

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)

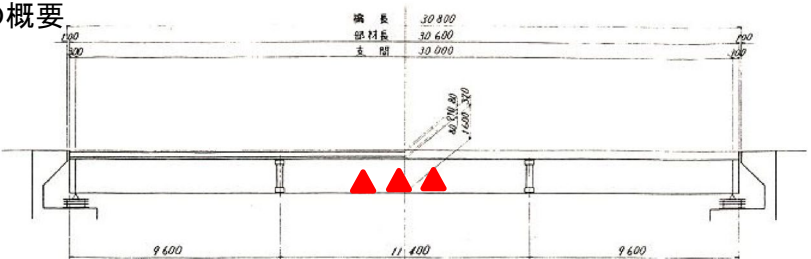


図-1 側面図

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)
- ②計測対象箇所
 - ・ひずみ量(図-2及び図-3の▲位置)

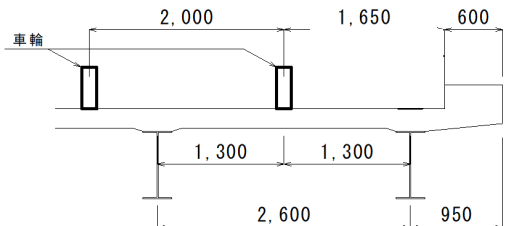


図-2 走行位置



写真-1 車両載荷(20t)

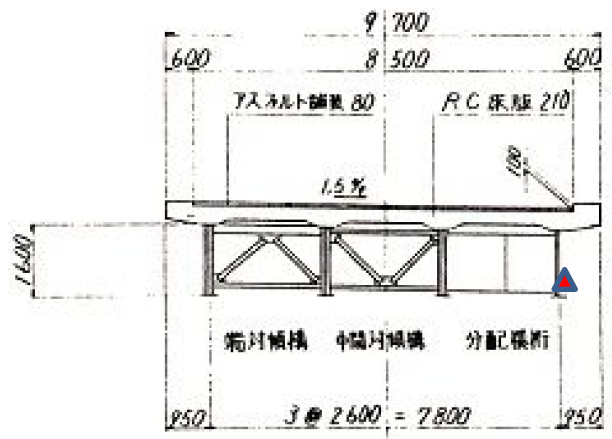


図-3 断面図



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

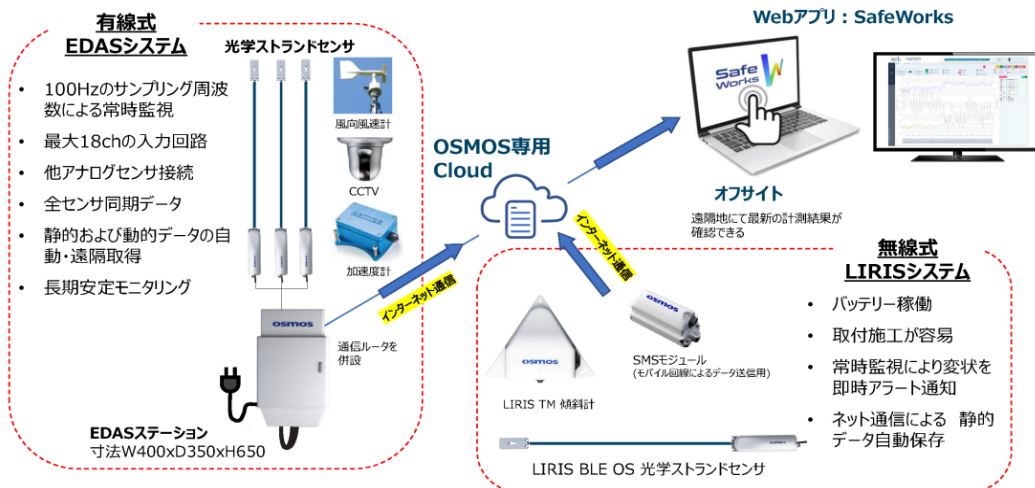


図-4 システム概要図

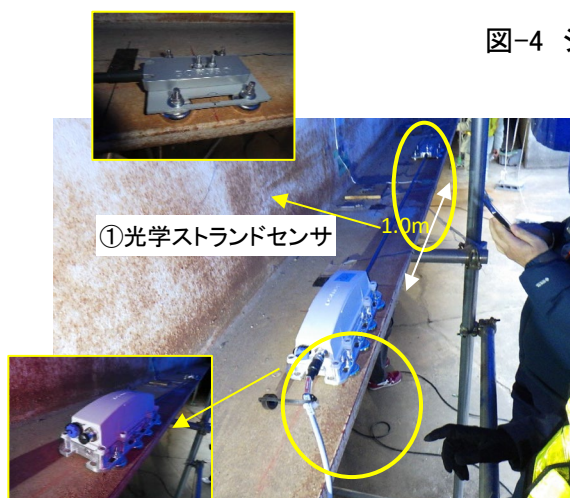


写真-3 計測機器

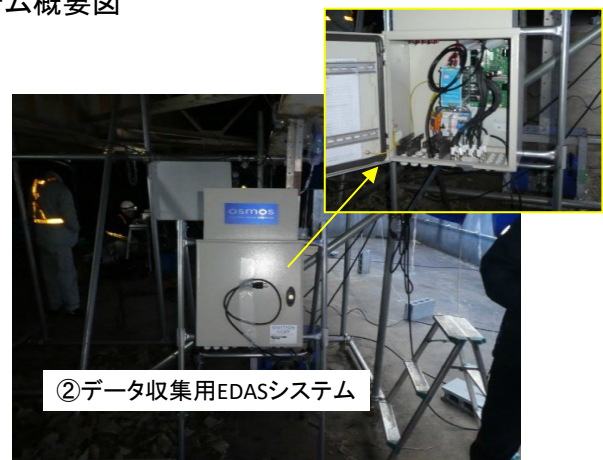


写真-4 通信機一式

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。

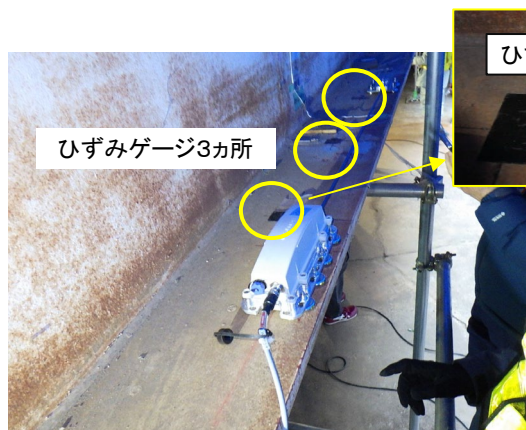


写真-5 リファレンス用計測機器

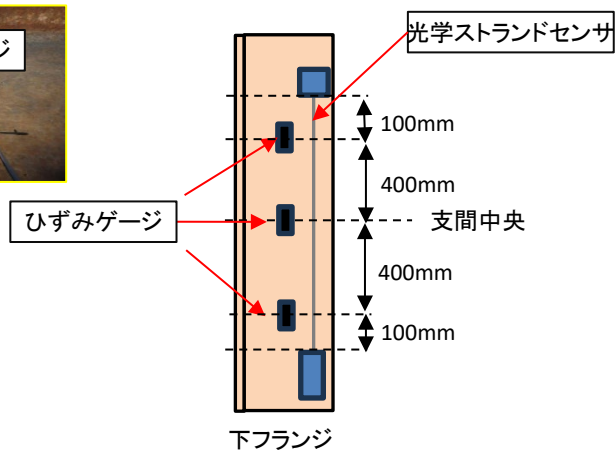


図-5 リファレンス用ひずみゲージ設置位置



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

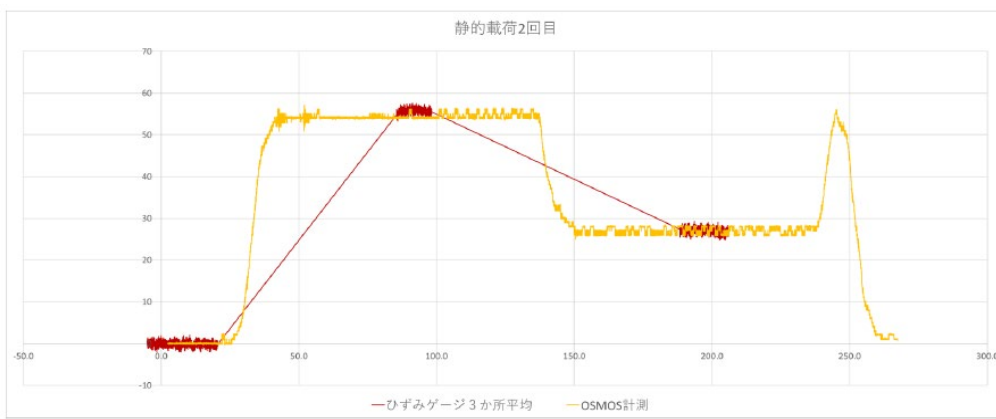
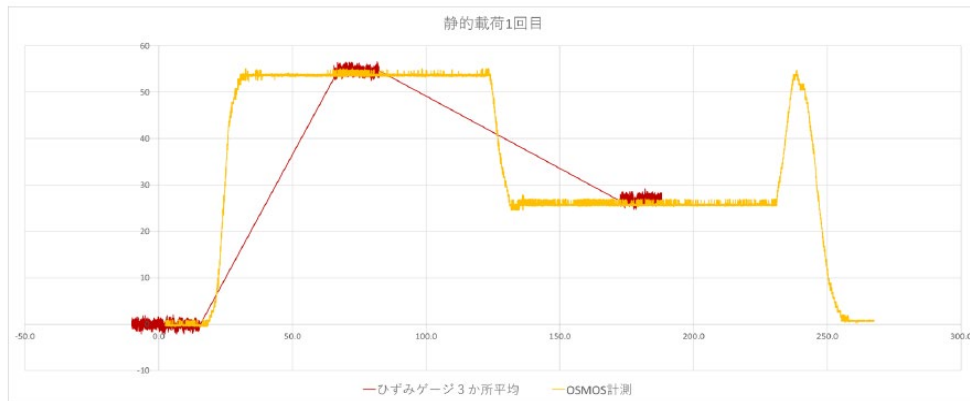
	載荷試験				
	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
リファレンス	56.2	52.4	46.0	47.0	50.6
計測結果	57.5	53.6	47.3	48.7	52.3
差分	1.32	1.19	1.26	1.64	1.66

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

$$x = 2.83 \quad \%$$

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 光学ストレンド 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 $\mu\epsilon$

x= 1.65 %

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 $\mu\epsilon$

x= 1.39 %

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

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

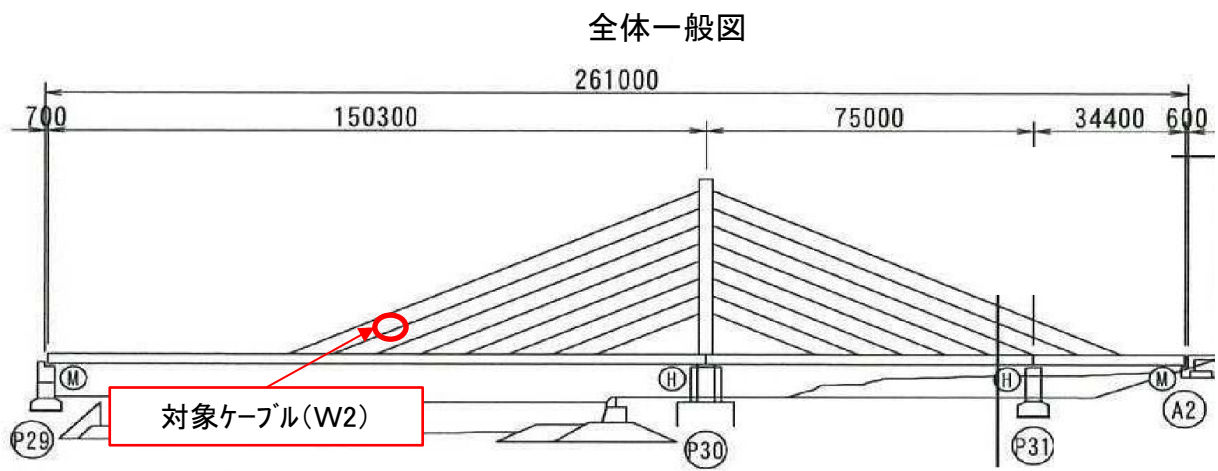
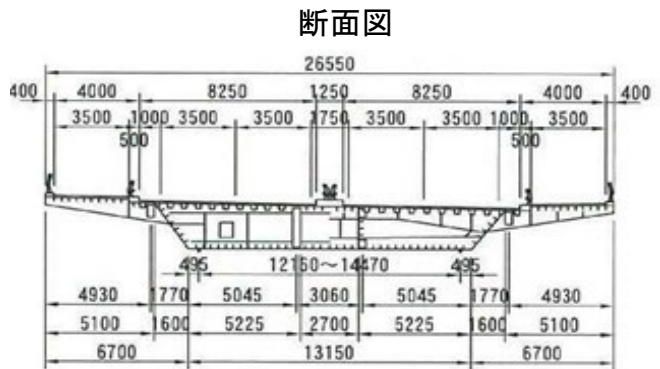


写真-1 全体写真



対象径間: 第1径間

計測対象部材: 斜材ケーブル(W2)

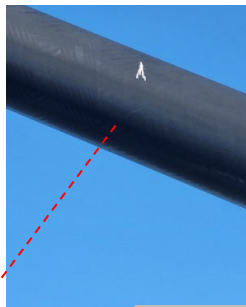
- ① 計測機器を搬入・設置する。(写真-2:計測計、PC)
- ② 計測箇所を特定する。(写真-3)
- ③ 計測状況:対象ケーブルを人力で加振する。(5回計測)(写真-4)
- ④ 計測結果の確認:PCで計測結果を確認する。(写真-5)
- ⑤ 後日、計測した画像をレファレンス用加速度計(写真-6)のデータと比較する。

