

技術番号 BR010050

技術名 自律飛行型UAVを用いた小規模橋梁の3D点検技術 開発者名 KDDIスマートドローン株式会社

試験日 令和4年 12月 20日 天候 晴れ 気温 3.4 °C 風速 2.7 m/s

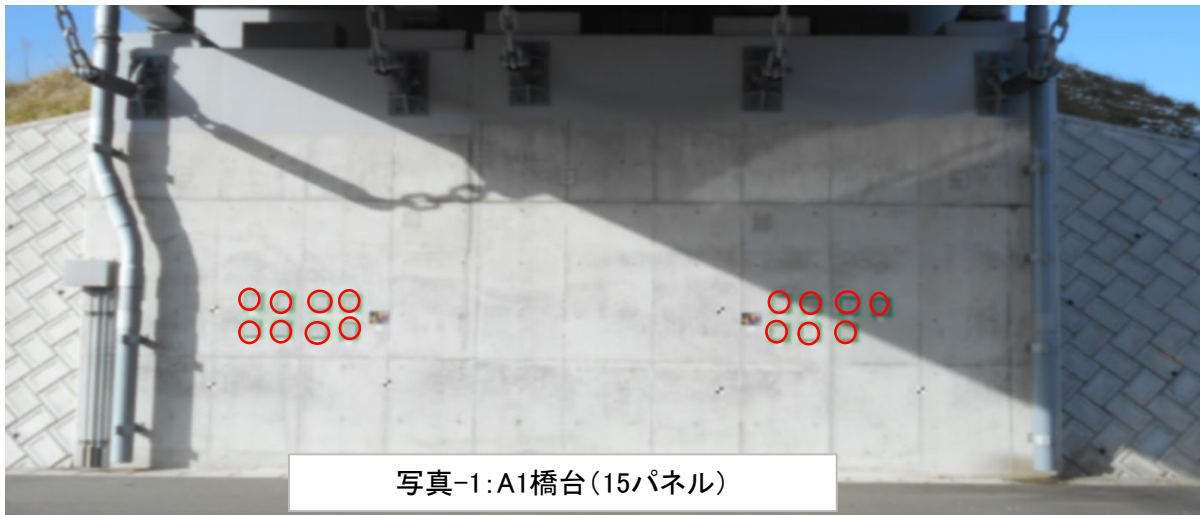
試験場所 福島ロボットテストフィールド

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 撮影速度
最小・ひびわれ精度
色識別性能

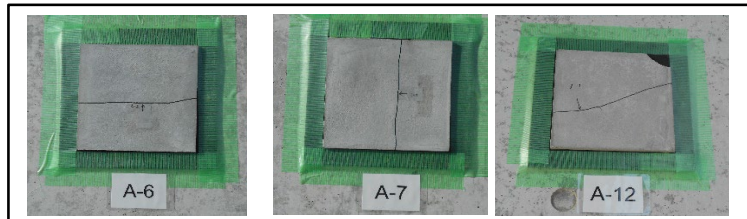
対象構造物の概要

・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橋台に配置した。(写真-1 ○:パネル)



パネル番号(チャート番号)とひびわれ方向(縦、横、斜)

A-1 縦	A-2 斜	A-3 横	A-4 縦	A-9 横	A-10 縦	A-11 斜	A-12 斜
A-5 縦	A-6 横	A-7 縦	A-8 斜	A-13 横	A-14 横	A-15 斜	



① 標点の設置(写真-3)

② 計測機器の搬入(写真-4:ドローン、タブレット型送信機)

③ ドローンを飛行させ撮影し、タブレットモニターで映像を確認する。(写真-5, 6:A1橋台配置のひびわれモルタルを撮影)

④ 撮影状況(写真-7:カラーチャートK-1を撮影)

⑤ 撮影状況(写真-8:カラーチャートK-2を撮影)

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

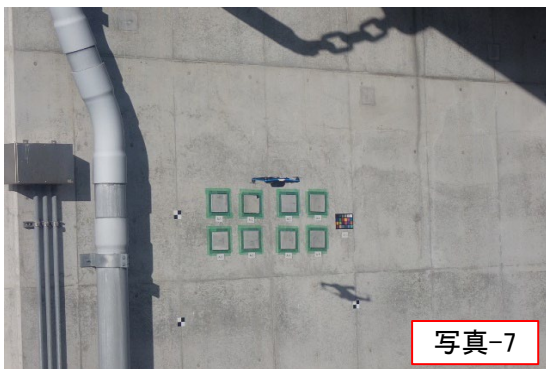
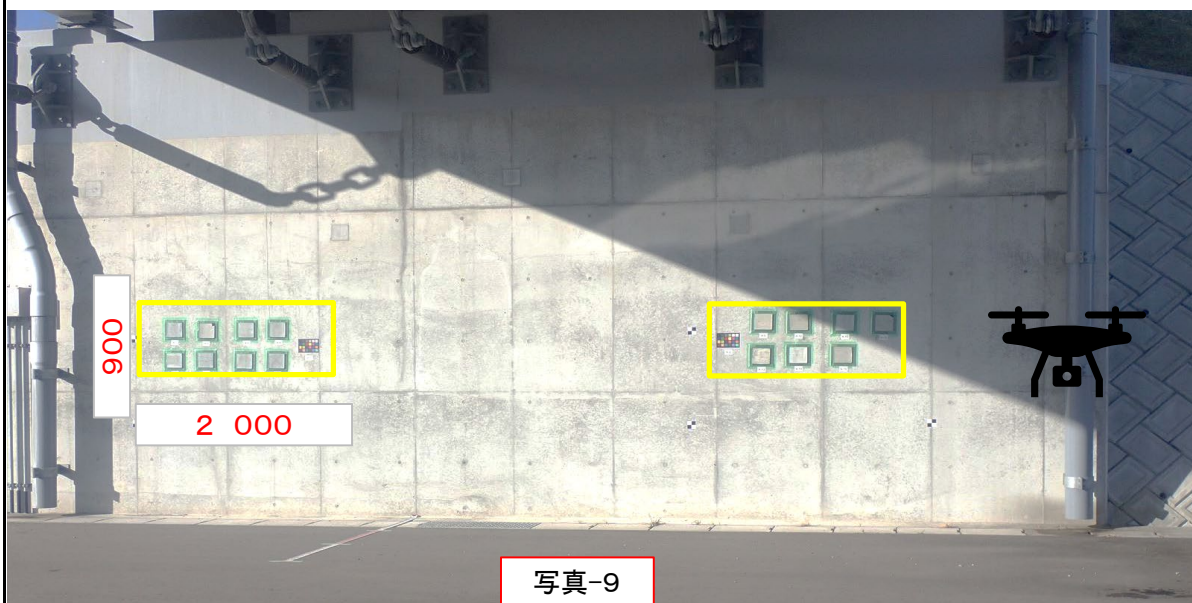


写真-7



写真-8

※撮影速度



撮影範囲(縦0.9m、横2.0mを2箇所)(写真-9)の撮影に要した時間(秒)を計測する。

速度(撮影速度) = $3.6\text{m}^2 \div \text{所要時間(秒)}$

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

配置はP1橋脚(K1)(写真-11)とA2橋台(K2)(写真-12)の2箇所



写真-10

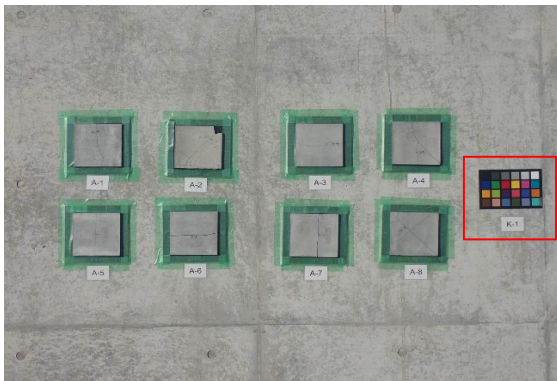


写真-11 □:K-1

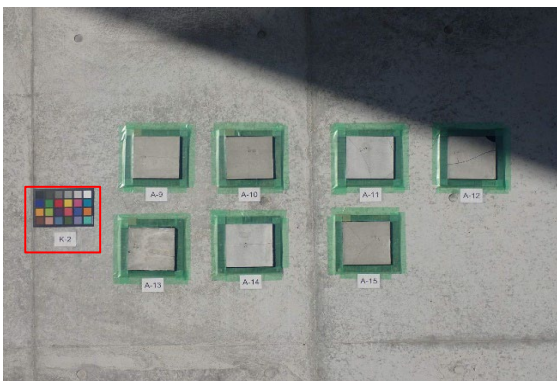


写真-12 □:K-2

	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: 3.6m²、所要時間: 8分19秒 (=499 秒)撮影速度 = 3.6 / 499 = 0.007m²/sec

※最小ひびわれ幅・計測精度

■カメラ名称: IMX577(SONY)

■被写体距離: 1.0~1.5 m ■照度: 10.8~66.9 kLux ■風速: 0.0~2.7 m/s

■気温: 3.4 °C




■焦点距離: 20 mm(35mm換算) ■シャッター速度: オート



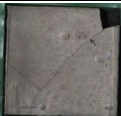
■絞り: f 2.8(固定) ■ISO値: オート

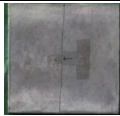
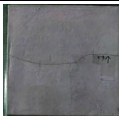

■フォーカス: オート ■画像Pixel数: 4056 × 3040 ■撮影方法: 4K動画記録




最小ひびわれ幅・計測精度

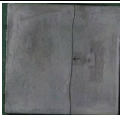
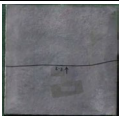

計測値

チャート番号	A-10	A-9	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	0.1

チャート番号	A-4	A-13	A-2
方向	縦	横	斜
真値	0.1	0.1	0.1
撮影画像			
計測値	0.1	0.1	0.1

チャート番号	A-5	A-3	A-11
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	0.2

チャート番号	A-1	A-14	A-8
方向	縦	横	斜
真値	0.3	0.3	0.3
撮影画像			
計測値	0.4	0.3	0.4

チャート番号	A-7	A-6	A-12
方向	縦	横	斜
真値	1.0	1.0	1.0
撮影画像			
計測値	1.0	0.9	1.0

ひびわれ幅	計測精度
0.05mm	0.05mm
0.1mm	0.00mm
0.2mm	0.06mm
0.3mm	0.08mm
1.0mm	0.06mm

※色識別性能

■カメラ名称: IMX577(SONY)

■被写体距離: 1.0~1.5 m ■照度: 10.8~66.9 kLux ■風速: 0.0~2.7 m/s

■気温: 3.4 °C

■焦点距離: 20 mm(35mm換算) ■シャッター速度: オート

■絞り: f 2.8(固定) ■ISO値: オート

■フォーカス: オート ■画像Pixel数: 4056 × 3040 ■撮影方法: 4K動画記録



立会者撮影

K-1:開発者撮影
(オルソ加工前)K-1:開発者撮影
(オルソ加工後)

K-1:計測比較

	R値			G値			B値		
	真値	計測値 加工前	計測値 加工後	真値	計測値 加工前	計測値 加工後	真値	計測値 加工前	計測値 加工後
A-1	43	6	33	41	6	33	43	8	35
A-2	80	19	37	80	19	37	78	21	37
A-3	122	42	48	118	42	48	116	44	50
A-4	161	67	67	157	67	66	154	69	74
A-5	202	100	103	198	99	102	195	104	108
A-6	249	129	142	242	128	141	238	133	146
B-1	25	4	3	55	8	9	135	57	59
B-2	57	14	20	146	62	62	64	20	24
B-3	186	94	95	26	7	3	51	16	16
B-4	245	127	139	205	103	107	0	7	4
B-5	192	102	103	75	15	17	145	60	62
B-6	0	1	2	127	49	50	159	72	72
C-1	238	124	130	158	68	64	25	7	4
C-2	157	70	67	188	93	69	54	15	16
C-3	83	37	34	58	6	5	106	37	35
C-4	195	106	108	79	18	20	95	32	34
C-5	58	9	8	88	19	23	159	70	66
C-6	222	115	116	118	43	41	32	5	0
D-1	112	38	40	76	14	15	60	12	10
D-2	197	103	101	145	60	58	125	54	51
D-3	87	19	21	120	40	41	155	71	66
D-4	82	22	21	106	31	30	60	10	9
D-5	126	48	46	125	40	40	174	89	88
D-6	98	27	30	187	97	96	166	86	86

※色識別性能

■カメラ名称: IMX577(SONY)

■被写体距離: 1.0~1.5 m ■照度: 10.8~66.9 kLux ■風速: 0.0~2.7 m/s

■気温: 3.4 °C

■焦点距離: 20 mm(35mm換算) ■シャッター速度: オート

■絞り: f 2.8(固定) ■ISO値: オート

■フォーカス: オート ■画像Pixel数: 4056 × 3040 ■撮影方法: 4K動画記録



立会者撮影

K-2: 開発者撮影
(オルソ加工前)K-2: 開発者撮影
(オルソ加工後)

