

技術番号 BR020035

I 型

技術名 こんこん ～連続打音検査装置～

開発者名 首都高技術株式会社

試験日 令和5年 12月 1日

天候 晴れ

気温 22.0 °C

風速 2.3 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 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

※検証試験体

全体一般図

A2橋台背面

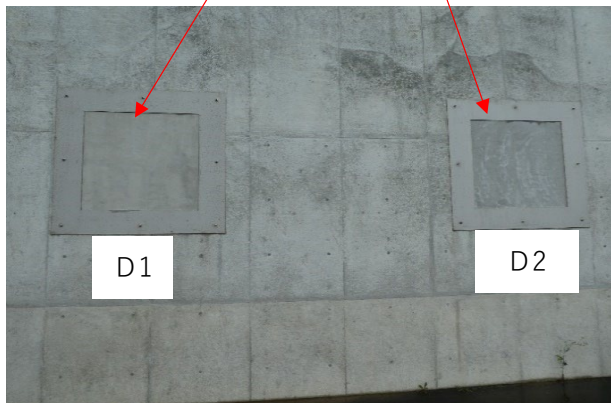
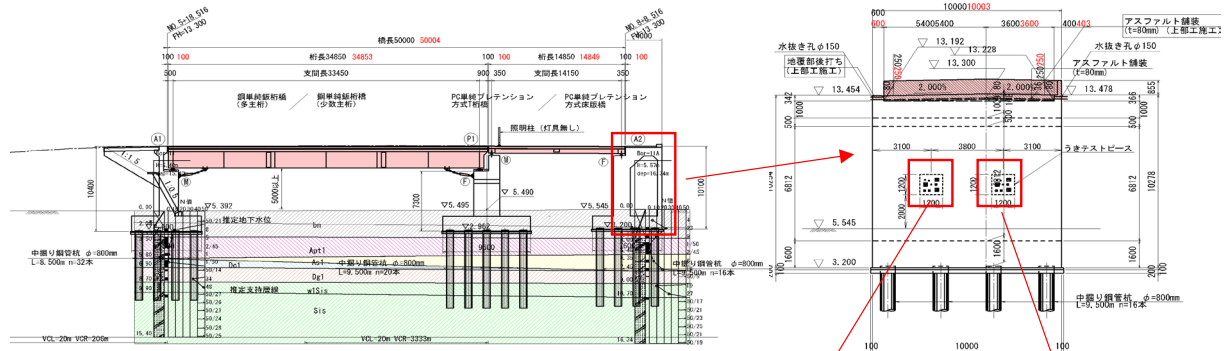


写真-1 A2橋台背面

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 機器の搬入(こんこん I 型、伸縮ポール)(写真-3)
- ② I 型の打撃音を周波数解析した結果をPCタブレットに記録し、確認する。(写真-4)
- ③ 試験体D1の打撃(写真-5)
- ④ 試験体D2の打撃(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

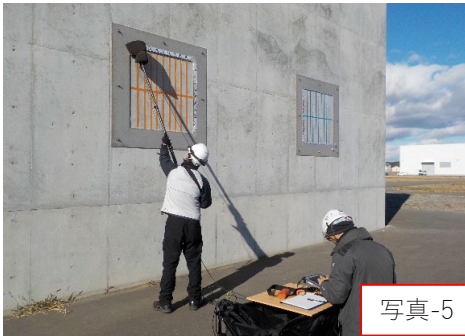


写真-5

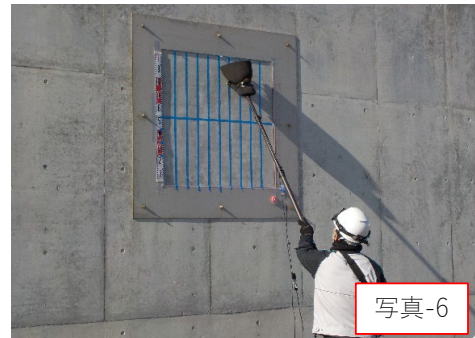
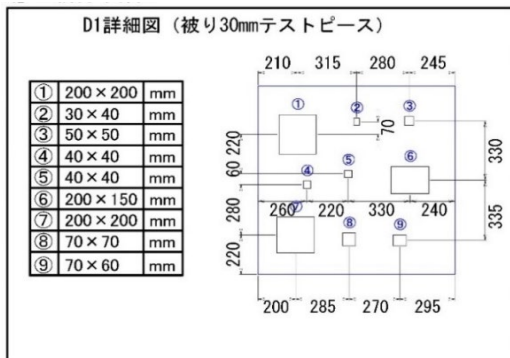


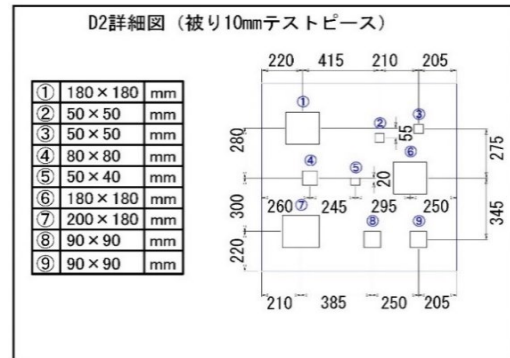
写真-6

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

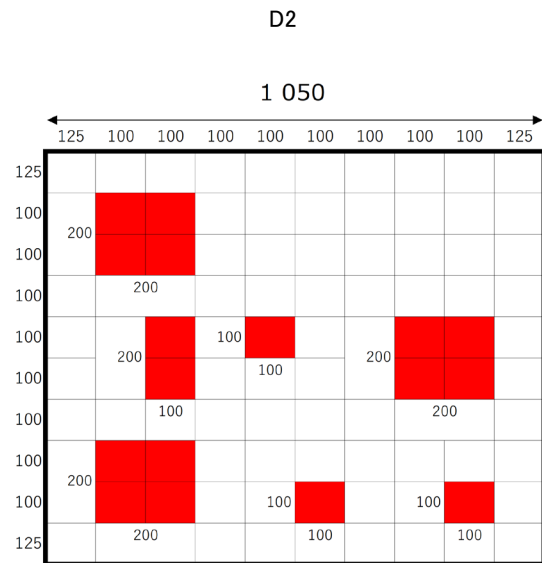
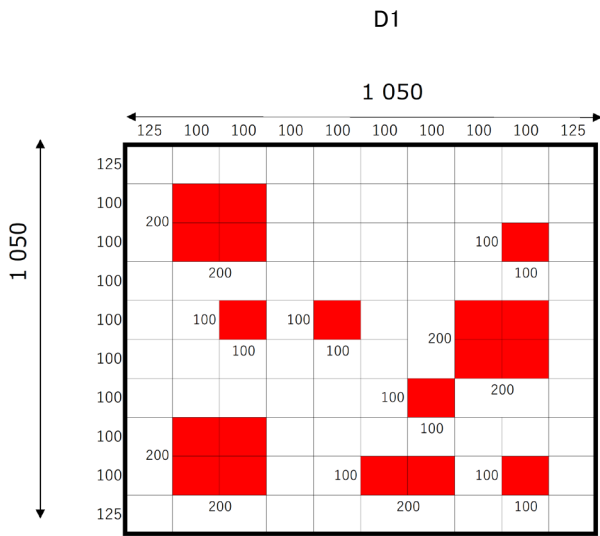


うきの総箇所数:18箇所

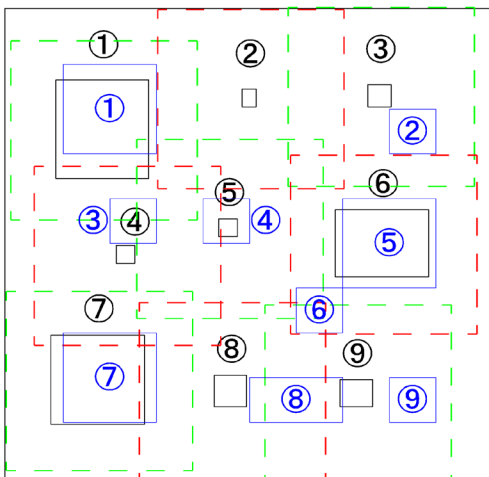




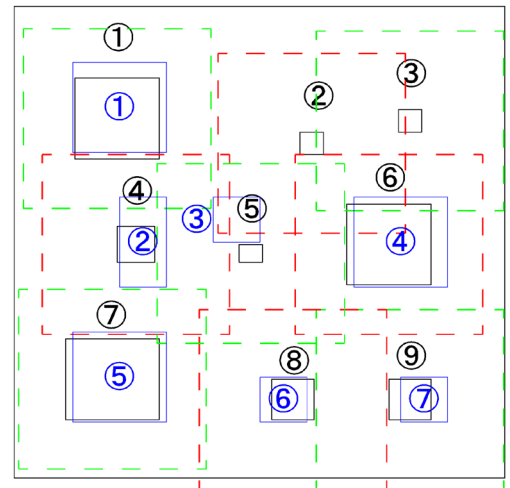
※計測結果



D1詳細図 (被り30mmテストピース)



D2詳細図 (被り10mmテストピース)



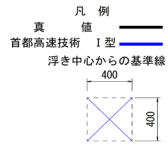
※黒線:真値、青線:本技術

## ※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)

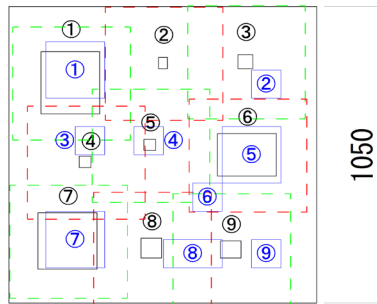
A2橋台-図番D 浮き合わせ図(首都高速技術 I型)



首都高速技術 I型計測値

①	200×200	mm
②	100×100	mm
③	100×100	mm
④	100×100	mm
⑤	200×200	mm
⑥	100×100	mm
⑦	200×200	mm
⑧	200×100	mm
⑨	100×100	mm

D1詳細図(被り30mmテストピース)



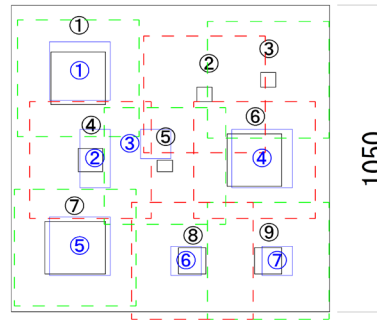
真 値

①	200×200	mm
②	30×40	mm
③	50×50	mm
④	40×40	mm
⑤	40×40	mm
⑥	200×150	mm
⑦	200×200	mm
⑧	70×70	mm
⑨	70×60	mm

首都高速技術 I型計測値

①	200×200	mm
②	100×200	mm
③	100×100	mm
④	200×200	mm
⑤	200×200	mm
⑥	100×100	mm
⑦	100×100	mm

D2詳細図(被り10mmテストピース)



真 値

①	180×180	mm
②	50×50	mm
③	50×50	mm
④	80×80	mm
⑤	50×40	mm
⑥	180×180	mm
⑦	200×180	mm
⑧	90×90	mm
⑨	90×90	mm

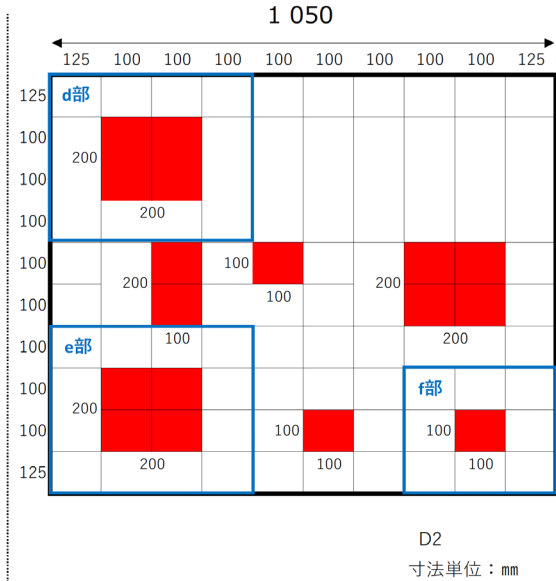
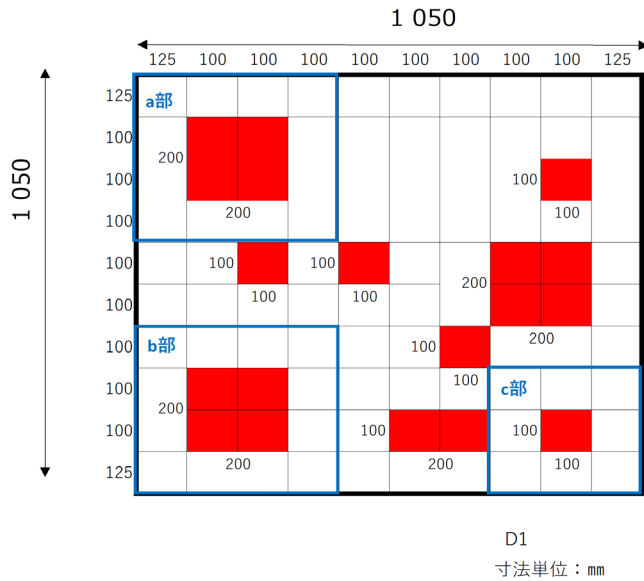
D1					
真値番号	異常の正解個数	計測値番号	検出正解個数	的中正解個数	備考
①		①	1	1	
②					
③		②	1	1	
④		③	1	1	
⑤		④	1	1	
⑥		⑤	1	1	
⑦		⑦	1	1	
⑧		⑧	1	1	
⑨		⑨	1	1	
		⑥	0	0	⑤に含む
計	9	9	8	8	

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	
②					
③					
④		②	1	1	
⑤		③	1	1	
⑥		④	1	1	
⑦		⑤	1	1	
⑧		⑥	1	1	
⑨		⑦	1	1	
計	9	7	7	7	

検出率＝ 15箇所／18箇所＝0.83

的中率＝ 15箇所／16箇所＝0.94

## 判定基準



採取した打音から周波数解析 (Hz) と音圧値 (%) を算出し、周辺数値と比較し総合的に判断

## a部

周波数解析 (単位：Hz)

	125	100	100	100
125	2716	2283	2175	2399
100	2542	3126	3053	2325
100	2271	3879	3622	2289
100	2350	2238	2204	2560

音圧 (単位：%)

	125	100	100	100
125	34	40	35	37
100	33	79	84	32
100	40	91	88	28
100	37	14	38	27

## d部

周波数解析 (単位：Hz)

	125	100	100	100
125	1782	1615	1678	2112
100	1806	3874	4027	2400
100	2081	3691	3173	2346
100	2050	2583	2225	2232

音圧 (単位：%)

	125	100	100	100
125	22	25	19	12
100	13	69	66	7
100	14	70	60	10
100	11	13	15	7

## b部

周波数解析 (単位：Hz)

	125	100	100	100
100	3002	2414	3211	2379
100	2981	3051	3480	2799
100	2741	3196	4047	2665
125	2595	2382	1875	2347

音圧 (単位：%)

	125	100	100	100
100	18	35	24	35
100	16	83	88	32
100	18	87	93	19
125	33	29	30	23

## e部

周波数解析 (単位：Hz)

	125	100	100	100
100	2664	2636	2607	2787
100	2741	3648	3970	2826
100	2752	3084	3895	2722
125	2602	2015	2765	2463

音圧 (単位：%)

	125	100	100	100
100	8	11	10	12
100	10	74	62	16
100	14	62	64	5
125	7	10	6	7

## c部

周波数解析 (単位：Hz)

	100	100	125
100	2573	2658	2665
100	3011	3547	2923
125	2721	2815	2238

音圧 (単位：%)

	125	100	100
125	23	21	19
100	19	74	21
125	20	21	14

## f部

周波数解析 (単位：Hz)

	100	100	125
100	2675	2881	2725
100	2574	3292	2948
125	2526	2937	2750

音圧 (単位：%)

	125	100	100
125	21	8	8
100	6	60	9
125	6	6	12



技術番号 BR020035

I 型

技術名 こんこん ~連続打音検査装置~

開発者名 首都高技術株式会社

試験日 令和5年 12月 1日

天候 晴れ

気温 19.8 °C

風速 1.2 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

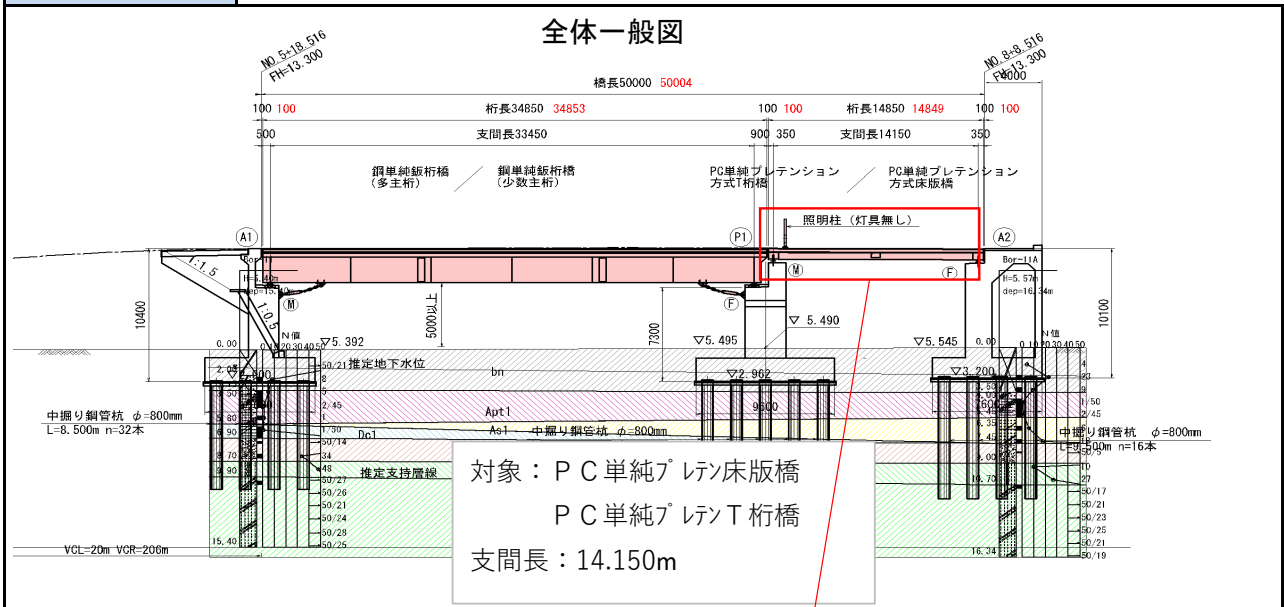
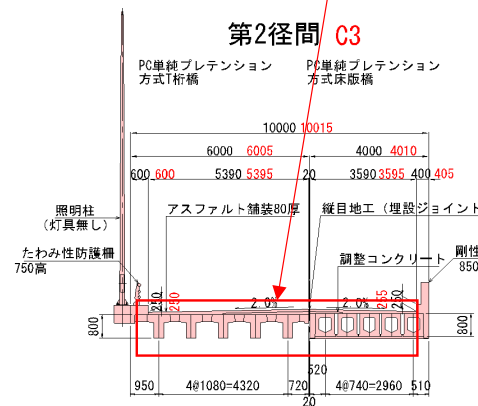


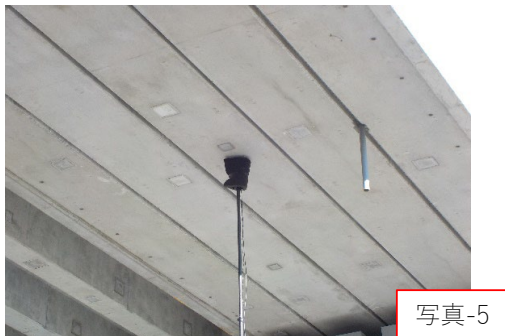
写真-1 全体写真



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 機器の搬入(こんこん I 型、伸縮ポール)(写真-3)
- ② I 型の打撃音を周波数解析した結果をPCタブレットに記録し、確認する。(写真-4)
- ③ PCホロー桁部(G3桁)の打撃(写真-5)
- ④ PCT桁部(G2桁)の打撃(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 PCホロ一桁橋 G3桁



赤丸：打撃点

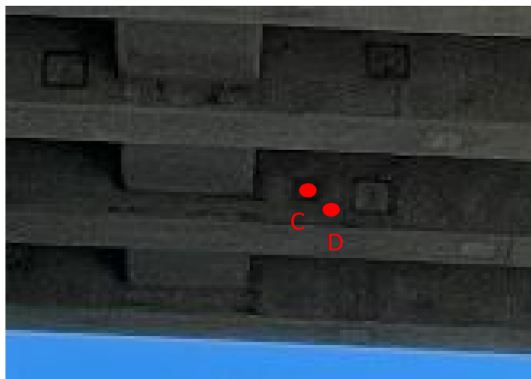


スラブ	周波数解析(Hz)	音圧(%)	評価
A	2674	54	異常
B	1866	23	健全

## ② PCT桁橋 G2桁



赤丸：打撃点



桁	周波数解析(Hz)	音圧(%)	評価
C	2707	94	異常
D	1160	59	健全



技術番号 BR020035

Ⅱ型

技術名 こんこん ～連続打音検査装置～

開発者名 首都高技術株式会社

試験日 令和5年 12月 1日

天候 晴れ

気温 22.3 °C

風速 4.8 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

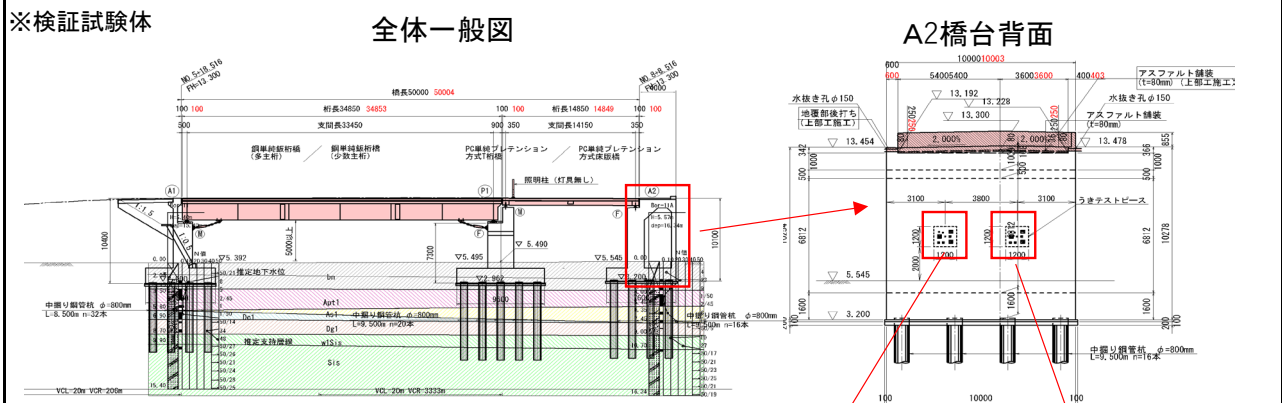


写真-1 A2橋台背面

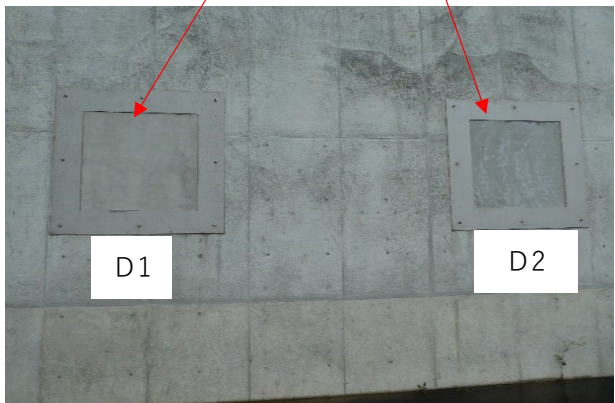


写真-2 検証試験体

※検証試験体

D1: かぶり30mm、寸法1050×1050mm

D2: かぶり10mm、寸法1050×1051mm

- ① 機器の搬入(こんこんⅡ型、伸縮ポール)(写真-3)
- ② Ⅱ型の打撃作業状況、打撃音を周波数解析した結果をPCタブレットに記録し、確認する。(写真-4)
- ③ 試験体D1の打撃(写真-5)
- ④ 試験体D2の打撃(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

