

標準試験方法について(橋梁)

標準試験の目的

標準試験は、性能値に対して限定的な実施条件で再現性のある試験を実施し、その結果を共通の条件及び整理方法のもとで比較可能な標準試験値を導出することを目的としている。

本資料で示す標準試験について

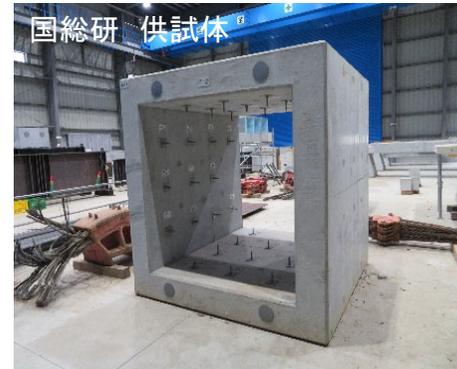
「点検支援技術性能カタログ（令和3年10月）」※1に掲載されている技術の標準試験は、「新技術利用のガイドライン（案）平成31年2月」の参考資料2※2および、本参考資料に掲載している標準試験方法に基づいて行っている。

本資料に示した標準試験は、国土交通省国土技術政策総合研究所、国立研究開発法人土木研究所、福島ロボットテストフィールド等の実験施設の活用または、実橋において実施したものであり、今回の公募において応募者の参考として示したものである。

今回の公募で実施する試験について

今回の公募で実施する試験は、現時点で確定してはおりませんので、選定後にご案内いたします。

また、既存の性能カタログで用いられている標準試験方法を適用できない場合は、公募要領に記載の通り、応募者が試験方法を提案し、協議することとなっています。



※1 <https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/inspection-support/>

※2 https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/tenken/yobo5_1.pdf :14ページ以降に記載

各種標準試験方法について

標準試験の分類は、性能カタログの目次に示してあるカタログ分類と検出項目ごとに作成する。なお、項目によっては、標準試験方法が共通のものもある。また、技術の性能によっては、対象外となる項目もある。

カタログの分類	検出項目	項目															
		運動性能				計測性能											
		① 構造物近傍安定	② 狭小進入可能	③ 最大可動範囲	運動位置精度	計測レンジ	校正	検出性能	検出感度	SN比	分解能	④ 撮影速度	⑤ 計測精度	⑥ 長さ計測精度	⑦ 計測速度	⑧ 位置精度	⑨ 色識別性能
画像計測技術	腐食・斜材の変状											○	○				
	ひびわれ												○				
非破壊検査技術	腐食					-	-	-	-	-	-		○				
	き裂					-	-	-	-	-	-		○				
	うき					-	-	-	-	-	-		○				
	漏水・滞水					-	-	-	-	-	-		△				
	塩化物イオン濃度					-	-	-	-	-	-		○				
	支承部の機能障害					-	-	-	-	-	-		○				
	剥離・変形					-	-	-	-	-	-		○				
	破断					-	-	-	-	-	-		△				
	PCクラウド充填					-	-	-	-	-	-		△				
	計測・モニタリング技術	変位	支承の機能障害	○	○	○	△	-	-	-	-	-		○	○	○	○
疲労損傷度							-	-	-	-	-		△				
活荷重たわみ							-	-	-	-	-		○				
遊間の異常							-	-	-	-	-		○				
床版たわみ							-	-	-	-	-		○				
張力		PCケーブル・吊材					-	-	-	-	-		△				
		斜材					-	-	-	-	-		○				
反力		支承部の機能障害					-	-	-	-	-		△				
振動特性		洗掘					-	-	-	-	-		○				
		鋼性評価					-	-	-	-	-		○				
電位		鉄筋腐食					-	-	-	-	-		△				
3次元座標		洗掘					-	-	-	-	-		○				

- ・ 赤枠の項目について、標準試験を作成。
 - ・ 計測精度については、検出項目ごとに標準試験を設定。
- 凡例 ○:標準試験有り △:未実施 - :対象外 斜線:項目無し

各種試験方法について

① 構造物近傍安定性能

■ 試験方法

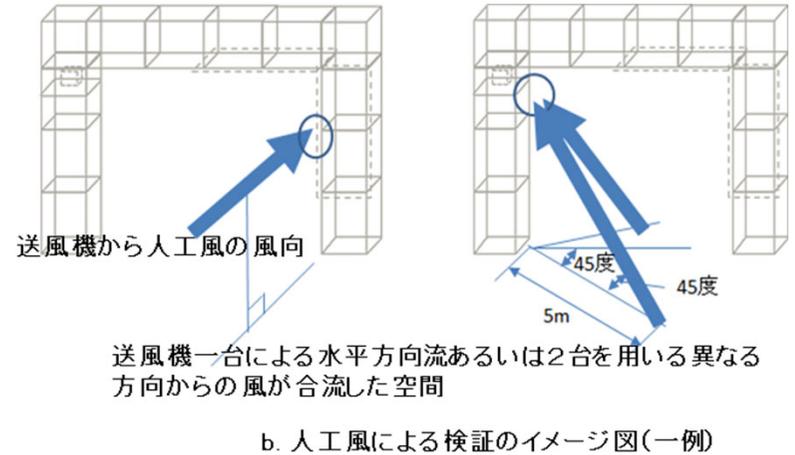
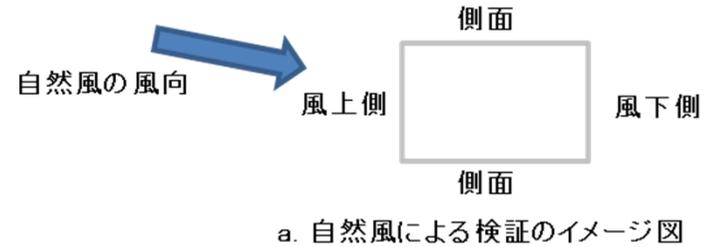
< 自然風によって検証する場合 >

