

道路橋の維持管理における 洗掘に関する予備知識

(案)

国土交通省国土技術政策総合研究所
橋梁研究室
構造・基礎研究室

資料の目的と構成

目的

道路橋の定期点検において、洗掘は考慮すべき変状の一つであり、「道路橋定期点検要領(平成31年2月 国土交通省道路局)」において、付録2や3にて、健全性の診断にあたって参考になる技術的な留意点が示されている。「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)」では、道路橋の健全性の診断のために必要な、洗掘に対する状態把握に関する技術的な留意点が示されている。

本資料は、これらの技術的な留意点の背景となる、洗掘のメカニズムや、洗掘に対する橋の設計、洗掘被害の特徴等の基礎的な予備知識をまとめたものである。

「道路構造物管理実務者研修(橋梁初級I)道路橋の定期点検に関するテキスト」(国総研資料第829号)とともに、自学自習の参考にされたい。

構成

1. 定期点検における洗掘の扱い
2. 洗掘のメカニズムや洗掘に対する橋の設計に関する知識
3. 洗掘に関する点検にあたっての留意点
4. 定期点検結果の日常の管理への反映の例

[参考]洗掘に関する被災事例分析

1. 定期点検における洗掘の扱い

洗掘は、道路橋の定期点検に関する技術的助言の中でも扱われている。
また、定期点検を実施するにあたって、橋の健全性の診断のために洗掘の状態を把握するための技術情報が、参考資料にまとめられている。

技術的助言

- 道路橋定期点検要領、平成31年2月、国土交通省 道路局

参考資料

- 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

道路構造物管理実務者研修※

- 道路構造物管理実務者研修(橋梁初級I)道路橋の定期点検に関するテキスト、国総研資料第829号

※ 道路構造物管理実務者研修[橋梁初級 I]とは、国土交通省の全国の地方整備局(及び北海道開発局、内閣府沖縄総合事務局)(以下、地方整備局等)が主催し、国、都道府県、市区町村の職員を対象に行っている研修です。

本研修は、道路法施行規則第4条の5の6に基づく定期点検を行うために最低限必要な知識と技能の習得を目的として、全国統一のテキスト(国総研資料第829号)・カリキュラムと達成度確認試験で実施されているものです。上記の技術的助言の中でも、付録1にて、この研修の内容は、定期点検を行う者に求められる少なくとも必要な知識と技能の例として参考にできるとされています。

道路橋定期点検要領(H31.2道路局)

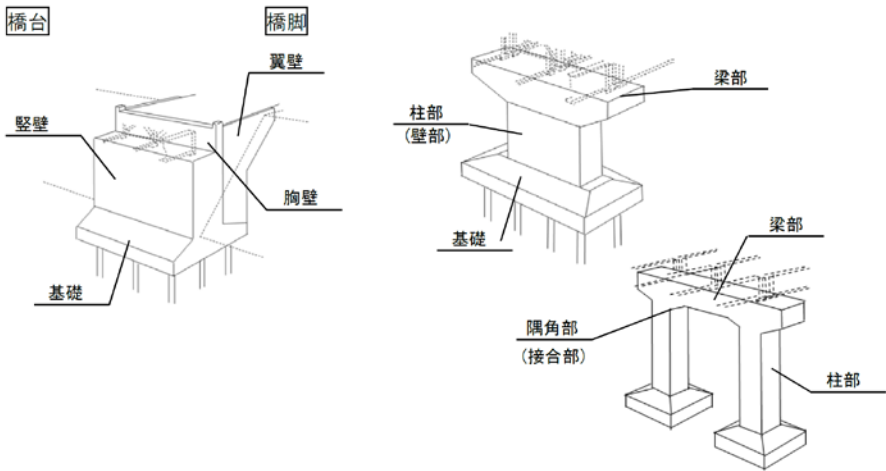
1.4 下部構造（橋台、橋脚）の一般的な構造と主な着目点

下部構造の定期点検において着目すべき主な箇所の例を表－４に示す。

表－４ 定期点検時の主な着目箇所の例

部材種類	着目箇所
①橋台	■雨水が直接かかる部位では、ひびわれが生じやすい。 ■背面からの水が供給されることから、ひびわれ部では遊離石灰や錆汁が生じやすい。 ■地盤の影響を直接受けることから、沈下・傾斜・移動が生じやすい。 ■<u>斜面上の橋台では、下方地盤の洗掘や浸食により不安定になることがある。</u>
②橋脚	■張出部では、雨水が直接かかるなど環境が厳しく、損傷が生じやすい。 ■張出付け根部の上部では、大きな応力が発生する部位であり、ひびわれが生じやすい。 ■支承部では、ひびわれが生じやすい。 ■支承部は、狭隘な空間となりやすく、高湿度や塵埃の堆積など腐食環境が厳しく、劣化も進行しやすい。 ■<u>河川内では、洗掘が生じていることがある。</u>

③水中部	■<u>直接基礎やパイルベントはその構造上の特徴から洗掘が生じたときに変状が不安定化（沈下、傾斜、全体・局部座屈）につながるやすい。</u> ■<u>洗掘範囲は、水流に対する抵抗幅に応じて増加する傾向がある。</u> ■パイルベントに砂や石等がぶつかることで、防食機能の低下、孔食につながる場合がある。 ■パイルベントでは、没水部や飛沫部では、条件によっては著しい腐食につながることもある。付着物を除去して状態を確認するのがよい。 ■パイルベントへの係留などによる防食の損傷、異種金属接触腐食などにも注意する。 ■<u>水中部については、カメラ等でも、河床や洗掘の状態を把握できることが多い。</u> ■<u>渇水期に実施時期を合わせることで、近接し、直接的に部材や河床等の状態を把握できる。</u>
------	---



定期点検では、次回定期点検までの対応の必要性を診断する

道路橋定期点検要領(平成31年2月 道路局)

2. 定期点検の頻度

定期点検は、5年に1回の頻度で実施することを基本とする。

【法令運用上の留意事項】

定期点検では、次回の定期点検までの期間に想定される道路橋の状態の変化も考慮して健全性の診断を行うことになる。

道路橋の架設状況と状態によっては5年より短い間隔でも状態が変化したり危険な状態になる場合も想定される。法令は、5年以内に定期点検することを妨げるものではない。

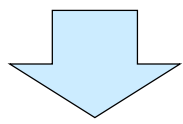
また、法令に規定されるとおり、施設の機能を良好に保つため、定期点検に加え、日常的な施設の状態の把握や、事故や災害等による施設の変状の把握等については適宜実施するものである。

付録1 2. 定期点検の実施にあたっての一般的留意事項

■道路橋の定期点検の目的

- 道路利用者並びに第三者が、道路橋や附属物などからのボルトやコンクリート片、腐食片などの落下などにより安全な通行を妨げられることを極力避けられるように措置が行われること。
- 道路橋が、道路機能の長期間の不全を伴う落橋やその他構造安全上の**致命的な状態に至らないように、次回定期点検までを念頭に、措置の必要性について判断**を行うために必要な技術的所見を得ること。
- 道路の効率的な維持管理に資するよう道路橋の長寿命化を行うにあたって、時宜を得た対応を行う上で必要な技術的所見を得ること。

- 定期点検では、致命的な状態に至らないように、**次回定期点検までを念頭に、措置の必要性についての診断が求められる**



洗掘についても、

- 定期点検時点の現状の洗掘の被害の有無を把握するだけでなく、
 - 次回定期点検を念頭に、その間に生じ得る出水等で洗掘が進行する可能性も考慮し、**
- 診断を行う必要がある

水中部の状態を把握するためには、適切な点検時期、方法を検討する

道路橋定期点検要領(平成31年2月 道路局)

付録1 2. 定期点検の実施にあたっての一般的留意事項

- できるだけ適切に状態の把握を行うことができるように、現地にて適切な養生等を行ったり定期点検を行う時期を検討したりするのがよい。

(例)

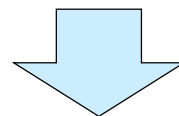
- ・積雪や出水に伴う流出物等により直接目視できる範囲が狭まるときもあるので、定期点検の実施時期を適切に設定するのがよい。
たとえば、用排水路や河川を交差する橋梁においては、耕作期は用排水路の水位が常時高かったり、**出水期には橋脚基礎の周辺地盤や躯体の損傷部が深く水没していることも想定されるため、渇水期など、近接目視を基本とした状態の把握ができるだけ広範囲に可能な時期に行うのがよい。**

- 狭隘部、水中部や土中部、部材内部や埋込部、補修補強材料で覆われた部材などにおいても、外観から把握できる範囲の情報では状態の把握として不足するとき、打音や触診等に加えて必要に応じて非破壊検査や試掘を行うなど詳細に状態を把握するのがよい。
たとえば次のような事象が疑われる場合には、適切に状態を把握するための方法を検討するのがよい。

(例)

- ・**水中部の基礎周辺地盤の状態**（洗掘等）
- ・パイルベント部材の水中部での腐食、孔食、座屈、ひびわれ

- 水中部の状態を把握するために、適切な点検時期や点検方法について検討を行う。



洗掘についても、水中部の部材や基礎周辺地盤の状態について把握する必要がある。

- ・渇水期など、できるだけ広範囲に、近接目視で状態の把握ができる時期に定期点検を行うのがよい。
- ・もしくは、診断ができる程度まで、例えば点検支援機器等の別途の方法を用いて、状態を把握する。

