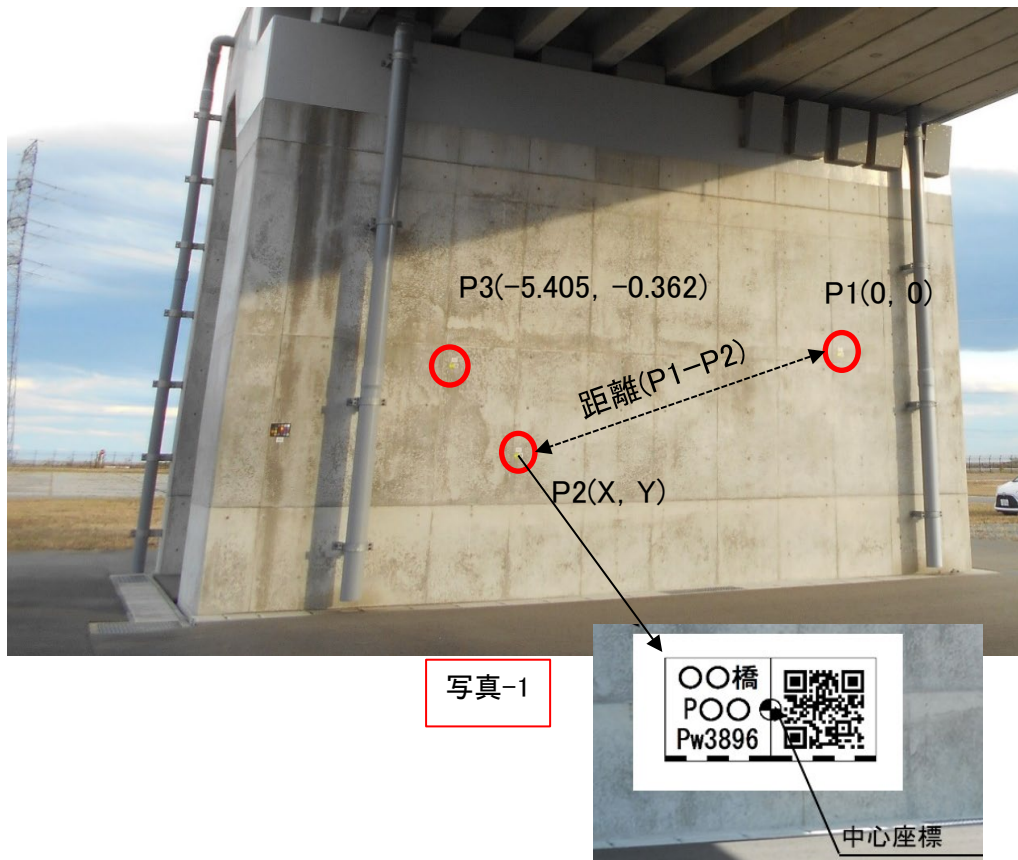
試験区分 標準試験

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

※検証試験体

- ・A2橋台縦壁前面にマーカを3箇所設置する。(写真-1)
- ・P1の座標(0, 0)を基準(原点)とし、P3を既知点としP2の座標(x, y)及びP1-P2間の距離を計測する。



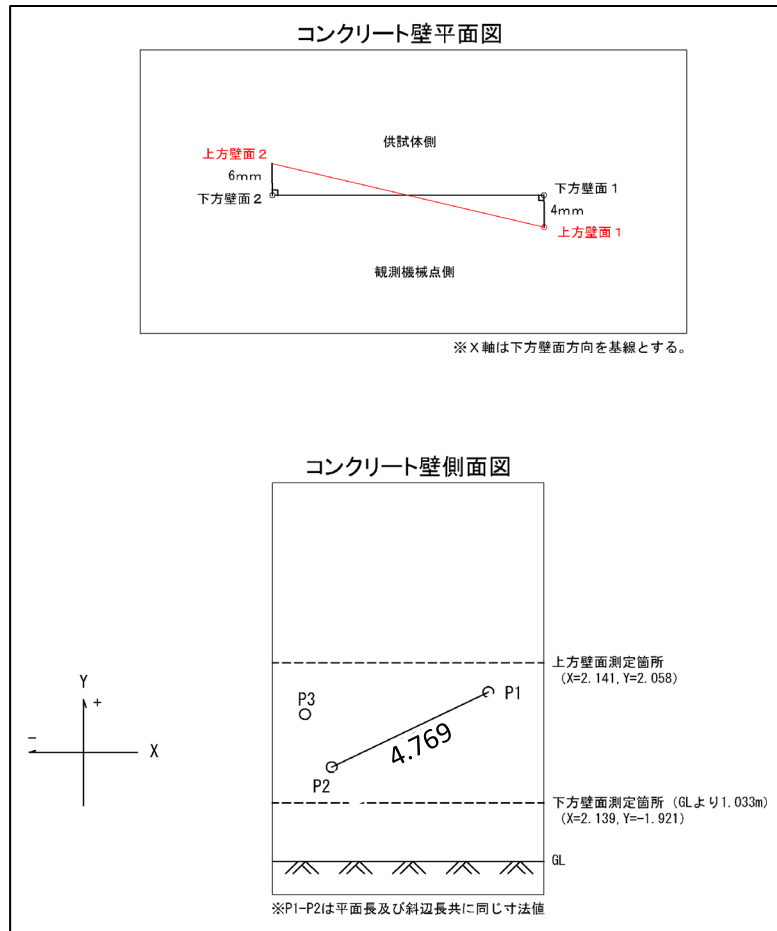
- ① 機器の搬入(ドローン、コントローラ)(写真-2)
- ② 撮影状況:A2橋台のマーカ(P1、P2、P3)を含む壁面を撮影(写真-3)
- ③ 撮影状況:A2橋台のマーカ(P1、P2、P3)を含む壁面を撮影(写真-4)
- ④ 撮影状況:A2橋台のマーカ(P1、P2、P3)を含む壁面を撮影(写真-5)
- ⑤ 後日、撮影した画像からオルソ画像を作成し、P2の座標値、距離(P1-P2)を算出する。

開発者による計測機器の設置状況



※長さ計測精度/位置精度

立会者によりP1(0, 0)を基準点とし、P2、P3をトータルステーションにて測量した座標値を真値とする。



コンクリート壁マーカー座標値

点名	X座標	Y座標	Z座標
P1	0.000	0.000	0.000
P2	-4.568	-1.370	-0.001
P3	-5.405	-0.362	0.000

※長さ計測精度/位置精度

■カメラ名称: Sony IMX577

■被写体距離: 4.4 m ■照度: 7.10~65.9 kLux ■風速: 1.5~4.6 m/s

■気温: 15.9 °C

■焦点距離: 20mm(35mm判換算) ■シャッター速度: 1/192 秒

■絞り: f 2.8 ■ISO値: 100

■フォーカス: AF ■画像Pixel数: 4056 × 3040

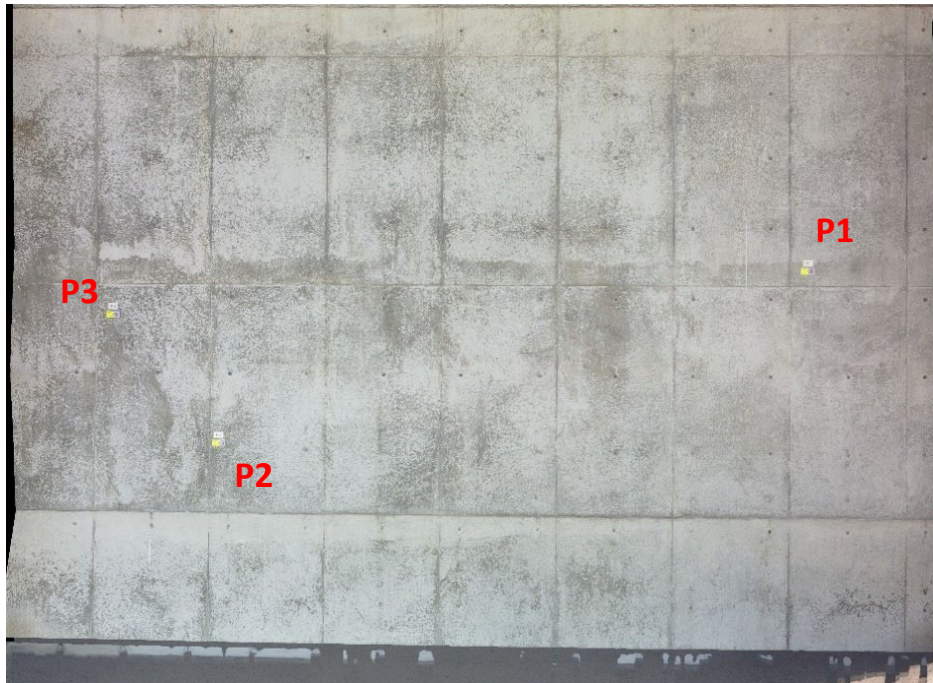


写真-6 オルソ画像

コンクリート壁マーカース座標値

点名	X座標			Y座標			距離 (P1 - P2)		
	真値	計測値	精度	真値	計測値	精度	真値	計測値	精度
P1	0.000	0.000	/	0.000	0.000	/	/	/	/
P2	-4.568	-4.565	-0.003	-1.370	-1.489	0.119	4.769	4.802	100.7%
P3	-5.405	-5.405	/	-0.362	-0.362	/	/	/	/

技術番号 BR010029

Skydio2

技術名 非GNSS環境型UAVを用いた橋梁点検支援システム 開発者名 株式会社IHI

試験日 令和5年 12月 8日 天候 晴れ 気温 16.2 °C 風速 0.7 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 ひびわれ 試験区分 標準試験

試験で確認する
カタログ項目 構造物近傍安定性能
進入可能性能
可動範囲

対象構造物の概要

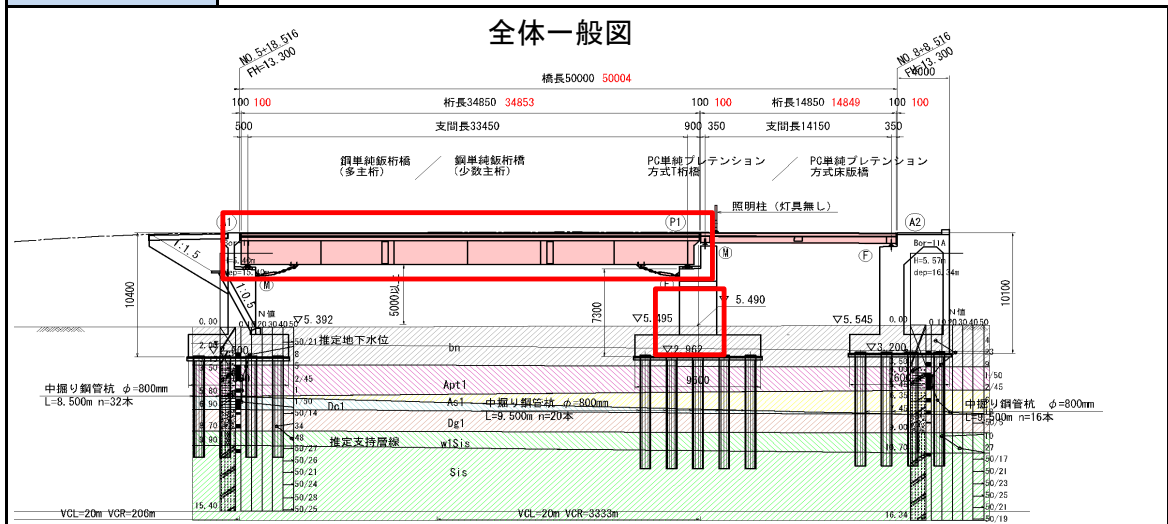


写真-1 全体写真

対象径間: 第1径間

計測対象部材: P1橋脚近傍、第1径間防護柵側面

試験方法(手順)	技術番号	BR010029
① 機器の搬入(ドローン、コントローラ)(写真-2)		
② ホバリング(写真-3:P1橋脚付近)		
③ 飛行状況(写真-4:P1~A1間の防護柵側面を飛行)		
④ ホバリング後、P1~A1~P1の経路で飛行を確認した。(飛行距離:約50m(=7.5+35+7.5))(写真-4)		
⑤ 少数主桁橋の桁下を飛行した。(写真-5)		

開発者による計測機器の設置状況



写真-2



写真-3



写真-4



写真-5

※構造物近傍安定性能

構造物までの距離:0.5m

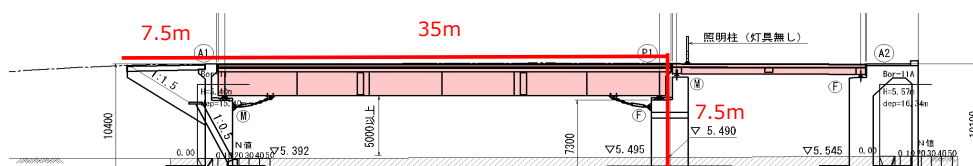
風速:2.1m/s

停止飛行時:水平移動無し

ホバリング:60秒間



※可動範囲:50m(飛行距離:50m(=7.5+35+7.5))

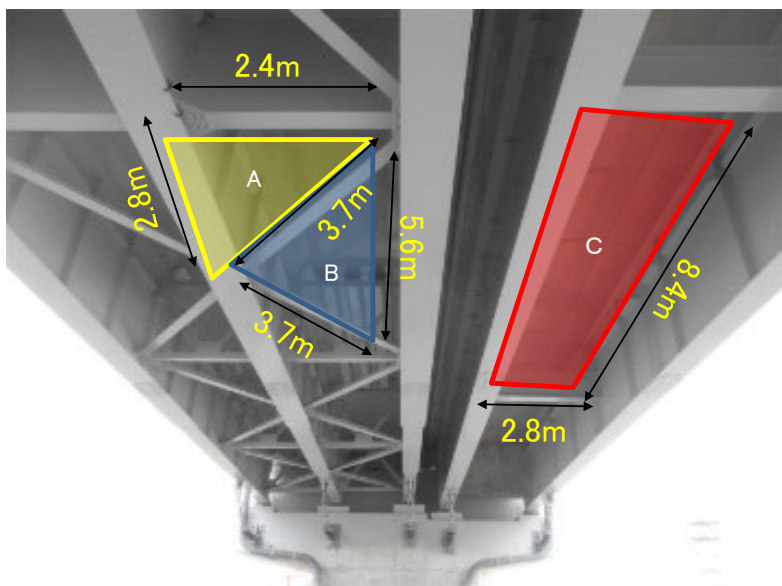


※進入可能性能

<桁間に進入>

風速: 3.0m/s

8.4m × 2.8m × 8.4m × 2.8m 進入可能 (平面寸法C)



8.4m × 2.8m × 8.4m × 2.8m 進入可能 (平面寸法C)

技術番号 BR010029

Skydio2

技術名 非GNSS環境型UAVを用いた橋梁点検支援システム

開発者名 株式会社IHI

試験日 令和5年 12月 8日

天候 晴れ

気温 16.2 °C

風速 0.7 m/s

試験場所 福島ロボットテストフィールド

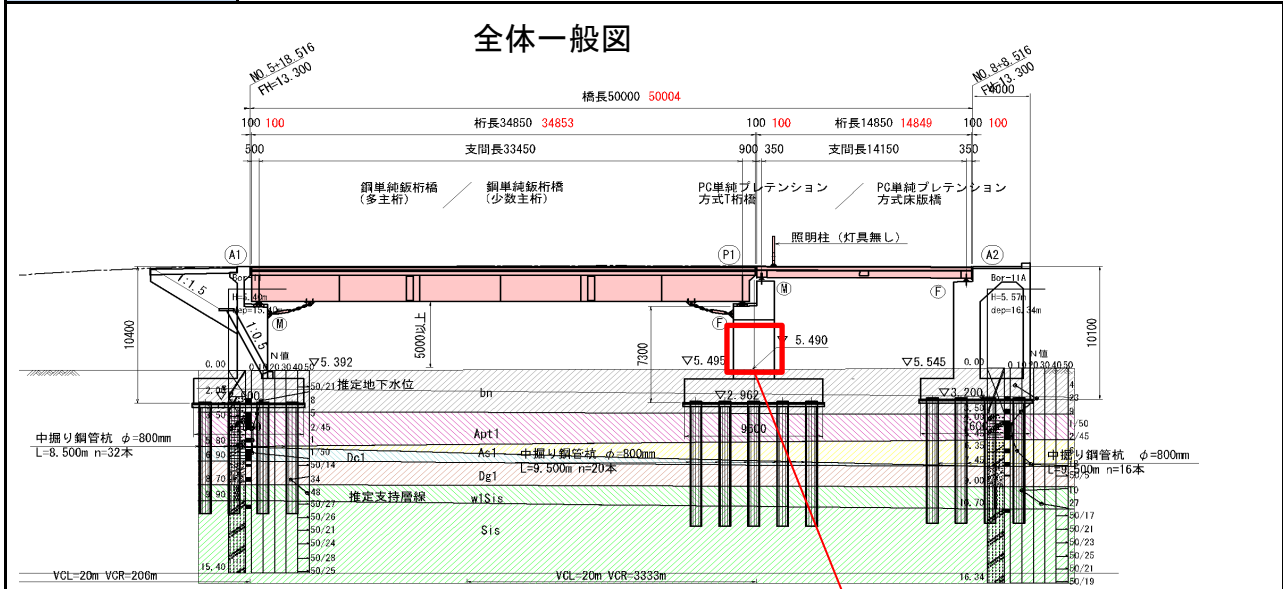
カタログ分類 画像計測技術

検出項目 ひびわれ

試験区分 現場試験

試験で確認する
カタログ項目 動作確認(精度以外)

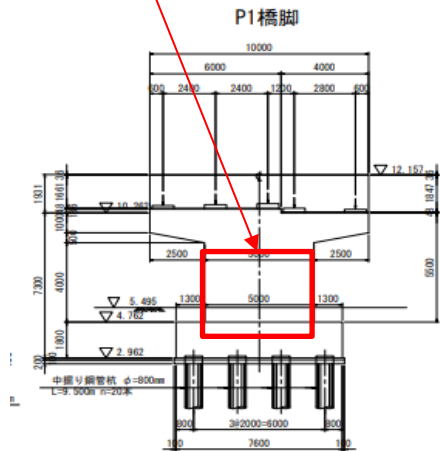
対象構造物の概要



対象:P1橋脚 張出式橋脚



写真-1 全体写真



計測対象部材:P1橋脚柱部(起点側)(上記 赤色内)

- ① 機器の搬入(ドローン、コントローラ)(写真-2)
- ② 撮影状況:P1橋脚柱部の撮影(写真-3)
- ③ 撮影状況:P1橋脚柱部の撮影(写真-4)
- ④ 撮影状況:PCホロー桁橋下面の撮影(写真-5)
- ⑤ 後日、撮影した画像からひびわれ図等を作成する。

開発者による計測機器の設置状況



写真-2



写真-3



写真-4



写真-5

■カメラ名称: Sony IMX577

■被写体距離: 1.6 m ■照度: 11.8~70.4 kLux ■風速: 2.2~5.1 m/s

■気温: 18.3 °C

■焦点距離: 20mm(35mm判換算) ■シャッター速度: 1/168 秒

■絞り: f 2.8 ■ISO値: 100

■フォーカス: AF ■画像Pixel数: 4056 × 3040

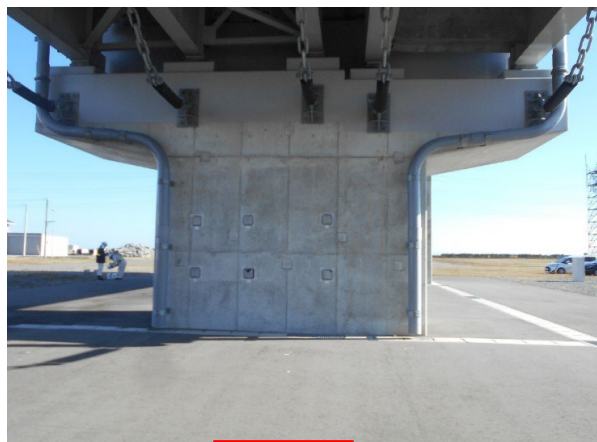


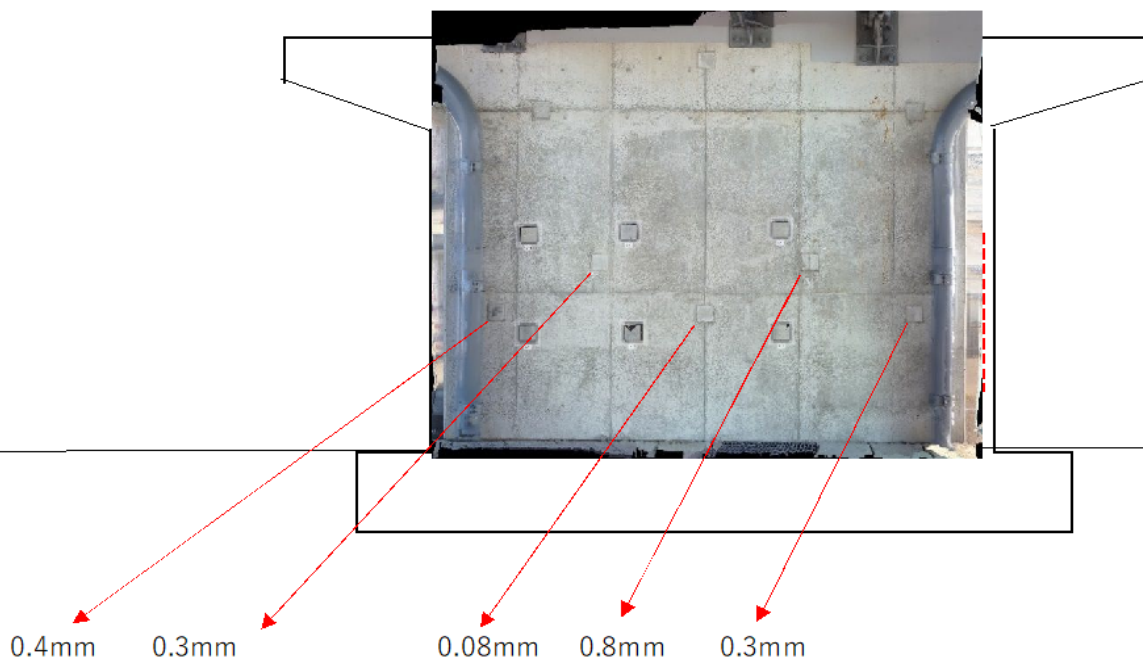
写真-6

※撮影した画像(P1橋脚柱部(起点側))(写真-6)からひびわれを確認する。

※計測結果

計測位置:P1橋脚柱部前面のひびわれ

P1柱部



技術番号 BR010029

SkydioX2

技術名 非GNSS環境型UAVを用いた橋梁点検支援システム 開発者名 株式会社IHI

試験日 令和5年 12月 8日 天候 晴れ 気温 - °C 風速 - m/s

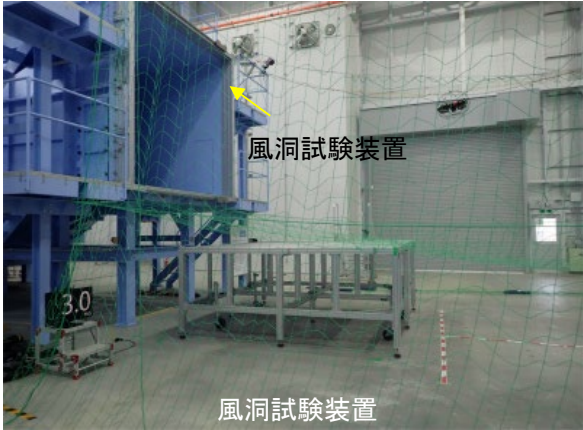
試験場所 福島ロボットテストフィールド風洞棟

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

試験で確認する
カタログ項目 安定性能(人工風)

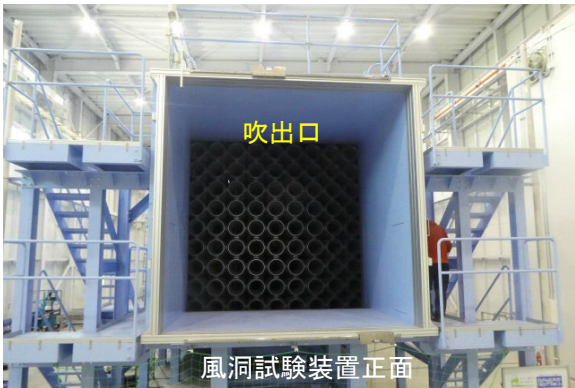
対象構造物の概要

使用施設: 福島ロボットテストフィールド風洞棟



風洞棟仕様

延床面積	900㎡・S造平屋建て
風洞試験装置(テーブル、保護ネット含む)	
天井クレーン(4.9t)	
測定部断面	3m×3m
最大風速	20m/s
風速分布	10m/s以上において±15%以下(吹出口)
乱流値	10m/s以上において±10%以下(吹出口中央付近)
突風性能	8m/sから20m/s時に3秒以内
脈動性能	10m/sから20m/s時に周期5秒以内
速度成層性能	鉛直方向に速度勾配



一定の風速(3m/s、5m/s、8m/s)で、突風を発生させる。

試験方法(手順)	技術番号	BR010029
①	ドローンに3Dモーションキャプチャ用のマーカを貼り付ける。(写真-1)	
②	吹出口の中心にドローンを正面向きにホバリングする。(写真-2)	
③	ホバリング後、風速3m/sの突風を発生させ、移動量を3Dモーションキャプチャより測定する。(写真-3)(写真-4)	
④	②、③について、ドローンを横向きにホバリングし、同様の作業を実施する。	
⑤	②～④について、風速5m/sおよび、8m/sの場合も同様に実施する。	

開発者による計測機器の設置状況



写真-1



写真-2

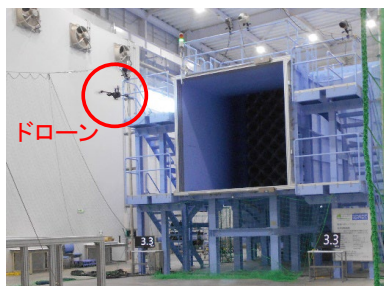


写真-3

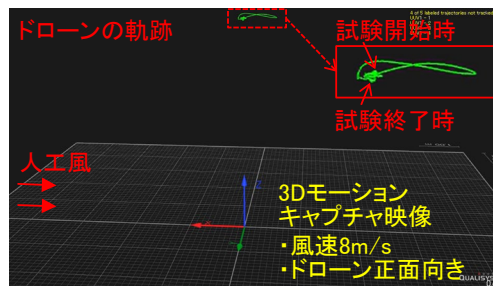


写真-4

比較対象を得るため、立会者による計測機器の設置状況

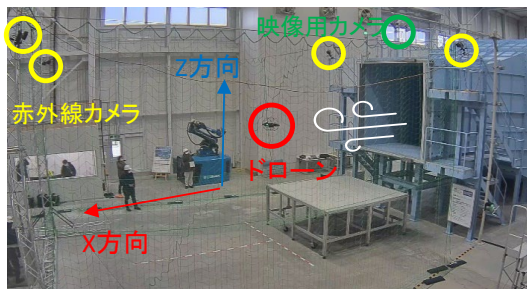


写真-5

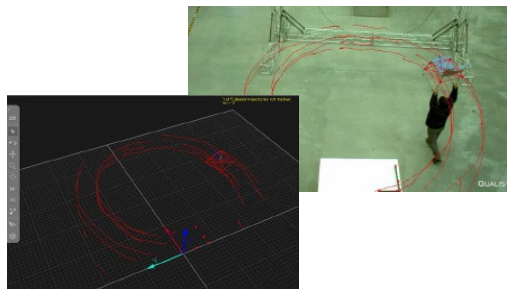


写真-6

※4台の赤外線カメラおよび、1台の映像カメラにより、対象物を撮影し、移動量を専用ソフトにて計測。(写真-5)(写真-6)

※安定性能

風速:3.0m/s

正面

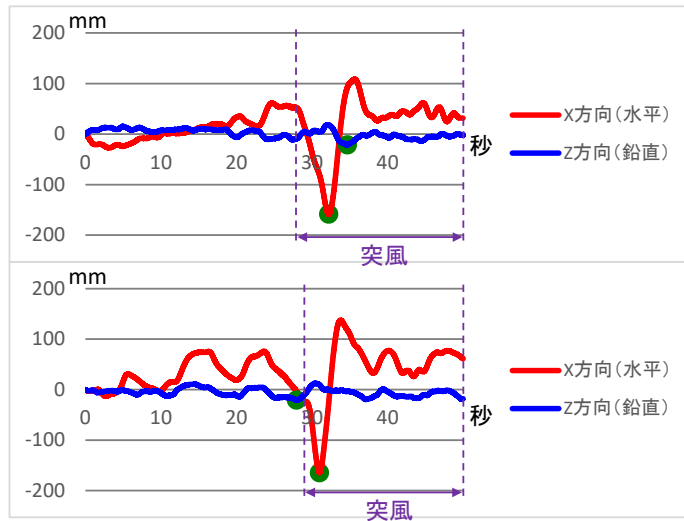
水平方向 最大移動量 16cm

鉛直方向 最大移動量 2cm

側面

水平方向 最大移動量 16cm

鉛直方向 最大移動量 2cm



風速:5.0m/s

正面

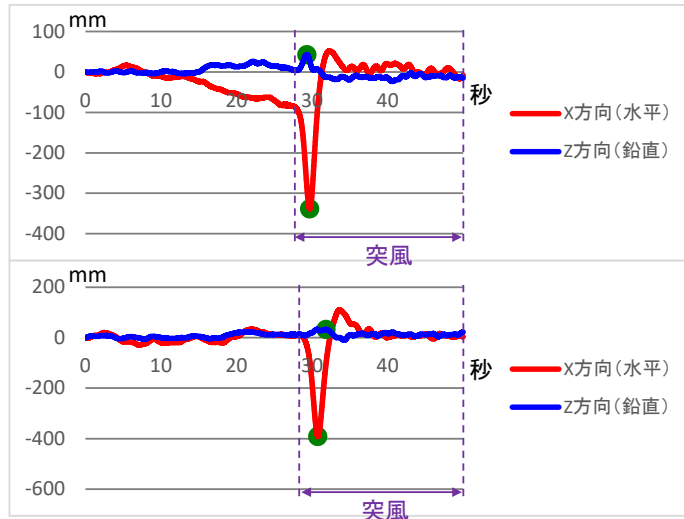
水平方向 最大移動量 34cm

鉛直方向 最大移動量 4cm

側面

水平方向 最大移動量 39cm

鉛直方向 最大移動量 3cm



風速:8.0m/s

正面

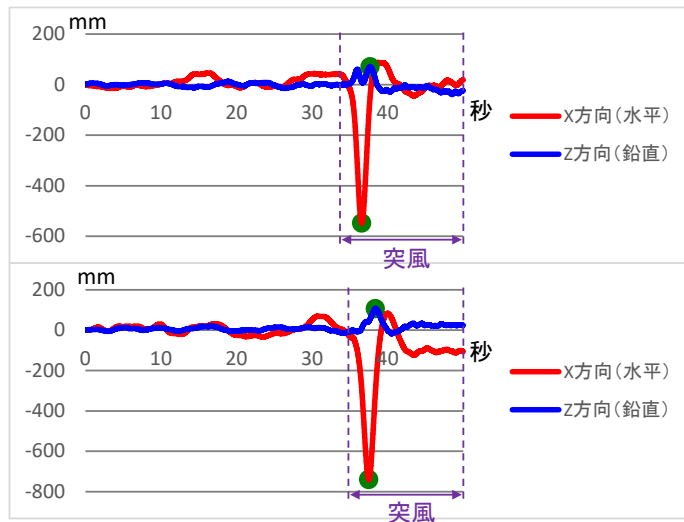
水平方向 最大移動量 55cm

鉛直方向 最大移動量 7cm

側面

水平方向 最大移動量 74cm

鉛直方向 最大移動量 11cm



技術番号 BR010029

Skydio2

技術名 非GNSS環境型UAVを用いた橋梁点検支援システム

開発者名 株式会社IHI

試験日 令和5年 12月 8日

天候 晴れ

気温 18.3 °C

風速 4.6 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

検出項目 ひびわれ

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
最小・ひびわれ精度
色識別性能

対象構造物の概要

・幅0.05mm、0.1mm、0.2mm、0.3mm、1.0mmのひびわれを「縦」、「横」、「斜」の方向それぞれに有したひびわれのモルタルのパネルをA1橋台、P1橋脚に配置した。(写真-1、2、3 ○:パネル)

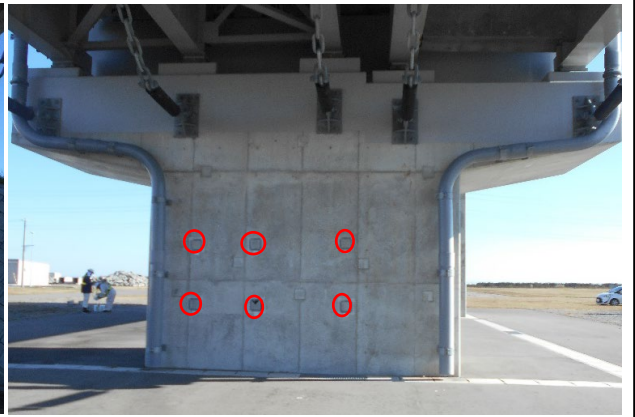
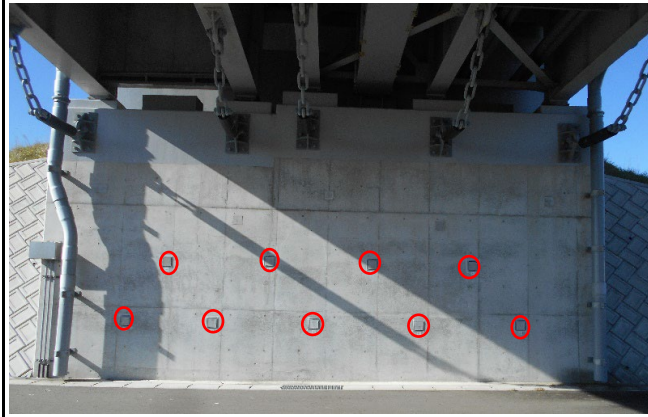


写真-1:A1橋台(9パネル)

写真-2:P1橋脚(起点側)(6パネル)

パネル番号(チャート番号)とひびわれ方向(縦、横、斜)