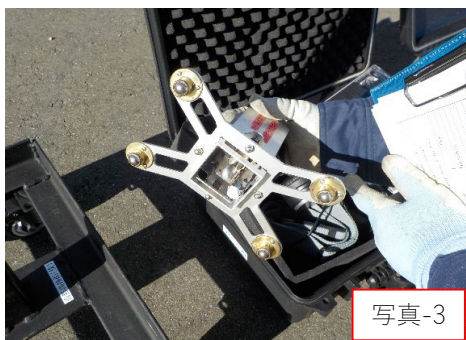


写真-3



写真-4



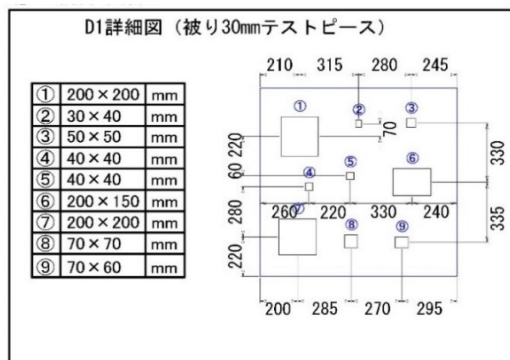
写真-5



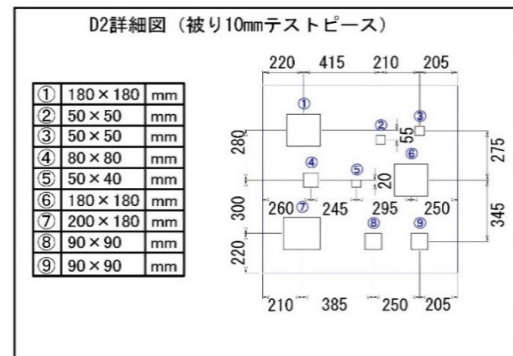
写真-6

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







## ※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)

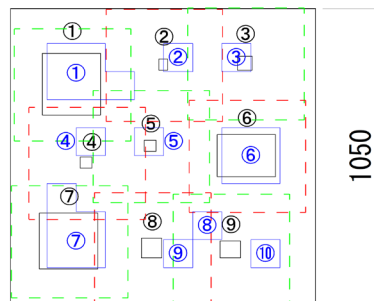
A2橋台-図番D 浮き合わせ図 (首都高速技術 II型)

凡例  
真値 ————  
首都高速技術 II型 ————  
首都高速技術 II型の基準線  
浮き中心からの基準線



①	300 × 200	mm
②	100 × 100	mm
③	100 × 100	mm
④	100 × 100	mm
⑤	100 × 100	mm
⑥	200 × 200	mm
⑦	200 × 300	mm
⑧	100 × 100	mm
⑨	100 × 100	mm
⑩	100 × 100	mm

D1詳細図 (被り30mmテストピース)

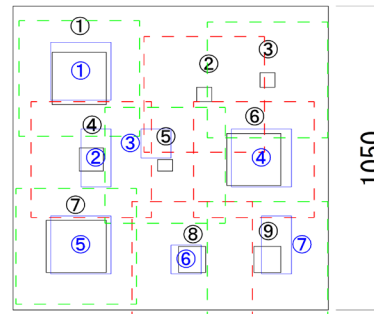


①	200 × 200	mm
②	30 × 40	mm
③	50 × 50	mm
④	40 × 40	mm
⑤	40 × 40	mm
⑥	200 × 150	mm
⑦	200 × 200	mm
⑧	70 × 70	mm
⑨	70 × 60	mm

首都高速技術 II型計測値

①	200 × 200	mm
②	100 × 200	mm
③	100 × 100	mm
④	200 × 200	mm
⑤	200 × 200	mm
⑥	100 × 100	mm
⑦	100 × 200	mm

D2詳細図 (被り10mmテストピース)



①	180 × 180	mm
②	50 × 50	mm
③	50 × 50	mm
④	80 × 80	mm
⑤	50 × 40	mm
⑥	180 × 180	mm
⑦	200 × 180	mm
⑧	90 × 90	mm
⑨	90 × 90	mm

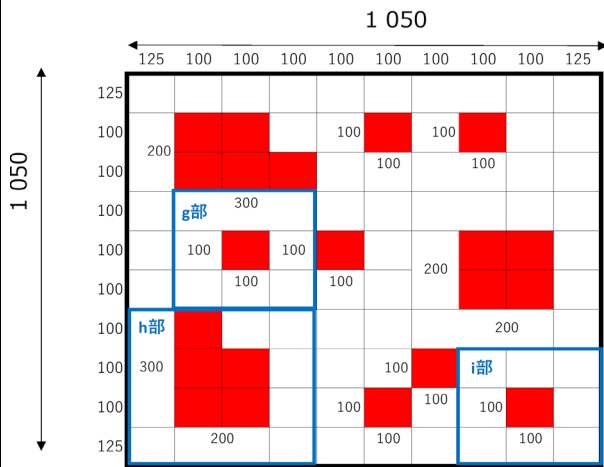
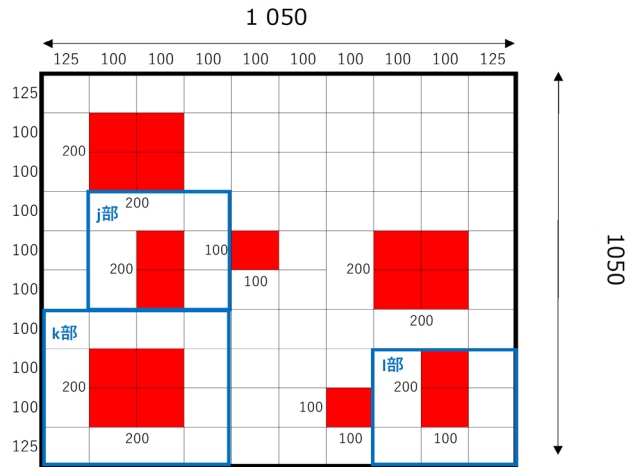
真値番号	異常の正解個数	計測値番号	検出正解個数	的中正解個数	備考
①	1	①	1	1	
②	1	②	1	1	
③	1	③	1	1	
④	1	④	1	1	
⑤	1	⑤	1	1	
⑥	1	⑥	1	1	
⑦	1	⑦	1	1	
⑧	1	⑨	1	1	
⑨	1	⑩	1	1	
		⑧	0	0	⑨に含む
計	9	10	9	9	

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				
③	1				
④	1	②	1	1	
⑤	1	③	1	1	
⑥	1	④	1	1	
⑦	1	⑤	1	1	
⑧	1	⑥	1	1	
⑨	1	⑦	1	1	
計	9	7	7	7	

検出率 = 16箇所 / 18箇所 = 0.89

的中率 = 16箇所 / 17箇所 = 0.94

## 判定基準

D1  
寸法単位：mmD2  
寸法単位：mm

採取した打音から周波数解析 (Hz) と音圧値 (%) を算出し、周辺数値と比較し総合的に判断

## g部

周波数解析 (単位：Hz)

	100	100	100
100	2961	2744	2855
100	1938	4202	2994
100	2016	2919	2509

音圧 (単位：%)

	100	100	100
100	36	21	26
100	36	54	15
100	47	21	16

## j部

周波数解析 (単位：Hz)

	100	100	125
100	1832	1726	2810
100	1805	4188	2747
125	2188	3883	2058

音圧 (単位：%)

	125	100	100
125	16	17	12
100	12	86	15
125	13	22	17

## h部

周波数解析 (単位：Hz)

	125	100	100	100
100	1548	3347	2407	2633
100	2012	2868	3205	2341
100	2541	3927	3688	2118
125	2078	2429	1909	1513

音圧 (単位：%)

	125	100	100	100
100	58	94	17	10
100	27	99	61	15
100	27	43	18	13
125	25	12	14	38

## k部

周波数解析 (単位：Hz)

	125	100	100	100
100	2354	2683	2715	2676
100	2182	3300	3560	3654
100	2790	3602	4056	1863
125	3290	1535	1709	1804

音圧 (単位：%)

	125	100	100	100
100	10	14	20	8
100	8	89	99	18
100	6	42	73	15
125	7	52	6	22

## i部

周波数解析 (単位：Hz)

	100	100	125
100	2431	1639	1385
100	2112	3232	1658
125	2177	2401	2514

音圧 (単位：%)

	125	100	100
125	14	20	25
100	45	38	32
125	15	18	12

## i部

周波数解析 (単位：Hz)

	100	100	125
100	2663	4412	2725
100	2382	3724	2948
125	3142	2236	2750

音圧 (単位：%)

	125	100	100
125	13	37	13
100	13	22	6
125	15	33	11

技術番号 BR020035

Ⅱ型

技術名 こんこん ~連続打音検査装置~

開発者名 首都高技術株式会社

試験日 令和5年 12月 1日

天候 晴れ

気温 21.1 °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

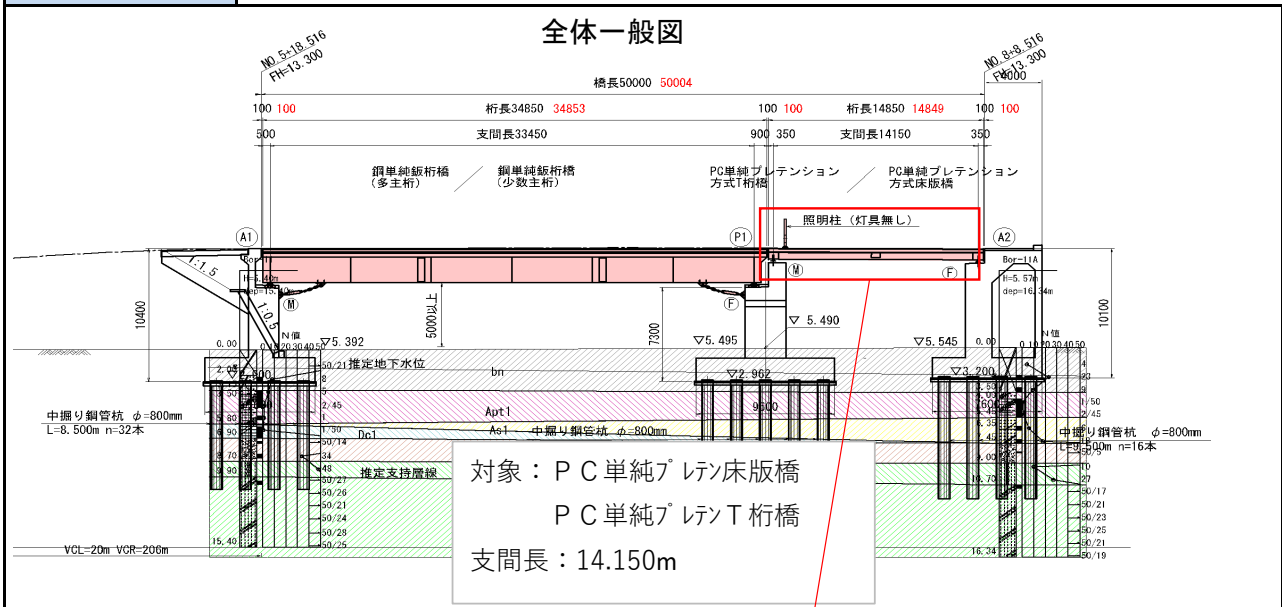


写真-1 全体写真

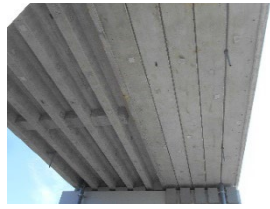
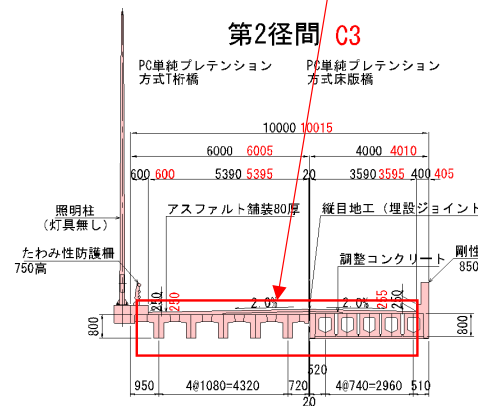


写真-2 主桁

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 機器の搬入(こんこんⅡ型、伸縮ポール)(写真-3)
- ② Ⅱ型の打撃音を周波数解析した結果をPCタブレットに記録し、確認する。(写真-4)
- ③ PCホロー桁部(G3桁)の打撃(写真-5)
- ④ PCT桁部(G2桁)の打撃(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

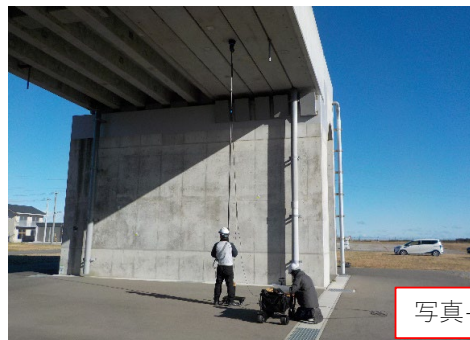


写真-4



写真-5

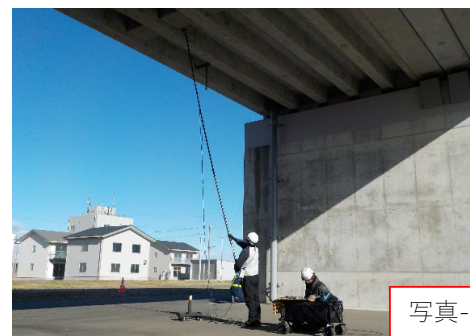


写真-6

## ※計測結果

## ① PCホロー桁橋 G3桁

赤丸：打撃点



スラブ	周波数解析(Hz)	音圧(%)	評価
E	2137	46	異常
F	1738	39	健全

## ② PCT桁橋 G2桁

赤丸：打撃点



桁	周波数解析(Hz)	音圧(%)	評価
G	3286	98	異常
H	1401	39	健全

技術番号	BR020036
------	----------

技術名	ドローン搭載カメラによる点検支援技術(うき)	開発者名	アイセイ株式会社
-----	------------------------	------	----------

試験日	令和5年 12月 7日	天候	晴れ	気温	- °C	風速	- m/s
-----	-------------	----	----	----	------	----	-------

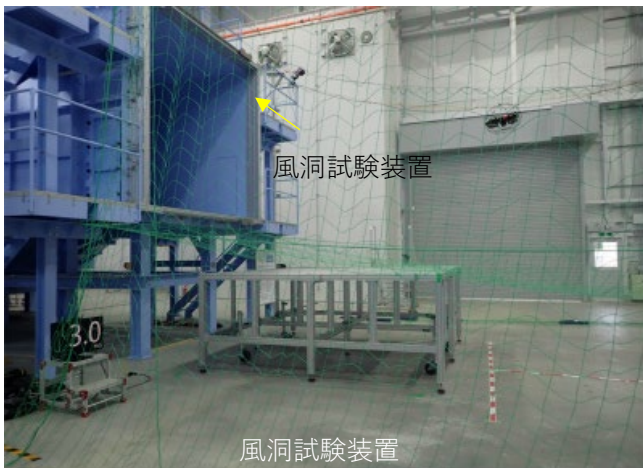
試験場所	福島ロボットテストフィールド風洞棟
------	-------------------

カタログ分類	画像計測技術	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	安定性能(人工風)
-------------------	-----------

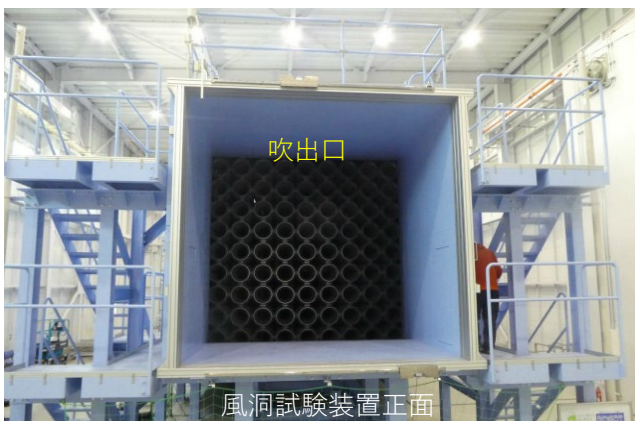
対象構造物の概要

使用施設: 福島ロボットテストフィールド風洞棟



風洞棟仕様

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



一定の風速 (3m/s、5m/s、8m/s) で、突風を発生させる。



- ① ドローンに3Dモーションキャプチャ用のマーカーを貼り付ける。(写真-1)
- ② 吹出口の中心にドローンを正面向きにホバリングする。(写真-2)
- ③ ホバリング後、風速3m/sの突風を発生させ、移動量を3Dモーションキャプチャより測定する。(写真-3)(写真-4)
- ④ ②、③について、ドローンを横向きにホバリングし、同様の作業を実施する。
- ⑤ ②～④について、風速5m/sおよび、8m/sの場合も同様に実施する。

開発者による計測機器の設置状況



写真-1

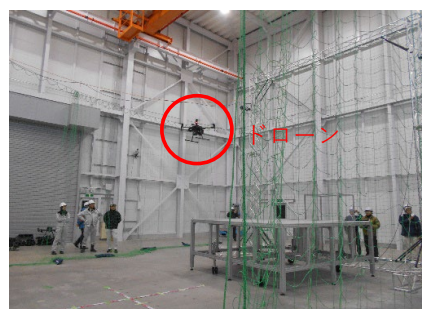


写真-2

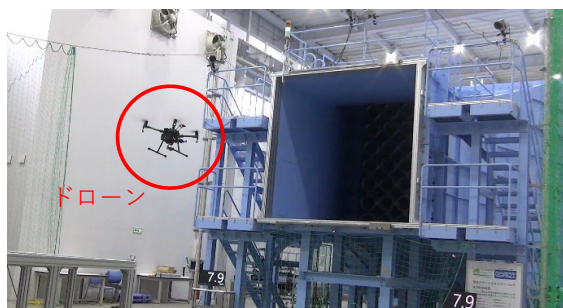


写真-3

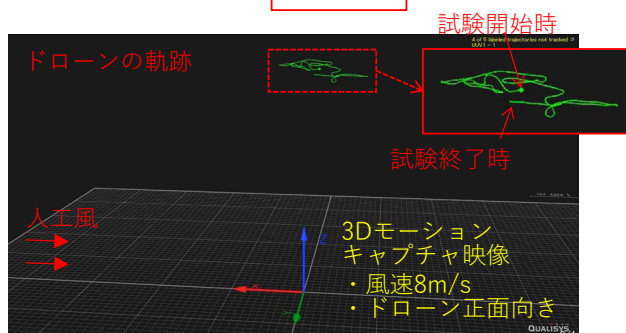


写真-4

比較対象を得るため、  
立会者による計測機器の設置状況

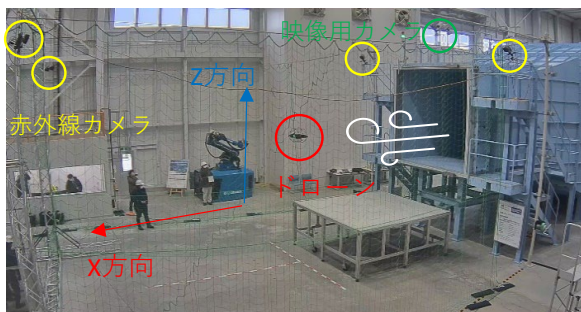


写真-5

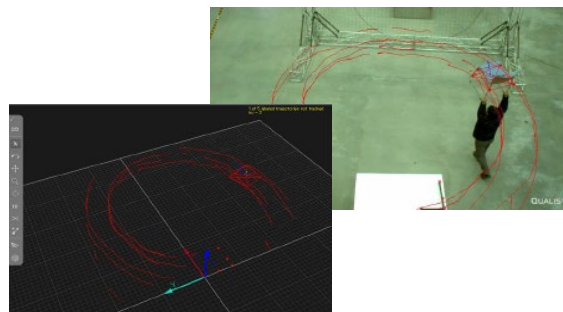


写真-6

※4台の赤外線カメラおよび、1台の映像カメラにより、対象物を撮影し、移動量を専用ソフトにて計測。  
(写真-5)(写真-6)