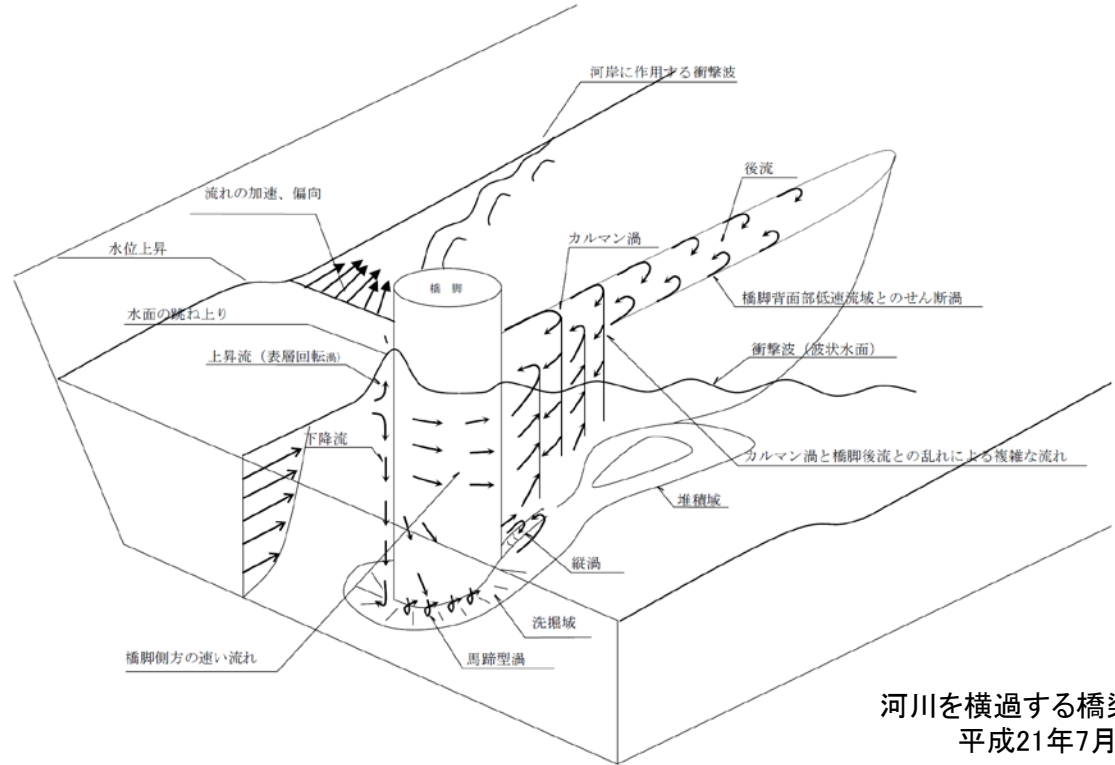
2. 洗掘のメカニズムや洗掘に対する橋の設計に関する知識

■ 典型的な被害のメカニズム

水中部の状態把握に関する参考資料
(H31. 2国道・技術課)

- ・ 下部工周辺の流れは、前面で、左右に分かれる流れと、下部構造に沿った鉛直下方への下降流に大別される。
- ・ 左右に分かれた流れは、下部工壁面に沿った湾曲流となり、下部工側面に局所的な流れの集中が生じる。
- ・ 下部工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のって橋脚後方に運ばれる。

➡ 流れによる渦により、下部工の前面側の地盤が掘られる



河川を横過する橋梁に関する計画の手引き(案)
平成21年7月 (財)国土技術研究センター

図 3-1 橋脚により生じる水理現象

前面側が掘られ、上流側に傾くことも多い※

① 増水時



② 最高水位時



③ 橋脚傾斜



④ 橋脚の傾斜進行，
桁の折れ曲がり



洗掘で河床が下がり橋脚は上流側に傾く

橋脚の変位が進み上部工の変形が顕著に

※必ず前面側が掘られたり、上流側に傾いたりということではない

設計：河川管理施設等構造令(S51制定)

- 渡河橋の設置は、河川管理者の許可を得て行う
- S51河川管理施設等構造令制定後の橋は、設置時点で、洗掘に対して一定の対応がなされている。
(それ以前に設置された橋では、設置時点の対策の程度が現在のものとは異なる可能性が高い)

河川管理施設等構造令 (S51.7制定 H25.7最終改定)

第一条 この政令は、河川管理施設又は河川法(以下「法」という。)第二十六条第一項の許可を受けて設置される工作物(以下「許可工作物」という。)のうち、ダム、堤防その他の主要なものの構造について河川管理上必要とされる一般的技術的基準を定めるものとする。

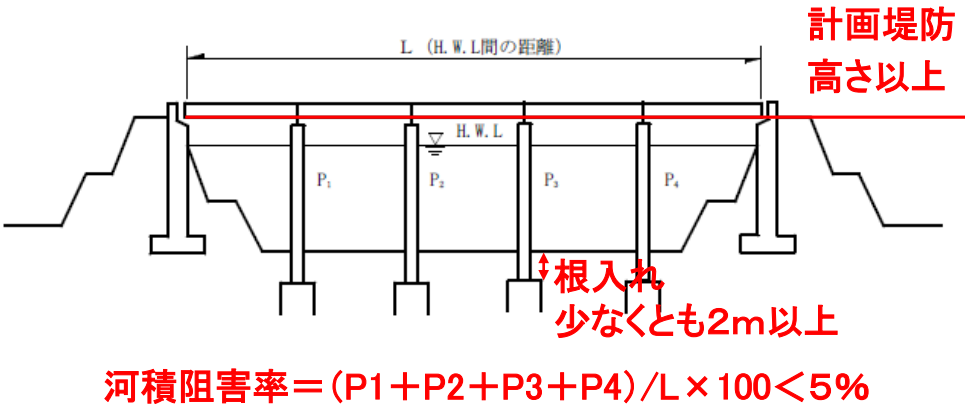
第二条
三 設計洪水位 ダムの新築又は改築に関する計画において、ダムの直上流の地点において二百年につき一回の割合で発生するものと予想される洪水の流量、当該地点において発生した最大の洪水の流量又は当該ダムに係る流域と水象若しくは気象が類似する流域のそれぞれにおいて発生した最大の洪水に係る水象若しくは気象の観測の結果に照らして当該地点に発生するおそれがあると認められる洪水の流量のうちいずれか大きい流量(略)の流水がダムの洪水吐きを流下するものとした場合におけるダムの非越流部の直上流部における最高水位(略)をいう。
四 計画高水流量 河川整備基本方針に従つて、過去の主要な洪水及びこれらによる災害の発生の状況並びに流域及び災害の発生を防止すべき地域の気象、地形、地質、開発の状況等を総合的に考慮して、河川管理者が定めた高水流量をいう。

第三章 堤防第十八条 堤防は、護岸、水制その他これらに類する施設と一体として、計画高水位(高潮区間にあつては、計画高潮位)以下の水位の流水の通常的作用に対して安全な構造とするものとする。

第八章 橋
第六十条 河川区域内に設ける橋台及び橋脚は、計画高水位(高潮区間にあつては、計画高潮位)以下の水位の流水の作用に対して安全な構造とするものとする。
2 河川区域内に設ける橋台及び橋脚は、計画高水位以下の水位の洪水の流下を妨げず、付近の河岸及び河川管理施設の構造に著しい支障を及ぼさず、並びに橋台又は橋脚に接続する河床及び高水敷の洗掘の防止について適切に配慮された構造とするものとする。

対応の例

- クリアランスが関係する
- 河積阻害率、径間長が関係する
- 基礎の最低根入れ深さの確保



橋、高架の道路等の技術基準(H29道示)

【共通編8.8】
水圧

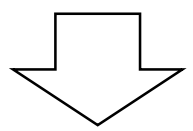
※S55道示から規定

(5) 流水圧を流水方向に対する橋脚の鉛直投影面積に作用する水平荷重とし、式(8.8.2)により算出する。作用位置は河床より0.6Hとする。

$$P = K \cdot v^2 \cdot A \quad (8.8.2)$$

- ここに、P：流水圧 (kN)
- K：表-8.8.1に示す橋脚の形状により定まる係数
- v：最大流速 (m/s)
- A：橋脚の鉛直投影面積 (m²)
- H：水深 (m)

洗掘の影響がある場合における流水圧の算出に用いる水深は、下部構造による洗掘の影響のないときの水深に下部構造の影響によって生じる洗掘の深さと、橋の供用中に予想される全般的な河床低下量を加えた深さとする。洪水時には、上記の水深に、洪水時の水位の増加と洪水時の洗掘深さを加えた深さとする。



・洗掘深は、たとえば、土木研究所資料第3225号「治水上から見た橋脚問題に関する検討」(1993)の推定図等も参考に推定される。また、必要に応じて実験等を行うことがある。

