

技術番号 BR030053

技術名 ワイヤレスモニタリングシステム 開発者名 グレートスタージャパン株式会社

試験日 令和4年 12月 19日 天候 曇り 気温 3.1 °C 風速 2.9 m/s

試験場所 福島ロボットテストフィールド

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

試験で確認する
カタログ項目 計測精度

対象構造物の概要

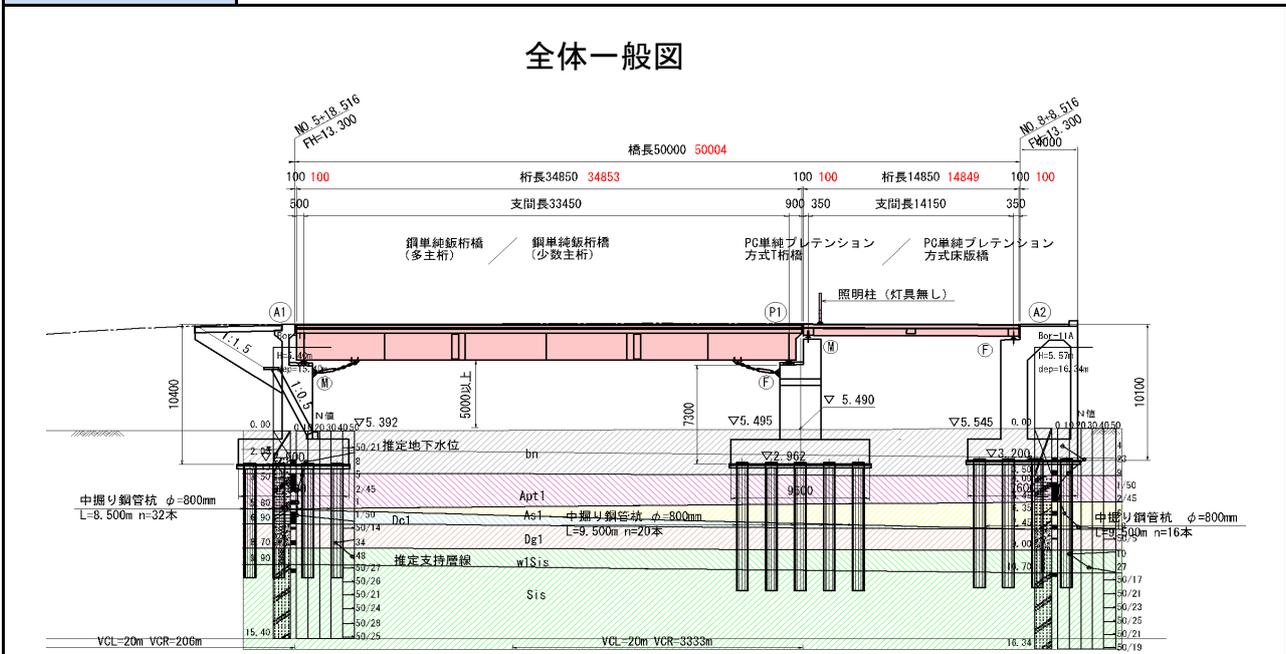


写真-1 全体写真



写真-2 傾斜架台

- ① 計測機器(ODS:距離計付3軸傾斜センサー)、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。
- 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。)(写真-4)
- 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

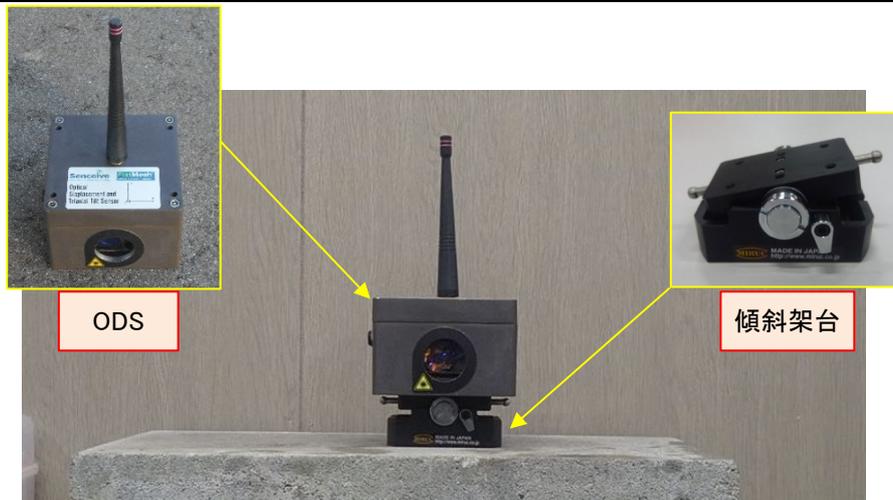


写真-3 計測機器の設置

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

リファレンス用測定装置を傾斜架台に設置する

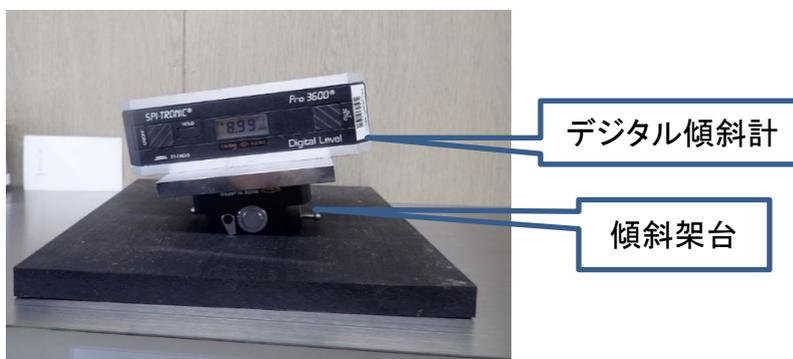


写真-4 リファレンス用計測機器

※計測結果

	計測機器(Pro3600)	測定装置(ODS)
1回目	-3.00° 	
2回目	-5.90° 	
3回目	4.40° 	

(単位：角度°)

	1回目	2回目	3回目
計測機器(Pro3600)	-3.00	-5.90	4.40
測定装置(ODS)	-2.94	-6.00	4.47
差(計測機器-計測装置)	-0.06	0.10	-0.07

①開発者とリファレンスの計測結果には、-0.06～+0.10°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	-5.90	4.40
計測結果	-2.94	-6.00	4.47
差分	0.06	-0.10	0.07

X= 0.0785 度

技術番号 BR030053

技術名 ワイヤレスモニタリングシステム

開発者名 グレートスタージャパン株式会社

試験日 令和4年 12月 19日 天候 曇り 気温 3.1 °C 風速 2.9 m/s

試験場所 福島ロボットテストフィールド

カタログ分類 計測・モニタリング技術 カタログ

検出項目 傾斜角

試験区分 現場試験

試験で確認する
カタログ項目 動作確認
(精度以外)

対象構造物の概要

全体一般図

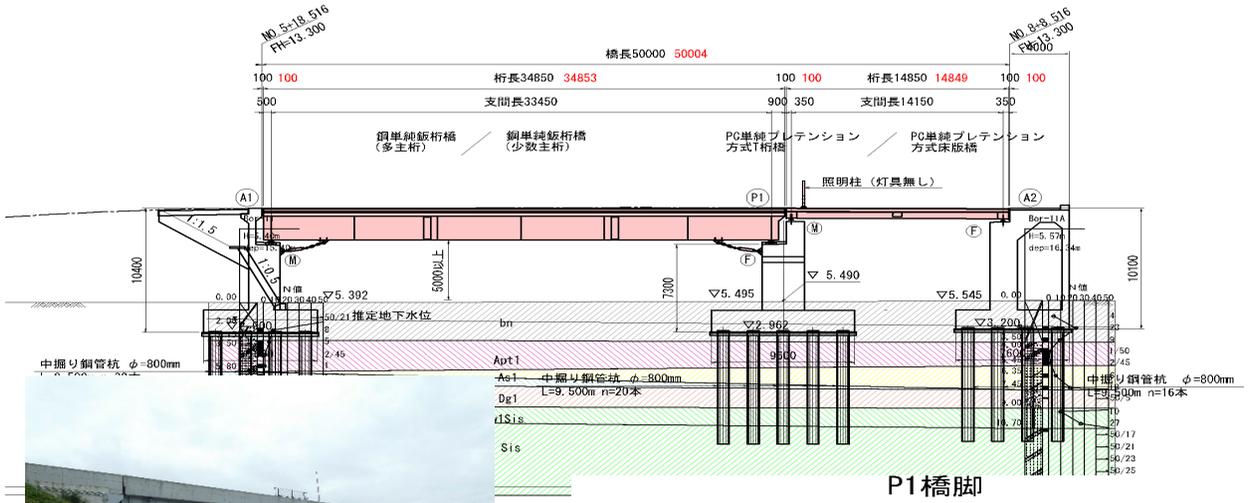
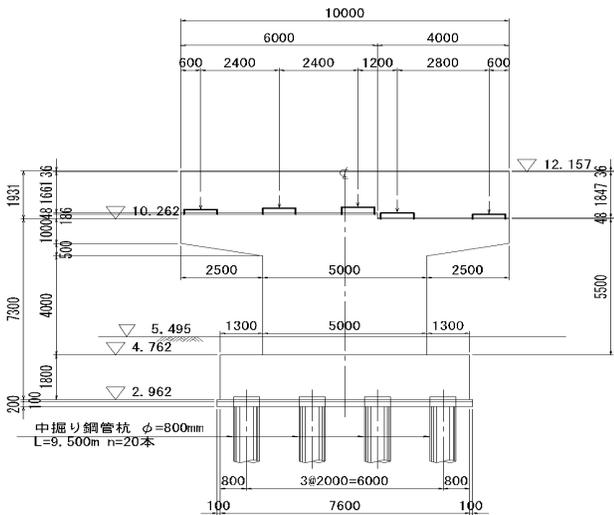


写真-1 全体写真



写真-2 P1橋脚



- ① 計測機器の搬入(写真-3)
- ② 計測機器(ODS(距離計付3軸センサー)、4Gゲートウェイ、PC)の設置状況全景(写真-4)
- ③ ODS(距離計付3軸センサー)の設置(写真-5:P1橋脚天端)
- ④ 4Gゲートウェイの設置(写真-6)、写真-7:遠隔のPC
- ⑤ 遠隔のPCに記録(写真-7)、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-5



写真-4



写真-7



写真-6

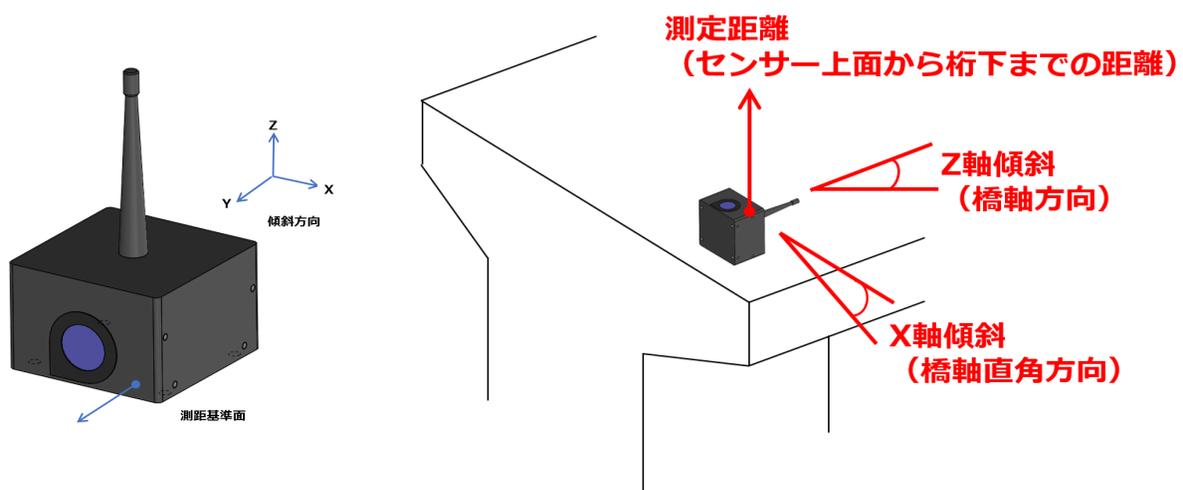
※計測結果

(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

センサー	観測日時	内部温度	測定内容	測定データ	単位
61CB	2022/12/19 15:39	6.4	距離測定	2645.3	mm
61CB	2022/12/19 15:40	6.3	距離測定	2645.3	mm
61CB	2022/12/19 15:41	6.3	距離測定	2645.3	mm
61CB	2022/12/19 15:42	6.1	距離測定	2645.3	mm
61CB	2022/12/19 15:43	6.6	距離測定	2645.5	mm
61CB	2022/12/19 15:39	6.4	X軸傾斜	0.0075	度
61CB	2022/12/19 15:40	6.3	X軸傾斜	0.0081	度
61CB	2022/12/19 15:41	6.3	X軸傾斜	0.0079	度
61CB	2022/12/19 15:42	6.1	X軸傾斜	0.0079	度
61CB	2022/12/19 15:43	6.6	X軸傾斜	0.0086	度
61CB	2022/12/19 15:39	6.4	Z軸傾斜	-6.6435	度
61CB	2022/12/19 15:40	6.3	Z軸傾斜	-6.6434	度
61CB	2022/12/19 15:41	6.3	Z軸傾斜	-6.6446	度
61CB	2022/12/19 15:42	6.1	Z軸傾斜	-6.6449	度
61CB	2022/12/19 15:43	6.6	Z軸傾斜	-6.6459	度



技術番号 BR030054

技術名 映像解析による非接触固有振動計測技術 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 固有振動数 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)

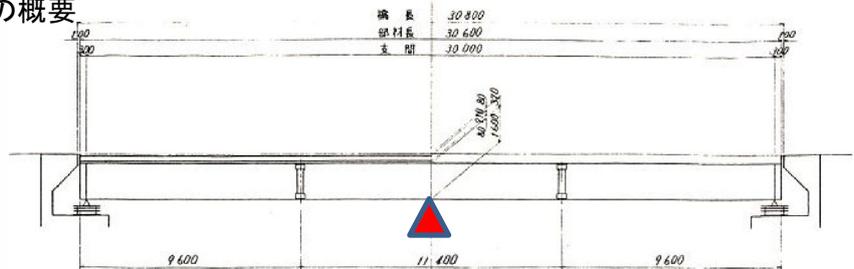


図-1 側面図

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)

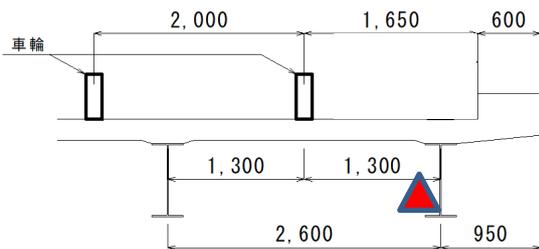


図-2 走行位置

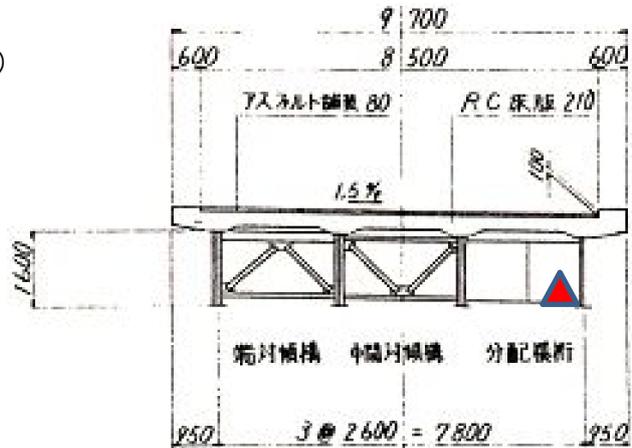


図-3 断面図



※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

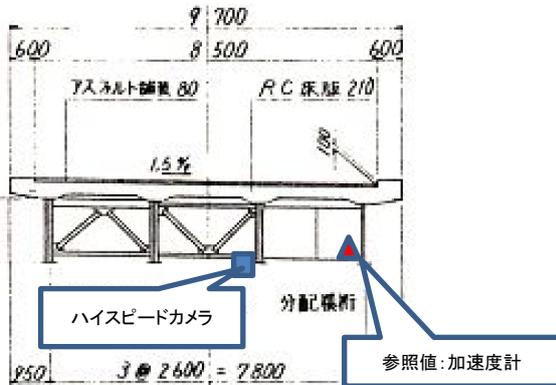


図-4 計測装置配置図



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 加速度測定: 加速度計をフランジ上面に設置

取付け位置は、図-1～4、写真-5及び写真-6を参照。測定機器の構成は、写真-7を参照



写真-5 加速度計による測定

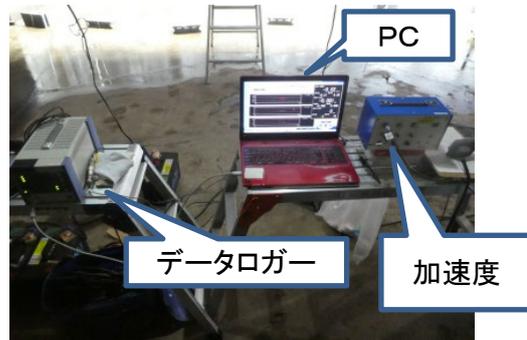
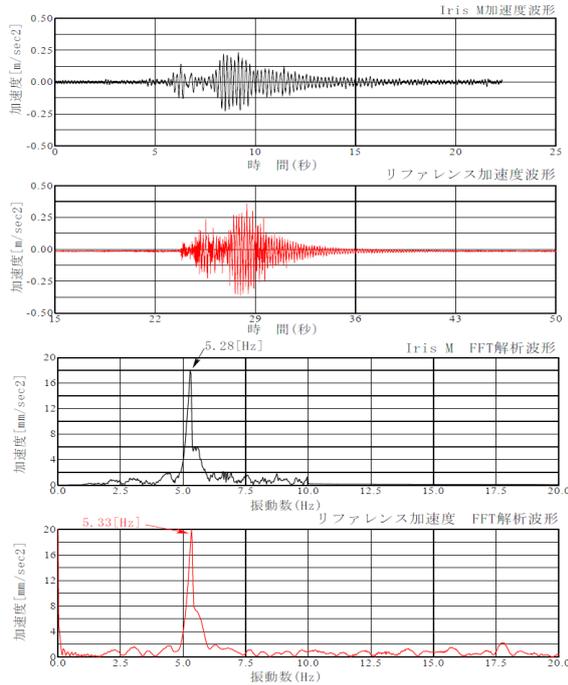


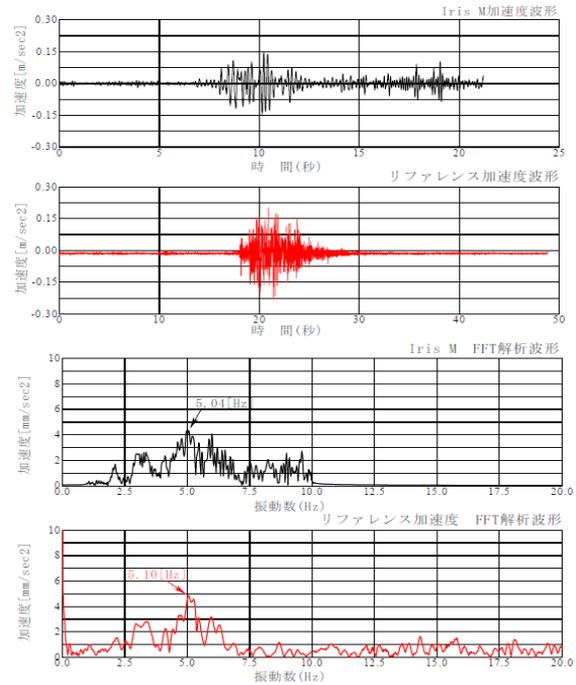
写真-6 測定機器

1. 計測結果

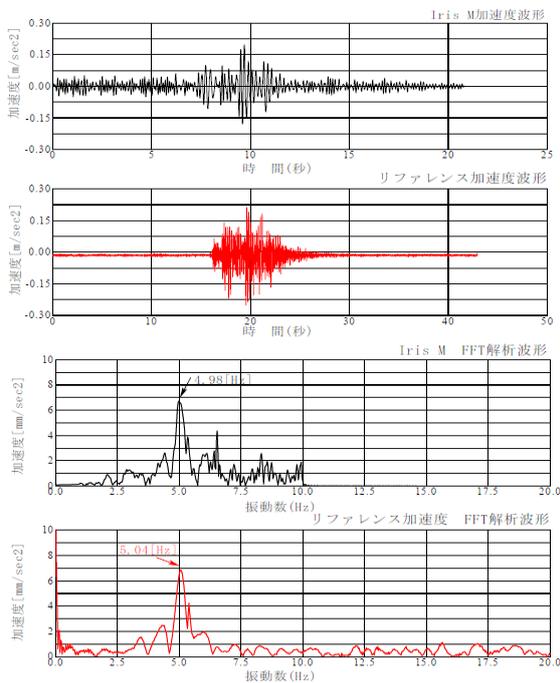
・開発者による測定結果とリファレンスデータとの固有振動数の比較結果を以下に示す。



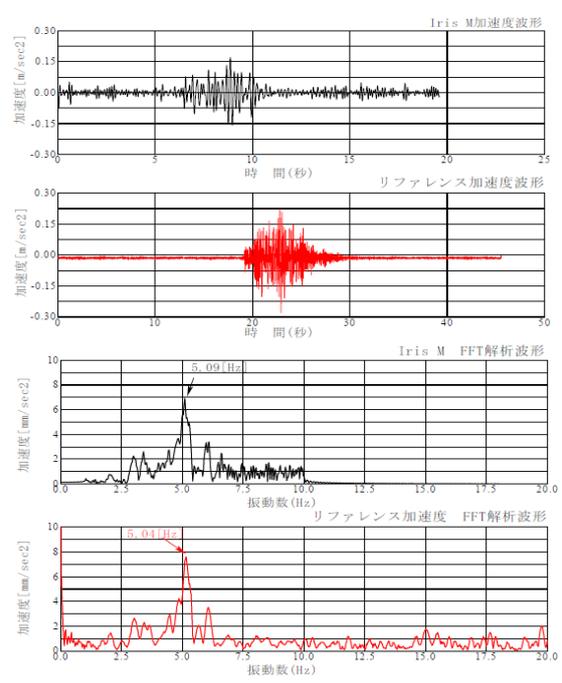
1回目



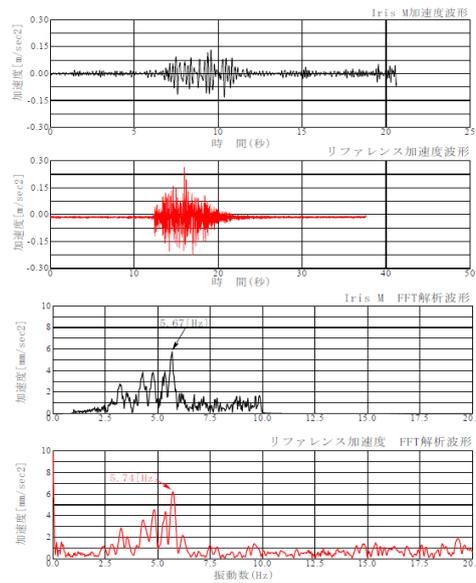
2回目



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)

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: Hz

	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	5.33	5.10	5.04	5.04	5.74
計測結果	5.28	5.04	4.98	5.09	5.67
差分	0.05	0.06	0.06	0.05	0.07

X = 0.0585 Hz

x = 1.11 %

静的载荷試験の相対差 X Hz(x %) = 0.0585 Hz (1.11 %)

技術番号 BR030055

技術名 遠隔監視装置(支承部の機能障害) 開発者名 株式会社アイベック

試験日 令和6年 1月 16日 天候 晴れ 気温 5.1 °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

- ・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)

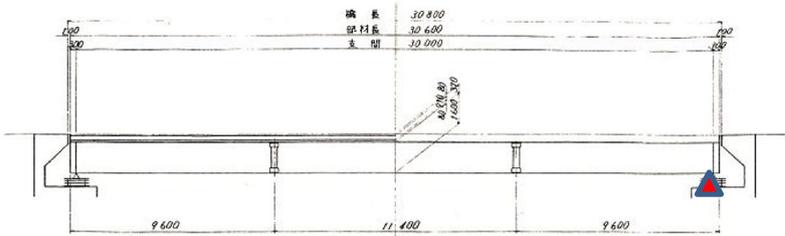


図-1 側面図 ▲ : 測定位置

2. 載荷試験の概要

- ・車両重量: 20ton(写真-1参照)
- ・載荷位置: 支間中央(図-2参照)
- 1/4L位置(図-2参照)

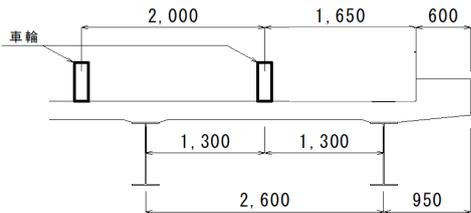


図-2 停止位置

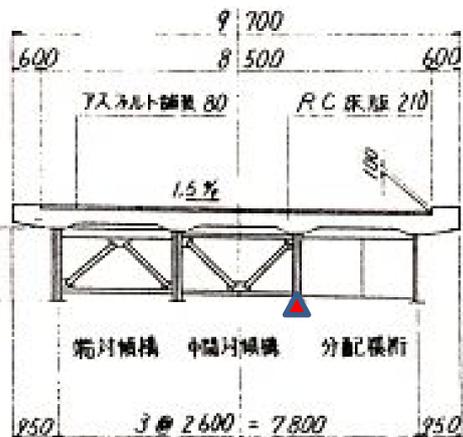


図-3 断面図



写真-1 車両載荷(20t)



写真-2 支承部

※当該橋梁は、別研究における実証実験中のため、支承を塩水で腐食させており、標準試験当日は支承周りにビニールが包装されている状態である

- ① 開発者側の変位計とリファレンス用機器を所定の位置に設置(写真-3~6)
- ② 載荷していない状況で変位(G2 鉛直方向)を1分間計測
- ③ 車両を支間中央に停止後、変位(G2 鉛直方向)を1分間計測
- ④ 車両を1/4地点に移動させ、停止後、変位(G2 鉛直方向)を1分間計測
- ⑤ ②~④を3回繰り返す。
- ⑥ ②~⑤の手順を変位(G2 橋軸方向)について、計測を実施

開発者による計測機器の設置状況

機器の構成と設置

- ①変位計(橋軸方向 G2 1ヶ所)
- ②変位計(鉛直方向 G2 1ヶ所)
- ③通信機一式

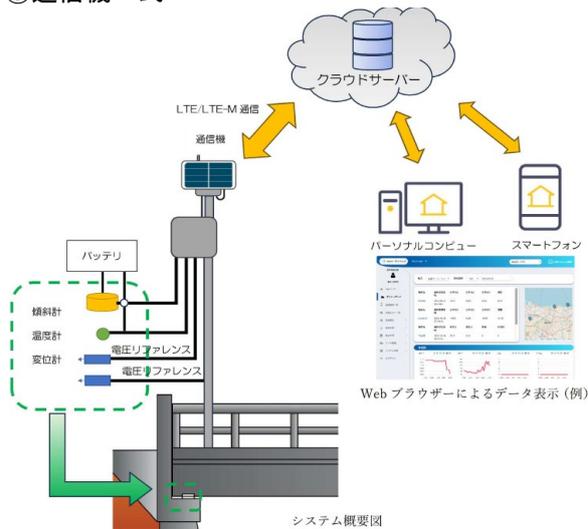


図-4 システム概要図

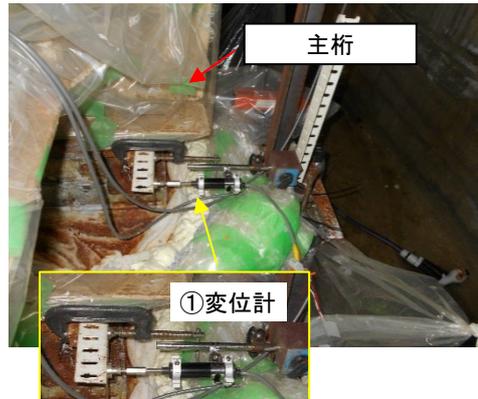


写真-3 機器の構成と配置(G2 橋軸方向)

