

技術番号 BR020024

技術名 360度カメラ撮影による定期点検支援技術(剥離・鉄筋露出)

開発者名 一般社団法人 先端インフラメンテナンス研究所

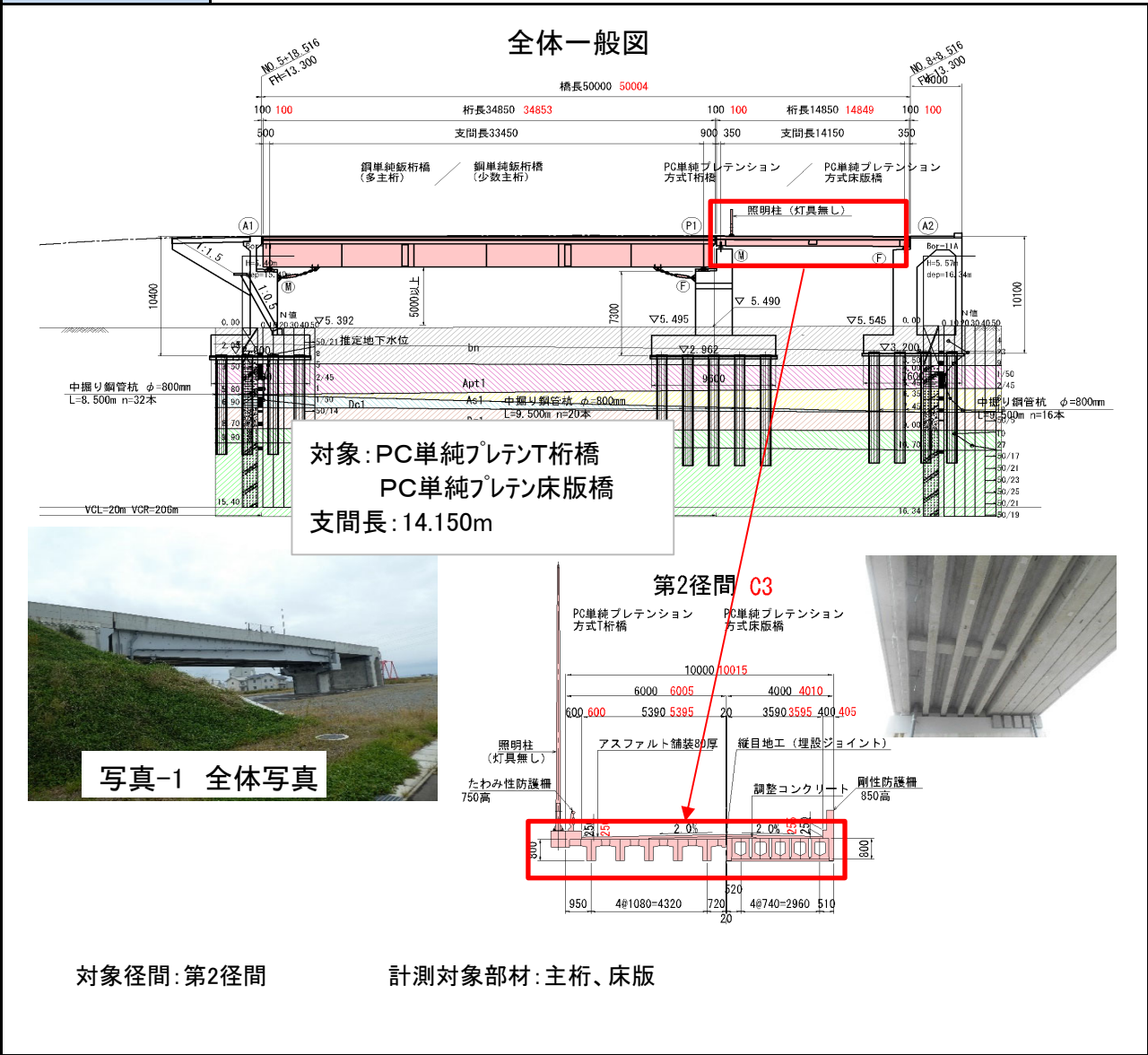
試験日 令和4年 3月10日 天候 晴れ 気温 13.7 °C 風速 2.3 m/s

試験場所 福島ロボットテストフィールド

カタログ分類 非破壊検査技術 カタログ 検出項目 剥離・鉄筋露出 試験区分 標準試験

試験で確認する カタログ項目 計測精度

対象構造物の概要



試験方法(手順)	技術番号	BR020024
① 機器の搬入(360度カメラ、伸縮棒)(写真-2)		
② 機器の搬入(手持ち用照明)(写真-3)		
③ 測定状況(PC単純プレント桁橋部の撮影)(写真-4)		
④ 測定状況(PC単純プレテン床版橋部の撮影)(写真-5)		
⑤ 計測終了後、撮影データを元に自動で3次元の点群データに変換、かつ任意の位置での撮影写真を自由に確認することで剥離・鉄筋露出の箇所を特定する。		

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



写真-7

第2径間:高所作業車の設置(写真-6)

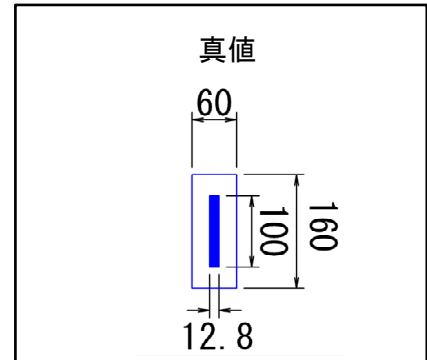
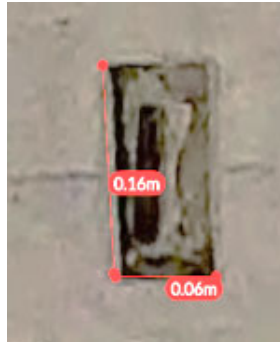
近接目視(写真-7)

※高所作業車による近接目視で剥離・鉄筋露出を確認する。(写真-6、写真-7)

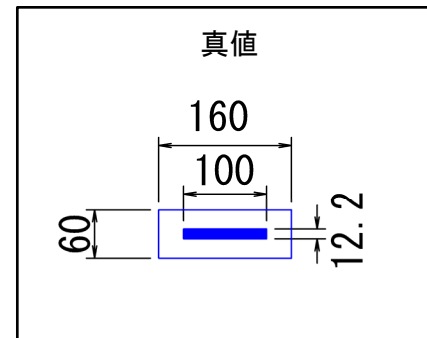
※計測結果:

(1) PC単純プレキャスト桁橋

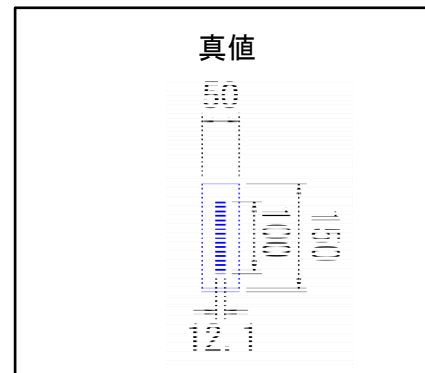
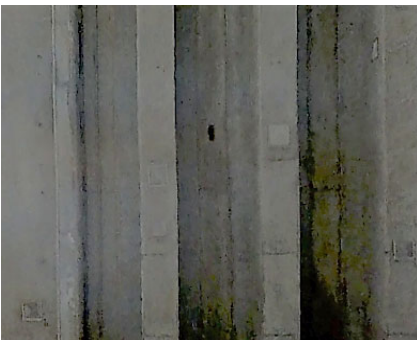
①主桁下面



②主桁側面

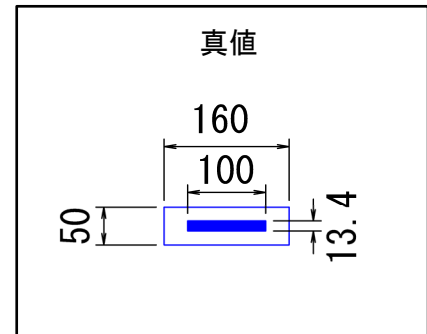


③間詰め床版



※計測結果:

(2)PC単純プレテン床版橋



(3)結果一覧表

		真値			計測値			比率(%)
		縦(cm)	横(cm)	面積(cm ²)	縦(cm)	横(cm)	面積(cm ²)	計測値/真値
PCプレテンT桁橋	下面	16	6	96	16	6	96	100.0%
	側面	16	6	96	15	4	60	62.5%
	床版	15	5	75	15	6	90	120.0%
PCプレテン床版橋	下面	16	5	80	17	6	102	127.5%

$$X = \sqrt{\frac{\delta_a^2 + \delta_b^2 + \dots + \delta_i^2}{n}}$$

δ_a = 検証側技術による測定値(1回目) - 当該技術による測定値(1回目)

δ_b = 検証側技術による測定値(2回目) - 当該技術による測定値(2回目)

δ_i = 検証側技術による測定値(n回目) - 当該技術による測定値(n回目)

(4)計測精度

サンプル数: 4

面積: cm²

		真値	計測値	差分
PCプレテンT桁橋	下面	96	96	0
	側面	96	60	-36
	床版	75	90	15
PCプレテン床版橋	下面	80	102	22
平均		86.75	87	0.25

面積の相対差 X= 22.4 cm²

技術番号	BR020025
------	----------

技術名	計測装置(3DSL-Rhino"ライ")を用いた三次元計測システム(耐候性鋼材の錆評点)	開発者名	株式会社セイコーウェーブ
-----	--	------	--------------

試験日	令和4年 1 月 18 日	天候	晴	気温	5.2 °C	風速	- m/s
-----	---------------	----	---	----	--------	----	-------

試験場所	土木研究所構内 試験橋梁
------	--------------

カタログ分類	計測・モニタリング技術 カタログ	検出項目	防食機能の劣化	試験区分	標準試験
--------	------------------	------	---------	------	------

試験で確認する カタログ項目	計測精度
-------------------	------

対象構造物の概要

一般財団法人 日本橋梁建設協会が作製している耐候性鋼材のさび外観(評点1~5)を模擬した錆サンプルを使用する。



写真-1 錆サンプル評点1



写真-2 錆サンプル評点2



写真-3 錆サンプル評点3



写真-4 錆サンプル評点4



写真-5 錆サンプル評点5

- ① 錆サンプルを用意する。(写真-1～写真-5)
- ② 計測者は、用意した錆サンプルを計測する。(写真-7)
- ③ 計測したサンプルの評価を行う。

開発者による計測機器の設置状況

1. 機器の構成と設置

- ①計測装置本体(3DSL-Rhino)
- ②接続用システムケーブル
- ③PC
- ④バッテリー



写真-6 機器の構成



写真-7 計測状況

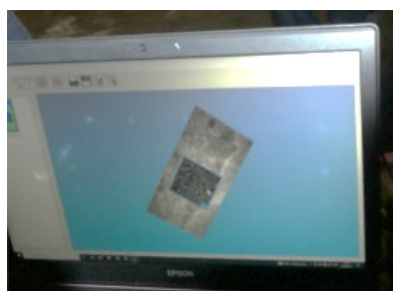
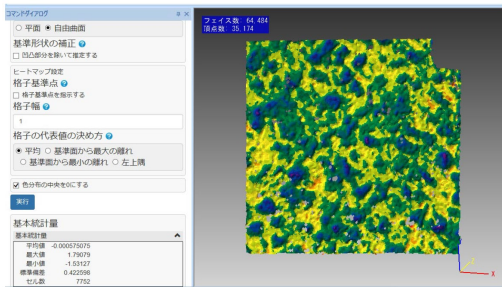


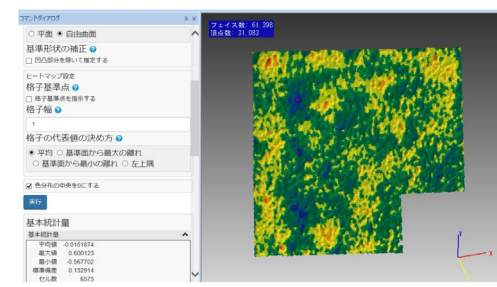
写真-8 計測時モニター映像

比較対象を得るため、
立会者による計測機器の設置状況

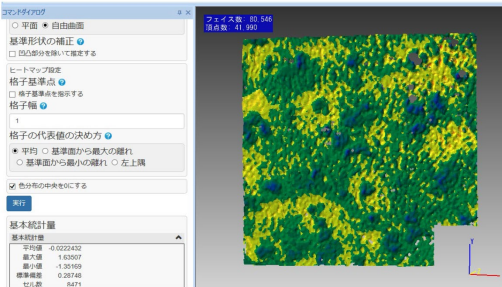
サンプル番号	A	B	C	D	E
錆評点	2	4	3	5	1
サンプル写真					



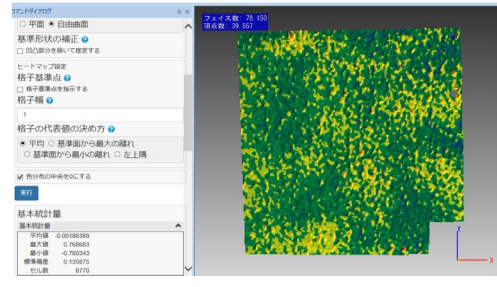
鋳サンプルA 標準偏差0.423



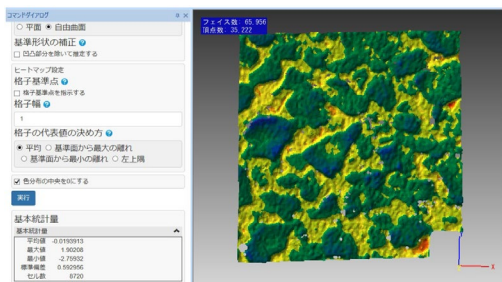
鋳サンプルB 標準偏差0.133



鋳サンプルC 標準偏差0.287



鋳サンプルD 標準偏差0.136



鋳サンプルE 標準偏差0.593

サンプル番号	A	B	C	D	E
鋳評点(リファレンス)	2	4	3	5	1
標準偏差	0.423	0.133	0.287	0.136	0.593
開発者評価	2	3,4,5	2	3,4,5	2
正誤	○	○	×	○	×

正解率3枚/5枚

技術番号 BR020025

技術名 計測装置(3DSL-Rhino"ライノ")を用いた三次元計測システム(耐候性鋼材の錆評点) 開発者名 株式会社セイコーウェーブ

試験日 令和5年 2月 8日 天候 晴れ 気温 10.4 °C 風速 0.1 m/s

試験場所 某橋梁(関東地方整備局管内)

カタログ分類 非破壊検査技術 カタログ 検出項目 防食機能の劣化 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

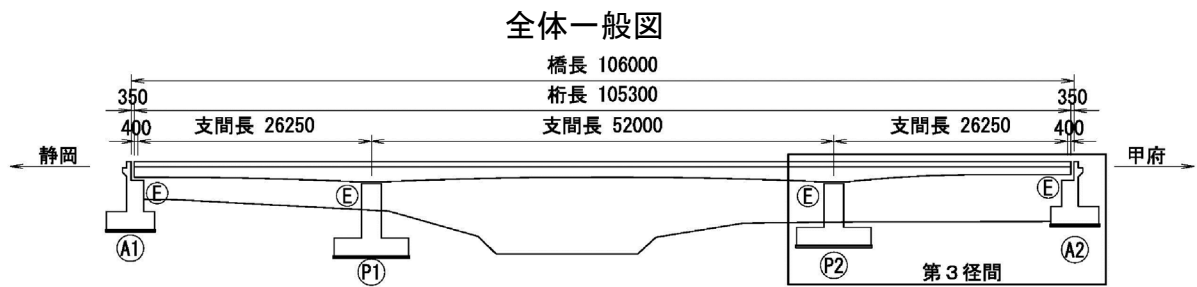
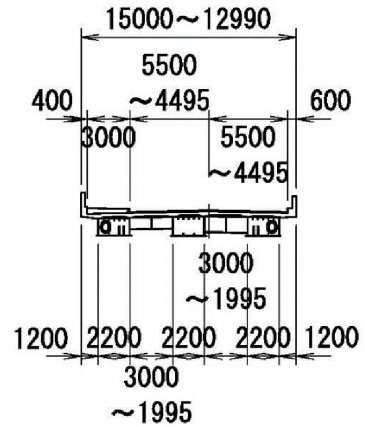


写真-1 全体写真



対象径間: 第3径間

対象部材: G1、G3主桁



写真-2 3径間連続鋼箱桁橋

- ① 計測機器の搬入(写真-3:三次元計測本体、PC接続用ケーブル、PC)
- ② 計測機器(三次元計測本体、PC接続用ケーブル、PC)の設置状況全景(写真-4)
- ③ 測定箇所にて特定パターン光を投影し、三次元座標を取得する。(写真-5:G1下面①、写真-6:G1下面①')
- ④ 測定箇所にて特定パターン光を投影し、三次元座標を取得する。(写真-7:G1側面②'、写真-8:G3側面③)
- ⑤ 取得した三次元座標を解析し、対象の耐候性鋼材の腐食を評価する。

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



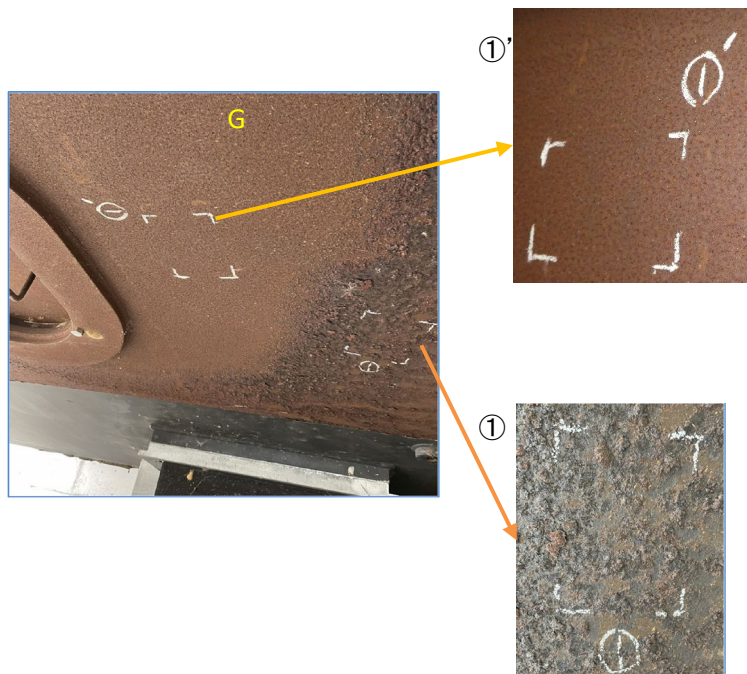
写真-7



写真-8

※計測結果

(1) 主桁G1下面(下フランジ下面)・・・2箇所(①、①')



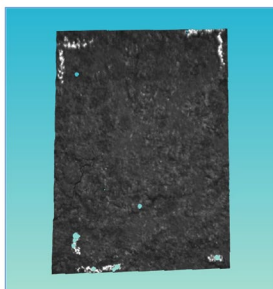
評点3~5

※撮影範囲は1箇所あたり

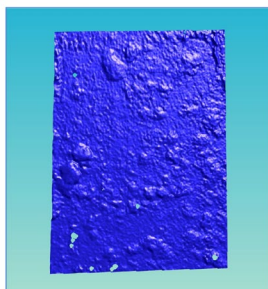
150 × 100mm

評点2

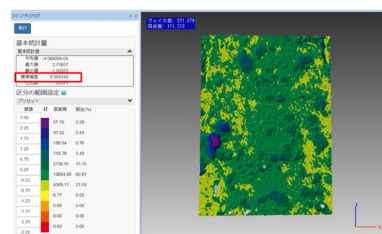
白黒テクスチャあり



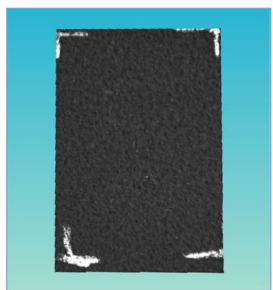
白黒テクスチャオフ



①凹凸の標準偏差 0.39 → 評点2



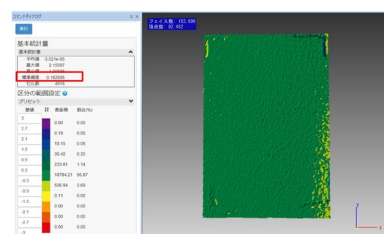
白黒テクスチャあり



白黒テクスチャオフ



①凹凸の標準偏差 0.16 → 評点3~5



(3)主桁G3側面(ウエブ)・・・1箇所(③)

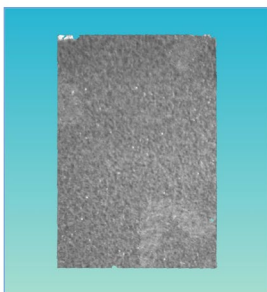


評点3~5

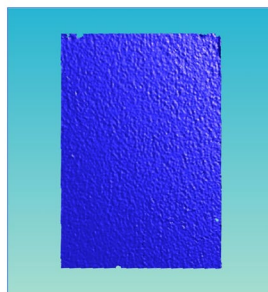
※撮影範囲は1箇所あたり

150 × 100mm

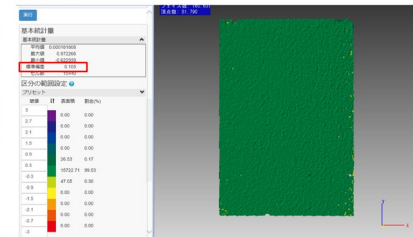
白黒テクスチャあり



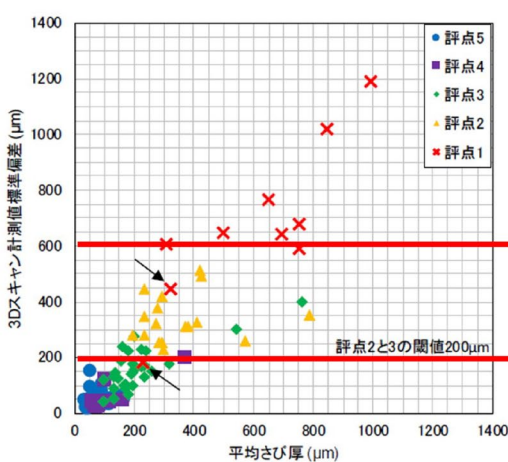
白黒テクスチャオフ



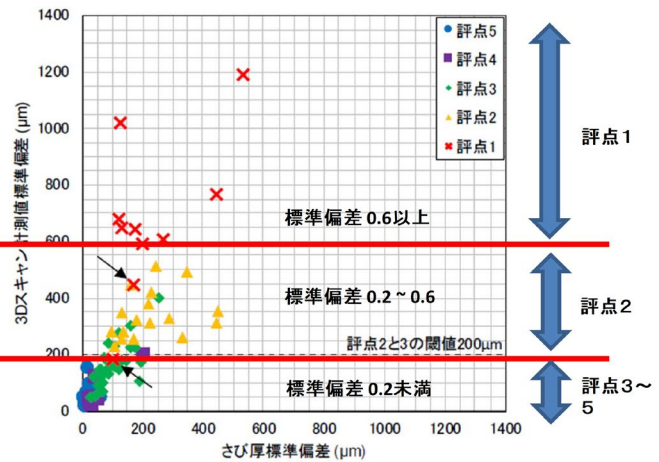
③凹凸の標準偏差 0.11 → 評点3~5



参考資料



※矢印に示す評点1データは層状さび剥落後に計測した。
図-11 凹凸標準偏差と平均さび厚



※矢印に示す評点1データは層状さび剥落後に計測した。
図-12 凹凸標準偏差とさび厚標準偏差

構造工学論文集 Vol. 66A (2020年3月)

土木学会

非接触3次元画像計測技術を用いた耐候性鋼橋の腐食評価法の開発

技術番号 BR020026

技術名 鋼床版デッキ進展亀裂点検システム 開発者名 株式会社IHI

試験日 令和5年 1 月 31 日 天候 曇り 気温 8.3 °C 風速 1.7 m/s

試験場所 某橋梁(関東地方整備局管内)

カタログ分類 非破壊検査技術 カタログ 検出項目 亀裂 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)
可動範囲

対象構造物の概要

全体一般図

写真-1 全体写真(昼間)

写真-2 全体写真(夜間)

- ① 計測機器の搬入(写真-3:計測機器台車、写真-4:全体、写真-5:プローブ台車)
- ② キャリブレーション(写真-6)
- ③ キャリブレーションの確認(写真-7)
- ④ Uリブ位置をチョークで罫書, 計測範囲を設定、水系を張る(写真-9)
- ⑤ 計測状況(写真-8:橋軸直角方向160mmピッチ、13ライン×橋軸方向10m)、データ取得(写真-10)

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

標準試験片

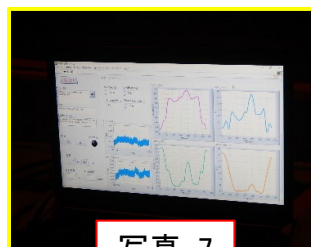


写真-7



写真-8

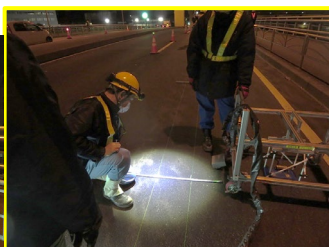


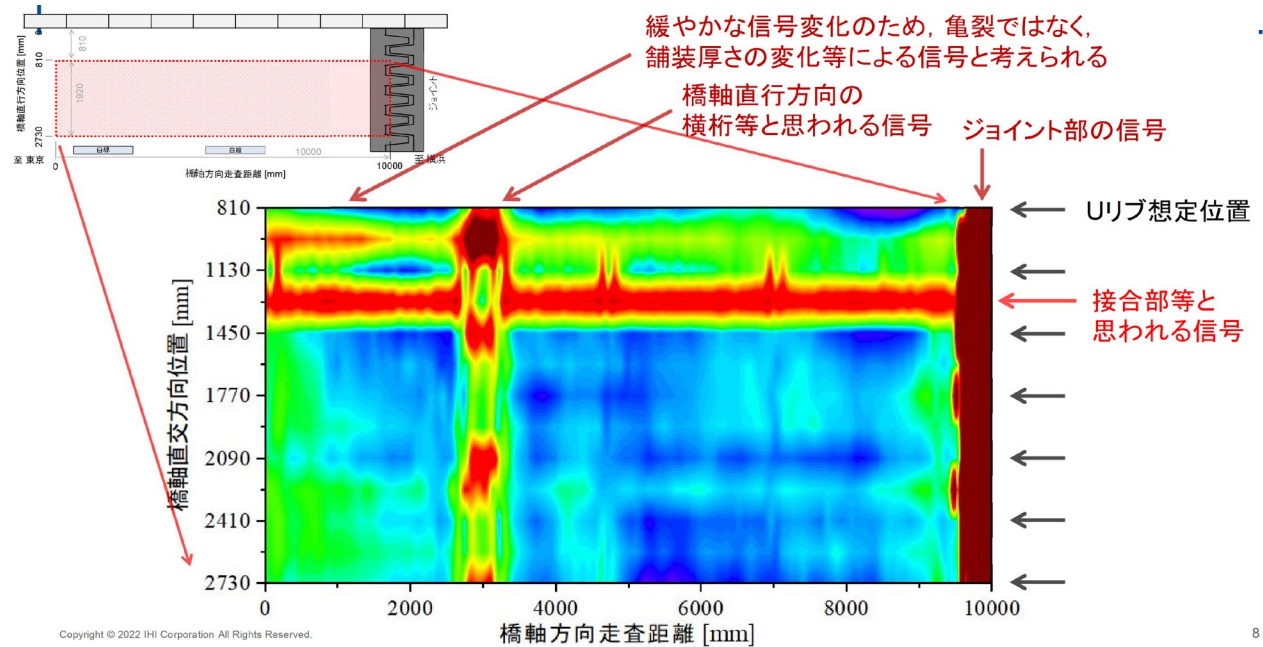
写真-9



写真-10

※計測結果

(3) 計測範囲のデータ取得



(4) まとめ

- ・ジョイント部の信号が検出されるとともに、横桁や接合部と思われる信号が取得された。
- ・計測範囲内において、亀裂と思われる信号は検出されなかった。

※可動範囲

4.0m



技術番号 BR020027

技術名 「鋼床版Matrixeye」亀裂検出装置 開発者名 (一財)首都高速道路技術センター

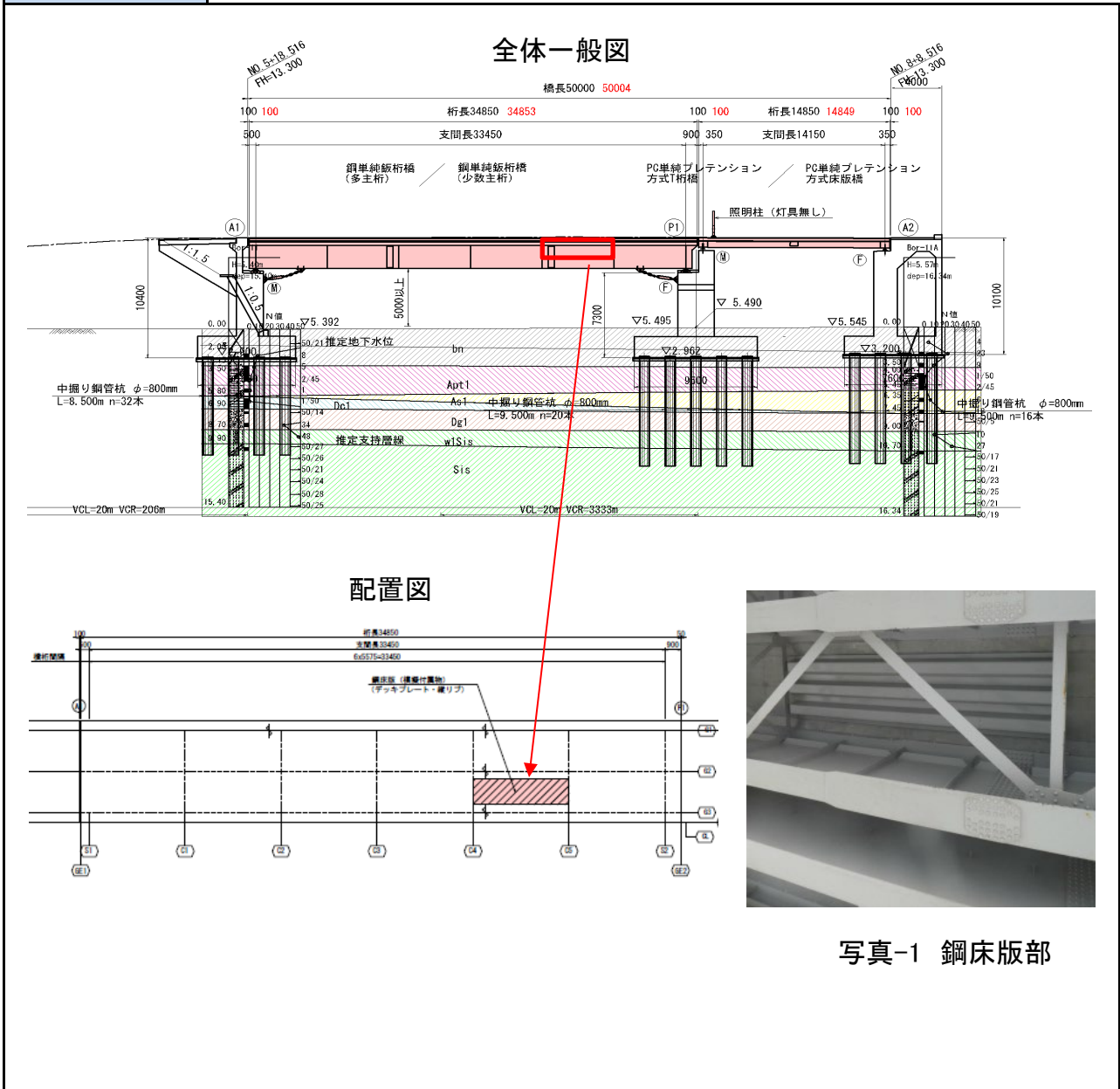
試験日 令和5年 1 月 5 日 天候 晴 気温 4.7 °C 風速 9.4 m/s

