

(調査検討事項)

定期点検の更なる効率化・合理化に向けた取組

- ✓ 性能カタログの拡充
- ✓ 参考資料(案)の作成
- ✓ 定期点検で活用する技術のレベル分け(案)

ガイドライン・性能カタログの概要

- ガイドラインは、定期点検業務の中で受発注者が使用する技術を確認するプロセス等を例示。
- 性能カタログは、国が定めた技術の性能値を開発者に求め、カタログ形式でとりまとめたもので、受発注者が新技術活用を検討する場合に参考とできる。

新技術利用のガイドライン

定期点検業務の中で受発注者が確認するプロセスを整理

受注者

発注者

新技術の性能カタログ

新技術を選ぶ際に
性能確認の参考として活用



技術を選定

技術を活用

※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、発注する場合

業務委託
(技術活用を含む)

点検支援技術の活用範囲や
活用目的等を明確化

業務委託の準備

活用技術を**協議**

活用技術を**承諾**

技術を確認

新技術の性能カタログ

協議のあった新技術の
適用性や性能の確認に活用



○ これまでに国で技術公募し、国管理施設等の定期点検業務で仕様確認を行った16技術を対象にカタログを作成(平成31年2月時点)。

①橋梁等(画像計測技術)

- カメラを搭載したドローンやアーム型ロボットで道路橋の損傷写真を撮影



②橋梁等(非破壊検査技術)

- ドローンやアーム型の機械に搭載した打音機構や赤外線等によりコンクリートのうき・剥離を検査



③トンネル(覆工画像計測技術)

- カメラを搭載した車両でトンネル内を走行し、覆工の変状写真を撮影



掲載技術【16技術】 2019年 2月時点

◇ 橋梁等(画像計測技術)【7技術】

構造物点検ロボットシステム「SPIDER」	1
非GPS環境対応型ドローンを用いた近接目視点検支援技術	8
マルチコプターによる近接撮影と異状箇所の2次元計測	15
マルチコプターを利用した橋梁点検システム(マルコ TM)	22
「橋梁点検カメラシステム視る・診る」による近接目視、打音調査等援助・補完技術	29
橋梁等構造物の点検ロボットカメラ	36
橋梁下面の近接目視支援用簡易装置「診れるんです」	43

◇ 橋梁等(非破壊検査技術)【5技術】

赤外線調査トータルサポートシステム Jシステム	50
ボール打検機	57
橋梁点検支援ロボット	64
近接目視・打音検査等を用いた飛行ロボットによる点検システム	71
コンクリート構造物変形部検知システム「BLUE DOCTOR」	78

◇ トンネル(覆工画像計測技術)【4技術】

走行型高速3Dトンネル点検システム MIMM-R(ミーム・アール)	85
走行型高精度画像計測システム(トンネルトレーサー)	90
道路性状測定車両イーグル(L&Lシステム)橋梁点検支援ロボット	95
トンネル覆工コンクリート内部・表面調査システム	100

