

標準試験方法について(トンネル)

標準試験の概要

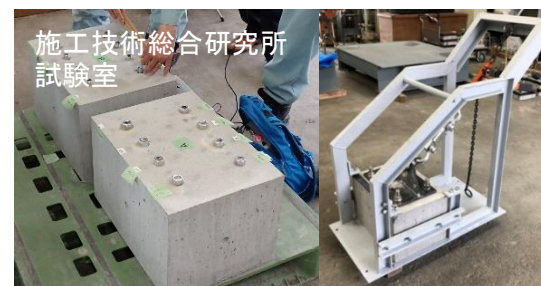
標準試験の目的

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、施工技術総合研究所模擬トンネル等の各種施設や施工技術総合研究所試験室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、現時点で確定していませんので、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 : 26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											
		撮影速度	①計測精度	②長さ計測精度	③位置精度	④色識別性能	⑤計測速度	計測レンジ	校正	検出性能	検出感度	SN比	分解能
画像計測技術	ひび割れ	計測時に速度を計測	○	○	○	○							
非破壊検査技術	うき		○		○		○						
	背面空洞		模擬トンネルの覆工背面を計測		模擬トンネルの覆工背面を計測								
	ボルトの取付状態		○		—								
計測・モニタリング技術	変位		○		—		計測時に速度を計測	—	—	—	—	—	—
	振動特性				—			—	—	—	—	—	—
	3次元座標				○			—	—	—	—	—	—

- 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 —：対象外 斜線：項目無し

各種試験方法について

①計測精度

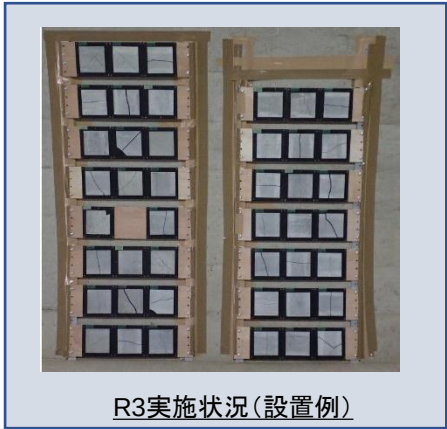
【画像計測技術（最小ひび割れ幅・計測精度）】

■試験方法

- 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。



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

- 【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）

■試験場所

今年度予定：国総研実大トンネル実験施設（茨城県つくば市）
（過年度実績：実トンネル（所在地：関東地方他））

■試験時期

今年度予定：令和4年1～2月 （過年度実績：令和3年2～4月）

【非破壊検査技術（劣化、表面近くの空洞）（うき・はく離）】

■試験方法

下記に示す〔1〕、〔2〕の試験方法のうち、いずれかもしくは両方について試験を行う。

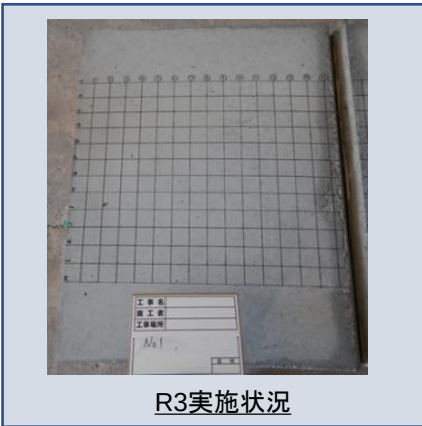
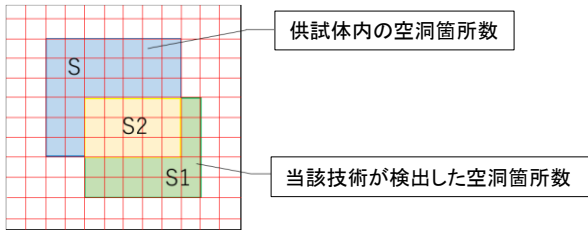
〔1〕劣化、表面近くの空洞

- 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。

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

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。



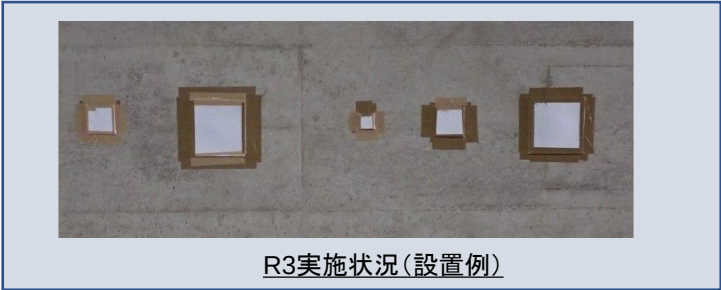
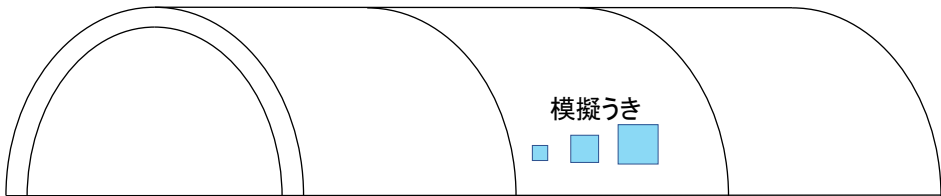
①計測精度