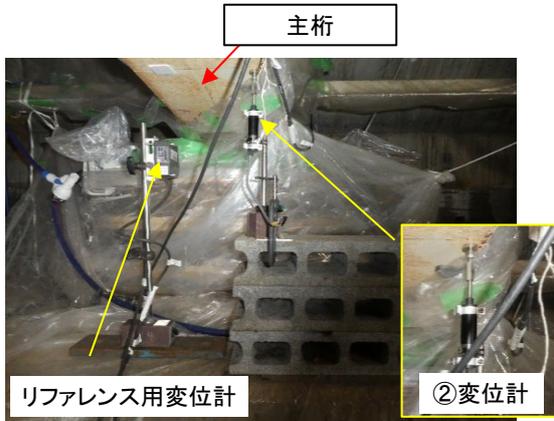


写真-4 機器の構成と配置(G2 鉛直方向)



写真-5 通信機一式

機器の構成と設置

- ①リファレンス用レーザ変位計(橋軸方向 G2 1ヶ所)
- ②リファレンス用レーザ変位計(鉛直方向 G2 1ヶ所)

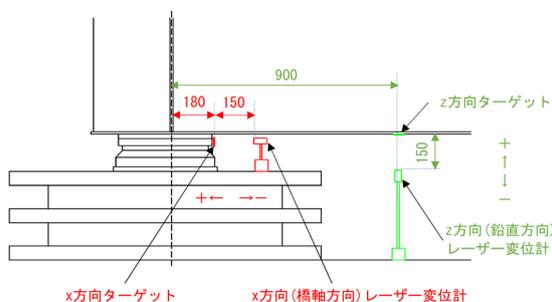


図-5 変位計の位置(G2側面図)

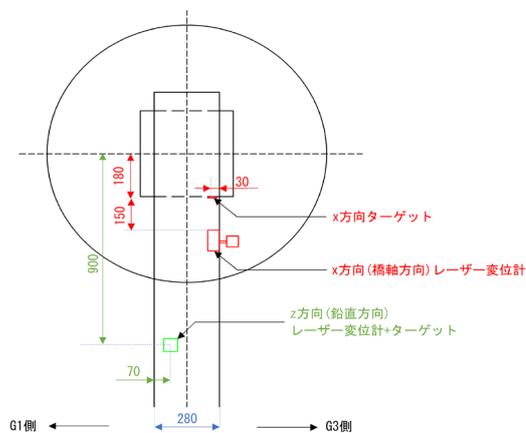


図-6 変位計の位置(G2平面図)



写真-6 変位計配置状況(G2)

(1) 橋軸方向の変位

- 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

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

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		3		
		載荷試験(1/2L)		
		1回目	2回目	3回目
リファレンス		-0.565	-0.544	-0.544
計測結果		-0.490	-0.430	-0.460
差分		0.075	0.114	0.084

サンプル数		3		
		載荷試験(1/4L)		
		1回目	2回目	3回目
リファレンス		-0.487	-0.457	-0.463
計測結果		-0.460	-0.400	-0.430
差分		0.027	0.057	0.033

載荷試験(1/2L)

X= 0.0927 mm
 x= 16.82 %

橋軸方向変位の相対差 X mm(x%) = 0.0927 mm (16.82 %)

→橋軸方向の変位量に関して、
精度(0.09mm(16.8%))が得られていることが確認できた

載荷試験(1/4L)

X= 0.0413 mm
 x= 8.80 %

橋軸方向変位の相対差 X mm(x%) = 0.0413 mm (8.80 %)

→橋軸方向の変位量に関して、
精度(0.04mm(8.8%))が得られていることが確認できた

(2) 垂直方向の変位

- ・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

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

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 3

		載荷試験(1/2L)		
		1回目	2回目	3回目
リファレンス		-0.329	-0.295	-0.293
計測結果		-0.430	-0.370	-0.370
差分		0.101	0.075	0.077

サンプル数 3

		載荷試験(1/4L)		
		1回目	2回目	3回目
リファレンス		-0.361	-0.335	-0.344
計測結果		-0.430	-0.400	-0.400
差分		0.069	0.065	0.056

載荷試験(1/2L)

X= 0.0851 mm

x= 27.85 %

橋軸方向変位の相対差 X mm(x %) = 0.0851 mm (27.85 %)

→垂直方向の変位置に関して、

精度(0.09mm(27.9%))が得られていることが確認できた

載荷試験(1/4L)

X= 0.0632 mm

x= 18.23 %

橋軸方向変位の相対差 X mm(x %) = 0.0632 mm (18.23 %)

→垂直方向の変位置に関して、

精度(0.06mm(18.2%))が得られていることが確認できた

技術番号 BR030056

技術名 光学ストランドセンサによる建造物のひずみ計測・モニタリング技術 開発者名 日揮株式会社

試験日 令和6年 1 月 17 日 天候 晴れ 気温 11.5 °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

対象建造物の概要

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)

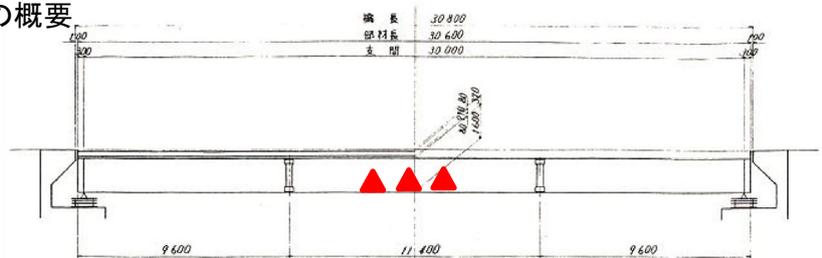


図-1 側面図

2. 載荷試験の概要

- ①車両重量
- ・車両重量: 20ton (写真-1参照)
 - ・載荷位置(静的): 支間中央(図-2参照)
 - 1/4L位置(図-2参照)
- ②計測対象箇所
- ・ひずみ量(図-2及び図-3の▲位置)

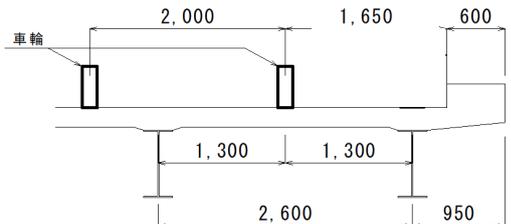


図-2 走行位置



写真-1 車両載荷(20t)

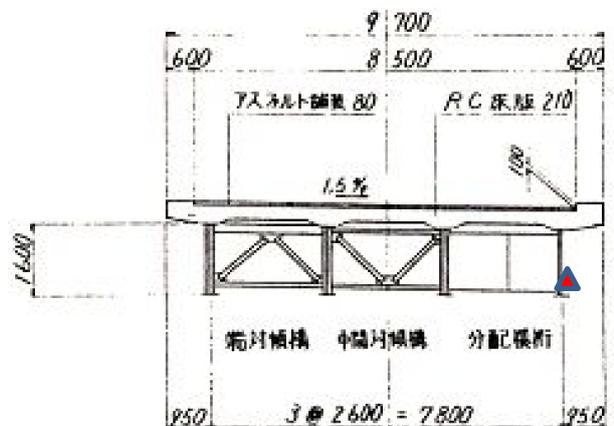


図-3 断面図



写真-2 測定対象桁およびひずみゲージ位置

①	開発者側の光学ストランドセンサ(1m)、リファレンス用ひずみゲージ(3ヶ所)を所定の位置に設置(写真-3～写真-6、図-4,5)
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。(動的)
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回行った。
⑤	車両を支間中央に停止後、変位(G2 鉛直方向)を1分間計測(静的)
⑥	車両を1/4地点に移動させ、停止後、変位(G2 鉛直方向)を1分間計測(静的)
⑦	②～④を3回繰り返す。

開発者による計測機器の設置状況

機器の構成と設置

- ①光学ストランドセンサ
- ②データ収集用 EDASステーション

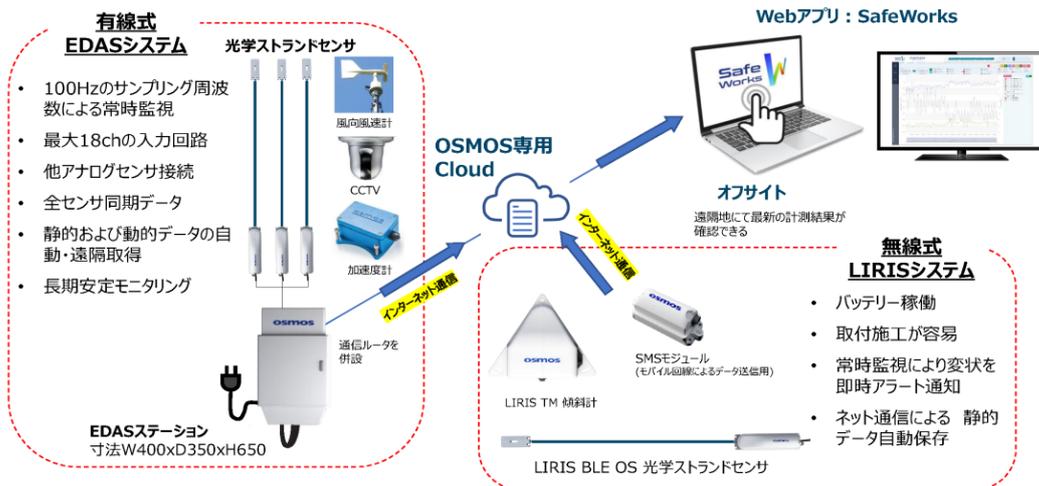


図-4 システム概要図

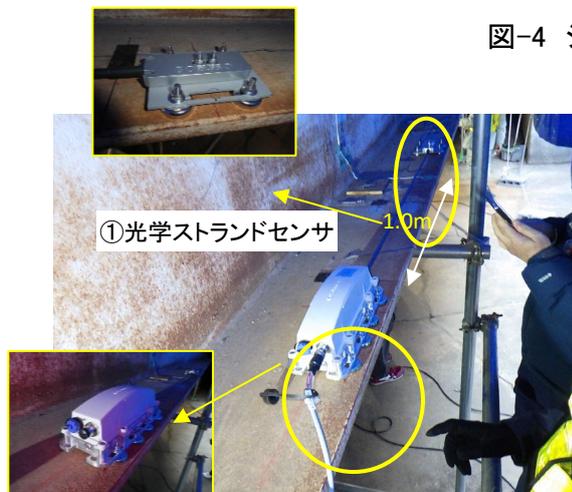


写真-3 計測機器



写真-4 通信機一式

機器の設置

ひずみゲージ3カ所

取付け位置は、図3、写真-5、6を参照。

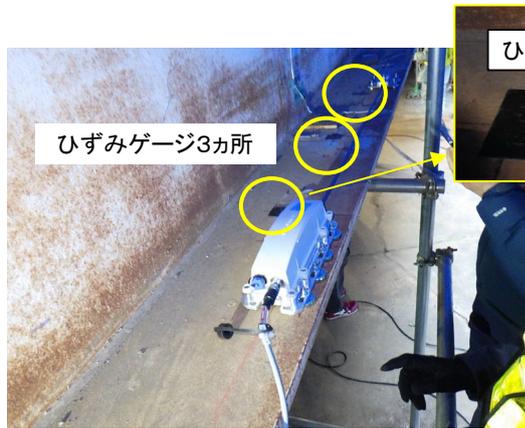


写真-5 リファレンス用計測機器

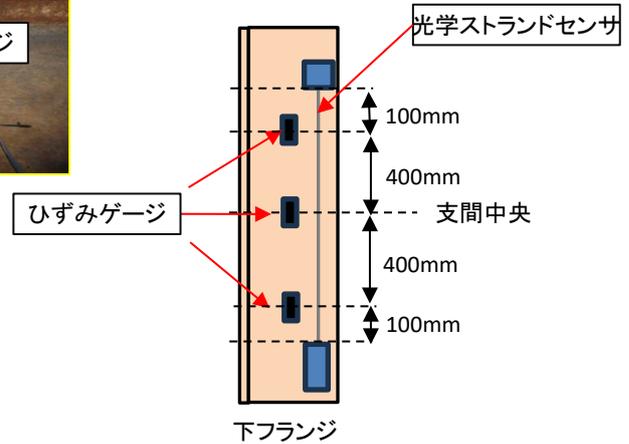


図-5 リファレンス用ひずみゲージ設置位置



写真-6 測定機器

1.計測結果(動的載荷)



回数	ひずみゲージ 平均	OSMOS 光学ストランド センサ	誤差
1	56.2	57.5	1.3
2	52.4	53.6	1.2
3	46.0	47.3	1.3
4	47.0	48.7	1.6
5	50.6	52.3	1.7

2.計測結果の比較(動的載荷)

・リファレンスと開発者測定のみずみの相対差を以下の式より算出する。

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

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

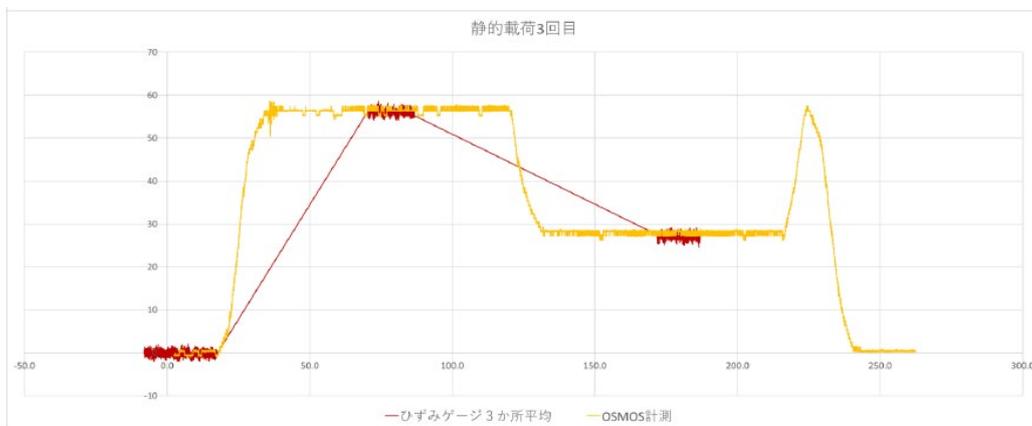
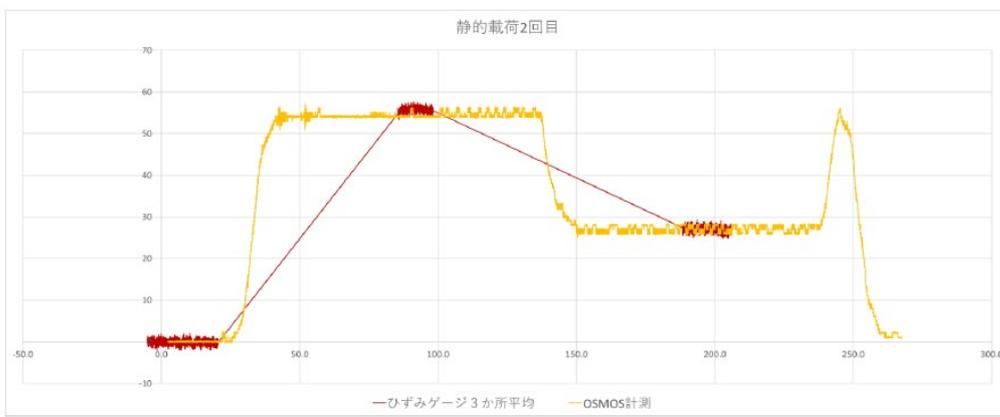
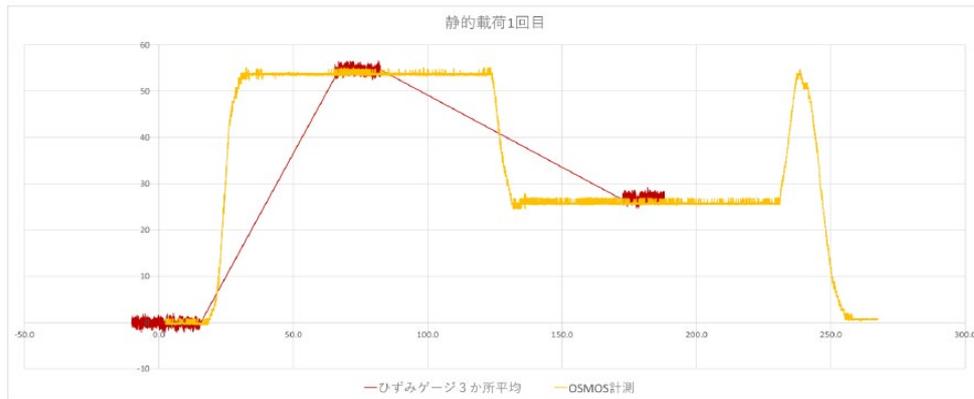
	載荷試験				
	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
リファレンス	56.2	52.4	46.0	47.0	50.6
計測結果	57.5	53.6	47.3	48.7	52.3
差分	1.32	1.19	1.26	1.64	1.66

$$X = 1.4282 \quad \mu \varepsilon$$

$$x = 2.83 \quad \%$$

動的載荷試験の相対差 X $\mu \varepsilon$ (x %) 1.4282 $\mu \varepsilon$ (2.83 %)

1.計測結果(静的载荷)



回数	スパン	ひずみゲージ				OSMOS 光学ストランドセンサ	誤差
		CH3	CH4	CH5	平均		
1	1/2	52.4	54.8	56.7	54.6	54.3	0.3
	1/4	26.3	27.3	27.3	27.0	26.4	0.6
2	1/2	54.2	55.9	57.1	55.7	54.3	1.4
	1/4	27.1	27.6	26.3	27.0	27.0	0.0
3	1/2	54.8	56.5	57.1	56.2	55.5	0.6
	1/4	26.9	27.7	26.8	27.1	27.3	0.2

2. 計測結果の比較(静的載荷)

・リファレンスと開発者測定のみずみの相対差を以下の式より算出する。

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

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 3

		載荷試験(1/2L)		
		1回目	2回目	3回目
リファレンス		54.6	55.7	56.2
計測結果		54.3	54.3	55.5
差分		0.35	1.41	0.63

サンプル数 3

		載荷試験(1/4L)		
		1回目	2回目	3回目
リファレンス		27.0	27.0	27.1
計測結果		26.4	27.0	27.3
差分		0.62	0.01	0.21

載荷試験(1/2L)

$$X = 0.9144 \quad \mu\epsilon$$

$$x = 1.65 \quad \%$$

静的載荷試験の相対差 $X \mu\epsilon (x\%)$ 0.9144 $\mu\epsilon$ (1.65 %)

載荷試験(1/4L)

$$X = 0.3757 \quad \mu\epsilon$$

$$x = 1.39 \quad \%$$

静的載荷試験の相対差 $X \mu\epsilon (x\%)$ 0.3757 $\mu\epsilon$ (1.39 %)

技術番号 BR030057

短距離

技術名 レーザードップラー振動計による非接触のケーブル張力測定技術

開発者名 神鋼検査サービス株式会社

試験日 令和6年 2月 14日 天候 晴れ 気温 6.7 °C 風速 0.3 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 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

対象構造物の概要

橋梁形式: 3径間連続斜張橋(箱桁橋)

橋長: 261m、支間長: 150.3 + 75.0 + 34.4m

全体一般図

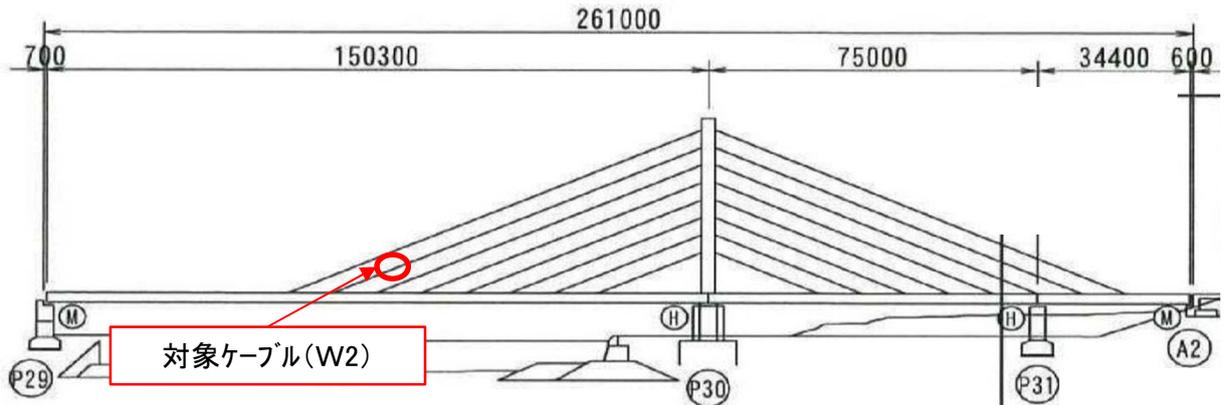
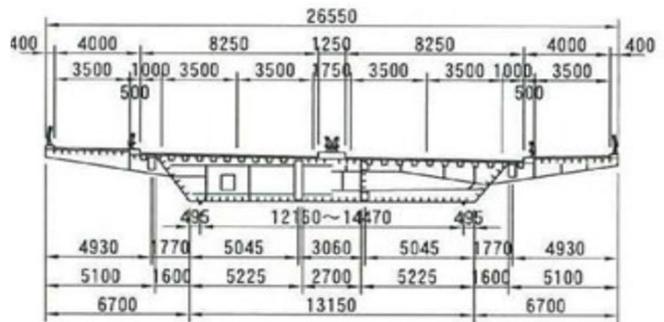


写真-1 全体写真

断面図



対象径間: 第1径間

計測対象部材: 斜材ケーブル(W2)

試験方法(手順)	技術番号	BR030057
① 計測機器を搬入・設置する。(写真-2:計測計、PC)		
② 計測箇所を特定する。(写真-3)		
③ 計測状況:対象ケーブルを人力で加振する。(5回計測)(写真-4)		
④ 計測結果の確認:PCで計測結果を確認する。(写真-5)		
⑤ 後日、計測した画像をレファレンス用加速度計(写真-6)のデータと比較する。		

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



※レファレンス用加速度計の測定

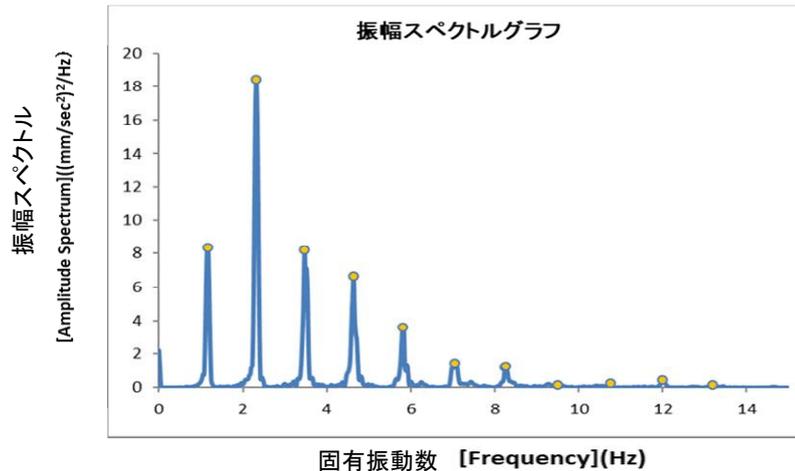
(1)固有振動数

・FFT(高速フーリエ変換)による固有振動数の算出

<算出条件>

- ①出力点数:2048(11次)
- ②窓関数:ハニング
- ③データ点数:30001
- ④サンプリング時間:0.01秒

上記算出条件のもと、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)張力の算出

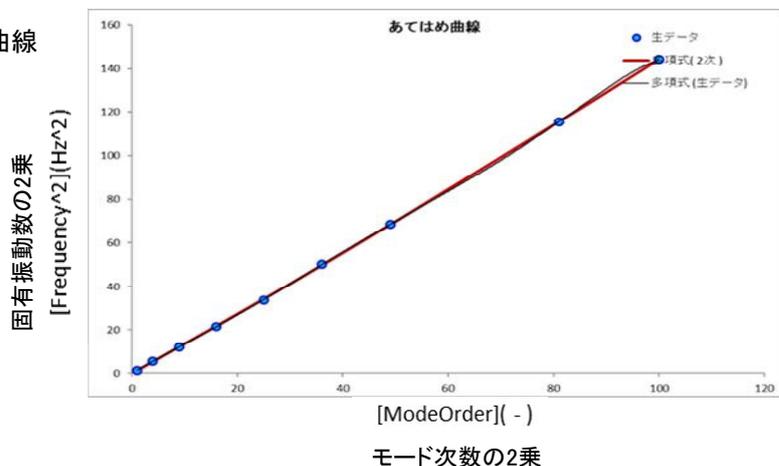
橋梁ケーブルのように張力のかかった一次元部材のたわみに関する運動方程式を両端単純支持の境界条件の基に解くと振動方程式からモード次数*i*とその固有振動数*f_i*との間に次の関係式が得られる。

$$f_i^2 = \frac{\pi^2 EI}{4\rho A L^4} i^4 + \frac{T}{4\rho A L^2} i^2$$

上式は*i*に関する多項式となっており、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を同時に求めることができる。下図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。

<算出条件>

- ①算出方法:最小二乗法による回帰曲線
- ②回帰モデル:多項式
- ③次数:2次
- ④基底関数の個数:10



1)レファレンスセンサの計測結果

(1)固有振動数

単位:Hz

9次の固有震度数は振幅スペクトル値が小さく読み取れなかった。

次数	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
1	1.171875	1.171875	1.171875	1.171875	1.171875
2	2.319336	2.319336	2.319336	2.319336	2.319336
3	3.491211	3.491211	3.491211	3.491211	3.491211
4	4.663086	4.663086	4.663086	4.638672	4.663086
5	5.859375	5.834961	5.834961	5.810547	5.859375
6	7.080078	7.055664	7.055664	7.006836	7.055664
7	8.276367	8.276367	8.276367	8.251953	8.276367
8	9.521484	9.49707	9.49707	9.521484	9.49707
9	-	-	-	-	-
10	12.01172	12.03613	12.06055	12.06055	12.01172
11	13.35449	13.33008	13.33008	13.35449	13.33008

(2)張力

$$f_i^2 = \frac{\pi^2 EI}{4\rho AL^4} i^4 + \frac{T}{4\rho AL^2} i^2$$

$$\text{上記式を2次方程式 } y = Ax^2 + Bx + C$$

<諸条件>

w 135.8/m
L 93.582m
g 9.806m/s²
A 0.02545m²
E 20000000t/m
I 5.15E-05

$$\text{ここに、} y = f_i^2, x = i^2, A = \frac{\pi^2 EI}{4\rho AL^4}, B = \frac{T}{4\rho AL^2}, C: \text{定数}$$

※1次から5次まで使用

係数	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
R2	0.999998	0.999997	0.999997	0.999990	0.999998
A	0.036	0.000	0.000	0.036	0.036
B	1.334	1.350	1.350	1.340	1.334
C	0.002	0.000	0.000	0.000	0.002
T(N)	6343754	6424453	6424453	6376451	6343754
T(t) _{レファレンス}	647.3	655.6	655.6	650.7	647.3

2) 本技術の計測結果

(1) 固有振動数

単位: Hz

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	2.3125	2.3125	2.3125	2.3281	2.3281
3	3.4844	3.4844	3.4844	3.4844	3.4844
4	4.6719	4.6719	4.6563	4.6563	4.6563
5	5.8438	5.8594	5.8438	5.8281	5.8438

