

技術番号 BR020053

DJI社製
Matrice 210 RTK

技術名 ドローンと赤外線カメラを用いて、舗装表面温度から床版劣化を特定する技術

開発者名 北電技術コンサルタント株式会社

試験日 令和 7年 12月 17日 天候 晴れ 気温 5.6 °C 風速 3.7 m/s

試験場所 福島ロボットテストフィールド 試験用橋梁

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 構造物近傍安定性能
可動範囲

対象構造物の概要

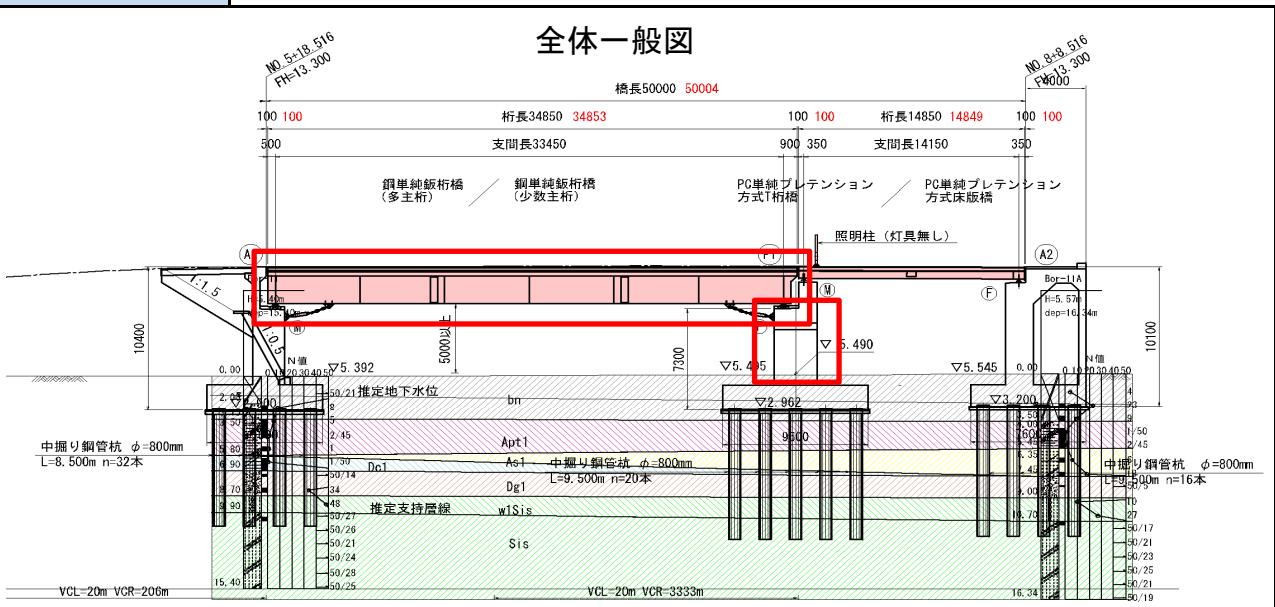


写真-1 全体写真

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(写真-2)左より順に
Matrice210RTK本機、コントローラー、モニター用タブレット、RTK基地局、積載カメラ DJI社製 ZenmuseXT2
- ② ホバリング状況(写真-3:P1橋脚付近)
- ③ 飛行状況(写真-4:P1橋脚付近)
- ④ 飛行状況(写真-5、写真-6:P1~A1間の防護柵側面を飛行)
- ⑤ 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))

開発者による計測機器の設置状況



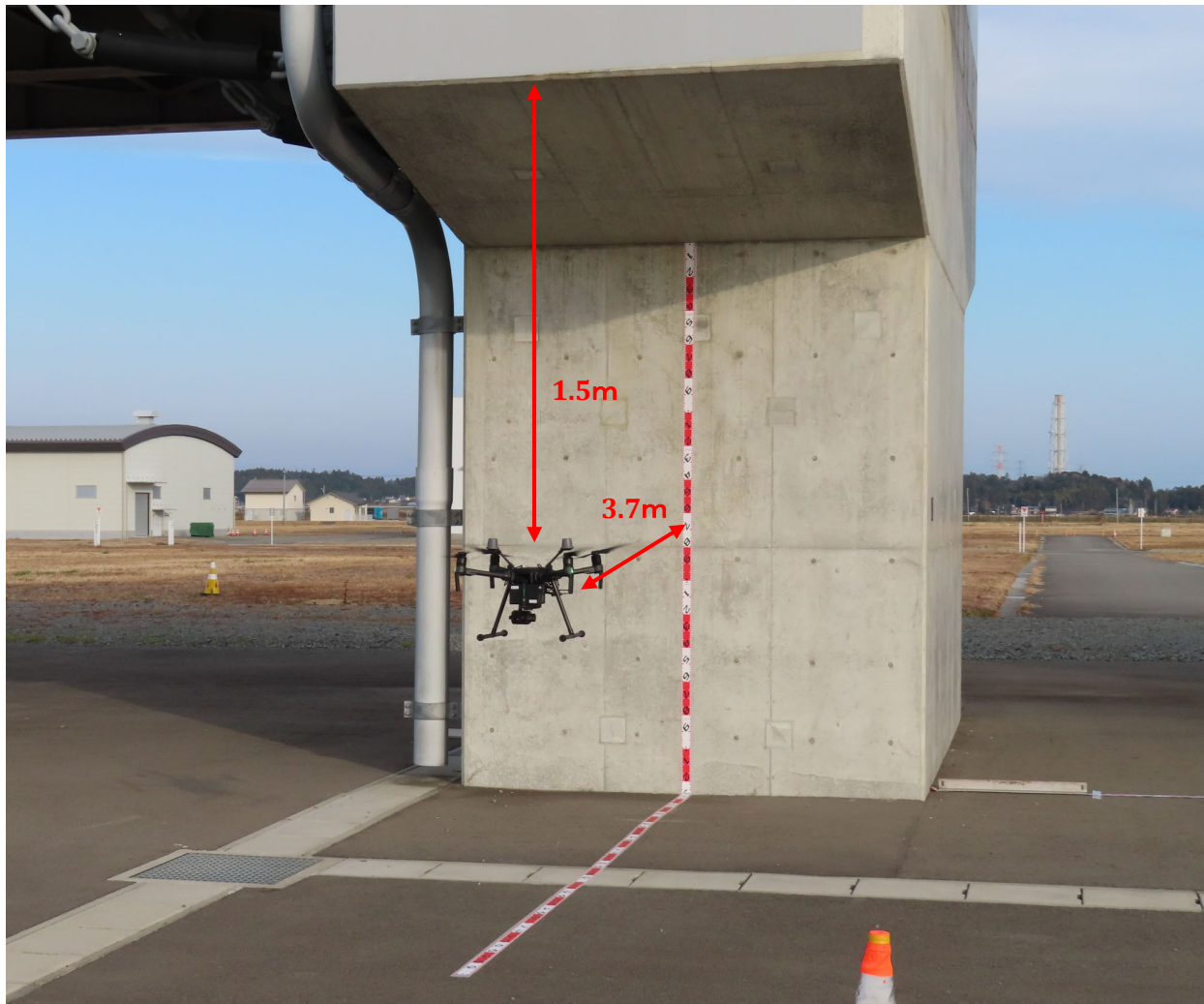
※構造物近傍安定性能

構造物までの距離: 3.7m

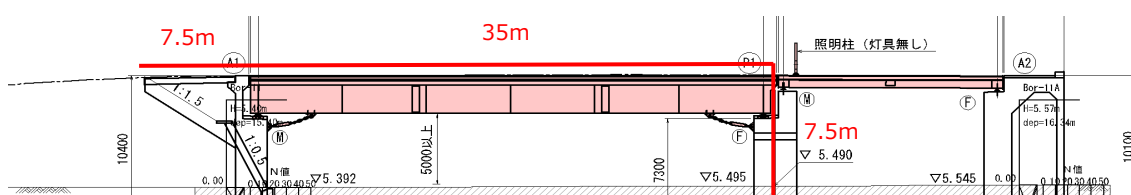
風速: 3.7m/s

停止飛行時: 水平移動 0m

ホバリング: 60秒間



※可動範囲: 50m (飛行距離: 50m (=7.5+35.0+7.5))

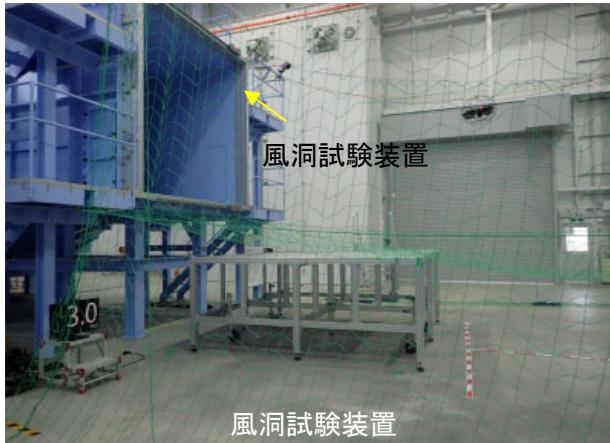


技術番号	BR020053						
技術名	ドローンと赤外線カメラを用いて、舗装表面温度から床版劣化を特定する技術		開発者名	北電技術コンサルタント株式会社			
試験日	令和7年12月17日	天候	晴れ	気温	10.3 °C	風速	- m/s
試験場所	福島ロボットテストフィールド 風洞棟						
カタログ分類	非破壊検査技術	カタログ	検出項目	床版劣化	試験区分	標準試験	

試験で確認する カタログ項目	安定性能(人工風)
-------------------	-----------

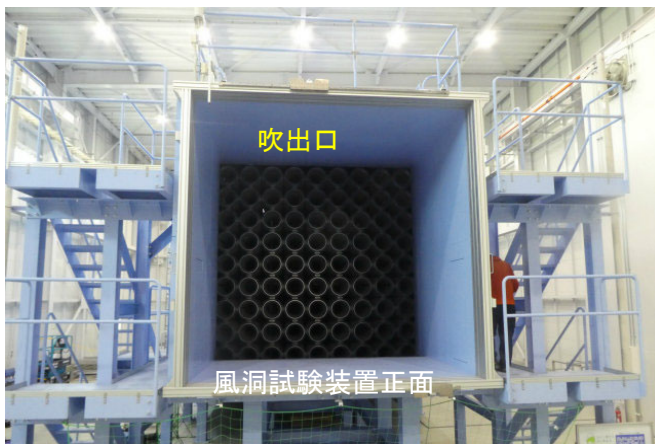
対象構造物の概要

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3m/s)

開発者による計測機器の設置状況



写真-1



写真-2

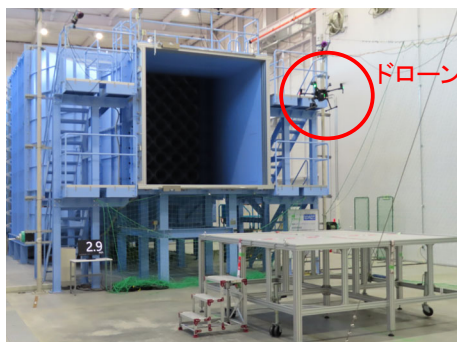


写真-3

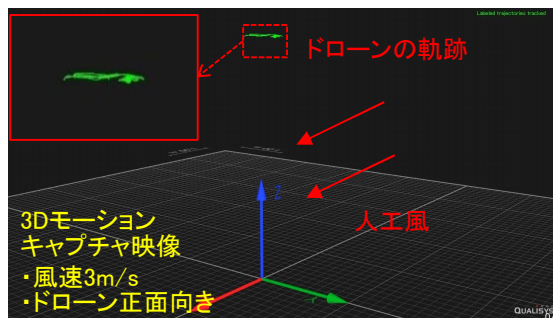


写真-4

比較対象を得るため、立会者による計測機器の設置状況

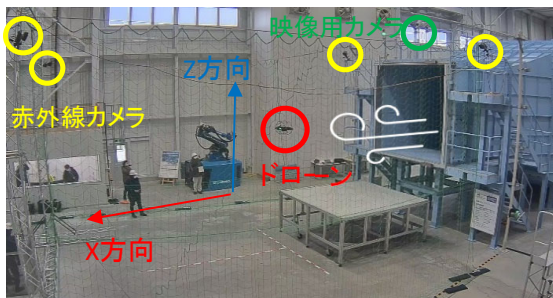


写真-5

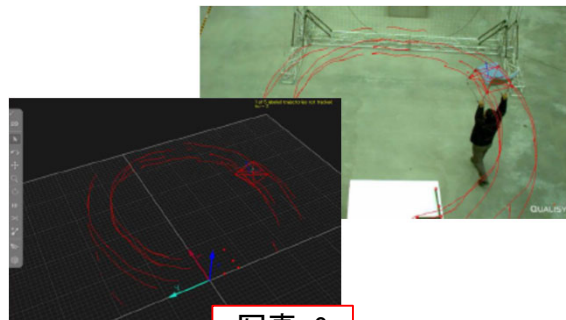


写真-6

※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

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)

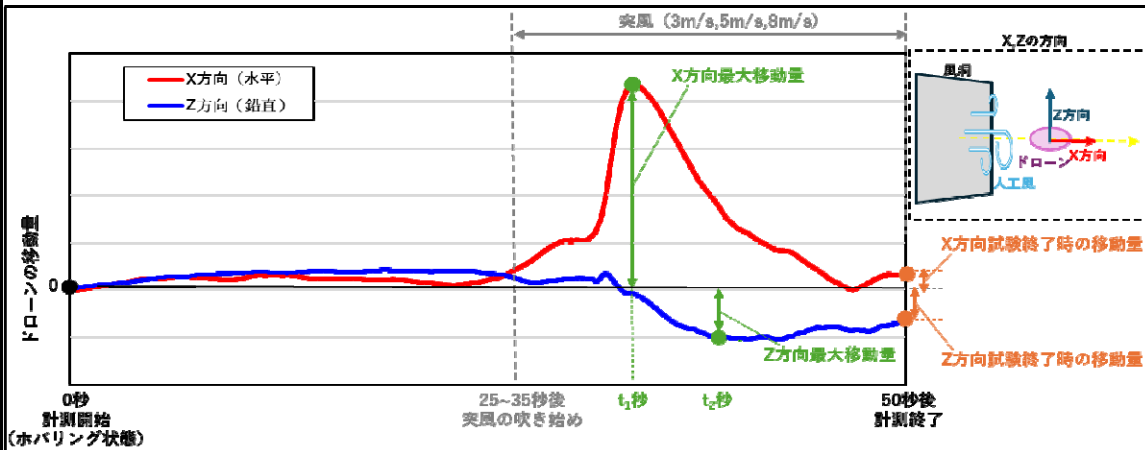


図-1

計測機器(ドローン)に当てた人口風の風速のイメージを示す。(図-2)

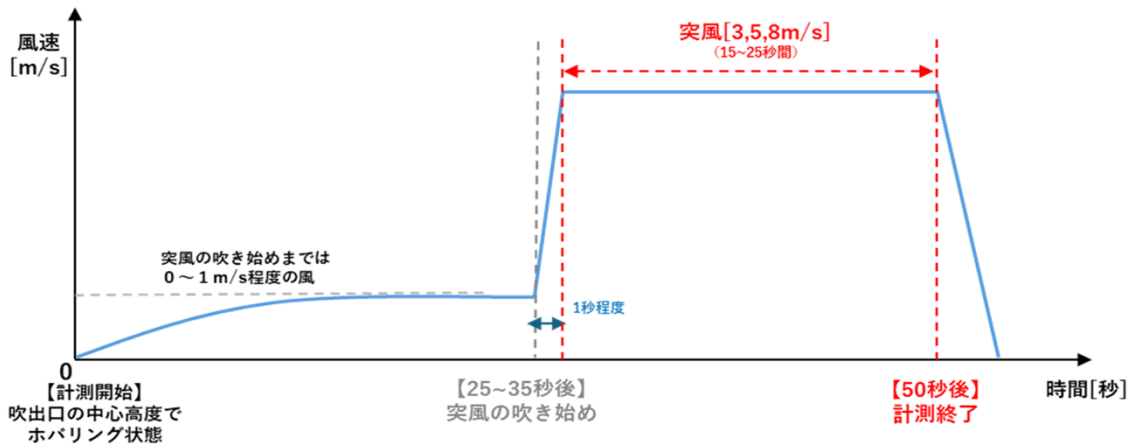


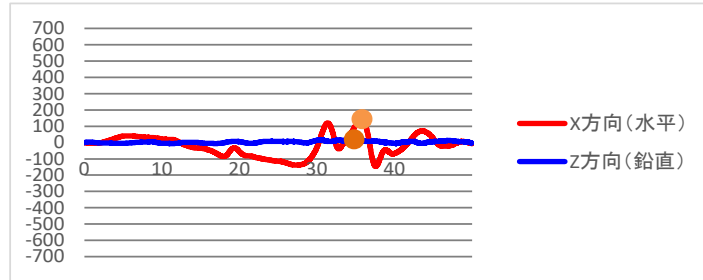
図-2

※安定性能

風速: 3.0m/s

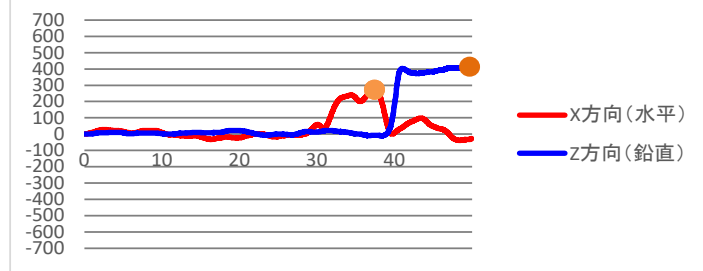
正面

水平方向 最大移動量	146 mm
試験終了時の移動量	6 mm
鉛直方向 最大移動量	21 mm
試験終了時の移動量	2 mm



側面

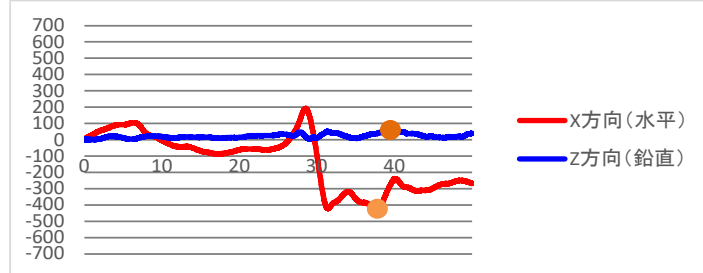
水平方向 最大移動量	274 mm
試験終了時の移動量	26 mm
鉛直方向 最大移動量	415 mm
試験終了時の移動量	411 mm



