

## 第4回 高梁川水系小田川堤防調査委員会

### 配布資料一覧

配付資料一覧（本紙）

議事次第

席次表

資料-1-1 被災要因の分析（小田川）

資料-1-2 被災要因の分析（末政川、高馬川、真谷川）

資料-2-1 決壊区間における対策の基本方針（小田川）

資料-2-2 決壊区間における対策の基本方針

（末政川、高馬川、真谷川）

# 第4回 高梁川水系小田川堤防調査委員会

日時：平成30年 8月21 日（火）13：00～16:00

場所：国土交通省 中国地方整備局 岡山河川事務所 別棟2階 会議室

## 議事次第

1. 開 会

2. 議 事

（1）被災要因の分析

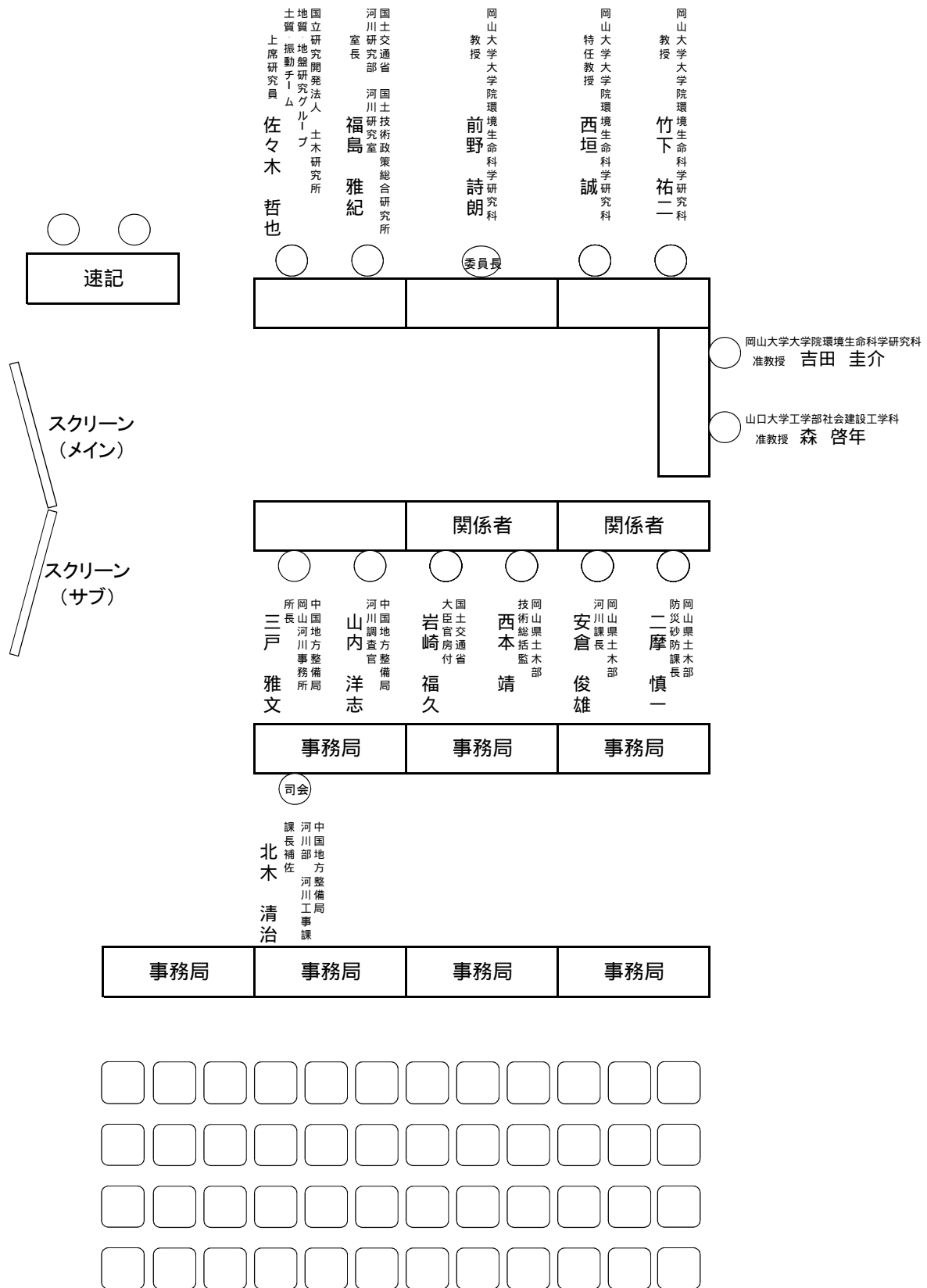
（2）決壊区間における対策の基本方針

3. 閉 会

# 第4回 高梁川水系小田川堤防調査委員会 席次表

日時:平成30年8月21日 13:00~16:00

場所:岡山河川事務所会議室



# 被災要因の分析

## (小田川左岸3k400及び6k400)



国土を**整**え、全力で**備**える

国土交通省  
中国地方整備局

Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism  
Chugoku Regional Development Bureau

※今次洪水に関する数値等は速報値であり、今後変更となることがある。

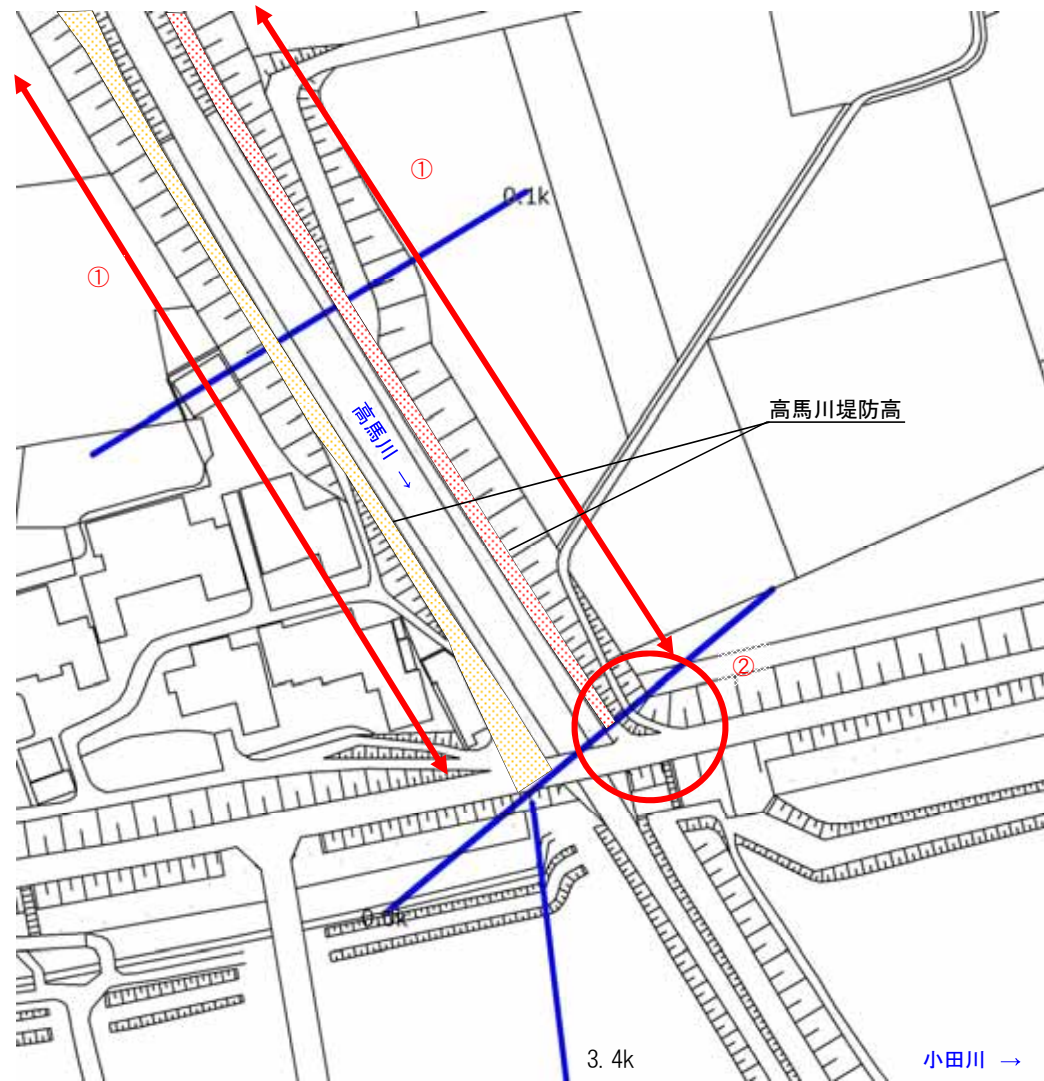
# 被災要因の分析(左岸3k400)

越水

- 現況堤防高\*及び痕跡水位から、堤防高の低い高馬川から越水が発生したと推定した。
- その後、小田川の水位上昇により、前後に比較し堤防高の低い高馬川橋付近から越水が発生したと推定した。

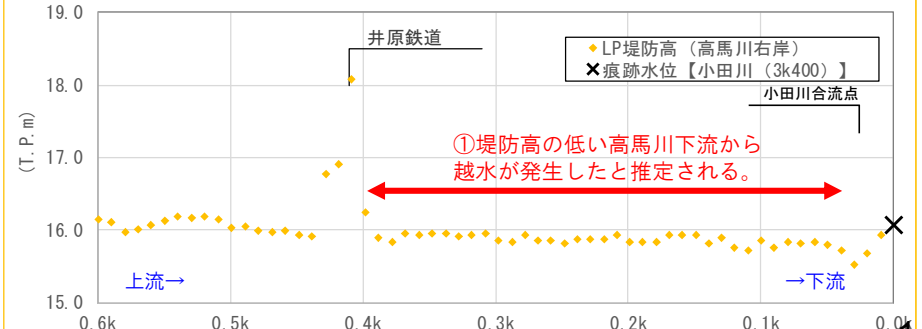
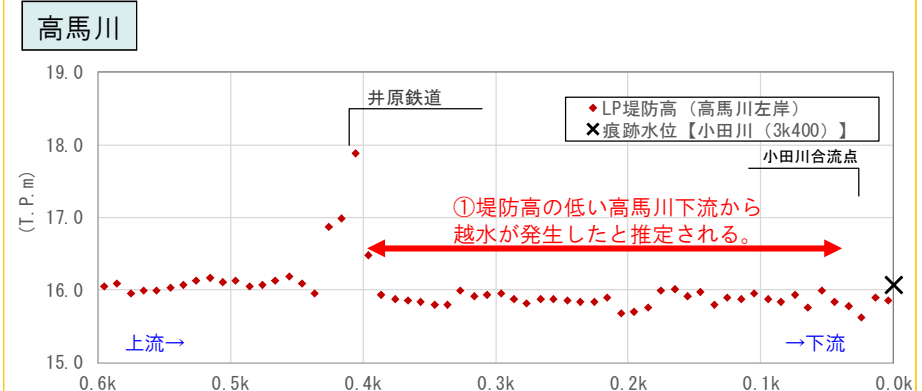
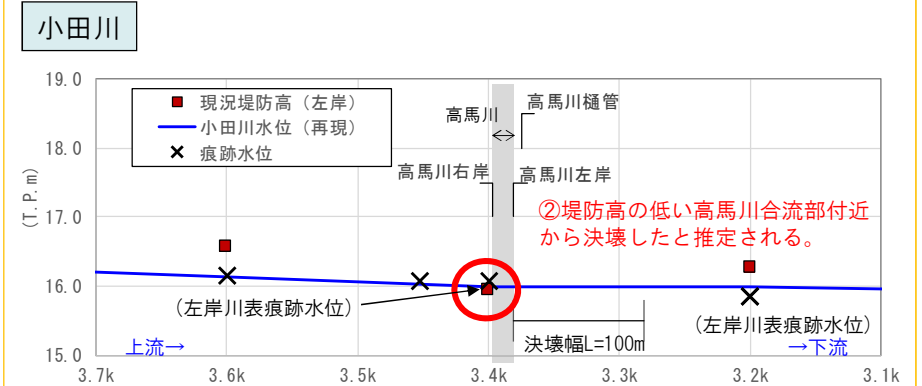
※小田川の現況堤防高は定期測量成果 (H28)  
※高馬川の現況堤防高は国所有のLPデータ (H18) からの推定

平面図



堤防高の縦断面図

※痕跡水位：破堤点周辺における詳細調査結果

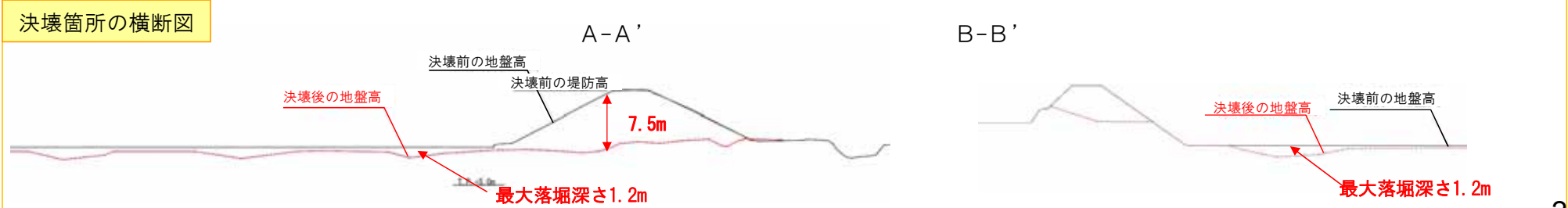
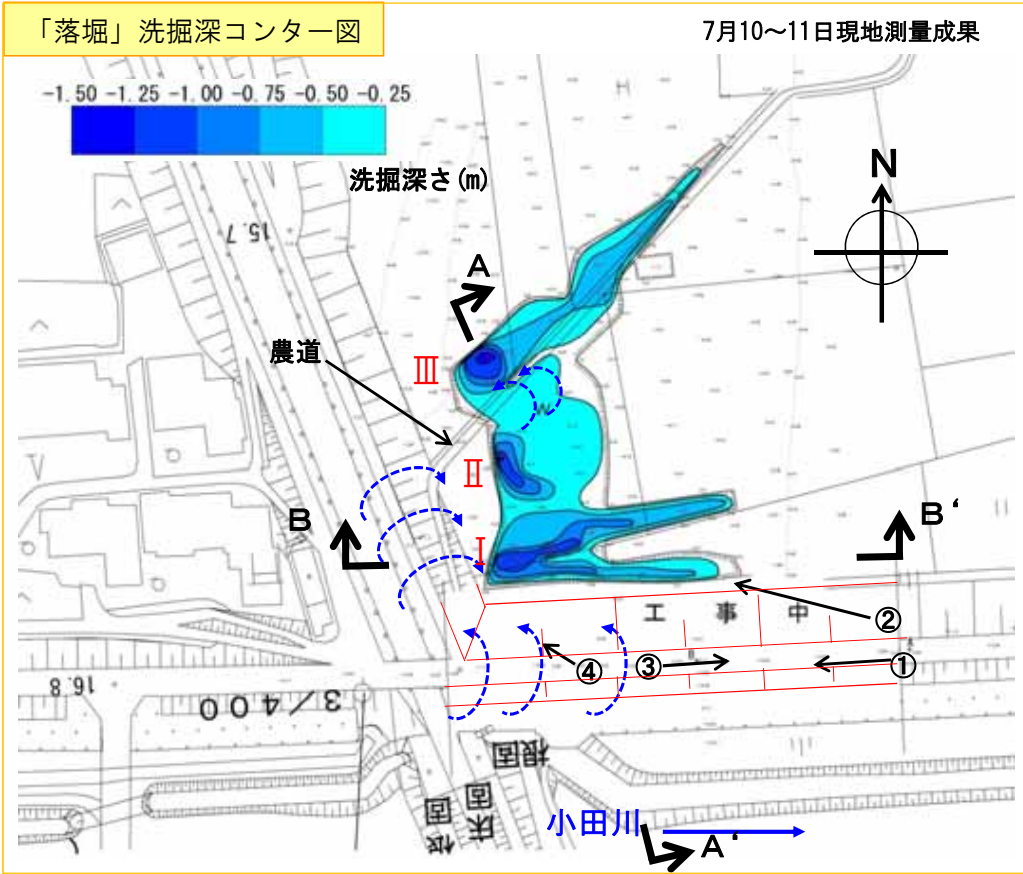


※今次洪水に関する数値等は速報値であり、今後変更となることある。

# 被災要因の分析(左岸3k400)

越水

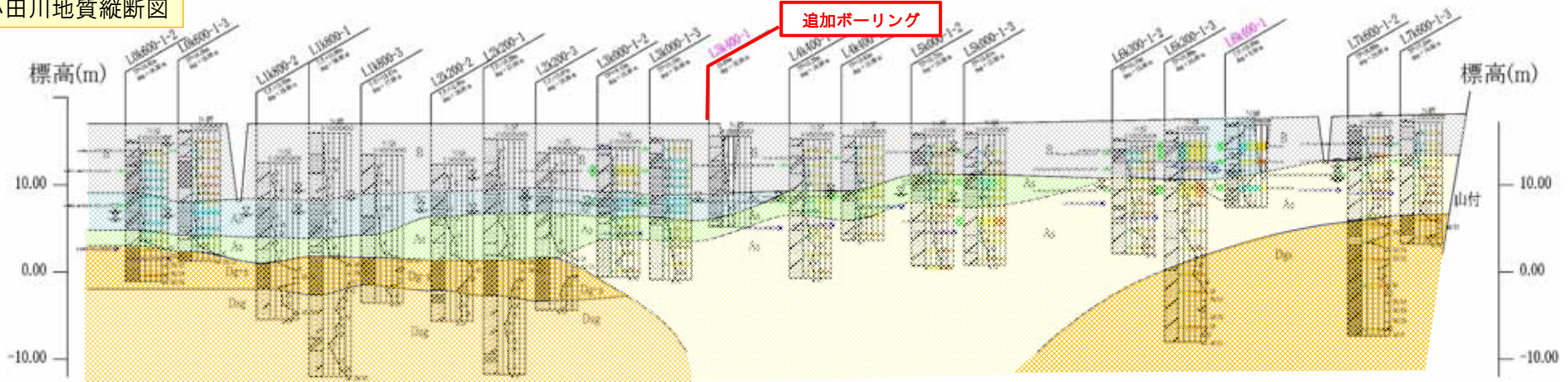
- 現地調査の結果、高馬川橋東詰の小田川堤防裏法尻付近（図中Ⅰ）に最大深さ1.2m程度の「落堀」を確認した。
- 小田川の堤防裏法尻の落堀は東側に比較し西側の洗掘深が大きいことを確認した。
- 高馬川左岸側沿いにも落堀（図中Ⅱ及びⅢ）を確認した。



※今次洪水に関する数値等は速報値であり、今後変更となることがある。2

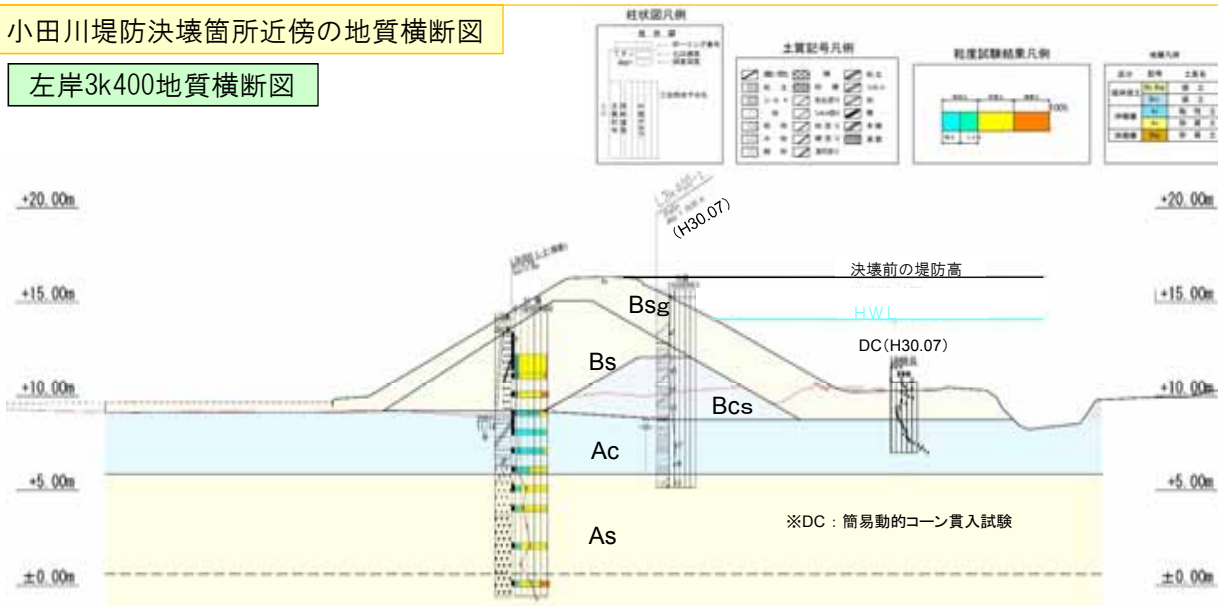
- 小田川左岸3k300付近において追加のボーリング調査を実施した。
- 小田川左岸3k400の決壊箇所における堤防の盛土材料は、堤体下部が粘性土主体で上部が礫質土主体で構成されていると推察した。
- 近傍の小田川左岸3k000付近の堤防の盛土材料は、堤体上部が砂質土主体だが上流の4k400においては全体が砂質土主体であると推察され、決壊箇所と大きく異なる堤体材料で構成されていると推察した。
- 治水地形分類図では、当該箇所は「扇状地」「旧河道」「氾濫平野」地形が混在する、複雑な基礎地盤を形成していると推察した。

小田川地質縦断面図

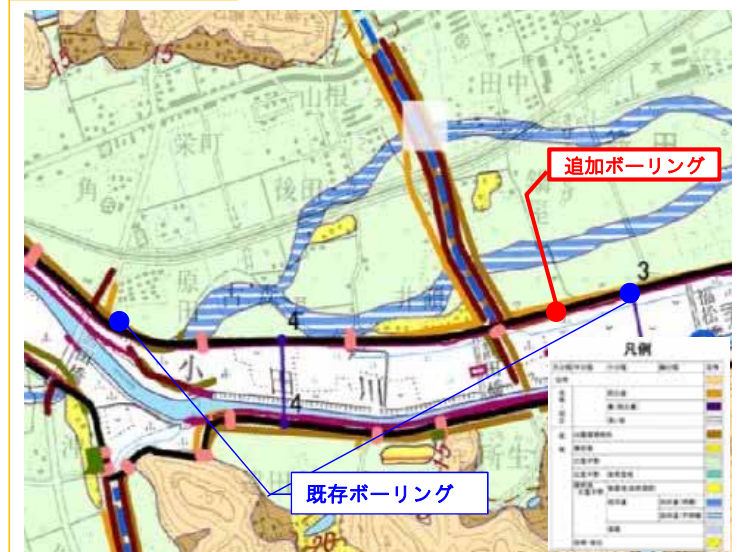


小田川堤防決壊箇所近傍の地質横断面図

左岸3k400地質横断面図

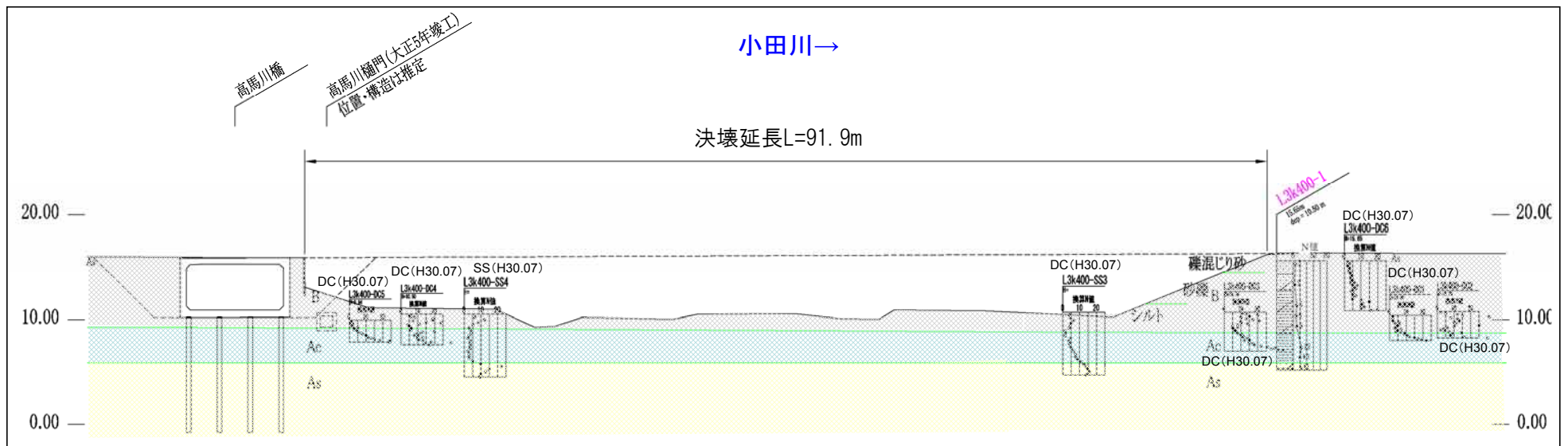


治水地形分類図



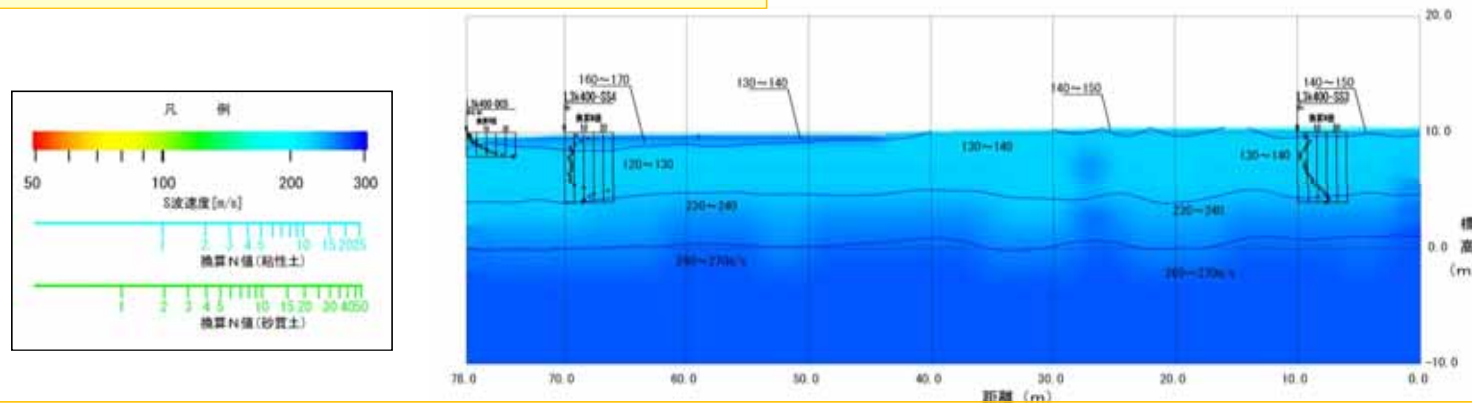
- 小田川左岸3k300付近において弾性波探査を実施した。
- S波弾性波速度、ボーリング調査、サウンディング試験の結果よりT. P. +10m以深には「Ac層」が連続していると推察した。

小田川左岸3k400堤防決壊付近の地質縦断面図



※DC : 簡易動的コーン貫入試験  
SS : スウェーデン式サウンディング試験

小田川左岸3k400堤防決壊付近のS波弾性波速度(川表法尻)



※今次洪水に関する数値等は速報値であり、今後変更となることがある。

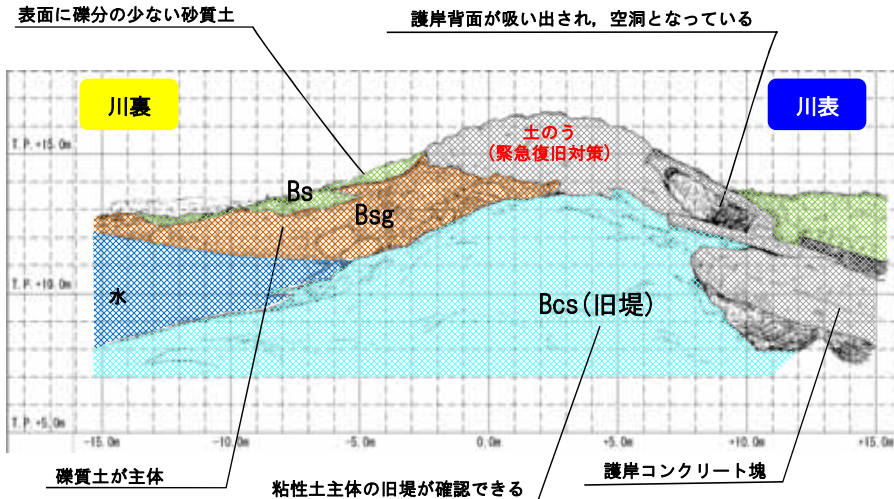


# 被災要因の分析(左岸3k400)

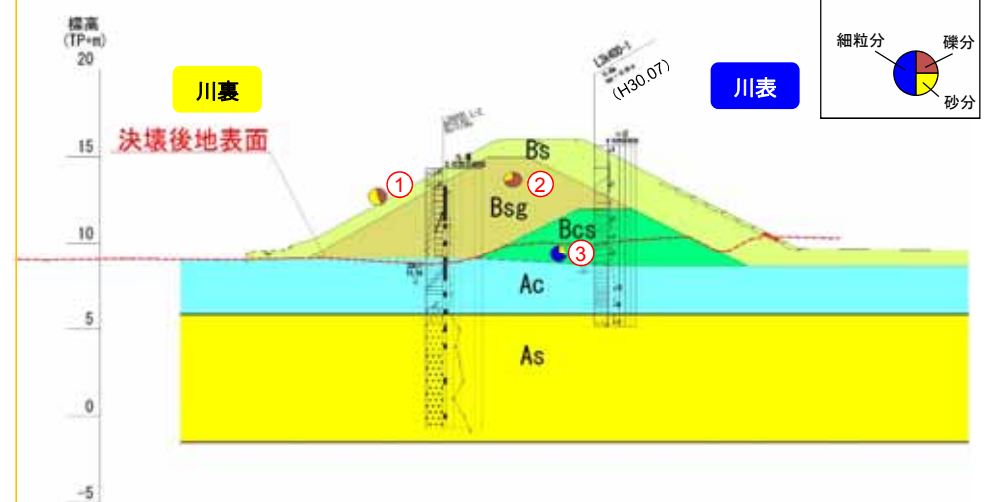
浸透

- 小田川左岸3k400の決壊箇所の下流端断面における堤防の盛土材料は「粘性土」が主体の旧堤防を「礫質土」主体の中間土が覆っており、表土は礫分の少ない「砂質土」が主体となっていることを確認した。
- 基礎地盤については、既存の3k400地点のボーリング調査結果より、堤体直下に約3mの「Ac層」その下に「As層」の分布を確認した。

