

技術番号 BR010086

技術名 自走式斜材点検ロボット(斜材表面の変状)

開発者名 中日本ハイウェイ・エンジニアリング東京株式会社

試験日 令和6年 2月14日 天候 晴れ 気温 7.6 °C 風速 1.8 m/s

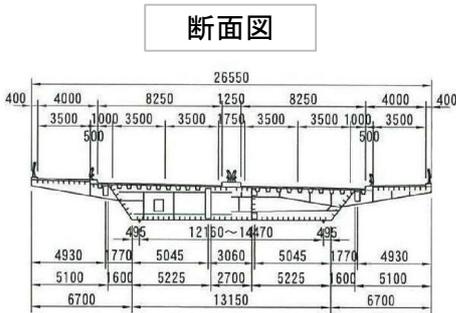
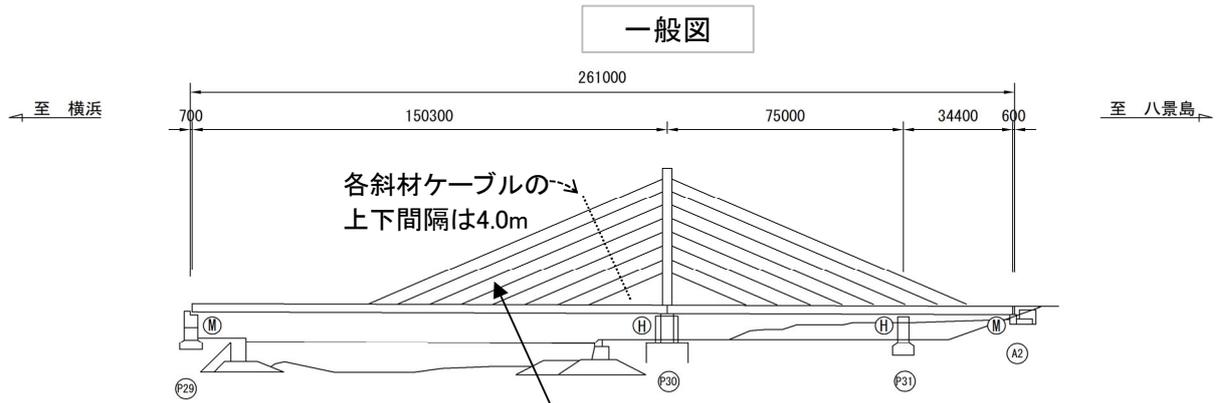
試験場所 実橋

カタログ分類 画像計測技術 カタログ 検出項目 斜材の変状 試験区分 標準試験

試験で確認する
カタログ項目 撮影速度
計測精度
色識別性能

対象構造物の概要

橋梁形式: 3径間連続鋼斜張橋(箱桁橋)
橋長: 261m
支間長: 259.7m(150.3m+75.0m+34.4m)



計測対象斜材: W3ケーブル 左(外)から3本目



W3ケーブル

斜材長: 82.543m

斜材外径: 180mm

斜材角度: 24°

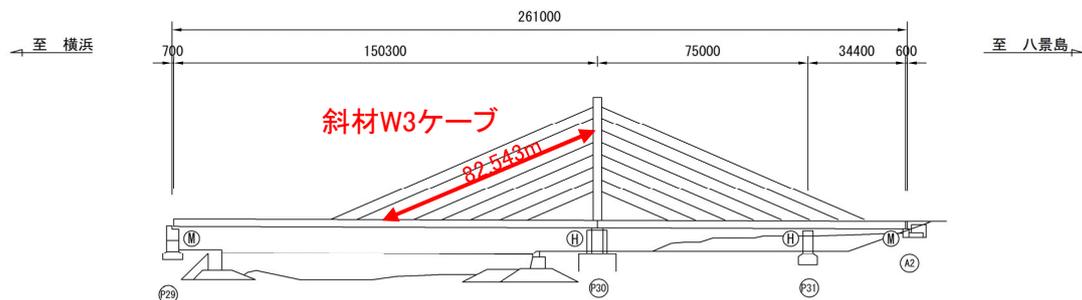
- ① 計測機器(本体(自走式斜材点検ロボット))をセットする。(写真-1)
- ② 計測機器(安全装置、アンテナ、操作用PC、モニター、バッテリー)をセットする。(写真-2,3)
- ③ 斜材上で自走式斜材点検ロボットを移動させ、計測を実施する。(写真-4,5)
- ④ PCモニターで移動速度、移動距離および自走式斜材点検ロボットの撮影動画を確認する。(写真-6)
(斜材W3ケーブル上面に設置した模擬損傷供試体、上下面に設置した24色カラーチャート)
- ⑤ 取得したデータより、斜材表面の損傷を検出する。

開発者による計測機器の設置状況



※撮影速度

本支援技術は斜材W3ケーブルを撮影しながら移動する。
往路・復路それぞれ撮影速度(m/s)と単位時間あたりの撮影面積(m²/s)を算出。



※計測精度(画像計測技術) 斜材の変状

模擬損傷供試体7枚(延長300mm×幅150mm×厚さ3mm:6枚、延長300mm×幅200mm×厚さ3mm:1枚)の表面に斜材被覆部の亀裂、劣化、剥がれ、破断、汚れを模擬した損傷を計30箇所作成し、斜材W3ケーブル上面に設置する。(写真-7~13)

写真-7

模擬損傷供試体①
角型の模擬損傷



損傷(1)~(4)の計4箇所
・亀裂損傷(縦・横方向)

写真-8

模擬損傷供試体②
亀裂の模擬損傷



損傷(5)~(8)の計4箇所
・亀裂損傷(縦・横方向)

写真-9

模擬損傷供試体③
亀裂の模擬損傷



損傷(9)~(12)の計4箇所
・亀裂損傷(斜め方向)

写真-10

模擬損傷供試体④
劣化の模擬損傷



損傷(13)~(16)の計4箇所
・劣化損傷(縦・横方向)