開発者による計測機器の設置状況



レーザー照射

写真-2



レーザー照射

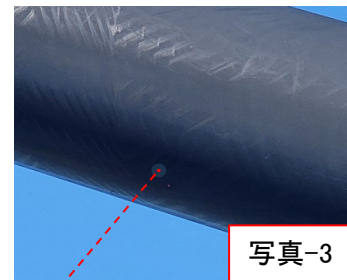


写真-3



写真-4



写真-5

比較対象を得るため、
立会者による計測機器の設置状況

レファレンス用加速度計:EPSON M-A352AD10



レファレンス用加速度



拡大

写真-6

※同一の斜材ケーブル(W2)にレファレンス用加速度計を設置し、加速度を計測する。

※レファレンス用加速度計の測定

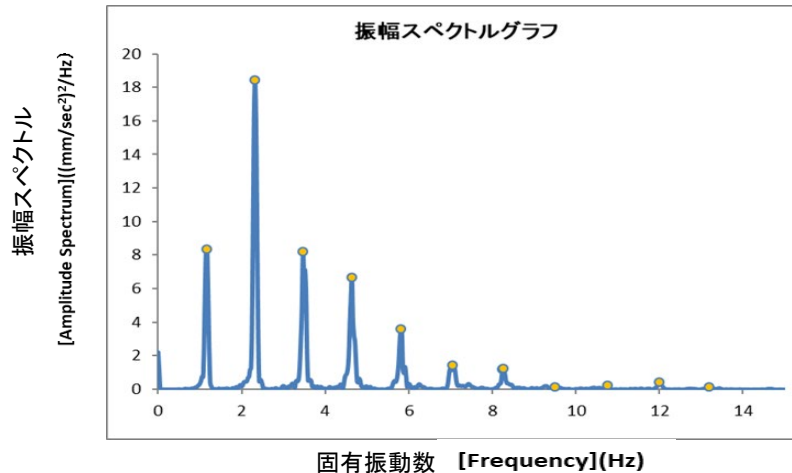
(1)固有振動数

・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

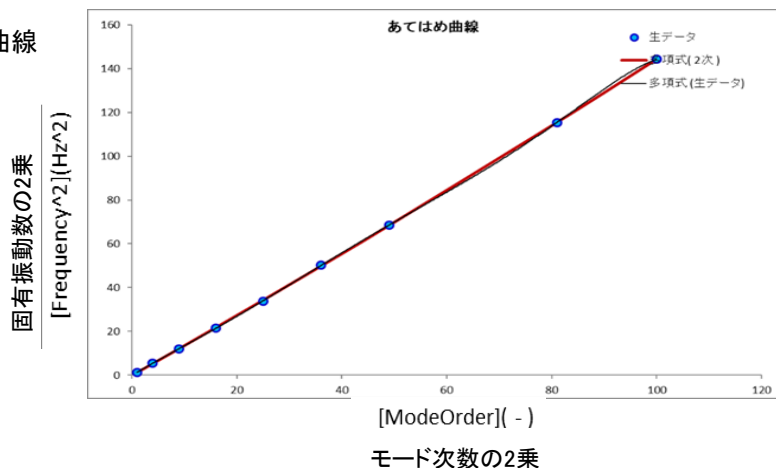
橋梁ケーブルのように張力のかかった一次元部材のたわみに関する運動方程式を両端単純支持の境界条件の基に解くと振動方程式からモード次数*i*とその固有振動数*f_i*との間に次の関係式が得られる。

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

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 0



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

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

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	0.999998	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

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

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)	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

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

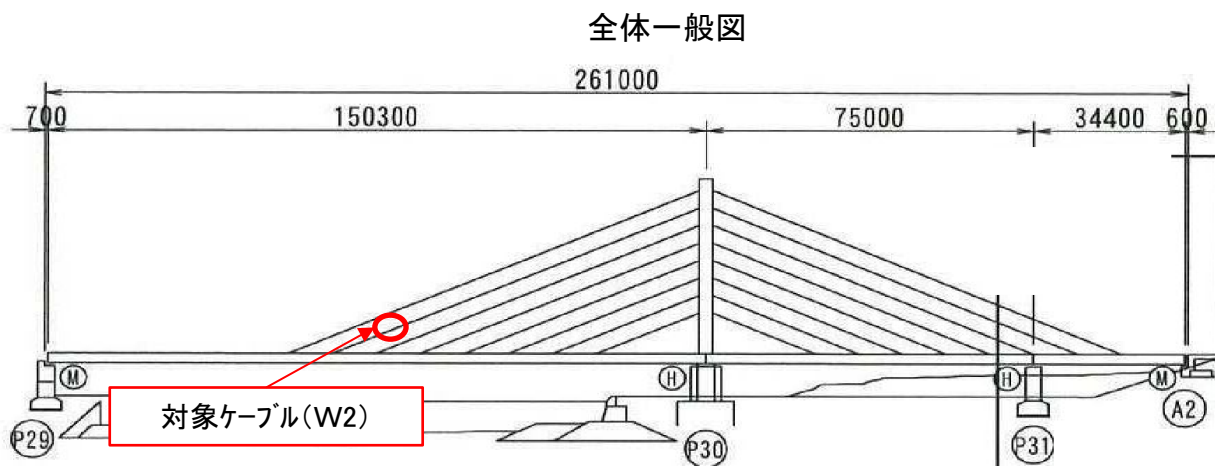
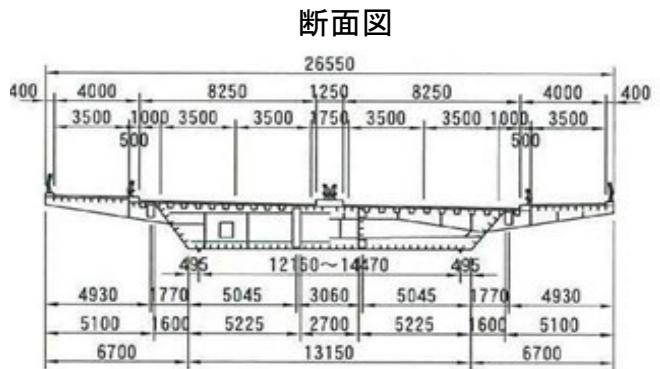


写真-1 全体写真



対象径間: 第1径間

計測対象部材: 斜材ケーブル(W2)