K-1: 計測比較

	R値			G値			B値		
	真値	計測値 加工前	計測値 加工後	真値	計測値 加工前	計測値 加工後	真値	計測値 加工前	計測値 加工後
A-1	43	8	30	41	8	30	43	10	32
A-2	80	22	39	80	22	39	78	24	39
A-3	122	48	62	118	48	62	116	50	62
A-4	161	76	102	157	76	102	154	78	102
A-5	202	116	139	198	114	135	195	117	134
A-6	249	143	154	242	141	153	238	144	159
B-1	25	3	11	55	8	21	135	63	82
B-2	57	18	32	146	70	93	64	21	34
B-3	186	112	145	26	8	24	51	19	33
B-4	245	141	161	205	118	131	0	4	9
B-5	192	116	139	75	16	28	145	68	79
B-6	0	1	11	127	56	60	159	86	93
C-1	238	135	175	158	81	111	25	7	23
C-2	157	83	117	188	108	144	54	17	29
C-3	83	44	53	58	6	23	106	45	51
C-4	195	119	144	79	21	34	95	36	45
C-5	58	11	15	88	22	30	159	78	87
C-6	222	126	163	118	49	60	32	5	15
D-1	112	46	58	76	18	30	60	14	26
D-2	197	116	156	145	67	96	125	60	72
D-3	87	22	38	120	45	57	155	77	100
D-4	82	23	39	106	36	49	60	10	24
D-5	126	54	60	125	45	51	174	100	116
D-6	98	41	52	187	110	149	166	105	129

技術番号 BR010050

技術名 自律飛行型UAVを用いた小規模橋梁の3D点検技術 開発者名 KDDIスマートドローン株式会社

試験日 令和4年 12月 20日 天候 晴れ 気温 3.4 °C 風速 2.7 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 長さ計測精度
位置精度

対象構造物の概要

※検証試験体

- ・A2橋台堅壁前面にマーカを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。

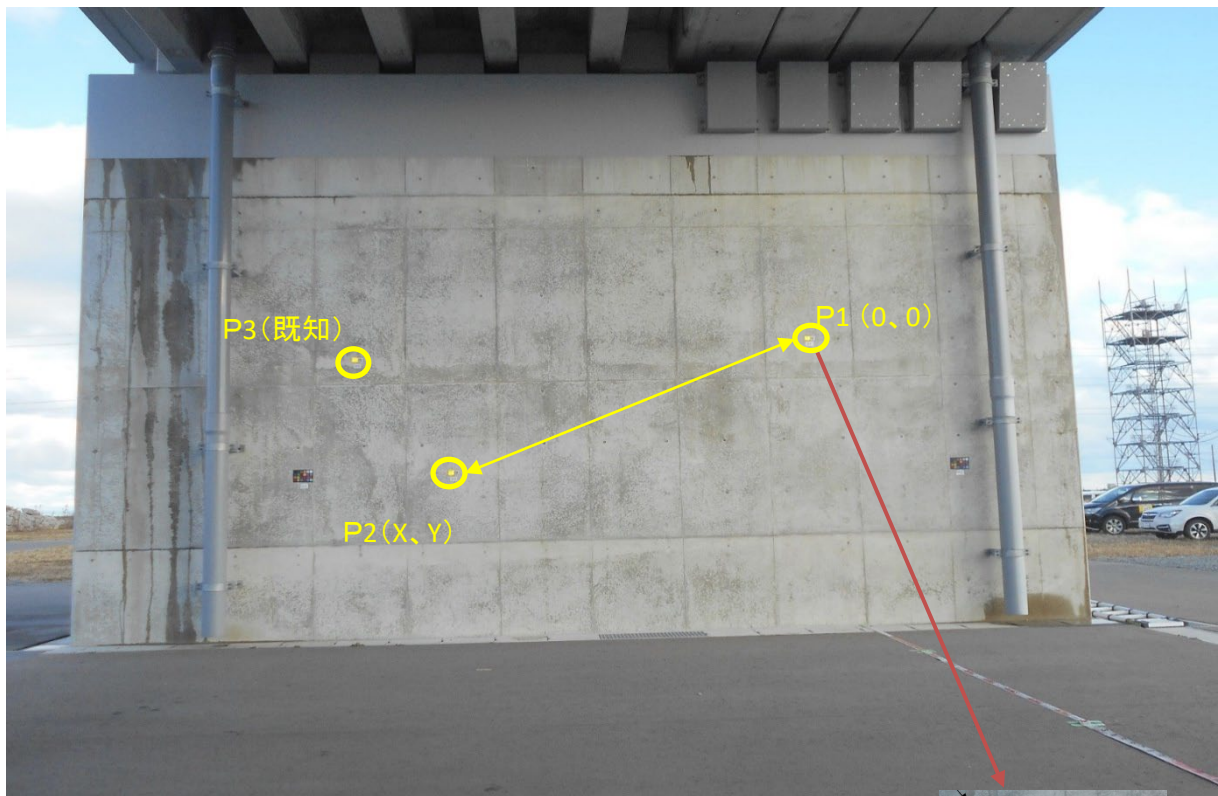


写真-1

マーカ座標



- ① 計測機器の搬入(写真-2:ドローン、タブレット型送信機)
- ② 撮影状況:A2縦壁前面のマーカ- (P1、P2、P3)を撮影する。(写真-3、4、5、6)
- ③ ドローンの着陸(写真-7)
- ④ 後日、撮影画像から点群データを作成しマーカ-の座標値を求める。
- ⑤ また、マーカ-の座標値から長さ(P1-P2間)を求める。

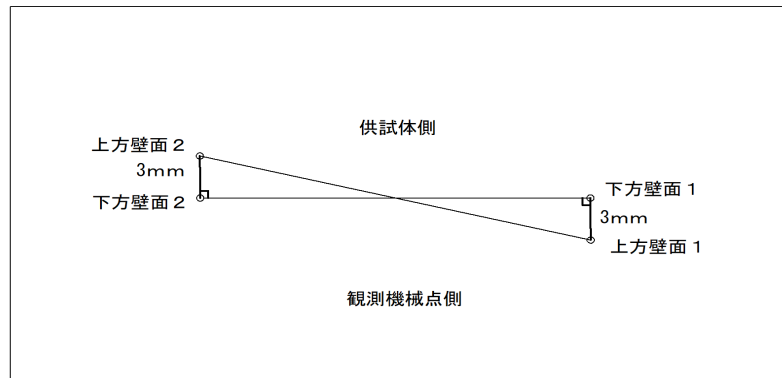
開発者による計測機器の設置状況



※長さ計測精度/位置精度

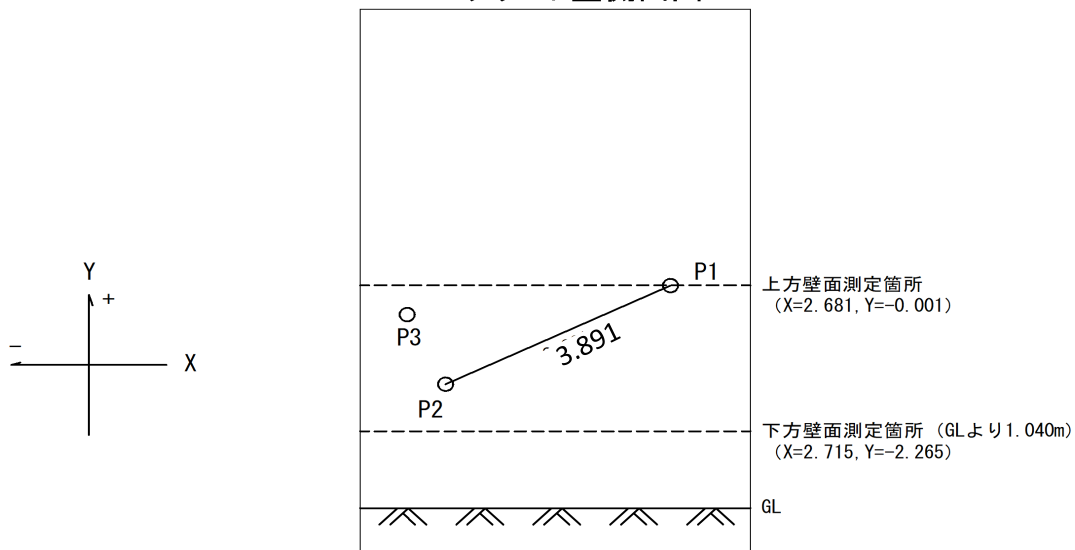
立会者によりP1(0, 0)を基準点とし、P2、P3をトータルステーションにて測量した座標値を真値とする。

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-P2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座標値

点名	X座標	Y座標	Z座標
P1	0.000	0.000	0.000
P2	-3.601	-1.474	0.003
P3	-4.535	-0.180	0.001

※長さ計測精度/位置精度

■カメラ名称: IMX577(SONY)

■被写体距離: 1.0~1.5 m ■照度: 7.48~77.1 kLux ■風速: 0.0~6.2 m/s

■気温: 4.4 °C

■焦点距離: 20 mm(35mm換算) ■シャッター速度: オート

■絞り: f 2.8(固定) ■ISO値: オート

■フォーカス: オート ■画像Pixel数: 4056×3040 ■撮影方法: 4K動画記録

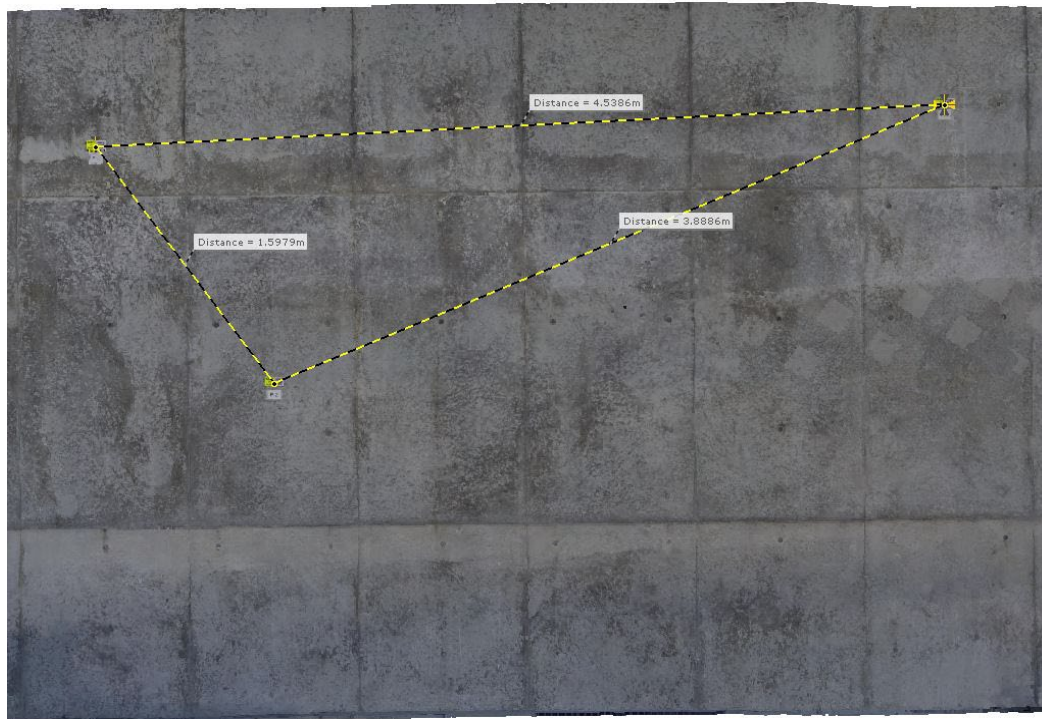


写真-8 点群データ上で計測

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	-3.601	-3.598	-0.003	-1.474	-1.474	0.000	3.891	3.889	99.95%
P3	-4.535	-4.535	/	-0.180	-0.180	/	/	/	/

技術番号 BR010050

技術名 自律飛行型UAVを用いた小規模橋梁の3D点検技術

開発者名 KDDIスマートドローン株式会社

試験日 令和4年 12月 20日 天候 晴れ 気温 3.4 °C 風速 2.7 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

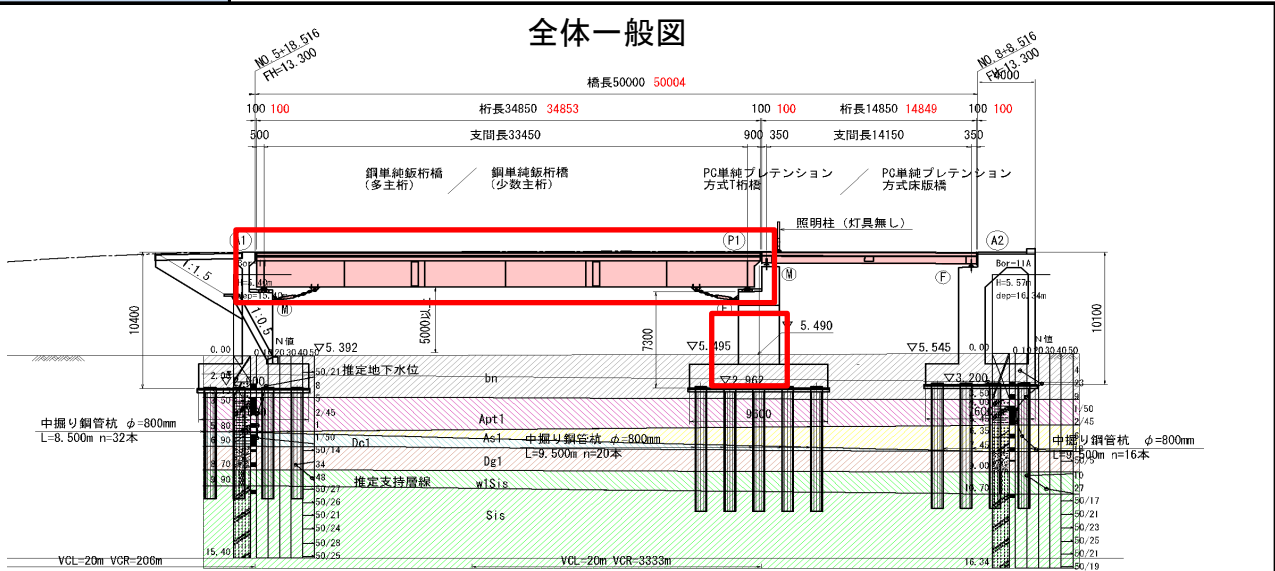


写真-1 全体写真

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

BR010050

- ① 計測器のセット(写真-2:ドローン、PCタブレット)
- 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 飛行状況(写真-5:P1~A1間の防護柵側面を飛行)
- ⑤ 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))

