

技術番号 BR030035

技術名 携帯型高精度傾斜測定装置

開発者名 株式会社TTES

試験日 令和3年 3月 2日

天候 曇り

気温 17.0 °C

風速 5.4 m/s

試験場所 福島ロボットテストフィールド

カタログ分類 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

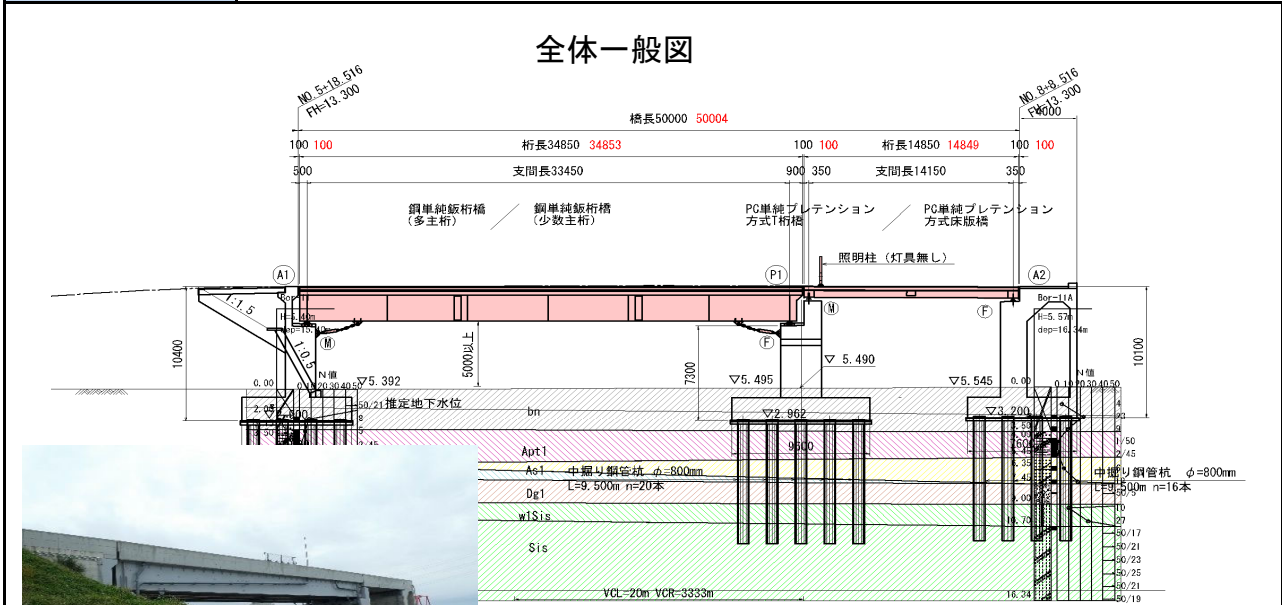


写真-1 全体写真



写真-2 A1橋台



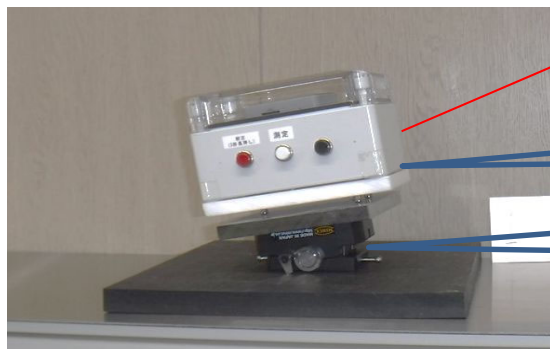
写真-3 傾斜架台

- ① 傾斜架台を設置する。(写真-4, 写真-5)
- ② 任意の角度に架台を傾斜させる。
- ③ 携帯型高精度傾斜測定装置(以下、測定装置)を架台の上に設置し、データを取得する。(写真-4)
- ④ 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。(写真-5)
- 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

測定装置を傾斜架台に設置する。



測定装置
(内部)



測定装置

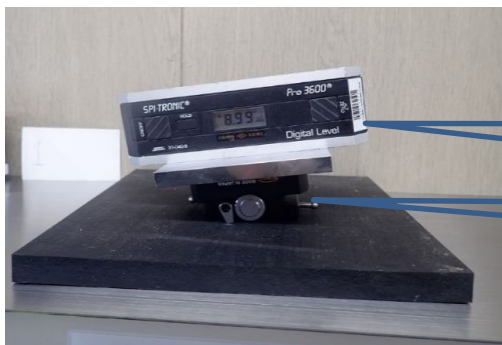
傾斜架台

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(Pro3600)を傾斜架台に設置する。



デジタル傾斜計

傾斜架台

写真-5 レファレンス用計測機器

表-1 計測結果の比較

(単位:度)

	1回目	2回目	3回目
デジタル傾斜計 (Pro3600)	8.99	3.03	-6.00
測定装置	9.03	3.04	-5.99
差 (傾斜計 - 測定装置)	-0.04	-0.01	-0.01

	デジタル傾斜計 (Pro3600)	測定装置
1 回 目		
2 回 目		
3 回 目		

考察

①開発者とリファレンスの計測結果には、 $-0.01 \sim -0.04^\circ$ の違いが確認された。

技術番号	BR030035
------	----------

技術名	携帯型高精度傾斜測定装置	開発者名	株式会社TTES
-----	--------------	------	----------

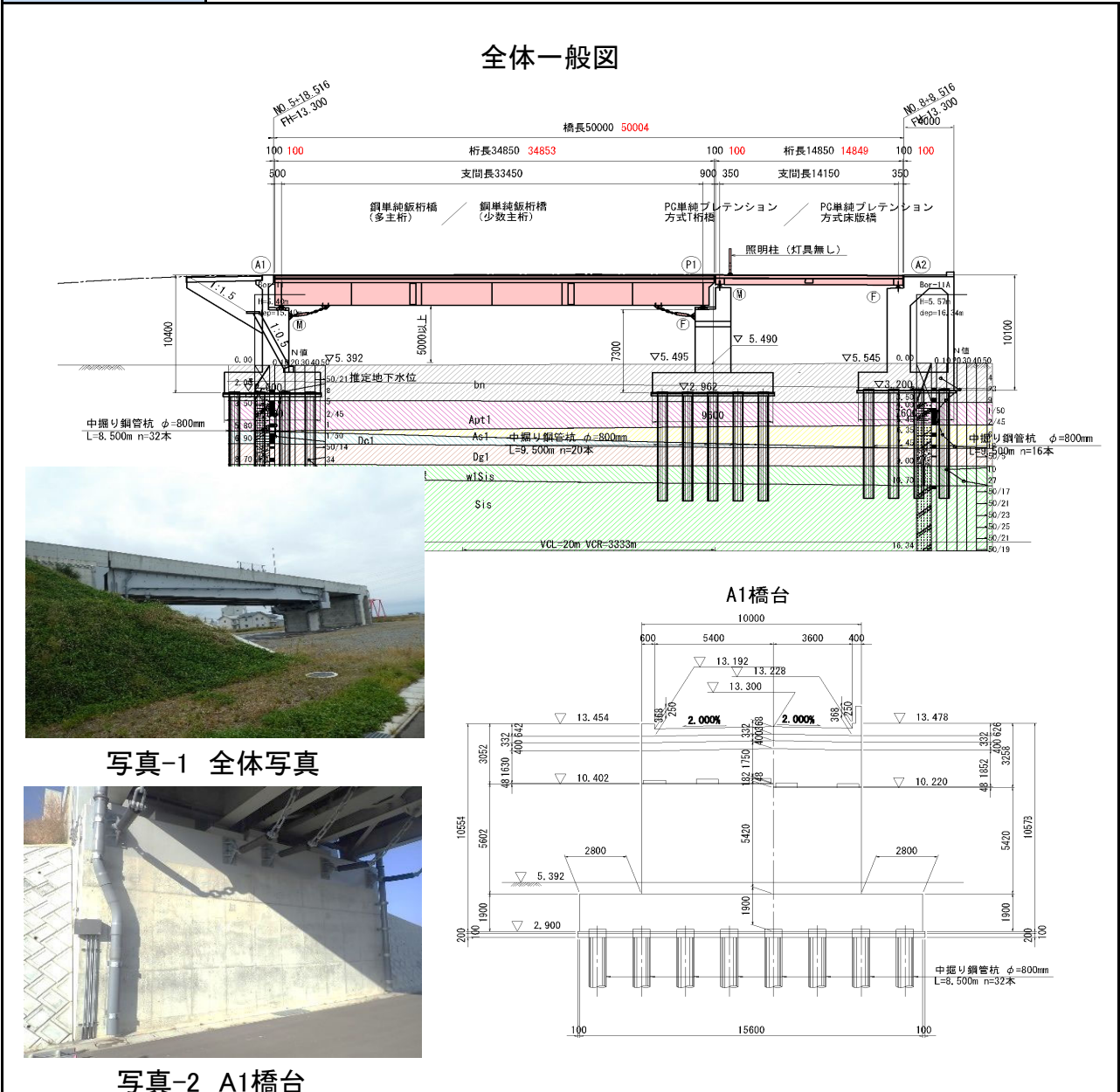
試験日	令和3年 3月 2日	天候	曇り	気温	17.0 °C	風速	5.4 m/s
-----	------------	----	----	----	---------	----	---------

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

カタログ分類	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



- ① 携帯型高精度傾斜測定装置(以下、計測装置)を現場に搬入する。(写真-3)
- ② ベースプレートを設置(A1橋台橋座面)する。(写真-4)
- ③ 計測装置の設置する。(写真-5)
- ④ 計測スイッチを押し傾斜角を計測。(写真-6)内蔵されたSDカードに記録、スマホで結果を確認する。(写真-7)
- ⑤ ④の計測を3回実施した。

開発者による計測機器の設置状況



写真-3 搬入



写真-4 ベースプレート設置



写真-5 計測装置設置

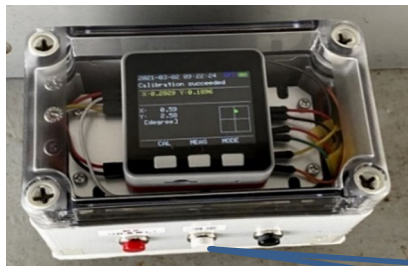


写真-6 計測

計測スイッチ



写真-7 計測結果(QRコード)

比較対象を得るため、
立会者による計測機器の設置状況



計測機器稼働確認



計測機器結果確認



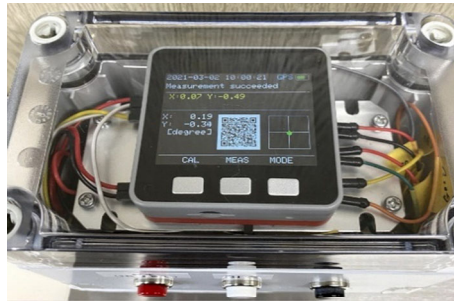
※A1橋台に設置した計測機器の設置状況や計測値(傾斜角)の変化を確認する。

■測定機器の設置

設置箇所	設置方向	設置高さ(mm)	計測回数	傾き(度)
A1橋台橋座面	水平	5000	1回	0.56
A1橋台橋座面	水平	5000	2回	0.55
A1橋台橋座面	水平	5000	3回	0.56

■計測結果

- ・測定前に0<ゼロ>調整する。



- ・測定結果(3回)



スマホ画面
(例)

日付	時間	緯度	経度	X	Y	温度	
Date	Time	Latitude	Longitude	X tilt_angle	Y tilt_angle	Temperature	
2021/3/2	9:22:31	37.630878	141.014	0.5567	2.4953	21.187	
1 回 目							
	2021/3/2	9:28:05	37.631317	141.013	0.5470	2.5137	
2 回 目							
	2021/3/2	9:38:17	37.631317	141.013	0.5639	2.5418	
3 回 目							
	2021/3/2	9:38:17	37.631317	141.013	0.5639	2.5418	

技術番号 BR030036

技術名 無線加速度センサーによる橋脚の傾斜角モニタリング

開発者名 沖電気工業株式会社

試験日 令和3年 3月 25日

天候 晴れ

気温 20.0 °C

風速 0.1 m/s

試験場所 福島ロボットテストフィールド

カタログ分類 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

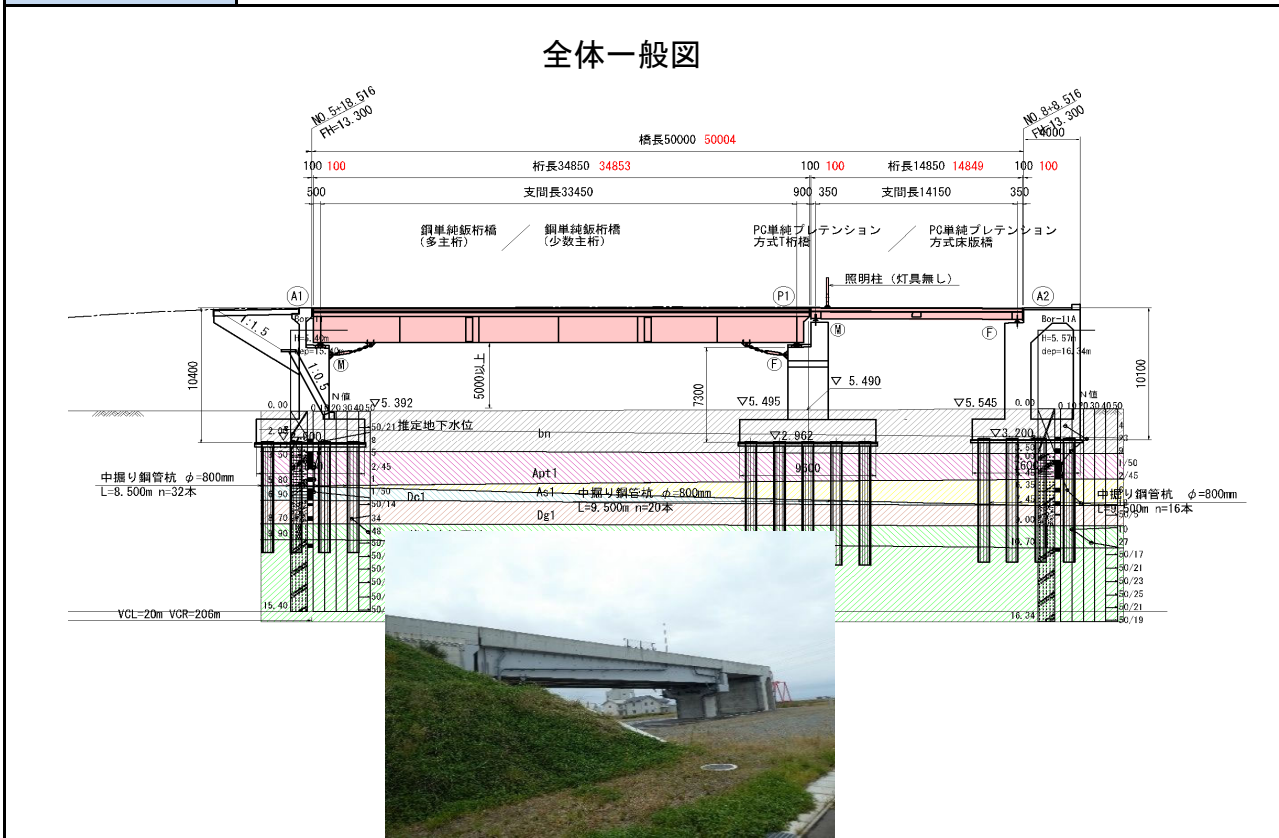


写真-2 P1橋脚

写真-1 全体写真



写真-3 傾斜架台

試験方法(手順)	技術番号	BR030036
① 傾斜架台を設置する。任意の角度に架台を傾斜させる。(写真-4, 写真-7)		
② 無線加速度センサー(以下、測定装置)を架台の上に設置し、データを取得する。(写真-5)		
③ 取得したデータはゲートウェイ(写真-6)を介してデータセンターに送信し、現場ではパソコン(写真-4)でデータを確認する。(1回目の計測:1分間隔で3回)		
④ 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。(写真-7)		
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

計測装置を傾斜架台に設置する




写真-4 計測機器設置




写真-5 計測装置


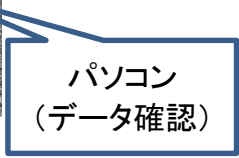


写真-6 ゲートウェイ



パソコン (データ確認)

比較対象を得るため、立会者による計測機器の設置状況

1. 機器の設置

リファレンス用測定装置を傾斜架台に設置する






写真-7 リファレンス用計測機器

表-1 計測結果の比較

(単位:角度)

	1回目	2回目	3回目
計測機器(Pro3600)	-5.04	-7.00	2.99
測定装置	-5.03	-6.96	3.05
差(測定機器-測定装置)	-0.01	-0.04	-0.06

デジタル傾斜計(Pro3600)		測定器装置				
1 回 目		作業内容	時刻	計測値	傾斜角 (計測値-初期値)	傾斜角 平均値
		初期計測	2021/3/25 9:20	-0.45 °	-	初期値
	2021/3/25 9:21	-0.44 °	-			
	2021/3/25 9:22	-0.45 °	-			
	2021/3/25 9:23	-0.45 °	-			
1回目		2021/3/25 9:28	-5.47 °	-5.03 °	-5.03 °	
	2021/3/25 9:29	-5.47 °	-5.03 °			
	2021/3/25 9:30	-5.47 °	-5.03 °			
						
2 回 目		作業内容	時刻	計測値	傾斜角 (計測値-初期値)	傾斜角 平均値
		初期計測	2021/3/25 9:20	-0.45 °	-	初期値
	2021/3/25 9:21	-0.44 °	-			
	2021/3/25 9:22	-0.45 °	-			
	2021/3/25 9:23	-0.45 °	-			
2回目		2021/3/25 9:35	-7.41 °	-6.96 °	-6.96 °	
	2021/3/25 9:36	-7.41 °	-6.96 °			
	2021/3/25 9:37	-7.41 °	-6.96 °			
						
3 回 目		作業内容	時刻	計測値	傾斜角 (計測値-初期値)	傾斜角 平均値
		初期計測	2021/3/25 9:20	-0.45 °	-	初期値
	2021/3/25 9:21	-0.44 °	-			
	2021/3/25 9:22	-0.45 °	-			
	2021/3/25 9:23	-0.45 °	-			
3回目		2021/3/25 9:43	2.60 °	3.05 °	3.05 °	
	2021/3/25 9:44	2.60 °	3.05 °			
	2021/3/25 9:45	2.60 °	3.05 °			
						

考察

①開発者とリファレンスの計測結果には、-0.01~-0.06° の違いが確認された。

技術番号	BR030036
------	----------

技術名	無線加速度センサーによる橋脚の傾斜角モニタリング	開発者名	沖電気工業株式会社
-----	--------------------------	------	-----------

試験日	令和3年 3月 25日	天候	晴れ	気温	20.0 °C	風速	0.1 m/s
-----	-------------	----	----	----	---------	----	---------

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

カタログ分類	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 166135 1831

500 7300 4900 5500

▽5.495 1300 5000 1300

▽4.762

▽2.962

中掘り鋼管杭 φ=800mm L=9,500m n=20本

800 3#2000=6000 800

100 7600 100

- ① 無線加速度センサー(以下、計測装置)、ゲートウェイを現場に搬入する。(写真-3)
- ② 計測装置を橋脚(P1橋脚)天端に設置する。(写真-4)
ゲートウェイは橋梁部(写真-4)か橋梁部以外の遠隔に設置する。(写真-5)
- 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11分間隔で13回計測した。
- ⑤ 計測結果をゲートウェイから送信されたデータセンターに接続しパソコンで確認する。(写真-5)

開発者による計測機器の設置状況



写真-3 搬入

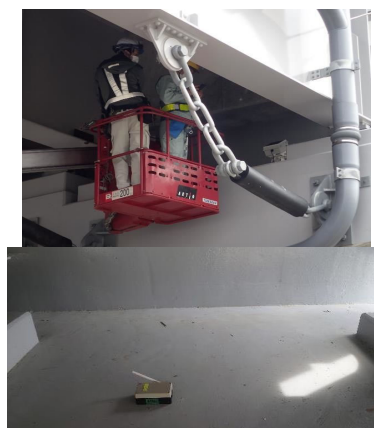


写真-4 設置(ゲートウェイを橋梁部)



写真-5 設置(ゲートウェイを橋梁部以外に設置)

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

設置箇所	設置方向	設置高さ(mm)	計測回数
P1橋脚橋座面	水平	4700	13回

■計測結果

初期値

作業内容	時刻	計測値	傾斜角	傾斜角
			(計測値-初期値)	平均値
橋脚に設置して 計測	2021/3/25 10:11	-0.7958 °	0.000 °	0.000 °
	2021/3/25 10:12	-0.7957 °	0.000 °	
	2021/3/25 10:13	-0.7959 °	0.000 °	
	2021/3/25 10:14	-0.7932 °	0.003 °	
	2021/3/25 10:15	-0.7936 °	0.002 °	
	2021/3/25 10:16	-0.7937 °	0.002 °	
	2021/3/25 10:17	-0.7945 °	0.001 °	
	2021/3/25 10:18	-0.7960 °	0.000 °	
	2021/3/25 10:19	-0.7956 °	0.000 °	
	2021/3/25 10:20	-0.7981 °	-0.002 °	
	2021/3/25 10:21	-0.7965 °	-0.001 °	
	2021/3/25 10:22	-0.7955 °	0.000 °	
	2021/3/25 10:23	-0.7969 °	-0.001 °	

技術番号	BR030037						
技術名	スキャニングソナーとレーザースキャナによる橋梁基礎形状計測技術	開発者名	クモノスコーポレーション(株)				
試験日	令和3年 4 月 1 日	天候	晴れ	気温	25.8 °C	風速	4.0 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	洗掘	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 小水槽



写真-2 小水槽内コンクリートブロック設置

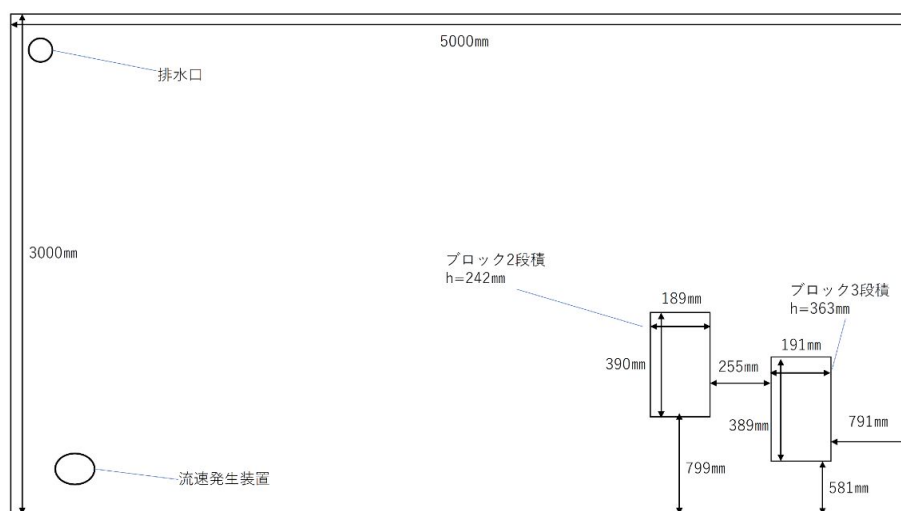


図-1 小水槽平面図

- ① 水槽内に計測対象のコンクリートブロックを設置(写真-3)
- ② 計測装置(スキャニングソナー)を濁度0、流速0の水槽内に設置して計測(写真-4,5)
- ③ 流速を加えた状態で計測
- ④ ②、③を濁度60~90の状態です計測(写真-6)
- ⑤ 後日、解析結果から洗掘の状態を確認する。

開発者による計測機器の設置状況

写真-3



写真-4

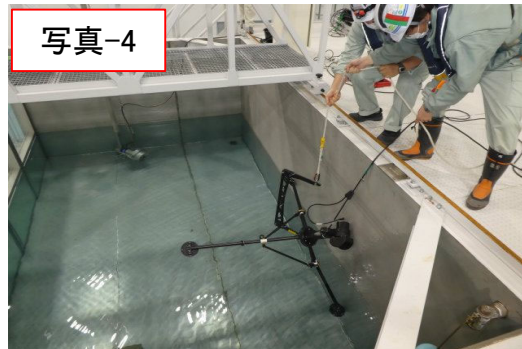


写真-5

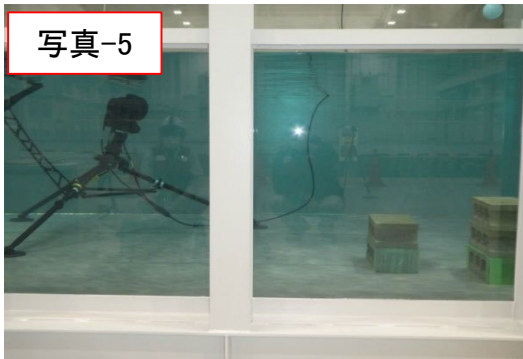


写真-6

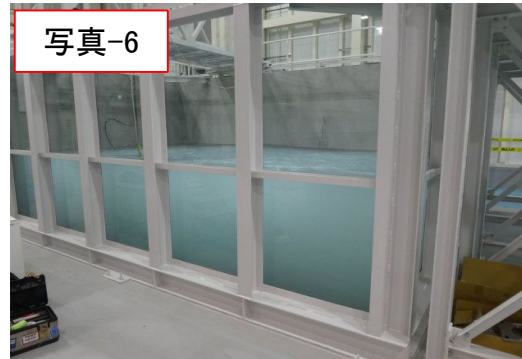
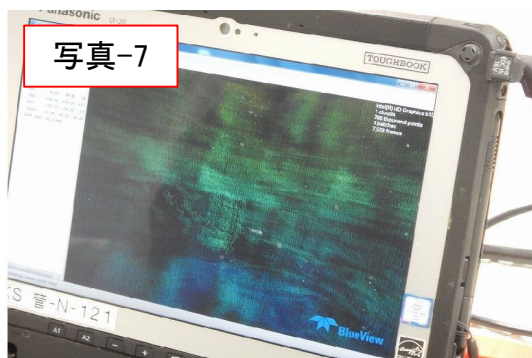


写真-7



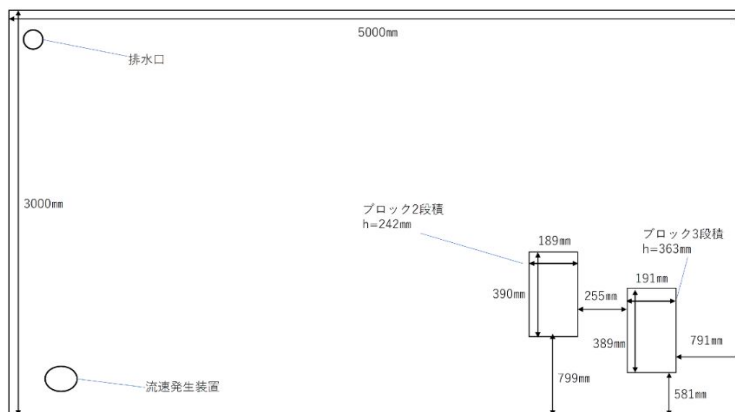


図-2 小水槽平面図



写真-8 ブロック設置状況



写真-9 流速装置



写真-10 濁度材投入状況

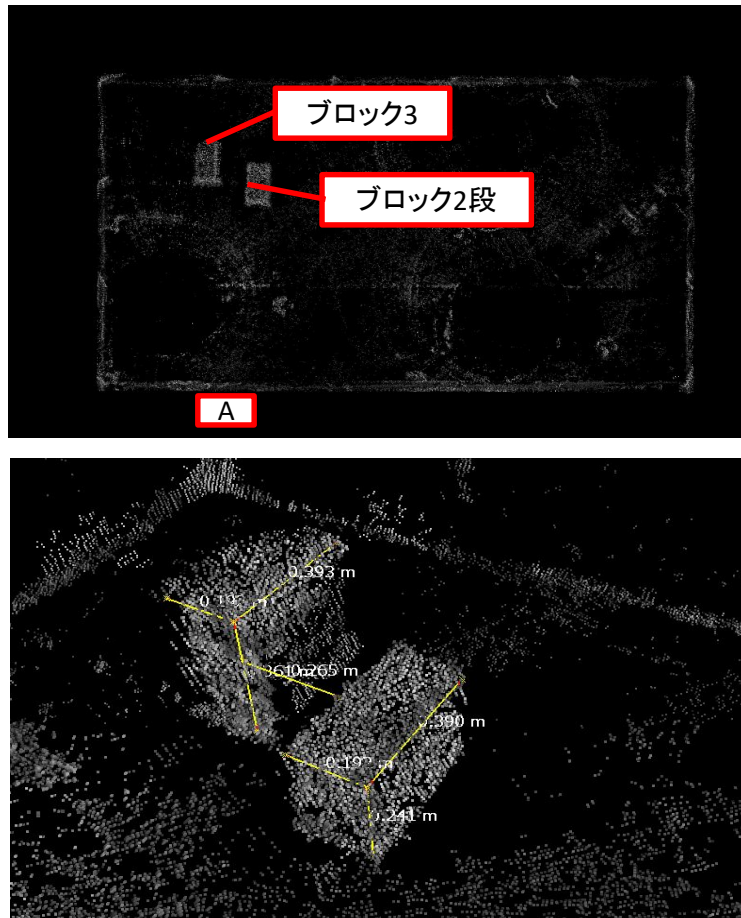
計測条件

計測1回目: 流速0m/s, 濁度0度

計測2回目: 流速0.1~0.2m/s, 濁度0度

計測3回目: 流速0m/s, 濁度60~90度

※計測結果



ブロック2段	リファレンス(m)			当該技術(m)			差分		
	高さ(A)	幅(B)	奥行き(C)	高さ(A)	幅(B)	奥行き(C)	高さ(A)	幅(B)	奥行き(C)
計測1回目	0.242	0.392	0.189	0.242	0.389	0.188	0	0.003	0.001
計測2回目	0.242	0.392	0.189	0.241	0.390	0.192	0.001	0.002	0.003
計測3回目	0.242	0.392	0.189	0.246	0.388	0.198	0.004	0.004	0.009
計測4回目	0.242	0.392	0.189	0.242	0.392	0.196	0	0	0.007

ブロック3段	リファレンス(m)			当該技術(m)			差分		
	高さ(A)	幅(B)	奥行き(C)	高さ(A)	幅(B)	奥行き(C)	高さ(A)	幅(B)	奥行き(C)
計測1回目	0.363	0.389	0.191	0.361	0.395	0.189	0.002	0.006	0.002
計測2回目	0.363	0.389	0.191	0.361	0.393	0.192	0.002	0.004	0.001
計測3回目	0.363	0.389	0.191	0.367	0.398	0.188	0.004	0.009	0.003
計測4回目	0.363	0.389	0.191	0.368	0.387	0.193	0.005	0.002	0.002

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

		計測精度
計測1回目	流速0m/s,濁度0度	0.003
計測2回目	流速0.1~0.2m/s,濁度0度	0.002
計測3回目	流速0m/s,濁度60~90度	0.006
計測4回目	流速0.2~0.3m/s,濁度60~90度	0.004

技術番号 BR030037

技術名 スキャニングソナーとレーザーสキャナによる橋梁基礎形状計測技術 開発者名 クモノスコーポレーション(株)

試験日 令和3年 4 月 2 日 天候 晴れ 気温 25.8 °C 風速 4.0 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 洗掘 試験区分 現場試験

試験で確認する
カタログ項目 動作確認(精度以外)