写真-11

模擬損傷供試体⑤
劣化の模擬損傷



損傷(17)~(20)の計4箇所
・劣化損傷(斜め方向)

写真-12

模擬損傷供試体⑥
剥がれの模擬損傷



損傷(21)~(24)の計4箇所
・剥がれ損傷(縦・横・斜め方向)

写真-13

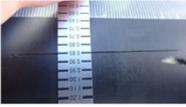
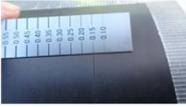
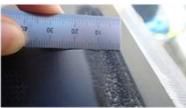
模擬損傷供試体⑦
破断、汚れの模擬損傷



損傷(25)~(30)の計6箇所
・破断、汚れ損傷

斜材W3ケーブル上面に設置した模擬損傷供試体について、
現場計測した値を真値とする。
計測状況および真値を次ページに示す。

真値(亀裂部、劣化部、破断部の幅)

全体写真	模擬損傷番号	①	②	③	④
ゴムプレート①	方向	縦	縦	横	横
	写真				
	真値	0.85	0.15	0.90	0.15
全体写真	模擬損傷番号	⑤	⑥	⑦	⑧
ゴムプレート②	方向	縦	縦	横	横
	写真				
	真値	0.80	0.35	0.50	0.10
全体写真	模擬損傷番号	⑨	⑩	⑪	⑫
ゴムプレート③	方向	斜	斜	斜	斜
	写真				
	真値	0.80	0.30	0.80	0.20
全体写真	模擬損傷番号	⑬	⑭	⑮	⑯
ゴムプレート④	方向	縦	縦	横	横
	写真				
	真値	16.0	5.0	14.0	4.5
全体写真	模擬損傷番号	⑰	⑱	⑲	⑳
ゴムプレート⑤	方向	斜	斜	斜	斜
	写真				
	真値	13.0	5.0	13.5	5.0
全体写真	模擬損傷番号	㉑	㉒	㉓	㉔
ゴムプレート⑥	方向	縦	横	斜	斜
	写真				
	真値	10.0	10.0	12.0	12.0
全体写真	模擬損傷番号	㉕	㉖		㉗
ゴムプレート⑦	方向	縦	斜		横
	写真				
	真値	5.0	5.5		4.0

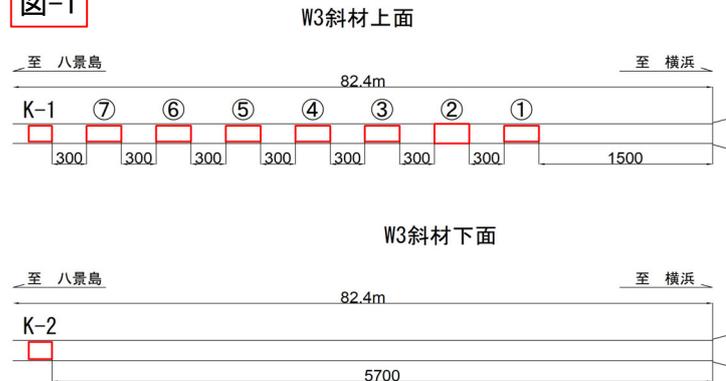
※ 模擬損傷番号(27)(29)(30)は、汚れ 損傷

模擬損傷供試体を斜材W3ケーブル上面に配置。(写真-14) 配置箇所は下記の通り。(図-1)
支援技術により損傷が検出できるかを確認する。
損傷の検出率(%)を算出する。

写真-14



図-1



※色識別性能

市販の24色のカラーチャートを使用する。(写真-15)
カラーチャートの販売業者が提供しているRGB値を真値とする。(表-1)

配置は斜材W3ケーブル上面(K-1)と下面(K-2)の2箇所。(写真-16,17)

写真-15

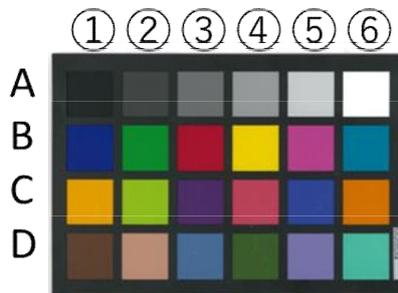


表-1

	真 値		
	R値	G値	B値
A-1	43	41	43
A-2	80	80	78
A-3	122	118	116
A-4	161	157	154
A-5	202	198	195
A-6	249	242	238
B-1	25	55	135
B-2	57	146	64
B-3	186	26	51
B-4	245	205	0
B-5	192	75	145
B-6	0	127	159
C-1	238	158	25
C-2	157	188	54
C-3	83	58	106
C-4	195	79	95
C-5	58	88	159
C-6	222	118	32
D-1	112	76	60
D-2	197	145	125
D-3	87	120	155
D-4	82	106	60
D-5	126	125	174
D-6	98	187	166

写真-16

カラーチャート(K-1)



写真-17

カラーチャート(K-2)

