

豪雨災害に備えるための技術と 取り組み ～河道の二極化，橋梁の洗掘～

土木研究所

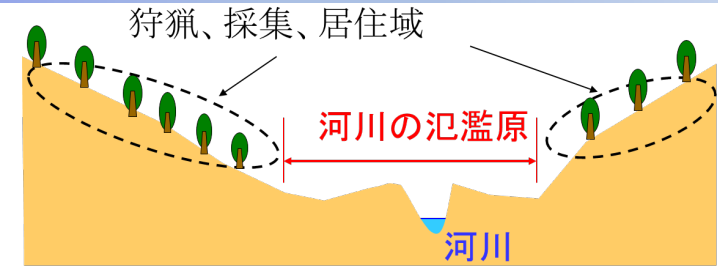
河道保全研究グループ上席研究員（特命）	猪股 広典
橋梁構造研究グループ上席研究員	西田 秀明

第一部

河川改修による洪水対策 歴史的背景

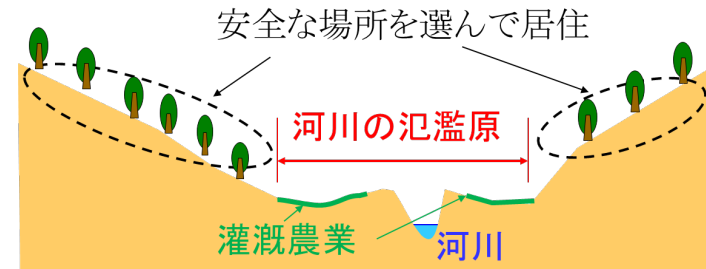
古代の狩猟・採集生活

洪水被害の危険性のある氾濫原に人々は住む必要なし。



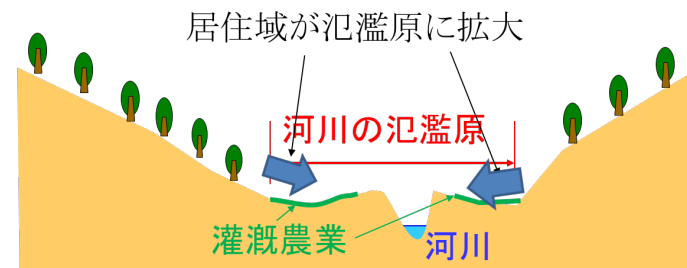
稲作の開始(約3000年前)

稲作灌漑の観点から、氾濫原の利用価値増大。しかし、氾濫原内に必ずしも住む必要なし。



人口増加、世界的な海面低下

増大した人口を養うため、氾濫原の利用が拡大。洪水に対して必ずしも安全ではない氾濫原での居住が増大。



氾濫原の利用高度化に応じた治水対策の必要性の増大

16世紀以降、治水対策事業が促進される。

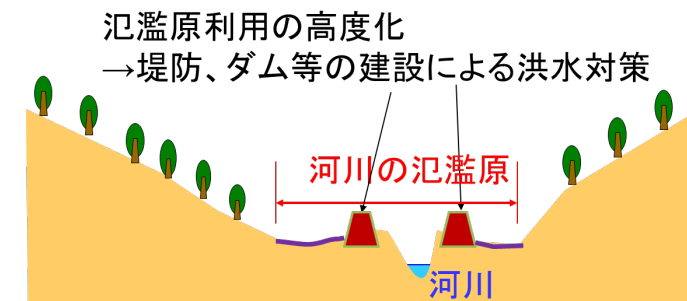


図1.1 河川改修の歴史的背景

洪水対策の基本的な考え方

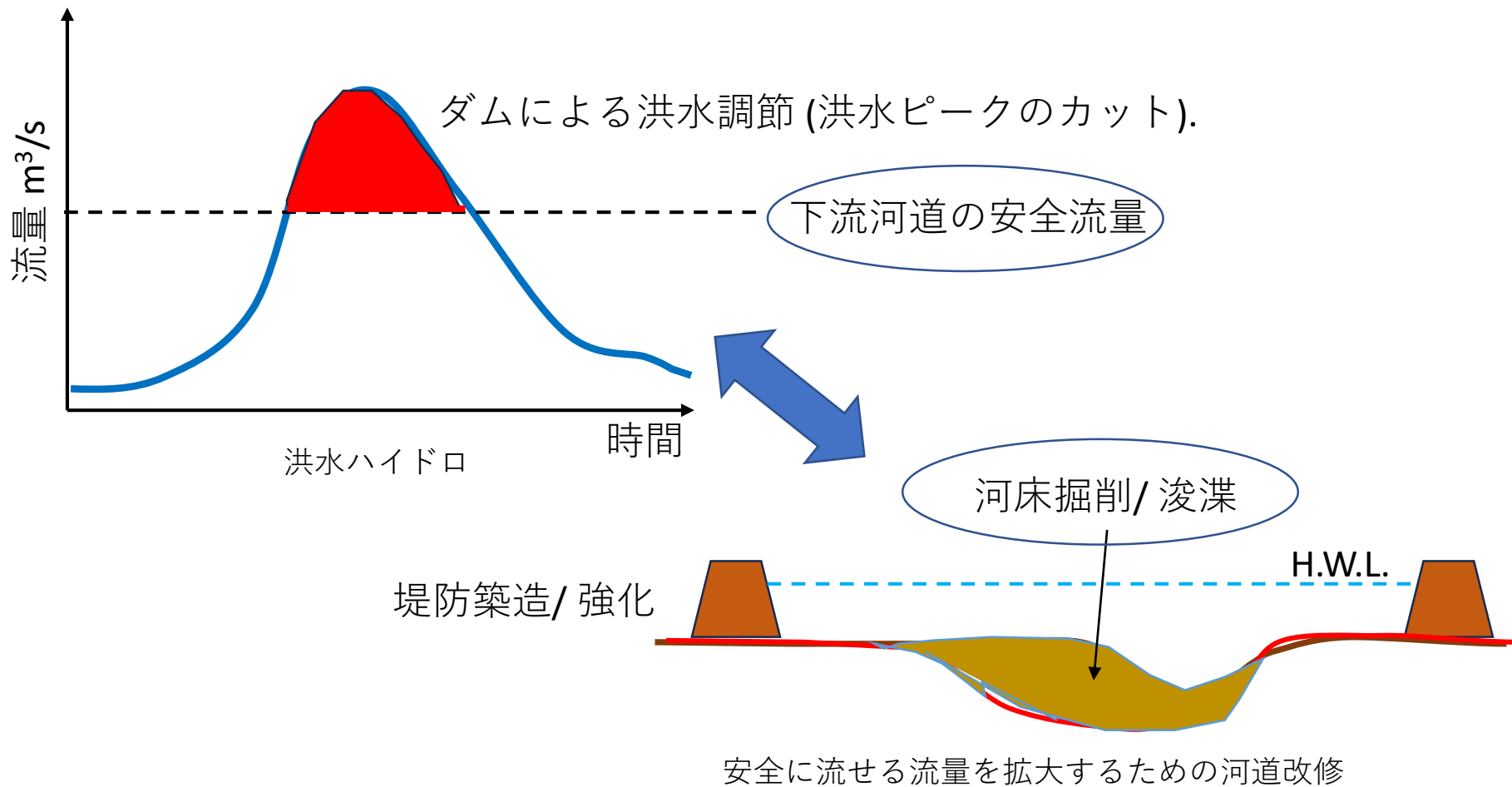
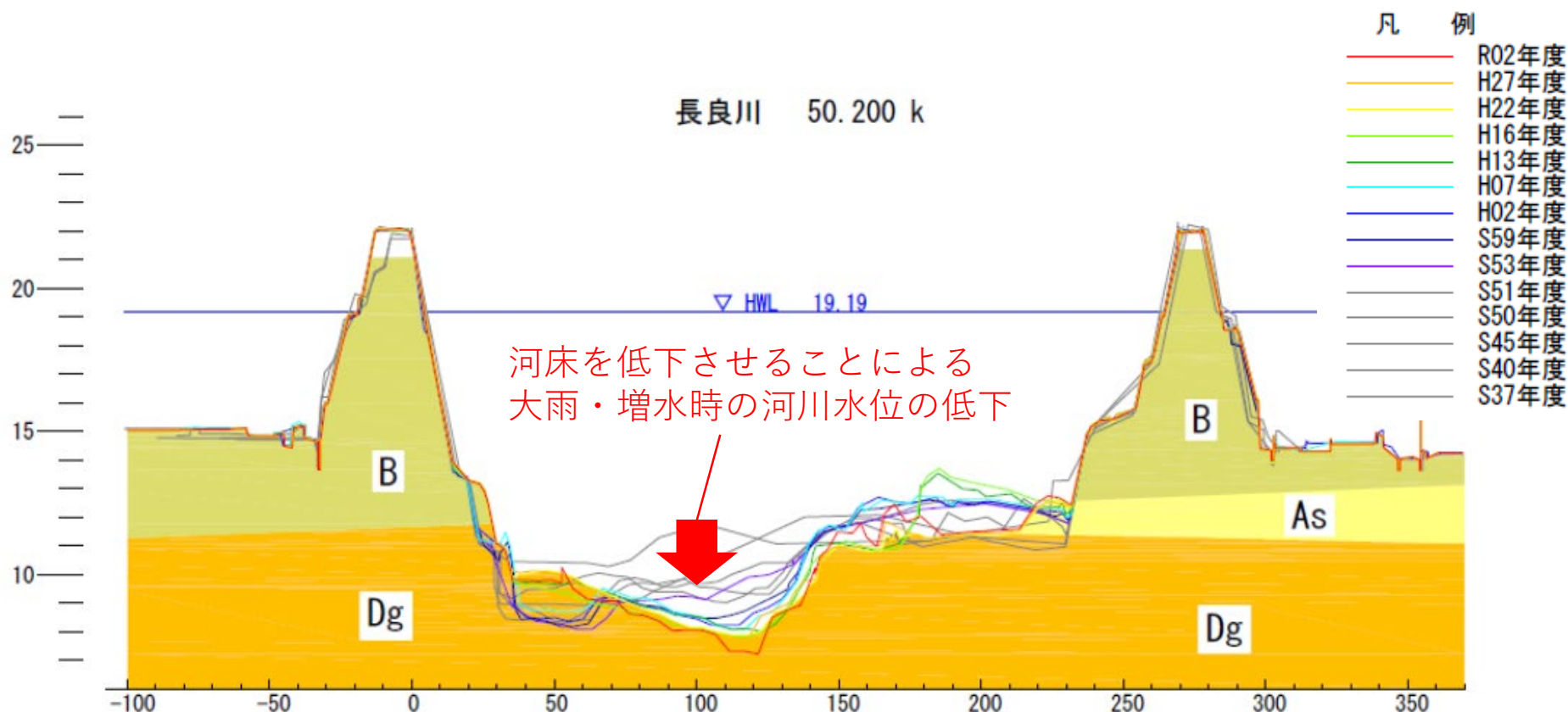


図1.2 代表的な治水対策の概念図

大雨時のピーク流量をダム等での貯留により低減し、河道の設計高水位（H.W.L.）以下で安全に洪水を流下させる。主要河川区間における目標とする治水安全度は年超過確率 $1/100 \sim 1/200$ 程度。

河川改修による河道断面の拡大

我が国の河川は、**16世紀以降**改修が促進され大雨・増水時の河川水位の低下が図られ、河川からの氾濫被害の防止・軽減が図られてきた歴史を持つ。



※木曽川上流河川事務所資料に加筆

図1.3 木曽川水系長良川忠節橋下流50.2kp*横断面の経年変化 *キロポスト

大雨時の水位低下、氾濫防止効果

河川改修により河道の断面積を拡大しておくことで、大雨により大きな流量が生じてても、最高水位が低下し氾濫が防止・軽減されてきた。

表1.1 洪水時の最高水位の低下事例

	木曽川水系長良川忠節地点上流域平均2日雨量 mm	忠節地点 観測最大流量 m^3/s	長良川墨俣地点 観測最高水位 m
昭和51年9月洪水	422	約6,400	約7.4
平成16年10月洪水	265	約7,700	約6.3

約1,300 m^3/s 大きい

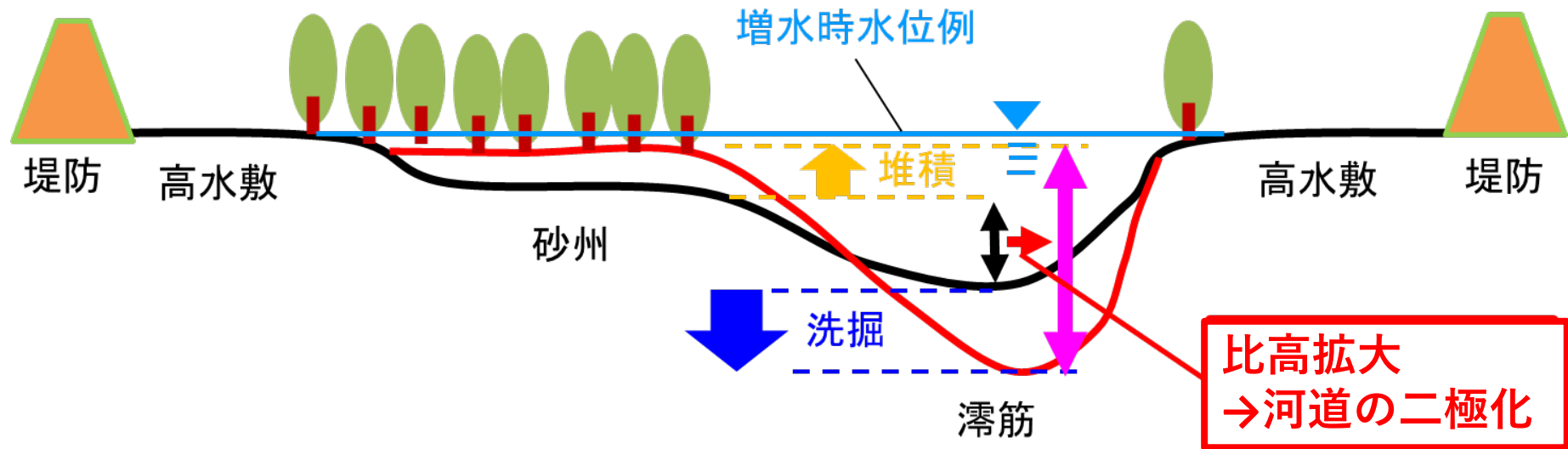
約1.1m低い

洪水時水位低下効果

河道の二極化

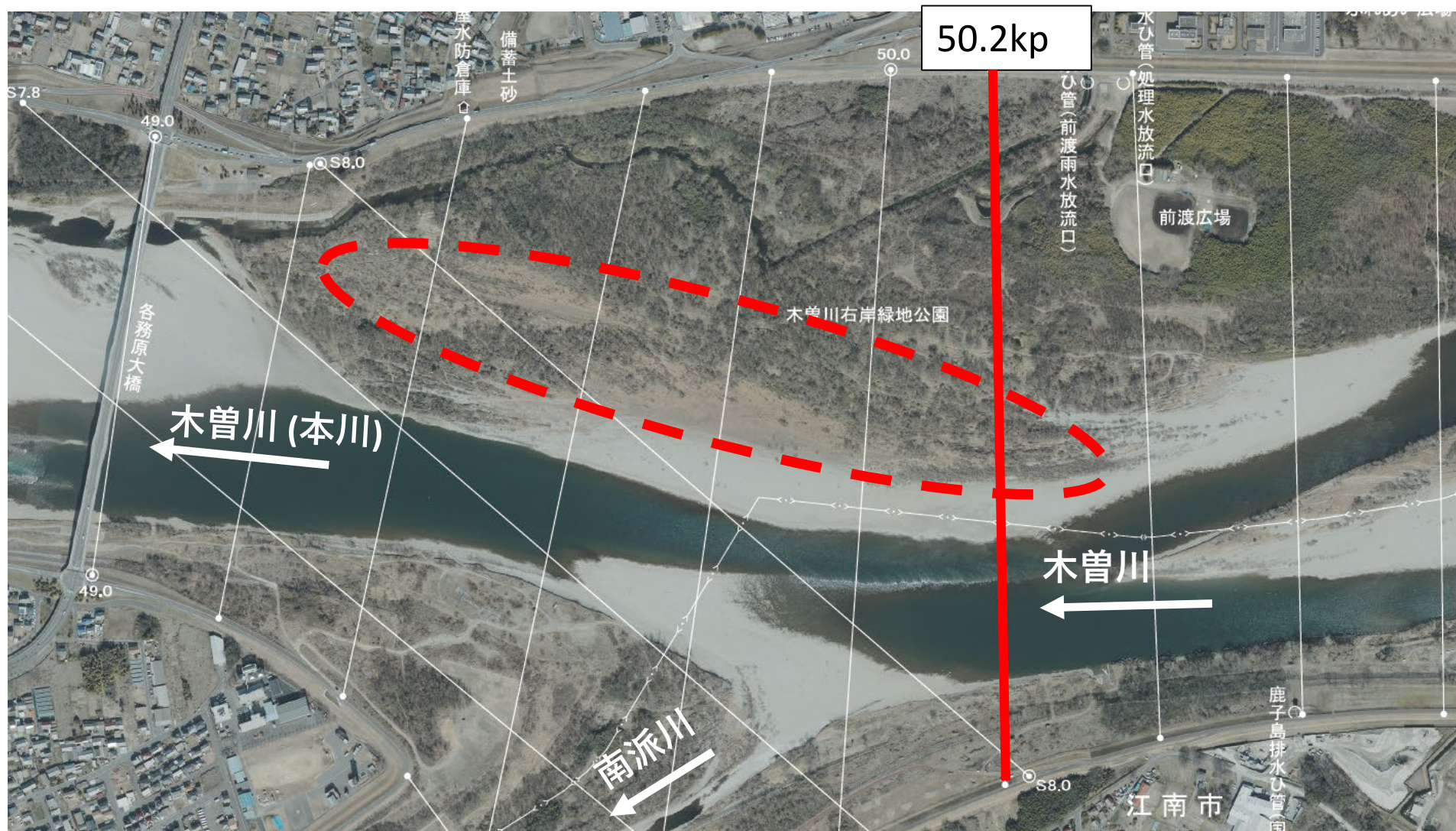
ここでは、

「河道内の砂州上に意図せず樹木群等が繁茂することにより、樹木群等が捕捉する流水中の細粒土砂の堆積が砂州上で進む一方で、増水時に滞筋部分に流水が過度に集中し河床の洗掘・低下が進み、滞筋部の河床と砂州との比高が過度に拡大する現象」を指す。