開発者による計測機器の設置状況



※構造物近傍安定性能

構造物までの距離:1.2m

風速:6.2m/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))

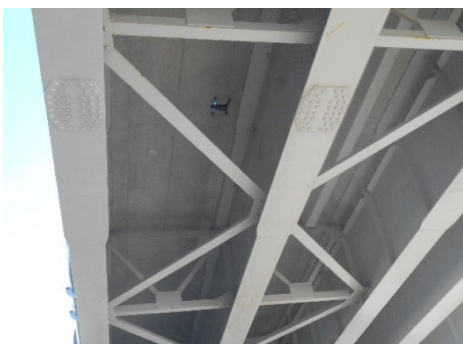
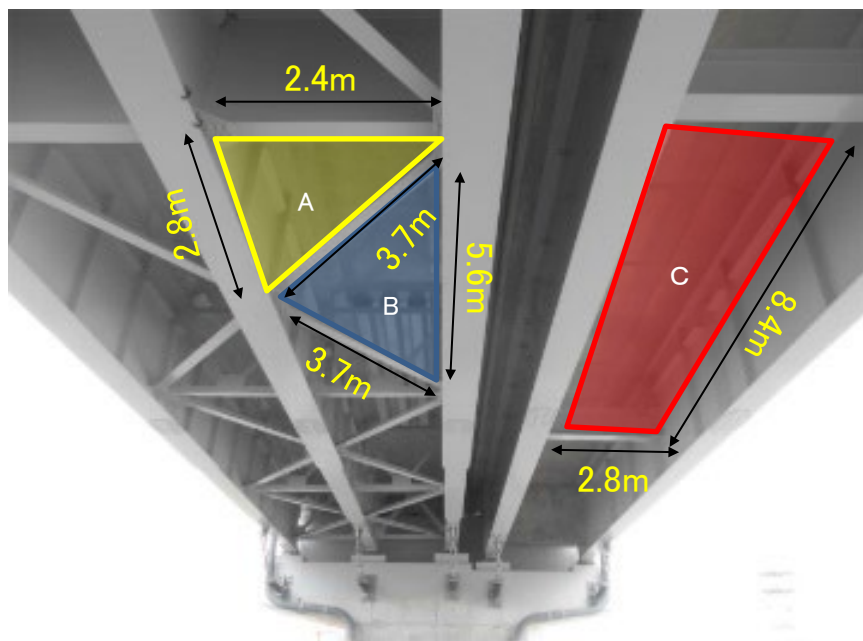
※進入可能性能

<桁間に進入>

風速: 7.0m/s

3.7m × 2.8m × 2.4m 進入可能(平面寸法A)

5.6m × 3.7m × 3.7m 進入可能(平面寸法B)



3.7m × 2.8m × 2.4m 進入可能(平面寸法A)



5.6m × 3.7m × 3.7m 進入可能(平面寸法B)

技術番号	BR010050
------	----------

技術名	自律飛行型UAVを用いた小規模橋梁の3D点検技術	開発者名	KDDIスマートドローン株式会社
-----	--------------------------	------	------------------

試験日	令和4年 12月 20日	天候	晴れ	気温	5.1 °C	風速	- m/s
-----	--------------	----	----	----	--------	----	-------

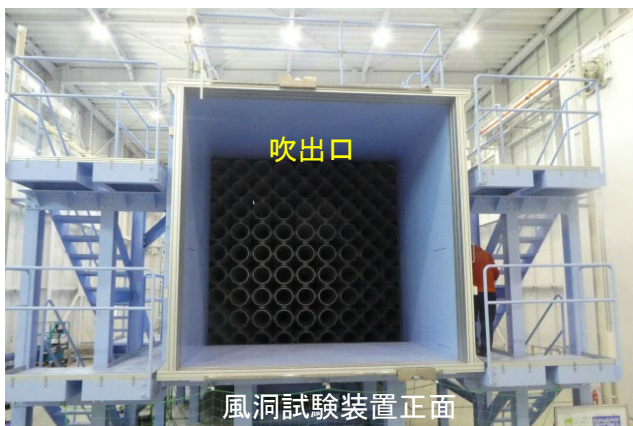
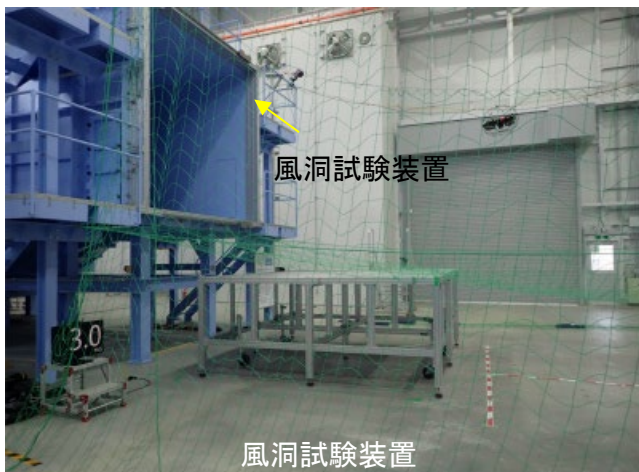
試験場所	福島ロボットテストフィールド		
------	----------------	--	--

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	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。
- 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

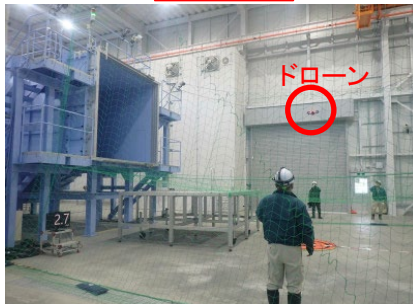


写真-3

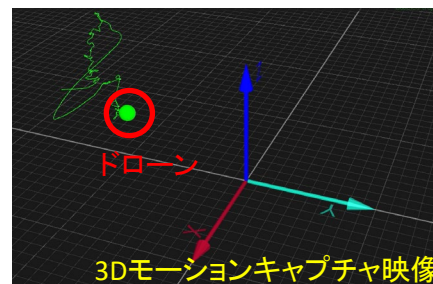


写真-4

比較対象を得るため、
立会者による計測機器の設置状況

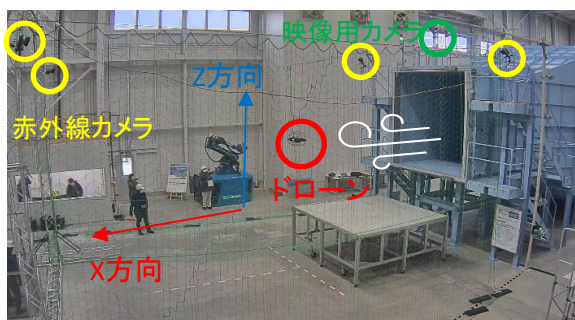


写真-6

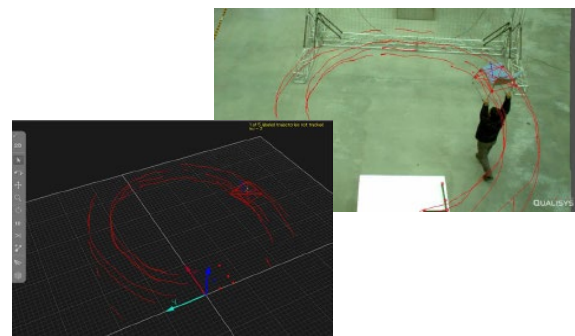


写真-7

※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-6)(写真-7)

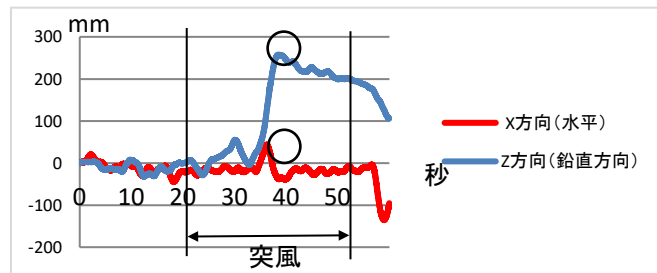
※安定性能

風速: 3.0m/s

正面

水平方向 最大移動量 4cm

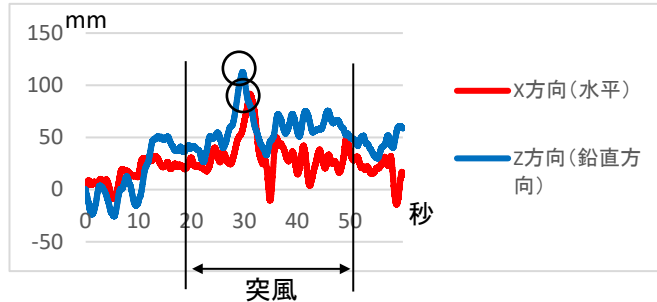
鉛直方向 最大移動量 26cm



側面

水平方向 最大移動量 9cm

鉛直方向 最大移動量 11cm

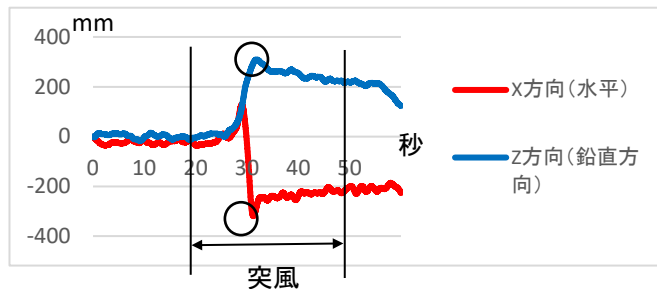


風速: 5.0m/s

正面

水平方向 最大移動量 32cm

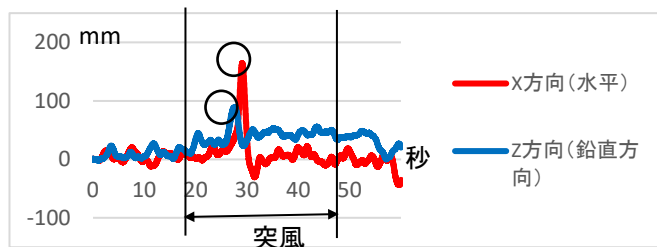
鉛直方向 最大移動量 31cm



側面

水平方向 最大移動量 16cm

鉛直方向 最大移動量 9cm

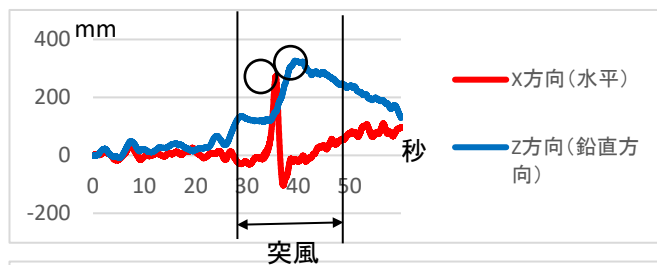


風速: 8.0m/s

正面

水平方向 最大移動量 27cm

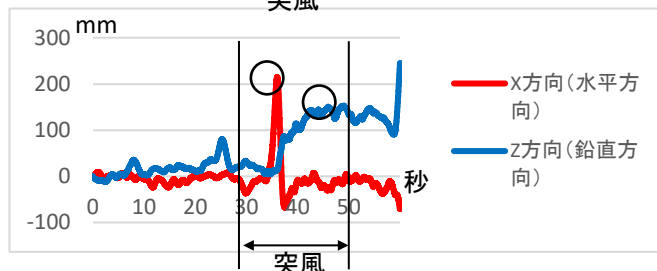
鉛直方向 最大移動量 33cm



側面

水平方向 最大移動量 22cm

鉛直方向 最大移動量 15cm



技術番号 BR010050

技術名 自律飛行型UAVを用いた小規模橋梁の3D点検技術

開発者名 KDDIスマートドローン株式会社

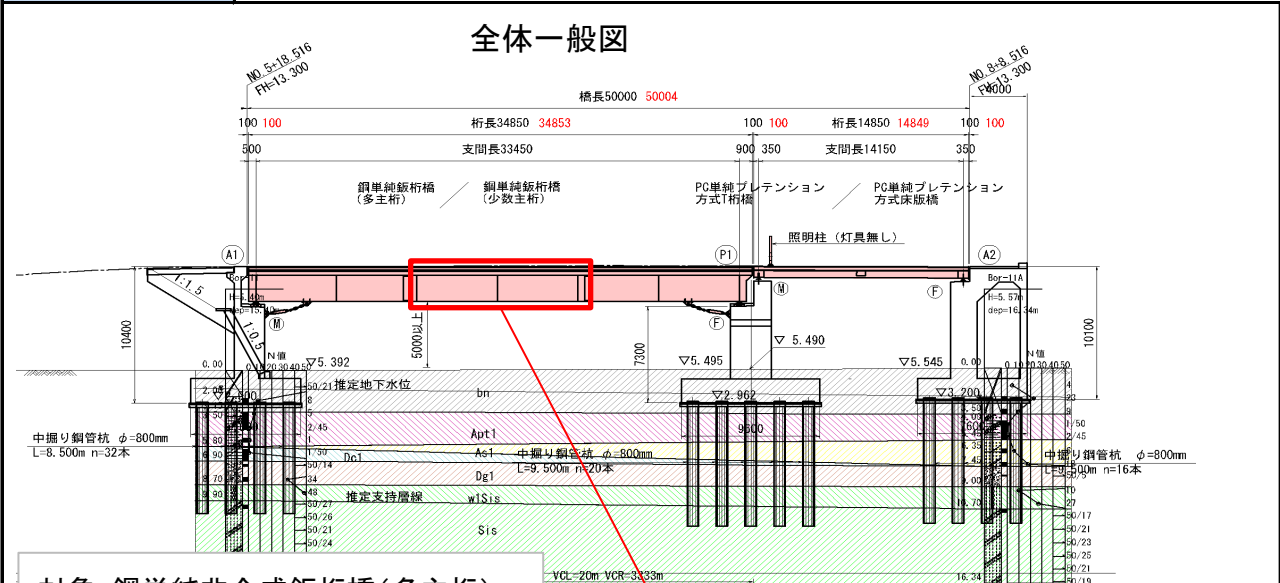
試験日 令和4年 12月 20日 天候 晴れ 気温 3.4 °C 風速 2.7 m/s

