

付録ー1 1 新技術のガイドライン（案）

本資料は、「新技術のガイドライン（案）平成31年2月 国土交通省」を
転載したものである。

新技術利用のガイドライン（案）

平成31年 2月

国 土 交 通 省

目 次

第1章 総 則	1
1-1 ガイドラインの目的	1
第2章 提出書類	2
2-1 点検支援技術使用計画	2
2-2 点検支援技術使用結果報告	5
参考資料	6
参考資料-1 点検支援技術カタログ項目	6
参考資料-2 カタログ項目の検証方法	15

第1章 総 則

1-1 ガイドラインの目的

本ガイドラインは、業務委託等により定期点検を実施する際に点検支援技術を活用する場合において、発注者及び受注者双方が使用する技術について確認するプロセスや、受注者から協議する「点検支援技術使用計画」を発注者が承諾する際の確認すべき留意点等を参考として示したものである。

【解説】

本ガイドラインは、道路管理者の判断により業務委託の特記仕様書に参考図書として位置付けることで、活用されることを想定しているものである。受注者が現場条件や構造、設置状況等を十分に把握したうえで、「点検支援技術の性能カタログ」等により使用を予定している技術の特性及び仕様を勘案し、選定理由と活用範囲、活用目的を「点検支援技術使用計画」として明示したうえで、点検業務発注者へ協議するという流れを例示したものである。本ガイドラインに基づく受発注者双方のプロセスの例として、図-1 に示す。

なお、定期点検の業務委託は道路管理者の判断により適切な方式で発注されるものであり、発注方式によっては、予め道路管理者が点検支援技術の活用範囲や活用目的等を整理し、点検支援技術を活用することを含めて業務委託を行う場合もあり得る。

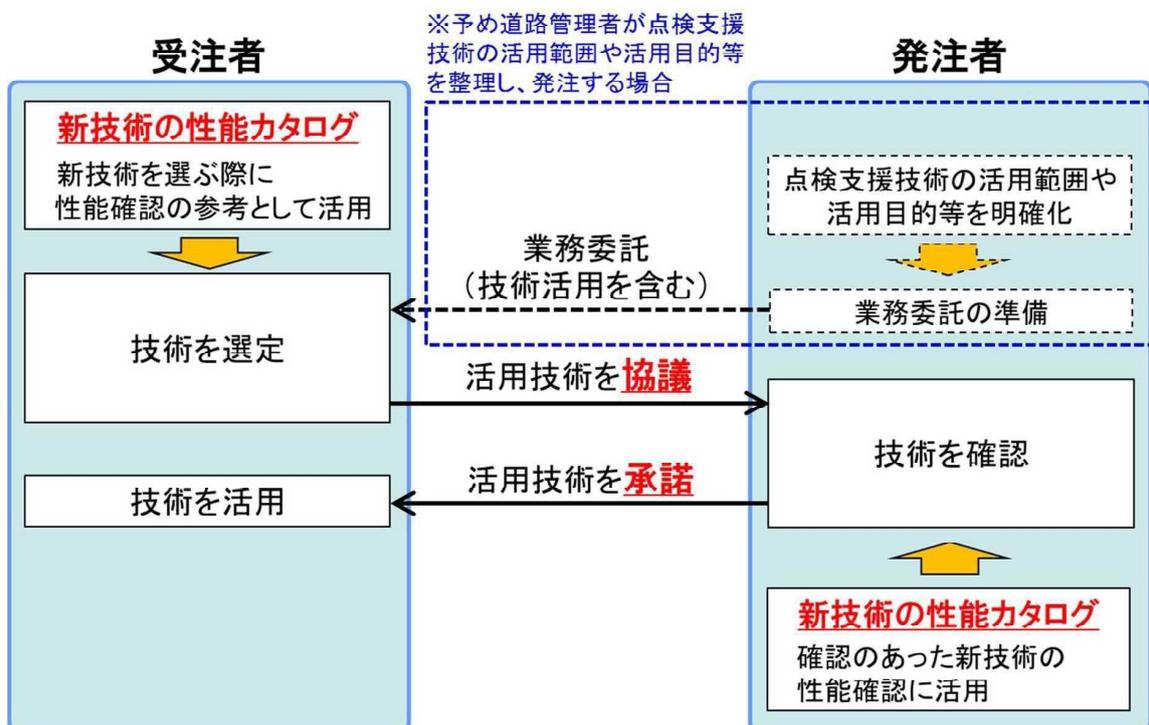


図-1 点検支援新技術活用の流れ

第2章 提出書類

2-1 点検支援技術使用計画

受注者が提出する「点検支援技術使用計画」には以下に示す内容が記載されていることが望ましい。

1) 対象部位・部材及び対象変状

点検支援技術により把握しようとする対象部位・部材と変状の種類が明示されている。

2) 対象範囲

構造物のどの範囲が点検支援技術を活用する範囲とするか明示されている。

3) 活用目的

2)により明示した箇所毎に、変状の把握、記録の作成、健全性の診断に有用な追加的な情報の取得等、点検支援技術の活用目的が明示されている。

4) 活用の程度

3)の活用目的を達するための点検支援技術の活用の程度として、点検支援技術のみで活用目的を達するのか、近接目視と点検支援技術を併用するのか、明示されている。

5) 使用機器と選定理由

現場条件や対象構造物の置かれた状況等と、「新技術の性能カタログ」等により使用機器の性能値を勘案したうえで、選定理由が整理されている。

6) 精度管理計画

点検支援技術の特性上、所要の性能を担保するために現場での精度検証が必要なものについては、その方法、頻度等を整理した精度管理計画が整理されることが望ましい。

【解説】

1) 対象部位・部材及び対象変状

対象とする部位・部材の別、及び変状の種類別の毎に、活用目的、活用の程度等を整理して明示することが望ましいが、同じ部材でも詳細な位置により、活用目的や活用の程度が異なる場合は、要素毎に細分化して、活用目的、活用の程度等を整理することが考えられる。

2) 対象範囲

1)において、点検支援技術を部位・部材の全体に適用しない場合に適用する部分としない部分を区別するなど、部位・部材よりもさらに細分化して位置を説明する必要がある場合は、図-2のように図面や3次元CAD等で描画して表現することが考えられる。

3) 活用目的及び活用の程度

1)、2)の区別毎に、変状の把握、記録の作成、健全性の診断に有用な追加的な情報の取得等、点検支援技術の活用目的を明示するとともに、活用目的を達するための点検支援技術の活用の程度として、点検支援技術のみで活用目的を達するのか、近接目視と点検支援技術を併用するのかの別を整理して明示するとよい。

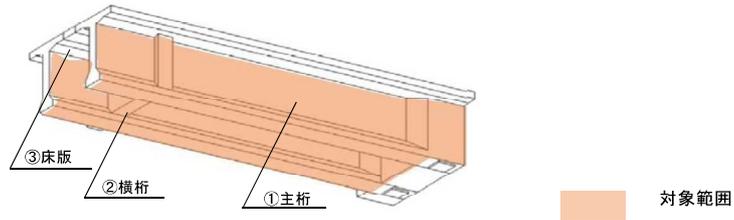
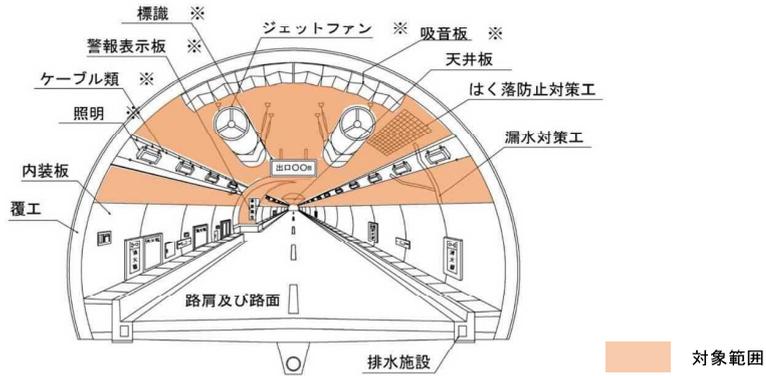