最大洗掘深

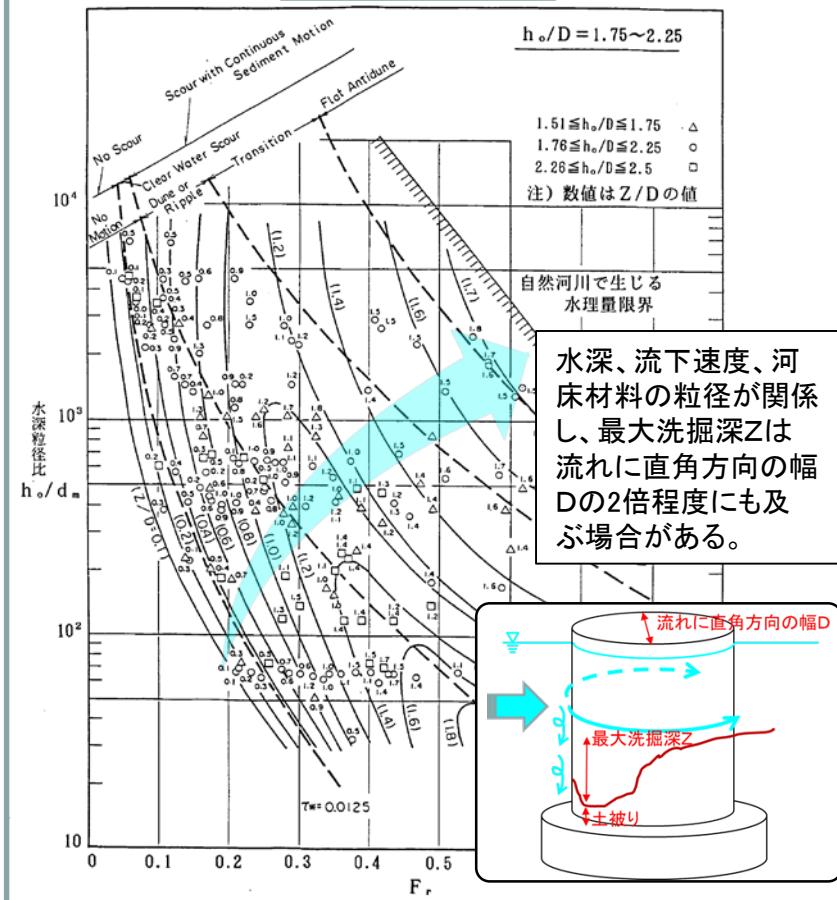


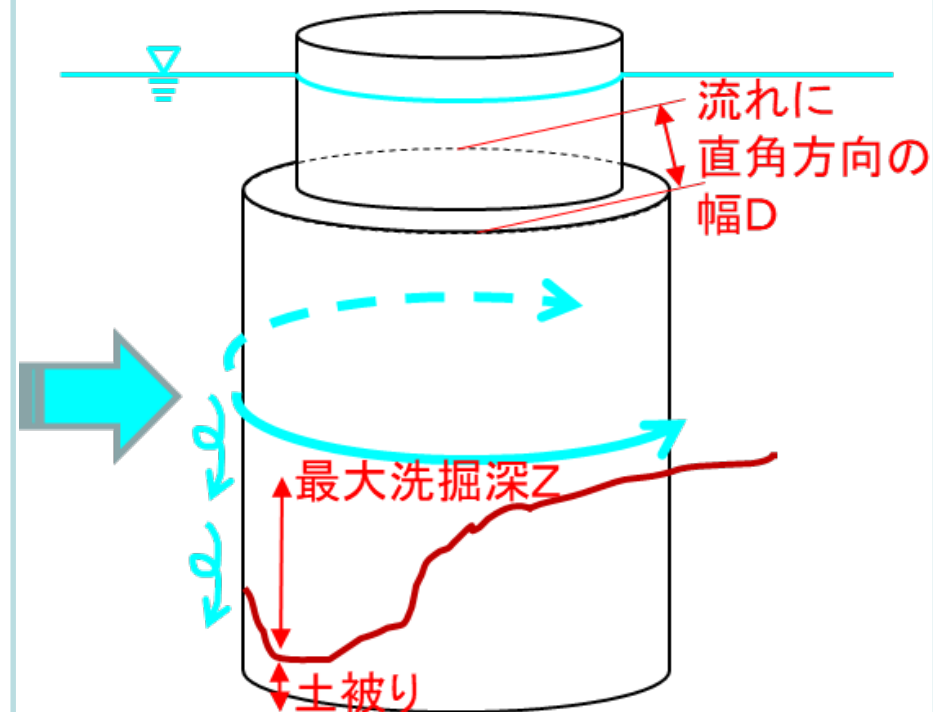
図-3.9 洗掘深推定図 (h₀/D=1.75~2.25)
「治水上から見た橋脚問題に関する検討」(土木研究所資料第3225号)

- 最大洗掘深さは、流れに直角方向の幅の2倍程度にも及ぶ場合がある
- 河床材料が砂礫など粒径が小さいほど洗掘深が深くなる傾向にあるなど、河床条件も洗掘のされやすさに影響する

基礎形式等の関係①

洗掘深さは、流れを阻害する「幅」の2倍程度にも及ぶ場合がある。

- ・ 基礎が露出すると、洗掘深さは、基礎幅に比例するようになる。
- ・ 直接基礎の場合、次回定期点検までの間にフーチングが露呈してしまうと、その後の出水にて急激に洗掘が進行する恐れがある。直接基礎は根入れが浅いため、特に注意が必要。
- ・ 本来根入れが深かったケーソン基礎でも、既に基礎が露出している場合には、基礎幅に応じて大きく局所洗掘が進む可能性がある



最大洗掘深 Z は、流れを阻害する幅 D の2倍程度にも及ぶ場合がある。
(基礎が露出すると、洗掘深さは、基礎幅に比例するようになる)

基礎形式等の関係②

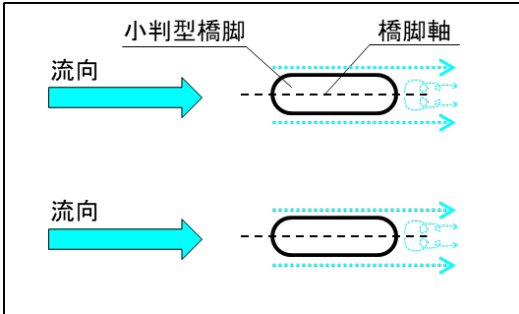
流れを阻害する幅の2倍程度にも及ぶ場合もあるが、

- ・ 橋脚軸と流向が一致しない場合、洗掘深さがさらに深くなる傾向がある。
- ・ 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、洗掘範囲がさらに大きくなる傾向がある。

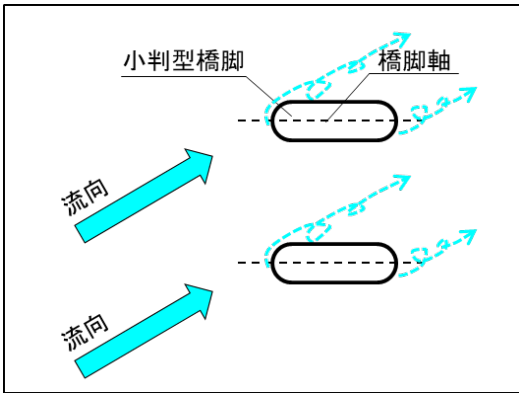
⇒パイルベント基礎は不利



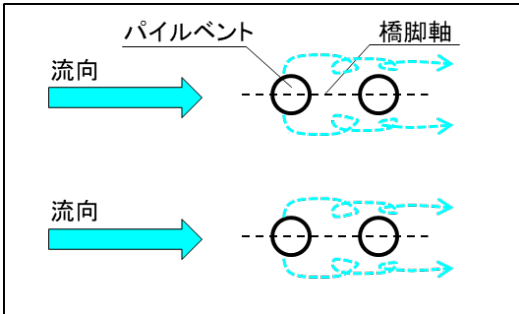
パイルベント



橋脚軸と流向が一致



橋脚軸と流向が異なる



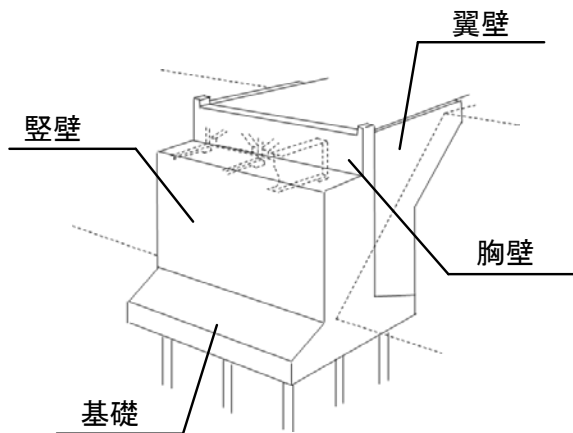
パイルベント橋脚

洗掘メカニズムと定期点検要領における着目点の関係①

以上の洗掘のメカニズムは、定期点検要領の中でも、留意点として示されている。

◆定期点検の主な着目点の例(下部構造)

■橋台



部材種類	着目箇所
①橋台	■雨水が直接かかる部位では、ひびわれが生じやすい。 ■背面からの水が供給されることから、ひびわれ部では遊離石灰や錆汁が生じやすい。 ■地盤の影響を直接受けることから、沈下・傾斜・移動が生じやすい。 ■<u>斜面上の橋台では、下方地盤の洗掘や浸食により不安定になることがある。</u>

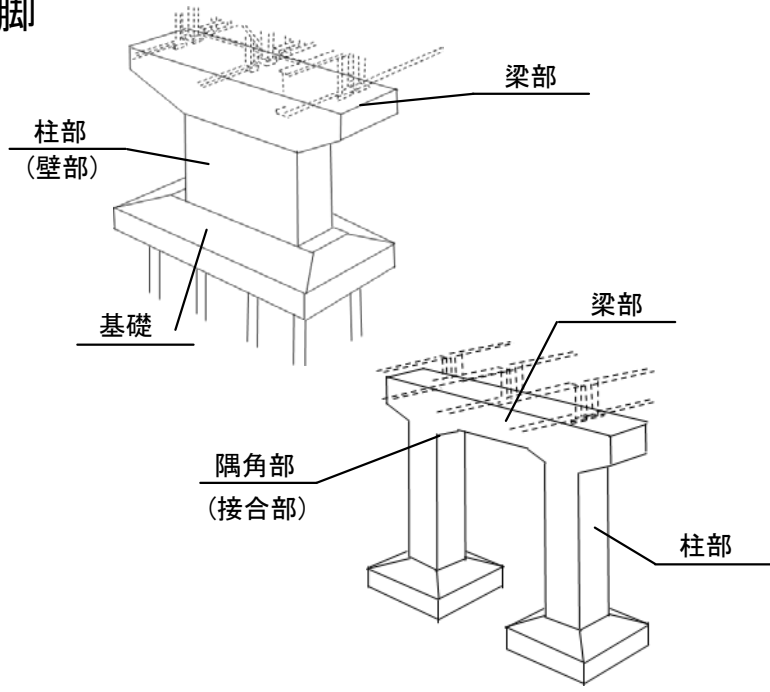
道路橋定期点検要領 付録2 (H31.2道路局)



