

技術番号 BR020016

技術名 レーザー打音検査装置

開発者名 株式会社 フォトンラボ

試験日 令和3年 3月 4日 天候 晴れ 気温 14.4 °C 風速 1.6 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 非破壊検査技術 検出項目 うき 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

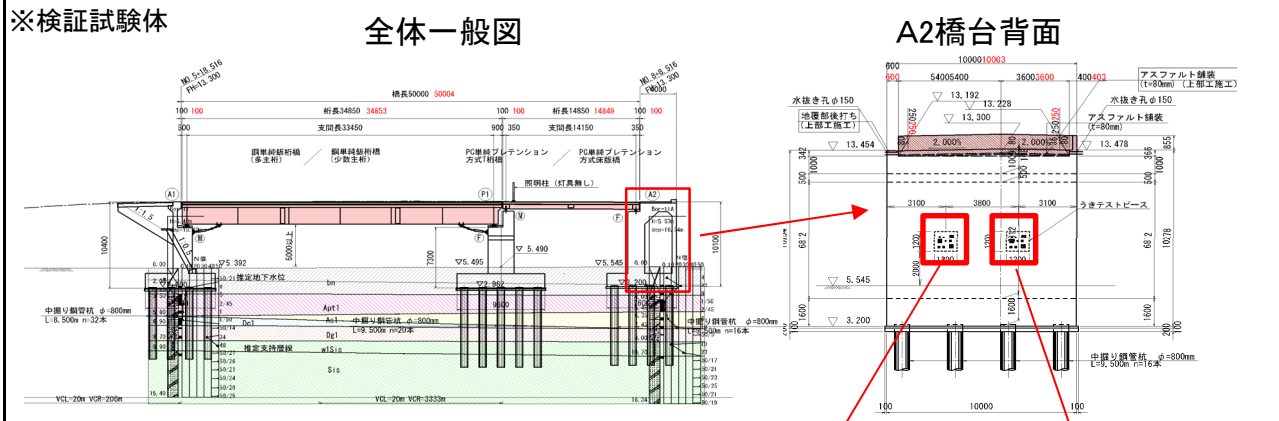


写真-1 A2橋台背面

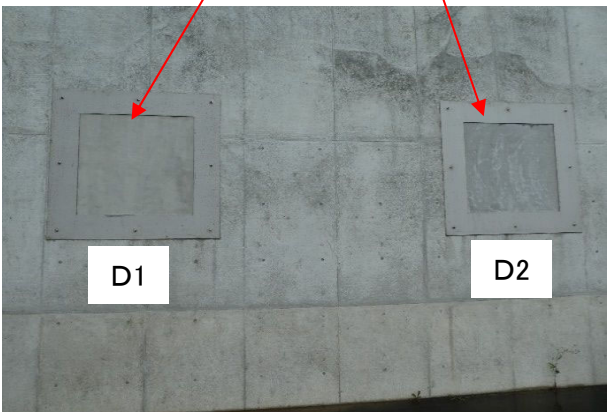


写真-2 検証試験体

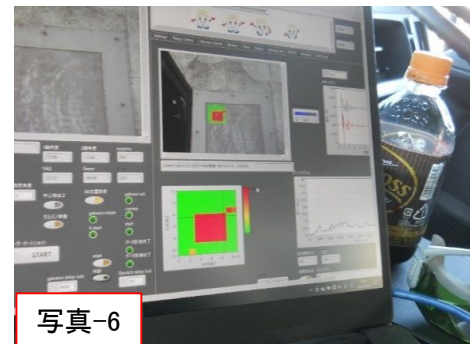
※検証試験体

D1: かぶり30mm、寸法1050×1050mm

D2: かぶり10mm、寸法1050×1051mm

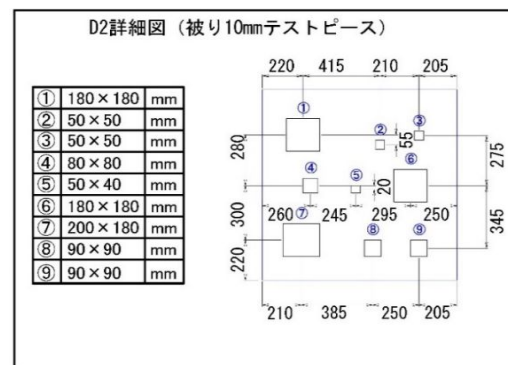
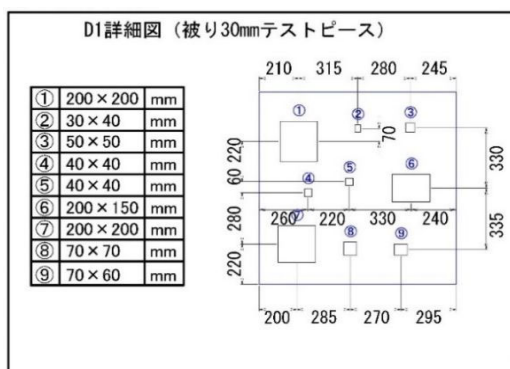
- ① 検査車両の搬入、安全対策(保護メガネ着用、カラーコーンの設置等)(写真-3)
- ② 試験体近傍に配置した模擬体にレーザー照射して照射条件等を確認する。(写真-4)
- ③ 照射状況:レーザーから検証試験体までの距離4.0m(写真-5)
- ④ 取得したデータを車内のモニターで確認する。(写真-6)
- ⑤ 後日、取得したデータよりうきの箇所を検出する。

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

※検証供試体



うきの総箇所数:18箇所

※計測結果

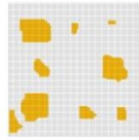
【損傷図】A2橋台-図番D

D1詳細図(被り30mmテストピース)

D1 (欠陥最大サイズ)

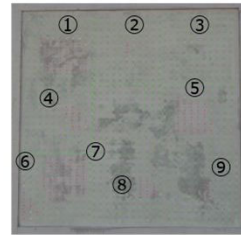
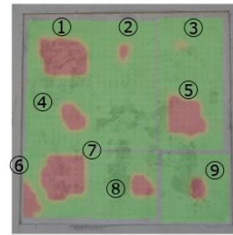
番号	X	mm
①	横230 x 縦180	mm
②	横50 x 縦90	mm
③	横60 x 縦30	mm
④	横120 x 縦140	mm
⑤	横180 x 縦210	mm
⑥	横100 x 縦180	mm
⑦	横210 x 縦220	mm
⑧	横130 x 縦100	mm
⑨	横70 x 縦100	mm

解析アルゴリズムを用いた
異常領域表示
(赤：異常
黄：異常 (小)
緑：正常)



レーザー打音計測
位置による
打音異常表示
(生データ)

(赤：異常
黄：異常 (小)
緑：正常)



構造物までの距離：約4.5m
打音レーザーのエネルギー：1J、集光直径：5mm (照射強度：5 J/cm²)

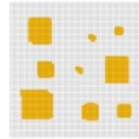
【損傷図】A2橋台-図番D

D2詳細図(被り10mmテストピース)

D2 (欠陥最大サイズ)

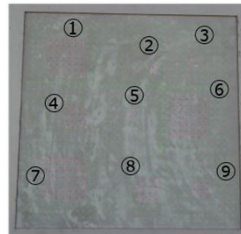
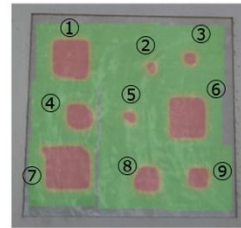
番号	X	mm
①	横180 x 縦210	mm
②	横60 x 縦60	mm
③	横70 x 縦70	mm
④	横130 x 縦130	mm
⑤	横60 x 縦60	mm
⑥	横180 x 縦210	mm
⑦	横250 x 縦230	mm
⑧	横130 x 縦140	mm
⑨	横100 x 縦110	mm

解析アルゴリズムを用いた
異常領域表示
(赤：異常
黄：異常 (小)
緑：正常)



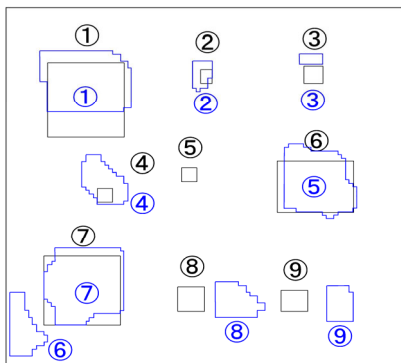
レーザー打音計測
位置による
打音異常表示
(生データ)

(赤：異常
黄：異常 (小)
緑：正常)

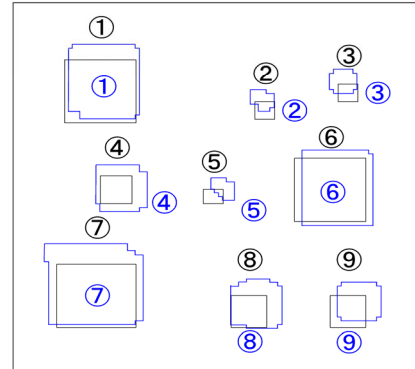


構造物までの距離：約4.5m
打音レーザーのエネルギー：1J、集光直径：5mm (照射強度：5 J/cm²)

D1詳細図 (被り30mmテストピース)



D2詳細図 (被り10mmテストピース)

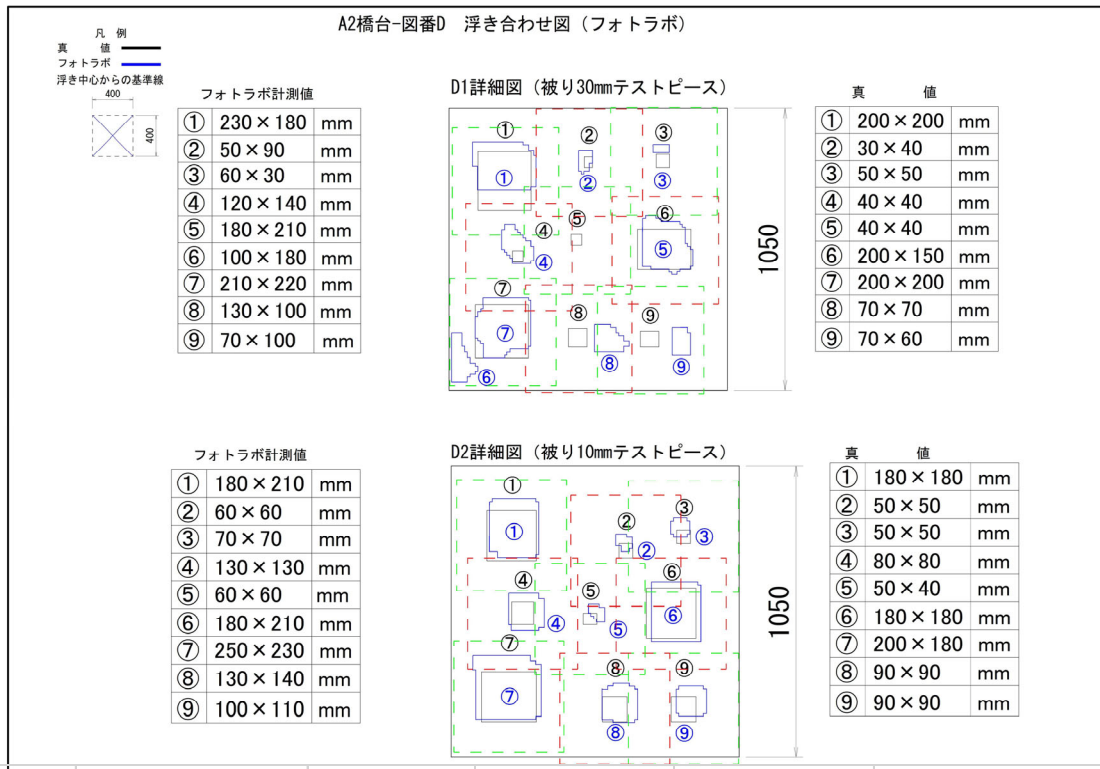


黒線：真値、青線：本技術

※検出率、的中率

検出率 = 正解個数のうち技術で検出できた個数 / 打音異常の正解個数

的中率 = 当該技術で検出した打音異常のうち正解個数 / 当該技術で検出した個数 (誤検出数含む)



D1					
真値番号	異常の正解個数	計測値番号	検出正解個数	的中正解個数	備考
①	1	①	1	1	
②	1	②	1	1	
③	1	③	1	1	
④	1	④	1	1	
⑤	1	—	—	—	
⑥	1	⑤	1	1	
⑦	1	⑦	1	1	
⑧	1	⑧	1	1	
⑨	1	⑨	1	1	
—	—	⑥	0	0	計測⑥、⑦で真値⑦
計	9		8	8	

D2					
真値番号	異常の正解個数	計測値番号	検出正解個数	的中正解個数	備考
①	1	①	1	1	
②	1	②	1	1	
③	1	③	1	1	
④	1	④	1	1	
⑤	1	⑤	1	1	
⑥	1	⑥	1	1	
⑦	1	⑦	1	1	
⑧	1	⑧	1	1	
⑨	1	⑨	1	1	
計	9		9	9	

検出率 = 17箇所 / 18箇所 = 0.94

的中率 = 17箇所 / 18箇所 = 0.94

技術番号	BR020016
------	----------

技術名	レーザー打音検査装置	開発者名	株式会社 フォトンラボ
-----	------------	------	-------------

試験日	令和3年 3月 4日	天候	晴れ	気温	14.4 °C	風速	1.6 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	非破壊検査技術	カタログ	検出項目	うき	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

対象:PC単純プレテンション
床版橋
支間長:14.150m

第2径間 C3

写真-1 全体写真

写真-2 主桁

対象径間:第2径間 計測対象部材:主桁下面(上記 赤色内)

試験方法(手順)	技術番号	BR020016
① 安全対策:カーラーコーンの設置(写真-3)		
② 安全対策:看板の設置(写真-4)		
③ 検査車両の搬入(写真-5)		
④ 照射状況:レーザーから検証試験体までの距離5.5m(写真-6)		
⑤ 後日、取得したデータよりうきの箇所を検出する。		

開発者による計測機器の設置状況



写真-3



写真-4



写真-5



写真-6

比較対象を得るため、立会者による計測機器の設置状況



写真-7

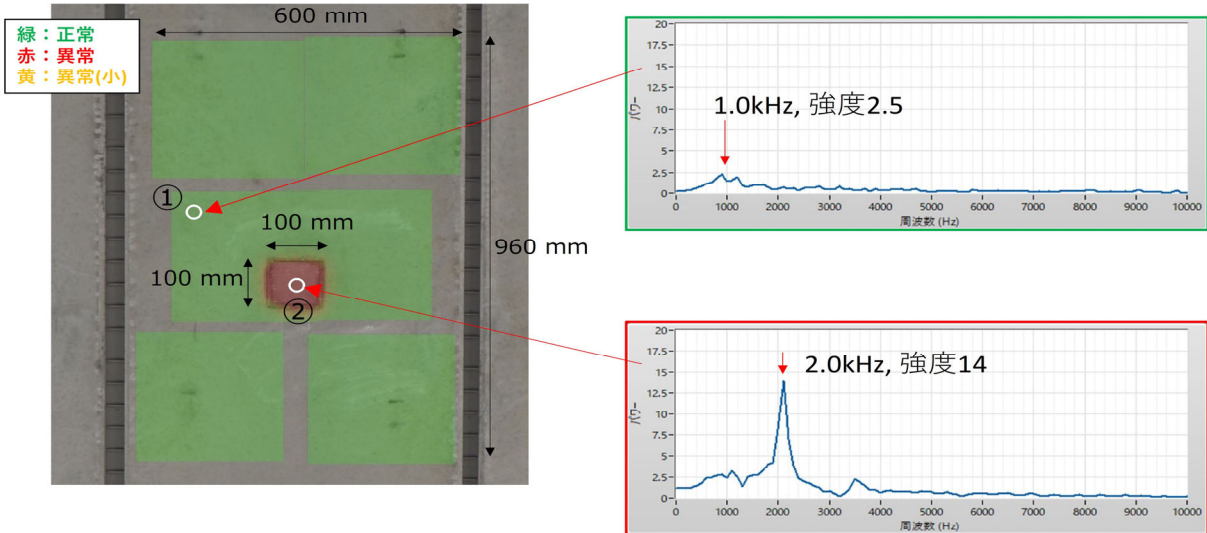
※計測対象部材:主桁下面(写真-7)

※計測結果

構造物までの距離：約5.5m

打音レーザーのエネルギー：1J、集光直径：5mm（照射強度：5 J/cm²）

白丸箇所の計測結果：振動スペクトル(0-10kHz)



共鳴振動の有無により、打音異常を検知する。

- ①は、健全と診断された波形であり、
- ②は共鳴振動が観測され波形で打音異常である。

技術番号 BR020017

技術名 3Dデータを活用した構造物の状態把握(剥離)

開発者名 アイセイ株式会社

試験日 令和3年 3月 24日

天候 晴れ

気温 21.1 °C

風速 5.3 m/s

試験場所 福島ロボットテストフィールド

カタログ分類 非破壊検査技術

検出項目 剥離、変形

試験区分 標準試験

試験で確認する
カタログ項目 計測レンジ
計測精度

対象構造物の概要

全体一般図

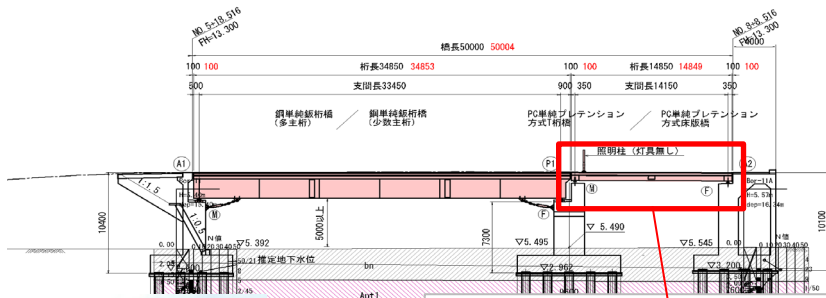


写真-1 全体写真

対象: PC単純プレテン床版橋
PC単純プレテンホー桁橋
支間長: 14.150m

第2径間 C3

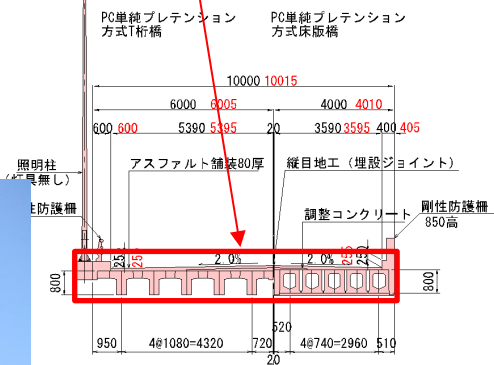


写真-2 主桁

対象径間: 第2径間

計測対象部材: 主桁下面(上記 赤色内)

試験方法(手順)	技術番号	BR020017
① PCプレキャスト桁橋の剥離・鉄筋露出(写真-2)		
② PCプレキャスト梁桁橋の剥離・鉄筋露出(写真-3)		
③ 計測機器の設置(写真-4:地上型レーザースキャナー)		
④ 計測状況:計測機器でPC桁の剥離・鉄筋露出を計測する。(写真-4)		
⑤ 後日、計測結果から真値(写真-5)と比較する。		

開発者による計測機器の設置状況



写真-2



写真-3



写真-4

比較対象を得るため、立会者による計測機器の設置状況

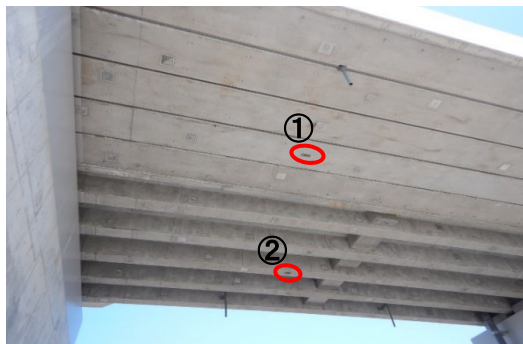
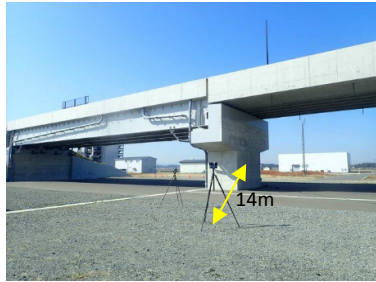


写真-5

※計測対象部材:主桁下面(写真-7:①HG2,②TG3)

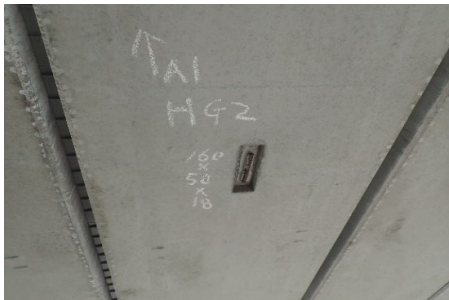
※計測レンジ

距離14mでの撮影を確認



※計測精度

(1)真値



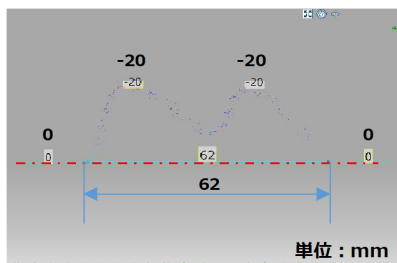
①160×50×18mm



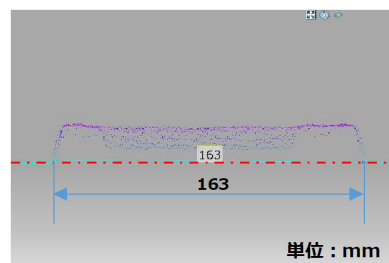
②160×60×20mm

(2)計測値

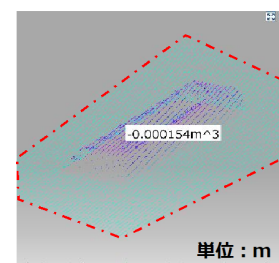
検1：剥離寸法①

体積：154cm³

橋軸直角方向 断面



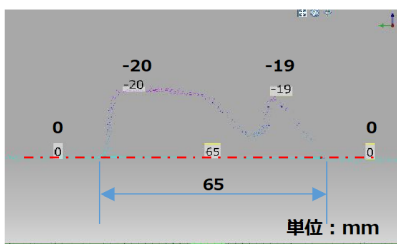
橋軸方向 断面



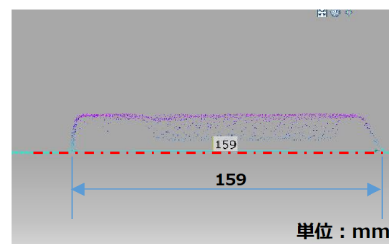
体積算出

--- 基準面：0.0

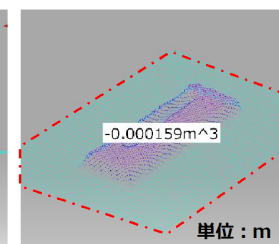
検2：剥離寸法②

体積：159cm³

橋軸直角方向 断面



橋軸方向 断面



体積算出

--- 基準面：0.0

(3) 計測結果の比較

			橋軸	橋軸直角	深さ
			mm	mm	mm
①	HG2	真値	160	50	18
		計測値	163	62	20
		差	-3	-12	-2
		比率	0.982	0.806	0.900
②	TG3	真値	160	60	20
		計測値	159	65	20
		差	1	-5	0
		比率	1.006	0.923	1.000

※真値はコンベックスによる寸法計測である。

$$\text{計測精度} = \sqrt{\frac{(x_1 - a)^2 + \dots + (x_n - a)^2}{n}} = 5.52\text{mm}$$

技術番号 BR020017

技術名 3Dデータを活用した構造物の状態把握(剥離)

開発者名 アイセイ株式会社

試験日 令和3年 3月 24日

天候 晴れ

気温 21.1 °C

風速 5.3 m/s

試験場所 福島ロボットテストフィールド

カタログ分類 非破壊検査技術

検出項目 剥離、変形

試験区分 標準試験

試験で確認する
カタログ項目 計測レンジ
計測精度

対象構造物の概要

全体一般図

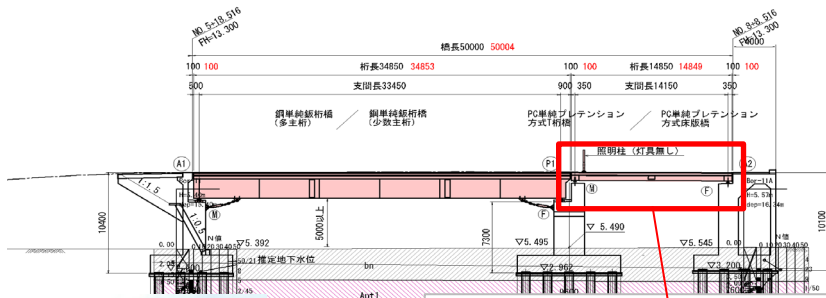


写真-1 全体写真

対象: PC単純プレテン床版橋
PC単純プレテンホー桁橋
支間長: 14.150m

第2径間 C3

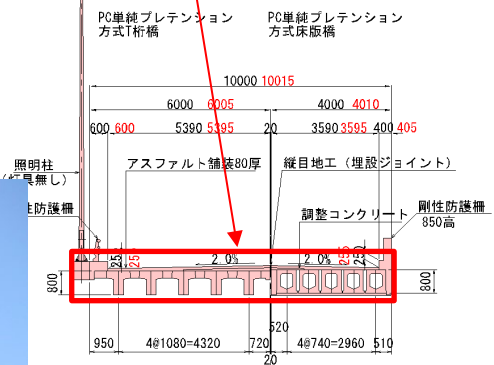


写真-2 主桁

対象径間: 第2径間

計測対象部材: 主桁下面(上記 赤色内)

試験方法(手順)	技術番号	BR020017
① PCプレキャスト桁橋の剥離・鉄筋露出(写真-3)		
② PCプレキャスト桁橋の剥離・鉄筋露出(写真-4)		
③ 計測機器の設置(写真-5:地上型レーザースキャナー)		
④ 計測状況:計測機器でPC桁の剥離・鉄筋露出を計測する。(写真-5)		
⑤ 後日、計測結果から真値と比較する。		

開発者による計測機器の設置状況



写真-3



写真-4



写真-5

比較対象を得るため、立会者による計測機器の設置状況

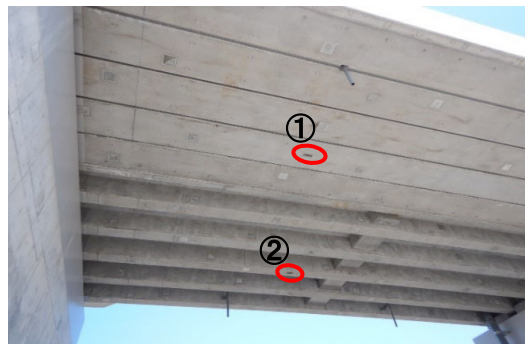


写真-6

※計測対象部材:主桁下面(写真-6:①HG2,②TG3)

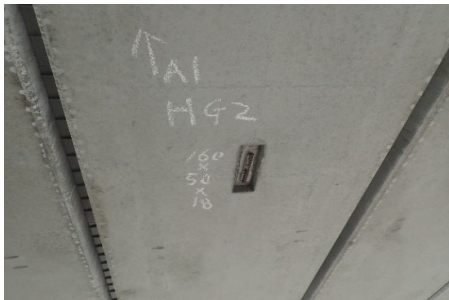
※計測レンジ

距離14mでの撮影を確認



※計測精度

(1) 真値

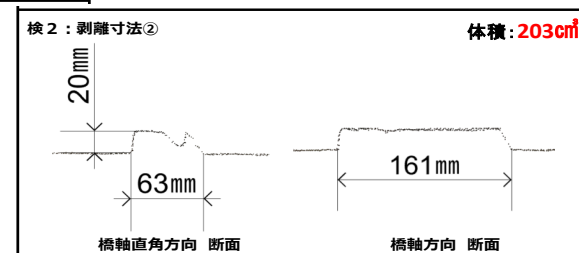
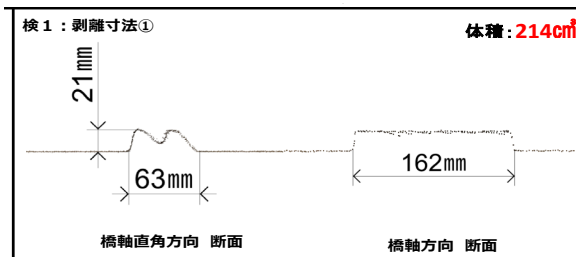


①160×50×18mm



②160×60×20mm

(2) 計測値



(3) 計測結果の比較

			橋軸	橋軸直角	深さ
			mm	mm	mm
①	HG2	真値	160	50	18
		計測値	162	63	21
		差	-2	-13	-3
		比率	0.988	0.794	0.857
②	TG3	真値	160	60	20
		計測値	161	63	20
		差	-1	-3	0
		比率	0.994	0.952	1.000

※真値はコンベックスによる寸法計測である。

$$\text{計測精度} = \sqrt{\frac{(x_1 - a)^2 + \dots + (x_n - a)^2}{n}} = 5.66\text{mm}$$

技術番号	BR020017
------	----------

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

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

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

カタログ分類	非破壊検査技術	カタログ	検出項目	剥離、変形・欠損	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

- ① 計測機器の設置(写真-2, 3, 4: 地上型レーザースキャナー)
- ② 計測状況: 計測機器で主桁上の鋼板の形状を計測する。(写真-2)
- ③ 計測状況: 計測機器で袖擁壁上の鋼板の形状を計測する。(写真-3)
- ④ 計測状況: 計測機器でPC桁の剥離・鉄筋露出を計測する。(写真-4)
- ⑤ 後日、計測結果から検出項目毎に整理する。

