

# リクワイヤメントについて

---

# リクワイヤメントの視点

国土交通省道路局では良い技術は活用するという方針の下、新技術の開発・導入を促進しており、毎年度の取組を新技術導入促進計画として策定しています。令和6年度新技術導入促進計画における「リクワイヤメントの視点」に基づき、橋梁の点検支援に求める技術（リクワイヤメント）をとりまとめました。

視点	説明
視点①	見えない又は見えにくい部材等の状態をより詳しく把握できる技術。 例) 接近しにくい狭隘部の状態を把握する技術 水中部の部材の状態把握ができる技術
視点②	健全性の診断に必要な部材強度等の情報を定量的に把握・推定する技術。 例) コンクリート内部の鉄筋の有効断面積を把握する技術
視点③	状態の記録、点検結果の記録やとりまとめを効率化できる技術。 例) 撮影画像から自動的に損傷を検出し出力する技術

# 橋梁の点検支援技術のリクワイアメント一覧(1/2)

## 求める技術（道路行政の技術開発ニーズ）

A	PC上部構造や吊材の状態把握	PC鋼材や吊材の内部の水分の有無が判別できる技術
		PC鋼材や吊材の状態の把握や断面積を計測する技術
		PC鋼材の緊張力や吊材の張力等の定量的な情報を取得できる技術
B	支承部の状態把握	支承部の有効断面積の状態や劣化状況を把握する技術
		上部構造から作用する荷重の伝達機構とその状態等をより適切に把握するため、作用荷重などの定量的な情報を取得できる技術
C	橋梁基礎の洗掘や斜面上の基礎等の状態把握	基礎の変位、傾斜の状態を把握する技術
		基礎の安定の前提となる地盤境界面の安定の状態を把握する技術
D	狭隘な溝橋内空の状態把握	溝橋の内空の状態を把握できる技術
E	狭隘な桁端部やゲルバー部分の状態把握	接近しにくい狭隘部の状態を把握する技術
		狭隘部（内部）の状態を把握する技術
F	疲労亀裂の検知と状態把握	塗膜や舗装を撤去せずに鋼部材の亀裂の有無や性状を把握できる技術
		近接によらず亀裂の有無や性状を把握できる技術

# 橋梁の点検支援技術のリクワイヤメント一覧(2/2)

## 求める技術（道路行政の技術開発ニーズ）

G	コンクリート部材の落下対策箇所等の状態把握	補修補強や落下対策されているコンクリート部材の状態を把握できる技術
		補修補強材、落下対策およびコンクリート部材が劣化した原因を確認できる技術
H	コンクリート内部の鉄筋腐食の把握	コンクリート中の鋼材位置の塩化物イオン量を測定できる技術
		かぶりコンクリート内における塩化物イオン量を深さ方向に測定できる技術
		試料を採取せずに塩化物イオン量を測定できる技術
		鉄筋の腐食の有無および有効断面積を確認できる技術
I	ゆるみや折損が生じたボルトの損傷検知と状態把握	ボルトに生じているゆるみや折損を非接触で検出できる技術
		部材の接合部等でボルトの軸力を確認できる技術
J	床版上面の土砂化等の検知と状態把握	舗装を撤去することなく床版上面の劣化の状態と範囲を把握する技術
		コンクリートの土砂化の要因となる床版上面の滞水の有無や範囲を確認する技術
K	状態の記録、点検結果の記録やとりまとめの効率化	撮影した画像データから自動でオルソ画像を生成し、ひびわれ等の損傷を検出する技術
		検出した損傷を踏まえて損傷図を自動で作成する技術