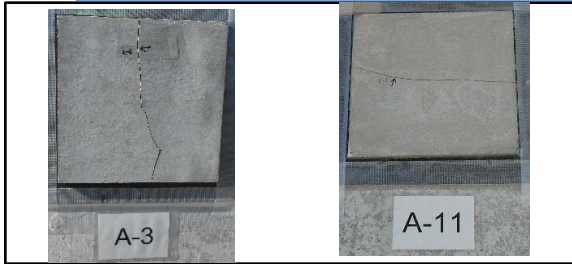
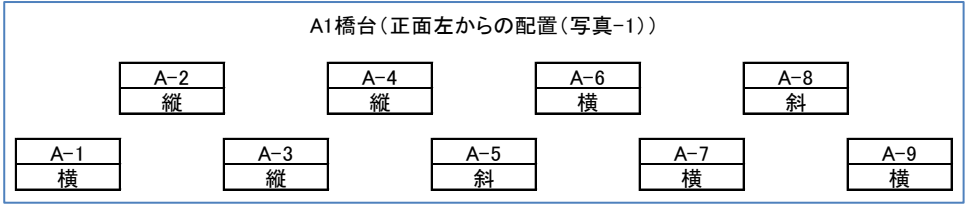
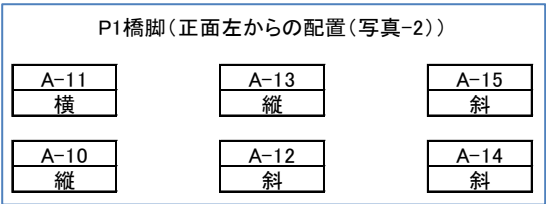


写真-3:パネル(抜粋 A-3、A-11)



- | | |
|---|--|
| ① | 機器の搬入(ドローン、コントローラ)(写真-4) |
| ② | 測定状況(A1橋台縦壁部に位置のひびわれ模擬版の撮影)(写真-5) |
| ③ | 測定状況(P1橋脚柱部に配置のひびわれ模擬版の撮影)(写真-6) |
| ④ | 測定状況(P1橋脚柱部に配置の24色カラーチャートk1)の撮影)(写真-7) |
| ⑤ | 計測範囲と計測時間から撮影速度を計測する。また、計測終了後、撮影画像を基に模擬版のひびわれ幅を計測する。色識別性能は24色カラーチャートのRGB値を撮影画像とオルソ画像から求める。 |

開発者による計測機器の設置状況



写真-4



写真-5



写真-6



写真-7

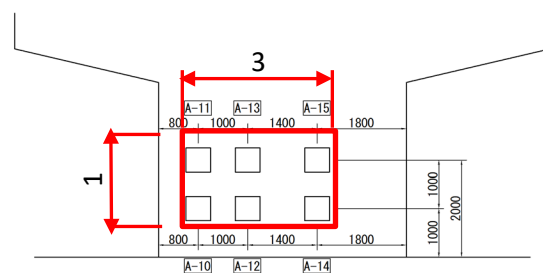
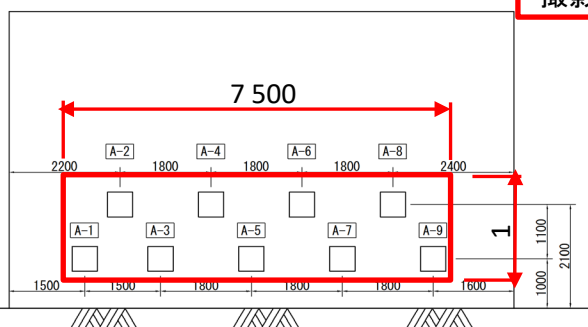
※撮影速度



A1橋台

撮影範囲

P1橋脚



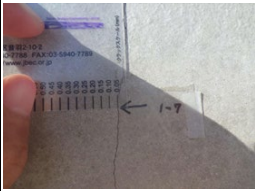






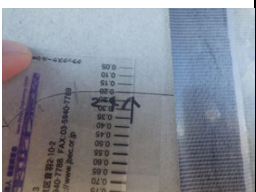
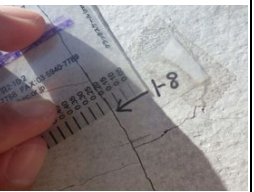

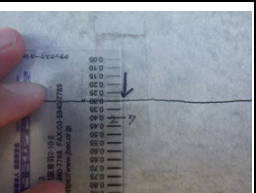

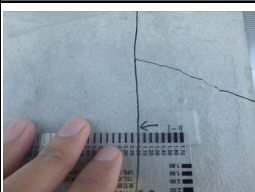


撮影面積(7.5×1.5+3.5×1.5=16.5m²)を飛行しながら移動して、撮影に要した時間(秒)を計測する。

$$\text{速度(撮影速度)} = 16.5\text{m}^2 \div \text{所要時間(秒)}$$

※最小ひびわれ幅・計測精度

各ひびわれ幅のパネルについて、クラックスケールで計測した値を真値とする。

真値(ひびわれ幅)

チャート番号	A-2	A-11	A-15
方向	縦	横	斜
写真			
真値	0.05	0.05	0.05
チャート番号	A-10	A-1	A-14
方向	縦	横	斜
写真			
真値	0.1	0.1	0.1
チャート番号	A-4	A-6	A-5
方向	縦	横	斜
写真			
真値	0.2	0.2	0.2
チャート番号	A-3	A-9	A-12
方向	縦	横	斜
写真			
真値	0.3	0.3	0.3
チャート番号	A-13	A-7	A-8
方向	縦	横	斜
写真			
真値	1.0	1.0	1.0

※色識別性能

市販の24色のカラーチャート(写真-8)を使用する。
RGB値はカラーチャートの販売業者提供しているRGB値を真値とする。

配置はP1橋脚(K1)(写真-9)とA2橋台(K2)(写真-10)の2箇所



写真-8



写真-9 □:K1

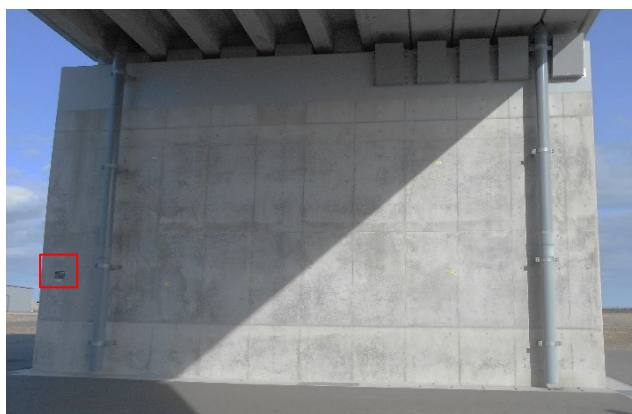


写真-10 □:K2

	真 値		
	R値	G値	B値
A-1	43	41	43
A-2	80	80	78
A-3	122	118	116
A-4	161	157	154
A-5	202	198	195
A-6	249	242	238
B-1	25	55	135
B-2	57	146	64
B-3	186	26	51
B-4	245	205	0
B-5	192	75	145
B-6	0	127	159
C-1	238	158	25
C-2	157	188	54
C-3	83	58	106
C-4	195	79	95
C-5	58	88	159
C-6	222	118	32
D-1	112	76	60
D-2	197	145	125
D-3	87	120	155
D-4	82	106	60
D-5	126	125	174
D-6	98	187	166

※撮影速度

撮影面積: 16.5m²、撮影時間: A1(11分9秒)、P1(4分25秒) = 15分34秒 = 934秒(934sec)

撮影速度 = 16.5 / 934 = 0.018m²/sec

※最小ひびわれ幅・計測精度

■カメラ名称: Sony IMX577

■被写体距離: 0.9 m ■照度: 9.47~72.0 kLux ■風速: 1.8~5.2 m/s

■気温: 18.3~21.5 °C

■焦点距離: 41mm(35mm判換算) ■シャッター速度: 1/1542秒

■絞り: f 2.8 ■ISO値: 101

■フォーカス: AF ■画像Pixel数: 4056 × 3040

チャート番号	A-2	A-11	A-15
方向	縦	横	斜
真値	0.05	0.05	0.05
撮影画像			
計測値	0.03	0.09	0.05
チャート番号	A-10	A-1	A-14
方向	縦	横	斜
真値	0.1	0.1	0.1
撮影画像			
計測値	0.3	0.1	0.2
チャート番号	A-4	A-6	A-5
方向	縦	横	斜
ひびわれ幅	0.2	0.2	0.2
撮影画像			
計測値	0.1	0.1	0.2
チャート番号	A-3	A-9	A-12
方向	縦	横	斜
真値	0.3	0.3	0.3
撮影画像			
計測値	0.3	0.3	0.2
チャート番号	A-13	A-7	A-8
方向	縦	横	斜
真値	1.0	1.0	1.0
撮影画像			
計測値	0.6	0.5	0.7

ひびわれ幅	計測精度
0.05mm	0.03mm
0.1mm	0.13mm
0.2mm	0.08mm
0.3mm	0.06mm
1.0mm	0.41mm

※色識別性能

■カメラ名称: Sony IMX577

■被写体距離: 3.3 m ■照度: 10.6~75.4 kLux ■風速: 2.8~4.6 m/s

■気温: 19.8 °C

■焦点距離: 41mm(35mm判換算) ■シャッター速度: 1/1542秒

■絞り: f 2.8 ■ISO値: 101

■フォーカス: AF ■画像Pixel数: 4056 × 3040



立会者撮影



K1:開発者撮影



K1:オルソ画像

K1:計測比較

K1:開発者撮影

	R値		G値		B値	
	真値	計測値	真値	計測値	真値	計測値
A-1	43	38	41	37	43	42
A-2	80	75	80	73	78	78
A-3	122	128	118	126	116	131
A-4	161	174	157	173	154	179
A-5	202	214	198	212	195	217
A-6	249	250	242	255	238	255
B-1	25	18	55	43	135	161
B-2	57	43	146	166	64	52
B-3	186	208	26	28	51	55
B-4	245	248	205	213	0	0
B-5	192	216	75	58	145	169
B-6	0	1	127	140	159	181
C-1	238	237	158	168	25	12
C-2	157	179	188	209	54	35
C-3	83	78	58	34	106	123
C-4	195	221	79	61	95	107
C-5	58	37	88	75	159	186
C-6	222	226	118	119	32	15
D-1	112	116	76	59	60	48
D-2	197	211	145	158	125	142
D-3	87	67	120	122	155	179
D-4	82	70	106	100	60	38
D-5	126	123	125	123	174	197
D-6	98	83	187	208	166	190

K1:オルソ画像

	R値		G値		B値	
	真値	計測値	真値	計測値	真値	計測値
A-1	43	42	41	42	43	44
A-2	80	86	80	83	78	78
A-3	122	134	118	130	116	127
A-4	161	189	157	184	154	178
A-5	202	234	198	231	195	222
A-6	249	253	242	255	238	252
B-1	25	21	55	43	135	162
B-2	57	59	146	182	64	55
B-3	186	224	26	39	51	53
B-4	245	253	205	230	0	4
B-5	192	228	75	75	145	166
B-6	0	3	127	157	159	183
C-1	238	250	158	188	25	17
C-2	157	190	188	219	54	39
C-3	83	86	58	36	106	121
C-4	195	237	79	83	95	107
C-5	58	47	88	84	159	190
C-6	222	242	118	140	32	16
D-1	112	128	76	69	60	53
D-2	197	226	145	172	125	146
D-3	87	80	120	128	155	176
D-4	82	82	106	113	60	37
D-5	126	144	125	141	174	198
D-6	98	102	187	220	166	188

※色識別性能

■カメラ名称: Sony IMX577

■被写体距離: 3.3 m ■照度: 10.6~75.4 kLux ■風速: 2.8~4.6 m/s

■気温: 19.8 °C

■焦点距離: 41mm(35mm判換算) ■シャッター速度: 1/1542秒

■絞り: f 2.8 ■ISO値: 101

■フォーカス: AF ■画像Pixel数: 4056 × 3040



立会者撮影



K2:開発者撮影



K2:オルソ画像

K2:計測比較

K2:開発者撮影

	R値		G値		B値	
	真値	計測値	真値	計測値	真値	計測値
A-1	43	52	41	52	43	60
A-2	80	83	80	83	78	91
A-3	122	131	118	134	116	141
A-4	161	178	157	181	154	190
A-5	202	218	198	218	195	226
A-6	249	254	242	255	238	255
B-1	25	24	55	44	135	169
B-2	57	46	146	174	64	65
B-3	186	214	26	42	51	56
B-4	245	248	205	222	0	13
B-5	192	217	75	74	145	179
B-6	0	1	127	150	159	193
C-1	238	244	158	184	25	34
C-2	157	180	188	216	54	56
C-3	83	85	58	40	106	133
C-4	195	226	79	89	95	117
C-5	58	47	88	84	159	201
C-6	222	234	118	137	32	34
D-1	112	121	76	71	60	60
D-2	197	217	145	171	125	156
D-3	87	82	120	129	155	197
D-4	82	76	106	114	60	53
D-5	126	132	125	135	174	212
D-6	98	98	187	215	166	206

K2:オルソ画像

	R値		G値		B値	
	真値	計測値	真値	計測値	真値	計測値
A-1	43	56	41	56	43	64
A-2	80	88	80	89	78	94
A-3	122	133	118	136	116	143
A-4	161	184	157	187	154	194
A-5	202	220	198	223	195	228
A-6	249	249	242	248	238	253
B-1	25	25	55	47	135	182
B-2	57	49	146	181	64	71
B-3	186	219	26	50	51	69
B-4	245	245	205	230	0	15
B-5	192	222	75	77	145	182
B-6	0	0	127	152	159	191
C-1	238	243	158	189	25	37
C-2	157	183	188	218	54	54
C-3	83	87	58	40	106	134
C-4	195	225	79	80	95	111
C-5	58	44	88	77	159	193
C-6	222	233	118	136	32	33
D-1	112	117	76	71	60	58
D-2	197	222	145	173	125	158
D-3	87	82	120	133	155	198
D-4	82	82	106	113	60	54
D-5	126	135	125	135	174	209
D-6	98	96	187	218	166	203

技術番号 BR010029

Skydio2

技術名 非GNSS環境型UAVを用いた橋梁点検支援システム

開発者名 株式会社IHI

試験日 令和5年 12月 8日

天候 晴れ

気温 15.9 °C

風速 4.6 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

検出項目 ひびわれ

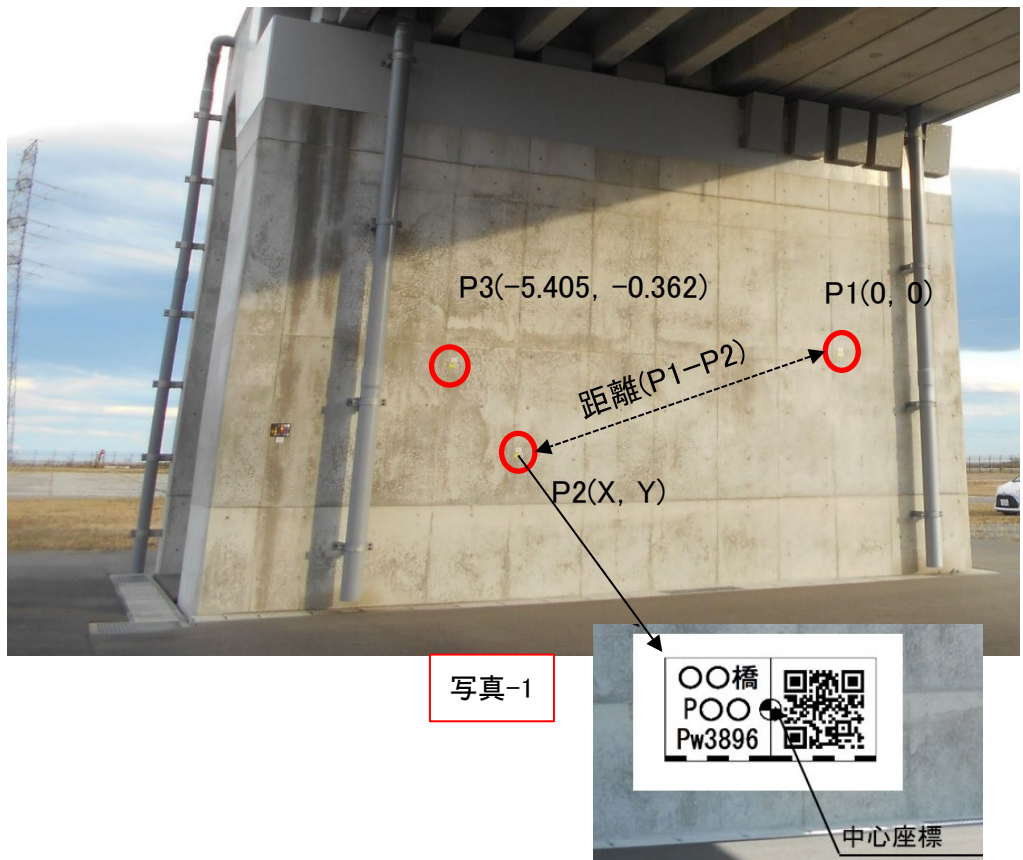
試験区分 標準試験

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

※検証試験体

- ・A2橋台縦壁前面にマーカを3箇所設置する。(写真-1)
- ・P1の座標(0, 0)を基準(原点)とし、P3を既知点としP2の座標(x, y)及びP1-P2間の距離を計測する。



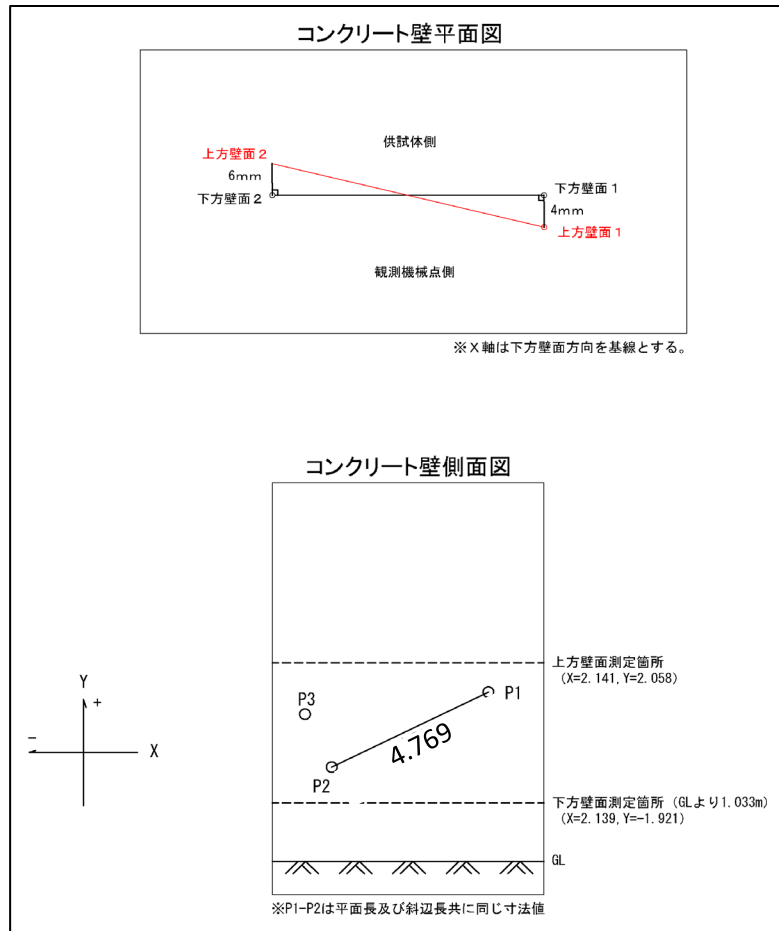
- ① 機器の搬入(ドローン、コントローラ)(写真-2)
- ② 撮影状況:A2橋台のマーカ(P1、P2、P3)を含む壁面を撮影(写真-3)
- ③ 撮影状況:A2橋台のマーカ(P1、P2、P3)を含む壁面を撮影(写真-4)
- ④ 撮影状況:A2橋台のマーカ(P1、P2、P3)を含む壁面を撮影(写真-5)
- ⑤ 後日、撮影した画像からオルソ画像を作成し、P2の座標値、距離(P1-P2)を算出する。

開発者による計測機器の設置状況



※長さ計測精度/位置精度

立会者によりP1(0, 0)を基準点とし、P2、P3をトータルステーションにて測量した座標値を真値とする。



コンクリート壁マーカー座標値

点名	X座標	Y座標	Z座標
P1	0.000	0.000	0.000
P2	-4.568	-1.370	-0.001
P3	-5.405	-0.362	0.000

※長さ計測精度/位置精度

■カメラ名称: Sony IMX577

■被写体距離: 3.3 m ■照度: 10.5~31, 9 kLux ■風速: 2.1~5.1 m/s

■気温: 19.8 °C

■焦点距離: 41mm(35mm判換算) ■シャッター速度: 1/1542 秒

■絞り: f 2.8 ■ISO値: 101

■フォーカス: AF ■画像Pixel数: 4056 × 3040

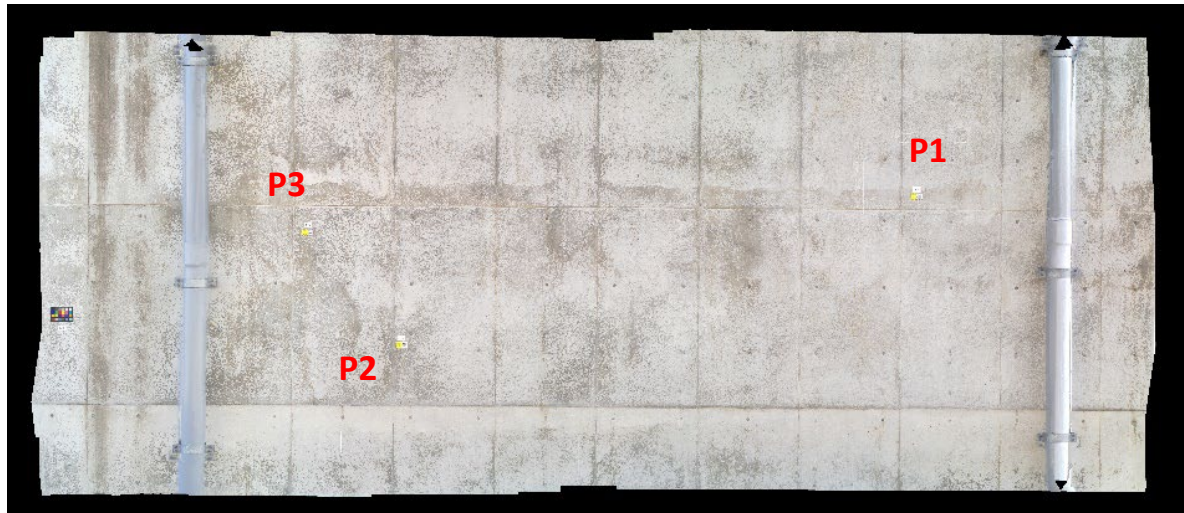


写真-6 オルソ画像

コンクリート壁マーカー座標値

点名	X座標			Y座標			距離 (P1 - P2)		
	真値	計測値	精度	真値	計測値	精度	真値	計測値	精度
P1	0.000	0.000	/	0.000	0.000	/	/	/	/
P2	-4.568	-4.555	-0.013	-1.370	-1.386	0.016	4.769	4.761	99.8%
P3	-5.405	-5.405	/	-0.362	-0.362	/	/	/	/

技術番号 BR010029

Skydiox2

技術名 非GNSS環境型UAVを用いた橋梁点検支援システム 開発者名 株式会社IHI

試験日 令和5年 12月 8日 天候 晴れ 気温 19.2 °C 風速 4.6 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 ひびわれ 試験区分 標準試験

試験で確認する
カタログ項目 構造物近傍安定性能
進入可能性能
可動範囲

対象構造物の概要

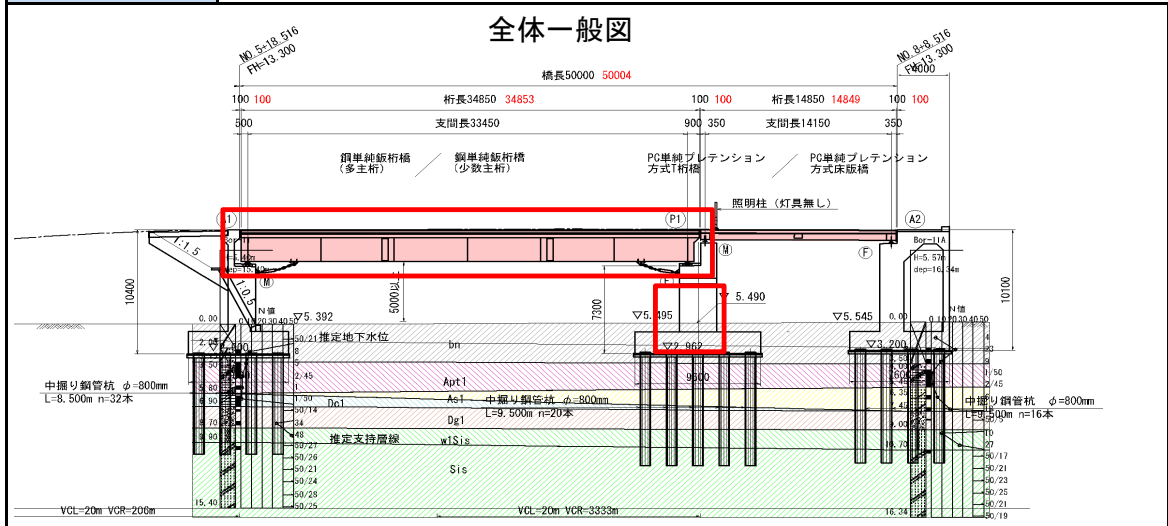


写真-1 全体写真

対象径間: 第1径間

計測対象部材: P1橋脚近傍、第1径間防護柵側面

試験方法(手順)	技術番号	BR010029
① 機器の搬入(ドローン、コントローラ)(写真-2)		
② ホバリング(写真-3:P1橋脚付近)		
③ 飛行状況(写真-4:P1~A1間の防護柵側面を飛行)		
④ ホバリング後、P1~A1~P1の経路で飛行を確認した。(飛行距離:約50m(=7.5+35+7.5))(写真-4)		
⑤ 少数主桁橋の桁下を飛行した。(写真-5)		

開発者による計測機器の設置状況



写真-2



写真-3



写真-4



写真-5

※構造物近傍安定性能

構造物までの距離: 2m

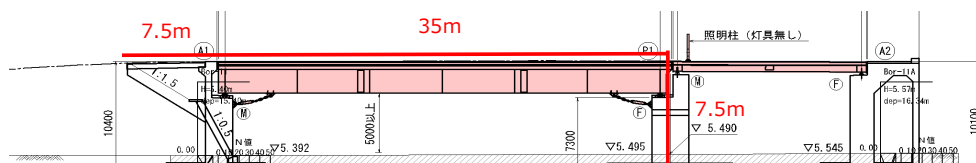
風速: 4.6m/s

停止飛行時: 水平移動無し

ホバリング: 60秒間



※可動範囲: 50m(飛行距離: 50m(=7.5+35+7.5))

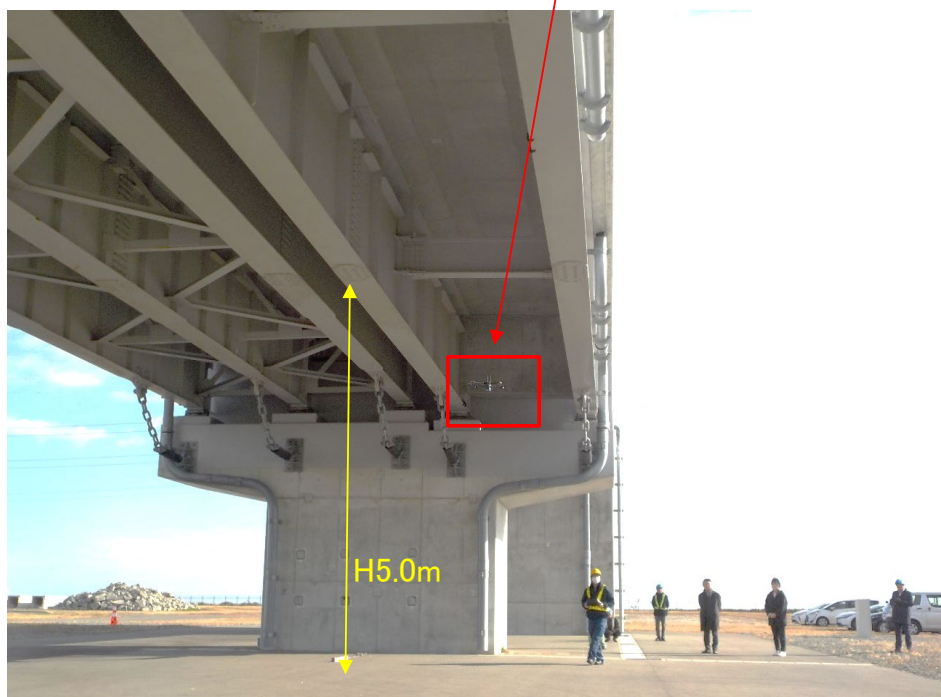


※進入可能性能

<桁間に進入しない>

風速: 4.6m/s

桁下空間: 高さ5.0m進入可能



技術番号 BR010029

SkydioX2

技術名 非GNSS環境型UAVを用いた橋梁点検支援システム

開発者名 株式会社IHI

試験日 令和5年 12月 8日

天候 晴れ

気温 19.7 °C

風速 4.8 m/s

試験場所 福島ロボットテストフィールド

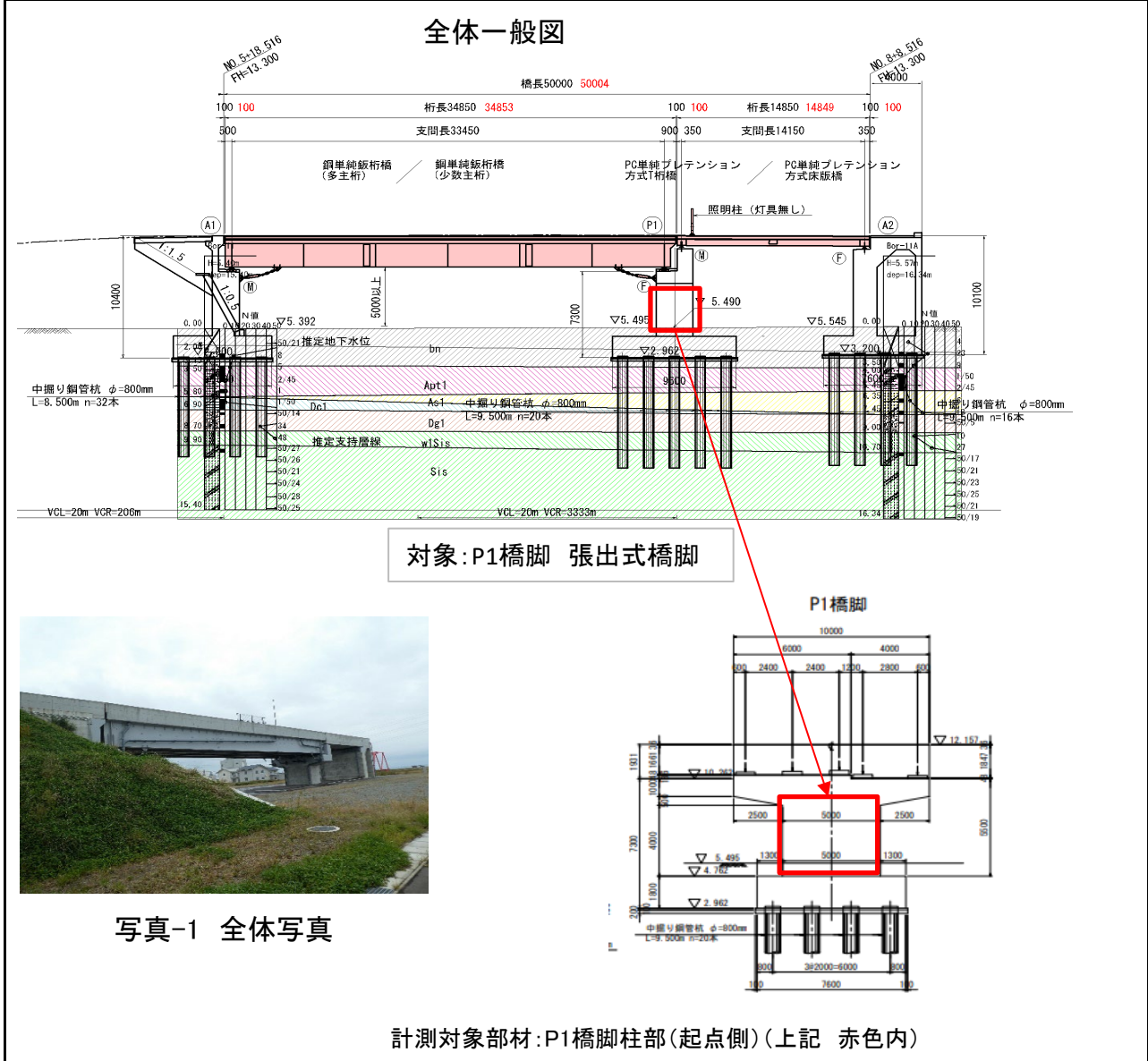
カタログ分類 画像計測技術

検出項目 ひびわれ

試験区分 現場試験

試験で確認する
カタログ項目 動作確認(精度以外)

対象構造物の概要



- ① 機器の搬入(ドローン、コントローラ)(写真-2)
- ② 撮影状況:P1橋脚柱部の撮影(写真-3)
- ③ 撮影状況:P1橋脚柱部の撮影(写真-4)
- ④ 撮影状況:PCホロー桁橋下面の撮影(写真-5)
- ⑤ 後日、撮影した画像からひびわれ図等を作成する。