- 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

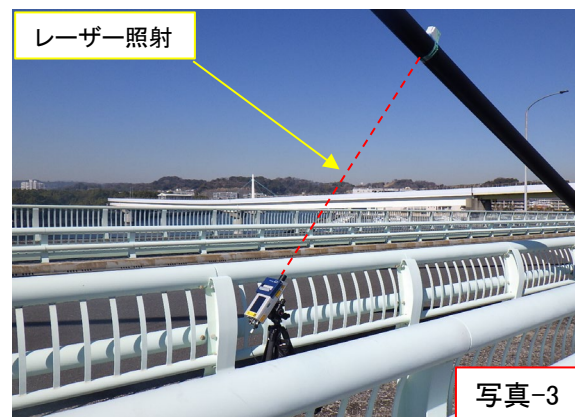


写真-3



写真-4



写真-5



写真-6

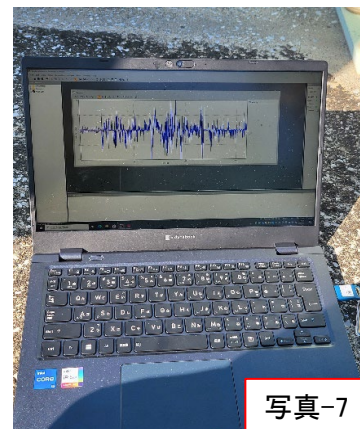


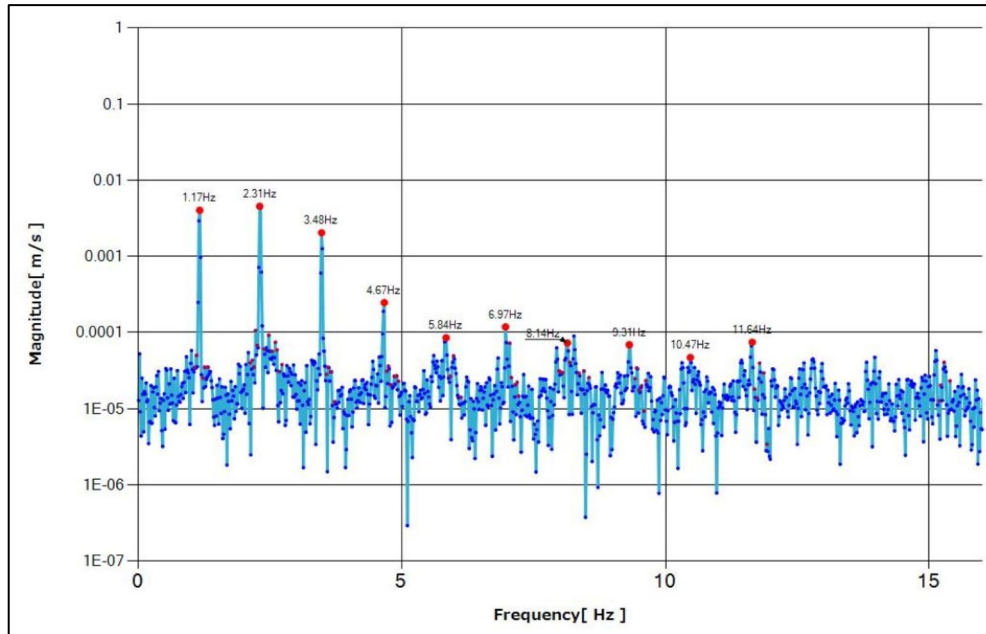
写真-7

※計測結果

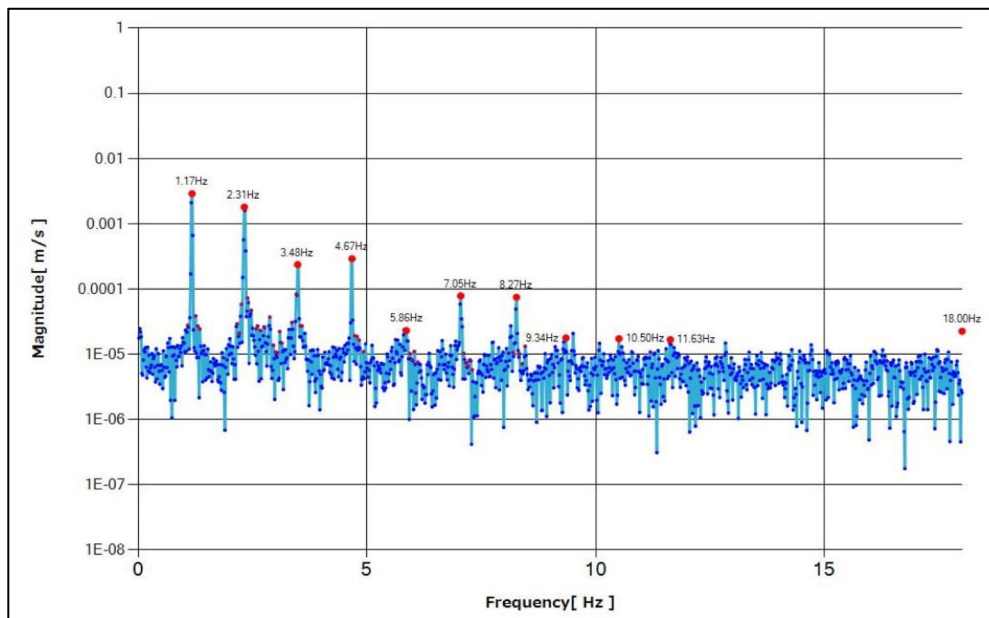
(1)固有振動数

①5回計測

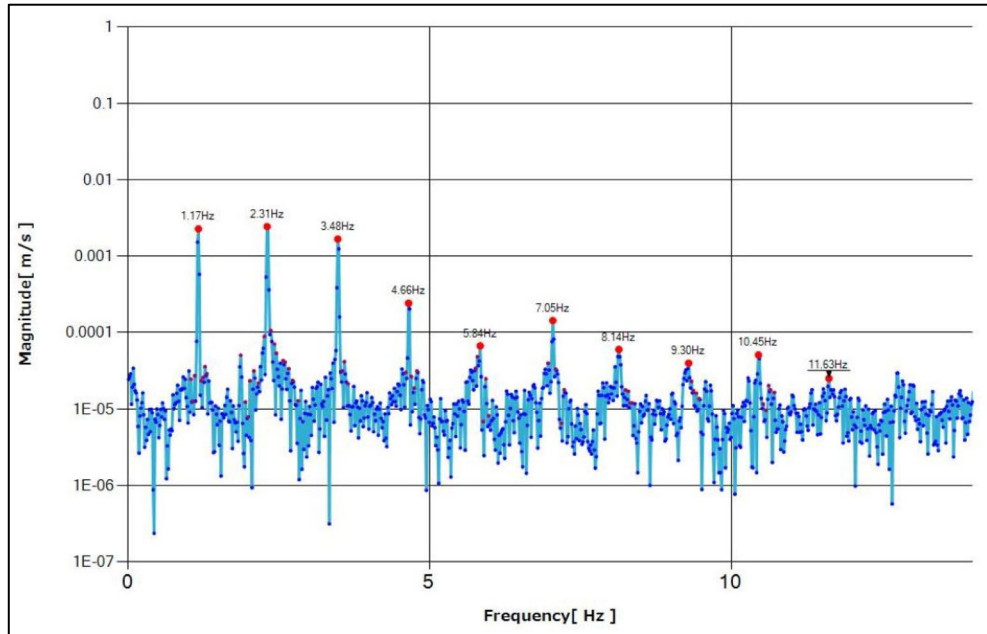
・1回目



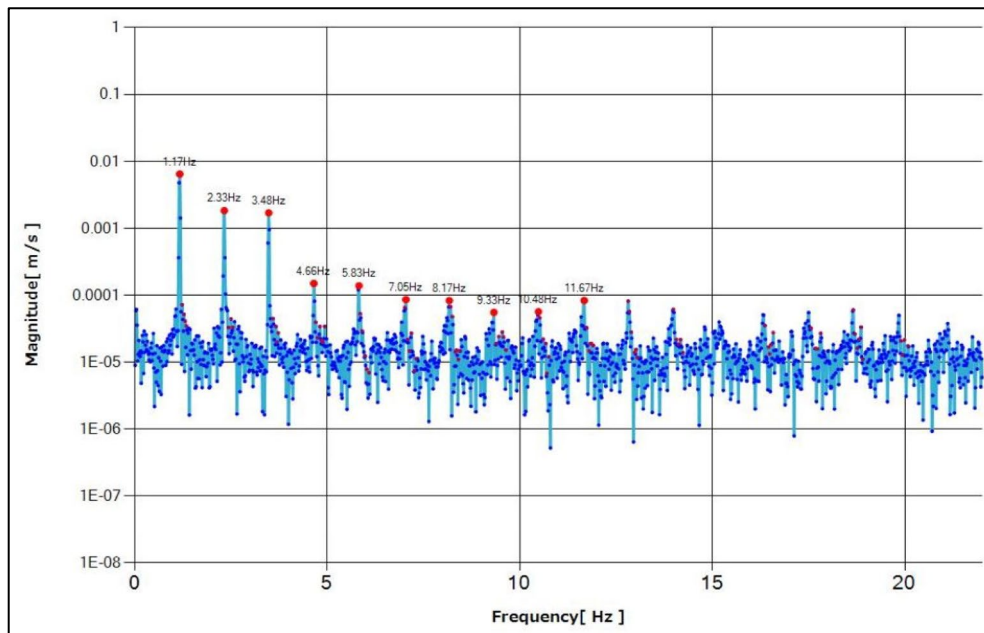
・2回目



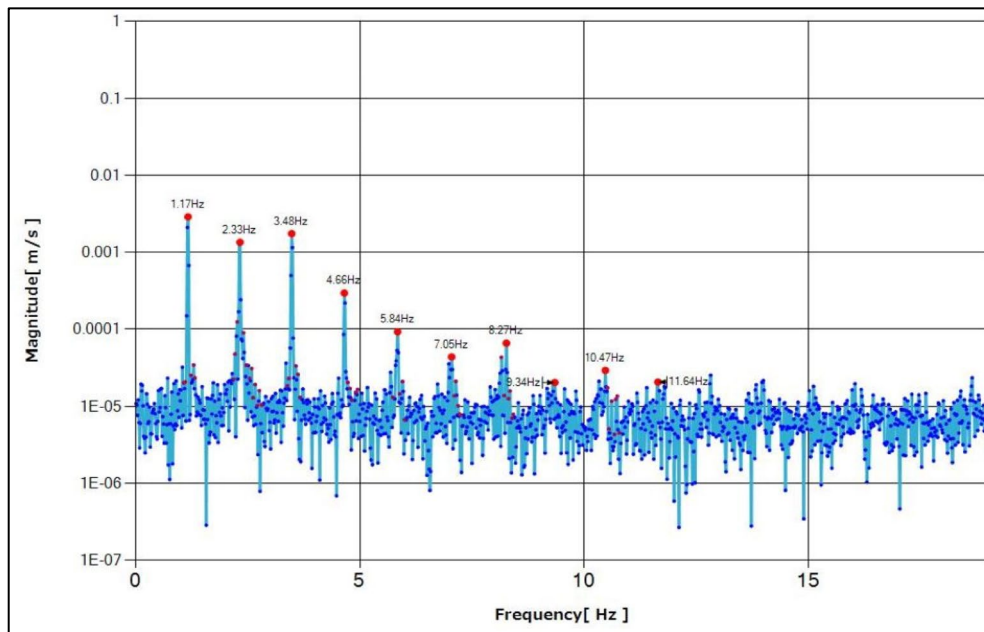
・3回目



・4回目



・5回目



(2) 固有振動数の集計(1次～5次)

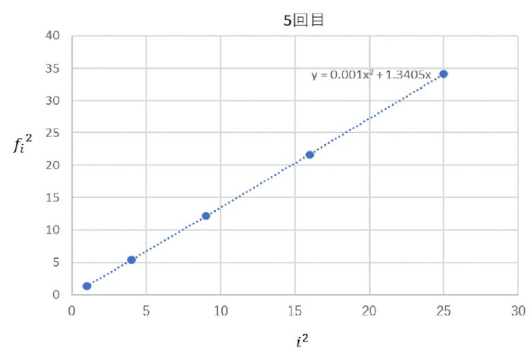
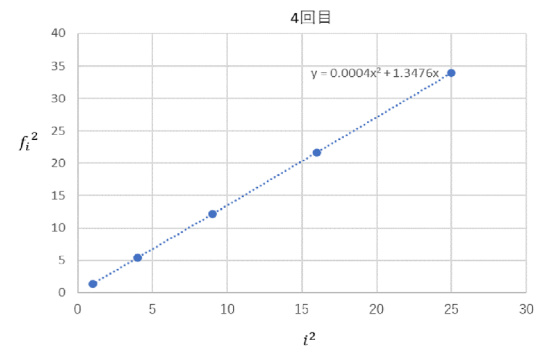
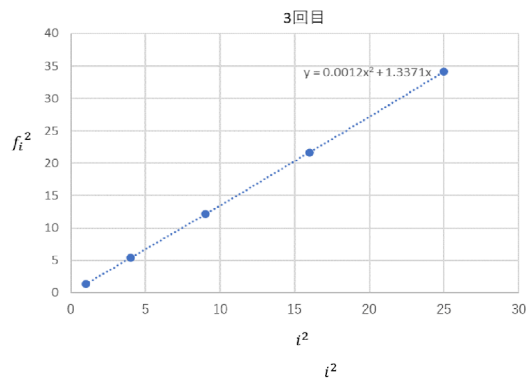
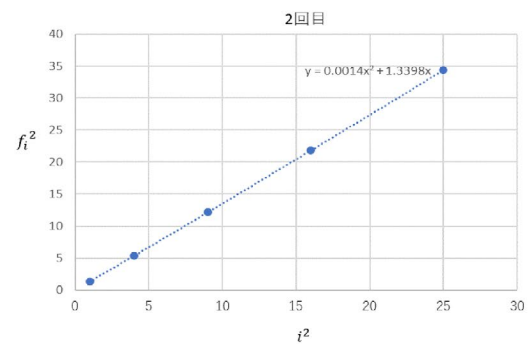
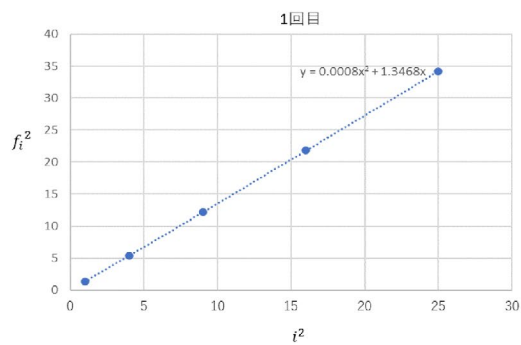
		1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
固有振動数(Hz)	1次	1.1719	1.1719	1.1719	1.1719	1.1719
	2次	2.3125	2.3125	2.3125	2.3281	2.3281
	3次	3.4844	3.4844	3.4844	3.4844	3.4844
	4次	4.6719	4.6719	4.6563	4.6563	4.6563
	5次	5.8438	5.8594	5.8438	5.8281	5.8438

(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 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)

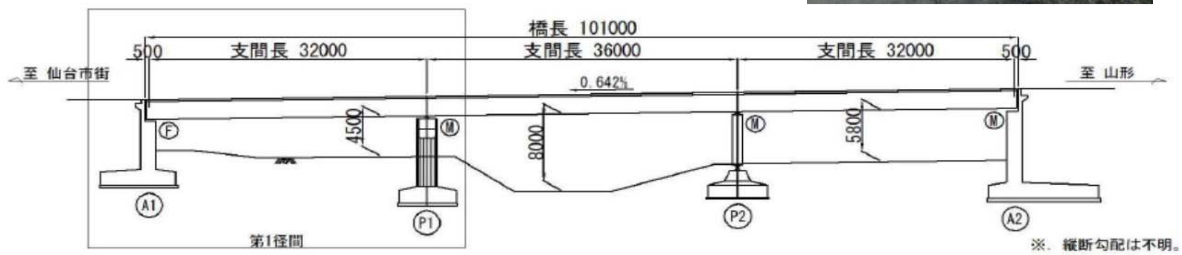
対象構造物の概要

1.対象橋梁の概要

上部工形式;3径間連続非合成鉄桁橋

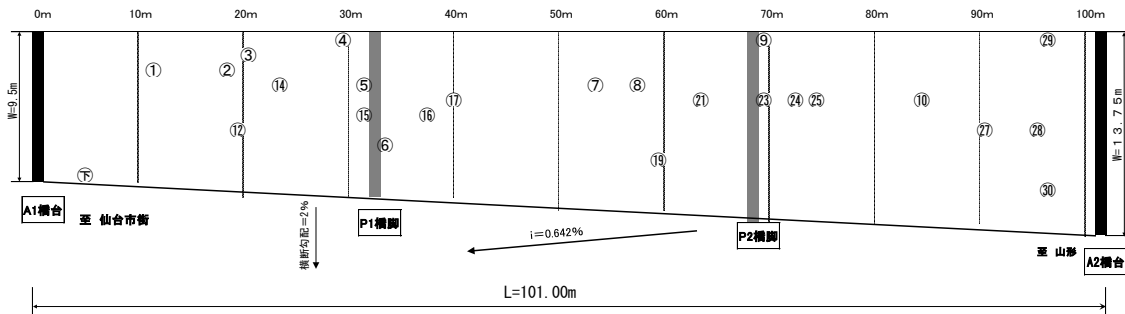
橋長;101.00m 幅員;10.40~14.65m

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



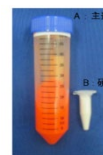
①一次削孔(φ5mm)



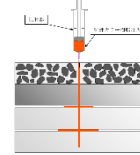
②鉄筋探査状況



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



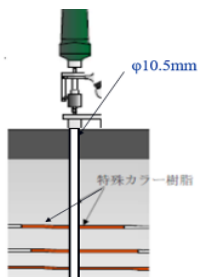
④二次削孔(φ10.5mm)



⑤内視鏡による孔内撮影

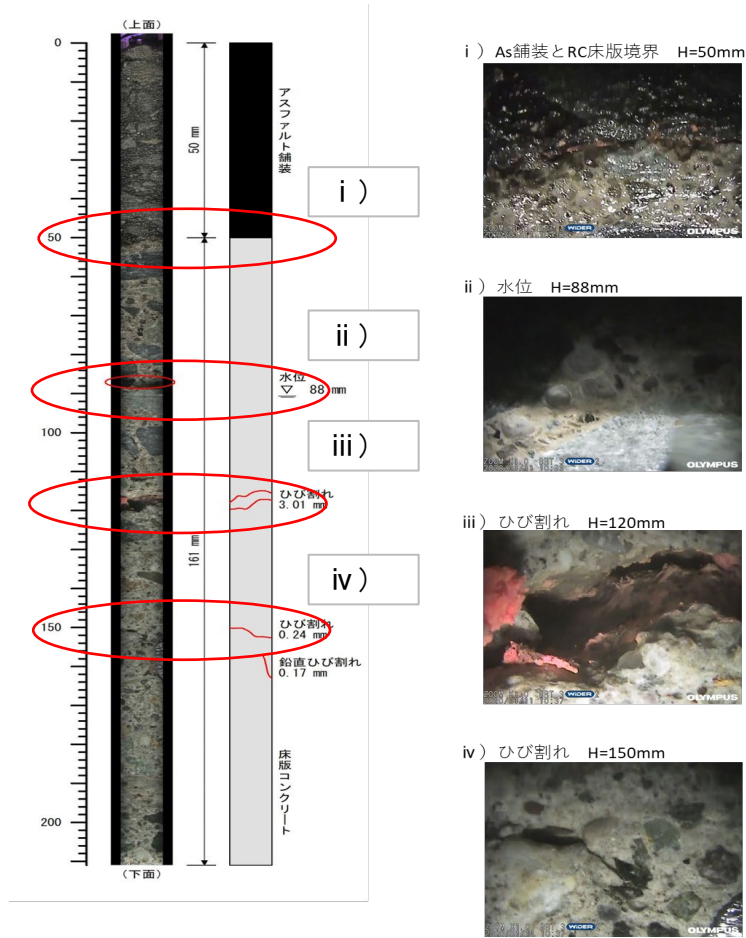


孔内撮影の使用機器



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)

技術番号 BR030059

技術名 MDT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3年 12月 日 天候 - 気温 - °C 風速 - m/s

試験場所 撤去床版

カタログ分類 計測・モニタリング技術 カタログ 検出項目 その他(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)

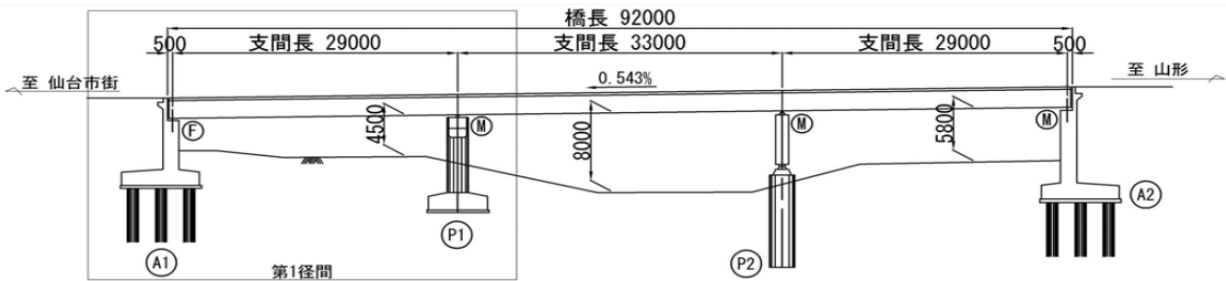
対象構造物の概要

1.対象構造物の概要

上部工形式;3径間連続鋼桁橋

橋長;92m 幅員;9.0m

1986年7月供用開始 一等橋(TL-20)



2.MDT工法による床版内部状況の調査とSingle-i(シングル アイ)工法による調査結果との照合

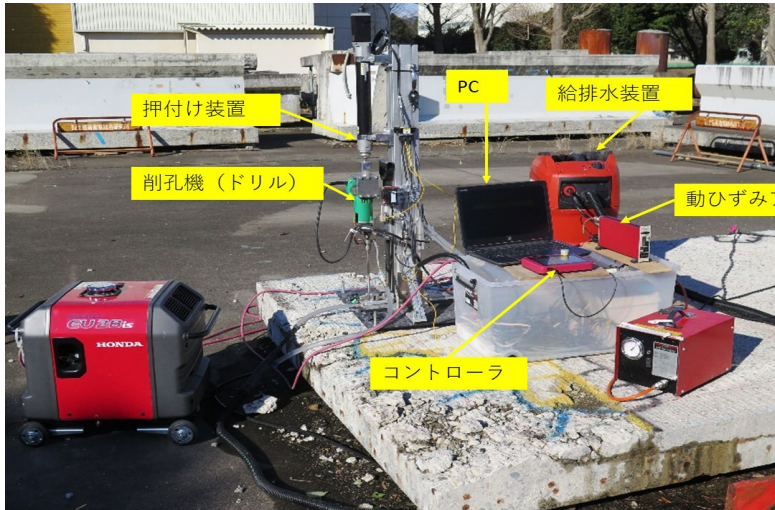
MDT工法による調査位置

	→ 0.5																→ 63.62		
	↓ 5.26																↓ 1.97	→ 71.31	
A1																	↓ 2.40		A2
G1																			
G2																			
G3	①																		
G4	④																		
	→ 4.07m	→ 12.42																	
	↓ 7.73m	↓ 7.51																	

※ 計測結果の比較では、一例として調査地点⑫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 削孔(削孔速度の測定)