## 決壊区間下流端部の現地観察結果



## 決壊区間下流端部の推定地質横断面図

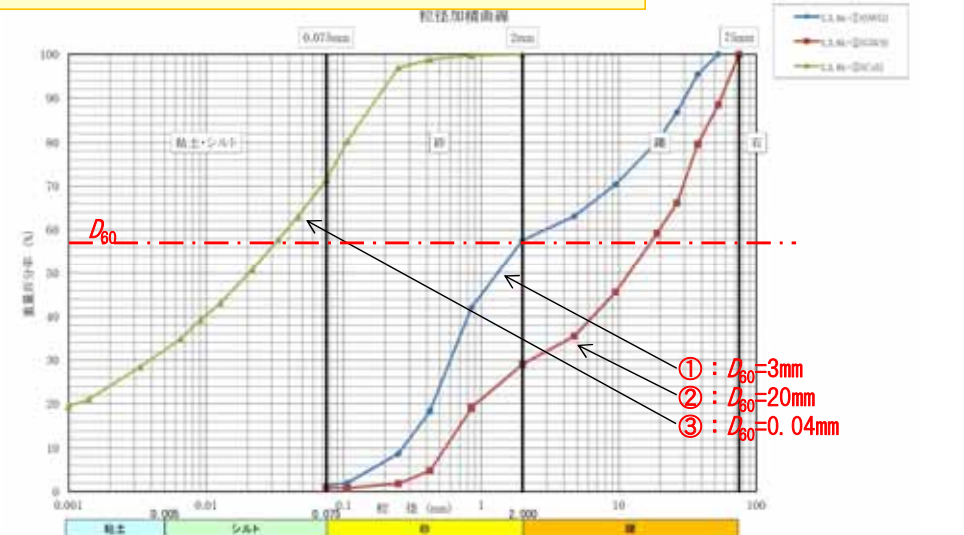


## 決壊区間下流端部の現地写真



7月9日撮影

## 決壊区間下流端部の土質サンプルの粒度分布曲線



※今次洪水に関する数値等は速報値であり、今後変更となることがある。

# 被災要因の分析(左岸3k400)

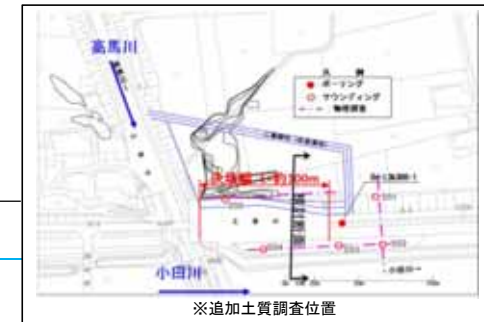
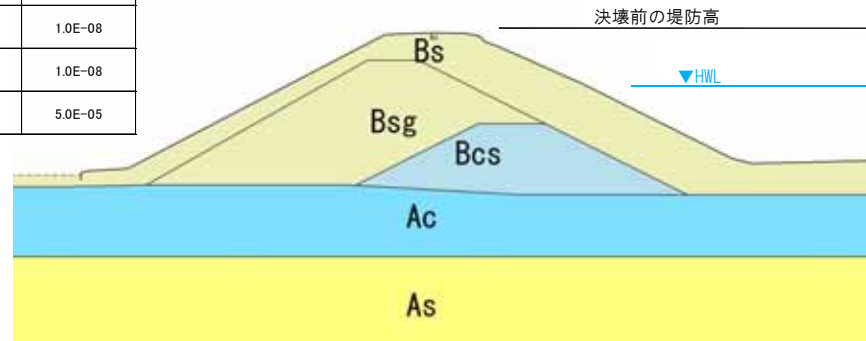
浸透

■堤体の地層区分はスケッチに基づいて設定した上で、決壊箇所近傍でボーリング調査、サウンディング(スウェーデン、簡易貫入試験)、弾性波探査等の追加調査を実施し、土質定数を設定した。

## 地盤モデル図

※今後精査による変更の可能性がある

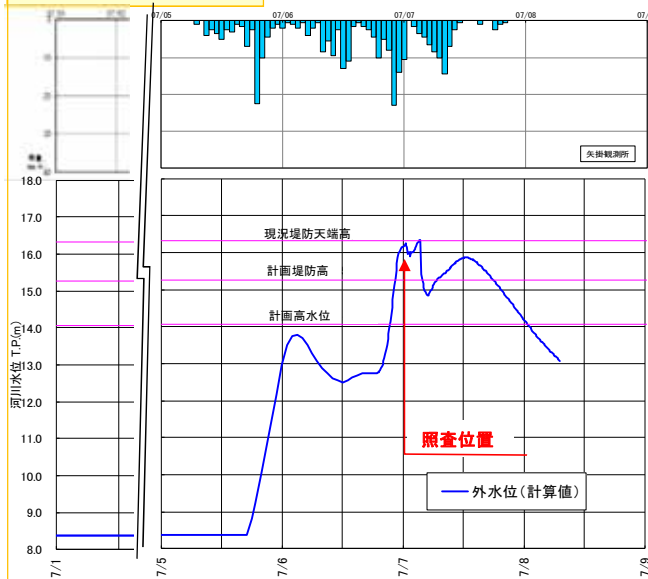
土層名	$\gamma^t$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma^{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	c (kN/m <sup>2</sup> )	$\phi$ (deg)	k (m/s)
Bs	16.7	19.3	1.0※	11.8※	3.0E-05
Bsg	18.6	19.6	1.0	38	9.8E-05
Bcs	19.1	19.1	40.0	0	1.0E-08
Ac	-	19.1	40.0	0	1.0E-08
As	-	19.0	0.0	34	5.0E-05



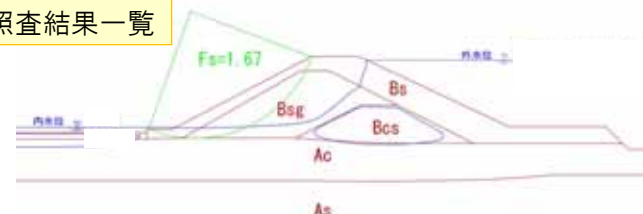
■実績外力を用いて照査を実施し、すべり破壊、盤ぶくれ照査ともに所要の安全率を満足する結果となった。

## 外力条件(実績)

※氾濫解析による推定水位値を使用



## 照査結果一覧



※高馬川左岸の越水による内水を考慮。  
氾濫解析における水位上昇から決壊までの間で、川裏法面の円弧すべりの安全率が最小となる条件で照査を実施。

## 盤ぶくれ照査(G/W)

$$G/W = (\rho_w \cdot H_w + \rho_{Ac} \cdot H_{Ac}) / (\rho_w \cdot P) = (1.0 \times 0.00 + 1.91 \times 3.24) / (1.0 \times 3.08) = 2.01 \text{ OK}$$

ここで、  
 $\rho_w$ : 水の密度 (1.0t/m<sup>3</sup>)  
 $H_w$ : 内水層の厚さ (0.00m)  
 $\rho_{Ac}$ : Ac層の密度 (1.91t/m<sup>3</sup>)  
 $H_{Ac}$ : Ac層の厚さ (3.24m)  
 $P$ : 被覆土層底面の圧力水頭 (3.08m)

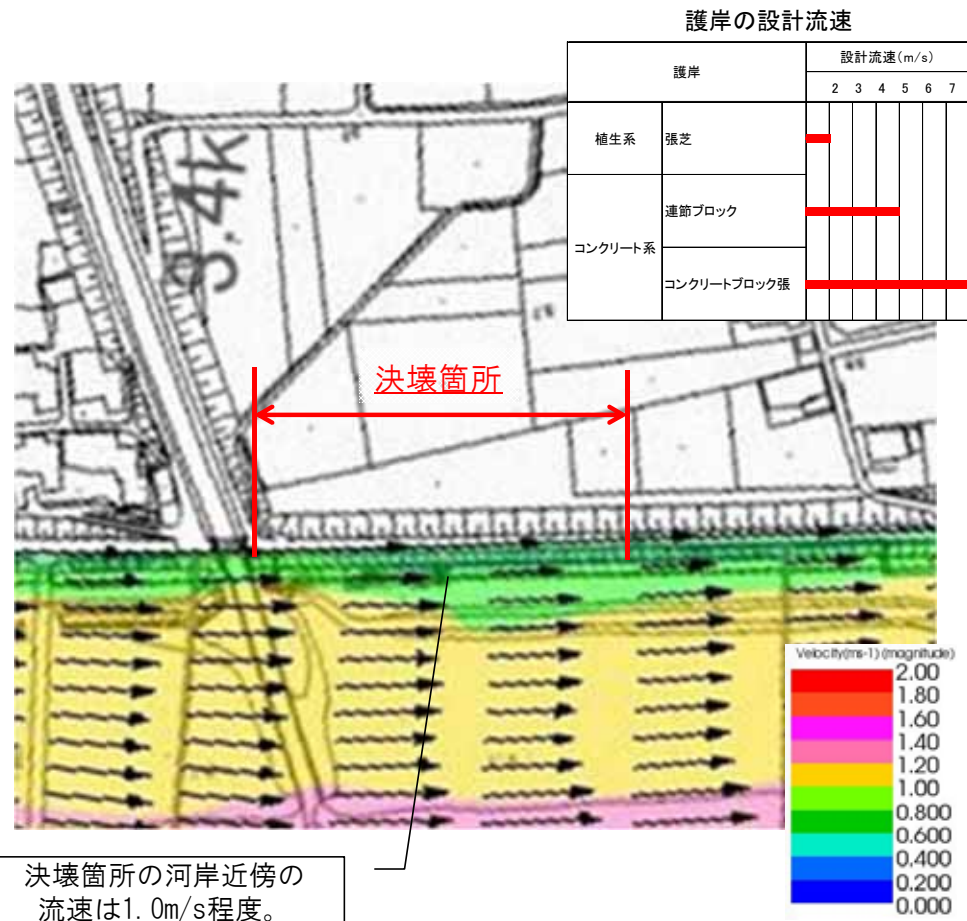
照査項目		解析結果	照査基準値	判定
パイピング	局所動水勾配	iv	0.5	-
		ih	0.5	
盤ぶくれ	G/W	2.00	1.0	OK
円弧すべり	川裏	F <sub>smin</sub>	1.4	OK
			1.67	

※「手引き」: 河川堤防の構造検討の手引き, H24. 2

※法尻に浸潤面が達しないため、パイピング照査不要

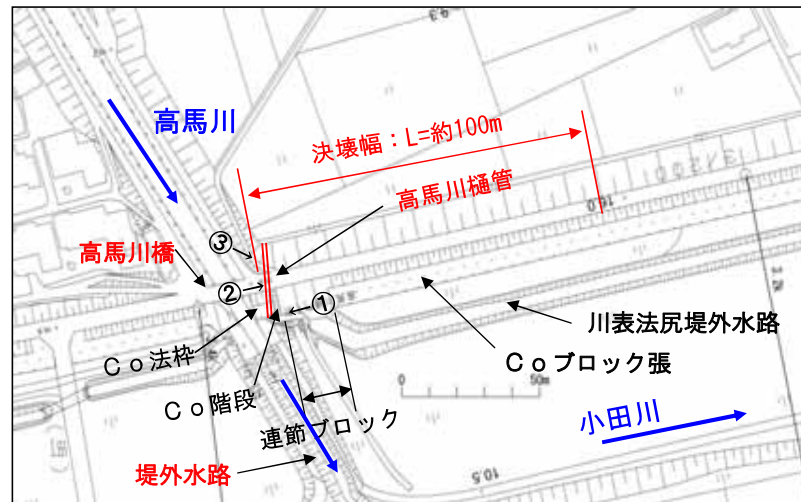
- 小田川左岸3k400については、流向が堤防と並行で、再現計算結果から決壊箇所の河岸近傍の流速は1.0m/s程度であると推定した。
- 侵食破壊が生じた場合、河道内・決壊箇所下流側に破壊された構造物が飛散するが多いが、当該箇所では確認されていない。
- 侵食により決壊が生じた可能性は低いと推定した。

流速分布図（決壊点付近の流速ピーク時）

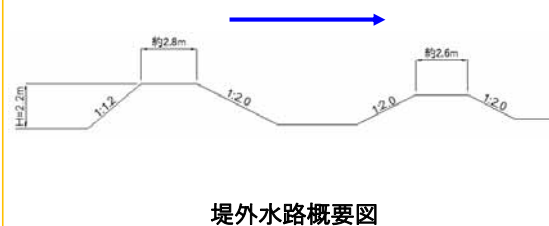


- 左岸3k400の決壊区間には、多くの構造物が複雑な位置関係で存在しており、構造物による決壊要因として下記事項が考えられるが、調査・分析の結果、構造物の影響による決壊の可能性は低いと推定した。
- ①高馬川から連続する堤外水路の小堤により局所的な流れの乱れは見られるが、流速は0.6m/s以下である。(P9)
  - ②長時間HWLを超える水位が継続したことにより、河川水の堤体内への浸透が考えられるが、今次洪水に対する照査の結果、浸透に対する所要の安全率を満足することを確認した。(P6)
  - ③高馬川橋や高馬川樋管周りは粘性土で埋め戻されていたと推察され、構造物周りにおける浸透の可能性は低いと推定した。(P8, P12)

平面図及び空撮(上記の①②)



堤外水路(上記①) 小田川

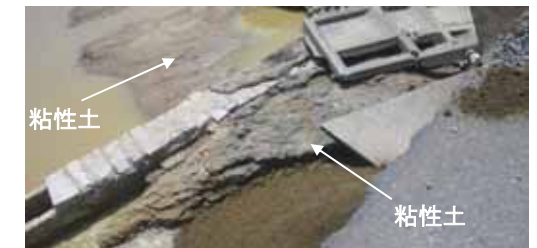


高馬川樋管(上記③)



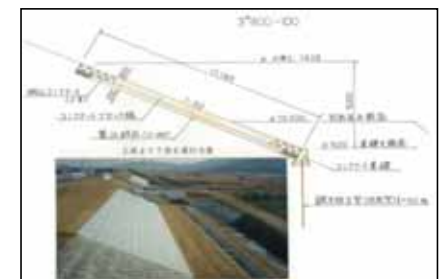
① 高馬川樋管吐口部 7月9日撮影

高馬川樋管; 大正5年築造  
断面0.5m×0.53m  
※竣工図・台帳なし(角石蓋掛け暗渠化構造)



② 高馬川樋管周辺の土砂状況

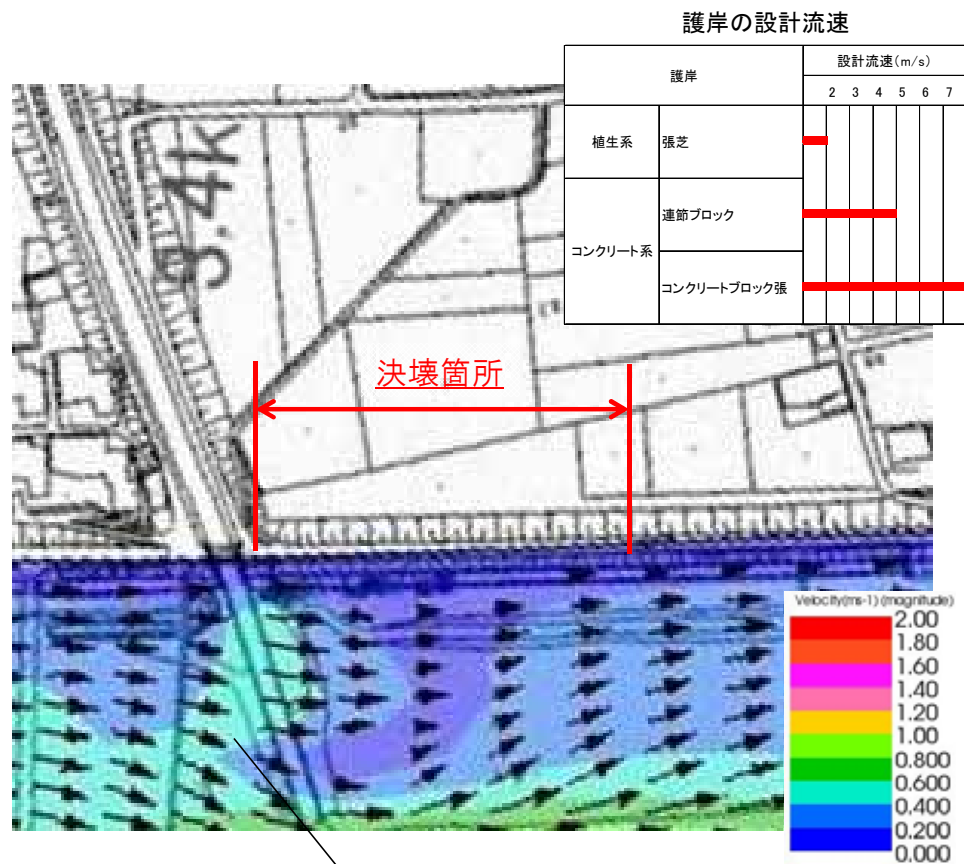
小田川の護岸構造(上記②)



③ 高馬川樋管破損状況 7月9日撮影

■再現計算結果から、洪水初期の低流量時においては、小堤により流向の変化は確認できるが、流速は0.6m/s程度であると推定した。  
■侵食により決壊が生じた可能性は低いと推定した。

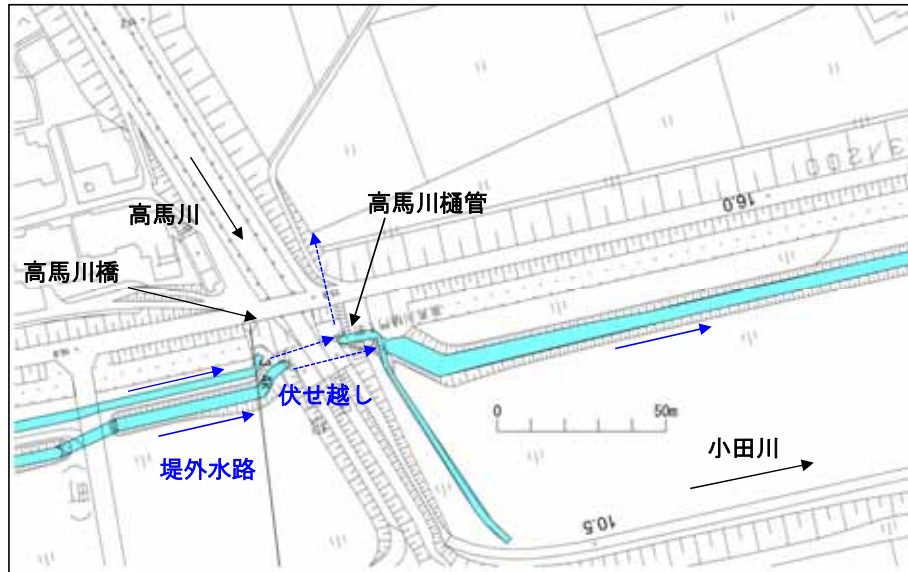
流速分布図（流量430m<sup>3</sup>/s程度）P8-①



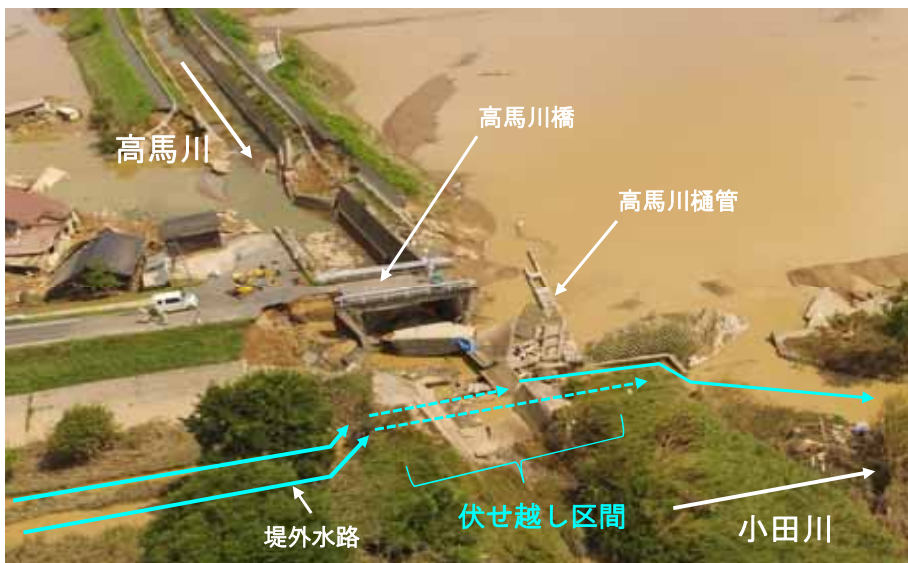
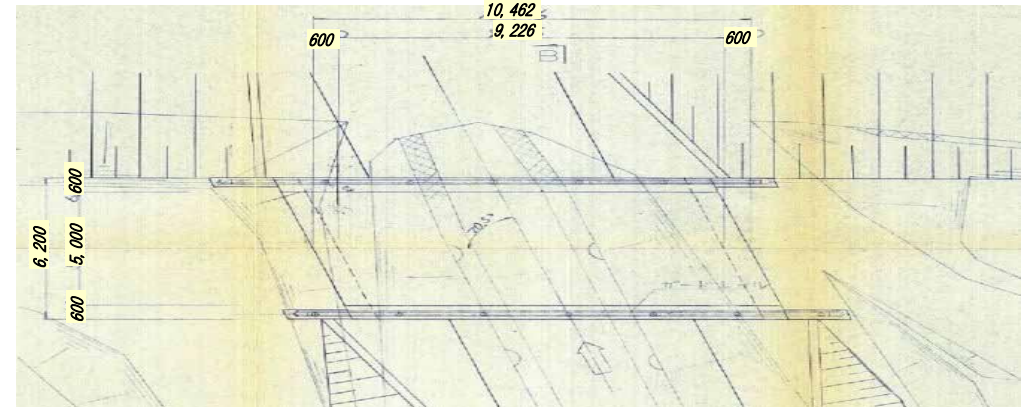
小堤周辺で流向の変化はあるが流速は0.6m/s程度。



高馬川橋 (P8-③)



高馬川橋一般図



高馬川橋周辺の土砂状況

### ★決壊の主たる原因

①堤防を「越水」した河川水により、堤防川裏法面が侵食され決壊に至ったと推定した。

	各被災要因別の考察	影響程度
越水による堤防決壊	<ul style="list-style-type: none"> <li>・堤防高と痕跡水位を検証した結果、まず、高馬川の堤防が低い箇所から越水したと推定した。</li> <li>・その後、小田川の堤防高が前後区間と比較し相対的に低い高馬川合流点から越水が発生したと推定した。</li> <li>・堤防高と痕跡水位の関係から推定される越水箇所と、落堀の発生箇所は一致しており、越水箇所から堤防決壊に至ったと推定した。</li> </ul>	○
浸透による堤防決壊	<ul style="list-style-type: none"> <li>・今次洪水の実績水位ハイドロ及び降雨による検証の結果、浸透に対する安全性は確保できていたと推察され、堤防決壊の主たる要因ではなかったと推定した。</li> <li>・しかし、計画高水位を長時間超過したことや降雨の継続により、河川水や雨水、及び内水による浸水も発生していたと推定され、堤体内に多くの水が浸透していたと推察され、堤防が弱体化した可能性があり、越水による川裏法面の侵食過程において、何らかの影響を及ぼした可能性は排除できない。</li> </ul>	△
侵食による堤防決壊	<ul style="list-style-type: none"> <li>・洪水時の河岸近傍流速は1.0m/s程度であり、川表側からの侵食が堤防決壊の原因となった可能性は低い（張芝部が侵食される流速は2.0m/s程度）と推定した。</li> </ul>	—
構造物の影響による堤防決壊	<ul style="list-style-type: none"> <li>・洪水時の高馬川合流点付近における流況検証、決壊箇所周辺に存在する構造物周辺の現地状況検証の結果、構造物の影響が堤防決壊の原因となった可能性は低いと推定した。</li> </ul>	—

■堤防決壊の主たる原因は「越水」と推定され、その決壊プロセスは以下のとおりであると推察した。

段階	プロセス	模式図
STEP 1 堤体内部の水位 上昇	<ul style="list-style-type: none"> <li>・長時間にわたって計画高水位を超過し、河川水位が高い状態が続き、降雨も長時間続いた。</li> <li>・このため、堤防に河川水及び雨水が浸透し、堤体内部の水位が徐々に上昇したと推定した。</li> </ul>	
STEP 2 越水の開始と 内水の発生	<ul style="list-style-type: none"> <li>・さらに河川水位が上昇し、まず、小田川より堤防高の低い高馬川が越水し、その後小田川の前後区間と比較し堤防の低い高馬川合流点付近の隅角部に越流水が集中したと推定した。</li> <li>・宅地側では内水による浸水も発生したと推定した。</li> </ul>	
STEP 3 川裏法面の洗掘	<ul style="list-style-type: none"> <li>・越水箇所には、天端舗装が施工されており、決壊に至るまでの時間をある程度引き延ばしたと推察される。</li> <li>・越水により、時間の経過とともに、川裏法面の表土が侵食され、その内部に存在する緩い砂質土が、侵食を受け堤防断面が減少するとともに、堤防法尻部では落堀が形成され法尻部の洗掘が進行したと推定した。</li> </ul>	
STEP 4 決壊 (堤体流出)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・更に川裏法面の侵食及び法尻部の洗掘が進み、堤体が決壊、もしくは途中で川側からの水圧に耐えきれず堤防が決壊したと推定した。</li> <li>・また、小田川の堤防は、高馬川合流点付近から決壊し、下流側へ決壊が拡大したと推定した。</li> </ul>	

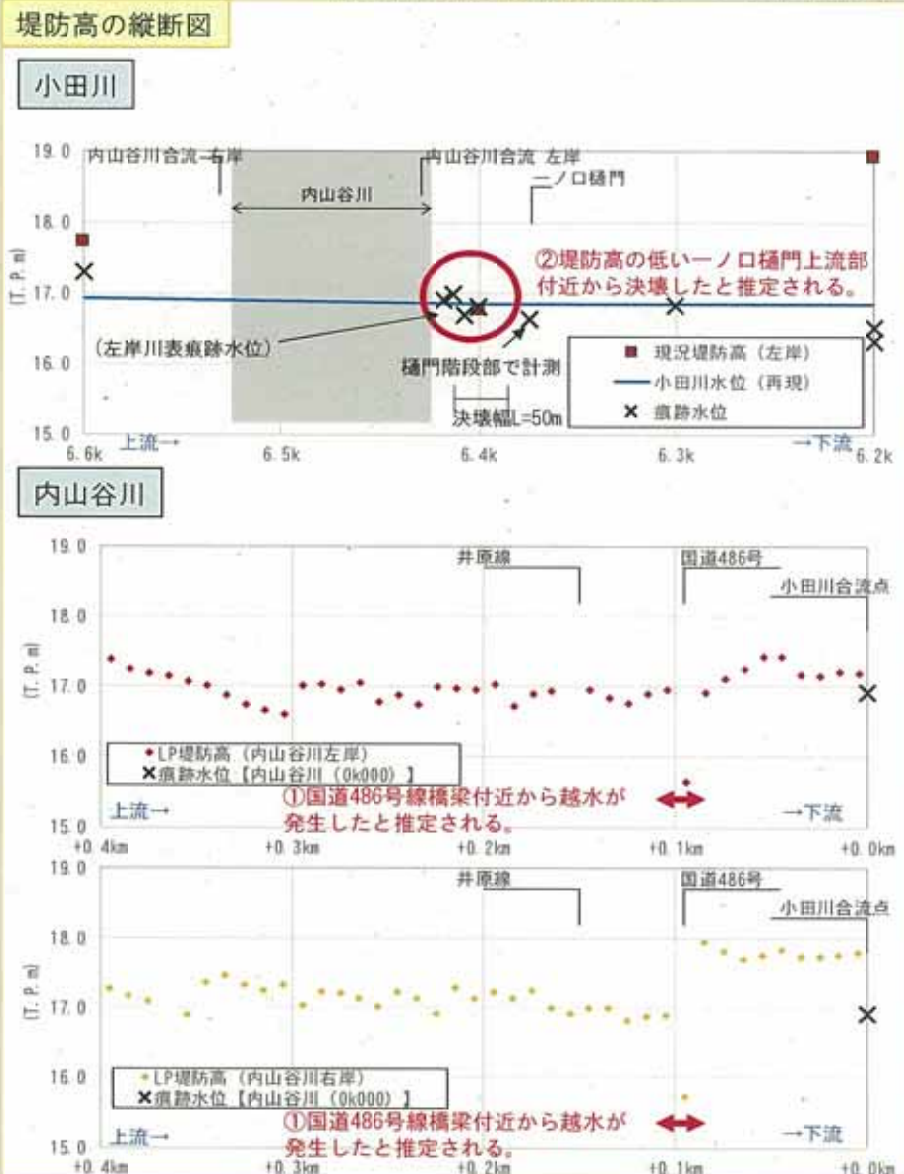
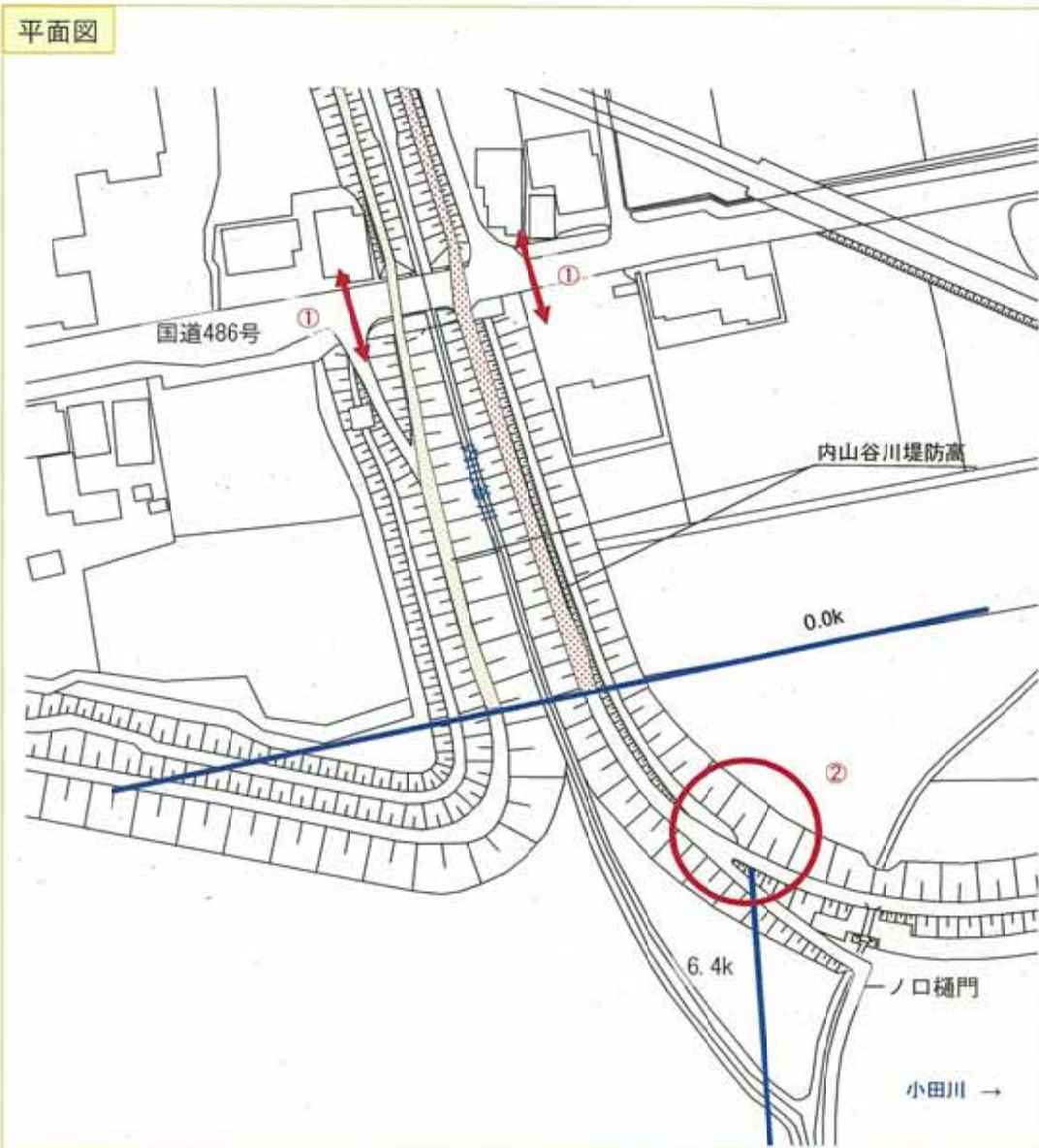