風速: 5.0m/s

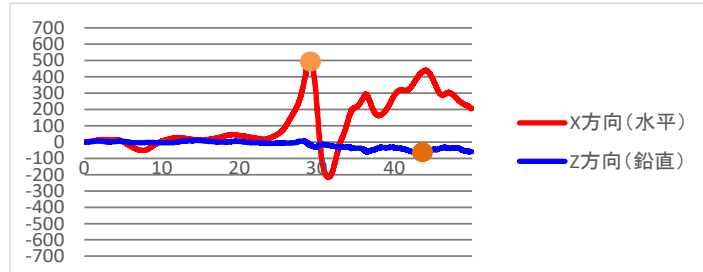
正面

水平方向 最大移動量	424 mm
試験終了時の移動量	269 mm
鉛直方向 最大移動量	61 mm
試験終了時の移動量	40 mm



側面

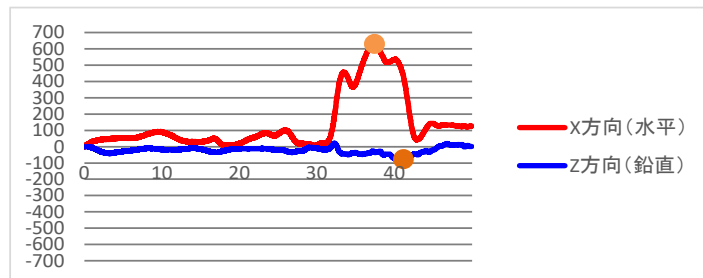
水平方向 最大移動量	494 mm
試験終了時の移動量	204 mm
鉛直方向 最大移動量	63 mm
試験終了時の移動量	58 mm



風速: 8.0m/s

正面

水平方向 最大移動量	632 mm
試験終了時の移動量	126 mm
鉛直方向 最大移動量	75 mm
試験終了時の移動量	2 mm



側面

水平方向 最大移動量	— mm
試験終了時の移動量	— mm
鉛直方向 最大移動量	— mm
試験終了時の移動量	— mm

計測機器の不備により、データ取得不可

- ① 日照による路温変化を再現するため、施設前の屋外スペース(日なた)に検証試験体を設置(写真-3)床版劣化(滞水)を再現するため、検証試験体の側面より注水(写真-4)
- ② 機器の搬入(写真-5)左より順に、Matrice210RTK本機、コントローラー・日照計など、RTK基地局、同 頂部拡大、積載カメラ DJI社製 ZenmuseXT2
- ③ 検証試験体の直上 H=14.3m(舗装面よりH=13.0m)にドローンを飛行させ、赤外線カメラで試験体全体を撮影し、操縦者の手元コントローラーのモニターで確認(写真-6、写真-7)
- ④ ③を日中の異なる時間帯(11:30~/13:30~/14:00~/14:30~/)で4回、繰り返し行う。
- ⑤ 後日、赤外線カメラ画像の解析によって損傷範囲(温度変化が異なる箇所)を検出し、検証試験体の実際の損傷範囲(真値)との重ね合わせ図を作成することで、本技術の検出・的中率を算定する。(4回分)

開発者による計測機器の設置状況



写真-3

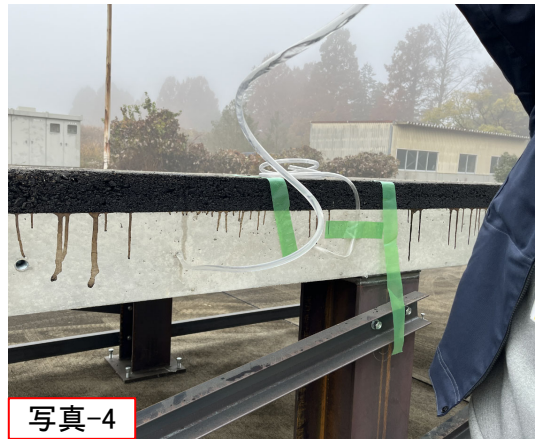


写真-4



写真-5



写真-6



写真-7

比較対象を得るため、
立会者による計測機器の設置状況

技術番号

BR020053

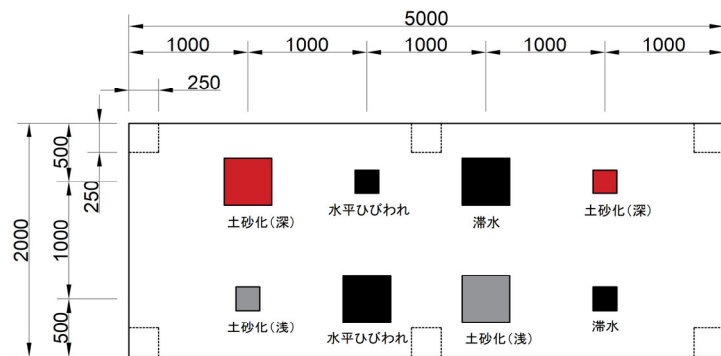
※検証試験体(再掲)

損傷大: 400mm × 400mm

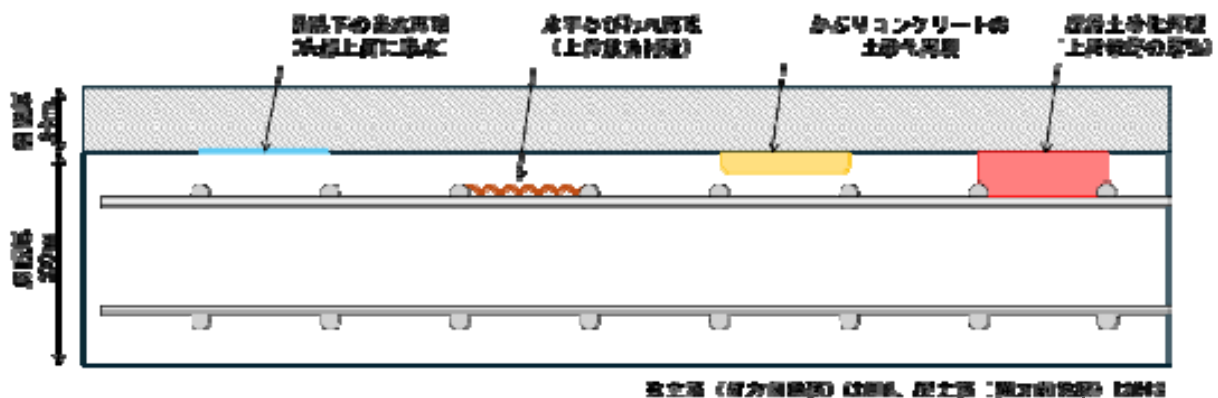
損傷小: 200mm × 200mm

床版厚: 20cm

舗装厚: 8cm



※検証試験体 断面図



計測結果の比較

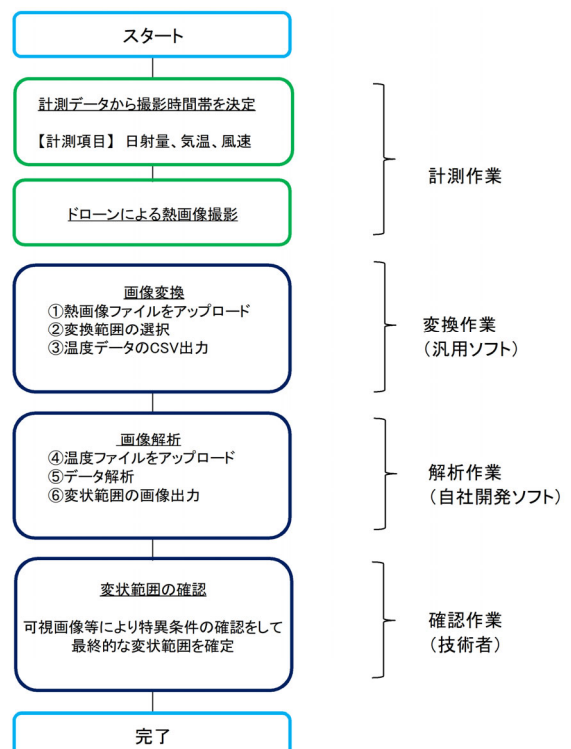
■ 検証時の外的環境

検証時間	外気温	日射量	風速
11:30開始時	19.2 °C	1,305 W/m ²	0.0 m/s
13:30開始時	21.0 °C	1,159 W/m ²	2.2 m/s
14:00開始時	21.0 °C	1,200 W/m ²	1.2 m/s
14:30開始時	21.0 °C	999 W/m ²	0.7 m/s

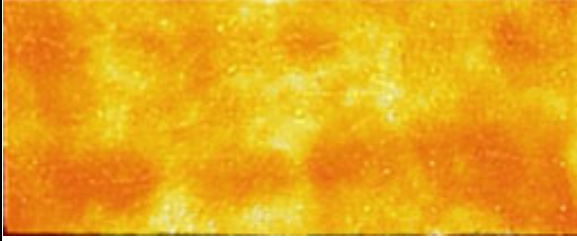
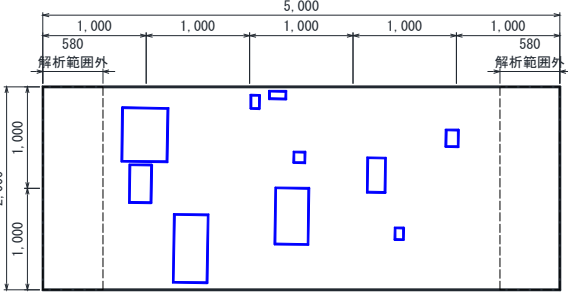
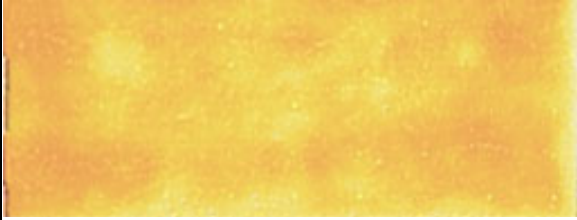
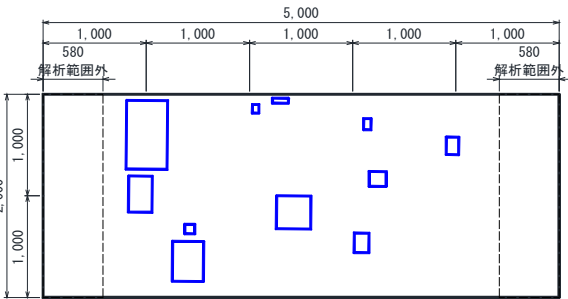
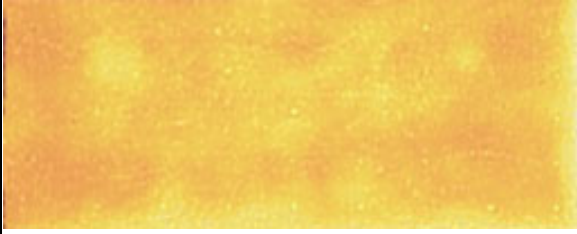
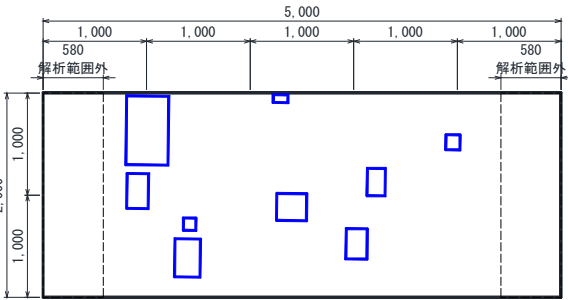
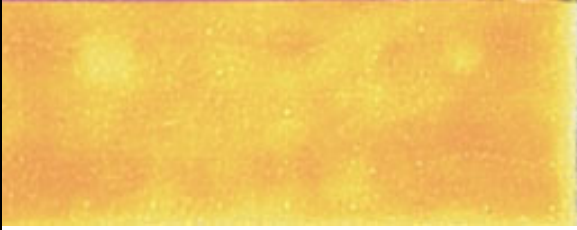
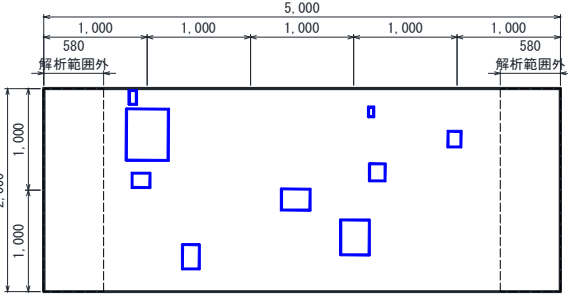
■ 撮影条件

カメラ名称 : Zenmuse XT2
 被写体距離 : 約13m (検証試験体までの距離)
 焦点距離 : 19 mm
 シャッター速度 : 1/100 秒
 絞り : f/1.2
 ISO値 : ISO128
 フォーカス : オートフォーカス
 画像Pixel数 : 640 × 512
 168 × 432
 (今回の試験で使用したPixel数)

■ 計測～検出までの流れ

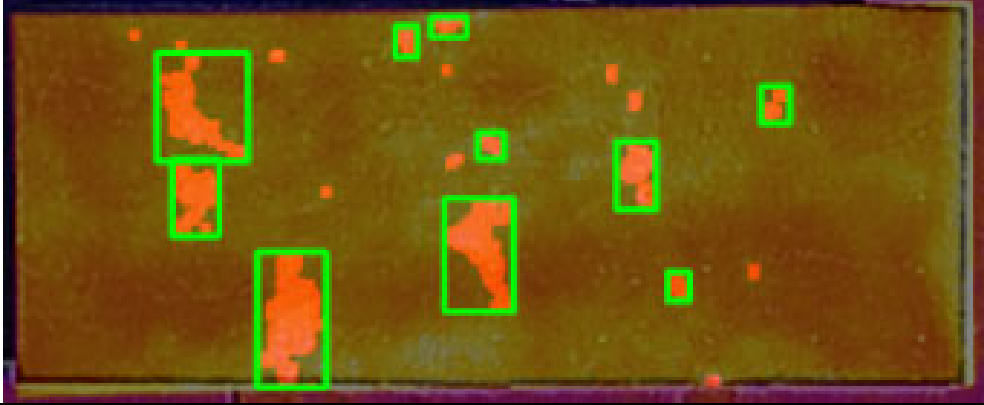





■ 検出結果

検証時間	起点側	赤外線画像	終点側	画像解析結果（損傷範囲を囲む）
11:30				
13:30				
14:00				
14:30				

■ 検出結果の根拠資料

※緑枠は、異常点が4連結以上のものを包括する。

検証時間	起点側	画像解析結果（凡例 赤ドット:解析による異常点、緑枠:変状範囲）	終点側
11:30			
13:30			
14:00			
14:30			

■ 開発者による考察

今回の標準試験において、図-1 に示す計測時間14:30の赤外線画像をみると、試験体の南面と西面の端面が日射を受け高温となっている。

実際に、当日、手で端面の温かさを確かめたところ、南面と西面が他の2面に比べ明らかに熱かった。このことは、南面と西面は端面からの熱供給があることになり、解析結果に影響を及ぼすものと考えられる。

また、写真-8 に示す試験体表面の色の状況をみると、全面が茶色のまだら模様となっており、部分的に黒い部分が散見された。

黒い部分の熱吸収は茶色の部分に比べ大きいため、このことも解析結果に影響を及ぼす可能性が考えられる。

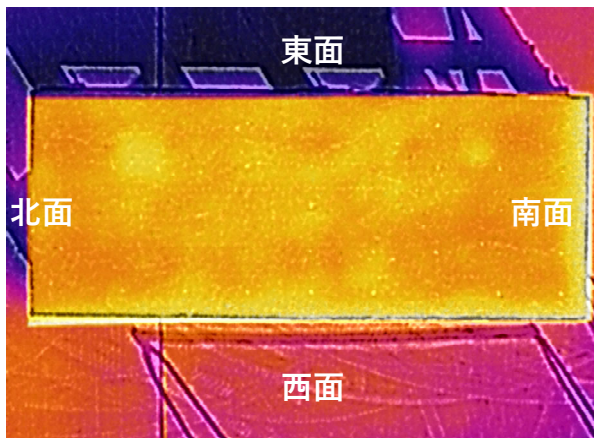




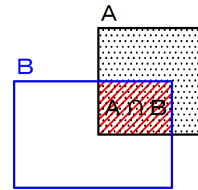
図-1 試験体端面の温度影響の可能性



写真-8 試験体表面の色むらによる影響可能性

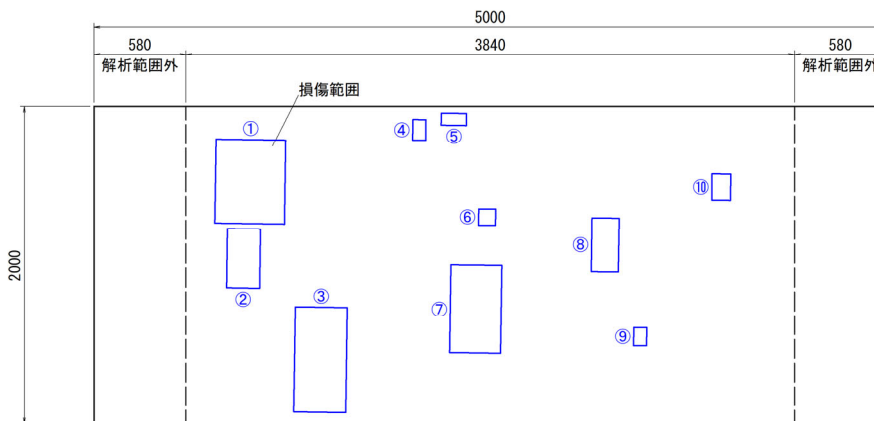
■ 真値との重ね合わせによる検出率、的中率の算定
(1/4) 11:30開始

凡例
真値 
北電技術コンサルタント 



A : 正解の損傷面積 (真値)
B : 機械検出の損傷面積 (誤検出含む)

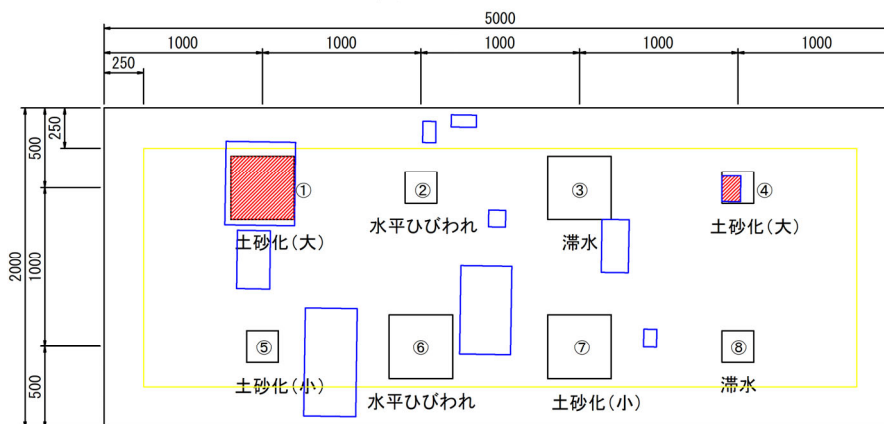
床版調査結果



真 値 = A

	面積	損傷区分
①	0.160 m ²	土砂化(大)
②	0.040 m ²	水平ひびわれ
③	0.160 m ²	滞水
④	0.040 m ²	土砂化(大)
⑤	0.040 m ²	土砂化(小)
⑥	0.160 m ²	水平ひびわれ
⑦	0.160 m ²	土砂化(小)
⑧	0.040 m ²	滞水
計	0.800 m ²	

