

## 付録 3 標準試験方法

標準試験方法(橋梁) 目次

大項目	中項目	小項目	頁
運動性能	構造物近傍安定性能	地上・自然風(2019)	付録3 - 1 - 1
	安定性能	室内・人工風(2023)	付録3 - 1 - 1
	進入可能性能	溝橋(2022)	付録3 - 1 - 2
		水陸両用 溝橋(2023)	付録3 - 1 - 2
		水上部(溝橋)(2024)	付録3 - 1 - 3
		水上部(溝橋以外)(2024)	付録3 - 1 - 3
		桁間に進入する場合(2022)	付録3 - 1 - 4
		桁間に進入しない場合(2022)	付録3 - 1 - 4
		斜張橋(ケーブル)(2021)	付録3 - 1 - 5
		水中部(2022)	付録3 - 1 - 5
		狭隘部(2022)	付録3 - 1 - 6
		鋼床版(2023)	付録3 - 1 - 6
		箱桁内部(2023)	付録3 - 1 - 7
		桁間(2024)	付録3 - 1 - 7
	可動範囲	溝橋(2022)	付録3 - 1 - 8
		斜張橋(ケーブル)(2021)	付録3 - 1 - 8
		飛行体(ドローン)(2022)	付録3 - 1 - 9
		鋼床版(2023)	付録3 - 1 - 9
		箱桁内部(2023)	付録3 - 1 - 10
	桁橋(2024)	付録3 - 1 - 10	
	桁間(2024)	付録3 - 1 - 11	
計測性能	計測速度(撮影速度)	地上(2019)	付録3 - 1 - 11
		斜張橋(ケーブル)(2020)	付録3 - 1 - 12
	計測精度(画像計測技術)	斜材の変状(2021)	付録3 - 1 - 12
		斜材の変状(2024)	付録3 - 1 - 13
		ひびわれ 地上(2019)	付録3 - 1 - 13
		ひびわれ 水中(2022)	付録3 - 1 - 14
		ひびわれや剥離・鉄筋露出の検出(2023)	付録3 - 1 - 14
		剥離・変形(2024)	付録3 - 1 - 15
	計測精度(非破壊検査技術)	ケーブルの腐食(2020)	付録3 - 1 - 15
		亀裂(2020)	付録3 - 1 - 16
		うき(2019)	付録3 - 1 - 16
		塩化物イオン濃度(2020)	付録3 - 1 - 17
		支承部の機能障害 アンカーボルト(2021)	付録3 - 1 - 17
		剥離・変形(2021)	付録3 - 1 - 18
		PCグラウト充填(2022)	付録3 - 1 - 18
		耐候性鋼材表面の錆評点(2023)	付録3 - 1 - 19
		デッキプレート(2023)	付録3 - 1 - 19
	計測精度 計測・モニタリング技術(変位)	支承部の機能障害(2020)	付録3 - 1 - 20
		遊間の異常(2020)	付録3 - 1 - 20
		遊間の異常(2021)	付録3 - 1 - 21
ひずみ(2020)		付録3 - 1 - 21	
活荷重たわみ(2020)		付録3 - 1 - 22	
床版たわみ(2021)		付録3 - 1 - 22	

大項目	中項目	小項目	頁
計測性能	計測精度 計測・モニタリング技術(張力)	PCケーブル・吊材・斜材 (2021)	付録3 - 1 - 23
	計測精度 計測・モニタリング技術(振動特性)	洗掘・傾斜角 (2020)	付録3 - 1 - 23
		剛性評価 (2020)	付録3 - 1 - 24
		剛性評価 (2024)	付録3 - 1 - 24
	計測精度(計測・モニタリング技術(3次元座標))	洗掘・形状寸法 (2021)	付録3 - 1 - 25
オルソ画像精度/(位置精度)	オルソ画像精度/(位置精度) (2019)	付録3 - 1 - 25	
色識別性能	色識別性能 (2019)	付録3 - 1 - 26	

## 標準試験方法掲載イメージ

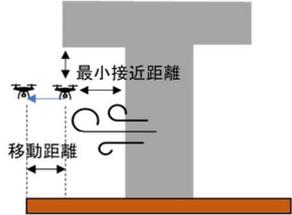
大項目 運動性能／計測性能

中項目 計測項目

【小項目】

- 試験方法
  - ① 試験の手順
  - ② 供試体の諸元等
  - ③ 標準試験値の算出方法
- 動作条件及び環境条件  
パラメータや各種条件を記載する。  
【最大風速】 〇m/s  
【気温】 〇℃ 等
- 試験場所 (過年度の実績)  
主な実施場所、過去の実施場所 (実施年)  
福島RTF (2020年) 等

具体的な図面等を記載





実施状況や供試体がわかる写真を掲載

## 標準試験方法(トンネル) 目次

大項目	中項目	小項目	頁
計測性能	計測精度(画像計測技術)	通常のひび割れ(2019)	付録3 - 2 - 1
		覆工表面が煤で汚れた状態のひび割れ(2022)	付録3 - 2 - 1
		煤で埋まったひび割れ(2022)	付録3 - 2 - 2
		ひび割れ等のマーキング(2022)	付録3 - 2 - 2
		ひび割れ深さ(2022)	付録3 - 2 - 3
	長さ計測精度(画像計測技術)	長さ計測精度(2019)	付録3 - 2 - 3
	位置精度(画像計測技術)	位置精度(2019)	付録3 - 2 - 4
	色識別性能(画像計測技術)	色識別性能(2019)	付録3 - 2 - 4
	計測精度(非破壊検査技術)	劣化、表面近くの空洞(2020)	付録3 - 2 - 5
		うき・はく離(2020)	付録3 - 2 - 5
		背面空洞(2022)	付録3 - 2 - 6
		ボルトの緩み(2021)	付録3 - 2 - 6
		ボルトの定着不良(2021)	付録3 - 2 - 7
		ひび割れ深さ(2022)	付録3 - 2 - 7
	位置精度(非破壊検査技術)	位置精度(2020)	付録3 - 2 - 8
計測速度(非破壊検査技術)	計測速度(移動しながら計測する場合)(2020)	付録3 - 2 - 8	
計測精度(計測・モニタリング技術)	附属物等の変位(2020)	付録3 - 2 - 9	
位置精度(計測・モニタリング技術)	位置精度(2020)	付録3 - 2 - 9	
計測速度(計測・モニタリング技術)	計測速度(移動しながら計測する場合)(2020)	付録3 - 2 - 10	

### 標準試験方法掲載イメージ

#### 技術分類

**計測項目**

■ 試験方法

①試験の手順  
②供試体の諸元等  
③標準試験値の算出方法



■ 特に記載を要する動作条件及び環境条件

パラメータや各種条件を記載する。  
【走行速度】○km/h (試験時の条件)  
【照度】○lx (試験時の条件) 等

■ カタログへの記載例

# 標準試験方法 (橋梁)

## 運動性能

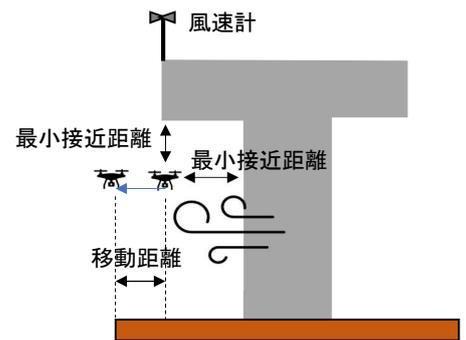
### 構造物近傍安定性能

地上・自然風（2019）

#### ■試験方法

- ①自動記録する風速計を橋面から1mの高さに設置する。
- ②飛行体を橋脚および床版から最小接近距離で飛行させ、空中で安定した後、1分間ホバリングさせる。
- ③所定時間内での最大移動量を目視にて、確認し記録する。また、最大移動量を計測した時間における風速を①で設置した風速計のデータから抽出し、最大風速を記録する。

（『橋梁点検のための無人航空機性能評価手順書 Ver.1.0』(経済産業省・国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 H30.5)を参考）



#### ■標準試験値

最大移動量〇m

#### ■動作条件及び環境条件

【最大風速】〇m/s(試験時の条件)

【接近距離】〇m

【気温】〇℃(試験時の条件)

#### ■試験場所(過年度の実績)

実橋(関東地整管内の直轄国道)(2019~2020年)

福島RTF(2021年以降)



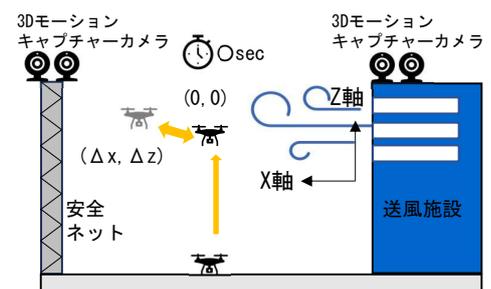
## 運動性能

### 安定性能

室内・人工風（2023）

#### ■試験方法: モーションキャプチャーによる座標から計測

- ①飛行体を起動し、所定の位置まで飛行させ、機体正面を風向きに対向して停止飛行させる。
- ②所定位置に到達後、約30秒後に指定した風速で突風を吹かせる。
- ③各風速状況下でのX軸(水平)方向の最大移動量(mm)、Z軸方向の最大移動量(mm)及び所定の位置に戻るまでの時間を3Dモーションキャプチャーにより記録する。
- ④①に戻り、機体正面を風向きに対して垂直(側面)に向けて停止飛行させる。
- ⑤所定位置に到達後、約30秒後に指定した風速で突風を吹かせる。
- ⑥各風速状況下でのX軸(水平)方向の最大移動量(mm)、Z軸方向の最大移動量(mm)及び所定の位置に戻るまでの時間を3Dモーションキャプチャーにより記録する。



試験イメージ図

#### ■標準試験値

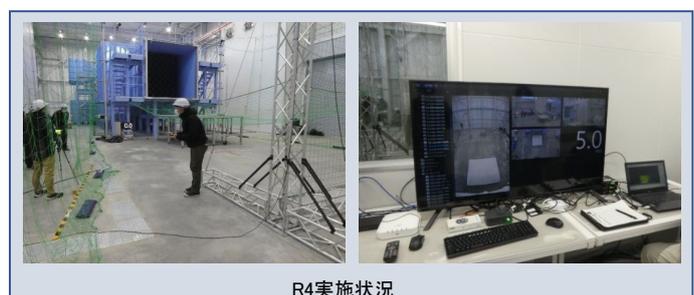
最大X軸移動量〇mm、最大Z軸移動量〇mm、復元時間〇sec

#### ■動作条件及び環境条件

【風速】一定(3m/s,5m/s,8m/sの3ケース)

#### ■試験場所(過年度の実績)

室内(福島RTF風洞棟)(2023年以降)



## 運動性能

### 進入可能性能

溝橋 (2022)

#### ■ 試験方法

- ① 関東地整管内の直轄国道の溝橋 (W2.77m×H1.5m) にて実施する。
- ② 上記溝橋の断面で、機器が進入できるかを確認する。

#### ■ 標準試験値

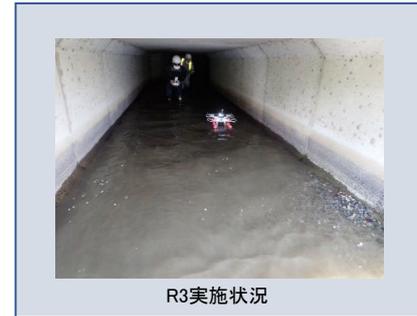
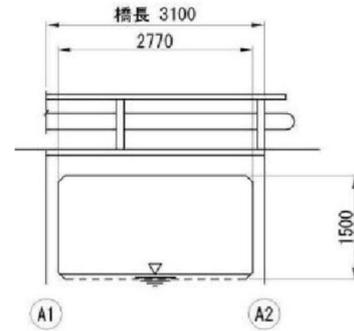
溝橋の場合 W2.77m×H1.5m

#### ■ 動作条件及び環境条件

【流速】0m/s (試験時の条件) (水中、水上)  
【GPS接続の有無】

#### ■ 試験場所 (過年度の実績)

実橋 (関東地整管内の直轄国道) (2022年以降)



## 運動性能

### 進入可能性能

水陸両用 溝橋 (2023)

#### ■ 試験方法

- ① 水槽内に計測対象 (コンクリートブロックに固定したワイヤーメッシュ等) を W1.0m×H0.5m で事務局側が用意・設置する。(溝橋の狭小断面を想定)
- ② 計測装置にて、上記断面へ機器が進入できるかを確認する。

#### ■ 標準試験値

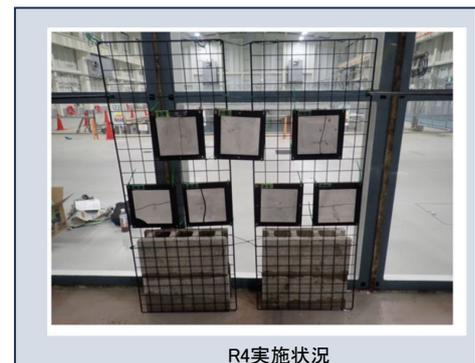
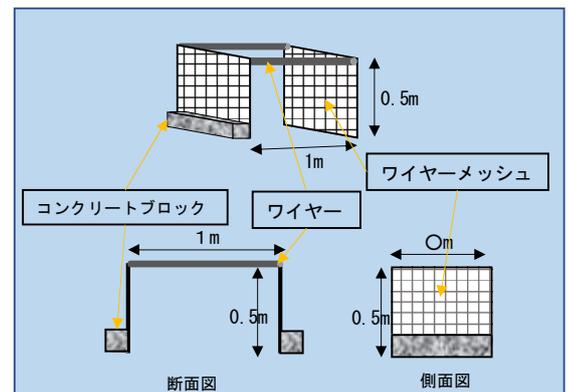
W1.0m×H0.5m

