

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)

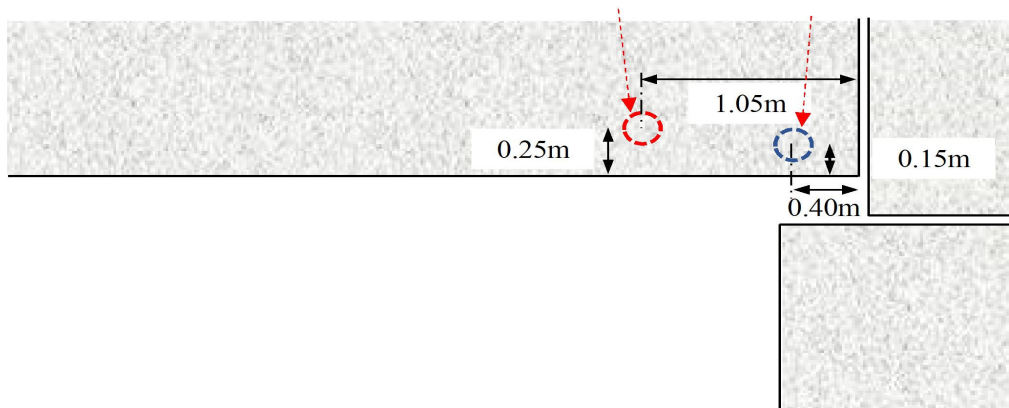
※桁端部に錆汁およびエフロレッセンスが発生している以外は損傷は見受けられない



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

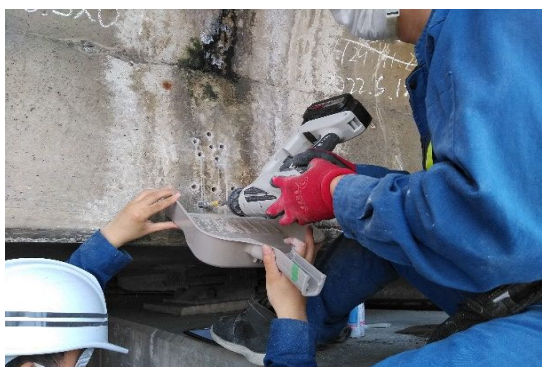


写真-1 ドリル削孔

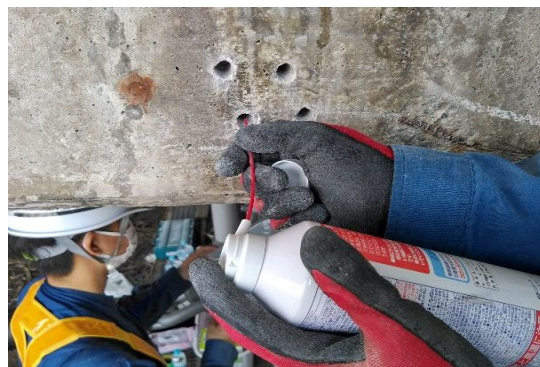


写真-2 削孔穴の清掃状況



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

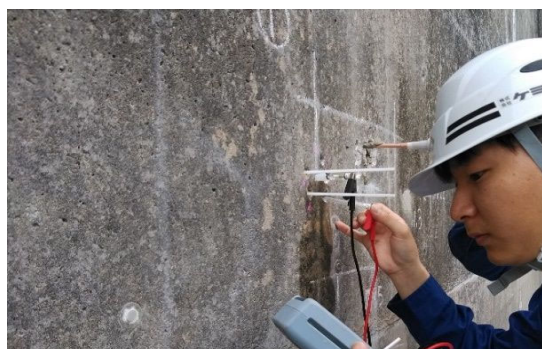


写真-5 電位差の測定状況

塩分センサ(接触法)による塩化物イオン量の測定結果

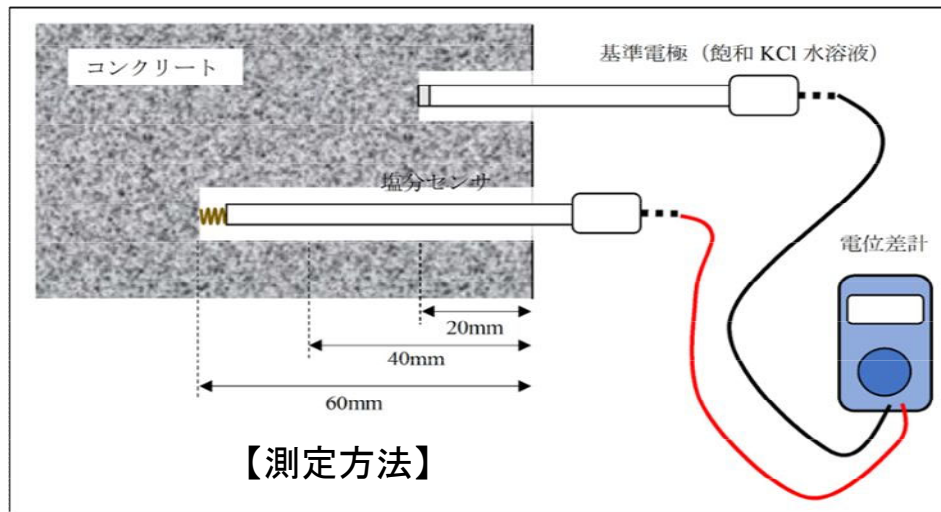


表-1 測定結果

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)

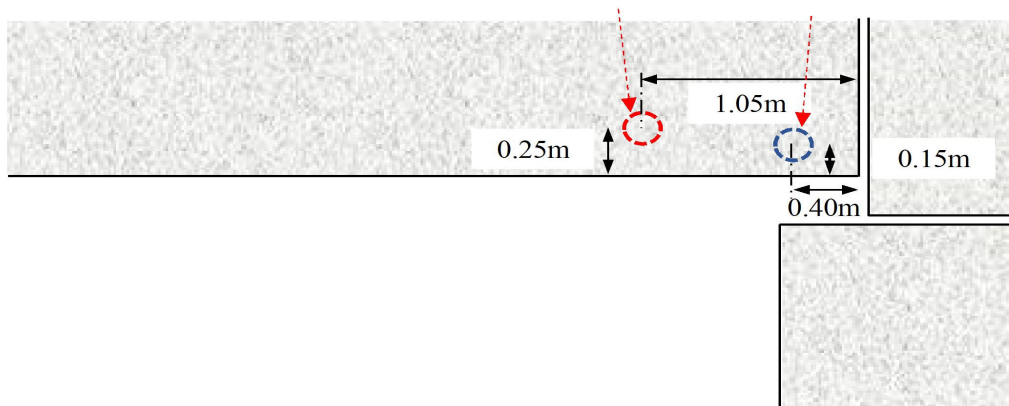
※桁端部に錆汁およびエフロレッセンスが発生している以外は損傷は見受けられない



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

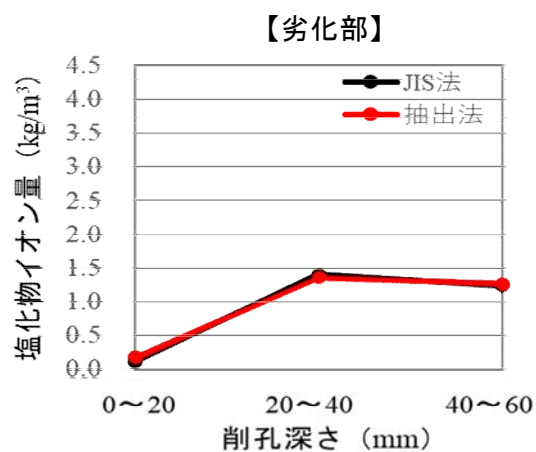
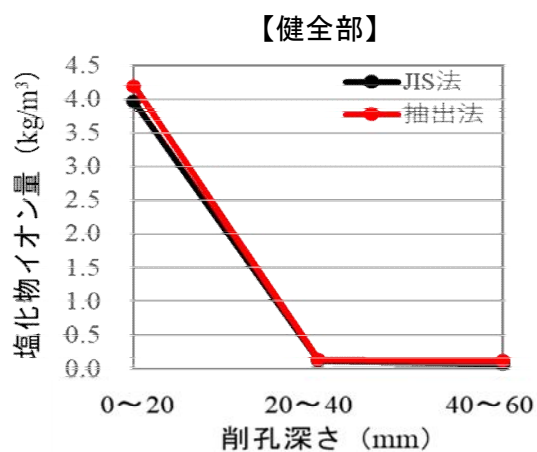
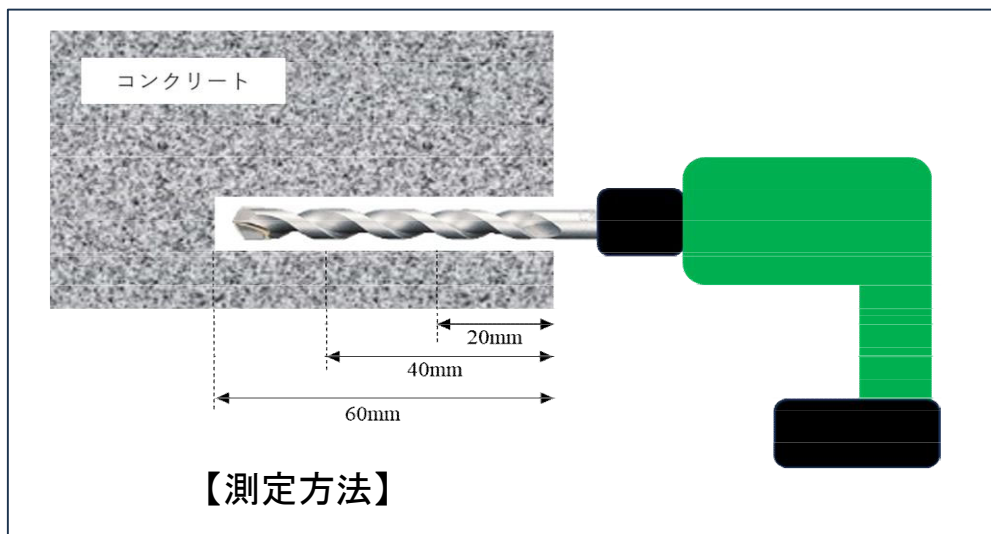


表-1 測定結果

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 ($\sigma_{ck}=60\text{N}/\text{mm}^2$ 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。

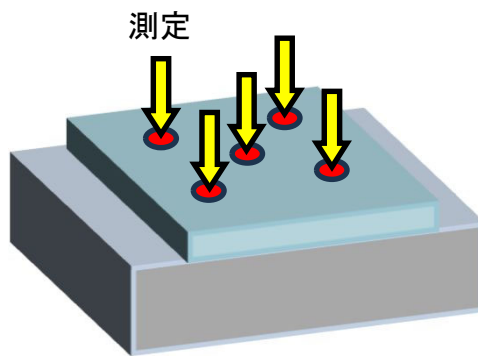


写真-1 検証試験体(表面計測)

- 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

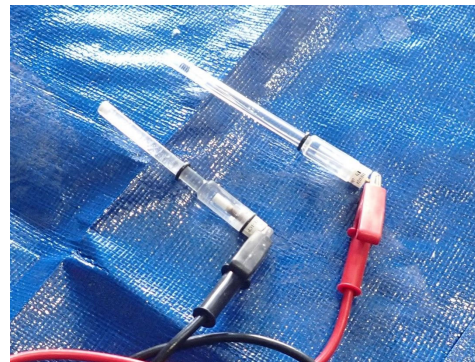


写真-3: 電極



写真-4



写真-5: 測定状況

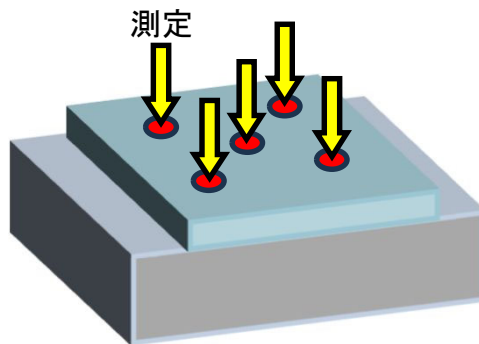


写真-6: 測定状況



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_{sk} (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)	測定値 (kg/m ³)	リファレン ス (kg/m ³)	測定値 (kg/m ³)	リファレン ス (kg/m ³)	測定値 (kg/m ³)	リファレン ス (kg/m ³)	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)

技術番号 BR030076

Locator One

技術名 Locator One(GNSS内蔵の変位計)を用いた
変位計測システム

開発者名 グレートスタージャパン
株式会社

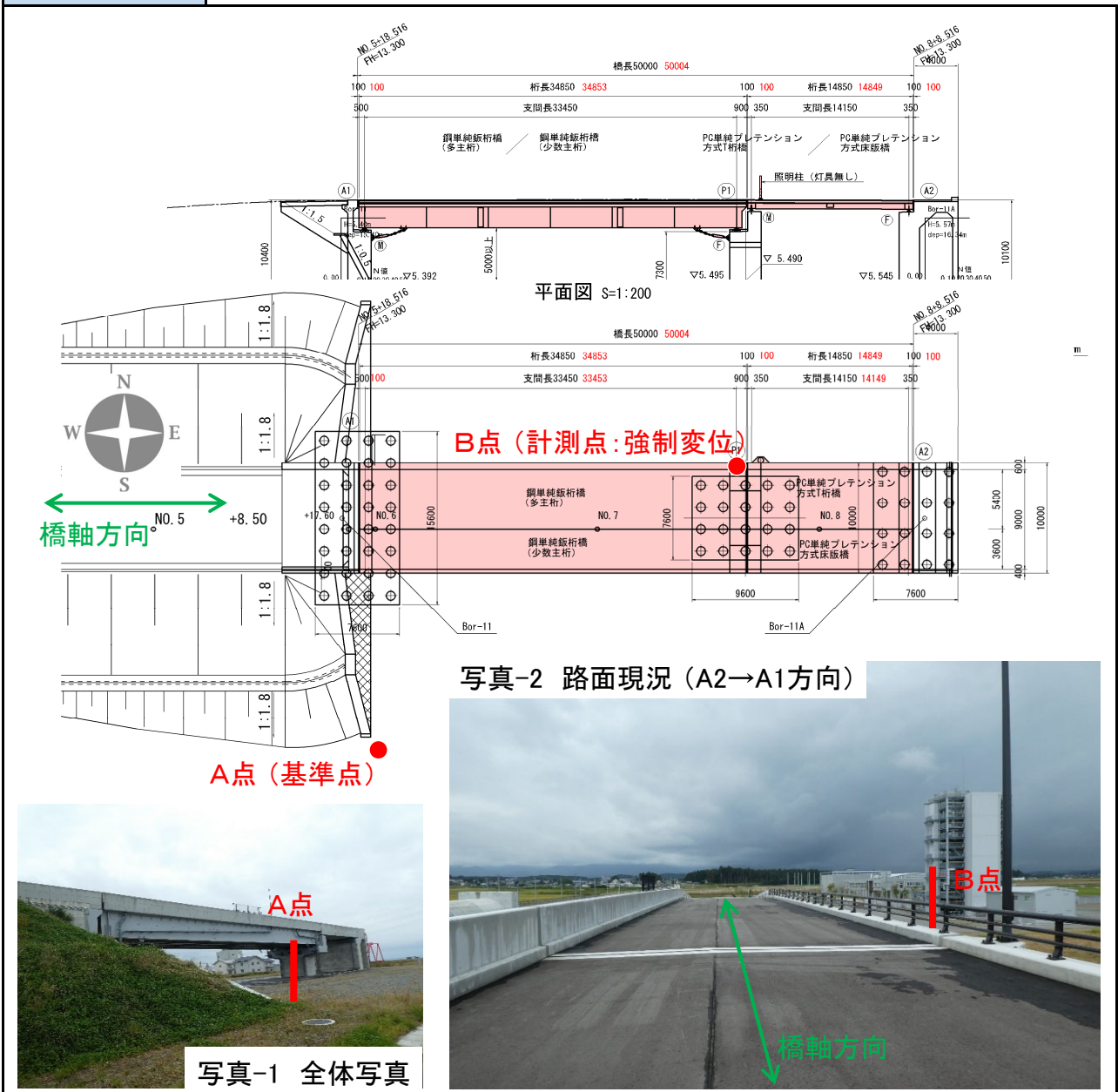
試験日 令和 7年 12月 10日 天候 晴れ 気温 - °C 風速 - m/s

試験場所 福島ロボットテストフィールド 試験用橋梁

カタログ分類 計測・モニタリング技術 カタログ 検出項目 3次元座標
(沈下・移動量) 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 (変位寸法)