## ※安定性能

風速:3.0m/s

正面

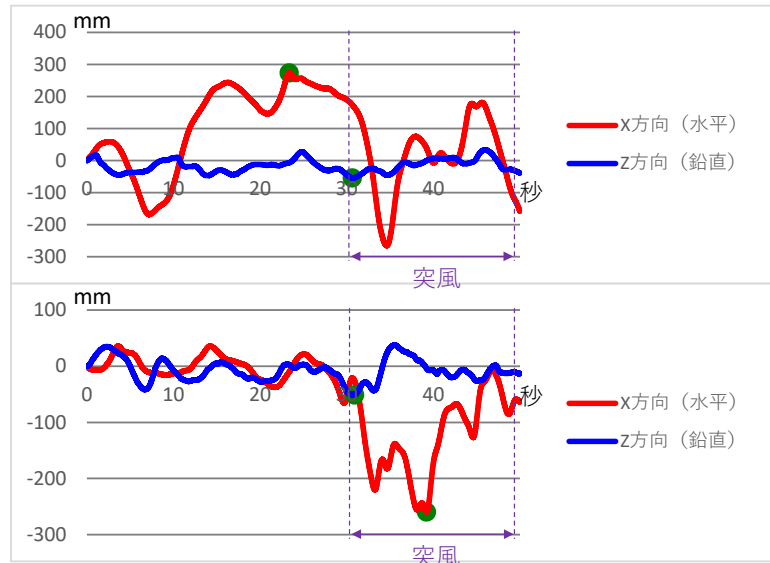
水平方向 最大移動量 27cm

鉛直方向 最大移動量 5cm

側面

水平方向 最大移動量 26cm

鉛直方向 最大移動量 5cm



風速:5.0m/s

正面

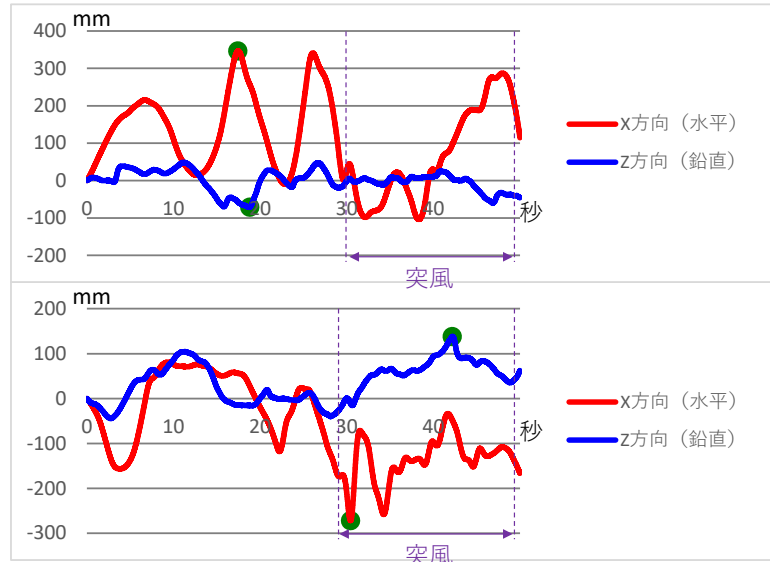
水平方向 最大移動量 35cm

鉛直方向 最大移動量 7cm

側面

水平方向 最大移動量 27cm

鉛直方向 最大移動量 14cm



風速:8.0m/s

正面

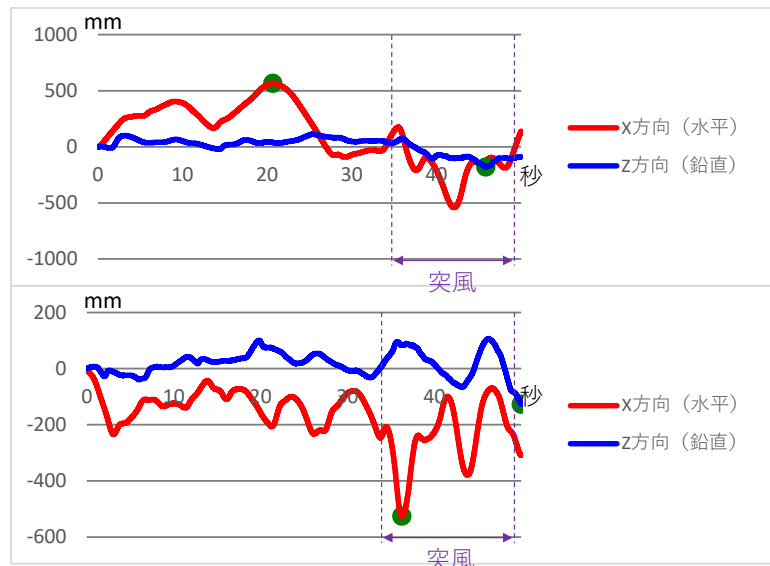
水平方向 最大移動量 57cm

鉛直方向 最大移動量 18cm

側面

水平方向 最大移動量 53cm

鉛直方向 最大移動量 13cm





技術番号	BR020036
------	----------

技術名	ドローン搭載カメラによる点検支援技術(うき)	開発者名	アイセイ株式会社
-----	------------------------	------	----------

試験日	令和5年 12月 7日	天候	晴れ	気温	21.0 °C	風速	0.7 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

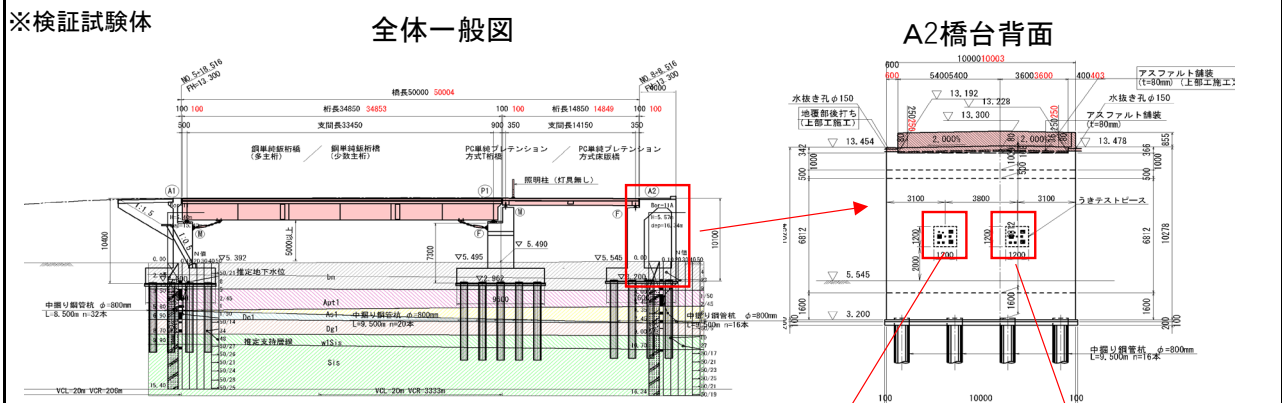


写真-1 A2橋台背面

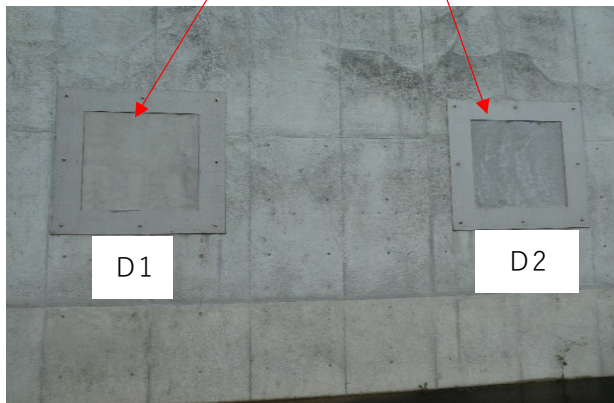


写真-2 検証試験体

※検証試験体

D1: かぶり30mm、寸法1050×1050mm

D2: かぶり10mm、寸法1050×1051mm

- ① 機器の搬入(ドローン)(写真-3)
- ② 機器の搬入(赤外線カメラ)(写真-4)
- ③ 赤外線カメラで試験体D1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

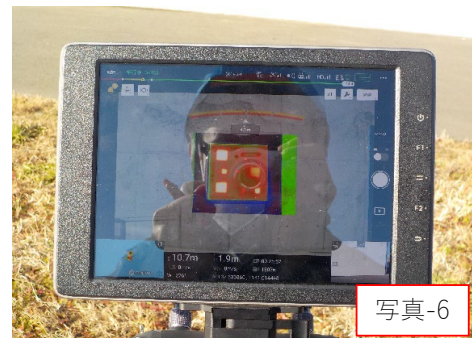
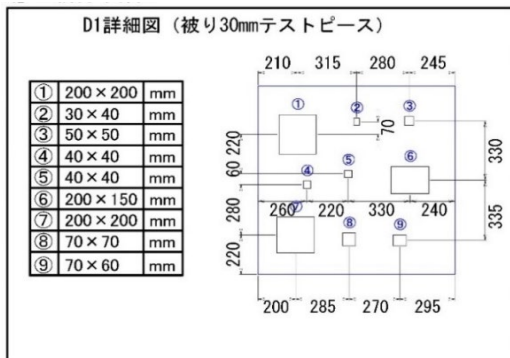


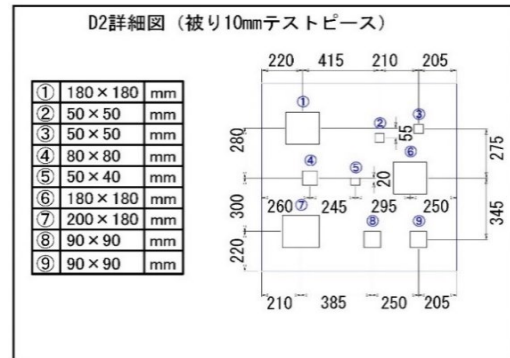
写真-6

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

■カメラ名称: DJI Zenmuse X4S

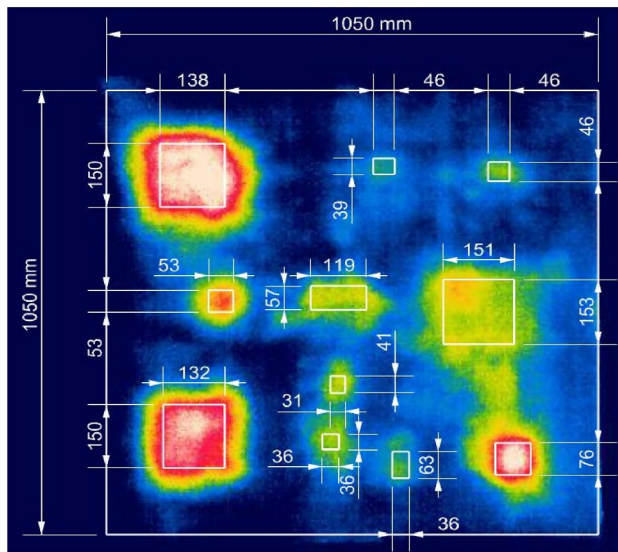
■被写体距離: 3 m ■照度: 9.35~69.8 kLux ■風速: 0.0~0.7 m/s

■気温: 21.0 °C

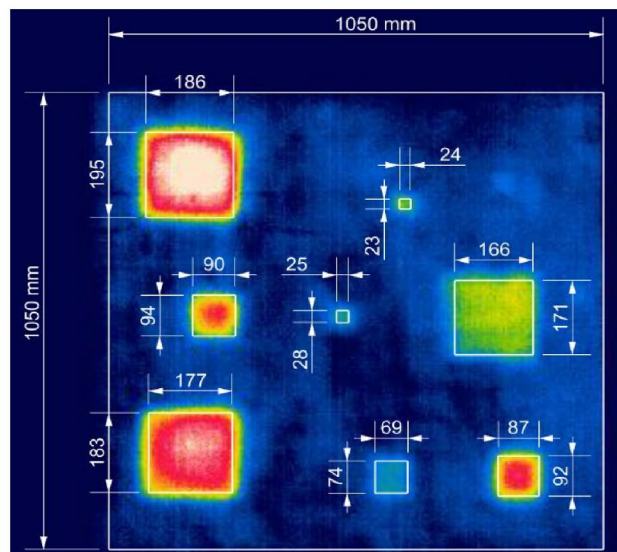
■焦点距離: 18 mm ■シャッター速度: -

■絞り: - ■ISO値: -

■フォーカス: AUTO ■画像Pixel数: 2000万画素(5472 x 6336)

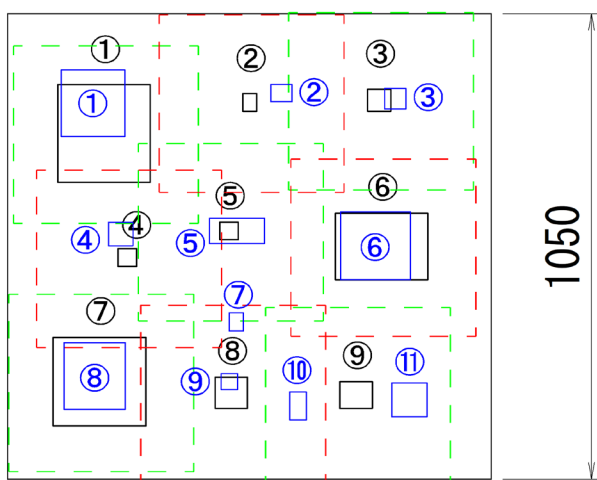


D1

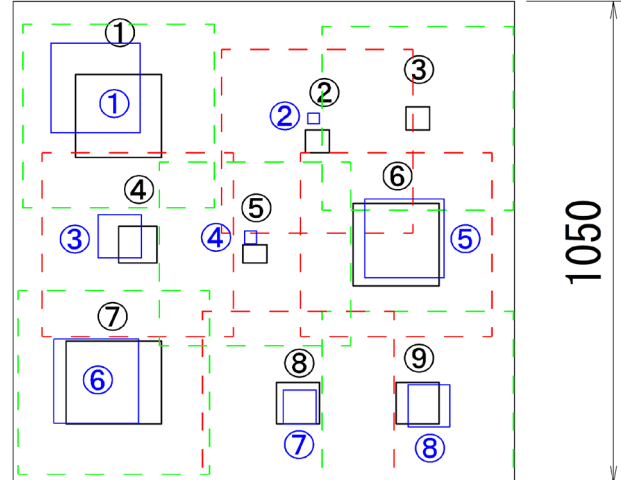


D2

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)



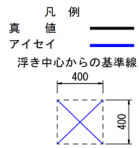
黒線: 真値、青線: 本技術

## ※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）

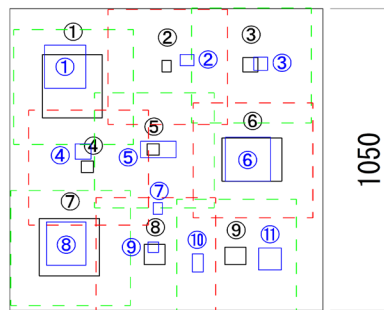
A2橋台-図番D 浮き合わせ図（アイセイ）



アイセイ計測値

①	138 × 150	mm
②	46 × 39	mm
③	46 × 46	mm
④	53 × 53	mm
⑤	119 × 57	mm
⑥	151 × 153	mm
⑦	31 × 41	mm
⑧	132 × 150	mm
⑨	36 × 36	mm
⑩	36 × 63	mm
⑪	76 × 76	mm

D1詳細図（被り30mmテストピース）



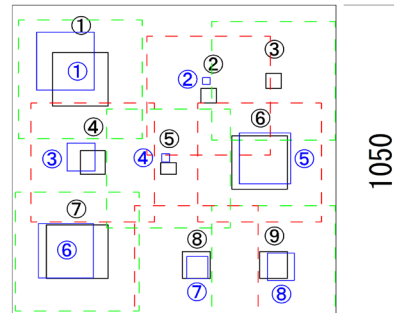
真 値

①	200 × 200	mm
②	30 × 40	mm
③	50 × 50	mm
④	40 × 40	mm
⑤	40 × 40	mm
⑥	200 × 150	mm
⑦	200 × 200	mm
⑧	70 × 70	mm
⑨	70 × 60	mm

アイセイ計測値

①	186 × 195	mm
②	24 × 23	mm
③	90 × 94	mm
④	25 × 28	mm
⑤	166 × 171	mm
⑥	177 × 183	mm
⑦	69 × 74	mm
⑧	87 × 92	mm

D2詳細図（被り10mmテストピース）



真 値

①	180 × 180	mm
②	50 × 50	mm
③	50 × 50	mm
④	80 × 80	mm
⑤	50 × 40	mm
⑥	180 × 180	mm
⑦	200 × 180	mm
⑧	90 × 90	mm
⑨	90 × 90	mm

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	⑤	1	1	
⑥	1	⑥	1	1	
⑦	1	⑧	1	1	
⑧	1	⑨	1	1	
⑨	1	⑪	1	1	
		⑦	0	0	
		⑩	0	0	
計	9	11	9	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	②	1	1	
③	1				
④	1	③	1	1	
⑤	1	④	1	1	
⑥	1	⑤	1	1	
⑦	1	⑥	1	1	
⑧	1	⑨	1	1	
⑨	1	⑧	1	1	
計	9	8	8	8	

検出率＝ 17箇所／18箇所＝0.94

的中率＝ 17箇所／19箇所＝0.89



技術番号	BR020036
------	----------

技術名	ドローン搭載カメラによる点検支援技術(うき)	開発者名	アイセイ株式会社
-----	------------------------	------	----------

試験日	令和5年 12月 7日	天候	晴れ	気温	17.5 °C	風速	2.3 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	画像計測技術	カタログ	検出項目	剥離・鉄筋露出	試験区分	標準試験
--------	--------	------	------	---------	------	------

試験で確認する カタログ項目	構造物近傍安定性能 進入可能性能 可動範囲
-------------------	-----------------------------

対象構造物の概要

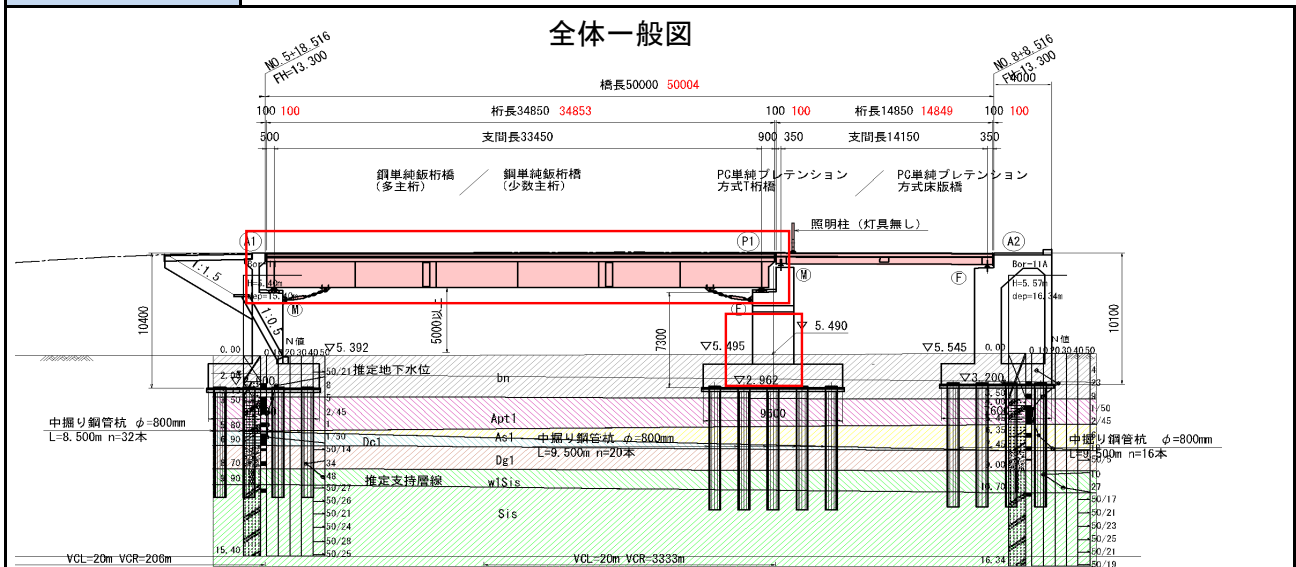


写真-1 全体写真

対象径間: 第1径間

計測対象部材: P1橋脚近傍、第1径間防護柵側面



- ① 機器の搬入(ドローン)(写真-2)
- ② 機器の搬入(コントローラ)(写真-3)
- ③ 飛行状況(写真-4:P1~A1間の防護柵側面を飛行)
- ④ ホバリング後、P1~A1~P1の経路で飛行を確認した。(飛行距離:約50m(=7.5+35+7.5))(写真-4)
- ⑤ 少数主桁橋の桁下を飛行した。(写真-5)

開発者による計測機器の設置状況



写真-2



写真-3



写真-4



写真-5

## ※構造物近傍安定性能

構造物までの距離:4m

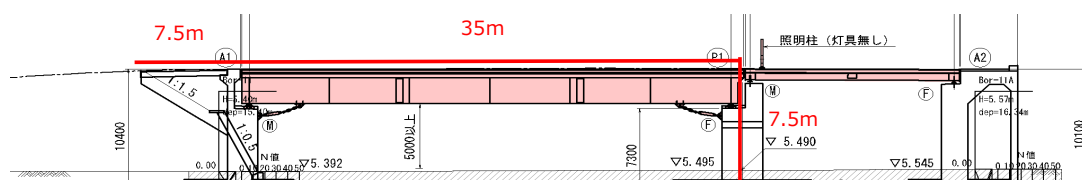
風速:2.3m/s

停止飛行時:水平移動無し

ホバリング:60秒間



※可動範囲:50m(飛行距離:50m(=7.5+35+7.5))



## ※進入可能性能

<桁間に進入しない>

風速:2.6m/s

桁下空間:高さ5.0m進入可能



技術番号	BR020036
------	----------

技術名	ドローン搭載カメラによる点検支援技術(うき)	開発者名	アイセイ株式会社
-----	------------------------	------	----------

試験日	令和5年 12月 7日	天候	晴れ	気温	21.0 °C	風速	0.7 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	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

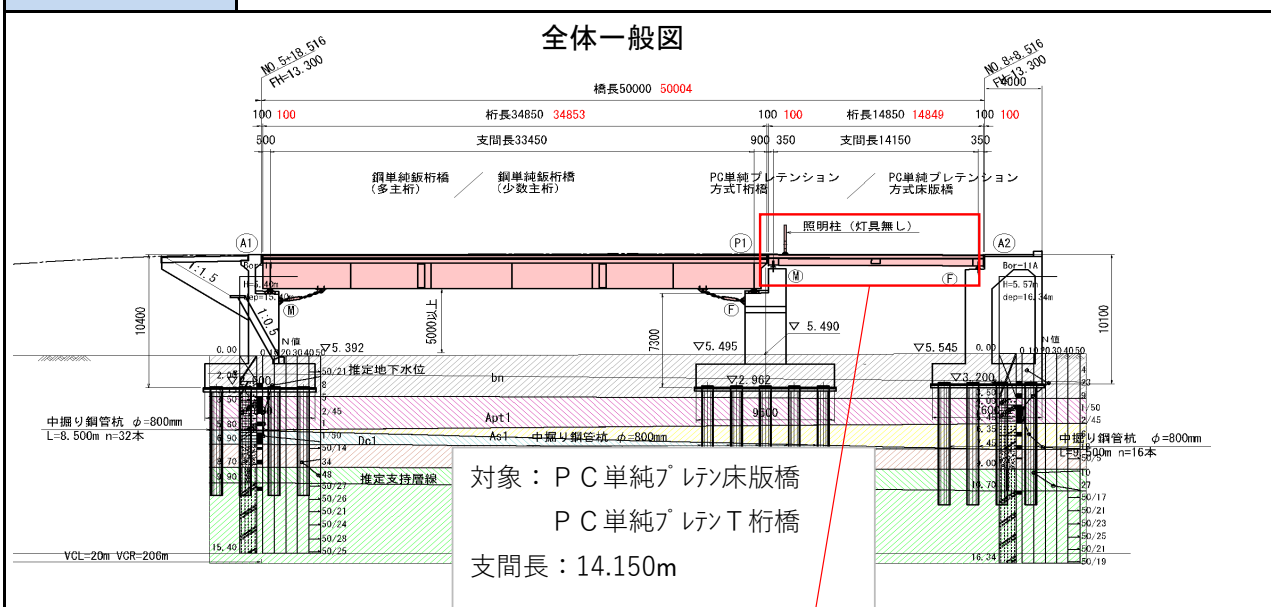


写真-1 全体写真

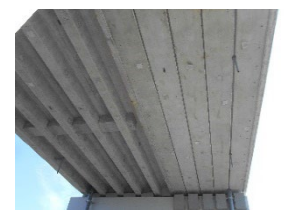
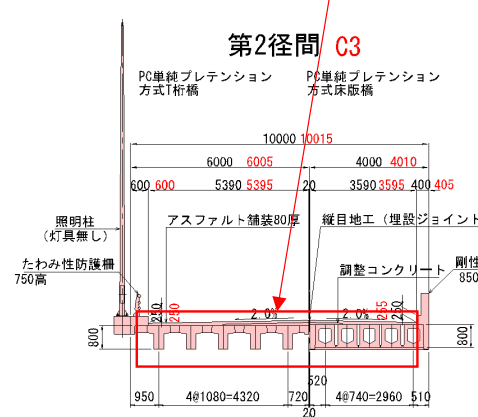