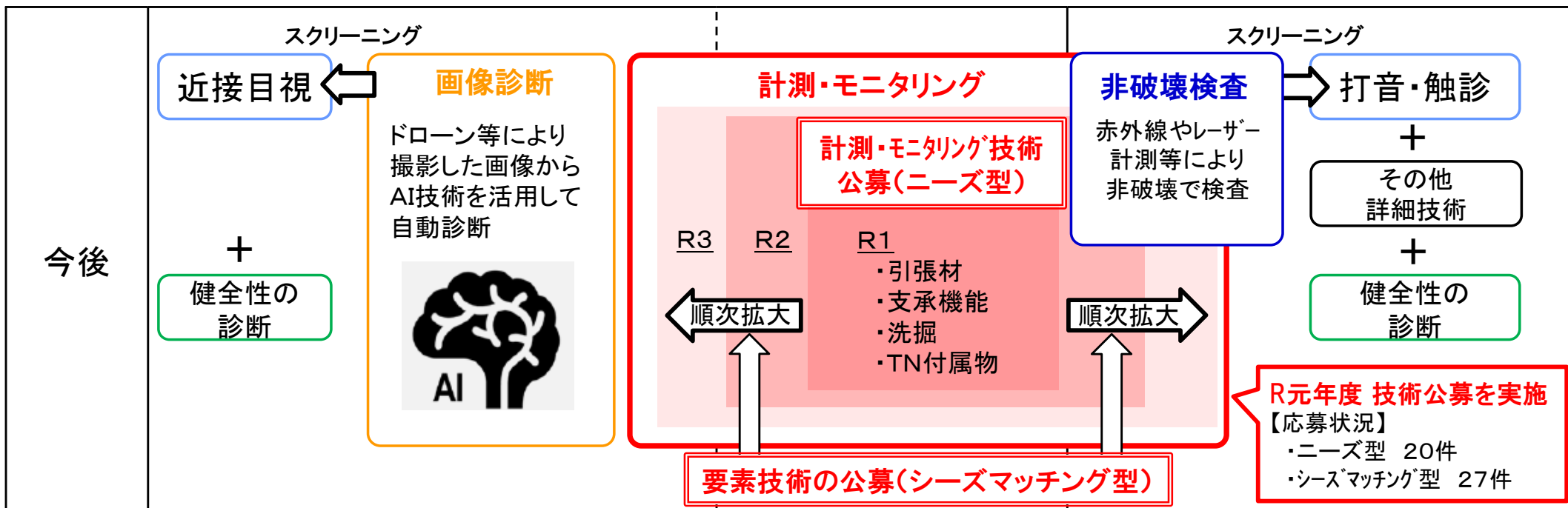
※性能カタログ(案)目次より抜粋

近接目視によらない点検方法の開発

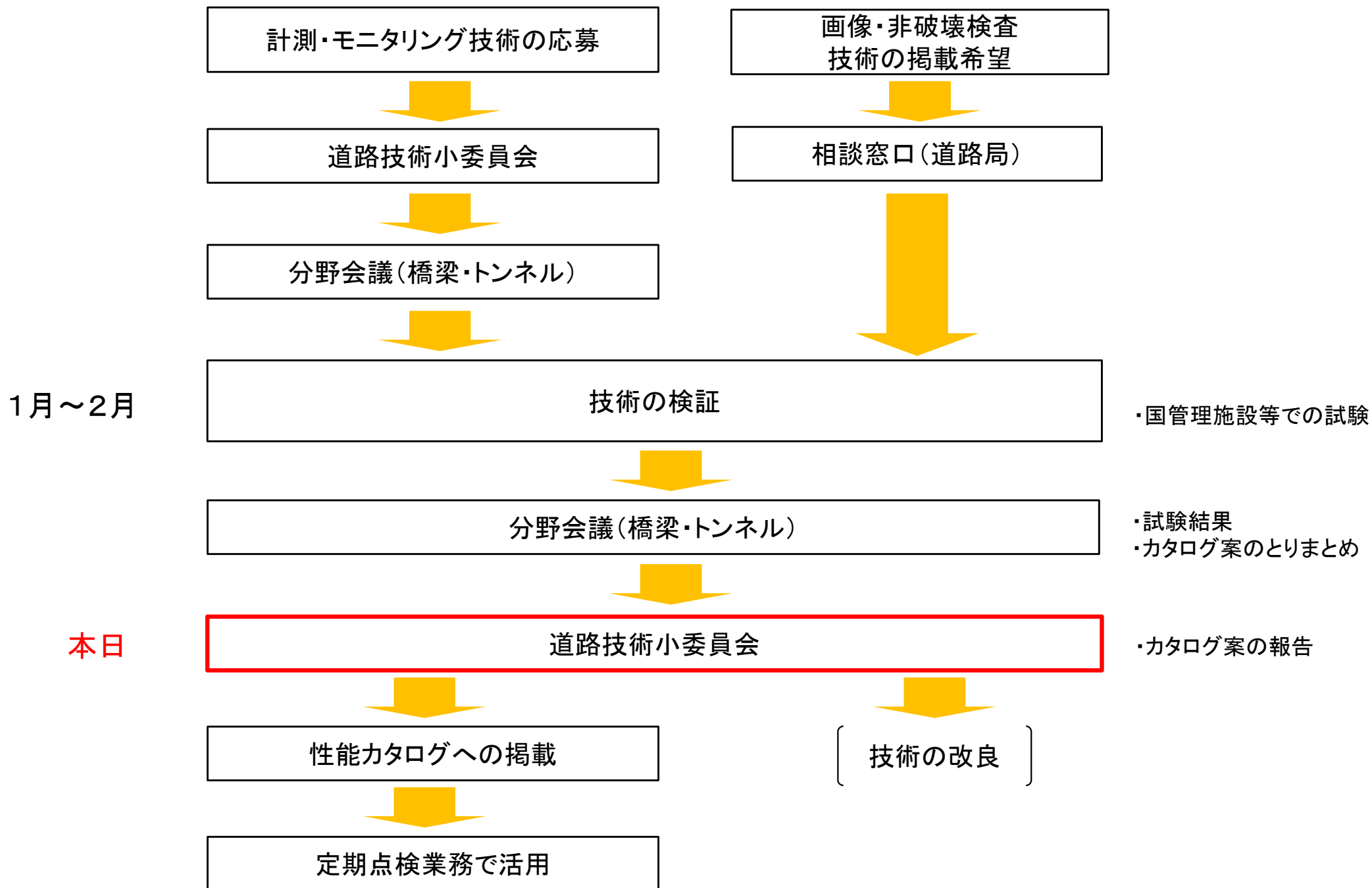
損傷	外観から見える損傷	外観から見えにくい損傷	外観から見えない損傷
現在	<div style="border: 1px solid blue; padding: 5px; text-align: center;">近接目視 又は</div> <div style="border: 1px solid orange; padding: 5px; text-align: center;">画像撮影技術</div> <div style="text-align: center;">+</div> <div style="border: 1px solid green; padding: 5px; text-align: center;">健全性の診断</div>	<div style="border: 1px solid blue; padding: 5px; text-align: center;">打音・触診</div> <div style="text-align: center;">+</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">その他詳細技術</div> <div style="text-align: center;">+</div> <div style="border: 1px solid green; padding: 5px; text-align: center;">健全性の診断</div>	

近接目視によらない点検・診断方法を確立・導入

※技術を適材適所に活用



技術公募・カタログ拡充の流れ



性能カタログ(案)の作成方針

- 応募技術の特徴を踏まえ、画像計測技術、非破壊検査技術、計測・モニタリング技術、データ収集・通信技術に分類
- 技術分類ごとに国がカタログ案を作成し、1月～2月の試験を通じて開発者がカタログ項目に対する性能値を整理

技術の分類		検出項目	カタログ分類
画像計測技術 (橋梁:24技術) (トンネル:8技術)	点検技術者が <u>目視の範囲で</u> <u>残存強度や負荷を推定</u> し、 健全性を診断	腐食・斜材の変状(2技術)	画像計測技術 カタログ(既存拡充)
		ひびわれ(22技術)(8技術)	
非破壊検査技術 (橋梁:11技術) (トンネル:6技術)		腐食(1技術)	非破壊検査技術 カタログ(既存拡充)
		き裂(1技術)	
		うき(7技術)(6技術)	
		漏水・滞水(1技術)	
		塩化物イオン濃度(1技術)	
計測・モニタリング技術 (橋梁:25技術) (トンネル:3技術)	<u>定量的な推定値に基づき</u> <u>残存強度や負荷を判断</u> し、 健全性を診断	変位(10技術)(1技術)	計測・モニタリング技術 カタログ(新規)
		張力(3技術)	
		反力(1技術)	
		振動特性(7技術)(1技術)	
		電位(1技術)	
		3次元座標(3技術)(1技術)	
データ収集・通信技術 (3技術)		データ収集・通信(3技術)	データ収集・通信技術 カタログ(新規)

橋梁60技術、トンネル17技術、その他3技術 ⇒ 合計**80技術**を掲載

技術検証(試験)の流れ

- 開発者が作成したカタログ素案(フェーズ1)をベースに、標準試験(フェーズ2)、現場試験(フェーズ3)を実施。
- フェーズ2では、代表的な標準供試体による試験を行い、応募技術の原理を確認。
- フェーズ3では、実構造物を対象に応募技術の計測レンジ内での動作確認を実施。

フェーズ1 カatalog素案の作成(カatalog値の整理)

- 国が示したカatalog案に対して、開発者が対象技術の原理が成立する条件下での理論値又は試験値を整理

フェーズ2 標準試験(今回実施できるものは実施)

- 原理や機械の特徴が把握でき同じ尺度で比較できる、かつ現場の様々な状態を限定的ながらも代表する標準供試体(モデル橋梁)を用いて試験を実施し、標準試験値を整理

フェーズ3 現場試験(今回実施できるものは実施)

- 対象技術の原理が成立する条件下において実構造物を用いた試験を実施し、現場試験値を整理(動作確認サンプル)

<各フェーズの相関関係>



フェーズが上がるほど
条件が絞り込まれる

技術検証の結果の整理

- 技術検証(フェーズ2・3)の結果を確認シートに整理し、性能カタログに綴じ込み。
- 確認シートには試験対象部材、試験方法、試験結果(計測精度等)が整理されており、性能カタログに綴じ込むことで開発者がカタログ項目毎に整理する性能値の根拠資料として活用可能。

計測・モニタリング技術「永久磁石を用いたPCケーブル張力の計測技術」の確認シートの例

技術番号	BR030013-V0020			
技術名	永久磁石を用いたPCケーブル張力の計測技術	開発者名	住友電工株式会社	
試験日	平成30年 2月 28日	天候	晴	
	気温	- °C	風速	- m/s
試験場所	住友電工工業株式会社 伊丹製作所			
カタログ分類	計測・モニタリング技術 カタログ	検出項目	張力	
		試験フェーズ	社内試験	

※試験で複数のカタログ項目の確認を行う場合、これ以降の各事項をカタログ項目ごとに記載すること

試験で確認するカタログ項目	計測精度(再現性)
---------------	-----------

対象構造物の概要 ※対象構造物の一般図、全体写真、計測対象となる部位・部材の写真を記載すること

1. 対象部材

- ・PC鋼より線および計測装置(写真-1)
- ・マルチストランドケーブル(PC鋼より線を束ねて構成するケーブル)(写真-2)

写真-1 PC鋼より線への設置イメージ

写真-2 マルチストランドケーブルへの設置イメージ

試験方法(手順)

- ① 計測用サンプル(φ15.2ECFストランド)を試験機に設置する。
- ② 緊張力が0kNの状態ですべて計測用サンプルに計測装置を設置し、その時の計測値を記録する。その後計測装置を除外する。
- ③ 計測用サンプルを50kNまで緊張する。計測用サンプルに計測装置を設置し、その時の計測値を記録する。その後計測装置を除外する。
- ④ 緊張力を100kN、150kN、199.8kN、150kN、100kN、50kN、0kNの順に緊張力を替えながら③と同様に計測装置の取付け、計測および計測装置の取外しを繰り返す。
- ⑤ ②～④を3回繰り返す。

開発者による計測機器の設置状況 ※計測機器の設置状況が分かるように、写真や図で示すこと

図-1 試験概要図

写真-3 試験体設置状況

写真-4 計測装置およびデータ収集装置

表-2 φ15.2ECFストランドの機械的性質

規格	引張強さ f_{yk} [kN]	引張強さ f_{tk} [kN]	伸び [%]
引張強さ f_{yk} に対する	2222	2263	2.35

計測結果の比較 ※開発者による計測データと立会者による計測データの比較を記載 ※計測原理に照らし、①性能(精度・信頼性)を確保するための条件、②本試験時の条件を漏れなく記載