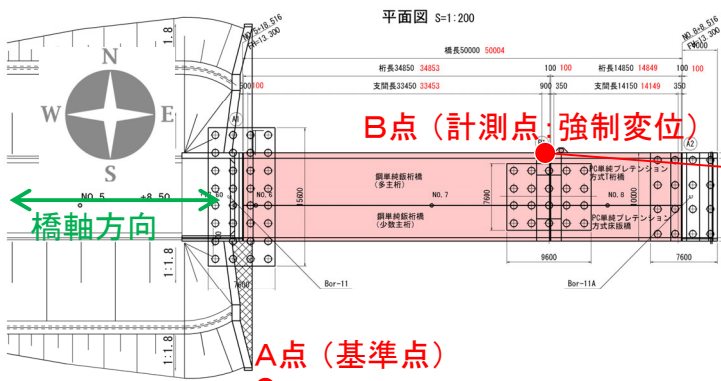
対象構造物の概要



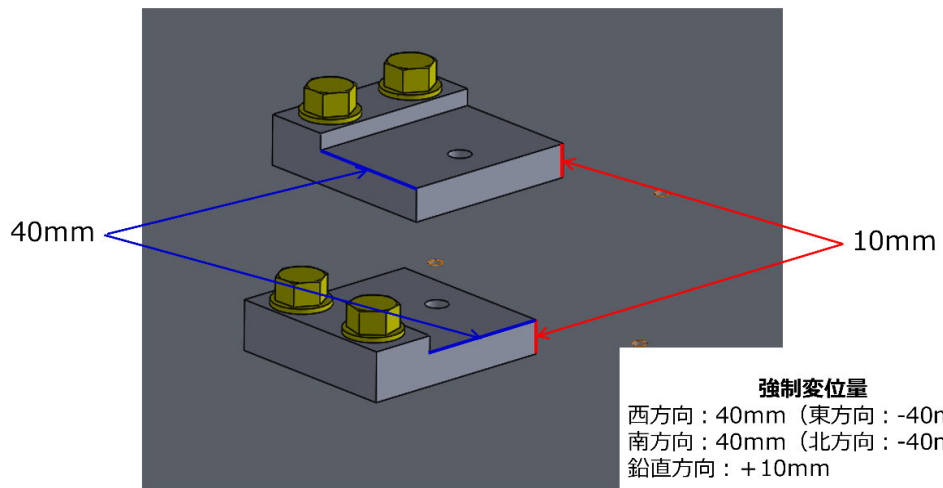
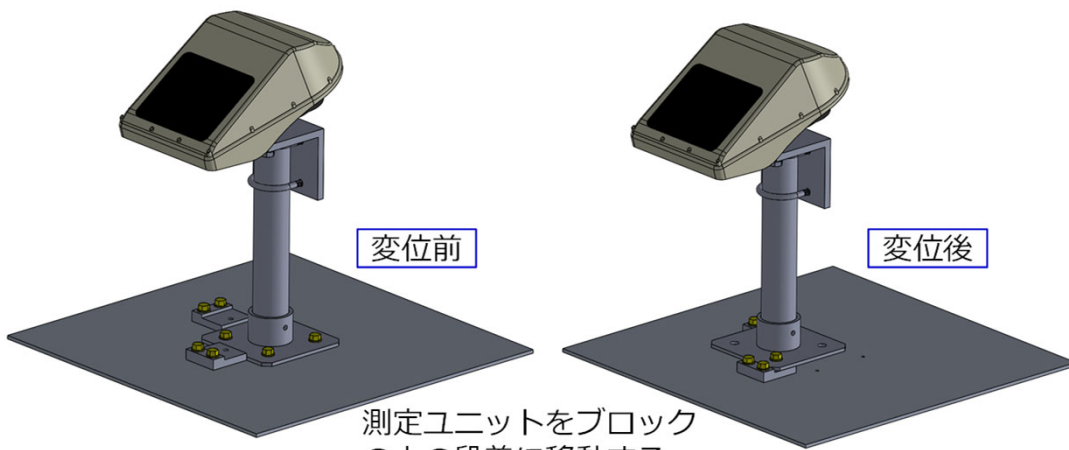
- ① 機器の搬入。(写真-3) 左から、Locator One本機(基準点・計測点用の2台)、同 背面(太陽光パネル)、モニター用PC、GNSS受信機と操作用スマートフォン、Locator One試験用治具(基準点・計測点用の2台)
- ② A点(基準点:固定点)の位置を定め、GNSS受信機により座標を求める。(写真-4) また、橋軸方向に対する変位を算定するため、路面端部の2点について同様にGNSS受信機で座標を求める。(写真-5)
- ③ A点とB点(計測用:強制変位)にLocator One本機を設置し、計測を開始する。(写真-6)
- ④ 計測結果は定期的にクラウドへ送信され、これをモニター用PCで確認する。
- ⑤ 計測途中で、B点の治具のベースプレートへの接合位置を変え、X/Y/Z方向に強制的に変位させる。(写真-7)

開発者による計測機器の設置状況





※ B点 (計測点) の強制変位方法と変位量



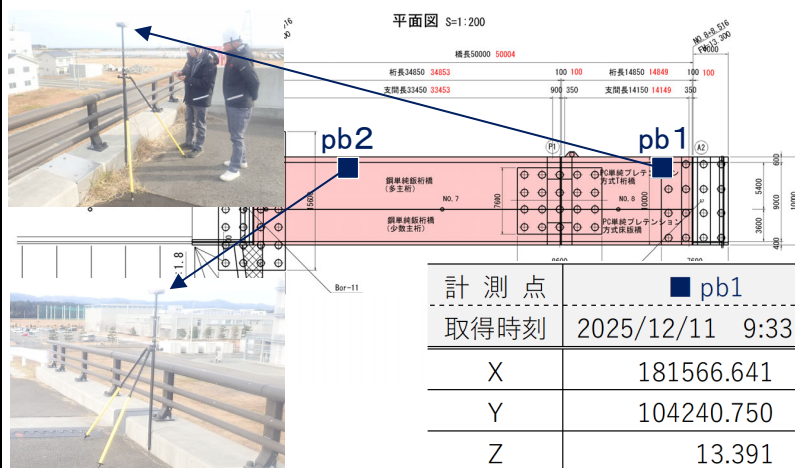
※1) 現場試験時の測定条件

現場試験で 使用した機器	Locator One (2台)	PC (ブラウザを使用)	GNSS受信機 T300Plus (基準点座標を計測)	スマートフォン (GNSS受信機を操作)
仕様	寸法： 200 mm×295 mm×160 mm GNSS：184チャンネル、GPS L1C/A、GLONASS L1OF、Galileo E1B/C、BeiDou B1I、QZSS L1C/A L1S L5、SBAS L1C/A 通信回線：LTE-M 電源：スーパーキャパシタ フラッシュメモリー：2MB ソーラーエネルギー： 4Wソーラーパネル デジタルセンサー：加速度計、レーダーセンサー、温度計 防塵防水：IP65 動作条件：-20～+60°C	dynabook g83/ly Windowsシステム (ブラウザを対応できるPC、IOSシステムでも利用可能)	寸法：158 mm×75 mm GNSS：965チャンネル、GPS L1C/A、L2C、L2P、L5、GLONASS L1、L2、L3、Galileo E1、E5a、E5b、E6、AltBOC、BeiDou B1I、B2I、B3I、B1C、B2a、B2b、QZSS L1C/A、L1C、L2C、L5、SBAS WAAS、EGNOS、MSAS、GAGAN、SDCM、BDSBAS、Navic L5 測位精度： RTK H：8mm+1ppm、V：15mm+1ppm 電源：リチウムイオン電池	WP32 RAM：4G以上 Android OS： 4.2以上システム 通信：Bluetooth・Wi-Fi・携帯電話回線 専用アプリ Survey Master
ウェブサイト リンク	https://greatstarjapan.co.jp/service/monitoring/#locator	—	https://greatstarjapan.co.jp/service/survey/gnssreceiver/	—

※2) 現場試験と実際に使用する場合の違い

現場試験	実際に使用する場合
基準点(A点)および計測点(B点)は、プレート上に設置し、注水式重石を用いて固定。	基準点および計測点は、地面への打ち込み設置、または橋脚などの堅牢な構造物に固定して設置。
計測点(B点)は1台のみ設置。	計測点は1台～複数台まで設置可能。
計測期間は、初期位置に約20時間静置した後、強制変位を与えた後も約4時間そのまま設置。	計測期間は、初期位置に設置したまま、変位の有無にかかわらず長期間にわたり地盤変位を監視。
強制変位は、東方向および北方向にそれぞれ40mm、鉛直方向に10mm、突発的に付与。	自然災害が発生していない通常時には、地盤は変位しない、または非常に緩やかに変位するのが一般的。 そのため、長期的なデータの蓄積と監視によって初めて地盤変位の有無を判断することが可能となる。

※3) 橋軸方向と方位磁石(X-Y軸)との関係



橋軸方向の2点(pb1/pb2)について、GNSS受信機で座標を測定。その結果(下表)、X軸方向の方向角 Δ が極めて小さいことから、【橋軸方向=東西方向】と判断できる。

計測点	■ pb1	■ pb2	Δ
取得時刻	2025/12/11 9:33:55	2025/12/11 9:34:50	—
X	181566.641	181566.635	- 0.006
Y	104240.750	104191.192	-49.558
Z	13.391	13.384	—

(1) Locator One本機の設置、システム開始

基準点 (A点) と計測点 (B点) のポール上にLocator Oneを設置する。

基準点 (A点) の初期座標	
取得時刻	2025/12/10 13:09:47
X	181539.841
Y	104191.772
Z	5.952

次に、GNSS受信機で基準点(A点)の初期座標を測定する。(左表)

また、モニター用PCにて、システム上にプロジェクトを作成。(下図)

プロジェクト > 福島橋梁試験

概要 ユーザー アラート

一般設定 停止

プロジェクト名: 福島橋梁試験 | プロジェクトタイプ: オブジェクト監視

プロジェクト設定

開始日: 2025年12月10日
 開始時刻 (HH:MM): 05:00
 終了日: 選択解除
 測定期間 (GNSS) (MM:SS): 02:00
 # 1日あたりの測定回数: 24
 開始処理遅延 (HH:MM): 00:30
 GNSSオン: レーダーオフ:

基準局

デバイス名: AD-C0-10-01-6D
 QRコード: AD-C0-10-01-6D
 北座標 (m): 104,191.772
 東座標 (m): 181,539.841
 高さ (ARP) (m): 5.952

位置

国: 日本
 EPSG: JGD2011 / 日本平面長方形CS IX (6677)

すべての測定装置

QRコード	デバイス名	オブジェクトID	高さオフセット	設置日	状態
AD-C0-10-01-6D	AD-C0-10-01-6D	6D-FBT	0.00	2024年10月9日	停止
AD-C0-10-03-76	AD-C0-10-03-76	76-FBT	0.00	2024年10月9日	停止

アーカイブプロジェクト 再開プロジェクト

(2) B点(計測点)の強制変位

計測の途中(2025/12/11 9:27:00)で、B点(計測点)に強制変位を与える。

(3) 計測の終了、試験の結果

結果、【2025/12/10 15時 ~ 2025/12/11 13時】毎正時の座標を計測した。(一部欠測あり)

強制変位前後の平均変位量から得られた算出値を、実際の強制変位値(真値)と比較する。(下表)

	強制変位前 変位値平均値 ①	強制変位後 変位値平均値 ②	データより算出した 変位値 (②-①)	実際の強制 変位値 (真値)
X: 橋軸(東)方向	0.002 m	-0.040 m	-0.042 m	-0.04 m
Y: 橋軸と直角(北)方向	0.001 m	-0.040 m	-0.041 m	-0.04 m
Z: 鉛直方向	-0.007 m	0.003 m	+0.010 m	+0.01 m

※4) 毎正時単位で取得する計測値に関する補足事項

毎正時に計測されるX/Y/Z方向それぞれの変位値は、毎正時の瞬間断面的な値ではなく、初期設定した測定間隔(例えば1時間)の時間内で定期的(例えば2分間)に計測される複数の値相互を比較して極端に他の値と異なるものは棄却される、といったアルゴリズムを経た後の解析値として算出される。

※5) 出力結果（監視システム画像）

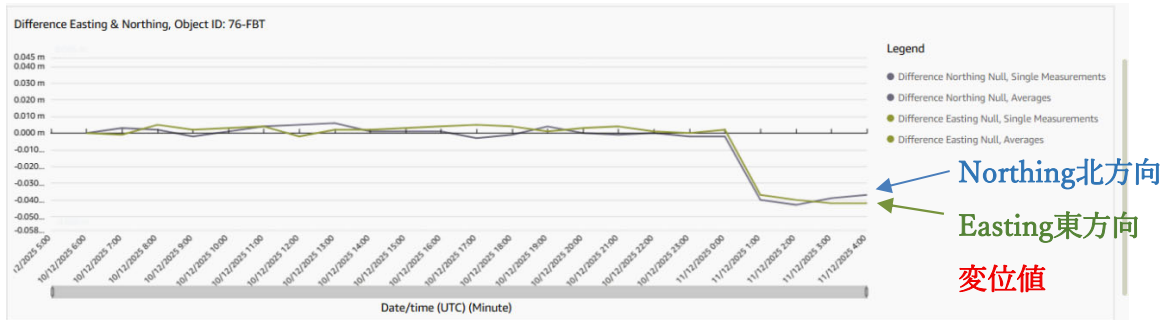
① 使用しているLocator Oneの状況（Health）



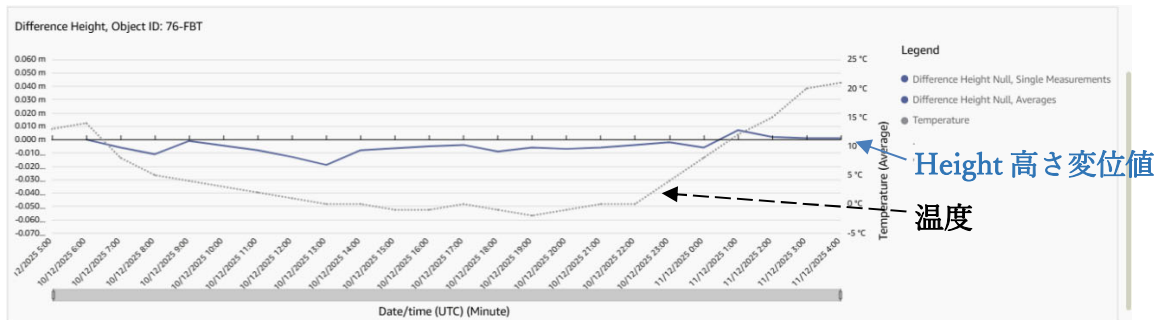
② 変位監視のメインページ



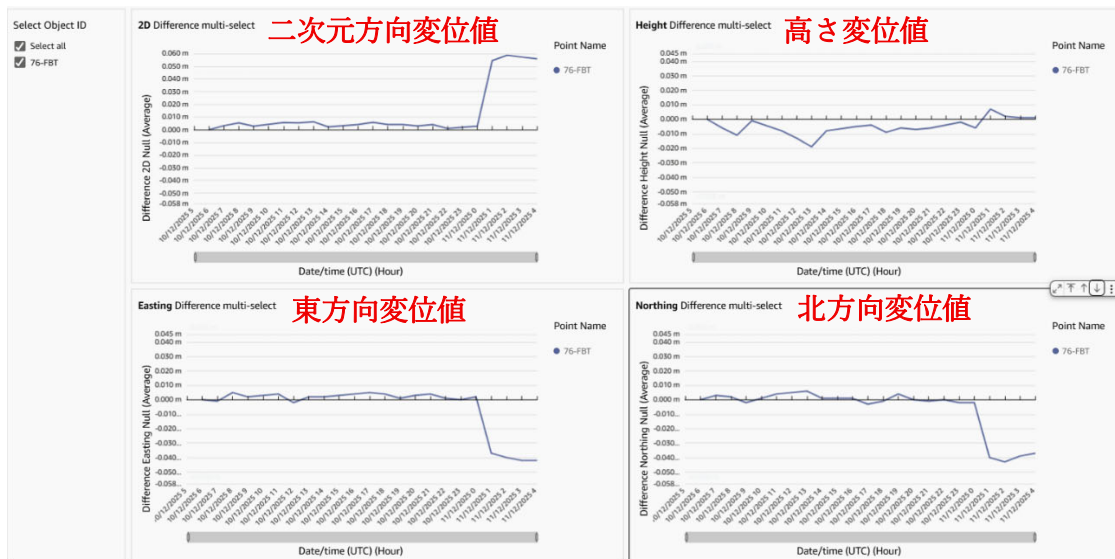
③ XY方向 (Easting、Northing) 変位量グラフ (1個デバイスのみ)



④ Z方向 (Height) 変位量グラフ (1個デバイスのみ)



⑤ 変位量グラフまとめ (多数個デバイスのデータを比較可能)



⑥ 座標値、変位量ローデータ表まとめ (多数個デバイスのデータを比較可能)

Results of measurements for Fukushima Bridge Test (Data is filtered by date and point name).