#### ■ 動作条件及び環境条件

【水深】15cm

#### ■ 試験場所

福島RTF水槽 (2023年以降)



## 運動性能

### 進入可能性能

水上部(溝橋)(2024)

#### ■ 試験方法

- ①水槽内に計測対象(コンクリートブロックに固定したワイヤーメッシュ等)を  $W2.0m \times H1.0m \times L1.0m$  で事務局側が用意・設置する。(溝橋の狭小断面を想定)
- ②計測装置にて、流速( $0.1m/s \sim 0.2m/s$ )を発生させた状況下で、上記断面を、機器が進入できるかを確認する。

#### ■ 標準試験値

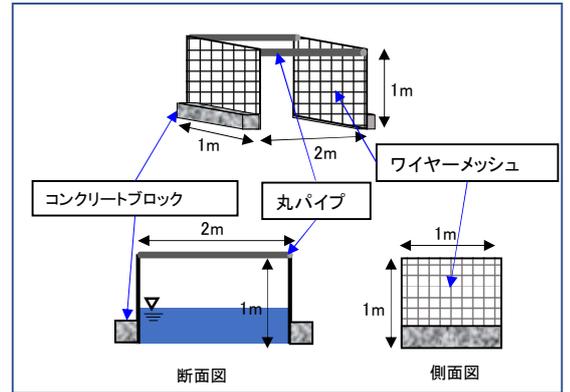
$W2.0m \times H1.0m \times L1.0m$

#### ■ 動作条件及び環境条件

【水深】 $0.3m, 0.5m$

#### ■ 試験場所

福島RTF水槽 (2023年以降)



## 運動性能

### 進入可能性能

水上部(溝橋以外)(2024)

#### ■ 試験方法

- ① $W3.0m \times H2.3m \times L5.0m$ の空間を有する水槽を事務局側が用意・設置する。(溝橋以外の断面を想定)
- ②計測装置にて、流速( $0.1m/s \sim 0.4m/s$ )を発生させた状況下で、上記断面を、機器が進入できるかを確認する。

#### ■ 標準試験値

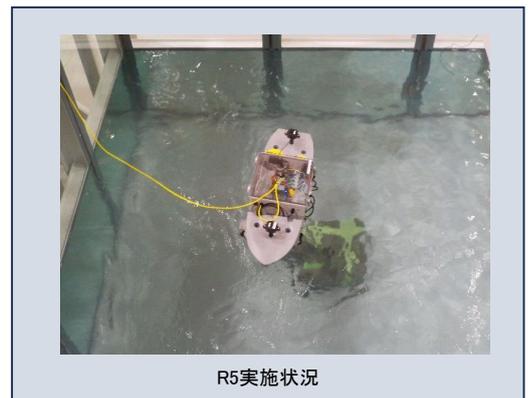
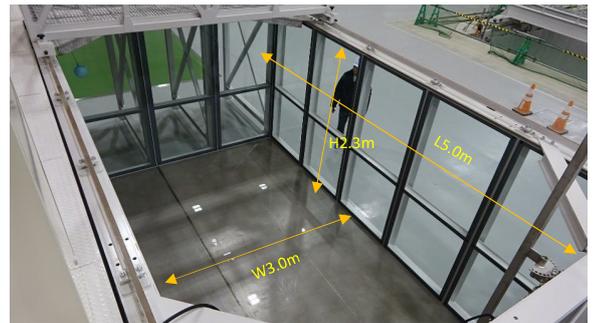
$W3.0m \times H2.3m \times L5.0m$

#### ■ 動作条件及び環境条件

【水深】 $1.2m$

#### ■ 試験場所

福島RTF水槽 (2023年以降)



## 運動性能

### 進入可能性能

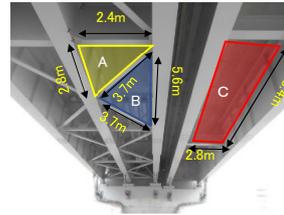
桁間に進入する場合（2022）

#### ■試験方法

- ①福島RTFの鋼単純鈹桁橋にて、実施する。
- ②上記、鈹桁橋の対傾構と主桁などの空間(A,B、C)に進入できるかを確認する。

#### ■標準試験値

桁間に進入する場合 A : 2.4m × 2.8m × 3.7m  
B : 3.7m × 3.7 × 5.6m  
C : 2.8m × 8.4m



範囲	寸法
A	2.4m × 2.8m × 3.7m
B	3.7m × 3.7 × 5.6m
C	2.8m × 8.4m

<桁間に進入する場合>

#### ■動作条件及び環境条件

- 【風速】0m/s(試験時の条件)(気中)
- 【GPS接続の有無】

#### ■試験場所(過年度の実績)

福島RTF(2021年以降)



## 運動性能

### 進入可能性能

桁間に進入しない場合（2022）

#### ■試験方法

- ①福島RTFの鋼単純鈹桁橋にて、実施する。
- ②上記、鈹桁橋の桁下空間(H5.0m)に進入できるかを確認する。

#### ■標準試験値

桁間に進入しない場合 H5.0m

#### ■動作条件及び環境条件

- 【風速】0m/s(試験時の条件)(気中)
- 【GPS接続の有無】

#### ■試験場所(過年度の実績)

福島RTF(2021年以降)



<狭隘部に進入しない場合>



## 運動性能

### 進入可能性能

斜張橋(ケーブル) (2021)

#### ■試験方法

- ①関東地整管内の直轄国道の斜張橋(角度24度、ケーブル間隔4m)にて、実施する。
- ②上記斜張橋のケーブル間隔で、機器が進入できるかを確認する。

#### ■標準試験値

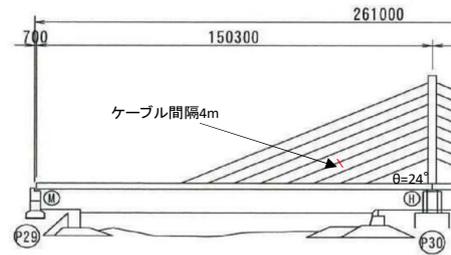
斜張橋の場合 ケーブル間隔4m

#### ■動作条件及び環境条件

- 【風速】0m/s(試験時の条件)(気中)  
【GPS接続の有無】

#### ■試験場所(過年度の実績)

実橋(関東地整管内の直轄国道)(2021年以降)



<斜張橋の場合>



## 運動性能

### 進入可能性能

水中部 (2022)

#### ■試験方法

- ①水槽内に計測対象(コンクリートブロックに固定したワイヤーメッシュ等)をW2.0m×H1.0m×L1.0mの寸法で設置する。(溝橋の狭小断面を想定)
- ②計測装置にて、流速(0.1m/s~0.2m/s)を発生させた状況下で、上記の計測対象断面に機器が進入できるかを確認する。

#### ■標準試験値

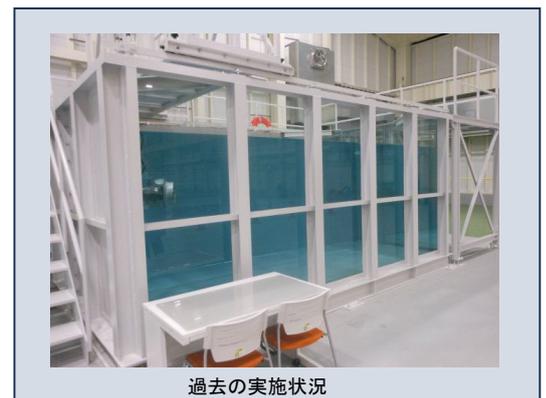
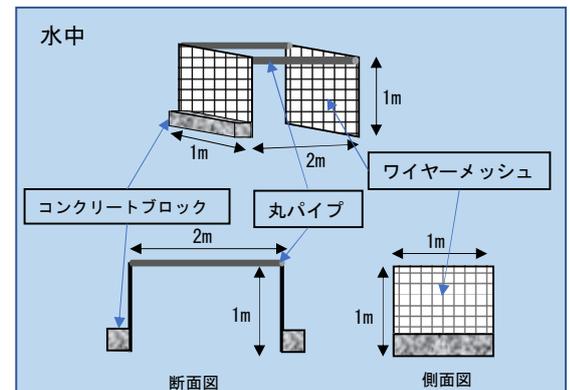
W2.0m×H1.0m ×L1.0m

#### ■動作条件及び環境条件

【水深】1.2m

#### ■試験場所(過年度の実績)

福島RTF水槽(2022年以降)



## 運動性能

### 進入可能性

狭隘部（2022）

#### ■ 試験方法

狭隘部（桁端部やゲルバー一部）を対象とする技術

- ①狭隘部を模擬した曲がり角度90度の供試体（狭隘度を調整可能）を使用（国総研）する。
- ②損傷を撮影時の進入部（下側からの進入及び横側からの進入）の狭隘度（30mm～100mm）及び、進入深さを計測する。また、曲がり回数を合わせて計測する。

#### ■ 標準試験値

【下側からの進入】	【横側からの進入】
狭隘度 ○mm	狭隘度 ○mm
進入深さ ○mm	進入深さ ○mm
曲がり回数 ○回	

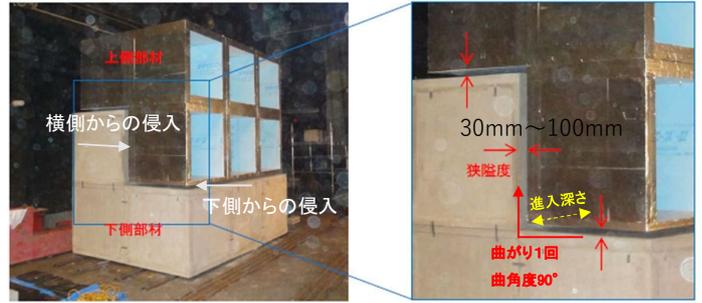
#### ■ 動作条件及び環境条件

供試体諸元

【下方からの進入】	【横からの進入】
・狭隘度：30～100mm	・狭隘度：30～100mm
・進入深さ：1～3m	・進入深さ：1～3m
・曲がり回数：0～1回	

#### ■ 試験場所（過年度の実績）

国総研（2022年以降）



供試体



## 運動性能

### 進入可能性

鋼床版（2023）

#### ■ 試験方法

- ①福島RTFの試験橋梁鋼床版部にて、実施する。
- ②上記橋梁に点検支援技術が進入できるかを確認する。

#### ■ 標準試験値

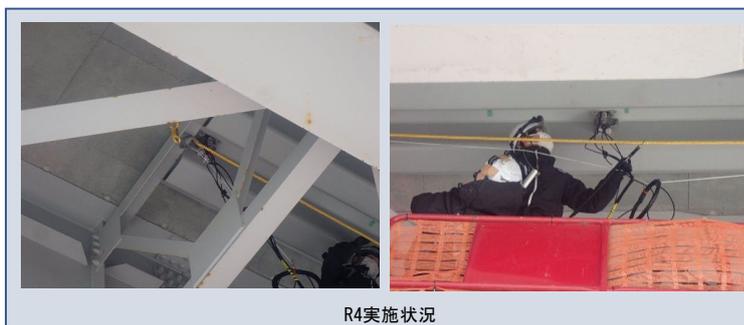
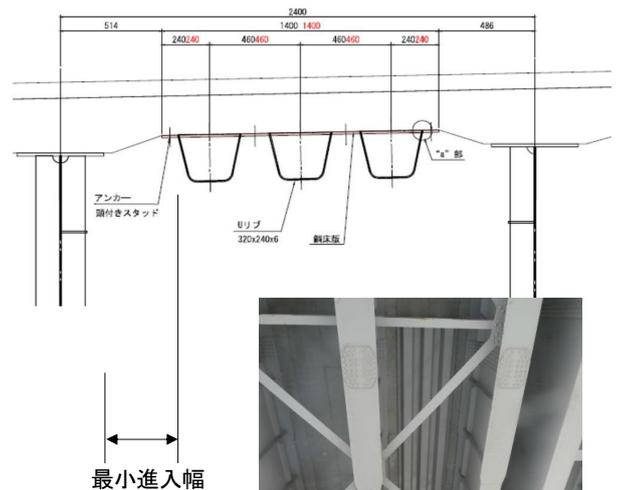
進入幅 ○mm

#### ■ 動作条件及び環境条件

特になし

#### ■ 試験場所

福島RTF（2023年以降）



R4実施状況

## 運動性能

### 進入可動範囲

箱桁内部 (2023)

#### ■ 試験方法

- ① 福島RTFのボックスカルバートにて、実施する。
- ② 上記、ボックスカルバートを移動可能かを確認する。

#### ■ 標準試験値

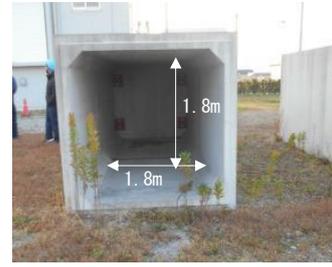
W1.8m × H1.8m

#### ■ 動作条件及び環境条件

【GPS接続の有無】

#### ■ 試験場所

福島RTF (2023年以降)



## 運動性能

### 進入可能性

桁間 (2024)

#### ■ 試験方法

- ① 径間方向の主桁間にケーブルを設置し、そのケーブル上を計測機器が移動しながら計測する。
- ② 上記、主桁空間を測定機器が移動可能であることを確認する。

#### ■ 標準試験値

W2.5m × H1.0m

#### ■ 動作条件及び環境条件

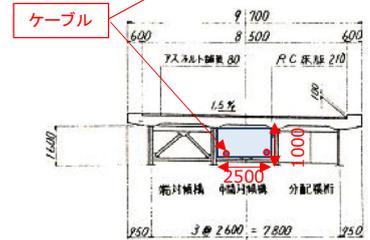
【風速】0m/s (試験時の条件)