洗掘メカニズムと定期点検要領における着目点の関係②

以上の洗掘のメカニズムは、定期点検要領の中でも、留意点として示されている。

■橋脚



部材種類	着目箇所
②橋脚	■張出部では、雨水が直接かかるなど環境が厳しく、損傷が生じやすい。 ■張出付け根部の上部では、大きな応力が発生する部位であり、ひびわれが生じやすい。 ■支承部では、ひびわれが生じやすい。 ■支承部は、狭隘な空間となりやすく、高湿度や塵埃の堆積など腐食環境が厳しく、劣化も進行しやすい。 ■<u>河川内では、洗掘が生じていることがある。</u>

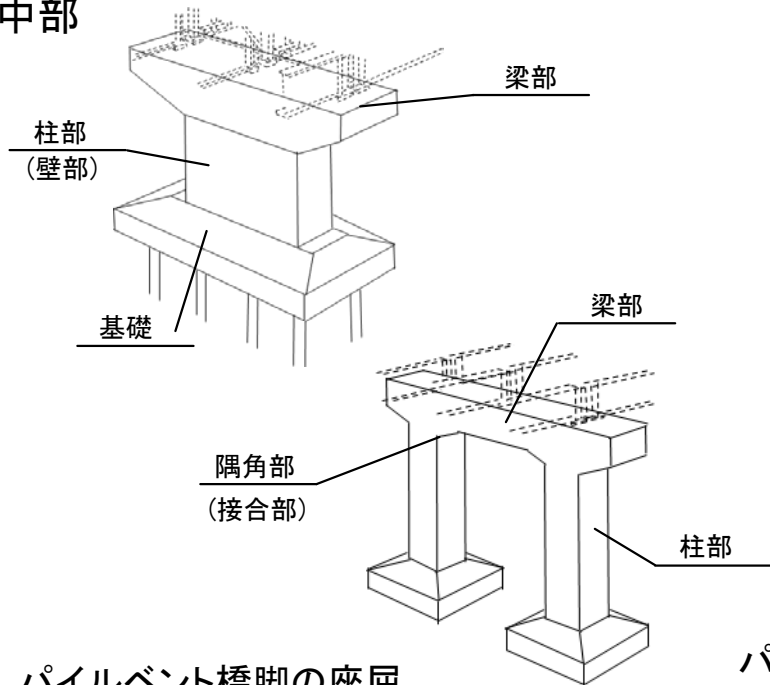
道路橋定期点検要領 付録2 (H31.2道路局)



洗掘メカニズムと定期点検要領における着目点の関係③

以上の洗掘のメカニズムは、定期点検要領の中でも、留意点として示されている。

■水中部



部材種類	着目箇所
③水中部	■ <u>直接基礎やパイルベントはその構造上の特徴から洗掘が生じたときに変状が不安定化(沈下、傾斜、全体・局部座屈)につながりやすい。</u> ■ <u>洗掘範囲は、水流に対する抵抗幅に応じて増加する傾向がある。</u> ■ <u>パイルベントに砂や石等がぶつかることで、防食機能の低下、孔食につながる場合がある。</u> ■ <u>パイルベントでは、没水部や飛沫部では、条件によっては著しい腐食につながることもある。付着物を除去して状態を確認するのがよい。</u> ■ <u>パイルベントへの係留などによる防食の損傷、異種金属接触腐食などにも注意する。</u> ■ <u>水中部については、カメラ等でも、河床や洗掘の状態を把握できることが多い。</u> ■ <u>渇水期に実施時期を合わせることで、近接し、直接的に部材や河床等の状態を把握できる。</u>

道路橋定期点検要領 付録2 (H31.2道路局)

パイルベント橋脚の座屈



パイルベント橋脚の腐食



橋脚(ケーソン基礎)の沈下・傾斜

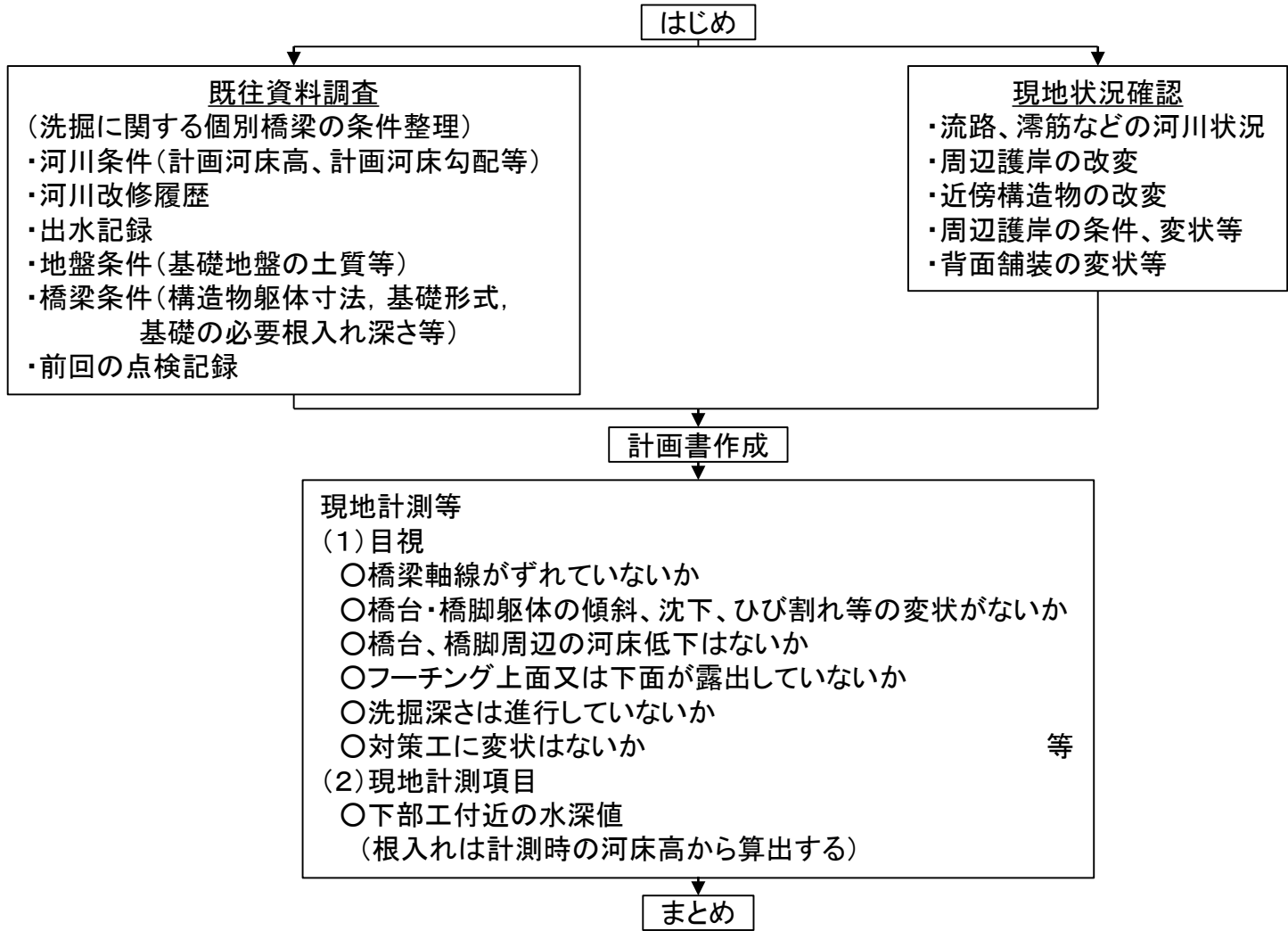


3. 洗掘に関する点検にあたっての留意点 (「水中部の状態把握に関する参考資料」より)

洗掘に対する状態の把握フロー

部材等の健全性の診断は、一般に、今の状態が橋の構造安全性に及ぼす影響 + 進行性 + 進行に応じ必要となる対策の変化などを考慮し、次回定期点検までの措置の必要性についての所見を示すものである。

■橋脚基礎の洗掘に対する状態把握フローの例(水中部の状態把握に関する参考資料(平成31年2月 国道・技術課))



基礎周辺地盤を直接確認できるような計画が推奨されている

水中部の直接目視可能な範囲を最大限にするために、渇水期に状態把握を行うのがよい。

水中部の状態把握に関する参考資料(平成31年2月 道路局国道・技術課)

- 出水期には橋脚基礎の周辺地盤や躯体の損傷部が深く水没していることも想定されるため、渇水期など、近接目視を基本とした状態の把握ができるだけ広範囲に可能な時期に行う。



津波後に発見された損傷



必要に応じて、水中部の状態を把握できるように方法を計画する

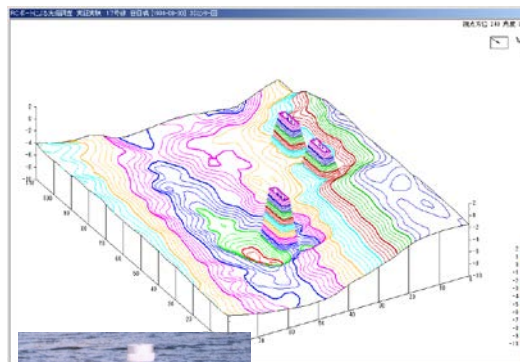
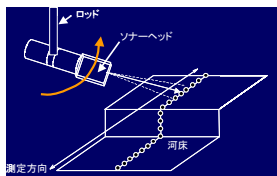
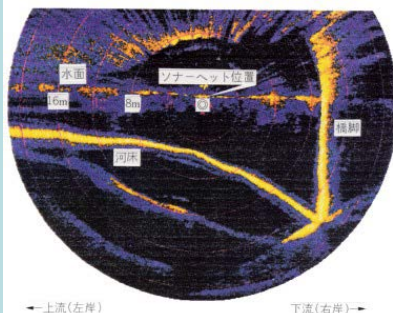
水深や洗掘状態の把握は、超音波の活用や水中カメラの活用など多様な方法が考えられる。各機器の特性を考慮して結果の解釈を行うのがよい。