試験場所 福島ロボットテストフィールド

カタログ分類 非破壊検査技術 カタログ 検出項目 亀裂 試験区分 標準試験

試験で確認する
カタログ項目 進入可能性能
可動範囲

対象構造物の概要



- ① 地上にて、キャリブレーションを実施する。(写真-2)
- ② 高所作業車に、計測装置一式(写真-3)および、作業員を乗車する。
- ③ 橋梁にスキャナを設置し、計測を開始する。(写真-4)
- ④ スキャナを移動させた状態で、プローブで得た探傷データを探傷装置に取り込む。(写真-5)
- ⑤ 探傷装置の画面に表示される画像から亀裂の有無を判定する。

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

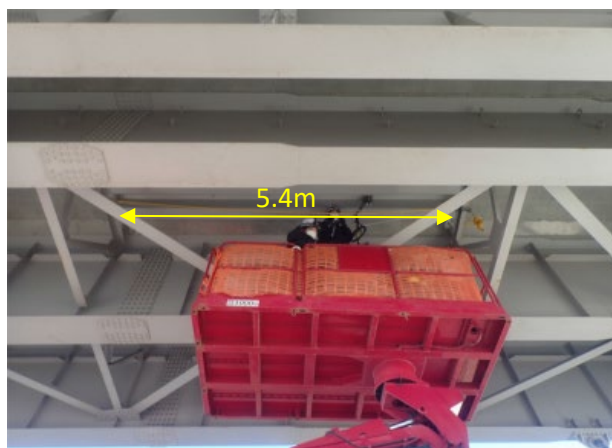
※進入可能性

最小進入幅14cm

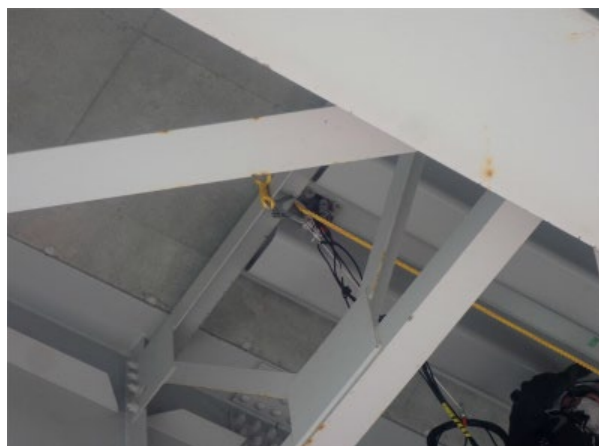


※可動範囲

可動範囲5.4m



最小近接距離20mm(プローブまでの距離)



技術番号	BR020027			
技術名	「鋼床版Matrixeye」亀裂検出装置		開発者名	(一財)首都高速道路技術センター
試験日	令和5年 1 月 19 日	天候	晴	気温 11.7 °C 風速 — m/s
試験場所	土木研究所 実験棟			
カタログ分類	非破壊検査技術	カタログ	検出項目	亀裂
			試験区分	標準試験

試験で確認する カタログ項目	計測精度
-------------------	------

対象構造物の概要

※検証試験体(土木研究所所有)

検証試験体は、以下に示す亀裂を有するデッキプレート(土木研究所所有)のうち、8試験体を用いる。



写真-1 試験体

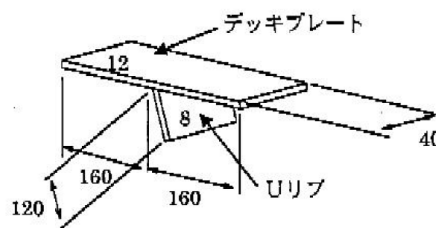


図-1 試験体寸法



写真-2 試験体①表面



写真-3 試験体①裏面

- ① 計測機器のセット(写真-4)
探傷装置、センシングデバイス(探触子)、エンコーダーを接続する。
- ② 接触媒質を塗布し、探触子から音波を発信し、試験体に入射する。(写真-5,写真-6)
- ③ 探触子をスライドしながら、亀裂深さを測定する。(写真-7)
- ④ 試験体8体について、同様の測定を行う。
- ⑤ 後日、測定した亀裂深さと実際の亀裂の深さを比較する。

開発者による計測機器の設置状況



写真-4

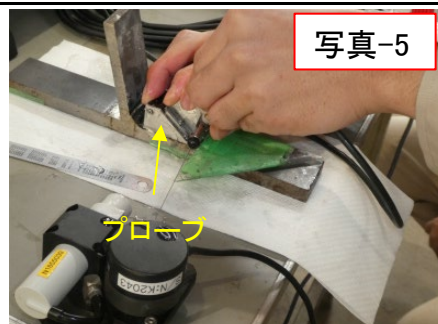


写真-5



写真-6

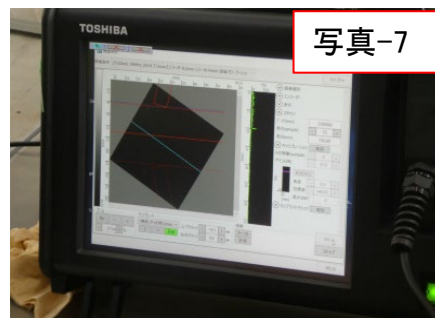


写真-7

比較対象を得るため、立会者による計測機器の設置状況



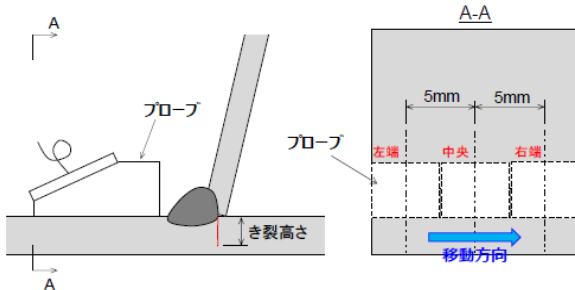
写真-8

試験体の端部の亀裂深さを計測し、平均値を算出。

試験体No	端部亀裂深さ(mm)	平均(mm)
1	1.5	1.15
	0.8	
2	1.5	1.6
	1.7	
5	0.4	0.45
	0.5	
9	2	2.25
	2.5	
10	5.5	5.25
	5	
14	9	8.6
	8.2	
15	9	9.5
	10	
24	3.3	3.6
	3.9	

1. 計測結果

- ・全供試体の亀裂を検出。
- ・下図のように供試体の亀裂高さを測定し、各試験体の亀裂高さの平均値を算出する。



試験体No.	亀裂の検出	亀裂高さ(mm)			
		左端	中央	右端	平均
1	検出	1.29	1.19	1.07	1.18
2	検出	1.83	1.85	1.77	1.82
5	検出	1.31	0.95	0.91	1.06
9	検出	2.63	2.67	2.55	2.62
10	検出	6.05	6.27	6.25	6.19
14	検出	10.27	9.02	9.68	9.66
15	検出	10.81	10.65	10.65	10.7
24	検出	6.78	7.32	6.82	6.97

2. 計測結果の比較

開発者によって得られた測定値の平均値とリファレンス計測の平均値の相対差を算出する。

$$X \text{ (mm)} = \sqrt{\frac{\delta_a^2 + \delta_b^2 + \dots + \delta_i^2}{n}}$$

$$x \text{ (\%)} = \sqrt{\frac{\delta_a^2 + \delta_b^2 + \dots + \delta_i^2}{n}} \div \left(\frac{A+B+\dots+I}{n}\right) \times 100$$

δa = 検証側技術による測定値(1回目) - 当該技術による測定値(1回目)

δb = 検証側技術による測定値(2回目) - 当該技術による測定値(2回目)

δi = 検証側技術による測定値(n回目) - 当該技術による測定値(n回目)

A = 検証側技術による測定値(1回目)

B = 検証側技術による測定値(2回目)

I = 検証側技術による測定値(n回目)

サンプル数 8

試験体No.	1	2	5	9	10	14	15	24
リファレンス	1.15	1.60	0.45	2.25	5.25	8.60	9.50	3.60
測定値	1.18	1.82	1.06	2.62	6.19	9.66	10.7	6.97
差分	0.03	0.22	0.61	0.37	0.94	1.06	1.2	3.37

X = 1.3857 mm

x = 34.22 %

8体の検証を実施した結果、相対差は 1.39mm (34.22%) であった。

技術番号 BR020027

技術名 「鋼床版Matrixeye」亀裂検出装置 開発者名 (一財)首都高速道路技術センター

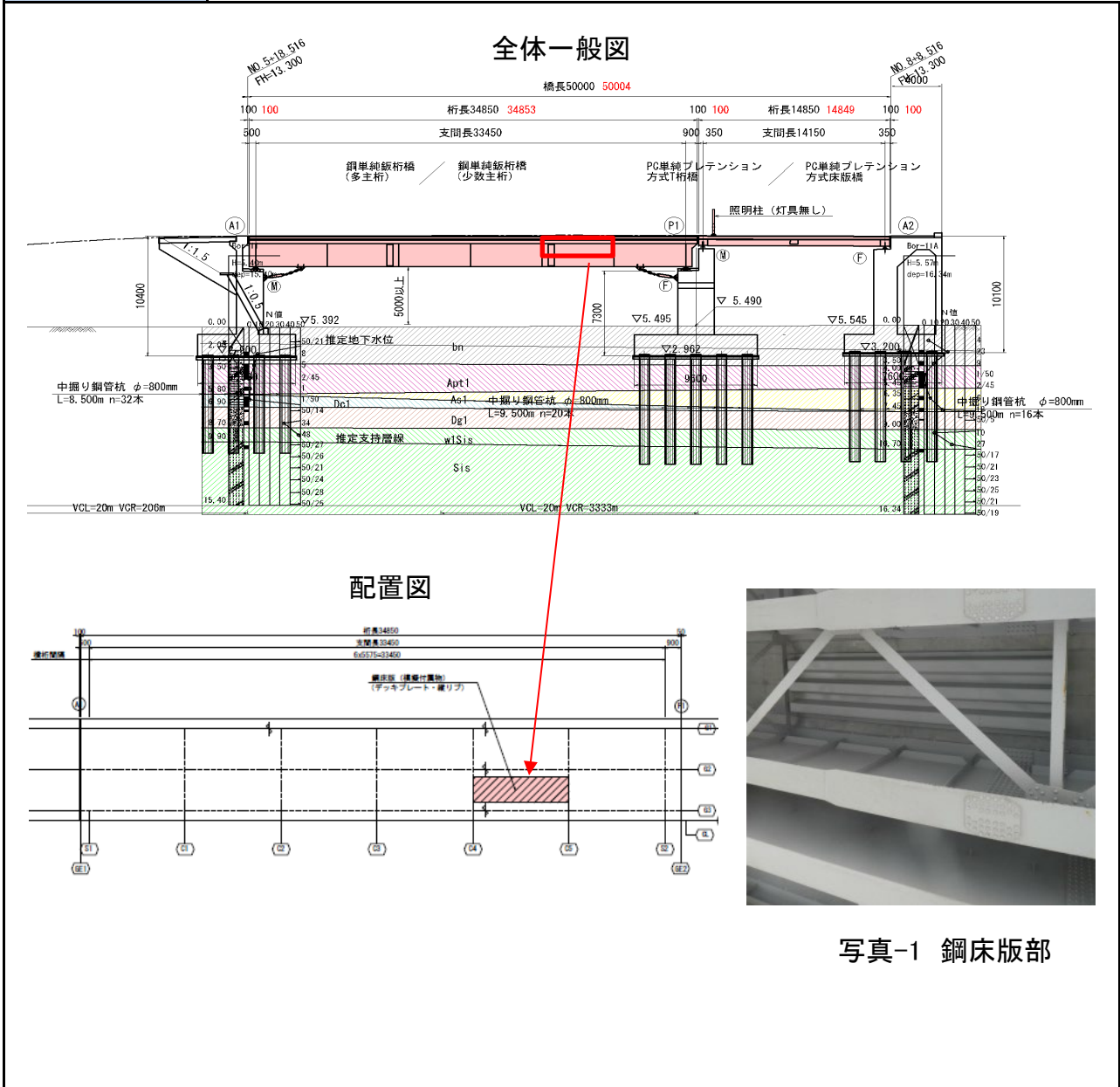
試験日 令和5年 1 月 5 日 天候 晴 気温 4.7 °C 風速 9.4 m/s

試験場所 福島ロボットテストフィールド

カタログ分類 非破壊検査技術 カタログ 検出項目 亀裂 試験区分 標準試験

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 地上にて、キャリブレーションを実施する。(写真-2)
- ② 高所作業車に、計測装置一式(写真-3)および、作業員を乗車する。
- ③ 橋梁にスキャナを設置し、計測を開始する。(写真-4)
- ④ スキャナを移動させた状態で、プローブで得た探傷データを探傷装置に取り込む。
- ⑤ 探傷装置の画面に表示される画像から亀裂の有無を判定する。

開発者による計測機器の設置状況



写真-2



写真-3

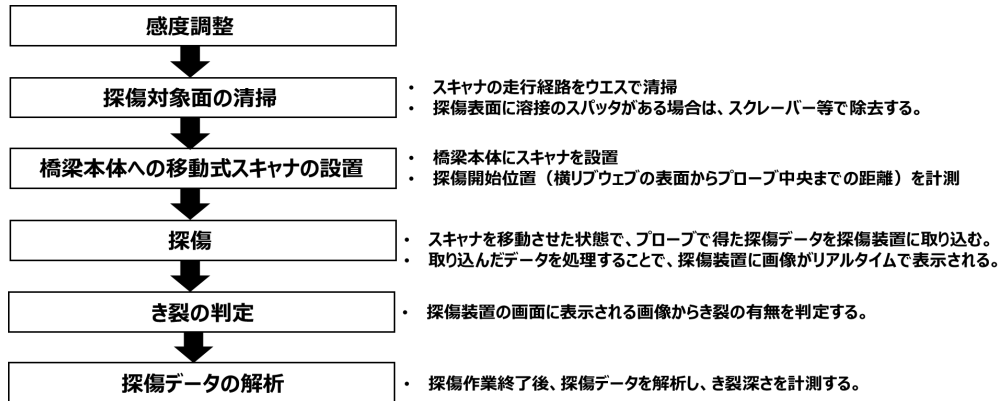


写真-4



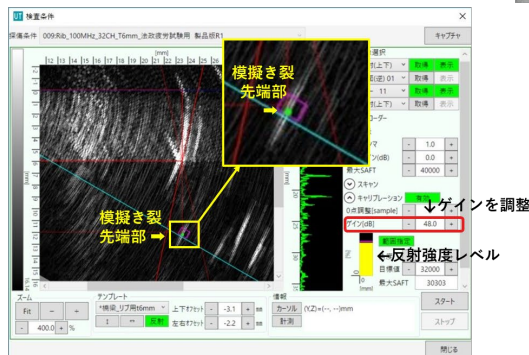
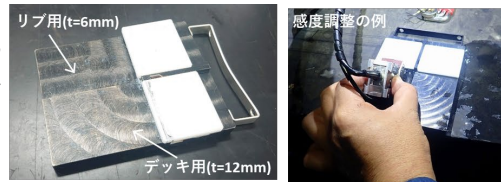
写真-5

操作手順



感度調整の方法

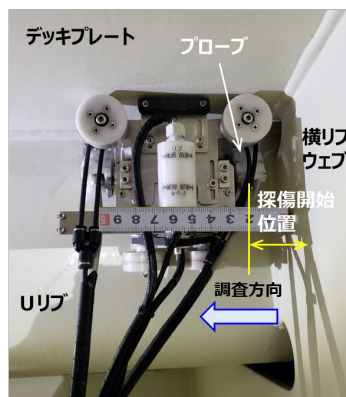
- 感度調整用の試験片は、中央を境に板の厚さが異なる。
- t=6mmの方はリブ探傷用、t=12mmの方はデッキ探傷用となる。
- 今回はリブ探傷用を使用



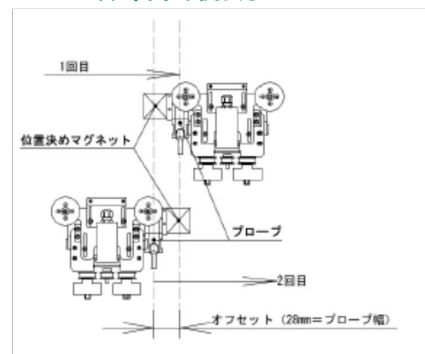
- 感度調整表試験片に内在する模擬き裂先端部の反射強度レベルが約80%以上となるようにゲインを調整する。

スキャナの設置

- 移動式スキャナを橋梁本体（今回はリブ側）に設置する。
- 探傷を開始する前に、探傷開始位置（横リブウェブの表面からプローブ中央までの距離）を計測する。
- 終点側の横リブに近づいたら、移動式スキャナを止め、プローブを反対側に付け替える。
- プローブを付け替える際には、位置決めのためにマグネットを設置し、探傷再開時に位置のずれがないようにする。



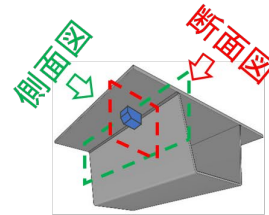
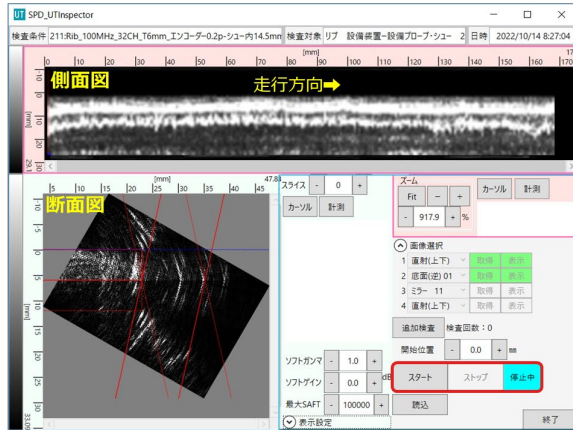
◀マグネットの使い方▶



※計測結果

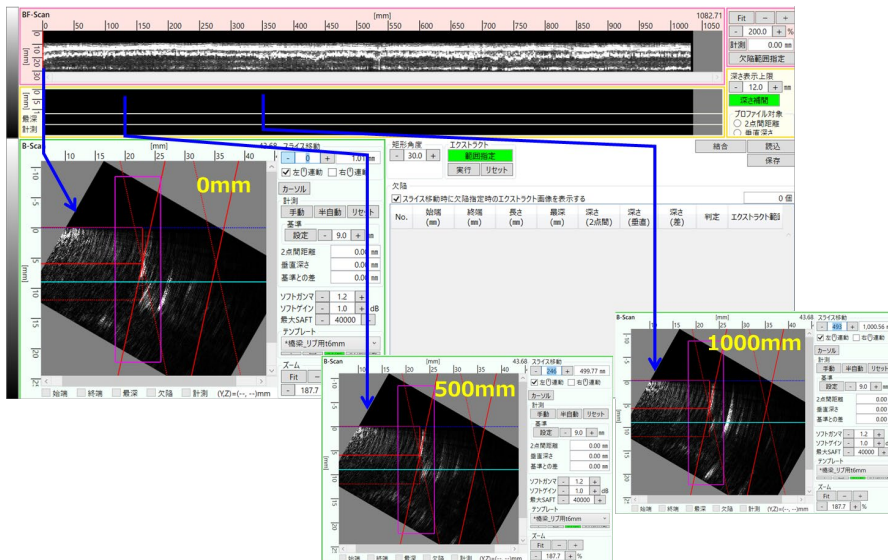
探傷および亀裂の判定

- 画面にある「スタート」ボタンを押した後に移動式スキャナの走行を開始すると、2mmごとに探傷が行われる。
- 探傷したデータを有線で探傷装置に取り込み、画像化処理を行うことで、探傷装置で画像がリアルタイムで、連続的に表示される。



探傷データの解析

- 今回の試験では、デッキ側（デッキ進展き裂）、リブ側（ヒード進展き裂）ともにき裂の検出なし。



技術番号	BR020028		
技術名	ボルト・ナットの健全性検査装置BOLT-Tester	開発者名	日東建設株式会社
試験日	令和5年 1 月 19 日	天候	晴れ
		気温	8.0 °C
		風速	- m/s
試験場所	国土交通省 国土技術政策総合研究所 部材保管用施設		
カタログ分類	非破壊検査技術	検出項目	支承の機能障害 (ボルトのゆるみ)
	カタログ	試験区分	標準試験

試験で確認する カタログ項目	計測精度
-------------------	------

対象構造物の概要

検証試験体

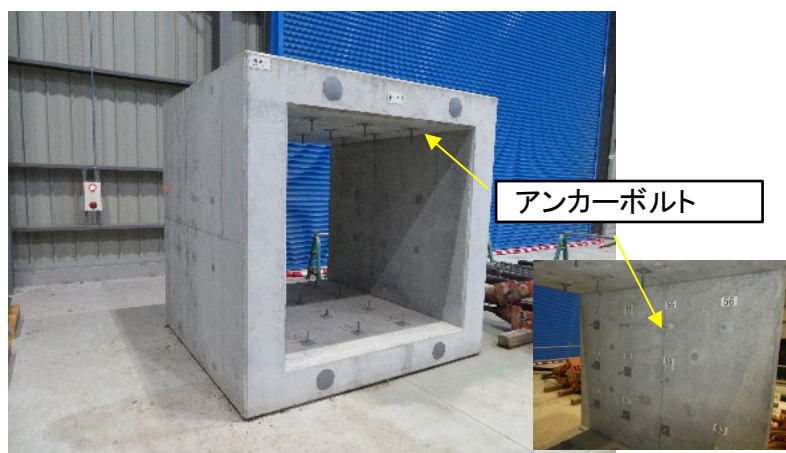


写真-1 RCボックスカルバート(EF-1) ボルト数32本

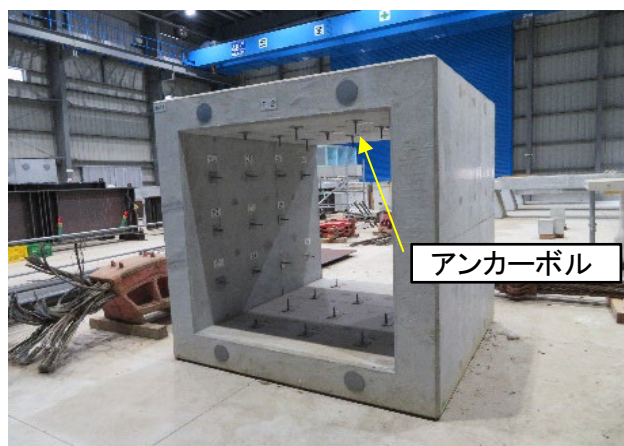


写真-2 RCボックスカルバート(EF-2) ボルト数31本

ボルト数 合計63本

実際の測定時はアンカーサイズ及び、突出長以外の情報は無いものとする。

試験方法(手順)	技術番号	BR020028
① 計測装置”ボルトテスター ”を搬入する。(写真-3)		
② ボルトの各サイズのうち、指標となる健全のボルトを指定する。また、ボルトサイズ24については、適用範囲外であるため、対象外とする。		
③ アンカーボルトにボルトテスターのハンマーで打撃する。(1本あたり5回)(写真-4)		
④ 取得したデータを記録者がタブレット端末にて、確認する。(写真-5)		
④ 後日、取得したデータより不健全箇所を検出		

開発者による計測機器の設置状況



写真-3 開発者計測機器

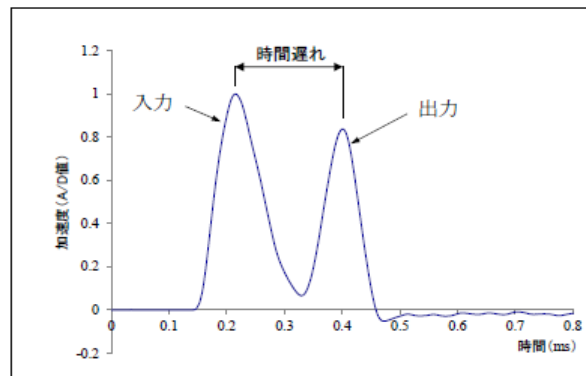


写真-4 開発者測定状況



写真-5 記録の確認

判定は、測定波形が双山となるか、一つ山となるかが基本的な判定となる。測定波形が双山であるか否かは抽象的な判断であるため、指標値として下図に示すように時間遅れを算出するとともに、機械インピーダンスを算出した。



健全および不健全の判定は以下との通りとする。

①健全ボルトでの測定波形が双山とならない場合

- ・時間遅れ \geq 突出長の2倍の距離を弾性波が往復する時間 $\times 1.5$:非健全 \times
- ・時間遅れ $<$ 突出長の2倍の距離を弾性波が往復する時間 $\times 1.5$:機械インピーダンスを確認
- ・機械インピーダンス $<$ 健全部の機械インピーダンス $\times 0.9$:中間 Δ
- ・機械インピーダンス \geq 健全部の機械インピーダンス $\times 0.9$:健全 \circ

①健全ボルトでの測定波形が双山となる場合

- ・時間遅れ \geq 健全部の時間遅れ $\times 1.1$:非健全 \times
- ・時間遅れ $<$ 健全部の時間遅れ $\times 1.1$:機械インピーダンスを確認
- ・機械インピーダンス $<$ 健全部の機械インピーダンス $\times 0.9$:中間 Δ

開発者計測結果

ボルトNo.	サイズ	判定	ボルトNo.	サイズ	判定
N01	M16	○	N33	M24	測定対象外
N02	M16	×	N34	M16	△
N03	M16	×	N35	M16	×
N04	M16	○	N36	M16	○
N05	M16	○	N37	M24	健全指定
N06	M16	○	N38	M16	△
N07	M16	健全指定	N39	M16	○
N08	M16	△	N40	M16	△
N09	M16	○	N41	M16	×
N10	M16	×	N42	M24	測定対象外
N11	M16	○	N43	M16	○
N12	M16	×	N44	M16	×
N13	M18	健全指定	N45	M16	○
N14	M18	×	N46	M16	○
N15	M18	×	N47	M16	×
N16	M24	測定対象外	N48	M16	×
N17	M16	×	N49	M16	×
N18	M16	×	N50	M16	○
N19	M16	×	N51	M16	○
N20	M16	○	N52	M16	×
N21	M16	×	N53	M16	○
N22	M16	○	N54	M16	○
N23	M16	×	N55	M18	△
N24	M16	○	N56	M18	○
N25	M16	○	N57	M24	測定対象外
N26	M16	健全指定	N58	M16	×
N27	M16	○	N59	M16	○
N28	M18	○	N60	M16	○
N29	M16	△	N60	M16	×
N30	M16	○	N61	M24	測定対象外
N31	M16	×	N63	M16	×
N32	M16	○			

