技術番号	BR020049

機種：　DJI Matrice300RTK

技術名	ドローンに搭載した赤外線カメラによる変状調査技術（うき）	開発者名	株式会社シーテック

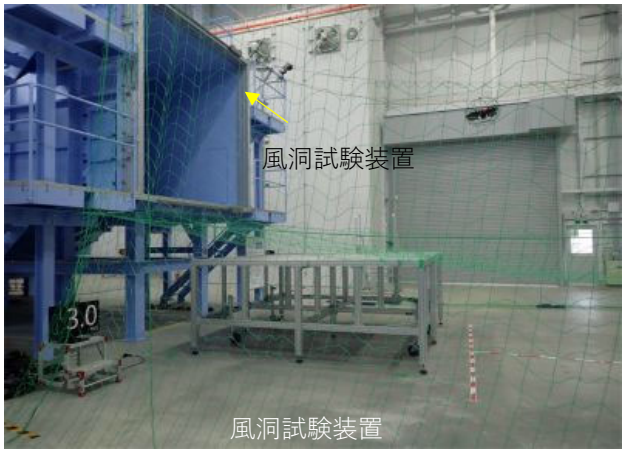
試験日	令和6年　12　月　18　日	天候	晴	気温	7.4　℃	風速	－　m/s
試験場所	福島ロボットテストフィールド風洞棟						

カタログ分類	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	安定性能（人工風）

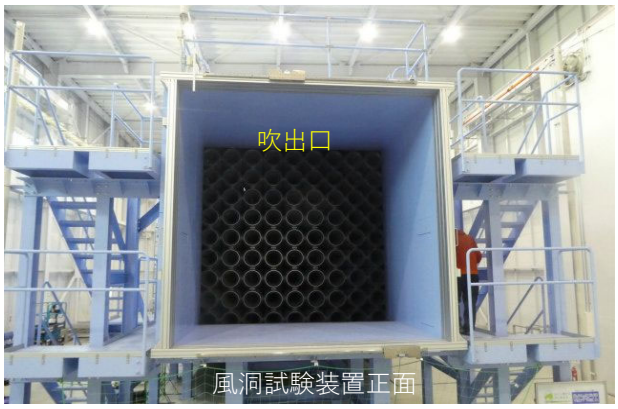
対象構造物の概要

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。

試験方法（手順）		技術番号	BR020049
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	吹出口の中心付近高度でドローンを正面向きでホバリングする。（写真-2）		
③	ホバリング状態で、正面から風速3m/sの突風を発生させ、ドローンの移動量を3Dモーションキャプチャより測定する。		
④	②、③について、ドローンを横向き（側面）にホバリングし、同様の測定を実施する。		
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。（写真-3、写真-4：風速8m/s、正面）		