【非破壊検査技術（劣化、表面近くの空洞）（うき・はく離）】

■試験方法

〔2〕うき・はく離

- ① トンネル表面に模擬うき（厚さ：3mm、5mm／サイズ5cm×5cm、10cm×10cm、20cm×20cm）をモルタル塗りにより設ける。
- 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。



■カタログ記載（例）

項目	性能	性能（精度・信頼性）を確保するための条件
変状検出性能（例1）	〔1〕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% 〔2〕うき・はく離 ・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	
変状検出性能（例2）	〔1〕劣化、表面近くの空洞 ・【車両型】による形状計測技術のため、空洞の計測不可 〔2〕うき・はく離 ・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	

①計測精度

■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）

■試験場所

今年度予定：国総研実大トンネル実験施設（茨城県つくば市）、施工技術総合研究所（静岡県富士市）

（過年度実績：施工技術総合研究所（静岡県富士市））

■試験時期

今年度予定：令和4年1～2月 （過年度実績：令和3年2～4月）

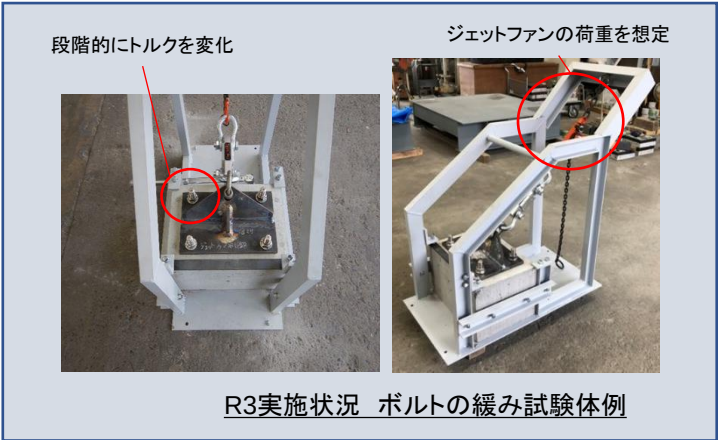
①計測精度

【非破壊検査技術（ボルトの緩み、定着不良）】

■試験方法

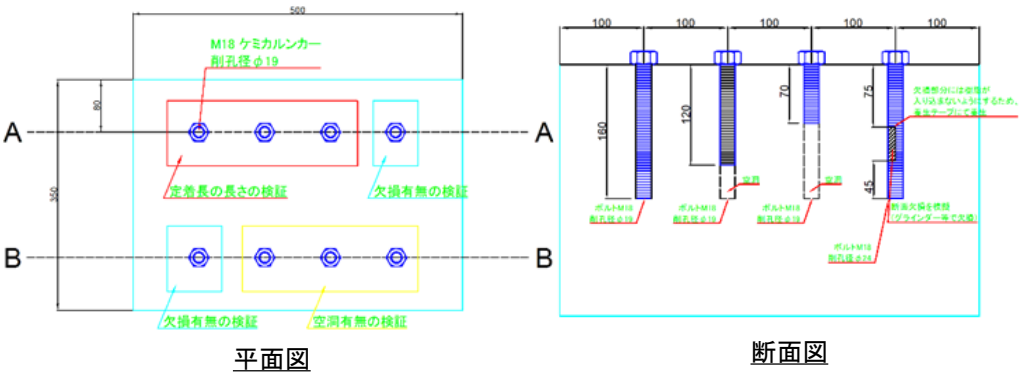
【ボルトの緩み】

- ① 模擬試験体に取り付さ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。



【ボルトの定着不良】