図-2a 対象範囲の明示事例（橋梁）



※トンネル内附属物は取付状態の確認を行う。

図-2b 対象範囲の明示事例（トンネル）

表-1a 対象部位・部材及び対象変状ごとの活用目的・活用の程度の整理事例（橋梁）

	構造物名	詳細箇所 (径間等)	部位・部材	対象変状	活用目的	活用の程度
①	〇〇橋	P2~P3	主桁	ひびわれ	変状の把握	点検支援技術のみ
					記録の作成	点検支援技術のみ
				剥離・ 鉄筋露出	変状の把握	点検支援技術のみ
					記録の作成	点検支援技術のみ
漏水・ 遊離石灰	変状の把握	点検支援技術のみ				
	記録の作成	点検支援技術のみ				
②		P2~P3	横桁	ひびわれ	変状の把握	点検支援技術のみ
					記録の作成	点検支援技術のみ
③		P3~P4	床版	床版 ひびわれ	変状の把握	点検支援技術と 近接目視の併用
					記録の作成	点検支援技術のみ

表-1b 対象部位・部材及び対象変状ごとの活用目的・活用の程度の整理事例（トンネル）

	構造物名	詳細箇所 (追加距離等)	部位・部材	対象変状	活用目的	活用の程度
①	〇〇トンネル	0~XXXm	覆工	ひび割れ	変状の把握	点検支援技術のみ
					記録の作成	点検支援技術のみ
				変色	変状の把握	点検支援技術のみ
					記録の作成	点検支援技術のみ
				漏水	変状の把握	点検支援技術のみ
					記録の作成	点検支援技術のみ

4) 使用機器と選定理由

点検支援技術は、参考資料－1「点検支援技術のカタログ項目」で示される標準項目に基づき、その性能値が当該技術の開発者等から明示された技術を用いることが望ましい。これまでに、国で NETIS（新技術活用システム）テーマ設定型等により技術公募、仕様確認が行われ、性能カタログに掲載された技術を参考にすることが考えられるが、性能カタログに記載のない技術についても、標準項目の性能値を受注者に求め、目的に適合するかを確認することで活用できるものと考えられる。

技術の選定理由は、カタログ項目のうち「運動性能」や「計測性能」などを確認し、活用目的に対して性能が満足するか否かの観点で確認することが望ましい（図-3 参照。）

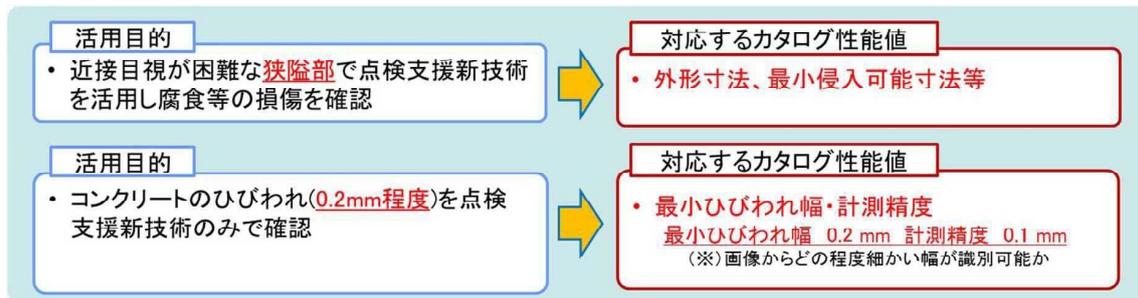


図-3 点検支援新技術の選定理由イメージ

5) 精度管理計画

例えば、カタログにおける性能を示す動作条件として、マーカー等の補助的な手段が必要になる場合は、マーカーによる補正が行われる箇所から遠くなるほど誤差が蓄積する可能性がある。その場合、誤差が最も蓄積すると思われる条件において、真値との比較による現場検証を1回程度行う等が考えられる。

この場合、誤差の生じるメカニズムを整理のうえ、検証方法（検証頻度、検証箇所等）を示した「精度管理計画」が「点検支援技術使用計画」に添付されていることが望ましい。

また、カタログにおける性能を示す動作条件として、計測対象となる現物の構造物でのキャリブレーションが必要な場合は、当該構造物に変状が存在する蓋然性が高い箇所（例えばうきであれば、ブロック化したひび割れ箇所等）を利用して、当該箇所が正しく検出できるように、キャリブレーションを実施することが考えられる。

この場合、キャリブレーション結果や、当該箇所に変状が存在することの検証結果を示した「精度管理計画」を「点検支援技術使用計画」に添付することが考えられる。

なお、点検支援技術は現場条件等に応じて誤差が含まれる可能性があるものの、キャリブレーションなどの精度確認の結果を踏まえた健全性の診断を行うことで定期点検に活用できるものと考えられる。

2-2 点検支援技術使用結果報告

受注者は、「点検支援技術使用計画」に対する実施事項について、発注者に報告することが望ましい。

【解説】

受注者は、定期点検の結果と併せ「点検支援技術使用計画」に基づき、点検支援新技術を活用した結果を発注者に報告することが望ましい。

参考資料

参考資料－1 点検支援技術カタログ項目

【橋梁等】

1. 基本事項

技術名	【自由記載】		
技術バージョン	該当技術のバージョンナンバー等を記載	作成：ドキュメントの作成月を記載	
開発者	【自由記載】		
連絡先等	TEL：	E-mail：	担当：(部署等を記載)
現有台数・基地	(現有台数を記載)	基地	基地の所在地を記載(市区町村まで)
技術概要	当該技術の物理原理とどのようにどんな便益が発生するかという観点から、ユースケースを簡潔に記載。		
技術区分	部位	上部構造(主桁、横桁、床版等)／下部構造(橋脚、橋台等)／支承部／路上／その他 の別(複数可)。 なお、非破壊検査技術は、上記の他に「高欄／地覆」を追加する。 性能の検証がなされているものを記載すること。	
	変状の種類	腐食／亀裂／破断／ひびわれ／床版ひびわれ／支承の機能障害／その他 の別(複数可)。 なお、非破壊検査技術は、上記の他に「うき／剥離・鉄筋露出／遊離石灰」を追加する。 性能の検証がなされているものを記載すること。	
	物理原理	技術が採用する 画像・動画／打音機構／赤外線／その他※ の別(複数可) 性能の検証がなされているものを記載すること。 (※ 例示されていない原理の場合は、その他と記載の上、続けて当該技術の物理原理の説明を付すこと)	

2. 基本諸元

移動原理	<p>【飛行型】 自重を揚力で支えることで、平面方向、鉛直方向いずれの移動にも物理的制約が存在しないもの。</p> <p>【アーム型】 静止した本体から、ブーム・アーム等の可動機構で撮影対象場所にアプローチするもの。移動範囲は可動機構の物理的制約(伸長最大長、形状及び構造物との干渉状況)に制限される。</p> <p>【懸架型】 固定されたレールやロープ上を移動する機構で撮影対象場所にアプローチするもの。移動範囲は、レール、ロープ上に限られる。</p> <p>【接触型】 車両や何らかの吸着機構により、構造物からの反力で自重を支える機構を有し、構造物上を移動できる範囲で撮影対象場所にアプローチするもの</p> <p>※ 上記に該当しない場合は、詳細な移動原理を記載すること。</p>	
外形寸法	<p>項目のとおり。</p> <p>可動部がある場合は、可動時の最大寸法を別途記載するとともに、別葉にて作業範囲図を記載</p>	
運動制御機構	通信	有線か無線の別。無線であれば、周波数帯と出力を記載
	測位	運動制御に利用している測位機構を記載する。衛星測位であれば、RTK-GNSS等の測位方式、センサー利用であれば、レーザー、写真等の機構を記載する。
	自律機能	測位結果等を運動制御にフィードバックする機構の有無。機構を有する場合は入力ソース(測位結果、画像等)を記載
	衝突回避機能 *飛行型のみ	最小侵入可能寸法を保証する、衝突回避機構について記載(飛行型のみ)
センシング原理	パッシブ方式(画像、動画)、アクティブ方式(打音機構と音声、レーザー、X線等)の別特に画像の場合は、以下について明記する。	
センシングデバイス	カメラ	デジカメの諸元 センサーサイズ(mm)、ピクセル数、焦点距離(mm)、ダイナミクスレンジ(bit)他
	パン・チルト機構	パン・チルト機構部の可動範囲、設定できる角度を列挙
	角度記録・制御機構	撮影位置・方向を制御、ないし記録できる機構を有するかどうか。
	測位機構	画像に対して座標を付すための測位機構として、運動制御とは別に有するものを記載
	ソフトウェア名	画像処理に使用したソフトウェア名を記載