# 点検支援技術へ求めるレベル

レベル	説明
LEVEL1	<p>定期点検者が部材の性能の見立てをするため必要な情報を取得できる技術のうち、部材の耐荷性能や耐久性能に影響を及ぼす異常、異常を疑う余地、異常を引き起こす原因等を把握するための情報を取得することができる技術</p> <p>例) ケーブルカバー等で被覆された鋼材の腐食の有無や範囲を確認できる技術</p>
LEVEL2	<p>定期点検者が部材の性能の見立てをするため必要な情報を取得できる技術のうち、部材の荷重伝達機構の状態<sup>(※)</sup>から、部材の耐荷性能の有無を判断するために必要な情報を取得できる技術</p> <p>例) ケーブルカバー等で被覆された鋼材の破断の有無、破断した位置を確認できる技術</p>
LEVEL3	<p>定期点検者が部材の性能の見立てをするため必要な情報を取得できる技術のうち、部材の荷重伝達機構の状態<sup>(※)</sup>から、部材の耐荷性能の低下の程度を判断するために必要な情報を定量的に取得できる技術</p> <p>例) ケーブルカバー等で被覆された鋼材の腐食の程度や断面積を確認できる技術</p>

※ 部材の荷重伝達機構の状態：

ある部位から部位、断面から断面にて軸力、せん断力、曲げモーメントを伝達するとき、弾性域から破壊に至るまでの強度・支持力の発現や部材断面内における圧縮応力と引張応力を分担するためのメカニズムと比べたときに、ある部位から部位、断面から断面へと荷重を伝達されるメカニズムが適切に機能しているかどうかの具合を意味する。

# リクワイヤメント説明資料の構成

次項以降の説明資料は以下の構成に則り記載している。

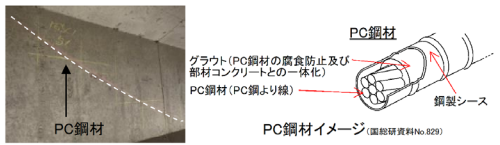
**点検支援技術へ求めるレベル:**  
 各リクワイヤメントにおける  
 点検支援技術へ求めるレベルを表示  
 (各レベルの説明は資料p4を参照)

**求める技術の概要・背景:**  
 リクワイヤメントの背景および点検現場における課題やニーズ、現状などを記載

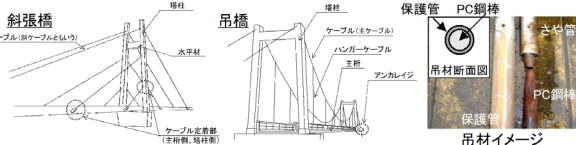
## A. PC上部構造や吊材の状態把握

LEVEL1 LEVEL2 LEVEL3

- PC橋の上部構造に配置されているPC鋼材は、主桁の構造安全性を担う圧縮力を導入するための重要な部材であり、斜張橋、吊橋、アーチ橋などに配置されている吊材は、補剛桁や床版に作用する荷重を塔柱や主ケーブル、アーチリブに伝達する部材である。定期点検ではそれらの状態を把握しなければならない。
- 一般的にPC鋼材はコンクリート内部にあり、吊材は保護管や塗装で被覆されていることから、それらの状態を近接目視により把握することは困難である。
- このため、支援技術の利用によって、診断に必要な内部の状態の把握や必要な物理量などを取得したい。



PC鋼材は通常、コンクリート内部に埋め込まれている



吊材は通常、保護管で覆われている

**求める技術の具体例:**  
 リクワイヤメントに対応する技術の具体例を記載

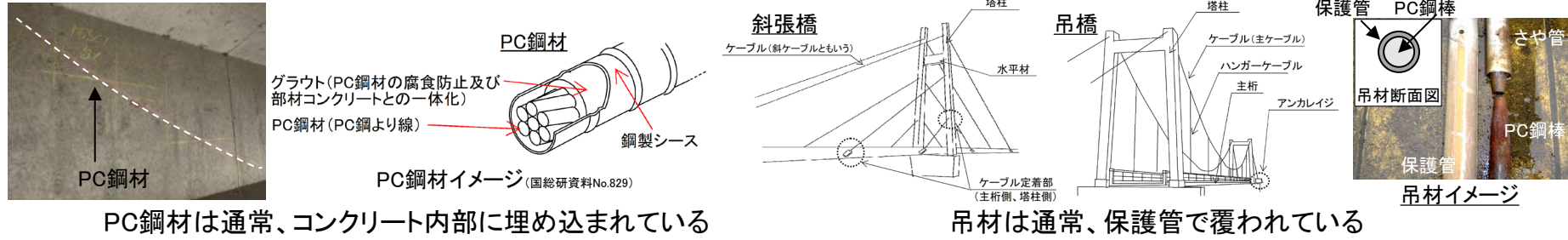
求める技術の具体例	
1	PC鋼材や吊材の内部の水分の有無が判別できる技術
2	PC鋼材や吊材の状態の把握や断面積を計測する技術
3	PC鋼材の緊張力や吊材の張力等の定量的な情報を取得できる技術