開発者による計測機器の設置状況

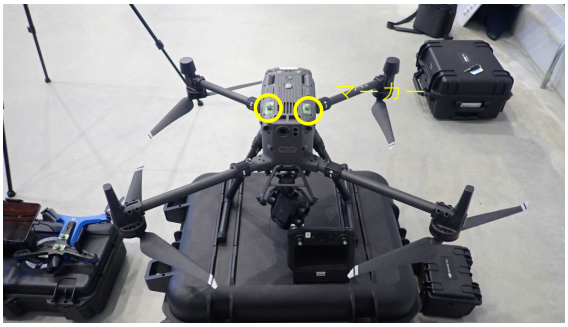


写真-1

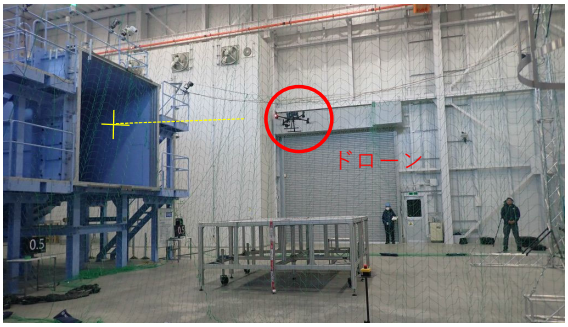


写真-2

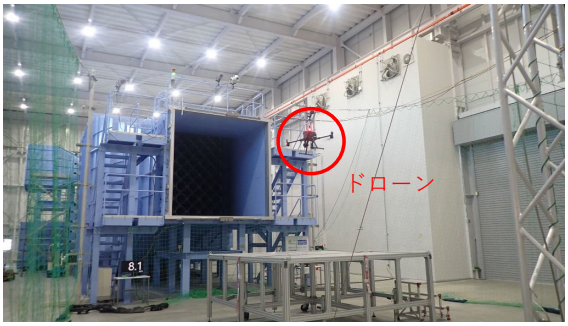


写真-3

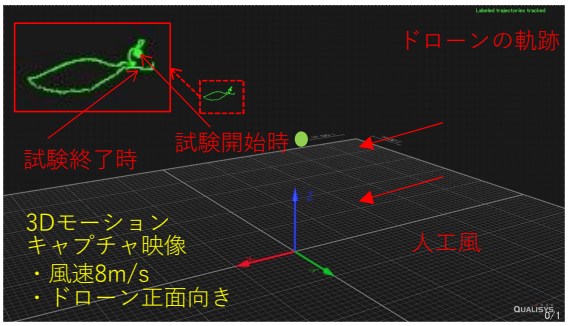


写真-4

比較対象を得るため、立会者による計測機器の設置状況

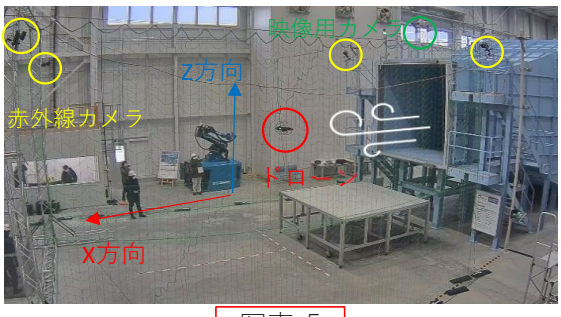


写真-5

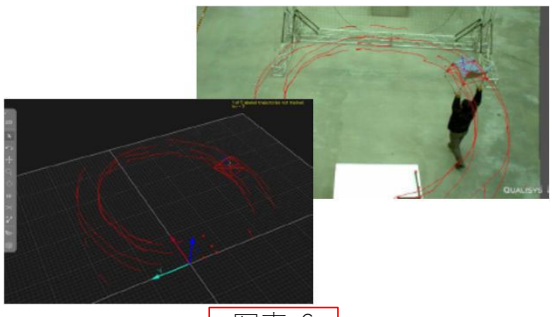


写真-6

※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）

計測結果の整理	技術番号	BR020049

計測したドローンの移動量は以下のように整理した（図-1）

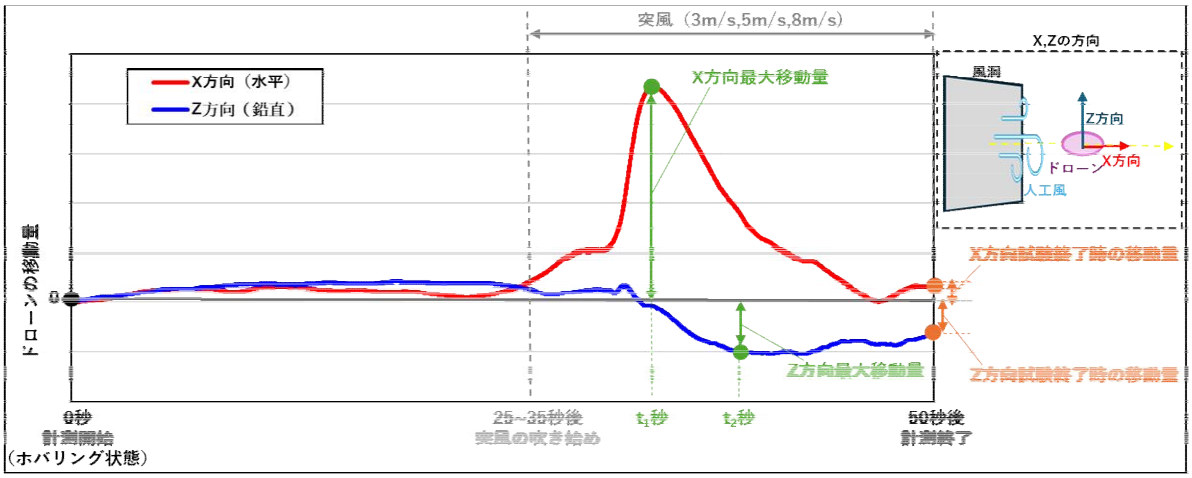


図- 1

ドローンに当てた人工風の風速のイメージを示す（図-2）

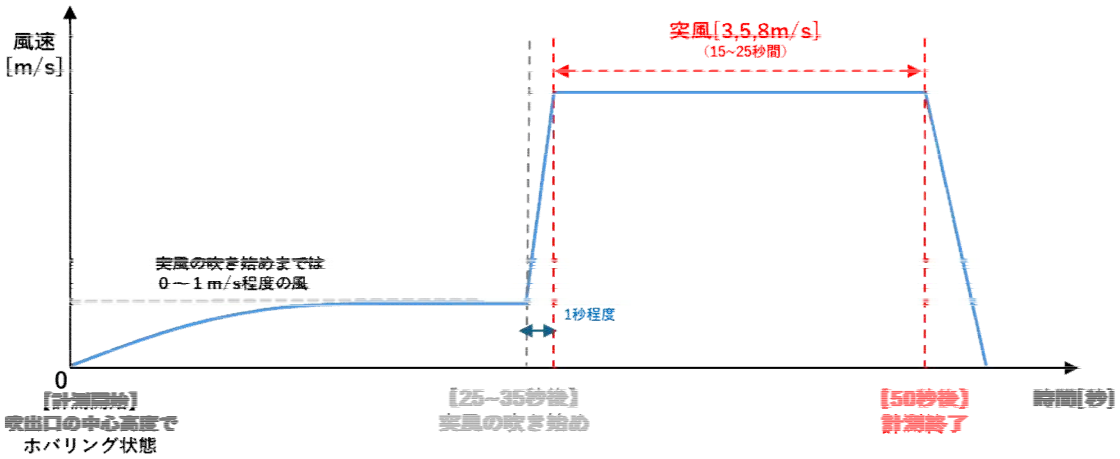


図-2

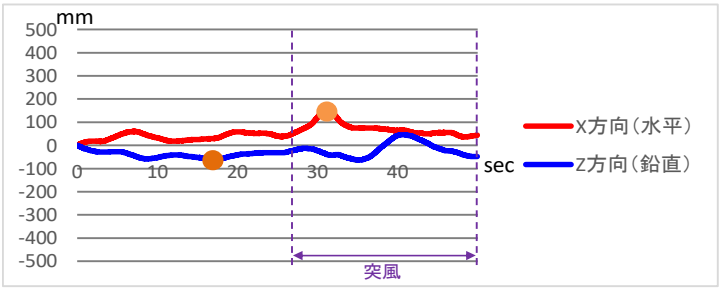
計測結果の比較	技術番号	BR020049

※安定性能

風速：3.0m/s

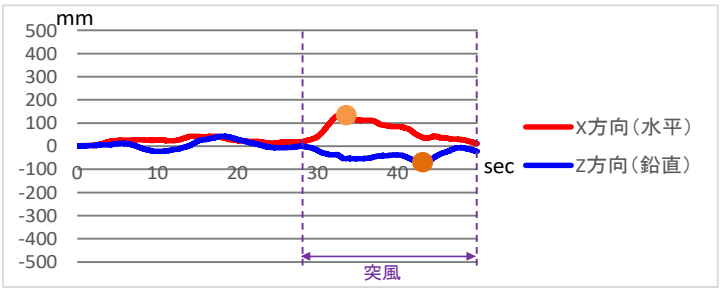
正面

水平方向　最大移動量	147	mm
試験終了時の移動量	45	mm
鉛直方向　最大移動量	64	mm
試験終了時の移動量	48	mm



側面

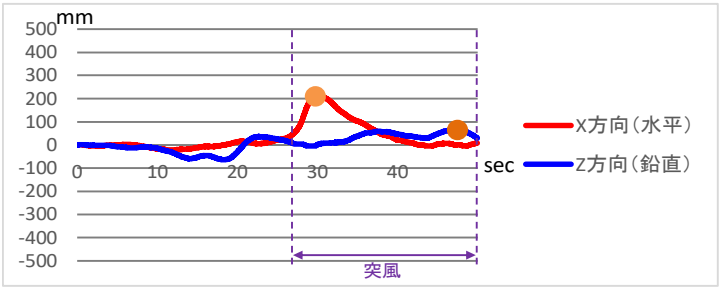
水平方向　最大移動量	135	mm
試験終了時の移動量	11	mm
鉛直方向　最大移動量	68	mm
試験終了時の移動量	22	mm



風速：5.0m/s

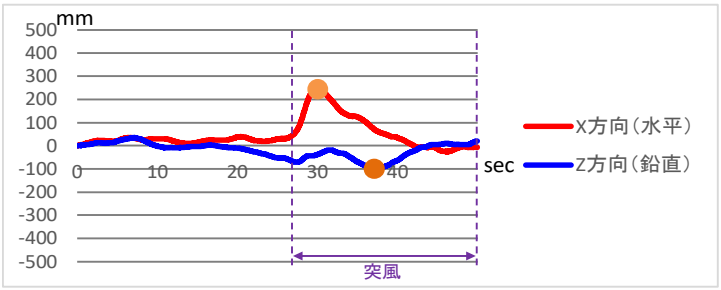
正面

水平方向　最大移動量	211	mm
試験終了時の移動量	8	mm
鉛直方向　最大移動量	65	mm
試験終了時の移動量	28	mm



側面

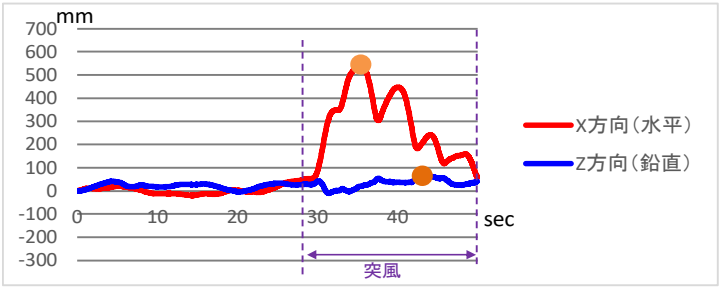
水平方向　最大移動量	245	mm
試験終了時の移動量	7	mm
鉛直方向　最大移動量	99	mm
試験終了時の移動量	20	mm



風速：8.0m/s

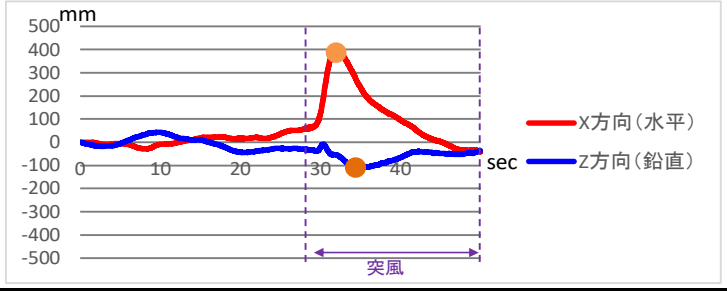
正面

水平方向　最大移動量	546	mm
試験終了時の移動量	57	mm
鉛直方向　最大移動量	66	mm
試験終了時の移動量	42	mm



側面

水平方向　最大移動量	387	mm
試験終了時の移動量	40	mm
鉛直方向　最大移動量	108	mm
試験終了時の移動量	36	mm



技術番号	BR020049

M300＋25mm

技術名	ドローンに搭載した赤外線カメラによる変状調査技術（うき）	開発者名	株式会社シーテック

試験日	令和6年　12　月　18　日	天候	晴れ	気温	4.9　℃	風速	3.5　m/s
試験場所	福島ロボットテストフィールド						

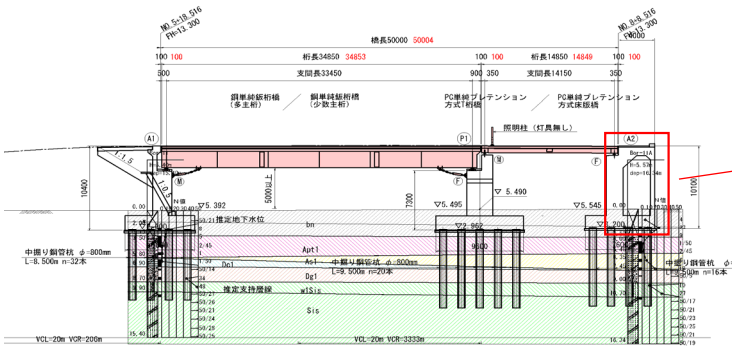
カタログ分類	非破壊検査技術　　カタログ	検出項目	うき	試験区分	標準試験

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

※検証試験体

全体一般図



A2橋台背面

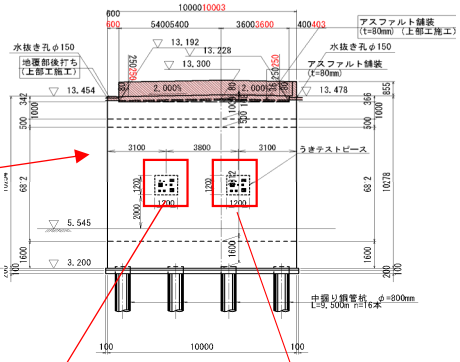


写真-1　A2橋台背面

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1050×1050mm

試験方法（手順）	技術番号	BR020049

①	機器の搬入（Matrice300RTK+ZenmuseXT2 25㎜）（写真-3）、コントローラ（写真-4、写真-5）
②	D1を測定、撮影距離7m（写真-4）
③	D1を測定、撮影距離7m（写真-5）
④	D2を測定、撮影距離7m（写真-6）
⑤	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

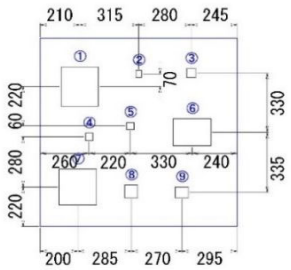
写真-6

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

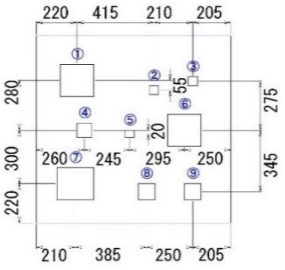
D1詳細図（被り30㎜テストピース）

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



D2詳細図（被り10㎜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



うきの総箇所数：18箇所

計測結果の比較	技術番号	BR020049

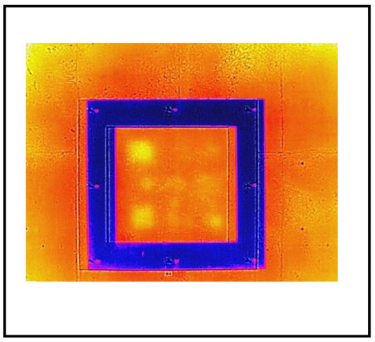
※計測結果

■照度:16.0～16.2 kLux ■風速: 0.0～5.8 m/s ■気温: 5.6 ℃

項目		備考
カメラ名称：	XT2 25mm	サーマル
被写体距離：	7m	サーマル
焦点距離：	最短30ｃｍ、可焦点距離21m	サーマル
感度（NETD）：	50mk@f/1.0［0.05°C］	サーマル
視野角：	25° ×20°	サーマル
空間分解能：	0.68mrad	サーマル
フォーマット：	R-JPEG	サーマル
画像Pixel数：	640×512	サーマル

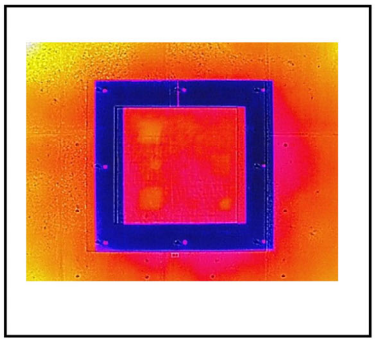
項目		備考
カメラ名称：	XT2 25mm	可視
被写体距離：	7m	可視
焦点距離：	8mm	可視
シャッター速度：	1/100秒	可視
絞り：	ｆ/1.7	可視
ISO値：	128	可視
フォーカス：	オート	可視
画像Pixel数：	4000×3000	可視