水中部の状態把握に関する参考資料(平成31年2月 道路局国道・技術課)

- 下部構造の位置や橋面等から目視からでは適切な診断が行えないときは、様々な技術の活用を検討するとよい。
- 上流から流れ着いた土砂が堆積してしまっている可能性もあることも考慮し、非破壊検査など計測された洗掘深さを絶対視し、活用することには注意が必要。



人による調査の例



既設道路橋基礎の補強に関する参考資料
(H12.2(財)日本道路協会)
を元に編集

ソナーによる調査の例



水中カメラの使用

既往資料調査：進行性の考察に関連する既往資料の例

- 洗掘のメカニズムに基づけば、下記のような情報を収集しておく、より信頼性の高い診断につながると考えられる。
- 河川管理者における河床の計測記録があれば、それも活用するとよい。
(河川管理者が河床計測結果を有していることもある)
- なお、これらの情報を事前に入手し、現地での点検計画にも反映するとよい。

河川条件(計画河床高、計画河床勾配等)

河川改修履歴

最新の河床の計測記録や河床の変遷

出水記録

地盤条件(基礎地盤の土質等)

橋梁条件(構造物躯体寸法、基礎形式、基礎の必要根入れ深さ等)

前回の点検記録



直接基礎



パイルベント基礎

必要根入れ深さの規定

河川構造令 第62条2

河道内に設ける橋脚の基礎部は、低水路及び低水路の河岸から20メートル以内の高水敷においては低水路の河床の表面から深さ2メートル以上の部分に、その他の高水敷においては高水敷の表面から1メートル以上の部分に設けるものとする。

流路・滞筋などの河川状況

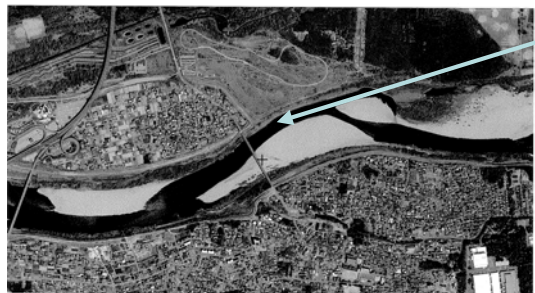
- 滞筋が変化して流路幅が狭くなった箇所では、急激な洗掘につながる可能性がある。
過去の航空写真と比較することが有効である。(地理院地図を活用)
- 水の流下位置と下部工位置の関係、阻害の程度、基礎の露出の有無などから、すでに洗掘が発生している可能性や、次回定期点検までの洗掘の発生や進行の可能性を疑うことができる。



架橋13年後



架橋20年後



流路幅が狭くなって流速が増している可能性

架橋46年後



豪雨後の滞筋

豪雨前の滞筋

現地での状態の把握：橋台、橋脚周辺の河床低下はないか

□橋脚基礎



洗掘により橋脚周辺の河床材料が消失している。

【留意点】

河川増水時に、橋脚の上流側で洗掘により河床材料が消失し、洗掘が進む。

平時から、洗掘が生じやすい条件となっていないか把握することが重要。

基礎部の状態を直接確認できないときには、水中カメラ等で見るとかで状態を把握することが重要。

○ポールによる計測



最も簡便な方法

○潜水による調査



水中部の詳細な調査が可能

- ・ 洗掘深さは橋脚幅の2倍程度にも及ぶ場合がある。
- ・ 洗掘範囲は洗掘深さの2倍程度にも及ぶ場合がある。
- ・ 流行と橋脚軸が一致しない場合、さらに洗掘範囲が大きくなる傾向にある。

□橋脚基礎



フーチング周辺が洗掘されている。

【留意点】

平常時の洗掘の程度が軽微に見えても、洪水時には、橋脚周囲の流速増加により土砂が局部的に失われて洗掘されることがある。

基礎部の状態を直接確認できないときには、水中カメラ等で見るとかで状態を把握することが重要。

- ・ フーチングが通水部に露呈したりすると、フーチングそのものが流水を阻害し、局所洗掘が急増する。
- ・ 洗掘が深くなると洗掘範囲もさらに広がることとなり、基礎の支持力が低下する恐れがある。

現地での状態の把握：近傍構造物に変状はないか

□近傍の構造物の変状

下部工周辺の護岸工に変状が見られる。



【留意点】

橋梁周辺の護岸等で洗掘対策がなされている場合、洗掘しやすい条件となっているため、周辺の構造物の変状にも留意して情報を把握するのがよい。

- ⇒ 既に洗掘が生じている場合がある
- ⇒ 今後、急速に進行する可能性が疑われる
- ⇒ 基礎部の状態を直接確認するか、水中カメラ等で見るとかで状態を把握することが重要。

現地での状態の把握：対策工に変状はないか

□対策工の変状

橋脚周辺の護床ブロックに変状が見られる。



【留意点】

洗掘対策として実施した護床ブロックが増水時の流水の影響等で散乱している。

既存対策工の変状から、洗掘がすでに生じている可能性や、次回点検までの発生又は進行を疑うことができる。

基礎部の状態を直接確認できないときには、水中カメラ等で見るとかで状態を把握することが重要。

- ・ 河川勾配が急、河積が小さい、河川が湾曲しているなど、もともと洗掘しやすい状況では、護床対策工に変状している場合がある。

現地での状態の把握：周辺護岸に変状はないか

□周辺の護岸の変状

下部工周辺の護床工に変状が見られる。



i 年



i + 1 年

【留意点】

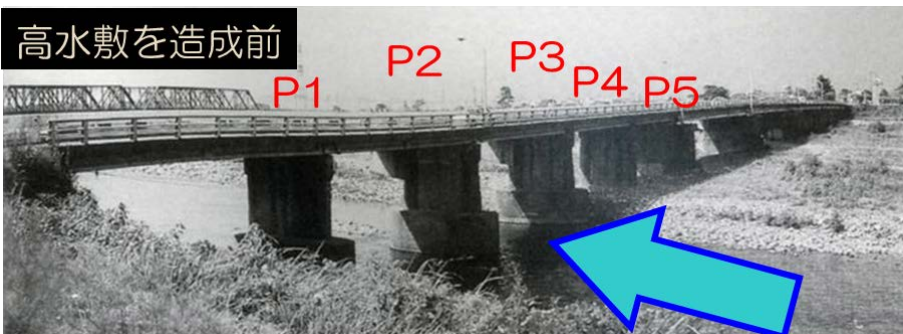
護床工の変状を把握することで、河床や周辺護岸の変化が把握できる場合がある。

過去の写真と比較することも有効。(検索サイトの地図サービスを活用)

⇒ 基礎部の状態を直接確認するか、水中カメラ等で見るとなどで状態を把握することが重要。

現地での状態の把握：周辺護岸の条件、変状等

□周辺護岸・近傍構造物の改変



【留意点】

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。

⇒ 特に水が当たるところでは、過去の点検結果等とは異なる状態になっている可能性がある。

⇒ もともと高水敷だった箇所では、河川構造令上、根入れ深さ1mほどで施工されている可能性があり、河道変化により元の高水敷が河道になっている場合は、洗掘が進んでいないか注意が必要。

⇒ 基礎部の状態を直接確認するか、水中カメラ等で見るとかで状態を把握することが重要。

下部工の傾斜、沈下等は生じていないが...

□橋台部基礎



橋脚の基礎が洗掘され、杭が露出している。



基礎の底面に空洞が生じている。

【留意点】

杭に設計では考慮していない力が生じ、杭の変形に至る可能性がある。

直接基礎では、底面の土砂が流出すると、沈下や傾斜が生じる可能性が高まる。

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。

すでに下部工の傾斜、沈下等の変状が生じてしまっている例

□橋脚フーチング部



洗掘が進行し、フーチングが浮いている。

【留意点】

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。

すでに下部工の傾斜、沈下等の変状が生じてしまっている例

□橋脚基礎の露出



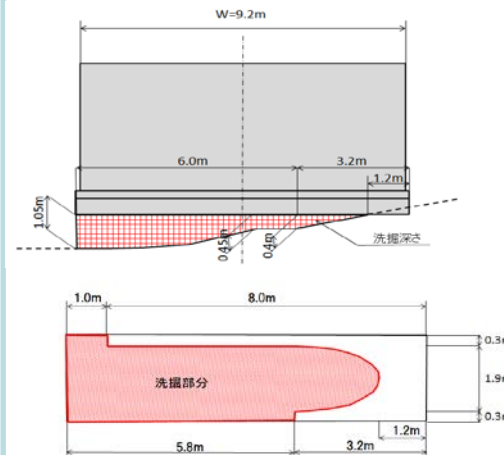
洗掘が進行し、フーチングが露出している。



洗掘が進行し、基礎が浮いている。

【留意点】

フーチング上面又ケーソン基礎側面が露出していれば、基礎底面位置まで洗掘が進む可能性を疑うことができる。



普段水が流れない避溢橋は根入れが浅い可能性

すでに下部工の傾斜、沈下等の変状が生じてしまっている例

□橋脚基礎



橋脚躯体の傾斜が見られる。



打ち継ぎ目が喫水線と平行になっていない。

【留意点】

洪水などにより洗掘が進展すると、沈下・移動・傾斜が生じることがある。

基礎が不安定になっていることが疑われる場合、規制等、早急に措置の必要性を検討する必要がある。

軸線の異常が見られる場合

□ 橋梁の軸線



高欄や地覆の通りがずれている。

【留意点】

軸線の異常が見られる場合、洗掘がすでに橋の安定に影響を及ぼしている可能性がある。

基礎が不安定になっていることが疑われる場合、規制等、早急に措置の必要性を検討する必要がある。

□背面土砂の吸い出し

【留意点】

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。

護岸の隙間から、吸出しが起きていることがある。



橋台背面部に陥没

橋台側面部からも吸出しが起きる



橋台前面にも洗掘が見られる

□背面舗装の陥没

【留意点】

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。



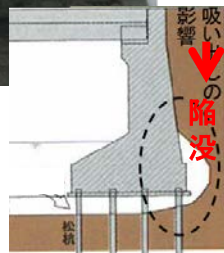
□橋台基礎



水衝部



橋台背面の路面陥没



橋台基礎の土砂が洗掘され、橋台背面の土砂が流出すると、橋台背面の路面陥没が発生することがある。

【留意点】

水衝部(増水した時に水の流れが強くなる箇所。河川の湾曲部に多い。)にあたる箇所に橋台が突出している場合、流水の影響で洗掘が生じやすい。

洗掘により橋台が沈下・移動・傾斜するほか、橋台背面土の吸い出しにより橋台背面の路面が陥没する可能性があることに留意。(舗装にひびわれが生じていることも)