計測項目の例	
1	シース内の空隙や水分量、吊材内部の水分量（湿度）
2	PC鋼材や吊材の破断の有無
3	PC鋼材や吊材の断面積
4	PC鋼材の緊張力や吊材の引張力

**計測項目の例:**  
 求める技術の具体例より、計測が必要と考えられる物理量の例を記載

※計測したい物理量に対して、直接計測するのではなく、別途計測した値を用いて換算(推計)する手法も対象とする。

- PC橋の上部構造に配置されているPC鋼材は、主桁の構造安全性を担う圧縮力を導入するための重要な部材であり、斜張橋、吊橋、アーチ橋などに配置されている吊材は、補剛桁や床版に作用する荷重を塔柱や主ケーブル、アーチリブに伝達する部材である。定期点検ではそれらの状態を把握しなければならない。
- 一般的にPC鋼材はコンクリート内部にあり、吊材は保護管や塗装で被覆されていることから、それらの状態を近接目視により把握することは困難である。
- このため、支援技術の利用によって、診断に必要な内部の状態の把握や必要な物理量などを取得したい。



求める技術の具体例	
1	PC鋼材や吊材の内部の水分の有無が判別できる技術
2	PC鋼材や吊材の状態の把握や断面積を計測する技術
3	PC鋼材の緊張力や吊材の張力等の定量的な情報を取得できる技術

計測項目の例	
1	シース内の空隙や水分量、吊材内部の水分量（湿度）
2	PC鋼材や吊材の破断の有無
3	PC鋼材や吊材の断面積
4	PC鋼材の緊張力や吊材の引張力

※計測したい物理量に対して、直接計測するのではなく、別途計測した値を用いて換算(推計)する手法も対象とする。

# B. 支承部の状態把握

- 支承は、上部構造から下部構造への荷重を伝達する機能や上部構造の動きや伸縮へ対応する変位に追随する機能を有する重要な部材であり、定期点検ではそれらが機能しているかどうかを確認する必要がある。
- 支承は、主桁の端部等の狭隘部に設置されていることが多く、接近しにくいいため、近接目視が困難な場合が多い。
- このため、支援技術の利用によって、近接目視によらず、支承が機能しているかどうかを確認するための定量的な物理量(支承が伝達している荷重や移動量など)を取得したい。



遊間の異常



ローラーの脱落



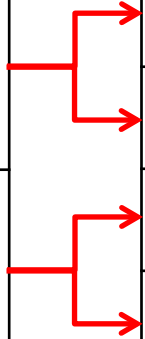
支承の傾斜



機能障害(移動)

求める技術の具体例	
1	支承部の有効断面積の状態や劣化状況を把握する技術
2	上部構造から作用する荷重の伝達機構とその状態等をより適切に把握するため、作用荷重などの定量的な情報を取得できる技術

計測項目の例	
1	支承本体やアンカーボルトのコンクリート内部の腐食による減肉量
2	ゴムに生じた亀裂の長さ、深さ
3	支承の反力、移動量、傾斜量
4	アンカーボルトの埋め込み長