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: 鋼単純非合成鉄桁橋 (多主桁)
支間長: 33.450m

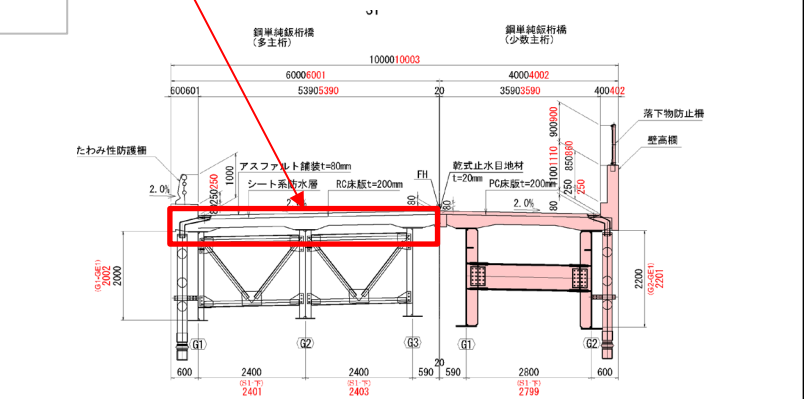


写真-1 全体写真

対象径間: 第1径間 計測対象部材: 床版下面(上記 赤色内)

- ① 計測器のセット(写真-2:ドローン、PCタブレット)
- ② ドローンの操作状況(写真-3)
- ③ 撮影状況:多主桁橋G1-G2間の床版撮影(写真-4)
- ④ 撮影状況:多主桁橋G1-G2間の床版撮影(写真-5)
- ⑤ 後日、撮影した画像から3Dメッシュデータおよびオルソ画像作成し、ひびわれを確認する。

0 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: IMX577(SONY)

■被写体距離: 1.0~1.5 m ■照度: 7.48~77.1 kLux ■風速: 0.0~6.2 m/s

■気温: 4.4 °C

■焦点距離: 20 mm(35mm換算) ■シャッター速度: オート

■絞り: f 2.8(固定) ■ISO値: オート

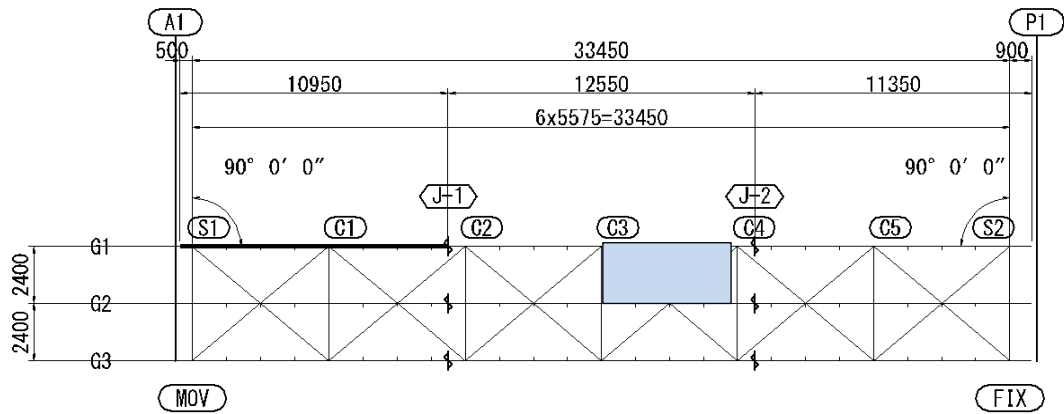
■フォーカス: オート ■画像Pixel数: 4056 × 3040 ■撮影方法: 4K動画記録

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

鋼単純非合成鈹桁橋(多主桁)(写真-6)



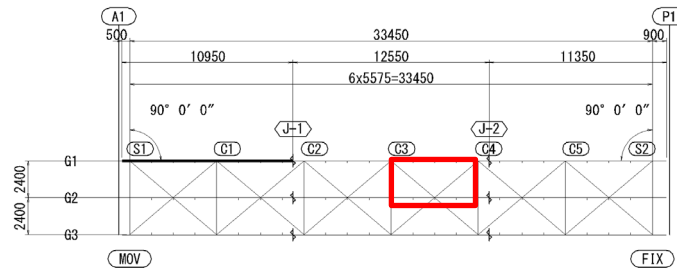
※撮影した画像(床版)からひびわれを確認する。(写真-6)

撮影範囲

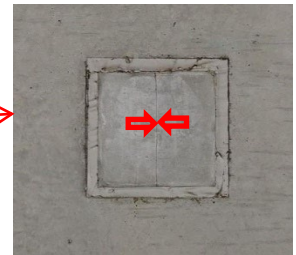
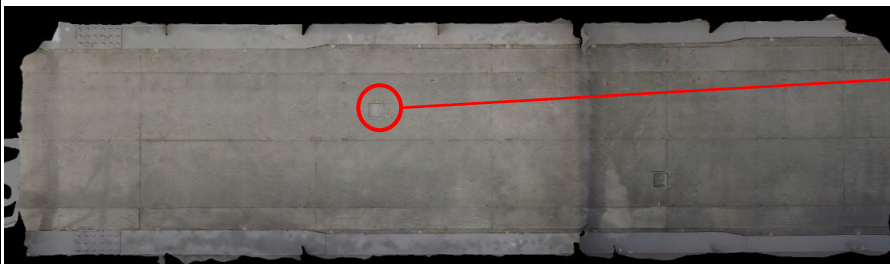
※計測結果

鋼単純非合成鉄桁橋(多主桁):床版(G1-G2間)

配置図



3Dデータ(A1-P1径間:鋼桁橋床版部)

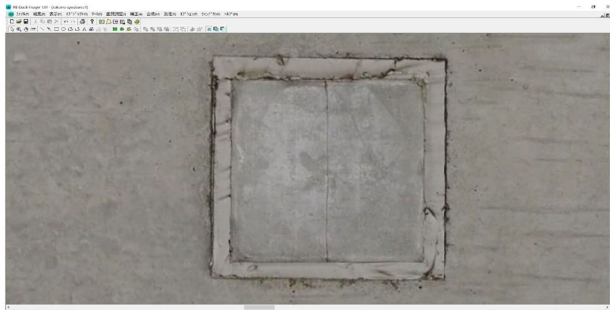


オルソ画像(A1-P1径間:鋼桁橋床版部):見下げ

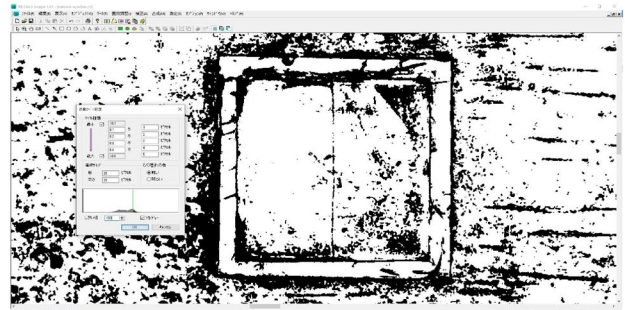
※計測結果

鋼単純非合成鉄桁橋(多主桁):床版(G1-G2間)

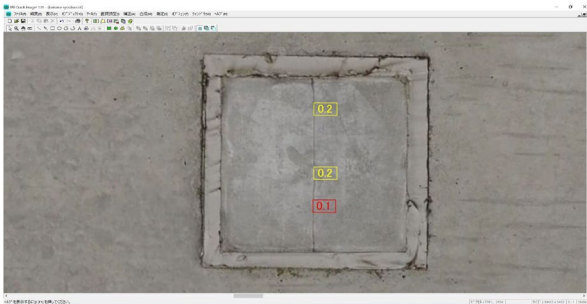
●コンクリート構造物劣化調査支援ソフト:「Crack Imager」(自社開発ソフト)によるひびわれ幅計測



Step-1: オルソ画像上でひびわれ確認



Step-2: 二値化処理によるひびわれ抽出



Step-3: 画像上でひびわれをプロットして幅測定

ひびわれ幅 凡例

<0.1	・・・0.1mm未満
0.1	・・・0.1～0.2mm未満
0.2	・・・0.2～0.3mm未満
0.3	・・・0.3～0.4mm未満
0.4	・・・0.4～0.5mm未満
>0.4	・・・0.5mm以上

技術番号 BR010050

技術名 自律飛行型UAVを用いた小規模橋梁の3D点検技術

開発者名 KDDIスマートドローン株式会社

試験日 令和4年 12月 20日 天候 晴れ 気温 3.4 °C 風速 2.7 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

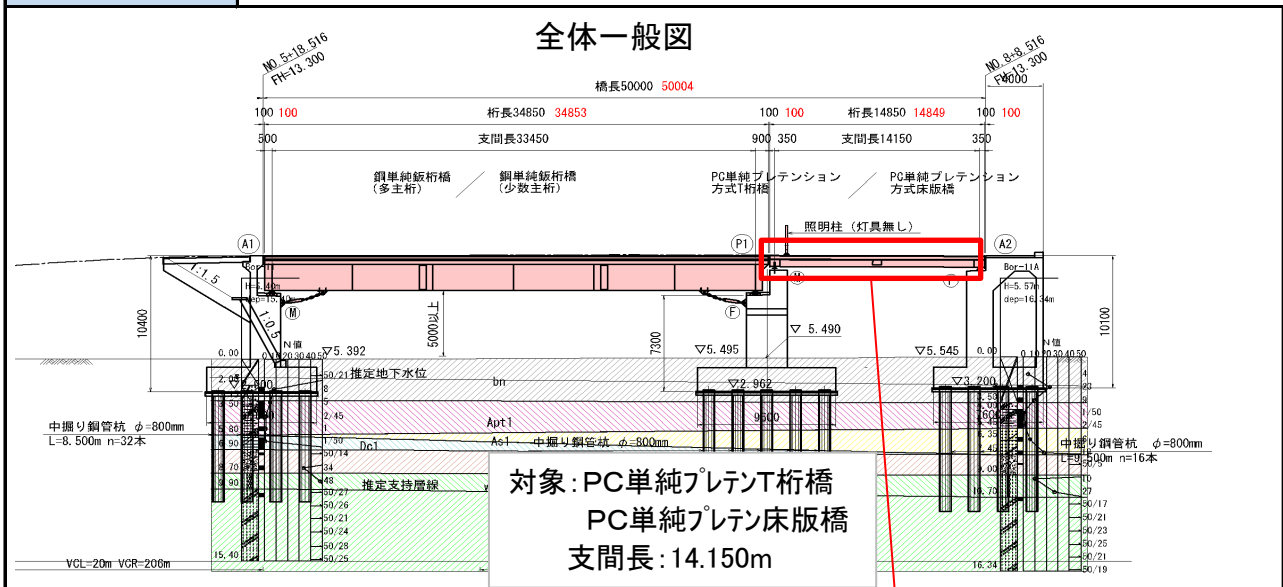
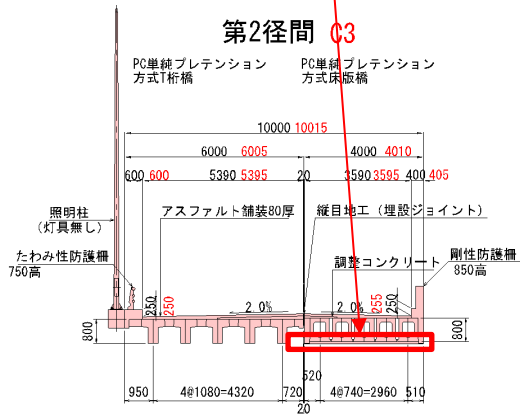


写真-1 全体写真



対象径間: 第2径間

計測対象部材: 主桁下面(赤枠部)

- ① 計測器のセット(写真-2:ドローン、PCタブレット)
- ② ドローンの操作状況(写真-3)
- ③ 撮影状況:多主桁橋G1-G2間の床版撮影(写真-4)
- ④ 撮影状況:多主桁橋G1-G2間の床版撮影(写真-5)
- ⑤ 後日、撮影した画像から3Dメッシュデータおよびオルソ画像作成し、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



写真-5

■カメラ名称: IMX577(SONY)