開発者による計測機器の設置状況



写真-2



写真-3



写真-4



写真-5

■カメラ名称:Sony IMX577

■被写体距離:2.0 m ■照度:11.4~76.3 kLux ■風速:2.8~4.8 m/s

■気温:19.7 °C

■焦点距離:41mm(35mm判換算) ■シャッター速度:1/1542 秒

■絞り:f 2.8 ■ISO値:101

■フォーカス:AF ■画像Pixel数:4056×3040



写真-6

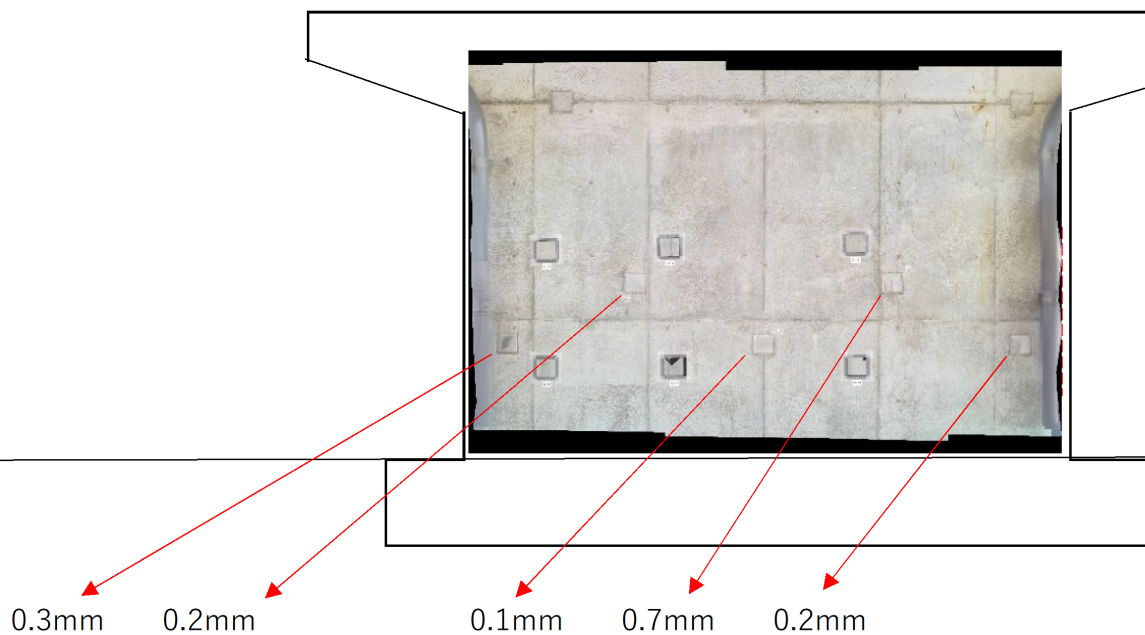
※撮影した画像(P1橋脚柱部(起点側))(写真-6)からひびわれを確認する。

計測結果の比較

※計測結果

計測位置:P1橋脚柱部前面のひびわれ

P1柱部



技術番号 BR010030

技術名 球体ガードと360°カメラを搭載したドローンによる橋梁の点検 開発者名 (株)エイテック

試験日 令和3年 3月 23日 天候 晴れ 気温 11.4 °C 風速 1.3 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 ひびわれ 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
最小・ひびわれ精度
色識別性能

対象構造物の概要

・幅0.05mm、0.1mm、0.2mm、0.3mm、1.00mmのひびわれを「縦」、「横」、「斜」の方向それぞれに有したひびわれのモルタルのパネルをA1橋台、P1橋脚に配置した。(写真-1、2、3 ○:パネル)

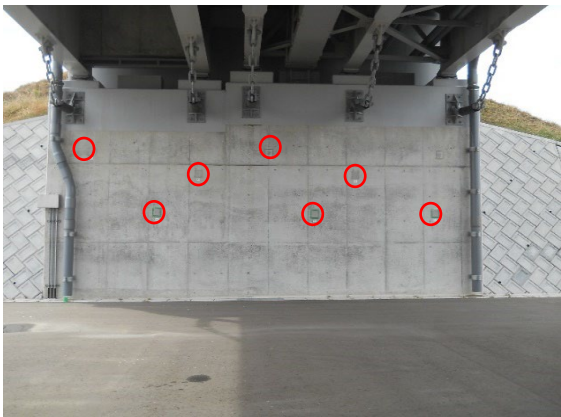


写真-1: A1橋台 (7パネル)



写真-2: P1橋脚 (起点側) (5パネル)



写真-3: P1橋脚 (終点側) (3パネル)

パネル番号 (チャート番号) とひびわれ方向 (縦、横、斜)
A1橋台 (正面右からの配置) (写真-1)

A1	M5	A2	A3	M2	A4	M1
横	横	縦	縦	斜	斜	縦

P1橋脚 (起点側) (正面右からの配置) (写真-2)

F4	M4	F6	M6	M3
横	縦	横	斜	斜

P1橋脚 (終点側) (正面右からの配置) (写真-3)

C2	C4	C5
斜	横	縦

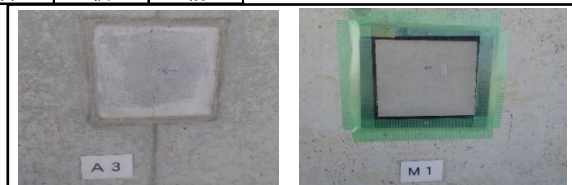


写真-4: パネル (抜粋 A3、M1)

- ① 計測器のセット:ドローン(写真-5)、球体ガードと360° カメラ搭載ドローン、コントローラ(写真-6)
- ② ドローンを飛行させ撮影する。(写真-7)
- ③ 撮影状況(写真-8:A1橋台配置のひびわれモルタルを撮影)
- ④ 撮影状況(写真-9:P1橋脚配置のひびわれモルタルを撮影)
- ⑤ 撮影状況(写真-10:A2橋台配置のカラーチャートを撮影)

開発者による計測機器の設置状況

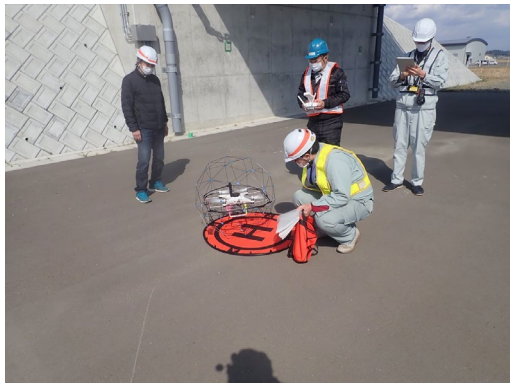


写真-5



写真-6

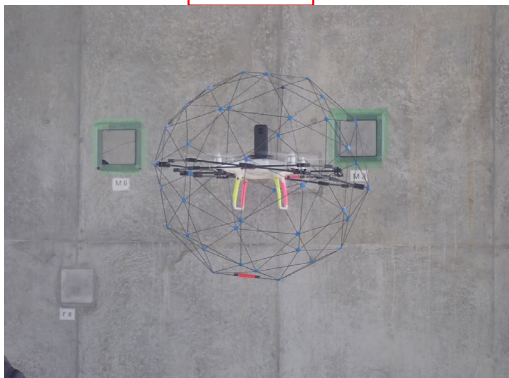


写真-7



写真-8

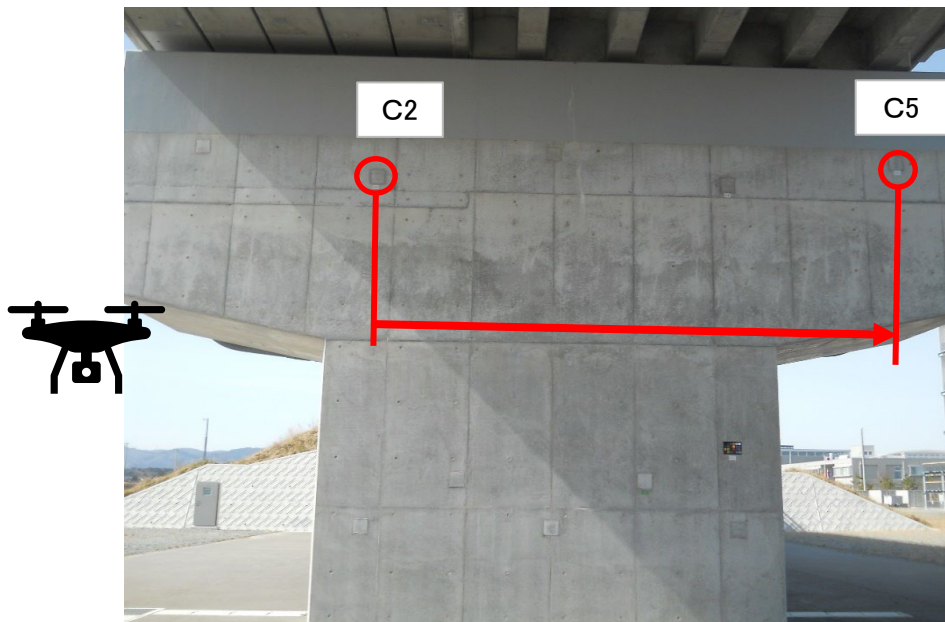


写真-9



写真-10

※撮影速度



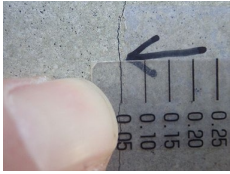


モルタルC2からC5間(飛行距離:6.0m)を通常撮影しながら移動して、
移動に要した時間(秒)を計測する。

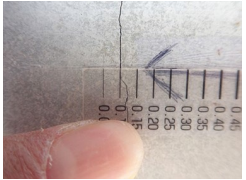
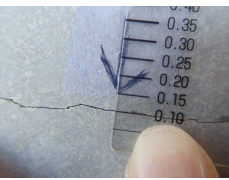

速度(撮影速度) = $6.0\text{m} \div \text{所要時間(秒)}$


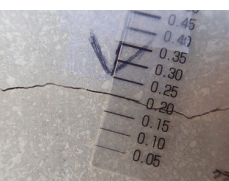

※最小ひびわれ幅・計測精度




各ひびわれ幅のパネルについて、クラックスケールで計測した値を真値とする。




真値(ひびわれ幅)

チャート番号	M1	A1	M2
方向	縦	横	斜
写真			
真値	0.05	0.05	0.05

チャート番号	A2	F6	C2
方向	縦	横	斜
写真			
真値	0.10	0.10	0.10

チャート番号	A3	C4	A4
方向	縦	横	斜
写真			
真値	0.20	0.20	0.20

チャート番号	C5	F4	M3
方向	縦	横	斜
写真			
真値	0.30	0.30	0.30

チャート番号	M4	M5	M6
方向	縦	横	斜
写真			
真値	1.00	1.00	1.00

※色識別性能

市販の24色のカラーチャート(写真-11)を使用する。
RGB値はカラーチャートの販売業者提供しているRGB値を真値とする。

配置はP1橋脚(K1)(写真-12)とA2橋台(K2)(写真-13)の2箇所



写真-11



写真-12 □:K1



写真-13 □:K2

	真 値		
	R値	G値	B値
A-1	43	41	43
A-2	80	80	78
A-3	122	118	116
A-4	161	157	154
A-5	202	198	195
A-6	249	242	238
B-1	25	55	135
B-2	57	146	64
B-3	186	26	51
B-4	245	205	0
B-5	192	75	145
B-6	0	127	159
C-1	238	158	25
C-2	157	188	54
C-3	83	58	106
C-4	195	79	95
C-5	58	88	159
C-6	222	118	32
D-1	112	76	60
D-2	197	145	125
D-3	87	120	155
D-4	82	106	60
D-5	126	125	174
D-6	98	187	166

※撮影速度

飛行距離:6.0m、所要時間:36秒

撮影速度=6.0/36=0.17m/sec

※最小ひびわれ幅・計測精度

■カメラ名称: Insta360onex

■被写体距離: 0.5 m ■照度: 7.7~65.6 kLux ■風速: 1.3~2.7 m/s

■気温: 11.4~14.2 °C

■焦点距離: 7.2 mm ■シャッター速度:— 動画 30fps 1/8000秒

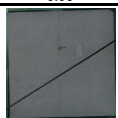

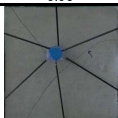
■絞り: f AUTO ■ISO値: AUTO

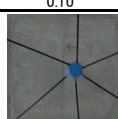
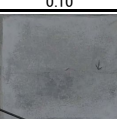
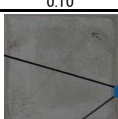
■フォーカス: AUTO

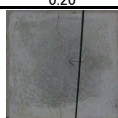
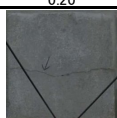
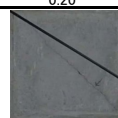
■画像Pixel数: 5760×2880

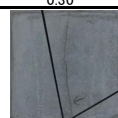
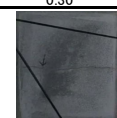

最小ひび割れ幅・計測精度

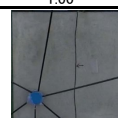
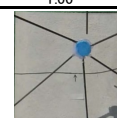
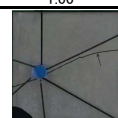
計測値

チャート番号	M1	A1	M2
方向	縦	横	斜
真値	0.05	0.05	0.05
写真			
計測値	0.05	0.05	0.1

チャート番号	A2	F6	C2
方向	縦	横	斜
真値	0.10	0.10	0.10
写真			
計測値	0.1	0.05	0.05

チャート番号	A3	C4	A4
方向	縦	横	斜
真値	0.20	0.20	0.20
写真			
計測値	0.05	0.1	0.1

チャート番号	C5	F4	M3
方向	縦	横	斜
真値	0.30	0.30	0.30
写真			
計測値	0.2	0.1	0.2

チャート番号	M4	M5	M6
方向	縦	横	斜
真値	1.00	1.00	1.00
写真			
計測値	0.5	0.3	0.3

ひび割れ幅	計測精度
0.05mm	0.028867513
0.1mm	0.040824829
0.2mm	0.119023807
0.3mm	0.141421356
1.0mm	0.640312424

※色識別性能

■カメラ名称: Insta360onex

■被写体距離: 0.5 m ■照度: 8.1~27.0 kLux ■風速: 3.7 m/s

■気温: 13.7 °C

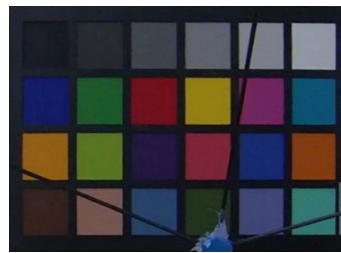
■焦点距離: 7.2 mm ■シャッター速度: ー 動画 30fps 1/8000秒

■絞り: f AUTO ■ISO値: AUTO

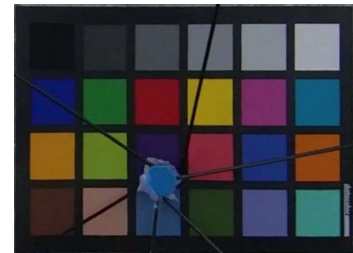
■フォーカス: AUTO ■画像Pixel数: 5760×2880



立会者撮影



K1:開発者撮影



K2:開発者撮影

K1:計測比較

	R値		G値		B値	
	真値	計測値	真値	計測値	真値	計測値
A-1	43	27	41	30	43	39
A-2	80	39	80	46	78	50
A-3	122	60	118	69	116	76
A-4	161	93	157	100	154	110
A-5	202	124	198	128	195	140
A-6	249	143	242	151	238	162
B-1	25	21	55	29	135	102
B-2	57	25	146	87	64	42
B-3	186	114	26	19	51	27
B-4	245	146	205	128	0	20
B-5	192	111	75	38	145	93
B-6	0	14	127	80	159	114
C-1	238	145	158	95	25	22
C-2	157	90	188	119	54	37
C-3	83	36	58	25	106	68
C-4	195	125	79	36	95	54
C-5	58	25	88	44	159	112
C-6	222	133	118	60	32	19
D-1	112	55	76	37	60	33
D-2	197	117	145	87	125	79
D-3	87	40	120	66	155	103
D-4	82	35	106	52	60	33
D-5	126	64	125	72	174	119
D-6	98	50	187	122	166	117

K2:計測比較

	R値		G値		B値	
	真値	計測値	真値	計測値	真値	計測値
A-1	43	14	41	20	43	20
A-2	80	35	80	39	78	42
A-3	122	67	118	70	116	79
A-4	161	101	157	103	154	115
A-5	202	129	198	136	195	146
A-6	249	152	242	159	238	167
B-1	25	15	55	24	135	103
B-2	57	28	146	92	64	40
B-3	186	120	26	19	51	27
B-4	245	153	205	134	0	16
B-5	192	119	75	44	145	101
B-6	0	18	127	92	159	131
C-1	238	149	158	100	25	23
C-2	157	94	188	124	54	34
C-3	83	38	58	25	106	68
C-4	195	129	79	41	95	55
C-5	58	28	88	49	159	116
C-6	222	143	118	66	32	20
D-1	112	62	76	34	60	31
D-2	197	114	145	85	125	77
D-3	87	40	120	66	155	99
D-4	82	32	106	55	60	26
D-5	126	71	125	79	174	126
D-6	98	60	187	132	166	128

技術番号 BR010030

技術名 球体ガードと360°カメラを搭載したドローンによる橋梁の点検 開発者名 (株)エイテック

試験日 令和3年 3月 23日 天候 晴れ 気温 11.4 °C 風速 1.3 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 ひびわれ 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

※検証試験体

- ・A2橋台縦壁前面にマーカを3箇所設置する。(写真-1)
- ・P1の座標(0, 0)を基準(原点)とし、P3を既知点としP2の座標(x, y)及びP1-P2間の距離を計測する。

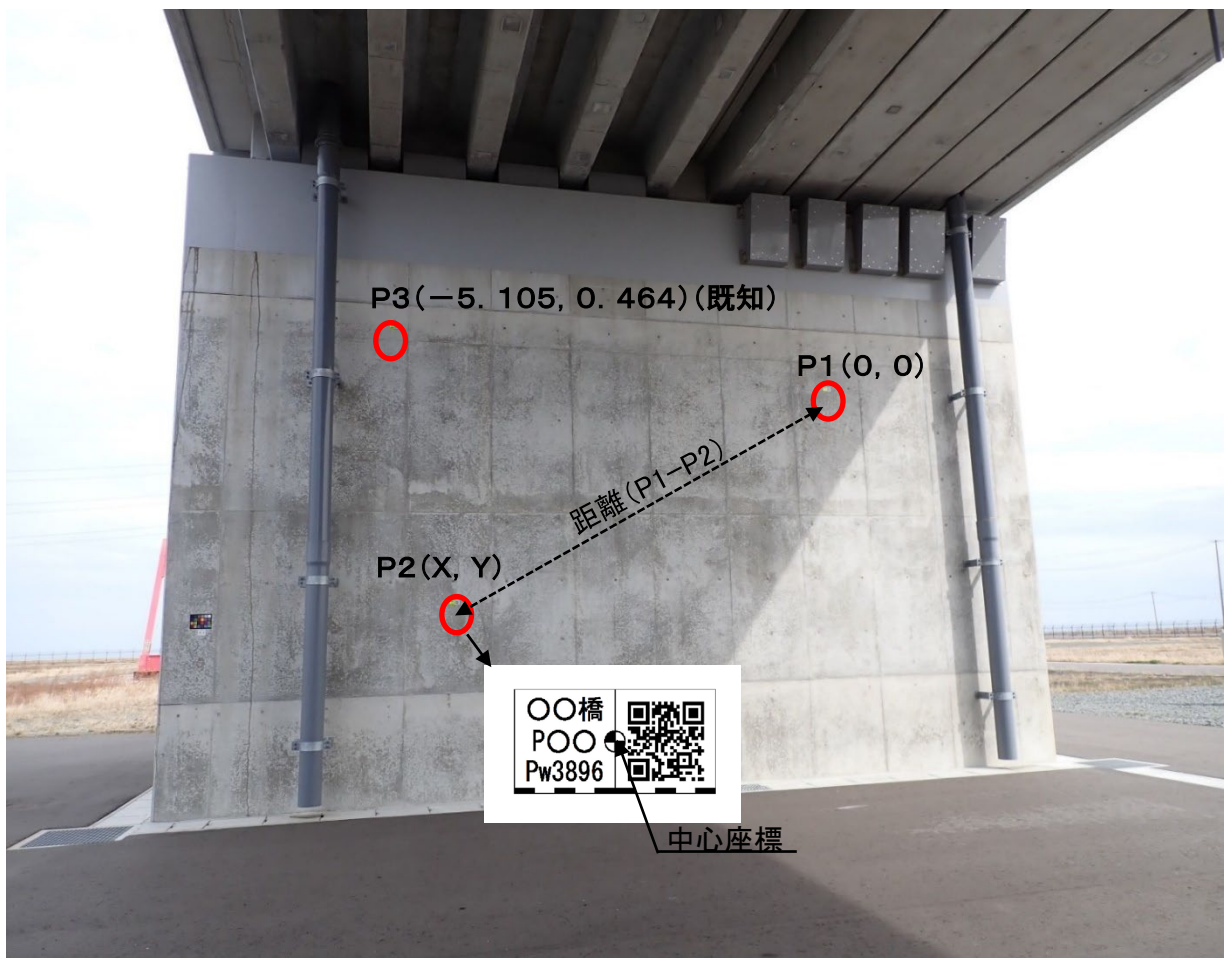


写真-1

- ① 計測機器の搬入:球体ガードと360° カメラ搭載ドローン、コントローラ(写真-2)
- ② 計測機器のセット:ドローン(写真-3)
- ③ ドローンを飛行させ撮影する。(写真-4)
- ④ 撮影状況(写真-5:A2橋台配置のマーカ3点を撮影)
- ⑤ 後日、オルソ画像を作成し、P2座標、P1-P2の距離を算出する。(写真-6)

開発者による計測機器の設置状況



写真-2

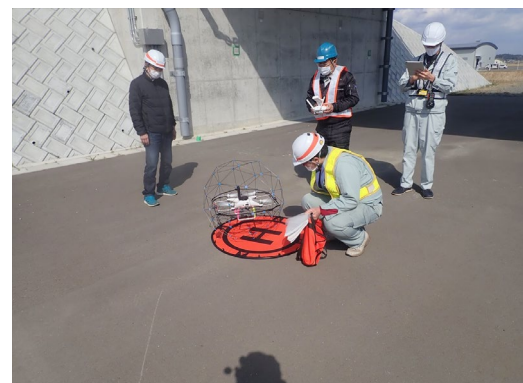


写真-3

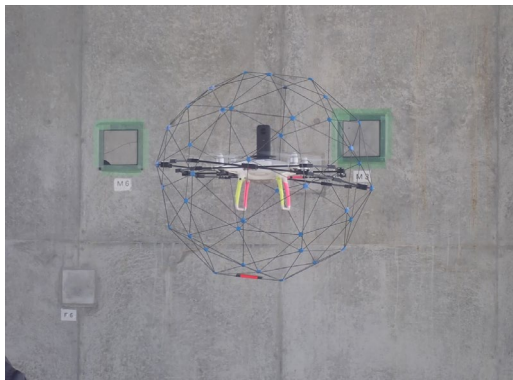


写真-4

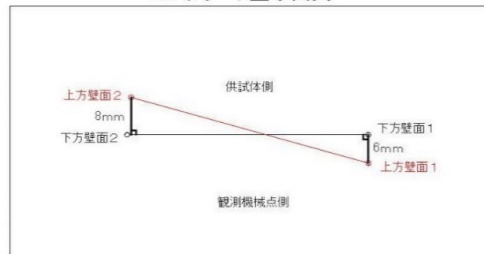


写真-5

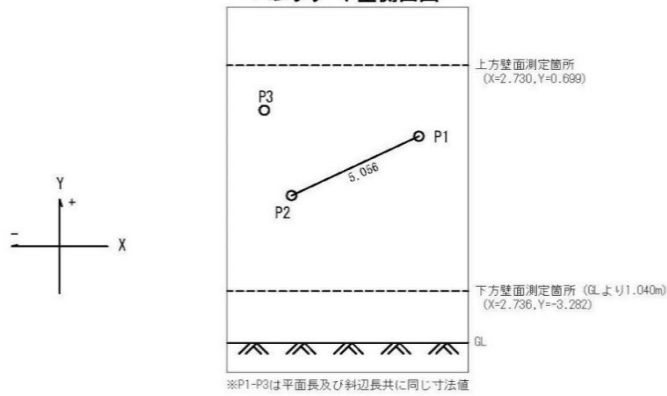
※最小ひびわれ幅・計測精度

立会者によりP1(0, 0)を基準点とし、P2、P3をトータルステーションにて測量した座標値を真値とする。

コンクリート壁平面図



コンクリート壁側面図



コンクリート壁マーカース座標値

点名	X座標	Y座標	Z座標
P1	0.000	0.000	0.000
P2	-4.456	-2.389	0.005
P3	-5.105	+0.464	-0.004

※長さ計測精度/位置精度

■カメラ名称: Insta360onex

■被写体距離: 0.5 m ■照度: 8.1~27.0 kLux ■風速: 3.7 m/s

■気温: 13.7 °C

■焦点距離: 7.2 mm ■シャッター速度: ー 動画 30fps 1/8000秒

■絞り: f AUTO ■ISO値: AUTO

■フォーカス: AUTO ■画像Pixel数: 5760×2880



写真-6 オルソ画像

コンクリート壁マーカース座標値

点名	X座標			Y座標			Z座標	距離 (P1-P2)		
	真値	計測値	精度	真値	計測値	精度		真値	計測値	精度
P1	0.000			0.000			0.000			
P2	-4.456	-4.391	-0.065	-2.389	-2.321	-0.068	0.005	5.056	4.967	98.24%
P3	-5.105			0.464			-0.004			

技術番号 BR010030

技術名 球体ガードと360°カメラを搭載したドローンによる橋梁の点検

開発者名 (株)エイテック

試験日 令和3年 3月 23日 天候 晴れ 気温 11.4 °C 風速 1.3 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 ひびわれ 試験区分 標準試験

試験で確認する
カタログ項目 構造物近傍安定性能

対象構造物の概要

全体一般図

橋長50000 50004
桁長34850 34853
支間長33450
桁長14850 14849
支間長14150

鋼単純鉄桁橋 (多主桁) / 鋼単純鉄桁橋 (少数主桁) / PC単純プレテンション方式T桁橋 / PC単純プレテンション方式床版橋

照明柱 (灯具無し)

中掘り鋼管杭 φ=800mm
L=9,500mm n=20本

中掘り鋼管杭 φ=800mm
L=9,500mm n=16本

対象: 鋼単純非合成鉄桁橋 (多主桁 少数主桁)
支間長: 33.450m

写真-1 全体写真

断面図

鋼多主桁 / 鋼少数主桁

たわみ性防護柵 / アスファルト舗装t=80mm / シート系防水層 / RC床版t=200mm / 乾式止水目地材 / シール材 / 落下物防止柵 / 壁高柵

対象径間: 第1径間
計測対象部材: 床版(上記 黄色内の3パネル)

鋼多主桁

0101					
0201	0202	0203	0204	0205	0206
0301	0302	0303	0304	0305	0306
0401					

鋼少数主桁

0101			
0201	0202	0203	0204
0301			

- ① 計測器の搬入ト: 球体ガードと360° カメラ搭載ドローン、コントローラ(写真-2)
- ② 飛行準備: レベリング、バッテリー装着等の確認(写真-3)
- ③ 撮影状況(写真-4: 鋼多主桁橋の床版を撮影)
- ④ 撮影状況(写真-5: 鋼少数主桁橋の床版を撮影)
- ⑤ 後日、撮影した画像から床版ひびわれを確認する。

開発者による計測機器の設置状況



写真-2



写真-3



写真-4

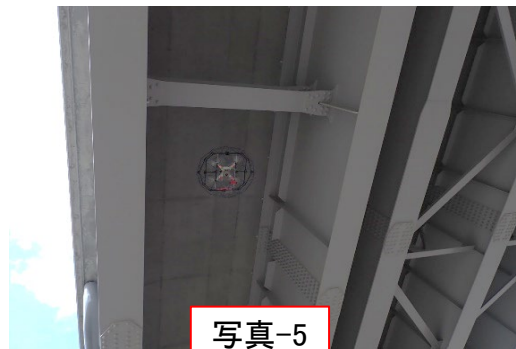


写真-5

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-6



第1径間: 桁下(写真-6)

写真-7



第1径間: 桁下(写真-7)

※撮影した画像(床版)から、ひびわれを確認する。(写真-6、写真-7)

※構造物近傍安定性能

構造物(主桁)までの距離:1m

風速:0.7m/s

停止飛行時:水平移動無し

ホバリング:15秒間



ホバリング(P1橋脚)

技術番号 BR010030

技術名 球体ガードと360°カメラを搭載したドローンによる橋梁の点検

開発者名 (株)エイテック

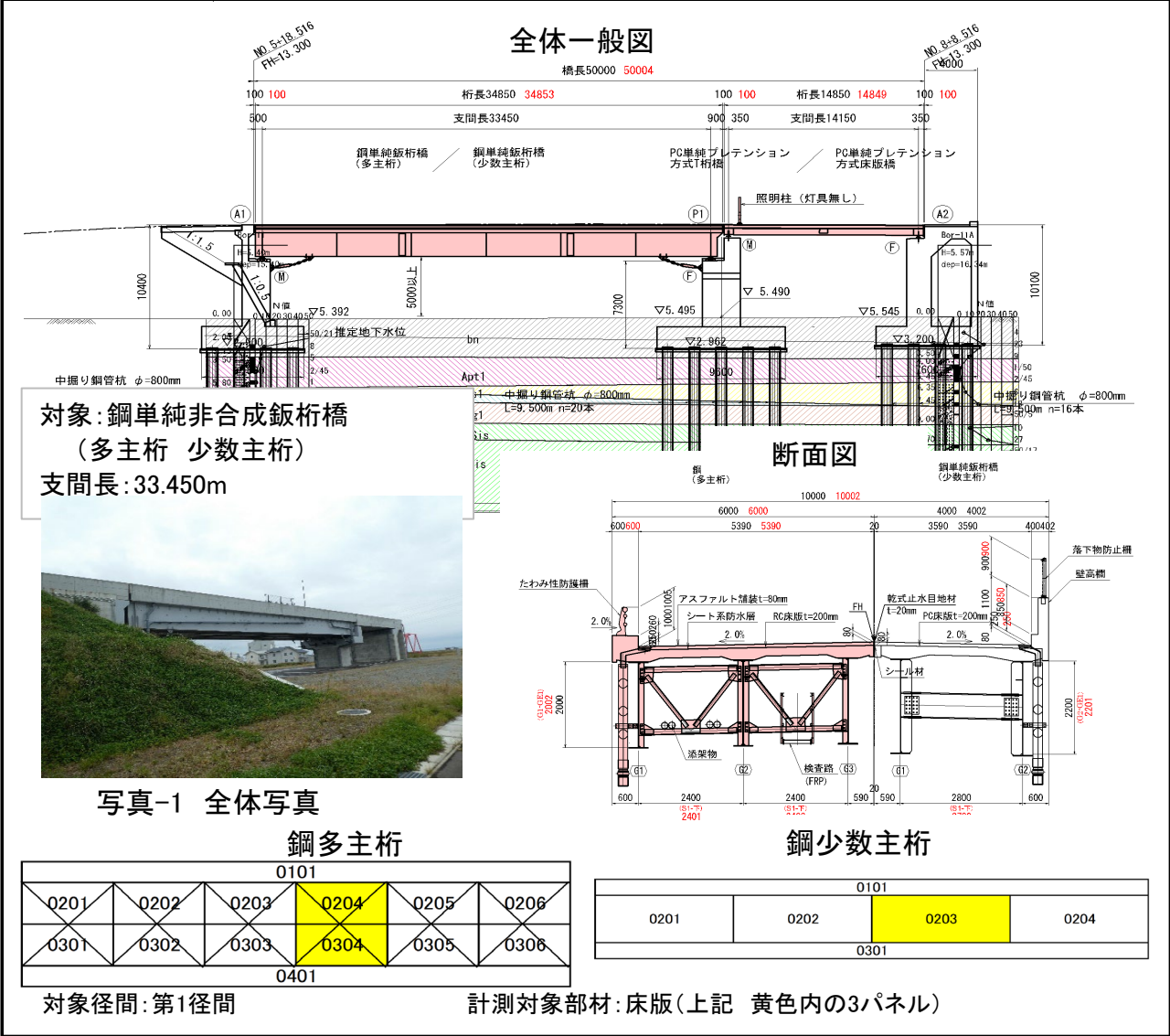
試験日 令和3年 3月 23日 天候 晴れ 気温 11.4 °C 風速 1.3 m/s

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 ひびわれ 試験区分 現場試験

試験で確認する
カタログ項目 動作確認(精度以外)

対象構造物の概要



- ① 計測器の搬入ト:球体ガードと360° カメラ搭載ドローン、コントローラ(写真-2)
- ② 飛行準備:レベリング、バッテリー装着等の確認(写真-3)
- ③ 撮影状況(写真-4:鋼多主桁橋の床版を撮影)
- ④ 撮影状況(写真-5:鋼少数主桁橋の床版を撮影)
- ⑤ 後日、撮影した画像から床版ひびわれを確認する。

開発者による計測機器の設置状況

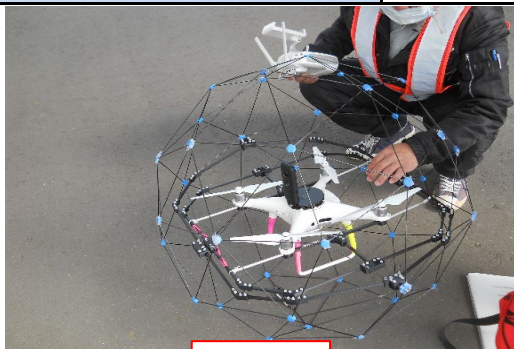


写真-2



写真-3



写真-4

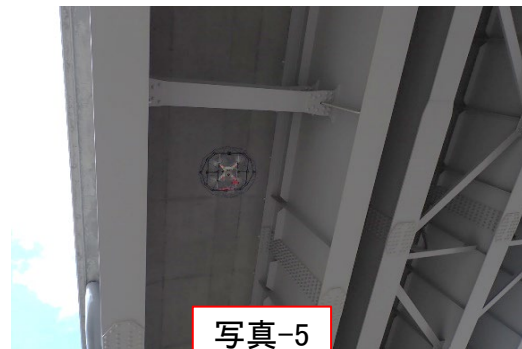


写真-5

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-6



第1径間:桁下(写真-6)

写真-7

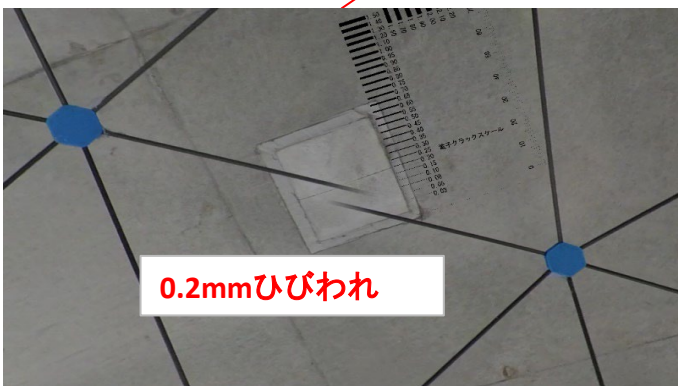
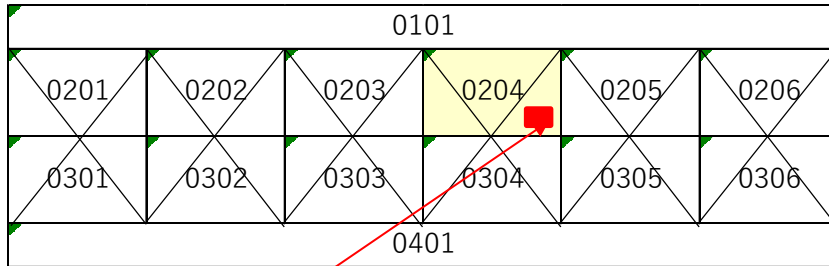