(2) 張力

$$f_i^2 = \frac{\pi^2 EI}{4\rho AL^4} i^4 + \boxed{\frac{T}{4\rho AL^2}} i^2$$

係数 X

$$\text{曲線の係数} X = \frac{T}{4\rho AL^2}$$

既知であるケーブル長さ、単位重量を代入し、張力値を出す。

T:張力、ρA:単位重量、L:ケーブル長さ

ケーブル名称	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
張力(ton)	653	650	649	654	650
ケーブル長(m)	93.58	93.58	93.58	93.58	93.58
単位質量(kg/m)	135.8	135.8	135.8	135.8	135.8
固有振動数(Hz)	1次	1.1719	1.1719	1.1719	1.1719
	2次	2.3125	2.3125	2.3125	2.3281
	3次	3.4844	3.4844	3.4844	3.4844
	4次	4.6719	4.6719	4.6563	4.6563
	5次	5.8438	5.8594	5.8438	5.8281

3) 張力の比較

係数	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
R2	0.999998	0.999997	0.999997	0.999990	0.999998
A	0.036	0.000	0.000	0.036	0.036
B	1.334	1.350	1.350	1.340	1.334
C	0.002	0.000	0.000	0.000	0.002
T(N)	6343754	6424453	6424453	6376451	6343754
①T(t) _{レファレンス}	647.3	655.6	655.6	650.7	647.3
②T(t) _{神鋼検査サービス}	653	650	649	654	650
差異(②-①)/①	0.9%	-0.9%	-1.0%	0.5%	0.4%

※ レファレンス用加速度計からの張力と支援技術による張力の誤差は-1.0%~0.9%であった。

技術番号 BR030057

短距離

技術名 レーザードップラー振動計による非接触のケーブル張力測定技術

開発者名 神鋼検査サービス株式会社

試験日 令和6年 2月 14日 天候 晴れ 気温 6.7 °C 風速 0.3 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 張力

試験フェーズ 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: 3径間連続斜張橋(箱桁橋)

橋長: 261m、支間長: 150.3+75.0+34.4m

全体一般図

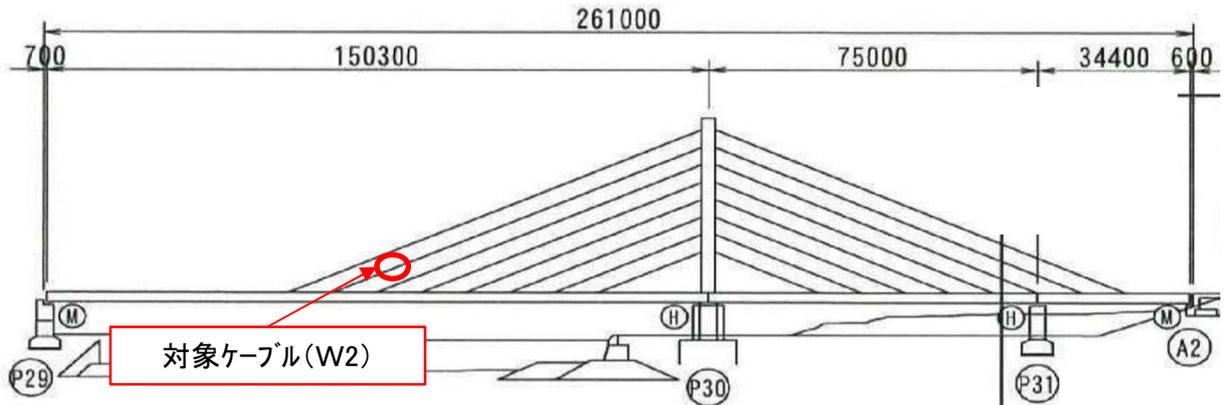
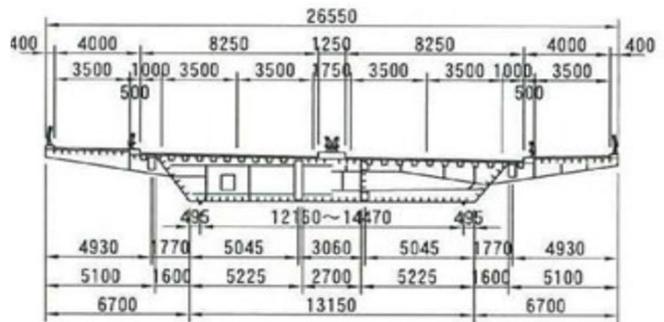


写真-1 全体写真

断面図



対象径間: 第1径間

計測対象部材: 斜材ケーブル(W2)

試験方法(手順)	技術番号	BR030057
① 計測機器の搬入(写真-2:計測計、PC)		
② 計測準備:測定箇所の特定制(写真-3)(写真-4)		
③ 計測状況:対象ケーブルを人力で加振する。(5回計測)(写真-5)		
④ 計測結果の確認:タブレットPCで計測結果を確認する。(写真-6)		
⑤ 計測結果をPCに記録する。(写真-7) 後日、計測した画像を解析し、張力を算出する。		

開発者による計測機器の設置状況



写真-2

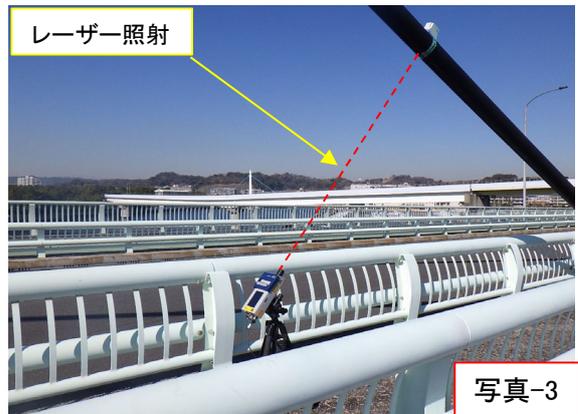


写真-3



写真-4



写真-5



写真-6

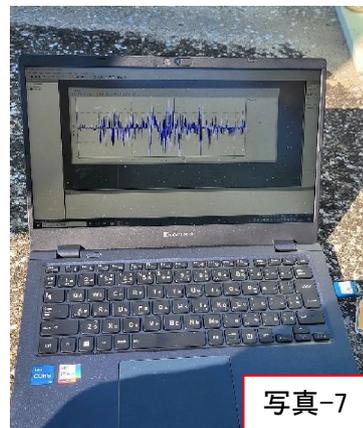


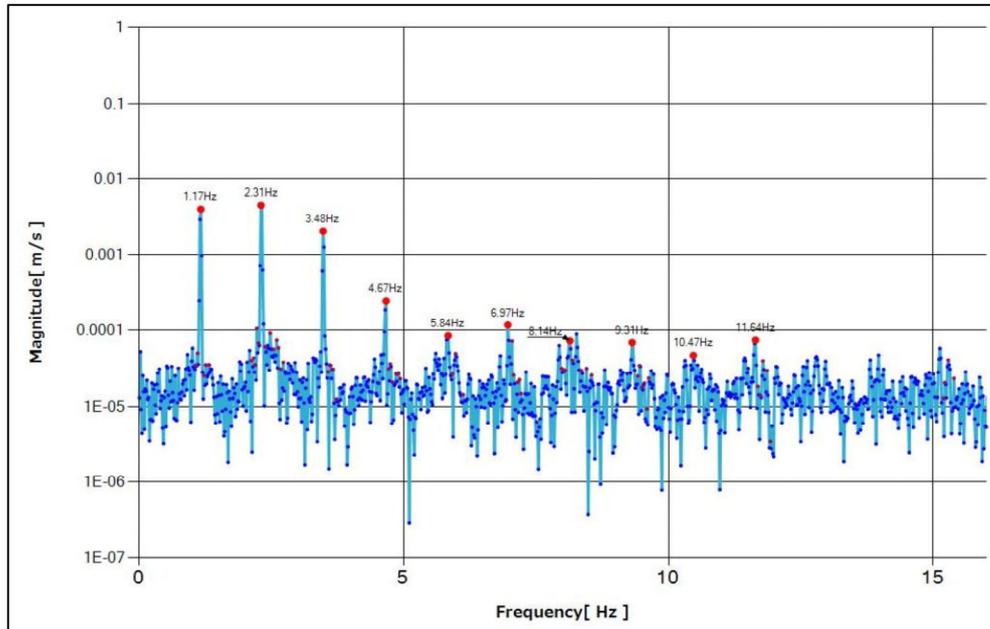
写真-7

※計測結果

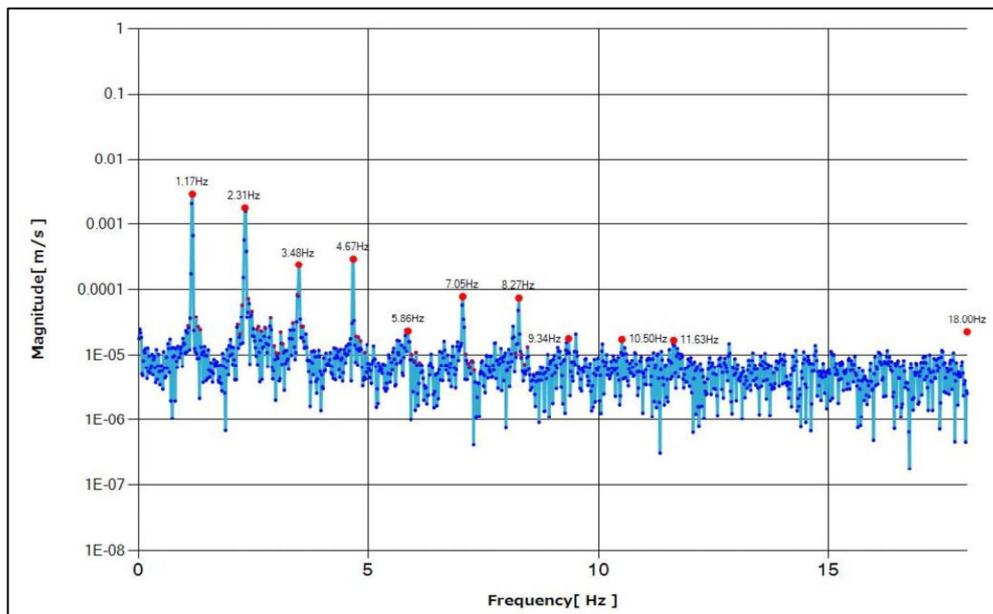
(1)固有振動数

①5回計測

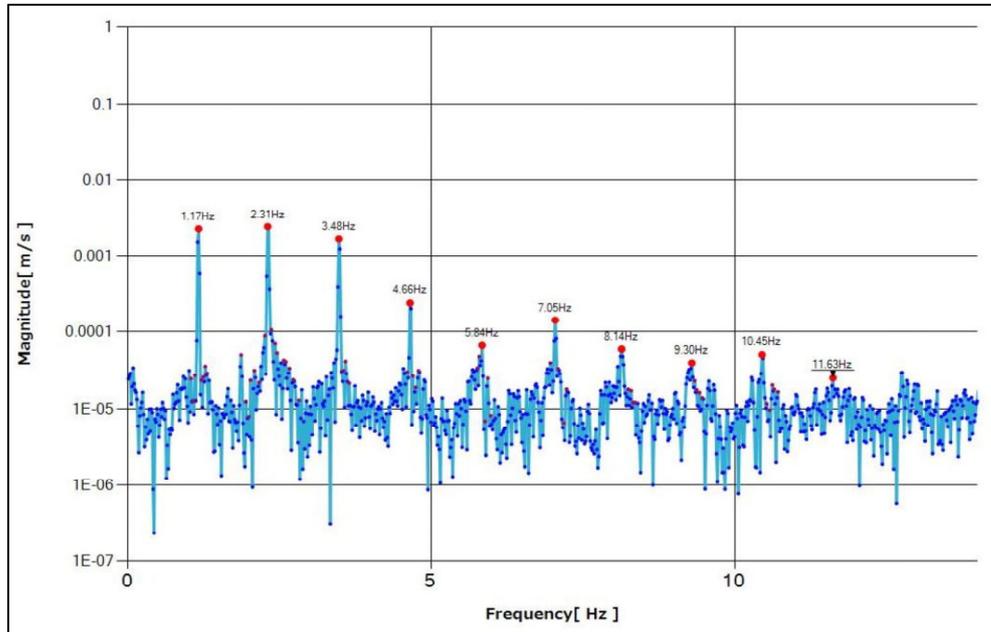
・1回目



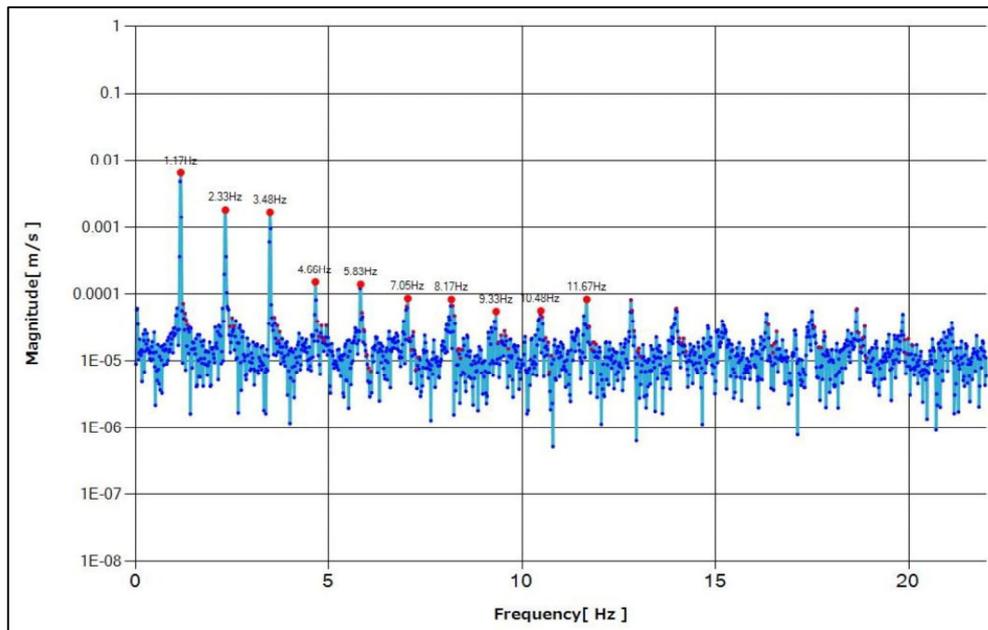
・2回目



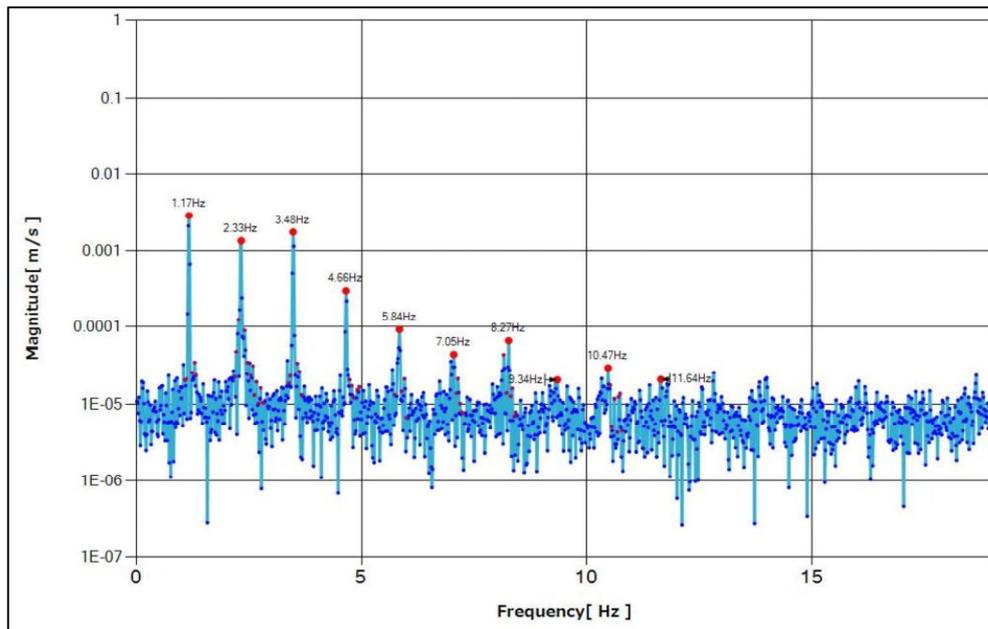
・3回目



・4回目



・5回目



(2) 固有振動数の集計(1次～5次)

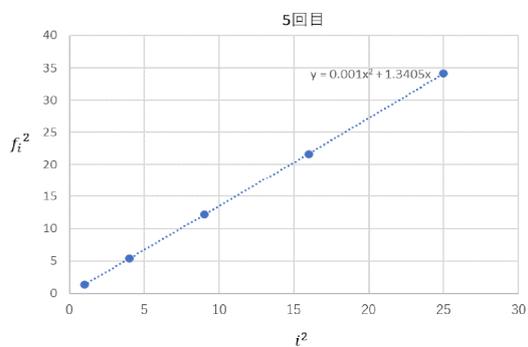
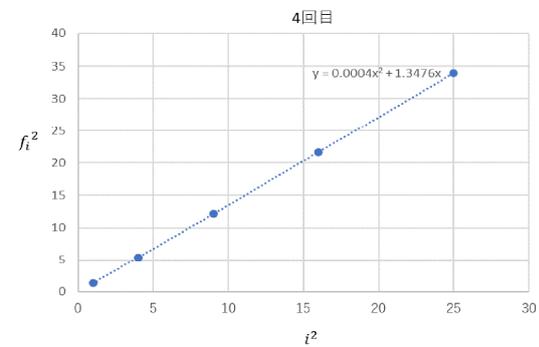
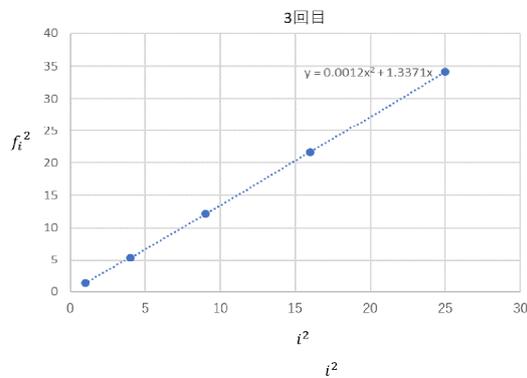
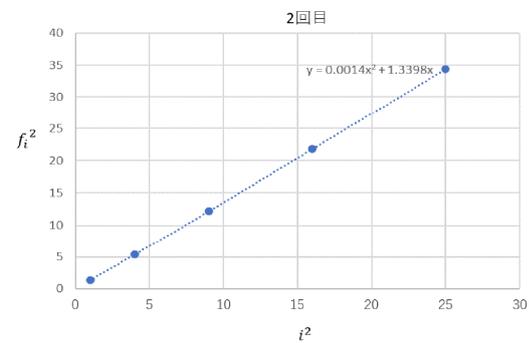
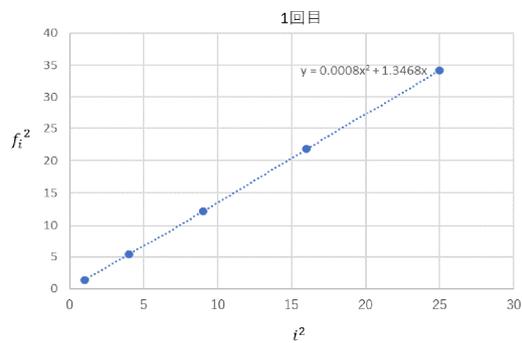
		1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
固有振動数(Hz)	1次	1.1719	1.1719	1.1719	1.1719	1.1719
	2次	2.3125	2.3125	2.3125	2.3281	2.3281
	3次	3.4844	3.4844	3.4844	3.4844	3.4844
	4次	4.6719	4.6719	4.6563	4.6563	4.6563
	5次	5.8438	5.8594	5.8438	5.8281	5.8438

(3) 固有振動数のカーブフィット(回帰曲線: 近似曲線)・・・参考(張力算定式説明用)

$$f_i^2 = \frac{\pi^2 EI}{4\rho AL^4} i^4 + \frac{T}{4\rho AL^2} i^2$$

係数

	係数	決定係数
1回目:	1.3468	1.0000
2回目:	1.3398	1.0000
3回目:	1.3371	1.0000
4回目:	1.3476	1.0000
5回目:	1.3405	1.0000



(4) ケーブル張力測定結果

① 張力 (ton)

ケーブル名称	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
張力(ton)	653	650	649	654	650
ケーブル長(m)	93.58	93.58	93.58	93.58	93.58
単位質量(kg/m)	135.8	135.8	135.8	135.8	135.8
固有振動数(Hz)	1次	1.1719	1.1719	1.1719	1.1719
	2次	2.3125	2.3125	2.3125	2.3281
	3次	3.4844	3.4844	3.4844	3.4844
	4次	4.6719	4.6719	4.6563	4.6563
	5次	5.8438	5.8594	5.8438	5.8281

② 張力 (kN)

張力の単位をtonからkN(重力加速度 9.806m/s²にて計算)

ケーブル名称	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
張力(kN)	6406.6	6373.1	6360.5	6410.1	6376.7
ケーブル長(m)	93.58	93.58	93.58	93.58	93.58
単位質量(kg/m)	135.8	135.8	135.8	135.8	135.8
固有振動数(Hz)	1次	1.1719	1.1719	1.1719	1.1719
	2次	2.3125	2.3125	2.3125	2.3281
	3次	3.4844	3.4844	3.4844	3.4844
	4次	4.6719	4.6719	4.6563	4.6563
	5次	5.8438	5.8594	5.8438	5.8281

技術番号 BR030057

長距離

技術名 レーザードップラー振動計による非接触のケーブル張力測定技術 開発者名 神鋼検査サービス株式会社

試験日 令和7年 2月 12日 天候 晴れ 気温 6.1 °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 張力 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

橋梁形式: 3径間連続斜張橋(箱桁橋)
橋長: 261m、支間長: 150.3 + 75.0 + 34.4m

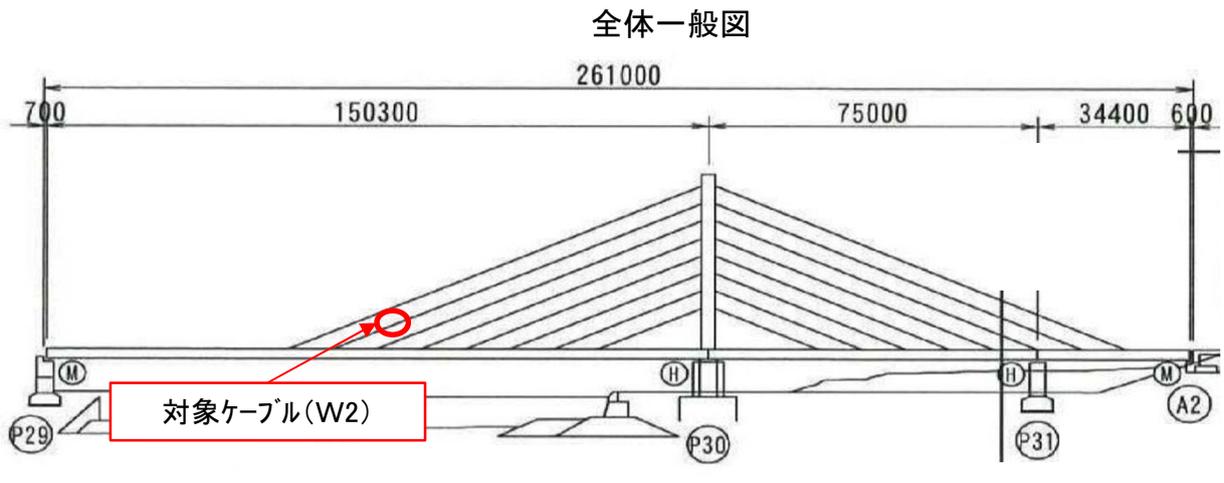
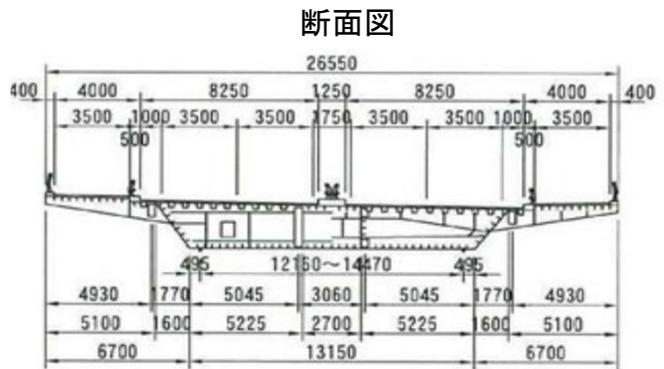


写真-1 全体写真



対象径間: 第1径間

計測対象部材: 斜材ケーブル(W2)

試験方法(手順)	技術番号	BR030057
① 計測機器を搬入・設置する。音叉(528Hz)は計測計の動作確認に使用する。(写真-2:計測計、PC)		
② 計測箇所を特定する。計測計から計測対象ケーブル迄の距離209mである。(写真-3)		
③ 計測状況:対象ケーブルを人力で加振する。(5回計測)(写真-4)		
④ 計測結果の確認:PCで計測結果を確認する。(写真-5)		
⑤ 後日、計測した画像をレファレンス用加速度計(写真-6)のデータと比較する。		

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



※レファレンス用加速度計の測定

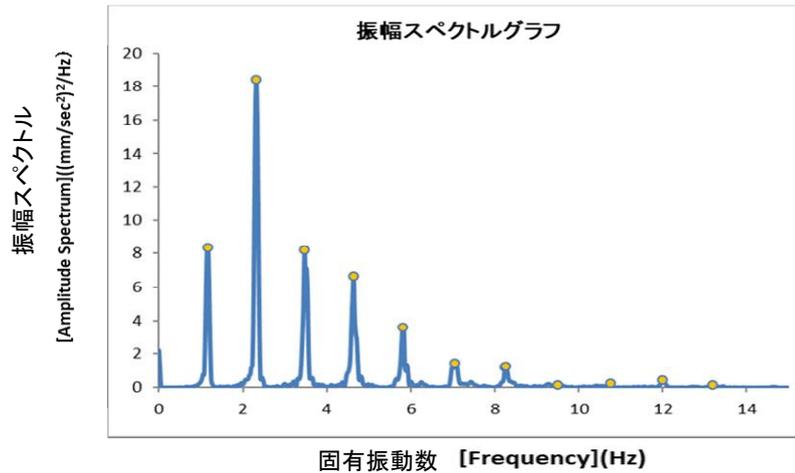
(1)固有振動数

・FFT(高速フーリエ変換)による固有振動数の算出

<算出条件>

- ①出力点数:2048(11次)
- ②窓関数:ハニング
- ③データ点数:30001
- ④サンプリング時間:0.01秒

上記算出条件のもと、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)張力の算出

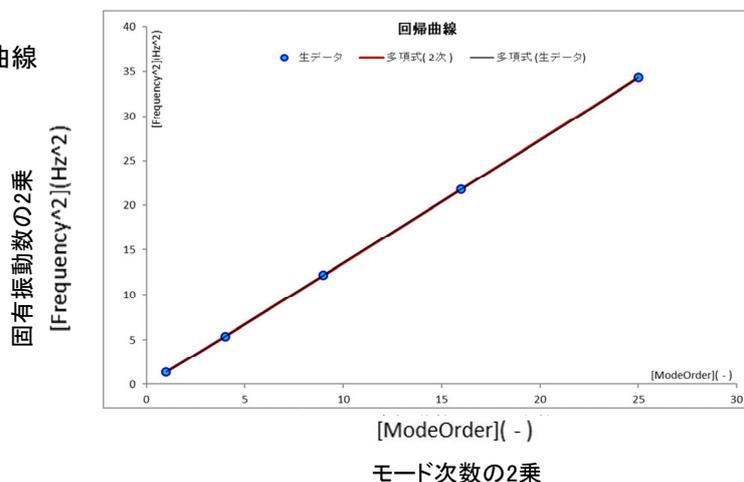
橋梁ケーブルのように張力のかかった一次元部材のたわみに関する運動方程式を両端単純支持の境界条件の基に解くと振動方程式からモード次数*i*とその固有振動数*f_i*との間に次の関係式が得られる。

$$f_i^2 = \frac{\pi^2 EI}{4\rho A L^4} i^4 + \frac{T}{4\rho A L^2} i^2$$

上式は*i*に関する多項式となっており、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を同時に求めることができる。下図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。

