

2021/3/10

令和2年度 第15回十勝川千代田実験水路等アドバイザー委員会
第21回十勝川千代田実験水路等実験検討会

令和2年度 千代田現地実験に向けた検討

1. 検討の背景
2. 堤防被災メカニズムの検証と対策検討の方針
3. 数値解析
4. 縮尺模型実験
5. 千代田実験計画（実験条件、観測計画）
6. 次年度以降の検討予定内容

国土交通省
北海道開発局 帯広開発建設部

【各項目の概要】

1. 検討の背景

- ・急流河川における堤防侵食災害の発生

2. 堤防被災メカニズムの検証と対策検討の方針

- ・急流河川の湾曲部堤防侵食被害の要因と対策検討方針

3. 数値解析

- ・堤防被災メカニズムの要因の検証

■本委員会の論点

4. 縮尺模型実験

- ・千代田実験を想定した縮尺模型実験の概要

5. 千代田実験計画（実験条件・観測計画）

- ・縮尺模型実験を踏まえたR3千代田実験水路における観測計画

6. 次年度以降の検討予定内容

- ・高水敷洗堀防護工法の実証

	H30	R1	R2	R3	R4	(年度)
堤防侵食災害に関する検討	被災状況分析 など	数値解析による 要因分析	実験計画 観測計画			
縮尺実験	縮尺実験 (予備実験) 低水護岸有り	縮尺実験 (予備実験) 低水護岸無し有り	縮尺実験 低水護岸有り 高水敷保護なし	縮尺実験 低水護岸有り 高水敷保護有り		
千代田実験			低水護岸有り 高水敷保護無し	低水護岸有り 高水敷保護有り		

1. 検討の背景

急流河川における堤防侵食災害の発生

近年の北海道における洪水の被害状況

- H28など近年堤防決壊が多発、北海道では侵食による堤防決壊が発生している。
- 気候変動の影響により、今後さらに洪水の頻発化・激甚化の懸念がある。



近年北海道で生じた堤防侵食災害を大きく2つに分類した

大分類

被災状況

■ 洪水中に低水路の蛇行が大きく発達

【着目点】

- ・ 蛇行した流れで侵食が進行
- ・ 砂州が発達
- ・ 直線河道でも被害発生



十勝川上流河道計画
ワーキングで扱う

堤防決壊箇所

■ 河道湾曲部外岸側の水衝部で侵食が進行

【着目点】

- ・ 河道が急激に湾曲する箇所
- ・ 高速流が湾曲部を直進して河岸から高水敷を侵食
- ・ すでに低水護岸がある場所がほとんど
- ・ 北海道の河川では内岸側に高水敷がない河道が多い。



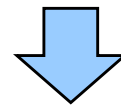
千代田実験水路での実験
でのテーマとして扱う

急流河川湾曲部における堤防侵食防止の確立の必要性

■ H28.8洪水では急流河川の湾曲部において侵食による堤防災害が多く発生した。



- ・湾曲部外岸側には低水護岸がすでに設置されている場合がほとんどでも、低水護岸の裏側から侵食が高水敷・堤防に及んでいる。
- ・この堤防侵食、決壊に至るまでの過程が明らかではない。



急流河川の湾曲部における堤防侵食に対するメカニズムの解明と効果的・効率的な侵食防止・堤防防護方法の確立が必要

2.堤防被災メカニズムの検証と対策検討の方針

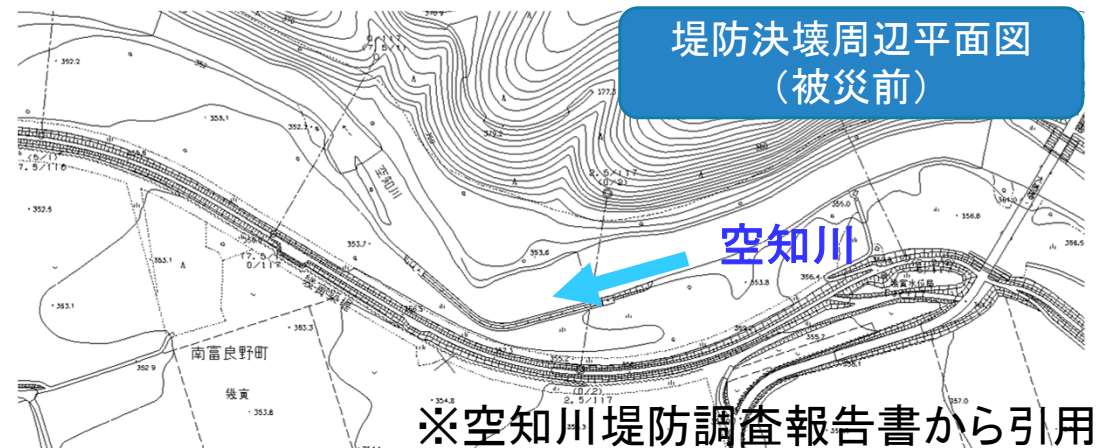
高水敷洗堀・堤防侵食の要因の推定
堤防被災メカニズムに関する仮説

急流河川湾曲部外岸側での高水敷洗掘の着目ポイント

- 急流河川の湾曲部外岸側は高流速が低水路から高水敷に乗り上げ、内岸側での土砂堆積が相まって、外岸側の高水敷・堤防に速い流れが生じる。

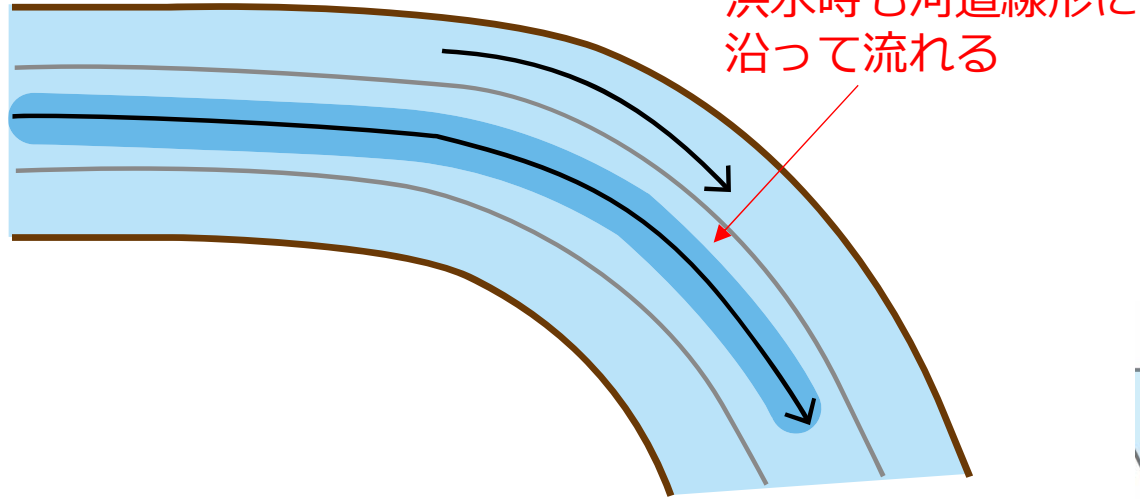
高水敷洗掘・堤防侵食の要因の推定

- ・ 直線部の複断面流れが湾曲部に到達すると、直進性が卓越した低水路の流れが高水敷へと乗り上げ、高水敷上に高速流が生じる。
- ・ さらに、低水路内岸側での砂州の発達により、流れが外岸側に偏っていく。
- ・ 低水路流れが高水敷に乗り上がる箇所では、高水敷上の流れと低水路からの乗り上げの流れが合流することで流れが複雑になる。

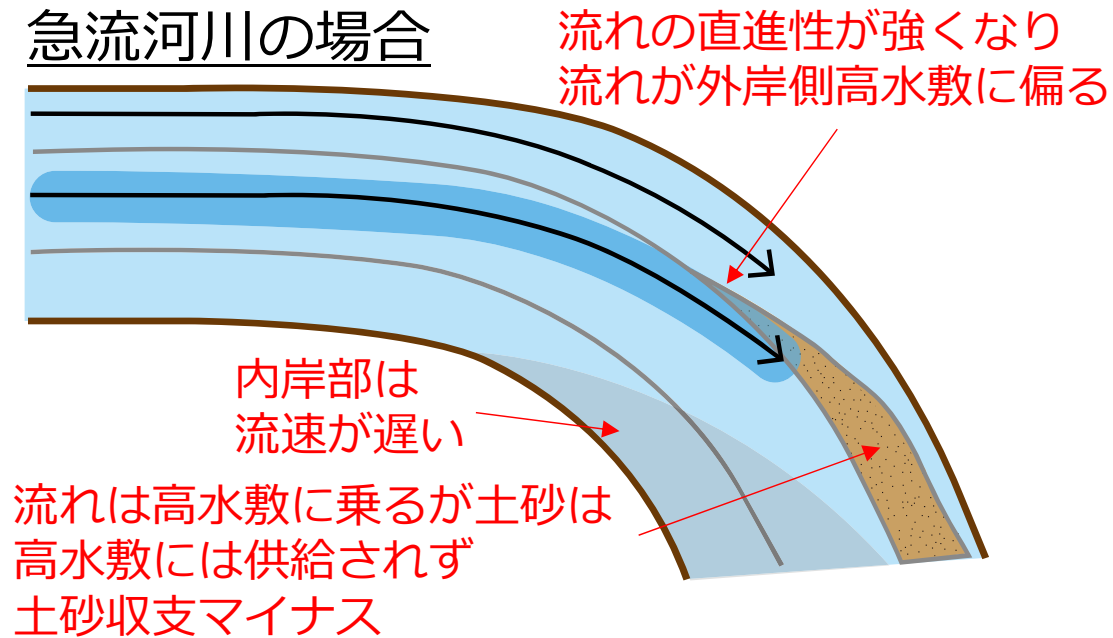


- 急流河川の湾曲外岸部において、低水護岸がある場合でも堤防決壊に至る侵食が発生するメカニズムについて、流れと河床変化の関係から仮説を設定した。

緩流河川の場合



急流河川の場合

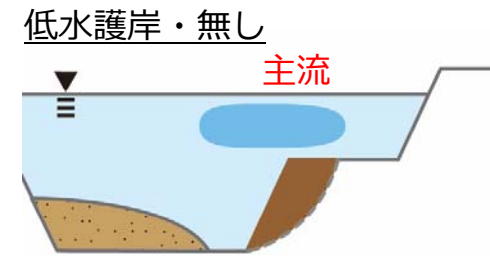
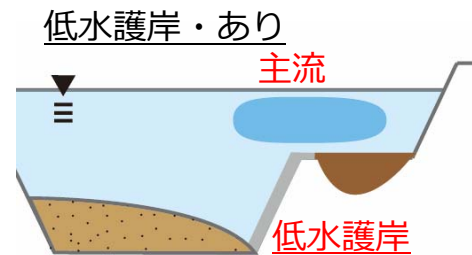


<<仮説>>

- 低水路の内岸部は流れが弱まる

土砂堆積（内岸砂州の発達）

- 主流が外岸側に偏る



- 護岸を乗り越える流れ
で高水敷が侵食される

- 河岸侵食が進む

- 高水敷上の洗掘箇所を
きっかけとして、
高水敷上に高速流が発達
しやすくなる

- 河岸侵食とともに、
主流は外岸側へ移行

- 侵食が堤防に至ると決壊

■ 数値解析、縮尺実験、千代田現地実験それぞれの優位性を活かすよう検討を進める。

- ・ 複数ケースを条件を変えて多く実施できる
- ・ 結果から現象の要因を絞り込むことが可

- ・ 縮小スケールの条件のもと実現象と相似の現象を確認できる。
- ・ 実際の水の流れや土砂の動きを見ながら変化を確認できる

R01(済み)

数値解析

縮尺実験

R02

各手法で確認した
侵食現象の違いの
要因を把握

千代田現地実験

R03

- ・ 大スケールで実現象と相似の現象を確認できる
- ・ 観測機器の充実化が可能

■ 千代田実験に求められる観測

- ・ 実験前後、実験中の高水敷、低水路の土砂移動
- ・ 実験中の低水護岸の挙動
- ・ 土砂移動に伴う流況の変化

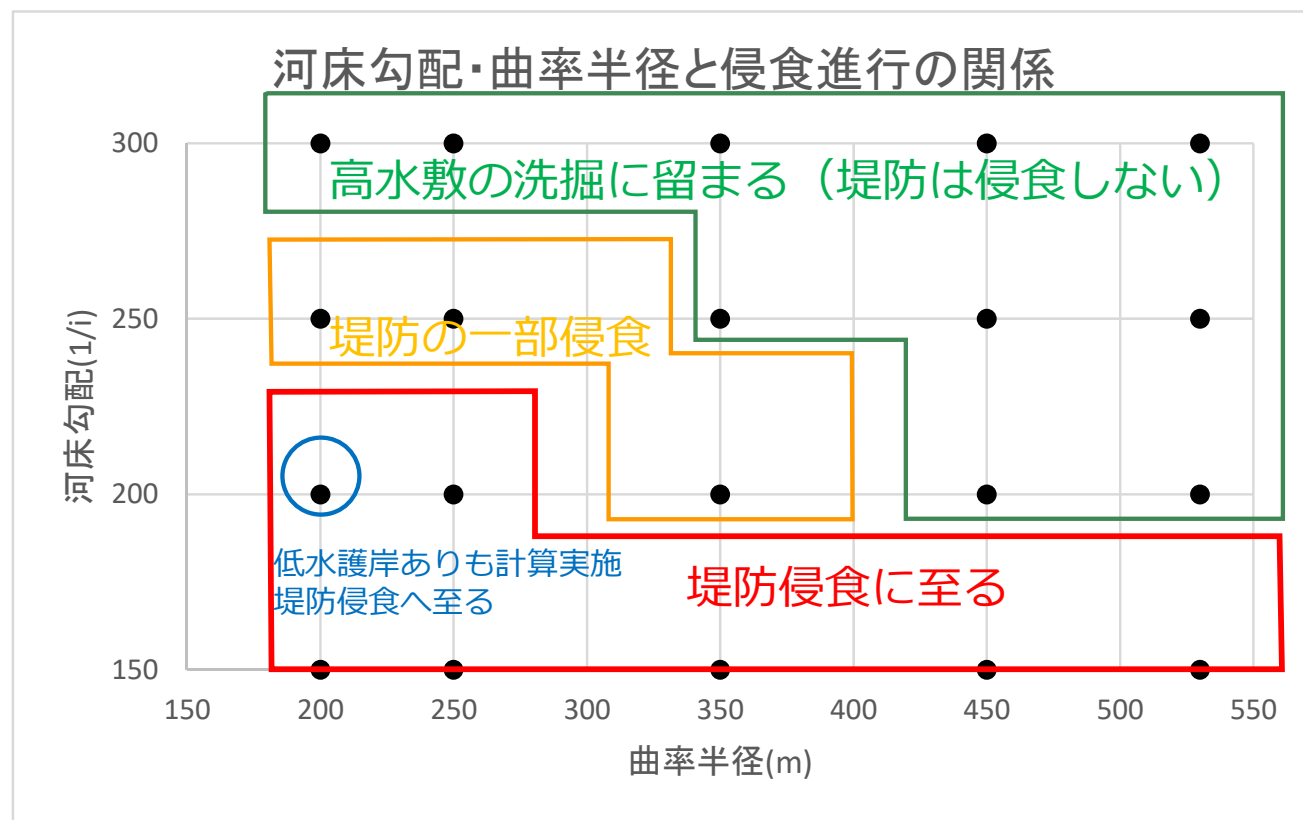
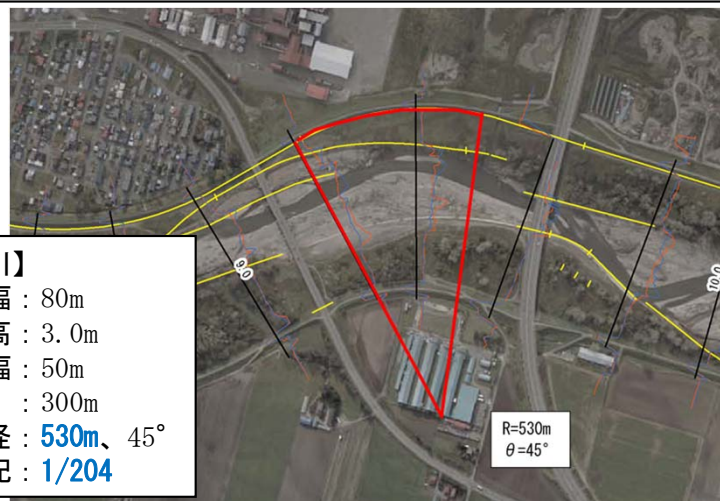
侵食現象の把握、有効な対策方法の確立

3. 数値解析

(R1年度第2回千代田検討会より概要抽出)