第1径間:桁下(写真-7)

※撮影した画像(床版)から、ひびわれを確認する。(写真-6、写真-7)

※計測結果

(1)鋼多主桁橋・・・床版 0204

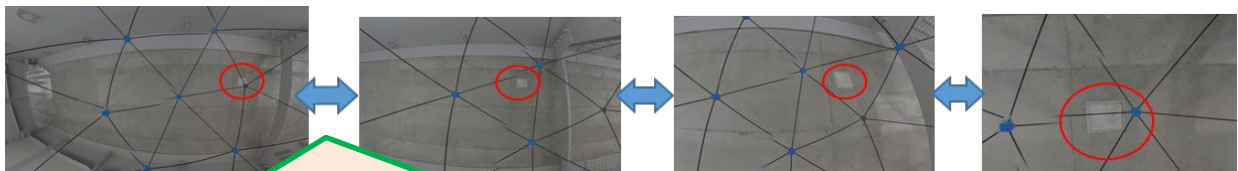
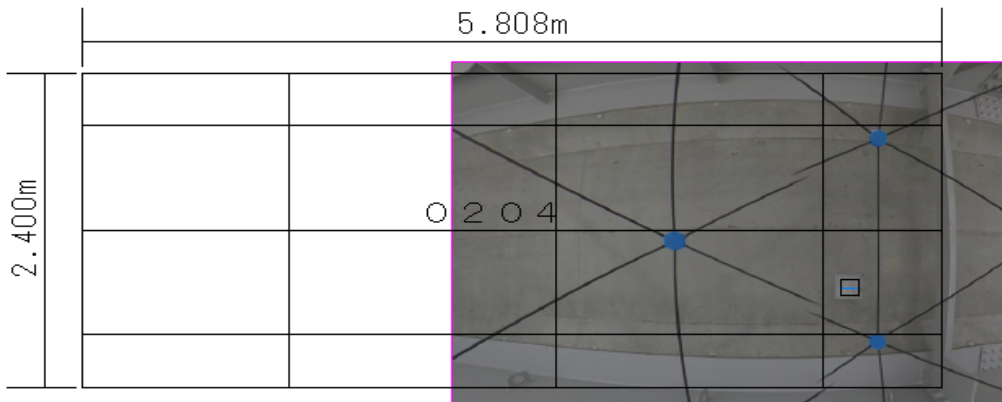


ひび割れ幅 凡例

Green line	0.10～0.19 mm
Blue line	0.20～0.29 mm
Orange line	0.30～0.39 mm
Purple line	0.40～0.49 mm

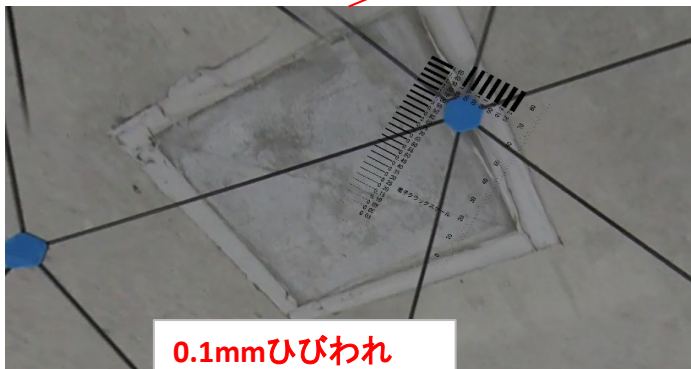
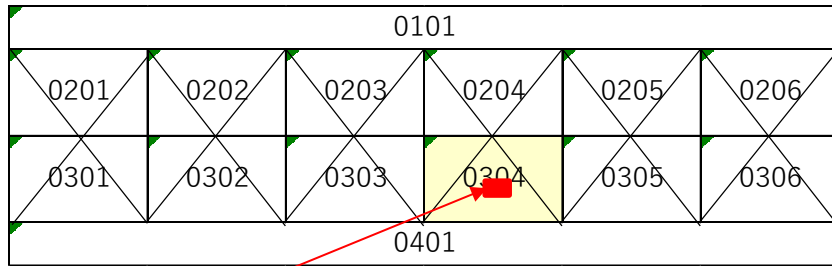
ひび割れは見下げ図で描画
(画像を反転)

ひびわれ画像



損傷位置の特定は連続した360° 動画の画像より人が判断して行う。

(2)鋼多主桁橋・・・床版 0304

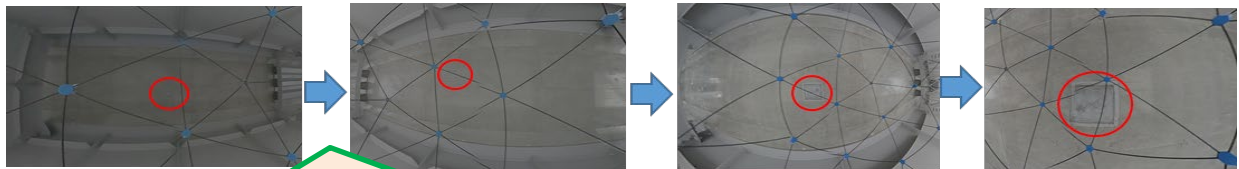
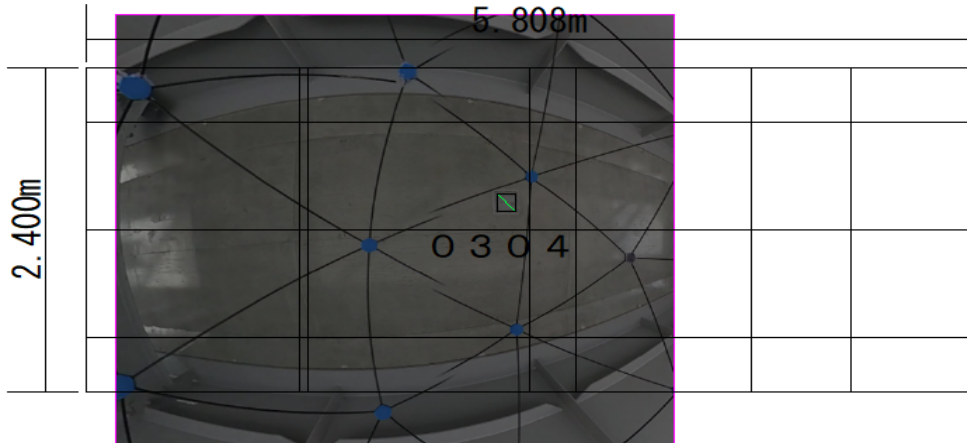


ひび割れ幅 凡例

Green line	0.10～0.19 mm
Blue line	0.20～0.29 mm
Orange line	0.30～0.39 mm
Purple line	0.40～0.49 mm

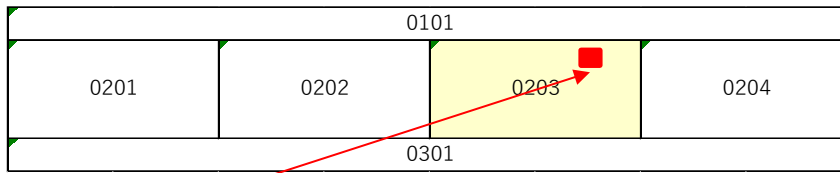
ひび割れは見下げ図で描画
(画像を反転)

ひびわれ画像



損傷位置の特定は連続した360° 動画の画像より人が判断して行う。

(3) 鋼少数主桁橋…床版 0203



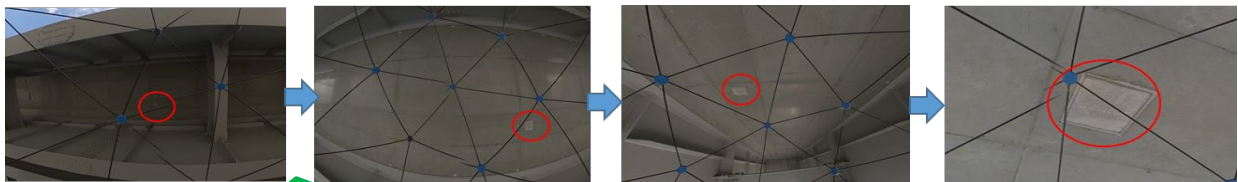
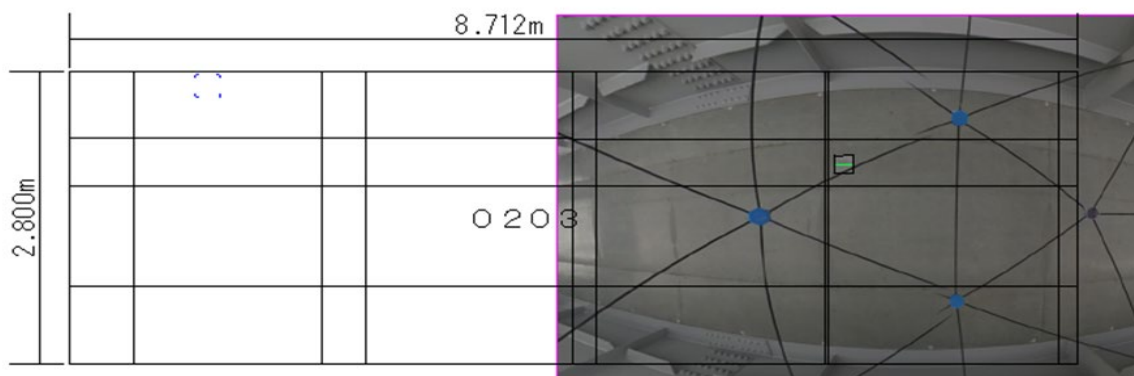
0.1mmひびわれ

ひび割れ幅 凡例

—	0.10～0.19 mm
—	0.20～0.29 mm
—	0.30～0.39 mm
—	0.40～0.49 mm

ひび割れは見下げ図で描画
(画像を反転)

ひびわれ画像



損傷位置の特定は連続した360° 動画の画像より人が判断して行う。

※参考資料

【自社開発クラック調査システム】

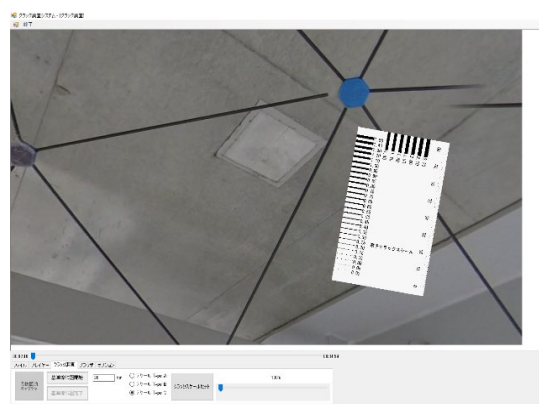
**360° 動画は損傷位置と損傷規模を把握する。
外部撮影動画、グーグルマップ位置で、多数の点検箇所を混乱しないように整理する。**

外部撮影動画



360° 動画

グーグルマップ



電子クラックスケール

技術番号 BR010030

技術名 球体ガードと360°カメラを搭載したドローンによる橋梁の点検 開発者名 株式会社エイテック

試験日 令和5年 12月 5日 天候 晴れ 気温 - °C 風速 - m/s

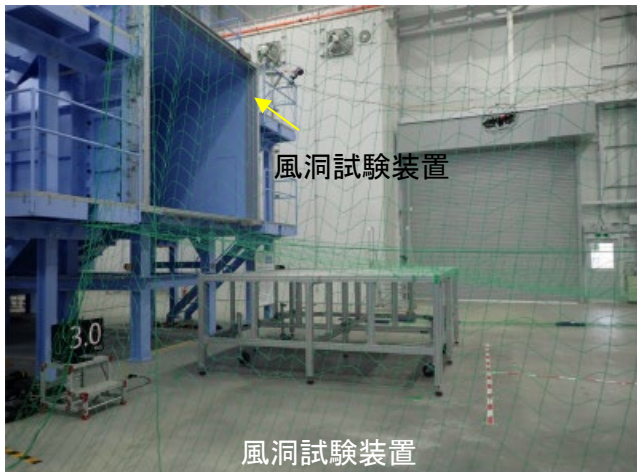
試験場所 福島ロボットテストフィールド風洞棟

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

試験で確認する
カタログ項目 安定性能(人工風)

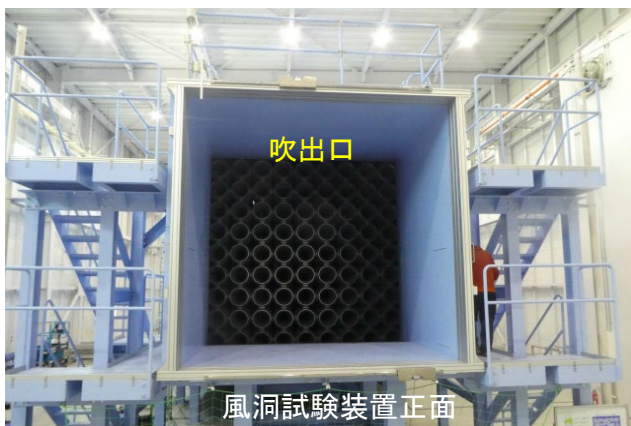
対象構造物の概要

使用施設: 福島ロボットテストフィールド風洞棟



風洞棟仕様

延床面積	900㎡・S造平屋建て
風洞試験装置(テーブル、保護ネット含む)	
天井クレーン(4.9t)	
測定部断面	3m×3m
最大風速	20m/s
風速分布	10m/s以上において±15%以下(吹出口)
乱流値	10m/s以上において±10%以下(吹出口中央付近)
突風性能	8m/sから20m/s時に3秒以内
脈動性能	10m/sから20m/s時に周期5秒以内
速度成層性能	鉛直方向に速度勾配



一定の風速(3m/s、5m/s、8m/s)で、突風を発生させる。

- ① ドローンに3Dモーションキャプチャ用のマーカーを貼り付ける。(写真-1)
- ② 吹出口の中心にドローンを正面向きにホバリングする。(写真-2)
- ③ ホバリング後、風速3m/sの突風を発生させ、移動量を3Dモーションキャプチャより測定する。(写真-3)(写真-4)
- ④ ②、③について、ドローンを横向きにホバリングし、同様の作業を実施する。

開発者による計測機器の設置状況

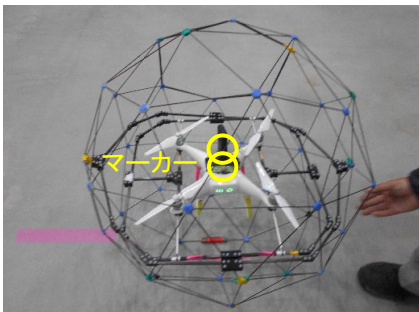


写真-1

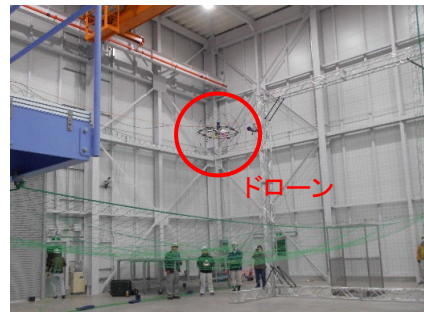


写真-2

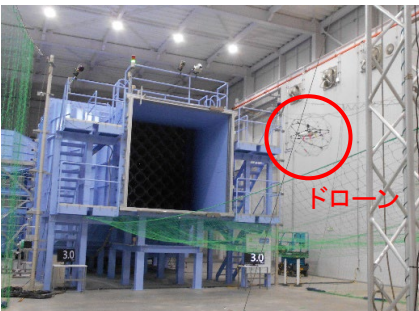


写真-3

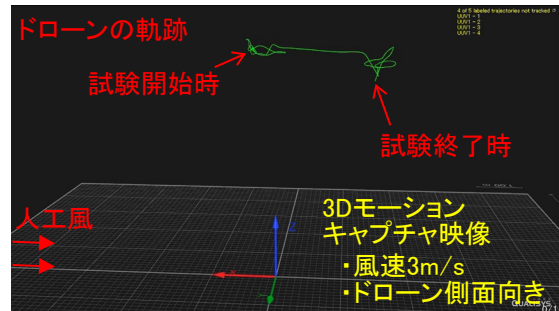


写真-4

ドローンは途中で風に大きく流され、円を描くような動きとなる(不安定)

比較対象を得るため、立会者による計測機器の設置状況

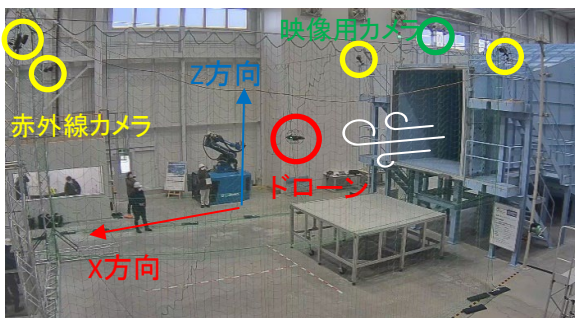


写真-5

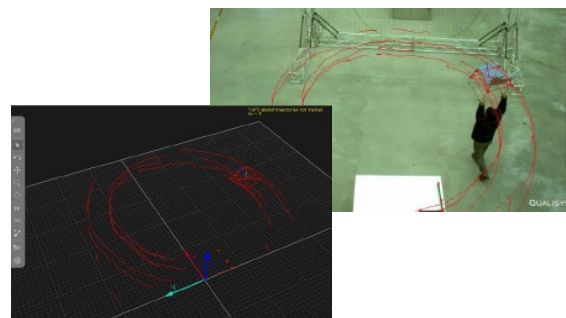


写真-6

※4台の赤外線カメラおよび、1台の映像カメラにより、対象物を撮影し、移動量を専用ソフトにて計測。(写真-5)(写真-6)

※安定性能

風速: 3.0m/s

正面

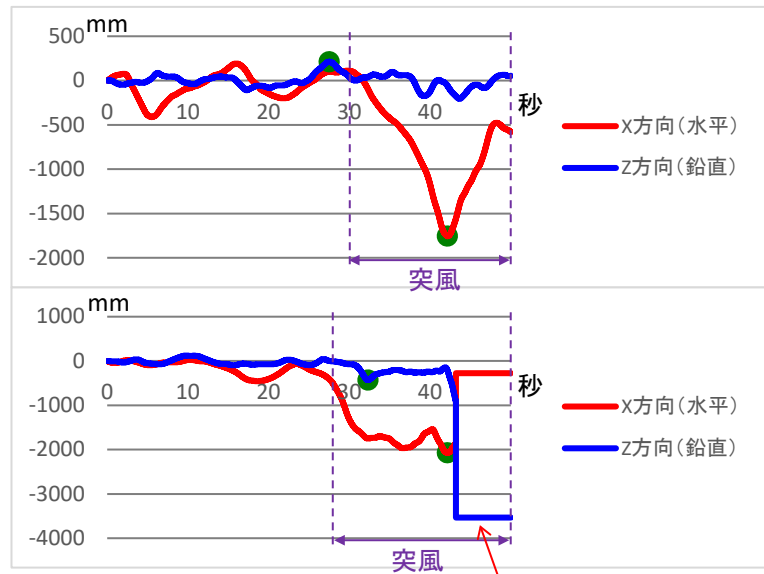
水平方向 最大移動量 175cm

鉛直方向 最大移動量 21cm

側面

水平方向 最大移動量 207cm

鉛直方向 最大移動量 43cm



風速: 5.0m/s

正面

水平方向 最大移動量 —

鉛直方向 最大移動量 —

側面

水平方向 最大移動量 —

鉛直方向 最大移動量 —

風速5m/sの条件で飛行はなし

機体が不安定なため
途中で飛行を中止

風速: 8.0m/s

正面

水平方向 最大移動量 —

鉛直方向 最大移動量 —

側面

水平方向 最大移動量 —

鉛直方向 最大移動量 —

風速8m/sの条件で飛行はなし

技術番号 BR010031

2, 3号機

技術名 無人艇による河川橋のコンクリート床版点検技術

開発者名 夢想科学株式会社

試験日 平成31年 2 月 12 日

天候 晴れ

気温 °C

風速 m/s

試験場所 施工技術総合研究所

カタログ分類 画像計測技術

検出項目 ひびわれ

試験区分 標準試験

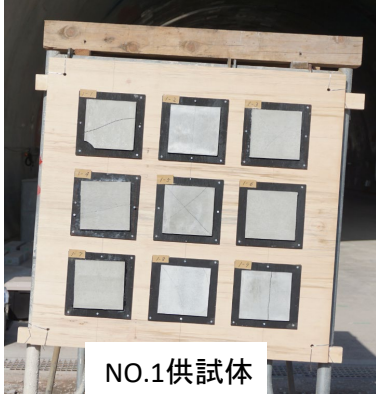
試験で確認する
カタログ項目
撮影速度
最小・ひびわれ精度
色識別性能

※2, 3号機対象

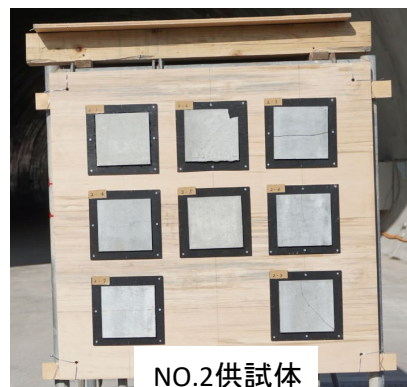
対象構造物の概要

※検証試験体

- ・幅0.05mm、0.1mm、0.2mm、0.3mm、1.00mmのひびわれを「縦」、「横」、「斜」の方向それぞれに有したひびわれのモルタルのパネル及びひびわれのないモルタルのパネルの2枚を設置した試験体を用意。
- ・上記試験体の余地に24色カラーチャートを設置。

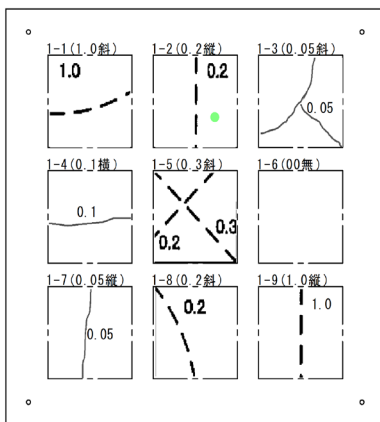


NO.1供試体

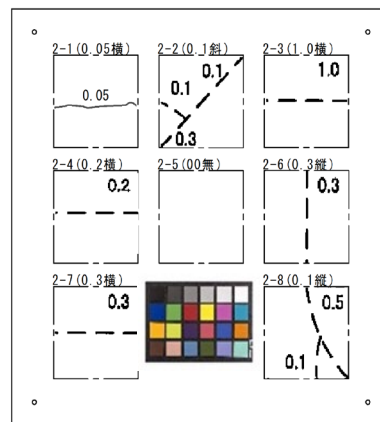


NO.2供試体

1-1 (00縦)
模倣体No. (ひびわれ幅・方向)



NO.1供試体

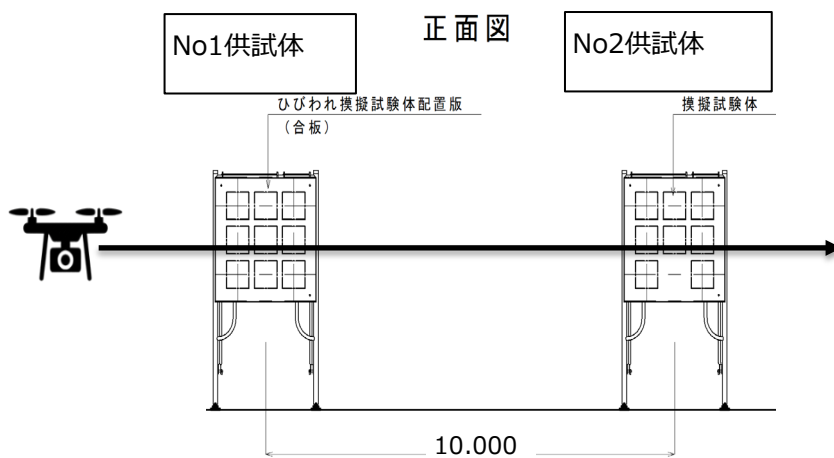


NO.2供試体

- ① 計測器のセット
離着陸ポイントの位置にドローンをセット
- ② No1試験体の距離3mの位置で撮影
- ③ No2試験体の距離3mの位置で撮影

比較対象を得るため、
立会者による計測機器の設置状況

撮影速度



No1供試体～No2供試体の間（10.0m）を通常撮影しながら移動して、
移動に要した時間（秒）を計測する。

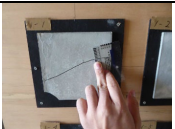




$$\text{速度（撮影速度）} = 10.0\text{m} \div \text{所要時間（秒）}$$





最小ひびわれ幅・計測精度





各ひびわれ幅のパネルについて、クラックスケールで計測した値を真値とする。

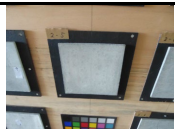



最小ひび割れ幅・計測精度

計測値

チャート番号	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5
方向	斜	縦	斜	横	斜
写真					
真値	1.0	0.2	0.05	0.1	0.3

チャート番号	1-6	1-7	1-8	1-9	
方向	無	縦	斜	縦	
写真					
真値	ひびわれなし	0.05	0.2	1.0	

チャート番号	2-1	2-2	2-3	2-4	
方向	横	斜	横	横	
写真					
ひびわれ幅	0.05	0.1	1.0	0.2	

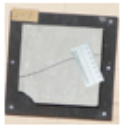

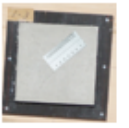
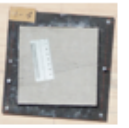

チャート番号	2-5	2-6	2-7	2-8	
方向	無	縦	横	縦	
写真					
真値	ひびわれなし	0.3	0.3	0.1	

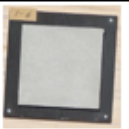
<日照部> 93000lx

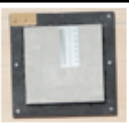

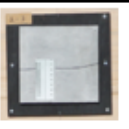

最小ひびわれ幅・計測精度

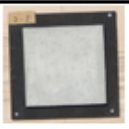


- 撮影速度: 0 m/s ■カメラ名称: SONY α-6000
- 被写体距離: 3.0 m ■照度: 93000 lx ■風速: 0 m/s
- 気温: *** °C
- 焦点距離: 30 mm ■シャッター速度: 1/2000 秒
- 絞り: f 5 ■ISO値: 160、
- フォーカス: auto mm ■画像Pixel数: 6000x4000

日照部

チャート番号	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5
方向	斜	縦	斜	横	斜
写真					
真値	1.0	0.2	0.05	0.1	0.3
計測値	1.0	0.25	0.1	0.15	0.3

チャート番号	1-6	1-7	1-8	1-9	
方向	無	縦	斜	縦	
写真					
真値	ひびわれなし	0.05	0.2	1.0	
計測値		0.1	0.2	1.0	

チャート番号	2-1	2-2	2-3	2-4	
方向	横	斜	横	横	
写真					
ひびわれ幅	0.05	0.1	1.0	0.2	
計測値	0.1	0.15	1.0	0.2	

チャート番号	2-5	2-6	2-7	2-8	
方向	無	縦	横	縦	
写真					
真値	ひびわれなし	0.3	0.3	0.1	
計測値		0.3	0.3	0.1	

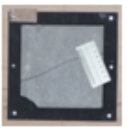

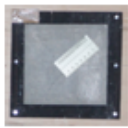
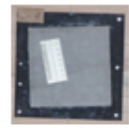
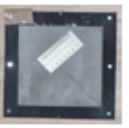
ひびわれ幅	計測精度
0.05mm	0.05
0.1mm	0.04
0.2mm	0.03
0.3mm	0.03
1.0mm	0.03

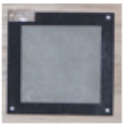

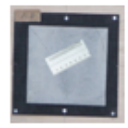

<日陰部>

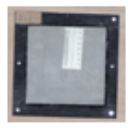
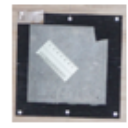
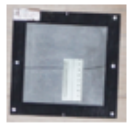
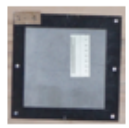
最小ひびわれ幅・計測精度

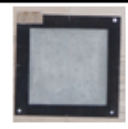

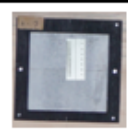
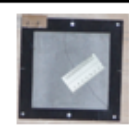
- 撮影速度: 0 m/s ■カメラ名称: SONY α -6000
- 被写体距離: 3.0 m ■照度: 1000 lx ■風速: 0 m/s
- 気温: *** °C
- 焦点距離: 30 mm ■シャッター速度: 1/160 秒
- 絞り: f 5 ■ISO値: 250、
- フォーカス: auto mm ■画像Pixel数: 6000x4000

日陰部

シート番号	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5
方向	斜	縦	斜	横	斜
写真					
真価	1.0	0.2	0.05	0.1	0.3
計測値	1.0	0.25	0.1	0.15	0.3

シート番号	1-6	1-7	1-8	1-9	
方向	無	縦	斜	縦	
写真					
真価	ひびわれなし	0.05	0.2	1.0	
計測値		0.1	0.2	1.0	

シート番号	2-1	2-2	2-3	2-4	
方向	横	斜	横	横	
写真					
ひびわれ幅	0.05	0.1	1.0	0.2	
計測値	0.1	0.2	1.0	0.2	

シート番号	2-5	2-6	2-7	2-8	
方向	無	縦	横	縦	
写真					
真価	ひびわれなし	0.3	0.3	0.1	
計測値		0.3	0.3	0.1	

ひびわれ幅	計測精度
0.05mm	0.05
0.1mm	0.05
0.2mm	0.05
0.3mm	0.05
1.0mm	0.05

<暗室>

最小ひびわれ幅・計測精度

■撮影速度: 0 m/s ■カメラ名称: SONY α-6000

■被写体距離: 3.0 m ■照度: 0 lx ■風速: 0 m/s

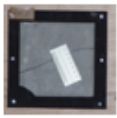

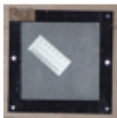
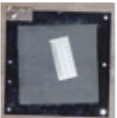
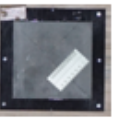
■気温: *** °C

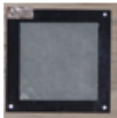

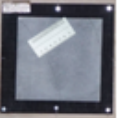
■焦点距離: 30 mm ■シャッター速度: 1/160 秒

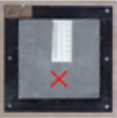
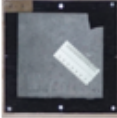
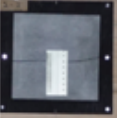

■絞り: f 5 ■ISO値: 800、

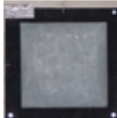
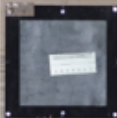
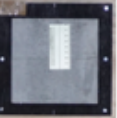
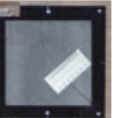
■フォーカス: auto mm ■画像Pixel数: 6000x4000

暗室

チャート番号	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5
方向	斜	縦	斜	横	斜
写真					
真値	1.0	0.2	0.05	0.1	0.3
計測値	1.0	0.25		0.2	0.35

チャート番号	1-6	1-7	1-8	1-9	
方向	無	縦	斜	縦	
写真					
真値	ひびわれなし	0.05	0.2	1.0	
計測値			0.25	1.0	

チャート番号	2-1	2-2	2-3	2-4	
方向	横	斜	横	横	
写真					
ひびわれ幅	0.05	0.1	1.0	0.2	
計測値		0.2	1.0	0.25	

チャート番号	2-5	2-6	2-7	2-8	
方向	無	縦	横	縦	
写真					
真値	ひびわれなし	0.3	0.3	0.1	
計測値		0.3	0.3		

ひび割れ幅	計測精度
0.05mm	0.05
0.1mm	0.10
0.2mm	0.05
0.3mm	0.05
1.0mm	0.00

※計測機器の設置状況が分かるように、写真や図で示すこと

色識別性能

市販の24色のカラーチャートを使用する。
RGB値はカラーチャートの販売業者提供しているRGB値を真値とする。



	R値	G値	B値
1E	249	242	238
2E	202	198	195
3E	161	157	154
4E	122	118	116
5E	80	80	78
6E	43	41	43
1F	0	127	159
2F	192	75	145
3F	245	205	0
4F	186	26	51
5F	57	146	64
6F	25	55	135
1G	222	118	32
2G	99	86	96
3G	195	79	95
4G	83	58	106
5G	157	188	54
6G	238	158	25
1H	98	187	166
2H	126	125	174
3H	82	106	60
4H	87	120	155
5H	197	145	125
6H	112	76	60

<日照部> 2号機、3号機計測結果

最小ひびわれ幅・計測精度

■撮影速度: 0 m/s ■カメラ名称: SONY α -6000
 ■被写体距離: 3.0 m ■照度: 93000 lx
 ■風速: *** m/s ■気温: *** °C ■焦点距離: 30 mm
 ■シャッター速度: 1/2000 秒 ■絞り: f 5 ■ISO値: 160
 ■フォーカス: auto mm ■画像Pixel数: 6000x4000 ■フラッシュなし

真値



開発者撮影



日照部 検証値						
	R値		G値		B値	
	真値	計測値	真値	計測値	真値	計測値
1E	249	243	242	244	238	246
2E	202	225	198	229	195	232
3E	161	194	157	199	154	202
4E	122	151	118	156	116	162
5E	80	96	80	99	78	104
6E	43	42	41	46	43	49
1F	0	44	127	187	159	219
2F	192	224	75	114	145	185
3F	245	244	205	228	0	89
4F	186	225	26	63	51	58
5F	57	94	146	192	64	117
6F	25	36	55	75	135	196
1G	222	243	118	154	32	34
2G	99	77	86	123	96	211
3G	195	229	79	114	95	121
4G	83	115	58	68	106	140
5G	157	199	188	216	54	112
6G	238	246	158	197	25	68
1H	98	146	187	227	166	220
2H	126	165	125	167	174	218
3H	82	105	106	135	60	85
4H	87	116	120	164	155	204
5H	197	222	145	186	125	172
6H	112	142	76	93	60	76

<日陰部> 2号機、3号機計測結果

最小ひびわれ幅・計測精度

■撮影速度: 0 m/s ■カメラ名称: SONY α -6000
 ■被写体距離: 3.0 m ■照度: 93000 lx
 ■風速: *** m/s ■気温: *** °C ■焦点距離: 30 mm
 ■シャッター速度: 1/160 秒 ■絞り: f 5 ■ISO値: 200
 ■フォーカス: auto mm ■画像Pixel数: 6000x4000 ■LED照明あり、フラッシュあり

