

平成21年度の越水破堤実験計画について

1. H21年度実験の方針

2. 実験方法

- 2.1 実験流量
- 2.2 縦断堤形状
- 2.3 計測項目
- 2.4 計測方法

3. 氾濫域のバック影響対策案

平成20年12月2日
帯広開発建設部
(独)土木研究所 寒地土木研究所

H21年度実験の方針

・越水破堤実験の目的

・越水破堤現象の解明

破堤進行過程の解明	・破堤部及び周辺の現象把握(開口部の拡大過程・破堤部流況・落ち掘れの形成等) ・堤体条件(土質・飽和度・締め固め等)による破堤進行過程の検証
破堤現象のモデル化	・破堤進行過程、越水時周辺現象のモデル化

・実験スケジュールの変更

	平成19年度	平成20年度	平成21年度	平成22年度	平成23年度	平成24年度
当初計画	予備実験	水路機能検証実験				
	本実験		破堤 予備 実験	破堤実験 1年目	破堤実験 2年目	新規テーマ
変更計画	予備実験	水路機能検証実験				
	本実験		破堤 予備 実験	破堤実験 1年目	破堤実験 2年目	新規テーマ

- ・大流量(125・150 m³/s)による水路機能検証が未実施
 背割堤を用いた破堤実験での通水流量は125 m³/sを想定しており、この流量時の水路特性が不明である。
- ・3次元破堤(横越流)におけるセンサーの配置間隔等が不明
- ・破堤状況の必要な計測範囲等が不明
- ・土質の違い(レキ材・シルト材)によるセンサーの配置間隔等が不明

以上の課題を明らかにするため、次年度は水路内に縦断堤を造成し、破堤実験1年目としつつ、併せて大流量予備実験を実施したい

・水路内縦断堤を用いた実験のメリット

- 実現象の再現
 氾濫流況・落掘形状等の把握は困難だが、破堤のきっかけ・破堤状況等は背割堤と同じように再現が可能
- 各計測方法の計画立案
 センサーの最適な配置・破堤範囲・破堤速度・切欠形状等を事前に確認でき、これを元に背割堤破堤実験にむけた、各種計測機器類の実施計画を立てることが可能
- シルト材を用いた検証
 堤体材料が異なることによる破堤過程・形状の相違点等の確認。濁水の影響把握が可能
- 成果
 実物大3次元の越流破堤実験を行うことで、破堤過程を追うことができ、これらを一つの成果と出来る

・芝張りの必要性について

越水に対する芝張り（植生）の評価に関する既往知見

＜水理公式集(H11 版)、一関現地実験＞

- 堤体表面を覆う植生は、条件がよければ比較的大きな耐力を示す
- しかし、一般に植生の浸食耐力には空間的経時的にばらつきが大きく、また期待できる平均的な浸食耐力と比べても越流水によるせん断力の方が大きいことが一般的なので、越水時の破堤防止を植生に期待するのは限られた条件においてのみと考えた方がよい

＜土木研究所資料(S59.3)＞

- 堤体に植生（芝）があると浸食に対する抵抗力が増すので侵食が始まるまでの時間が裸堤に比較して長くなる
- 芝の耐侵食効果のため、侵食が始まる位置はせん断力が大きくなるのり尻から小段にかけてに限られる
- 芝が侵食される際には根が張っている層ごと流出する
- 芝は表面と直角方向に働く引き抜こうとする力に対しては強い抵抗を示すが、堤体面と平行に働く引き裂こうとする力に対しては弱いため、天端崩壊に対する芝の効果はほとんど見られない
- 一か所侵食を受けるとその耐侵食効果は失われ、かなり早く他の部分に侵食が波及する
- 芝の侵食に対する強さは、生育状態（根の深度など）に大きく影響される
- ただし、上記の知見はいずれも芝の生育期間が半年程度しか取れていない実験堤防で得られたものであり、芝を十分に生育させた条件や現地実験では、さらなる耐侵食性を有していたという結果もあり、実際の堤防は実験モデルの芝張堤よりずっと強いと考えられる。（ただしこの因子は実験では考慮できない）

＜末次(H18)＞

- 越流水により植生は倒伏するが、のり面を重層的（スダレ状）に覆うため、のり面の侵食軽減に効果を発揮する
- 植生が部分的に流出すると、そこが弱点となり、洗掘が拡大する場合がある

越水実験における芝の評価まとめ

- ・ 植生（芝）は侵食開始を遅らせる効果はある
- ・ ただし、一度侵食開始するとその後の耐侵食効果は小さい
- ・ 侵食開始を遅らせる要因は植生の生育条件である
- ・ 短期間で実験を繰り返す条件では、植生の生育条件を考慮することは難しい

千代田実験水路における破堤実験では芝張り条件での実験を実施しても評価は難しいと思われるため、**裸堤での実験**とする。

・流況確認実験の実施

縦断堤実験の不明点・課題

- P 1 のテーマ「破堤進行過程の把握」に必要な破堤時の外力の把握
 - 現象の解明には堤体に作用するせん断力が必要
 - H20 横断堤実験状況より破堤実験時の堤防天端・のり面の水位・流速の計測は困難と想定される
 - また、底面に作用する圧力などは、移動床実験では実施困難
- 実験時の流量設定
 - 水理計算で所定の流量に対する堤防形状を設定しているが、必ずしも計算通りとなるとは限らない
 - （ゲート流量、粗度係数、堤体・構造物の影響など）
 - 横越流の実験であり、計算通りとならないと越流しないなどの事態となる

破堤実験と同一形状の堤防で**流況確認実験（破堤させない堤防での実験）**を行い、水理諸量の計測および実験水路ゲート開度の設定を行う

・実験概要

以上の観点から、H21 の実験条件及びスケジュールを下記に設定した。

NO.	方法	目的	着目点	時期
実験①	流況確認実験	・流況確認 ・各諸元の計測 ・ゲート開度調整	・水路流速 ・越流開始場所 ・ゲート調整の可否	4月下旬
実験②	現地材の堤防による破堤実験	・破堤現象の時系列での確認 ・計測方法の検証	・侵食進行過程 ・破堤幅 ・水路流況	5月上旬
実験③	シルト材の堤防による破堤実験	・破堤に影響する因子解明（土質の変更） ・シルト流出に対する濁り影響の把握	・侵食進行過程（砂礫堤との差） ・下流河川への濁水影響	5月下旬

2. 実験方法

2. 1 実験流量

実験流量は、過云の流況を踏まえ、出水が少ない年でも通水が可能となるよう、実験予定期間を4～6月、実験流量を $Q=50\text{m}^3/\text{s}$ 以下とした。

実験予定期間 : 4～6月
実験流量 : $Q=50\text{m}^3/\text{s}$ 以下

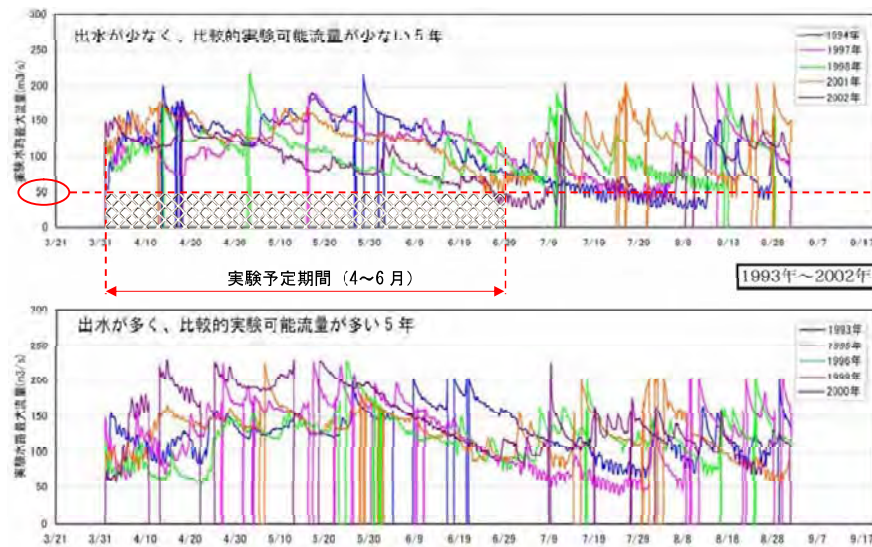


図-2.1.1 過去の流況（実験水路最大流量）

2. 2 縦断堤形状

(1) 縦断堤形状（非越流部）

非越流部の形状は、横断堤実験規模と同程度として高さ2.5m、法面勾配1:2.0とした。また、天端幅は、『河川管理施設等構造令』に準拠して3.0m（計画高水流量 $Q=500\text{m}^3/\text{s}$ 未満）とした。

縦断堤形状（非越流部）
高さ : 2.5 m
天端幅 : 3.0 m
法面勾配 : 1 : 2.0

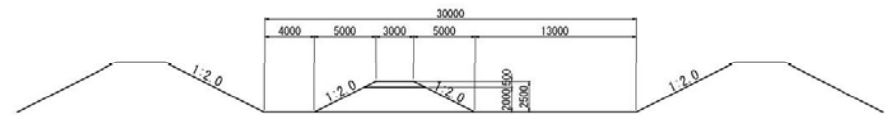


図-2.2.1 縦断堤形状（非越流部）

(2) 縦断堤形状（越流部）

越流部の高さは、十分な越流水深（20～30cm）を確保できるよう、非越流部から50cm下がりの切りかき（高さ2.0m）とした。また、縦断方向の切りかき幅は、横断堤実験規模と同程度の10mとした。