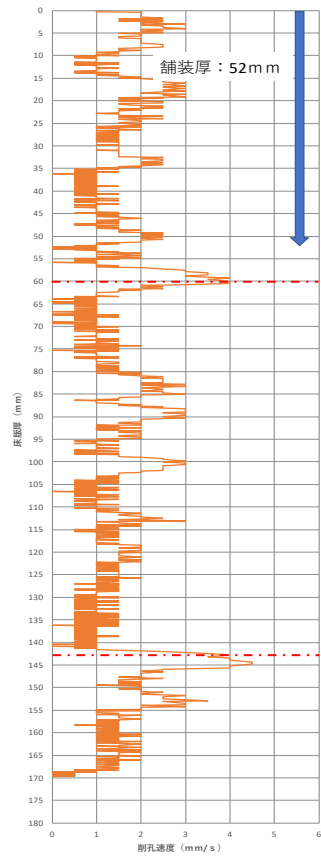
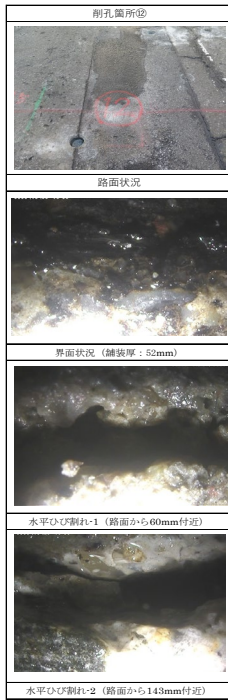
開発者による計測機器の設置状況



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

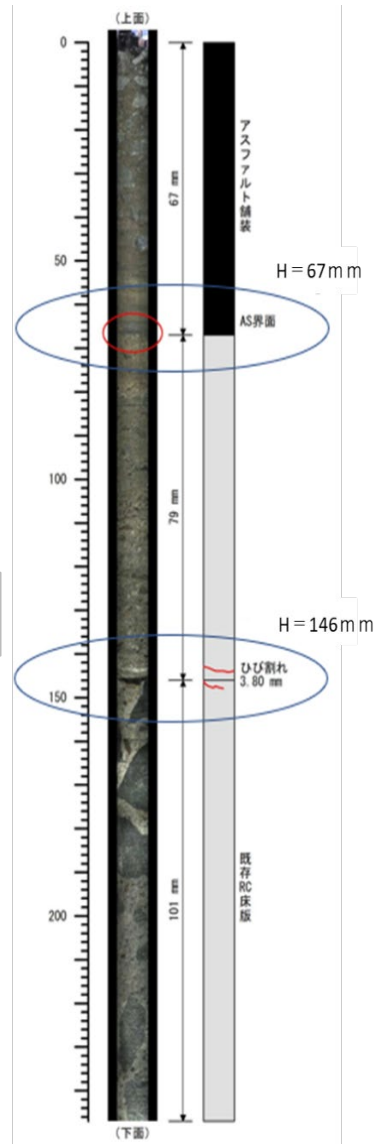
- ① 装置は、押付け装置を有する削孔機、コントローラ、循環式の給排水装置、データを取り込むためのパソコンなどからなる
- ② 押付け装置は市販のロボットシリンダーであって、削孔時にドリルを一定の力(15kgf)で押し付ける
- ③ 削孔時に巻取り型変位計、動はずみアンプにより、ドリルの沈下速度(削孔速度)を測定する
- ④ 削孔速度の変化から、コンクリート内部の状況を推定する
- ⑤ 精度検証をする場合には、内視鏡を用いて、削孔内部の状況を確認、削孔速度の測定結果と照合する

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)

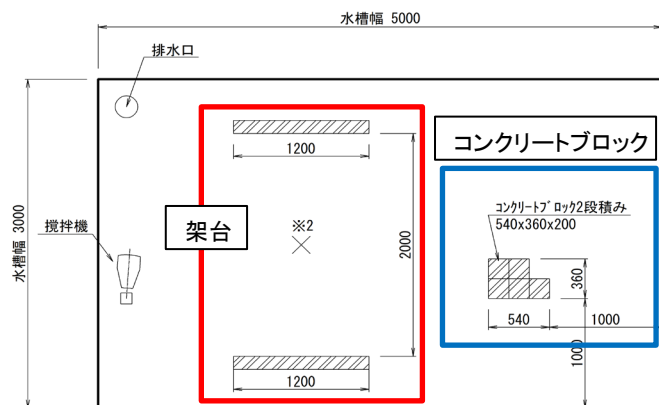


図-1 小水槽平面図

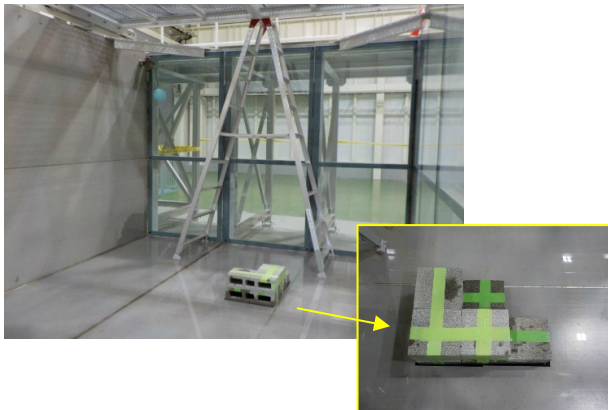


写真-2 コンクリートブロック設置

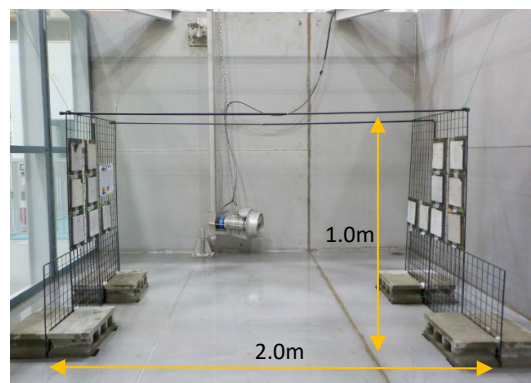


写真-3 架台の設置

- 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

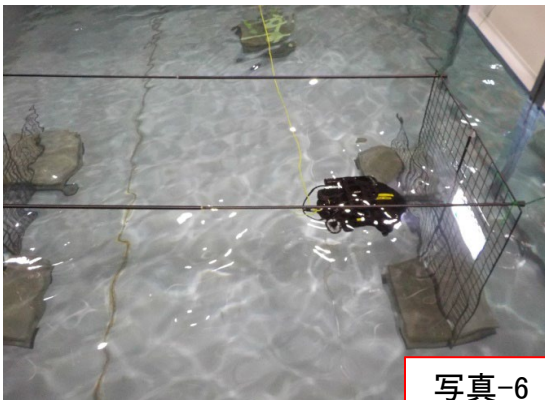


写真-6

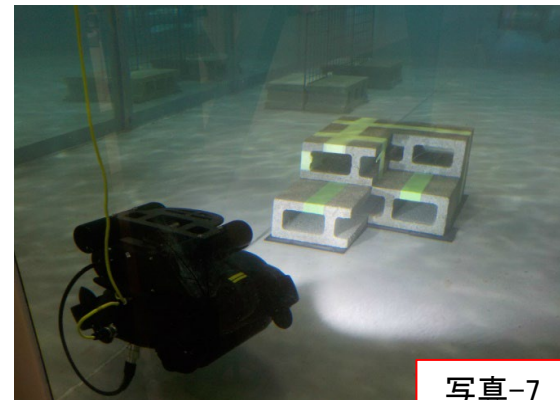


写真-7



写真-8



写真-9

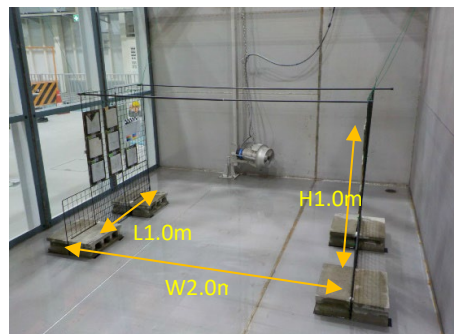
※安定性能

■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

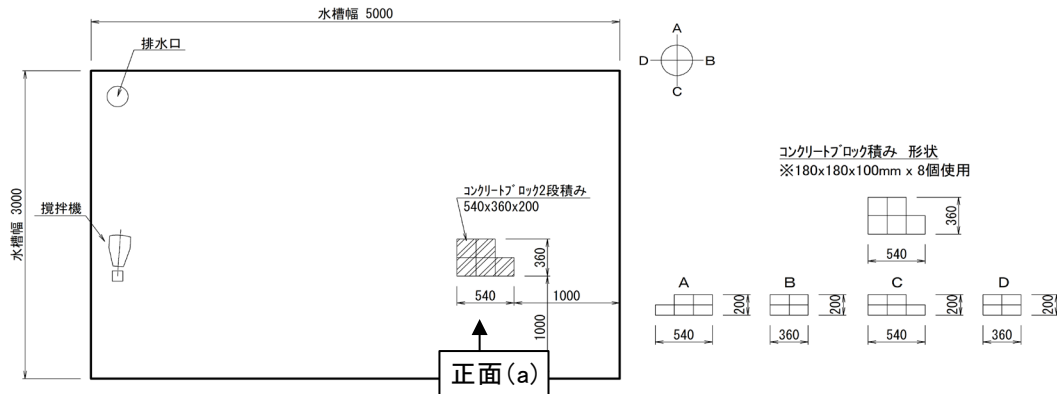


図-2 コンクリートブロック設置位置

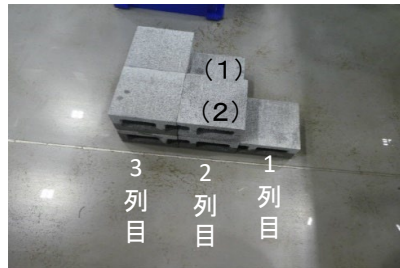


写真-10 コンクリートブロック

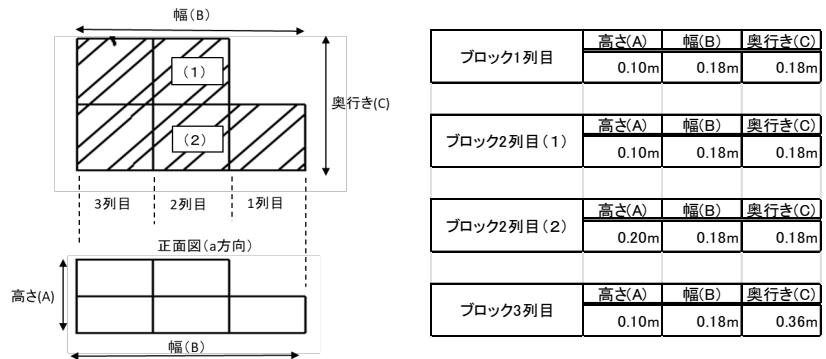


図-3 コンクリートブロック寸法(真値)

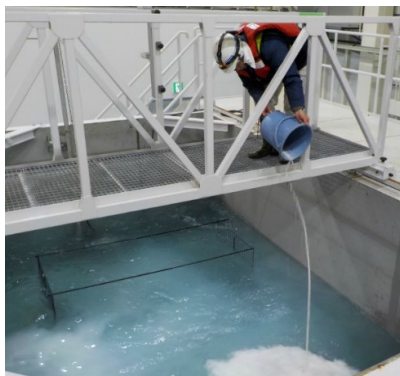


写真-11 濁度材投入状況



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

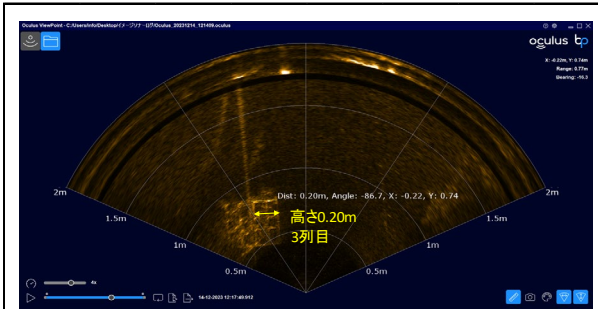
ブロック2列目(2)	リファレンス(m)			当該技術(m)			差分		
	高さ(A)	幅(B)	奥行き(C)	高さ(A)	幅(B)	奥行き(C)	高さ(A)	幅(B)	奥行き(C)
計測1回目	0.2	0.18	0.18	0.2	0.2	0.2	0	0.02	0.02
計測2回目	0.2	0.18	0.18	0.2	0.2	0.2	0	0.02	0.02
計測3回目	0.2	0.18	0.18	0.2	0.2	0.2	0	0.02	0.02
計測4回目	0.2	0.18	0.18	0.2	0.2	0.2	0	0.02	0.02

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

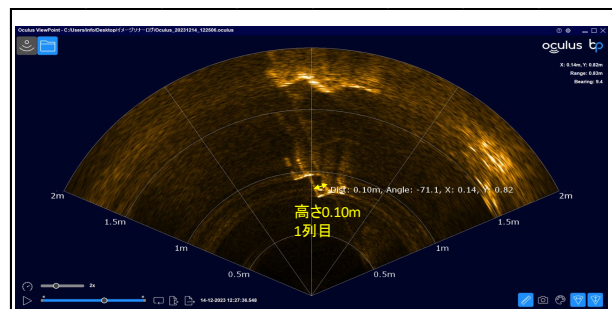
$$\text{計測精度} = \sqrt{\frac{(x_1 - a)^2 + \dots + (x_n - a)^2}{n}}$$