真値との比較

ボルト番号	ボルト径	状態	真値 (不健全)	開発者判定	不健全箇所 の一致	ボルト番号	ボルト径	状態	真値 (不健全)	開発者判定	不健全箇所 の一致
ボルト01	M16	C16U100腐全	×	○	-	ボルト31	M16	C16S070施長	×	×	◎
ボルト02	M16	R16U100硬化	×	×	◎	ボルト35	M16	M16U全施斜	×	×	◎
ボルト03	M16	R16U025充浅	×	×	◎	ボルト36	M16	C16U100付着	×	○	-
ボルト04	M16	R16U100施斜	×	○	-	ボルト39	M16	C16U100破断	×	○	-
ボルト05	M16	C16U100硬化	×	○	-	ボルト40	M16	R16U050充浅	×	△	-
ボルト06	M16	C16U100施短	×	○	-	ボルト41	M16	C16U100施斜	×	×	◎
ボルト08	M16	M16U半施打	×	△	-	ボルト43	M16	M16D半施打	×	○	-
ボルト09	M16	C16U070施長	×	○	-	ボルト44	M16	R16D100付着	×	×	◎
ボルト10	M16	R16U100付着	×	×	◎	ボルト45	M16	C16D070施長	×	○	-
ボルト12	M16	C16D050充奥	×	×	◎	ボルト46	M16	C16D100施短	×	○	-
ボルト14	M18	R18D025充奥	×	×	◎	ボルト47	M16	C16D025充奥	×	×	◎
ボルト15	M18	R18D050充奥	×	×	◎	ボルト48	M16	R16D025充奥	×	×	◎
ボルト17	M16	R16D100施斜	×	×	◎	ボルト49	M16	C16D100施斜	×	×	◎
ボルト18	M16	C16D100硬化	×	×	◎	ボルト50	M16	C16D100付着	×	○	-
ボルト19	M16	R16D100硬化	×	×	◎	ボルト52	M16	R16D050充奥	×	×	◎
ボルト20	M16	M16D全施斜	×	○	-	ボルト53	M16	R16S100腐浅	×	○	-
ボルト22	M16	C16S100腐奥	×	○	-	ボルト55	M18	R18S100破断	×	△	-
ボルト23	M16	C16S100硬化	×	×	◎	ボルト56	M18	R18S100腐全	×	○	-
ボルト24	M16	C16S100施斜	×	○	-	ボルト58	M16	M16S全施斜	×	×	◎
ボルト25	M16	C16S100付着	×	○	-	ボルト59	M16	C16S100腐浅	×	○	-
ボルト27	M16	R16S100硬化	×	○	-	ボルト60	M16	R16S100腐奥	×	○	-
ボルト29	M16	M16S半施打	×	△	-	ボルト61	M24	M24S半施打	×	×	◎
ボルト30	M16	C16S100施短	×	○	-	ボルト63	M16	R16S100施斜	×	×	◎

○ 健全判定

× 不健全判定

△ 中間判定

◎ 開発者による不健全判定と真値(不健全)が一致(正解)

- 真値(不健全)と開発者の判定が不一致

- ・真値の不健全ボルト数 46本
- ・不健全と判定されたもののうち、正解本数 21本
- ・開発者が不健全と判定したボルト数 22本

$$\begin{aligned} \text{検出率} &= \text{不健全と判定されたもののうち、正解本数} / \text{真値の不健全本数} \\ &= 21本 / 46本 \\ &= 0.52 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{的中率} &= \text{不健全と判定されたもののうち、正解本数} / \text{不健全と判定した本数} \\ &= 21本 / 22本 \\ &= 0.95 \end{aligned}$$

技術番号	BR020028
------	----------

技術名	ボルト・ナットの健全性検査装置BOLT-Tester	開発者名	日東建設株式会社
-----	----------------------------	------	----------

試験日	令和5年 1 月 19 日	天候	晴れ	気温	8.0 °C	風速	- m/s
-----	---------------	----	----	----	--------	----	-------

試験場所	土木研究所構内 試験橋梁		
------	--------------	--	--

カタログ分類	非破壊検査技術	カタログ	検出項目	ゆるみ	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. 土木研究所所管 試験橋梁の概要

- ・構造形式: 鋼単純鉸桁橋
- ・橋 長: 30.800m
- ・支 間: 30.000m
- ・有効幅員: 8.500m
- ・桁 高: 1.600m
- ・主桁間隔: 2.600m(4主桁)

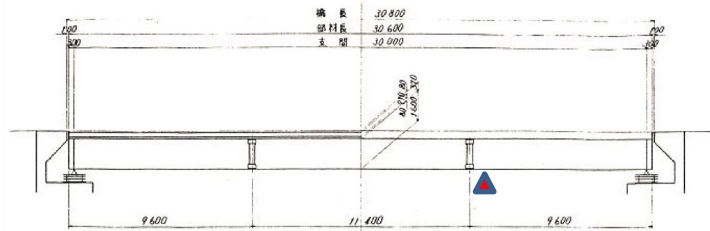


図-1 側面

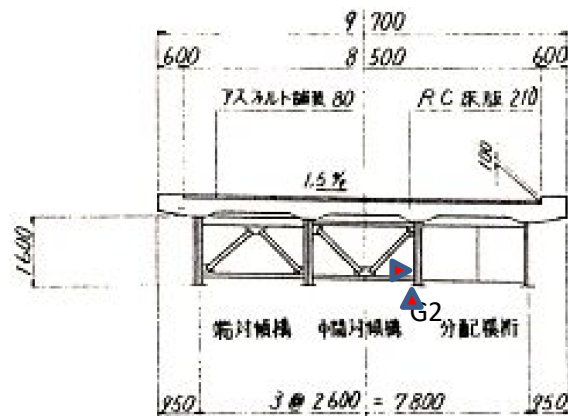


図-2 断面図



計測対象部位: G2桁ウェブおよびフランジのボルト

- ① 計測装置”ボルトテスター”を搬入する。
- ② ボルトにボルトテスターのハンマーで打撃する。(1本あたり5回)(写真-1, 2)
- ③ 取得したデータを記録者がタブレット端末にて、確認する。

開発者による計測機器の設置状況



写真-1

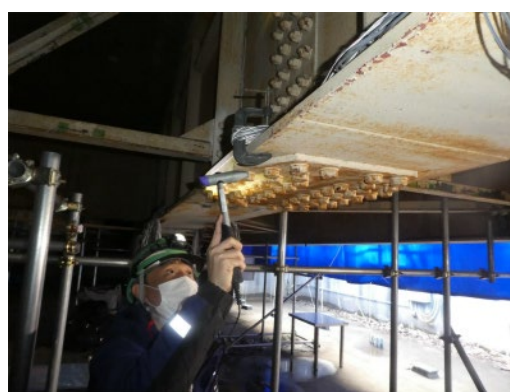


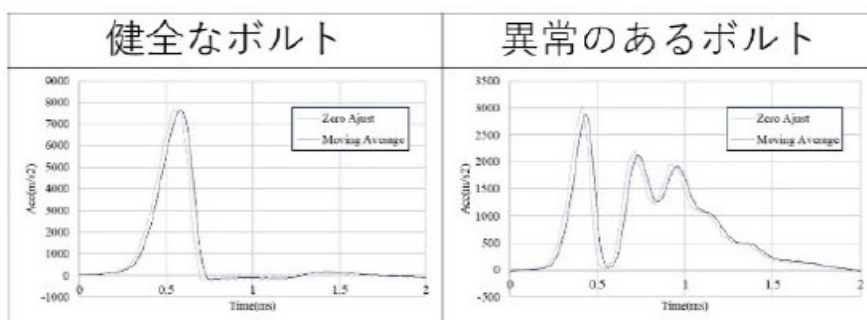
写真-2

計測結果の比較

参考資料(遅れ破壊を確認した事例)



効力ボルトの遅れ破壊の検出状況



正常なボルトと異常なボルトの測定波形

技術番号	BR020029
------	----------

技術名	車載式レーダ探査車による床版劣化調査技術	開発者名	株式会社 土木管理総合試験所
-----	----------------------	------	----------------

試験日	令和5年 2月 6日	天候	晴れ	気温	10 °C	風速	0.4 m/s
-----	------------	----	----	----	-------	----	---------

試験場所	某橋梁(関東地方整備局管内)						
------	----------------	--	--	--	--	--	--

カタログ分類	非破壊検査技術	カタログ	検出項目	その他(床版上面の土砂化)	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) 計測速度
-------------------	--------------------

対象構造物の概要

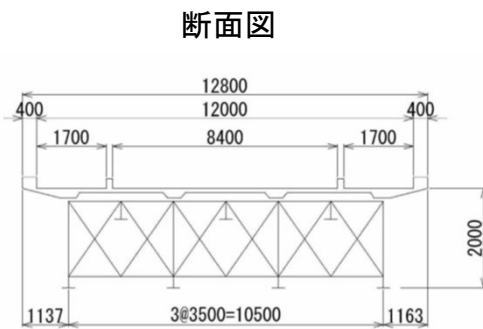
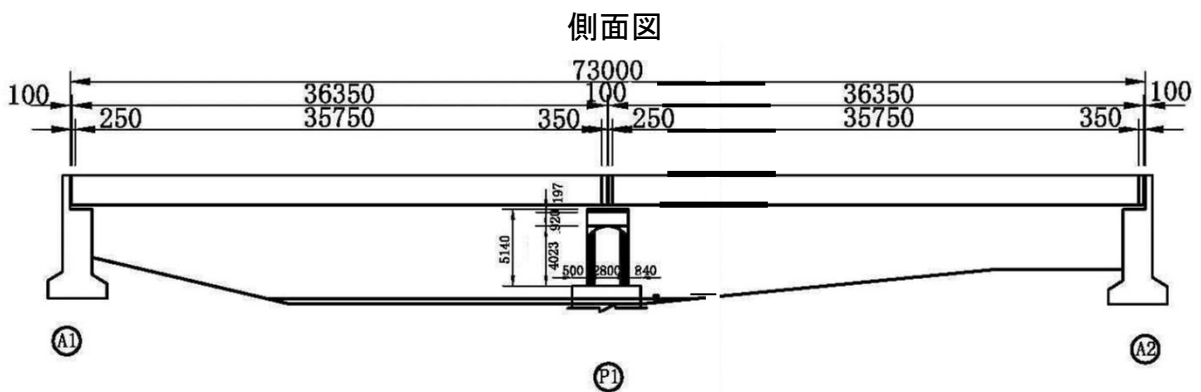


写真-1: 正面(起点より撮影)



写真-2: 桁下(起点より撮影)

- ① 測定車に指定の駐車場で電磁波レーダ装置を設置し作動確認する。(写真-3、写真-4)
- ② 測定車内のPCで計測データを確認する。(写真-5)
- ③ 計測車の走行状況: 上り線側走行(写真-6) 速度: 30km/h
- ④ 計測車の走行状況: 下り線側走行(写真-7) 速度: 30km/h
- ⑤ 測定データを計測車内のPCに送信し、後日、データを解析処理等で損傷の有無を確認する。

開発者による計測機器の設置状況



写真-3



電磁波レーダ装置



写真-4



写真-5



写真-6



写真-7

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-8: 路面状況(起点より撮影)

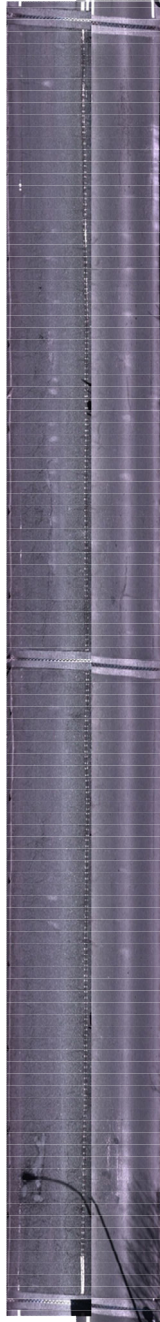


写真-9: 路面状況(終点より撮影)

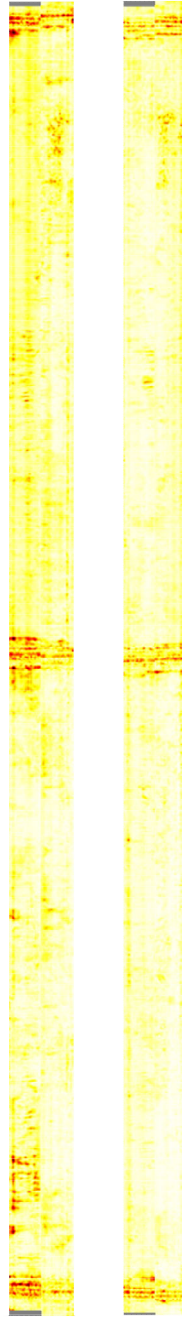
※計測速度:30km/h

※計測結果

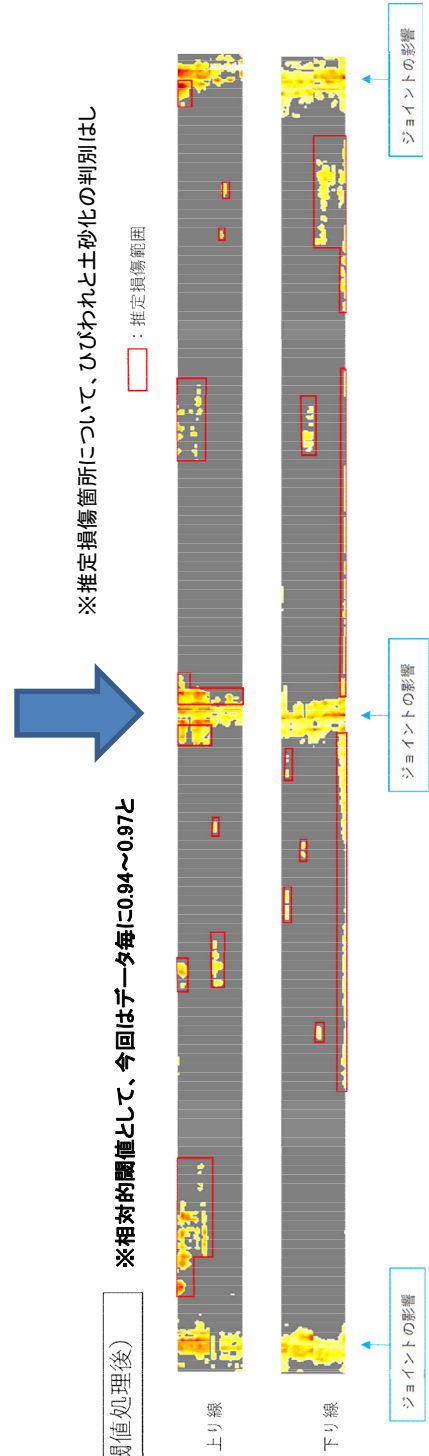
可視画像



解析結果

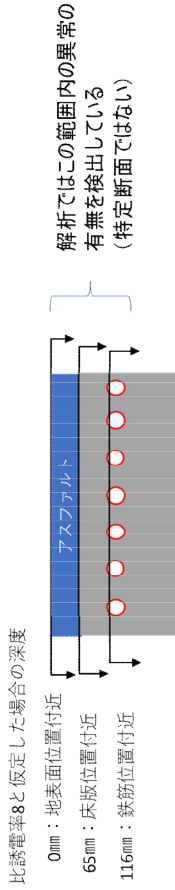


解析結果 (閾値処理後)

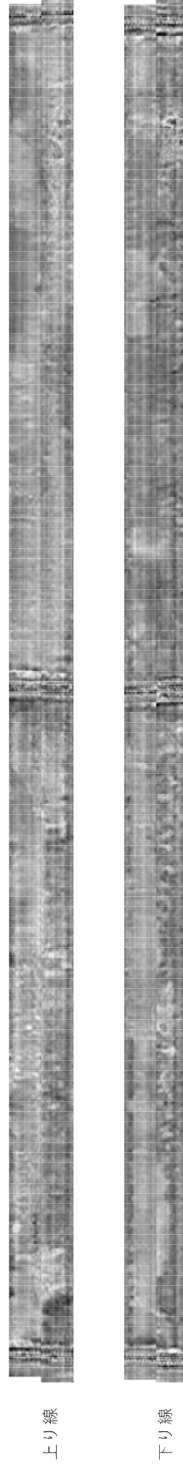


※計測結果

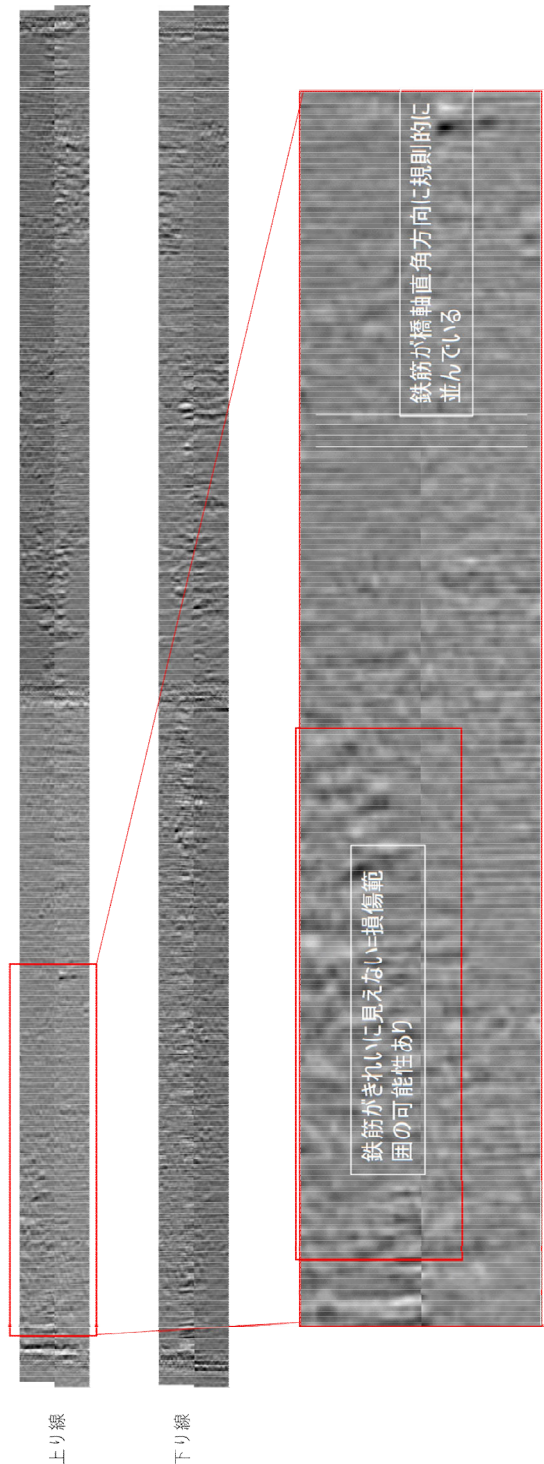
参考：車載型電磁波レーダ 水平断面画像



床版位置付近断面 レーダ画像



鉄筋位置付近断面 レーダ画像



技術番号 BR020029

技術名 車載式レーダ探査車による床版劣化調査技術

開発者名 株式会社 土木管理総合試験所

試験日 令和7年 1月 14日

天候 晴れ

気温 11.8 °C

風速 - m/s

試験場所 国土技術政策総合研究所 部材保管用施設

カタログ分類 非破壊検査技術

検出項目 床版劣化

試験区分 標準試験

試験で確認する
カタログ項目 計測精度

対象構造物の概要

※検証試験体

損傷大: 400mm × 400mm

床版厚: 20cm

全体一般図

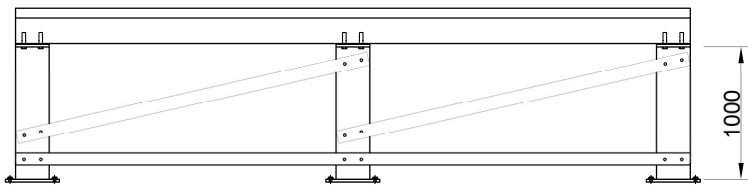
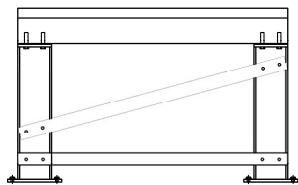
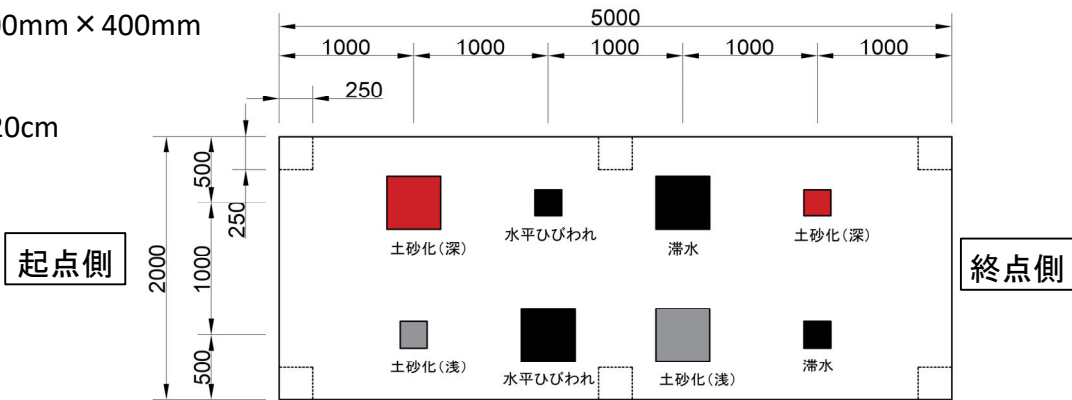


写真-1 検証試験体(架台上)



写真-2 検証試験体(床上)

- ① 機器の搬入(電磁波レーダー、PC等)(写真-3、4)
- ② 電磁波レーダーを台車に載せて、起点側と終点側を往復して測定(4分割:写真-5、6)
- ③ PCに保存されたデータの確認(写真-7)
- ④ データ分析による損傷図作成

開発者による計測機器の設置状況

本来は車載型の電磁波レーダーを、標準試験用に台車に移設して計測を実施

安全のため、舗装面側から計測する技術については、検証試験体を床に置いて試験を実施



写真-3

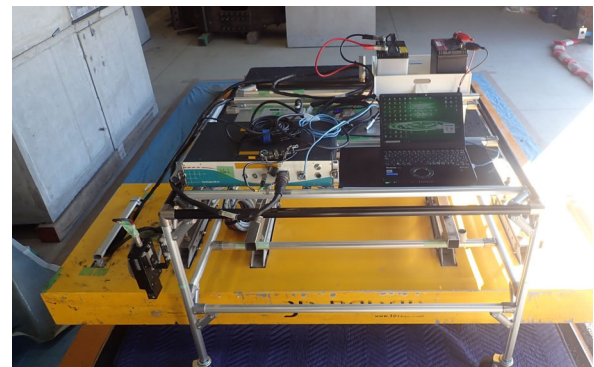


写真-4



写真-5



写真-6

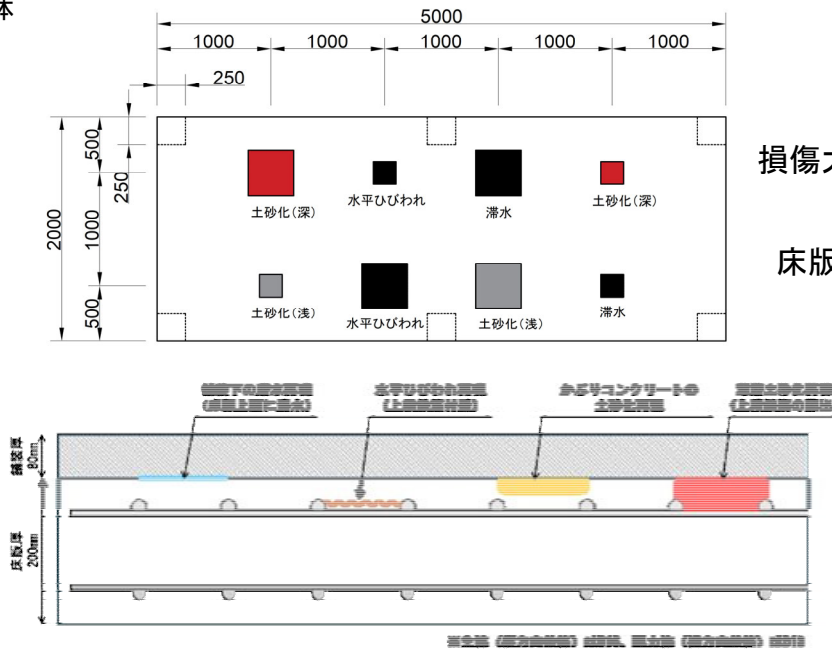
写真-7

比較対象を得るため、
立会者による計測機器の設置状況

技術番号

BR020029

※検証供試体



損傷大: 400mm × 400mm

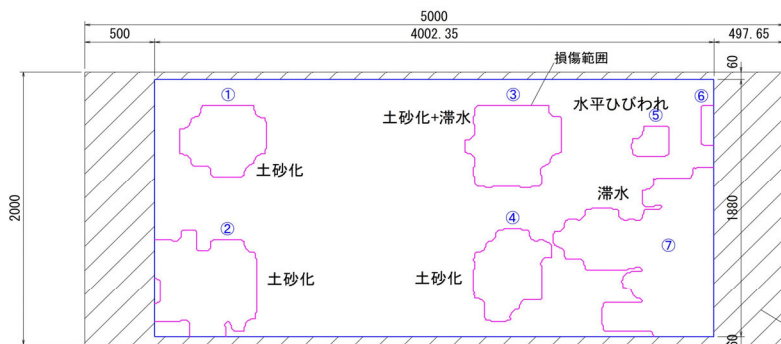
床版厚: 20cm

計測結果の比較

※計測結果

■データ取得手段(移動手段): 台車、徒歩 ■移動距離: 台車5m、徒歩5m(4分割で計測)

床版調査結果



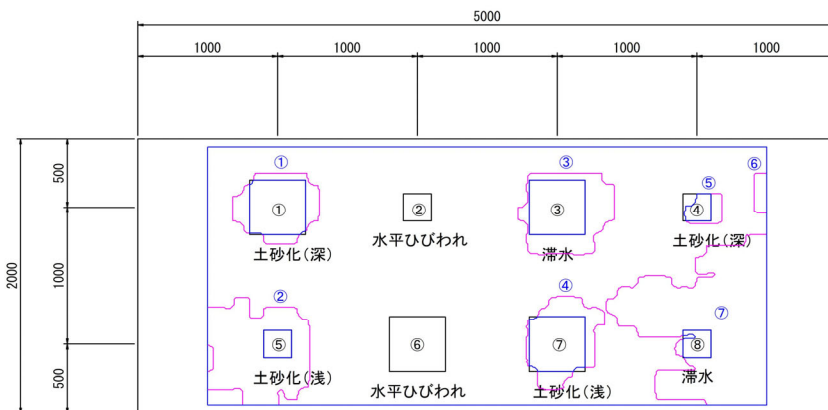
計測値 (誤検出含む)

	面積 (㎡)	損傷区分
①	0.252	土砂化
②	0.456	土砂化
③	0.340	土砂化+滞水
④	0.266	土砂化
⑤	0.051	水平ひびわれ
⑥	0.026	-
⑦	0.894	舗装下滞水
Σ	2.285	(C)

正解損傷面積

	面積 (㎡)	損傷区分
①	0.158	土砂化 (深)
②	0.000	水平ひびわれ
③	0.160	滞水
④	0.030	土砂化 (深)
⑤	0.040	土砂化 (浅)
⑥	0.000	水平ひびわれ
⑦	0.155	土砂化 (浅)
⑧	0.038	滞水
Σ	0.581	(A)

真値との比較合わせ図



真値 (正解値)

	面積 (㎡)	損傷区分
①	0.160	土砂化 (深)
②	0.040	水平ひびわれ
③	0.160	滞水
④	0.040	土砂化 (深)
⑤	0.040	土砂化 (浅)
⑥	0.160	水平ひびわれ
⑦	0.160	土砂化 (浅)
⑧	0.040	滞水
Σ	0.800	(B)

検出率=73%(当該技術で検出した正解損傷面積:A/正解損傷面積:B)

的中率=25%(当該技術で検出した正解損傷面積:A/当該技術で検出した損傷面積(誤検出含む):C)

※計測結果

損傷区分別

・土砂化(深)

検出率=79%(当該技術で検出した正解損傷面積/正解損傷面積)

的中率=52%(当該技術で検出した正解損傷面積/当該技術で検出した損傷面積(誤検出含む))

・土砂化(浅)