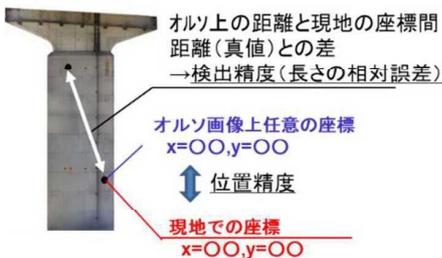
3. 運動性能

項目	性能	性能を示す動作条件	性能を示す環境条件
構造物近傍での安定性能	<p>【飛行型】 構造物への接近した状態で静止中に外乱を与えた際の位置の変化が収束するまでの変化量(cm)により評価する。外乱については、例えば「瞬間風速3m/s未満の自然風」というように、風速や風の条件を環境条件に記載する。</p>	特段の条件があれば	<p>【風速の条件】 飛行型等、運動性能に特に影響する場合のみ、上限となる風速や乱流下での運用可否を記載。 <記載例> ・平均風速〇m/s未満</p>
狭小進入可能性能	<p>【飛行型】 衝突回避距離を加味した最小所要空間寸法を縦、横、高さの最大寸法(mm)で記載。 【接触型】 本体の大きさ、あるいは接続構造の場合は節の数、節間距離の関係から、進入可能な空間の最小断面寸法を縦、横(mm)あるいは直径(mm)、進入深さの総計(mm)と、可動部が関節等を有することで屈曲した空間に対応できる場合は、方向を変えることのできる回数「曲がり回数」を示し、合わせて、接続構造の可動状況がわかる外形図を別葉にて記載。 【アーム型】 接続構造の可動状況がわかる外形図を別葉にて記載した上で、先端部を挿入可能な断面寸法を縦、横(mm)、先端部の進入深さの総計(mm)と、先端部が関節等を有することで屈曲した空間に対応できる場合は、方向を変えることのできる回数「曲がり回数」を示し、合わせて、先端部の可動状況がわかる外形図を追記する。</p>	特段の条件があれば	<p>【天候】 荒天対応の可否について記載。雨天が不可能な場合は、その旨記載し、雨天が可能な場合は、対応可能な時間雨量または降雨の形態(霧、霧雨、雨の別)を記載 <記載例> ・雨天・霧・雪・みぞれは不可</p> <p>【外気温】 性能を示す外気温の範囲を記載 <記載例> - -〇℃から〇℃まで</p>
最大可動範囲	<p>【飛行型・接触型】 無線やバッテリー容量、ケーブルがある場合はケーブルの延長などの制約による、操作場所からの最大距離。有線給電、バッテリー給電の別で記載。 【アーム型】 可動機構の物理的限界(最大伸長)を記載。高さ〇m×深さ〇m等と記載するとともに、別葉にて作業範囲図を記載 【懸架型】 ロープあるいはレールの長さ〇mと記載するとともに、別葉にて作業範囲図を記載</p>	特段の条件があれば (飛行可能な点検対象物の高さ等)	<p>【日照条件】 夜間飛行の可否や、被写体の輝度比が機器のダイナミックレンジで対応可能であるかの観点から、対応可能な日照条件を記載 <記載例> ・〇Lx以上(〇照明搭載可能の可・否)</p> <p>以上の4点から各性能項目で特記すべきものを記載</p>
連続稼働時間	項目のとおり。 有線給電・バッテリー給電の別で記載	特段の条件があれば	
運動位置精度	運用中(移動しながらの計測であれば移動中の)座標成分別の測位誤差を記載	特段の条件があれば	

4. 計測性能

1) 画像計測技術

項目	性能	性能を示す動作条件	性能を示す環境条件
撮影速度	所要の品質の画像を取得する際の移動速度 (m/s)を、動作条件と併せて記載する。	【画素分解能】 ○mm/Pixel 【移動方向に垂直な方向の視野】○m 【移動方向ラップ率】 ○%	
最小ひびわれ幅・計測精度	<p>供試体による模擬ひびわれ等において、その有無が検出できた「最小ひびわれ幅」と、そのひびわれ幅に対する「計測精度」を記載する。</p> <p>最小ひびわれ幅が示す数値は、取得された生画像から当該数値の幅のひびわれが視認できるかどうかを表すものである。</p> <p>一方、計測精度については、画像を合成して寸法を規格化する等、ソフトウェア処理を行う前提で画像のみから幅を計測するとき、最小ひびわれ幅 (a) の複数 (n個) の模擬ひびわれの計測結果 $x_i (1 \leq i \leq n)$ の二乗平均平方根誤差 (mm) により評価する。なお、その検証条件を記載すること。</p> <p>また、超解像技術等を用いる場合は、その旨付記する。</p> <p>○ ひび割れ幅計測精度 E (mm)</p> $E = \sqrt{\frac{(x_1 - a)^2 + \dots + (x_n - a)^2}{n}}$ <p>・表記例 「最小ひび割れ幅 0.2mm 計測精度 0.1mm」</p>	【撮影速度】○m/s 【被写体との距離】○m ・マーカ等本体以外の【補助手段】を必要とする場合はその旨記載	運動性能で示した環境条件4項目と特段違う場合は記載
検出精度 (長さの相対誤差)	ひびわれ長さ等、画像から得られる2点間距離の計測結果の真値との誤差の性能値について、相対誤差 (誤差÷真値) (%) で評価する。また、この性能を発揮する条件を記載すること。 (参考図-1 参照)	・上記に加え、被写体に正対して撮影することが必要である場合はその旨記載	
位置精度	損傷図と同一の座標系での損傷位置座標の誤差の保証値について、各座標成分毎の絶対誤差 (mm) で評価する。また、この性能を発揮する条件を記載すること。 (参考図-1参照)		
色識別性能	当該技術で把握させたい損傷と構造物の色に近いものを含んだ適切なカラーチャートが識別可能な環境照度 (単位:ルクス) を示す。 なお、一つの画像で日影と日なたのように著しい輝度比がある場合でもその状況下でも識別できる照度の範囲として記載。 (参考図-2 参照)	照明等、日照条件を補正する機構を前提とする場合は、その能力を記載 (例) ○WのLED投光時	