真値



開発者撮影



日陰部 検証値

	R値		G値		B値	
	真値	計測値	真値	計測値	真値	計測値
1E	249	186	242	195	238	210
2E	202	158	198	176	195	190
3E	161	135	157	146	154	164
4E	122	108	118	120	116	134
5E	80	78	80	88	78	100
6E	43	74	41	90	43	105
1F	0	39	127	125	159	172
2F	192	158	75	90	145	151
3F	245	188	205	166	0	65
4F	186	148	26	61	51	70
5F	57	60	146	135	64	96
6F	25	54	55	76	135	151
1G	222	176	118	111	32	57
2G	99	62	86	92	96	165
3G	195	163	79	86	95	106
4G	83	86	58	71	106	126
5G	157	130	188	159	54	93
6G	238	185	158	138	25	68
1H	98	95	187	176	166	180
2H	126	101	125	116	174	173
3H	82	82	106	108	60	95
4H	87	74	120	115	155	161
5H	197	161	145	135	125	138
6H	112	86	76	71	60	68

<暗室> 2号機、3号機計測結果

最小ひびわれ幅・計測精度

- 撮影速度: 0 m/s ■カメラ名称: SONY α -6000
 ■被写体距離: 3.0 m ■照度: 93000 lx
 ■風速: *** m/s ■気温: *** °C ■焦点距離: 30 mm
 ■シャッター速度: 1/160 秒 ■絞り: f 5 ■ISO値: 800
 ■フォーカス: auto mm ■画像Pixel数: 6000x4000 ■LED照明あり、フラッシュあり

真値



開発者撮影



暗室 検証値

	R値		G値		B値	
	真値	計測値	真値	計測値	真値	計測値
1E	249	189	242	195	238	209
2E	202	168	198	173	195	192
3E	161	143	157	149	154	165
4E	122	113	118	119	116	133
5E	80	81	80	84	78	99
6E	43	77	41	79	43	94
1F	0	45	127	132	159	185
2F	192	158	75	87	145	157
3F	245	186	205	170	0	59
4F	186	147	26	59	51	71
5F	57	65	146	138	64	95
6F	25	64	55	72	135	157
1G	222	174	118	111	32	57
2G	99	83	86	95	96	181
3G	195	165	79	93	95	115
4G	83	96	58	77	106	732
5G	157	134	188	166	54	90
6G	238	182	158	140	25	66
1H	98	102	187	177	166	182
2H	126	122	125	122	174	182
3H	82	81	106	103	60	90
4H	87	97	120	123	155	174
5H	197	163	145	134	125	138
6H	112	110	76	88	60	90

技術番号 BR010031

2, 3号機

技術名 無人艇による河川橋のコンクリート床版点検技術

開発者名 夢想科学株式会社

試験日 平成31年 2 月 13 日

天候 晴れ

気温 °C

風速 0.8 m/s

試験場所 波木井高架橋

カタログ分類 画像計測技術

検出項目 ひびわれ

試験区分 標準試験

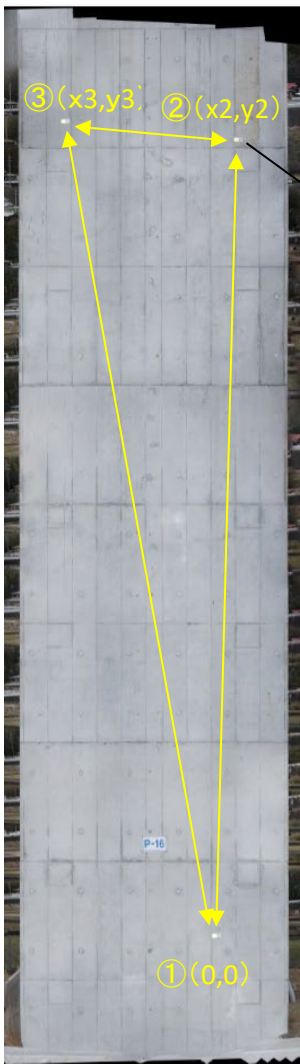
試験で確認する
カタログ項目 長さ計測精度
位置精度

※2, 3号機対象

対象構造物の概要

※検証試験体

- ・コンクリート壁面にマーカを3箇所設置する。
- ・①の座標を(0,0)の基準とし、各マーカ間の斜距離/高さ/横方向距離を計測する。



中心座標

① 計測器のセット
離陸後、被写体から3mの位置にドローンをセット

② 3箇所のマーカを撮影しながら、飛行

比較対象を得るため、
立会者による計測機器の設置状況

長さ計測精度／位置精度

①(0, 0)を基準点とし、②、③をトータルステーションにて測量した座標よりCAD上で計測した距離を真値とする。

	TS計測座標	
	X(mm)	Y(mm)
①	0	0
②	272	10044
③	-1843	10274

	TS計測座標からの計算値 (mm)		
	斜距離	高さ	横方向長さ
①-②	10048	10044	272
②-③	2127	230	2115
③-①	10438	10274	1843

長さ計測精度／位置精度 2号機、3号機計測結果

■撮影速度: 0 m/s ■カメラ名称: SONY α-6000

■被写体距離: 3 m ■照度: 7763 lx ■風速: 0.8 m/s

■気温: *** °C

■焦点距離: 30 mm ■シャッター速度: 1/160 秒

■絞り: f 8 ■ISO値: 200

■フォーカス:auto mm ■画像Pixel数: 6000x4000

1) マーカー間斜距離

	座標		計測値 (mm)	区間	真値 (mm)	差分 (mm)	相対誤差
	X(mm)	Y(mm)					
①	0	0	10069	①-②	10048	-21	0.21%
②	267	10065	2132	②-③	2127	-5	0.23%
③	-1853	10295	10460	③-①	10438	-22	0.21%

2) マーカー間高さ

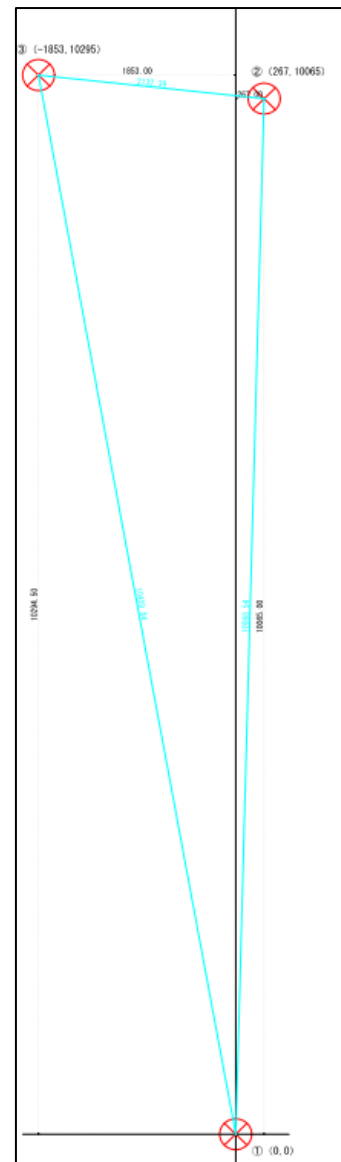
	座標		計測値 (mm)	区間	真値 (mm)	差分 (mm)	相対誤差
	X(mm)	Y(mm)					
①	0	0	10065	①-②	10044	-21	0.21%
②	267	10065	230	②-③	230	0	0.00%
③	-1853	10295	10295	③-①	10274	-21	0.20%

3) マーカー間横方向長さ

	座標		計測値 (mm)	区間	真値 (mm)	差分 (mm)	相対誤差
	X(mm)	Y(mm)					
①	0	0	267	①-②	272	5	1.84%
②	267	10065	2120	②-③	2115	-5	0.24%
③	-1853	10295	1853	③-①	1843	-10	0.54%

平均相対誤差

0.41%



技術番号 BR010031

4号機

技術名 無人艇による河川橋のコンクリート床版点検技術

開発者名 夢想科学株式会社

試験日 令和2年 1 月 21 日

天候 晴れ

気温 8.9 °C

風速 1.3 m/s

試験場所 施工技術総合研究所

カタログ分類 画像計測技術

検出項目 ひびわれ

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
最小・ひびわれ精度
色識別性能

※4号機対象

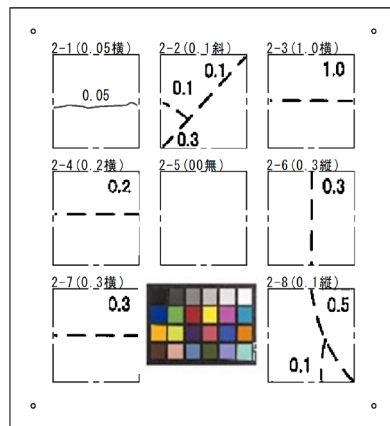
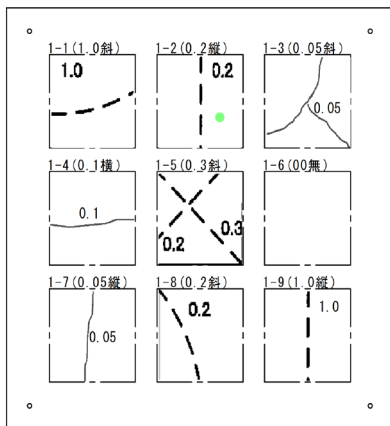
対象構造物の概要

※検証試験体

- ・幅0.05mm、0.1mm、0.2mm、0.3mm、1.00mmのひびわれを「縦」、「横」、「斜」の方向それぞれに有したひびわれのモルタルのパネル及びひびわれのないモルタルのパネルの2枚を設置した試験体を用意。
- ・上記試験体の余地に24色カラーチャートを設置。



1-1 (00縦)
模擬体No. (ひびわれ幅・方向)



- ① 計測器のセット
離着陸ポイントの位置にドローンをセット(写真-1)
- ② No1試験体の距離1.7mの位置で撮影(写真-2)
- ③ No2試験体の距離1.7mの位置で撮影(写真-3)

開発者による計測機器の設置状況



写真-1



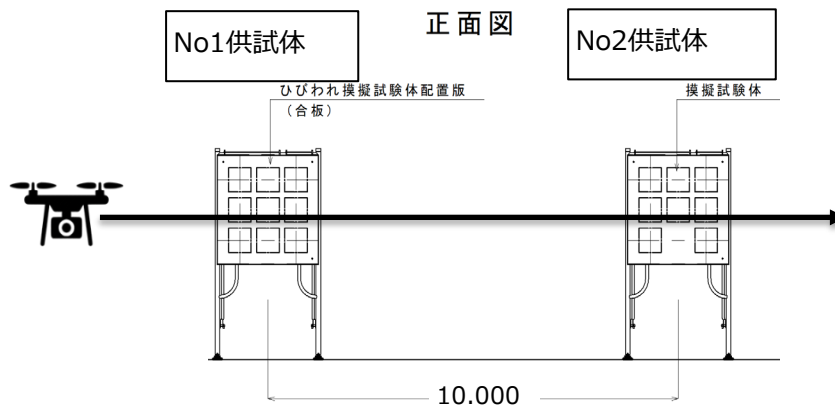
写真-2



写真-3

比較対象を得るため、立会者による計測機器の設置状況

撮影速度



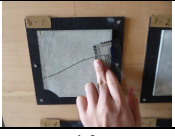


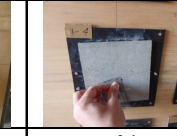
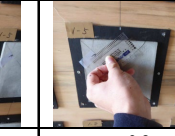
No1供試体～No2供試体の間(10.0m)を通常撮影しながら移動して、移動に要した時間(秒)を計測する。
 速度(撮影速度) = 10.0m ÷ 所要時間(秒)




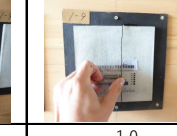
最小ひびわれ幅・計測精度



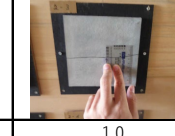
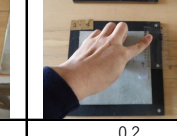
各ひびわれ幅のパネルについて、クラックスケールで計測した値を真値とする。


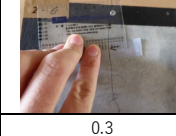
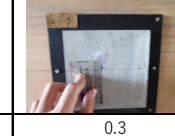
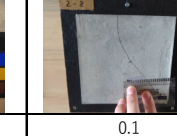
最小ひび割れ幅・計測精度

計測値

チャート番号	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5
方向	斜	縦	斜	横	斜
写真					
真値	1.0	0.2	0.05	0.1	0.3

チャート番号	1-6	1-7	1-8	1-9	
方向	無	縦	斜	縦	
写真					
真値	ひびわれなし	0.05	0.2	1.0	

チャート番号	2-1	2-2	2-3	2-4	
方向	横	斜	横	横	
写真					
ひびわれ幅	0.05	0.1	1.0	0.2	

チャート番号	2-5	2-6	2-7	2-8	
方向	無	縦	横	縦	
写真					
真値	ひびわれなし	0.3	0.3	0.1	

色識別性能

市販の24色のカラーチャートを使用する。
RGB値はカラーチャートの販売業者提供しているRGB値を真値とする。



	真 値		
	R値	G値	B値
A-1	43	41	43
A-2	80	80	78
A-3	122	118	116
A-4	161	157	154
A-5	202	198	195
A-6	249	242	238
B-1	25	55	135
B-2	57	146	64
B-3	186	26	51
B-4	245	205	0
B-5	192	75	145
B-6	0	127	159
C-1	238	158	25
C-2	157	188	54
C-3	83	58	106
C-4	195	79	95
C-5	58	88	159
C-6	222	118	32
D-1	112	76	60
D-2	197	145	125
D-3	87	120	155
D-4	82	106	60
D-5	126	125	174
D-6	98	187	166

撮影速度

$$10.0 \div 123 = 0.08 \text{ m/sec}$$

- 検出可能な最小ひびわれ幅: 0.1 mm
- 移動方向に垂直(水平)方向の視野: 93° ■ 移動方向のラップ率: 60 %
- 移動距離: 10 m ■ 被写体距離: 1.7 m
- 撮影時間: 123 秒 ■ 風速: 0 m/s

最小ひびわれ幅・計測精度

- 撮影速度: 0.08 m/s ■ カメラ名称: DJI MAVIC2pro
- 被写体距離: 1.7 m ■ 照度: 93.5 lx ■ 風速: 1.3 m/s
- 気温: 8.7 °C
- 焦点距離: 10 mm ■ シャッター速度: 1/30 秒
- 絞り: f 2.8 ■ ISO値: 160
- フォーカス: auto mm ■ 画像Pixel数: 5472x3648

計測値

チャート番号	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5
方向	斜	縦	斜	横	斜
写真					
真値	1.0	0.2	0.05	0.1	0.3
計測値	1.0	0.2	0.1	0.1	0.3

チャート番号	1-6	1-7	1-8	1-9	
方向	無	縦	斜	縦	
写真					
真値	ひびわれなし	0.05	0.2	1.0	
計測値		0.1	0.2	1.0	

チャート番号	2-1	2-2	2-3	2-4	
方向	横	斜	横	横	
写真					
ひびわれ幅	0.05	0.1	1.0	0.2	
計測値	0.1	0.1	1.0	0.2	

チャート番号	2-5	2-6	2-7	2-8	
方向	無	縦	横	縦	
写真					
真値	ひびわれなし	0.3	0.3	0.1	
計測値		0.3	0.3	0.1	

ひび割れ幅	計測精度
0.05mm	0.05
0.1mm	0
0.2mm	0
0.3mm	0
1.0mm	0

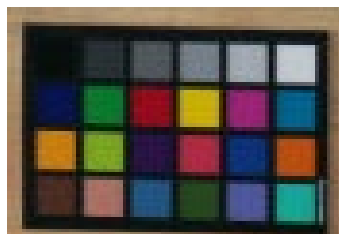
色識別性能

- 撮影速度: 0.08 m/s ■カメラ名称: DJI MAVIC2pro、
 ■被写体距離: 1.7 m ■照度: 93.5 lx ■風速: 1.3 m/s
 ■気温: 8.7 °C
 ■焦点距離: 10 mm ■シャッター速度: 1/30 秒
 ■絞り: f 2.8 ■ISO値: 160、
 ■フォーカス: auto mm ■画像Pixel数: 5472x3648、

真値



開発者撮影



検証値

	R値		G値		B値	
	真値	計測値	真値	計測値	真値	計測値
A-1	43	15	41	19	43	20
A-2	80	51	80	59	78	62
A-3	122	88	118	93	116	99
A-4	161	119	157	133	154	144
A-5	202	174	198	182	195	193
A-6	249	204	242	208	238	217
B-1	25	14	55	25	135	91
B-2	57	15	146	131	64	58
B-3	186	165	26	15	51	35
B-4	245	214	205	187	0	15
B-5	192	161	75	35	145	119
B-6	0	1	127	106	159	154
C-1	238	206	158	137	25	26
C-2	157	132	188	175	54	38
C-3	83	55	58	25	106	77
C-4	195	185	79	46	95	72
C-5	58	18	88	55	159	133
C-6	222	202	118	87	32	24
D-1	112	88	76	54	60	45
D-2	197	185	145	126	125	112
D-3	87	45	120	91	155	143
D-4	82	45	106	72	60	37
D-5	126	86	125	94	174	167
D-6	98	27	187	178	166	163

技術番号 BR010031

4号機

技術名 無人艇による河川橋のコンクリート床版点検技術

開発者名 夢想科学株式会社

試験日 令和2年 1 月 21 日

天候 晴れ

気温 8.9 °C

風速 0 m/s

試験場所 施工技術総合研究所

カタログ分類 画像計測技術

検出項目 ひびわれ

試験区分 標準試験

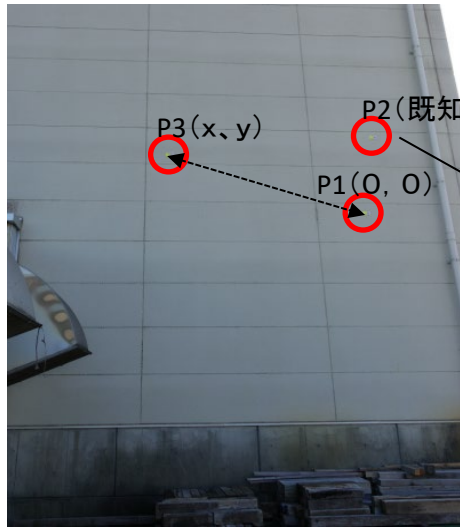
試験で確認する
カタログ項目 長さ計測精度
位置精度

※4号機対象

対象構造物の概要

※検証試験体

- ・コンクリート壁面にマーカを3箇所設置する。
- ・P1の座標を(0,0)の基準とし、P2を既知点としP3の座標及びP1-P3間の距離を計測する。



中心座標

- ① 計測器のセット(写真-1)
被写体から2.1mの位置にドローンをセット
- ② 3箇所のマーカを撮影しながら、飛行(写真-2、写真-3)

開発者による計測機器の設置状況



写真-1

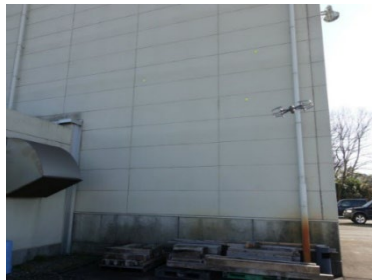


写真-2



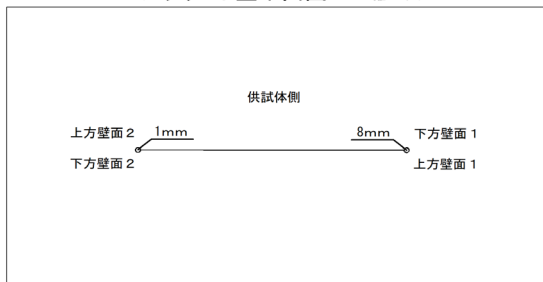
写真-3

比較対象を得るため、
立会者による計測機器の設置状況

長さ計測精度／位置精度

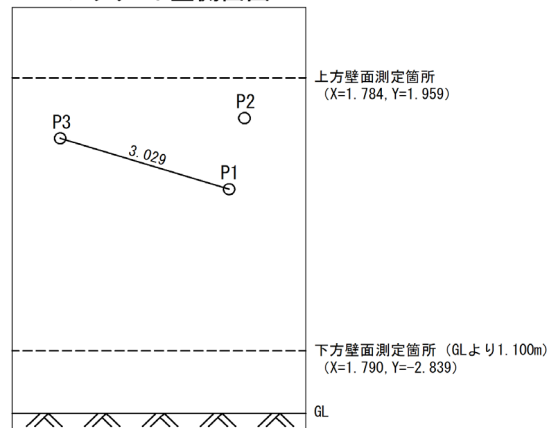
立会者によりP1(0, 0)を基準点とし、P2、P3をトータルステーションにて測量した座標を真値とする。

コンクリート壁平面図 縮尺 = 1/100



※X軸は下方壁面方向を基線とする。

コンクリート壁側面図

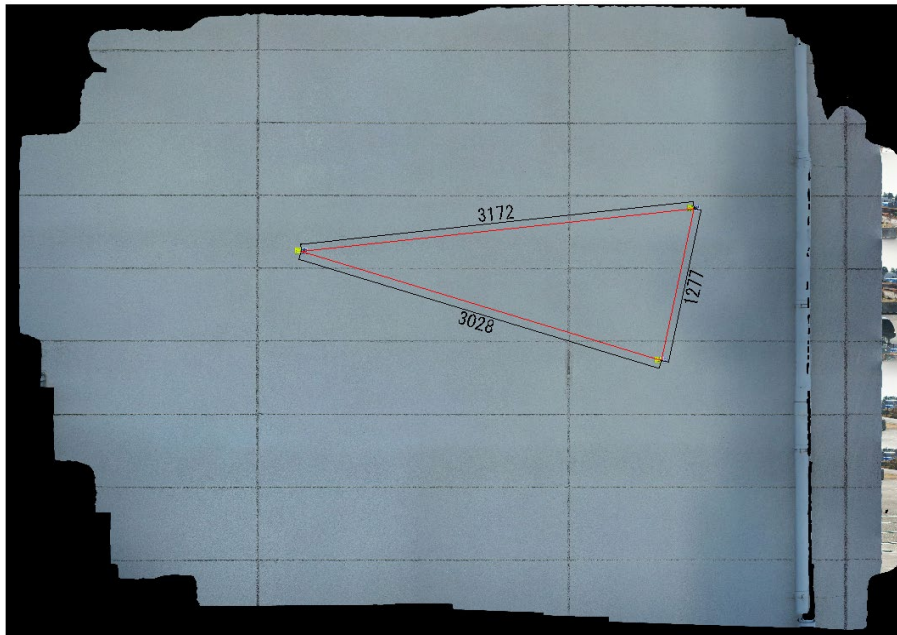


※P1-P3は平面長及び斜辺長共に同じ寸法値

点名	X座標	Y座標	Z座標	距離 (P2 - P3)
	真値	真値	真値	真値
P1	0.000	0.000	0.000	
P2	0.261	1.252	0.001	
P3	-2.893	0.897	-0.002	3.029

長さ計測精度／位置精度

- 撮影速度: 0.08 m/s ■カメラ名称: DJI MAVIC2pro、
- 被写体距離: 2.1 m ■照度: 7763 lx ■風速: 0 m/s
- 気温: 13.1 °C
- 焦点距離: 10 mm ■シャッター速度: 1/2500 秒
- 絞り: f 2.8 ■ISO値: 400、
- フォーカス:auto mm ■画像Pixel数: 5472x3648



コンクリート壁マーカース座標値										
点名	X座標			Y座標			Z座標	距離 (P1 - P3)		
	真値	計測値	精度	真値	計測値	精度		真値	計測値	精度
P1	0.000			0.000			0.000			
P2	0.261			1.252			0.001			
P3	-2.893	-2.892	0.001	0.897	0.899	0.002	-0.002	3.029	3.028	99.97%

技術番号	BR010031
------	----------

技術名	無人艇による河川橋のコンクリート床版点検技術	開発者名	夢想科学株式会社
-----	------------------------	------	----------

試験日	令和3年 4 月 5 日	天候	曇り時々雨	気温	18.8 °C	風速	2.6 m/s
-----	--------------	----	-------	----	---------	----	---------

試験場所	実橋
------	----

カタログ分類	画像計測技術	カタログ	検出項目	ひびわれ	試験区分	標準試験
--------	--------	------	------	------	------	------

試験で確認する カタログ項目	狭小進入可能性能 最大可動範囲
-------------------	--------------------

対象構造物の概要

構造形式: 2径間連続PCポステン中空床版橋

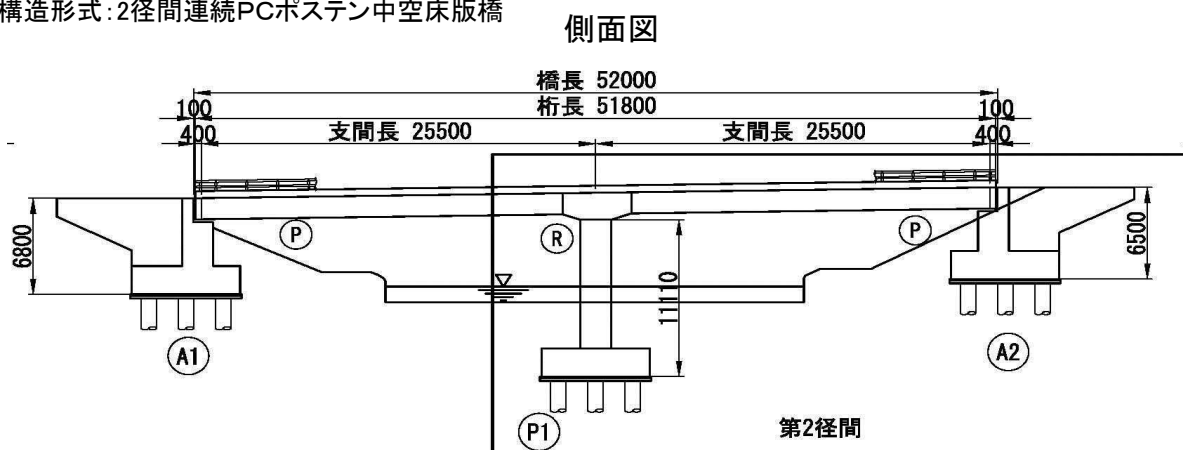
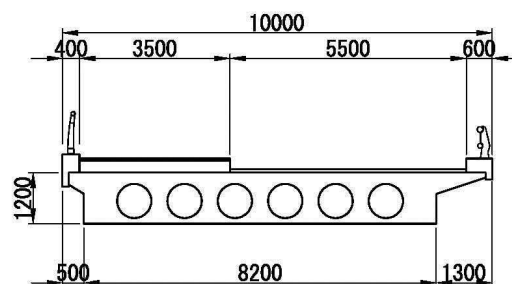


写真-1 全体写真

断面図



対象径間: 第2径間

計測対象部位: 主桁下面

- ① 計測器のセット(無人艇、カメラ、送信機等)(写真-2)
- ② 無人艇を河川に設置する。(写真-3)
- ③ 送信機で無人艇を操作し、別のモニタ付き送信機で確認し、桁下の画像を撮影する。(写真-4)
- ④ ストラボを使用して撮影する。(写真-5)
- ⑤ 後日、撮影した画像からオルソ画像作成し、ひびわれを確認する。

開発者による計測機器の設置状況



写真-2



写真-3



写真-4



送信機



写真-5

モニタ付き送信機

比較対象を得るため、
立会者による計測機器の設置状況

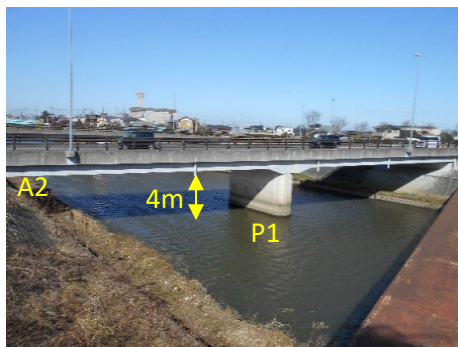
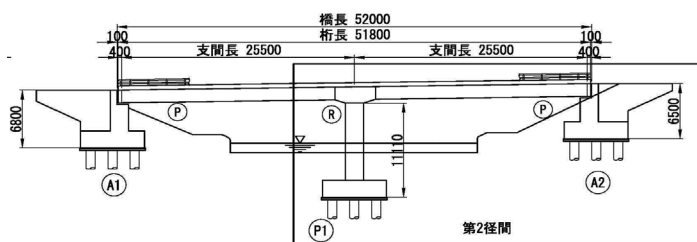


写真-6: 第1径間

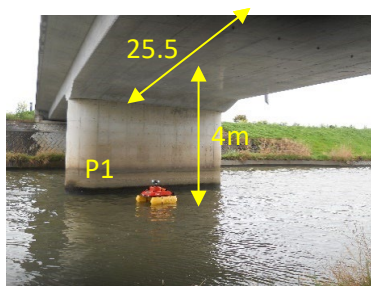


※狭小進入可能性能

桁下高4mで撮影

※最大可動範囲

支間長25.5mで撮影



※撮影した画像(主桁下面)からオルソ画像を作成し、ひびわれを確認する。(写真-6、写真-7)

計測結果の比較

技術番号

BR010031

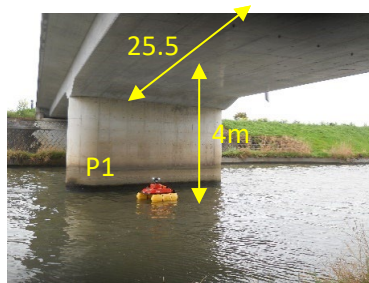
※計測結果

※狭小進入可能性能

桁下高4mでの撮影を確認

※最大可動範囲

支間長25.5mでの撮影を確認



技術番号	BR010031
------	----------

技術名	無人艇による河川橋のコンクリート床版点検技術	開発者名	夢想科学株式会社
-----	------------------------	------	----------

試験日	令和3年 4 月 5 日	天候	曇り時々雨	気温	18.8 °C	風速	2.6 m/s
-----	--------------	----	-------	----	---------	----	---------

試験場所	実橋
------	----

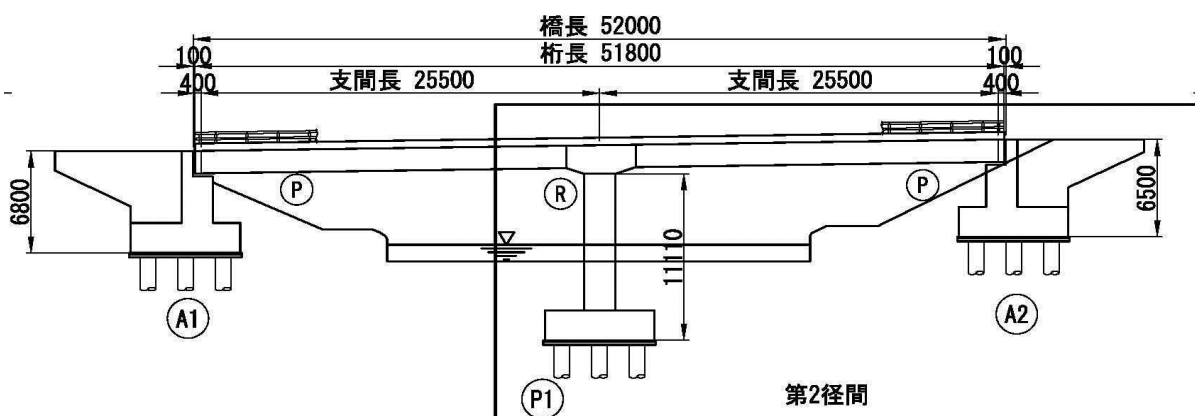
カタログ分類	画像計測技術	カタログ	検出項目	ひびわれ	試験区分	現場試験
--------	--------	------	------	------	------	------

試験で確認する カタログ項目	動作確認(精度以外)
-------------------	------------

対象構造物の概要

構造形式: 2径間連続PCポステン中空床版橋

側面図



断面図

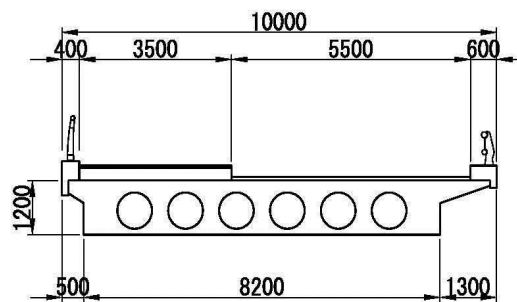


写真-1 全体写真

対象径間: 第2径間

計測対象部位: 主桁下面

- ① 計測器のセット(無人艇、カメラ、送信機等)(写真-2)
- ② 無人艇を河川に設置する。(写真-3)
- ③ 送信機で無人艇を操作し、別のモニタ付き送信機で確認し、桁下の画像を撮影する。(写真-4)
- ④ ストラボを使用して撮影する。(写真-5)
- ⑤ 後日、撮影した画像からオルソ画像作成し、ひびわれを確認する。

開発者による計測機器の設置状況



写真-2



写真-3



写真-4



送信機



写真-5

モニタ付き送信機

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-6: 第1径間



写真-7: 第1径間主桁下面



※撮影した画像(主桁下面)からオルソ画像を作成し、ひびわれを確認する。(写真-6、写真-7)

※計測結果

○第2径間 主桁下面

■ 流速 0.036~0.044m/s

■カメラ名称:SONY-α 6300

■被写体距離: 3.8 m ■照度: 0.470~9.197kLux ■風速: 1.2~2.6 m/s

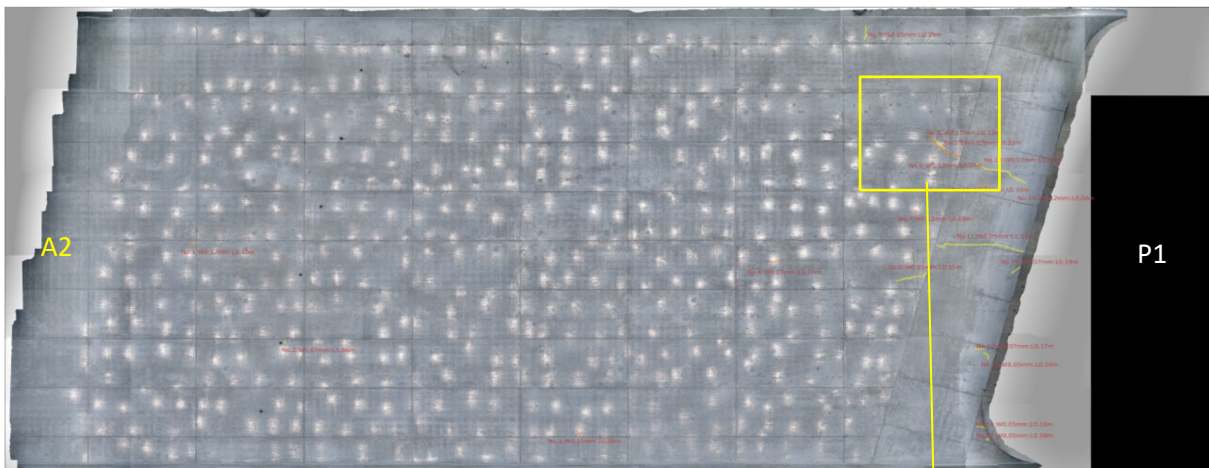
■気温: 18.7~18.8 °C

■焦点距離: 32 mm ■シャッター速度: 1/60 秒

■絞り: f 5 ■ISO値: 125

■フォーカス:オート ■画像Pixel数: 6000*4000

ひびわれ自動抽出ソフト使用



ひび幅分類設定

ひび幅	ひび色
0.10	ミリメートル未満 #FFFF00
0.10 ~ 0.20	ミリメートル未満 #FF8000
0.20 ~ 0.30	ミリメートル未満 #FF0000
0.30	ミリメートル以上 #800000