写真-2 主桁

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 機器の搬入(ドローン)(写真-3)
- ② 機器の搬入(赤外線カメラ)(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

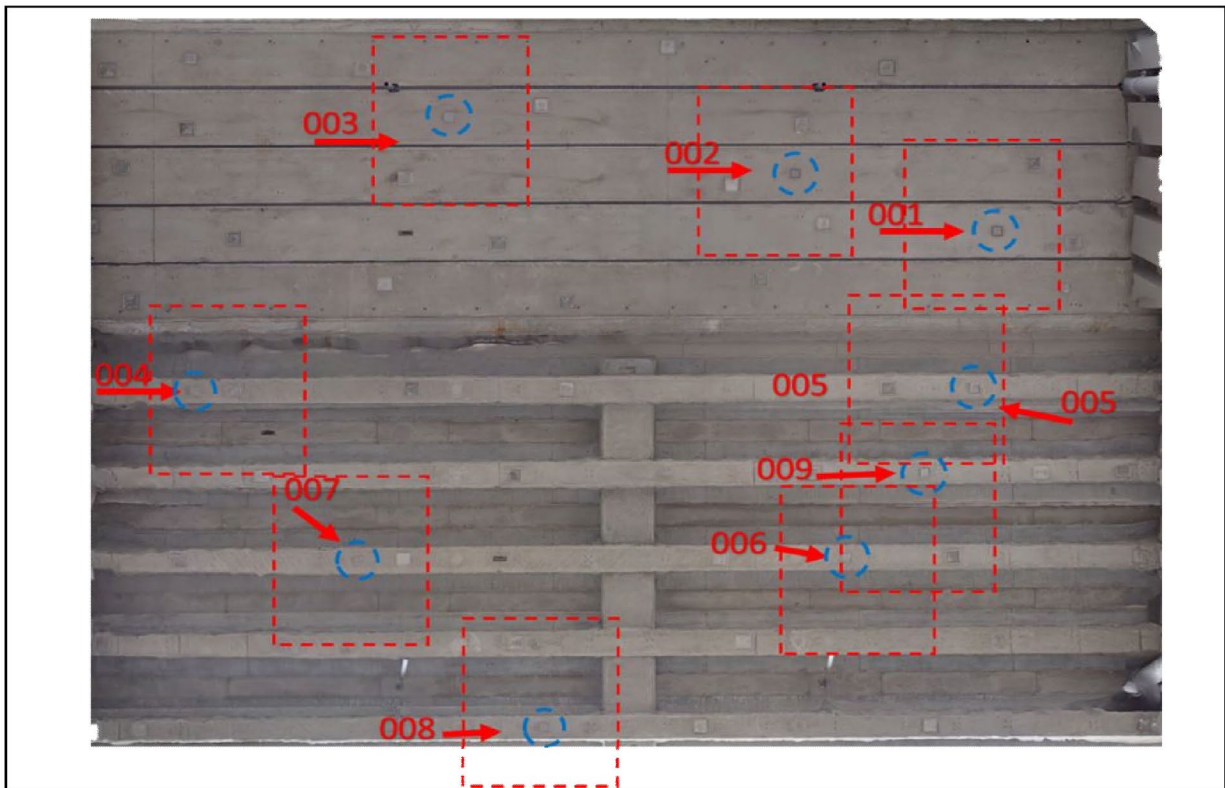




※計測結果

うき箇所:001~009

撮影位置図



現況写真



現況写真



機体写真



カメラ写真

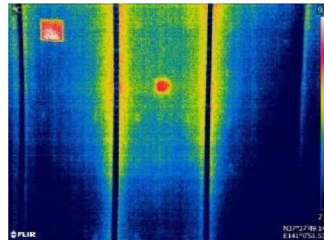


001～003

## ドローン赤外線カメラ



可視画像



赤外線カメラ画像

001

機体：DJI社製Matrice210

カメラ：DJI社製ZenmuseXT2

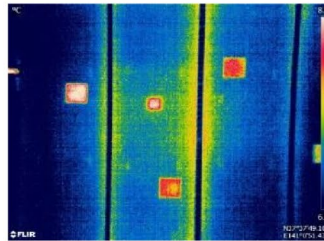
IR解像度：640×512

温度範囲：7.2℃～9.2℃

「うき」が確認できます。



可視画像



赤外線カメラ画像

002

機体：DJI社製Matrice210

カメラ：DJI社製ZenmuseXT2

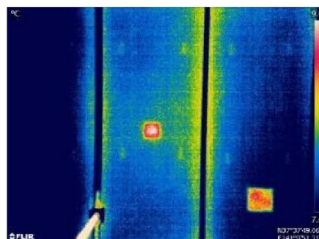
IR解像度：640×512

温度範囲：6.8℃～8.8℃

「うき」が確認できます。



可視画像



赤外線カメラ画像

003

機体：DJI社製Matrice210

カメラ：DJI社製ZenmuseXT2

IR解像度：640×512

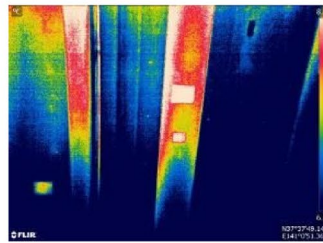
温度範囲：7.3℃～9.3℃

「うき」が確認できます。

## ドローン赤外線カメラ



可視画像



赤外線カメラ画像

004

機体：DJI社製Matrice210

カメラ：DJI社製ZenmuseXT2

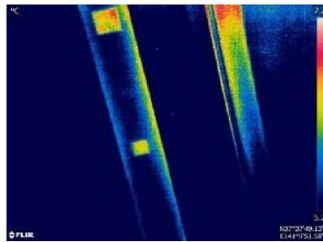
IR解像度：640×512

温度範囲：6.4℃～8.4℃

「うき」が確認できます。



可視画像



赤外線カメラ画像

005

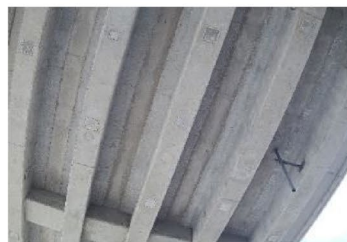
機体：DJI社製Matrice210

カメラ：DJI社製ZenmuseXT2

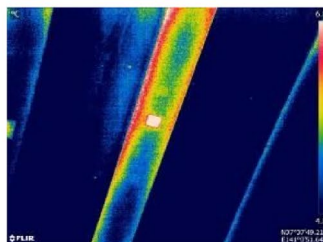
IR解像度：640×512

温度範囲：5.7℃～7.7℃

「うき」が確認できます。



可視画像



赤外線カメラ画像

006

機体：DJI社製Matrice210

カメラ：DJI社製ZenmuseXT2

IR解像度：640×512

温度範囲：4.8℃～6.8℃

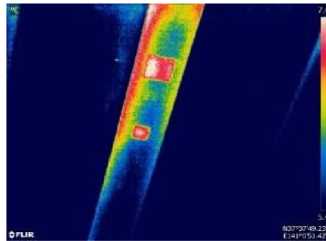
「うき」が確認できます。

007～009

## ドローン赤外線カメラ



可視画像



赤外線カメラ画像

007

機体：DJI社製Matrice210

カメラ：DJI社製ZenmuseXT2

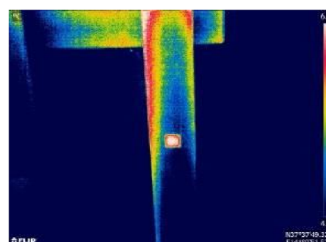
IR解像度：640×512

温度範囲：5.5℃～7.5℃

「うき」が確認できます。



可視画像



赤外線カメラ画像

008

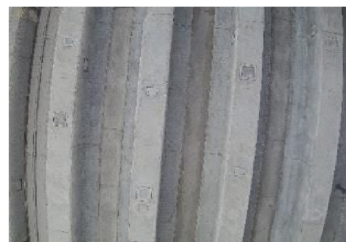
機体：DJI社製Matrice210

カメラ：DJI社製ZenmuseXT2

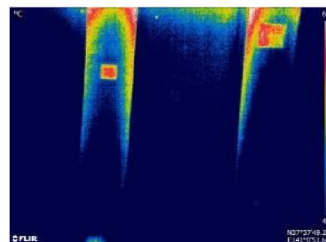
IR解像度：640×512

温度範囲：4.7℃～6.7℃

「うき」が確認できます。



可視画像



赤外線カメラ画像

009

機体：DJI社製Matrice210

カメラ：DJI社製ZenmuseXT2

IR解像度：640×512

温度範囲：4.8℃～6.8℃

「うき」が確認できます。







- ① 機器の搬入(地上型レーザースキャナ、三脚)(写真-2)
- ② 測定状況(PC単純プレテン床版橋部の撮影)(写真-3)
- ③ 測定状況(PC単純プレテン床版橋部の撮影)(写真-4)
- ④ 測定状況(PC単純プレテン桁橋部の撮影)(写真-5)
- ⑤ 計測終了後、撮影データを元に専用ソフトを使用し、剥離・鉄筋露出の箇所を特定する。

開発者による計測機器の設置状況



写真-2



写真-3



写真-4



写真-5

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：高所作業車の設置(写真-6)

近接目視(写真-7)

※高所作業車による近接目視で剥離・鉄筋露出を確認する。(写真-6、写真-7)

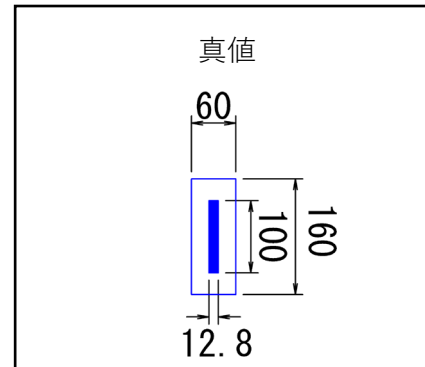
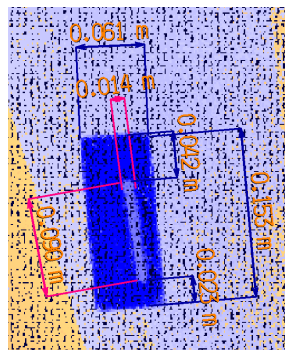
## ※計測結果:

## 計測情報

- ・機器(地上型レーザー scanner)設置回数:19回
- ・測定時間等:準備(9分)、測定(43分)・・・計52分
- ・測定モード:スキャン密度 12mm@10m
- ・最大測定距離:130m
- ・スキャン+写真撮影時間:1分26秒
- ・点群数:95,275,360点(対象構造物のみ)、204,092,803点(計測全体)

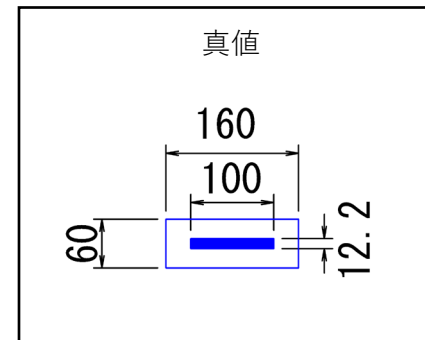
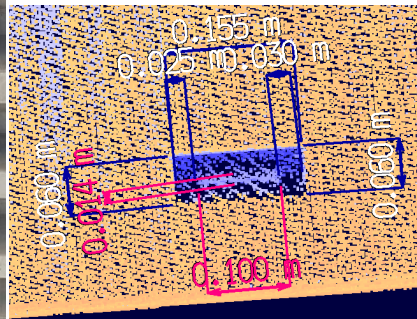
## (1)PC単純プレント桁橋

## ①主桁下面



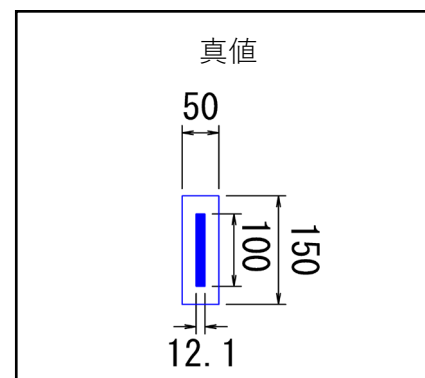
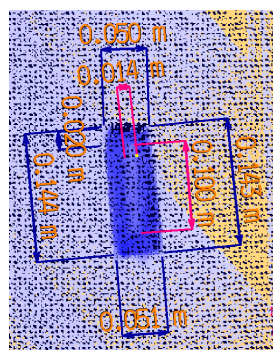
153mm × 61mm

## ②主桁側面



155mm × 60mm

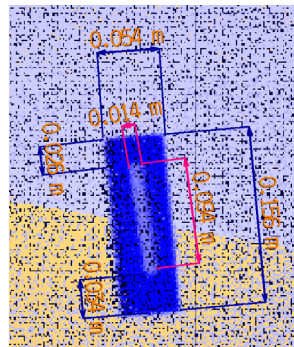
## ③間詰め床版



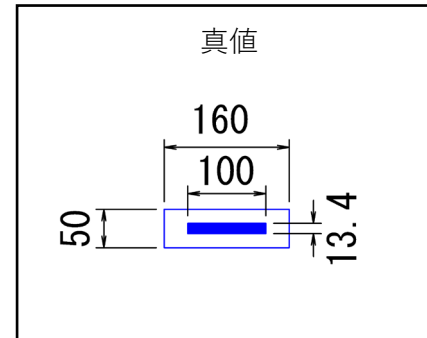
143mm × 50mm

※計測結果:

## (2)PC単純プレテン床版橋



156mm × 54mm



## (3)結果一覧表

		真値			計測値			比率 (%)
		縦 (cm)	横 (cm)	面積 (cm <sup>2</sup> )	縦 (cm)	横 (cm)	面積 (cm <sup>2</sup> )	計測値/真値
PCプレテント桁橋	下面	16	6	96	15.3	6.1	93.3	97.2%
	側面	16	6	96	15.5	6.0	93.0	96.9%
	床版	15	5	75	14.3	5.0	71.5	95.3%
PCプレテン床版橋	下面	16	5	80	15.6	5.4	84.2	105.3%

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

$\delta_a$ =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)

$\delta_b$ =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)

$\delta_i$ =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)

## (4)計測精度

サンプル数 N: 4

面積: cm<sup>2</sup>

		真値	計測値	差分
PCプレテント桁橋	下面	96	93.3	-2.7
	側面	96	93	-3
	床版	75	71.5	-3.5
PCプレテン床版橋	下面	80	84.2	4.2
平均		86.75	85.5	-1.25

平均面積 (86.75cm<sup>2</sup>) の相対差 X= 3.4 cm<sup>2</sup>

平均面積 (86.75cm<sup>2</sup>) の相対比 =3.4/86.75=3.9%



技術番号 BR020037

技術名 点群データを活用した構造物表面の剥離・剥落等の損傷部検出技術(MEMOREAD)

開発者名 株式会社アイ・エス・ピー

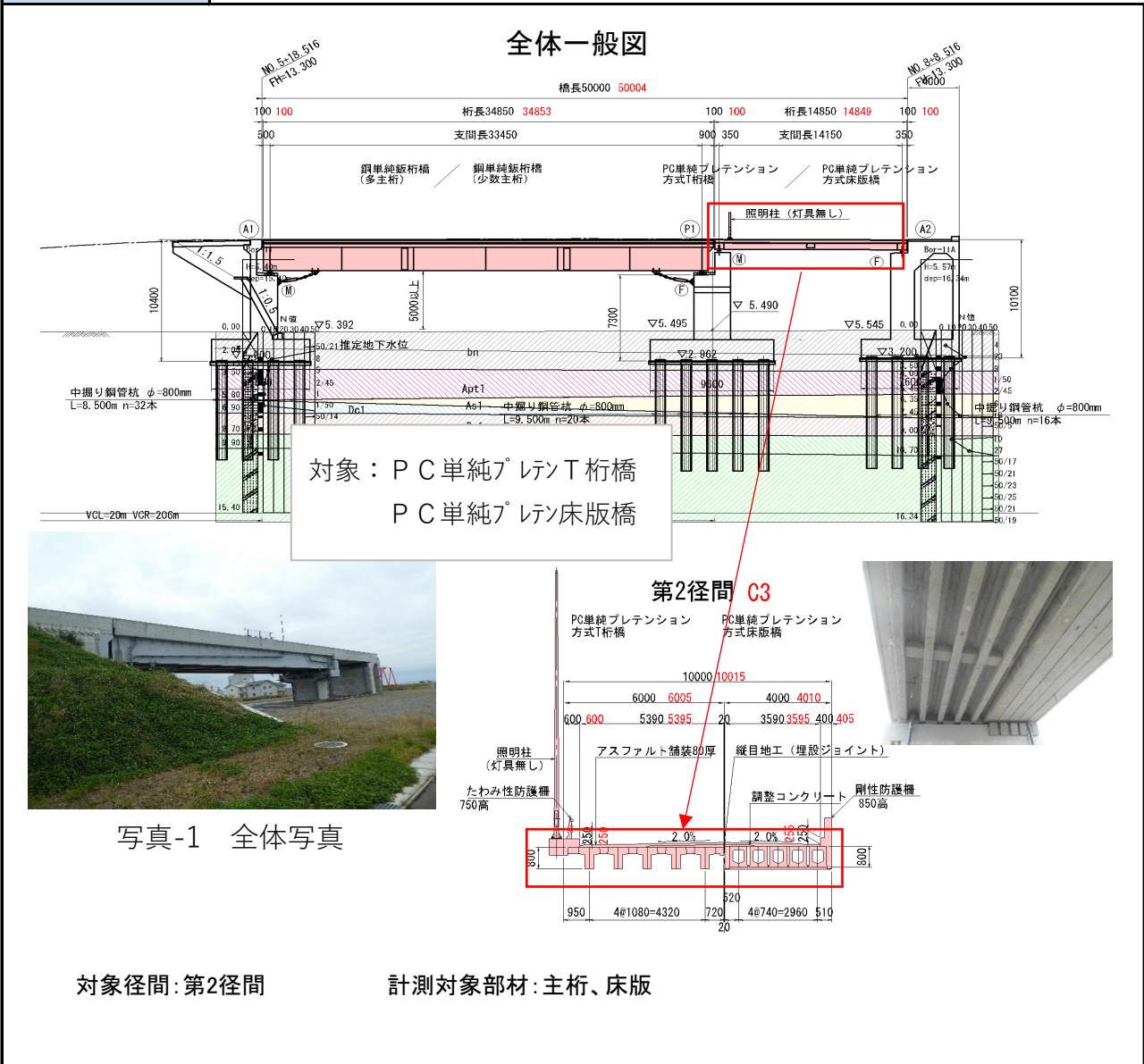
試験日 令和5年 11月 29日 天候 晴れ 気温 20.3 °C 風速 10.9 m/s

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 剥離・鉄筋露出 試験区分 現場試験

試験で確認する  
カタログ項目 動作確認(精度を除く)

対象構造物の概要





- ① 機器の搬入(地上型レーザースキャナ、三脚)(写真-2)
- ② 測定状況(PC単純プレテン床版橋部の撮影)(写真-3)
- ③ 測定状況(PC単純プレテン床版橋部の撮影)(写真-4)
- ④ 測定状況(PC単純プレテン桁橋部の撮影)(写真-5)
- ⑤ 計測終了後、撮影データを元に専用ソフトを使用し、損傷を特定する。