<算出条件>

- ①算出方法:最小二乗法による回帰曲線
- ②回帰モデル:多項式
- ③次数:2次
- ④基底関数の個数:10



1)レファレンスセンサの計測結果

(1)固有振動数

単位:Hz

次数	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
1	1.1718	1.1718	1.1718	1.1718	1.1718
2	2.3437	2.3193	2.343	2.3193	2.3193
3	3.5156	3.4912	3.5156	3.5156	3.5156
4	4.6875	4.6630	4.7119	4.7119	4.6875
5	5.8837	5.8593	5.8837	5.8593	5.8837

(2)張力

$$f_i^2 = \frac{\pi^2 EI}{4\rho AL^4} i^4 + \frac{T}{4\rho AL^2} i^2$$

上記式を2次方程式 $y = Ax^2 + Bx + C$

<諸条件>

w 135.8/m
 L 93.582m
 g 9.806m/s²
 A 0.02545m²
 E 20000000t/m
 I 5.15E-05

ここに、 $y = f_i^2$ 、 $x = i^2$ 、 $A = \frac{\pi^2 EI}{4\rho AL^4}$ 、 $B = \frac{T}{4\rho AL^2}$ 、**C:定数**

※1次から5次まで使用

係数	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
R2	0.999996	0.999998	0.999986	0.999947	0.999989
A	0.036088	0.036034	-0.036125	-0.119980	-0.011679
B	1.356257	1.333527	1.383523	1.403136	1.358835
C	0.001066	0.001526	0.000137	-0.000946	0.001048
T(N)	6451879	6343754	6581590	6674889	6464144
T(t)レファレンス	658.4	647.3	671.6	681.1	659.6

2) 本技術の計測結果

(1) 固有振動数

単位: Hz

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	2.3281	2.3281	2.3281	2.3281	2.3281
3	3.5156	3.5000	3.5000	3.5156	3.5000
4	4.6875	4.6875	4.6875	4.6875	4.6875
5	5.8906	5.8906	5.8750	5.8906	5.8750

(2) 張力

$$f_i^2 = \frac{\pi^2 EI}{4\rho AL^4} i^4 + \underbrace{\frac{T}{4\rho AL^2}}_{\text{係数 X}} i^2 \quad \text{曲線の係数 X} = \frac{T}{4\rho AL^2}$$

既知であるケーブル長さ、単位重量を代入し、張力値を出す。

T:張力、 ρA :単位重量、L:ケーブル長さ

ケーブル名称	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
張力(ton)	658	654	657	658	657
ケーブル長(m)	93.58	93.58	93.58	93.58	93.58
単位質量(kg/m)	135.8	135.8	135.8	135.8	135.8
固有振動数(Hz)	1次	1.1719	1.1719	1.1719	1.1719
	2次	2.3281	2.3281	2.3281	2.3281
	3次	3.5156	3.5000	3.5000	3.5156
	4次	4.6875	4.6875	4.6875	4.6875
	5次	5.8906	5.8906	5.8750	5.8906

3) 張力の比較

係数	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
R2	0.999996	0.999998	0.999986	0.999947	0.999989
A	0.036088	0.036034	-0.036125	-0.119980	-0.011679
B	1.356257	1.333527	1.383523	1.403136	1.358835
C	0.001066	0.001526	0.000137	-0.000946	0.001048
T(N)	6451879	6343754	6581590	6674889	6464144
①T(t)レファレンス	658.4	647.3	671.6	681.1	659.6
②T(t)神鋼検査サービス	658	654	657	658	657
差異(②-①)/①	0.6%	1.0%	-2.2%	-3.4%	-0.4%

※ レファレンス用加速度計からの張力と支援技術による張力の誤差は-3.4%~1.0%であった。

技術番号 BR030057

長距離

技術名 レーザードップラー振動計による非接触のケーブル張力測定技術

開発者名 神鋼検査サービス株式会社

試験日 令和6年 2月 14日 天候 晴れ 気温 6.7 °C 風速 0.3 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 張力

試験フェーズ 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: 3径間連続斜張橋(箱桁橋)
橋長: 261m、支間長: 150.3+75.0+34.4m

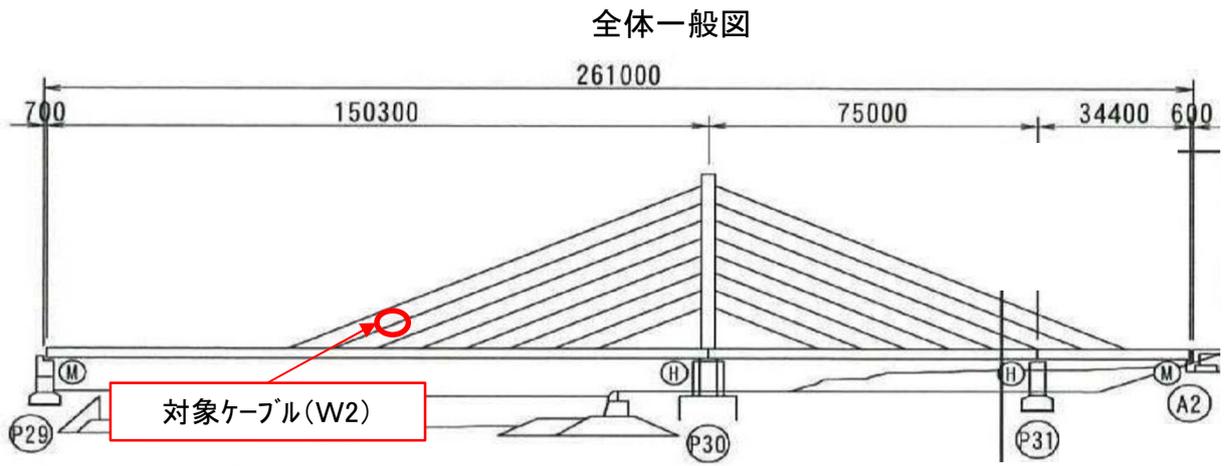
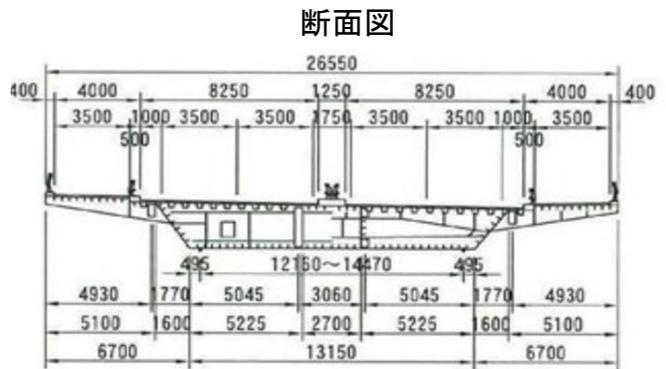


写真-1 全体写真



対象径間: 第1径間

計測対象部材: 斜材ケーブル(W2)

試験方法(手順)	技術番号	BR030057
① 計測機器の搬入(写真-2:計測計、PC)		
② 計測準備:測定箇所の特定制(写真-3)(写真-4)		
③ 計測状況:対象ケーブルを人力で加振する。(5回計測)(写真-5)		
④ 計測状況:対象ケーブルを人力で加振する。(5回計測)(写真-6)		
⑤ 計測結果をPCに記録する。(写真-7) 後日、計測した画像を解析し、張力を算出する。		

開発者による計測機器の設置状況

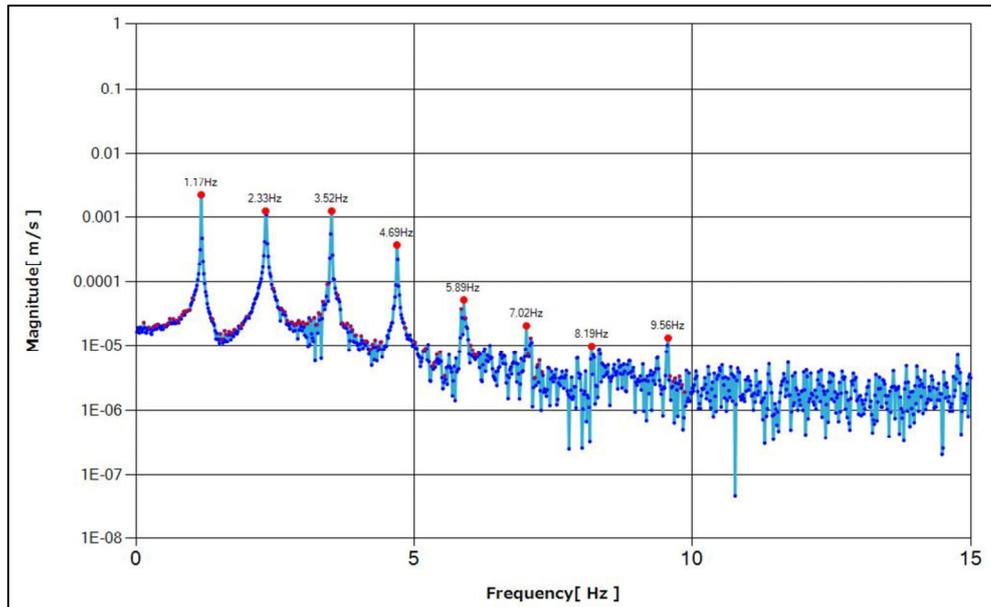


※計測結果

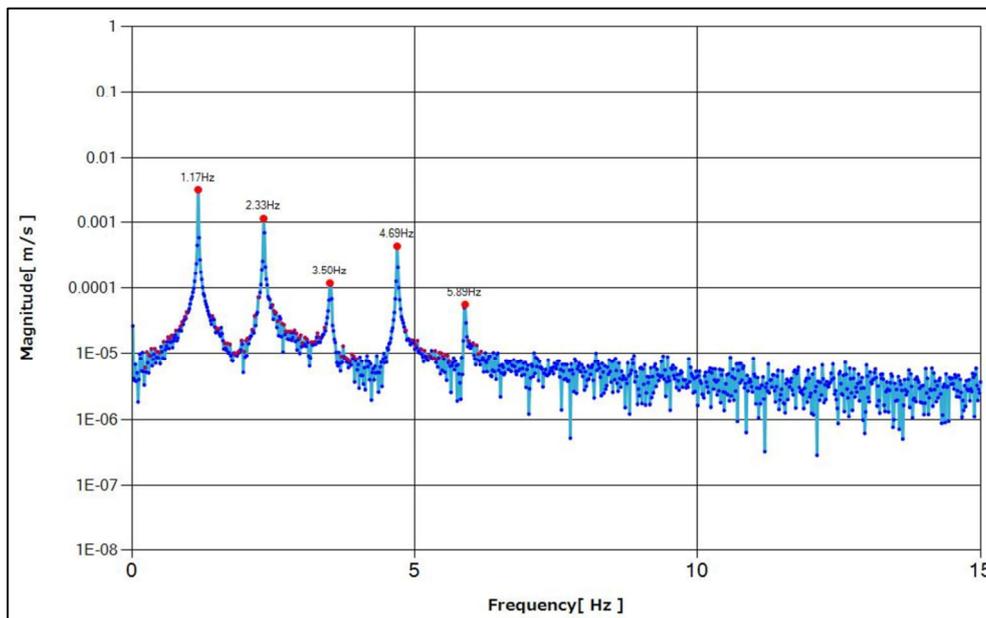
(1)固有振動数

①5回計測

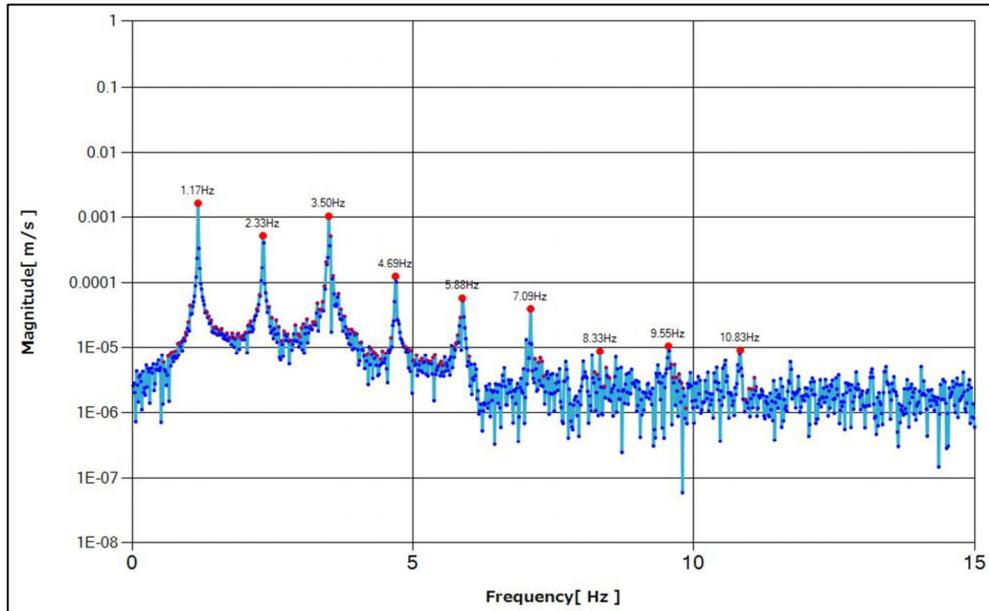
・1回目



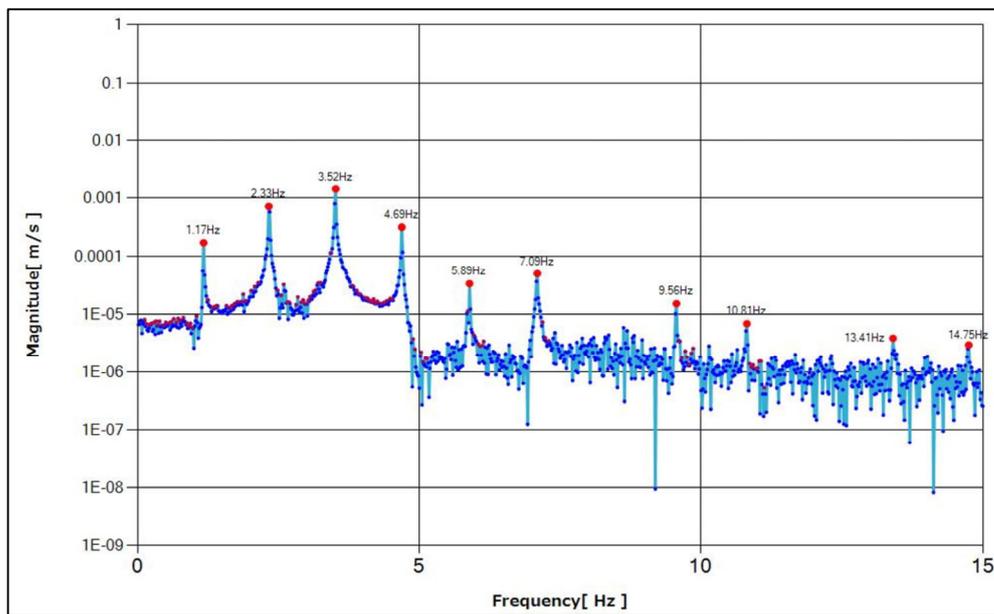
・2回目



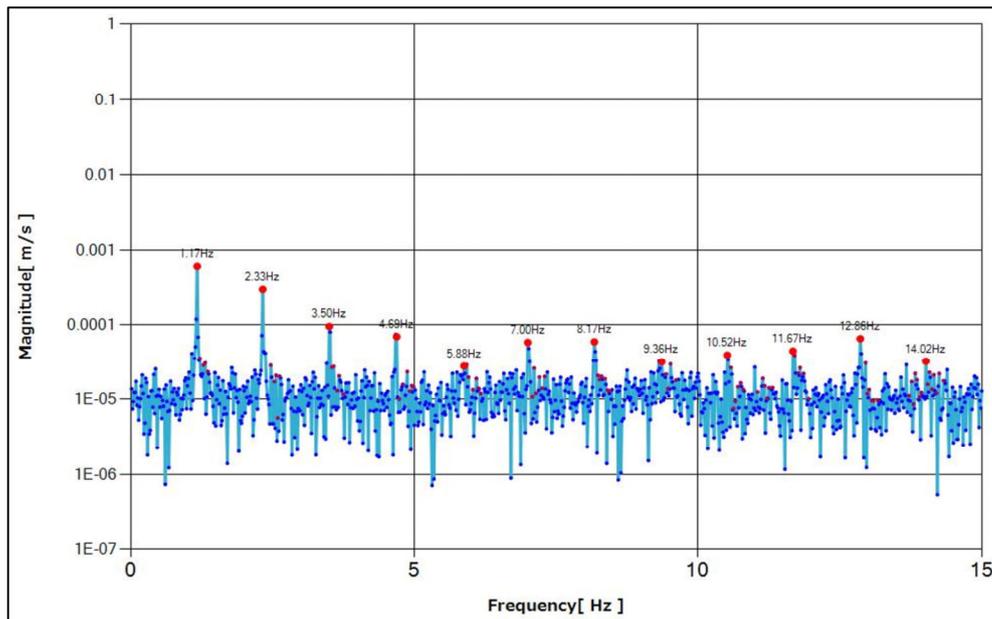
・3回目



・4回目



・5回目



(2)固有振動数の集計(1次～5次)

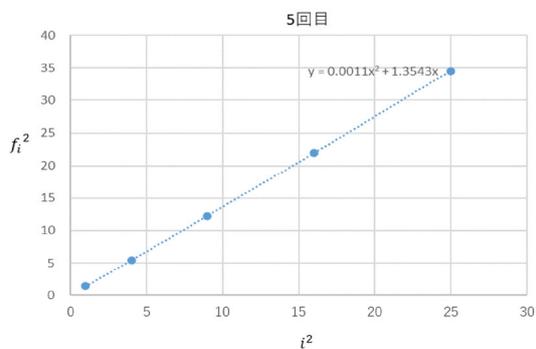
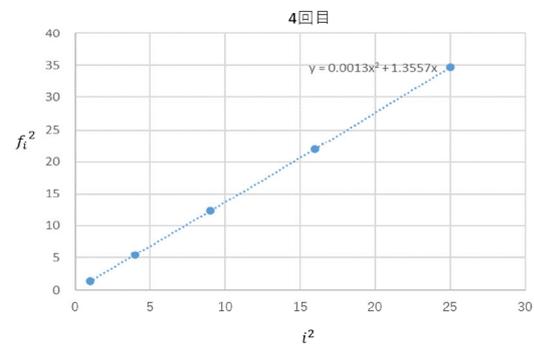
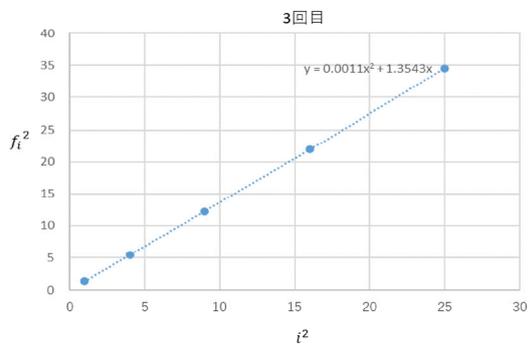
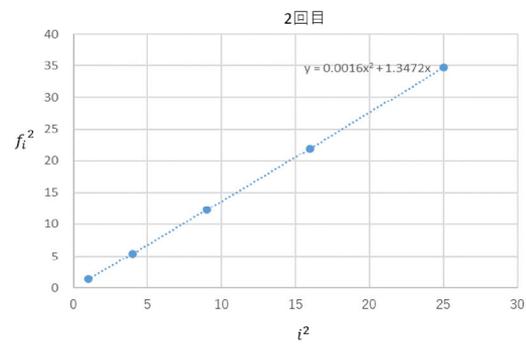
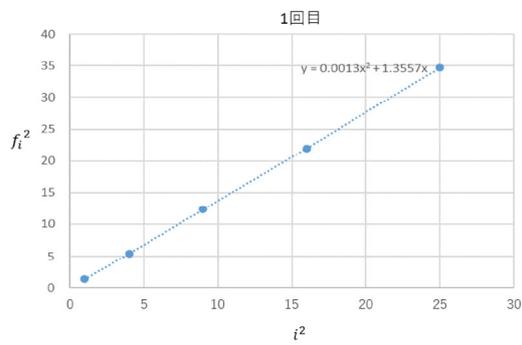
		1 回目	2 回目	3 回目	4 回目	5 回目
固有振動数 (Hz)	1 次	1.1719	1.1719	1.1719	1.1719	1.1719
	2 次	2.3281	2.3281	2.3281	2.3281	2.3281
	3 次	3.5156	3.5000	3.5000	3.5156	3.5000
	4 次	4.6875	4.6875	4.6875	4.6875	4.6875
	5 次	5.8906	5.8906	5.8750	5.8906	5.8750

(3) 固有振動数のカーブフィット(回帰曲線: 近似曲線)・・・参考(張力算定式説明用)

$$f_i^2 = \frac{\pi^2 EI}{4\rho AL^4} i^4 + \frac{T}{4\rho AL^2} i^2$$

係数

	係数	決定係数
1回目:	1.3557	1.0000
2回目:	1.3472	1.0000
3回目:	1.3543	1.0000
4回目:	1.3557	1.0000
5回目:	1.3543	1.0000



(4) ケーブル張力測定結果

① 張力 (ton)

ケーブル名称		1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
張力(ton)		658	654	657	658	657
ケーブル長(m)		93.58	93.58	93.58	93.58	93.58
単位質量(kg/m)		135.8	135.8	135.8	135.8	135.8
固有振動数(Hz)	1次	1.1719	1.1719	1.1719	1.1719	1.1719
	2次	2.3281	2.3281	2.3281	2.3281	2.3281
	3次	3.5156	3.5000	3.5000	3.5156	3.5000
	4次	4.6875	4.6875	4.6875	4.6875	4.6875
	5次	5.8906	5.8906	5.8750	5.8906	5.8750

② 張力 (kN)

張力の単位をtonからkN(重力加速度 9.806m/s²にて計算)

ケーブル名称		1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
張力(kN)		6449	6409	6442	6449	6442
ケーブル長(m)		93.58	93.58	93.58	93.58	93.58
単位質量(kg/m)		135.8	135.8	135.8	135.8	135.8
固有振動数(Hz)	1次	1.1719	1.1719	1.1719	1.1719	1.1719
	2次	2.3281	2.3281	2.3281	2.3281	2.3281
	3次	3.5156	3.5000	3.5000	3.5156	3.5000
	4次	4.6875	4.6875	4.6875	4.6875	4.6875
	5次	5.8906	5.8906	5.8750	5.8906	5.8750

技術番号 BR030058

技術名 Single-i(シングル アイ)工法

開発者名 一般社団法人 Triple EYE (トリプル アイ)協会

試験日 令和2年 12月 21日 天候 - 気温 - °C 風速 - m/s

試験場所 某橋梁(宮城県)

カタログ分類 計測・モニタリング技術 カタログ

検出項目 床版劣化

試験区分 現場試験

試験で確認する
カタログ項目 動作確認(精度以外)

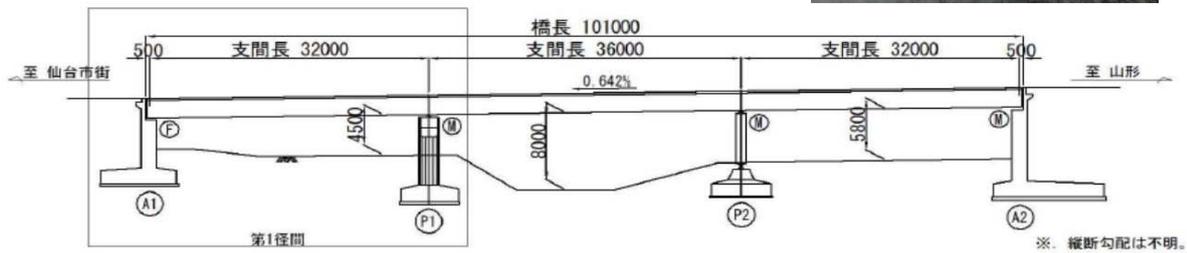
対象構造物の概要

1.対象橋梁の概要

上部工形式;3径間連続非合成鉄桁橋

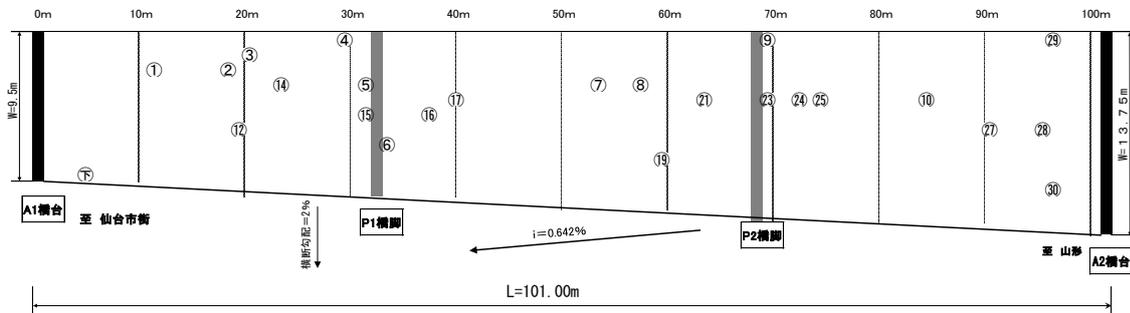
橋長;101.00m 幅員;10.40~14.65m

1973年12月供用開始 一等橋(TL-20)



2.Single-i(シングル アイ)工法による床版内部状況の調査

Single-i(シングル アイ)工法による調査位置



※ 計測結果の比較では、一例として調査地点①の結果を記載

① 鉄筋探査計による鉄筋位置の確認と削孔位置の決定

② 一次削孔(φ5mm)

③ 特殊樹脂注入

④ 二次削孔(φ10.5mm)

⑤ 内視鏡による孔内撮影(直視画像、側視画像)

開発者による計測機器の設置状況



①一次削孔(φ5mm)



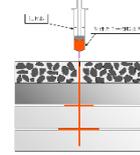
②鉄筋探査状況



③特殊カラー樹脂の注入状況



特殊カラー樹脂



特殊カラー樹脂の広がりにイメージ



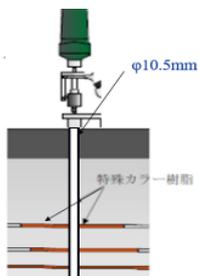
④二次削孔(φ10.5mm)