真値との比較合わせ図



北電技術コンサルタント計測値=B

	面積	損傷区分
①	0.231 m ²	—
②	0.077 m ²	—
③	0.219 m ²	—
④	0.011 m ²	—
⑤	0.012 m ²	—
⑥	0.011 m ²	—
⑦	0.178 m ²	—
⑧	0.058 m ²	—
⑨	0.009 m ²	—
⑩	0.019 m ²	—
計	0.825 m ²	

真値との一致面積 (A∩B)

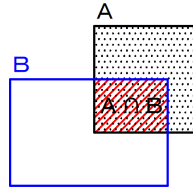
	面積	損傷区分
①	0.160 m ²	土砂化(大)
②	0 m ²	水平ひびわれ
③	0 m ²	滞水
④	0.019 m ²	土砂化(大)
⑤	0 m ²	土砂化(小)
⑥	0 m ²	水平ひびわれ
⑦	0 m ²	土砂化(小)
⑧	0 m ²	滞水
計	0.179 m ²	

検出率 = 正解した損傷面積 [A∩B] / 正解の損傷面積 (真値) [A] × 100
= 0.179 / 0.800 × 100 = 22%

的中率 = 正解した損傷面積 [A∩B] / 機械検出の損傷面積 (誤検出含む) [B] × 100
= 0.179 / 0.825 × 100 = 22%

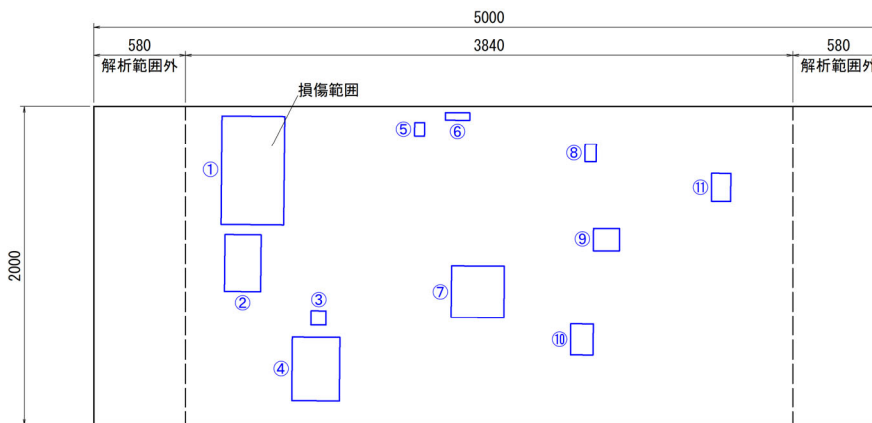
■ 真値との重ね合わせによる検出率、的中率の算定
(2/4) 13:30開始

凡例
真値 ————
北電技術コンサルタント ————



A : 正解の損傷面積 (真値)
B : 機械検出の損傷面積 (誤検出含む)

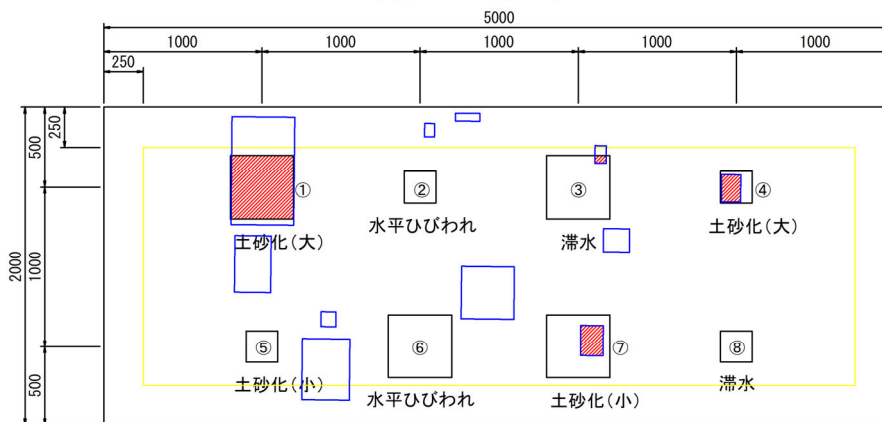
床版調査結果



真 値 = A

	面積	損傷区分
①	0.160 m ²	土砂化(大)
②	0.040 m ²	水平ひびわれ
③	0.160 m ²	滞水
④	0.040 m ²	土砂化(大)
⑤	0.040 m ²	土砂化(小)
⑥	0.160 m ²	水平ひびわれ
⑦	0.160 m ²	土砂化(小)
⑧	0.040 m ²	滞水
計	0.800 m ²	

真値との比較合わせ図



北電技術コンサルタント計測値=B

	面積	損傷区分
①	0.268 m ²	—
②	0.081 m ²	—
③	0.009 m ²	—
④	0.118 m ²	—
⑤	0.005 m ²	—
⑥	0.007 m ²	—
⑦	0.108 m ²	—
⑧	0.008 m ²	—
⑨	0.024 m ²	—
⑩	0.027 m ²	—
計	0.021 m ²	—
	0.676 m ²	

真値との一致面積 (A ∩ B)

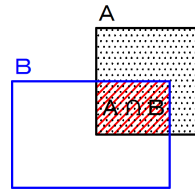
	面積	損傷区分
①	0.157 m ²	土砂化(大)
②	0 m ²	水平ひびわれ
③	0.004 m ²	滞水
④	0.021 m ²	土砂化(大)
⑤	0 m ²	土砂化(小)
⑥	0 m ²	水平ひびわれ
⑦	0.027 m ²	土砂化(小)
⑧	0 m ²	滞水
計	0.209 m ²	

検出率 = 正解した損傷面積 [A ∩ B] / 正解の損傷面積 (真値) [A] × 100
= 0.209 / 0.800 × 100 = 26%

的中率 = 正解した損傷面積 [A ∩ B] / 機械検出の損傷面積 (誤検出含む) [B] × 100
= 0.209 / 0.676 × 100 = 31%

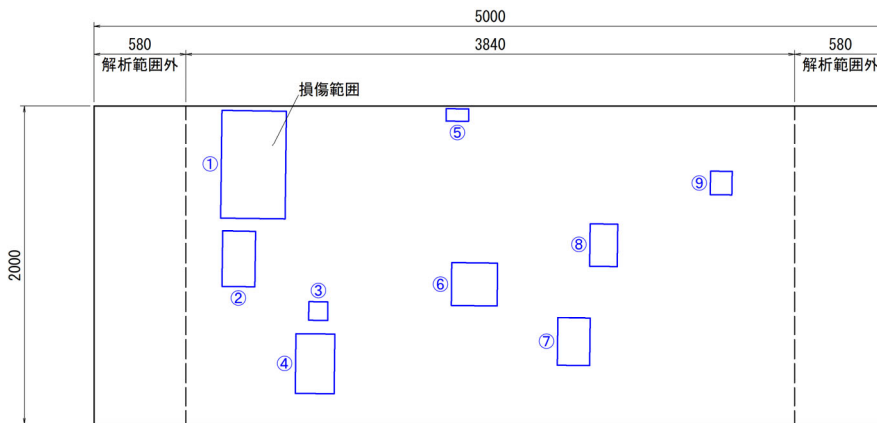
■ 真値との重ね合わせによる検出率、的中率の算定
(3/4) 14:00開始

凡例
真値 ———
北電技術コンサルタント ———



A : 正解の損傷面積 (真値)
B : 機械検出の損傷面積 (誤検出含む)

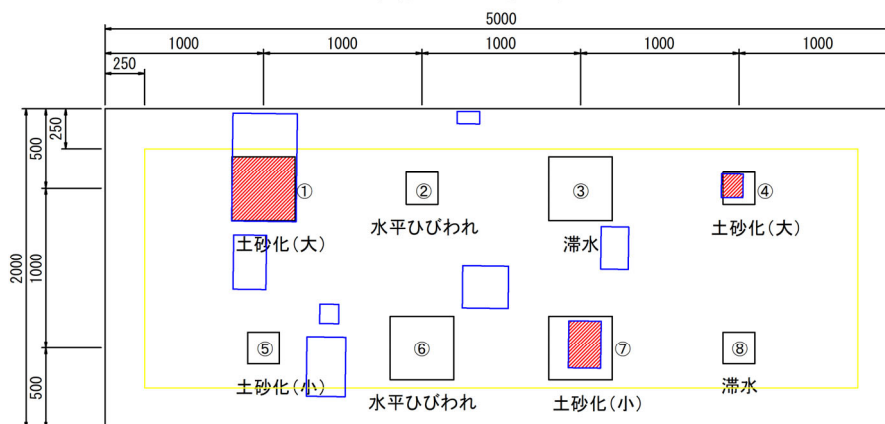
床版調査結果



真 値 = A

	面積	損傷区分
①	0.160 m ²	土砂化(大)
②	0.040 m ²	水平ひびわれ
③	0.160 m ²	滞水
④	0.040 m ²	土砂化(大)
⑤	0.040 m ²	土砂化(小)
⑥	0.160 m ²	水平ひびわれ
⑦	0.160 m ²	土砂化(小)
⑧	0.040 m ²	滞水
計	0.800 m ²	

真値との比較合わせ図



北電技術コンサルタント計測値=B

	面積	損傷区分
①	0.275 m ²	—
②	0.071 m ²	—
③	0.015 m ²	—
④	0.092 m ²	—
⑤	0.011 m ²	—
⑥	0.077 m ²	—
⑦	0.060 m ²	—
⑧	0.047 m ²	—
⑨	0.020 m ²	—
計	0.668 m ²	

真値との一致面積 (A ∩ B)

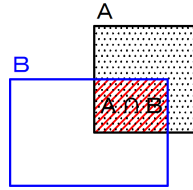
	面積	損傷区分
①	0.159 m ²	土砂化(大)
②	0 m ²	水平ひびわれ
③	0 m ²	滞水
④	0.019 m ²	土砂化(大)
⑤	0 m ²	土砂化(小)
⑥	0 m ²	水平ひびわれ
⑦	0.063 m ²	土砂化(小)
⑧	0 m ²	滞水
計	0.241 m ²	

検出率 = 正解した損傷面積 [A ∩ B] / 正解の損傷面積 (真値) [A] × 100
= 0.241 / 0.800 × 100 = 30%

的中率 = 正解した損傷面積 [A ∩ B] / 機械検出の損傷面積 (誤検出含む) [B] × 100
= 0.241 / 0.668 × 100 = 36%

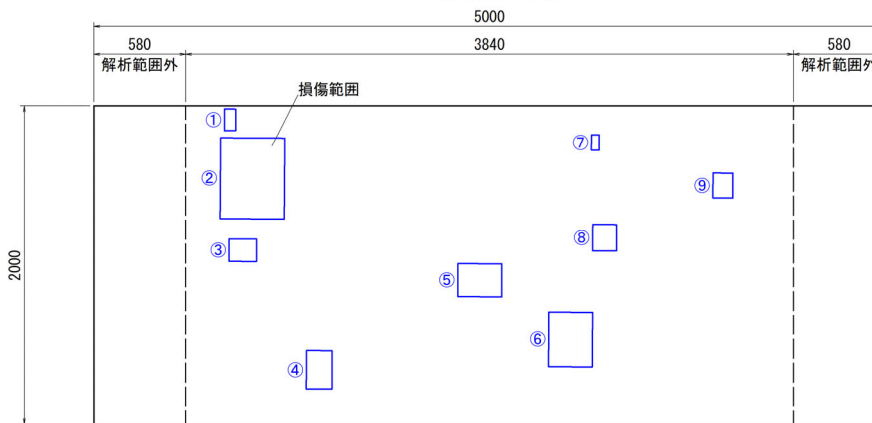
■ 真値との重ね合わせによる検出率、的中率の算定
(4/4) 14:30開始

凡例
真値 ————
北電技術コンサルタント ————



A : 正解の損傷面積 (真値)
B : 機械検出の損傷面積 (誤検出含む)

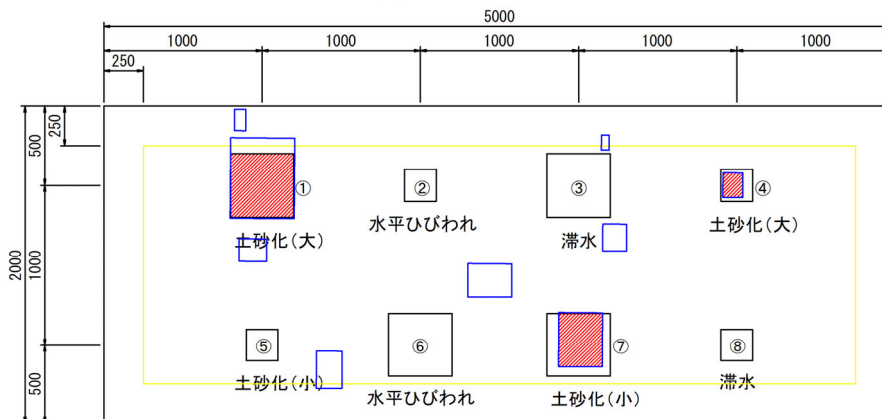
床版調査結果



真 値 = A

	面積	損傷区分
①	0.160 m ²	土砂化(大)
②	0.040 m ²	水平ひびわれ
③	0.160 m ²	滞水
④	0.040 m ²	土砂化(大)
⑤	0.040 m ²	土砂化(小)
⑥	0.160 m ²	水平ひびわれ
⑦	0.160 m ²	土砂化(小)
⑧	0.040 m ²	滞水
計	0.800 m ²	

真値との比較合わせ図



北電技術コンサルタント計測値=B

	面積	損傷区分
①	0.010 m ²	—
②	0.205 m ²	—
③	0.024 m ²	—
④	0.039 m ²	—
⑤	0.056 m ²	—
⑥	0.095 m ²	—
⑦	0.005 m ²	—
⑧	0.025 m ²	—
⑨	0.020 m ²	—
計	0.479 m ²	

真値との一致面積 (A∩B)

	面積	損傷区分
①	0.160 m ²	土砂化(大)
②	0 m ²	水平ひびわれ
③	0 m ²	滞水
④	0.020 m ²	土砂化(大)
⑤	0 m ²	土砂化(小)
⑥	0 m ²	水平ひびわれ
⑦	0.094 m ²	土砂化(小)
⑧	0 m ²	滞水
計	0.274 m ²	

検出率 = 正解した損傷面積 [A∩B] / 正解の損傷面積 (真値) [A] × 100
= 0.274 / 0.800 × 100 = 34%

的中率 = 正解した損傷面積 [A∩B] / 機械検出の損傷面積 (誤検出含む) [B] × 100
= 0.274 / 0.479 × 100 = 57%

技術番号 BR020053

DJI社製
Matrice 210 RTK

技術名 ドローンと赤外線カメラを用いて、舗装表面温度から床版劣化を特定する技術

開発者名 北電技術コンサルタント株式会社

試験日 令和 7年 12月 17日 天候 晴れ 気温 5.9 °C 風速 5.2 m/s

試験場所 福島ロボットテストフィールド 試験用橋梁

カタログ分類 非破壊検査技術

カタログ

検出項目 床版劣化

試験区分 現場試験

試験で確認する
カタログ項目 動作確認(精度以外)

対象構造物の概要

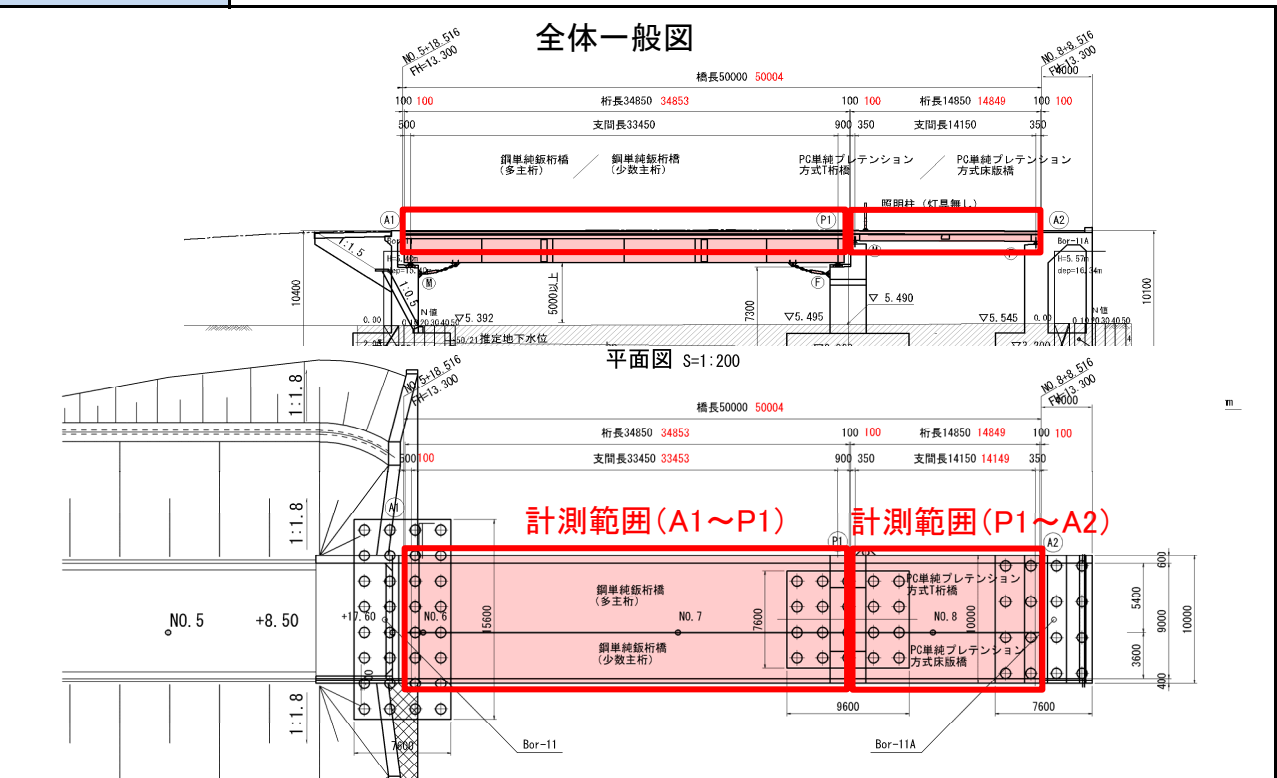


写真-1 全体写真



写真-2 路面現況 (A2→A1方向)