開発者による計測機器の設置状況



写真-2



写真-3

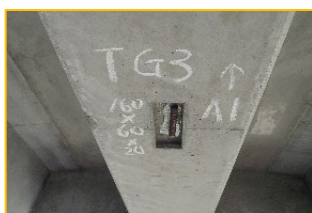


写真-4

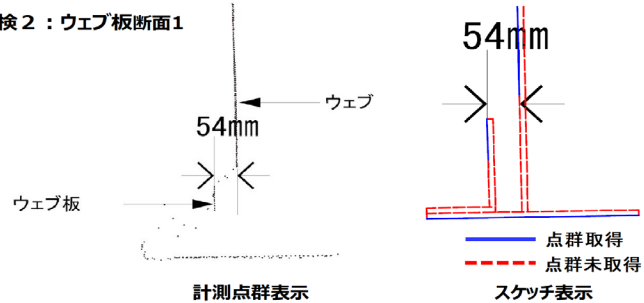
※計測結果

(1)主桁上の鋼板の形状

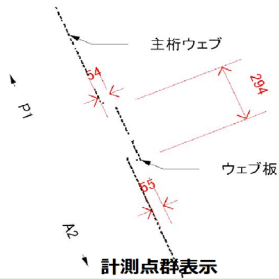
ウェブ板P1側現地状況写真



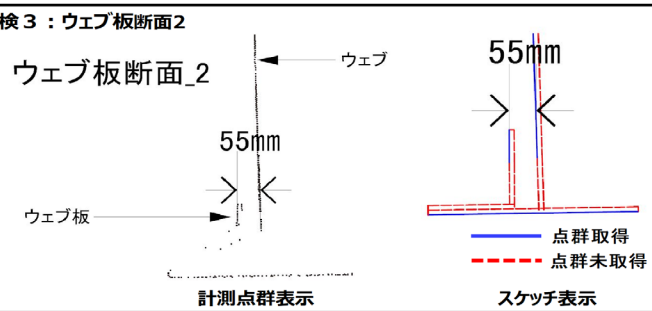
検2：ウェブ板断面1



検1：ウェブ板平面による寸法計測（ウェブからの離隔）



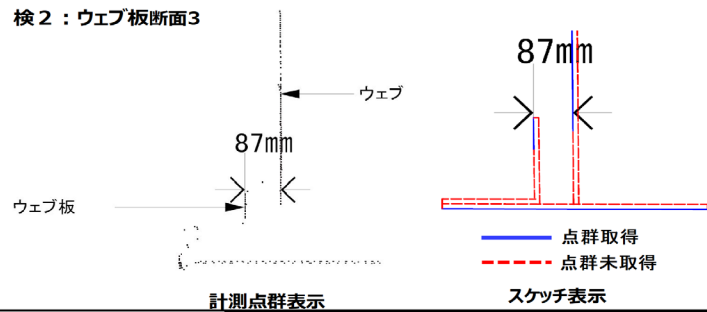
検3：ウェブ板断面2



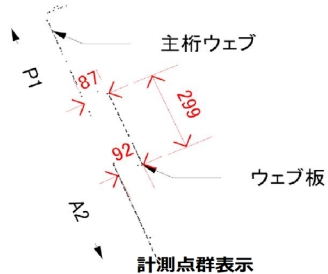
ウェブ板A2側現地状況写真



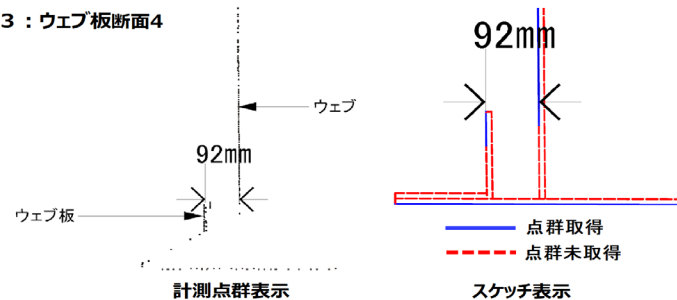
検2：ウェブ板断面3



検1：ウェブ板平面による寸法計測（ウェブからの離隔）



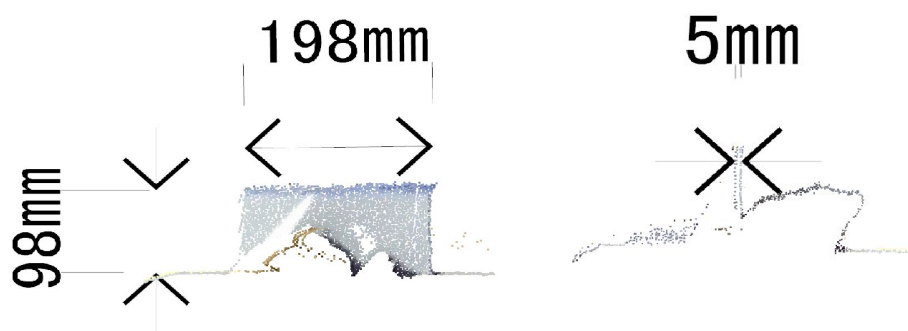
検3：ウェブ板断面4



(2) 袖擁壁上の鋼板の変形

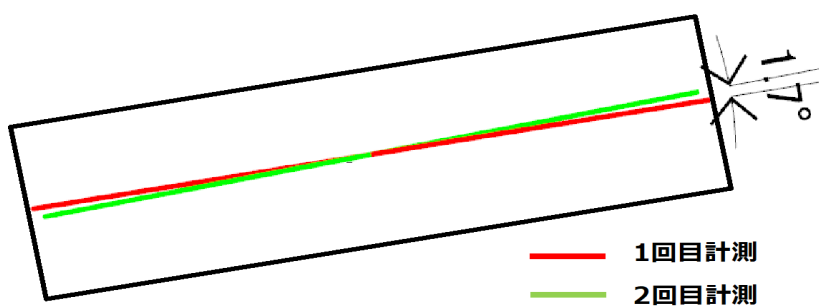


検 1 : 鉄板サイズ検証

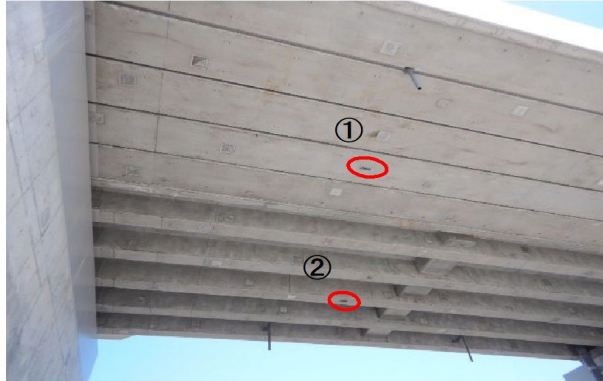


検 2 : 鉄板角度検証

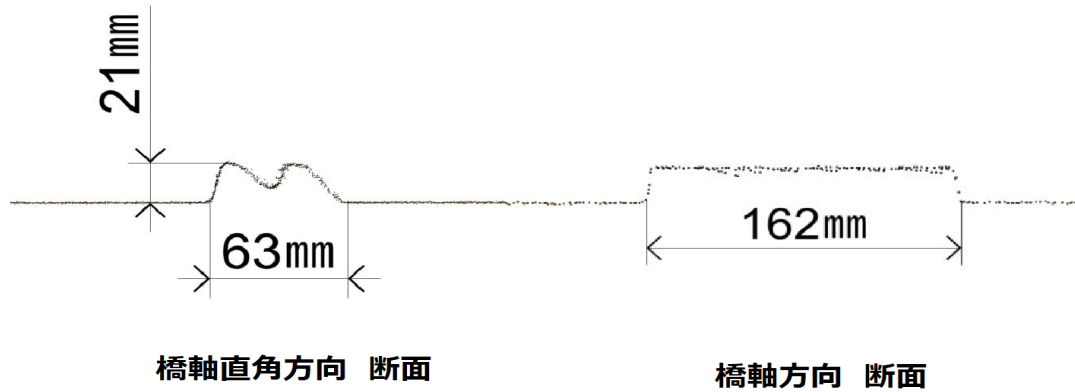
平面図



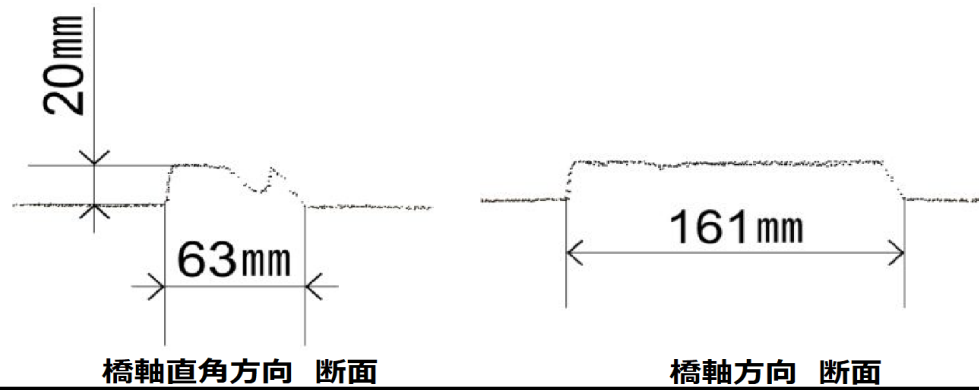
(3)PC橋の剥離



検 1 : 剥離寸法①



検 2 : 剥離寸法②



- ① PCプレキャスト桁橋の剥離・鉄筋露出(写真-3)
- ② PCプレキャスト桁橋の剥離・鉄筋露出(写真-4)
- ③ 計測機器の設置(写真-5:地上型レーザースキャナー)
- ④ 計測状況:計測機器でPC桁の剥離・鉄筋露出を計測する。(写真-5)
- ⑤ 後日、計測結果から真値(写真-5)と比較する。

開発者による計測機器の設置状況



写真-3



写真-4



写真-5

比較対象を得るため、立会者による計測機器の設置状況

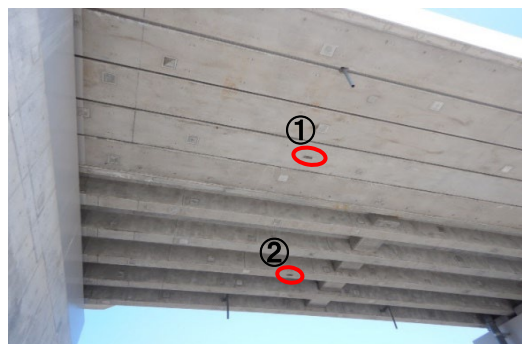


写真-6

※計測対象部材:主桁下面(写真-6:①HG2,②TG3)

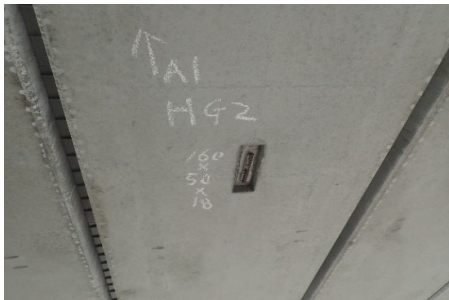
※計測レンジ

距離14mでの撮影を確認



※計測精度

(1)真値



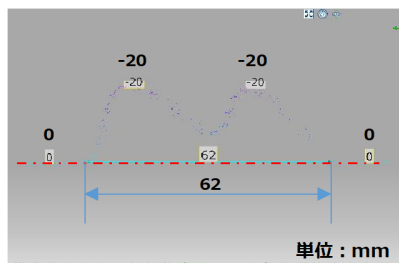
①160×50×18mm



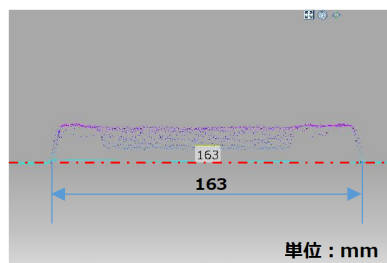
②160×60×20mm

(2)計測値

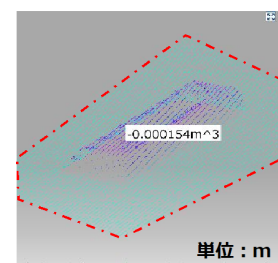
検1：剥離寸法①

体積：154cm³

橋軸直角方向 断面



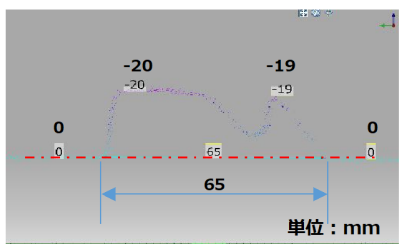
橋軸方向 断面



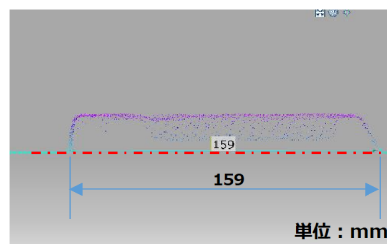
体積算出

--- 基準面：0.0

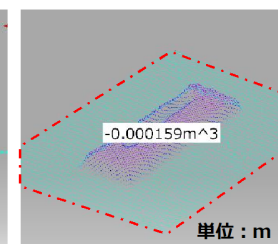
検2：剥離寸法②

体積：159cm³

橋軸直角方向 断面



橋軸方向 断面



体積算出

--- 基準面：0.0

(3) 計測結果の比較

			橋軸	橋軸直角	深さ
			mm	mm	mm
①	HG2	真値	160	50	18
		計測値	163	62	20
		差	-3	-12	-2
		比率	0.982	0.806	0.900
②	TG3	真値	160	60	20
		計測値	159	65	20
		差	1	-5	0
		比率	1.006	0.923	1.000

※真値はコンベックスによる寸法計測である。

$$\text{計測精度} = \sqrt{\frac{(x_1 - a)^2 + \dots + (x_n - a)^2}{n}} = 5.52\text{mm}$$

- ① PCプレキャスト桁橋の剥離・鉄筋露出(写真-3)
- ② PCプレキャスト桁橋の剥離・鉄筋露出(写真-4)
- ③ 計測機器の設置(写真-5:地上型レーザースキャナー)
- ④ 計測状況:計測機器でPC桁の剥離・鉄筋露出を計測する。(写真-6)
- ⑤ 後日、計測結果から真値(写真-5)と比較する。

開発者による計測機器の設置状況



写真-3



写真-4



写真-5

比較対象を得るため、立会者による計測機器の設置状況

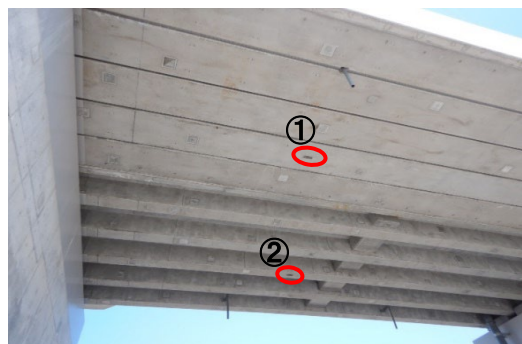
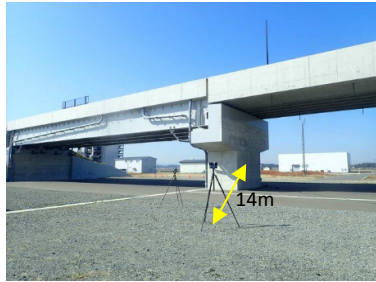


写真-6

※計測対象部材:主桁下面(写真-6:①HG2,②TG3)

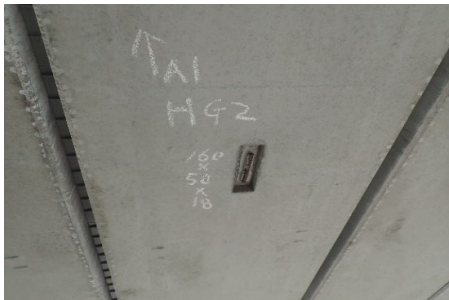
※計測レンジ

距離14mでの撮影を確認



※計測精度

(1)真値

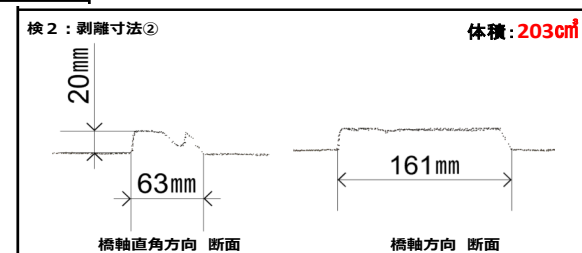
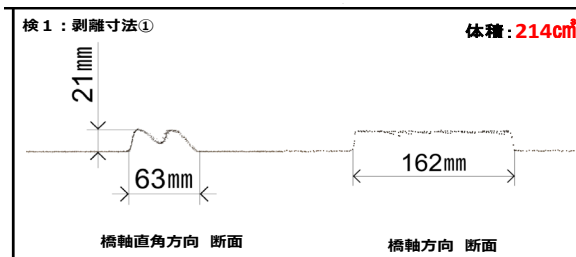


①160×50×18mm



②160×60×20mm

(2)計測値



(3)計測結果の比較

			橋軸	橋軸直角	深さ
			mm	mm	mm
①	HG2	真値	160	50	18
		計測値	162	63	21
		差	-2	-13	-3
		比率	0.988	0.794	0.857
②	TG3	真値	160	60	20
		計測値	161	63	20
		差	-1	-3	0
		比率	0.994	0.952	1.000

※真値はコンベックスによる寸法計測である。

$$\text{計測精度} = \sqrt{\frac{(x_1 - a)^2 + \dots + (x_n - a)^2}{n}} = 5.66\text{mm}$$

技術番号	BR020017
------	----------

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

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

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

カタログ分類	非破壊検査技術	カタログ	検出項目	剥離、変形・欠損	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

- ① 計測機器の設置(写真-2, 3, 4: 地上型レーザースキャナー)
- ② 計測状況: 計測機器で主桁上の鋼板の形状を計測する。(写真-2)
- ③ 計測状況: 計測機器で袖擁壁上の鋼板の形状を計測する。(写真-3)
- ④ 計測状況: 計測機器でPC桁の剥離・鉄筋露出を計測する。(写真-4)
- ⑤ 後日、計測結果から検出項目毎に整理する。

開発者による計測機器の設置状況



写真-2



写真-3



写真-4

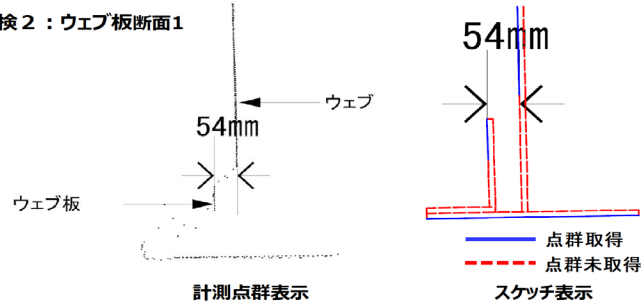
※計測結果

(1)主桁上の鋼板の形状

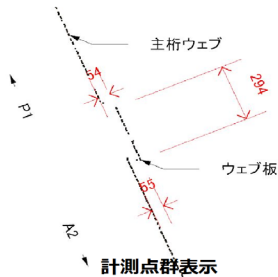
ウェブ板P1側現地状況写真



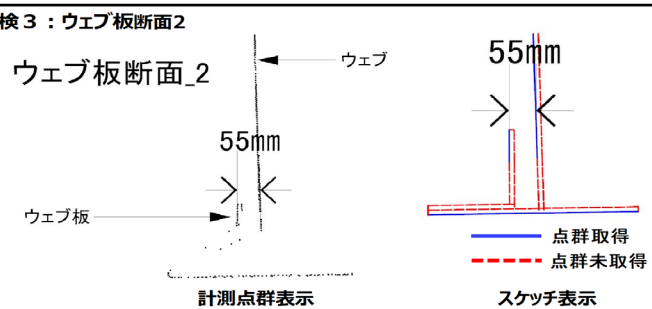
検 2 : ウェブ板断面1



検 1 : ウェブ板平面による寸法計測 (ウェブからの離隔)



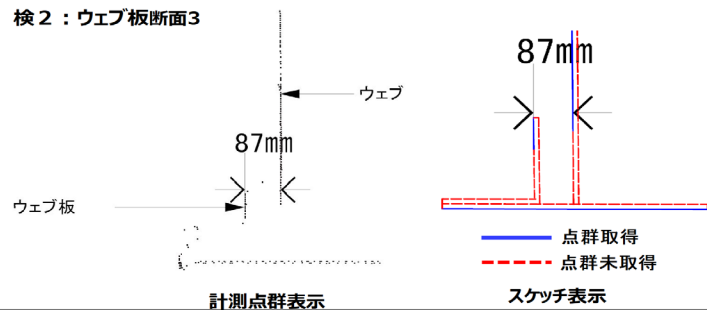
検 3 : ウェブ板断面2



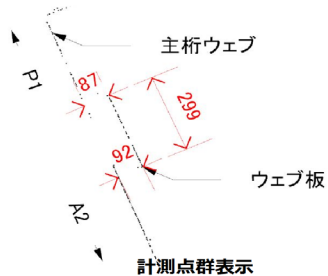
ウェブ板A2側現地状況写真



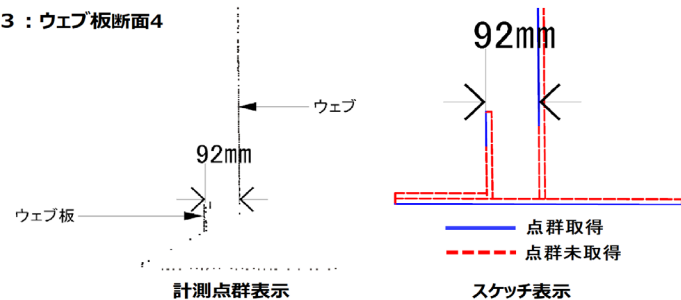
検 2 : ウェブ板断面3



検 1 : ウェブ板平面による寸法計測 (ウェブからの離隔)



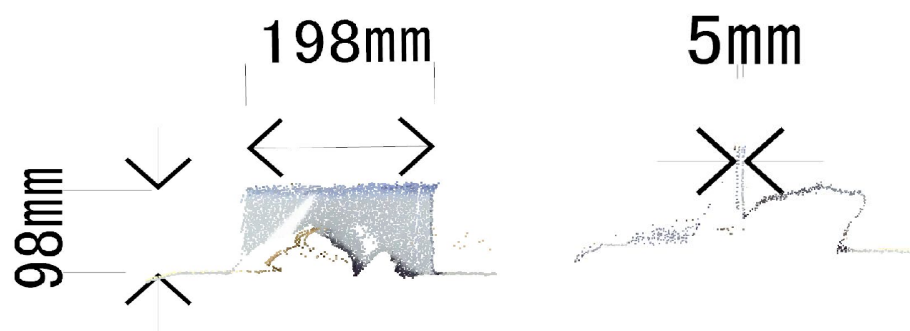
検 3 : ウェブ板断面4



(2) 袖擁壁上の鋼板の変形

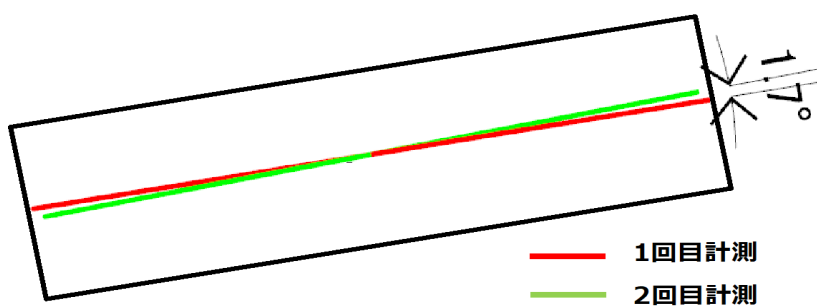


検 1 : 鉄板サイズ検証

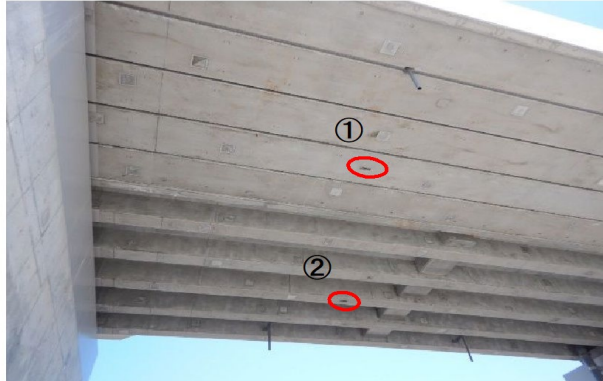


検 2 : 鉄板角度検証

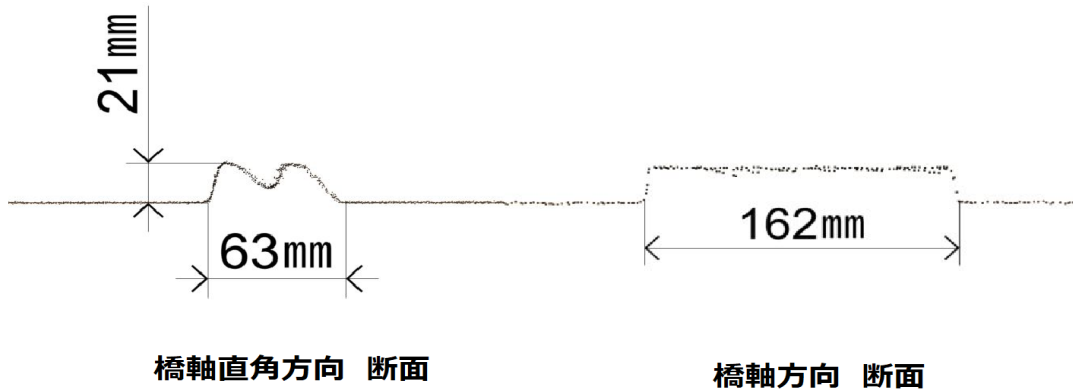
平面図



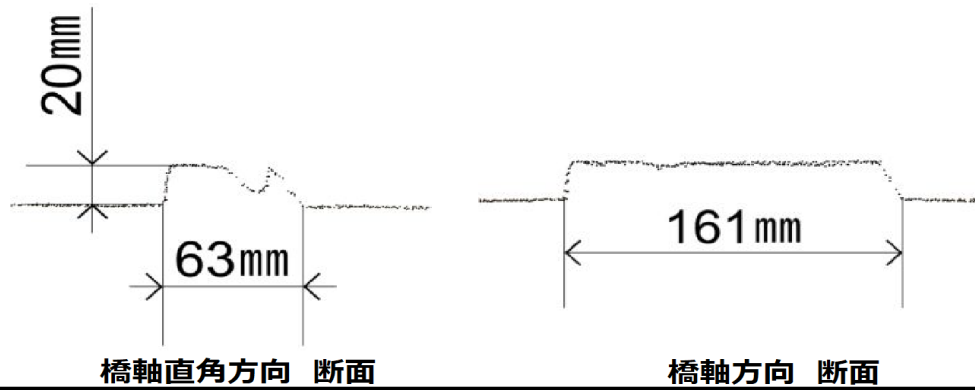
(3)PC橋の剥離



検 1 : 剥離寸法①



検 2 : 剥離寸法②



技術番号	BR020018
------	----------

技術名	磁気による鋼材破断の非破壊検査法(SenrigaN)	開発者名	コニカミノルタ株式会社
-----	----------------------------	------	-------------

試験日	令和1年 10月 11日	天候	曇り時々晴れ	気温	23.6 °C	風速	3.6 m/s
-----	--------------	----	--------	----	---------	----	---------

試験場所	某橋梁(新潟県)
------	----------

カタログ分類	非破壊検査技術	カタログ	検出項目	破断	試験区分	-
--------	---------	------	------	----	------	---

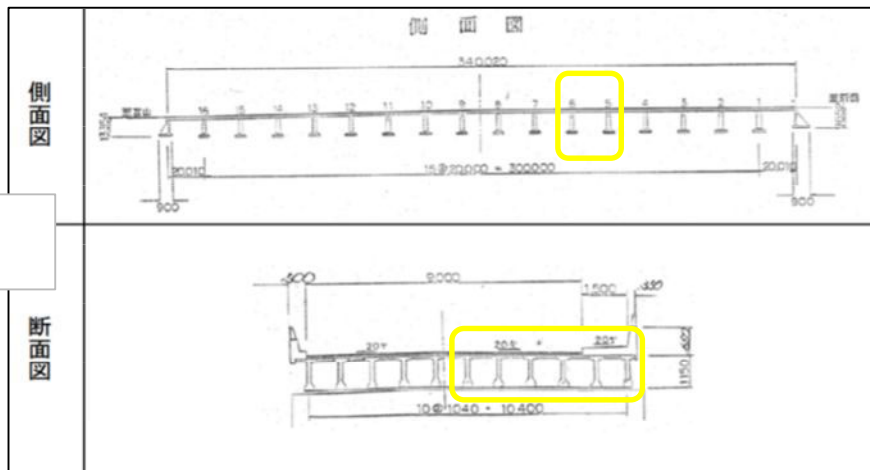
試験で確認する カタログ項目	鋼材破断検出
-------------------	--------

対象構造物の概要

全体一般図

対象径間: 第6径間
対象桁: 海側6桁

対象: プレテンT桁橋
支間長: 20m



計測箇所配置 16cmx53cmの計測範囲を各桁68箇所割り付け



写真-1 全体写真

		東側																																				
山側	06	2	4	5	8	10	12	14	15	11	19	21	22	24	25	27	29	31	33	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	53	55	57	59	61	63	65	67	68
	05	1	3	5	7	9	11	13	15	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	35	37	39	41	43	45	47	49	51	53	54	56	58	60	62	64	66	68	69
	04	2	4	5	8	10	12	14	15	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	35	37	39	41	43	45	47	49	51	53	54	56	58	60	62	64	66	68	69
	03	1	3	5	7	9	11	13	15	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	35	37	39	41	43	45	47	49	51	53	54	56	58	60	62	64	66	68	69
	02	2	4	5	8	10	12	14	15	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	35	37	39	41	43	45	47	49	51	53	54	56	58	60	62	64	66	68	69
	01	1	3	5	7	9	11	13	15	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	35	37	39	41	43	45	47	49	51	53	54	56	58	60	62	64	66	68	69
			西側																																			
			海側																																			

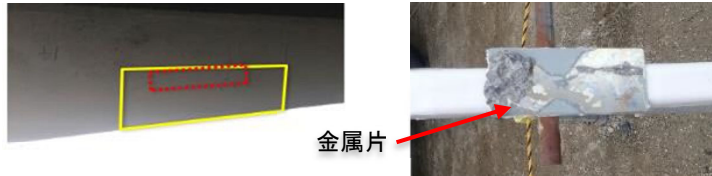
※計測結果(抜粋)