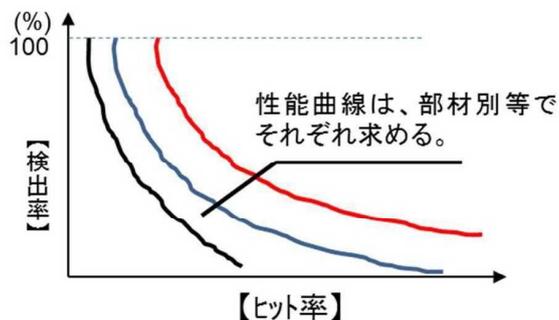
参考図-1 検出精度と位置精度の関係



参考図-2 カラーチャート

2) 非破壊検査技術

項目	性能	性能を示す動作条件	性能を示す環境条件
撮影速度	所要の品質の画像を取得する際の移動速度 (m/s) を、動作条件と併せて記載する。	【測定密度】 (点/m ²)	
性能曲線	<p>点検員が識別した異常箇所または模擬体として既知の異常箇所を正解としたときの、検出率を縦軸、ヒット率を横軸にプロットした性能曲線。(参考図-3 参照)</p> <p>検出率 = $\frac{\text{正解個数のうち技術で検出出来た個数}}{\text{打音異常の正解個数}}$</p> <p>ヒット率 = $\frac{\text{当該技術で検出した打音異常のうち正解個数}}{\text{技術で検出した個数(誤検出数含む)}}$</p>	<p>【撮影速度】 (m/s)</p> <p>【測定密度】 (点/m²)</p> <p>【検出時間】 (分)</p> <p>※時間変化の差を検出する原理の場合</p>	運動性能で示した環境条件4項目と特段違う場合は記載
位置精度	<p>損傷図と同一の座標系での損傷位置座標の誤差の性能値について、各座標成分の絶対誤差 (mm) で評価する。</p> <p>また、この性能を発揮する条件を記載すること。</p> <p>地物の位置座標の真値の計測 位置付与の正確さを評価するものであることから、検出性能に影響されないような、明瞭な地物 (例えば、温度差で検出するような技術であれば、座標の真値を明瞭な端部としたり、意図的に加熱する等) に対して、当該技術を通じて描画した損傷図の座標と、真値の座標を比較する。</p>	<p>【撮影速度】 (m/s)</p> <p>【測定密度】 (点/m²)</p> <p>・マーカ等本体以外の【補助手段】を必要とする場合はその旨記載</p>	



参考図-3 ヒット率と検出率の関係

5. 留意事項

技術の特徴をより詳細に表現するため、例えば以下の項目について、開発者が推奨する現場条件、運用条件を明記することが望ましい。統一的な項目・試験方法により求めたものではなく、技術毎に項目が異なったり、適用しようとする現場条件と必ずしも合致しないことに留意が必要である。

1) 画像計測技術

- ・道路幅員条件
- ・桁下条件
- ・周辺条件
- ・作業スペース
- ・道路規制条件

2) 打音点検技術

- ・道路幅員条件
- ・桁下条件
- ・周辺条件
- ・作業スペース
- ・道路規制条件
- ・塗装剤
- ・躯体状態
- ・躯体温度条件

【トンネル（覆工画像計測技術）】

1. 基本事項

技術名	【自由記載】		
技術バージョン	該当技術のバージョンナンバー等を記載	作成：ドキュメントの作成月を記載	
開発者	【自由記載】		
連絡先等	TEL：	E-mail：	担当：（部署等を記載）
現有台数・基地	（現有台数を記載）	基地	基地の所在地を記載（市区町村まで）
技術概要	当該技術の物理原理とどのようにどんな便益が発生するかという観点から、ユースケースを簡潔に記載。		
技術区分	部位	覆工の横断方向目地／覆工の縦断方向打ち継目／覆工天端／その他覆工面／内装板／吸音板／天井板／照明／ケーブル類／警報表示板／標識／ジェットファン／その他付属物／はく落防止対策工／漏水対策工／その他補修箇所／排水施設／路肩及び路面／坑門 の別（複数可）。 性能の検証がなされているものを記載すること。	
	変状の種類	本体工における圧ざ／ひび割れ／うき・はく離／変形／移動／沈下／鋼材腐食／巻厚の不足または減少／背面空洞／漏水等による変状、ならびに附属物本体・取付部材等の破断／緩み／脱落／亀裂／腐食／変形／欠損／がたつき の別（複数可）。 性能の検証がなされているものを記載すること。	
	物理原理	技術が採用する 画像・動画／その他※ の別（複数可）。 性能の検証がなされているものを記載すること。 （※ 例示されていない原理の場合は、その他と記載の上、続けて当該技術の物理原理の説明を付すこと）	

2. 基本諸元

移動原理	<p>【車両型】 車両にセンシング機器を設置し、交通流にそって走行しながら車道と撮影対象箇所の離隔の範囲内でアプローチするもの。</p> <p>【フレーム型】 交通流を確保しながら作業できるフレーム型の移動足場にセンシング機器を装着して、撮影対象箇所に接近するもの。</p> <p>※上記に該当しない場合は、詳細な移動原理を記載すること。</p>	
外形寸法	通常運用時の縦、横、高さの最大寸法(mm)可動部がある場合は、可動時の可動範囲を適用可能な最小のトンネル標準断面図に対する可動範囲図を記載	
センシング原理	センシングデバイスの物理原理を掲載 パッシブ方式(画像、動画) アクティブ方式(レーザー、X線等)の別 特に画像の場合は、以下について明記する。	
センシングデバイス	カメラ	<p>デジカメの基本的な諸元を記載</p> <ul style="list-style-type: none"> ・センサーサイズ(縦○mm×横○mm) ・ピクセル数(縦○Pixel×横○Pixel) ・焦点距離(○～○mm) ・ダイナミクスレンジ(○bit) ・(動画の場合)フレーム数(○～○fps) ・360° カメラの場合はその旨記載 ・覆工展開画像形式：(オルソ・モザイク・RAW・3次元テクスチャー等を記載) ・覆工展開画像1スパンあたり(2車線道路・10.5m/スパンを目安)のデータ容量：(約○MB)
	角度記録・制御機構	撮影位置・方向を制御、ないし記録出来る機構を有するかどうか。
	測位機構	画像に対して座標を付すための測位機構として、運動制御とは別に有するものを記載。本体に装備された機構でなく、マーカー等により座標を付し、補正を行う場合はその旨記載する。
	ソフトウェア名	画像処理に使用したソフトウェア名を記載
その他	画像以外のセンサや打音機構等アクティブセンシングに必要な機構に関する諸元	

3. 計測性能

項目	性能	性能を示す動作条件	性能を示す環境条件
撮影速度	<p>所要の品質の画像を取得する際の移動速度 (m/s) を、動作条件と合わせて記載する。</p>	<p>【画素分解能】 Omm/Pixel 【移動方向ラップ率】 O% で撮影。</p>	<p>【天候】 荒天対応の可否について記載。雨天が不可能な場合は、その旨記載し、雨天が可能な場合は、対応可能な時間雨量または降雨の形態（霧、霧雨、雨の別）を記載</p>
最小ひび割れ幅・計測精度	<p>供試体による模擬ひび割れ等において、その有無が検出できた「最小ひび割れ幅」と、そのひび割れ幅に対する「計測精度」を記載する。 最小ひび割れ幅が示す数値は、取得された生画像から当該数値の幅のひび割れが視認できるかどうかを表すものである。 一方、計測精度については、画像を合成して寸法を規格化する等、ソフトウェア処理を行う前提で画像のみから幅を計測するとき、最小ひび割れ幅 (a) の複数 (n 個) の模擬ひび割れの計測結果 $x_i (1 \leq i \leq n)$ の二乗平均平方根誤差 (mm) により評価する。なお、その検証条件を記載すること。 また、超解像技術等を用いる場合は、その旨付記する。</p> <p>○ ひび割れ幅計測精度 E (mm)</p> $E = \sqrt{\frac{(x_1 - a)^2 + \dots + (x_n - a)^2}{n}}$ <p>・表記例 「最小ひび割れ幅 0.2mm 計測精度 0.1mm」</p>	<p>【撮影速度】 Omm/s 【被写体との距離】 Om 【補助手段】 ・マーカ等本体以外の補助手段を必要とする場合はその旨記載 なお、色調差や超解像技術等を用いて、最小画素分解能より細かい大きさを区別できる場合は、その旨付記したうえで、区別できる大きさを記載すること。</p>	<p>【路面状態】 凍結、積雪等、路面状態の変化への対応可否について記載。</p> <p>【GNSS測位】 GNSSによる測位の要否について記載。GNSS測位が不可の場合は計測精度が低下する等の条件についても記載。</p> <p>【日照条件】 晴天時の坑口付近と坑内など、照度差により画像が白飛びする等の条件があれば記載（例：照度差 Oklx 以上の範囲では、撮像不可）。</p>
検出精度 (長さの相対誤差)	<p>ひび割れ長さ等、画像から得られる2点間距離の計測結果の真値との誤差の性能値について、相対誤差 (誤差÷真値) (%) で評価する。また、この性能を発揮する条件を記載すること。</p>	<p>【撮影速度】 Omm/s 【被写体との距離】 Om 【補助手段】 ・マーカ等本体以外の補助手段を必要とする場合はその旨記載</p>	
位置精度	<p>変状展開図と同一の座標系での変状位置座標の誤差の保証値について、各座標成分毎の絶対誤差 (mm) で評価する。また、この性能を発揮する条件を記載すること。</p>	<p>【撮影速度】 Omm/s 【被写体との距離】 Om 【補助手段】 ・マーカ等本体以外の補助手段を必要とする場合はその旨記載</p>	
色識別性能	<p>トンネル坑内における色調変化の把握可否を表す指標として、色調もしくは色の識別が可能であることを示す性能。 モノクロ画像では色調を変化させたシート、カラー画像では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カラーチャートを使用し、撮影画像からそれぞれの識別が可能かを目視により評価する。 (参考図-2 参照)</p>	<p>【撮影速度】 Omm/s 【被写体との距離】 Om 【補助手段】 ・マーカ等本体以外の補助手段を必要とする場合はその旨記載</p>	