横断形状の設定

- 千代田実験水路の横断形状は、過去に堤防侵食による被災が生じた河道の断面をモデルとして設定した。
- 高水敷洗堀による堤防侵食現象の再現については河床勾配・曲率半径より感度分析を実施し傾向を確認した上で決定した。



【河床勾配】

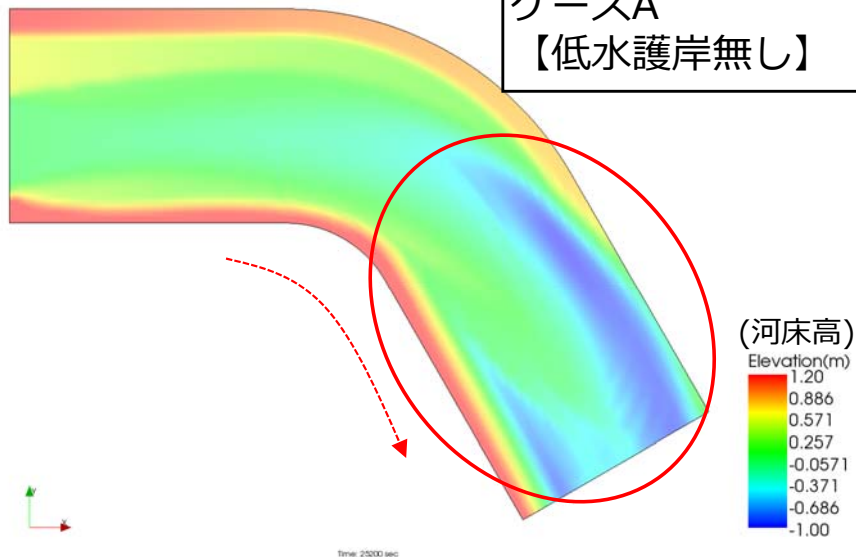
- ・ 河床勾配が大きくなると、高水敷の侵食が大きくなる傾向にある。

【曲率半径】

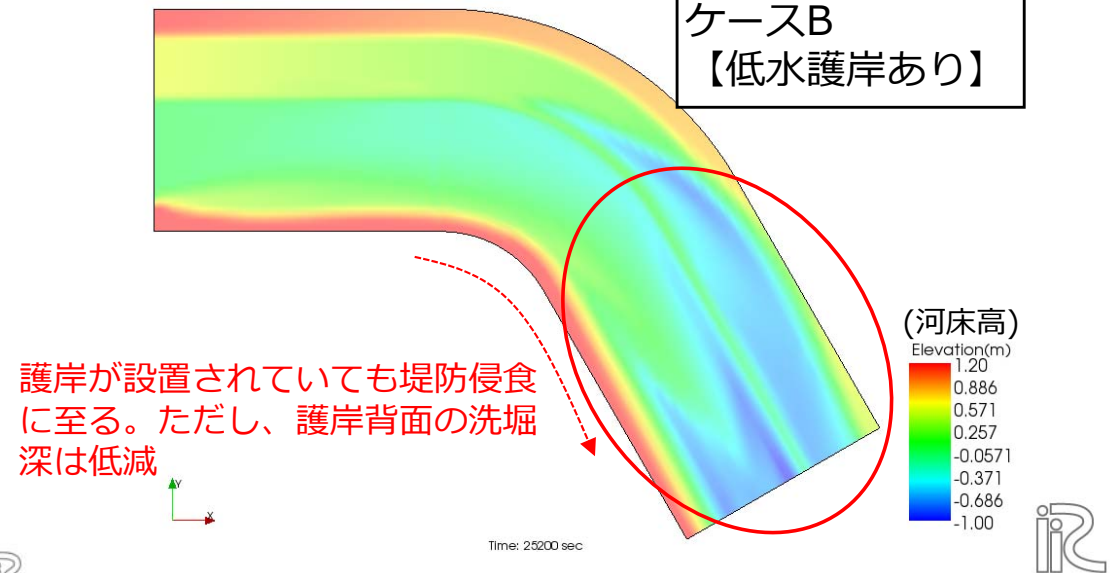
- ・ 曲率半径が小さくなると、高水敷の侵食が大きくなる傾向にある。

- 低水護岸の有無による高水敷洗堀状況の他に、高水敷を固定床とした場合、低水路を固定床とした場合に河道内にどのような現象が生じるかを数値解析で確認。

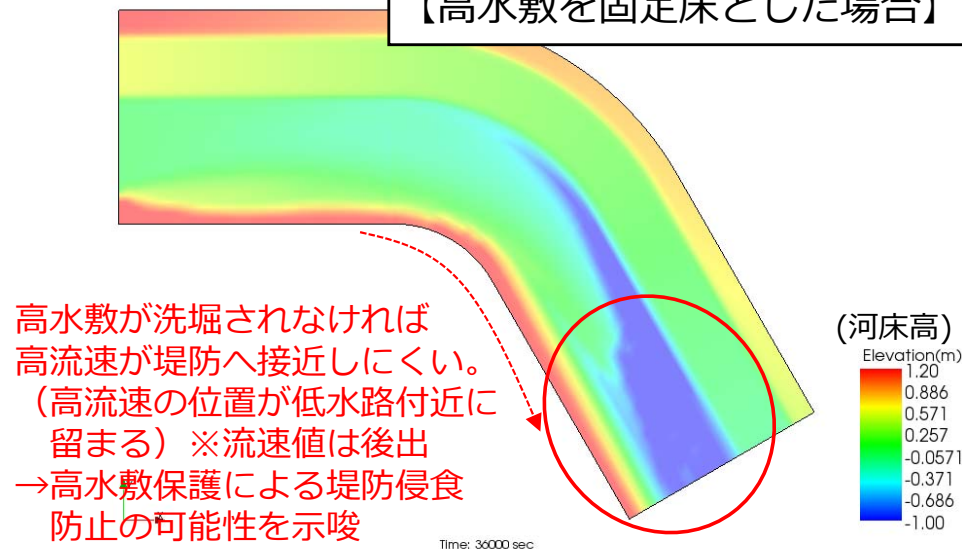
ケースA
【低水護岸無し】



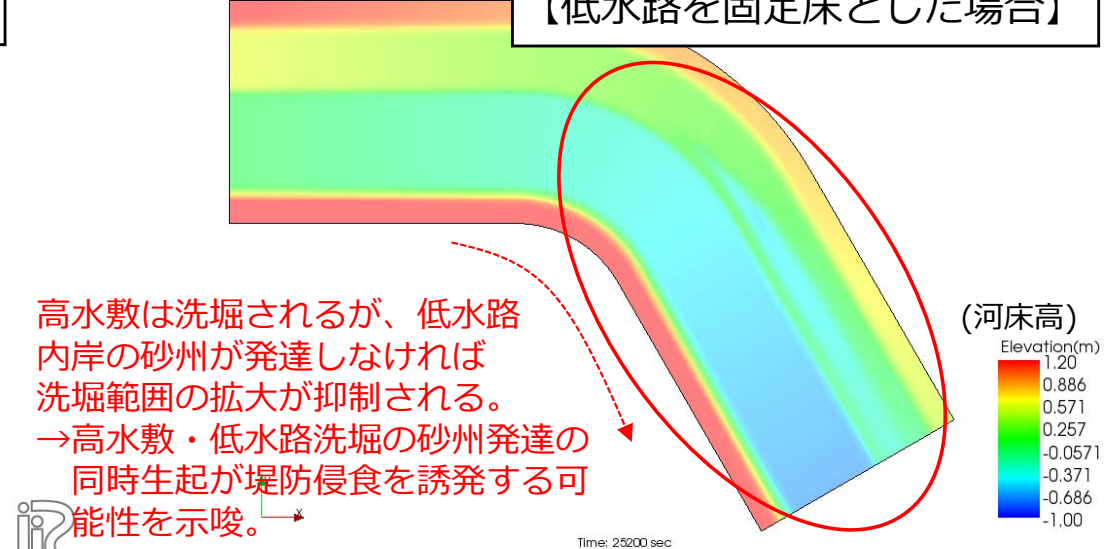
ケースB
【低水護岸あり】



ケースC
【高水敷を固定床とした場合】



ケースD:
【低水路を固定床とした場合】



数値解析による分析

着目点	比較ケース	得られた結果
1. 堤防侵食の進行は河床勾配・曲率半径に大きく左右される。	曲率半径：200m～500m 河床勾配：1/150～1/300	河床勾配が急、曲率半径が小さい場合に侵食が進行しやすい。
2. 低水護岸の有無により生じる現象がどうか	低水護岸有ケース、無ケースを比較	低水護岸の有無に関わらず堤防まで達する低水路河岸侵食・高水敷洗堀が生じる。
3. 高水敷が洗堀されない場合、高水敷上の高流速の範囲はどうか？	高水敷全面を固定床	高水敷が洗堀される場合に比べて、堤防侵食には至らない。 (低水路河床については洗堀が著しい。)
4. 砂州が形成されない場合にどのような現象が生じるか	低水路河床を固定床	主流線の外岸側への偏流傾向が小さくなり、高水敷洗堀と洗堀進行による堤防侵食時間を要する。

まとめ：急流河川の湾曲外岸部において、低水護岸の有無に関わらず高水敷の洗堀が進行し、堤防決壊に至る仮説で立てた現象が確認された。
(低水路及び高水敷が固定床ではない場合)

4. 縮尺実験

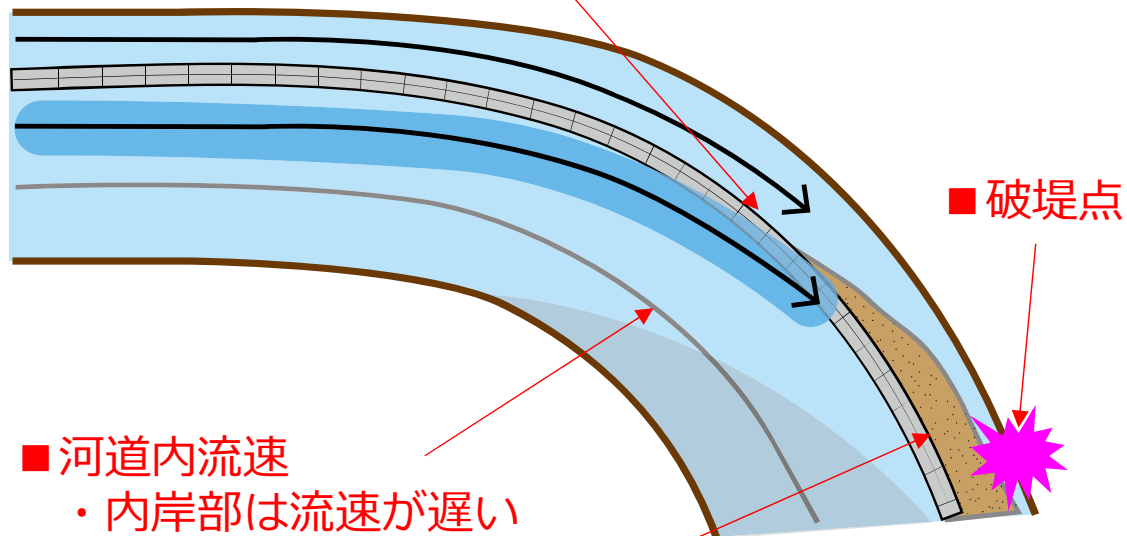
- ・ R2年度の縮尺実験結果と考察

■ 縮尺実験の位置づけ

設定した仮説（侵食の進行過程）を実現象として再現検証するとともに、千代田実験水路での観測範囲や観測項目の抽出を行う。

■ 流況

- ・ 流れの直進性が強くなり
流れが外岸側高水敷に偏る



■ 河道内流速

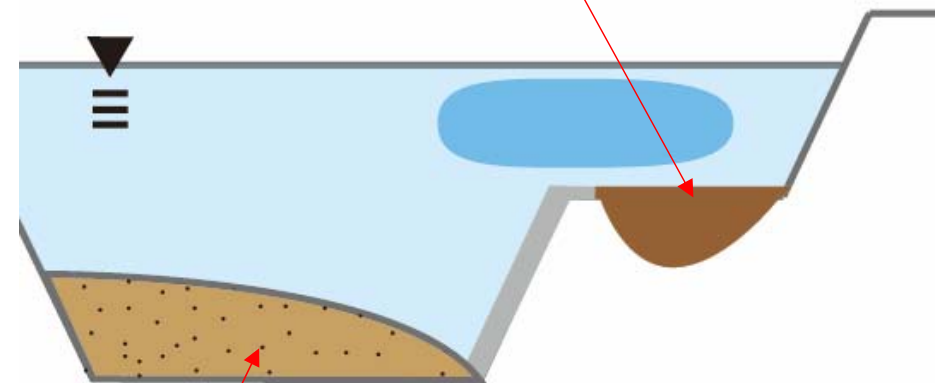
- ・ 内岸部は流速が遅い

■ 高水敷の洗堀範囲

- ・ 流れは高水敷に乗るが土砂は高水敷には供給されず土砂収支マイナス

■ 高水敷の洗堀深さ

- ・ 低水路から高水敷へ乗り上げる流れにより洗堀が生じる



■ 土砂の堆積

- ・ 上流から移動していた土砂が湾曲部内岸側に堆積する

【縮尺実験】実験概要

■ 実験概要

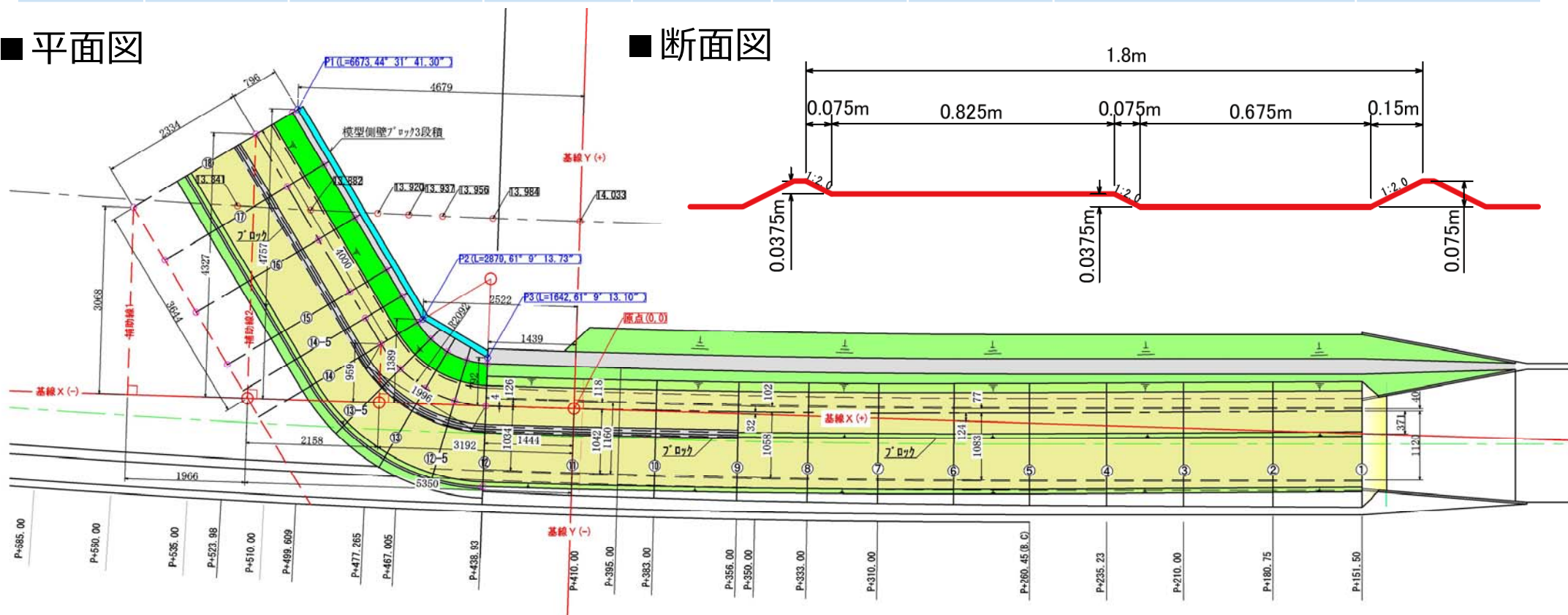
目的：低水護岸のみの場合に発生する現象の確認（R3千代田実験の予備実験）

実験ケース：高水敷保護工無し、 $I=1/200$ 、 $R=200\text{m}$

■ 実験条件

縮尺	河床勾配	低水路幅 (cm)	高水敷幅 (cm)	水路延長 (m)	曲率半径 (m)	低水路高 (cm)	通水流量 (m^3/s)	河床材料粒径 (mm)
千代田 実験水路 の1/20	1/200	67.5	82.5	約20	2.5	3.75	22.4リットル/s相当 (千代田換算：40 m^3/s)	d60=1.2mm