		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

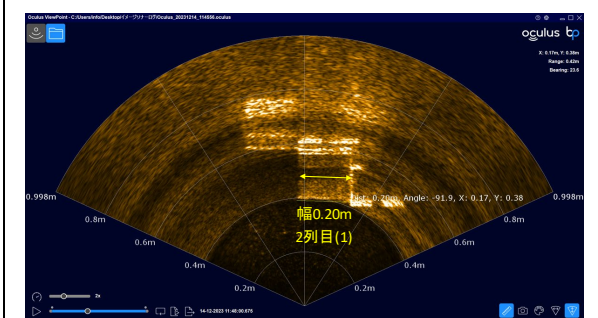
計測データ



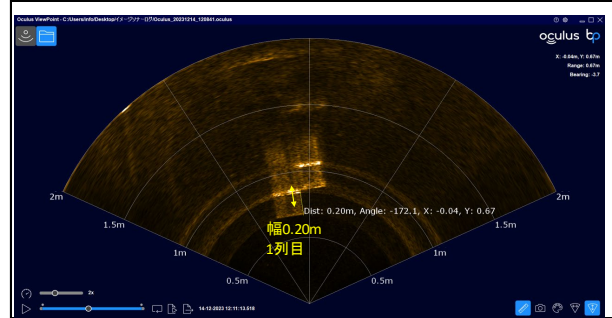
①流れなし濁度なし 高さ(A)の計測



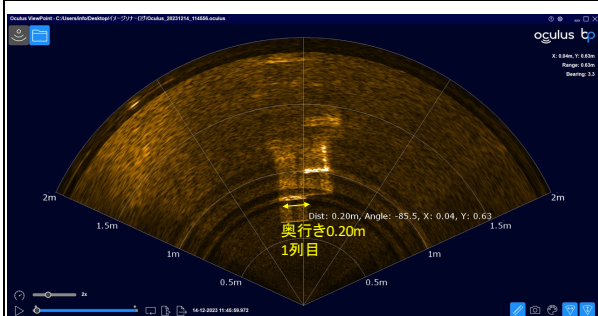
②流れあり濁度なし 高さ(A)の計測



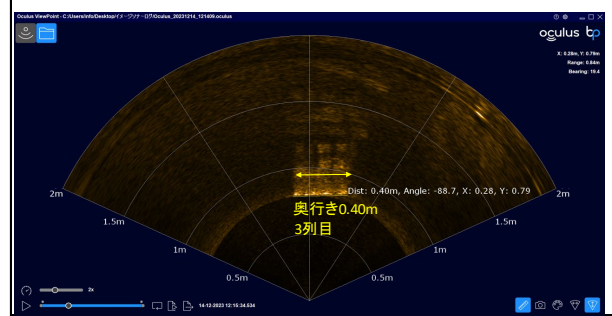
①流れなし濁度なし 幅(B)の計測



②流れあり濁度なし 幅(B)の計測

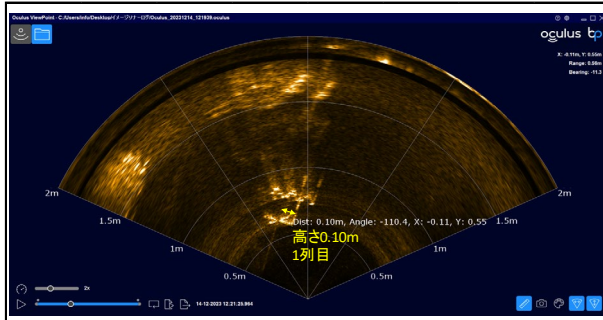


①流れなし濁度なし 奥行き(C)の計測

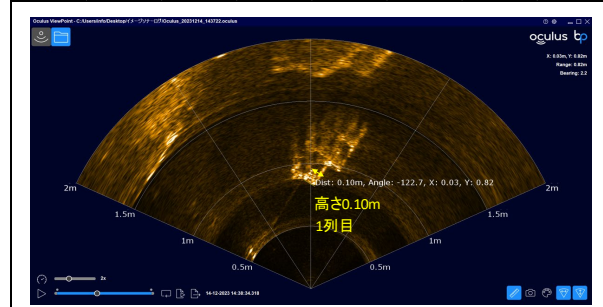


②流れあり濁度なし 奥行き(C)の計測

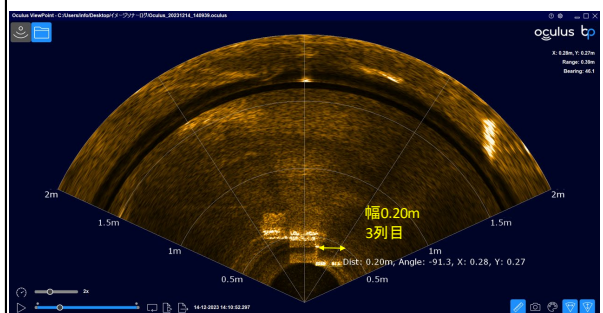
計測データ



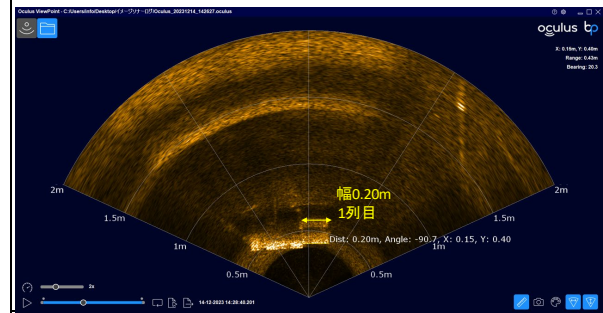
③流れなし濁度あり 高さ(A)の計測



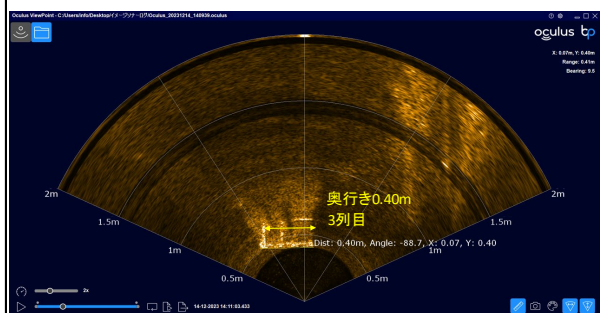
④流れあり濁度あり 高さ(A)の計測



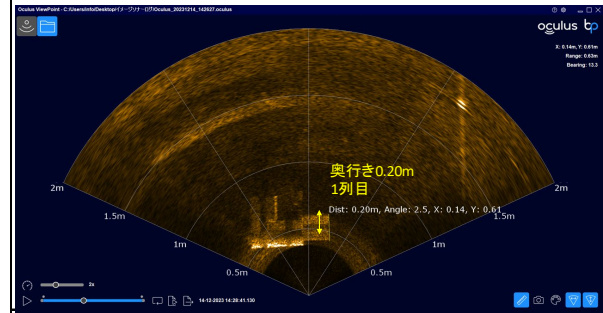
③流れなし濁度あり 幅(B)の計測



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

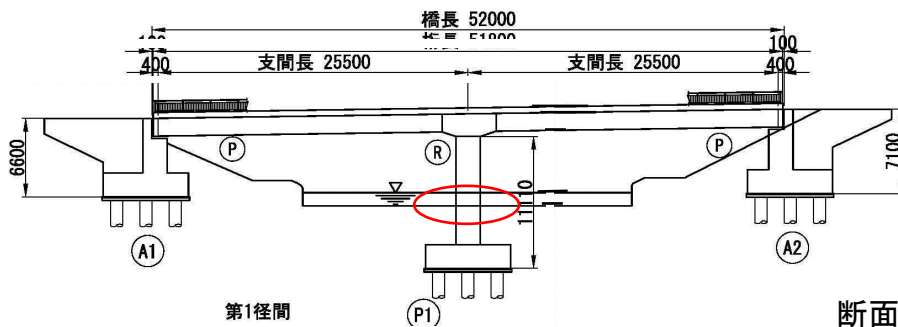
技術番号	BR030060						
技術名	水中自航型ロボットカメラ(水中ドローン)による水中部の点検支援技術	開発者名	株式会社ジュンテクノテクノサービス				
試験日	令和6年 2月 19日	天候	曇り	気温	18.5 °C	風速	1.5 m/s
試験場所							
カタログ分類	計測・モニタリング技術 カタログ	検出項目	洗掘	試験区分	現場試験		

試験で確認する カタログ項目	動作確認 (精度以外)
-------------------	----------------

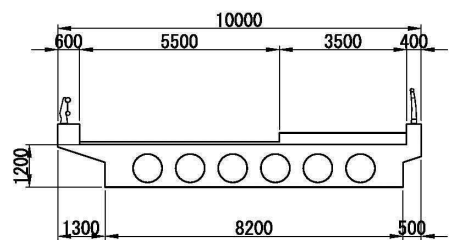
対象構造物の概要

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



橋脚断面寸法図

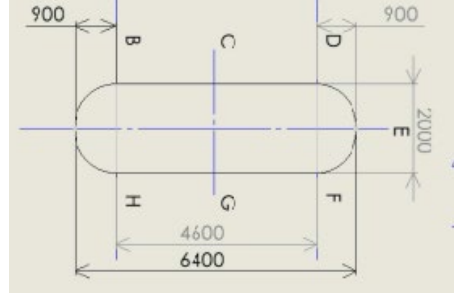


写真-1 全体写真

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)



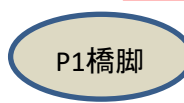
写真-7

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

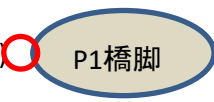
風速:0~4.9m/s

濁度:24.8NTU

気温:21.3°C

下流

(実測1.9m)



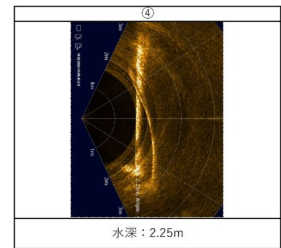
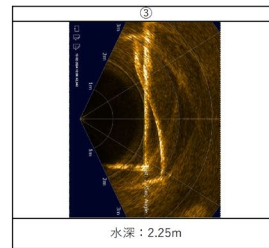
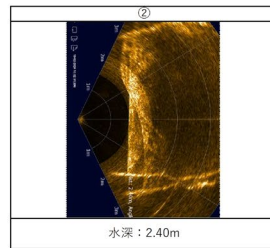
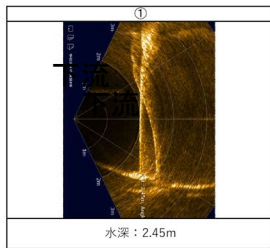
P1橋脚

上流

← 流速:0.078m/s

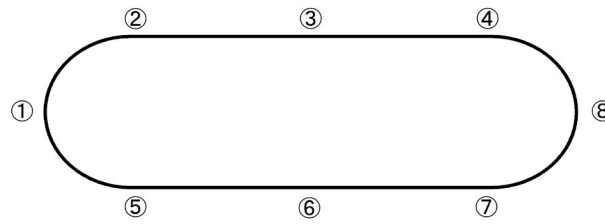
※計測結果

①下り

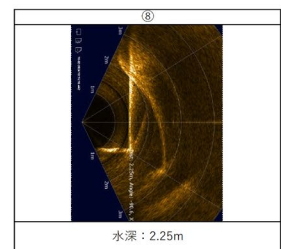
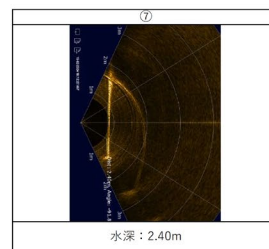
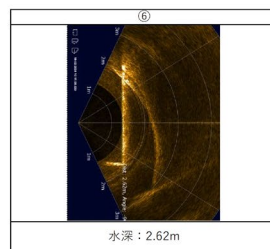
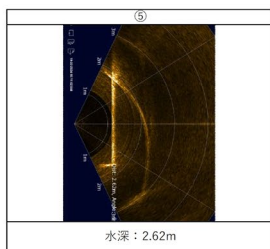


P1

上流



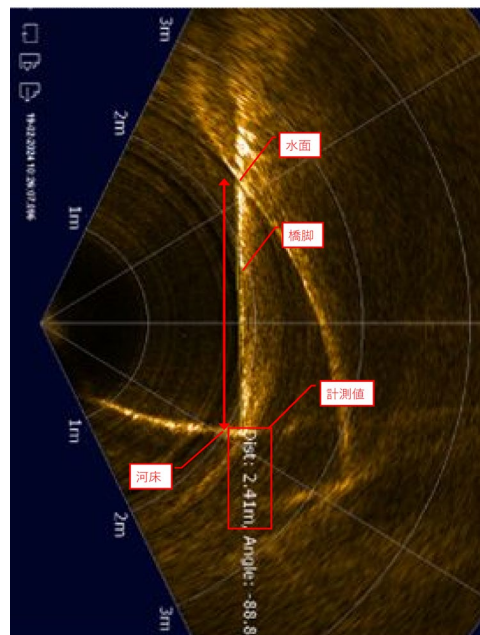
下流



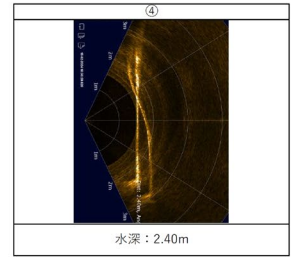
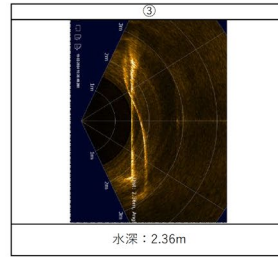
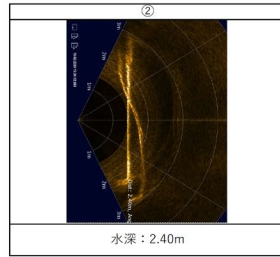
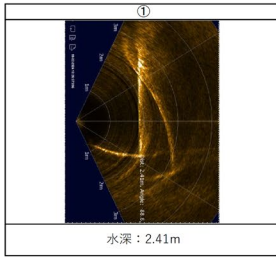
-計測方法-

・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。

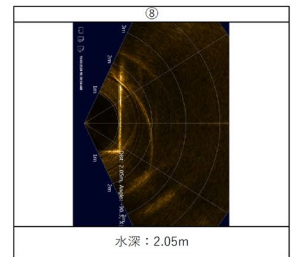
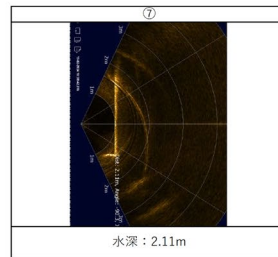
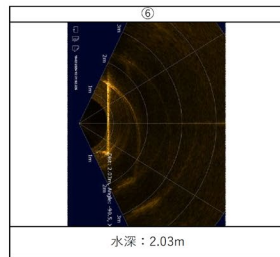
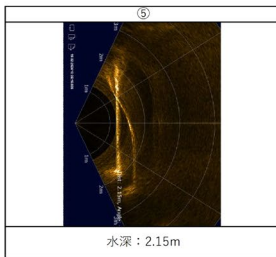
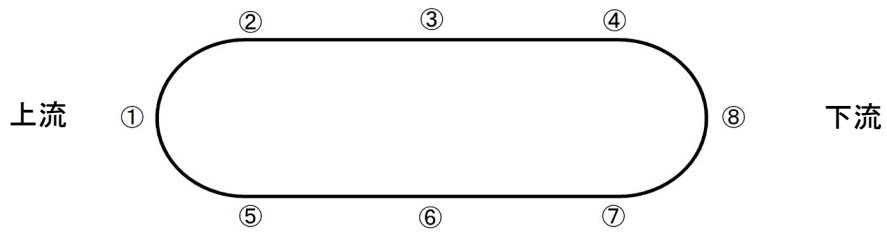
変状有無の確認及び水面から河床までの距離を計測することで水深を計測する。