河道の二極化概念横断図

二極化 木曽川50.2kp付近

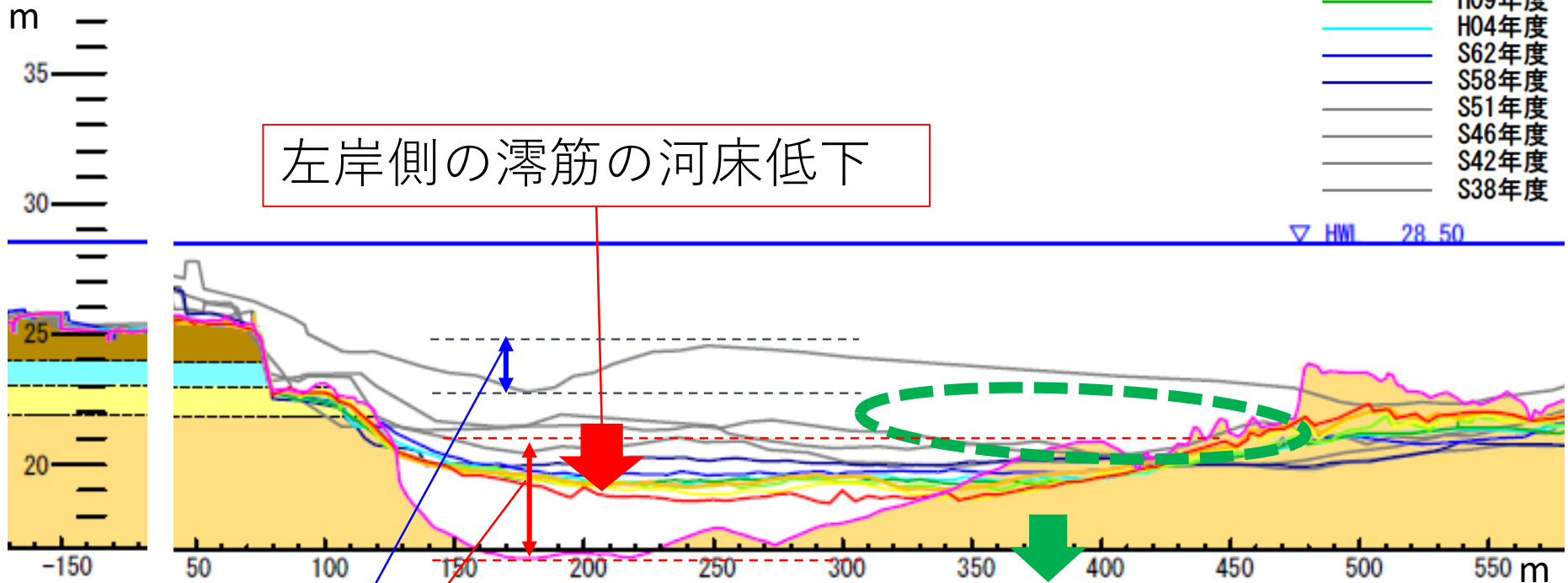


※木曽川上流河川事務所提供写真に加筆

木曽川50.2kp付近 (2021年2月)

木曽川50.2kp付近の横断面経年変化

- 凡 例
- R3年度
 - H27年度
 - H22年度
 - H19年度
 - H14年度
 - H09年度
 - H04年度
 - S62年度
 - S58年度
 - S51年度
 - S46年度
 - S42年度
 - S38年度



左岸側の滞筋の河床低下

▽ HwL 28.50

※木曽川上流河川事務所資料に加筆

比高の拡大:
1963年: 約 2m
2021年: 約 4m

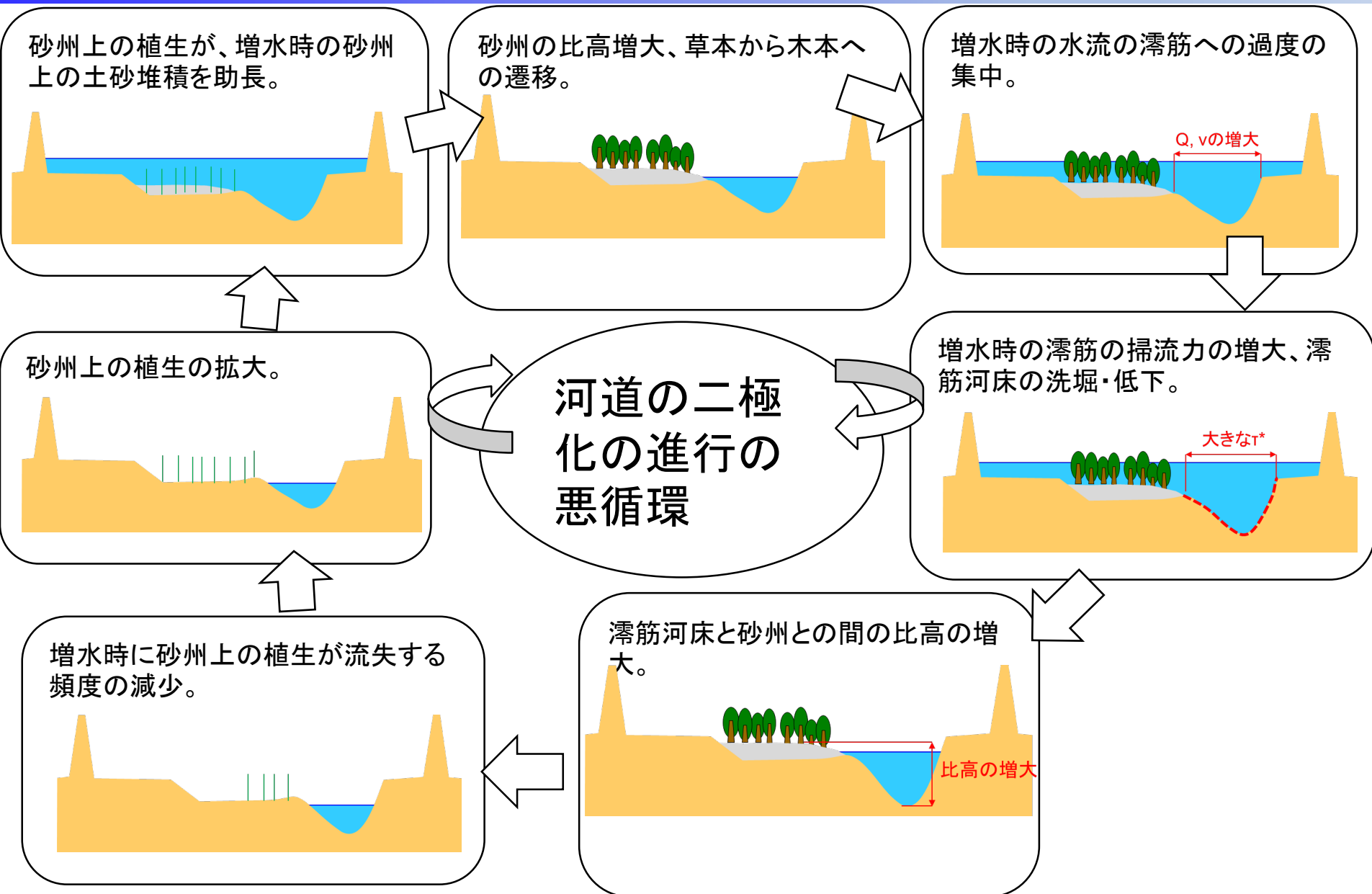
約2倍に
拡大

右岸側の砂州の形成と植生の繁茂

↕ 相互に影響 (悪循環)

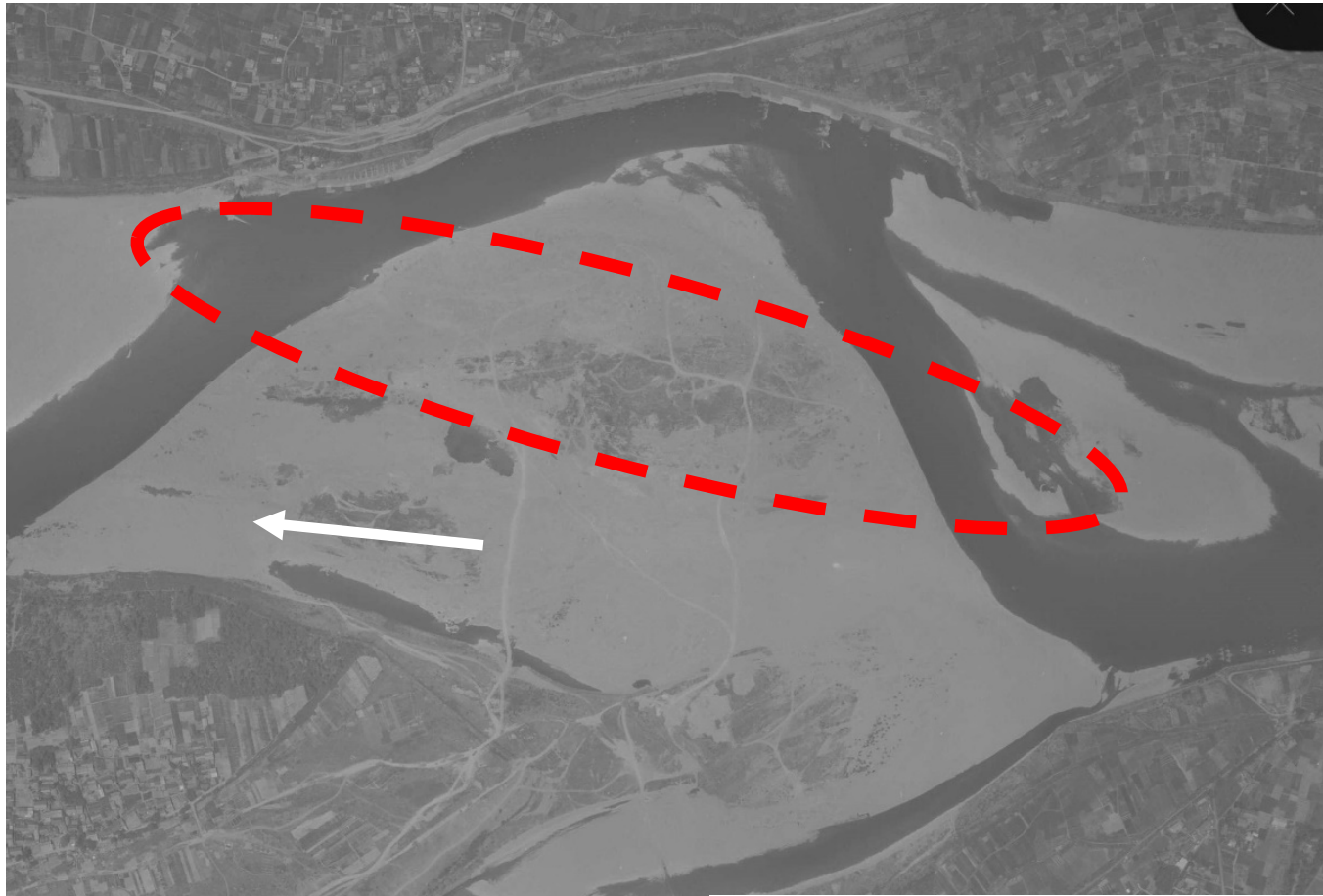
左岸側の滞筋河床と右岸側の砂州の比高の拡大

河道の二極化進行の概念図



河道の二極化の進行の概念図

1961年の50.2kp付近



※国土地理院提供航空写真に加筆

木曽川50.2kp付近（1961年4月）

河床の低下による護岸や橋梁の被災



※木曽川上流河川事務所資料に加筆

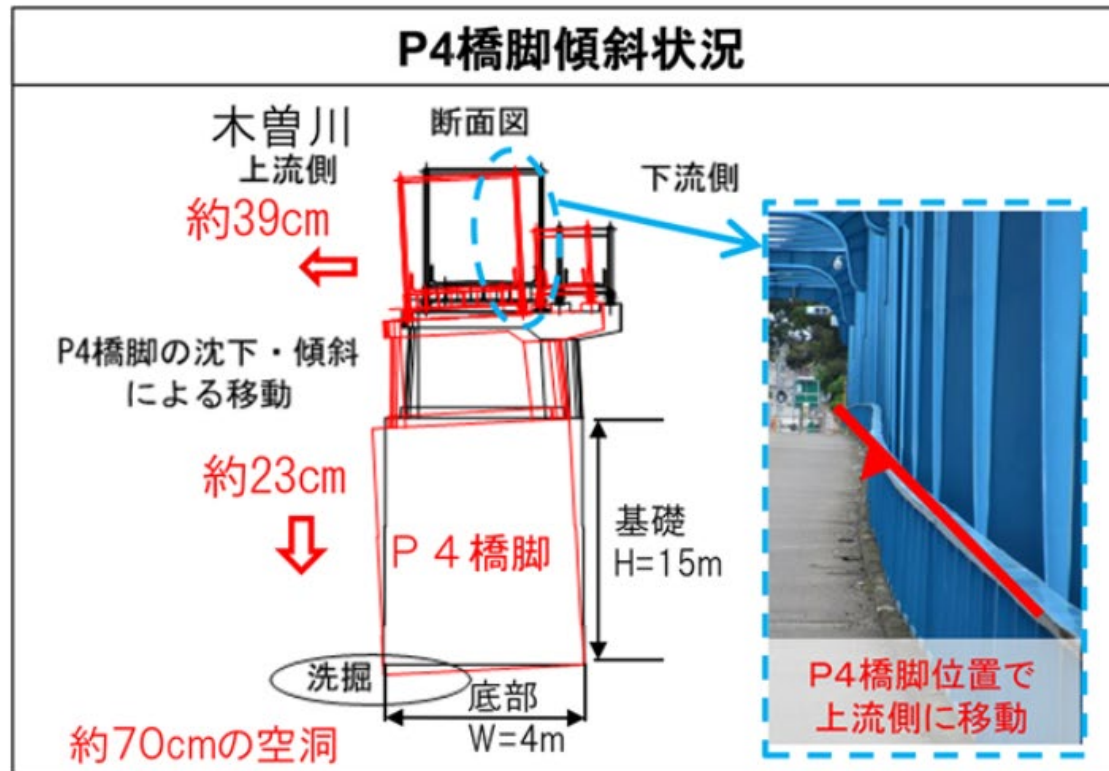
木曽川右岸の護岸の被災（2022年5月）

河床の低下による護岸や橋梁の被災



かわしまおおし
〈川島大橋 橋梁諸元〉

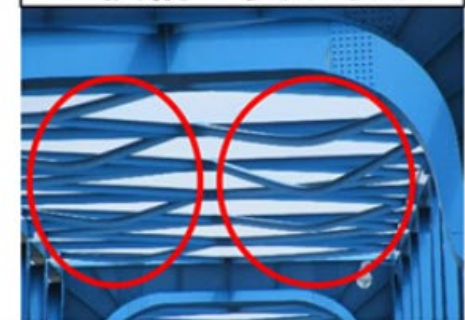
Bridge length 橋長	343.5m
Completion date: Aug. 1962. 竣工年月	1962年8月



上弦材の変形状況



上横構の変形状況



水辺環境の悪化

鮎、うなぎの減少、
鵜飼い等の伝統行事、観光産業への影響



木曽川の鮎等の減少に直面する内水面漁協（2022年10月）

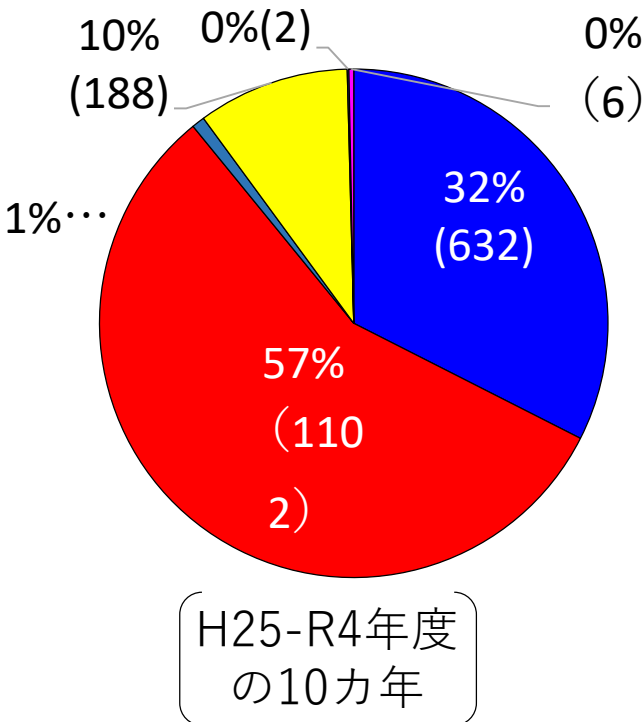
橋梁の被災要因

- 橋梁の被災原因の約9割近く※が台風や豪雨による

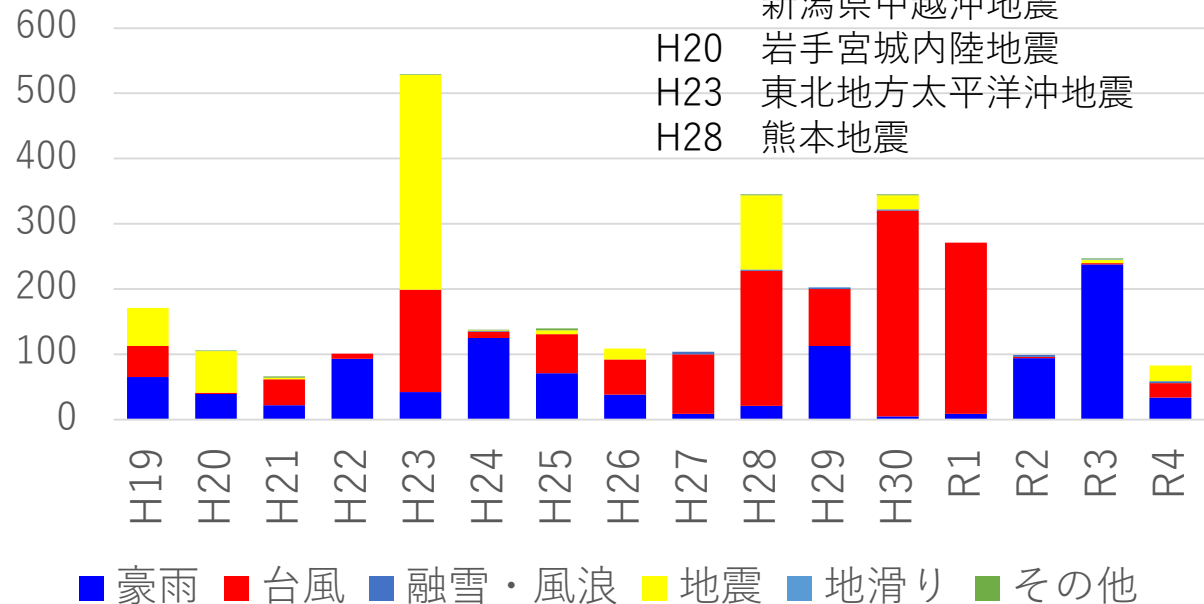
(※H25-R4の10力年で見た場合)

⇒ この要因の一つとして大きいと考えられる洗掘への対応は
橋の維持管理における重要事項

■ 要因別



■ 年度別



※この期間中の主な地震災害

H19 能登半島地震、
新潟県中越沖地震

H20 岩手宮城内陸地震

H23 東北地方太平洋沖地震

H28 熊本地震

橋梁の被災要因 (H19-R4年度)

出典：災害統計 <https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&toukei=00600910&tstat=000001024237>

洗掘により道路橋が被災した事例(1)

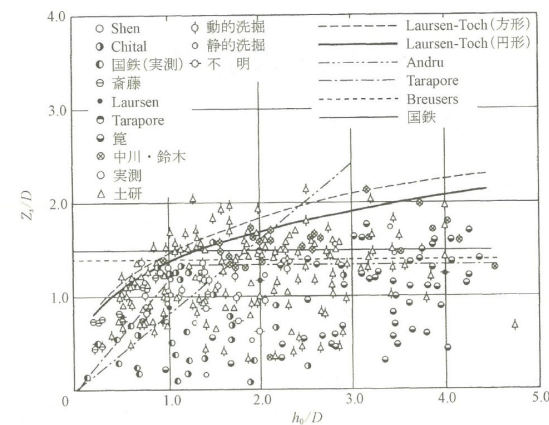
下記のような橋の被災は従前から多く見られる

局所洗掘の例

- 根入れが浅い基礎
- 河積阻害率が大きな橋
- 局所洗掘での被災



- 直接基礎を有する橋
- 河積阻害率は約10 %
- 供用中に滯筋が変化



Laursen-Toch: $Z_s/D = K(h_0/D)^{0.3}$ ここで、方形 $K=1.5$, 円形 $K=1.35$. Andru: $Z_s/h_0 = 0.8$. Tarapore: $h_0/D > 1.15$ の時, $Z_s/D = 1.35$. $h_0/D \leq 1.15$ の時, $Z_s/h_0 = 1.17$. Breusers: $Z_s = 1.4 D$. 国鉄: $Z_s = 1.5 D$.