Date measurement (UTC)	76-FBT					
	Easting	Northing	Height	Difference Easting Null	Difference Northing Null	Difference Height Null
11/12/2025 4:00	104,223.858 m	181,566.755 m	14,733 m	-0.042 m	-0.037 m	0.001 m
11/12/2025 3:00	104,223.858 m	181,566.753 m	14,733 m	-0.042 m	-0.039 m	0.001 m
11/12/2025 2:00	104,223.860 m	181,566.749 m	14,734 m	-0.040 m	-0.043 m	0.002 m
11/12/2025 1:00	104,223.865 m	181,566.752 m	14,739 m	-0.037 m	-0.040 m	0.007 m
11/12/2025 0:00	104,223.902 m	181,566.790 m	14,726 m	0.002 m	-0.002 m	-0.006 m
10/12/2025 23:00	104,223.900 m	181,566.790 m	14,730 m	0.000 m	-0.002 m	-0.002 m
10/12/2025 22:00	104,223.901 m	181,566.792 m	14,728 m	0.001 m	0.000 m	-0.004 m
10/12/2025 21:00	104,223.904 m	181,566.791 m	14,726 m	0.004 m	-0.001 m	-0.006 m
10/12/2025 20:00	104,223.903 m	181,566.792 m	14,725 m	0.003 m	0.000 m	-0.007 m
10/12/2025 19:00	104,223.901 m	181,566.796 m	14,726 m	0.001 m	0.004 m	-0.006 m
10/12/2025 18:00	104,223.904 m	181,566.791 m	14,725 m	0.004 m	-0.001 m	-0.009 m
10/12/2025 17:00	104,223.905 m	181,566.789 m	14,728 m	0.005 m	-0.003 m	-0.004 m
10/12/2025 16:00	104,223.904 m	181,566.793 m	14,727 m	0.004 m	0.001 m	-0.005 m

Powered by Amazon Quick Sute

技術番号 BR030077

技術名 レーザー変位計を用いた支承挙動のモニタリング技術 開発者名 株式会社川金コアテック

試験日 令和7年 12月 15日 天候 気温 °C 風速 m/s

試験場所 自社工場

カタログ分類 計測・モニタリング技術 カタログ 検出項目 距離の変化 (支承変位) 試験区分 社内試験

試験で確認する
カタログ項目 4-2 計測精度

対象構造物の概要

- 1. 試験機の概要
 - 最大荷重：鉛直方向（圧縮）2000kN（引張）1000kN、水平方向±400kN
 - 最大変位：鉛直方向±150mm、水平方向±200mm
 - 最大速度：鉛直方向7mm/s、水平方向630mm/s
- 2. 载荷試験の概要
 - 試験内容：ゴム沓試験体に水平力を载荷し、その際の下沓（水平加振部と一体となる鋼板）の経時的水平変位量を計測する。（サンプリング周波数：40hz）
 - 载荷荷重：鉛直方向（圧縮）134.5kN、水平荷重6.6kN
 - 設定変位：5mm（水平方向）
 - 変位周期：72秒（正弦波）
 - 加振回数：5回（正方向3回、負方向2回）

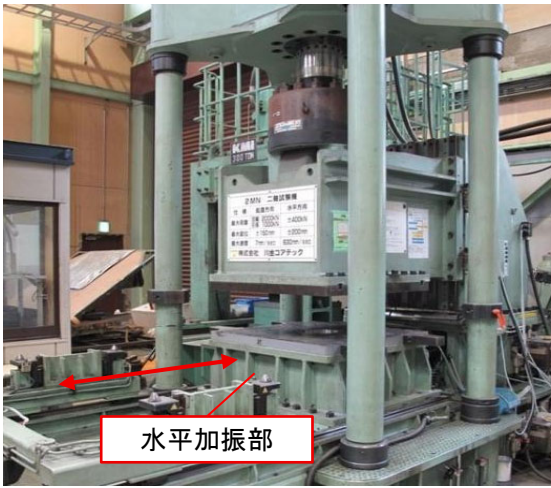


写真1 試験機全景

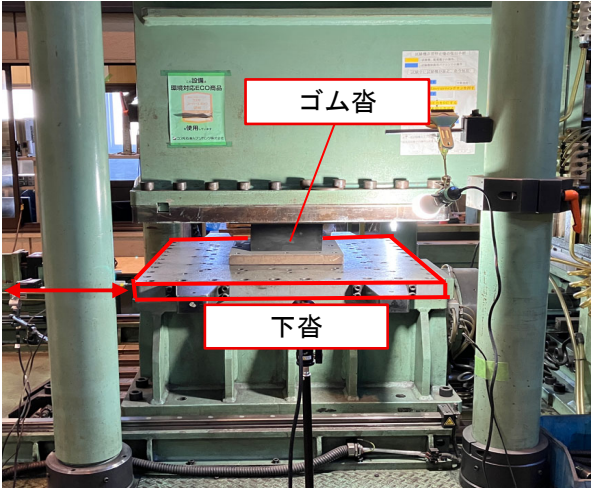


写真2 ゴム沓取り付け部・下沓

- ① レーザー変位計、接触式変位計(リファレンス用機器)を所定の位置に設置する。(写真3、4、7)
- ② 試験機を起動させ、変位計測を開始する。
- ③ 試験終了後、計測を停止する。
- ④ 計測者はPCでクラウドへアクセスし、計測が正しく行われたか確認する。

開発者による計測機器の設置状況

1. 機器の構成と設置

・使用機材

- ①レーザー変位計：2台（IA-100：1台・IL-300：1台）
- ②データ収集/通信用モジュールユニット：1台
- ③データ確認用PC：1台

・設置状況

- ①レーザー変位計の設置状況（写真3、4）
- ②モジュールユニット（レーザー変位計と有線接続）の設置状況（写真5）
- ③データ確認用PC（クラウドとインターネット接続）の画面（写真6）

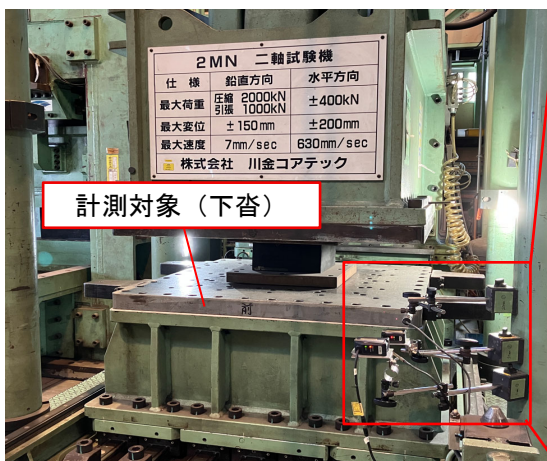


写真3 レーザー変位計の設置状況（遠景）

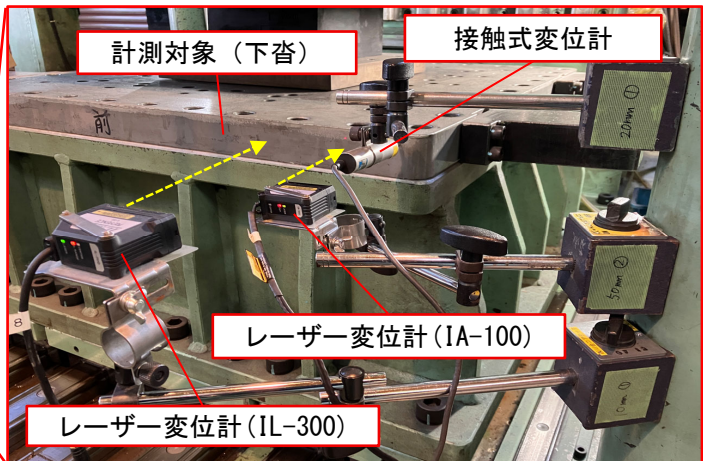


写真4 レーザー変位計の設置状況（拡大）

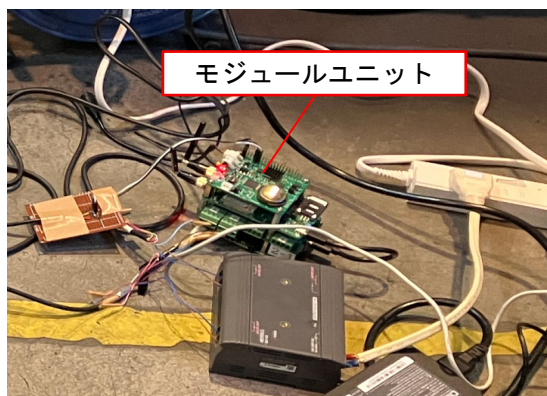


写真5 モジュールユニットの設置状況

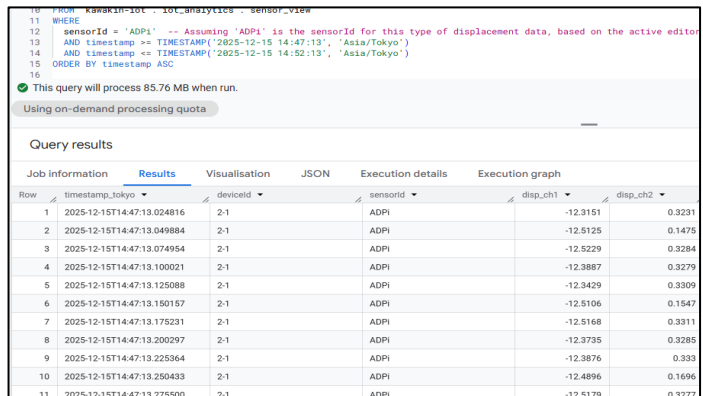


写真6 データ確認用PC画面

1. 機器の構成と設置

- ・ 使用機材
 - ① 接触式変位計：1台（DTH-A-20）
 - ② データロガー（試験機と一体）
- ・ 設置状況
 - 接触式変位計の設置状況（写真7）

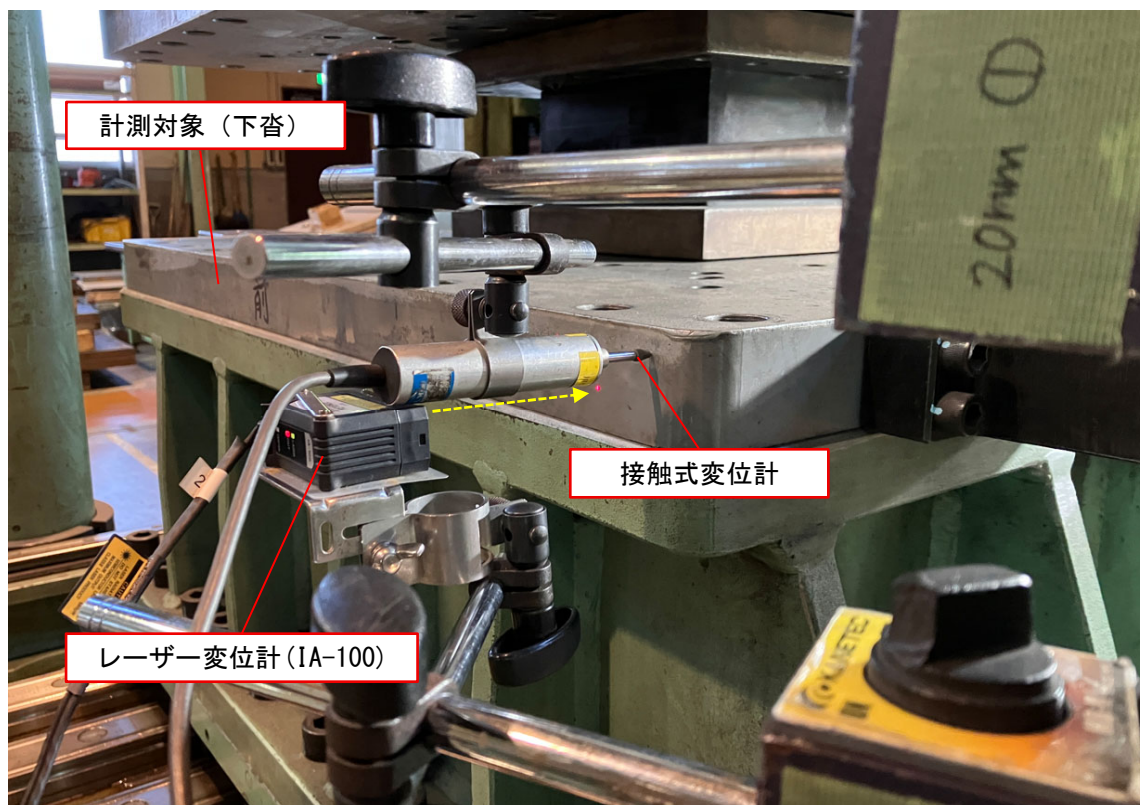


写真7 接触式変位計の設置状況

1. 変位の計測結果

1.1 波形の比較

- ・ 開発者によるレーザー変位計より得られた水平変位量の測定結果の波形データと、接触式変位計によるリファレンスデータを図1に示す。
- ・ 電気ノイズの影響が見られたため、FFT解析を行ったところ、10hz付近にノイズと思われる周波数分布が確認された。これを除去するため、ローパスフィルター処理（8hz）を行った。FFT解析結果を図2に、ローパスフィルター処理後の波形データを図3に示す。
- ・ 時系列波形は、接触式変位計の波形と酷似したことが確認できた。

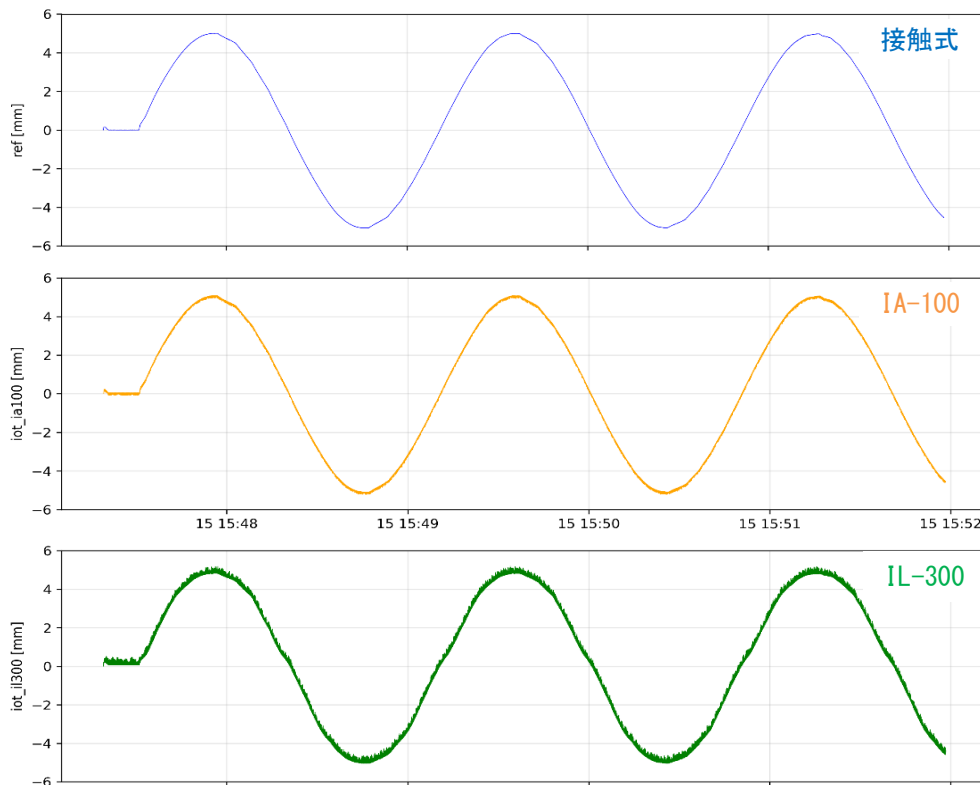
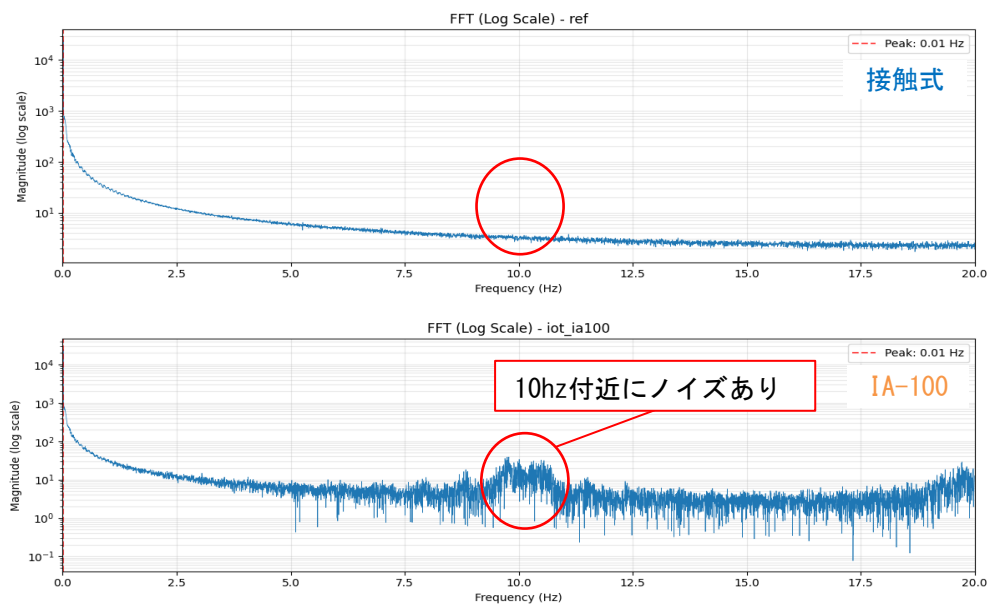