■被写体距離: 1.0~1.5 m ■照度: 10.8~79.7 kLux ■風速: 0.0~7.0 m/s

■気温: 5.1 °C

■焦点距離: 20 mm(35mm換算) ■シャッター速度: オート

■絞り: f 2.8(固定) ■ISO値: オート

■フォーカス: オート ■画像Pixel数: 4056 × 3040 ■撮影方法: 4K動画記録

比較対象を得るため、
立会者による計測機器の設置状況

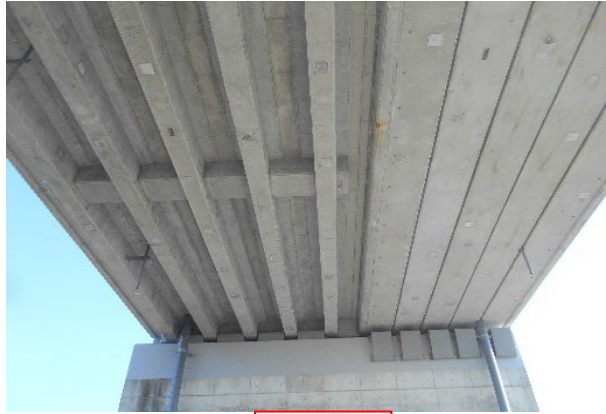
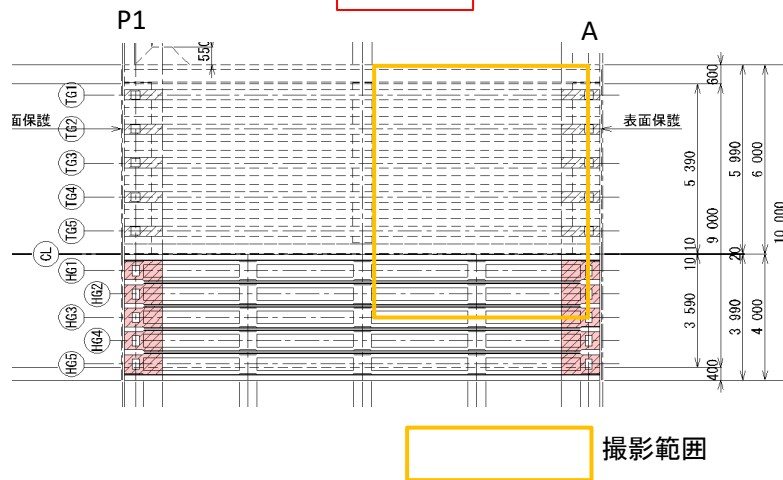


写真-6



写真-7



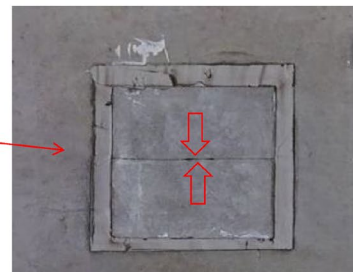
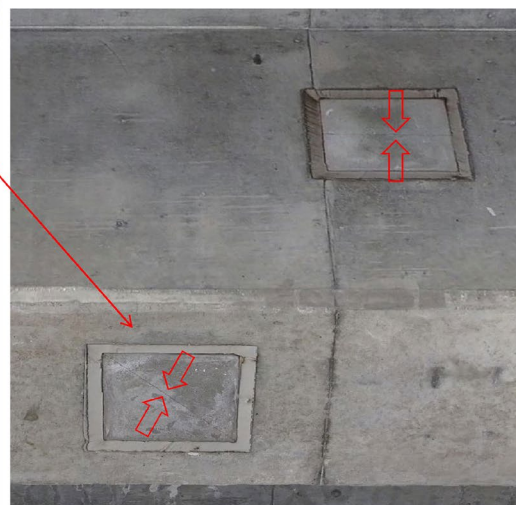
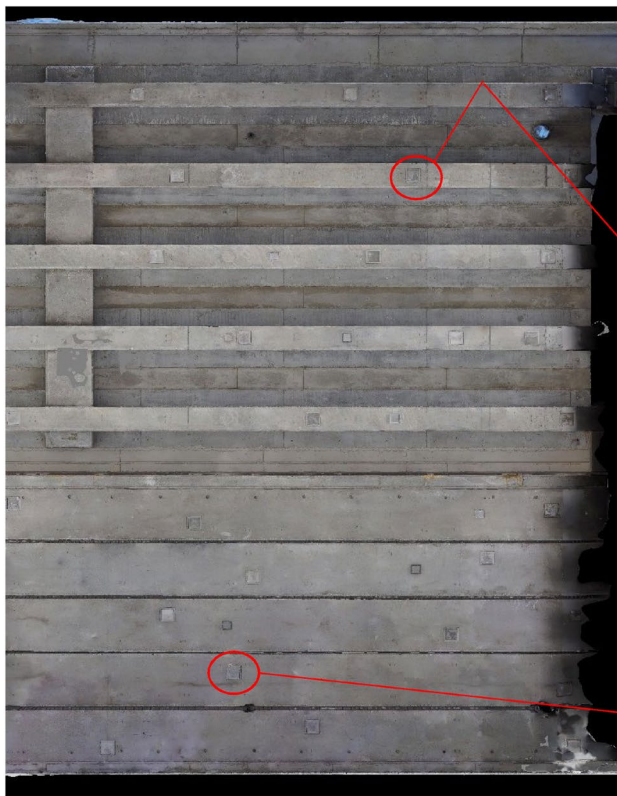
※撮影した画像(桁下面)からひびわれを確認する。(写真-6, 7)

※計測結果

PC単純プレテン桁橋+PC単純プレテン床版橋(多主桁):桁下面



3Dデータ(P1-A2径間:コンクリート橋上部工)



オルソ画像(P1-A2径間:コンクリート橋上部工):見下げ

●コンクリート構造物劣化調査支援ソフト:「Crack Imager」(自社開発ソフト)によるひびわれ幅計測

<RCT桁橋>



Step-1:オルソ画像上でひびわれ確認

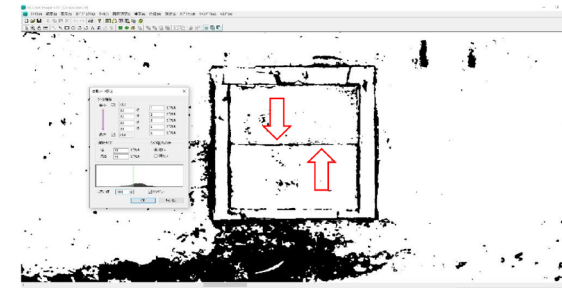
<PC床版橋>



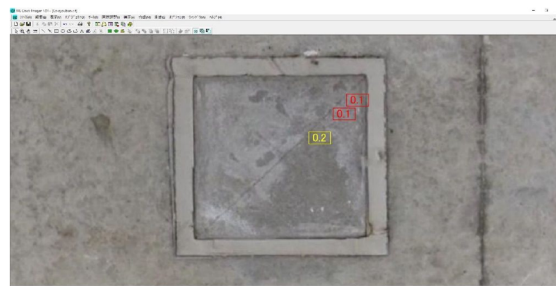
Step-1:オルソ画像上でひびわれ確認



Step-2:二値化処理によるひびわれ抽出



Step-2:二値化処理によるひびわれ抽出



Step-3:画像上でひびわれをプロットして幅測定



Step-3:画像上でひびわれをプロットして幅測定

ひびわれ幅 凡例

- | | |
|-------------------|----------------|
| <math><0.1</math> | ・・・0.1mm未満 |
| 0.1 | ・・・0.1～0.2mm未満 |
| 0.2 | ・・・0.2～0.3mm未満 |
| 0.3 | ・・・0.3～0.4mm未満 |
| 0.4 | ・・・0.4～0.5mm未満 |
| >0.4 | ・・・0.5mm以上 |

技術番号 BR010050

技術名 自律飛行型UAVを用いた小規模橋梁の3D点検技術 開発者名 KDDIスマートドローン株式会社

試験日 令和6年 1 月 12 日 天候 晴れ 気温 - °C 風速 - m/s

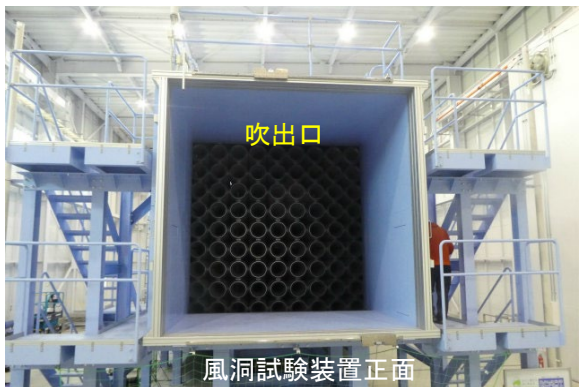
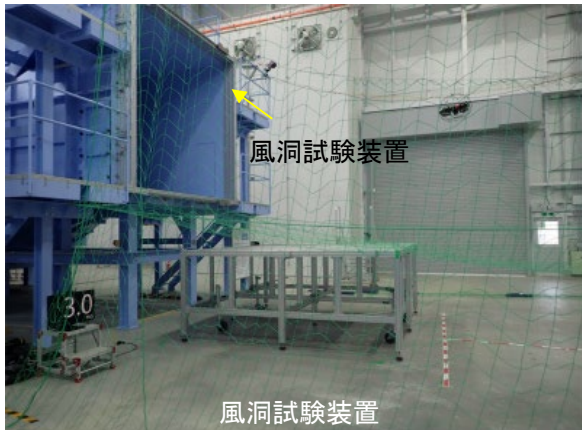
試験場所 福島ロボットテストフィールド風洞棟