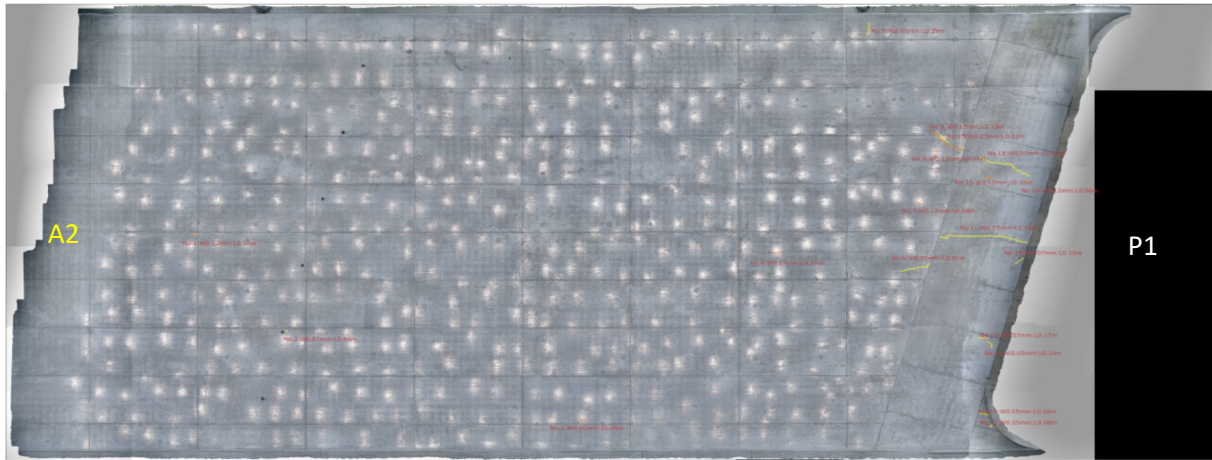
損傷の色

剥離の色 #0000FF	漏水の色 #7F007F
鉄筋露出の色 #00FF00	遊離石灰の色 #00FFFF
さび汁の色 #994C00	うきの色 #3F7FDF
その他の色 #DFDF00	

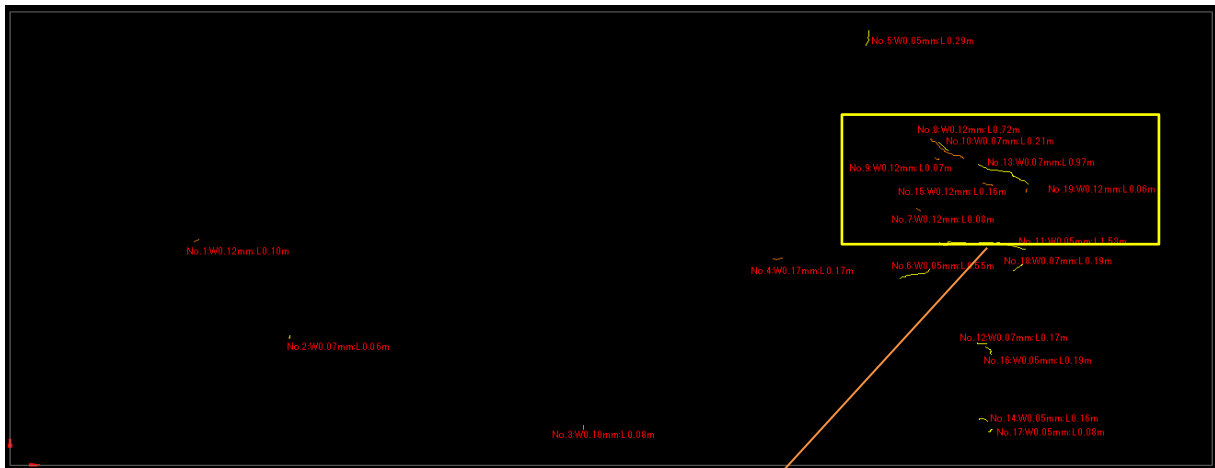
拡大



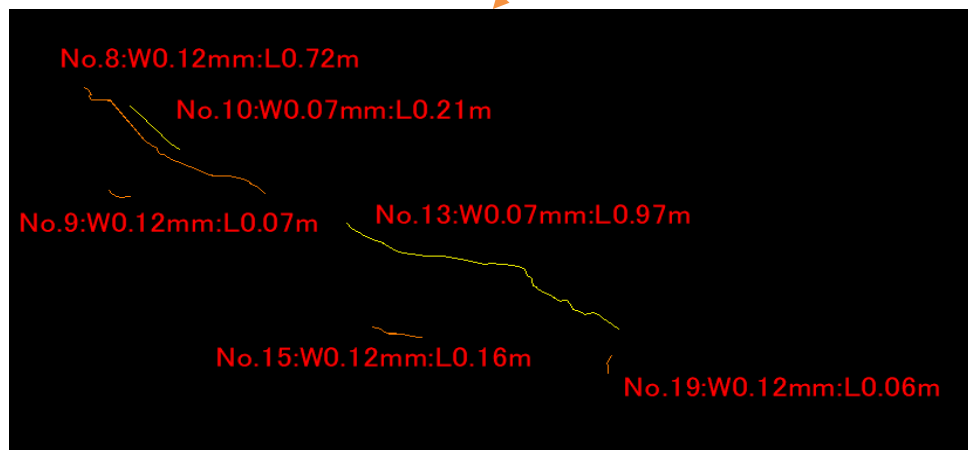
○第2径間 主桁下面



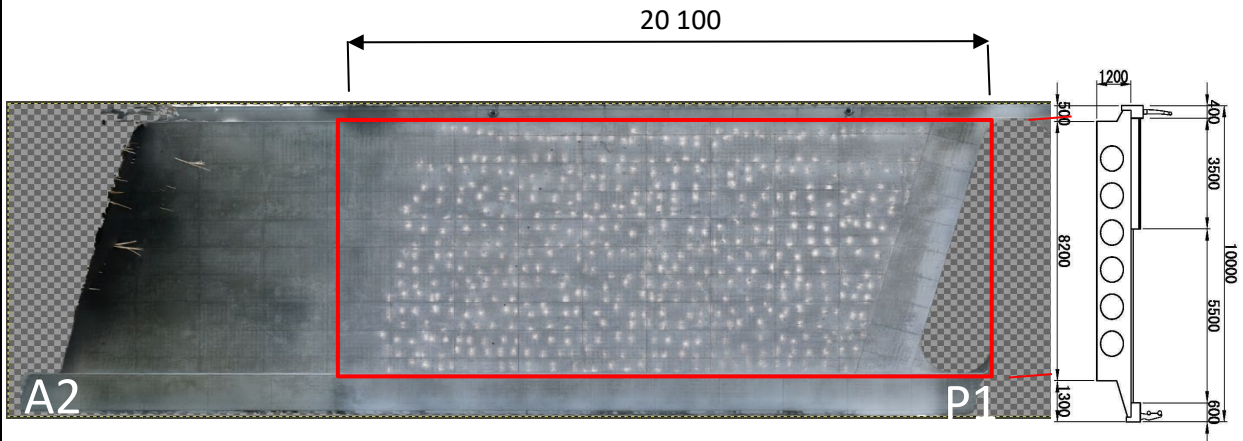
ひびわれ抽出 (CAD図)



拡大



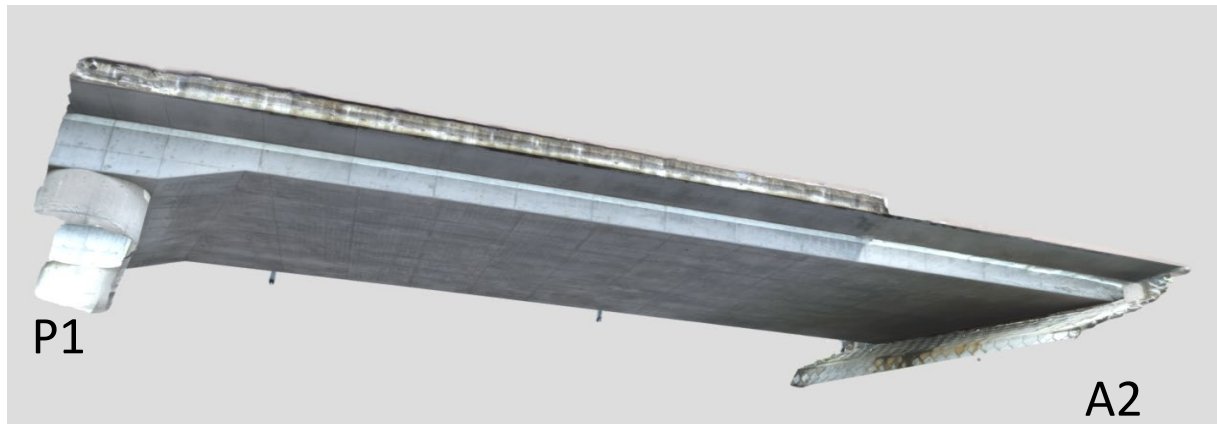
※オルソ画像・・・計測範囲



※地覆部は雨粒の映り込みがあり、ひびわれ抽出に支障が出るため計測範囲外とした。

※A2側は正対撮影できていない部分で、画質が悪いため計測範囲外とした。

3Dモデル



技術番号 BR010031

2号機

技術名 無人艇による河川橋のコンクリート床版点検技術 開発者名 夢想科学株式会社

試験日 令和5年 12月 14日 天候 晴れ 気温 17.6 °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 ひびわれ 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
進入可能性能
最小・ひびわれ精度
色識別性能

対象構造物の概要

・幅0.2mm、0.3mm、1.0mm、2.0mm、5.0mmのひびわれを「縦」、「横」、「斜」の方向それぞれに有したひびわれのモルタルのパネルを2台の架台に配置した。(写真-1、2、3)

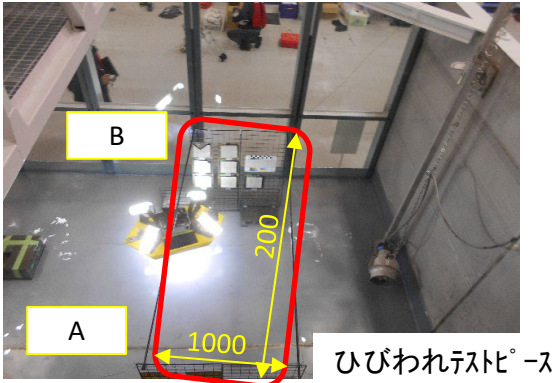


写真-1: ひびわれパネル設置架台



写真-2: 架台A(7パネル)

パネル番号とひびわれ方向(縦、横、斜)



写真-3: 架台B(7パネル)

架台A	斜	斜	
	A-14	A-15	
	斜	横	
	A-12	A-13	
	縦	縦	縦
	A-9	A-10	A-11

架台B		横	斜	
		A-8	A-7	
		横	斜	
		A-6	A-5	
	縦	横	横	縦
	A-4	A-3	A-2	A-1

試験方法(手順)	技術番号	BR010031
①	撮影機器(写真-4:水上ドローン本体)	
②	撮影状況(写真-5:ひびわれモルタル撮影(流速無し))	
③	撮影状況(写真-6:進入可能性能(流速有り))	
④	撮影状況(写真-7:オルソ画像撮影)	
⑤	水面状況(写真-8:流速無し、写真-9:流速有り)	

開発者による計測機器の設置状況



写真-4

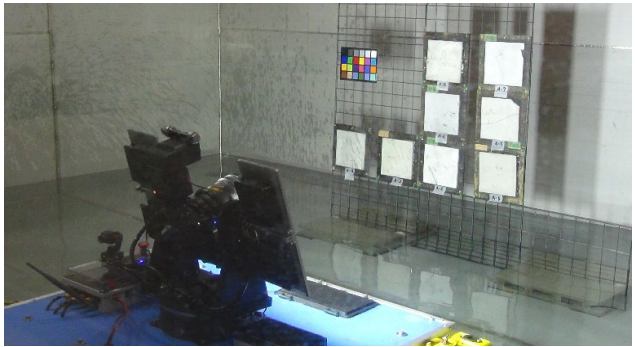


写真-5

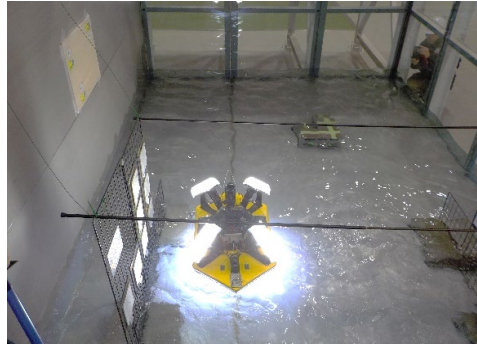


写真-6



写真-7

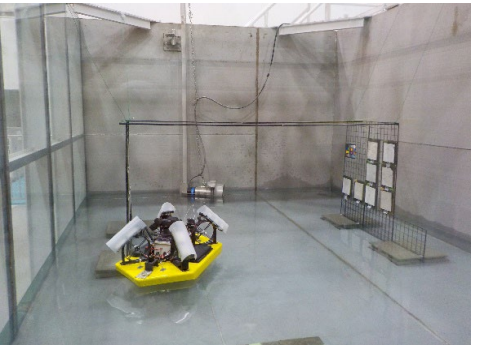


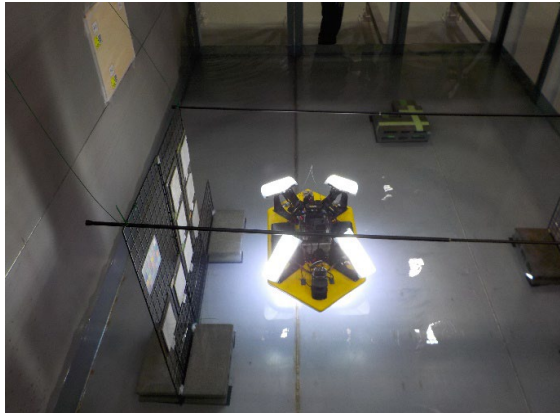
写真-8



写真-9

※安定性能

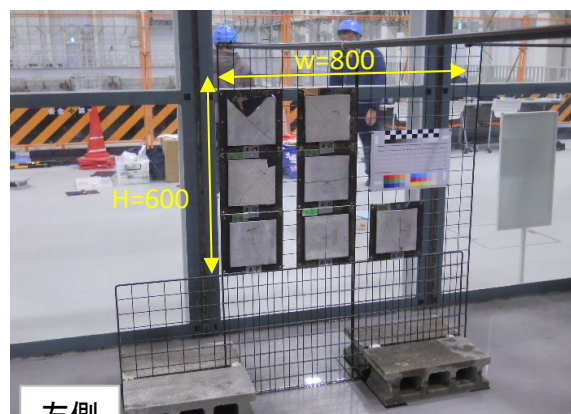
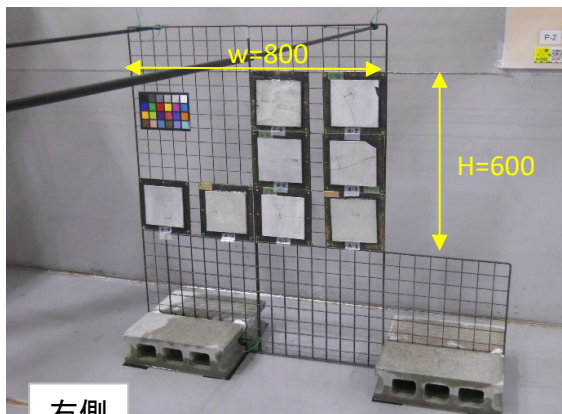
■流速0.5m/s、水深0.3m



水流を発生した状態での移動量を確認する。

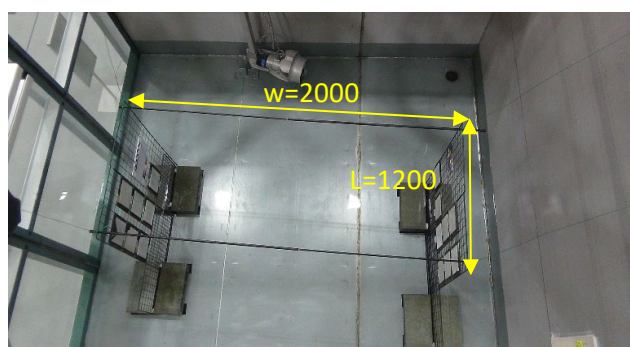
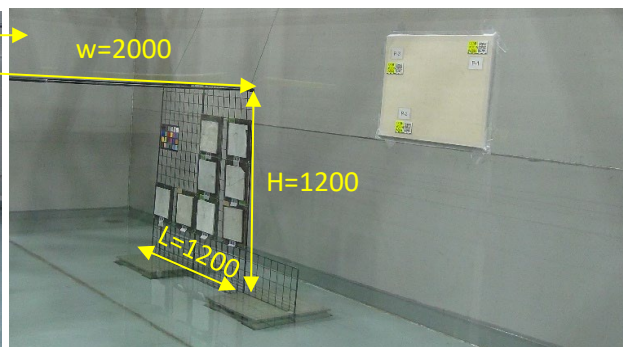
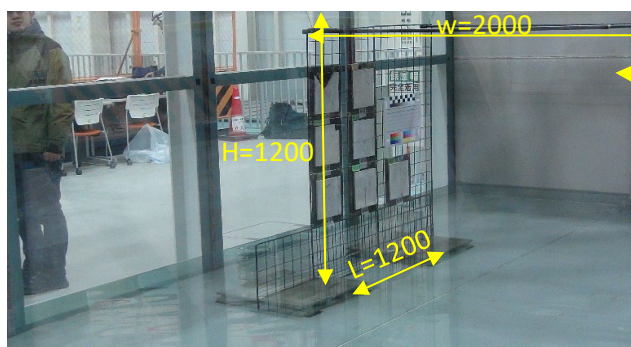
※撮影速度

■水深0.3m



左右それぞれ撮影範囲(縦0.6m、横0.8m)を移動しながら撮影に要した時間(秒)を計測する。

※進入可能性能



水深0.3mで、 $W2.0m \times H1.0m \times L1.0m$ の空間において、進入可能かを確認する。

※最小ひびわれ幅・計測精度

各ひびわれ幅のパネルについて、クラックスケールで計測した値を真値とする。

真値(ひびわれ幅)

計測条件

計測1回目: 水流無し

チャート番号	A-1	A-3	A-15
方向	縦	横	斜
写真			
真値	0.05	0.05	0.05
チャート番号	A-4	A-8	A-12
方向	縦	横	斜
写真			
真値	0.1	0.1	0.1
チャート番号	A-10	A-6	A-7
方向	縦	横	斜
写真			
真値	0.2	0.2	0.2
チャート番号	A-9	A-2	A-14
方向	縦	横	斜
写真			
真値	0.3	0.3	0.3
チャート番号	A-11	A-13	A-5
方向	縦	横	斜
写真			
真値	1.0	1.0	1.0

※色識別性能

市販の24色のカラーチャート(写真-10)を使用する。
RGB値はカラーチャートの販売業者提供しているRGB値を真値とする。

計測条件

計測1回目: 水流無し

計測2回目: 水流有り



写真-10



真 値			
	R値	G値	B値
A-1	43	41	43
A-2	80	80	78
A-3	122	118	116
A-4	161	157	154
A-5	202	198	195
A-6	249	242	238
B-1	25	55	135
B-2	57	146	64
B-3	186	26	51
B-4	245	205	0
B-5	192	75	145
B-6	0	127	159
C-1	238	158	25
C-2	157	188	54
C-3	83	58	106
C-4	195	79	95
C-5	58	88	159
C-6	222	118	32
D-1	112	76	60
D-2	197	145	125
D-3	87	120	155
D-4	82	106	60
D-5	126	125	174
D-6	98	187	166

※安定性能:変化量:0cm

※撮影速度

流速無し:撮影面積 0.96m^2 、撮影時間:右(2分32秒)、左(2分3秒)=4分35秒=275sec

撮影速度 $=0.96/275=0.003\text{m}^2/\text{sec}$

流速有り:撮影面積 0.96m^2 、撮影時間:右(1分59秒)、左(2分17秒)=4分16秒=246sec

撮影速度 $=0.96/246=0.004\text{m}^2/\text{sec}$

※進入可能性能:W2.0m×H1.2m×L1.2mの空間を進入可能

※最小ひびわれ幅・計測精度

■カメラ名称:GOPRO9 Black 3台(左、上、右)

■被写体距離:0.3~0.8m ■流速:0~0.5m/s ■焦点距離:16mm(35mm換算) ■シャッター速度:-

■フォーカス:- ■画像Pixel数:キャプチャ画像:3840*2160 5.2K動画 29.97フレーム/秒

※動画より静止画を生成してオルソ画像製作、オルソ画像:0.083mm/ピクセル(計測時)、LED照明:160W

チャート番号	A-1	A-3	A-15
方向	縦	横	斜
真値	0.05	0.05	0.05
撮影画像			
計測値	0.1	0.1	0.05
チャート番号	A-4	A-8	A-12
方向	縦	横	斜
真値	0.1	0.1	0.1
撮影画像			
計測値	0.2	0.1	0.1
チャート番号	A-10	A-6	A-7
方向	縦	横	斜
ひびわれ幅	0.2	0.2	0.2
撮影画像			
計測値	0.2	0.2	0.2
チャート番号	A-9	A-2	A-14
方向	縦	横	斜
真値	0.3	0.3	0.3
撮影画像			
計測値	0.3	0.3	0.3
チャート番号	A-11	A-13	A-5
方向	縦	横	斜
真値	1.0	1.0	1.0
撮影画像			
計測値	0.50	1.0	1.0

ひびわれ幅	計測精度
0.05mm	0.04mm
0.1mm	0.06mm
0.2mm	0.00mm
0.3mm	0.00mm
1.0mm	0.29mm

※色識別性能

■カメラ名称: GOPRO9 Black 3台(左、上、右)

■被写体距離: 0.3~0.8m ■流速: 0~0.5m/s ■焦点距離: 16mm(35mm換算) ■シャッター速度:-

■フォーカス:- ■画像Pixel数: キャプチャ画像: 3840*2160 5.2K動画 29.97フレーム/秒

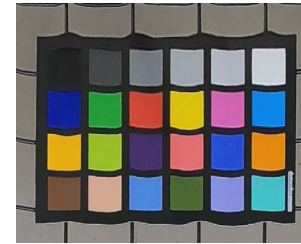
※動画より静止画を生成してオルソ画像製作、オルソ画像: 0.083mm/ピクセル(計測時)、LED照明: 160W



立会者撮影



撮影画像



オルソ画像

計測比較

撮影画像

	R値		G値		B値	
	真値	計測値	真値	計測値	真値	計測値
A-1	43	33	41	33	43	33
A-2	80	63	80	67	78	68
A-3	122	115	118	124	116	132
A-4	161	169	157	175	154	188
A-5	202	187	198	196	195	208
A-6	249	209	242	219	238	224
B-1	25	14	55	28	135	156
B-2	57	30	146	160	64	60
B-3	186	207	26	67	51	51
B-4	245	229	205	203	0	13
B-5	192	221	75	108	145	191
B-6	0	16	127	141	159	235
C-1	238	233	158	180	25	14
C-2	157	158	188	198	54	36
C-3	83	71	58	46	106	110
C-4	195	234	79	117	95	120
C-5	58	31	88	80	159	229
C-6	222	234	118	151	32	16
D-1	112	120	76	81	60	57
D-2	197	218	145	175	125	152
D-3	87	77	120	141	155	230
D-4	82	79	106	110	60	50
D-5	126	149	125	160	174	236
D-6	98	77	187	211	166	221

オルソ画像

	R値		G値		B値	
	真値	計測値	真値	計測値	真値	計測値
A-1	43	36	41	36	43	36
A-2	80	61	80	70	78	69
A-3	122	114	118	121	116	129
A-4	161	158	157	165	154	175
A-5	202	177	198	184	195	194
A-6	249	198	242	205	238	213
B-1	25	16	55	35	135	155
B-2	57	39	146	159	64	61
B-3	186	207	26	69	51	58
B-4	245	220	205	193	0	14
B-5	192	211	75	100	145	177
B-6	0	15	127	134	159	236
C-1	238	228	158	172	25	15
C-2	157	153	188	192	54	39
C-3	83	71	58	51	106	112
C-4	195	226	79	110	95	111
C-5	58	38	88	76	159	211
C-6	222	228	118	140	32	17
D-1	112	116	76	82	60	57
D-2	197	211	145	169	125	147
D-3	87	77	120	137	155	223
D-4	82	73	106	103	60	49
D-5	126	134	125	145	174	225
D-6	98	70	187	194	166	202

技術番号	BR010031
------	----------

2号機

技術名	無人艇による河川橋のコンクリート床版点検技術	開発者名	夢想科学株式会社
-----	------------------------	------	----------

試験日	令和5年 12月 14日	天候	晴れ	気温	17.6 °C	風速	- m/s
-----	--------------	----	----	----	---------	----	-------

試験場所	福島ロボットテストフィールド(試験橋梁)
------	----------------------

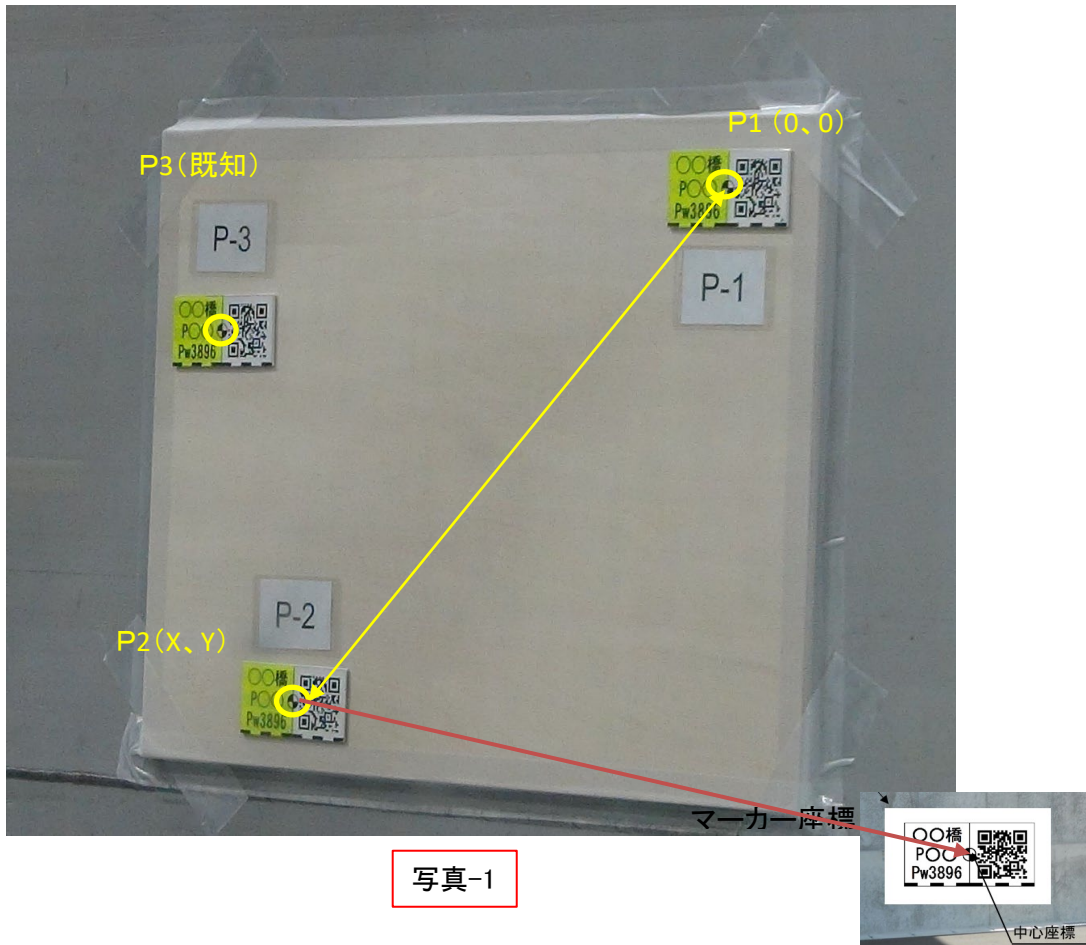
カタログ分類	画像計測技術	カタログ	検出項目	ひびわれ	試験区分	標準試験
--------	--------	------	------	------	------	------

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

※検証試験体

- ・A2橋台縦壁前面にマーカを3箇所設置する。(写真-1)
- ・P1の座標(0, 0)を基準(原点)とし、P3を既知点としP2の座標(x, y)及びP1-P2間の距離を計測する。



試験方法(手順)	技術番号	BR010031
① 撮影機器の搬入(写真-2:水上ドローン本体)		
② マーカーの設置状況(写真-3)		
③ 撮影状況:マーカーを撮影する。(写真-4、5:流速有り)		
④ 撮影状況:マーカーを撮影する。(写真-6、7:流速無し)		
⑤ 後日、撮影画像からオルソ画像を作成しマーカーの座標値を求め、マーカーの座標値から長さ(P1-P2間)を求める。		

開発者による計測機器の設置状況

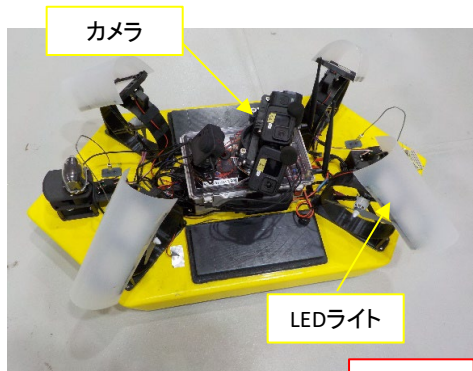


写真-2

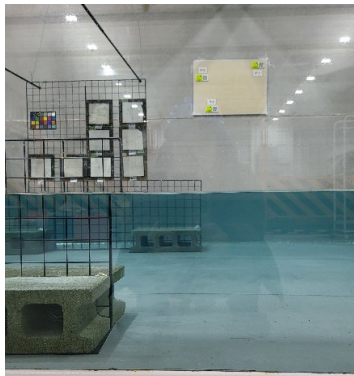


写真-3



写真-4



写真-5



写真-6

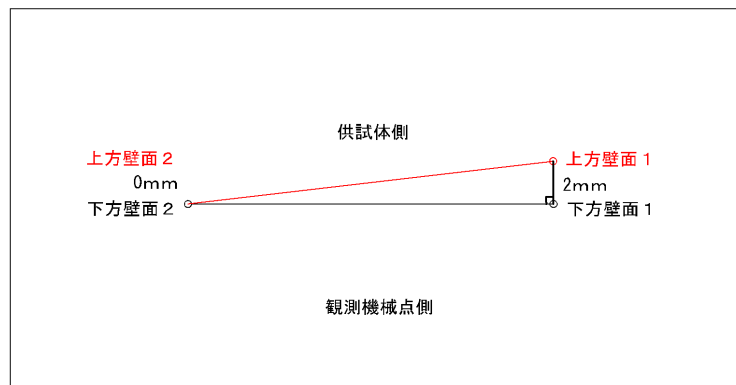


写真-7

※長さ計測精度/位置精度

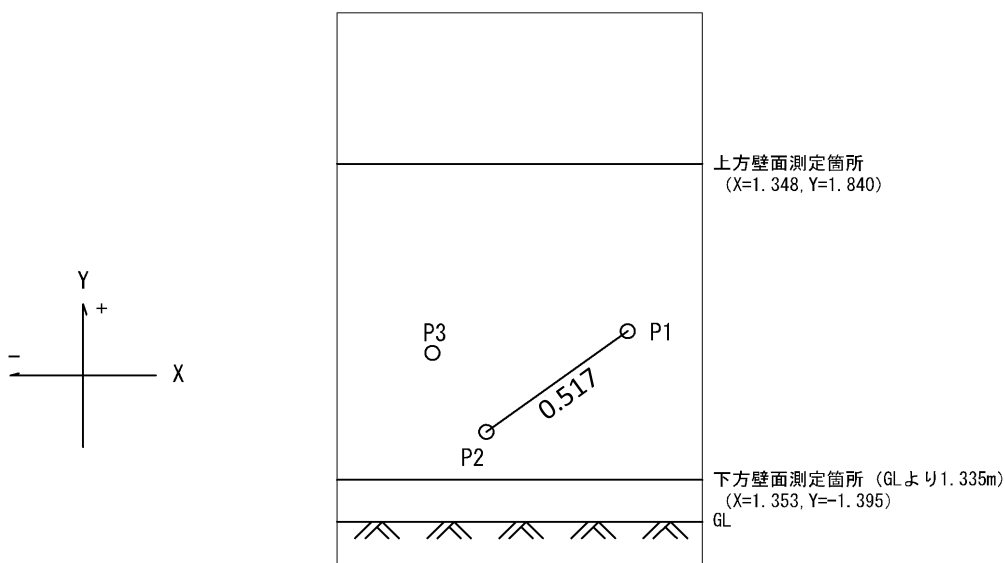
立会者によりP1(0, 0)を基準点とし、P2、P3をトータルステーションにて測量した座標値を真値とする。

ボード平面図



※X軸は下方壁面方向を基線とする。

ボード側面図



※P1-P2は平面長及び斜辺長共に同じ寸法値

ボードマーカース座標値

点名	X座標	Y座標	Z座標
P1	0.000	0.000	0.000
P2	-0.376	-0.355	0.000
P3	-0.458	-0.095	-0.001

※長さ計測精度/位置精度

■カメラ名称: GOPRO9 Black 3台(左、上、右)