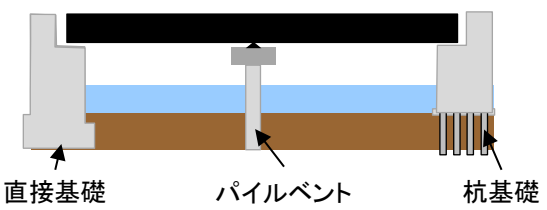


※計測したい物理量に対して、直接計測するのではなく、別途計測した値を用いて換算(推計)する手法も対象とする。



# C. 橋梁基礎の洗掘や斜面上の基礎等の状態把握

- 基礎は、橋台や橋脚からの荷重を地盤へ伝達する機能を有する重要な部材であり、その状態を定期点検で確認する必要がある。
- 一般的に、基礎は土中にあることから、直接目視をすることができない。
- このため、支援技術の利用によって、基礎の状態の推定に必要な映像や画像および定量的な情報(橋台や橋脚の傾き、周辺地盤の形状など)を取得したい。



橋脚の傾斜



橋脚の沈下



杭基礎の露出



斜面上基礎の洗掘

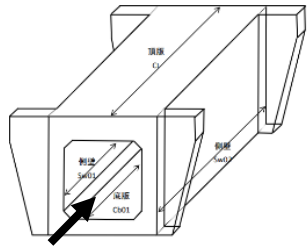
洗掘とは、河川の流れにより河床等が削りとられること。構造物周囲の土砂等が洗掘により消失すると、土中部、水中部の橋脚が沈下、傾斜することがある。

求める技術の具体例	
1	基礎の変位、傾斜の状態を把握する技術
2	基礎の安定の前提となる地盤境界面の安定の状態を把握する技術

計測項目の例	
1	橋梁および下部構造の傾斜、偏心量
2	水中や土中の基礎（フーチング含む）の断面積
3	水中や土中の基礎（フーチング含む）の位置情報（平面座標、標高）
4	基礎周辺の地盤高や斜面の形状

※計測したい物理量に対して、直接計測するのではなく、別途計測した値を用いて換算(推計)する手法も対象とする。

- 溝橋は、土被りの浅いボックスカルバートであり、田園地帯の水路や小規模河川との交差部に設置されることがある。
- もともと断面が小さいことから、上流からの土砂が堆積しやすく、水位も降雨等による影響を受けやすい。そのため、状況や時期によっては、内部への進入が困難となり、近接目視ができない場合がある。
- このため、支援技術の利用によって、溝橋の内空の状態を適切に記録するとともに、診断に必要な情報を取得したい。



溝橋の内空



狭隘な溝橋の内空の状況

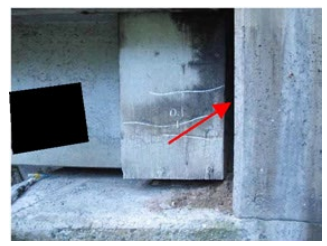
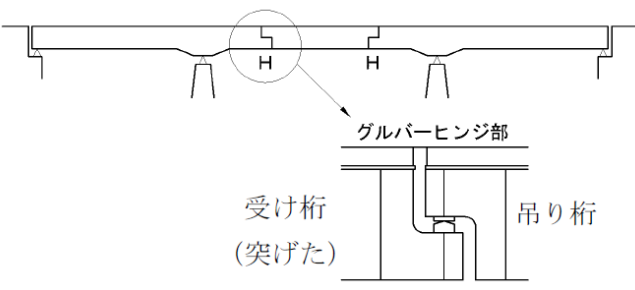
求める技術の具体例	
1	溝橋の内空の状態を把握できる技術

計測項目の例	
1	溝橋の頂版や水中部となる側壁に生じているひびわれの位置、性状、幅および長さ
2	溝橋の頂版や水中部となる側壁に生じているうきや剥離の位置や範囲
3	溝橋の頂版や側壁に見られる漏水の位置、程度