#### ■ 試験場所 (実績)

土木研究所の試験橋梁 (2024年以降)



<鋼鈹桁橋>



## 運動性能

### 可動範囲

溝橋 (2022)

#### ■試験方法

- ①関東地整管内の直轄国道の溝橋(幅員24.2m)にて、実施する。
- ②上記溝橋で、機器が24.2m進入できるかを確認する。

#### ■標準試験値

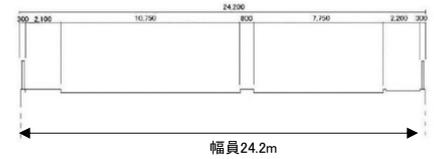
水平方向の可動範囲0m(水中、水上)

#### ■動作条件及び環境条件

【流速】0m/s(試験時の条件)(水中、水上)

#### ■試験場所(過年度の実績)

実橋(関東地整管内の直轄国道)(2021年以降)



<溝橋>



R3実施状況

## 運動性能

### 可動範囲

斜張橋(ケーブル)(2021)

#### ■試験方法

- ①関東地整管内の直轄国道の斜張橋(角度24度、ケーブル長82.4m)にて、実施する。
- ②上記斜張橋のケーブル長を、機器が移動できるかを確認する。

#### ■標準試験値

ケーブル上の稼動範囲0m(気中)

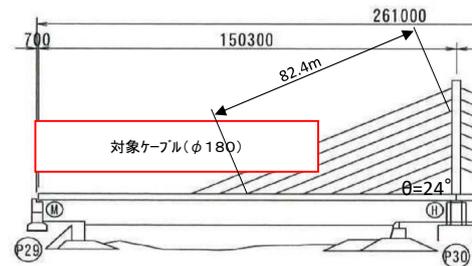
#### ■動作条件及び環境条件

【風速】0m/s(試験時の条件)(気中)

【角度】0°

#### ■試験場所(過年度の実績)

実橋(関東地整管内の直轄国道)(2021年以降)



<斜張橋>



R3実施状況

## 運動性能

### 可動範囲

飛行体(ドローン)(2022)

#### ■試験方法

- ①福島RTFの鋼単純鈹桁橋にて、実施する。
- ②上記、鈹桁橋の橋長及び高さを飛行できるかを確認する。

#### ■標準試験値

高さの稼働範囲〇m、水平方向の稼働範囲〇m(気中)

#### ■動作条件及び環境条件

【風速】〇m/s(試験時の条件)(気中)

#### ■試験場所(過年度の実績)

福島RTF(2022年以降)



<飛行体>



R3実施状況

## 運動性能

### 可動範囲

鋼床版(2023)

#### ■試験方法

- ①福島RTFの試験橋梁鋼床版部にて、実施する。
- ②上記橋梁の鋼床版部(5.4m)を移動可能かを確認する。  
また、計測可能な端部までの最小距離を確認する。

#### ■標準試験値

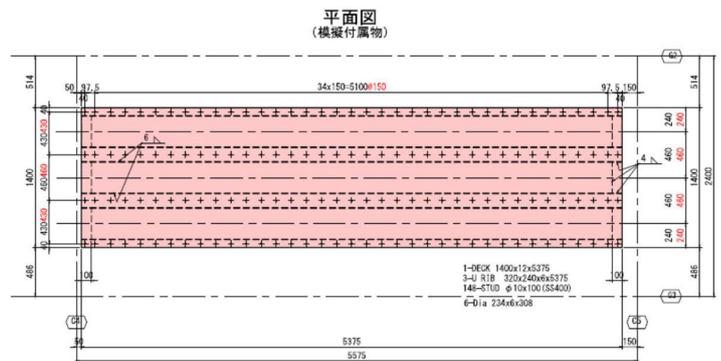
可動範囲 〇m  
最小接近距離 〇mm

#### ■動作条件及び環境条件

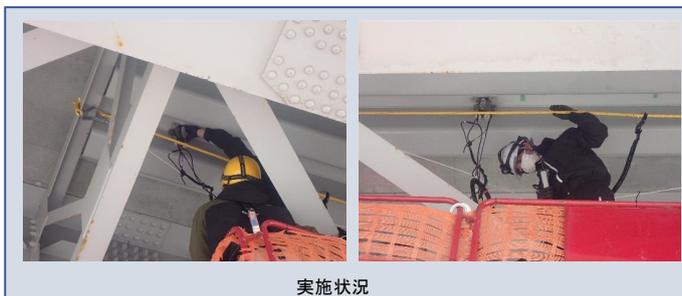
特になし

#### ■試験場所

福島RTF(2023年以降)



最小接近距離



実施状況

## 運動性能

### 可動範囲

箱桁内部 (2023)

#### ■ 試験方法

- ① 福島RTFのボックスカルバートにて、実施する。
- ② 上記、ボックスカルバートに進入できるかを確認する。

#### ■ 標準試験値

0m

#### ■ 動作条件及び環境条件

【GPS接続の有無】

#### ■ 試験場所

福島RTF (2023年以降)



## 運動性能

### 可動範囲

桁橋(2024)

#### ■ 試験方法

- ① 福島RTFの鋼単純鈹桁橋にて、実施する。
- ② 上記、操作場所等の起点からどの程度広範囲にアプローチ出来るかを評価する。

#### ■ 標準試験値

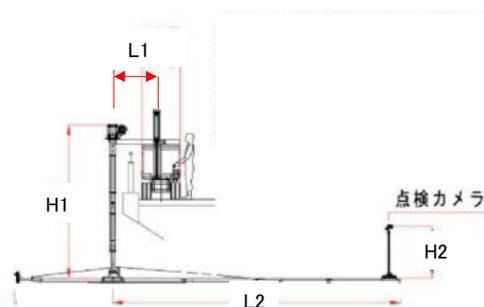
最大可動範囲 〇〇m (=L1+H1+L2+H3)

#### ■ 特に記載を要する動作条件及び環境条件

- 【風速】 〇m/s (試験時の条件)  
【被写体との距離】 〇m (試験時の条件)  
【照度】 〇lux (試験時の条件)

#### ■ 試験場所 (過年度の実績)

無し



## 運動性能

### 可動範囲

桁間 (2024)

#### ■ 試験方法

- ① 径間方向の主桁間にケーブルを設置し、そのケーブル上を計測機器が移動しながら計測する。
- ② 上記、ケーブル上を移動出来る距離を確認する。

#### ■ 標準試験値

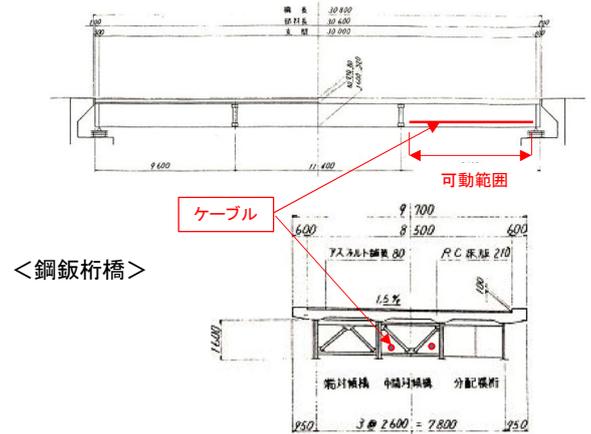
ケーブル上の可動範囲 〇m (気中)

#### ■ 動作条件及び環境条件

【風速】〇m/s (試験時の条件)

#### ■ 試験場所 (実績)

土木研究所の試験橋梁 (2024年以降)



## 計測性能

### 計測速度 (撮影速度)

地上 (2019)

#### ■ 試験方法

- ① 福島RTFの試験橋梁橋台の一部 (10m × 2m) の範囲を撮影する。
- ② 上記範囲の撮影時間を計測する。
- ③ 20m<sup>2</sup> / 撮影時間より、計測時間を算出する。

※ 技術や検出する損傷によっては、技術に応じた計測速度を測定する必要がある。

#### ■ 標準試験値

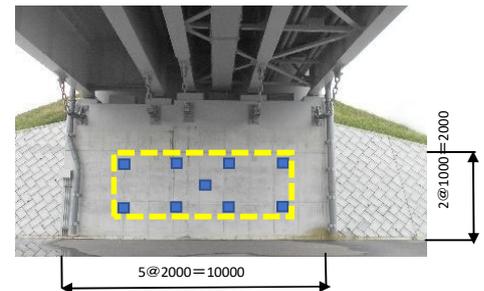
〇m<sup>2</sup>/s  
〇m/s

#### ■ 動作条件及び環境条件

【検出可能な最小ひびわれ幅】〇mm

#### ■ 試験場所 (過年度の実績)

実橋 (関東地整管内の直轄国道) (2019年以降)  
福島RTF (2021年以降)



## 計測性能

### 計測速度（撮影速度）

斜張橋（ケーブル）（2020）

#### ■ 試験方法

- ① 関東地整管内の直轄国道の斜張橋（角度24度、ケーブル長82.4m）にて、実施する。
- ② 上記斜張橋のケーブル間隔で、機器が進入できるかを確認する。

#### ■ 標準試験値

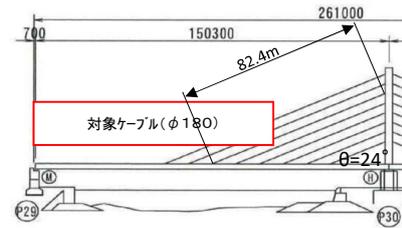
- m2/s
- m/s

#### ■ 動作条件及び環境条件

【検出可能な最小ひびわれ幅】○mm

#### ■ 試験場所（過年度の実績）

実橋（関東地整管内の直轄国道）（2020年以降）



<斜張橋>



R3実施状況

## 計測性能

### 計測精度（画像計測技術）

斜材の変状（2021）

#### ■ 試験方法

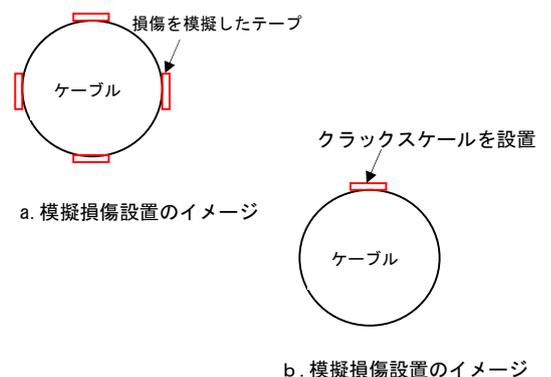
- ① 関東地整管内の直轄国道の斜張橋に損傷を模擬したテープをa. ケーブルの上下左右に網羅的に設置。また、b. 幅が確認できるクラックスケール等を設置。
- ② aより模擬損傷の検出率（（点検支援技術で検出した模擬損傷箇所数 / 設置した模擬損傷数）× 100）を算出する。
- ③ bより、確認できる最小幅を計測精度とする。

#### ■ 動作条件及び環境条件

- 【斜材径】○mm（試験時の条件）
- 【斜材角度】○○°（試験時の条件）
- 【表面材質】○○（試験時の条件）
- 【風速】○m/s（試験時の条件）
- 【照度】○lux（試験時の条件）
- 【表面の凹凸（段差）】○○（試験時の条件）

#### ■ 試験場所（過年度の実績）

実橋（関東地整管内の直轄国道）（2021年以降）



a. 模擬損傷設置のイメージ

b. 模擬損傷設置のイメージ



R3実施状況

## 計測性能

### 計測精度（画像計測技術）

斜材の変状(2024)

#### ■試験方法

①ゴムプレート(サイズ300mm×150mm 厚さ3mm)の表面に各模擬損傷を複数作成(計30箇所)。

- ・亀裂 [幅:2パターン、長さ:80mm・140mm、縦断・横断・斜め方向 計12箇所]
- ・劣化 [幅:2パターン、長さ:80mm、縦断・横断・斜め方向 計8箇所]
- ・剥がれ [幅:10mm、長さ:40mm、縦断・横断方向 計4箇所]
- ・破断(開口) [幅:5mm、長さ40mm 3箇所]
- ・汚れ [3箇所]

②模擬損傷を再現したゴムプレートを斜材ケーブルに貼り付ける。

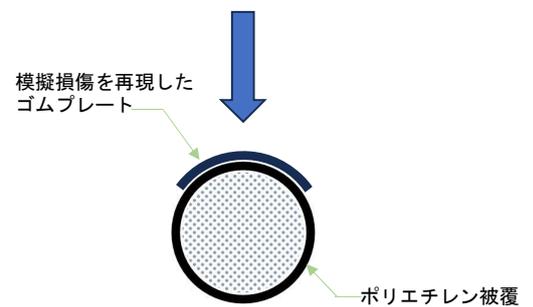
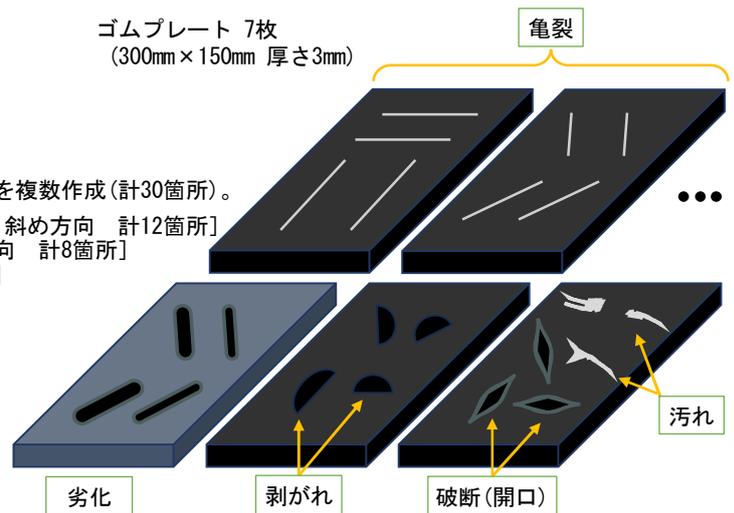
③模擬損傷の検出率(%)を算出する。  
(各技術で検出した模擬損傷箇所数/設置した模擬損傷数)×100