対象径間：第1、第2径間

計測対象部材：車道部路面

- ① 機器の搬入(写真-3)左より順に Matrice210RTK本機、コントローラー、モニター用タブレット、RTK基地局、積載カメラ DJI社製 ZenmuseXT2
- ② 操縦者は、A1橋台手前の路面からドローンを離陸させ、路面からの高さH=約13mまで上昇、真下に向けた積載カメラ画像を手元のコントローラーで確認する。(写真-4)
- ③ 路面からの高さH=約13mを維持しつつ、A1橋台～P1橋脚の車道部路面を赤外線カメラで連続撮影、撮影範囲はラップさせる。(写真-5)
- ④ 同様に、P1橋脚～A2橋台の車道部路面を赤外線カメラで連続撮影、撮影範囲はラップさせる。
- ⑤ 後日、赤外線カメラの連写画像を合成、解析することで損傷範囲(温度変化が異なる箇所)を検出、これをA1橋台～P1橋脚、およびP1橋脚～A2橋台 それぞれについて整理する。

開発者による計測機器の設置状況



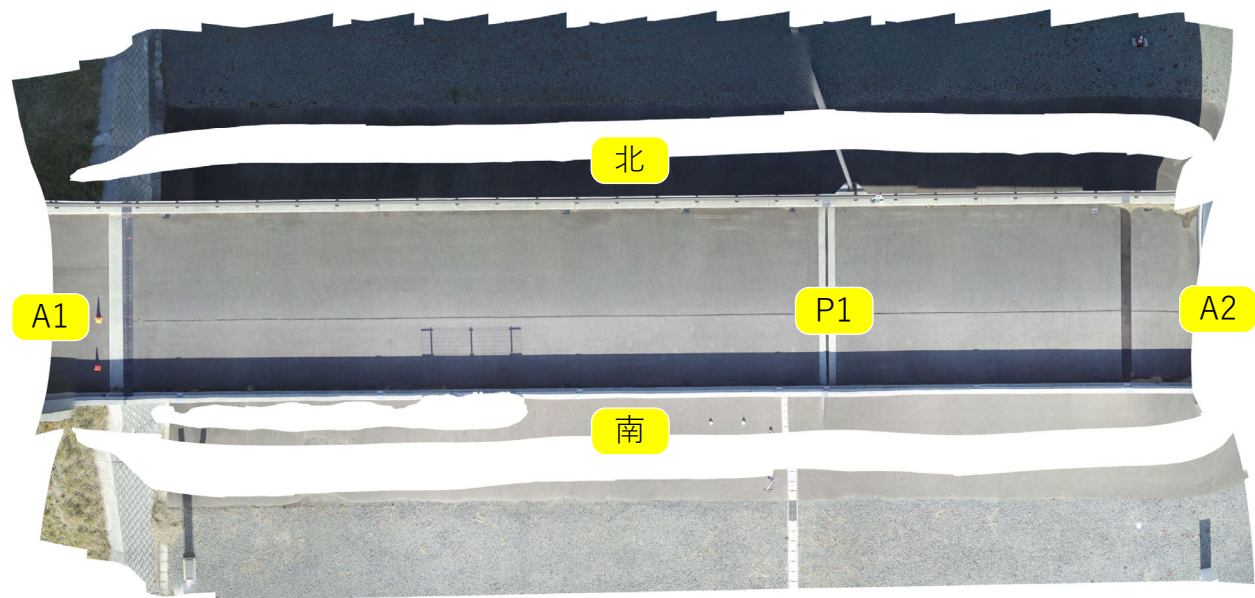
■ 検証時の外的環境

検証時間	外気温	照度	風速
09:00開始時	5.9 °C	77.5 kLux	5.2 m/s

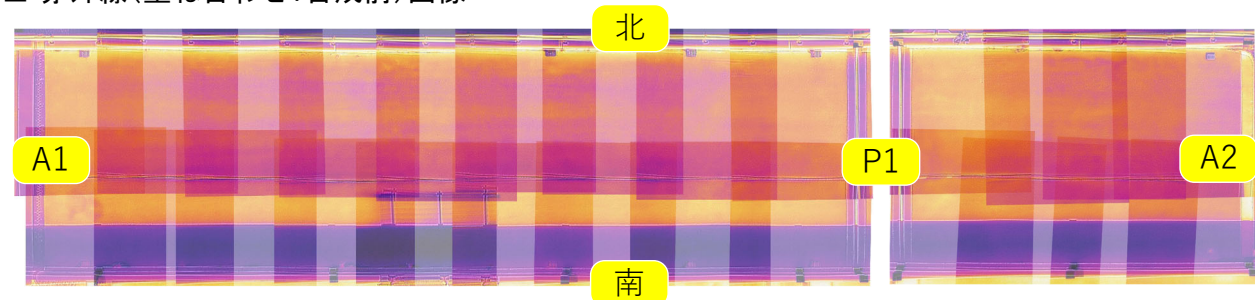
■ 撮影条件

カメラ名称	: Zenmuse XT2	被写体距離	: 約13m (試験用橋梁 路面までの距離)
焦点距離	: 19 mm	シャッター速度	: 1/100 秒
絞り	: f/1.2	ISO値	: ISO128
フォーカス	: オートフォーカス	画像Pixel数	: 640×512

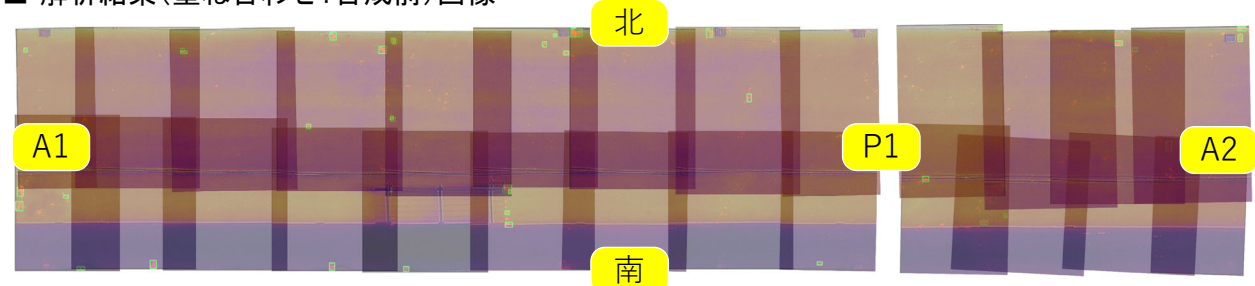
■ 可視光オルソ画像



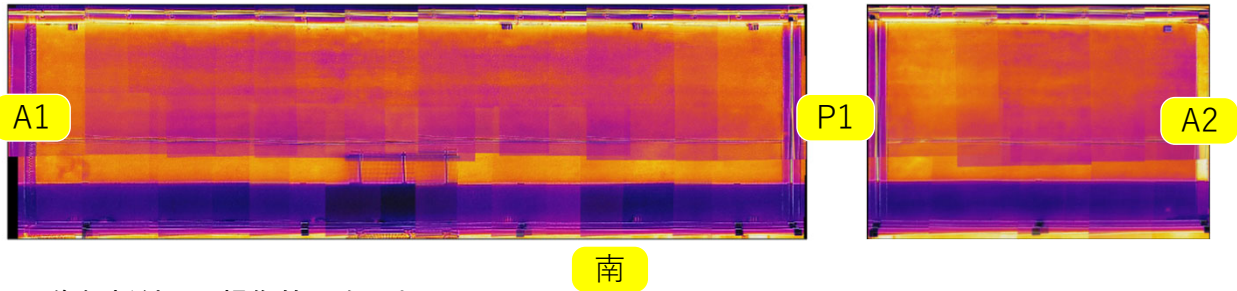
■ 赤外線(重ね合わせ:合成前)画像



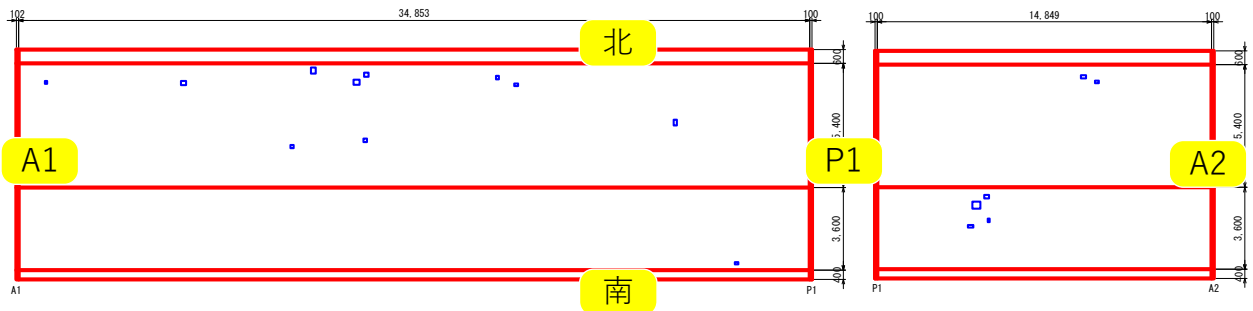
■ 解析結果(重ね合わせ:合成前)画像



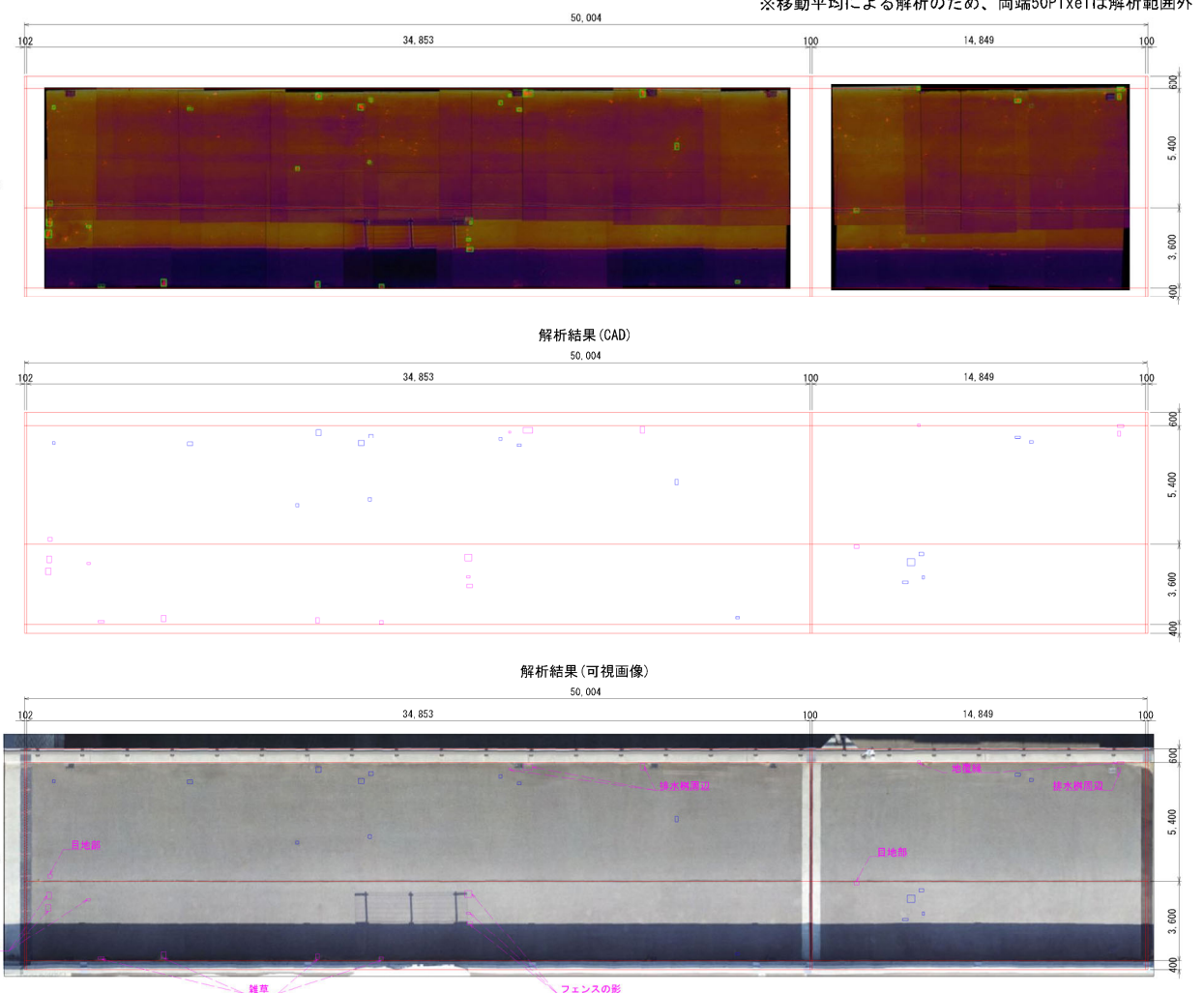
■ 赤外線画像（合成済み）



■ 画像解析結果（損傷範囲を囲む）



■ 解析結果一覧



技術番号	BR020054
------	----------

技術名	フェーズドアレイ超音波探傷法(PA-UT)、渦電流探傷法(ET)を用いた支承部(ローラー、ピン)の状態把握	開発者名	株式会社川金コアテック 神鋼検査サービス株式会社
-----	---	------	-----------------------------

試験日	令和7年 3 月 20 日 令和3年 5 月 17 日	天候	—	気温	— °C	風速	— m/s
-----	--------------------------------	----	---	----	------	----	-------

試験場所	社内(神鋼検査サービス(株) 試験センター)
------	------------------------

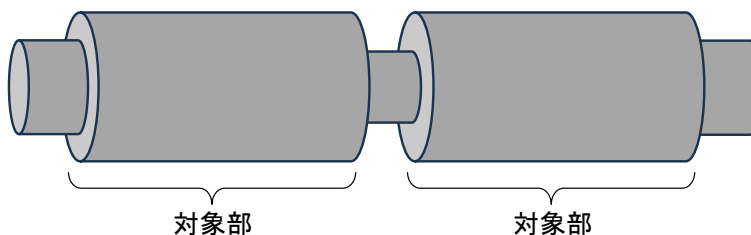
カタログ分類	非破壊検査技術	カタログ	検出項目	き裂、破断	試験区分	社内試験
--------	---------	------	------	-------	------	------

試験で確認する カタログ項目	検出性能(きずの有無)
-------------------	-------------

対象構造物の概要

対象構造物は支承ローラー及びピンとする。

本手法は、ローラー/ピンに発生する表面及び内部の割れや破断の検出を目的とする。



対象構造物: 支承ローラー

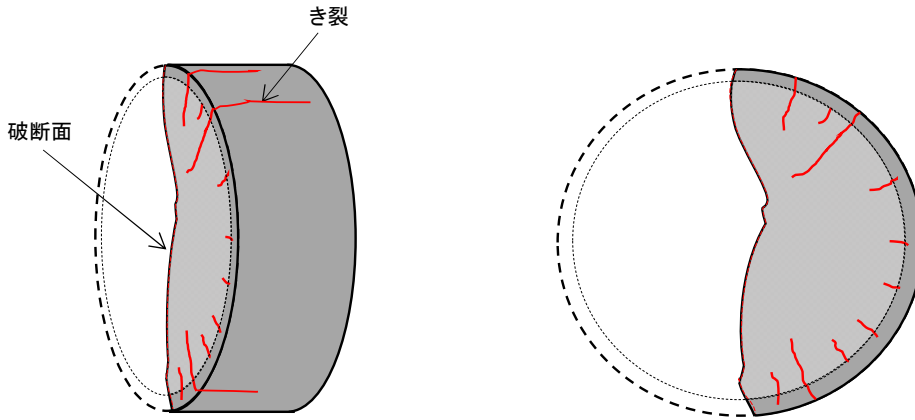


支承ローラー写真 (カバープレート撤去状態)

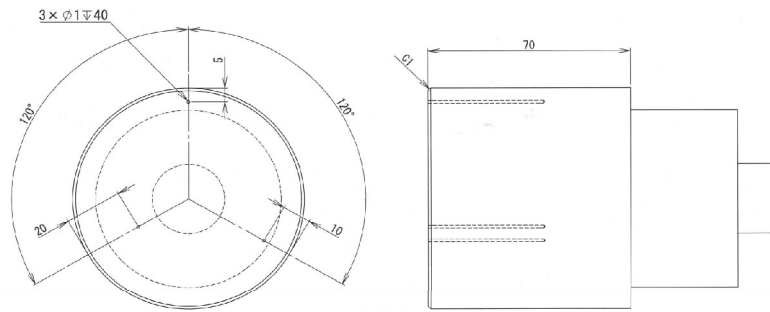
対象構造物の概要

※検証試験体(当社お客様より借用した試験体につき、写真掲載ではなくイラストにて図示する)

●PA-UT用検証試験体/対比試験片



PA-UT用検証試験体(支承ローラー)

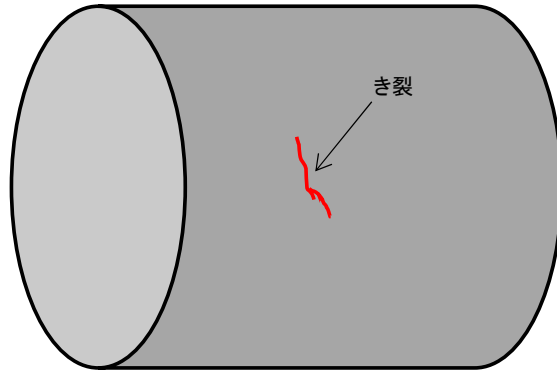


PA-UT用対比試験片(横穴試験片)