図1 波形の比較



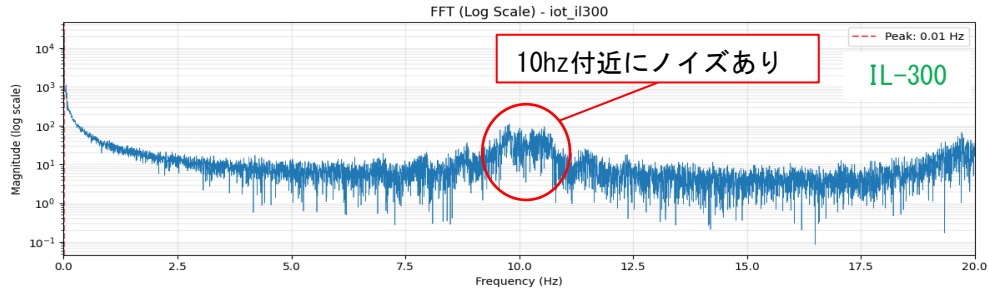


図2 FFT解析結果

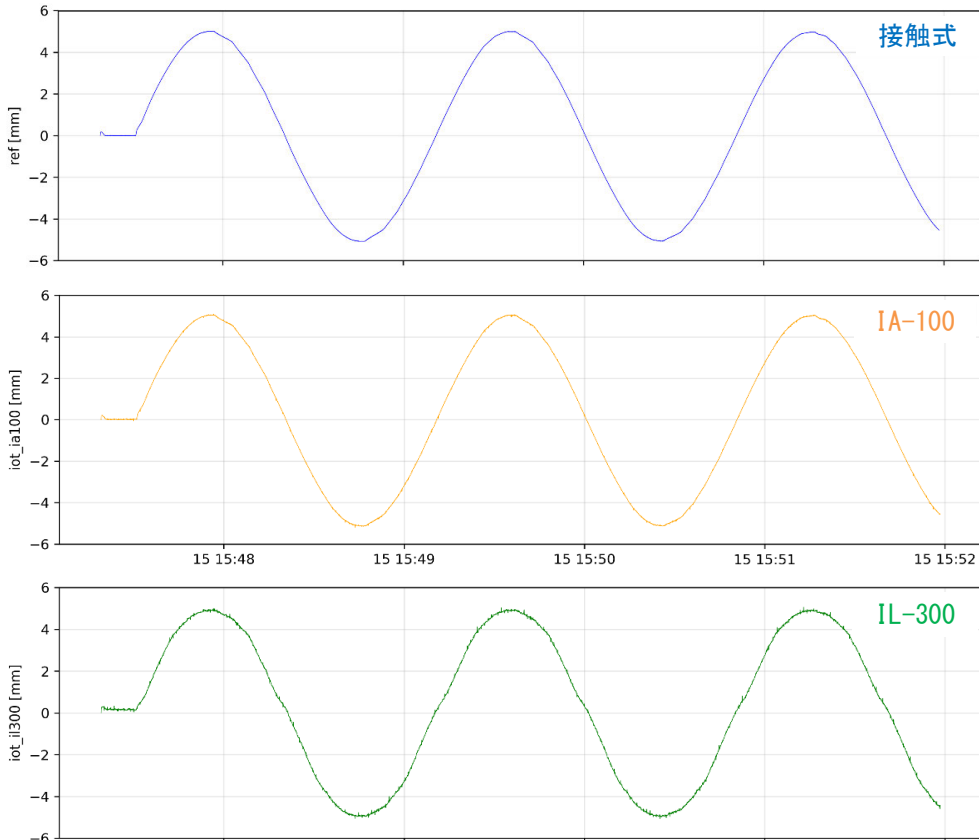


図3 波形の比較(ローパスフィルター処理後)

1.2 変位の比較

開発者による測定結果（レーザー変位計）と、接触式変位計によるリファレンスデータの対比を、表1に示す。

●5回全ての計測結果で、カタログ記載の計測精度を満たすことを確認

単位：mm

計測回数	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
計測時刻（リファレンス最大値時）	15:47:56.10	15:48:47.08	15:49:34.88	15:50:25.88	15:51:17.03
①リファレンス	5.007	-5.084	4.996	-5.074	4.982
②レーザー変位計：IA-100（本技術）	5.038	-5.131	5.039	-5.113	4.996
差分（①-②）	-0.031	0.048	-0.043	0.039	-0.014
カタログ記載の精度を満たすか？	○ (<0.06)	○ (<0.06)	○ (<0.06)	○ (<0.06)	○ (<0.06)
③レーザー変位計：IL-300（本技術）	4.898	-4.925	4.910	-4.945	4.896
差分（①-③）	0.109	-0.159	0.086	-0.129	0.086
カタログ記載の精度を満たすか？	○ (<0.7)	○ (<0.7)	○ (<0.7)	○ (<0.7)	○ (<0.7)

表1 変位量の比較

・カタログ記載値の検証（変位の相対差による計測精度）

- ・本技術の計測値と、リファレンスとの計測値の相対差比較を、下の式に基づき算出する。
- ・相対差（ δ_i ）の算出に際しては、リファレンスが正負方向に最大変位を記録した時刻のレーザー変位計の計測値（表1）を参照する。
- ・サンプル数については、 $n=5$ （加振回数）とする。

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

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

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)

変位の相対差の計測結果

サンプル数		5					単位 : mm
	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目		
リファレンス	5.007	-5.084	4.996	-5.074	4.982		
計測結果 IA-100	5.038	-5.131	5.039	-5.113	4.996		
差分	0.031	-0.048	0.043	-0.039	0.014		
計測結果 IL-300	4.898	-4.925	4.910	-4.945	4.896		
差分	0.109	-0.159	0.086	-0.129	0.086		

【IA-100】

X= 0.0369 mm = (36.9 μ m)

x= 0.73 %

変位の相対差 X mm(x %) = 0.0369 mm (0.73 %)

【IL-300】

X= 0.1171 mm = (117.1 μ m)

x= 2.33 %

変位の相対差 X mm(x %) = 0.1171 mm (2.33 %)

・カタログ記載値の検証（メーカー公称値に対する計測精度）

- ・本技術では、計測精度について以下のメーカー公称値（直線性）を参照している。

メーカー公称値(mm)			カタログ値(mm)
変位計	測定距離	直線性	計測精度 [※]
IA-100	75～130	F. S. 80～120 : $\pm 0.15\%$ ± 0.06	± 0.06
IL-300	160～450	F. S. 160～440 : $\pm 0.25\%$ ± 0.7	± 0.7

※F.S.(フルスケール)レンジ内で計測を行った場合

→変位量に関して、カタログ記載の精度が得られていることが確認できた。

・参考：残差標準偏差（ σ ）・ 2σ ・比較散布図

- ・リファレンスとの計測値の相対差について、全値の残差標準偏差（ σ ）を下の式に基づき算出する。
- ・ 2σ について、「残差標準偏差（ σ ） $\times 2$ 」により算出する。算出結果を表2に示す。

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

δ_a =検証側技術による測定値(1フレーム目)－当該技術による測定値(2フレーム目)

δ_b =検証側技術による測定値(2フレーム目)－当該技術による測定値(3フレーム目)

δ_i =検証側技術による測定値(nフレーム目)－当該技術による測定値(nフレーム目)

サンプル数：n=11168（計測周波数：40Hz、計測時間：4分39秒175）

変位計	残差標準偏差 (σ)	2σ	計測精度との比較
IA-100	0.031	0.062	≈ 0.06
IL-300	0.099	0.198	< 0.7

表2 残差標準偏差(σ) $\cdot 2\sigma$

- ・接触式（リファレンス）とIA-100/IL-300の計測値について、比較散布図を図4に示す。

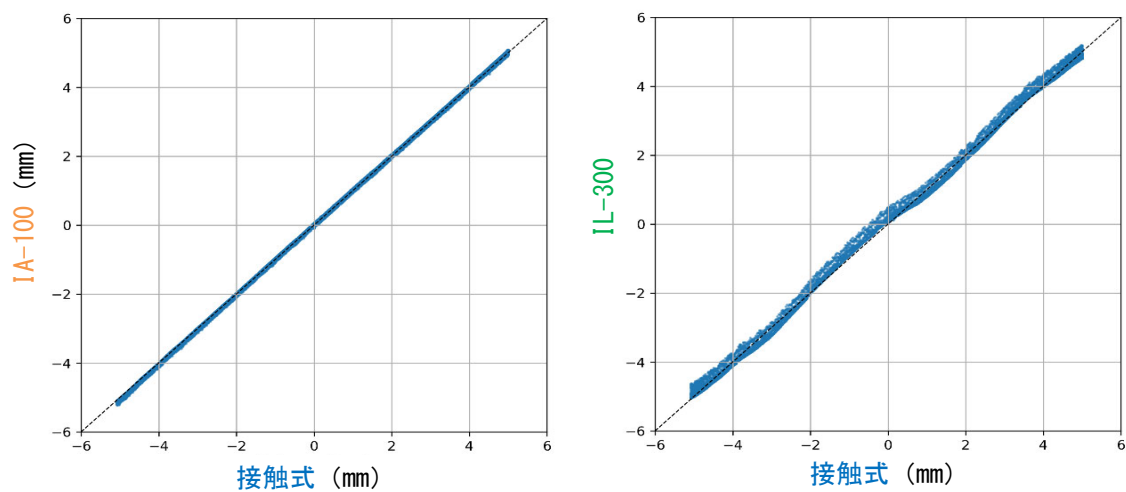


図4 比較散布図

技術番号 BR030077

技術名 レーザー変位計を用いた支承挙動のモニタリング技術 開発者名 株式会社川金コアテック

試験日 令和3年 7 月 7 日 天候 曇り 気温 28.5 °C 風速 1.6 m/s

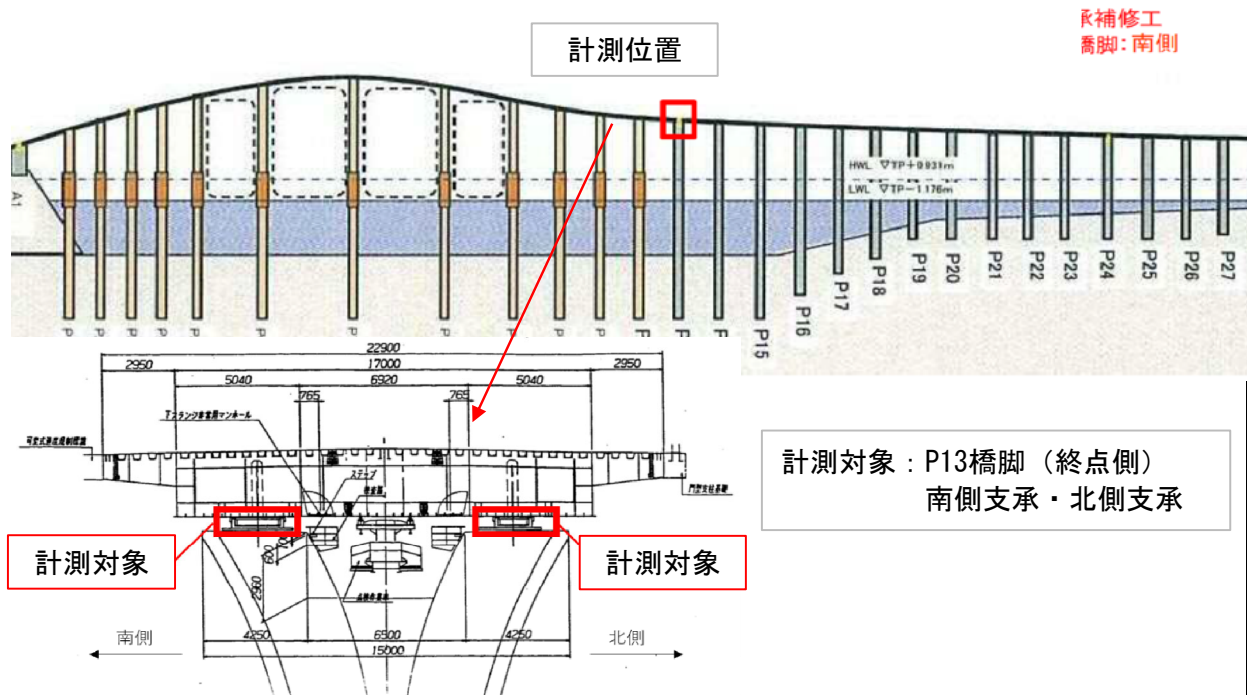
試験場所 実橋

カタログ分類 計測・モニタリング技術 カタログ 検出項目 距離の変化 (支承変位) 試験区分 現場試験

試験で確認する 動作確認
カタログ項目 (精度以外)

対象構造物の概要

※対象構造物の一般図、計測対象となる部位・部材



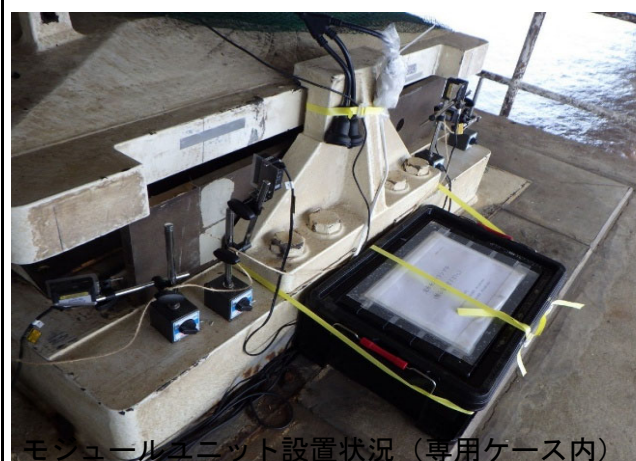
試験方法(手順)	技術番号	BR030077
① 機材を搬入する。(レーザー変位計、マグネットクランプ、モジュールユニット、AC-DCコンバータ等)		
② マグネットクランプにレーザー変位計を装着し、モジュールユニットおよび電源へ接続する。		
③ レーザー変位計および専用ケースに収納したモジュールユニットを支承周辺に設置する。		
④ 計測を開始後、パソコンからクラウド上へアクセスし、データが取得されていることを確認する。		

開発者による計測機器の設置状況



変位計設置状況 (遠景)

変位計設置状況 (拡大)

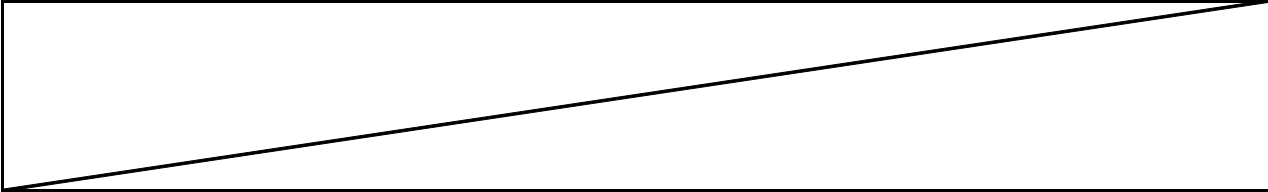


モジュールユニット設置状況 (専用ケース内)

time	south_ch	south_ch	south_ch	south_ch	south_ch	south_ch	south_ch	south
2021/7/7 13:00:07.10	-0.002	-0.001		-0.006	0.023	-0.006	0.061	-1
2021/7/7 13:00:07.13	-0.002	0		-0.005	0.036	0.046	0.059	-1
2021/7/7 13:00:07.15	-0.001	-0.001		-0.005	0.041	0.009	0.073	-1
2021/7/7 13:00:07.18	-0.002	0		-0.003	0.048	0.064	0.089	-1
2021/7/7 13:00:07.20	0	-0.001		0	0.049	0.024	0.077	-1
2021/7/7 13:00:07.23	-0.001	-0.001		-0.001	0.036	0.034	0.061	-1
2021/7/7 13:00:07.25	-0.001	0.001		-0.002	0.018	-0.013	0.033	-1
2021/7/7 13:00:07.28	0	0		0	5.55E-17	0	0	
2021/7/7 13:00:07.30	0	0.001		-0.005	-0.012	-0.05	-0.017	-1
2021/7/7 13:00:07.33	-0.001	0		-0.003	-0.019	-0.034	-0.031	-1
2021/7/7 13:00:07.35	0	-0.002		0	-0.031	-0.068	-0.031	-1
2021/7/7 13:00:07.38	0.001	-0.007		-0.005	-0.025	-0.053	-0.03	-1
2021/7/7 13:00:07.40	0.006	-0.01		-0.005	-0.018	-0.049	-0.025	-1
2021/7/7 13:00:07.42	0.007	-0.01		-0.003	-0.017	-0.016	-0.012	-1
2021/7/7 13:00:07.45	0.006	-0.01		-0.006	-0.005	-0.032	-0.006	-1
2021/7/7 13:00:07.48	0.007	-0.009		-0.003	-0.003	-0.009	-0.007	-1
2021/7/7 13:00:07.50	0.001	-0.007		-0.001	-0.006	-0.036	-0.01	-1
2021/7/7 13:00:07.53	0	-0.005		-0.001	-0.02	-0.034	-0.03	-1
2021/7/7 13:00:07.55	0	-0.001		-0.002	-0.028	-0.07	-0.048	-1
2021/7/7 13:00:07.58	0.002	-0.004		0	-0.056	-0.081	-0.051	-1
2021/7/7 13:00:07.60	0.003	-0.005		-0.005	-0.084	-0.125	-0.051	-1
2021/7/7 13:00:07.63	0	-0.009		-0.009	-0.114	-0.147	-0.047	-1

取得データの確認

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 BR030078

ひずみセンサー

技術名 静的ひずみのモニタリングによる鋼構造物の疲労亀裂検出技術

開発者名 株式会社コクリエ
関西大学

試験日 令和 8年 2月 9日 天候 晴れ 気温 6.5 °C 風速 3.3 m/s

試験場所 実橋（一般国道357号 柴航路橋）

カタログ分類 計測・モニタリング技術 カタログ

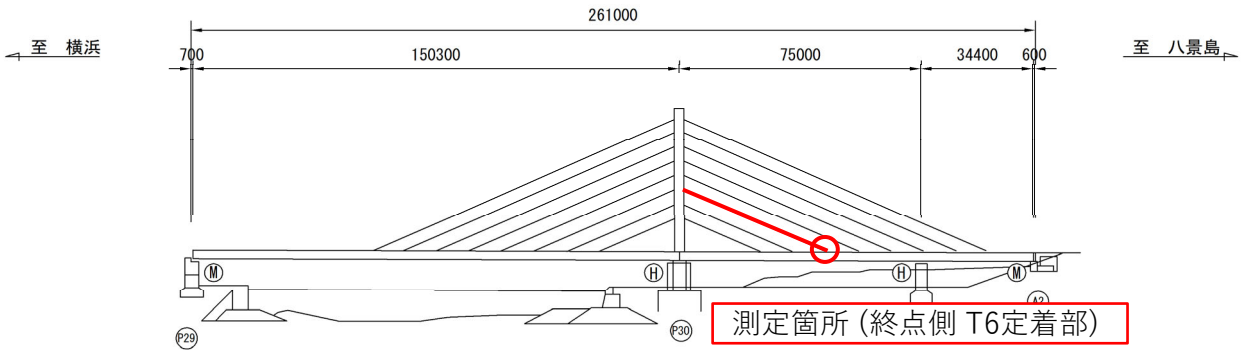
検出項目 ひずみの変化

試験区分 現場試験

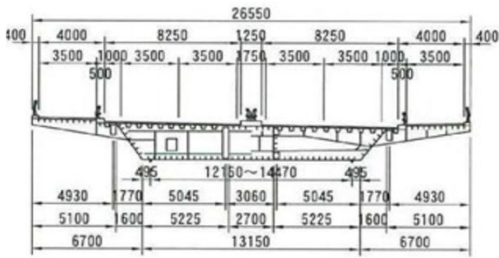
試験で確認する
カタログ項目 動作確認(精度以外)

