

水中部の状態把握に関する
参考資料

平成31年2月

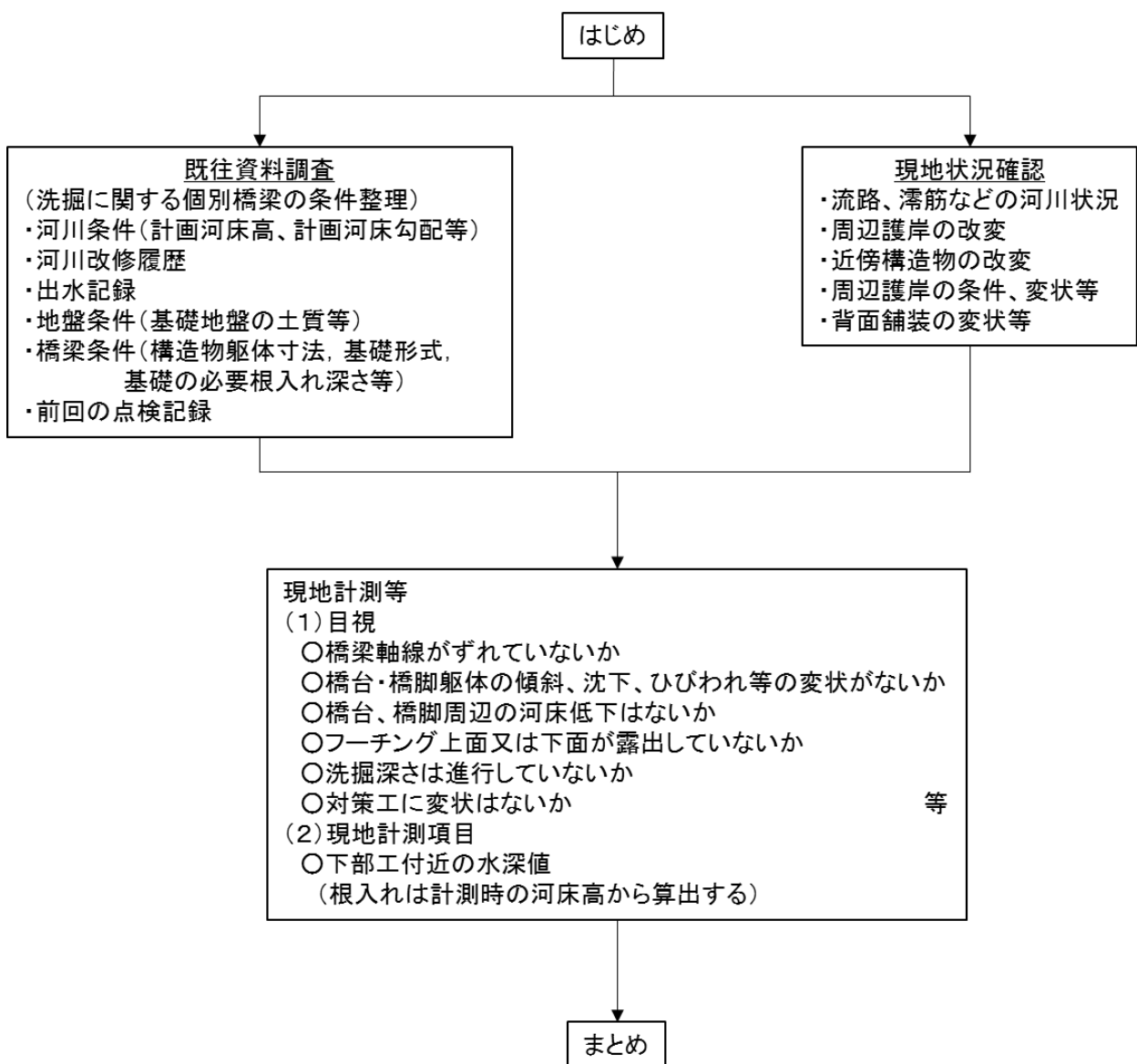
国土交通省 道路局 国道・技術課

1. 本資料の位置付け

本参考資料は、橋梁基礎の洗掘やパイルベント橋脚の断面欠損等水中部の状態把握を行うにあたっての基本的事項を示す。

2. 橋梁基礎の洗掘

(1) 橋梁基礎の洗掘に対する状態把握フローの例



(2) 洗掘に対する状態把握に関する留意点

- 河川の湾曲部や狭隘部等の流速が速い箇所では、著しい洗掘が生じる場合がある。
- 大規模な増水があった場合、速やかに状態の把握を実施し、水位低下後に再度状態の把握を実施するのがよい。
- 洗掘は構造物の上流側に発生することが多い。
- 滯筋の変化は、急激な洗掘につながることもある。過去の航空写真と比較することが有効である。
- 洗掘により橋台背面土が流出することがある。
- 護岸の隙間から、吸い出しなどが起きていることがある。
- 橋台背面土の流出や吸い出しにより、橋台背面の路面が陥没する場合がある。
- 繰り返し橋台背面に陥没が生じる場合には、河川による洗掘の影響が疑われる場合がある。
- 以下を観察することで、異常が把握できることがある。
 - ・ 橋梁の軸線
 - ・ 下部構造躯体の傾斜、沈下、ひびわれ
 - ・ 既存対策工の変状
 - ・ フーチング上面の露頭
 - ・ 下部構造近傍の河床位置
 - ・ 洗掘状態の変化
- 水中部の直接目視可能な範囲を最大限にするために、濁水期に状態把握を行うのがよい。
- 洗掘後、上流から流れ着いた土砂の堆積により洗掘部が埋まることがあるが、設計で期待している地盤とは異なることに注意が必要である。
- 河川の増水によって再び洗掘が進行する、あるいは地震の影響により不安定となる可能性もあるため、必要に応じて、恒久対策までの間に更なる変状が生じないか監視を行うことも有効である。

- 流木等が下部構造周辺に堆積している場合や下部構造に付着物がある場合は、取り除いたうえで状態の把握を実施するのがよい。
- 周辺の護岸改修により河川特性に変化が生じる場合がある。