⑤内視鏡による孔内撮影

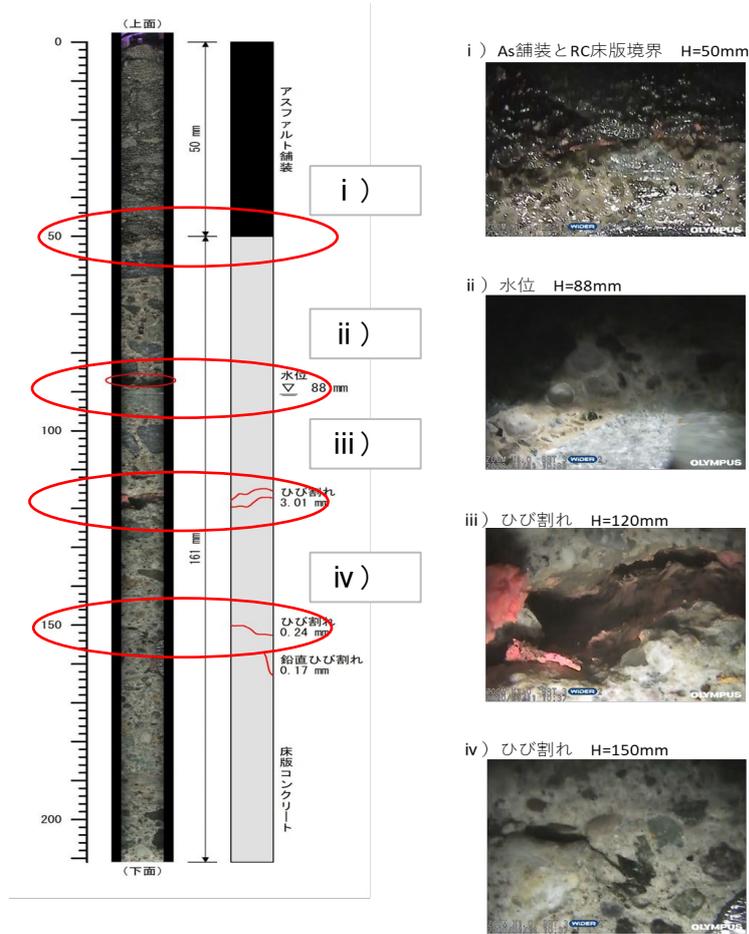


孔内撮影の使用機器



二次削孔と特殊カラー樹脂によるひび割れ確認のイメージ

調査地点No.①

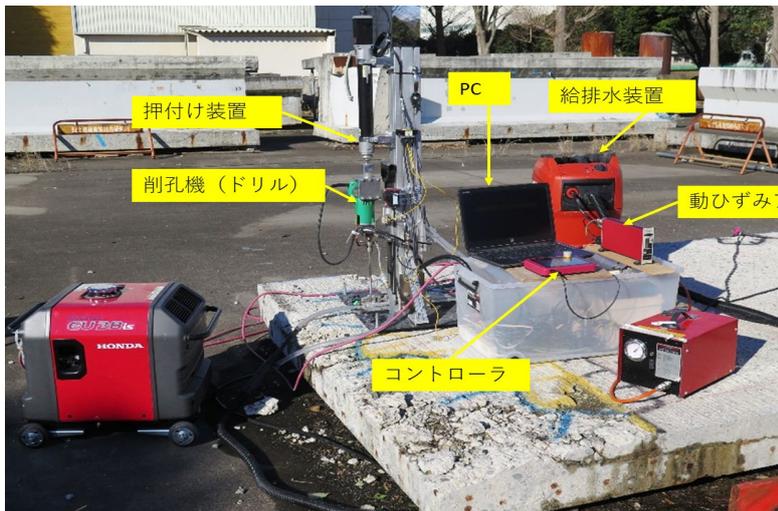


Single-i(シングル アイ)工法の調査結果
(床版内部の柱状図と側視画像)

① 鉄筋探査計による鉄筋位置の確認と削孔位置の決定

② 削孔(削孔速度の測定)

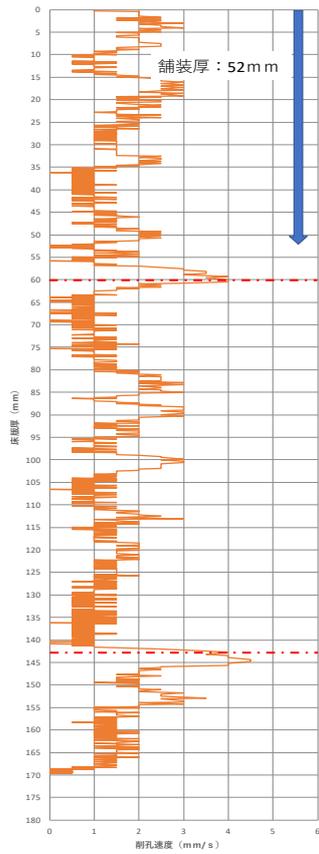
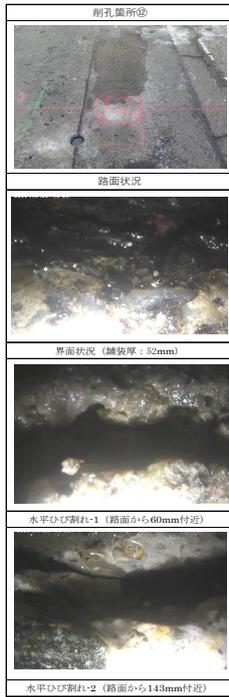
開発者による計測機器の設置状況



ドリル刃先にはこのようなダイヤモンドビットを使用している

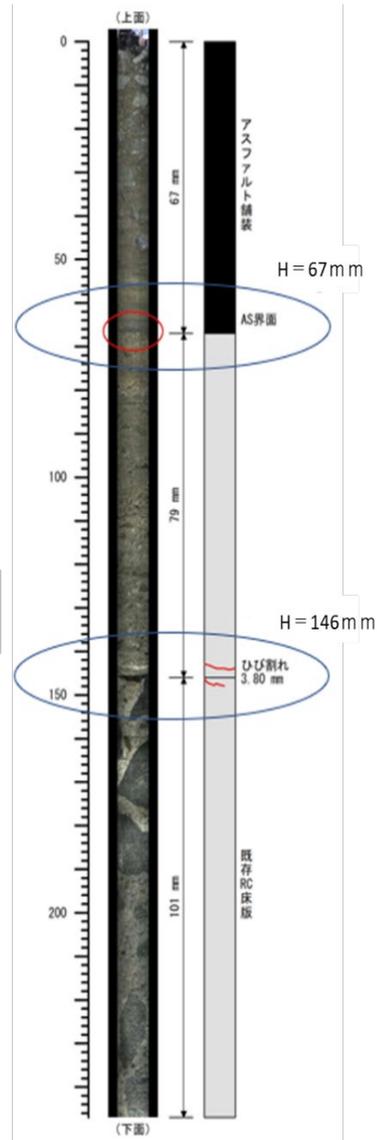
- ① 装置は、押付け装置を有する削孔機、コントローラ、循環式の給排水装置、データを取り込むためのパソコンなどからなる
- ② 押付け装置は市販のロボットシリンダーであって、削孔時にドリルを一定の力(15kgf)で押し付ける
- ③ 削孔時に巻取り型変位計、動はずみアンプにより、ドリルの沈下速度(削孔速度)を測定する
- ④ 削孔速度の変化から、コンクリート内部の状況を推定する
- ⑤ 精度検証をする場合には、内視鏡を用いて、削孔内部の状況を確認、削孔速度の測定結果と照合する

調査地点No.⑫



MDT工法の調査結果

水平ひび割れ



Single-i(シングル アイ)工法の調査結果

技術番号 BR030060

技術名 水中自航型ロボットカメラ(水中ドローン)による水中部の点検支援技術 開発者名 株式会社ジュンテクノテクノサービス

試験日 令和5年 12月 14日 天候 晴れ 気温 17.6 °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
進入可能性能
計測精度

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設置、および、進入可能性確認のための、架台を設置
(図-1,写真-1,2,3)



写真-1 小水槽(満水時)

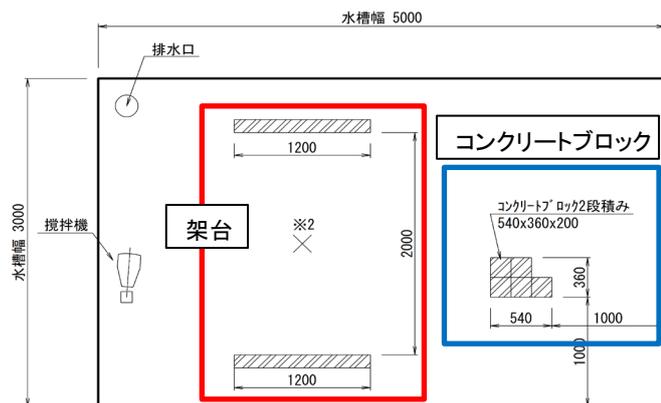


図-1 小水槽平面図

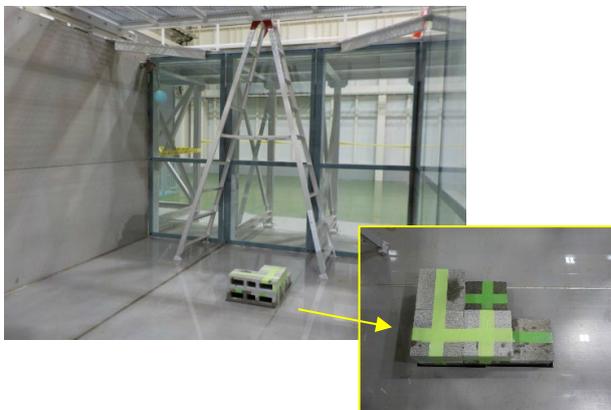


写真-2 コンクリートブロック設置

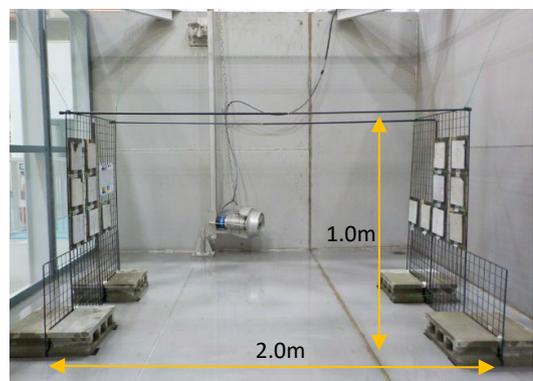


写真-3 架台の設置

- ① 計測装置の準備を行い、計測装置を着水(写真-4,5)
- ② 安定性能、進入可能性能の確認(写真-6)
- ③ 濁度なし(濁度1.6度)流速なし(流速0m/s)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-7)
- ④ 流速装置(攪拌機)による流速を発生した状態(濁度0、流速0.1~0.4m/s)でコンクリートブロックの形状を計測
- ⑤ ②、③を濁度60~90の状態ですべて計測(写真-8)
- ⑥ 後日、解析結果から洗掘の状態を確認

開発者による計測機器の設置状況



写真-4



写真-5

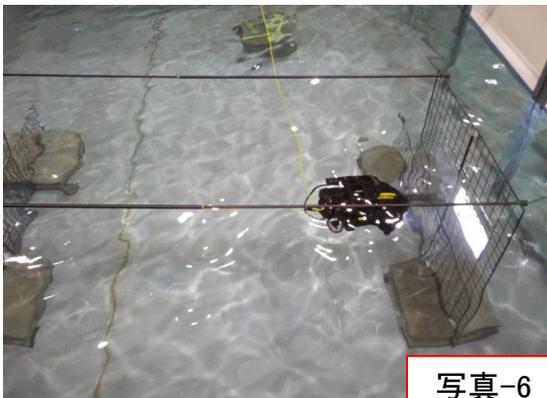


写真-6

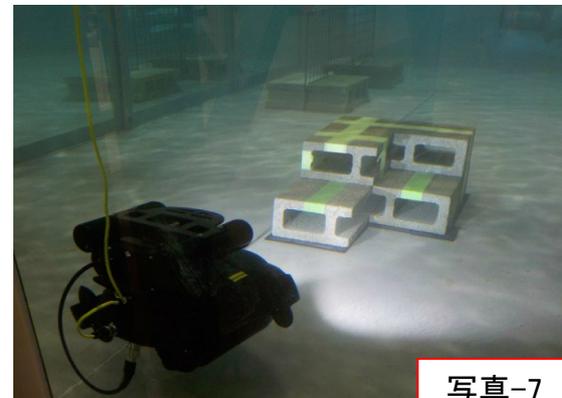


写真-7



写真-8



写真-9

※安定性能

■流速0.2m/s、水深1.2m、濁度0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



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

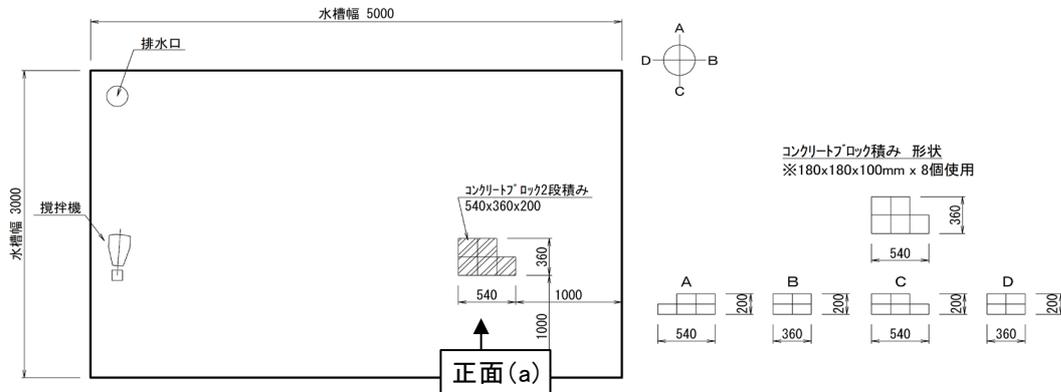


図-2 コンクリートブロック設置位置

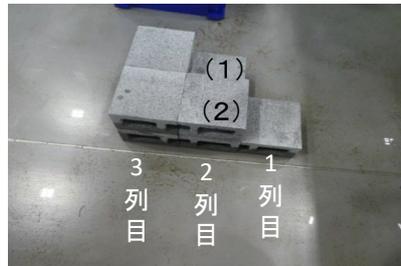


写真-10 コンクリートブロック

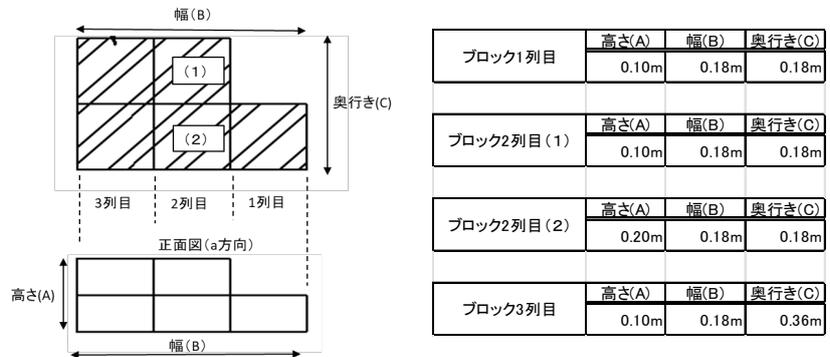


図-3 コンクリートブロック寸法(真値)



写真-11 濁度材投入状況



写真-12 流速装置(攪拌機)

計測条件

計測1回目: 流速0m/s, 濁度1.6度

計測2回目: 流速0.4/s, 濁度1.6度

計測3回目: 流速0m/s, 濁度85.5度

計測4回目: 流速0.2m/s, 濁度85.5度

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

※計測結果

※安定性能

変化量:0cm

※進入可能性

W2.0m×H1.0m×L1.0mの空間を進入可能

※計測精度

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	0.2	0.2	0	0.02	0.02
計測2回目	0.1	0.18	0.18	0.1	0.2	0.2	0	0.02	0.02
計測3回目	0.1	0.18	0.18	0.1	0.2	0.2	0	0.02	0.02
計測4回目	0.1	0.18	0.18	0.1	0.2	0.2	0	0.02	0.02

ブロック2列目(1)	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	0.2	0.2	0	0.02	0.02
計測2回目	0.1	0.18	0.18	0.1	0.2	0.2	0	0.02	0.02
計測3回目	0.1	0.18	0.18	0.1	0.2	0.2	0	0.02	0.02
計測4回目	0.1	0.18	0.18	0.1	0.2	0.2	0	0.02	0.02

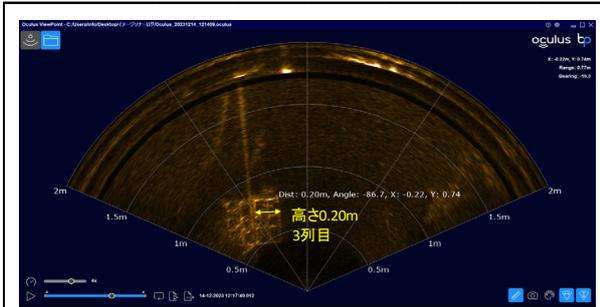
ブロック2列目(2)	リファレンス(m)			当該技術(m)			差分		
	高さ(A)	幅(B)	奥行き(C)	高さ(A)	幅(B)	奥行き(C)	高さ(A)	幅(B)	奥行き(C)
計測1回目	0.2	0.18	0.18	0.2	0.2	0.2	0	0.02	0.02
計測2回目	0.2	0.18	0.18	0.2	0.2	0.2	0	0.02	0.02
計測3回目	0.2	0.18	0.18	0.2	0.2	0.2	0	0.02	0.02
計測4回目	0.2	0.18	0.18	0.2	0.2	0.2	0	0.02	0.02

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	0.36	0.2	0.2	0.4	0	0.02	0.04
計測2回目	0.2	0.18	0.36	0.2	0.2	0.4	0	0.02	0.04
計測3回目	0.2	0.18	0.36	0.2	0.2	0.4	0	0.02	0.04
計測4回目	0.2	0.18	0.36	0.2	0.2	0.4	0	0.02	0.04

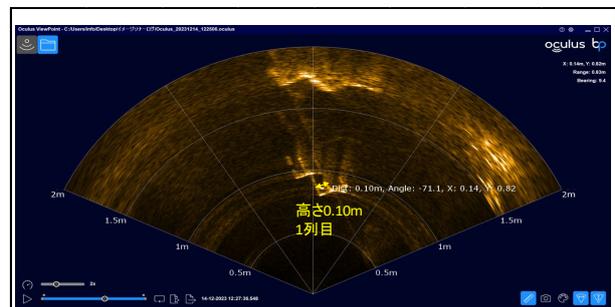
$$\text{計測精度} = \sqrt{\frac{(x_1 - a)^2 + \dots + (x_n - a)^2}{n}}$$

		計測精度
計測1回目	流速0m/s,濁度1.6度	0.054
計測2回目	流速流速0.2~0.4m/s,濁度1度	0.054
計測3回目	流速0m/s,濁度60~90度	0.054
計測4回目	流速0.2~0.4m/s,濁度60~90度	0.054

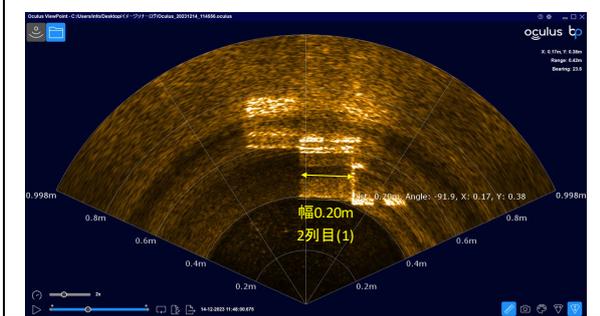
計測データ



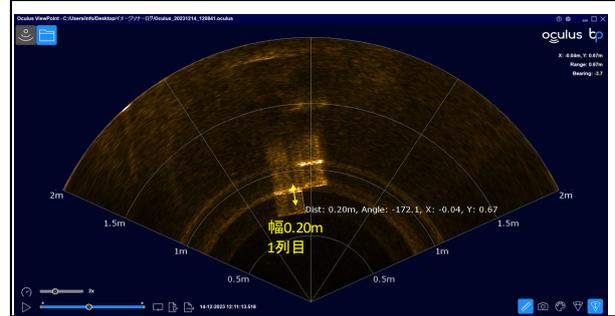
①流れなし濁度なし 高さ(A)の計測



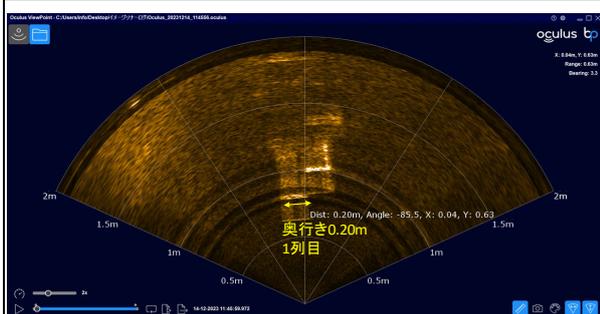
②流れあり濁度なし 高さ(A)の計測



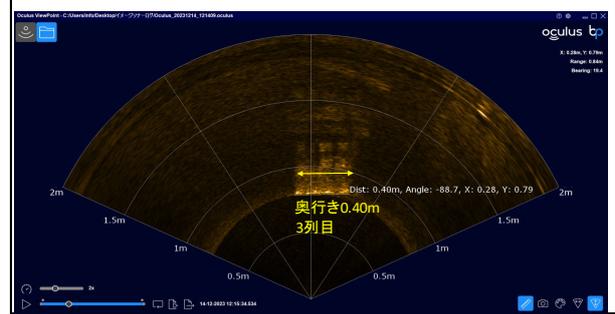
①流れなし濁度なし 幅(B)の計測



②流れあり濁度なし 幅(B)の計測

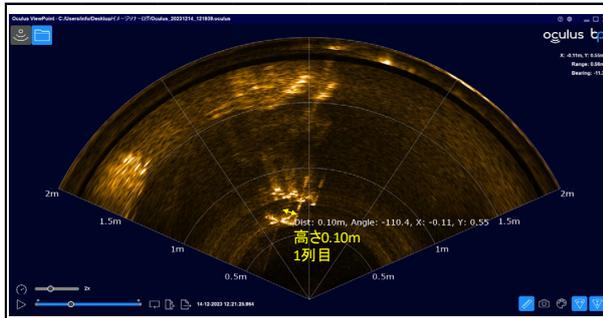


①流れなし濁度なし 奥行き(C)の計測

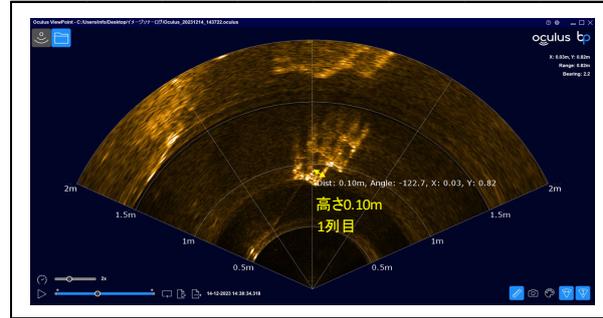


②流れあり濁度なし 奥行き(C)の計測

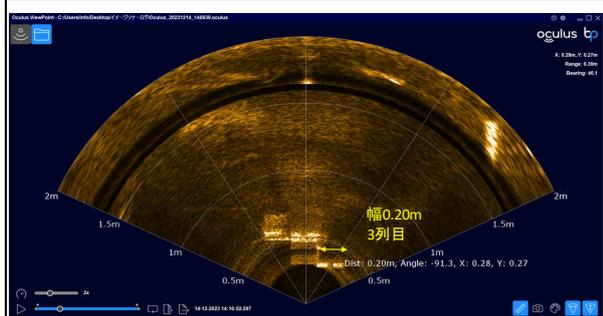
計測データ



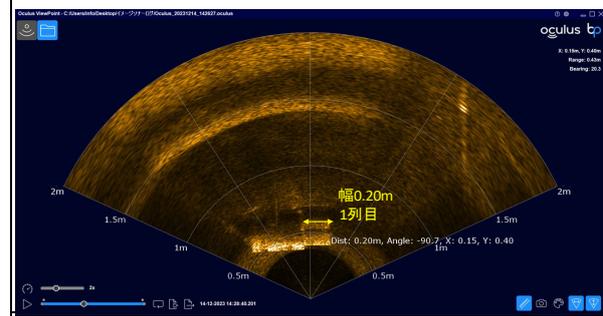
③流れなし濁度あり 高さ(A)の計測



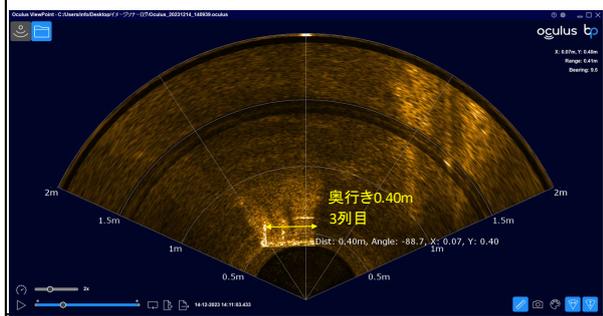
④流れあり濁度あり 高さ(A)の計測



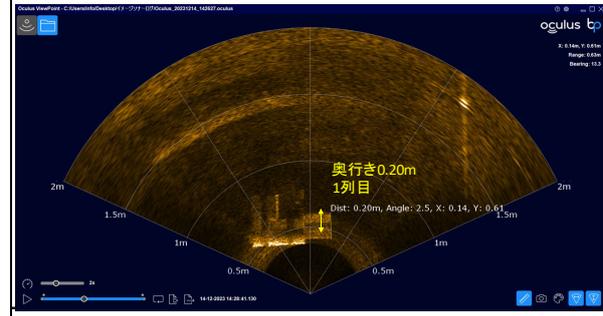
③流れなし濁度あり 幅(B)の計測



④流れあり濁度あり 幅(B)の計測



③流れなし濁度あり 奥行き(C)の計測



④流れあり濁度あり 奥行き(C)の計測

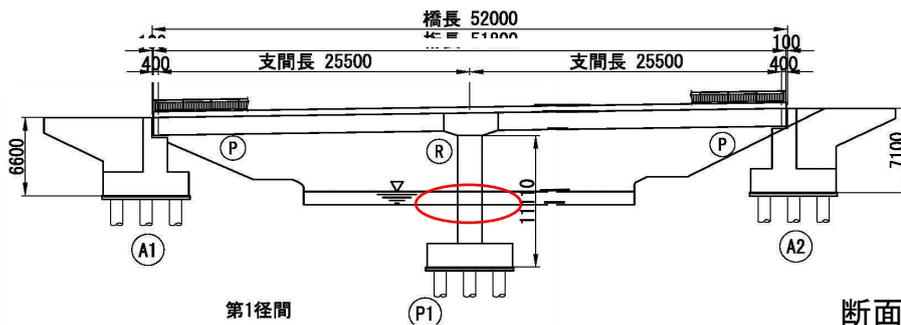
技術番号	BR030060						
技術名	水中自航型ロボットカメラ(水中ドローン)による水中部の点検支援技術	開発者名	株式会社ジュンテクノテクノサービス				
試験日	令和6年 2月 19日	天候	曇り	気温	18.5 °C	風速	1.5 m/s
試験場所							
カタログ分類	計測・モニタリング技術 カタログ	検出項目	洗掘	試験区分	現場試験		

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



断面図

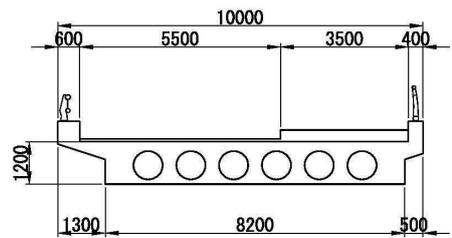
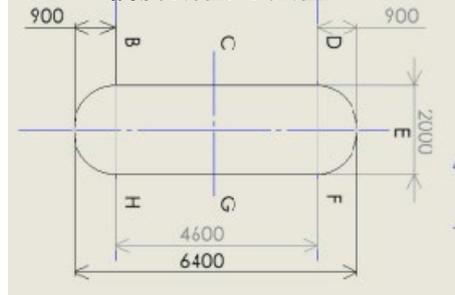


写真-1 全体写真

橋脚断面寸法図



対象部材: P1橋脚・2基

- ① 機材搬入(写真-2:水中ドローン)
- ② 計測機器の設置(写真-3:左よりコントローラ、タッチパネル)
- ③ 計測機器の設置(写真-4:左よりモニター、PC)
- ④ ドローン投入状況(写真-5:水中ドローンの投入)
- ⑤ 計測状況(写真-6:左(操縦者)、右(補助員)、写真-7: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



写真-7

※下りP1橋脚上流側の河床深さ(写真-7)



写真-7

風速:0~1.5m/s

濁度:24.8NTU

気温:18.5°C

下流



P1橋脚

(実測2.4m)

上流

← 流速:0.018m/s

※上りP1橋脚下流側の河床深さ(写真-8)