■ 平面図



■ 断面図

【縮尺実験】実験条件

モデル河川	河川名	低水路幅(m)	高水敷高(m)	高水敷幅(m)	河道幅 (m)	備考
	音更川	80m	3.0m	50m	300m	・実河川を参考に、複断面河道とHWL相当の流量条件を設定。

項目	諸元	設定根拠	備考
模型縮尺	1/20	・千代田実験水路の1/20スケールで設定	
河床勾配	1/200	・千代田実験水路と同様	
低水路幅	67.5cm	・千代田実験水路の低水路幅(B=16.5m)の1/20スケールで設定	
高水敷幅	82.5cm	・千代田実験水路の高水敷幅(B=13.5m)の1/20スケールで設定	
高水敷高	3.75cm	・千代田実験水路の高水敷高(H=0.75m)の1/20スケールで設定	
水路延長	約20m	・水の流れが安定した状態から現象を把握するため必要な助走区間を確保	
曲率半径	2.5m	・千代田実験水路の曲率半径 (R=50m)の1/20スケールで設定	
通水流量	22.4 ℓ	・数値解析の結果を踏まえ設定。	※千代田実験水路 40m ³ /s相当
河床材料粒径	1.2mm	・千代田実験水路の代表粒径 (D60=17mm) より、浮遊砂分を控除し粒径を設定	
模擬タイル	15mm ×15mm	・千代田実験で使用する連節ブロック寸法の1/20相当	※低水護岸の模型

※諸元は模型施設寸法

※低水路幅、高水敷幅については土砂移動が生じやすい条件($\tau^* = 0.07$ も踏まえ設定)

■第2回実験動画

- ・湾曲部高水敷乗り上げ→低水路落ち込み状況
- ・低水護岸背面高水敷の洗堀状況
- ・上記に伴う堤防侵食決壊状況

通水初期の流況



縮尺実験: 結果～流況(PIV)

- 湾曲部の中央付近においては高水敷への乗り上げから低水路への落ち込み部で流速が大きい。
- 湾曲部の下流においては時間の経過とともに低水路内に土砂が堆積し流下断面が減少するため高水敷上の流速が大きくなる。

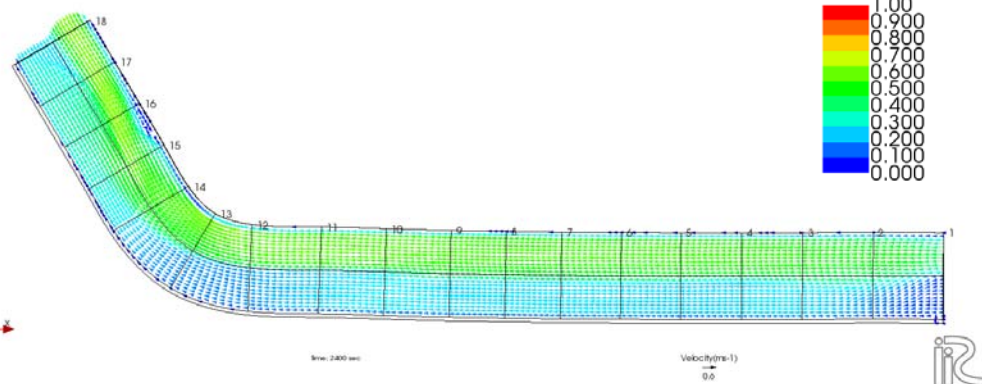
数値解析

(平均流速)

(流速)

Velocity(m/s)

1.00
0.900
0.800
0.700
0.600
0.500
0.400
0.300
0.200
0.100
0.000

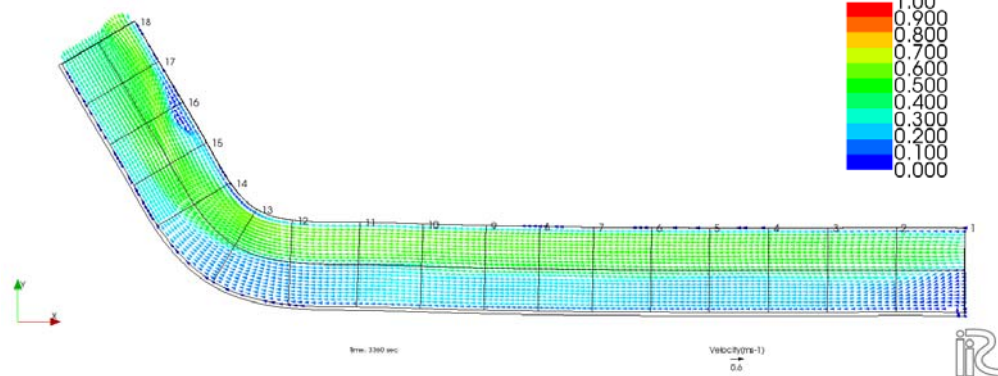


16分後(1.2時間後)

(流速)

Velocity(m/s)

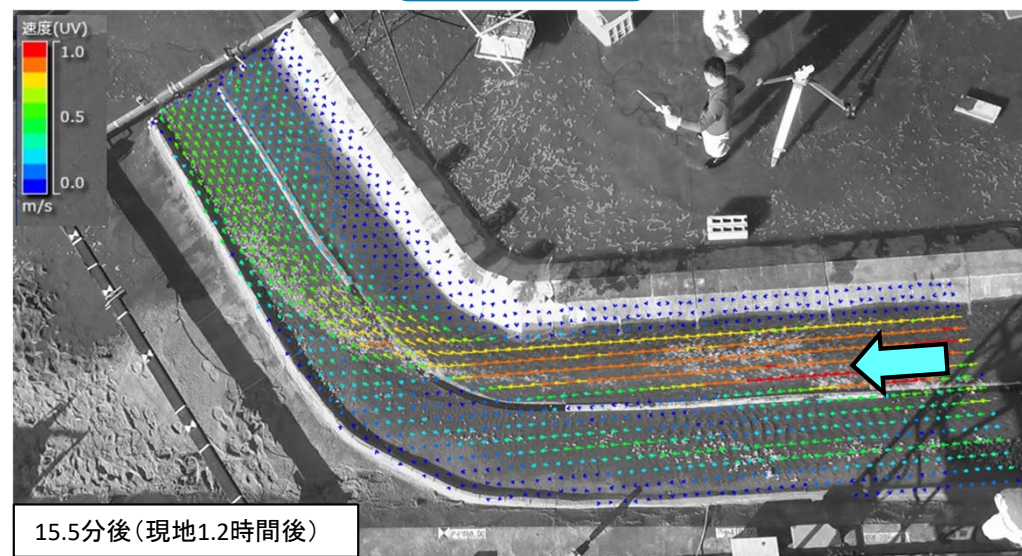
1.00
0.900
0.800
0.700
0.600
0.500
0.400
0.300
0.200
0.100
0.000



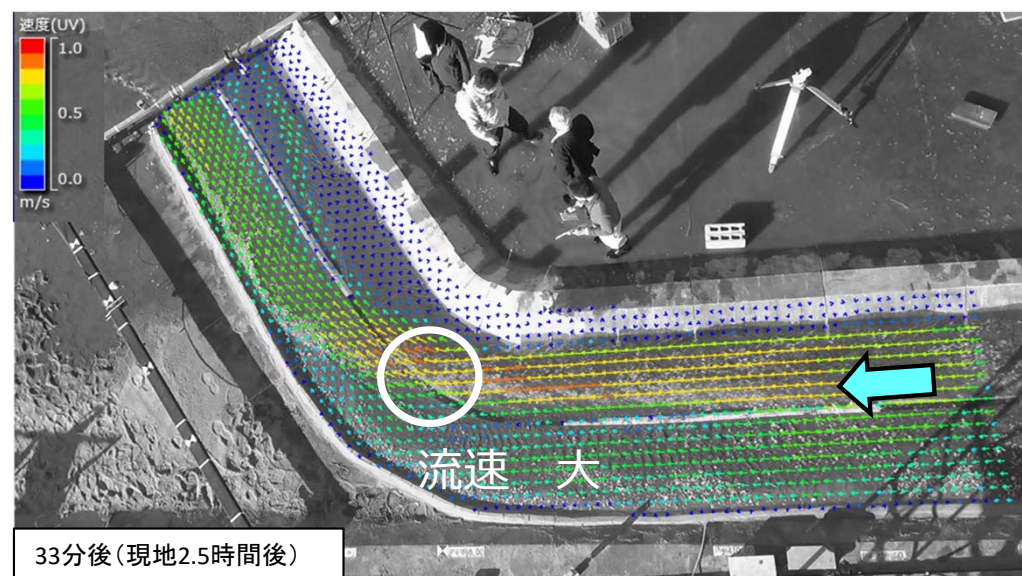
33分後(2.5時間後)

縮尺実験

(表面流速)



15.5分後(現地1.2時間後)

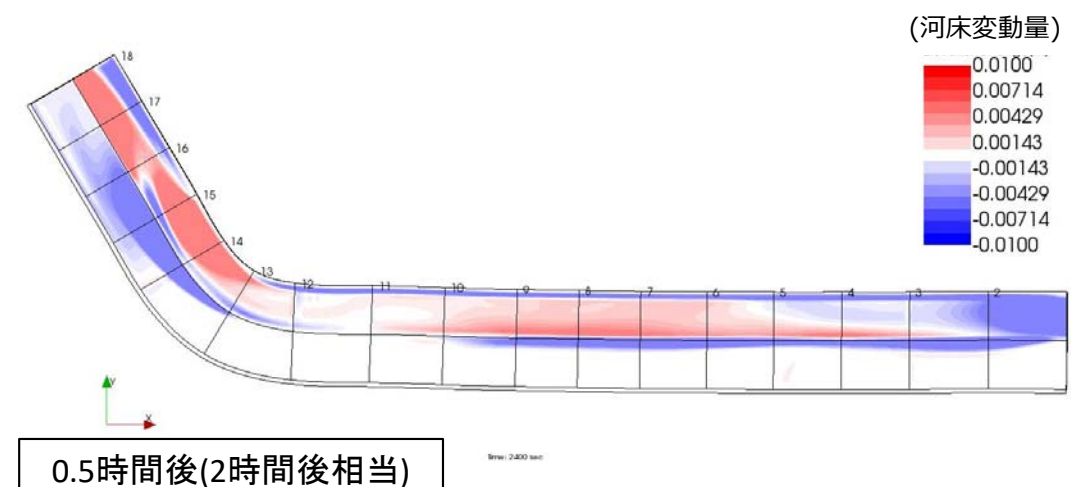
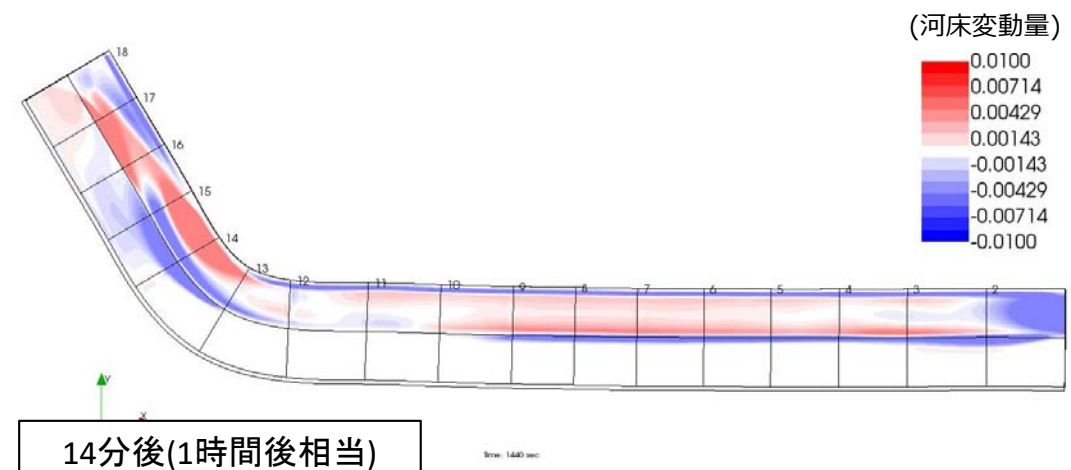


33分後(現地2.5時間後)

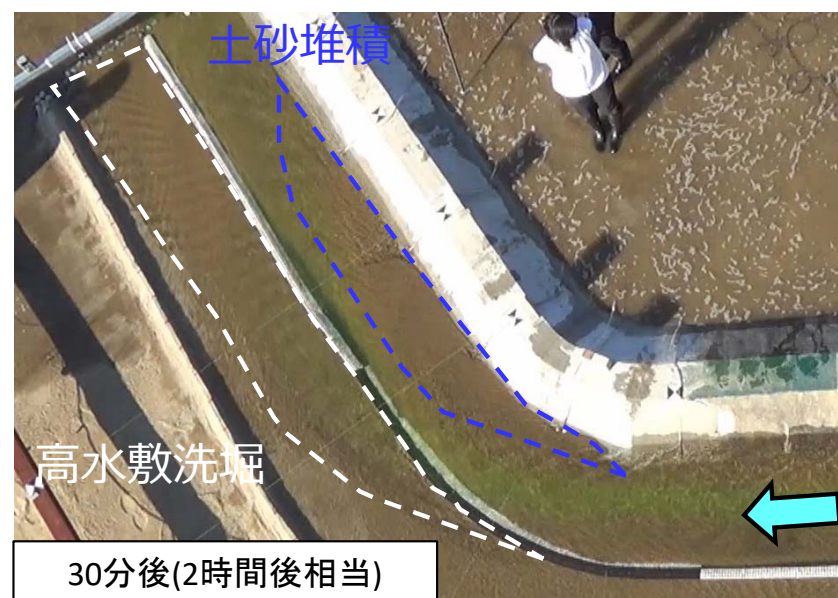
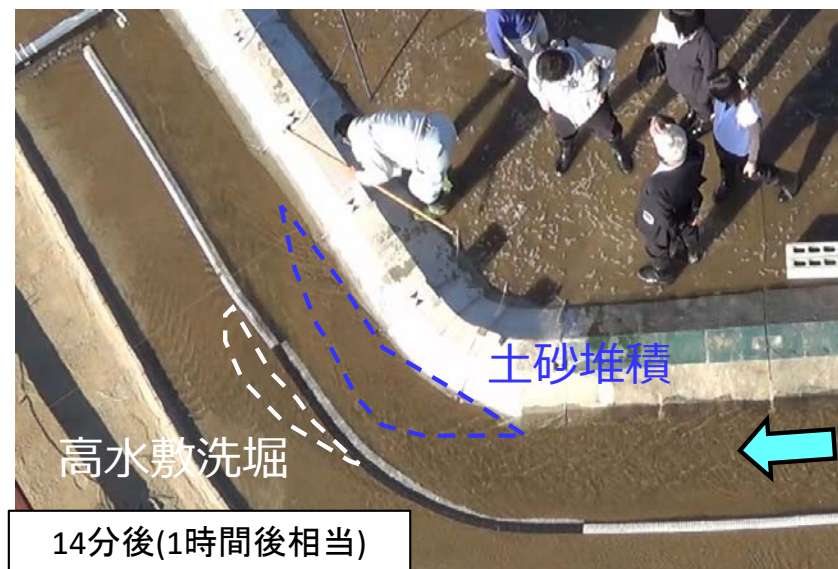
縮尺実験: 結果～河床高の変化