調査対象 : G1

計測箇所 : 25

計測機器 : SN10002

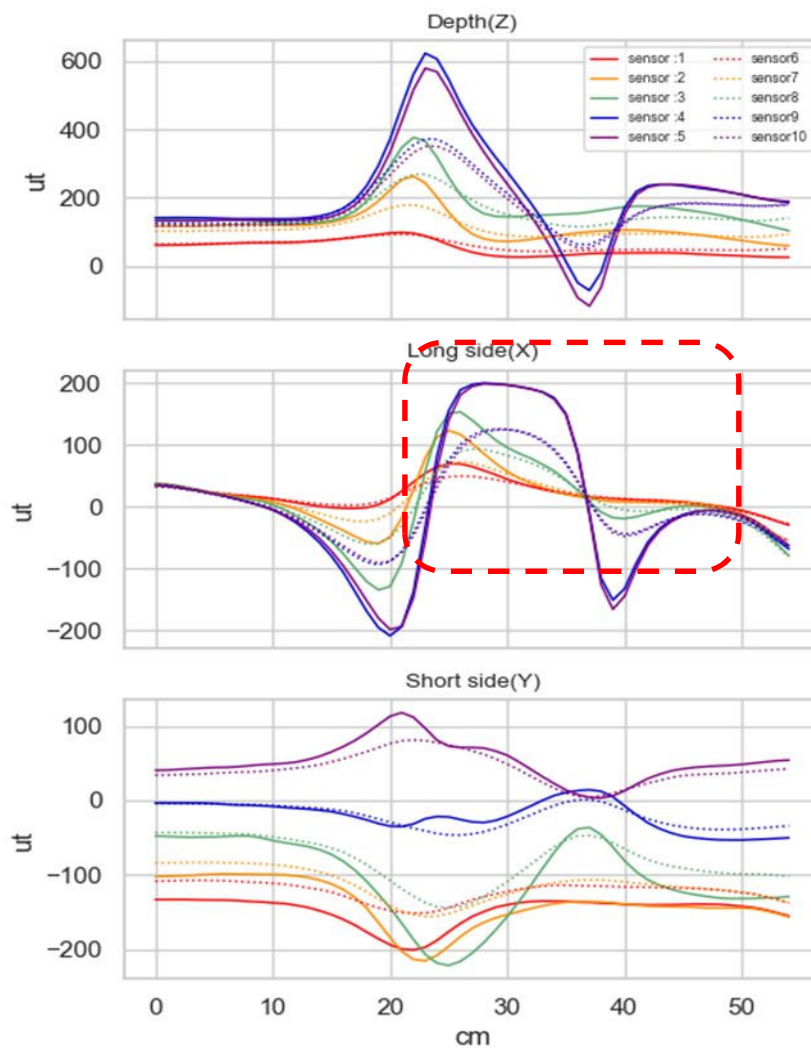
計測ID : TRIAL_39



判定 : 異物あり

備考 : X軸4・5番センサ22cm付近から右側(赤破線枠)に、破断やスターラップとは異なる波形。

異物と思われる。



※計測結果(抜粋)

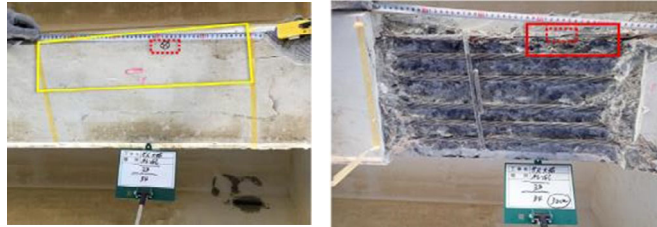
調査対象 : G6

計測箇所 : 33

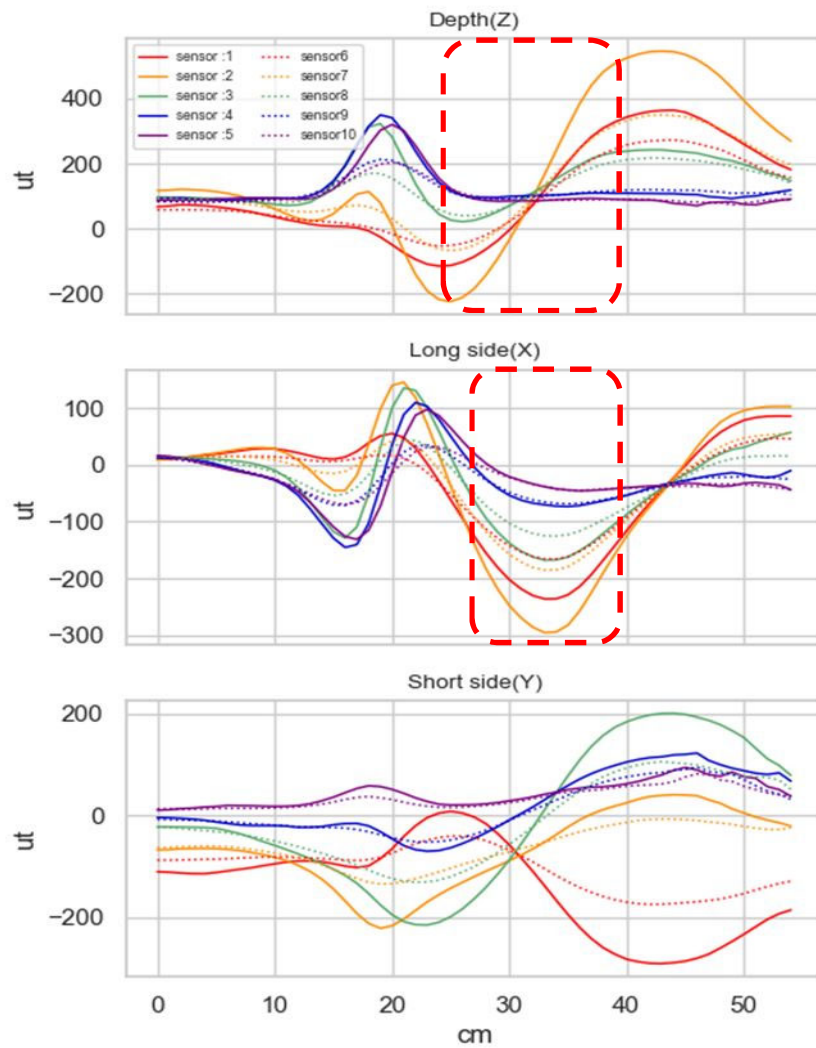
計測機器 : SN10002

計測ID : TRIAL_30

判定 : 破断あり



備考 : Z軸2番センサ33cmにS字波形、X軸の同位置に下凸(破線赤枠)。典型的な破断波形。



※計測結果(抜粋)

調査対象 : G3

計測箇所 : 65

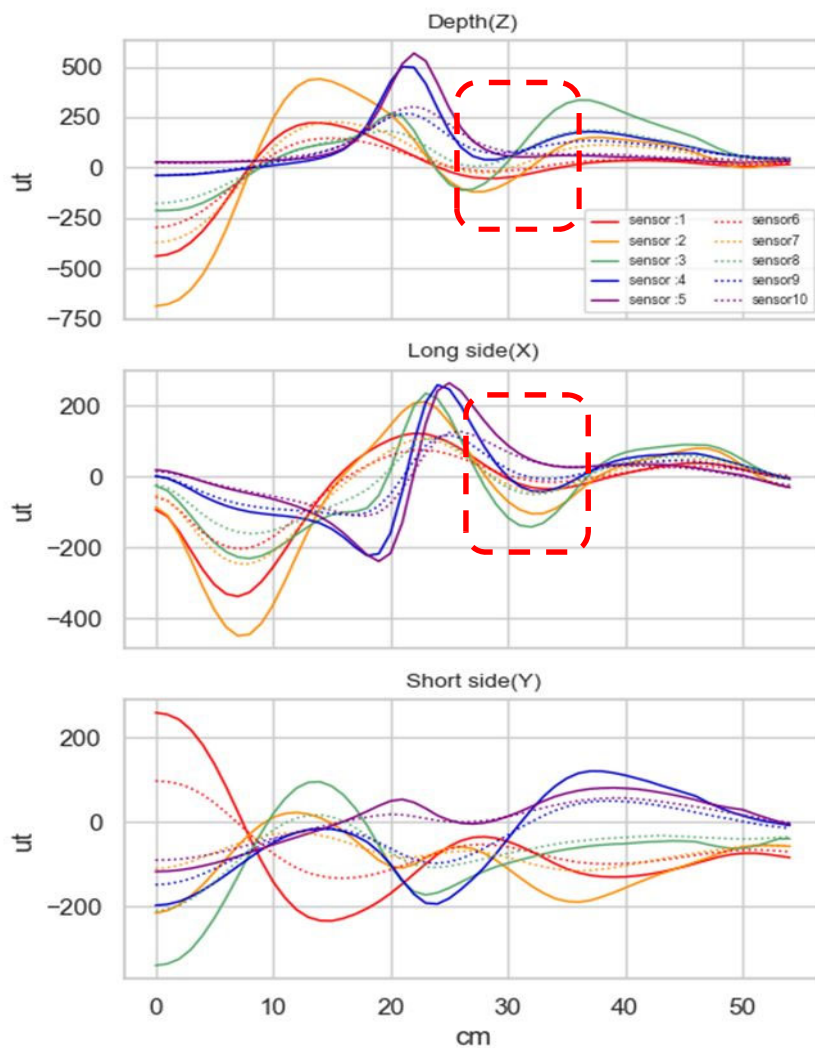
計測機器 : SN10002

計測ID : TRIAL_19

判定 : 破断あり



備考 : Z軸3番センサ32cmあたりにS字、Y軸の同位置に下凸。上の例よりも弱い破断波形。



※計測結果(抜粋)

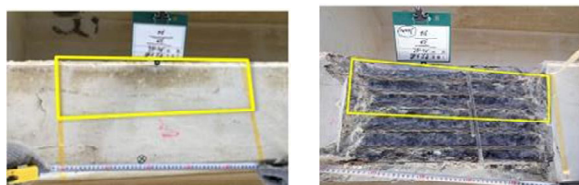
調査対象 : G6

計測箇所 : 34

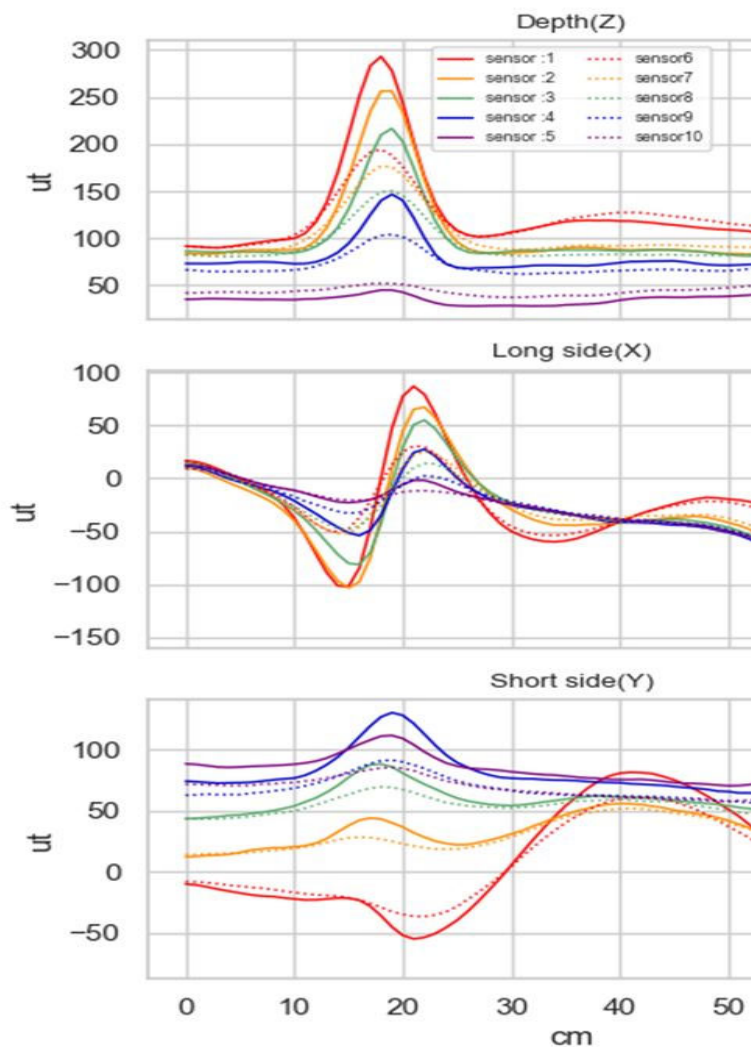
計測機器 : 10002

計測ID : TRIAL_29

判定 : 破断なし



備考 : 全センサ約18cmにスタラップ波形が見えるが、典型的な健全波形。



※計測結果(抜粋)

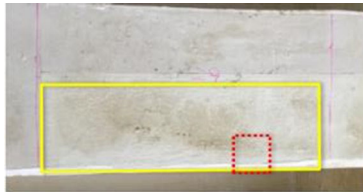
調査対象 : G3

計測箇所 : 57

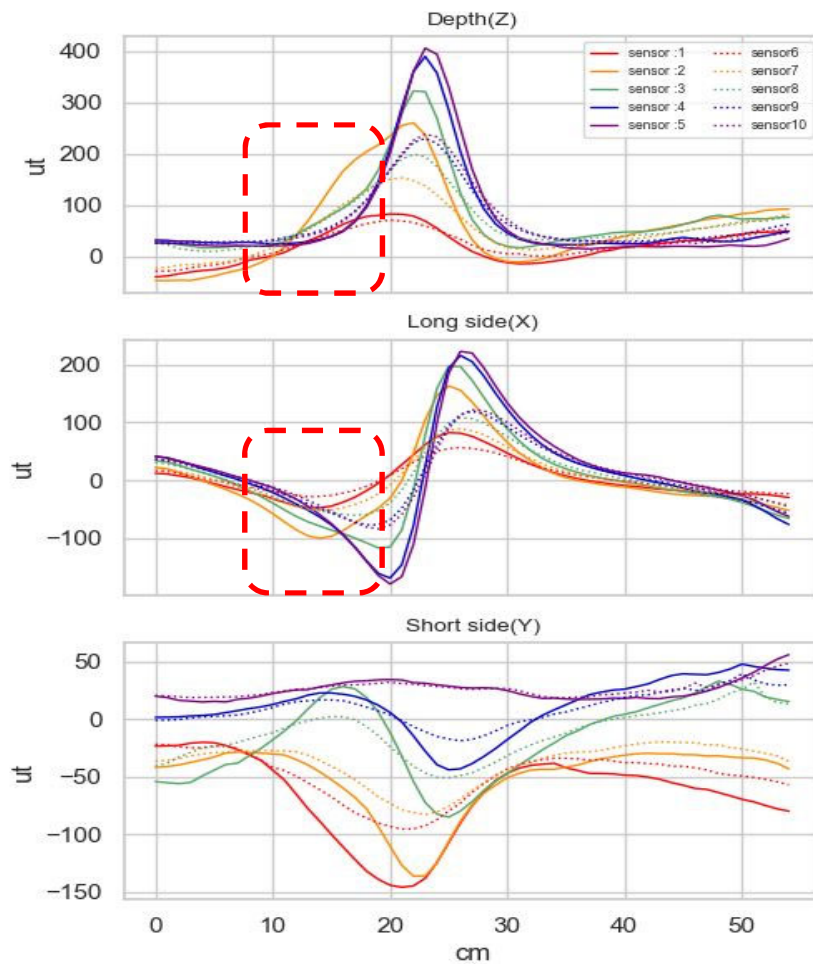
計測機器 : SN10002

計測ID : TRIAL_57

判定 : 破断あり



備考 : Z2番センサ13cmあたりに弱いS字、Y軸の同位置に弱い下凸。



- ① 計測機器等の搬入(計測装置、磁石ユニット、磁石ガイド、RCレーダー、タブレット)
- ② RCレーダーを用いて鋼材位置を特定し、墨出しラインを描く(テープ貼り・写真-1)
- ③ 鋼材の墨出しラインに沿って磁気ストリーム法で計測する(写真-2、-3)
- ④ 計測結果を確認する(計測データをタブレットで確認・写真-4)
- ⑤ 解析結果から、PC鋼材の破断有無を評価する

開発者による計測機器の設置状況



写真-2 計測装置の設置



写真-3 計測

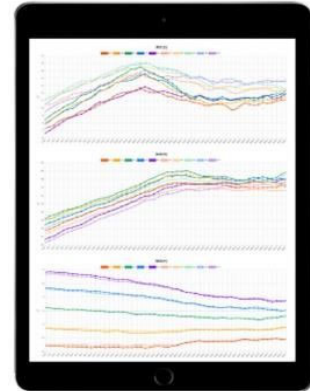


写真-4 計測結果確認

計測箇所

磁石ユニットと、計測装置のセンサ3をPC鋼材上に、各計測箇所を計測装置の中央に合わせる



写真-5 計測箇所

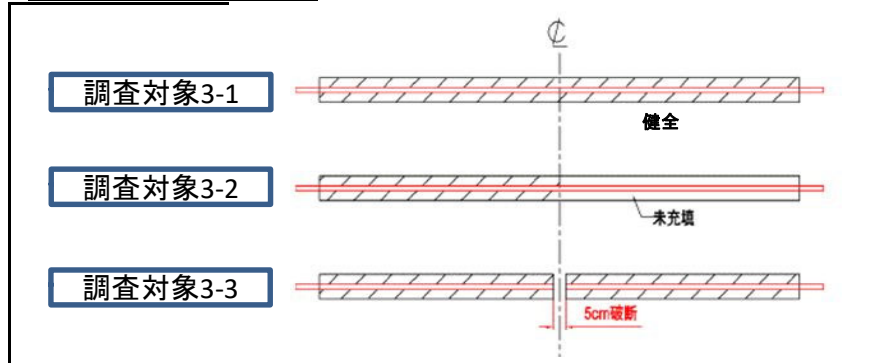
判定結果

判定結果	計測結果 ○:破断なし ×:破断あり									
	780	1100	1400	1690	1990	2290	2590	2890	3180	3480
計測の中央	mm									
調査対象3-1	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
調査対象3-2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
調査対象3-3	○	○	○	○	×	○	○	○	○	○

供試体管理者のNEXCO総研に結果を報告し、内部鋼材の状態について回答を得た。

その結果、判定結果と整合していることを確認した。(PC鋼材の配置と状態の図を参照)

PC鋼材の配置と状態



計測箇所の追加

破断を検出した調査対象3-3の1990mmの左右150mmを追加で計測し、破断信号の位置が移動するか確認。

- 調査対象3-1
- 調査対象3-2
- 調査対象3-3

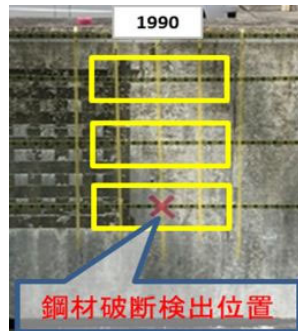


写真-6 計測箇所(中央部)

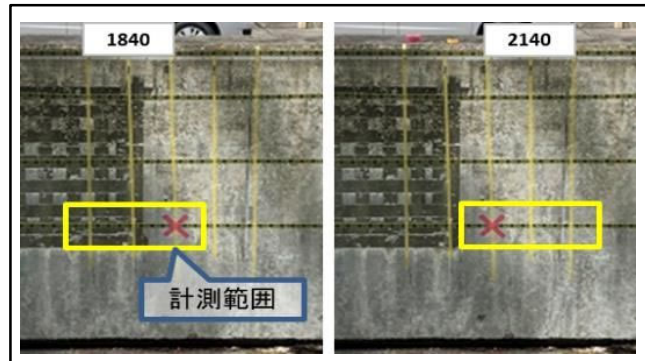


写真-7 追加の計測箇所(中央部)

調査対象	計測箇所	判定	結果	正誤	調査対象	計測箇所	判定	結果	正誤	調査対象	計測箇所	判定	結果	正誤
調査対象3-1	780	破断なし	破断なし	○	調査対象3-2	780	破断なし	破断なし	○	調査対象3-3	780	破断なし	破断なし	○
	1100	破断なし	破断なし	○		1100	破断なし	破断なし	○		1100	破断なし	破断なし	○
	1400	破断なし	破断なし	○		1400	破断なし	破断なし	○		1400	破断なし	破断なし	○
	1690	破断なし	破断なし	○		1690	破断なし	破断なし	○		1690	破断なし	破断なし	○
	1990	破断なし	破断なし	○		1990	破断なし	破断なし	○		1990	破断あり	破断あり	○
	2290	破断なし	破断なし	○		2290	破断なし	破断なし	○		2290	破断なし	破断なし	○
	2590	破断なし	破断なし	○		2590	破断なし	破断なし	○		2590	破断なし	破断なし	○
	2890	破断なし	破断なし	○		2890	破断なし	破断なし	○		2890	破断なし	破断なし	○
	3180	破断なし	破断なし	○		3180	破断なし	破断なし	○		3180	破断なし	破断なし	○
3480	破断なし	破断なし	○	3480	破断なし	破断なし	○	3480	破断なし	破断なし	○			

的中率 = 損傷と判定されてもののうち、正解個数 / 真値の損傷個数
 = 1 / 1
 = 1.00

※計測結果(抜粋)

調査対象 : 3-1

計測箇所 : 1990

計測機器 : SN00002

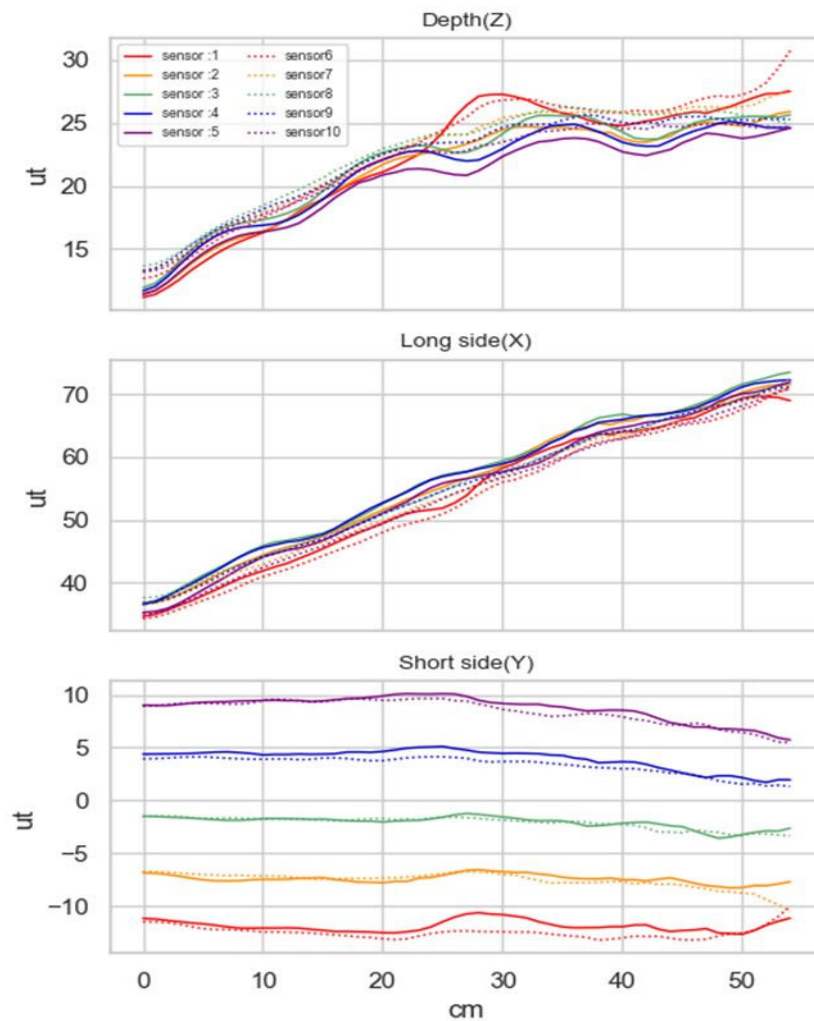
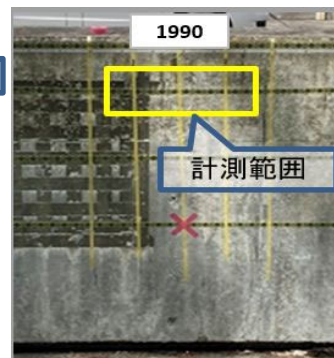
計測ID : 120_43

判定 : 破断なし

備考 : 深さ方向 (Z軸) のセンサ1波形がセンサ2~4と異なるのは、センサ1に近い主筋の影響。

またセンサ2~5に、スタラップに起因する波形のゆらぎが見えるが、破断波形はない。

調査対象3-1



※計測結果(抜粋)

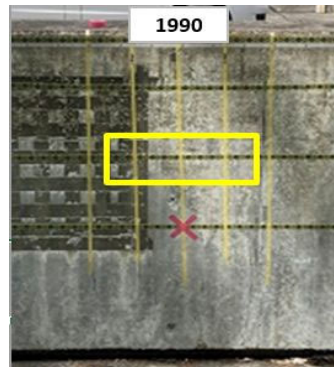
調査対象 : 3-2

計測箇所 : 1990

計測機器 : SN00002

計測ID : 120_54

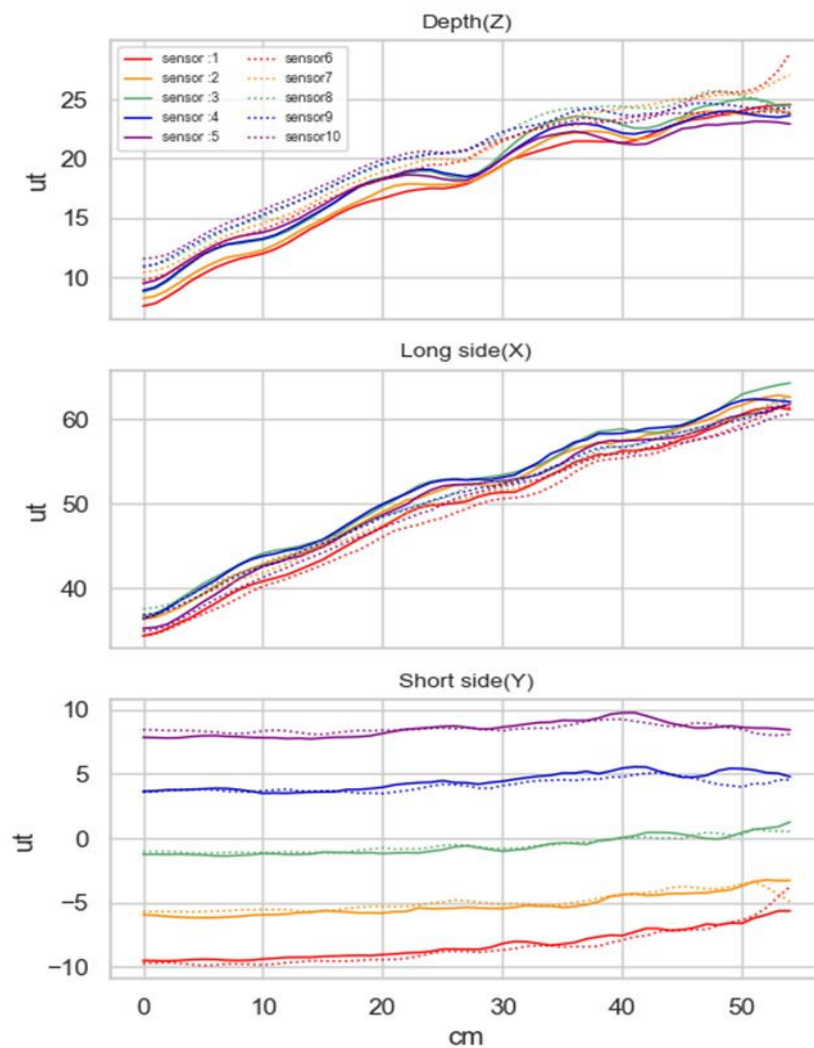
調査対象3-2



判定 : 破断なし

備考 : センサ1~5に、スタラップに起因する波形のゆらぎが見えるが、破断波形は見られない。

グラウト未充填は、本計測の対象外。



※計測結果(抜粋)

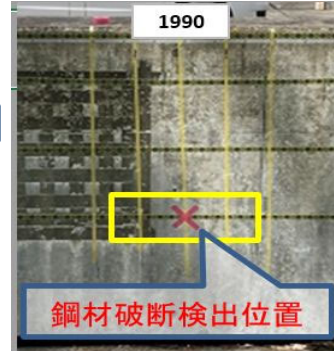
調査対象 : 3-3

計測箇所 : 1990

計測機器 : SN00002

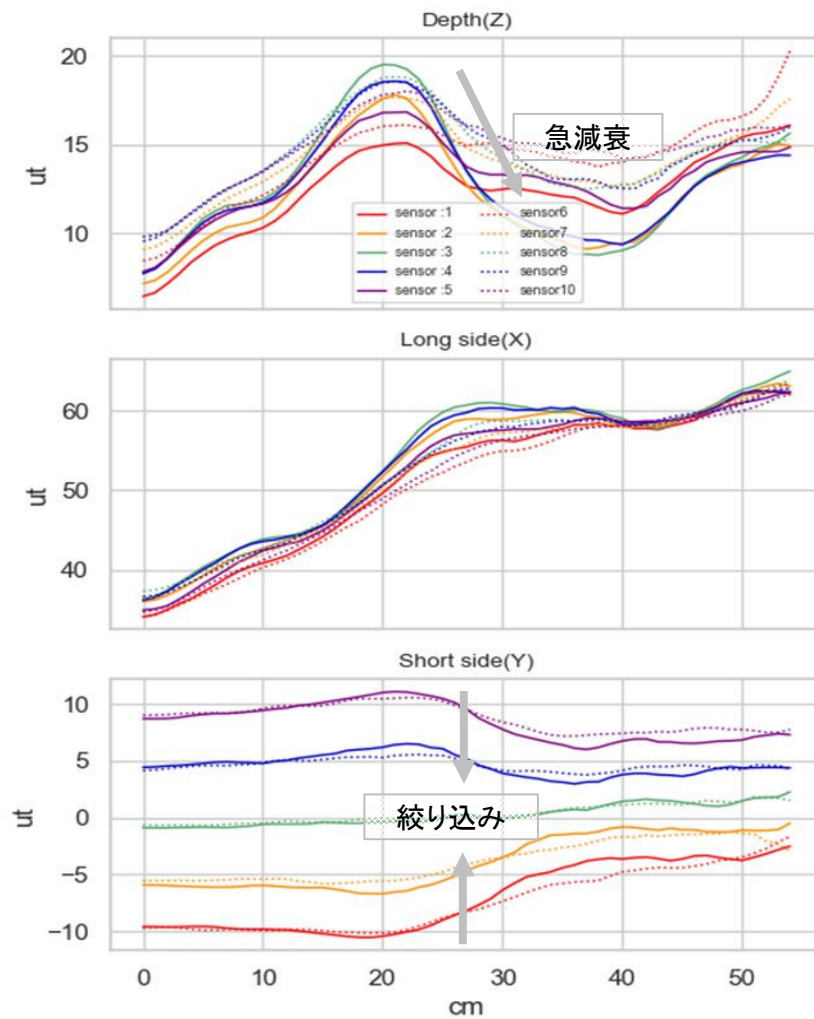
計測ID : 120_65

判定 : 破断あり



備考 : 27cmを中心に深さ方向 (Z軸) のセンサ3中心に急減衰、短辺方向 (Y軸) のセンサ3を中心に

絞り込みが見られる。図2に示す破断位置で典型的な破断波形を示している。



※計測結果(抜粋)