対象構造物の概要

全体一般図



断面図



橋梁諸元

橋梁名	柴航路橋
橋梁形式	3径間連続 鋼斜張橋（箱桁橋）
橋長	261 m
供用開始年	1993年



写真-1 柴航路橋 全景（起→終点方向）



写真-2 測定箇所

- ① 計測機器の搬入。
写真左から順に、通信・データ処理モジュール(デバイス)、ひずみゲージ、モニター用PC (写真-3)
- ② 計測準備：ケーブル(T6)定着部の外周にひずみゲージを貼り付ける (写真-4)
- ③ 計測準備：外周の円周方向 約90度間隔で4箇所(4CH)のひずみゲージを貼り付け、デバイスと接続、計測の頻度を3分間隔に設定 (写真-5)
- ④ デバイスのゼロリセットボタンを押して計測を開始
(計測データはGoogleスプレッドシートで確認できるよう、事前に設定) (写真-6)
- ⑤ モニター用PCで約3分間隔のデータ取得(生データ、グラフ)をリアルタイムで確認。スプレッドシート内のアラートメール通知機能を確認。損傷の進展など変状が生じていない場合、値に変化がないことを確認。

開発者による計測機器の設置状況

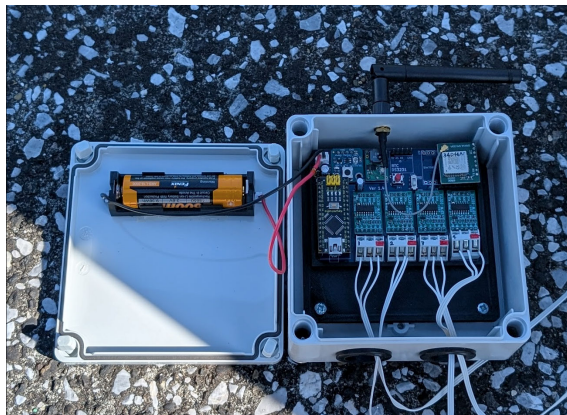


写真-3



写真-4



写真-5



写真-6

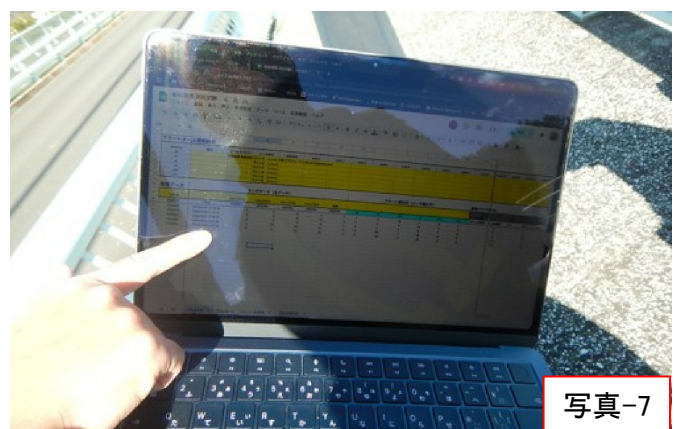


写真-7

Googleスプレッドシートでのデータ確認（約3分間隔、計26回のデータを取得）

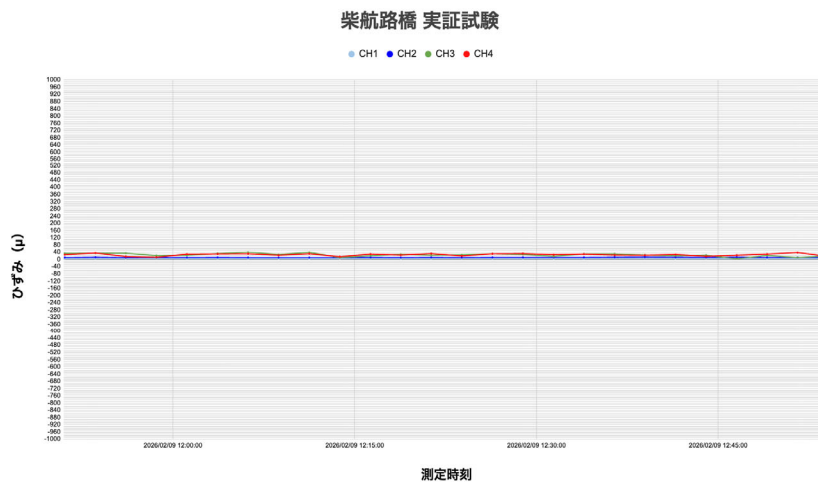
柴航路橋 実証試験

ファイル 編集 表示 挿入 表示形式 データ ツール 拡張機能 ヘルプ

メニュー 100% 123 デフォ...

メモ欄	CH1 ひずみ	CH2 ひずみ	CH3 ひずみ	CH4 ひずみ	
SigfoxID	Time	d1(CH1)	d2(CH2)	d3(CH3)	d4(CH4)
34D46A1	2026/02/09 11:51:04	4	10	33	26
34D46A1	2026/02/09 11:53:36	4	12	34	35
34D46A1	2026/02/09 11:56:06	4	10	34	16
34D46A1	2026/02/09 11:58:38	5	11	21	12
34D46A1	2026/02/09 12:01:09	4	10	23	29
34D46A1	2026/02/09 12:03:41	4	11	32	30
34D46A1	2026/02/09 12:06:12	4	10	40	31
34D46A1	2026/02/09 12:08:43	4	10	27	23
34D46A1	2026/02/09 12:11:15	3	10	39	31
34D46A1	2026/02/09 12:13:46	4	10	10	15
34D46A1	2026/02/09 12:16:18	5	11	20	29
34D46A1	2026/02/09 12:18:48	4	10	28	24
34D46A1	2026/02/09 12:21:19	4	11	23	32
34D46A1	2026/02/09 12:23:50	5	10	25	19
34D46A1	2026/02/09 12:26:22	4	11	31	31
34D46A1	2026/02/09 12:28:53	4	11	27	32
34D46A1	2026/02/09 12:31:25	4	11	17	26
34D46A1	2026/02/09 12:33:55	4	11	30	29
34D46A1	2026/02/09 12:36:27	5	12	30	24
34D46A1	2026/02/09 12:38:57	5	13	24	23
34D46A1	2026/02/09 12:41:29	4	12	20	27
34D46A1	2026/02/09 12:44:00	4	11	23	17
34D46A1	2026/02/09 12:46:32	4	12	3	23
34D46A1	2026/02/09 12:49:02	4	11	22	29
34D46A1	2026/02/09 12:51:33	5	11	10	38
34D46A1	2026/02/09 12:54:05	4	11	20	16

上:生データ 下:グラフ



※開発者による考察

1. 本実証の前提

本技術は、疲労亀裂の発生および進展時に構造系全体に現れる変調を、静的ひずみの継続的な計測により捉えることを目的とする。本実証において計測期間中に変調が生じなかった場合はひずみ値が安定的に推移することを確認する結果となる。

2. 計測結果

各チャネルのひずみ値に対して標本標準偏差を算出したところ、CH1:0.5、CH2:0.8、CH3:8.7、CH4:6.6と、いずれも小さい値を示した。これより、本実証期間中において構造系全体に顕著な変調は生じていないと判断される。

3. データ確認方法、アラート通知

スプレッドシートに、計測値が自動更新されることを確認。

技術番号 BR030079

テンション
リーダー

技術名 スマートフォンに内蔵した加速度計を使用した
ケーブル張力計測技術(テンションリーダー)

開発者名 本四高速道路ブリッジ
エンジニア株式会社

試験日 令和 8年 2月 9日 天候 晴れ 気温 4.6 °C 風速 1.8 m/s

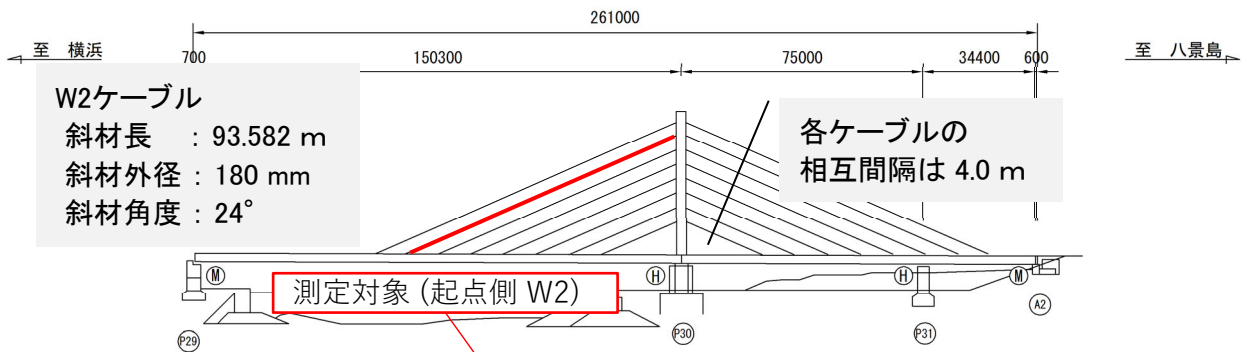
試験場所 実橋 (一般国道357号 柴航路橋)

カタログ分類 計測・モニタリング技術 カタログ 検出項目 ケーブル張力 試験区分 標準試験

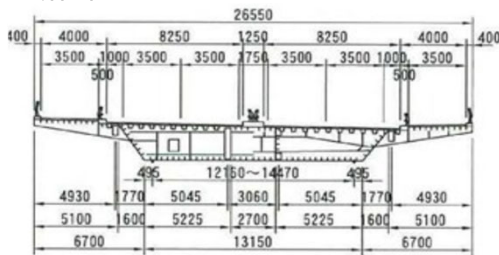
試験で確認する
カタログ項目 計測精度(張力)

対象構造物の概要

全体一般図



断面図



橋梁諸元

橋梁名	柴航路橋
橋梁形式	3径間連続 鋼斜張橋(箱桁橋)
橋長	261m
供用開始年	1993年



写真-1 柴航路橋 全景(起→終点方向)



写真-2 測定対象

- ① 計測機器の搬入。(写真-3)
左から順に、強制振動用のウレタンハンマー、テンションリーダーがインストールされたスマートフォン
- ② 立会者は、W2ケーブルの主桁側定着部付近で、ケーブルにレファレンス用の加速度計を設置する。(写真-4)
- ③ スマートフォンをレファレンス用の加速度計の近くに設置する。(写真-5)
スマートフォンのアプリ「テンションリーダー」を起動し、ウレタンハンマー(人力)で強制振動を行う。(写真-6)
- ④ 計測が完了したことを、スマートフォンの画面で確認する。(図-1) ③~④を5回、繰り返す。
- ⑤ スマートフォンに記録された測定結果(固有振動数)を最終確認し、PCに保存する。
後日、レファレンス用加速度計のデータと比較し、取りまとめ(張力の算出)を行う。

開発者による計測機器の設置状況



写真-3



写真-4



写真-5



図-1

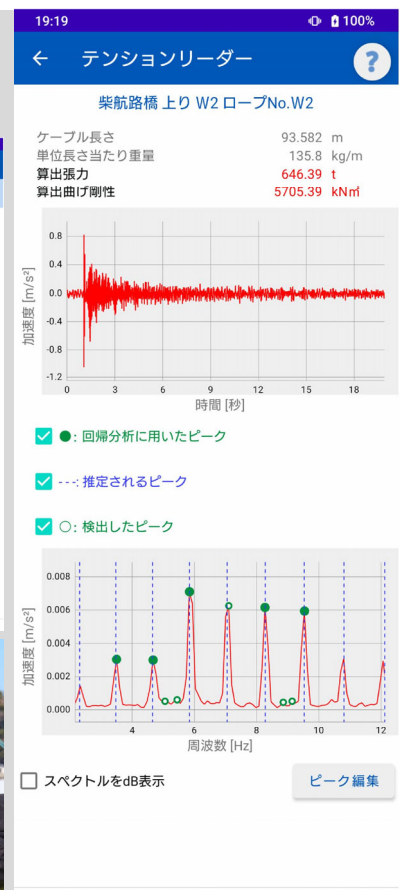
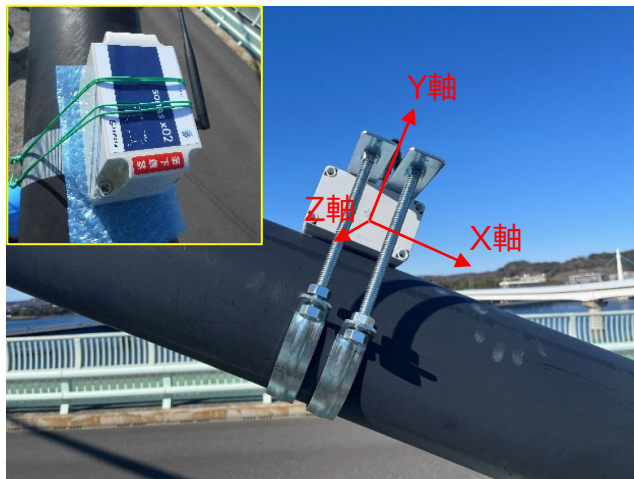


写真-6

(1) レファレンス用加速度計の設置と開発者(人力)による強制振動

立会者はW2ケーブルの主桁側定着部付近で、ケーブルにレファレンス用の加速度計(EPSON製 M-A352AD10)を設置する。開発者は人力(ウレタンハンマー)によってW2ケーブルに強制振動を行う。



(2) 強制振動による固有振動数および張力の算出

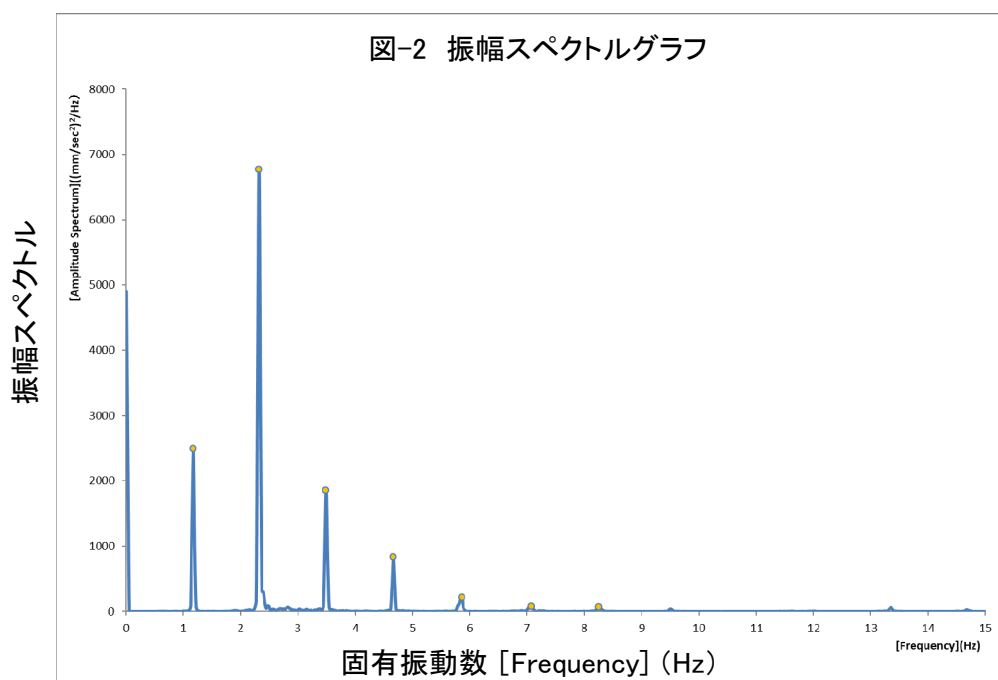
本試験においてケーブル張力は、加速度計を用いてケーブルの振動測定を行い、ケーブルの固有振動数と張力の関係から間接的に算出している。そのためまず、以下①②の手順で、①固有振動数、および②張力の算出過程を示す。

① FFT(高速フーリエ変換)による固有振動数の算出

〈算出条件〉

- ・ 出力点数 : 2048 (11次)
- ・ 窓関数 : ハニング
- ・ データ点数 : 30001
- ・ サンプリング時間 : 0.01 秒

左記の算出条件のもと、振幅スペクトルグラフから確認できる突出値を各次数の固有振動数として整理する。なお、グラフより突出値が読み取り困難な場合は、固有振動数とモード次数の関係式から除外する。



② 固有振動数とモード次数の関係の整理による張力の算出

$$fi^2 = \frac{\pi^2 EI}{4\rho AL^4} i^4 + \frac{T}{4\rho AL^2} i^2 \quad \dots\dots(\text{ア})$$

$$T = \left(\frac{2Lf_n}{n}\right)^2 w/g - \frac{n^2 \pi^2 EI}{L^2} \quad \dots\dots(\text{イ})$$