- 通水初期段階から湾曲部下流の低水路内で土砂堆積が進行する。
- 時間の経過につれ湾曲部中央付近から堤防側に向かって高水敷の洗堀が広範囲に広がる。

数値解析



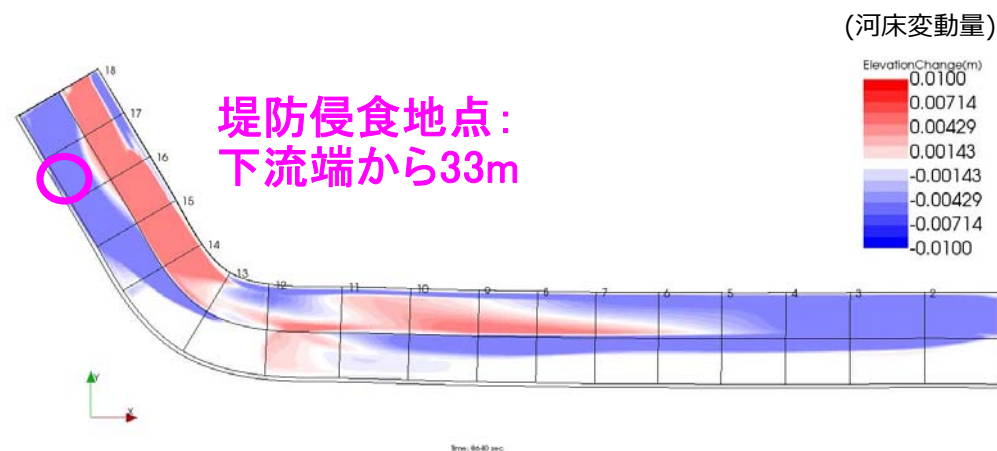
縮尺実験



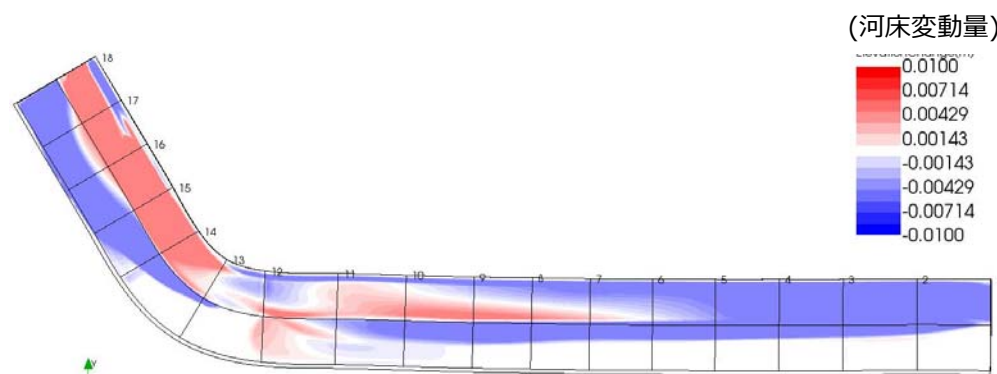
縮尺実験: 結果～堤防侵食状況

- 堤防侵食の始まりを、高水敷洗堀が進行し堤防法尻に達した経過時間と地点で比較した。
- 数値解析と縮尺実験では、堤防侵食地点と経過時間で違いが確認された。
- 縮尺実験の堤防侵食現象では表法面の崩落は視認できたが、その後の崩壊までは現象の進行が早く確認できなかった。

数値解析



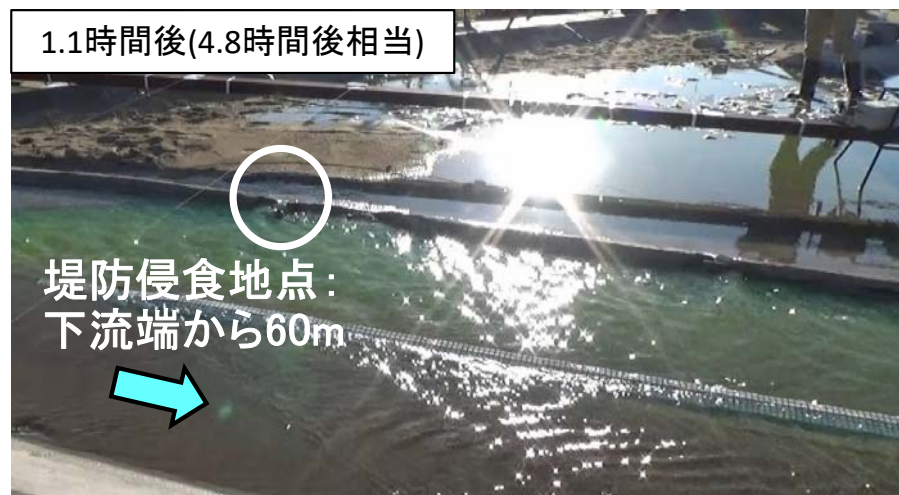
1.9時間後(7.7時間後相当)



2.2時間後(10時間後相当)

縮尺実験

1.1時間後(4.8時間後相当)



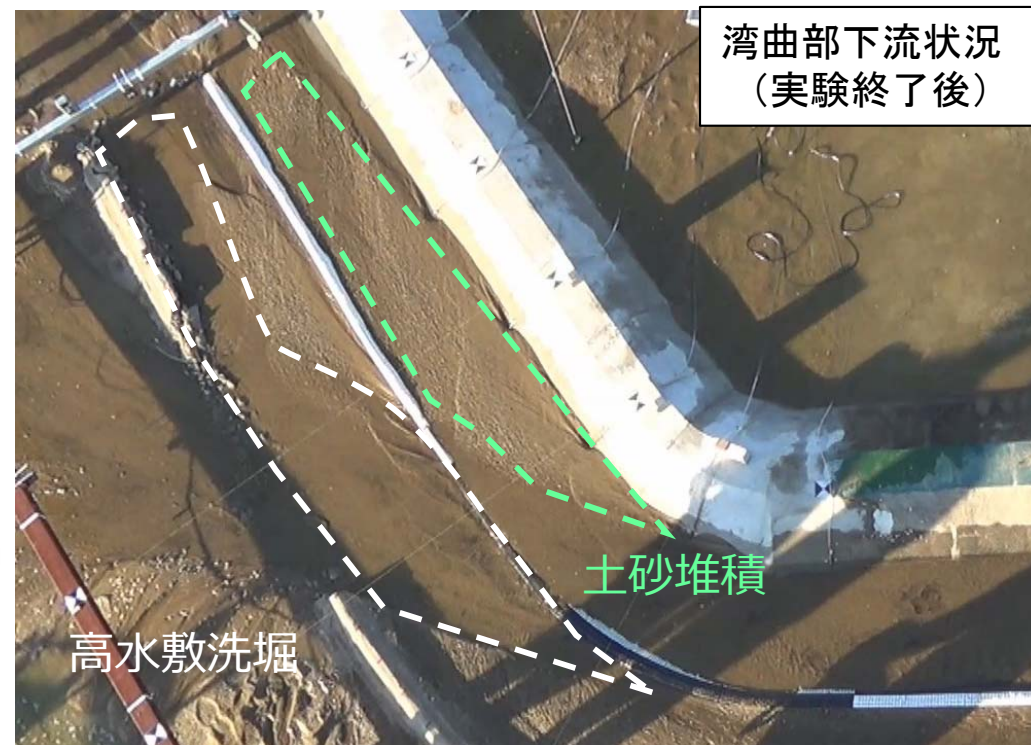
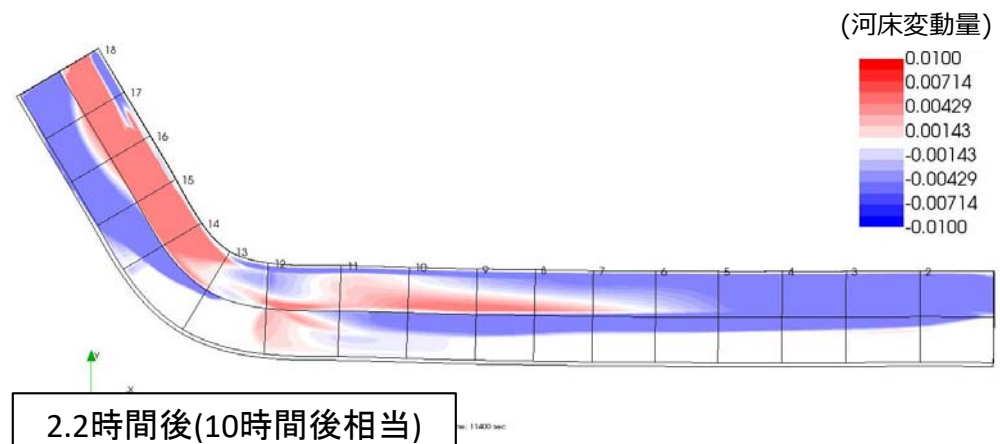
1.5時間後(7.5時間後相当)



縮尺実験ケース: 結果～河床状況

■ 湾曲部内岸側の土砂堆積と高水敷洗堀を確認。一方、直線部（土砂供給区間）にも土砂堆積が確認されている。

数値解析



縮尺実験

上流から下流を望む

高水敷洗堀

土砂堆積

下流から上流を望む

高水敷洗堀

土砂堆積

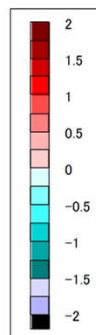
縮尺実験：結果～河床状況（通水後の測量結果）

- 湾曲部外岸側の中央付近（測点⑬）から測点⑭にかけて高水敷の洗堀が著しく、堤防まで至っている。
- また、測点⑬付近では低水護岸基礎部前面の洗堀も見られた。
- 一方、湾曲部内岸側の中央より下流（測点⑭）から直線部測点⑮にかけて土砂が堆積傾向にある。

縮尺実験

(河床高：m)

※初期河床高を0として洗堀をマイナス、堆積をプラスとした。



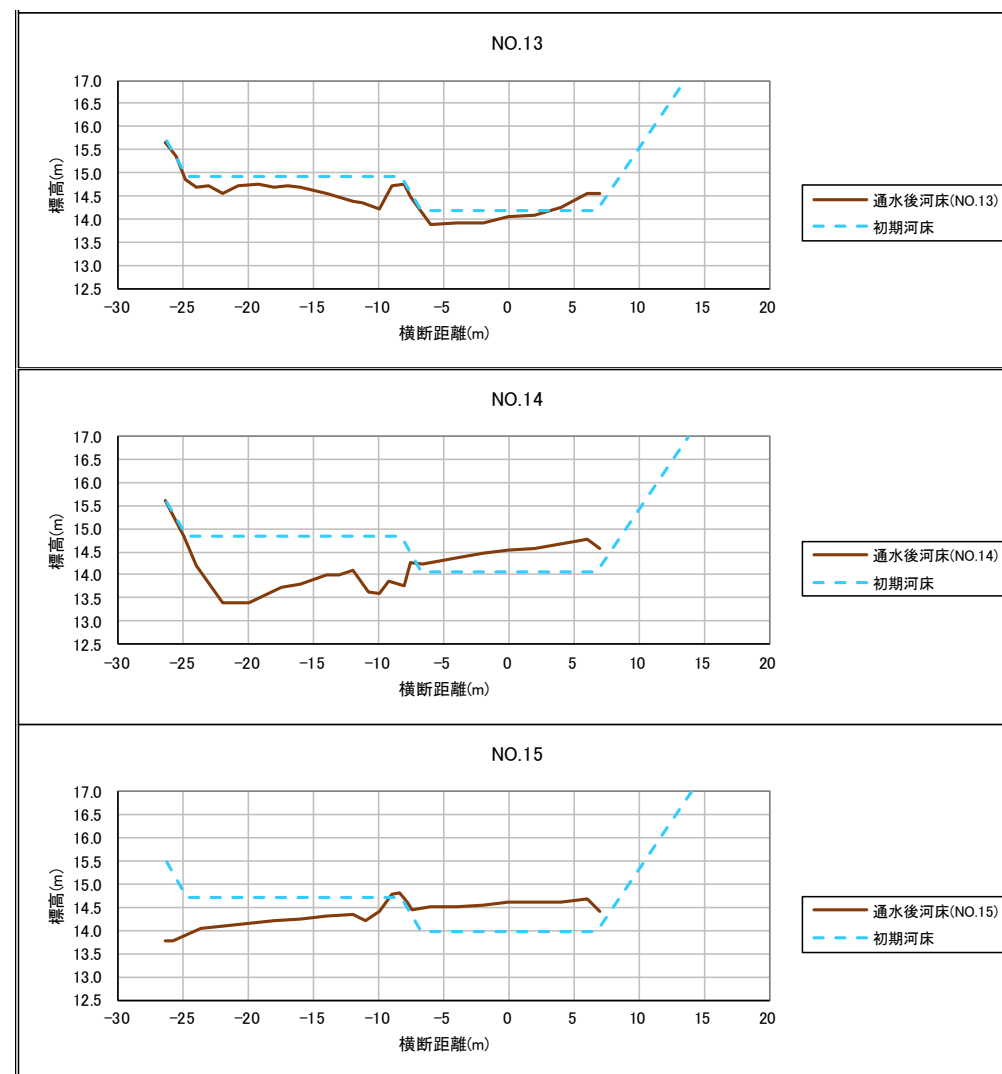
測点No.15

堆積+0.69m
最大堆積+0.74m

最大洗堀-2.00m

測点No.14

測点No.13



縮尺実験で検証できたこと

■ 流況

- ・ 流れの主流は初期段階は低水路内であるが、低水路内岸側に土砂が堆積するにつれて徐々に高水敷上に移行する。
- ・ 湾曲部の上流側から高水敷へ流れが乗り上げ、湾曲部の下流側で低水路に落ち込む。

■ 河床高の変化

- ・ 湾曲部中央付近より下流の低水路内岸側で土砂が堆積傾向となる。
- ・ 低水護岸基礎部は通水初期段階は洗堀傾向だが、時間経過とともに徐々に埋め戻す傾向にある。

■ 侵食の進行による堤防の決壊

- ・ 高水敷洗堀が堤防まで進行して堤防侵食に至ることが確認された。
- ・ 高水敷洗堀は低水路から高水敷へ流れが乗り上げる位置付近を起点に堤防側へ向かうように洗堀範囲が拡大する。

縮尺実験での課題

■ 河床高の経時変化

- ・ 実験中の河床高の変化は目視等で確認できたものの、河床高の経時変化を正確に計測することは模型スケールでは困難であったため、千代田実験で検証する。

■ 堤防侵食に至るまでの時間

- ・ 通水開始から堤防侵食に至るまでの時間が数値解析結果と縮尺実験で差異がある
- ・ このため、千代田現地実験の実験実施時間は幅を持った設定が必要。

■ 低水護岸の挙動

- ・ 低水護岸背面や基礎部の洗堀に伴い低水護岸がどのような挙動を示すのかは模型スケールでの確認は困難であったため、千代田実験で確認する。

■ 水面下の三次元流速

- ・ 低水路と高水敷の境界付近において三次元流速の計測を試みたが、鉛直方向の流速はほとんど確認できなかったため、千代田実験で確認する。

5. 千代田実験計画（実験条件、観測計画）

- ・ 低水護岸背面の洗掘進行に伴う堤防侵食の確認
- ・ 低水護岸あり、高水敷保護なしの条件

■ 千代田現地実験の位置づけ

- ・ 縮尺実験で確認できた現象について、大スケール実験で検証する。

■ 実験の観測項目

- ・ 大まかに水の流れ、土砂の動き、基礎データの3つに分類する。

【観測で確認すること】

① 水の流れ

○流況の確認

- ・ 湾曲上流部では高水敷から低水路への乗り上げ、湾曲中央部では低水路から高水敷に落ち込む流況を確認する。
- ・ 表面流速だけでなく、水面下流速も確認する。

② 土砂の動き

○河床の変化

- ・ 実験前後の河床高変化および河床材料変化に加え、通水中の高水敷洗堀、低水路内岸側の土砂堆積、低水護岸法尻近傍の洗堀の経時変化を確認する。
- ・ 堤防侵食現象が高水敷上の高流速による直接侵食ではなく、高水敷洗堀の進行により発生することを確認する。

③ 基礎データ

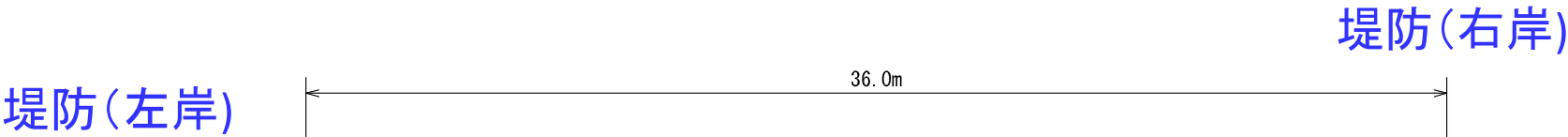
○現象分析のための水理諸量

- ・ 現象の分析のため基礎データとなる流量・流速等の水理諸量に加え、堤防の透水試験を実施する。
- ・ 湾曲による内外岸側の水位差や局所的な水位変化も確認する。

