

技術番号 BR030065

技術名 コア応力解放「コア切込み法」による残存プレストレス推定技術 開発者名 オリエンタル白石株式会社

試験日 平成24年 1 月 12 日 天候 晴 気温 10 °C 風速 0 m/s

試験場所 栃木県真岡市 オリエンタル白石(株)技術研究所内 構造物名 コンクリート供試体

カタログ分類 計測・モニタリング技術(橋梁) カタログ 検出項目 コンクリートひずみ
コンクリート応力 試験区分 -

試験で確認する
カタログ項目 計測性能(性能値)

対象構造物の概要

PC版供試体(2.4m)

平面図

断面図

側面図

応力推定精度(2.4m版)

※供試体では±1N/mm²以内の推定精度であることを確認した。

撤去T桁(桁長:17m)

主桁断面形状

ゲージ位置

コア切り込み状況(桁下面)

応力推定精度(実桁17m)

※実桁では±2N/mm²以内の推定精度であることを確認した。

① コンクリートひずみゲージの貼り付け

② 初期値の計測

③ コアドリルによる切込み(応力解放)

④ 解放後のひずみ計測

⑤ エクセルによる推定応力の演算

開発者による計測機器の設置状況



※開発者による計測データと立会者による計測データの比較を記載すること

※計測原理に照らし、①性能(精度・信頼性)を確保するための条件、②本試験時の条件を漏れなく記載すること

過去検証実験につき、立会とのデータ比較なし。

①性能(精度・信頼性)を確保するための条件

- ・ 計測箇所のコンクリート状態が良好(ひび割れ、うき、剥離等がない)
- ・ データロガーに適切なアースを取り、電氣的に安定していること。
- ・ コアドリル切込み深さは18mm(±1mm)を守り、コア縁の欠け等がないこと。
- ・ 2方向のひずみ差が一定値となるまで、計測を継続すること。
- ・ コンクリート材料の不均一性を考慮し、測点には複数点を選び評価すること。
- ・ 対象構造物が設計計算書で想定する応力状態にあること。
- ・ また、想定外の外力が作用している場合は、これを考慮して評価すること。

②本試験時の条件

- ・ 性能カタログに記載の条件範囲を満足する状態で実施した。
- ・ 特に特異な条件はなし。

技術番号 BR030066

技術名 スマートフォンによるひびわれ幅変化量の記録システム

開発者名 株式会社TTES

試験日 令和6年 12月 4日

天候 晴れ

気温 11.2 °C

風速 2.0 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 計測・モニタリング技術 カタログ

検出項目 2点間距離

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

The technical drawing shows a bridge with a total length of 5000.4m. It consists of several spans: a 3485.3m span with steel truss (main) and steel truss (minor), and a 1484.9m span with PC truss. The drawing also shows the foundation with pile caps and piles, and the ground level with a water table. A photograph of the bridge (写真-1) is included on the left. A photograph of a measurement room (写真-2) is included at the bottom right.

写真-1 全体写真

写真-2 簡易計測室

- ① 測定装置(計測プレート)、QRプレートを設置する。(写真-4)
- ② X-Yステージ上の計測プレートを移動し、任意の距離をレーザー距離計で測る。(写真-5)
- ③ スマートホンでQRプレートを読み取る。(アプリ名:infra-studio)
- ④ スマートホンで計測プレートを撮影する。(写真-6)
- ⑤ ②~④を6回行う。

開発者による計測機器の設置状況

測定装置(計測プレート)、QRプレートを設置する。

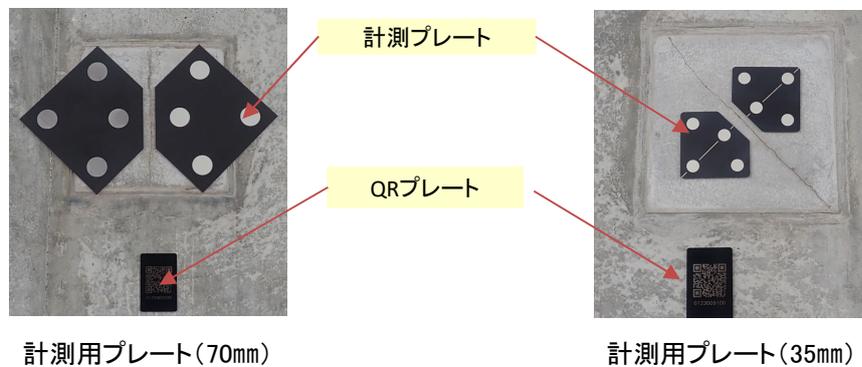


写真-4 開発者計測機器

比較対象を得るため、
立会者による計測機器の設置状況

1. 機器の設置

レファレンス用測定装置(X-Yステージ、レーザー距離計)を設置する。

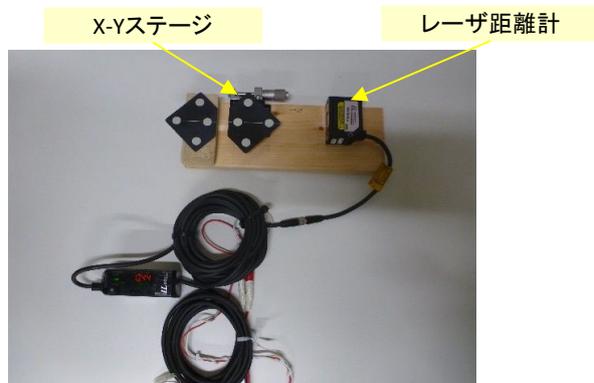


写真-5 レファレンス用計測機器



写真-6 撮影状況

① 計測用プレート(70mm)

計測日時	レファレンス	ひびわれ幅(mm)
2024/12/4 10:26:02	00mm	46.0610
2024/12/4 10:34:50	01mm	46.2880
2024/12/4 10:38:02	02mm	46.3430
2024/12/4 10:41:04	03mm	46.4153
2024/12/4 10:45:12	04mm	46.4910
2024/12/4 10:49:14	05mm	46.6107

レファレンス(mm)	元データ(mm)	計測値(mm)
0.0	46.06	0.00
0.1	46.29	0.23
0.2	46.34	0.28
0.3	46.42	0.35
0.4	46.49	0.43
0.5	46.61	0.55

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

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

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)

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 5

	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
レファレンス	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
計測値	0.23	0.28	0.35	0.43	0.55
差分	-0.13	-0.08	-0.05	-0.03	-0.05

X= 0.08 mm

x= 20.77 %

計測用プレート(70mm)相対差 X mm(x %) = 0.08 mm (20.77 %)

② 計測用プレート(35mm)

計測日時	レファレンス	ひびわれ幅(mm)
2024/12/4 9:54:08	0mm	33.5390
2024/12/4 10:02:34	0.1mm	33.7220
2024/12/4 10:07:02	0.2mm	33.7810
2024/12/4 10:10:14	0.3mm	33.8330
2024/12/4 10:13:22	0.4mm	33.9403
2024/12/4 10:16:13	0.5mm	34.0260

レファレンス(mm)	元データ(mm)	計測値(mm)
0.0	33.54	0.00
0.1	33.72	0.18
0.2	33.78	0.24
0.3	33.83	0.29
0.4	33.94	0.40
0.5	34.03	0.49

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

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

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)

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 5

	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
レファレンス	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
計測値	0.18	0.24	0.29	0.4	0.49
差分	-0.08	-0.04	0.01	0	0.01

X = 0.04 mm

x = 12.66 %

計測用プレート(35mm) 相対差 X mm (x %) = 0.04 mm (12.66 %)

技術番号	BR030066
------	----------

技術名	スマートフォンによるひびわれ幅変化量の記録システム	開発者名	株式会社TTES
-----	---------------------------	------	----------

試験日	令和6年 12月 4日	天候	晴れ	気温	11.2 °C	風速	2.0 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	計測・モニタリング技術	カタログ	検出項目	2点間距離	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

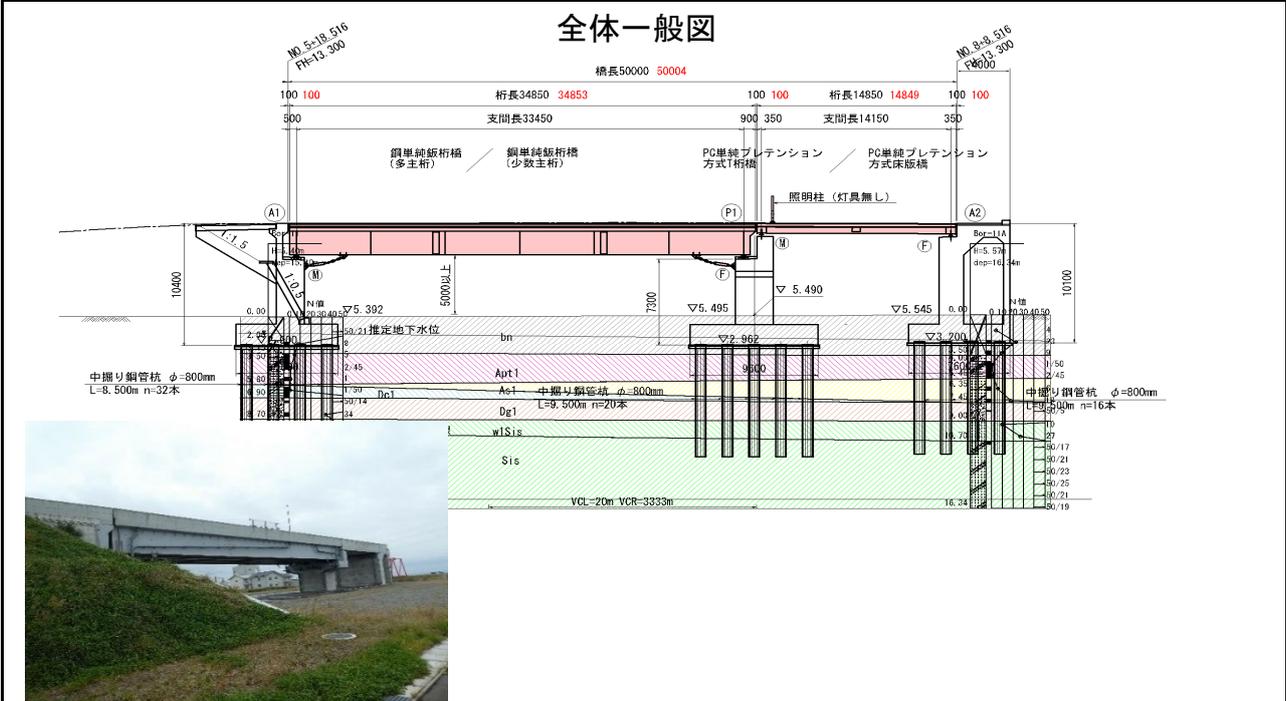


写真-1 全体写真



写真-2 P1橋脚

試験方法(手順)	技術番号	BR030066
① 測定装置の搬入((計測プレート)、QRプレート、スマートフォン)(写真-3)		
② 測定装置(計測プレート(35mm)、QRプレートを設置する。(写真-4)		
③ 測定装置(計測プレート(70mm)、QRプレートを設置する。(写真-5)(写真-6)		
④ スマートホンで撮影する。(写真-7)		
⑤ データを解析アプリ(infura-studio)に送信する。(写真-8)		

開発者による計測機器の設置状況

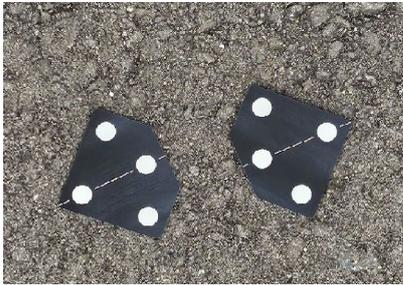


写真-3



写真-4

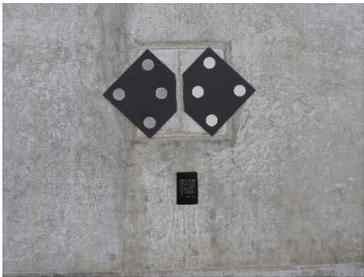


写真-5

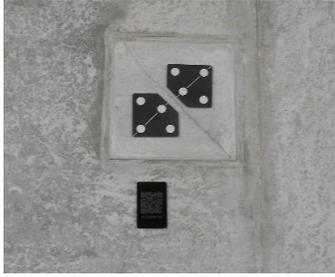


写真-6



写真-7

QR読取

データ送信

未送信ファイル：0件

default:https://app-is.infra-studio.com/

写真-8

①測定結果(計測プレート(70mm))

計測データ

計測日時	メモ	ひびわれ幅(mm)
2024/12/4 9:10:54	TTES 70mm no1	60.6197
2024/12/4 11:20:09	TTES outdoor 4th	60.7683

計測データのまとめ

計測実施	計測値(mm)
時刻	
9時(A)	60.62
11時(B)	60.77
変化量(B-A)	0.15

②測定結果(計測プレート(35mm))

計測データ

計測日時	メモ	ひびわれ幅(mm)
2024/12/4 8:45:43	first trial	33.6727
2024/12/4 11:12:18	TTES outdoor 2nd	33.6833

計測データのまとめ

計測実施	計測値(mm)
時刻	
9時(A)	33.67
11時(B)	33.68
変化量(B-A)	0.01

技術番号	BR030066				
技術名	スマートフォンによるひびわれ幅変化量の記録システム	開発者名	株式会社TTES		
試験日	令和7年 2月 26日	天候	晴れ		
		気温	12 °C		
		風速	- m/s		
試験場所	株式会社TTES 本社 室内		構造物名	ひびわれ幅計測 評価装置	
カタログ分類	計測・モニタリング技術 カタログ	検出項目	2点間距離	試験区分	-

試験で確認する カタログ項目	計測精度(性能値)
-------------------	-----------

対象構造物の概要

1. ひびわれ幅計測評価装置の概要

- ① ひびわれ幅の再現機構
 - ・ステージは固定部と可動部に
分けて構成
 - ・可動部を動かすことで
ひびわれ幅の変化を再現
- ② ひびわれ幅の評価値取得機構
 - ・レーザー変位計
Keyence 社
照射部 IL-S065
(精度 ±0.0015 mm)
表示部 IL-1000

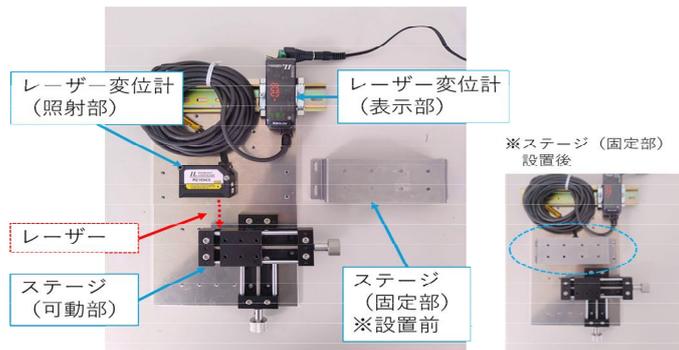


写真-1 ひびわれ幅計測評価装置の概要

2. 評価試験の概要

- ① 評価方法
 - ・ステージ(可動部)により、ひびわれ
幅を変更し、変更した各回で計測を
行う。
 - ・レーザー変位計の表示値を評価値と
して、本技術の計測値と比較し、精度を
評価する。

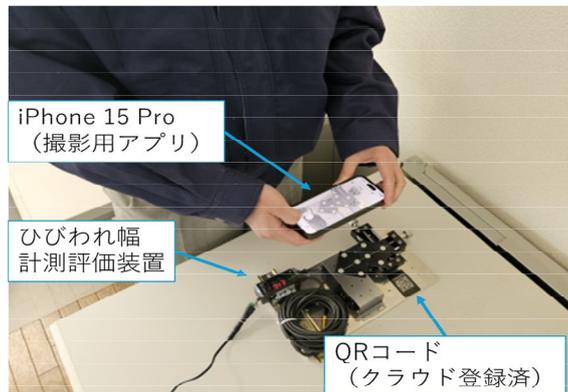


写真-2 評価試験の実施概要

- ① ステージの固定部、および、可動部それぞれに計測用ターゲットを貼り付ける。
- ② ステージの可動部を動かし、ひびわれ幅を変更する。
- ③ iPhone で計測用ターゲットを撮影し、クラウドに送信する。クラウドにて自動で計測処理が実施される。
- ④ 評価用の値として、レーザー変位計の表示部の値を記録する。
- ⑤ 上記②～④を、ひびわれ幅を増やししながら、繰り返し実施する。

開発者による計測機器の設置状況

1. 機器の設置状況

ステージ(固定部)を設置し、
ステージ(固定部)とステージ(可動部)に
それぞれ計測用ターゲットを設置
(写真-3 参照)

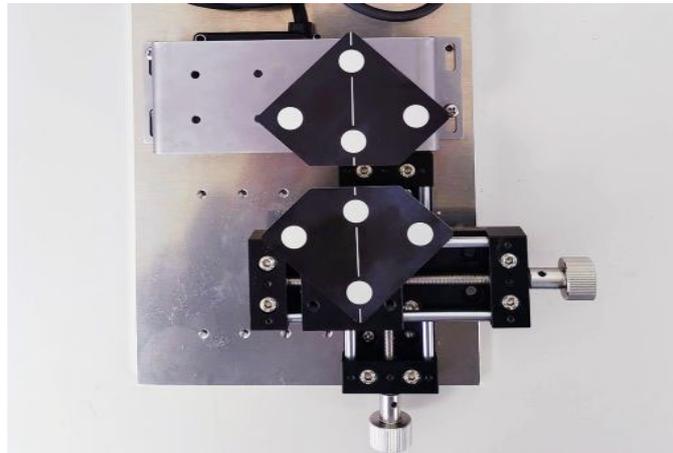


写真-3 試験手順① 計測用ターゲットの貼り付け状況

比較対象を得るため、
立会者による計測機器の設置状況

1. 機器の設置状況

比較対象を得るための計測機器は、ひびわれ幅計測評価装置に設置済のレーザー変位計を用いる。
ステージを動かし(写真-4)、レーザー変位計の表示部を確認して評価値を取得する(写真-5)。

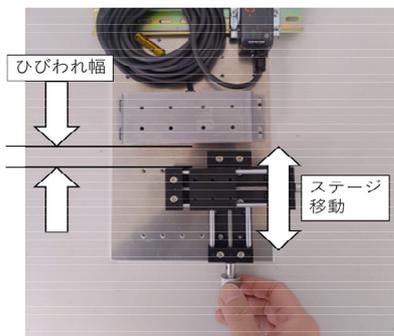


写真-4 試験手順② ひびわれ幅の変更



写真-5 試験手順④ 評価値の取得

1. 実施条件

計測実施時の条件を表-1 に示す。

表-1 計測実施時の条件

項番	性能を確保するための条件 (性能カタログ 基本諸元より)	条件 充足状況	本試験時の条件
1	スマートフォンは iPhone Pro 12 以降の機種を用いること。	○	iPhone Pro 15 を利用
2	計測用プレートに近接および正対して撮影すること。	○	撮影用アプリの補助ラインに合わせて撮影
3	1000 Lux 以上の明るさのある状況で撮影すること。	○	屋内照明点灯および日照採光にて実施
4	2枚のプレートの中間地点が画像の中心となること。	○	撮影用アプリの補助ラインに合わせて撮影
5	画素分解能は0.05 mm/pix 以下が望ましい。	○	全画像を 0.05 mm/pix 以下で撮影

2. 計測結果

初回の撮影時をひびわれ幅 0 mm として、ひびわれ幅の間隔を変更しながら 6 mm まで、合計23回の撮影を実施した。その画像から開発者により得られた計測結果を「計測値」とし、レーザー変位計の表示値を「評価値」として、両者を比較した結果を図-1、2 に示す。

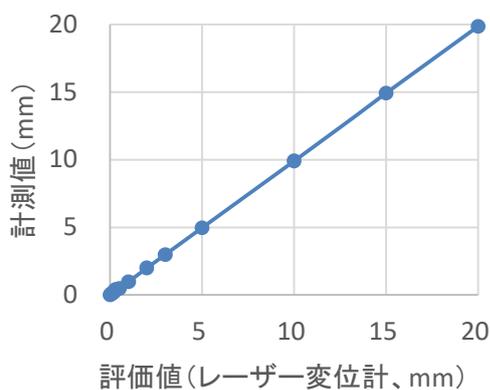


図-1 開発者による計測結果と評価値との比較

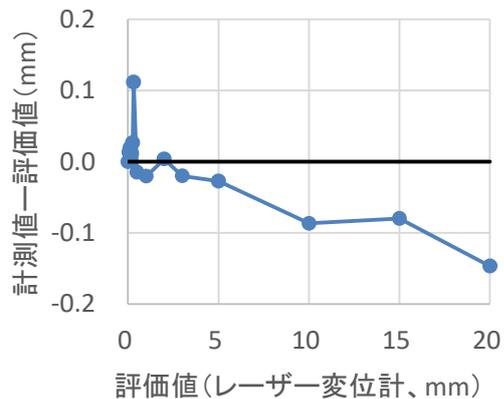


図-2 開発者による計測結果の評価値に対する差異

3. 開発者による計測性能の検証

性能カタログに記載した計測性能を確保できていることを確認した(表-2)。

表-2 計測カタログに記載した計測性能の検証結果

性能カタログ 該当項目	性能カタログ 性能値	性能 達成状況	詳細
計測精度	計測誤差 0.2 mm 以下	○	計測誤差の絶対値の最大値 0.147 mm (< 0.2 mm)
計測レンジ (計測範囲)	プレート間隔 0 mm ~ 20 mm	○	0 mm ~ 20 mm で計測し、 所定誤差に収まった
分解能	0.05 mm	○	0 mm ~ 0.3mm で 0.05 mm 刻みで計測し、 所定誤差に収まった

技術番号 BR030067

技術名 GNSSを用いた橋梁の変位検知技術 開発者名 坂田電機株式会社

試験日 令和3年 2 月 3 日 天候 晴 気温 8 °C 風速 2 m/s

試験場所 坂田電機株式会社 社屋屋上 構造物名 -

カタログ分類 計測・モニタリング技術 カタログ 検出項目 変位量 試験区分 -

試験で確認する
カタログ項目 計測精度(性能値)

対象構造物の概要



写真1 試験場所



写真2 設置状況

- ① 試験装置として組んだ単管にGNSSを用いた変位検知装置(GNSSアンテナ2台、解析装置)を取り付ける。
- ② 5分間隔で測定を実施し、数日間データを取得し、変位量および安定性を確認する。
- ③ GNSSアンテナの1台を水平方向および鉛直方向に50mm移動させた。移動量はトータルステーションで測量した。
- ④ 移動させた後、数日間データを取得する。アンテナをさらに100mmまで移動させる。
- ⑤ スマートフォン・タブレット等のブラウザで、サーバにアップロードされたデータを確認する。

開発者による計測機器の設置状況

※計測機器の設置状況が分かるように、写真や図で示すこと



写真3 設置状況



写真6 GNSSアンテナ
移動させたのは手前の
アンテナ

写真4
解析装置
収納状態



写真5 解析装置

GNSSアンテナの上空視界を遮らないように試験を実施した。LTE通信圏内であることを確認して試験を実施した。

移動前の座標を初期値とした計測データを下図に示す。

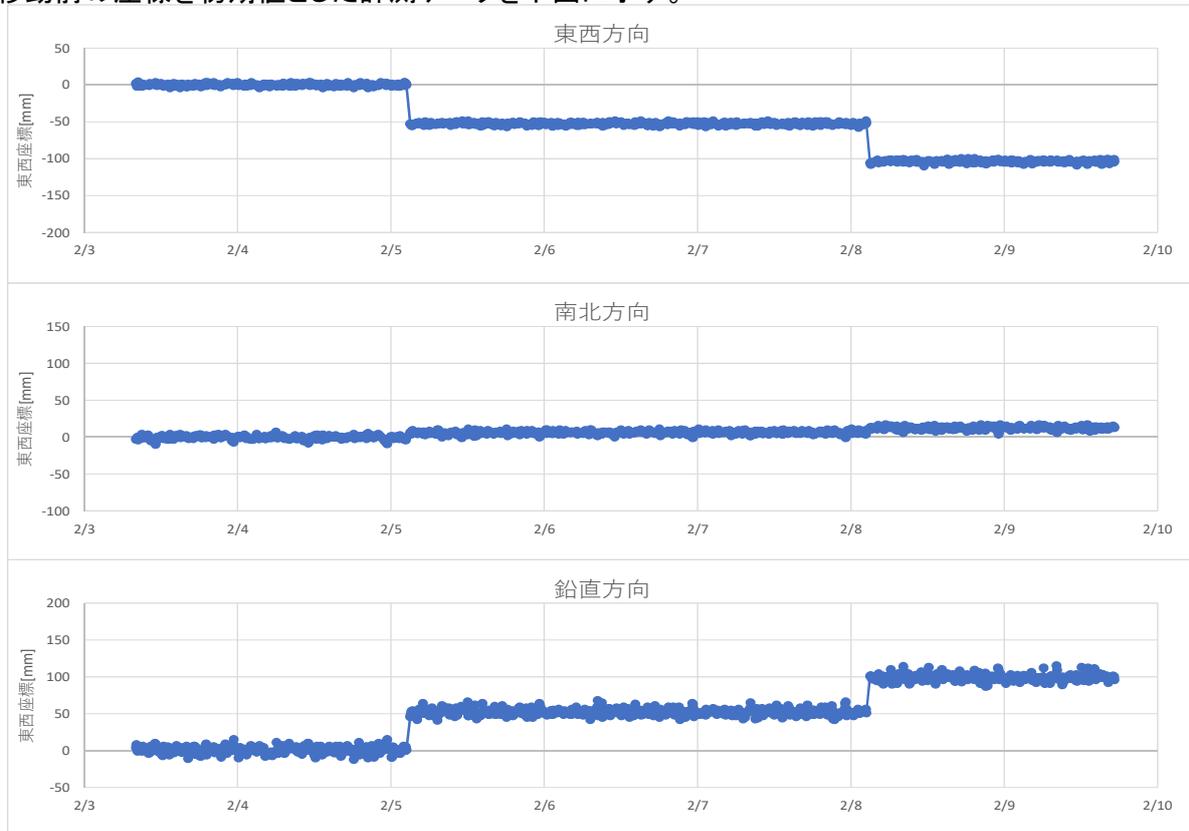


図1 計測結果

トータルステーションで測量した移動量とGNSSによる変位検知装置で計測した変位量を比較した結果を下表に示す。

表1 トータルステーションとの比較結果結果

	トータルステーションによる 測量で求めた移動量 (mm)			GNSS変位検知装置で求めた変位量 (mm) (30分間6データの平均値)			採用データ日時
	東西	南北	鉛直	東西	南北	鉛直	
移動前	0.0	0.0	0.0	0.4	0.7	-0.7	2/3 12:00 - 12:30
50mm移動	-53.9	6.2	50.0	-52.4	6.7	56.3	2/5 12:00 - 12:30
100mm移動	-100.2	12.6	100.0	-103.2	12.5	101.8	2/8 12:00 - 12:30