飛行体を橋脚の風上側、風下側、及び両側面に順次配置し、風速、橋脚からの距離、飛行体の予定航路からの変化量などを記録する。風速計はそれぞれの面で飛行体と同一標高に設置し、瞬間最大風速と飛行体の最大移動量等を記録する。

< 人工風によって検証する場合 >

『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)を参考に、一方向の人工風、あるいは乱流を模した二方向の合流風の下で検証してよい。

いずれの試験方法においても、飛行体の最大移動量の検出においては、「運動位置精度」に示す試験方法を参考にしてよい。



■ 特に記載を要する動作条件及び環境条件

- 【風速】 ○m/s (試験時の条件)
- 【流速】 ○m/s (試験時の条件)
- 【撮影距離】 ○m (試験時の条件)
- 【気温】 ○°C (試験時の条件)

■ 試験場所 (過年度の実績)

福島ロボットテストフィールド

■ 試験時期 (過年度の実績)

令和3年3月

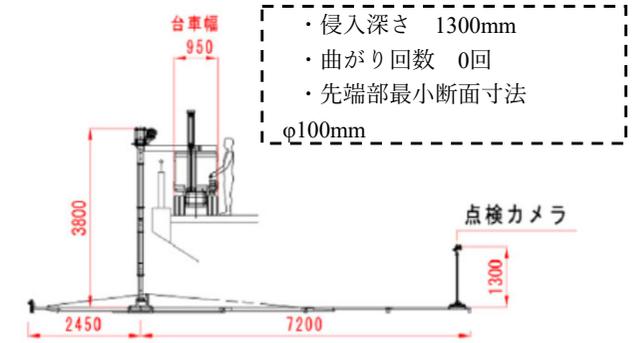
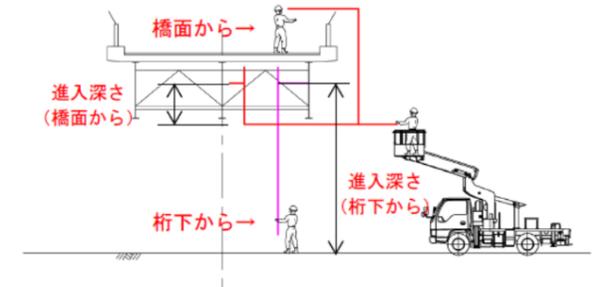


②狭小進入可能性

■試験方法

進入深さ及び曲がり回数は、狭隘部近傍までアプローチするアーム部分は確認に含まず、狭隘部に侵入させる先端部のみとする。一方、いわゆる「ポール型」のように先端部の支持構造が先端部より小さいような構造の場合は、構造全体を確認する。

進入深さ、曲がり回数の表記については、『道路橋狭隘部の外観性状調査機器の性能評価試験法開発のための基礎研究』（国総研資料第1030号H30.4）を参考に、以下の図のように表記することが考えられる。



■特に記載を要する動作条件及び環境条件

【風速】 0m/s（試験時の条件）

【流速】 0m/s（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）

福島RTF

■試験時期（過年度の実績）

令和3年3月



R3実施状況

③最大稼働範囲

■試験方法

特に規定はないが、物理的、またバッテリーや目視外飛行の可否等の能力上、操作場所等の起点からどの程度広範囲にアプローチできるかを確認する。

■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)

【流速】 〇m/s (試験時の条件)

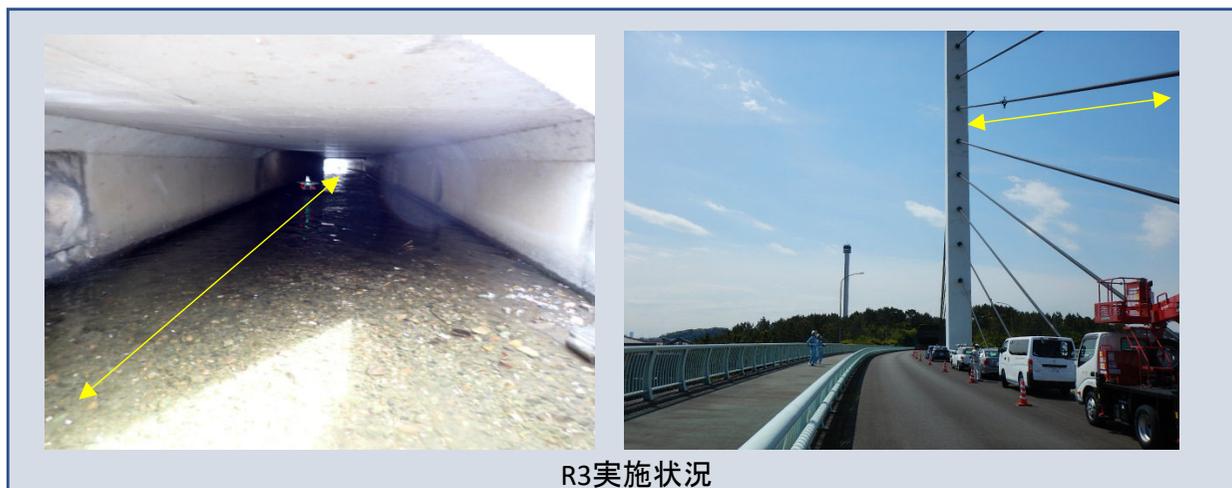
■試験場所 (過年度の実績)