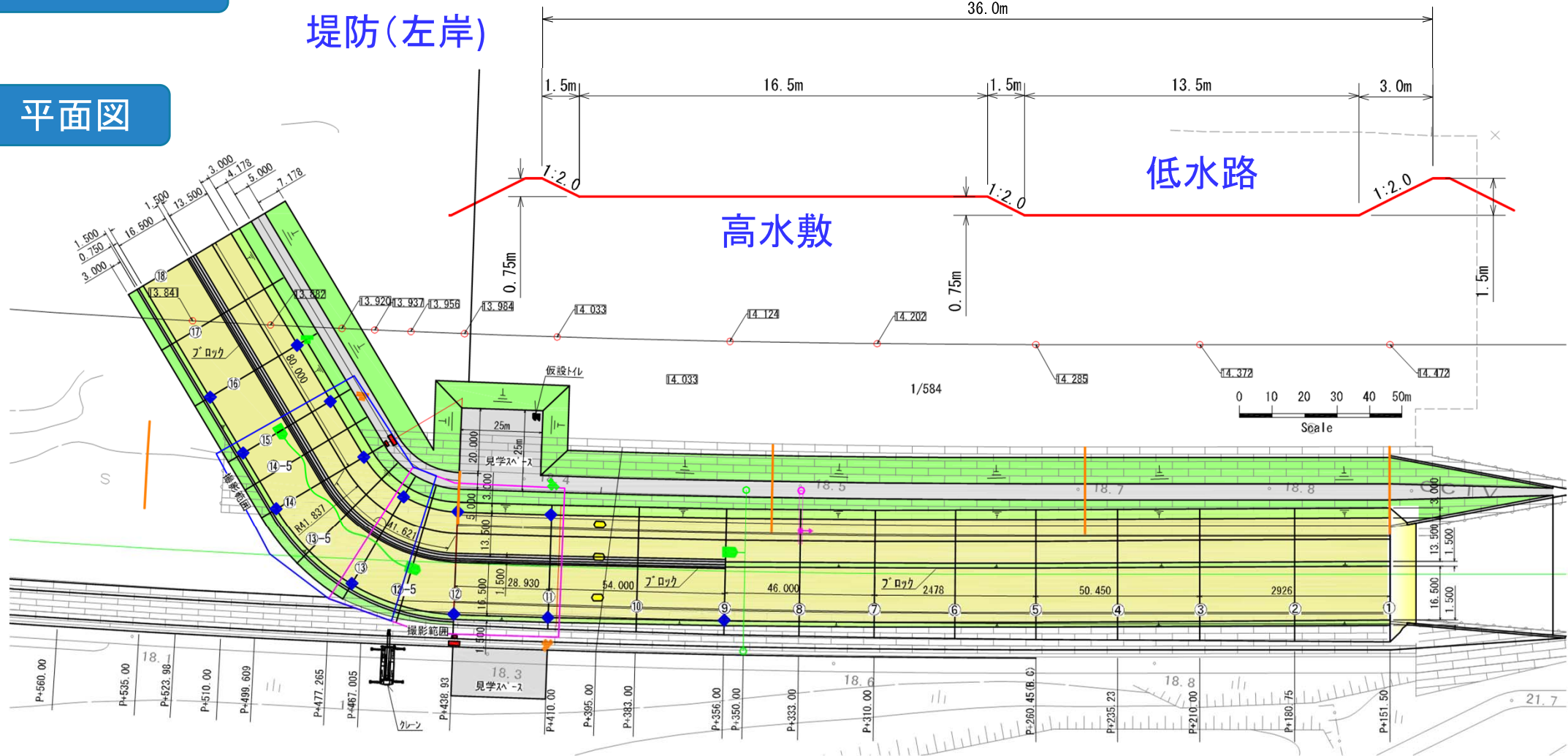
実験水路形状

縮尺	河床勾配	低水路幅 (m)	高水敷幅 (m)	水路延長 (m)	曲率半径 (m)	低水路高 (m)	代表粒径	砂の 水中比重
実河川/千代田: 1/4程度	1/200	13.5	16.5	約400	50	0.75	$d_{60}=17\text{mm}$	$s=1.65$

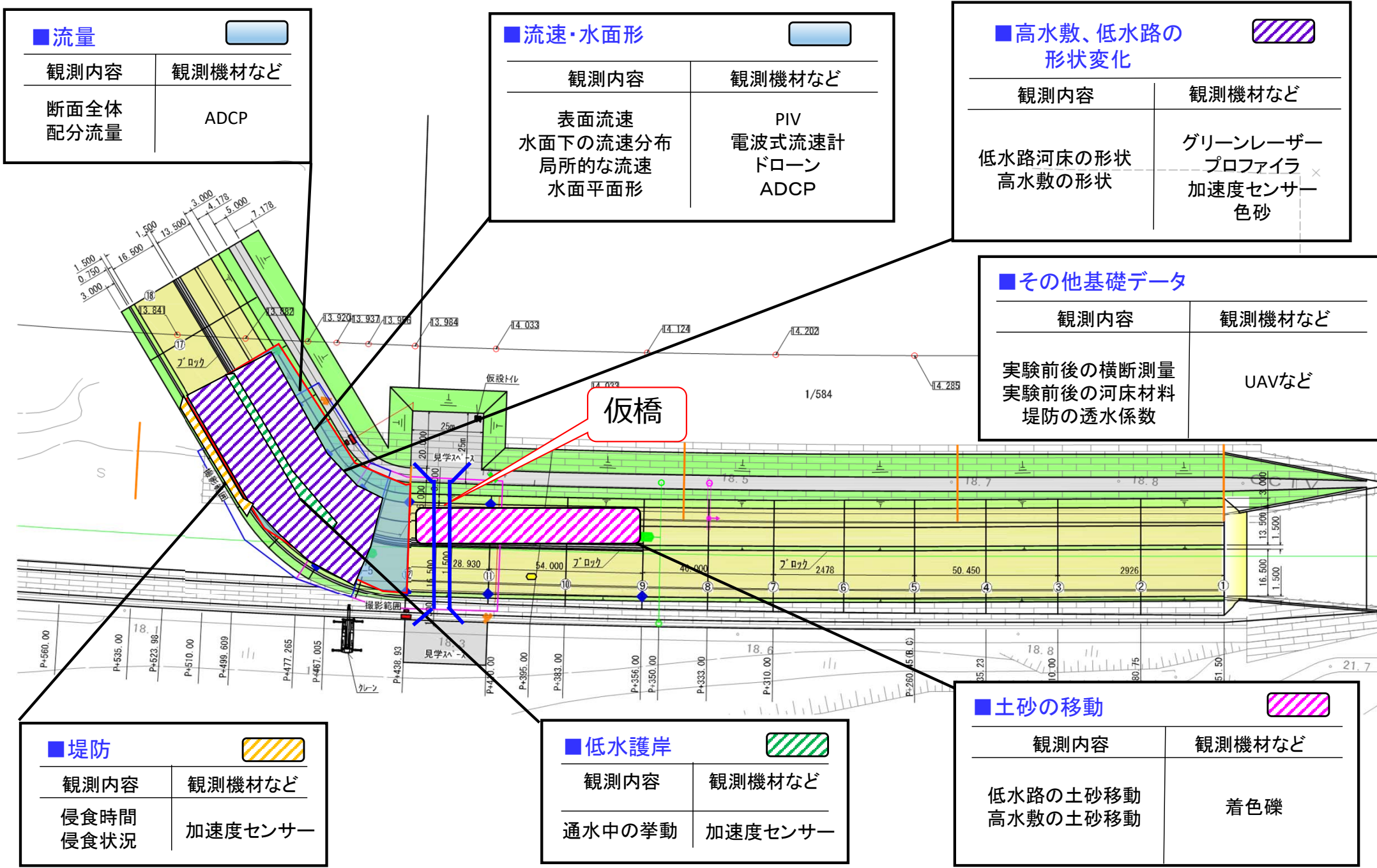
標準断面図



平面図



観測計画(全体観測項目、観測機材等)



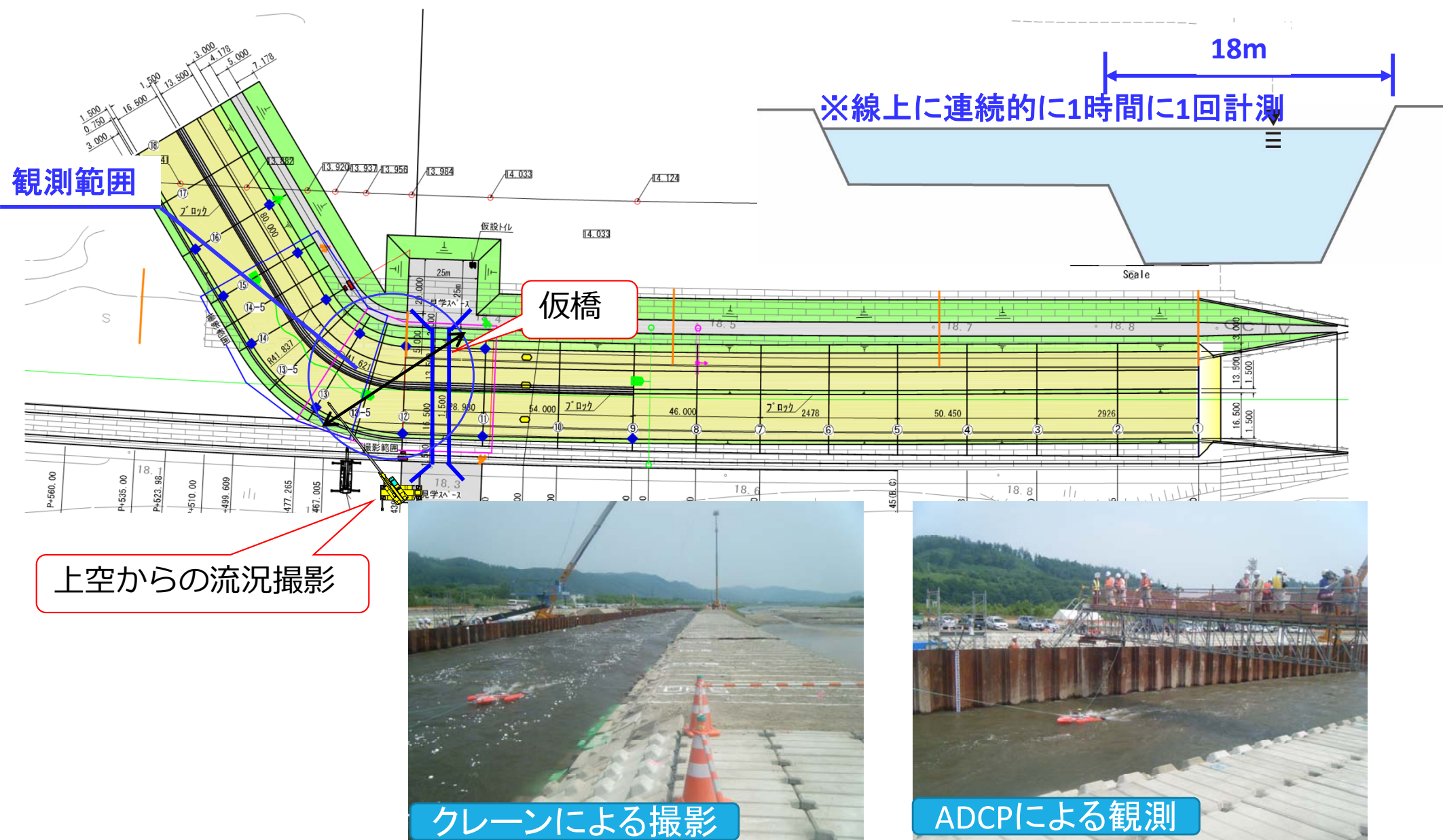
※仮橋の位置は調整中

観測計画(流速・流況)

目的：平面的な流速分布を把握する。

観測方法：平面的な流況をクレーンによる上空からの撮影や対岸側の撮影映像を基にPIV解析を実施。

観測範囲：流速が大きくなる湾曲部と相対的に流速が低い直線部を網羅した範囲に設定

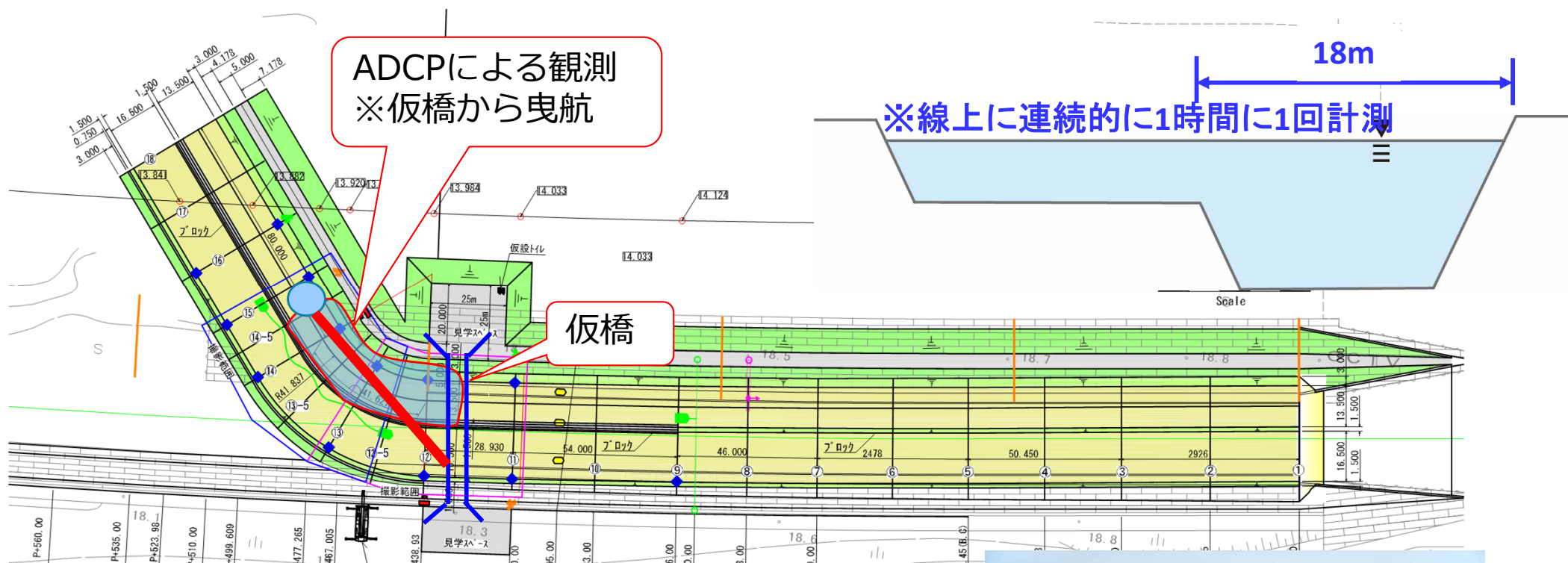


観測計画(水面下流速)

目的：水面下の3次元的な流速分布を確認する。

観測方法：仮橋からADCPの曳航ロープを伸ばして縦断的に流速を計測

観測範囲：高水敷と低水路の境界付近を観測

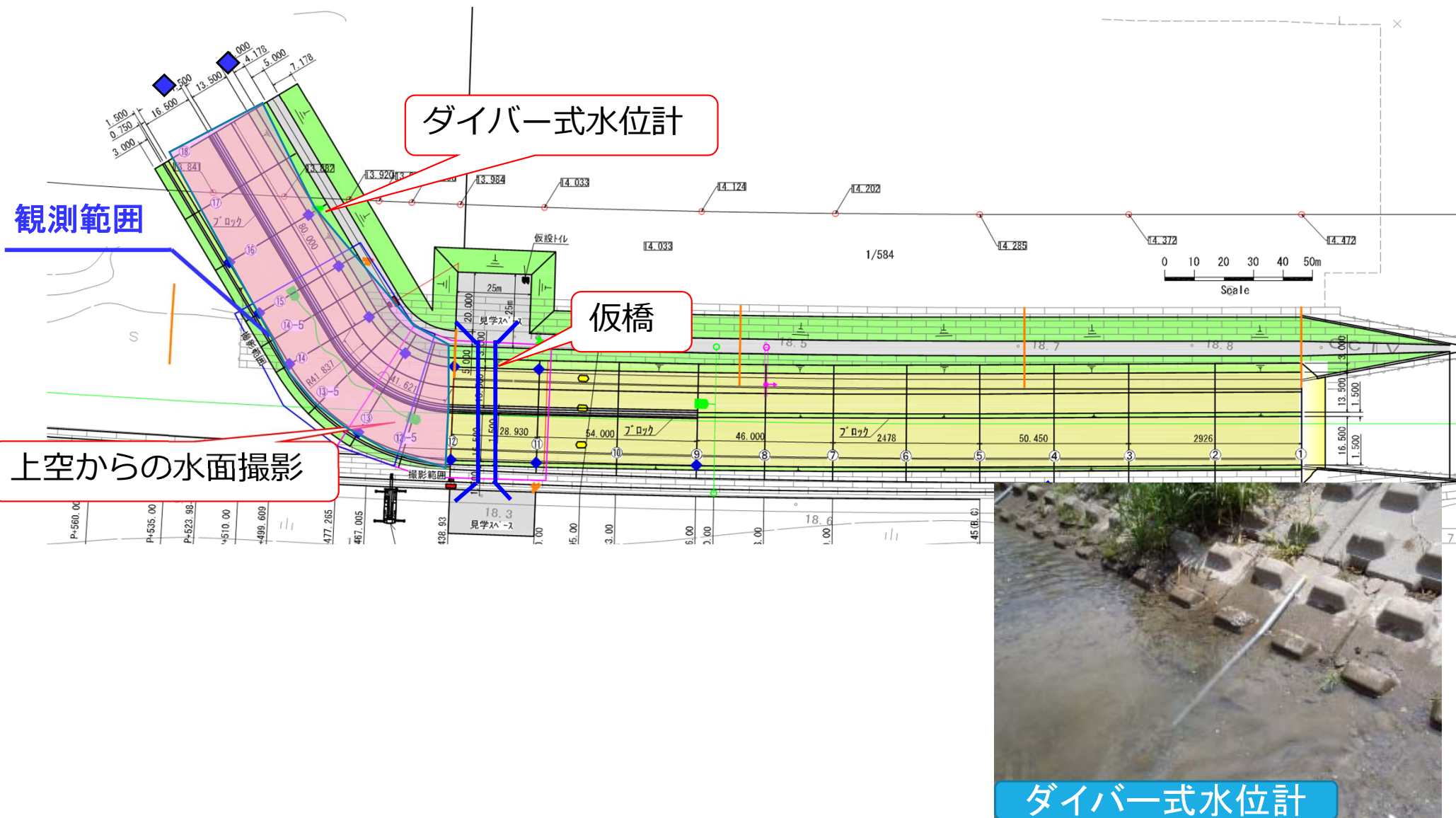


観測計画(水位・水面平面形)