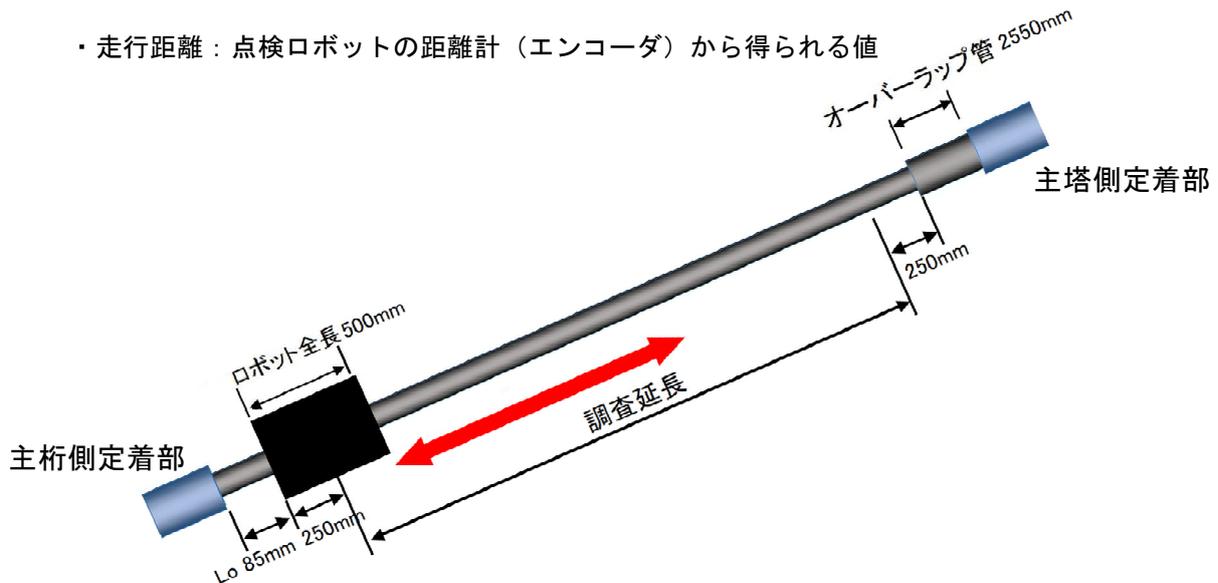


※調査延長

ケーブル名	調査延長※ (mm)	角度 (°)	ケーブル径 ϕ (mm)	セット位置 L_0 (mm)	走行距離 (mm)
W-3	79,408	24	180	85	73,111

- ・ 調査延長：図面上の走行距離
 $=$ 斜材全長 $-$ (セット位置 L_0 + ロボット全長 + 上部オーバーラップ管延長)
 $= 82,543 - (85 + 500 + 2,550)$
 $= 79,408$ (mm)

- ・ 走行距離：点検ロボットの距離計（エンコーダ）から得られる値



「点検ロボット」は斜材下端のブーツ上端からロボット下端までの距離が85 mmとなる位置に取付け、スタート地点の基準（エンコーダの「0」値）とした。このため、ブーツ上端から点検ロボットのカメラ撮影中心位置（85 mm + 250 mm）が点検のスタート位置とした。

※撮影速度

- ・ 往路（主桁→主塔）
調査延長 = 79.408 (m)
撮影時間 = 14m25s = 865 (s)
撮影速度 = $79.408 \div 865 \approx 0.092$ (m/s)
- ・ 復路（主塔→主桁）
調査延長 = 79.408 (m)
撮影時間 = 15m9s = 909 (s)
撮影速度 = $79.408 \div 909 \approx 0.087$ (m/s)

※単位時間あたりの撮影面積

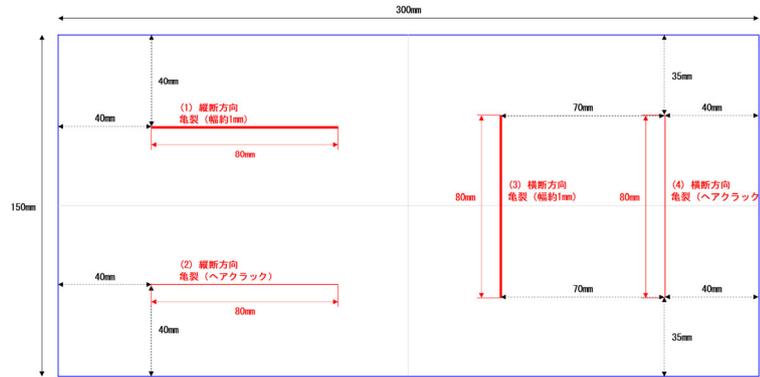
- ・ 往路（主桁→主塔）
撮影面積 = $0.18 \times \pi \times 79.408 \approx 44.90$ (m²)
撮影時間 = 14m25s = 865 (s)
単位時間あたりの撮影面積 = $44.90 \div 865 \approx 0.052$ (m²/s)
- ・ 復路（主塔→主桁）
撮影面積 = $0.18 \times \pi \times 79.408 \approx 44.90$ (m²)
撮影時間 = 15m9s = 909 (s)
単位時間あたりの撮影面積 = $44.90 \div 909 \approx 0.049$ (m²/s)

※計測精度(画像計測技術) 斜材の変状

斜材上面に設置した模擬損傷供試体の撮影結果より、損傷の検出状況を下記に示す。

・模擬損傷供試体① 亀裂(縦・横方向)の模擬損傷 [損傷(1)～(4)の計4箇所]

・真値



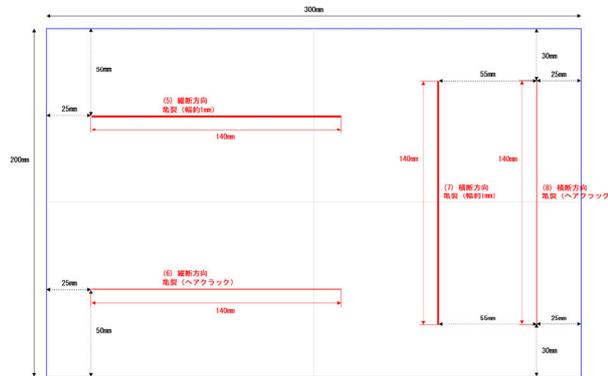
・計測結果

橋梁名	斜張橋	点検年月日	2025年2月12日	
斜材番号	W3	撮影開始位置	桁側定着部から 1.46 m	
変状部材名	保護管	モニター表示距離	走行距離 0.15 m	
変状名	模擬供試体①	変状位置	桁側定着部から 1.61 m	
前回比較(進展の有無)	—	備考		
変状箇所位置	W3		斜材全体	
	A1 P1		カメラ1 カメラ2 カメラ3 カメラ4	
模擬試験体状況				
カメラNo.1		カメラNo.2		
変状位置	カメラNo.3	カメラNo.1	カメラNo.2	カメラNo.4
	単位:mm			