#### ■動作条件及び環境条件

- 【斜材径】○○mm(試験時の条件)
- 【斜材角度】○○°(試験時の条件)
- 【表面材質】○○(試験時の条件)
- 【風速】○m/s(試験時の条件)
- 【照度】○lux(試験時の条件)
- 【表面の凹凸(段差)】○○(試験時の条件)

#### ■試験場所(過年度の実績)

実橋(関東地整管内の直轄国道)(2024年以降)



## 計測性能

### 計測精度（画像計測技術）

ひびわれ 地上(2019)

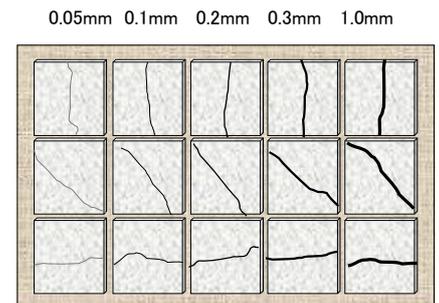
#### ■試験方法

- ①幅0.05mm~1.0mmの間で異なるひびわれ幅を模した供試体を事務局側が用意・設置する。
- ②最小ひびわれ幅の検証において撮影した画像から各模擬ひびわれ幅の計測結果と真値の誤差(mm)の平均二乗誤差が「計測精度」である。

#### ■標準試験値

- ひびわれ幅0.05mm 計測精度○mm
- ひびわれ幅0.1mm 計測精度○mm
- ひびわれ幅0.2mm 計測精度○mm
- ひびわれ幅0.3mm 計測精度○mm
- ひびわれ幅1.0mm 計測精度○mm

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



模擬供試体のイメージ

#### ■動作条件及び環境条件

- 【風速】○m/s(試験時の条件)
- 【被写体との距離】○m(試験時の条件)
- 【照度】○lux(試験時の条件)

#### ■試験場所(過年度の実績)

- 施工総研(2019~2020年)
- 福島RTF(2021年以降)



## 計測性能

### 計測精度（画像計測技術）

ひびわれ 水中(2022)

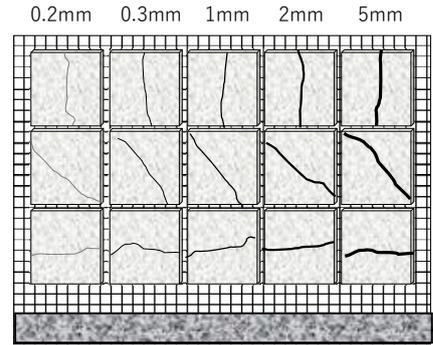
#### ■ 試験方法

- ① 幅0.2mm～5.0mmの間で異なるひびわれ幅を模した供試体を事務局側が用意する。(右図参照)。
- ② 供試体を水中に沈め、濁度(0度及び60度～90度)及び、流速(0m/s、0.1～0.2m/s)の環境下での計測を実施する。
- ③ 最小ひびわれ幅の検証において撮影した画像から各模擬ひびわれ幅の計測結果と真値の誤差(mm)の平均二乗誤差が「計測精度」である。

#### ■ 標準試験値

- ひびわれ幅0.2mm 誤差○mm
- ひびわれ幅0.3mm 誤差○mm
- ひびわれ幅1.0mm 誤差○mm
- ひびわれ幅2.0mm 誤差○mm
- ひびわれ幅5.0mm 誤差○mm

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



模擬供試体のイメージ



#### ■ 動作条件及び環境条件

- 【流速】0m/s、0.1～0.2m/s(試験時の条件)
- 【被写体との距離】○m(試験時の条件)
- 【濁度】0度、60～90度(試験時の条件)

#### ■ 試験場所（過年度の実績）

福島RTF(2022年以降)

## 計測性能

### 計測精度（画像計測技術）

ひびわれや剥離・鉄筋露出の検出(2023)

#### ■ 試験方法

- ① ひびわれ(50か所程度)や剥離・鉄筋露出(4か所)の供試体が埋め込まれた試験橋梁(福島RTF)を使用する。
- ② 点検支援技術を使用し、損傷箇所を検出する。
- ③ 点検支援技術で正解とするひびわれは、ひびわれ長さの6割以上の検出とし、剥離・鉄筋露出の正解は、剥離・鉄筋露出の面積の6割以上の検出とする。



#### ■ 標準試験値

検出率(ひびわれ)

●箇所(点検支援技術で検出した模擬損傷箇所数)／▲箇所(真値の損傷箇所数)×100  
的中率 (ひびわれ)

■箇所(正解した検出箇所数)／●箇所(検出数(誤検出を含む))=△%

検出率(剥離・鉄筋露出)

●箇所(点検支援技術で検出した模擬損傷箇所数)／▲箇所(真値の損傷箇所数)×100  
的中率 (剥離・鉄筋露出)

■箇所(正解した検出箇所数)／●箇所(検出数(誤検出を含む))=△%



#### ■ 動作条件及び環境条件

- 【被写体との距離】○m(試験時の条件)
- 【照度】○lux(試験時の条件)

#### ■ 試験場所

福島RTF(2023年以降)

## 計測性能

### 計測精度（画像計測技術）

剥離・変形(2024)

#### ■ 試験方法

- ①コンクリート面に変形や剥離を模擬した供試体(福島RTF)を使用する。
- ②変形や剥離の大きさを非破壊検査技術で最大4箇所を計測し、計測結果と実測値の相対差(mm)の平均二乗誤差を計測精度とする。  
3箇所出来ない場合は、参考値とする。

#### ■ 標準試験値

相対差0mm(○箇所/4箇所)

#### ■ 動作条件及び環境条件

【表面の凹凸】なし(試験時の条件)

#### ■ 試験場所

福島RTF(2023年以降)



## 計測性能

### 計測精度（非破壊検査技術）

ケーブルの腐食(2020)

#### ■ 試験方法

- ①開発者側で右記のケーブルを模擬した供試体を用意し、ダミーワイヤを設置する。
- ②模擬供試体に計測装置を装着し、ダミーワイヤの断面積量を計測する。
- ③理論上の断面積と非破壊検査技術により計測した断面積とを比較し、誤差を算出する。



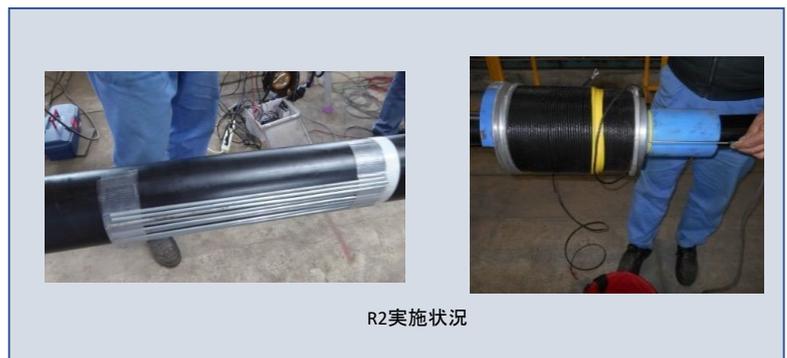
模擬供試体のイメージ

#### ■ 動作条件及び環境条件

【ケーブル径】0mm(試験時の条件)

#### ■ 試験場所（過年度の実績）

開発者提供(2020年以降)



## 計測性能

### 計測精度（非破壊検査技術）

亀裂（2020）

#### ■試験方法

- ①亀裂の損傷が発生している供試体（土研）を使用する。
- ②模擬供試体で亀裂の箇所を検出し、検出率（点検援技術で検出した亀裂箇所数／真値の亀裂数）×100を算出する。



#### ■動作条件及び環境条件

- 【気温】0℃（試験時の条件）  
【塗装剤】〇〇

#### ■試験場所（過年度の実績）

土木研究所（2020年以降）



## 計測性能

### 計測精度（非破壊検査技術）

うき（2019）

#### ■試験方法

- ①供試体のうきの大きさは、定期点検で捉えるべき打音異常の打撃間隔を20cmとする第三者被害予防措置要領（案）を根拠に、さらに小規模のうきを考慮して最小寸法10cm×10cm程度とすした、うき供試体（施工総研または福島RTF）を使用する。
- ②当該点検支援技術により模擬供試体内のうきの検出を行う。
- ③検出率は、技術で検出した異常範囲と実際の損傷範囲が少しでも重なったら検出成功と評価する。的中率としては、うきの外縁から±0.5mの範囲から外れれば誤検出と評価することを基本とする。

#### ■標準試験値

検出率

$$\bullet \text{箇所（正解した検出箇所数）} / \blacktriangle \text{箇所（損傷箇所数（真値））} = \bigcirc \%$$

的中率

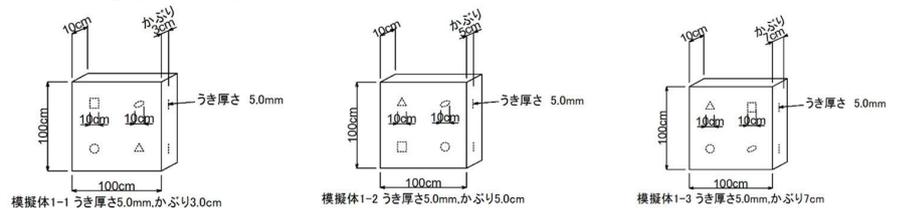
$$\blacksquare \text{箇所（正解した検出箇所数）} / \bullet \text{箇所（検出数（誤検出を含む））} = \triangle \%$$

#### ■動作条件及び環境条件

- 【かぶり】3cm,10cm（R3年度以降 福島RTF）  
【かぶり】3cm,5cm,7cm,（R2年度 施工総研）

#### ■試験場所（過年度の実績）

施工総研（2019～2020年）  
福島RTF（2021年以降）



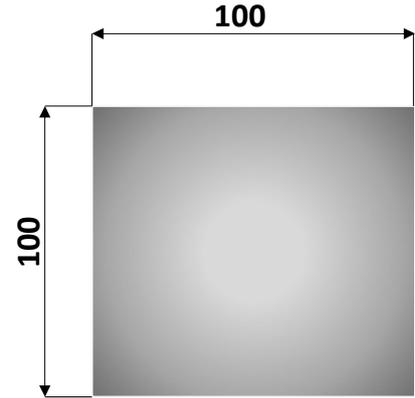
## 計測性能

### 計測精度（非破壊検査技術）

塩化物イオン濃度 (2020)

#### ■ 試験方法

- ①3%塩水に長期間浸漬し、表面付近に5~15kg/m<sup>3</sup>の塩化物を含んだコンクリート供試体（立方体6面のうち1面（計測面）を残し、エポキシ樹脂で被覆）を開発者側で用意する。
- ②非破壊検査技術を用いてコンクリート表面の塩化物イオン濃度を測定する。
- ③コンクリート表面及び深さ方向の塩化物イオン量を切削粉による電位差滴定法で測定し、表面付近の塩分量を誤差率で算出する。



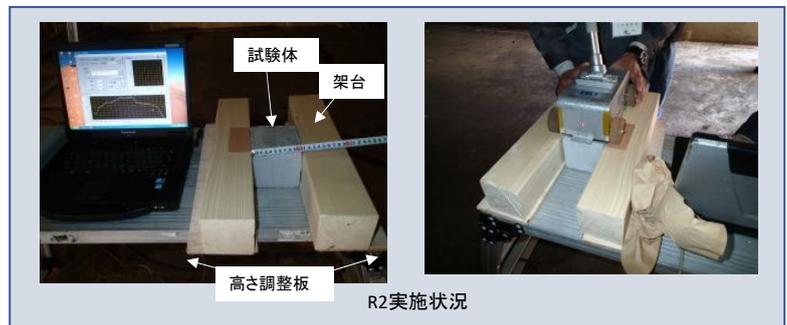
供試体イメージ

#### ■ 動作条件及び環境条件

特になし

#### ■ 試験場所（過年度の実績）

土木研究所（2020年）



## 計測性能

### 計測精度（非破壊検査技術）

支承部の機能障害 アンカーボルト (2021)

#### ■ 試験方法

- ①健全施工のアンカーおよび、施工不十分なアンカーを埋め込んだ供試体（国総研）を使用する。
- ②非破壊検査技術により健全施工と不健全な施工アンカーを検出し、不健全箇所についての的中率を算出する。

#### ■ 動作条件及び環境条件

- 【ボルト径】 ○○
- 【ボルト頭部長さ】 ○○mm
- 【アンカー種別】 ○○

#### ■ 試験場所（過年度の実績）

国総研（2021年以降）



## 計測性能

### 計測精度（非破壊検査技術）

剥離・変形(2021)

#### ■試験方法

- ①コンクリート面に変形や剥離を模擬した供試体(福島RTF)を使用する。
- ②変形や剥離の大きさを非破壊検査技術で最大4箇所を計測し、計測結果と実測値の相対差(mm)の平均二乗誤差を計測精度とする。3箇所出来ない場合は、参考値とする。

#### ■標準試験値

相対差○mm(○箇所/4箇所)



#### ■動作条件及び環境条件

【表面の凹凸】なし(試験時の条件)

#### ■試験場所(過年度の実績)

福島RTF(2021年以降)



