

平成27年9月関東・東北豪雨 による洪水被害について

一級河川北上川水系 出来川

宮城県土木部河川課



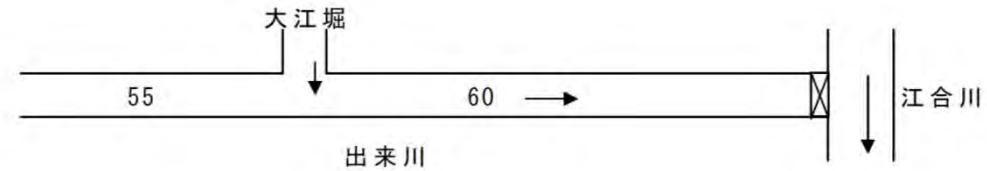
【一級河川北上川水系 出来川】

- | | |
|---------------|-----|
| 1. 河川の概要 | P2 |
| 2. 被災の概要 | P9 |
| 3. H27被災メカニズム | P17 |
| 4. 復旧工法の提案 | P25 |
| 5. 今後の維持管理手法 | P35 |

1. 河川の概要

- 河川名 : 一級河川北上川水系
出来川
- 流域面積 : $A=33.61\text{km}^2$
- 計画規模 : 1/10
- 計画高水流量 : $60\text{m}^3/\text{s}$

【流量配分図】



【流域図】



被災箇所

名緒越流堤箇所

名緒水位観測所

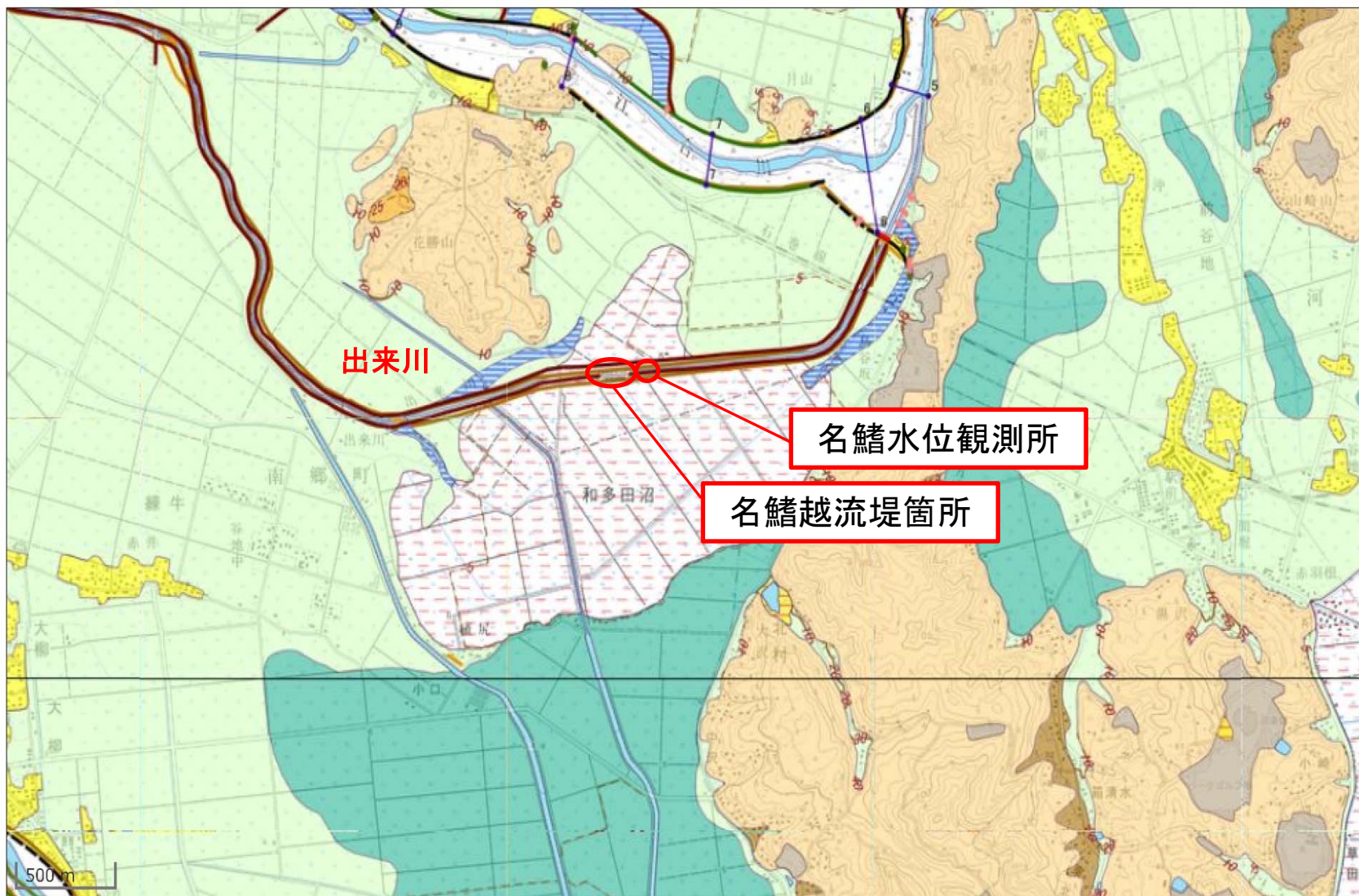
明治水門

国土地理院承認 平14総複 第149号



河川の概要(地形分類図)

地理院地図
GSI Maps



凡例

大分類	中分類	小分類	細分類	記号
山地				
台地・段丘		段丘面		
		崖(段丘崖)		
		浅い谷		
低地	山麓堆積地形	山麓堆積地形		
	扇状地			
	氾濫平野			
	扇状地 氾濫平野	微高地(自然堤防)		
		旧河道	旧河道(明瞭)	
			旧河道(不明瞭)	
		落堀		
氾濫平野	後背湿地			
砂州・砂丘	砂州・砂丘			
人工 改変地形	人工改変地形	干拓地		
		盛り土・埋立地		
		切土地		
		連続盛り土		
その他の 地形等	その他の 地形等	天井川の区間		
		現河道・水面		
	旧流路		S.30年代後半～ S.40年代前半	
			S.20年代	
			T.末期～S.初期 M.末期～T.初期 M中期	
	地盤高線	主曲線		
		補助曲線		
河川 管理施設等	旧堤防	旧堤防	S.30年代後半～ S.40年代前半	
			S.20年代 T.末期～S.初期 M.末期～T.初期	
	河川管理 施設	堤防	完成堤防	
			暫定堤防	
			暫々定堤防	
	護岸			
	河川工 作物	河川工 作物	水位観測所	
流量観測所				
水質観測所				
雨量観測所				
樋門・樋管				
水門・閘門				
揚排水機場				
事務所・出張所	事務所・出張所	事務所		
		出張所		
距離標				
測線				