図 2-7.23 平衡最大洗掘深さに関する実験値と推定値の比較

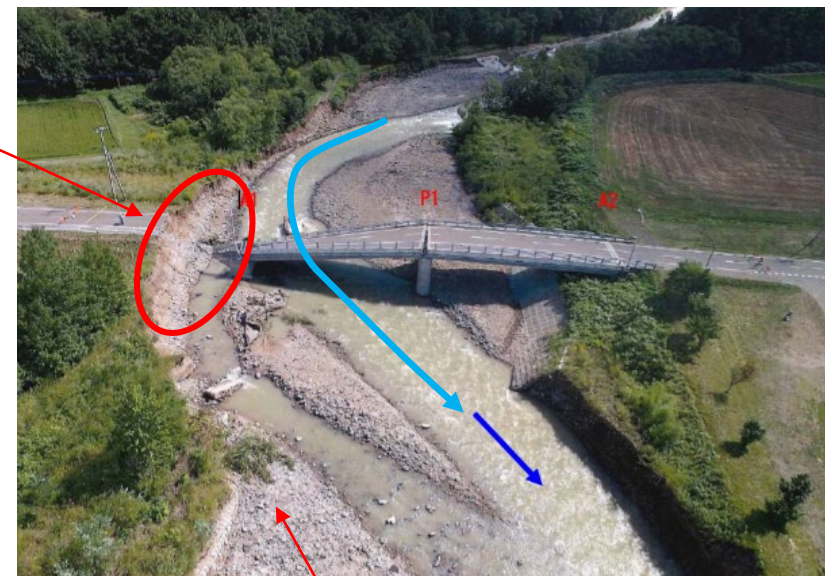
水理公式集より

出典：国総研資料第1111号，土研資料4400号，建研資料199号
令和元年（2019年）房総半島台風および東日本台風による土木施設・建築物等災害調査報告 令和2年5月

洗掘により道路橋が被災した事例(2)

下記のような橋の被災は従前から多く見られる

- 湾曲部，水衝部での被災



出典：国総研資料第1069号，土研資料4384号

「平成28年(2016年) 台風10号等に伴う豪雨による北海道地方被災橋梁等調査報告」 平成31年3月
(一部加筆)

洗掘により道路橋が被災した事例(3)

- 河川構造物の洗掘防止工が近くにあった橋の被災例
- 護岸の護床工など、河川構造物に洗掘防止工が設置されている場合，洗掘が生じやすい条件にあると言える。
- また，洗掘防止工の周辺では洗掘が進むことも。



出典：国総研資料第1151号，土研資料4411号
令和2年（2020年）7月豪雨 道路災害調査報告
令和3年3月



出典：国総研資料第1111号，土研資料4400号，建研資料199号
令和元年（2019年）房総半島台風および東日本台風による土木施設・建築物等災害調査報告 令和2年5月

洗掘により道路橋が被災した事例(4)

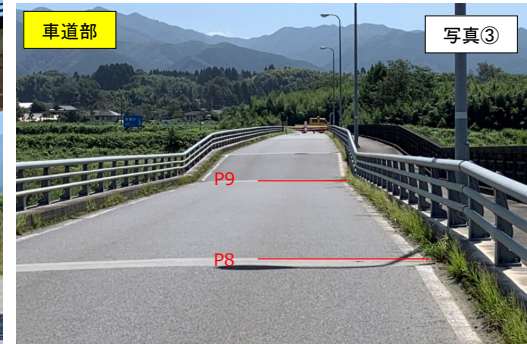
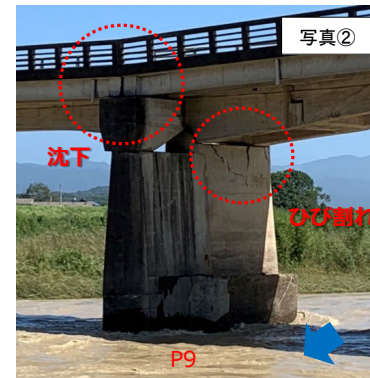
- 洗掘防止工が設置された橋脚の被災例
- 洗掘防止工が流失・散乱している場合，洗掘を防止する効果が失われ被害につながることも。



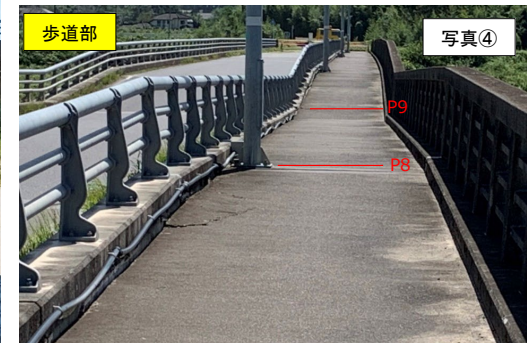
被災前の状況（Googleストリートビューより）

洗掘により道路橋が被災した事例(5)

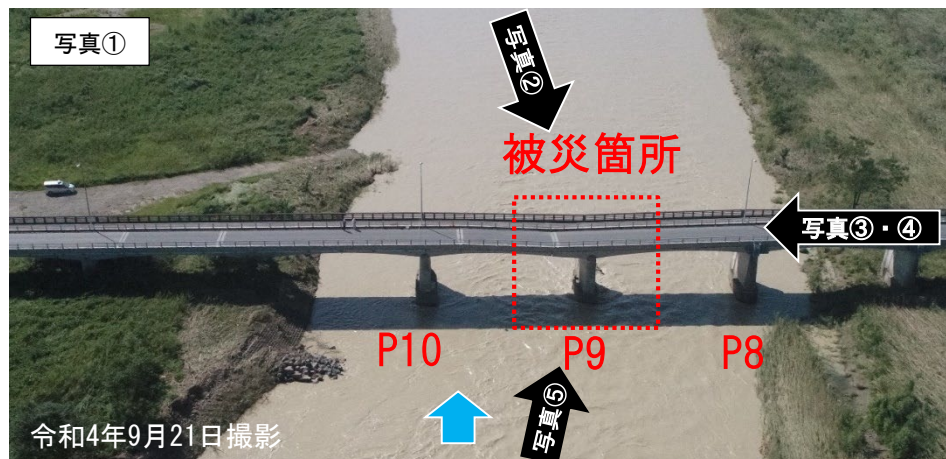
- 深いケーソン基礎を有する橋脚でも沈下や、橋脚躯体の損傷などが生じた事例も



▲車道部の変形状況(P8→P9方面)

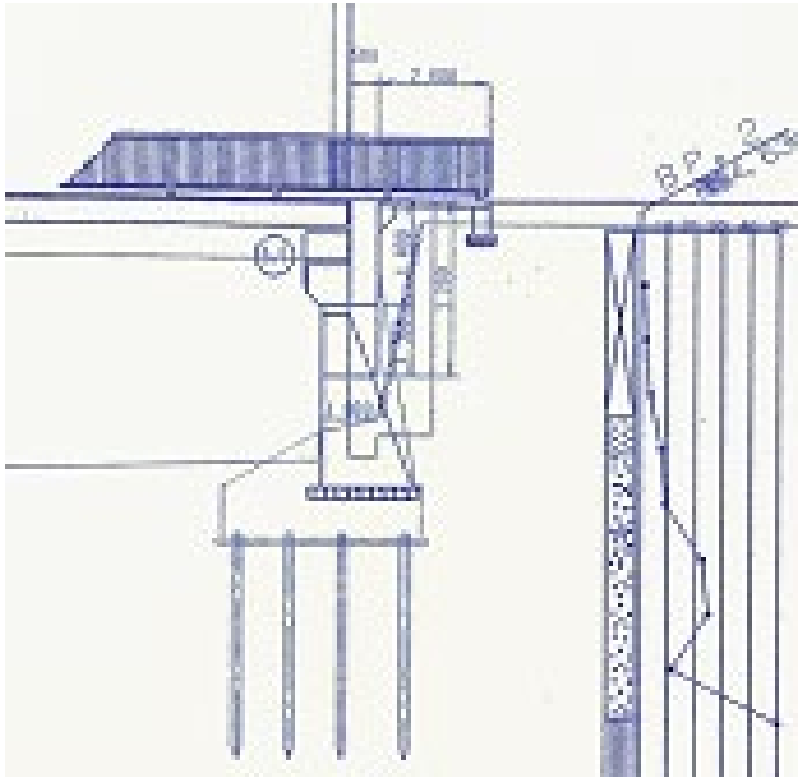


▲歩道部の変形状況(P8→P9方面)



洗掘により道路橋が被災した事例(6)①

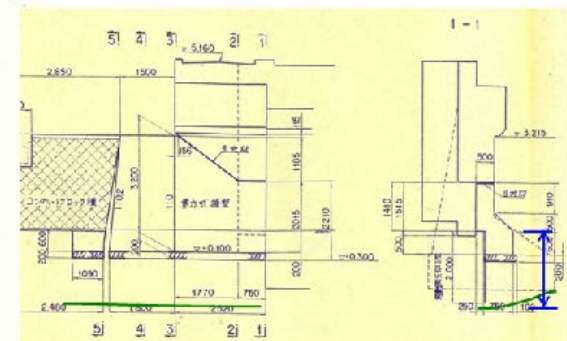
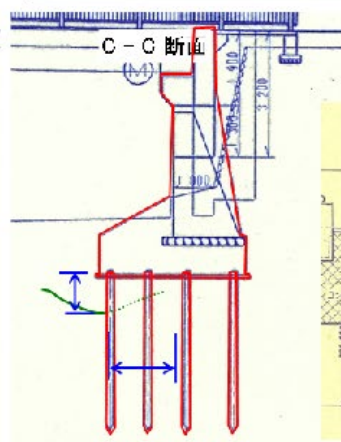
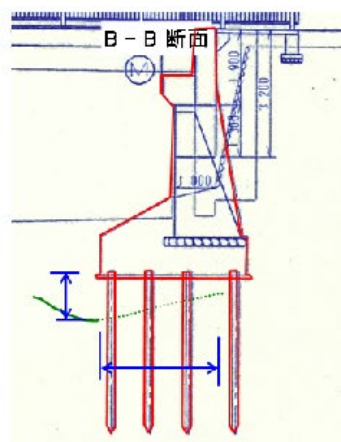
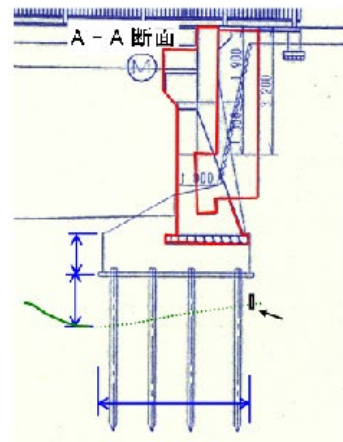
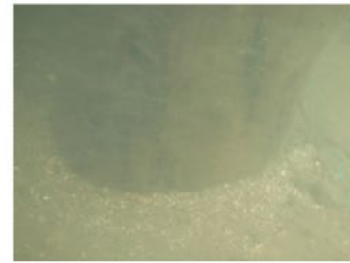
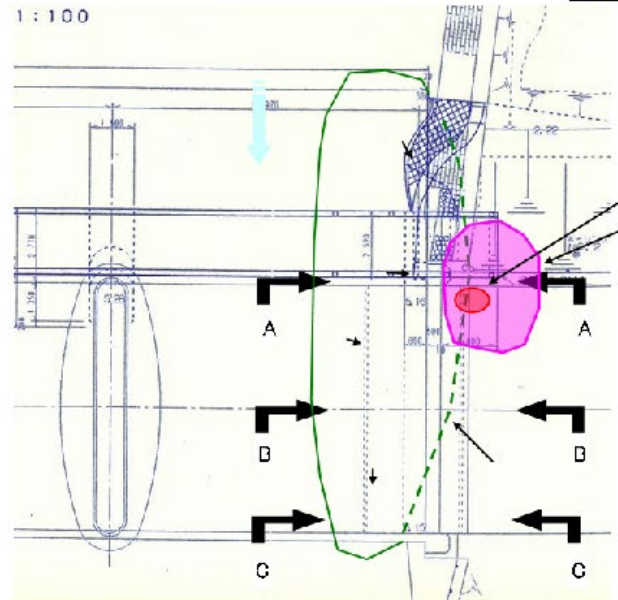
- 橋台や橋脚そのものでなく，平常時に橋台背面地盤に不具合が現れた事例も
 - 1950年竣工。橋台は松杭基礎。
 - A2橋台の背面に陥没が生じ，原因を調査。
⇒基礎のまわりが洗掘され，橋台背面地盤が流失。



洗掘により道路橋が被災した事例(6)②

過去にも同様の陥没 → 徐々に流失していったものと推定

橋台・重力式擁壁洗掘状況



洗掘を受けやすい橋梁基礎の特徴(従前からの認識)

1.河川の特徴

- ・急流河川（河川勾配が概ね1/250以上）
- ・扇状地
- ・湾曲部、水衝部、深掘れ部、滞筋部等
- ・狭隘部
- ・河川の合流部

→河川や橋脚の工事に伴う一時的な狭隘部・急流部の発生も一因と思われる被災事例が最近多い？

2.橋梁の構造

- ・河積阻害率が大きい橋梁
- ・パイルベント橋脚
- ・根入れの小さい基礎(直接基礎、ケーソン基礎)
- ・設計(架設)年代の古い橋梁

洗掘にかかる道路側の課題認識

1.状態の把握

- ・水中部・土中部のものは必ずしも目視で確認できない
- ・さらに基礎の諸元，地盤条件が不明なことも
→診断や措置判断に必要な情報を得られる程度の河床及び基礎の状態を把握が必要

2.診断と措置判断

- ・橋の性能を見立て，措置を講じるべきか否かを如何に判断するか
- ・橋の性能の見立ての前提となる河床や橋の状態は今後どのように変わりうるのか
→診断や措置のための判断，予測技術が必要

3.措置の内容

- ・どのような対策が有効か
→構造と河川の条件を踏まえた対策を考える上での基本となる考慮すべき事項の提示が必要

第二部

橋の機能に影響を及ぼす洗掘被害を軽減するためには…

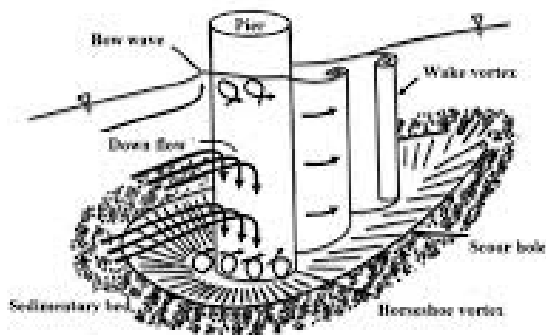
- 橋梁の洗掘被害を軽減するための知見はこれまでも蓄積され一定の対策がなされている。

基礎周辺の局所洗掘メカニズム、洗掘被災が生じやすい橋の条件（水衝部などの架橋条件、根入れ深さ、河積阻害率など）

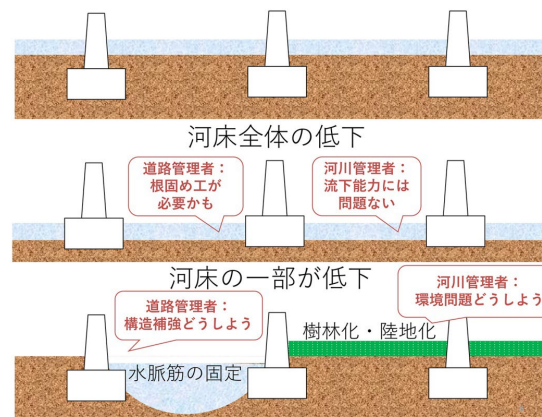
- しかし、深い基礎での被災や、河川の状態の変化の影響にもよるとされる被災も少なくないところ。

⇒これまでの知見に加えて、架橋地点を挟む上下流域での河床高、滯筋等の経年的な変化にも着目して、橋の機能に影響を及ぼす洗掘の進展状況を見極めて、適切な時期に措置を講じることがより一層重要