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

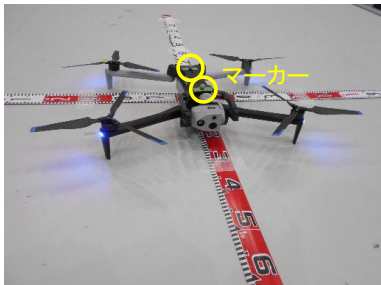


写真-1



写真-2

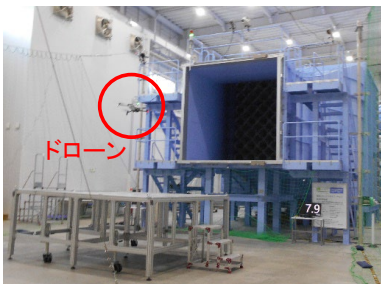


写真-3

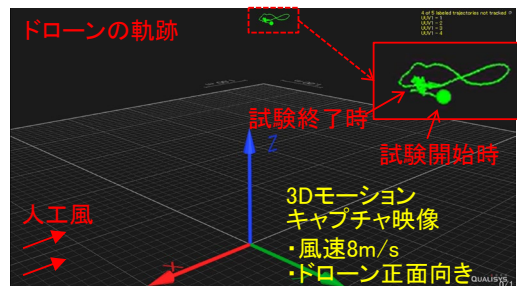


写真-4

比較対象を得るため、立会者による計測機器の設置状況

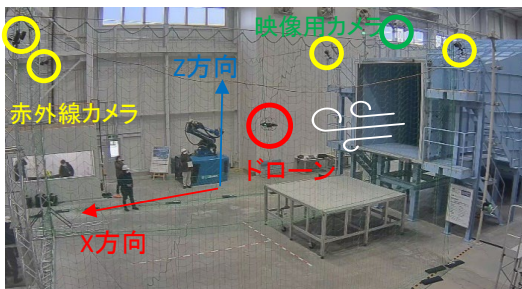


写真-5

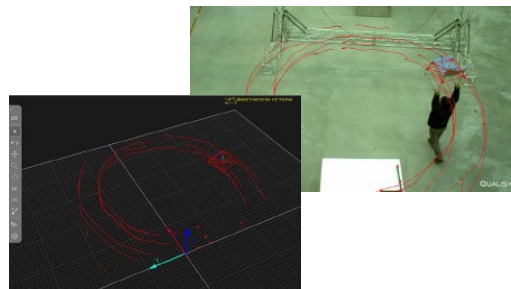


写真-6

※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

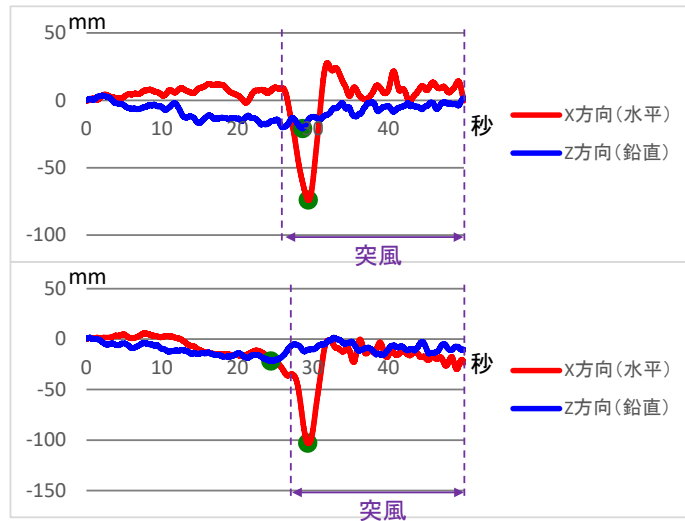
水平方向 最大移動量 7cm

鉛直方向 最大移動量 2cm

側面

水平方向 最大移動量 10cm

鉛直方向 最大移動量 2cm



風速:5.0m/s

正面

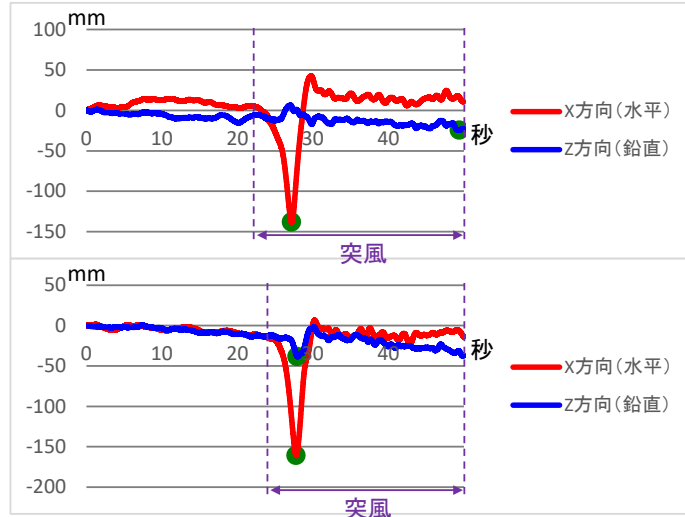
水平方向 最大移動量 14cm

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 4cm



風速:8.0m/s

正面

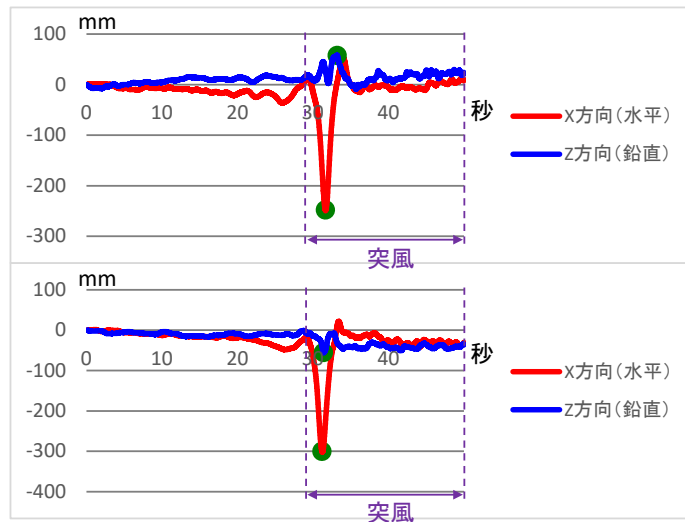
水平方向 最大移動量 25cm

鉛直方向 最大移動量 6cm

側面

水平方向 最大移動量 30cm

鉛直方向 最大移動量 6cm



技術番号 BR010050

技術名 自律飛行型UAVを用いた小規模橋梁の3D点検技術 開発者名 KDDIスマートドローン株式会社

試験日 令和6年 1 月 10 日 天候 晴れ 気温 5.5 °C 風速 5.4 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、1.0mm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)

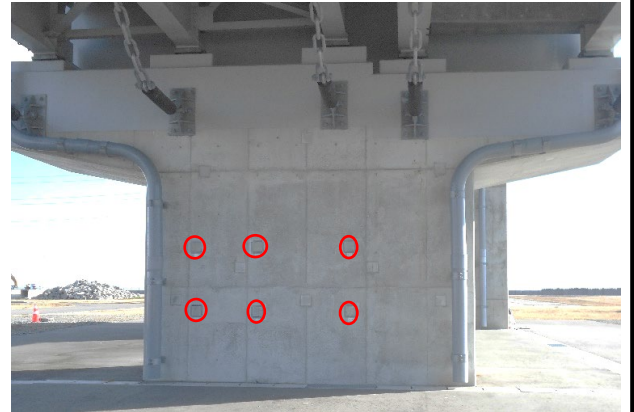


写真-2: P1橋脚 (起点側) (6パネル)

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))

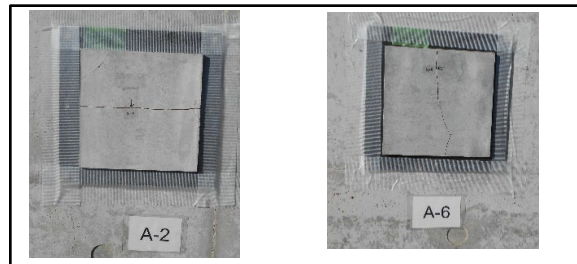
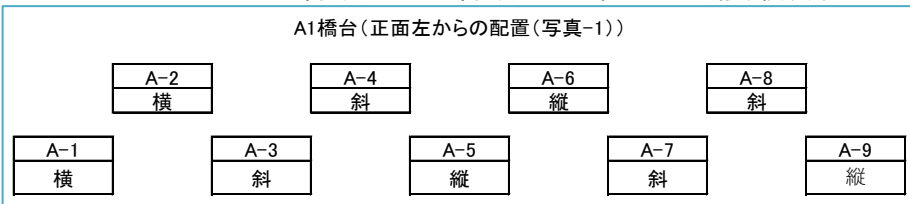
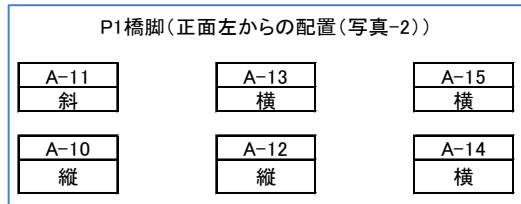


写真-3: パネル(抜粋 A-2、A-6)

P1橋脚(正面左からの配置(写真-2))



試験方法(手順)	技術番号	BR010050
①	機器の搬入(ドローン、左上:カメラ、右上: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)(右上:April Tags配置)(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

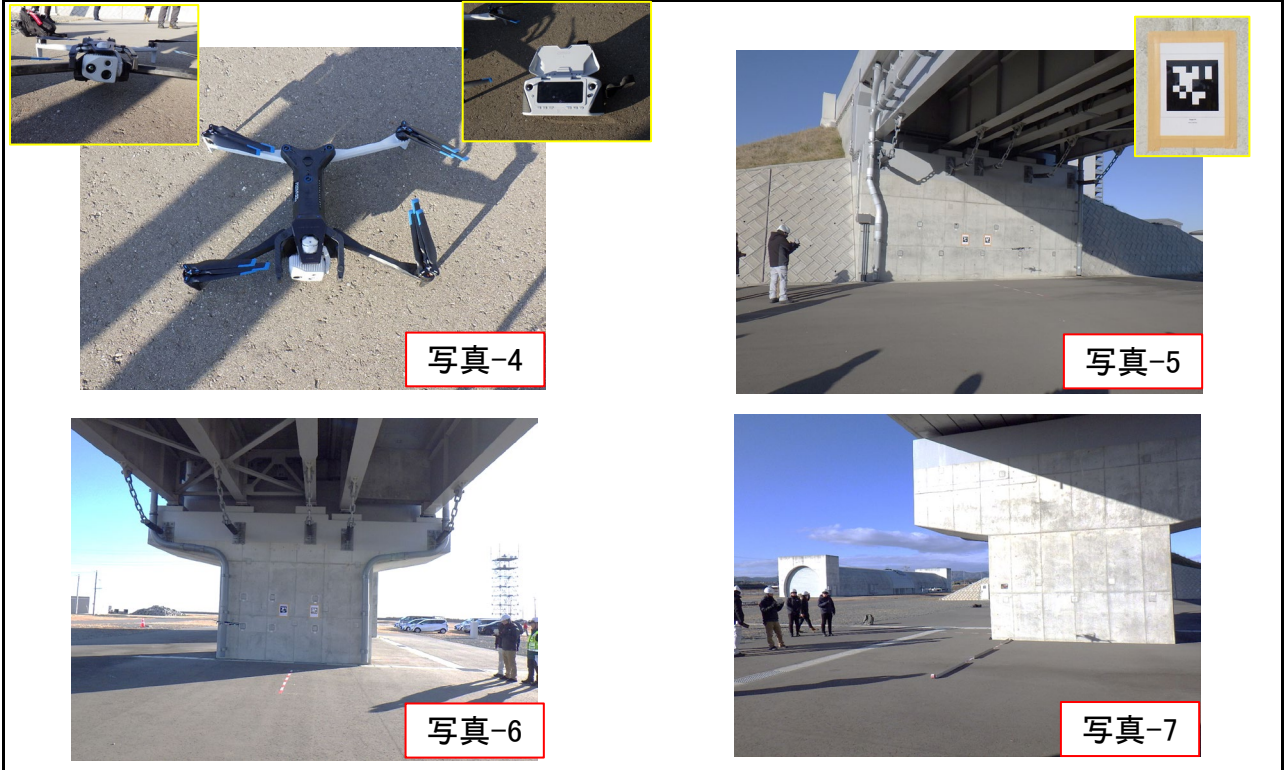


写真-4

写真-5

写真-6

写真-7

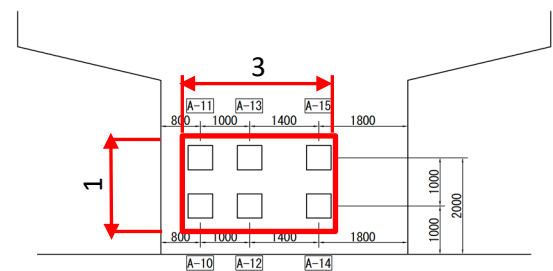
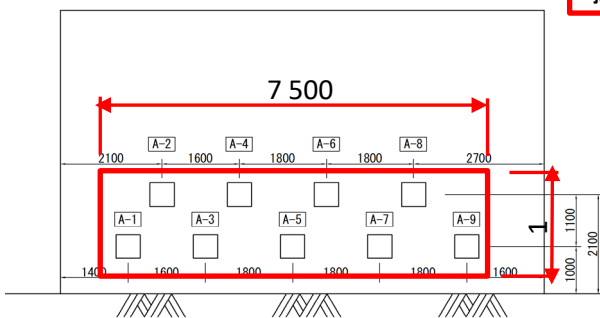
※撮影速度



A1橋台

撮影範囲

P1橋脚



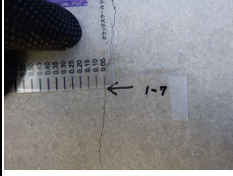
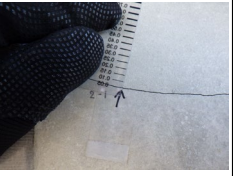
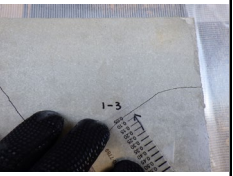
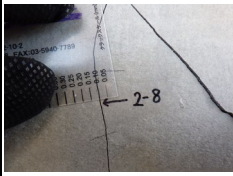


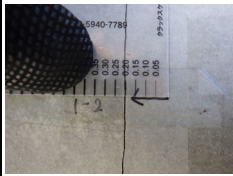
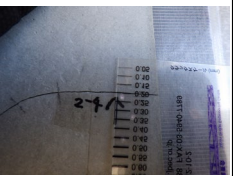

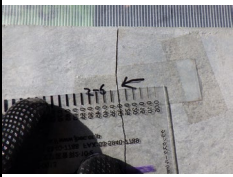

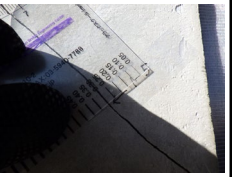
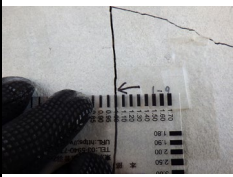
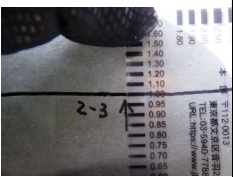
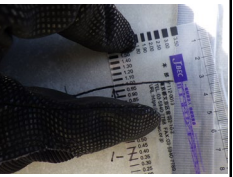
撮影面積(7.5×1.5+3.5×1.5=16.5m²)を飛行しながら移動して、撮影に要した時間(秒)を計測する。

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

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

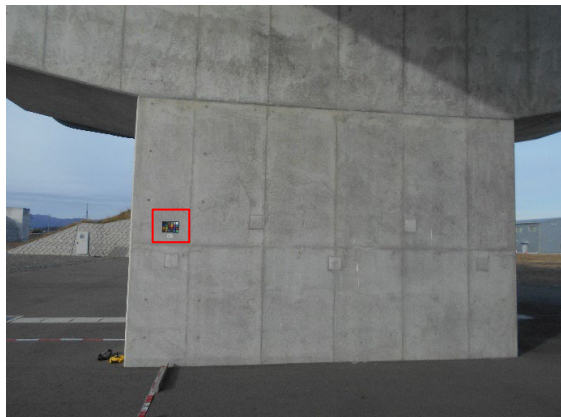


写真-9 □:K1



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(10分23秒)、P1(5分59秒) = 16分22秒 = 982秒(982sec)

撮影速度 = 16.5 / 982 = 0.017m²/sec

※最小ひびわれ幅・計測精度

■カメラ名称: : Sony IMX686

■被写体距離: 2.5m~3m ■照度: 6.0~63.1 kLux ■風速: 0.0~4.3 m/s

■気温: 5.5 °C

■焦点距離: 46mm(35mm換算) ■シャッター速度: A1: 1/1600~1/4300、P1: 1/260~1/1800

■絞り: f 1.8 ■ISO値: ISO100

■フォーカス: AF 46mm(35mm換算) ■画像Pixel数: 9248x6944

チャート番号	A-9	A-13	A-11
方向	縦	横	斜
真値	0.05	0.05	0.05
撮影画像			
計測値	0.1	0.1	0.1
チャート番号	A-10	A-14	A-3
方向	縦	横	斜
真値	0.1	0.1	0.1
撮影画像			
計測値	0.1	0.1	0.1
チャート番号	A-5	A-15	A-8
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	0.2
チャート番号	A-6	A-2	A-4
方向	縦	横	斜
真値	0.3	0.3	0.3
撮影画像			
計測値	0.4	0.3	0.4
チャート番号	A-12	A-1	A-7
方向	縦	横	斜
真値	1.0	1.0	1.0
撮影画像			
計測値	0.90	0.9	1.0