【一級河川北上川水系 出来川】

■ 流路延長 20.726km

■ 改修履歴

S26~S45 国営定川農業水利事業 L=13,250m

S56~S62 局部改良事業 L=2,100m

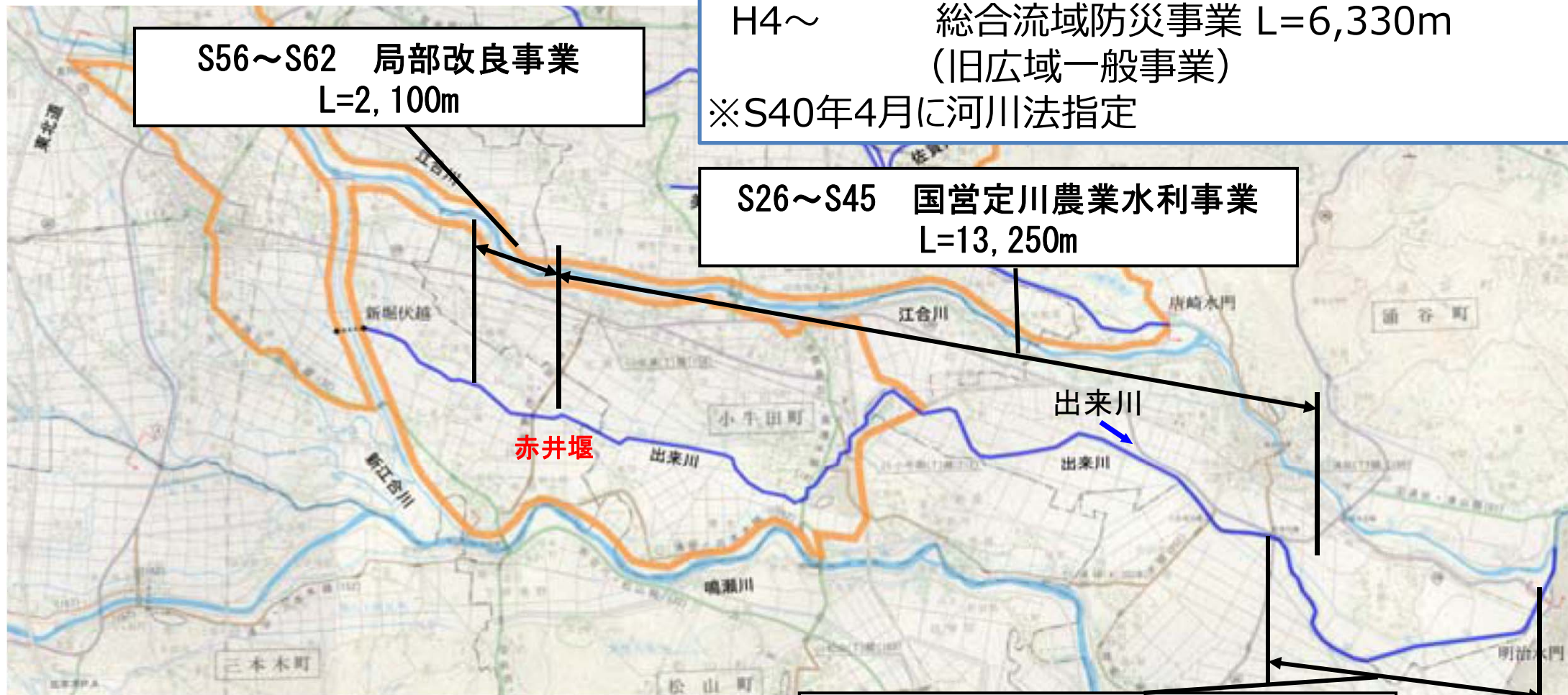
H4~ 総合流域防災事業 L=6,330m
(旧広域一般事業)

※S40年4月に河川法指定

S56~S62 局部改良事業
L=2,100m

S26~S45 国営定川農業水利事業
L=13,250m

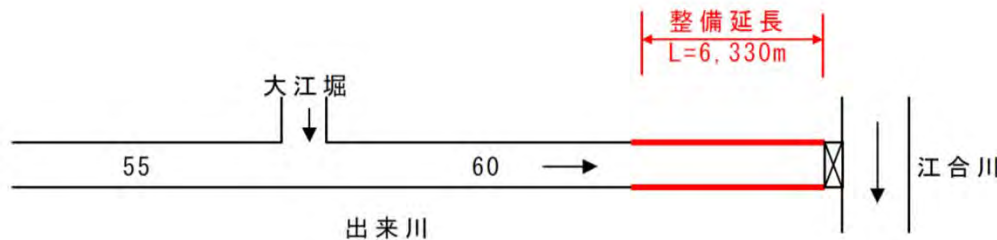
H4年~ 総合流域防災事業
L=6,330m Q=60m³/s (1/10)



■ 洪水等による災害の発生の防止又は軽減に関する目標

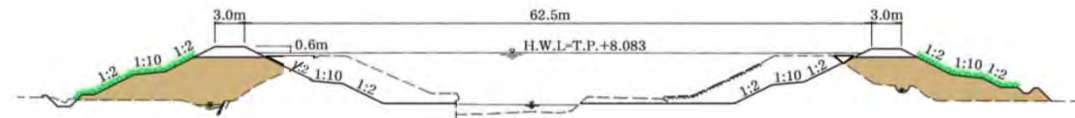
近年の被災実績や県管理河川の治水安全度の水準を勘案し、**10年に1回程**度起こると予想される洪水に対して被害の防止・軽減を図るように整備を行う。