①局所洗掘



②河床低下



土木構造物ジャーナル
西川前理事長インタ
ビュー（2021）

橋梁洗掘の予防保全型メンテナンスの構築への道筋

① メカニズム

河床低下を伴う局所洗掘メカニズムの解明

河床低下や橋脚の構造的特徴を考慮した局所洗掘のメカニズム解明

② 診断

- ・ 洗掘予測手法の開発
- ・ 橋梁洗掘リスクを考慮した橋梁の診断手法提示

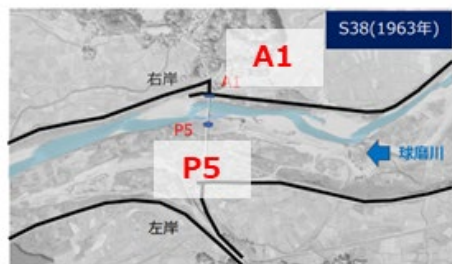
河床低下や洗掘の要因に基づいた予防保全を実施すべき限界の状態の提示

③ 措置

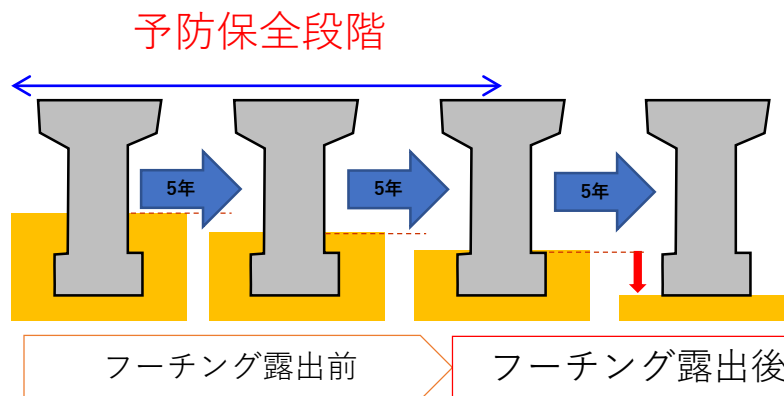
河床低下 + 局所洗掘メカニズムに応じた対策工法の提案

橋が不安定化する前の維持管理を目的とした対策工法の提案

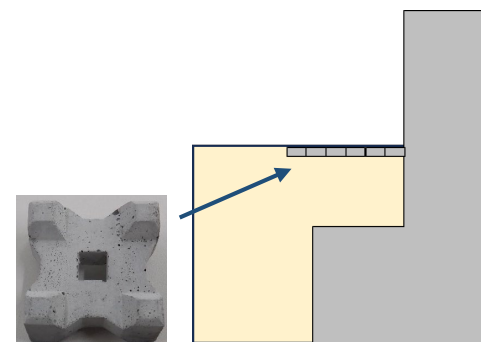
河川の滞筋の変遷



河床低下・洗掘とフーチングの露出過程



洗掘対策

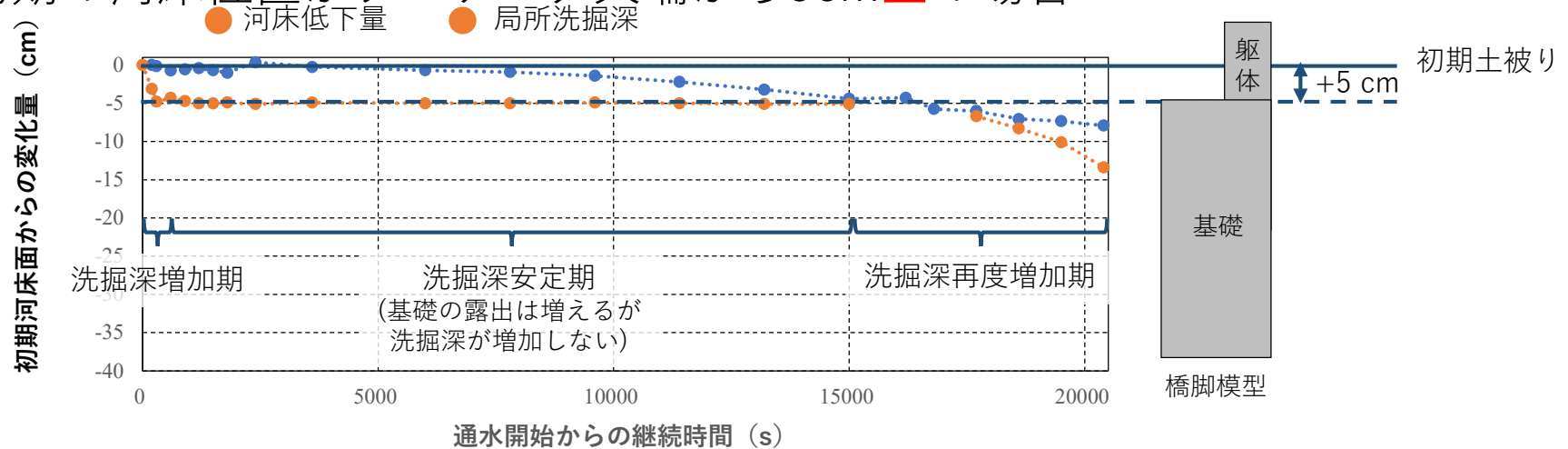


(ブロック工による対策例)

河床低下を伴う橋脚基礎周りの洗掘の進展(1)

水理実験から洗掘のメカニズムと診断のポイントとなる状態をつかむ

①初期の河床位置がフーチング天端から5cm上の場合



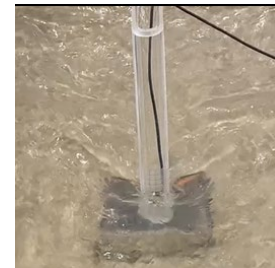
洗掘前



洗掘深安定期



洗掘深安定期
(基礎天端完全露出)

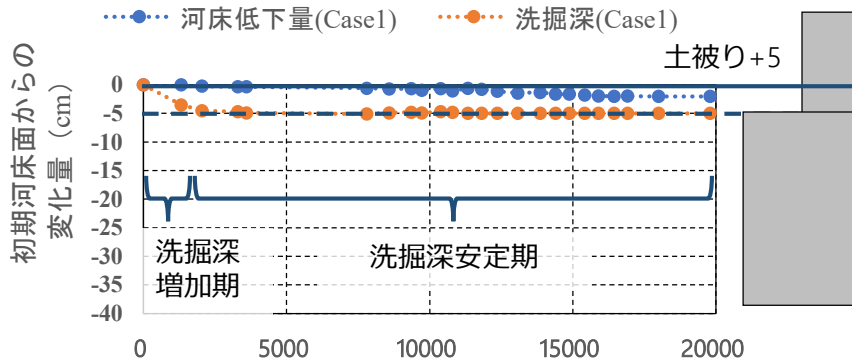


洗掘深再度増加期

- ・ 基礎天端に土被りがある場合、洗掘の進行が基礎天端で抑制
- ・ 一方、土被りが無くなると洗掘が進行

河床低下を伴う橋脚基礎周りの洗掘の進展(2)

①初期の河床位置がフーチング天端から5cm上の場合

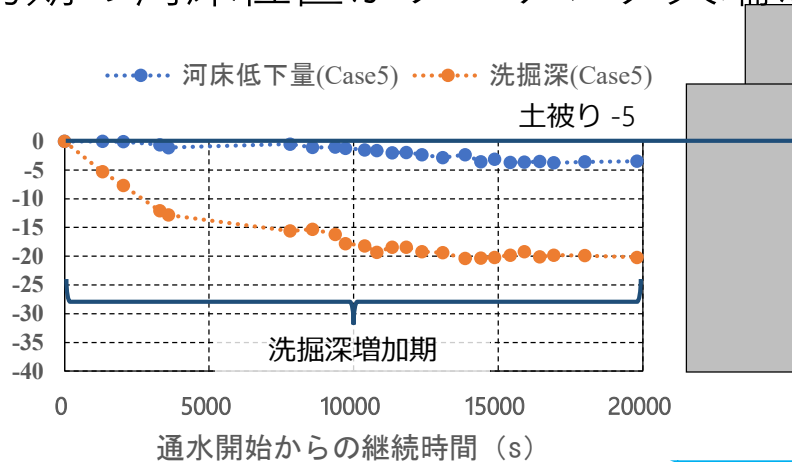


Case1(土被り+5)
の最終結果

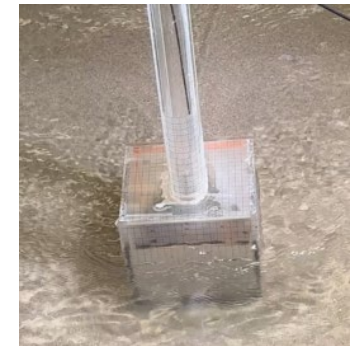


Case1(土被り+5)
の最終結果

②初期の河床位置がフーチング天端から5cm下の場合



Case5(土被り-5)
の実験開始時点

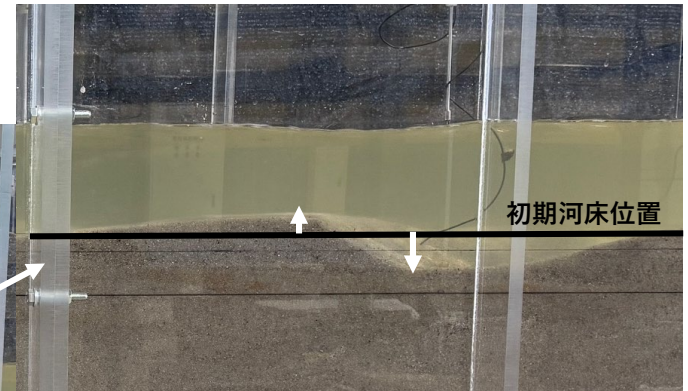
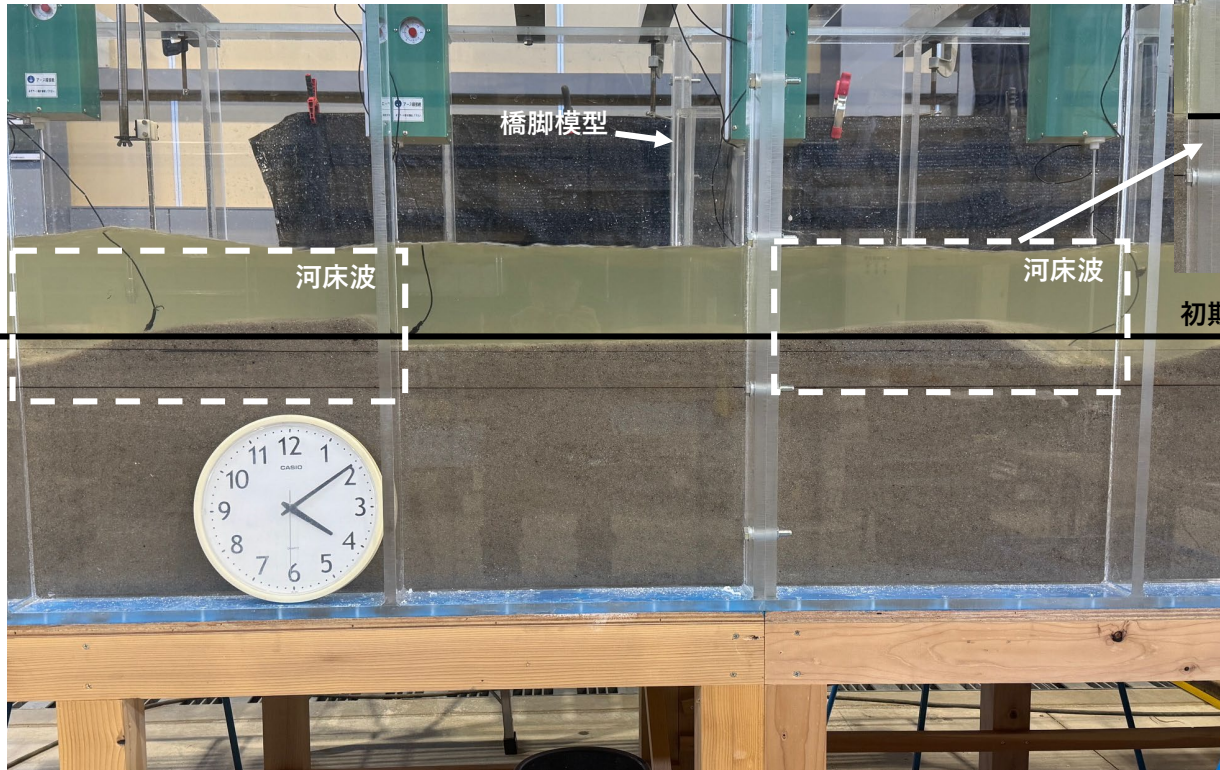


Case5(土被り-5)
の最終結果

- ・フーチング天端に土被りがある場合、平均的な洪水では洗掘の進行が抑制
- ・一方、土被りが無い場合は洗掘が急激に進行

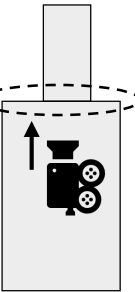
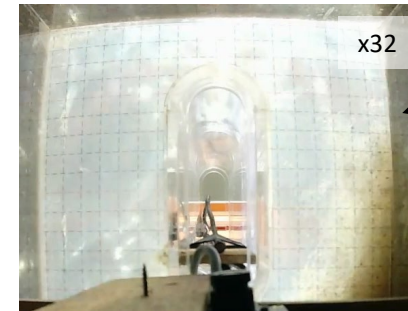
河床低下を伴う橋脚基礎周りの洗掘の進展(3)

実験中の洪水ピーク時 (88L/s)



初期河床位置

河床波発生時のフーチング天端の様子
(アクリル橋脚内のカメラより)



実時間で10分の間に複数回の河床波
で基礎の露出と沈埋が発生

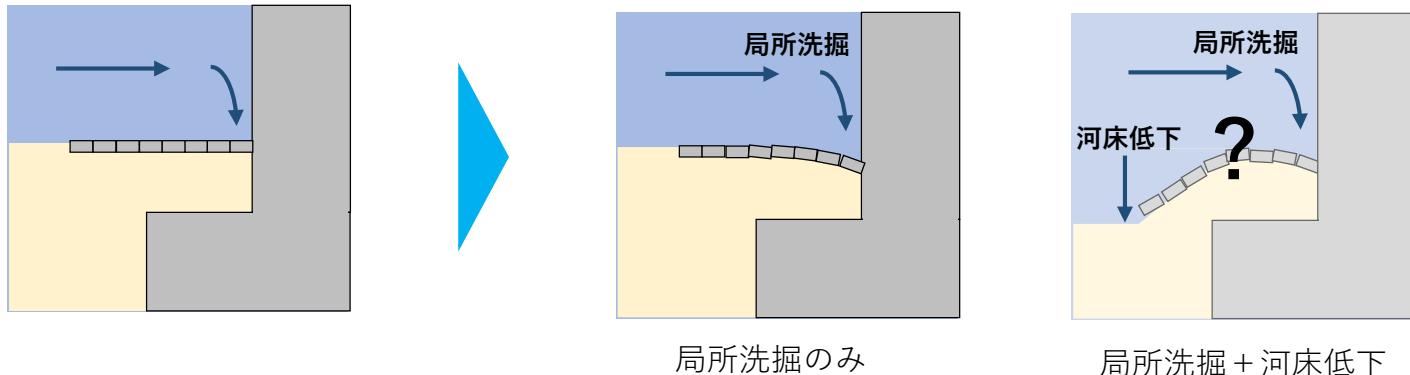
洪水規模が大きくなる場合は、河床波も考慮した局所洗掘 + 河床低下を考慮する必要

河床低下を考慮した洗掘対策工の検討

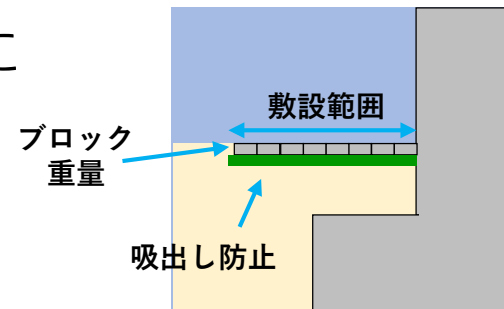
予防保全は「**基礎天端が完全露出する前の状態に保つこと**」
とした上で洗掘対策工によるメンテナンスの実現に向けた検討を実施

■ 対策工の検討にあたっての**観点**

①対策工が**どのような挙動になるのか**



②対策工の効果を十分に得るために **必要な条件は何か**



【参考】対策工の種類と対象の選定

洗掘対策工は国内外で様々な研究がなされている

効果	種類	メリット	デメリット
抵抗の強化	捨石工	簡便で経済的	定期的な維持管理が必要
	ブロック工	河床変化に追従可能	中程度の費用、吸い出し防止が必要
	シートパイル工	支持力・安定性の増加	高い費用、大規模な工事
作用の低減	犠牲杭	維持管理が比較的容易	流向の変化に対応できない
	カラープレート	河床に依存しない	河床低下で効果が低下する

抵抗の強化



捨石工



ブロック工

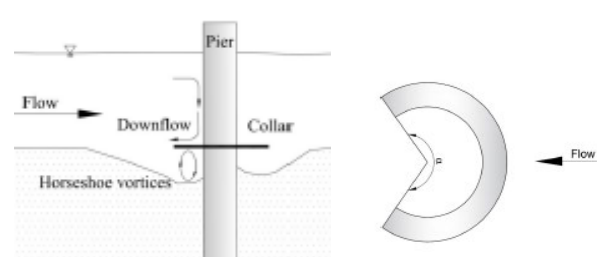


シートパイル工

作用の低減



犠牲杭

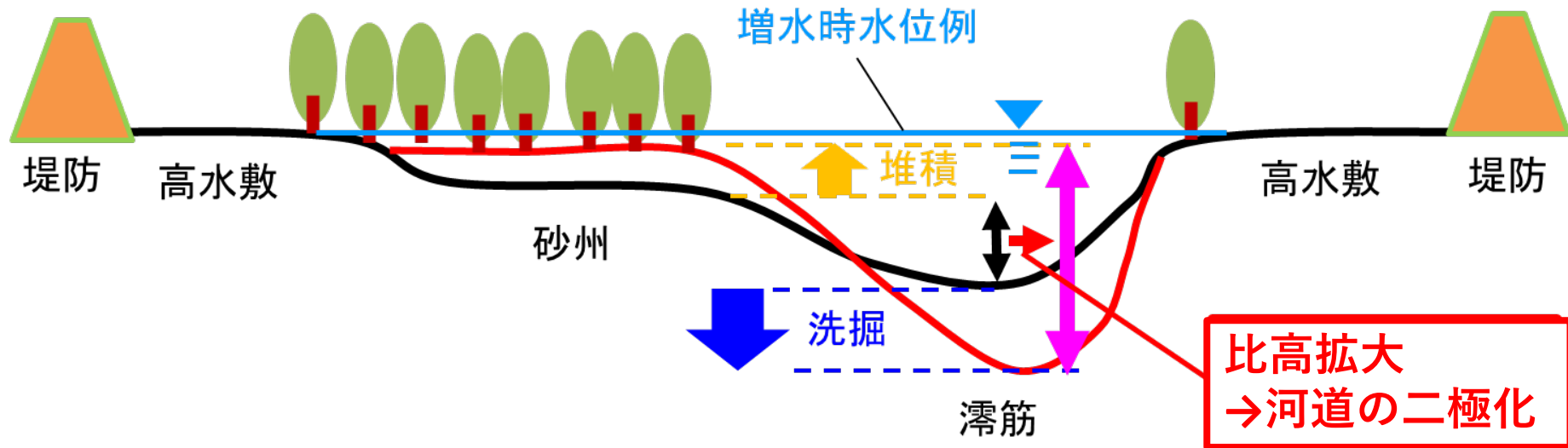


カラープレート

河道の二極化

ここでは、

「河道内の砂州上に意図せず樹木群等が繁茂することにより、樹木群等が捕捉する流水中の細粒土砂の堆積が砂州上で進む一方で、増水時に滞筋部分に流水が過度に集中し河床の洗掘・低下が進み、滞筋部の河床と砂州との比高が過度に拡大する現象」を指す。