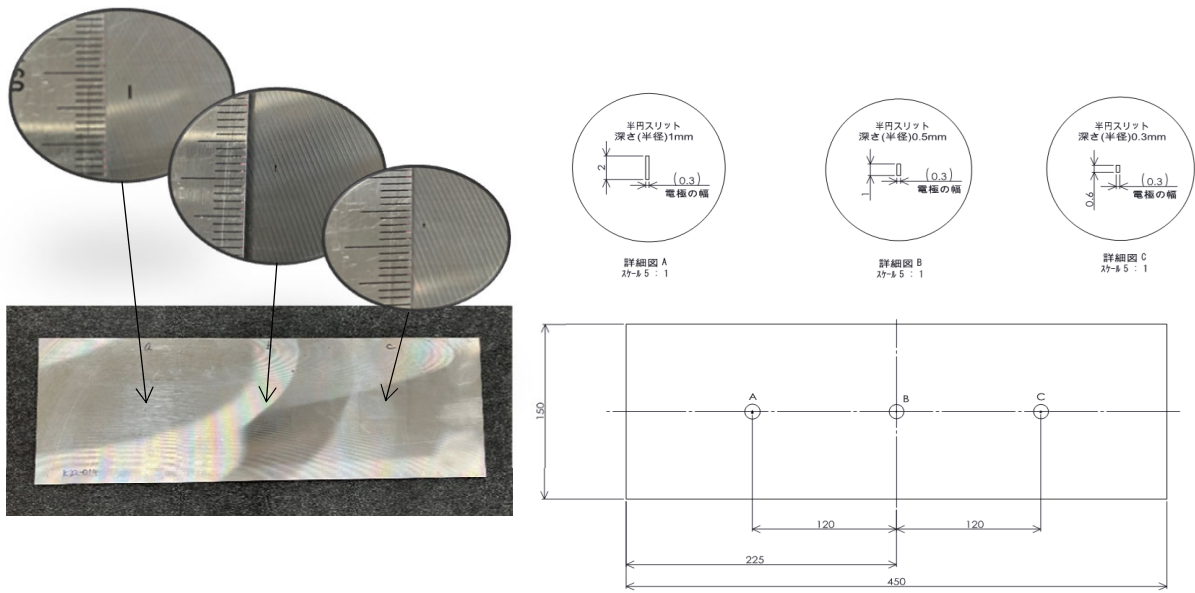
対象構造物の概要

※検証試験体(当社お客様より借用した試験体につき、写真掲載ではなくイラストにて図示する)

●ET用検証試験体/対比試験片



ET用検証試験体(支承ローラー)



ET用対比試験片(人工スリット)

●PA-UT試験手順

- ① PA-UT探傷器にPA-UT探触子を取付ける。
- ② 探傷画像のレンジ調整、および対比試験片を用い感度調整を行う。
- ③ 検査対象に接触媒質を塗布したのち、探触子を接触させて探傷を行い、S-スコープ(断面画像)を取得する。
- ④ 得られた探傷画像にて閾値を超える信号の検出有無、および分布を確認する。

●ET試験手順

- ① ET探傷器にET探触子を取付ける。
- ② 対比試験片で感度調整を行う。
- ③ 探触子を検査対象に接触させ、信号画像を取得する。
- ④ 得られた信号画像にてきずの検出有無を確認する。



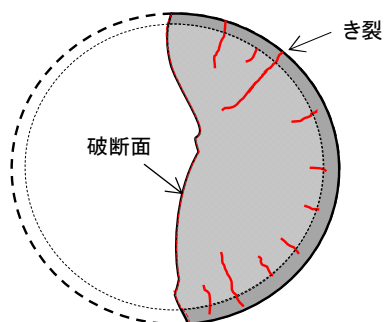
PA-UT探傷/探触子



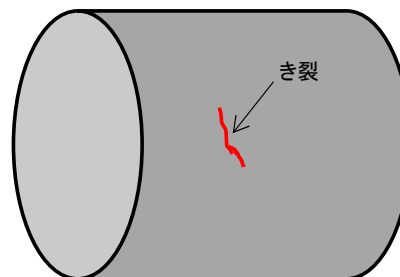
ET探傷器/探触子

比較対象を得るため、
立会者による計測機器の設置状況

- PA-UT: 検証用試験体(実機ローラー)にきず(き裂及び破断)が生じていることを、切断した断面の目視にて確認する。
- ET: 検証用試験体(実機ローラー)の表面にきず(き裂)が生じていることを目視にて確認する。



PA-UT用検証試験体(支承ローラー)

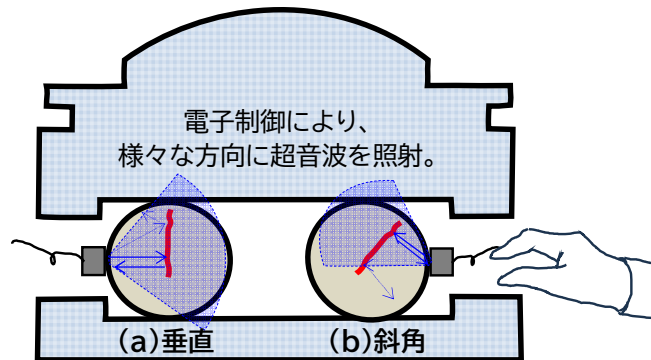


ET用検証試験体(支承ローラー)

●PA-UT調査方法

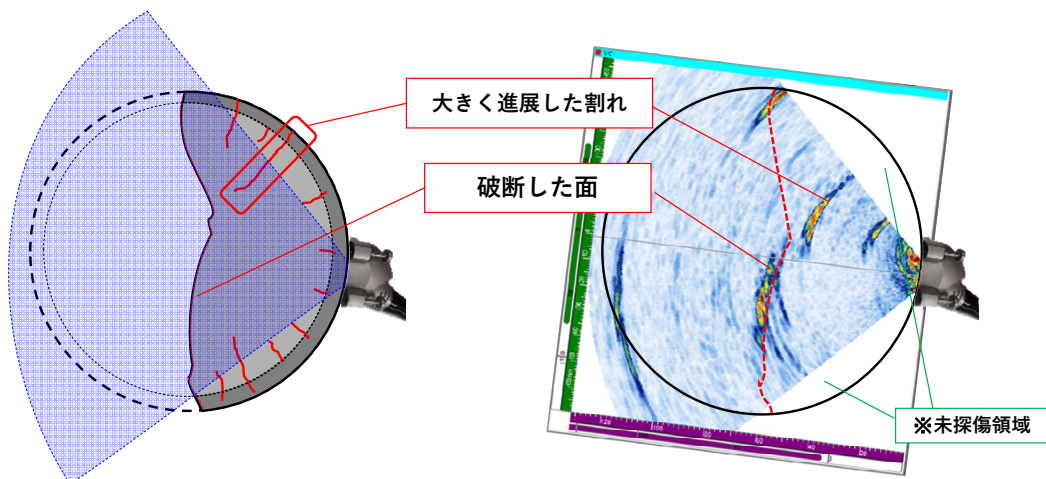
PA-UTは、超音波探触子内の振動子の電子制御により、様々な方向に超音波を入射させることができる。

その特徴を利用し、検出したいきずの位置や方向により下図のように、(a)垂直探傷と(b)斜角探傷を使い分ける。

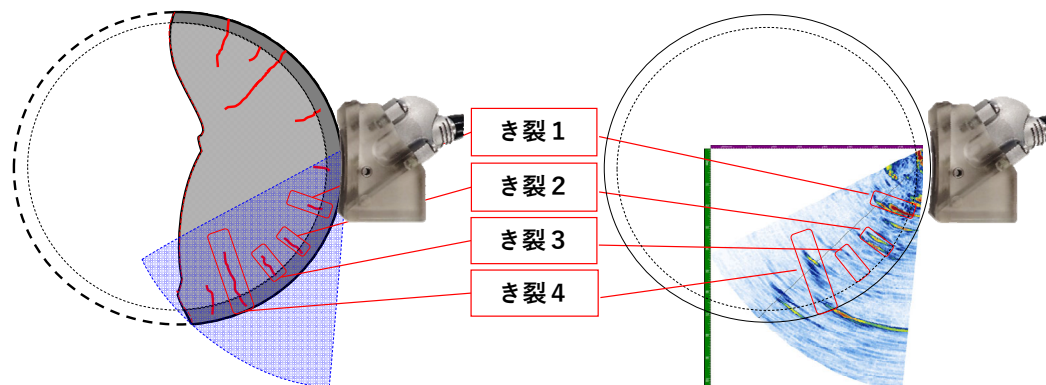


●目視結果とPA-UT結果の比較:

(a)垂直探傷、(b)斜角探傷ともに目視にて確認したきず(割れ、破断面)を検出している。



(a) 目視結果-PA-UT結果の比較(垂直)

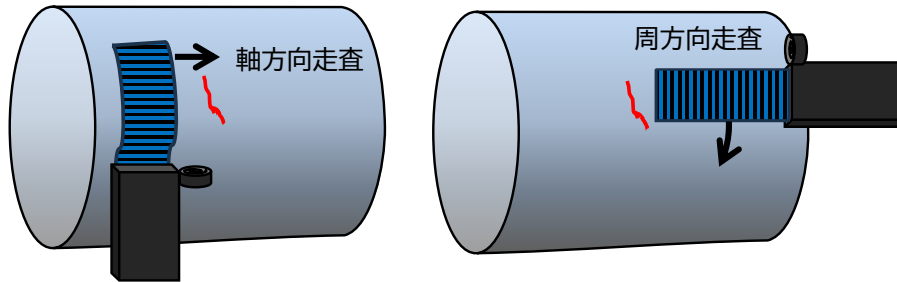


(b) 目視結果-PA-UT結果の比較(斜角)

●ET調査方法

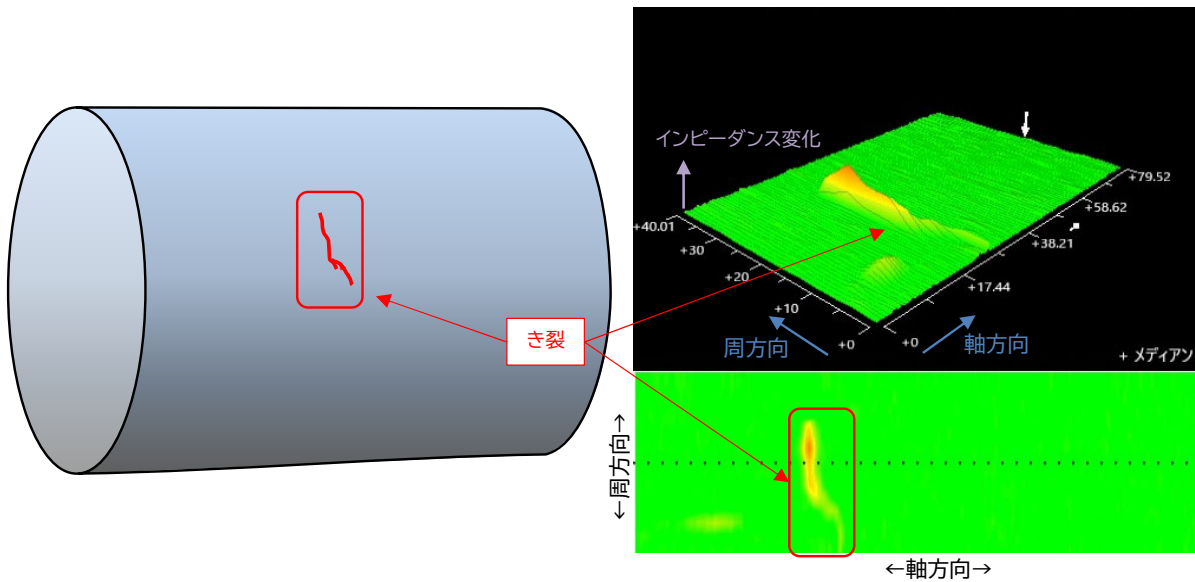
複数チャンネルのコイル制御により、面探傷が可能。(アレイET探触子を使用)

渦電流探傷の結果を平面展開図によって分かりやすく可視化する。



●目視結果とET結果の比較:

軸方向走査の信号画像にて目視確認結果と合致する位置にきず(き裂)を検出している。



- ① 機材を搬入する。(PA-UT探傷器、PA-UT探触子、ケーブル、接触媒質他)
- ② PA-UT探傷器に探触子を取り付け、探傷条件のセッティングを行う。
- ③ 支承ローラー側面に接触媒質を塗布したのち、探触子を接触させ探傷を行い、S-スコープ(断面画像)を取得する。
- ④ 得られた探傷画像にて閾値を超える信号の検出有無、および分布を確認する。

開発者による計測機器の設置状況



PA-UT調査の実施状況



ET調査の実施状況(別の実橋サンプルでの実施イメージ)

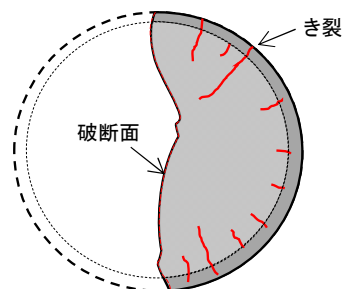
比較対象を得るため、
立会者による計測機器の設置状況

※当該計測データは、当社お客様データよりお預かりしているデータであるため開示不可。

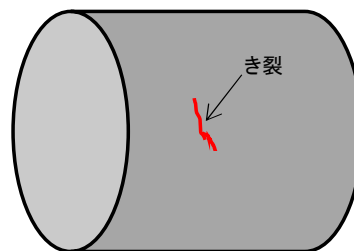
参考として、別途実施した技術検証試験での検証用試験体(実機ローラー)での試験データを示す。

●PA-UT: 検証用試験体にきず(き裂及び破断)が生じていることを、切断した断面の目視にて確認する。

●ET: 検証用試験体の表面にきず(き裂)が生じていることを目視にて確認する。



PA-UT用検証試験体(支承ローラー)



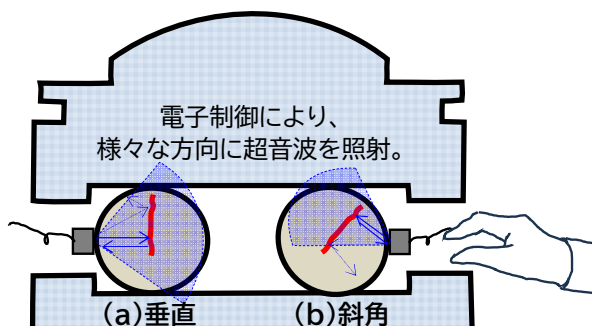
ET用検証試験体(支承ローラー)

■計測結果(抜粋)

※当該計測データは、当社お客様データよりお預かりしているデータであるため開示不可。
参考として、別途実施した技術検証試験での検証用試験体のデータを示す。

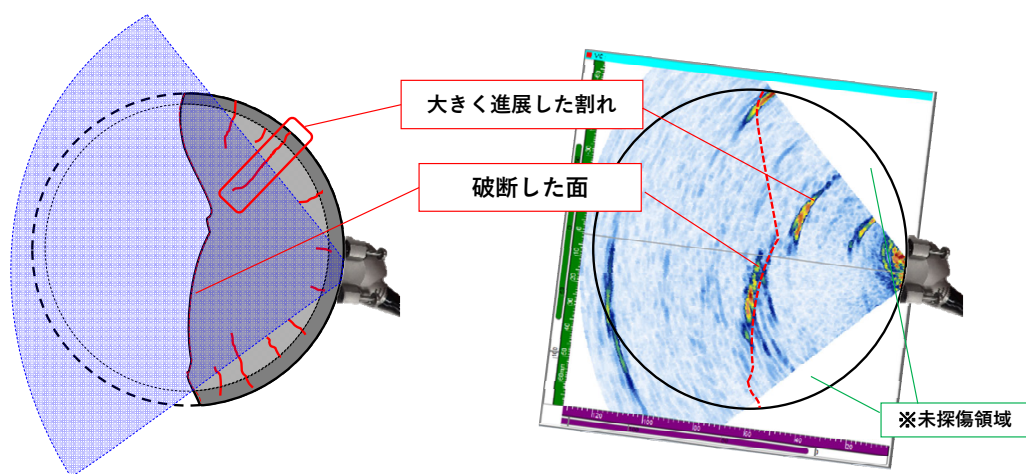
●PA-UT調査方法

PA-UTは、超音波振動子の電子制御により、様々な方向に超音波を入射させることができる。
その特徴を利用し、検出したいきずの位置や方向により下図のように、(a)垂直探傷と(b)斜角探傷を使い分ける。

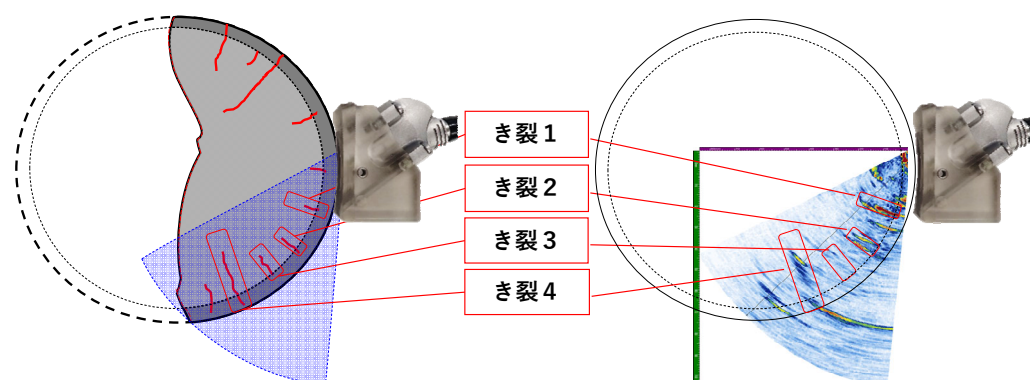


●目視結果とPA-UT結果の比較:

(a)垂直探傷、(b)斜角探傷ともに目視にて確認したきず(割れ、破断面)を検出している。



(a) 目視結果-PA-UT結果の比較(垂直)



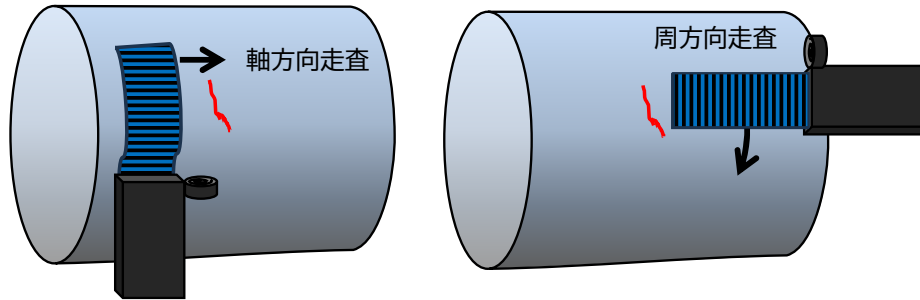
(b) 目視結果-PA-UT結果の比較(斜角)

■計測結果(抜粋)