目的：水面下で高流速が発生している箇所は表面波の波長が長くなったり、局所的に水位が低下する現象が確認されていることから、水面の平面形を計測して間接的に水面下流速を把握する。

観測方法：ドローン2機の同時撮影画像を3D化し、両岸のダイバー式水位計でキャリブレーションする。

観測範囲：湾曲部付近を網羅する(⑫～⑮)を観測範囲とする。

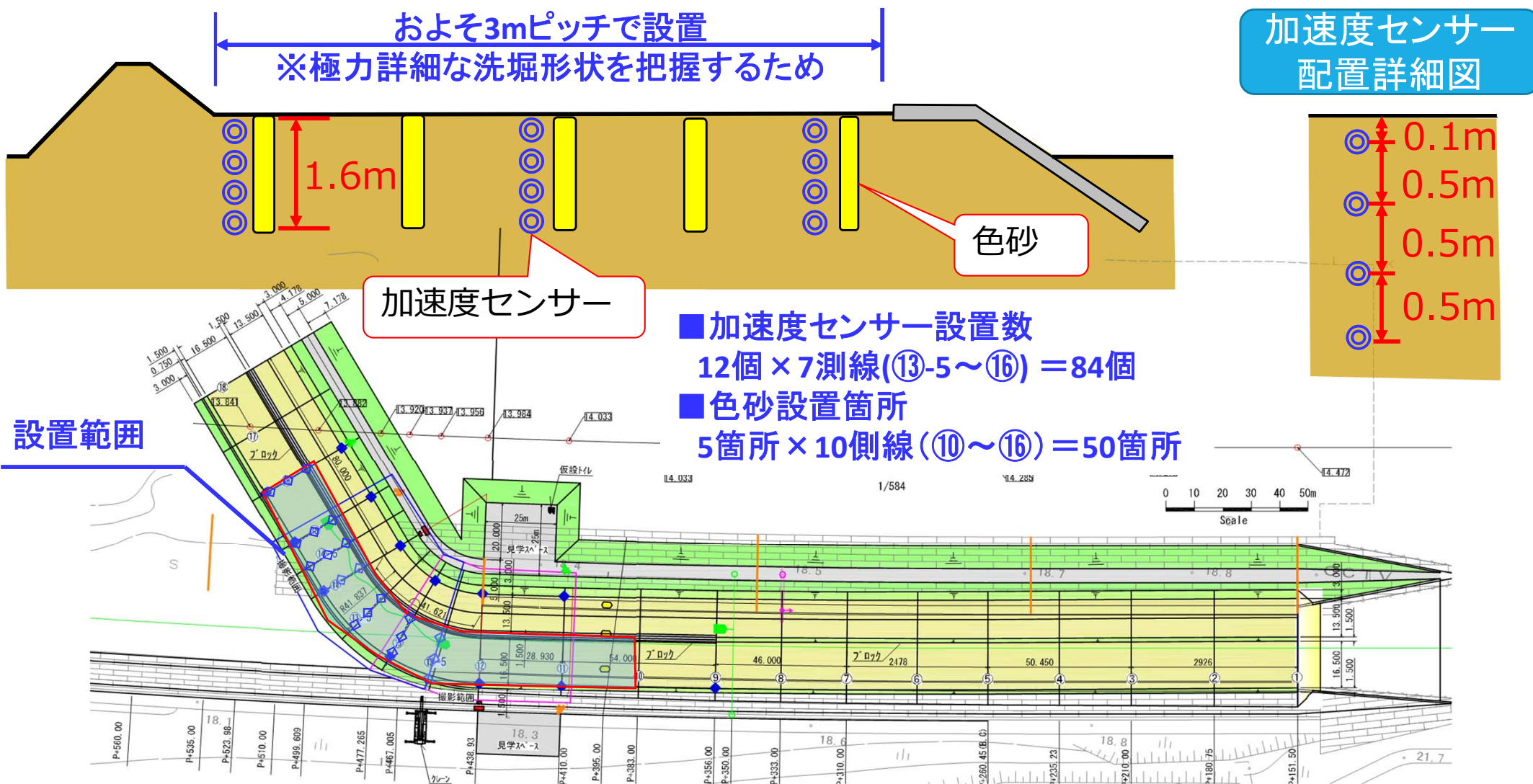


観測計画(高水敷の土砂移動)

目的：高水敷洗掘の経時変化を把握し堤防侵食に至るまでの過程を把握する。

観測方法：加速度センサーを埋め込み、センサー箇所に侵食が達した時間を記録する。埋め込み深さは数値解析での最大洗堀深(1.52m)から1.6mとした。また最大洗堀深を把握するため色砂を埋設する。（※色砂は高水敷土砂の物性に合わせ現地の河床材料を流用）

観測範囲：数値解析及び模型実験結果より高水敷洗堀範囲を網羅した範囲で設定（加速度センサー）
上記の範囲に加え、湾曲部上流の高水敷洗堀が想定される範囲に設置（色砂）

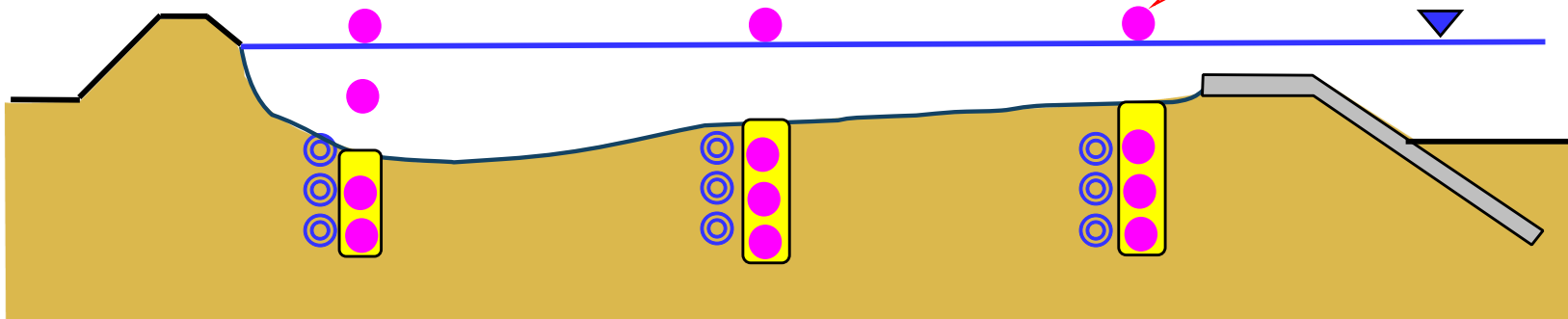


観測計画(高水敷の土砂移動) 補助観測

■ 高水敷侵食進行状況の視覚化

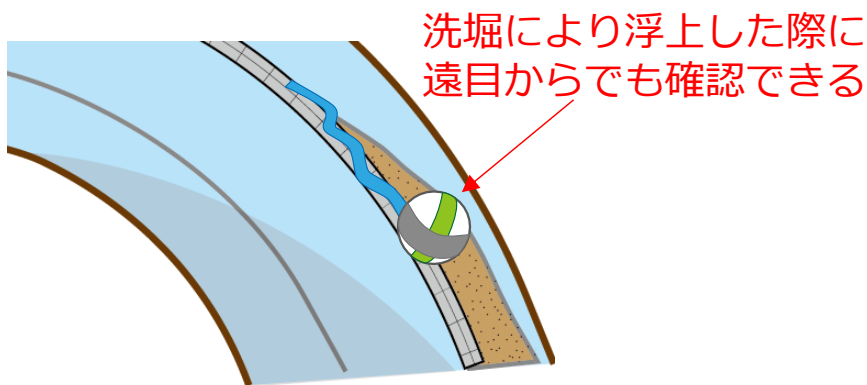
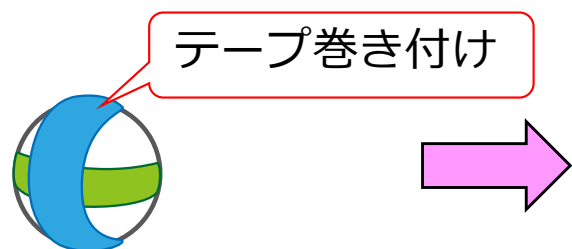
- ・ 実験中、水が濁り侵食進行状況の視認が難しい可能性があるが、加速度センサー及び色砂はリアルタイムで状況を確認できるものではないため、侵食の進行を簡易にでも確認できる方法が望まれる。
- ・ このため、洗堀の進行を視覚的に確認する目的で、加速度センサー位置にカラーボールを埋め込む。
- ・ カラーボールの素材は水に浮く発泡スチロールとし、埋め込み位置により異なる着色をする。
- ・ カラーボールが浮いてきた時間をビデオカメラ映像で確認し、加速度センサーの補助計測とする。

侵食進行時のイメージ

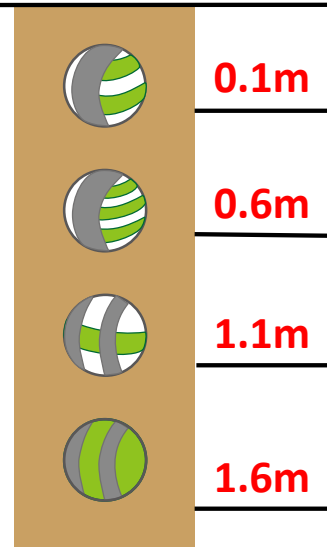


視覚化の工夫

- ・ どの箇所で洗堀が生じているかをよりわかりやすくするため、カラーボールは測線ごとに色を変え、また深さごとに模様を変える。
- ・ 浮き上がってきたカラーボールの流れている場所を把握しやすいようテープを巻きつけておく。



カラーボール配置図



観測計画(堤防侵食状況)

目的：堤防の侵食過程、破堤に至るまでの時間を把握する。

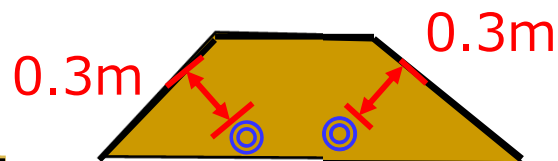
観測方法：加速度センサーを堤防法面に沿って法面から30cmの深さに設置

観測範囲：数値解析、模型実験結果を踏まえ堤防侵食が想定される範囲に設定

※カメラ映像で侵食状況が確認できるかわかりしだい

加速度センサー個数を修正

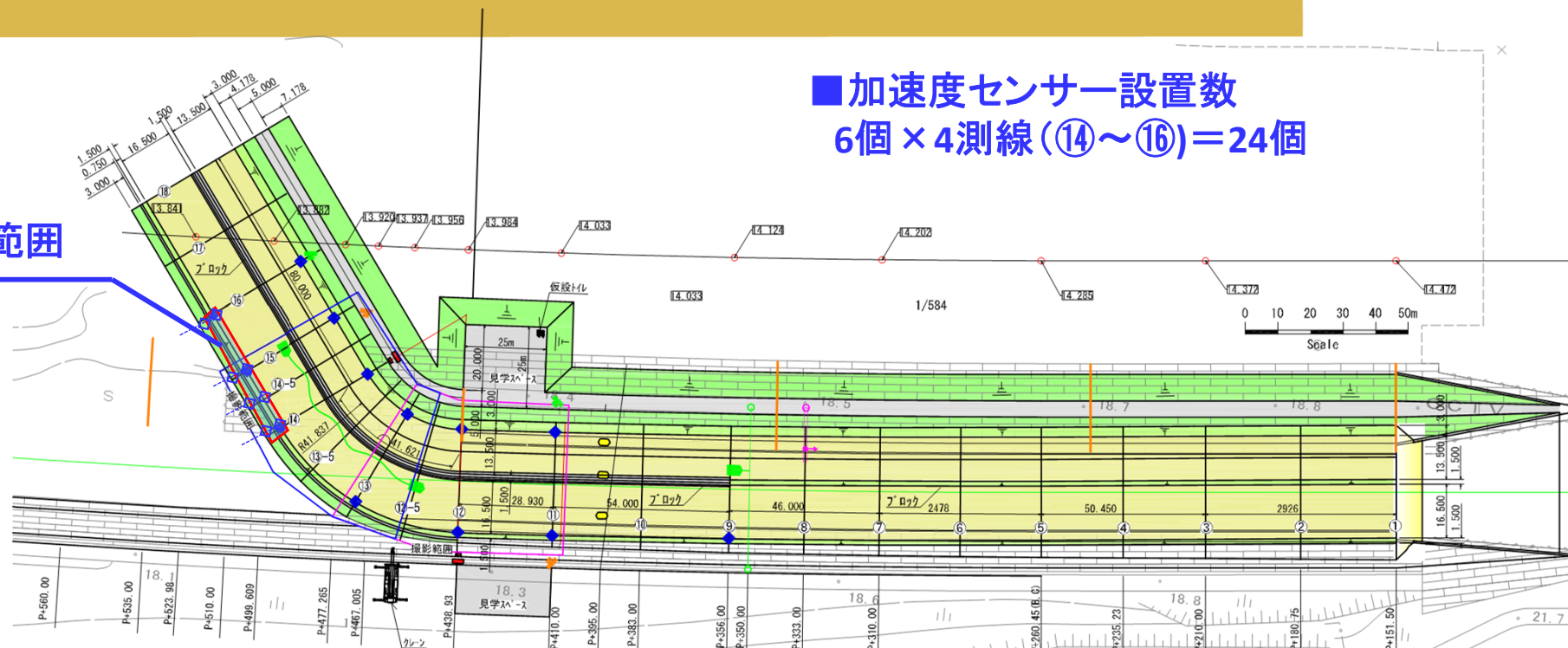
加速度センサー
配置詳細図



加速度センサー

■加速度センサー設置数
6個×4測線(⑭～⑯)=24個

設置範囲



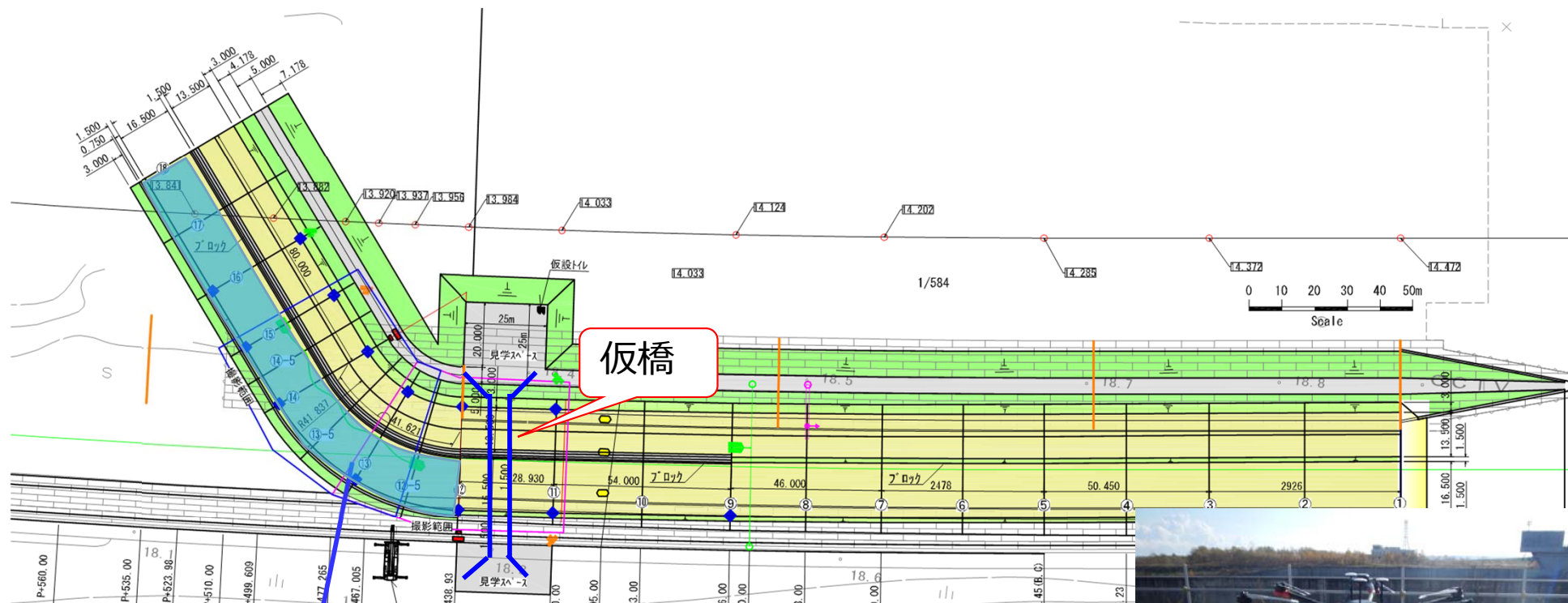
色砂 2.0m

観測計画(河岸・高水敷・低水路河床の形状変化)