写真-8

風速:0~4.9m/s

濁度:24.8NTU

気温:21.3°C

下流

(実測1.9m)



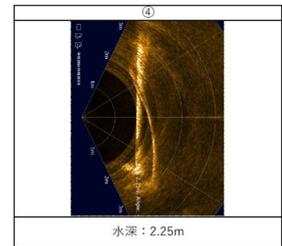
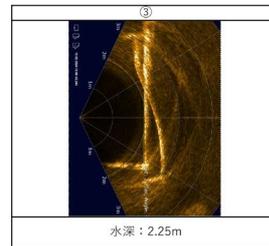
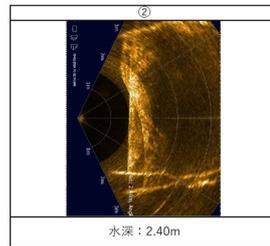
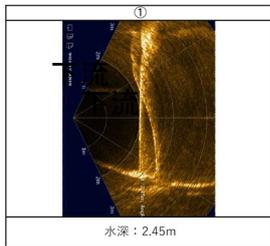
P1橋脚

上流

← 流速:0.078m/s

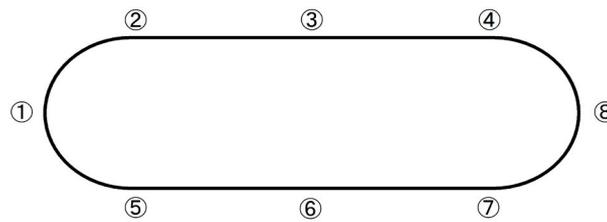
※計測結果

①下り

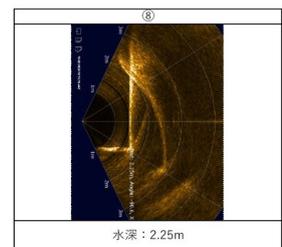
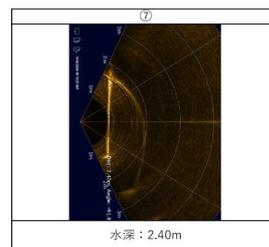
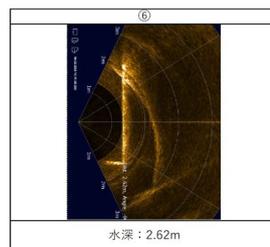
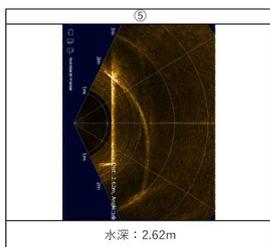


P1

上流



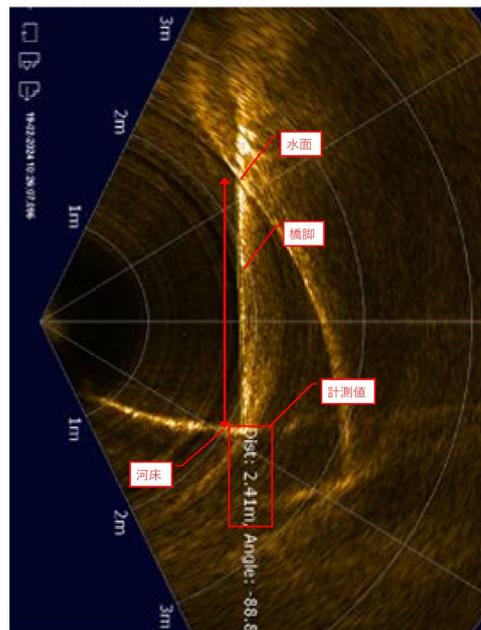
下流



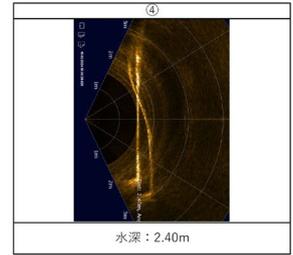
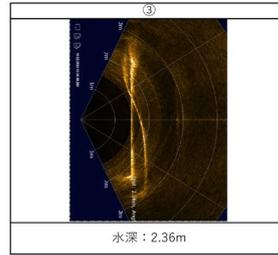
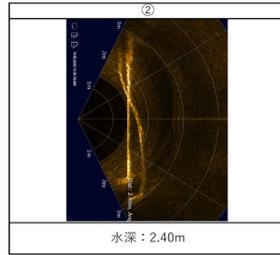
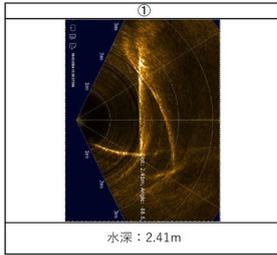
-計測方法-

・下記の画像は、鉛直方向に発信した超音波によりとらえた橋脚周辺の音響画像である。

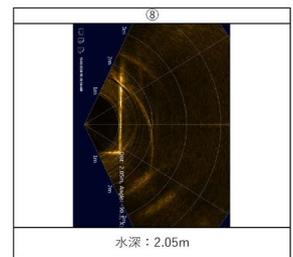
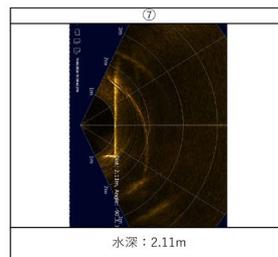
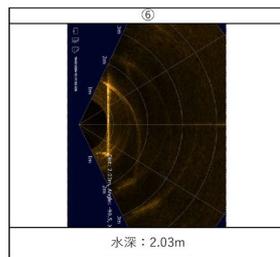
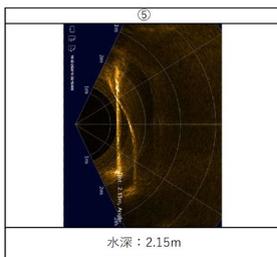
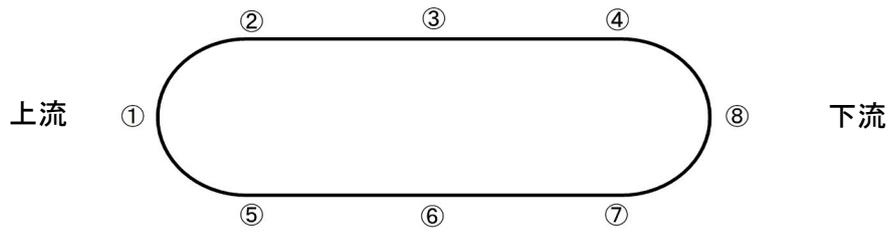
変状有無の確認及び水面から河床までの距離を計測することで水深を計測する。



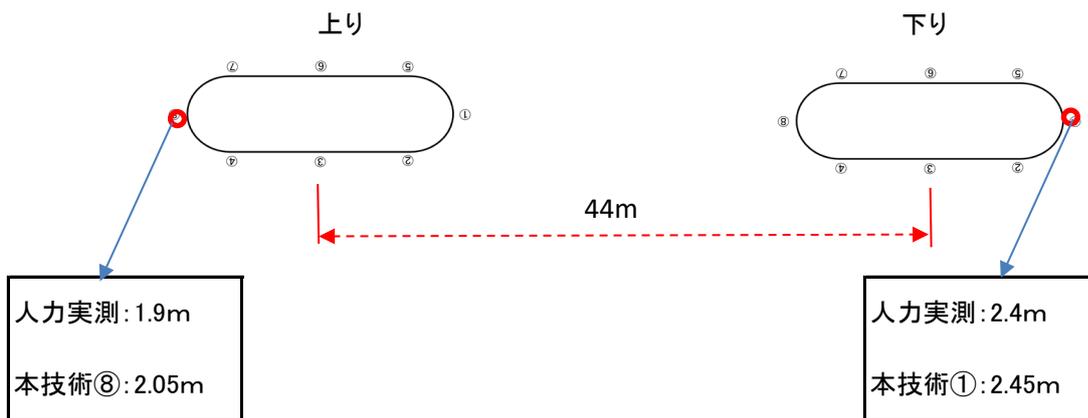
②上り



P1



※計測比較(参考)



技術番号	BR030061						
技術名	イメージングソナーを装備した小型ボートによる洗掘調査技術	開発者名	株式会社テクノコンサルタント				
試験日	令和5年 12月 14日	天候	晴れ	気温	17.6 °C	風速	- m/s
試験場所	福島ロボットテストフィールド						
カタログ分類	計測・モニタリング技術	カタログ	検出項目	洗掘	試験区分	標準試験	

試験で確認する カタログ項目	進入可能性 可動範囲 計測精度
-------------------	-----------------------

対象構造物の概要

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



写真-1 小水槽(満水時)

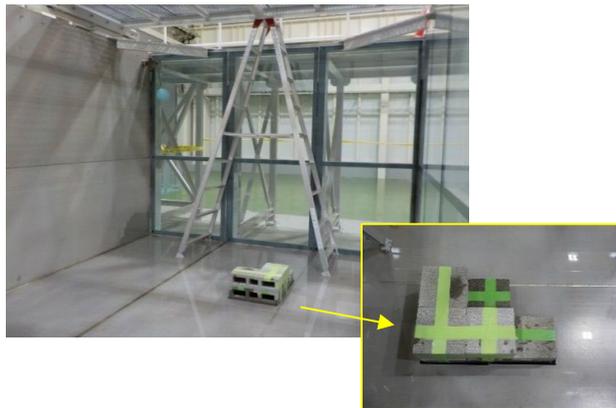


写真-2 コンクリートブロック設置

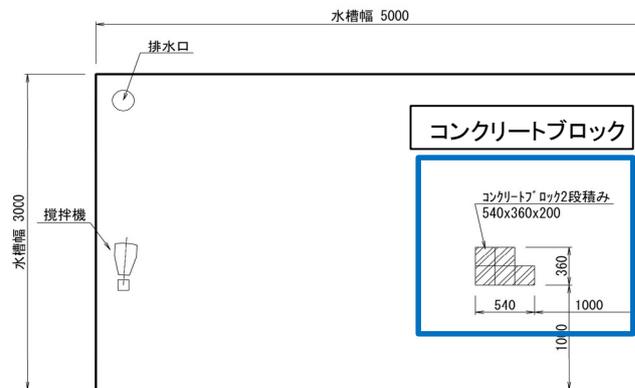
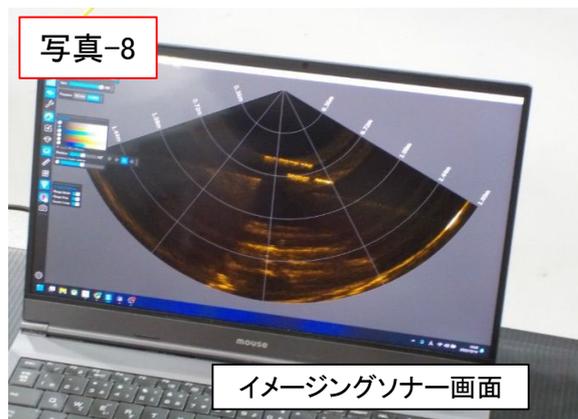
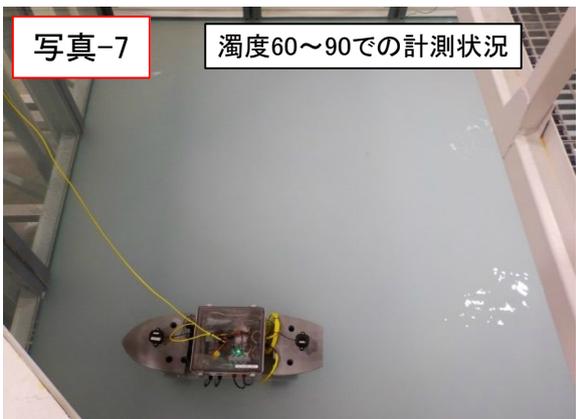
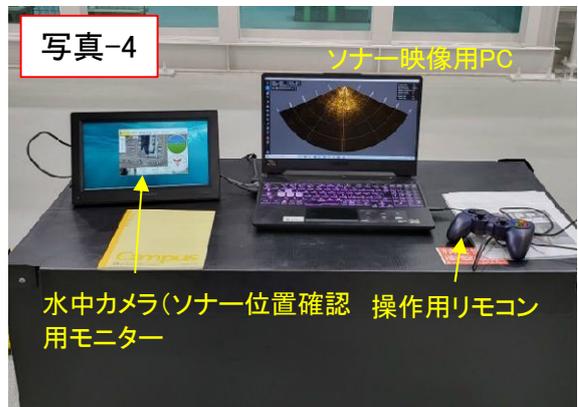
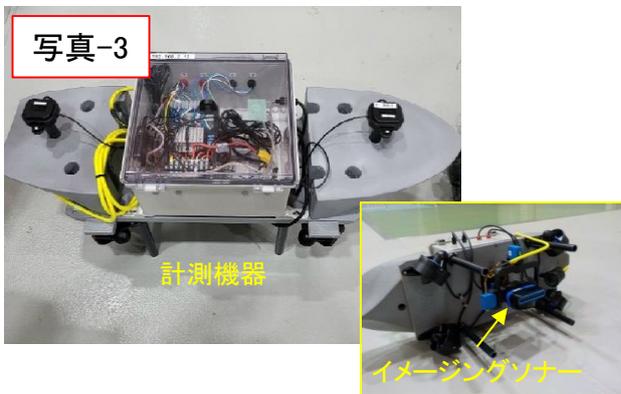


図-1 小水槽平面図

試験方法(手順)	技術番号	BR030061
①	計測装置の準備を行い、計測装置を着水(写真-3,4,5)	
②	進入可能性能、可動範囲の確認	
③	流速なし(流速0m/s)、濁度なし(濁度1.6度)の条件で、水槽底部に設置されたコンクリートブロックの形状を計測(写真-6)	
④	流速装置(攪拌機)を使用し流速0.1~0.4m/s、濁度なし(濁度1.6度)の条件で、水槽底部に設置されたコンクリートブロックの形状を計測	
⑤	③、④を濁度60~90の状態と同様に計測(写真-7)	
⑥	後日、解析結果から洗掘の状態を確認	

開発者による計測機器の設置状況



※進入可能性



写真-9 進入可能性の検証(小水槽の寸法)

水深1.2mで、W3.0m × H2.3m × L5.0mの空間において、進入可能かを確認する。

※可動範囲



写真-10 可動範囲の検証(小水槽の延長)

水槽の延長5.0mを可動可能かを確認する。

※計測精度

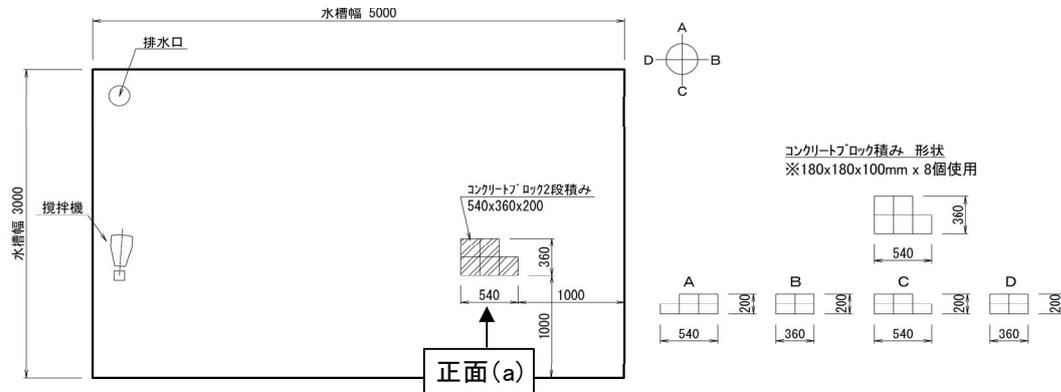


図-2 コンクリートブロック設置位置



写真-11 コンクリートブロック

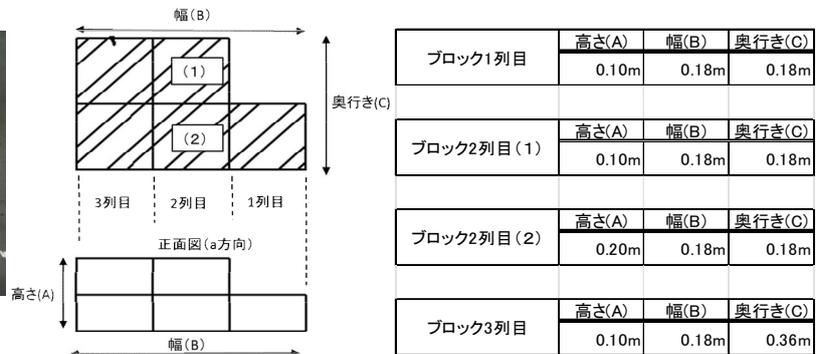


図-3 コンクリートブロック寸法(真値)



写真-12 濁度材(カオリン)投入状況



写真-13 流速装置(攪拌機)

計測条件

- 計測1回目: 流速0m/s, 濁度1.6度
- 計測2回目: 流速0.4m/s, 濁度1.6度
- 計測3回目: 流速0m/s, 濁度85.5度
- 計測4回目: 流速0.2m/s, 濁度85.5度

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

※計測結果

※進入可能性能

水槽内W3.0m×H2.3m×L5.0m(水深1.2m)の空間を進入可能

※可動範囲

水槽内5.0m範囲 動作可能

※計測精度

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	0.2	0.2	0	0.02	0.02
計測2回目	0.1	0.18	0.18	0.1	0.2	0.2	0	0.02	0.02
計測3回目	0.1	0.18	0.18	0.1	0.2	0.2	0	0.02	0.02
計測4回目	0.1	0.18	0.18	0.1	0.2	0.2	0	0.02	0.02

ブロック2列目(1)	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	0.2	0.2	0.2	0.1	0.02	0.02
計測2回目	0.1	0.18	0.18	0.2	0.2	0.2	0.1	0.02	0.02
計測3回目	0.1	0.18	0.18	0.2	0.2	0.2	0.1	0.02	0.02
計測4回目	0.1	0.18	0.18	0.2	0.2	0.2	0.1	0.02	0.02

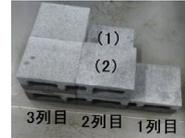
ブロック2列目(2)	リファレンス(m)			当該技術(m)			差分		
	高さ(A)	幅(B)	奥行き(C)	高さ(A)	幅(B)	奥行き(C)	高さ(A)	幅(B)	奥行き(C)
計測1回目	0.2	0.18	0.18	0.2	0.2	0.2	0	0.02	0.02
計測2回目	0.2	0.18	0.18	0.2	0.2	0.2	0	0.02	0.02
計測3回目	0.2	0.18	0.18	0.2	0.2	0.2	0	0.02	0.02
計測4回目	0.2	0.18	0.18	0.2	0.2	0.2	0	0.02	0.02

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	0.36	0.2	0.2	0.4	0	0.02	0.04
計測2回目	0.2	0.18	0.36	0.2	0.2	0.4	0	0.02	0.04
計測3回目	0.2	0.18	0.36	0.2	0.2	0.4	0	0.02	0.04
計測4回目	0.2	0.18	0.36	0.2	0.2	0.4	0	0.02	0.04

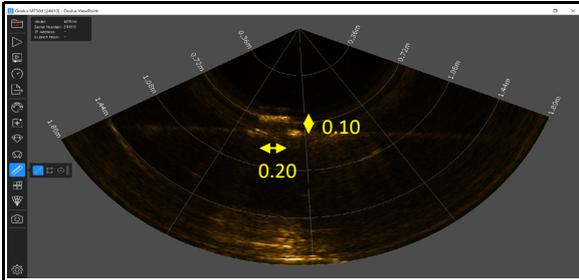
$$\text{計測精度} = \sqrt{\frac{(x_1 - a)^2 + \dots + (x_n - a)^2}{n}}$$

		計測精度
計測1回目	流速0m/s,濁度1.6度	0.114
計測2回目	流速流速0.1~0.4m/s,濁度1.6度	0.114
計測3回目	流速0m/s,濁度60~90度	0.114
計測4回目	流速0.1~0.2m/s,濁度60~90度	0.114

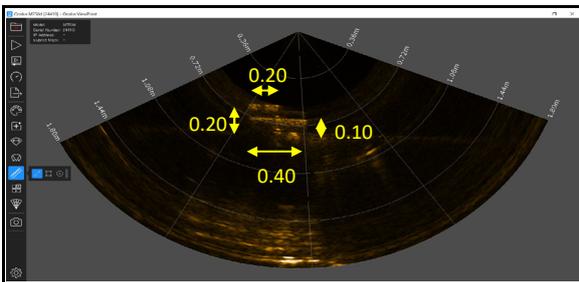
計測データ



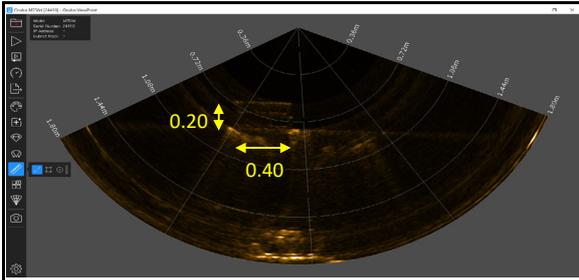
①流れなし濁度なし ソナー画像



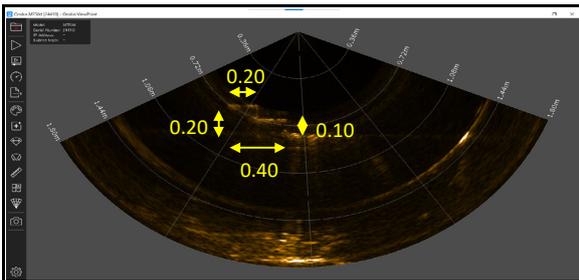
1列目



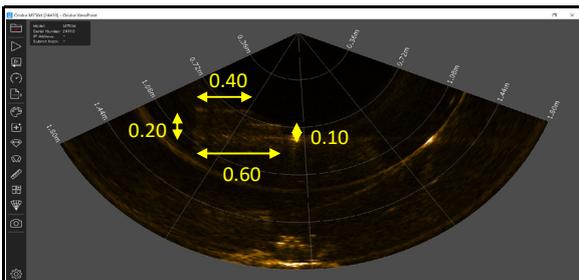
2列目



3列目

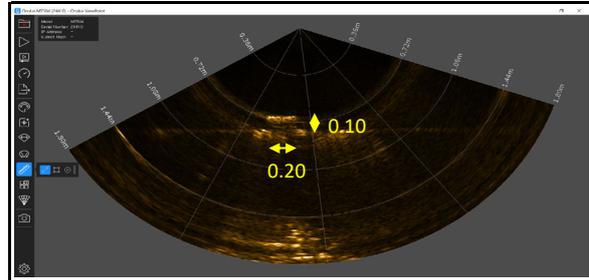


(1)

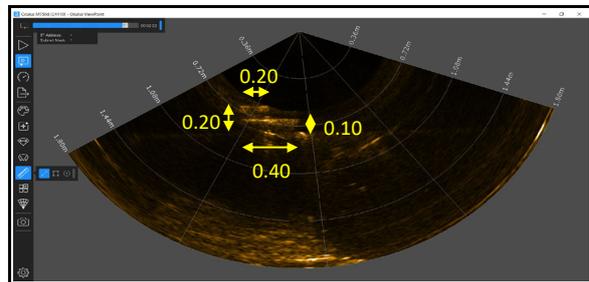


(2)

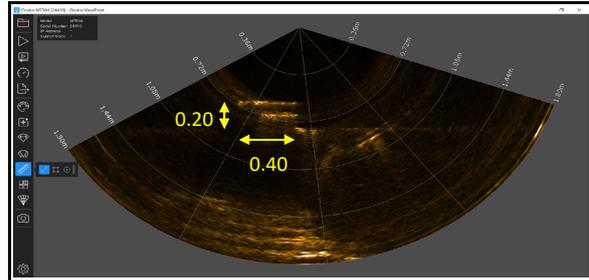
②流れあり濁度なし ソナー画像



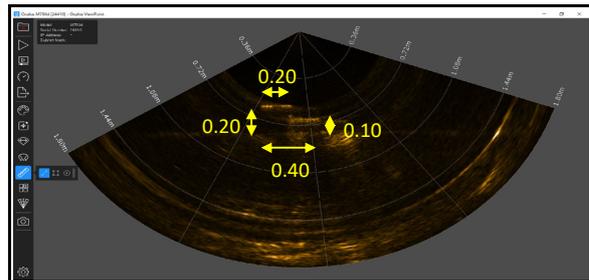
1列目



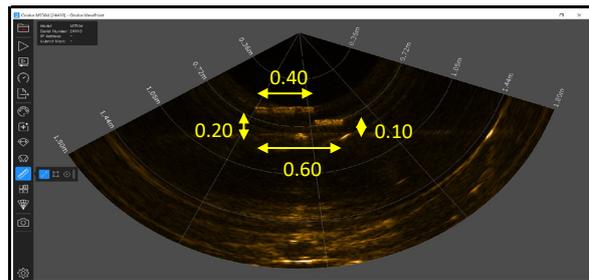
2列目



3列目



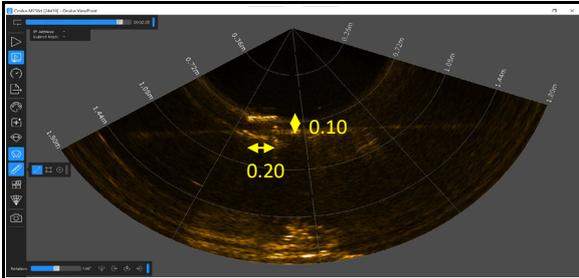
(1)



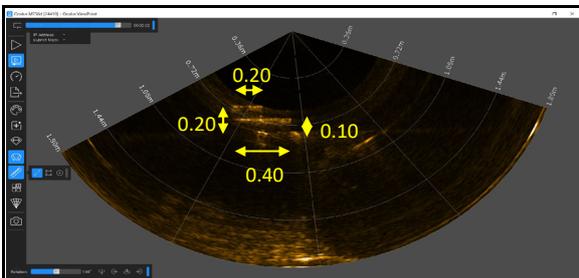
(2)

計測データ

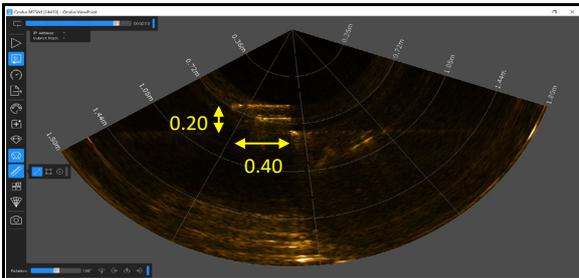
③流れなし濁度あり ソナー画像



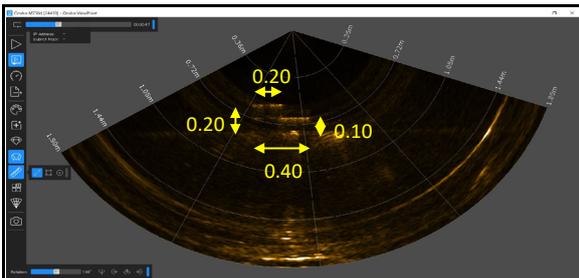
1列目



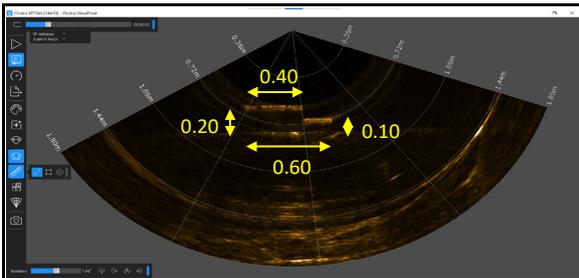
2列目



3列目

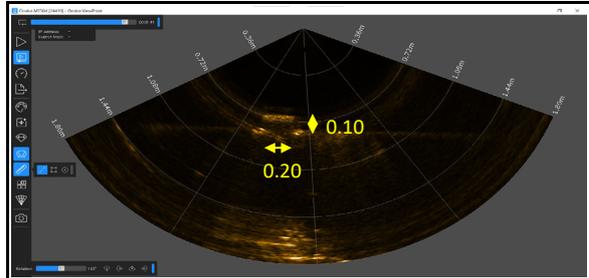
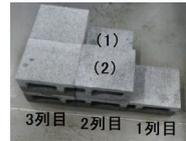