技術番号 BR030067

技術名 GNSSを用いた橋梁の変位検知技術

開発者名 坂田電機株式会社

試験日 令和6年 12月 4日

天候 晴れ

気温 11.6 °C

風速 1.0 m/s

試験場所 福島ロボットテストフィールド

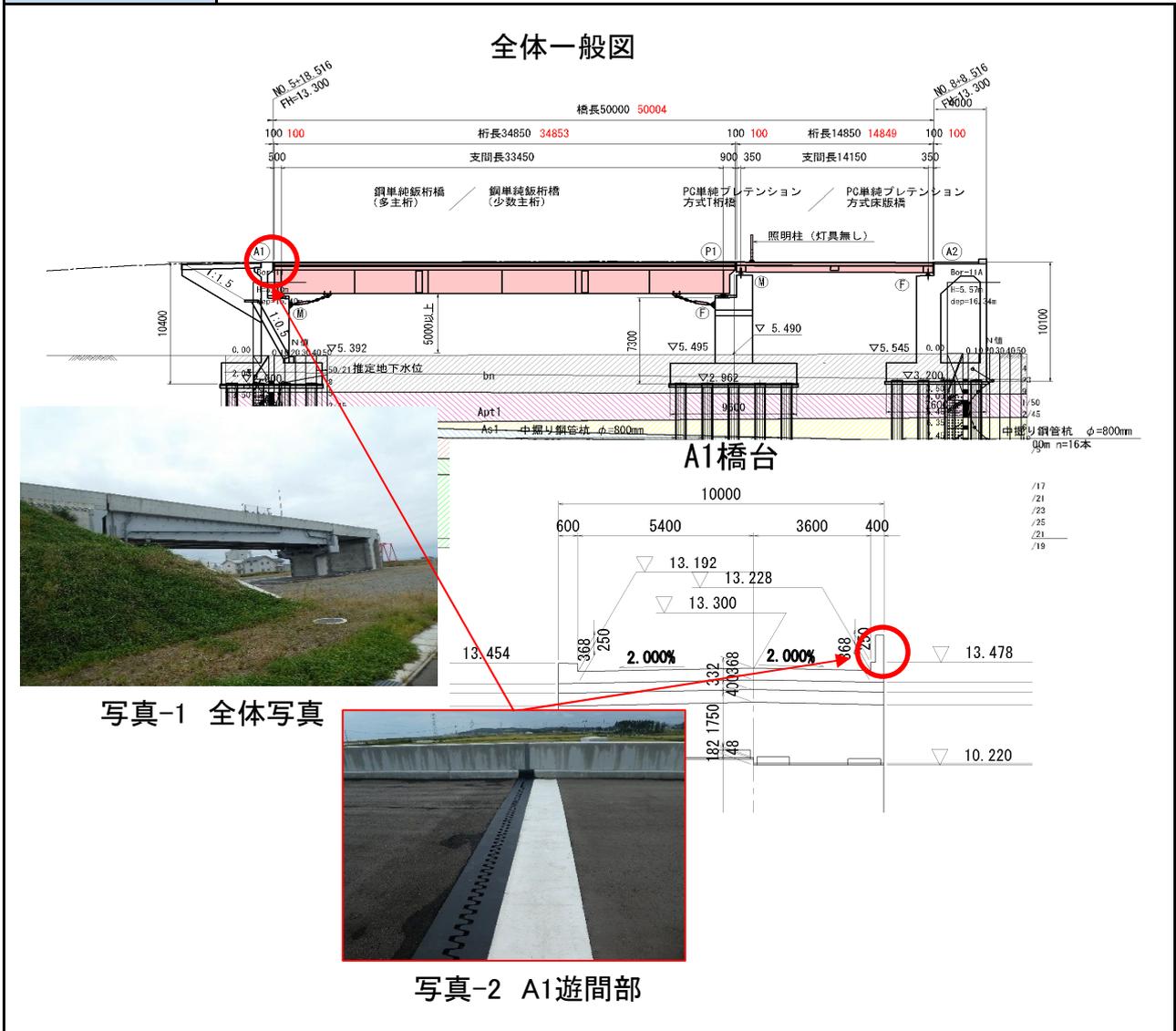
カタログ分類 計測・モニタリング技術 カタログ

検出項目 遊間の異常

試験区分 現場試験

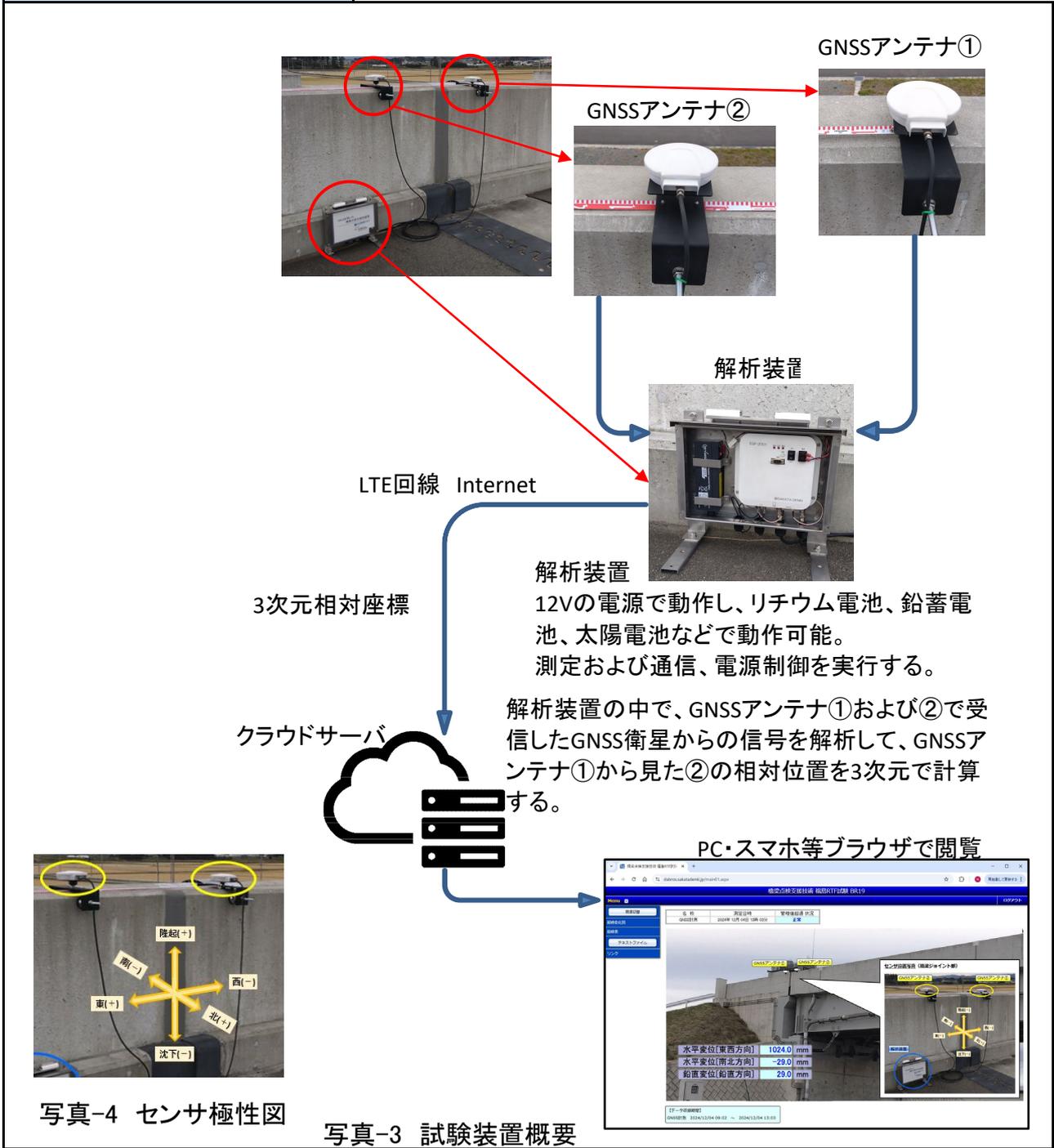
試験で確認する
カタログ項目 動作確認
(精度以外)

対象構造物の概要



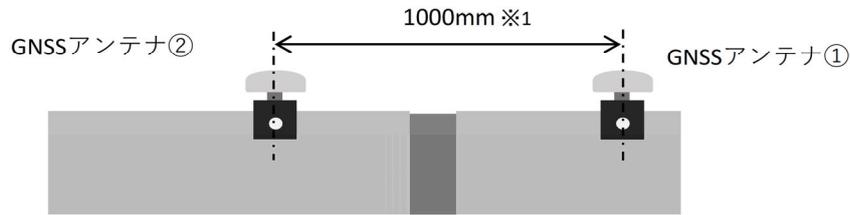
試験方法(手順)	技術番号	BR030067
① GNSSアンテナ①、②の設置(写真-3)		
② GNSSアンテナ①、②を解析装置に有線接続する。(写真-3)		
③ 計測結果をクラウドサーバーに送信し、PC・スマホ等ブラウザで閲覧(確認)する。(写真-3)		
④ GNSSアンテナ①、②の間隔を1mとした状態で測定する。		
⑤ ④の設置間隔から50mm、30mmそれぞれ広げた状態で想定して測定した。		

開発者による計測機器の設置状況



計測結果の比較

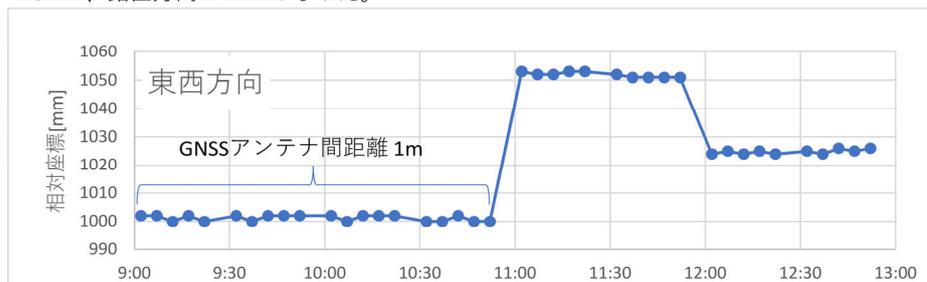
① 実施概要



- ・ GNSSアンテナ間距離を東西に1mになるように配置。
- ・ 測定は1回あたり5分、5回25分測定後に5分間休止のパターンを繰り返す。
- ・ 通信は測定直後に実施。

試験結果(①)

- ・ GNSSアンテナ間距離を東西に1mになるように設置して得られた測定結果は、平均1001.2mm※2であった。
- ・ 約2時間にわたり測定した結果、測定値のばらつき※3は、東西方向1.9mm、南北方向1.3mm、鉛直方向2.4mmとなった。



測定データ(①)

全測定データ (移動前)

単位	mm	mm	mm	-	V	°C
日付	東西方向	南北方向	鉛直方向	衛星数	電源電圧	基板温度
2024/12/4 9:02	1002	-28	27	8	12.35	13.25
2024/12/4 9:07	1002	-28	28	9	12.31	14.50
2024/12/4 9:12	1000	-29	29	10	12.33	15.43
2024/12/4 9:17	1002	-28	27	9	12.33	16.18
2024/12/4 9:22	1000	-28	27	7	12.33	16.81
2024/12/4 9:32	1002	-28	26	9	12.38	16.37
2024/12/4 9:37	1000	-28	25	7	12.34	17.12
2024/12/4 9:42	1002	-28	25	8	12.36	17.50
2024/12/4 9:47	1002	-27	28	8	12.33	17.93
2024/12/4 9:52	1002	-26	28	7	12.35	18.18
2024/12/4 10:02	1002	-28	30	7	12.39	17.43
2024/12/4 10:07	1000	-27	27	8	12.35	17.93
2024/12/4 10:12	1002	-27	29	8	12.34	18.43
2024/12/4 10:17	1002	-27	28	8	12.36	18.75
2024/12/4 10:22	1002	-27	26	8	12.35	19.00
2024/12/4 10:32	1000	-28	28	8	12.39	18.25
2024/12/4 10:37	1000	-28	28	8	12.35	18.75
2024/12/4 10:42	1002	-27	27	8	12.35	19.00
2024/12/4 10:47	1000	-28	27	8	12.35	19.25
2024/12/4 10:52	1000	-28	28	8	12.35	19.43
平均 (mm)※2	1001.2	-27.7	27.4			
ばらつき1.96σ (mm)※3	1.9	1.3	2.4			

※1 コンベックスにて測定

※2 平均値は次式で計算

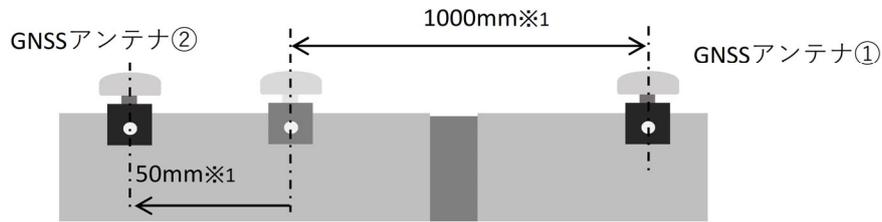
$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

※3 ばらつきは次式で計算

$$1.96\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2} \times 1.96$$

計測結果の比較

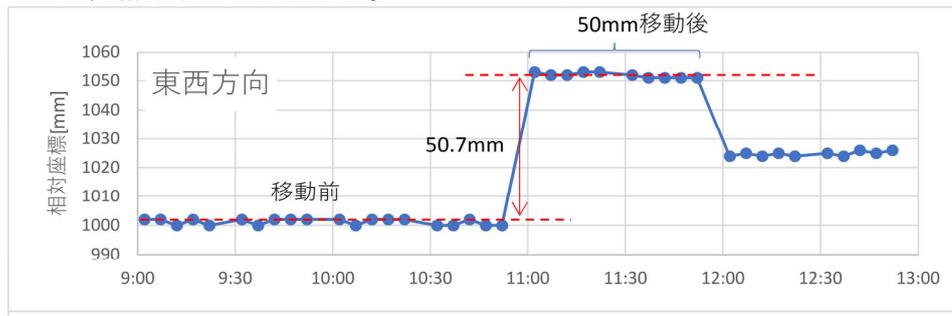
② 実施概要



- ・アンテナ②を50mm東に移動させて測定。
- ・測定は1回あたり5分、5回25分測定後に5分間休止のパターンを繰り返す。
- ・通信は測定直後に実施。

試験結果(②)

- ・アンテナ②を移動させる前の平均値は1001.2mm※2、50mm移動後の平均値は1051.9mm※2であり、差は50.7mmの移動となった。
- ・約1時間にわたり測定した結果、測定値のばらつき※3は、東西方向1.6mm、南北方向1.6mm、鉛直方向3.4mmとなった。



測定データ(②)

全測定データ (50mm移動後)

単位	mm	mm	mm	-	V	°C
日付	東西方向	南北方向	鉛直方向	衛星数	電源電圧	基板温度
2024/12/4 11:02	1053	-30	30	8	12.38	18.43
2024/12/4 11:07	1052	-30	29	8	12.34	18.81
2024/12/4 11:12	1052	-29	29	9	12.34	19.12
2024/12/4 11:17	1053	-29	24	8	12.34	19.37
2024/12/4 11:22	1053	-30	26	7	12.34	19.56
2024/12/4 11:32	1052	-28	27	8	12.37	18.56
2024/12/4 11:37	1051	-28	26	8	12.33	19.00
2024/12/4 11:42	1051	-29	26	9	12.32	19.37
2024/12/4 11:47	1051	-30	27	9	12.32	19.62
2024/12/4 11:52	1051	-28	26	9	12.33	19.68
平均 (mm)※2	1051.9	-29.1	27.0			
ばらつき1.96σ (mm)※3	1.6	1.6	3.4			

※1 コンベックスにて測定

※2 平均値は次式で計算

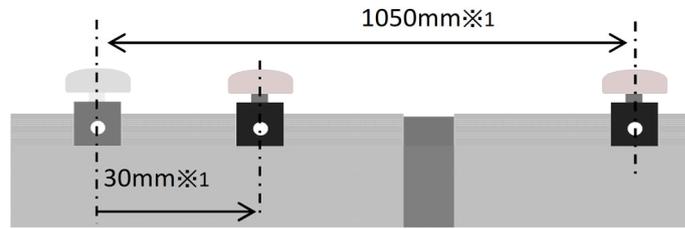
$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

※3 ばらつきは次式で計算

$$1.96\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2} \times 1.96$$

計測結果の比較

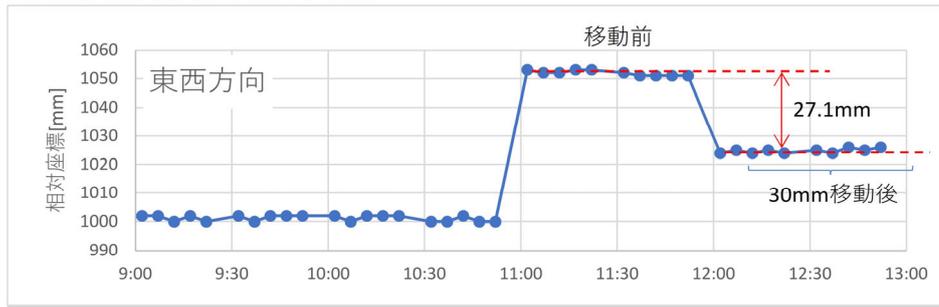
③ 実施概要



- ・ アンテナ②を30mm西に移動させて測定。
- ・ 測定は1回あたり5分、5回25分測定後に5分間休止のパターンを繰り返す。
- ・ 通信は測定直後に実施。

試験結果(③)

- ・ アンテナ②を移動させる前の平均値は1051.9mm※2、30mm移動後の平均値は1024.8mm※2であり、差は27.1mmであった。
- ・ 約2時間にわたり測定した結果、測定値のばらつき※3は、東西方向1.5mm、南北方向1.4mm、鉛直方向1.7mmとなった。



測定データ(③)

全測定データ (30mm移動後)

単位	mm	mm	mm	-	V	°C
日付	東西方向	南北方向	鉛直方向	衛星数	電源電圧	基板温度
2024/12/4 12:02	1024	-29	27	8	12.36	18.68
2024/12/4 12:07	1025	-28	26	7	12.31	19.12
2024/12/4 12:12	1024	-30	28	7	12.32	19.56
2024/12/4 12:17	1025	-28	26	8	12.31	19.68
2024/12/4 12:22	1024	-30	29	8	12.31	19.87
2024/12/4 12:32	1025	-29	27	8	12.35	19.00
2024/12/4 12:37	1024	-29	27	8	12.31	19.31
2024/12/4 12:42	1026	-29	27	8	12.32	19.56
2024/12/4 12:47	1025	-29	28	8	12.30	19.81
2024/12/4 12:52	1026	-28	27	7	12.29	19.87
平均 (mm)※2	1024.8	-28.9	27.2			
ばらつき1.96σ (mm)※3	1.5	1.4	1.7			

※1 コンベックスにて測定

※2 平均値は次式で計算

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

※3 ばらつきは次式で計算

$$1.96\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2} \times 1.96$$

技術番号 BR030068

技術名 ポータブルレーザスキャナによる形状計測・地盤面抽出技術 開発者名 株式会社ベイシスコンサルティング 株式会社マブリィ

試験日 令和7年 2 月 10 日 天候 晴れ 気温 8 °C 風速 0 m/s

試験場所 市道橋(兵庫県) 構造物名 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 形状寸法 試験区分 現場試験

試験で確認する
カタログ項目 計測精度(性能値)

対象構造物の概要

表1 試験対象橋 諸元

道路規格	市道橋
橋長	32m
全幅員	12m
構造形式	鋼版桁橋(耐候製鋼材)
検査対象	橋台背面(伸縮装置長さ)・橋台寸法



起点から終点全景



下部工及び袖壁部

- ① 機材準備(ポータブルスキャナ・SDカード・レシーバ・三脚)
- ② 点群取得(計測対象周辺を徒歩及び3脚固定にて計測記録) [写真①、写真②]
- ③ 計測箇所の実測(コンベックスにより出来形実測) [写真③]
- ④ 保存データの出力(SDカードによりPC端末に取り込み)
- ⑤ 点群データから寸法の計測する [写真④、写真⑤]

開発者による計測機器の設置状況

※計測機器の設置状況が分かるように、写真や図で示すこと



(桁下・橋台部計測)

写真① 徒歩による3次元点群計測状況



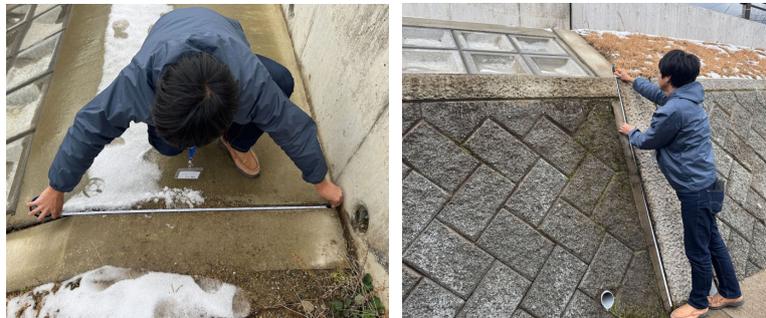
(路面・橋梁背面(伸縮部)計測)

写真② 3脚併用による3次元点群計測状況

比較対象を得るため、
立会者による計測機器の設置状況

「検証比較の正值取得」

- ・コンベックスにより部材寸法を
直接計測を行う



写真③ 寸法実測状況

①性能(精度・信頼性)を確保するための条件

- ・ 計測箇所の表面が湿潤状態(水たまり)の場合、レーザ反射が水面を捉える場合があり、点群形状に誤差が生じる可能性があるため、雨天は実施しない
- ・ 道路上の計測時に車両が機器の直近を通過する場合、移動中の車両が3次元点群に映り込みモデルが崩れるため機器の設置時に交通状態を確認して計測を開始する
- ・ 橋の側方、橋台部分に植生が繁茂している場合、地表面の形状計測の誤差の要因となる

②本試験時の条件

- ・ 本試験時の条件は表2に示すとおりである。

表2 試験時の条件

天候	晴れ(前日も雨天でない)
現場条件	桁下2.5mあり容易に徒歩で踏査できる橋梁である
交通量	路面の計測は交通量が少ない時間帯に計測した
計測時間	A1橋台 徒歩により5分間計測/ 路面A1側 三脚固定5分・徒歩5分計測

③試験の比較

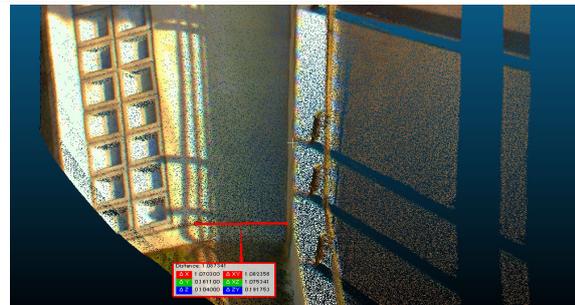
- ・ 計測結果を表3に示す。

表3 試験結果

計測箇所		実測	試験結果	差
路面	縁石内寸	7.953	7.951	0.002
	道路白線幅	0.570	0.561	0.009
橋台	袖壁天端幅	1.100	1.087	0.013

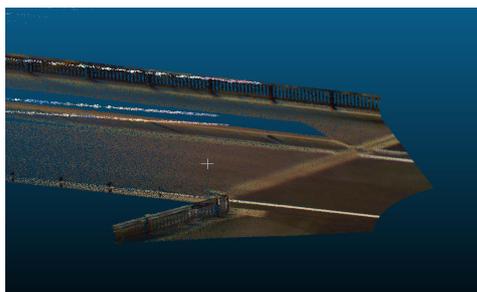


3D点群モデル

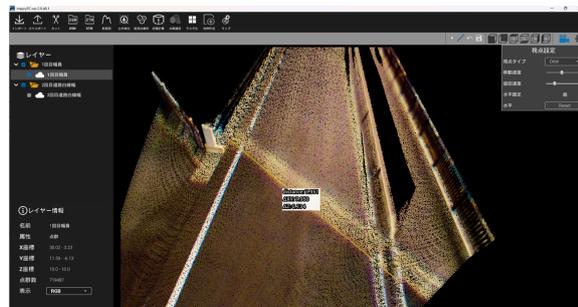


形状寸法計測

写真④ 橋台(袖壁部天端幅)



3D点群モデル



形状寸法計測

写真⑤ 橋梁背面部(伸縮装置長さ車道部)

技術番号 BR030068

技術名 ポータブルレーザスキャナによる形状計測・地盤面抽出技術

開発者名 株式会社ベイシスコンサルティング

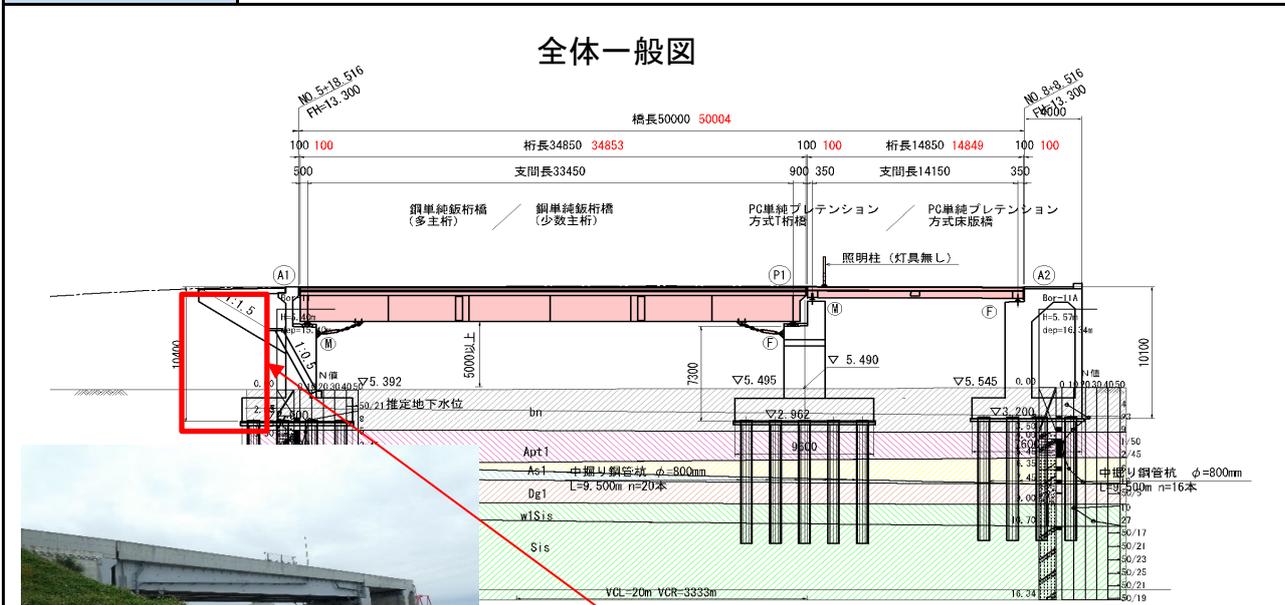
試験日 令和6年 12月 6日 天候 晴れ 気温 10.9 °C 風速 8.2 m/s