4. 定期点検結果の日常の管理への反映 の例

(参考)技術的助言における「監視」について

- 技術的助言(道路橋定期点検要領)における「措置」とは、機能等を維持・回復させるための対策のほか、撤去、監視、規制も含まれる。
- 道路橋の管理に反映させるため、変状の挙動を追跡的に把握する「監視」も「措置」と位置付けられる。

7. 措置

道路の効率的な維持及び修繕が図られるよう、必要な措置を講ずる。

【法令運用上の留意事項】

措置には、補修や補強などの道路橋の機能や耐久性等を維持又は回復するための対策のほか、撤去、定期的あるいは常時の監視、緊急に措置を講じることができない場合などの対応として、通行規制・通行止めがある。

措置にあたっては、最適な方法を道路橋の道路管理者が総合的に検討する。定期点検は近接目視を基本とした限定された情報で健全性の診断を行っていることに留意が必要である。たとえば、対策方法の検討のために追加で実施した調査の結果を踏まえれば、橋の措置方針が変わることも想定される。その場合には、橋の健全性の診断区分も適切に見直すことができる。

監視は、対策を実施するまでの期間、その適切性を確認した上で、変状の挙動を追跡的に把握し、以て道路橋の管理に反映するために行われるものであり、これも措置の一つであると位置づけられる。たとえば道路橋の機能や耐久性を維持するなどの対策と監視を組み合わせることで措置を行うことも考えられ、監視を行うときも道路管理者は適切な措置となるように検討する必要がある。

付録1 定期点検の実施にあたっての一般的な注意点

1. 用語の説明

(3) 監視

監視は、対策を実施するまでの期間、道路橋の管理への活用を予定し、予め決めた箇所の挙動等を追跡的に把握することをいう。

2. 定期点検を行うにあたっての一般的留意事項

(9)措置について

- 定期点検結果を受けて措置の内容について検討することは、この要領における定期点検の範囲ではない。
- 直接補修補強するということではなく、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と考えられる対策をした上で、変状の経過を監視することも対策の一つと考えてよい。
- 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、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上で、着目箇所や事象・方法・頻度・結果の適用方法などを予め定めて挙動を追跡的に把握し、また必要に応じて、予定される道路管理上の活用のための具体的準備を行っておくことで、監視は、措置の一つと位置付けできる。監視のためには、機器等の活用も必要に応じて検討するとよい。また、各種の定期又は常時のモニタリング技術なども、必要に応じて検討するとよい。
- 対策の実施にあたっては、期待どおりの効果を必ずしも発揮しない場合もあることも前提として、対策後の状態の把握方法や健全性の診断の着眼点、状態把握の時期などを予め定めておくことよい。

(参考)監視計画の策定とモニタリングに関する参考資料

必要に応じて、計測機器等を用いてモニタリングを行うこともある。
そのときの注意点や事例をまとめた資料があるので、適宜参考にとるとよい。
(洗掘に対するモニタリングの事例も紹介されている)

https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/tenken/yobo4_1-5.pdf

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)

令和2年6月

国土交通省 道路局 国道・技術課

目次

1. はじめに	1
2. 本資料で対象とするモニタリング技術について	2
(1) 本資料におけるモニタリング技術の定義	
(2) 機器等を用いたモニタリングの特徴	
(3) モニタリング技術で計測する物理量の例	
3. 監視のためのモニタリングを計画するにあたっての留意点	5
(1) 対策の経過観察に関わる留意点	
(2) 突発的な事象の把握に関わる留意点	
1) 着目断面、部位等の選定に関わる留意点	
2) 着目する工学量の選定に関わる留意点	
3) その他の留意点	
4. 計測結果の利用・分析に関する注意点	10
5. おわりに	11
付録1 本資料で目的としてい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	13
付録2 道路橋におけるモニタリングの事例	16
付録3 落橋事例においてモニタリングされていた橋	61
付録4 洗掘・出水を受けた橋の被災事例	63

(参考)国管理の橋での取り組み

- 国管理の橋では、洗掘は、定期点検要領でも対象になっていることに加えて、注意が必要な橋については、「直轄国道における橋梁基礎の洗掘に係る点検実施フロー及び点検調書」(平成19年10月)に基づいて、出水後の点検を行うなど、日常の道路管理に反映し、継続的な監視を行うこと等を推奨している。

橋梁基礎の洗掘に係る点検実施要領

1. 適用

本要領は、橋梁基礎の洗掘に係る点検を行うにあたっての基本的事項を示す。

2. 点検の対象道路

点検の対象道路は、国が管理する一般国道(以下「直轄国道」という。)、及び、東日本、中日本、西日本、首都、阪神及び本州四国連絡の各高速道路株式会社が管理する道路(以下「高速道路」という)とする。

3. 点検の対象橋梁

(1) 初回点検の対象橋梁は以下の①及び②の両条件に該当する橋梁とする。

① 基礎形式が直接基礎であり、その支持地盤が砂又は砂れきである橋梁

② 過去の点検結果が次のいずれかに該当する橋梁

・過去の橋梁定期点検において、洗掘に対する損傷の評価が、橋梁定期点検要領(案)(平成16年3月 国道・防災課)の「c 下部工基礎が流水のため洗掘されている」又は「e 下部工基礎が流水のため著しく洗掘されている」と評価された橋梁又はこれと同等の損傷であると評価された橋梁

・平成18年9月29日付け事務連絡「道路における災害危険箇所の再確認について」に基づき実施した災害危険箇所の再確認において、洗掘に対する安定度が「対策が必要と判断される」又は「防災カルテを作成し対応する」と評価された橋梁

(2) 2回目以降の点検の対象橋梁は、以下の①～③の条件のいずれか一つに該当する橋梁とする。

① 前3.(1)に該当する橋梁のうち、前回の点検において「①緊急に対応が必要なもの」又は「②詳細な調査又は継続的な観察を行って対応を検討するもの」と評価された橋梁

② 前3.(1)に該当する橋梁のうち、前回の点検以降に大規模な出水を受けた橋梁

③ 橋梁定期点検にて、新たに前3.(1)の条件に該当した橋梁

4. 点検の実施時期

(1) 点検は毎年度実施するものとし、出水期後速やかに点検に着手するものとする。

(2) 大規模な出水があった場合には、(1)の規定にかかわらず、当該出水を受けた橋梁について出水後速やかに点検を実施するものとする。

○河川の増水によって再び洗掘が進行するため、必要に応じて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

(参考)国管理の橋での取り組み

5. 点検の実施方法

- 対象橋梁に対して、橋梁基礎の洗掘状況を現地調査により直接点検するものとする。
 - 点検は橋梁定期点検における方法によるものとする。なお、参考までに、点検における着目点の例を下記に示す。
 - 橋梁軸線がずれていないか
 - 橋台・橋脚躯体の傾斜、沈下、ひび割れ等の変状がないか
 - 橋台・橋脚周辺の河床低下はないか
 - フーチングの上面又は下面が露出していないか
 - 洗掘深さは進行していないか
 - 対策工に変状はないか
- ・洗掘が確認された場合には、その発生位置やその範囲・状況をスケッチや写真で記録するとともに、特記すべき事項について記録するものとする。
- ・点検結果については、各道路管理者の有する定期点検要領に基づき、損傷状況の把握、対策区分の判定を行った上で、点検調査に記録・整理するものとする。

6. 点検結果の評価

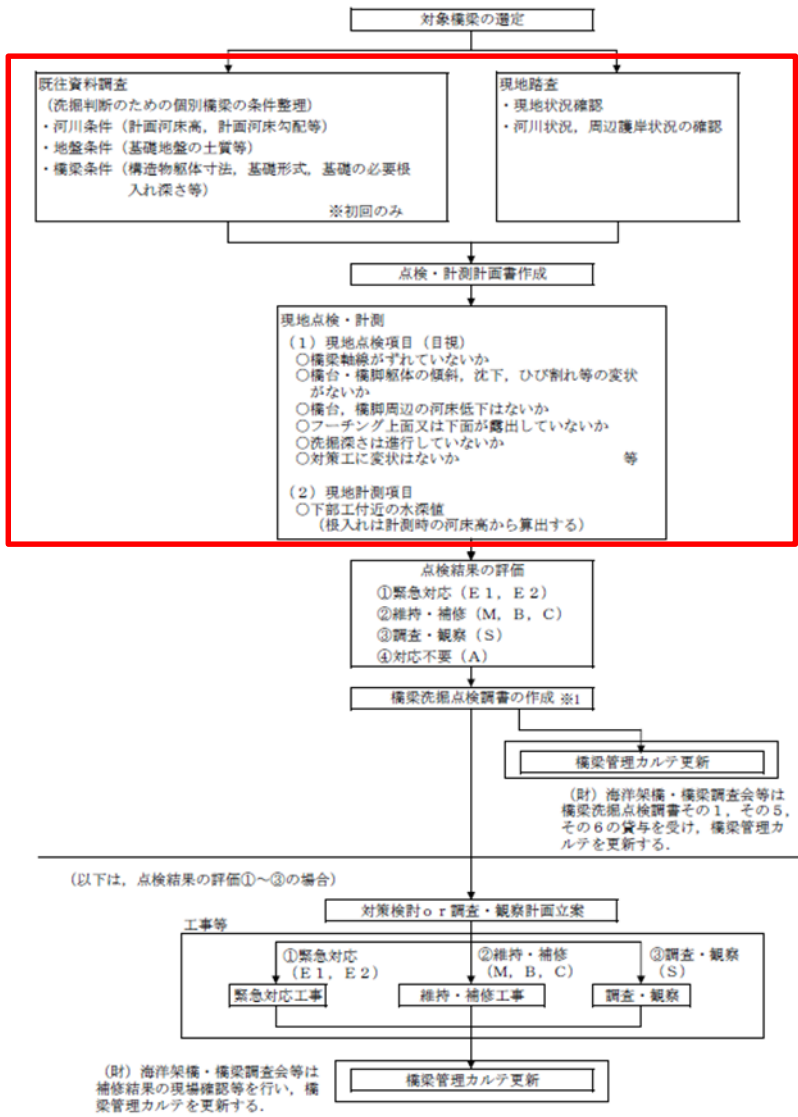
点検結果を踏まえ、各々の点検橋梁について、①緊急に対応が必要なもの、②詳細な調査又は継続的な観察を行って対応を検討するもの、③維持・補修が必要なもの、④対応不要なものいずれに該当するか判定するものとする。なお、緊急に対応が必要と判定されたものについては、必要に応じて基礎の安定照査を行い、対策工について検討する。