縦断堤形状（越流部）
高さ : 2.0 m（非越流部から50cm下がり）
縦断延長 : 10.0 m

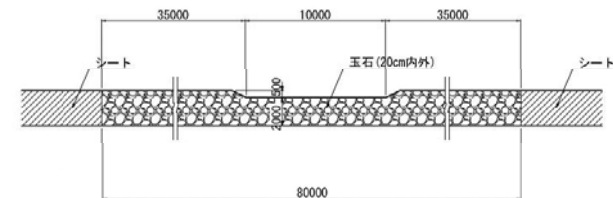


図-2.2.2 縦断堤形状（越流部）

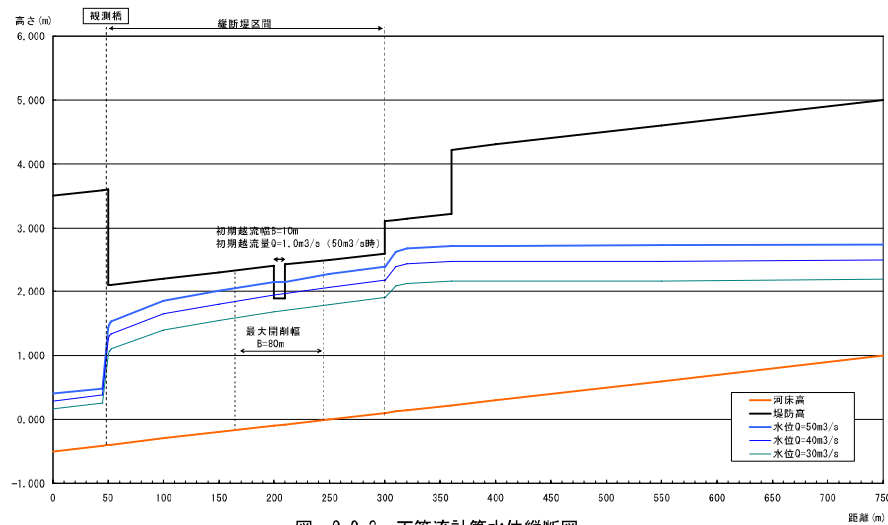
(3) 流水断面，通水流量

流水部の断面は， $Q=50\text{m}^3/\text{s}$ 以下で，十分な水深 2.2～2.3m 程度（越流水深 20～30cm 程度）が確保できるよう不等流計算により設定した。この結果， $Q=50\text{m}^3/\text{s}$ ，河床幅を 4.0m とすることによりこの条件が満足される。図－3.3 に $Q=50\text{m}^3/\text{s}$ ，河床幅 4.0m の場合の不等流計算水位縦断面図（粗度係数 $n=0.023$ ）を示す。

流水断面：河床幅 4.0m
通水流量： $Q=50\text{m}^3/\text{s}$

↓

水深 2.2～2.3m 程度（越流水深 20～30cm 程度）を確保



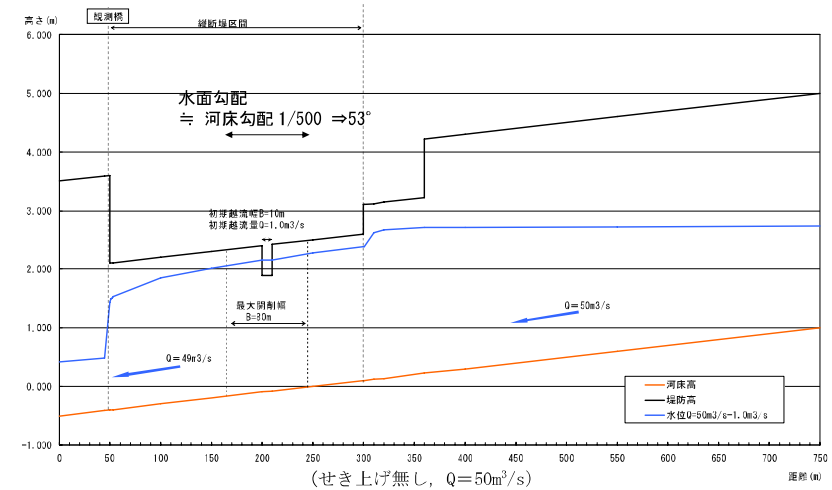
図－2.2.3 不等流計算水位縦断面図

(4) 流下方式について（下流部せき上げの有無）

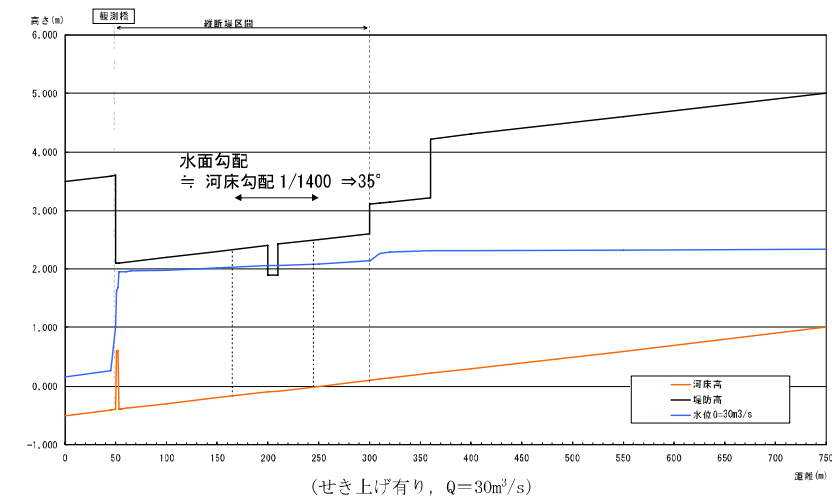
前項に示したように，流水部には横断堤を設けず，等流状態で越流水深を確保する計画とした。ここで，上述した堰上げを設けない場合の水面形と，下流側に横断堤を設けてせき上げ状態で越流水深を確保した場合の水面形の対比を図－2.2.4 に示す。

※ 堤防からの越流水及び氾濫流の特性 <末次(H18)>

河床勾配が大きいほど斜め越流する（ $I=1/10,000$ で 3° ， $1/3,000$ で 24° ， $1/500$ で 53° ）



（せき上げ無し， $Q=50\text{m}^3/\text{s}$ ）



（せき上げ有り， $Q=30\text{m}^3/\text{s}$ ）

図－2.2.4 せき上げの有無による水面形の対比

また、破堤が進行して水位が低下した時の水面形の想定図を図-2.2.5 に示す。図-2.2.5 に示すように、堰上げを設けた場合には、破堤終盤において水路内で逆流が生じることが考えられる。

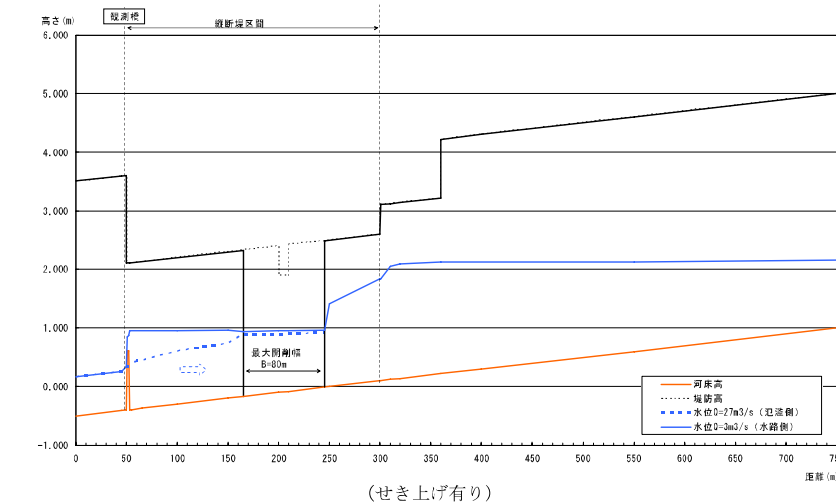
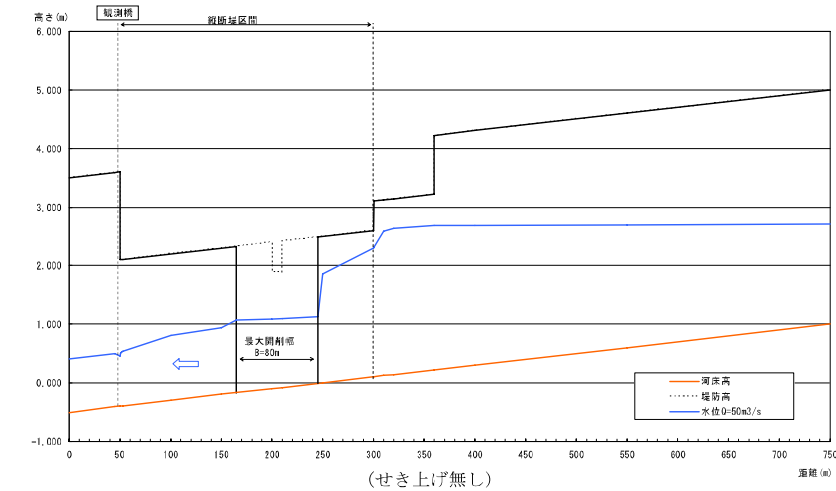


図-2.2.5 せき上げの有無による破堤終盤過程の状況（想定）

以上を踏まえ、せき上げの有無による主なメリット、デメリットを表-2.2.1 に示す。これより、実現象の再現性や破堤終盤過程の把握で有利であり、本実験との整合も図れることから、流水部には横断堤を設けず、等流状態で越流水深を確保する（せき上げ無し）計画とした。

ただし、水理諸元を確認して破堤実験条件を確定させるため、「実験①（流況確認）」では、せき上げ有り、せき上げ無し、の2ケースについて実施するものとする。

表-2.2.1 流下方式の選定

	せき上げ無し (等流状態)	せき上げ有り
通 水 流 量	$Q=50\text{m}^3/\text{s}$ 程度	$Q=30\text{m}^3/\text{s}$ 程度
流 速	$V=2.6\text{m}/\text{s}$ 程度	$V=1.7\text{m}/\text{s}$ 程度
フ ル ー ド 数	0.6~0.7 程度	0.4~0.5 程度
水 理 量 の 制 御		○
実 現 象 の 再 現 性	○	
破堤終盤過程の把握	○	
本 実 験 と の 整 合	○	
判 定	採用	

【参考】本実験における水理量と水路規模

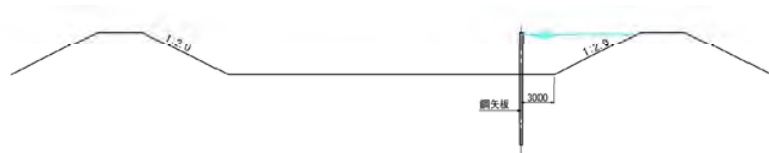
本実験における水理量と水路規模（河床幅）の関係について以下に検討を行った。検討結果は参考表-2.2.1 に示すとおりであり、せき上げ無しで河床幅 7m 程度以下（せき上げ有りで 10m 程度以下）であれば実験が可能であると考えられる。これより、本実験での流下方式は「せき上げ無し」と想定した。本実験の横断イメージ（河床幅 3~10m）を次頁に示す。

参考表-2.2.1 本実験における水理量と水路規模

河床幅 (m)	せき上げ無し			せき上げ有り		
	必要流量* (m^3/s)	流速 (m/s)	フルード数	必要流量* (m^3/s)	流速 (m/s)	フルード数
3	≒ 65	≒ 2.8	≒ 0.60	≒ 60	≒ 2.6	≒ 0.54
4	≒ 80	≒ 3.0	≒ 0.62	≒ 70	≒ 2.6	≒ 0.53
5	≒ 95	≒ 3.1	≒ 0.63	≒ 80	≒ 2.6	≒ 0.52
7	≒ 120	≒ 3.3	≒ 0.65	—	—	—
10	—	—	—	≒ 120	≒ 2.6	≒ 0.49