ひびわれ幅	計測精度
0.05mm	0.05mm
0.1mm	0.00mm
0.2mm	0.06mm
0.3mm	0.08mm
1.0mm	0.08mm

※色識別性能

■カメラ名称: : Sony IMX686

■被写体距離: 2.5m~3m m ■照度: 7.87~66.2 kLux ■風速: 0.0~4.3 m/s

■気温: 5.6 °C

■焦点距離: 46mm(35mm換算) ■シャッター速度: K1: 1/3300、K2: 1/300

■絞り: f 1.8 ■ISO値: ISO100

■フォーカス: AF 46mm(35mm換算) ■画像Pixel数: 9248x6944



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	43	41	43	43	51
A-2	80	67	80	70	78	77
A-3	122	108	118	108	116	116
A-4	161	143	157	143	154	151
A-5	202	186	198	186	195	194
A-6	249	208	242	207	238	215
B-1	25	40	55	64	135	136
B-2	57	51	146	129	64	71
B-3	186	167	26	12	51	60
B-4	245	201	205	172	0	9
B-5	192	170	75	62	145	137
B-6	0	17	127	128	159	157
C-1	238	194	158	30	25	24
C-2	157	137	188	160	54	56
C-3	83	99	58	55	106	108
C-4	195	173	79	52	95	93
C-5	58	64	88	90	159	151
C-6	222	181	118	87	32	28
D-1	112	101	76	60	60	58
D-2	197	174	145	128	125	128
D-3	87	81	120	116	155	148
D-4	82	65	106	82	60	50
D-5	126	119	125	118	174	160
D-6	98	86	187	165	166	159

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	31	41	31	43	43
A-2	80	67	80	66	78	72
A-3	122	102	118	103	116	108
A-4	161	136	157	135	154	144
A-5	202	181	198	181	195	191
A-6	249	207	242	206	238	214
B-1	25	27	55	53	135	128
B-2	57	45	146	123	64	63
B-3	186	163	26	1	51	51
B-4	245	201	205	170	0	1
B-5	192	165	75	59	145	133
B-6	0	10	127	123	159	155
C-1	238	192	158	125	25	12
C-2	157	136	188	158	54	49
C-3	83	83	58	43	106	95
C-4	195	171	79	50	95	89
C-5	58	52	88	77	159	141
C-6	222	175	118	75	32	16
D-1	112	94	76	54	60	54
D-2	197	173	145	125	125	123
D-3	87	72	120	106	155	141
D-4	82	59	106	78	60	48
D-5	126	114	125	112	174	161
D-6	98	79	187	162	166	154

※色識別性能

■カメラ名称: : Sony IMX686

■被写体距離: 3 m ■照度: 7.87~66.2 kLux ■風速: 0.0~4.3 m/s

■気温: 5.6 °C

■焦点距離: 46mm(35mm換算) ■シャッター速度: オート

■絞り: f 1.8 ■ISO値: オート

■フォーカス: オート ■画像Pixel数: 9248x6944



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	51	41	52	43	57
A-2	80	74	80	75	78	80
A-3	122	108	118	111	116	120
A-4	161	149	157	153	154	164
A-5	202	173	198	180	195	190
A-6	249	196	242	203	238	211
B-1	25	25	55	64	135	141
B-2	57	54	146	127	64	54
B-3	186	162	26	20	51	48
B-4	245	203	205	171	0	1
B-5	192	163	75	68	145	138
B-6	0	1	127	128	159	157
C-1	238	195	158	130	25	2
C-2	157	138	188	159	54	4
C-3	83	94	58	56	106	113
C-4	195	171	79	60	95	92
C-5	58	46	88	89	159	155
C-6	222	183	118	92	32	3
D-1	112	105	76	68	60	60
D-2	197	168	145	125	125	117
D-3	87	74	120	114	155	149
D-4	82	71	106	85	60	50
D-5	126	115	125	121	174	169
D-6	98	88	187	173	166	165

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	45	41	45	43	55
A-2	80	64	80	66	78	79
A-3	122	96	118	98	116	111
A-4	161	139	157	141	154	153
A-5	202	170	198	174	195	185
A-6	249	187	242	191	238	203
B-1	25	27	55	59	135	136
B-2	57	51	146	119	64	58
B-3	186	158	26	17	51	49
B-4	245	183	205	154	0	1
B-5	192	158	75	56	145	130
B-6	0	2	127	117	159	148
C-1	238	192	158	120	25	2
C-2	157	138	188	161	54	8
C-3	83	74	58	45	106	103
C-4	195	161	79	47	95	85
C-5	58	42	88	84	159	158
C-6	222	168	118	75	32	8
D-1	112	88	76	53	60	59
D-2	197	162	145	122	125	125
D-3	87	64	120	97	155	138
D-4	82	61	106	76	60	53
D-5	126	111	125	118	174	172
D-6	98	79	187	177	166	164

技術番号	BR010050						
技術名	自律飛行型UAVを用いた小規模橋梁の3D点検技術	開発者名	KDDIスマートドローン株式会社				
試験日	令和6年 1 月 10 日	天候	晴れ	気温	5.7 °C	風速	4.5 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。

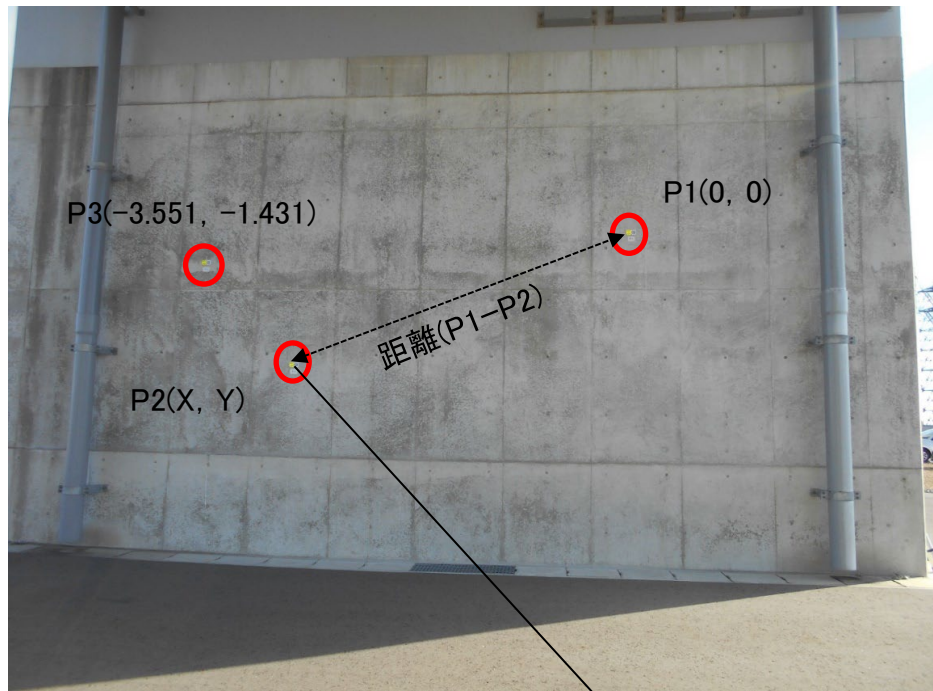


写真-1



- ① 機器の搬入(ドローン、左上:カメラ、右上: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



写真-2

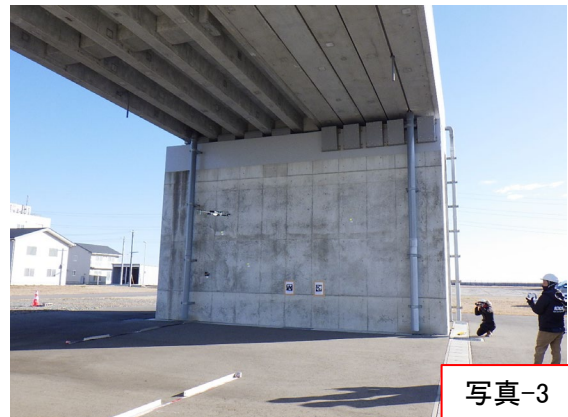


写真-3

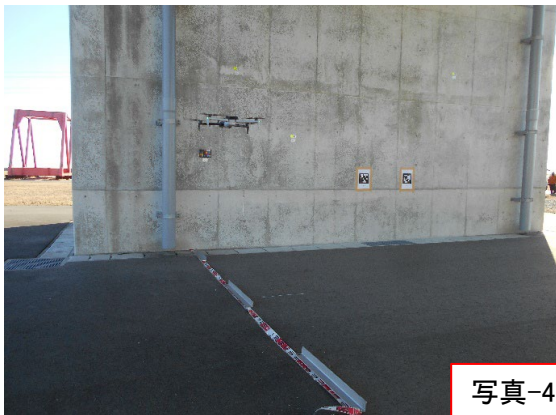


写真-4

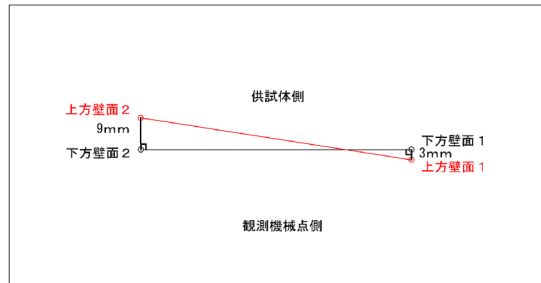


写真-5

※長さ計測精度/位置精度

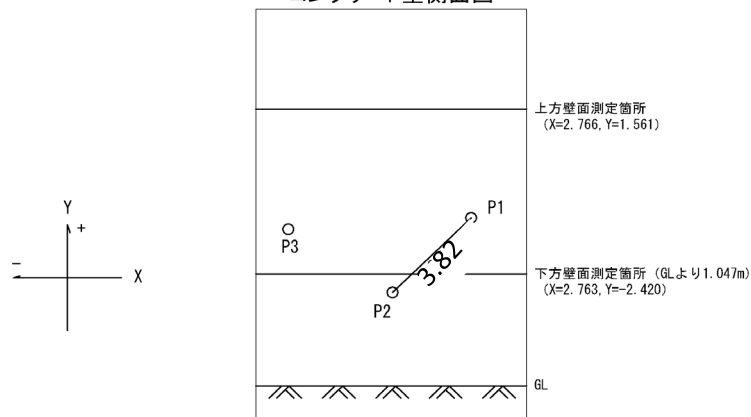
立会者によりP1(0, 0)を基準点とし、P2、P3をトータルステーションにて測量した座標値を真値とする。

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-P2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	-3.551	-1.431	0.004
P3	-4.606	-0.314	0.001

※長さ計測精度/位置精度

■カメラ名称: : Sony IMX686

■被写体距離: 3.5m~4m ■照度: 6.0~62.4 kLux ■風速: 0.0~4.5 m/s

■気温: 5.7 °C

■焦点距離: 46mm(35mm換算) ■シャッター速度: 1/260~1/1800

■絞り: f 1.8 ■ISO値: ISO100

■フォーカス: AF 46mm(35mm換算) ■画像Pixel数: 9248x6944

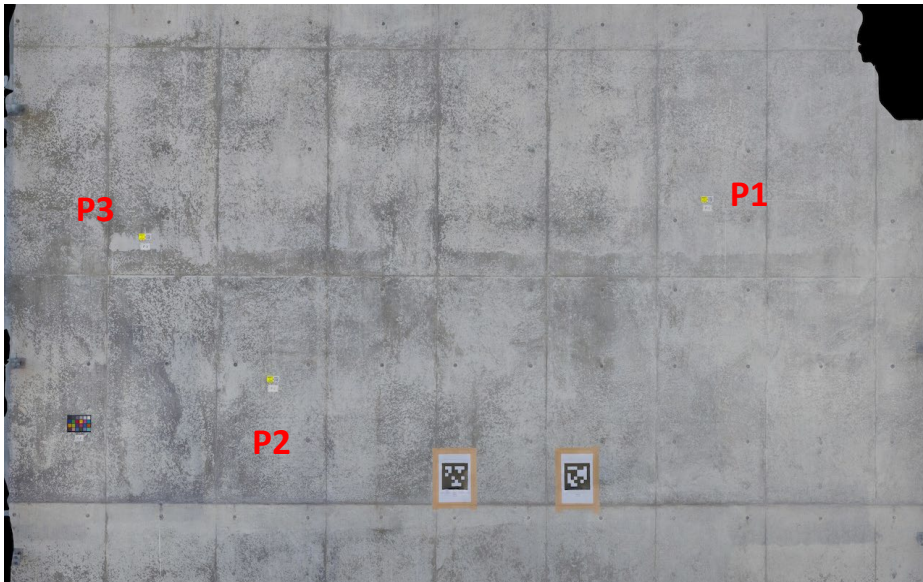


写真-6 オルソ画像

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	-3.551	-3.546	-0.005	-1.431	-1.417	-0.014	3.828	3.820	99.8%
P3	-4.606	-4.593	/	-0.314	-0.294	/	/	/	/