# 被災要因の分析(左岸6k400)

## ①越水

- 現況堤防高※及び痕跡水位から、堤防高の低い内山谷川に架かる国道486号線橋梁付近から溢水が発生したと推定した。
- その後、小田川の水位上昇により、前後に比較し堤防高の低い小田川・内山谷川合流点付近から越水が発生したと推定した。

※小田川の現況堤防高は定期測量成果 (H28)  
※内山谷川の現況堤防高は国所有のLPデータ (H18) からの推定



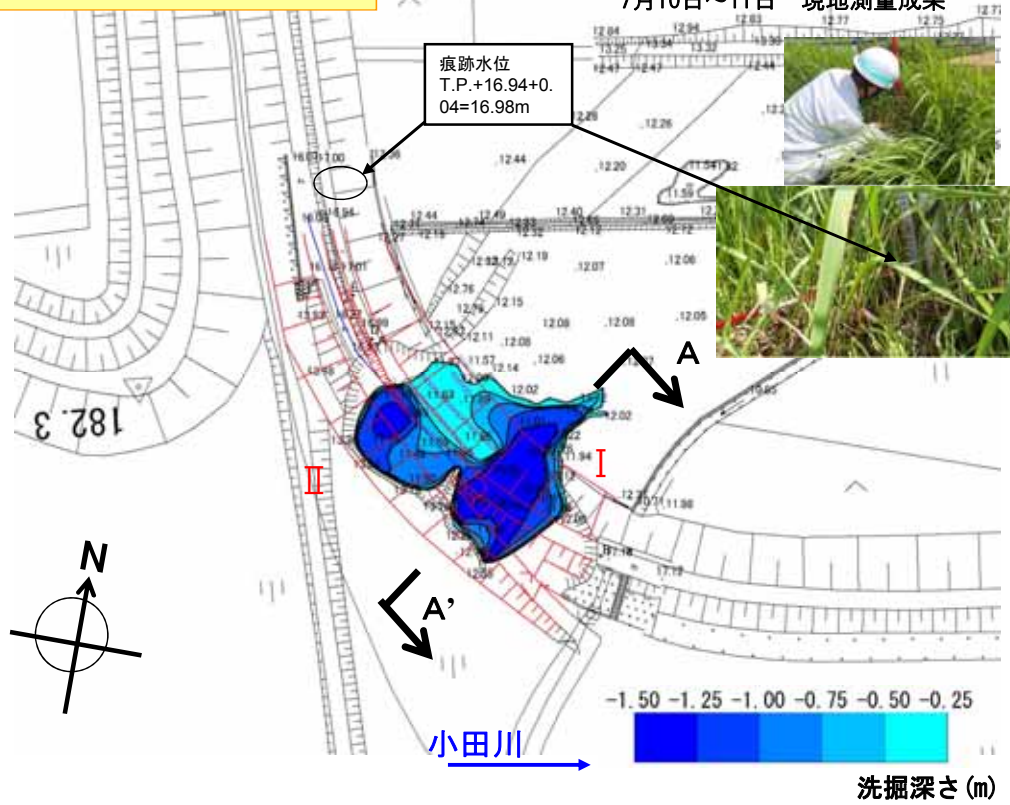
※今次洪水に関する数値等は速報値であり、今後変更となることある。

# 被災要因の分析(左岸6k400)

越水

- 現地調査の結果、小田川堤防一ノ口樋管上流付近に最大深さ1.5m程度の「落堀」を確認した。
- 小田川堤防一ノ口樋管上流付近の落堀は、樋管直上流部(図中I)に比較し、西側(図中II)の落堀の範囲が狭いことを確認した。
- 図中Iの落堀の痕跡から図中IIの落堀と比較すると流水がより集中し、大きな洗掘を受けたと推定した。(表裏が石張り構造の旧堤防も流出し、旧堤防流出箇所では木杭が一部残存していることを確認した)

「落堀」洗掘深コンター図



現地調査写真



①決壊箇所全景 7月9日撮影

②下流側決壊断面 7月9日撮影



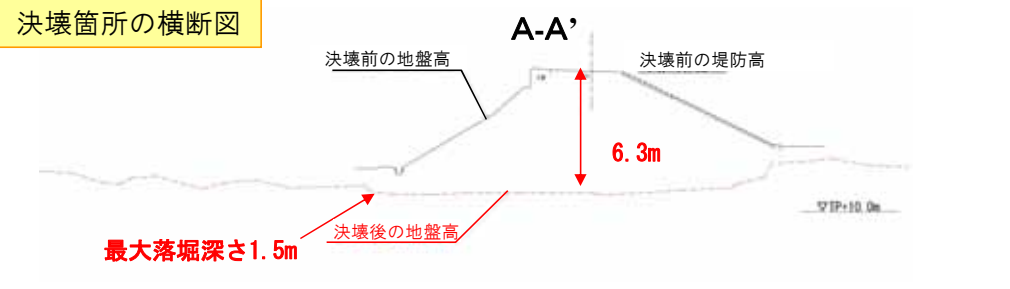
③決壊箇所堤内側の落堀状況 7月9日撮影



④決壊箇所の堤防構築跡 7月10日撮影

⑤基礎地盤は粘性土主体 7月10日撮影

決壊箇所の横断図

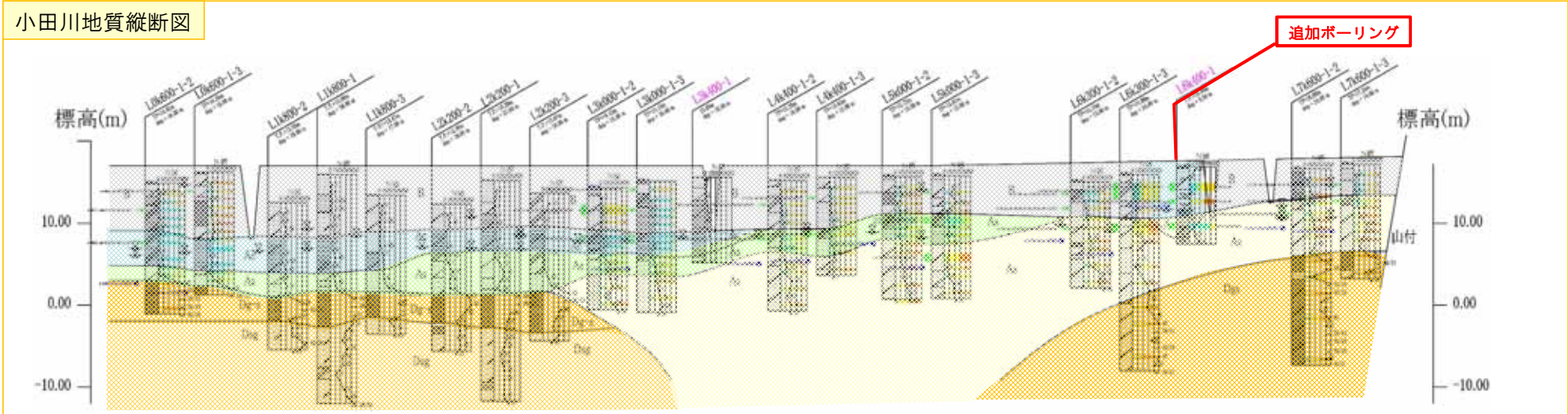


# 被災要因の分析(左岸6k400)

浸透

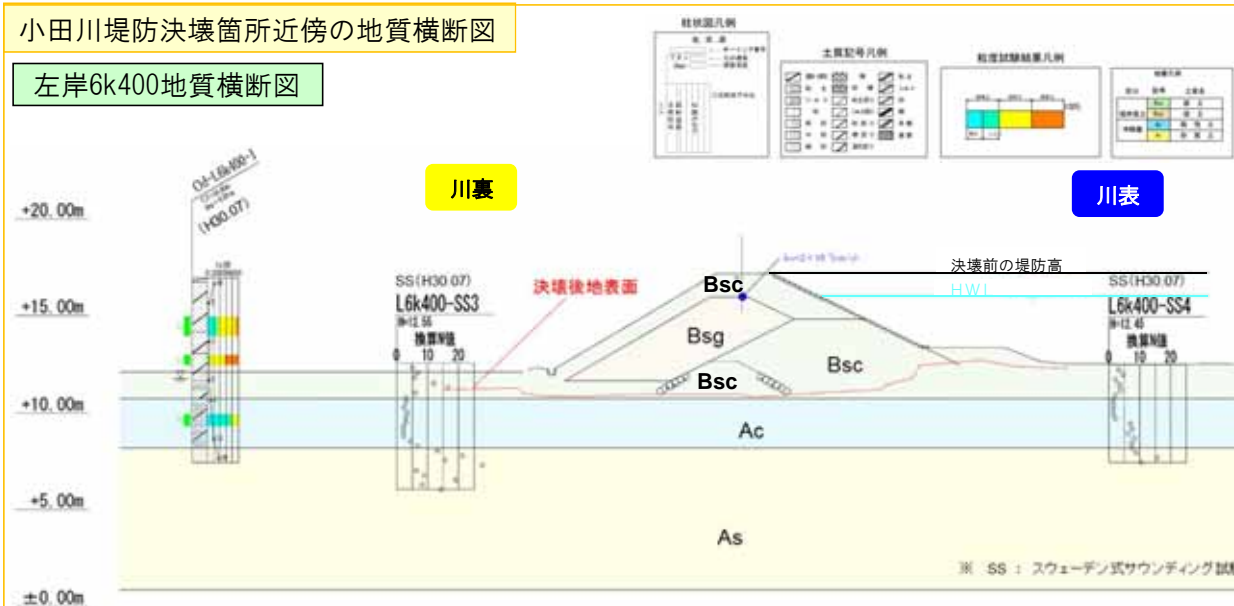
- 小田川左岸6k400付近において、追加のボーリング調査等を決壊箇所周辺で実施した。
- 小田川左岸6k400の決壊箇所における盛土材料は、堤体内部が砂質土主体で、上部が粘性土主体で構成されていると推察した。
- 近傍の左岸6k300は、築堤材料が砂質土主体で構成されていると推察され、決壊箇所と大きく異なる堤体材料で構成されていると推察した。
- 治水地形分類図では、当該箇所は「氾濫平野」地形が基礎地盤を形成していると推察した。

小田川地質縦断面図

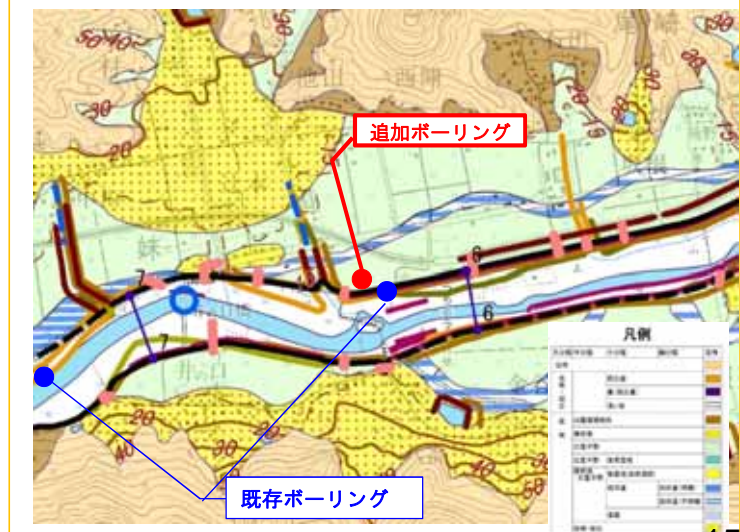


小田川堤防決壊箇所近傍の地質横断面図

左岸6k400地質横断面図



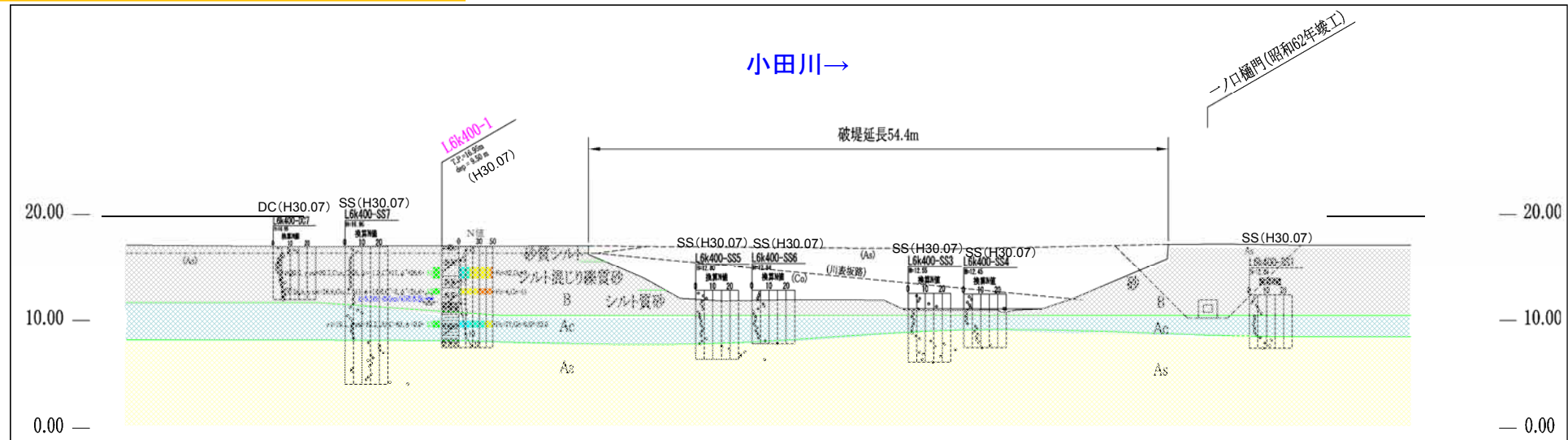
治水地形分類図



※今次洪水に関する数値等は速報値であり、今後変更となることある。15

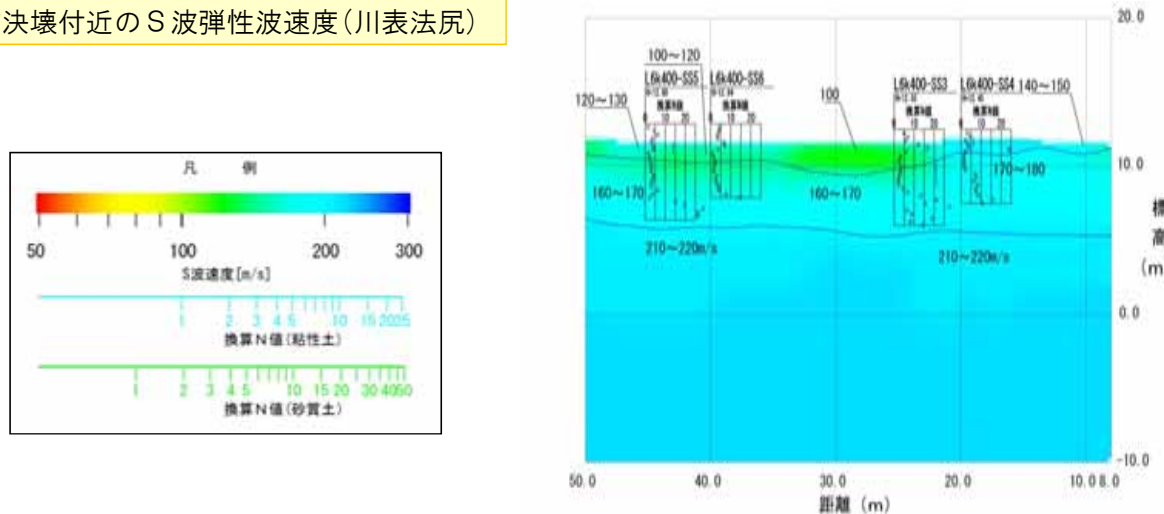
- 小田川左岸6k400付近において弾性波探査を実施した。
- S波弾性波速度、並びにボーリングやサウンディング結果よりT. P. +10m以深には「Ac層」が連続していると推察した。

小田川左岸6k400堤防決壊付近の地質縦断面図



※DC : 簡易動的コーン貫入試験  
SS : スウェーデン式サウンディング試験

小田川左岸6k400堤防決壊付近のS波弾性波速度(川表法尻)



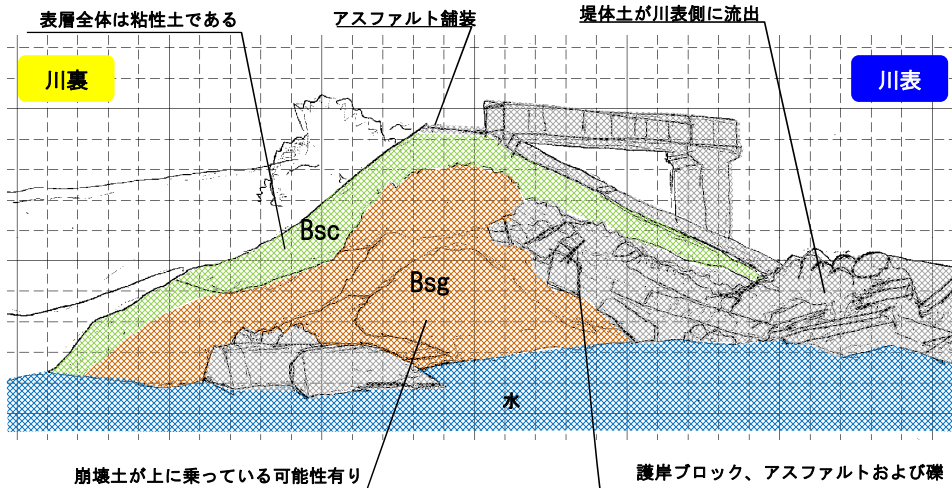
※今次洪水に関する数値等は速報値であり、今後変更となる可能性がある。

# 被災要因の分析(左岸6k400)

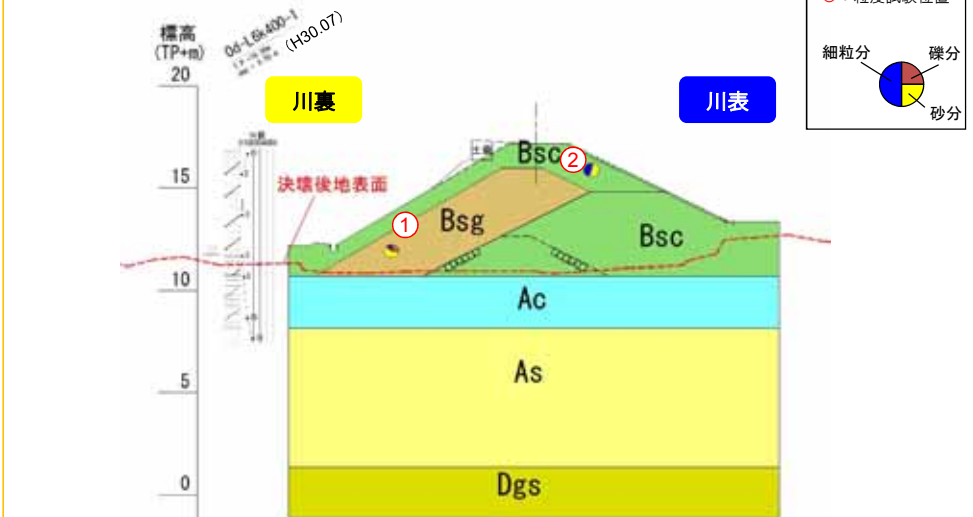
浸透

- 小田川左岸6k400の決壊区間の下流端断面における堤防の盛土材料は、「粘性土」が主体の旧堤防を「礫質土」主体の中間土が覆っており、表土は「粘性土」で覆われていることを確認した。
- 基礎地盤については、既存の6K300のボーリング調査結果より、堤体直下に約3mの「Ac層」、その下に「As層」の分布を確認した。

## 決壊区間下流端部の現地観察結果



## 決壊区間下流端部の推定地質横断面図



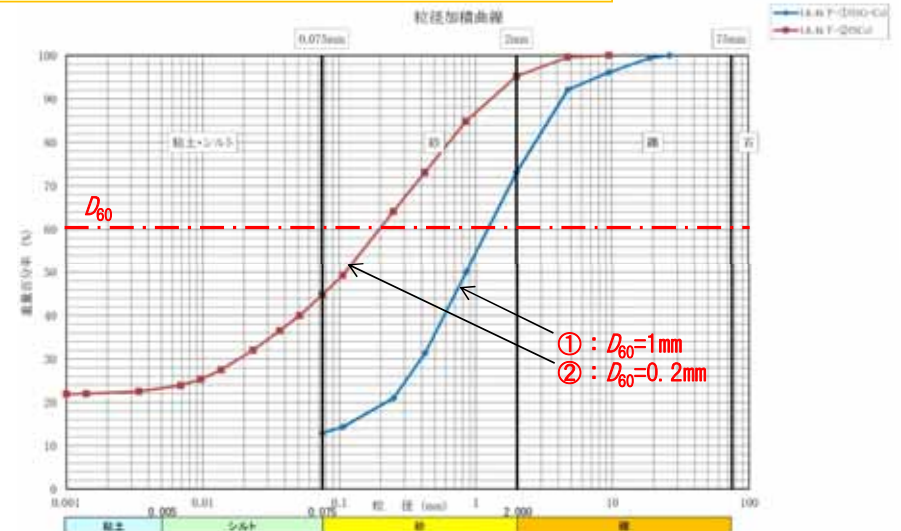
## 決壊区間下流端部の現地写真



7月9日撮影

## 決壊区間下流端部の土質サンプルの粒度分布曲線

※試験位置は横断面を参照



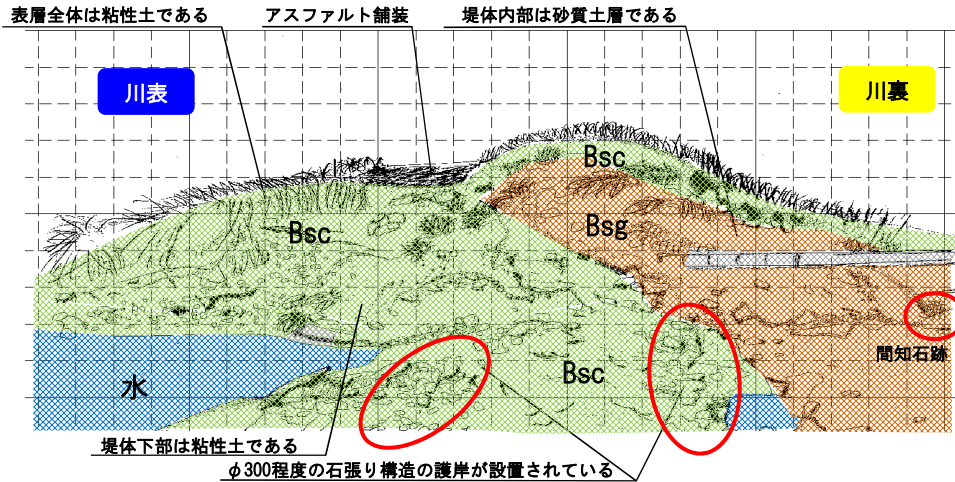
※今次洪水に関する数値等は速報値であり、今後変更となることがある。

# 被災要因の分析(左岸6k400)

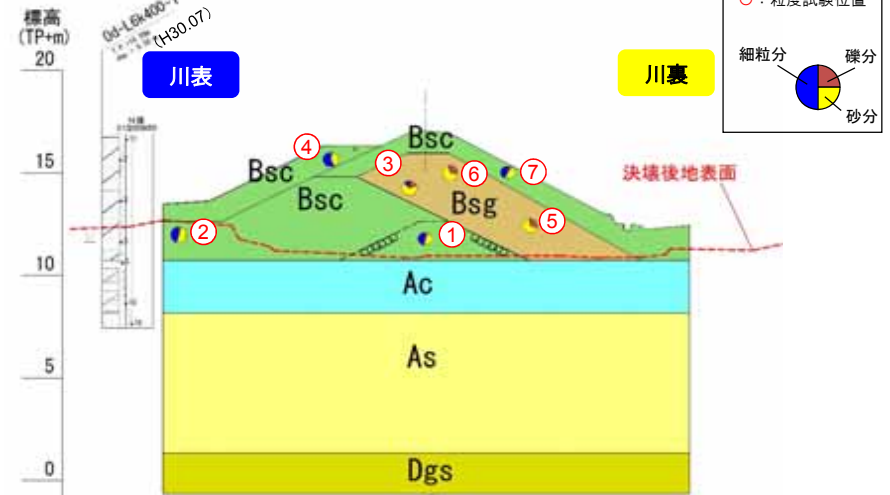
浸透

- 小田川左岸6k400の決壊区間の上流端断面における堤防の盛土材料は、「粘性土」が主体の旧堤防を川裏側に腹付けして拡築され「礫質土」主体の材料となっている。さらに、川表側に拡築が行われ、「砂質土」主体の材料で覆われ、表土は川表拡築と同様に「砂質土」主体の材料で覆われていることを確認した。
- 基礎地盤については、既存の6K300のボーリング調査結果より、堤体直下に約3mの「Ac層」、その下に「As層」の分布を確認した。

## 決壊区間上流端部の現地観察結果



## 決壊区間上流端部の推定地質横断面図

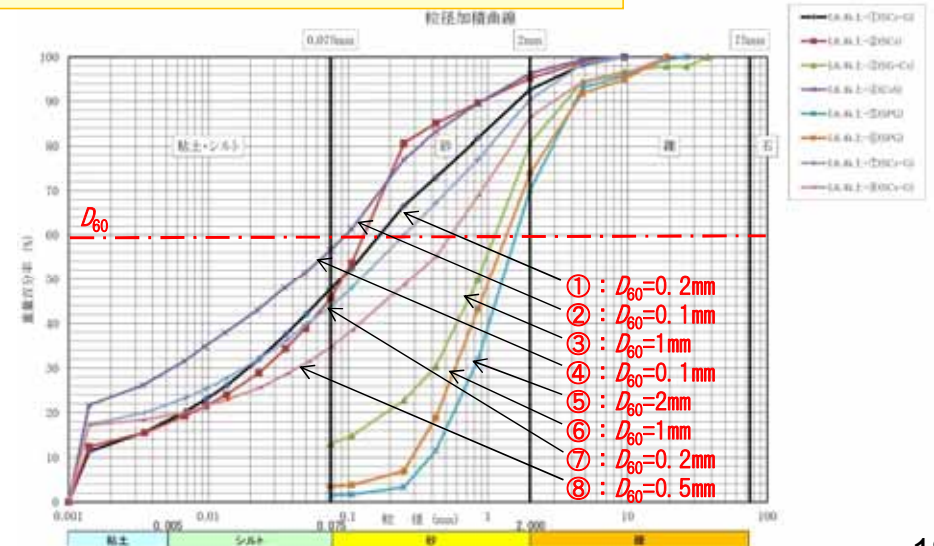


## 決壊区間上流端部の現地写真



7月9日撮影

## 決壊区間上流端部の土質サンプルの粒度分布曲線



※今次洪水に関する数値等は速報値であり、今後変更となる可能性がある。

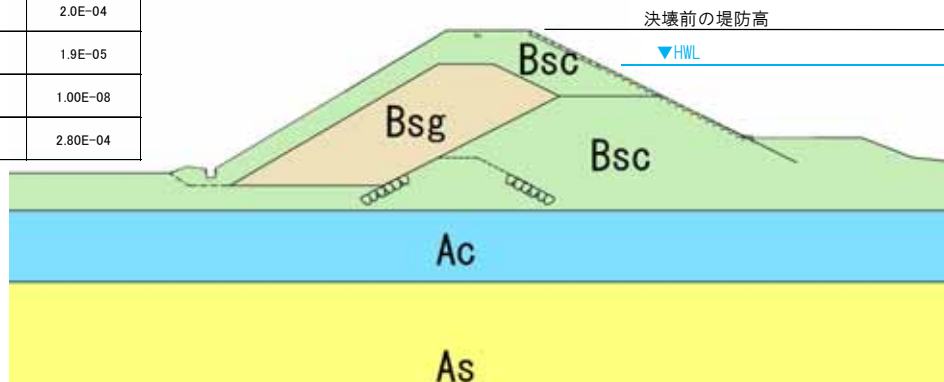
# 被災要因の分析(左岸6k400)

浸透

■堤体の地層区分はスケッチに基づいて設定した上で、決壊箇所近傍でボーリング調査、サウンディング(スウェーデン、簡易貫入試験)、弾性波探査追加調査を実施し土質定数を設定した。

地盤モデル図

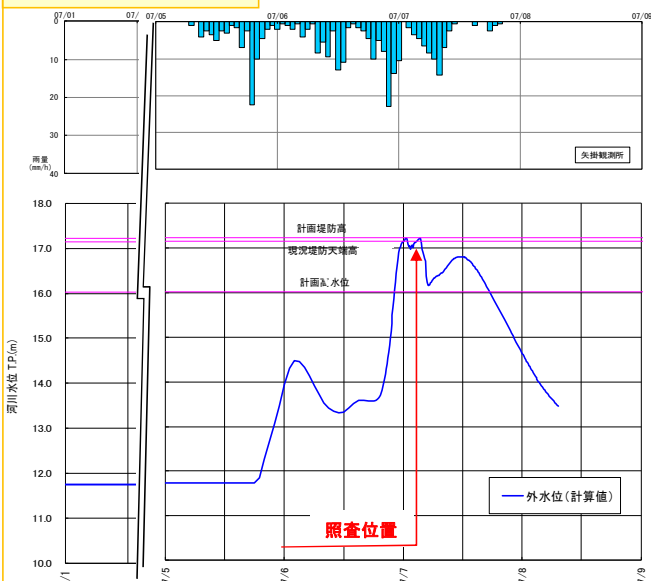
土層名	$\gamma^t$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma^{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	c (kN/m <sup>2</sup> )	$\phi$ (deg)	k (m/s)
Bsc1	15.3	18.4	3.0	27.3	1.9E-05
Bsg	16.5	19.3	1.0	35.7	2.0E-04
Bsc2	20.0	20.3	17.0	26.0	1.9E-05
Ac	-	19.3	63.0	-	1.00E-08
As	-	20.4	0.0	35.0	2.80E-04



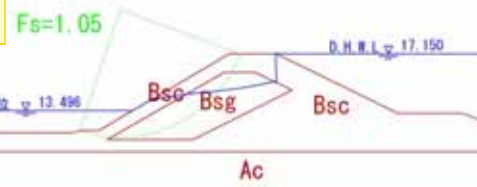
■実績外力を用いて照査を実施した結果、浸透に対する照査基準値を満足しないが安全率1.0を上回る結果となった。

外力条件(実績)

※氾濫解析による推定水位値を使用



照査結果一覧



※国道486号線付近からの溢水による内水を考慮。  
氾濫解析における水位上昇から決壊までの間で、川裏法面の円弧すべりの安全率が最小となる条件で照査した。

盤ぶくれ照査結果

$$G/W = (\rho_w \cdot H_w + \rho_{Bsc} \cdot H_{Bsc} + \rho_{Ac} \cdot H_{Ac}) / (\rho_w \cdot P) = (1.0 \times 0.82 + 2.03 \times 1.33 + 1.93 \times 2.66) / (1.0 \times 6.37) = 1.35 \text{ OK}$$

ここで、

- $\rho_w$ : 水の密度 (1.0t/m<sup>3</sup>)
- $H_w$ : 内水層の厚さ (0.82m)
- $\rho_{Bsc}$ : Bsc層の密度 (2.03t/m<sup>3</sup>)
- $H_{Bsc}$ : Bsc層の厚さ (1.33m)
- $\rho_{Ac}$ : Ac層の密度 (1.93t/m<sup>3</sup>)
- $H_{Ac}$ : Ac層の厚さ (2.66m)
- P: 被覆土層底面の圧力水頭(6.37m)