D1

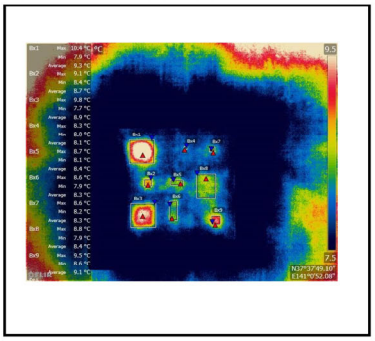


D1 熱画像

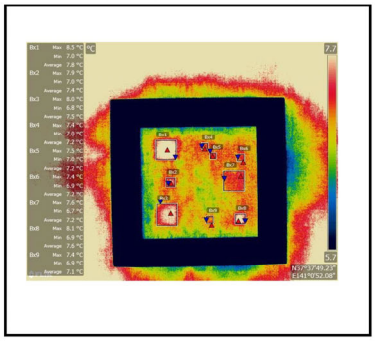
D2



D2 熱画像

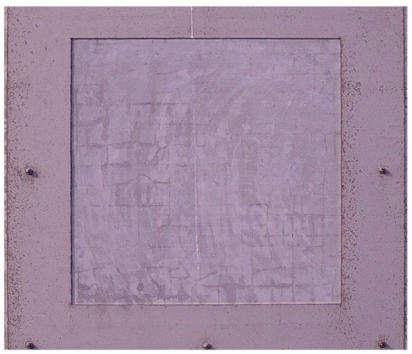


D1 解析画像



D2 解析画像

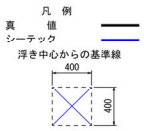
D1 可視画像



D2 可視画像

計測結果の比較	技術番号	BR020049

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）

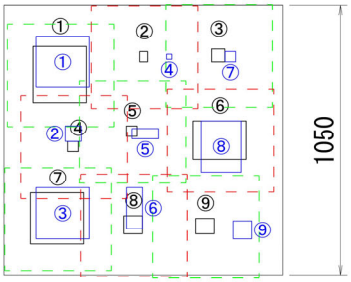


A2橋台-図番D 浮き合わせ図（シーテック） （25mm）

シーテック計測値

①	200×200	mm
②	60×60	mm
③	200×200	mm
④	20×20	mm
⑤	100×40	mm
⑥	60×160	mm
⑦	40×40	mm
⑧	150×200	mm
⑨	70×70	mm

D1詳細図（被り30mmテストピース）

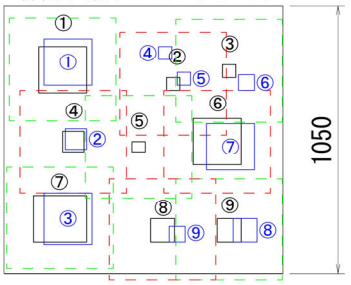


真	値	
①	200×200	mm
②	30×40	mm
③	50×50	mm
④	40×40	mm
⑤	40×40	mm
⑥	200×150	mm
⑦	200×200	mm
⑧	70×70	mm
⑨	70×60	mm

シーテック計測値

①	180×180	mm
②	80×80	mm
③	180×200	mm
④	50×50	mm
⑤	50×50	mm
⑥	60×60	mm
⑦	180×180	mm
⑧	90×90	mm
⑨	60×60	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	④	1	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	9	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	⑤	1	1	
③	1	⑥	1	1	
④	1	②	1	1	
⑤	1				未検出
⑥	1	⑦	1	1	
⑦	1	③	1	1	
⑧	1	⑨	1	1	
⑨	1	⑧	1	1	
		④			誤検出
計	9	9	8	8	

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	BR020049

M300＋25mm

技術名	ドローンに搭載した赤外線カメラによる変状調査技術（うき）	開発者名	株式会社シーテック

試験日	令和6年　12　月　18　日	天候	晴れ	気温	4.9　℃	風速	3.5　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	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

全体一般図

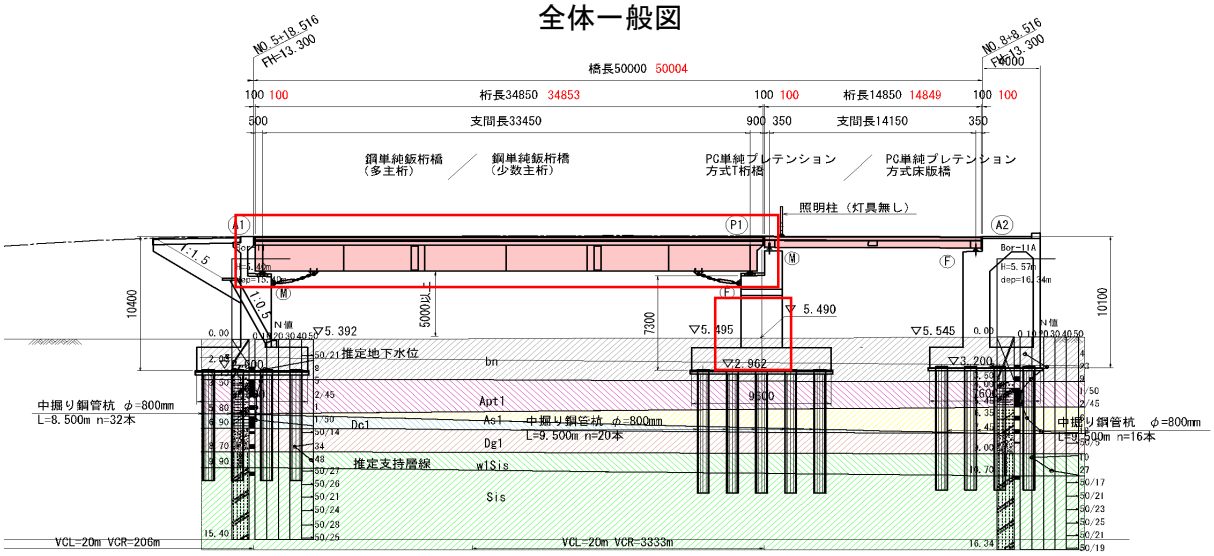


写真-1　全体写真

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

試験方法（手順）	技術番号	BR020049

①	機器の搬入（Matrice300RTK+ZenmuseXT2 25㎜）ジンバル下装着（写真-2）
②	ホバリング（写真-3：P1橋脚付近）
③	飛行状況（写真-4：P1～A1間の防護柵側面を飛行）
④	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

計測結果の比較	技術番号	BR020049

※構造物近傍安定性能

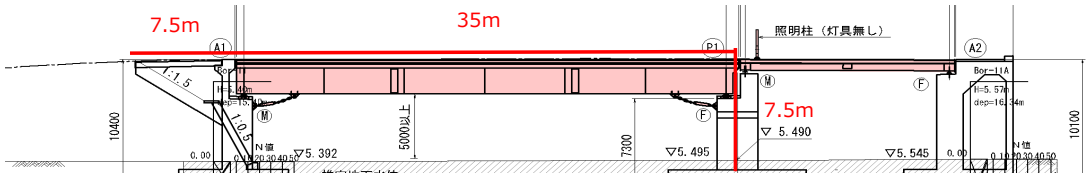
構造物までの距離：0.9m

風速：3.5m/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））



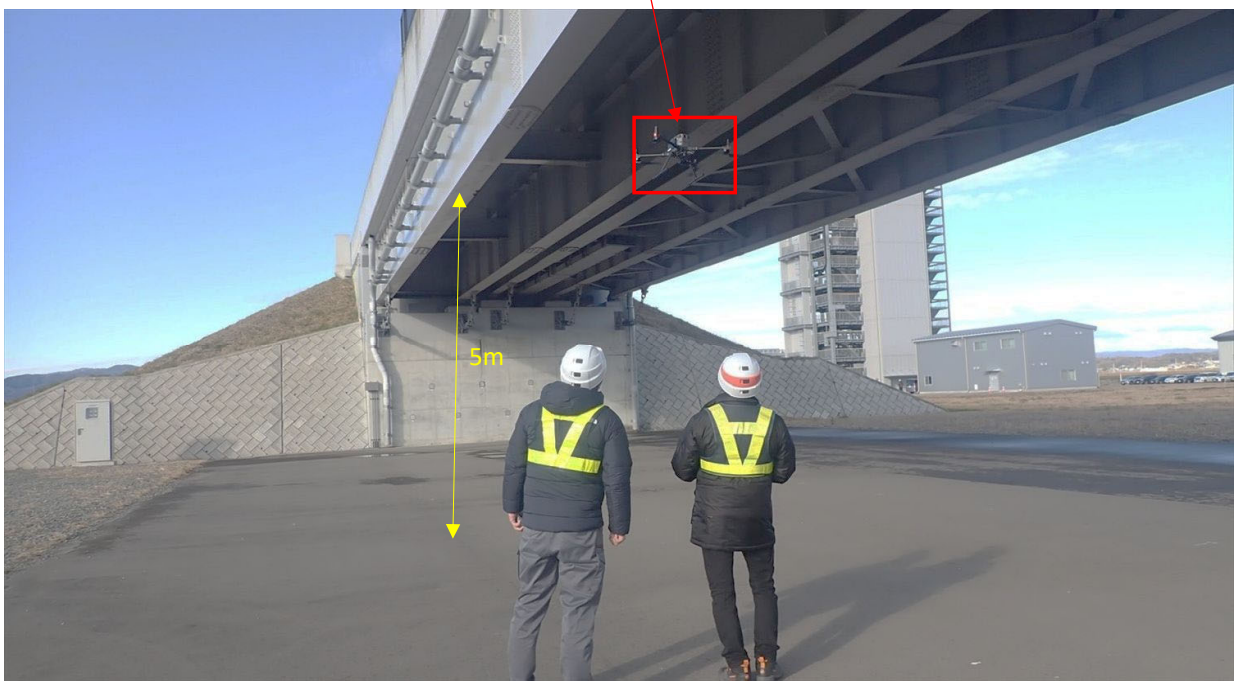
計測結果の比較	技術番号	BR020049

※進入可能性能

〈桁間に進入しない〉

風速：3.5m/s

桁下空間：高さ5.0m進入可能



技術番号	BR020049

M300＋25mm

技術名	ドローンに搭載した赤外線カメラによる変状調査技術（うき）	開発者名	株式会社シーテック

試験日	令和6年　12　月　18　日	天候	晴れ	気温	4.9　℃	風速	3.5　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 現場試験