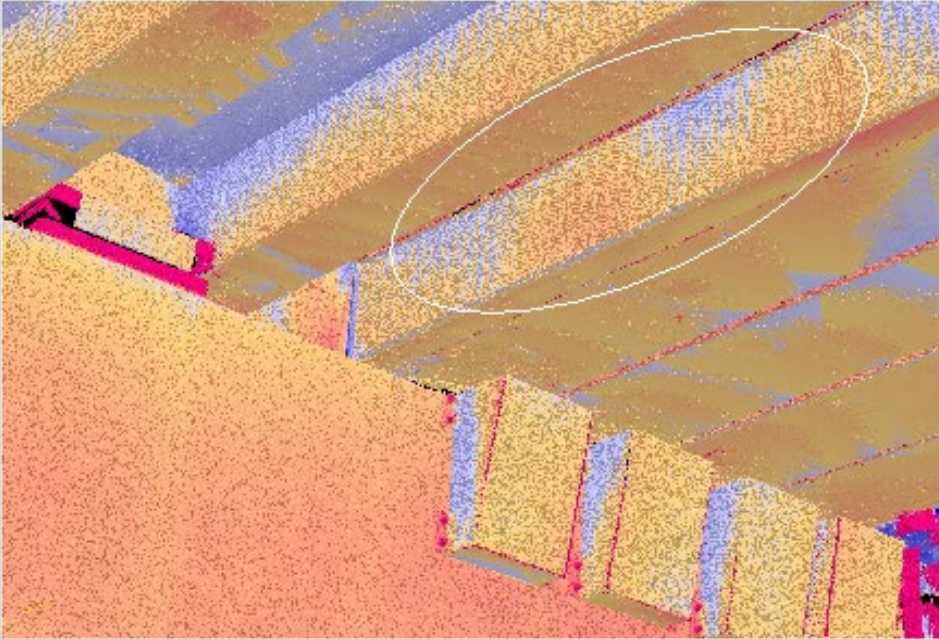
開発者による計測機器の設置状況



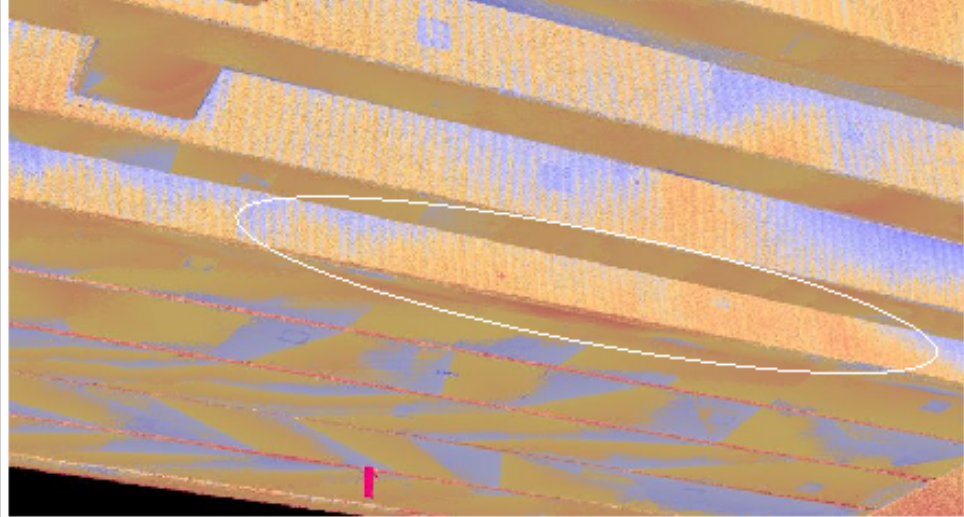


## ※計測結果:



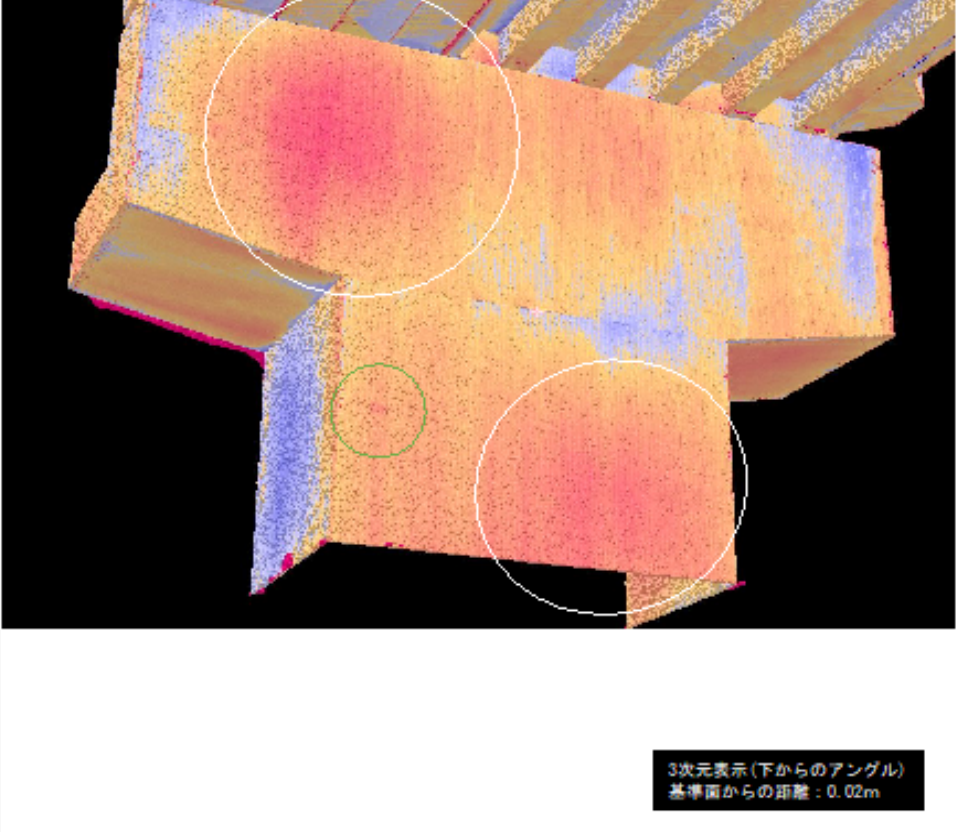

## 計測情報

- ・機器(地上型レーザースキャナ)設置回数:19回
- ・測定時間等:準備(9分)、測定(43分)・・・計52分
- ・測定モード:スキャン密度 12mm@10m
- ・最大測定距離:130m
- ・スキャン+写真撮影時間:1分26秒
- ・点群数:95,275,360点(対象構造物のみ)、204,092,803点(計測全体)



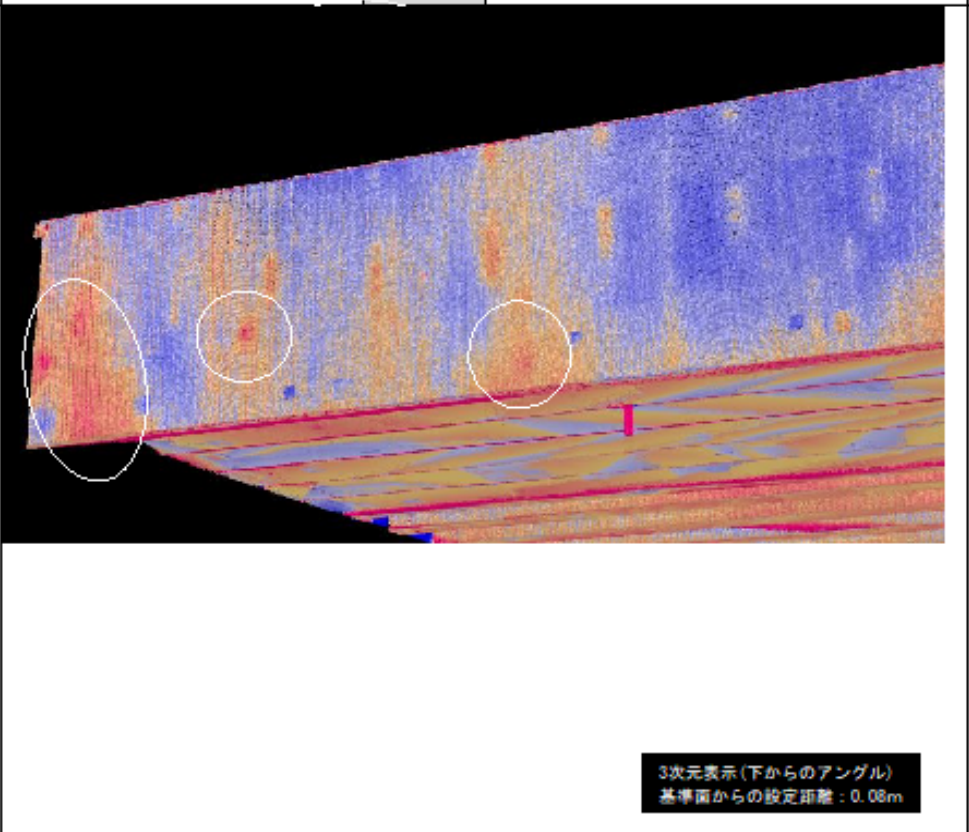
測点番号	部位	ホロー桁 HG1梁側面
全景 写真	接写 写真	
差分 解析		
考察	遊離石灰が確認されるものの差分解析での着色は確認できない。 <div style="text-align: right; background-color: black; color: white; padding: 2px;">3次元表示(下からのアングル)</div>	

測点番号		部位	ホロー桁 HG1梁側面
全景 写真			接写 写真 
差分 解析	 <div data-bbox="991 1442 1267 1496" style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-top: 10px;">           3次元表示(下からのアングル)            基準面からの距離: 0.02m         </div>		
考察	遊離石灰が確認されるものの差分解析での着色は確認できない。		

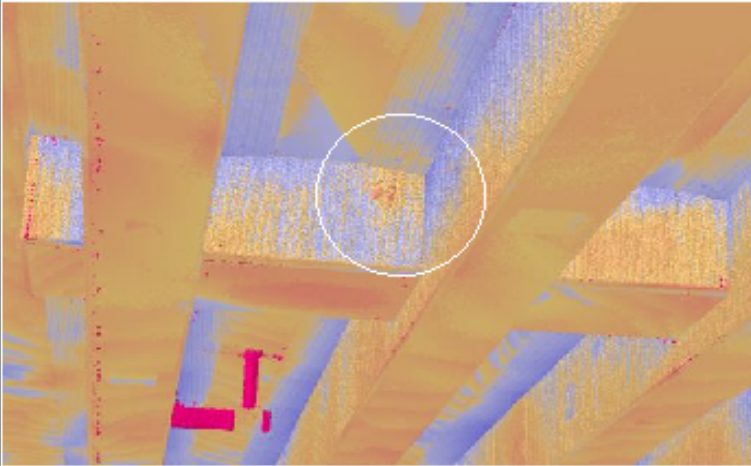
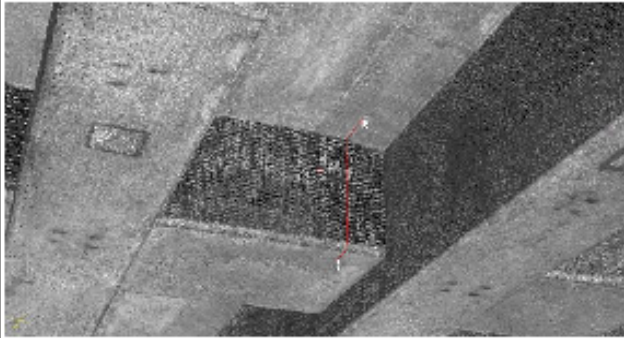
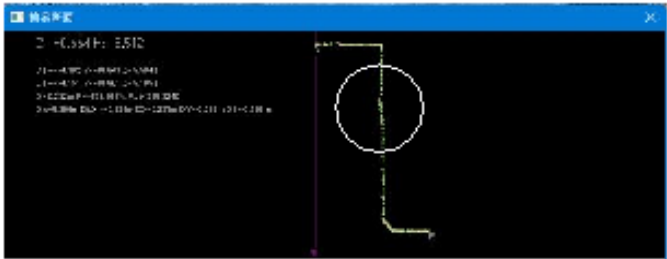


測点番号		部位	P1橋脚（終点側）
全景 写真		接写 写真	
差分 解析	 <p data-bbox="989 1411 1252 1467">3次元表示(下からのアングル) 基準面からの距離: 0.02m</p>		
考察	<p data-bbox="335 1507 694 1534">打設時のはらみと思われる箇所</p> <p data-bbox="335 1579 702 1606">緑の丸はカラーチャートを示す。</p>		



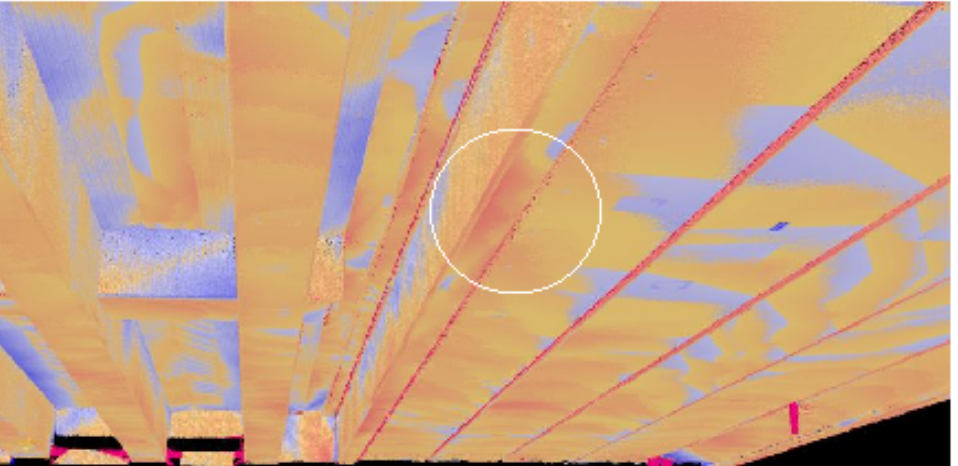


測点番号		部位	ホロー桁 HG5側壁(P1橋脚側)
全景 写真			接写 写真 
差分 解析	 <div data-bbox="975 1400 1257 1462" style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-top: 10px;">           3次元表示(下からのアングル)            基準面からの設定距離: 0.08m         </div>		
考察	現地打音調査で確認する箇所		

測点番号	部位	ホロー桁 HG5側壁(A1橋台側)
全景 写真		接写 写真 
差分 解析	 <p data-bbox="981 1411 1260 1478">3次元表示(下からのアングル) 基準面からの設定距離: 0.08m</p>	
考察	現地打音調査で確認する箇所	

測点番号	部位	PCT横桁 TG1-TG2間(P1側)
全景 写真	No photo	接写 写真
差分 解析	 	
考察	<p>現地打音調査で確認する箇所</p> 	

3次元表示(下からのアングル)  
基準面からの設定距離: 0.02m

測点番号	部位	ホロー桁 HG1梁側面
全景 写真		接写 写真 
差分 解析	 <div data-bbox="976 1422 1268 1482" style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-top: 10px;">           3次元表示(下からのアングル)            基準面からの設定距離: 0.02m         </div>	
考察	現地打音調査で確認する箇所	



測点番号	部位	ホロー桁 HG1梁側面
全景 写真	接写 写真	
差分 解析	 <div data-bbox="1002 1406 1289 1469" style="background-color: black; color: white; padding: 2px; font-size: small;">           3次元表示(下からのアングル)            基準面からの設定距離: 0.02m         </div>	
考察	<p>現地打音調査で確認する箇所</p>	

技術番号 BR020038

技術名 コンクリート中鉄筋の腐食測定機「Dr.CORR」

開発者名 飛島建設株式会社

試験日 令和6年 1 月 18 日

天候 曇り

気温 5.6 °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 非破壊検査技術

検出項目 コンクリート内部の鉄筋の分極抵抗、腐食速度

試験区分 現場試験

試験で確認するカタログ項目 動作確認(精度以外)

対象構造物の概要

1. 土木研究所所管 試験橋梁の概要

- ・構造形式: 鋼単純桁橋
- ・橋 長: 30.800m
- ・支 間: 30.000m
- ・有効幅員: 8.500m
- ・桁 高: 1.600m
- ・主桁間隔: 2.600m(4主桁)
- ・床版厚さ: 210mm

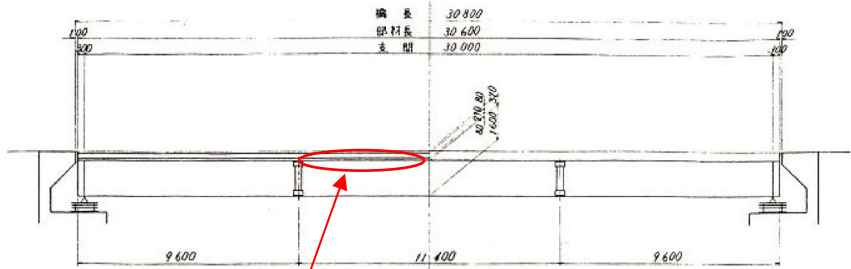


図-1 側面図

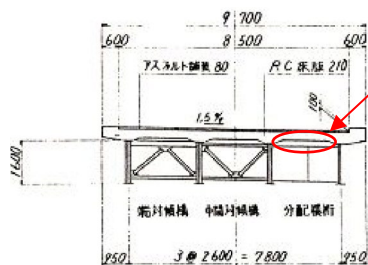


図-2 断面図

計測箇所 G3,G4桁間 支間中央付近 床版下面

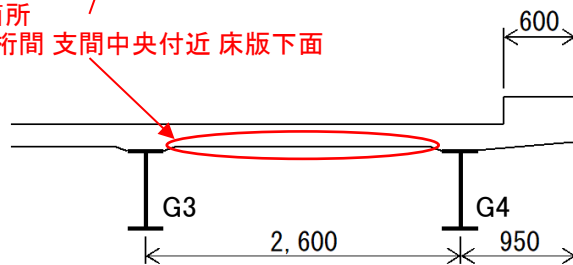


図-3 断面図(拡大)



写真-1 床版状況 (現場試験実施箇所)

- ① 測定対象の鉄筋コンクリート部材において、鉄筋の直上または直下に位置するコンクリート面へ測定プローブを3箇所設置する(設置間隔は1300mm以上、3箇所のうちの間中部が測定点となる)。設置箇所のコンクリート面はそれぞれ湿润状態とし、鉄筋位置についても事前に確認する必要がある。(写真-2~3)
- ② 測定プローブ設置箇所3箇所のうち、中間部の測定点にプローブ青黒(測定対極・測定照合電極)を、その両側にプローブ赤(印加対極)、プローブ緑(基準照合電極)を設置する。各プローブの電極面に粘着性ゲルを塗布し、コンクリート面と接着させる。測定プローブと測定器は有線接続する。(写真-4~6)
- ③ 測定器から測定プローブの対極間へ交流電流を印加し、照合電極間の電位差測定を解析(3電極方式による分極抵抗の計測)することで、電気的応答(インピーダンススペクトル)が得られる。(写真-7)
- ④ かぶり、鉄筋径、鉄筋間隔を入力することで腐食速度を算定する。(計測対象の鉄筋について腐食環境にあるかどうかを推定可能)
- ⑤ 腐食速度から「レベル1~レベル5」の腐食状態を判定する。

開発者による計測機器の設置状況

1. 機器の構成と設置

測定プローブ

- ①青黒:測定対極・測定照合電極
- ②赤:印加対極
- ③緑:基準照合電極

測定器

- ④7755型 鉄筋腐食測定機

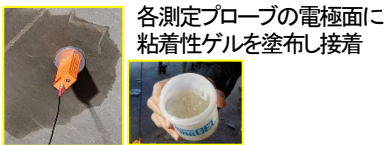


写真-2 鉄筋位置の確認

写真-3 測定プローブ設置箇所準備

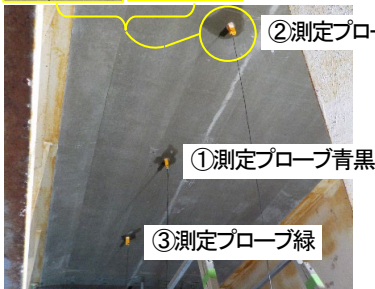


写真-4 測定プローブの接着

写真-5 測定プローブと測定器

写真-6 測定プローブと測定器の接続



→ 対極間への交流電流付加  
照合電極間の電位差測定により  
インピーダンススペクトルを取得  
コンクリート内部鉄筋の腐食速度を算定

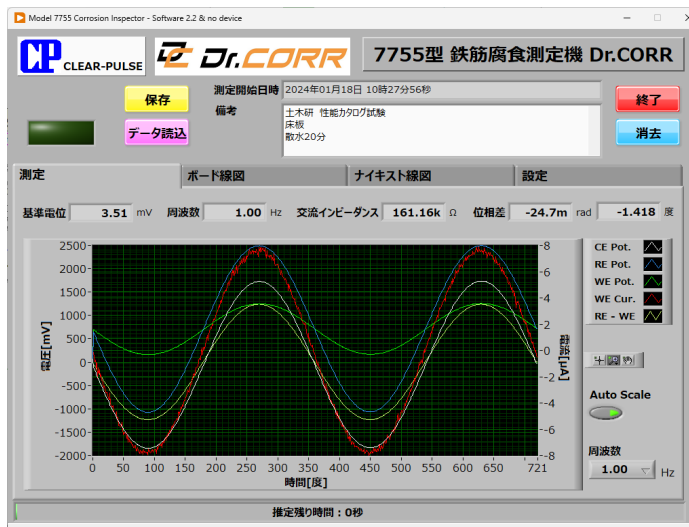
写真-7 測定結果・解析画面

## 1. 測定結果の解析

- 測定器から測定プローブの対極間へ交流電流を印加し、照合電極間の電位差測定を解析すると下記の「測定」、「ボード線図」、「ナイキスト線図」、「設定」タブに結果が表示される。各タブの概要を下記に示す。

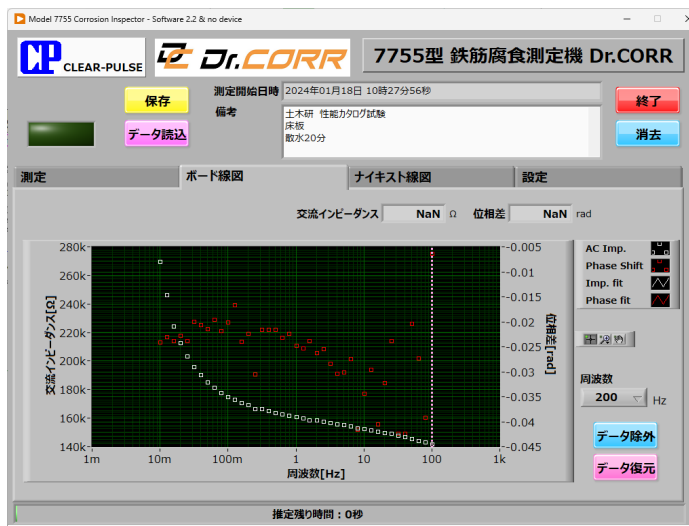
## 「測定」タブ

- 測定中に印加した電位と電流の波形を周波数ごとに確認できる画面である。
- 各プローブの電位や電流が正弦波となっていることを概形から把握できる。
- 各波形に幾重にも重なるノイズが十分小さいことを確認する。



## 「ボード線図」タブ

- 横軸が測定周波数 (Hz) で、縦第1軸がインピーダンスの絶対値 ( $\Omega$ )、縦第2軸が位相差 (rad) である。
- 明らかな外れ値がある場合には、この画面で除外できる。



## 「ナイキスト線図」タブ

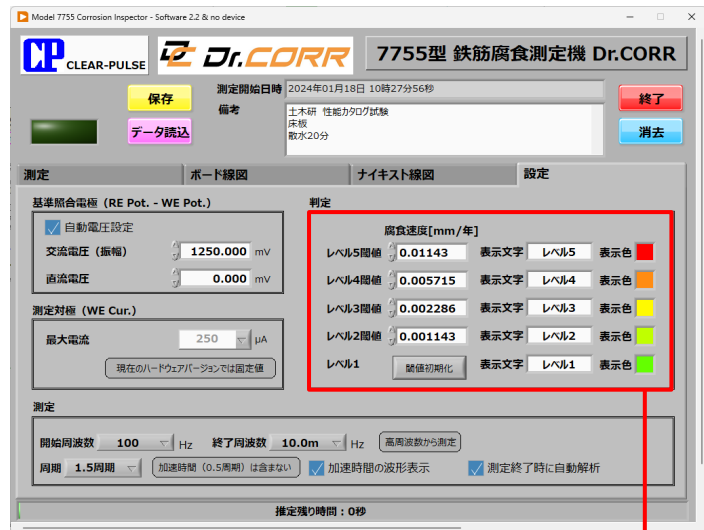
- 横軸がインピーダンスの実部 ( $\Omega$ )、縦軸が軸反転したインピーダンスの虚部 ( $\Omega$ ) である。
- かぶりや鉄筋径、鉄筋間隔、センサ径を入力し、分極抵抗 ( $\Omega \cdot \text{cm}^2$ ) を算出する。
- 分極抵抗を腐食速度に変換し、測定面積補正を施した値が「腐食速度」欄に表示される。
- 表示されるレベルは設定タブで設定した腐食速度のレベル分けに準じて表示される。





## 「設定」タブ

- 自動電圧設定のチェックボックスにチェックを入れることで、適切な交流電圧を自動で設定する。  
チェックを外すことで、マニュアル入力することも可能である。
- 判定の欄では各腐食速度に応じたレベルを設定しており、デフォルトではCEB(ヨーロッパコンクリート委員会)の分極抵抗基準を参考にした値が入力されている。
- 測定欄では測定周波数や測定周期を設定できる。



判定：CEB(ヨーロッパコンクリート委員会)の分極抵抗基準を参考にした値が入力されている

- ・レベル1：腐食無し  
腐食速度 0.001143mm/年 未満
- ・レベル2：腐食無し  
腐食速度 0.001143mm/年 以上 0.002286mm/年 未満
- ・レベル3：低～中程度の腐食  
腐食速度 0.002286mm/年 以上 0.005715mm/年 未満
- ・レベル4：中～高度の腐食  
腐食速度 0.005715mm/年 以上 0.01143mm/年 未満
- ・レベル5：激しい腐食  
腐食速度 0.01143mm/年 以上