※必要流量：計算水位が切りかき高（堤防天端-50cm）に達する流量とした。

【参考】本実験 横断イメージ



【河床幅 B=3m】



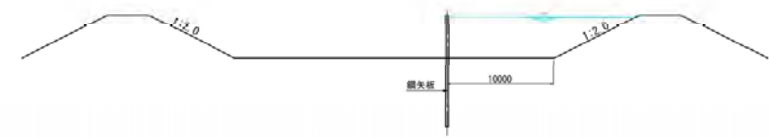
【河床幅 B=4m】



【河床幅 B=5m】



【河床幅 B=7m】



【河床幅 B=10m】

(5) 流速

流速は、 $Q=50\text{m}^3/\text{s}$ 流下時の流速として不等流計算により算定した。この結果、越流堤付近において $V \approx 2.6\text{m/s}$ となる

$$\text{流速} : V \approx 2.6\text{m/s}$$

(6) 越流量（破堤前）

破堤前の越流量は、本間公式による氾濫流量 Q_0 を用いて、河道の平均河床勾配 I に対して次式より算定し、 $Q \approx 1.0\text{m}^3/\text{s}$ となる。

$$(I > 1/12000 \text{ の場合}) \quad Q/Q_0 = \cos(155 - 38 \times \log(1/I))$$

$$(1/12000 \geq I \text{ の場合}) \quad Q/Q_0 = 1$$

本間公式

$$Q_0 = 0.35 \cdot B \cdot h \cdot (2 \cdot g \cdot h)^{0.5}$$

ここに、 Q : 越流量 (m^3/s), Q_0 : 氾濫流量 (m^3/s), I : 平均河床勾配 ($=1/500$), B : 越水幅 ($=10.0\text{m}$), h : 越流水深 ($=0.23\text{m}$)

$$Q_0 = 0.35 \times 10.0 \times 0.23 \times (2 \times 9.8 \times 0.23)^{0.5}$$

$$\approx 1.7 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = \cos(155 - 38 \times \log(500)) \times Q_0$$

$$\approx 1.0 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{越流量（破堤前）} : Q \approx 1.0 \text{ m}^3/\text{s}$$

(7) 氾濫流量 (破堤後)

破堤後の氾濫流量は、 $Q=50\text{m}^3/\text{s}$ が流水側と氾濫原側で断面比で流下することを勘案し、 $Q=38\text{m}^3/\text{s}$ 程度と想定した。

氾濫流量（破堤後）： $Q \div 38 \text{ m}^3/\text{s}$ 程度と想定

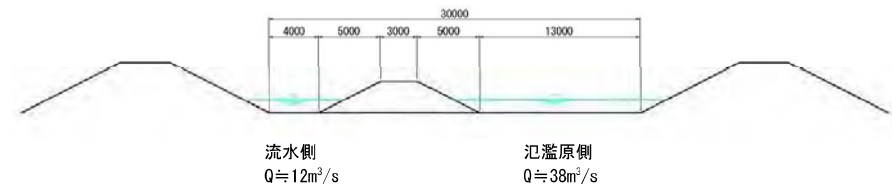


図-2.2.6 破堤後の流下イメージ

(8) 最大破堤幅

最大破堤幅は、破堤幅と川幅の関係式(次式)をもとに破堤幅を63m程度と推定し、上下流の余裕を考慮して80mとした。なお、これより上下流には破堤が広がらない構造とする。

破堤幅と川幅の関係式

$$\begin{aligned} y &= 1.6 \times (\log x)^{3.8} + 62 \quad (x: \text{川幅}, y: \text{破堤幅}) \\ &= 1.6 \times (\log 4)^{3.8} + 62 \\ &\doteq 63\text{m} \end{aligned}$$

最大破堤幅 : 80m (上下流の余裕を考慮)

(9) 上流助走区間（堤防内での破堤区間の位置）

上流側の助走区間は、既往計画と同様に水面幅の 5 倍以上で設定し、75m（水面幅 14m×5=70m 以上）とした。

上流助走区間 : 75m

(10) 下流助走区間（堤防内での破堤区間の位置）

下流側の助走区間は、切りかきの位置を考慮して設定した。切りかきの位置は、切りかき付近での流れが概ね等流（概ね等流水深を確保）となるよう縦断堤下流端から 130m 地点とし、これと最大破堤幅を踏まえ、下流側助走区間は 95m とした。

下流助走区間 : 95m

(切りかき位置を縦断堤下流端から 130m 地点に設定)

(11) 縦断堤延長

以上より、縦断堤の延長は 250m とした。

縦断堤延長 : 250m

(下流助走区間 95m+破堤区間 80m+上流助走区間 75m)

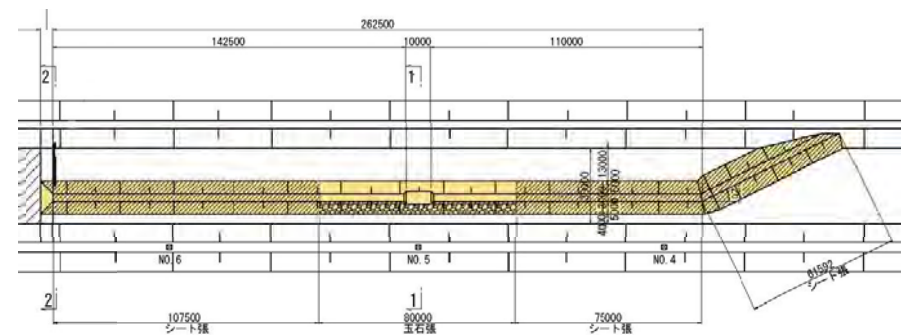


図-2.2.7 縦断堤平面図

(12) 全体配置案

縦断堤の位置は、下流すり付け延長を短くするため極力下流側とし、定点水位観測機の位置を考慮して設定した（定点水位観測機を切りかきの中央に配置）。また、縦断堤の上流側は、縦断堤と同形状の盛土により水路を設けるものとし、上流側はスムーズに取り付くよう 26° （死水域が生じない角度）ですり付けを行った。

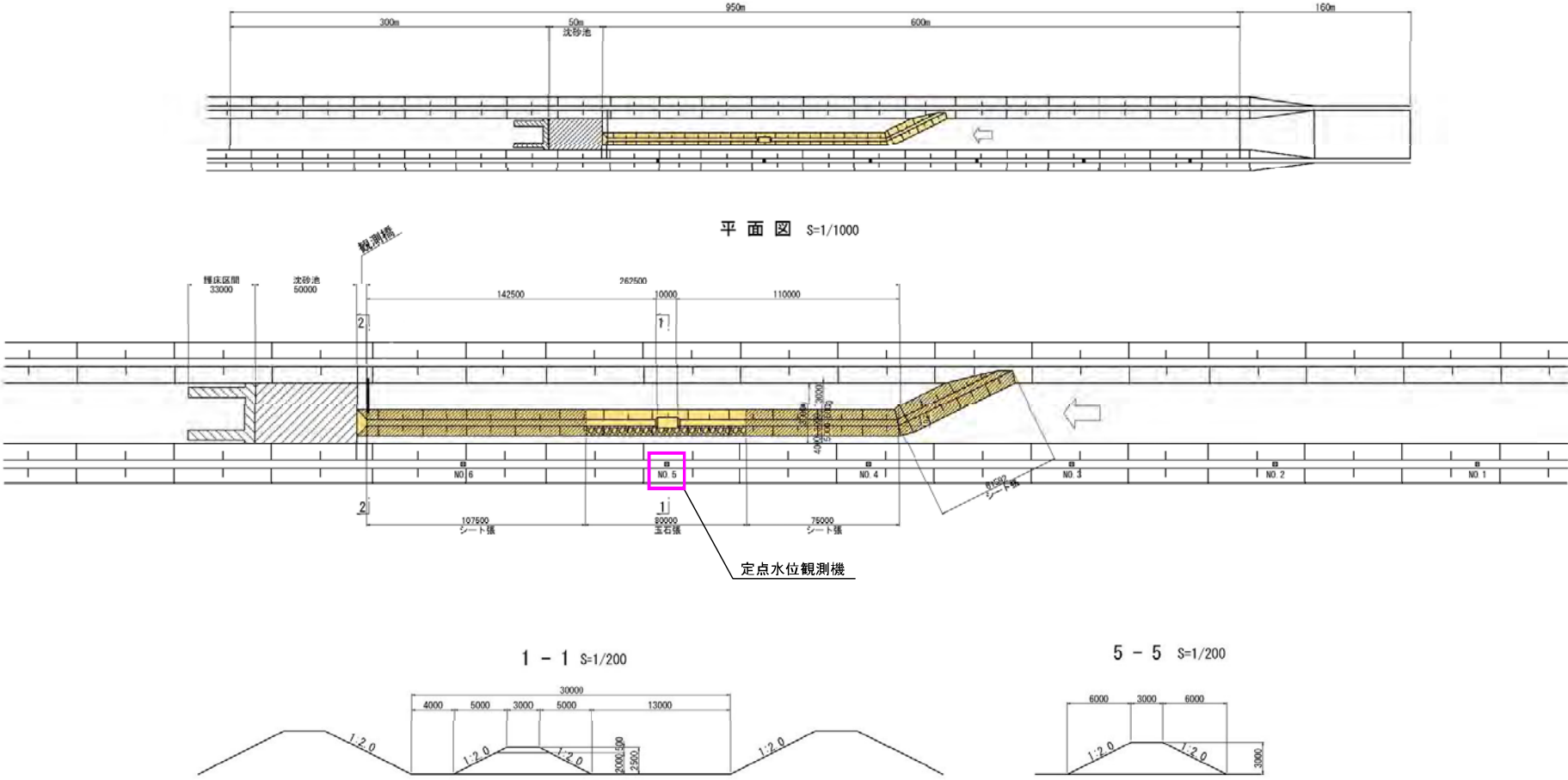


図-2.2.8 全体配置図

概算施工日数を表-2.2.2 に、下流からのバック水位を示した水位縦断面図を図-2.2.9 に示す。

表-2.2.2 各案の概算施工日数

項目	細目	単位	日当作業能力	数量	実働日	稼働率	暦日	バーテ イ ー 数	工程
盛土		m3	690	7,000	10.1	0.60	16.9	1	16.9
合計									16.9