供試体	検出率 (正解箇所数/損傷箇所数(真値))		1.00	的中率 (正解箇所数/箇所数(誤検出含む))		1.00
	4 箇所 /	4 箇所		4 箇所 /	4 箇所	
模擬損傷供試体①	4 箇所 /	4 箇所	1.00	4 箇所 /	4 箇所	1.00

・模擬損傷供試体② 亀裂(縦・横方向)の模擬損傷 [損傷(5)～(8)の計4箇所]

・真値



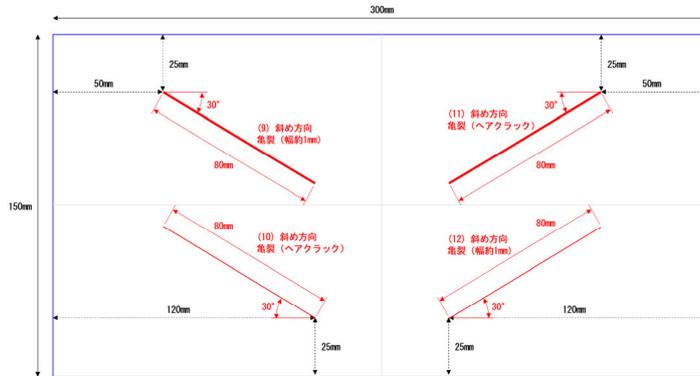
・計測結果

橋梁名	斜張橋	点検年月日	2025年2月12日				
斜材番号	W3	撮影開始位置	桁側定着部から 1.46 m				
変状部材名	保護管	モニター表示距離	走行距離 0.79 m				
変状名	模擬供試体②	変状位置	桁側定着部から 2.25 m				
前回比較(進展の有無)	—	備考					
変状箇所位置							
	模擬試験体状況						
カメラNo.1		カメラNo.2					
変状位置	地	カメラNo.3	カメラNo.1	天	カメラNo.2	カメラNo.4	地

供試体	検出率 (正解箇所数/損傷箇所数(真値))		的中率 (正解箇所数/箇所数(誤検出含む))		
	模擬損傷供試体②	4 箇所 /	4 箇所	1.00	4 箇所 /

・模擬損傷供試体③ 亀裂(斜め方向)の模擬損傷 [損傷(9)～(12)の計4箇所]

・真値



・計測結果

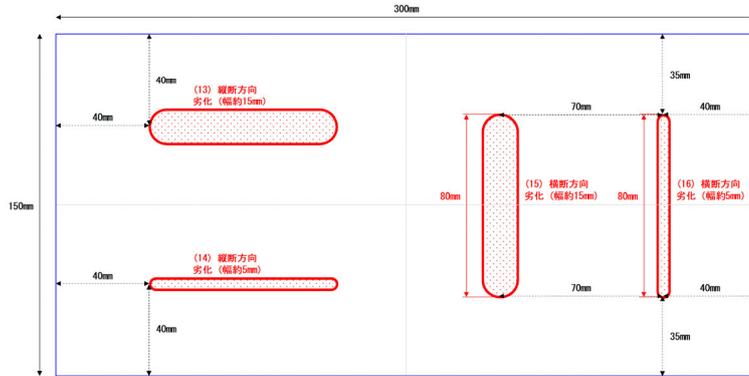
橋梁名	斜張橋	点検年月日	2025年2月12日
斜材番号	W3	撮影開始位置	桁側定着部から 1.46 m
変状部材名	保護管	モニター表示距離	走行距離 1.39 m
変状名	模擬供試体③	変状位置	桁側定着部から 2.85 m
前回比較(進展の有無)	—	備考	

変状箇所位置	W3	斜材全体					
模擬試験体状況							
カメラNo.1		カメラNo.2					
変状位置	地	カメラNo.3	カメラNo.1	天	カメラNo.2	カメラNo.4	地
地 天 単位:mm 地							

供試体	検出率 (正解箇所数/損傷箇所数(真値))		的中率 (正解箇所数/箇所数(誤検出含む))		
	模擬損傷供試体③	4 箇所 /	4 箇所	1.00	4 箇所 /

・模擬損傷供試体④ 劣化(縦・横方向)の模擬損傷 [損傷(13)~(16)の計4箇所]

・真値



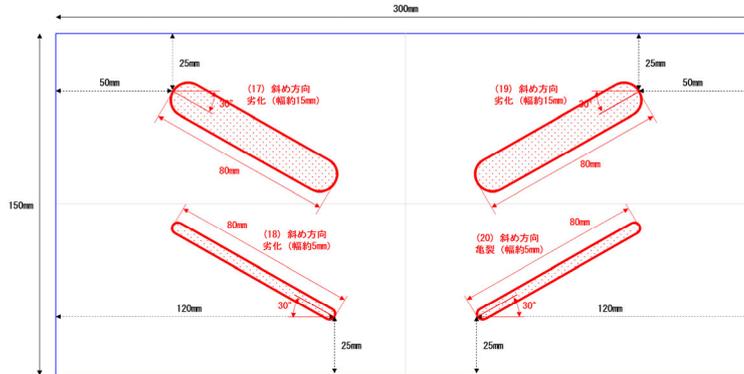
・計測結果

橋梁名	斜張橋	点検年月日	2025年2月12日			
斜材番号	W3	撮影開始位置	桁側定着部から 1.46 m			
変状部材名	保護管	モニター表示距離	走行距離 1.98 m			
変状名	模擬供試体④	変状位置	桁側定着部から 3.44 m			
前回比較(進展の有無)	—	備考				
変状箇所位置						
模擬試験体状況						
カメラNo.1		カメラNo.2				
地	カメラNo.3	カメラNo.1	天	カメラNo.2	カメラNo.4	地
単位:mm						