技術番号 BR010050

技術名 自律飛行型UAVを用いた小規模橋梁の3D点検技術 開発者名 KDDIスマートドローン株式会社

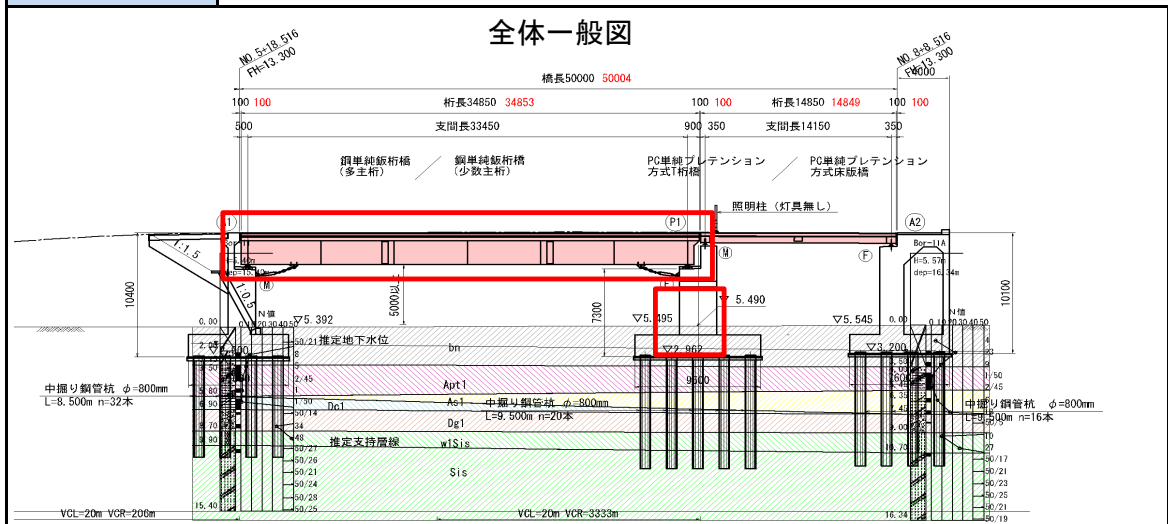
試験日 令和6年 1月10日 天候 晴れ 気温 5.8 °C 風速 3.3 m/s

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
進入可能性能
可動範囲

対象構造物の概要



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

- ① 機器の搬入(ドローン、左上:カメラ、右上: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: 1m

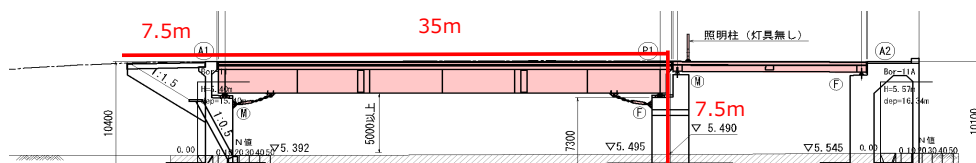
風速: 3.3m/s

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))

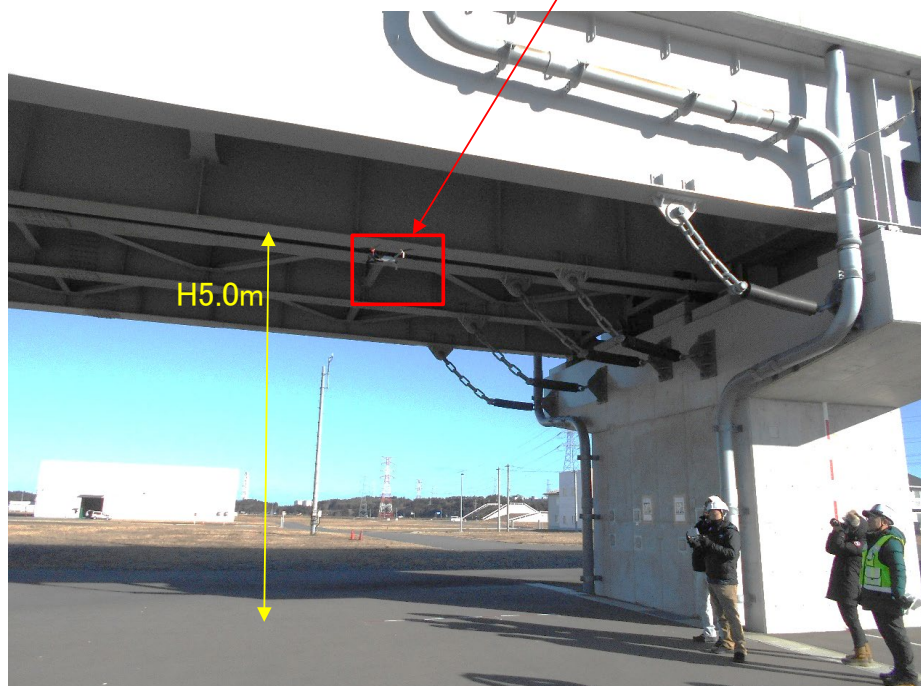
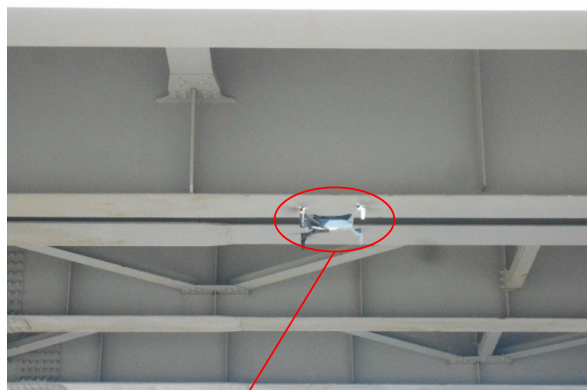


※進入可能性能

<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 BR010050

技術名 自律飛行型UAVを用いた小規模橋梁の3D点検技術 開発者名 KDDIスマートドローン株式会社

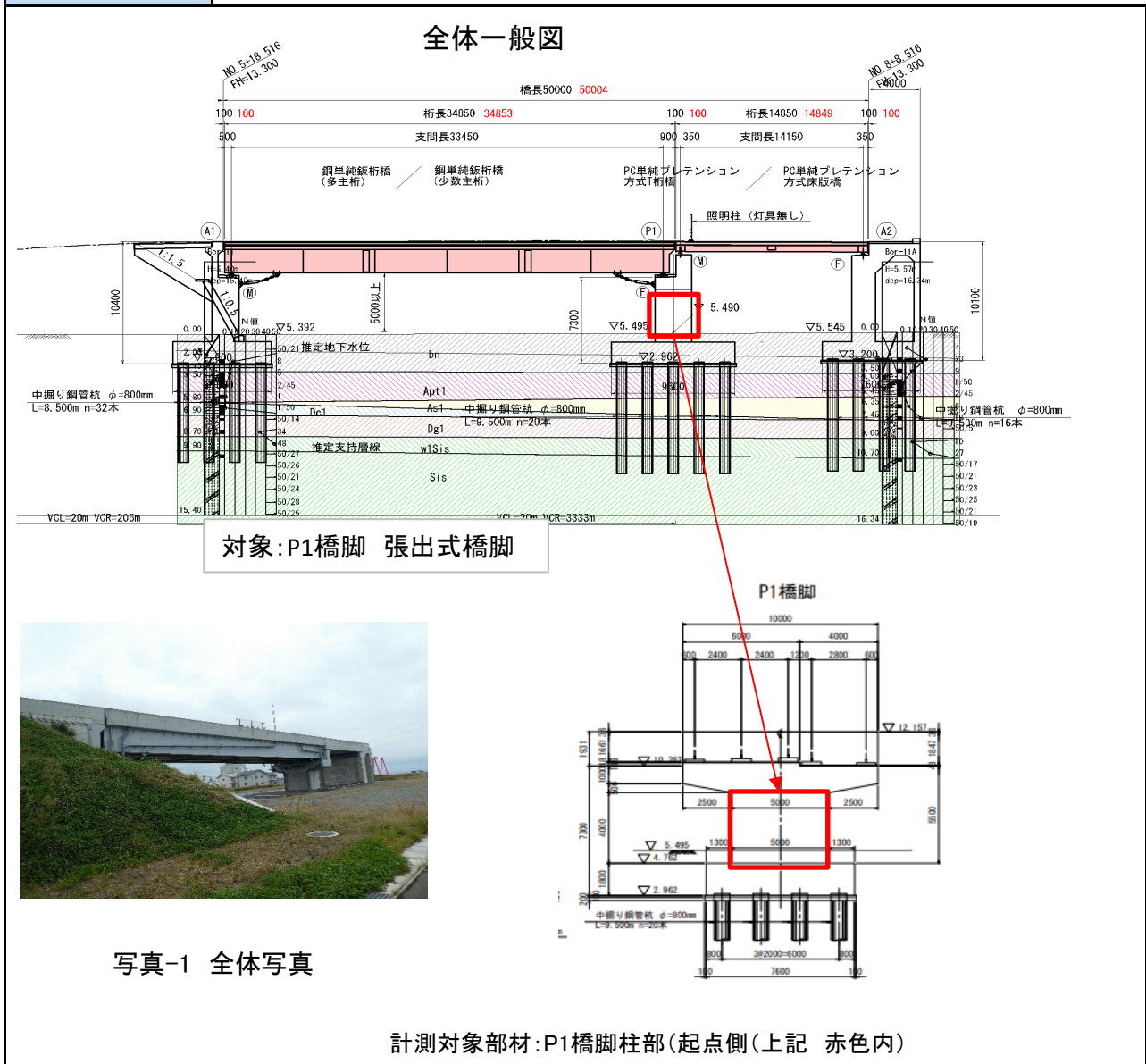
試験日 令和6年 1 月 10 日 天候 晴れ 気温 6.1 °C 風速 3.8 m/s

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 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 機器の搬入(ドローン、左上:カメラ、右上: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:P1橋脚柱部の撮影(写真-5)
- ⑤ 後日、撮影した画像から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

■カメラ名称: : Sony IMX686

■被写体距離: 3 ~ 4m ■照度: 8.01 ~ 69.3 kLux ■風速: 0.0 ~ 3.8 m/s

■気温: 6.1 °C

■焦点距離: 46mm(35mm換算) ■シャッター速度: 1/260 ~ 1/1800

■絞り: f 1.8 ■ISO値: ISO100

■フォーカス: AF 46mm(35mm換算) ■画像Pixel数: 9248x6944

比較対象を得るため、
立会者による計測機器の設置状況

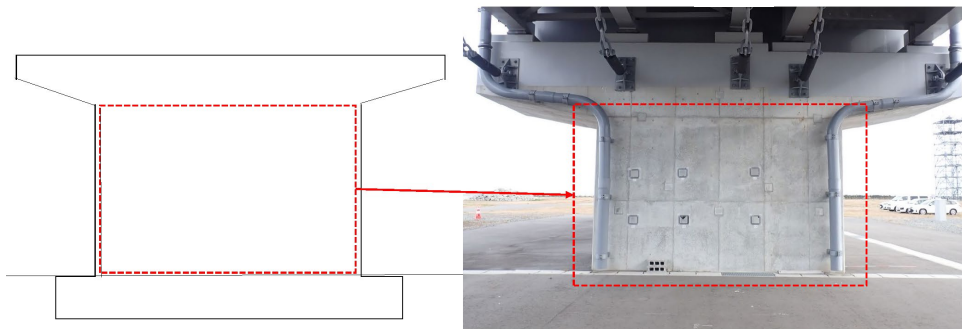


写真-6

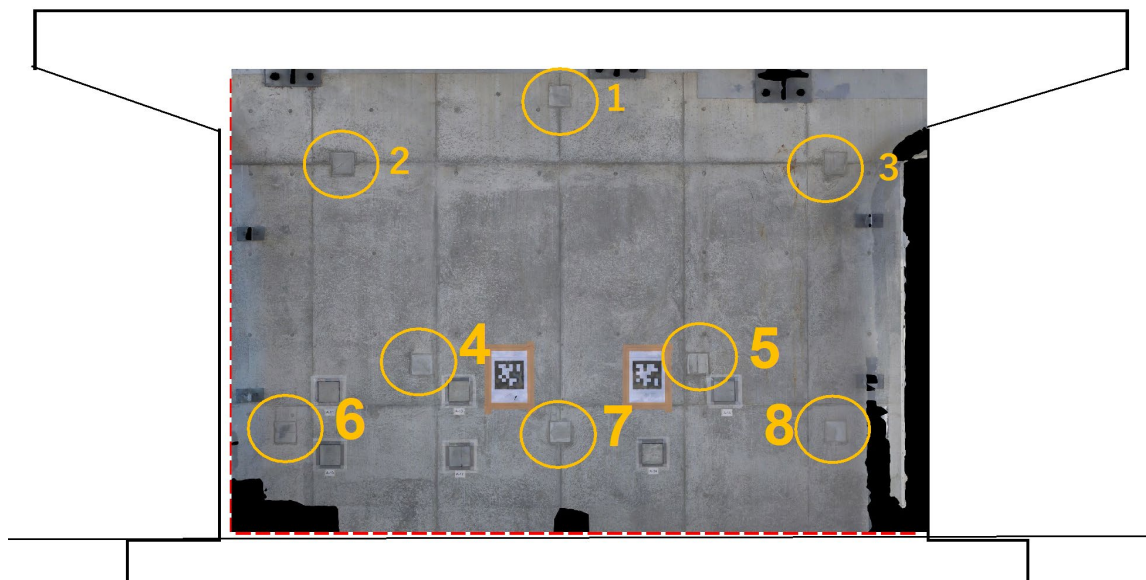
※撮影した画像(P1橋脚柱部(起点側))(写真-6)からひびわれを確認する。

※計測結果

計測位置:P1橋脚柱部前面のひびわれ(8箇所の埋め込み模擬版のひびわれ)



P1柱部



測定値 (最小) 単位: mm

①	0.1
②	0.5
③	0.1
④	0.3
⑤	0.8
⑥	0.4
⑦	0.2
⑧	0.1