- 周辺の護岸ブロックの流出や橋脚に衝突物がある場合は、洗掘が生じている場合がある。
- 洗掘による下部構造の異常は直接基礎に多い傾向がある。
- 高水敷など流水部以外に設置されている基礎は根入れが浅いものがあるため、経年変化や上流構造物の設置などにより流水部が変化した場合に洗掘が生じることがある。
- 斜面上に下部構造がある場合、基礎下斜面の洗掘や浸食により下部構造が移動・沈下することがある。
- 河川管理施設等構造令（S51）制定前に建設された橋では、基礎の根入れが浅いものや護岸や護床工が設置されていないものがあり、洗掘が生じることがある。
- 必要に応じて、下部構造近傍の河床位置やフーチング近傍の状態の計測や潜水土による直接目視又は水中カメラ等による視認で変状を把握することが効果的である。
- 水深や洗掘状態の把握は、超音波の活用や水中カメラの活用など多様な方法が考えられる。各機器の特性を考慮して結果の解釈を行うのがよい。
- 水深や洗掘深さや範囲を計測したとき、記録には、計測地点（座標）や計測方法、想定される計測誤差程度も合わせて残しておくこと、今後の計測時に結果を比較できる。
- 計測の原点は、不動点とみなせる箇所とするのがよい。

（3）その他洗掘に関する参考となる知見

過去の洗掘事例に関する調査・分析結果から得られた知見を以下に示す。

○橋脚周辺の洗掘機構

- ・ 橋脚周辺の流れは、橋脚前面で左右に分かれる流れと、前面で鉛直下方に橋脚に沿う下降流とに大別される。左右に分かれた流れは、橋脚壁面に沿った

湾曲流となり、橋脚側面に局所的な流れの集中が生じる。橋脚前面での下降流は河床に衝突し、河床砂礫を巻き上げる回転渦が発生する。この渦によって巻き上げられた土砂は、左右に分かれる流れによって橋脚後方に運ばれる。

- ・ 洗掘深さは、橋脚幅の約2倍に及ぶ場合がある。
- ・ 橋脚軸と流向とが一致しない場合、洗掘深さが大きくなる傾向がある。
- ・ 洗掘範囲は、洗掘深さの約2倍に及ぶ場合がある。
- ・ 近接した橋脚の両橋脚軸と流向が一致しない場合、洗掘深さ、洗掘範囲が大きくなる傾向がある。