試験場所 福島ロボットテストフィールド

カタログ分類 計測・モニタリング技術 カタログ 検出項目 3次元座標 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(ポータブルレーザースキャナ、スマートフォン)(写真-3)

② ブロック配置①(写真-4)

③ ブロック配置②(写真-5)

④ 測定状況(写真-6)

⑤ 測定状況(写真-7)(写真-8)

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



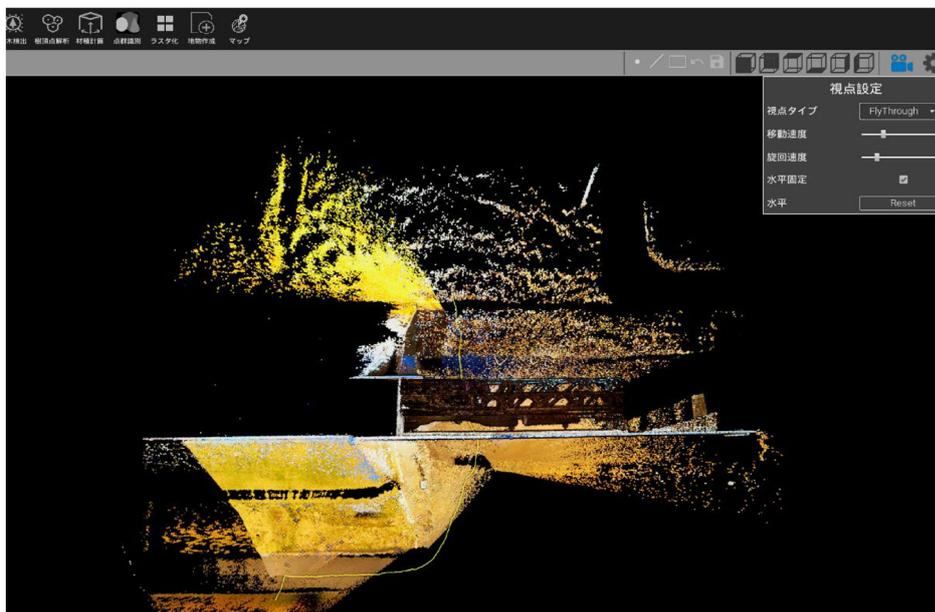
写真-7



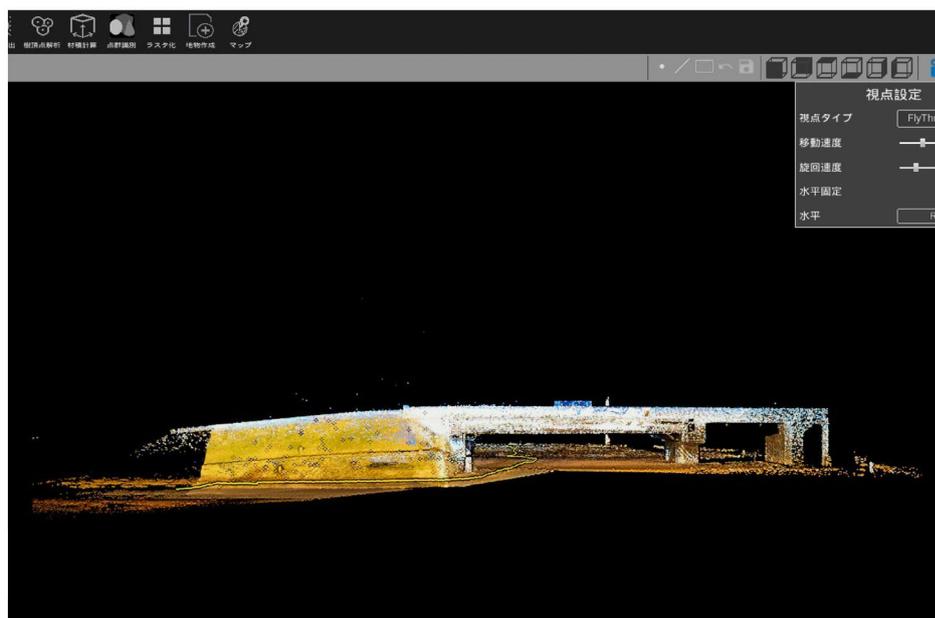
写真-8

計測結果

(1) 計測範囲



平面形状



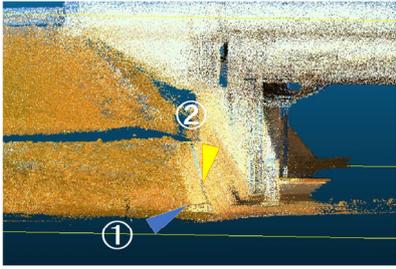
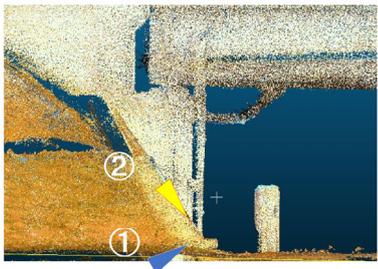
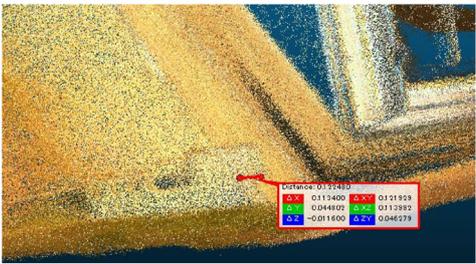
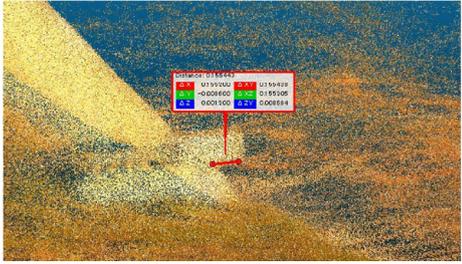
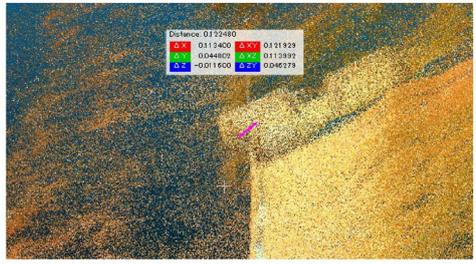
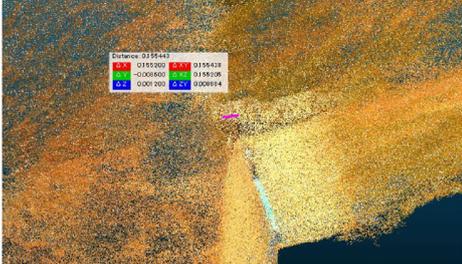
側面形状

撮影範囲の目安値

撮影 範囲	延長 (橋軸方向)	29.4 m
	幅員 (橋軸直角方向)	47 m
	高さ (橋面方向)	0 m

(2) 着目箇所の寸法形状

ブロック設置のズレ箇所に着目した結果

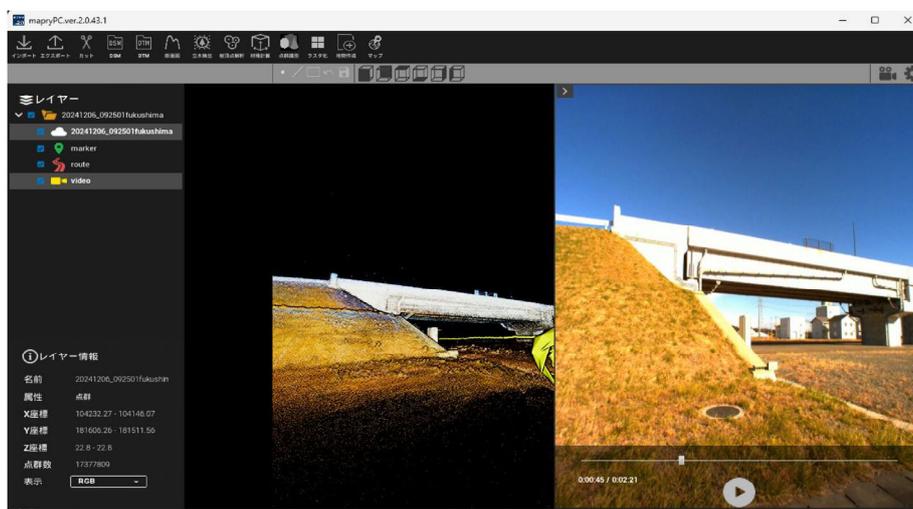
	B1	B2
俯瞰		
① 正面 方向		
② 見下げ 方向		

検証値	No.	説明	ブロックはみだし量	単位
	B1	ブロック撮影1回目	11.3	cm
	B2	ブロック撮影2回目	15.5	
	差	橋軸方向への差分	4.2	

真値	No.	説明	ブロックはみだし量	単位
	B1	ブロック撮影1回目		cm
	B2	ブロック撮影2回目		
	差	橋軸方向への差分	0	

(3) データの出力方式計測の特徴

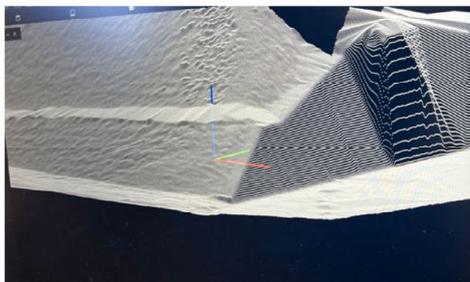
本技術で可能な表示方法



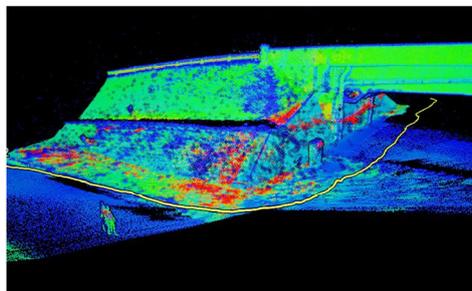
[説明]

・移動しながら点群・動画、機材位置情報を取得している。
左画面は、点群と歩いた軌跡ルートが表示され、右画面には動画が表示される。
どちらかの画面上をクリックすると、左右画面が連動する仕組みとなっている。

その他 提出例



地表面抽出
(樹木等を除去し
地表面を抽出するもの)



反射強度表示
(点群密度の取得程度を示す)

技術番号 BR030069

技術名 ハンディスキャナによる点検支援技術(斜面形状等)

開発者名 コンピュータ・システム株式会社

試験日 令和6年 12月 6日

天候 晴れ

気温 10.9 °C

風速 8.2 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 計測・モニタリング技術 カタログ

検出項目 3次元座標

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

全体一般図

橋長50000 50004

桁長34850 34853 桁長14850 14849

支間長33450 支間長14150

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

照明柱 (灯具無し)

写真-1 全体写真

写真-2 測定範囲

① 機器の搬入(ハンディレーザースキャナ、タブレット)(写真-3)

② 装着状況(写真-4)

③ ブロック配置①(写真-5)

④ ブロック配置②(写真-6)

⑤ 測定状況(写真-7)(写真-8)

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



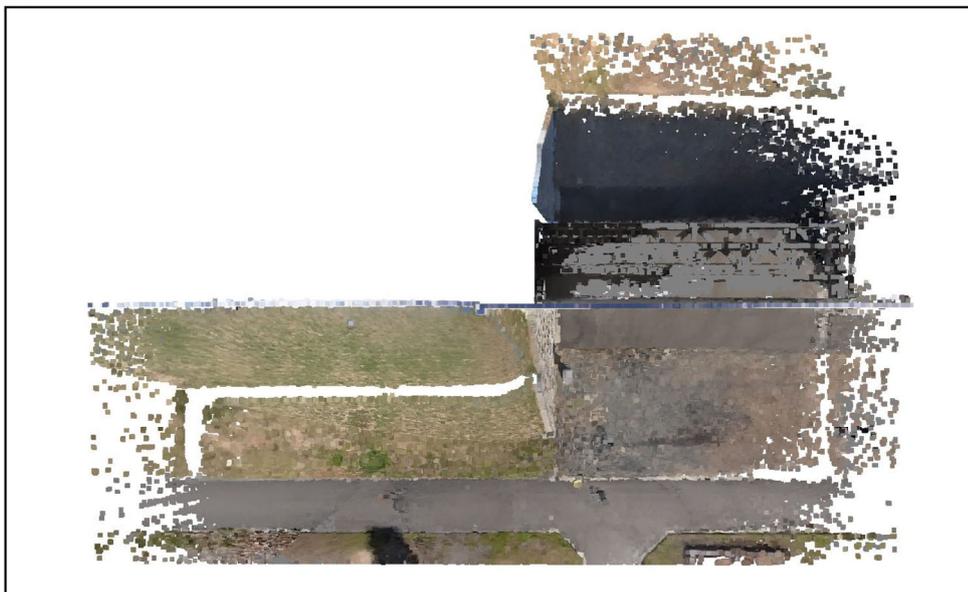
写真-7



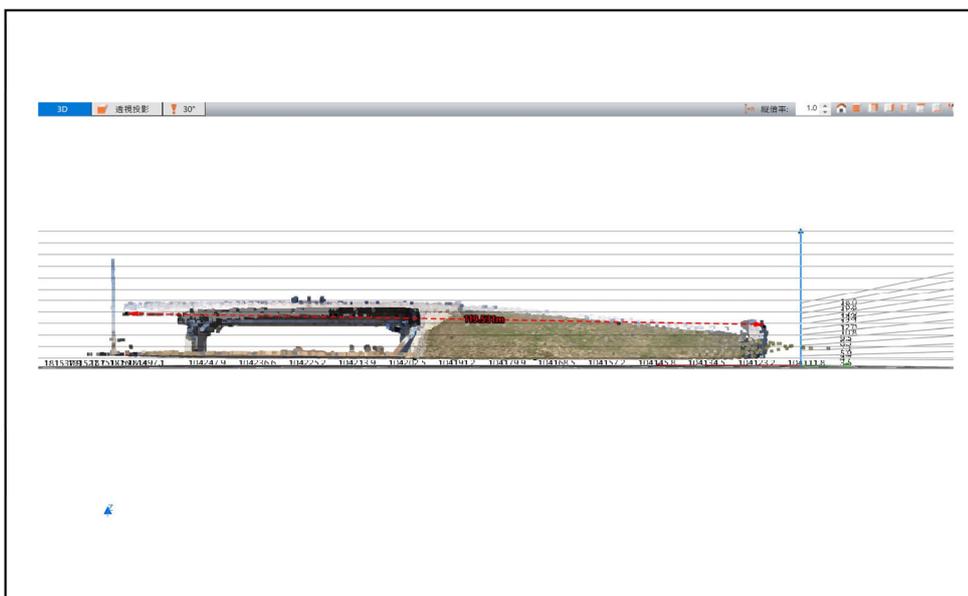
写真-8

計測結果

(1) 計測範囲



平面形状



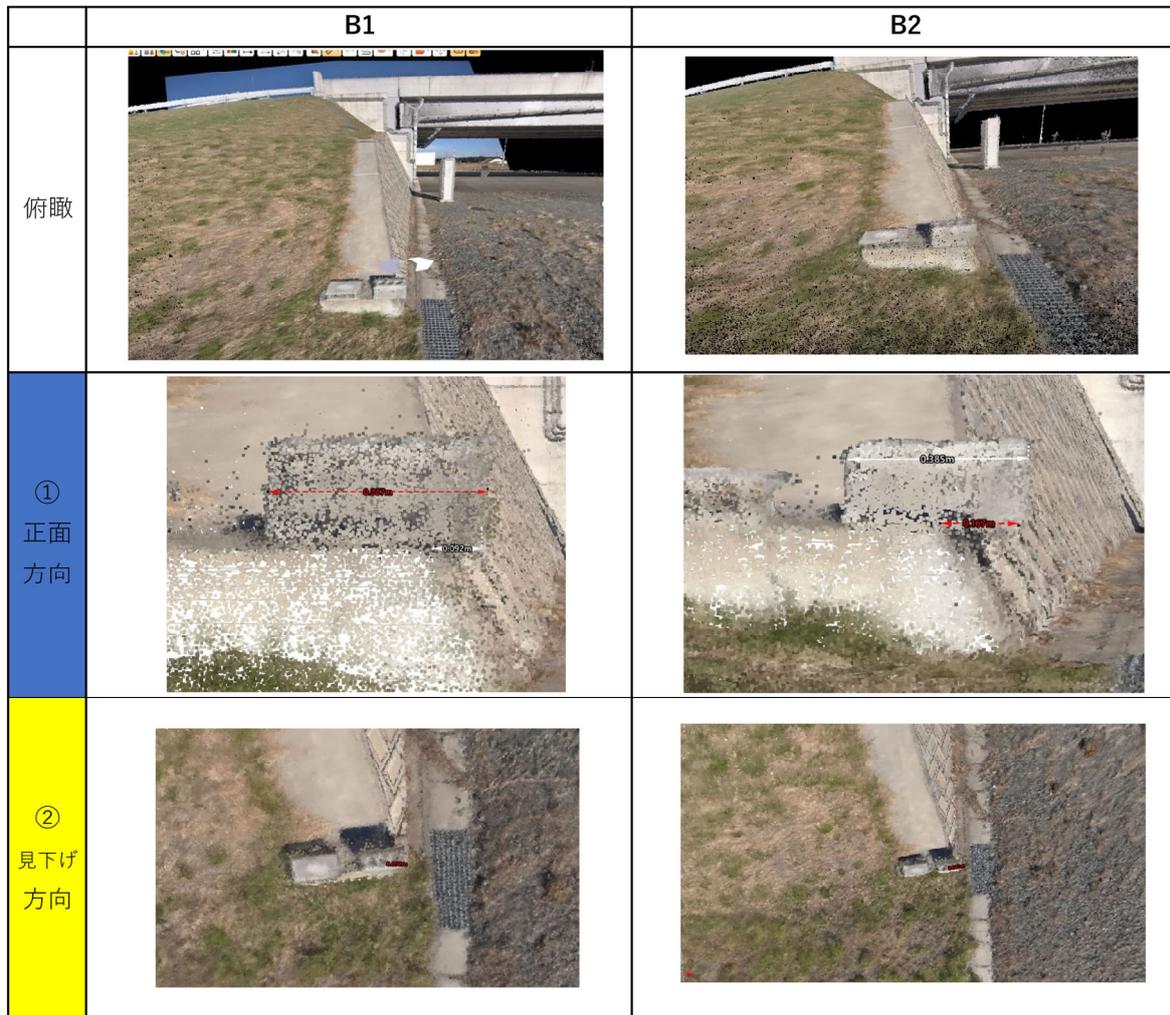
側面形状

撮影範囲の目安値

撮影 範囲	延長 (橋軸方向)	119.531 m
	幅員 (橋軸直角方向)	47 m
	高さ (橋面方向)	0 m

(2) 着目箇所の寸法形状

ブロック設置のズレ箇所に着目した結果



検証値	No.	説明	ブロックはみだし量	単位
	B1	ブロック撮影1回目	9.2	cm
	B2	ブロック撮影2回目	16.7	
	差	橋軸方向への差分	7.5	

真値	No.	説明	ブロックはみだし量	単位
	B1	ブロック撮影1回目	10	cm
	B2	ブロック撮影2回目	16	
	差	橋軸方向への差分	6	

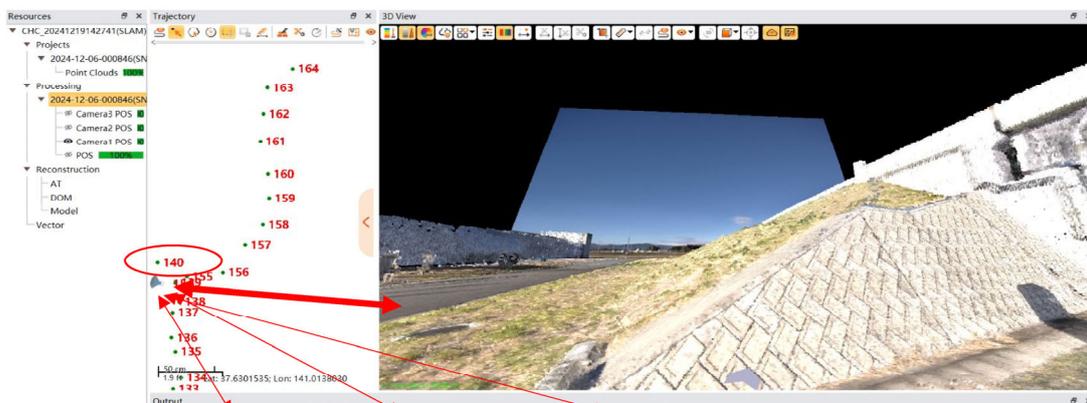
(3) データの出力方式計測の特徴

本技術で可能な表示方法



[説明]

- ・移動しながら点群・動画、機材位置情報を取得している。
- 左画面は、点群と歩いた軌跡ルートが表示され、右画面には点群データが表示される。
- どちらかの画面上をクリックすると、左右画面が連動する仕組みとなっている。



[説明]

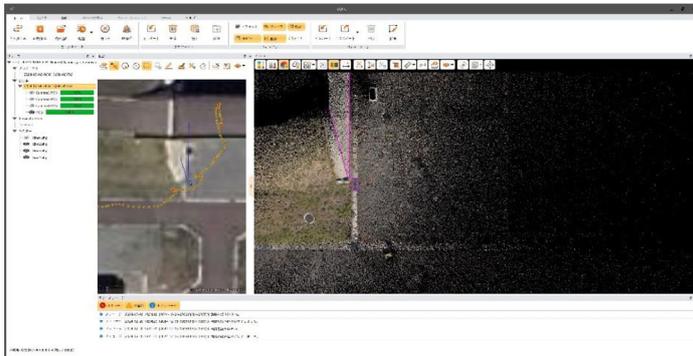
- ・機器本体搭載カメラ3基で2枚/秒で写真データを取得しています。

[説明]

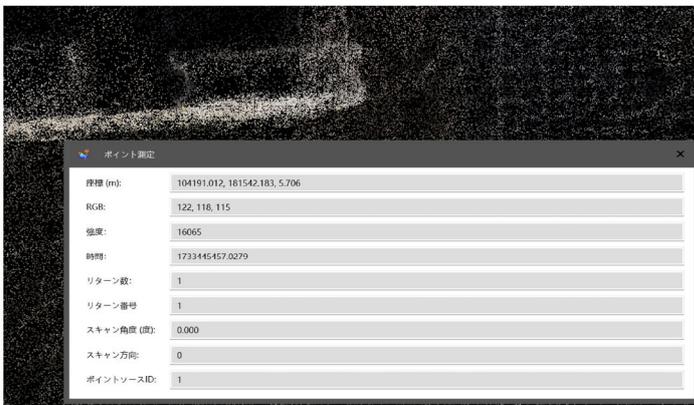
- ・点群データ取得時、同時に写真データを移動軌跡とともに取得している。
- ・(例：ポイント140を選択すると、その場所の写真データを閲覧できる。)

(3) データの出力方式計測の特徴

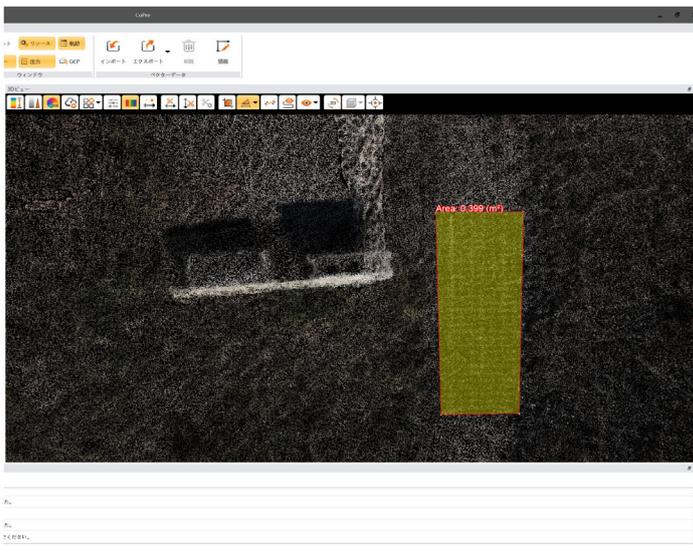
その他 提出例



描画(トレース)DXF等で出力できる。



ポイント計測ができる。



面積測定ができる。

技術番号 BR030069

技術名 ハンディスキャナによる点検支援技術 開発者名 コンピュータ・システム株式会社

試験日 令和7年 2 月 12 日 天候 曇り 気温 6 °C 風速 1.5 m/s

試験場所 実橋(京都府) 構造物名 橋梁

カタログ分類 計測・モニタリング技術(橋梁) カタログ 検出項目 斜面形状 試験区分 -

※試験で複数のカタログ項目の確認を行う場合、これ以降の各事項をカタログ項目ごとに記載すること

試験で確認する
カタログ項目 計測精度(性能値)

対象構造物の概要

※対象構造物の一般図、全体写真、計測対象となる部位・部材の写真を記載すること

1.対象橋梁の概要

構造形式:2径間連続鋼鈹桁橋

橋長:52.0m

幅員:4.0m

架設年度:1990年

定期点検実施年月日:2023.1.18

定期点検時の判定区分:Ⅱ

起点

終点



終点

起点



- ① 基準点座標測定のため機器設置(GNSSスタティック観測及びトータルステーション観測)
- ② 座標解析ソフトを使用して、座標値算出
- ③ RS10測定
- ④ 計測終了後、点群データを基に解析ソフトを使用し、基準点座標とRS10座標との差分を算出する。

開発者による計測機器の設置状況

※計測機器の設置状況が分かるように、写真や図で示すこと

1. 機器の構成と設置

- ① GNSS測量機 × 3台設置
- ② データ収集装置 × 1台
- ③ 観測



既設基準点(公共基準点1)



①③GNSS測量機(点名:)



①③GNSS測量機(点名:)



①③GNSS測量機(点名:)