試験で確認する カタログ項目	計測速度 動作確認（精度以外）

対象構造物の概要

全体一般図

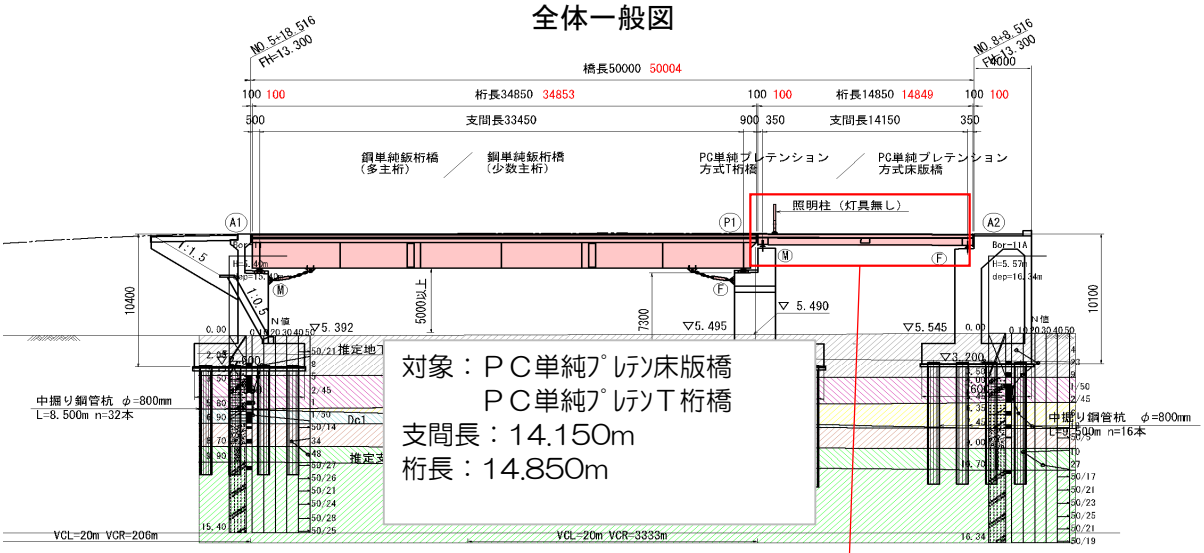


写真-1　全体写真

第2径間 C3

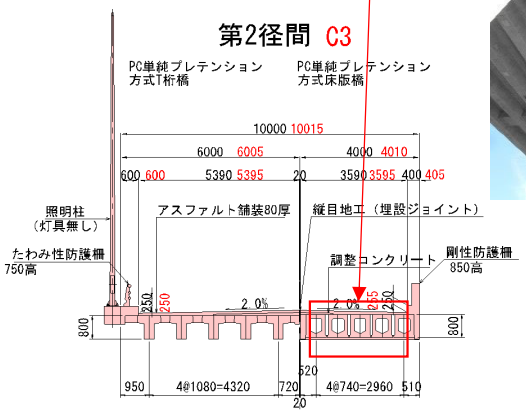


写真-2

対象径間：第2径間　　計測対象部材：高欄（剛性防護柵）、床版橋下面

試験方法（手順）		技術番号	BR020049
①	機器の搬入（Matrice300RTK+ZenmuseXT2 25㎜）ジンバル下装着（写真-3）		
②	機器の搬入（Matrice300RTK+ZenmuseXT2 25㎜）ジンバル上装着（写真-4）		
③	壁高欄を測定、ジンバル下装着（写真-5）		
④	PC橋下面を測定、ジンバル上装着（写真-6）		
⑤	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

計測結果の比較	技術番号	BR020049

※計測結果

■照度:8.69～77.2 kLux ■風速: 0.0～7.4 m/s ■気温: 6.6 ℃

項目		備考
カメラ名称：	XT2 25mm	サーマル
被写体距離：	7m	サーマル
焦点距離：	最短30ｃｍ、可焦点距離21m	サーマル
感度（NETD）：	50mk@f/1.0［0.05℃］	サーマル
視野角：	25° ×20°	サーマル
空間分解能：	0.68mrad	サーマル
フォーマット：	R-JPEG	サーマル
画像Pixel数：	640×512	サーマル

項目		備考
カメラ名称：	XT2 25mm	可視
被写体距離：	7m	可視
焦点距離：	8mm	可視
シャッター速度：	1/100秒	可視
絞り：	ｆ/1.7	可視
ISO値：	128	可視
フォーカス：	オート	可視
画像Pixel数：	4000×3000	可視

壁高欄:14.85(桁長)×2.04(高さ)＝30.3m^2

PC下面:10(幅員)×14.15(支間長)＝141.5m^2

※計測速度

撮影時間

壁高欄＋PC下面:

19分54秒

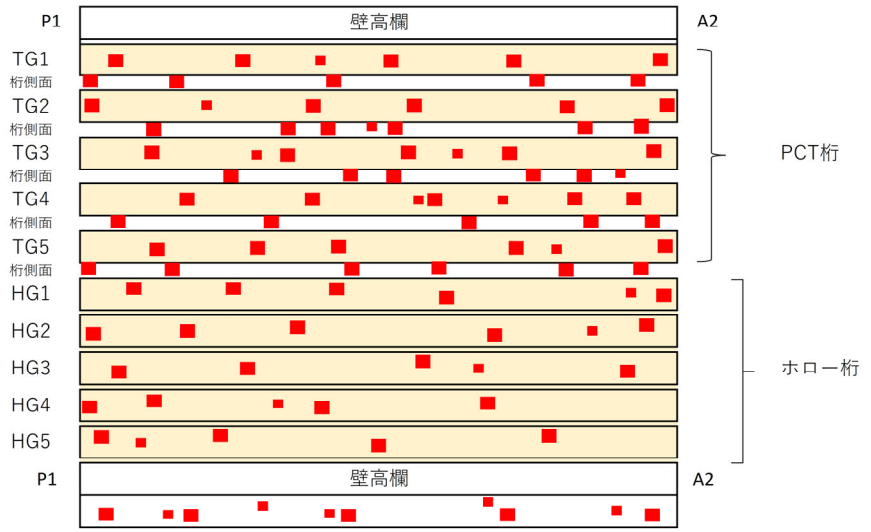
計:19分54秒＝1194sec

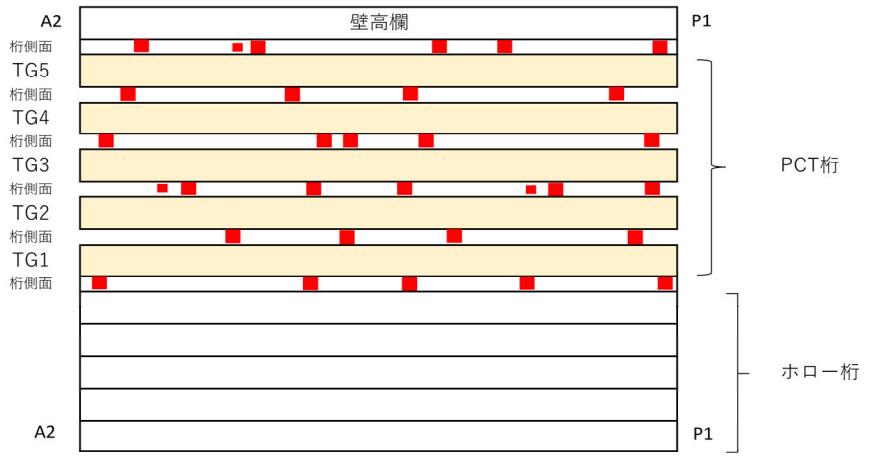
計測速度

(30.3＋141.5)/1194

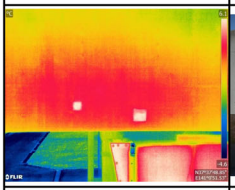
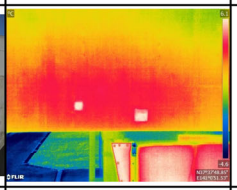
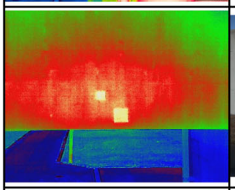
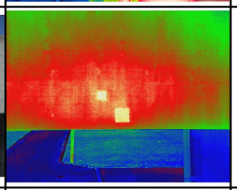
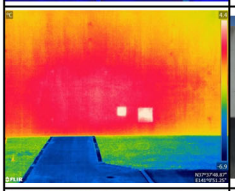
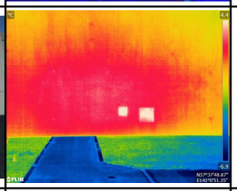
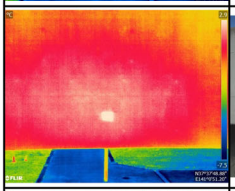
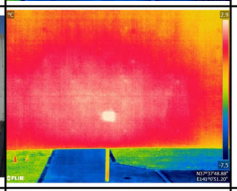
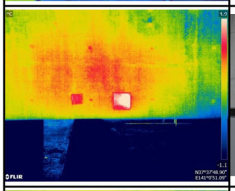
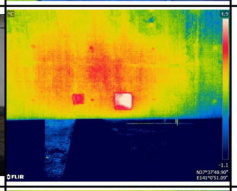
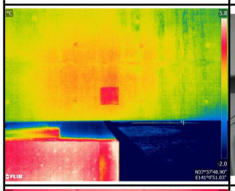
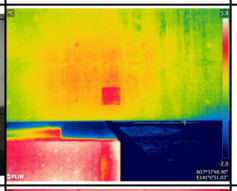
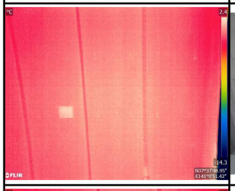
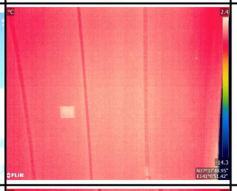
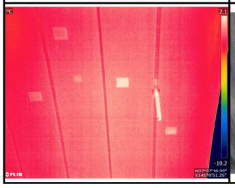
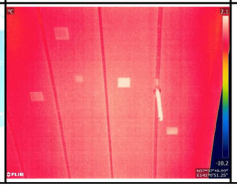
＝0.144m^2/sec