1. 計測結果

- ・計測結果を図-3に示す。
- ・再現性による誤差は定格(±199.8kN)の±5%以内であることが確認できた。

図-3 計測結果

- 性能カタログは、国が定めた標準項目に対する性能値を開発者に求め、開発者から提出されたものとカタログ形式でとりまとめたもの。令和2年5月時点で80技術を掲載予定。

性能カタログの構成(案)

第1章 性能カタログの活用にあたっての留意事項

1. 性能カタログの目的
 2. 性能カタログ標準項目を記載するにあたっての留意事項
 - (1)性能の裏付け
 - (2)諸元・使用
 - (3)調達・契約にあたってのその他必要な事項
 - (4)その他
 3. 点検支援技術に関する相談窓口の設置
- 付録1 点検支援技術性能カタログの標準項目

第2章 性能カタログ

- 画像計測技術(橋梁/トンネル)
非破壊検査技術(橋梁/トンネル)
計測・モニタリング技術(橋梁/トンネル)
データ収集・通信技術
- 付録2 技術の性能確認シート

1. 性能カタログの目的

- 利用や機器等の選択にあたっては、自由に、しかし、点検支援機器の誤差特性や原理上の適用限界等を把握したうえで、出荷物としての機器等が保証する性能の範囲で活用すること、また、定期点検を行う者が結果の解釈や利用に責任を持つことになる。
- 機器等の原理や誤差特性等の表示がある程度共通されることで、その選択や選定が円滑に行われることが期待される。

2. 性能カタログ標準項目を記載するにあたっての留意事項

- 根拠や妥当性も利用者がある程度の考察ができるように、機器等のセンシングの物理・工学的原理、また、開発者が実施した性能の確認試験等の結果の有無、入手の可否が記載。
- 機器等の外寸や外的環境に応じた動作条件が記載。
- 調達・契約にあたって、そのほか必要な事項を記載。
- 付録として、公募等を通じて国が準備した共通の供試体や現地で試行を行った結果があれば示される。
- 性能カタログにおける国が定めた標準項目は、法的に国が定めるものではない。しかし、利用者がその利用の適否を判断するために基本的に必要な情報で、かつ利用者が理解しやすいことを念頭において示している。

性能カタログ(案)の目次構成案①

カタログ分類	検出項目	技術名
画像計測技術カタログ	腐食・斜材の変状	<ul style="list-style-type: none"> ・コロコロチェッカー ・超望遠レンズによる高層建造物の外観検査技術
	ひび割れ	<ul style="list-style-type: none"> ・構造物点検調査ヘリシステム(SCIMUS:スキームス) ・主桁フランジ把持式点検装置(Turrets タレット) ・可視画像を用いたAIによるひび割れ自動検出技術 ・光波測量機「KUMONOS」及び高解像度カメラを組み合わせた高精度点検システム「シン・クモノス」 ・画像解析を用いたコンクリート建造物のひび割れ定量評価技術 ・ワイヤ吊下式目視点検ロボット ・全方向衝突回避センサーを有する小型ドローン技術 ・画像計測ソリューション「CruxLink Capture」 ・画像計測ソリューションNivo-I ・UAV を用いた近接撮影による橋梁点検支援システム ・高精細画像による橋梁下面や主塔のクラック自動抽出システム ・構造物点検ロボットシステム「SPIDER」 ・非GPS環境対応型ドローンを用いた近接目視点検支援技術 ・橋梁点検用ドローンによる構造物2次元画像解析と3Dモデル構築技術 ・マルチコプタ点検システム「マルコ®」 ・橋梁点検支援ロボット+橋梁点検調書作成支援システム ・橋梁等建造物の点検ロボットカメラ ・橋梁下面の近接目視支援用簡易装置「診れるんです」 ・二輪型マルチコプタ及び3D技術を用いた点検データ整理技術 ・遠方自動撮影システム ・画像によるRC床版の点検・記録システム ・社会インフラ画像診断サービス「ひびみつけ」 ・画像解析を用いたコンクリート建造物のひび割れ定量評価技術 ・社会インフラ画像診断サービス「びびみつけ」 ・走行型高精細画像計測システム(トンネルレーサー) ・道路性状測定車両イーグル(L&Lシステム) ・社会インフラモニタリングシステム(MMSD® II) ・走行型高速3Dトンネル点検システムMIMM-R(ミームアール)/MIMM(ミーム) ・一般車両搭載型トンネル点検システム ・トンネル覆工表面撮影システム

凡例
 黒字:橋梁
 青字:トンネル

性能カタログ(案)の目次構成案②

カタログ分類	検出項目	技術名
非破壊検査技術カタログ	腐食	<ul style="list-style-type: none"> • 全磁束法によるケーブル非破壊検査
	き裂	<ul style="list-style-type: none"> • 鋼材表面探傷システム
	うき	<ul style="list-style-type: none"> • デジタル打音検査とデジタル目視点検の統合システム • 赤外線調査トータルサポートシステム Jシステム • ポール打検機 • 橋梁点検支援ロボット+橋梁点検調書作成支援システム • 近接目視・打音検査等を用いた飛行ロボットによる点検システム • コンクリート構造物変状部検知システム「BLUE(ブルー) DOCTOR (ドクター)」 • 最大6mの距離でプラスチック弾を発射し、反響音の弾性波成分から内部空洞を検知するシステム • デジタル打音検査とデジタル目視点検の統合システム • 道路性状測定車両イーグル • レーザー打音検査装置 • 天秤方式移動型レーダ探査技術 • 打音検査ユニット • 走行型高速3Dトンネル点検システムMIMM-R(ミーム・アール)
	漏水・滞水	<ul style="list-style-type: none"> • 床版上面の損傷箇所判定システム
	塩化物イオン濃度	<ul style="list-style-type: none"> • コンクリートビュー

凡例
 黒字: 橋梁
 青字: トンネル

性能カタログ(案)の目次構成案③

カタログ分類	検出項目	想定される事象	技術名
計測・モニタリング技術 カタログ	変位	支承の機能障害	<ul style="list-style-type: none"> • FBG方式光ファイバーひずみセンサーを用いた橋梁モニタリングシステム • サンプリングモアレカメラ • 光学振動解析技術 • 非接触変位計測システム Measure LABO 支承ドクター • FBG方式光ファイバーセンサー • IoTカメラを用いた支承機能モニタリングシステム
		疲労損傷度	<ul style="list-style-type: none"> • 橋守疲労センサーによる橋梁の疲労損傷度モニタリング技術
		活荷重たわみ	<ul style="list-style-type: none"> • たわみ計測による耐荷力指標算出システム • 光学振動解析技術
		遊間の異常	<ul style="list-style-type: none"> • 桁端部異常検知モニタリングシステム
		トンネル付属物の変状	<ul style="list-style-type: none"> • OSVを活用したトンネル付属物の監視技術
	張力	PCケーブル・吊材	<ul style="list-style-type: none"> • FGB方式光ファイバーひずみセンサーを用いた橋梁モニタリングシステム(プレストレス喪失) • 光ファイバを用いたPCケーブル張力分布の計測技術 • 永久磁石を用いたPCケーブル張力の計測技術
	反力	支承の機能障害	<ul style="list-style-type: none"> • 支承部の荷重計測システム
	振動特性	洗掘	<ul style="list-style-type: none"> • 3軸加速度センサを用いた傾斜計による、橋脚の傾斜角度変異モニタリングシステム • 下部工基礎の洗掘モニタリングシステム • 加速度センサを用いた洗掘量および傾斜角のモニタリング
		剛性評価	<ul style="list-style-type: none"> • 無線時刻同期加速度センサシステムによる損傷検知技術 • 低周波3軸加速度センサによる主構造物の振動解析技術 • 橋梁の性能モニタリング技術(省電力無線センサによる遠隔モニタリングシステム) • 無線センサネットワーク構造モニタリング
		トンネル付属物の変状	<ul style="list-style-type: none"> • 3軸加速度センサを用いた傾斜計による、トンネル内付属物(照明器具・標識等)の傾斜角度変異モニタリングシステム