## 計測性能

### 計測精度（非破壊検査技術）

PCグラウト充填(2022)

#### ■試験方法

- ①PCグラウトの充填率を変化させた未充填箇所(10箇所程度)の模擬供試体(国総研)を使用する。
- ②非破壊検査技術によりグラウト未充填箇所を検出する。

#### ■標準試験値

検出率

●箇所(正解した検出箇所数) / ▲箇所(損傷箇所数(真値)) = ○%

的中率

■箇所(正解した検出箇所数) / ●箇所(検出数(誤検出を含む)) = △%



#### ■動作条件及び環境条件

【シースの種類】金属

【シース径】30mm

#### ■試験場所(過年度の実績)

国総研(2022年以降)



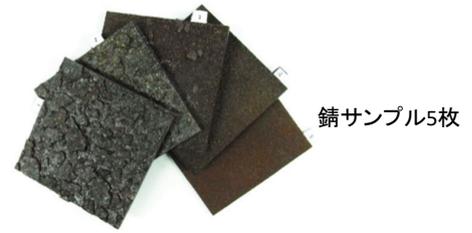
## 計測性能

### 計測精度（非破壊検査技術）

耐候性鋼材表面の錆評点（2023）

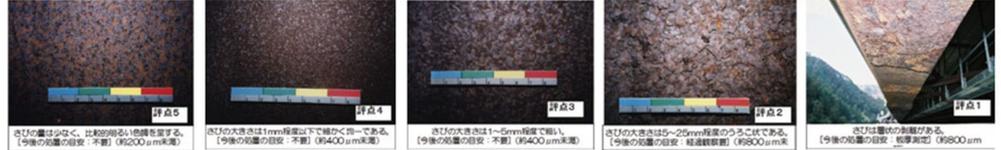
#### ■ 試験方法

- ①日本橋梁建設協会が市販する耐候性鋼材の錆見本(樹脂製の錆サンプル)を使用する
- ②錆サンプルの評点と点検支援技術の評点の正解率を計測精度とする。



#### ■ 標準試験値

正解率 ○% (正解した枚数/5枚)



外観評価写真

#### ■ 動作条件及び環境条件

特になし

#### ■ 試験場所

土木研究所(2023年以降)



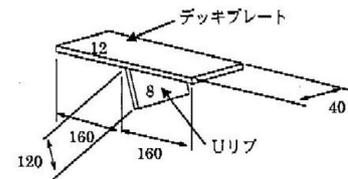
## 計測性能

### 計測精度（非破壊検査技術）

デッキプレートの亀裂（2023）

#### ■ 試験方法

- ①疲労亀裂を模擬したデッキプレートの試験体を使用
- ②試験体の端部の亀裂深さを計測し、平均値を算出する



試験体寸法

#### ■ 標準試験値

検出率 ●箇所(正解した検出箇所数) / ▲箇所(損傷箇所数(真値)) = ○%  
的中率 ■箇所(正解した検出箇所数) / ●箇所(検出数(誤検出を含む)) = △%

#### ■ 動作条件及び環境条件

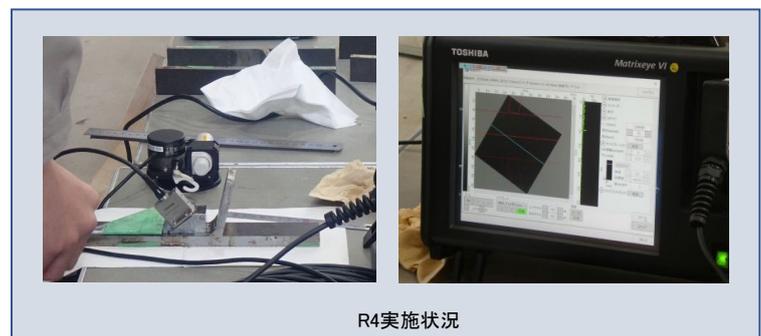
特になし

#### ■ 試験場所

土木研究所(2023年以降)



デッキプレートの試験体



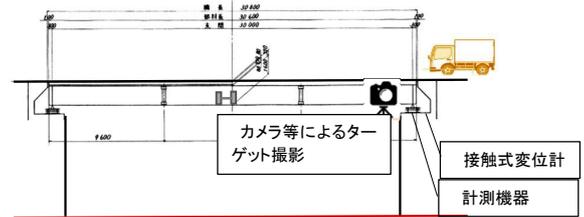
## 計測性能

### 計測精度 計測・モニタリング技術（変位）

支承部の機能障害（2020）

#### ■試験方法

- ①土木研究所内試験橋梁等の支承部に検証対象となるセンサを設置、または支承部が視認できる範囲に検証対象となるカメラ等を設置する。
- ②リファレンス用変位計（接触式又はレーザー）を事務局側が用意し、支承部に設置する。
- ③事務局側が用意した基準車両の走行（10トントラック、20km/h）により、振動を与える。
- ④支承部の回転に相当する実変位を計測する。
- ⑤測定結果と実変位（リファレンス）との相対差を算出する。



#### ■動作条件及び環境条件

【照度】 〇lux（試験時の条件）

【気温】 〇℃（試験時の条件）

#### ■試験場所（過年度の実績）

土木研究所（2020年以降）



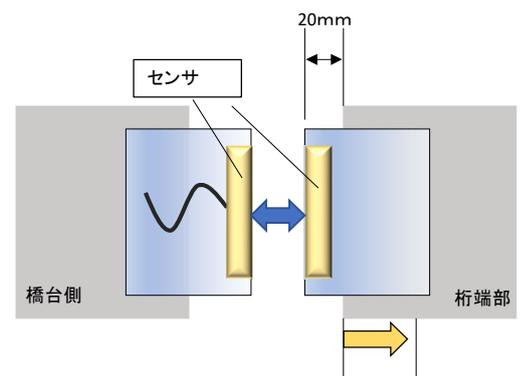
## 計測性能

### 計測精度 計測・モニタリング技術（変位）

遊間の異常（2020）

#### ■試験方法

- ①事務局が用意した供試体にセンサを設置する。
- ②センサの変位が20mm（10mm～30mmの範囲で設定可能）となった際に異常を検知するようにセンサの間隔を設定する。
- ③センサの間隔を設定した後、供試体（桁端部）を徐々に広げてセンサが異常を検知した際のセンサの間隔をノギスで測定（リファレンス）する。
- ④センサが検知した間隔と実測値（リファレンス）との相対差を計測精度とする。



#### ■動作条件及び環境条件

【気温】 〇℃（試験時の条件）

#### ■試験場所（過年度の実績）

土木研究所（2020年以降）



## 計測性能

### 計測精度 計測・モニタリング技術（変位）

遊間の異常（2021）

#### ■ 試験方法

- ①土木研究所内試験橋梁の桁端部に検証対象となるセンサを設置または桁端部が視認できる範囲に検証対象となるカメラ等を設置する。
- ②リファレンス用変位計（接触式又はレーザー）を事務局側が用意し、桁端部に設置する。
- ③事務局側が用意した基準車両の走行（10トントラック、20km/h）により、振動を与え、5回計測する。
- ④センサが検知した値と実測値（リファレンス）との相対差を計測精度とする。

#### ■ 標準試験値

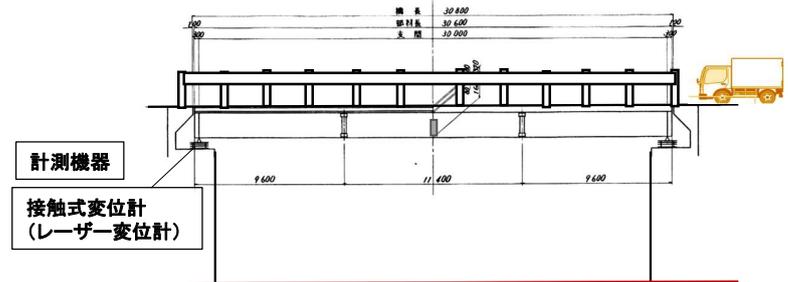
相対差〇mm

#### ■ 動作条件及び環境条件

【気温】〇℃（試験時の条件）

#### ■ 試験場所（過年度の実績）

土木研究所（2021年以降）



## 計測性能

### 計測精度 計測・モニタリング技術（変位）

ひずみ（2020）

#### ■ 試験方法

- ①試験橋梁等の所定の位置に検証対象となるセンサ及びひずみゲージ（リファレンス）を事務局が用意・設置する。
- ②事務局側が用意した基準車両の走行（10トントラック、20km/h）により、振動を与え、5回計測する。
- ③測定結果と実測値（リファレンス）のひずみ値の相対差を計測精度とする。

#### ■ 標準試験値

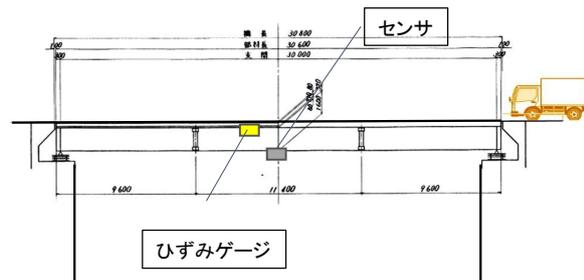
相対差〇mm

#### ■ 動作条件及び環境条件

【気温】〇℃（試験時の条件）

#### ■ 試験場所（過年度の実績）

土木研究所（2020年以降）



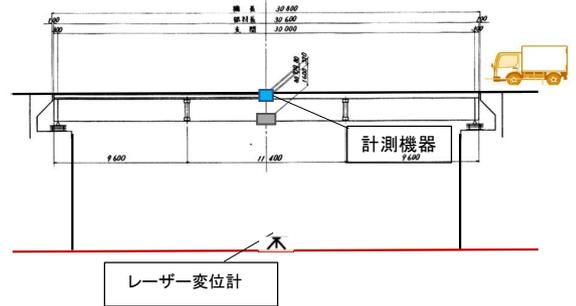
## 計測性能

### 計測精度 計測・モニタリング技術（変位）

活荷重たわみ（2020）

#### ■ 試験方法

- ①試験橋梁等の所定の位置に検証対象となるセンサ及びレーザー変位計（リファレンス）を事務局が用意・設置する。
- ②事務局側が用意した基準車両の走行（10トントラック、20km/h）により、振動を与える。
- ④計測機器による測定結果よりたわみを算出する。
- ⑤測定結果とリファレンスとの相対差を計測精度とする。



#### ■ 動作条件及び環境条件

【気温】 0℃（試験時の条件）

#### ■ 試験場所（過年度の実績）

土木研究所(2020年以降)



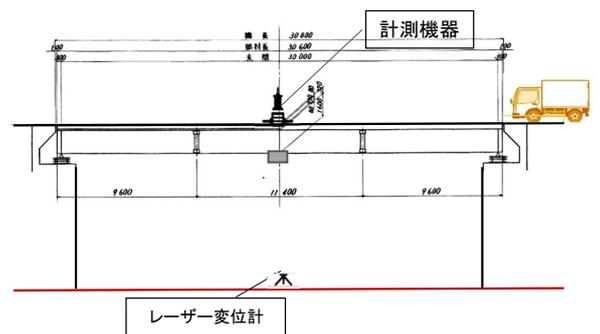
## 計測性能

### 計測精度 計測・モニタリング技術（変位）

床版たわみ（2021）

#### ■ 試験方法

- ①試験橋梁等の所定の位置に検証対象となるセンサ及びレーザー変位計（リファレンス）を事務局が用意・設置する。
- ②事務局側が用意した基準車両の走行（10トントラック、20km/h）により、振動を与える。
- ③計測機器による測定結果よりたわみを算出する。
- ④測定結果とリファレンスとの相対差を計測精度とする。



#### ■ 動作条件及び環境条件

【気温】 0℃（試験時の条件）

#### ■ 試験場所（過年度の実績）

土木研究所(2021年以降)



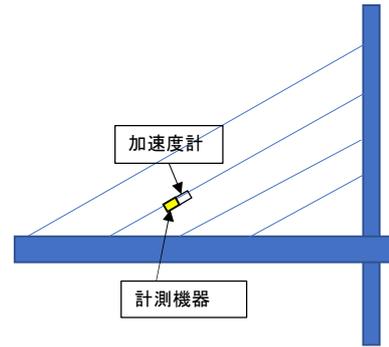
## 計測性能

### 計測精度 計測・モニタリング技術（張力）

PCケーブル・吊材・斜材（2021）

#### ■ 試験方法

- ①試験橋梁等の所定の位置に検証対象となるセンサ及び加速度計（リファレンス）を事務局が用意・設置する。
- ②事務局側が用意した基準車両の走行等により振動を与える。
- ③計測機器による測定結果より張力を算出する。
- ④測定結果とリファレンスとの相対差を計測精度とする。