流量配分図

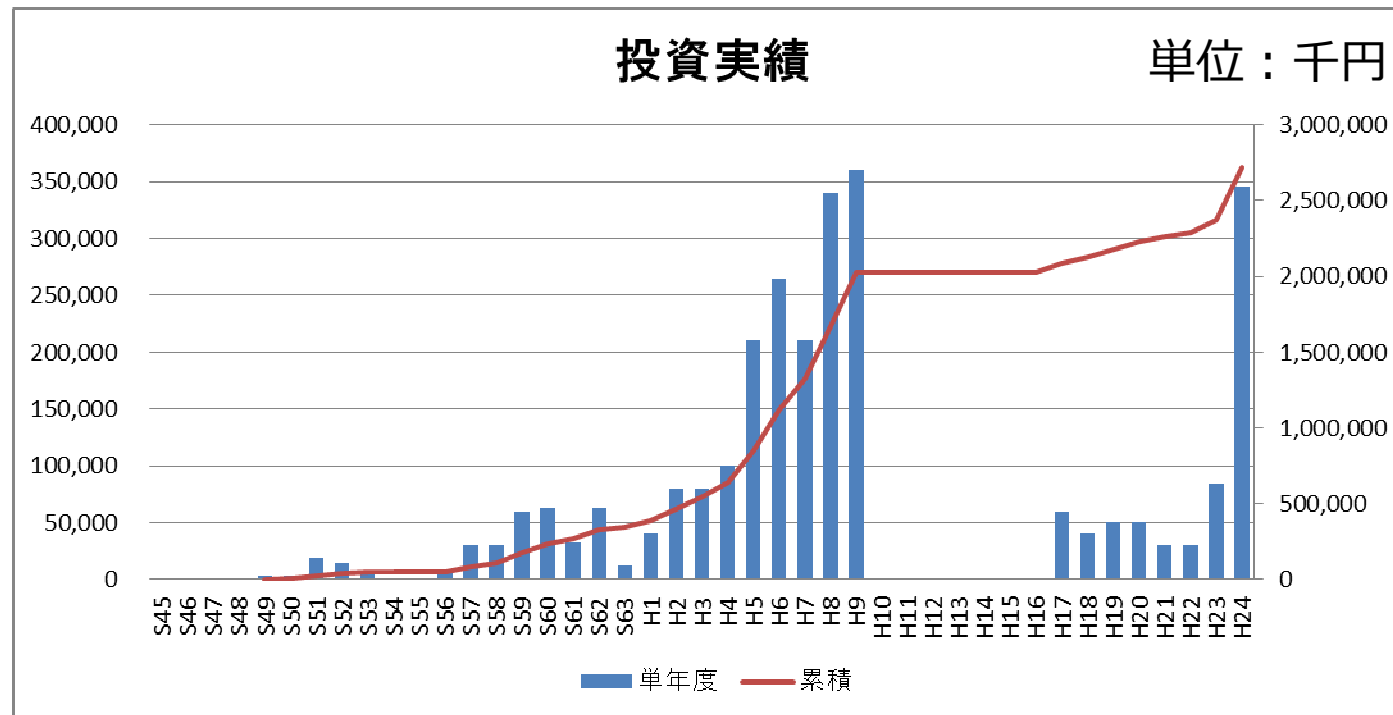


横断面図

標準横断面図（明治水門から1.8km）



投資実績



- 出来川の下流部は元々名鱒沼に流入し、明治水門を通じて江合川へ合流していた。
- その後名鱒沼は干拓され、洪水時には浸水するが、入植にあたり浸水に対して補償を求めないことが前提となる干拓遊水地である。

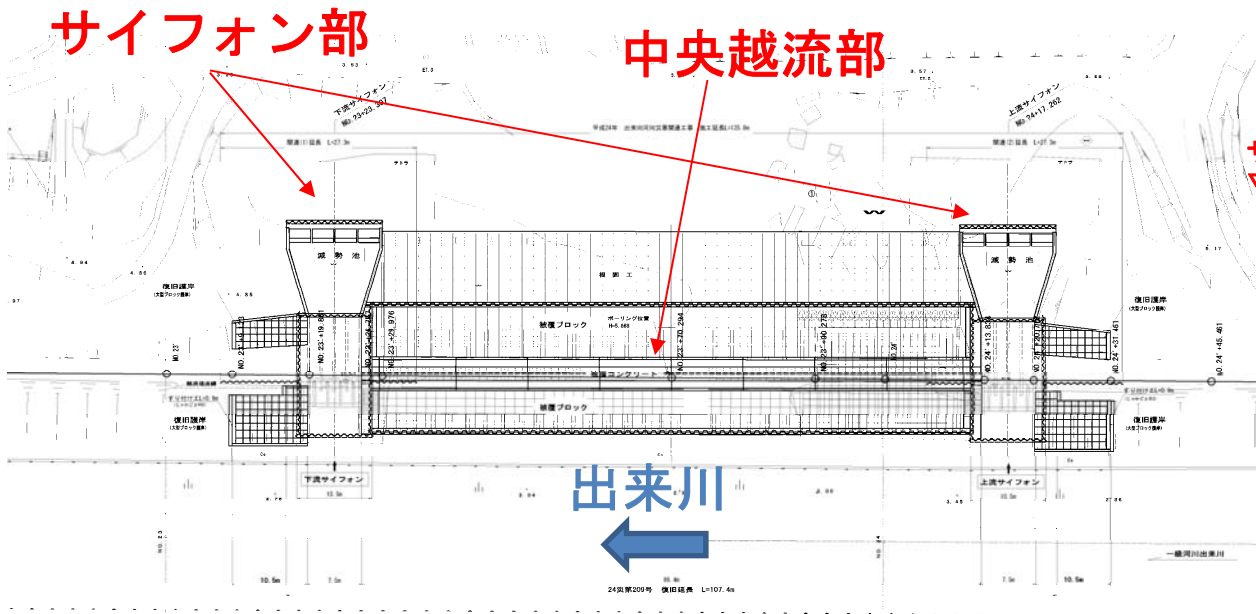
S22撮影

S36撮影

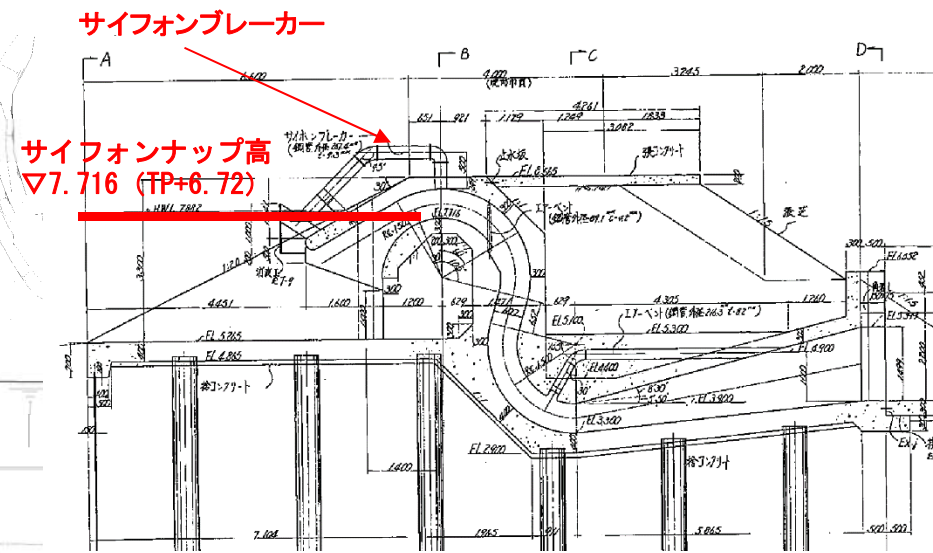
S46撮影

- 名鱈沼と出来川が分離された時の出来川の計画高水流量約47m³/s全量を排水する設計となっていた。
- ※中央越流部から約7m³/s, 両側のサイフォン式放流工から各20m³/sを放流
- サイフォン部は, サイフォン頂部の越水が始まると大流量の排水を可能となり, 水位が低下すると停止する。
- ※サイフォン頂部のパイプはサイフォンブレーカーと呼ばれ, 非常に珍しい構造である。