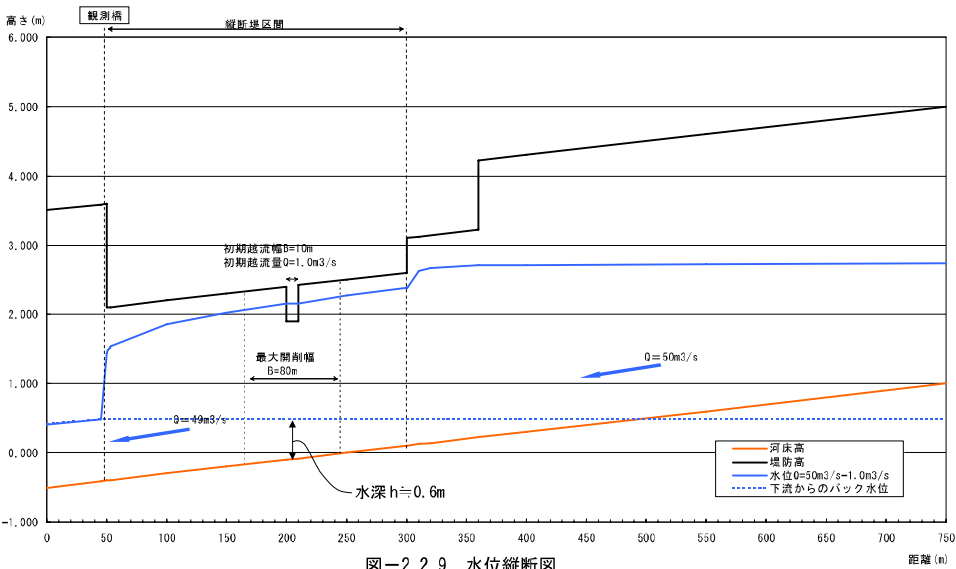
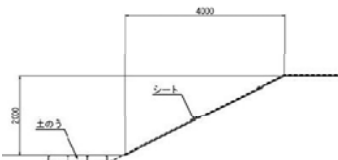
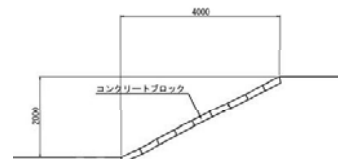
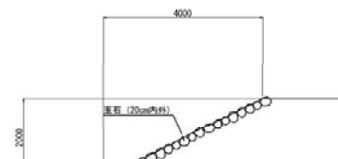


図-2.2.9 水位縦断面図

(13) 浸食防止

破堤部は、流水による浸食作用を受けるため、浸食による影響を防止する目的より保護工を設置する計画とする。ここで、浸食保護工としては、①シート、②コンクリートブロック、③玉石（割栗石）、等が考えられるが、破堤が進行した際の破堤部や流水に与える影響が最も小さいと考えられる「③玉石（割栗石）」を採用した。

表-2.2.3 浸食防止手法

	材料費	特 徴	評価
①シート 	10 万円程度 (200 円/㎡程度)	【メリット】 ・安価である。 ・施工が容易である。 【デメリット】 ・破堤が進行した際に、破堤部や流水に与える影響が大きい。	
②コンクリートブロック 	150 万円程度 (4,000 円/㎡程度)	【メリット】 ・最も実際の堤防に近い。 【デメリット】 ・高価であり、シートに比べ施工手間がかかる。 ・破堤が進行した際に、破堤部や流水に与える影響が大きい。	
③玉石（割栗石） 	40 万円程度 (1,000 円/㎡程度*)	【メリット】 ・破堤が進行した際に、破堤部や流水に与える影響が小さい。 ・現地材の利用も考えられる。 【デメリット】 ・シートに比べ高価で、施工手間がかかる。	採用

※ φ150～200 の割栗石を想定（帯広現地価格）

浸食防止として配置する玉石の径は、水路部の平均流速 $V=2.6\text{m/s}$ に対して安定となるよう、『護岸の力学設計法』における「掃流－乱積みモデル」により、下式で算定した。この結果、石の必要径は 20cm 程度となる。なお、流速については「実験①（流況確認）」で把握し、石サイズを確定する計画とした。

$$D_m = \frac{1}{E_1^2 \cdot 2g \left(\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1 \right)} V_0^2$$

ここに、 D_m : 石の平均粒径(m)
 V_0 : 代表流速(m/s)＝平均流速 $V=2.6\text{m/s}$ とした。
 E_1 : 乱れの強さを表す実験定数（通常は 1.2）
 ρ_s : 石の密度(kgf/m³)
 ρ_w : 水の密度(kgf/m³)（ ρ_s/ρ_w は通常は 2.65）

なお、法面角度 θ の法面に設置する場合には、平均粒径 D_m に対して斜面での補正係数 K を乗じた値、 $K \cdot D_m$ を部材径とする。ここで、法面角度 θ は 1:2.0（約 26.6° ）、 Φ は石材料の水中安息角であり「護岸の力学設計法」より 38° とする。これより、補正係数 K は以下のとおりであり、必要部材径は $1.47 \times D_m$ より 20cm 程度となる。

$$K = \frac{1}{\cos \theta \sqrt{1 - \frac{\tan^2 \theta}{\tan^2 \Phi}}} = \frac{1}{\cos 26.6^\circ \sqrt{1 - \frac{\tan^2 26.6^\circ}{\tan^2 38^\circ}}} = 1.47$$

$$D_m = 1.47 \times \frac{1}{E_1^2 \cdot 2g \left(\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1 \right)} V_0^2 = 1.47 \times \frac{1}{1.2^2 \cdot 2 \cdot 9.8 \cdot (2.65 - 1)} 2.6^2 \approx 0.21 \text{ m}$$

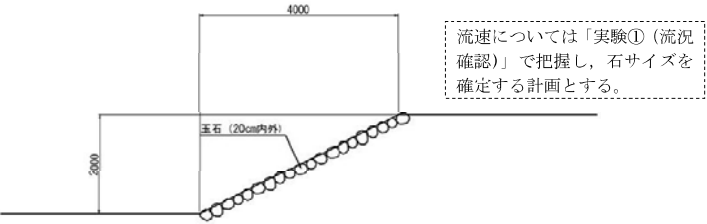


図-2.2.10 浸食防止（玉石を配置）

(14) 破堤箇所以外の保護

最大開削幅 80m 以外の区間については、シートにより保護し、流水による侵食を防止する計画とした。

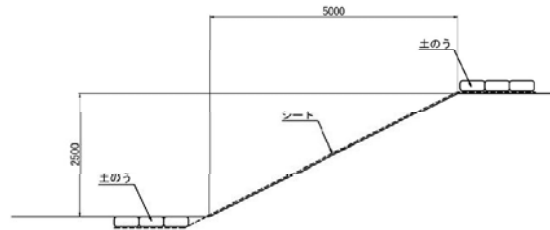


図-2.2.11 シート保護工

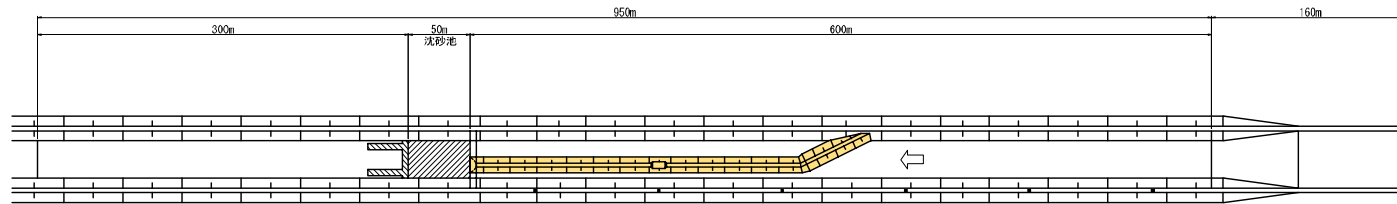
シート概要

材 料 : 大型ブルーシート (10m×10m, #3000) を想定。

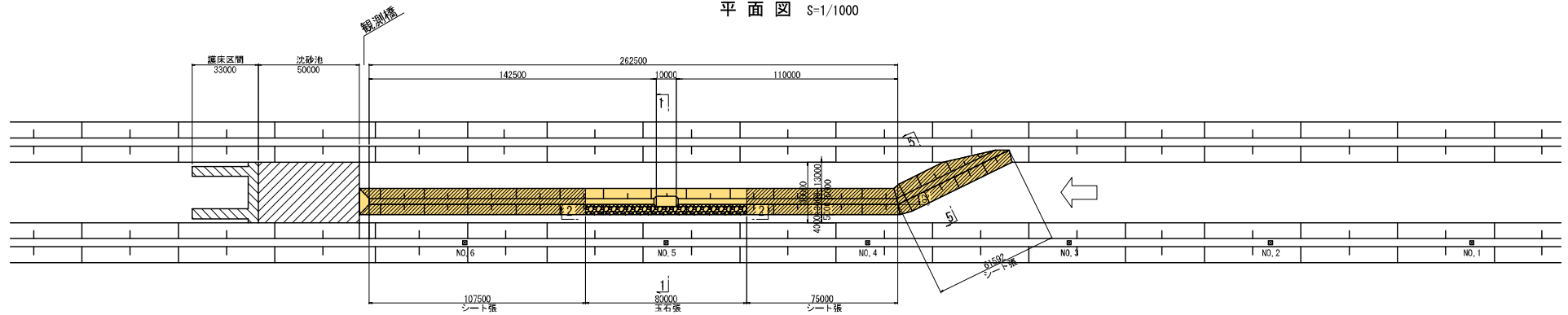
注意点 : 法肩・法尻部を土嚢で固定する。また、縦断方向の接続部は上下流のシートを重ねて織り込み、流水の影響を防止する。