凡例
 黒字:橋梁
 青字:トンネル

性能カタログ(案)の目次構成案④

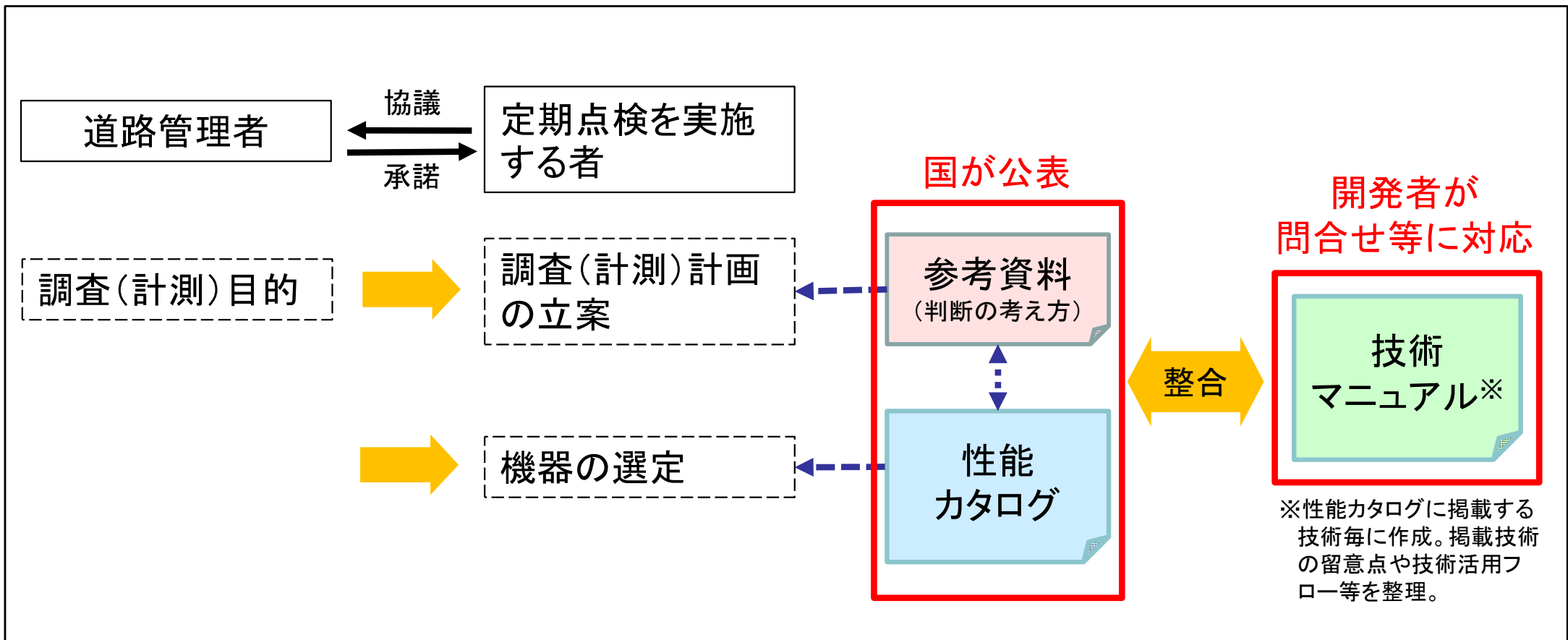
カタログ分類	検出項目	想定される事象	技術名
計測・モニタリング技術 カタログ	電位	鉄筋腐食	・塩害補修効果モニタリングシステム
	3次元座標	洗掘	・広帯域超音波による橋梁基礎の洗掘の計測技術 ・水中3Dスキャナーによる水中構造物の形状把握システム ・航空レーザ測深による橋梁基礎の洗掘状況モニタリング技術
		形状の把握	・MIMM-Rのレーザースキャナーを活用したトンネル内装板背面の覆工変状の監視技術
データ収集・通信技術 カタログ	データ収集・通信		・IPカメラだけで夜間運用、録画運用可能なエッジ技術 ・ネットワーク構造モニタリング ・電源不要で変位・応力・荷重等のデータをスマホで確認可能な技術

凡例
 黒字:橋梁
 青字:トンネル

参考資料・性能カタログ・技術マニュアルの関係

- 定期点検を行う者が機器等を用いて適切に調査(計測)できるよう、機器等の原理や適用条件、性能値を整理した性能カタログ(項目は国、性能値は開発者)を作成するとともに、現場で機器等を適切に活用するために必要な情報を整理した技術マニュアル(開発者)を作成。
- あわせて、定期点検を行う者が調査目的に応じて機器等を用いた調査(計測)計画の立案や結果の活用等を適切に行えるように、判断の考え方を参考資料(国)として作成

<3つの資料の相互関係>



- 技術マニュアルは、機器等を用いて定期点検を行う者が現場で適切に機器等を活用して調査(計測)し、また結果を適切に活用するために参考となる技術情報を開発者が整理。
- 技術マニュアルには、概要、原理、適用条件、精度と信頼性に与える留意点、調査手順、調査結果の解釈の留意点、記録、参考図書等について整理されており、技術の活用にあたり必要に応じて開発者から提供を受けて活用。

計測・モニタリング技術「永久磁石を用いたPCケーブル張力の計測技術」の技術マニュアルの例

1.1 概要

本技術は磁気応力効果(磁歪の逆効果)を原理とするPCケーブルの張力計測技術であり、主な用途は緊張時のPCケーブルの張力の計測、およびその後の張力の長期的なモニタリングである。本技術はPC鋼より線の引張応力の変化をPC鋼より線の磁化の変化として評価することで、非破壊的にPC鋼より線の張力を計測する。本技術ではPC鋼より線への励磁に永久磁石を用いており、電磁石と異なり大型の電源を必要としない。そのため、小型・計量、省エネルギーなどの特長を有する。

機器構成はPC鋼より線に設置するセンサ部と小型の計測装置の2つからなる。計測装置には乾電池を設置可能で、間欠動作による定期的な記録が可能であるが、USBケーブルを介してパソコンと接続することでパソコンでの即時データ表示も可能である。センサ部は鋼より線単体の自由長部に設置するため、鋼より線を束ねて構成するPCケーブルで使用する場合にはスペーサーなどにより鋼より線単体に設置するためのスペースを設ける必要がある点、および同組成、同サイズのサンプルを用いた校正を事前に行う必要がある点から、PCケーブル施工時に本センサを設置し、施工中及び施工後のモニタリングに使用方法が望ましい。



写真-1.1 センサ部設置イメージ

1.2 原理

本技術は応力磁気効果(磁歪の逆効果)応力の作用状態に応じて変化するPC鋼より線の磁化状態を、それに伴い変化するPC鋼より線周囲の磁束密度で評価する。PC鋼より線はセンサ部に内蔵された永久磁石により磁化される。磁束密度はホール素子を備えるICにより電気的に出力され、計測装置により記録される。原理の概要を図-1.1に示す。



- ① 永久磁石の一定磁界によりPC鋼材内に磁束が発生(磁化される)
- ② PC鋼材の張力(応力)が増加
- ③ PC鋼材内の磁束密度が増加 (= 応力磁気効果)
- ④ PC鋼材周辺の磁束密度が増加
(→この磁束密度変化を磁束計測IC内のホール素子で計測)