○河川特性と被災箇所の関係

- ・ 山地から扇状地に位置するなど河川勾配が急であるほど被災が多い傾向がある。
- ・ 河積が小さい（河道断面が小さく、越水する可能性が高い）ほど被災が多い傾向がある。

○河道形状と被災箇所の関係

- ・ 直線河道及び蛇行河川に比べて湾曲河道でかつ外岸の被災が多い傾向がある。
- ・ 左右岸の異なる地層分布の境界部で急激な洗掘が生じる場合がある。

○建設年次と被災箇所の関係

- ・ 河川管理施設等構造令（S51）制定前に建設された橋梁での被災が多い傾向がある。

○基礎形式と被災箇所の関係

- ・ 杭基礎及びケーソン基礎に比べて直接基礎での被災が多い傾向がある。

3. パイルベント橋脚に対する状態把握に関する留意点

- 鋼製パイルベント橋脚の断面欠損は水中部で生じることがあり、没水部や飛沫部の腐食条件が最も厳しく、条件によっては著しい腐食が生じる場合がある。

- 干潮河川など塩分の影響を受けている箇所においては著しい腐食が生じる場合がある。
- 水中部の直接目視可能な範囲を最大限にするために、濁水期に状態把握を行うのがよい。
- 水中部に付着物がある場合は付着部について局部腐食が進行している場合もあるため、付着物を除去しながら状態の把握を行うのがよい。
- 状態の把握においてケレンした部分やハンマ等で防食を傷めた可能性がある場合は、防錆措置を行うのがよい。
- 出水期に流下した土砂などが鋼管に衝突し鋼管表面を削ることがある。
- 防食が施されている鋼部材でも、石や砂の衝突による傷や磨耗、防食の欠陥等が原因で局部的に著しく腐食が進行し、孔食や断面欠損につながる場合がある。
- 孔食や断面欠損が進展するとパイルベント橋脚に座屈が生じることがある。
- 状態の把握にあたっては、潜水土による直接目視あるいは水中カメラ等による視認で変状を把握することが効果的である。
- 状態の把握の結果、局部的な孔食が生じている、断面欠損が生じている、あるいは著しい減肉が生じているなど部材に著しい腐食があるか、その疑いがあることが判明した場合には、腐食の範囲・断面減少の規模を可能な限り定量的に記録しておくことよい。また、状況に応じてより詳細な状態の把握が必要となる。

4. 水中カメラ活用の際の留意点

- 水中カメラを活用する場合、水の濁りにより水中の様子が正確に把握できないことがある。
- 水中カメラにより洗掘が生じていないように見えても上流から流れ着いた土砂が堆積しているだけの場合がある。
- 水中カメラを活用する際は、機器により色調や分解能にそれぞれ特徴があることを理解したうえで使用するものとし、実際に用いることが想定される条件でキャリブレーションしておくことよい。

付録 水中部の変状の事例

水中部の変状の事例を示す。

橋梁の軸線を観察することで異常が把握できる例



例

橋梁の軸線に異常が生じている
例

例

橋梁の軸線に異常が生じている
例

例

橋梁の軸線に異常が生じている
例

例

橋梁の軸線に異常が生じている
例

備考

下部構造躯体を観察することで異常が把握できる例



例

パイルベント橋脚が傾斜している例



例

橋脚に洗掘が生じ、断面欠損が生じている例



例

沈下橋の橋脚が傾斜している例

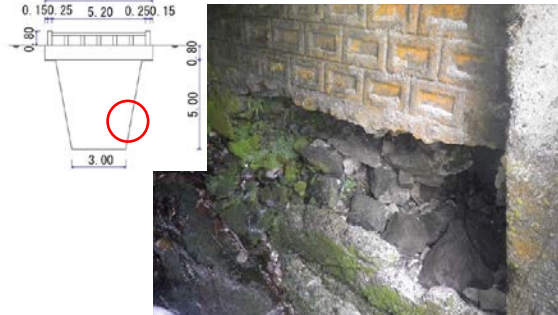





例

橋脚が傾斜し、上部構造が支持できていない例

備考

既存の対策工を観察することで異常が把握できる例

	<p>例</p> <p>護岸ブロックが抜け落ち、空洞が確認されている例</p>
	<p>例</p> <p>護岸ブロックが崩落し、橋台が不安定な状態となっている例</p>
	<p>例</p> <p>護岸が崩落し、上部構造が沈下した例</p>
	<p>例</p> <p>下部構造を保護する擁壁が破損している例</p>