河道の二極化概念横断図（再掲）

- 対策：河川への土砂還元、樹木伐採
- 構造物の点検・監視

進めている研究

- 道路・鉄道・河川管理者、材料工学等の専門家と連携した多分野横断の研究体制を構築。
- 橋脚保全上重要だが必ずしも十分なデータが得られていない滞筋平均河床高に着目（河川・道路連携）、効率的な計測手法を研究。



沈下被災

洗掘による沈下発生



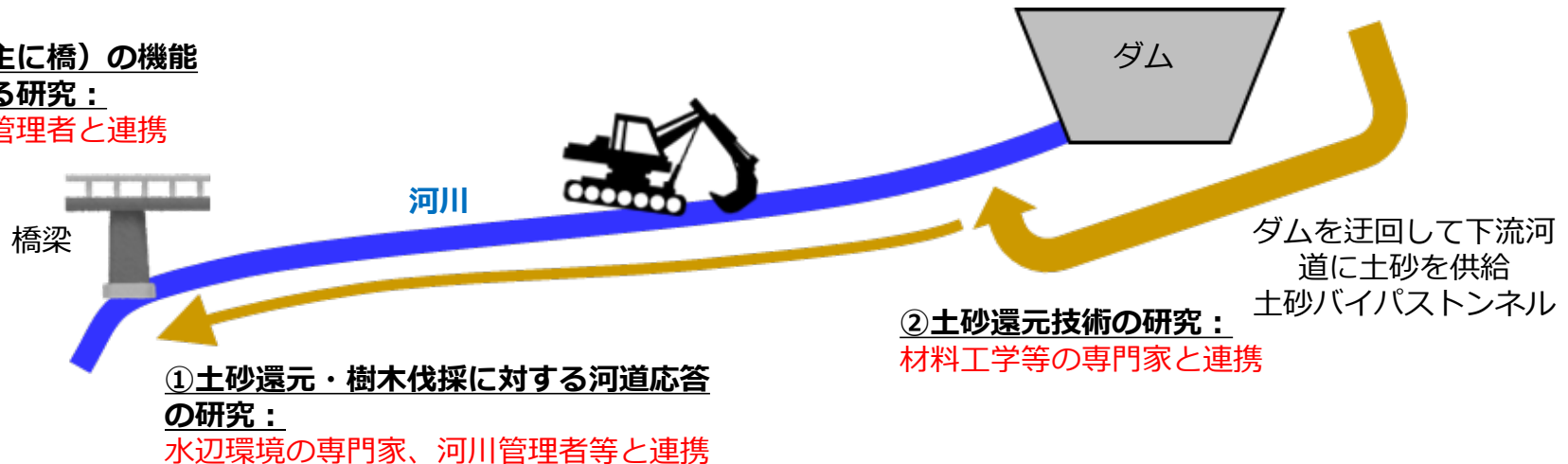
滞筋の流速下でのラジコンボートの遡上能力の確認（2025年7月 桜川）

二極化した河道における橋梁沈下被災事例（球磨川：球磨大橋）

③構造物（主に橋）の機能

維持に関する研究：

道路・鉄道管理者と連携



河道の二極化対策における技術的課題例と研究体制

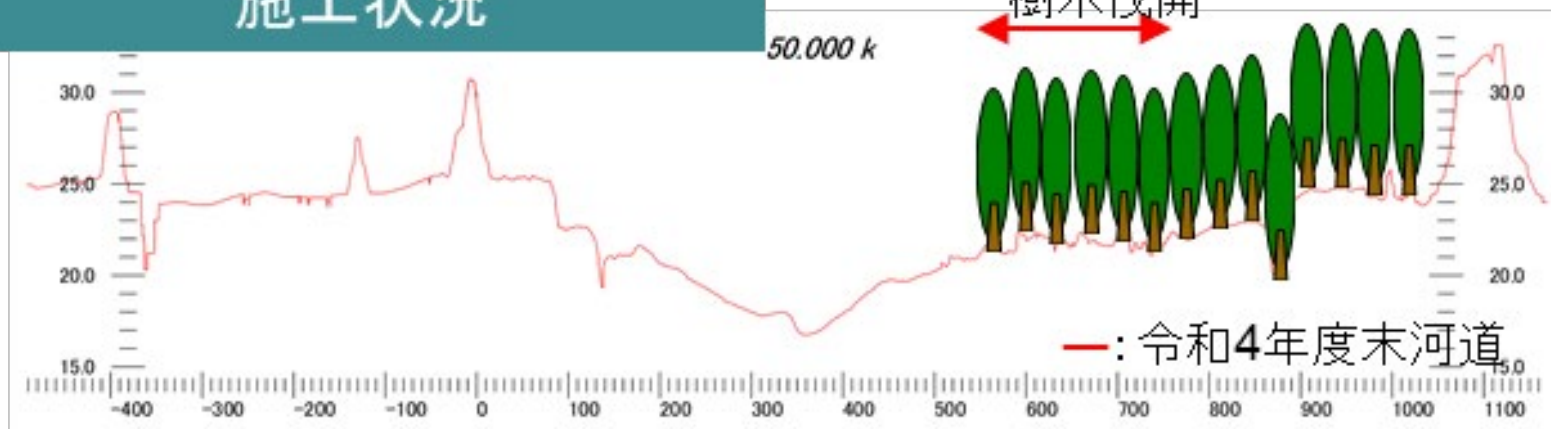
二極化対策の試行例：土砂還元（玉石投入）



※木曽川上流河川事務所資料に追記
木曽川54.6 kp右岸付近での玉石の投入（2024年1月）

二極化対策の試行例：樹木伐採

施工状況



令和5年9月撮影



令和6年3月撮影



※齋藤 (2024)に加筆

木曽川における河道の二極化対策の試行の樹木群伐開例

河床高の計測による対策工の評価

- ・ 樹木伐採、土砂還元のどちら、またはその組み合わせのどれが効果的なのか評価されていない。
 - ・ 滞筋の河床高計測は容易ではないため、評価するためのデータ蓄積も不十分
- 滞筋の河床高を（比較的）廉価に計測する方法について検討し、データ蓄積を図ることが必要

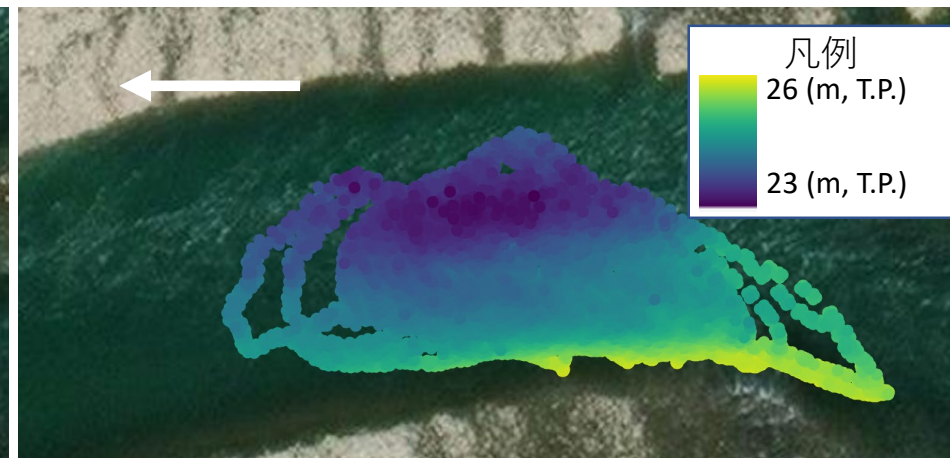


ADCP搭載ラジコンボート



ADCP搭載ラジコンボート

ラジコンボート搭載ADCPによる滞筋河床高計測風景



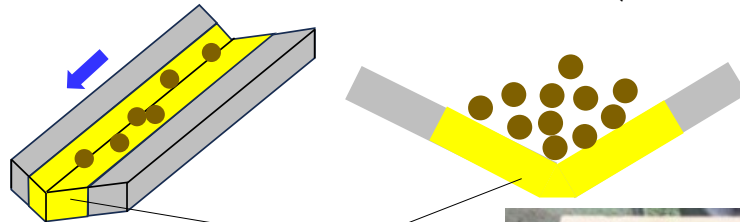
木曽川54kp付近での滞筋河床高計測試行（2024年11月）

ダムを迂回して下流に土砂還元する技術

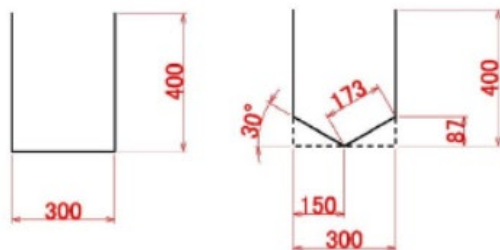


模型水路外観
中央

轍状の損傷
土砂バイパストンネル内損傷事例（2020年）



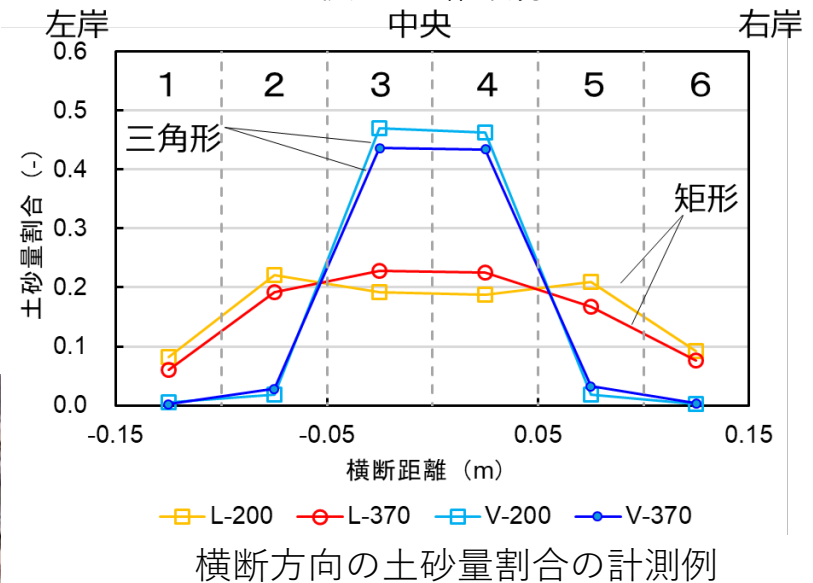
耐損傷性に優れる材料



矩形
三角形
模型水路の横断面形



横断方向流砂量分布測定器具



第三部

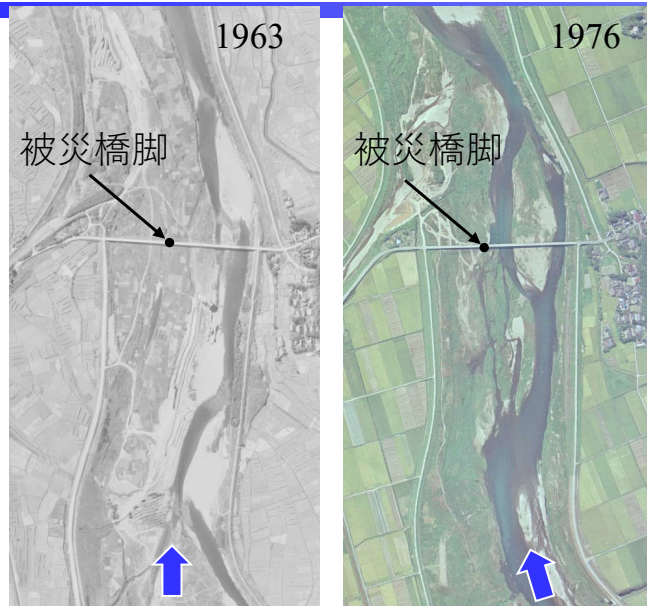
河床低下が生じている場所での被災が多い

- 2019年から2024年の間に、被災時において上部工までの水位上昇は生じずに橋脚の沈下に至った9事例について事例調査を実施
- 基礎形式、竣工年、航空写真による河道平面形変遷の調査、縦断勾配、橋梁架設近傍の河道横断データ、河床材料情報等の情報を可能な範囲で入手し、これらの情報を基に定性的に検討
- 河道横断データが入手できた事例（B、C、F橋）については横断形状の変遷から水域部と陸域部における比高差拡大が確認された場合、河道横断データが入手できなかった事例（A、D、E、G橋）については航空写真から樹林化を伴って経年的な主流路固定が確認される場合に二極化が生じていると判定

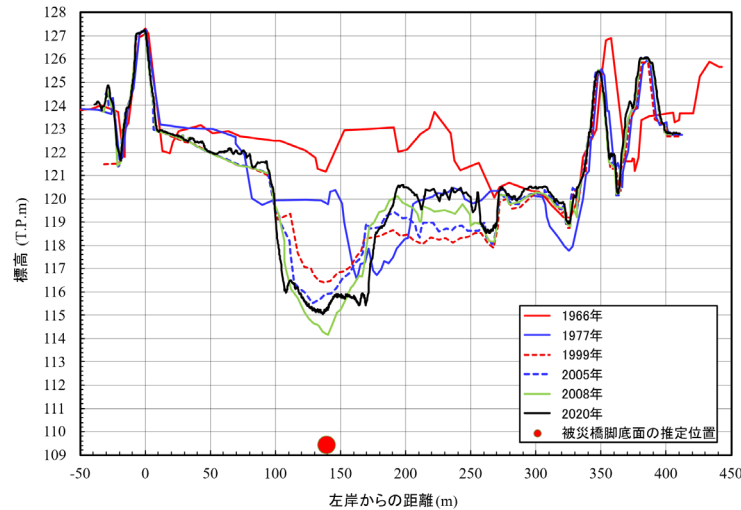
調査対象とした橋の諸元 （※黄色マーカーを施した6橋梁は、現地調査を実施） （猪股2022に加筆）

橋梁	道路 管理者	基礎 形式	竣工 年	被災 年	橋長	径間長	河床 勾配	主な 河床材料	セグメント 区分	河床低下 (二極化含む) の有無
A橋	国	直接基礎	1959	2019	約60m	約8m	1/60	砂利	1	○
B橋	県	ケーソン	1962	2021	約340m	約75m	1/300	D ₅₀ = 26.2 mm	1	○
C橋	県	ケーソン	1953	2021	約80m	約15m	1/230	砂利	1	×
D橋	市	直接基礎	1987	2021	約110m	－	1/40	D = 19 mmより 大きい粗礫多数	M	×
E橋	鉄道	直接基礎	1904	2022	約300m	約25m	1/150	D = 19 mmより 大きい粗礫多数	1	○
F橋	県	ケーソン	1957	2022	約340m	約25m	1/570	D ₅₀ = 9.5 mm	2-1	○
G橋	県	直接基礎	1932	2023	約450m	約20m	1/800	砂利	2-1	○
H橋	県	直接基礎	1962	2023	約40m	約20m	1/110	砂利	1	×
I橋	県	直接基礎	1966	2024	約70m	約20m	1/130	砂利	1	×

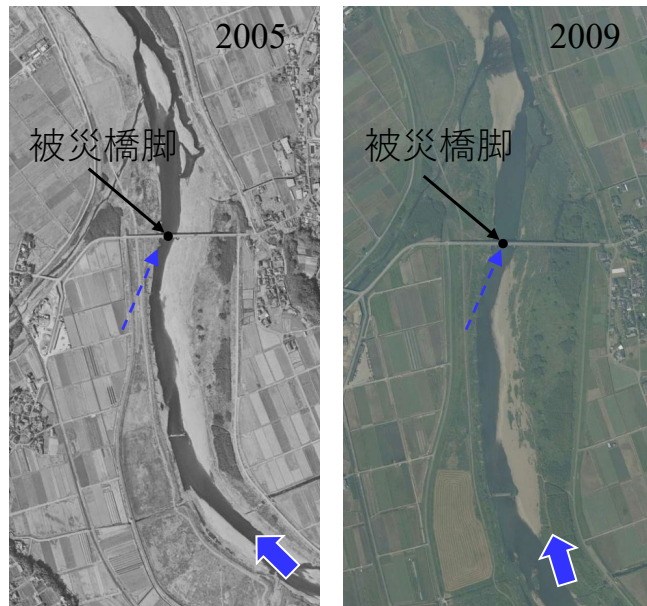
調査結果 (F橋)



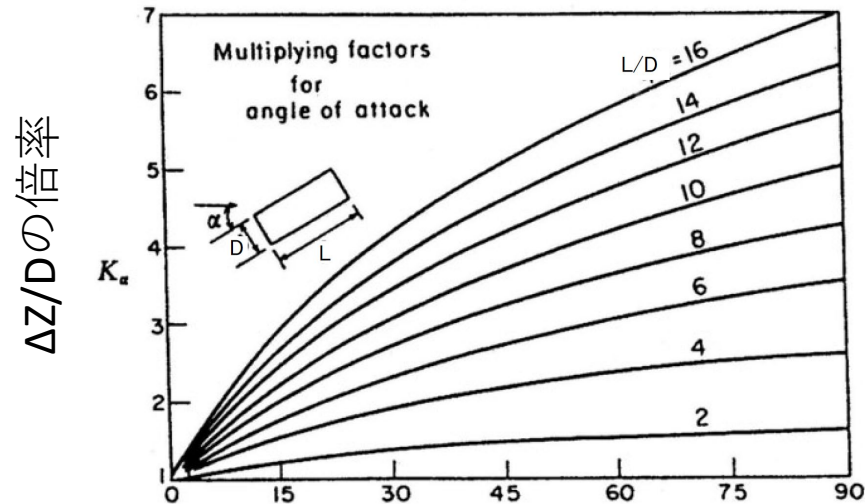
猪股ら2022、2025



横断面図



橋脚に流れが斜めに当たることによるの洗掘深の倍率



航空写真

(国土地理院地図・航空写真閲覧サービス)