## 2. 計測対象の鉄筋における腐食状態の判定

- 今回の試験で計測されたデータを解析し、得られた結果へかぶりや鉄筋径、鉄筋間隔およびセンサ径等の条件の入力を行い、分極抵抗を抵抗を算出のうえ、腐食速度へ変換を行った。  
その結果、前ページ「ナイキスト線図」タブに示す通り、腐食速度は0.000778339(mm/年)となり、CEB(ヨーロッパコンクリート委員会)の基準で「腐食無し(レベル1)」に該当していることから、計測対象の鉄筋における腐食環境について、健全であると推定される。

※今回、土木研究所 試験橋梁 で実施した試験結果より  
腐食速度は 0.000778339mm/年 となっている。

この値はCEB(ヨーロッパコンクリート委員会)の基準に  
照らし合わせると「腐食なし」に該当。

(計測対象の鉄筋における腐食環境について、健全であると推定される)

技術番号	BR020039
------	----------

技術名	コンクリート構造物の内部変状検知における弾性波トモグラフィ法	開発者名	先端インフラメンテナンス研究所
-----	--------------------------------	------	-----------------

試験日	令和6年 1 月 18 日	天候	晴れ	気温	7.3 °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	非破壊検査技術	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. 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)
- ・床版厚さ: 210mm

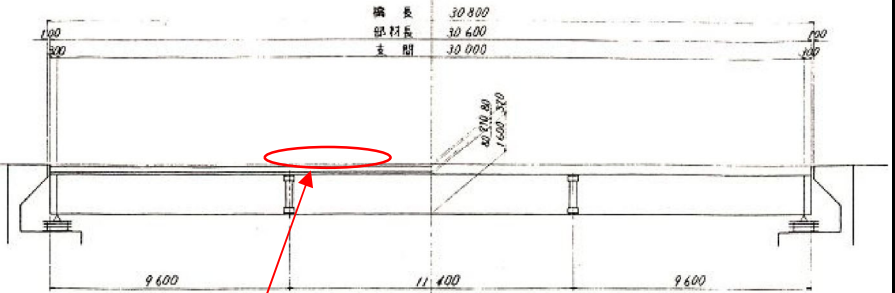


図-1 側面図

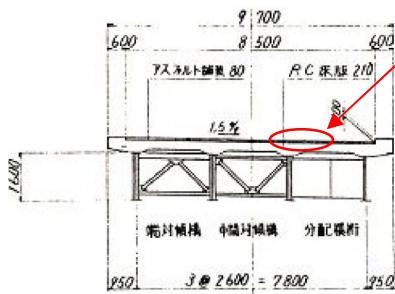


図-2 断面図

計測箇所  
G3,G4桁間 支間中央付近 床版下面

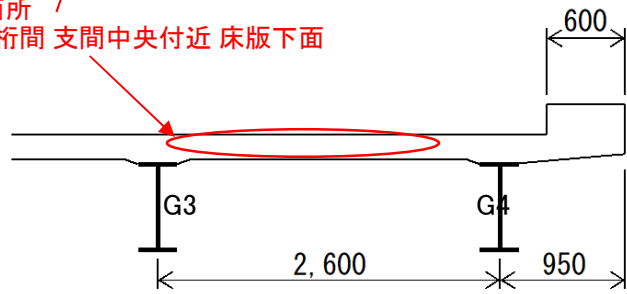


図-3 断面図(拡大)

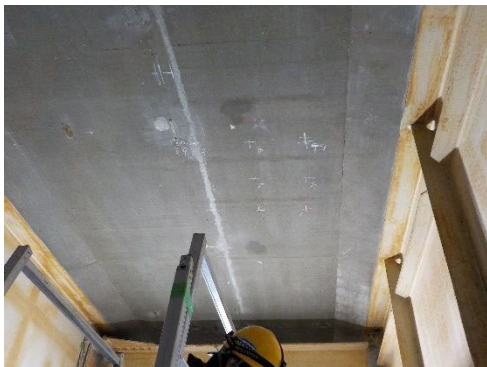


写真-1 床版状況  
(現場試験実施箇所)

試験方法(手順)	技術番号	BR020039
①	測定対象の鉄筋コンクリート床版下面において、AEセンサの配置箇所を決める(本現場試験では30cm間隔の格子状に9点配置、設置間隔は最大2m程度まで可能)。(写真-2)	
②	AEセンサのコンクリートとの設置面(感度面)へ、グルーガンを使用しシリコングリスを塗布し、コンクリート面と接着させる。AEセンサとデータ収録ユニットは有線接続する。(写真-4~7)	
③	測定対象箇所直上の舗装面を鋼球で打撃する。打撃点とAEセンサ間に変状がある場合、弾性波はその変状を迂回しセンサへ到着するため、見掛けの伝搬速度が低下する。これより、複数の打撃点から各センサへの弾性波伝播速度を計測することで、計測範囲内の変状箇所を特定することができる。(写真-8)	
④	トモグラフィ解析を実施することで、各部位の伝搬速度を取得し、弾性波伝搬速度の分布図を作成する。(写真-9)	
⑤	弾性波伝搬速度の分布図から鉄筋コンクリート床版の内部状態を広域的に2次元、3次元で可視化することができる。	

開発者による計測機器の設置状況

1. 機器の構成と設置

- ①AEセンサ
- ②データ収録ユニット(多ch対応)
- ③鋼球ハンマ(打撃用)



写真-2 AEセンサ配置箇所の位置決め

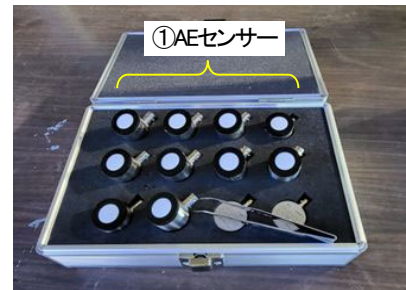


写真-3 AEセンサ



写真-4 コンクリートとの設置面にグルーガンでシリコングリスを塗布

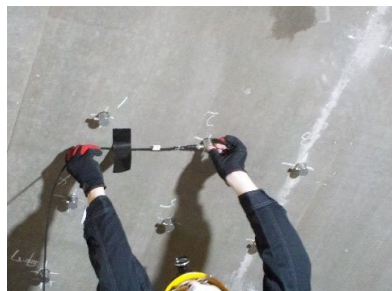


写真-5 AEセンサの設置  
データ収録ユニットへのケーブル接続



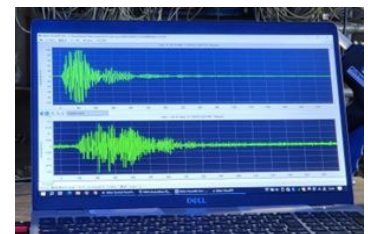
写真-6 AEセンサとデータ収録ユニットの接続



写真-7 AEセンサ設置状況(データ計測時)



写真-8 鋼球ハンマにより舗装面打撃



※各AEセンサ設置部位の伝搬速度を取得、弾性波伝搬速度の分布図を作成

写真-9 取得した受信波形

## 1. 計測

AEセンサを設置した床版の直上にあたるアスファルト舗装面で、鋼球ハンマを使用し打撃を行った。(写真-10) 打撃箇所は図-4に示す計25箇所であり、1箇所につき3秒間隔で3回打撃し、全てのAEセンサでAE信号を受信できるようにした。立ち上がりの良い波を伝搬させるため、衝撃を与えるように打撃を行った。

なお、打撃実施時には、打撃点近傍にトリガ用のAEセンサを置き、受信センサは同時計測となる設定にした。

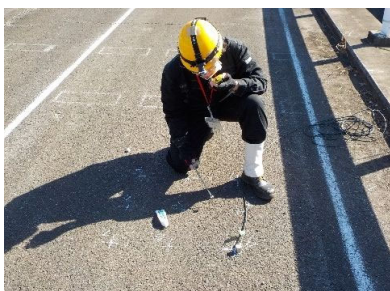


写真-10 測定対象箇所直上の  
舗装面打撃(弾性波発生)

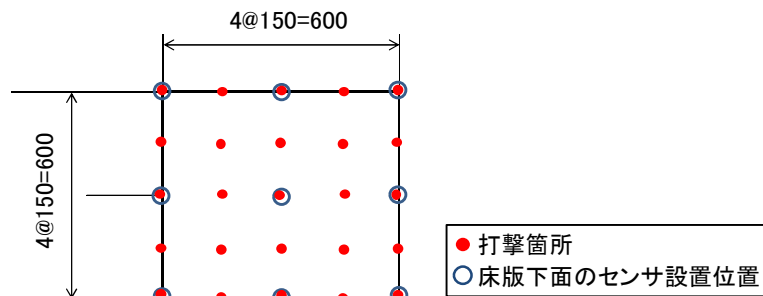
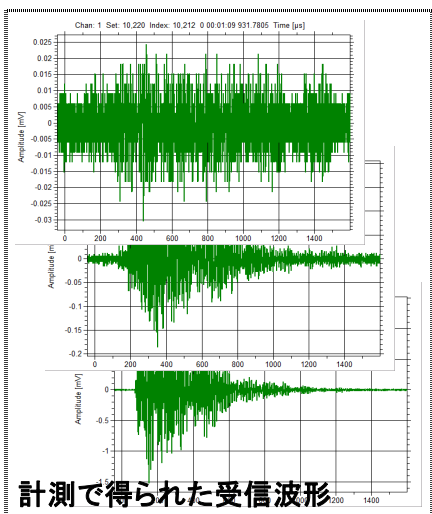


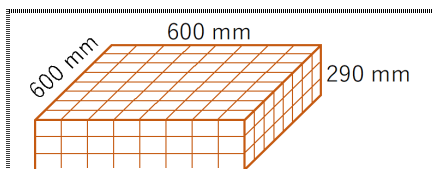
図-4 鋼球ハンマによる打撃位置

## 2. 計測結果

計測で得られた受信波形より、波の到達時間の情報を整理したファイルを作成し、解析モデルを定義して解析を実施した。解析モデルは測定対象の600mm×600mm×290mm範囲を8×8×3に分割し、計192の要素数とした。



計測で得られた受信波形



解析モデル(8×8×3=192要素)

下記は、床版内部の弾性波伝搬速度の分布をコンター図により示したものである。青いほどが速度が早く赤ほど速度が遅いことを表している。(図-5)

計測の結果、弾性波伝搬速度は健全なコンクリートの速度と同等であり、内部損傷は確認されなかった。

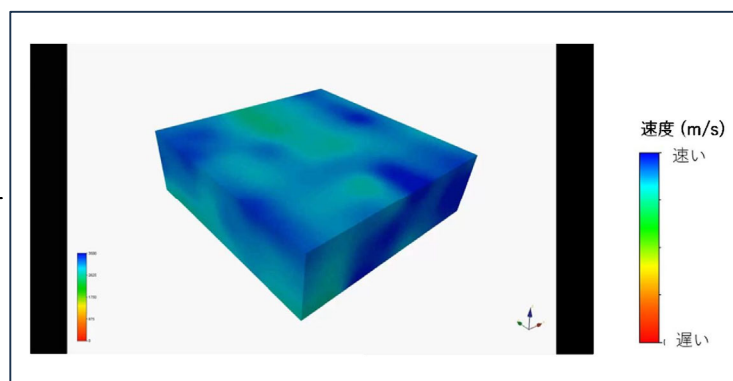


図-5 解析結果(床版内部の速度構造)



技術番号 BR020039

技術名 コンクリート構造物の内部変状検知における弾性波トモグラフィ法  
開発者名 先端インフラメンテナンス研究所

試験日 令和7年 1 月 23 日 天候 晴 気温 13.6 °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

起点側 終点側

2000 1000 500 250 500 1000 250 500 1000 1000 1000 1000 5000 250

土砂化(深) 水平ひびわれ 滞水 土砂化(深)

土砂化(浅) 水平ひびわれ 土砂化(浅) 滞水

1000

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	BR020039
① 機器の設置(写真-3、4)		
② AEセンサー設置位置の墨出し(写真-5)		
③ AEセンサとケーブル設置(写真-6)		
④ 橋面の打撃(写真-7)		
⑤ データ確認と分析(写真-8)		

開発者による計測機器の設置状況



写真-3: AEセンサ

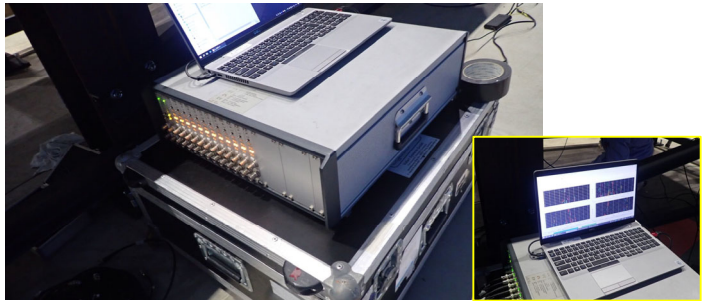


写真-4: AE信号収集装置と計測モニタ



写真-5: 墨出し



写真-6: センサとケーブル設置



写真-7: 橋面打撃

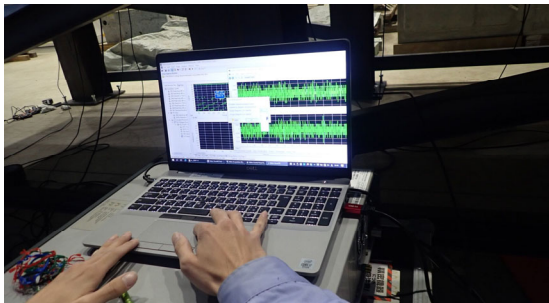


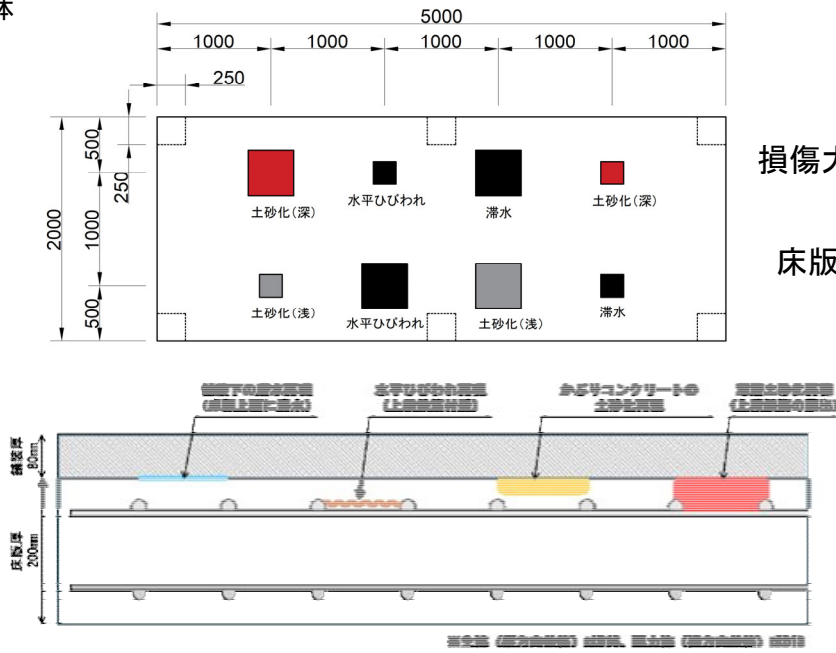
写真-8: データ確認状況

比較対象を得るため、  
立会者による計測機器の設置状況

技術番号

BR020039

※検証供試体



損傷大: 400mm × 400mm

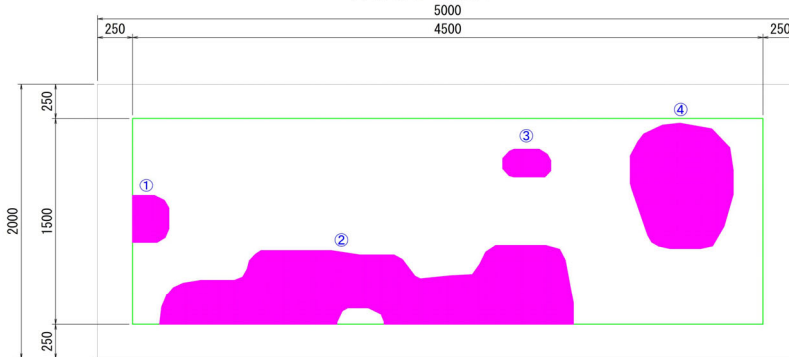
床版厚: 20cm

計測結果の比較

※計測結果

■データ取得手段: AEセンサー、舗装上面打撃 ■移動距離: 徒歩5m

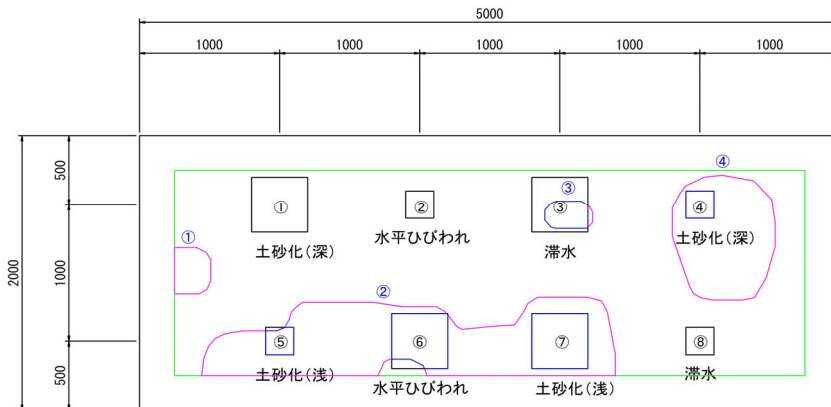
床版調査結果



計測値 (誤検出含む)

	面積 (m <sup>2</sup> )	損傷区分
①	0.081	-
②	1.294	-
③	0.061	-
④	0.558	-
Σ	1.994	(C)

真値との比較合わせ図



正解損傷面積

	面積 (m <sup>2</sup> )	損傷区分
①	0.000	土砂化 (深)
②	0.000	水平ひびわれ
③	0.057	滞水
④	0.040	土砂化 (深)
⑤	0.037	土砂化 (浅)
⑥	0.146	水平ひびわれ
⑦	0.160	土砂化 (浅)
⑧	0.000	滞水
Σ	0.440	(A)

真値 (正解値)

	面積 (m <sup>2</sup> )	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 = 55% (当該技術で検出した正解損傷面積: A / 正解損傷面積: B)

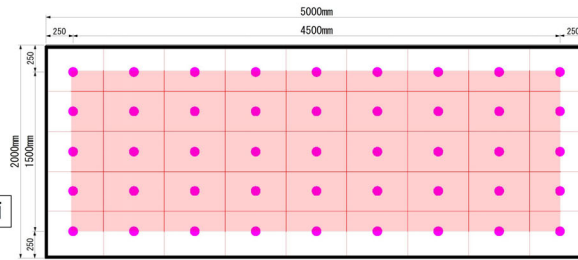
的中率 = 22% (当該技術で検出した正解損傷面積: A / 当該技術で検出した損傷面積 (誤検出含む): C)

## ※計測結果

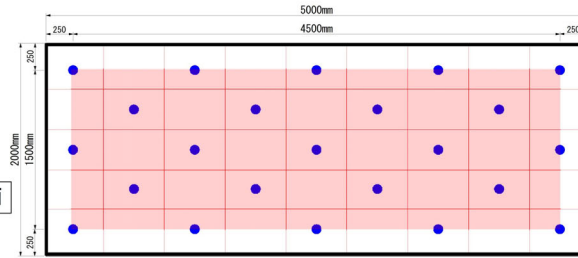
## 計測および解析条件

- : 打撃点 (床版上面)
- : センサ (床版下面)
- : 解析領域 (評価範囲)

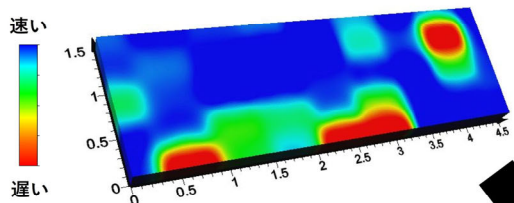
床版上面



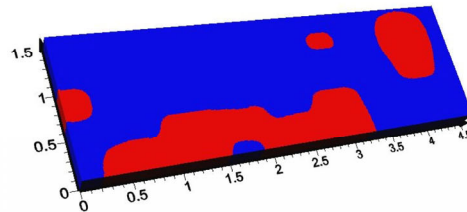
床版下面



## 解析結果

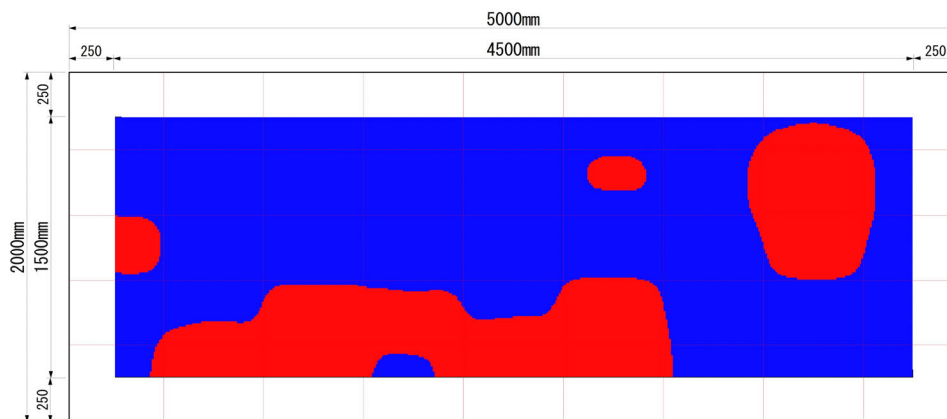


二値化



## 解析結果

- : 推定健全範囲
- : 推定不具合範囲





技術番号	BR020040
------	----------

技術名	床版内部健全度マッピング	開発者名	株式会社東芝
-----	--------------	------	--------

試験日	令和6年 1 月 18 日	天候	曇り	気温	13.9 °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	非破壊検査技術	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. 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)
- ・床版厚さ: 210mm