比較対象を得るため、
立会者による計測機器の設置状況

※計測機器の設置状況が分かるように、写真や図で示すこと

1. 機器の構成と設置

- ① 計測機器装備
- ② 観測



①計測機器装



①計測機器装



①計測機器装



②観測



②観測



②観測

技術番号 BR030070

技術名 魚群探知機を用いた橋梁基礎の洗掘計測技術「Nソナー」 開発者名 中央開発株式会社

試験日 令和6年 12月 12日 天候 晴れ 気温 3.1 °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 計測・モニタリング技術 カタログ 検出項目 洗掘 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
可動範囲
計測精度

対象構造物の概要

・水槽内の底部に形状を計測するためのコンクリートブロックを設置(図-1,写真-1,2)

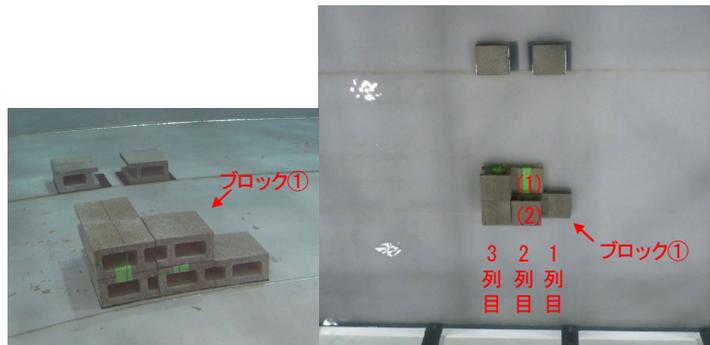
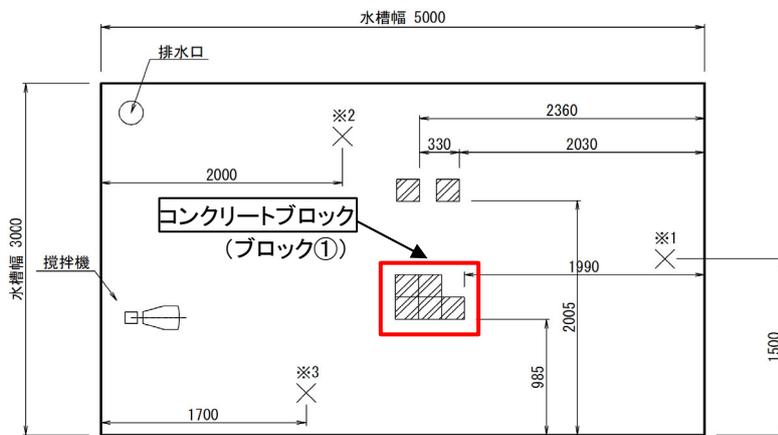


写真-1 小水槽(満水時)

写真-2 コンクリートブロック設置

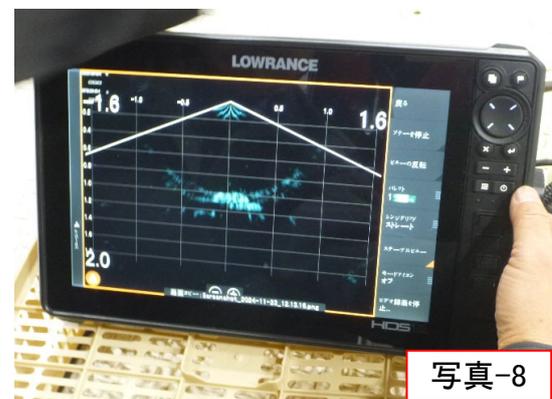
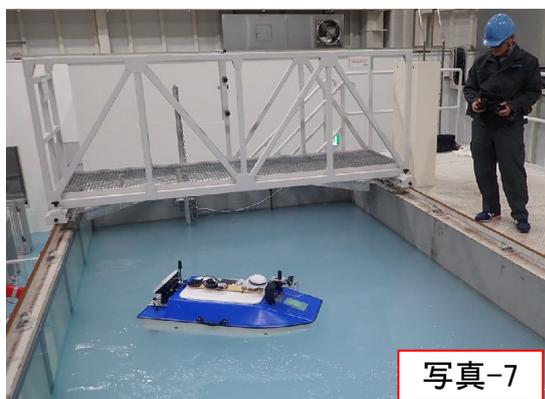
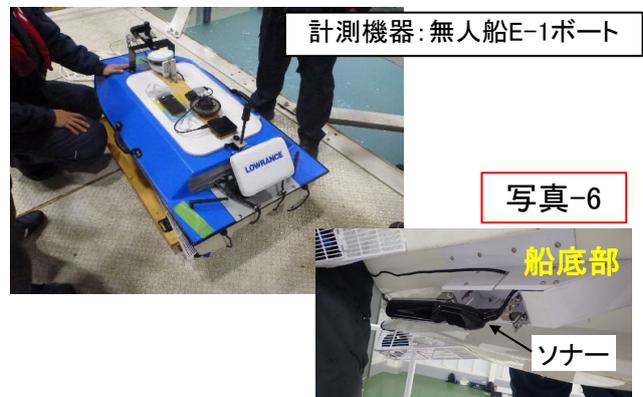
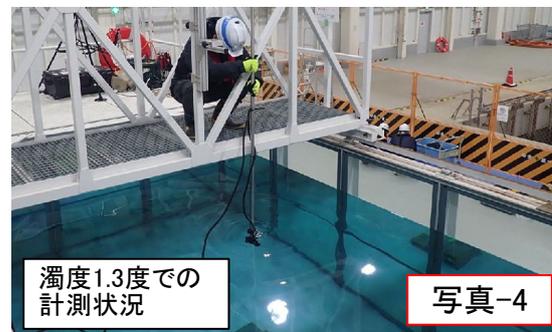


- × : 水流と濁度計の計測位置
- 水流無し、カオリン無し
 - ※1 濁度計測 1.26NTU
 - ※2 濁度計測 2.03NTU
 - ※3 濁度計測 0.49NTU
 - 水流あり、カオリンあり
 - ※1 濁度計測 50.8NTU
流速計測 0.191m/s
 - ※2 濁度計測 50.1NTU
流速計測 0.190m/s
 - ※3 濁度計測 48.8NTU
流速計測 0.038m/s
- 平均1.3NTU
- 平均49.9NTU
- 平均0.14m/s

図-1 小水槽平面図

- ① 本技術はRTK-GNSSが機能することを前提としており、屋内ではGNSSを受信できないことから、計測機器に搭載しているソナーをポールに取り付け、それを使用し計測精度の試験を行う(写真-3)
- ② 流速なし(流速0m/s)、濁度なし(濁度1.3度)の条件で、水槽底部に設置されたコンクリートブロック(ブロック①)の形状を計測(写真-4)
- ③ 流速装置(攪拌機)を使用し流速0.14m/s、濁度あり(濁度49.9度)の条件で、水槽底部に設置されたコンクリートブロック(ブロック①)の形状を計測(写真-5)
- ④ 計測機器(無人船E-1ポート)の準備を行い、計測機器を水槽内に着水(写真-6)
- ⑤ 進入可能性能、可動範囲の確認(写真-7)
- ⑥ 後日、解析結果からブロックの形状を確認

開発者による計測機器の設置状況



※進入可能性能



写真-9 進入可能性能の検証(小水槽の寸法)

水深1.86mで、W3.0m × H2.3m × L5.0mの空間において、進入可能かを確認する。

※可動範囲

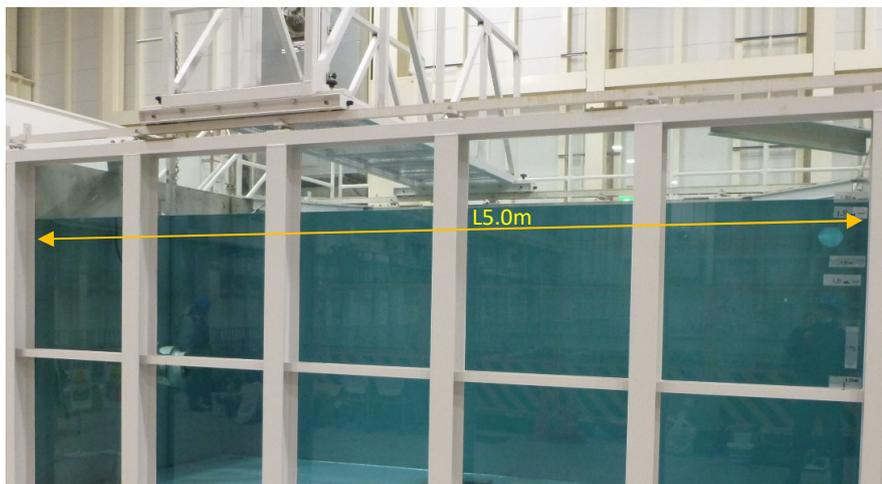


写真-10 可動範囲の検証(小水槽の延長)

水槽の延長5.0mを可動可能かを確認する。

※計測精度

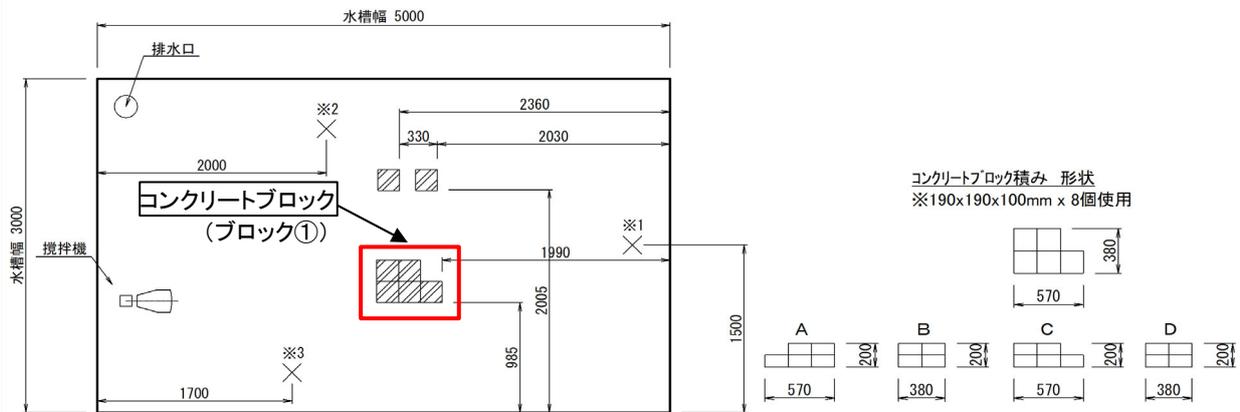


図-2 コンクリートブロック設置位置

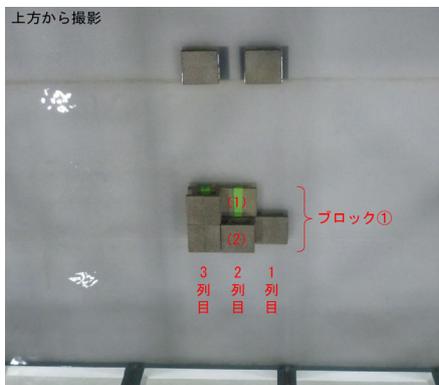
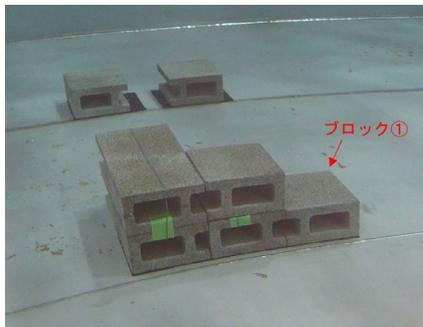
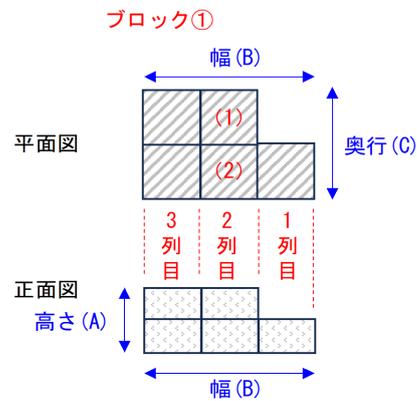


写真-11 コンクリートブロック設置



ブロック①	高さ(A)	幅(B)	奥行(C)
1列目	0.10 m	0.19 m	0.19 m
ブロック①	高さ(A)	幅(B)	奥行(C)
2列目 (1)	0.10 m	0.19 m	0.19 m
ブロック①	高さ(A)	幅(B)	奥行(C)
2列目 (2)	0.20 m	0.19 m	0.19 m
ブロック①	高さ(A)	幅(B)	奥行(C)
3列目	0.20 m	0.19 m	0.38 m

図-3 コンクリートブロック寸法(真値)



写真-12 濁度材投入状況



写真-13 流速装置(攪拌機)

計測条件

計測1回目: 流速0m/s, 濁度1.3度

計測2回目: 流速0.14m/s, 濁度49.9度

コンクリートブロックの形状を上記条件で計測し、真値との誤差を計測精度とする。

※計測結果

・進入可能性

水槽内W3.0m×H2.3m×L5.0m(水深1.86m)の空間を進入可能

・可動範囲

水槽内5.0m範囲 動作可能

操縦者から計測機器(無人船E-1ボート)までの距離 約2~5m

・計測精度

ブロック① 1列目	リファレンス(m)			当該技術(m)			差分(m)		
	高さ(A)	幅(B)	奥行(C)	高さ(A)	幅(B)	奥行(C)	高さ(A)	幅(B)	奥行(C)
計測1回目	0.100	0.190	0.190	0.082	0.169	検出できず	0.018	0.021	-
計測2回目	0.100	0.190	0.190	0.082	0.169	検出できず	0.018	0.021	-

ブロック① 2列目 (1)	リファレンス(m)			当該技術(m)			差分(m)		
	高さ(A)	幅(B)	奥行(C)	高さ(A)	幅(B)	奥行(C)	高さ(A)	幅(B)	奥行(C)
計測1回目	0.100	0.190	0.190	検出できず	検出できず	検出できず	-	-	-
計測2回目	0.100	0.190	0.190	検出できず	検出できず	検出できず	-	-	-

ブロック① 2列目 (2)	リファレンス(m)			当該技術(m)			差分(m)		
	高さ(A)	幅(B)	奥行(C)	高さ(A)	幅(B)	奥行(C)	高さ(A)	幅(B)	奥行(C)
計測1回目	0.200	0.190	0.190	0.173	0.174	検出できず	0.027	0.016	-
計測2回目	0.200	0.190	0.190	0.173	0.174	検出できず	0.027	0.016	-

ブロック① 3列目	リファレンス(m)			当該技術(m)			差分(m)		
	高さ(A)	幅(B)	奥行(C)	高さ(A)	幅(B)	奥行(C)	高さ(A)	幅(B)	奥行(C)
計測1回目	0.200	0.190	0.380	0.187	0.174	0.362	0.013	0.016	0.018
計測2回目	0.200	0.190	0.380	0.187	0.174	0.362	0.013	0.016	0.018

サンプル数 $n = 7$ (*)

$$\text{リファレンスの平均} = \frac{a_1 + \dots + a_n}{n} = \frac{0.100 + 0.190 + 0.200 + 0.190 + 0.200 + 0.190 + 0.380}{7} = 0.207\text{m}$$

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

$$\text{相対誤差} = \sqrt{\frac{(x_1 - a_1)^2 + \dots + (x_n - a_n)^2}{n}} \div \left(\frac{x_1 + \dots + x_n}{n} \right) \times 100$$

リファレンスの平均(0.207m)に対する計測精度、相対誤差

(*)

		計測精度 (m)	相対誤差 (%)
計測1回目	流速0m/s,濁度1.3度	0.02	10.07
計測2回目	流速0.14m/s,濁度49.9度	0.02	10.07

*: 今回の標準試験では

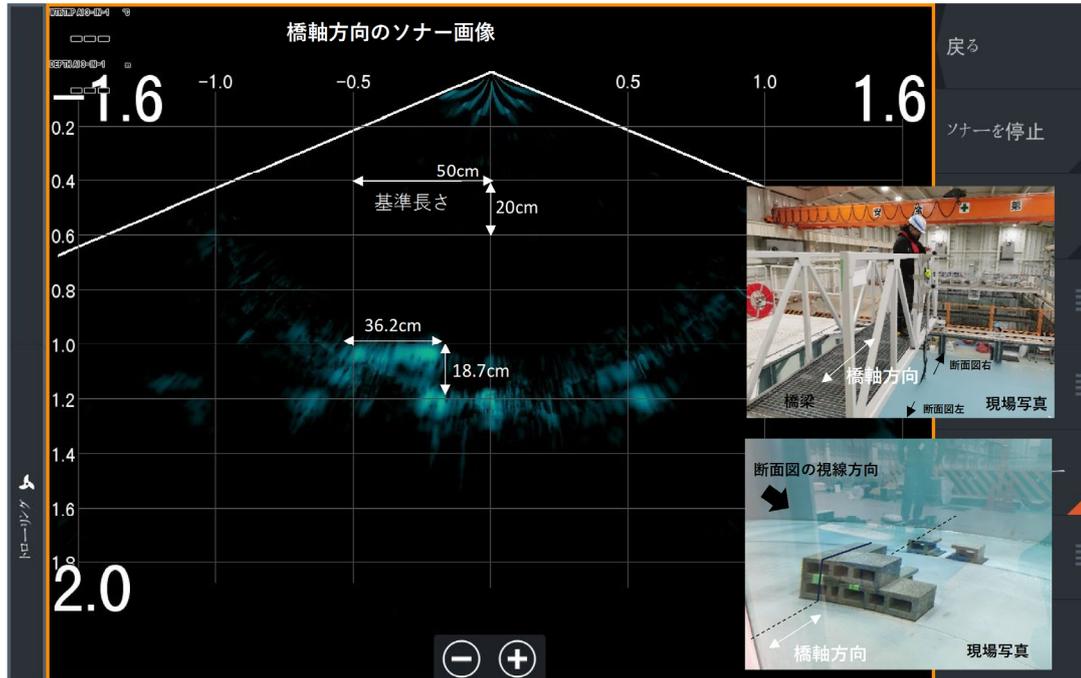
計測機器による形状が計測できなかった箇所あり

(計測箇所12箇所中、計測できた箇所7箇所、計測できなかった箇所5箇所)

計測ができた割合: $7/12 \div 58.83\%$

上記計測精度は、計測ができた箇所のみで算出している。

計測データ



濁度剤(カオリン)を入れて濁度50程度の環境下での画像になる。

濁度剤投入前は計測機器の調整で適切な画像をとれなかった。

計測は上記成果図の右側にある写真に示すとおり、計測者が橋梁上で振動子を水中に投入し計測を実施した。

はじめに、橋軸方向に計測者が移動し、いくつか画像を取得した。その中の一枚が上図になる。次に、コンクリートブロックの反応が確認できた場所をマーキングし、橋軸直角方向のソナー画像を得たのが下図である。

技術番号 BR030070

技術名 魚群探知機を用いた橋梁基礎の洗掘計測技術「Nソナー」 開発者名 中央開発株式会社

試験日 令和6年 3 月 4 日 天候 雨, 風あり 気温 - °C 風速 - m/s

試験場所 - 構造物名 ダム

カタログ分類 計測・モニタリング技術 カタログ 検出項目 水深 試験区分 -

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

※対象構造物の一般図、全体写真、計測対象となる部位・部材の写真を記載すること



- ① 使用するアルミ製ボートを搬入する(写真3)。
- ② 使用する計測機器を準備する(図1)。
- ③ アルミ製ボートに計測機器を固定ポールと治具で設置し、水面に浮上させる(写真4)。
- ④ エレキモーターで水面上を航行して計測する。
- ⑤ 航行しながらNソナーの測深を行い、その途中で停船してレッドロープ測深を行った。

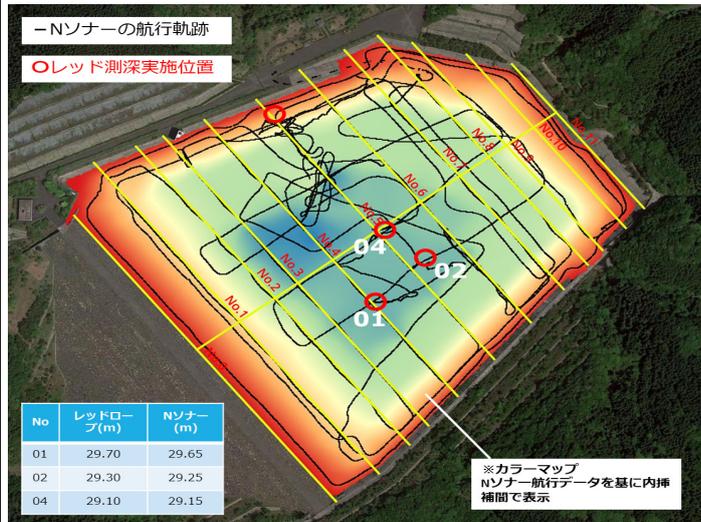
開発者による計測機器の設置状況

※計測機器の設置状況が分かるように、写真や図で示すこと



比較対象を得るため、立会者による計測機器の設置状況





位置	測深結果 (m)		精度	
	レッドロープ (A)	Nソナー (B)	(A-B)	国交省実施要領 (10+h/100)cm hは水深(cm単位)
01	29.70	29.65	0.05	39.70
02	29.30	29.25	0.05	39.30
04	29.10	29.15	-0.05	39.10

①強風や波浪による船体の揺動が少ない条件下で航行すること

そのため、流速毎秒0.8m(時速約3km)程度以下の水域での航行が望ましい。

②本試験フィールドはダム湖のため、流速の影響はなく、試験当日は若干の雨風の影響はあったものの、

船体の揺動を引き起こす条件ではなかった。

本試験では、レッドロープ(重錘)とNソナーによる測深精度の比較検証をおこなった結果、3点において誤差は5cm以内であった。測定地点の深度は約30mであることから、河川定期縦横断測量業務実施要領・同解説(平成30年4月国土交通省)の湖・ダムの深浅測定の精度目安である $\pm(10+h/100)$ cm h:水深(cm)から目標精度は約40cmとなり、その精度を十分満足する結果を得られた。

技術番号 BR030071

技術名 ラジコンボートに搭載したマルチビームによる水中部計測技術
 開発者名 国際技術コンサルタント株式会社

試験日 令和6年 12月 10日 天候 晴れ 気温 8.4 °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 計測・モニタリング技術 カタログ 検出項目 洗掘 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
 可動範囲
 計測精度

対象構造物の概要

・水槽内の底部に形状を計測するためのコンクリートブロックを設置(図-1,写真-1,2)



写真-1 小水槽(満水時)

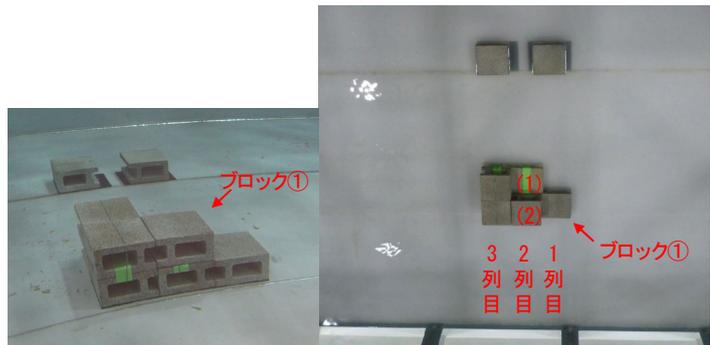


写真-2 コンクリートブロック設置

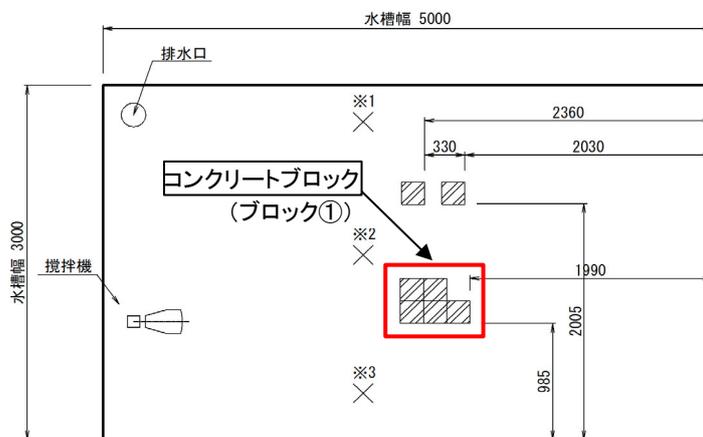
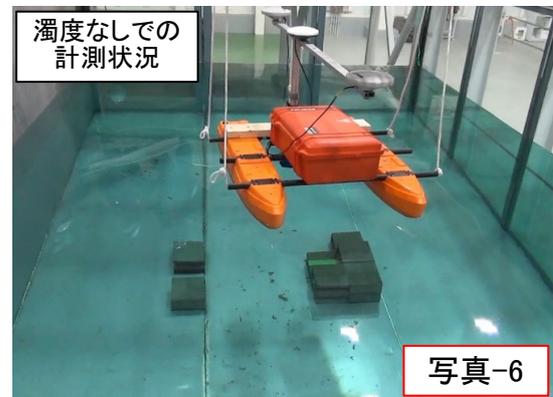
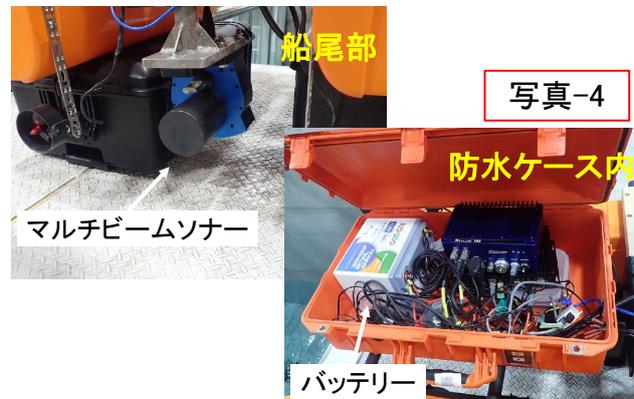


図-1 小水槽平面図

水流と濁度計の計測位置
 ■水流あり、カオリンあり
 ※1 濁度計測 47.8NTU
 流速計測 0.094m/s } 平均48.0NTU
 ※2 濁度計測 50.2NTU
 流速計測 0.331m/s } 平均0.21m/s
 ※3 濁度計測 46.1NTU

- ① 計測機器(マルチビームラジコンボート Baywei M5)の準備を行い、計測機器を水槽内に着水(写真-3,4,5)
- ② 進入可能性能、可動範囲の確認
- ③ 流速なし(流速0m/s)、濁度なしの条件で、水槽底部に設置されたコンクリートブロック(ブロック①)の形状を計測(写真-6)
- ④ 流速装置(攪拌機)を使用し流速0.21m/s、濁度あり(濁度48.0度)の条件で、水槽底部に設置されたコンクリートブロック(ブロック①)の形状を計測(写真-7)
- ⑤ 後日、解析結果からブロックの形状を確認