#### ■ 動作条件及び環境条件

- 【斜材径】○mm（試験時の条件）
- 【斜材角度】○°（試験時の条件）
- 【照度】○lux（試験時の条件）

#### ■ 試験場所（過年度の実績）

実橋（関東地整管内の直轄国道）（2020年以降）



## 計測性能

### 計測精度 計測・モニタリング技術（振動特性）

洗掘・傾斜角（2020）

#### ■ 試験方法

- ①事務局側が傾斜台を用意し、計測機器を傾斜台に設置し、3回測定する。
- ②測定値と真値との差分を計測精度とする。

#### ■ 標準試験値

差分○°

#### ■ 動作条件及び環境条件

リファレンス用計測器の検定結果

#### ■ 試験場所（過年度の実績）

福島RTF（2020年以降）



## 計測性能

### 計測精度 計測・モニタリング技術（振動特性）

剛性評価（2020）

#### ■ 試験方法

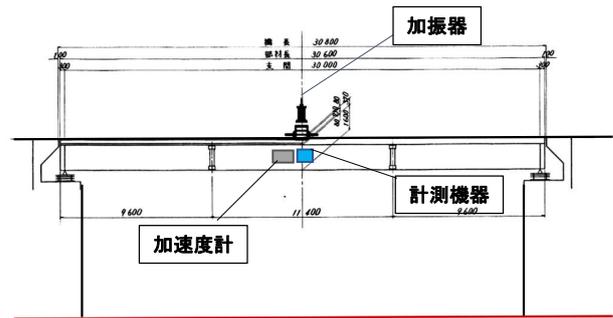
- ① 右記の試験橋梁の橋面付近（桁中央）に検証対象となるセンサを設置する。
- ② 基準となるリファレンス用加速度計を事務局側が用意・設置する。
- ③ 事務局側が用意した加振器（10～15Hz程度振幅一定）により、振動を与える。
- ④ 計測機器による測定結果より固有振動数を算出する。
- ⑤ 測定結果とリファレンスとの相対差を計測精度とする。

#### ■ 動作条件及び環境条件

【気温】 0℃（試験時の条件）

#### ■ 試験場所（過年度の実績）

土木研究所（2020年以降）



## 計測性能

### 計測精度 計測・モニタリング技術（振動特性）

剛性評価（2024）

#### ■ 試験方法

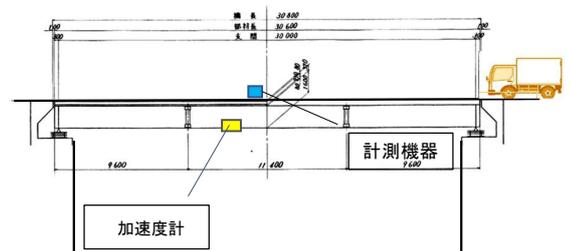
- ① 試験橋梁等の所定の位置に検証対象となるセンサ及び加速度計（リファレンス）を事務局が用意・設置する。
- ② 事務局側が用意した基準車両の走行（10トントラック、20km/h）により、振動を与える。
- ④ 計測機器による測定結果を固有振動数を算出する。
- ⑤ 測定結果とリファレンスとの相対差を計測精度とする。

#### ■ 動作条件及び環境条件

【気温】 0℃（試験時の条件）

#### ■ 試験場所

土木研究所（2024年以降）

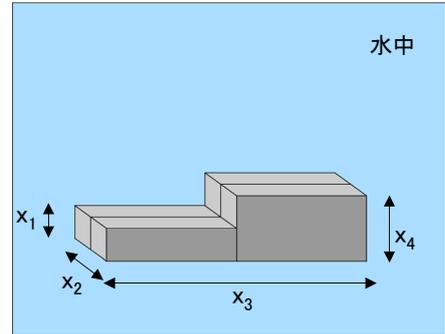


計測精度 計測・モニタリング技術（3次元座標）

洗掘・形状寸法（2021）

■ 試験方法

- ①水槽内等に計測対象（コンクリートブロック等）を事務局側が用意・設置する。計測対象はあらかじめ、コンベックスで寸法を計測し、その値を真値とする。
- ②計測装置（スキャニングソナー）にて、濁度及び、流速を変化させた状況下で、計測対象を計測する。
- ③計測結果と真値の誤差（mm）の平均二乗誤差が「計測精度」である。



■ 標準試験値

誤差 Om

$$\text{計測精度} = \sqrt{\frac{(x_1 - a_1)^2 + \dots + (x_n - a_n)^2}{n}}$$

■ 動作条件及び環境条件

【材質】コンクリート

【水深】1m～2m（試験時の条件）

【流速】0m/s、0.1～0.2m/s（試験時の条件）

【濁度】0度、60～90度

■ 試験場所（過年度の実績）

福島RTF（2021年以降）



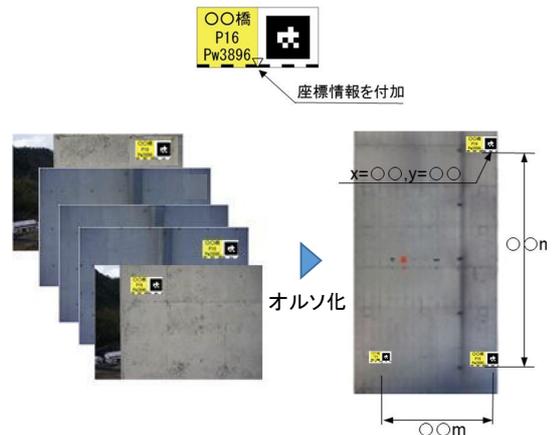
計測性能

オルソ画像精度／（位置精度）

オルソ画像精度／（位置精度）（2019）

■ 試験方法

- ①事務所側が壁面に3点（P1,P2,P3）のマーカを設置後、撮影し、オルソ画像を生成する。
- ②3箇所のマーカのうちP1を原点（0, 0）とし、P3の座標を既知点とした場合のP2座標および、P1-P2間の距離をオルソ画像より計測する。
- ③②で計測したP2座標およびP1-P2間の距離の計測値と実測値との相対差を精度とする。



■ 標準試験値

距離 相対差○○%

X軸方向 相対差 Om

Y軸方向 相対差 Om

■ 動作条件及び環境条件

【照度】0lux（試験時の条件）

【風速】00m/s

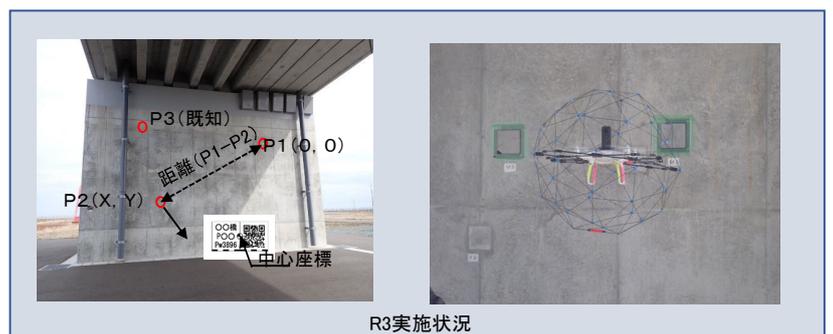
【撮影距離】0m

■ 試験場所（過年度の実績）

実橋（関東地整管内の直轄国道）（2019年）

施工総研（2020年）

福島RTF（2021年以降）



## 色識別性能

### 色識別性能 (2019)

#### ■ 試験方法

- ① 右に示す 24 色カラーチャートを事務局側が用意・設置する。
- ② 自然光の環境状態で、カラーチャートを設置し、撮影する。
- ③ カラーチャートの撮影結果の各色見本のRGB値を算出する。

#### ■ 標準試験値

フルカラー識別可能

#### ■ 動作条件及び環境条件

【照度】0lux (試験時の条件)

#### ■ 試験場所 (過年度の実績)

施工総研(2019~2020年)  
福島RTF (2021年以降)

真値とするカラーチャート  
(RGB値はメーカー公称値)

撮影画像の例



#### 参考

照度	想定条件
10キロルクス	晴れた日中の直射光
10ルクス	橋の下などの日陰



# 標準試験方法 (トンネル)

## 画像計測技術

① 計測精度（※ [1] ～ [5] の試験方法のうち、技術が対象とする項目について試験を行う（複数可））

### ■試験方法

#### 【1】通常のひび割れ（2019）

- ① 幅0.1mm～3.0mmの間で異なるひび割れ幅を模した供試体を作成する。作成する供試体の内容は以下の通りとする。
  - (a) ひび割れ幅0.1mm～1.0mmについては0.1mm間隔で作成
  - (b) ひび割れ幅1.0mm～3.0mmについては0.5mm間隔で作成
  - (c) 各供試体につき「縦」「横」「斜め」の3種類をそれぞれ作成
  - (d) 現地でのひび割れ幅が既知の場合、現地でのひび割れを用いても良い
- ② 最小ひび割れ幅の検証において撮影した画像から各模擬ひび割れ幅の計測結果と真値の誤差（mm）の二乗平均平方根誤差が「計測精度」である。
- ③ 環境条件として記載する日照条件として、想定している環境照度のパターンごとに、模擬供試体、あるいは、設定したひび割れのパターンを設置して、撮影する。以下は標準的なパターンだが、カタログの環境条件において別の境界値で定める場合は、それに従う。
  - klx未満（トンネル内の照度）
  - klx未満／○ klx以上の混在（照度差が○ klx以上）
- ④ 撮影画像により検出可能なひび割れを判定する。なお、超解像技術等を適用する場合は、同技術適用後の画像に対して検出したひび割れを求める。得られた結果より、最小ひび割れ幅を求める。また、ひび割れの検出手順を合わせて記載する。
- ⑤ 画像解析技術については、同技術が推奨する撮影条件で撮影した画像を用いて解析する。撮影条件は、性能カタログへ記載する。



### ■特に記載を要する動作条件及び環境条件

【走行速度（車両型の場合）】 ○○km/h以下（試験時の条件）

【照度】 ○lx（試験時の条件）

【覆工面の状況】 ○○（試験時の条件）

【天候】 ○○（試験時の条件）

【撮影条件（画像解析技術の場合）】 ○○（試験時の条件）

【覆工コンクリート以外の計測可否】 吹付けコンクリート面などでの計測可否を記載

### ■カタログへの記載例

- ・最小ひび割れ幅0.3mm（0.3mmのひび割れを画像で視認できる）
- ・計測精度0.55mm（0.3mm幅のひび割れのみを対象とした検出性能）
- ・吹付けコンクリート面での計測も可

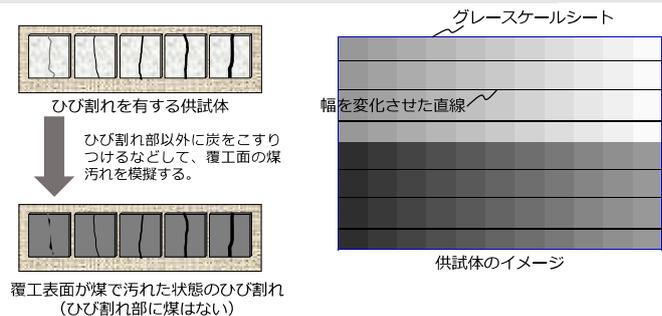
## 画像計測技術

① 計測精度（※ [1] ～ [5] の試験方法のうち、技術が対象とする項目について試験を行う（複数可））

### ■試験方法

#### 【2】覆工表面が煤で汚れた状態のひび割れ（2022）

- ① ひび割れを有する供試体のひび割れ部以外に炭をこすりつけるなどして、煤汚れを模擬する。また、グレースケールシート（覆工表面の色を模擬）に幅0.3mm、0.5mm、1.0mmの黒色の直線（ひび割れを模擬）を引いたシートを作成する。
- ② 同供試体をトンネル内に貼り付けて新技術により撮影し、撮影した画像からひび割れあるいは直線を検出する。
- ③ ひび割れを有する供試体を用いた試験結果は、検出可能なひび割れ幅を性能カタログへ記載する。グレースケールシートを用いた試験結果は、点検支援技術により直線（ひび割れ幅）が検出可能なグレースケールシートの輝度を性能カタログへ記載する。輝度は0で黒色、255で白色となり、その間はグレーとなる。
- ④ 画像解析技術については、同技術が推奨する撮影条件で撮影した画像を用いて解析する。撮影条件は、性能カタログへ記載する。



### ■特に記載を要する動作条件及び環境条件

【走行速度（車両型の場合）】 ○○km/h以下（試験時の条件）

【照度】 ○lx（試験時の条件）

【天候】 ○○（試験時の条件）

【撮影条件（画像解析技術の場合）】 ○○（試験時の条件）

【覆工コンクリート以外の計測可否】 吹付けコンクリート面などでの計測可否を記載

### ■カタログへの記載例

覆工表面が煤で汚れた状態のひび割れの検出可否

幅0.3mm：不可

幅0.4mm：不可

幅0.5mm：可

幅1.0mm：可

幅1.5mm：可

・吹付けコンクリート面での計測も可

グレースケールシート上の黒色の直線  
が検出可能な輝度

直線の幅0.3mm：輝度80以上

直線の幅0.5mm：輝度60以上

直線の幅1.0mm：輝度30以上

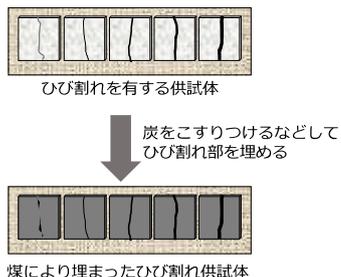
## 画像計測技術

① 計測精度 (※ [1] ~ [5] の試験方法のうち、技術が対象とする項目について試験を行う (複数可))

### ■ 試験方法

#### [3] 煤で埋まったひび割れ (2022)

- ひび割れを有する供試体のひび割れ部を炭をこすりつけるなどして埋める。
- 同供試体を新技術によって計測し、ひび割れの検出の可否を確認する。
- 検出可能なひび割れ幅を性能カタログへ記載する。
- 画像解析技術については、同技術が推奨する撮影条件で撮影した画像を用いて解析する。撮影条件は、性能カタログへ記載する。



### ■ 特に記載を要する動作条件及び環境条件

【走行速度 (車両型の場合)】 ○○km/h以下 (試験時の条件)      【撮影条件 (画像解析技術の場合)】 ○○ (試験時の条件)  
 【照度】 ○lx (試験時の条件)      【覆工コンクリート以外の計測可否】 吹付けコンクリート面などでの計測可否を記載  
 【天候】 ○○ (試験時の条件)