実橋 (関東地整管内の直轄国道)

福島RTF

■試験時期 (過年度の実績)

令和3年3月



④撮影速度

■試験方法

「最小ひびわれ幅・計測精度」試験時における、画像撮影時の移動速度を実測する。（既知の2点間実測距離の移動に要した時間で除して求める。）

最小ひびわれ幅に限らず、複数のひび割れ幅毎に、条件を変える場合は、複数の動作条件、移動速度を場合分けにより求め、記載して良い。

■特に記載を要する動作条件及び環境条件

【検出可能な最小ひびわれ幅】○mm

【移動方向に垂直な方向の視野】○m（「最小ひびわれ幅・計測精度」試験時の結果）

【移動方向ラップ率】○%（「最小ひびわれ幅・計測精度」試験時の結果）」

■試験場所（過年度の実績）

実橋（関東地整管内の直轄国道）

福島RTF

■試験時期（過年度の実績）

令和3年3月



⑤計測精度

【画像計測技術（腐食・斜材の変状）】

■試験方法

- ① 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。

■特に記載を要する動作条件及び環境条件

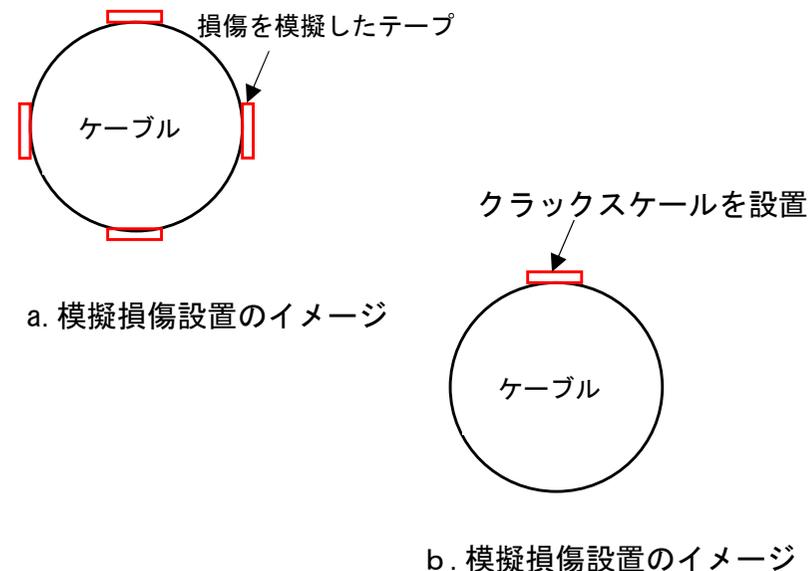
- 【斜材径】 ○○m/s（試験時の条件）
- 【斜材角度】 ○○°（試験時の条件）
- 【表面材質】 ○○（試験時の条件）
- 【風速】 ○m/s（試験時の条件）
- 【照度】 ○lux（試験時の条件）
- 【表面の凹凸（段差）】 ○○（試験時の条件）

■試験場所（過年度の実績）

実橋（関東地整管内の直轄国道）

■試験時期（過年度の実績）

令和3年4月



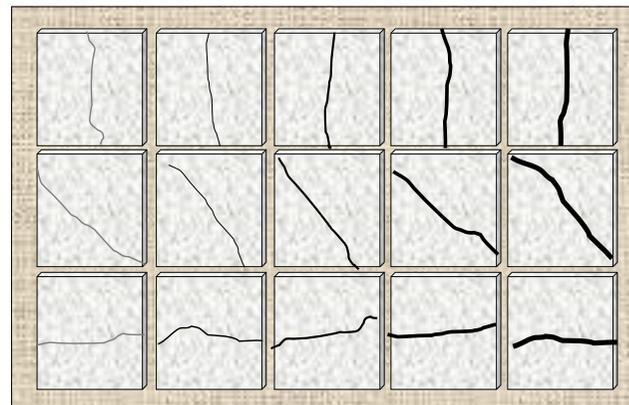
⑤計測精度

【画像計測技術（ひびわれ）】

■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作成する。
あるいは、実損傷で行う場合は、事前に右の15パターンを網羅した幅のひびわれを特定しておく。
- 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。