※計測したい物理量に対して、直接計測するのではなく、別途計測した値を用いて換算(推計)する手法も対象とする。

# E. 狭隘な桁端部やゲルバー部分の状態把握

- 主桁端部付近は様々な部材が配置されており、加えて添架物が配置されている狭隘部であることから近接目視が困難であり接近しにくい場合が多い。同様に接近しにくい狭隘部の代表事例としてゲルバーヒンジ部がある。
- PC橋の場合、主桁端部付近にはPC鋼材の定着部や支承等の重要な部位部材が集中していることやゲルバーヒンジ部は冗長性が低い構造のため、損傷を見逃した場合に挽回できない状態に至る可能性もある。
- このため、支援技術の利用によって、接近しにくい狭隘部の状態を適切に記録して診断に必要な情報を取得したい。



主桁端部 (コンクリート橋)



主桁端部 (鋼橋)



ゲルバーヒンジ部

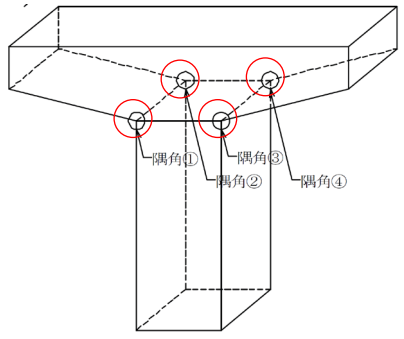
求める技術の具体例	
1	接近しにくい狭隘部の状態を把握する技術
2	狭隘部 (内部) の状態を把握する技術

計測項目の例	
1	主桁端部付近やゲルバーヒンジ部のひびわれの位置、性状、幅、長さ
2	主桁端部付近やゲルバーヒンジ部に生じている漏水の位置、程度
3	主桁端部付近やゲルバーヒンジ部に生じているうきや剥離の位置、範囲、程度

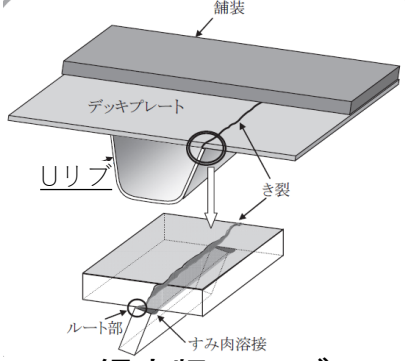
※計測したい物理量に対して、直接計測するのではなく、別途計測した値を用いて換算 (推計) する手法も対象とする。

# F. 疲労亀裂の検知と状態把握

- 鋼部材の疲労は、応力の繰り返しにより生じる亀裂が発生、進展する現象であり、応力集中箇所でも問題となりがち、溶接部が起点となることが多い。
- 定期点検では、亀裂が疑われる塗膜を剥がれを確認した場合に、亀裂の有無および性状を非破壊検査等により確認する必要がある。その場合には塗膜や舗装の除去が求められ、現場の負担となっている。
- このため、支援技術の利用によって、現場の負担を減らしつつ鋼部材の亀裂を検知したい。



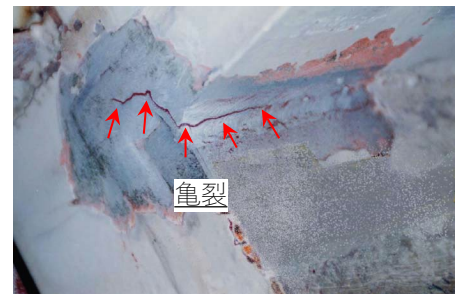
鋼製橋脚の隅角部



鋼床版のUリブ



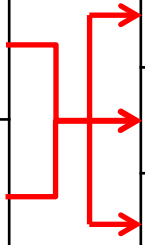
塗膜われ(疲労亀裂)



非破壊検査(磁粉探傷検査)