対象構造物の概要

構造形式: PC単純ポステンT桁橋・2連 支間長: 26.8+26.8m

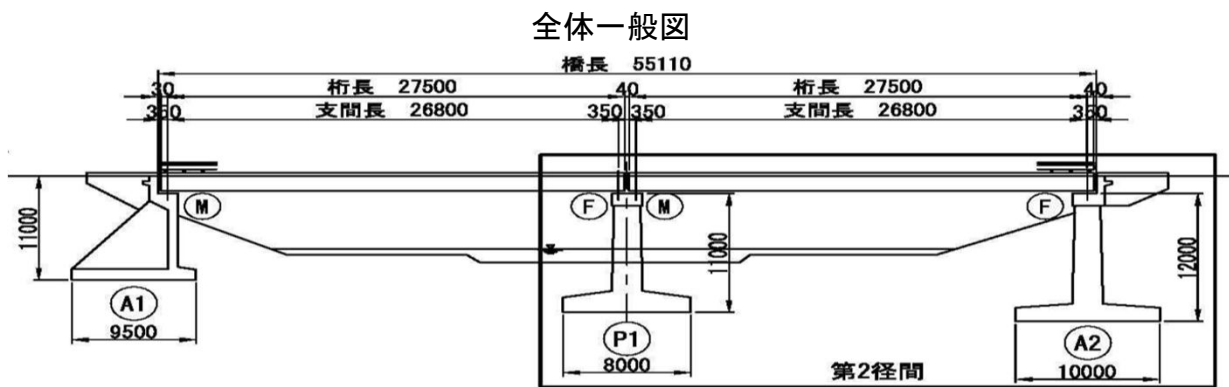


写真-1 全体写真



写真-2 P1橋脚(下り側)



写真-3 P1橋脚(下り側)

※計測対象部位:P1橋脚

試験方法(手順)

技術番号 BR030037

- ① 計測機器等の搬入(写真-4:ボート、写真-5:発電機、CTD収納器)
- ② 計測状況:レーザースカナで地上部の形状を計測する。(写真-6)
- ③ 計測状況:スキニングソナーで水中部の形状を計測する。(写真-7、写真-8)
- ④ 計測結果の確認(写真-9:ボート上のPCタブレット端末で計測を確認)
- ⑤ 後日、解析結果から洗掘の状態を確認する。

開発者による計測機器の設置状況

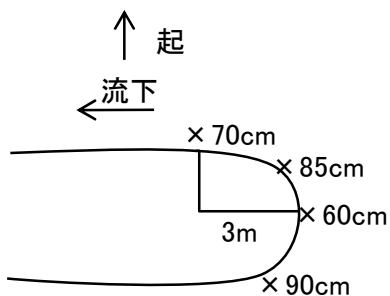


比較対象を得るため、
立会者による計測機器の設置状況

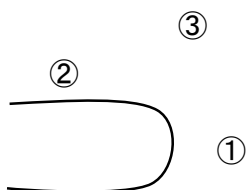
技術番号 BR030037



写真-



水温18.6°C



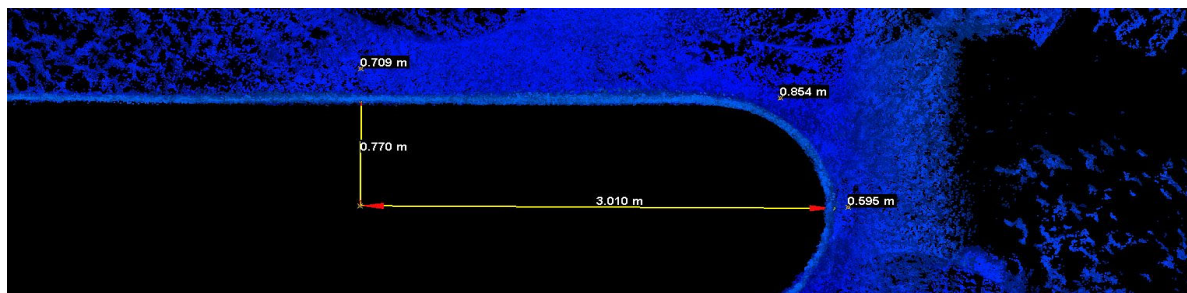
流速
 ①0.773m/s
 ②0.860m/s
 ③0.755m/s
 濁度 10.24FUN

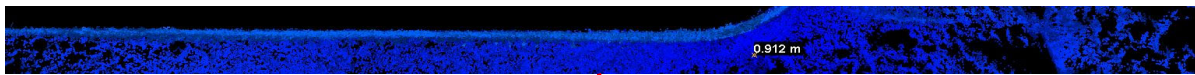
※スタッフによる洗掘の状態の把握(写真-10)

洗掘_深さ:0.593m

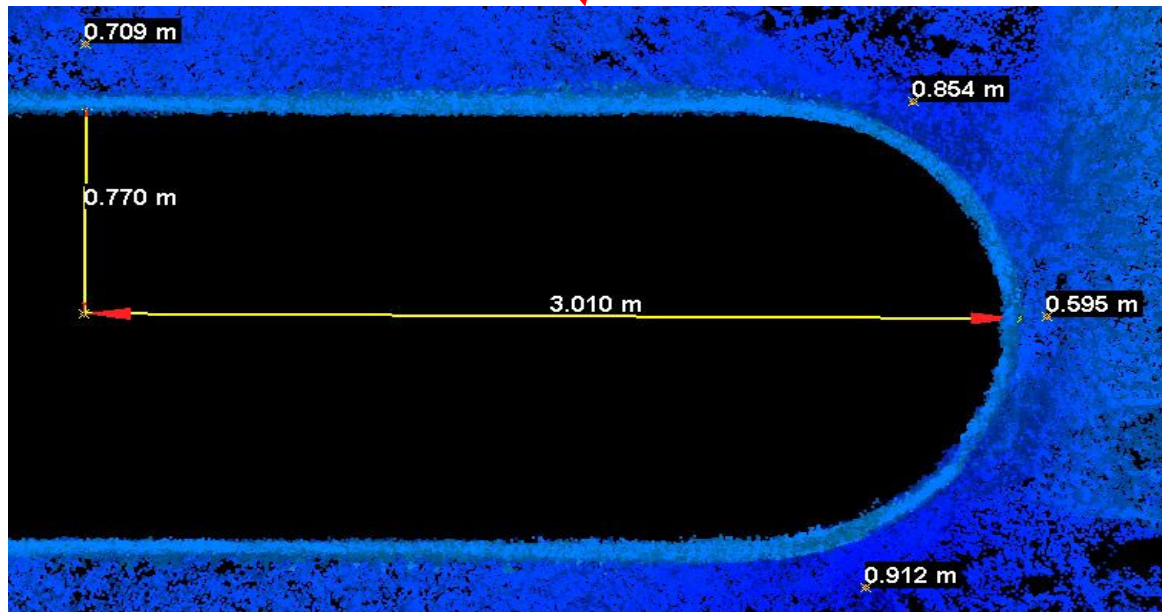
計測結果の比較	技術番号	BR030037
---------	------	----------

※計測結果





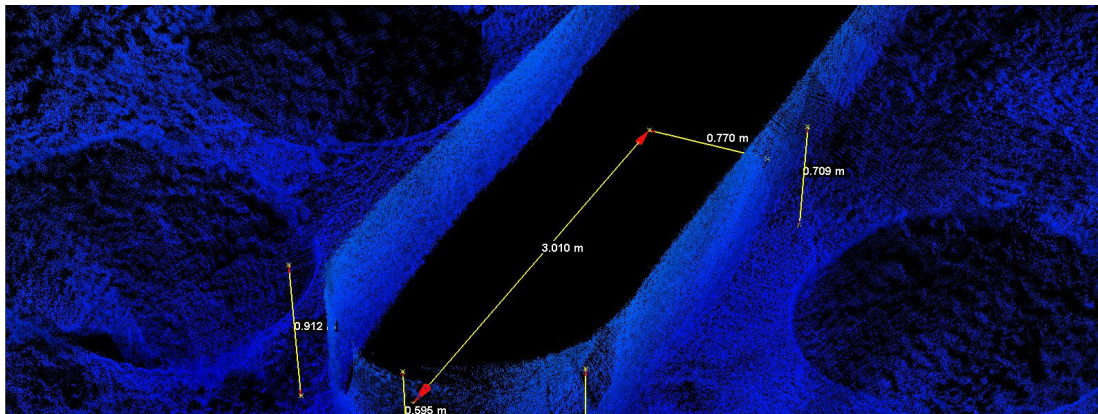
拡大

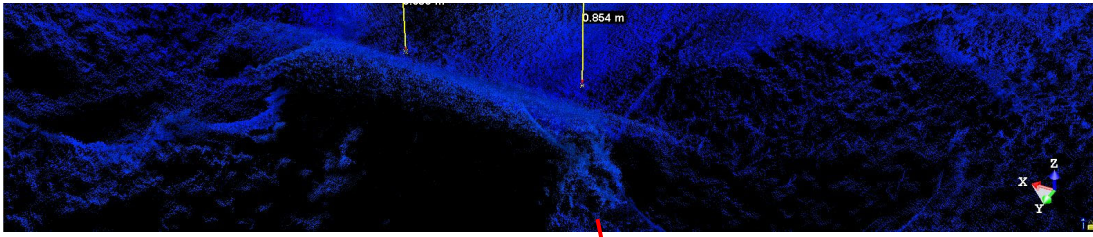


計測結果の比較

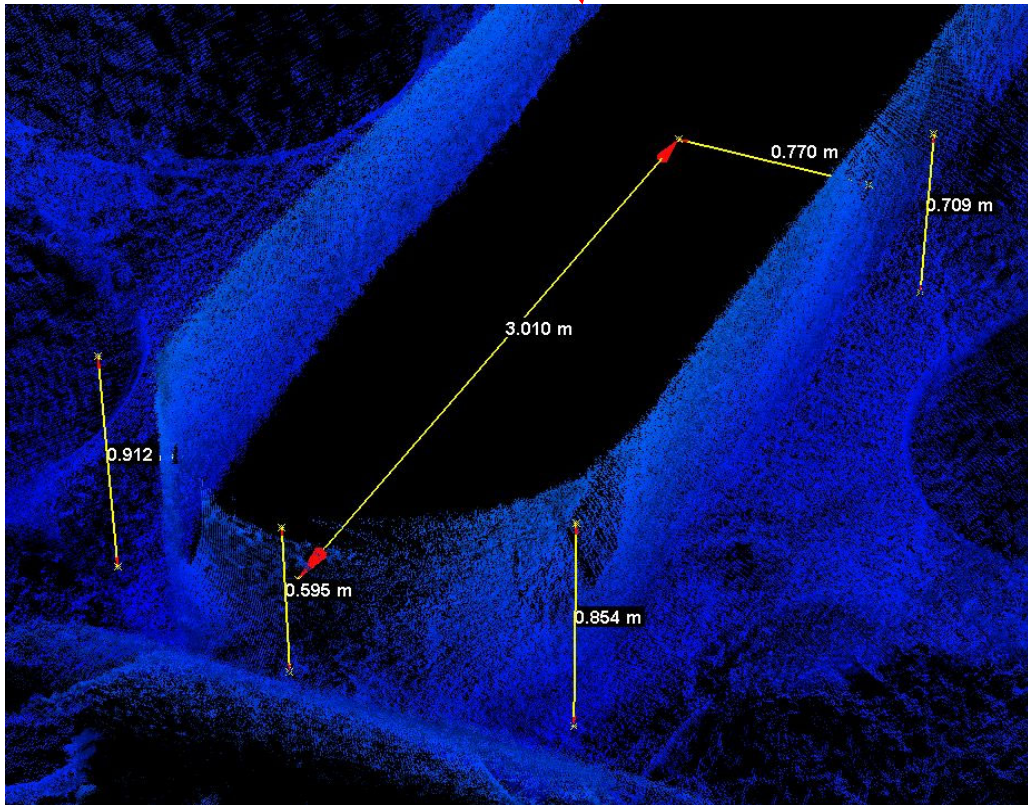
技術番号 BR030037

※計測結果





拡大



技術番号 BR030038

技術名 3Dデータを活用した構造物の状態把握(洗掘)

開発者名 アイセイ株式会社

試験日 令和3年 3月 24日

天候 晴れ

気温 21.4 °C

風速 7.0 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 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

全体一般図

写真-1 全体写真

写真-2 傾斜架台

- ① 計測機器の設置(写真-3)
- ② 傾斜架台を設置し、任意の角度に架台を傾斜させる。(写真-4)
- ③ 計測機器で傾斜架台を計測する。
- 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



写真-3 計測機器



写真-4 傾斜架台+傾斜計

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

リファレンス用測定装置を傾斜架台に設置する

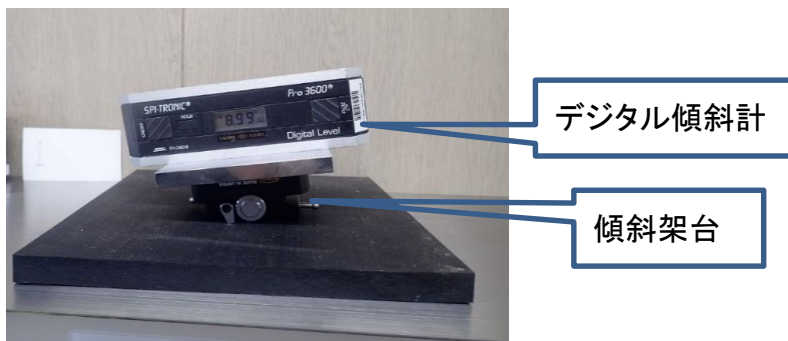
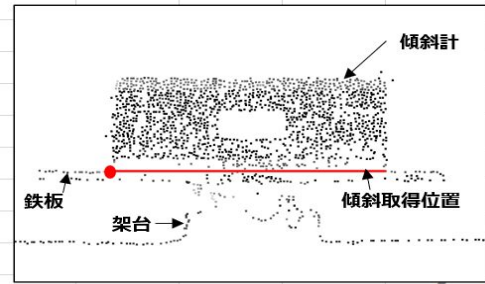
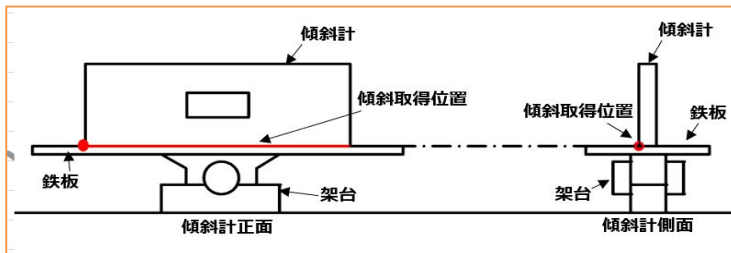


写真-5 レファレンス用計測機器

※計測結果



デジタル傾斜計(Pro3600)		計測結果
1 回 目		① 3.3°
2 回 目		② 5.5°
3 回 目		③ 7.9°

表-1 計測結果の比較

(単位:角度)

	1回目	2回目	3回目
デジタル傾斜計(Pro3600)	3.48	5.32	-7.92
計測結果	3.31	5.50	-7.99
差(傾斜計-計測結果)	0.17	-0.18	0.07

考察

①開発者とリファレンスの計測結果には、-0.18~+0.17° の違いが確認された。

技術番号	BR030038
------	----------

技術名	3Dデータを活用した構造物の状態把握(洗掘)	開発者名	アイセイ株式会社
-----	------------------------	------	----------

試験日	令和3年 3月 24日	天候	晴れ	気温	21.1 °C	風速	5.3 m/s
-----	-------------	----	----	----	---------	----	---------

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

カタログ分類	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

写真-1 全体写真

P1橋脚

写真-2 P1橋脚

- ① P1橋脚(写真-3:正面、写真-4:側面)
- ② 計測機器の設置(写真-5:地上型レーザースキャナー)
- ③ 計測機器の設置(写真-6:地上型レーザースキャナー上部)
- ④ 計測状況:計測機器でP1橋脚の傾きを計測する。(写真-7, 8)
- ⑤ 後日、計測結果から検出項目毎に整理する。

開発者による計測機器の設置状況



写真-3

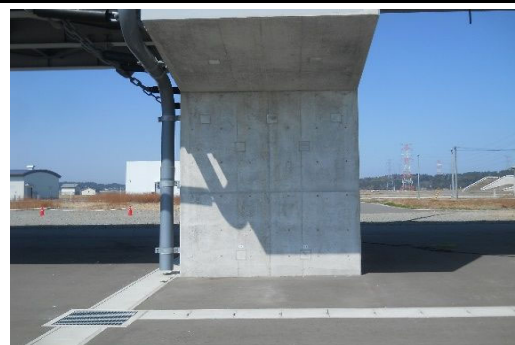


写真-4



写真-5



写真-6



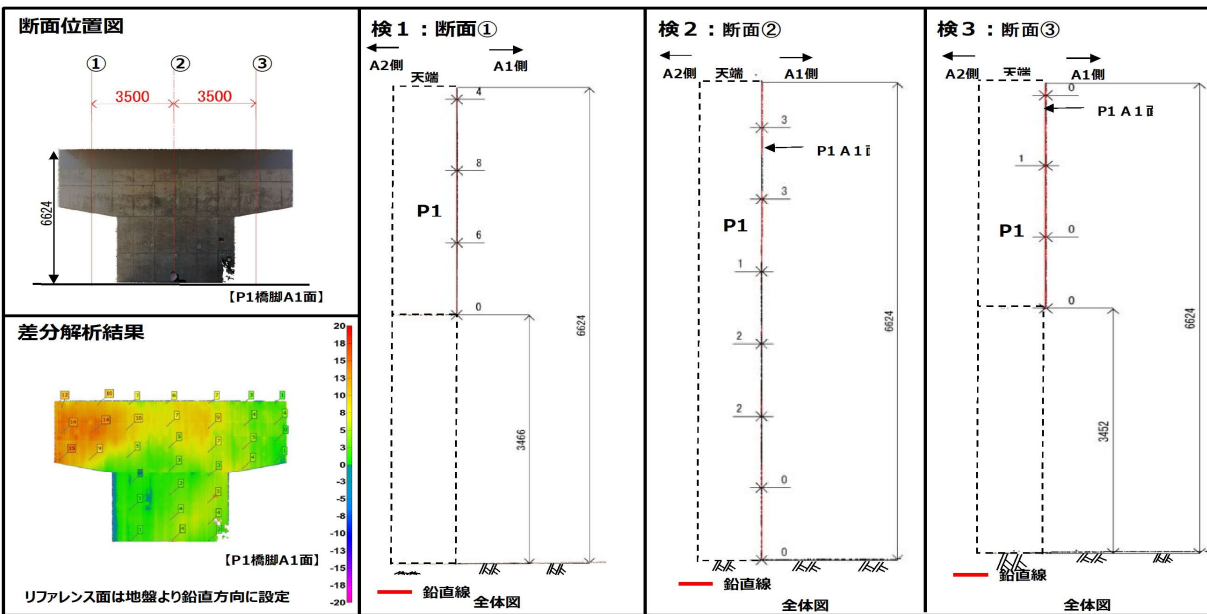
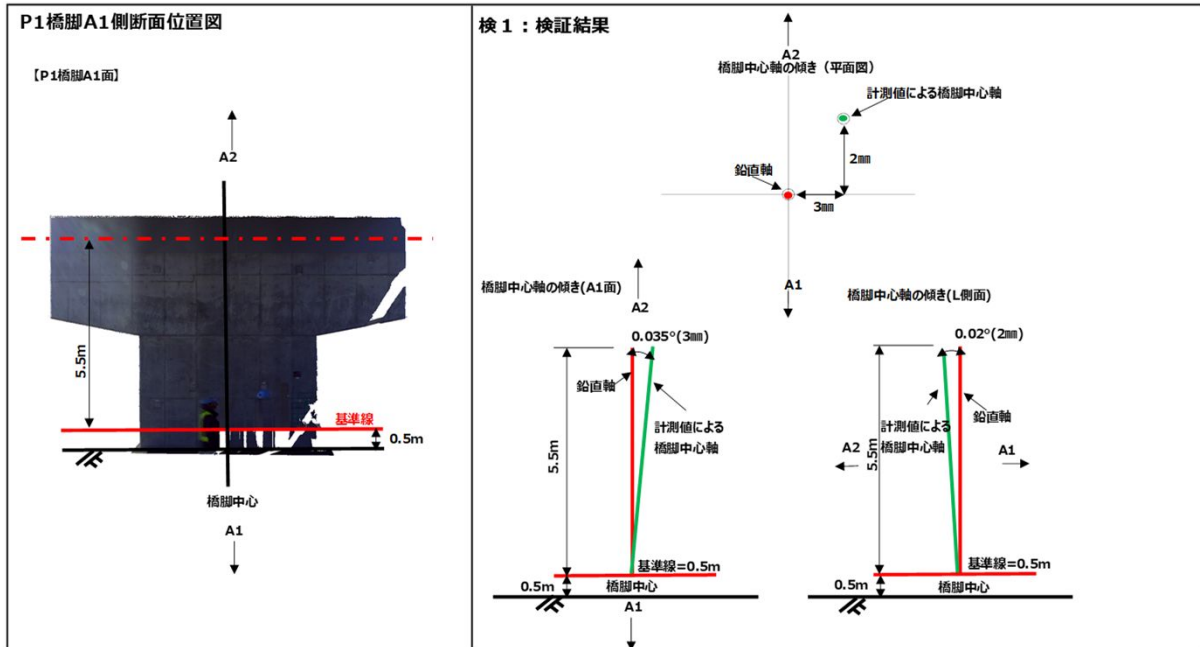
写真-7



写真-8

※計測結果

(1)P1橋脚の傾斜



技術番号 BR030039

技術名 変位計と熱電対を用いた桁遊間計測システム 開発者名 株式会社 構研エンジニアリング

試験日 令和4年 3月 22日 23日 天候 雨 晴れ 気温 6~8 °C 風速 - m/s

試験場所 土木研究所構内 試験橋梁

カタログ分類 計測・モニタリング技術 カタログ 検出項目 変位 試験区分 標準試験 現場試験

試験で確認する
カタログ項目 計測精度
動作確認(精度以外)

対象構造物の概要

1.土木研究所所管 試験橋梁の概要

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

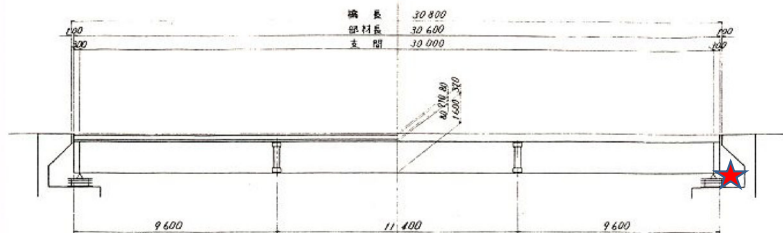


図-1 側面図

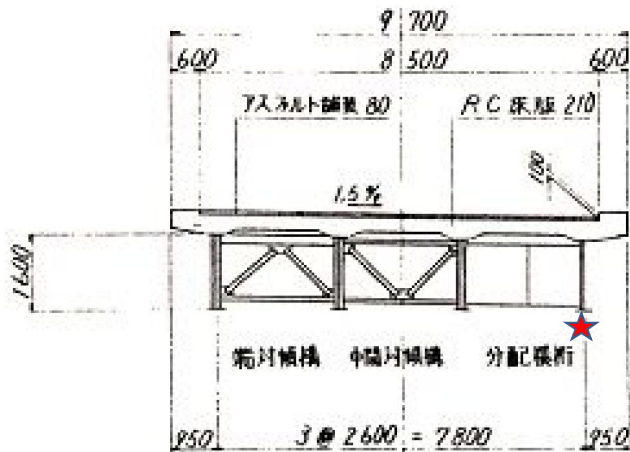


図-2 断面図



写真-1 支承部

- ① 開発者側の変位計と温度計及び、リファレンス用機器を所定の位置に設置する。(写真-3,4)
- ② 設置直後、設置日の夕方、翌日の午前、翌日の午後の計4つの時間の変位を計測する。
- ③ 計測後、記録し計測が正しく行われたか確認する。
- ④ 後日、計測した時間ごとの平均変位をそれぞれ算出し、比較する。

開発者による計測機器の設置状況

1. 機器の構成と設置

- ①リファレンス用変位計(橋軸方向 G1 1ヶ所)
- ②変位計(橋軸方向 G1 1ヶ所)
- ③温度計

【装置設置概要図】

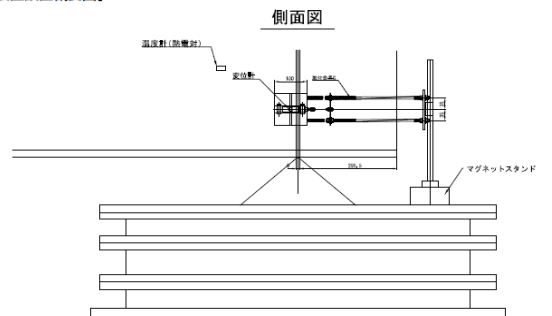


図-3 変位計設置図

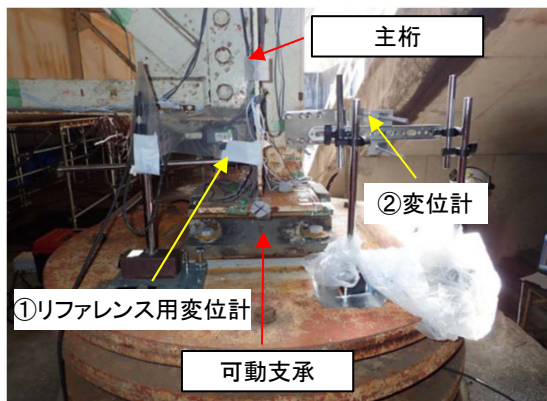


写真-2 機器の構成と配置(G1側)



写真-3 機器の構成と配置(G1側)

1. 機器の設置

- ① 橋軸方向変位: レーザー変位計 G1
取付け位置は、写真-4、図-4,5を参照

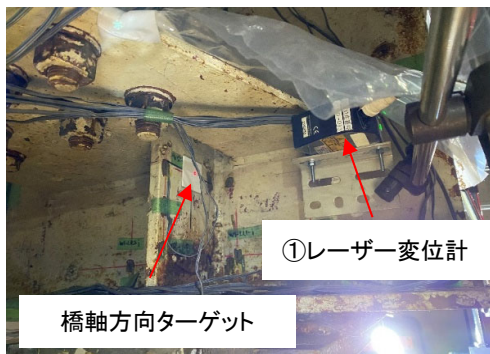


写真-4 橋軸方向変位計配置状況(G1)

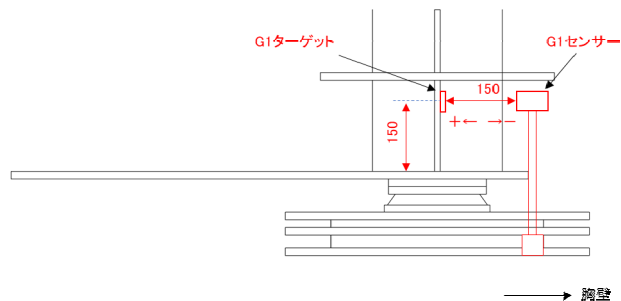


図-4 変位計の位置(G1側面)

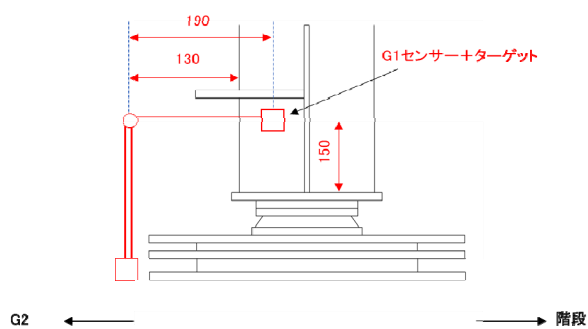


図-5 変位計の位置(G1胸壁側側面)

1.計測結果

・開発者によって得られた橋軸方向とリファレンス計測の相対差を算出する。

・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(非接触レーザ距離計)との計測値の相対差の比較を以下の式に基づき算出する

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

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)

橋軸方向の変位の相対差の計測結果

サンプル数

4

単位:mm

計測回数 (時間)	G1橋軸方向の変位			
	3月22日		3月23日	
	1回目 14:30～14:35	2回目 16:25～16:30	3回目 9:05～9:10	4回目 12:25～12:30
リファレンス	0.011	-0.079	-0.453	0.265
計測結果	0.051	-0.040	-0.606	0.242
差分	0.040	0.039	0.153	0.022

$$X = 0.0823 \text{ mm} = (82.3 \text{ } \mu\text{m})$$

橋軸方向変位の相対差 X mm = 0.0823 mm

2.現場試験結果

当該技術は、連続して変位と温度を計測するため、その結果を以下に示す。
温度変化と主桁に設置した変位計の変位量は同じ、傾向を示している。

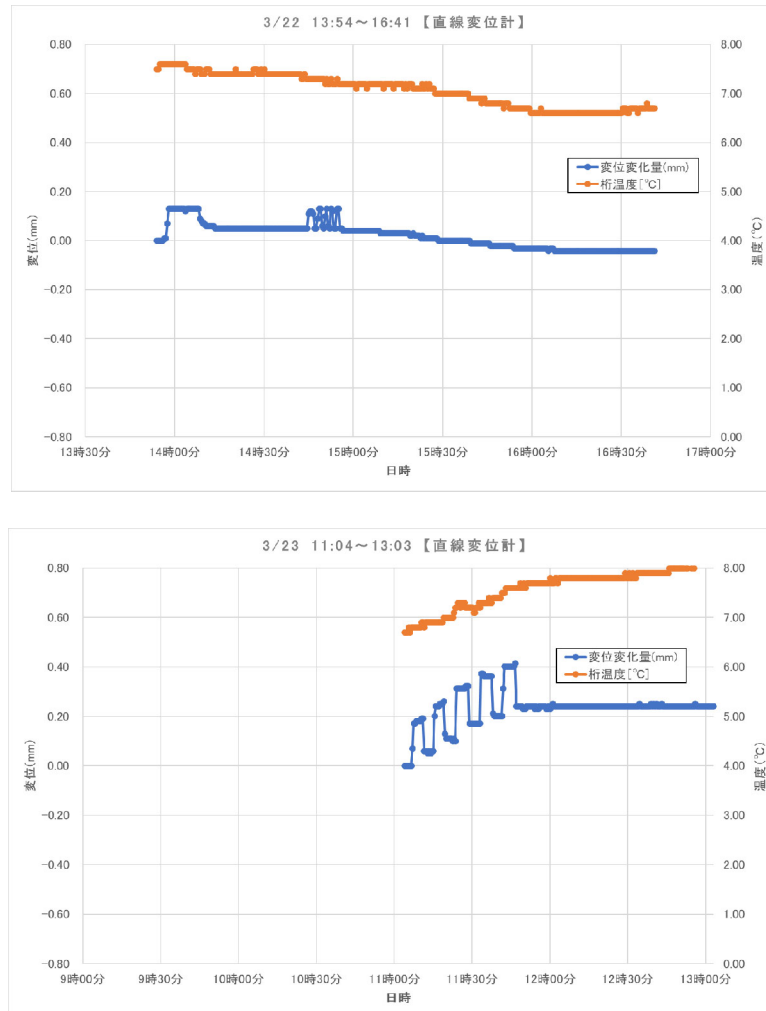


図-6 温度と変位の比較

技術番号 BR030041

技術名 分布型光ファイバーセンサーによるモニタリング技術 開発者名 沖電気工業株式会社

試験日 令和4年 3月 18日 22日 天候 晴れ 雨 気温 6~8 °C 風速 - m/s

試験場所 土木研究所構内 試験橋梁

カタログ分類 計測・モニタリング技術 カタログ 検出項目 ひずみ 試験区分 標準試験(未検出) 現場試験

試験で確認する
カタログ項目 計測精度
動作確認(精度以外)