調査対象 : 3-3

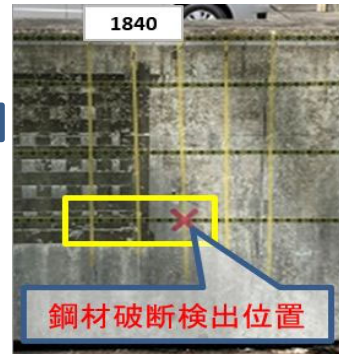
計測箇所 : 1840(破断を捉えた1990の左側150mm位置)

計測機器 : SN00002

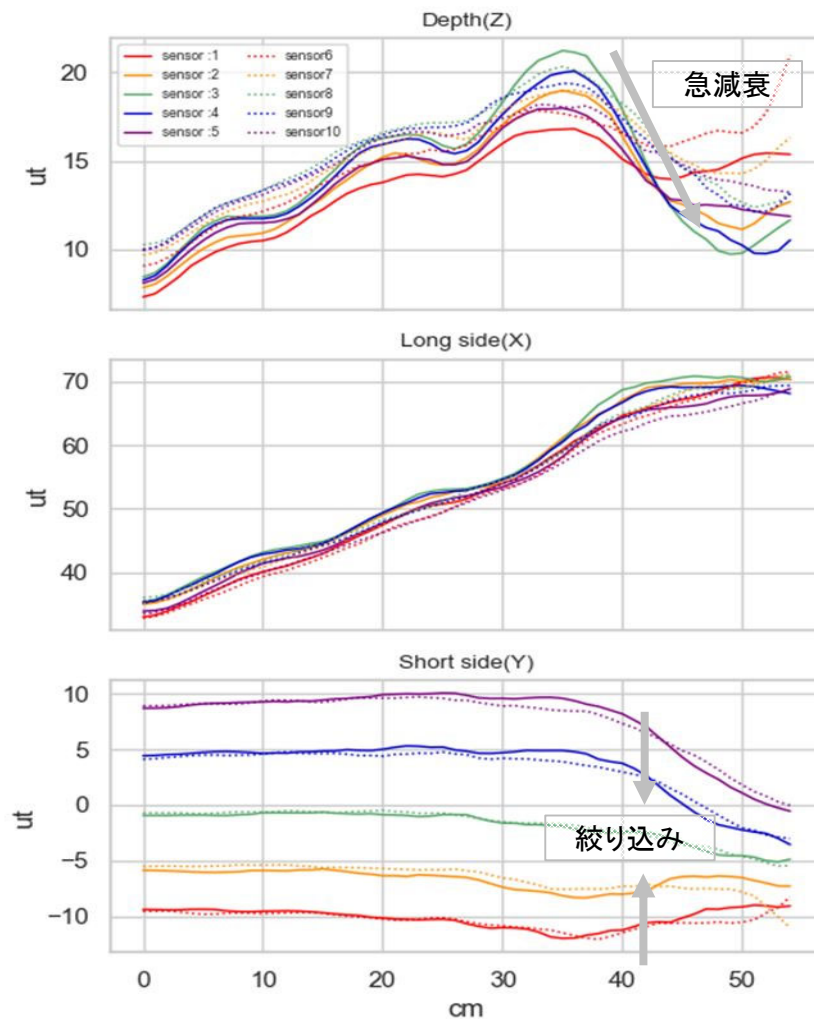
調査対象3-3

計測ID : 120_71

判定 : 破断あり



備考 : 確認のため、計測装置を1990から左にずらして計測。破断波形の位置も移動することを確認。



※計測結果(抜粋)

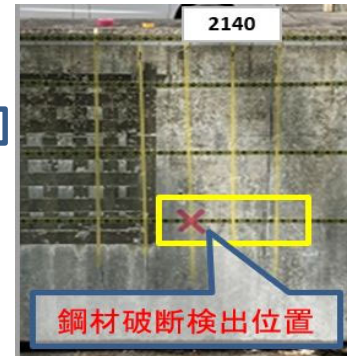
調査対象 : 3-3

計測箇所 : 2140 (破断を捉えた1990の右側150mm位置)

計測機器 : SN00002

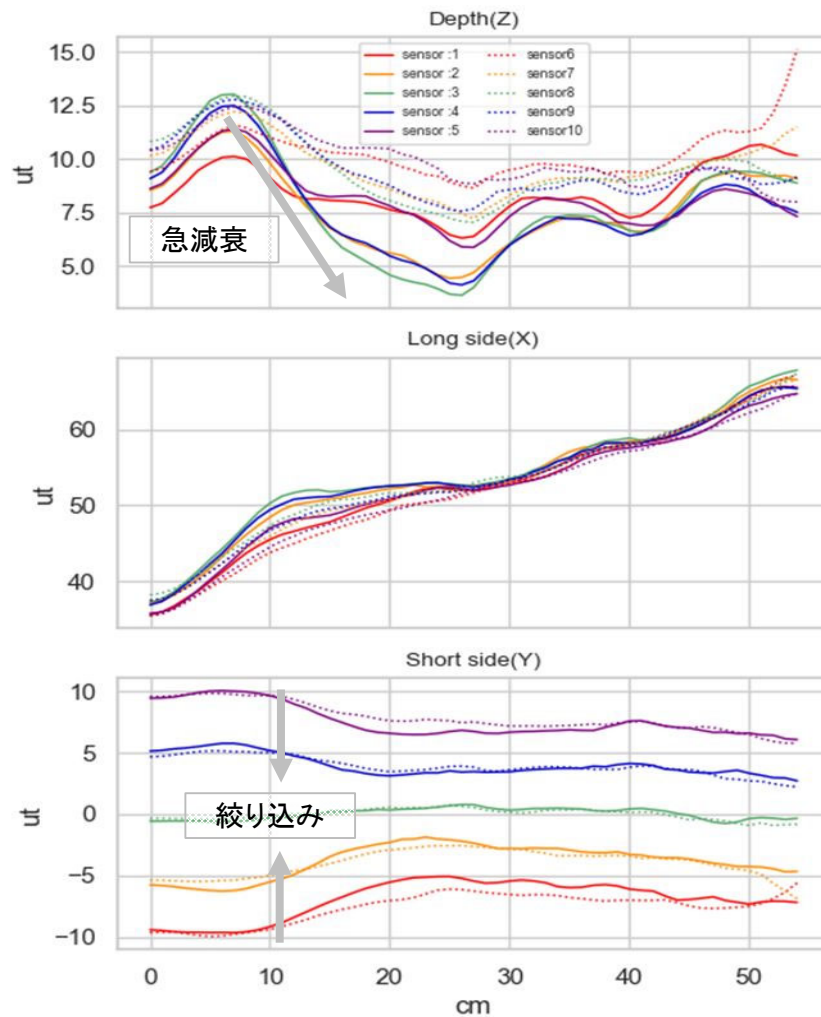
調査対象3-3

計測ID : 120_72



判定 : 破断あり

備考 : 確認のため、計測装置を1990から右にずらして計測。破断波形の位置も移動することを確認。



技術番号	BR020018
------	----------

技術名	磁気による鋼材破断の非破壊検査法(SenrigaN)	開発者名	コニカミノルタ株式会社
-----	----------------------------	------	-------------

試験日	令和3年 3月 25日	天候	晴れ	気温	18.4 °C	風速	1.6 m/s
-----	-------------	----	----	----	---------	----	---------

試験場所	福島ロボットフィールド
------	-------------

カタログ分類	非破壊検査技術	カタログ	検出項目	破断	試験区分	現場試験
--------	---------	------	------	----	------	------

試験で確認する
カタログ項目

動作確認(精度以外)

対象構造物の概要

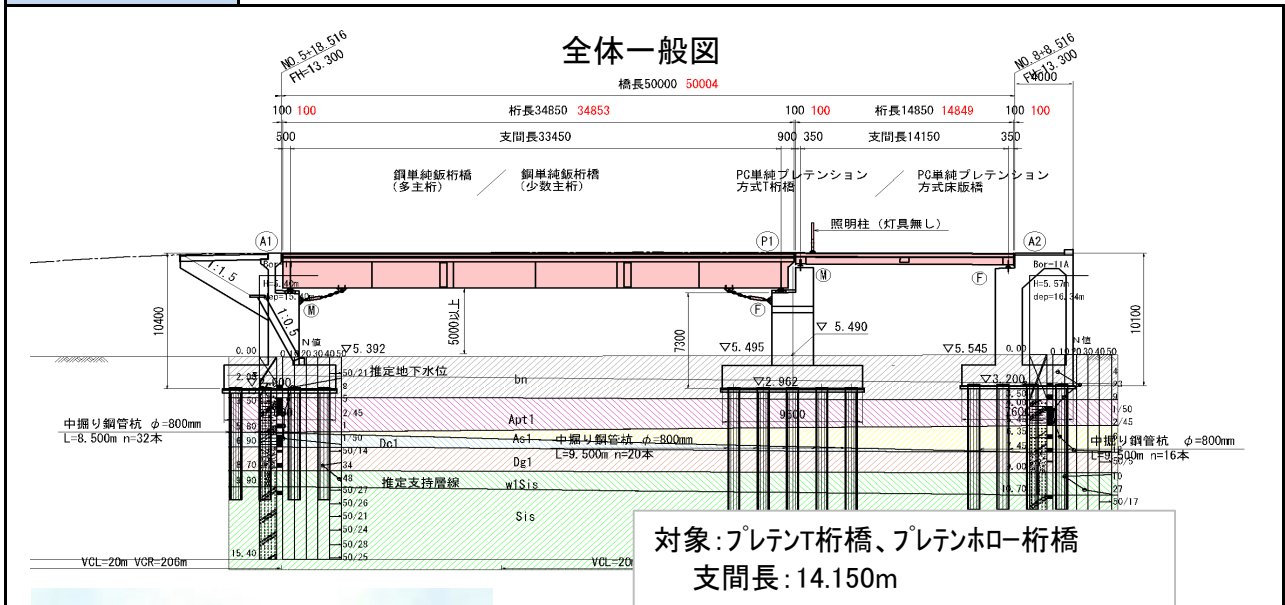
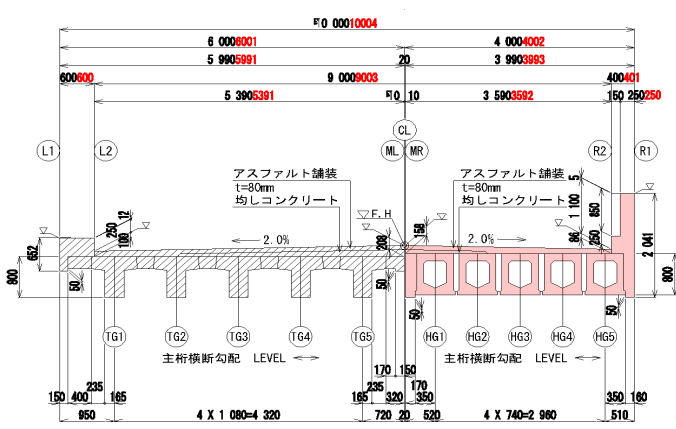


写真-1 全体写真

断面図 (Cross-section Diagram)



対象径間: 第2径間

計測対象部材: 主桁下面

- ① 計測機器等の搬入(写真-2:測定機器、磁石)
- ② 計測位置のマーキング(写真-3:プレートT(左)、プレートホロー(右))
- ③ 計測状況:測定箇所磁石で磁場を与える。(写真-4)
- ④ 計測状況:③後に測定器で計測する。(写真-5)(写真-6:計測作業:プレートT(左)、プレートホロー(右))
- ⑤ 後日、計測データを解析し、PC鋼材の破断の有無を評価する。

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

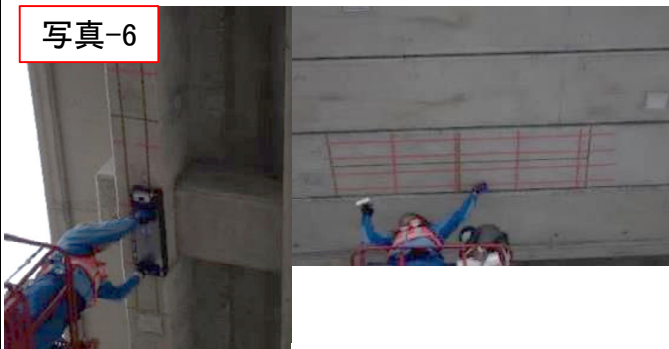
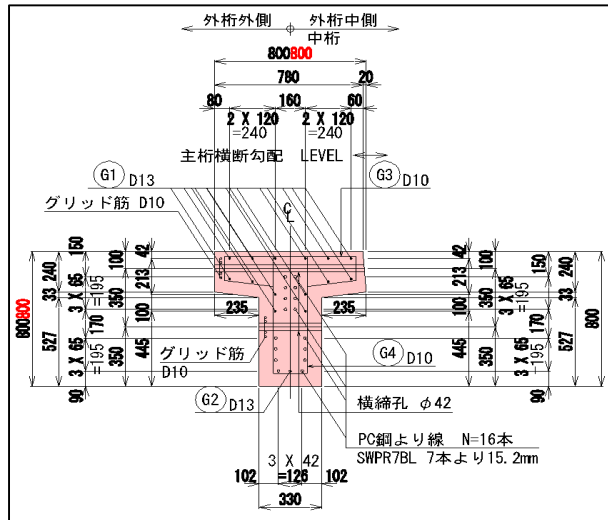


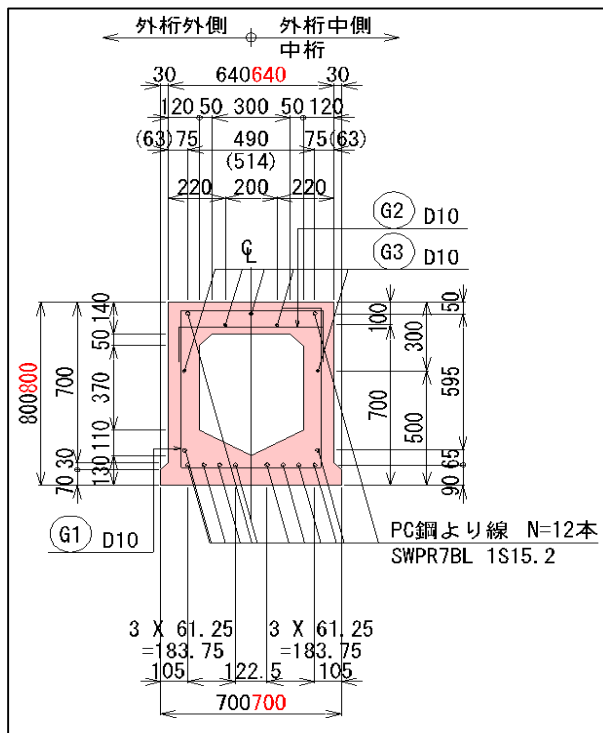
写真-7



※PC鋼材の配置

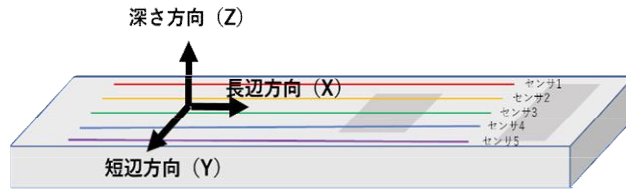


プレテンT桁橋(G1桁)

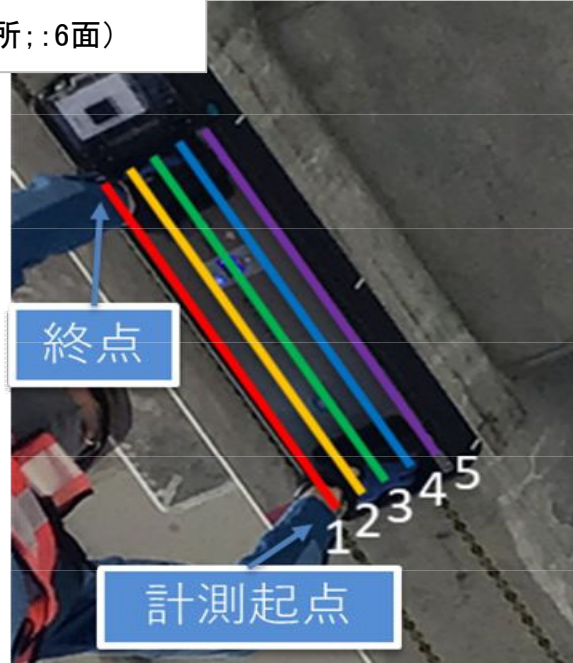


プレテンホー桁橋T桁橋(G2桁)

※計測結果



プレート桁 (計測箇所: :6面)



プレートホー桁 (計測箇所: :12面)



※計測結果

・漏洩磁束法の原理

計測面に磁石を接触させて移動させ、磁石が発する磁力で内部鋼材に磁気を帯びさせる。これを着磁と呼ぶ。着磁された鋼材からの漏洩磁力を計測し、破断部に生じる磁場変化の有無を捉える仕組み(図1-1)

内部鋼材に破断がある場合には、破断箇所にはS極とN極が生じる。深さ方向の磁場において、破断左側のS極で凹型の波形変化が生じ、破断右側のN極で凸型の波形変化が生じる。この変化をつなげると、下がって上がるS形状の波形となる。この特徴波形を捉えることで破断位置を特定する。

(図1-2)

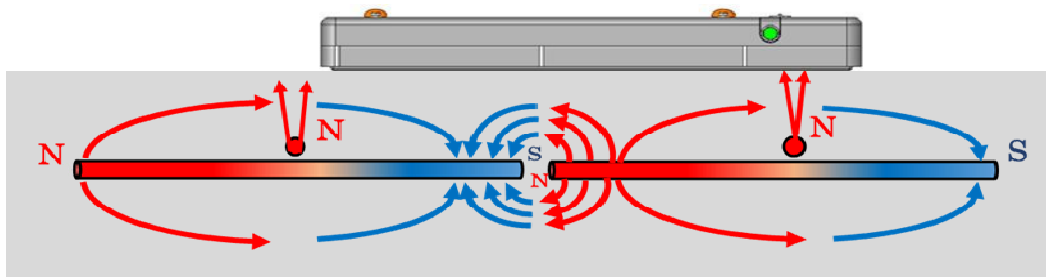


図1-1 漏洩磁束法の原理

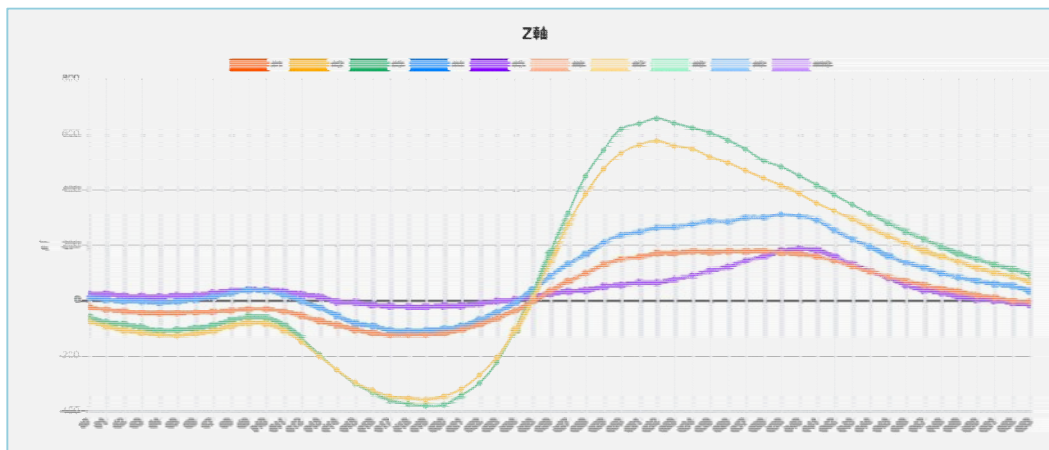


図1-2 深さ(Z)方向の破断波形のイメージ
(センサ3 緑色ラインで捉えた鋼材が破断)

※計測結果(抜粋):ポステンT桁(1面)

計測箇所 : 1

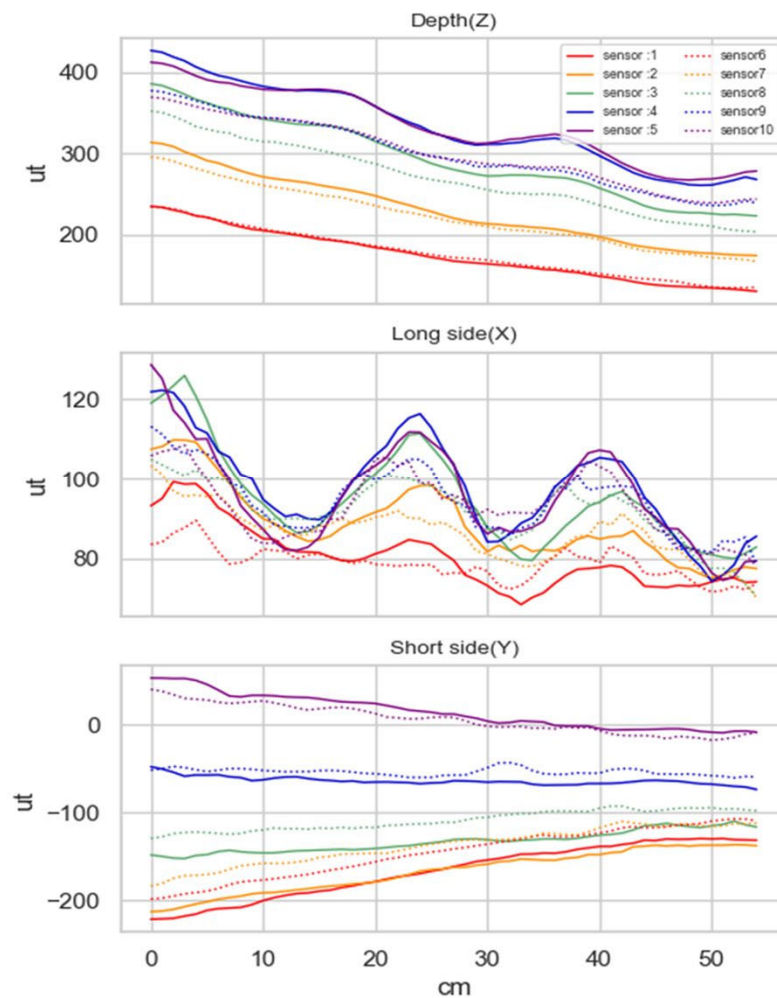
計測機器 : SN00002

計測 ID : 003_7694



判定 : 健全

備考 : 計測起点から 15cm、35cm の位置で、特に桁内側のセンサ (3,4,5) にスターラップによる波形変化が見られる。破断の特徴である深さ方向 (Z 軸) での S 字の信号は見られないため、鋼材は健全。



※計測結果(抜粋):ポステン桁(2面)

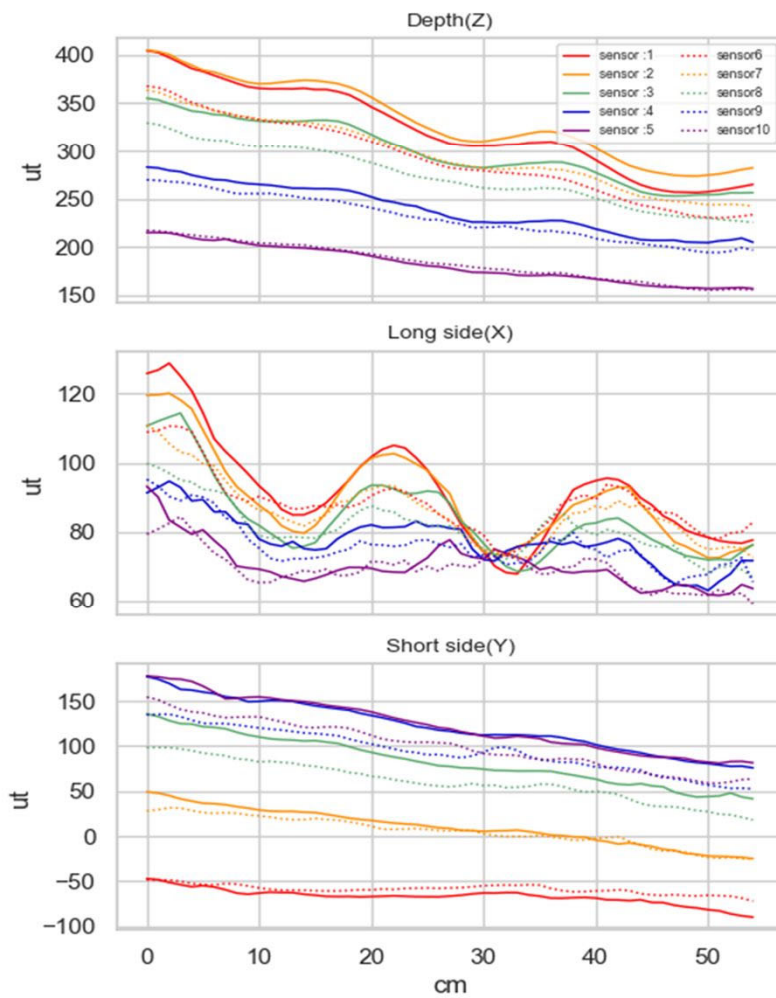
計測箇所 : 2

計測機器 : SN00002

計測 ID : 003_7696

判定 : 健全

備考 : 計測起点から 15cm、35cm の位置で、特に桁内側のセンサ (1,2,3) にスターラップによる波形変化が見られる。鋼材は健全。



※計測結果(抜粋):ポステンT桁(6面)

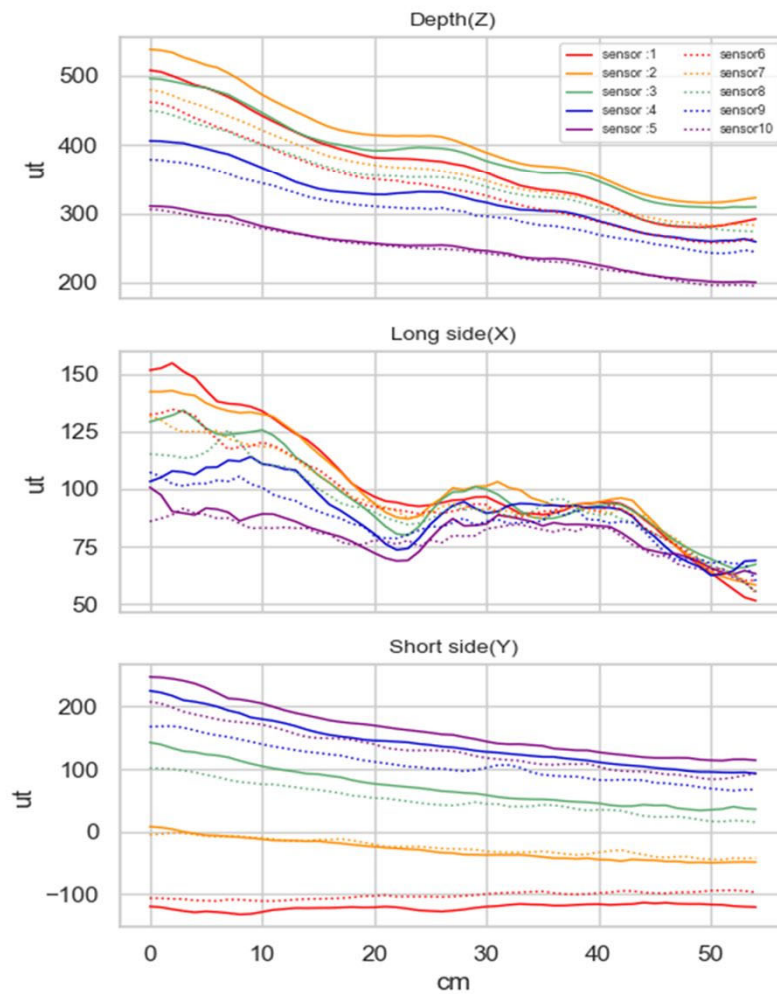
計測箇所 : 6

計測機器 : SN00002

計測 ID : 003_7700

判定 : 健全

備考 :



※計測結果(抜粋):プレテンロー桁(1面)

計測箇所:1

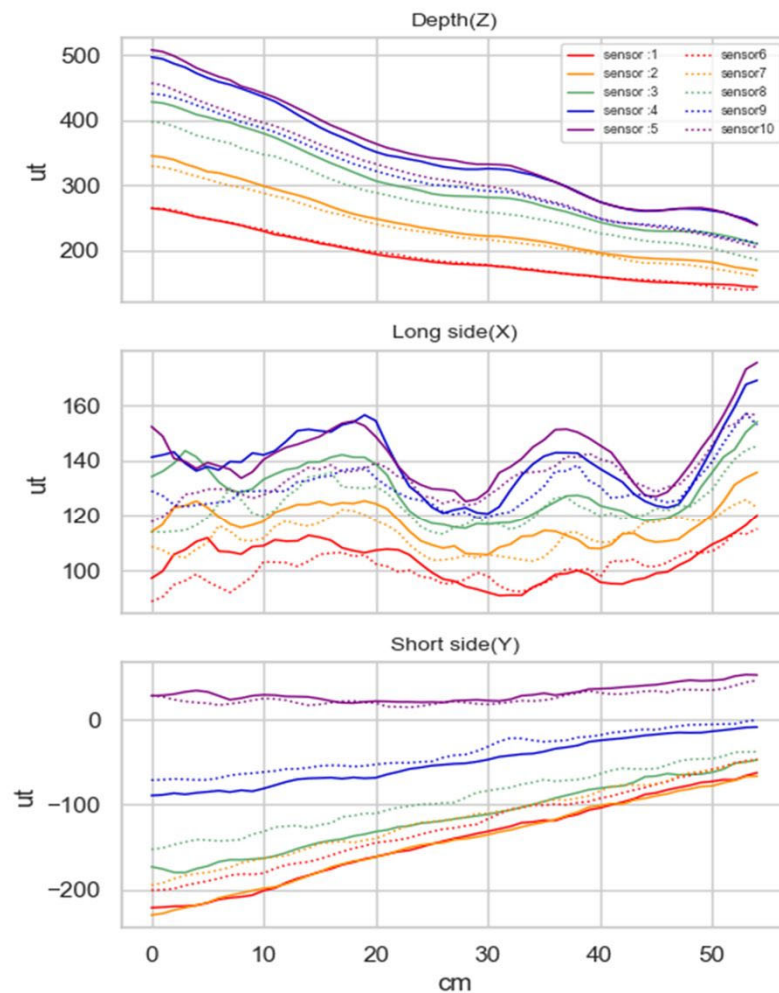
計測機器:SN00002

計測ID:003_7701



判定:健全

備考:10cm、30cm、50cmの位置で、特に桁内側のセンサ(3,4,5)にスターラップによる波形変化が見られる。破断の特徴である深さ方向(Z軸)でのS字の信号は見られないため、鋼材は健全。