開発者による計測機器の設置状況



※進入可能性



写真-9 進入可能性の検証(小水槽の寸法)

水深1.5mで、W3.0m × H2.3m × L5.0mの空間において、進入可能かを確認する。

※可動範囲

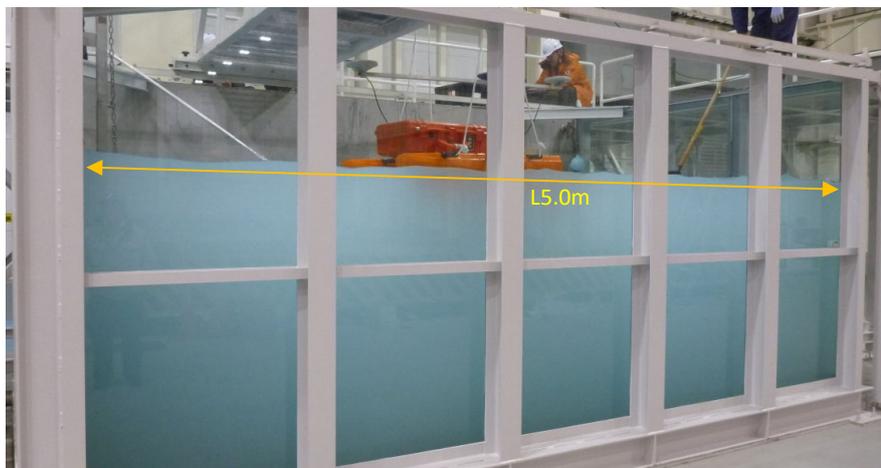


写真-10 可動範囲の検証(小水槽の延長)

水槽の延長5.0mを可動可能かを確認する。

※計測精度

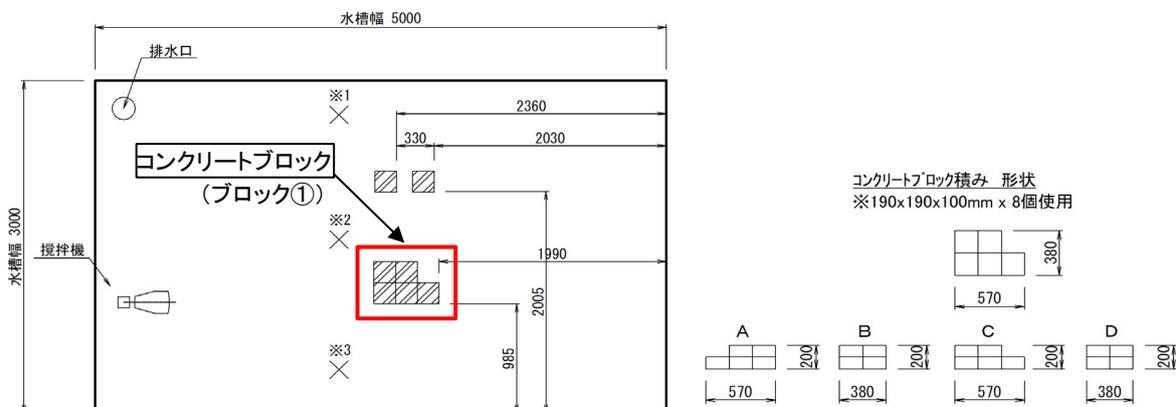


図-2 コンクリートブロック設置位置

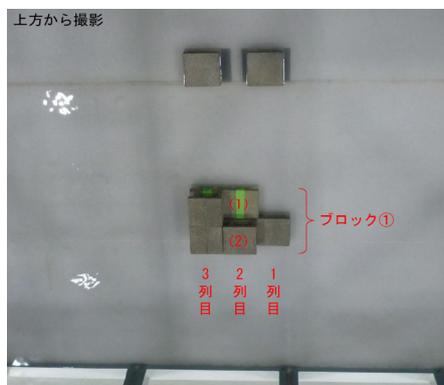
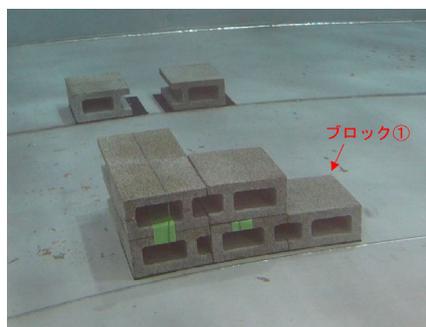
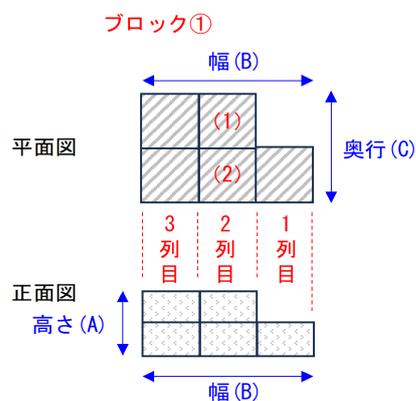


写真-11 コンクリートブロック設置



ブロック①	高さ(A)	幅(B)	奥行(C)
1列目	0.10 m	0.19 m	0.19 m
ブロック①	高さ(A)	幅(B)	奥行(C)
2列目 (1)	0.10 m	0.19 m	0.19 m
ブロック①	高さ(A)	幅(B)	奥行(C)
2列目 (2)	0.20 m	0.19 m	0.19 m
ブロック①	高さ(A)	幅(B)	奥行(C)
3列目	0.20 m	0.19 m	0.38 m

図-3 コンクリートブロック寸法(真値)



写真-12 濁度材投入状況



写真-13 流速装置(攪拌機)

計測条件

計測1回目: 流速なし, 濁度なし

計測2回目: 流速0.21m/s, 濁度48.0度

コンクリートブロックの形状を上記条件で計測し、真値との誤差を計測精度とする。

※計測結果

・進入可能性

水槽内W3.0m×H2.3m×L5.0m(水深1.5m)の空間を進入可能

・可動範囲

水槽内5.0m範囲 動作可能

操縦者から計測機器(マルチビームラジコンボート Baywei M5)までの距離 約2~5m

・計測精度

ブロック① 1列目	リファレンス(m)			当該技術(m)			差分(m)		
	高さ(A)	幅(B)	奥行(C)	高さ(A)	幅(B)	奥行(C)	高さ(A)	幅(B)	奥行(C)
計測1回目	0.100	0.190	0.190	計測不可	計測不可	計測不可	-	-	-
計測2回目	0.100	0.190	0.190	計測不可	計測不可	計測不可	-	-	-

ブロック① 2列目 (1)	リファレンス(m)			当該技術(m)			差分(m)		
	高さ(A)	幅(B)	奥行(C)	高さ(A)	幅(B)	奥行(C)	高さ(A)	幅(B)	奥行(C)
計測1回目	0.100	0.190	0.190	計測不可	計測不可	計測不可	-	-	-
計測2回目	0.100	0.190	0.190	計測不可	計測不可	計測不可	-	-	-

ブロック① 2列目 (2)	リファレンス(m)			当該技術(m)			差分(m)		
	高さ(A)	幅(B)	奥行(C)	高さ(A)	幅(B)	奥行(C)	高さ(A)	幅(B)	奥行(C)
計測1回目	0.200	0.190	0.190	計測不可	計測不可	計測不可	-	-	-
計測2回目	0.200	0.190	0.190	計測不可	計測不可	計測不可	-	-	-

ブロック① 3列目	リファレンス(m)			当該技術(m)			差分(m)		
	高さ(A)	幅(B)	奥行(C)	高さ(A)	幅(B)	奥行(C)	高さ(A)	幅(B)	奥行(C)
計測1回目	0.200	0.190	0.380	0.192	計測不可	0.368	0.008	-	0.012
計測2回目	0.200	0.190	0.380	0.192	計測不可	0.368	0.008	-	0.012

サンプル数 $n = 2$ (*)

$$\text{リファレンスの平均} = \frac{a_1 + \dots + a_n}{n} = \frac{0.200 + 0.380}{2} = 0.290(\text{m})$$

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

$$\text{相対誤差} = \sqrt{\frac{(x_1 - a_1)^2 + \dots + (x_n - a_n)^2}{n}} \div \left(\frac{x_1 + \dots + x_n}{n} \right) \times 100$$

リファレンスの平均(0.290m)に対する計測精度、相対誤差

(*)

		計測精度 (m)	相対誤差 (%)
計測1回目	流速なし,濁度なし	0.01	3.57
計測2回目	流速0.21m/s,濁度48.0度	0.01	3.57

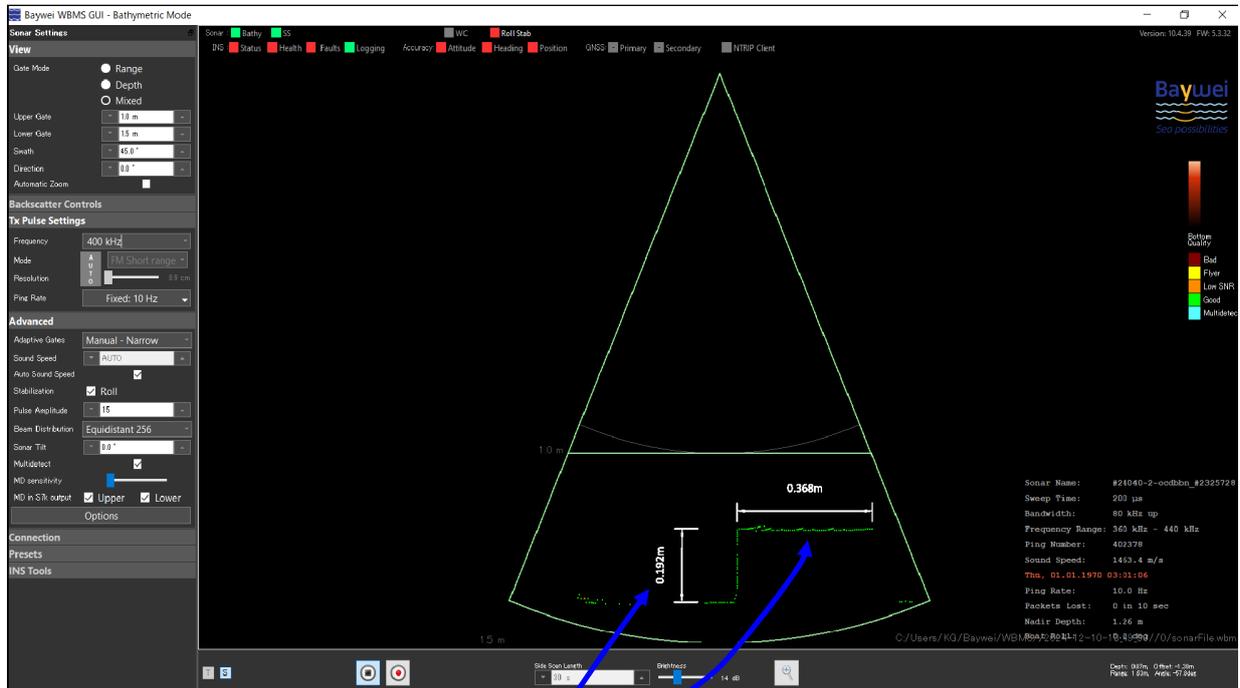
* : 今回の標準試験では

計測機器による形状が計測できなかった箇所あり

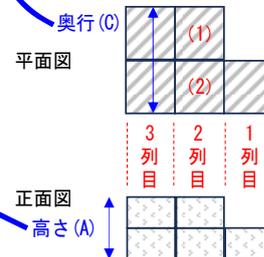
(計測箇所12箇所中、計測できた箇所2箇所、計測できなかった箇所10箇所
計測ができた割合: $2/12 \div 16.67\%$)

上記 計測精度は、計測ができた箇所のみで算出している。

計測データ



ブロック①



技術番号 BR18

技術名 ラジコンボートに搭載したマルチビームによる水中部計測 開発者名 国際技術コンサルタント株式会社

試験日 令和7年 1 月 31 日 天候 晴れ 気温 12 °C 風速 3.0 m/s

試験場所 実橋(佐賀県)

カタログ分類 計測・モニタリング技術 カタログ 検出項目 洗掘 試験区分 -

試験で確認する
カタログ項目 計測精度(性能値)

対象構造物の概要

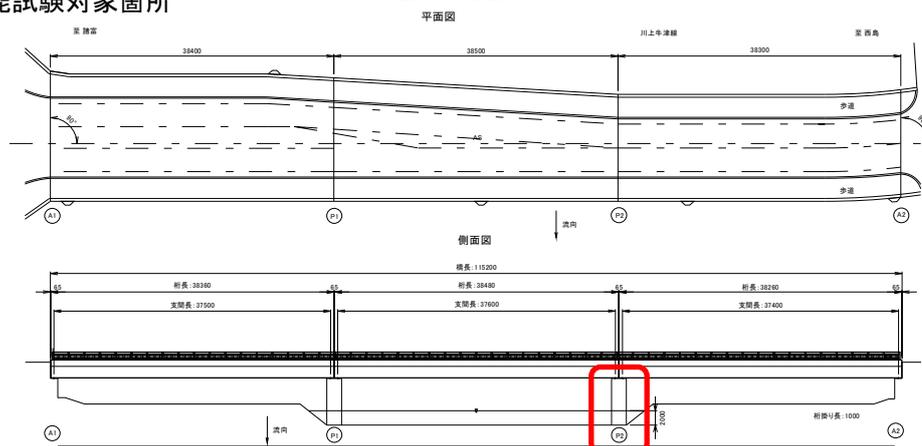
・徳富大橋の橋脚(P2)を対象とする。

・橋梁諸元

橋梁コード	1000-0239-00	事務所	
橋梁名称		道路種別	主要地方道
カナ名称		路線名称	
都道府県	佐賀県	所在地	
市町村	佐賀市	所在地カナ	
橋梁種別	河川橋	緯度	33° 13' 41.70"
橋長	115.200m	橋の重要度	A種の橋
最大支間長	37.600m	緊急輸送路	緊急輸送道路の指定無し
総幅員(最大)	17.700m	通行規制	通行制限なし
径間数	3	凍結防止剤散布	有
下部工基数	4	路面位置	上路橋

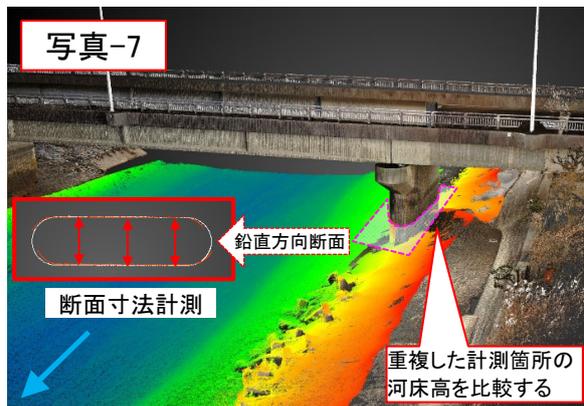
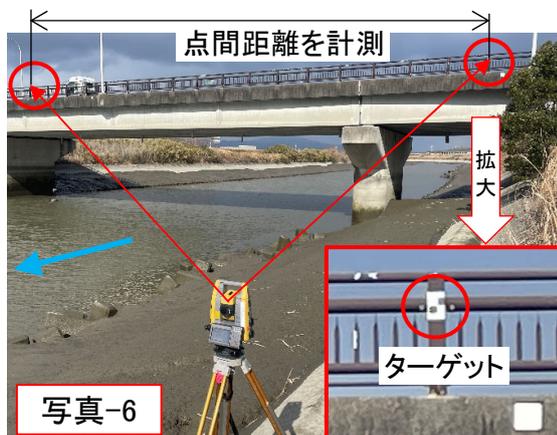
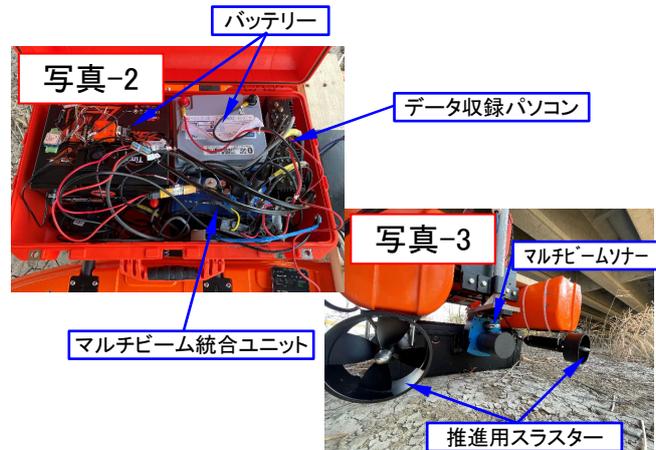
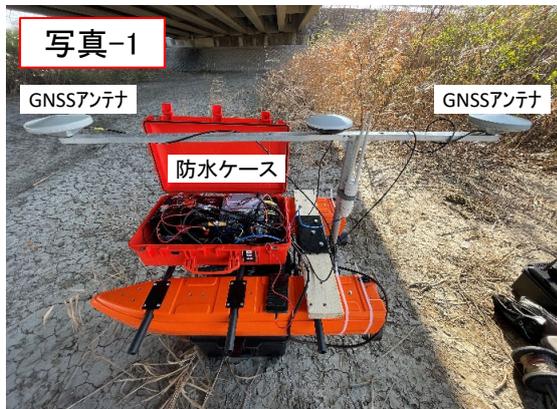
・性能試験対象箇所

徳富大橋(一般図)



- ① 計測機器(マルチビームラジコンボート Baywei M5)の準備を行い、計測機器を河川に着水 (写真-1,2,3,4)
- ② 満潮時に流速0.95m/s、濁度45.1(観測タワー値)で、P2の側面・河床の地形を計測 (写真-4)
- ③ 干潮時に②と同じ箇所を地上レーザスキャナで計測 (水位干満差4.16m=(満潮)2.38m-(干潮)-1.78m) (写真-5)
- ④ ③で同時に観測したターゲットをトータルステーションで計測し地上レーザスキャナの計測精度を確認 (写真-6)
- ⑤ 後日、解析結果から橋脚の寸法・河床高を計測し精度を確認 (写真-7)

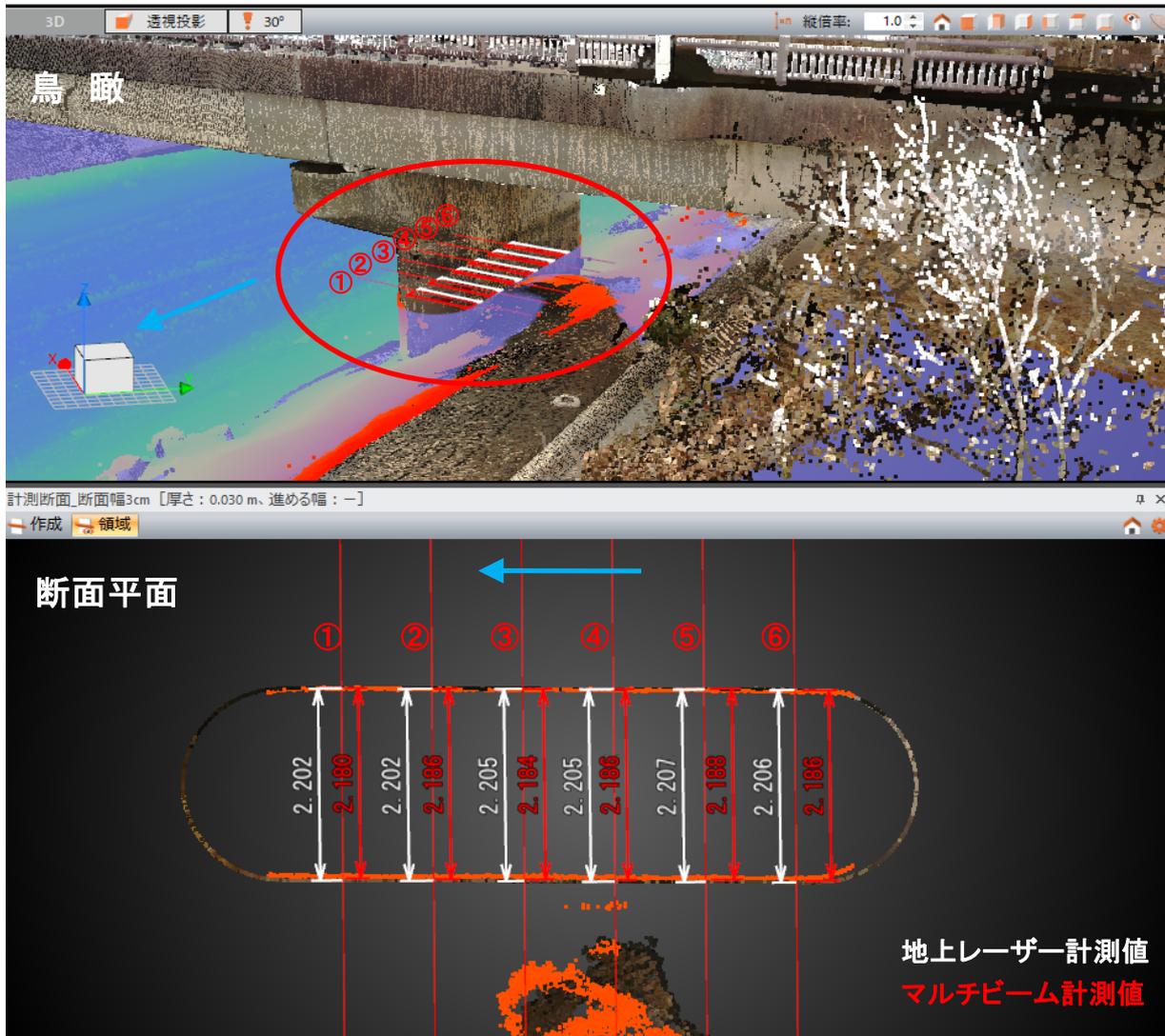
開発者による計測機器の設置状況



地上レーザー計測値の精度確認（トータルステーションとの比較）（前頁、写真-6）

種別	対象	ターゲット点間距離(m)
トータルステーション		43.995
地上レーザー		43.997
差分		0.002

地上レーザー、マルチビーム各々で取得した点群データの計測値にて比較（水平）（前頁、写真-7）



種別	測線	①	②	③	④	⑤	⑥
地上レーザー計測値 (m)		2.202	2.202	2.205	2.205	2.207	2.206
マルチビーム計測値 (m)		2.180	2.186	2.184	2.186	2.188	2.186
差分 (m)		0.022	0.016	0.021	0.019	0.019	0.020

$$\text{計測精度 (水平)} = \sqrt{\frac{(x_1 - a_1)^2 + \dots + (x_n - a_n)^2}{n}} = 0.020 \text{ m}$$

地上レーザー、マルチビーム各々で取得した点群データ(河床)の計測値にて比較(標高)



点名	X (m)	Y (m)	標高 (m) 地上レーザー	標高 (m) マルチビーム	標高 (m) 差分
G1	25472.388	-58683.099	0.933	0.937	-0.004
G2	25475.554	-58681.119	1.349	1.327	0.022
G3	25478.171	-58677.557	0.694	0.677	0.017
G4	25482.141	-58680.980	-0.953	-0.963	0.010
G5	25478.639	-58683.741	-0.926	-0.953	0.027
G6	25475.251	-58687.120	-0.899	-0.913	0.014

$$\text{計測精度 (鉛直)} = \sqrt{\frac{(x_1 - a_1)^2 + \dots + (x_n - a_n)^2}{n}} = 0.017 \text{ m}$$

$$\text{計測精度 (水平・鉛直)} = \sqrt{\frac{(x_1 - a_1)^2 + \dots + (x_n - c)^2}{n}} = 0.019 \text{ m}$$

技術番号 BR030072

技術名 全方向水面移動式ボート型ドローンを用いた洗掘調査支援技術 開発者名 株式会社ジャパン・インフラ・ウェイマーク

試験日 令和6年 12月 11日 天候 晴れ 気温 6.7 °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 計測・モニタリング技術 カタログ 検出項目 洗掘 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
可動範囲
計測精度

対象構造物の概要

・水槽内の底部に形状を計測するためのコンクリートブロックを設置(図-1,写真-1,2)



写真-1 小水槽(満水時)