位置図



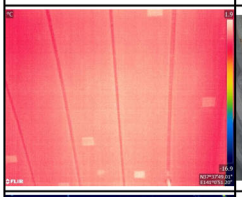
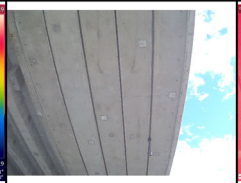
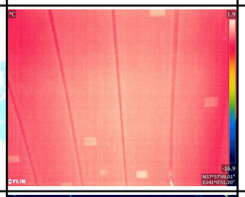
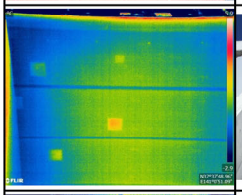
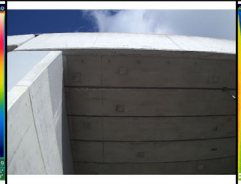
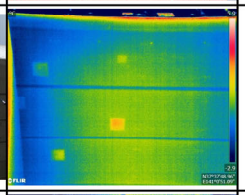
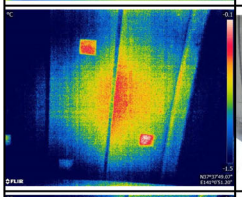
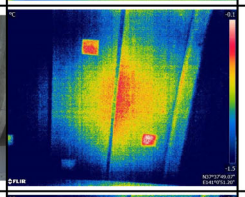
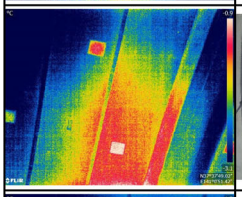
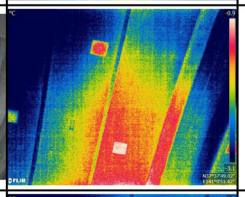
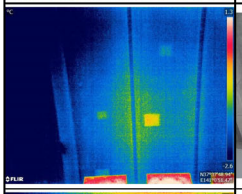
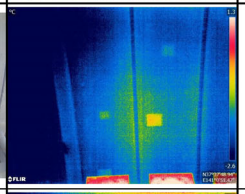
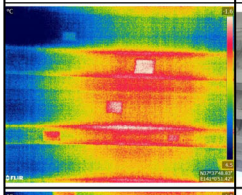
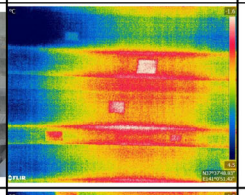
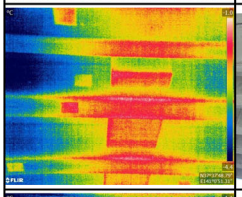
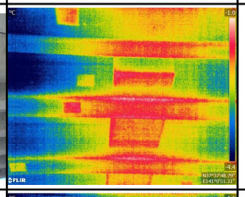
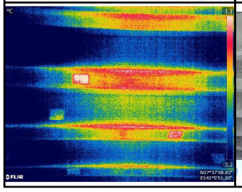
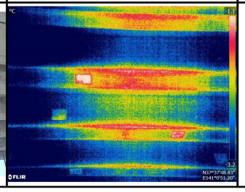


計測結果の比較	技術番号	BR020049

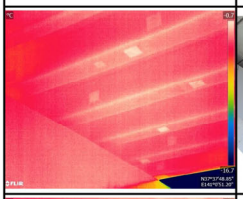
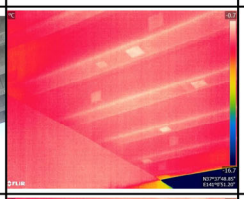
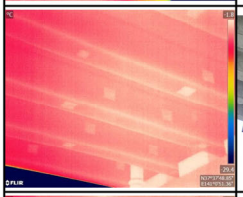
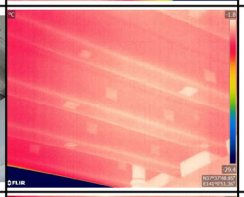
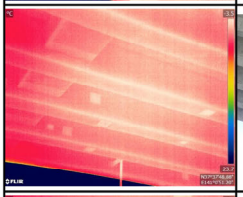
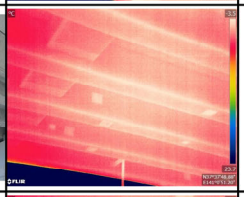
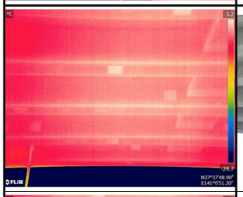
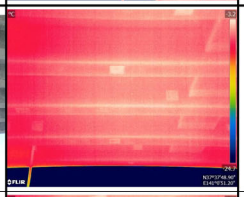
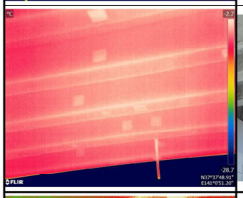
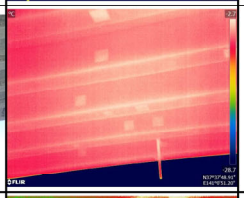
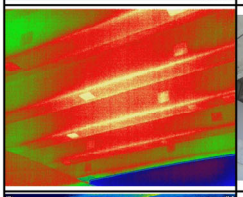
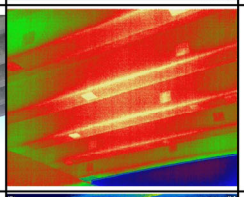
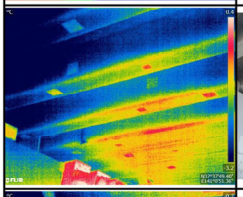
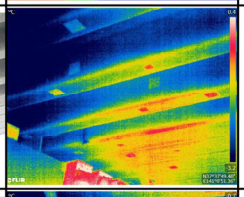
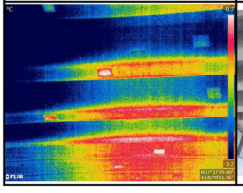
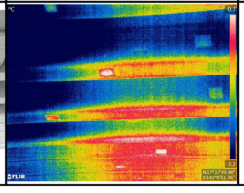
IR	可視	解析	部材
			壁高欄
			壁高欄
			壁高欄
			壁高欄
			壁高欄
			壁高欄
			ホロー桁
			ホロー桁

計測結果の比較

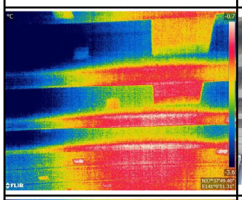
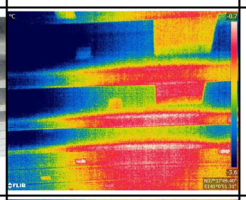
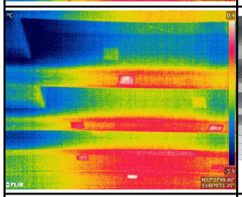
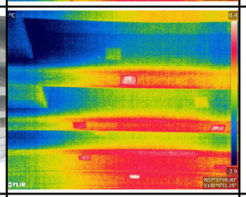
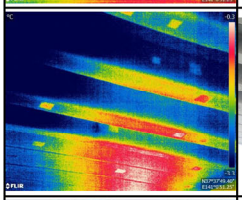
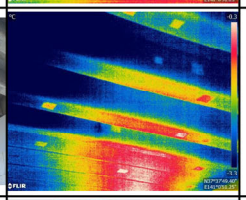
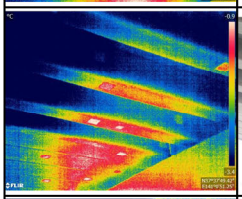
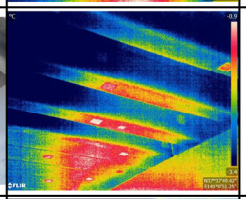
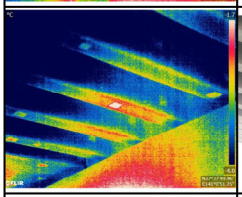
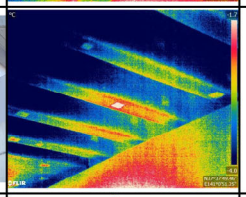
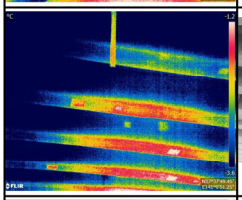
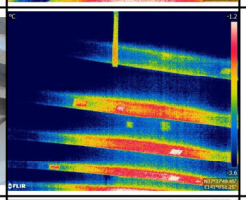
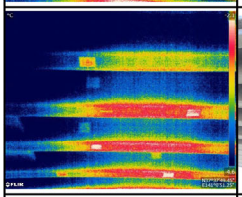
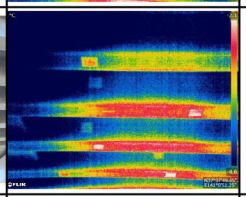
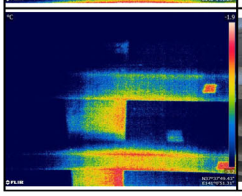
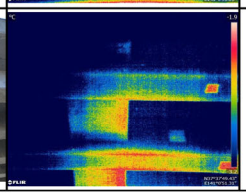
技術番号	BR020049

IR	可視	解析	部材
			ホロー桁
			ホロー桁
			ホロー桁
			ホロー桁
			ホロー桁
			ホロー桁 側から PCT桁
			ホロー桁 側から PCT桁
			ホロー桁 側から PCT桁

計測結果の比較	技術番号	BR020049

IR	可視	解析	部材
			ホロー桁側からPCT桁
			ホロー桁側からPCT桁
			ホロー桁側からPCT桁
			ホロー桁側からPCT桁
			ホロー桁側からPCT桁
			ホロー桁側からPCT桁
			PCT桁側から
			PCT桁側から

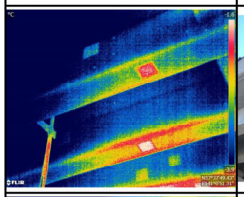
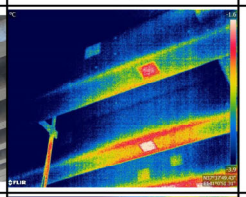
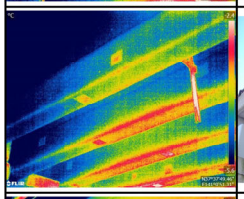
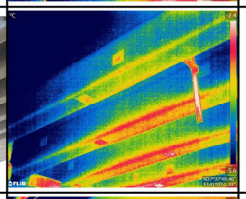
計測結果の比較	技術番号	BR020049