次頁に縦断堤計画図を示す。

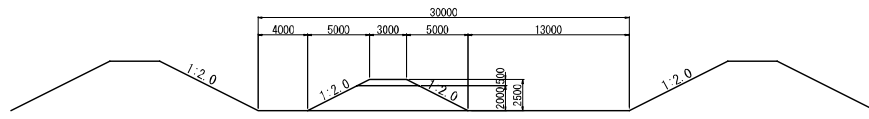
全体平面図 S=1/2000



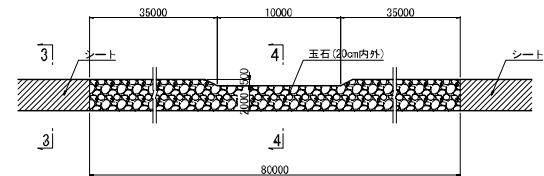
平面図 S=1/1000



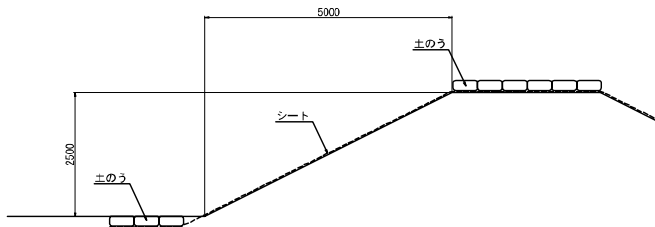
1 - 1 S=1/200



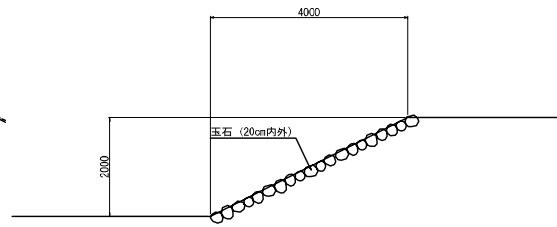
2 - 2 S=1/200



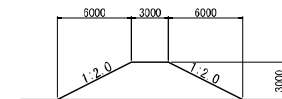
3 - 3 S=1/50



4 - 4 S=1/50



5 - 5 S=1/200



2.3 計測項目

計測項目		計測目的	実験① 流況確認	実験② 破堤(現地材)	実験③ 破堤(シルト材)
水路内水位・流量	ゲート開度	水面形が水理計算通りになるとは限らないため、ゲート開度の微調整により最適な水面形状を設定	○	-	-
	給水量(ゲート部)	高精度のゲートの開度、越流量により、正確な供給量の把握	○	○	○
	(水路上流の流量)	水路上流の流量計測により、供給量の把握	○	○	○
	越流量 (水路下流の流量)	水路下流の流量を計測し、給水量との差分から越流量を算出	○	○	○
	水路内水位	水路内の縦断方向の水面勾配の把握	○	○	○
	水路内流速	水路内の上流部と下流部の流速の把握 (水路内流量計測の補足)	○	○	○
		水路内での護床工の必要性を確認	○	-	-
	縦断堤表のり面流速	縦断堤表のり面に作用する流速を計測し、表のり面の保護工の必要性と諸元を設定	○	-	-
堤体越流部の流況	天端流況(水位、流速)	破堤実験の事前予測(計測方法、位置等の選定)のため破堤開始箇所、進行状況等を確認 破堤実験結果の検証のための補足諸元 破堤時の外力解明	○	-	-
	斜面流況(水位、流速、流向、水圧)	破堤実験の事前予測(計測方法、位置等の選定)のため破堤開始箇所、進行状況等を確認 破堤実験結果の検証のための補足諸元 堤体に作用するせん断力の把握	○	-	-
堤体破壊状況	全景状況	全景状況の把握	○	○	○
	越流破堤部進行状況	越水開始から破堤するまでの越流破堤部の進行状況の把握 ・破堤箇所細部の進行状況の把握 ・越流部縦断方向(破堤幅)の進行状況の把握	-	○	○
	洗掘状況(堤体部)	堤体内部の侵食形状の進行状況の把握	-	○	○
	(基礎部)	基礎部の侵食形状の進行状況の把握	-	○	○
	堤体内水位	堤体内部の湿潤状態の把握	-	○	○
	越水破壊面の流況(水位、流速)	破堤時の破堤面水面流況(水位、流速)の把握	-	○	○
	通水後の洗掘形状	破堤(通水)完了後の洗掘形状の把握	-	○	○
氾濫域の状況	氾濫流域の流況(水位、流速)	必ずしも3次元的な流れにはならないため、予察的検証にとどめる。むしろ、計測方法の検証になる。	○	○	○
	氾濫域の洗掘形状	必ずしも3次元的な流れにはならないため、予察的検証にとどめる。むしろ、計測方法の検証になる。	-	○	○
濁水の影響	濁水モニタリング	下流河川への濁水の影響の把握	○	○	○
堤体材料特性	堤体材料特性	堤体の材料特性(物理特性、締固め特性、透水特性)の把握	-	○	○

凡例○：実施する
 -：実施しない
 青枠：実験①(流況検証実験)のみで実施する計測
 赤枠：実験②③(破堤実験)のみで実施する計測
 黄枠：全実験①②③で実施する計測

2.4 計測方法

計測項目			計測方法	計測場所	懸案事項等	関係資料
水路内水位・流量	ゲート開度		ゲート開度の確認	ゲート操作室	最適な水面形のゲート開度を設定	図-2.4.1
	給水量(ゲート部)	越流水深測定	ダイバー水位計	ゲート上流橋脚部		図-2.4.1,2
		(水路上流の流量)	ゲート高さ、水位のレベル測量	ゲート天頂部		
			抗ワイヤー式ADCP観測	水路上流部		図-2.4.1,2
	越流量(水路下流の流量)	水路内流量測定	抗ワイヤー式ADCP観測	水路下流部		図-2.4.1,2
	水路内水位		定点水位観測(電波水位計)、量水標観測 ダイバー水位計	水路内定点観測(6箇所:100m間隔) 水路内ダイバー水位計(11箇所:50m間隔)	—	図-2.4.1,2
	水路内流速		浮子流速観測 PIV解析(ビデオ撮影、トレーサー) 電波流速計	水路上・下流部 高所作業車(左岸堤上・下流部)		図-2.4.1,2
縦断堤表のり面流速			電磁流速計	縦断堤表のり面(深さ方向:3箇所、鋼管)	—	図-2.4.1
堤体越流部の流況	天端流況	水位測定	電波水位計	天端上下流側(2箇所)×3断面	天端(切欠き部)上に測定用の足場が必要	図-2.4.1
		流速測定	電磁流速計	切欠き部上下流側(2箇所)×3断面		図-2.4.3
	斜面流況	水位観測	画像3D解析(ビデオ撮影、トレーサー)	高所作業車(背割り堤)		図-2.4.1
		流速、流向観測	PIV解析(ビデオ撮影、トレーサー)	高所作業車(背割り堤)		図-2.4.1
			電波流速計	高所作業車(背割り堤)		図-2.4.3
			電磁流速計	斜面上下方向(3箇所)×2断面、鋼管		
		水圧測定	間隙水圧計(有線、ダイバー、ワイヤレス)	斜面(表面)上下方向(5箇所)×3断面	計測器の選定(有線、ダイバー、ワイヤレス)、設置方法、配置の検討が必要	図-2.4.1 図-2.4.3
堤体破壊状況	全景状況		全景ビデオ撮影(バルーン) 全景写真撮影(ラジコンヘリ)	上空(高度m)	—	図-2.4.1,2
	越流破壊部進行状況	破壊箇所(切欠き部)全景	破壊部ビデオ撮影	背割り堤上	流況実験結果により撮影(設置)位置の選定、	図-2.4.2
		破壊箇所(切欠き部)細部	破壊部ビデオ撮影	背割り堤上	撮影方法の検討が必要	
		越流部縦断方向(破壊幅)	破壊部ビデオ撮影	背割り堤上(上下流×2箇所) 高所作業車(左岸堤上・下流部)		
	洗掘状況	堤体内部	トレーサー、加速度センサー埋設、 リング法応用センサー	堤体内部(上下流×断面配置)	実験①流況確認実験の結果より計測器配置等を決定 (H20 実験結果より追加計測器が採用可能かの検討が必要)	図-2.4.2
		基礎部	トレーサー、加速度センサー埋設	基礎部(上下流×断面配置)		
	堤体内水位		ワイヤレス間隙水圧計	基礎部		図-2.4.2
	越水破壊面の流況	水位観測	画像3D解析(ビデオ撮影、トレーサー)	高所作業車(背割り堤)		図-2.4.2
		流速、流向観測	PIV解析(ビデオ撮影、トレーサー)	高所作業車(背割り堤)		図-2.4.2
	通水後の洗掘形状		地形測量(既存の測量)	破壊箇所	—	図-2.4.2
氾濫域の状況	氾濫流域の流況	水位測定	画像3D解析(ビデオ撮影、トレーサー)	高所作業車(背割り堤)	実験①流況確認実験の結果より計測器配置等を決定	図-2.4.1,2
		流速、流向測定	PIV解析(ビデオ撮影、トレーサー)	高所作業車(背割り堤)	実験①流況確認実験の結果より計測器配置等を決定	図-2.4.1,2
	氾濫域の洗掘形状		トレーサー、加速度センサー埋設 色砂	氾濫域下流	実験①流況確認実験の結果より計測器配置等を決定	図-2.4.2
濁水の影響	濁水モニタリング		濁度計測	実験水路内～河口まで約40km	—	図-2.4.1,2
堤体材料特性	堤体材料特性		土質試験 簡易現場透水試験 RI測定(縮固め度)	築堤材料毎 実験(築堤)毎 打設層毎	—	表-2.41