平面図



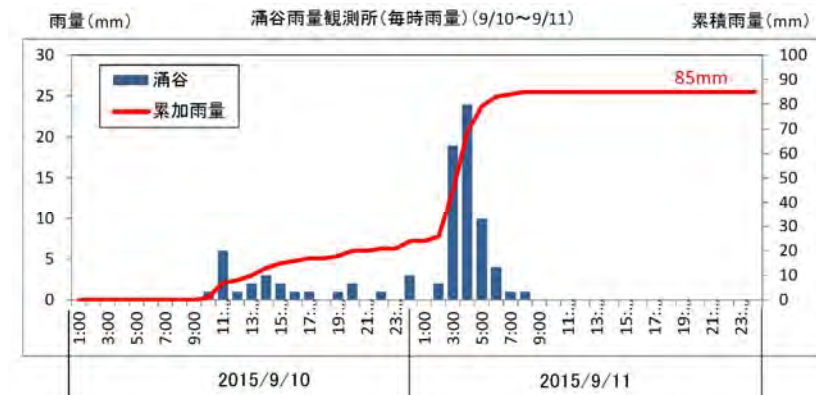
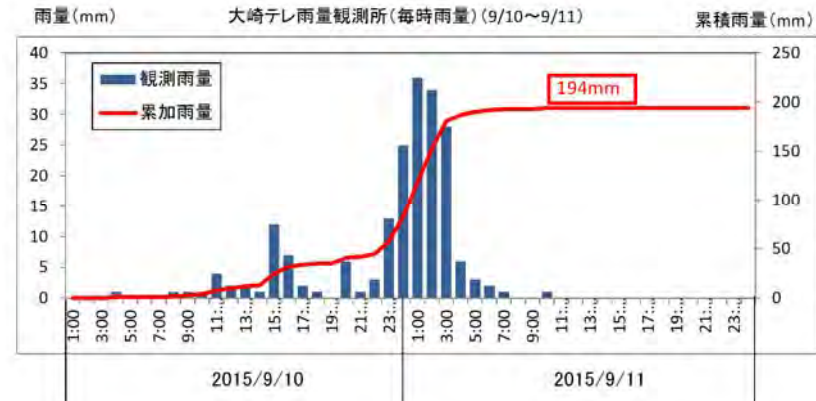
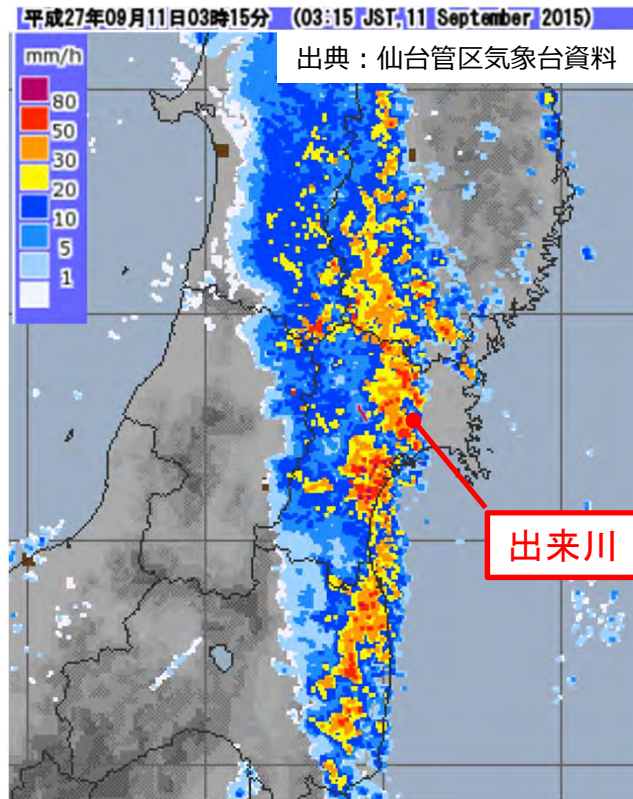
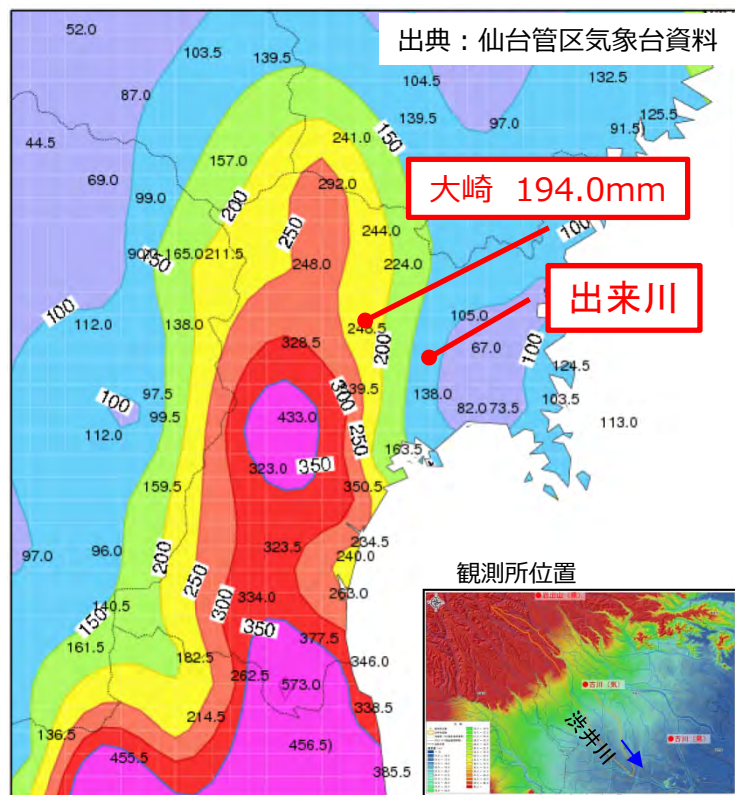
標準横断面図