- ① コ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】〇〇（試験時の条件）

■試験場所

今年度予定：施工技術総合研究所（静岡県富士市）
（過年度実績：施工技術総合研究所（静岡県富士市））

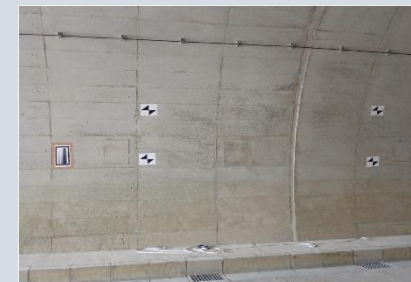
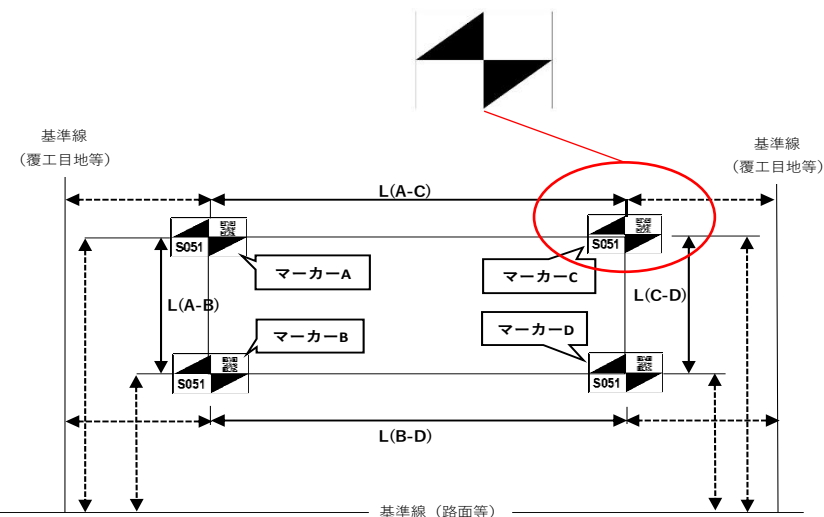
■試験時期

今年度予定：令和4年1～2月（過年度実績：令和3年2～4月）

②長さ計測精度

■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。



R3実施状況(設置例)

■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）】〇〇km/h以下（試験時の条件）
- 【照度】〇lx（試験時の条件）
- 【覆工面の状況】〇〇（試験時の条件）
- 【天候】〇〇（試験時の条件）

■試験場所

今年度予定：国総研実大トンネル実験施設（茨城県つくば市）
（過年度実績：実トンネル（所在地：関東地方他））

■試験時期

今年度予定：令和4年1～2月（過年度実績：令和3年2～4月）

③位置精度

【画像計測技術】

■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（右図、破線矢印の各距離）の距離を求める。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（右図、 $W(A) \sim W(D)$ の各距離）、路面からの鉛直距離（下図、 $H(A) \sim H(D)$ の各距離）等）を求める。

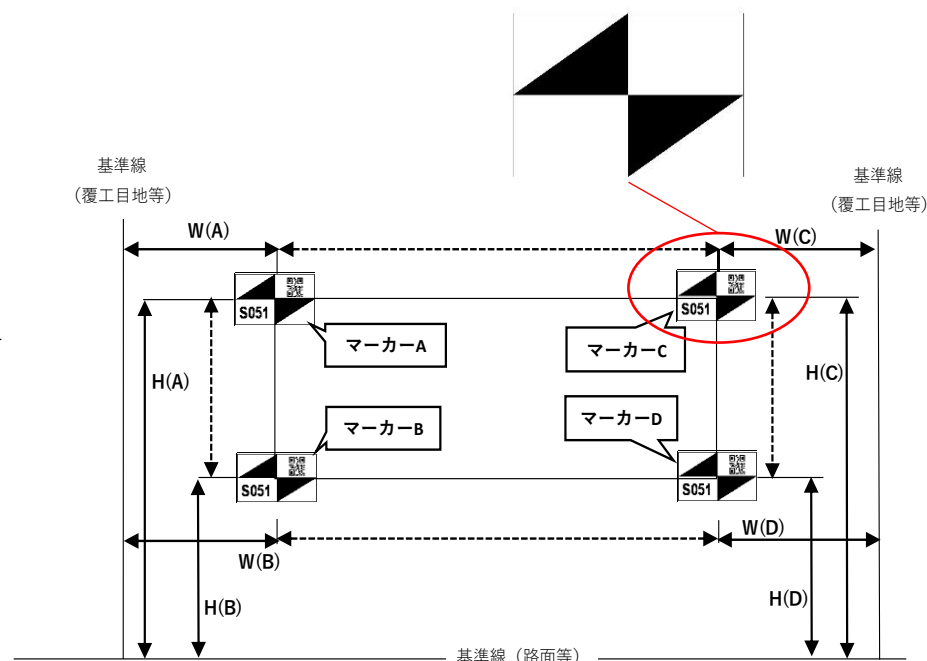
- ④ 上記③で求められた基準線（目地・路面）とマーカー間の距離の実測値との誤差を算出することによって検証する。
※ 計測結果を手動で図面に合わせて伸縮させることで合成する機構の場合は、検証箇所を合成の起点としないこと。