IR	可視	解析	部材
			PCT桁側から
			PCT桁側から
			PCT桁側から
			PCT桁側から
			PCT桁側から
			PCT桁側から
			PCT桁側から
			PCT桁側から

A2

計測結果の比較

技術番号	BR020049

IR	可視	解析	部材
			PCT桁側から
			PCT桁側から
			PCT桁側から

技術番号	BR020049

M300＋19mm

技術名	ドローンに搭載した赤外線カメラによる変状調査技術（うき）	開発者名	株式会社シーテック

試験日	令和6年　12　月　18　日	天候	晴れ	気温	4.9　℃	風速	3.5　m/s
試験場所	福島ロボットテストフィールド						

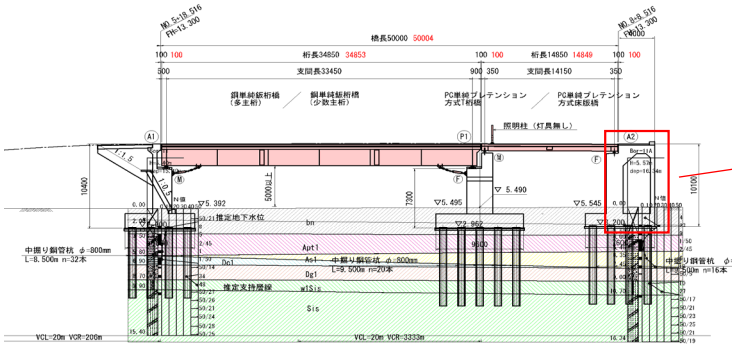
カタログ分類	非破壊検査技術　　カタログ	検出項目	うき	試験区分	標準試験

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

※検証試験体

全体一般図



A2橋台背面

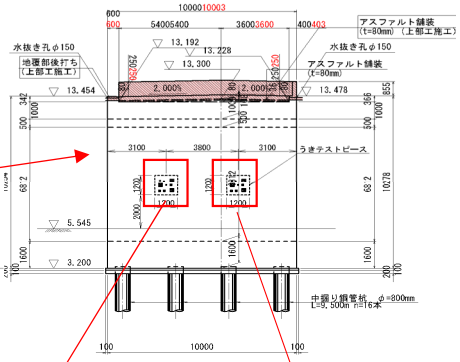


写真-1　A 2橋台背面

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1050×1050mm

試験方法（手順）	技術番号	BR020049

①	機器の搬入（Matrice300RTK+ZenmuseXT2 19㎜）（写真-3）、コントローラ（写真-4、写真-5）
②	D1を測定、撮影距離7m（写真-4）
③	D1を測定、撮影距離7m（写真-5）
④	D2を測定、撮影距離7m（写真-6）
⑤	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

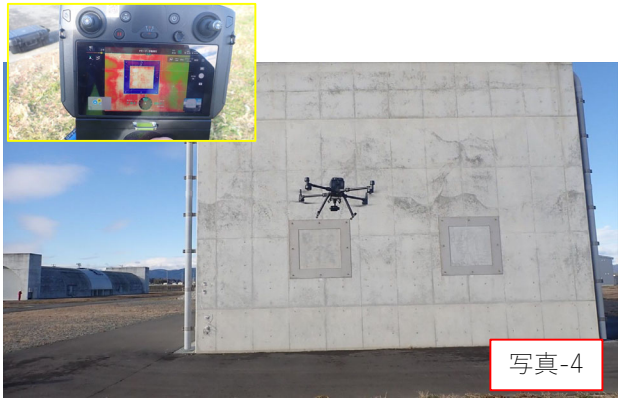


写真-4

写真-5

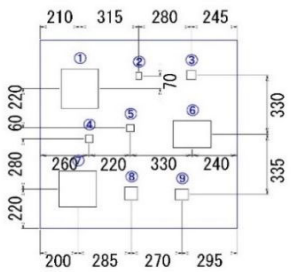
写真-6

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

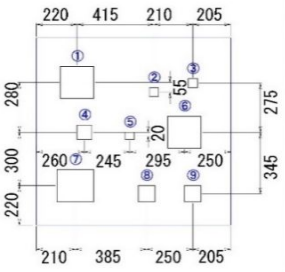
D1詳細図（被り30㎜テストピース）

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



D2詳細図（被り10㎜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



うきの総箇所数：18箇所

計測結果の比較		技術番号	BR020049

※計測結果

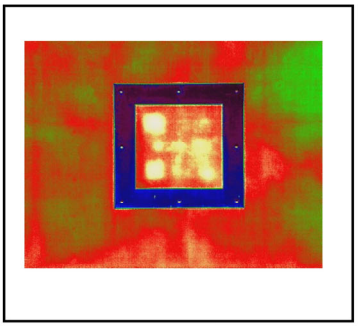
■照度:20.2～28.8 kLux ■風速: 0.0～3.9 m/s ■気温: 5.6 ℃

項目		備考
カメラ名称：	XT2 19mm	サーマル
被写体距離：	7m	サーマル
焦点距離：	最短15.3ｃｍ、可焦点距離9.5m	サーマル
感度（NETD）：	50mk@f/1.0［0.05℃］	サーマル
視野角：	32° ×26°	サーマル
空間分解能：	0.89mrad	サーマル
フォーマット：	R-JPEG	サーマル
画像Pixel数：	640×512	サーマル

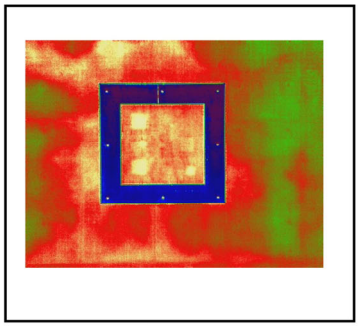
項目		備考
カメラ名称：	XT2 19mm	可視
被写体距離：	7m	可視
焦点距離：	8mm	可視
シャッター速度：	1/100秒	可視
絞り：	f /1.8	可視
ISO値：	128	可視
フォーカス：	オート	可視
画像Pixel数：	4000×3000	可視

D1

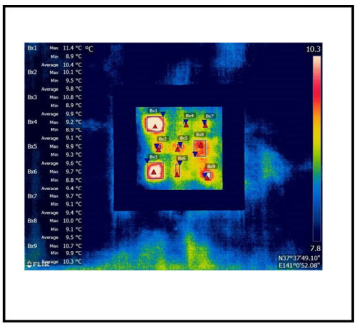
D2



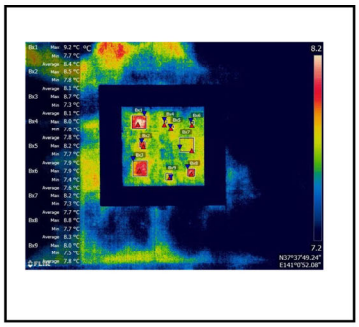
D1 熱画像



D2 熱画像



D1 解析画像



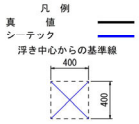
D2 解析画像

D1 可視画像

D2 可視画像

計測結果の比較	技術番号	BR020049

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）

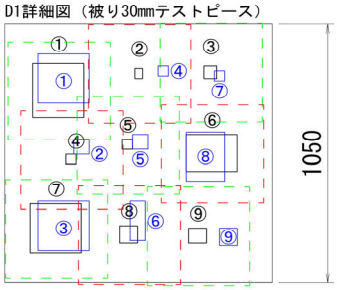


A2橋台-図番D　浮き合わせ図　（19mm）

シーテック計測値

①	200×200	mm
②	60×60	mm
③	200×200	mm
④	40×40	mm
⑤	60×60	mm
⑥	60×160	mm
⑦	40×40	mm
⑧	150×200	mm
⑨	70×70	mm

D1詳細図（被り30mmテストピース）



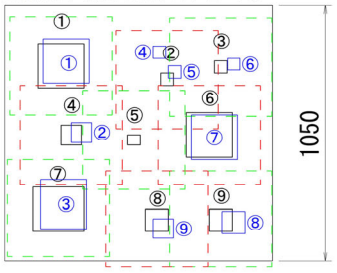
真　値

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

シーテック計測値

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

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	BR020049

M300＋19mm

技術名	ドローンに搭載した赤外線カメラによる変状調査技術（うき）	開発者名	株式会社シーテック

試験日	令和6年　12　月　18　日	天候	晴れ	気温	4.9　℃	風速	3.5　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 現場試験