検出率=98%

的中率=27%

※土砂化の深浅の程度判定は不可

・滞水

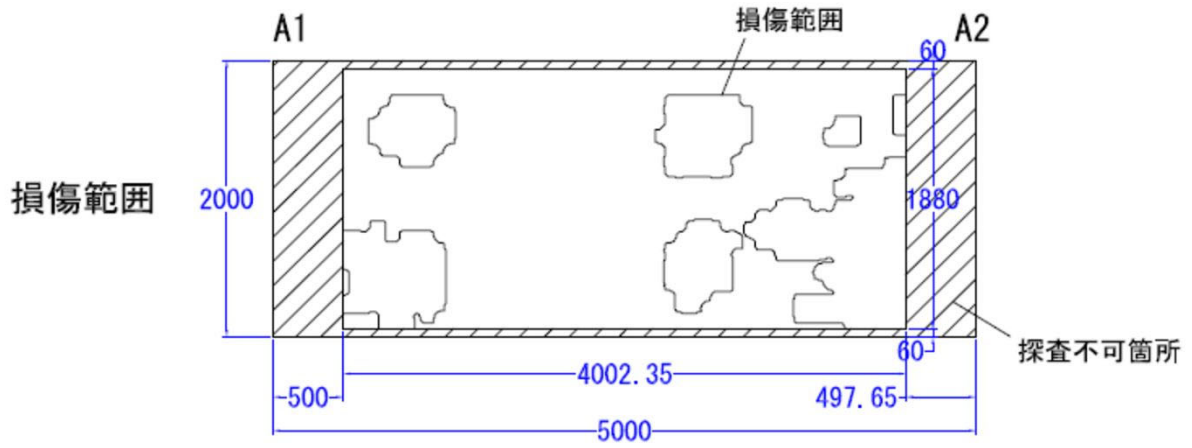
検出率=99%

的中率=16%

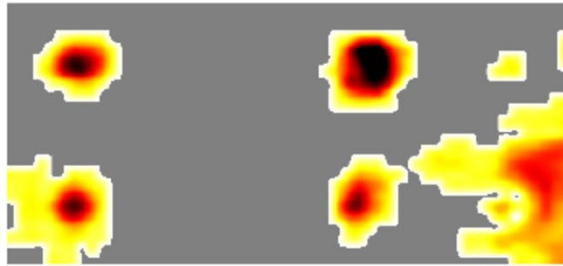
・水平ひびわれ

検出率=0%

的中率=0%



解析結果

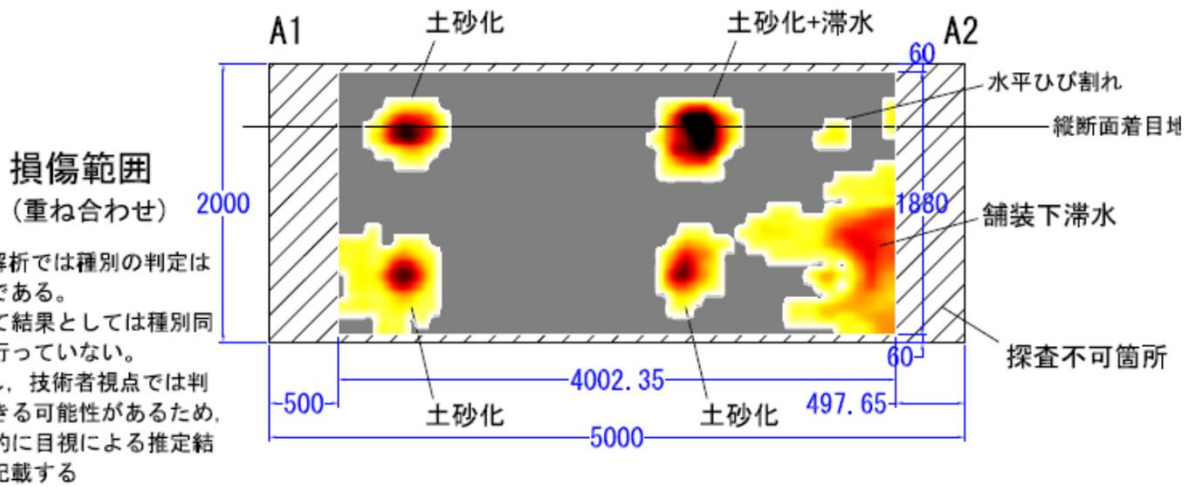


床版位置
水平断面画像

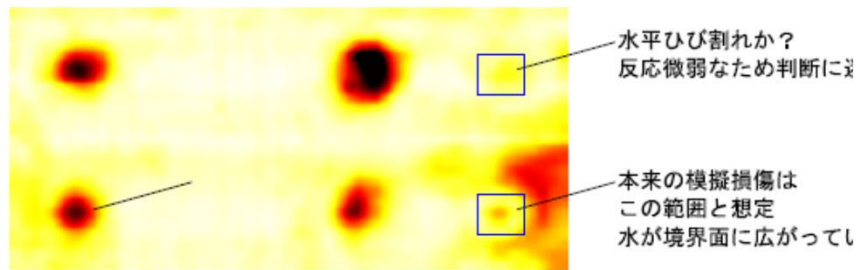


鉄筋位置
水平断面画像

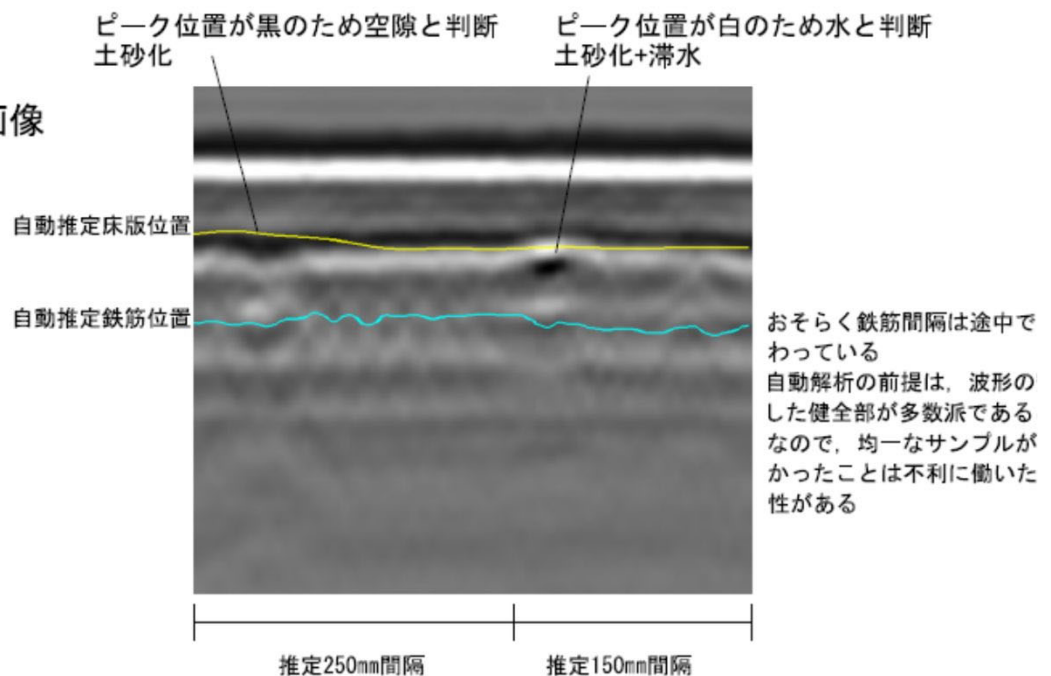




解析結果
(閾値処理前)



縦断面画像



技術番号 BR020030

技術名 赤外線・可視カメラ搭載ドローン(蒼天)による点検技術(うき)

開発者名 株式会社 A.L.I.Technologies

試験日 令和4年 12月 23日 天候 晴れ 気温 4.9 °C 風速 12.2 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 非破壊検査技術 カタログ 検出項目 うき 試験区分 標準試験

試験で確認する
カタログ項目 計測精度
計測速度

対象構造物の概要

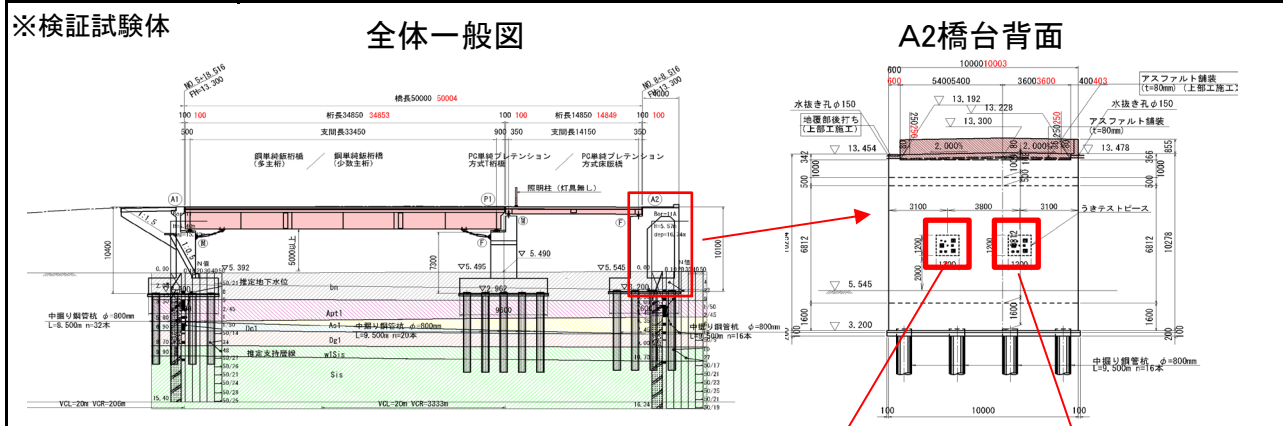


写真-1 A2橋台背面

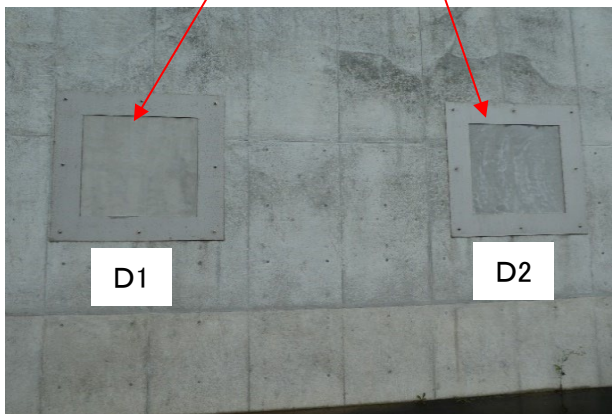


写真-2 検証試験体

※検証試験体

D1: かぶり30mm、寸法1050×1050mm

D2: かぶり10mm、寸法1050×1051mm

- ① 計測機器の搬入(写真-3: 赤外線カメラ付きドローン、送信機)
- ② 赤外線カメラで試験体D1を撮影(写真-4)
- ③ 赤外線カメラで試験体D2を撮影(写真-5) 撮影時間:3分(D1、D2撮影)
- ④ 取得したデータをモニターで確認(写真-6)
- ⑤ 後日、取得したデータよりうきの箇所を検出する。

開発者による計測機器の設置状況



写真-3



写真-4



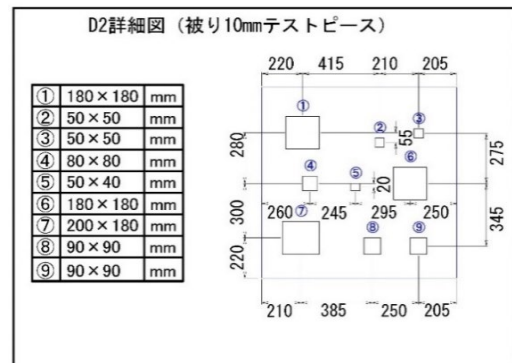
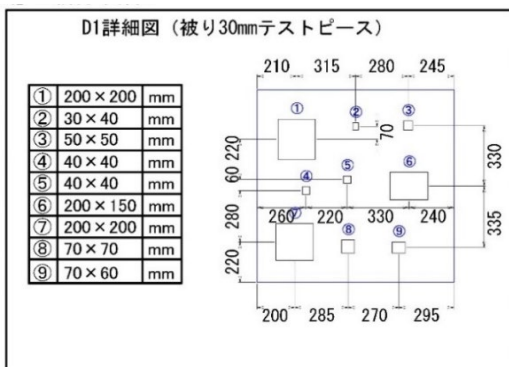
写真-5



写真-6

比較対象を得るため、
立会者による計測機器の設置状況

※検証供試体



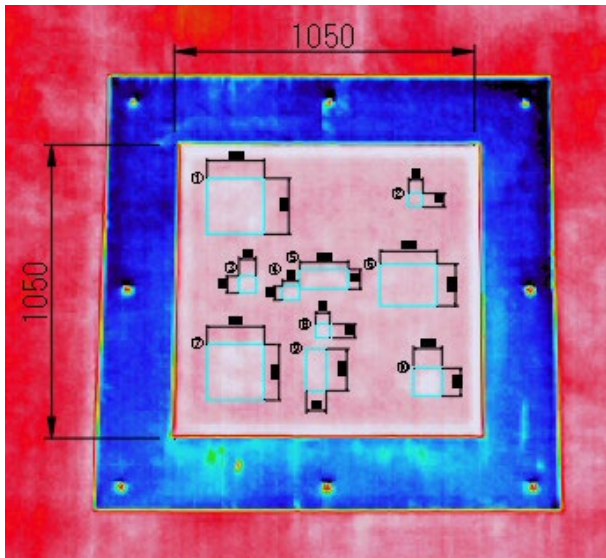
うきの総箇所数:18箇所

※計測速度

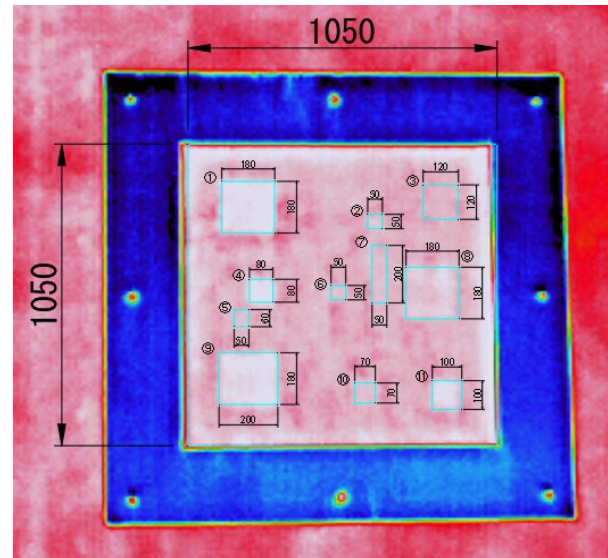
計測時間3分(=180秒)、計測範囲: $1.05 \times 1.05 \times 2 = 2.205\text{m}^2$ 計測速度 = $2.205 / 180 = 0.012\text{m}^2/\text{s}$

※計測結果

風速: 0.0~12.2m/s、気温: 4.9°C、照度: 8.41~73.7KLux



D1



D2

番号	寸法(mm)
①	200×200
②	50×50
③	60×60
④	50×60
⑤	70×170
⑥	150×200
⑦	200×200
⑧	50×50
⑨	70×150
⑩	100×100

番号	寸法(mm)
①	180×180
②	50×50
③	120×120
④	80×80
⑤	60×50
⑥	50×50
⑦	200×50
⑧	180×180
⑨	180×200
⑩	70×70
⑪	100×100

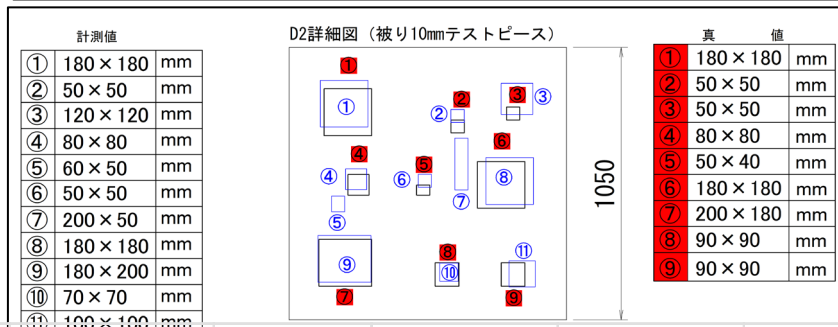
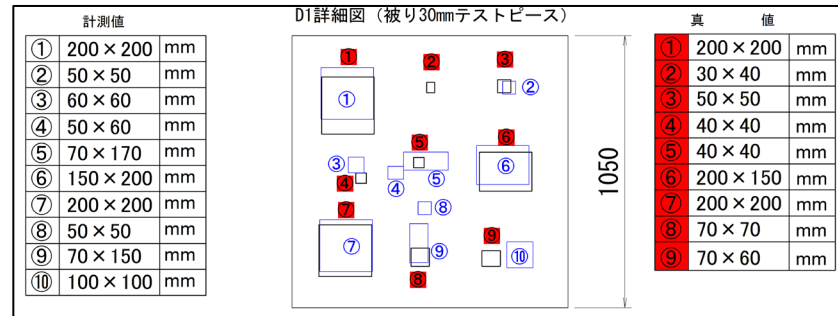
黒線: 真値、青線: 本技術

※検出率、的中率

検出率＝正解個数のうち技術で検出できた個数／打音異常の正解個数

的中率＝当該技術で検出した打音異常のうち正解個数／当該技術で検出した個数(誤検出数含む)

凡例
真 値 ———
計 測 値 ———



D1					
真値番号	異常の正解個数	計測値番号	検出正解個数	的中正解個数	備考
①	1	①	1	1	
②	1				
③	1	②	1	1	
④	1	③	1	1	
⑤	1	⑤	1	1	
⑥	1	⑥	1	1	
⑦	1	⑦	1	1	
⑧	1	⑨	1	1	
⑨	1	⑩	1	1	
		④			誤検出
		⑧			誤検出
計	9	10	8	8	

D2					
真値番号	異常の正解個数	計測値番号	検出正解個数	的中正解個数	備考
①	1	①	1	1	
②	1	②	1	1	
③	1	③	1	1	
④	1	④	1	1	
⑤	1	⑥	1	1	
⑥	1	⑧	1	1	
⑦	1	⑨	1	1	
⑧	1	⑩	1	1	
⑨	1	⑪	1	1	
		⑤			誤検出
		⑦			誤検出
計	9	11	9	9	

検出率＝ 17箇所／18箇所＝0.94

的中率＝ 17箇所／21箇所＝0.81

技術番号	BR020030
------	----------

技術名	赤外線・可視カメラ搭載ドローン(蒼天)による点検技術(ひびわれ)	開発者名	株式会社 A.L.I.Technologies
-----	----------------------------------	------	-------------------------

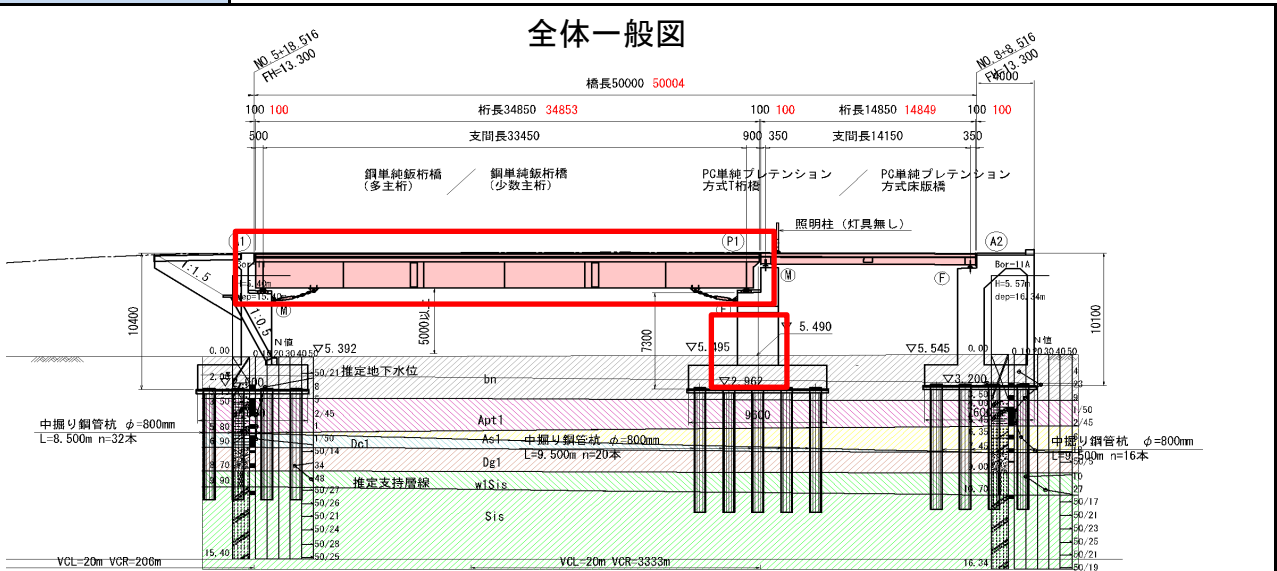
試験日	令和4年 12月 22日	天候	雨	気温	5.3 °C	風速	4.9 m/s
-----	--------------	----	---	----	--------	----	---------

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 計測器のセット(写真-2:ドローン、送信機ト)
- ② ホバリング(写真-3:P1橋脚付近)
- ③ 飛行状況(写真-4:P1~A1間の桁下を飛行)
- ④ 飛行状況(写真-5:P1~A1間の桁下を飛行)
- ⑤ ホバリングとP1~A1~P1の経路の飛行を確認した。(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:2.0m

風速:2.5m/s

停止飛行時:水平移動無し

ホバリング:60秒間



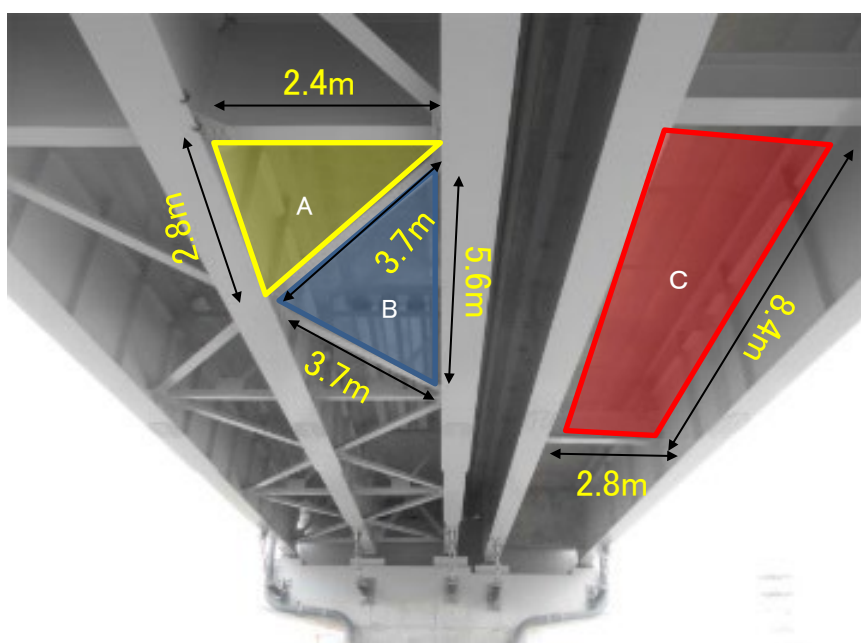
※可動範囲:50m(飛行距離:50m(=7.5+35+7.5))

※進入可能性能

<桁間に進入>

風速: 5.0m/s

8.8m × 2.8m × 3.7m 進入可能 (平面寸法C)



平面寸法C

技術番号	BR020030
------	----------

技術名	赤外線・可視カメラ搭載ドローン(蒼天)による点検技術(うき)	開発者名	株式会社 A.L.I.Technologies
-----	--------------------------------	------	----------------------------

試験日	令和4年 12月 22日	天候	晴れ	気温	5.3 °C	風速	- m/s
-----	--------------	----	----	----	--------	----	-------

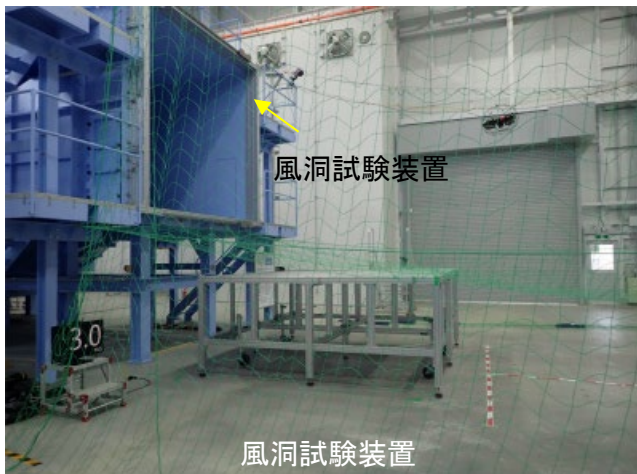
試験場所	福島ロボットテストフィールド
------	----------------

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
--------	--------	------	------	------	------	------

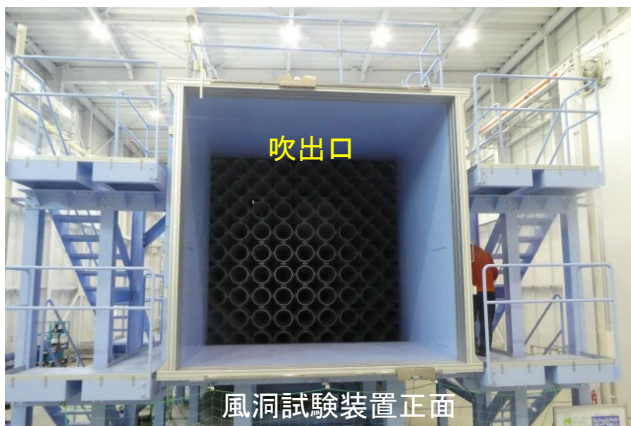
試験で確認する カタログ項目	安定性能(人工風)
-------------------	-----------

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



風洞試験装置



風洞試験装置正面

一定の風速(3m/s、5m/s、8m/s)で、突風を発生させる。

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

- 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

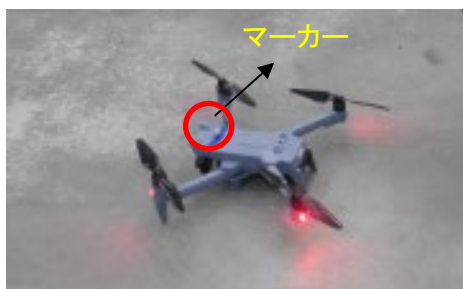


写真-1

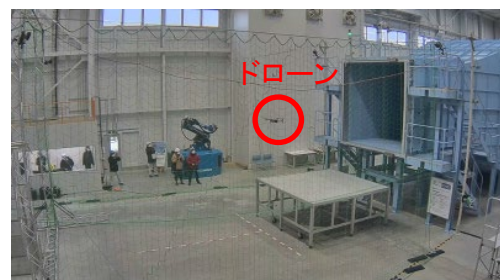


写真-2



写真-3

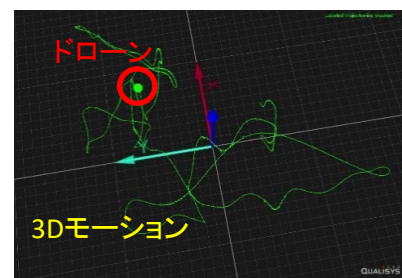


写真-4

比較対象を得るため、立会者による計測機器の設置状況

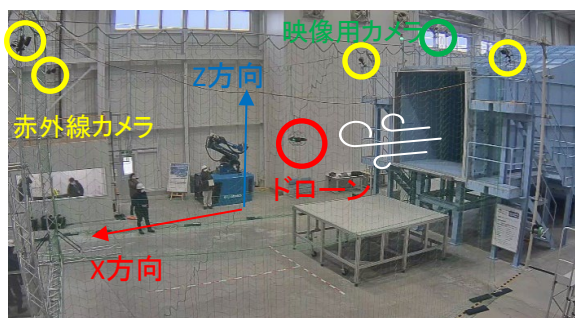


写真-6

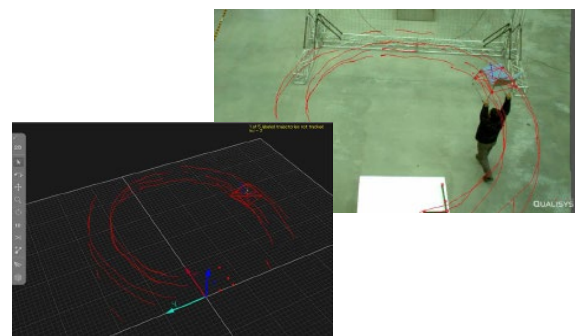


写真-7

※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)

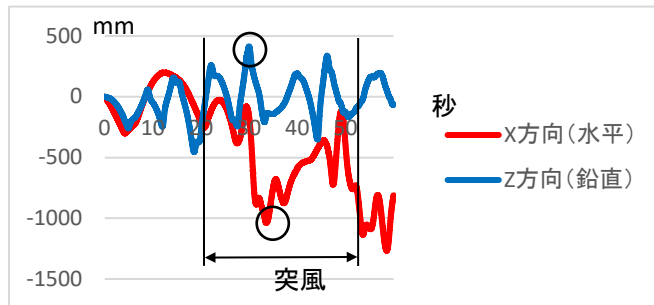
※安定性能

風速:3.0m/s

正面

水平方向 最大移動量 104cm

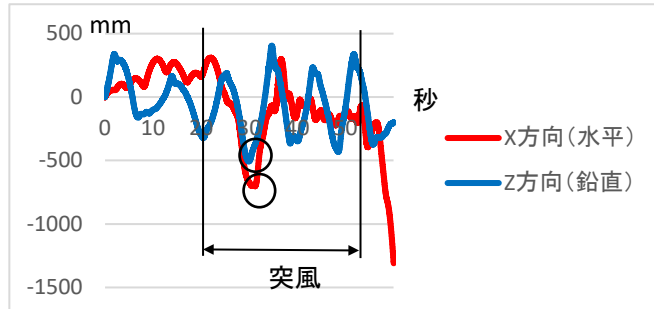
鉛直方向 最大移動量 41cm



側面

水平方向 最大移動量 70cm

鉛直方向 最大移動量 51cm

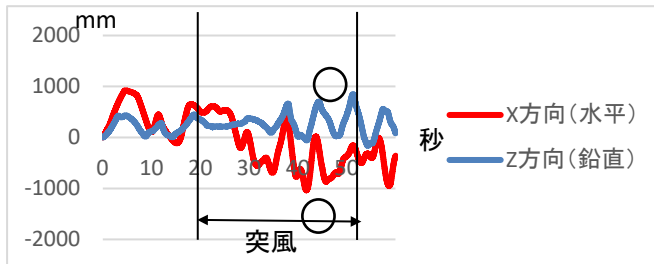


風速:5.0m/s

正面

水平方向 最大移動量 103cm

鉛直方向 最大移動量 71cm



側面

水平方向 3Dモーションキャプチャ範囲外であるため、測定不可

鉛直方向 3Dモーションキャプチャ範囲外であるため、測定不可

風速:8.0m/s

対象外

技術番号 BR020030

技術名 赤外線・可視カメラ搭載ドローン(蒼天)による点検技術(うき)

開発者名 株式会社 A.L.I.Technologies

試験日 令和4年 12月 23日 天候 晴れ 気温 4.9 °C 風速 12.2 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 非破壊検査技術 カタログ 検出項目 うき 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