目的：実験前後における河岸や低水路河床、高水敷の形状変化を把握する。

観測方法：①高水敷の形状変化・・・グリーンレーザープロファイラ（測線⑫～⑮）
 ②実験前後の形状変化・・・横断測量（測線⑫～⑮）

観測範囲：数値解析や模型実験を踏まえ、形状変化が生じる範囲を網羅した範囲に設定



観測範囲(高水敷)

グリーンレーザー
プロファイラ

※マルチスペクトルカメラによる浮遊砂巻き上がり
現象も補助的に実施予定



グリーンレーザープロファイラ

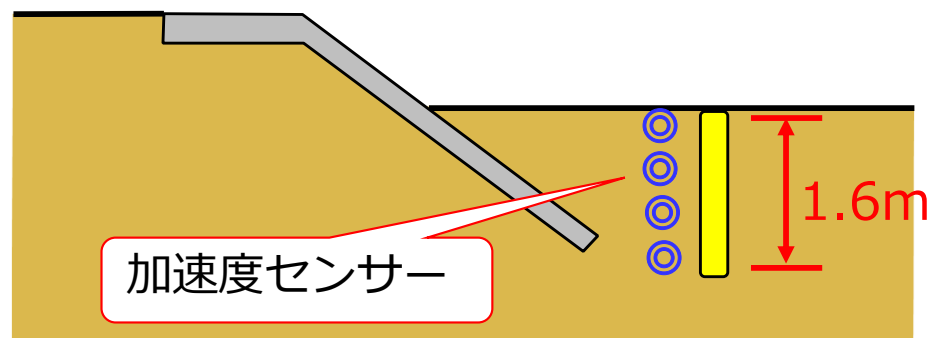
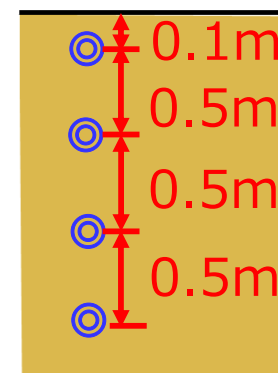
観測計画(低水路の土砂移動)

目的：低水護岸前面の時間経過による洗掘状況を把握する。

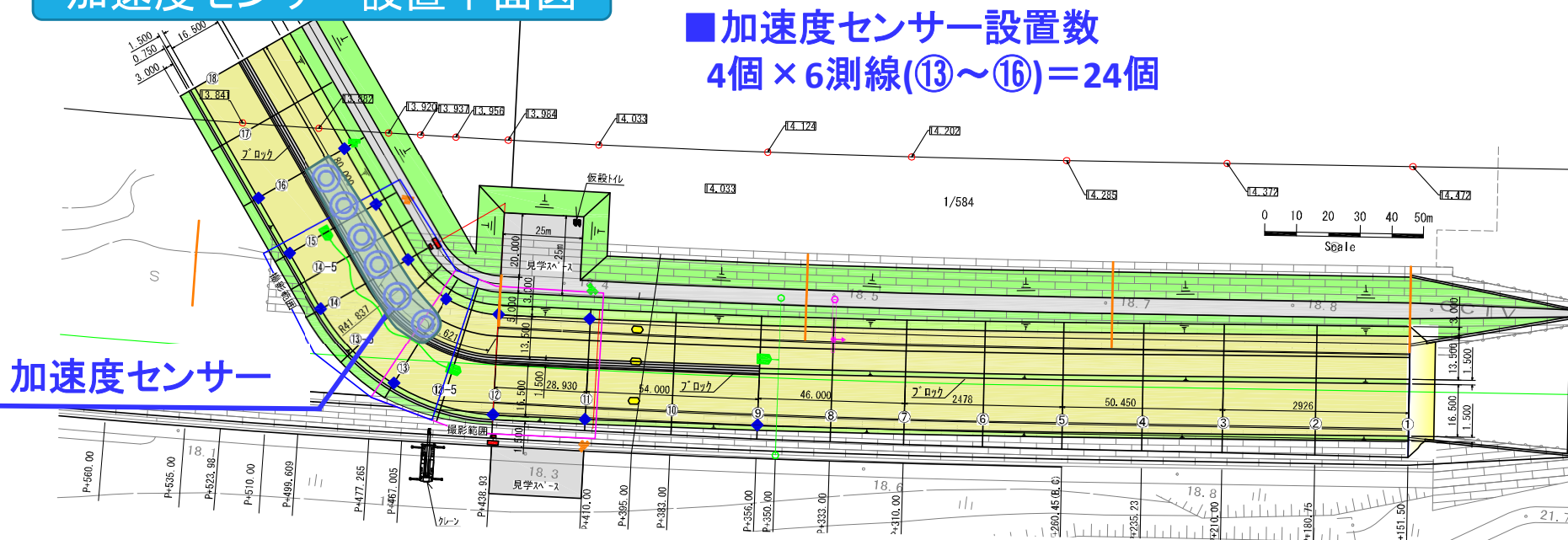
観測方法：加速度センサー、色砂を1.6mの深さまで設置。

観測範囲：数値解析、模型実験結果を踏まえ低水路洗掘範囲を網羅した範囲で設定

加速度センサー設置イメージ

加速度センサー
配置詳細図

加速度センサー設置平面図

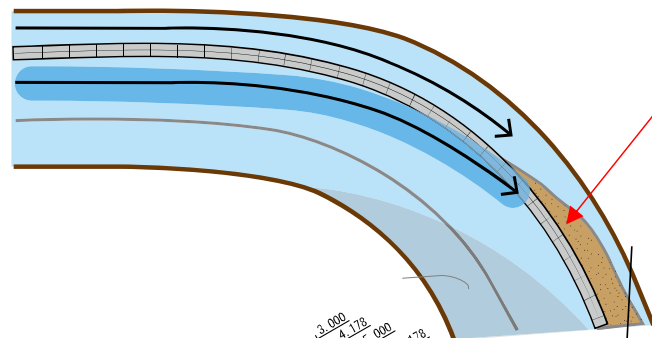


観測計画(低水路の土砂移動) 補助観測

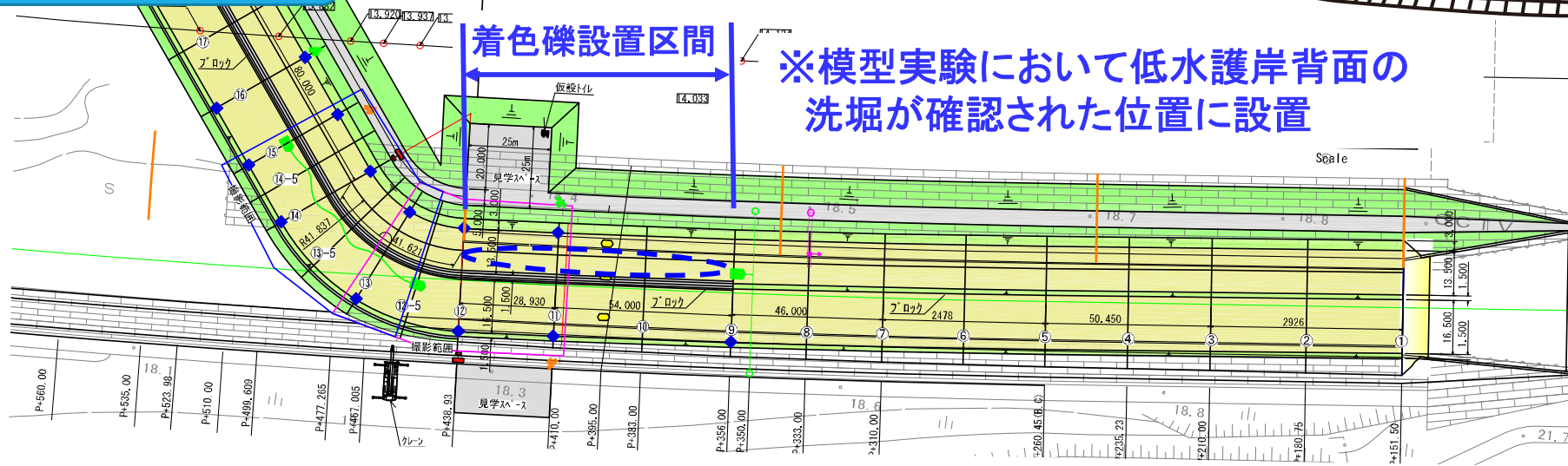
■ 高水敷上における土砂供給の有無の把握

- ・ 低水路の土砂は高水敷上に乗り上がり、土砂の供給が無い影響により高水敷の侵食が進むという仮説を立てている。
- ・ そこで、実験時において低水路の土砂が高水敷に乗り上がり高水敷に土砂供給が無いことを視覚的に把握するため低水路河床に着色礫を配置する。
- ・ 着色礫は全て同色とした場合に移動状況を把握することが困難なため、測線ごとに色を変える。

土砂移動のイメージ(仮説)



流れは高水敷に乗るが土砂は高水敷には
供給されず土砂収支マイナス

着色礫設置範囲
(千代田現地実験)

観測計画(低水護岸の挙動)

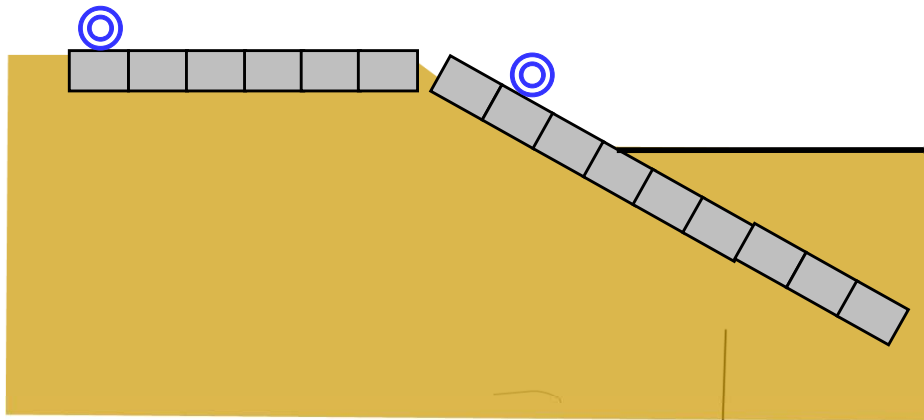
目的：低水護岸背面の洗掘による低水護岸の挙動を把握する

観測方法：連節ブロックに固定したケースに加速度センサーを内蔵する。

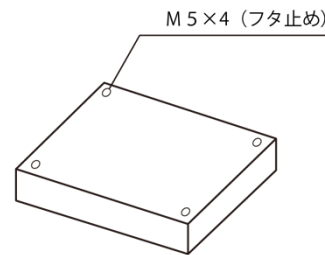
観測範囲：数値解析、模型実験を踏まえ護岸背面の洗掘が想定される範囲に設定

加速度センサー設置箇所

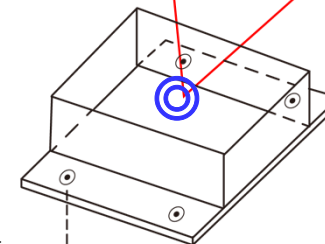
- 加速度センサーは天端、法面に1箇所設置する。



加速度センサー固定イメージ



水中用ケミカルアンカー



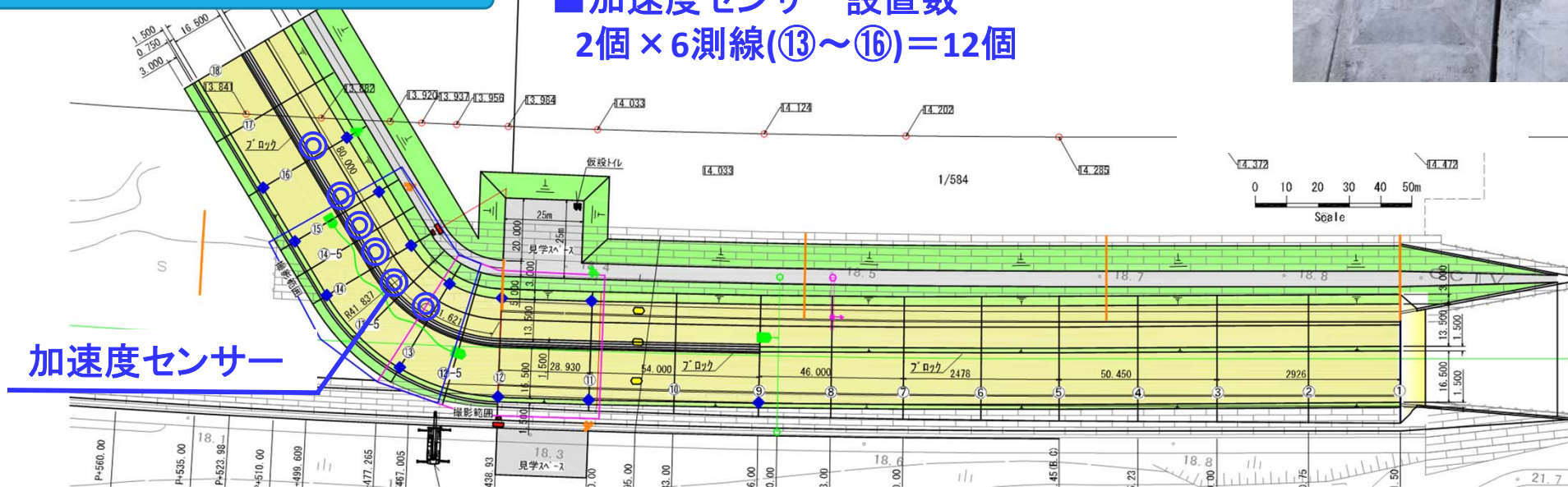
ケース

ケースを固定し加速度センサーを内蔵



加速度センサー設置平面図

■ 加速度センサー設置数
2個 × 6測線(⑬～⑯) = 12個



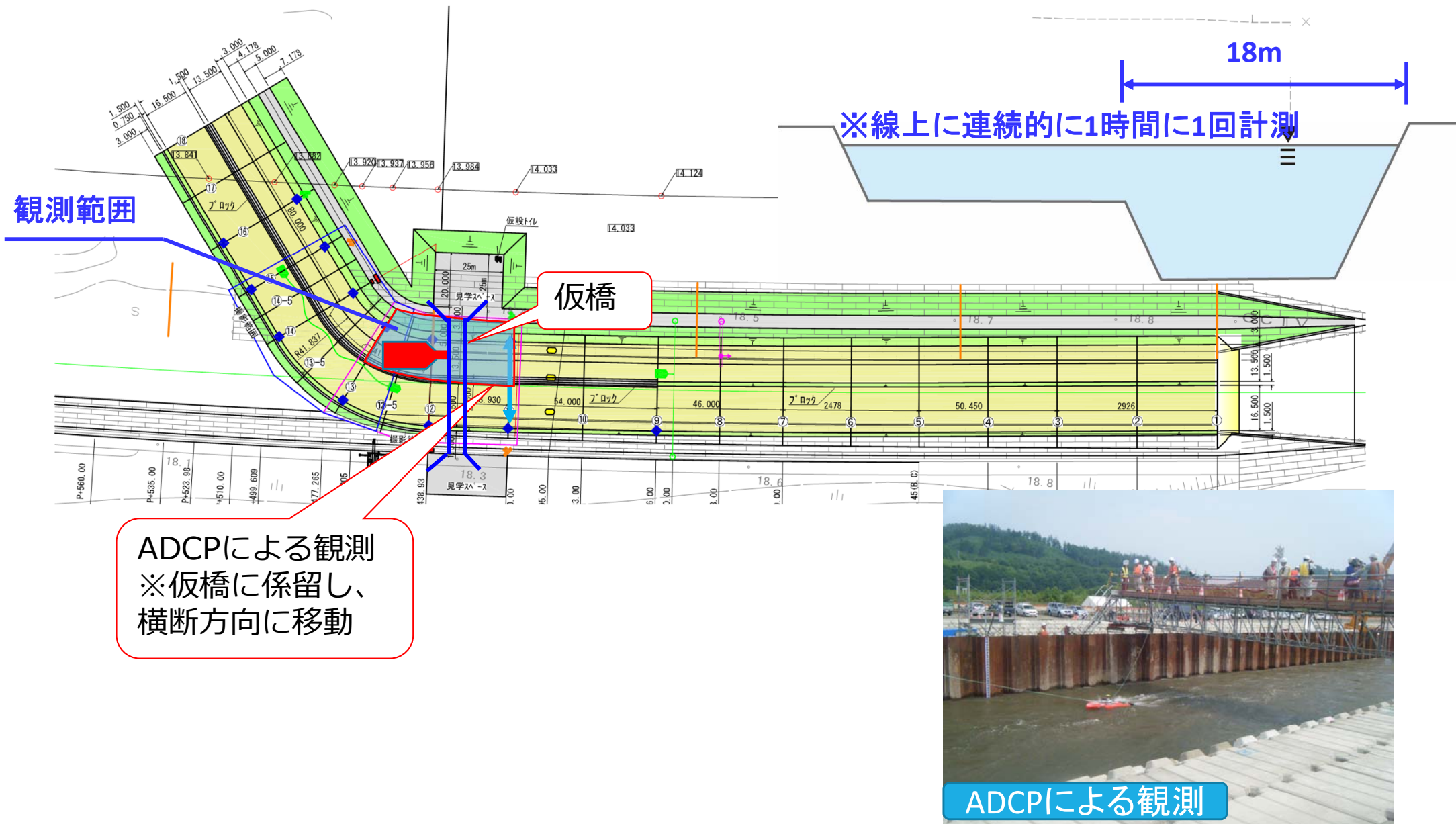
加速度センサー

観測計画(流量)