2. 被害の概要

2. 関東・東北豪雨の被害概要 気象概要

- 平成27年9月8日昼から9月11日昼にかけて雨が降り続き、仙南、仙台、大崎地域を中心に大雨となり、河川の増水や浸水、土砂崩れが発生した。
平成27年9月11日3時20分に宮城県に特別警報が発令された。
- 県内では栗原市で死者2名の被害を受け、床上浸水179棟、床下浸水637棟の大きな被害を受けた。
(被害状況については10月16日 12:00現在 継続調査中)
- **線状降水帯**が形成され、被害を受けた河川の上空に長時間次々に雨雲が流入し、降雨が継続した。
- 出来川流域周辺の雨量観測所は、大崎テレ、涌谷があり、大崎テレで24時間雨量194mmを記録した。



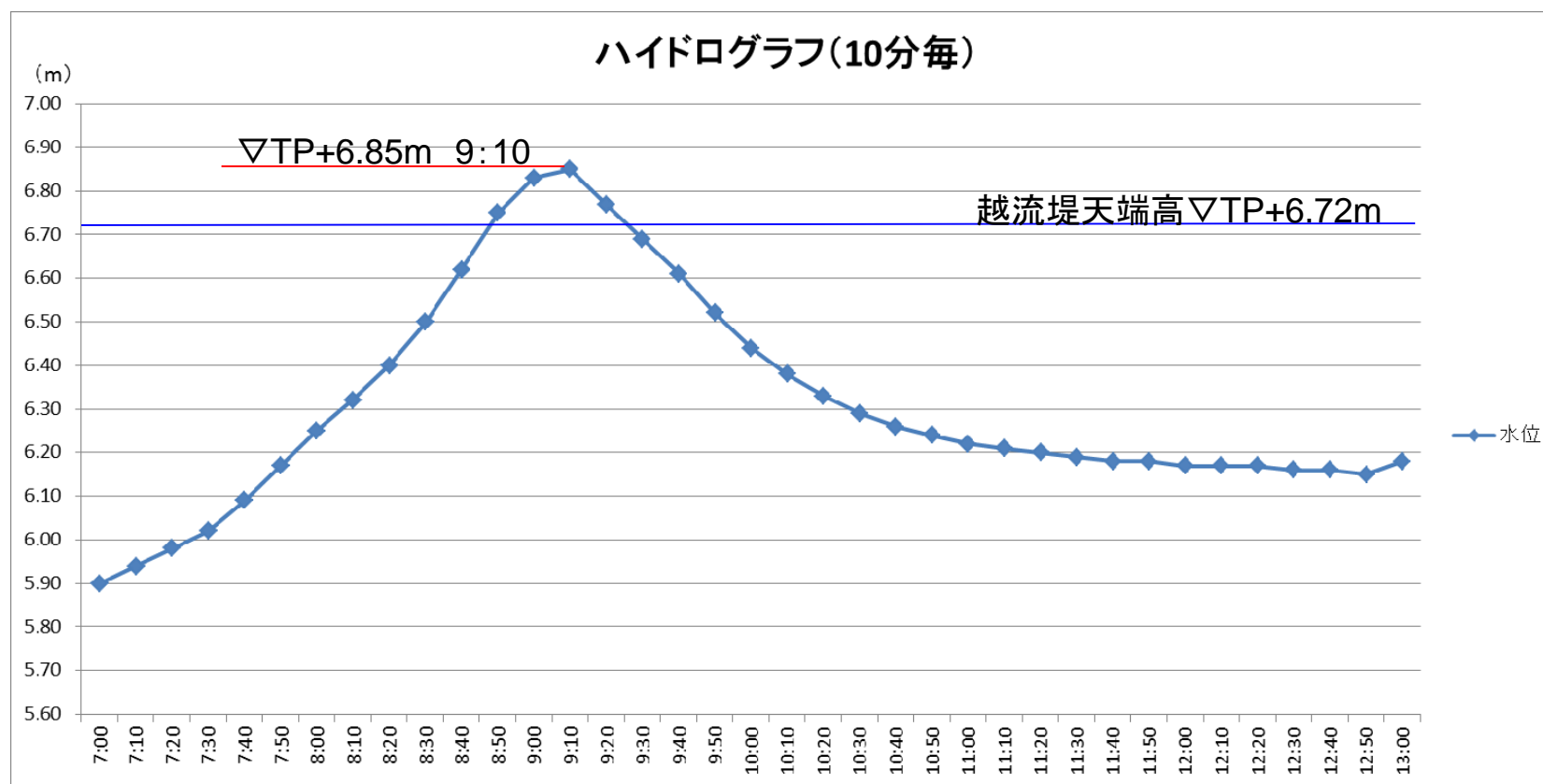
図：9月6日0時から11日12時までの総降水量(単位:mm)

図：9月11日3時15分現在降水量

図：9月10日～11日までの観測降雨
(上：大崎テレ、下：涌谷)

名鱒観測所 水位表

時 分	7時	8時	9時	10時	11時	12時	13時
0分	5.90	6.25	6.83	6.44	6.22	6.17	6.18
10分	5.94	6.32	6.85	6.38	6.21	6.17	
20分	5.98	6.40	6.77	6.33	6.20	6.17	
30分	6.02	6.50	6.69	6.29	6.19	6.16	
40分	6.09	6.62	6.61	6.26	6.18	6.16	
50分	6.17	6.75	6.52	6.24	6.18	6.15	
毎時平均	6.02	6.47	6.71	6.32	6.20	6.16	6.18



浸水・決壊の状況(1)