4. 留意事項

技術の特徴をより詳細に表現するため、例えば以下の項目について、開発者が推奨する現場条件、運用条件を明記することが望ましい。統一的な項目・試験方法により求めたものではなく、技術毎に項目が異なったり、適用しようとする現場条件と必ずしも合致しないことに留意が必要である。

- ・ 気温条件
- ・ 時間帯
- ・ 計測時の走行速度条件
- ・ 渋滞時の計測可否
- ・ 設備等による死角条件
- ・ 車両から覆工表面までの距離条件
- ・ トンネル延長の制約
- ・ 車線数の制約
- ・ 断面形状の制約
- ・ トンネル内照明の消灯の必要性
- ・ その他の条件

参考資料ー２ カタログ項目の検証方法

カタログ方法の検証方法とは、メーカー等がカタログ値として記載する性能値を求めるための具体的な試験方法である。性能カタログに記載のない技術については、標準項目の性能値を受注者に求め、目的に適合するか確認することが考えられる。

【橋梁等】

構造物近傍での安定性能

■指標の意図

飛行型の技術について、構造物との距離がある値よりも短くなると気流の影響により UAV の挙動が不安定になり易く、そのような状況下で対象物に精度よく近接できるかを評価するものである。

このような運動性能を具備しない技術の場合は、特に記載する必要はない。

■特に記載を要する動作条件及び環境条件

【風速の条件】

飛行型等、運動性能に特に影響する場合のみ、上限となる風速や乱流下での運用可否を記載し、どのような風を設定あるいは計測したかは、別葉で記載すること。

■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。

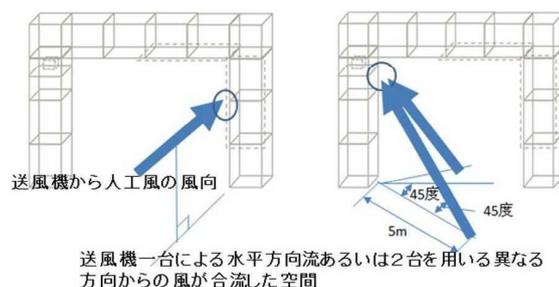


a. 自然風による検証のイメージ図

<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。



b. 人工風による検証のイメージ図(一例)

狭小進入可能性能

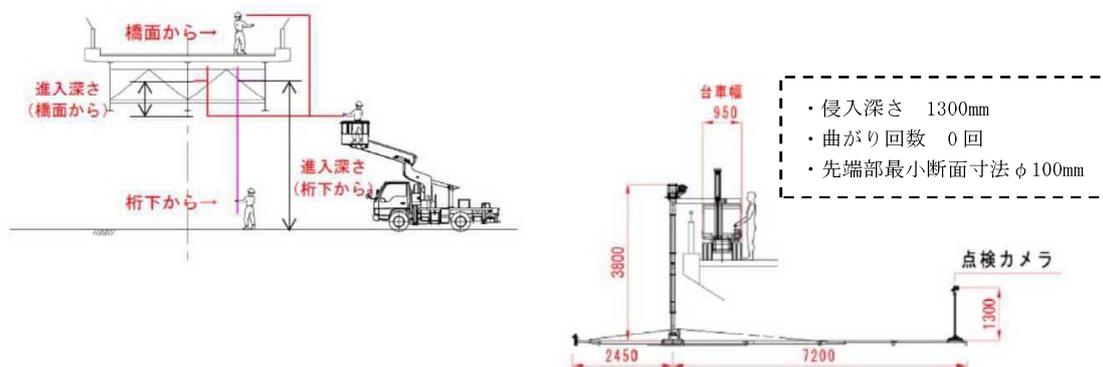
■指標の意図

技術を進入させたい狭小箇所への進入可能性として、断面寸法や屈曲した空間への対応能力を評価するもの。

■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評価に含まず、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、構造全体を評価する。

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。



最大可動範囲

■指標の意図

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評価する。作業性、効率性の把握に利用される。

■試験方法

特に規定なし

連続稼働時間

■指標の意図

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評価する。作業性、効率性の把握に利用される。

■特に記載を要する動作条件及び環境条件

【天候】 荒天対応の可否について記載。雨天が不可能な場合は、その旨記載し、雨天が可能な場合は、対応可能な時間雨量または降雨の形態（霧、霧雨、雨の別）を実際の試験時における天候状況より記載する。

【外気温】 性能を示す外気温の範囲として、実際の試験時における天候状況より記載する。

■試験方法

特に規定なし

運動位置精度

■指標の意図

運動位置の制御に用いられている測位機構の確からしさを評価するもの

■特に記載を要する動作条件及び環境条件

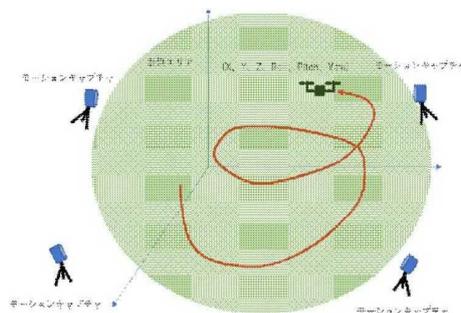
【天候】 荒天対応の可否について記載。雨天が不可能な場合は、その旨記載し、雨天が可能な場合は、対応可能な時間雨量または降雨の形態（霧、霧雨、雨の別）を実際の試験時における天候状況より記載する。

【外気温】 性能を示す外気温の範囲として、実際の試験時における天候状況より記載する。

■試験方法

任意のコースを飛行させ、GPS等移動位置を制御する測位機構によるログの結果と、3D モーションキャプチャーや自動追尾型トータルステーション等の外部測量機器により計測した結果を真値として比較し、座標成分別の測位誤差の最大値を記録する。

コースの設定や機器の選定等については、『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）を参考にすることが考えられる。



1) 画像計測技術

撮影速度

■指標の意図

効率性の把握

■特に記載を要する動作条件

【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。

最小ひびわれ幅・計測精度

■指標の意図

どこまで細かいひび割れ幅を画像から確認でき、画像からひびわれ幅を計測した結果の確からしさを評価する。

■特に記載を要する動作条件

【撮影速度】 ○m/s（試験時の結果を記載）

【被写体との距離】 ○m（試験時の結果を記載）

・ マーカー等本体以外の【補助手段】を必要とする場合は、試験時の設置間隔を記載する。

■特に記載を要する環境条件

【日照条件】 夜間飛行の可否や、被写体の輝度比の観点から、試験方法③を参考に、設定した条件で、性能が発揮されたものを記載する。

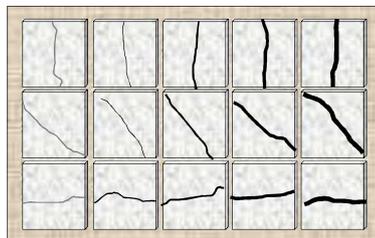
■試験方法

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、事前に以下のパターンを網羅した幅のひびわれを特定しておく。