供試体	検出率 (正解箇所数/損傷箇所数(真値))		的中率 (正解箇所数/箇所数(誤検出含む))		
	模擬損傷供試体④	4 箇所 /	4 箇所	1.00	4 箇所 /

・模擬損傷供試体⑤ 劣化(斜め方向)の模擬損傷 [損傷(17)~(20)の計4箇所]

・真値



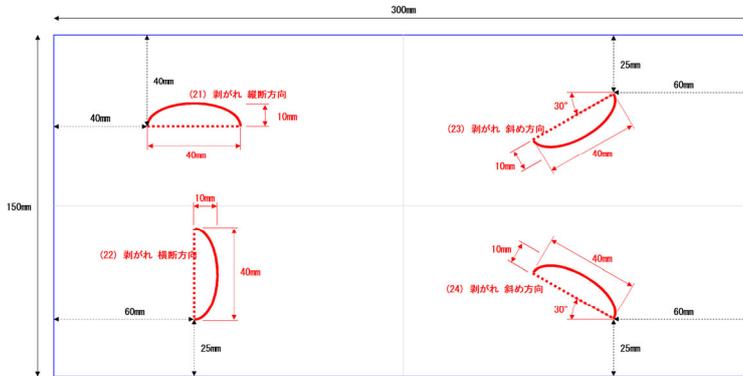
・計測結果

橋梁名	斜張橋	点検年月日	2025年2月12日
斜材番号	W3	撮影開始位置	桁側定着部から 1.46 m
変状部材名	保護管	モニター表示距離	走行距離 2.58 m
変状名	模擬供試体⑤	変状位置	桁側定着部から 4.04 m
前回比較(進展の有無)	—	備考	
変状箇所位置			
	模擬試験体状況		
変状位置	カメラNo.1	カメラNo.2	
	カメラNo.3	カメラNo.1	カメラNo.2
	カメラNo.4		
	単位: mm		

供試体	検出率 (正解箇所数/損傷箇所数(真値))		的中率 (正解箇所数/箇所数(誤検出含む))		
	模擬損傷供試体⑤	4 箇所 /	4 箇所	1.00	4 箇所 /

・模擬損傷供試体⑥ 剥がれ(縦・横・斜め方向)の模擬損傷 [損傷(21)～(24)の計4箇所]

・真値



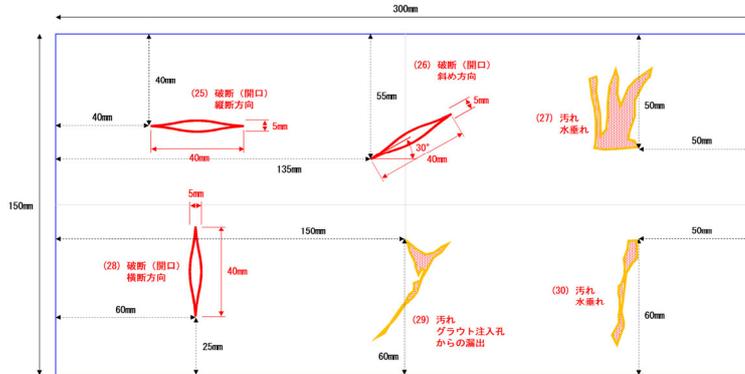
・計測結果

橋梁名	斜張橋	点検年月日	2025年2月12日	
斜材番号	W3	撮影開始位置	桁側定着部から 1.46 m	
変状部材名	保護管	モニター表示距離	走行距離 3.18 m	
変状名	模擬供試体⑥	変状位置	桁側定着部から 4.64 m	
前回比較(進展の有無)	-	備考		
変状箇所位置	W3		斜材全体	
模擬試験体状況				
カメラNo.1		カメラNo.2		
変状位置	カメラNo.3	カメラNo.1	カメラNo.2	カメラNo.4
単位: mm				

供試体	検出率 (正解箇所数/損傷箇所数(真値))		的中率 (正解箇所数/箇所数(誤検出含む))		
	模擬損傷供試体⑥	4 箇所 /	4 箇所	1.00	4 箇所 /

・模擬損傷供試体⑦ 破断、汚れの模擬損傷 [損傷(25)～(30)の計6箇所]

・真値



・計測結果

橋梁名	斜張橋	点検年月日	2025年2月12日	
斜材番号	W3	撮影開始位置	桁側定着部から 1.46 m	
変状部材名	保護管	モニター表示距離	走行距離 3.79 m	
変状名	模擬供試体⑦	変状位置	桁側定着部から 5.25 m	
前回比較(進展の有無)	—	備考		
変状箇所位置				
模擬試験体状況				
カメラNo.1		カメラNo.2		
変状位置	カメラNo.3	カメラNo.1	カメラNo.2	カメラNo.4
地		天	地	
地		天	地	
単位:mm				

供試体	検出率 (正解箇所数/損傷箇所数(真値))		的中率 (正解箇所数/箇所数(誤検出含む))		
	模擬損傷供試体⑦	6 箇所 /	6 箇所	1.00	6 箇所 /

模擬損傷供試体①～⑦の損傷検出状況を整理すると下記の通りとなる。

供試体	検出率 (正解箇所数／損傷箇所数(真値))			的中率 (正解箇所数／箇所数(誤検出含む))				
模擬損傷供試体①	4 箇所	／	4 箇所	1.00	4 箇所	／	4 箇所	1.00
模擬損傷供試体②	4 箇所	／	4 箇所	1.00	4 箇所	／	4 箇所	1.00
模擬損傷供試体③	4 箇所	／	4 箇所	1.00	4 箇所	／	4 箇所	1.00
模擬損傷供試体④	4 箇所	／	4 箇所	1.00	4 箇所	／	4 箇所	1.00
模擬損傷供試体⑤	4 箇所	／	4 箇所	1.00	4 箇所	／	4 箇所	1.00
模擬損傷供試体⑥	4 箇所	／	4 箇所	1.00	4 箇所	／	4 箇所	1.00
模擬損傷供試体⑦	6 箇所	／	6 箇所	1.00	6 箇所	／	6 箇所	1.00
全体	30 箇所	／	30 箇所	1.00	30 箇所	／	30 箇所	1.00