求める技術の具体例	
1	塗膜や舗装を撤去せずに鋼部材の亀裂の有無や性状を把握できる技術
2	近接によらず亀裂の有無や性状を把握できる技術

計測項目の例	
1	亀裂の有無
2	亀裂の位置、性状、深さ、長さ
3	耐荷性能に影響する亀裂の位置、性状、深さ、長さ



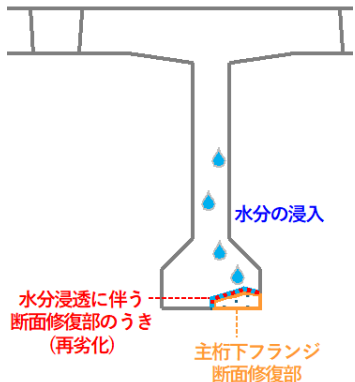
※計測したい物理量に対して、直接計測するのではなく、別途計測した値を用いて換算(推計)する手法も対象とする。

# G. コンクリート部材の落下対策箇所等の状態把握

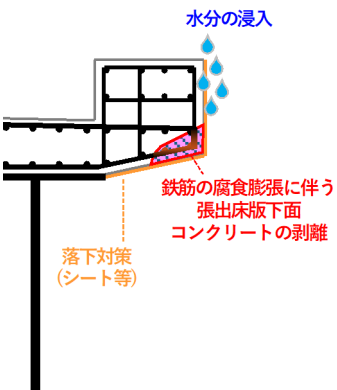
- コンクリート部材の補修補強や落下対策を実施した範囲からコンクリート片や塊が落下する事象が生じている。
- 落下事象を防止するためには、定期点検にて補修補強材(シート等)で覆われた範囲または断面修復した範囲の状態を適切に把握し技術的に評価する必要がある。
- このため、支援技術の利用によって、過去に補修補強や落下対策を実施したコンクリート部材の状態を適切に記録して、診断に必要な情報を取得したい。



断面修復部のうき



落下対策箇所の剥離



求める技術の具体例	
1	補修補強や落下対策されているコンクリート部材の状態を把握できる技術
2	補修補強材、落下対策およびコンクリート部材が劣化した原因を確認できる技術

計測項目の例	
1	補修補強箇所や落下対策したコンクリート部材のうき、剥離の位置、範囲、程度
2	補修補強箇所や落下対策したコンクリート部材の滞水の有無
3	補修補強箇所や落下対策範囲と母材側のコンクリートとの接着の状態

※計測したい物理量に対して、直接計測するのではなく、別途計測した値を用いて換算(推計)する手法も対象とする。

- コンクリート部材の塩害では、コンクリート内部へ浸入、蓄積した飛来塩分等が鉄筋等の鋼材を腐食膨張させて、コンクリートを内部から押し出し、ひびわれや剥離が生じることが多い。ひびわれや剥離が生じなくとも、コンクリート内部に塩分が蓄積することで、今後発生する可能性もある。
- 従来、コンクリート内部の塩分濃度の調査では、コンクリートの一部を試料として採取する必要があったが、採取場所や架橋環境によっては橋梁点検車や足場が必要な場合があり、現場の負担となっていた。
- このため、支援技術の利用によって、現場の負担を減らしつつ非破壊や非接触で塩分濃度や鉄筋の腐食状態等を把握したい。



鉄筋腐食による剥離



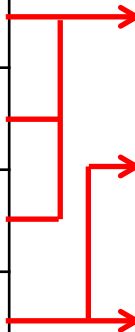
内部の鉄筋腐食が疑われる例



試料採取

### 求める技術の具体例

1	コンクリート中の鋼材位置の塩化物イオン量を測定できる技術
2	かぶりコンクリート内における塩化物イオン量を深さ方向に測定できる技術
3	試料を採取せずに塩化物イオン量を測定できる技術
4	鉄筋の腐食の有無および有効断面積を確認できる技術