対象構造物の概要

1. 土木研究所所管 試験橋梁の概要
- ・構造形式: 鋼単純鉸桁橋
 - ・橋 長: 30.800m
 - ・支 間: 30.000m
 - ・有効幅員: 8.500m
 - ・桁 高: 1.600m
 - ・主桁間隔: 2.600m(4主桁)

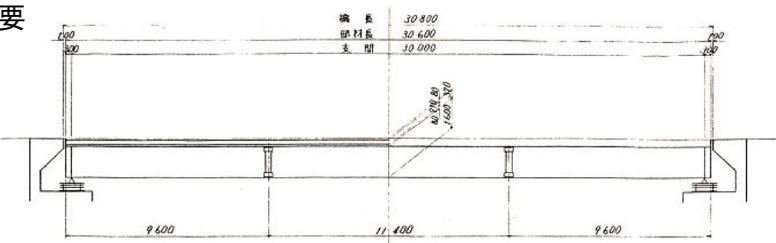


図-1 側面図

2. 載荷試験の概要
- 車両走行試験
- ・車両重量: 20ton, 速度: 20km/h(写真-1参照)
 - ・載荷位置: 床版支間中央(図-2参照)

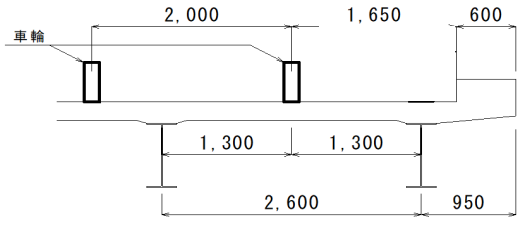


図-3 走行位置

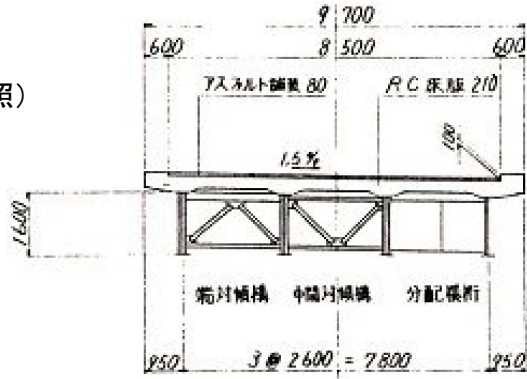


図-2 断面図



※車輪通過位置: 床版支間中央
速度: 20km/h(一定)

写真-1 車両載荷(20t)



写真-2 床版状況

① 開発者側の計測装置を所定の位置に設置する。(写真-3,4、図-4)

② リファレンス用ひずみゲージを所定の位置に設置する。(写真-5,6,7、図-6)

② 車両を支間中央で停止させ、ひずみを計測する。(5回実施)

③ 後日、計測した時間ごとの平均変位をそれぞれ算出し、比較する。

開発者による計測機器の設置状況

1.機器の構成と設置

- ①光ファイバー
- ②データロガー
- ③PC

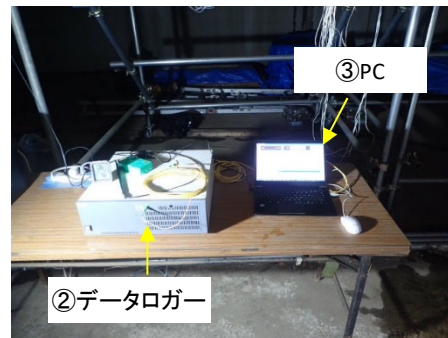


写真-3 機器の構成

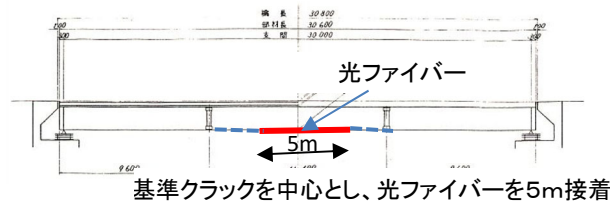


図-4 配置図

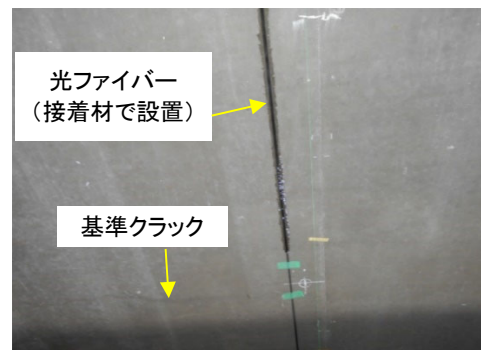


写真-4 光ファイバー設置

1. 機器の構成と設置

- ①リファレンス用ひずみゲージ(4箇所)
- ②データロガー
- ③PC

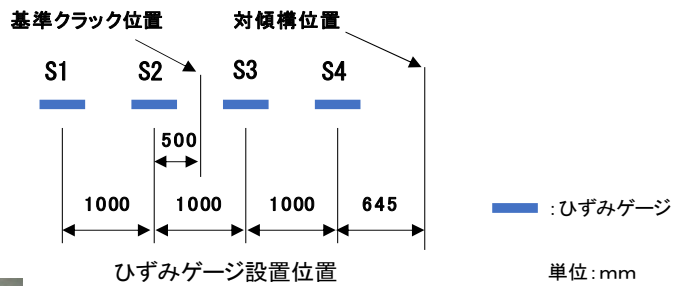


図-5 変位計の位置(G1胸壁側側面)

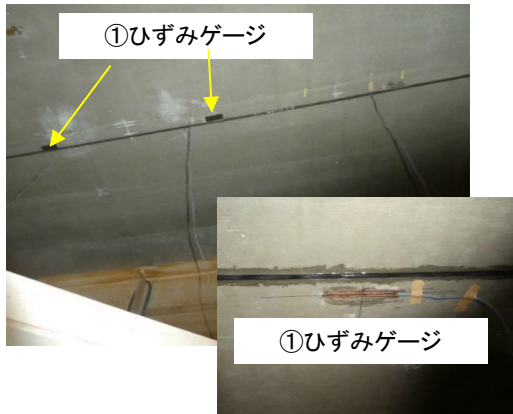


写真-5

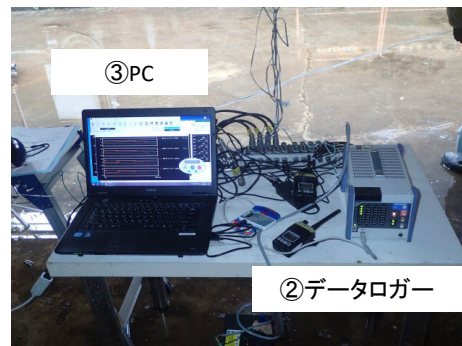
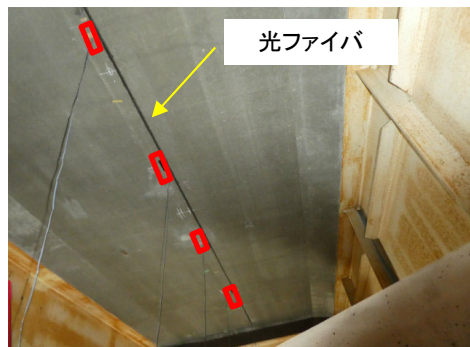
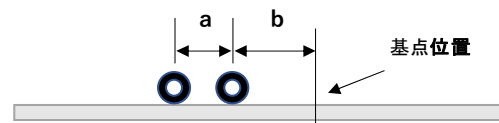


写真-6



ひずみゲージ

写真-7



静的載荷試験 試験車車軸位置

距離	a	b
パターン1	1300	1500
パターン2	1300	3200
パターン3	1300	1100

単位:mm

1. 計測結果

- ・車両を停止させ、停止位置の違うパターンを5回繰り返し、開発者によって得られたひずみ値とリファレンス結果との相対差を算出する。
- ・トラック性静止時の静的載荷状況では、発生したひずみが小さく開発者による計測器では見検出となった。

載荷種別	測定時刻	測点番号							
		S1 (リファレンス)	S1 (OKI)	S2 (リファレンス)	S2 (OKI)	S3 (リファレンス)	S3 (OKI)	S4 (リファレンス)	S4 (OKI)
静的載荷パターン1(1回目)	10:45:12	10	未検出	-6	未検出	-8	未検出	-6	未検出
静的載荷パターン2(1回目)	10:48:49	-8	未検出	-2	未検出	26	未検出	4	未検出
静的載荷パターン1(2回目)	10:55:37	6	未検出	7	未検出	-5	未検出	-8	未検出
静的載荷パターン2(2回目)	10:56:03	-2	未検出	5	未検出	19	未検出	5	未検出
静的載荷パターン1(3回目)	11:00:34	0	未検出	3	未検出	-4	未検出	-8	未検出
静的載荷パターン2(3回目)	11:02:22	-10	未検出	-4	未検出	32	未検出	-1	未検出
静的載荷パターン1(4回目)	11:05:50	1	未検出	-2	未検出	-6	未検出	-7	未検出
静的載荷パターン2(4回目)	11:06:59	-4	未検出	-1	未検出	24	未検出	7	
静的載荷パターン1(5回目)	11:09:56	0	未検出	0	未検出	-4	未検出	-9	
静的載荷パターン2(5回目)	11:11:16	0	未検出	1	未検出	28	未検出	5	
静的載荷パターン3(1回目)	11:28:00	-3	未検出	22	未検出	-12	未検出	-7	
静的載荷パターン3(2回目)	11:33:10	1	未検出	20	未検出	-11	未検出	-6	
静的載荷パターン3(3回目)	11:36:19	1	未検出	12	未検出	-12	未検出	-7	
静的載荷パターン3(4回目)	11:39:39	6	未検出	24	未検出	-13	未検出	-7	
静的載荷パターン3(5回目)	11:44:17	4	未検出	24	未検出	-13	未検出	-7	

2. 動作確認

- ・リファレンスとの比較は、できないが車両移動時の開発者による検出は可能であった。

載荷種別	測定時刻	測点番号							
		S1 (リファレンス)	S1 (OKI)	S2 (リファレンス)	S2 (OKI)	S3 (リファレンス)	S3 (OKI)	S4 (リファレンス)	S4 (OKI)
静的載荷パターン1(1回目)	10:45:12	10	未検出	-6	未検出	-8	未検出	-6	未検出
静的載荷パターン2(1回目)	10:48:49	-8	未検出	-2	未検出	26	未検出	4	未検出
	10:49:50	—	未検出	—	21	—	17	—	12
静的載荷パターン1(2回目)	10:55:37	6	未検出	7	未検出	-5	未検出	-8	未検出
静的載荷パターン2(2回目)	10:56:03	-2	未検出	5	未検出	19	未検出	5	未検出
静的載荷パターン1(3回目)	11:00:34	0	未検出	3	未検出	-4	未検出	-8	未検出
静的載荷パターン2(3回目)	11:02:22	-10	未検出	-4	未検出	32	未検出	-1	未検出
静的載荷パターン1(4回目)	11:05:50	1	未検出	-2	未検出	-6	未検出	-7	未検出
	11:06:01~11:06:36	—	17~32	—	39~56	—	30~42	—	20~33
静的載荷パターン2(4回目)	11:06:59	-4	未検出	-1	未検出	24	未検出	7	
静的載荷パターン1(5回目)	11:09:56	0	未検出	0	未検出	-4	未検出	-9	
静的載荷パターン2(5回目)	11:11:16	0	未検出	1	未検出	28	未検出	5	
	11:23:56~11:26:02	—	40~50	—	20~130	—	15~40	—	10~25
静的載荷パターン3(1回目)	11:28:00	-3	未検出	22	未検出	-12	未検出	-7	
静的載荷パターン3(2回目)	11:33:10	1	未検出	20	未検出	-11	未検出	-6	
静的載荷パターン3(3回目)	11:36:19	1	未検出	12	未検出	-12	未検出	-7	
静的載荷パターン3(4回目)	11:39:39	6	未検出	24	未検出	-13	未検出	-7	
	11:42:03~11:42:19	—	未検出	—	40~42	—	32~35	—	25~30
静的載荷パターン3(5回目)	11:44:17	4	未検出	24	未検出	-13	未検出	-7	

技術番号 BR030042

技術名	デジタル画像相関法によるひずみ計測技術(スリット応力解放法)	開発者名	株式会社計測リサーチコンサルタント 佐賀大学
-----	--------------------------------	------	---------------------------

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

試験場所	国立大学法人佐賀大学
------	------------

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(作用応力)	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

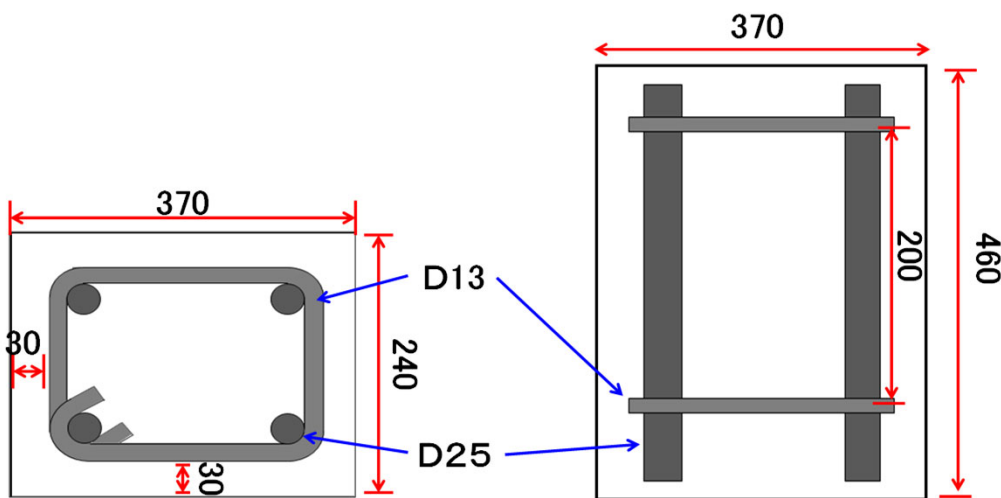


図-1 試験体概要

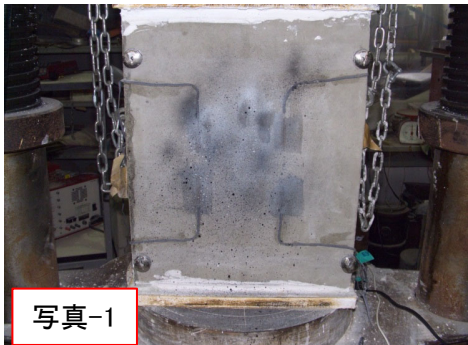
表-1 試験パターン

試験体	試験体1					試験体2	試験体3
応力(N/mm ²)	1.0	2.0	4.0	6.0	8.61	9.64	10.02

図-1に示す試験体を3体準備し、表-1に示す応力となるように荷重を与えて試験を実施し

- ① 試験体を載荷試験機にセットする。
- ② 固定治具の設置位置(4箇所)を $\phi 3.4\text{mm}$ で削孔し、固定治具をコンクリートビスによって固定する。
- ③ 測定面に白黒スプレーでランダムパターンを付ける。
- ④ 試験体が所定の応力となるように、載荷試験機によって載荷する。
- ⑤ スキャナを設置し、初期画像を撮影する。
- ⑥ スキャナを一旦取り外し、コンクリートカッターを設置し、深さ30mmのスリットを切削する。
- ⑦ スキャナを再度設置し、応力解放後の画像を撮影する。
- ⑧ 初期画像と応力解放後の画像を用いて、デジタル画像相関法によって測定面のひずみ分布を解析する。
- ⑨ ひずみ分布を基にFEMの逆解析を行い、コンクリートの作用応力を推定し、真値と比較する。

開発者による計測機器の設置状況



比較対象を得るため、
立会者による計測機器の設置状況

技術番号

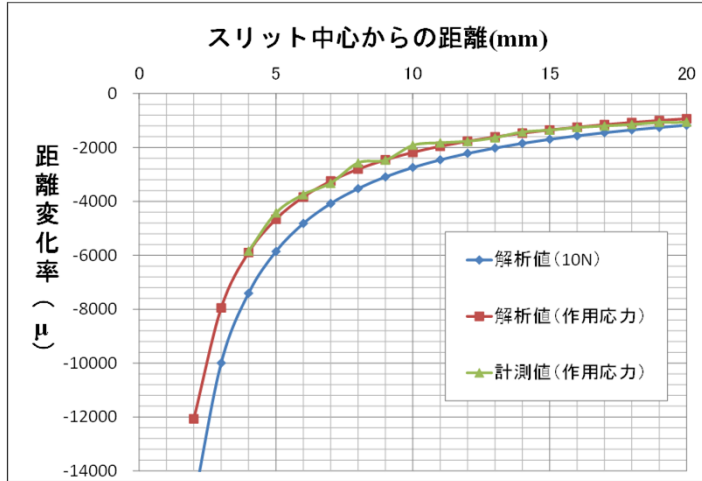
BR030042

自社試験のため、特になし

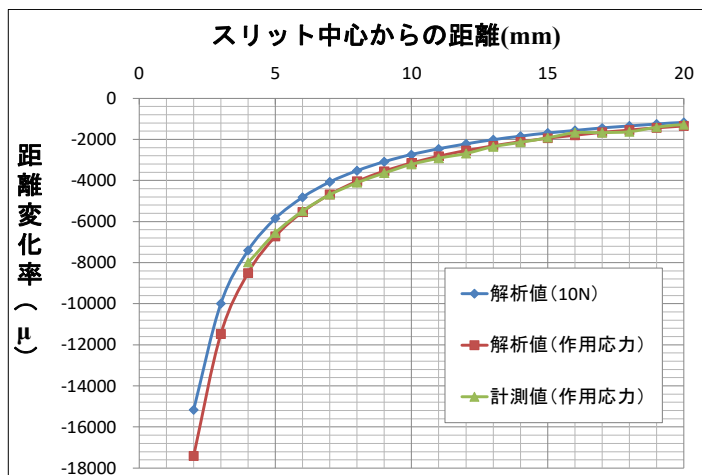
※計測レンジ

※計測精度

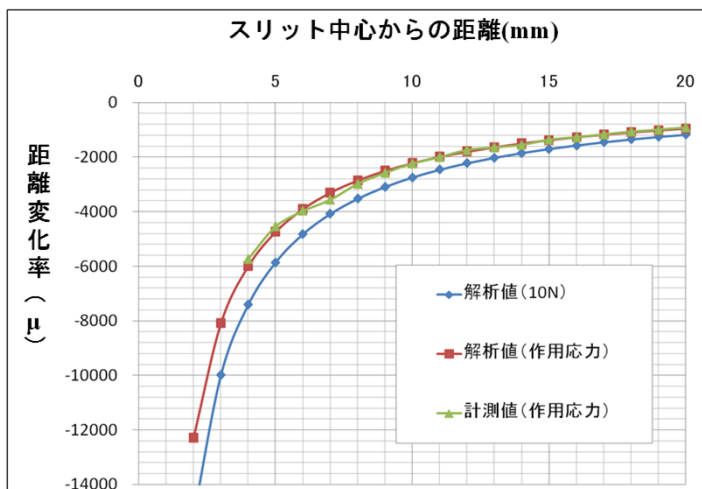
以下に応力解放による発生ひずみ分布を示す。



試験体1
 載荷応力: 8.61N/mm²



試験体2
 載荷応力: 9.64N/mm²



試験体3
 載荷応力: 10.02N/mm²

項目	試験体1					試験体2	試験体3
載荷応力(N/mm ²)	8.61	1.0	2.0	4.0	6.0	9.64	10.02
作用応力推定値 (N/mm ²)	7.96	1.09	1.85	4.66	4.04	10.2	9.46
誤差(N/mm ²)	-0.65	0.09	-0.15	0.66	-1.96	0.56	-0.56
誤差(%)	-7.5	9.0	-7.5	16.5	32.7	5.9	-5.6

技術番号 BR030042

技術名 デジタル画像相関法によるひずみ計測技術(スリット応力解放法) 開発者名 株式会社計測リサーチコンサルタント

試験日 令和4年 3 月 22 日 天候 雨 気温 8.0 °C 風速 - m/s

試験場所 土木研究所構内 試験橋梁

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

試験で確認する
カタログ項目 動作確認(精度以外)

対象構造物の概要

1. 土木研究所所管 試験橋梁の概要
- ・構造形式: 鋼単純鈹桁橋
 - ・橋 長: 30.800m
 - ・支 間: 30.000m
 - ・有効幅員: 8.500m
 - ・桁 高: 1.600m
 - ・主桁間隔: 2.600m(4主桁)

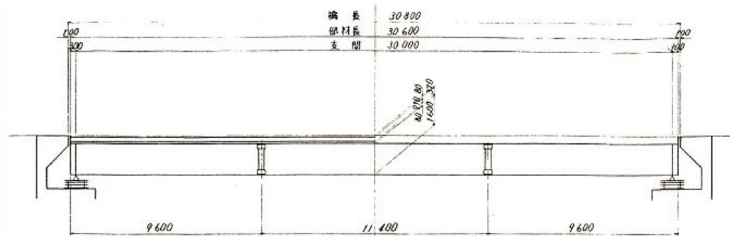


図-1 側面図

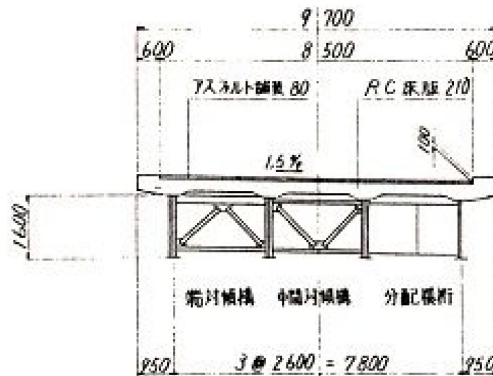


図-2 断面図

試験方法(手順)	技術番号	BR030042
① 計測機器の構成(写真-1,-2)		
② 壁面に撮影位置を設定後、スキャナを設置し、初期画像を撮影。(写真-3,-4)		
③ スキャナを取り外し、コンクリート切削用カッターを設置。(試験橋梁のため、切削は行わず、動作確認のみ) (写真-5)		
④ 再度、スキャナを設置し、画像を撮影。(写真-6)		
⑤ 初期画像と切削後の画像からひずみを計測。(写真-7)		

開発者による計測機器の設置状況

1.機器の構成と設置

- ①スキャナ
- ②スリット切削用コンクリートカッター
- ③PC



写真-1 機器の構成



写真-2 機器の構成

1.計測結果(動作確認)

・作業の一連の動作を確認。ただし、試験橋梁のため、切削は行っていない。



写真-3 位置の設定



写真-4 スキャン撮影



写真-5 カッター取り付け

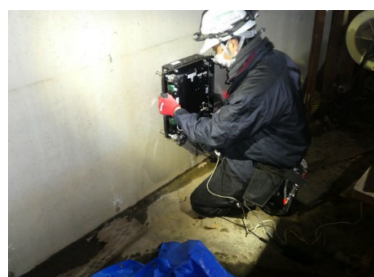


写真-5 スキャン撮影

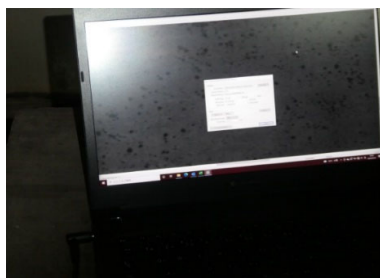


写真-6 計測

技術番号 BR030043

技術名 モアレ縞を用いたひずみ計測技術(ひずみ可視化デバイス) 開発者名 株式会社計測リサーチコンサルタント

試験日 令和4年 3月 22日 天候 雨 気温 8.0 °C 風速 - m/s

試験場所 土木研究所構内 試験橋梁

カタログ分類 計測・モニタリング技術 カタログ 検出項目 ひずみ 試験区分 標準試験 現場試験

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

1. 土木研究所所管 試験橋梁の概要

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

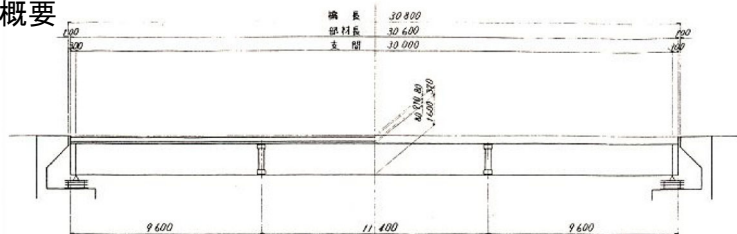


図-1 側面図

2. 載荷試験の概要

車両走行試験

- ・車両重量: 20ton, 速度: 20km/h(写真-1参照)
- ・載荷位置: 床版支間中央(図-2参照)

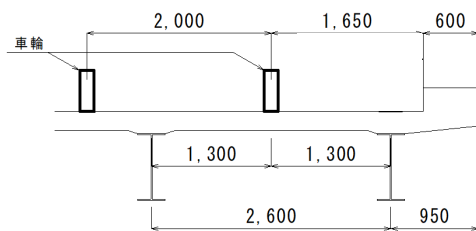


図-3 走行位置

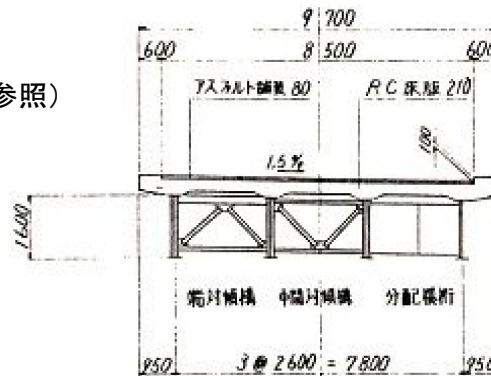


図-2 断面図



写真-1 車両載荷(20t)

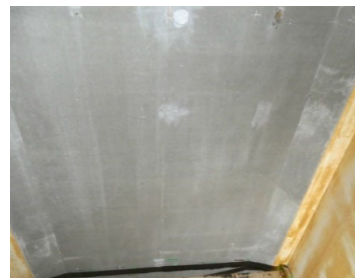


写真-2 床版状況

試験方法(手順)	技術番号	BR030043
①	開発者側のひずみ可視化デバイス、カメラ及び、リファレンス用ひずみゲージを所定の位置に設置(写真-3～写真-54)	
②	合図と共に車両(20ton)を床版支間中央に車輪が通行するように走行(20km/h)させ、橋梁通過後合図する。	
③	計測者は、スタートの合図とともに計測を開始し、車両通過の合図から常時微動までの間(約5秒)計測する。	
④	上記②～④を5回行う。	
⑤	車両を支間中央で停止させ、ひずみを計測する。(5回実施)	

開発者による計測機器の設置状況

1.機器の構成と設置

- ①ひずみ可視化デバイス
- ②USBカメラ(動的計測用)
- ③デジタルカメラ(静的計測用)
- ④PC

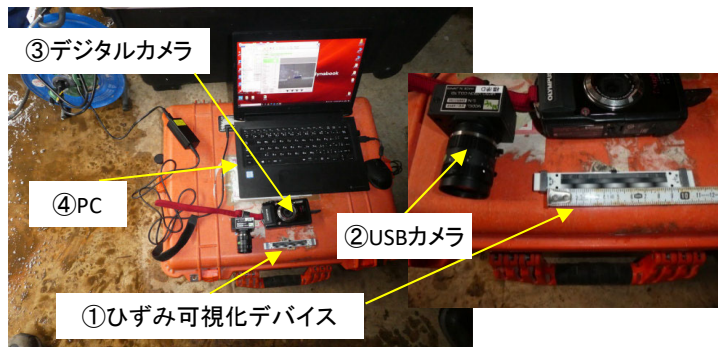


写真-3 機器の構成



写真-4 機器の設置



写真-4 カメラの設置

1. 機器の構成と設置

- ①リファレンス用ひずみゲージ
- ②データロガー
- ③PC

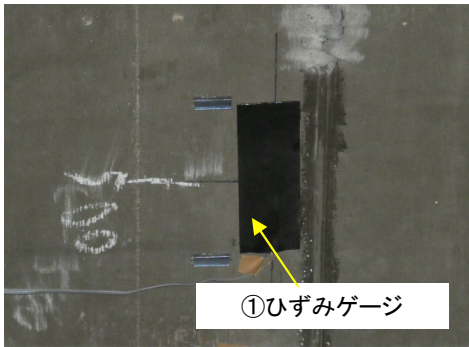
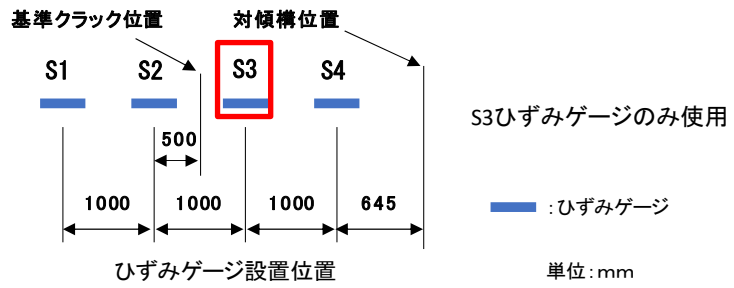


写真-5

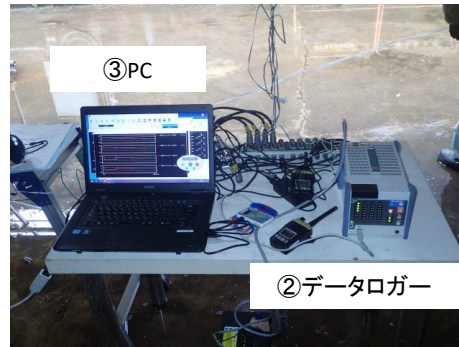


写真-6

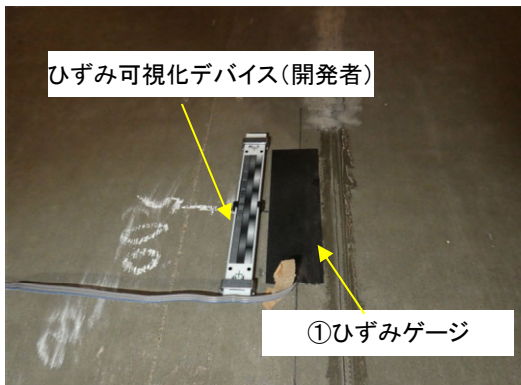
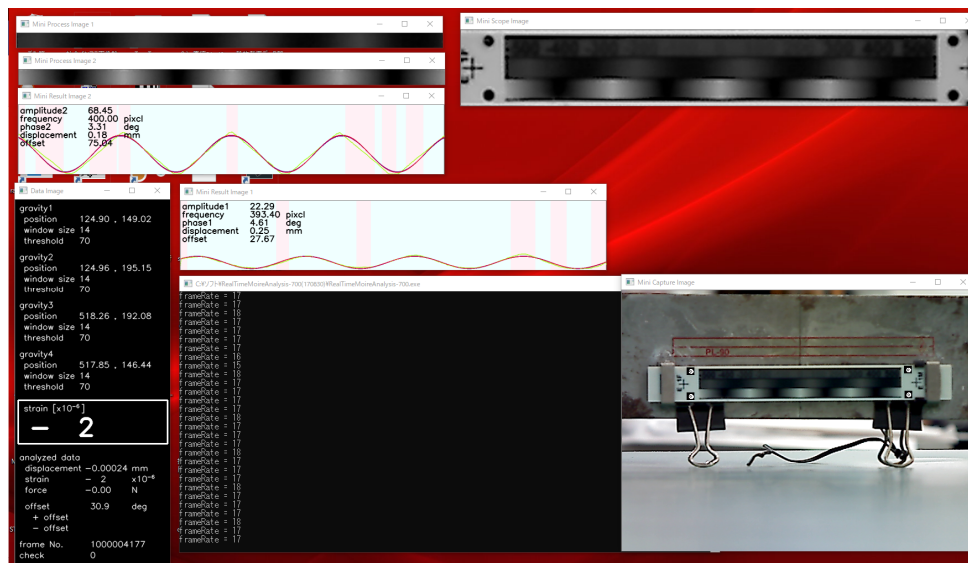
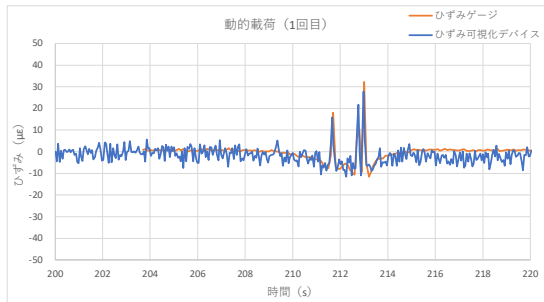