※当該計測データは、当社お客様データよりお預かりしているデータであるため開示不可。
参考として、別途実施した技術検証試験での検証用試験体のデータを示す。

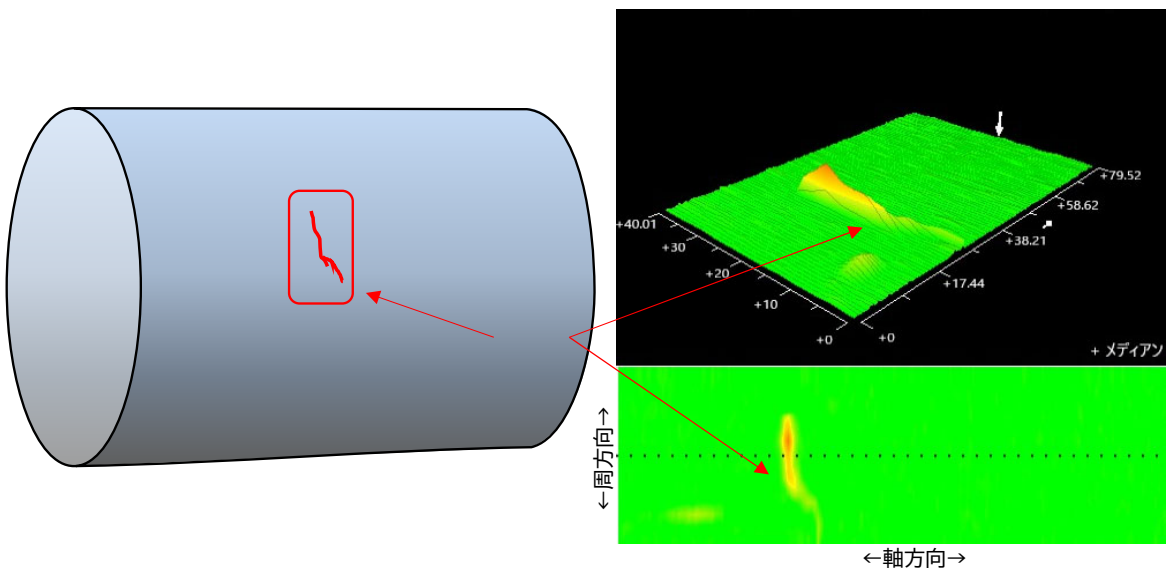
●ET調査方法

複数チャンネルのコイル制御により、面探傷が可能。(アレイET探触子を使用)
渦電流探傷の結果を平面展開図によって分かりやすく可視化する。



●目視結果とET結果の比較:

軸方向走査の信号画像にて目視確認結果と合致する位置にきず(き裂)を検出している。



目視結果-ET結果の比較

技術番号	BR020055
------	----------

技術名	赤外線サーモグラフィを用いた鋼床版の亀裂検出技術(T-Gap法)	開発者名	本四高速道路ブリッジエンジニア(株)
-----	----------------------------------	------	--------------------

試験日	2013年 11月 日	天候		気温	°C	風速	m/s
-----	-------------	----	--	----	----	----	-----

試験場所	社内 某橋梁(鋼床版箱桁橋)
------	----------------

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

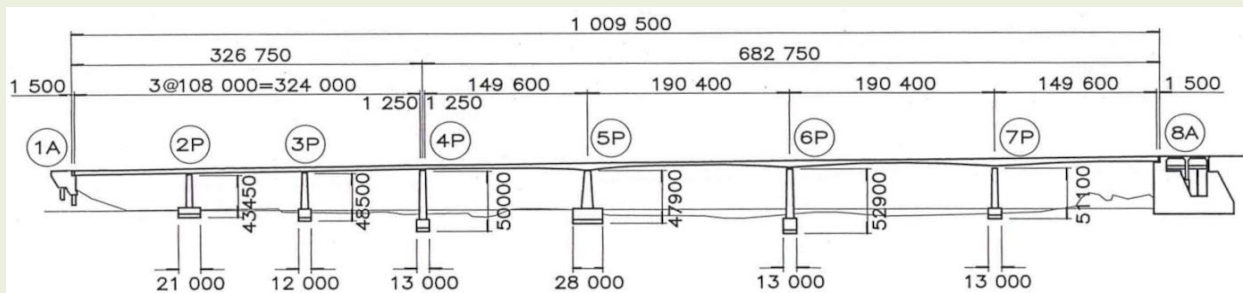
試験で確認する カタログ項目	計測精度(性能値)
-------------------	-----------

対象構造物の概要

橋梁形式: 鋼3+4径間連続鋼床版箱桁橋

橋長: 1006m、支間長: 108+108+108、149.6+190.4+190.4+149.6m

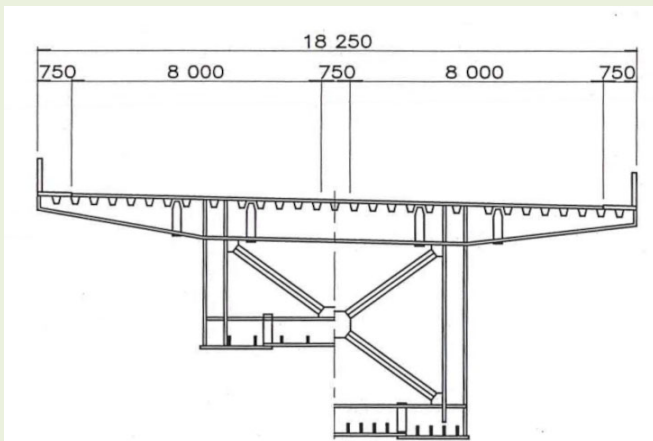
全体一般図



全体写真



断面図



① 探傷対象は、鋼床版の輪荷重直下となるビード貫通亀裂の有無が不明な溶接線とした

②

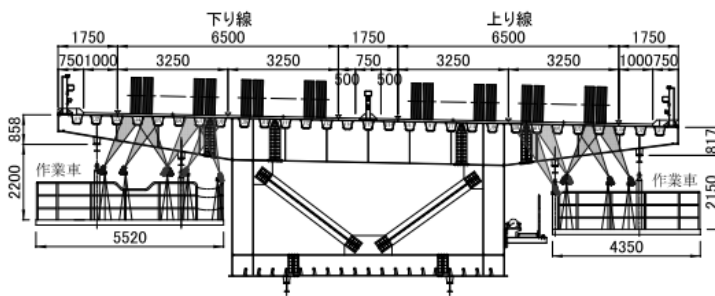
③

④

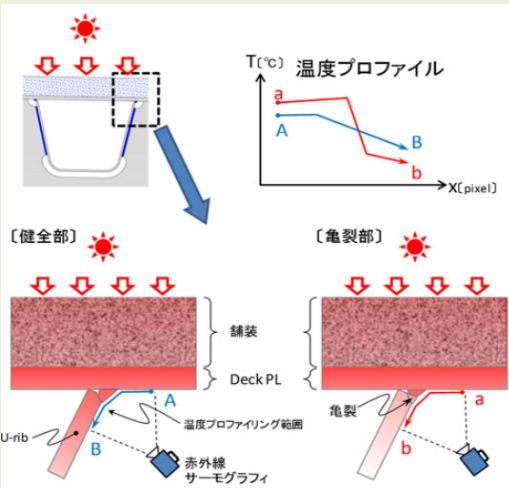
⑤

開発者による計測機器の設置状況

構造形式：鋼3+4 径間連続鋼床版箱桁、開通年：1985年、
橋長：1006m、支間長：108+108+108、149.6+190.4+190.4+149.6

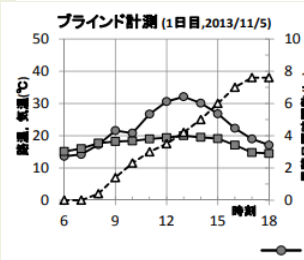


調査橋梁 桁断面図および機器配置状況

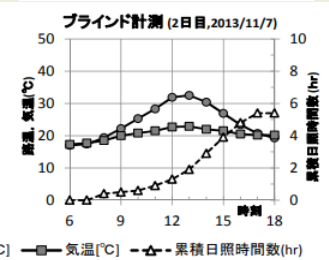


温度ギャップ検出法の原理

1日目、2013/11/6



2日目、2013/11/7



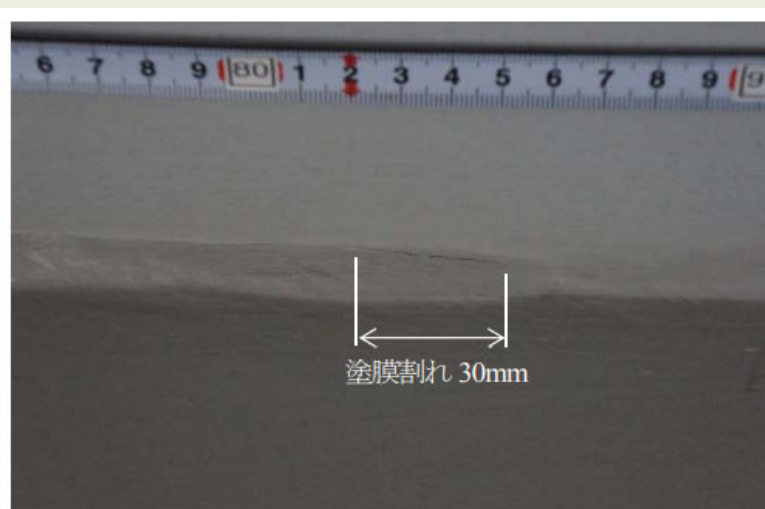
試験期間の気象状況

※計測結果:

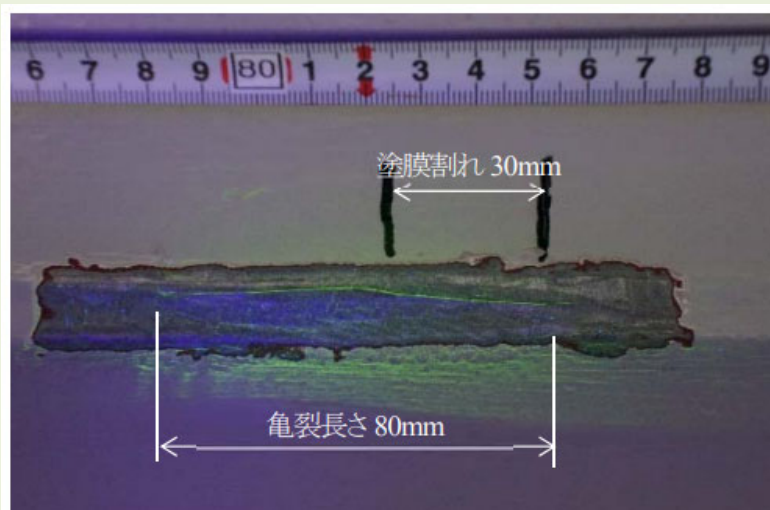
実橋で発見されたUリブ鋼床版の亀裂部のT-Gap法による検出結果及び、亀裂部の塗膜を除去し磁粉探傷試験により確認した結果の比較を示す。

計測は、作業車に赤外線サーモグラフィを搭載し、作業車を 250mm/s の速度で移動させながら、デッキプレート Uリブ間の溶接線を連続的に行った。温度分布からの亀裂判定は、計測で得られた温度画像からの目視判別と温度プロファイルをもとに行った。

以下は、判定によって亀裂が疑われた箇所の目視調査及び磁粉探傷試験によって亀裂有無の確認を行った結果。



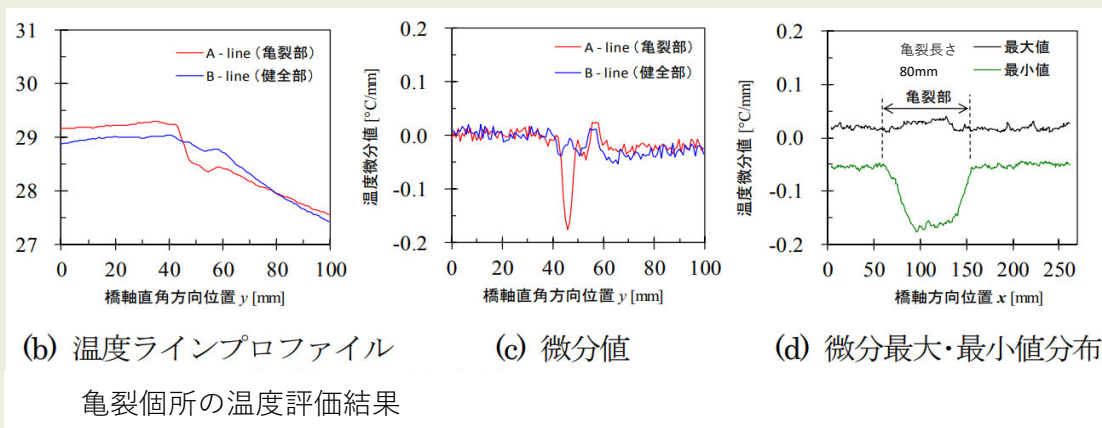
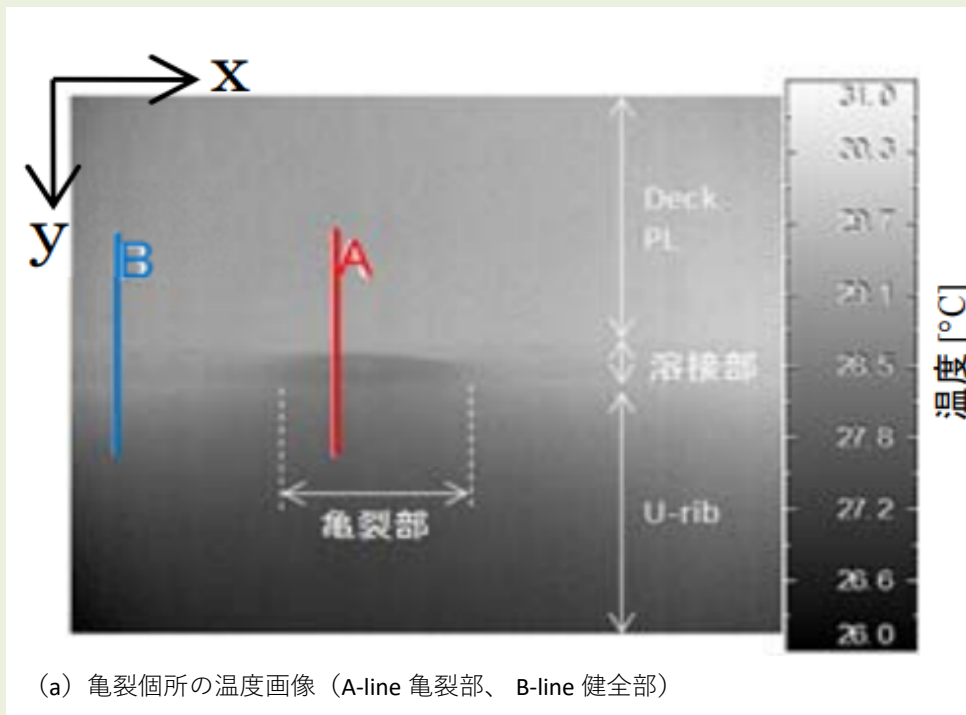
亀裂箇所の外観写真（塗膜除去前）



亀裂箇所の外観写真（塗膜除去後、MT結果）

※計測結果:

亀裂部の温度ラインプロファイル (図(b) A-line) は、亀裂部の微小な隙間によってデッキプレートからUリブへの熱伝導が阻害されるため、温度降下したのち大きな温度上昇は見られない。そのため微分値 (図(c)A-Line) は、マイナス側のみ大きな値を示す。図(d)は、温度画像の x 方向(溶接線方向)の断面 (画素)ごとの y 方向(溶接線直交方向)の温度微分値の最大値と最小値をプロットしたもの。磁粉探傷試験で確認された亀裂部との一致が確認できる。



【参考文献】

溝上善昭, 小林義弘, 和泉遊以, 阪上隆英: 赤外線サーモグラフィを用いた温度ギャップ検知による鋼床版デッキプレート-Uリブ間の溶接部に生じる疲労亀裂の遠隔検出, 鋼構造論文集, 第22号第87号, pp.47-56, 2015.9.

溝上善昭, 奥村淳弘, 大藤時秀, 和泉遊以, 阪上隆英: 赤外線サーモグラフィを用いた温度ギャップ法によるUリブ鋼床版のブード貫通亀裂の自動検出と装置開発, 構造工学論文集, Vol.64A, 2018. 3.