加速度計を用いて計測した時刻歴波形とFFT結果をもとに上式(ア)のケーブル理論振動数を用いて、サグの影響を考慮した(イ)の式により張力を算出している。

なお、レファレンスセンサの加速度を使用した張力算出においては、上式(ア)より次数*i*に関する法則から、測定で得られた高次の固有振動数とモード次数の関係より最小二乗法で*i*の4乗の項の係数から曲げ剛性EI、*i*の2乗の項の係数から張力Tを同時に求めている。

以下に固有振動数とモード次数の関係を示す。本方法によれば事前の曲げ剛性の測定は不要であり、既設構造物のケーブル張力も容易に測定することができる。

以上から、(ア)に基づいた算出結果を「REF1」、(イ)に基づいた算出結果を「REF2」として張力を算出する。

$$fi^2 = \frac{\pi^2 EI}{4\rho AL^4} i^4 + \frac{T}{4\rho AL^2} i^2 \quad \dots\dots(\text{ア})$$

上記式を二次方程式

$$y = Ax^2 + Bx + C \quad \text{※ Cは定数}$$

にあてはめると、

$$y = fi^2$$

$$x = i^2$$

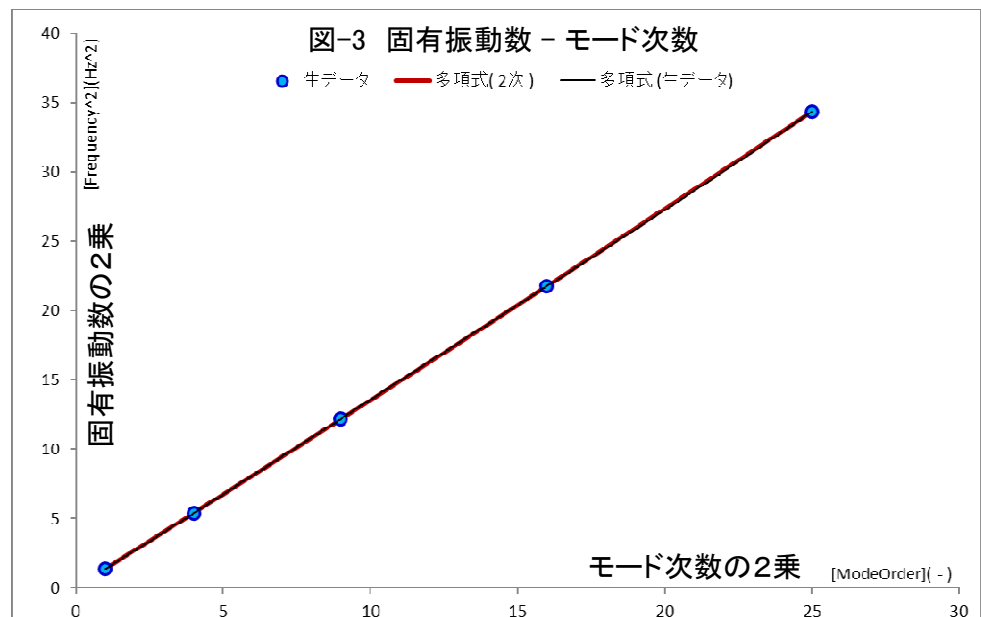
$$A = \frac{\pi^2 EI}{4\rho AL^4}$$

$$B = \frac{T}{4\rho AL^2}$$

〈 算出条件 〉

- ・ 算出方法 : 最小二乗法による回帰曲線
- ・ 回帰モデル : 多項式
- ・ 次数 : 2次
- ・ 基底関数の個数 : 10

となり、Bの値を求めることで張力Tを算出するものである。



(1) 固有振動数の計測結果の比較

下表に、レファレンスセンサ、および本技術(テンションリーダー)各々よる固有振動数を示す。
また、以降にレファレンスセンサに基づく各固有振動数を算出した振幅スペクトルグラフを示す。

表-1 レファレンスセンサに基づく固有振動数

次数	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
1	1.1719	1.1719	1.1719	1.1719	1.1719
2	2.3438	2.3193	2.3193	2.3193	2.3438
3	3.4912	3.5156	3.5156	3.4912	3.5156
4	4.6875	4.6875	4.6631	4.6875	4.6875
5	5.8594	5.8838	5.8350	5.8594	5.8838

表-2 テンションリーダーに基づく固有振動数

次数	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
1	—	—	—	—	—
2	—	—	—	—	—
3	3.498926	3.502441	3.500684	3.500684	3.501563
4	4.568042	4.669922	4.667578	4.667578	—
5	—	5.837402	5.834473	5.834473	5.835938
6	7.095044	—	7.098608	7.098608	—
7	8.261353	8.269653	—	—	8.267578
8	9.524854	9.534424	—	—	9.532031

なお、1回目の計測における固有振動数の算出は1次におけるスペクトル(応答値)が非常に低く、すべての試験で明確に確認できた次数の固有振動数はテンションリーダー同様に3次以降のデータである。

また、以下に示すデータはレファレンスデータとして1~5回目の5次までの固有振動数、テンションリーダーに基づく1~5回目までの計測できた8次までの固有振動数をピックアップしたものである。

1、2、5回目の計測結果は固有振動数を自動算出したもの。

3、4回目の計測結果は、固有振動数の自動算出時に次数の判定に誤りがあったため、現地にて手で選択ピークを修正して使用した。

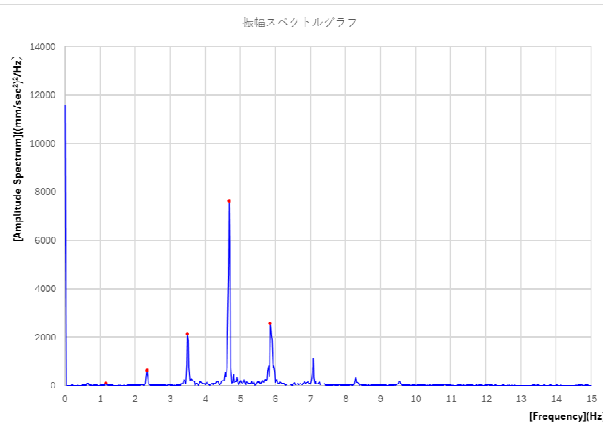


図-4 レファレンスセンサに基づく固有振動数(1回目計測時)

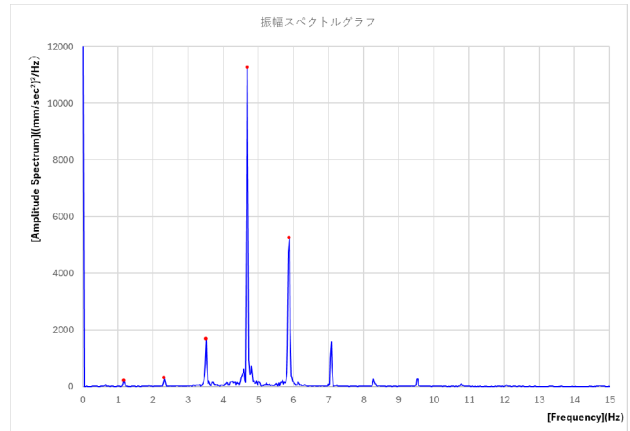


図-5 レファレンスセンサに基づく固有振動数(2回目計測時)

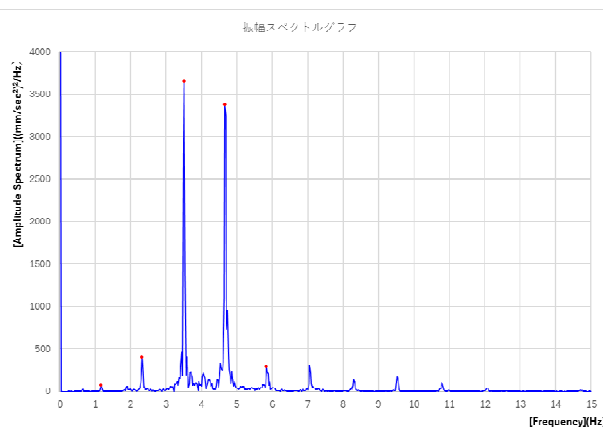


図-6 レファレンスセンサに基づく固有振動数(3回目計測時)

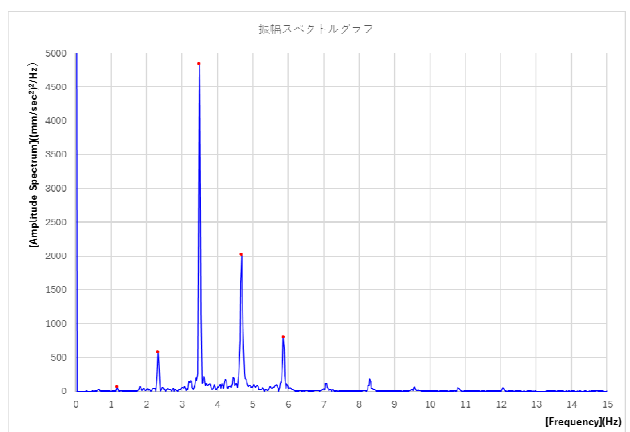


図-7 レファレンスセンサに基づく固有振動数(4回目計測時)

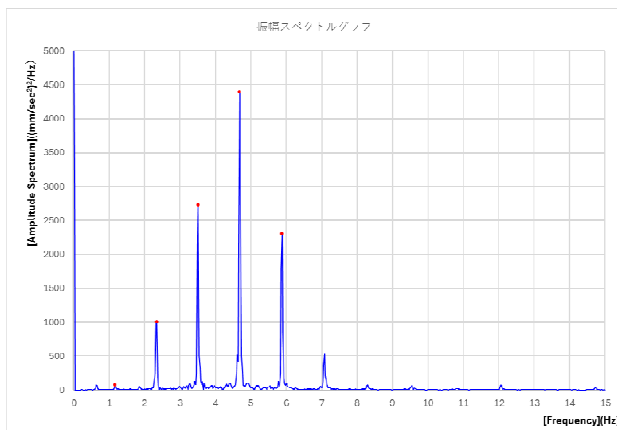


図-8 レファレンスセンサに基づく固有振動数(5回目計測時)

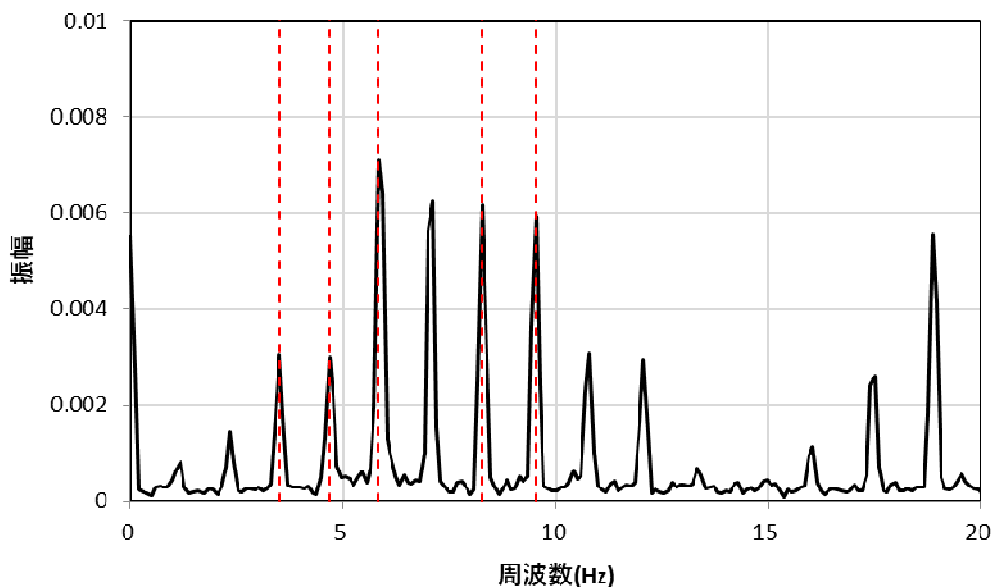


図-9 テンションリーダーに基づく固有振動数(2回目計測時)

(2) 固有振動数 - モード次数に基づく張力の算出

以下に、レファレンスセンサにより求めた固有振動数とモード次数の関係式(ア)から算出したケーブルの張力(T(t)REF1)を示す。

また、次項に最小二乗法による回帰曲線で求めた結果を示す。

併せて、張力算出結果としてサグを考慮した計算式(イ)で算出した張力の算出結果(T(t)REF2)を示す。テンションリーダーによる計算結果は(T(t)HONSHI)に示す。

$$f_i^2 = \frac{\pi^2 EI}{4\rho AL^4} i^4 + \frac{T}{4\rho AL^2} i^2 \quad \dots (\text{ア})$$

$$T = \left(\frac{2Lf_n}{n} \right)^2 w/g - \frac{n^2 \pi^2 EI}{L^2} \quad \dots (\text{イ})$$

表-3 ケーブル張力算出結果

係数	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
R2	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
A	0.0000	0.0120	-0.0117	-0.0119	-0.0358
B	1.3733	1.3581	1.3588	1.3657	1.3607
C	0.0000	0.0006	0.0010	-0.0002	0.0006
T(N)	6532915	6460527	6464144	6496841	6472791
T(t) _{REF1}	666.6	659.2	659.6	662.9	660.5
T(t) _{REF2}	665.5	665.5	665.5	665.5	665.5
T(t) _{HONSHI}	645.3	646.4	640.9	640.9	643.9
差異	-3%	-2%	-3%	-3%	-3%
差異	-3%	-3%	-4%	-4%	-3%

〈諸条件〉

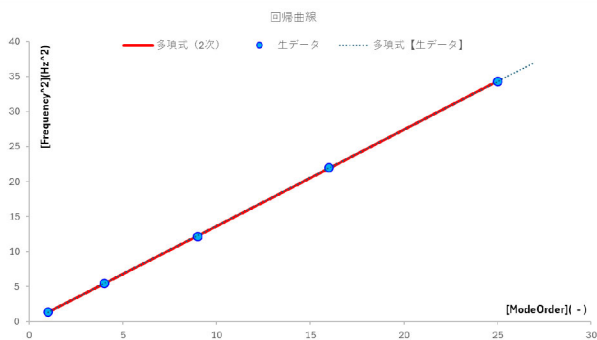
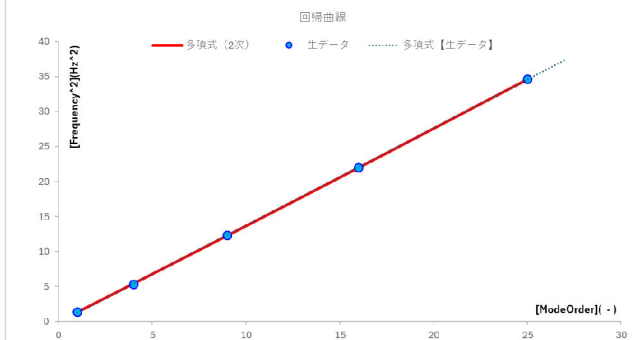
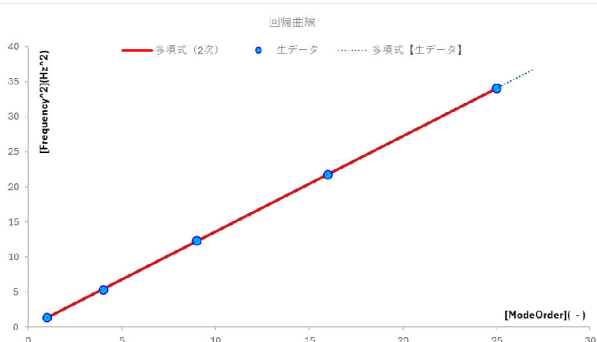
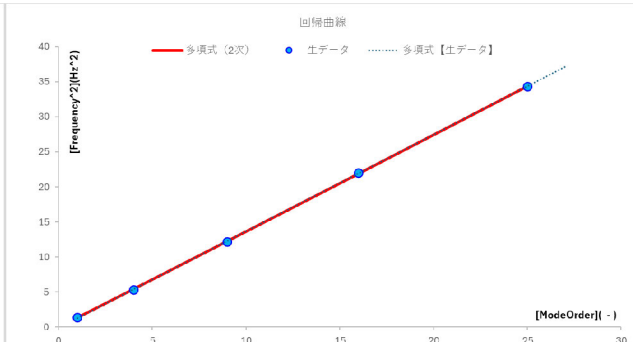
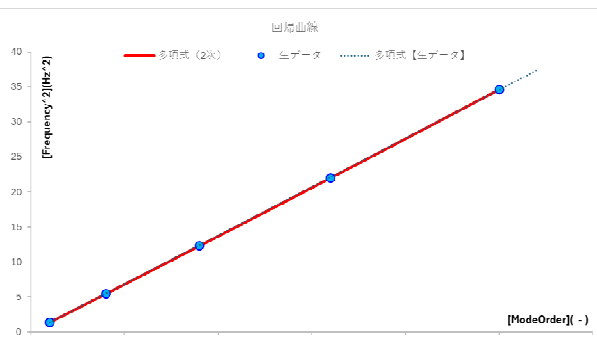
w : 135.8 /m

L : 93.582 m

g : 9.806 m/s²A : 0.02545 m²

E : 20000000 t/m

I : 5.15 E-05

図-10 固有振動数 - モード次数の
最小二乗法による回帰曲線(1回目計測時)図-11 固有振動数 - モード次数の
最小二乗法による回帰曲線(2回目計測時)図-12 固有振動数 - モード次数の
最小二乗法による回帰曲線(3回目計測時)図-13 固有振動数 - モード次数の
最小二乗法による回帰曲線(4回目計測時)図-14 固有振動数 - モード次数の
最小二乗法による回帰曲線(5回目計測時)

技術番号 BR030080

技術名 マルチビーム・LiDAR複合計測による橋梁の水陸一体3D点群化技術(洗掘)