備考

- 既存対策工の変状から、異常を把握できることがある。
- 周辺の護岸ブロックの流出や橋脚に衝突物がある場合は、洗掘が生じている場合がある。

既存の対策工を観察することで異常が把握できる例



例

フーチングの護床ブロックが散乱している例



例

橋脚が傾斜し、下部工の根固めコンクリートに割れが生じている例



例

橋台周辺の護岸ブロックが流出している例

(豪雨災害時に発見された損傷)

例

備考

- 既存対策工の変状から、異常が把握できることがある。
- 水中部の直接目視可能な範囲を最大限にするために、濁水期に状態把握を行うのがよい。
- 基礎部の状態を直接確認できないときには、必要に応じて水中カメラ等で見るとできるだけ状態を把握することが効果的である。

河床位置の低下や洗掘が確認できる例



例

基礎部が流水のため著しく洗掘されている例



例

橋台に洗掘が生じている例



例

橋台に洗掘が生じている例



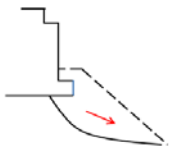




例

橋台に洗掘が生じている例

備考

- 水中部の直接目視可能な範囲を最大限にするために、濁水期に状態把握を行うのがよい。
- 基礎部の状態を直接確認できないときには、必要に応じて水中カメラ等で見るとできるだけ状態を把握することが効果的である。

フーチングの露頭が確認できる例

<p>前面地盤の崩壊</p>  	<p>例</p> <p>護岸が整備されていないため、増水の繰り返しにより洗掘が進行し、フーチングが露出している例</p>
	<p>例</p> <p>洗掘が進行し、フーチングが露出している例</p>
	<p>例</p> <p>洗掘が進行し、フーチングが露出している例</p>
	<p>例</p> <p>基礎部が洗掘されフーチングや杭が露出している例 (津波後に発見された損傷)</p>

備考

- 水中部の直接目視可能な範囲を最大限にするために、濁水期に状態把握を行うのがよい。
- 基礎部の状態を直接確認できないときには、必要に応じて水中カメラ等で見るとできるだけ状態を把握することが効果的である。

フーチングの露頭が確認できる例



例

洗掘が進行し、フーチングが浮いている例



例

洗掘が進行し、橋台が傾斜している例



例

洗掘が進行し、橋台が傾斜している例

例

備考

- 水中部の直接目視可能な範囲を最大限にするために、濁水期に状態把握を行うのがよい。
- 基礎部の状態を直接確認できないときには、必要に応じて水中カメラ等で見るとできるだけ状態を把握することが効果的である。

対策工がないためパイルベント杭の露出が確認できる例

	<p>例</p> <p>護岸が設置されておらず、洗掘によりパイルベント杭の前面が露出し、杭頭部が破断している例</p>
	<p>例</p> <p>護岸が設置されておらず、洗掘によりパイルベント杭の前面が露出し、杭頭部が破断している例</p>
	<p>例</p> <p>護岸が設置されておらず、洗掘によりパイルベント杭の前面が露出し、杭頭部が破断している例</p>
	<p>例</p>

備考

- 水中部の直接目視可能な範囲を最大限にするために、濁水期に状態把握を行うのがよい。
- 基礎部の状態を直接確認できないときには、必要に応じて水中カメラ等で見るとできるだけ状態を把握することが効果的である。

橋全体が不安定な状態になった例



例

橋脚が沈下・移動している例



例

洪水によって洗掘が進行した例



例

豪雨により滞筋が変化し、新たな水衝部となった橋脚が移動・傾斜し、上部構造も変形している例



備考

- 水中部の直接目視可能な範囲を最大限にするために、濁水期に状態把握を行うのがよい。
- 基礎部の状態を直接確認できないときには、必要に応じて水中カメラ等で見るとできるだけ状態を把握することが効果的である。