照査項目		解析結果	照査基準値	判定
パイピング	局所動水勾配	iv	0.20	0.5 「手引き」による照査基準値 OK
		ih	—	0.5 「手引き」による照査基準値 —
	盤ぶくれ	G/W	1.31	1.0 OK
円弧すべり	川裏	Fsmin	1.05	1.4 「手引き」による照査基準値 NG

※「手引き」: 河川堤防の構造検討の手引き, H24.2

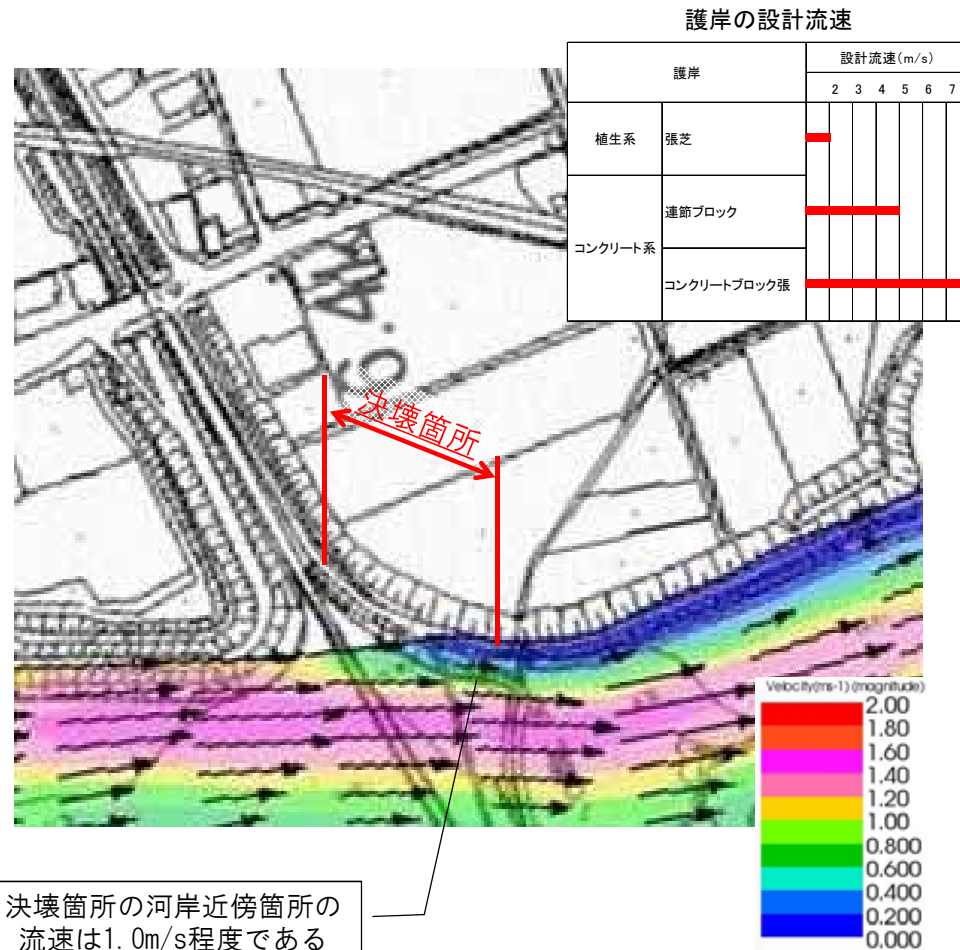
※水平方向は堤体内に水が浸入するため、パイピングは生じない

# 被災要因の分析(左岸6k400)

侵食

- 小田川左岸6k400については、河道の内岸側にあたり、再現計算結果から決壊箇所の河岸近傍の流速は1.0m/s程度であると推定した。
- 侵食破壊が生じた場合、河道内・決壊箇所下流側に破壊された構造物が飛散するケースが多いが、当該箇所では確認されていない。
- 侵食により決壊が生じた可能性は低いと推定した。

流速分布図（決壊箇所付近の流速ピーク時）

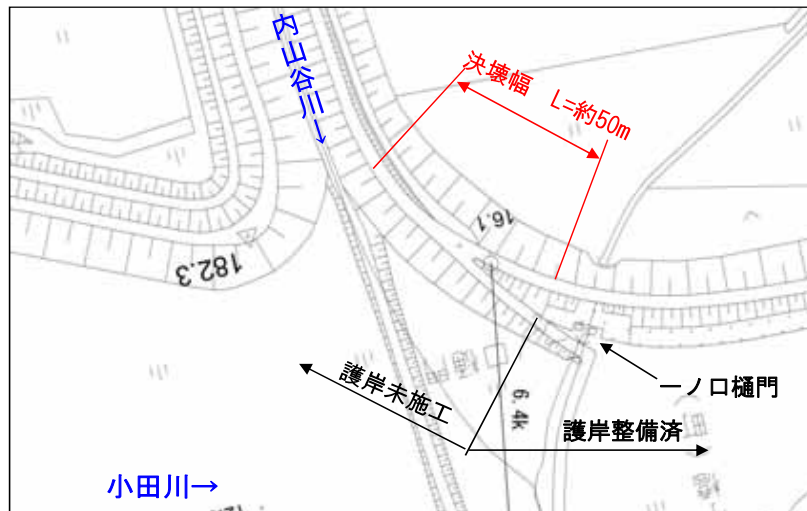




■左岸6k400の決壊区間において、構造物による決壊要因として下記事項が挙げられるが、調査・分析の結果、構造物の影響による決壊の可能性は低いと推察した。

- ①堤防前側の坂路、及び条件護岸は流出しているが、樋門本体には大きな損傷は発生していない。
- ②内山谷川合流部において、局所的な流れの乱れは確認されるが、流速は0.6m/s以下である。(P22)
- ③長時間HWLを超える水位が継続したことによる、河川水の堤体内への浸透が考えられるが、今次洪水に対する照査の結果、浸透に対する照査基準値を満足しないが安全率1.0を上回る結果となった。(川裏すべり1.0以上)ことを確認した。(P19)

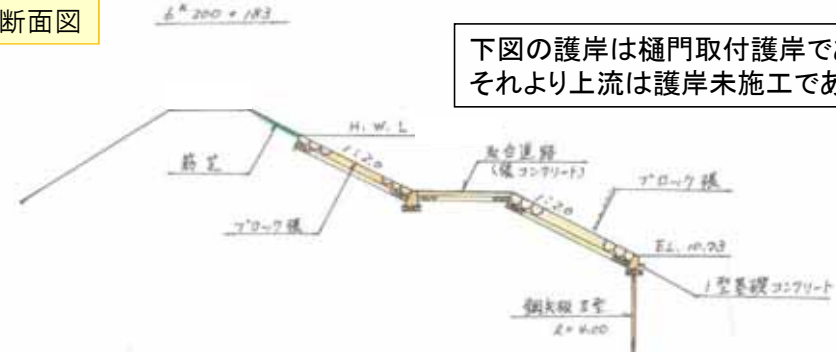
平面図及び空撮



現地写真



堤防・護岸断面図



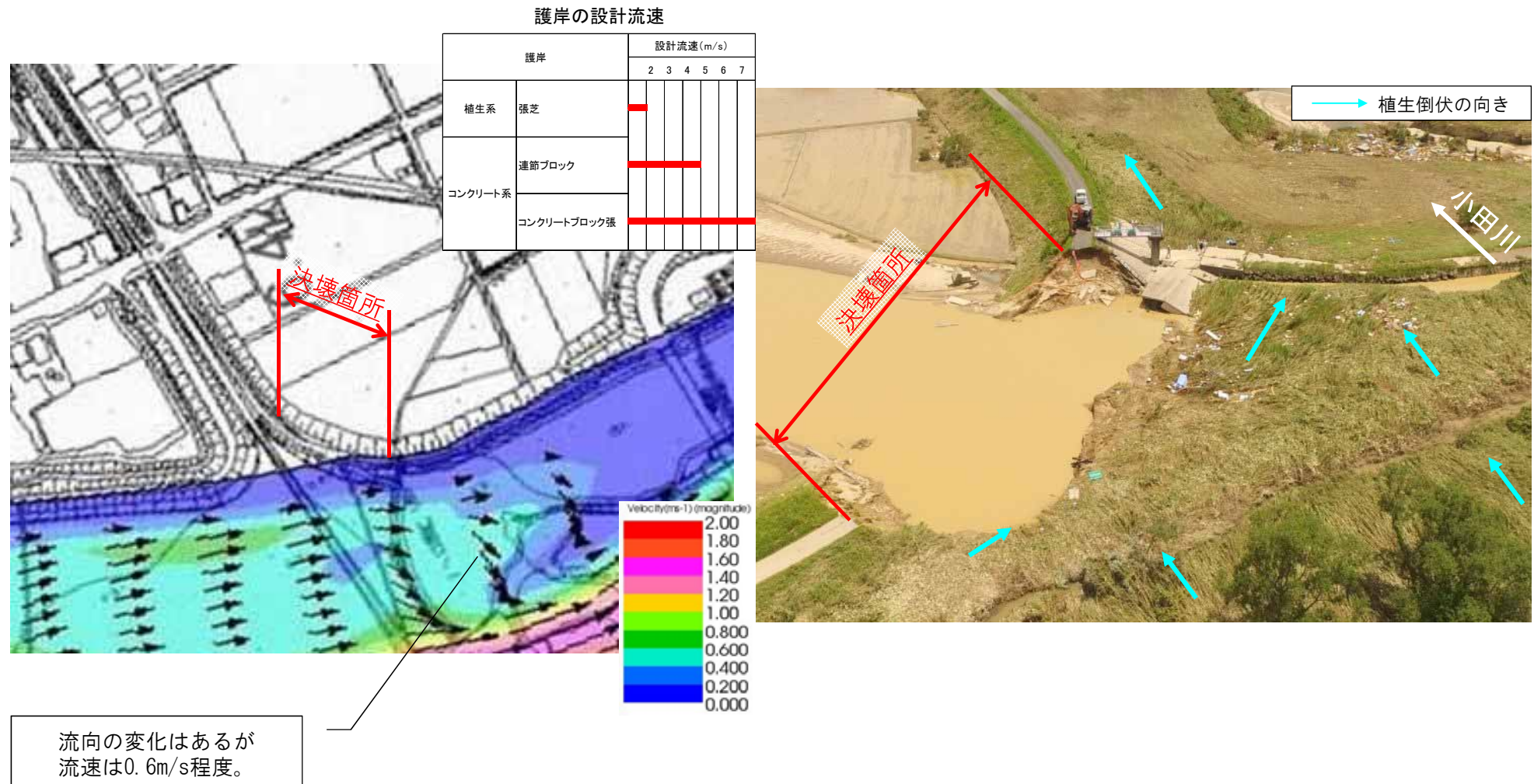
下図の護岸は樋門取付護岸であり、それより上流は護岸未施工である。

護岸台帳(昭和61年度 一ノ口樋門改築工事) より

※今次洪水に関する数値等は速報値であり、今後変更となることがある。

- 再現計算結果から、洪水初期の低流量時においては、高水敷から低水路に向かう流れが確認できるが、流速は0.6m/s程度であると推定した。
- 侵食により決壊が生じた可能性は低いと推定した。

流速分布図(流量430m<sup>3</sup>/s程度) P21-②



### ★決壊の主たる原因

①堤防を「越水」した河川水により、堤防川裏法面が侵食され決壊に至ったと推定した。

	各被災要因別の考察	影響程度
越水による堤防決壊	<ul style="list-style-type: none"> <li>・堤防高と痕跡水位を検証した結果、まず、内山谷川に架かる橋梁付近から溢水が発生したと推定した。</li> <li>・その後、小田川の堤防高が前後区間と比較し相対的に低い箇所から越水が発生したと推定した。</li> <li>・堤防高と痕跡水位の関係から推定される越水箇所と、落堀が発生箇所は一致しており、越水箇所から堤防決壊に至ったと推定した。</li> </ul>	○
浸透による堤防決壊	<ul style="list-style-type: none"> <li>・今次洪水の実績水位ハイドロ及び降雨による検証の結果、浸透に対する照査基準値を満足しないが、決壊箇所周辺で確証が得られるだけの痕跡等が得られなかったことから、堤防決壊の原因であると特定できなかったものの、その可能性は排除できない。</li> <li>・また、計画高水位を長時間超過したことや降雨の継続により、河川水や雨水、及び内水による浸水も発生していたと推定され、堤体内に多くの水が浸透していたと推察され、堤防が弱体化した可能性があり、越水による川裏法面の侵食過程において、何らかの影響を及ぼした可能性は排除できない。</li> </ul>	△
侵食による堤防決壊	<ul style="list-style-type: none"> <li>・洪水時の河岸近傍流速は1.0m/s程度であり、川表側からの侵食が堤防決壊の原因となった可能性は低い（張芝部が侵食される流速は2.0m/s程度）と推定した。</li> </ul>	—
構造物の影響による堤防決壊	<ul style="list-style-type: none"> <li>・洪水時の内山谷川合流点付近における流況検証、決壊箇所周辺に存在する構造物周辺の現地状況検証の結果、構造物の影響が堤防決壊の原因となった可能性は低いと推定した。</li> </ul>	—

■堤防決壊の主たる原因は「越水」と推定され、その決壊プロセスは以下のとおりであると推察した。

段階	プロセス	模式図
STEP 1 堤体内部の水位上昇	<ul style="list-style-type: none"> <li>・長時間にわたって計画高水位を超過し、河川水位が高い状態が続き、降雨も長時間続いた。</li> <li>・このため、堤防に河川水及び雨水が浸透し、堤体内部の水位が徐々に上昇したと推定した。</li> </ul>	
STEP 2 越水の開始と湛水の発生	<ul style="list-style-type: none"> <li>・更に河川水位が上昇し、内山谷川の橋梁部より溢水が発生し、その後小田川の前段区間と比較し相対的に堤防高の低い箇所から越水が発生し、越流水が集中したと推定した。</li> <li>・宅地側では溢水した水が氾濫し、湛水していたと推定した。</li> </ul>	
STEP 3 川裏法面の洗掘	<ul style="list-style-type: none"> <li>・越水箇所には、天端舗装が施工されており、決壊に至るまでの時間をある程度引き延ばしたと推察される。</li> <li>・越水により、時間の経過とともに川裏法面の表土が侵食され、その内部に存在する緩い砂質土がさらに侵食を受け堤防断面が減少するとともに、堤防法尻部では、落堀が形成され法尻部の洗掘が進行したと推定した。</li> </ul>	
STEP 4 決壊 (堤体流出)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・更に川裏法面の侵食及び法尻部の洗掘が進み、堤体が決壊、もしくは途中で川側からの水圧に耐えきれず堤防が決壊したと推定した。</li> </ul>	

# 被災要因の分析 (末政川左岸0.4k)

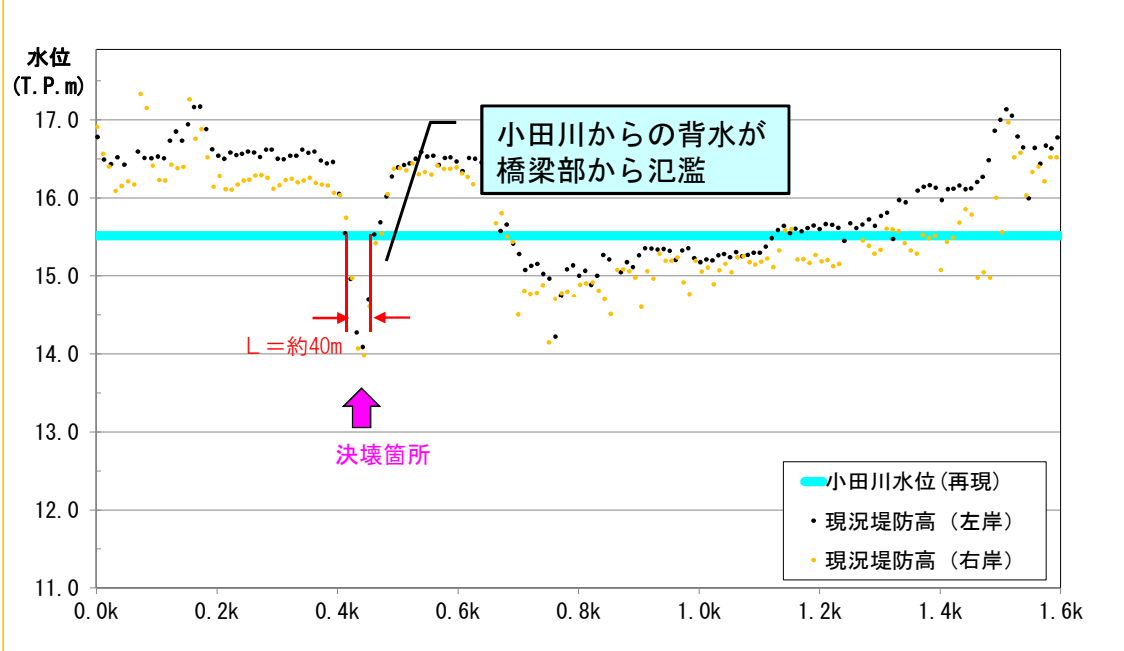
# 被災要因の分析(末政川左岸0.4k) ①越水に対する分析

- 0.4k付近の橋梁部が、上下流に比して相対的に低位にある。
- 末政川の決壊箇所付近において、今次洪水の推定流量は疎通可能であり、溢水は小田川の背水に起因するものと推定した。

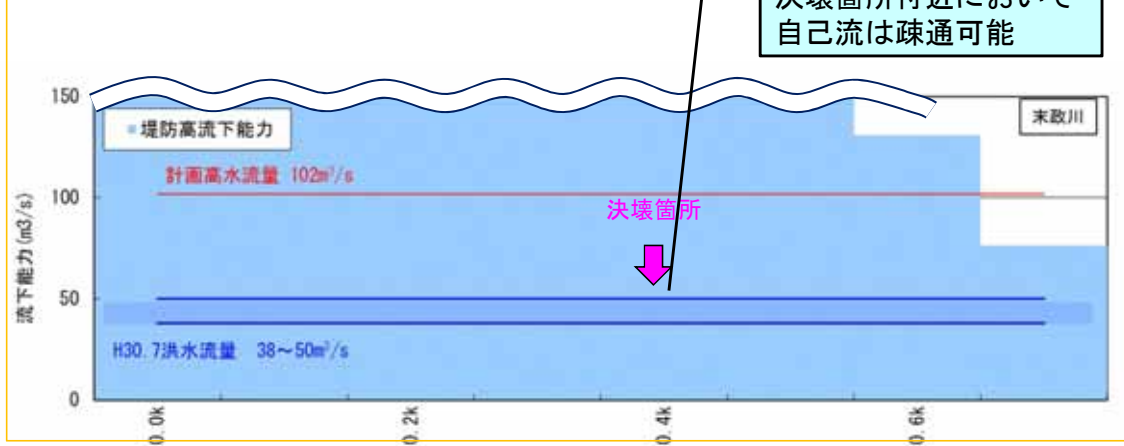
平面図



縦断面図 (LPデータ)



流下能力図 (等流計算)

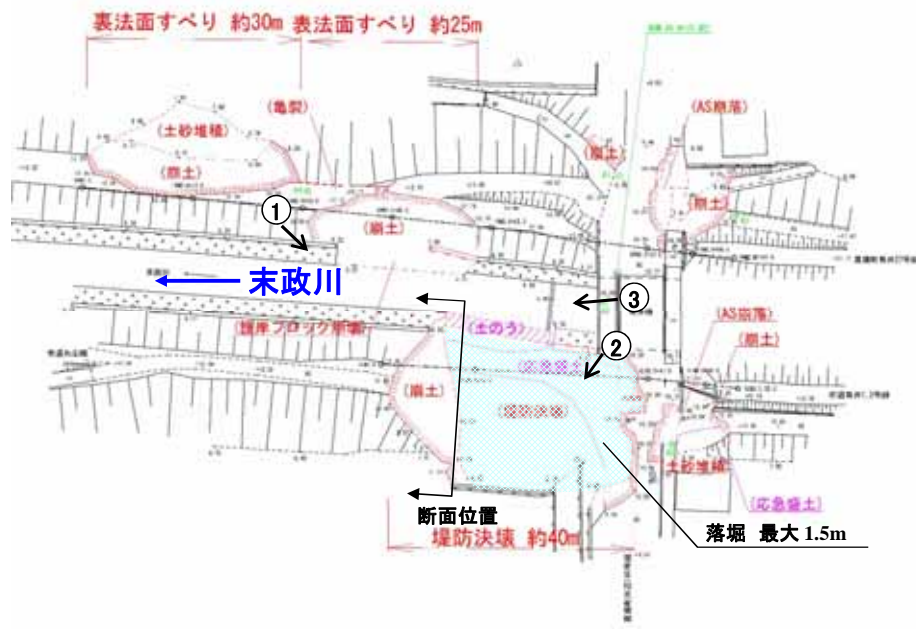


※今次洪水による数値等は速報値であり、今後変更となることがある。

# ■被災要因の分析(末政川左岸0.4k) ①越水に対する分析

- 現地踏査の結果、決壊箇所区間の上流端の橋梁の転落防止柵に溢水の痕跡が確認された。
- 本区間は橋梁部の堤防高が低く、橋梁部からの溢水が主であり、越水による影響は小さいと推定した。
- 現地踏査の結果、堤内側に「落堀」を確認した。橋梁測量図の重ね合せより堤防下部に最大深さ1.5m程度、洗掘されたと推察する。

「落堀」洗掘深平面図



被災後平面図(H30/7 測量成果:任意座標)  
※決壊延長は、被災後の測量より計測

現地調査写真



①決壊箇所全景 7月9日撮影

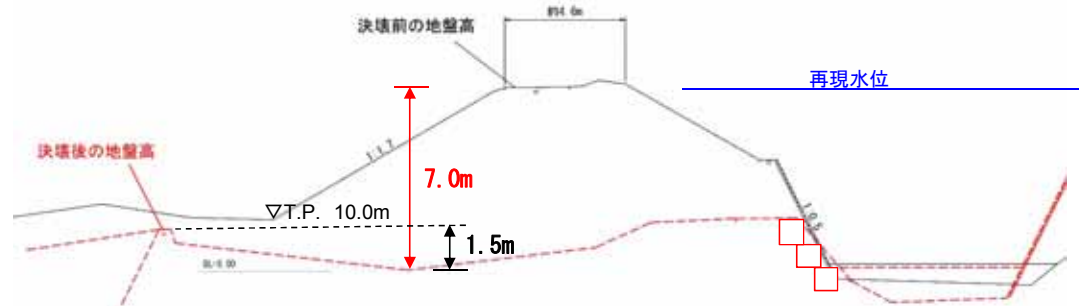


②落堀状況 7月12日撮影



③溢水の痕跡 7月9日撮影

A-A断面



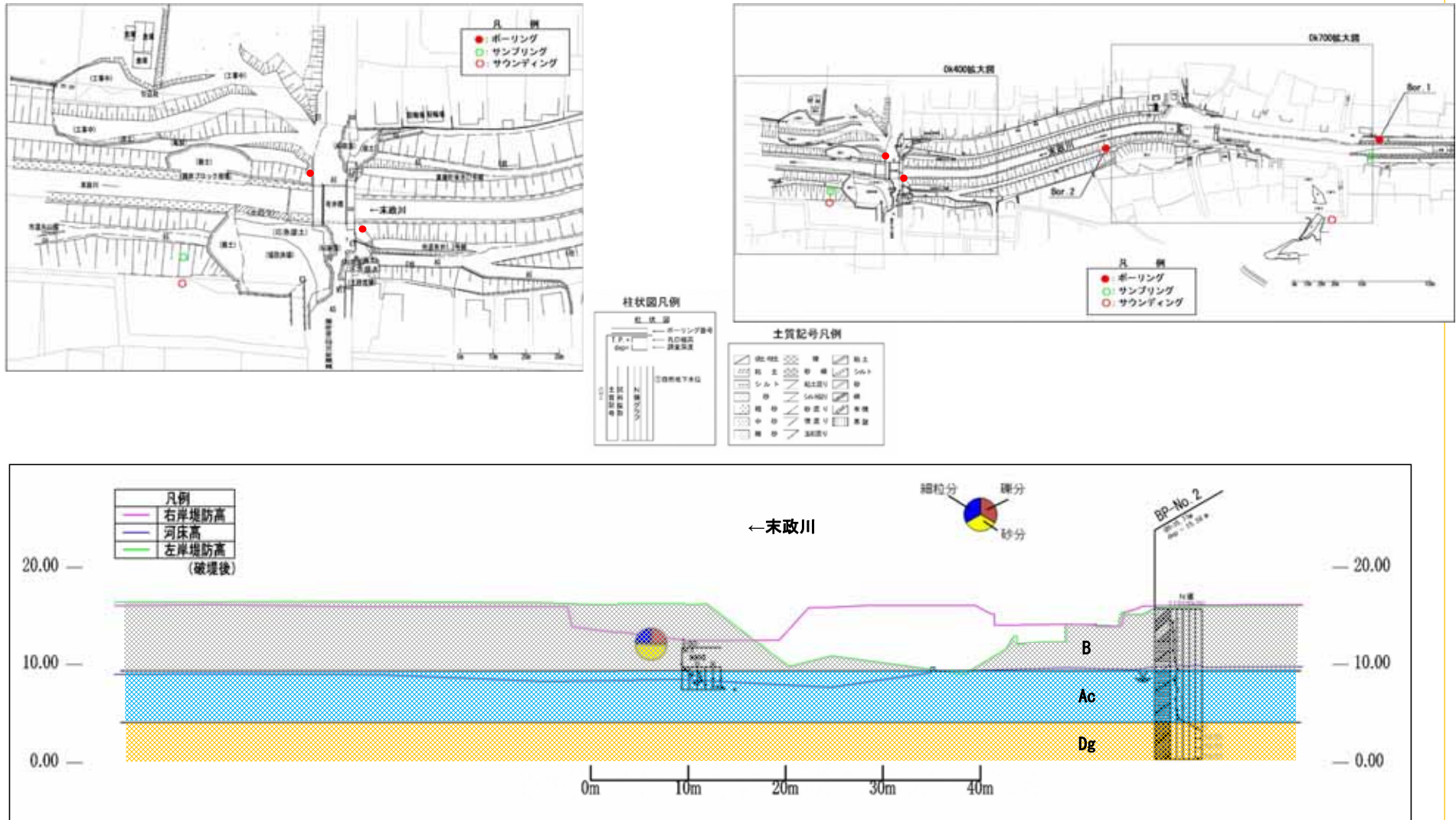
※決壊前の地盤高:決壊箇所直近の現況断面  
※決壊後の地盤高:H30/7 測量成果で、堤防部分は一部仮復旧形状を含む

※今次洪水による数値等は速報値であり、今後変更となることある。

### (1)堤防・基礎地盤の地質状況

■基礎地盤の表層には固い粘性土層(Ac)が5m程度堆積しており、この粘性土の下は締まった砂礫層(Dg)であると推察した。

土質想定縦断面図





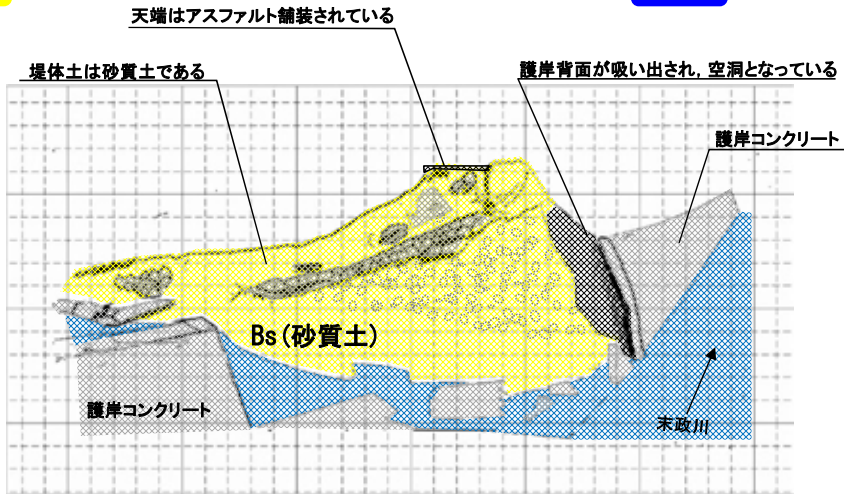
# 被災要因の分析(末政川左岸0.4k) ②浸透に対する分析

- 堤体については、砂質土(Bs)であることが現地踏査および粒度試験より確認した。
- 基礎地盤には、小田川3.4k、6.4kと同様のシルト層(Ac)をボーリングデータで確認した。

## 決壊区間下流端部-観察結果

川裏

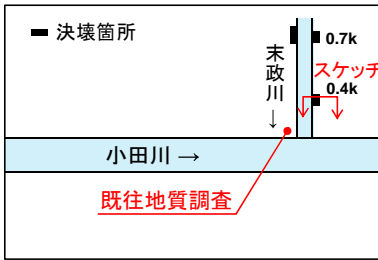
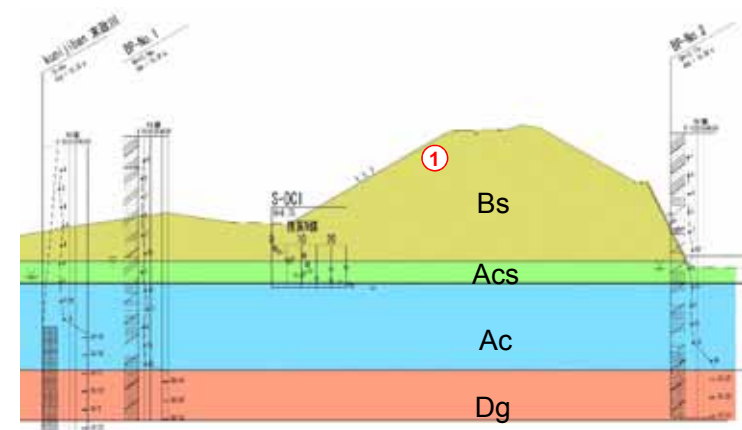
川表



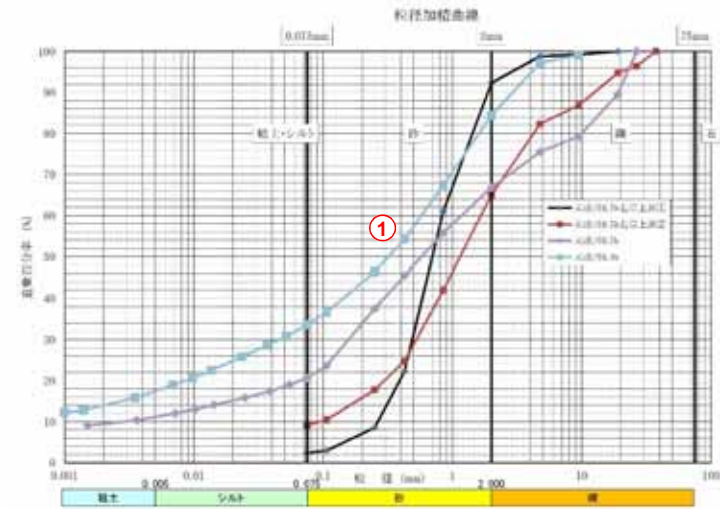
## 決壊区間-推定地質断面図

川表

川裏



撮影日:平成30年7月10日



※今次洪水による数値等は速報値であり、今後変更となることがある。

# 被災要因の分析(末政川左岸0.4k) ②浸透に対する分析

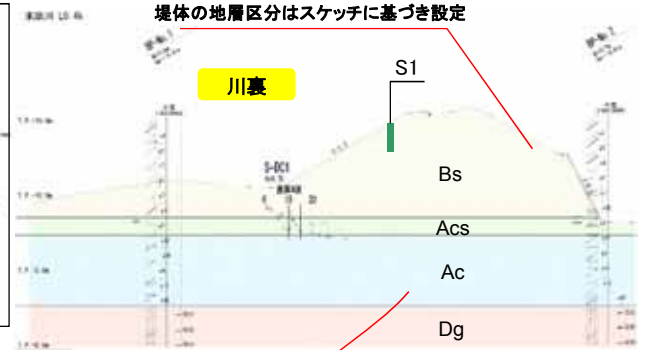
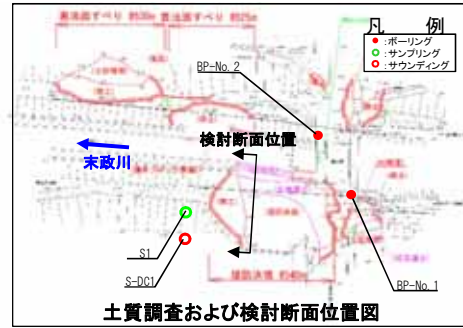
## (2)解析モデルおよび解析結果