■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）】 $\bigcirc\bigcirc$ km/h以下（試験時の条件）
- 【照度】 $\bigcirc$ lx（試験時の条件）
- 【覆工面の状況】 $\bigcirc\bigcirc$ （試験時の条件）
- 【天候】 $\bigcirc\bigcirc$ （試験時の条件）

■試験場所

今年度予定：国総研実大トンネル実験施設（茨城県つくば市）
（過年度実績：実トンネル（所在地：関東地方他））



R3実施状況(設置例)

■試験時期

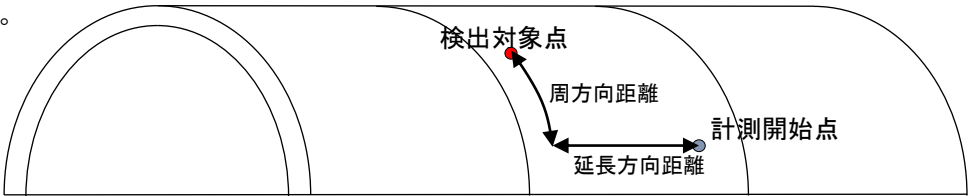
今年度予定：令和4年1～2月（過年度実績：令和3年2～4月）

③位置精度

【非破壊検査技術】

■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。



■カタログ記載（例）

項目	性能	性能（精度・信頼性）を確保するための条件
位置精度（例1）	延長方向誤差：12mm，周方向誤差:8mm （4点の平均値）	
位置精度（例2）	－（打撃部の打音異常を判別する【人力型】のため誤差の計測不要）	

■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）】〇〇km/h以下（試験時の条件）
- 【照度】〇lx（試験時の条件）
- 【覆工面の状況】〇〇（試験時の条件）
- 【天候】〇〇（試験時の条件）

■試験場所

今年度予定：国総研実大トンネル実験施設（茨城県つくば市）
（過年度実績：施工技術総合研究所（静岡県富士市））

■試験時期

今年度予定：令和4年1～2月 （過年度実績：令和3年2～4月）

④色識別性能

【画像計測技術】

■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。

【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。

■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）】〇〇km/h以下（試験時の条件）

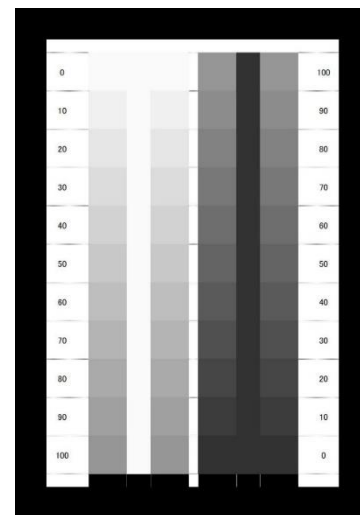
【照度】〇lx（試験時の条件）

【覆工面の状況】〇〇（試験時の条件）

【天候】〇〇（試験時の条件）

■試験場所

今年度予定：国総研実大トンネル実験施設（茨城県つくば市）
（過年度実績：実トンネル（所在地：関東地方他））



モノクロチャート



カラーチャート



R3実施状況（設置例）

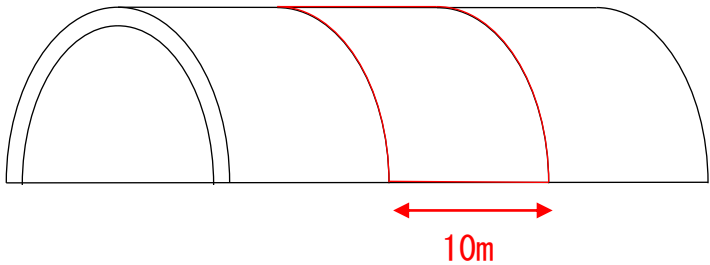
■試験時期

今年度予定：令和4年1～2月（過年度実績：令和3年2～4月）

⑤計測速度

■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（m²/min）を求める。



■カタログ記載（例）

項目	性能	性能（精度・信頼性）を確保するための条件
計測速度（例1）	10m ² /min	
計測速度（例2）	－（【人力型】のため点検者の打音検査速度に依存）	

■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）】〇〇km/h以下（試験時の条件）

■試験場所

今年度予定：国総研実大トンネル実験施設（茨城県つくば市）
（過年度実績：実トンネル（所在地：関東地方他））

■試験時期

今年度予定：令和4年1～2月（過年度実績：令和3年2～4月）