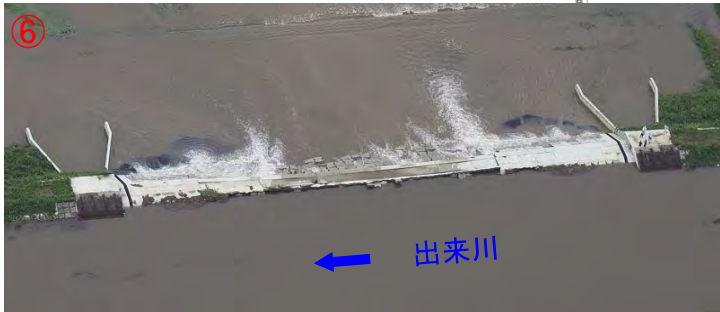
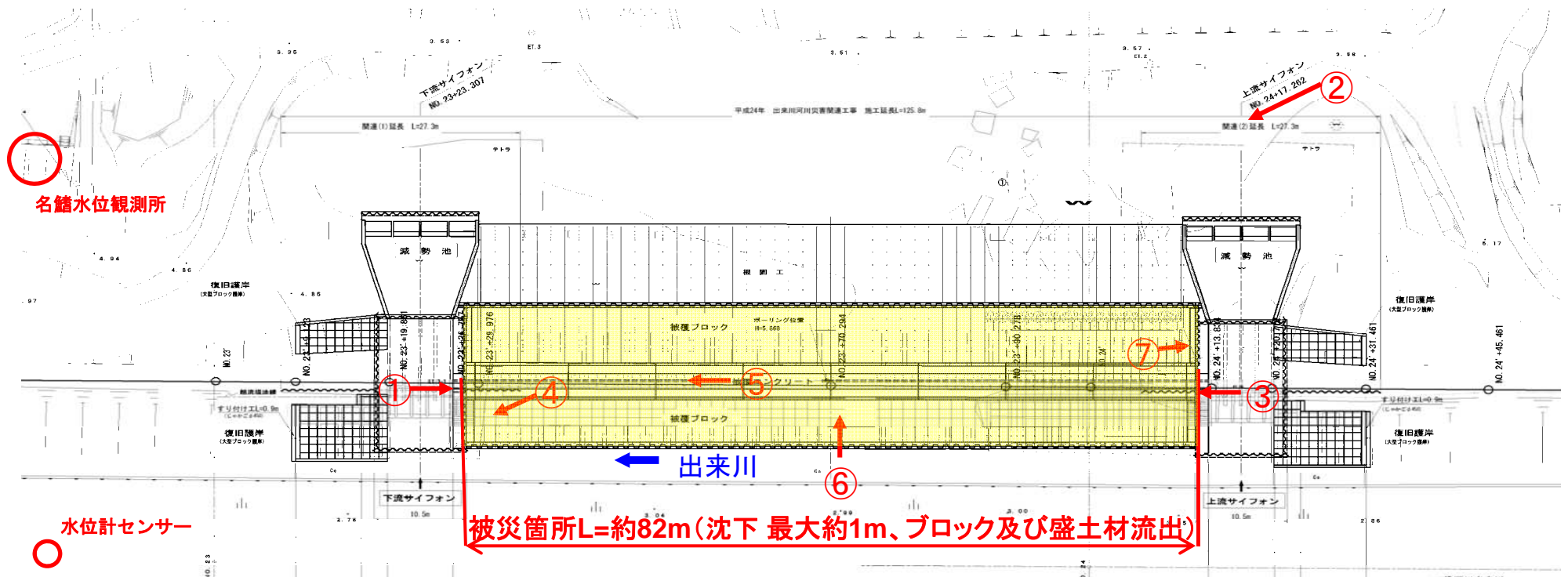
- 床上:調査中 床下:調査中
- 浸水面積 : 約120ha
- 決壊による
- 浸水被害は調査中
- 応急復旧:岩ズリ、大型土のう
- 着手:9/11 完了:9/19



決壊状況



浸水・決壊の状況(2)



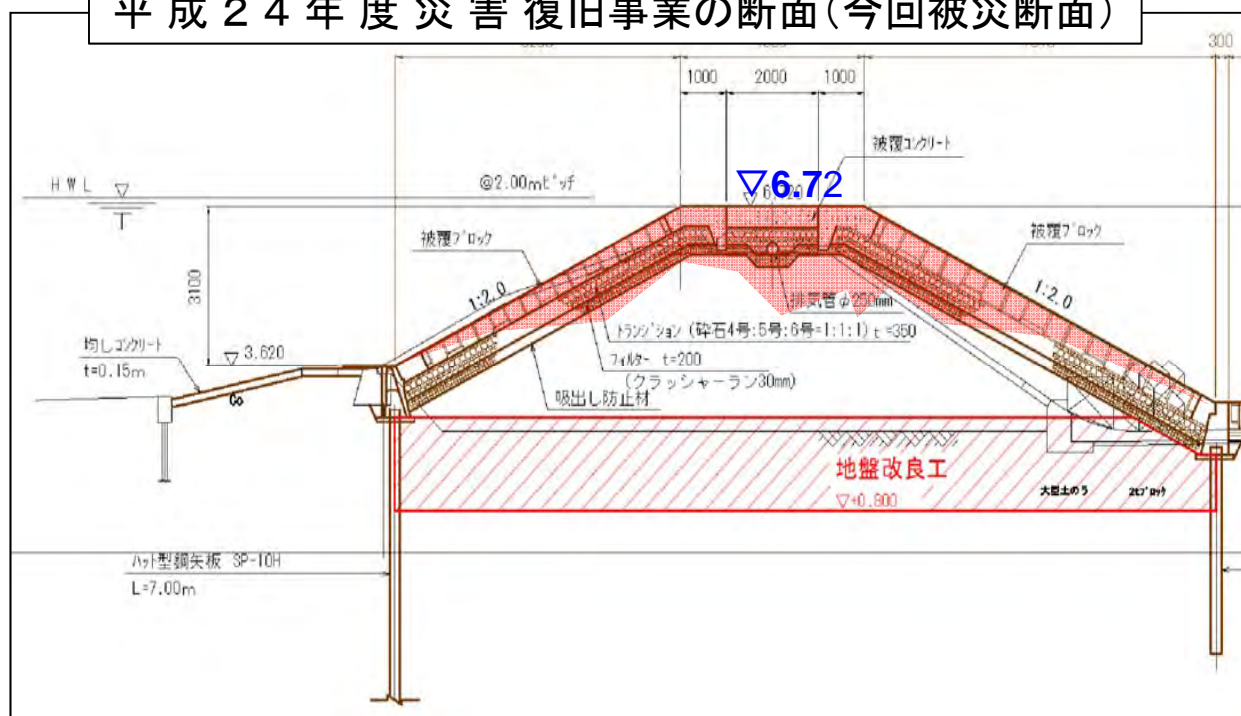


出来川 右岸 上流側から 13:10

上流側からバックホウ投入 16:00

出来川 右岸 上流側から 18:00

平成24年度災害復旧事業の断面(今回被災断面)



浸水・決壊の状況(4)