- 周辺のボーリングおよびサンプリング試料を用いて室内試験を行い土質定数を設定した。
- 土層モデルについては、決壊面のスケッチおよび既往ボーリング調査結果をもとに設定した。

### 地盤モデル図

※今後精査により変更の可能性がある

土層名	$\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	c (kN/m <sup>2</sup> )	$\phi$ (deg)	k (m/s)
Bs	15.8	18.0	6.0	19	1.0E-05
Asc	-	17.0	36.0	0	1.0E-07
Ac	-	19.3	40.0	0	1.0E-08

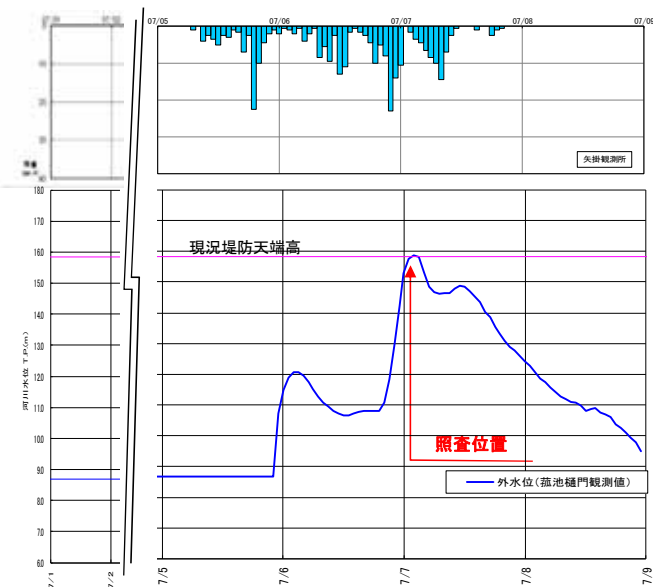


Acs層及びAc層の層厚は既往のボーリング調査に基づき設定

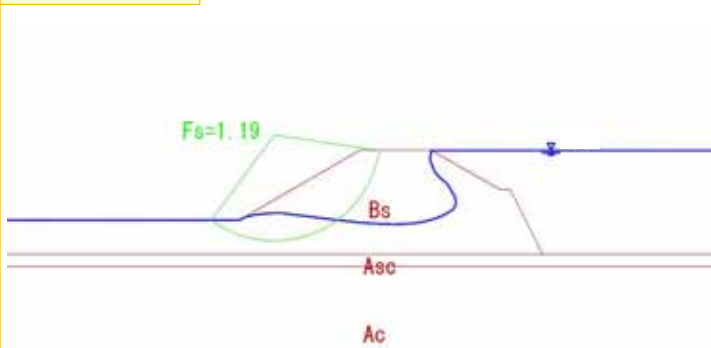
※数値等は速報値のため、今後の精査等により変更する場合があります。

- 堤体浸潤面上昇は緩やかであるが川裏の法面勾配が1:1.7と急なため、すべり、パイピングが必要安全率を下回る結果となった。
- パイピングに対しては、水平方向の動水勾配が必要安全率を満足しない結果となった。

### 外力条件(実績)



### 照査結果一覧



※粘性土層厚が5m程度と厚いため、盤ぶくれの照査は省略した。(河川堤防の浸透に対する照査・設計のポイントH25.6 P37より)

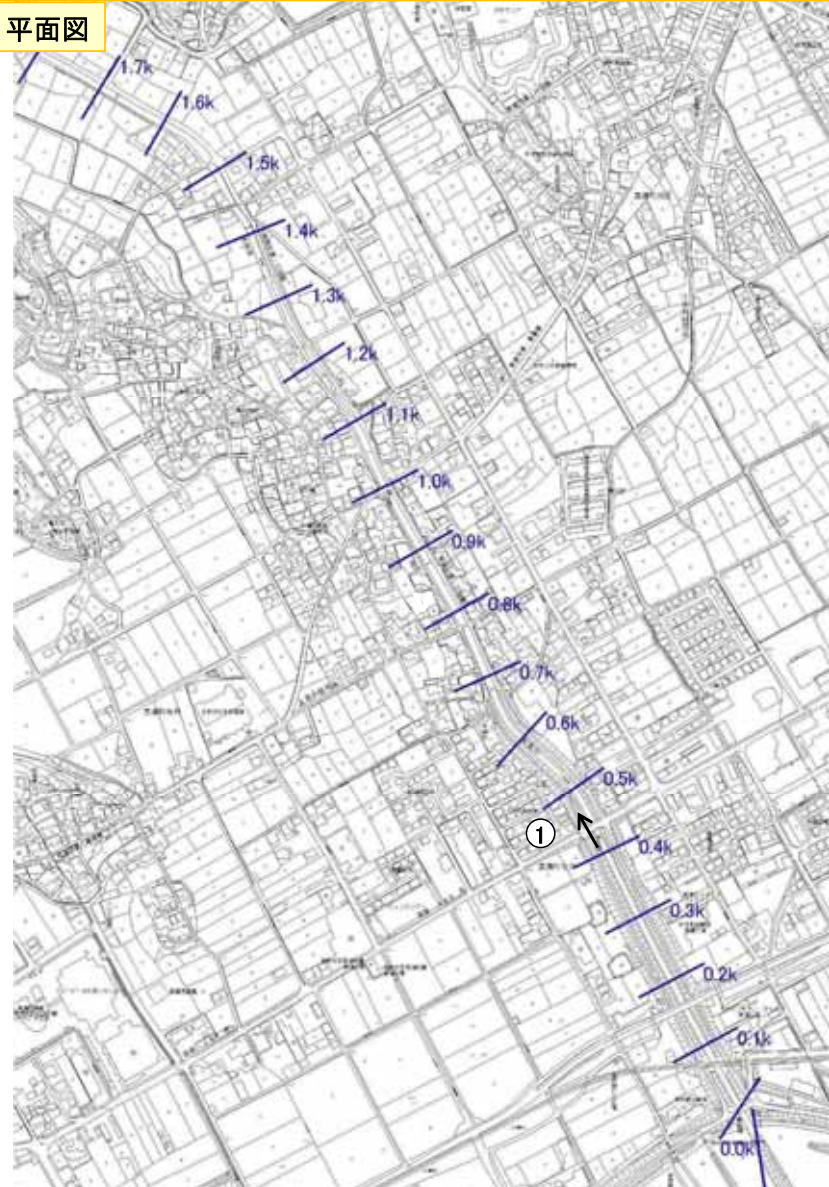
照査項目		解析結果	照査基準値	判定
パイピング	局所動水勾配	iv	0.40	0.5 「手引き」による照査基準値 OK
		ih	0.62	0.5 「手引き」による照査基準値 NG
	盤ぶくれ	G/W	—	1.0 —
円弧すべり	川裏	Fsmin	1.19	1.4 「手引き」による照査基準値 NG

※「手引き」：河川堤防の構造検討の手引き、H24.2

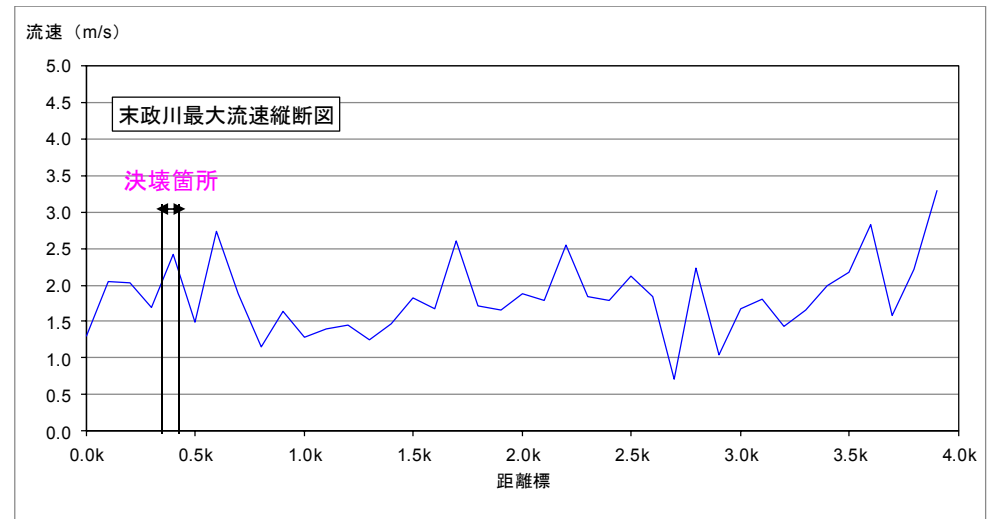
# ■被災要因の分析(末政川左岸0.4k) ③侵食に対する分析

- 決壊箇所 (0.4k) の最大流速は2.0~2.4m/s(張芝が侵食される程度)であると推定した。
- 護岸は積ブロック (設計流速4m/s~8m/s)であり、決壊地点の最大流速よりも大きな流速に対して安全な構造となっている。また、護岸上部は部分的に土羽となっているが、決壊地点の直上流では堤防の侵食は確認されていない。
- 侵食により決壊が生じた可能性は低いと推定される。

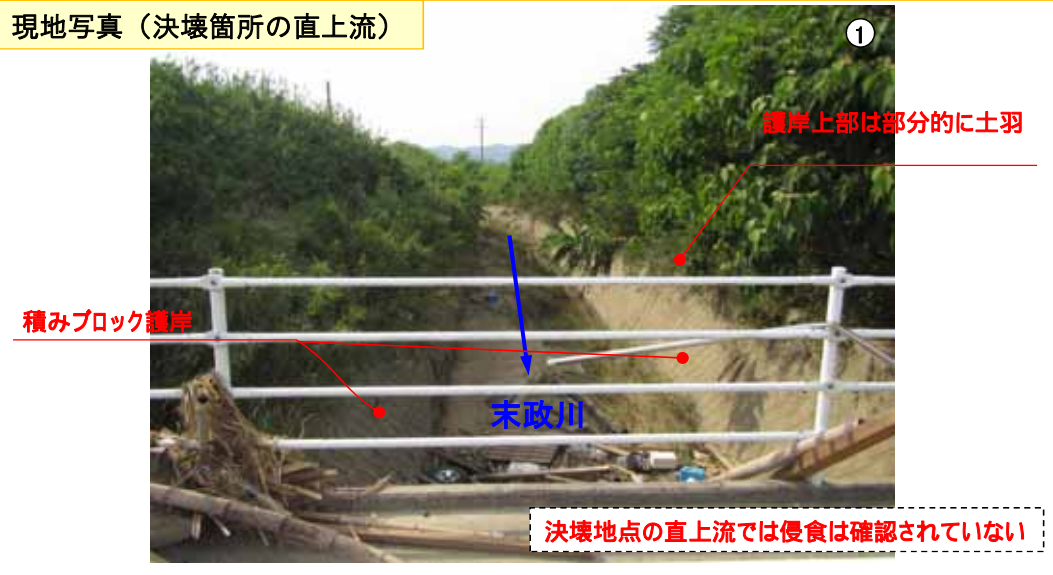
平面図



流速縦断面図 (内外水モデルによる期間最大流速)



現地写真 (決壊箇所の直上流)



※今次洪水による数値等は速報値であり、今後変更となることがある。

# 被災要因の分析(末政川左岸0.4k) ④構造物の影響

■末政川左岸0.4kの決壊区間には有井橋が存在し、H30.7洪水による自己流水位は、桁下に到達していないと推定した。

平面図



現地写真



③



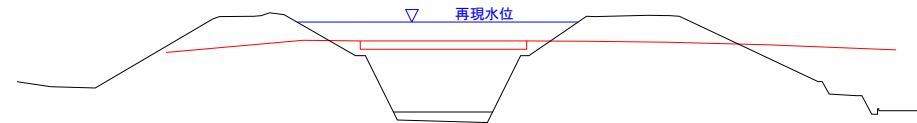
被災状況写真

①

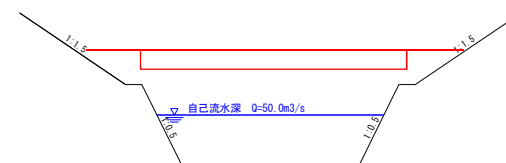


堤防横断図と有井橋

※ 再現水位は有井橋橋面より高位にあるが、自己流水位は有井橋桁下に未到達



※ H30.7洪水流量50m³/sにおいて、桁下に未到達



※今次洪水による数値等は速報値であり、今後変更となることがある。

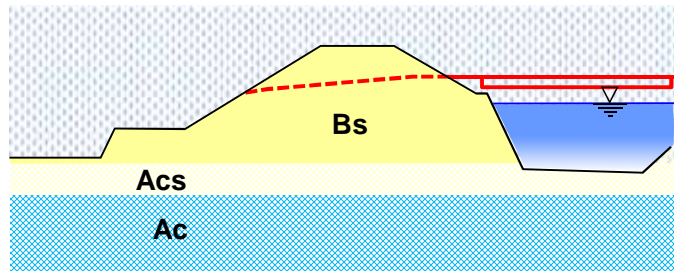
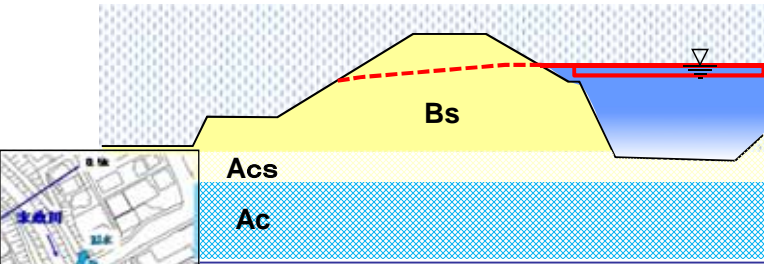
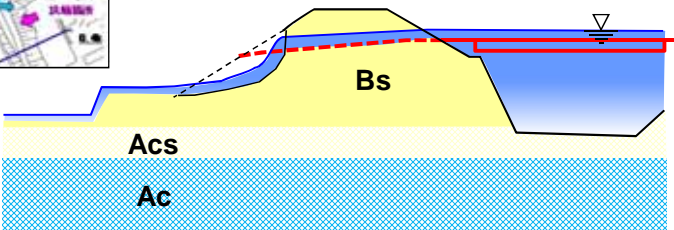
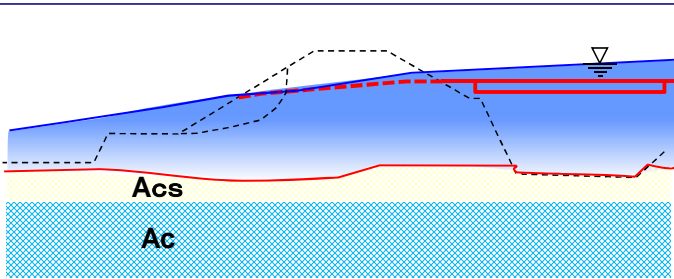
### ■決壊の主たる原因

0.4k付近の橋面から河川水位が溢水し、その水流が堤防の川裏法面を洗掘することにより決壊に至ったと推定した。

被災要因の推定に関する一覧表

	被災要因の可能性	影響程度
越水による堤防決壊	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 橋梁部からの溢水が主であり、周辺堤防からの越水による決壊はなかったと推定した。</li> </ul>	—
浸透による堤防決壊	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 川裏の法面勾配が1:1.7と急なため、すべり破壊、パイピングの安全度が照査基準を満足しないが、決壊箇所周辺で確証が得られるだけの痕跡等が得られなかったことから、堤防決壊の原因であると特定できなかったものの、その可能性は排除できない。</li> <li>・ また、計画高水位を長時間超過したことや降雨の継続により、河川水や雨水、及び内水が発生していたことにより堤体内に多くの水が浸透していたと推察され、堤防が弱体化した可能性があり、越水による川裏法面の侵食過程において、何らかの影響を及ぼした可能性は排除できない。</li> </ul>	△
侵食による堤防決壊	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 洪水時の最大流速は2.4m/sであり、設置されていた護岸の設計流速(4m/s～8m/s程度)以下であると推定した。川表側からの侵食が堤防決壊の原因となった可能性は低いと推定した。</li> </ul>	—
溢水の影響による堤防決壊	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 小田川の水位上昇に伴い、橋梁部から溢水し、その水流が周辺堤防の川裏法面を洗掘し、決壊に至ったと推定される。</li> </ul>	○

■堤防決壊の主たる原因は橋梁部からの「溢水」による川裏側法面の洗掘と推定され、そのプロセスは以下のとおりであると推察した。

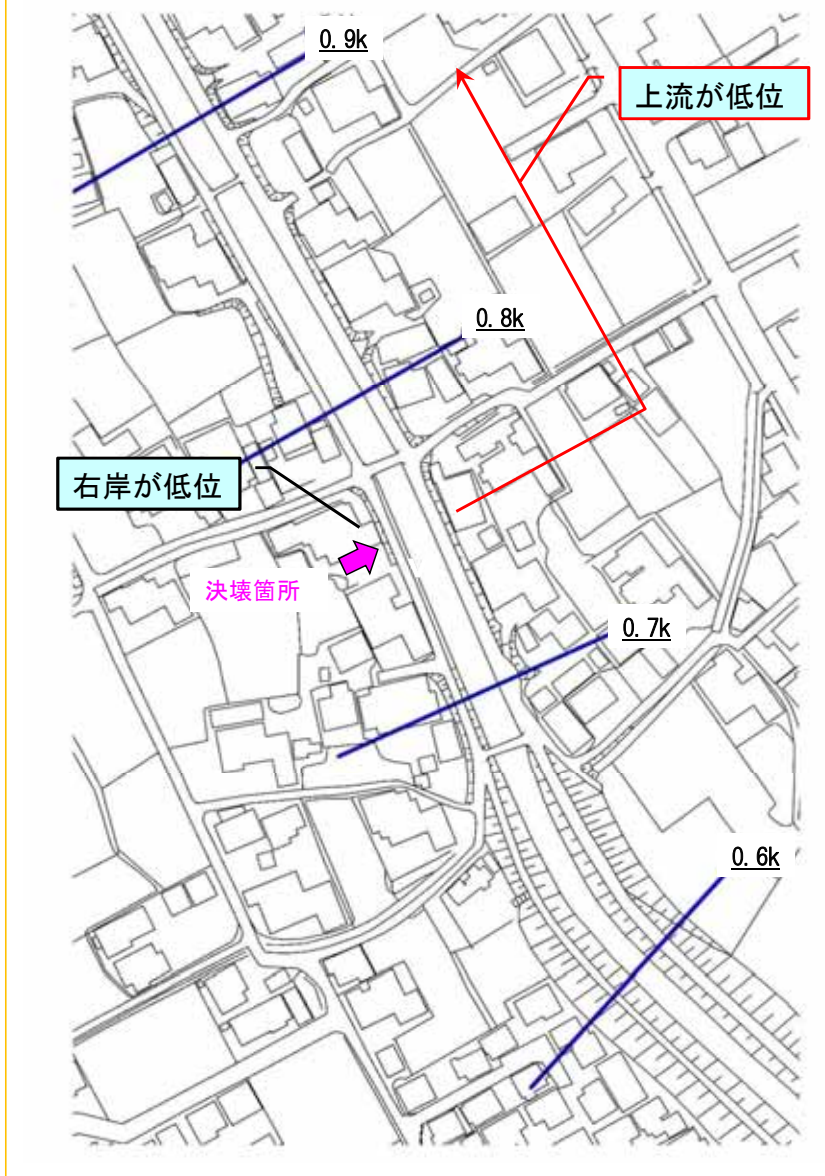
段階	プロセス	模式図
STEP 1 堤体内部の水位上昇	長時間にわたる降雨と小田川の水位上昇（背水）に伴い、末政川の河川水位が上昇し、堤体内の水位が徐々に上昇したと推定した。	
STEP 2 溢水の開始	河川水位がさらに上昇し、橋梁部（有井橋）から溢水が発生したと推定される。	
STEP 3 川裏法面の洗掘	橋梁部からの溢水が、川裏側に流入し、川裏法面が侵食されたと推定される。	
STEP 4 決壊 (堤体流失)	さらに洗掘が進み堤体が決壊、もしくは途中で川側からの水圧に耐えきれず堤防が決壊したと推定される。	

# 被災要因の分析 (末政川左右岸0.7k)

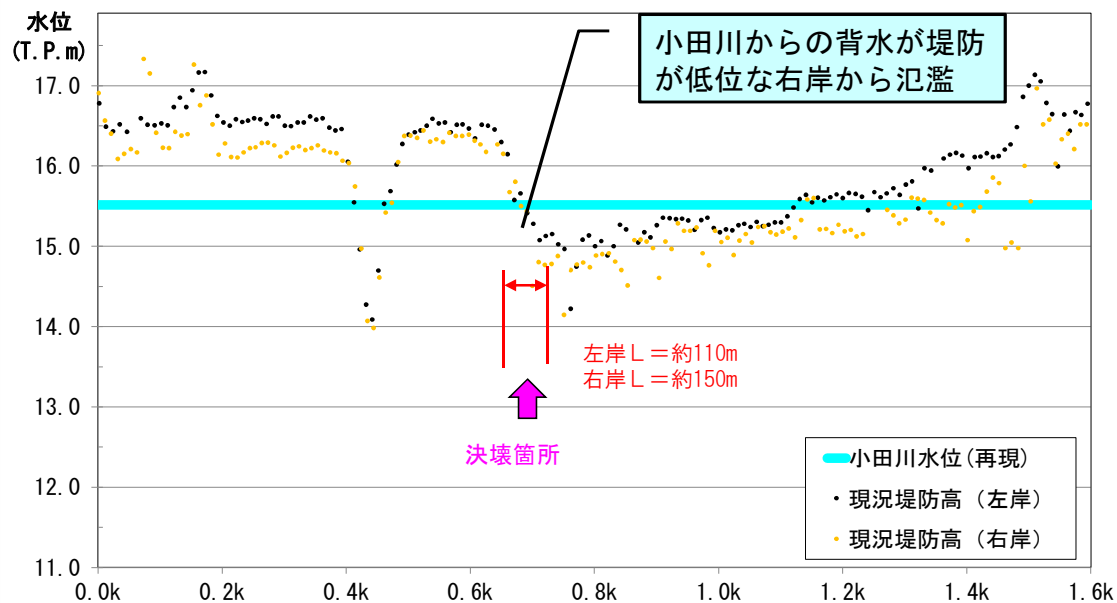
# 被災要因の分析(末政川左右岸0.7k) ①越水に対する分析

- 0.7k付近を境に、上流区間に向けて堤防高が低位になる。同区間の堤防高に対して、小田川のピーク水位は高位にある。
- 末政川の決壊箇所付近において、今次洪水の推定流量は疎通可能であり、越水は小田川の背水に起因するものと推定した。

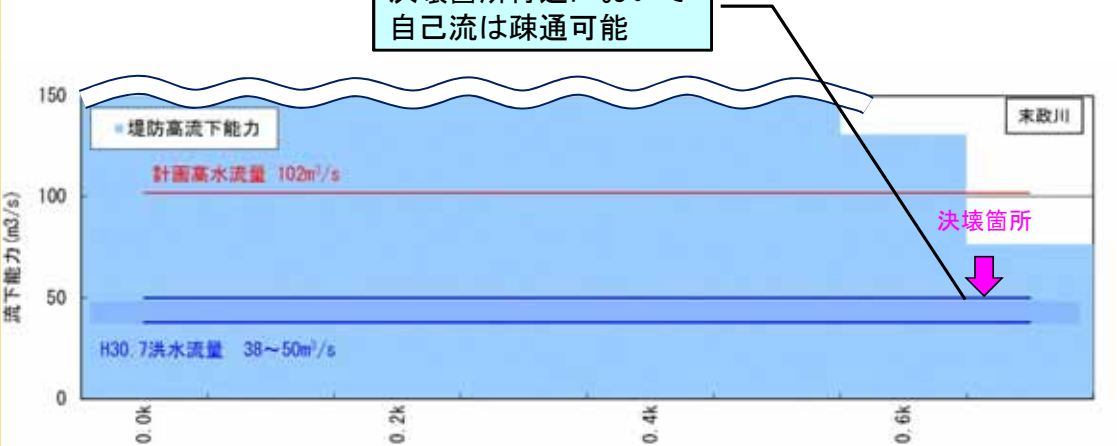
平面図



縦断面図 (LPデータ)



流下能力図 (等流計算)



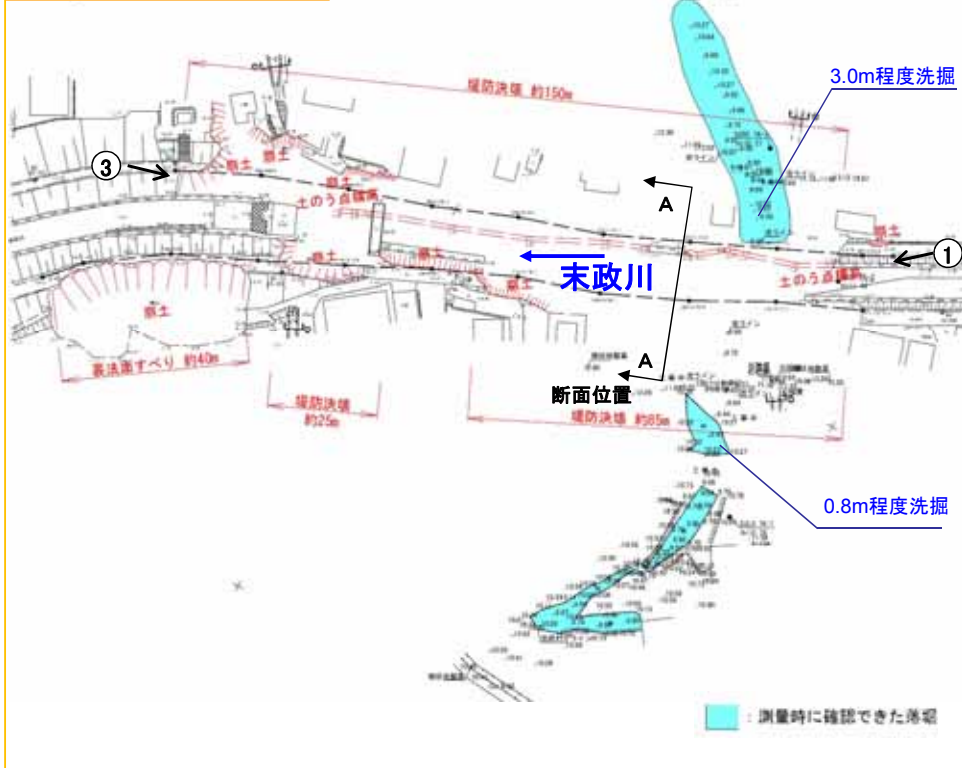
※今次洪水による数値等は速報値であり、今後変更となることある。



# 被災要因の分析(末政川左右岸0.7k)①越水に対する分析

- 現地調査の結果、決壊箇所の上流端付近から「落堀」が堤内側に伸びていることを確認した。
- 落堀の深さは、被災後測量断面と落堀最深部の単点標高を比較して、左岸が0.8m、右岸が3.0m程度であると推察する。

「落堀」洗掘深平面図



現地調査写真



①決壊箇所全景 7月15日撮影

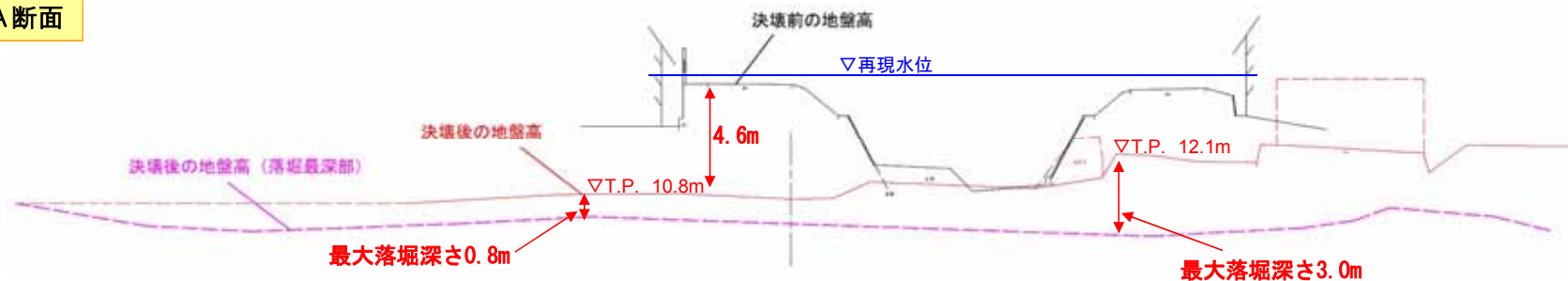


②決壊箇所全景 7月撮影  
※土木研究所資料より抜粋



③決壊箇所全景 8月4日撮影

A-A断面

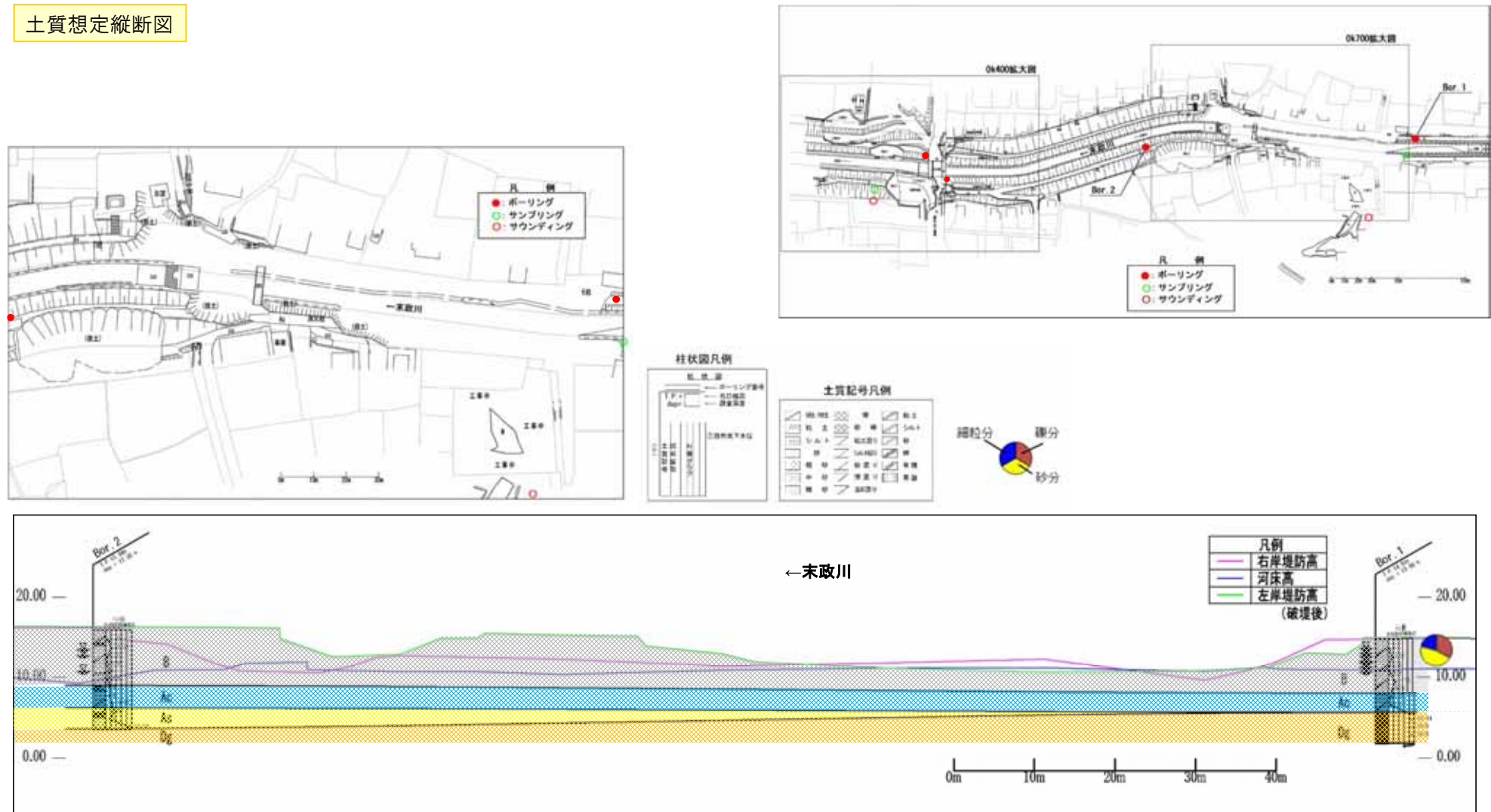


※決壊前の地盤高: 決壊箇所直近の現況断面  
 ※決壊後の地盤高: H30/7 測量成果で、堤防部分は一部修復旧形状を含む

### (1)堤防・基礎地盤の地質状況

■基礎地盤の表層には固い粘性土層(Ac)が2m程度堆積しており、この粘性土の下は締まった砂礫層(Dg)が卓越しているが、下流側は砂層(As)を挟んでいると推察した。