試験で確認する カタログ項目	計測速度 動作確認（精度以外）

対象構造物の概要

全体一般図

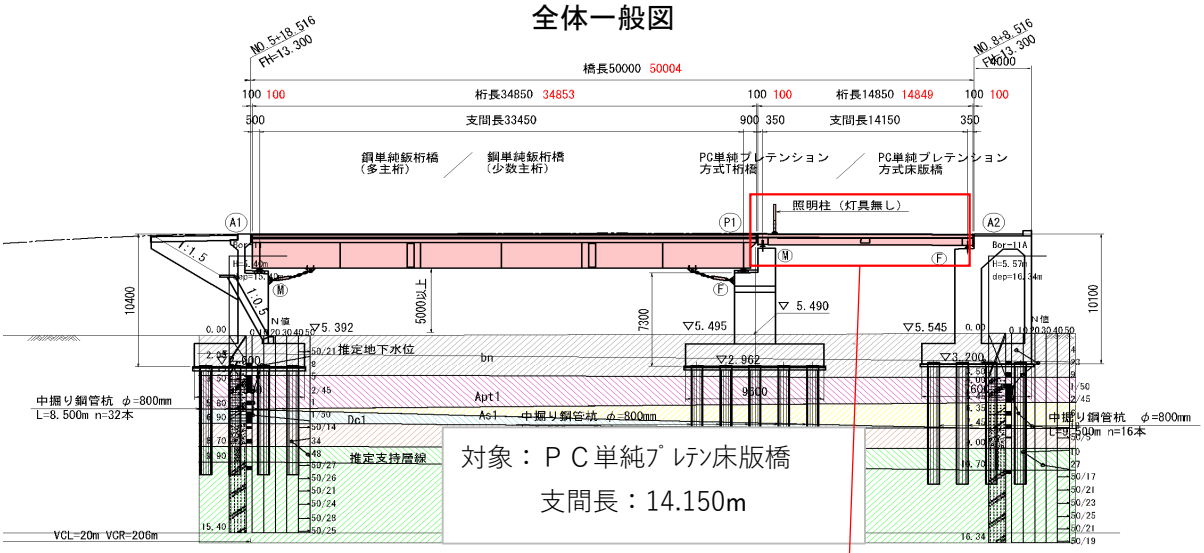


写真-1　全体写真

第2径間　C3

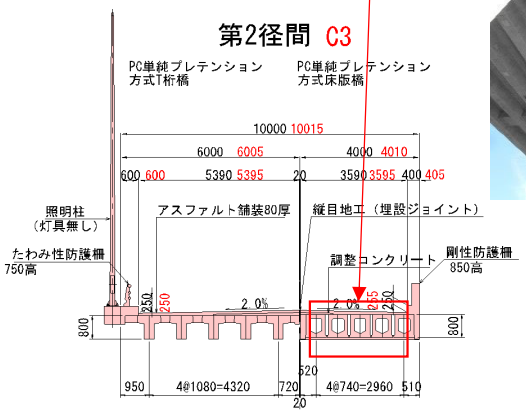


写真-2

対象径間：第2径間　　計測対象部材：高欄（剛性防護柵）、床版橋下面

試験方法（手順）		技術番号	BR020049
①	機器の搬入（Matrice300RTK+ZenmuseXT2 19㎜）ジンバル下装着（写真-3）		
②	機器の搬入（Matrice300RTK+ZenmuseXT2 19㎜）ジンバル上装着（写真-4）		
③	壁高欄を測定、ジンバル下装着（写真-5）		
④	PC橋下面を測定、ジンバル上装着（写真-6）		
⑤	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-4

写真-5

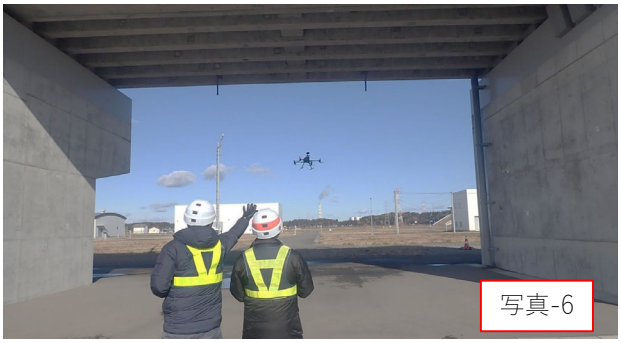


写真-6

計測結果の比較	技術番号	BR020049

※計測結果

■照度：8.69～77.2　kLux　■風速：　0.0～2.3　m/s　■気温：　6.0　℃

項目		備考
カメラ名称：	XT2 19mm	サーマル
被写体距離：	7m	サーマル
焦点距離：	最短15.3ｃｍ、可焦点距離9.5m	サーマル
感度（NETD）：	50mk@f/1.0［0.05℃］	サーマル
視野角：	32°　×26°	サーマル
空間分解能：	0.89mrad	サーマル
フォーマット：	R-JPEG	サーマル
画像Pixel数：	640×512	サーマル

項目		備考
カメラ名称：	XT2 19mm	可視
被写体距離：	7m	可視
焦点距離：	8mm	可視
シャッター速度：	1/100秒	可視
絞り：	ｆ/1.2	可視
ISO値：	128	可視
フォーカス：	オート	可視
画像Pixel数：	4000×3000	可視

壁高欄：14.85（桁長）×2.04（高さ）＝30.3m^2

PC下面：10（幅員）×14.15（支間長）＝141.5m^2

※計測速度

撮影時間

壁高欄：　2分58秒

PC下面：　19分54秒

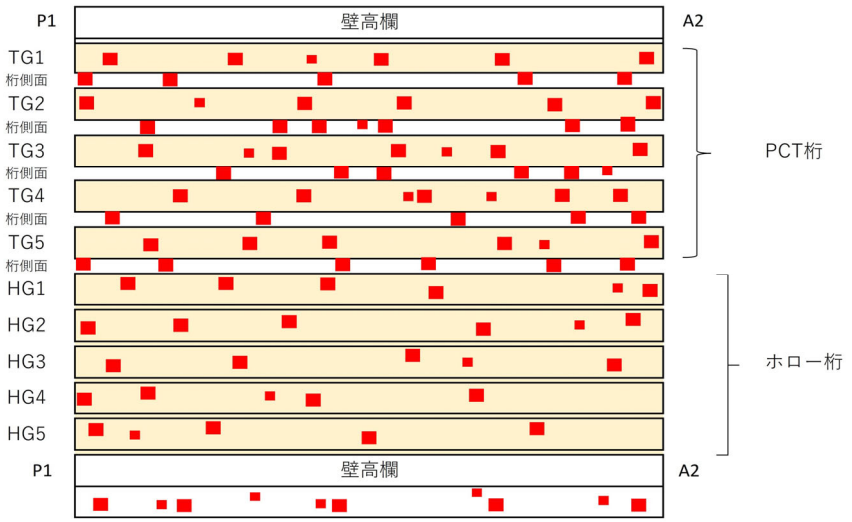
計：22分52秒＝1372sec

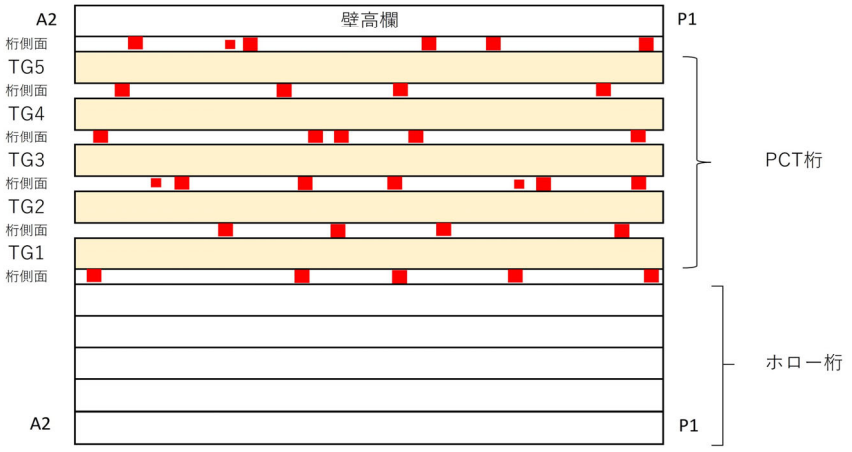
計測速度

（30.3＋141.5）/1372

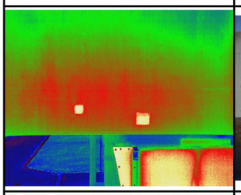
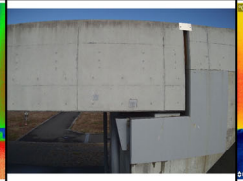
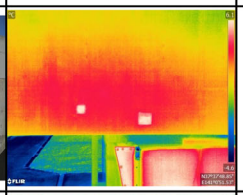
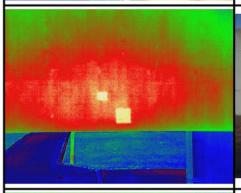
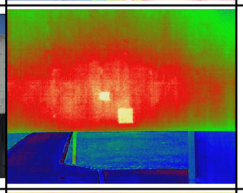
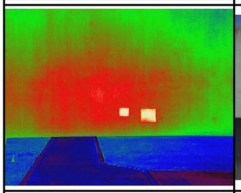
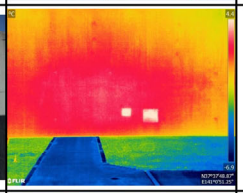
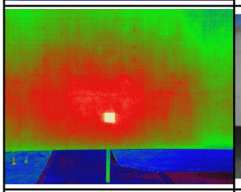
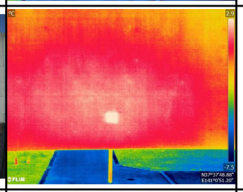
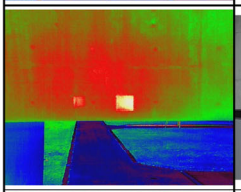
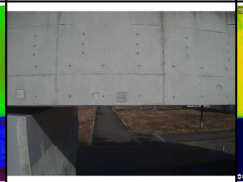
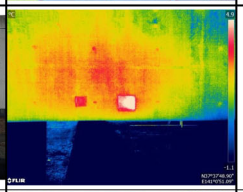
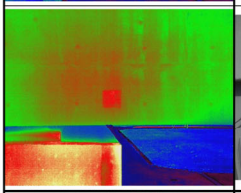
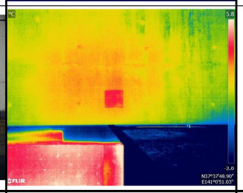
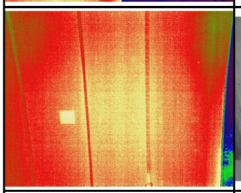
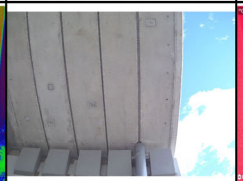
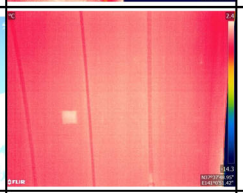
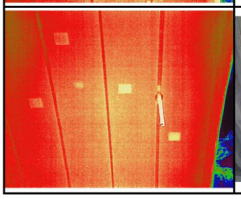
＝0.125m^2/sec