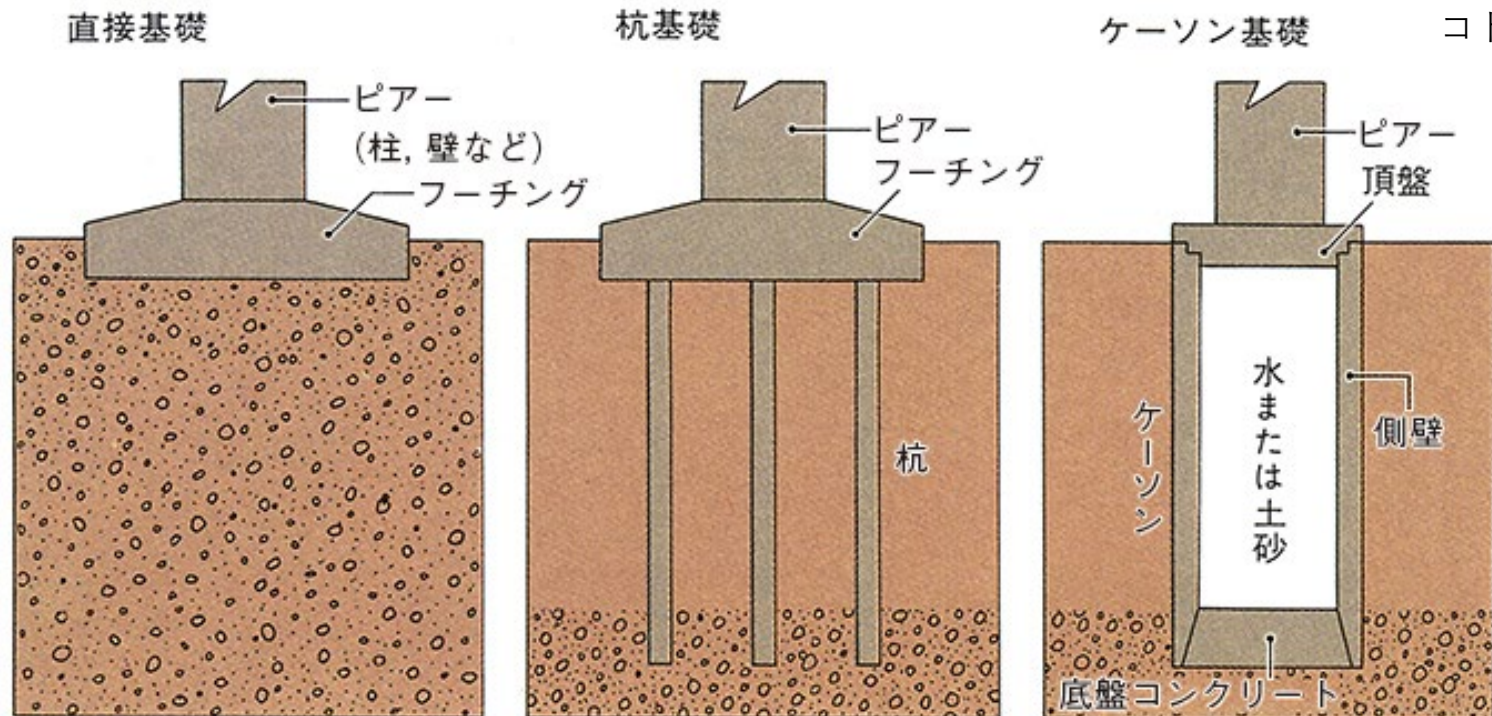
橋脚軸線に対する洪水流向のズレ角 (※JICE資料第109001号)

被災の特徴、共通性

● 被災要因の共通性

1. 構造令施工前に架設
2. 主たる河床材料が砂利
3. 橋脚の基礎形式は直接基礎又はケーソン
4. 9橋のうち5橋の河道において河床低下（二極化を含む）が発生

→砂利地盤の河川においてはN値が大きい支持層の位置が浅く構造上必要となる根入れが小さいため、結果的に河床低下・局所洗掘による被災に至りやすいとする諏訪（2023）の指摘と整合
→従来の被災事例として挙げた砂利採取に伴う河床低下に起因する沈下、大洪水時の水位上昇に伴う取付盛土流出、橋脚・橋台の被災、上部工流出とは異なる被災形態として、近年顕在化・事例が増加

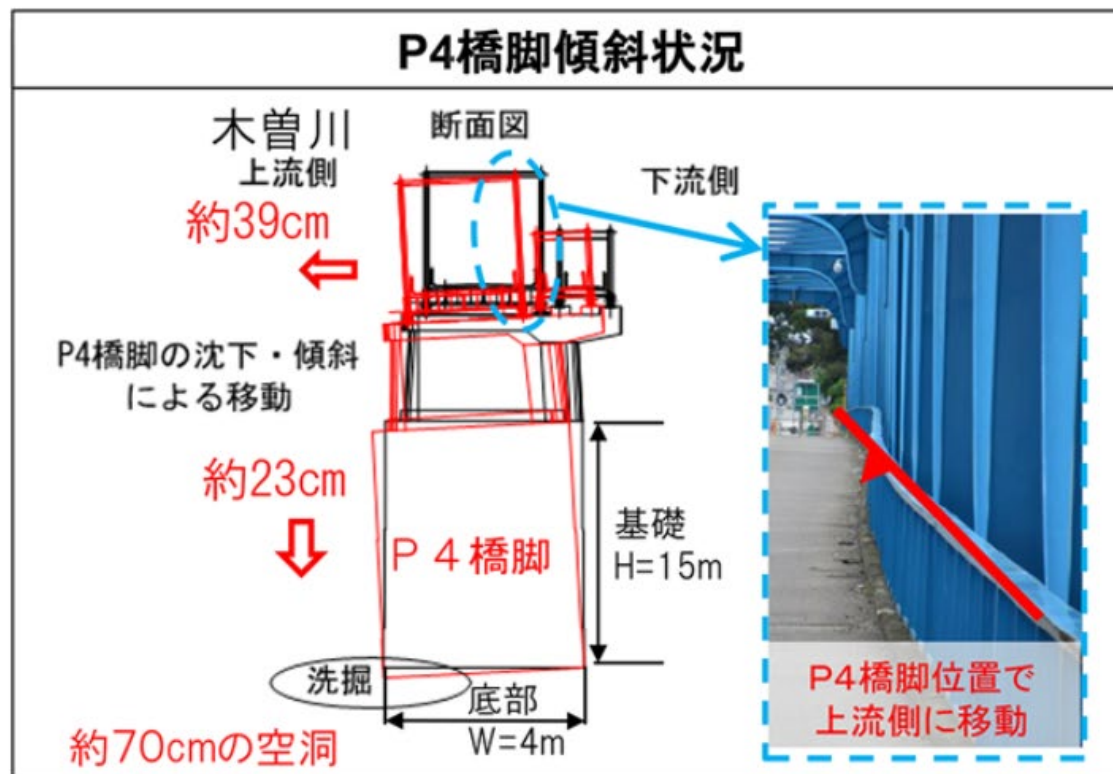


木曽川 川島大橋の沈下事例検討



かわしまおおし
〈川島大橋 橋梁諸元〉

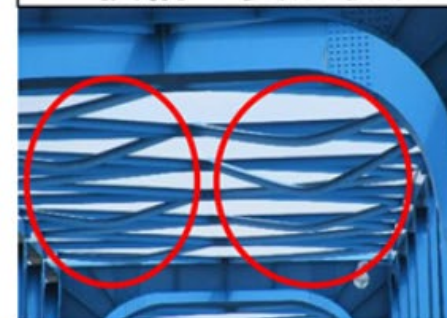
Bridge length 橋長	343.5m
Completion date: Aug. 1962. 竣工年月	1962年8月



上弦材の変形状況



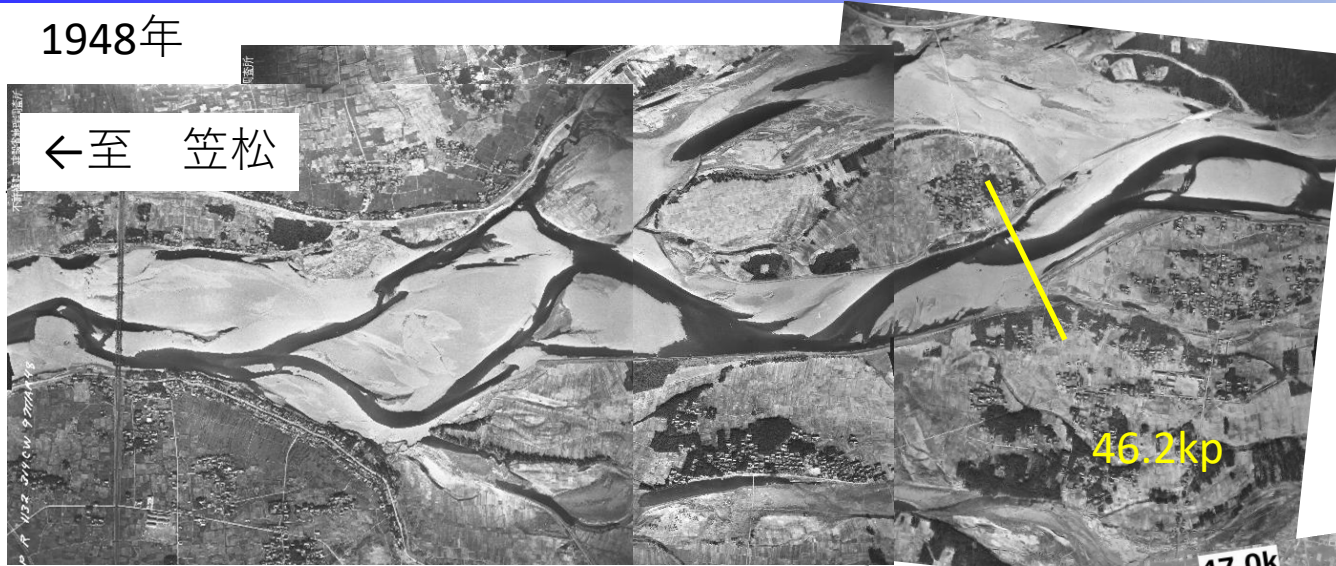
上横構の変形状況



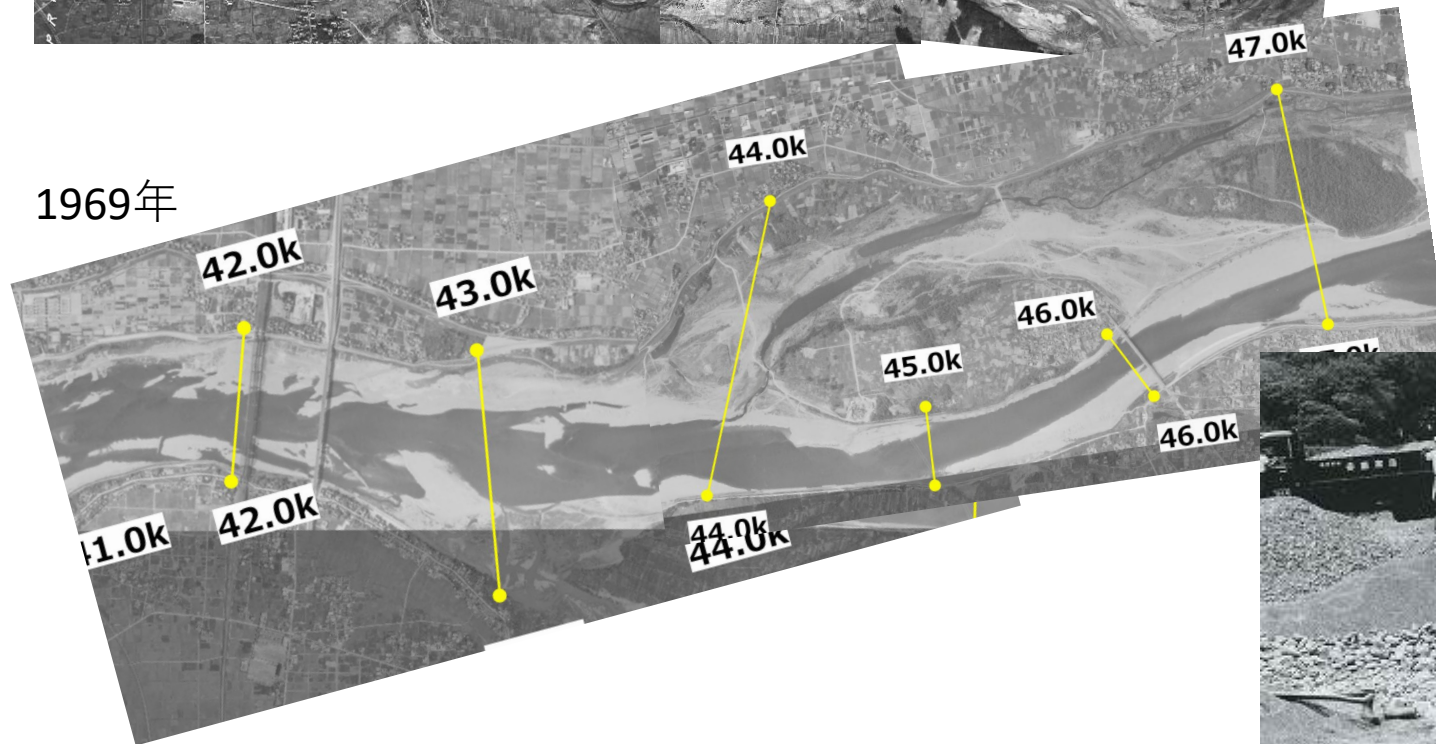
川島大橋（46.2kp）周辺河道の過去の航空写真

1948年

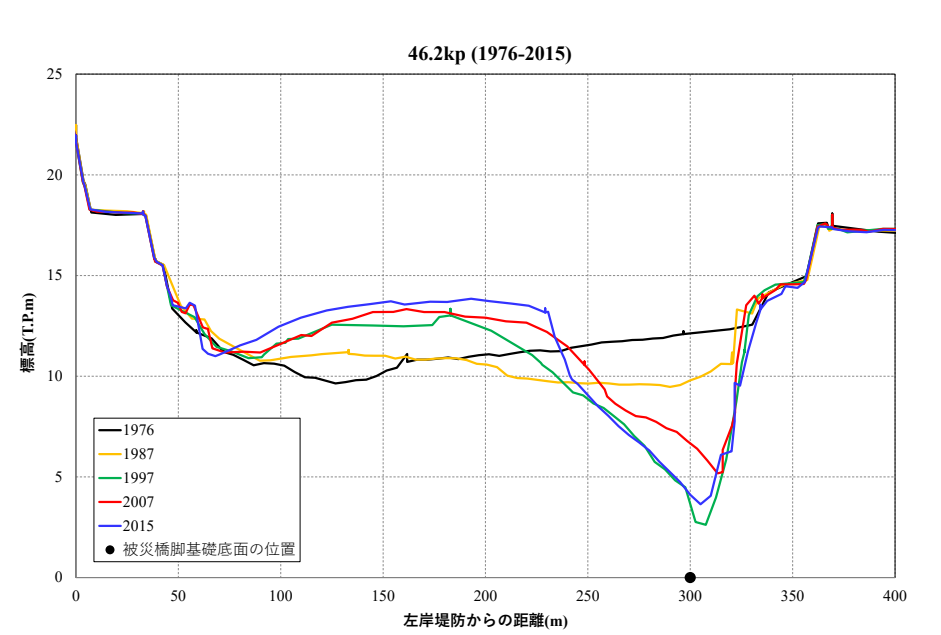
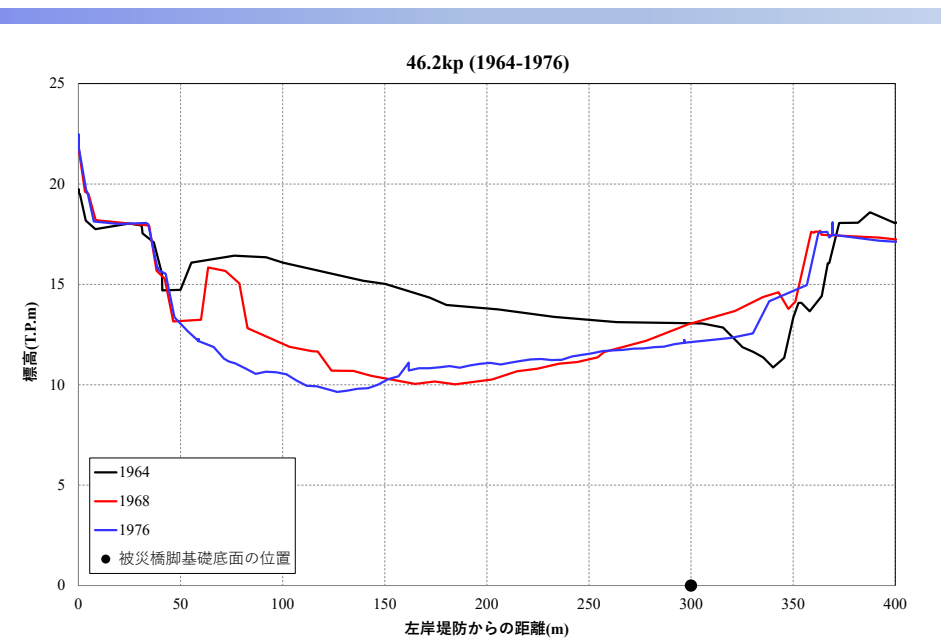
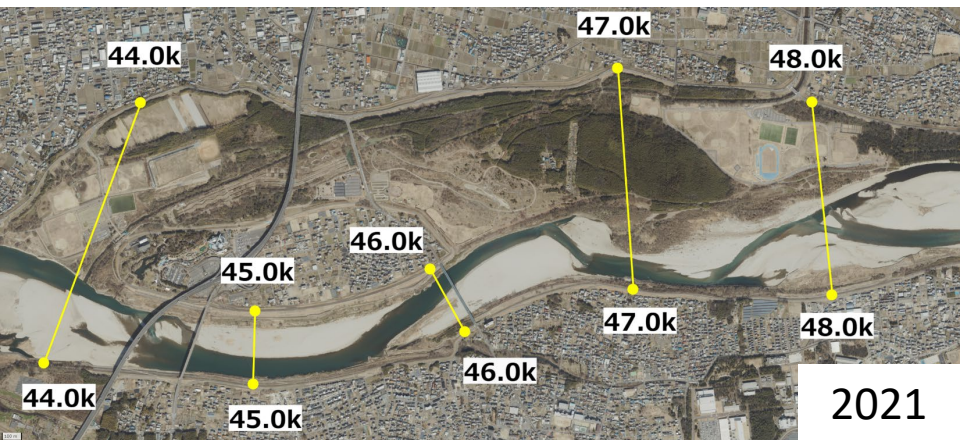
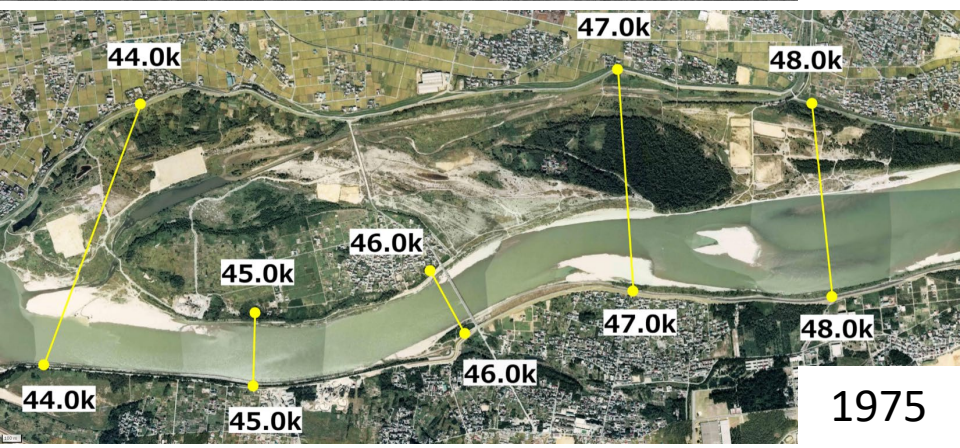
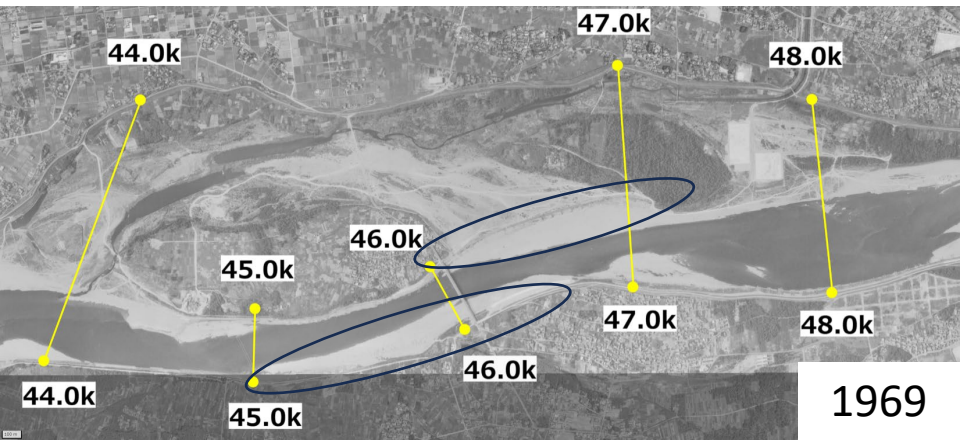
←至 笠松