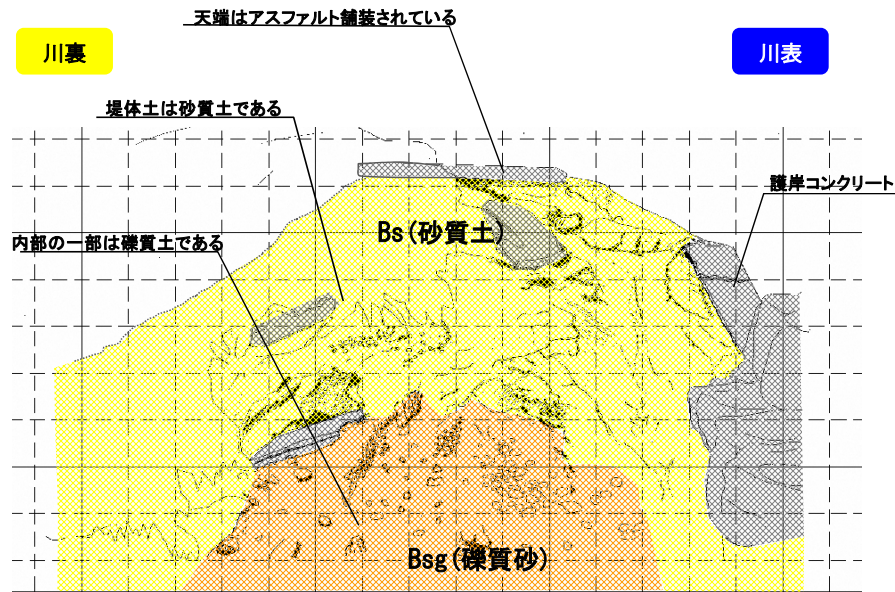
土質想定縦断面図



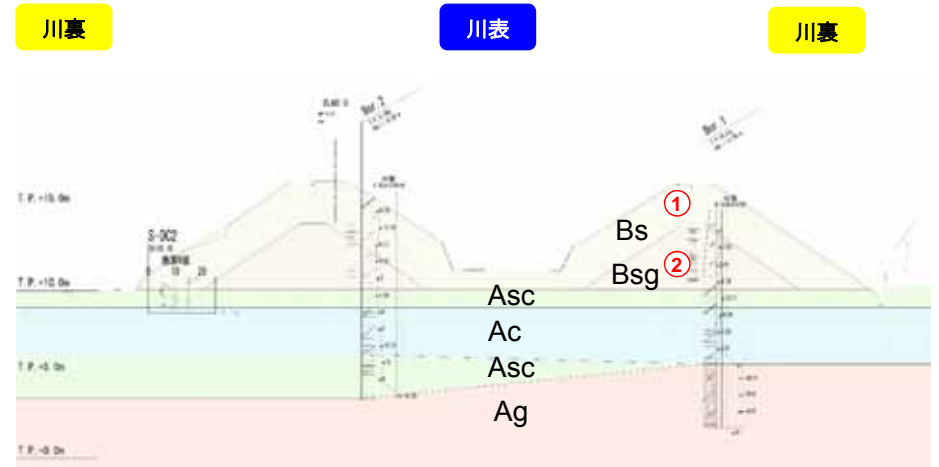
# 被災要因の分析(末政川左右岸0.7k)②浸透に対する分析

- 堤体は砂質土主体、基礎地盤構に粘性土が堆積していることが、近傍の2本のボーリングより確認された。
- 堤体については、表層が砂質土(Bs)、内部に一部礫を含んだ砂質土(Bsg)があることが現地踏査および粒度試験より確認した。

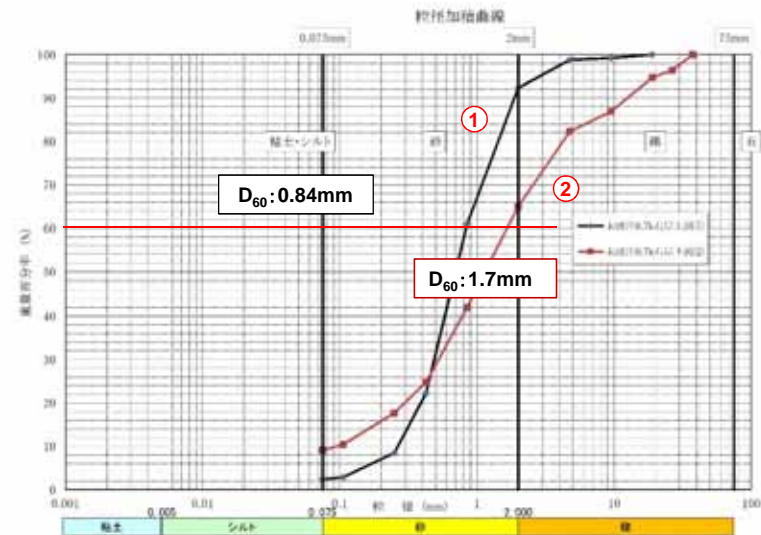
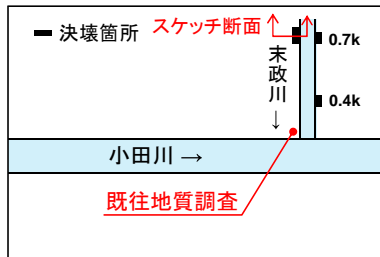
決壊区間上流端部-観察結果



決壊区間-推定地質断面図



※試験位置は横断面を参照



※今次洪水による数値等は速報値であり、今後変更となることがある。

# 被災要因の分析(末政川左右岸0.7k)②浸透に対する分析

## (2)解析モデルおよび解析結果

- 周辺のボーリングおよび現地でサンプリング試料を用いて室内試験を行い土質定数を設定した。
- 土層モデルについては、決壊面のスケッチおよび既往ボーリング調査結果をもとに設定した。

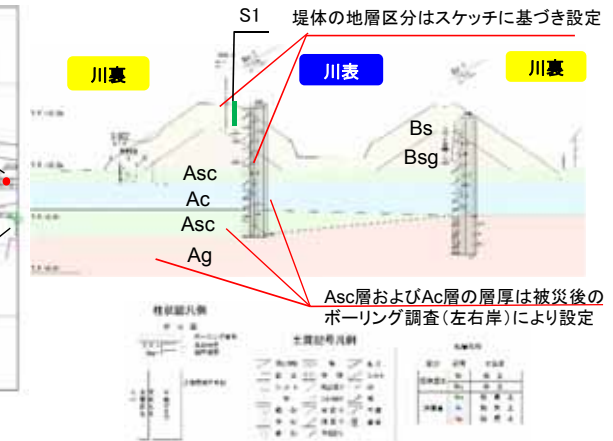
### 地盤モデル図

※今後精査により変更の可能性がある

土層名	$\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	c (kN/m <sup>2</sup> )	$\phi$ (deg)	k (m/s)
Bs	15.8	18.7	1.0	30.0	1.0E-05
Bsg	15.8	18.7	1.0	30.0	1.0E-05
Asc	15.8	18.7	1.0	30.0	1.0E-05
Ac		19.3	40.0	0	1.0E-08
Ag		-	-	-	1.0E-04

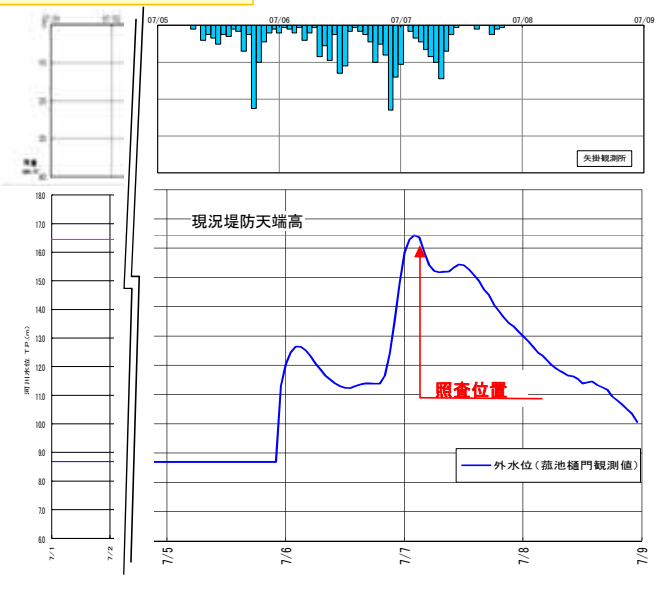


土質調査および検討断面位置図

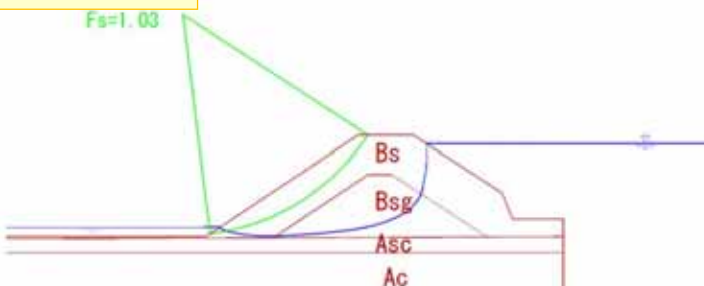


- 堤体浸潤面上昇は緩やかであるが、川裏側の法面勾配が1:1.5と急なため、すべり破壊で必要安全率を下回る。
- 外水位上昇開始時点で堤内側の内水が堤内地盤より上昇していることからパイピング発生の可能性は低い。

### 外力条件(実績)



### 照査結果一覧



照査の結果、内水位により、法尻部において、水が堤防内に浸入することから、パイピングは発生しない。

### 盤ぶくれ照査(G/W)

$$G/W = (\rho_t \cdot H + \rho_w \cdot H_w) / (\rho_w \cdot P) = (1.9 \times 6.5 + 1.0 \times 0.6) / (1.0 \times 10.7) = 1.21 > 1.0 \text{ OK}$$

ここで、  
 $\rho_t$ : 被覆土層(Ac層)の密度 ( $\rho_t=1.9t/m^3$ )  
 $H$ : 被覆土層の厚さ ( $H=6.5m$ )  
 $\rho_w$ : 水の密度 ( $\rho_w=1.0t/m^3$ )  
 $P$ : 被覆土層底面の圧力水頭 ( $P=10.7m$ )  
 $H_w$ : 内水位から堤内地盤の深さ ( $H=0.6m$ )

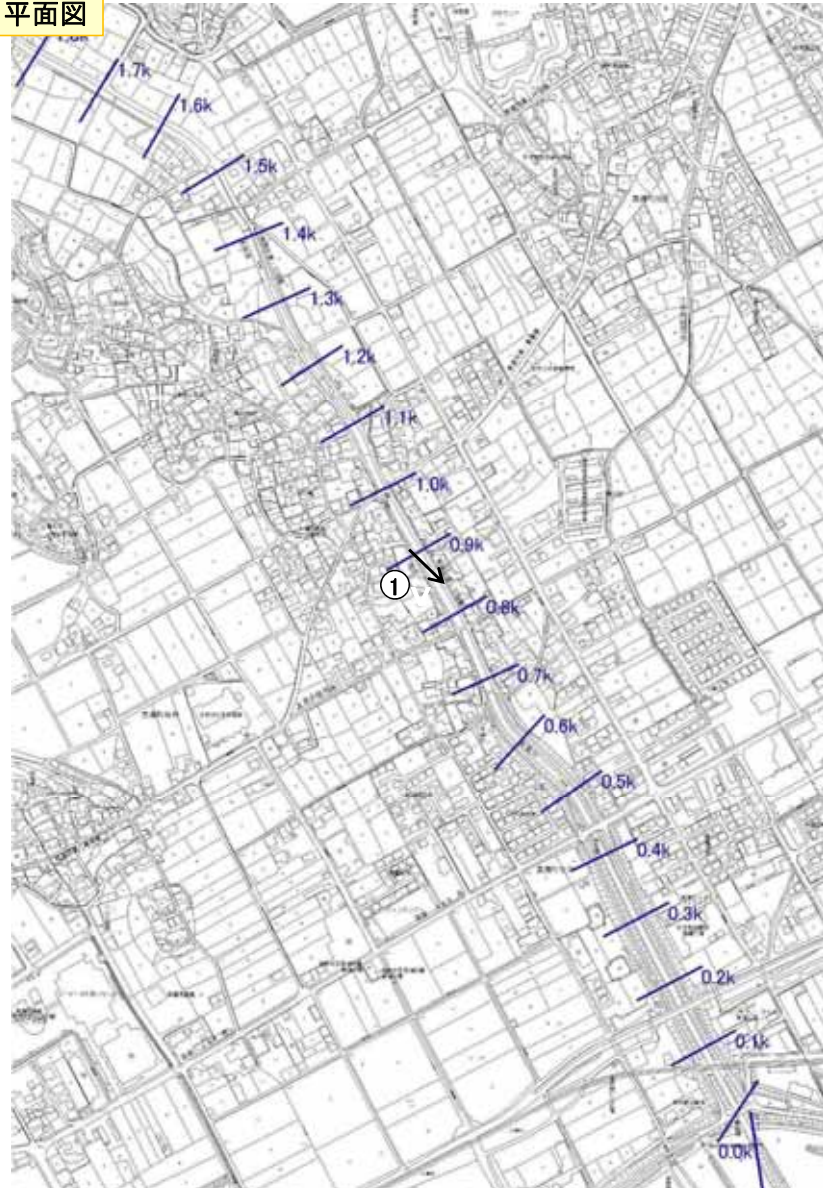
照査項目		解析結果	照査基準値	判定
パイピング	局所動水勾配	iv	0.5	OK
		ih	0.5	OK
	盤ぶくれ	G/W	1.0	OK
円弧すべり	川裏	Fsmin	1.4	NG

※「手引き」: 河川堤防の構造検討の手引き, H24. 2

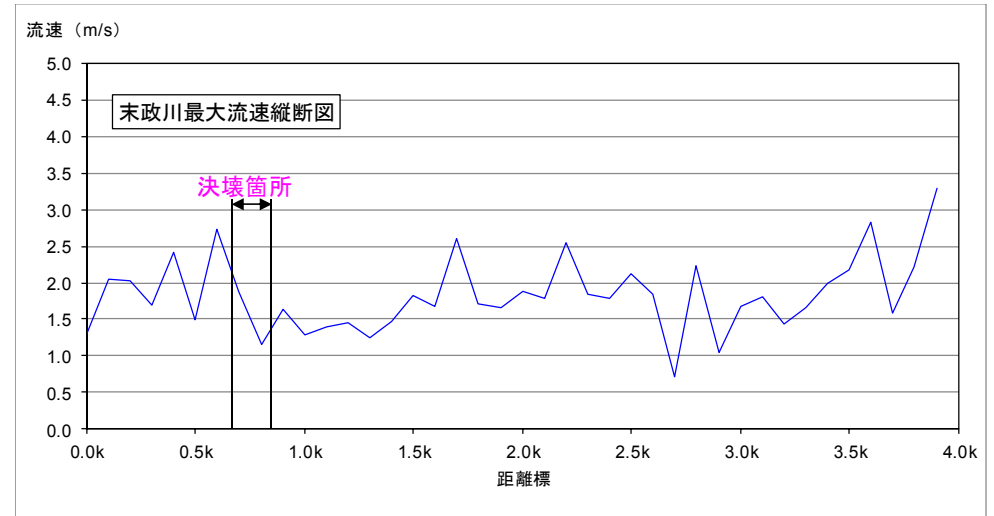
# 被災要因の分析(末政川左右岸0.7k) ③侵食に対する分析

- 決壊地点(末政川0.7k)の最大流速は1.2m/s~2.2m/s(張芝が侵食される程度)であると推定した。
- 堤防は積みブロック(設計流速4m/s~8m/s)であり、決壊地点の最大流速よりも大きな流速に対して安全な構造となっている。また、護岸上部は部分的に土羽となっているが、決壊地点の直上流では堤防の侵食は確認されていない。
- 侵食により決壊が生じた可能性は低いと推定される。

平面図



流速縦断面図(内外水モデルによる期間最大流速)



現地調査写真

護岸上部は部分的に土羽

積みブロック護岸

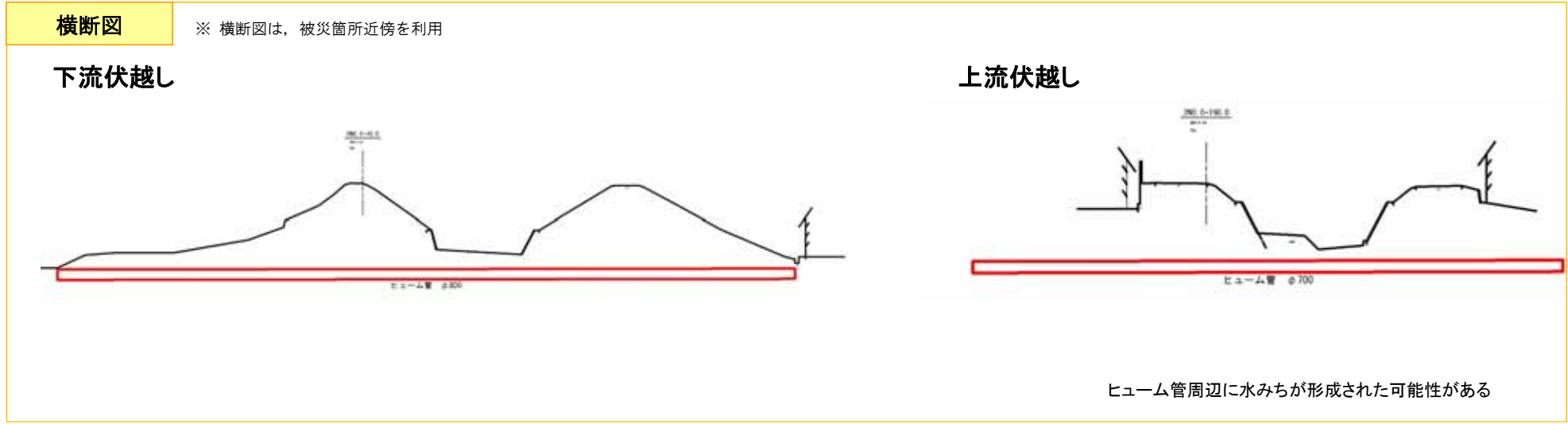


決壊地点の直上流では侵食は確認されていない

※今次洪水による数値等は速報値であり、今後変更となる可能性がある。

# 被災要因の分析(末政川左右岸0.7k) ④ 構造物による影響

■ 伏越し箇所において、水みちが形成され、浸透破壊を助長した可能性が考えられる。  
■ 伏越しの取り付け水路に越流水が集中し、川裏の堤体侵食を助長した可能性が考えられる。



※ 今次洪水による数値等は速報値であり、今後変更となる可能性がある。 7

### ■決壊の主たる原因

小田川の水位上昇により「越水」が発生し、川裏側の法面が洗掘され、先行して右岸堤防が決壊したと推定した。  
小田川左岸3k400の決壊に伴い、右岸側の堤内水位が上昇し、左岸堤防に越流が発生し、左岸堤防も決壊したと推定した。

被災要因の推定に関する一覧表

	被災要因の可能性	影響程度
越水による堤防決壊	<ul style="list-style-type: none"> <li>・堤防高と洪水位を精査した結果、末政川の堤防の低い箇所から越水したと推定した。</li> <li>・堤防高と洪水位から推定される越水箇所の近傍に落堀がの発生箇所は一致しており、越水箇所から堤防決壊に至ったと推定した。</li> </ul>	○
浸透による堤防決壊	<ul style="list-style-type: none"> <li>・川裏の法面勾配が1:1.5と急なため、浸透によるすべり破壊の安全度が照査基準を満足しないが、決壊箇所周辺で確証が得られるだけの痕跡等が得られなかったことから、堤防決壊の原因であると特定できなかったものの、その可能性は排除できない。</li> <li>・また、計画高水位を長時間超過したことや降雨の継続により、河川水や雨水、及び内水が発生していたことにより堤体内に多くの水が浸透していたと推察され、堤防が弱体化した可能性があり、越水による川裏法面の侵食過程において、何らかの影響を及ぼした可能性は排除できない。</li> </ul>	△
侵食による堤防決壊	<ul style="list-style-type: none"> <li>・洪水時の最大流速は2m/sであり、設置されていた護岸の設計流速(4m/s～8m/s程度)以下であると推定した。川表側からの侵食が堤防決壊の原因となった可能性は低いと推定した。</li> </ul>	—
構造物の影響による堤防決壊	<ul style="list-style-type: none"> <li>・伏越し、取り付け水路への水の集中が、侵食破壊、浸透破壊を助長した可能性がある。</li> </ul>	△

■堤防決壊の主たる原因は「越水」と推定され、その決壊プロセスは以下のとおりであると推察した。

段階	プロセス	模式図
STEP 1 堤体内部の水位上昇	長時間にわたる降雨と、小田川の水位上昇（背水）に伴い、末政川の水位が上昇し、堤体内の水位が徐々に上昇したと推定した。	
STEP 2 越水の開始	さらに河川水位が上昇し、堤防天端に達し、越流により、川裏法面が侵食されたと推定した。	
STEP 3 右岸堤防の決壊	時間の経過とともに、川裏法面の侵食が進行し、先に右岸堤防が決壊したと推定した。	
STEP 4 左岸堤防の決壊	小田川左岸3.4kの決壊に伴い、右岸側の堤内水位が上昇し、左岸堤防に越流が発生したと推定した。越流による侵食が進行し、左岸堤防も決壊したと推定した。	



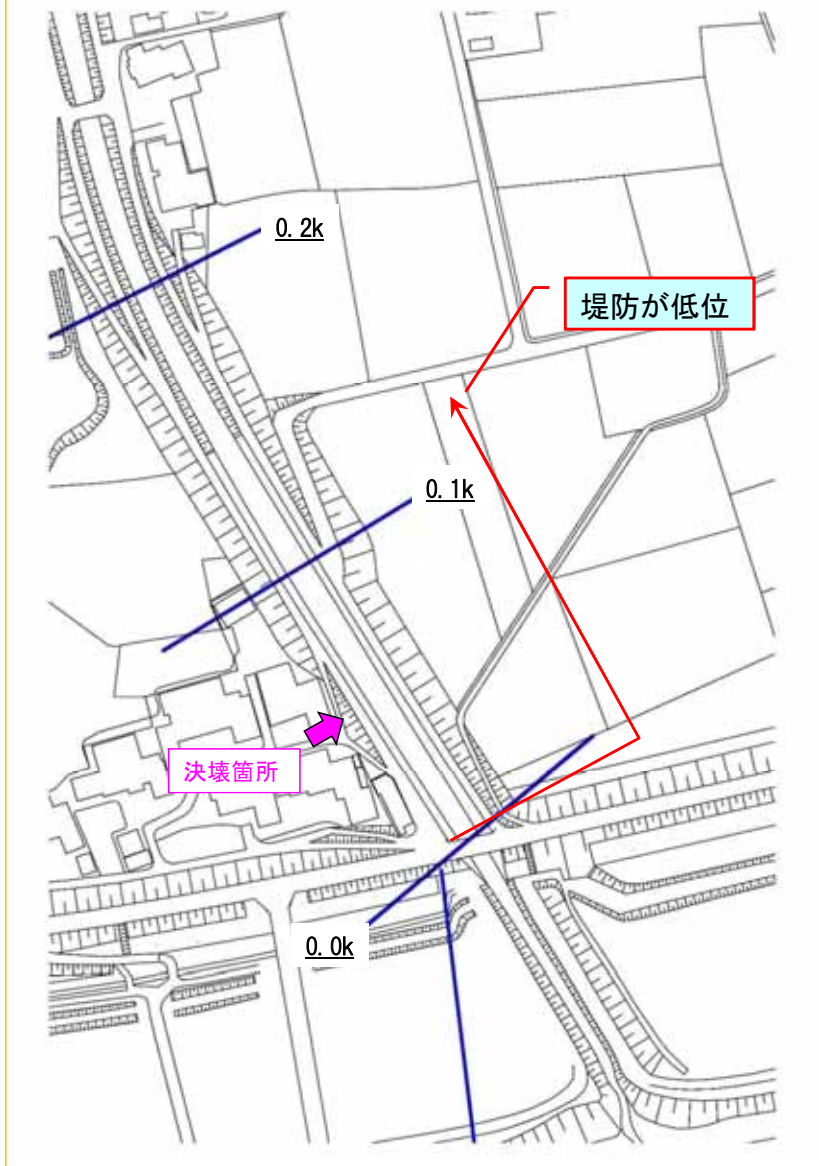
# 被災要因の分析

(高馬川右岸0.1k, 左岸0.0k)

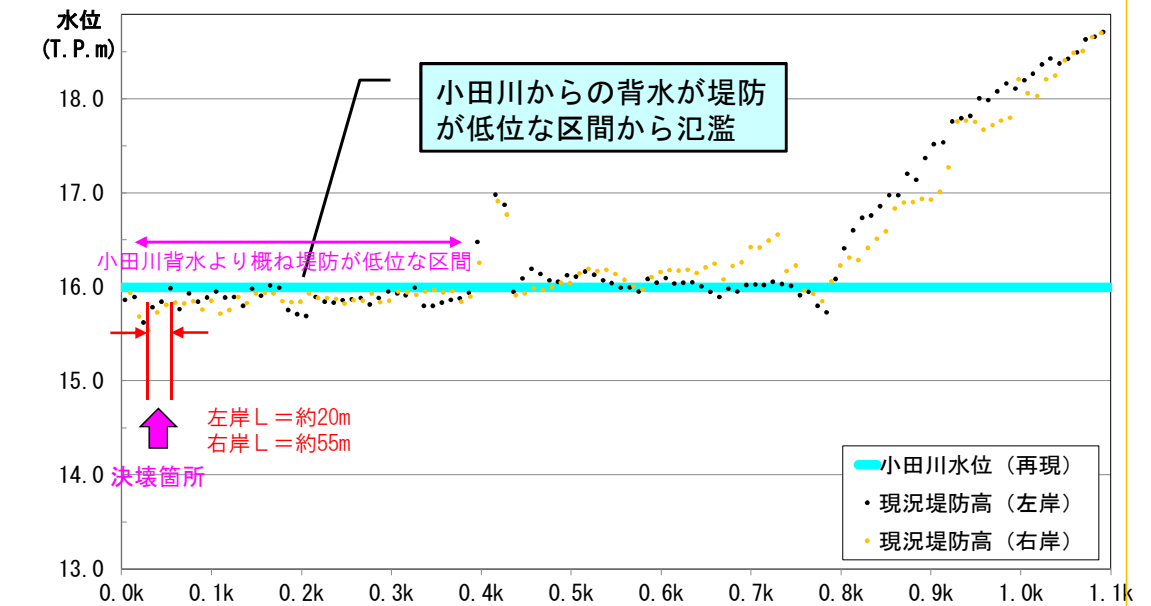
# 被災要因の分析(高馬川右岸0.1k,左岸0.0k) ①越水に対する分析

- 0.0kから上流区間に向けて堤防高が低位である。同区間の堤防高に対して、小田川のピーク水位は高位にある。
- 高馬川の決壊箇所付近において、今次洪水の推定流量は疎通可能であり、越水は小田川の背水に起因するものと推定した。

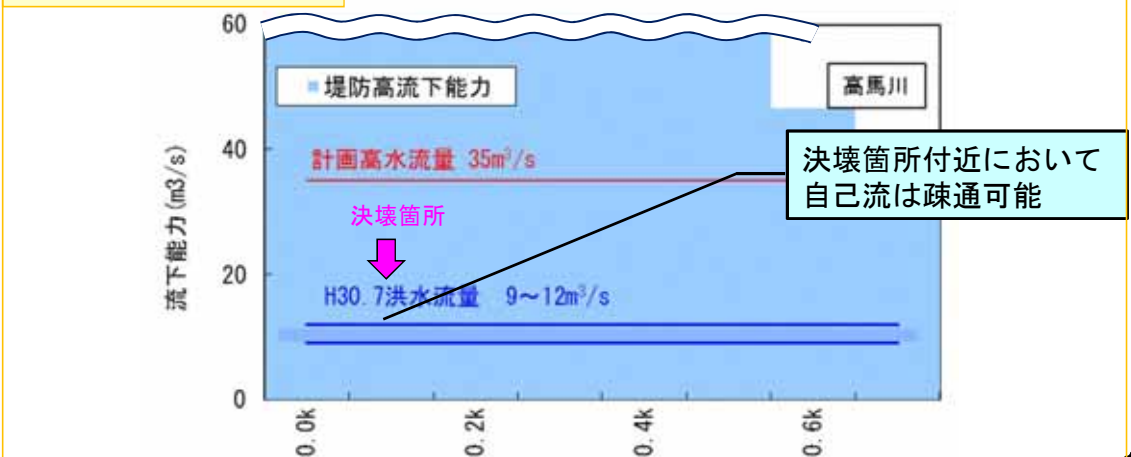
平面図



縦断面図 (LPデータ)



流下能力図 (等流計算)