### 計測項目の例

1	コンクリート内部の塩化物イオン濃度
2	鉄筋腐食の有無
3	鉄筋の断面積の減少量

※計測したい物理量に対して、直接計測するのではなく、別途計測した値を用いて換算(推計)する手法も対象とする。

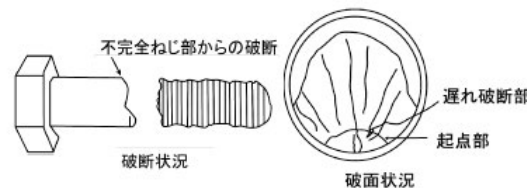
# 1. ゆるみや折損が生じたボルトの損傷検知と状態把握

LEVEL1 LEVEL2 LEVEL3

- 部材どうしを接合するボルトにはゆるみや折損が生じる場合がある。その時にサビや咬み合わせ等により固着して、外観上に変化が現れない場合もある。
- 定期点検では、全てのボルトを打音・触診により確認することを求めているが、本数が多く作業の負担となっている側面もある。
- このため、支援技術の利用によって、非接触でボルトのゆるみや折損を検出したい。



ボルトの脱落



高力ボルト(F11T)の遅れ破壊

## 求める技術の具体例

1 ボルトに生じているゆるみや折損を非接触で検出できる技術

2 部材の接合部等でボルトの軸力を確認できる技術

## 計測項目の例

1 ボルトの折損の有無

2 ボルトの軸力

※計測したい物理量に対して、直接計測するのではなく、別途計測した値を用いて換算(推計)する手法も対象とする。

- 床版は、通行車等の路面に載る交通荷重を直接支持する機能を担う重要な部材であり、定期点検では交通荷重を支持できていることを確認する必要がある。一般的に、交通荷重の繰り返し作用による疲労に伴い、床版ひびわれが進展すると、床版上面のコンクリートが土砂化に至り、最終的には床版コンクリートの脱落が生じる。
- 土砂化に至ると既に床版の耐荷力は著しく低下していることから、その前に検知して措置すべきであるが、状態の確認には舗装を撤去する必要がある、現場の負担となっている。
- このため、支援技術の利用によって、舗装を撤去せずに床版上面の状態を把握したい。