図-1.1 応力磁気効果を用いた測定原理

1.3 適用条件

(1) 探査の検射のための条件

- ・対象となるPC鋼材: 15.2mm7本よりPC鋼より線または15.7mm7本より高強度PC鋼より線を用いたPCケーブル
- ・本技術は鋼より線単体にセンサ部を設置する方式であるため、鋼より線を束ねて構成するPCケーブルに設置する場合にはストランド単体に本センサを取り付けるためのスペースを確保する必要がある。
- ・応力の作用による磁化の変化はPC鋼より線の組成に依存するため、測定対象と同組成で、かつ同製造工程同製造会社にて製造されたサンプルを用いて事前に校正を行う必要がある。
- ・対象のPC鋼より線に腐食の可能性がある場合、腐食部は非磁性となり断面欠損として認識されるため本計測技術を適用することはできない。
- ・PC鋼より線に永久ひずみが発生している可能性がある場合、本センサの出力の再現性を確保できないため適用することはできない。

(2) 精度と信頼性に関する留意点

- 1) 測定範囲
0kN~0.97y (Py:PC鋼より線の0.2%永久ひずみに対する試験力)
- 2) 機器精度に関する留意点
計測機器の最小分解能は0.1kNである。JIS G 3536に準拠する15.2mm7本よりPC鋼より線の場合、フルスケールの199.8kNに対し約0.5%である。
- 3) 精度と信頼性に関する留意点
 - ・再現性: フルススケールの±5%
 - ・磁気履歴性: フルススケールの±3%
 - ・温度依存性誤差: フルススケールの±5%
 再現性についてはPCケーブル緊張前の初期値記録により補正が可能である。磁気依存性及び温度依存性誤差については永久磁石の特性により発生する誤差である。

1.4 調査要領

- (1) 事前校正
計測対象となるストランドと同組成で、かつ同製造工程、同製造会社にて製造されたサンプルを用いて事前に校正を行う。校正は住友電気工業㈱にて実施する。(既)校正データがある場合は不要)
校正は引張試験および温度サイクル試験を実施し、張力および温度補正係数を導出する。
- (2) 計測装置設置および計測開始時(PCケーブル施工時)
 - 1) 調査に必要な機器・仮設備
調査に必要な機器および仮設備を表-1.1に示す。

表-1.1 計測装置設置時に必要な調査機器の例

調査機器	機器名	備考
計測装置	センサ部	磁化器、逆磁器、ステンレスバンドから構成
	ノートパソコン	Windows XP, 7, 8または10をOSとし、供給者の販売する専用ソフトウェアがインストールされたもの
	乾電池	単三電池×2本
仮設備	USBケーブル	計測装置側コネクタ: USB Mini Type-B パソコン側コネクタ: USB Type-A
	工具類	ドライバー (ステンレスバンド締め込み)



図-1.2 本計測装置の構成

注) 本技術はPC鋼より線単体にセンサ部を設置する方式であるため、PC鋼より線を束ねて構成するPCケーブルに設置する場合にはストランド単体に本センサを取り付けるためのスペーサーを予めPCケーブルに取り付ける必要がある。スペーサーの一例を図-1.3に示す。



図-1.3 スペーサーの一例

- 2) 調査フロー
計測装置設置時の調査フローを図-1.4に示す。装置はPCケーブルを整頓する前に設置し、パソコンを用いた初期値の記録および計測インターバルの設定を行うが、以後センサ部および計測装置は対象PCケーブルに設置し、自動計測によりデータの記録を行う。

(調査検討事項)

定期点検の更なる効率化・合理化に向けた取組

- ✓ 性能カタログの拡充
- ✓ 参考資料(案)の作成
- ✓ 定期点検で活用する技術のレベル分け(案)

定期点検の参考資料

- 参考資料は、道路施設の形式、部位・部材、構造等の条件、定期点検の目的に応じて、**定期点検を適切に実施するにあたっての判断の考え方を整理**するもので、今後、効率的な点検が可能となるよう、カタログとあわせて更なる拡充を目指す。

	参考資料	性能カタログ				ガイドライン
	道路施設の形式、部位・部材、構造等の条件、定期点検の目的等に応じて、定期点検を実施する際の 判断の考え方 を整理	点検支援技術の原理や適用条件、計測プロセス、計測性能など、技術の性能値を整理				定期点検業務の中で点検支援技術を利用するにあたって受発注者が確認するプロセスを整理
共通	<ul style="list-style-type: none"> モニタリング技術も含めた定期点検の支援技術の使用について 監視計画の策定とモニタリング技術の活用について 	<ul style="list-style-type: none"> 画像計測技術(拡充) 非破壊検査技術(拡充) 計測・モニタリング技術 データ収集・通信技術 ※性能カタログの留意事項を追記				<ul style="list-style-type: none"> 新技術利用のガイドライン
橋梁	<ul style="list-style-type: none"> 特定の状態を満足する溝橋の定期点検に関する参考資料 水中部の状態把握に関する参考資料 	画像	非破壊	計測	データ	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> 凡例 黒字: H31年2月策定 赤字: 新規策定・拡充 </div>
トンネル	<ul style="list-style-type: none"> トンネル定期点検における本體工(覆工)の状態把握の留意点 トンネル定期点検における附属物の状態把握の留意点 	24件	11件	25件		
		画像	非破壊	計測		
		8件	6件	3件		

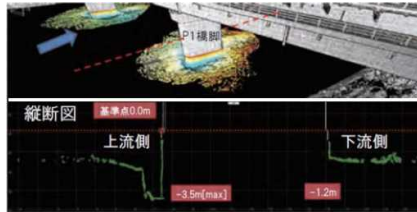
モニタリング技術も含めた定期点検の支援技術の使用について(参考資料)

○ 新技術利用のガイドライン(案)では不足している、モニタリング、センシング技術、非破壊検査技術等の点検支援技術を定期点検に活用する際の判断の考え方についてとりまとめ。

■ 状態把握の記載



▲ケーブルの張力を計測



▲川底の洗掘量を計測

○付録1 定期点検の実施にあたっての一般的な注意点
(4)措置について
(5)部材の一部等で近接目視によらないときの扱い

[状態把握の参考資料]

○ モニタリング技術も含めた定期点検の支援技術の使用について(参考資料)



■ 参考資料の具体的な内容

○ 点検支援技術の特徴

(記載例)

モニタリング技術、センシング技術、非破壊検査技術はいずれも構造物の応答や挙動を表す工学量を、精度・頻度等を明らかにしたうえで、計測・検知するための点検支援技術。

■ 変位、ひずみ、加速度等について、定量的な情報の取得が可能。

■ 同じ条件、環境下であれば、一定の誤差等の範囲で再現性が得られると期待。

■ 点検支援技術を遠隔操作することで、現地に必ずしも人が滞在する必要がない。

○ 点検支援技術の注意点

(記載例)

■ 部材等の限界状態(強度や破壊形態)の評価、又は、強度の評価を行うためには、部材等の有効断面やそこに含まれる材料の物理的・機械的性質を把握する必要がある。

■ 機器等によっては、特定の部位・事象に着目し、独自の着眼点で健全性を評価するなど、いわゆる診断の部分についても自動化を目指すものもある。本資料における点検支援技術の概念を超えているが、それらの情報の利活用自体は否定されるものではない。ただし、利活用するとしても、知識と技能を有するものが、構造物毎に、その解釈と活用方法について適切に位置づけたうえで用いることが肝要である。

■ 計測したい工学量に対して、実際には直接その量を計測するのではなく、別途計測した値から何らかの方法で換算するものもある。

■ 計測したい工学量を直接計測できるものなど、計測結果が導出値になる場合もあり得る。

○ 点検支援技術の活用の留意点

(記載例)

■ 変状の進行性、最終的な部材等の破壊形態に与える影響、診断の目的も考えれば、変状の原因や変状の種類や程度やその組合せについては、その把握に求められる精度は異なる。

■ 温度変化の影響、構造物の左右上下の温度差など構造物を取り巻く状況は一日の中でも常に変化し、また、構造物は常に応答しつづけていることに、結果の解釈の際には注意する必要がある。