■被写体距離: 0.5~1.0m ■流速: 0~0.5m/s ■焦点距離: 16mm(35mm換算) ■シャッター速度:-

度:-

■フォーカス:- ■画像Pixel数: キャプチャ画像: 3840*2160 5.2K動画 29.97フレーム/秒

※動画より静止画を生成してオルソ画像製作、オルソ画像: 0.083mm/ピクセル(計測時)、LED照明: 160W

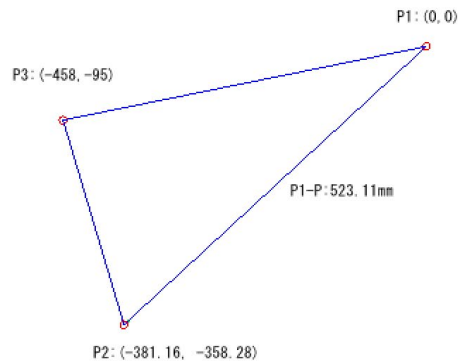
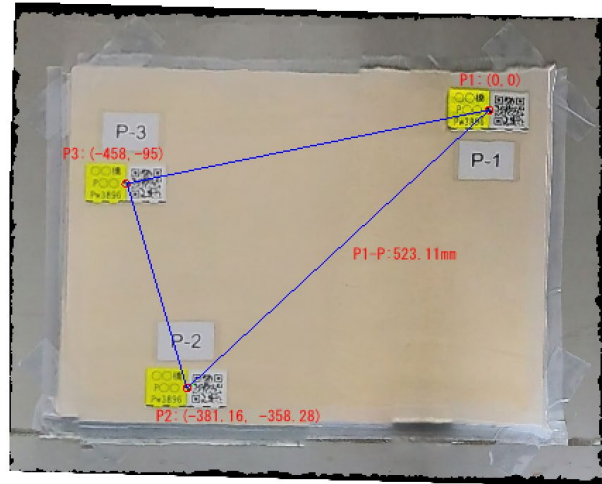


写真-8 オルソ画像

ボードマーカース座標値

点名	X座標			Y座標			距離 (P1-P2)		
	真値	計測値	精度	真値	計測値	精度	真値	計測値	精度
P1	0.000	0.000	/	0.000	0.000	/	/	/	/
P2	-0.376	-0.381	-0.005	-0.355	-0.358	-0.003	0.517	0.523	101.2%
P3	-0.458	-0.458	/	-0.095	-0.095	/	/	/	/

技術番号	BR010032
------	----------

技術名	水面フローターと360°カメラを搭載したドローンによる溝橋の点検	開発者名	(株)エイテック
-----	----------------------------------	------	----------

試験日	令和3年 4 月 6 日	天候	晴れ	気温	20.1 °C	風速	1.2 m/s
-----	--------------	----	----	----	---------	----	---------

試験場所	実橋
------	----

カタログ分類	画像計測技術	カタログ	検出項目	ひびわれ	試験区分	標準試験
--------	--------	------	------	------	------	------

試験で確認する カタログ項目	狭小進入可能性能 最大可動範囲
-------------------	--------------------

対象構造物の概要

※対象橋梁

橋梁形式: RC溝橋 (BOXカルバート)

橋長: 3.10m

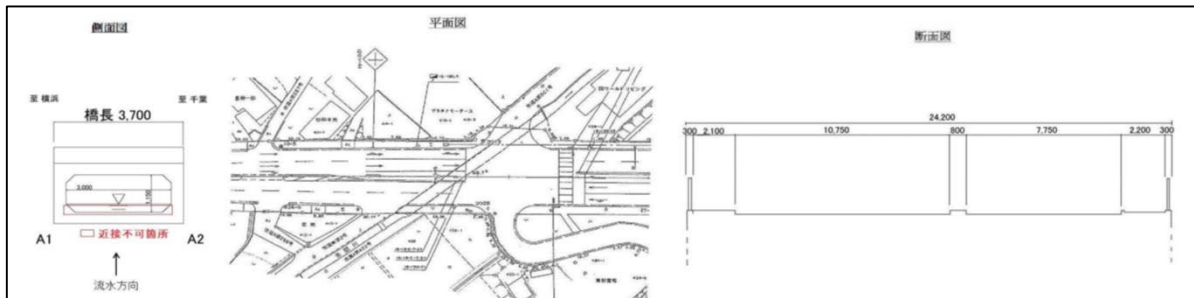


写真-1: 上り線側
(上流側)



写真-2: 下り線側
(下流側)

- ① 計測機材の搬入:ドローン(写真-3)、コントローラ(写真-4)
- ② 計測作業の事前準備:レベリング(写真-5)
- ③ 計測作業:遠隔操作でドローンを飛行させる。(写真-6、写真-7)
- ④ 計測状況:桁下に遠隔操作でドローンを飛行させる。(写真-8)
- ⑤ 後日、撮影した画像からひびわれ等を確認する。

開発者による計測機器の設置状況



写真-3



写真-4



写真-5



写真-6



写真-7

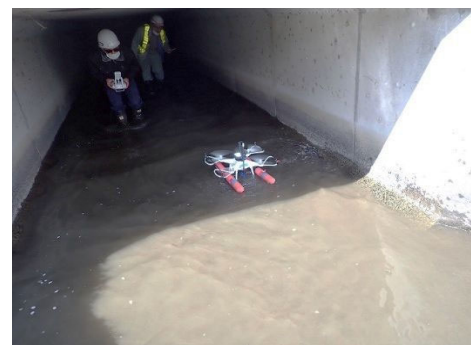
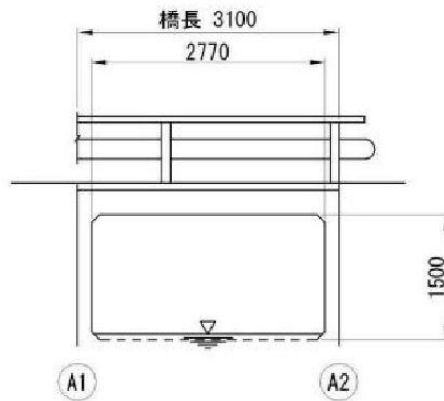


写真-8

※狭小進入可能性能

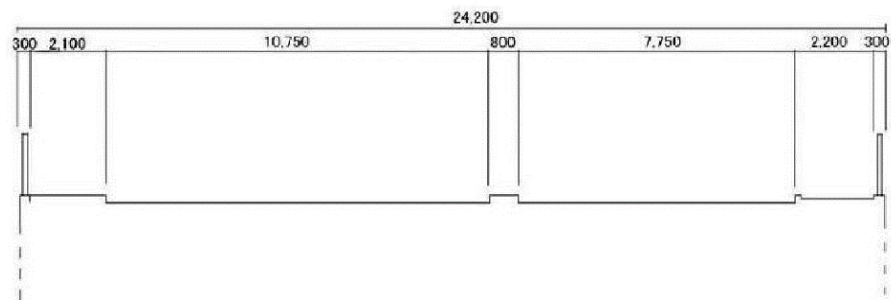
幅2.77m、高さ1.5mのボックスへの進入を確認

側面図

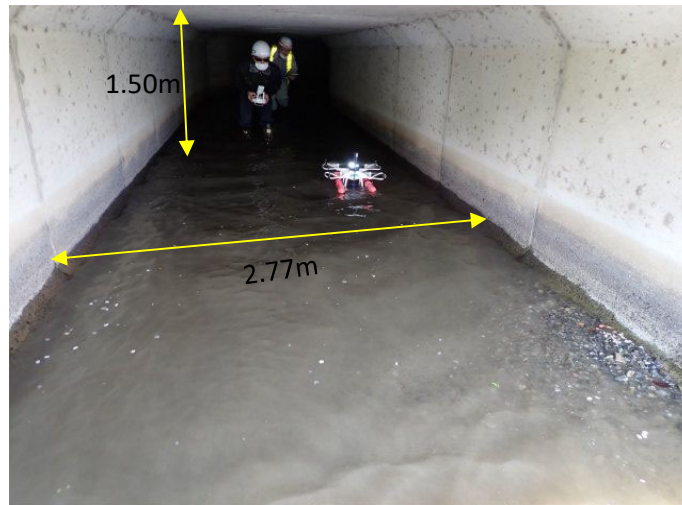


※最大可動範囲

24.200mの橋長を確認

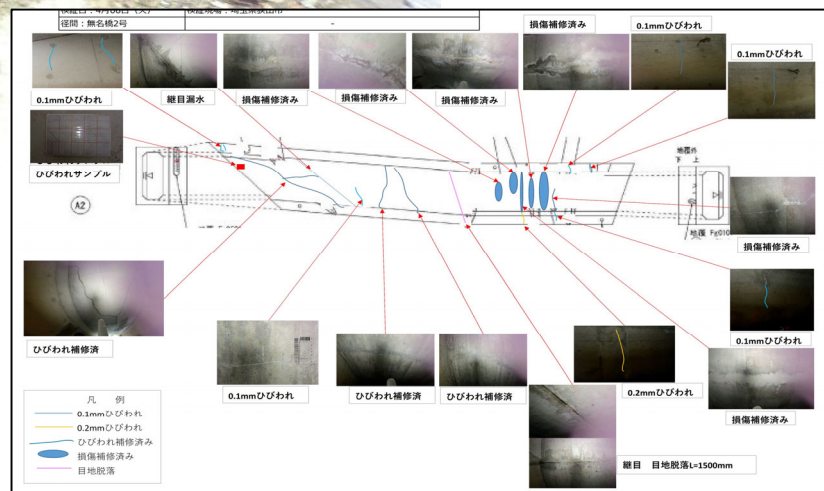


※計測結果(狭小進入可能性能)



幅2.77m、高さ1.5mのボックスへの進入を確認

※計測結果(最大可動範囲)



24.200mの橋長を確認

技術番号 BR010032

技術名 水面フローターと360°カメラを搭載したドローンによる溝橋の点検 開発者名 (株)エイテック

試験日 令和3年 3月 23日 天候 晴れ 気温 11.4 °C 風速 1.3 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 ひびわれ 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
最小・ひびわれ精度
色識別性能

対象構造物の概要

・幅0.05mm、0.1mm、0.2mm、0.3mm、1.00mmのひびわれを「縦」、「横」、「斜」の方向それぞれに有したひびわれのモルタルのパネルをA1橋台、P1橋脚に配置した。(写真-1、2、3 ○:パネル)

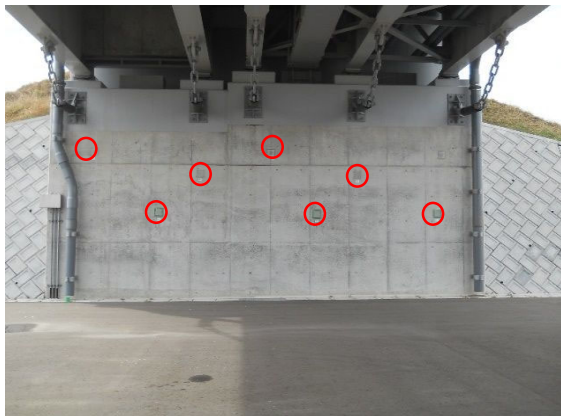


写真-1: A1橋台 (7パネル)



写真-2: P1橋脚 (起点側) (5パネル)



写真-3: P1橋脚 (終点側) (3パネル)

パネル番号(チャート番号)とひびわれ方向(縦、横、斜)

A1橋台 (正面右からの配置) (写真-1)

A1	M5	A2	A3	M2	A4	M1
横	横	縦	縦	斜	斜	縦

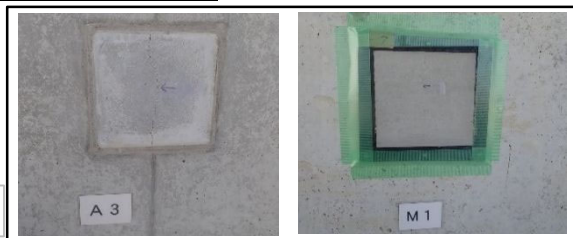
P1橋脚 (起点側) (正面右からの配置) (写真-2)

F4	M4	F6	M6	M3
横	縦	横	斜	斜

P1橋脚 (終点側) (正面右からの配置) (写真-3)

C2	C4	C5
斜	横	縦

写真-4: パネル (抜粋 A3、M1)



試験方法(手順)	技術番号	BR010032
① 計測器の搬入:水面フローターと360°カメラ搭載ドローン(写真-5)、コントローラ(写真-6)		
② ドローンを飛行させ撮影する:搭載カメラは球体ガード型と同一(写真-7)		
③ 撮影状況(写真-8:A1橋台配置のひびわれモルタルを撮影)		
④ 撮影状況(写真-9:P1橋脚配置のひびわれモルタルを撮影)		
⑤ 撮影状況(写真-10:A2橋台配置のカラーチャートを撮影)		

開発者による計測機器の設置状況



写真-5



写真-6

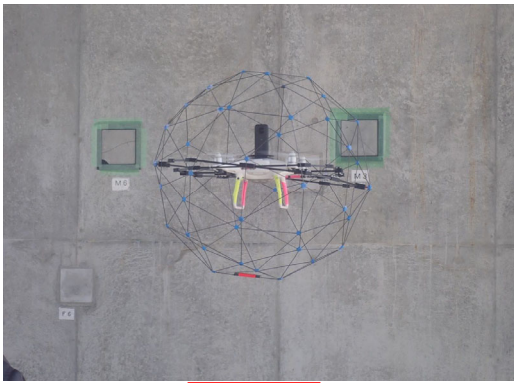


写真-7



写真-8

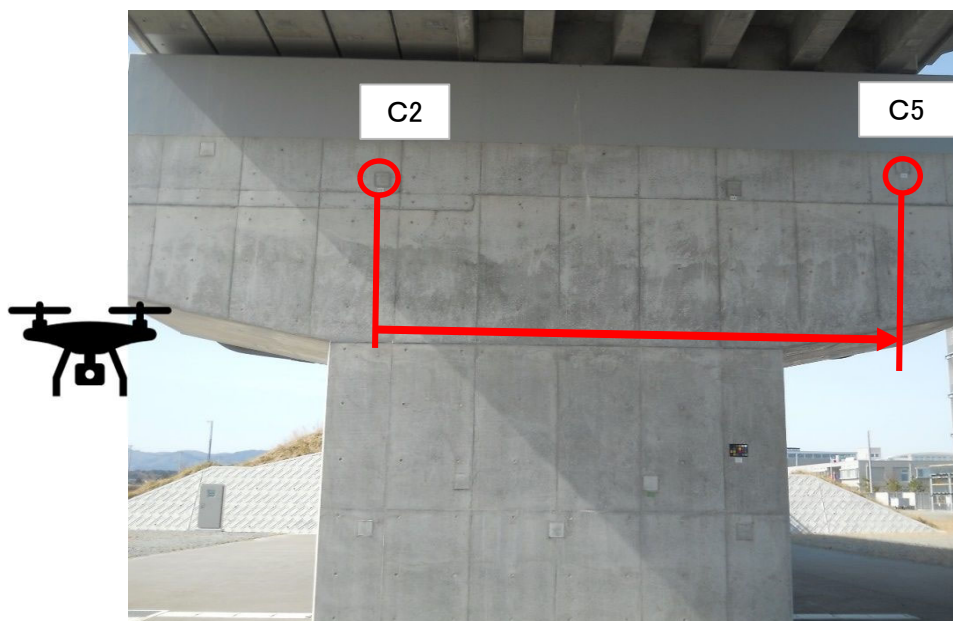


写真-9



写真-10

※撮影速度



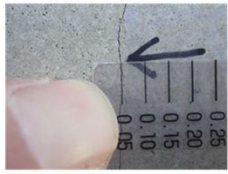
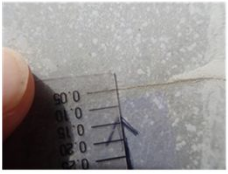

モルタルC2からC5間(飛行距離:6.0m)を通常撮影しながら移動して、
移動に要した時間(秒)を計測する。




速度(撮影速度) = $6.0\text{m} \div \text{所要時間(秒)}$




※最小ひびわれ幅・計測精度


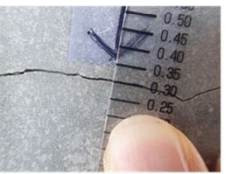

各ひびわれ幅のパネルについて、クラックスケールで計測した値を真値とする。




真値(ひびわれ幅)

チャート番号	M1	A1	M2
方向	縦	横	斜
写真			
真値	0.05	0.05	0.05

チャート番号	A2	F6	C2
方向	縦	横	斜
写真			
真値	0.10	0.10	0.10

チャート番号	A3	C4	A4
方向	縦	横	斜
写真			
真値	0.20	0.20	0.20

チャート番号	C5	F4	M3
方向	縦	横	斜
写真			
真値	0.30	0.30	0.30

チャート番号	M4	M5	M6
方向	縦	横	斜
写真			
真値	1.00	1.00	1.00

※色識別性能

市販の24色のカラーチャート(写真-11)を使用する。
RGB値はカラーチャートの販売業者提供しているRGB値を真値とする。

配置はP1橋脚(K1)(写真-12)とA2橋台(K2)(写真-13)の2箇所



写真-11



写真-12 □:K1



写真-13 □:K2

真 値			
	R値	G値	B値
A-1	43	41	43
A-2	80	80	78
A-3	122	118	116
A-4	161	157	154
A-5	202	198	195
A-6	249	242	238
B-1	25	55	135
B-2	57	146	64
B-3	186	26	51
B-4	245	205	0
B-5	192	75	145
B-6	0	127	159
C-1	238	158	25
C-2	157	188	54
C-3	83	58	106
C-4	195	79	95
C-5	58	88	159
C-6	222	118	32
D-1	112	76	60
D-2	197	145	125
D-3	87	120	155
D-4	82	106	60
D-5	126	125	174
D-6	98	187	166

※撮影速度

飛行距離:6.0m、所要時間:36秒

撮影速度=6.0/36=0.17m/sec

※最小ひびわれ幅・計測精度

■カメラ名称: Insta360onex

■被写体距離: 0.5 m ■照度: 7.7~65.6 kLux ■風速: 1.3~2.7 m/s

■気温: 11.4~14.2 °C



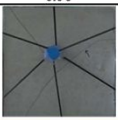
■焦点距離: 7.2 mm ■シャッター速度:— 動画 30fps 1/8000秒



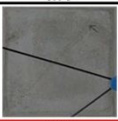
■絞り: f AUTO ■ISO値: AUTO

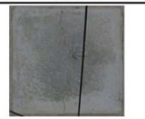
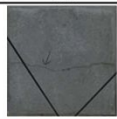
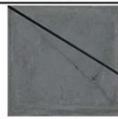
■フォーカス: AUTO



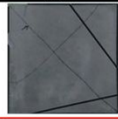
■画像Pixel数: 5760×2880

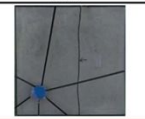
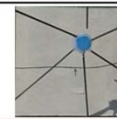
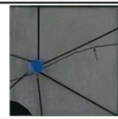
最小ひび割れ幅・計測精度
計測値

チャート番号	M1	A1	M2
方向	縦	横	斜
真値	0.05	0.05	0.05
写真			
計測値	0.05	0.05	0.1

チャート番号	A2	F6	C2
方向	縦	横	斜
真値	0.10	0.10	0.10
写真			
計測値	0.1	0.05	0.05

チャート番号	A3	C4	A4
方向	縦	横	斜
真値	0.20	0.20	0.20
写真			
計測値	0.05	0.1	0.1

チャート番号	C5	F4	M3
方向	縦	横	斜
真値	0.30	0.30	0.30
写真			
計測値	0.2	0.1	0.2

チャート番号	M4	M5	M6
方向	縦	横	斜
真値	1.00	1.00	1.00
写真			
計測値	0.5	0.3	0.3

ひび割れ幅	計測精度
0.05mm	0.028867513
0.1mm	0.040824829
0.2mm	0.119023807
0.3mm	0.141421356
1.0mm	0.640312424

※色識別性能

■カメラ名称: Insta360onex

■被写体距離: 0.5 m ■照度: 8.1~27.0 kLux ■風速: 3.7 m/s

■気温: 13.7 °C

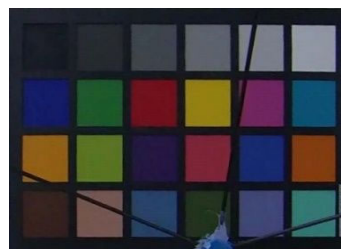
■焦点距離: 7.2 mm ■シャッター速度: ー 動画 30fps 1/8000秒

■絞り: f AUTO ■ISO値: AUTO

■フォーカス: AUTO ■画像Pixel数: 5760×2880



立会者撮影



K1:開発者撮影



K2:開発者撮影

K1:計測比較

	R値		G値		B値	
	真値	計測値	真値	計測値	真値	計測値
A-1	43	27	41	30	43	39
A-2	80	39	80	46	78	50
A-3	122	60	118	69	116	76
A-4	161	93	157	100	154	110
A-5	202	124	198	128	195	140
A-6	249	143	242	151	238	162
B-1	25	21	55	29	135	102
B-2	57	25	146	87	64	42
B-3	186	114	26	19	51	27
B-4	245	146	205	128	0	20
B-5	192	111	75	38	145	93
B-6	0	14	127	80	159	114
C-1	238	145	158	95	25	22
C-2	157	90	188	119	54	37
C-3	83	36	58	25	106	68
C-4	195	125	79	36	95	54
C-5	58	25	88	44	159	112
C-6	222	133	118	60	32	19
D-1	112	55	76	37	60	33
D-2	197	117	145	87	125	79
D-3	87	40	120	66	155	103
D-4	82	35	106	52	60	33
D-5	126	64	125	72	174	119
D-6	98	50	187	122	166	117

K2:計測比較

	R値		G値		B値	
	真値	計測値	真値	計測値	真値	計測値
A-1	43	14	41	20	43	20
A-2	80	35	80	39	78	42
A-3	122	67	118	70	116	79
A-4	161	101	157	103	154	115
A-5	202	129	198	136	195	146
A-6	249	152	242	159	238	167
B-1	25	15	55	24	135	103
B-2	57	28	146	92	64	40
B-3	186	120	26	19	51	27
B-4	245	153	205	134	0	16
B-5	192	119	75	44	145	101
B-6	0	18	127	92	159	131
C-1	238	149	158	100	25	23
C-2	157	94	188	124	54	34
C-3	83	38	58	25	106	68
C-4	195	129	79	41	95	55
C-5	58	28	88	49	159	116
C-6	222	143	118	66	32	20
D-1	112	62	76	34	60	31
D-2	197	114	145	85	125	77
D-3	87	40	120	66	155	99
D-4	82	32	106	55	60	26
D-5	126	71	125	79	174	126
D-6	98	60	187	132	166	128

技術番号	BR010032			
技術名	水面フローターと360°カメラを搭載したドローンによる溝橋の点検	開発者名	(株)エイテック	
試験日	令和3年 3 月 23 日	天候	晴れ	気温 11.4 °C 風速 1.3 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	ひびわれ
			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

※検証試験体

- ・A2橋台縦壁前面にマーカを3箇所設置する。(写真-1)
- ・P1の座標(0, 0)を基準(原点)とし、P3を既知点としP2の座標(x, y)及びP1-P2間の距離を計測する。

写真-1

- | | |
|---|--|
| ① | 計測器の搬入:水面フローターと360°カメラ搭載ドローン(写真-2) |
| ② | コントローラ(写真-3) |
| ③ | ドローンを飛行させ撮影する:搭載カメラは球体ガード型と同一(写真-4) |
| ④ | 撮影状況(写真-5:A2橋台配置のマーカ3点を撮影) |
| ⑤ | 後日、オルソ画像を作成し、P2座標、P1-P2の距離を算出する。(写真-6) |

開発者による計測機器の設置状況



写真-2



写真-3

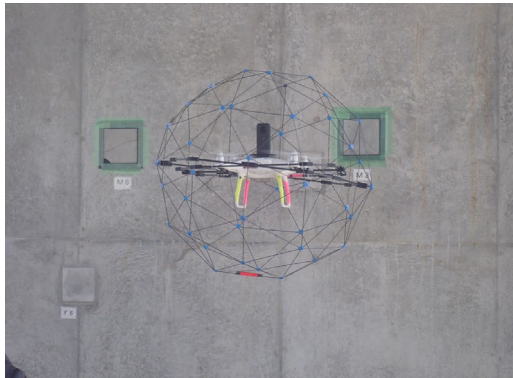


写真-4

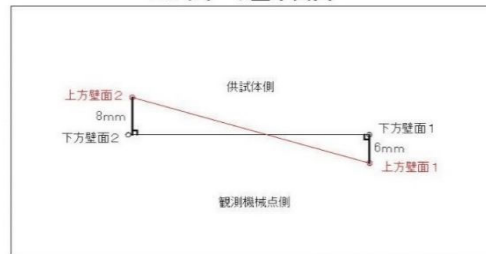


写真-5

※最小ひびわれ幅・計測精度

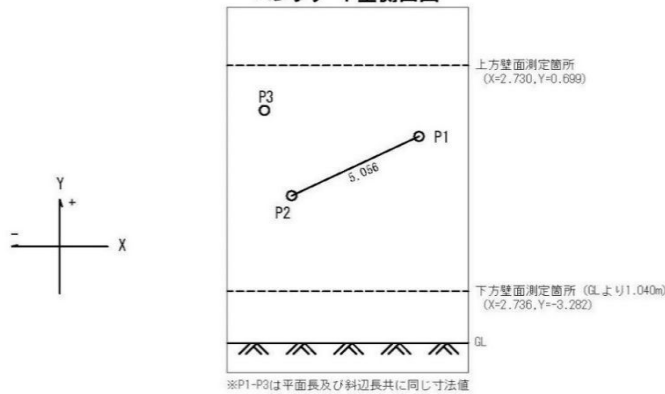
立会者によりP1(0, 0)を基準点とし、P2、P3をトータルステーションにて測量した座標値を真値とする。

コンクリート壁平面図



※X軸は下方壁面方向を基準とする。

コンクリート壁側面図



※P1-P3は平面長及び斜辺長共に同じ寸法値

コンクリート壁マーカース座標値

点名	X座標	Y座標	Z座標
P1	0.000	0.000	0.000
P2	-4.456	-2.389	0.005
P3	-5.105	+0.464	-0.004

※長さ計測精度/位置精度

■カメラ名称: Insta360onex

■被写体距離: 0.5 m ■照度: 8.1~27.0 kLux ■風速: 3.7 m/s

■気温: 13.7 °C

■焦点距離: 7.2 mm ■シャッター速度: ー 動画 30fps 1/8000秒

■絞り: f AUTO ■ISO値: AUTO

■フォーカス: AUTO ■画像Pixel数: 5760×2880



写真-6 オルソ画像

コンクリート壁マーカース座標値

点名	X座標			Y座標			Z座標	距離 (P1-P2)		
	真値	計測値	精度	真値	計測値	精度		真値	計測値	精度
P1	0.000			0.000			0.000			
P2	-4.456	-4.391	-0.065	-2.389	-2.321	-0.068	0.005	5.056	4.967	98.24%
P3	-5.105			0.464			-0.004			

技術番号	BR010032
------	----------

技術名	水面フローターと360°カメラを搭載したドローンによる溝橋の点検	開発者名	(株)エイテック
-----	----------------------------------	------	----------

試験日	令和3年 4 月 6 日	天候	晴れ	気温	20.1 °C	風速	1.2 m/s
-----	--------------	----	----	----	---------	----	---------

試験場所	実橋
------	----

カタログ分類	画像計測技術	カタログ	検出項目	ひびわれ	試験区分	現場試験
--------	--------	------	------	------	------	------

試験で確認する カタログ項目	動作確認(精度以外)
-------------------	------------

対象構造物の概要

※対象橋梁

橋梁形式:RC溝橋(BOXカルバート)

橋長:3.10m





写真-1:上り線



写真-2:下り線

- ① 計測機材の搬入:ドローン(写真-3)、コントローラ(写真-4)
- ② 計測作業の事前準備:レベリング(写真-5)
- ③ 計測作業:遠隔操作でドローンを飛行させる。(写真-6、写真-7)
- ④ 計測状況:桁下に遠隔操作でドローンを飛行させる。(写真-8)
- ⑤ 後日、撮影した画像からひびわれ等を確認する。

開発者による計測機器の設置状況



写真-3



写真-4



写真-5



写真-6



写真-7

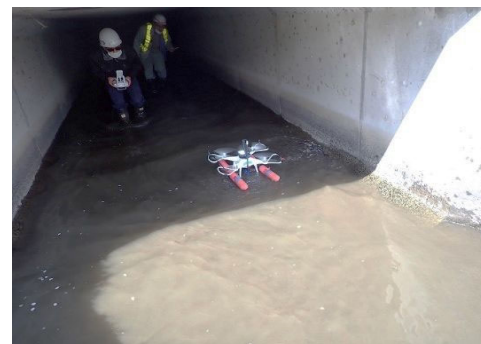


写真-8

※計測結果

撮影条件:水深 14cm 流速 0.234m/s

■カメラ名称: Insta360onex

■被写体距離: 0.5 m

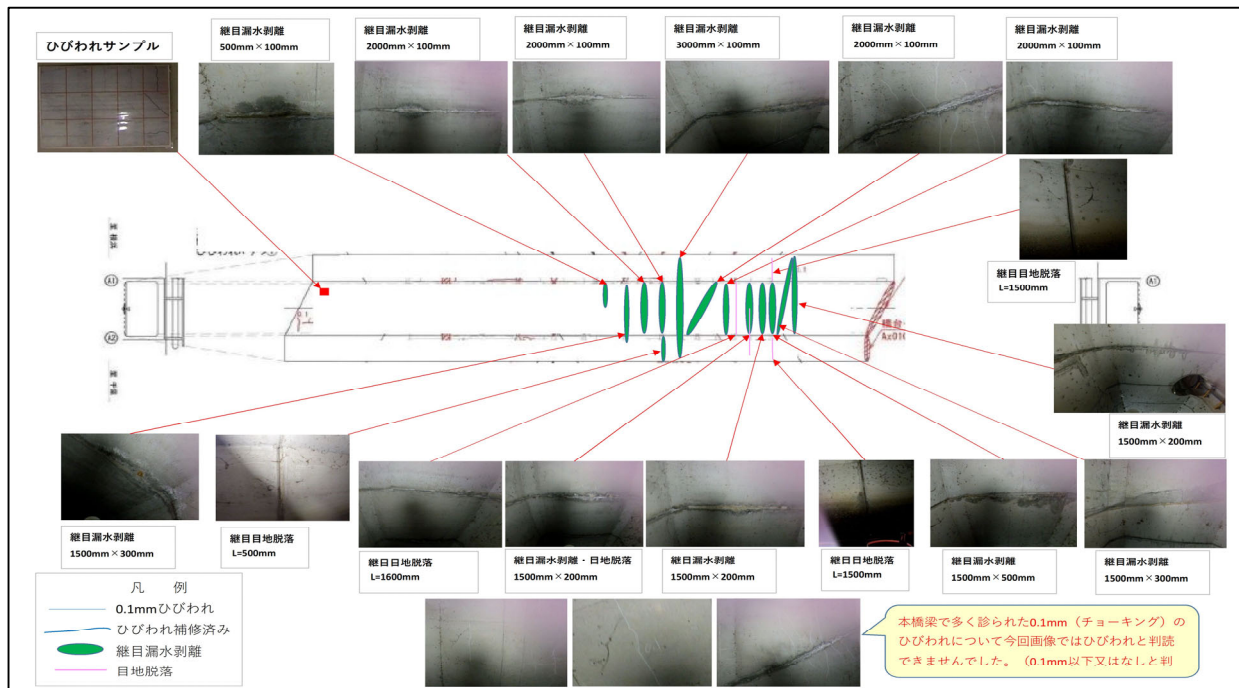
■照度: 0.8~77.3 kLux

■風速: 1.2 m/s

■気温: 20.1 °C

■焦点距離: 7.2 mm ■シャッター速度:- 秒 動画 30fps 1/8000秒

■絞り: f AUTO ■ISO値: AUTO ■フォーカス: AUTO ■画像Pixel数: 5760 × 2880pixel



技術番号	BR010032			
技術名	水面フローターと360°カメラを搭載したドローンによる溝橋の点検		開発者名	(株)エイテック
試験日	令和3年 4月 6日	天候	晴れ	気温 16.0 °C 風速 1.9 m/s
試験場所	実橋			
カタログ分類	画像計測技術	カタログ	検出項目	ひびわれ
			試験区分	現場試験

試験で確認する
カタログ項目

動作確認(精度以外)

対象構造物の概要

※対象橋梁

橋梁形式:RC溝橋(BOXカルバート)

橋長:3.7m









写真-1: 上り線



写真-2: 下り線

- ① 計測機材の搬入:ドローン(写真-3)、コントローラ(写真-4)
- ② 計測作業の事前準備:レベリング(写真-5)
- ③ 計測作業:遠隔操作でドローンを飛行させる。(写真-6、写真-7)
- ④ 計測状況:桁下に遠隔操作でドローンを飛行させる。(写真-8)
- ⑤ 後日、撮影した画像からひびわれ等を確認する。

開発者による計測機器の設置状況



写真-3



写真-4



写真-5



写真-6

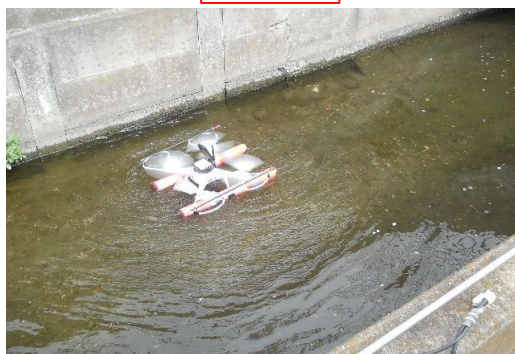


写真-7



写真-8

技術番号 BR010033

技術名 CRシステム(クラック記録システム) 開発者名 株式会社エスジーズ

試験日 令和3年 3月 3日 天候 晴れ 気温 8.9 °C 風速 1.2 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 ひびわれ 試験区分 標準試験

試験で確認する
カタログ項目 最小・ひびわれ精度
色識別性能

対象構造物の概要

・幅0.05mm、0.1mm、0.2mm、0.3mm、1.00mmのひびわれを「縦」、「横」、「斜」の方向それぞれに有したひびわれのモルタルのパネルをA1橋台、P1橋脚に配置した。(写真-1、2、3 ○:パネル)

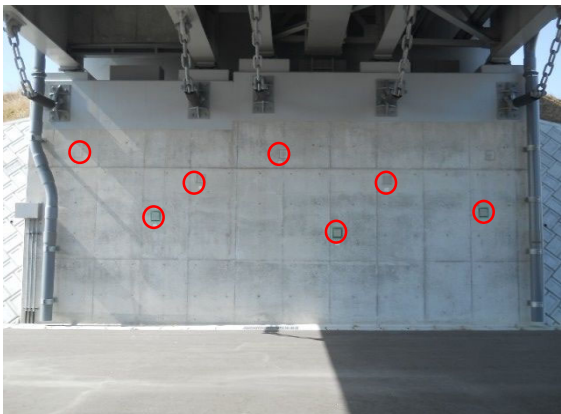


写真-1: A1橋台 (7パネル)