※色識別性能 K-1 [24色カラーチャート：斜材W3ケーブル上面に配置]

■ カメラ名称：VB-S30D

■ 被写体距離：0.3m～∞ ■ 照度：49.8.2kLux ■ 風速：0.0～1.8 m/s

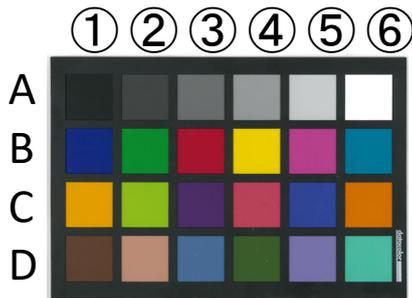
■ 気温：7.6 °C

■ 焦点距離：2.25(W端)～7.88mm(T端) ■ シャッター速度：1～1/160000秒

■ 絞り：F1.4(W端)～F2.6(T端) ■ ISO値：デイトモード(カラー)：0.95 luxナイトモード(白黒)：0.5 lux

■ フォーカス：オート/ワンショットAF/マニュアル/無限遠固定 ■ 画像Pixel数：1920×1080

K-1 計測比較



立会者撮影

K-1:開発者撮影

RGB値比較

真値：カラーチャートの販売業者が提供しているRGB値

計測値：開発者が撮影した画像のRGB値(下表の赤枠内)

	R値		G値		B値	
	真値	計測値	真値	計測値	真値	計測値
A-1	43	38	41	32	43	45
A-2	80	105	80	97	78	105
A-3	122	187	118	176	116	184
A-4	161	214	157	208	154	217
A-5	202	221	198	223	195	237
A-6	249	227	242	229	238	245
B-1	25	67	55	87	135	233
B-2	57	140	146	241	64	75
B-3	186	254	26	62	51	90
B-4	245	249	205	250	0	88
B-5	192	226	75	141	145	243
B-6	0	103	127	164	159	195
C-1	238	255	158	207	25	109
C-2	157	239	188	255	54	116
C-3	83	167	58	130	106	229
C-4	195	255	79	172	95	203
C-5	58	182	88	201	159	255
C-6	222	255	118	195	32	166
D-1	112	120	76	58	60	47
D-2	197	255	145	200	125	167
D-3	87	163	120	193	155	244
D-4	82	97	106	120	60	48
D-5	126	184	125	192	174	254
D-6	98	176	187	251	166	200

※色識別性能 K-2 [24色カラーチャート：斜材W3ケーブル下面に配置]

■ カメラ名称：VB-S30D

■ 被写体距離：0.3m～∞ ■ 照度：49.8.2kLux ■ 風速：0.0～1.8 m/s

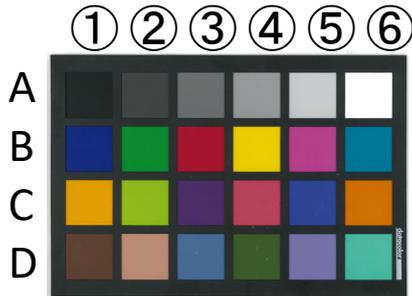
■ 気温：7.6 °C

■ 焦点距離：2.25(W端)～7.88mm(T端) ■ シャッター速度：1～1/160000秒

■ 絞り：F1.4(W端)～F2.6(T端) ■ ISO値：デイモード(カラー)：0.95 luxナイトモード(白黒)：0.5 lux

■ フォーカス：オート/ワンショットAF/マニュアル/無限遠固定 ■ 画像Pixel数：1920×1080

K-2 計測比較



立会者撮影



K-2:開発者撮影

RGB値比較

真値：カラーチャートの販売業者が提供しているRGB値

計測値：開発者が撮影した画像のRGB値(下表の赤枠内)

	R値		G値		B値	
	真値	計測値	真値	計測値	真値	計測値
A-1	43	31	41	28	43	18
A-2	80	78	80	68	78	47
A-3	122	154	118	144	116	106
A-4	161	217	157	200	154	153
A-5	202	240	198	223	195	174
A-6	249	254	242	240	238	185
B-1	25	47	55	59	135	94
B-2	57	96	146	152	64	30
B-3	186	196	26	52	51	46
B-4	245	255	205	223	0	29
B-5	192	215	75	100	145	150
B-6	0	86	127	147	159	119
C-1	238	226	158	142	25	41
C-2	157	198	188	210	54	44
C-3	83	118	58	87	106	122
C-4	195	245	79	112	95	104
C-5	58	112	88	123	159	167
C-6	222	224	118	105	32	43
D-1	112	71	76	36	60	19
D-2	197	183	145	123	125	80
D-3	87	108	120	118	155	132
D-4	82	72	106	78	60	32
D-5	126	130	125	121	174	139
D-6	98	128	187	162	166	105