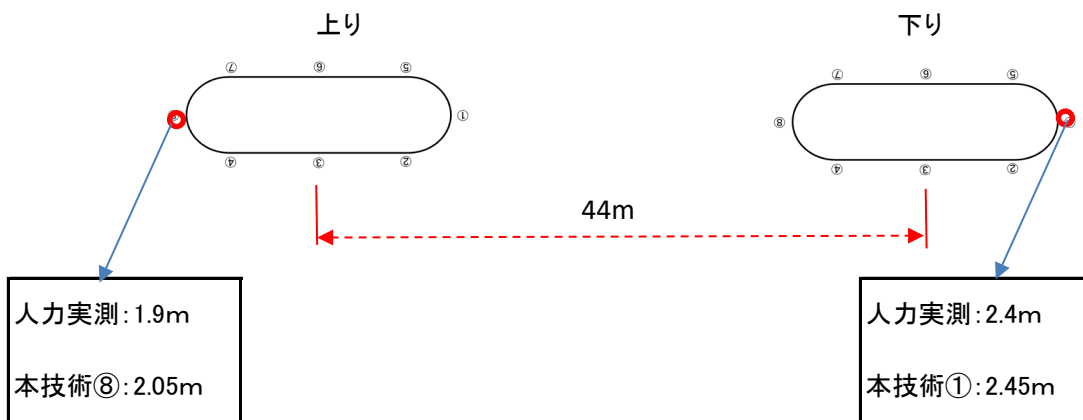
②上り



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)

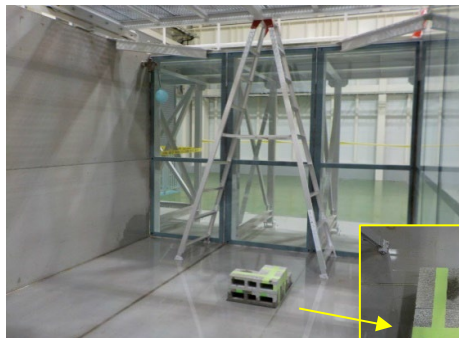


写真-2 コンクリートブロック設置

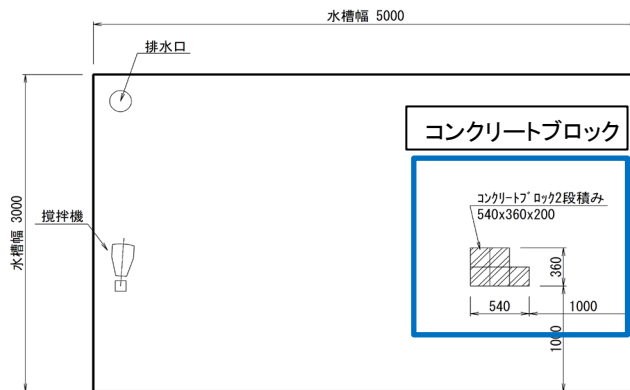
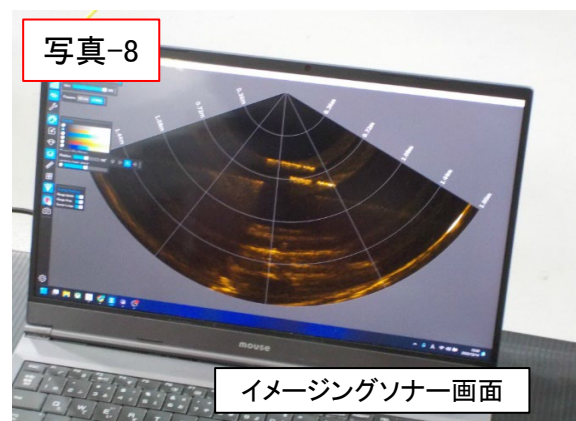
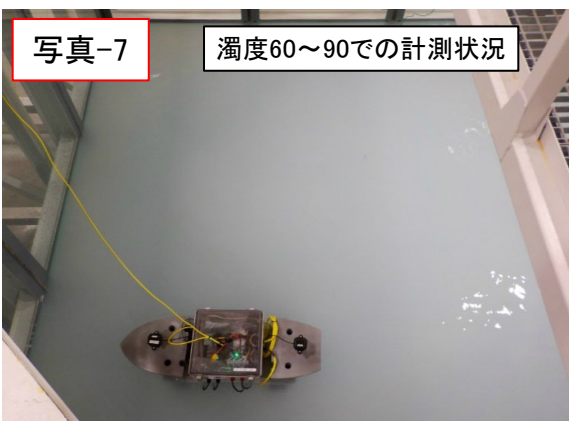
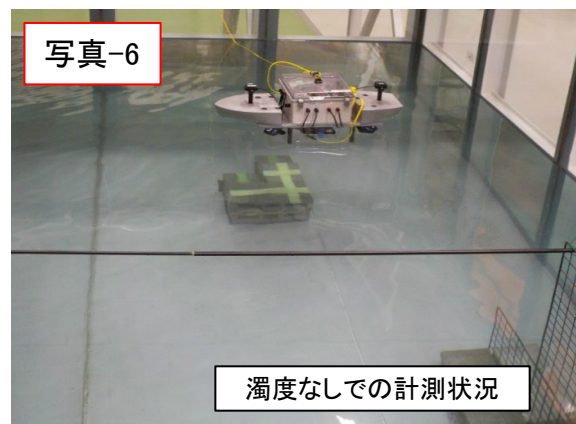
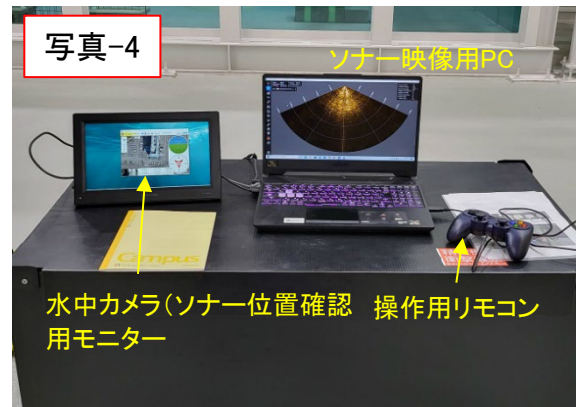
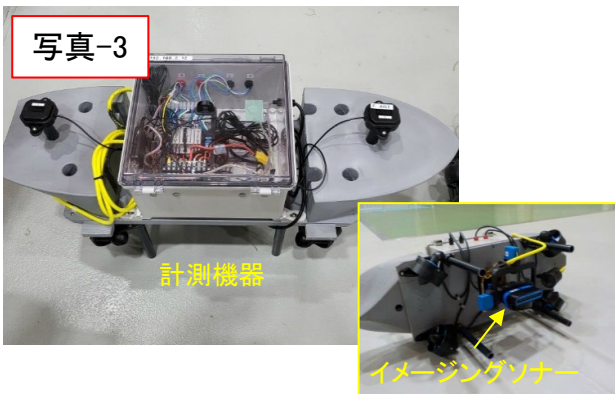


図-1 小水槽平面図

- 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

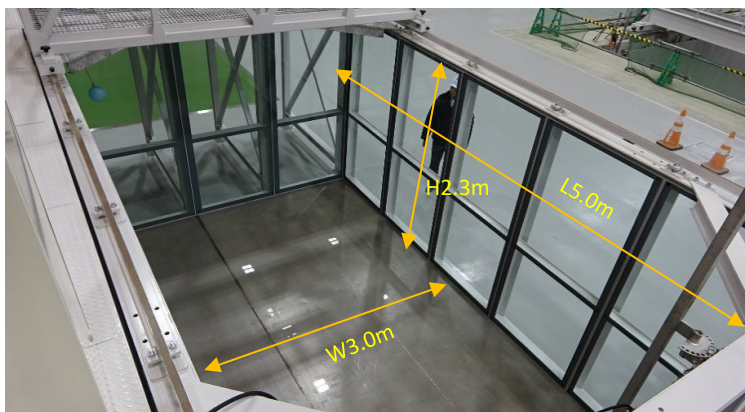


写真-9 進入可能性の検証(小水槽の寸法)

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

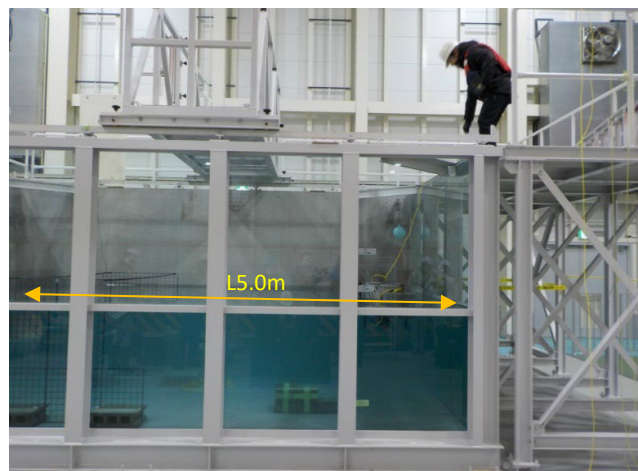


写真-10 可動範囲の検証(小水槽の延長)

水槽の延長5.0mを可動可能かを確認する。

※計測精度

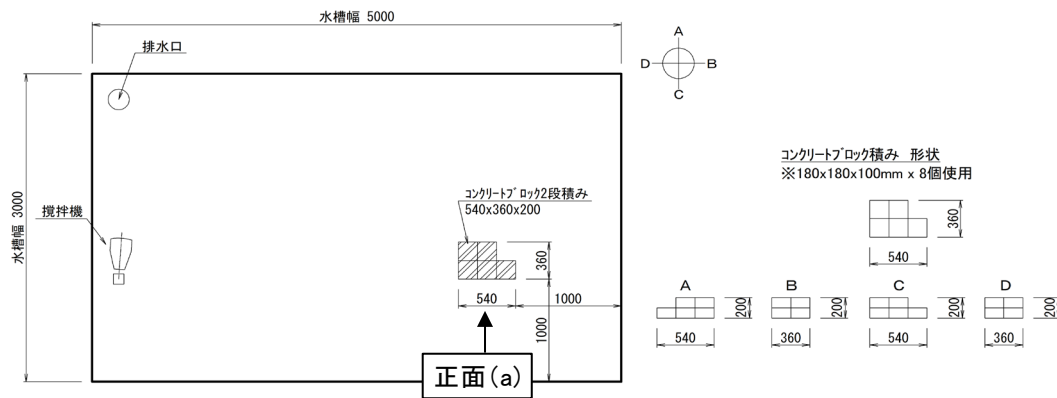


図-2 コンクリートブロック設置位置

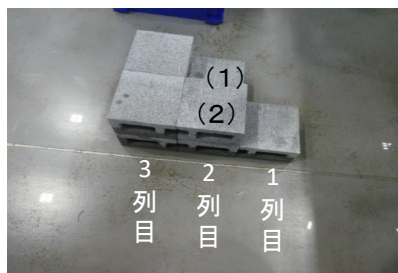
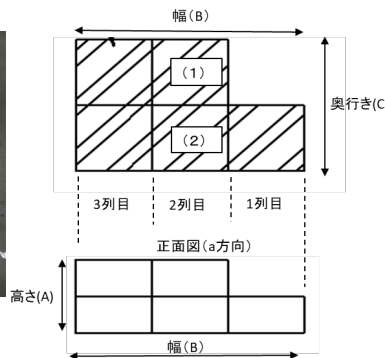


写真-11 コンクリートブロック



ブロック1列目	高さ(A)	幅(B)	奥行き(C)
	0.10m	0.18m	0.18m
ブロック2列目(1)	高さ(A)	幅(B)	奥行き(C)
	0.10m	0.18m	0.18m
ブロック2列目(2)	高さ(A)	幅(B)	奥行き(C)
	0.20m	0.18m	0.18m
ブロック3列目	高さ(A)	幅(B)	奥行き(C)
	0.10m	0.18m	0.36m

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

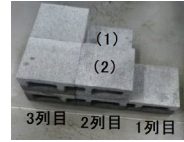
ブロック2列目(2)	リファレンス(m)			当該技術(m)			差分		
	高さ(A)	幅(B)	奥行き(C)	高さ(A)	幅(B)	奥行き(C)	高さ(A)	幅(B)	奥行き(C)
計測1回目	0.2	0.18	0.18	0.2	0.2	0.2	0	0.02	0.02
計測2回目	0.2	0.18	0.18	0.2	0.2	0.2	0	0.02	0.02
計測3回目	0.2	0.18	0.18	0.2	0.2	0.2	0	0.02	0.02
計測4回目	0.2	0.18	0.18	0.2	0.2	0.2	0	0.02	0.02

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

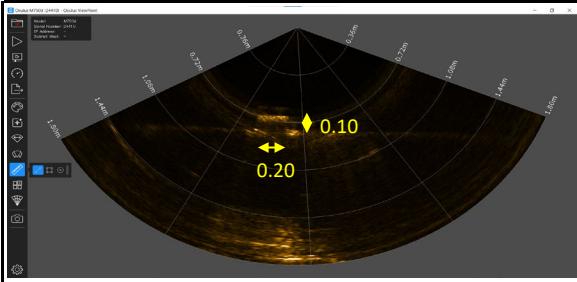
$$\text{計測精度} = \sqrt{\frac{(x_1 - a)^2 + \dots + (x_n - a)^2}{n}}$$

		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

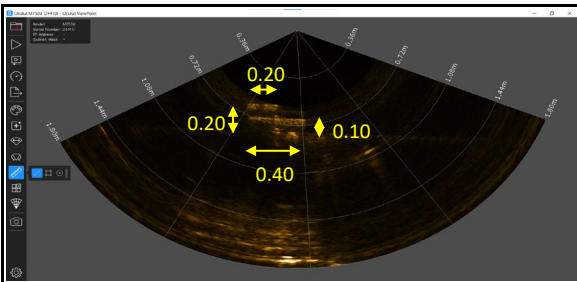
計測データ



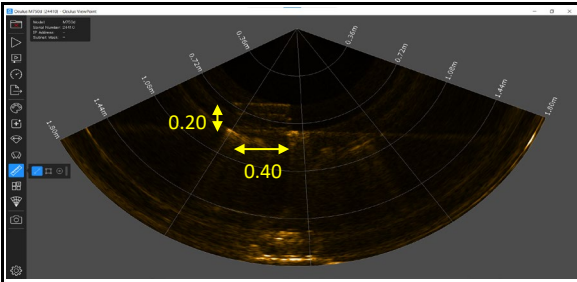
①流れなし濁度なし ソナー画像



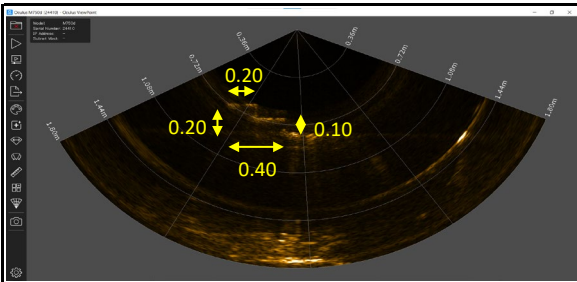
1列目



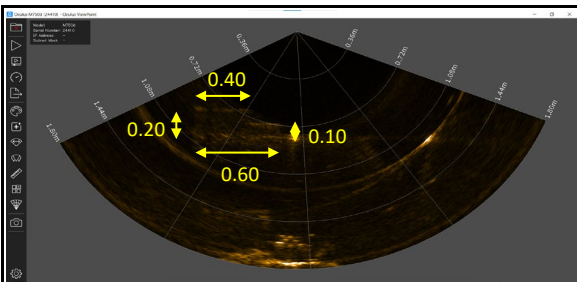
2列目



3列目

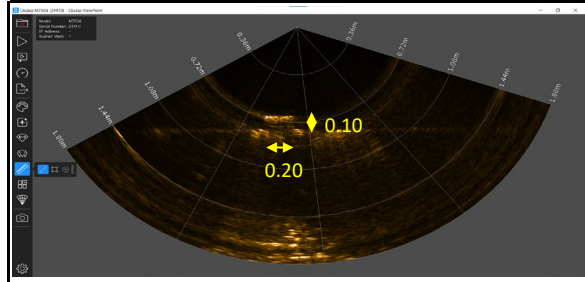


(1)