■ それぞれの技術が対象とする物理量、計測原理、及び、原理上やむを得ない理論的な誤差特性、過去の室内試験や現地の計測などで把握された誤差特性を知ったうえで、それらを受け入れて用いることができるように使用の計画を立てるものである。

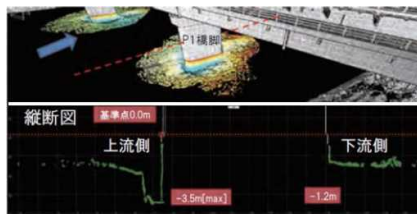
■ 性能カタログに記載のない機器についても、同様の情報を開発者に求めることで比較検討すればよい。ただし、開発者が全てを事前に想定できるものではないので、各機器の原理等も参考に、実際の適用や結果の解釈や利用は、利用者が行うことになる。

○ 計測・モニタリング技術を活用して措置の一つである「監視」の計画を策定するための考え方についてとりまとめ。

■ 監視の記載



▲ケーブルの張力を計測



▲川底の洗掘量を計測

○付録1 定期点検の実施にあたっての一般的な注意点 (9)措置について

[監視の参考資料]

○ 監視計画の策定とモニタリング技術の活用について(参考資料)

■ 参考資料の具体的な内容

○ 目的との整合性を確保するにあたっての留意事項 (記載例)

モニタリングは、監視において用いる計測・検知方法の一つであり、個別部材に変状が起きたとしても、橋の供用ができると判断されるものの残る不確実性について、必要に応じて行う対応である。したがって、監視の一部にモニタリング技術を使用する目的を明らかにし、それに適合するように計画しなければならない。

■ 直接補修するということだけでなく、たとえば当該変状について進行要因を取り除くなど状態の変化がほぼ生じない対策をした上で、措置効果や変状の経過を計測又は検知する。

■ 突発的に致命的な状態に至らないと考えられる場合に、または、規制、仮支持物による支持やバックアップ材の設置などによりそのように考えることができる別途の対応を行ったうえで、着目箇所や事象・方法・頻度・結果の適用方法などを予め決めて挙動を追跡的に把握する。

○ 着目断面、部位等及び工学量の選定に関わる留意点 (記載例)

■ 計測にて着目する点や事象は適切に選ぶ必要がある。なお、変状の進行、状態の変化という観点で着目している部位・断面や事象と一致させる必要は必ずしもない。

■ 原則は、機器等の計測範囲の特徴の範囲で、その特徴を有効に活用するように、捉えるべき事象の設定や対応する工学量の種類・オーダーについて計画を立て、全体計画に調和させることである。

■ 計測結果に基づく適時の規制の実施等、予定される道路管理のための具体的な準備がなされている必要がある。

【付録1】

この資料で目的としないモニタリングも含めたモニタリング全般の活用について

【付録2】

道路橋におけるモニタリング事例

○ 計測結果の利用・分析に関する留意点 (記載例)

■ 現地の機器等の精度や動作環境、適用条件や結果の解釈に関するキャリブレーションが必要な場合がある。

■ 部材の応答には、他の部材との相互作用が含まれることも、計測結果の解釈において考慮する必要がある。

■ 計測結果の転送、モニタリング機器の維持管理、定期的な再キャリブレーション等、モニタリング自体の維持管理も計画するのがよい。

【付録3】

落橋事例においてモニタリングされていた橋

【付録4】

洗掘、出水を受けた橋の被災事例

トンネル定期点検における本体工(覆工)の状態の把握の留意点(参考資料)

○ 覆工の状態の把握において、うき・はく離、はく落の変状を対象に、点検箇所の一部等において近接目視によらないときの扱いも含めて具体的な運用上の注意点や技術的留意事項を記載。

■参考資料の具体的な内容

○ 覆工に発生する変状の要因
(記載例)

表-1 覆工に発生する変状の原因

		変状の原因		
外因	外力	【地形・地質によるもの】 緩み土圧、膨張性土圧、偏土圧、斜面のクリープ、地すべり、支持力不足		
		【地下水によるもの】 水圧、凍土圧		
		【その他の原因】 近接施工、地震、地殻変動等		
	環境	【経年によるもの】 経年劣化、鋼材腐食		
		【地下水によるもの】 漏水、凍害		
		【劣化促進によるもの】 塩害、有害水		
		【その他の原因】 火災等		
		材料	【骨材、セメント、コンクリートによるもの】 異常凝結、水和熱、低品質骨材、反応性骨材、ブリーディング、乾燥収縮等	
			施工	【コンクリートの施工によるもの】 打込み不良、締固め不良、養生不良、巻厚不足、背面空洞等
				【鉄筋組み立てによるもの】 配筋の乱れ、かぶり不足等
【型枠によるもの】 型枠変形、早期脱型、支保工の沈下等				
設計	インパート無し、支持力不足等			



打音検査



覆工の変状(ひび割れ)



画像計測技術の例

○ 工法の違いによる留意事項 (記載例)

状態の把握においては、**道路トンネルの構造や工法**の特性、地質条件や環境条件などによって、**変状が道路トンネルの健全性に及ぼす影響が異なることに留意**する。矢板工法及び山岳トンネル工法の主な特徴を以下に示す。

①矢板工法

- ・ 覆工にも外力が作用する機会が多いため、外力性の変状も有り得る
- ・ アーチ部と側壁部の間に打継ぎ目があるため、うき・はく離の頻発箇所となりやすい
- ・ 覆工背面と地山の間に空隙が残りやすい

②山岳トンネル工法

- ・ 特殊な場合を除き、覆工には外力が作用しないため、外力性の変状が発生している場合は特に注意を要する
- ・ 覆工背面には防水シートが施工されており、漏水の発生は比較的少ない。そのため漏水が多い場合は注意を要する

○ 点検支援技術の特徴 (記載例)

画像計測技術は、主にひび割れを検出する技術が多いが、**ひび割れの発生状況を把握することは、うき・はく離の発生を検出する上で有効な手段**と考えられる。画像計測技術には、車両に搭載されたカメラやレーザーなどの計測機器により覆工表面の状態を記録するもの等がある。最近では、覆工表面の画像撮影を実施し、取得した画像データを参考に**変状展開図**を作成、または照合することで**人力によるスケッチに比べて変状の位置や規模等の確認や時間短縮等**、点検または記録の効率化につながることから実施されている事例がある。

非破壊検査技術には、専用の機器等の使用により遠隔からの打音計測を行い、うき・はく離の発生を検出するもの等がある。なお、**利用者被害の可能性のあるうき・はく離については、ハンマーを用いた叩き落とし等の応急措置を含めた対応が必要なことにも留意**する。

トンネル定期点検における附属物の状態把握の留意点(参考資料)

○ トンネル内附属物の取付状態や取付部材の異常の確認を対象として、点検箇所の一部等において近接目視によらないときの扱いも含めて具体的な運用上の留意点や技術的留意事項を記載。

■ 参考資料の具体的な内容

○ 異常の発生要因 (記載例)

トンネル内附属物の取付状態や取付部材の異常の確認においては、**異常の発生する原因にも留意しておく**とよい。異常の発生原因は、附属物の種類・設置場所等によって異なるが、代表的な原因として以下が考えられる。

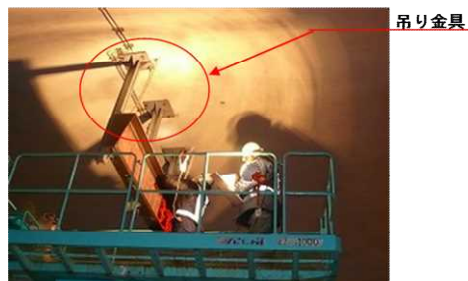
① 附属物自体の劣化等によるもの

- ・ 経年劣化による取付部材の消耗、損傷、腐食等
- ・ 附属物の長期間の稼働(荷重や振動等)による損傷、変形、ボルト等の緩み、亀裂等
- ・ 付属施設の劣化(油漏れ、水漏れ等)による損傷、錆等