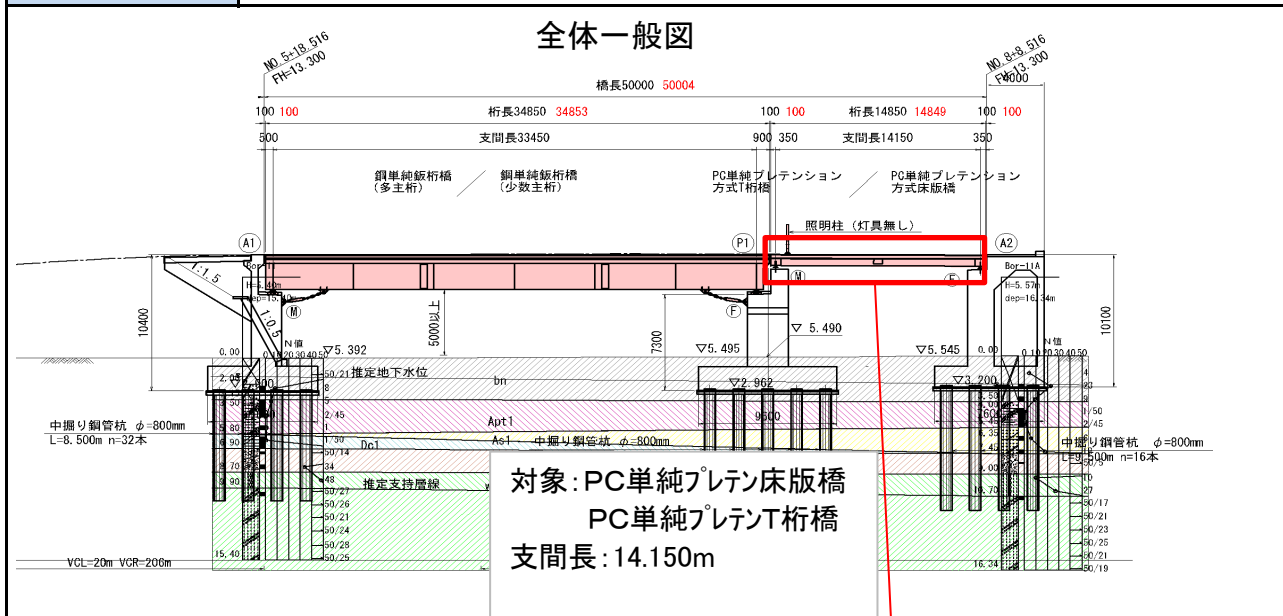
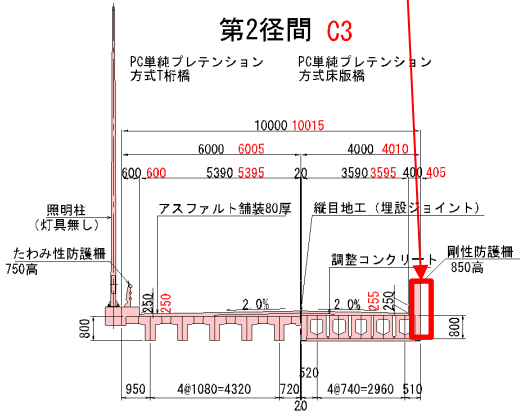


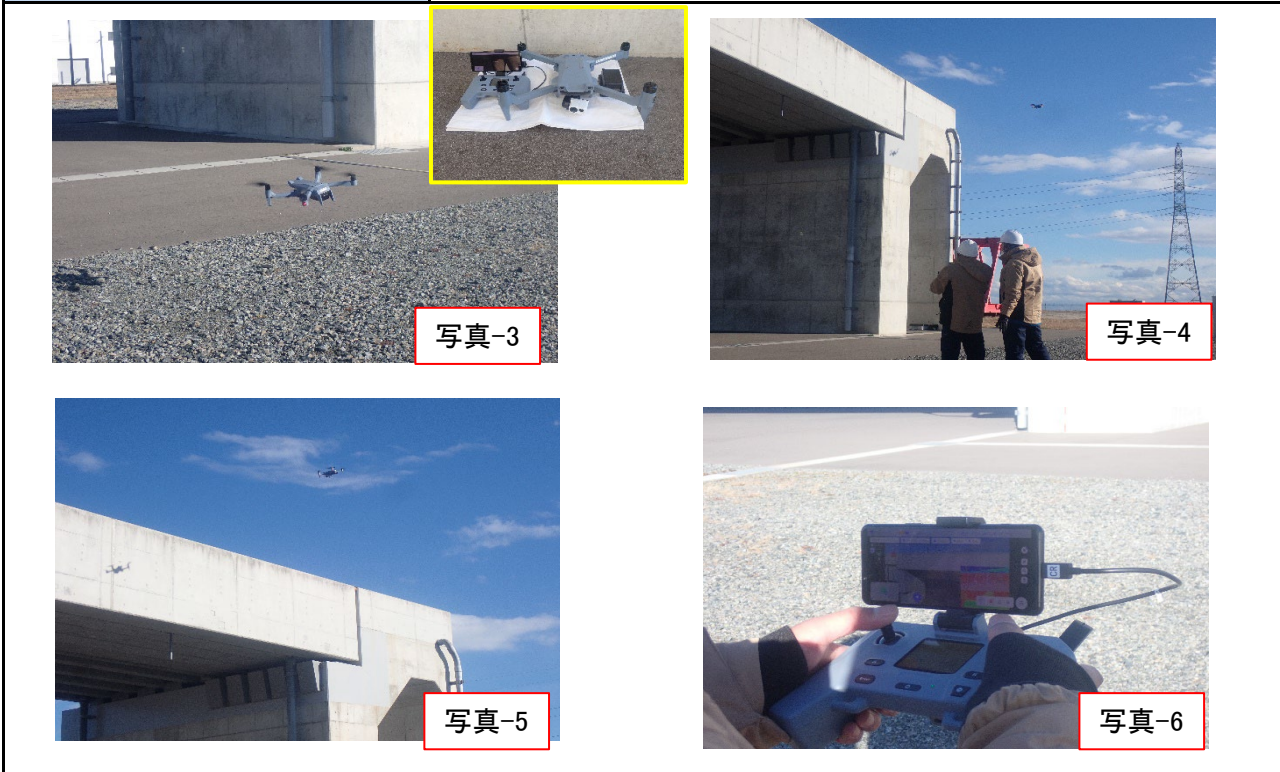
写真-1 全体写真



対象径間: 第2径間 計測対象部材: 高欄(右)

試験方法(手順)	技術番号	BR020030
① 計測機器の搬入(写真-3: 赤外線カメラ付きドローン、送信機)		
② 撮影状況: 赤外線カメラで高欄を撮影(写真-4)		
③ 撮影状況: 赤外線カメラで高欄を撮影(写真-5)		
④ 取得したデータをモニターで確認(写真-6)		
⑤ 後日、取得したデータよりうきの箇所を検出する。		

開発者による計測機器の設置状況

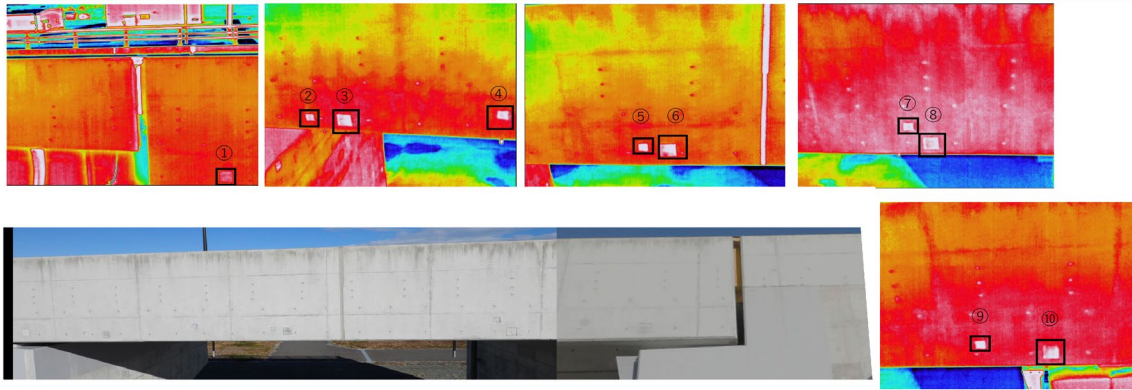


※計測結果

高欄(右)

風速:0.0~14.1m/s、気温:4.9°C、照度:9.74~63.7KLux

データ記録様式(その*) 赤外線調査報告		径間番号	起点側	緯度	経度	終点側	緯度	経度	橋梁ID
フリガナ	***	路線名	***	***	***	***	***	***	橋梁コード
橋梁名	***	自	-	管轄	***	***	***	***	調査更新年月日
所在地	自	距離標	-	至	***	***	***	***	最新点検年月日
	至	至	-						



単位 mm

①	50×50	⑥	100×100
②	50×50	⑦	50×50
③	100×100	⑧	100×100
④	100×100	⑨	50×50
⑤	50×50	⑩	100×100

参考画像(桁下面)

技術番号 BR020031

技術名 橋梁の3Dモデル構築と点群計測処理による変状寸法の算出技術

開発者名 有限会社吉川土木コンサルタント

試験日 令和4年 12月 19日

天候 晴れ

気温 4.8 °C

風速 2.6 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 非破壊検査技術

カタログ 検出項目 剝離、変形

試験区分 標準試験

試験で確認する
カタログ項目 計測精度

対象構造物の概要

全体一般図

対象: PC単純プレテンT桁橋
PC単純プレテン床版橋

第2径間 C3

写真-1 全体写真

写真-2 主桁(T桁橋)

写真-3 主桁(床版橋)

対象径間: 第2径間 計測対象部材: 主桁下面・側面、間詰め床版

- ① PCプレキャスト桁橋(側面)の剥離・鉄筋露出(写真-4)
- ② PCプレキャスト桁橋(間詰め床版部)の剥離・鉄筋露出(写真-5)
- ③ PCプレキャスト桁橋(下面)、PCプレキャスト床版橋(下面)の剥離・鉄筋露出(写真-6)
- ④ 計測機器(測量機)の設置・計測状況:計測機器でPC桁の剥離・鉄筋露出を計測する。(写真-7, 8)
- ⑤ 後日、計測結果から真値と比較する。

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

写真-8

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-9



写真-10



※計測対象部材:主桁側面・下面(写真-9:①TG4,②TG3)(写真-10:③TG4-5、④HG2)

(1)真値

①プレテンPCT桁橋(TG4側面)	
縦	横
	
160mm	60mm

②プレテンPCT桁橋(TG3)	
縦	横
	
160mm	60mm

③プレテンPCT桁橋(TG4-G5間詰め床版)	
縦	横
	
150mm	50mm

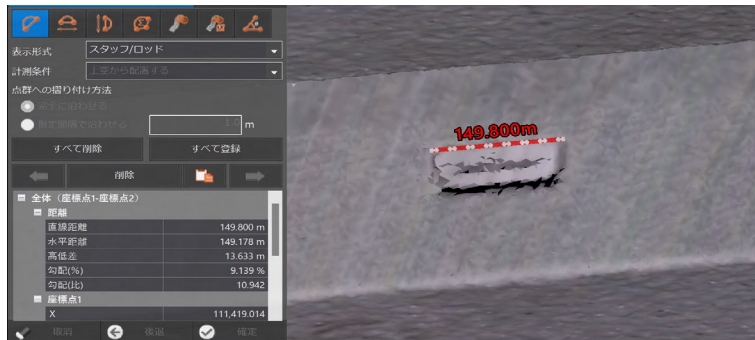
④プレテ 橋(HG2)	
縦	横
	
160mm	50mm

※真値はコンベックスによる寸法計測である。

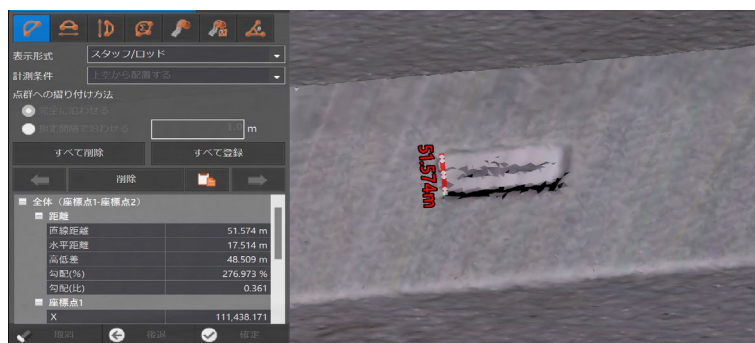
(2)計測結果

①TG4

(図中に記載の長さの単位はmm)



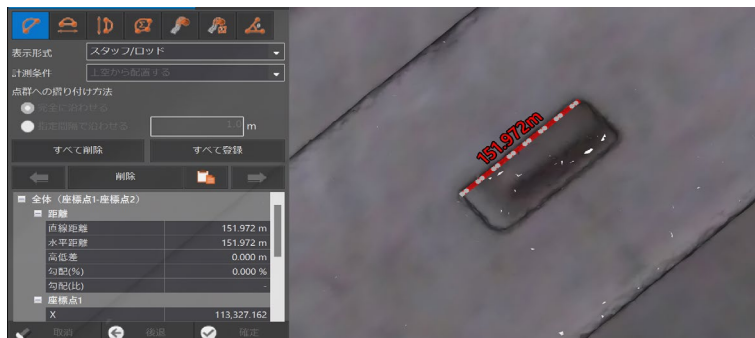
長さ: 149.800mm



幅: 51.574mm

②TG3

(図中に記載の長さの単位はmm)



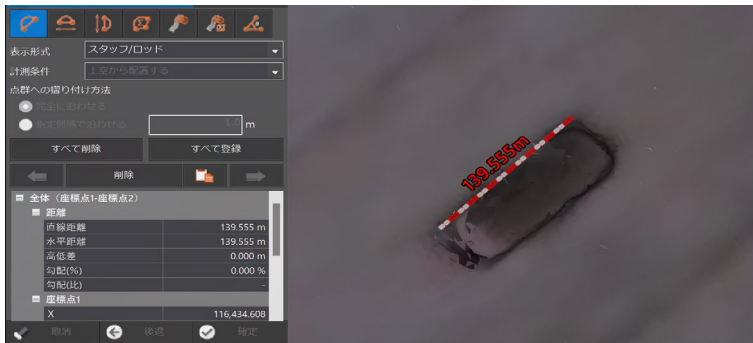
長さ: 151.972mm



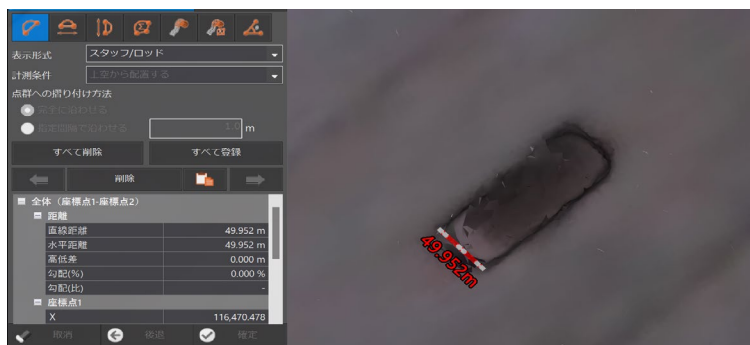
幅: 59.269mm

③TG4-5

(図中に記載の長さの単位はmm)



長さ: 139.555mm



幅: 49.952mm

④HG2

(図中に記載の長さの単位はmm)



長さ: 151.076mm



幅: 55.192mm

(3) 計測結果の比較

		長さ	幅
		mm	mm
①	真値	160	60
	計測値	150	52
	差	-10	-8
	比率	0.938	0.867
②	真値	160	60
	計測値	152	59
	差	-8	-1
	比率	0.950	0.983
③	真値	150	50
	計測値	140	50
	差	-10	0
	比率	0.933	1.000
④	真値	160	50
	計測値	151	55
	差	-9	5
	比率	0.944	1.100

$$\text{計測精度} = \sqrt{\frac{(x_1 - a)^2 + \dots + (x_n - a)^2}{n}}$$

長さ(平均154mm)の計測精度: 8.3mm

誤差: 5.4% (= 8.3/154)

幅(平均55mm)の計測精度: 4.7mm

誤差: 8.5% (= 4.7/55)

技術番号 BR020031

技術名 橋梁の3Dモデル構築と点群計測処理による変状寸法の算出技術

開発者名 有限会社吉川土木コンサルタント

試験日 令和4年 12月 19日 天候 晴れ 気温 4.8 °C 風速 2.6 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 非破壊検査技術 カタログ 検出項目 剥離、変形 試験区分 標準試験

試験で確認する
カタログ項目 色識別性能

対象構造物の概要

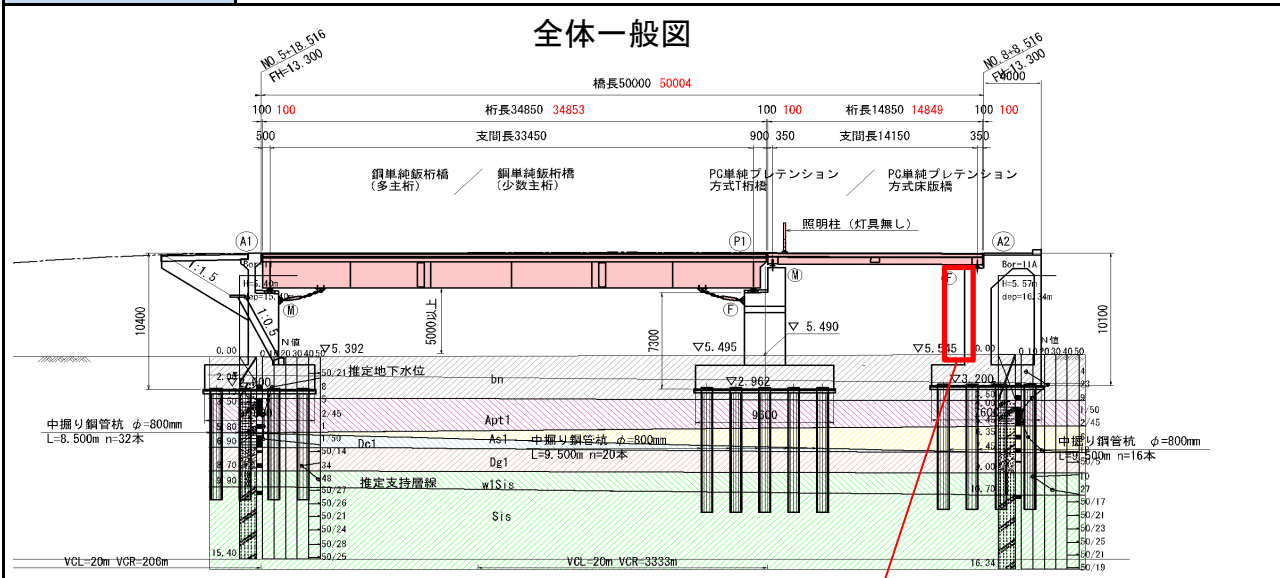
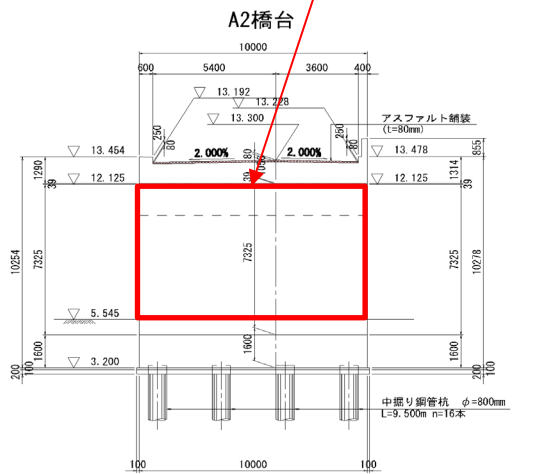


写真-1 全体写真



対象径間: 第2径間

計測対象部材: A2ラーメン式橋台縦壁前面

試験方法(手順)	技術番号	BR020031
① 機器(測量機、三脚)の搬入(写真-2)		
② 機器(測量機)の搬入(写真-3:Trimble SX10)		
③ 計測機器(測量機)の設置・計測状況:カラーチャートK1、K2を撮影する。(写真-4, 5)		
④ 計測機器(測量機)の設置・計測状況:カラーチャートK1、K2を撮影する。(写真-6, 7)		
⑤ 後日、撮影画像からマーカの座標値、カラーチャートのRGB値を求める。		

開発者による計測機器の設置状況



※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A2橋台(k1、K2)(写真-9、10)の2箇所



写真-8

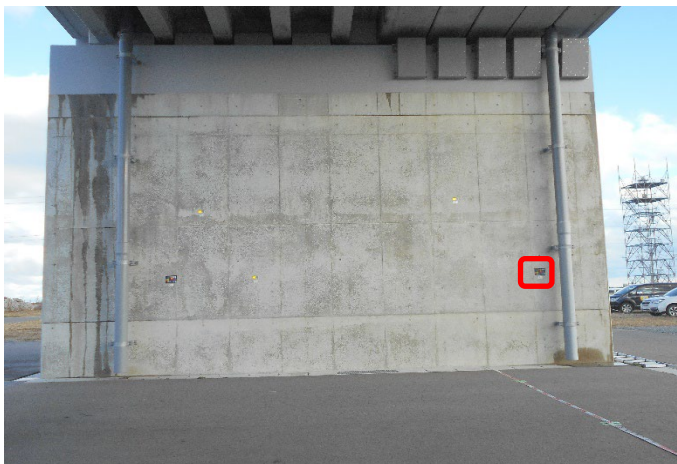


写真-9 □:k1

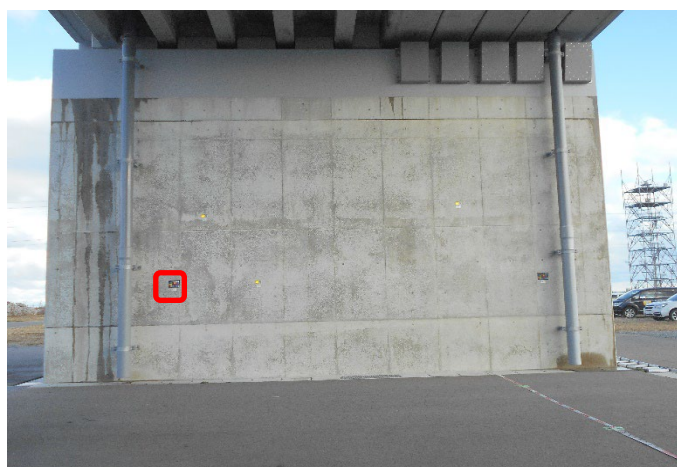


写真-10 □:k2

	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

※色識別性能(カラーチャートK1)

■カメラ名称: Trimble SX10

■被写体距離: - m ■照度: 2.09~10.9 kLux ■風速: 0.0~3.1 m/s

■気温: 4.6 °C

■焦点距離: - mm ■シャッター速度: 1/1876 秒

■絞り: - ■ISO値: 100

■オートフォーカス ■画像Pixel数: 2592×1944 ■画像解像度: -



	R値			G値			B値		
	真値	計測値	計測値	真値	計測値	計測値	真値	計測値	計測値
		加工前	加工後		加工前	加工後		加工前	加工後
A-1	43	16	11	41	14	17	43	16	18
A-2	80	50	51	80	50	48	78	60	57
A-3	122	89	89	118	88	87	116	102	96
A-4	161	141	141	157	131	128	154	158	152
A-5	202	184	191	198	169	176	195	199	202
A-6	249	239	231	242	225	219	238	253	243
B-1	25	38	38	55	44	46	135	129	115
B-2	57	62	66	146	100	99	64	58	58
B-3	186	173	163	26	40	43	51	51	49
B-4	245	221	224	205	159	160	0	82	84
B-5	192	166	162	75	72	73	145	133	129
B-6	0	69	75	127	105	104	159	164	161
C-1	238	187	201	158	126	124	25	76	69
C-2	157	141	131	188	149	136	54	78	82
C-3	83	65	64	58	40	42	106	87	78
C-4	195	181	168	79	64	69	95	89	95
C-5	58	63	68	88	70	69	159	154	137
C-6	222	179	187	118	90	83	32	71	63
D-1	112	83	86	76	48	48	60	54	52
D-2	197	144	170	145	104	116	125	123	126
D-3	87	78	79	120	91	91	155	146	138
D-4	82	61	63	106	63	64	60	51	58
D-5	126	112	112	125	106	102	174	178	174
D-6	98	121	123	187	160	158	166	186	174

※色識別性能(カラーチャートK2)

■カメラ名称: Trimble SX10

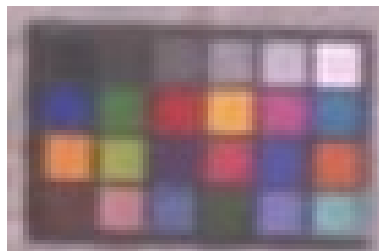
■被写体距離: - m ■照度: 2.09~10.9 kLux ■風速: 0.0~3.1 m/s

■気温: 4.6 °C

■焦点距離: - mm ■シャッター速度: 1/1876 秒

■絞り: - ■ISO値: 100

■オートフォーカス ■画像Pixel数: 2592×1944 ■画像解像度: -



立会者撮影

k2: 開発者撮影
(オルソ加工前)k2: 開発者撮影
(オルソ加工後)

k2: 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	78	78	41	73	74	43	77	78
A-2	80	97	98	80	84	86	78	91	90
A-3	122	124	122	118	111	112	116	120	117
A-4	161	166	165	157	149	148	154	166	160
A-5	202	201	199	198	184	182	195	204	201
A-6	249	253	241	242	233	222	238	252	241
B-1	25	73	77	55	75	77	135	154	143
B-2	57	93	95	146	125	121	64	82	82
B-3	186	193	184	26	66	68	51	78	80
B-4	245	240	235	205	172	167	0	96	92
B-5	192	198	194	75	91	96	145	144	147
B-6	0	87	92	127	126	126	159	169	164
C-1	238	230	225	158	141	139	25	92	92
C-2	157	166	166	188	168	165	54	103	102
C-3	83	95	98	58	76	74	106	104	103
C-4	195	206	198	79	84	86	95	107	110
C-5	58	94	98	88	91	90	159	165	163
C-6	222	209	205	118	106	108	32	83	85
D-1	112	110	111	76	80	81	60	80	82
D-2	197	197	194	145	134	133	125	146	142
D-3	87	112	111	120	115	114	155	162	152
D-4	82	93	93	106	95	96	60	83	83
D-5	126	137	136	125	124	126	174	184	182
D-6	98	146	140	187	179	170	166	190	181

技術番号 BR020031

技術名 橋梁の3Dモデル構築と点群計測処理による変状寸法の算出技術 開発者名 有限会社吉川土木コンサルタント

試験日 令和4年 12月 19日 天候 晴れ 気温 4.8 °C 風速 2.6 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 非破壊検査技術 カタログ 検出項目 剥離、変形 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。

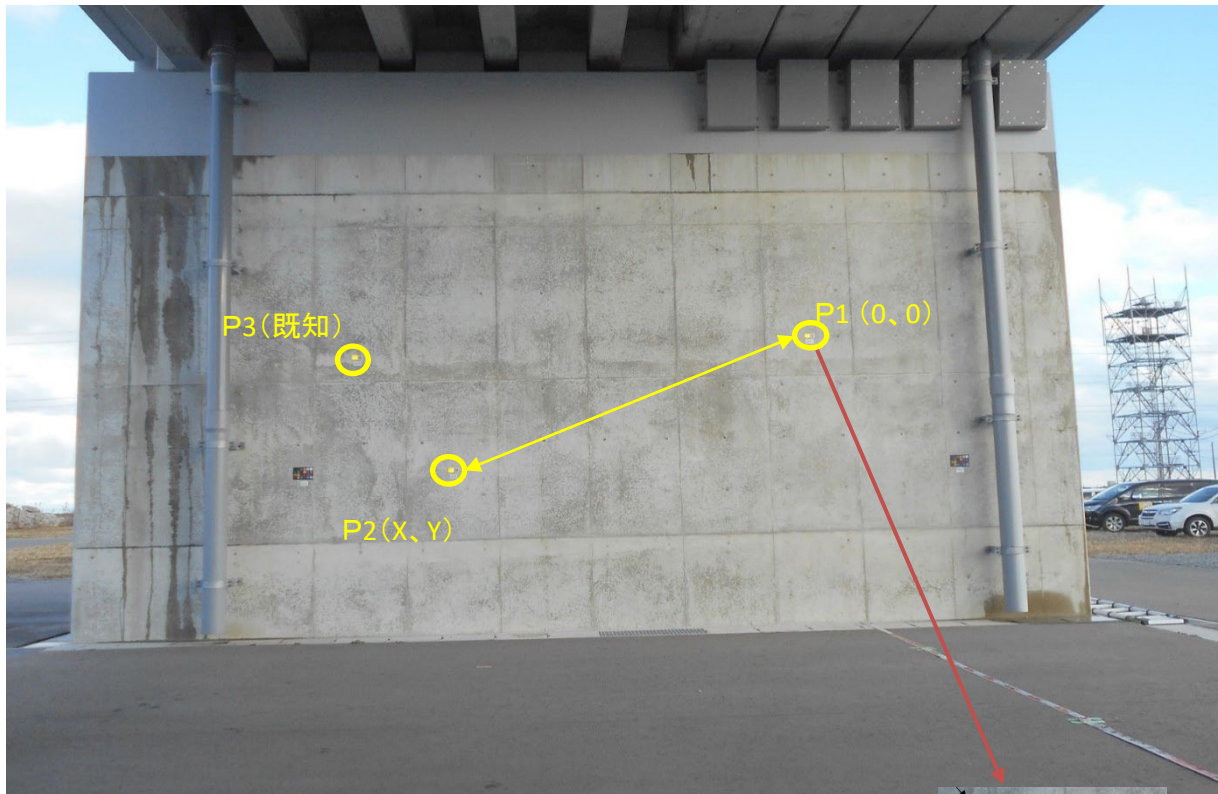


写真-1

マーカ座標



- ① 機器(測量機、三脚)の搬入(写真-2)
- ② 機器(測量機)の搬入(写真-3: Trimble SX10)
- ③ 計測機器(測量機)の設置・計測状況: マーカー(P1、P2、P3)を撮影する。(写真-4, 5)
- ④ 後日、撮影画像からオルソ画像からマーカーの座標値を求める。
- ⑤ また、マーカーの座標値から長さ(P1-P2間)を求める。