### ■ カタログへの記載例

煤等により埋まったひび割れの検出可否

- 幅0.3mm : 不可
- 幅0.4mm : 不可
- 幅0.5mm : 可
- 幅1.0mm : 可
- 幅1.5mm : 可
- ・吹付けコンクリート面での計測も可

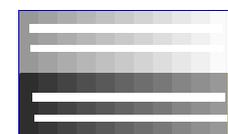
## 画像計測技術

① 計測精度 (※ [1] ~ [5] の試験方法のうち、技術が対象とする項目について試験を行う (複数可))

### ■ 試験方法

#### [4] ひび割れ等のマーキング (2022)

- コンクリート板に幅および色の異なるマーキングを施した供試体をトンネル内に設置する。マーキングはチョーク等により行うものとし、以下の仕様 (全18ケース) とする。
  - マーキングの色 : 白色/黄色/ピンク色
  - マーキングの幅 : 5mm/10mm
  - マーキングの向き (路面に対しての角度) : 水平/垂直/45°
  - マーキングの長さ : 全て100mm
 また、グレースケールシート (覆工表面の色を模擬) に上記各の色幅5mm、10mmの直線を引いたシートを作成する (煤等で汚れた覆工表面のマーキングの検出性能を確認する)。
- 点検支援技術によるマーキングの検出を行う。
- 点検支援技術により検出可能なマーキングを性能カタログへ記載する。グレースケールシート上のマーキングは、各マーキングが検出できる輝度を記載する。輝度は0で黒色、255で白色となり、その間はグレーとなる。
- 画像解析技術については、同技術が推奨する撮影条件で撮影した画像を用いて解析する。撮影条件は、性能カタログへ記載する。



### ■ 特に記載を要する動作条件及び環境条件

【走行速度 (車両型の場合)】 ○○km/h以下 (試験時の条件)  
 【照度】 ○lx (試験時の条件)  
 【天候】 ○○ (試験時の条件)  
 【撮影条件 (画像解析技術の場合)】 ○○ (試験時の条件)

### ■ カタログへの記載例

コンクリート面のマーキングの検出可否 (検出可: ○/検出不可: ×)

マーキング色・幅 <sup>※1</sup>		マーキングの向き <sup>※2</sup>		
色	幅(mm)	水平	垂直	45°
白	5	○	○	×
	10	○	○	○
黄	5	○	○	○
	10	○	○	○
ピンク	5	×	×	×
	10	○	×	×

※1 マーキングの長さは全て100mm  
 ※2 路面に対しての角度

グレースケールシート面のマーキングの検出可否

マーキング色・幅		検出可能な輝度 <sup>※3</sup>
色	幅(mm)	
白	5	150以下
	10	200以下
黄	5	140以下
	10	180以下
ピンク	5	100~220
	10	80~220

※3 輝度は0で黒色、255で白色、その間はグレー (数値が小さいほど濃い)

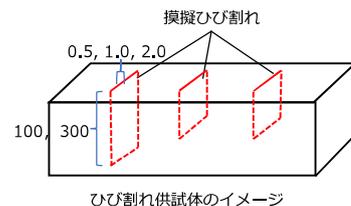
## 画像計測技術

① 計測精度 (※ [1] ~ [5] の試験方法のうち、技術が対象とする項目について試験を行う (複数可) )

### ■ 試験方法

#### [5] ひび割れ深さ (2022)

- ① コンクリート試験体内にひび割れを模擬した長方形の塩ビ板を埋め込む。塩ビ板の幅は0.5mm、1.0mm、2.0mmの3種類とし、深さは100mm、300mmの2種類とする (全6ケース)。
- ② 点検支援技術によるひび割れ幅・深さの検出を行う。
- ③ 点検支援技術により求めたひび割れ幅、深さと供試体のひび割れ幅、深さの比較を行い、比較結果は性能カタログへ記載するものとする。



### ■ 特に記載を要する動作条件及び環境条件

- 【照度】 ○k (試験時の条件)  
 【覆工面の状況】 ○○ (試験時の条件)  
 【天候】 ○○ (試験時の条件)

### ■ カタログへの記載例

ケース	模擬ひび割れ (mm)		検出結果 (mm)	
	幅	深さ	幅	深さ
1	0.5	100	検出不可	検出不可
2	0.5	300	0.5	289
3	1.0	100	1.0	101
4	1.0	300	1.3	299
5	2.0	100	2.0	100
6	2.0	300	2.1	310

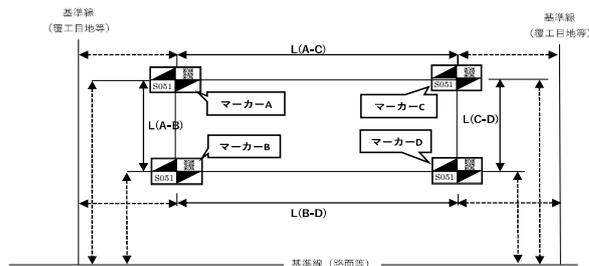
## 画像計測技術

② 長さ計測精度 (2019)

### ■ 試験方法

- ① トンネル壁面の4箇所に、目印となるマーカーを設置する (右図)。
  - 全線直線のトンネルでは任意の1箇所 (目地をまたがっても良い) に設置
  - 曲線を有するトンネルでは曲線区間の任意の1スパン (複数の曲率を有するトンネルでは曲率ごとに) の両側の壁面に設置
- ② ロボットにより、走行撮影を行う。
- ③ トンネル展開画像から、4箇所のマーカー間隔と1枚のマーカー寸法との比率により、4箇所のマーカー間の縦断・横断方向の距離 (右図、L(A-B), L(A-C), L(B-D), L(C-D)の各距離) を求める。また、各マーカーの基準線からの距離 (覆工目地からの水平距離、路面からの鉛直距離等 (右図、破線矢印の各距離) ) を求める。
- ④ 上記③で求められたマーカーの間の距離と設置場所の実測値との誤差を算出することによって検証する。

※ 計測結果を手動で図面に合わせて伸縮させることで合成する機構の場合は、検証箇所を合成の起点としないこと。



### ■ 特に記載を要する動作条件及び環境条件

- 【走行速度 (車両型の場合)】 ○○km/h以下 (試験時の条件)  
 【照度】 ○k (試験時の条件)  
 【覆工面の状況】 ○○ (試験時の条件)  
 【天候】 ○○ (試験時の条件)

### ■ カタログへの記載例

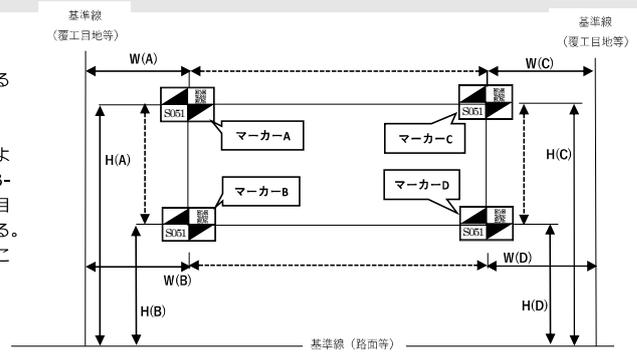
長さ計測精度 : 1.15%

## 画像計測技術

### ③ 位置精度 (2019)

#### ■ 試験方法

- ① トンネル壁面の4箇所、目印となるマーカ―を設置する(右図)。
  - 全線直線のトンネルでは任意の1箇所(目地をまたがっても良い)に設置
  - 曲線を有するトンネルでは曲線区間の任意の1スパン(複数の曲率を有するトンネルでは曲率ごとに)の両側の壁面に設置することとする。
- ② ロボットにより、走行撮影を行う。
- ③ トンネル展開画像から、4箇所のマーカ―間隔と1枚のマーカ―寸法との比率により、4箇所のマーカ―間の縦断・横断方向の距離(右図、L(A-B), L(A-C), L(B-D), L(C-D)の各距離)を求める。また、各マーカ―の基準線からの距離(覆工目地からの水平距離、路面からの鉛直距離等(右図、破線矢印の各距離))を求める。
- ④ 上記③で求められたマーカ―の間の距離と設置場所の実測値との誤差を算出することによって検証する。
  - ※ 計測結果を手動で図面に合わせて伸縮させることで合成する機構の場合は、検証箇所を合成の起点としないこと。



#### ■ 特に記載を要する動作条件及び環境条件

- 【走行速度(車両型の場合)】 ○○km/h以下(試験時の条件)  
【照度】 ○lx(試験時の条件)  
【覆工面の状況】 ○○(試験時の条件)  
【天候】 ○○(試験時の条件)

#### ■ カタログへの記載例

##### 位置精度

- 進行方向: 10.1mm(6測線の平均値)  
周方向: 5.0mm(6測線の平均値)

## 画像計測技術

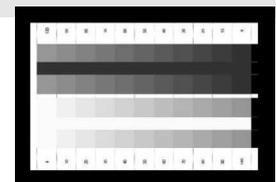
### ④ 色識別性能 (2019)

#### ■ 試験方法

- ※ 下記に記載する試験方法により性能を確認し、カタログには「フルカラー識別可能/グレースケール識別可能」のいずれかを記載する。

##### 【モノクロ画像】

- ① 色調を変化させた画像を含むシートを作成する(例:右図)。
- ② 同供試体をトンネル内に貼り付けてロボットにより走行撮影し、撮影された画像からどの程度の色調差が識別できるかどうかについて、撮影画像を3人の技術者が目視確認することによって検証する。設置場所は、環境条件記載の照度差が再現できる2箇所以上とする。



モノクロチャート

##### 【カラー画像】

- ① 当該技術で把握させたい変状と構造物の色に近い色見本を含んだ適切なカラーチャートを選択する。
- ② 同供試体をトンネル内に貼り付けてロボットにより走行撮影し、撮影されたカラーチャートの各色見本と撮影画像を3人の技術者が目視確認し、識別の可否を検証する。設置場所は、環境条件記載の照度差が再現できる2箇所以上とする。



カラーチャート

#### ■ 特に記載を要する動作条件及び環境条件

- 【走行速度(車両型の場合)】 ○○km/h以下(試験時の条件)  
【照度】 ○lx(試験時の条件)  
【覆工面の状況】 ○○(試験時の条件)  
【天候】 ○○(試験時の条件)

#### ■ カタログへの記載例

##### 【記載例1】

- 色識別性能  
・フルカラー識別可能

##### 【記載例2】

- 色識別性能  
・グレースケール識別可能  
・輝度220未満で輝度差約20を区別可能

## 非破壊検査技術

① 計測精度（※ [1] ～ [6] の試験方法のうち、技術が対象とする項目について試験を行う（複数可））

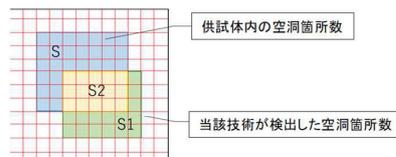
### ■ 試験方法

#### [1] 劣化、表面近くの空洞（2020）

- ① 覆工コンクリートの表面近くの空洞（ジャンカ（劣化）を含む）を模した打音検査用模擬供試体（以下、模擬体という）を製作する。模擬体には、トンネルの目地を模擬した箇所を有するものとする。
- ② 模擬供試体に50mm×50mmのメッシュを設ける※。
- ③ 点検支援技術により、模擬体内における空洞箇所の計測を実施する。新技術によって検出された空洞箇所を記録する。合わせて、計測対象箇所に目地部を含むか否かを記載する。また、供試体内の空洞箇所に対する検出率、的中率（下式）を記載する。

$$\text{検出率} = \frac{\text{供試体内の空洞箇所数のうち当該技術で検出できた空洞箇所数}(S2)}{\text{供試体内の空洞箇所数}(S+S2)}$$

$$\text{的中率} = \frac{\text{当該技術で検出できた空洞箇所数のうち供試体内の空洞箇所数}(S2)}{\text{当該技術により検出した空洞箇所数}(S1+S2)}$$



※「道路トンネル定期点検要領」では、目地部及びその周辺については定期点検ごとに打音検査をすることが推奨されている。ここでは、目地部から50mm以内を目地部とし、当該部分を検査できれば目地部の検査が可能と判断した。これをもとに、目地部以外の区間についても50mm間隔で変状の有無を評価することとした。

### ■ 特に記載を要する動作条件及び環境条件

【走行速度（車両型の場合）】 ○○km/h以下（試験時の条件）

【覆工面の状況】 ○○（試験時の条件）

【天候】 ○○（試験時の条件）

### ■ カタログへの記載例

劣化、表面近くの空洞

・ 空洞厚10mm、深さ30mmの場合：□30mm以上検出可

・ 空洞厚10mm、□10mmの場合：深さ10mm以上検出可

※計測対象に目地部含まず

※全空洞に対する検出率：92%、的中率：87%

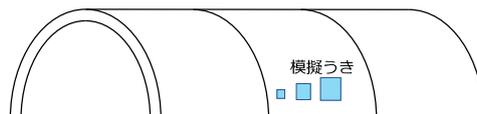
## 非破壊検査技術

① 計測精度（※ [1] ～ [6] の試験方法のうち、技術が対象とする項目について試験を行う（複数可））

### ■ 試験方法

#### [2] うき・はく離（2020）

- ① トンネル表面に模擬うき（厚さ：0.5mm、1mm、3mm、5mm／サイズ5cm×5cm、10cm×10cm、20cm×20cm）を塩ビ板等の貼り付けにより設ける。
- ② 模擬うきを含む区間の計測を点検支援技術により行う。
- ③ 新技術によって検出可能な変状のサイズを記載する。合わせて、計測対象箇所に目地部を含むか否かを記載する。