② 外部(周辺環境等)からの影響によるもの

- ・ 自動車の排気ガス等(漏水・塩分含む)による化学反応、腐食等
- ・ 温度の変化や湿度による取付部材の変形、劣化、凍結等
- ・ 車両等の衝突による損傷、破損、変形等
- ・ 漏水および壁面の変状による腐食、変形等

取付状態等の異常は、上記のような**原因が複雑に関連しあって異常の発生に至っている場合が多い**。これらの**発生原因を十分に把握し、適切な点検・整備を行う必要がある**。



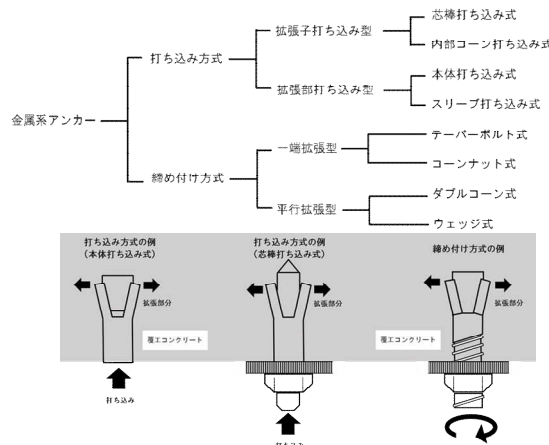
触診作業(取付状態)



アンカーボルトの脱落の例

○ 取付部材の具体例 (記載例)

附属物の取付部材として、一般的に金属系アンカーが用いられている。**金属系アンカーの主な種類を示す**。また、金属系アンカーの覆工コンクリートへの固着方法は図に示すとおり、覆工コンクリートに挿入されたアンカーボルトの先端部が広がり、覆工に食い込みことによって固着される。



○ 技術等の活用の留意点 (記載例)

附属物の取付状態の確認において、点検箇所の一部について、近接目視によらない新技術等を活用した方法により、状態の把握を行う場合の技術としては、変位や振動特性を検出することによる計測・モニタリング技術等があげられる。こうした近接目視によらない新技術等やモニタリング技術の使用を計画する場合においても、附属物等の落下までに目立った変形等が生じない場合が多いことを踏まえると、**新技術等の特徴や適用性を考慮した上で、必要に応じて点検時の触診やバックアップ材の設置を組み合わせることについても検討するのがよい**。

計測・モニタリング技術を用いる場合は、**目的(常時モニタリング、ボルト等の抜け、緩み・がたつきの検出、取付部材の変形・欠損等の検出等)を明確にする**。

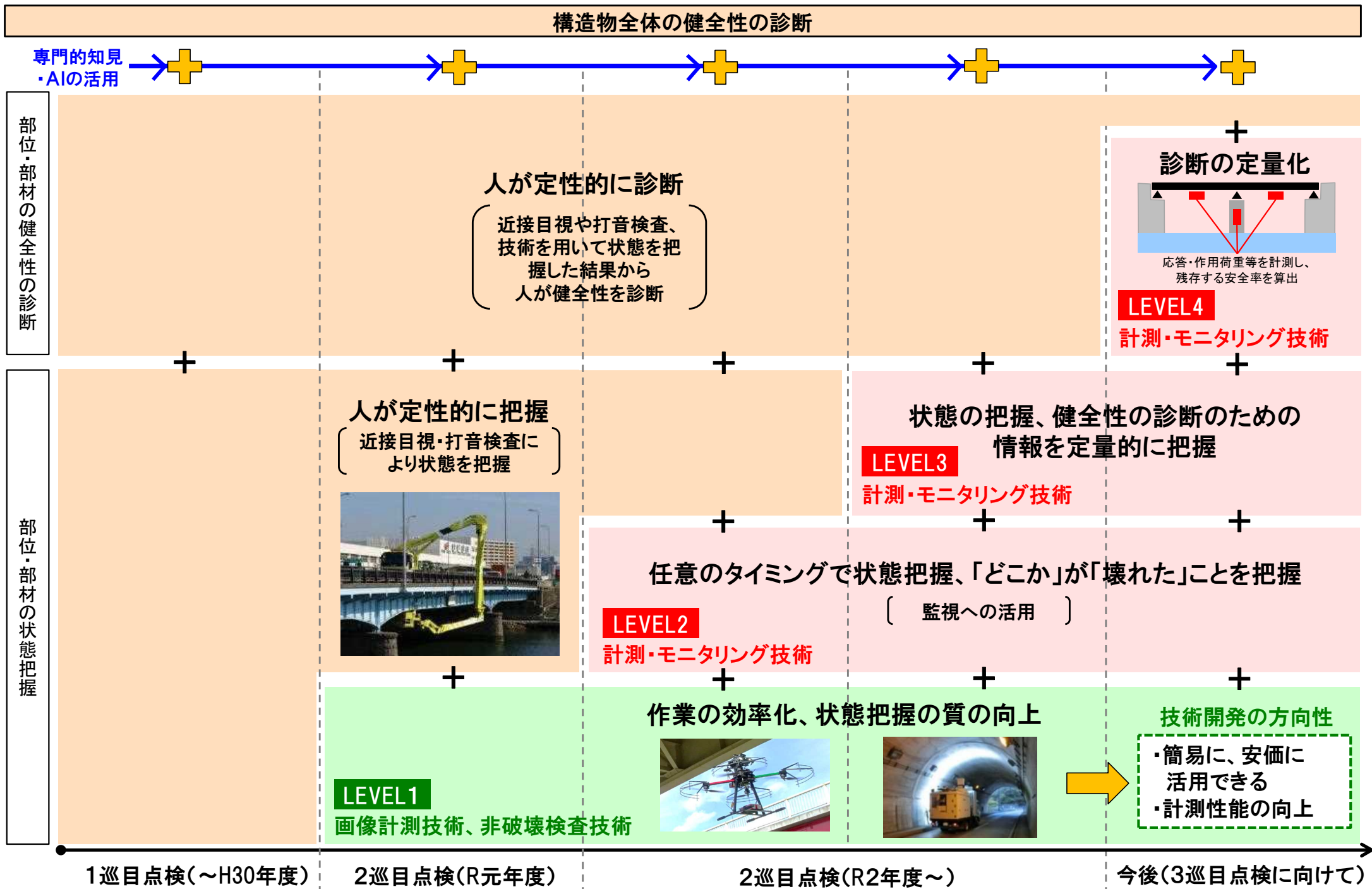
計測・モニタリング技術により取付状態の異常を検出する場合は、各技術の特性について確認する。目的に応じて各種技術を使い分けるのがよい。

(調査検討事項)