※計測結果(抜粋): プレテンロー桁(6面)

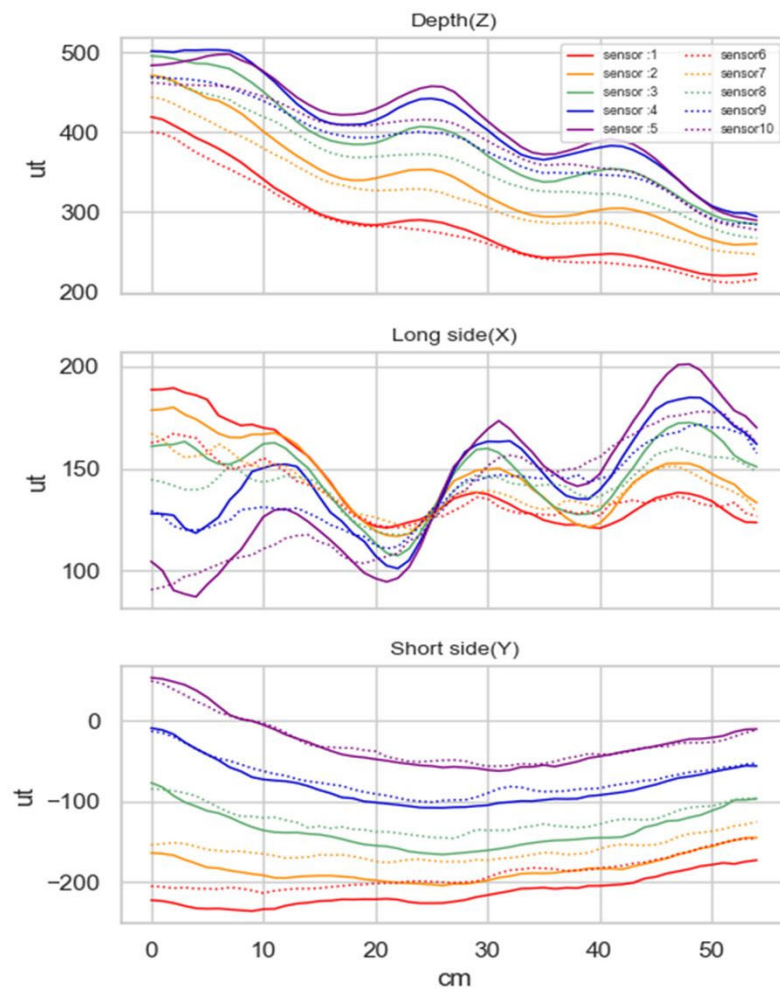
計測箇所 : 6

計測機器 : SN00002

計測 ID : 003_7706

判定 : 健全

備考 :



※計測結果(抜粋): プレテンロー桁(7面)

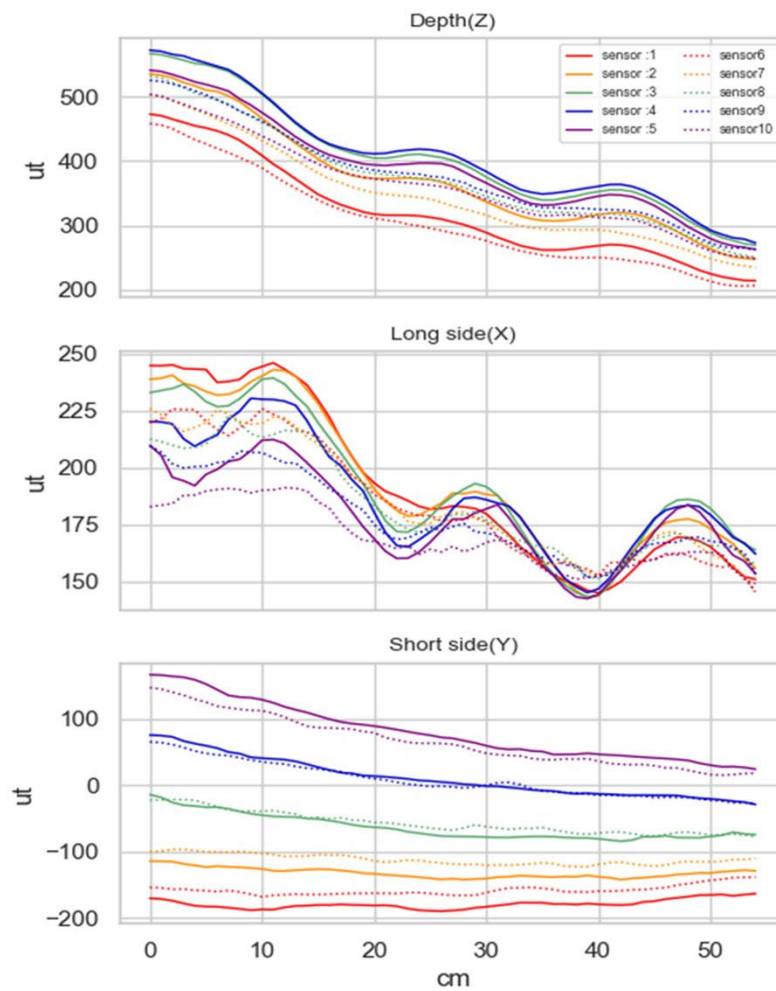
計測箇所 : 7

計測機器 : SN00002

計測 ID : 003_7707

判定 : 健全

備考 :



※計測結果(抜粋):プレテンロー桁(12面)

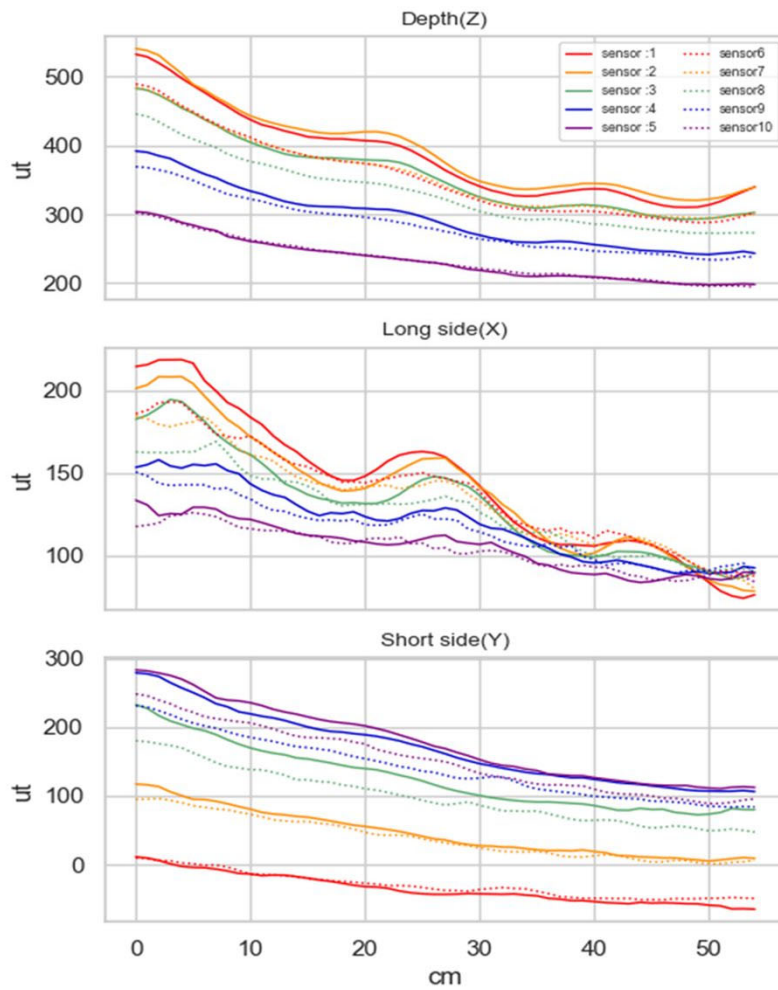
計測箇所:12

計測機器:SN00002

計測ID:003_7712

判定:健全

備考:



技術番号 BR020019

技術名 衝撃弾性波法による横締めグラウト充填調査

開発者名 一般財団法人首都高速道路技術センター
首都高速道路株式会社
アイレック技建株式会社

試験日 令和6年 11月 18日 天候 くもり 気温 14 °C 風速 6 m/s

試験場所 某敷地内(東京都) 構造物名 PC桁供試体(5本)

カタログ分類 非破壊検査技術 カタログ 検出項目 グラウト未充填(弾性波の振幅、伝播速度) 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

グラウト充填状況が既知の供試体5本

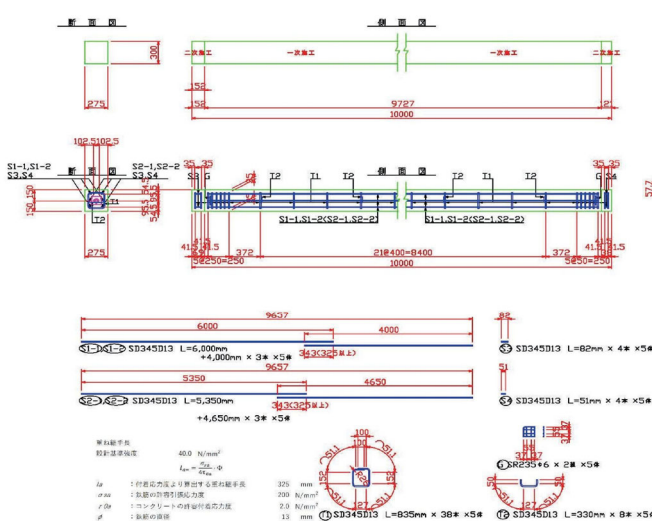
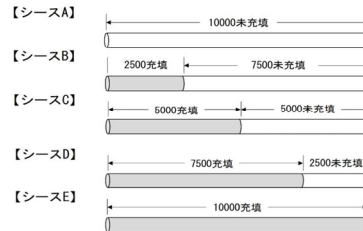
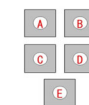


右からA0,B25,C50,D75,E100



鋼材	シース内径	緊張力
B種1号φ26 (SBPR930/1080)	2010年 PC定着工法 38mm	588.6 (N/mm ²) (60.0kgf/mm ²)

【断面図】

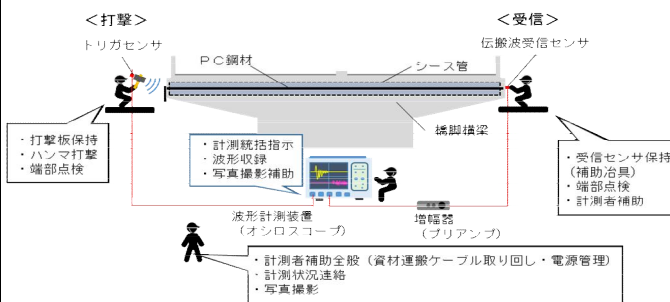


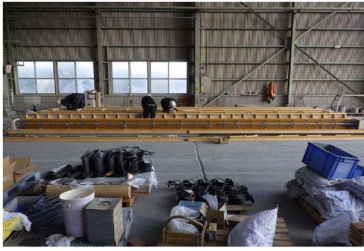
供試体は1本あたり、長さ10m・高さ30cm・幅27.5cm・重量約1.9t

- ① オシロスコープを据え置き、各センサーとアンプを接続後、配線する。
- ② 端部コンクリートの片側に接触媒質を塗布し、鉄板を押し当て、もう片面の端部コンクリートに接触媒質を塗布し、受信用センサーを押し当てる。
- ③ 鉄板をハンマーで打撃し、1供試体につき、片側10回、両側で計20回の伝播波計測を行う。
- ④ 伝搬速度を算出、波形解析(高周波成分の有無の確認)を行い、PCグラウト充填状況を判定する。

開発者による計測機器の設置状況

波形収録





a) 型枠設置・配筋



b) 打設



c) 脱型



d) 緊張



e) グラウト注入



f) 後打ち打設

※供試体は工場にて製作。製作時の立会いは無



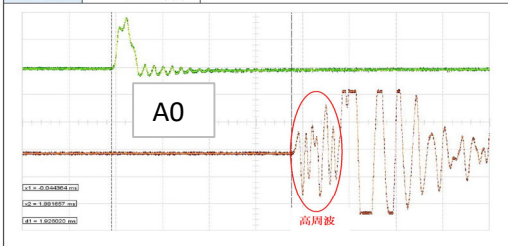
1.伝搬速度について

供試体		A0		B25		C50		D75		E100	
打撃方向		L	R	L	R	L	R	L	R	L	R
音速	(m/s)	5218.11	5214.55	4892.82	4841.40	4561.51	4384.65	4389.84	4341.23	4358.13	4385.03
平均音速	(m/s)	5216.33		4867.11		4473.08		4365.54		4371.58	
平均音速差	(m/s)	A0 - B25		B25 - C50		C50 - D75		D75 - E100		▲ 6.04	

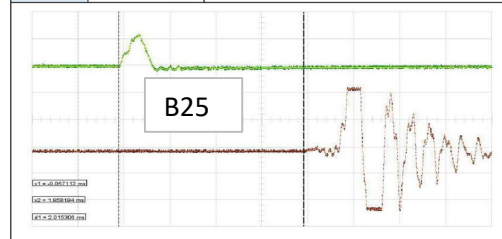
衝撃弾性波の理論的にはグラウト充填度が高いほど、伝播速度および音速が小さな値を示し遅くなること
が想定されたが、調査結果は、 $V(A0) > V(B25) > V(C50) > V(D75) < V(E100)$
となり、D75(75%充填)とE100(100%充填)の間で想定とは異なる結果となった。ただし、その差分は6.04
(m/s)であり、100%充填の方が遅い速度となるとはいえない。
結論として、充填度0%~75%までは衝撃弾性波による調査が有効であり、75%以上充填されている場合に
は、充填度と音速の間に明確な相関関係を確認することができなかった。

2.高周波成分について

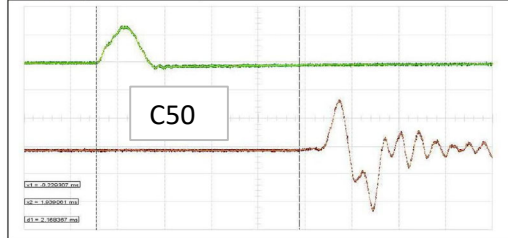
ファイル名	M00009
伝播時間 t	1.926020 (ms)
音速 L/R	5,192.05 (m/s)



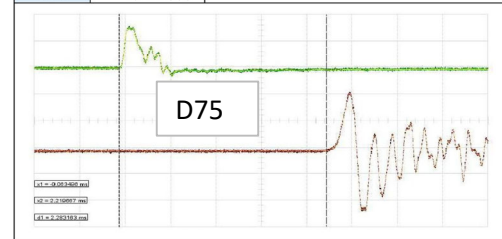
ファイル名	M00001
伝播時間 t	2.015306 (ms)
音速 L/R	4,967.03 (m/s)



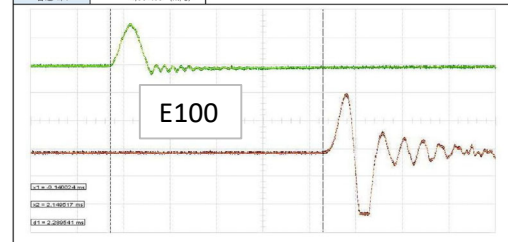
ファイル名	M00000
伝播時間 t	2,188367 (ms)
音速 L/R	4,611.76 (m/s)



ファイル名	M00000
伝播時間 t	2,283163 (ms)
音速 L/R	4,379.89 (m/s)



ファイル名	M00000
伝播時間 t	2,289941 (ms)
音速 L/R	4,367.69 (m/s)



高周波成分が計測されるものは未充填と判定する。上図には、A0~E100供試体の波形の一例を示す。今
回の調査において、A0供試体では高周波が計測されたが、B25~E100の供試体で高周波が計測されな
かった。

B25~E100の供試体で高周波が計測されなかったのは、供試体が2024年4月に設置され、かつ活荷重等
を受けていないためシーズ孔内のグラウトが健全であるためと考えられる。

以上より、伝搬速度と高周波成分の2つの情報から判断すると、グラウト充填状況が50%までは未充填と
判定された。グラウト充填状況が75%以上のものは充填と判定された。

技術番号 BR020019

技術名 衝撃弾性波法による横締めPCグラウト充填調査

開発者名 一般財団法人首都高速道路技術センター
首都高速道路株式会社
アイレック技建株式会社

試験日 令和3年 4 月 16 日 天候 晴れ 気温 - °C 風速 - m/s

試験場所 某橋梁(東京都)

カタログ分類 非破壊検査技術 カタログ 検出項目 グラウト未充填 試験区分 -

試験で確認する
カタログ項目 計測精度

対象構造物の概要

橋梁形式: プレテンPC単純合成桁橋・2連

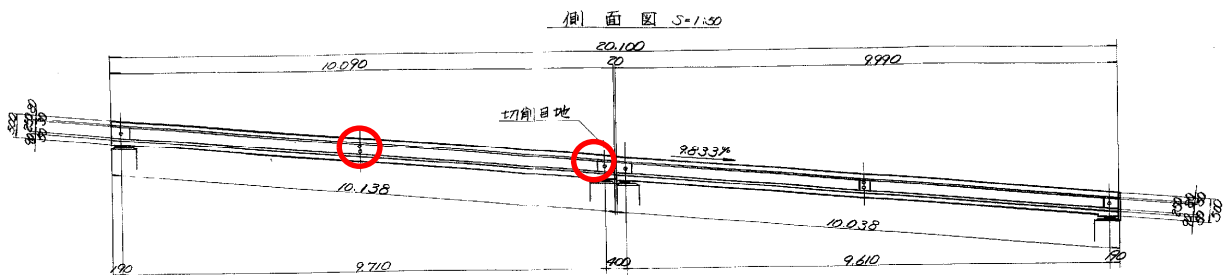
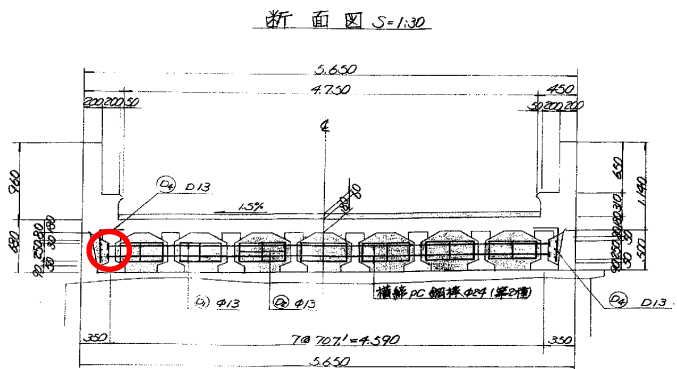


写真-1 全体写真



対象径間: 第1径間

計測対象部材: PC横締め鋼材(端部、中間)

試験方法(手順)	技術番号	BR020019
①	計測機器の搬入(写真-2:ドリル、給水ポンプ、電源)	
②	削孔作業(写真-3:端横桁)	
③	削孔状況(写真-4:中間横桁)	
④	削孔状況(写真-5:端横桁)	
⑤	削孔部をファイバースコープで撮影し、PCグラウト充填状況を確認する。	

開発者による計測機器の設置状況



※計測レンジ

横締め4.59mを確認

※計測精度

調査結果

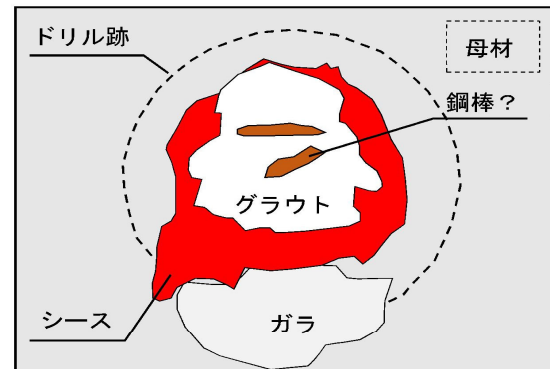
削孔目視調査結果一覧表

径間	シース	左・右	判定 (削孔箇所)	判定 (シース)	(参考) 弾性波法 測定結果
向 136-6～向 136-7	中間桁②	左	充填	未充填	未充填
		右	未充填		
	端桁④	左	充填	充填	充填
		右	充填		

中間桁② 左 判定：充填



ファイバースコープ撮影画像

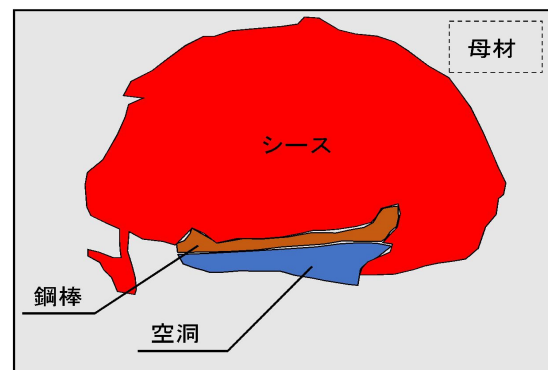


模式図

中間桁② 右 判定：未充填



ファイバースコープ撮影画像



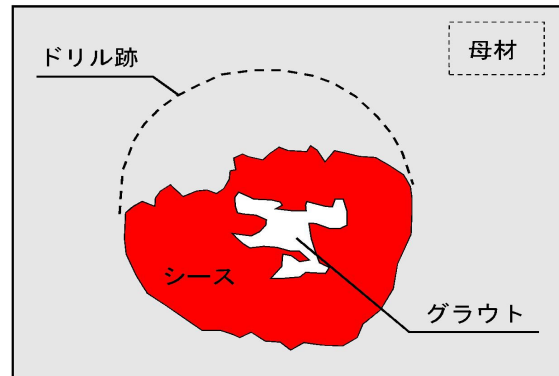
模式図

- 中間桁②左の削孔目視調査結果では、グラウトが確認され、充填と判断される。
- 右の削孔目視調査結果は、シースの下部に空洞を確認した。鋼棒も確認され、グラウトが未充填であることを確認した。
- よって、中間桁②の鋼棒はグラウトが部分的に未充填であると考えられる。

端桁④ 左 判定：充填



ファイバースコープ撮影画像

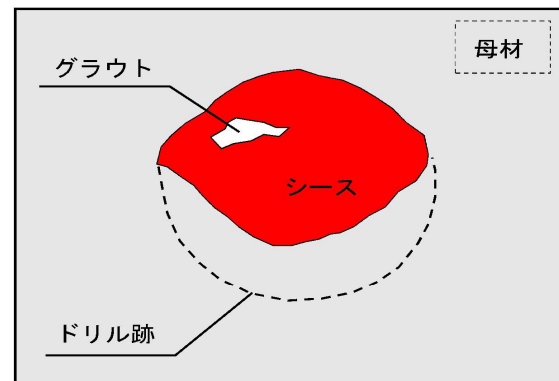


模式図

端桁④ 右 判定：充填



ファイバースコープ撮影画像



模式図

- 端桁④左・右の削孔目視調査結果でグラウトが確認され、どちらも充填と判断される。
- よって、端桁④の鋼棒はグラウトが全体的に充填であると考えられる。

技術番号	BR020019
------	----------

技術名	衝撃弾性波法による横締めPCグラウト充填調査	開発者名	一般財団法人首都高速道路技術センター 首都高速道路株式会社 アイレック技建株式会社
-----	------------------------	------	---

試験日	令和3年 4 月 13 日	天候	晴れ	気温	- °C	風速	- m/s
-----	---------------	----	----	----	------	----	-------

試験場所	某橋梁(東京都)						
------	----------	--	--	--	--	--	--

カタログ分類	非破壊検査技術	カタログ	検出項目	グラウト未充填	試験区分	現場試験
--------	---------	------	------	---------	------	------

試験で確認する カタログ項目	動作確認
-------------------	------

対象構造物の概要

橋梁形式: プレテンPC単純合成桁橋・2連

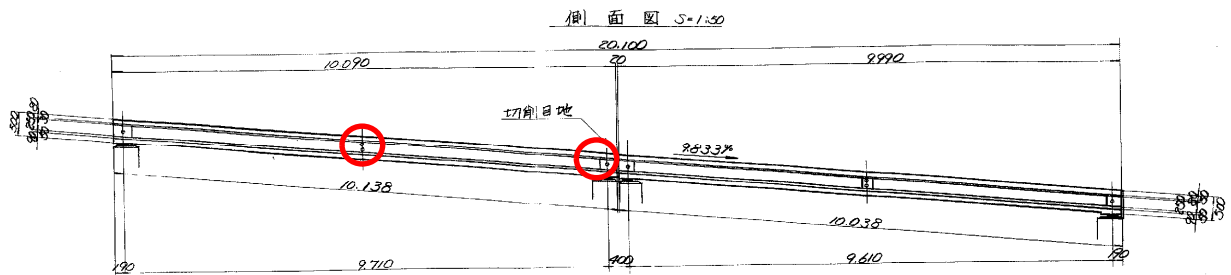
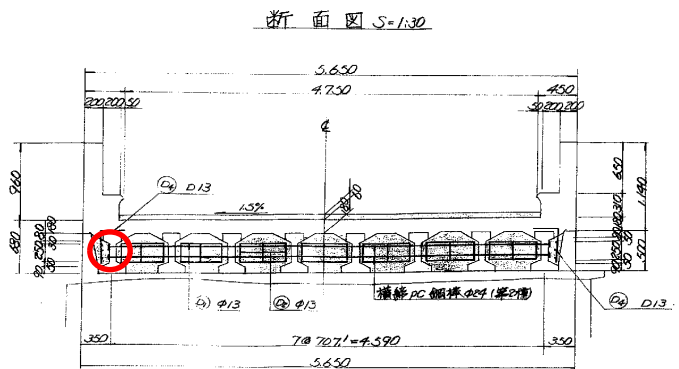


写真-1 全体一般図



対象径間: 第1径間

計測対象部材: PC横締め鋼材(端部、中間)

- ① 計測機器の搬入(写真-2:電磁波レーダ)(写真-3:AEセンサ、ハンマー、あて鋼板)
- ② PC定着部の確認:電磁波レーダで位置を確認する。
- ③ 計測状況:PC定着頭部をハンマーで叩きAEセンサで計測する。(写真-4)
- ④ 計測状況:AEセンサによる弾性波をPCモニターで確認し、データを保存する。(写真-5)
- ⑤ 後日、計測結果を解析し、PCグラウトの充填・未充填を評価する。

開発者による計測機器の設置状況



写真-



写真-



写真-



写真-

※計測結果

調査結果

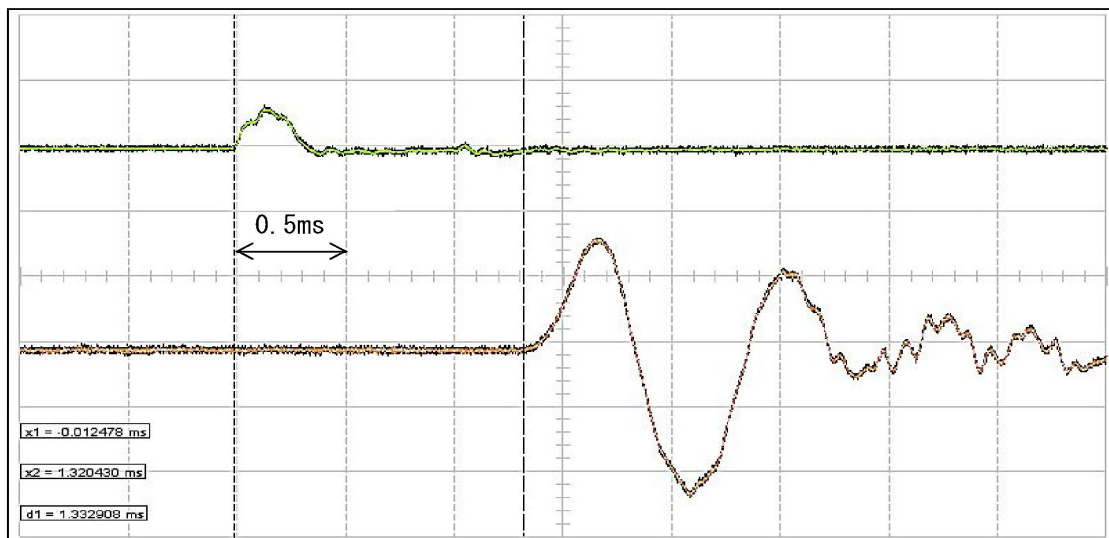
調査結果一覧表

径間	シース	伝播速度[m/s]	高周波成分		判定
			A側	B側	
	中間桁②	4480.12	有	有	未充填
	中間桁③	4760.40	有	有	未充填
	端桁④	3881.26	無	無	充填

今回計測した結果得られた受信波形のうち、代表的な波形を以下に示す。

(1) 高周波成分が含まれない波形

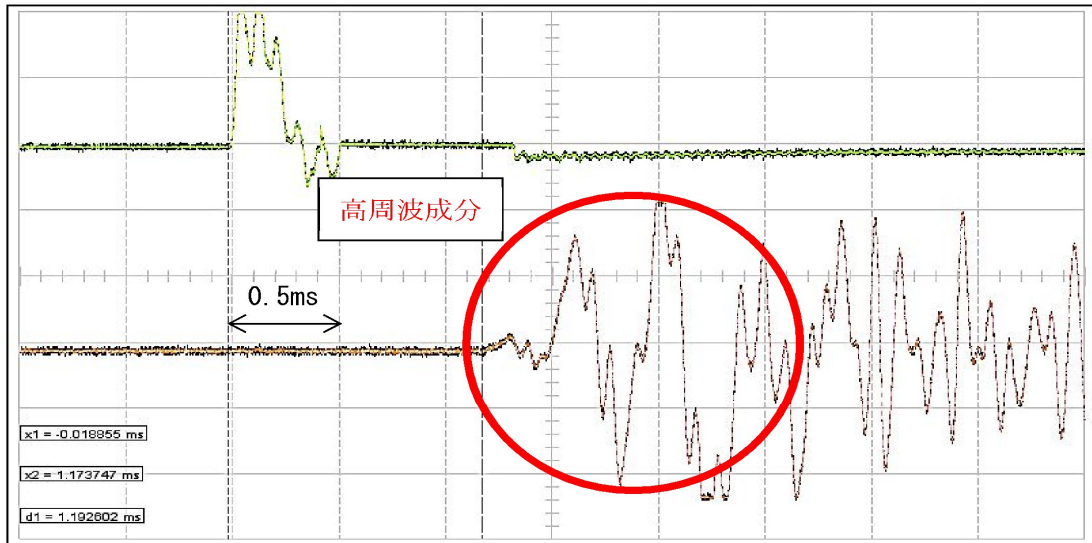
A側打撃 向 136-6~136-7間 端桁④ 伝播速度 3976.27.m/s