凡例青枠：実験①(流況検証実験)のみで実施する計測

赤枠：実験②③(破壊実験)のみで実施する計測

黄枠：全実験①②③で実施する計測

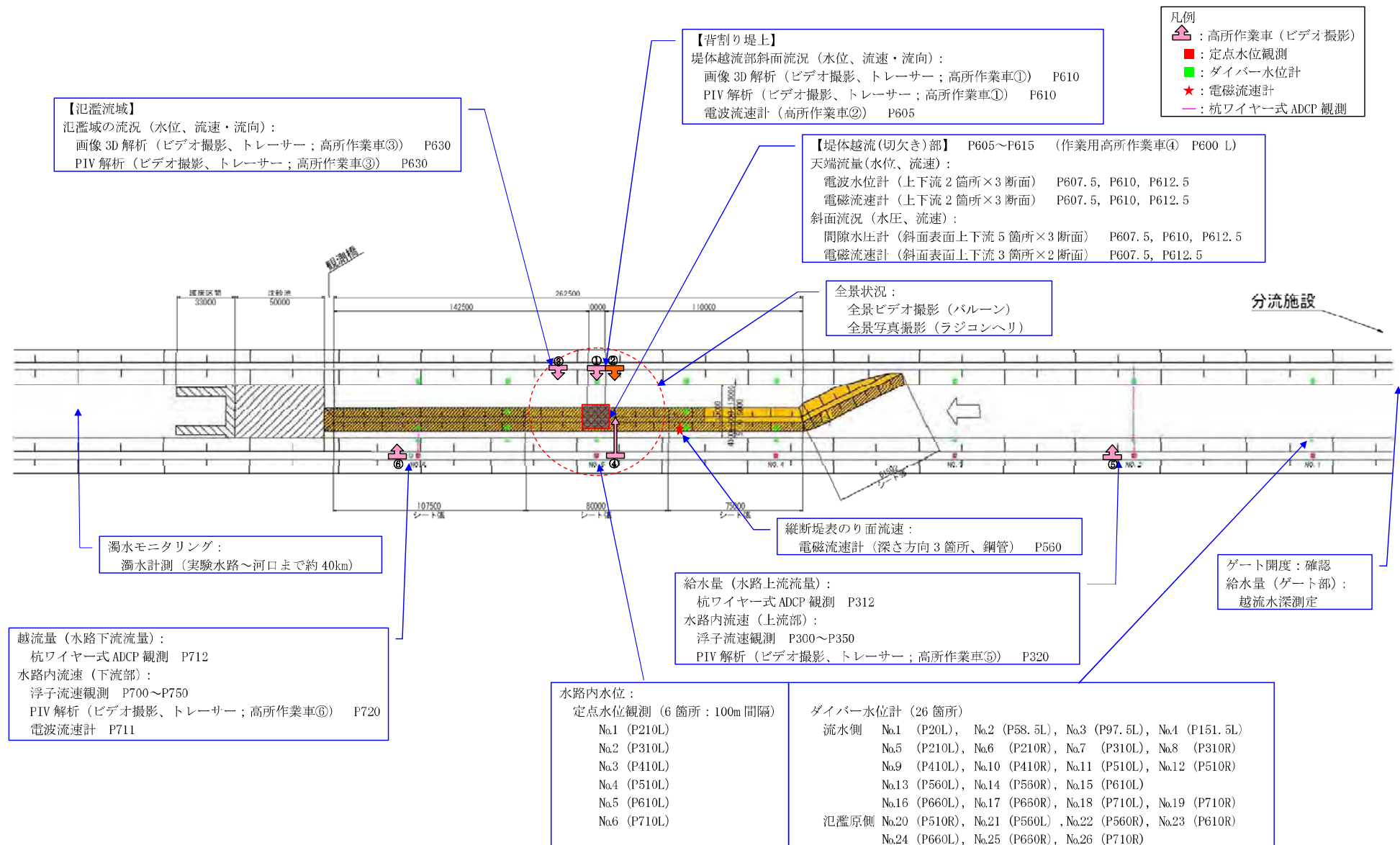


図-2.4.1(1) 実験①（流況確認実験）の計測地点配置図

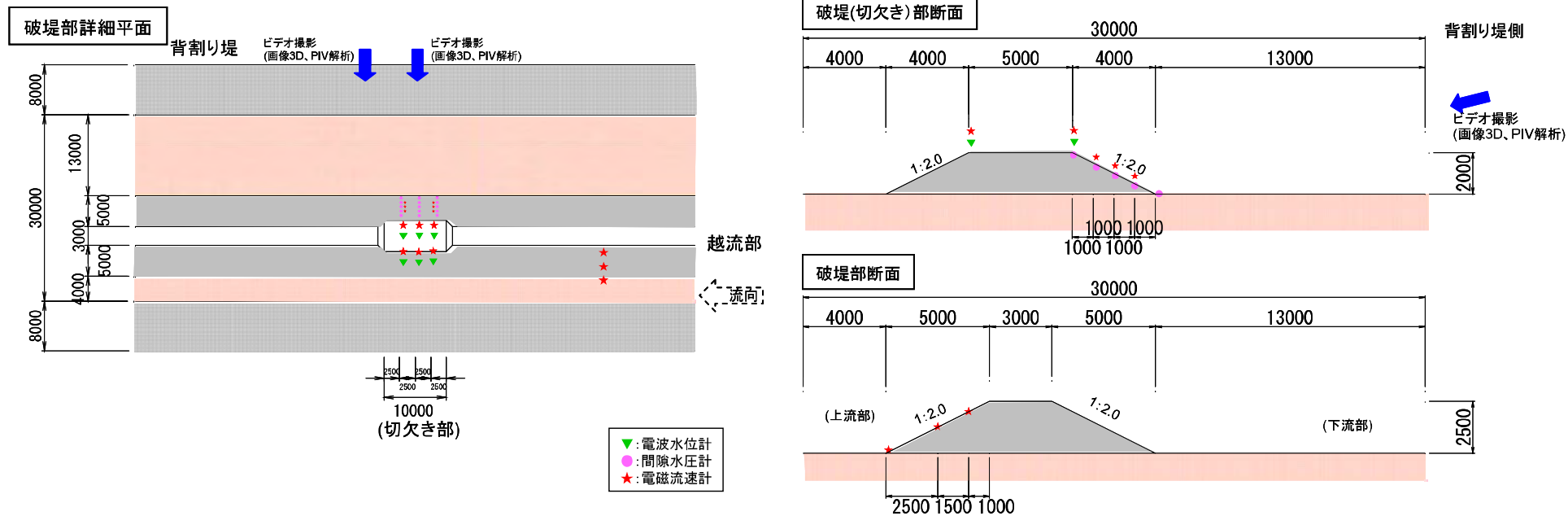


図-2.4.1(2) 実験①（流況確認実験）の計測地点配置図

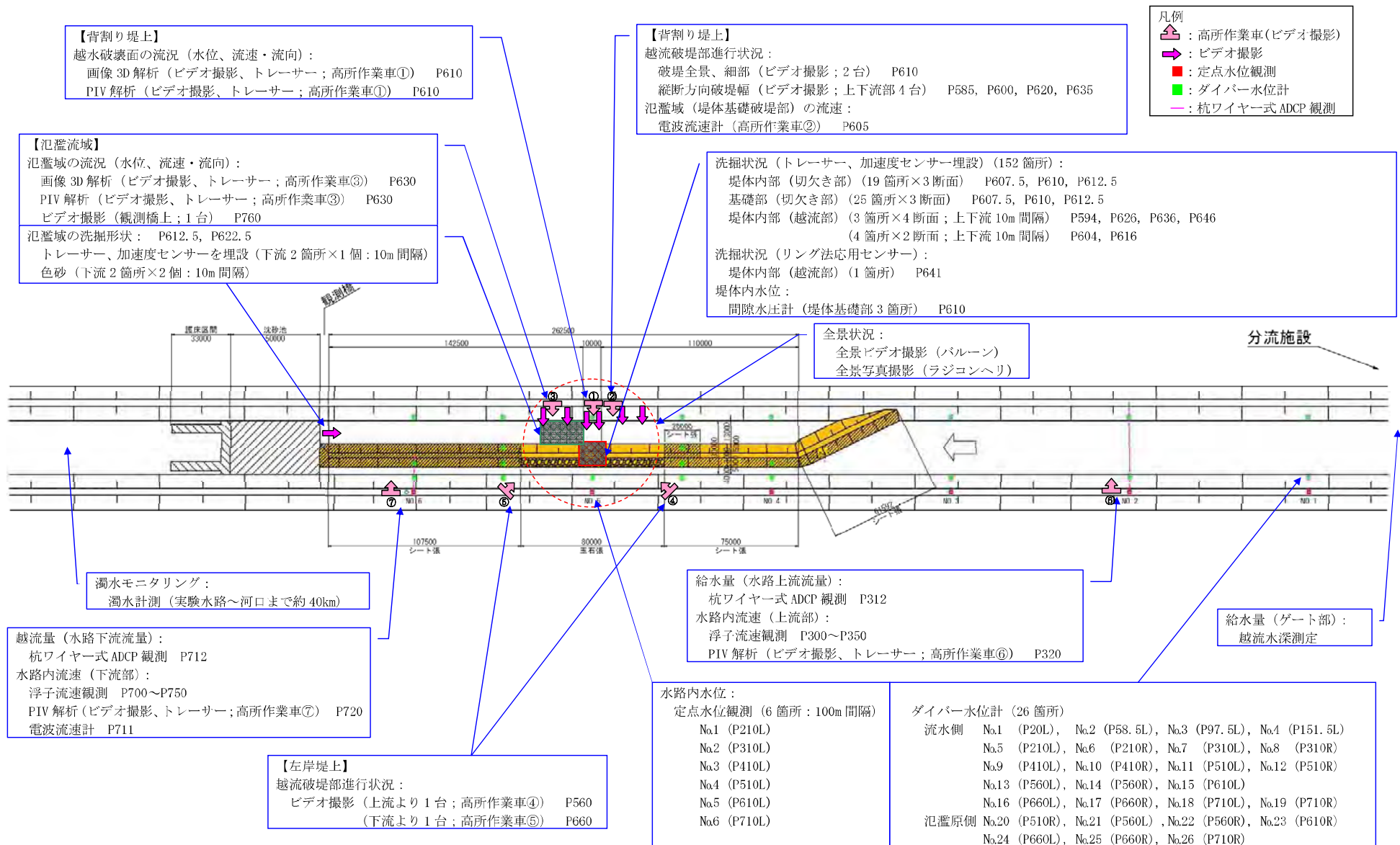


図-2.4.2(1) 実験②③（破堤実験）の計測地点配置図

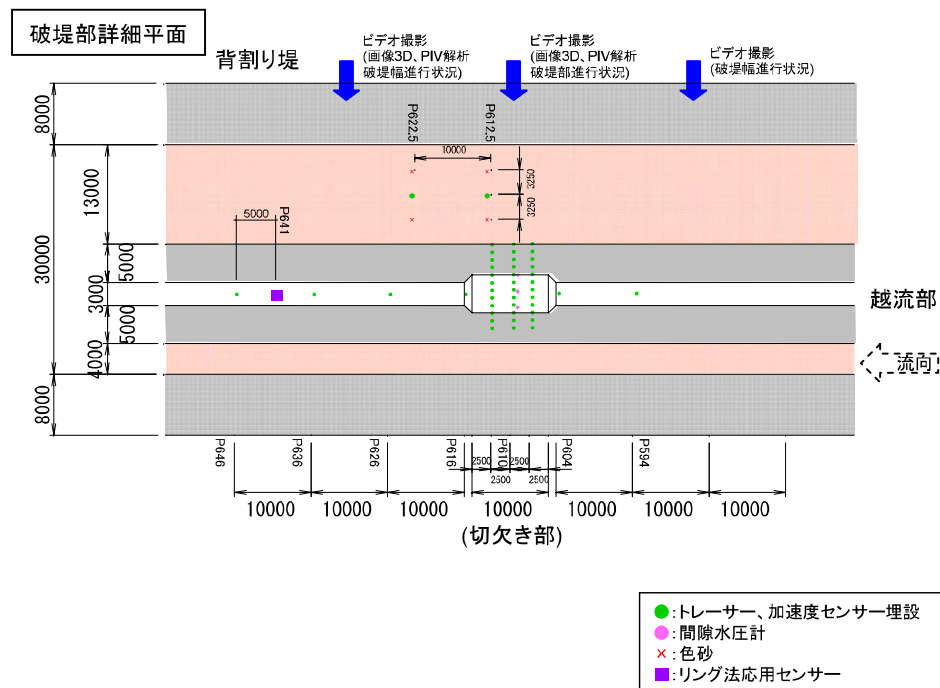


表-2.4.1 堤体材料特性試験

試験項目	仕様	備考
土粒子の密度試験	JIS A 1202	築堤材料毎
土の含水比試験	JIS A 1203	築堤材料毎
土の粒度試験	JIS A 1204	築堤材料毎
土の液性限界試験	JIS A 1205	築堤材料毎
土の塑性限界試験	JIS A 1205	築堤材料毎
突固めによる上の締固め試験	JIS A 1210	築堤材料毎
粗骨材の密度及び吸水率試験	JIS A 1110	築堤材料毎
現場簡易透水試験		実験(築堤)毎
R I 計器による土の密度試験	JGS 1614	打設層毎