参考までに、上記①～④の点検結果の評価区分と各道路管理者の有する点検要領における判定区分との関係の目安を表に示す。

【点検結果の評価区分と各道路管理者の点検要領における対策判定区分との関係】

点検結果の評価区分		①緊急対応	②維持・補修	③調査・観察	④対応不要
点検要領	直轄	E1, E2	M, B, C	S	A
	国	E, AA	A(A1, 2, 3)	B, C	OK
	都道府県	A0, A1	A2, B	C	D
	市町村	S1, S2	A	B, C	OK
本四高速		E, A	B	C, Q	D

直轄国道における橋梁基礎の洗掘に係る点検の実施フロー



※1 点検結果は、「橋梁定期点検要領(案)平成16年3月 国土交通省 道路局 国道・防災課」に示される点検調査その1(橋梁の諸元と総合検査結果)、その5(損傷図)、その6(損傷写真)を活用し、橋梁洗掘点検調査として記録する。

[参考] 洗掘に関する被災事例分析

①洗掘による橋梁の被災※は、**建設年次が古いもの、河積阻害率が高いものが多い。**

→**1950年以前のもの、河川管理施設等構造令制定前のものが多い**

※・被災橋梁の定義

災害査定資料等で洗掘が生じていることが明記されているものに加えて、橋梁下部構造の沈下、倒壊や流出のいずれかの変状が確認された橋梁についても、洗掘が確認された橋梁

・根拠としているデータ

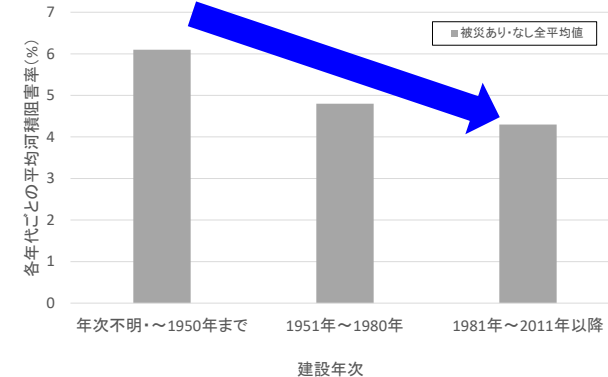
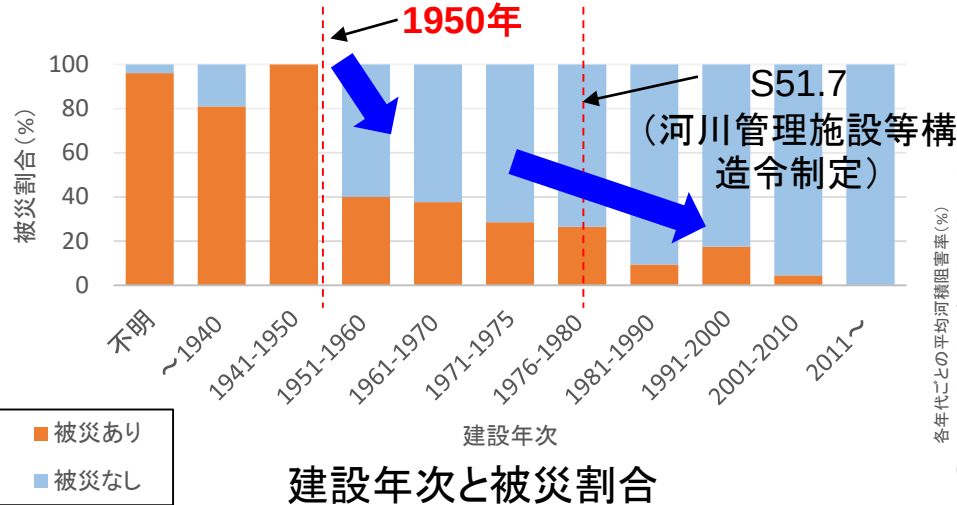
平成23年から平成28年までの豪雨と平成30年7月豪雨で洗掘により被災した橋梁など【被災あり(214橋梁)、被災なし(445橋梁)】

・要因の項目の決め方

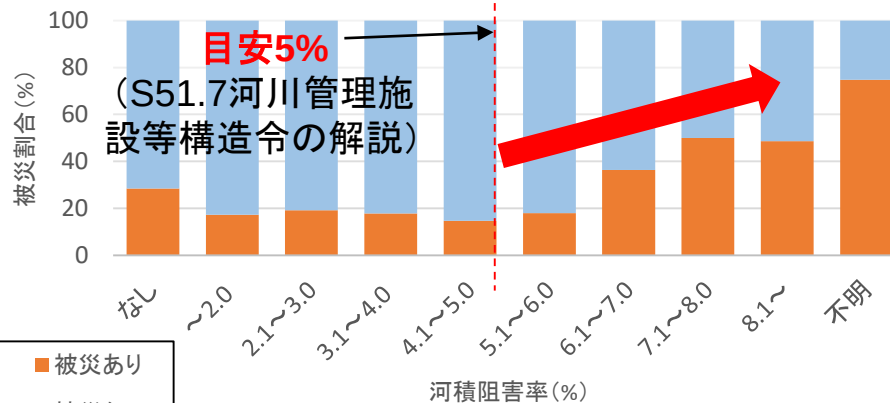
防災点検・既往の研究成果の内容等を考慮して分析する要因を決定

建設年次※

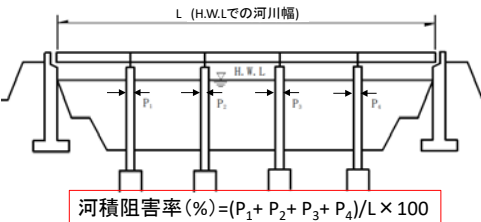
※建設年次が古いものは、河積阻害率が高くなっていることも影響している



河積阻害率

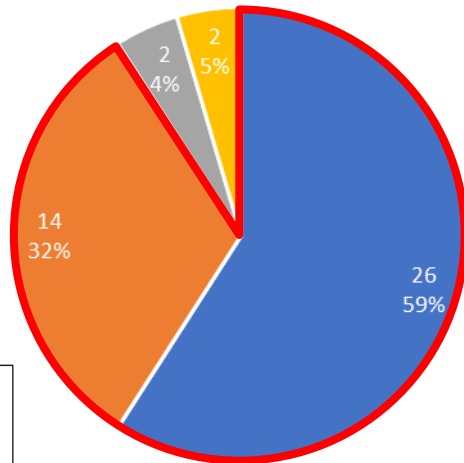


河積阻害率と被災割合

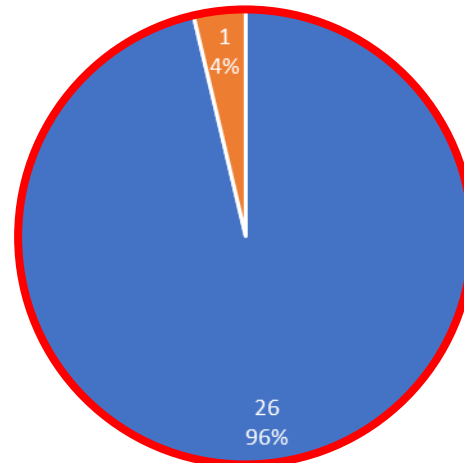


河積阻害率の概念図

②橋梁の基礎形式では、**直接基礎とパイルベントで90%以上**を占める。近年発生した**沈下・傾斜・転倒**などの大きな洗掘被害は、**直接基礎又はパイルベントで発生**している。



橋脚



橋台

大きな洗掘被害が生じた橋梁の基礎形式割合

- ※ 平成23年から平成28年までの豪雨と平成30年7月豪雨で洗掘により被災した214橋梁の中から「橋脚に大きな洗掘被災が生じた橋梁」65橋（橋脚基礎形式不明21橋を除く）、「橋台に大きな洗掘被災が生じた橋梁」27橋（橋台基礎形式不明22橋を除く）について、基礎形式を分類（橋脚・橋台の両方で大きな洗掘被災が生じた橋梁はそれぞれで計上）
- ※ ここでいう「橋脚に大きな洗掘被災が生じた橋梁」とは、1基以上の橋脚に「倒壊・流出」「沈下・傾斜」のいずれかが生じた橋梁を指す。
ここでいう「橋台に大きな洗掘被災が生じた橋梁」とは、1基以上の橋台に「倒壊・流出」「沈下・傾斜」のいずれかが生じた橋梁を指す（橋台背面土砂流出だけが生じた橋梁はここには含まれない）。
- ※ 複数の橋脚基礎形式を有する橋についても被災した橋脚の基礎形式に着目して分類。
（例：1つの橋梁でケーソン基礎の橋脚が被災し、直接基礎の橋脚が被災しなかった橋梁の場合、ケーソン1橋として計上）
今回の調査対象の範囲では、1橋で複数の基礎形式の橋脚が被災した事例や1橋で複数の基礎形式の橋台が被災した事例はない。
（例：1つの橋梁でケーソン基礎の橋脚と直接基礎の橋脚の両方ともに大きな被災が生じた事例はない）