※ 作成する供試体の内容は以下の通りとする。

(a) ひびわれ幅 0.05mm、0.1mm、0.2mm、0.3mm 及び 1.0mm を有すること

(b) 上記ひびわれ幅毎に「縦」「横」「斜め」の3方向のひびわれを有すること



模擬供試体のイメージ

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との誤差 (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、設定したひびわ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。

- ・ 10 klx 以上（晴れた日中の直射光）
- ・ 10 klx 未満（橋の下などの日陰）
- ・ 10 klx 未満 / 10 klx 以上の混在（照度差が 10 klx 以上）
- ・ 1 lx 未満（照明を用いて利用する場合）

④ 撮影画像を目視か自動検出により検出可能なひびわれを判定する。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目視か自動検出によりひびわれを求める。得られた結果より、最小ひびわれ幅を求める。

検出精度（長さの相対誤差）

■指標の意図

画像からひびわれ長さなど、複数の画像を合成したうえで計測した長さの確からしさを評価する。

■特に記載を要する動作条件

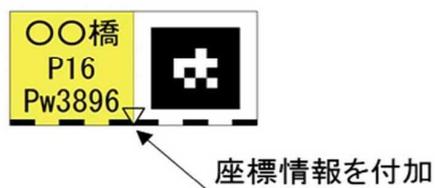
【撮影速度】 ○m/s（試験時の結果を記載）

【被写体との距離】 ○m（試験時の結果を記載）

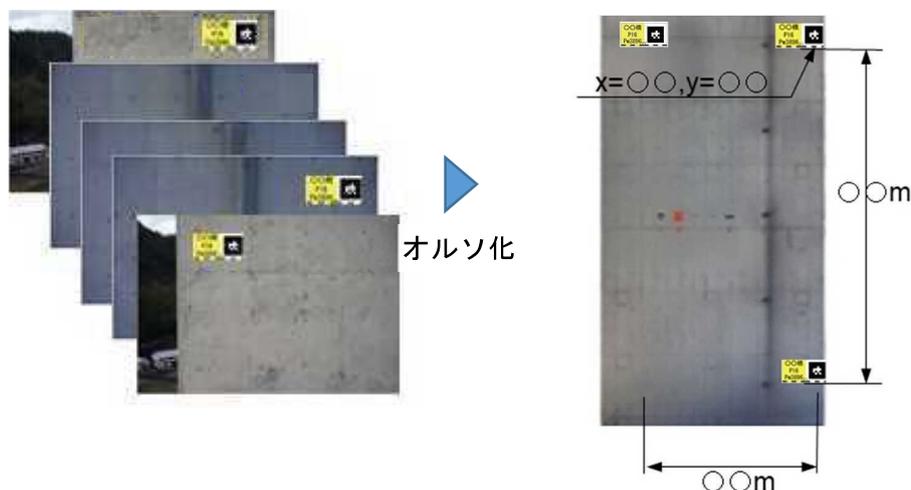
・ マーカー等本体以外の【補助手段】を必要とする場合は、試験時の設置間隔を記載する。

■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は、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。

位置精度

■指標の意図

画像に座標を与えた際の真位置とのズレを評価する。

■特に記載を要する動作条件

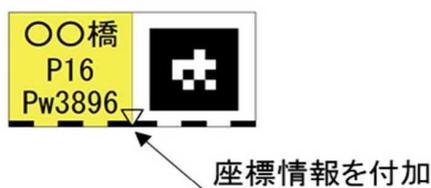
【撮影速度】 ○m/s (試験時の結果を記載)

【被写体との距離】 ○m (試験時の結果を記載)

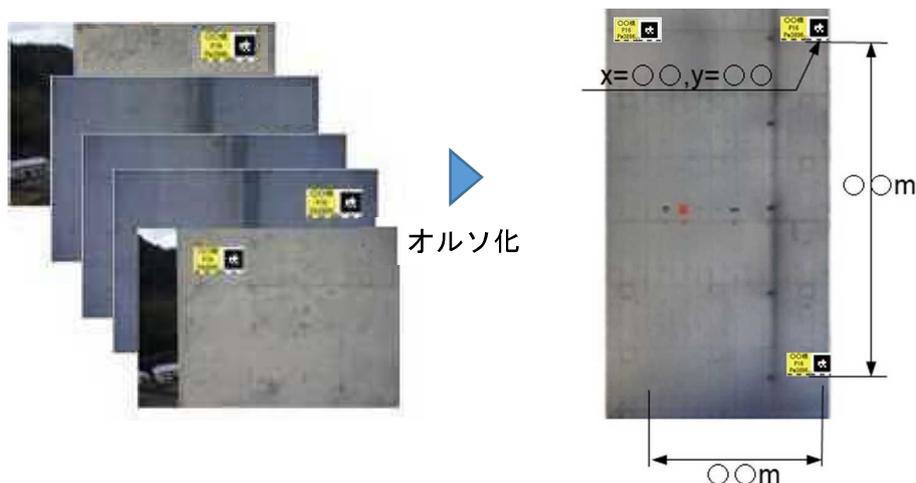
・ マーカー等本体以外の【補助手段】を必要とする場合は、試験時の設置間隔を記載する。

■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 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。



※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。

色識別性能

■指標の意図

環境照度による撮影画像の色ずれを調べ、環境照度への対応可否や夜間作業の可否等を評価する。

■特に記載を要する動作条件

照明等、日照条件を補正する機構を前提とする場合は、その能力を記載する。(仕様値で可能)

■特に記載を要する環境条件

【日照条件】夜間飛行の可否や、被写体の輝度比の観点から、試験方法②を参考に、設定した条件で、性能が発揮されたものを記載する。

■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。以下は標準的なパターンであるが、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。
 - ・ 10 klx 以上 (晴れた日中の直射光)
 - ・ 10 klx 未満 (橋の下などの日陰)
 - ・ 10 klx 未満 / 10 klx 以上の混在 (照度差が 10 klx 以上)
 - ・ 1 lx 未満 (照明を用いて利用する場合)
- ③ カラーチャートの撮影結果の各色見本の RGB 値と、真値の RGB 値からそれぞれ色度図にプロットする (左下の変換式利用。)

・ 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)



・ 環境照度下でのカラーチャート撮影結果



RGB値が管理されたカラーチャートを撮影した結果のRGB値の色ずれを、xy色度図により評価

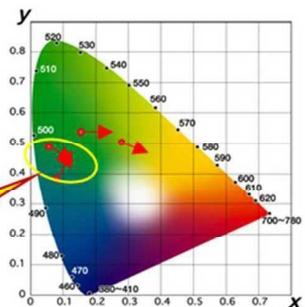
【色度図とsRGB変換式】

$$\begin{aligned} X &= 0.4124R + 0.3576G + 0.1805B \\ Y &= 0.2126R + 0.7152G + 0.0722B \\ Z &= 0.0193R + 0.1192G + 0.9505B \\ x &= X \div (X+Y+Z) \\ y &= Y \div (X+Y+Z) \\ z &= Z \div (X+Y+Z) \end{aligned}$$

真値のRGB値から算出

撮影成果のRGB値から算出

色ずれのベクトルが交わっているということは、色調差を誤認すること



2) 非破壊検査技術

撮影速度

■指標の意図

効率性の把握

■特に記載を要する動作条件

【測定密度】 点/m² (試験時の結果を記載する。)

■試験方法

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)

性能曲線

■指標の意図

スクリーニングの信頼性に関わる「検出率」と、効率に関わる「ヒット率」は一般的にトレードオフの関係にあり、対象物に合わせて設定がなされるものであることから、性能の表現方法として、検出率とヒット率の関係をプロットした「性能曲線」により、状況に合わせた技術の選定を可能とする。