0.05mm 0.1mm 0.2mm 0.3mm 1.0mm



模擬供試体のイメージ

■特に記載を要する動作条件及び環境条件

【撮影速度】 〇〇m/s（試験時の条件）

【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）

福島RTF

■試験時期（過年度の実績）

令和3年3月



R3実施状況

⑤計測精度

【非破壊検査技術（腐食）】ケーブルの腐食

■試験方法

- ①下記のケーブルを模擬した供試体に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

■特に記載を要する動作条件及び環境条件

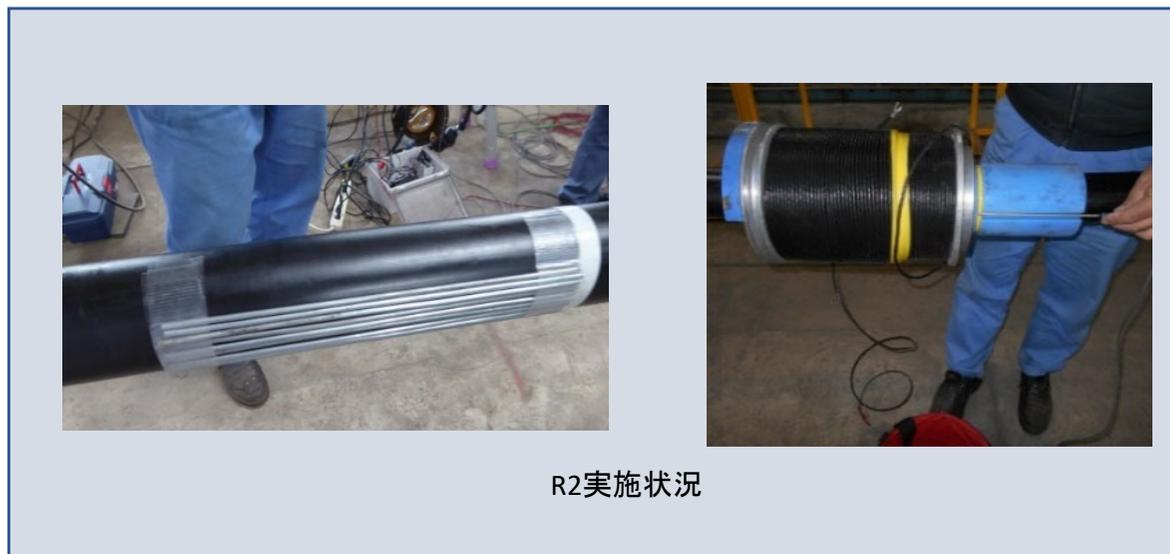
【ケーブル径】○mm（試験時の条件）

■試験場所（過年度の実績）

開発者提供

■試験時期（過年度の実績）

令和2年2月



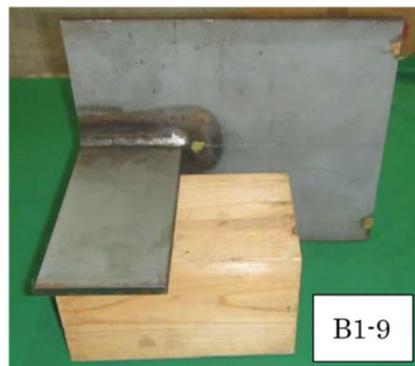
R2実施状況

⑤計測精度

【非破壊検査技術（亀裂）】

■試験方法

- ①亀裂の損傷が発生している供試体を使用する。
- 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。



■特に記載を要する動作条件及び環境条件

【気温】 〇℃ (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

■試験時期 (過年度の実績)

令和2年1月

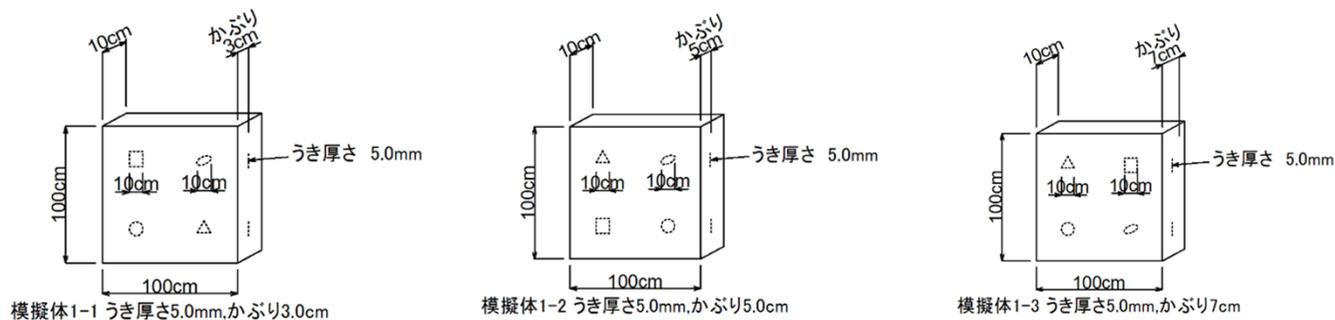


⑤計測精度

【非破壊検査技術（うき）】

■試験方法

- ①模擬供試体を製作する。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。



■特に記載を要する動作条件及び環境条件

【かぶり】○mm（試験時の条件）

■試験場所（過年度の実績）

福島RTF

■試験時期（過年度の実績）

令和3年3月



⑤計測精度

【非破壊検査技術（塩化物イオン濃度）】

■試験方法

①3%塩水に長期間浸漬し、表面付近に5~15kg/m³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。