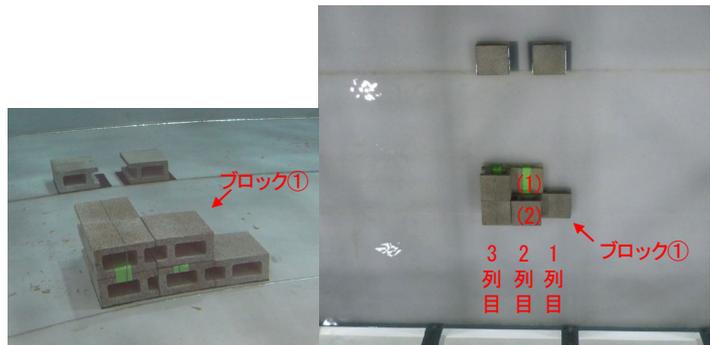


写真-2 コンクリートブロック設置

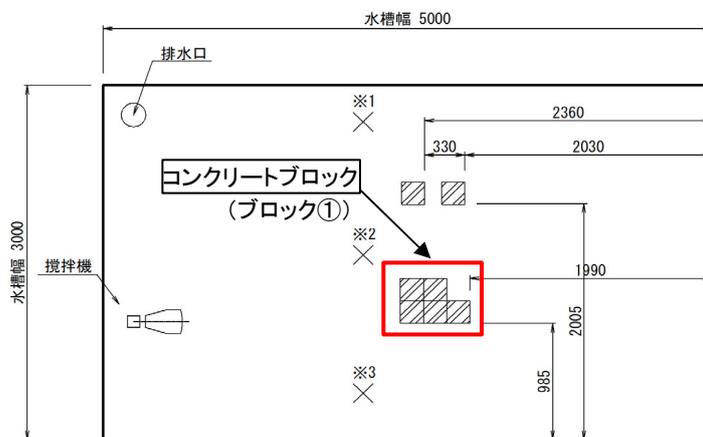
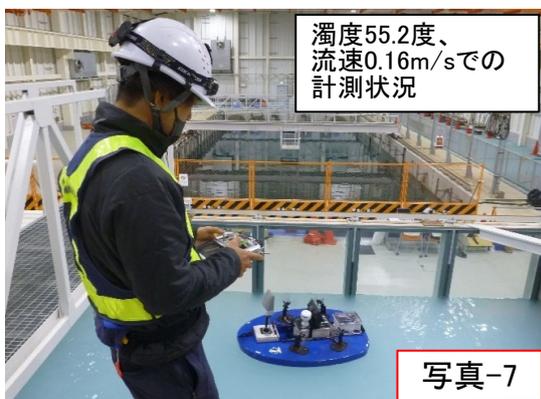
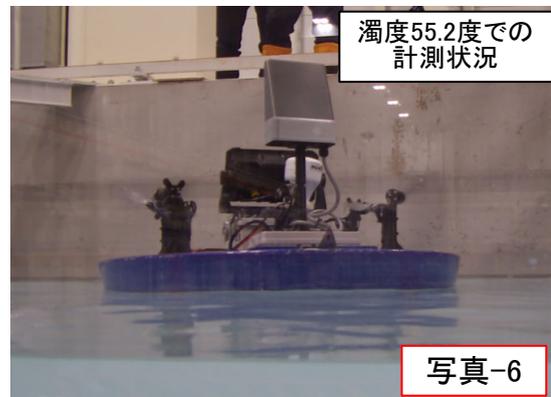
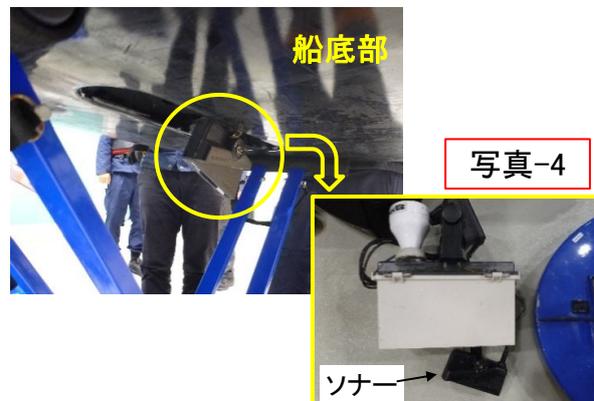
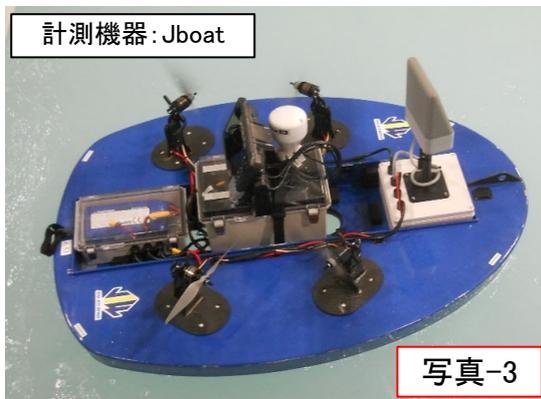


図-1 小水槽平面図

- × : 水流と濁度計の計測位置
- 水流無し、カオリン有り
 - ※1 濁度計測 54.3NTU
 - ※2 濁度計測 54.0NTU
 - ※3 濁度計測 57.4NTU
 } 平均55.2NTU
 - 水流あり、カオリンあり
 - 濁度変更なし
 - ※1 流速計測 0.152m/s
 - ※2 流速計測 0.152m/s
 - ※3 流速計測 0.176m/s
 } 平均0.16m/s

- ① 計測機器(Jboat)の準備を行い、計測機器を水槽内に着水(写真-3,4,5)
- ② 進入可能性能、可動範囲の確認
- ③ 流速なし(流速0m/s)、濁度あり(濁度55.2度)の条件で、水槽底部に設置されたコンクリートブロック(ブロック①)の形状を計測(写真-6)
- ④ 流速装置(攪拌機)を使用し流速0.16m/s、濁度あり(濁度55.2度)の条件で、水槽底部に設置されたコンクリートブロック(ブロック①)の形状を計測(写真-7)
- ⑤ 後日、解析結果からブロックの形状を確認

開発者による計測機器の設置状況



※進入可能性能



写真-9 進入可能性能の検証(小水槽の寸法)

水深1.5mで、W3.0m×H2.3m×L5.0mの空間において、進入可能かを確認する。

※可動範囲

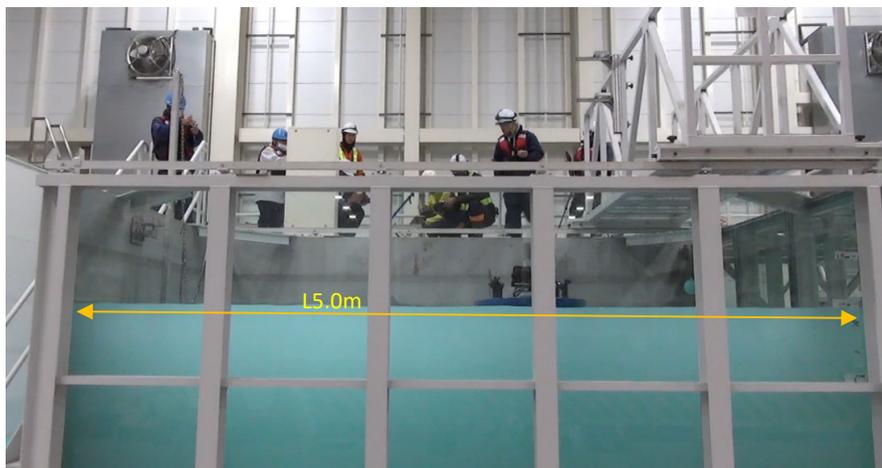


写真-10 可動範囲の検証(小水槽の延長)

水槽の延長5.0mを可動可能かを確認する。

※計測精度

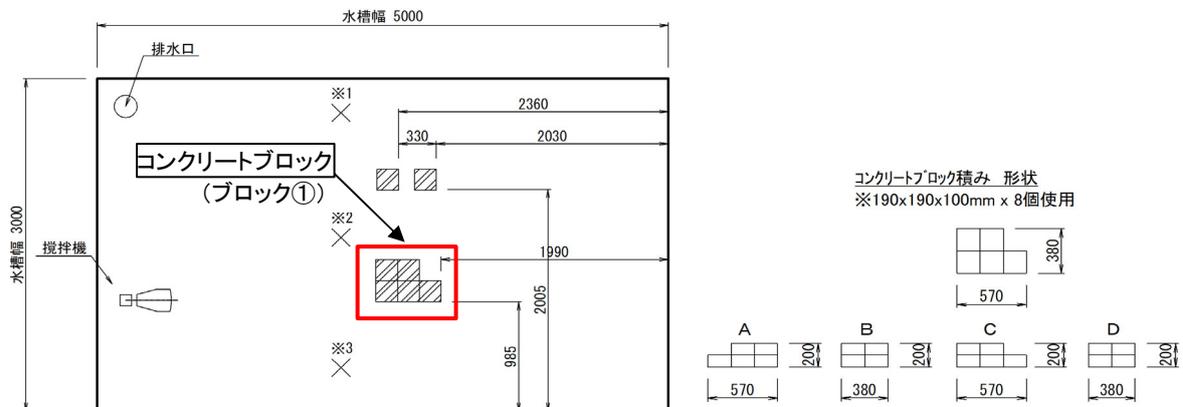


図-2 コンクリートブロック設置位置

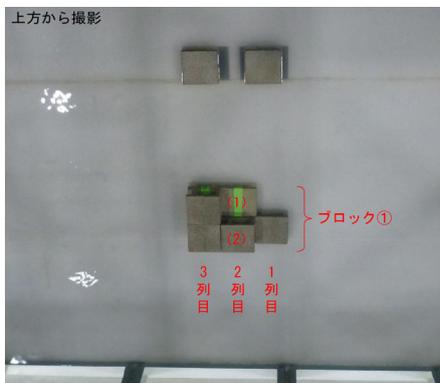
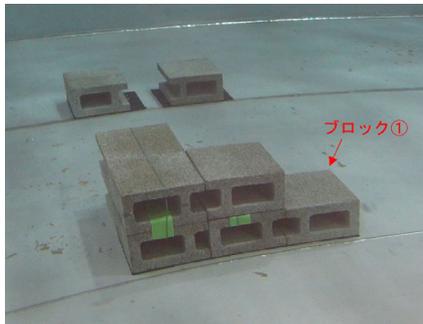
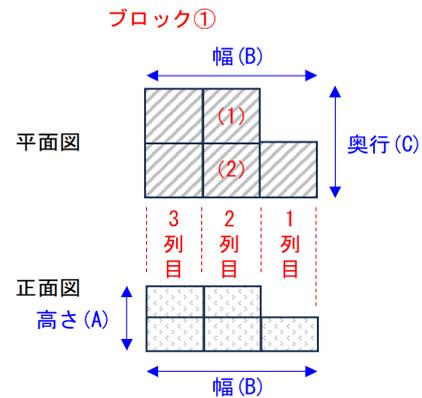


写真-11 コンクリートブロック設置



ブロック①	高さ(A)	幅(B)	奥行(C)
1列目	0.10 m	0.19 m	0.19 m
ブロック①	高さ(A)	幅(B)	奥行(C)
2列目 (1)	0.10 m	0.19 m	0.19 m
ブロック①	高さ(A)	幅(B)	奥行(C)
2列目 (2)	0.20 m	0.19 m	0.19 m
ブロック①	高さ(A)	幅(B)	奥行(C)
3列目	0.20 m	0.19 m	0.38 m

図-3 コンクリートブロック寸法(真値)



写真-12 濁度材投入状況



写真-13 流速装置(攪拌機)

計測条件

計測1回目: 流速0m/s, 濁度55.2度

計測2回目: 流速0.16m/s, 濁度55.2度

コンクリートブロックの形状を上記条件で計測し、真値との誤差を計測精度とする。

※計測結果

・進入可能性能

水槽内W3.0m×H2.3m×L5.0m(水深1.5m)の空間を進入可能

・可動範囲

水槽内5.0m範囲 動作可能

操縦者から計測機器(Jboat)までの距離 約2~4m

・計測精度

ブロック① 1列目	リファレンス(m)			当該技術(m)			差分(m)		
	高さ(A)	幅(B)	奥行(C)	高さ(A)	幅(B)	奥行(C)	高さ(A)	幅(B)	奥行(C)
計測1回目	0.10	0.19	0.19	0.20	0.20	0.20	0.10	0.01	0.01
計測2回目	0.10	0.19	0.19	0.20	0.20	0.20	0.10	0.01	0.01

ブロック① 2列目 (1)	リファレンス(m)			当該技術(m)			差分(m)		
	高さ(A)	幅(B)	奥行(C)	高さ(A)	幅(B)	奥行(C)	高さ(A)	幅(B)	奥行(C)
計測1回目	0.10	0.19	0.19	0.20	0.20	0.20	0.10	0.01	0.01
計測2回目	0.10	0.19	0.19	0.20	0.20	0.20	0.10	0.01	0.01

ブロック① 2列目 (2)	リファレンス(m)			当該技術(m)			差分(m)		
	高さ(A)	幅(B)	奥行(C)	高さ(A)	幅(B)	奥行(C)	高さ(A)	幅(B)	奥行(C)
計測1回目	0.20	0.19	0.19	0.25	0.20	0.20	0.05	0.01	0.01
計測2回目	0.20	0.19	0.19	0.25	0.20	0.20	0.05	0.01	0.01

ブロック① 3列目	リファレンス(m)			当該技術(m)			差分(m)		
	高さ(A)	幅(B)	奥行(C)	高さ(A)	幅(B)	奥行(C)	高さ(A)	幅(B)	奥行(C)
計測1回目	0.20	0.19	0.38	0.25	0.20	0.40	0.05	0.01	0.02
計測2回目	0.20	0.19	0.38	0.25	0.20	0.40	0.05	0.01	0.02

サンプル数 $n = 12$

$$\text{リファレンスの平均} = \frac{a_1 + \dots + a_n}{n} = \frac{0.100 + 0.190 + 0.180 + \dots + 0.380}{12} = 0.193\text{m}$$

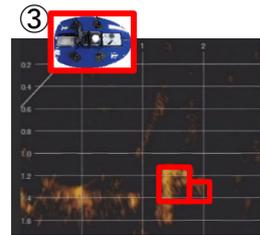
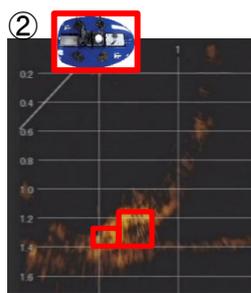
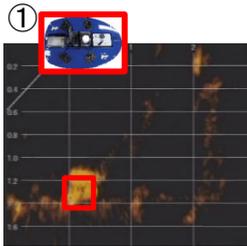
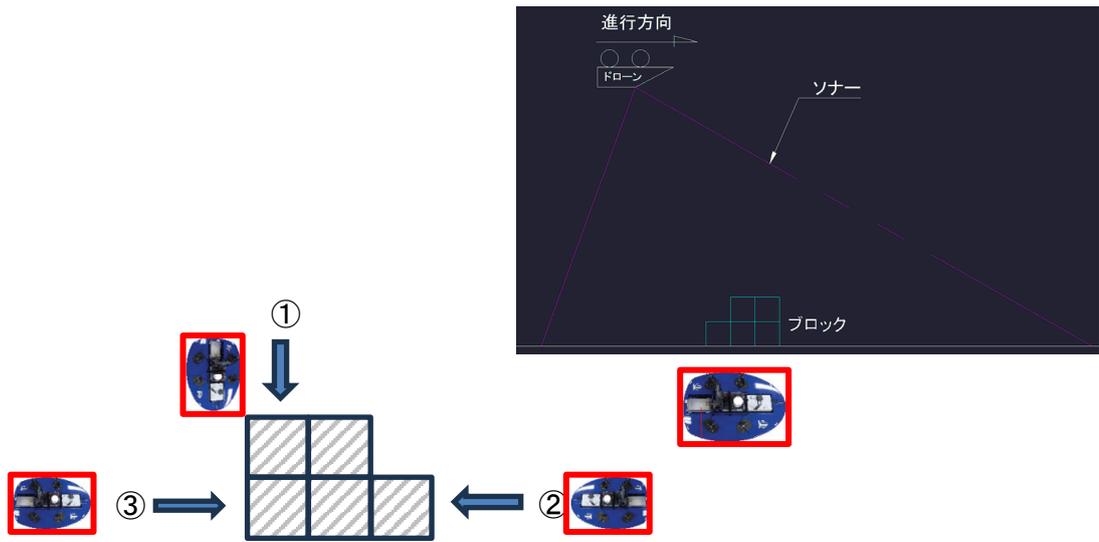
$$\text{計測精度} = \sqrt{\frac{(x_1 - a_1)^2 + \dots + (x_n - a_n)^2}{n}}$$

$$\text{相対誤差} = \sqrt{\frac{(x_1 - a_1)^2 + \dots + (x_n - a_n)^2}{n}} \div \left(\frac{x_1 + \dots + x_n}{n} \right) \times 100$$

リファレンスの平均(0.193m)に対する計測精度、相対誤差

		計測精度 (m)	相対誤差 (%)
計測1回目	流速0m/s,濁度55.2度	0.05	20.89
計測2回目	流速0.16m/s,濁度55.2度	0.05	20.89

計測データ



技術番号 BR030073

技術名 クラウド対応型IoT傾斜計を用いた橋脚監視技術

開発者名 坂田電機株式会社

試験日 令和6年 12月 4日

天候 晴れ

気温 13.4 °C

風速 2.9 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 計測・モニタリング技術 カタログ

検出項目 傾斜角

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

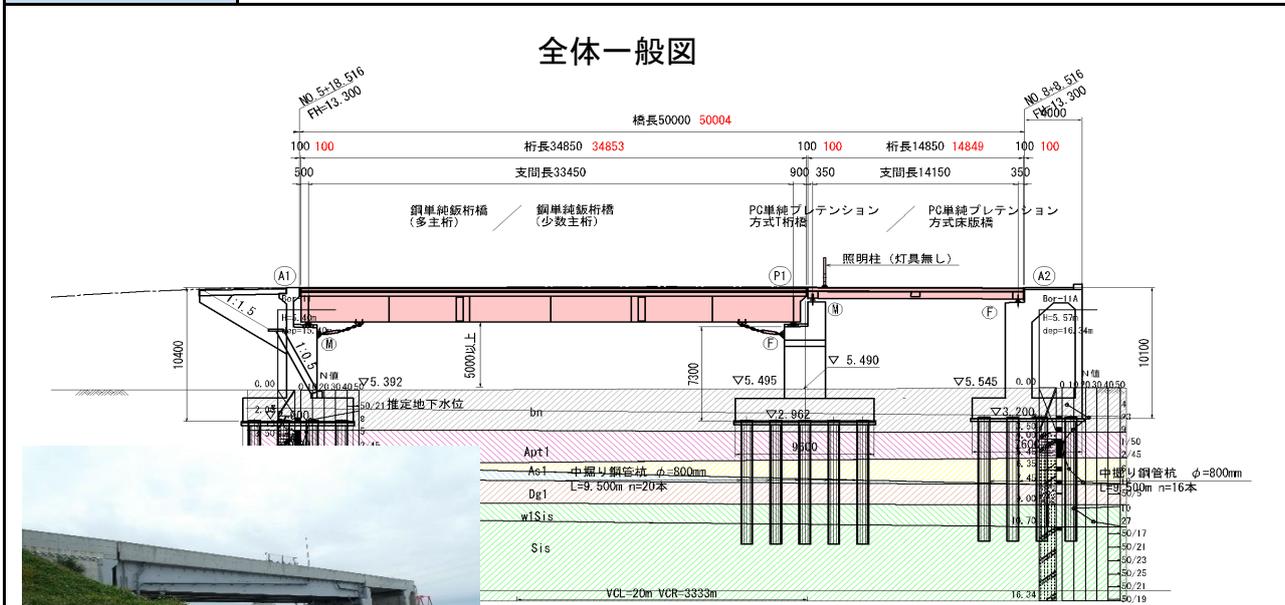


写真-1 全体写真



写真-2 簡易計測室

- ① 計測ユニット、傾斜計、傾斜架台の設置(写真-3)
- ② 傾斜架台を設置し、任意の角度に傾斜架台を傾斜させる。
- ③ 計測機器で傾斜架台を計測する。計測結果をクラウドに転送し、PCで確認する。(写真-4)
- ④ ②でデジタル傾斜計を用いてリファレンスデータを取得する。(計測の際には、非表示とする。)
- ⑤ ②～④を3回行う。

開発者による計測機器の設置状況

1. 機器の設置

計測ユニット



傾斜計

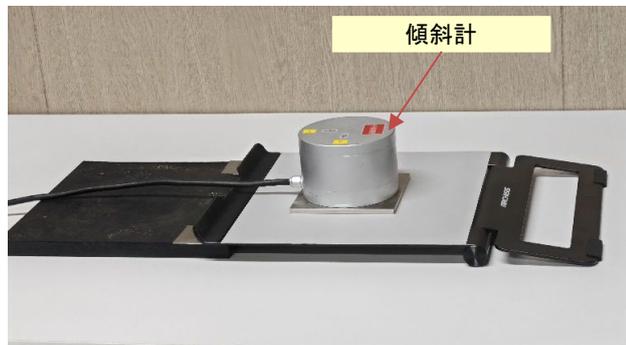


写真-4 開発者計測機器

比較対象を得るため、
立会者による計測機器の設置状況

1. 機器の設置

レファレンス用測定装置を傾斜架台に設置する

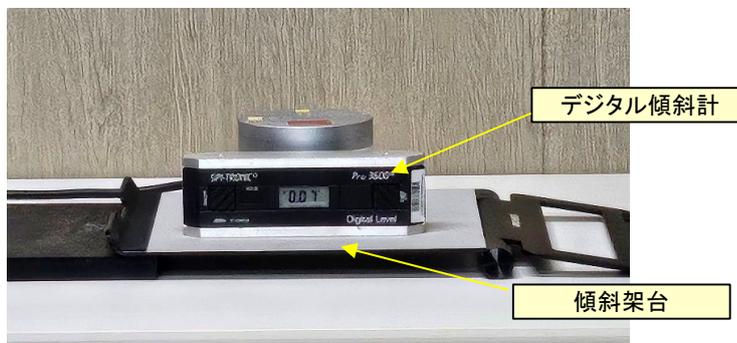


写真-5 レファレンス用計測機器

計測結果の比較

レファレンス値

レファレンス値 (Pro3600)	
	-0.28°
	0.21°
	0.52°

計測値

角度パターン	測定時刻	測定値[min]	平均[min]	degに換算
①	9:36	-14.473	-14.5	-0.242
		-14.468		
		-14.468		
		-14.473		
		-14.468		
②	9:38	16.309	16.3	0.272
		16.309		
		16.313		
		16.304		
		16.318		
③	9:40	31.682	31.7	0.528
		31.682		
		31.673		
		31.677		
		31.677		

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

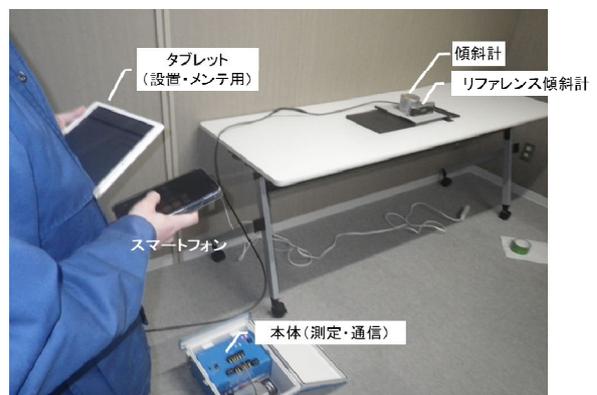
$$x (\%) = \sqrt{\frac{\delta_a^2 + \delta_b^2 + \dots + \delta_i^2}{n}} \div \left(\frac{A+B+\dots+I}{n} \right) \times 100$$

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)

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 3

	1回目	2回目	3回目
レファレンス	-0.28	0.21	0.52
計測値	-0.242	0.272	0.528
差分 (絶対値)	0.038	0.062	0.008



$X = 0.04$ 度(°)
 $x = 12.16$ %

傾斜角の相対差

 $X \text{ 度 } (^\circ) \times x (\%) = 0.04^\circ \quad (12.16\%)$

技術番号	BR030073
------	----------

技術名	クラウド対応型IoT傾斜計を用いた橋脚監視技術	開発者名	坂田電機株式会社
-----	-------------------------	------	----------

試験日	令和6年 12月 4日	天候	晴れ	気温	13.4 °C	風速	2.9 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	計測・モニタリング技術	カタログ	検出項目	傾斜角	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

全体一般図

橋長50000 50004

桁長34850 34853 桁長14850 14849

支間長33450 支間長14150

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

照明柱 (灯具無し)

中掘り鋼管杭 φ=800mm

中掘り鋼管杭 φ=800mm L=9.500m n=20本

中掘り鋼管杭 φ=800mm L=9.500m n=16本

P1橋脚

写真-1 全体写真

写真-2 P1橋脚

10000

6000 4000

600 2400 2400 1200 2800 600

▽10.262 100048 1661 35

▽5.495 7300

▽4.762 4000

▽2.962 500

1300 5000 1300

5500

1800

200

中掘り鋼管杭 φ=800mm L=9.500m n=20本

800 3#2000=6000 800

100 7600 100

- ① 傾斜計に保護カバーを付けP橋脚1天端に設置する。(写真-3)
- ② ソーラパネル、本体(測定・通信)はP1橋脚部周辺の遠隔に設置する。(写真-4)
- ③ 遠隔から計測時間を設定し、計測を開始する。(写真-5)
- ④ ③を10分間隔で計測した。
- ⑤ 計測結果を本体から送信されたデータをスマートフォンで確認する。(写真-5)

開発者による計測機器の設置状況



写真-3

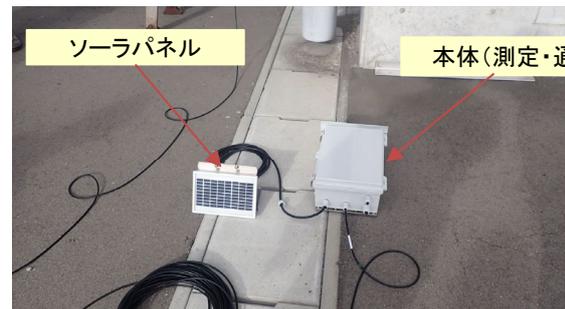
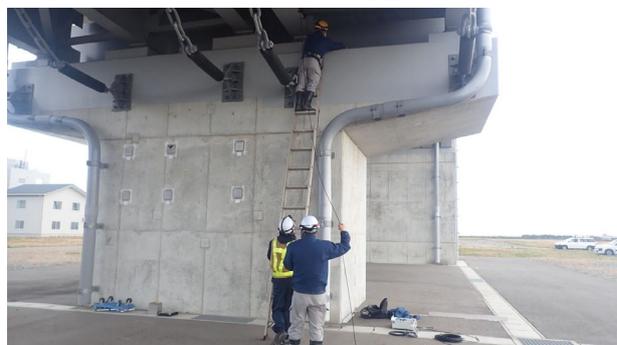


写真-4



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



※P1橋脚に設置した計測機器の設置状況や計測値(傾斜角)の変化を確認する。

■測定機器の設置



■計測結果

測定日時	傾斜角 X (min)	傾斜角 Y (min)	温度(°C)	電圧(V)
2024/12/05 10:10	1.424	-0.704	24.1	13.1
2024/12/05 10:00	1.329	-0.676	24.6	13.1
2024/12/05 09:50	1.298	-0.717	25.3	13.2
2024/12/05 09:40	0.116 MNT	-0.090 MNT	26.1	12.1
2024/12/04 12:50	0.026	0.094	16.1	12.4
2024/12/04 12:47	0.035	0.098	16.2	12.2
2024/12/04 12:40	0.031 MNT	0.094 MNT	15.6	12.5
2024/12/04 12:30	-0.022 MNT	0.016 MNT	15.7	12.3
2024/12/04 09:36	-14.481 MNT	-0.383 MNT	15.2	12.0
2024/12/04 09:30	21.252 MNT	4.620 MNT	13.7	12.1
2024/12/04 09:26	20.751 MNT	4.154 MNT	13.7	12.0
2024/12/04 09:26	20.760 MNT	3.948 MNT	13.8	12.0
2024/12/04 09:25	20.692 MNT	3.940 MNT	13.7	12.1
2024/12/04 09:10	-7.061	103.285	11.5	12.1

時刻	X[deg]	Y[deg]	
12:50	0.0004	0.0016	保護カバーあり
12:40	0.0005	0.0016	保護カバーあり
12:30	-0.0004	0.0003	保護カバーなし