例えば、点検員自らの能力を「検出率」等の指標で把握し、当該技術の性能を理解したうえで、点検員による検出漏れ抑止の目的で併用する等が考えられる。

なお、異常範囲の正確さについては、スクリーニング技術であることから、最終的には点検員が打音ハンマーにより確定するものなので、性能としては特段求めないものとする。

■特に記載を要する動作条件

【測定密度】 (点/m²) (試験時の結果を記載する。的中率とヒット率の組合せ毎に測定密度が異なる場合は、組み合わせ毎に記載する。)

【検出時間】 (分) ※時間変化の差を検出する原理の場合、試験時の結果を記載する。

■試験方法

非破壊検査技術の性能検証にあたっては、1つの測定原理において全ての部材、劣化状況を完全に網羅することは困難であることから、実物による検証で比較可能な性能を示すのは困難である。(結局、現地でのキャリブレーションが生じるため。)したがって、性能評価としては比較的広く受容可能と思われる国総研資料第953号を参考にした模擬うきによるものとする。

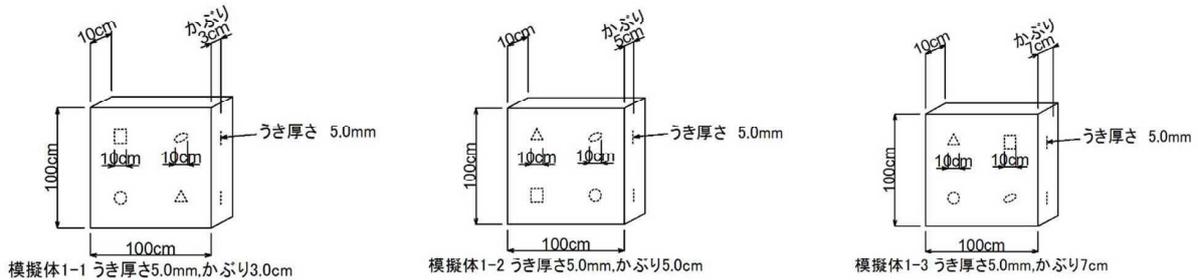
① 模擬体製作

(a) 橋梁における有筋部分のうきの模擬体として、国総研資料第953号「コンクリート片落下による第三者被害の予防措置技術の性能試験法に関する検討(参考資料)コンクリート片落下防止対策の性能試験法(案)の供試体製作編」を参考に、技術が対象とする構造物の状況を鑑みて適切に製作する。

(b) 模擬うきの大きさ・深さは、①空洞サイズ(10cm四方^{*1})、②被りの別(3cm、5cm、7cm^{*2})のパターン別に作成し、模擬空洞の厚さは5mmとする。模擬体はすべて鉄筋入りとする。

※¹ 定期点検で捉えるべき異常は、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）と定めた。

※² 床版の標準的な被りとして 3cm、下部工の標準的な被りとして 5cm 及び 7cm を作成する。



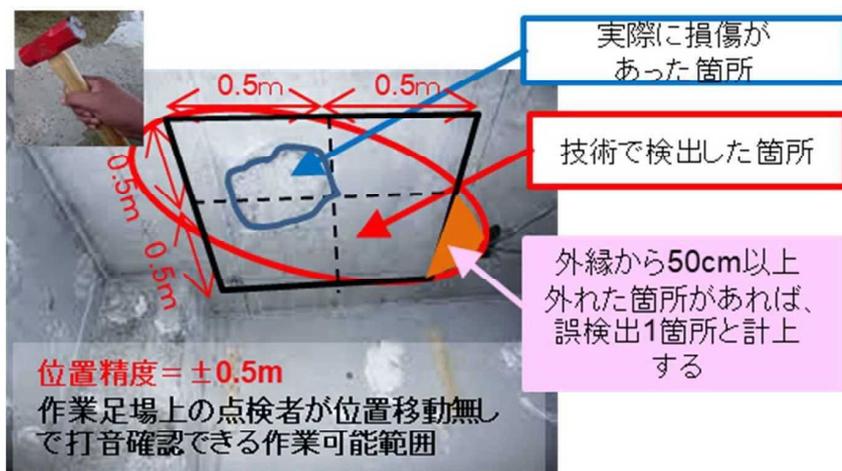
② 模擬体設置及び計測

(a) 技術が対象とする構造物がおかれる代表的な環境下（気温、日照環境等）や使用条件（測定距離）を再現した個所に模擬体を設置したうえで、性能曲線を描画できるだけの設定パターンだけ、計測を実施する。

③ 検出率とヒット率の評価

(a) スクリーニングの成否については、検出率としては、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。ヒット率としては、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。これは、作業足場の点検者が位置移動無しで打音確認できる範囲を外れると、効率に影響するためである。ただし、模擬体を利用する場合、隣接する模擬うきの間隔を 1 m も確保できない場合は、外縁から模擬うきの間隔の半分程度の範囲から外れれば後検出と評価することが考えられる。

(b) 検出率とヒット率を求め、曲線で補完をする。なお、検出率とヒット率の組合せ数は、少なくとも最大の検出率を發揮する際のヒット率の組合せ 1 点以上は求めること。



位置精度

■指標の意図

スクリーニング結果に基づいて点検者が実際の叩き点検を行うことから、その効率性を考えると、技術による損傷検出位置に設置した作業足場から叩ける程度の位置検出誤差に収まるか評価する。

■特に記載を要する動作条件

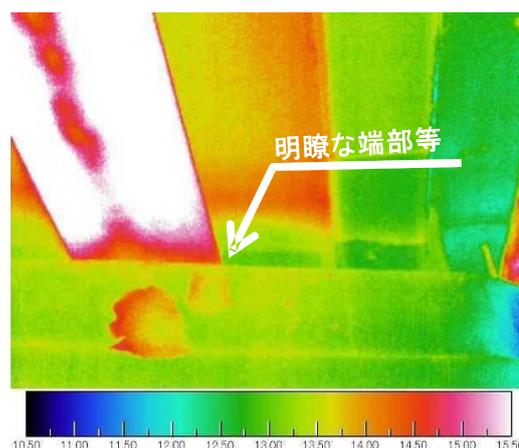
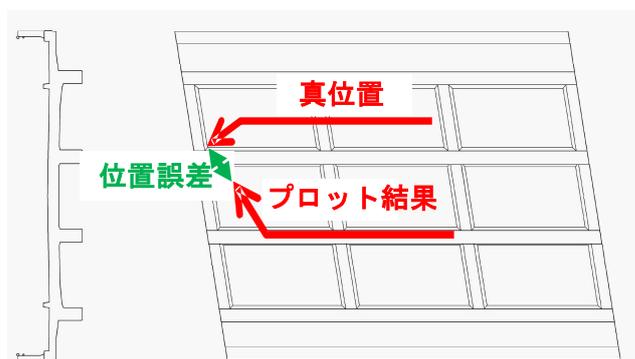
【測定密度】（点/m²）（試験時の結果を記載する。）

- ・ マーカー等本体以外の【補助手段】を必要とする場合は、試験時の設置間隔を記載する。

■試験方法

位置付与の正確さを評価するものであることから、検出性能に影響されないような、明瞭な地物（例えば、温度差で検出するような技術であれば、座標の真値を明瞭な端部としたり、意図的に加熱する等）に対して、当該技術を通じて描画した損傷図の座標と、真値の座標を比較する。