舗装のひびわれから白色析出物



床版上面の土砂化



床版上面の土砂化が疑われる事例

### 求める技術の具体例

1	舗装を撤去することなく床版上面の劣化の状態と範囲を把握する技術
2	コンクリートの土砂化の要因となる床版上面の滞水の有無や範囲を確認する技術



### 計測項目の例

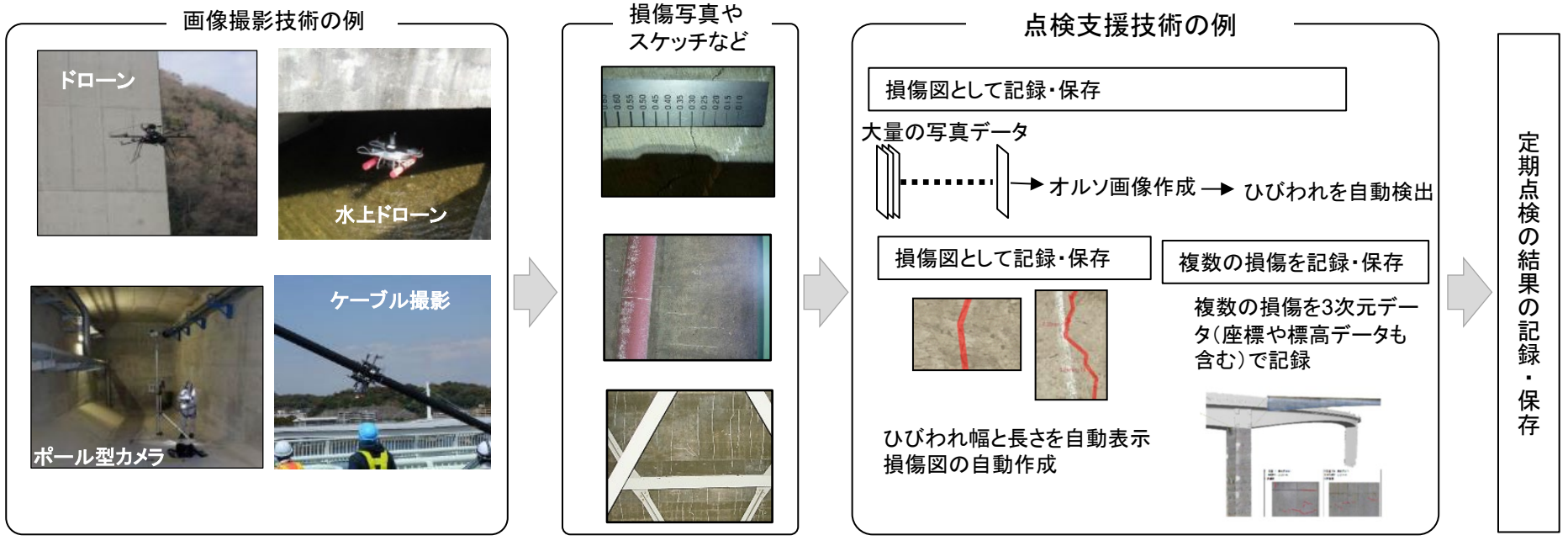
1	床版上面の土砂化の有無および範囲
2	床版上面の滞水の有無および範囲

※計測したい物理量に対して、直接計測するのではなく、別途計測した値を用いて換算(推計)する手法も対象とする。



# K. 状態の記録、点検結果の記録やとりまとめの効率化

- 定期点検では、必要に応じて橋梁点検車や足場を設置して部材に接近し、状態を確認したり写真を撮影している。
- 連続高架橋や長大橋における定期点検の結果の記録・保存にあたっては、撮影した画像データの整理や損傷図の作成の内業に多大な労力を費やしている。
- このため、支援技術の利用によって、写真データからオルソ画像を生成し損傷を検出したり、検出した結果を踏まえて損傷図を自動で作成して作業を効率化したい。



求める技術の具体例	
1	撮影した画像データから自動でオルソ画像を生成し、ひびわれ等の損傷を検出する技術
2	検出した損傷を踏まえて損傷図を自動で作成する技術

# リクワイヤメントと参考となる資料の相関表

橋梁の点検支援技術のリクワイヤメント（求める技術）		参考となる資料（※）												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
A	PC上部構造や吊材の状態把握	○	○	○	○	○								
B	支承部の状態把握			○	○	○								
C	橋梁基礎の洗掘や斜面上の基礎等の状態把握	○		○	○	○	○	○						
D	狭隘な溝橋内空の状態把握	○				○			○					
E	狭隘な桁端部やゲルバー部分の状態把握	○		○	○	○								
F	疲労亀裂の検知と状態把握					○				○				
G	コンクリート部材の落下対策箇所等の状態把握					○					○			
H	コンクリート内部の鉄筋腐食の把握	○				○						○		
I	ゆるみや折損が生じたボルトの損傷検知と状態把握					○					○			
J	床版上面の土砂化等の検知と状態把握					○								
K	状態の記録、点検結果の記録やとりまとめの効率化					○							○	○

### ※ 参考となる資料の一覧

1: 直轄国道における点検支援技術の活用原則化の取り組み	8: 特定の条件を満足する溝橋の定期点検に関する参考資料（平成31年2月）
2: 引張材を有する道路橋の損傷例と定期点検に関する参考資料（平成31年2月）	9: 鋼製橋脚隅角部の疲労損傷臨時点検要領（平成14年5月）
3: 監視計画の策定とモニタリング技術の活用について（令和2年6月）	10: 橋梁における第三者被害予防措置要領（案）（平成28年12月）
4: 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（令和2年6月）	11: コンクリート橋の塩害に関する特定点検要領（案）（平成16年3月）
5: 状態の把握に関する参考資料【道路橋】《暫定版》（令和6年7月）	12: オルソモザイク画像の生成と保存に関する参考資料（案）（令和4年3月）
6: 水中部の状態把握に関する参考資料（平成31年2月）	13: 機器等によるひびわれ図の生成に関する参考資料（案）（令和4年3月）
7: 橋梁基礎の洗掘に係る点検実施要領（平成19年10月）	