落橋している例



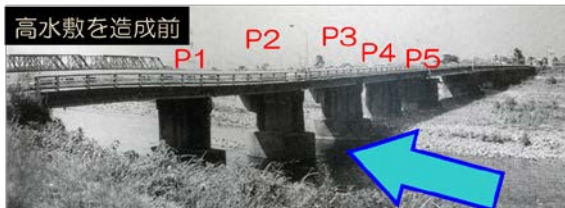
例

洗掘により橋台が流出し、落橋している例



例

基礎下斜面の洗掘や浸食により下部構造が移動・沈下し、落橋している例



例

高水敷の造成により滞筋が変化し、新たに水衝部となった橋脚が移動し落橋している例

備考

- 洗掘が進行すると、下部構造の傾斜や沈下、移動などにより落橋に至ることがある。
- 滞筋が変化する場合は、急激に洗掘が進む場合があるため、過去の状況と比較することが有効である。

洗掘により橋台背面土の流出が生じている例



例

橋梁背面土の流出や吸い出しにより、橋梁背面の路面が陥没している例
繰り返し橋台背面に陥没が生じる場合には、河川による洗掘の影響が疑われる場合がある



例

橋梁背面土の流出や吸い出しにより、橋梁背面の路面が陥没している例
繰り返し橋台背面に陥没が生じる場合には、河川による洗掘の影響が疑われる場合がある



例

橋梁背面土の流出や吸い出しにより、橋梁背面の路面が陥没している例
繰り返し橋台背面に陥没が生じる場合には、河川による洗掘の影響が疑われる場合がある



例

橋梁背面土の流出や吸い出しにより、橋梁背面の路面が陥没している例

(豪雨災害時に発見された損傷)

備考

基礎部に流木等の付着物がある例



例

流木等の付着物によって、洗掘の状況が見えない例



例

流木等の付着物によって、洗掘の状況が見えない例



例

流木等の付着物によって、洗掘の状況が見えない例

(豪雨災害時に発見された流木等)

例

備考

■流木等が下部構造周辺に堆積している場合や下部構造に付着物がある場合は、取り除いたうえで状態の把握を実施するのがよい。

鋼製パイルベント橋脚に腐食が生じ、断面欠損や変形が生じている状態



例

汽水域にあるパイルベント橋脚の水面付近に著しい腐食が生じている例



例

汽水域にあるパイルベント橋脚の水面付近に著しい腐食が生じている例



例

パイルベント橋脚の水面付近に著しい腐食が生じている例



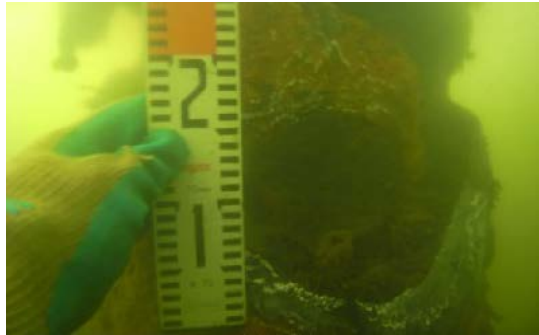
例

海中のパイルベント橋脚に海洋生物が付着している例

備考

- 鋼製パイルベント橋脚の断面欠損は水中部で生じることがあり、没水部や飛沫部の腐食条件が最も厳しく、条件によっては著しい腐食が生じる場合がある。
- 水中部に付着物がある場合は付着部について局部腐食が進行している場合もあるため、付着物を除去しながら状態の把握を行うのがよい。

鋼製パイルベント橋脚に腐食が生じ、断面欠損や変形が生じている状態



例

パイルベント橋脚の没水部に腐食による著しい断面欠損が生じている例



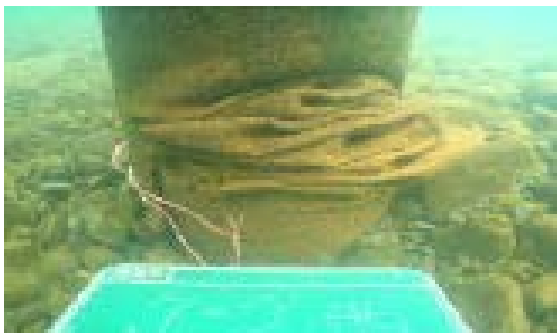
例

パイルベント橋脚の没水部に腐食による著しい断面欠損が生じている例



例

パイルベント橋脚の没水部に孔食が生じている例



例

パイルベント橋脚の没水部に座屈による変形が生じている例

備考

- 水中部の直接目視可能な範囲を最大限にするために、濁水期に状態把握を行うのがよい。
- 必要に応じて、潜水夫による直接目視あるいは水中カメラ等で把握することが効果的である。