写真-7

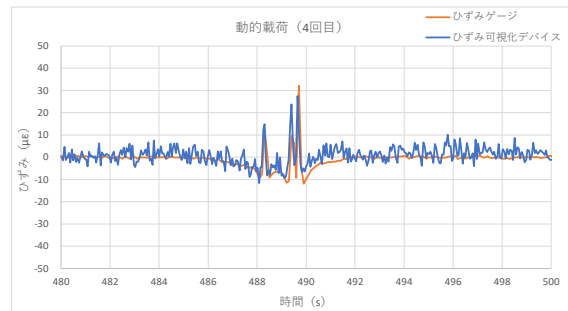
1.計測結果(動的载荷)

- ・車両を通過せよ、通過時の最大値を合計5回実施する。
- ・リファレンスとの最大値を比較し、計測精度を算出する。

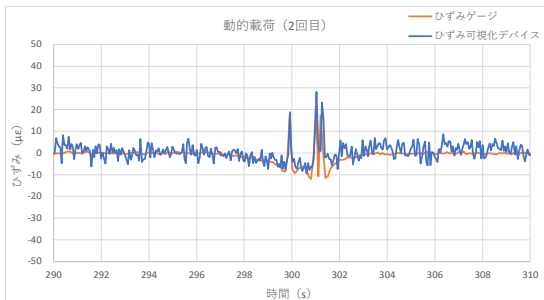




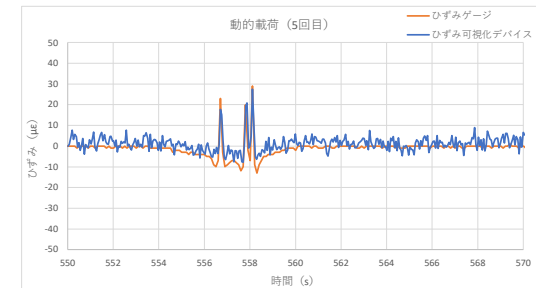
動的荷重試験 経時変化図(1回目)



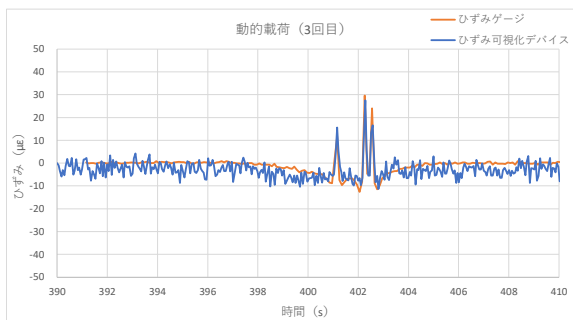
動的荷重試験 経時変化図(4回目)



動的荷重試験 経時変化図(2回目)



動的荷重試験 経時変化図(5回目)



動的荷重試験 経時変化図(3回目)

動的荷重試験結果

		ひずみ (με)		差分 (με)
		ひずみ可視化デバイス	ひずみゲージ	
1回目	引張側最大値	28	32	-4
	圧縮側最大値	-11	-12	+1
2回目	引張側最大値	28	21	+7
	圧縮側最大値	-11	-12	+1
3回目	引張側最大値	28	30	-2
	圧縮側最大値	-11	-13	+2
4回目	引張側最大値	27	32	-5
	圧縮側最大値	-12	-12	±0
5回目	引張側最大値	27	29	-2
	圧縮側最大値	-8	-13	+5

・本技術の計測値と、リファレンスとの計測値の相対差の比較を以下の式に基づき算出する

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

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

10

単位: με

	引張最大値					圧縮最大値				
	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
リファレンス	32	21	30	32	29	-12	-12	-13	-12	-13
計測結果	28	28	28	27	27	-11	-11	-11	-12	-8
差分	4	7	2	5	2	1	1	2	0	5

X = 3.5917 με

x = 43.80 %

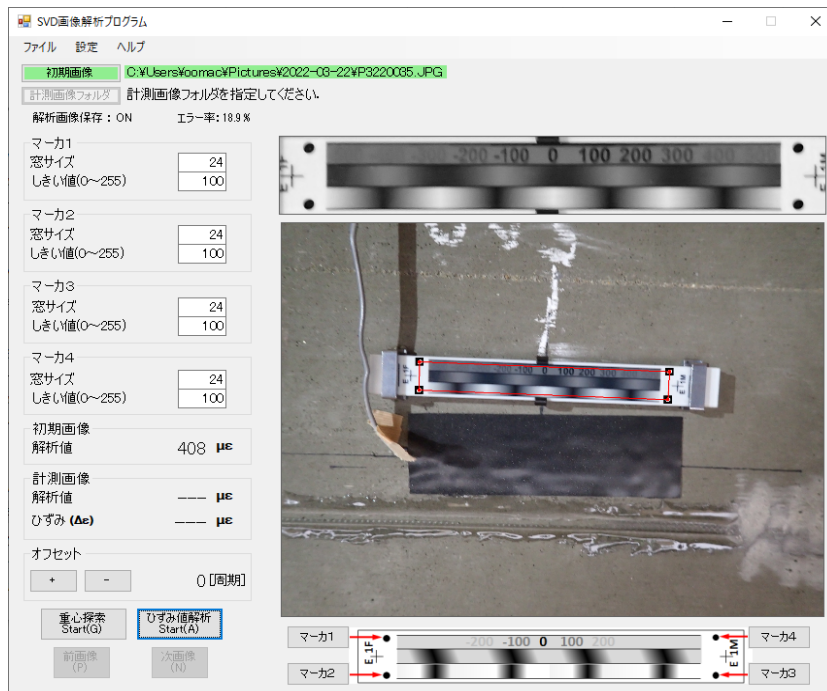
動的荷重試験の相対差 X με (x %) 3.5917 με (43.80 %)

1.計測結果(静的载荷)

- ・車両を停止させ、車両載荷時のひずみを5回計測する。
- ・ひずみ可視化デバイスは無載荷時および車両載荷時に複数枚撮影・解析を行い、平均値を記載している。



静的計測システム



ひずみ可視化デバイス静的計測アプリケー

静的載荷試験結果

	ひずみ (μ ε)			差分 (μ ε)
	ひずみ可視化デバイス		ひずみゲージ	
	解析値	初期値からの差分		
無載荷時	406	-	-	-
1回目	451	45	31	+14
2回目	441	35	27	+8
3回目	437	31	32	-1
4回目	438	32	31	+1
5回目	431	25	24	+1

・本技術の計測値と、リファレンスとの計測値の相対差の比較を以下の式に基づき算出する

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

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)

A=検証側技術による測定値(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)

B=検証側技術による測定値(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)

I=検証側技術による測定値(n回目)

サンプル数

5

単位: μ ε

	静的載荷試験				
	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
リファレンス	31	27	32	31	24
計測結果	45	35	31	32	25
差分	14	8	1	1	1

X= 7.2526 μ ε

x= 25.01 %

静的載荷試験の相対差 X μ ε (x %) 7.2526 μ ε (25.01 %)

技術番号	BR030044			
技術名	熱検知型MEMS傾斜計とLoRa通信を用いた橋梁の傾斜角モニタリングシステム		開発者名	日本仮設株式会社
試験日	令和4年 4月 9日	天候	晴れ	気温 19.5 °C 風速 4.1 m/s
試験場所	福島ロボットテストフィールド			
カタログ分類	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

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

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

照明柱 (灯具無し)

中掘り鋼管杭 φ=800mm L=8.500m n=32本

中掘り鋼管杭 φ=800mm L=8.500m n=20本

中掘り鋼管杭 φ=800mm L=8.500m n=16本

VCL=20m VCR=206m VCL=20m VCR=3333m



写真-1 全体写真

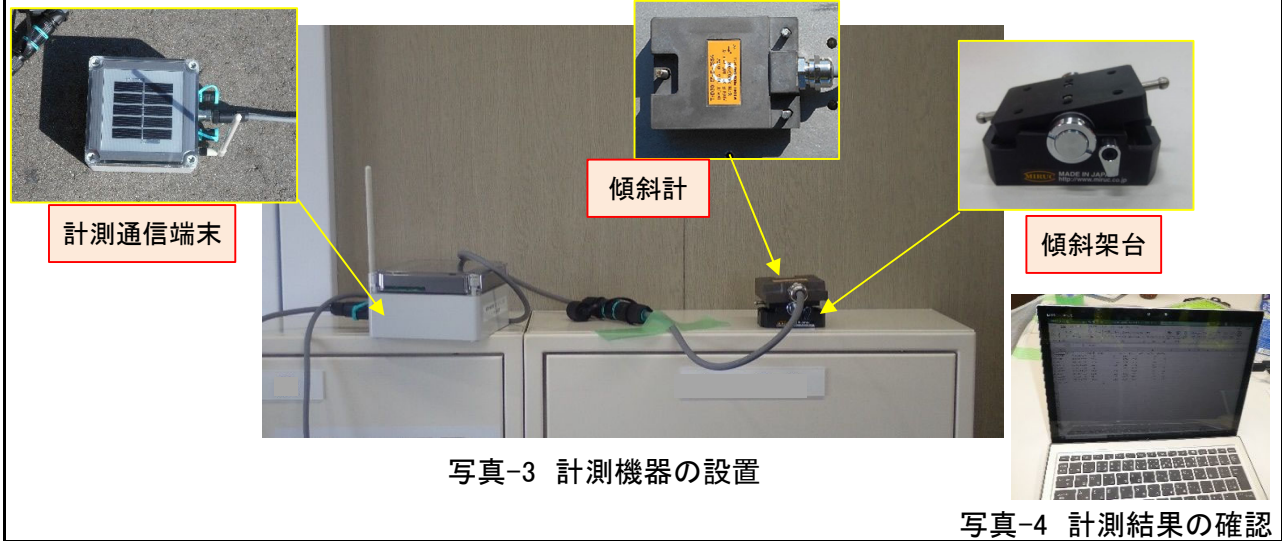


写真-2 傾斜架台

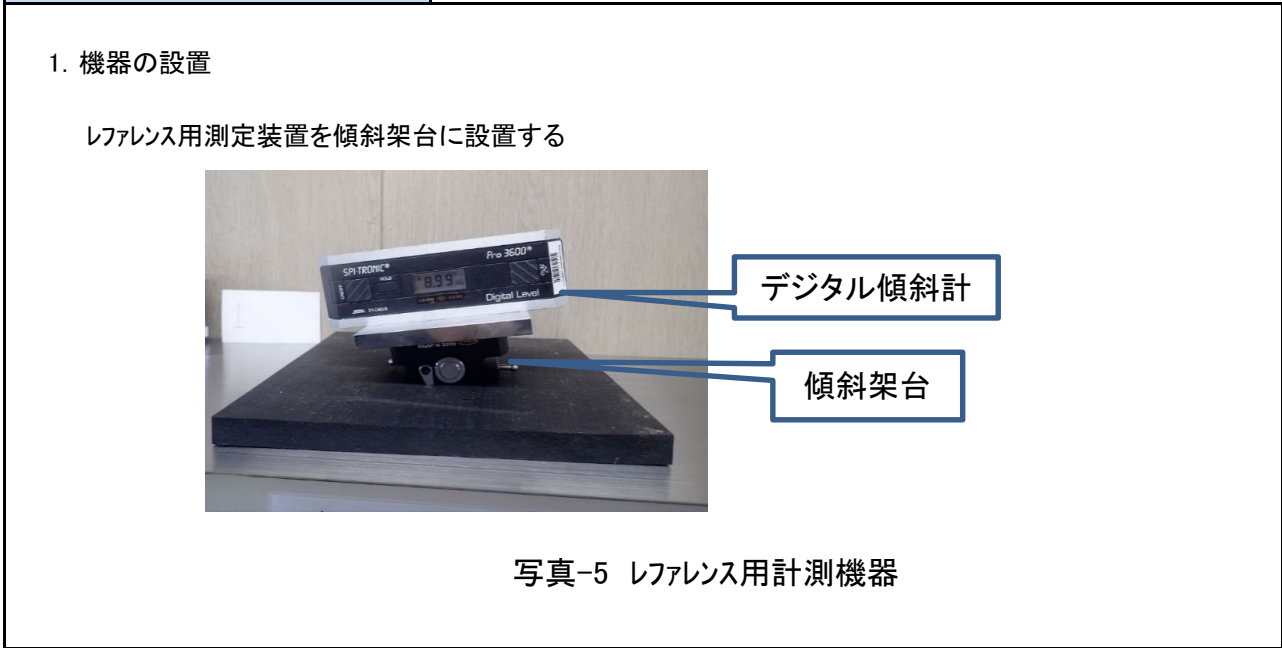
試験方法(手順)	技術番号	BR030044
① 傾斜計(センサー)、計測通信末端、傾斜架台の設置(写真-3)		
② 傾斜架台を設置し、任意の角度に傾斜架台を傾斜させる。		
③ 計測機器で傾斜架台を計測する。計測結果をクラウドに転送し、PCで確認する。(写真-4)		
④ ②でデジタル傾斜計を用いてリファレンスデータを取得する。(計測の際には、非表示とする。)		
⑤ ②～④を3回行う。		

開発者による計測機器の設置状況

1. 機器の設置



比較対象を得るため、立会者による計測機器の設置状況



※計測結果

	デジタル傾斜計 (Pro3600)	計測結果
1 回目	-3.00° 	-2.986° 
2 回目	3.00° 	2.955° 
3 回目	-4.00° 	-4.008° 

(単位:角度°)

	1回目	2回目	3回目
デジタル傾斜計 (Pro3600)	-3.00	3.00	-4.00
計測結果	-2.99	2.96	-4.01
差(傾斜計-計測結果)	-0.01	0.04	0.01

①開発者とリファレンスの計測結果には、-0.01～+0.04° の違いが確認された。

・本技術の計測値とリファレンス(Pro3600)との計測値の相対差の比較を以下の式に基づき算出する

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

 δ_a =検証側技術による測定値(1回目)-当該技術による測定値(1回目) δ_b =検証側技術による測定値(2回目)-当該技術による測定値(2回目) δ_i =検証側技術による測定値(n回目)-当該技術による測定値(n回目)

傾斜角度の相対差(X)差計測結果

サンプル数 3

単位:角度°

計測回数	1回目	2回目	3回目
Pro3600	-3.00	3.00	-4.00
計測結果	-2.99	2.96	-4.01
差分	0.01	-0.04	-0.01

X= 0.0245 度

技術番号 BR030044

技術名 熱検知型MEMS傾斜計とLoRa通信を用いた橋梁の傾斜角モニタリングシステム

開発者名 日本仮設株式会社

試験日 令和4年 4月 9日 天候 晴れ 気温 19.5 °C 風速 4.1 m/s

試験場所 福島ロボットテストフィールド

カタログ分類 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

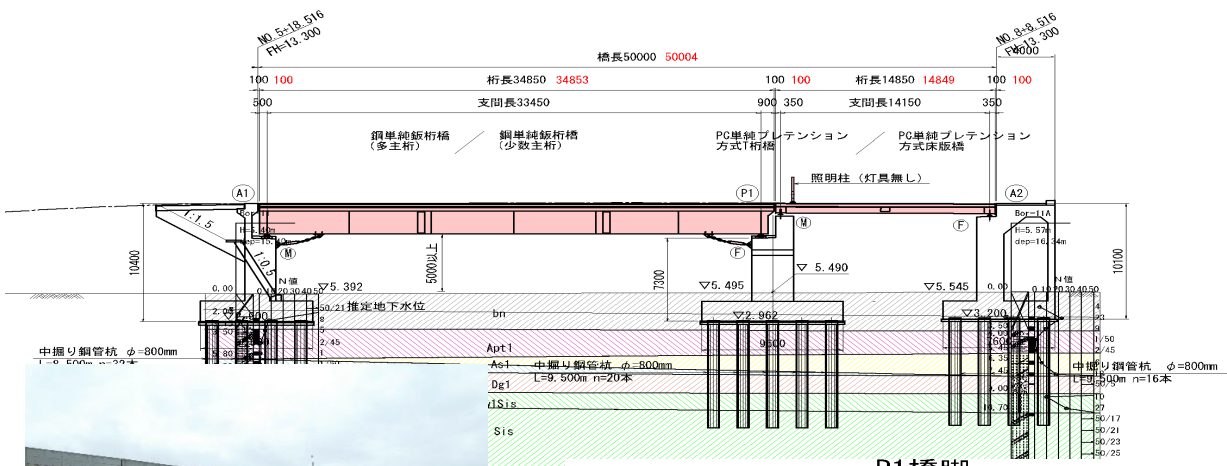
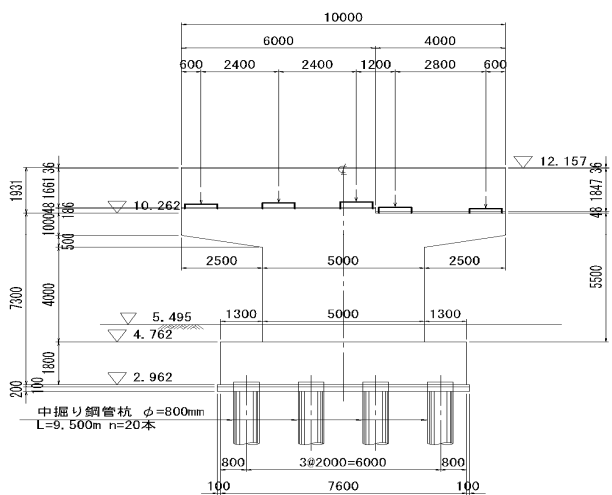


写真-1 全体写真



写真-2 P1橋脚

P1橋脚



- ① 計測機器の搬入(写真-3)
- ② 計測機器の設置(写真-4:遠隔のPC)
- ③ 計測機器(傾斜計(センサー))の設置位置(写真-5:P1橋脚天端)
- ④ 計測の設置(写真-6:傾斜計(センサ)、写真-7:傾斜計の水平確認)
- ⑤ 計測状況(写真-8) 後日、計測結果を整理する。

開発者による計測機器の設置状況

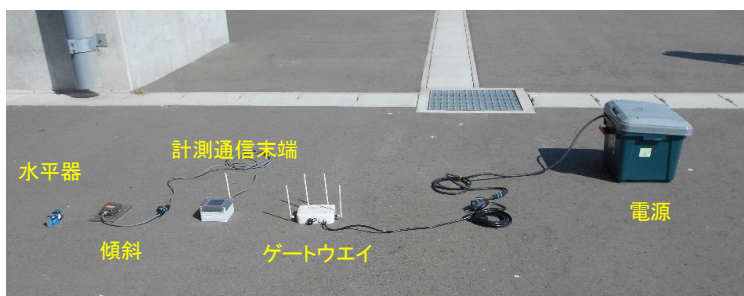


写真-3



写真-4



写真-5



写真-6



写真-7



写真-8

※計測結果

(1)P1橋脚の傾斜

試験橋梁のP1橋脚天端に傾斜計(センサ)を設置し、LTE 通信～LTE～インターネット経由でクラウドサーバーに保存した計測値を遠隔監視できることを確認した。試験結果を表-1に示す。

表-1 試験結果

観測点名	観測日時	X 軸傾斜 (°)	Y 軸傾斜 (°)	θ (°)	ϕ (°)
福島 RTF 試験橋梁	2022/3/9 14:26	-0.576	0.421	0.713	143.84
福島 RTF 試験橋梁	2022/3/9 14:28	-0.570	0.428	0.713	143.10
福島 RTF 試験橋梁	2022/3/9 14:30	-0.570	0.429	0.713	143.03
福島 RTF 試験橋梁	2022/3/9 14:32	-0.576	0.421	0.713	143.84
福島 RTF 試験橋梁	2022/3/9 14:34	-0.571	0.428	0.714	143.15

センサ設置完了後、計測値に1/100 程の変動がないことを確認し、遠隔で0 点を設定する。その後モニタリングを開始する。

技術番号 BR030045

技術名 水中ドローン(DiveUnit300)を用いた橋梁点検支援技術(洗掘) 開発者名 株式会社FullDepth

試験日 令和4年 3月 31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

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 安定性能
進入可能性
計測精度
色識別性能

対象構造物の概要

・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配置、および、進入可能性能確認のための、架台を設置。

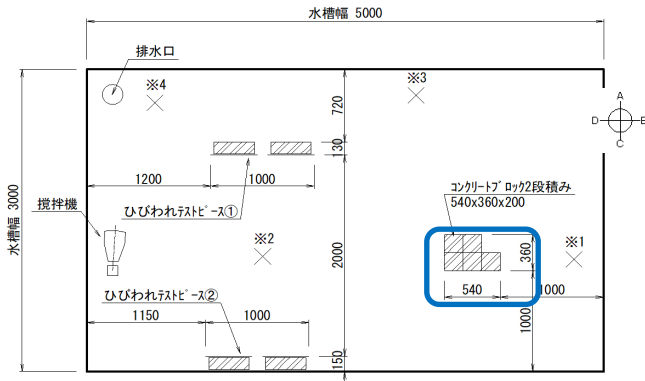


図-1: 配置図

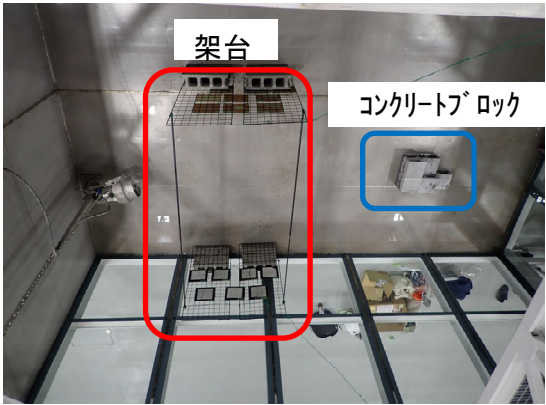


写真-1: コンクリートブロック配置

コンクリートブロック積み 形状
※180x180x100mm x 8個使用

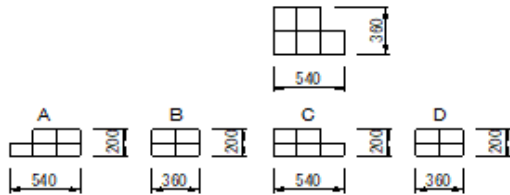


写真-3: 架台B(7パネル)

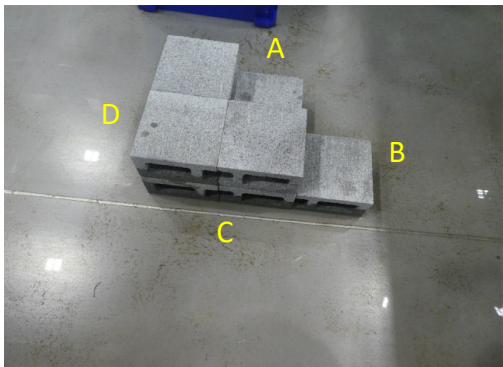


写真-2: コンクリートブロック

試験方法(手順)	技術番号	BR030045
① 撮影機器(写真-5:ドローン本体、光ケーブル、写真-6:ソナー確認用PC)		
② 撮影状況(写真-7:進入可能性能)		
③ 撮影状況(写真-8:コンクリートブロックの形状を撮影)		
④ 撮影状況(写真-9:コンクリートブロックの形状を撮影(濁度)) ※流速を発生させての計測は、機体が安定せず、供試体の破壊の恐れがあるため、中止した。		
⑤ 撮影状況(写真-10:コンクリートブロックの形状をモニターで計測)		

開発者による計測機器の設置状況

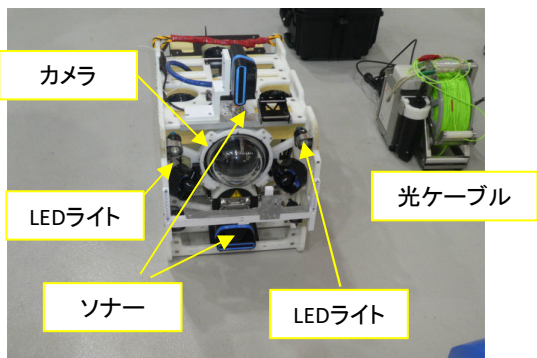


写真-5



写真-6



写真-7

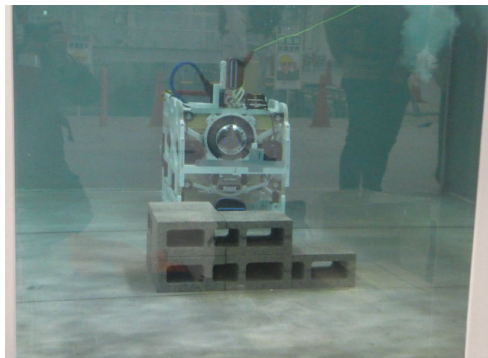


写真-8



写真-9

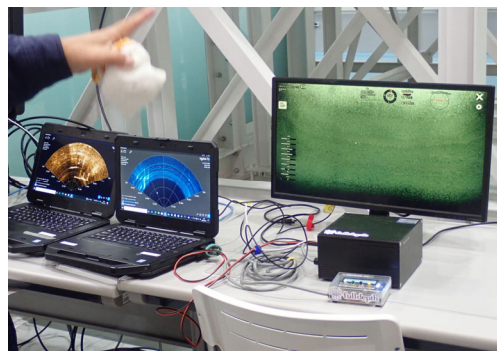


写真-10

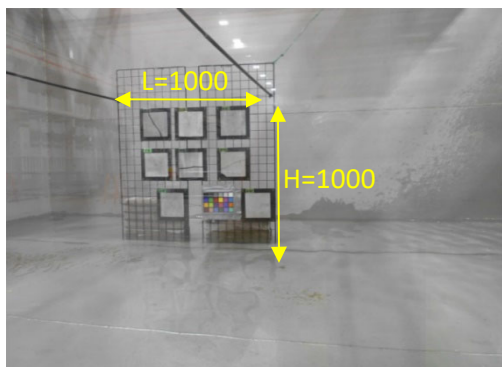
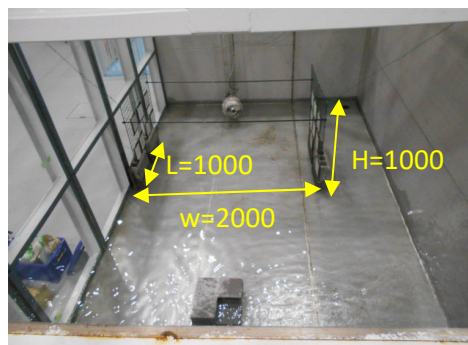
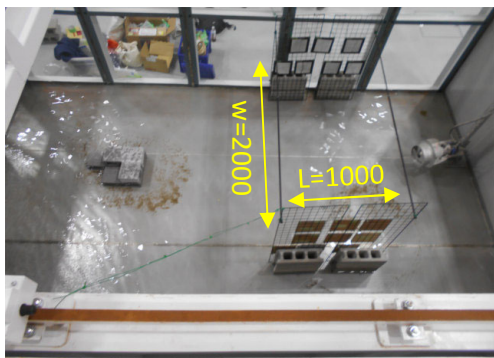
※安定性能

■流速0.2、水深1.2m、濁度1.1度



水中で、停止し、水流を発生した状態での移動量を確認する。

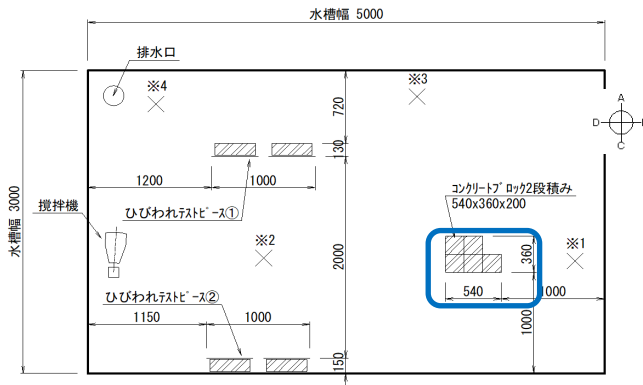
※進入可能性能



水深1.2mで、W2.0m × H1.0m × L1.0mの空間において、進入可能かを確認する。

※計測精度

コンクリートブロックの大きさを計測し、真値との誤差を計測精度とする。



コンクリートブロック積み 形状
※180x180x100mm x 8個使用

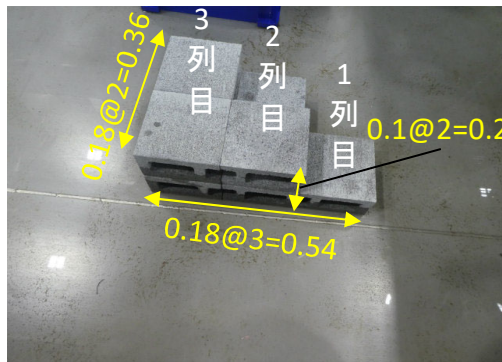
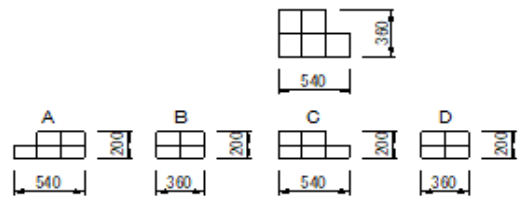


写真-11 コンクリートブロック

ブロック1列目	高さ(A)	幅(B)	奥行き(C)
	0.1	0.18	0.18

ブロック2列目1段目	高さ(A)	幅(B)	奥行き(C)
	0.1	0.18	0.18

ブロック2列目2段目	高さ(A)	幅(B)	奥行き(C)
	0.2	0.18	0.18

ブロック3列目	高さ(A)	幅(B)	奥行き(C)
	0.1	0.18	0.36



写真-12 濁度材投入



写真-13 流速装置

計測条件

計測1回目: 流速0m/s,濁度1度

計測2回目: 流速0.2~0.4m/s,濁度1度

計測3回目: 流速0m/s,濁度60~90度

※色識別性能

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



写真-11



写真-14

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

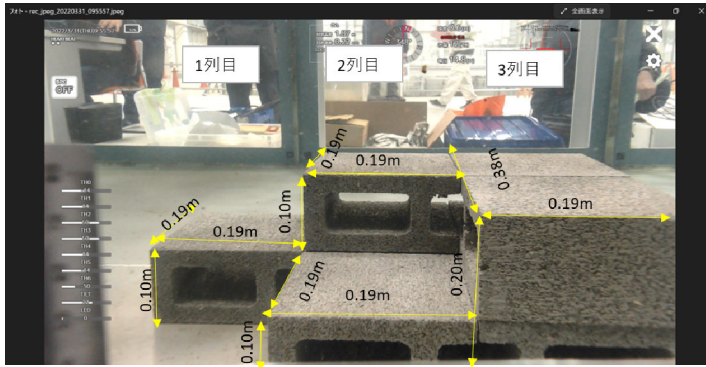
※安定性能

変化量: 0cm

※進入可能性能

W2.0m × H1.0m × L1.0mの空間を進入可能

※計測精度



計測条件

計測1回目: 流速0m/s, 濁度1度

計測2回目: 流速0.2~0.4m/s, 濁度1度

計測3回目: 流速0m/s, 濁度60~90度

計測4回目: 流速0.2~0.4m/s, 濁度60~90度

ブロック1列目	リファレンス(m)			当該技術(m)			差分		
	高さ(A)	幅(B)	奥行き(C)	高さ(A)	幅(B)	奥行き(C)	高さ(A)	幅(B)	奥行き(C)
計測1回目	0.1	0.18	0.18	0.1	0.19	0.19	0	0.01	0.01
計測2回目	0.1	0.18	0.18	0.1	0.19	0.19	0	0.01	0.01
計測3回目	0.1	0.18	0.18	0.1	0.19	0.19	0	0.01	0.01
計測4回目				中止	中止	中止			