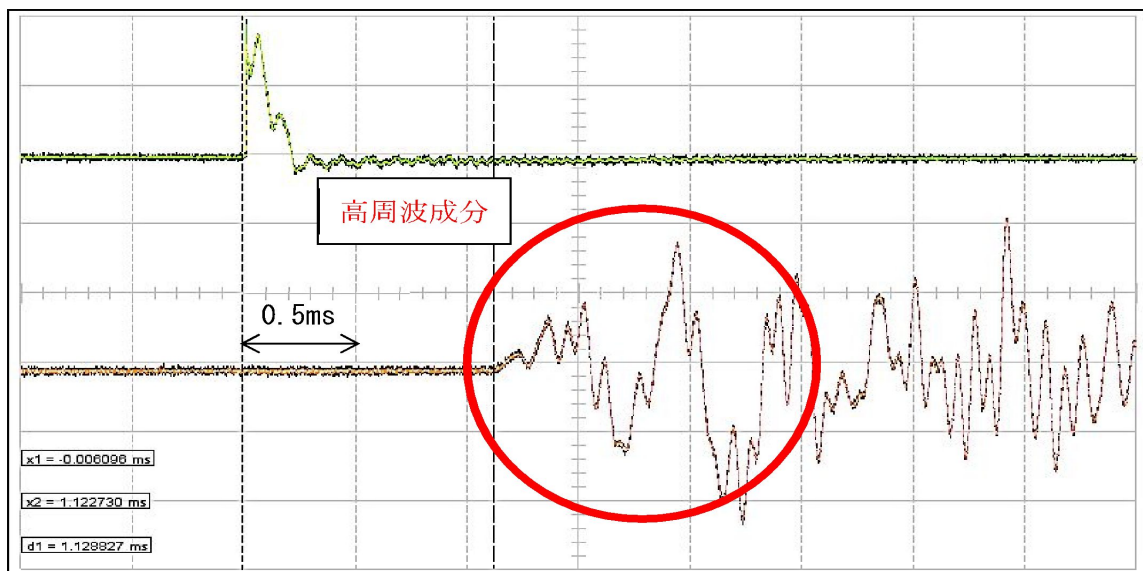
端桁④では、A側打撃、B側打撃ともに高周波成分の含まれない波形を計測された。伝播速度は平均値で 3,939m/s (A側打撃)、3,824m/s (B側打撃) であり、平均的なコンクリート中の弾性波伝播速度である 4000m/s に近い値となっていることから、グラウトが正常に充填されている可能性が高いと考えられる。

(2) 高周波成分が含まれる波形

A 側打撃 向 136-6～向 136-7 径間 中間桁② 伝播速度 4444.06m/s



A 側打撃 向 136-6～向 136-7 径間 中間桁③ 伝播速度 4695.14.m/s



中間桁②、中間桁③では、A 側打撃、B 側打撃ともに、上図のような高周波成分が前方に含まれる波形を計測した。中間桁②の伝播速度は平均値で 4,468m/s (A 側打撃)、4,492m/s (B 側打撃) が計測された。中間桁③の伝播速度は平均値で 5,061m/s (A 側打撃)、4,460m/s (B 側打撃) が計測された。特に中間桁③の A 側打撃が高い値を示している。いずれも平均的なコンクリート中の弾性波伝播速度である 4,000m/s を超える値であった。

中間桁②、中間桁③ともに計測結果は、伝播速度が早く、初動周波数に高周波振幅を示していることから、グラウトが正常に充填されていない可能性が高いと考えられる。

技術番号 BR020020

技術名 AEセンサを用いたデジタル打音検査(PCグラウト充填)

開発者名 原子燃料工業株式会社

試験日 令和4年 3月 24日

天候 晴れ

気温 13.5 °C

風速 - m/s

試験場所 国総研 部材保管庫

カタログ分類 非破壊検査技術

検出項目 PCグラウト未充填

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

・PCグラウト未充填を模擬した供試体にて、未充填箇所を検出した。(写真-1～4)



写真-1:D-2供試体

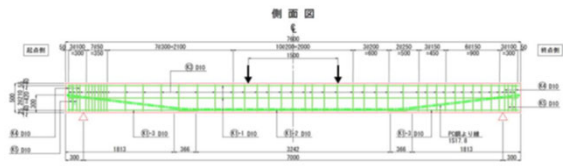


図-1:D-2供試体 側面図



写真-2:D-4供試体

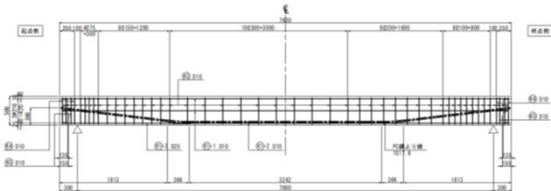


図-2:D-4供試体 側面図



写真-3:D-5供試体

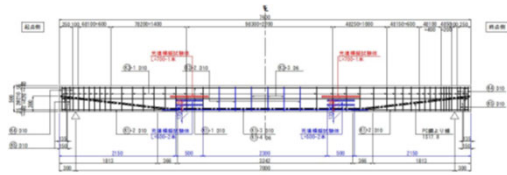


図-3:D-5供試体 側面図



写真-4:D-7供試体

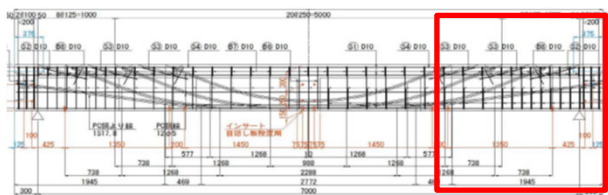


図-4:D-7供試体 側面図(一部)

- ① 計測装置”AEセンサ、ハンマー”を搬入する。
- ② 測定箇所をチョーキングする。
- ③ AEセンサをタブレット端末に接続する。
- ④ 対象物にAEセンサを押し付け、ハンマーで打音する。
- ⑤ AEセンサから取得したデータを記録者がタブレット端末にて、確認する。
- ⑥ 後日、取得したデータより不健全箇所を検出

開発者による計測機器の設置状況

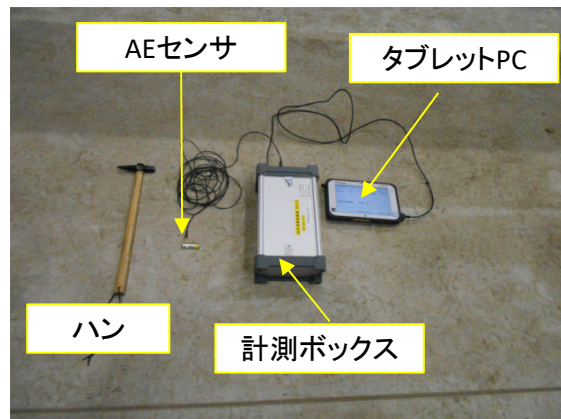


写真-5



写真-6

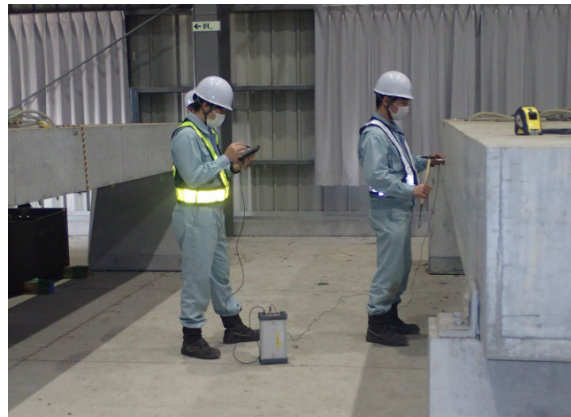


写真-7

※計測精度

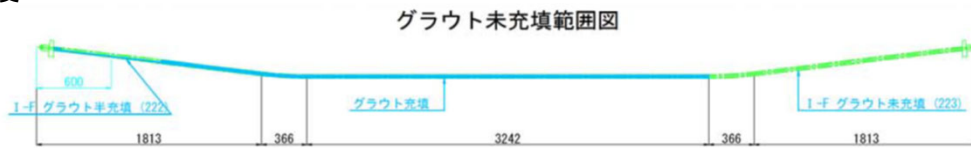


図-5:D-2供試体 グラウト未充填範囲図

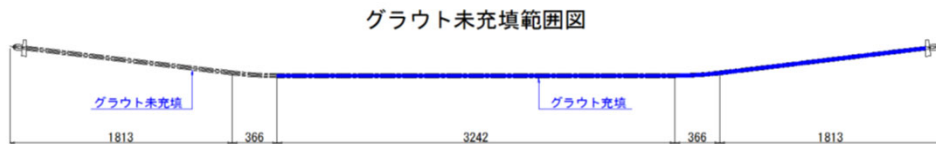


図-6:D-4供試体 グラウト未充填範囲

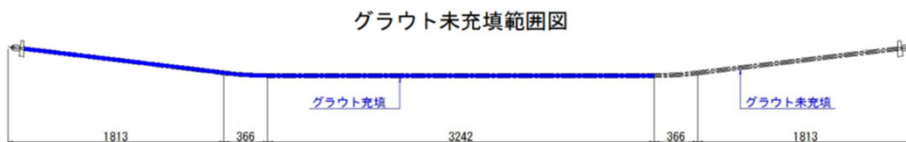


図-7:D-7供試体 グラウト未充填範囲図

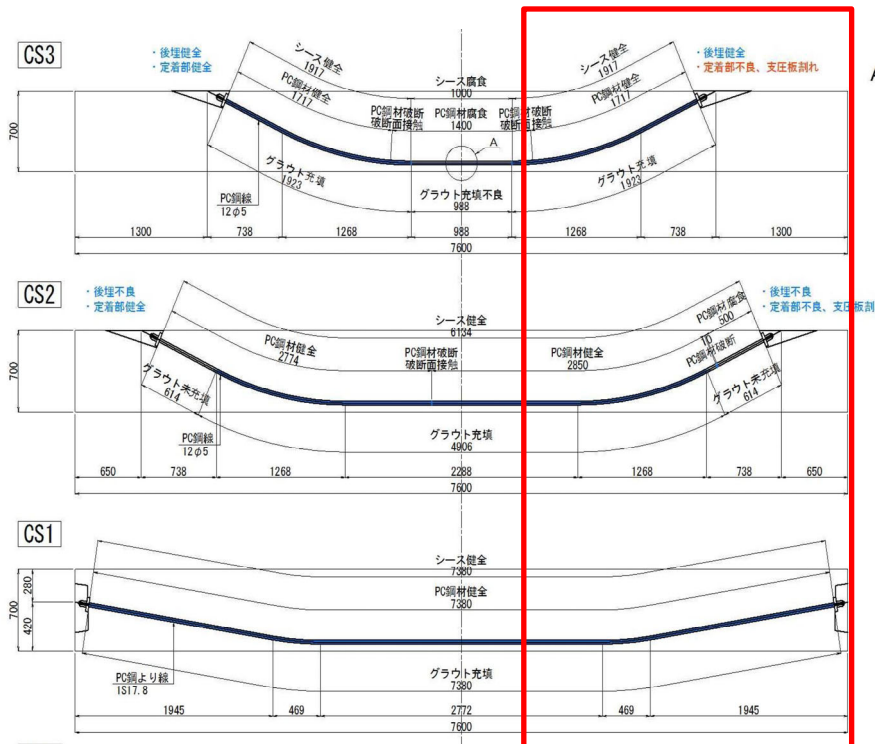


図-8:D-7供試体 グラウト未充填範囲図

※計測精度

開発者

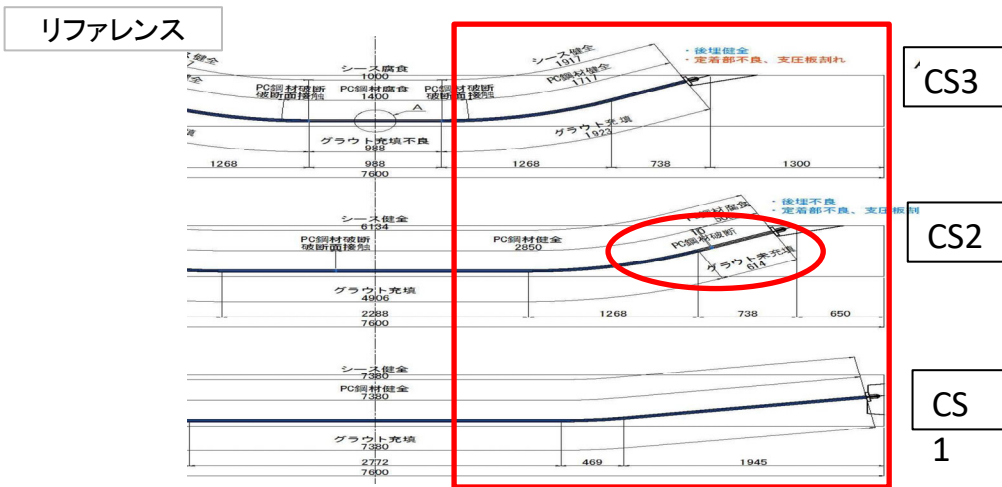
CS3

CS2

CS1

上端からの距離 (mm)	検査箇所からの距離 (mm)																																			
	2050	2000	1950	1900	1850	1800	1750	1700	1650	1600	1550	1500	1450	1400	1350	1300	1250	1200	1150	1100	1050	1000	950	900	850	800	750	700	650	600	550	500	450	400	350	300
90	5089	5190	5144	5120	5119	5113	5150	5153	5117	5014	5022	5010	4940	4955	5050	5000	5006	4999	4701	4705	4700	4524	4631	4631	4632	4410	4412	4410	4410	4410	4467	4463	4462	4420	4420	4421
190	5188	5023	5045	5051	5100	5115	4908	4902	4980	4954	4946	4790	4790	4892	4831	4830	4830	4818	4921	4705	4701	4628	4631	4632	4413	4418	4415	4410	4480	4460	4476	4471	4422	4424	4425	4425
250	5089	5111	5112	5115	5120	5127	5104	5136	4962	4969	4967	4956	4944	4945	5014	4940	4955	4958	4758	4755	4755	4740	4758	4757	4652	4467	4470	4471	4477	4470	4481	4401	4402	4424	4425	4425

CS2の定着部近傍は充填不足の可能性あり。



D-7 計測結果

供試体	検出率 (検出正解個数/異常の正解個数)		的中率 (的中正解個数/検出個数)	
	D2	2箇所/2箇所	1.00	2箇所/2箇所
D4	1箇所/1箇所	1.00	1箇所/2箇所	0.50
D5	1箇所/1箇所	1.00	1箇所/1箇所	1.00
D7	1箇所/1箇所	1.00	1箇所/1箇所	1.00
合計	5箇所/5箇所	1.00	5箇所/6箇所	0.83

技術番号 BR020020

技術名 AEセンサを用いたデジタル打音検査(PCグラウト充填)

開発者名 原子燃料工業株式会社

試験日 令和4年 3月 15日

天候 曇り

気温 23.1 °C

風速 0.1 m/s

試験場所 実橋

カタログ分類 非破壊検査技術

検出項目 PCグラウト未充填

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: 単純PCポステンT桁橋・2連

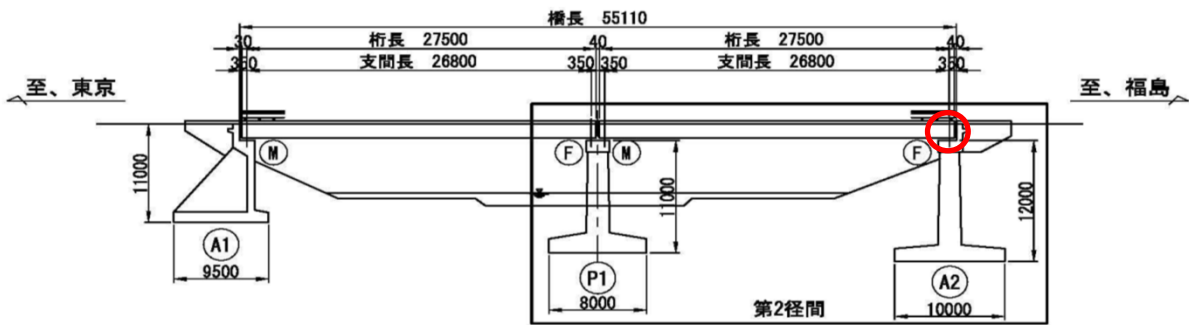
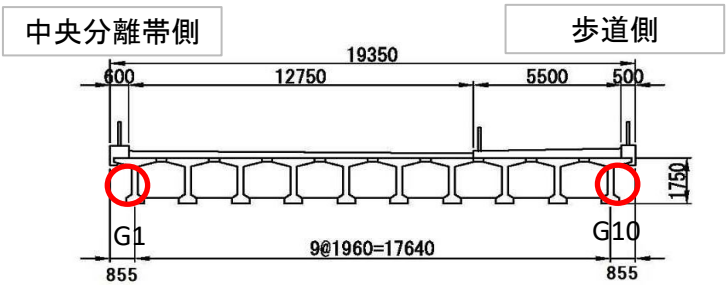


写真-1 全体写真

断面図



対象径間: 第2径間

計測対象部材: PC横締め鋼材(A2G1桁、A2G10桁)

- ① 計測機器の搬入(写真-2:リックサック、打音ハンマー、計測ボックス+波形処理装置、電磁波レーダー)
- ② 電磁波レーダーでPCシース位置出し(写真-3)
- ③ 測定位置のチョーキング(写真-4:G10桁)
- ④ 計測状況(写真5:G1桁(中分側)、写真-6:G10桁(歩道側))
- ⑤ 後日、計測結果からグラウト未充填の有無を評価する。

開発者による計測機器の設置状況



写真-2



写真-3



写真-4



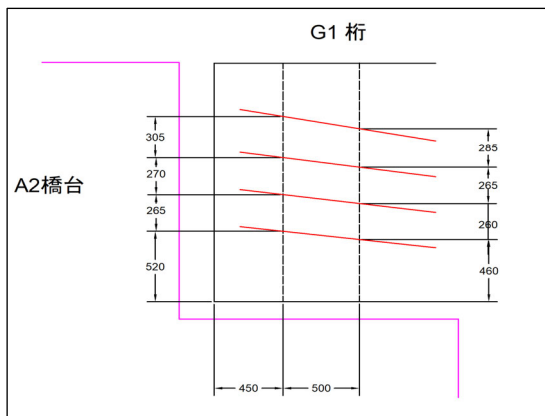
写真-5



写真-6

※PCシース配置

中央分離帯側



歩道側

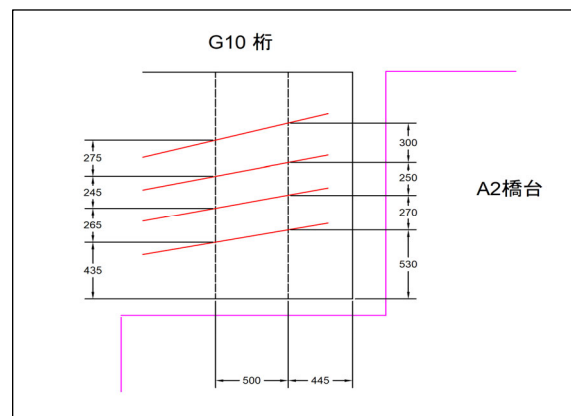


写真-7



写真-8

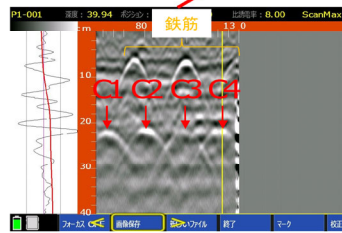
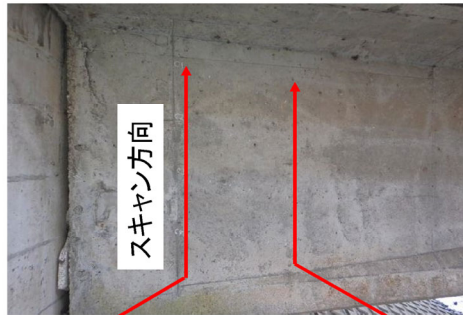
G1桁(中央分離帯側): 4本(写真-7)

G10桁(歩道側): 4本(写真-8)

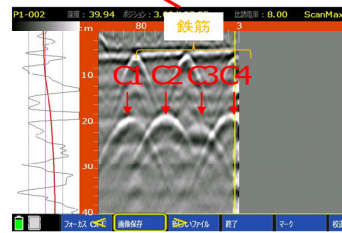
(1) 電磁波レーダを用いたPCシーす位置の測定

① G1桁

下り線中央分離帯側



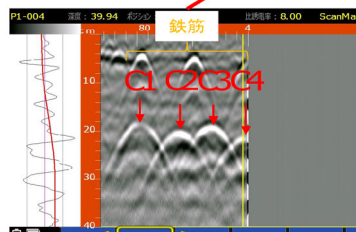
← スキャン方向



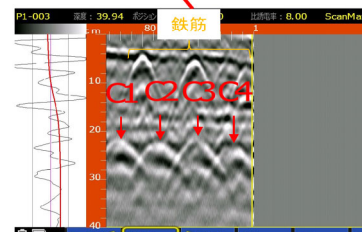
← スキャン方向

② G10桁

下り線歩道側



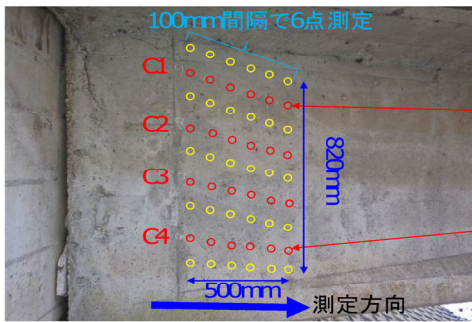
← スキャン方向



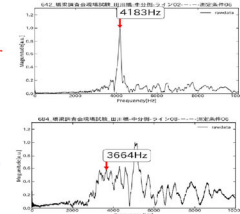
← スキャン方向

(2) 計測結果

① G1桁



測定で得られる周波数分布の例



○: シース直上位置
○: シースとシースの間位置

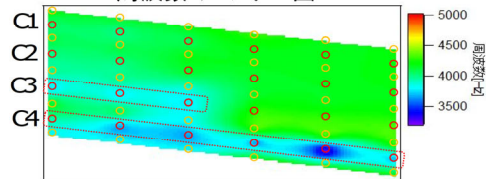
【検出原理】

平板状の対象では、片面を加振すると板厚間で縦振動の共振が生じる。縦振動の共振周波数は $F = C/2d = \sqrt{E/\rho}/2d$ (F : 共振周波数, C : 音速, d : 厚み, E : 弾性率, ρ : 密度) で表すことができるが、**PCグラウト充填不足箇所**は内部空洞の存在によって、板厚方向の平均的な弾性率が低下し、**共振周波数が低下する**。

測定方向

測定位置	周波数(中央分離帯側)					
	測定点1	測定点2	測定点3	測定点4	測定点5	測定点6
C1の上側	4175	4124	4170	4302	4154	4182
C1直上	4012	3977	4053	4157	4158	4183
C1-C2間	4095	4098	4179	4158	4161	4187
C2直上	3970	3971	4125	4145	4154	4158
C2-C3間	3965	3973	3861	4146	4153	4208
C3直上	3747	3758	3749	4292	4304	4327
C3-C4間	4168	4090	3808	4350	4326	4308
C4直上	3934	3632	3635	3624	3189	3664
C4の下側	3816	3814	3790	4189	4196	4179

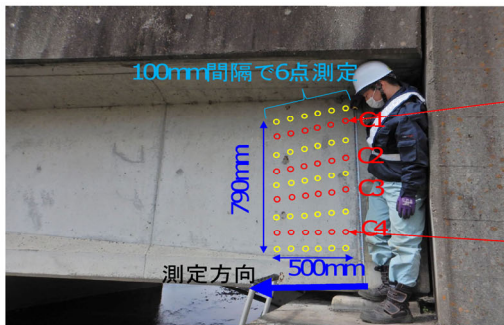
周波数のコンター図



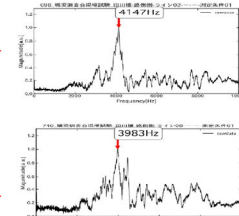
【計測結果と考察】

C3の桁端付近、およびC4 (コンター図の赤破線枠) は他の測定位置と比較して周波数が低い箇所が分布しており、**グラウト未充填の可能性あり**。

② G10桁



測定で得られる周波数分布の例



○: シース直上位置
○: シースとシースの間位置

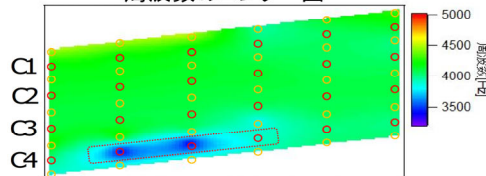
【検出原理】

平板状の対象では、片面を加振すると板厚間で縦振動の共振が生じる。縦振動の共振周波数は $F = C/2d = \sqrt{E/\rho}/2d$ (F : 共振周波数, C : 音速, d : 厚み, E : 弾性率, ρ : 密度) で表すことができるが、**PCグラウト充填不足箇所**は内部空洞の存在によって、板厚方向の平均的な弾性率が低下し、**共振周波数が低下する**。

測定方向

測定位置	周波数(歩道側)					
	測定点6	測定点5	測定点4	測定点3	測定点2	測定点1
C1の上側	4466	4464	4518	3940	4151	4283
C1直上	4173	4164	4149	4012	4043	4147
C1-C2間	4159	4166	4154	4079	4066	3998
C2直上	4138	4142	4139	4136	4049	4034
C2-C3間	4105	4106	4108	4105	4095	4089
C3直上	4103	4098	4096	4079	4081	4084
C3-C4間	4228	4229	4067	3829	4078	4080
C4直上	3987	3399	3393	3890	3994	3983
C4の下側	3863	3859	3870	3898	4030	4024

周波数のコンター図



【計測結果と考察】

C4の一部(コンター図の赤破線枠部)は他の測定位置と比較して周波数が低い箇所が分布しており、**グラウト未充填の可能性あり**。

技術番号	BR020021
------	----------

技術名	路面打音検査システム T. T. Car	開発者名	蔦井株式会社
-----	----------------------	------	--------

試験日	令和4年 3 月 9 日	天候	晴れ	気温	16.1 °C	風速	1.9 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	非破壊検査技術	カタログ	検出項目	舗装の異常	試験区分	現場試験
--------	---------	------	------	-------	------	------

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

対象構造物の概要

全体一般図

橋長50000 50004

桁長34850 34853 桁長14850 14849

支間長33450 支間長14150

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

照明柱 (灯具無し)

対象: PC単純プレテン床版橋
支間長: 14.150m

第2径間 C3

PC単純プレテンション方式T桁橋 PC単純プレテンション方式床版橋

照明柱 (灯具無し) たわみ性防護欄 750高 調整コンクリート 剛性防護欄 850高

アスファルト舗装80厚 縦目土工 (埋設ジョイント)

2.0%

対象径間: 第2径間 計測対象部材: 車道部路面

写真-1 全体写真

- ① 準備作業(調査ラインの設定)(写真-2)
- ② 準備作業(計測機器:T.T.Carの搬入)(写真-3)
- ③ キャルプレーション(ハンマーによる叩き点検で健全部を判断し、測定機器の音圧レベル(境界値:19dB)を設定する。)(写真-4)
- ④ 測定状況(調査ラインに沿って計測機器を移動させ、計測する。)(写真-5)
- ⑤ 計測終了後、測定機器を撤去する。

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

比較対象を得るため、
立会者による計測機器の設置状況



写真-6

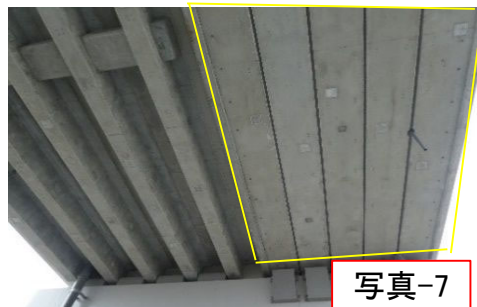


写真-7

第2径間:車道部路面(写真-6)

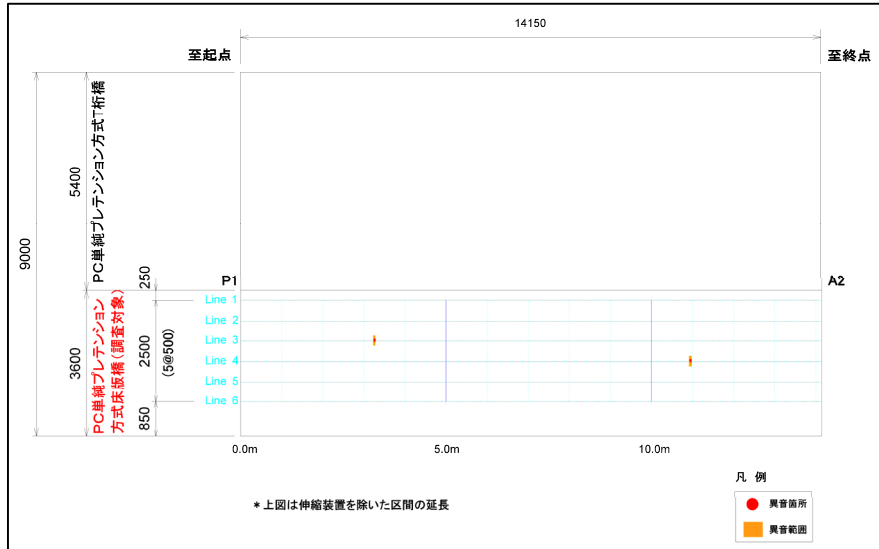
桁下状況(写真-7)

※叩き点検で車道部(黄色枠内)舗装の異常を確認する。(写真-6、写真-7)