位置図

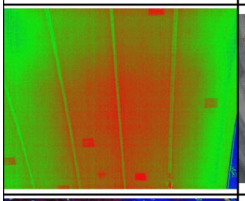
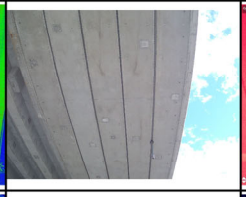
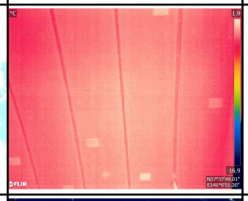
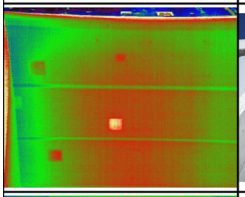
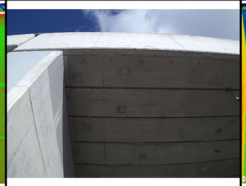
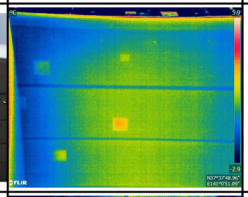
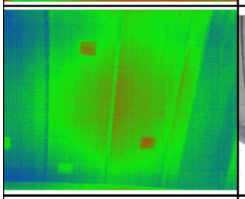
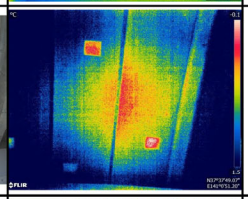
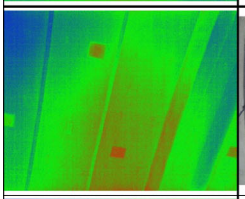
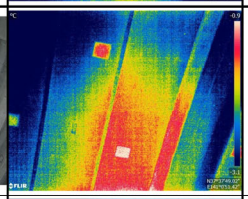
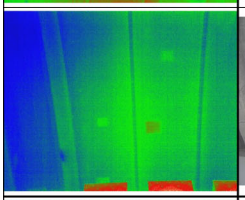
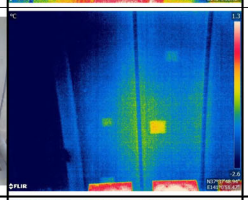
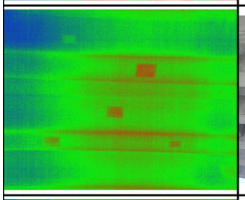
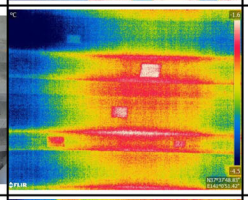
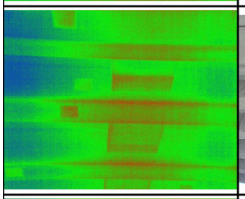
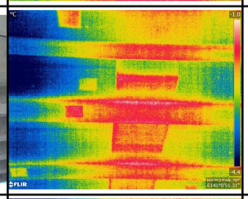
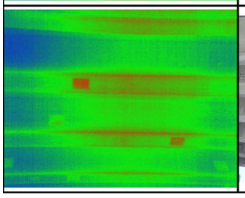
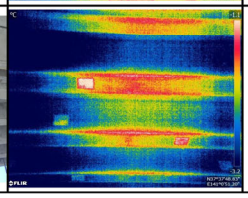




計測結果の比較	技術番号	BR020049

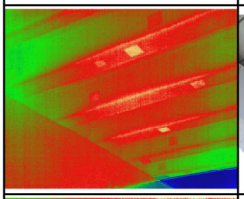
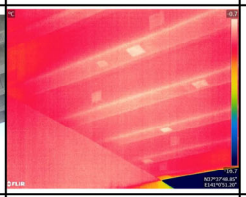
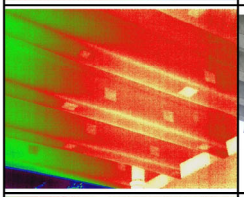
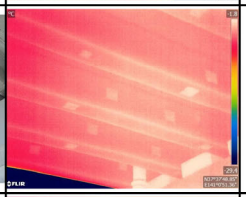
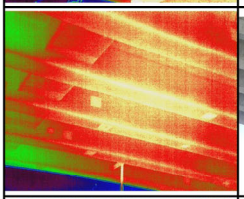
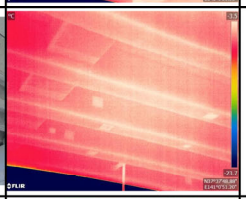
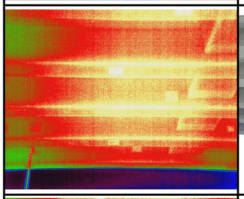
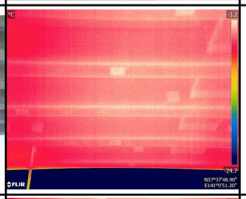
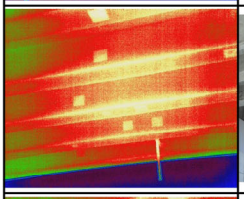
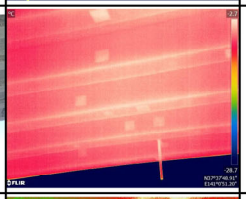
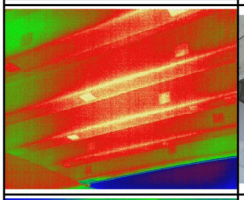
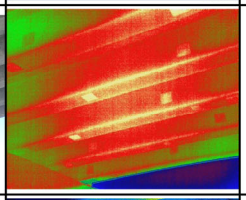
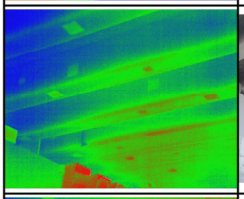
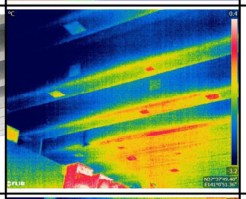
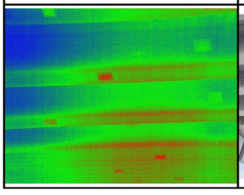
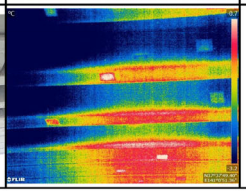
IR	可視	解析	部材
			壁高欄
			壁高欄
			壁高欄
			壁高欄
			壁高欄
			壁高欄
			ホロー桁
			ホロー桁

計測結果の比較	技術番号	BR020049

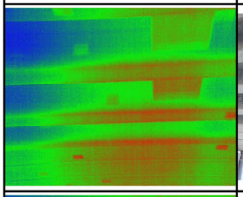
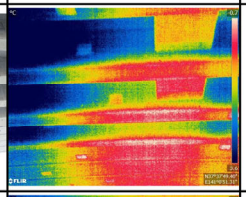
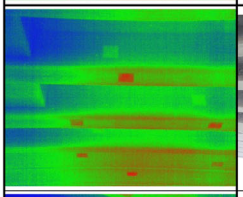
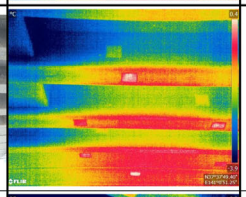
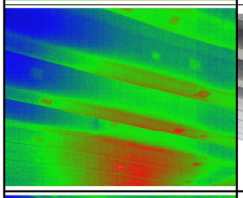
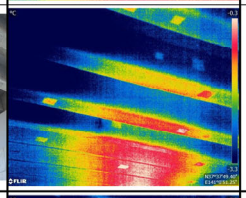
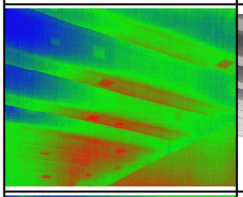
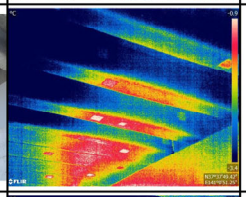
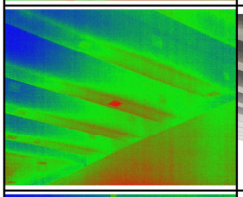
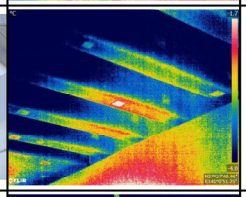
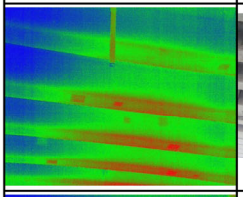
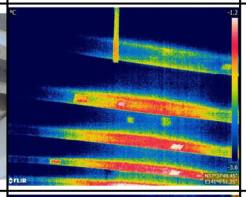
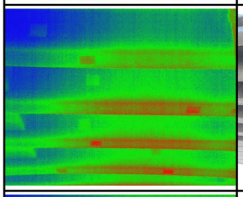
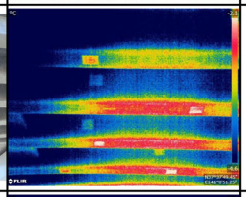
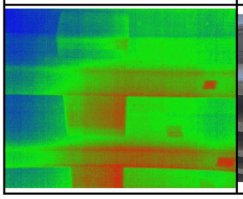
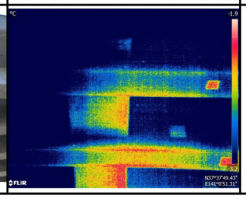
IR	可視	解析	部材
			ホロー桁
			ホロー桁
			ホロー桁
			ホロー桁
			ホロー桁
			ホロー桁 側から PCT桁
			ホロー桁 側から PCT桁
			ホロー桁 側から PCT桁

計測結果の比較

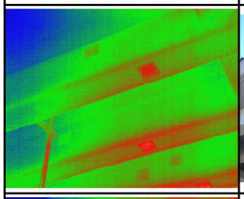
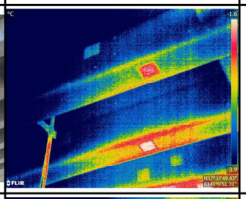
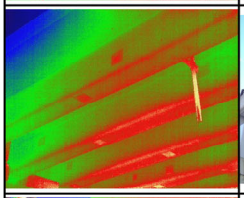
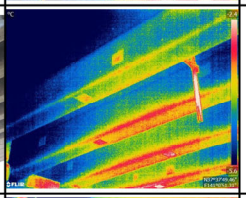
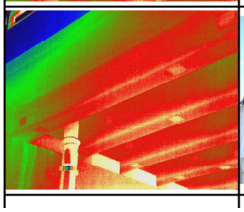
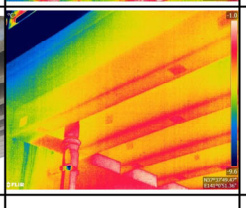
技術番号	BR020049

IR	可視	解析	部材
			ホロー桁側からPCT桁
			ホロー桁側からPCT桁
			ホロー桁側からPCT桁
			ホロー桁側からPCT桁
			ホロー桁側からPCT桁
			ホロー桁側からPCT桁
			ホロー桁側からPCT桁
			PCT桁側から

計測結果の比較	技術番号	BR020049

IR	可視	解析	部材
			PCT桁側から
			PCT桁側から
			PCT桁側から
			PCT桁側から
			PCT桁側から
			PCT桁側から
			PCT桁側から
			PCT桁側から

A2

IR	可視	解析	部材
			PCT桁側から
			PCT桁側から
			PCT桁側から