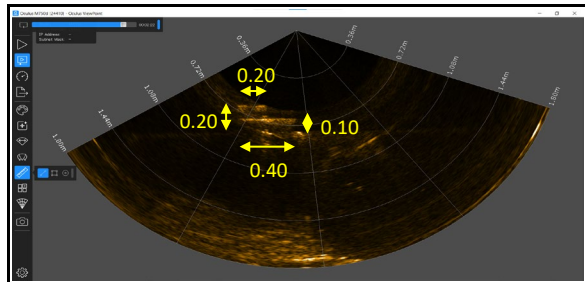


(2)

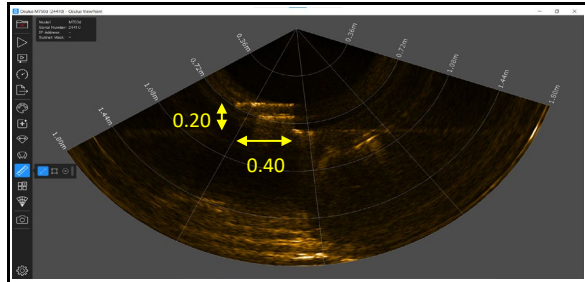
②流れあり濁度なし ソナー画像



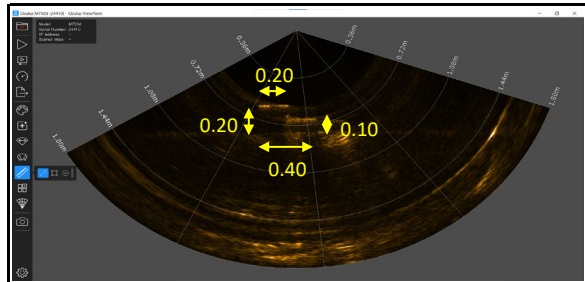
1列目



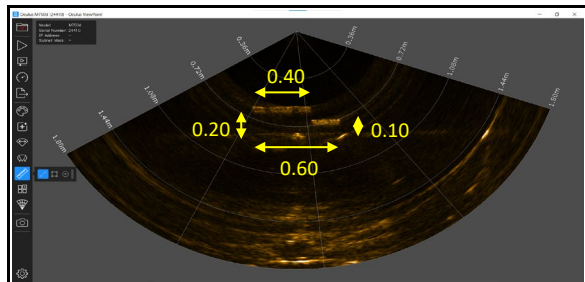
2列目



3列目

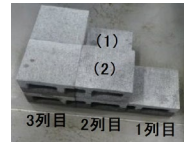


(1)

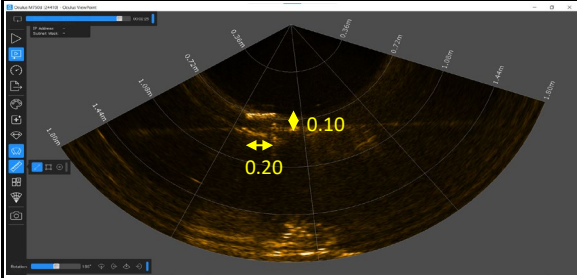


(2)

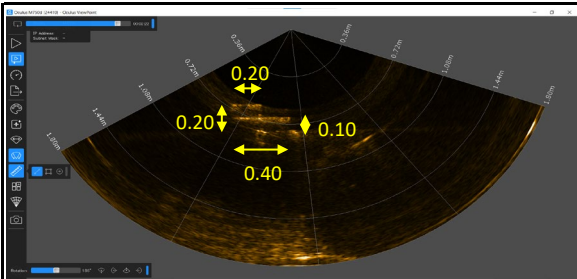
計測データ



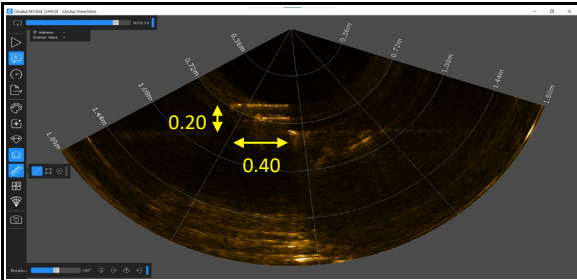
③流れなし濁度あり ソナー画像



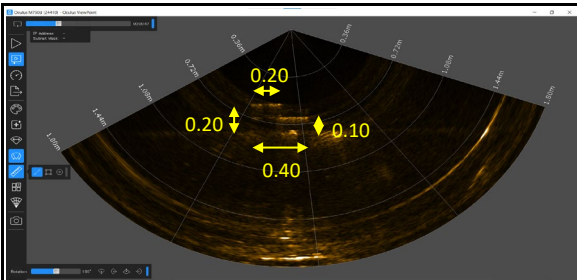
1列目



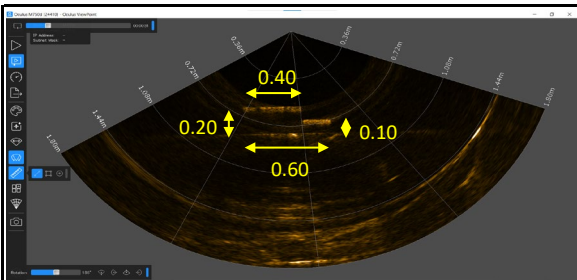
2列目



3列目

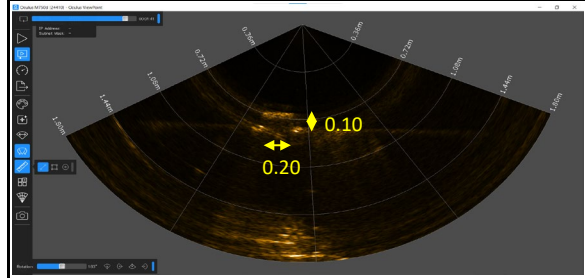


(1)

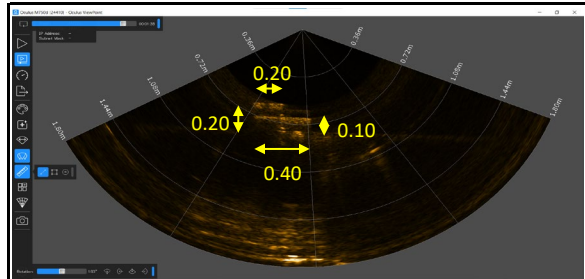


(2)

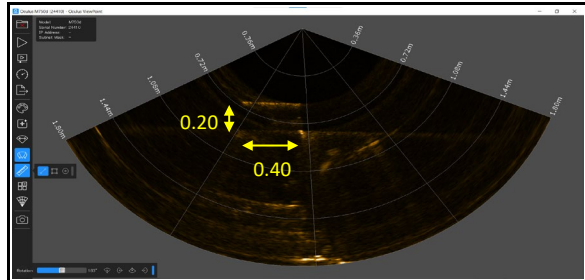
④流れあり濁度あり ソナー画像



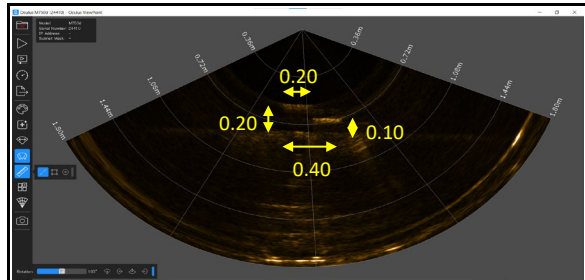
1列目



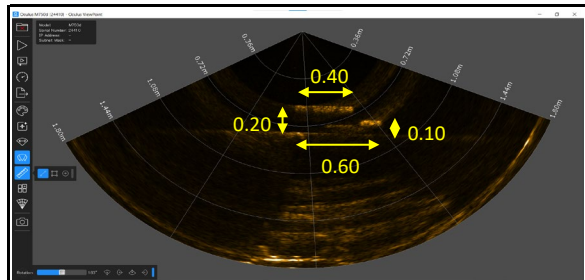
2列目



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

- 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

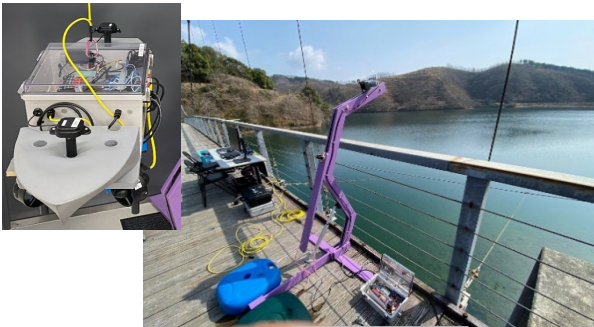


写真-1



写真-2



写真-3

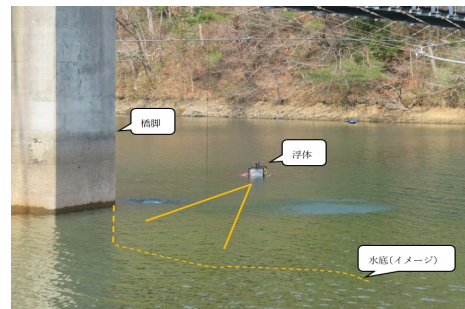
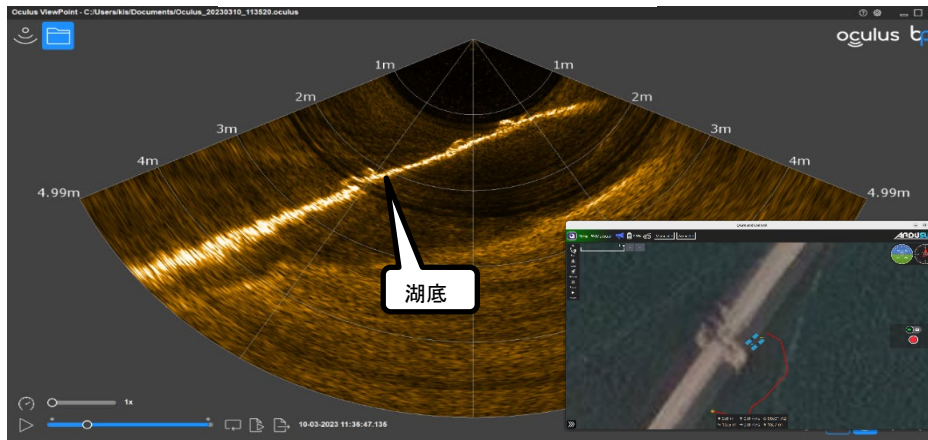


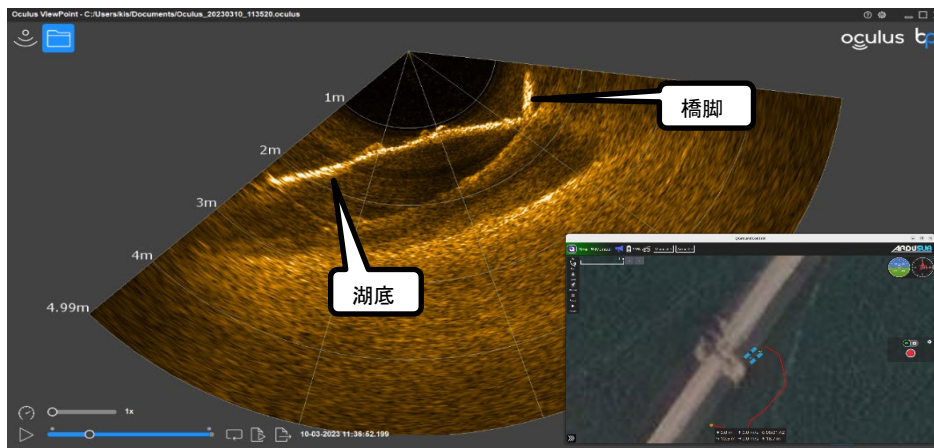
写真-4

・計測結果

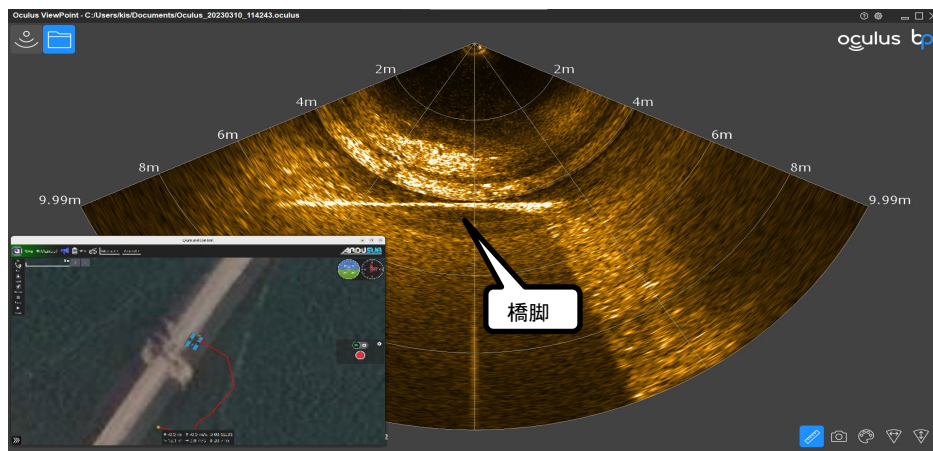
橋脚の計測状況



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	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)