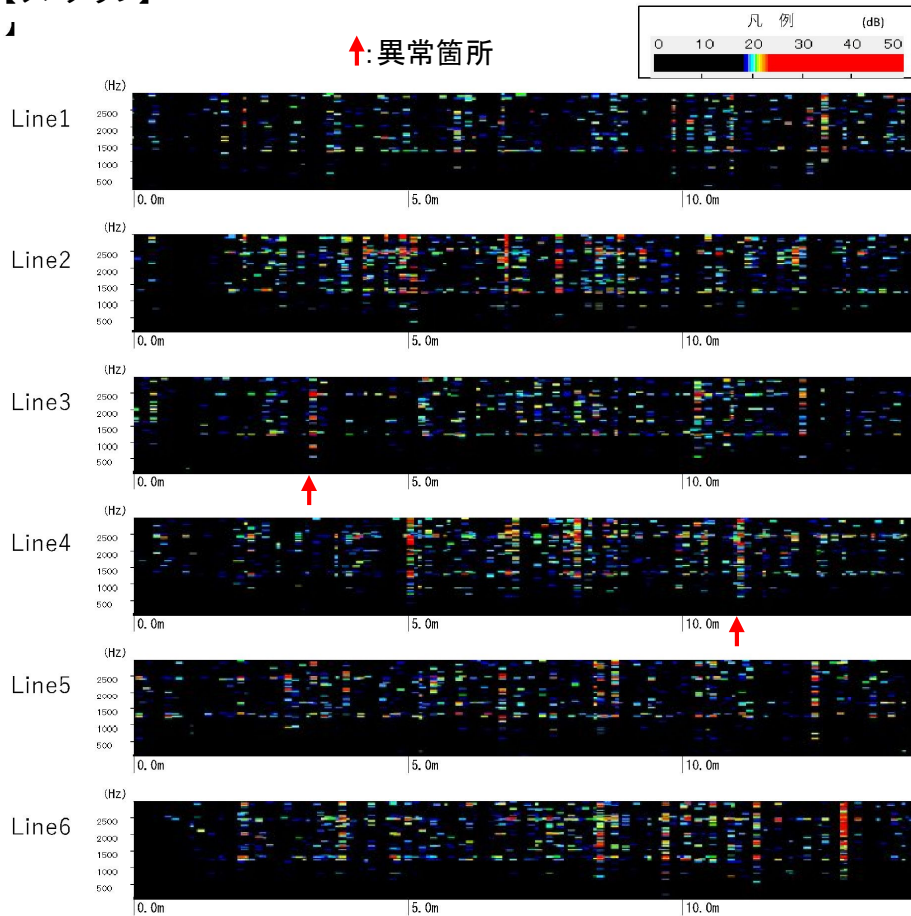
※計測結果:

わずかに異音を検知されたが、アスファルト内の軽微な空隙、あるいはまとまった範囲で検知されていないことからノイズ(誤検知)と考えられ、床版上部及びアスファルト層と床版境界付近には劣化はないと判断した。(打音検査平面図参照)

打音検査平面図



【ソノグラフ】



技術番号 BR020021

技術名 路面打音検査システム T. T. Car

開発者名 蔦井株式会社

試験日 令和7年 1 月 16 日

天候 晴れ

気温 3.8 °C

風速 - m/s

試験場所 国土技術政策総合研究所 部材保管用施設

カタログ分類 非破壊検査技術

検出項目 床版劣化

試験区分 標準試験

試験で確認する
カタログ項目 計測精度

対象構造物の概要

※検証試験体

損傷大: 400mm × 400mm

床版厚: 20cm

全体一般図

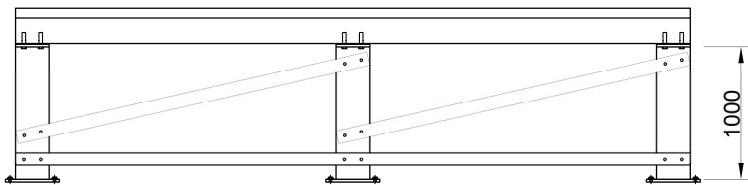
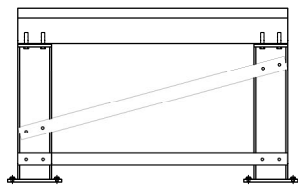
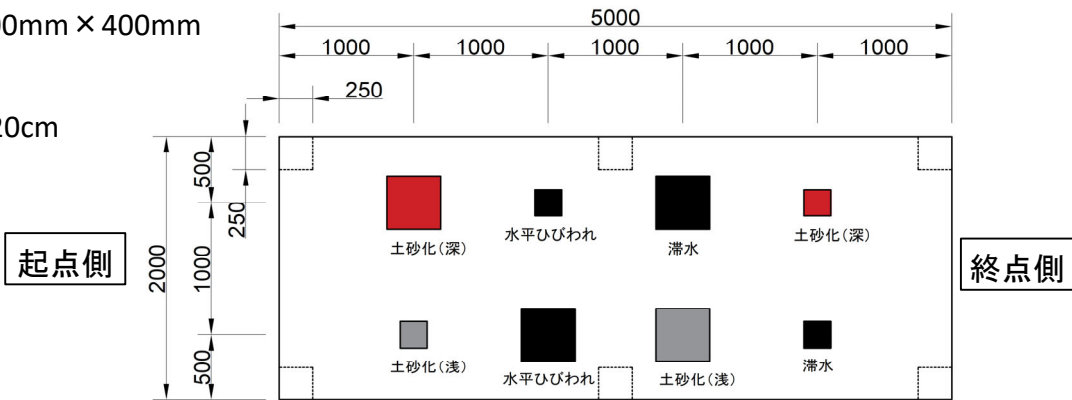


写真-1 検証試験体(架台上)



写真-2 検証試験体(床上)

試験方法(手順)	技術番号	BR020021
①	計測機器の搬入(写真-3、4)	
②	調査ラインの設定(墨出し)(写真-5)	
③	調査ラインに沿って計測機器を移動させ、計測する(6分割:写真-6)	
④	計測データの確認(写真-7)	
⑤	-	

開発者による計測機器の設置状況

安全のため、舗装面側から計測する技術については、検証試験体を床に置いて試験を実施



写真-3

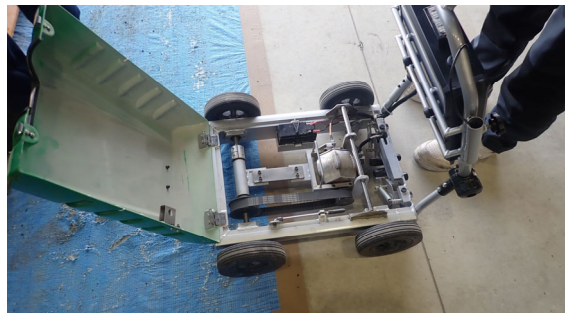


写真-4



写真-5



写真-6

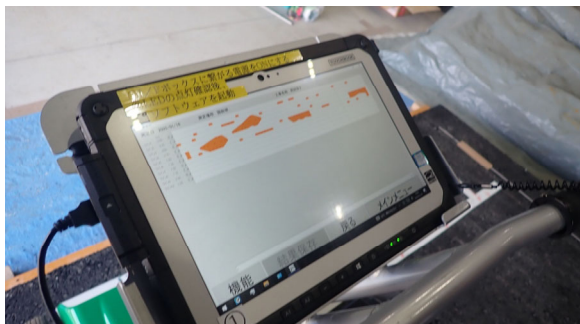


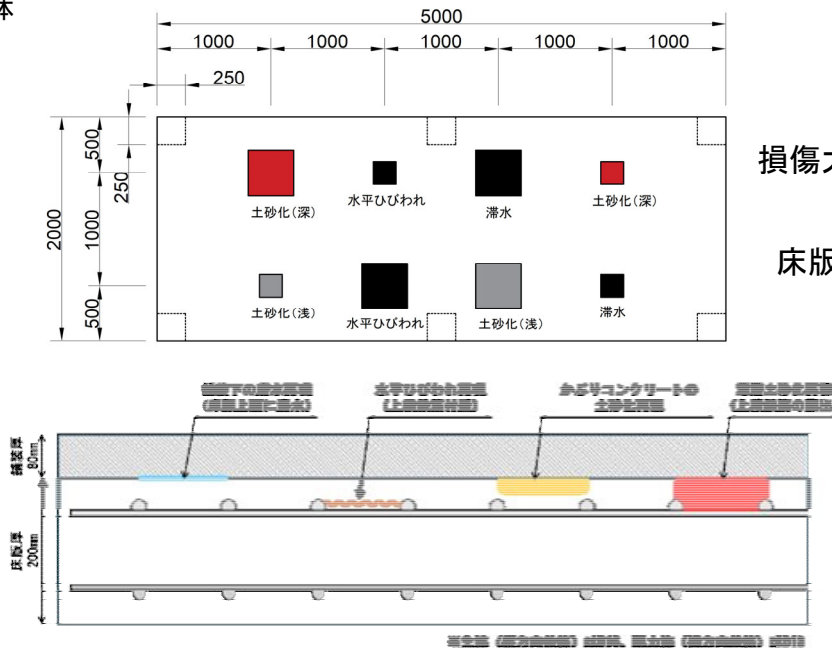
写真-7

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

BR020021

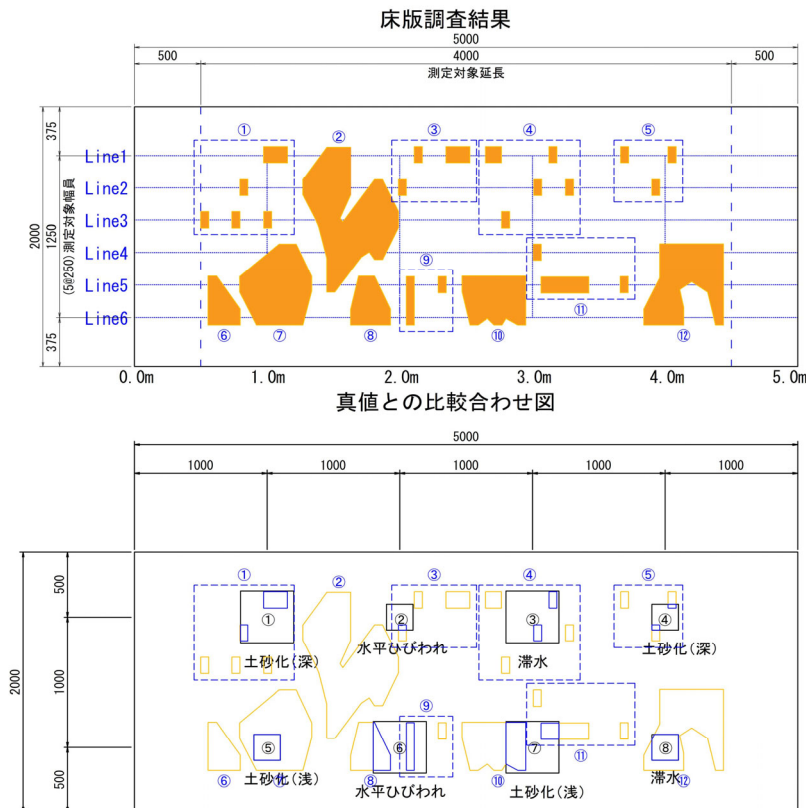
※検証供試体



計測結果の比較

※計測結果

■データ取得手段(移動手段): 手押し型機器、徒歩 ■移動距離: 機器5m、徒歩5m(6分割で計測)



計測値 (誤検出含む)

面積 (m ²)	損傷区分
①	0.053 -
②	0.436 -
③	0.082 -
④	0.045 -
⑤	0.023 -
⑥	0.068 -
⑦	0.261 -
⑧	0.089 -
⑨	0.030 -
⑩	0.166 -
⑪	0.060 -
⑫	0.265 -
Σ	1.578 (C)

正解損傷面積

面積 (m ²)	損傷区分
①	0.029 土砂化(深)
②	0.002 水平ひびわれ
③	0.015 滞水
④	0.004 土砂化(深)
⑤	0.040 土砂化(浅)
⑥	0.056 水平ひびわれ
⑦	0.071 土砂化(浅)
⑧	0.040 滞水
Σ	0.257 (A)

真値 (正解値)

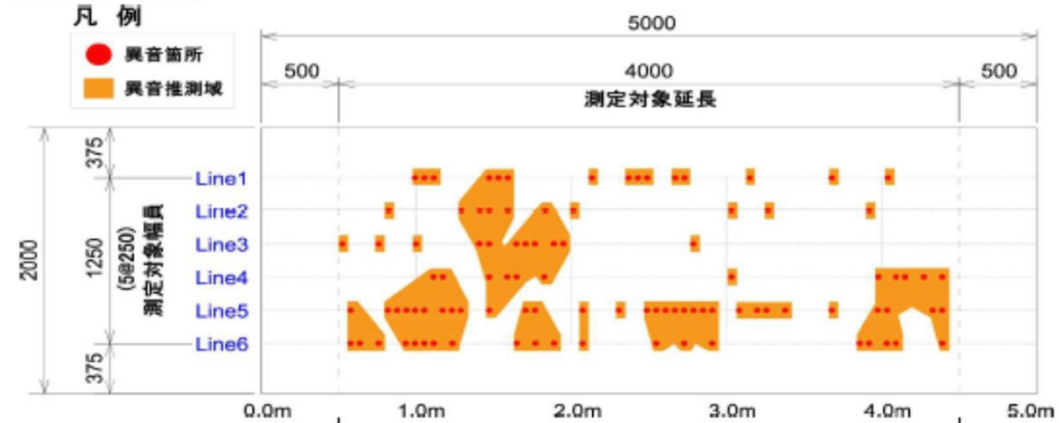
面積 (m ²)	損傷区分
①	0.160 土砂化(深)
②	0.040 水平ひびわれ
③	0.160 滞水
④	0.040 土砂化(深)
⑤	0.040 土砂化(浅)
⑥	0.160 水平ひびわれ
⑦	0.160 土砂化(浅)
⑧	0.040 滞水
Σ	0.800 (B)

検出率=32%(当該技術で検出した正解損傷面積:A/正解損傷面積:C)

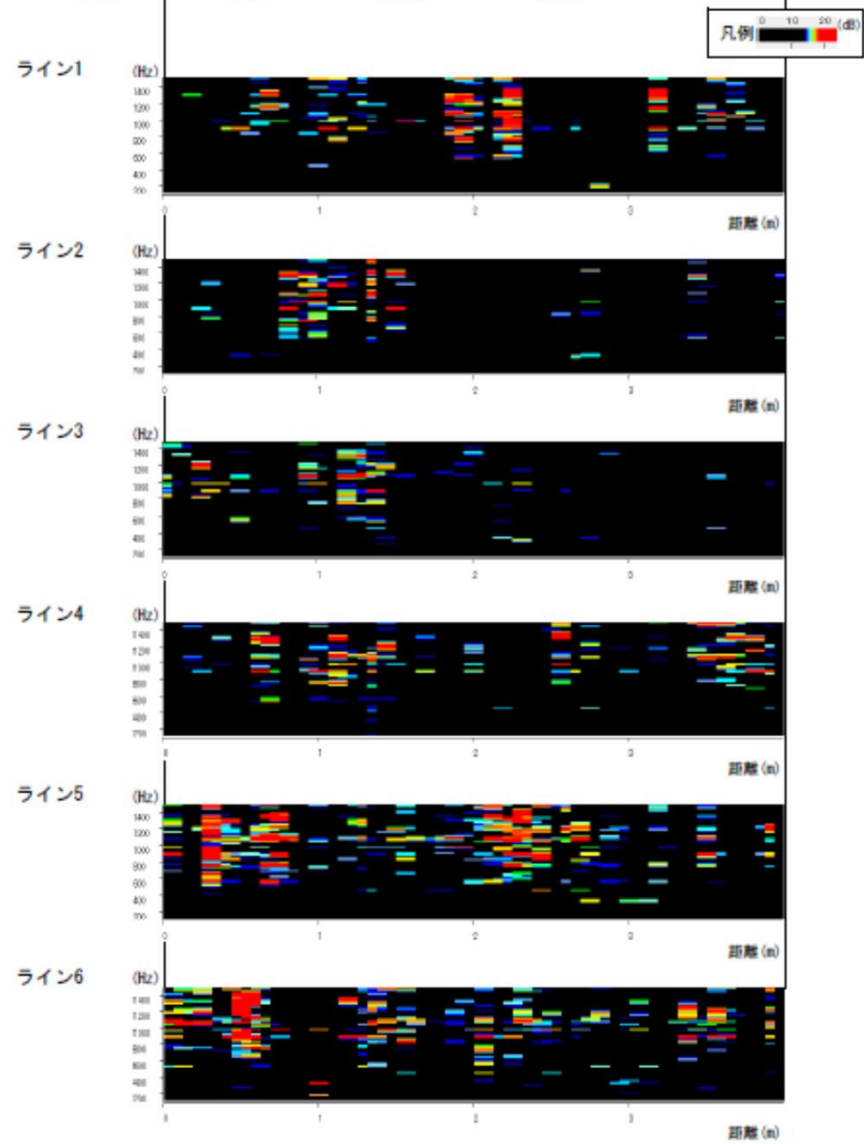
的中率=16%(当該技術で検出した正解損傷面積:B/当該技術で検出した損傷面積(誤検出含む):C)

※計測結果

【打音検査 平面図】



【ソノグラフ】



技術番号 BR020022

技術名 赤外線分析による損傷箇所の検出技術

開発者名 株式会社 テクニカル・シ
ンク

試験日 令和4年 3月 9日 天候 晴れ 気温 10.8 °C 風速 2.7 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 非破壊検査技術 カタログ 検出項目 うき 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

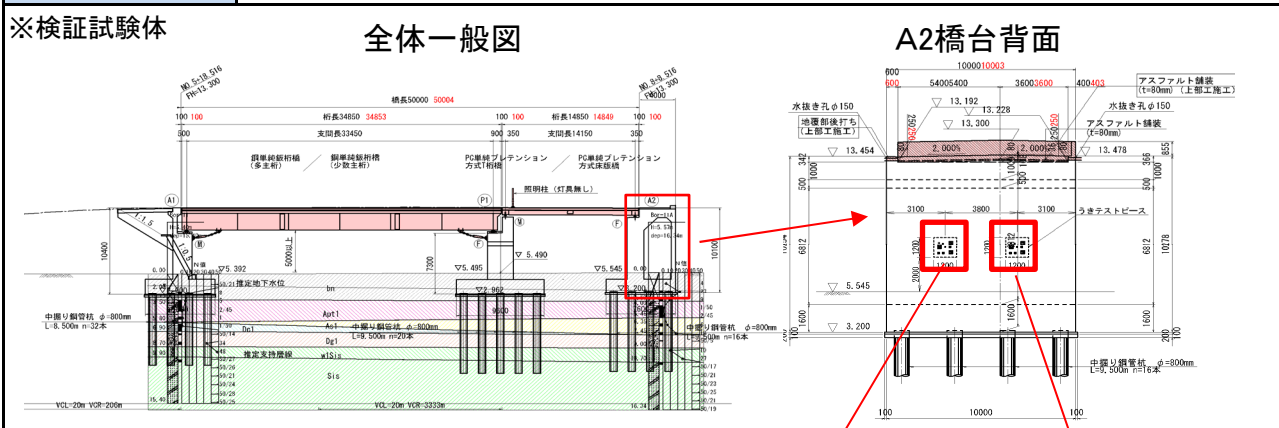


写真-1 A2橋台背面

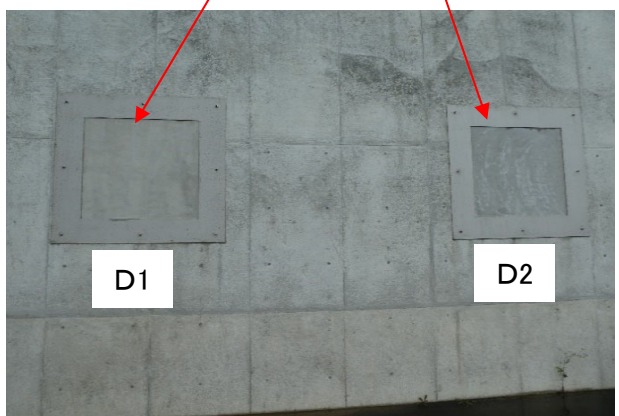


写真-2 検証試験体

※検証試験体

D1: かぶり30mm、寸法1050×1050mm

D2: かぶり10mm、寸法1050×1051mm

- ① 赤外線カメラの設置(写真-3,4)
- ② 赤外線カメラで試験体D1を撮影(写真-5)
- ③ 赤外線カメラで試験体D2を撮影(写真-5)
- ④ 取得したデータをモニターで確認(写真-6)
- ⑤ 後日、取得したデータよりうきの箇所を検出する。

開発者による計測機器の設置状況



写真-3



写真-4



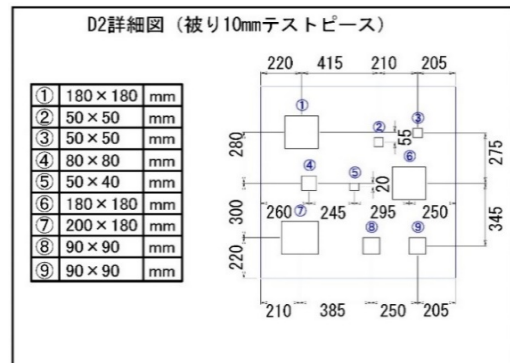
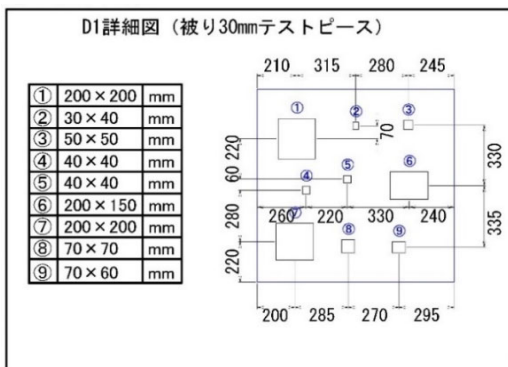
写真-5



写真-6

比較対象を得るため、
立会者による計測機器の設置状況

※検証供試体



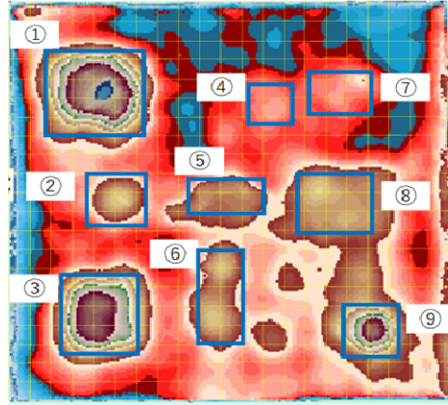
うきの総箇所数:18箇所

※計測結果

D1詳細図 (被り30mmテストピース)

D1

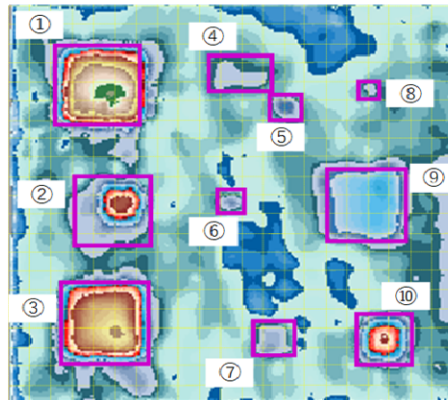
①	200	×	200	mm	浮き
②	150	×	150	mm	浮き
③	200	×	175	mm	浮き
④	100	×	100	mm	浮き
⑤	100	×	175	mm	浮き
⑥	250	×	100	mm	浮き
⑦	125	×	150	mm	浮き
⑧	150	×	175	mm	浮き
⑨	150	×	150	mm	浮き
⑩					



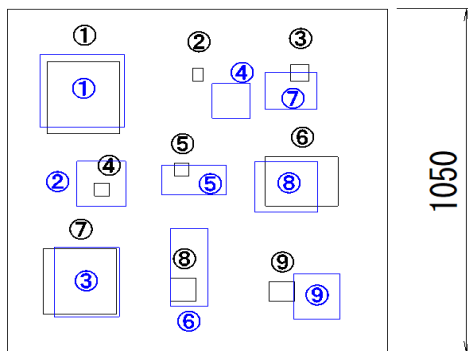
D2詳細図 (被り10mmテストピース)

D2

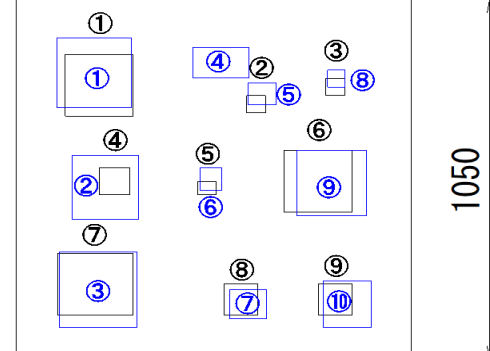
①	200	×	200	mm	浮き
②	175	×	175	mm	浮き
③	200	×	200	mm	浮き
④	100	×	150	mm	浮き
⑤	75	×	75	mm	浮き
⑥	50	×	50	mm	浮き
⑦	100	×	100	mm	浮き
⑧	50	×	50	mm	浮き
⑨	200	×	200	mm	浮き
⑩	125	×	125	mm	浮き



D1詳細図 (被り30mmテストピース)



D2詳細図 (被り10mmテストピース)

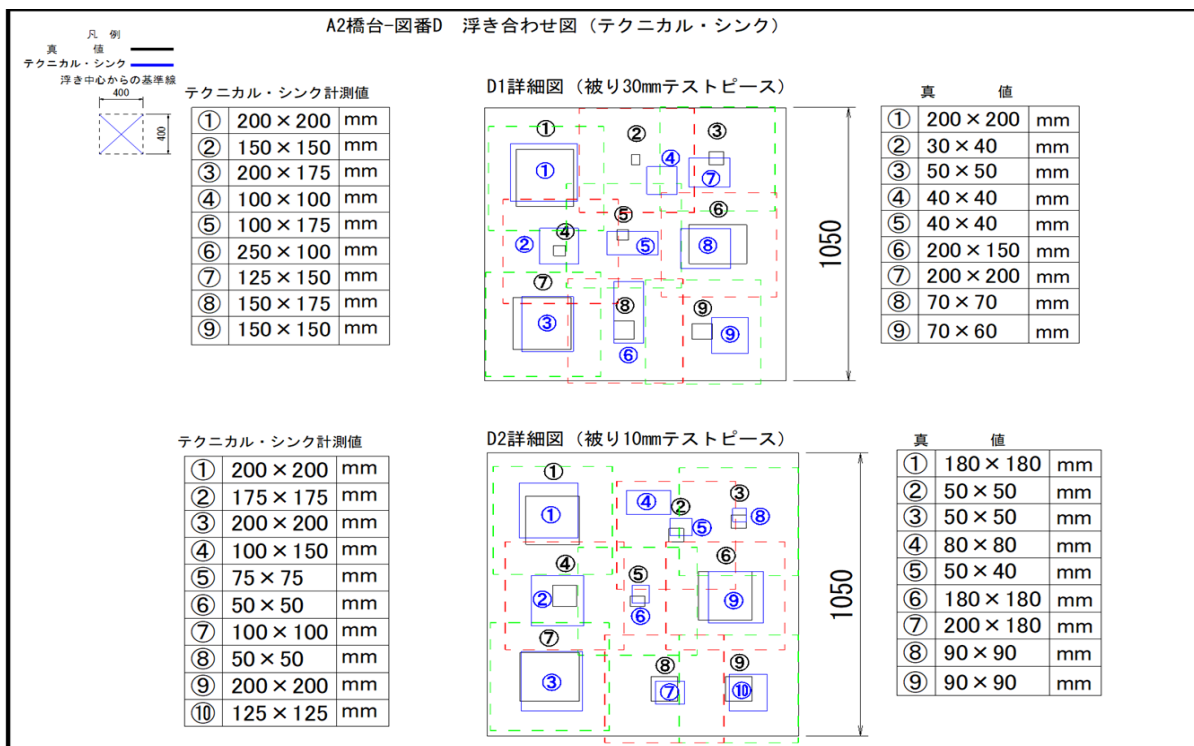


黒線:真値、青線:本技術

※検出率、的中率

検出率＝正解個数のうち技術で検出できた個数／打音異常の正解個数

的中率＝当該技術で検出した打音異常のうち正解個数／当該技術で検出した個数(誤検出数含む)



D1

真値番号	異常の正解個数	計測値番号	検出正解個数	的中正解個数	備考
①	1	①	1	1	
②	1	④	-	1	
③	1	⑦	1	1	
④	1	②	1	1	
⑤	1	⑤	1	1	
⑥	1	⑧	1	1	
⑦	1	③	1	1	
⑧	1	⑥	1	1	
⑨	1	⑨	1	1	
計	9		8	9	

D2

真値番号	異常の正解個数	計測値番号	検出正解個数	的中正解個数	備考
①	1	①	1	1	
②	1	⑤	1	1	
③	1	⑧	1	1	
④	1	②	1	1	
⑤	1	⑥	1	1	
⑥	1	⑨	1	1	
⑦	1	③	1	1	
⑧	1	⑦	1	1	
⑨	1	⑩	1	1	
-	-	④	0	0	計測④、⑤で真値②
計	9	10	9	9	

検出率＝ 17箇所／18箇所＝0.94

的中率＝ 18箇所／19箇所＝0.95

技術番号 BR020022

技術名 赤外線分析による損傷箇所の検出技術

開発者名 株式会社 テクニカル・シ
ンク

試験日 令和4年 3月 9日

天候 晴れ

気温 10.8 °C

風速 2.7 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 非破壊検査技術

検出項目 うき

試験区分 現場試験

試験で確認する
カタログ項目 動作確認(精度以外)

対象構造物の概要

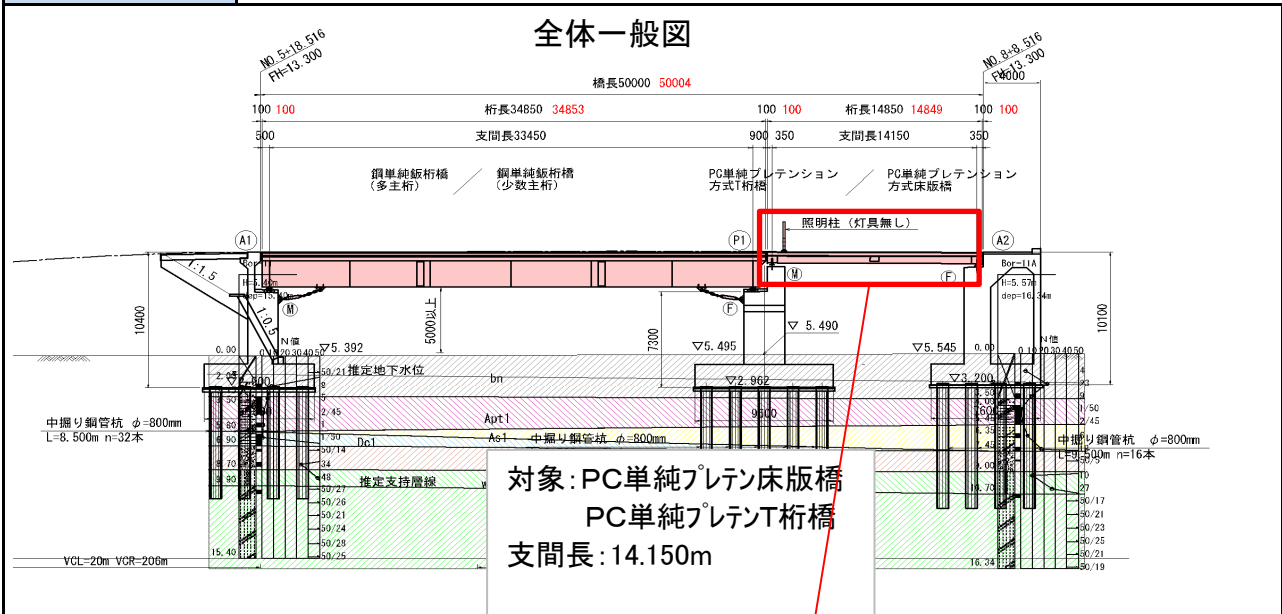
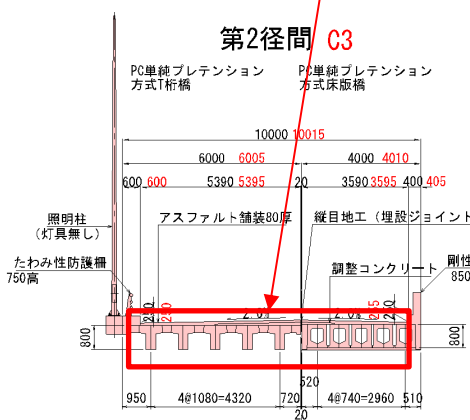