中央部地質横断図

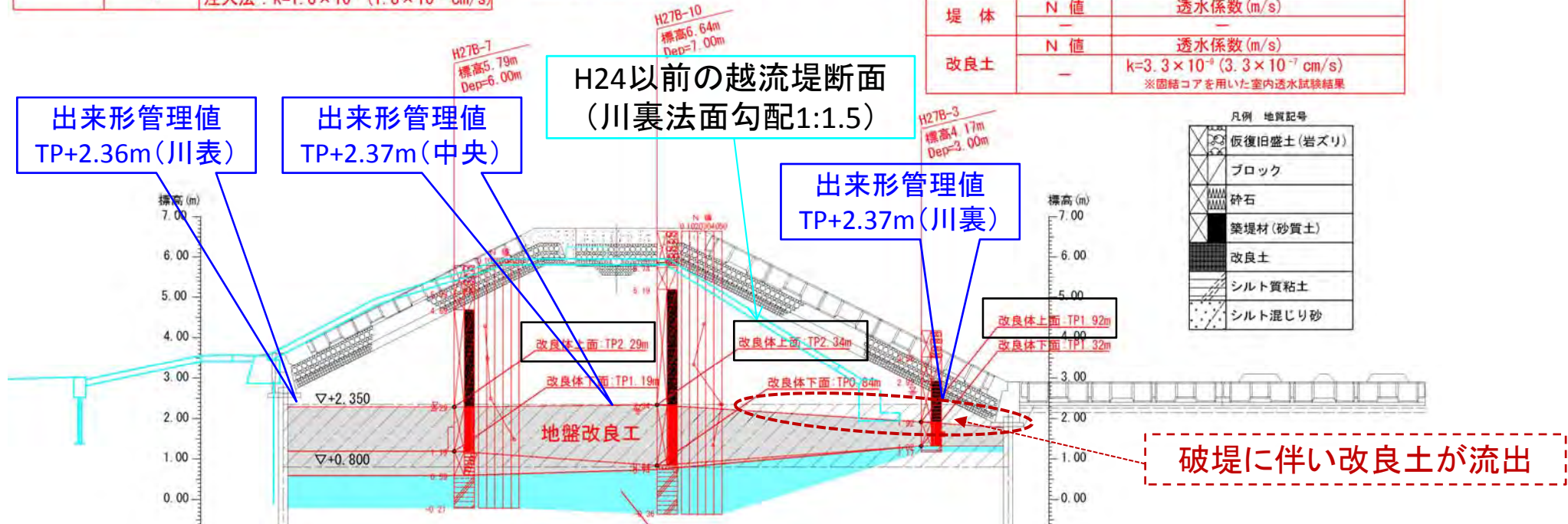
【横断中央部】

位置 H27. B-7		
堤体	N 値	透水係数 (m/s)
	8, 11, 15	—
改良土	N 値	透水係数 (m/s)
	44	回復法: $k=1.7 \times 10^{-6}$ (1.7×10^{-4} cm/s) 注入法: $k=1.8 \times 10^{-6}$ (1.8×10^{-4} cm/s)

位置 H27. B-10		
堤体	N 値	透水係数 (m/s)
	15, 28	—
改良土	N 値	透水係数 (m/s)
	39	—

改良土の現場透水試験は、堤体と改良土の境界地下水位を確認したが、改良土内には地下水が無いため試験中止。

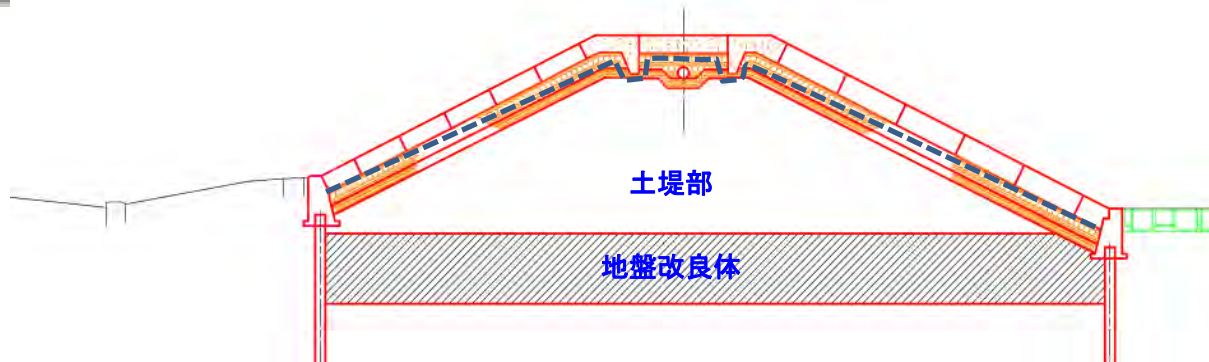
位置 H27. B-3		
堤体	N 値	透水係数 (m/s)
	—	—
改良土	N 値	透水係数 (m/s)
	—	$k=3.3 \times 10^{-9}$ (3.3×10^{-7} cm/s) ※固結コアを用いた室内透水試験結果



改良体の天端高	川表矢板箇所	越流堤天端中央部	川裏矢板箇所
①施工時の出来形管理値	TP+2.36m	TP+2.37m	TP+2.37m
②今回調査結果	TP+2.29m (法面上部付近)	TP+2.34m	TP+1.92m (破堤で上部流出)
沈下量 (①-②)	7cm (位置が離れ参考値)	3cm	45cm (流出後で把握不可)

施工時の改良体出来形管理と今回のボーリング調査による改良体天端高測定結果より、越流堤中央部付近で約3cmの沈下を確認⇒この沈下で天端付近の空洞化が発生した可能性がある。

3. H27被災メカニズム



○圧密沈下によりブロック下面の空洞が拡大。



H27年被災時の水みち発生要因

○この状態で今回の豪雨による急激な水位の上昇により、堤体内に卓越した浸透が生じ、トランジションのズレ、片寄りを助長し、空洞が拡大したことにより、被災に至ったもの。

<参考>

- 越流堤完成（H26.3）から被災（H27.9）までの1年半の間に震度3以上の地震が以下の割合で発生していた。
- 震度4以上の地震は4回発生し、その内1回は震度5弱であった。
- 定期点検、緊急点検では、ひび割れ等の変状は確認されていなかった。

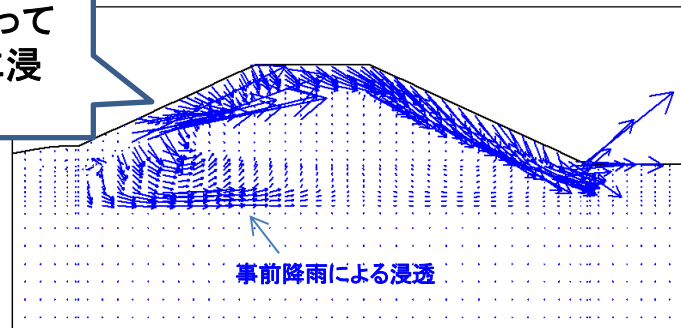
①

激しい事前降雨(最大38mm/h)