### ■ 特に記載を要する動作条件及び環境条件

【走行速度（車両型の場合）】 ○○km/h以下（試験時の条件）

【覆工面の状況】 ○○（試験時の条件）

【天候】 ○○（試験時の条件）

### ■ カタログへの記載例

【記載例1】

うき・はく離

・ 厚さ0.5mmの場合：検出不可

・ 厚さ1mmの場合：□10cm以上検出可

・ 厚さ3mmの場合：□10cm以上検出可

・ 厚さ5mmの場合：□5cm以上検出可

※計測対象に目地部含まず

【記載例2】

うき・はく離

・ 厚さ0.5mmの場合：検出不可

・ 厚さ1mmの場合：検出不可

・ 厚さ3mmの場合：検出不可

・ 厚さ5mmの場合：□5cm以上検出可

※計測対象に目地部含む

## 非破壊検査技術

① 計測精度（※ [1] ~ [6] の試験方法のうち、技術が対象とする項目について試験を行う（複数可））

### ■ 試験方法

#### [3] 背面空洞 (2022)

- ① トンネルの実験施設に設けられた背面空洞、背面空洞を模擬した供試体、実トンネルの背面空洞等を試験対象とする。試験対象とする背面空洞は、その規模・形状が把握可能なものとする。
- ② 点検支援技術による背面空洞の検出を行う。
- ③ 点検支援技術により求めた背面空洞と試験対象とした背面空洞の比較を行う。比較結果は性能カタログへ記載するものとし、試験対象空洞の形状・規模、および位置のずれに対する検出結果が把握できる記載方法とする。また、試験対象とした背面空洞の平面図および縦断面図に、点検支援技術で検出した背面空洞の平面図および縦断面図を重ねた図を作成し、確認シートに記載する（平面ならびに縦断のずれを確認できる図）。



2 試験用トンネル  
背面空洞を有するトンネル実験施設の例（福島ロボットテストフィールドホームページより引用）

### ■ 特に記載を要する動作条件及び環境条件

【走行速度（車両型の場合）】 ○○km/h以下（試験時の条件）

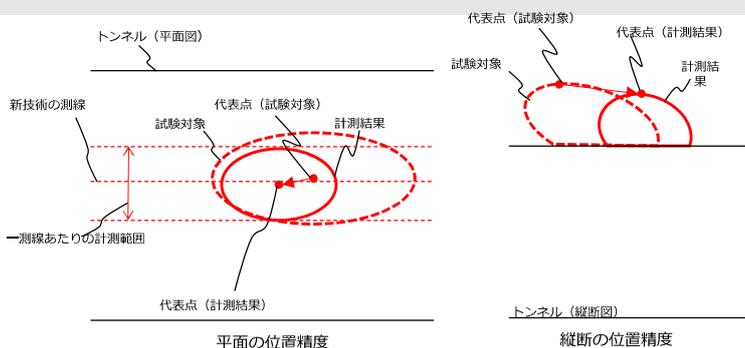
【覆工面の状況】 ○○（試験時の条件）

【天候】 ○○（試験時の条件）

【背面空洞の条件】 ○○（実トンネルに生じた背面空洞、空洞天端を鉄板とした模擬空洞等、具体的な条件を記載）

### ■ カタログへの記載例

平面サイズ) 試験対象：Φ300mm  
検出結果：Φ292mm  
代表点のずれ：空洞中心点が15mmのずれ  
奥行) 試験対象：L=300mm  
検出結果：L=250mm  
代表点のずれ：空洞頂点が30mmのずれ  
平面・縦断の位置精度検証対象トンネルとの位置関係は確認シートに図示  
計測可能な背面空洞深さの理論値：○cm（周波数○Hz）計測可能な計測範囲の理論値：○cm（1測線あたり）  
鉄筋コンクリート覆工の背面空洞の計測値（実績or理論値）：深さ○cm（周波数○Hz）、範囲○cm（1測線あたり）



## 非破壊検査技術

① 計測精度（※ [1] ~ [6] の試験方法のうち、技術が対象とする項目について試験を行う（複数可））

### ■ 試験方法

#### [4] ボルトの緩み (2021)

- ① 模擬試験体に取り付けられた金具をボルトを用いてコンクリート台座に固定する（右図）。
- ② ボルトを締め付けるトルクを段階的に変化させ、各トルクにおいて検出されるゆるみの有無を計測する。
- ③ 上記の試験から、締付トルクとゆるみの有無の関係を確認する。



ボルトの緩み試験体例

### ■ 特に記載を要する動作条件及び環境条件

【天候】 ○○（試験時の条件）

### ■ カタログへの記載例

ボルト寸法：M24  
条件1) 締付トルク：●N・m  
人力点検結果：健全  
検出結果：健全  
条件2) 締付トルク：●N・m  
人力点検結果：緩みあり  
検出結果：健全  
条件3) 締付トルク：●N・m  
人力点検結果：緩みあり  
検出結果：異常

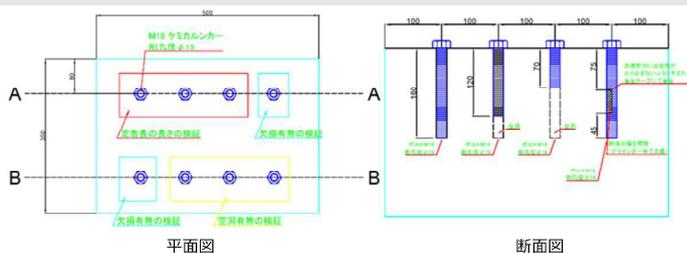
## 非破壊検査技術

① 計測精度 (※ [1] ~ [6] の試験方法のうち、技術が対象とする項目について試験を行う (複数可) )

### ■ 試験方法

#### [5] ボルトの定着不良 (2021)

- ① 模擬試験体に定着不良を模したボルトを設置する (右図)。
- ② 定着不良の検知の可否を確認する。



### ■ 特に記載を要する動作条件及び環境条件

【天候】 ○○ (試験時の条件)

### ■ カタログへの記載例

- ボルトNo.1) 定着長不足 (定着長: ●mm)  
 人力点検結果: 健全  
 検出結果: 健全 (定着長: △mm)
- ボルトNo.2) 欠損あり  
 人力点検結果: 健全  
 検出結果: 異常あり
- ボルトNo.3) 空洞有 (空洞深さ: ●mm)  
 人力点検結果: 緩みあり  
 検出結果: 異常 (空洞深さ: △mm)

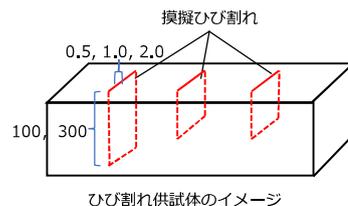
## 非破壊検査技術

① 計測精度 (※ [1] ~ [6] の試験方法のうち、技術が対象とする項目について試験を行う (複数可) )

### ■ 試験方法

#### [6] ひび割れ深さ (2022)

- ① コンクリート試験体内にひび割れを模擬した長方形の塩ビ板を埋め込む。塩ビ板の幅は0.5mm、1.0mm、2.0mmの3種類とし、深さは100mm、300mmの2種類とする (全6ケース)。
- ② 点検支援技術によるひび割れ幅・深さの検出を行う。
- ③ 点検支援技術により求めたひび割れ幅、深さと供試体のひび割れ幅、深さの比較を行い、比較結果は性能カタログへ記載するものとする。



### ■ 特に記載を要する動作条件及び環境条件

【照度】 ○lx (試験時の条件)  
 【覆工面の状況】 ○○ (試験時の条件)  
 【天候】 ○○ (試験時の条件)

### ■ カタログへの記載例

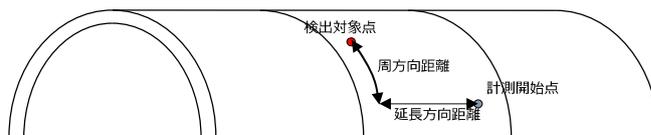
ケース	模擬ひび割れ (mm)		検出結果 (mm)	
	幅	深さ	幅	深さ
1	0.5	100	検出不可	検出不可
2	0.5	300	0.5	289
3	1.0	100	1.0	101
4	1.0	300	1.3	299
5	2.0	100	2.0	100
6	2.0	300	2.1	310

## 非破壊検査技術

### ② 位置精度（2020）

#### ■ 試験方法

- ① 二車線トンネル内において検出すべき点（検出対象点）を3点程度指定する。
- ② 検出対象点とは別に計測を開始する点（計測開始点）を指定し、検出対象点と計測開始点の距離（トンネル延長方向、トンネル周方向）を計測する。
- ③ 点検支援技術により計測を実施し、出力された計測結果から計測対象点と計測開始点との距離（トンネル延長方向、トンネル周方向）を求める。
- ④ ②で計測した距離と、③で計測した点検支援技術による距離から、トンネル延長方向、トンネル周方向の誤差を検出対象点ごとに求め、これらの誤差の平均値を位置精度とする。
- ⑤ 曲線を有するトンネルでは曲線区間の任意の1スパン（複数の曲率を有するトンネルでは曲率ごとに）の両側の壁面に設置することとする。



#### ■ 特に記載を要する動作条件及び環境条件

【走行速度（車両型の場合）】 ○○km/h以下（試験時の条件）

【照度】 ○lx（試験時の条件）

【覆工面の状況】 ○○（試験時の条件）

【天候】 ○○（試験時の条件）

#### ■ カタログへの記載例

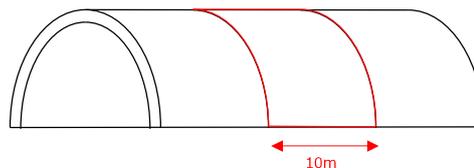
延長方向誤差：12mm，周方向誤差：8mm

## 非破壊検査技術

### ③ 計測速度（移動しながら計測する場合）（2020）

#### ■ 試験方法

- ① 二車線トンネルの1スパン（10m程度）を使用して、点検支援技術による計測を行う。
- ② 計測結果から、1分当たりの計測可能面積（ $m^2/min$ ）を求める。



#### ■ 特に記載を要する動作条件及び環境条件

【走行速度（車両型の場合）】 ○○km/h以下（試験時の条件）

#### ■ カタログへの記載例

10 $m^2/min$

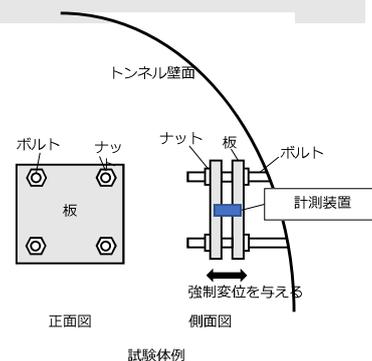
## 計測・モニタリング技術

### ① 計測精度

#### ■ 試験方法

##### 附属物等の変位 (2020)

- ① トンネル内等に、右図のような試験体を設置する。
- ② 試験体に計測装置を設置し、ナットの緩み（もしくは締め付け）によって強制変位を与えたときの変位量を計測する。



#### ■ 特に記載を要する動作条件及び環境条件

- 【照度】 ○lx (試験時の条件)  
【覆工面の状況】 ○○ (試験時の条件)  
【天候】 ○○ (試験時の条件)

#### ■ カタログへの記載例

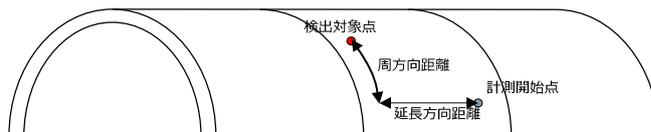
- ケース1) 試験体の変位量：1.0mm (ノギス計測)  
検出結果 : 1.03mm  
ケース2) 試験体の変位量：1.5mm (ノギス計測)  
検出結果 : 1.48mm

## 計測・モニタリング技術

### ② 位置精度 (2020)

#### ■ 試験方法

- ① 二車線トンネル内において検出すべき点（検出対象点）を3点程度指定する。
- ② 検出対象点とは別に計測を開始する点（計測開始点）を指定し、検出対象点と計測開始点の距離（トンネル延長方向、トンネル周方向）を計測する。
- ③ 点検支援技術により計測を実施し、出力された計測結果から計測対象点と計測開始点との距離（トンネル延長方向、トンネル周方向）を求める。
- ④ ②で計測した距離と、③で計測した点検支援技術による距離から、トンネル延長方向、トンネル周方向の誤差を検出対象点ごとに求め、これらの誤差の平均値を位置精度とする。
- ⑤ 曲線を有するトンネルでは曲線区間の任意の1スパン（複数の曲率を有するトンネルでは曲率ごとに）の両側の壁面に設置することとする。



#### ■ 特に記載を要する動作条件及び環境条件

- 【走行速度（車両型の場合）】 ○○km/h以下 (試験時の条件)  
【照度】 ○lx (試験時の条件)  
【覆工面の状況】 ○○ (試験時の条件)  
【天候】 ○○ (試験時の条件)

#### ■ カタログへの記載例

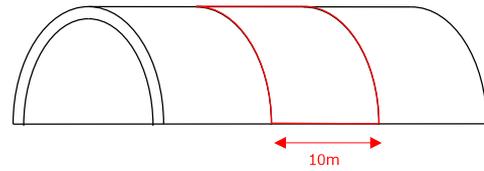
延長方向誤差：12mm，周方向誤差：8mm

## 計測・モニタリング技術

### ③ 計測速度（移動しながら計測する場合）（2020）

#### ■ 試験方法

- ① 二車線トンネルの1スパン（10m程度）を使用して、点検支援技術による計測を行う。
- ② 計測結果から、1分当たりの計測可能面積（ $\text{m}^2/\text{min}$ ）を求める。



#### ■ 特に記載を要する動作条件及び環境条件

【走行速度（車両型の場合）】○○km/h以下（試験時の条件）

#### ■ カタログへの記載例

10 $\text{m}^2/\text{min}$