開発者名 株式会社ウエスコ

試験日 令和 7年 12 月 12 日 天候 - 気温 2.5 °C 風速 - m/s

試験場所 福島ロボットテストフィールド 小水槽

カタログ分類 計測・モニタリング技術 カタログ

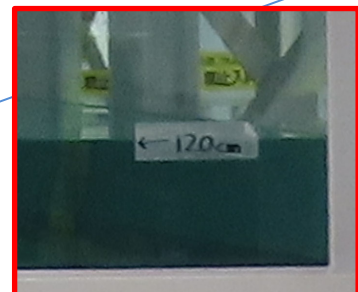
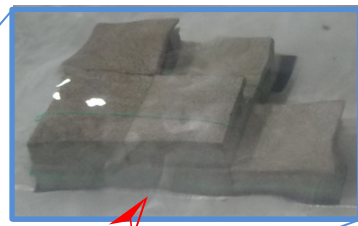
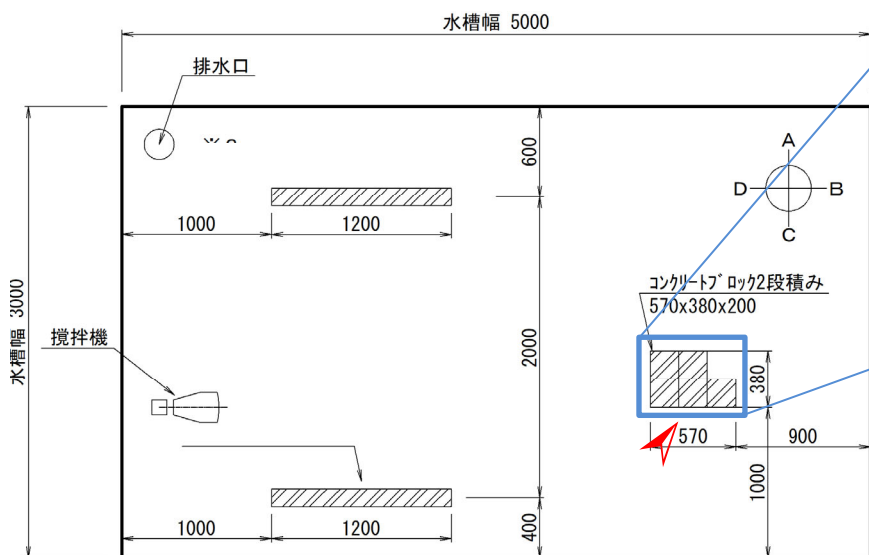
検出項目 洗掘・形状寸法

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

■小水槽内に形状を計測するためのコンクリートブロックを設置し、水中を再現するため 水深 1.20 m まで注水。(図-1、写真-1)



コンクリートブロック積み 形状
※190x190x100mm x 8個使用

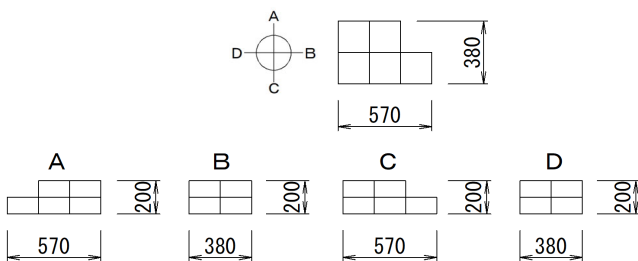


図-1 小水槽平面図(上)、
コンクリートブロック積み形状(下)



写真-1 小水槽(満水時 H=1.20m)

- ① 計測機器の搬入。写真左から時計回りで、ソナー部(受信機・送信機)、
操作用PC、変換用PC、ソナー部に水没用鋼材を取付けた全景、表面音速度計、IMU (写真-2)
- ② 小水槽の上部から鋼材を水没させてソナーをコンクリートブロックに近づける (写真-3)
- ③ ソナーがコンクリートブロックを捉えているかを操作用PCのモニターで確認しながら位置を調整
(写真-4)
- ④ 小水槽内の流速なし、濁度なしの条件でコンクリートブロックの形状を計測 (写真-5)
- ⑤ 小水槽内の流速なし、濁度ありの条件でコンクリートブロックの形状を計測 (写真-6)
- ⑥ 後日、計測結果(ソナー画像)からコンクリートブロックの寸法(→ 洗掘状態)を算定する

開発者による計測機器の設置状況

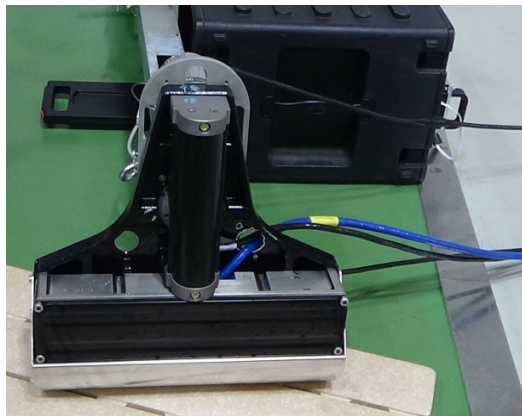


写真-2

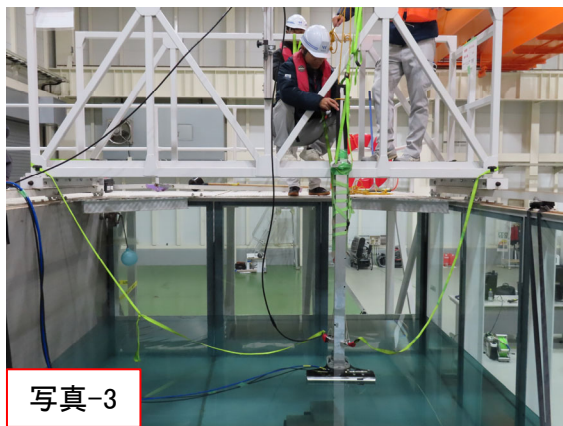


写真-3



写真-4

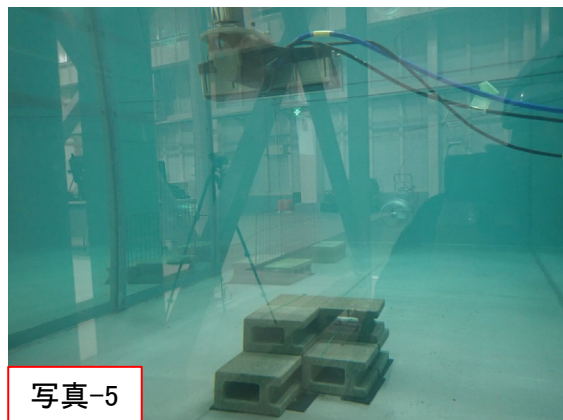


写真-5

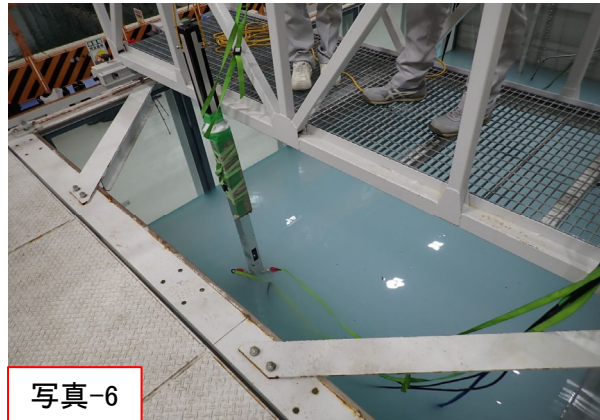


写真-6

※計測精度

コンクリートブロック積み 形状
※190x190x100mm x 8個使用

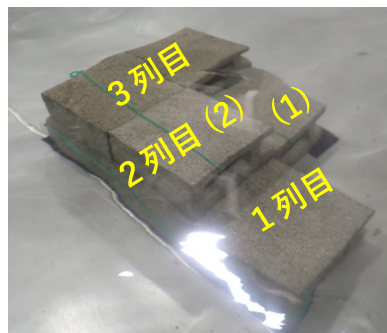
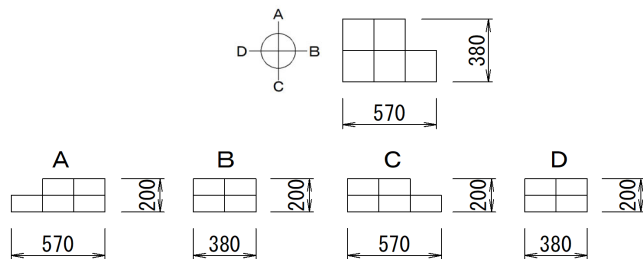


写真-7 コンクリートブロック設置状況

図-2 コンクリートブロック積み形状（再掲）

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

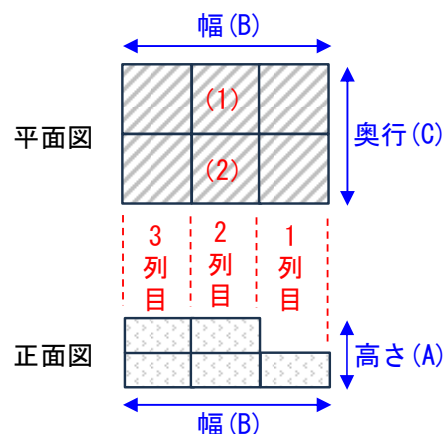


図-3 コンクリートブロック寸法（真値）

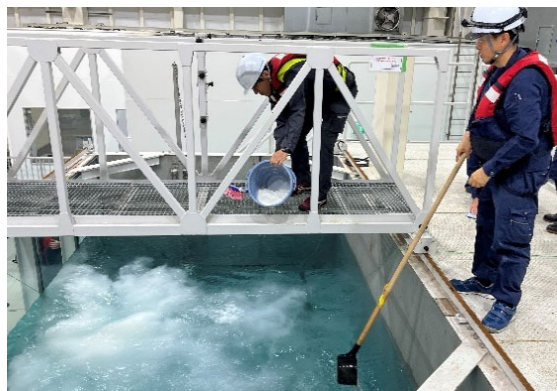


写真-8 濁度剤(カオリン)の投入状況

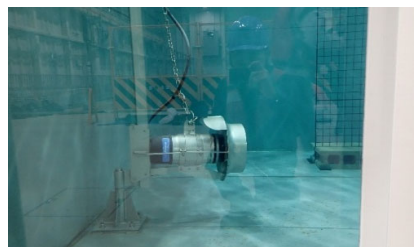


写真-9 攪拌装置（均等な濁度にするために使用）

※計測条件

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

気温 2.8 °C / 照度 1093 Lux

計測1回目(濁度なし、流速なし)

計測2回目(濁度あり、流速あり)

濁度 ※1)77.9 NTU ※2)75.1 NTU ※3)84.3 NTU 平均 79.1 NTU

流速 ※1)0.205 m/s ※2)0.276 m/s ※3)0.286 m/s 平均 0.256 m/s

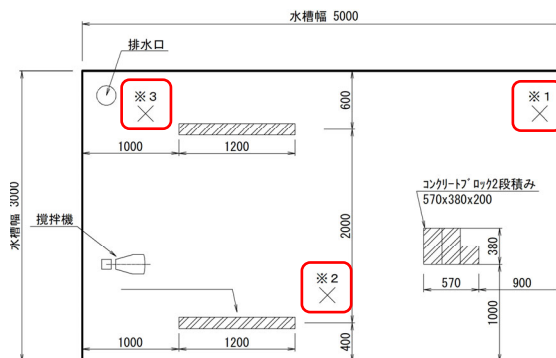


図-4 濁度と流速の測定位置

※計測精度

計測 1回目 (濁度なし) (流速なし)	リファレンス (m)			本技術 (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)
ブロック 1列目	0.10	0.19	0.19	0.09	0.19	0.20	0.01	0.00	0.01
ブロック 2列目 (1)	0.10	0.19	0.19	0.10	0.20	0.20	0.00	0.01	0.01
ブロック 2列目 (2)	0.20	0.19	0.19	0.20	0.20	0.19	0.00	0.01	0.00
ブロック 3列目	0.20	0.19	0.38	0.21	0.20	0.40	0.01	0.01	0.02

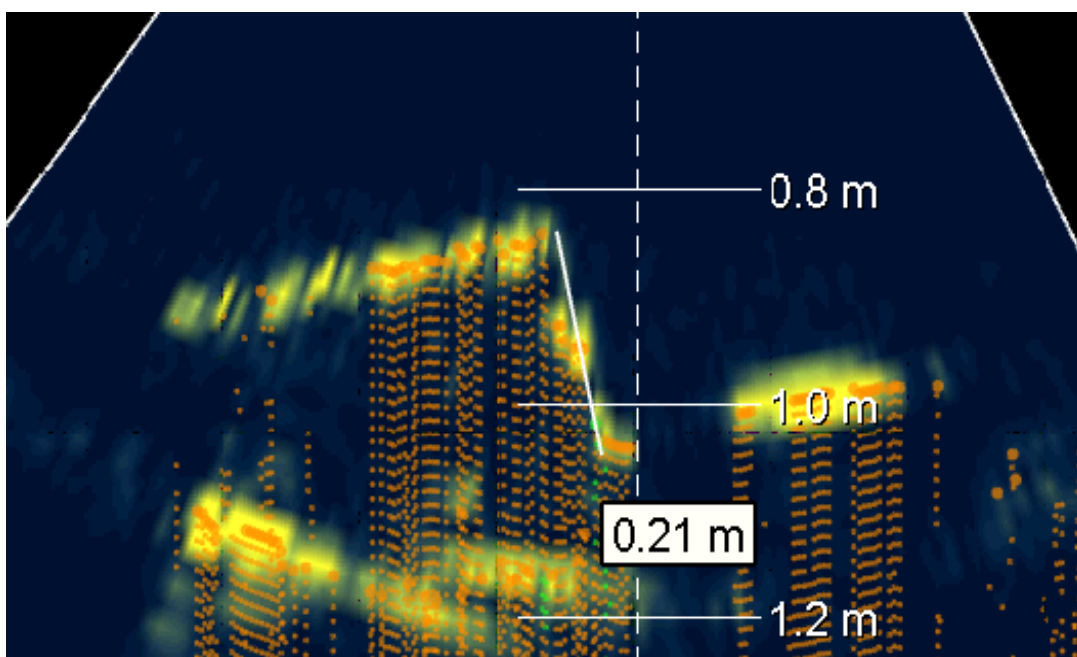
計測 2回目 (濁度あり) (流速あり)	リファレンス (m)			本技術 (m)			差 分 (m)		
	高さ (A)	幅 (B)	奥行 (C)	高さ (A)	幅 (B)	奥行 (C)	高さ (A)	幅 (B)	奥行 (C)
ブロック 1列目	0.10	0.19	0.19	0.09	0.19	0.20	0.01	0.00	0.01
ブロック 2列目 (1)	0.10	0.19	0.19	0.10	0.20	0.20	0.00	0.01	0.01
ブロック 2列目 (2)	0.20	0.19	0.19	0.20	0.20	0.19	0.00	0.01	0.00
ブロック 3列目	0.20	0.19	0.38	0.21	0.20	0.40	0.01	0.01	0.02

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

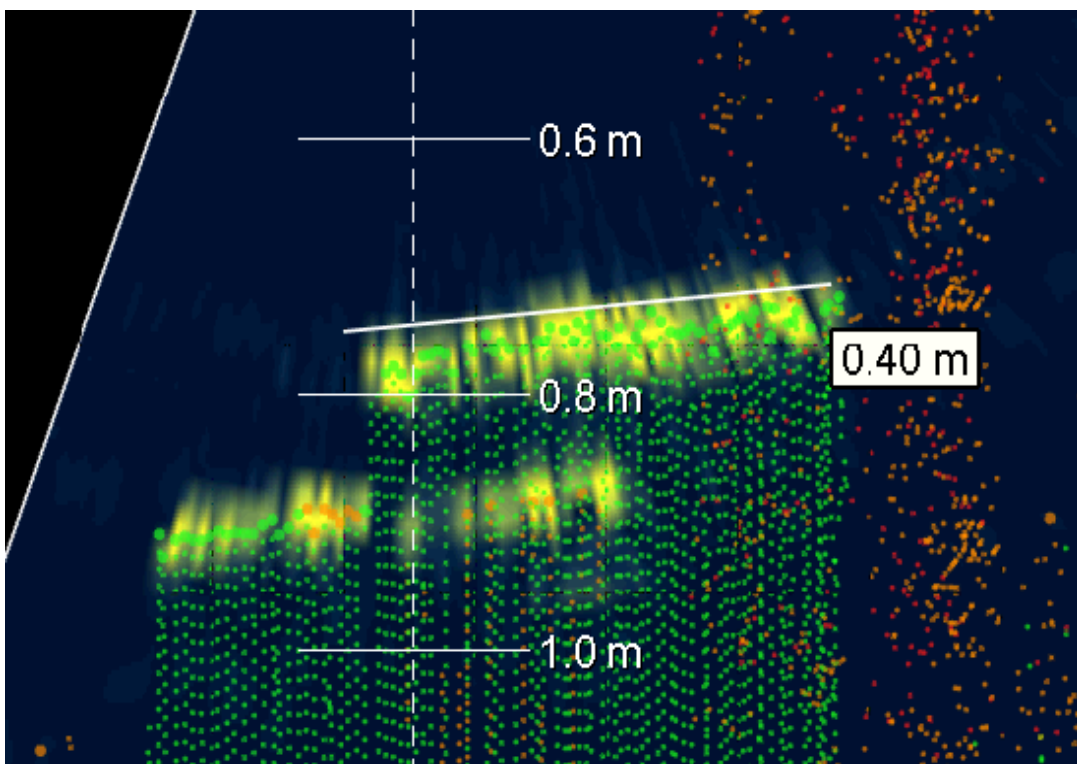
$$\text{相対誤差} = \sqrt{\frac{(x_1 - a)^2 + \dots + (x_n - a)^2}{n}} \div \left(\frac{x_1^2 + \dots + x_n^2}{n} \right) \times 100$$