ブロック2列目1段目	リファレンス(m)			当該技術(m)			差分		
	高さ(A)	幅(B)	奥行き(C)	高さ(A)	幅(B)	奥行き(C)	高さ(A)	幅(B)	奥行き(C)
計測1回目	0.1	0.18	0.18	0.1	0.19	0.19	0	0.01	0.01
計測2回目	0.1	0.18	0.18	0.1	0.19	0.19	0	0.01	0.01
計測3回目	0.1	0.18	0.18	0.1	0.19	0.19	0	0.01	0.01
計測4回目				中止	中止	中止			

ブロック2列目2段目	リファレンス(m)			当該技術(m)			差分		
	高さ(A)	幅(B)	奥行き(C)	高さ(A)	幅(B)	奥行き(C)	高さ(A)	幅(B)	奥行き(C)
計測1回目	0.2	0.18	0.18	0.2	0.19	0.19	0	0.01	0.01
計測2回目	0.2	0.18	0.18	0.2	0.19	0.19	0	0.01	0.01
計測3回目	0.2	0.18	0.18	0.2	0.19	0.19	0	0.01	0.01
計測4回目				中止	中止	中止			

ブロック3列目	リファレンス(m)			当該技術(m)			差分		
	高さ(A)	幅(B)	奥行き(C)	高さ(A)	幅(B)	奥行き(C)	高さ(A)	幅(B)	奥行き(C)
計測1回目	0.2	0.18	0.36	0.2	0.19	0.38	0	0.01	0.02
計測2回目				供試体損傷のため計測不可					
計測3回目				供試体損傷のため計測不可					
計測4回目				供試体損傷のため計測不可					

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

		計測精度
計測1回目	流速0m/s, 濁度1度	0.027
計測2回目	流速0.2~0.4m/s, 濁度1度	0.023
計測3回目	流速0m/s, 濁度60~90度	0.023
計測4回目	流速0.2~0.4m/s, 濁度60~90度	-

※色識別性能

■カメラ名称:Logicool C920

■被写体距離:8.0cm ■濁度:1.1

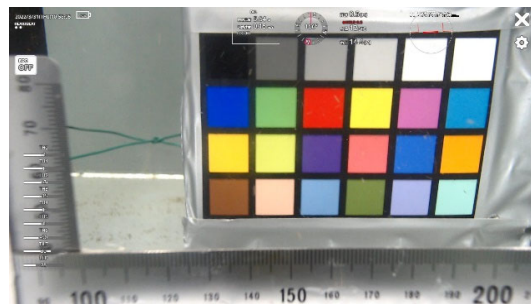
■流速: 0

■焦点距離: :7cm~∞ ■シャッター速度: 秒

■フォーカス: 手動/自動切換え可能 ■画像Pixel数: 3メガpixel



立会者撮影



開発者撮影

計測比較

	R値		G値		B値	
	真値	計測値	真値	計測値	真値	計測値
A-1	43	23	41	23	43	25
A-2	80	107	80	107	78	107
A-3	122	170	118	169	116	164
A-4	161	225	157	222	154	215
A-5	202	255	198	255	195	253
A-6	249	255	242	255	238	255
B-1	25	1	55	56	135	198
B-2	57	136	146	195	64	115
B-3	186	238	26	39	51	18
B-4	245	255	205	251	0	82
B-5	192	219	75	125	145	185
B-6	0	17	127	153	159	215
C-1	238	254	158	230	25	62
C-2	157	245	188	246	54	116
C-3	83	94	58	70	106	154
C-4	195	255	79	130	95	124
C-5	58	38	88	114	159	210
C-6	222	254	118	183	32	13
D-1	112	153	76	90	60	47
D-2	197	254	145	218	125	186
D-3	87	127	120	173	155	214
D-4	82	125	106	140	60	71
D-5	126	178	125	186	174	235
D-6	98	188	187	244	166	235

※色識別性能

■カメラ名称:Logicool C920

■被写体距離:8.0cm ■濁度:60.5

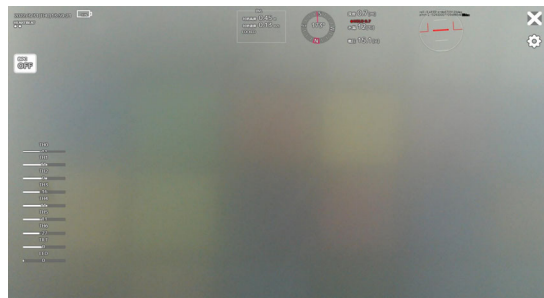
■流速: 0

■焦点距離::7cm~∞ ■シャッター速度: 秒

■フォーカス: 手動/自動切換え可能 ■画像Pixel数: 3メガpixel



立会者撮影



開発者撮影

計測比較

	R値		G値		B値	
	真値	計測値	真値	計測値	真値	計測値
A-1	43	139	41	150	43	142
A-2	80	137	80	142	78	136
A-3	122	137	118	142	116	136
A-4	161	160	157	103	154	153
A-5	202	170	198	170	195	166
A-6	249	171	242	176	238	172
B-1	25	128	55	135	135	141
B-2	57	120	146	134	64	119
B-3	186	129	26	119	51	109
B-4	245	149	205	147	0	122
B-5	192	141	75	141	145	139
B-6	0	144	127	153	159	152
C-1	238	134	158	134	25	110
C-2	157	124	188	128	54	103
C-3	83	101	58	104	106	97
C-4	195	101	79	104	95	99
C-5	58	121	88	111	159	109
C-6	222	114	118	124	32	120
D-1	112	113	76	115	60	94
D-2	197	110	145	119	125	99
D-3	87	94	120	103	155	102
D-4	82	91	106	102	60	96
D-5	126	108	125	120	174	120
D-6	98	121	187	132	166	126

技術番号 BR030045

技術名 水中ドローン(DiveUnit300)を用いた橋梁点検支援技術(洗掘) 開発者名 株式会社FullDepth

試験日 令和4年 4月 9日 天候 晴れ 気温 26.4 °C 風速 - 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 洗掘 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

橋梁形式: 2径間連続PCポステン中空床版橋

側面図

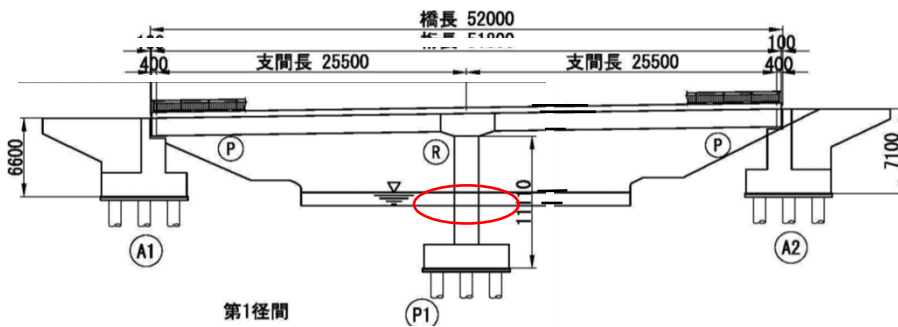
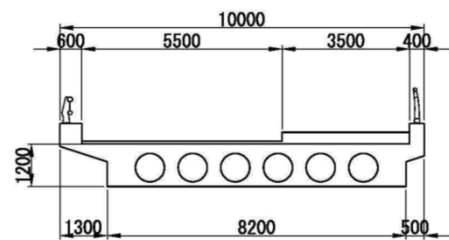


写真-1 全体写真

断面図



対象部材: P1橋脚

- ① ドローン本体の組立(写真-2)
- ② 計測機器の設置(写真-3: 左よりドローン本体、光ケーブル、モニター(鮮明化、本映像、水平ソナー、鉛直ソナー))
- ③ ドローン本体の水中投入状況(写真-4: 水深100cm)
- ④ 計測状況(写真-5: 左(補助員)、右(操縦者))
- ⑤ 計測状況(写真-6: P1橋脚左岸箇所)

開発者による計測機器の設置状況

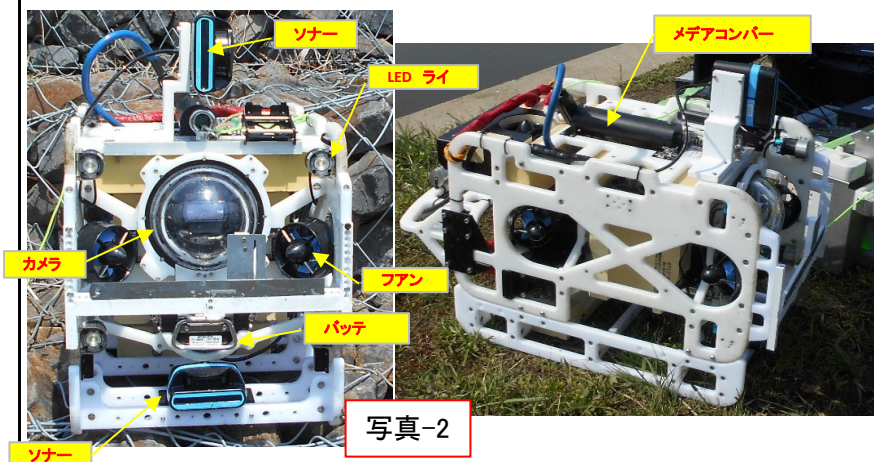


写真-2



写真-3



写真-4

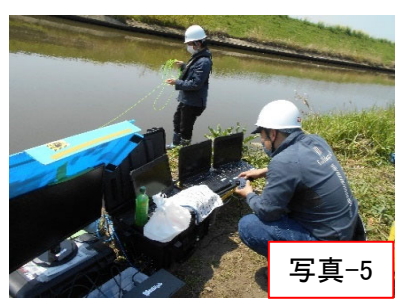


写真-5

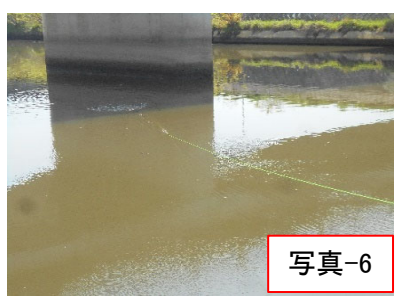
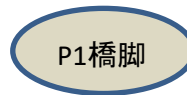


写真-6

※P1橋脚上流側の河床深さ(写真-7、-8)



下流

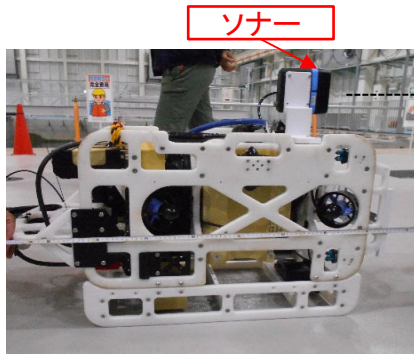


(実測2.25m)

上流

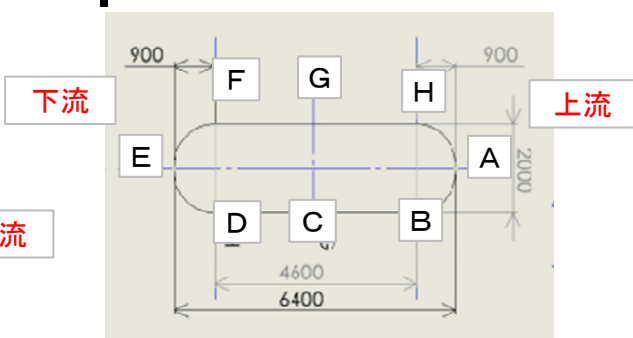
※計測結果

①計測値(橋脚表面位置)



②計測位置(橋脚表面位置)

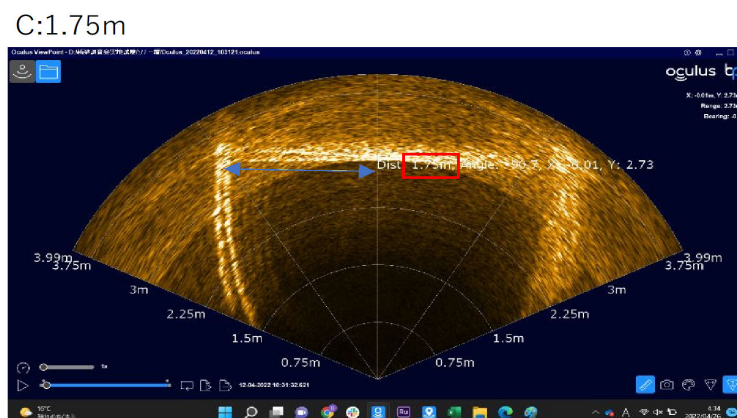
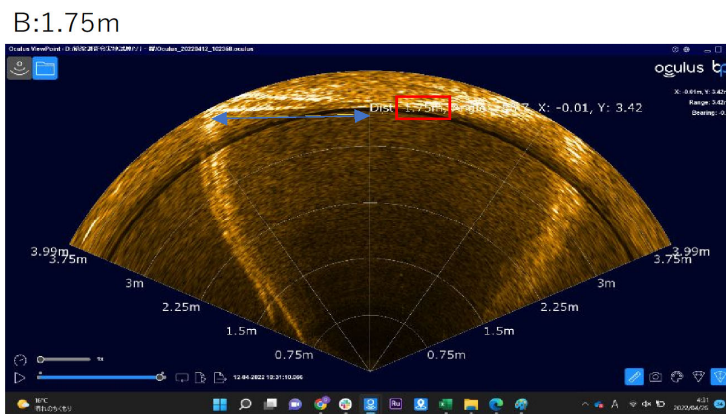
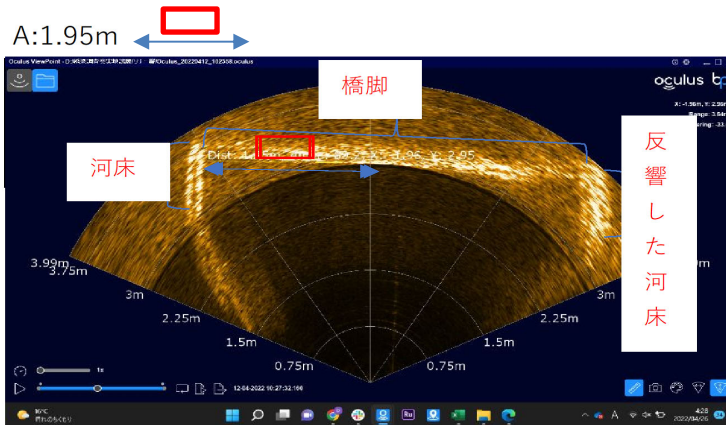
F、Hはそれぞれ地点DとBの裏面(反対側)



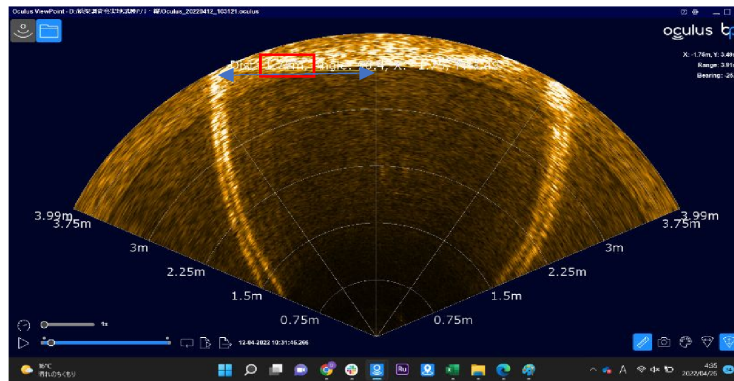
③計測結果一覧(橋脚表面位置)

地点	ソナー中心から河床までの距離(m)	水面から河床までの距離(m)
A	1.95	2.20
B	1.75	2.00
C	1.75	2.00
D	1.75	2.00
E	1.75	2.00
F	1.70	1.95
G	未測定	未測定
H	1.53	1.78

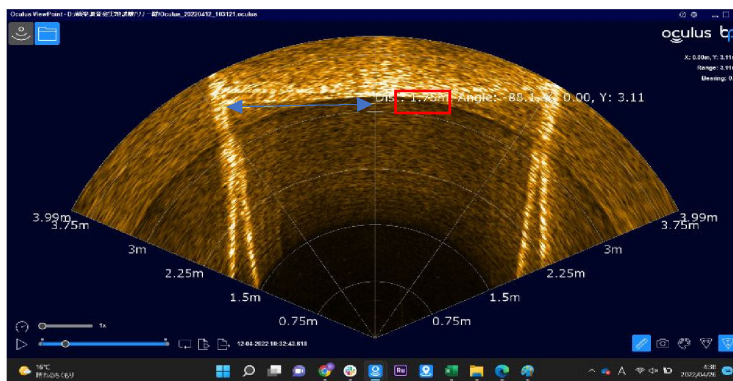
④各地点での実測値(橋脚表面位置でのソナー中心から河床までの距離)



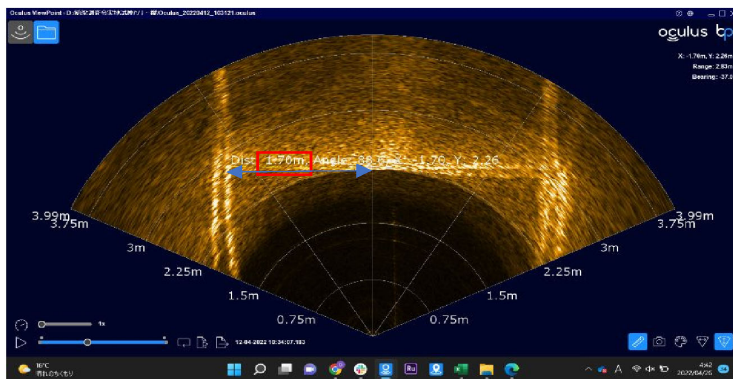
D:1.75m



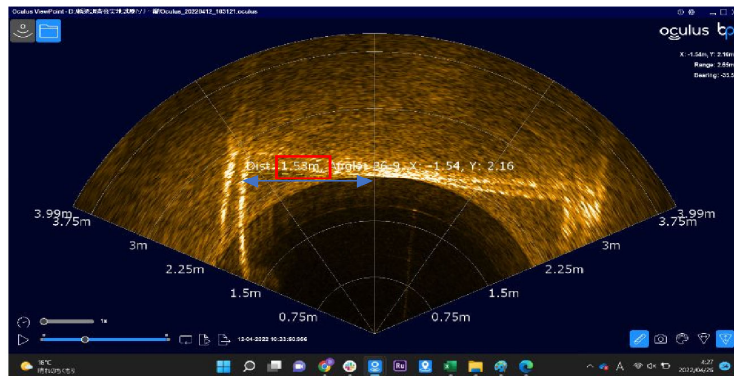
E:1.75m



F:1.70m

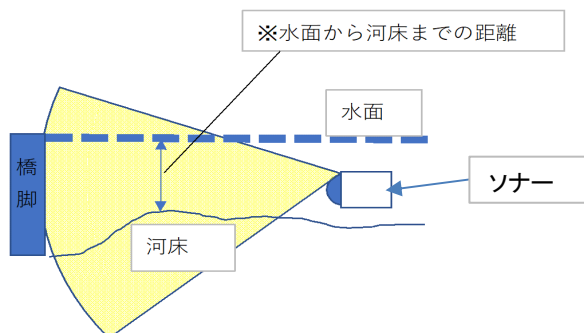


H:1.53m

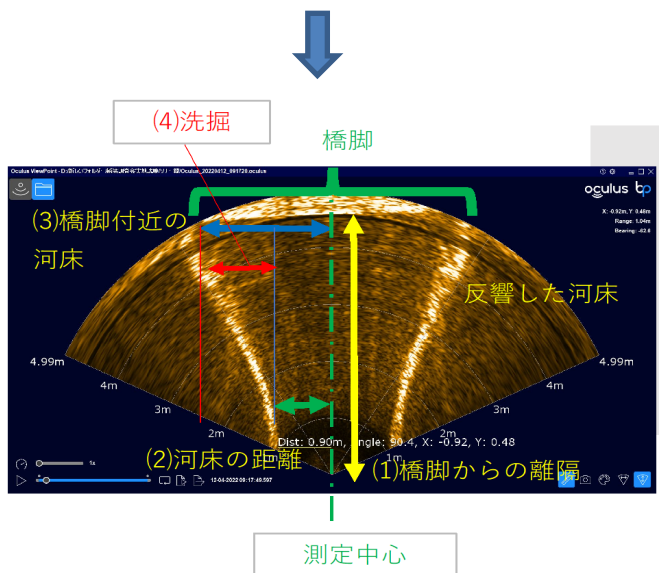


(参考) 洗掘量の算出方法(任意の箇所)

洗掘量は、橋梁付近の洗掘部分から河床がソナーで計測できる位置まで離隔をとり水面から河床までの距離を下図(イメージ図)のように算出する。



イメージ図



測定中心

洗掘は(1)~(4)の手順で算出(案)

(1)ソナーで河床が写る橋脚からの離隔をとる。

(2)河床の距離を測定する。

(3)橋脚付近の河床の距離を測定する。

(4)洗掘量(4) = (3) - (2) となる。

技術番号	BR030046
------	----------

技術名	光ファイバFBGセンサを用いた無線型応力モニタリングシステム	開発者名	株式会社IHI検査計測
-----	--------------------------------	------	-------------

試験日	令和5年 1 月 18 日	天候	晴れ	気温	6.2 °C	風速	- m/s
-----	---------------	----	----	----	--------	----	-------

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

カタログ分類	計測・モニタリング技術 カタログ	検出項目	ひずみ	試験区分	標準試験 現場試験		
--------	------------------	------	-----	------	--------------	--	--

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

1. 土木研究所所管 試験橋梁の概要

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

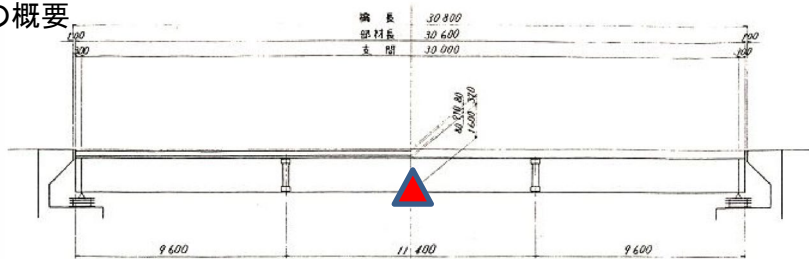


図-1 側面図

2. 載荷試験の概要

① 静的荷重

- ・車両重量: 20ton(写真-1参照)
- ・載荷位置: 床版支間中央(図-2参照)

② 計測対象箇所

- ・ひずみ量(図-2及び図-3の▲位置)

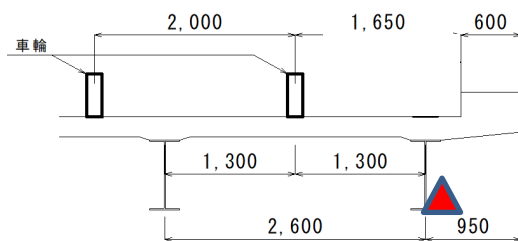


図-2 走行位置

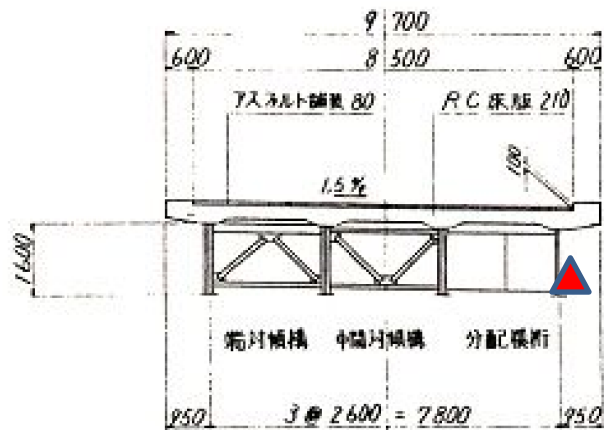


図-3 断面図



※車輪停止位置: 床版支間中央

写真-1 車両載荷(20t)



写真-2 測定対象桁およびひずみ測定位置

- ① 開発者側のFGBセンサー、リファレンス用ひずみゲージを所定の位置に設置(写真-4～写真-6)
- ② 合図と共に車両(20ton)を床版支間中央に停止させ、静的载荷を行う。
- ③ 計測者は、合図とともに計測を開始する。
- ④ 上記②～④を5回行う。
- ⑤ 後日、リファレンス用ひずみ量とFGBセンサーでの測定ひずみ量を比較する。

開発者による計測機器の設置状況

1. 機器の構成と設置

- ① FGBセンサー
- ② 制御装置BOX
- ③ バッテリー

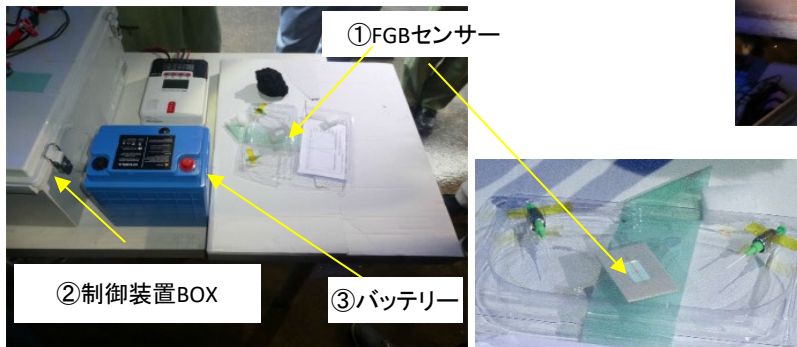


写真-3 機器の構成

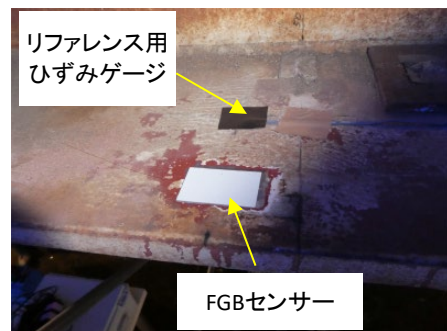


写真-4 機器の設置

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

① ひずみゲージ

取付け位置は、図-1～3、写真-4及び写真-5を参照。測定機器の構成は、写真-6を参照

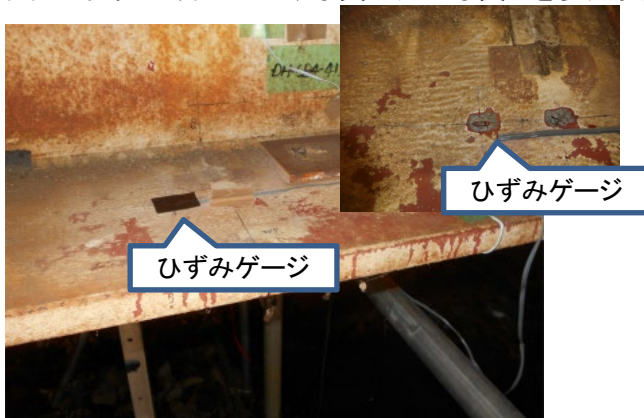


写真-5 ひずみゲージによる測定

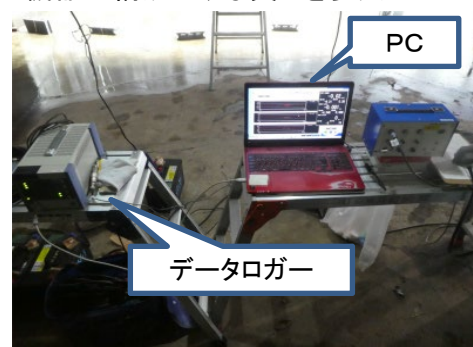


写真-6 測定機器

静的載荷試験結果

試験番号	載荷位置	載荷前波長 (nm)	静的載荷時波長 (nm)	差分 (nm)	ひずみ算出 ($\mu\varepsilon$)	リファレンス用ひずみゲージの計測結果 ($\mu\varepsilon$)
1	中央	1551.040	1551.110	0.070	61	61
2	中央	1551.040	1551.110	0.070	61	60
3	中央	1551.043	1551.109	0.066	57	59
4	中央	1551.043	1551.108	0.065	57	58
5	中央	1551.044	1551.114	0.070	61	62

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

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 5 単位: $\mu\varepsilon$

	静的載荷試験				
	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
リファレンス	61	60	59	58	62
計測結果	61	61	57	57	61
差分	0	1	2	1	1

X= 1.1832 $\mu\varepsilon$

x= 1.97 %

静的載荷試験の相対差 X $\mu\varepsilon$ (x %) = 1.1832 $\mu\varepsilon$ (1.97 %)

技術番号	BR030047
------	----------

技術名	計測装置(3DSL-Rhino"ライノ")を用いた三次元計測システム(支承部の機能障害)	開発者名	株式会社セイコーウェーブ
-----	--	------	--------------

試験日	令和5年 1月 18日 19日	天候	晴	気温	5.2~ 6.2 °C	風速	- m/s
-----	--------------------	----	---	----	----------------	----	-------

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

カタログ分類	計測・モニタリング技術 カタログ	検出項目	変位 (支承部の機能障害)	試験区分	標準・現場試験
--------	------------------	------	------------------	------	---------

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

対象構造物の概要

1. 土木研究所所管 試験橋梁の概要

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

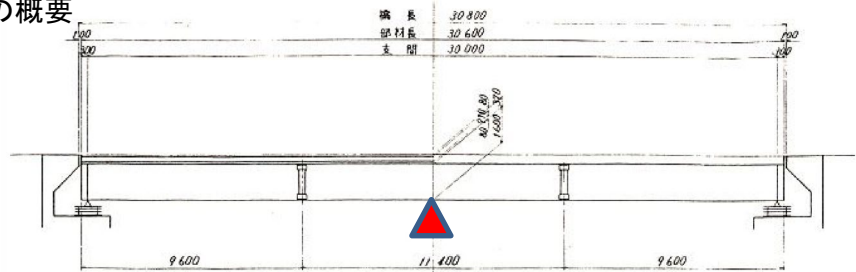


図-1 側面図

2. 載荷試験の概要

- ① 車両走行試験
 - ・車両重量: 20ton(写真-1参照)
 - ・載荷位置: 床版支間中央(図-2参照)
- ② 計測対象箇所
 - ・たわみ量(図-2及び図-3の▲位置)