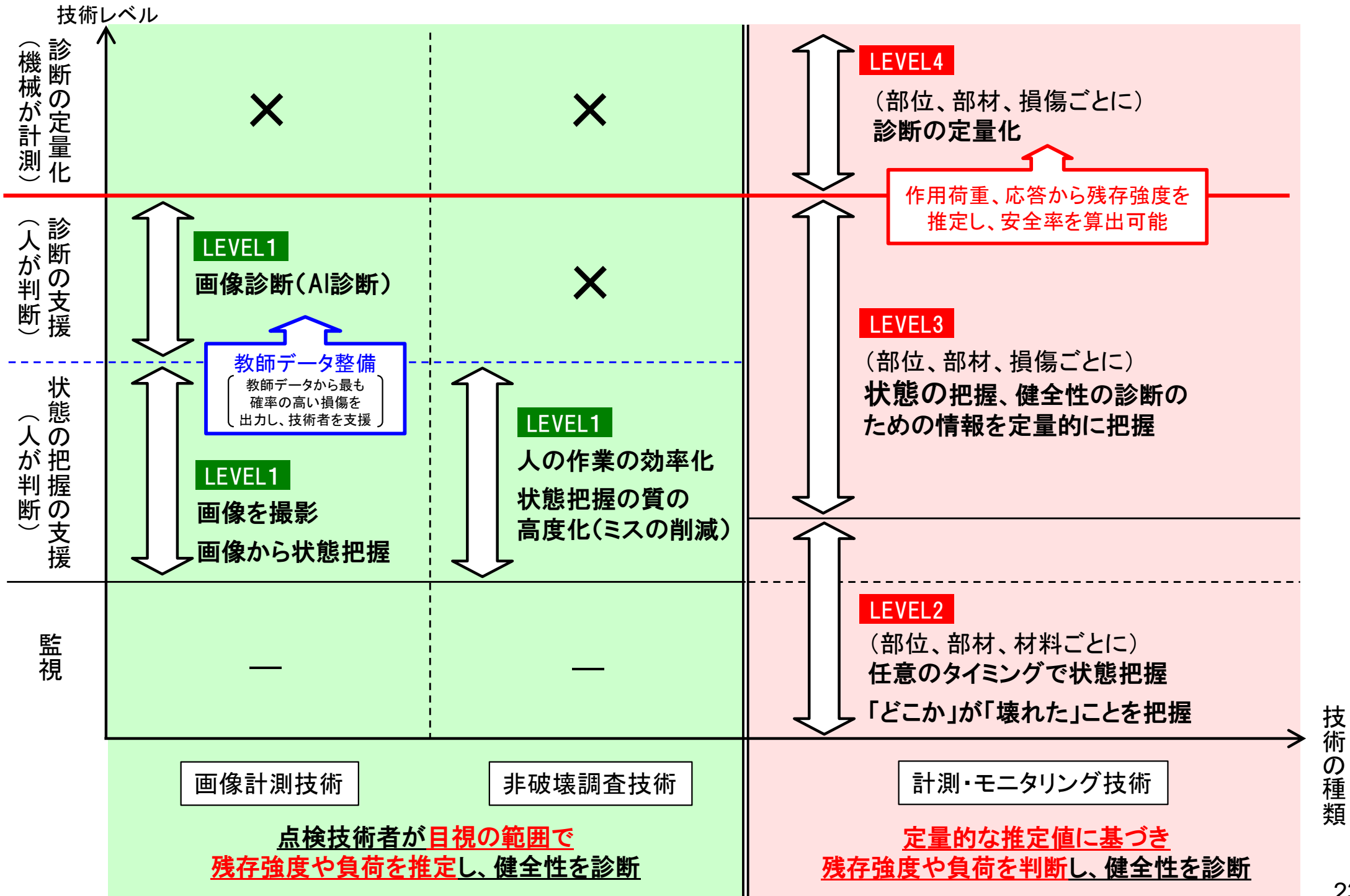
定期点検の更なる効率化・合理化に向けた取組

- ✓ 性能カタログの拡充
- ✓ 参考資料(案)の作成
- ✓ 定期点検で活用する技術のレベル分け(案)

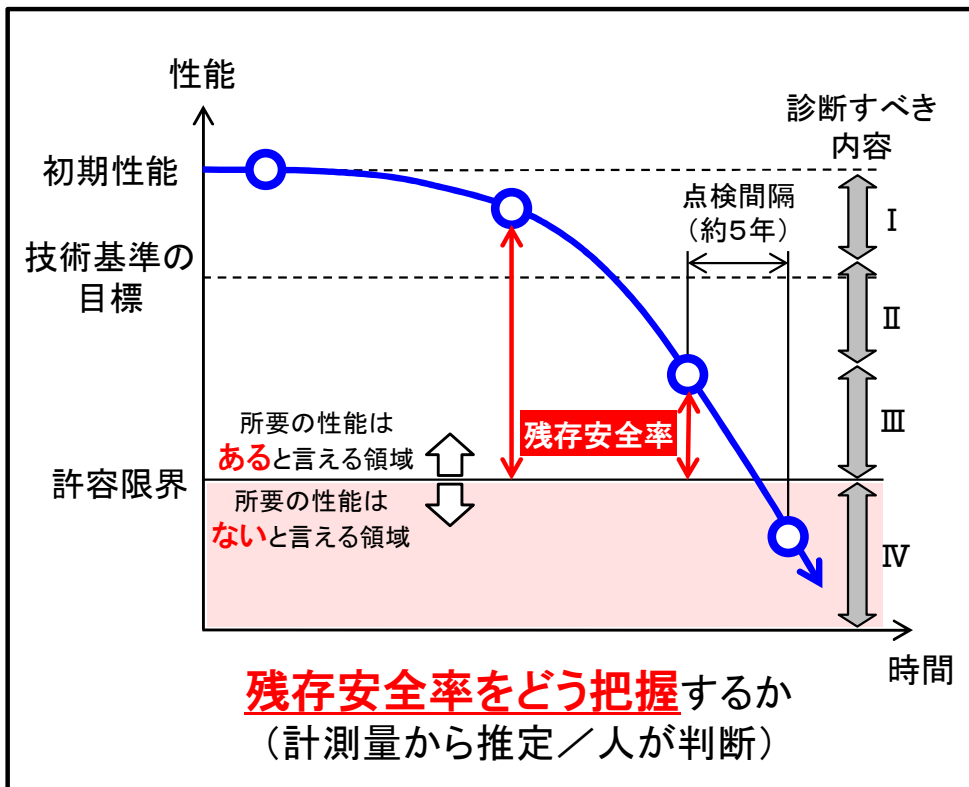
定期点検で活用する技術のレベル分け(案)



定期点検で活用する技術の区分(案)



構造物の性能と健全性の診断の関係



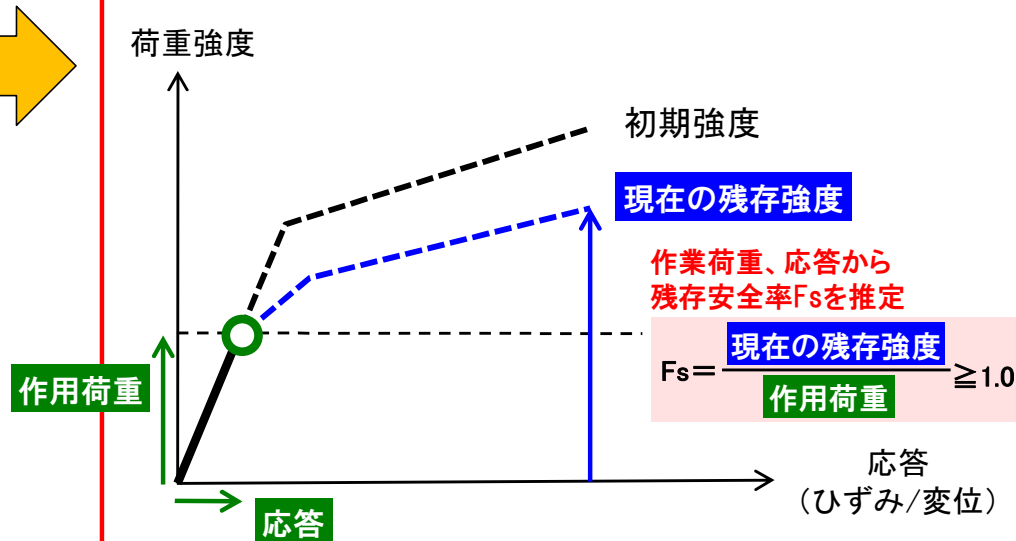
知識と技能を
有する者による
状態の把握

(状態の把握結果や定量的なデータ等から)
知識と技能を有する者が診断

残存安全率の推定に必要な量を計測

作用荷重・応答から残存安全率を推定
(最終的な健全性の診断は点検技術者が実施)

- ✓ **作用荷重**又は**応答**を計測
- ✓ **残存強度推定に必要な量(残面積、材料強度等)**を計測し、残存安全率を推定



(部位、部材、損傷ごとに)
診断の定量化