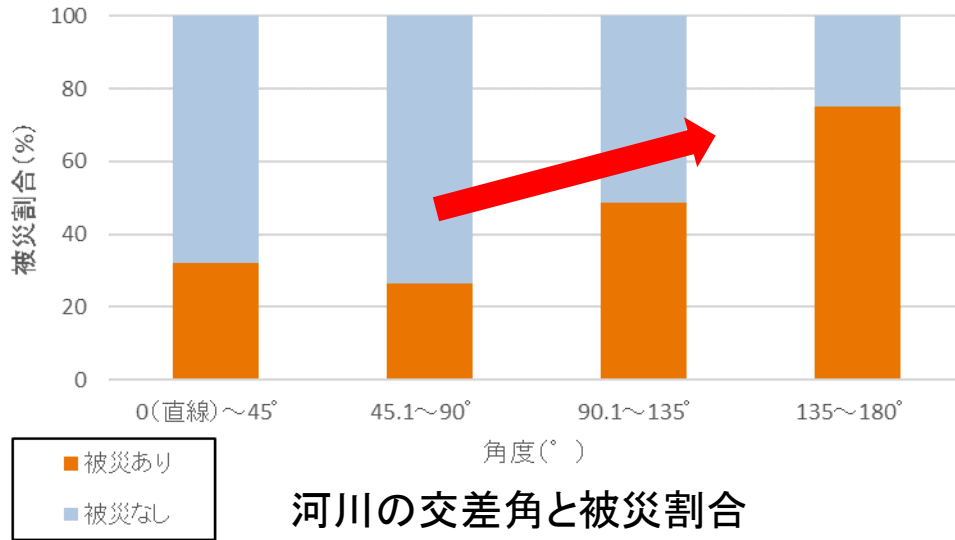
直接基礎



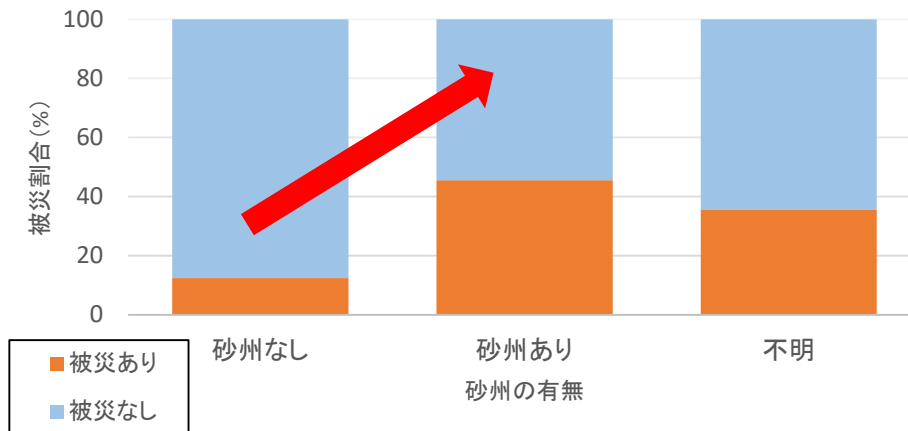
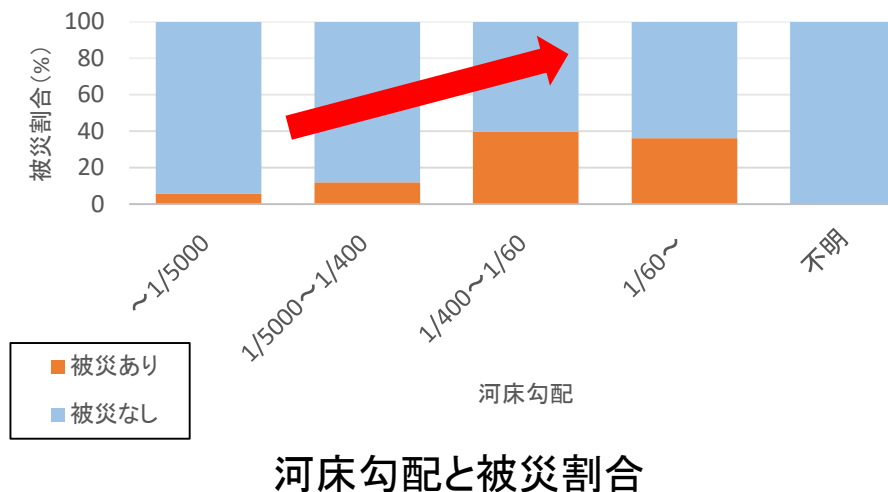
パイルベント

近年発生した大きな洗掘被害

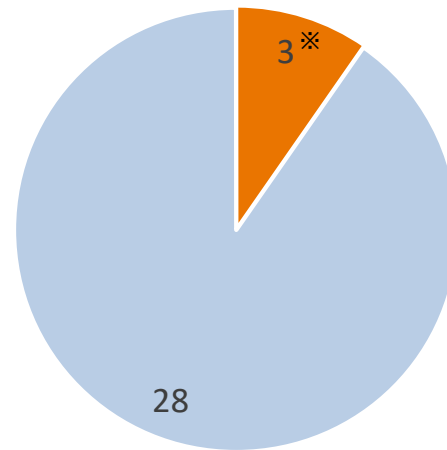
③なお、河川の条件では、近年発生した橋脚の沈下・転倒などの大きな洗掘被害は、架橋位置が**水衝部**の**ものが多い**。その他、**河床勾配が大きいもの**、架橋位置で**砂州が形成**されている**ものが多い**。



近年発生した大きな洗掘被害



④橋脚周りに**護床工が設置されている橋梁での被災は実質なし**※。ただし、過去には護床工が豪雨時に流出した事例もある。



※

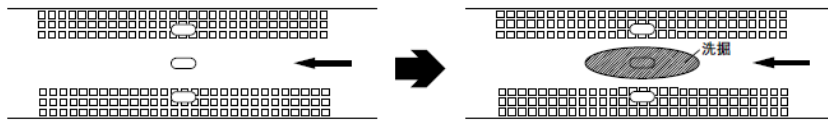
- ・3件のうち2件は河床の洗掘ではなく、橋台背面の浸食による被災
- ・1件は護床工が設置されていない橋脚のみ被災

護床工が設置されている橋梁の被災の有無

⑭ P5 橋脚

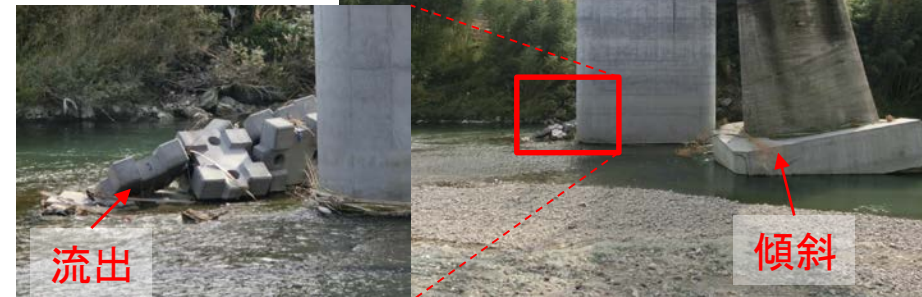


24 下流側を望む



護床工のない橋脚付近の洗掘

平成29年に生じた洗掘被害



平成30年に生じた洗掘被害

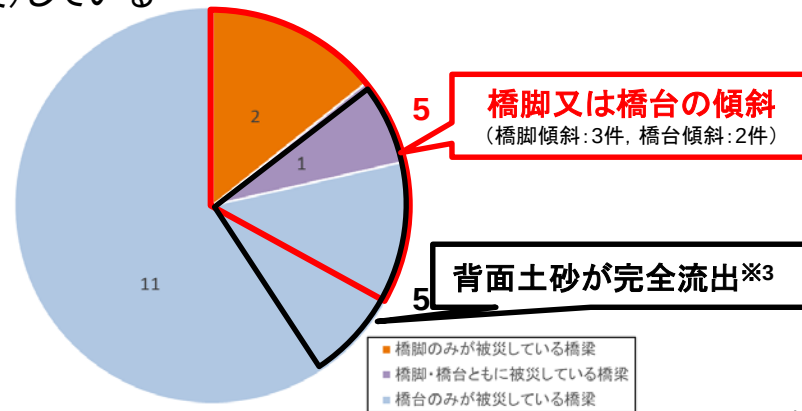
近年発生した大きな洗掘被害

⑤1980年以降に建設された橋梁の被災は全14件※¹（被災状況が不明な橋梁を除く）。そのうち、**橋脚の被災は3件※²**発生している。橋脚の被災については、河道の変化等によって根入れが不足している箇所もあると考えられる。**橋台の被災は12件※²（全て背面土砂流失）**発生、うち**2件は水衝部※³にある橋台が傾斜**している。

※1:うち11件は北海道の橋梁

※2:1件は橋脚・橋台ともに被災(重複)している

※3:護岸の有無は不明



※3: 橋長15m未満の橋梁を除く

1980年以降に建設された橋梁の被災箇所内訳



橋脚の被災



橋台の被災