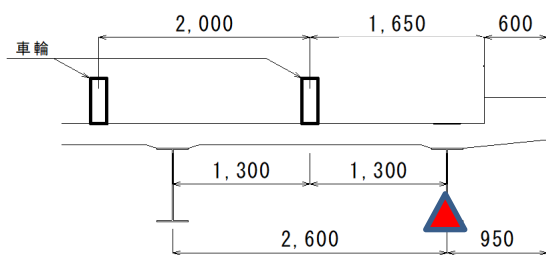


図-2 走行位置

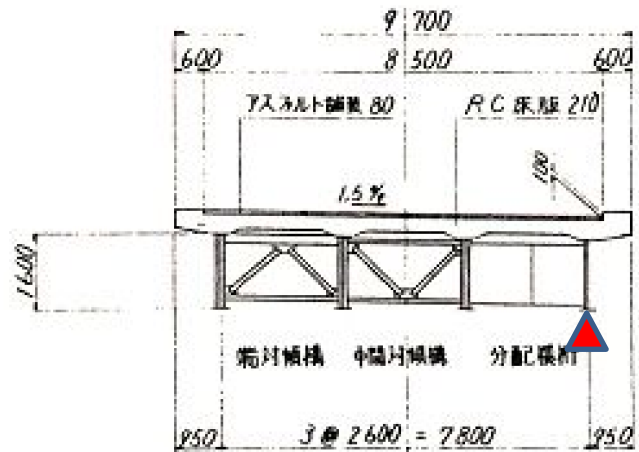


図-3 断面図



写真-1 車両載荷(20t)



写真-2 測定対象桁及びたわみ測定位置

- ① 開発者側の計測機器及びリファレンス用機器を所定の位置に設置(写真-3~写真-7)
- ② 車両(20ton)を床版支間中央に停止する。
- ③ 停止後、計測機器および、リファレンス用機器にてたわみを計測する。
- ④ 計測者は、記録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

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



写真-3 機器の構成



写真-4 計測状況



写真-5 計測時モニター映像

比較対象を得るため、立会者による計測機器の設置状況

機器の設置

たわみ測定: CDPゲージ(接触式変位ゲージ)

取付け位置は、図-1~3、写真-6を参照。測定機器の構成は、写真-7を参照

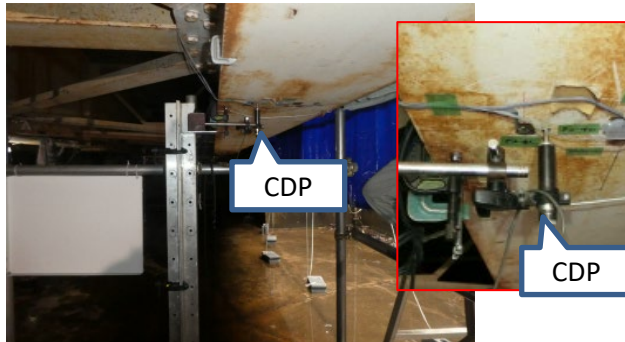


写真-6 CDPゲージによる測定

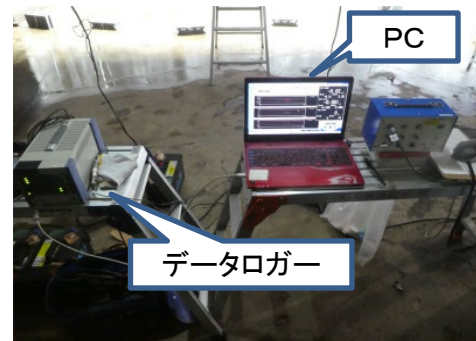
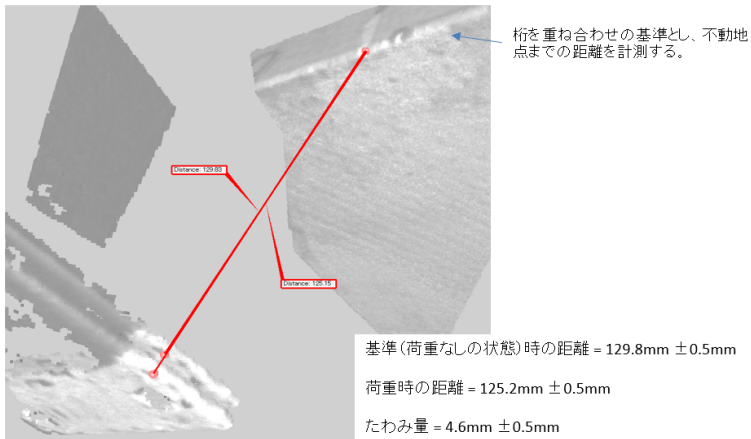
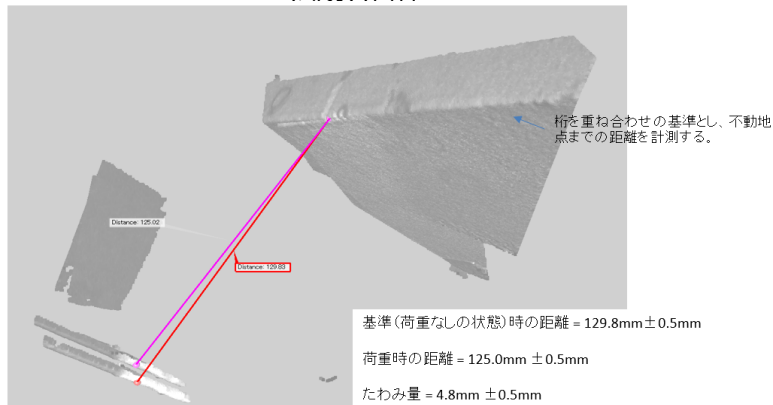


写真-7 測定機器

1.計測結果



たわみ1回目



たわみ2回目

2リファレンスデータとの比較

サンプル数	2		単位:mm
	1回目	2回目	
リファレンス	3.83	3.77	
計測結果	4.60	4.80	
差分	-0.77	-1.03	

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

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

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

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

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

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)

$$X = 0.90934 \text{ mm} = (909.34 \text{ } \mu\text{m})$$

$$x = 23.93 \text{ %}$$

$$\text{相対差} \quad X_{\text{mm}}(x \text{ %}) = 0.9093 \text{ mm} \quad (23.93 \text{ %})$$

技術番号 BR030047

技術名 計測装置(3DSL-Rhino"ライノ")を用いた三次元計測システム(支承部の機能障害) 開発者名 株式会社セイコーウェーブ

試験日 令和5年 1月 18日 19日 天候 晴 気温 5.2~6.2 °C 風速 - m/s

試験場所 土木研究所構内 試験橋梁

カタログ分類 計測・モニタリング技術 カタログ 検出項目 変位(支承部の機能障害) 試験区分 標準・現場試験

試験で確認するカタログ項目 計測精度, 動作確認

対象構造物の概要

1. 土木研究所所管 試験橋梁の概要

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

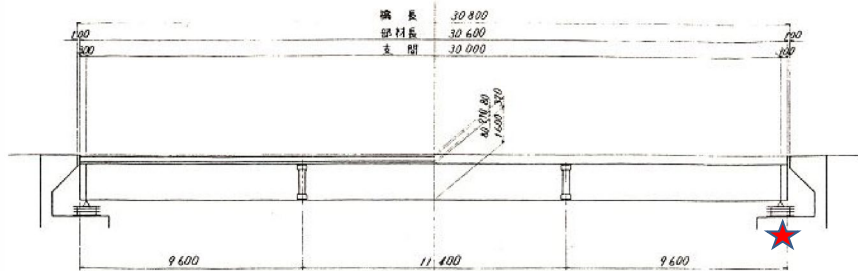


図-1 側面図

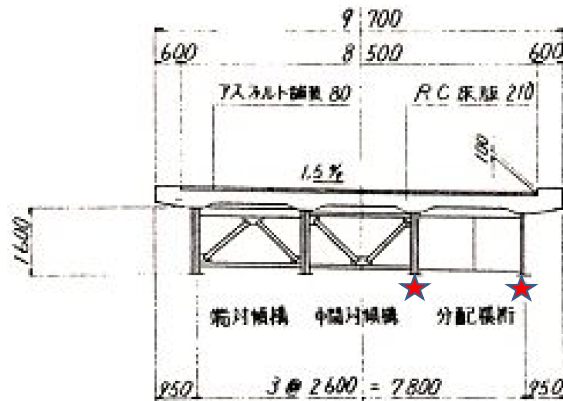


図-2 断面



写真-1 G1支承



写真-2 G2支承

- ① リファレンス用機器を所定の位置に設置する。(写真-3,4)
- ② 設置後、リファレンス用機器および、点検支援技術で計測する。
- ③ 設置後(14時)の計測値を基準とし、設置日の夕方(16時)、および、翌日の朝方(10:00)に変位量を計測する。
- ④ 後日、計測した変位量を比較する。

開発者による計測機器の設置状況

1. 機器の構成と設置

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



写真-3 機器の構成



写真-4 計測状況

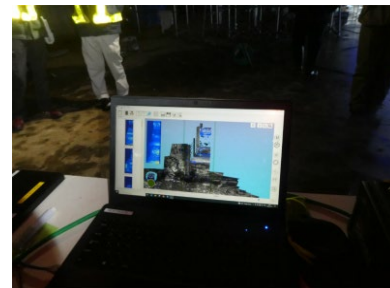


写真-5 計測時モニター映像

機器の設置

橋軸方向変位:レーザー変位計 鉛直方向変位:レーザー変位計

取付け位置は、写真-6・写真-7、図-3・図-4を参照

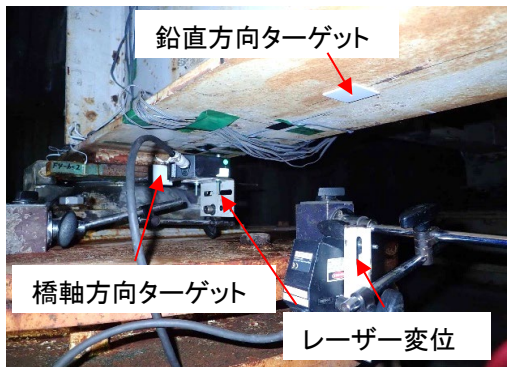


写真-6 G1変位計配置状況

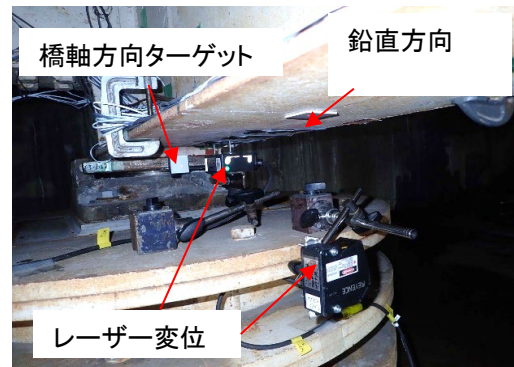


写真-7 G2変位計配置状況

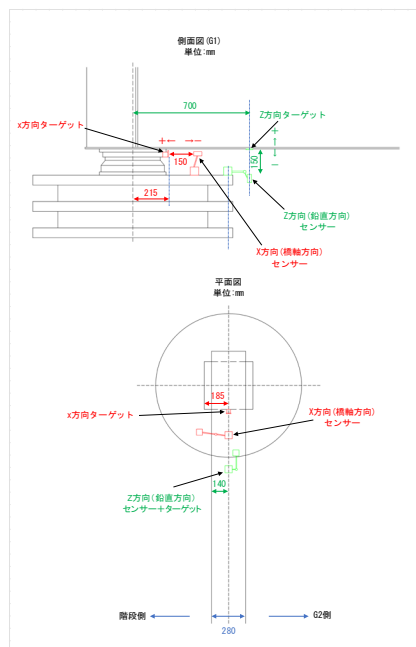


図-3 G1変位計配置図

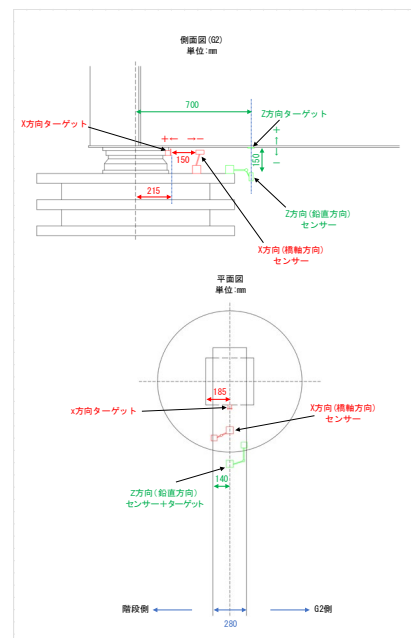
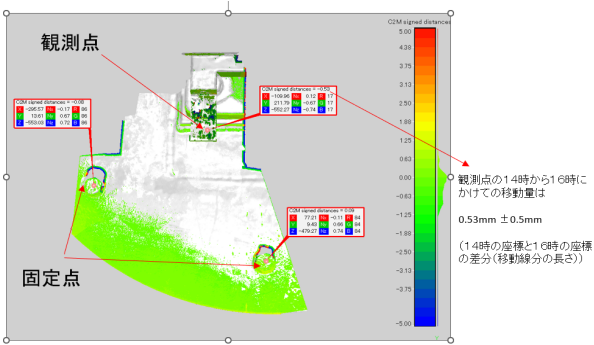
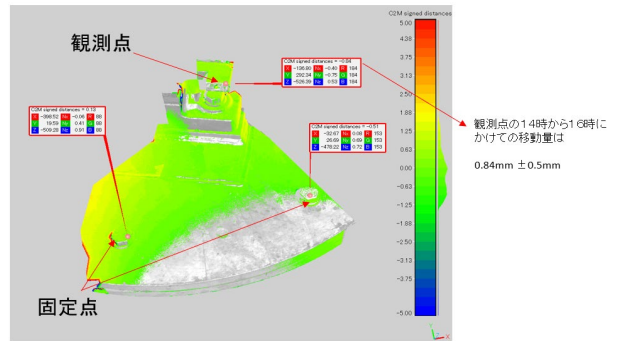


図-4 G2変位計配置図

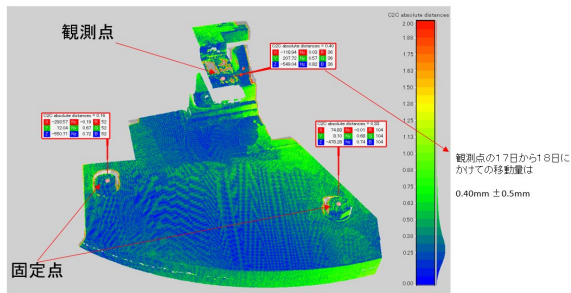
1. 計測結果



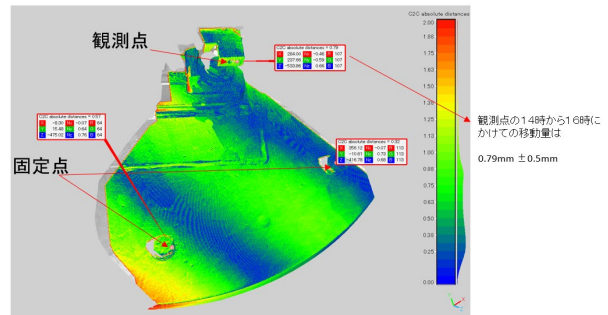
G1 2回目 (16:00) の水平方向移動量



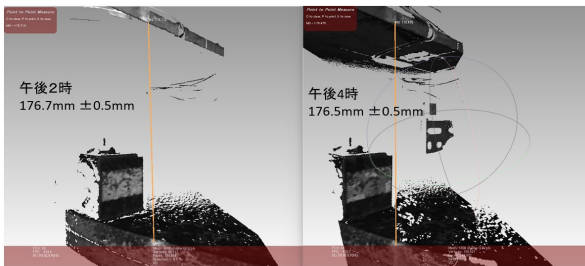
G2 2回目 (16:00) の水平方向移動量



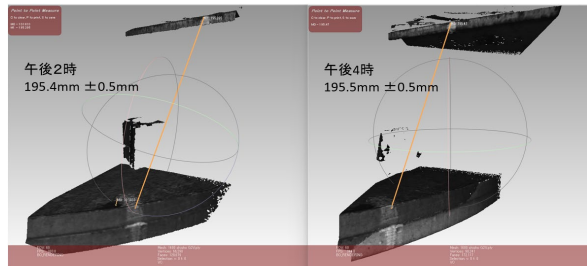
G1 3回目 (翌日10:00) の水平方向移動量



G2 3回目 (翌日10:00) の水平方向移動量



G1 2回目 (16:00) の鉛直方向移動量



G2 2回目 (16:00) の鉛直方向移動量

2 リファレンスデータとの比較

回数	計測点	移動量 (mm)							
		G1-X		G1-Z	G2-X		G2-Z		
		リファレンス	計測値	リファレンス	計測値	リファレンス	計測値	リファレンス	計測値
基準値		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2回目移動量		0.042	0.53 ± 0.5	0.041	0.2 ± 0.5	0.074	0.84 ± 0.5	-0.028	0.1 ± 0.5
3回目移動量		0.191	0.40 ± 0.5	-0.023	-	0.229	0.79 ± 0.5	-0.045	-

当該技術は、縦横方向の分解能0.5mmである。そのため、リファレンスデータの変位量が小さく、当該技術の分解能の対象外となる。

技術番号 BR030048

技術名 映像解析による非接触桁たわみ計測技術 開発者名 計測検査株式会社

試験日 令和5年 1 月 17 日 天候 晴れ 気温 8.0 °C 風速 - m/s

試験場所 土木研究所構内 試験橋梁

カタログ分類 計測・モニタリング技術 カタログ 検出項目 たわみ 試験区分 標準・現場試験

試験で確認する
カタログ項目 計測精度, 動作確認

対象構造物の概要

1. 土木研究所所管 試験橋梁の概要

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

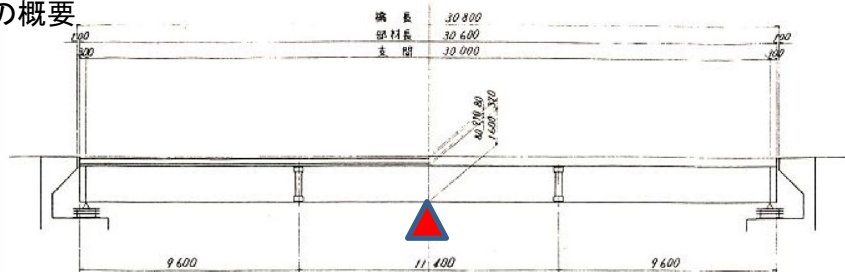


図-1 側面図

2. 載荷試験の概要

- ① 車両走行試験
 - ・車両重量: 20ton, 速度: 20km/h(写真-1参照)
 - ・載荷位置: 床版支間中央(図-2参照)
- ② 計測対象箇所
 - ・たわみ量(図-2及び図-3の▲位置)

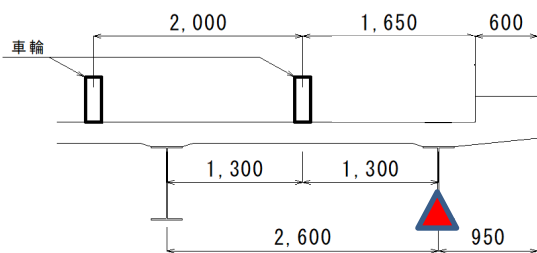


図-2 走行位置

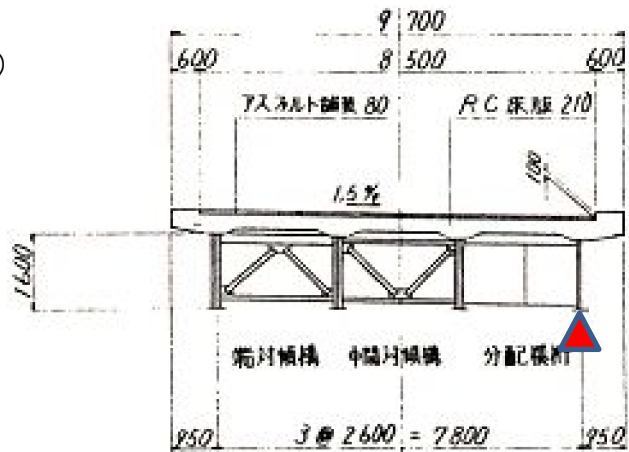


図-3 断面図



※車輪通過位置: 床版支間中央
速度: 20km/h(一定)

写真-1 車両載荷(20t)



写真-2 測定対象桁及びたわみ測定位置

- ① 開発者側の計測機器(ハイスピードカメラおよびPC)及びリファレンス用機器を所定の位置に設置(写真-3～写真-6)
- ② 合図と共に車両(20ton)を床版支間中央に車輪が通行するように走行(20km/h)させ、橋梁通過後合図する。
- ③ 計測者は、スタートの合図とともに計測を開始し、車両通過の合図から常時微動までの間(約5秒)計測する。
- ④ 計測者は、記録し計測が正しく行われたか確認する。
- ⑤ 上記②～④を5回行う。

開発者による計測機器の設置状況

1. 機器の構成と設置

写真-3, 写真-4を参照

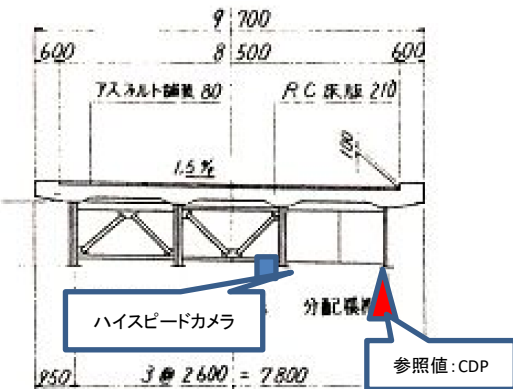


図-4 計測装置配置図



写真-3 計測機器一式



写真-4 設置した計測機器

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

①たわみ測定: CDPゲージ(接触式変位ゲージ)

取付け位置は、図-1～4、写真-5を参照。測定機器の構成は、写真-6を参照

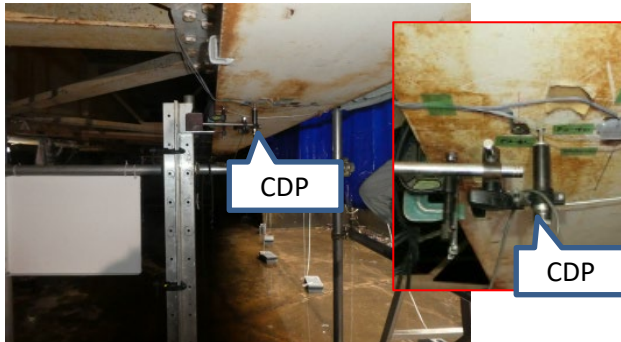


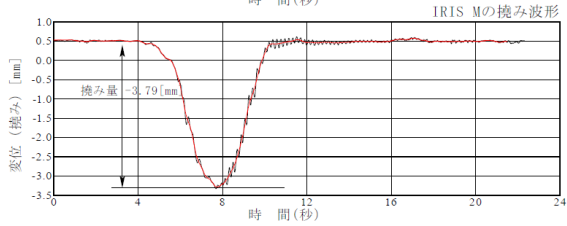
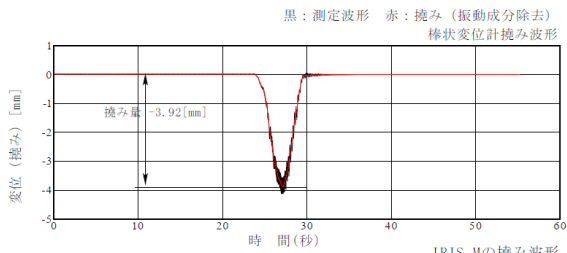
写真-5 CDPゲージによる測定



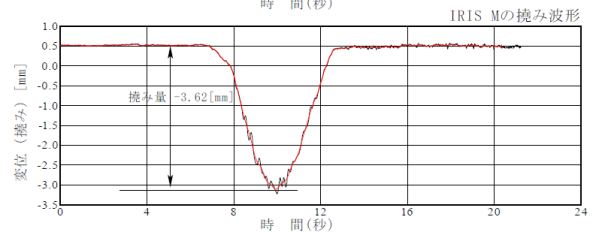
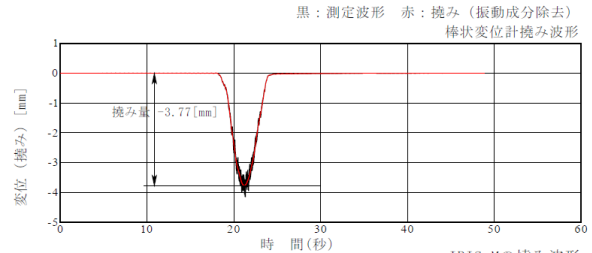
写真-6 測定機器

1. 計測結果

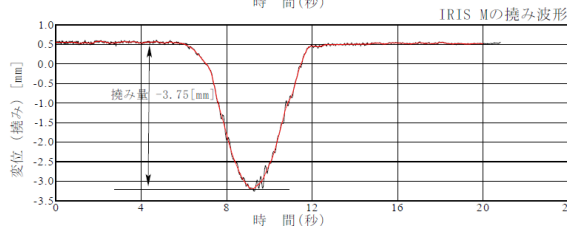
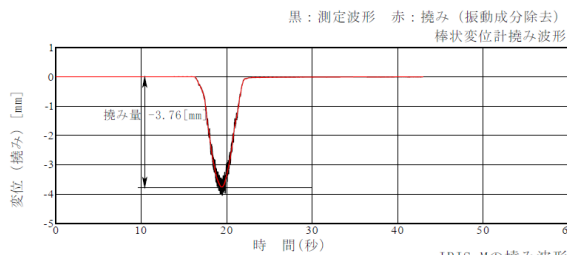
・開発者によるたわみ測定結果とリファレンスデータとの比較結果を以下に示す。



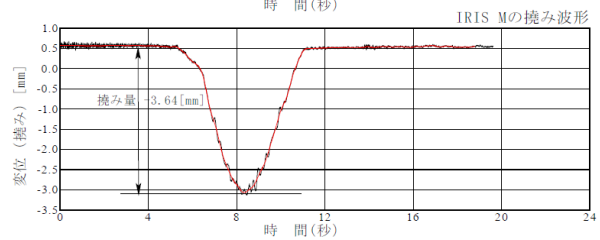
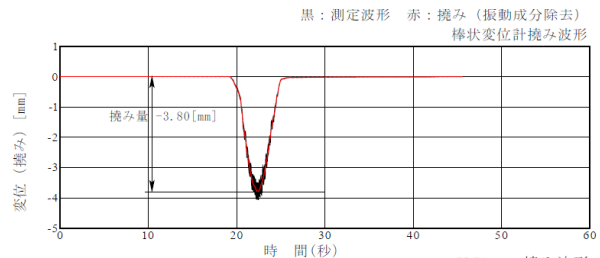
1回目



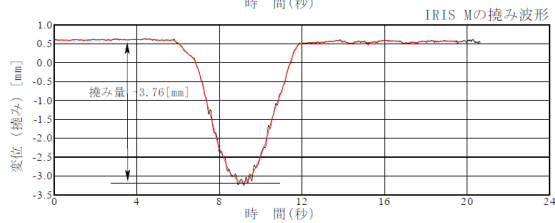
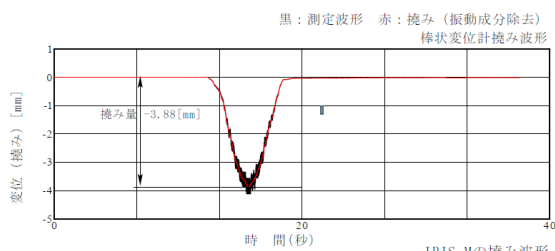
2回目



3回目



4回目



5回目

2. 計測結果の比較

・リファレンスと開発者測定のためみ量の相対差を以下の式より算出する。

測定回数	センサー	実測たわみ量 (mm)	固有振動数 (Hz)
1回目	リファレンス変位計	-3.92	5.33
	IRIS M	-3.79	5.28
	差分	-0.13	0.05
2回目	リファレンス変位計	-3.77	5.10
	IRIS M	-3.62	5.04
	差分	-0.15	0.06
3回目	リファレンス変位計	-3.76	5.04
	IRIS M	-3.75	4.98
	差分	-0.01	0.06
4回目	リファレンス変位計	-3.80	5.04
	IRIS M	-3.64	5.09
	差分	-0.16	-0.05
5回目	リファレンス変位計	-3.88	5.74
	IRIS M	-3.76	5.67
	差分	-0.12	0.07

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

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

単位: $\mu\epsilon$

	载荷試験				
	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
リファレンス	-3.92	-3.77	-3.76	-3.80	-3.88
計測結果	-3.79	-3.62	-3.75	-3.64	-3.76
差分	0.13	0.15	0.01	0.16	0.12

X= 0.1261 $\mu\epsilon$

x= 3.30 %

静的载荷試験の相対差 X $\mu\epsilon$ (x %) 0.1261 $\mu\epsilon$ (3.30 %)

技術番号 BR030049

技術名 ドローン空撮による橋梁のたわみ計測 開発者名 株式会社CORE技術研究所

試験日 令和5年 1 月 6 日 天候 晴れ 気温 3 °C 風速 3.4 m/s

試験場所 福島ロボットテストフィールド

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

試験で確認する
カタログ項目 測定精度
色識別性能

対象構造物の概要

格子マーカを第1径間壁高欄側面に配置する。(固定5枚、移動型1枚)



写真-1: 格子マーカの配置

- ① 計測機器の搬入(写真-2:ドローン)
- ② 計測機器の搬入(写真-3:タブレット型送信機)
- ③ 格子マーカー設置(写真-4:移動型)(写真-5:カラーチャート、格子マーカー固定、移動)
- ④ 撮影状況:ドローンを飛行させ、格子マーカーやカラーチャートを撮影する。(写真-6、7)
- ⑤ 後日、撮影画像より格子マーカー移動量(たわみ量)、カラーチャートのRGB値を算出する。

開発者による計測機器の設置状況



写真-2



写真-3



写真-4



写真-5



写真-6



写真-7



写真-8




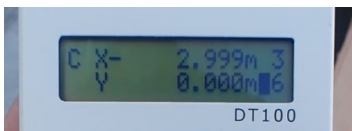
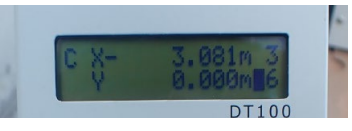
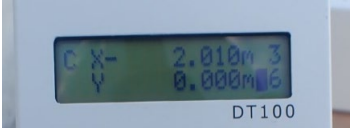
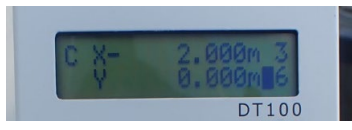
写真-9

手動で上下し、移動量を計測する。(写真-8、9)

移動量を計測し、真値とする。(写真-10)