■特に記載を要する動作条件及び環境条件

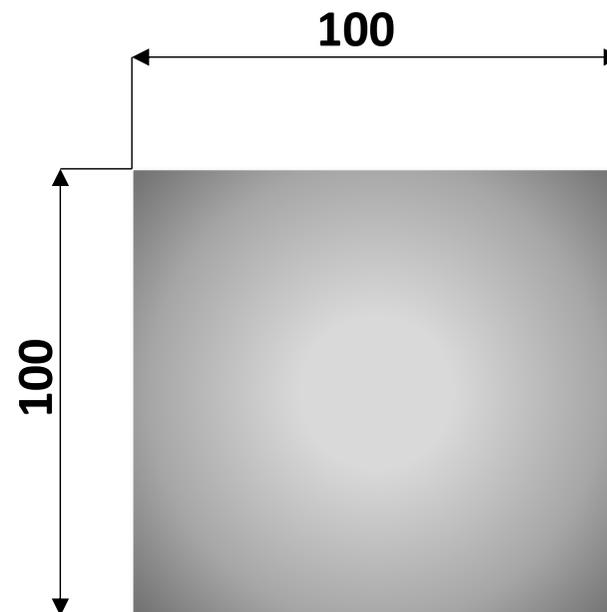
特になし

■試験場所（過年度の実績）

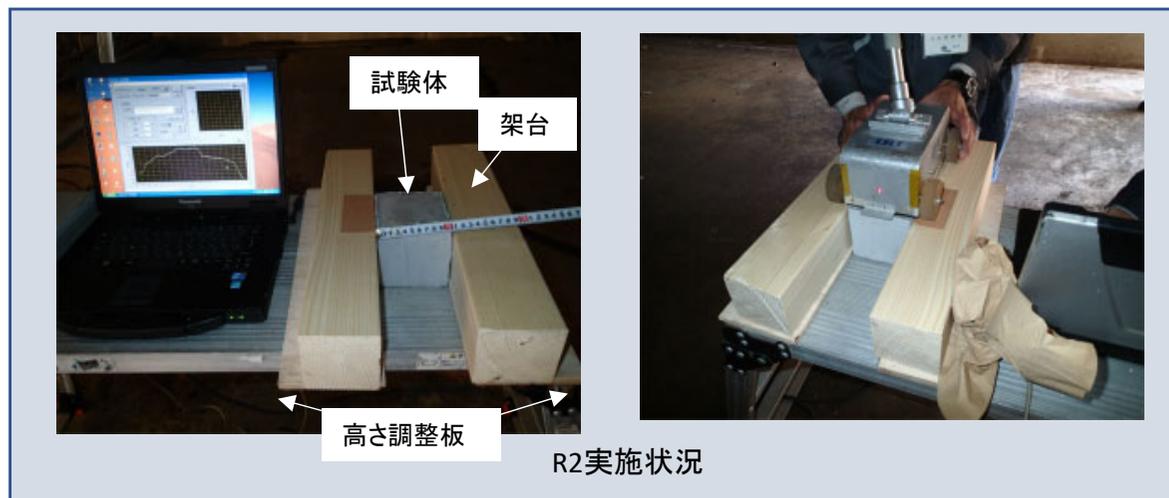
土木研究所

■試験時期（過年度の実績）

令和2年1月



供試体イメージ



⑤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

■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を用意する。

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。

■特に記載を要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

■試験時期（過年度の実績）

令和3年3月



R2実施状況

⑤計測精度

【非破壊検査技術（剥離・変形）】

■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を用意する。
- ②変形や剥離の大きさを非破壊検査技術で計測し、真値との誤差率を計測精度とする。



■特に記載を要する動作条件及び環境条件

【表面の凹凸】 ○○（試験時の条件）

■試験場所（過年度の実績）

福島RTF

■試験時期（過年度の実績）

令和3年3月

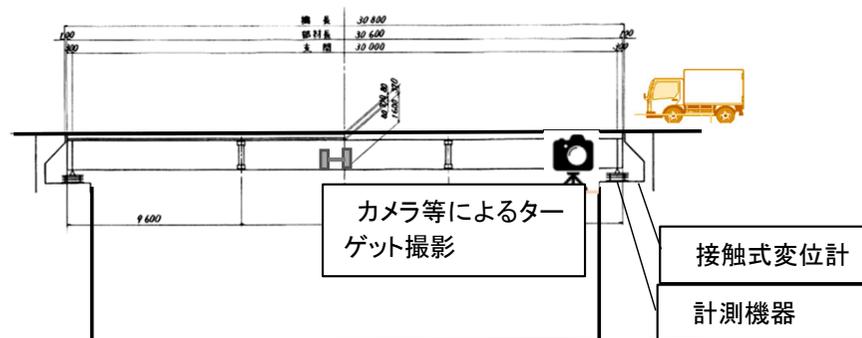


⑤計測精度

【計測モニタリング技術（変位）】 支承の機能障害

■試験方法

- ①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変位計（接触式又はレーザー）を支承部に設置する。
- ③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。



■特に記載を要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

■試験時期（過年度の実績）

令和2年3月

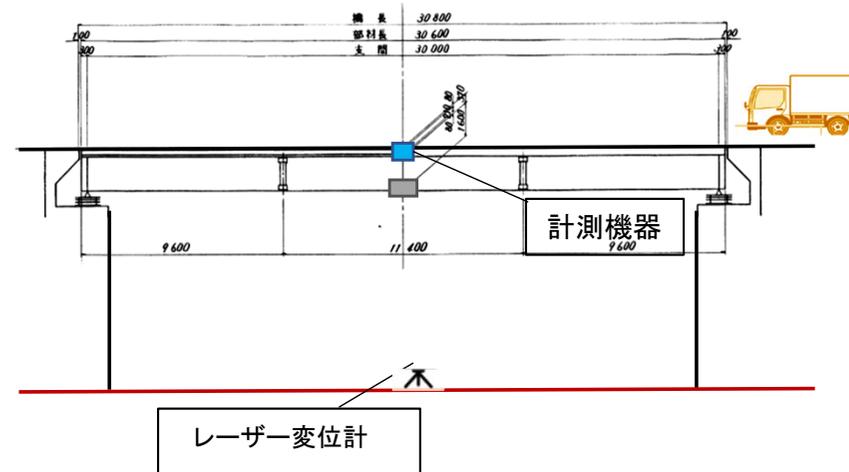


⑤計測精度

【計測モニタリング技術（変位）】活荷重たわみ

■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）を設置する。
- ②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。