単位

1 min=1/60deg

※ 12:30, 12:40, 12:50の測定結果を上表に示す。

なお、12:40以降は傾斜計に保護カバーを被せた状態とした。

保護カバーは、直射光や飛散物から傾斜計を保護することが目的である。

技術番号 BR030074

技術名 コンクリートビュー 開発者名 株式会社IHI

試験日 令和2年 1 月 21 日 天候 晴 気温 11.7 °C 風速 — m/s

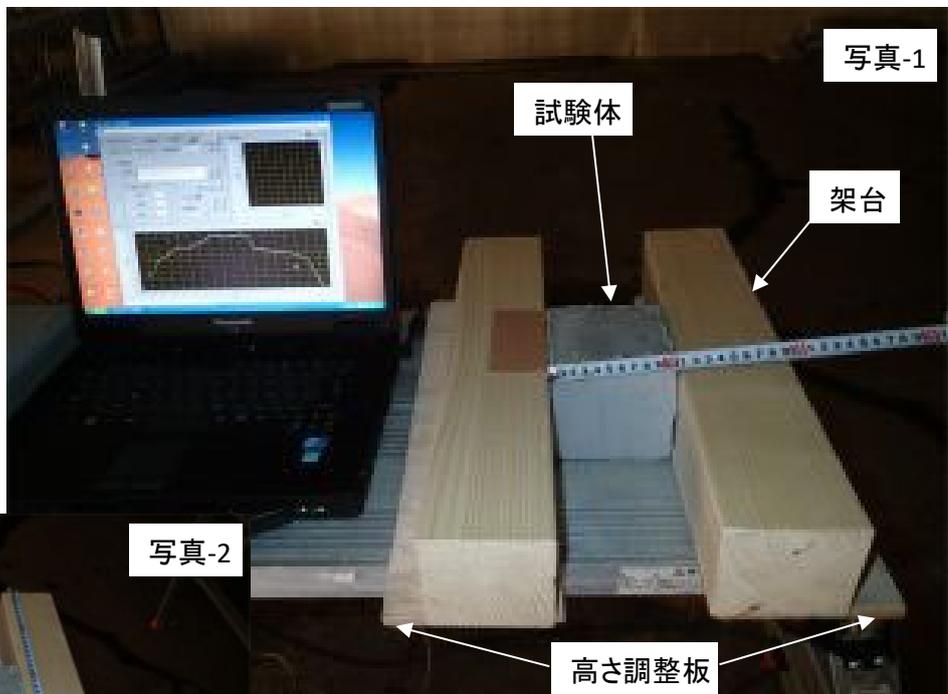
試験場所 土木研究所 試験橋梁

カタログ分類 計測・モニタリング技術 カタログ 検出項目 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

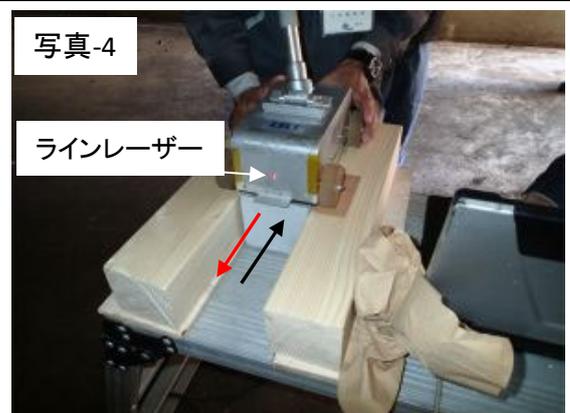
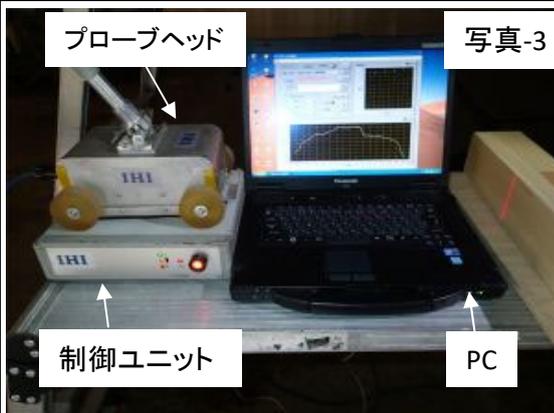
対象構造物の概要

3%塩水に長期間浸漬し、表面付近に5~15kg/m³の塩化物を含んだコンクリート供試体(W/C=50%、普通セメント使用、寸法100mm×100mm×100mm、立方体6面のうち計測面1面を残しエポキシ樹脂で被覆)測定前は24hr以上自然乾燥
供試体の両側に計測器走行用の架台(90mm×90mm×450mm)沿わせ、高さを調整(約10mm)する。



- ① プローブヘッド下面の受光口をコンクリート供試体上面に設置し、中心ラインを走査する。
- ② 供試体先端から25～75mmの範囲を10mm間隔で測定(往復)(写真-4)
- ③ 測定したデータは、USBで接続したPCに収集される。PCで表されるグラフはリアルタイムで表され、横軸に距離、縦軸に塩化物イオン濃度(補正前)が表示される。(写真-3)
- ④ 塩化物イオン濃度(補正前)は、測定時の含水率の大小や骨材種の違いによって本来の濃度(真値)と差が生じているため、測定面から試料をサンプリングし補正が必要である。
- ⑤ 検証データの収集は、供試体をビニールで包み、電位差滴定法による測定を試験機関(太平洋コンサルタント)へを依頼。

開発者による計測機器の設置状況



- ・計測機器の構成は写真-3のとおり。
- ・プローブヘッドと制御ユニット(バッテリー内蔵)は有線(5mまで)で接続、USBでPCと接続
- ・プローブヘッドの下面からハロゲンランプを照射しその反射光を分光器で受光。
- ・測点範囲: 25mm～75mm, ・測定間隔: 10mm, ・測点: 12点(往復), 測定深さ: 1～2mm

比較対象を得るため、立会者による計測機器の設置状況

【試験方法】: JIS A 1154-2012「硬化コンクリート中に含まれる塩化物イオンの試験方法」

9.塩化物イオン電極を用いた電位差滴定法に拠る。

【試料】: コンクリート粉 0.8g × 3 試料(表面からの合計厚さ $t=1.09\text{mm}$) (写真-1)

【試料調整】: 受入試料を105℃で乾燥後、めのう乳鉢で微粉碎した。

【試験場所】: (株)太平洋コンサルタント



写真-1 試料

1. 測定値

表-1 本技術での測定値

測定位置 (mm)		25	35	45	55	65	75	平均
塩化物イオン濃度の測定値 (kg/m ³)	行き	14.70	14.91	14.12	13.74	13.48	13.87	14.14
	帰り	14.49	15.15	14.72	14.96	13.89	14.47	14.61

表-2 電位差滴定法での測定値

試料名	単位容積質量 (kg/m ³)	Cl ⁻		平均値 14.37
		(mass%)	(kg/m ³)	
①	2200	0.63	(0.629)	13.84
②		0.76	(0.755)	16.61
③		0.58	(0.576)	12.67

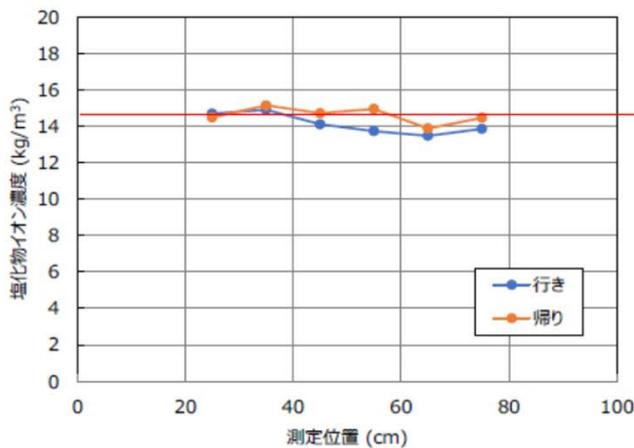
注) 塩化物イオン濃度試験の結果は絶乾ベース。

() 内は単位容積質量当たりの塩化物イオン量換算に使用した値である。

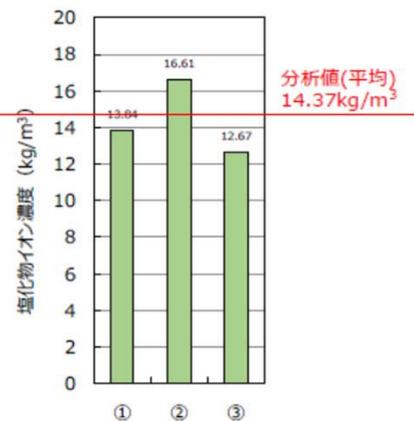
$$\text{Cl}^- (\text{kg/m}^3) = \text{単位容積質量 (kg/m}^3) \times \text{Cl}^- (\text{mass}\%) \div 100$$

※ 単位容積質量は、「土木研究所・日本構造物診断技術協会、『非破壊試験を用いた土木コンクリート構造物の健全度診断マニュアル』, pp.48, 2003」の値とした。

2. 測定値の比較



コンクリートビューによる測定結果

表面切削粉を試料とした
JIS電位差滴定法による分析結果 (n=3)

3. 測定誤差

表-3 機器の測定誤差

測定位置(mm)		25	35	45	55	65	75	測定誤差
分析結果との差分 (kg/m ³)	行き	0.33	0.54	-0.26	-0.64	-0.89	-0.51	≤ ±1.0 kg/m ³
	帰り	0.11	0.78	0.34	0.58	-0.49	0.10	

※電位差滴定法での塩化物量の平均値: 14.4kg/m³

※計測器の測定誤差は「フルスケール(20kg/m³)に対し、±5%以内(±1.0kg/m³)」

技術番号 BR030074

技術名 コンクリートビュー 開発者名 株式会社IHI

試験日 平成21年 12 月 20 日 天候 - 気温 - °C 風速 - m/s

試験場所 株式会社IHI 横浜事業所

カタログ分類 計測・モニタリング技術 カタログ 検出項目 塩化物イオン濃度 試験区分 -

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

あらかじめ複数の塩化物イオン濃度を設定したコンクリート供試体を作成した。

- セメント種類 普通ポルトランドセメント
- 水セメント比 40、50、60%
- 塩分濃度(設定値) 0、1、3、5、10、20kg/m³ 混練時に塩化ナトリウムを混入)
- 中性化促進(週) 0、1、4、13週 (CO₂濃度5%、温度20°C、湿度60%)
- 試験体の寸法 100×100×400mm

コンクリート供試体を本技術で測定したものと、コンクリート供試体を粉砕したものを化学分析法(電位差滴定法)で計測した塩化物イオン濃度について相関を確認した。

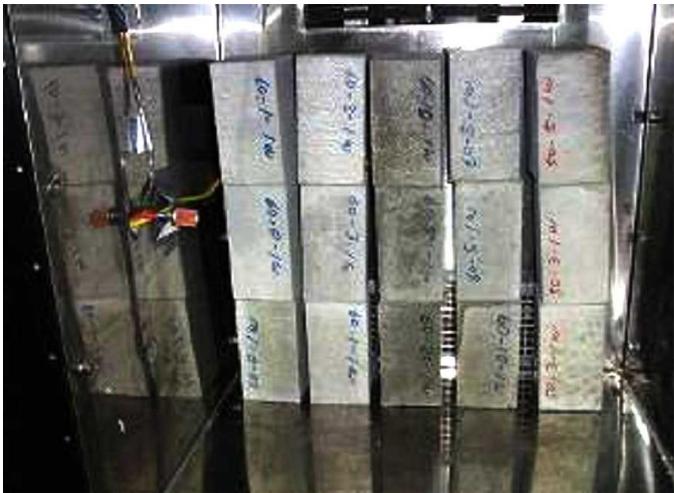


写真-1 コンクリート供試体

- ① プローブヘッド下面の受光口をを供試体上面に設置した。
- ② ハロゲンランプを照射して、分光器で受光強度スペクトルを採取した。
- ③ 測定したデータは、USBで接続したPCに収集される。PCには横軸波長・縦軸受光強度のスペクトルがリアルタイムで表示されると同時にPCのハードディスクに保存した。
- ④ 供試体すべてを本技術で測定した後に、粉碎して、化学法により塩化物イオン濃度を計測した。
- ⑤ 受光強度のスペクトルから算出した吸光度スペクトルを説明変数に化学法による塩化物イオン濃度を目的変数にしてPLS回帰分析を行って、本装置の測定値と化学法の値を比較した。

開発者による計測機器の設置状況

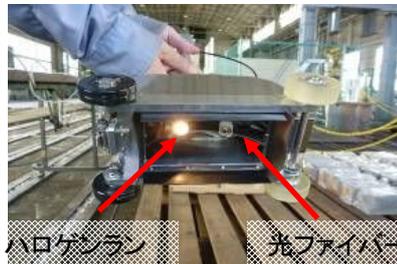


写真-2 計測中の写真

写真-3 プローブヘッド内部

写真-4 装置構成

- ・計測機器の構成は写真-3のとおり。
- ・プローブヘッドと制御ユニット(バッテリー内蔵)は有線(5mまで)で接続、USBでPCと接続
- ・プローブヘッドの下面からハロゲンランプを照射しその反射光を分光器で受光。
- ・測点範囲: 固定, 測定深さ: 1~2mm

比較対象を得るため、
立会者による計測機器の設置状況

【試験方法】: JIS A 1154-2012「硬化コンクリート中に含まれる塩化物イオンの試験方法」

9. 塩化物イオン電極を用いた電位差滴定法に拠る。

図-1は、塩化物イオン濃度の設定値と電位差滴定法に基づく化学法の実測値をプロットしたものを示す。

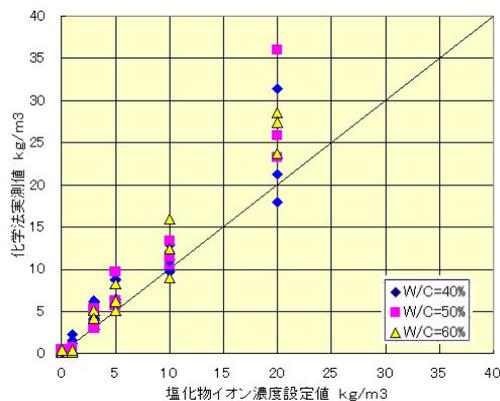


図-1 塩化物イオン濃度設定値と化学法の実測値

1. 測定値の比較

図-2 は、横軸は化学分析法で得られた塩化物イオン濃度、縦軸は本技術で得られた塩化物イオン濃度である。プロットの●■▲は、中性化程度(促進期間)の違いである。
 図中の σ は標準偏差である。

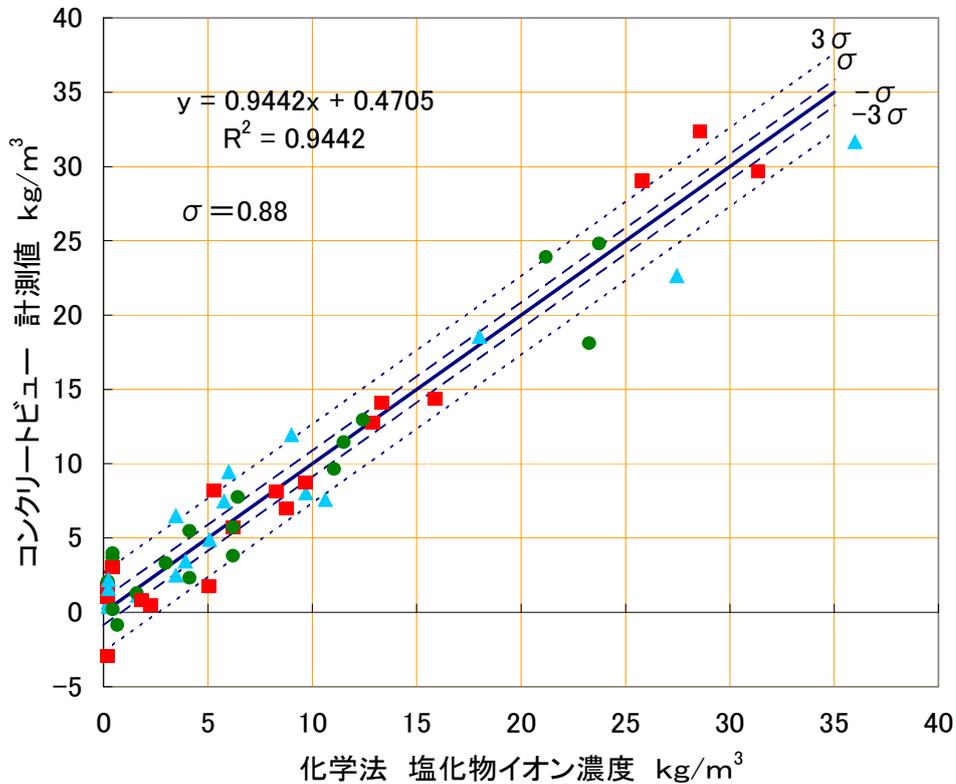


図-2 化学法と本技術による結果の比較

2. 計測精度

化学法を真値とした場合の本測定値との差分値を、測定データごとに並べたグラフを図-3 に示す。

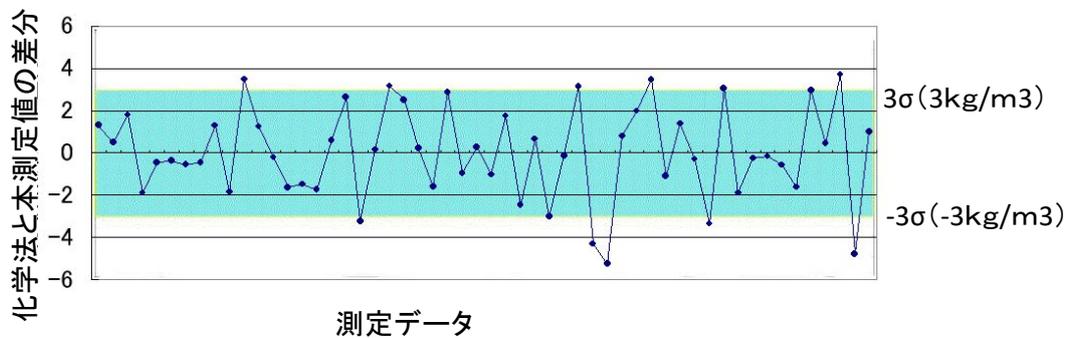


図-3 化学法を真値としたときの本技術による測定値との差分値

技術番号 BR030074

技術名 コンクリートビュー

開発者名 株式会社IHI

試験日 令和2年 1 月 21 日

天候 晴

気温 11.7 °C

風速 — m/s

試験場所 土木研究所 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 塩化物イオン濃度

試験区分 現場試験

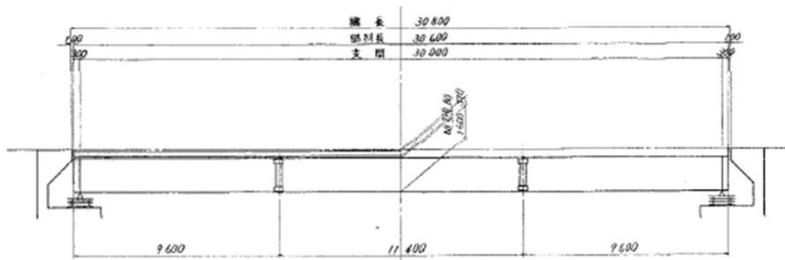
試験で確認する
カタログ項目 動作確認(精度を除く)

対象構造物の概要

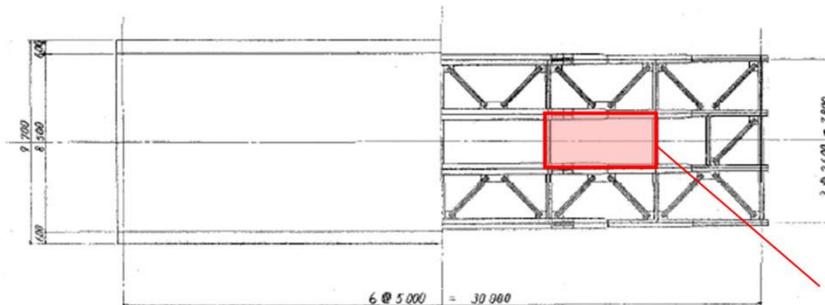
- 1) 測定日時 : 2020年1月21日(火)9時~12時
- 2) 測定場所 : 国立研究開発法人 土木研究所(茨城県つくば市)
- 3) 測定対象 : 試験橋梁のRC床版下面(1パネル分:5.0m×2.6m)
- 4) 測定者 : (株)KSK 計測員2名

図-1に、試験橋梁の側面図および平面図を示す。測定パネルは、G2-G3桁間の1パネルとした。写真-1、2に橋梁外観および測定パネルの状況を示す。

側面図 S=1/100



平面図 S=1/100



設計条件表

橋 形	1 等 橋
形 式	単純桁橋重合成形
橋 長	30.0m
支 間 長	30.0m
橋 員 車 道	8.5m
斜 角	90°
桁 荷 重	T-20, L-20
床版厚換数	1.10
大型車交通量	1000台/日/1方向
床 版 厚	210mm
鋪 装 厚 車 道	80mm
設計水平風速	0.20
コンクリート設計基準強度	300 kg/cm ²
コンクリート	85.7
許容応力度	鉄 筋 1400 (SD30)



写真-1 測定パネル外観

測定パネル

図-1 試験橋梁の構造一般図と測定パネル位置

- ① 測定対象となる面のゴミ等を除去する。その際、ぬれた雑巾等で測定面を拭き取ってはならない。
- ② 図-2のようにプローブヘッド、制御ユニット、PCを配置構成となるよう準備する。
- ③ 図-3に示す走査ライン(赤い線)に沿って、人力によりプローブヘッドを走査する(写真-1)。
- ④ 測定間隔は、走査方向を50mm(パソコンで設定)とし、走査ライン数は間隔を200mm~250mmの均等割とし、L1~L10の10側線とする。
- ⑤ パソコンに記録された測定結果を持ち帰り、測定生データの補正を行い、塩化物イオン濃度のコンター図を作成する。

開発者による計測機器の設置状況



写真-1 計測状況

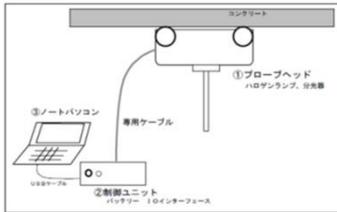


図-2 計測装置配置図

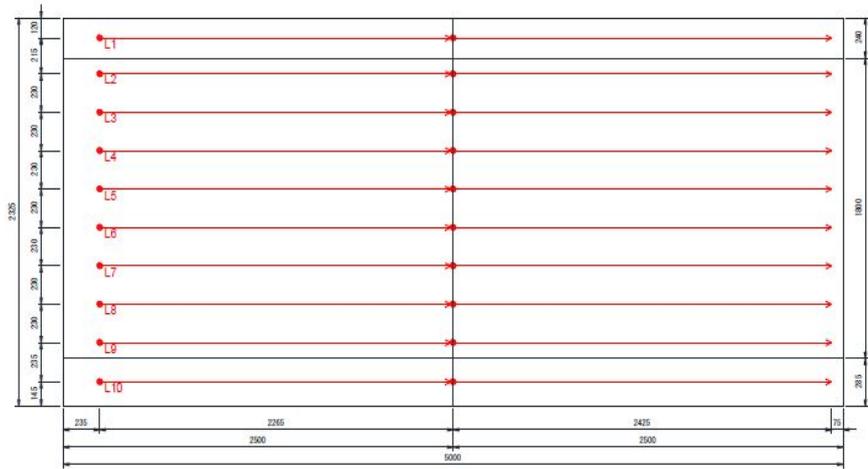


図-3 測線図

1. 測定結果

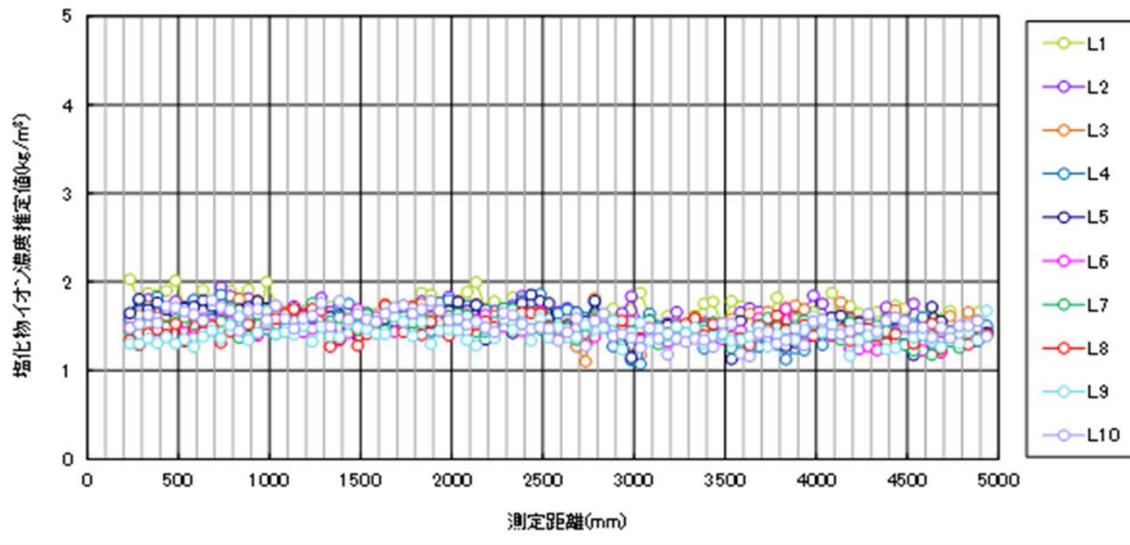


図-4 走査ライン毎の塩化物イオン濃度推定値(補)

表-1 塩化物イオン濃度(推定値)の平均値および最大値/最小値

	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	全体
平均値	1.687	1.613	1.579	1.537	1.539	1.455	1.480	1.471	1.414	1.515	1.529
最大値	2.028	1.940	1.814	1.861	1.854	1.695	1.759	1.733	1.671	1.792	2.028
最小値	1.306	1.330	1.102	1.071	1.128	1.203	1.177	1.236	1.165	1.160	1.071