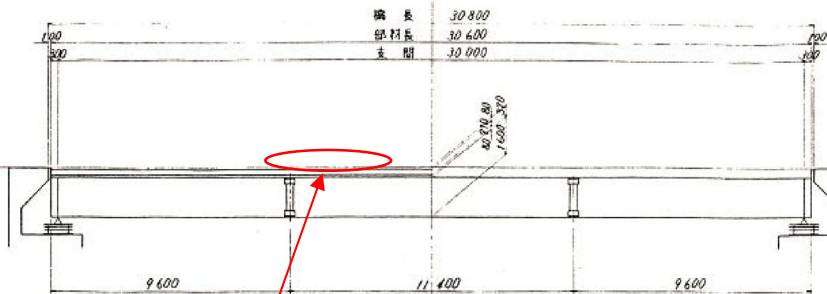


図-1 側面図

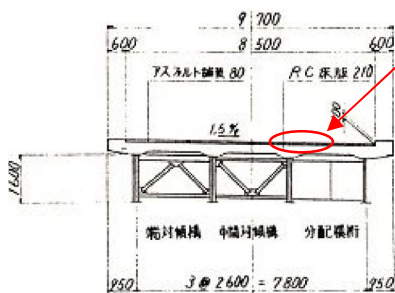


図-2 断面図

計測箇所  
G3,G4桁間 支間中央付近 床版下面

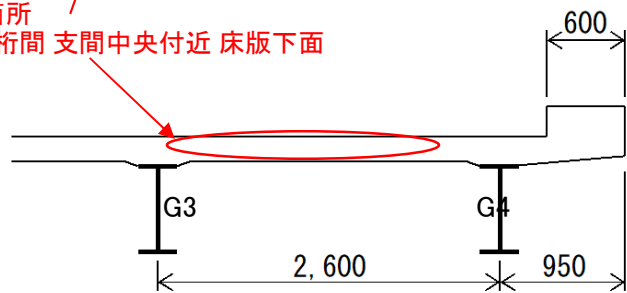


図-3 断面図(拡大)



写真-1 床版状況  
(現場試験実施箇所)

- ① 測定対象の鉄筋コンクリート床版下面において、計測対象領域を囲うようにAEセンサの配置箇所を決める(本現場試験では80cm間隔の3×3の格子状に9箇所配置)。(写真-2,5)
- ② AEセンサをセンサホルダに取り付け、床版下面へ配置する。各AEセンサはグリース(信越シリコーンHIVAC-G)を介して床版下面に接触させ、センサホルダと床版下面は粘着テープにより固定する。AEセンサと計測装置間は有線接続する。(写真-3~6)
- ③ センサ設置および配線が完了した時点で、センサの感度確認を行い、設置状態を確認する。センサ近傍でシャープペンシルの芯を圧折するPLB(Pencil Lead Break)試験を実施し、感度確認を行う。(写真-7)
- ④ 測定対象箇所直上の舗装路面を車両(本現場試験ではトヨタハイエースワゴン(車両総重量 約2.6t))により繰り返し走行させ、路面側で発生した弾性波を床版下面に設置したAEセンサで検出する。複数のAEセンサで検出された弾性波の各センサへの到達時刻の差から、弾性波源の位置を評定し、弾性波源密度の連続的な分布を算出する。(写真-8)
- ⑤ センサ間隔が広い場合や計測領域の端部等、弾性波源密度が実際より低くなる傾向がある部分について補正を行ったうえで、床版内部の変状のマップ化を行う。

開発者による計測機器の設置状況

1. 機器の構成と設置

- ①AEセンサ
- ②センサホルダ
- ③AE計測装置
- ④ノートパソコン

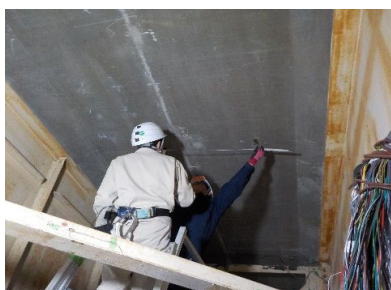


写真-2 AEセンサ配置箇所の位置決め



写真-3 AEセンサとセンサホルダ

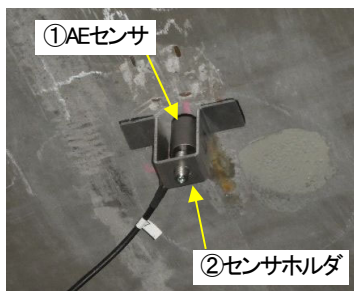


写真-4 AEセンサをセンサホルダに設置

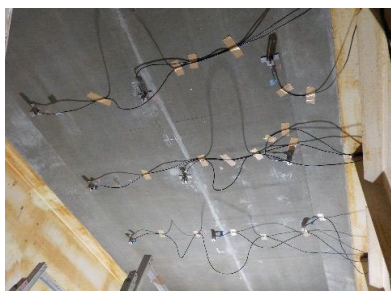


写真-5 AEセンサ・センサホルダの設置状況



写真-6 AEセンサと計測装置の接続

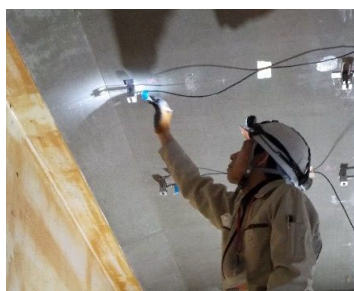


写真-7 センサの感度確認(PLB試験)



写真-8 路面上を車両で繰り返し走行させ、発生した弾性波を床版下面のAEセンサで検出

・本支援技術における計測作業の流れは下記のとおりである。

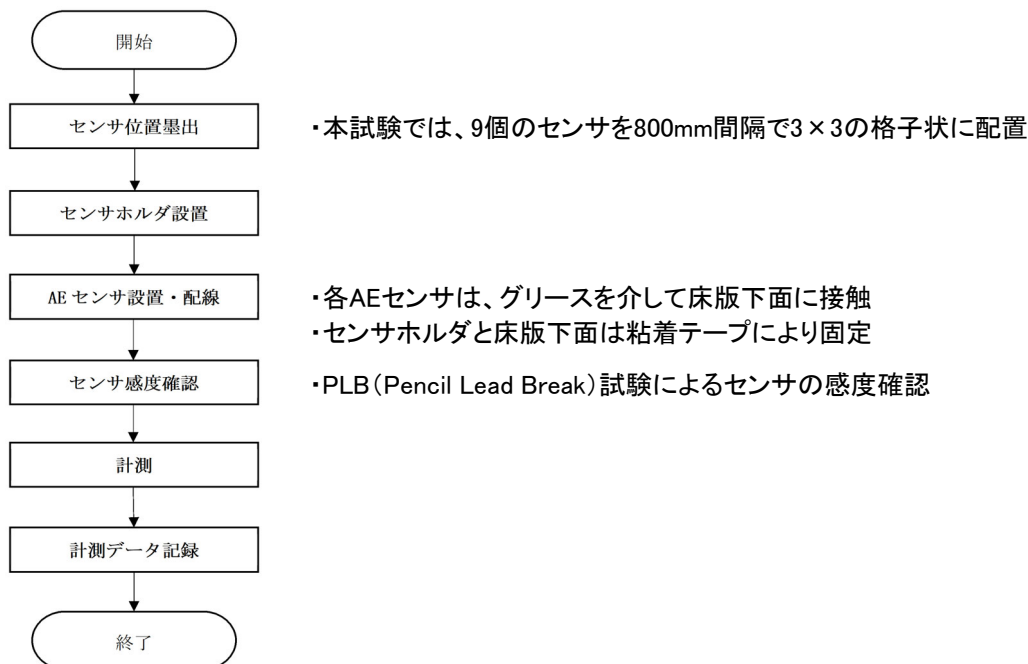


図-4 計測作業の流れ

・本試験で使用した主要な計測器具の仕様は下記に示す。

表-1 主要な計測器具の仕様

種別	形式・製造会社	単位	数量	備考
A E 計測装置	AMSY-6 MB19	1	台	本体サイズ：480x170x510 mm 重量：11kg AC100V-5A
	Vallen			
A E センサ	AE503SA40-BNC 富士セラミックス	9	個	50kHz 共振型 A E センサ (アンプ内蔵型)
ノート P C	Toughbook Panasonic	1	台	AC100V-1A

・センサ設置および完了時に、PLB(Pencil Lead Break)試験によるセンサの感度確認を実施している。  
各センサの振幅のばらつきは2.5dBの範囲内に収まっており、設置状況は良好であることを確認している。

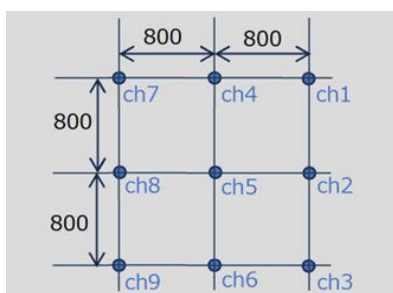


図-5 AEセンサ位置図

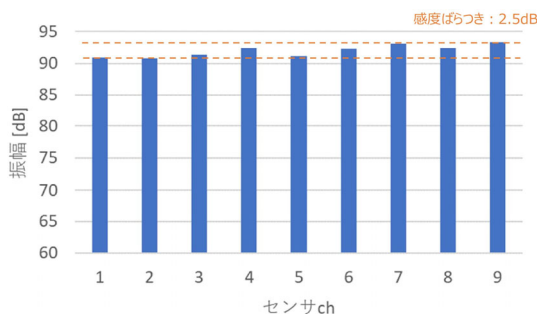


図-6 計測時センサ感度

## 1. 評価方法

- AE計測による床版の評価方法のイメージを図7に健全性評価のフローを図-8に示す。
- 本支援技術は、路面側で発生した弾性波を床版下面に設置したAEセンサで検出する。
- 複数のAEセンサで検出された弾性波の各センサへの到達時刻の差から、弾性波の発生位置を標定することができる。
- 健全な床版では、標定される弾性波源の分布が平面内で一様となる。一方で、床版内に損傷がある場合、損傷により弾性波の伝搬が妨げられるため損傷を有する部分において標定される弾性波源が減少する。これを利用して、計測により得られた弾性波源密度分布から、床版内部の損傷を検出することができる。
- 図-8 健全性評価のフローに沿って、AE計測により得られたデータを用い各弾性波源の位置を標定する。位置標定の結果から、弾性波源密度の連続的な分布を算出する。
- 計測で得られた弾性波源分布は、計測期間中の通過車両数が多いほど高密度となるため、異なる計測間でそのまま比較することができない。このため、異なる計測間で比較できるように、計測期間中に計測箇所を通過した車両数で弾性波源密度分布を正規化する。
- また、位置標定による弾性波源分布は、センサ配置に応じた偏りを持つ場合があり、弾性波源からセンサが遠いほど、伝搬の際の減衰が大きくなるため、特にセンサ間隔が広い場合や計測領域の端部等で密度が実際よりも低く出る傾向がある。このため、補正により密度が低下しやすい部分の密度をかき上げし、密度の偏りを緩和する。
- これらの分布補正を実施し、最終的な変状マップ(健全度マップ)が得られる。

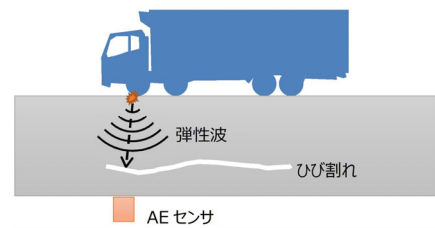


図-7 床版の評価方法のイメージ

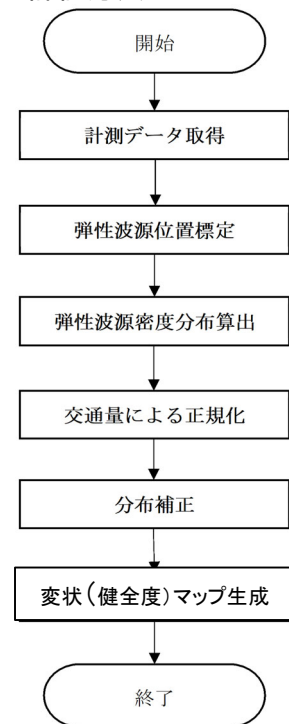


図-8 健全性評価のフロー

## 2. 評価結果

- 今回の計測では、車両が107回通過した分のデータが得られた。
- 床版内部変状を評価した結果を図-9に示す。計測データより、位置標定された弾性波源の分布が得られそこから算出により変状マップが生成される。

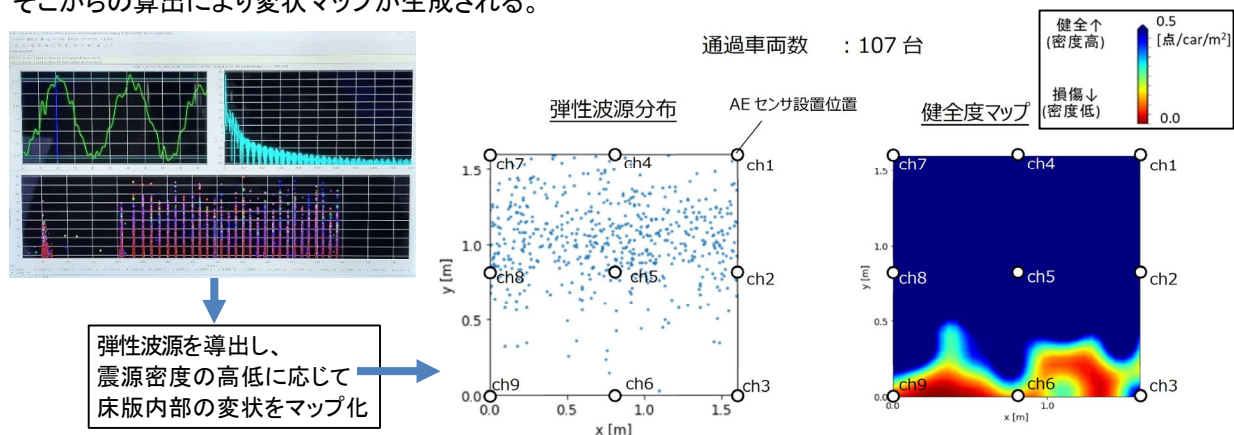


図-9 評価結果(弾性波源分布および健全度マップ)

- 土木研究所の試験橋梁において、床版変状マッピング技術の現場試験を実施し、作業手順や動作を確認した。実車両通過時の弾性波を計測し、床版内部の変状マップ(健全度マップ)を生成した。



技術番号	BR020040
------	----------

技術名	床版内部健全度マッピング	開発者名	株式会社東芝
-----	--------------	------	--------

試験日	令和2年 2 月 25 日	天候	晴れ	気温	- °C	風速	- m/s
-----	---------------	----	----	----	------	----	-------

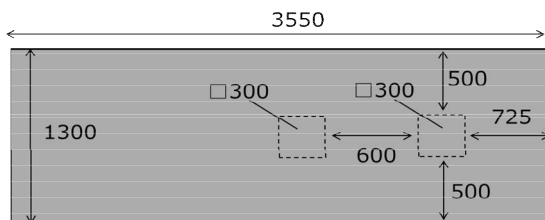
試験場所	試験場(兵庫県)						
------	----------	--	--	--	--	--	--

カタログ分類	非破壊検査技術	カタログ	検出項目	その他(床版劣化)	試験区分	-
--------	---------	------	------	-----------	------	---

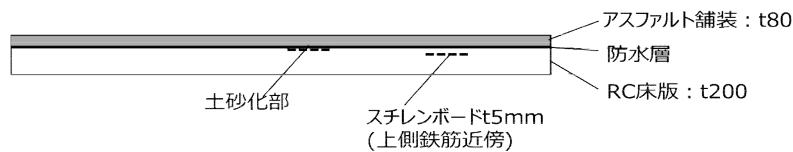
試験で確認する カタログ項目	計測精度
-------------------	------

### 対象構造物の概要

供試体仕様

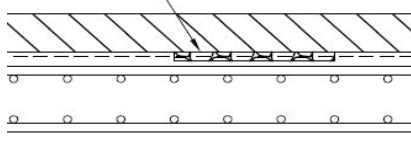


供試体外観



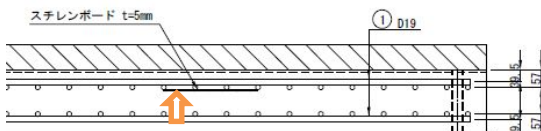
#### 土砂化部

砂利袋 設置



#### スチレンボード部

- ・模擬ひびわれ: スチレンボード(t5mm)を上側鉄筋近傍に設置。
- ・滞水ひびわれ: 溶剤によりスチレンボードを溶解し、ひびわれに溶剤を充填。



溶剤(リモネン)注入によりスチレンボードを溶解



- ① 各種変状(健全、土砂化、模擬ひびわれ、滞水ひびわれ、空隙の5種)を有した供試体を準備する。(写真-1)
- ② 計測対象の床版下面にAEセンサを設置する。(写真-2)
- ③ 計測対象の舗装面を鋼球打撃し、発生した弾性波を計測する。(写真-3)
- ④ 模擬損傷の寸法(図-1)
- ⑤ 弾性波源密度分布から各種変状の検出率、的中率を求めた。

開発者による計測機器の設置状況

①供試体準備



写真-1

②AEセンサ設置



写真-2

③舗装面を鋼球打撃



写真-3

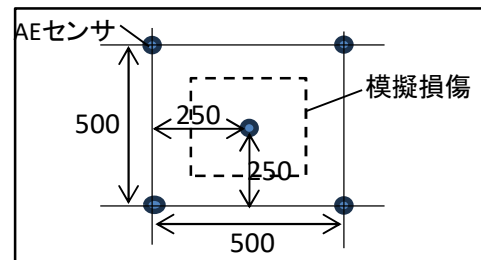
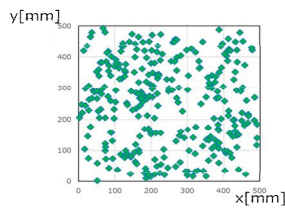


図-1

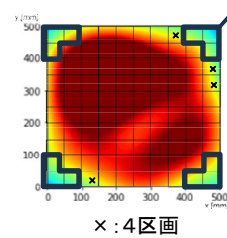
健全部 損傷なし(損傷未検出)

※4隅の12区画は、原理上精度が低くなるため、今回の評価から

## 弾性波源位置標定結果



## 弾性波源密度分布

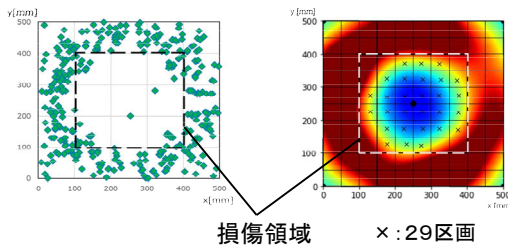
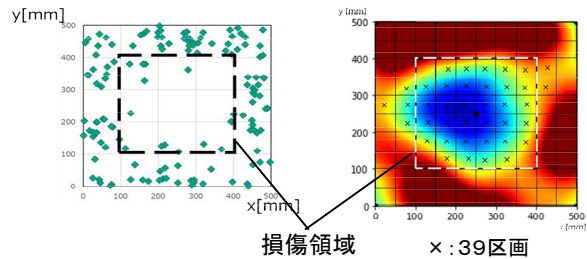
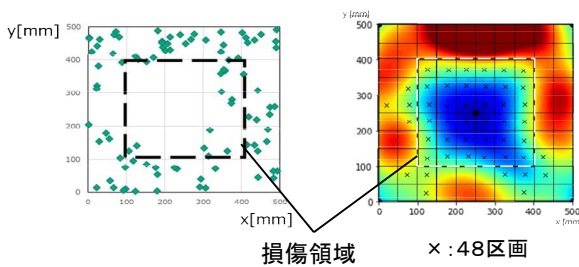
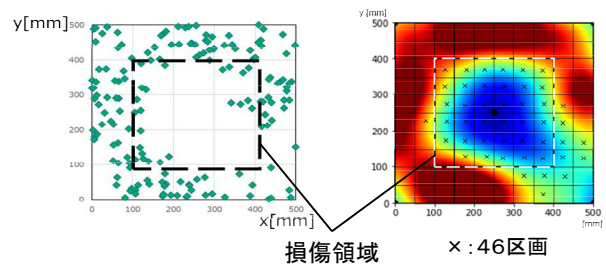


弾性波源密度  
高 = 健全  
判定閾値  
低 = 損傷

判定閾値を下回る面積が50%以上の区画を損傷と判定。(図中×印) 損傷領域44%(36/88区画)に対して、±20%(22~56区画)の範囲を正しく検出できたと判定

5種の供試体で検証。

- ・健全 0/0(損傷未検出)
- ・土砂化 1/1
- ・模擬ひびわれ 1/1
- ・滞水ひびわれ 1/1
- ・空隙 1/1

土砂化部 損傷検出模擬ひびわれ部 損傷検出滞水ひびわれ部 損傷検出空隙部 損傷検出

技術番号 BR020040

技術名 床版内部変状マッピング 開発者名 株式会社東芝

試験日 令和7年 1 月 21 日 天候 曇り 気温 9.5 °C 風速 - m/s

試験場所 国土技術政策総合研究所 部材保管用施設

カタログ分類 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

全体一般図

損傷大: 400mm × 400mm

床版厚: 20cm

起点側 終点側

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	BR020040
① AEセンサーの設置(写真-3、4、5)		
② AEセンサーの感度確認(PLB法)(写真-6)		
③ 舗装上面の打撃による弾性波をAEセンサーにより検出(写真-7)		
④ 検出データの確認(写真-8)		
⑤ データ分析による損傷図作成		