■特に記載を要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

■試験時期（過年度の実績）

令和3年3月



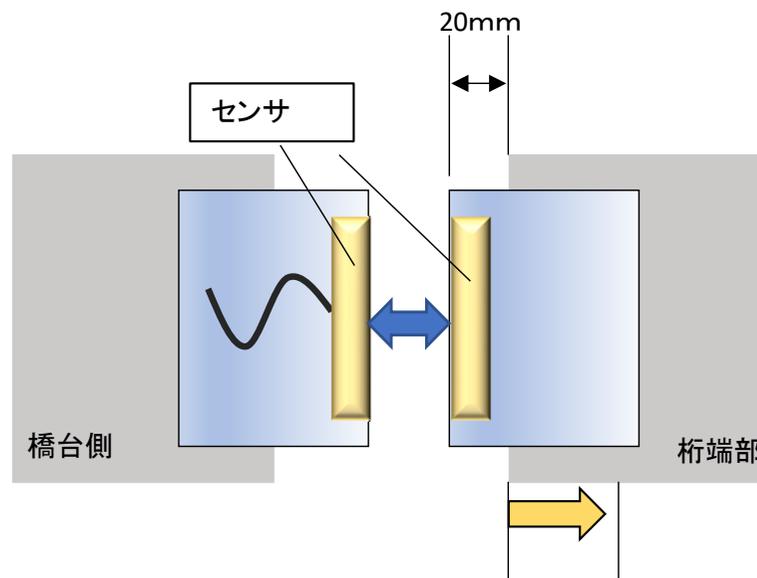
R3実施状況

⑤計測精度

【計測モニタリング技術（変位）】遊間の異常

■試験方法

- ①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。



■特に記載を要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

■試験時期（過年度の実績）

令和2年2月

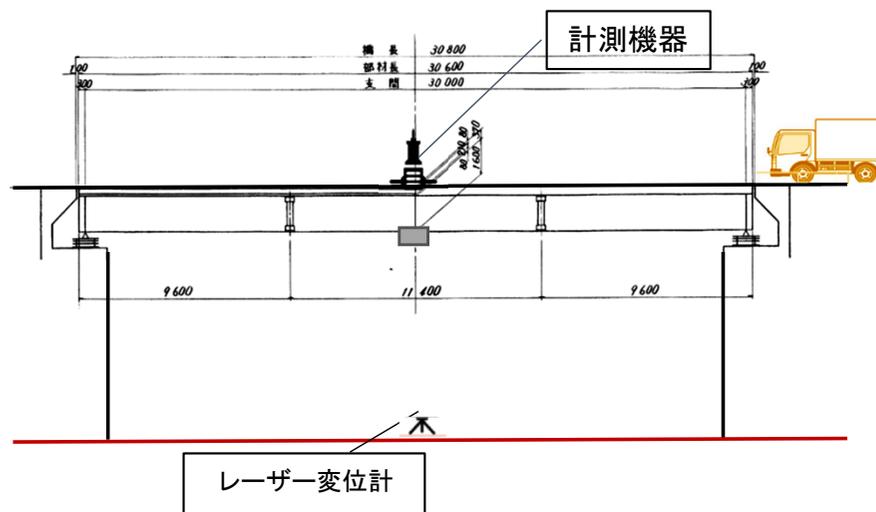


⑤計測精度

【計測モニタリング技術（変位）】床版たわみ

■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）を設置する。
- ②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。



■特に記載を要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

■試験時期（過年度の実績）

令和3年3月



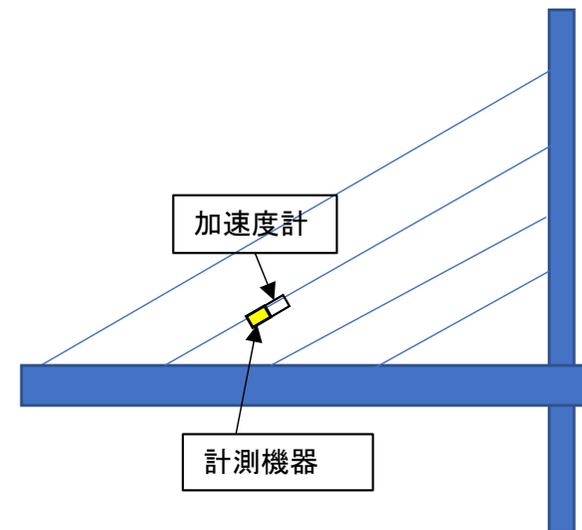
R2実施状況

⑤計測精度

【計測モニタリング技術（張力）】斜材

■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）を設置する。
- ②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計測機器による測定結果より張力を算出する。
- 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。