技術番号 BR010086

技術名 自走式斜材点検ロボット(斜材表面の変状) 開発者名 中日本ハイウェイ・エンジニアリング東京株式会社

試験日 令和6年 2月 14日 天候 晴れ 気温 7.6 °C 風速 1.8 m/s

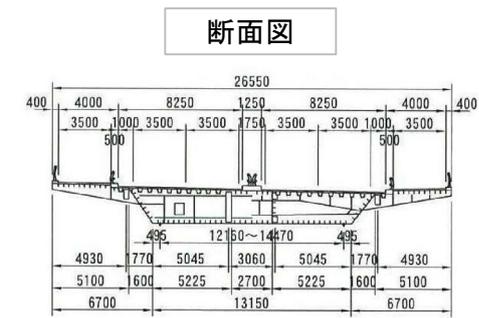
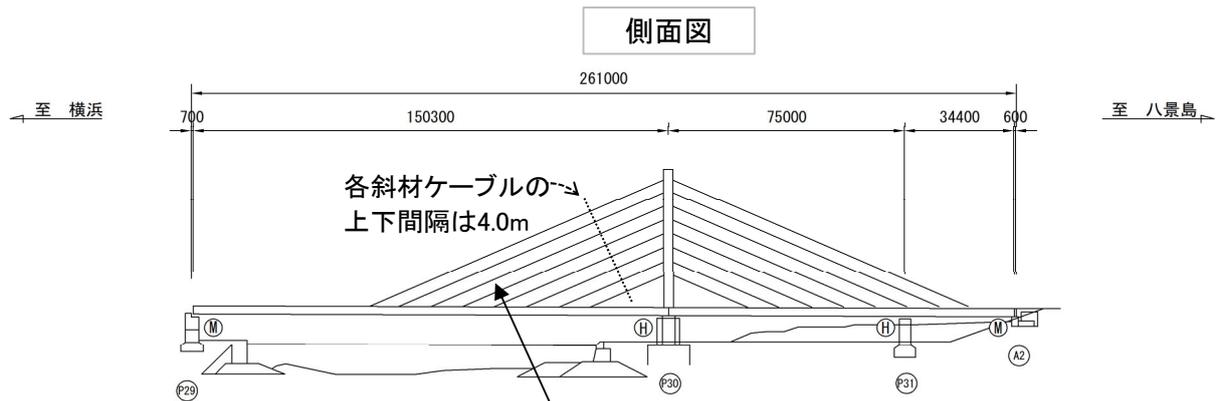
試験場所 実橋

カタログ分類 画像計測技術 カタログ 検出項目 斜材の変状 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 可動範囲
動作確認(精度を除く)

対象構造物の概要

橋梁形式: 3径間連続鋼斜張橋(箱桁橋)
橋長: 261m
支間長: 259.7m (150.3m+75.0m+34.4m)



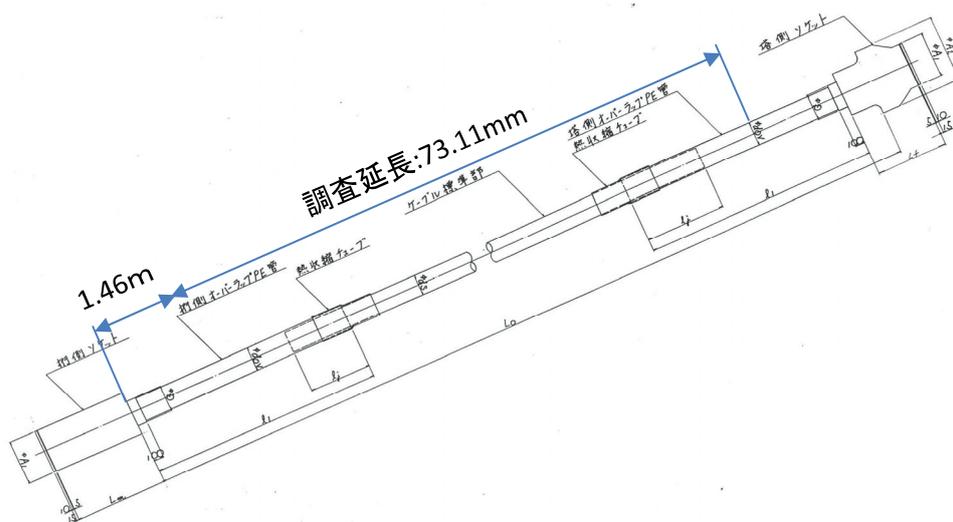
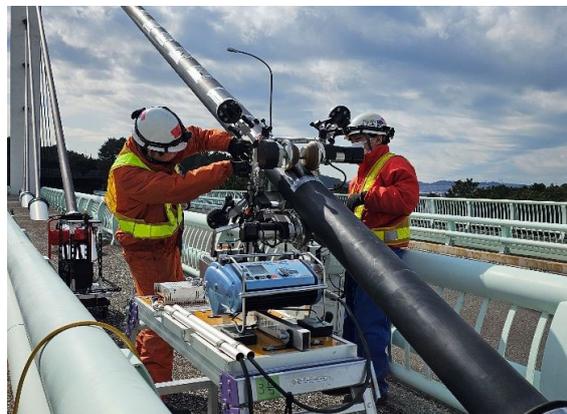
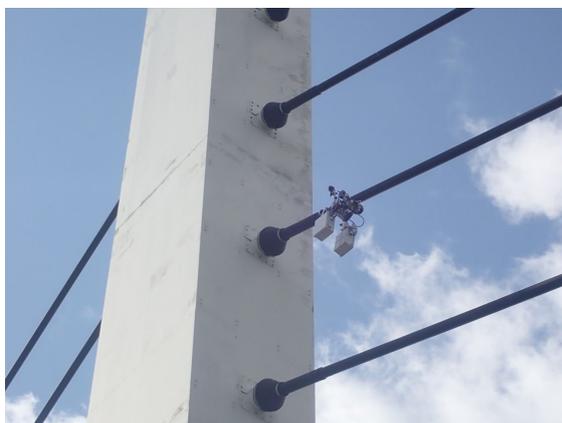
計測対象斜材: W3ケーブル 左(外)から3本目