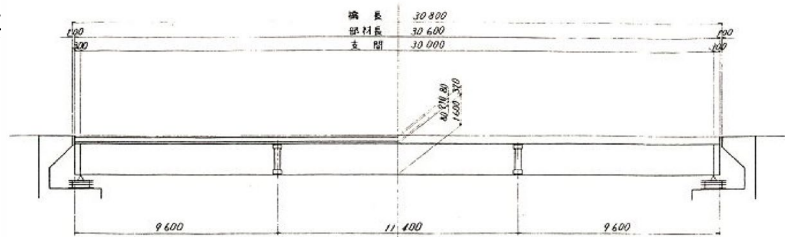


図-1 側面図

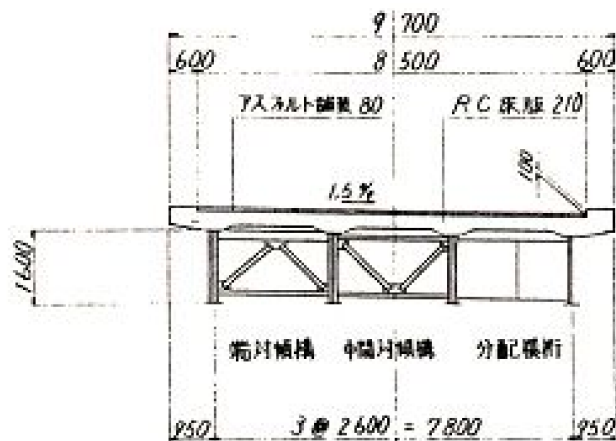


図-2 断面図



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

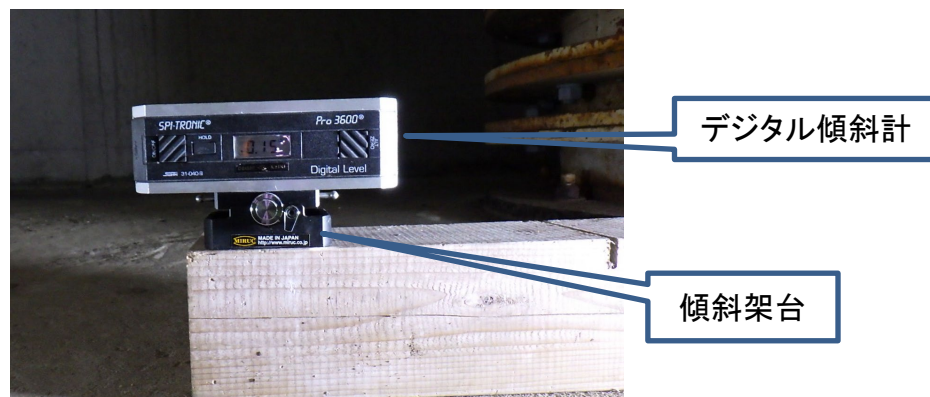


写真-5 レファレンス用計測機器

※計測結果

	デジタル傾斜計(Pro3600)			計測結果																																	
	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 初期</td> <td>3.21</td> <td>1.38</td> </tr> <tr> <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>初期</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	初期	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																																				
初期	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 初期</td> <td>3.10</td> <td>-4.65</td> </tr> <tr> <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 13:52:29</td> <td>3.10</td> </tr> <tr> <td>2024-01-16 13:51:29</td> <td>-3.63</td> </tr> <tr> <td>2024-01-16 13:49:29</td> <td>2.39</td> </tr> <tr> <td>2024-01-16 13:49:29</td> <td>2.39</td> </tr> <tr> <td>2024-01-16 13:48:29</td> <td>2.39</td> </tr> <tr> <td>2024-01-16 13:47:29</td> <td>2.39</td> </tr> <tr> <td>2024-01-16 13:46:29</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 13:44:29</td> <td>3.10</td> </tr> </tbody> </table>	日時	傾斜角 [°]	2024-01-16 13:53:28	3.10	2024-01-16 13:52:29	3.10	2024-01-16 13:51:29	-3.63	2024-01-16 13:49:29	2.39	2024-01-16 13:49:29	2.39	2024-01-16 13:48:29	2.39	2024-01-16 13:47:29	2.39	2024-01-16 13:46:29	2.39	2024-01-16 13:45:27	3.10	2024-01-16 13:44:29	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 13:52:29	3.10																																				
2024-01-16 13:51:29	-3.63																																				
2024-01-16 13:49:29	2.39																																				
2024-01-16 13:49:29	2.39																																				
2024-01-16 13:48:29	2.39																																				
2024-01-16 13:47:29	2.39																																				
2024-01-16 13:46:29	2.39																																				
2024-01-16 13:45:27	3.10																																				
2024-01-16 13:44:29	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 初期</td> <td>3.08</td> <td>3.12</td> </tr> <tr> <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 14:02:29</td> <td>6.2</td> </tr> <tr> <td>2024-01-16 14:01:29</td> <td>6.19</td> </tr> <tr> <td>2024-01-16 14:00:29</td> <td>3.32</td> </tr> <tr> <td>2024-01-16 13:59:29</td> <td>3.07</td> </tr> <tr> <td>2024-01-16 13:58:29</td> <td>3.07</td> </tr> <tr> <td>2024-01-16 13:57:29</td> <td>3.07</td> </tr> <tr> <td>2024-01-16 13:57:29</td> <td>3.07</td> </tr> </tbody> </table>	日時	傾斜角 [°]	2024-01-16 14:03:28	6.2	2024-01-16 14:02:29	6.2	2024-01-16 14:01:29	6.19	2024-01-16 14:00:29	3.32	2024-01-16 13:59:29	3.07	2024-01-16 13:58:29	3.07	2024-01-16 13:57:29	3.07	2024-01-16 13:57:29	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 14:02:29	6.2																																				
2024-01-16 14:01:29	6.19																																				
2024-01-16 14:00:29	3.32																																				
2024-01-16 13:59:29	3.07																																				
2024-01-16 13:58:29	3.07																																				
2024-01-16 13:57:29	3.07																																				
2024-01-16 13:57:29	3.07																																				
	-0.22	3.12	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(洗堀) 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)

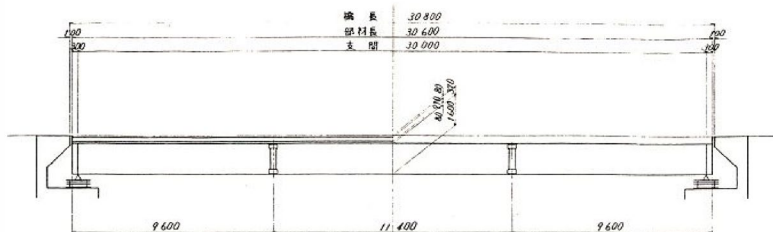


図-1 側面図

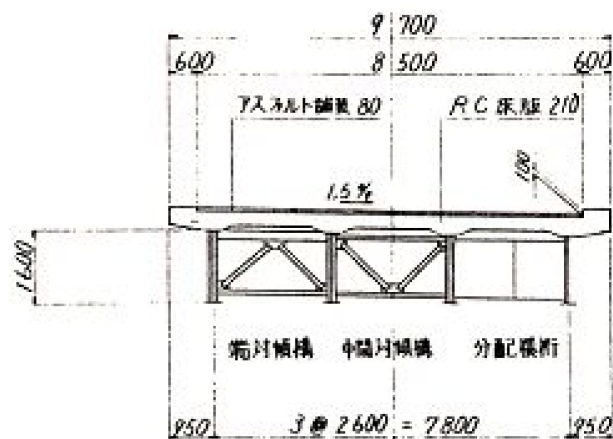


図-2 断面図



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

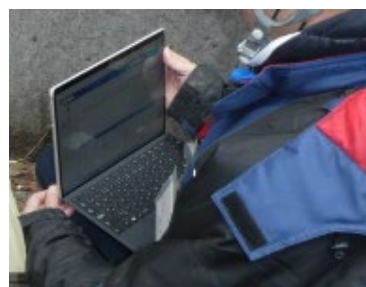


写真-3



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)

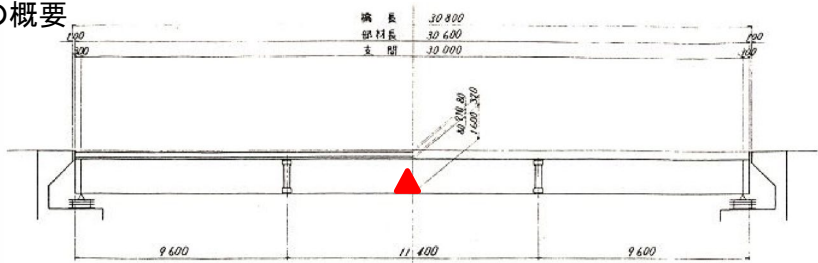


図-1 側面図

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)

② 計測対象箇所

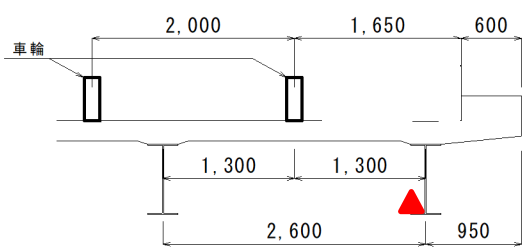


図-2 走行位置



写真-1 車両載荷(20t)

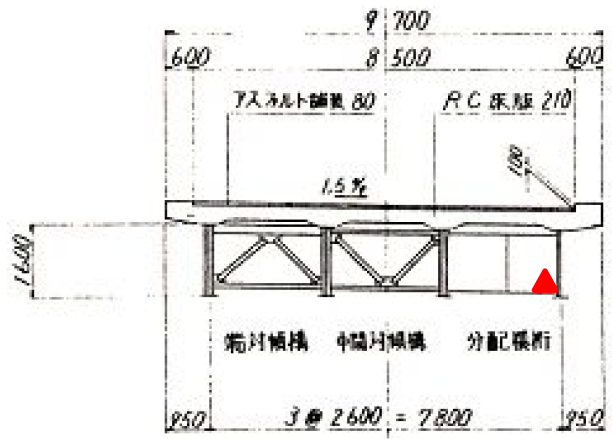


図-3 断面図



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



写真-6 リファレンス用計測機

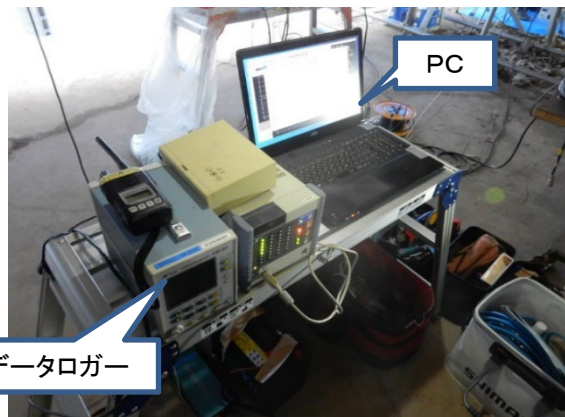


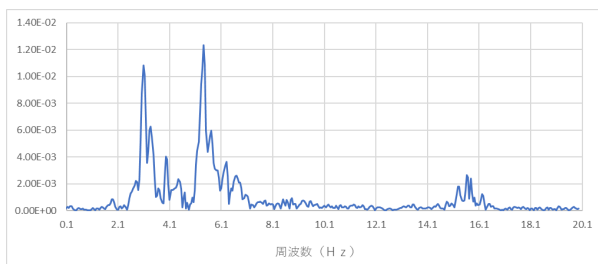
写真-7 測定機

比較対象を得るため、
立会者による計測機器の設置状況

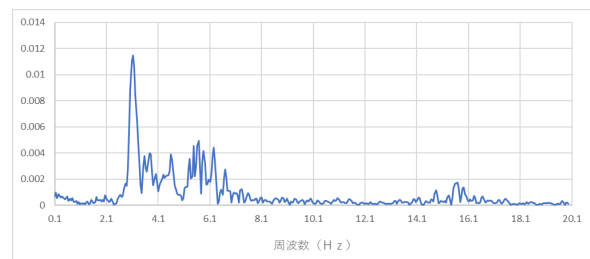
※リファレンス用加速度計の測定

固有振動数

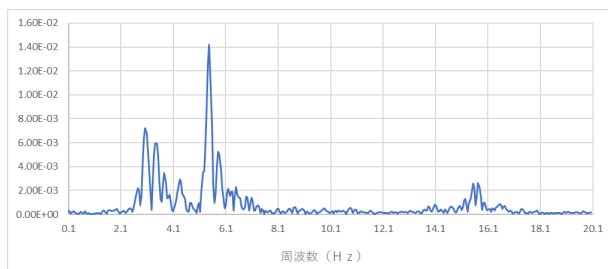
- ・FFT(高速フーリエ変換)による固有振動数の算出



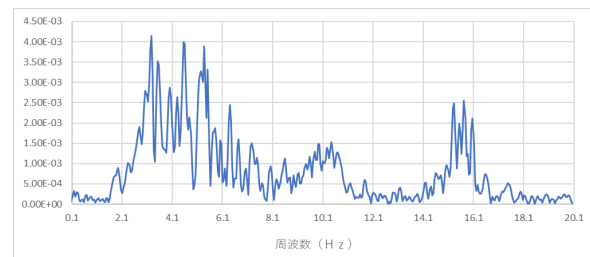
動的载荷1回目



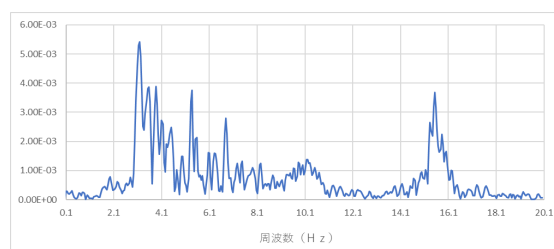
動的载荷2回目



動的载荷3回目



動的载荷4回目

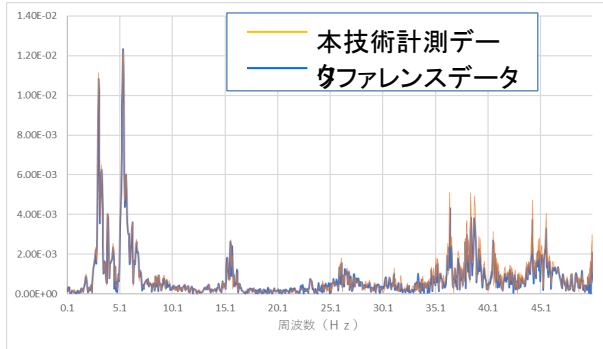


動的载荷5回目

※計測結果の比較

固有振動数

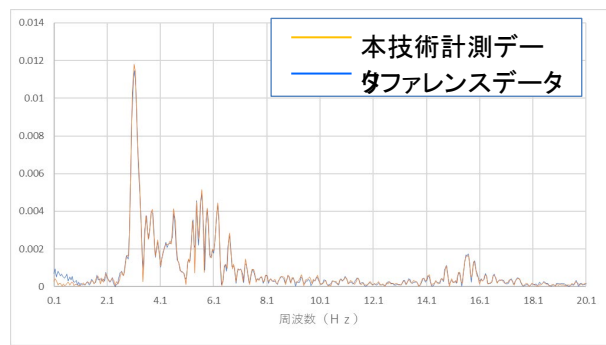
動的载荷1回目



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。