	計測精度 (m)	相対誤差 (%)
計測 1回目	0.01	4.83
計測 2回目	0.01	4.83

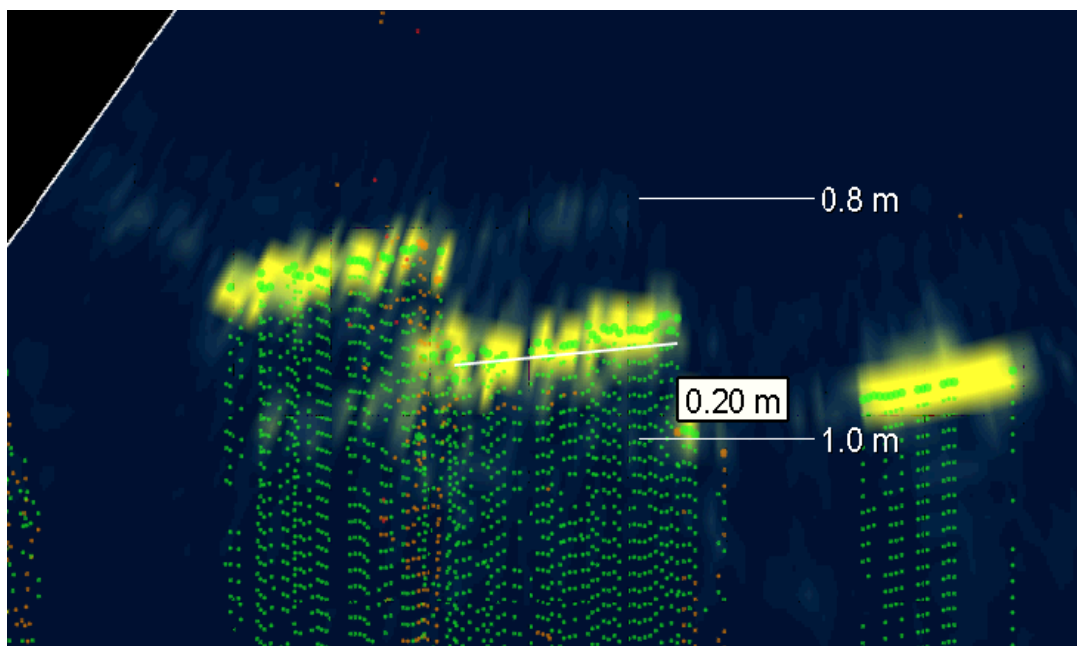
計測時のソナー画像 (1/3)



計測時のソナー画像 (2/3)



計測時のソナー画像 (3/3)



技術番号 BR030080

T-boat
(ウエスコ号)

技術名 マルチビーム・LiDAR複合計測による橋梁の水陸一体3D点群化技術(洗掘)

開発者名 株式会社ウエスコ

試験日 令和 7年 12月 19日 天候 晴れ 気温 8.0 °C 風速 3.5 m/s

試験場所 福島ロボットテストフィールド 水没市街地

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・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 動作確認(精度以外)

対象構造物の概要

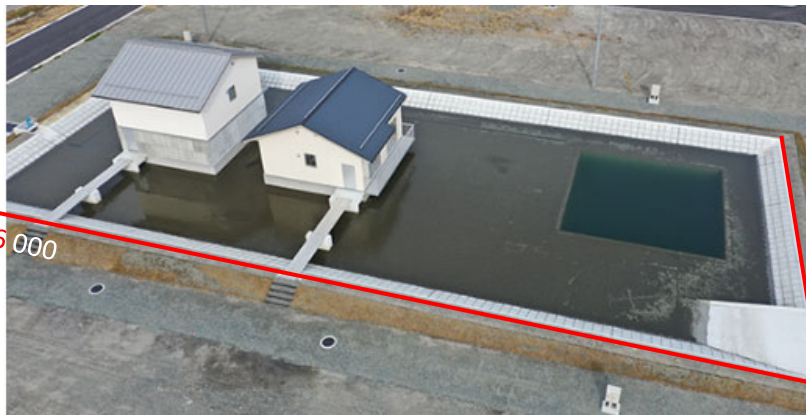


写真-1 水没市街地フィールド 全景

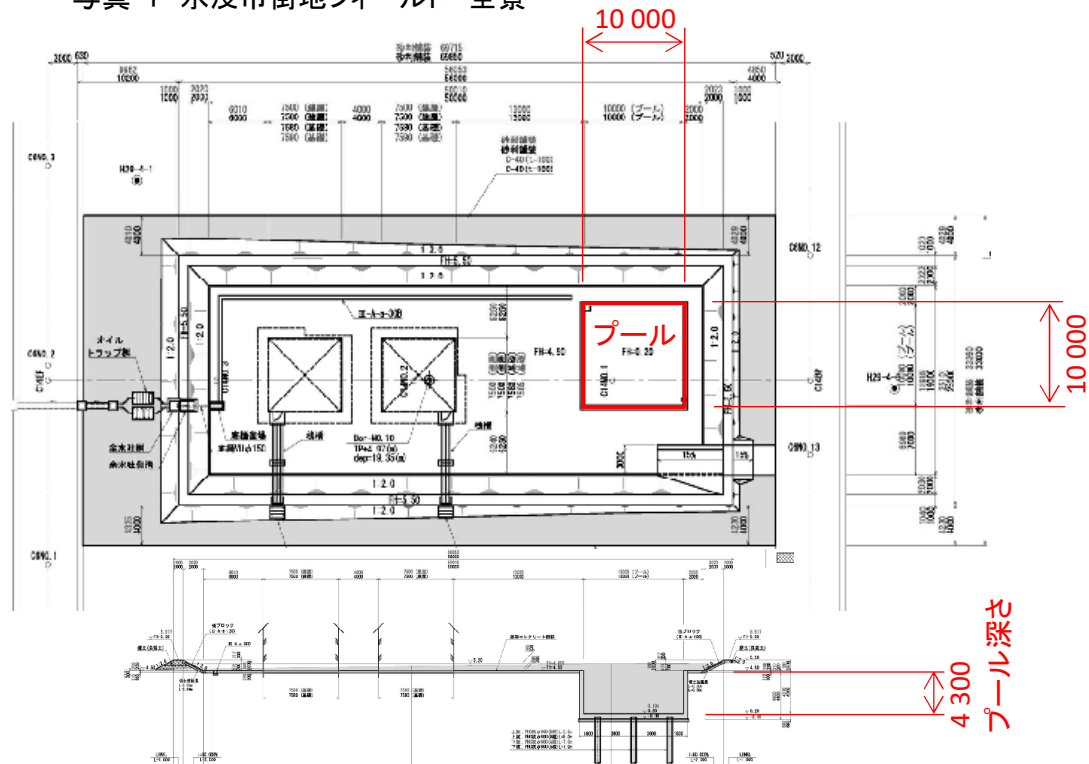


図-1 水没市街地フィールド 平面・断面図

- ① 計測機器の搬入。写真左から時計回りで、ボート全景、LiDAR、ボート底面のソナー部(受信機・送信機)、モニター用PC、ボート内部(データロガー用PC、他)、コントローラー(写真-2)
- ② ボートの入水状況(写真-3)
- ③ 手前(プール)側で動作確認、同時にモニター用PCでソナーが水中形状を捉えているか確認(写真-4)
- ④ ソナーによる水中(浅い部分+プール)の計測状況(写真-5)
- ⑤ LiDARによる地上部の計測状況(写真-6)

開発者による計測機器の設置状況



写真-2



写真-3



写真-4



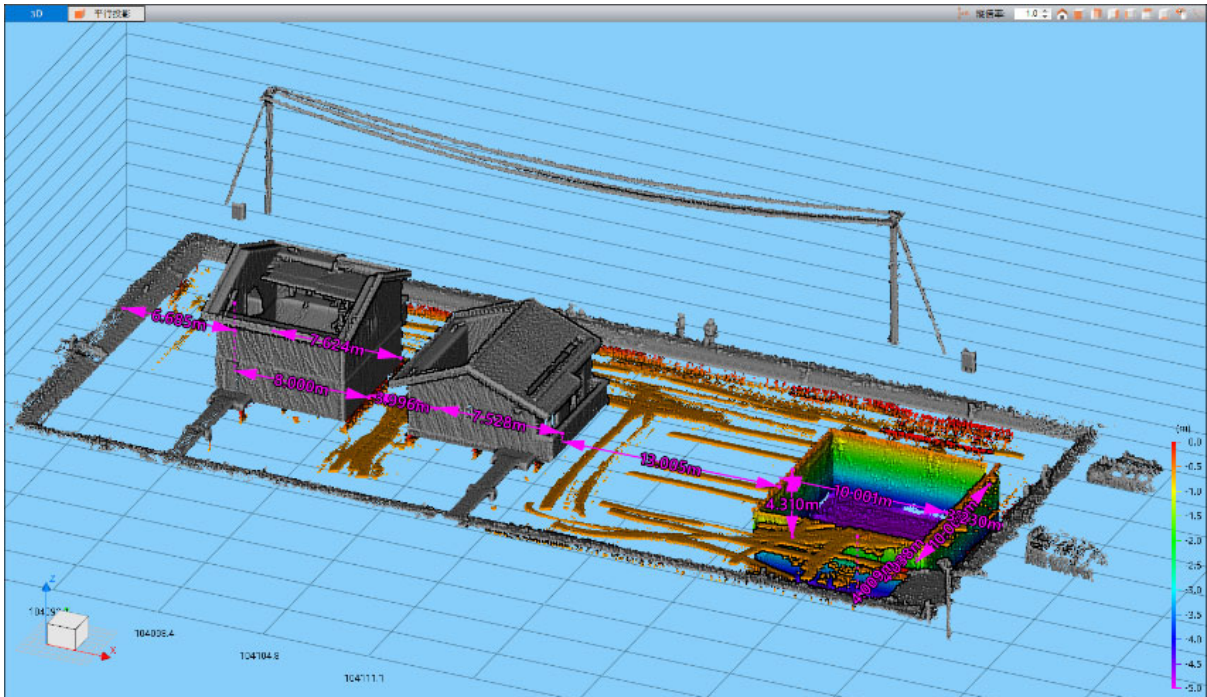
写真-5



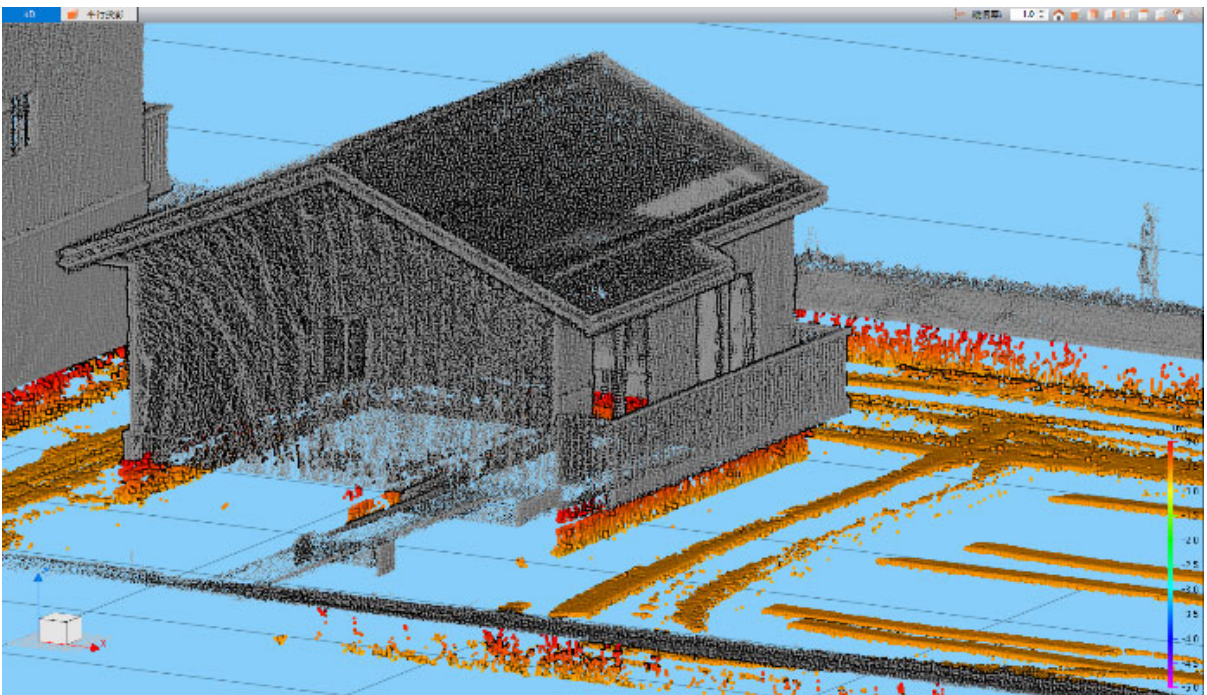
写真-6

※計測結果（水中ソナー、地上LiDARによる解析画像の出力）

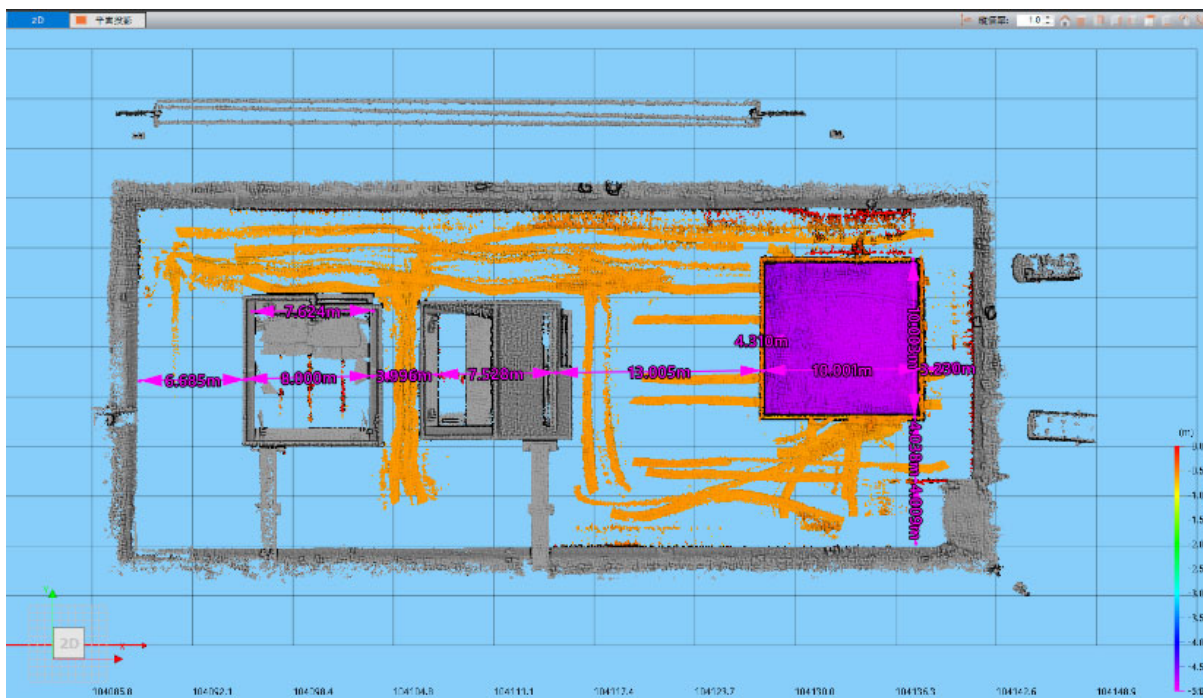
鳥瞰図



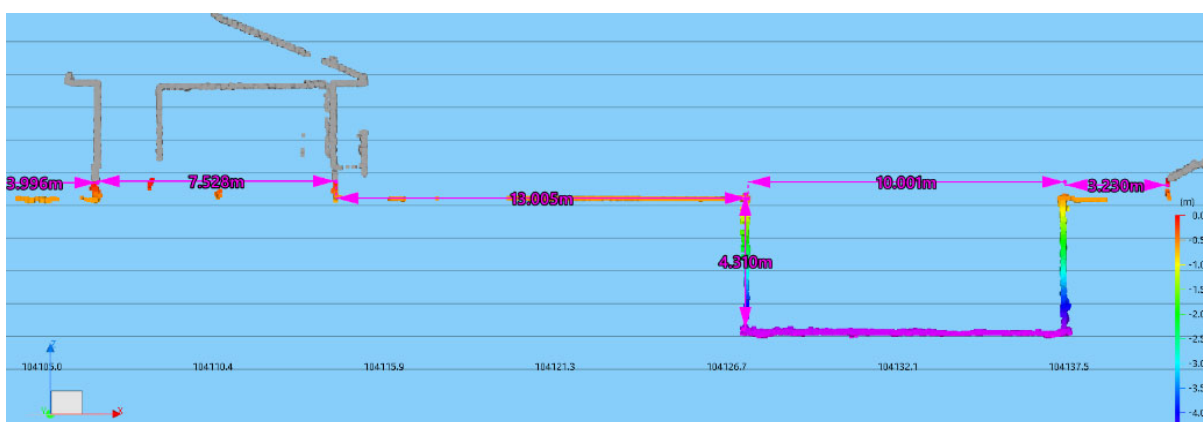
地上部



平面図



断面図



最深箇所