(1)

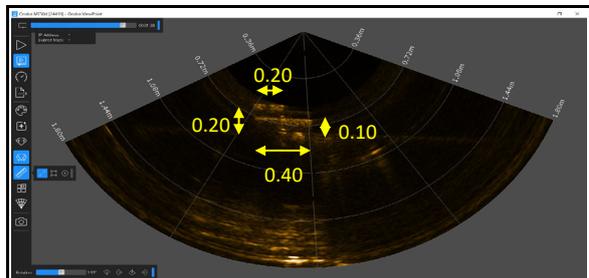


(2)

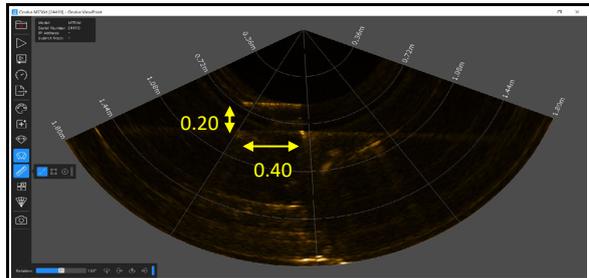
④流れあり濁度あり ソナー画像



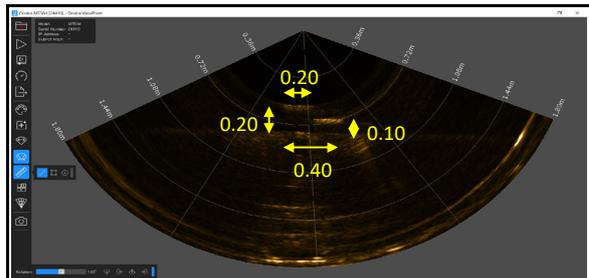
1列目



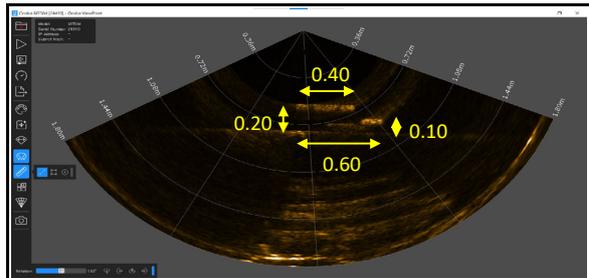
2列目



3列目



(1)



(2)

技術番号 BR030061

技術名 イメージングソナーを装備した小型ボートによる洗堀調査技術
開発者名 株式会社テクノコンサルタント

試験日 令和5年 3 月 10 日 天候 晴れ 気温 15.0 °C 風速 2 m/s

試験場所 実橋(大分県)

カタログ分類 計測・モニタリング技術 カタログ 検出項目 洗堀 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: 歩行者用吊橋
支間: 71m
有効幅員: 2.0m
試験時の水面から吊橋床版までの高さ: 5.0m

農業用ダムに架設された遊歩道である。



吊橋外観

試験方法(手順)	技術番号	BR030061
① 浮体・揚収装置・ウインチを設置する(写真-1)		
② 揚収装置により浮体を投入する(写真-2)		
③ イメージングソナーを用いて水底の状況をモニターで観察する。(写真-3)		
④ イメージングソナーを用いて水底の状況を観察する。(写真-4)		
⑤ 計測終了後、揚収装置により浮体を回収する		

開発者による計測機器の設置状況

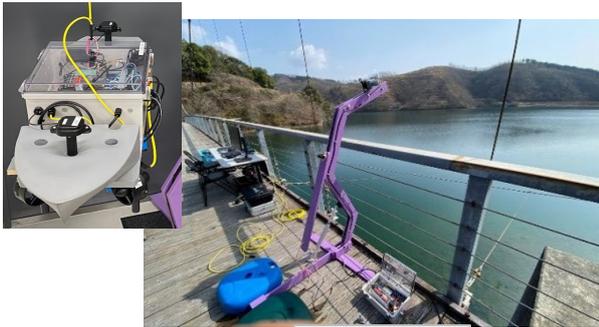


写真-1



写真-2



写真-3

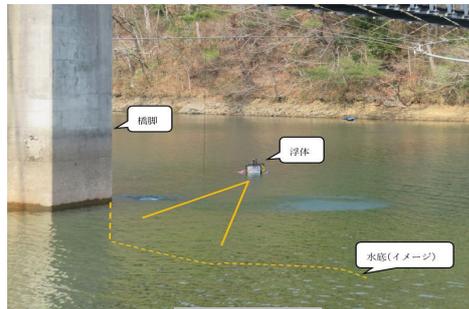
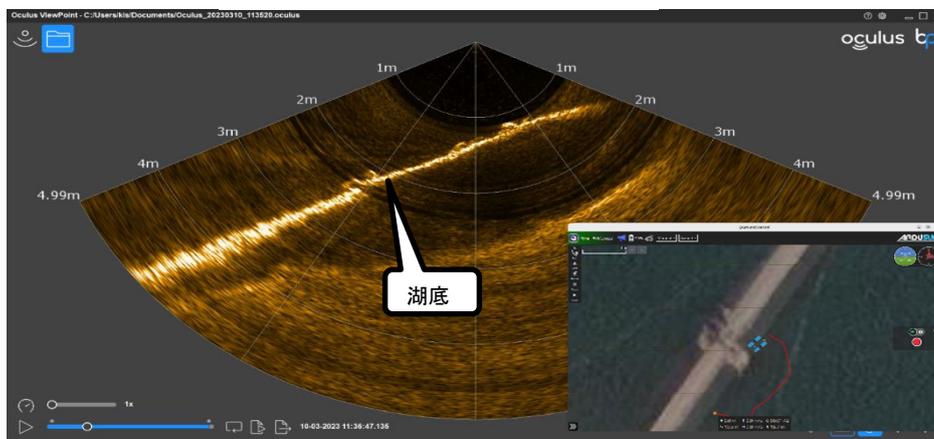


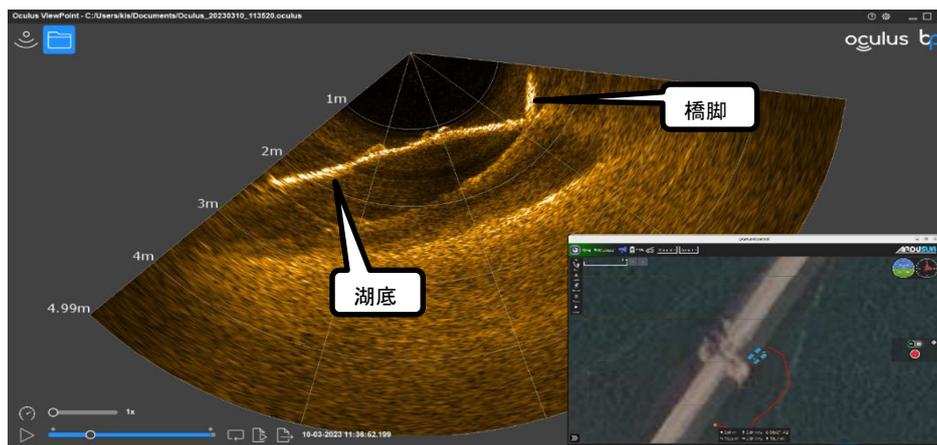
写真-4

計測結果

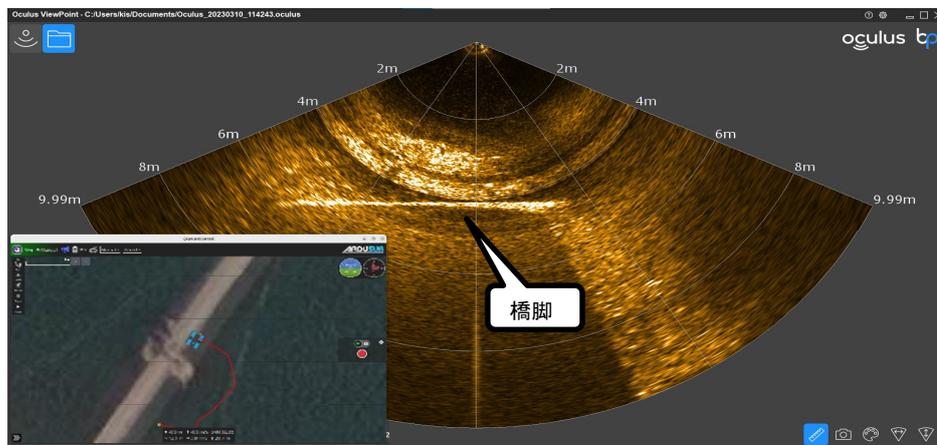
橋脚の計測状況



イメージングソナーによる計測結果



イメージングソナーによる計測結果



イメージングソナーによる計測結果

イメージングソナーにより橋脚周囲の水底状況調査を実施し、洗堀がないことを確認した。

技術番号 BR030061

技術名 イメージングソナーを装備した小型ボートによる洗堀調査技術
 開発者名 株式会社テクノコンサルタント

試験日 令和6年 12月 11日 天候 晴れ 気温 10.0 °C 風速 2 m/s

試験場所 実橋(大分県)

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

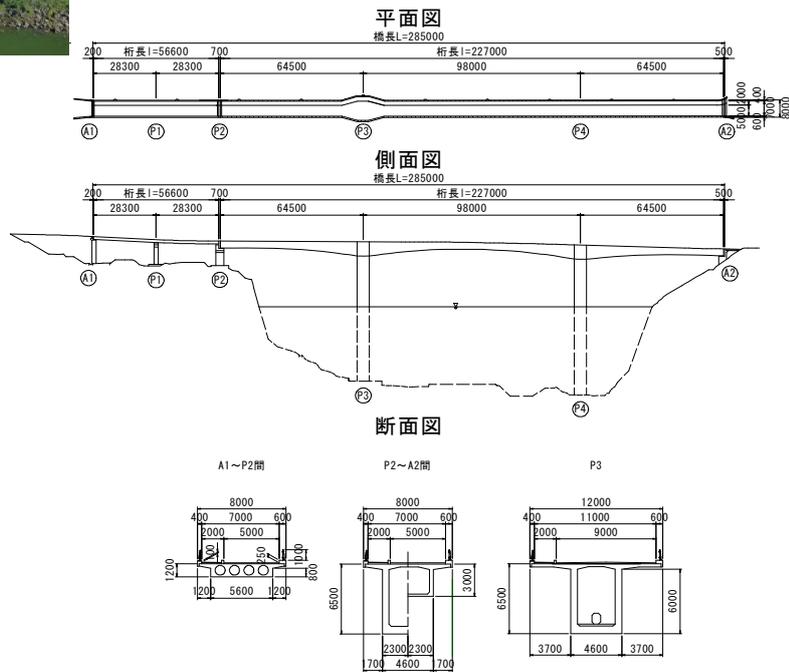
試験で確認する
 カタログ項目 動作確認(精度以外)

対象構造物の概要

構造形式: PC2径間連続中空床版橋+PC3径間連続箱桁ラーメン橋
 橋長: 285m(センタースパン98m)
 幅員: 8.0m
 試験時の水面から吊橋床版までの高さ: 30m



橋梁外観



試験方法(手順)	技術番号	BR030061
① 地上局を設置する(写真-1)		
② 浮体を投入し、橋脚に接近させる(写真-2)		
③ イメージングソナーを用いて水底の状況をモニターで観察する。(写真-3)		
④ イメージングソナーを用いて水底の状況を観察する。(写真-4)		
⑤ 計測終了後、揚収装置により浮体を回収する		

開発者による計測機器の設置状況



写真-1



写真-3



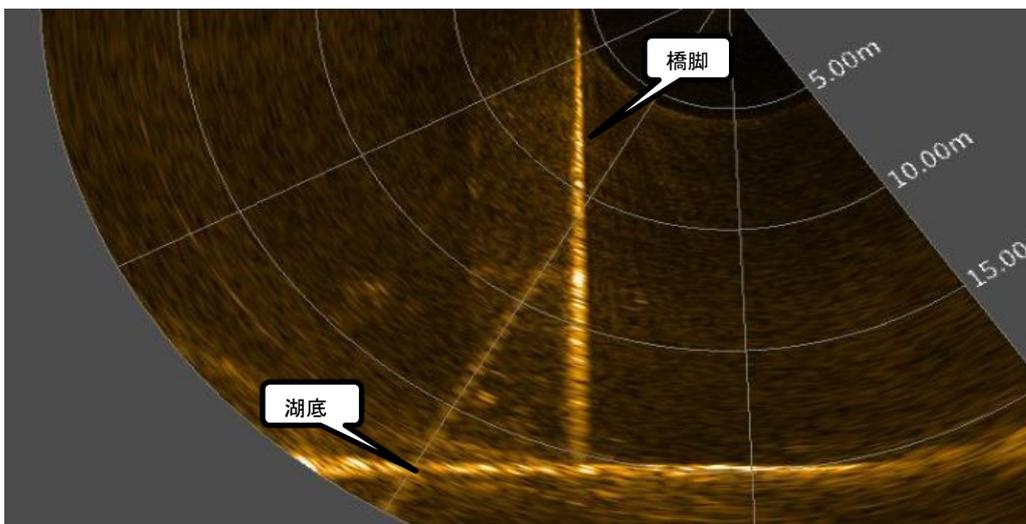
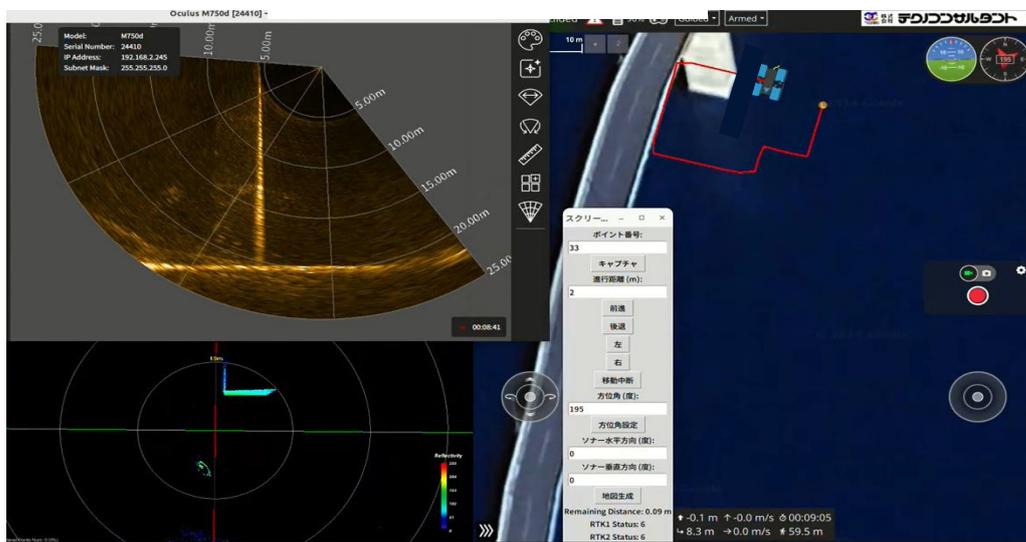
写真-2



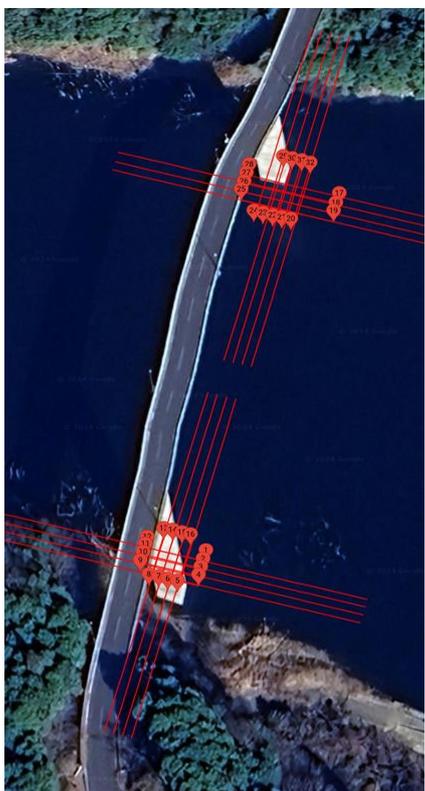
写真-4

計測結果

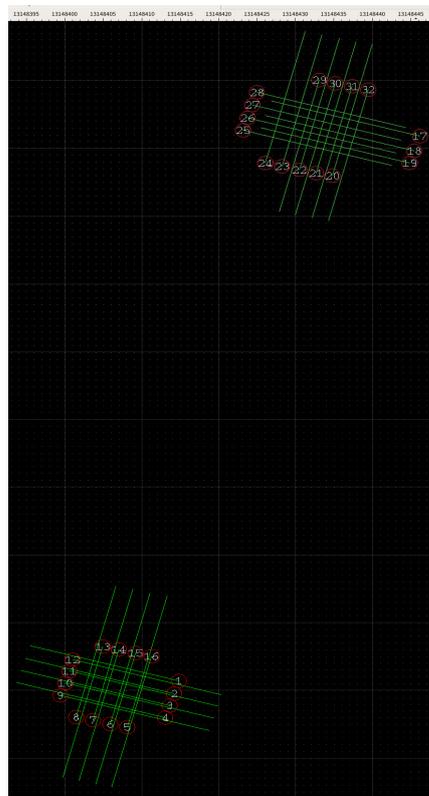
橋脚の計測状況



イメージングソナーによる計測結果



測点一覧(GoogleMap)



測点一覧(DXF)

イメージングソナーにより橋脚周囲の水底状況調査を実施し、洗掘がないことを確認した。

技術番号	BR030062						
技術名	遠隔監視装置(洗堀)	開発者名	株式会社アイベック				
試験日	令和5年 1 月 16 日	天候	晴れ	気温	5.1 °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	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

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)

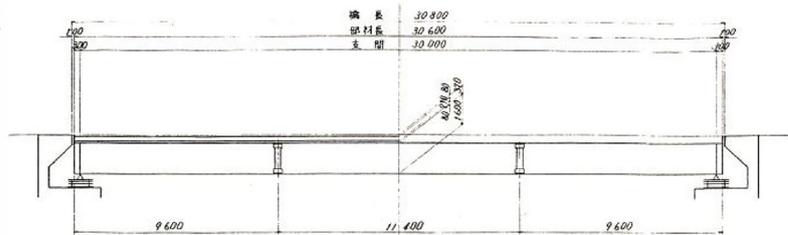


図-1 側面図

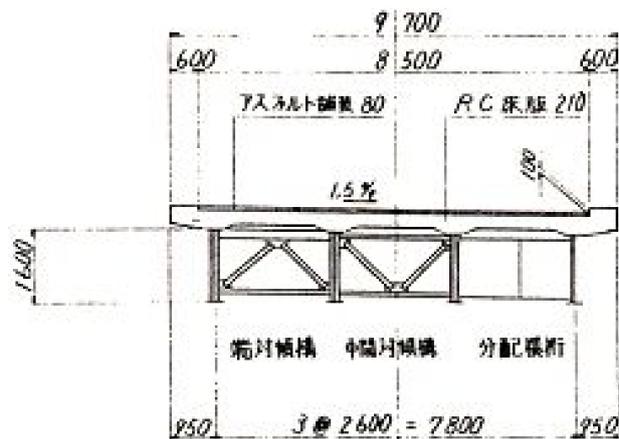


図-2 断面図



写真-1 計測箇所



写真-2 傾斜架台

- 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



写真-3 計測機器の設置

写真-4 通信機一式

比較対象を得るため、
立会者による計測機器の設置状況

1. 機器の設置

レファレンス用測定装置を傾斜架台に設置する

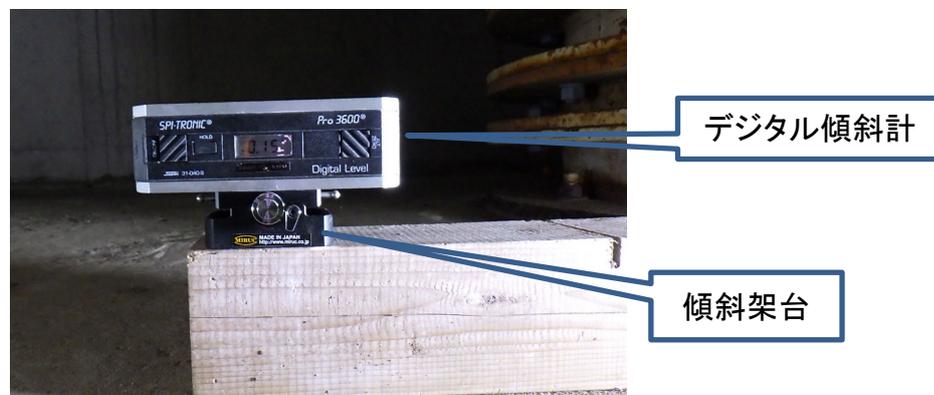


写真-5 レファレンス用計測機器

※計測結果

	デジタル傾斜計(Pro3600)			計測結果	計測結果																																		
	初期値	計測値	補正後																																				
1回目			—	1回目試験結果 <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>計測値 [°]</th> <th>傾斜量 [°]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1回目</td> <td>初期</td> <td>3.21</td> <td>1.38</td> </tr> <tr> <td></td> <td>変更</td> <td>4.59</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		計測値 [°]	傾斜量 [°]	1回目	初期	3.21	1.38		変更	4.59		PC表示画面抜粋 <table border="1"> <thead> <tr> <th>日時</th> <th>傾斜角 [°]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2024-01-16 13:36:03</td> <td>4.59</td> </tr> <tr> <td>2024-01-16 13:36:08</td> <td>4.59</td> </tr> <tr> <td>2024-01-16 13:36:09</td> <td>2.41</td> </tr> <tr> <td>2024-01-16 13:36:29</td> <td>2.41</td> </tr> <tr> <td>2024-01-16 13:42:24</td> <td>3.21</td> </tr> </tbody> </table>	日時	傾斜角 [°]	2024-01-16 13:36:03	4.59	2024-01-16 13:36:08	4.59	2024-01-16 13:36:09	2.41	2024-01-16 13:36:29	2.41	2024-01-16 13:42:24	3.21											
	計測値 [°]	傾斜量 [°]																																					
1回目	初期	3.21	1.38																																				
	変更	4.59																																					
日時	傾斜角 [°]																																						
2024-01-16 13:36:03	4.59																																						
2024-01-16 13:36:08	4.59																																						
2024-01-16 13:36:09	2.41																																						
2024-01-16 13:36:29	2.41																																						
2024-01-16 13:42:24	3.21																																						
	0.00	1.63	1.63	1.38																																			
2回目			—	2回目試験結果 <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>計測値 [°]</th> <th>傾斜量 [°]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2回目</td> <td>初期</td> <td>3.10</td> <td>-4.65</td> </tr> <tr> <td></td> <td>変更</td> <td>-1.55</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		計測値 [°]	傾斜量 [°]	2回目	初期	3.10	-4.65		変更	-1.55		PC表示画面抜粋 <table border="1"> <thead> <tr> <th>日時</th> <th>傾斜角 [°]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2024-01-16 13:53:28</td> <td>3.10</td> </tr> <tr> <td>2024-01-16 13:52:28</td> <td>3.10</td> </tr> <tr> <td>2024-01-16 13:51:28</td> <td>-1.63</td> </tr> <tr> <td>2024-01-16 13:49:28</td> <td>2.39</td> </tr> <tr> <td>2024-01-16 13:49:28</td> <td>2.39</td> </tr> <tr> <td>2024-01-16 13:48:28</td> <td>2.39</td> </tr> <tr> <td>2024-01-16 13:47:28</td> <td>2.39</td> </tr> <tr> <td>2024-01-16 13:46:28</td> <td>2.39</td> </tr> <tr> <td>2024-01-16 13:45:27</td> <td>3.10</td> </tr> <tr> <td>2024-01-16 13:44:28</td> <td>3.10</td> </tr> </tbody> </table>	日時	傾斜角 [°]	2024-01-16 13:53:28	3.10	2024-01-16 13:52:28	3.10	2024-01-16 13:51:28	-1.63	2024-01-16 13:49:28	2.39	2024-01-16 13:49:28	2.39	2024-01-16 13:48:28	2.39	2024-01-16 13:47:28	2.39	2024-01-16 13:46:28	2.39	2024-01-16 13:45:27	3.10	2024-01-16 13:44:28	3.10	
	計測値 [°]	傾斜量 [°]																																					
2回目	初期	3.10	-4.65																																				
	変更	-1.55																																					
日時	傾斜角 [°]																																						
2024-01-16 13:53:28	3.10																																						
2024-01-16 13:52:28	3.10																																						
2024-01-16 13:51:28	-1.63																																						
2024-01-16 13:49:28	2.39																																						
2024-01-16 13:49:28	2.39																																						
2024-01-16 13:48:28	2.39																																						
2024-01-16 13:47:28	2.39																																						
2024-01-16 13:46:28	2.39																																						
2024-01-16 13:45:27	3.10																																						
2024-01-16 13:44:28	3.10																																						
	-0.15	-6.01	-5.86	-4.65																																			
3回目			—	3回目試験結果 <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>計測値 [°]</th> <th>傾斜量 [°]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3回目</td> <td>初期</td> <td>3.08</td> <td>3.12</td> </tr> <tr> <td></td> <td>変更</td> <td>6.20</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		計測値 [°]	傾斜量 [°]	3回目	初期	3.08	3.12		変更	6.20		PC表示画面抜粋 <table border="1"> <thead> <tr> <th>日時</th> <th>傾斜角 [°]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2024-01-16 14:03:28</td> <td>6.2</td> </tr> <tr> <td>2024-01-16 14:02:28</td> <td>6.2</td> </tr> <tr> <td>2024-01-16 14:01:28</td> <td>6.19</td> </tr> <tr> <td>2024-01-16 14:00:28</td> <td>3.21</td> </tr> <tr> <td>2024-01-16 13:59:28</td> <td>3.07</td> </tr> <tr> <td>2024-01-16 13:58:28</td> <td>3.07</td> </tr> <tr> <td>2024-01-16 13:57:28</td> <td>3.07</td> </tr> </tbody> </table>	日時	傾斜角 [°]	2024-01-16 14:03:28	6.2	2024-01-16 14:02:28	6.2	2024-01-16 14:01:28	6.19	2024-01-16 14:00:28	3.21	2024-01-16 13:59:28	3.07	2024-01-16 13:58:28	3.07	2024-01-16 13:57:28	3.07							
	計測値 [°]	傾斜量 [°]																																					
3回目	初期	3.08	3.12																																				
	変更	6.20																																					
日時	傾斜角 [°]																																						
2024-01-16 14:03:28	6.2																																						
2024-01-16 14:02:28	6.2																																						
2024-01-16 14:01:28	6.19																																						
2024-01-16 14:00:28	3.21																																						
2024-01-16 13:59:28	3.07																																						
2024-01-16 13:58:28	3.07																																						
2024-01-16 13:57:28	3.07																																						
	-0.22	3.72	3.94	3.12																																			

※計測結果の比較

(単位:度)			
計測回数	1回目	2回目	3回目
Pro3600	1.63	-5.86	3.94
計測結果	1.38	-4.65	3.12
差分	-0.25	1.21	-0.82

開発者とリファレンスの計測結果には、 $-0.82 \sim +1.21^\circ$ の違いが確認された。

技術番号 BR030062

技術名 遠隔監視装置(洗掘) 開発者名 株式会社アイペック

試験日 令和5年 1 月 16 日 天候 晴れ 気温 5.1 °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 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

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)