写真-1 全体写真



対象径間: 第2径間 計測対象部材: 高欄(左右)、T桁桁下面、床版橋下面


- ① 赤外線カメラの設置(写真-3)
- ② 撮影状況:赤外線カメラで高欄(右)を撮影(写真-4)
- ③ 撮影状況:赤外線カメラで床版橋下面を撮影(写真-5)
- ④ 撮影状況:赤外線カメラでT桁床版下面を撮影(写真-6)
- ⑤ 後日、取得したデータよりうきの箇所を検出する。

開発者による計測機器の設置状況




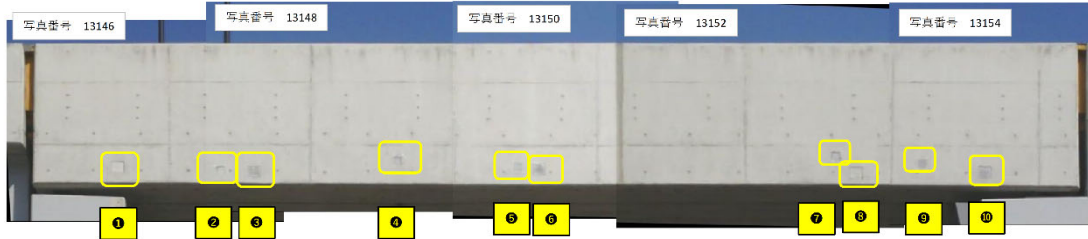
※計測結果

①高欄(右)

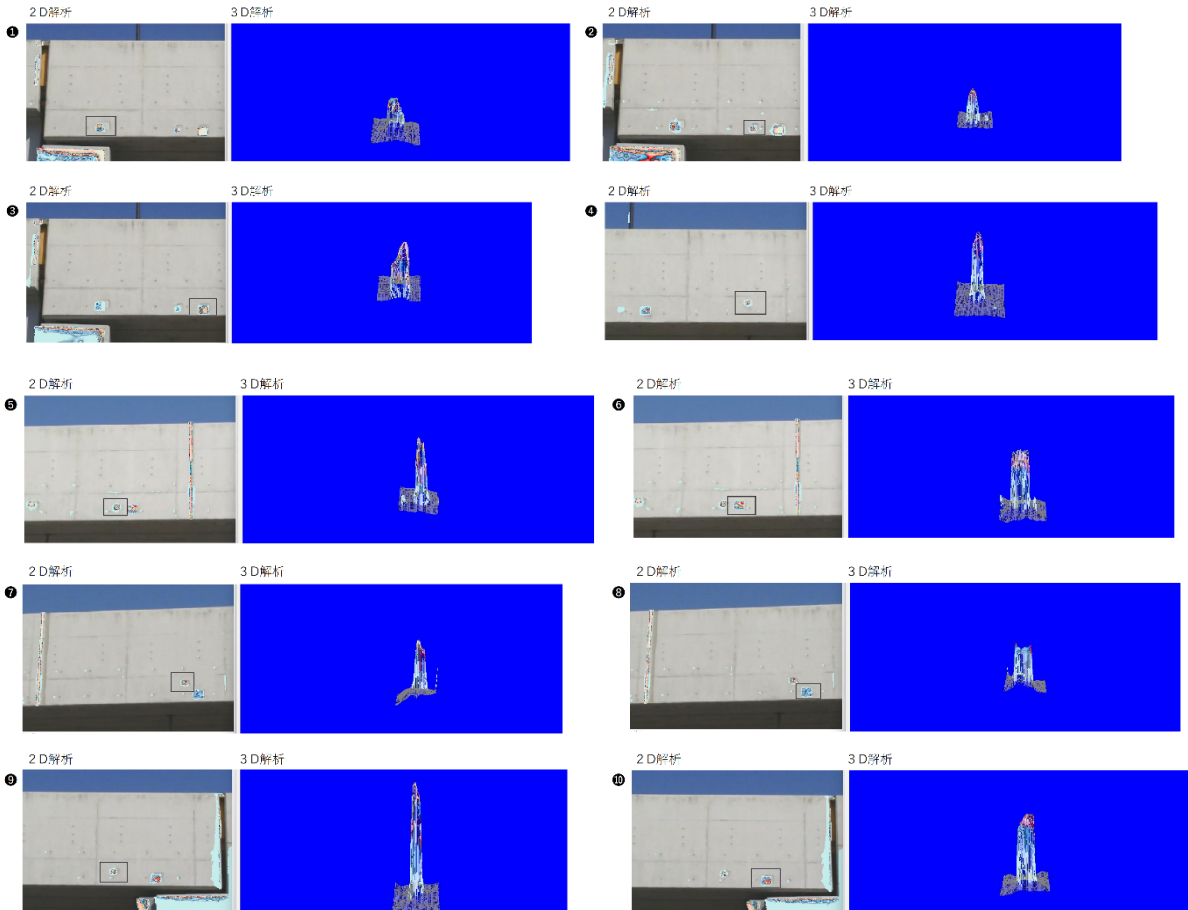
 損傷の可能性の有る箇所

デジタル画像

 損傷の可能性の有る箇所



解析画像



②高欄(左)

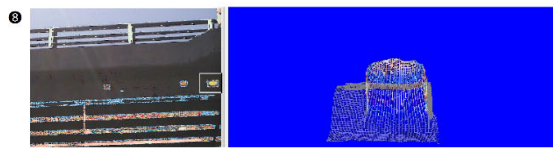
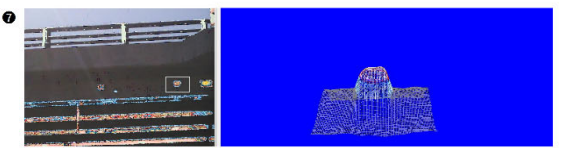
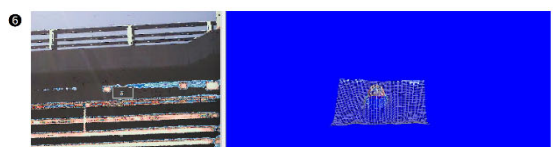
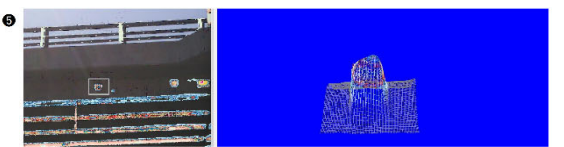
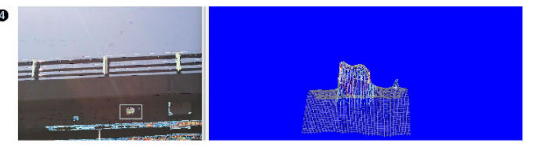
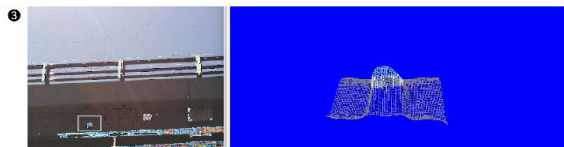
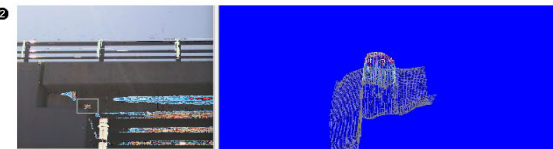
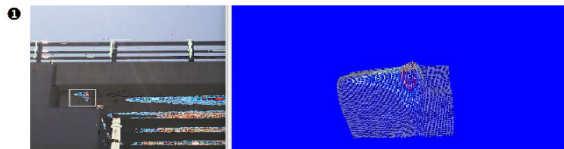
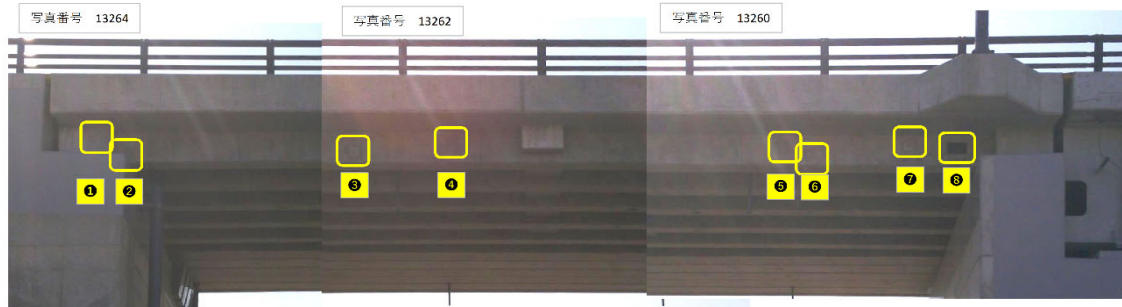


損傷の可能性のある箇所

デジタル画像

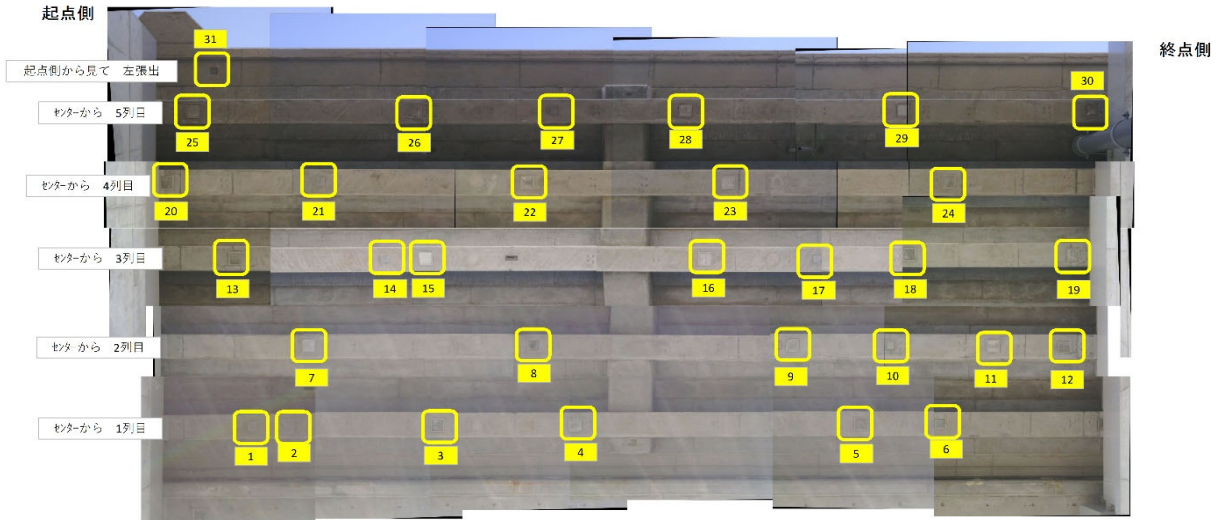


損傷の可能性のある箇所



③T桁橋下面

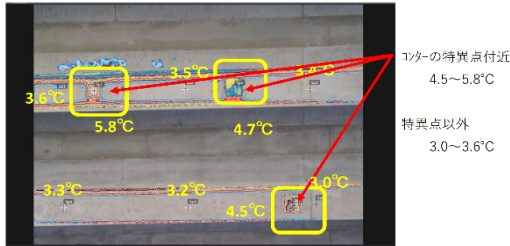
損傷の可能性の有る箇所



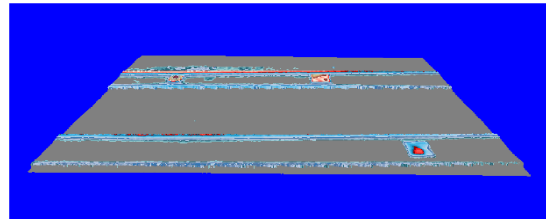
赤外線画像番号	13247	13249	13251	13253	13255	13257
センターから 5列目及びび張り						
センターから 4列目	13235	13237	13239	13241	13243	13245
センターから 3列目	13223	13225	13227	13229	13231	13233
センターから 2列目	13211	13213	13215	13217	13219	13221
センターから 1列目	13199	13201	13203	13205	13207	13209

評価

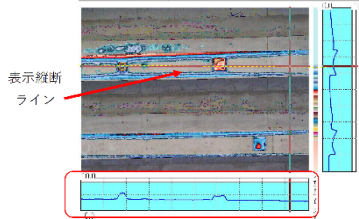
温度分布 (T桁下面)



3D表示



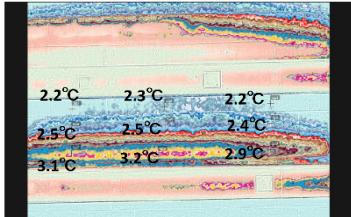
横断 温度分布



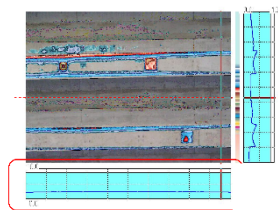
T桁の下面の幅が狭いことから横断の温度分布のみで評価

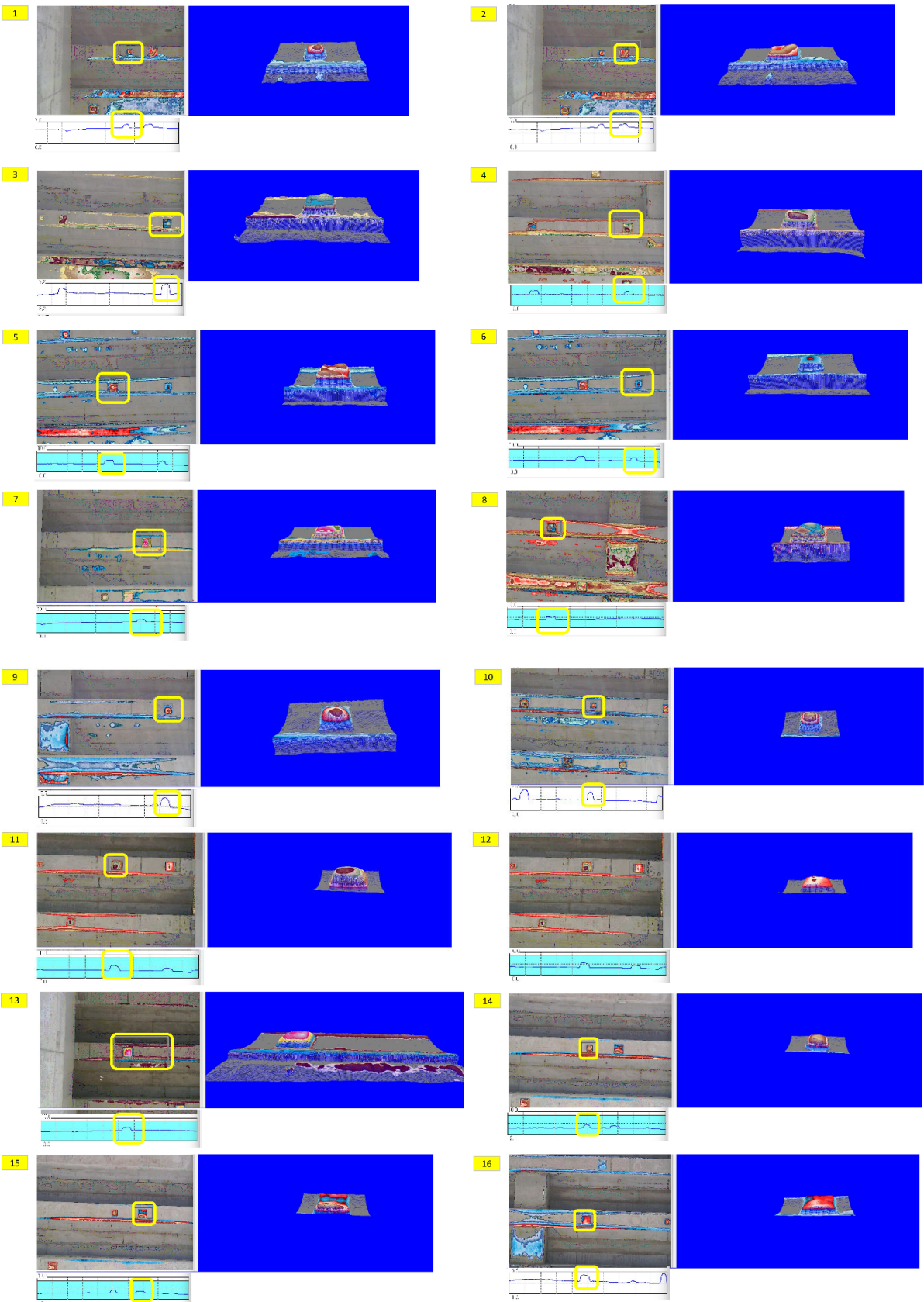
特異点の評価は、2D・3Dの局所的な温度コンターの乱れと、横断の温度分布の変化の大きさ(±0.5~1.0°C以上)の2項目を総合的に判断する。

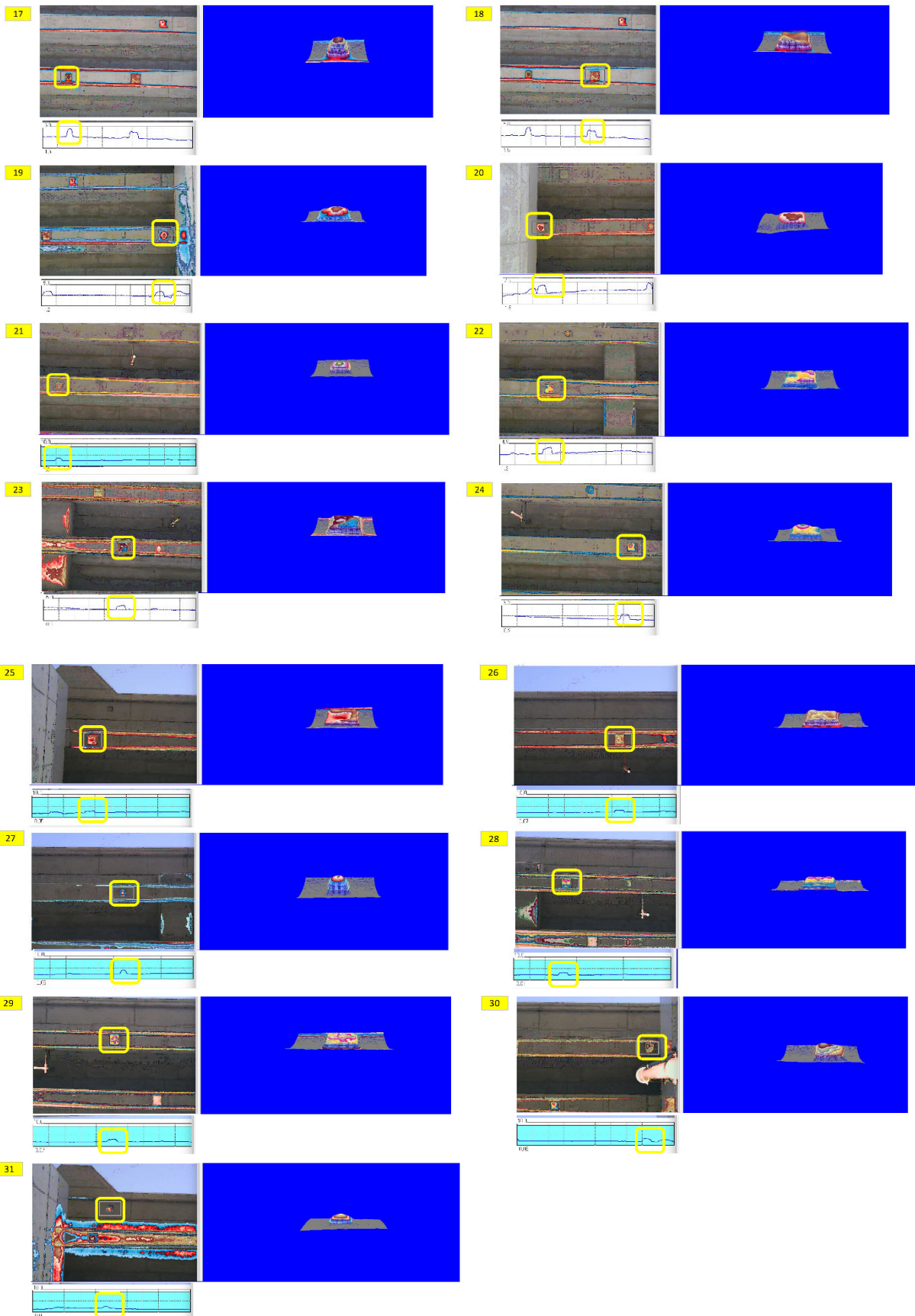
床版下面の評価もT桁下面と同様、面積が狭いことから横断の温度分布で評価



特異点以外
2.2~3.1°C







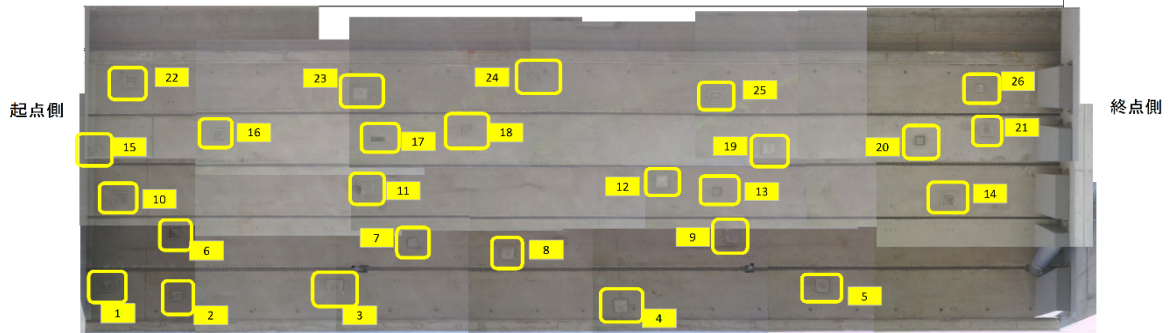
④床版橋下面



損傷の可能性の有る箇所

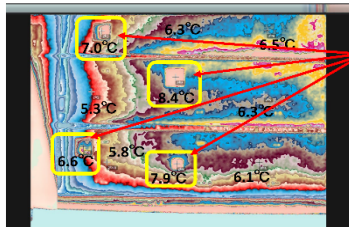
赤外線画像番号

センターから 5箱目	13185	13187	13189	13191	13193	13195	13197
センターから 3, 4箱目	13171	13173	13175	13177	13179	13181	13183
センターから 1, 2箱目	13155	13157	13159	13163	13165	13167	13169

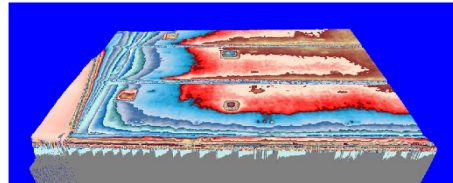


評価

温度分布

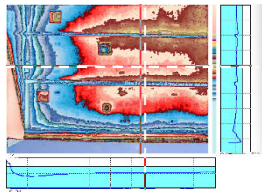


3D表示

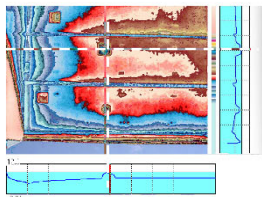


コナの特異点付近
6.5~8.5°C
特異点以外
5.0~6.5°C

縦断・横断 温度分布

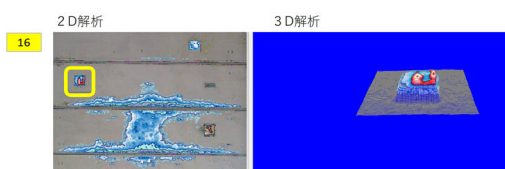
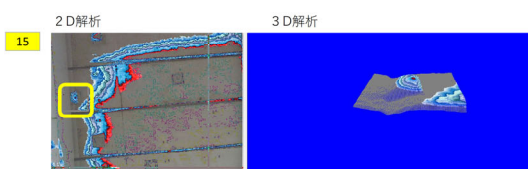
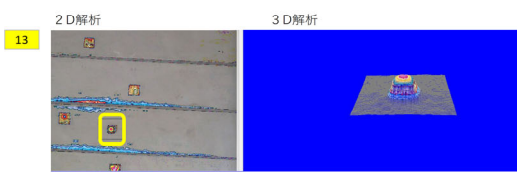
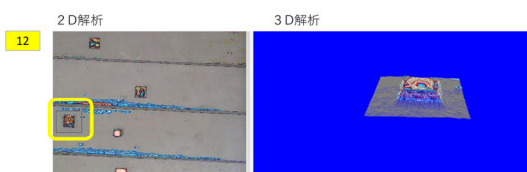
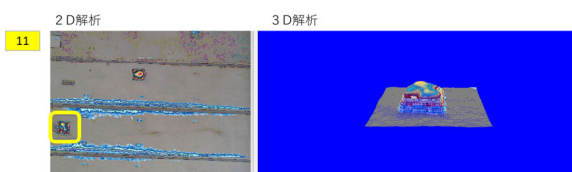
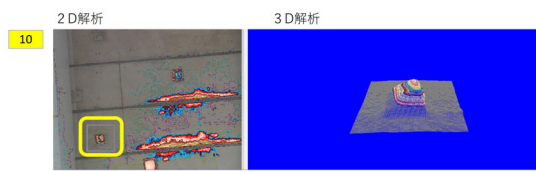
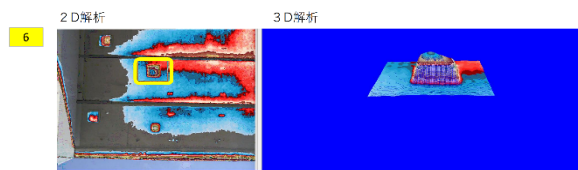
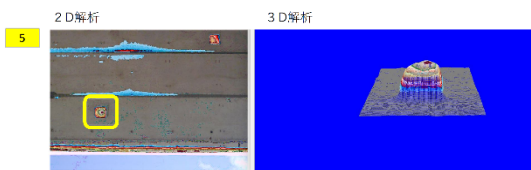
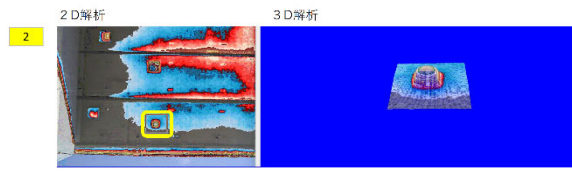
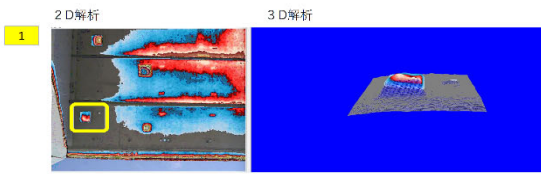


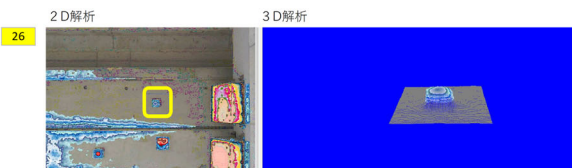
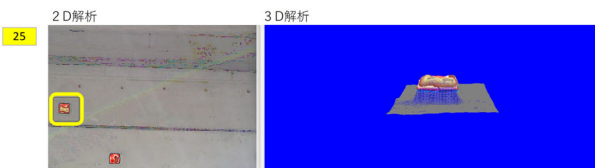
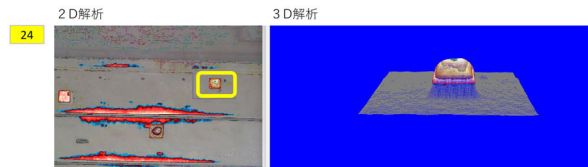
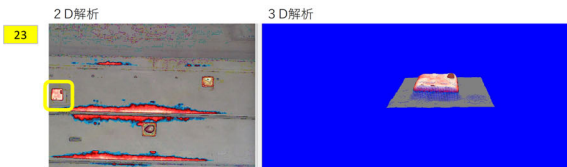
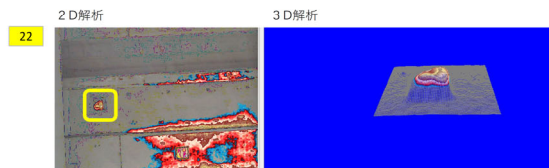
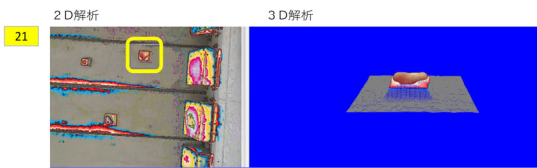
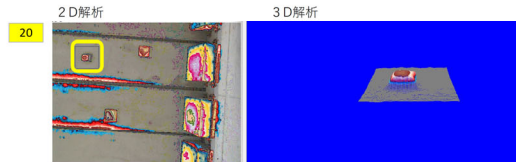
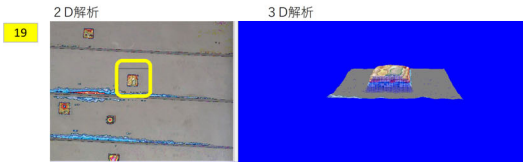
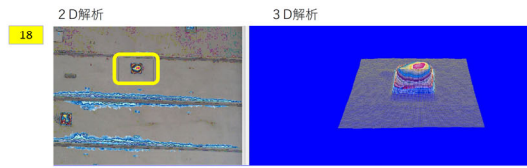
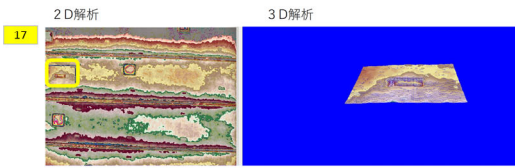
コナの特異点以外
縦断・横断とも明らかで緩やかな変化



コナの特異点を含む断面分布
特異点部分だけ、極端で大きな温度変化

特異点の評価は、2D・3Dの局所的な温度コンターの乱れと、縦断・横断の温度分布の変化の大きさ(±0.5~1.0°C以上)の2項目を総合的に判断する。





2D解析

3D解析

2D解析

3D解析