■特に記載を要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）

■試験時期（過年度の実績）

令和3年4月



R3実施状況

⑤計測精度

【計測モニタリング技術（振動特性）】洗掘

■試験方法

- ①傾斜台を用意し、計測機器を傾斜台に設置し、測定する。
- ②測定値と真値との誤差を計測精度とする。

■特に記載を要する動作条件及び環境条件

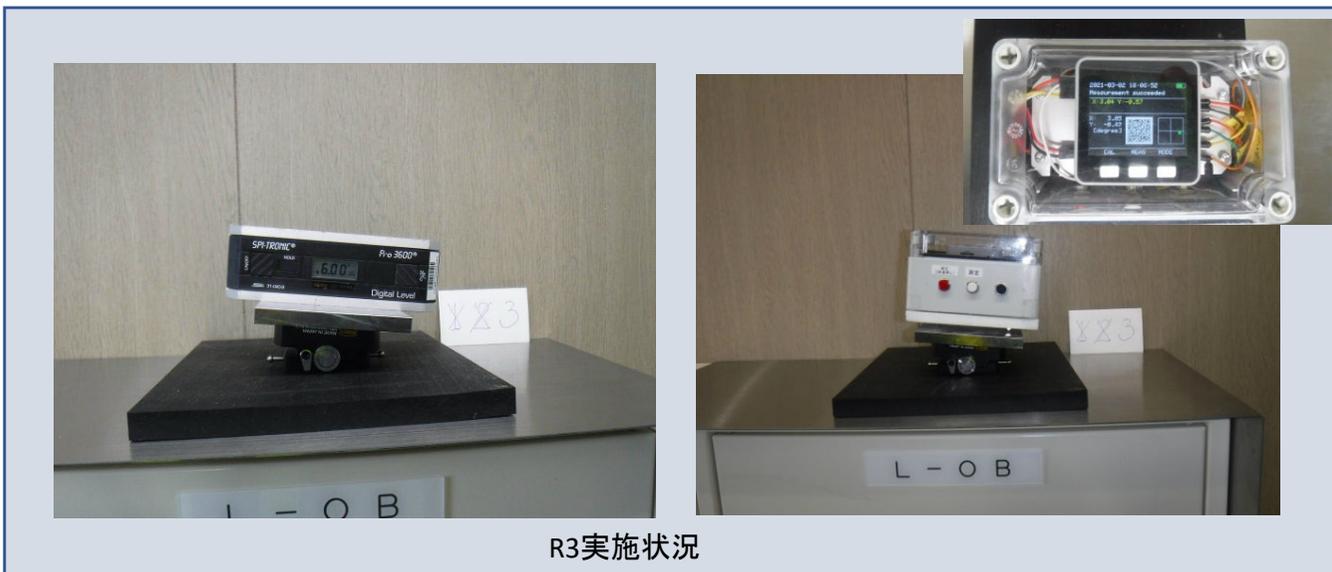
特になし

■試験場所（過年度の実績）

福島RTF

■試験時期（過年度の実績）

令和3年3月

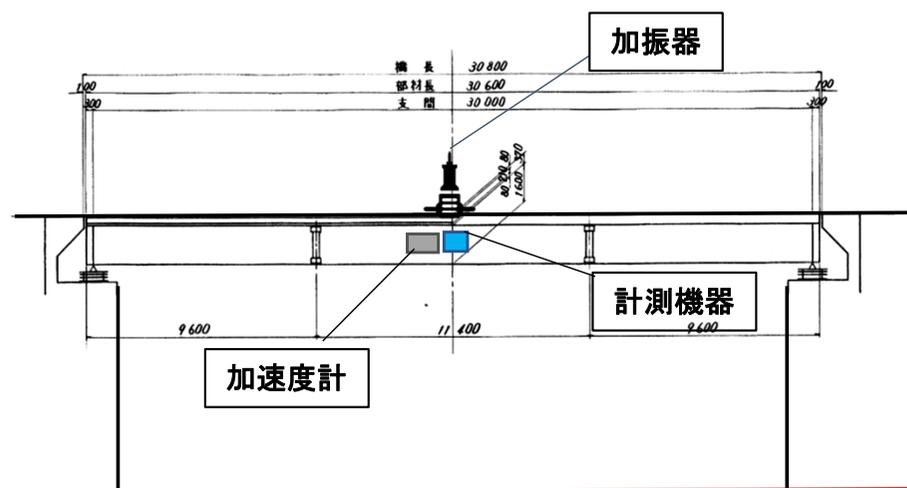


⑤計測精度

【計測モニタリング技術（振動特性）】剛性評価

■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基準となる加速度計を設置する。
- ③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。



■特に記載を要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

■試験時期（過年度の実績）

令和3年3月



⑤計測精度

【計測モニタリング技術（3次元座標）】洗掘

■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）を設置する。
- ②計測装置（スキャニングソナー）にて、濁度及び、流速を変化した状況下で、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。

■特に記載を要する動作条件及び環境条件

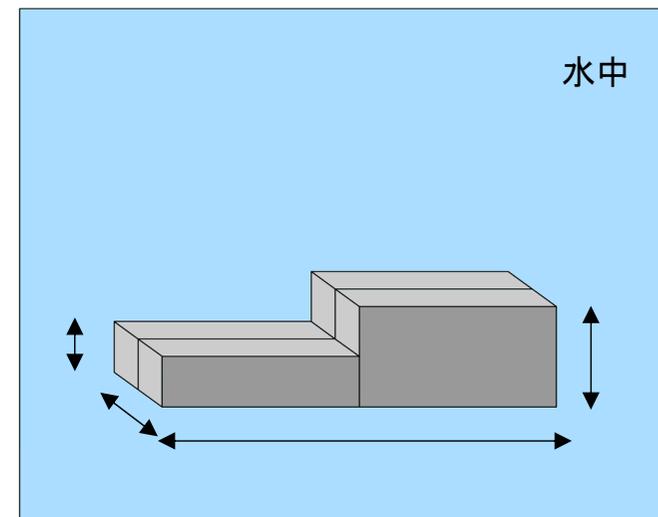
- 【材質】○（試験時の条件）
- 【水深】○m（試験時の条件）
- 【流速】○m/s（試験時の条件）
- 【濁度】○度（試験時の条件）