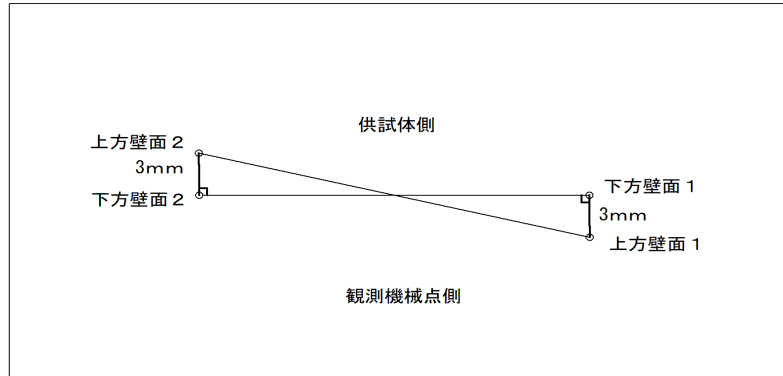
開発者による計測機器の設置状況



※長さ計測精度/位置精度

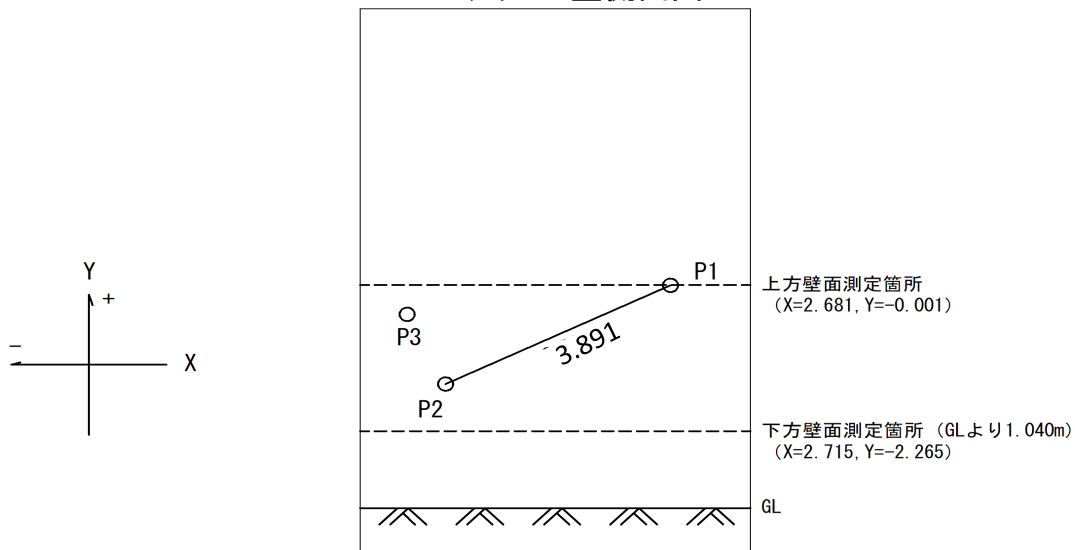
立会者によりP1(0, 0)を基準点とし、P2、P3をトータルステーションにて測量した座標値を真値とする。

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	-3.601	-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: Trimble SX10

■被写体距離: - m ■照度: 2.09~10.9 kLux ■風速: 0.0~3.1 m/s

■気温: 4.6 °C

■焦点距離: - mm ■シャッター速度: 1/240 秒

■絞り: - ■ISO値: 118

■オートフォーカス ■画像Pixel数: 2592 × 1944 ■画像解像度: -

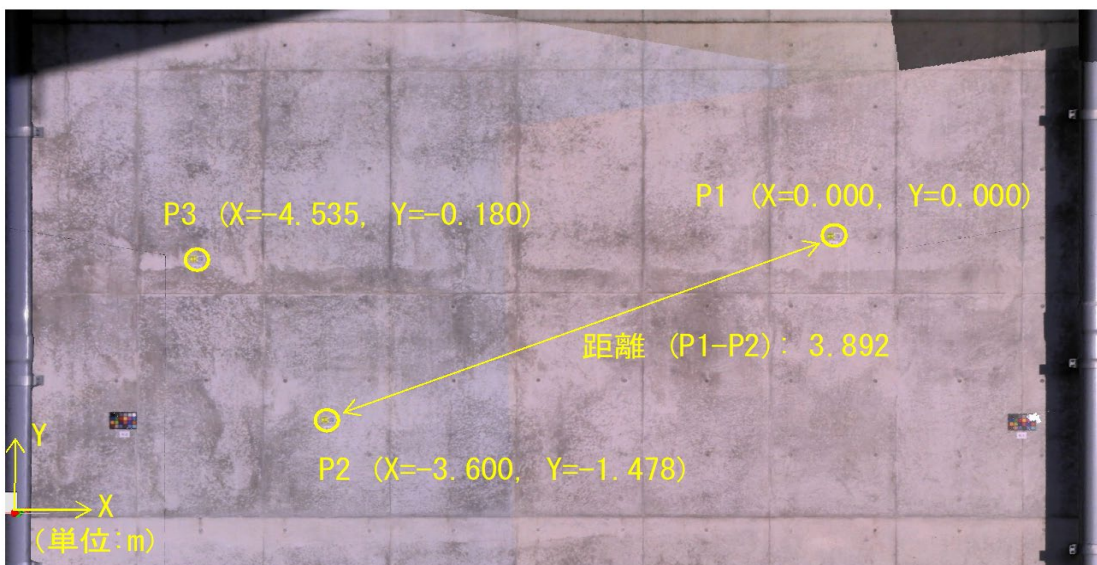


写真-8 オルソ画像

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	-3.601	-3.600	-0.001	-1.474	-1.478	0.004	3.891	3.892	100.02%
P3	-4.535	-4.535		-0.180	-0.180				

技術番号 BR020031

技術名 橋梁の3Dモデル構築と点群計測処理による変状寸法の算出技術

開発者名 有限会社吉川土木コンサルタント

試験日 令和4年 12月 19日 天候 晴れ 気温 4.8 °C 風速 2.6 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 非破壊検査技術 検出項目 剥離、変形・欠損 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

対象構造物の概要

全体一般図

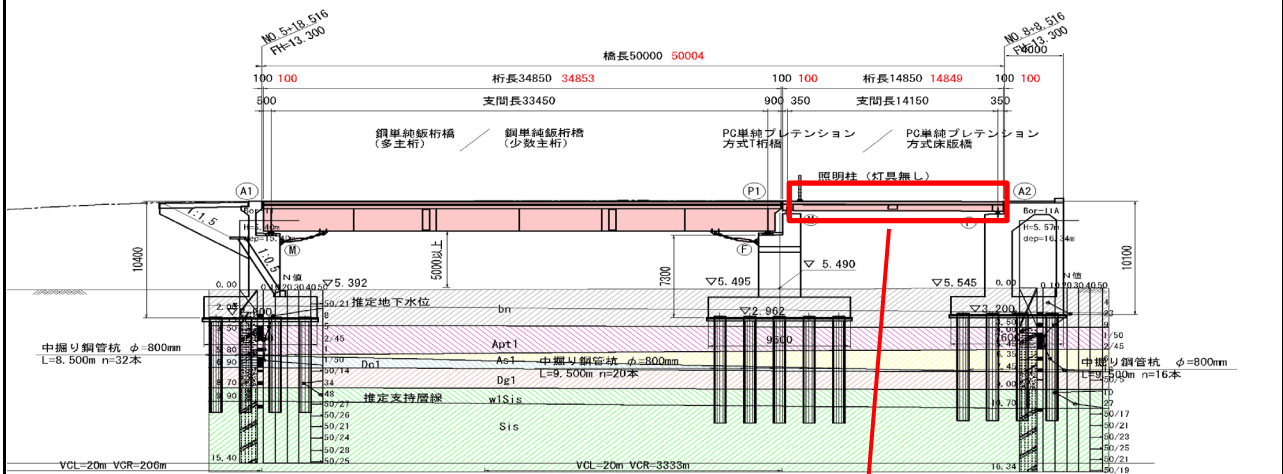


写真-1 全体写真

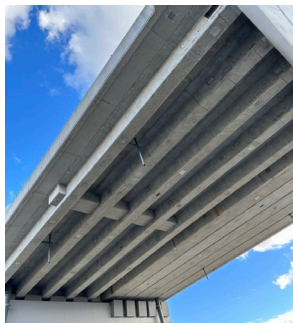
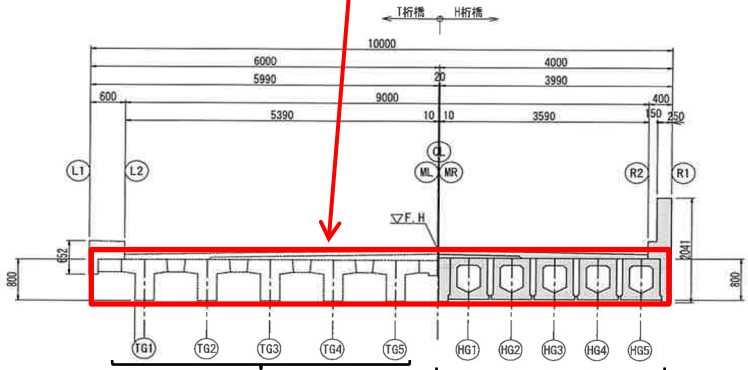


写真-2 主桁と床版下面

対象径間：第2径間
(支間長14.15m)



PC単純プレテンT桁橋 PC単純プレテン床版橋

計測対象部材：
主桁下面・側面、床版下面

- ① 計測機器(地上設置型3Dレーザースキャナ+写真同時撮影)(写真-3)
- ② 計測位置(機器設置位置)の位置決め(死角を少なくするよう計4箇所設定)(写真-4)
- ③ 計測状況(主桁下面・側面、床版下面を計測)(写真-5, 6)
- ④ 後日、計測結果から3Dモデル(点群+写真テクスチャマッピング)を作成する。(図-1)
- ⑤ さらに、3Dモデルで剥離・鉄筋露出を確認してその寸法を計測する。

開発者による計測機器の設置状況



写真-3

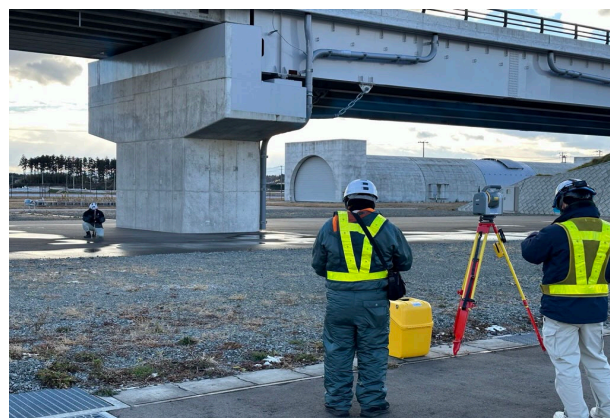


写真-4



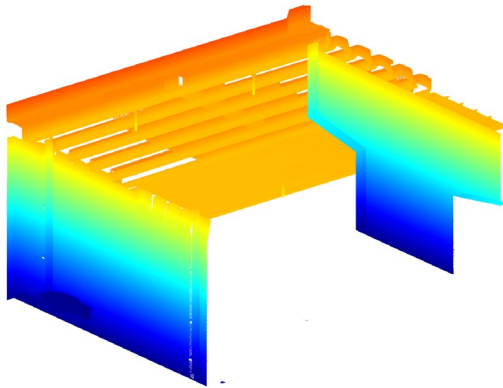
写真-5



写真-6

※計測結果

① 3Dモデル



点群データ（高さで色分け表示）

オルソ（写真テクスチャマッピング）

図-1 3Dモデル

② 計測結果

(1) PC単純プレテンT桁橋：主桁側面

面積	78	cm ²
長さ	15	cm
幅	5.2	cm

(図中に記載の長さの単位はmm)



長さの計測結果：149.8mm



幅の計測結果：51.6mm

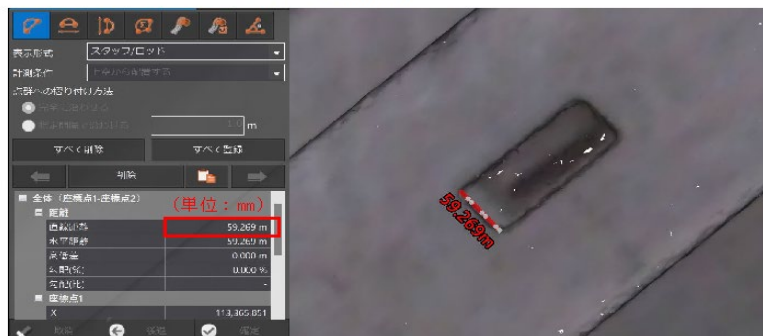
(2) PC単純プレテンT桁橋：主桁下面

(図中に記載の長さの単位はmm)

面積	89	cm ²
長さ	15	cm
幅	5.9	cm



長さの計測結果：152.0mm

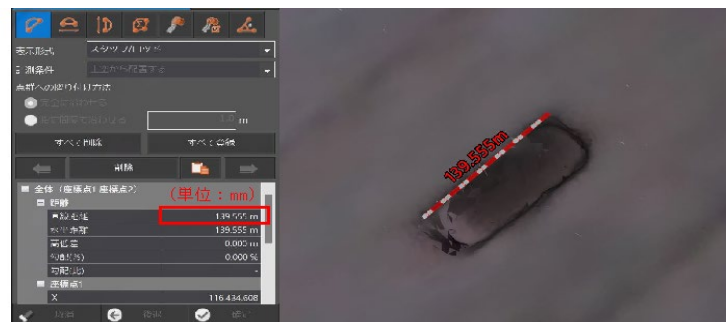


幅の計測結果：59.3mm

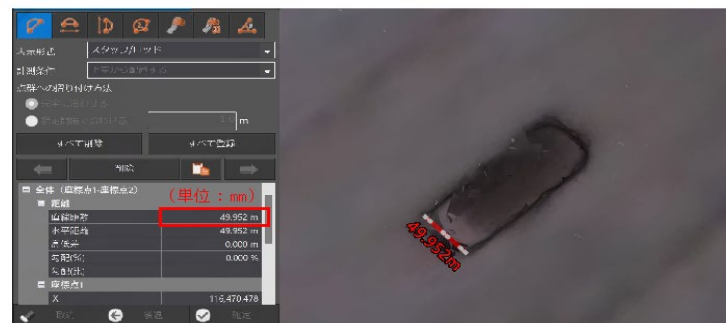
(3) PC単純プレテンT桁橋：床版下面

(図中に記載の長さの単位はmm)

面積	70	cm ²
長さ	14	cm
幅	5.0	cm



長さの計測結果：139.6mm



幅の計測結果：50.0mm

(4) PC単純プレテン床板橋：主桁下面

面積	83	cm ²
長さ	15	cm
幅	5.5	cm

(図中に記載の長さの単位はmm)



長さの計測結果：151.1mm



幅の計測結果：55.2mm

技術番号 BR020032

技術名 非破壊塩分検査装置「RANS-μ」

開発者名 オリエンタル白石株式会社、理化学研究所(共同開発者)

試験日 令和4年 12月 14日 天候 くもり時々小雨 気温 6.8 °C 風速 1 m/s

試験場所 某橋梁(塩害地域区分C(I)、供用開始年1972(昭和47))

カタログ分類 非破壊検査技術 カタログ 検出項目 塩化物イオン濃度 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) 測定作業: 2022年12月14日(水) 9時~12時(準備~終了)、計測: 11時~11時30分
- 2) 測定対象: 第4径間(P3~A2) G4桁 主桁下フランジ底面1箇所
- 3) 測定者: 計測員1名

図-1に、試験橋梁の側面図および断面図を示す。測定位置は赤四角に示す。

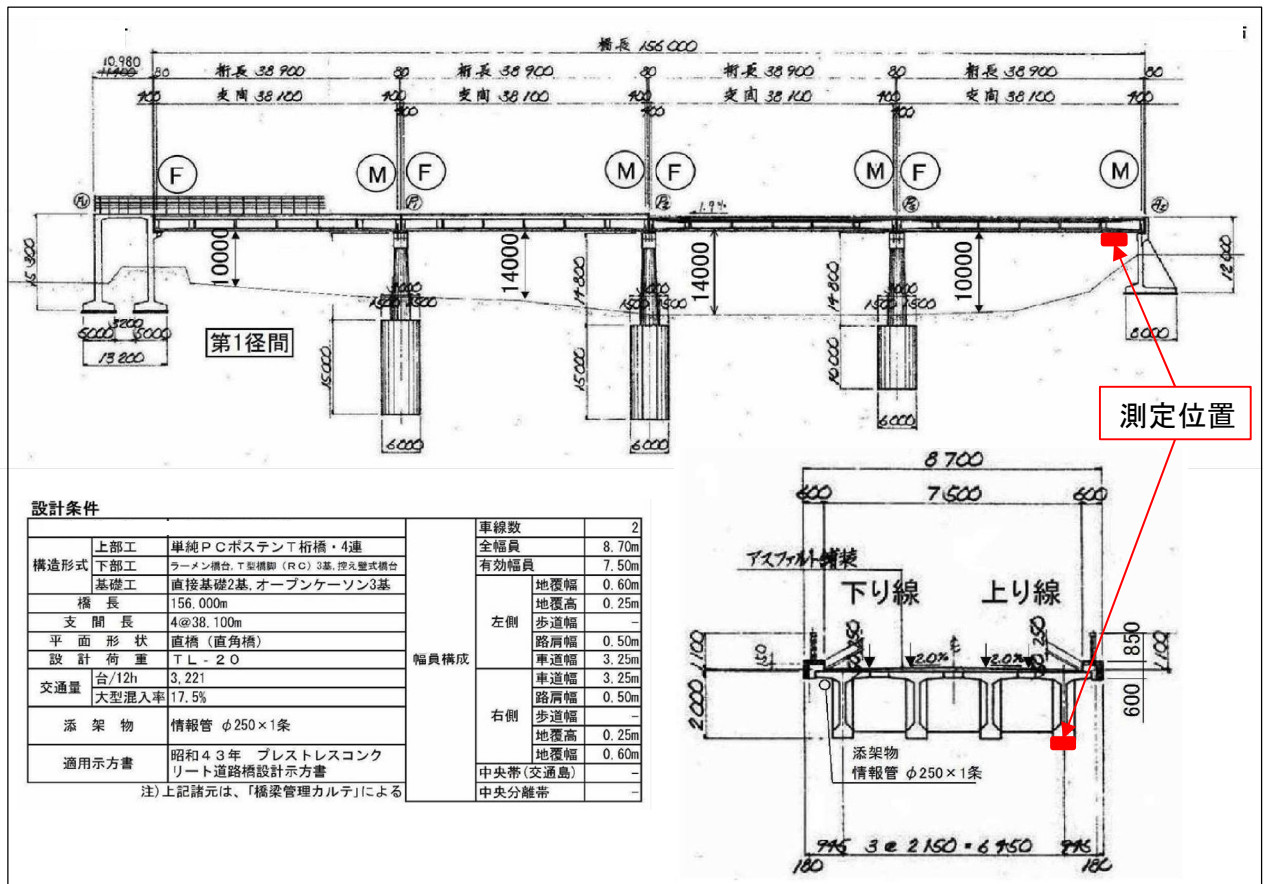


図-1 構造一般図と測定位置

- ① **【計測機器の搬入】**
非破壊塩分検査装置RANS- μ は、組立後の外形寸法は約35×50×150～180cm(上下駆動装置で30cmの上下可能)、重量約76kgで、可搬性から各々10～14kg以下程度の11個のパーツに分解できることから、ワンボックス(バン)タイプの乗用車で、理化学研究所(埼玉県和光市)より運搬し、同車両にて搬入した。
- ② **【計測機器の設置】**
点検車バケットを高欄外側に横付けし、運搬車両より測定装置の各パーツ「①サブフレーム→②電動上下駆動装置→③メインフレーム→④中性子+ガンマ線遮蔽→⑤ガンマ線検出器→⑥高S/N用アンチコインシデンスセンサーシステム→⑦操作・制御+結果表示用機器→⑧中性子線源(Cf線源)」を順に手渡しで積み込み(写真4-1)、バケット内で各パーツを組み立てて計測装置を設置した。
ただし、当日は雨天であったため、組立作業は桁下内に移動して行った。組立は通常15分程度であるが、この日は雨天の影響もあり、追加で10分程度を要した。
- ③ **【計測準備と実施状況】**
計測位置は、耳桁下フランジの下面側とし、位置は比較検証用のドリル紛採取も考慮して、表層近くにPC鋼材がない桁端部付近(写真1)の領域(桁端から270～320cm)を選定した。選定領域に計測装置を近づけて計測を開始し、30分程度ガンマ線の検出を実施した。なお計測終了後、計測範囲をマーキングした(写真2の青点線部と写真3)。
- ④ **【計測機器の撤去】**
バケットを積み込み時と同じの高欄脇に寄せ、組立時とは逆順に解体し、パーツ毎を手渡しで運搬車両内へ移動して撤去した。この際、撤去に要した時間は10分程度であった。
ただし雨天のため、橋梁下にて防水対策を施したため、追加で10分程度を要した。
- ⑤ **【データ分析】**
ソフトウェア(現地でのモニター上の写真5)にてデータを取得。
設定した計測時間終了後、データ処理が自動で開始。ピーク解析が自動で行われ、塩分濃度の解析結果が表示される(成果版の写真6)。



写真1: 計測位置の測定

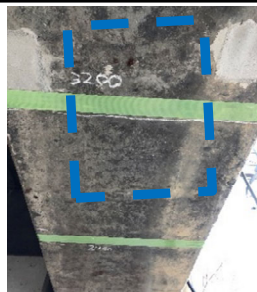


写真2: 調査領域の選定
(第3径間G4A2側2.7~3.2m)

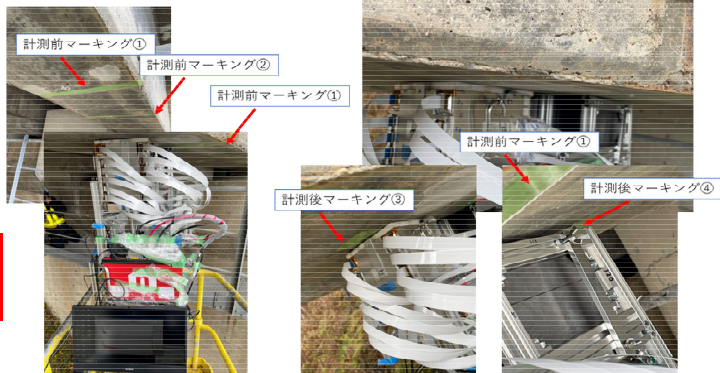
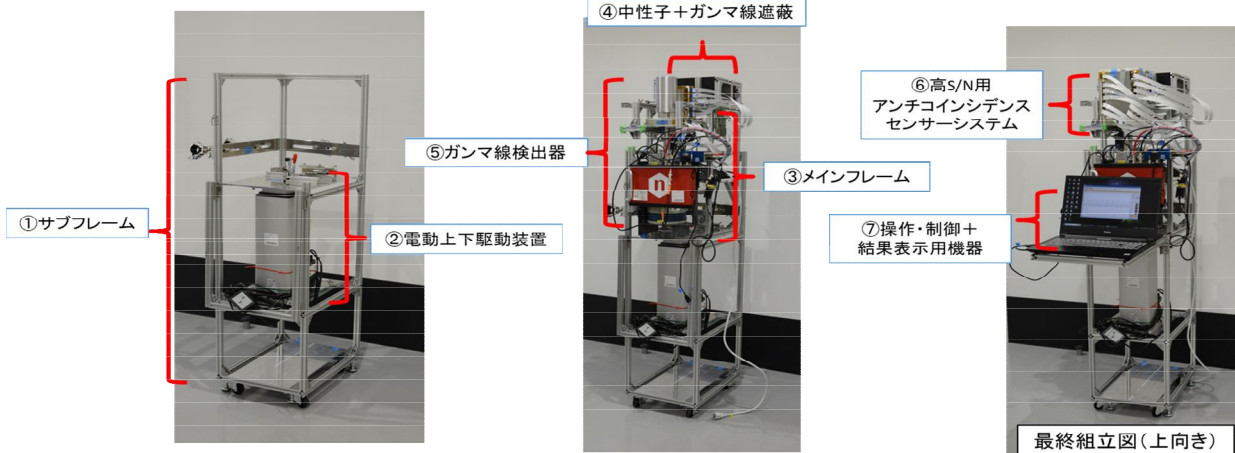


写真3: マーキング位置



最終組立図(上向き)

設置順序、および、パーツ名称

- ①サブフレーム→②電動上下駆動装置→③メインフレーム→
- ④中性子+ガンマ線遮蔽→⑤ガンマ線検出器→
- ⑥高S/N用アンチコインシデンスセンサーシステム→
- ⑦操作・制御+結果表示用機器→⑧中性子線源(Cf線源)

※橋梁点検車に電源が付いてない場合は、ポータブル電源+ノイズカットトランスで対応可能

写真4-1: 計測機材の名称と最終組立図(上向き用)



①水平用サブフレーム

最終組立図(横向き)

設置順序、および、パーツ名称

- ①水平用サブフレーム→②水平用手動リフター→③メインフレーム→
- ④中性子+ガンマ線遮蔽→⑤ガンマ線検出器→
- ⑥高S/N用アンチコインシデンスセンサーシステム→
- ⑦操作・制御+結果表示用機器→⑧中性子線源(Cf線源)

※屋外などで電源がない場合は、ポータブル電源+ノイズカットトランスで対応可能

※ポータブル電源+ノイズカットトランス

②水平用手動リフター

写真4-2: 計測機材の名称と最終組立図(横向き用)
※但し、上向き用と異なるパーツのみ写真上に明記した

開発者による計測機器の設置状況



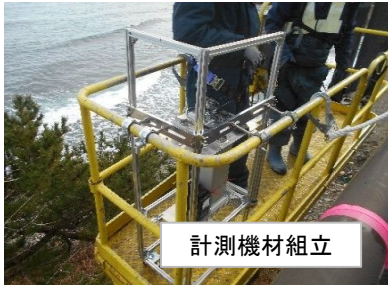
点検車設置



計測機材搬入



計測機材搬入



計測機材組立



計測機材組立



計測機材組立



電源(発電機)



計測状況1



計測状況2



計測機器解体



計測機器解体



計測機器搬出

測定結果

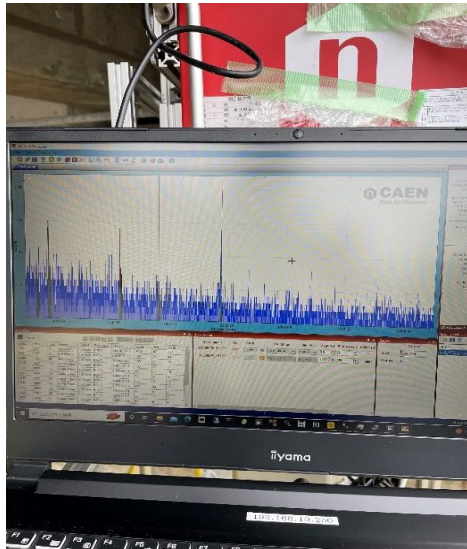


写真5: 当日のPCモニターでスペクトルが表示されている様子

塩分計ソフトウェア&通常モード(成果品イメージ)

RANS-μ 中性子塩分計

ファイル(E) 設定(S)

日時 2022/12/14 12:36

橋名と場所 安家大橋

天気 小雨or霽 気温 4.0

測定時間 1時間 2時間 3時間
 指定 30 分

備考

注意事項

計測箇所 A2付近、耳桁

A2 位置 P3

塩分濃度	測定結果
0.0cm ~ 3.0cm	2.1 kg/m ³
3.0cm ~ 6.0cm	1.0以下 kg/m ³
6.0cm ~ 9.0cm	1.0以下 kg/m ³

測定開始 測定停止

機器接続 BGO Ge 2022/12/28 12:39 Ver.1.0.0

深さ3cm毎の塩分濃度表示

※通常モードで立ち上げると自動的に検出器に電圧印加。
 測定時間経過後、自動的に解析が行われ、深さ3cm毎の塩分濃度が表示される。

写真6: スペクトル解析と計測結果(成果品のイメージ)

技術番号	BR020032
------	----------

技術名	非破壊塩分検査装置「RANS- μ 」	開発者名	オリエンタル白石株式会社、理化学研究所(共同開発者)
-----	-------------------------	------	----------------------------

試験日	令和7年 1 月 22 日	天候	晴れ	気温	13.2 °C	風速	- m/s
-----	---------------	----	----	----	---------	----	-------

試験場所	国土技術政策総合研究所 部材保管用施設
------	---------------------

カタログ分類	非破壊検査技術	カタログ	検出項目	塩化物イオン濃度	試験区分	標準試験
--------	---------	------	------	----------	------	------

試験で確認する カタログ項目	計測精度
-------------------	------

対象構造物の概要

※検証試験体

全体一般図

- ・検証試験体は所定の塩分を添加した塩化物イオン濃度が異なる厚さ3cmのコンクリートプレート（サイズ30cm×30cm×3cm、塩化物イオン濃度(6ケース)）を使用する。検証試験体は内部に鉄筋を配した台座コンクリート（サイズ40cm×40cm×8cm）上に配置する。コンクリート強度は、高強度（ $\sigma_{ck}=60\text{N}/\text{mm}^2$ 程度）と低強度（ $\sigma_{ck}=30\text{N}/\text{mm}^2$ 程度）の2種類とする。
- ・内部計測が可能な技術は、3枚重ねた検証供試体の上面（1測点）から測定を行う。

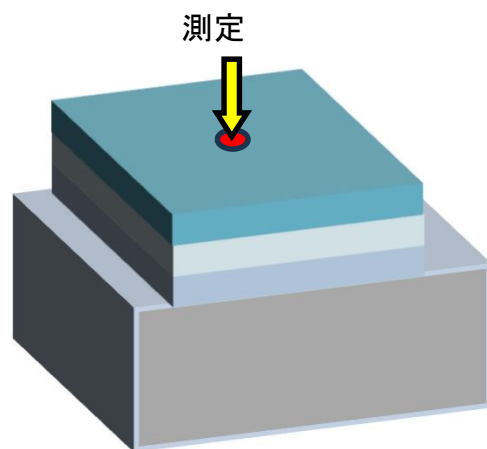


写真-1 検証試験体(内部計測)