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: 感度確認

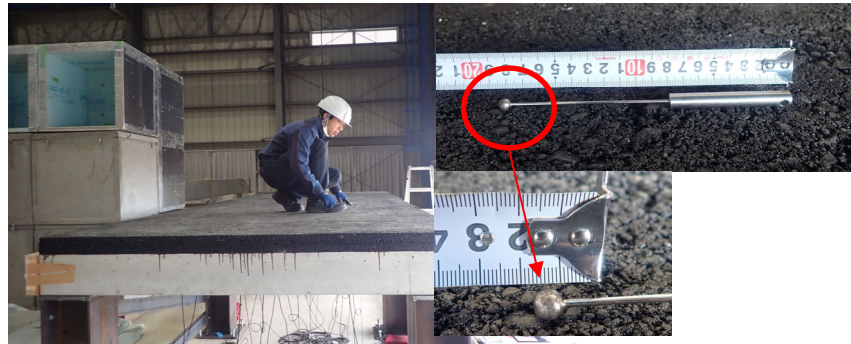


写真-7: 打撃状況と鋼球



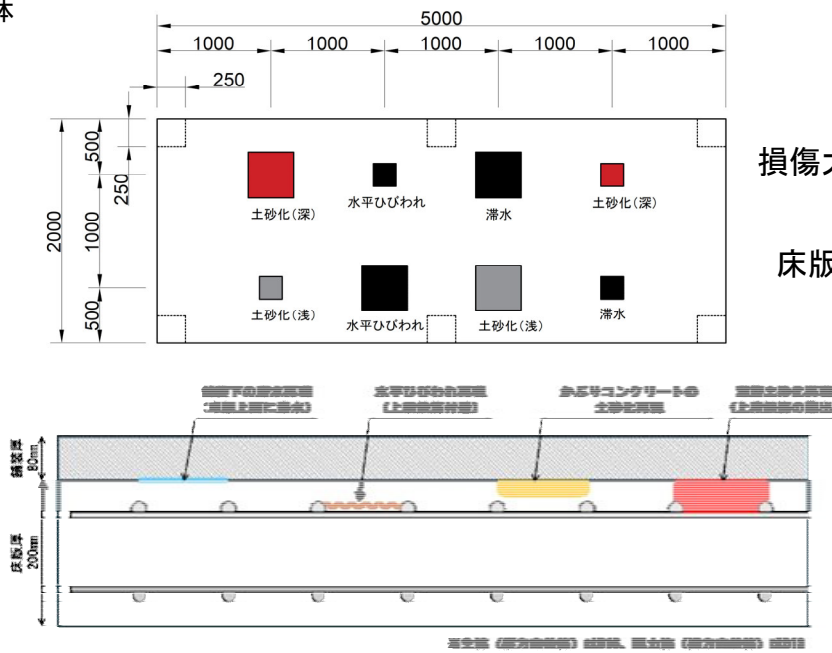
写真-8

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

BR020040

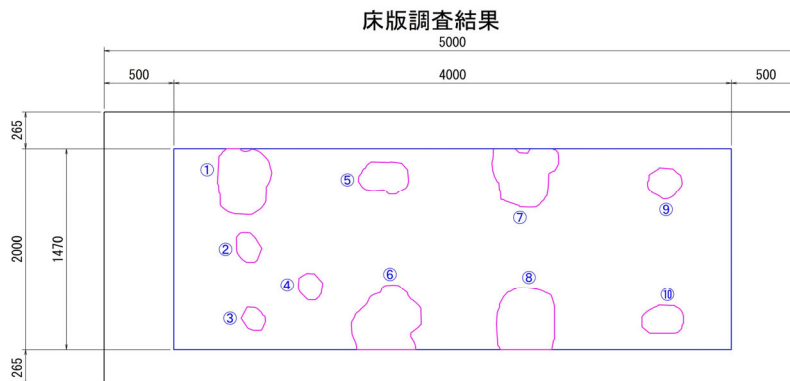
※検証供試体



計測結果の比較

※計測結果

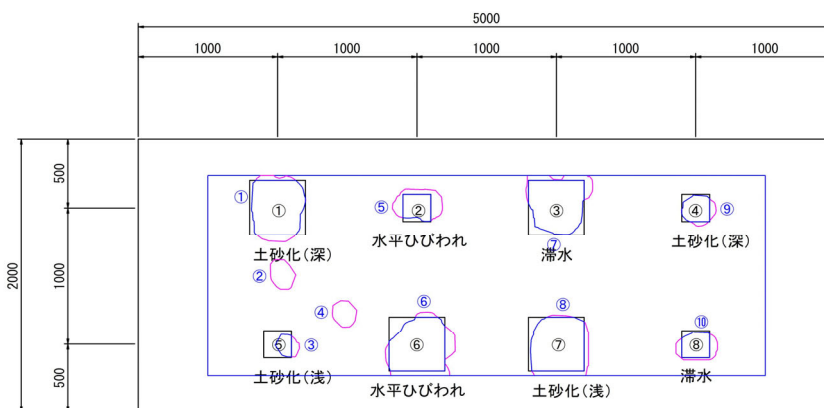
■データ取得手段: AEセンサー、舗装上面打撃 ■移動距離: 徒歩5m



計測値 (誤検出含む)

	面積 (m <sup>2</sup> )	損傷区分
①	0.156	-
②	0.030	-
③	0.021	-
④	0.026	-
⑤	0.068	-
⑥	0.180	-
⑦	0.160	-
⑧	0.170	-
⑨	0.042	-
⑩	0.052	-
Σ	0.905	(C)

真値との比較合わせ図



正解損傷面積

	面積 (m <sup>2</sup> )	損傷区分
①	0.139	土砂化(深)
②	0.036	水平ひびわれ
③	0.138	滞水
④	0.034	土砂化(深)
⑤	0.015	土砂化(浅)
⑥	0.142	水平ひびわれ
⑦	0.145	土砂化(浅)
⑧	0.036	滞水
Σ	0.685	(A)

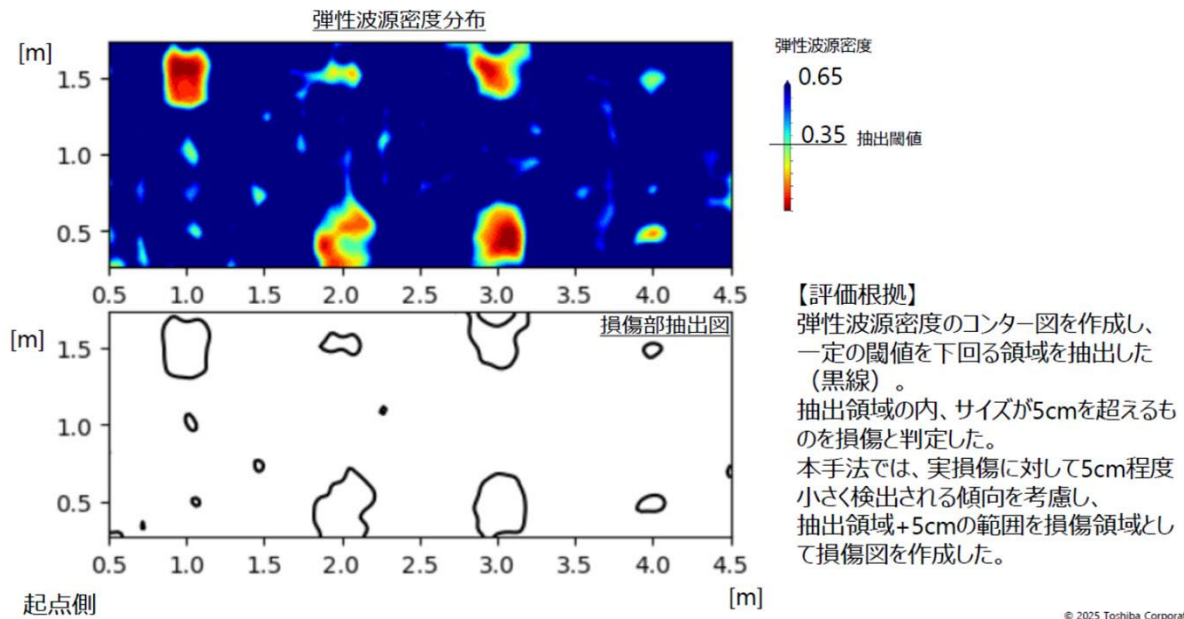
真値 (正解値)

	面積 (m <sup>2</sup> )	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=86%(当該技術で検出した正解損傷面積/正解損傷面積)

的中率=76%(当該技術で検出した正解損傷面積/当該技術で検出した損傷面積(誤検出含む))

## ※計測結果



技術番号 BR020041

技術名 RC床版劣化・損傷検出システム(鉄筋コンクリート内部ひびわれ検出システム) 開発者名 技建開発株式会社

試験日 令和2年 7月 20日 天候 晴れ 気温 32.0 °C 風速 1.8 m/s

試験場所 某橋梁(長野県)

カタログ分類 非破壊検査技術 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

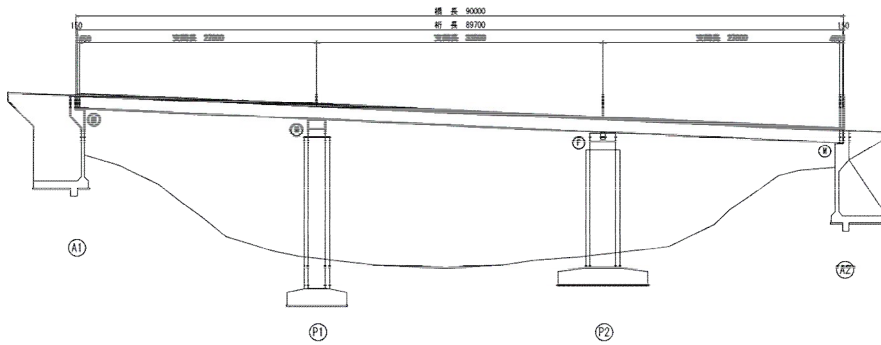
対象橋梁概要

橋種: 鋼3径間連続鈹桁橋  
橋長: 90.0m  
支間長: 27.8m + 33.5m + 27.8m  
有効幅員: 車道 7.5m 歩道 1.5m  
竣工年月: 1973年(共用後、47年経過/測定時)

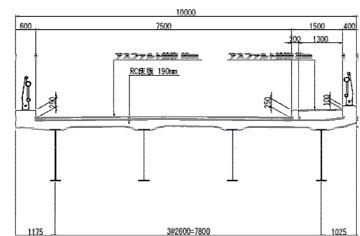


写真-1: 橋梁全景

側面図 S=1:200



断面図 S=1:50



手前が起点側

写真-2: 正面(起点より撮影)



手前が起点側

写真-3: 桁下(起点より撮影)



試験方法(手順)	技術番号	BR020041
①	測定車(電磁波レーダを搭載した車両)を指定の駐車場で作動確認する。(写真-4、写真-5、写真-6)	
②	測定車内のPCで測定データを確認する。(写真-7)	
③	測定車で対象橋梁を走行(橋梁を2往復) 速度:40km/h	
④	測定データを測定車内のPCに送信する。	
⑤	測定データの解析処理を行い損傷の有無を確認する。	

開発者による計測機器の設置状況



写真-4:測定車①



写真-5:測定車②



写真-6:電磁波レーダ アンテナ



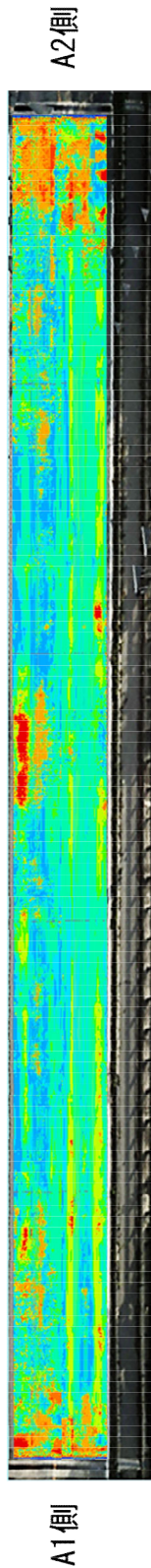
写真-7:測定車内PC

- ※ 測定速度: 40km/h
- ※ 測定-解析結果

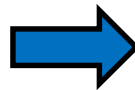
調査対象橋梁の上空視点 (オロン) 画像



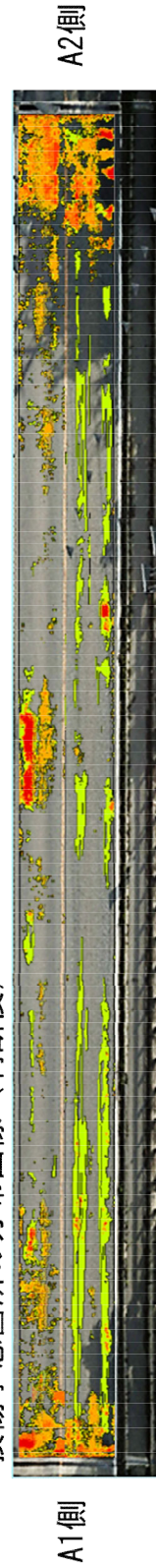
解析結果 (機械学習処理後) の分布画像



機械学習の処理により測定データをデータの類似性をもとにグループ分けが行われる。  
解析結果は、機械学習処理後の各グループに対して着色した分布図。



損傷予想箇所の分布画像 (判断後)



分布の形状、分布の規則性をもとに損傷箇所の判断を行い、損傷予想箇所の分布を示す。

※ 画像中の着色は「特定の損傷の種類」「損傷の強度」を示すものではありません。

技術番号 BR020041

技術名 RC床版劣化・損傷検出システム(鉄筋コンクリート内部ひびわれ検出システム)

開発者名 技建開発株式会社

試験日 令和7年 1 月 14 日 天候 晴れ 気温 5.7 °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

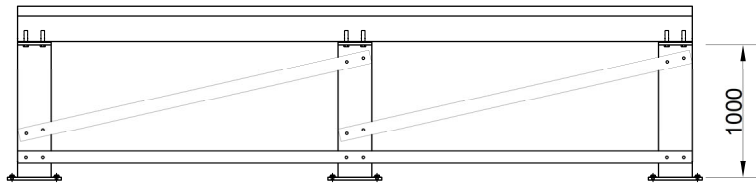
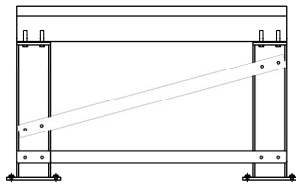
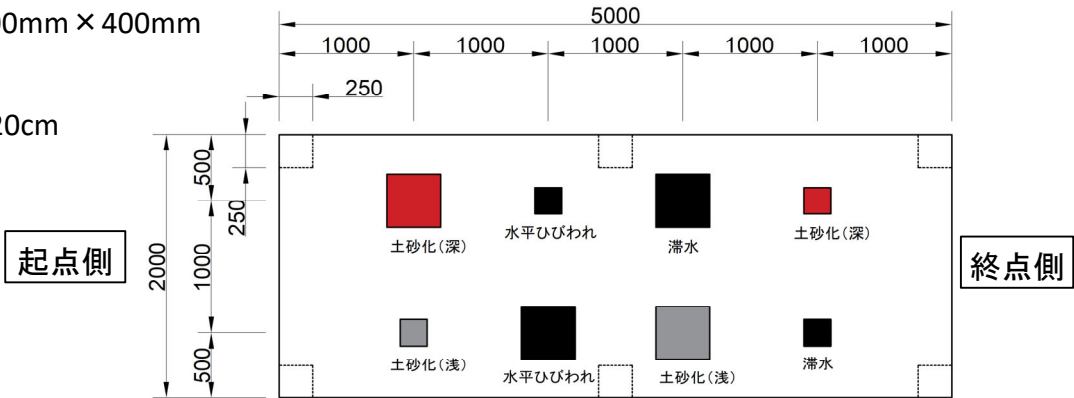


写真-1 検証試験体(架台上)



写真-2 検証試験体(床上)



- ① 測線の目安とする糸張り作業(写真-3)
- ② 機器の搬入(電磁波レーダー、PC等)(写真-4)
- ③ 電磁波レーダーを人力でけん引し、起点側と終点側を往復して測定(4分割:写真-5)
- ④ PCに保存されたデータの確認(写真-6)
- ⑤ データ分析による損傷図作成

## 開発者による計測機器の設置状況

本来は車載型の電磁波レーダーを人力でけん引して計測を実施

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

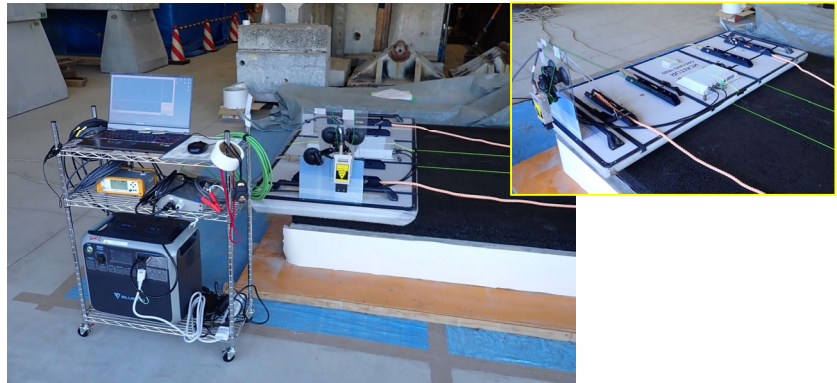


写真-4

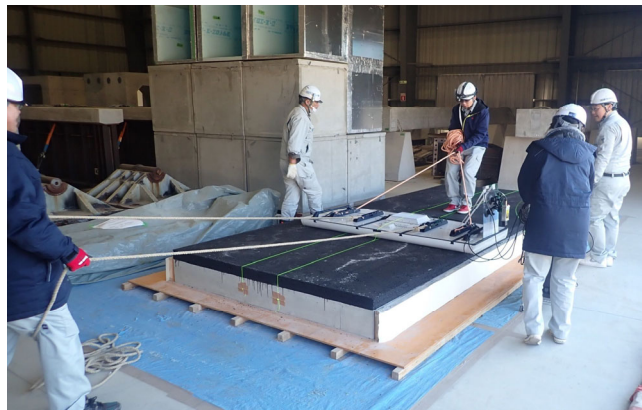


写真-5

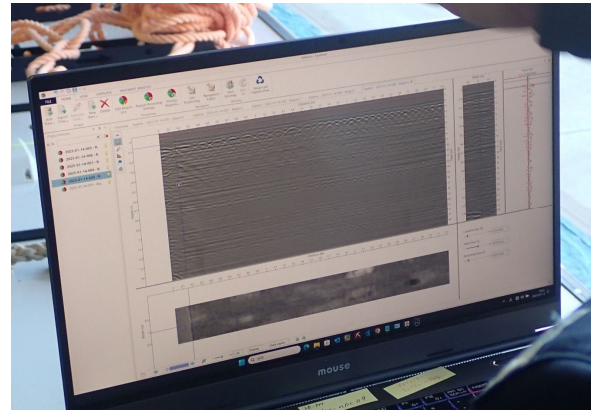


写真-6

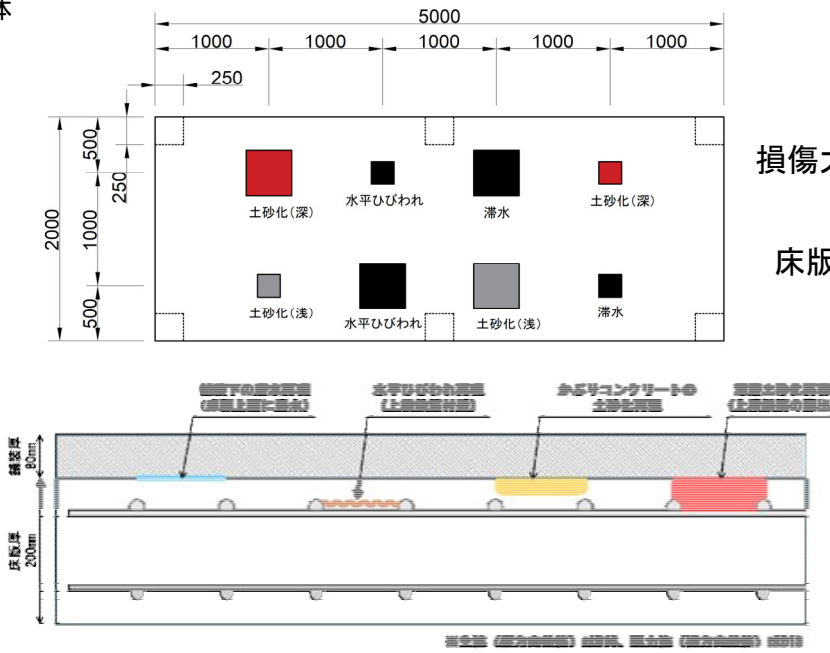


比較対象を得るため、  
立会者による計測機器の設置状況

技術番号

BR020041

※検証供試体



損傷大: 400mm × 400mm

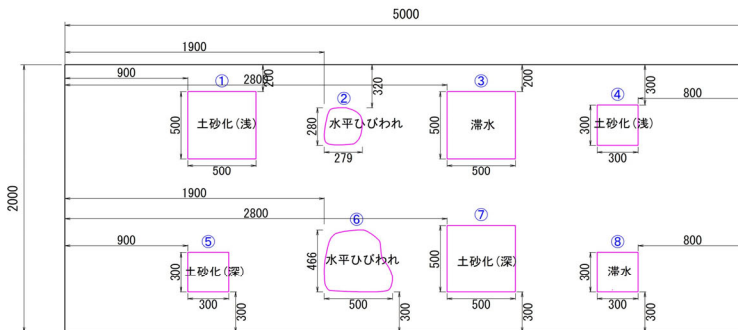
床版厚: 20cm

計測結果の比較

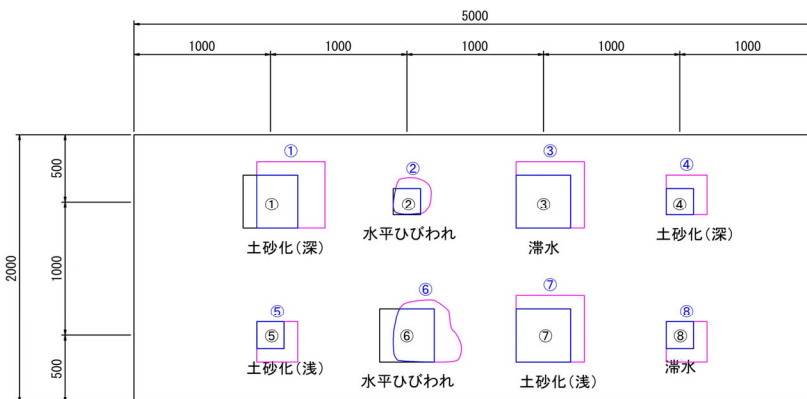
※計測結果

■データ取得手段(移動手段): 人力、徒歩 ■移動距離: レーダー5m、徒歩5m(4分割で計測)

床版調査結果



真値との比較合わせ図



検出率=89%(当該技術で検出した正解損傷面積:A/正解損傷面積:B)

的中率=56%(当該技術で検出した正解損傷面積:A/当該技術で検出した損傷面積(誤検出含む):C)

計測値(誤検出含む)

	面積 (m <sup>2</sup> )	損傷区分
①	0.250	土砂化(浅)
②	0.066	水平ひびわれ
③	0.250	滞水
④	0.090	土砂化(浅)
⑤	0.090	土砂化(深)
⑥	0.192	水平ひびわれ
⑦	0.250	土砂化(深)
⑧	0.090	滞水
Σ	1.278	(C)

正解損傷面積

	面積 (m <sup>2</sup> )	損傷区分
①	0.120	土砂化(深)
②	0.037	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	0.114	水平ひびわれ
⑦	0.160	土砂化(浅)
⑧	0.040	滞水
Σ	0.711	(A)

真値(正解値)

	面積 (m <sup>2</sup> )	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)

## ※計測結果

## 損傷区分別

## ・土砂化(深淺の区分なし)

検出率=90%(当該技術で検出した正解損傷面積/正解損傷面積)

的中率=53%(当該技術で検出した正解損傷面積/当該技術で検出した損傷面積(誤検出含む))

## ・土砂化(深)

検出率=0%

的中率=0%

## ・土砂化(浅)

検出率=0%

的中率=0%

## ・滞水

検出率=100%

的中率=59%

## ・水平ひびわれ

検出率=76%

的中率=59%

探査深度	解析結果図	考 察
床版天端付近		<p>損傷①、③ コンクリートの比誘電率を8と仮定した場合、床版天端から15mm程度まで損傷がみられることから、浅層土砂化と判断。</p> <p>損傷②、⑥ 電磁波が滞水箇所へ入射する際に振幅の大きい反射波がみられたこと、損傷以深で電磁波の反射反応が不明瞭となっていることから、滞水と判断。</p>
上側鉄筋付近①		<p>損傷⑦、⑧ 水平ひび割れ箇所では鉄筋からの反射反応がみられないことが、大学との共同研究(下図)により明らかとなっている。本解析においても、赤丸部分で同様の反応がみられるため、水平ひび割れと判断。</p>
上側鉄筋付近②		<p>損傷④、⑤ コンクリートの比誘電率を8と仮定した場合、床版天端から50mm程度まで損傷がみられることから、深層土砂化と判断。</p>