写真-2: P1橋脚 (起点側) (5パネル)



写真-3: P1橋脚 (終点側) (3パネル)

写真-4: パネル (抜粋 A3、M1)

パネル番号 (チャート番号) とひびわれ方向 (縦、横、斜)

A1橋台 (正面右からの配置) (写真-1)

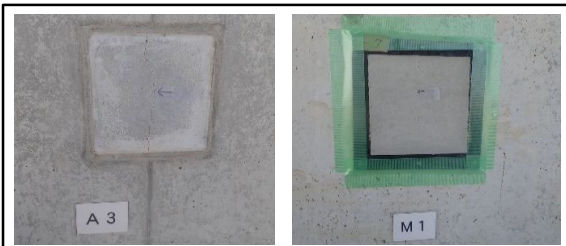
A1	M5	A2	A3	M2	A4	M1
横	横	縦	縦	斜	斜	縦

P1橋脚 (起点側) (正面右からの配置) (写真-2)

F4	M4	F6	M6	M3
横	縦	横	斜	斜

P1橋脚 (終点側) (正面右からの配置) (写真-3)

C2	C4	C5
斜	横	縦



- ① 計測器のセット(写真-5: 自動撮影カメラ)
- ② 基準メジャーをセット(写真-6)
- ③ 雲台コントロールユニット及び撮影データ記録機器(写真-7)
- ④ 撮影状況(写真-8: A1橋台配置のひびわれモルタルを撮影)
- ⑤ 撮影状況(写真-9、-10: P1橋脚配置のひびわれモルタルを撮影)

開発者による計測機器の設置状況



写真-5



写真-6

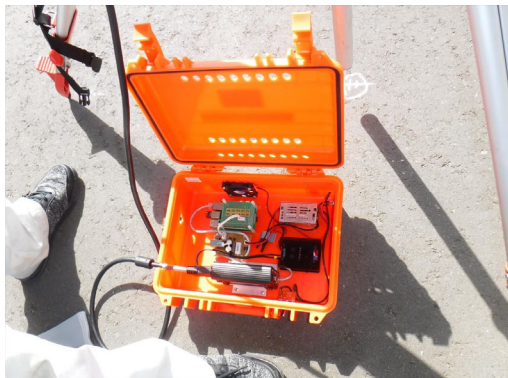


写真-7



写真-8



写真-9

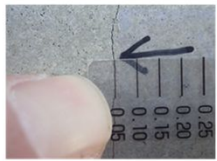
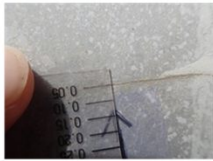






写真-10




※最小ひびわれ幅・計測精度




各ひびわれ幅のパネルについて、クラックスケールで計測した値を真値とする。


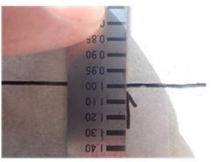
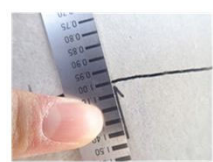
真値(ひびわれ幅)

チャート番号	M1	A1	M2
方向	縦	横	斜
写真			
真値	0.05	0.05	0.05

チャート番号	A2	F6	C2
方向	縦	横	斜
写真			
真値	0.10	0.10	0.10

チャート番号	A3	C4	A4
方向	縦	横	斜
写真			
真値	0.20	0.20	0.20

チャート番号	C5	F4	M3
方向	縦	横	斜
写真			
真値	0.30	0.30	0.30

チャート番号	M4	M5	M6
方向	縦	横	斜
写真			
真値	1.00	1.00	1.00

※色識別性能

市販の24色のカラーチャート(写真-11)を使用する。
RGB値はカラーチャートの販売業者提供しているRGB値を真値とする。

配置はP1橋脚(K1)(写真-12)とA2橋台(K2)(写真-13)の2箇所



写真-11

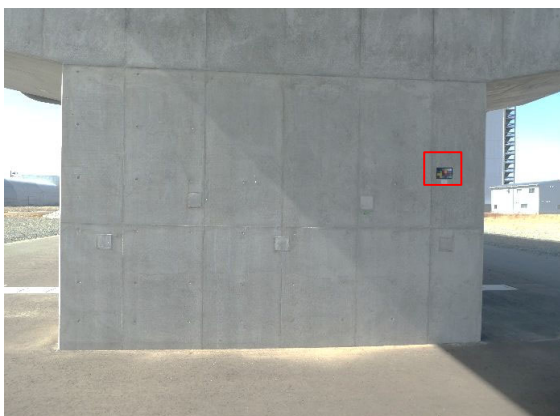


写真-12 □:K1

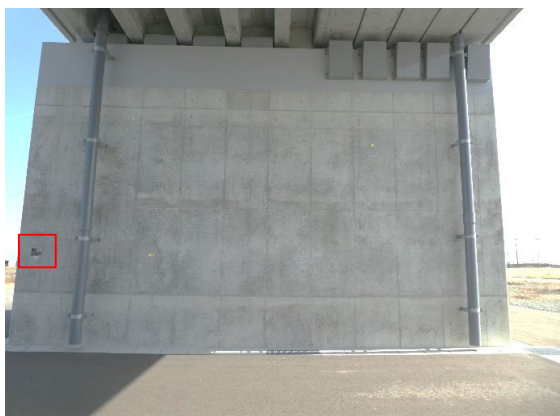


写真-13 □:K2

	真 値		
	R値	G値	B値
A-1	43	41	43
A-2	80	80	78
A-3	122	118	116
A-4	161	157	154
A-5	202	198	195
A-6	249	242	238
B-1	25	55	135
B-2	57	146	64
B-3	186	26	51
B-4	245	205	0
B-5	192	75	145
B-6	0	127	159
C-1	238	158	25
C-2	157	188	54
C-3	83	58	106
C-4	195	79	95
C-5	58	88	159
C-6	222	118	32
D-1	112	76	60
D-2	197	145	125
D-3	87	120	155
D-4	82	106	60
D-5	126	125	174
D-6	98	187	166

※最小ひびわれ幅・計測精度

■カメラ名称: Nikon D850

■被写体距離: 9.8~10.0 m ■照度: 8.3~72.1 kLux ■風速: 1.2~7.5 m/s

■気温: 8.9~12.0 °C

■焦点距離: 300 mm ■シャッター速度: 1/30 秒

■絞り: f 16 ■ISO値: 3200

■フォーカス: AF-C ■画像Pixel数: 8256 × 5504

最小ひび割れ幅・計測精度

計測値

チャート番号	M1	A1	M2
方向	縦	横	斜
真値	0.05	0.05	0.05
写真			
計測値	0.20	0.25	0.35

チャート番号	A2	F6	C2
方向	縦	横	斜
真値	0.10	0.10	0.10
写真			
計測値	0.35	0.35	0.10

チャート番号	A3	G4	A4
方向	縦	横	斜
真値	0.20	0.20	0.20
写真			
計測値	0.35	0.55	0.50

チャート番号	C5	F4	M3
方向	縦	横	斜
真値	0.30	0.30	0.30
写真			
計測値	0.75	0.70	0.80

チャート番号	M4	M5	M6
方向	縦	横	斜
真値	1.00	1.00	1.00
写真			
計測値	0.85	1.00	0.80

ひび割れ幅	計測精度
0.05mm	0.225462488
0.1mm	0.204124145
0.2mm	0.279880927
0.3mm	0.451848057
1.0mm	0.144337567

※色識別性能

■カメラ名称: Nikon D850

■被写体距離: 10.0~11.0 m ■照度: 83~43.7 kLux ■風速: 1.2~4.3 m/s

■気温: 8.9~11.8 °C

■焦点距離: 300 mm ■シャッター速度: 1/30 秒

■絞り: f 16 ■ISO値: 3200

■フォーカス: AF-C ■画像Pixel数: 8256×5504



立会者撮影



K1: 開発者撮影



K2: 開発者撮影

K1: 計測比較

	R値		G値		B値	
	真値	計測値	真値	計測値	真値	計測値
A-1	43	38	41	41	43	43
A-2	80	50	80	56	78	59
A-3	122	85	118	88	116	93
A-4	161	130	157	138	154	141
A-5	202	180	198	185	195	191
A-6	249	206	242	211	238	221
B-1	25	36	55	53	135	135
B-2	57	57	146	122	64	64
B-3	186	145	26	44	51	50
B-4	245	200	205	179	0	48
B-5	192	163	75	80	145	146
B-6	0	32	127	115	159	159
C-1	238	205	158	141	25	61
C-2	157	133	188	168	54	66
C-3	83	66	58	53	106	106
C-4	195	172	79	72	95	92
C-5	58	51	88	79	159	165
C-6	222	186	118	99	32	45
D-1	112	76	76	56	60	55
D-2	197	163	145	133	125	125
D-3	87	71	120	104	155	155
D-4	82	58	106	76	60	54
D-5	126	104	125	119	174	174
D-6	98	98	187	174	166	165

K2: 計測比較

	R値		G値		B値	
	真値	計測値	真値	計測値	真値	計測値
A-1	43	14	41	16	43	17
A-2	80	36	80	37	78	41
A-3	122	76	118	77	116	81
A-4	161	125	157	128	154	133
A-5	202	170	198	173	195	180
A-6	249	208	242	211	238	218
B-1	25	19	55	31	135	131
B-2	57	30	146	107	64	37
B-3	186	143	26	18	51	22
B-4	245	207	205	173	0	20
B-5	192	158	75	57	145	129
B-6	0	21	127	109	159	159
C-1	238	205	158	126	25	25
C-2	157	123	188	159	54	37
C-3	83	48	58	28	106	77
C-4	195	166	79	49	95	67
C-5	58	34	88	61	159	152
C-6	222	186	118	79	32	14
D-1	112	58	76	32	60	25
D-2	197	159	145	118	125	109
D-3	87	54	120	90	155	140
D-4	82	34	106	54	60	26
D-5	126	88	125	97	174	162
D-6	98	85	187	166	166	156

技術番号 BR010033

技術名 CRシステム(クラック記録システム) 開発者名 株式会社エスジーズ

試験日 令和3年 3 月 3 日 天候 晴れ 気温 8.9 °C 風速 1.2 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 ひびわれ 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

※検証試験体

- ・A2橋台縦壁前面にマーカを2箇所設置する。(写真-1)
- ・P1の座標(0, 0)を基準(原点)とし、P3を既知点としP2の座標(x, y)及びP1-P2間の距離を計測する。

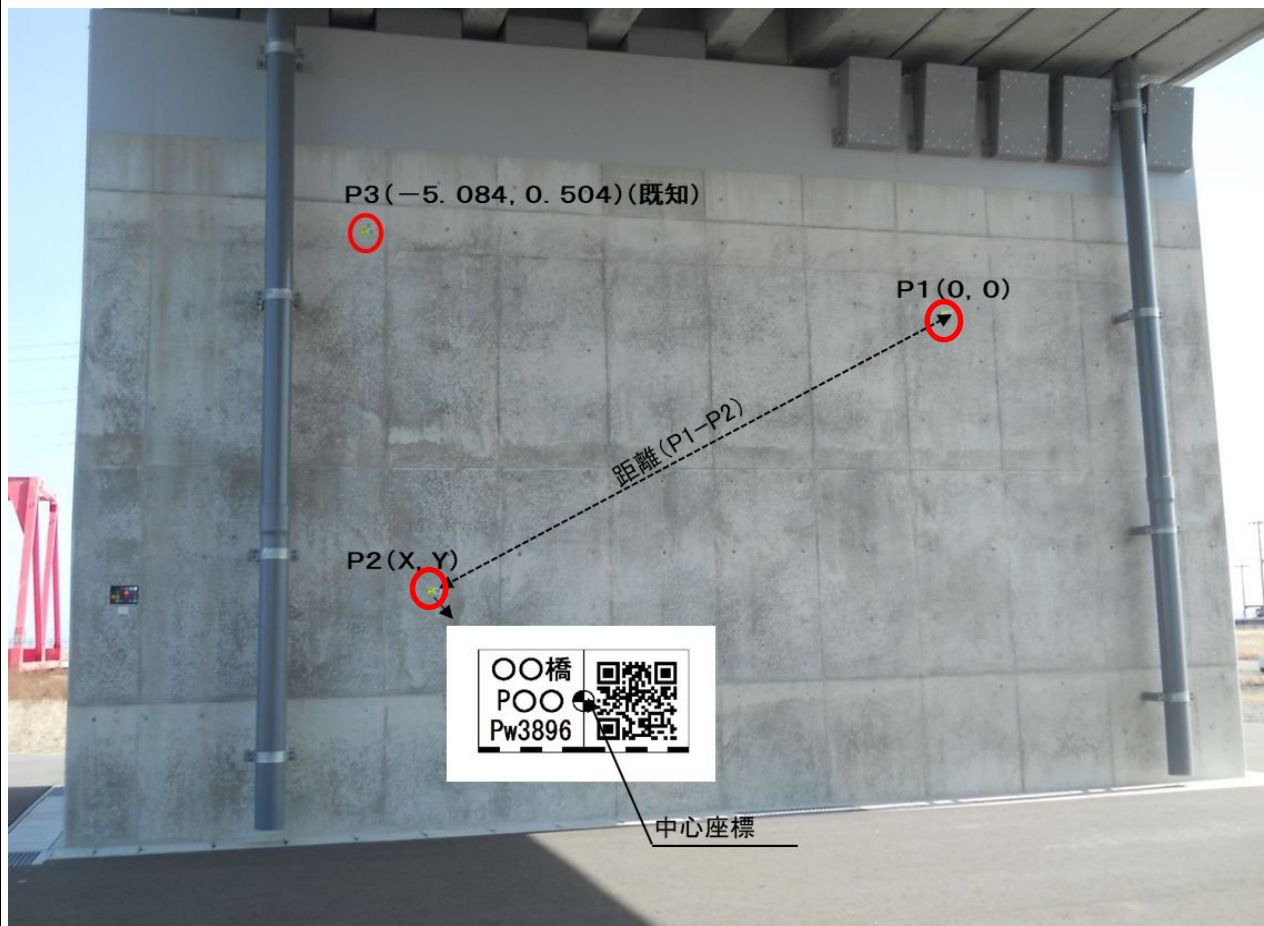


写真-1

試験方法(手順)	技術番号	BR010033
① 計測器のセット(写真-2: 三脚、自動撮影カメラ等)		
② 雲台コントロールユニット及び撮影データ記録機器(写真-3)		
③ 撮影条件の設定(写真-4)		
④ 自動撮影状況(写真-5)		
⑤ 後日、オルソ画像を作成し、P2座標、P1-P2の距離を算出する。(写真-6)		

開発者による計測機器の設置状況



写真-2

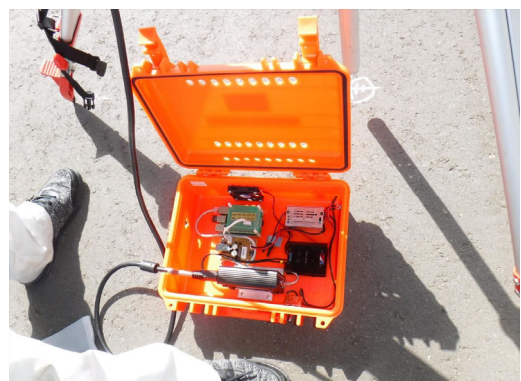


写真-3



写真-4

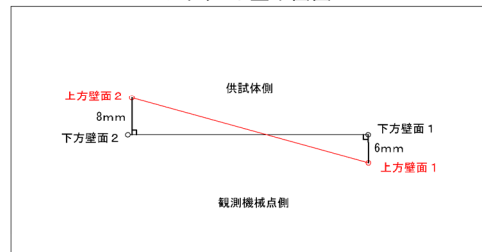


写真-5

※長さ計測精度/位置精度

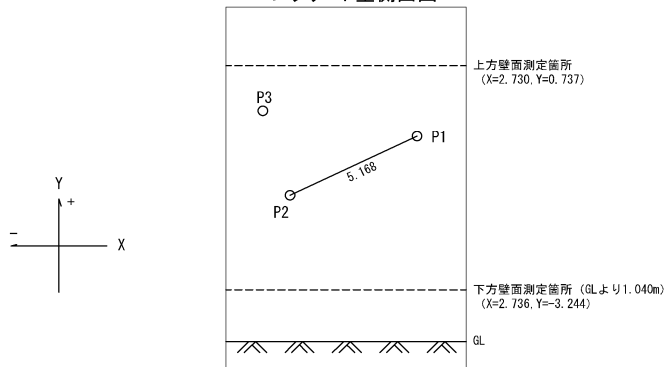
立会者によりP1(0, 0)を基準点とし、P2、P3をトータルステーションにて測量した座標値を真値とする。

コンクリート壁平面図



※X軸は下方壁面方向を基線とする。

コンクリート壁側面図



※P1-P3は平面長及び斜辺長共に同じ寸法値

コンクリート壁マーカース座標値

点名	X座標	Y座標	Z座標
P1	0.000	0.000	0.000
P2	-4.562	-2.428	0.005
P3	-5.084	+0.504	-0.003

※長さ計測精度/位置精度

■カメラ名称: Nikon D850

■被写体距離: 10.0 m ■照度: 16.4 kLux ■風速: 1.2 m/s

■気温: 8.9 °C

■焦点距離: 300 mm ■シャッター速度: 1/30 秒

■絞り: f 16 ■ISO値: 3200

■フォーカス: AF-C ■画像Pixel数: 8256 × 5504



写真-6 オルソ画像

コンクリート壁マーカース座標値

点名	X座標			Y座標			Z座標	距離 (P1-P2)		
	真値	計測値	精度	真値	計測値	精度		真値	計測値	精度
P1	0.000			0.000			0.000			
P2	-4.562	-4.585	0.023	-2.428	-2.413	-0.015	0.005	5.168	5.181	100.25%
P3	-5.084			0.504			-0.003			

技術番号 BR010033

技術名 CRシステム(クラック記録システム)

開発者名 株式会社エスジーズ

試験日 令和3年 3月 3日

天候 晴れ

気温 8.9 °C

風速 1.2 m/s

試験場所 福島ロボットテストフィールド

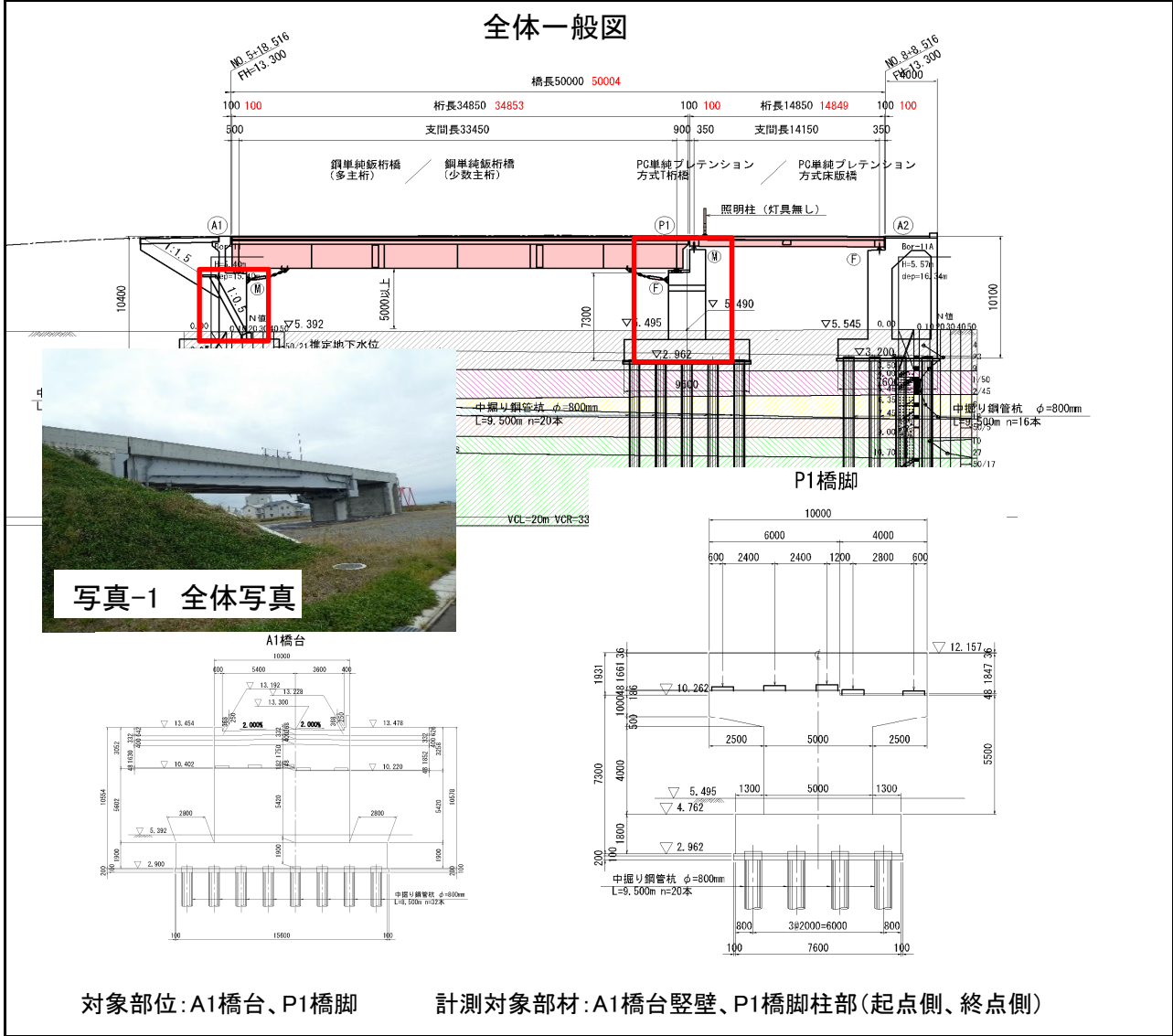
カタログ分類 画像計測技術

検出項目 ひびわれ

試験区分 現場試験

試験で確認する
カタログ項目 動作確認(精度以外)

対象構造物の概要



- ① 計測器のセット(写真-2: 自動撮影カメラ)
- ② 基準メジャーをセット(写真-3)
- ③ 撮影状況(写真-4: A1橋台を撮影)
- ④ 撮影状況(写真-5:P1橋脚(起点側)(F面)、(写真-6:P1橋脚(終点側)(C面)を撮影)
- ⑤ 後日、撮影した画像からオルソ画像作成し、ひびわれを確認する。

開発者による計測機器の設置状況

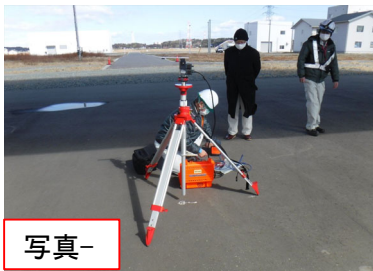


写真-



写真-



写真-



写真-



写真-

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-

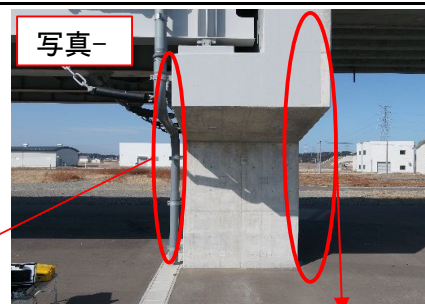


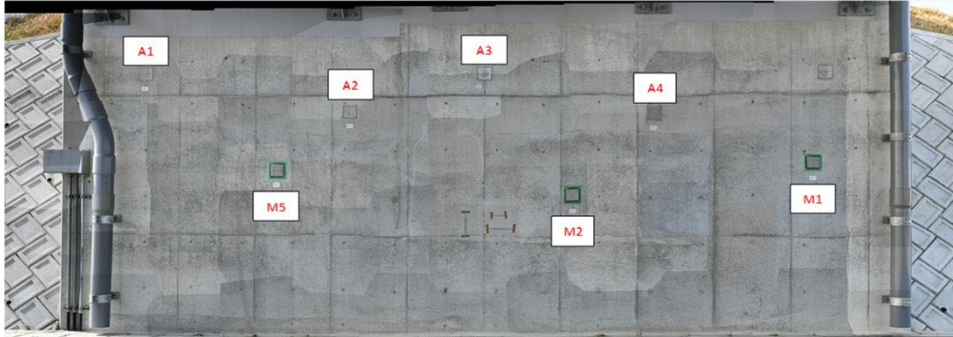
写真-



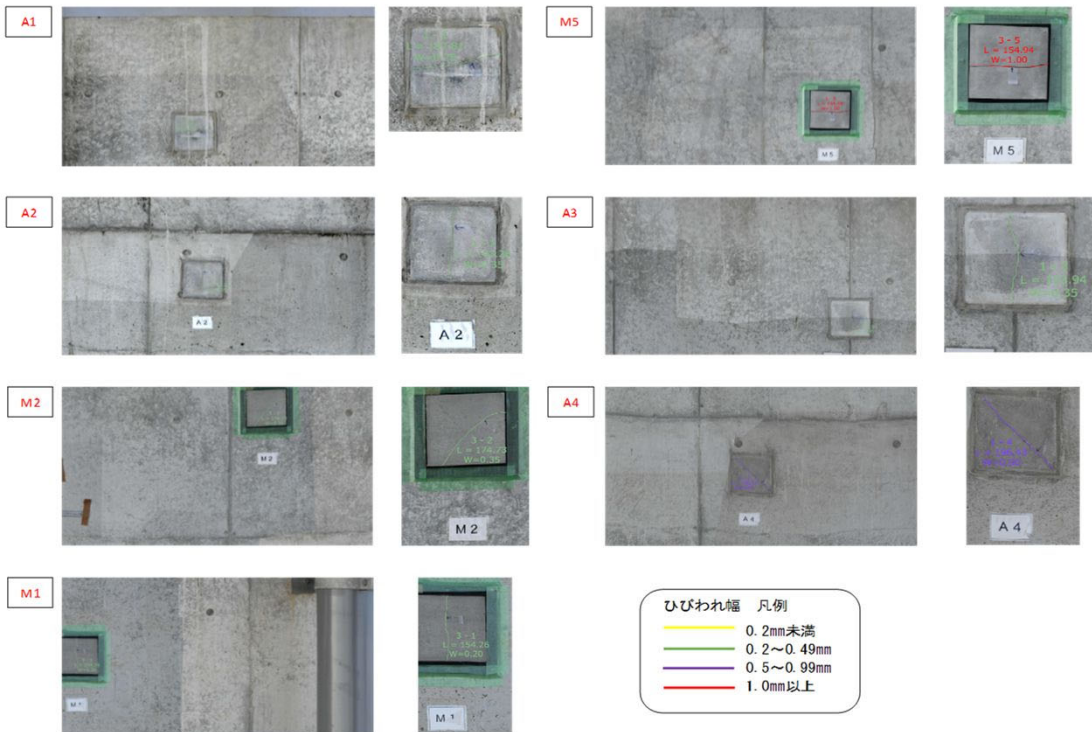
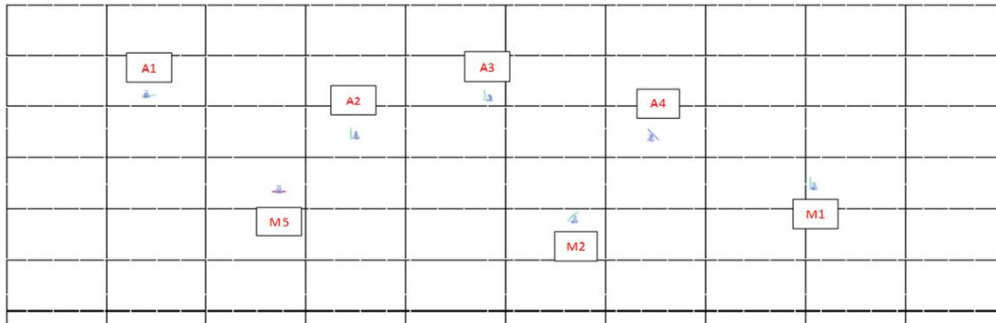
※後日、撮影した画像からオルソ画像作成し、ひびわれを確認する。(写真-7: A1橋台、写真-8: P1橋脚)

※計測結果

(1)A1橋台豎壁

A1橋台 西側壁面
【オルソ画像】

【DWGデータ】 ※PDFとして出力

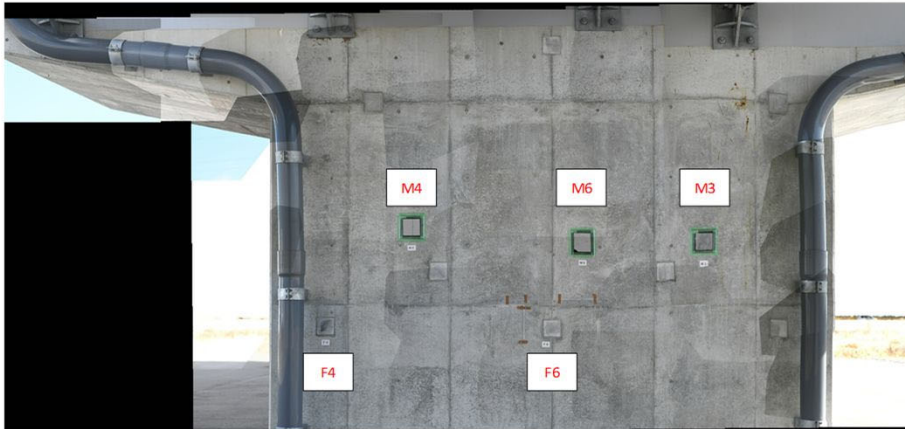


※計測結果

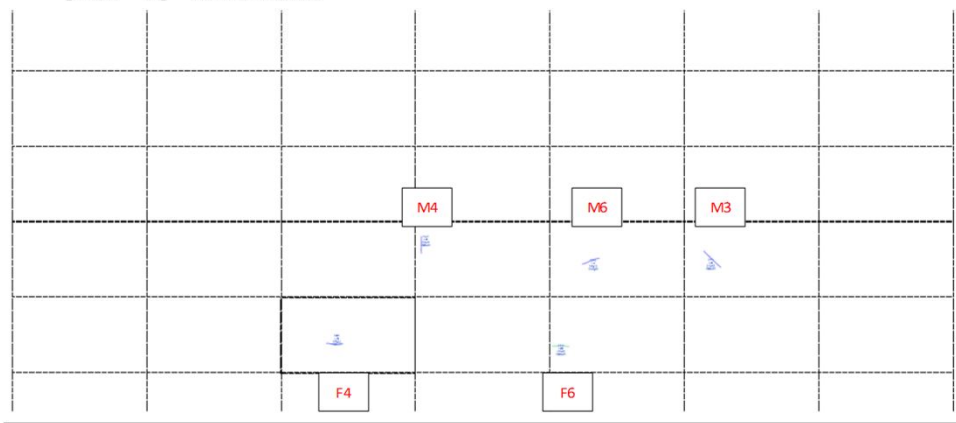
(2)P1橋脚(起点側)(F面)

P1橋脚 西側壁面

【オルソ画像】



【DWGデータ】 ※PDFとして出力

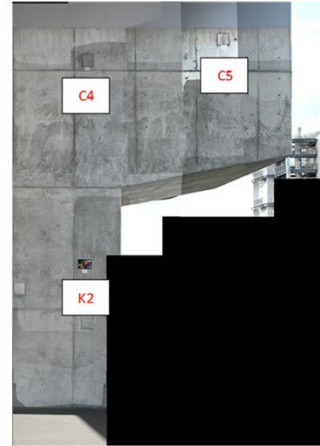
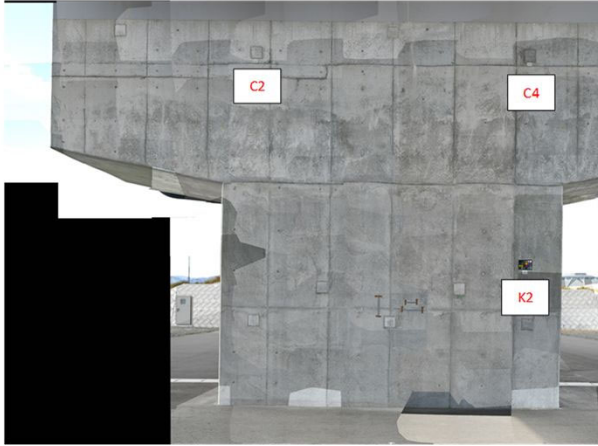


F4			M4		
F6			M6		
M3			<p>ひびわれ幅 凡例</p> <ul style="list-style-type: none"> — 0.2mm未満 — 0.2~0.49mm — 0.5~0.99mm — 1.0mm以上 		

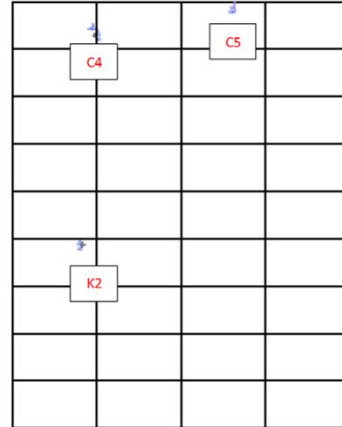
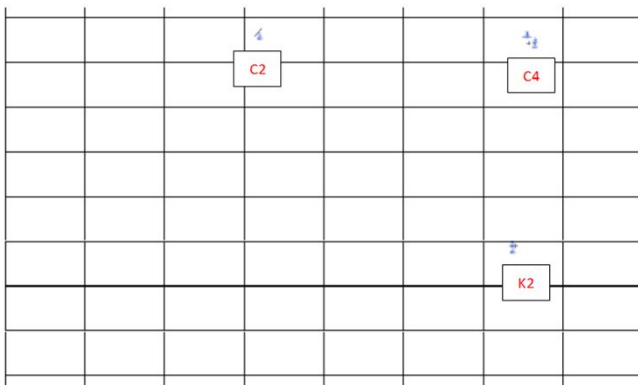
	ひびわれ幅	ひびわれ長さ
F4	0.70	146.11
M4	0.85	152.30
F6	0.35	149.06
M6	0.80	160.15
M3	0.80	210.83

※計測結果

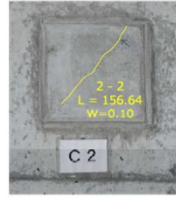
(3)P1橋脚(終点側)(C面)

P1橋脚 東側壁面
【オルソ画像】

【DWGデータ】 ※PDFとして出力



C2



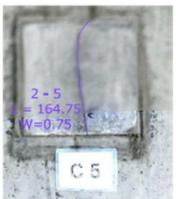
ひびわれ幅 凡例

- 0.2mm未満
- 0.2~0.49mm
- 0.5~0.99mm
- 1.0mm以上

C4



C5



	ひびわれ幅	ひびわれ長さ
C2	0.10	156.64
C4	0.55	139.12
C5	0.75	164.75