2. コンクリート表面の塩化物イオン濃度分布

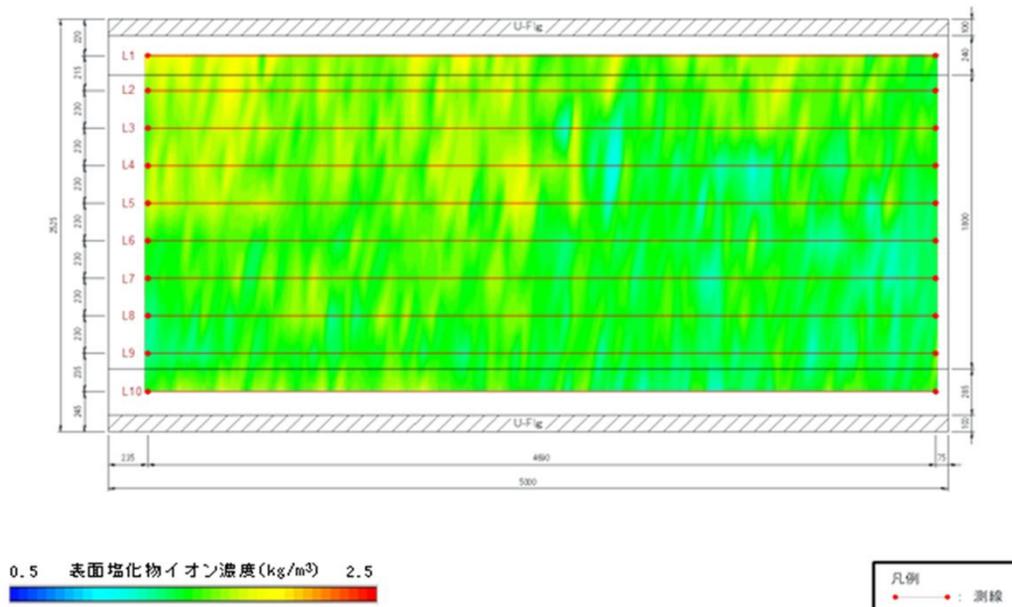


図-5 コンクリート表面の塩化物イオン濃度(推定値)のコンター図

技術番号	BR030074
------	----------

技術名	コンクリートビュー	開発者名	株式会社IHI
-----	-----------	------	---------

試験日	令和7年 1 月 24 日	天候	晴れ	気温	5.8 °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	計測・モニタリング技術 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。
- ・表面計測の場合は、1枚の検証供試体の上面を4分割し、それぞれの中央部と全体の中央部（合計5測点）で測定を行う。

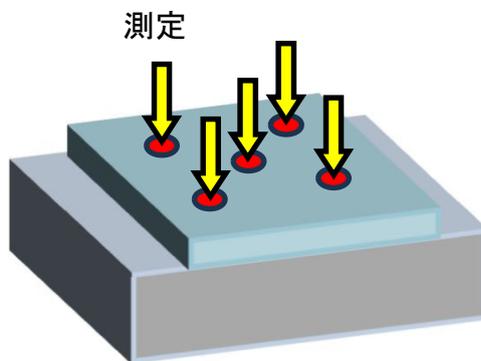


写真-1 検証試験体（表面計測）

試験方法(手順)	技術番号	BR030074
① 機器の設置と含水率の計測(写真-2、3、4)		
② キャリブレーションの実施(写真-5)		
③ 測点を含めた線上を75mm間隔で往復し走査(写真-6)		
④ 測定結果の記録とモニター表示(暫定値)(写真-7)		
⑤ 測定値の補正		

開発者による計測機器の設置状況



写真-2



写真-3



写真-4: 含水量測定



写真-5

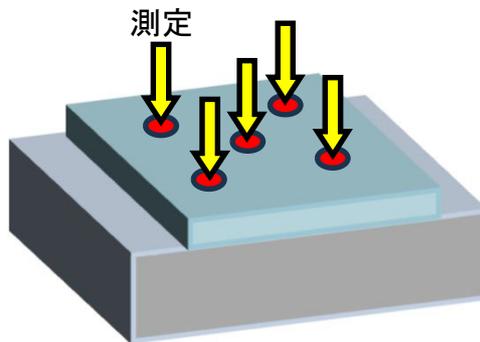


写真-6



写真-7

※検証供試体



- ・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。
- ・1枚の検証供試体の上面を4分割し、それぞれの中央部と全体の中央部（合計5測点）で測定を行う。

計測結果の比較

※計測結果

■データ取得手段：近赤外線照射の反射光（手動）

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

供試体	コンクリート強度 σ_{ck} (N/mm ²)	測定精度 (kg/m ³)	測点1		測点2		測点3		測点4		測点5		
			測定値 (kg/m ³)	リファレンス (kg/m ³)									
A	①	30	4.07	0.2	0.28	1.9	0.22	0.0	0.17	0.0	0.19	9.1	0.15
B	①		1.37	0.0	0.99	0.0	1.15	3.5	1.24	0.0	1.05	1.9	0.98
C	①		1.93	0.0	2.30	1.2	2.77	0.9	2.42	3.2	2.30	0.0	2.80
D	①		6.20	9.6	4.90	16.5	4.12	0.0	3.96	4.1	3.87	3.2	4.15
E	①		6.31	2.4	8.53	7.9	8.58	0.0	8.14	0.0	9.18	5.7	8.93
F	①		2.83	13.8	16.84	18.7	16.69	18.0	14.30	20.8	17.19	16.1	15.81
A	②	60	14.78	25.0	0.21	12.3	0.17	6.4	0.18	8.0	0.22	15.4	0.19
B	②		8.67	6.9	1.05	16.9	1.06	6.0	0.98	9.2	1.49	3.6	1.07
C	②		1.99	0.0	1.77	0.0	2.42	0.0	2.31	1.7	2.42	0.0	2.21
D	②		5.38	12.7	4.40	9.2	4.37	8.0	4.60	7.3	4.31	10.5	4.84
E	②		7.60	6.4	9.42	0.2	8.66	15.6	8.20	0.0	8.86	1.1	9.76
F	②		6.57	20.4	16.76	12.4	15.80	26.4	18.41	26.9	16.41	13.2	17.35

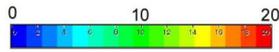
※計測結果

試験体：①シリーズ

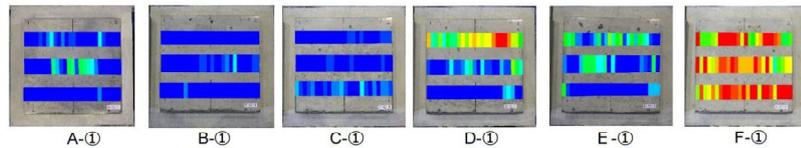
供試体			①	②	③	④	⑤	平均値
A	①	1	0.2	1.9	-3.1	-1.5	9.1	1.3
B	①	1	-1.4	-2.0	3.5	-1.2	1.9	0.2
C	①	1	-5.2	1.2	0.9	3.2	-2.9	-0.6
D	①	1	9.6	16.5	-2.2	4.1	3.2	6.2
E	①	1	2.4	7.9	-1.0	-1.2	5.7	2.8
F	①	1	13.8	18.7	18.0	20.8	16.1	17.5

※注) 上表のうち、「-(マイナス値)」は、塩分濃度0として扱う

「3ライン」の濃度マップ

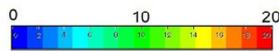


[単位: kg/m³]

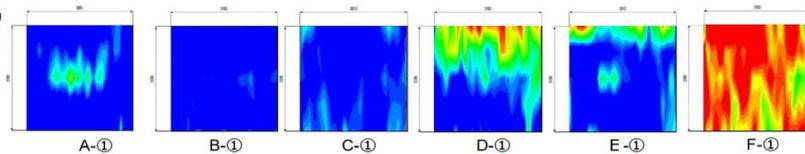


※参照データ

「5ライン」での濃度マップ



[単位: kg/m³]

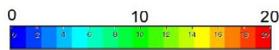


試験体：②シリーズ

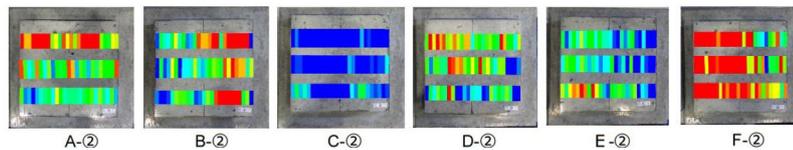
供試体			①	②	③	④	⑤	平均値
A	②	1	25.0	12.3	6.4	8.0	15.4	13.4
B	②	1	6.9	16.9	6.0	9.2	3.6	8.5
C	②	1	-2.6	-0.4	-1.3	1.7	-1.9	-0.9
D	②	1	12.7	9.2	8.0	7.3	10.5	9.5
E	②	1	6.4	0.2	15.6	-0.5	1.1	4.6
F	②	1	20.4	12.4	26.4	26.9	13.2	19.8

※注) 上表のうち、「-(マイナス値)」は、塩分濃度0として扱う

「3ライン」の濃度マップ

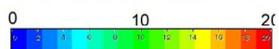


[単位: kg/m³]

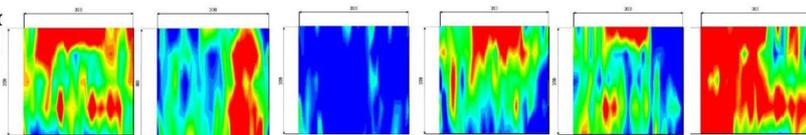


※参照データ

「5ライン」での濃度マップ



[単位: kg/m³]



技術番号	BR030075
------	----------

技術名	コンクリート中の塩化物イオン濃度測定機「塩分センサ」	開発者名	株式会社ケミカル工事
-----	----------------------------	------	------------

試験日	令和4年 8 月 9 日	天候	晴れ	気温	38.0 °C	風速	6 m/s
-----	--------------	----	----	----	---------	----	-------

試験場所	実橋(大阪府)
------	---------

カタログ分類	計測・モニタリング技術 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. 対象橋梁の概要

構造形式: RC中空床版

幅員: 車道11m

桁高: 1.3m

架設年度: 1975年(共用後48年経過)

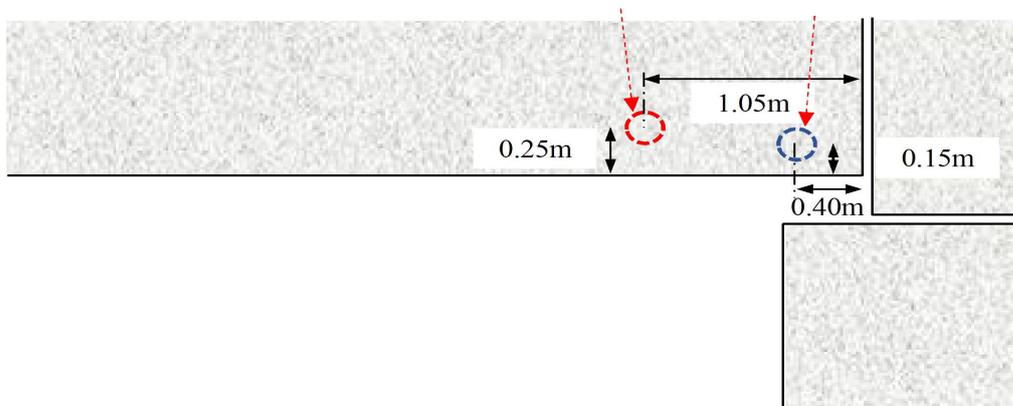
※桁端部に錆汁およびエフロレッセンスが発生している以外は損傷は見受けられない



2. 調査箇所

健全部1箇所および劣化部1箇所

劣化部 B 健全部 A



塩分センサ(接触法)

- ① 基準電極を設置する穴(基準孔)と塩分センサを接触させる5点の穴(測定孔)をドリル削孔にて設ける(写真-1)
- ② ドリル削孔粉を清掃した後に、水に浸したスポンジ棒を各孔内に湿潤設置し、10分間置く(写真-2)(写真-3)
- ③ スポンジ棒を抜き取り、水分吸水棒を用いて測定面の余剰水を拭き取る(表乾状態にする)
- ④ 基準孔にブロックスポンジを挿入し、水酸化カルシウム水溶液を吸水させ、基準電極を設置する(写真-4)
- ⑤ 塩分センサ、電圧計を用いて、1つの測定孔につき5回電位を測定する(写真-5)

開発者による計測機器の設置状況



写真-1 ドリル削孔



写真-2 削孔穴の清掃状況



写真-3 削孔穴へスポンジ棒を挿入



写真-4 削孔穴の湿潤養生状況



写真-5 電位差の測定状況

塩分センサ(接触法)による塩化物イオン量の測定結果

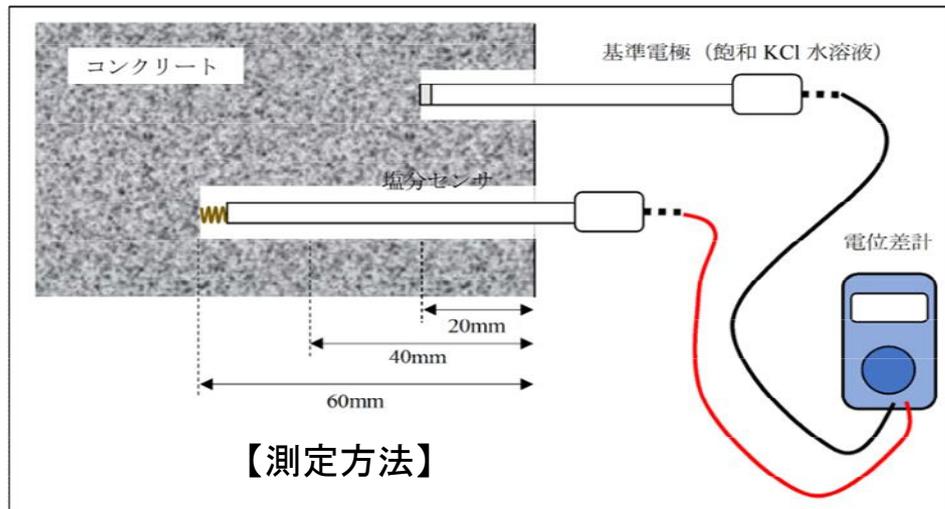


表-1 測定結果

調査箇所	深さ(mm)	接触法(kg/m ³)
健全部	20	3.4
	40	1.1
	60	0.4
劣化部	20	1.3
	40	0.6
	60	0.4

技術番号	BR030075
------	----------

技術名	コンクリート中の塩化物イオン濃度測定機「塩分センサ」	開発者名	株式会社ケミカル工事
-----	----------------------------	------	------------

試験日	令和4年 8 月 9 日	天候	晴れ	気温	38.0 °C	風速	6 m/s
-----	--------------	----	----	----	---------	----	-------

試験場所	実橋(大阪府)
------	---------

カタログ分類	計測・モニタリング技術 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. 対象橋梁の概要

構造形式: RC中空床版

幅員: 車道11m

桁高: 1.3m

架設年度: 1975年(共用後48年経過)

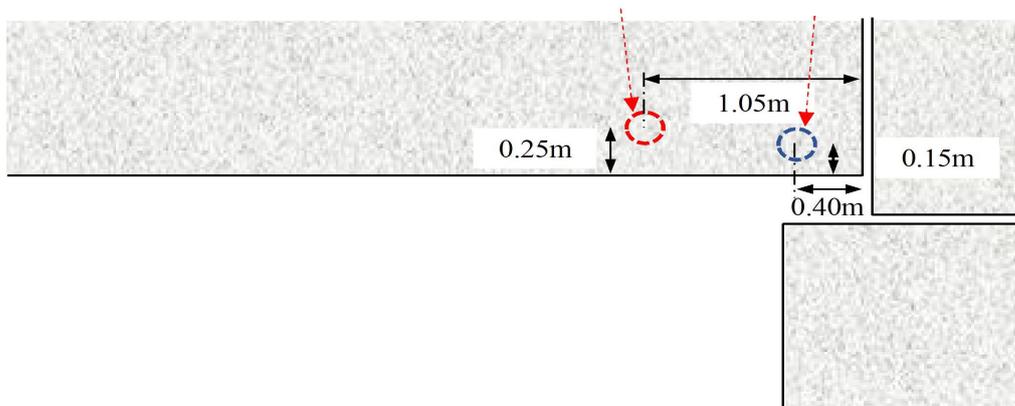
※桁端部に錆汁およびエフロレッセンスが発生している以外は損傷は見受けられない



2. 調査箇所

健全部1箇所および劣化部1箇所

劣化部 B 健全部 A



試験方法(手順)	技術番号	BR030075
----------	------	----------

塩分センサ(抽出法)		
①	ドリル削孔にて、1測定点あたり10g程度の試料を採取する(写真-1)	
②	600 μ mふるいを用いて試料の粒度調整を行い、調整した試料を100mlボトルに5.0g計量する(写真-2)	
③	精製水20gに酒石酸2gを加えた溶液を②のボトルに投入し、1分静置後に10秒攪拌→キャップを開けガス抜きを行う(同様作業を5回繰り返した後に、10分静置する)(写真-3)	
④	③に炭酸カルシウム2gを加え、1分静置後に10秒攪拌→キャップを開けガス抜きを行う(同様作業を5回繰り返した後に、10分静置する)(写真-4)	
⑤	溶液中に塩分センサ、基準電極を挿入し、電圧計を用いて電位を測定する その後、温度計を用いて溶液温度を測定する(写真-5)	

開発者による計測機器の設置状況



写真-1 ドリル削孔による試料採取



写真-2 600 μ mふるいにて粒度調整



写真-3 試料5g, 酒石酸2g, 精製水20gを振とう



写真-4 炭酸カルシウムを入れて振とう



写真-5 電位差の測定状況

塩分センサ(抽出法), JIS法(電位差滴定法)による塩化物イオン量の測定結果

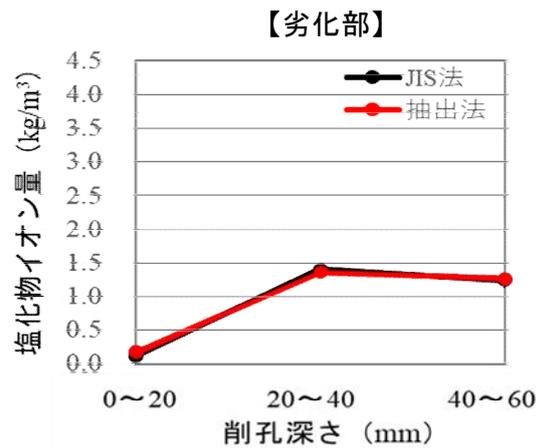
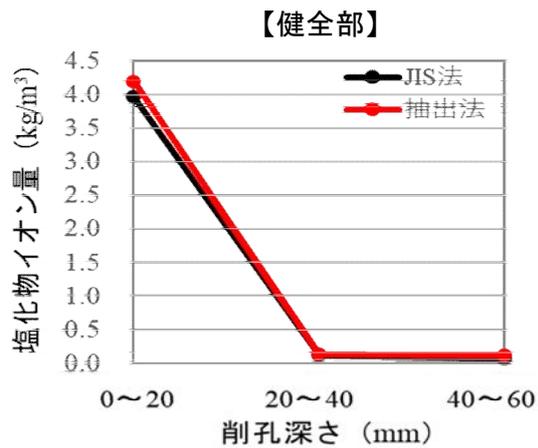
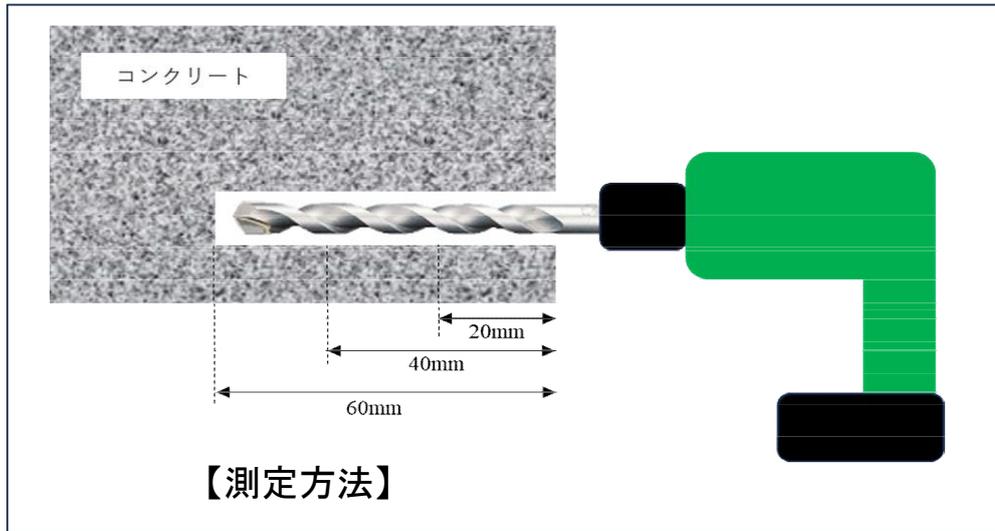


表-1 測定結果

調査箇所	深さ(mm)	JIS法 (kg/m ³)	抽出法 (kg/m ³)
健全部	0~20	3.96	4.19
	20~40	0.12	0.14
	40~60	0.07	0.12
劣化部	0~20	0.12	0.18
	20~40	1.40	1.36
	40~60	1.24	1.27

技術番号	BR030075
------	----------

技術名	コンクリート中の塩化物イオン濃度測定機「塩分センサ」	開発者名	株式会社ケミカル工事
-----	----------------------------	------	------------

試験日	令和7年 1 月 20 日	天候	晴れ	気温	13.5 °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	計測・モニタリング技術 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（ $\sigma_{ck}=60\text{N/mm}^2$ 程度）と低強度（ $\sigma_{ck}=30\text{N/mm}^2$ 程度）の2種類とする。
- ・表面計測の場合は、1枚の検証供試体の上面を4分割し、それぞれの中央部と全体の中央部（合計5測点）で測定を行う。

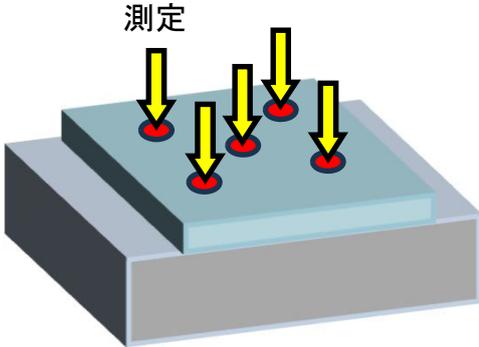




写真-1 検証試験体(表面計測)

試験方法(手順)	技術番号	BR030075
① 機器の準備(写真-2、3)		
② 供試体表面を水で濡らす(写真-4)		
③ 2本の電極を測点付近に接触させる(写真-5、6)		
④ 電圧計のモニターに表示された数値(電位)を読み取り、記録する(写真-7)		
⑤ 換算式で数値(電位)から塩化物イオン濃度を計算する。		

開発者による計測機器の設置状況



写真-2: 電位差計



写真-3: 電極



写真-4



写真-5: 測定状況

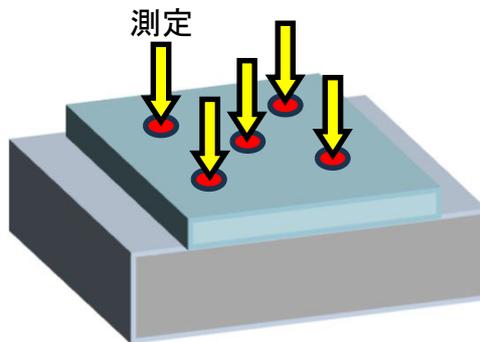


写真-6: 測定状況



写真-7

※検証供試体



- ・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。
- ・1枚の検証供試体の上面を4分割し、それぞれの中央部と全体の中央部(合計5測点)で測定を行う。

計測結果の比較

※計測結果

■データ取得手段: 塩分センサA法(手動)

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

供試体	コンクリート 強度 σ_{ok} (N/mm ²)	測定精度 (kg/m ³)	測点1		測点2		測点3		測点4		測点5		
			測定値 (kg/m ³)	リファレンス (kg/m ³)									
A	①	30	0.26	0.8	0.28	0.3	0.22	0.4	0.17	0.2	0.19	0.2	0.15
B	①		0.37	1.2	0.99	0.8	1.15	0.7	1.24	0.6	1.05	0.8	0.98
C	①		1.21	1.3	2.30	1.0	2.77	1.3	2.42	1.1	2.30	2.1	2.80
D	①		0.94	3.3	4.90	4.3	4.12	5.0	3.96	4.6	3.87	4.6	4.15
E	①		1.94	9.6	8.53	6.7	8.58	8.2	8.14	7.5	9.18	12.3	8.93
F	①		16.93	21.7	16.84	45.0	16.69	28.8	14.30	31.2	17.19	30.0	15.81
A	②	60	0.24	0.3	0.21	0.3	0.17	0.7	0.18	0.2	0.22	0.2	0.19
B	②		0.78	0.4	1.05	0.7	1.06	2.3	0.98	0.7	1.49	0.7	1.07
C	②		1.38	0.5	1.77	0.4	2.42	0.8	2.31	1.2	2.42	2.1	2.21
D	②		3.11	1.1	4.40	2.0	4.37	1.5	4.60	1.6	4.31	1.0	4.84
E	②		5.16	2.5	9.42	5.0	8.66	3.9	8.20	5.9	8.86	3.1	9.76
F	②		5.25	9.2	16.76	22.5	15.80	12.8	18.41	18.4	16.41	17.7	17.35

※計測結果

供試体	測点	塩分センサー (mV) : x	塩化物イオン濃度 (kg/m ³) : y
A-①	1	125	0.8
	2	149	0.3
	3	143	0.4
	4	158	0.2
	5	156	0.2
B-①	1	116	1.2
	2	125	0.8
	3	129	0.7
	4	133	0.6
	5	124	0.8
C-①	1	114	1.3
	2	119	1.0
	3	114	1.3
	4	118	1.1
	5	101	2.1
D-①	1	90	3.3
	2	84	4.3
	3	80	5.0
	4	82	4.6
	5	82	4.6
E-①	1	64	9.6
	2	73	6.7
	3	68	8.2
	4	70	7.5
	5	58	12.3
F-①	1	44	21.7
	2	26	45.0
	3	37	28.8
	4	35	31.2
	5	36	30.0

供試体	測点	塩分センサー (mV) : x	塩化物イオン濃度 (kg/m ³) : y
A-②	1	152	0.3
	2	150	0.3
	3	128	0.7
	4	155	0.2
	5	158	0.2
B-②	1	144	0.4
	2	129	0.7
	3	99	2.3
	4	128	0.7
	5	130	0.7
C-②	1	139	0.5
	2	140	0.4
	3	125	0.8
	4	115	1.2
	5	102	2.1
D-②	1	117	1.1
	2	103	2.0
	3	110	1.5
	4	108	1.6
	5	120	1.0
E-②	1	97	2.5
	2	80	5.0
	3	86	3.9
	4	76	5.9
	5	92	3.1
F-②	1	65	9.2
	2	43	22.5
	3	57	12.8
	4	48	18.4
	5	49	17.7

※測定した塩分量は、可溶性塩化物イオン量であり、全塩化物イオン量ではないため若干数値が低く算出される。
特に5kg/m³以下の塩分量は低く算出される。

・ 換算式 $y = 10^{((0.418T-x)/0.198T)}$

測定値 (電位差) (mV) : x

塩化物イオン(kg/m³) : y

絶対温度 (外気温) (K) : T (= 286.5K)