試験方法(手順)	技術番号	BR020032
① 機器の組立と設置(写真-2、3)		
② 機器の設定(写真-4、5)		
③ 測点への中性子照射とデータ取得(写真-6、7)		
④ 機器の撤去		
⑤ データ分析		

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

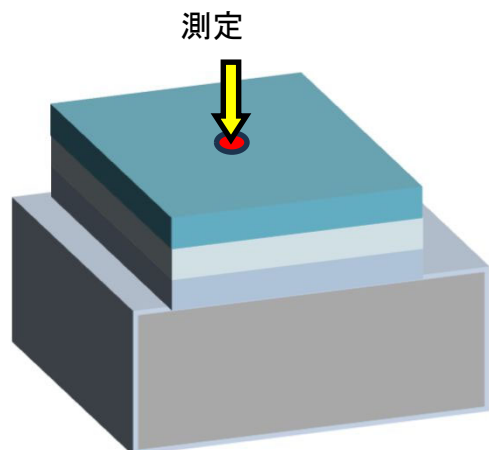


写真-6



写真-7

※検証供試体



- ・検証供試体は所定の塩分を添加した塩化物イオン濃度が異なる厚さ3cmのコンクリートプレート（サイズ30cm×30cm×3cm、塩化物イオン濃度(6ケース)）を3枚重ねて使用する。検証試験体は内部に鉄筋を配した台座コンクリート(サイズ40cm×40cm×8cm)上に配置する。
- ・3枚重ねた検証供試体の上面(1測点)から測定を行う。

計測結果の比較

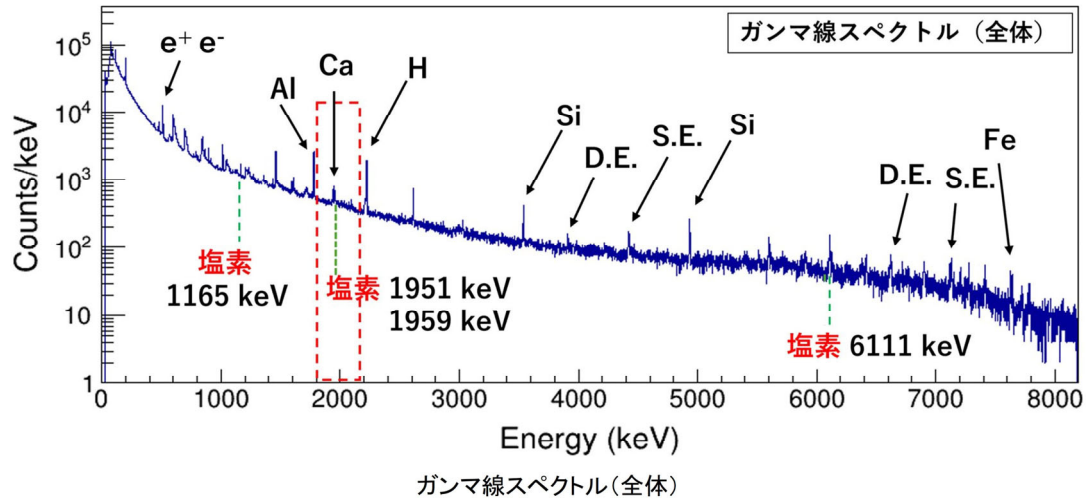
※計測結果

■データ取得手段:カリフォルニウム線源を用いた即発γ線分析

$$\text{測定精度} = \sqrt{\frac{(x_1 - a_1)^2 + \dots + (x_n - a_n)^2}{n}}$$

供試体	コンクリート 強度 $\sigma_{c,fc}$ (N/mm ²)	塩化物イ オン濃度 (kg/m ³) : リファ レンス	測定精度 (kg/m ³)	測点6		
				測定値 (kg/m ³)	表面から の距離 (mm)	
A ①	30	0.14	0.16	0.3 ± 1.3	60~90	
B ①		1.29	0.59	0.7 ± 0.9	30~60	
C ①		3.06	1.26	1.8 ± 0.6	0~30	
D ①	30	4.22	0.32	3.9 ± 2.2	60~90	
E ①		8.20	0.70	8.9 ± 1.5	30~60	
F ①		16.6	5.80	22.4 ± 1.0	0~30	
A ②	60	0.20	0.40	0.6 ± 1.4	60~90	
B ②		1.48	0.18	1.3 ± 0.9	30~60	
C ②		1.87	1.43	3.3 ± 0.6	0~30	
D ②	60	4.73	1.27	6.0 ± 2.6	60~90	
E ②		8.28	3.52	11.8 ± 1.7	30~60	
F ②		14.3	4.09	18.4 ± 1.2	0~30	

※計測結果

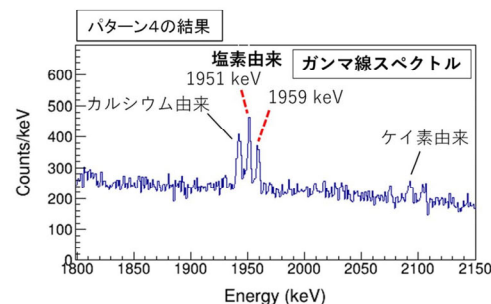
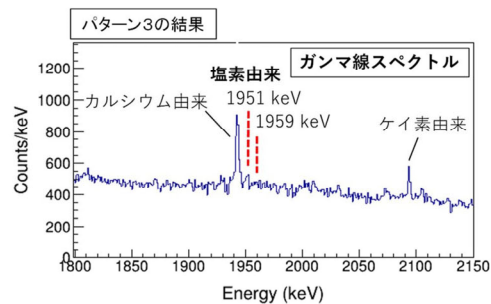
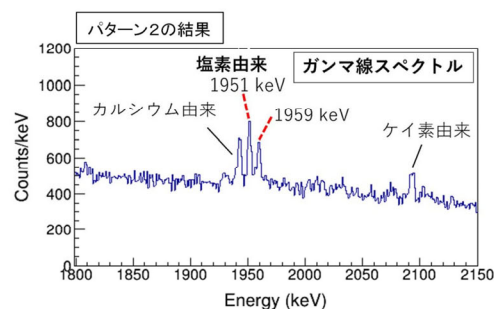
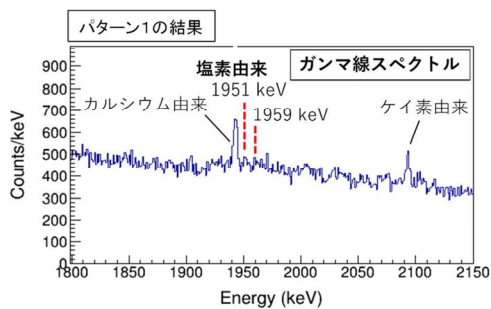
RANS- μ による塩分濃度の計測結果

パターン1		パターン2		パターン3		パターン4	
計測時間：3600 秒		計測時間：3600 秒		計測時間：3600 秒		計測時間：1800 秒 ^{※2}	
供試体 名称	塩分濃度 (kg/m ³)	供試体 名称	塩分濃度 (kg/m ³)	供試体 名称	塩分濃度 (kg/m ³)	供試体 名称	塩分濃度 (kg/m ³)
C①	1.8 ± 0.6 ^{※1}	F①	22.4 ± 1.0	C②	3.3 ± 0.6	F②	18.4 ± 1.2
B①	0.7 ^{※2} +0.9 _{-0.7}	E①	8.9 ± 1.5	B②	1.3 ± 0.9	E②	11.8 ± 1.7
A①	0.3 ^{※2} +1.3 _{-0.3}	D①	3.9 ± 2.2	A②	0.6 ^{※2} +1.4 _{-0.6}	D②	6.0 ± 2.6

※1 “±***” は、誤差を示す。

※2 現装置の検出限界濃度(1.0kg/m³)未満なので参考値。

※3 予定計測時間の半分



ガンマ線スペクトル(1951keV領域)。(左)パターン3のスペクトル。(右)パターン4のスペクトル

塩分濃度の推定は、塩素(Cl)由来の1951keVのほか、1165keV、6111keVという3本のガンマ線のピーク量を用いて行う。

技術番号 BR020033

技術名 AI技術を用いた打音検査器(PDC-200A)

開発者名 株式会社九検

試験日 令和5年 11月 30日

天候 晴れ

気温 15.3 °C

風速 2.4 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 非破壊検査技術

検出項目 うき

試験区分 標準試験

試験区分 標準試験

試験で確認する
カタログ項目 計測精度

対象構造物の概要

※検証試験体

全体一般図

A2橋台背面

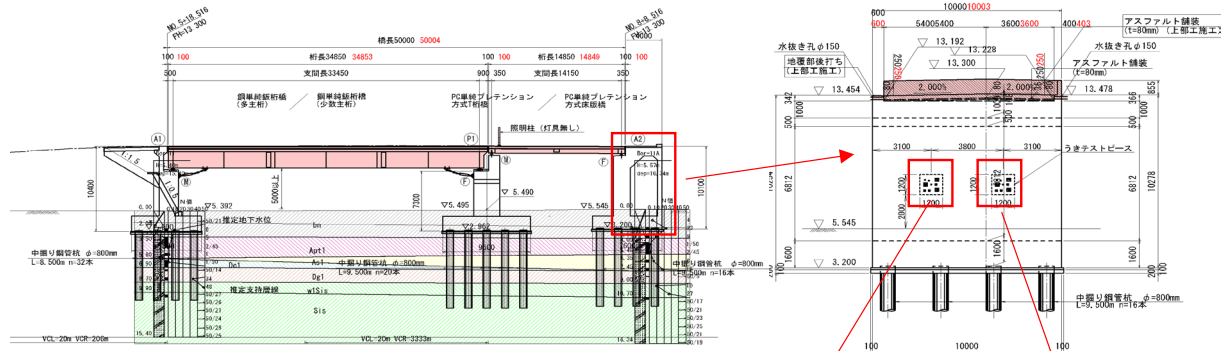


写真-1 A2橋台背面

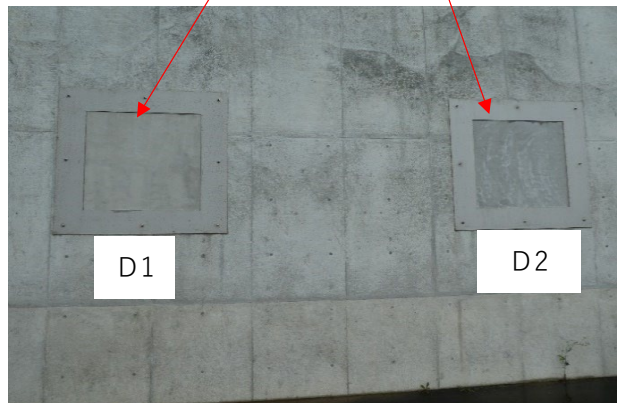


写真-2 検証試験体

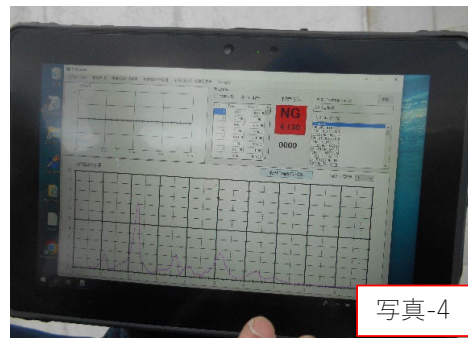
※検証試験体

D1: かぶり30mm、寸法1050×1050mm

D2: かぶり10mm、寸法1050×1051mm

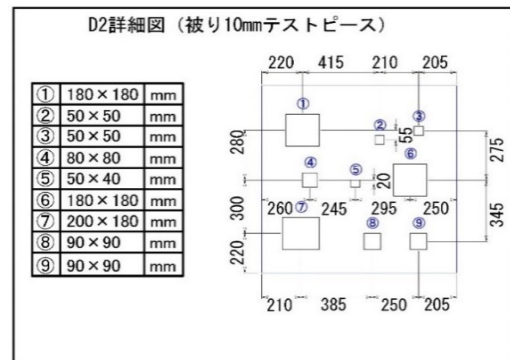
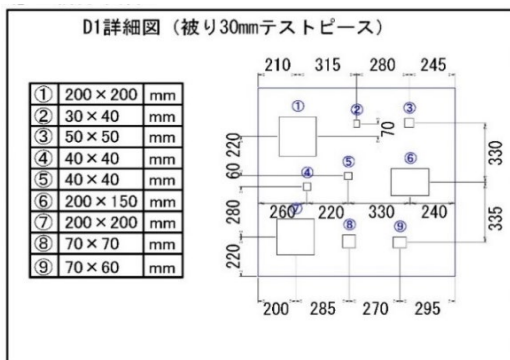
- ① 機器の搬入(打診棒、付属集音マイク、PC)(写真-3)
- ② 取得したデータをモニターで確認((写真-4)
- ③ 打診棒で試験体D1を打診(写真-5)
- ④ 打診棒で試験体D2を打診(写真-5)(写真-6)
- ⑤ 後日、取得したデータよりうきの箇所を検出する。

開発者による計測機器の設置状況



比較対象を得るため、
立会者による計測機器の設置状況

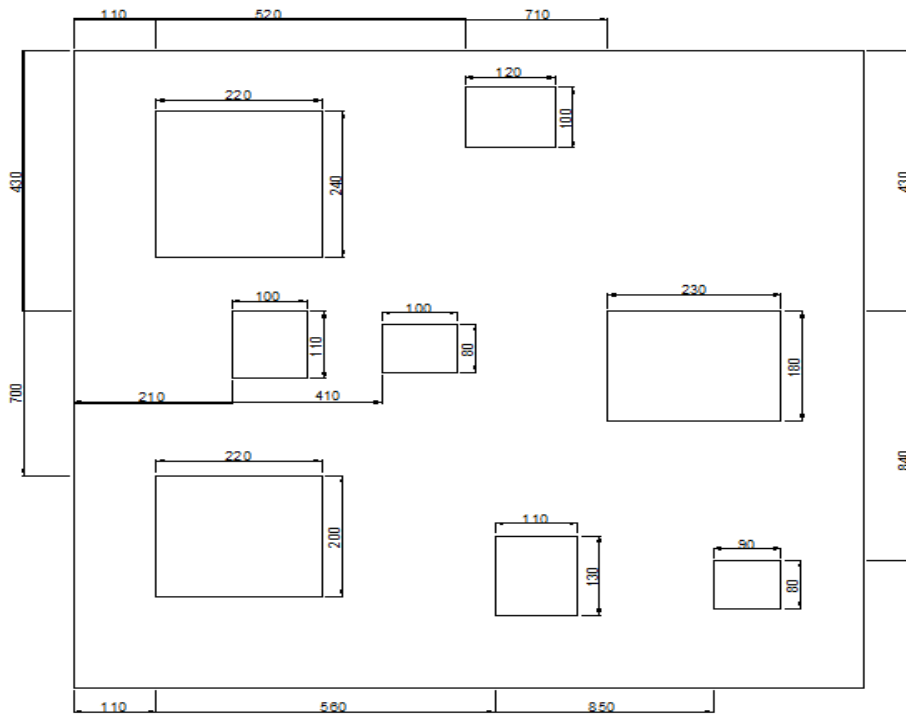
※検証供試体



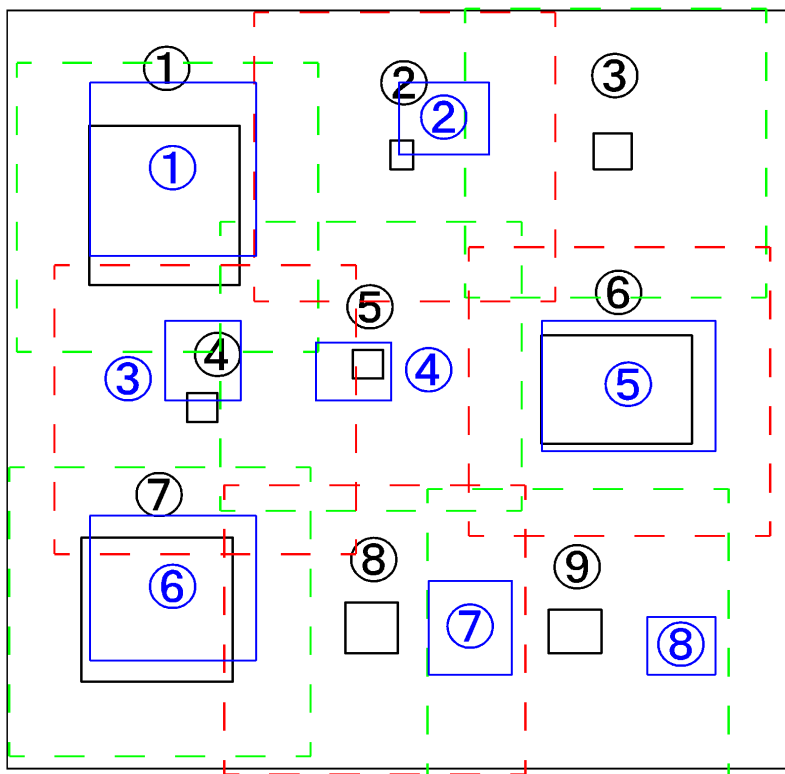
うきの総箇所数:18箇所

※計測結果

D1



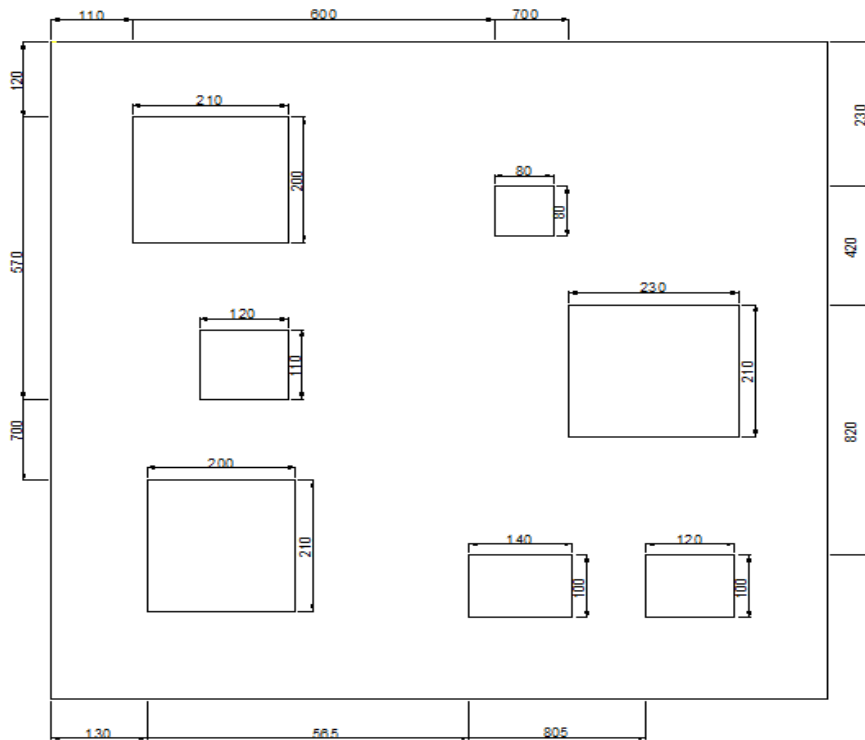
D1詳細図（被り30mmテストピース）



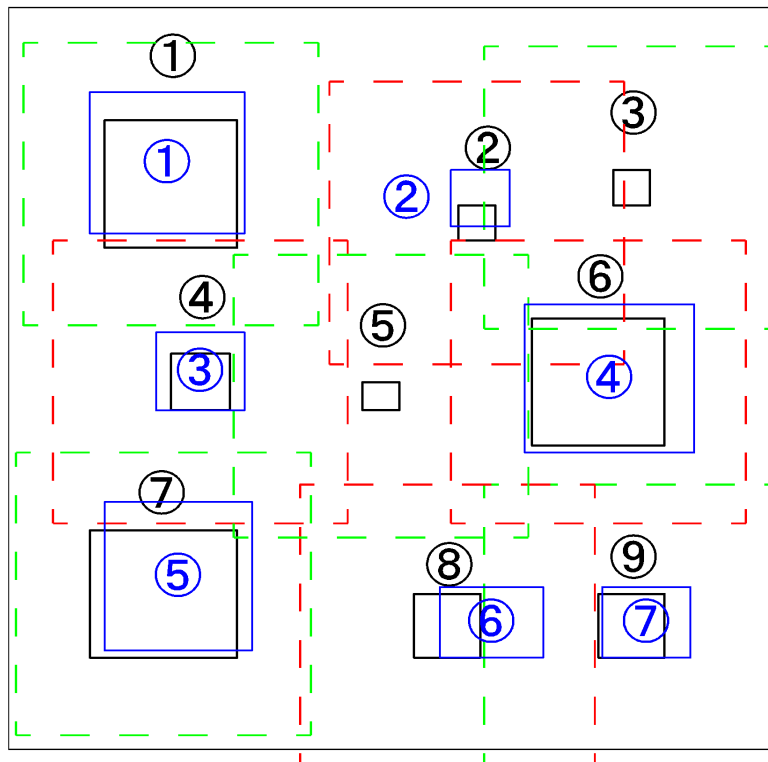
黒線:真値、青線:本技術

※計測結果

D2



D2詳細図（被り10mmテストピース）



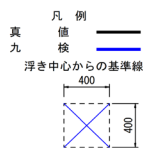
黒線:真値、青線:本技術

※検出率、的中率

検出率 = 正解個数のうち技術で検出できた個数 / 打音異常の正解個数

的中率 = 当該技術で検出した打音異常のうち正解個数 / 当該技術で検出した個数 (誤検出数含む)

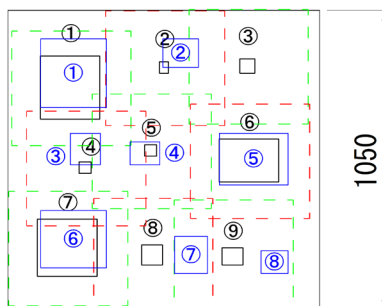
A2橋台-図番D 浮き合わせ図 (九検)



九検計測値

①	220 × 240	mm
②	120 × 100	mm
③	100 × 110	mm
④	100 × 80	mm
⑤	230 × 180	mm
⑥	220 × 200	mm
⑦	110 × 130	mm
⑧	90 × 80	mm

D1詳細図 (被り30mmテストピース)



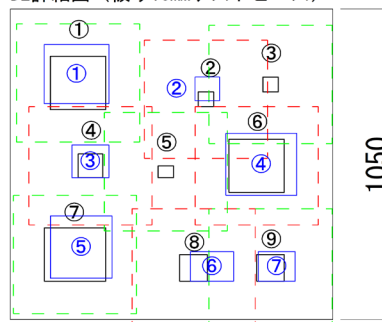
真 値

①	200 × 200	mm
②	30 × 40	mm
③	50 × 50	mm
④	40 × 40	mm
⑤	40 × 40	mm
⑥	200 × 150	mm
⑦	200 × 200	mm
⑧	70 × 70	mm
⑨	70 × 60	mm

九検計測値

①	210 × 200	mm
②	80 × 80	mm
③	120 × 110	mm
④	230 × 210	mm
⑤	200 × 210	mm
⑥	140 × 100	mm
⑦	120 × 100	mm

D2詳細図 (被り10mmテストピース)



真 値

①	180 × 180	mm
②	50 × 50	mm
③	50 × 50	mm
④	80 × 80	mm
⑤	50 × 40	mm
⑥	180 × 180	mm
⑦	200 × 180	mm
⑧	90 × 90	mm
⑨	90 × 90	mm

D1					
真値番号	異常の正解個数	計測値番号	検出正解個数	的中正解個数	備考
①	1	①	1	1	
②	1	②	1	1	
③	1				
④	1	③	1	1	
⑤	1	④	1	1	
⑥	1	⑤	1	1	
⑦	1	⑥	1	1	
⑧	1	⑦	1	1	
⑨	1	⑧	1	1	
D2 計	9	8	8	8	
D2					
真値番号	異常の正解個数	計測値番号	検出正解個数	的中正解個数	備考
①	1	①	1	1	
②	1	②	1	1	
③	1				
④	1	③	1	1	
⑤	1				
⑥	1	④	1	1	
⑦	1	⑤	1	1	
⑧	1	⑥	1	1	
⑨	1	⑦	1	1	
計	9	7	7	7	

検出率 = 15箇所 / 18箇所 = 0.83

的中率 = 15箇所 / 15箇所 = 1.00

技術番号	BR020033
------	----------

技術名	AI技術を用いた打音検査器(PDC-200A)	開発者名	株式会社九検
-----	-------------------------	------	--------

試験日	令和5年 11月 30日	天候	晴れ	気温	15.3 °C	風速	2.4 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	非破壊検査技術	カタログ	検出項目	うき	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

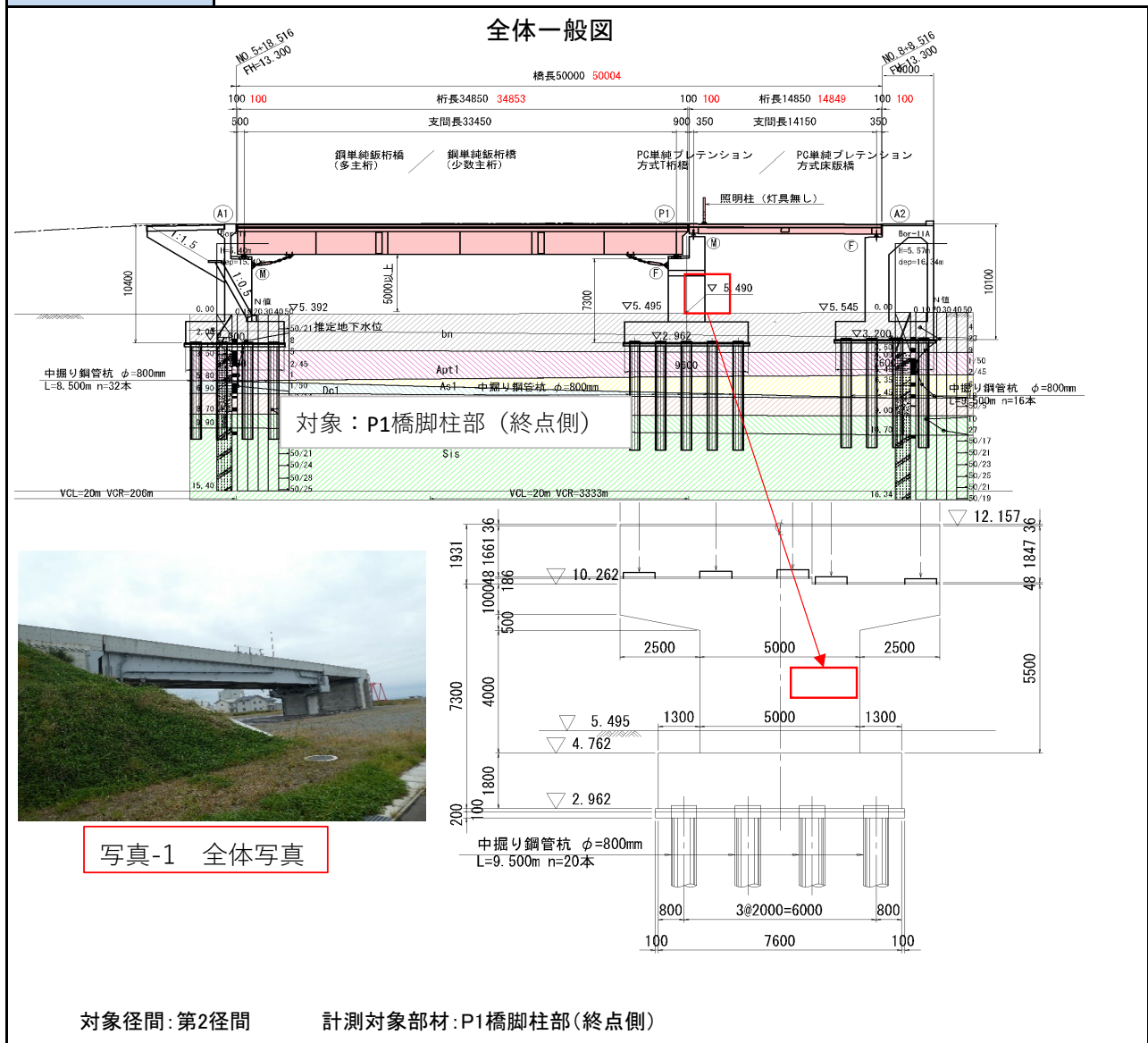
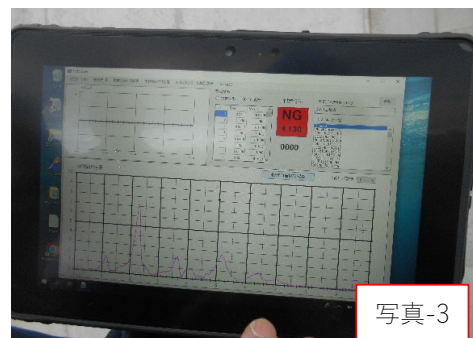


写真-1 全体写真

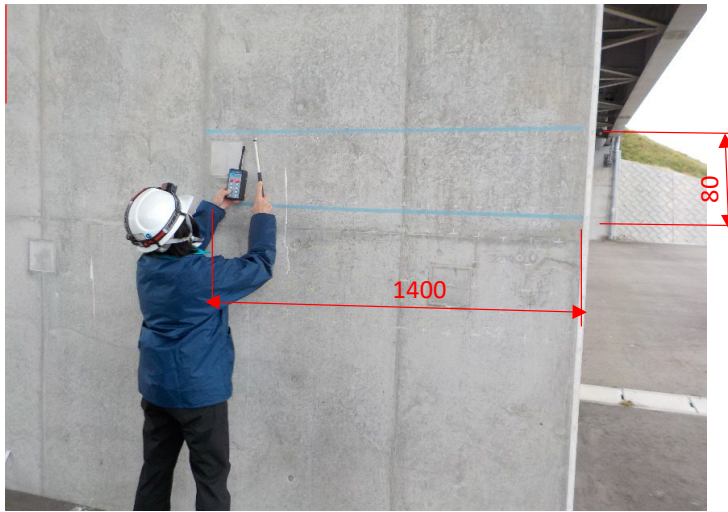
- ① 機器の搬入(打診棒、付属集音マイク、PC)(写真-2)
- ② 取得したデータをモニターで確認((写真-3)
- ③ P1橋脚柱部を打診(写真-4)
- ④ P1橋脚柱部を打診(写真-5)
- ⑤ 後日、取得したデータよりうきの箇所を検出する。