■試験場所（過年度の実績）

福島RTF

■試験時期（過年度の実績）

令和3年4月



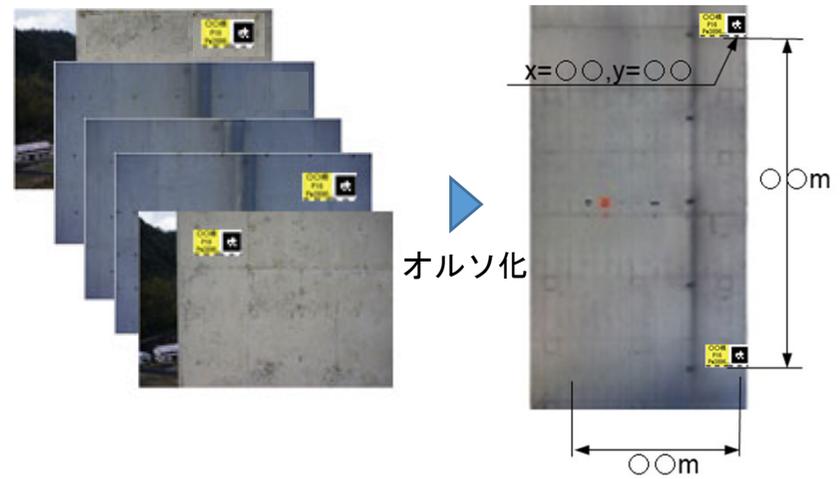
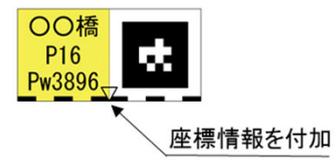
⑥長さ計測精度

■試験方法

① 壁面にマーカーを設置する等明瞭な地物を3箇所用意し、一連でモデル化する単位毎に設置する。例えば、橋脚1面ごとのオルソ化であれば、壁面に3箇所、橋脚全面をテクスチャーモデル化する場合、モデル化範囲全体で3箇所とする。

② 3箇所のマーカーをそれぞれ撮影し、オルソ化、テクスチャーモデル化した画像のマーカーの座標情報を付加した点（▽印の下方頂点）の間隔を測定する。その結果を使って相対誤差を求める。

※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

- 【照度】 〇lux (試験時の条件)
- 【風速】 〇〇m/s
- 【撮影距離】 〇m

■試験場所 (過年度の実績)

福島RTF

■試験時期 (過年度の実績)

令和3年3月



R3実施状況

⑦計測速度

■試験方法

計測時間を実測する。

■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)

【流速】 〇m/s (試験時の条件)

■試験場所 (過年度の実績)

福島RTF

実橋 (関東地整管内の直轄国道)

■試験時期 (過年度の実績)

令和3年3月

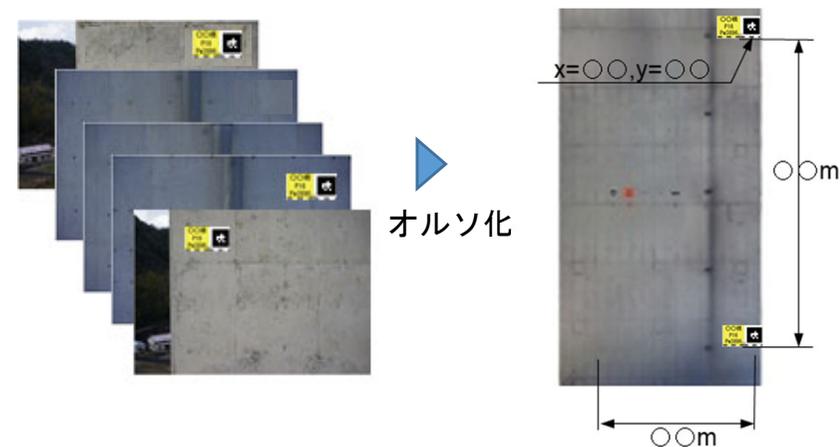
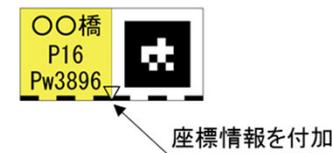


⑧位置精度

■試験方法

① 壁面にマーカーを設置する等、明瞭な目標物を3箇所用意し、一連でモデル化する単位毎に設置する。例えば、橋脚1面ごとのオルソ化であれば、壁面に3箇所、橋脚全面をテクスチャーモデル化する場合は、モデル化範囲全体で3箇所とする。

② オルソ画像上のマーカーの座標値をあらかじめ求めておいたマーカーの座標情報を付加した点（▽印の下方頂点）の座標値（真値）と比較し、誤差を求める。



■特に記載を要する動作条件及び環境条件

【照度】 〇lux（試験時の条件）

【風速】 〇〇m/s

【撮影距離】 〇m

■試験場所（過年度の実績）

福島RTF

■試験時期（過年度の実績）

令和3年3月



R3実施状況

⑨色識別性能

■試験方法

①当該技術で把握させたい損傷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想定している環境照度のパターンごとに、カラーチャートを設置して、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。

・真値とする実物カラーチャート
(数字はRGB値・参考、右図も同様)

81,66,52	190,138,118	94,102,134	74,86,56	118,111,154	128,168,157
164,117,48	79,75,140	143,84,80	68,51,83	144,168,74	184,155,61
59,48,126	85,123,67	122,58,46	200,188,68	142,83,123	76,108,145
241,241,241	190,190,190	145,145,145	104,104,104	67,67,67	37,37,37

・環境照度下でのカラーチャート撮影結果

81,66,52	190,138,118	94,102,134	74,86,56	118,111,154	128,168,157
164,117,48	79,75,140	143,84,80	68,51,83	144,168,74	184,155,61
59,48,126	85,123,67	122,58,46	200,188,68	142,83,123	76,108,145
241,241,241	190,190,190	145,145,145	104,104,104	67,67,67	37,37,37

■特に記載を要する動作条件及び環境条件

【照度】 〇lux (試験時の条件)

■試験場所 (過年度の実績)

福島RTF

■試験時期 (過年度の実績)

令和3年3月