W3ケーブル
斜材長: 82.543m
斜材外径: 180mm
斜材角度: 24°

※可動範囲

自走式斜材点検ロボットを斜材W3ケーブルに設置し、斜材上を移動させた。
主桁定着部から主塔定着部のオーバーラップ管境界部までを移動、往復することができた。

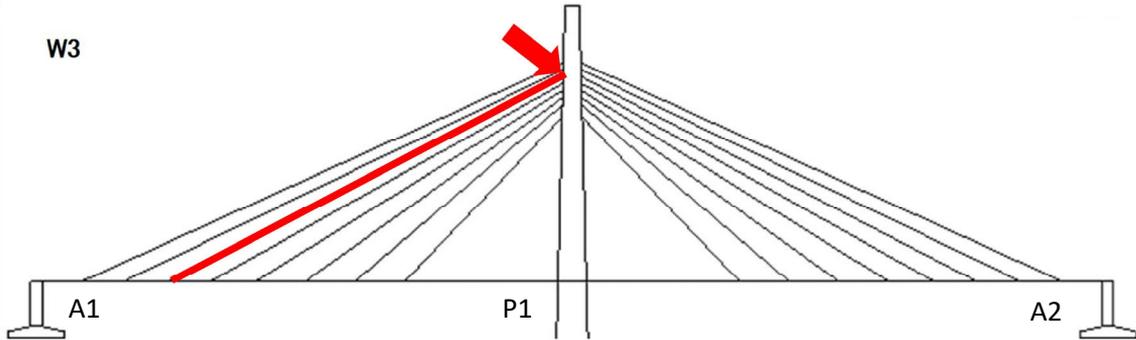


※可動範囲: 調査延長73.11m (モニター表示)

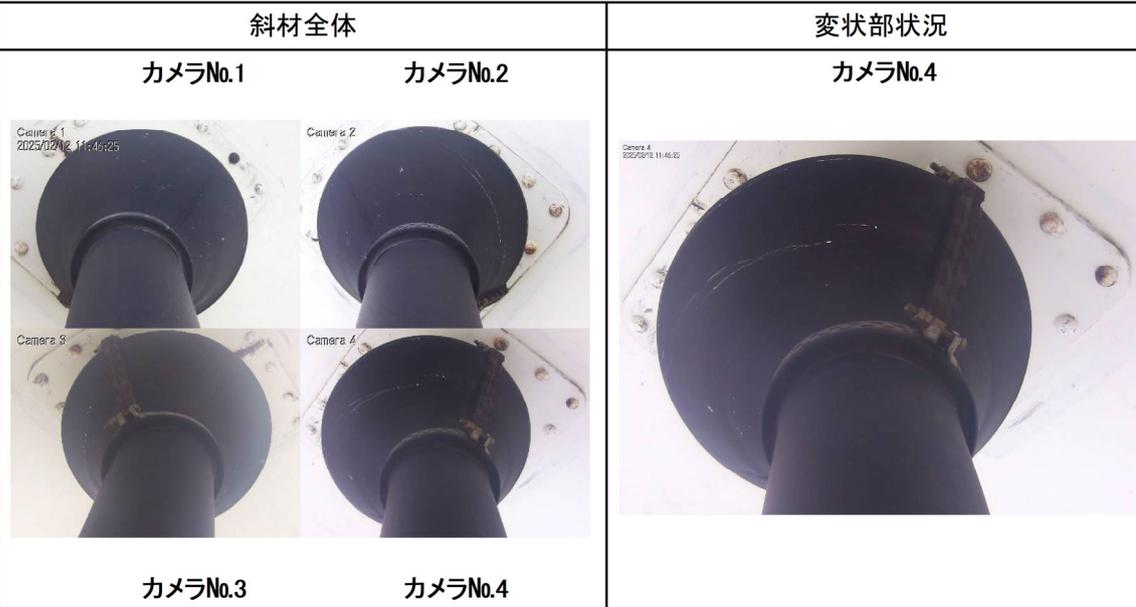
※計測結果例(1)

橋梁名	斜張橋	点検年月日	2025年2月12日
斜材番号	W3	撮影開始位置	桁側定着部から 1.46 m
変状部材名	塔側定着部	モニター表示距離	走行距離 73.11 m
変状名	変状なし	変状位置	桁側定着部から 74.57 m
前回比較(進展の有無)	—	備考	

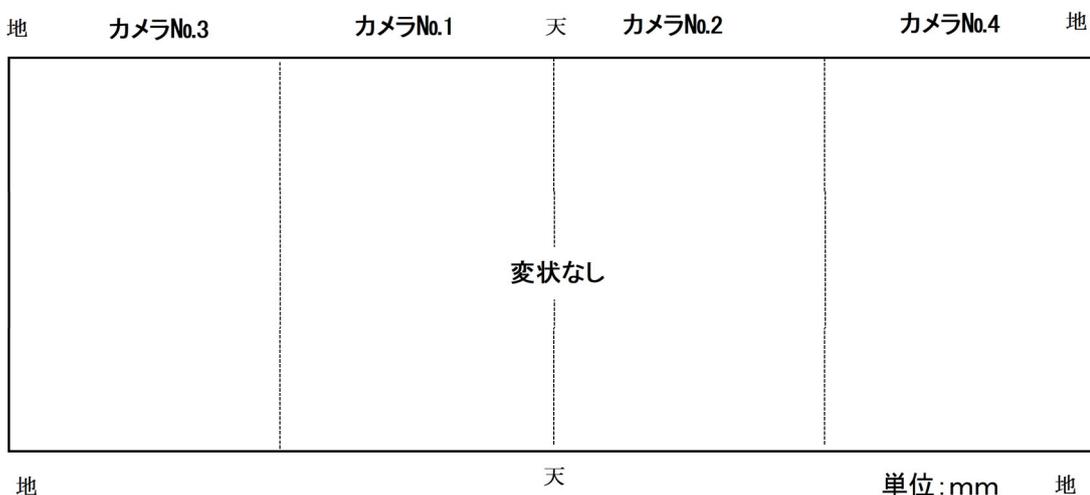
変状箇所位置



変状写真



変状位置



※計測結果例(2)

橋梁名	斜張橋	点検年月日	2025年2月12日
斜材番号	W3	撮影開始位置	桁側定着部から 1.46 m
変状部材名	保護管	モニター表示距離	走行距離 34.12 m
変状名	当てきず・汚れ	変状位置	桁側定着部から 35.58 m
前回比較(進展の有無)	—	備考	