1969年



川島大橋（46.2kp）周辺河道の平面形、横断形状の変遷



河道の変化に対する予見性

- 砂州の発生・成長に関する予見性：

① 1975年時点：川島大橋周辺河道での砂州の発生が予見できたか？

② 1987年時点：発生した砂州の固定化、深掘れの深さを予見できたか？

- 土砂供給量低下と砂州の発生・成長・固定化との関係

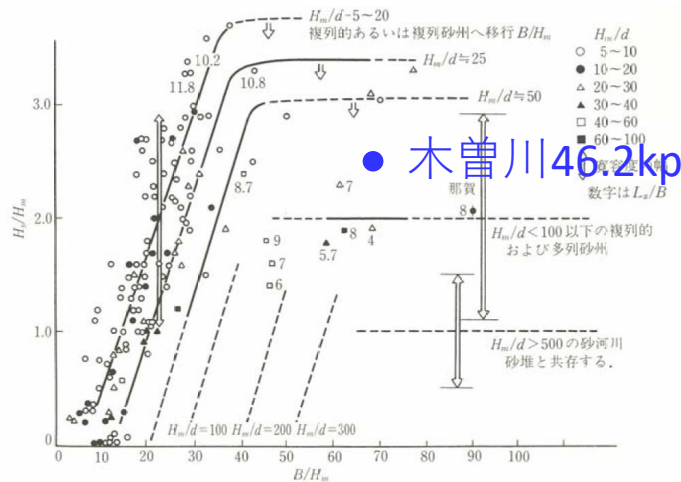
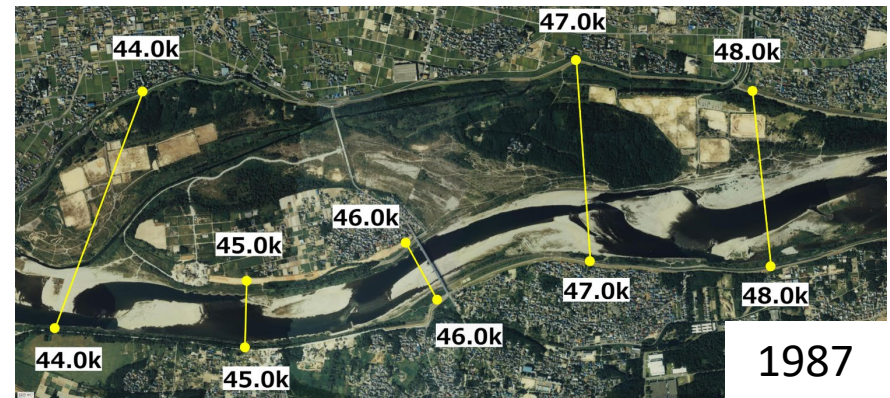
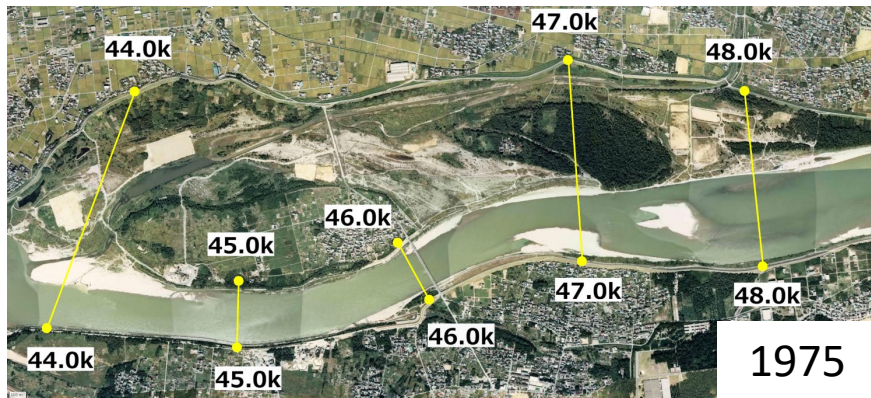


図-3.8 H_s/H_m と B/H_m の関係。ただし、 τ は 0.03~0.4 の範囲 (永田, 1961; 池田, 1973; 井口, 1980; 鮎川, 1972; 井口, 1973; 山本他, 1989 の資料より作成)

46.2kp 付近に発生している砂州の波高は、これまでに提案されてきた図表でおおよそ推測可能

左図：山本晃一 沖積河川 砂州波高を求める図
木曽川の2015年 46.2kp断面

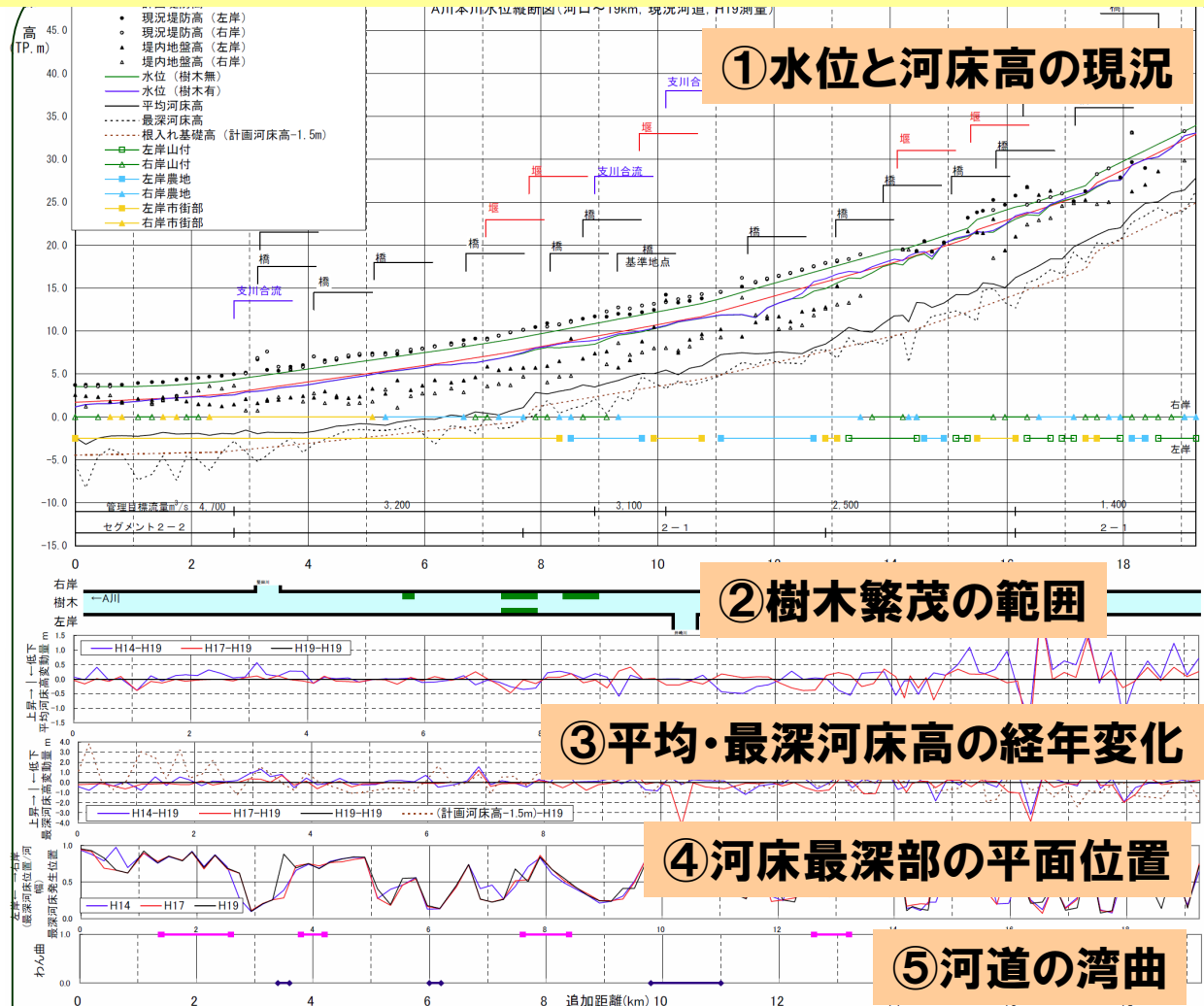
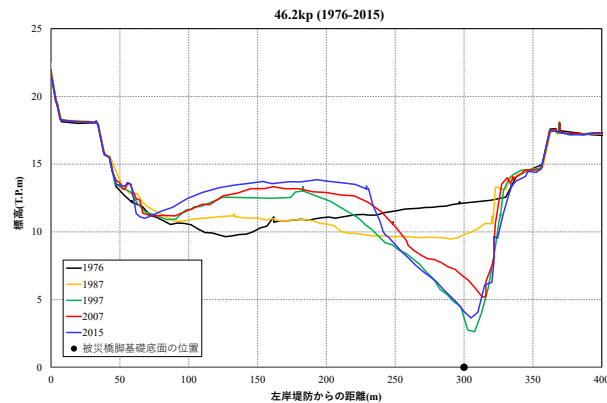
$H_m/d \doteq 83$, $B/H_m \doteq 70$

→ $H_s/H_m \doteq 2.5$, $H_s \doteq 11.6\text{m}$ (実際の波高は10m程度)

H_s : 砂州波高、 H_m : 平均年最大流量時の水深、 B : 同水面幅、 d : 粒径

予防保全において役立つ情報：横断データ、河道管理基本シート

変化トレンドの把握と管理実施判断のための情報シート

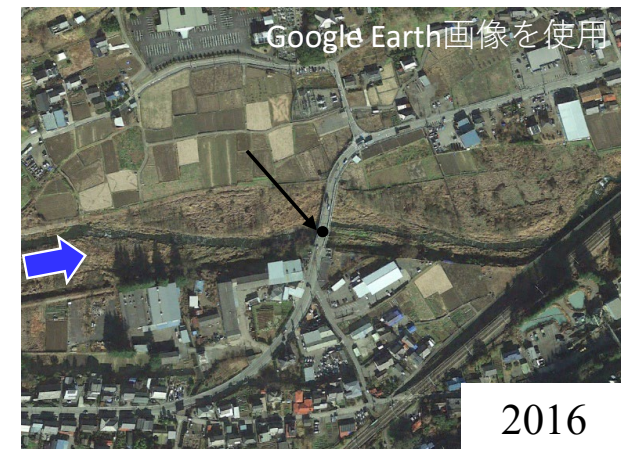
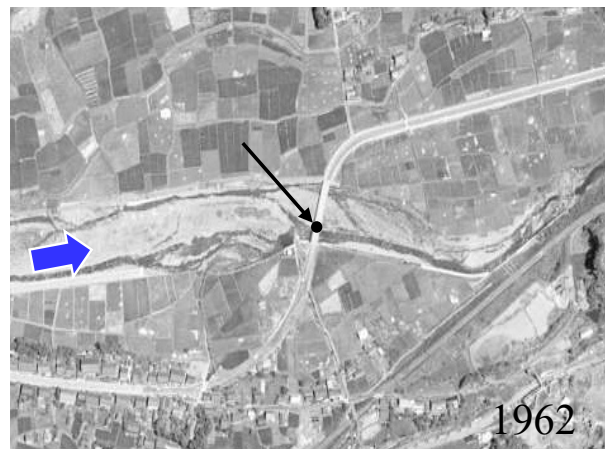
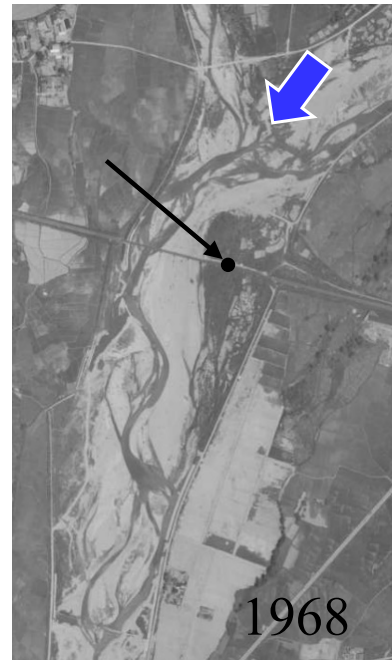
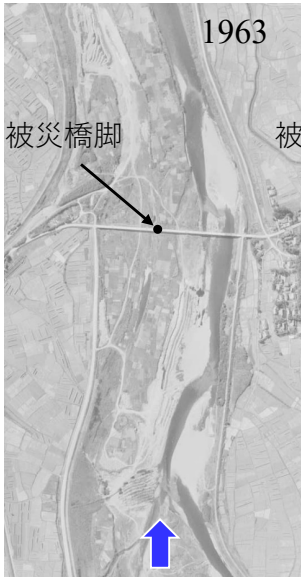


シート様式：5種類の基本情報を並列で見る

横断データが存在しない場合：航空写真の有効性

国土地理院地図・航空写真閲覧サービス

航空写真の変遷を追うだけでも、リスクのある橋梁を見立てられる場合も多い。



橋梁の洗掘の調査目的

1. 構造物の現状の性能を見立てるための基礎資料
2. 洗掘対策（措置）を検討するための基礎資料
3. 経時変化を予測するための基礎資料

⇒調査の目的により必要な情報量や精度、取得頻度などが異なることを踏まえた調査法の選択が必要

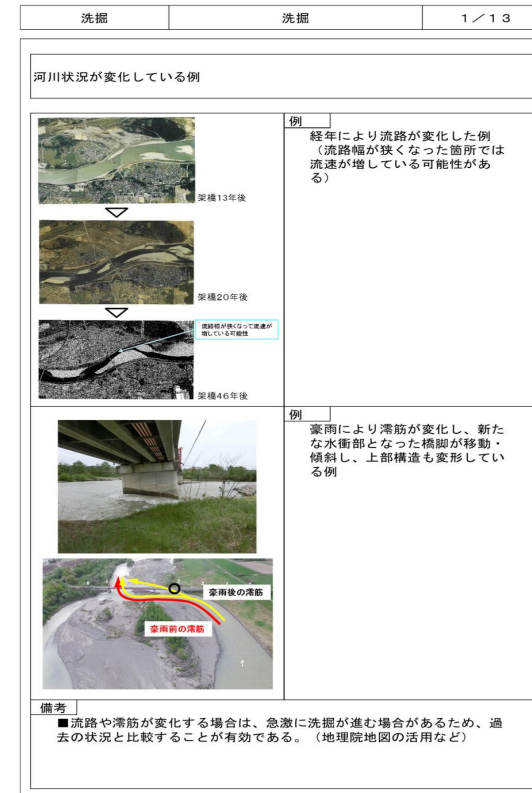
道路橋の定期点検での状態の確認①

■水中部での基礎地盤の洗掘や部材の腐食等の損傷例

- ・国総研橋梁研究室HPで公開されている地整等で実施している橋梁初級Ⅰ研修の研修テキストの補足資料の一つ
- ・橋梁基礎の洗掘やパイルベント橋脚の腐食に対する状態把握を行うにあたっての基本的事項がまとめられている