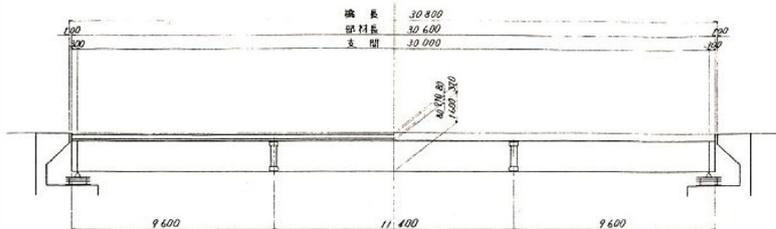


図-1 側面図

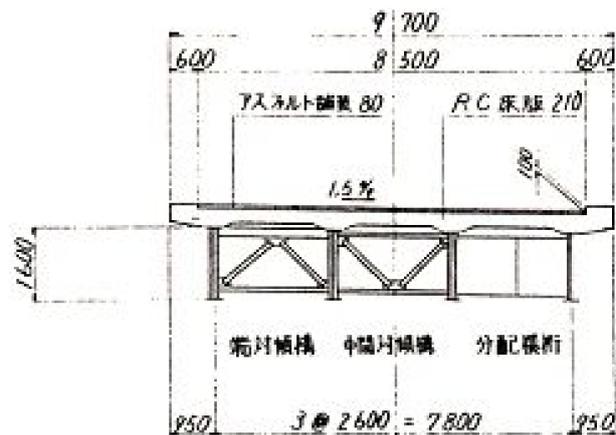


図-2 断面図



写真-1 計測箇所

- ① 計測機器の搬入(写真-2)
- ② 計測機器の設置(写真-3:遠隔用データ確認のためのPC)
- ③ 計測機器(傾斜計(センサー))の設置・計測(写真-4、5:橋台天端)
- ④ 計測機器(通信機の設置)の設置・計測(写真-6)
- ⑤ 計測時間3分(1分間隔で記録)で、傾斜の変化を確認する。

開発者による計測機器の設置状況



写真-2

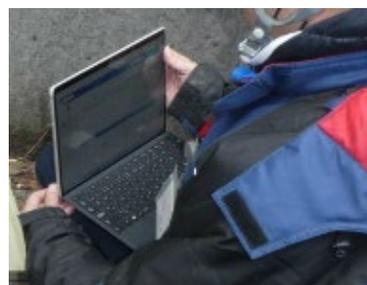


写真-3



写真-4



写真-5



写真-6

※計測結果

橋台設置データ

自動リロード

日時	変位計_電圧[mV]	変位計_変位量	傾斜X_電圧[mV]	傾斜X_角度	傾斜Y_電圧[mV]	傾斜Y_角度
2024-01-16 14:21:28	1471	15.82	0	-7.07	0	-7.3
2024-01-16 14:20:28	1470	15.79	0	-7.07	0	-7.3
2024-01-16 14:19:28	1470	15.79	0	-7.07	0	-7.3
2024-01-16 14:18:28	1470	15.79	0	-7.07	0	-7.3
2024-01-16 14:17:29	1470	15.79	0	-7.07	0	-7.3
2024-01-16 14:16:29	1470	15.79	0	-7.07	0	-7.3
2024-01-16 14:15:28	1451	15.24	0	-7.07	0	-7.3
2024-01-16 14:14:28	484	-12.51	0	-7.07	0	-7.3
2024-01-16 14:13:28	486	-12.45	0	-7.07	0	-7.3
2024-01-16 14:12:28	488	-12.39	0	-7.07	0	-7.3
2024-01-16 14:11:28	501	-12.02	0	-7.07	0	-7.3
2024-01-16 14:10:28	660	-7.46	0	-7.07	0	-7.3
2024-01-16 14:09:28	636	-8.15	1089	0.77	0	-7.3
2024-01-16 14:08:28	611	-8.86	1089	0.77	0	-7.3
2024-01-16 14:07:27	585	-9.61	1090	0.77	0	-7.3
2024-01-16 14:06:28	559	-10.36	1570	4.23	0	-7.3
2024-01-16 14:05:27	528	-11.25	1570	4.23	0	-7.3
2024-01-16 14:04:28	496	-12.16	1411	3.08	0	-7.3

計測データ

技術番号 BR030063

技術名 加速度センサによる橋梁点検ツール

開発者名 株式会社ケー・エフ・シー

試験日 令和6年 1 月 17 日 天候 晴れ 気温 11.5 °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 加速度 固有振動数

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

- ① 車両重量
- ・車両重量: 20ton (写真-1参照)
 - ・載荷位置(静的): 支間中央 (図-2参照)
 - 1 / 4L位置 (図-2参照)

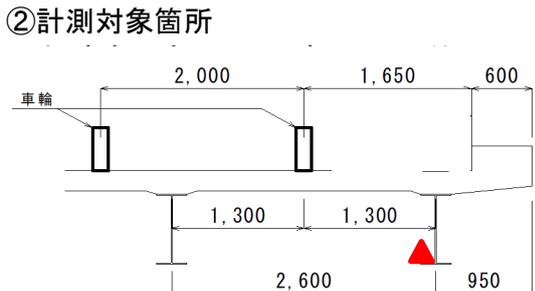


図-2 走行位置



写真-1 車両載荷(20t)

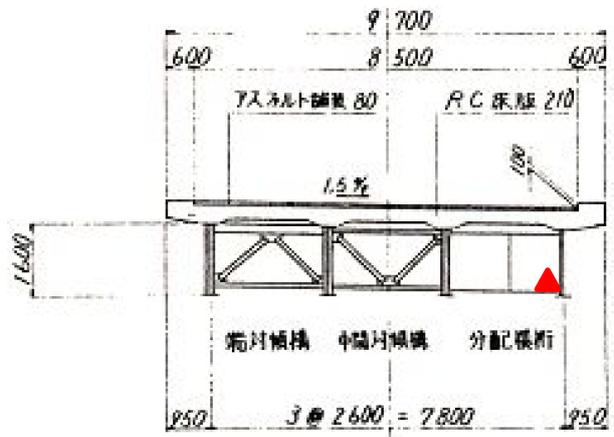


図-3 断面図



写真-2 測定対象桁および加速度測定位置

- ① 計測機器の搬入(写真-3:無線加速度センサー、確認用PC)
- ② 開発者側の加速度センサーとリファレンス用機器を所定の位置に設置(写真-4~7)
- ③ 合図とともに車両(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。
- ④ 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秒間)計測する。
- ⑤ 計測者は、記録し計測が正しく行われた確認する。
- ⑥ 上記②~④を5回繰り返す。
- ⑦ 後日、計測したデータとリファレンス用加速度計のデータを確認後、固有振動数を算出し比較する。

開発者による計測機器の設置状況



図-4 システム概要図



写真-3 計測機器



写真-4 計測機器



写真-5 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

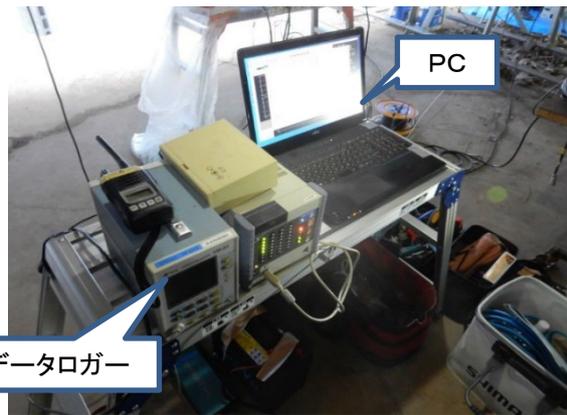
技術番号

BR030063



リファレンス用加速度計

写真-6 リファレンス用計測機



データロガー

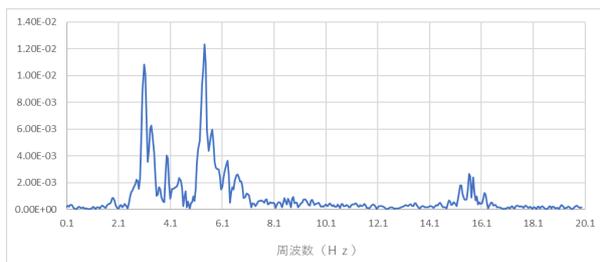
写真-7 測定機

比較対象を得るため、
立会者による計測機器の設置状況

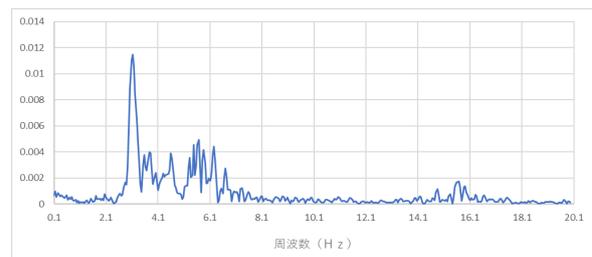
※リファレンス用加速度計の測定

固有振動数

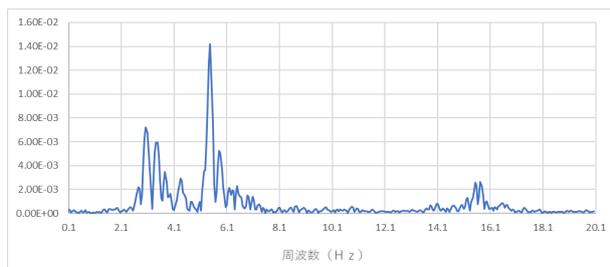
- ・FFT(高速フーリエ変換)による固有振動数の算出



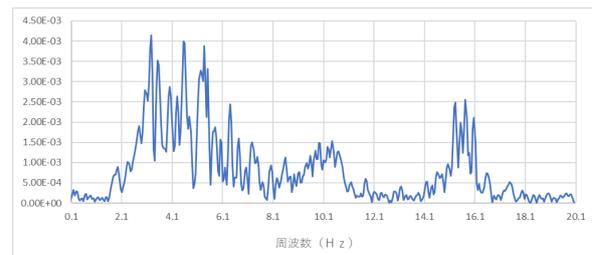
動的载荷1回目



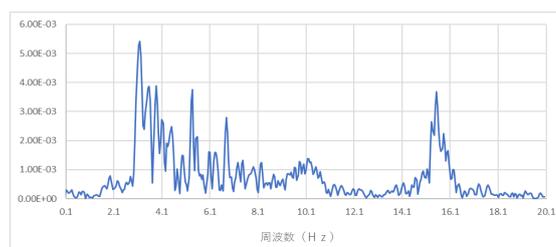
動的载荷2回目



動的载荷3回目



動的载荷4回目

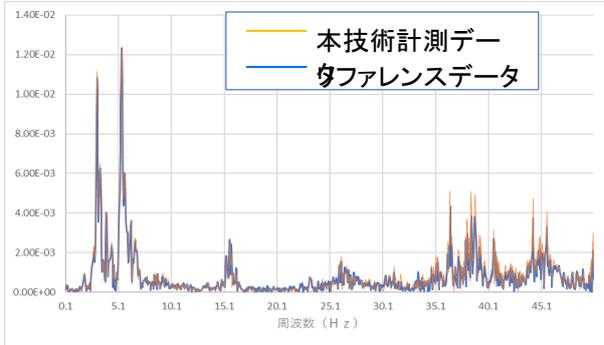


動的载荷5回目

※計測結果の比較

固有振動数

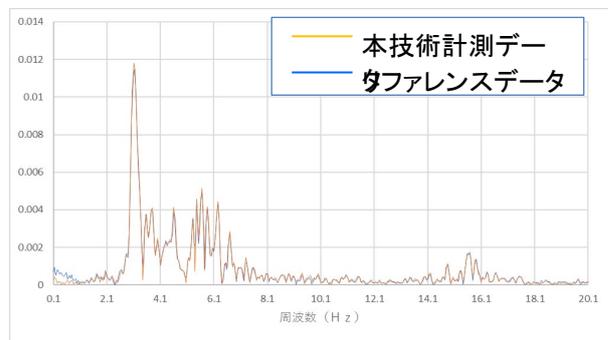
動的载荷1回目



リファレンス(Hz)	本技術(Hz)	比率
3.0762	3.1003	0.9922
5.4199	5.4505	0.9944
15.6250	15.6515	0.9983
36.4746	36.4536	1.0006
44.2871	44.3043	0.9996

最大差:0.78%

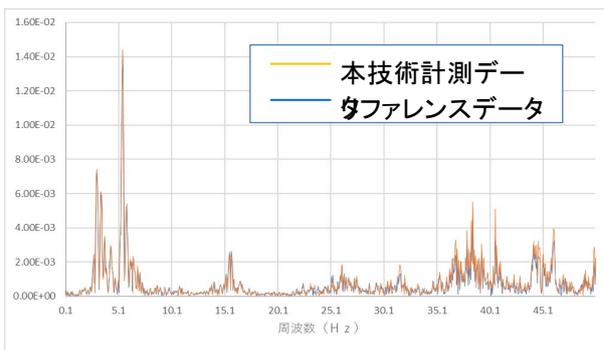
動的载荷2回目



リファレンス(Hz)	本技術(Hz)	比率
3.1250	3.1003	1.0080
15.6738	15.7015	0.9982
38.9648	38.9538	1.0003

最大差:0.80%

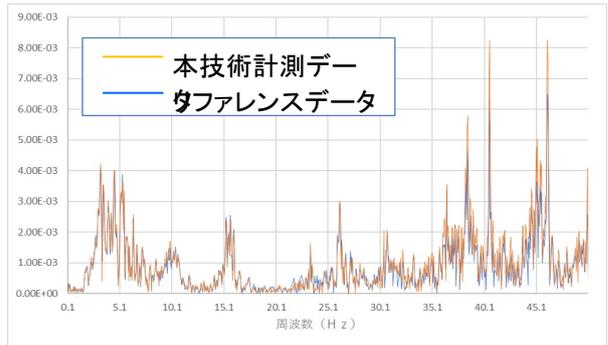
動的载荷3回目



リファレンス(Hz)	本技術(Hz)	比率
3.0273	3.0503	0.9925
5.4688	5.4505	1.0033
38.4766	38.4538	1.0006

最大差:0.75%

動的载荷4回目



リファレンス(Hz)	本技術(Hz)	比率
3.2715	3.2503	1.0065
15.7227	15.7515	0.9982
26.2207	26.2026	1.0007
40.5762	40.6039	0.9993
46.1426	46.1545	0.9997

最大差:0.65%

動的载荷5回目



リファレンス(Hz)	本技術(Hz)	比率
3.1738	3.1503	1.0075
15.5273	15.5015	1.0017
40.5273	40.5539	0.9993
45.2637	45.2544	1.0002

最大差:0.75%

開発者とリファレンスの計測結果には、-0.78~0.80%の差が確認された。

技術番号	BR030064		
技術名	EcorrLIGHT(イーコロライト)腐食報知システム	開発者名	株式会社ナカポーテック
試験日	令和5年 3 月 14 日	天候	—
		気温	— °C
		風速	m/s
試験場所	埼玉県上尾市中荒井417-16 (株)ナカポーテック 技術開発センター	構造物名	コンクリート試験体
カタログ分類	計測・モニタリング技術 カタログ	検出項目	腐食
		試験区分	—

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

対象構造物の概要



外付照合電極とFRP製のトラフ



鋼材と埋設MnO₂電極
(コンクリート打設前の型枠内)



暴露状況(No.1、No.2コンクリート試験)

(コンクリート試験体の状態)

- ・塩化物イオン濃度6kg/m²を混入して2体製造
- ・丸鋼近傍に二酸化マンガン(MnO₂)電極を設置
- ・コンクリート表面に外付照合電極2本をトラフに収納して設置
- ・トラフの内部にはモルタル(セメフォースアンカー)を充填
- ・コンクリート試験体2体を屋外に暴露

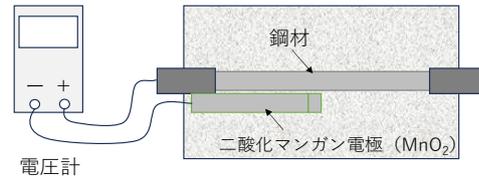
- ① 鋼材近くに埋設照合電極(二酸化マンガ照合電極)を沿わせたコンクリート供試体を製造する。
- ② コンクリート表面に外付けの照合電極を内包するFRP製のトラフを設置する。
- ③ 埋設照合電極と外付けの照合電極に対する鋼材電位をそれぞれで測定する。

開発者による計測機器の設置状況

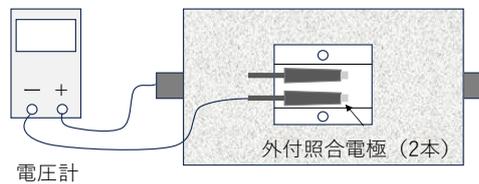
※計測機器の設置状況が分かるように、写真や図で示すこと



鋼材電位の測定状況



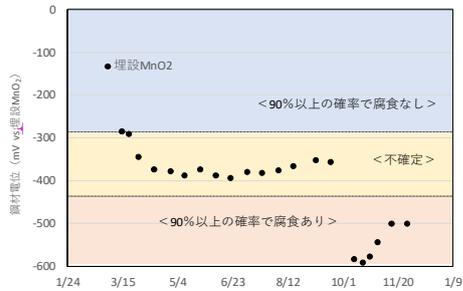
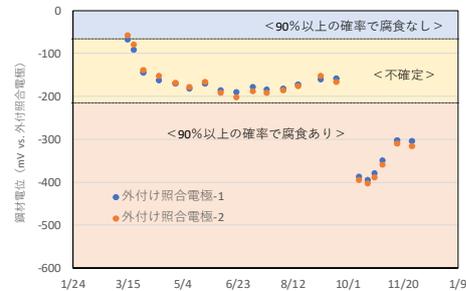
埋設MnO2電極での鋼材電位の測定方法



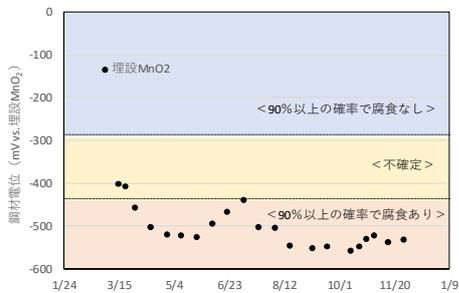
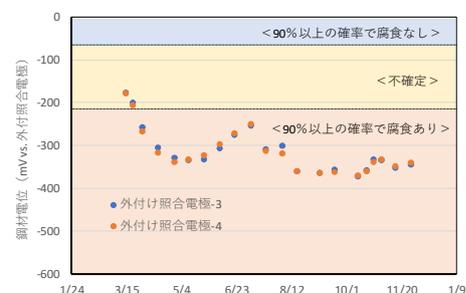
外付照合電極での鋼材電位の測定方法
(試験のため2本で評価)

①性能(精度・信頼性)を確保するための条件

- ・コンクリート表面に設置した照合電極(外付照合電極)が鋼材近傍に設置した埋設照合電極(MnO₂)で測定した鋼材の電位変化挙動と同様であること。
- ・自然電位法の腐食確立(ASTM C 867)に準拠した評価ができること。

No.1コンクリート試験体_埋設MnO₂での鋼材電位

No.1コンクリート試験体_外付照合電極での鋼材電

No.2コンクリート試験体_埋設MnO₂での鋼材電位

No.2コンクリート試験体_外付照合電極での鋼材電

(性能値の評価)

- ・コンクリート表面に設置した外付照合電極で測定した鋼材電位は、鋼材近傍に埋設した二酸化マンガン照合電極で測定した電位と同様な変動挙動を示し、腐食確立での評価ができることを示した。

②本試験時の条件

基準電位 (ASTM C 867に準拠)

腐食確立	飽和硫酸銅電極 mV vs. CSE	二酸化マンガン電極 mV vs. MnO ₂	外付照合電極 mV vs. 外付照合電極
90%以上の確率で腐食なし	$E > -200$	$E > -286$	$E > -65$
不確定	$-200 \geq E > -350$	$-286 \geq E > -436$	$-65 \geq E > -215$
90%以上の確率で腐食あり	$-350 \geq E$	$-436 \geq E$	$-215 \geq E$

二酸化マンガン電極 (MnO₂)基準への換算値 = 飽和硫酸銅(CSE)電極基準 - 86mV

外付照合電極基準への換算値 = 飽和硫酸銅電極基準 + 135mV

技術番号 BR030064

技術名 EcorrLIGHT(イーコロライト)腐食報知システム

開発者名 株式会社ナカボーテック

試験日 令和7年 2月 12日

天候 晴れ

気温 14 °C

風速 0 m/s

試験場所 実橋

構造物名 斜張橋(A2堅壁)

カタログ分類 計測・モニタリング技術 カタログ

検出項目 腐食

試験区分 現場試験

試験で確認する
カタログ項目 動作確認(精度を除く)

対象構造物の概要

橋梁形式: 3径間連続鋼斜張橋(箱桁橋)
橋長: 261m
支間長: 259.7m(150.3m+75.0m+34.4m)

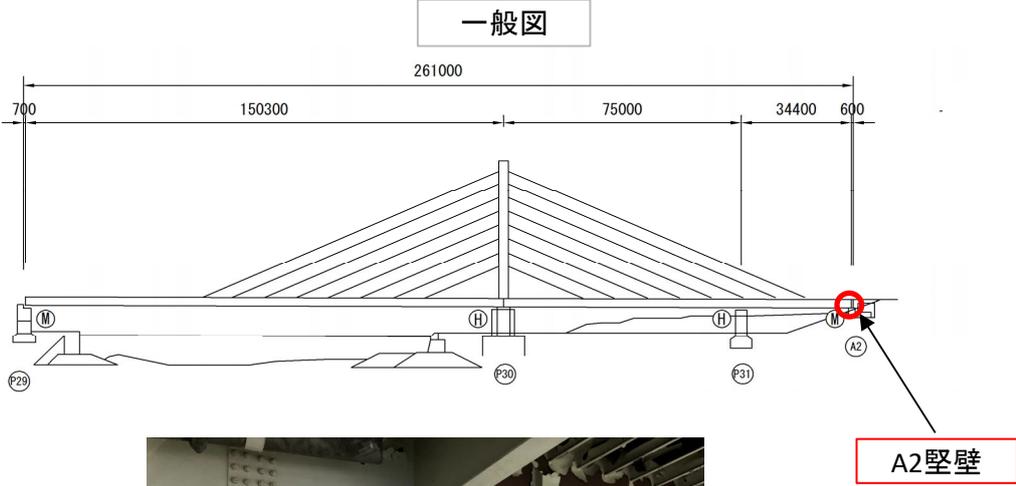


写真-1

・EcorrLIGHT腐食報知システムの設置手順と測定原理を説明した。

- ① 鉄筋探査計にて鉄筋位置の確認とシステムの設置位置(墨出し)を決定する。(写真-2、3)
- ② 鉄筋直上に穴をあけ、2本の測定端子(タッピングネジ)を固定する。(測定端子間の抵抗を測定する。)
- ③ 腐食報知装置をコンクリート表面に設置する。
- ④ FRPトラフに収納した外付照合電極をコンクリート表面に設置する。(写真-4)
- ⑤ 外付け照合電極と測定端子の各ケーブルを腐食報知装置と接続する。(写真-5)

開発者による計測機器の設置状況

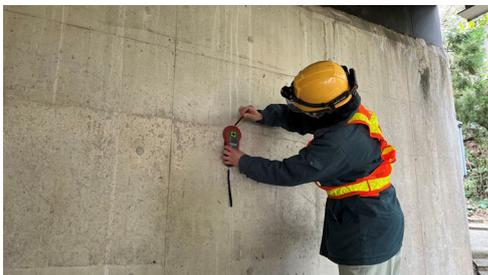


写真-2



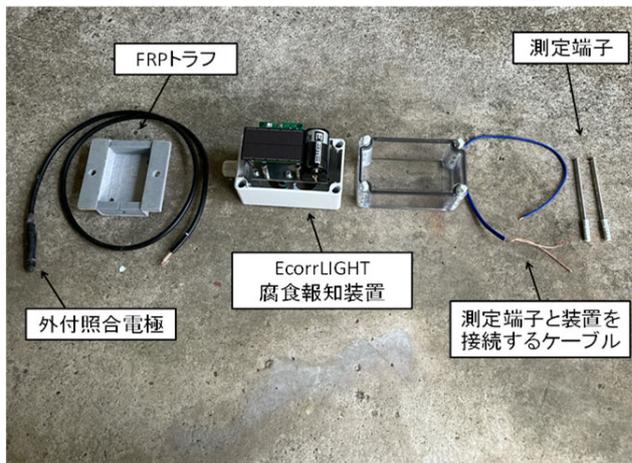
写真-3



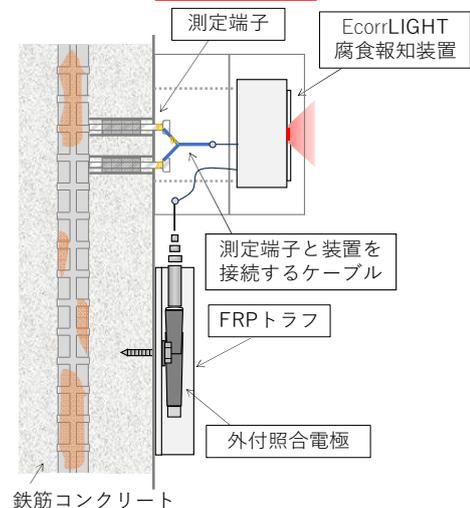
写真-4



写真-5



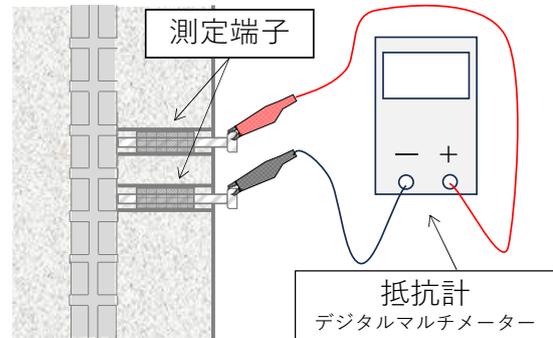
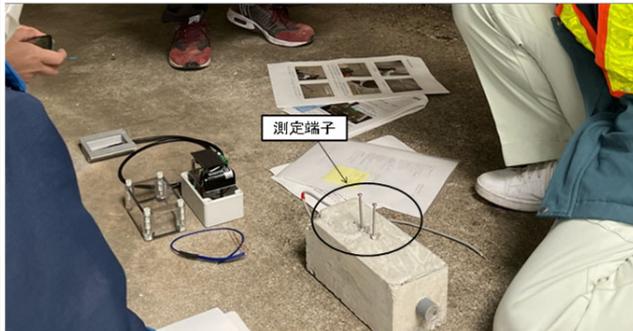
EcorrLIGHT腐食報知システム 使用部品



EcorrLIGHT腐食報知システムの構成

①性能(精度・信頼性)を確保するための条件

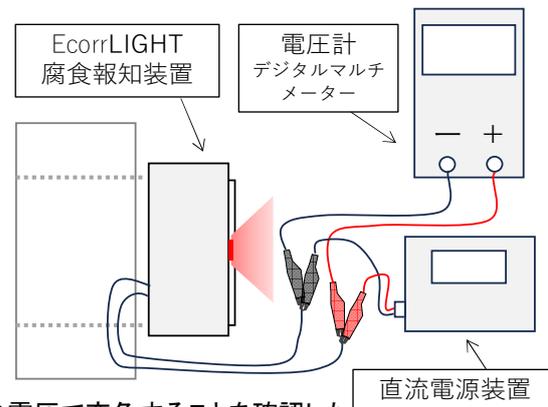
(a)測定端子の設置



測定端子が鋼材に確実に接触していることを2本の測定端子間の抵抗を測定することで確認した。

測定値 : $0.01 \Omega \leq 0.1 \Omega$

(b)EcorrLIGHT腐食報知装置のLEDランプの発色確認



直流電源装置で電圧を印加し電圧を測定した。所定の電圧で変色することを確認した。

②本試験時の条件

(a)測定端子間の抵抗値の閾値 : 0.1Ω 以下

(b)発色確認

LEDランプの発色が示す電圧

発色	電圧 (mV)
青色	$E > -65$
黄色	$-65 \geq E > -215$
赤色	$-215 \geq E$



設置完了(イメージ)