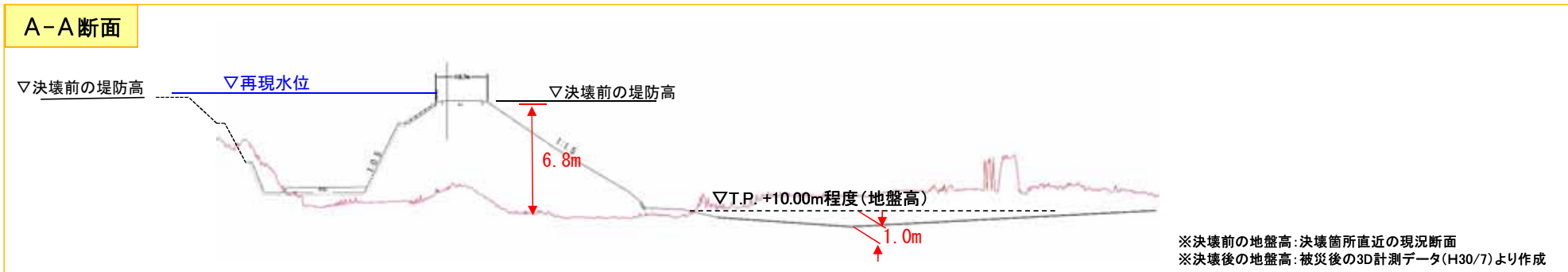
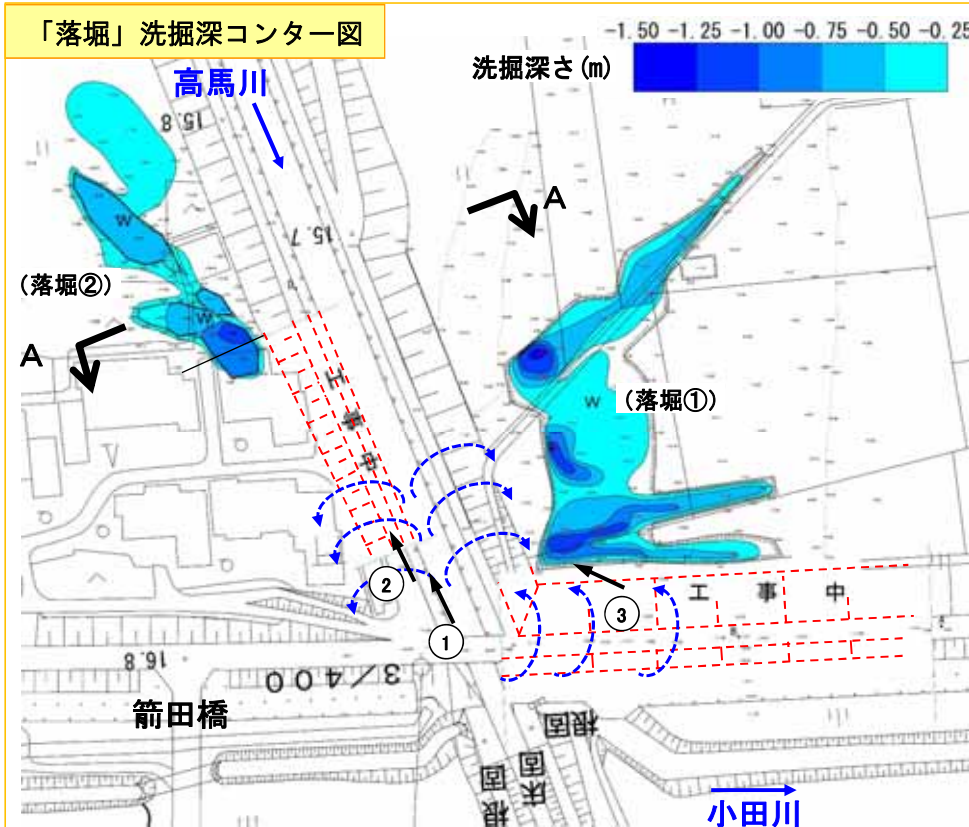


※今次洪水による数値等は速報値であり、今後変更となる可能性がある。

# ■被災要因の分析(高馬川右岸0.1k,左岸0.0k) ①越水に対する分析

岡山県

- 現地踏査の結果、決壊箇所の下流端に「落堀①」(コンター図[落堀①])を確認した。測量図の重ね合せより深さは1.2m程度である。
- 高馬川右岸の基礎地盤の落堀[落堀②]は、小田川本川による落堀[落堀①]より浅く、深さは1.0m程度であることが確認できた。



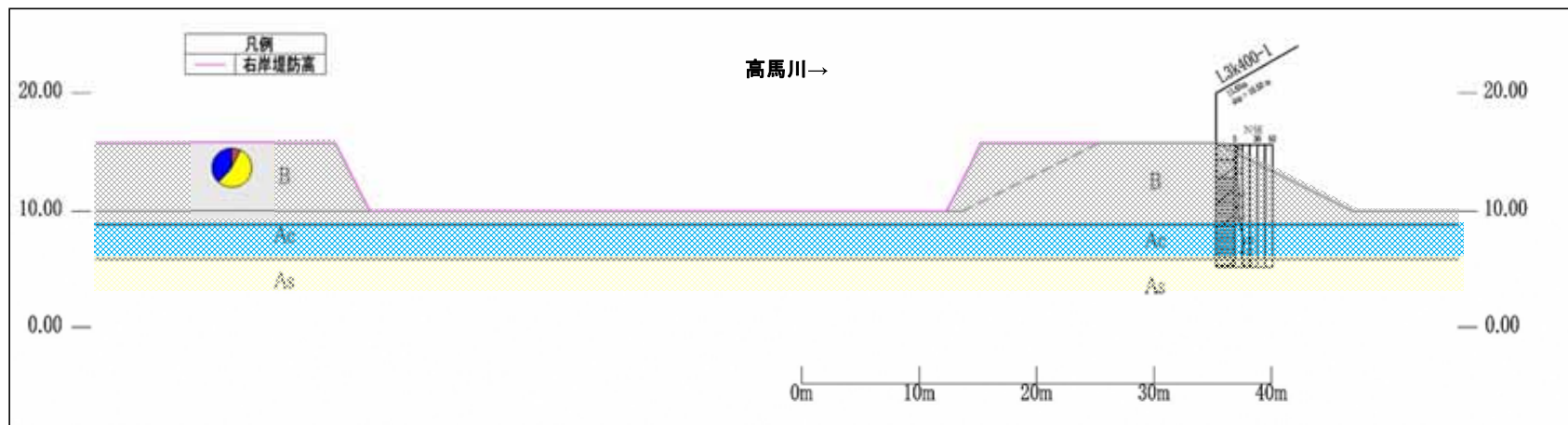
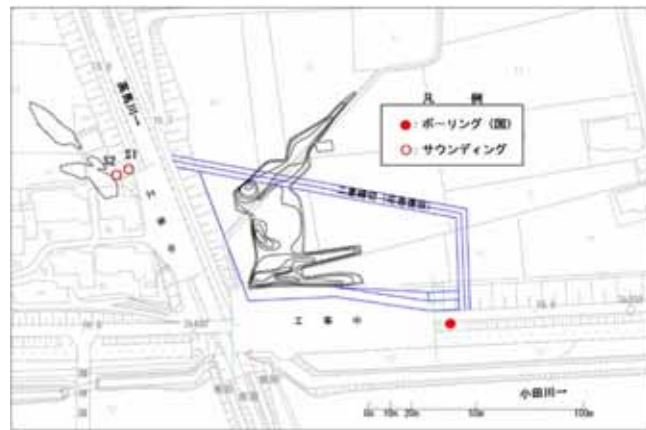
※今次洪水による数値等は速報値であり、今後変更となる可能性がある。

# 被災要因の分析(高馬川右岸0.1k,左岸0.0k) ②浸透に対する分析

## (1)堤防・基礎地盤の地質状況

■小田川左岸3k400におけるボーリング調査、サウンディング調査などにより、基礎地盤の表層には固い粘性土層(Ac)が厚さ約3m程度堆積しており、この粘性土の下位には広く砂層(As)が分布していると推察した。

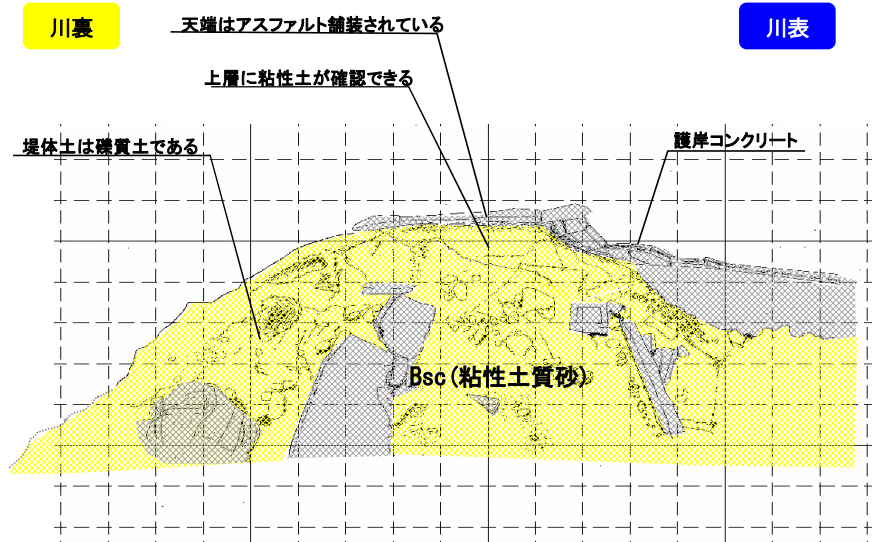
土質想定縦断面図



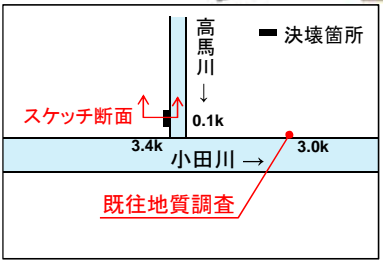
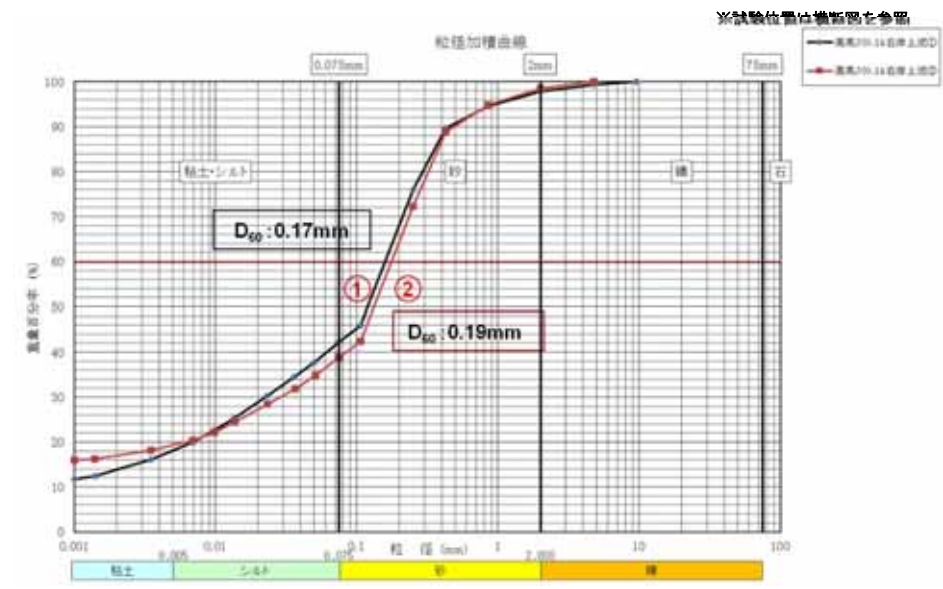
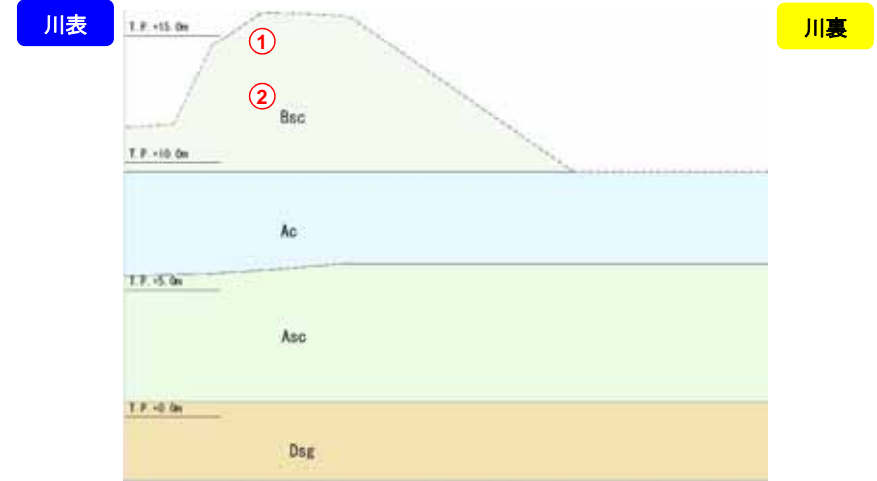
# 被災要因の分析(高馬川右岸0.1k,左岸0.0k) ②浸透に対する分析

- 堤体については、全体が粘性土質砂(Bsc)であることが現地踏査および粒度試験より確認された。
- 基礎地盤には、表層に粘性土3m、その下部に砂層が堆積していることを近傍ボーリングデータおよび当該箇所での土質調査で確認した。

決壊区間上流端部-観察結果



決壊区間下流端部-推定地質断面図



撮影日:平成30年7月10日

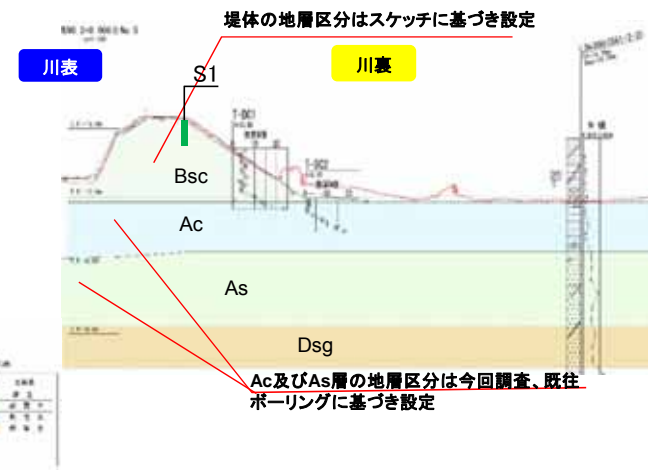
# 被災要因の分析(高馬川右岸0.1k, 左岸0.0k)②浸透に対する分析

## (2)解析モデル

- 当該箇所でサンプリングを実施し、室内土質試験を行いせん断強度等の土質定数を設定した。
- 土層モデルについては、決壊面のスケッチおよび周辺のボーリング、土質試験結果をもとに設定した。

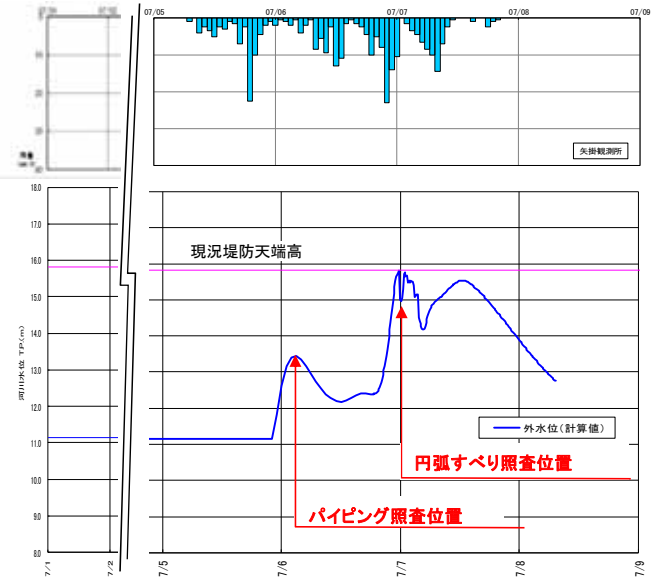
地盤モデル図 ※今後精査により変更の可能性がある

土層名	$\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	c (kN/m <sup>2</sup> )	$\phi$ (deg)	k (m/s)
Bsc	16.6	18.9	2.0	22	2.0E-06
Ac	19.1	19.3	40.0	0	1.0E-08
As	-	-	-	-	5.0E-05
Dsg	-	-	-	-	-

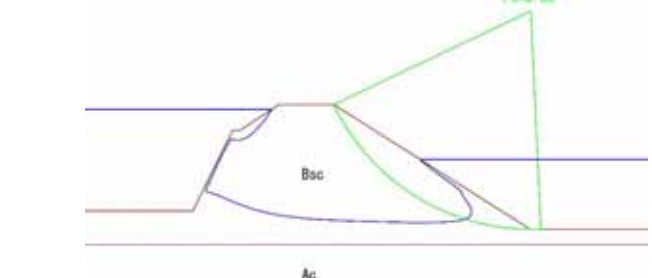


- 堤体の透水性が低いため、浸潤面が上昇しにくい傾向にある。
- パイピングおよび盤ぶくれ対しては、照査基準値を満足する。
- 堤体の法面勾配が1:1.5と急なため、内水位のウェイトを見込んで、すべり破壊において必要安全率を下回る。

外力条件 (実績)



照査結果一覧



盤ぶくれ照査 (G/W)

$$G/W = (\rho_{t-Bsc} \cdot H_{-Bsc} + \rho_{t-Ac} \cdot H_{-Ac} + \rho_w \cdot H_w) / (\rho_w \cdot P)$$

$$= (1.89 \times 0.7 + 1.91 \times 3.5 + 1.7) / (1.0 \times 8.40) = 1.16 > 1.0 \text{ OK}$$

ここで、

- $\rho_{t-Bsc}$ : 被覆土層(Bsc層)の密度 ( $\rho_t=1.89t/m^3$ )
- $\rho_{t-Ac}$ : 被覆土層(Ac層)の密度 ( $\rho_t=1.91t/m^3$ )
- $H_{Bsc}$ : 被覆土層の厚さ (H=0.7m)
- $H_{Ac}$ : 被覆土層の厚さ (H=3.5m)
- $H_w$ : 内水位高さ (H=1.7m)
- $\rho_w$ : 水の密度 ( $\rho_w=1.0t/m^3$ )
- P: 被覆土層底面の圧力水頭 (P=8.40m)

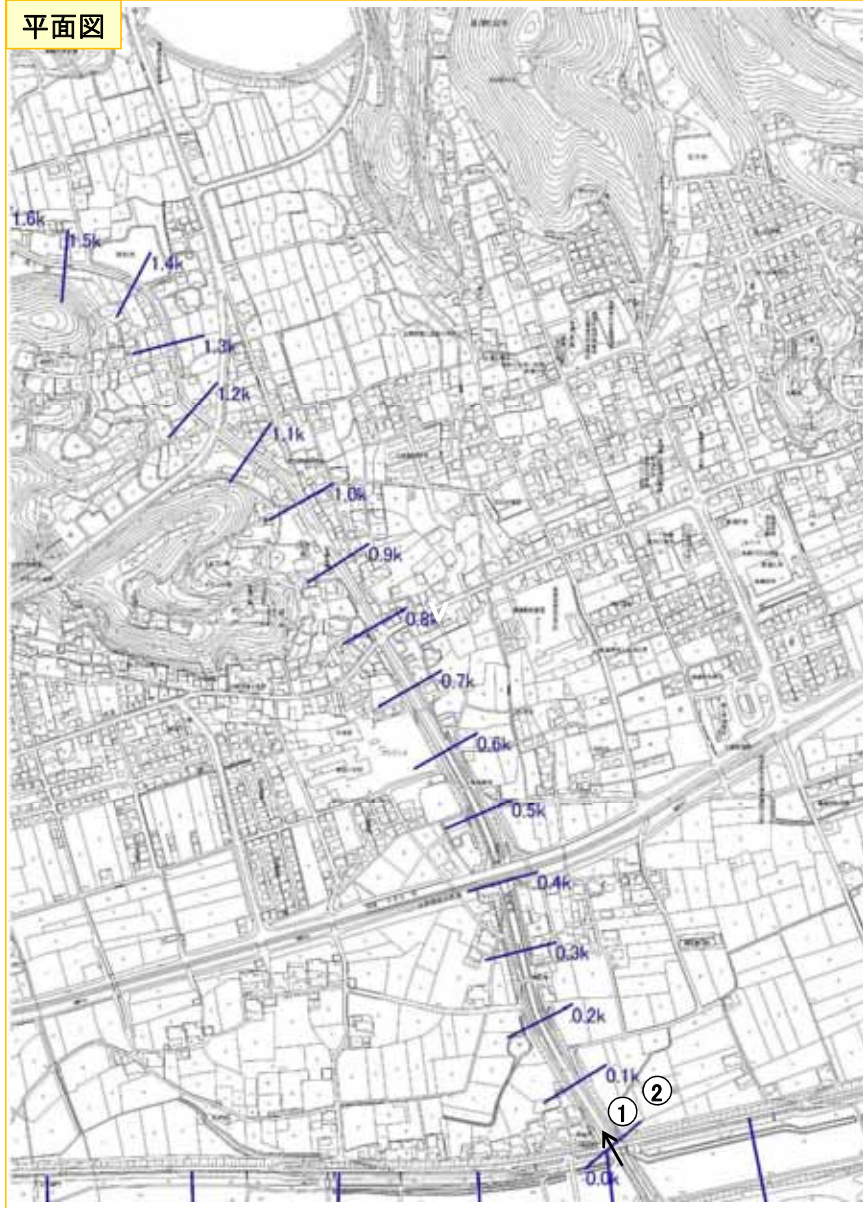
照査項目	照査結果	照査基準値	判定
パイピング	局所動水勾配 iv	0.04	OK
	盤ぶくれ G/W	1.16	OK
	円弧すべり 川裏 Fsm	0.86	NG

※「手引き」: 河川堤防の構造検討の手引き, H24. 2

# 被災要因の分析(高馬川右岸0.1k,左岸0.0k) ③侵食に対する分析

- 決壊箇所(0.1k)の最大流速は0.5m/s~0.8m/sであると推定した。
- 堤防はコンクリート三面張(設計流速4m/s~8m/s)であり、決壊地点の最大流速よりも大きな流速に対して安全な構造となっている。また、上部はブロック張り護岸であり、決壊地点の直下流では堤防の侵食は確認されていない。
- 侵食により決壊が生じた可能性は低いと推定される。

平面図

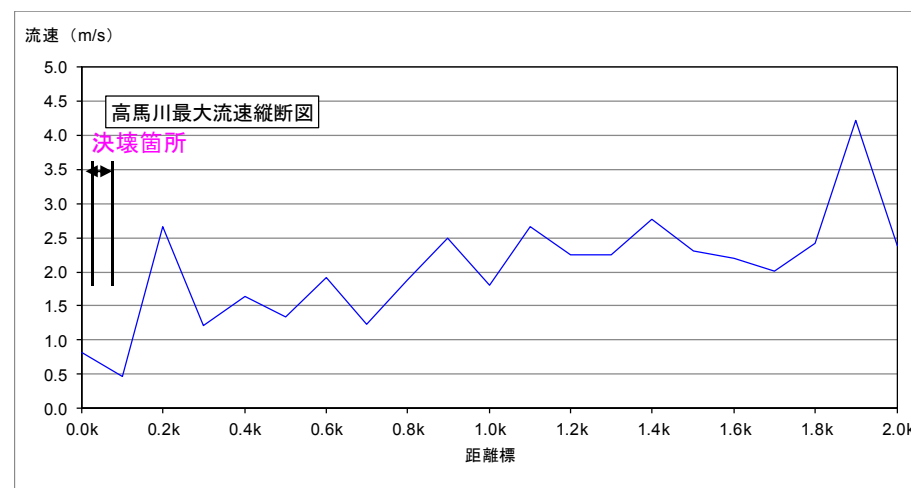


現地調査写真



決壊地点の直上下流では侵食は確認されていない

流速縦断図(内外水モデルによる期間最大流速)



## ■決壊の主たる原因

小田川の水位上昇により「越水」が発生し、堤防の川裏法面が侵食され決壊したと推定した。

被災要因の推定に関する一覧表

	被災要因の可能性	影響程度
越水による堤防決壊	<ul style="list-style-type: none"> <li>・堤防高と洪水位を精査した結果、決壊箇所において越水が発生したと推定した。</li> <li>・堤防高と洪水位から推定される越水箇所の近傍に落堀が確認されており、越水箇所から堤防決壊に至ったと推定した。</li> </ul>	○
浸透による堤防決壊	<ul style="list-style-type: none"> <li>・川裏の法面勾配が1:1.5と急なため、浸透によるすべり破壊の安全度が照査基準を満足しないが、決壊箇所周辺で確証が得られるだけの痕跡等が得られなかったことから、堤防決壊の原因であると特定できなかったものの、その可能性は排除できない。</li> <li>・また、計画高水位を長時間超過したことや降雨の継続により、河川水や雨水、及び内水が発生していたことにより堤体内に多くの水が浸透していたと推察され、堤防が弱体化した可能性があり、越水による川裏法面の侵食過程において、何らかの影響を及ぼした可能性は排除できない。</li> </ul>	△
侵食による堤防決壊	<ul style="list-style-type: none"> <li>・洪水時の最大流速は0.8m/sであり、設置されていた護岸の設計流速(4m/s～8m/s程度)以下であると推定した。川表側からの侵食が堤防決壊の原因となった可能性は低いと推定した。</li> </ul>	—
構造物の影響による堤防決壊	<ul style="list-style-type: none"> <li>・影響を及ぼしたと想定される構造物はなかった。</li> </ul>	—



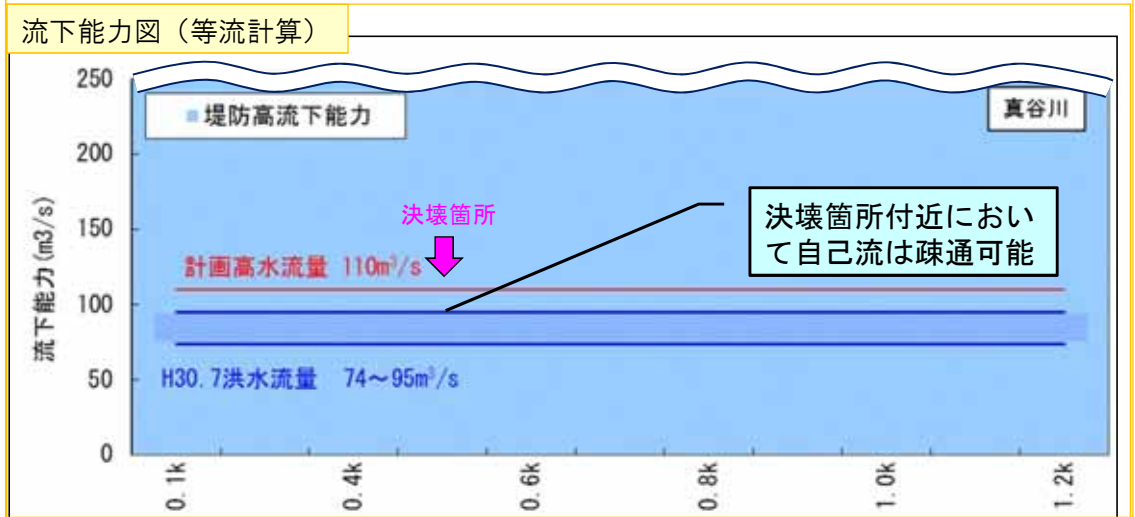
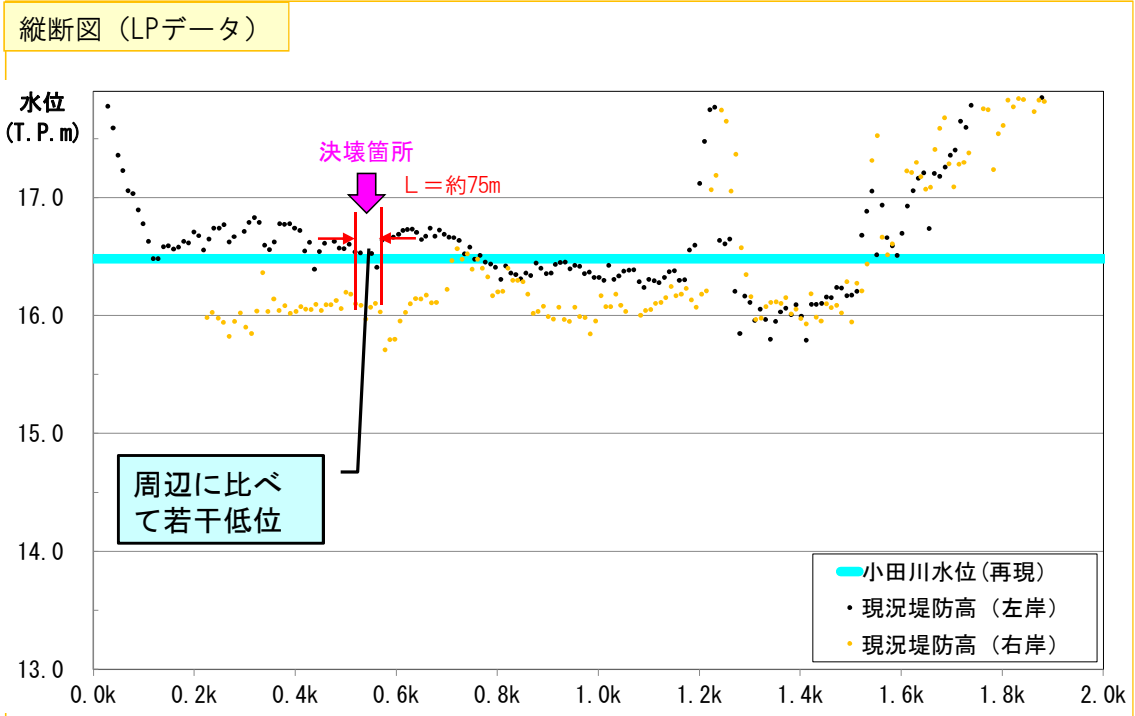
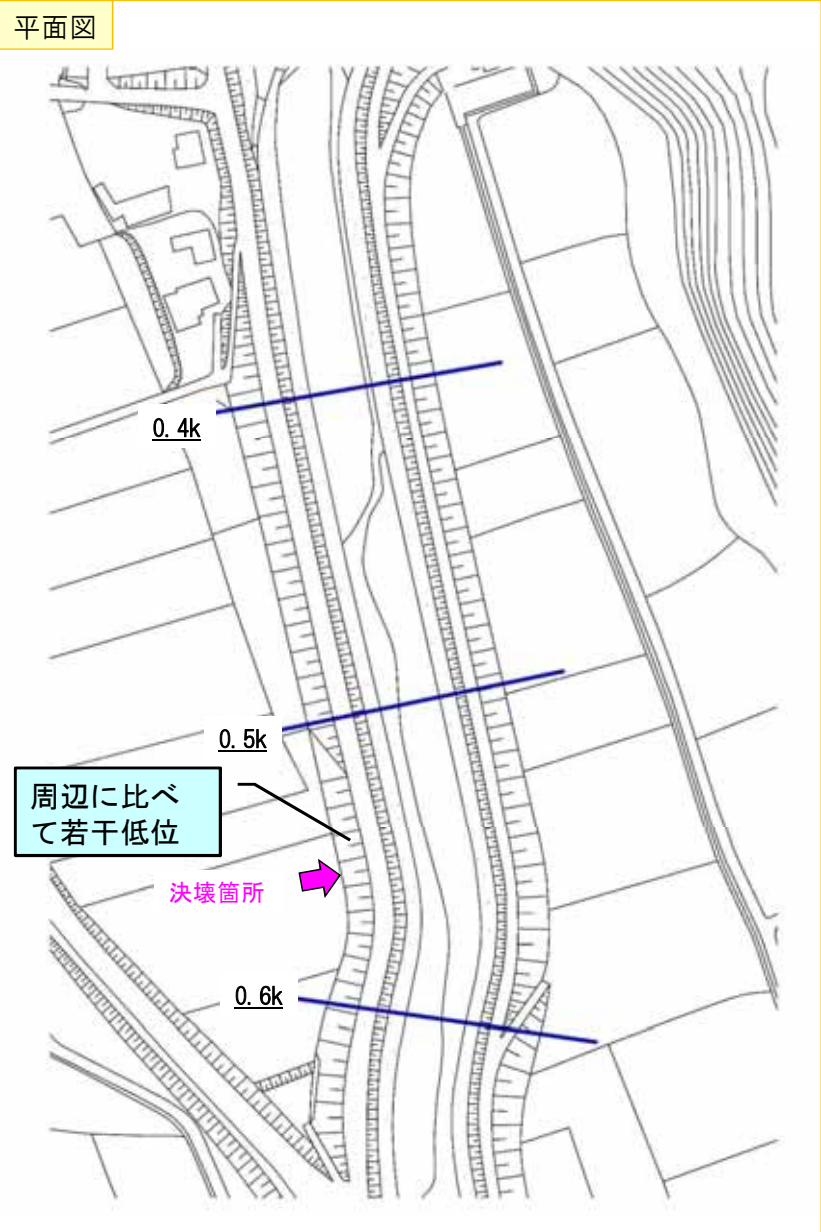
■堤防決壊の主たる原因は「越水」と推定され、その決壊プロセスは以下のとおりであると推察した。