開発者による計測機器の設置状況



※計測結果

①測定時間



計測範囲: $1.400 \times 0.800 = 1.12\text{m}^2$

計測時間: 8分27秒 = 507秒 (507sec)

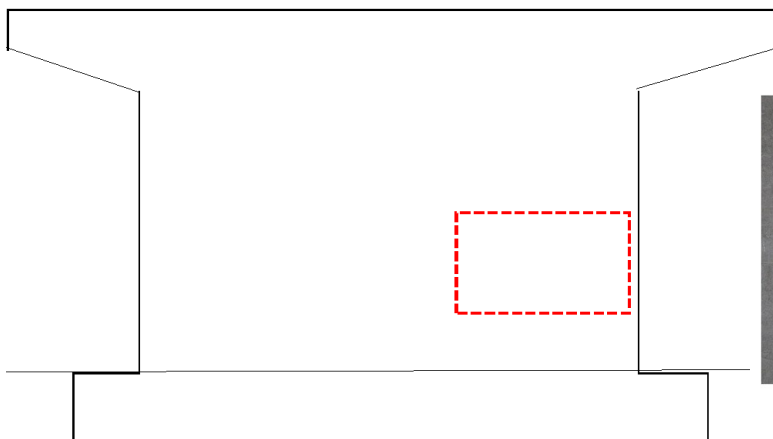
計測速度: $1.12/507 = 0.0022\text{m}^2/\text{sec} = 0.13\text{m}^2/\text{分}$

$135\text{点}/507\text{sec} = 0.27\text{点}/\text{sec}$

② 測定箇所: 1~135

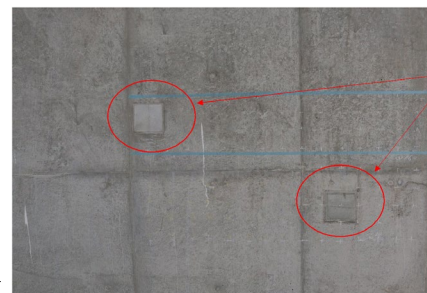
P1柱部

模擬版の埋め込み部



③

打音検査箇所 (グリッド線は写真拡大で参照)

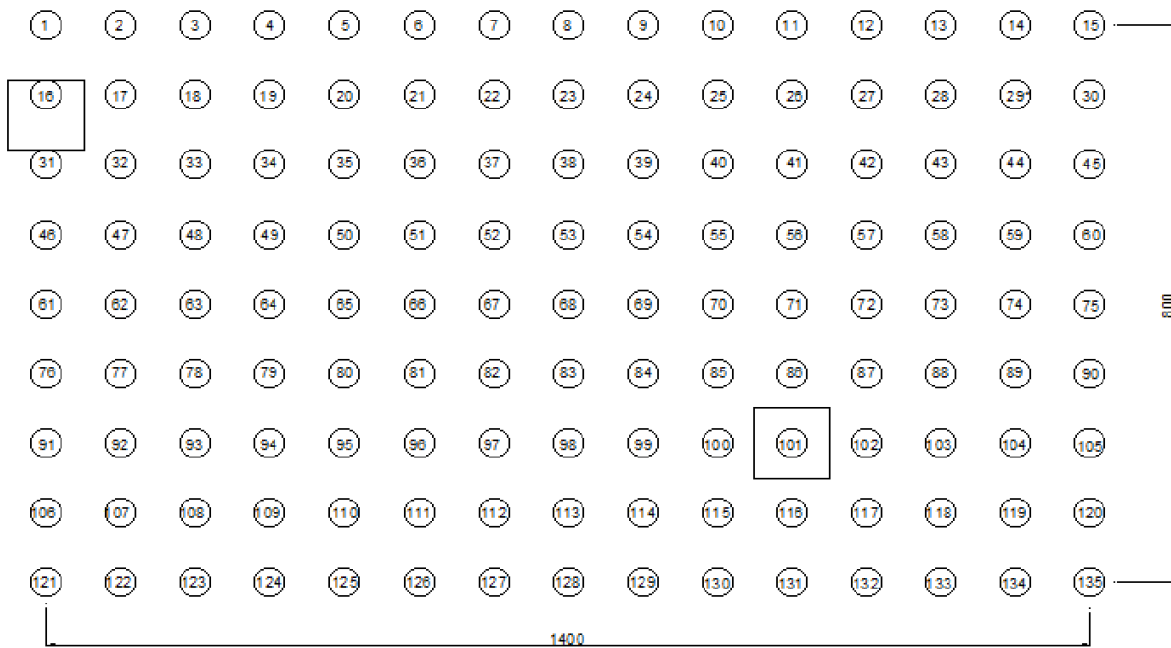


うき部

⑩⑥

打設箇所: ③、101

打音検査箇所



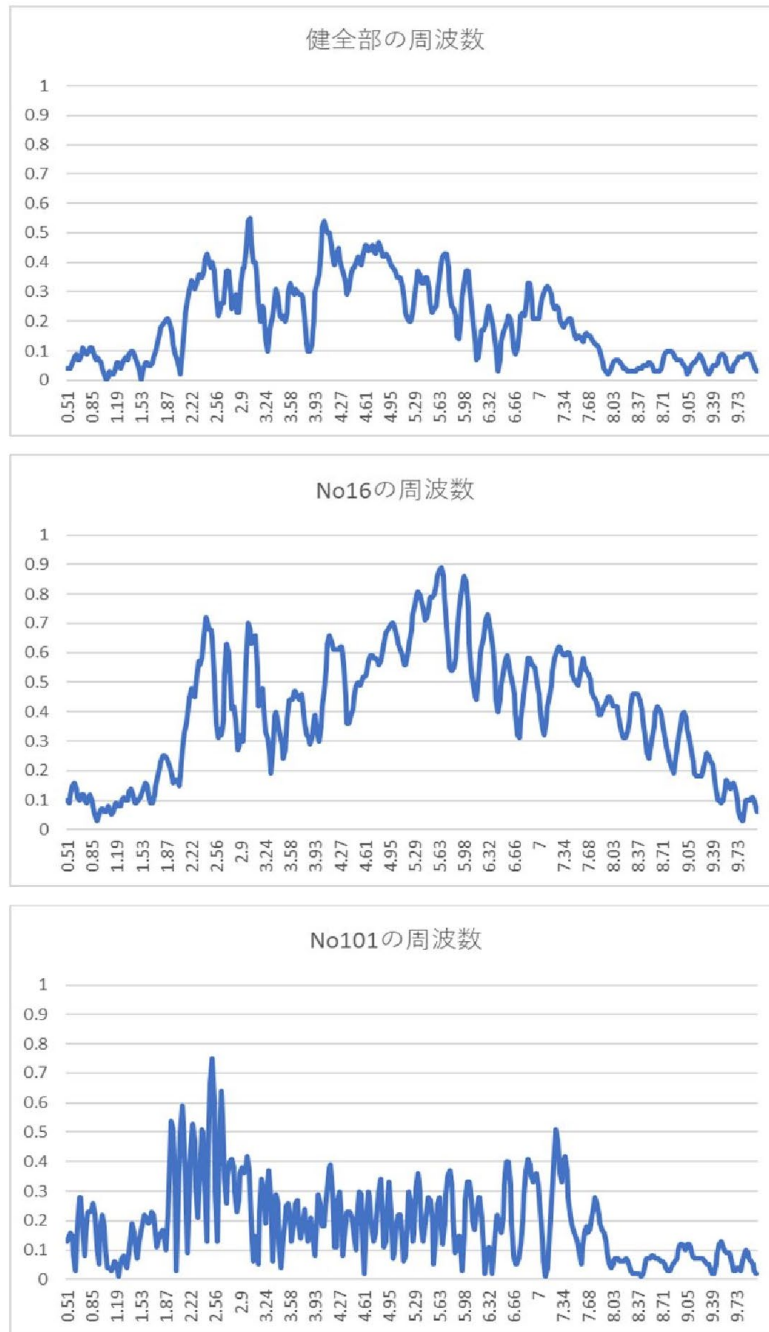
③打音検査結果

打音検査結果 (太枠の箇所がうき部) (上段 検査番号/下段 スコア値)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0.923	0.892	0.892	0.918	0.903	1.218	1.213	1.259	0.835	0.956	0.849	0.796	0.868	0.770	1.000
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
8.969	0.929	0.822	0.841	0.761	1.016	0.675	0.769	0.944	0.751	0.947	0.757	0.760	0.709	0.711
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
2.518	0.878	0.808	0.835	0.745	0.735	0.719	0.658	0.707	0.703	1.098	0.834	0.786	0.756	0.667
46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
1.021	0.697	0.950	0.775	0.759	0.765	0.815	0.800	0.861	0.815	0.685	1.019	0.782	0.734	0.738
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75
0.697	1.017	0.732	0.705	1.019	0.726	0.909	0.782	0.830	0.866	0.766	0.899	0.740	0.844	1.035
76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
0.859	0.778	0.797	0.806	0.900	0.964	0.876	0.847	0.978	0.756	0.788	1.210	0.803	1.076	0.796
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105
0.854	0.761	0.757	0.727	0.968	0.817	0.828	1.199	0.813	0.854	8.311	0.863	0.830	0.801	0.805
106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
0.752	0.730	0.887	0.847	0.901	0.875	0.794	0.920	0.889	0.809	0.866	0.953	0.879	0.713	0.726
121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135
0.730	0.826	0.923	0.941	0.846	1.008	0.998	0.798	1.133	0.885	0.775	0.909	0.971	0.790	0.765

※スコア値1.50以上が異常値 No31は、うき部近傍のため高いスコア値を示した。

④周波数(抜粋)



健全部と欠陥部(No16, No101)の周波数スペクトルを比較した図を上記に示す。健全部では2.9kHz付近と4kHz付近に穏やかなピークが認められる。No16は明らかに大きなピークが2つ見られそれぞれ2.5kHz付近と6kHz付近でNo101は2.5kHz付近にピークがあるがスペクトルの振幅が乱れていて明らかに健全な箇所とは異なるスペクトルとなっている。

技術番号	BR020034
------	----------

技術名	電磁波レーダー(iRadar ADSPiRE01)を用いた橋梁の点検支援技術	開発者名	株式会社計測技術サービス
-----	--	------	--------------

試験日	令和5年 12月 21日	天候	晴れ	気温	9.2 °C	風速	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	非破壊検査技術	カタログ	検出項目	うき	試験区分	標準試験
--------	---------	------	------	----	------	------

試験で確認する カタログ項目	計測精度
-------------------	------

対象構造物の概要

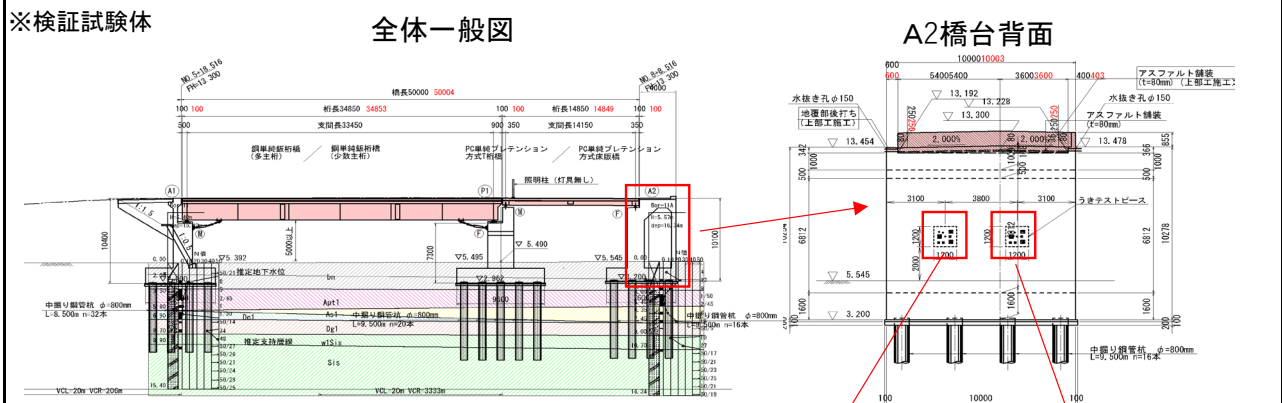


写真-1 A2橋台背面

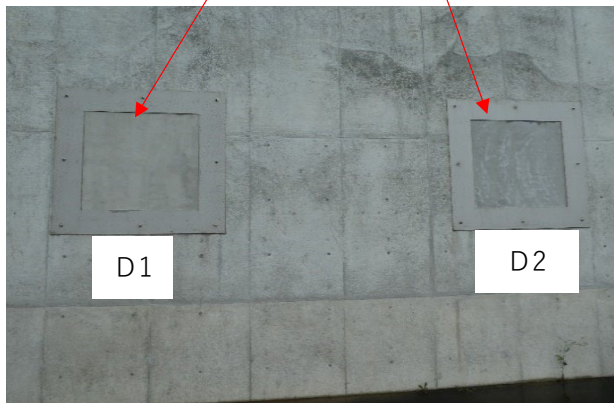


写真-2 検証試験体

※検証試験体

D1: かぶり30mm、寸法1050×1050mm

D2: かぶり10mm、寸法1050×1050mm

- ① 機器の搬入(電磁波レーダー、右上:PC)(写真-3)
- ② 測定状況:高所作業車に乗り電磁波レーダーでD1を測定(写真-4)
- ③ 測定状況:高所作業車に乗り電磁波レーダーでD2を測定(写真-5)
- ④ 測定状況:高所作業車に乗り電磁波レーダーでD2を測定(写真-6)
- ⑤ 取得したデータよりうきの箇所を検出する。

開発者による計測機器の設置状況

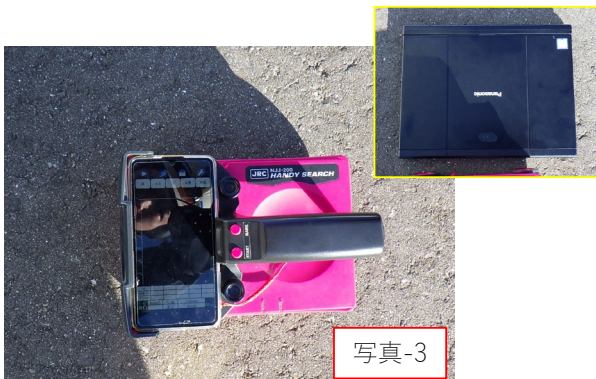


写真-3



写真-4



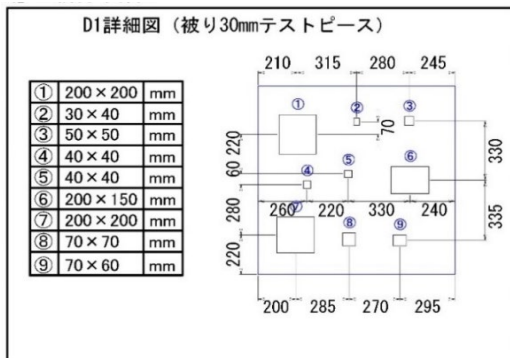
写真-5



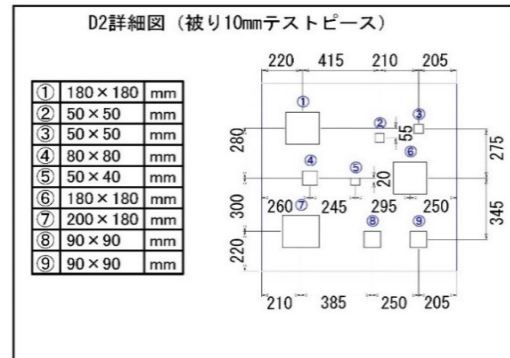
写真-6

比較対象を得るため、
立会者による計測機器の設置状況

※検証供試体



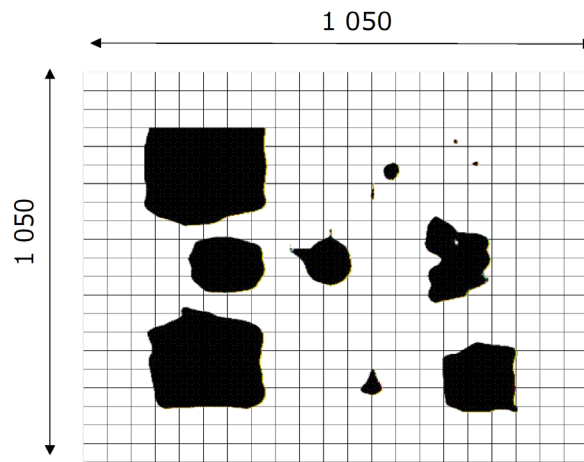
うきの総箇所数:18箇所



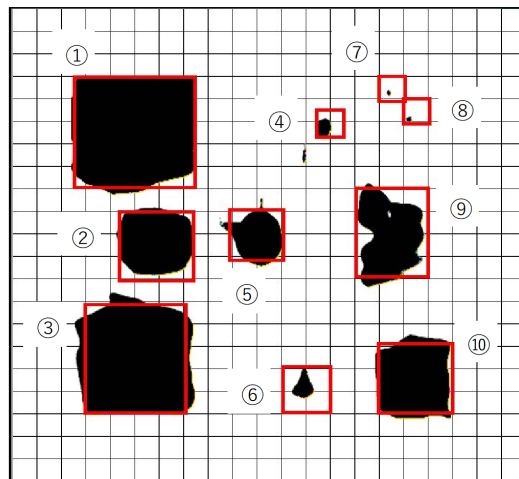
※計測結果

D1

うき図



うき図



D1

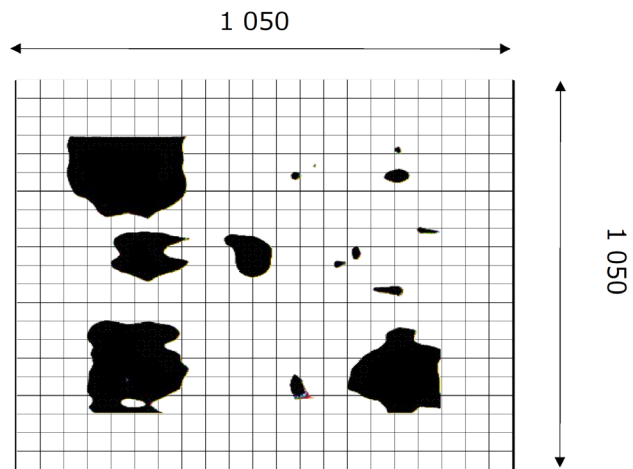
寸法表

No	横		縦	単位
①	250	×	250	(mm)
②	150	×	150	(mm)
③	200	×	250	(mm)
④	50	×	50	(mm)
⑤	100	×	100	(mm)
⑥	100	×	100	(mm)
⑦	50	×	50	(mm)
⑧	50	×	50	(mm)
⑨	150	×	200	(mm)
⑩	150	×	150	(mm)

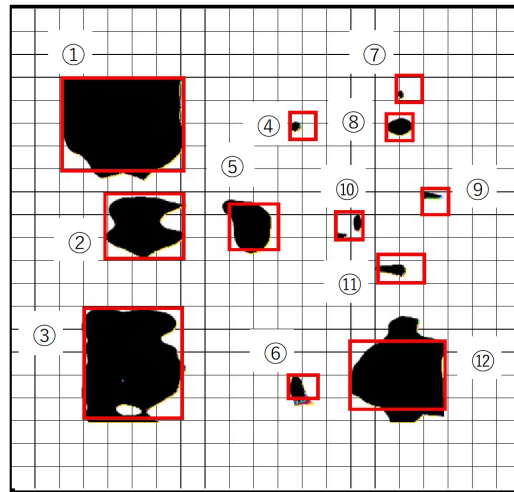
※計測結果

D2

うき図



うき図



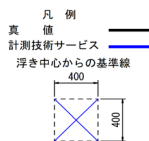
D2

寸法表

No	横		縦	単位
①	250	×	200	(mm)
②	150	×	150	(mm)
③	200	×	250	(mm)
④	50	×	50	(mm)
⑤	100	×	100	(mm)
⑥	50	×	50	(mm)
⑦	50	×	50	(mm)
⑧	50	×	50	(mm)
⑨	50	×	50	(mm)
⑩	50	×	50	(mm)
⑪	100	×	50	(mm)
⑫	200	×	150	(mm)

検出率＝正解個数のうち技術で検出できた個数／打音異常の正解個数
 的中率＝当該技術で検出した打音異常のうち正解個数／当該技術で検出した個数(誤検出数含む)

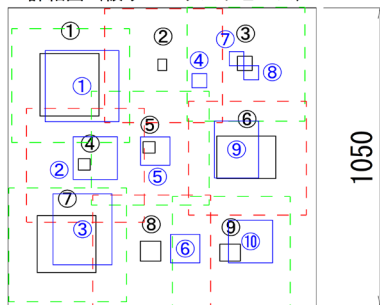
A2橋台-図番D 浮き合わせ図 (計測技術サービス)



計測技術サービス計測値

①	250×250	mm
②	150×150	mm
③	200×250	mm
④	50×50	mm
⑤	100×100	mm
⑥	100×100	mm
⑦	50×50	mm
⑧	50×50	mm
⑨	150×200	mm
⑩	150×150	mm

D1詳細図 (被り30mmテストピース)



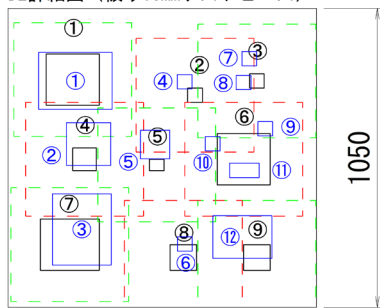
真値

①	200×200	mm
②	30×40	mm
③	50×50	mm
④	40×40	mm
⑤	40×40	mm
⑥	200×150	mm
⑦	200×200	mm
⑧	70×70	mm
⑨	70×60	mm

計測技術サービス計測値

①	250×200	mm
②	150×150	mm
③	200×250	mm
④	50×50	mm
⑤	100×100	mm
⑥	50×50	mm
⑦	50×50	mm
⑧	50×50	mm
⑨	50×50	mm
⑩	50×50	mm
⑪	100×50	mm
⑫	200×150	mm

D2詳細図 (被り10mmテストピース)



真値

①	180×180	mm
②	50×50	mm
③	50×50	mm
④	80×80	mm
⑤	50×40	mm
⑥	180×180	mm
⑦	200×180	mm
⑧	90×90	mm
⑨	90×90	mm

D1					
真値番号	異常の正解個数	計測値番号	検出正解個数	的中正解個数	備考
①	1	①	1	1	
②	1	④	1	1	
③	1	⑦	1	1	
④	1	②	1	1	
⑤	1	⑤	1	1	
⑥	1	⑨	1	1	
⑦	1	③	1	1	
⑧	1	⑥	1	1	
⑨	1	⑩	1	1	
		⑧			⑦に含む
計	9	10	9	9	

D2					
真値番号	異常の正解個数	計測値番号	検出正解個数	的中正解個数	備考
①	1	①	1	1	
②	1	④	1	1	
③	1	⑧	1	1	
④	1	②	1	1	
⑤	1	⑤	1	1	
⑥	1	⑪	1	1	
⑦	1	③	1	1	
⑧	1	⑥	1	1	
⑨	1	⑫	1	1	
		⑦			⑧に含む
		⑨			⑪に含む
		⑩			⑪に含む
計	9	12	9	9	

検出率＝ 18箇所／18箇所＝1.00

的中率＝ 18箇所／22箇所＝0.82

技術番号	BR020034
------	----------

技術名	電磁波レーダー(iRadar ADSPiRE01)を用いた橋梁の点検支援技術	開発者名	株式会社計測技術サービス
-----	--	------	--------------

試験日	令和5年 12月 21日	天候	晴れ	気温	9.2 °C	風速	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	非破壊検査技術	カタログ	検出項目	うき	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

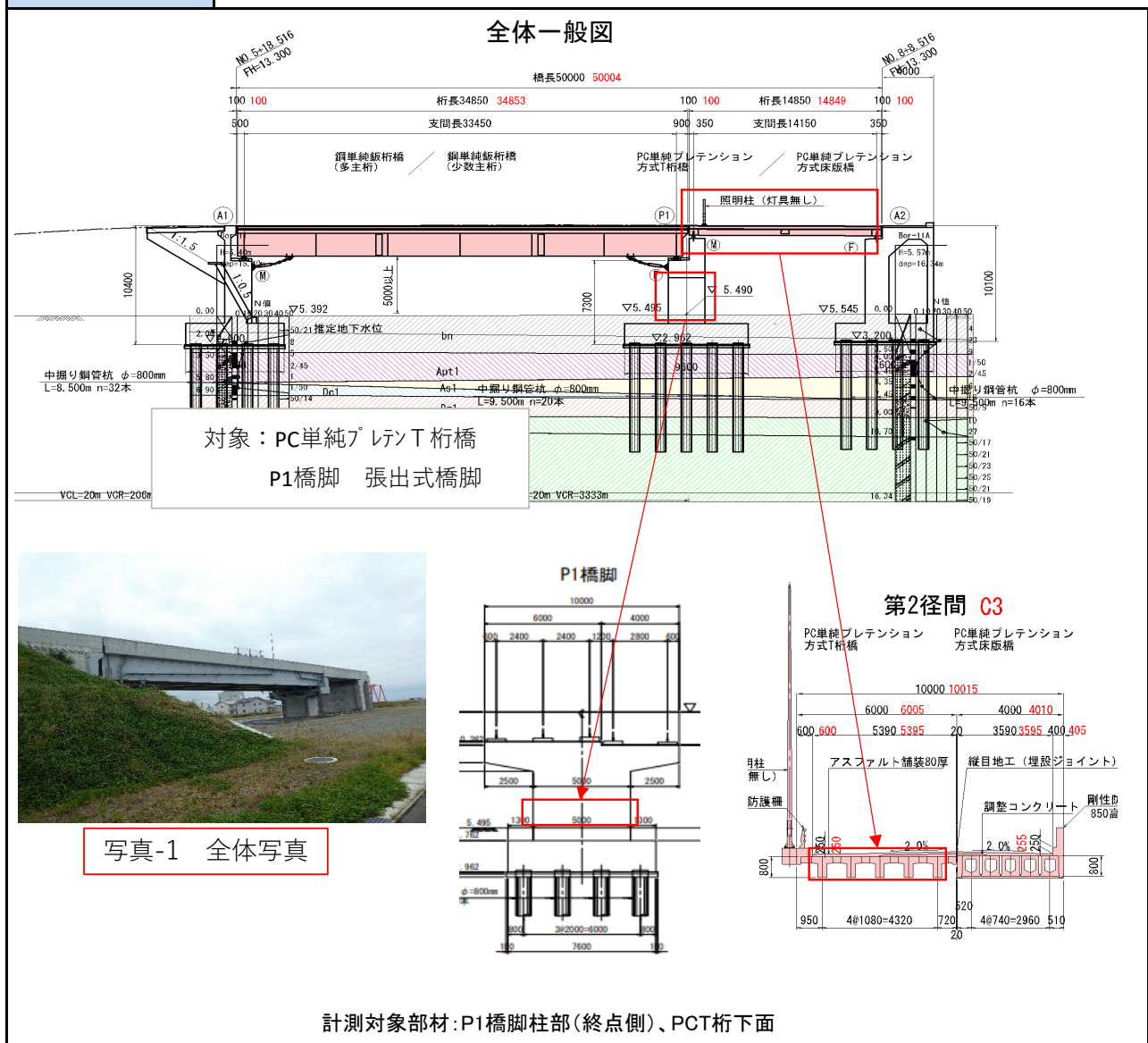


写真-1 全体写真

- ① 機器の搬入(電磁波レーダー、右上:PC)(写真-2)
- ② 測定状況:地上から電磁波レーダーでP1橋脚柱部1を測定(写真-3)
- ③ 測定状況:高所作業車に乗り電磁波レーダーでPCT桁下面を測定(写真-4)
- ④ 測定状況:高所作業車に乗り電磁波レーダーでPCT桁下面を測定(写真-5)
- ⑤ 取得したデータよりうきの箇所を検出する。

開発者による計測機器の設置状況



写真-2



写真-3



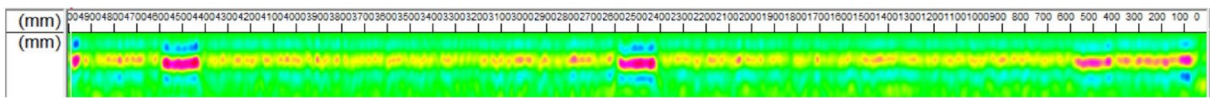
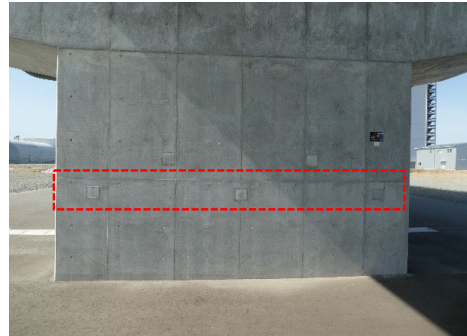
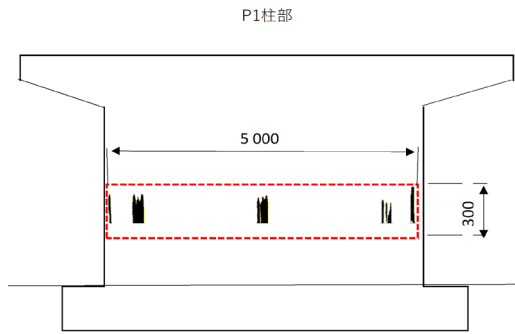
写真-4



写真-5

※計測結果

①P1橋脚柱部



②PCT桁下面