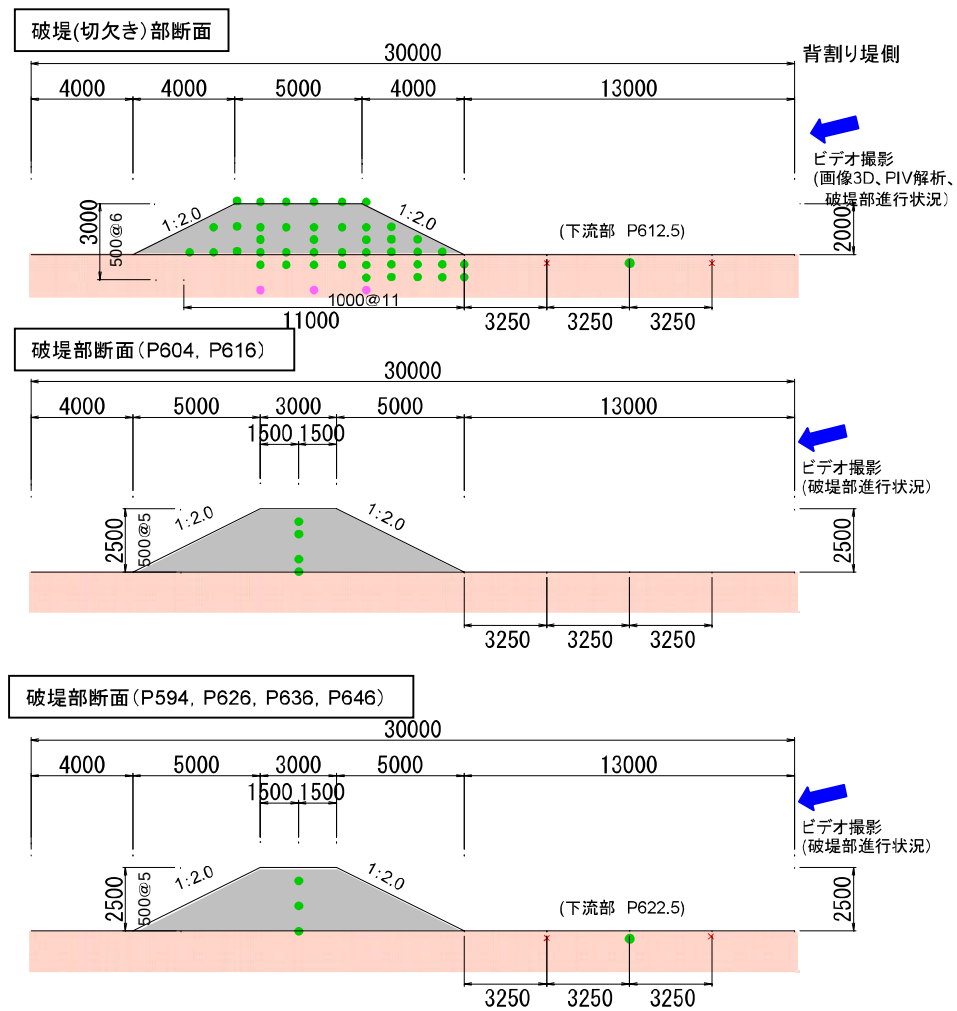


図-2.4.2(2) 実験②③(破堤実験)の計測地点配置図

凡例

- ：電波水位計 【天端上下流 2 箇所×3 断面】
足場からの張出し材の先端に設置
配線は足場に沿って天端上流側の計測（装置）位置に接続する
- ：電磁流速計 【天端上下流 2 箇所×3 断面】
足場からの張り出し材から下方水中内に設置
配線は足場に沿って天端上流側の計測（装置）位置に接続する
- ：間隙水圧計 【斜面上下 3 箇所×2 断面】
斜面に設けた固定用鋼管により斜面上に設置
配線は、各鋼管に沿って鋼管頂部（天端高）まで上げ
鋼管頂部から天端の足場まで架空配線し、足場に沿って
天端上流側の計測（装置）位置に接続する
- ：間隙水圧計 【斜面上下 5 箇所×3 断面】
保護シートの表面に設置
配線は通水部では保護シートの下を通し、上流側の
非通水部から斜面に沿って天端上流側の計測（装置）位置
に接続する

通水時の安全確保及び天端との移動用として、天端上流側の計測（装置）位置
には左岸堤防上より高所作業車を配備し、計測員及び計測装置は作業用バケット
内にて計測作業を行う。

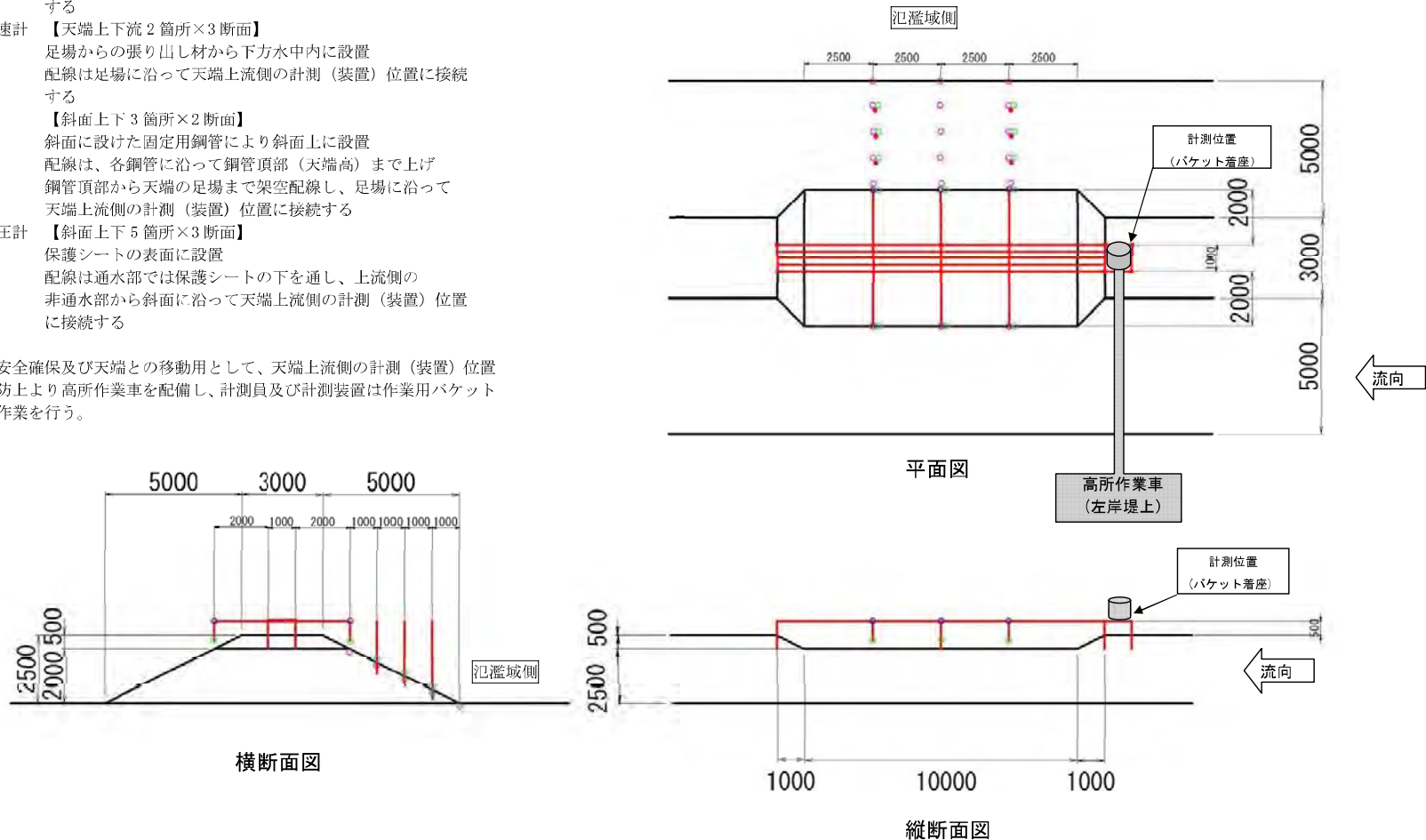


図-2.4.3 実験①（流況確認実験）における堤体越流部計測用足場図

2.3 観測項目 ～流水内の流速測定の可能性

●氾濫流、及び破堤開口部の内部流速が取得できると侵食速度やその過程把握、また今後、再現計算を行う際の貴重な資料となる(事前レクにおいても指摘あり)

●計測機器のリスト

- ・電磁流速計～横断堤破堤実験でも使用。取り付けるための支柱を流水内に設置
- ・ADCP～電磁流速計と比較すると計器が大きい。河床設置だと埋設の可能性。高濁により測定不能の可能性。
- ・H-ADCP～高濁により計測不要の可能性。リースはない。
- ・接触式流速計～計器間の平均流速のみの計測。

●リスク

全てに共通して破損のリスクが伴う。実際、今年度の横断堤破堤実験において計4台の電磁流速計が破損・損傷している(最大で横断堤から20m以上、離していたが損傷)。

★計測方法について

- ・計測するとすれば、どの箇所での計測が最も有効的か？(今後のデータ解析にとって)
- ・上記以外により最適な計測機器は？

3. 氾濫域側のバックの影響対策案

実験流量条件 30m³/s (1時間程度：安定後まで) → 50m³/s [※ただし、流況確認実験では50m³/sでも流況安定させる]