段階	プロセス	模式図
STEP 1 堤体内部の水位上昇	長時間にわたる降雨と小田川の水位上昇（背水）に伴い、高馬川の水位が上昇し、堤防に河川水及び雨水が浸透し、堤体内の水位が徐々に上昇したと推定した。	
STEP 2 越水の開始	河川水位がさらに上昇し、堤防天端に達し、越水が発生したと推定した。	
STEP 3 川裏法面の洗掘	時間の経過とともに、川裏法面の侵食が進行し、徐々に堤防断面が減少したと推定した。	
STEP 4 決壊 (堤体流失)	さらに洗掘が進み堤体が決壊、もしくは途中で川側からの水圧に耐えきれず、堤防が決壊したと推定した。	

# 被災要因の分析 (真谷川左岸0.5k)

# 被災要因の分析(真谷川左岸0.5k) ①越水に対する分析

- 0.5k付近の堤防が、上下流に比して相対的に若干低位にある。これに対して、小田川のピーク水位は高位にある。
- 真谷川の決壊箇所付近において、今次洪水の推定流量は疎通可能であり、越水は小田川の背水に起因するものと推定した。



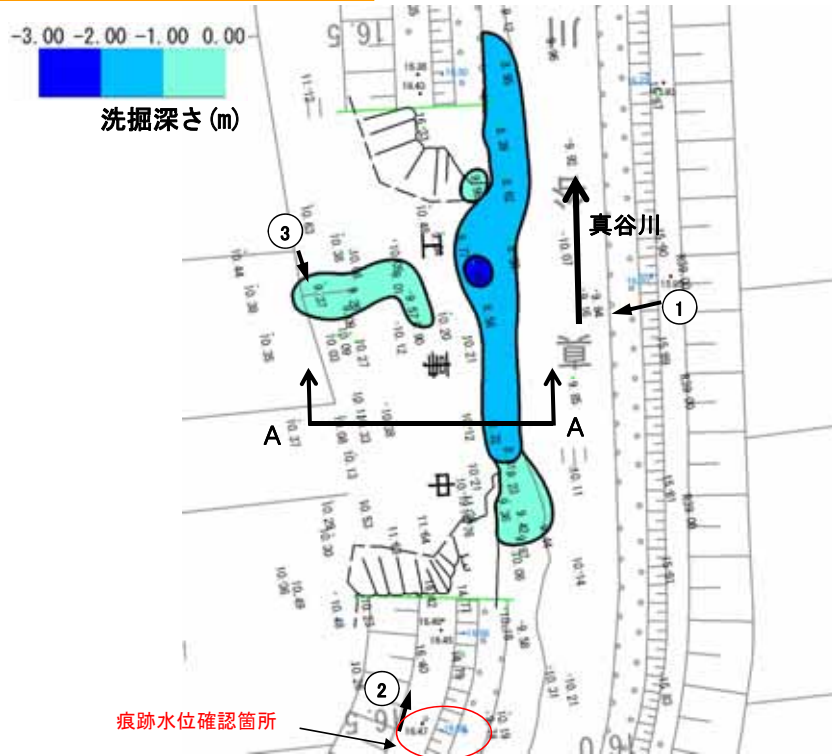
※今次洪水による数値等は速報値であり、今後変更となることある。

# 被災要因の分析(真谷川左岸0.5k) ①越水に対する分析

岡山県

- 現地踏査の結果、決壊箇所区間の上流で天端より高い位置に痕跡水位を確認した(堤防天端+0.18m程度)。
- 現地踏査の結果、決壊箇所の堤内地盤に最大深さ0.65m程度の洗掘を確認した。下流側の方が洗掘深が深い事を測量図より確認した。

「落堀」洗掘深コンター図



現地調査写真



①決壊箇所全景 7月10日撮影

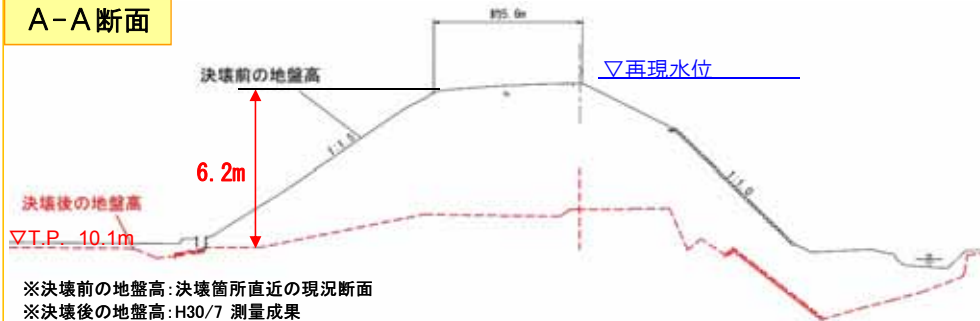


②痕跡水位 7月15日撮影



③左岸堤内側の洗掘状況 7月15日撮影

A-A断面

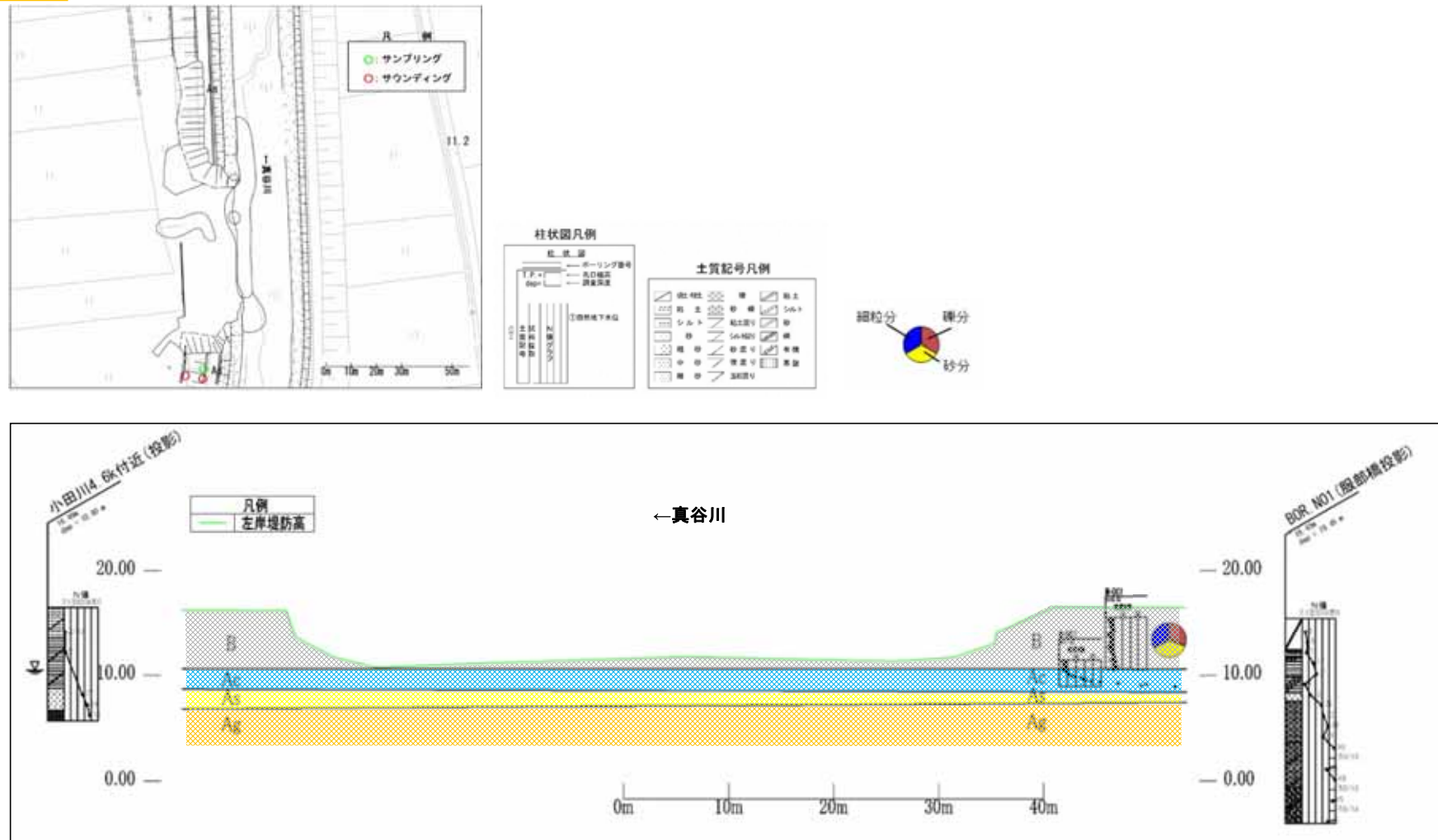


※今次洪水による数値等は速報値であり、今後変更となることある。

### (1)堤防・基礎地盤の地質状況

■基礎地盤の表層には固い粘性土層(Ac)が2m程度堆積し、この粘性土の下は砂層(As)～砂礫層(Ag)が堆積していると推察した。

土質想定縦断面図

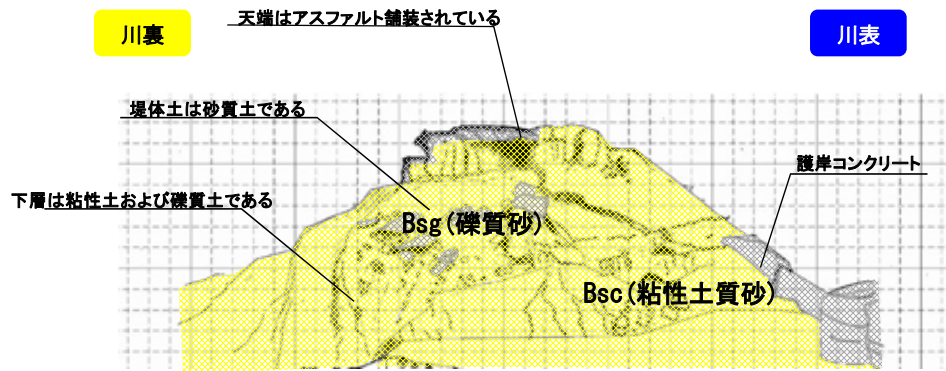


※今次洪水による数値等は速報値であり、今後変更となることある。

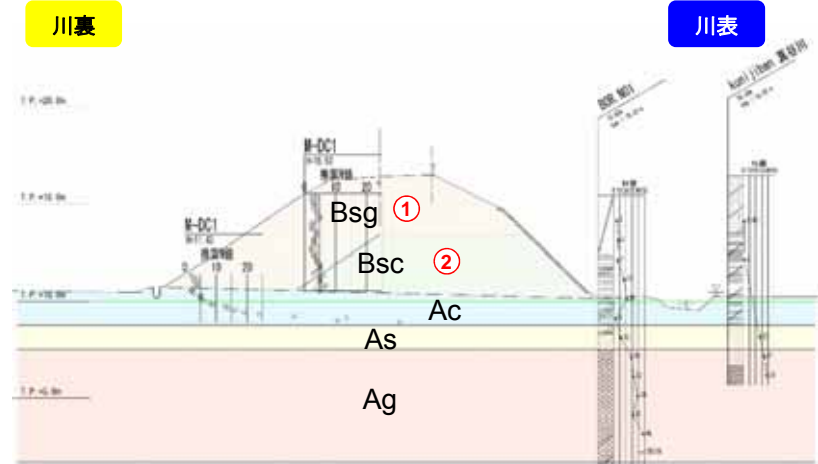
# 被災要因の分析(真谷川左岸0.5k) ②浸透に対する分析

■ 堤体については、上部が礫質砂(Bsg)、下部が粘性土砂(Bsc)であることが現地踏査および粒度試験より確認した。  
 ■ 基礎地盤については、粘性土層(Ac)、砂質土層(As)、礫質土層(Ag)の存在を小田川との合流部付近の既往地質調査で確認した。

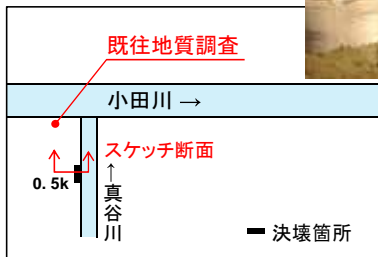
## 決壊区間下流端部-観察結果



## 決壊区間-推定地質断面図



撮影日:平成30年7月15日



※試験位置は横断面を参照



※今次洪水による数値等は速報値であり、今後変更となることある。

# 被災要因の分析(真谷川左岸0.5k) ②浸透に対する分析

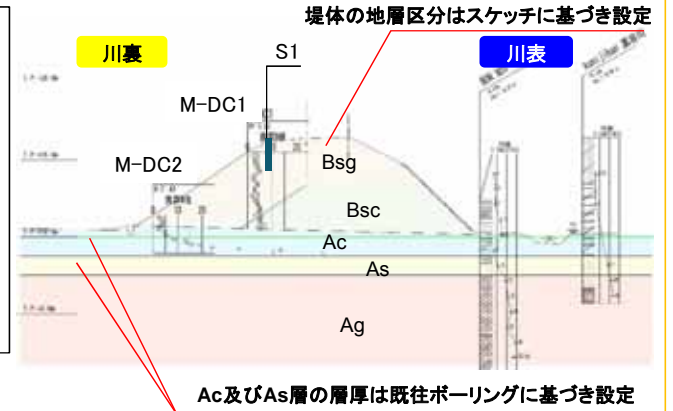
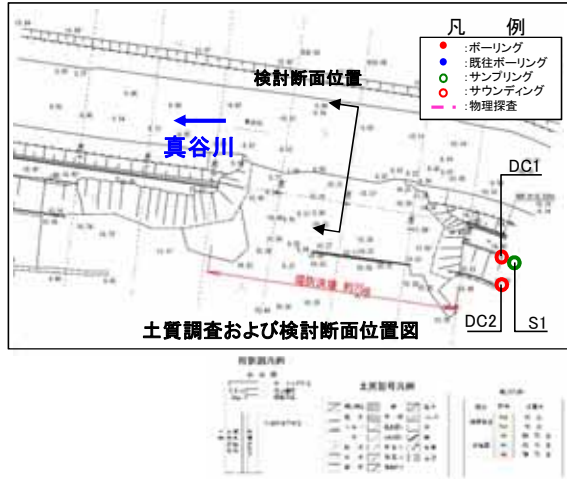
## (2)解析モデルおよび解析結果

- 周辺のボーリングおよびサンプリング試料を用いて室内試験を行い土質定数を設定した。
- 土層モデルについては、決壊面のスケッチおよび既往ボーリング調査結果をもとに設定した。

### 地盤モデル図

※今後精査により変更の可能性がある

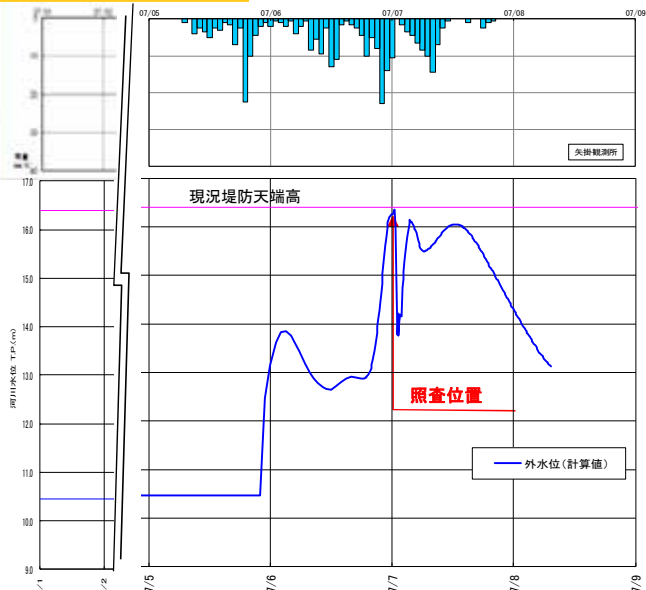
土層名	$\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	c (kN/m <sup>2</sup> )	$\phi$ (deg)	k (m/s)
Bsg	17.1	19.0	4.0	22	5.0E-05
Bsc	-	17.0	1.0	28	1.0E-08
Ac	-	19.3	40.0	0	1.0E-08
As	-	19.0	0.0	32	1.00E-05
Ag	-	-	-	-	1.00E-04



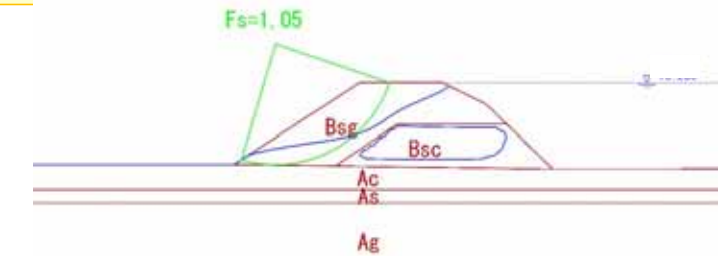
- 堤体の透水性が高いため、浸潤面が上昇しやすい傾向にある。
- 堤体の川裏法面勾配が1:1.5と急なため、すべりに対して必要安全率を下回る結果となる。
- パイピングおよび盤ぶくれに対しては、必要安全率を満足する。

### 外力条件 (実績)

※氾濫解析による推定水位値を使用



### 照査結果一覧



### 盤ぶくれ照査(G/W)

$$G/W = (\rho_t \cdot H) / (\rho_w \cdot P) = (1.91 \times 1.8) / (1.0 \times 3.41) = 1.01 > 1.0 \text{ OK}$$

ここで、  
 $\rho_t$ : 被覆土層(Ac層)の密度 ( $\rho_t=1.91t/m^3$ )  
 $H$ : 被覆土層の厚さ ( $H=1.8m$ )  
 $\rho_w$ : 水の密度 ( $\rho_w=1.0t/m^3$ )  
 $P$ : 被覆土層底面の圧力水頭 ( $P=3.41m$ )

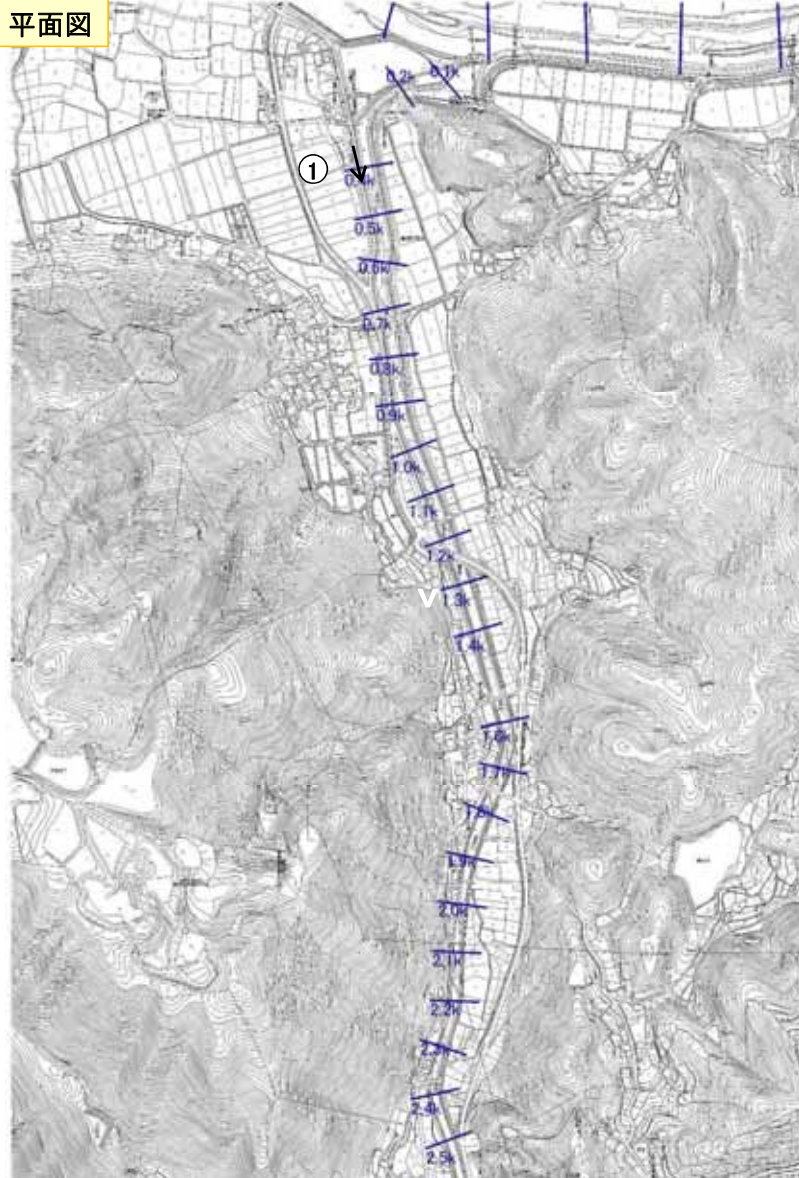
照査項目		解析結果	照査基準値	判定
パイピング	局所動水勾配	iv	0.5	—
		ih	0.30	OK
	盤ぶくれ	G/W	1.01	OK
円弧すべり	川裏	Fsmin	1.05	NG
			1.4	—

※「手引き」: 河川堤防の構造検討の手引き, H24.2

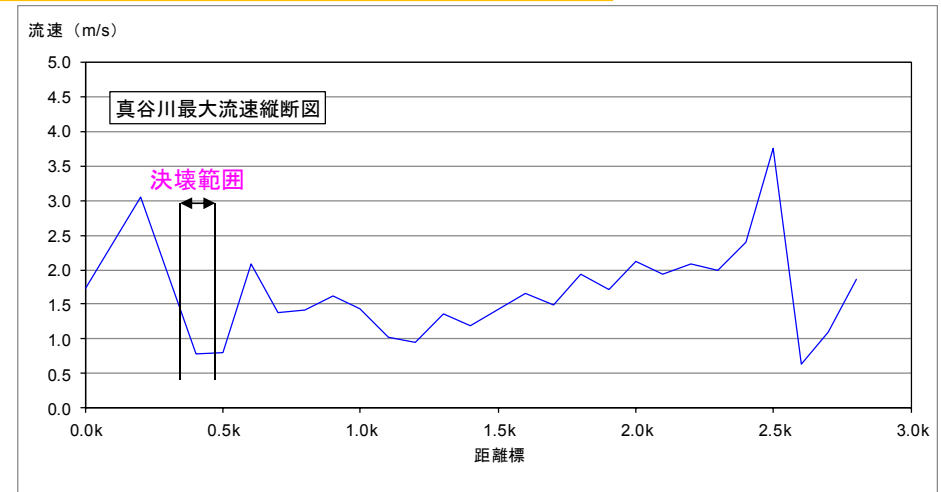
# 被災要因の分析(真谷川左岸0.5k) ③侵食に対する分析

- 決壊箇所 (0.5k) の最大流速は0.8m/s~1.5m/sで、張芝の設計流速 (2.0m/s) 以下であると推定した。
- 堤防構造はコンクリートブロック張り (設計流速4m/s~8m/s) である。  
また、護岸上部は部分的に土羽となっているが、決壊箇所の対岸では侵食は確認できない。
- 侵食により決壊が生じた可能性は低いと推定される。

平面図



流速縦断面図 (内外水モデルによる期間最大流速)



現地調査写真



※今次洪水による数値等は速報値であり、今後変更となることがある。



■ 決壊の主たる原因

小田川の水位上昇により「越水」が発生し、堤防の川裏法面が侵食され決壊したと推定した。

被災要因の推定に関する一覧表

	被災要因の可能性	影響程度
越水による堤防決壊	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 堤防高と洪水位を精査した結果、決壊箇所において越水が発生したと推定した</li> <li>・ 決壊箇所の近傍で越水の痕跡が確認されており、越水箇所から堤防決壊に至ったと推定した。</li> </ul>	○
浸透による堤防決壊	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 川裏の法面勾配が1:1.5と急なため、浸透によるすべり破壊の安全度が照査基準を満足しないが、決壊箇所周辺で確証が得られるだけの痕跡等が得られなかったことから、堤防決壊の原因であると特定できなかったものの、その可能性は排除できない。</li> <li>・ また、計画高水位を長時間超過したことや降雨の継続により、河川水や雨水、及び内水が発生していたことにより堤体内に多くの水が浸透していたと推察され、堤防が弱体化した可能性があり、越水による川裏法面の侵食過程において、何らかの影響を及ぼした可能性は排除できない。</li> </ul>	△
侵食による堤防決壊	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 洪水時の最大流速は1.5m/sであり、設置されていた護岸の設計流速(4m/s～8m/s程度)以下であると推定した。川表側からの侵食が堤防決壊の原因となった可能性は低いと推定した。</li> </ul>	—
構造物の影響による堤防決壊	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 影響を及ぼしたと想定される構造物はなかった。</li> </ul>	—

# ■被災要因の分析(真谷川左岸0.5k) ⑤堤防決壊のプロセス

■堤防決壊の主たる原因は「越水」と推定され、その決壊プロセスは以下のとおりであると推察した。

段階	プロセス	模式図
STEP 1 堤体内部の水位上昇	長時間にわたる降雨と小田川の水位上昇（背水）に伴い、真谷川の水位が上昇し、堤防に河川水及び雨水が浸透し、堤体内の水位が徐々に上昇したと推定した。	
STEP 2 越水の開始	河川水位がさらに上昇し、堤防天端に達し、越水が発生したと推定した。	
STEP 3 川裏法面の洗掘	時間の経過とともに、川裏法面の侵食が進行し、徐々に堤防断面が減少したと推定した。	
STEP 4 決壊 (堤体流失)	さらに洗掘が進み堤体が決壊、もしくは途中で川側からの水圧に耐えきれず堤防が決壊したと推定した。	

# 決壊区間における対策の基本方針 (小田川左岸3k400及び6k400)



国土を**整**え、全力で**備**える

国土交通省  
中国地方整備局

Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism  
Chugoku Regional Development Bureau

# ■ 決壊区間における対策の基本方針

## 堤防決壊の原因

- 高梁川・小田川流域における記録的な降雨により、小田川の水位が上昇し、計画高水位を長時間超過した。
- 堤防が決壊した小田川左岸3k400及び6k400は、まず、支川の堤防高が低い箇所等から越水又は溢水が発生し、その後、小田川の堤防高が前後区間と比較し相対的に低い箇所から越水が発生したと推定した。
- 越水箇所には、天端舗装が施工されており、決壊に至るまでの時間をある程度引き延ばしたと推察されるが、支川合流部の川裏側の隅角部や前後区間と比較し相対的に堤防高が低い箇所では、越流水が集中し時間の経過とともに川裏法面の表土が侵食され、堤防内部に存在する緩い砂質土に侵食が進行し堤防断面が減少するとともに、堤防法尻部の洗掘により落堀が発生したと推定した。また、内水による浸水も発生していたと推定した。
- 更に川裏法面の洗掘の進行、及び堤防法尻部の洗掘による落堀が拡大し決壊、もしくは途中で川表からの水圧に耐えることができず、決壊に至ったと推定した。
- 浸透に対する検証については、再現計算を実施した結果、今次洪水では浸透による堤防への影響は少ないと推察され、堤防決壊の主たる要因ではなかったと推定した。しかし、長時間にわたる計画高水位の超過や降雨の継続により、堤体内へ河川水や雨水及び内水が浸透したことにより、堤防が弱体化し川裏法面の侵食過程で、何らかの影響を与えた可能性は排除できない。
- 川表側からの侵食や、決壊箇所周辺に存在する構造物等による影響についても検証を行ったが、堤防決壊の原因となった可能性は、低いと推定した。

## 決壊区間における対策の基本方針

決壊区間（小田川左岸3k400、6k400）における対策の基本方針は以下のとおりとする。

- 災害復旧事業による堤防復旧に加え、今後の河川整備や背後地の復興計画等との整合を図り、手戻りを発生させない。
- 越水時に流れの集中する隅角部や、被災後の堤内側の地形変状等に対して、効果的かつ効率的な対策を選定する。
- 堤防決壊時に、被害ポテンシャルが上昇する堤防の嵩上げによる越水対策は行わない。ただし、小田川左岸6k400については、既定計画との整合性を考慮し計画堤防高まで嵩上げを行うこととする。
- 今次洪水による越水対策については、小田川付け替え、並びに河道掘削等による流下能力向上による水位低下を基本とする。

## 決壊区間における対策方法

決壊区間（小田川左岸3k400、6k400）における対策方法は以下のとおりとする。

- 「浸透」に対する対策（断面拡大等）は、堤防の弱体化の要因として排除できないため、今後の手戻りを防止する観点から、今回合わせて実施することが望ましい。
- 「侵食」に対する対策（川表護岸等）は、今次洪水では主たる被災原因として特定されなかったが、前後区間の堤防構造との整合性を考慮し検討を行う必要がある。
- 対策工法の詳細な構造等については、詳細設計を実施し、仮堤防撤去後に現地調査等を実施したうえで精査する必要がある。

# 決壊区間における対策の基本方針 (末政川、高馬川、真谷川)

## 堤防決壊の原因

### 【3河川に共通する事項】

- 高梁川・小田川流域における記録的な大雨により、本川および支川の河川水位が大きく上昇し、決壊区間において水位が計画高水位を超過し堤防高を上回って越水が発生した。
- 越水により川裏法面と法尻の洗掘が進行し、その後堤体の一部を構成する緩い砂質土が流水によって崩れ、決壊に至ったと考えられる。

### 【個別箇所の原因】

#### □末政川 左岸 0.4k

決壊箇所上流の橋梁が周辺堤防より低いために、小田川の背水が橋梁を超えて溢水し、堤内地盤の低い決壊箇所へ流下することによって川裏法面の洗掘が始まったと推察する。法面勾配が急(1:1.7)なために、法崩れも生じて決壊に至ったと考えられる。また、浸透に対する安全性は、すべり破壊の安全度が照査基準を満足せず、浸透が堤防崩壊を助長した可能性がある。

#### □末政川 左・右岸 0.7k

堤防天端高の低い右岸堤防から、小田川の背水による越水が始まったと推察する。法面勾配が急(1:1.5)なために、法崩れも生じて決壊に至ったと考えられる。また、浸透に対する安全性は、すべり破壊の安全度が照査基準を満足せず、浸透が堤防崩壊を助長した可能性がある。

#### □高馬川 右岸 0.1k

堤防天端高が低い区間から小田川の背水による越水が始まり、法面勾配が急(1:1.5)なために、法崩れも生じて決壊に至ったと考えられる。また、浸透に対する安全性は、すべり破壊の安全度が照査基準を満足せず、浸透が堤防崩壊を助長した可能性がある。

#### □真谷川 左岸 0.5k

堤防天端高の低い区間から小田川の背水による越水が始まり、法面勾配が急(1:1.5)なために、法崩れも生じて決壊に至ったと考えられる。また、浸透に対する安全性は、すべり破壊の安全度が照査基準を満足せず、浸透が堤防崩壊を助長した可能性がある。

■決壊区間(末政川、高馬川、真谷川)における対策の基本方針は次のとおりとする。

- 災害復旧事業による堤防復旧に加え、今後の河川整備や背後地の復興計画等との整合を図り、手戻りを発生させない。
- 堤防決壊の原因(越水・浸透)に対して、前後区間の構造との整合を図りつつ、効果的かつ効率的な対策工法を選定する。
- 堤防決壊時に、水害リスクが上昇する堤防の嵩上げによる越水対策は行わない。(原形堤防高と同程度まで復旧)
- 今次出水による越水対策については、小田川付け替え、並びに河道掘削等による流下能力向上による水位低下を基本とする。
- 上下流と比較して著しく堤防高が不足しており、越水リスクが相対的に高い箇所については、堤防の嵩上げを行う。
- 対策工法の詳細な構造等については、詳細設計を実施したうえで精査する。