技術番号 BR020056

渦電流探傷(ET)

技術名 渦電流探傷試験による溶接継手の疲労亀裂調査技術

開発者名 神鋼検査サービス株式会社

試験日 令和 8年 1 月 29 日 天候 晴れ 気温 9.0 °C 風速 - m/s

試験場所 土木研究所 構造物実験施設

カタログ分類 非破壊検査技術

カタログ

検出項目 亀裂

試験区分 標準試験

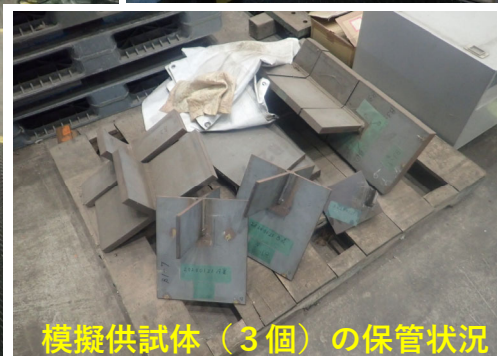
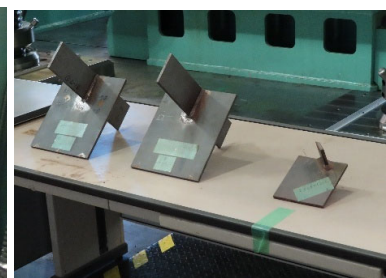
試験で確認する
カタログ項目 計測精度

対象構造物の概要

※検証試験体（土木研究所 所有、亀裂を有する鋼プレート）



※試験場所：約 20 m² (5 m × 4 m)



試験方法(手順)	技術番号	BR020056
<p>① 計測機器の準備。(写真-1) 左より 対比試験片(キャリブレーションブロック)、渦電流探傷装置・渦電流プローブ、スケール、コンベックス等</p> <p>② 周波数を100kHzに設定し、キャリブレーションブロックに設けたスリット(長さ5mm×深さ1.0mm)を用いて 位相および感度を調整する。(写真-2)</p> <p>③ 模擬供試体の溶接部[左側][右側][下側]それぞれで、溶接部に沿ってプローブを複数回近づけたり 離したりして、リストオフ信号の位相位置を探傷器の画面から目視確認する。(写真-3)</p> <p>④ さず信号が確認された範囲(始点、終点)を模擬供試体にマーキングし、スケール等で長さを測定する。 (写真-4) ③~④を模擬供試体 3個:5面で繰り返す。</p> <p>⑤ 次に、亀裂の真値を得るための磁粉探傷試験(MT)を、模擬供試体の溶接部[左側][右側][下側] で同様に 3個:5面について繰り返し、本技術で計測した結果と比較、検証する。</p>		

開発者による計測機器の設置状況

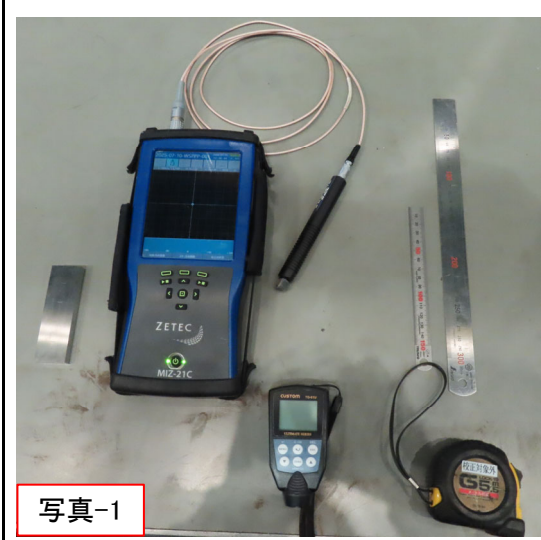


写真-1

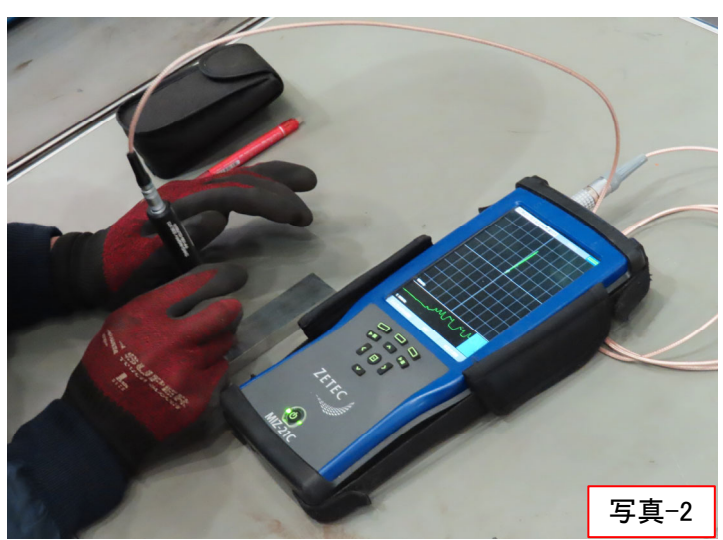


写真-2

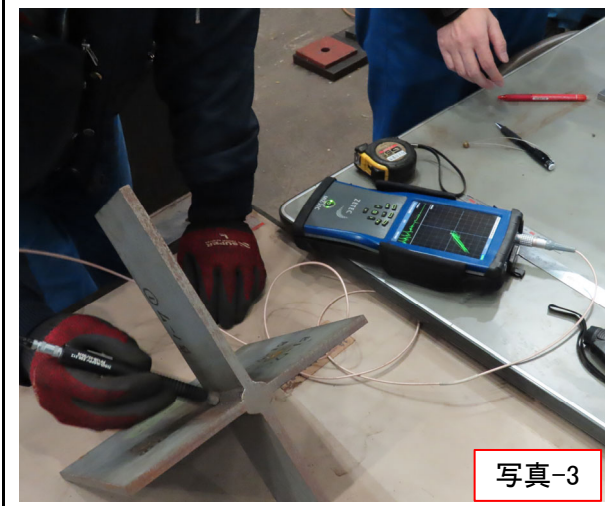


写真-3

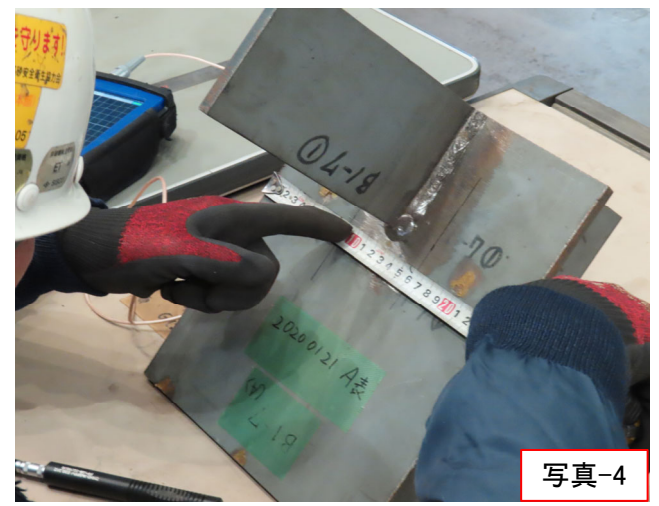
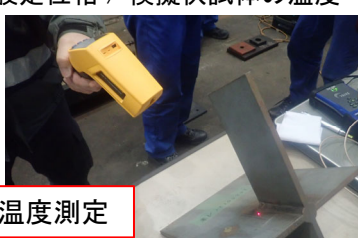


写真-4

- ※測定条件：測定時の設定感度 / 設定位相 / 模擬供試体の温度
- | | |
|--------|-------------------------|
| 模擬供試体① | 28.5 dB / 136° / 9.1°C |
| 模擬供試体② | 28.5 dB / 136° / 9.7°C |
| 模擬供試体③ | 28.5 dB / 136° / 9.4°C |
| 模擬供試体④ | 27.5 dB / 136° / 10.2°C |
| 模擬供試体⑤ | 28.5 dB / 136° / 8.6°C |
- ※測定開始時の気温：9.0°C (室内)
- ※測定開始時の照度：235.2 Lux (室内)

写真-5 模擬供試体の温度測定



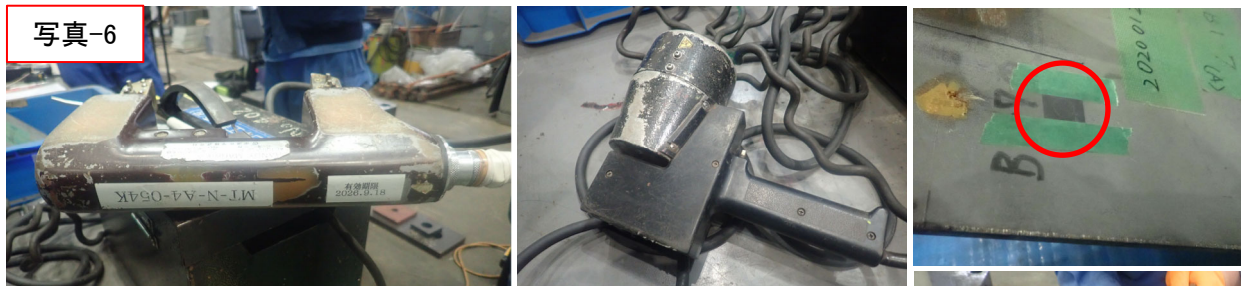
※ETソフトウェア：UltraVision ET (取得データからの信号波形画像の抽出の際に使用)

※検証供試体

〈参考〉磁粉探傷試験(MT)の実施手順

- ① 計測機器の準備。(写真-6) 左上より時計回りで
ハンドマグナ、ブラックライト、標準試験片、検出媒体(蛍光磁粉:湿式)、ポータブル電源(AC100V)
- ② 標準試験片を模擬供試体に貼り付け、ハンドマグナで鋼プレートを磁化させた上で検出媒体を塗布し、
ブラックライトを当てて人工きずが検出できることを確認する。
- ③ 模擬供試体の溶接部〔左側〕〔右側〕〔下側〕それぞれで、溶接部にハンドマグナを接地させることで磁化
させ、検出媒体を塗布し、ブラックライトを当ててきずを検出する。(写真-7)
- ④ きずが検出された範囲(始点、終点)を模擬供試体にマーキングし、スケール等で長さを測定する。
(写真-8) ③~④を模擬供試体 3個:5面で繰り返す。

写真-6



すべての機器は JIS Z-2320 に準拠

ハンドマグナ(極間式磁化器) 全磁束値 0.56mWb

ブラックライト(紫外線照射装置)
紫外線放射照度 $2700 \mu\text{W}/\text{cm}^2$

A型標準試験片 人工きず深さ $15 \mu\text{m}$

検出媒体(蛍光磁粉:湿式) 使用濃度 $1.0\text{g}/\text{l}$

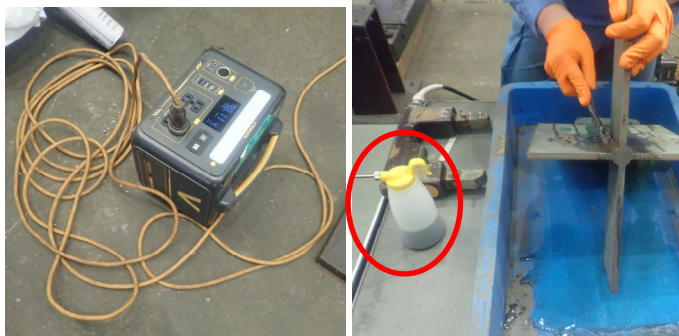


写真-7

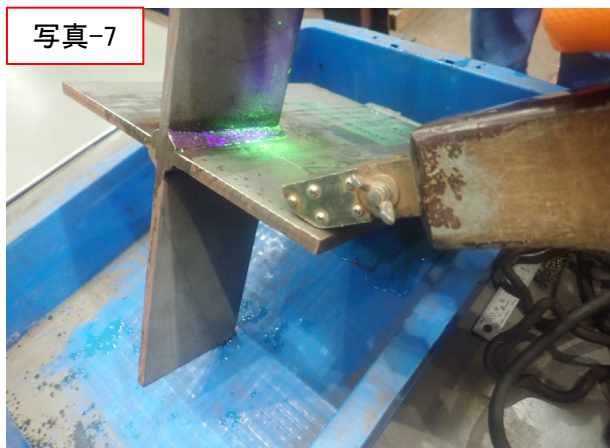
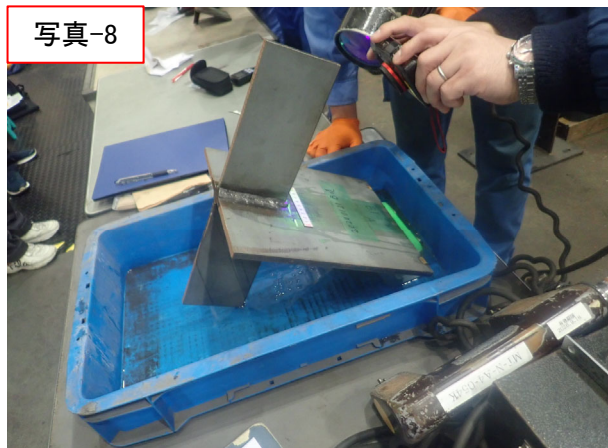
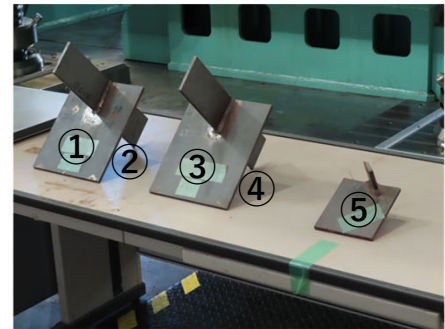
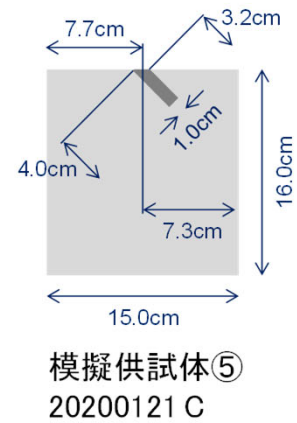
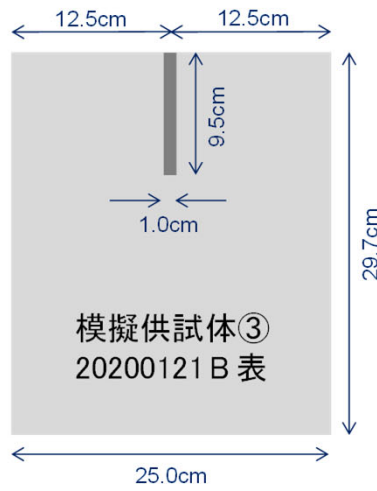
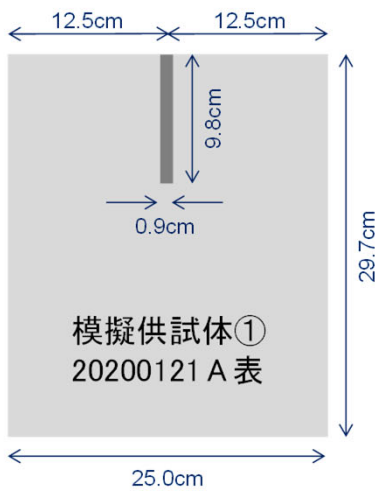


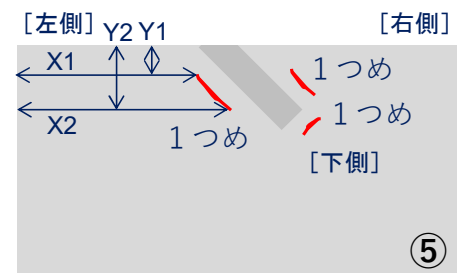
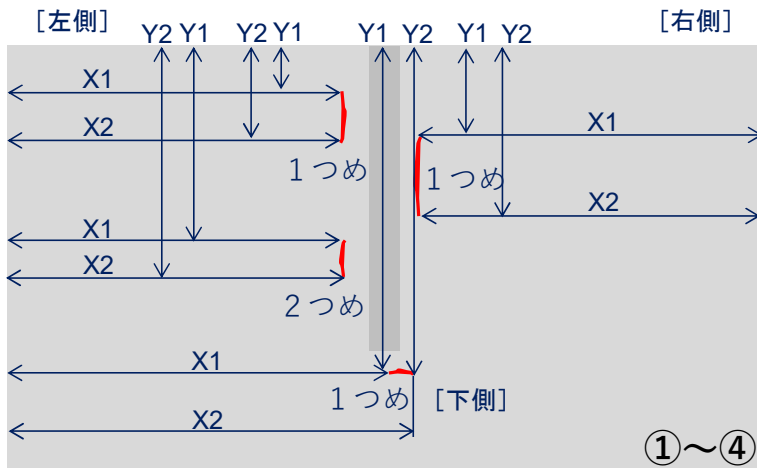
写真-8



※模擬供試体①～⑤ 正面図



※模擬供試体①～⑤ [左側][右側][下側] 亀裂の始点(X1,Y1)と終点(X2,Y2)



X1,Y1,X2,Y2

単位：0mm(小数点 0桁)

検出率 = (点検支援技術で検出した亀裂箇所数 / 真値の亀裂数) × 100

模擬供試体① 1箇所/1箇所 × 100 = 100 %

模擬供試体② 1箇所/1箇所 × 100 = 100 %

模擬供試体③ 1箇所/1箇所 × 100 = 100 %

模擬供試体④ 1箇所/2箇所 × 100 = 50 %

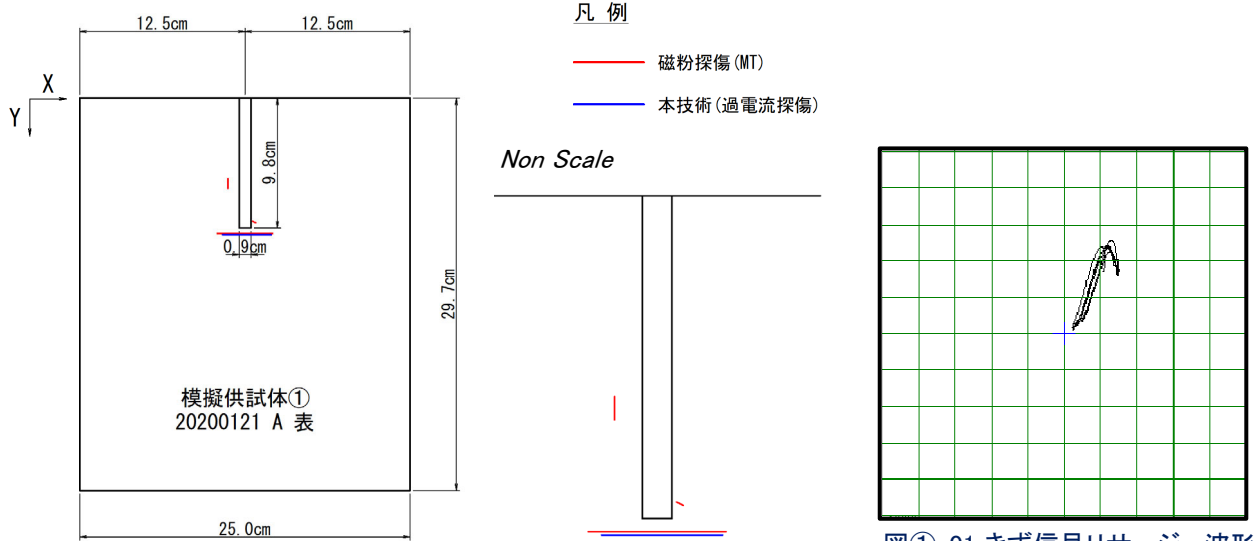
模擬供試体⑤ 1箇所/1箇所 × 100 = 100 %

模擬供試体①～⑤ 合計

検出率 = 5箇所/6箇所 × 100 = 83.3 %

模擬供試体①～⑤それぞれの検出結果の内訳については、次ページ以降参照。

模擬供試体① 重ね図 / プレート接合部の拡大図



[左側] 磁粉探傷 (MT) (単位: ○mm)

	始点 X1	始点 Y1	終点 X2	終点 Y2	長さ	備考 (亀裂以外等)
1つめ	112	61	112	68	7	施工不良 (融合不良) 写真①-01

[左側] 本技術 (渦電流探傷) (単位: ○mm)

	始点 X1	始点 Y1	終点 X2	終点 Y2	長さ	備考 (亀裂以外等)
1つめ	-	-	-	-	-	検出されませんでした。

[右側] 磁粉探傷 (MT) (単位: ○mm)

	始点 X1	始点 Y1	終点 X2	終点 Y2	長さ	備考 (亀裂以外等)
1つめ	131	93	133	94	2	施工不良 (クレーター割れ、線状) 写真①-02

[右側] 本技術 (渦電流探傷) (単位: ○mm)

	始点 X1	始点 Y1	終点 X2	終点 Y2	長さ	備考 (亀裂以外等)
1つめ	-	-	-	-	-	検出されませんでした。

[下側] 磁粉探傷 (MT) (単位: ○mm)

	始点 X1	始点 Y1	終点 X2	終点 Y2	長さ	備考 (亀裂以外等)
1つめ	104	102	146	102	42	写真①-03

[下側] 本技術 (渦電流探傷) (単位: ○mm)