写真-10

1回目 1.003mm	
2回目 2.999mm	
3回目 3.081mm	
4回目 2.010mm	
5回目 2.000mm	

※色識別性能

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

配置はP1橋脚(K1)(写真-12)の1箇所



写真-11



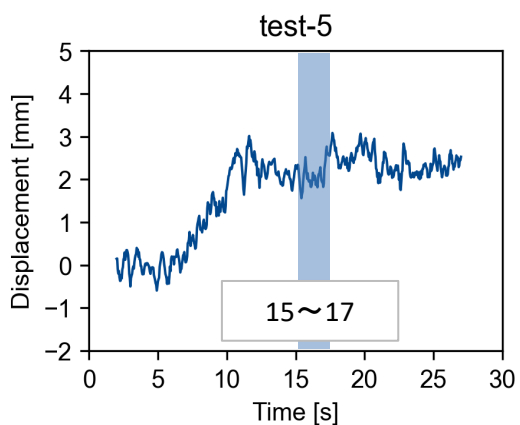
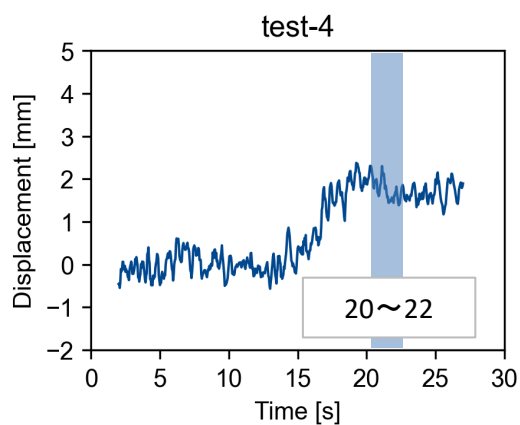
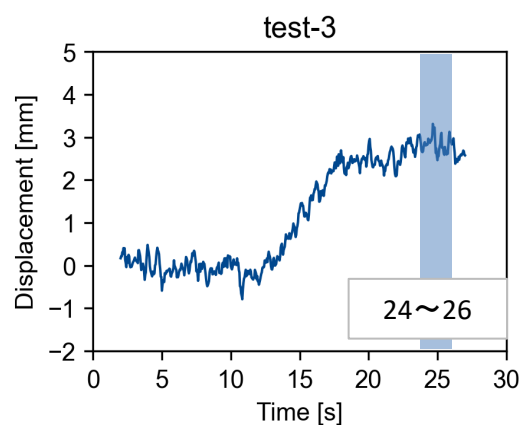
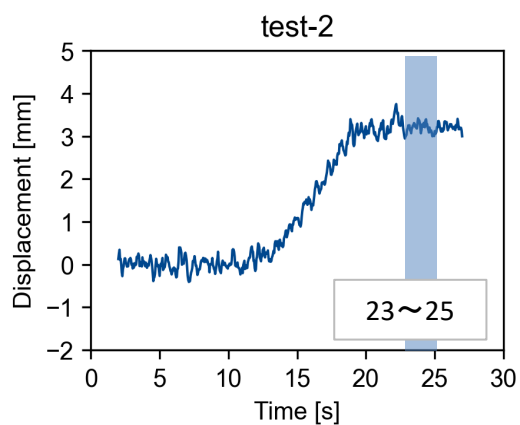
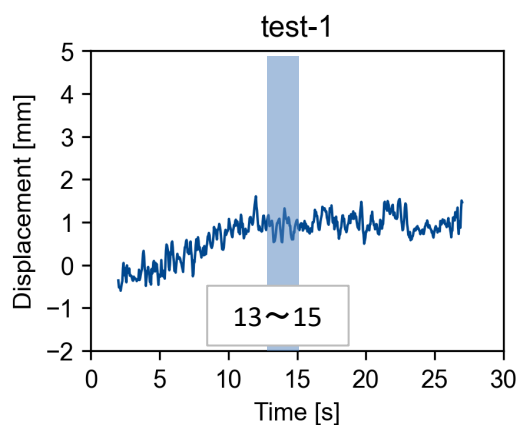
写真-12 □:K-1

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

※たわみ(鉛直移動量)計測結果

移動時の2秒間の平均値

計測回数	計測値(mm)	計測平均区間
1	0.89	13-15sec
2	3.21	23-25sec
3	2.84	24-26sec
4	1.84	20-22sec
5	2.03	15-17sec



※たわみ(鉛直移動量)精度

■カメラ名称: Autel EVO II Pro

■被写体距離: 34 m ■照度: 10.8~66.9 kLux ■風速: 0.0~2.7 m/s

■気温: 3.4 °C

■焦点距離: 29 mm ■シャッター速度: オート(8~1/8000s)

■絞り: f 2.8 ■ISO値: オート(100~3200)

■画像Pixel数: 5472 × 3076 (6K動画)

N
= 5

計測回数	真値(mm)	計測値(mm)	差 (計測値-真値)
1	1.003	0.89	-0.113
2	2.999	3.21	-0.211
3	3.081	2.84	-0.241
4	2.010	1.84	-0.170
5	2.000	2.03	0.030
平均	2.219		

平均たわみ(2.219mm)の相対差 $X = 0.170$ mm

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

 δ_a = 検証側技術による測定値(1回目) - 当該技術による測定値(1回目) δ_b = 検証側技術による測定値(2回目) - 当該技術による測定値(2回目) δ_i = 検証側技術による測定値(n回目) - 当該技術による測定値(n回目)

※色識別性能

■カメラ名称: IMX577(SONY)

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

■気温: 3.4 °C

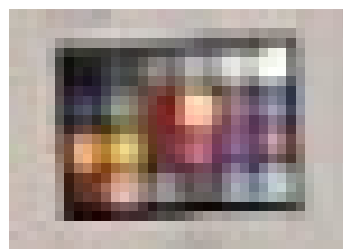
■焦点距離: 20 mm(35mm換算) ■シャッター速度: オート

■絞り: f 2.8(固定) ■ISO値: オート

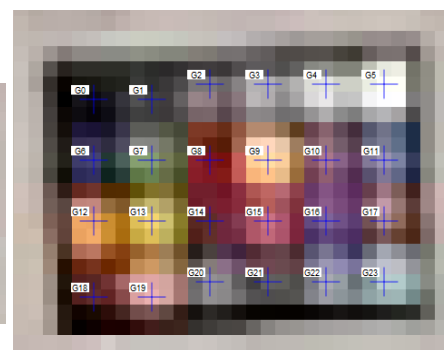
■フォーカス: オート ■画像Pixel数: 4056 × 3040 ■撮影方法: 4K動画記録



立会者撮影



K-1: 開発者撮影



参考: 出力画素のマーカ箇所

K-1: 計測比較

	R値		G値		B値	
	真値	計測値	真値	計測値	真値	計測値
A-1	43	24	41	22	43	27
A-2	80	74	80	74	78	74
A-3	122	129	118	125	116	126
A-4	161	181	157	179	154	180
A-5	202	228	198	229	195	223
A-6	249	254	242	255	238	245
B-1	25	78	55	76	135	120
B-2	57	139	146	163	64	117
B-3	186	132	26	31	51	41
B-4	245	255	205	223	0	168
B-5	192	175	75	127	145	145
B-6	0	161	127	153	159	181
C-1	238	238	158	170	25	107
C-2	157	244	188	215	54	118
C-3	83	103	58	56	106	50
C-4	195	204	79	121	95	137
C-5	58	132	88	108	159	159
C-6	222	178	118	147	32	149
D-1	112	105	76	56	60	54
D-2	197	236	145	181	125	180
D-3	87	153	120	151	155	152
D-4	82	105	106	103	60	104
D-5	126	173	125	174	174	181
D-6	98	188	187	207	166	208

技術番号 BR030049

技術名 ドローン空撮による橋梁のたわみ計測 開発者名 株式会社CORE技術研究所

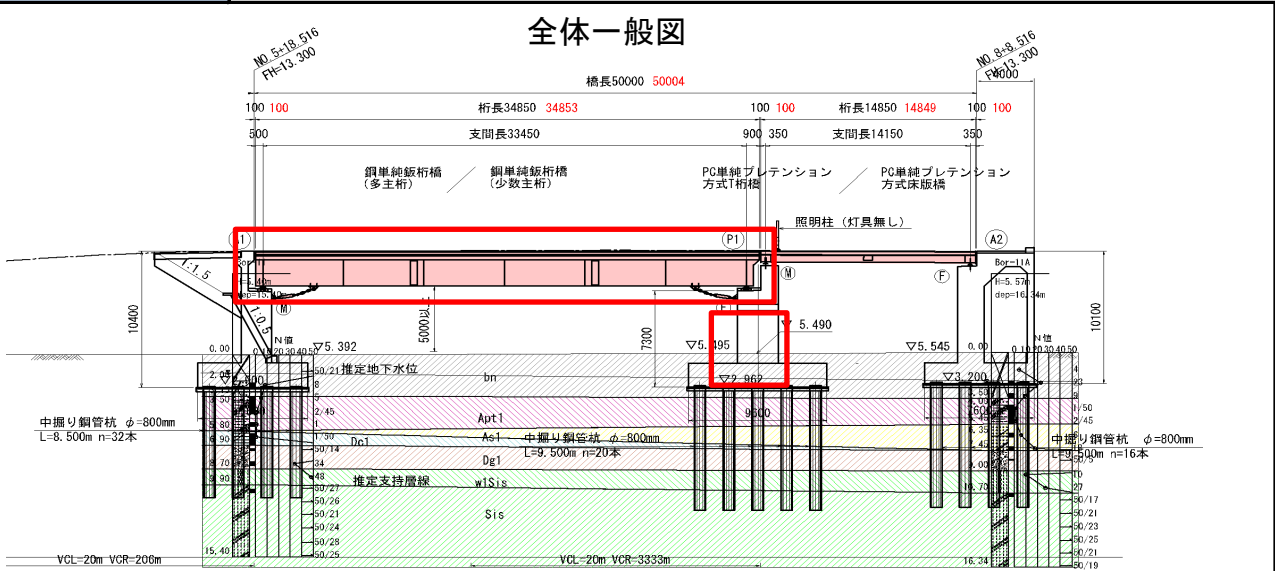
試験日 令和5年 1 月 6 日 天候 晴れ 気温 3 °C 風速 3.4 m/s

試験場所 福島ロボットテストフィールド

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

試験で確認する
カタログ項目 構造物近傍安定性能

対象構造物の概要



対象径間: 第1径間

計測対象部材: P1橋脚近傍、第1径間防護柵側面

- ① 計測器のセット(写真-2:ドローン、PCタブレット)
- ② ホバリング(写真-3:P1橋脚付近)
- ③ 飛行状況(写真-4:P1~A1間の防護柵側面を飛行)
- ④ 飛行状況(写真-5:P1~A1間の防護柵側面を飛行)
- ⑤ ホバリング後、P1~A1~P1の経路で飛行を確認した。(飛行距離:約50m(=7.5+35+7.5))

開発者による計測機器の設置状況



写真-2

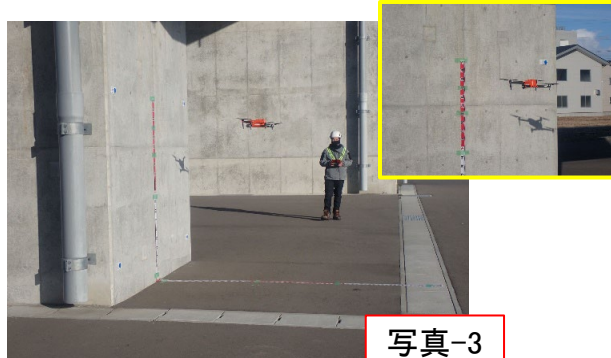


写真-3



写真-4



写真-5

※構造物近傍安定性能

構造物までの距離:1.0m

風速:6.6m/s

停止飛行時:水平移動無し

ホバリング:60秒間



※最大可動範囲:50m(飛行距離:50m(=7.5+35+7.5))

技術番号	BR030049
------	----------

技術名	ドローン空撮による橋梁のたわみ計測	開発者名	株式会社CORE技術研究所
-----	-------------------	------	---------------

試験日	令和5年 1 月 6 日	天候	晴れ	気温	6.2 °C	風速	- m/s
-----	--------------	----	----	----	--------	----	-------

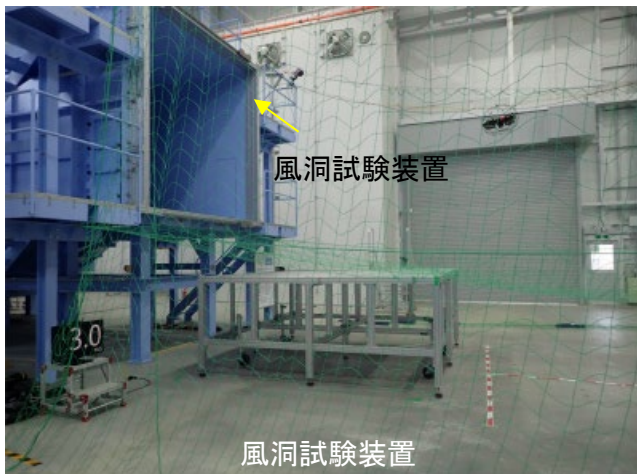
試験場所	福島ロボットテストフィールド
------	----------------

カタログ分類	計測・モニタリング技術 カタログ	検出項目	ひびわれ	試験区分	標準試験
--------	------------------	------	------	------	------

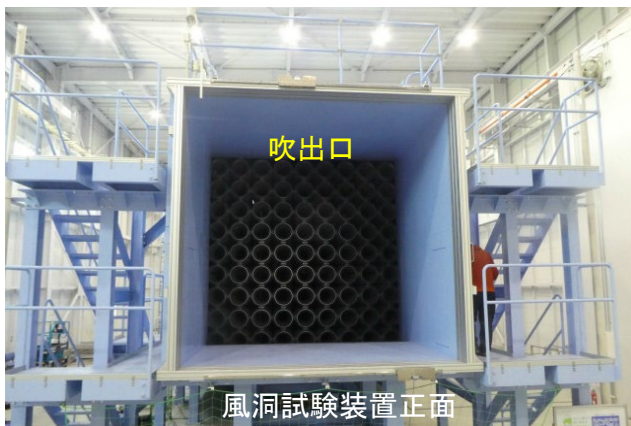
試験で確認する カタログ項目	安定性能(人工風)
-------------------	-----------

対象構造物の概要

使用施設: 福島ロボットテストフィールド風洞棟



風洞試験装置



風洞試験装置正面

一定の風速(3m/s、5m/s、8m/s)で、突風を発生させる。

風洞棟仕様

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

- ① ドローンに3Dモーションキャプチャ用のマーカを貼り付ける。(写真-1)
- ② 吹出口の中心にドローンを正面向きにホバリングする予定が飛行制御不能でネットに接触。(写真-2)
- ③ 安定試験を中止した。室内では本ドローンの飛行制御が出来ないため、安定試験を中止した。

開発者による計測機器の設置状況

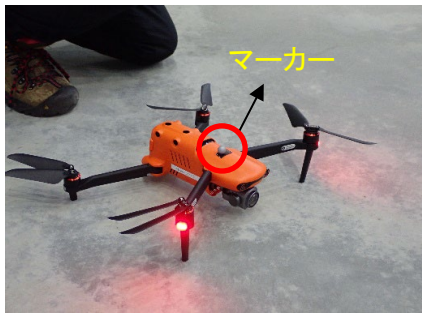


写真-1



写真-2

比較対象を得るため、立会者による計測機器の設置状況

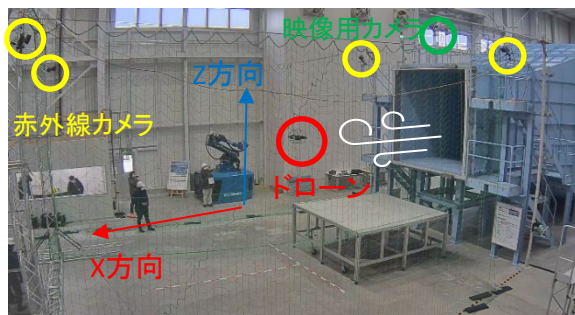


写真-3

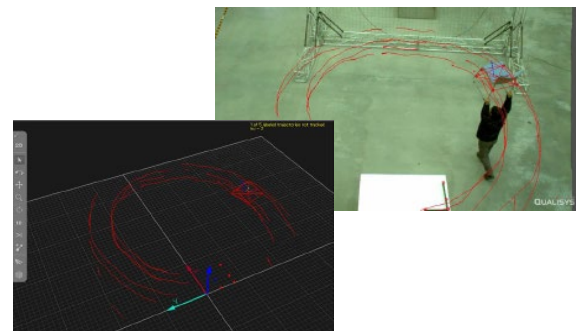


写真-4

※4台の赤外線カメラおよび、1台の映像カメラにより、対象物を撮影し、移動量を専用ソフトにて計測。
(写真-3)(写真-4)

計測結果の比較

※安定性能

室内では本ドローンの飛行制御が出来ないため、室内での人工風による安定試験を中止した。

水平方向 3Dモーションキャプチャでは、測定不可

鉛直方向 3Dモーションキャプチャでは、測定不可

技術番号 BR030049

技術名 ドローン空撮による橋梁のたわみ計測 開発者名 株式会社CORE技術研究所

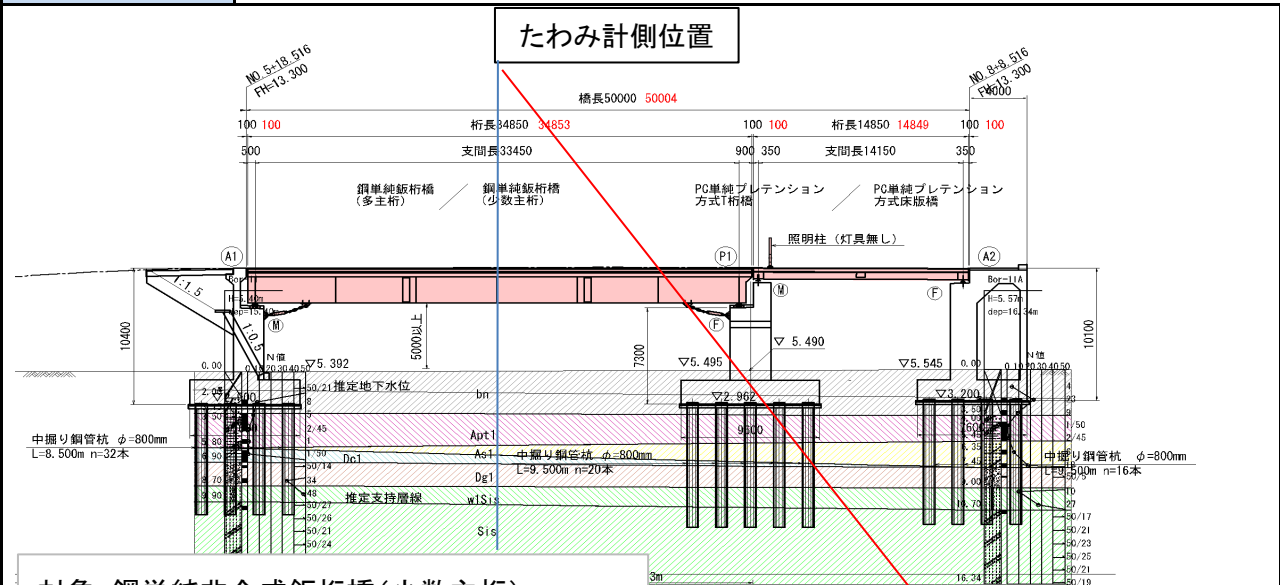
試験日 令和5年 1 月 6 日 天候 晴れ 気温 3 °C 風速 3.4 m/s

試験場所 福島ロボットテストフィールド

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

試験で確認する
カタログ項目 動作確認(精度以外)

対象構造物の概要



対象: 鋼単純非合成鉄桁橋 (少数主桁)
支間長: 33.450m

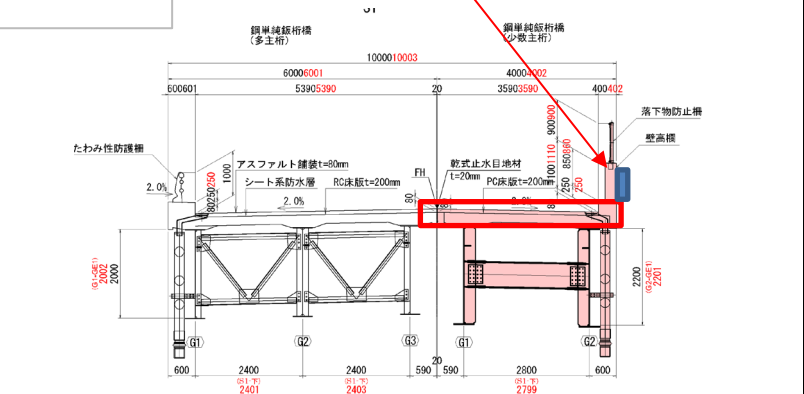


写真-1 全体写真

対象径間: 第1径間

- ① 計測機器の搬入(写真-2:ドローン、タブレット型送信機)
- ② 試験車両の走行(写真-3:)
- ③ 格子マーカ設置(写真-4:移動型)(写真-4:格子マーカ)
- ④ 撮影状況:ドローンを飛行させ、格子マーカを撮影する。(写真-5)
- ⑤ 後日、撮影画像より格子マーカ移動量(たわみ量)を算出する。

開発者による計測機器の設置状況



写真-2



写真-3



写真-4



写真-5

■カメラ名称: Autel EVO II Pro

■被写体距離: 34 m ■照度: 0.91~34.7 kLux ■風速: 0.0~6.6 m/s

■気温: 5.2 °C

■焦点距離: 29 mm ■シャッター速度: オート(8~1/8000s)



■絞り: f 2.8 ■ISO値: オート(100-3200)

■画像Pixel数: 5472 × 3076(6K動画)

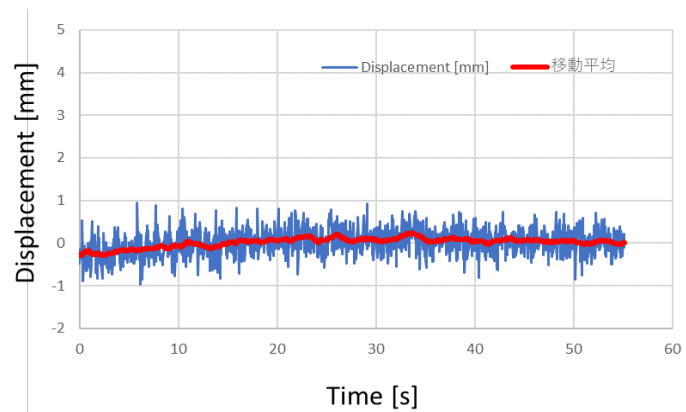
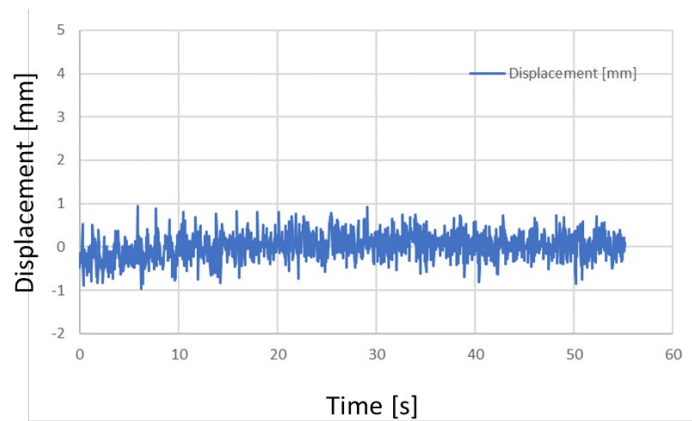
※計測結果

試験車両の諸元

寸法・重量

サイズ	全高1,695m m	全長4,260m m	最低地上高	140mm
			トレッド前	1,490mm
	全幅1,695m m	ホイールベース 2,750mm	トレッド後	1,480mm
			車両重量	1,290kg

計測値



※試験車両(重量1.3t)の走行載荷では、たわみ量の変化は移動平均で0.2mm程度であった。

技術番号 BR030050

技術名 IoTを活用した変位量を常時計測するモニタリング技術 開発者名 株式会社パスコ

試験日 令和5年 1 月 18 日 天候 晴れ 気温 6.2 °C 風速 - m/s

試験場所 土木研究所管内 試験橋梁

カタログ分類 計測・モニタリング技術 カタログ 検出項目 変位 (遊間の異常) 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

1. 試験橋梁の概要

- ・土木研究所所管 試験橋梁
- ・構造形式: 鋼単純鈹桁橋
- ・橋 長: 30.800m
- ・支 間: 30.000m
- ・有効幅員: 8.500m
- ・桁 高: 1.600m
- ・主桁間隔: 2.600m (4主桁)

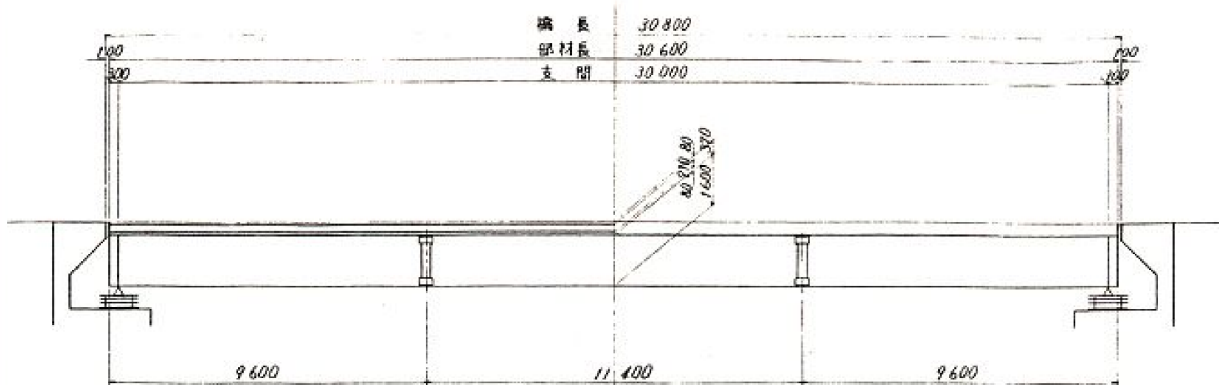


図-1 側面図

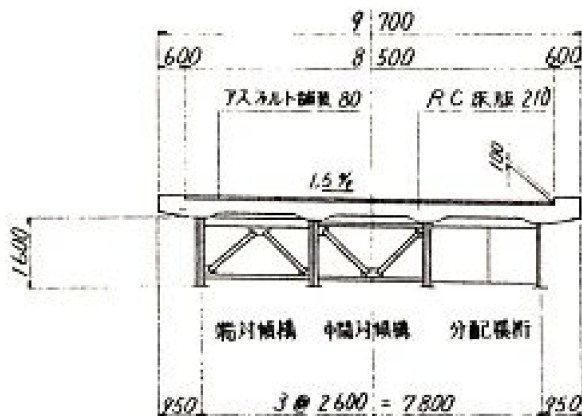


図-2 断面図



写真-1 橋面

- ① 供試体に設置したセンサの間隔を0mmの状態から動かし、移動距離をノギスで確認する。(キャリブレーション)
- ② 供試体(桁端部)を拡縮し、センサからの測定値を送信し、値を確認。
- ③ センサの間隔を電子ノギスで測定する。
- ④ ①～③を3回繰り返し、センサと電気ノギスの取得値を比較する。

開発者による計測機器の設置状況

1. 機器の構成と設置

- ・センサ(本体)
- ・センサ(固定端)
- ・点検棒 (電波強制送信用)

2. その他

- ・測定器: 電子ノギス
- ・供試体用コンクリート板

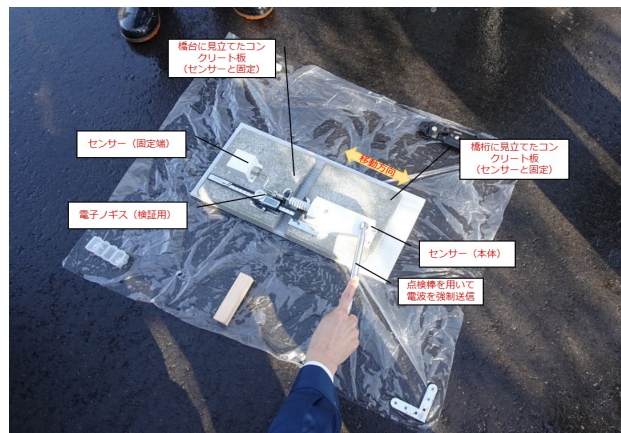
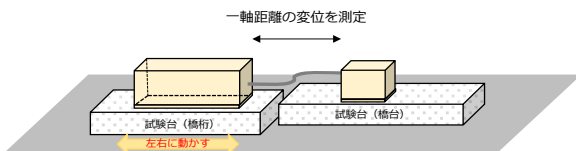


写真-2 機材の構成と設置

1. センサ計測結果



写真-3 遊間異常の模擬

1回目		移動前	移動後	相対距離
表示 (mm)	センサー	1.77	13.26	11.49
	ノギス	0	※	※
2回目		移動前	移動後	相対距離
表示 (mm)	センサー	1.73	-5.75	-7.48
	ノギス	0	※	※
3回目		移動前	移動後	相対距離
表示 (mm)	センサー	1.64	20.06	18.42
	ノギス	0	※	※

センサ測定値

2. 結果の比較

・開発者によって得られた測定値とリファレンス計測の相対差を算出する。

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

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

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

単位:mm

計測回数 (時間)	1回目	2回目	3回目
リファレンス	11.460	-7.500	18.380
			
計測結果	11.490	-7.480	18.420
差分	0.030	0.020	0.040

$$X = 0.0311 \text{ mm} = (31.1) \mu\text{m}$$

$$x = 0.42 \%$$

3回の検証を実施した結果、相対差は 0.02mm(0.42%)であった。

技術番号 BR030050

技術名 IoTを活用した変位量を常時計測するモニタリング技術 開発者名 株式会社パスコ

試験日 令和5年 1 月 18 日 天候 晴れ 気温 6.2 °C 風速 - m/s

試験場所 土木研究所管内 試験橋梁

カタログ分類 計測・モニタリング技術 カタログ 検出項目 変位 (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

対象構造物の概要

1. 試験橋梁の概要

- ・土木研究所所管 試験橋梁
- ・構造形式: 鋼単純鉸桁橋
- ・橋 長: 30.800m
- ・支 間: 30.000m
- ・有効幅員: 8.500m
- ・桁 高: 1.600m
- ・主桁間隔: 2.600m (4主桁)

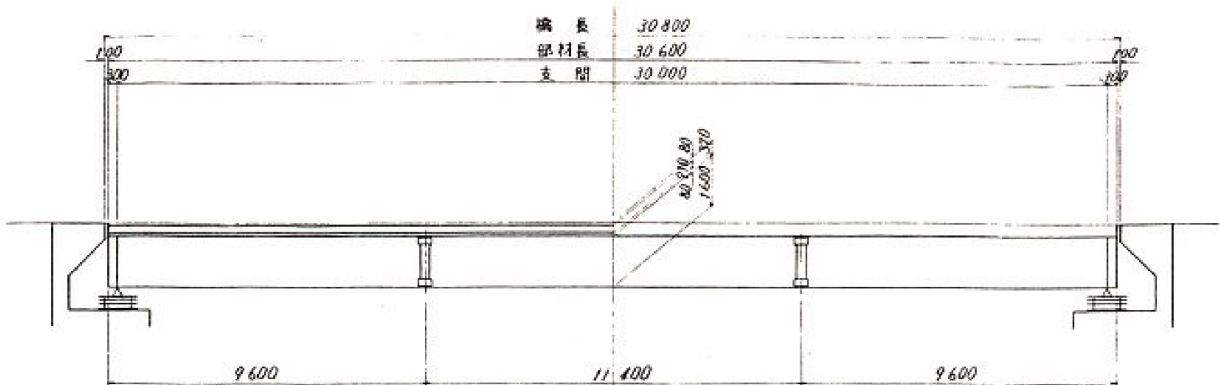


図-1 側面図

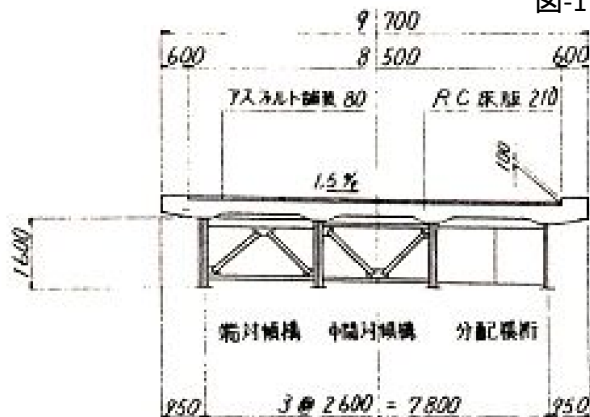


図-2 断面図



モニタリングシステム設置箇所

写真-1 計測機器設置箇所

- ① 橋桁と橋面外にまたがるようにセンサを設置する。(図面-3,写真-2)
- ② 荷重車を桁中央に停車させる前の桁遊間を計測する。
- ③ 荷重車を桁中央部に停車させ、10分間自動計測する。
- ④ 自動計測後、データの確認をする。