水中部での基礎地盤の洗掘や
部材の腐食等の損傷例

令和6年7月



道路橋の定期点検での状態の確認②

- このうち、状態の把握について、確認すべき内容や現地計測による確認の留意点などがまとめられている

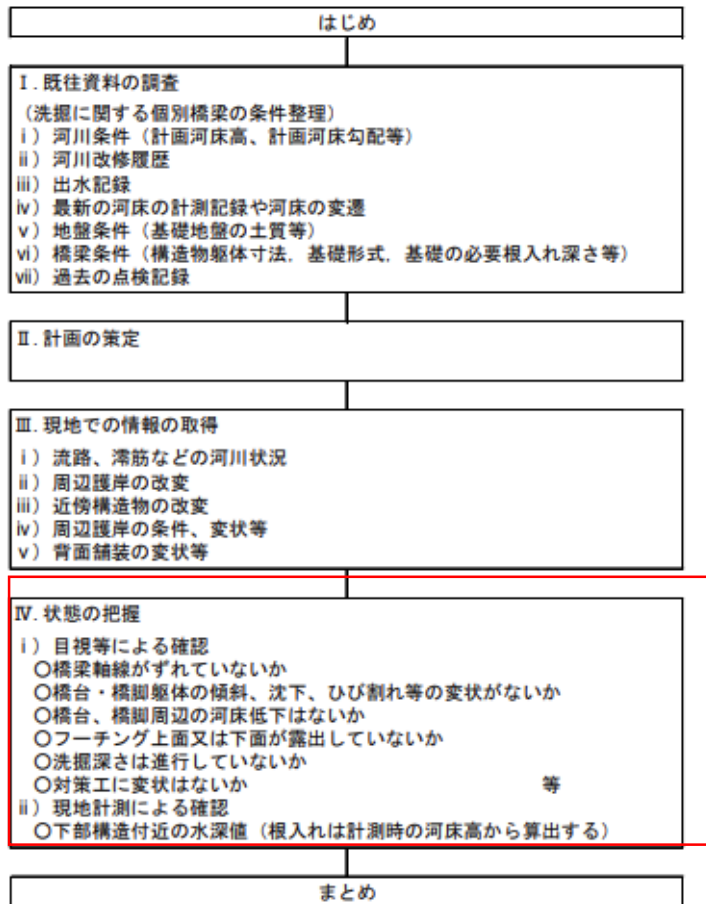


図-3.1 状態把握のフローの例

IV.状態の把握

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。

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士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。

i) 目視等

- 目視等で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

- 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。

<水中カメラを活用する際の留意点>

- 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とうい。

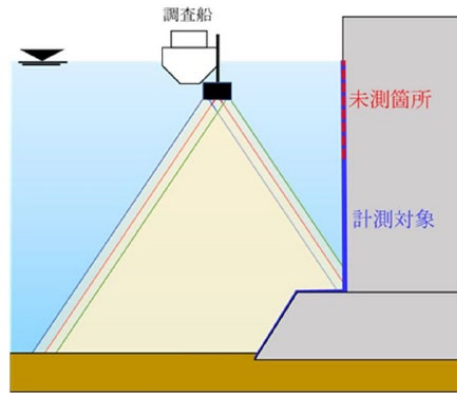
河床の状態把握(三次元測量) 技術の例

①水中3D スキャナー



https://www.meigi.pa.cbr.mlit.go.jp/file/kouryuukai/20th/20th_03_shiryoku.pdf

②ナローマルチ ビーム

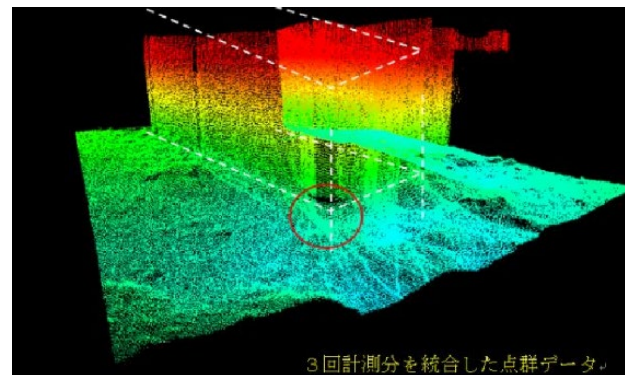
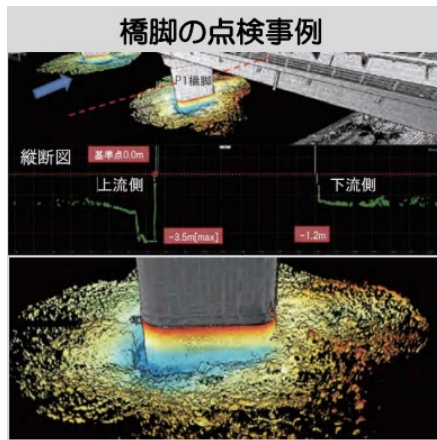


https://www.jfa.maff.go.jp/j/gyoko_gyozyo/g_gideline/attach/pdf/index-85.pdf

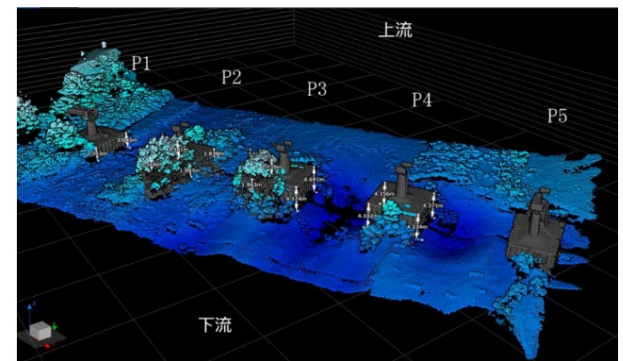
③グリーンレーザ



<https://www.pasco.co.jp/biz/tech/drone-greenlaser/>



https://www.jfa.maff.go.jp/j/gyoko_gyozyo/g_gideline/attach/pdf/index-85.pdf



(画像3: 点群データからの洗掘深さ計測例)

<https://prtmes.jp/main/html/rd/p/000000234.000020194.html>

橋の上からできる簡易な河床計測法(1)

■重錘（レッドロープ）による調査

先端に重錘がついたロープで水深を計測する方法

作業手順(計測イメージ図を参考)

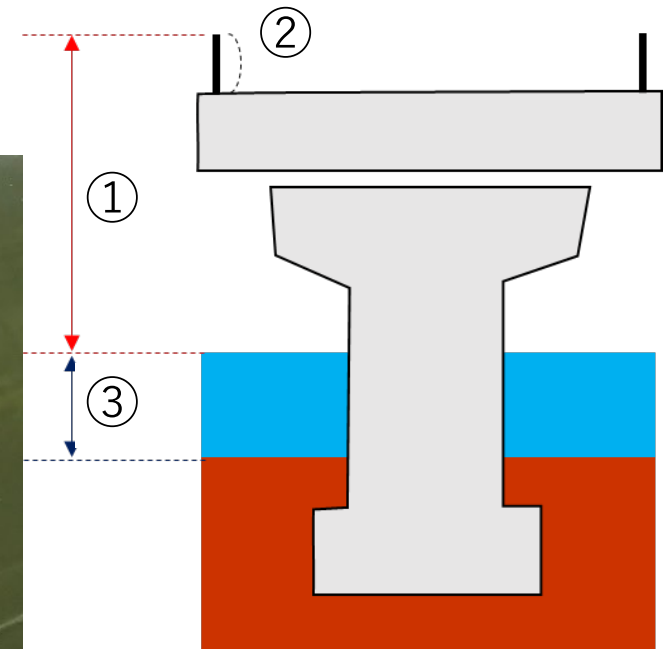
- ①水面から高欄までの距離を計測【レッドロープ】
- ②高欄の高さを計測【コンベックス等】
- ③水深を計測【レッドロープ】



レッドロープ



レッドロープによる計測状況

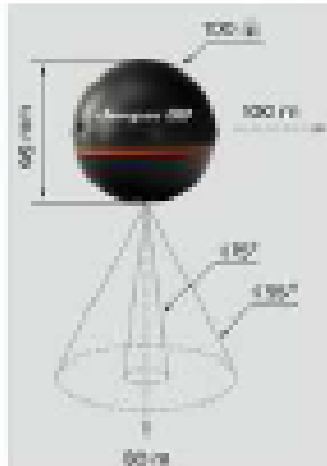


計測イメージ図

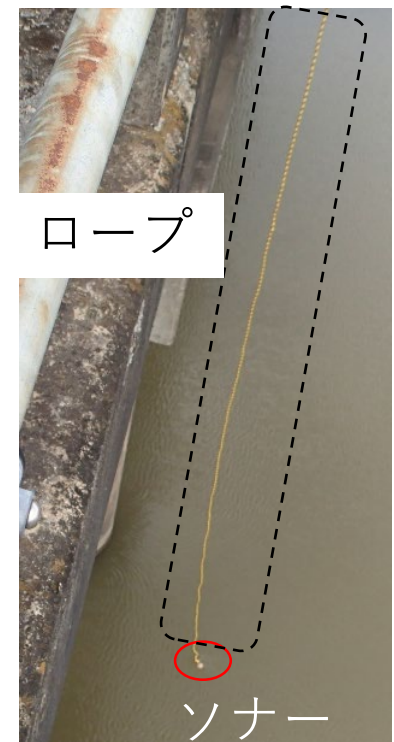
橋の上からできる簡易な河床計測法(2)

■ シングルビームソナー（音波）による調査

ソナーを水面に浮かべることで直下の水深を計測する。
ソナーをロープや釣り竿の先端に付けて用いる。



使用するソナーの例
(魚群探知機)

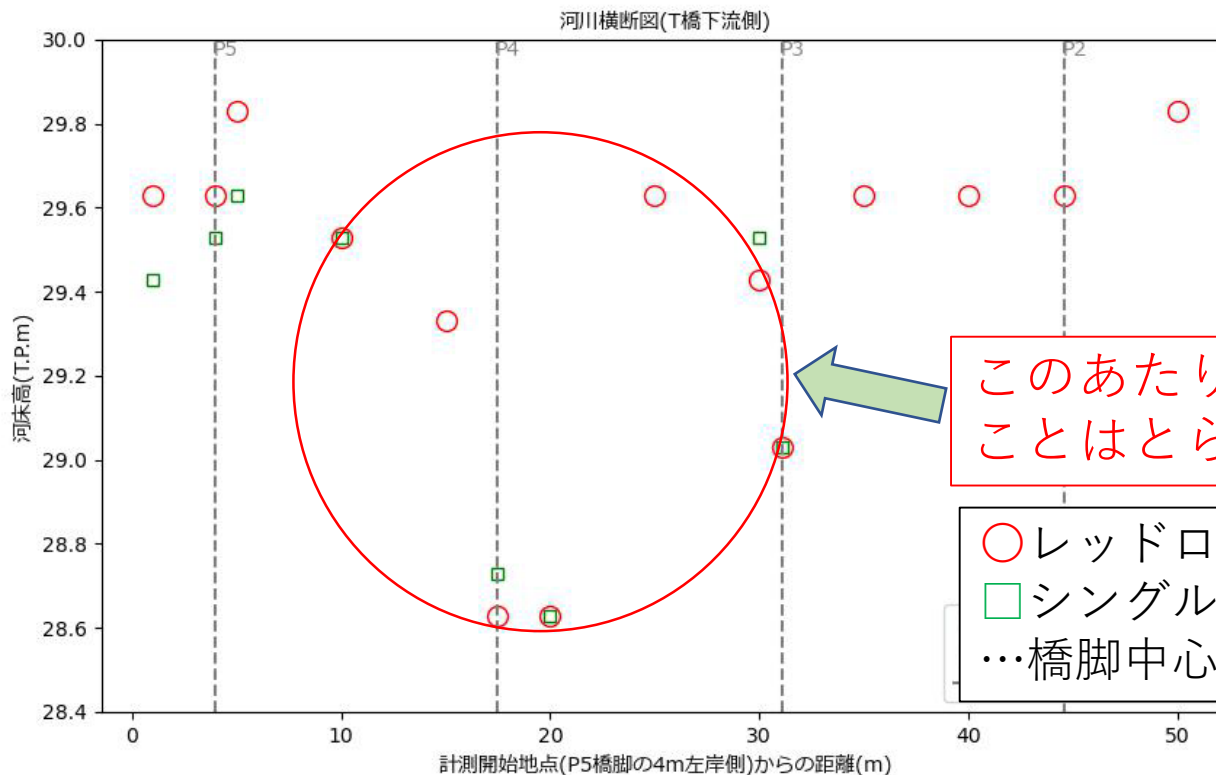


釣り竿やロープを用いたソナーによる
計測状況

シングルビームソナーとレッドロープでの計測比較例①

- シングルビームソナーでもレッドロープ同様の調査は可能
- 測定時間、手間（重さ）、測定範囲（釣竿活用時）ではシングルビームソナーが上回る

※R6の計測結果



この橋での計測事例
レッドロープ：
計測13点、約10分
ソナー：
計測8点、約6分

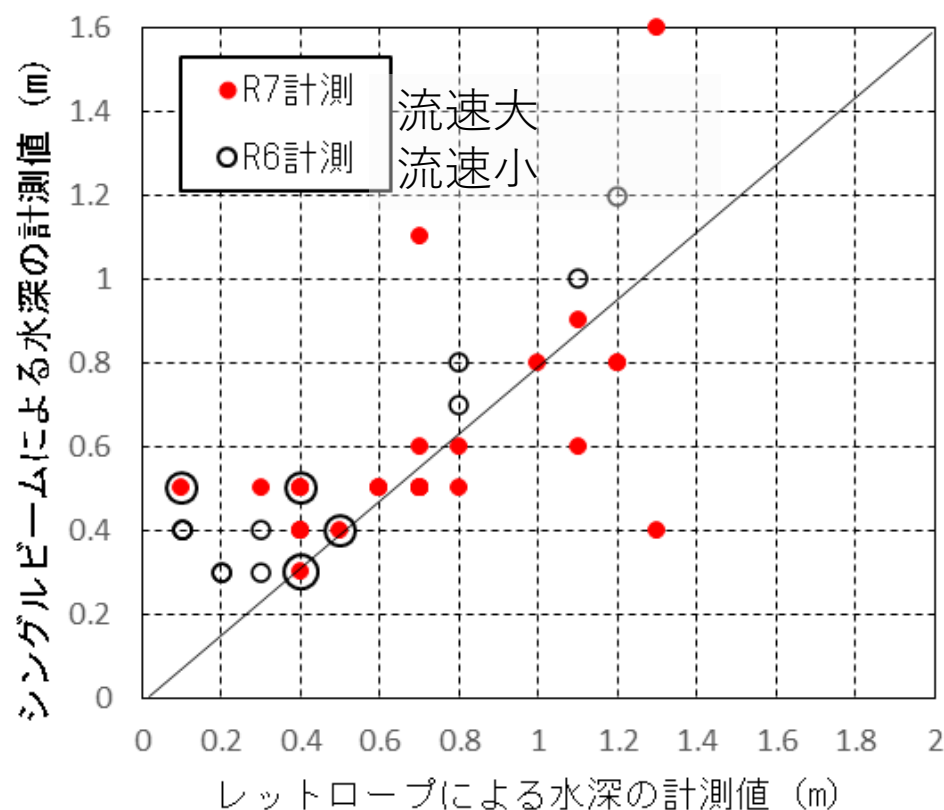
このあたりの河床高が低い
ことはとらえられている

○レッドロープ
□シングルビームソナー
...橋脚中心

シングルビームソナーとレッドロープでの計測比較例②

- 流速・水深が小さい水理条件（R6：0.5m/s）では、両簡易点検技術の精度は同程度
- 一方、流速・水深が比較的大きい水理条件（R7：1.0m/s）では、ばらつきが相対的に大きく、かつ水深が大きいほどそのばらつきが大きくなる傾向

※流速は推定値

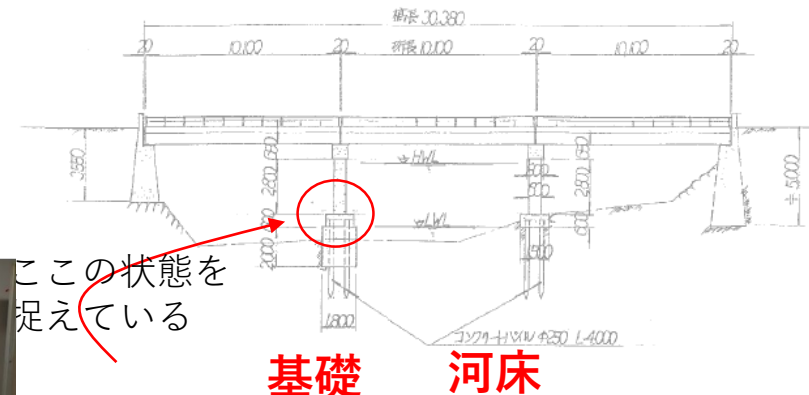


橋の上からできる簡易な河床計測法(3)

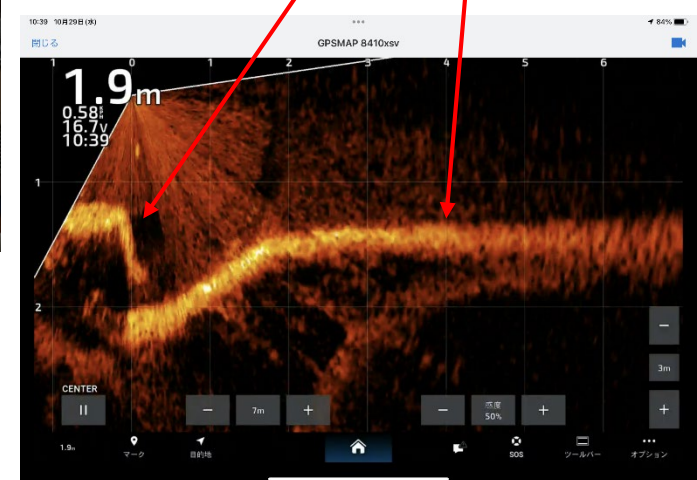


■ マルチビームソナーを活用した調査

橋の上からソナーを下ろして簡便に橋脚基礎周りの洗掘を調査できる治具を開発中※



この状態を
捉えている



※内閣府総合科学技術・イノベーション会議の戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 第3期「スマートインフラマネジメントシステムの構築」JPJ012187 (研究推進法人:土木研究所) の「センサ等による橋梁基礎洗掘の河床計測技術の開発」の取り組み

マルチビームソナーの画像