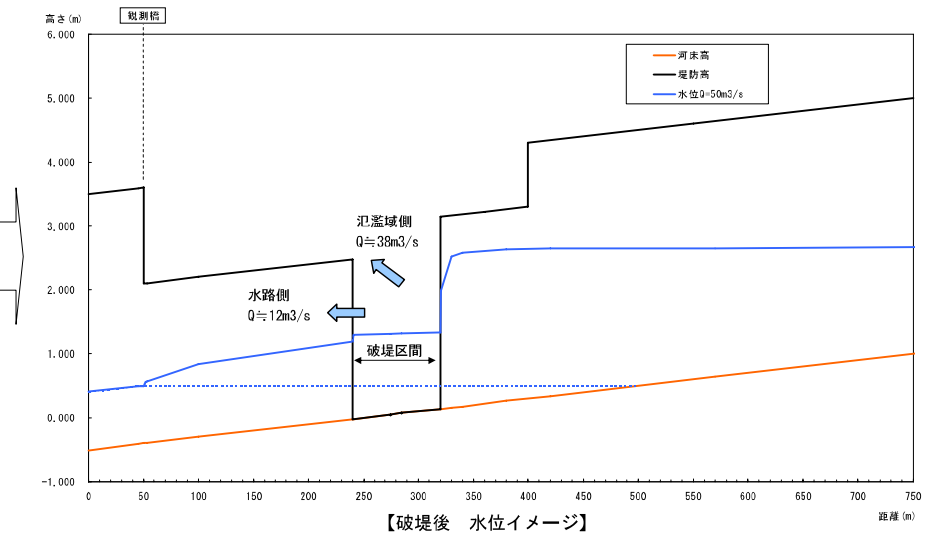
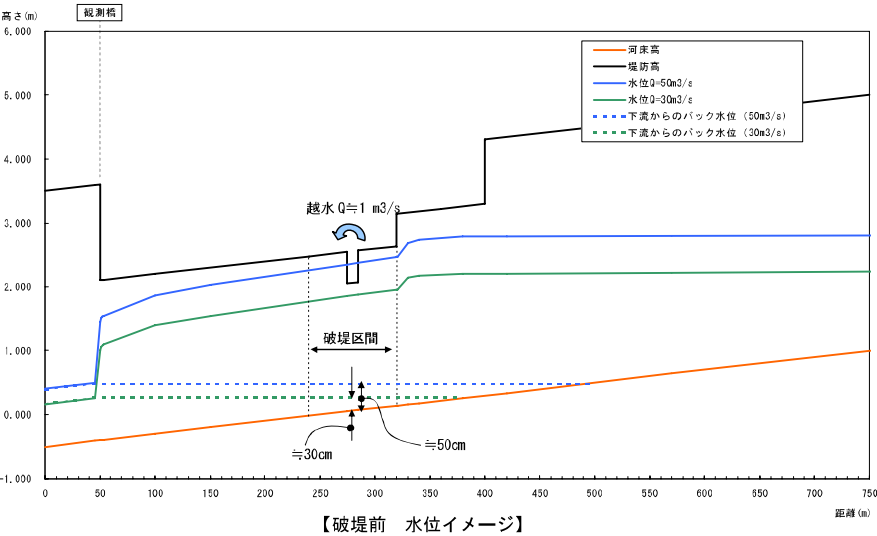
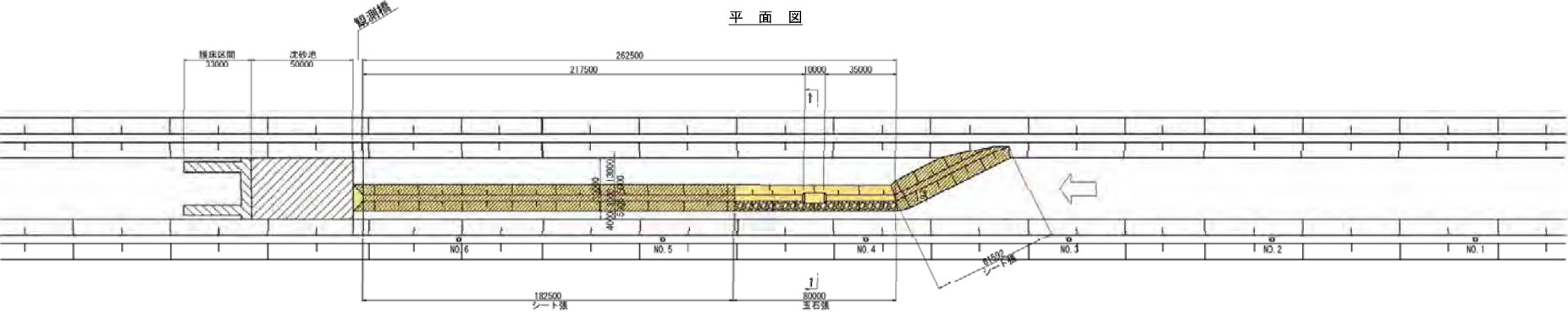
No.	視点	実験方法概要	施工方法等	氾濫域側の初期状態		特記点	(対策に係る) 概算費用 [経費込み]	評価
				30m ³ /s 時	50m ³ /s 時			
1	バックの影響を 低減させる	破堤区間を縦断堤の上流側へ 移動	破堤区間の冠水位を出来るだけ小さくするために上流側へ移動	バック水位により冠水	バック水位により冠水：60cm→50cm	破堤区間の上流側助走区間が無くなるため流況が不安定となる可能性がある	±0	×
2		氾濫域側の下流側を締め切る (固定ー50m ³ /s 対応)	土のうで 50m³/s 水位高さに締切り	ドライ (バック水位なし)	越流水・破堤水のみ	- 氾濫域側は、土のうによる堰上げで水位が上がる - 実験終了時に氾濫域が湛水状態となり、破堤箇所を逆流する	+20 万円	○
3		氾濫域側の下流側を締め切り、氾濫域側の水位上昇とともに締切撤去（土のうによる締切）	- 土のうで 50m³/s 水位高さに締切り - 破堤が進行して氾濫域側水位が上昇してきたら（上下流水位がほぼ同じになった時点で）クレーン等で吊り上げて締切撤去	ドライ (バック水位なし)	越流水・破堤水のみ	- 氾濫域側は、土のうによる堰上げで水位が上がる - 破堤時は水位上昇が早いいため土のう撤去は数個が限度（土のう堰上げ水位はあまり変わらない）	+20 万円	○

No.1

【概要】

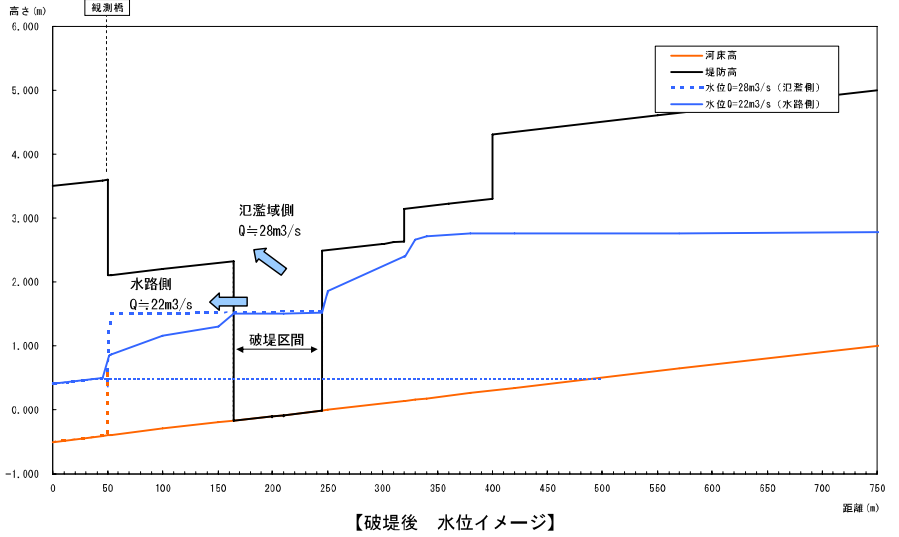
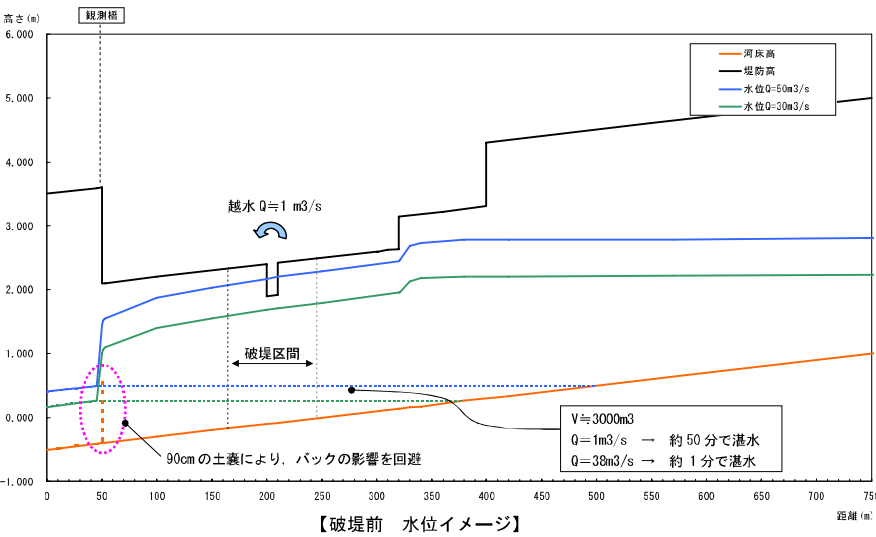
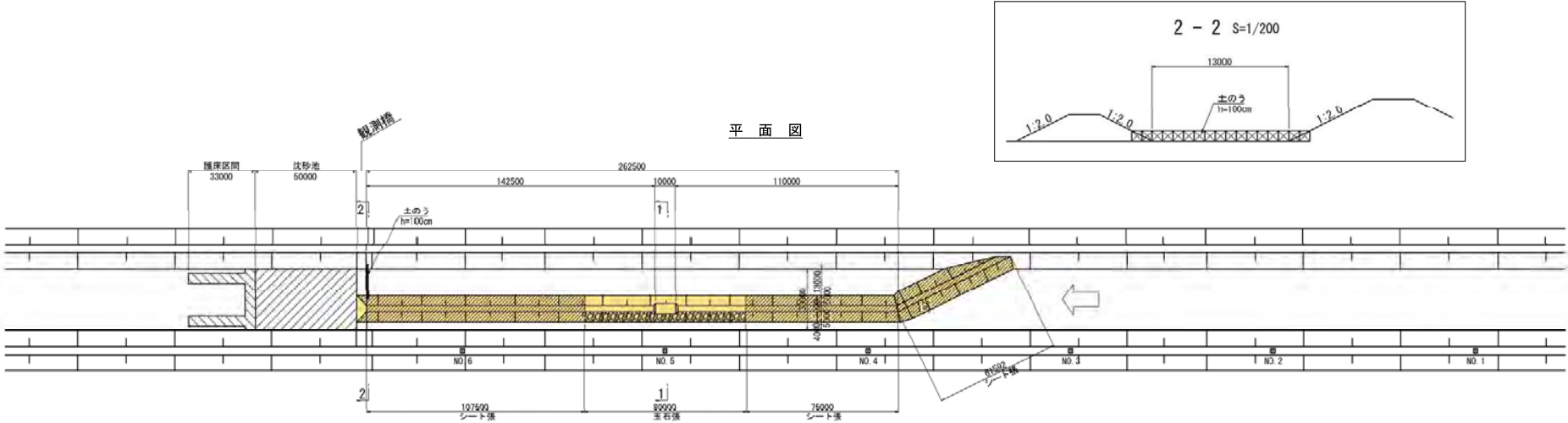
- ・破堤区間を、できるだけ縦断堤の上流側へ移動。

平面図



【概要】

- ・ 50m³/s の水位（約 90cm）の高さの土囊を設置。



No.3

【概要】

- ・ 50m³/s の水位 (約 90cm) の高さの土嚢を設置 → 一部 (土嚢 2 個程度) を途中で撤去。