開発者による計測機器の設置状況

1. 機器の構成と設置

- ・センサ(本体)
- ・センサ(固定端)

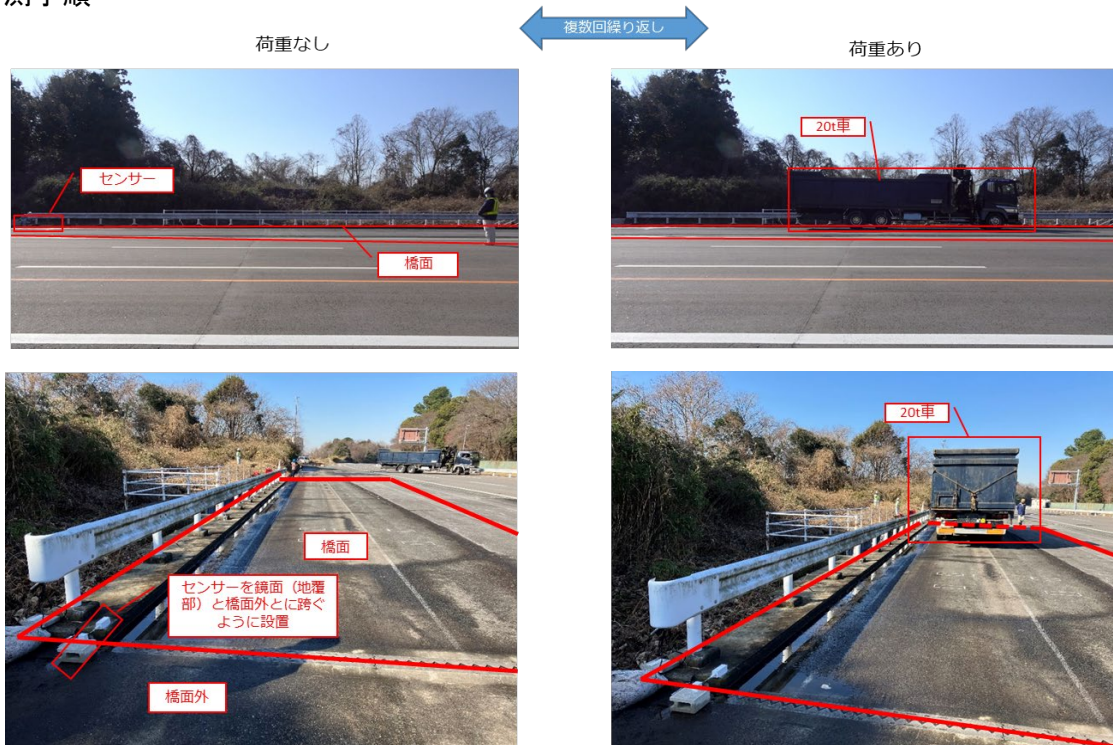


図-3 センサ設置図

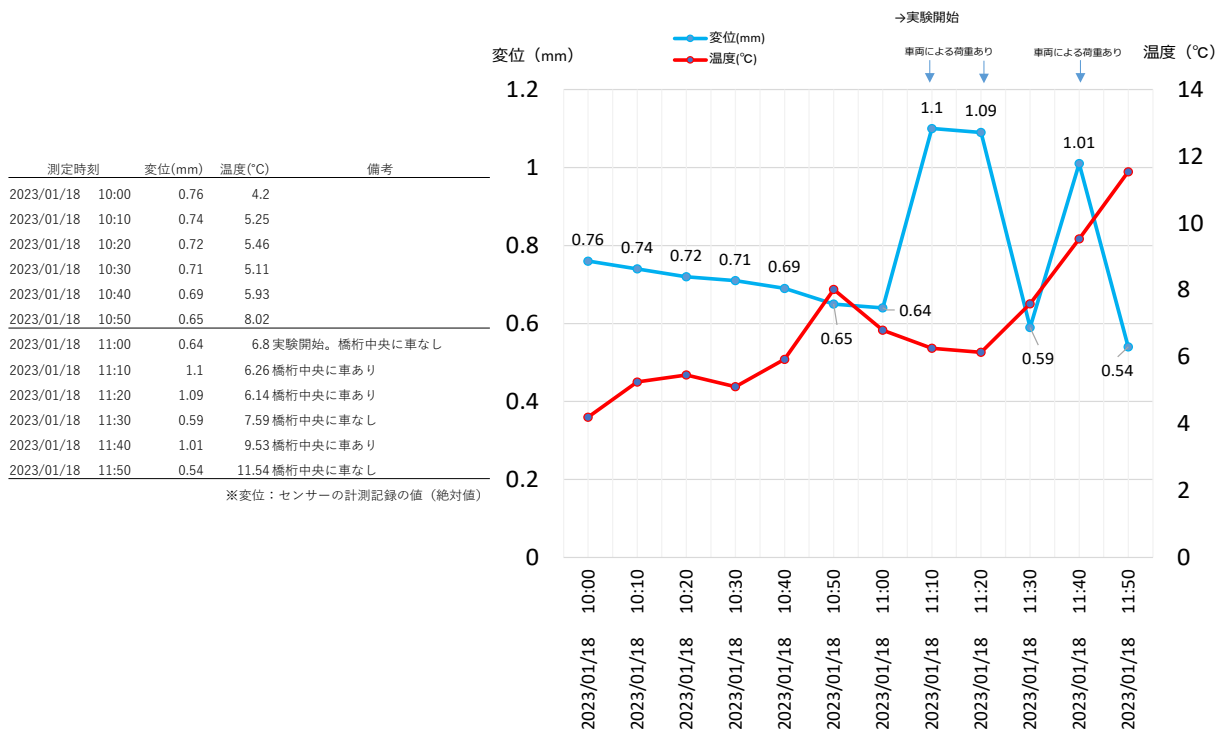


写真-2 センサ設置状況

計測手順



計測結果



- 10時から11時にかけて温度の上昇に伴い0.76mm～0.64mmに変位した。
- 11時10分から11時20分及び11時40分には、荷重試験の実施時刻に合わせて遊間離隔が0.42mm、0.46mm遊間に変位した。

技術番号 BR030051

技術名 穿孔法での応力測定技術 開発者名 株式会社IHI検査計測

試験日 令和5年 1 月 16 日 天候 晴れ 気温 6.2 °C 風速 - m/s

試験場所 土木研究所構内 試験橋梁

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

試験で確認する
カタログ項目 動作確認(精度以外)

対象構造物の概要

1. 土木研究所所管 試験橋梁の概要

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

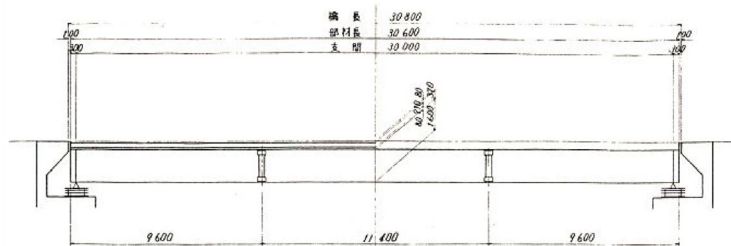


図-1 側面図

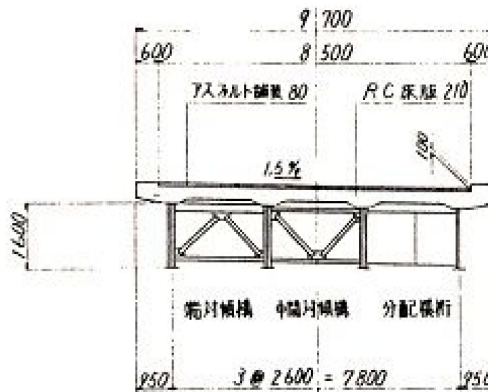


図-2 断面図

試験方法(手順)	技術番号	BR030051
① 計測機器の構成(写真-1,-2)		
② 主桁ウェブおよび、主桁下フランジに装置を設置し、動作状況の確認。(写真-3,-4)		
③ 供試体用鋼板を用意し、穿孔の確認。(写真-5)		
④ PC画面の確認(写真-6)		
⑤ 穿孔後の穿孔跡を確認(写真-7)		

開発者による計測機器の設置状況

1. 機器の構成と設置

- ①穿孔装置
- ②ひずみ測定器
- ③電子制御システム
- ④データ処理用PC

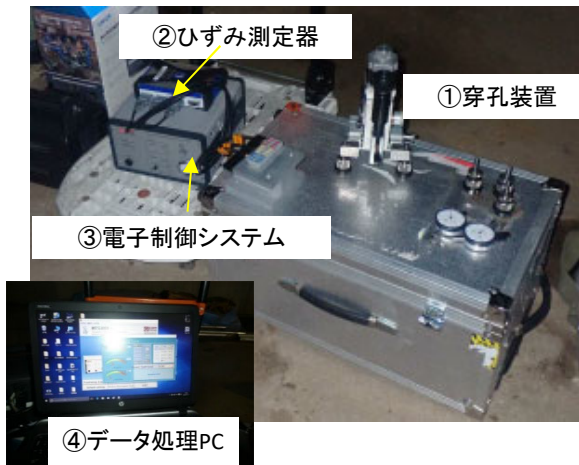


写真-1 機器の構成

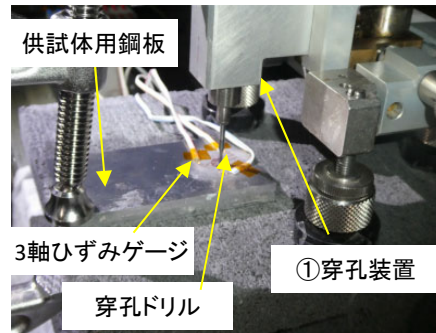


写真-2 機器の構成

1.計測結果(動作確認)

・作業の一連の動作を確認。ただし、試験橋梁のため、橋梁への穿孔は行っていない。



写真-3 主桁ウェブ測定



写真-4 主桁下フランジ測定

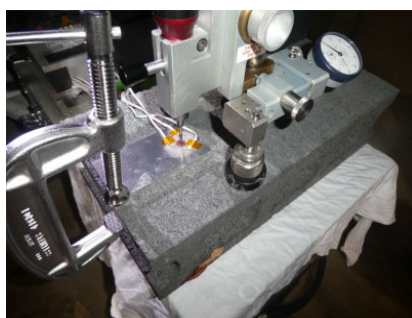


写真-5 供試体用鋼板への穿孔

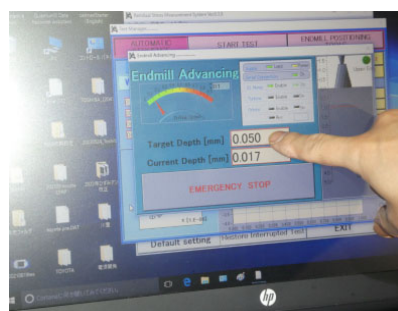


写真-6 PC画面

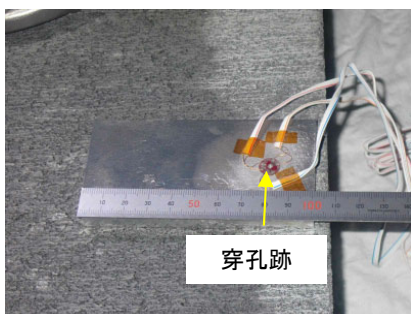


写真-7 穿孔跡

技術番号 BR030052

技術名 ドローン・スマホ・ソナーにより橋梁全体の状態・形状計測技術 開発者名 (株)A.L.I.Technologies

試験日 令和4年 12月 23日 天候 晴れ 気温 4.9 °C 風速 - 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 計測精度

対象構造物の概要



写真-1 小水槽



写真-2 小水槽内コンクリートブロック設置

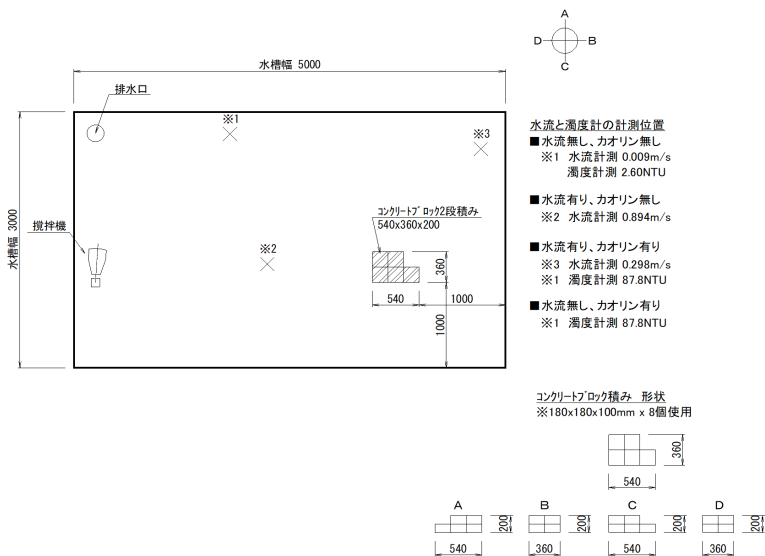


図-1 小水槽平面図

- ① 計測装置の準備を行う。(写真-3)
- ② 計測装置(スキャニングソナー)を濁度0、流速0の水槽内に沈めてコンクリートブロックの形状を計測(写真-4,5)
- ③ 流速を加えた状態で計測
- ④ ②、③を濁度60~90の状態です計測(写真-6)
- ⑤ 後日、解析結果から洗掘の状態を確認する。

開発者による計測機器の設置状況

写真-3



写真-4



写真-5

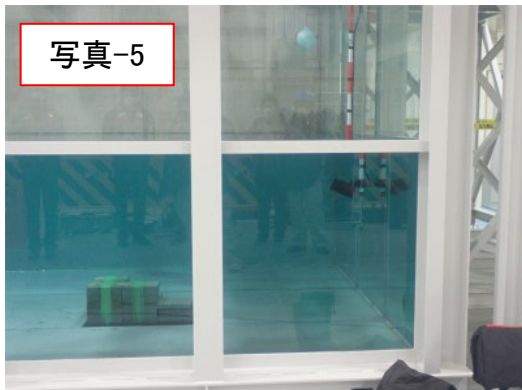


写真-6

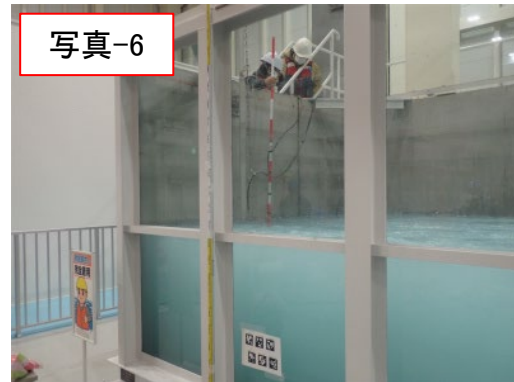


写真-7



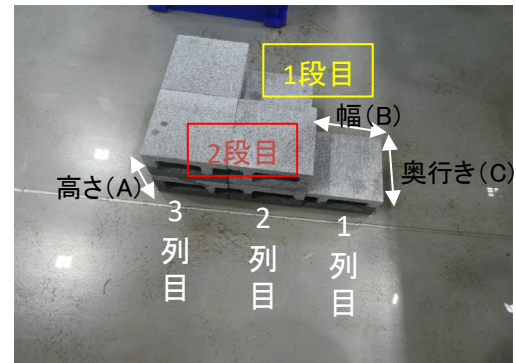
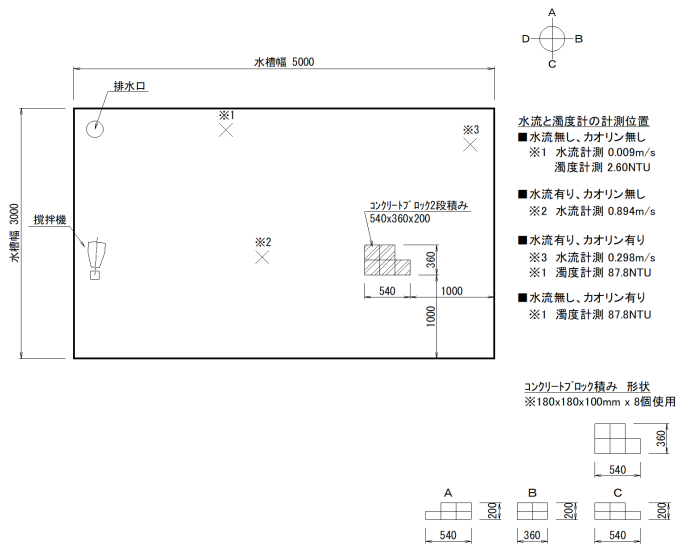


写真-8 コンクリートブロック

図-2 小水槽平面図



写真-9 ブロック設置状況



写真-10 流速装置

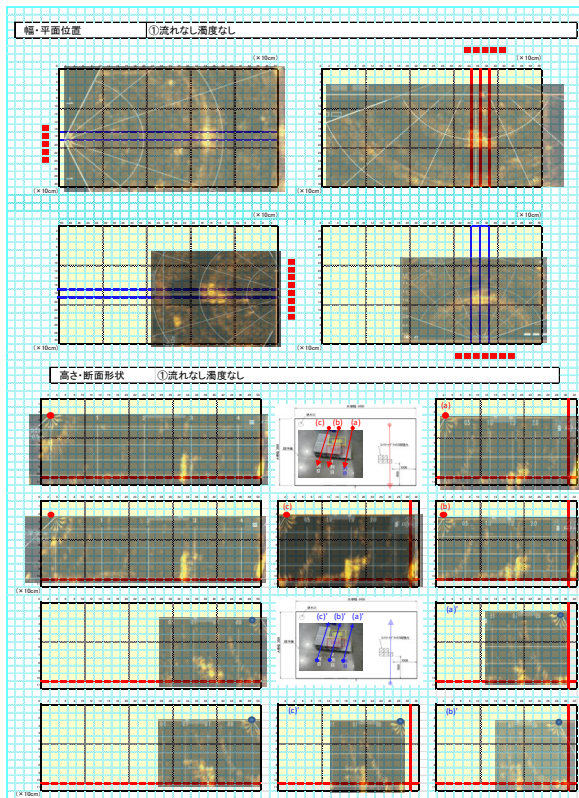


写真-11 濁度材投入状況

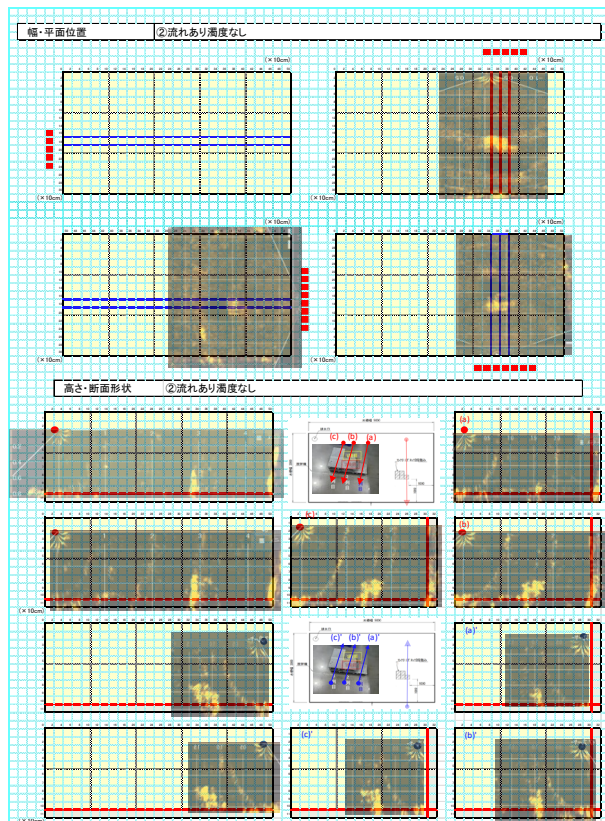
計測条件

- 計測1回目：流速0m/s、濁度2.6度
- 計測2回目：流速0.3/s、濁度2.6度
- 計測3回目：流速0m/s、濁度87.8度
- 計測4回目：流速0.3m/s、濁度87.8度

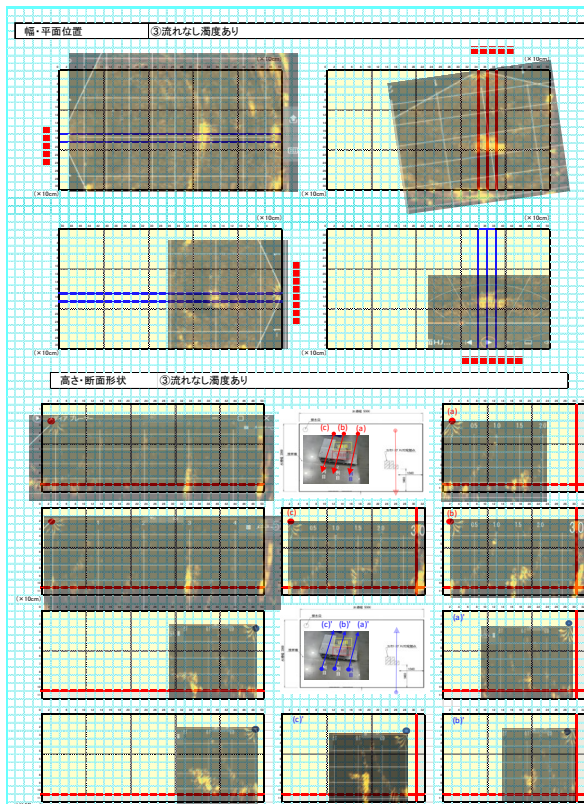
※計測結果



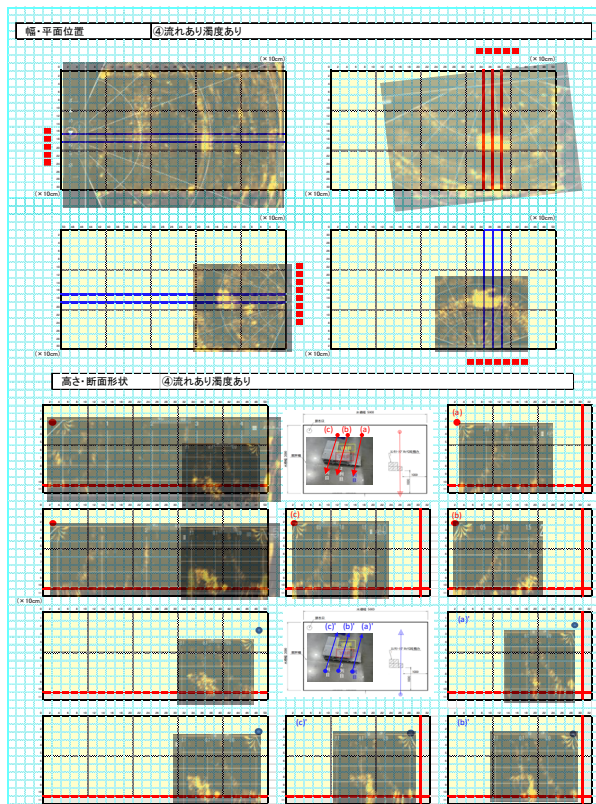
開発者測定結果 1回目



開発者測定結果 2回目



開発者測定結果 3回目



開発者測定結果 4回目

ブロック1列目	リファレンス(m)			当該技術(m)			差分		
	高さ(A)	幅(B)	奥行き(C)	高さ(A)	幅(B)	奥行き(C)	高さ(A)	幅(B)	奥行き(C)
計測1回目	0.1	0.18	0.18	0.12	0.2	0.2	0.02	0.02	0.02
計測2回目	0.1	0.18	0.18	0.12	0.2	0.2	0.02	0.02	0.02
計測3回目	0.1	0.18	0.18	0.12	0.2	0.2	0.02	0.02	0.02
計測4回目	0.1	0.18	0.18	0.12	0.2	0.2	0.02	0.02	0.02

ブロック2列目1段目	リファレンス(m)			当該技術(m)			差分		
	高さ(A)	幅(B)	奥行き(C)	高さ(A)	幅(B)	奥行き(C)	高さ(A)	幅(B)	奥行き(C)
計測1回目	0.1	0.18	0.18	0.12	0.2	0.2	0.02	0.02	0.02
計測2回目	0.1	0.18	0.18	0.12	0.2	0.2	0.02	0.02	0.02
計測3回目	0.1	0.18	0.18	0.12	0.2	0.2	0.02	0.02	0.02
計測4回目	0.1	0.18	0.18	0.12	0.2	0.2	0.02	0.02	0.02

ブロック2列目2段目	リファレンス(m)			当該技術(m)			差分		
	高さ(A)	幅(B)	奥行き(C)	高さ(A)	幅(B)	奥行き(C)	高さ(A)	幅(B)	奥行き(C)
計測1回目	0.2	0.18	0.18	0.24	0.2	0.2	0.04	0.02	0.02
計測2回目	0.2	0.18	0.18	0.24	0.2	0.2	0.04	0.02	0.02
計測3回目	0.2	0.18	0.18	0.12	0.2	0.2	0.08	0.02	0.02
計測4回目	0.2	0.18	0.18	0.12	0.2	0.2	0.08	0.02	0.02

ブロック3列目	リファレンス(m)			当該技術(m)			差分		
	高さ(A)	幅(B)	奥行き(C)	高さ(A)	幅(B)	奥行き(C)	高さ(A)	幅(B)	奥行き(C)
計測1回目	0.2	0.18	0.18	0.24	0.2	0.2	0.04	0.02	0.02
計測2回目	0.2	0.18	0.18	0.24	0.2	0.2	0.04	0.02	0.02
計測3回目	0.2	0.18	0.18	0.12	0.2	0.2	0.08	0.02	0.02
計測4回目	0.2	0.18	0.18	0.12	0.2	0.2	0.08	0.02	0.02

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

		計測精度
計測1回目	流速0m/s,濁度2.6度	0.083
計測2回目	流速流速0.3m/s,濁度2.6度	0.083
計測3回目	流速0m/s,濁度87.8度	0.128
計測4回目	流速0.3m/s,濁度87.8度	0.128

技術番号 BR030052

技術名 ドローン・スマホ・ソナーにより橋梁全体の状態・形状計測技術

開発者名 株式会社 A.L.I.Technologies

試験日 令和5年 2月 9日 天候 晴れ 気温 6.0 °C 風速 10.0 m/s

試験場所 某橋梁(関東整備局管内)

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 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

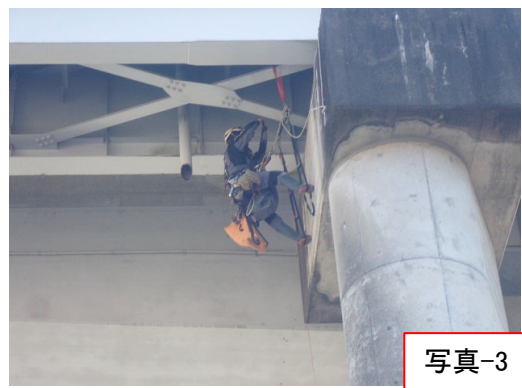
3径間連続RC箱桁橋5連 (道路橋)

3径間連続鋼溶接鈹桁橋5連 (橋側歩道橋)

計測対象部材:P1橋脚 写真-1 全体写真

- ① 計測機器の搬入(写真-2:ドローン、ソナー等)
- ② 撮影状況:橋側歩道橋のP1支承部をスマホで撮影(写真-3)
- ③ 撮影状況:橋側歩道橋のP1柱部を撮影(写真-4:スマホ、写真-5:ドローン飛行)
- ④ 撮影状況:P1基礎部をソナーで撮影(写真-6:PCモニターで確認、写真-7:フーチング頭部より作成)
- ⑤ 後日、取得した画像等のデータより損傷を検出する。

開発者による計測機器の設置状況



※計測結果

① 側歩道橋の支承部点検



支承部撮影
支承部清掃・特殊高所技術点検撮影



添架管路があり桁間が飛行不可
ドローン点検



3D モデリングデータ



3D モデル(OBJファイル)完了

スマホ撮影による画像解析

② 側歩道橋の橋脚(柱部)点検



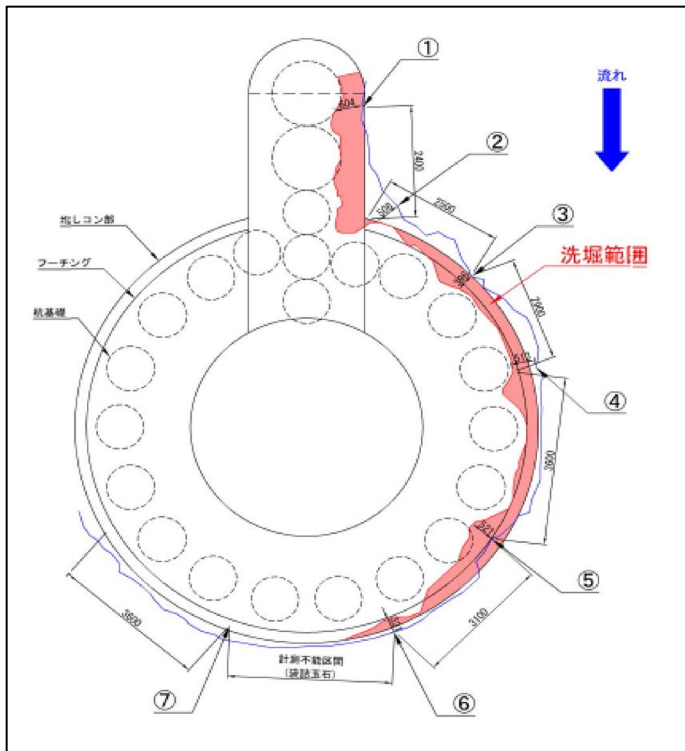
3Dモデリング
ドローン点検

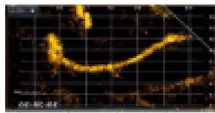
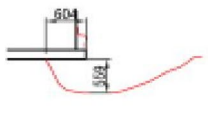


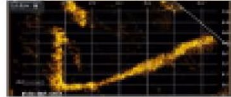

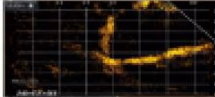
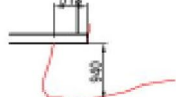
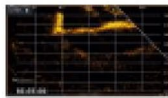


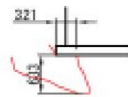
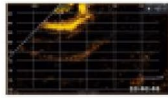


橋脚クラック直接計測
特殊高所技術点検

※計測結果

④図化: 橋脚基礎部の洗掘調査・・・濁度18度(ホルマジン)、流速0.251m/s



①側線 	①側線 
②側線 	②側線 
③側線 	③側線 
④側線 	④側線 
⑤側線 	⑤側線 
⑥側線 	⑥側線 
⑦側線 	⑦側線 洗掘なし 