※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。



【トンネル（覆工画像計測技術）】

最小ひび割れ幅・計測精度

■指標の意図

どこまで細かいひび割れ幅を画像から確認でき、画像からひび割れ幅を計測した結果の確からしさを評価する。

■特に記載を要する動作条件

【撮影速度】 ○m/s（試験時の結果を記載）

【被写体との距離】 ○m（試験時の結果を記載）

・ マーカー等本体以外の【補助手段】を必要とする場合は、試験時の設置間隔を記載する。

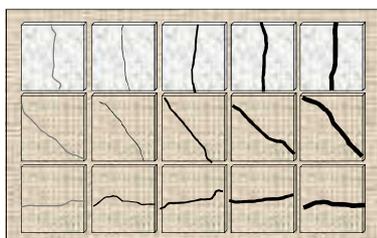
■特に記載を要する環境条件

【日照条件】 昼間の直射日光による坑口の照度差の観点から、試験方法③を参考に、設定した条件で、性能が発揮されたものを記載する。

■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



模擬供試体のイメージ

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との誤差（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であるが、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 撮影画像を目視か自動検出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目視か自動検出によりひび割れを求める。得られた結果より、最小ひび割れ幅を求める。

検出精度（長さの相対誤差）

■指標の意図

画像からひび割れ長さなど、複数の画像を合成したうえで計測した長さの確からしさを評価するもの。

■特に記載を要する動作条件

【撮影速度】 ○m/s（試験時の結果を記載）

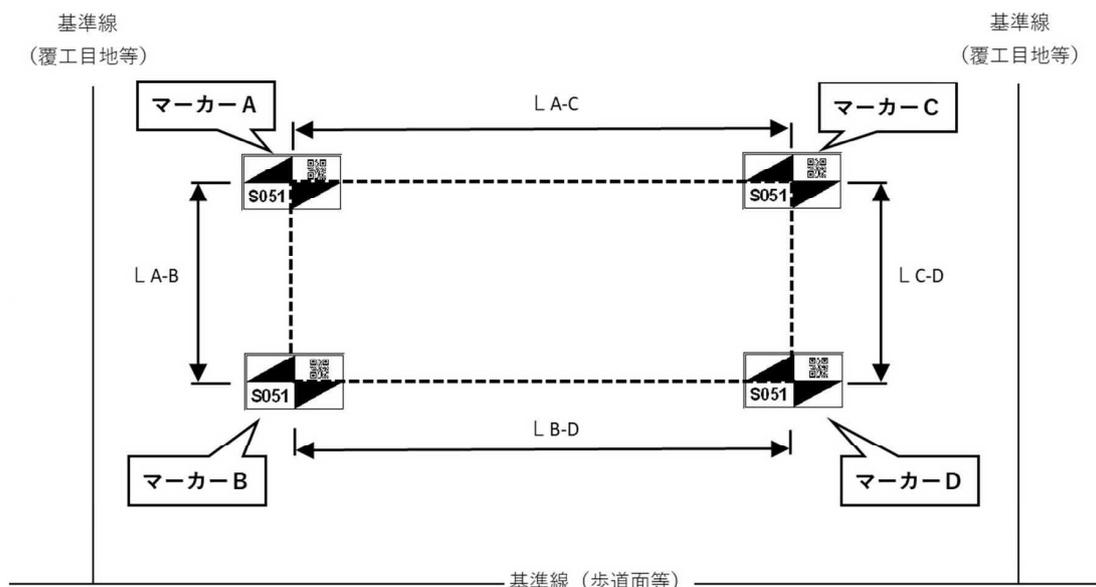
【被写体との距離】 ○m（試験時の結果を記載）

- ・ マーカー等本体以外の【補助手段】を必要とする場合は、試験時の設置間隔を記載する。

■試験方法

- ① トンネル壁面の4箇所、目印となるマーカーを設置する（下図）。
 - ・ 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箇所のマーカー間の縦断・横断方向の距離を求める。
- 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。



位置精度

■指標の意図

画像に座標を与えた際の真位置とのズレを評価するもの。

■特に記載を要する動作条件

【撮影速度】 ○m/s (試験時の結果を記載)

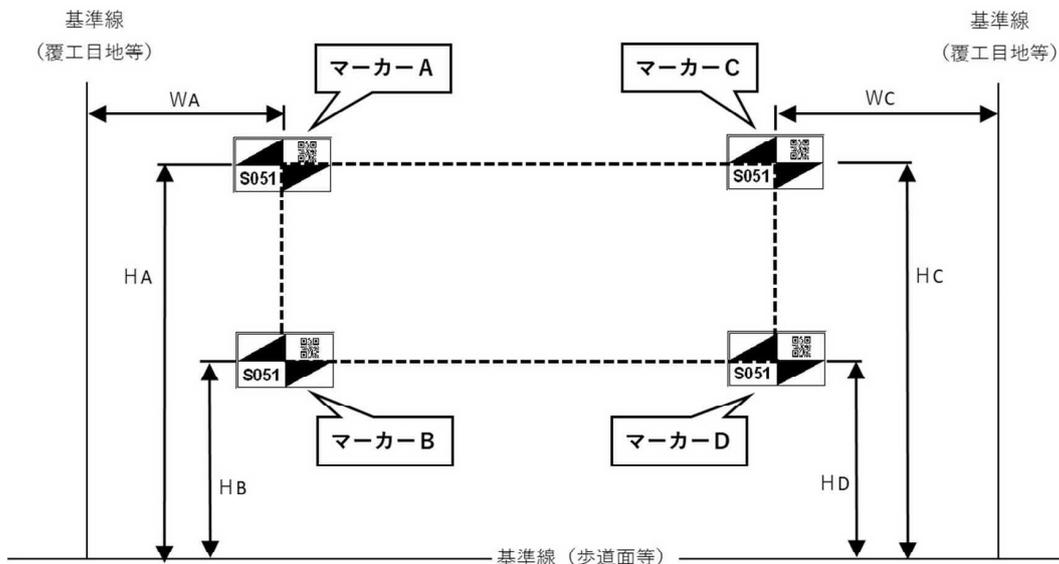
【被写体との距離】 ○m (試験時の結果を記載)

・ マーカー等本体以外の【補助手段】を必要とする場合は、試験時の設置間隔を記載する。

■試験方法

- ① トンネル壁面の4箇所、目印となるマーカーを設置する(下図)。
 - ・ 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 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)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。



色識別性能

■指標の意図

トンネル坑内における色調変化の把握可否を表す指標として、色調もしくは色の識別が可能なことを示す性能

■特に記載を要する動作条件

照明等、日照条件を補正する機構を前提とする場合は、その能力を記載する。(仕様値で可能)

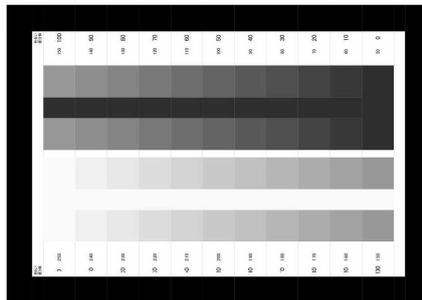
■特に記載を要する環境条件

【日照条件】昼間の直射日光による坑口の照度差の観点から、「最小ひび割れ幅・計測精度」の試験方法③を参考に設定した条件で、性能が発揮されたものを記載する。

■試験方法

【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：下図)。
- 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撮影結果の各色見本のRGB値と、真値のRGB値からそれぞれ色度図にプロットする(次頁左側の変換式利用。) 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。

・ 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	74,86,58	118,111,154	128,168,157
164,117,48	79,75,140	143,84,80	68,51,83	144,168,74	184,155,81
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	74,86,58	118,111,154	128,168,157
164,117,48	79,75,140	143,84,80	68,51,83	144,168,74	184,155,81
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

RGB値が管理されたカラーチャートを撮影した結果のRGB値の色ずれを、xy色度図により評価

【色度図とsRGB変換式】

$$X = 0.4124R + 0.3576G + 0.1805B$$

$$Y = 0.2126R + 0.7152G + 0.0722B$$

$$Z = 0.0193R + 0.1192G + 0.9505B$$

$$x = X \div (X + Y + Z)$$

$$y = Y \div (X + Y + Z)$$

$$z = Z \div (X + Y + Z)$$

真値のRGB値から算出



撮影成果のRGB値から算出

色ずれのベクトルが交わっているということは、色調差を誤認するということ