目的：実験対象流量($Q=40\text{m}^3/\text{s}$)が流下しているかを確認する。

観測方法：仮橋からADCPを曳航し、横断方向に移動して低水路の流速・水深を計測する。

観測範囲：土砂移動による断面変化の少ない直線部と断面変化の大きい湾曲部の上流側を観測範囲とした。



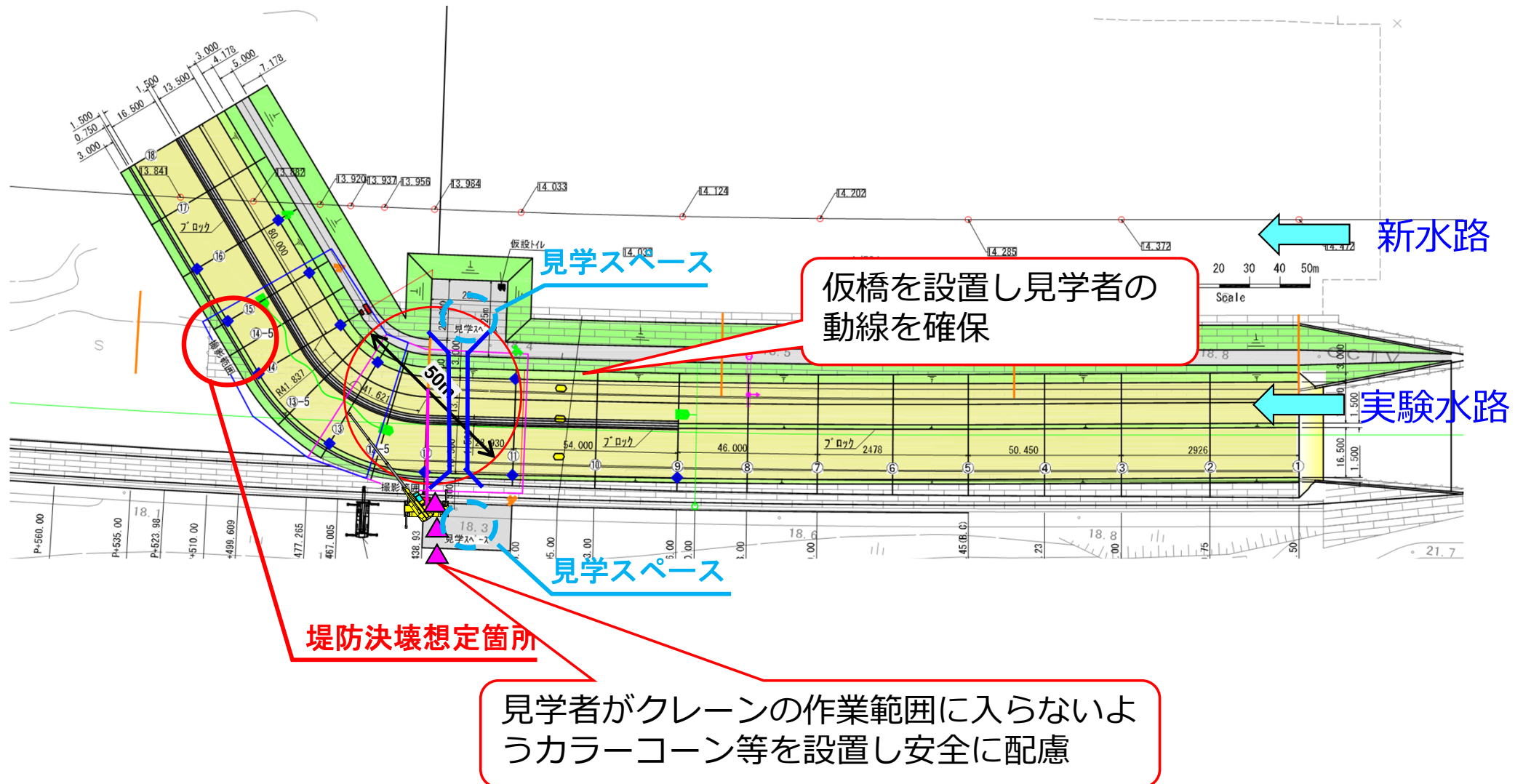
観測項目や観測目的等

観測内容	観測項目	観測機材など	観測場所	観測目的
高水敷洗掘状況	洗掘深さの経時変化 実験前後の横断面 実験前後の粒径分布 堤防の透水係数	加速度センサー カラーボール グリーンレーザープロ ファイラなど	高水敷が洗掘されると 想定される範囲	・流水による高水敷の洗掘範囲や深さを把握するため
堤防侵食状況	堤防法面の侵食	加速度センサー ビデオカメラ	侵食箇所の対岸	・堤防の侵食状況の把握するため
土砂移動状況	低水路の土砂移動	着色礫	低水路河床	・低水路の土砂が高水敷に乗り上がるかを把握するため
低水路堆積状況 河床洗掘状況	洗掘深さの経時変化 実験前後の横断面 実験前後の粒径分布	加速度センサー カラーボール 色砂など	低水路の土砂堆積・河床 洗掘が生じると想定され る範囲	・流水による低水路の土砂堆積範囲や高さを把握するため
基本的な水理量	流量	ADCP	水衝部付近(仮橋地点)	・流量の違いにより生じる現象やその状況を把握するため
平面的・三次元的な 流況計測	表面流速	PIV 電波式流速計	水衝部上空(クレーン) 水衝部右岸側	・湾曲部における水の直進性等の流況の把握するため ・砂州の堆積による水深の変化の把握を把握するため
	水面下の流速分布 局所的な流速	ADCP	低水路河岸	
	水深(右岸) 水位・水面平面形	ダイバー式水位計 ドローン	右岸背割り堤法面 水衝部上空	
低水護岸の移動	低水護岸ブロック挙動	加速度センサー	—	・低水護岸背面の洗掘による護岸の挙動を把握するため

※土木研究所水文チーム、寒地土木研究所寒地河川チームが独自に実施する観測は除く

その他(見学者スペース)

- ・実験時には委員や関係機関の他に、一般参加者や報道機関等多数の見学者が参加する。
- ・観測にあたりクレーン等の重機を使用するため、見学者の安全や動線の確保が必要である。



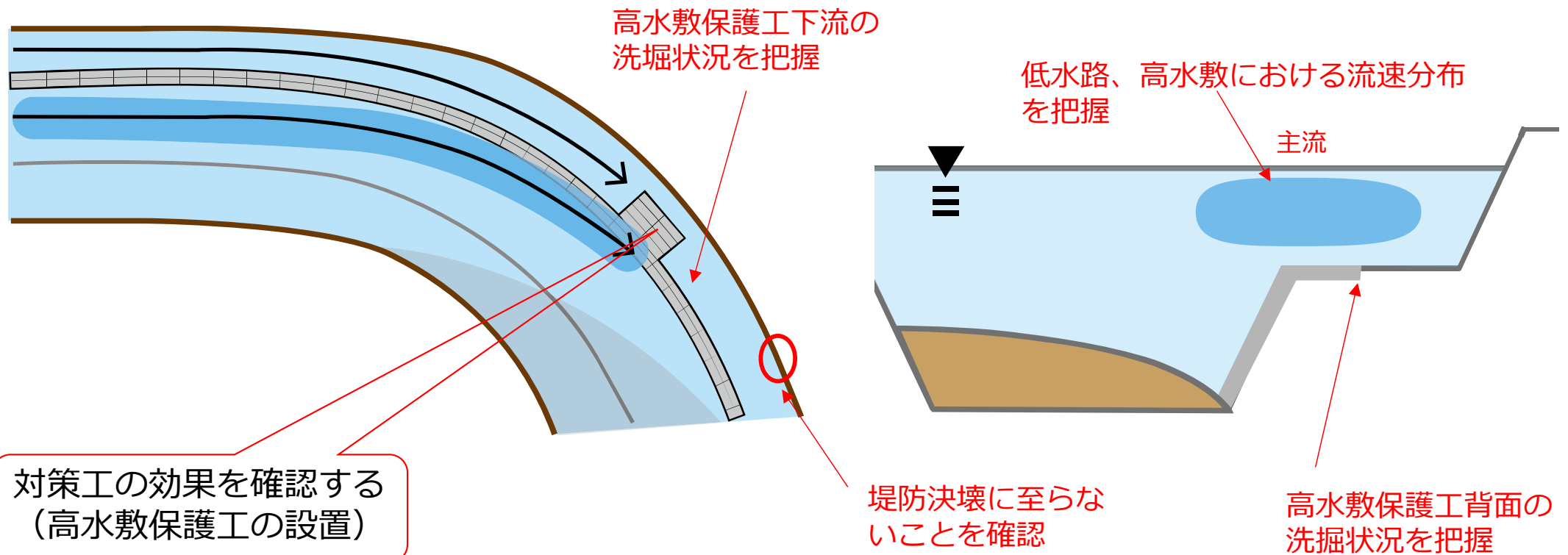
6. 次年度以降の検討予定内容

- ・ 高水敷侵食による堤防侵食災害を抑制する対策工

■ R4年度：数値解析や縮尺実験で得られた結果から高水敷洗堀の進行による堤防侵食被害を抑制するために必要な高水敷保護工を敷設し、**堤防決壊へ至らないことを確認**する。

【実験の目的】

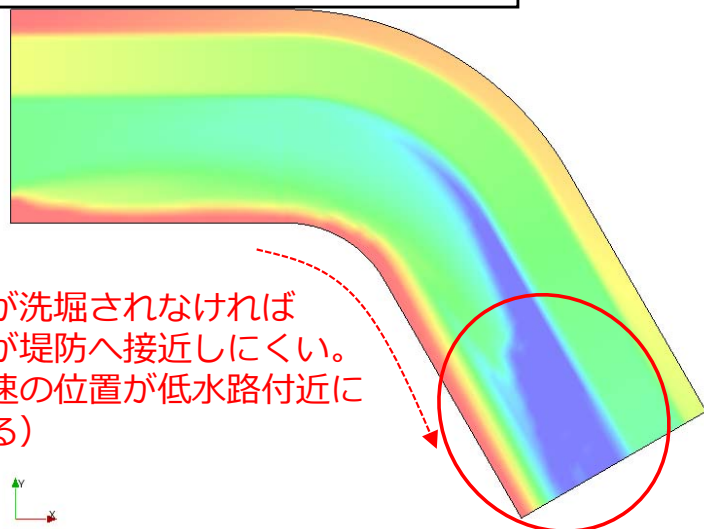
- ・ 高水敷保護工敷設による低水護岸背面洗堀に対する高水敷洗堀防護の実証
- ・ 堤防決壊まで至らないことの確認



第3回縮尺実験概要

- 湾曲部外岸側に高水敷保護工を敷設することで高水敷の洗堀を抑制し、その下流側直線部の堤防侵食が生じないことを確認する実験。
- また、高水敷保護工敷設による高水敷、低水路の状況を確認する。
- 高水敷保護工敷設箇所に洗堀は生じなかったが、保護工下流で洗堀が生じた。

ケースC：高水敷固定床
【高水敷が洗掘されない条件】



高水敷が洗掘されなければ
高流速が堤防へ接近しにくい。
(高流速の位置が低水路付近に
留まる)

Time: 36000 sec

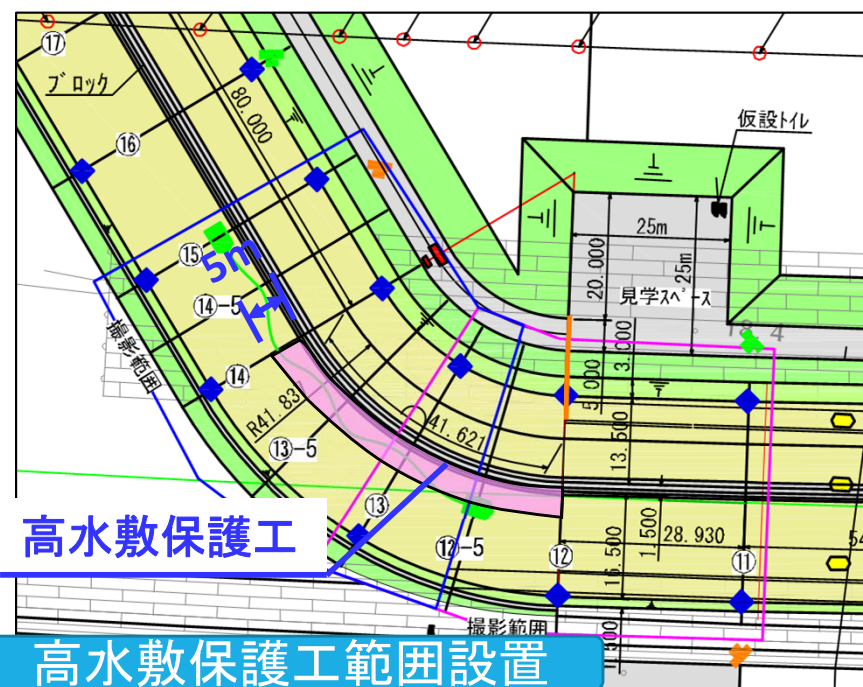
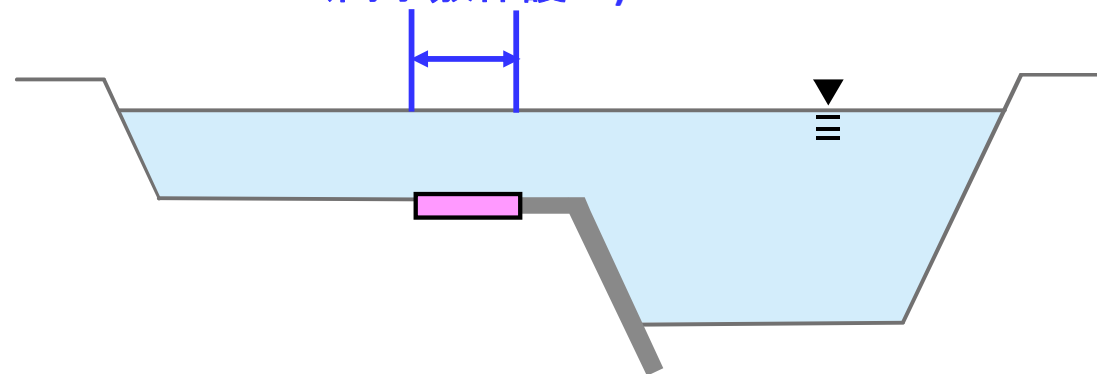
(河床高)
Elevation(m)
1.20
0.886
0.571
0.257
-0.0571
-0.371
-0.686
-1.00



湾曲部付近の状況



5m(高水敷保護工)



高水敷保護工

高水敷保護工範囲設置