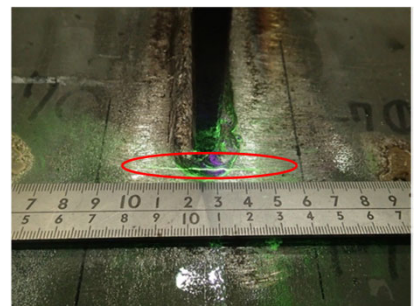
	始点 X1	始点 Y1	終点 X2	終点 Y2	長さ	備考 (亀裂以外等)
1つめ	108	103	145	103	37	図①-01



写真①-01

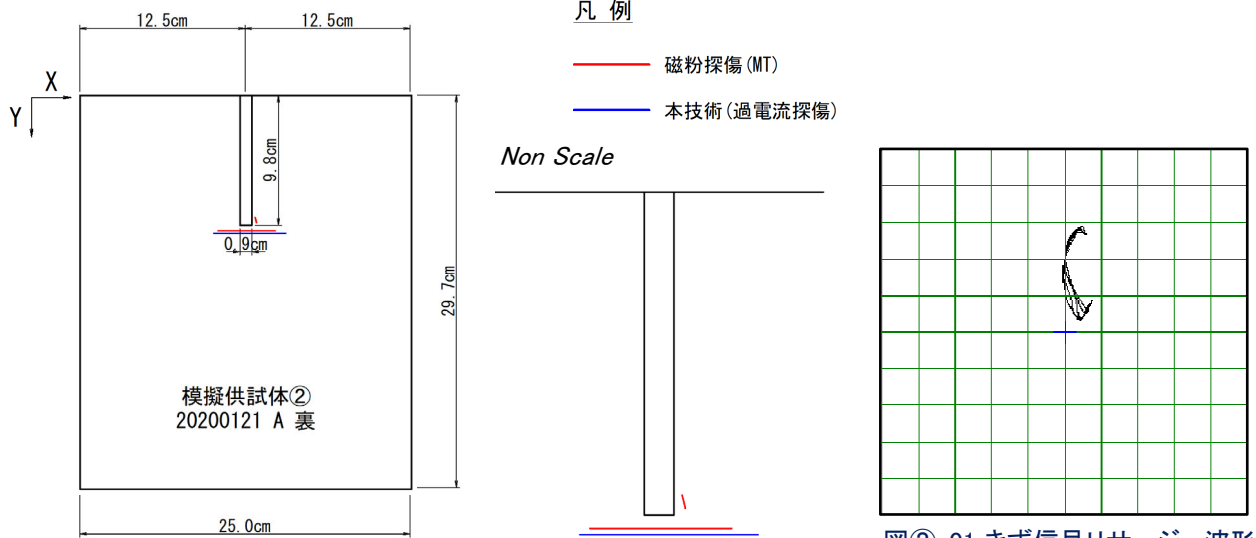


写真①-02



写真①-03

模擬供試体② 重ね図 / プレート接合部の拡大図



[左側] 磁粉探傷 (MT) (単位: 〇mm)

	始点 X1	始点 Y1	終点 X2	終点 Y2	長さ	備考 (亀裂以外等)
1つめ	117	16	117	18	2	施工不良 (ピットと思われる円形状くぼみ) ※目視にて確認 (MT試験では検出せず) 写真②-01

[左側] 本技術 (渦電流探傷) (単位: 〇mm)

	始点 X1	始点 Y1	終点 X2	終点 Y2	長さ	備考 (亀裂以外等)
1つめ	-	-	-	-	-	検出されませんでした。

[右側] 磁粉探傷 (MT) (単位: 〇mm)

	始点 X1	始点 Y1	終点 X2	終点 Y2	長さ	備考 (亀裂以外等)
1つめ	132	92	133	96	4	施工不良 (クレーター割れ、線状) 写真②-02

[右側] 本技術 (渦電流探傷) (単位: 〇mm)

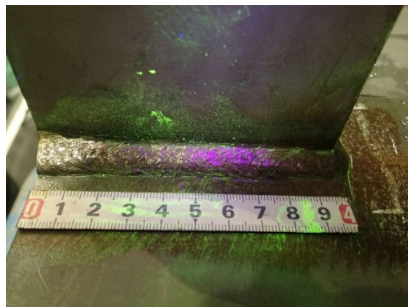
	始点 X1	始点 Y1	終点 X2	終点 Y2	長さ	備考 (亀裂以外等)
1つめ	-	-	-	-	-	検出されませんでした。

[下側] 磁粉探傷 (MT) (単位: 〇mm)

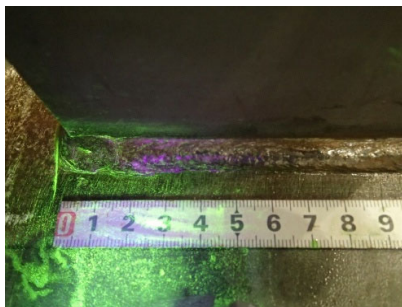
	始点 X1	始点 Y1	終点 X2	終点 Y2	長さ	備考 (亀裂以外等)
1つめ	104	102	147	102	43	写真②-03

[下側] 本技術 (渦電流探傷) (単位: 〇mm)

	始点 X1	始点 Y1	終点 X2	終点 Y2	長さ	備考 (亀裂以外等)
1つめ	101	104	155	104	54	図②-01



写真②-01

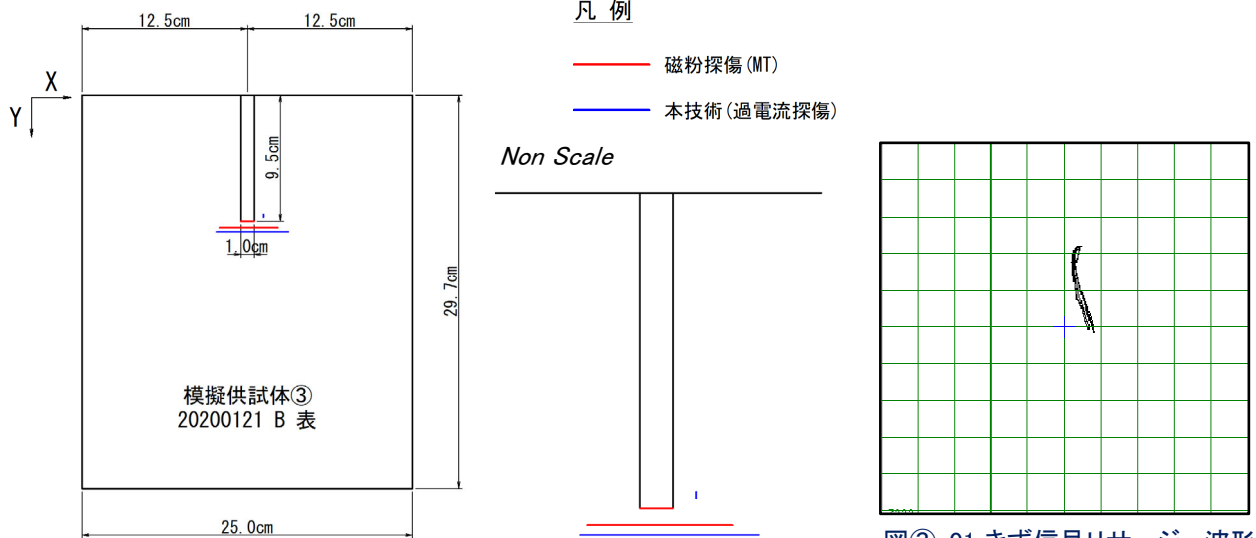


写真②-02



写真②-03

模擬供試体③ 重ね図 / プレート接合部の拡大図



[左側] 磁粉探傷 (MT)

(単位: 0mm)

	始点 X1	始点 Y1	終点 X2	終点 Y2	長さ	備考 (亀裂以外等)
1つめ	指摘なし	指摘なし	指摘なし	指摘なし	指摘なし	※ただし、溶接形状による疑似模様があるため、実現場ではヤスリ等による均し後、目視およびMT試験による再確認をします。写真③-01

[左側] 本技術 (渦電流探傷)

(単位: 0mm)

	始点 X1	始点 Y1	終点 X2	終点 Y2	長さ	備考 (亀裂以外等)
1つめ	-	-	-	-	-	検出されませんでした。

[右側] 磁粉探傷 (MT)

(単位: 0mm)

	始点 X1	始点 Y1	終点 X2	終点 Y2	長さ	備考 (亀裂以外等)
1つめ	指摘なし	指摘なし	指摘なし	指摘なし	指摘なし	※ただし、溶接形状による疑似模様があるため、実現場ではヤスリ等による均し後、目視およびMT試験による再確認をします。写真③-02

[右側] 本技術 (渦電流探傷)

(単位: 0mm)

	始点 X1	始点 Y1	終点 X2	終点 Y2	長さ	備考 (亀裂以外等)
1つめ	137	90	137	92	2	※発生位置および発生形態からクレータ割れと推定される。

[下側] 磁粉探傷 (MT)

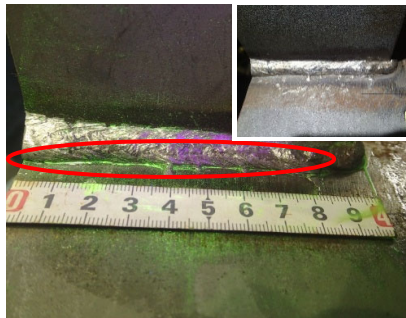
(単位: 0mm)

	始点 X1	始点 Y1	終点 X2	終点 Y2	長さ	備考 (亀裂以外等)
1つめ	104	100	148	100	44	写真③-03
2つめ	120	95	130	95	10	施工不良 (形状不良) ※実現場では、ヤスリ等による均し後、目視およびMTによる再確認をします。写真③-03

[下側] 本技術 (渦電流探傷)

(単位: 0mm)

	始点 X1	始点 Y1	終点 X2	終点 Y2	長さ	備考 (亀裂以外等)
1つめ	102	103	156	103	53	図③-01



写真③-01

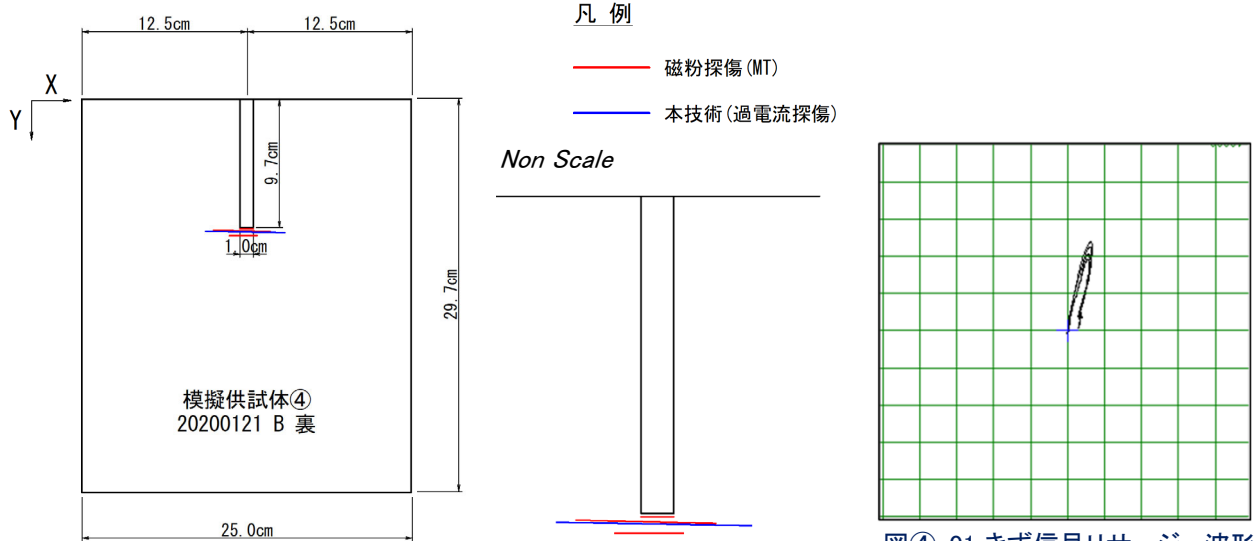


写真③-02



写真③-03

模擬供試体④ 重ね図 / プレート接合部の拡大図



[左側] 磁粉探傷 (MT) (単位: ○mm)

	始点 X1	始点 Y1	終点 X2	終点 Y2	長さ	備考 (亀裂以外等)
1つめ	-	-	-	-	-	指摘なし 写真④-01

[左側] 本技術 (渦電流探傷) (単位: ○mm)

	始点 X1	始点 Y1	終点 X2	終点 Y2	長さ	備考 (亀裂以外等)
1つめ	-	-	-	-	-	検出されませんでした。

[右側] 磁粉探傷 (MT) (単位: ○mm)

	始点 X1	始点 Y1	終点 X2	終点 Y2	長さ	備考 (亀裂以外等)
1つめ	-	-	-	-	-	指摘なし 写真④-02

[右側] 本技術 (渦電流探傷) (単位: ○mm)

	始点 X1	始点 Y1	終点 X2	終点 Y2	長さ	備考 (亀裂以外等)
1つめ	-	-	-	-	-	検出されませんでした。

[下側] 磁粉探傷 (MT) (単位: ○mm)

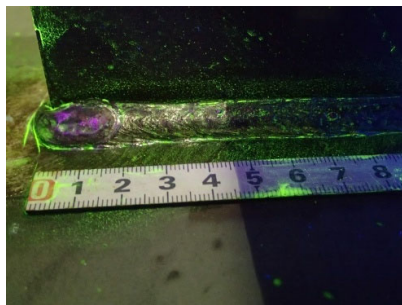
	始点 X1	始点 Y1	終点 X2	終点 Y2	長さ	備考 (亀裂以外等)
1つめ	100	99	143	100	43	写真④-03
2つめ	112	103	133	103	21	写真④-03
3つめ	120	98	130	98	10	施工不良 (形状不良) ※実現場では、ヤスリ等による均し後、目視およびMTによる再確認をします。写真④-03

[下側] 本技術 (渦電流探傷) (単位: ○mm)

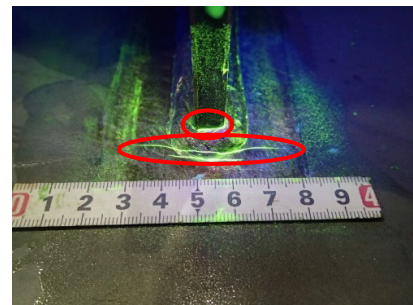
	始点 X1	始点 Y1	終点 X2	終点 Y2	長さ	備考 (亀裂以外等)
1つめ	94	99	154	100	60	図④-01



写真④-01

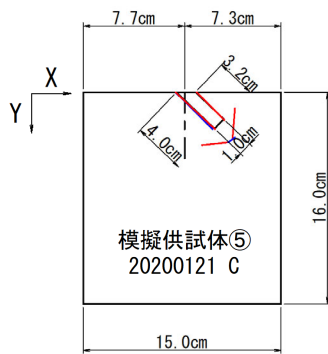


写真④-02



写真④-03

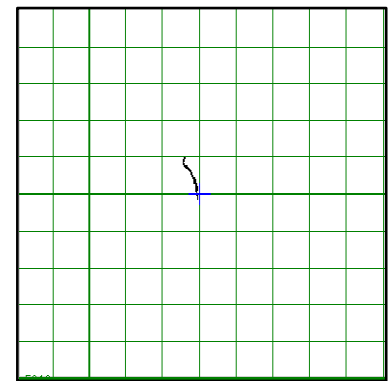
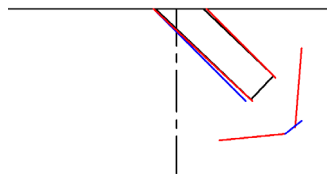
模擬供試体⑤ 重ね図 / プレート接合部の拡大図



凡例

- 磁粉探傷 (MT)
- 本技術 (渦電流探傷)

Non Scale



図⑤-01 きず信号リサージュ波形

[左側] 磁粉探傷 (MT) (単位: ○mm)

	始点 X1	始点 Y1	終点 X2	終点 Y2	長さ	備考 (亀裂以外等)
1つめ	62	0	100	28	40	施工不良 (アンダーカット) ※目視にて確認 (MT試験では検出せず) 写真⑤-01

[左側] 本技術 (渦電流探傷) (単位: ○mm)

	始点 X1	始点 Y1	終点 X2	終点 Y2	長さ	備考 (亀裂以外等)
1つめ	70	0	98	28	40	※外観目視によりアンダーカットであることが確認できるが、塗装され目視確認できない状態と仮定した場合、亀裂と判定する信号を検出している。

[右側] 磁粉探傷 (MT) (単位: ○mm)

	始点 X1	始点 Y1	終点 X2	終点 Y2	長さ	備考 (亀裂以外等)
1つめ	86	0	107	21	30	施工不良 (アンダーカット) ※目視にて確認 (MT試験では検出せず) 写真⑤-02

[右側] 本技術 (渦電流探傷) (単位: ○mm)

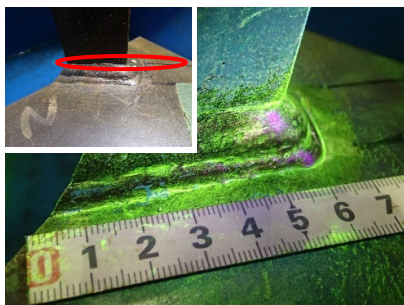
	始点 X1	始点 Y1	終点 X2	終点 Y2	長さ	備考 (亀裂以外等)
1つめ	-	-	-	-	-	検出されませんでした。

[下側] 磁粉探傷 (MT) (単位: ○mm)

	始点 X1	始点 Y1	終点 X2	終点 Y2	長さ	備考 (亀裂以外等)
1つめ	90	40	110	38	21	写真⑤-03
2つめ	113	36	115	12	24	施工不良 (形状不良と思われる、ただし亀裂との判断が難しい) ※実現場では、ヤスリ等による均し後、目視およびMTによる再確認をします。写真⑤-03

[下側] 本技術 (渦電流探傷) (単位: ○mm)

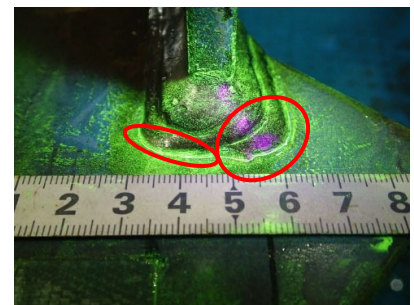
	始点 X1	始点 Y1	終点 X2	終点 Y2	長さ	備考 (亀裂以外等)
1つめ	110	38	115	34	6	図⑤-01



写真⑤-01



写真⑤-02



写真⑤-03