事前降雨により、出来川の水位が堤防天端に至っていない段階で、堤体に浸透が起きていた。

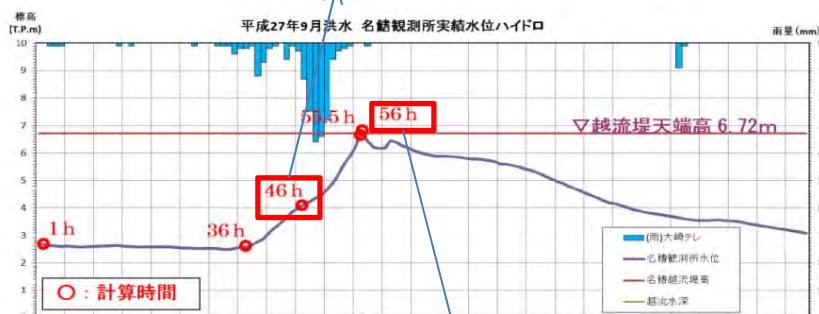
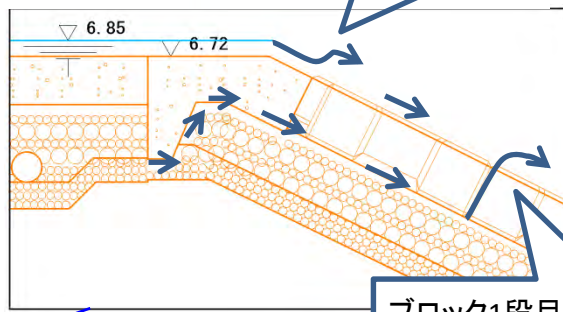
【46H流速ベクトル】



事前降雨による浸透により、空洞化箇所へ水が浸透

ブロック下面は空洞を有していた。

ブロックの突起により水はね



②

圧密沈下による空洞化箇所へ卓越した浸透が生じた

水位上昇

ブロック1段目と2段目の四隅から流出

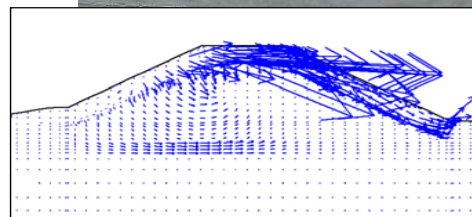
【56H越流時 9/11 9:09】

・吸出し防止材が健全な状態
・水流に濁りはない(堤体土は抜けていない 気泡多い)

圧密沈下(3cm)
※測量結果

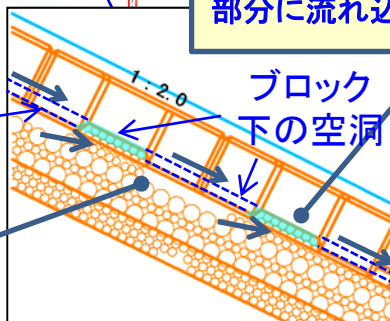
圧密沈下により空洞が拡大され、空洞部分に流水が流れ込みトランジションを空洞部分に流れ込んでいった。

【56H流速ベクトル】



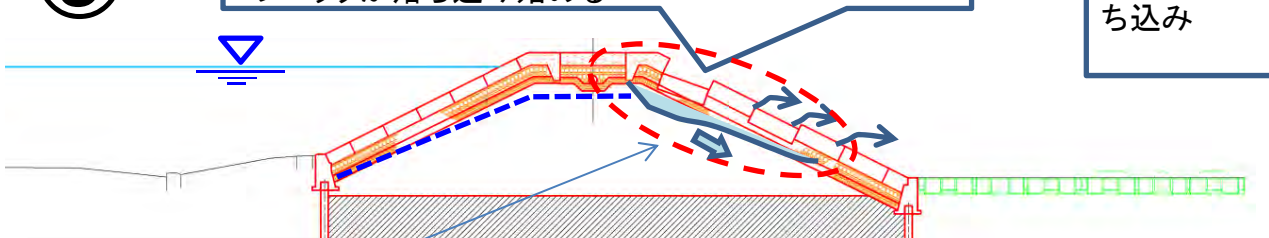
ブロック下の空洞は法面に沿って連続していた

トランジションが空洞部分に流れ込むことでさらに空洞が拡大



③

- ・空洞化部の卓越した浸透流により吸出し防止材に沿ってトランジションにずれが拡大していった。
- ・吸出し防止材がめくれ上がり、堤体土が抜けが発生
- ・ブロックが落ち込み始める

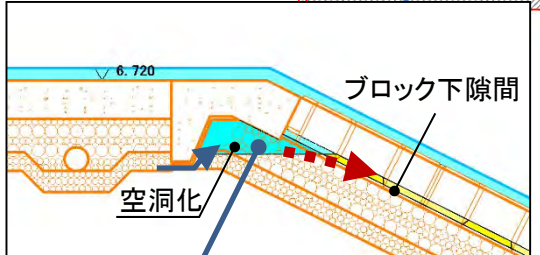


堤体土の抜け出しによる空洞化⇒上部ブロック落ち込み

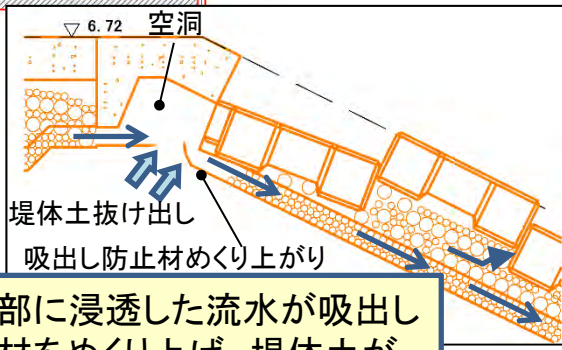


濁水が混じっている ⇒堤体土が抜けしていると推定

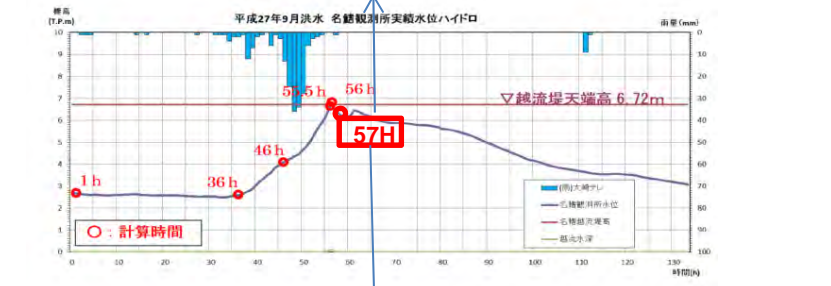
【57H 9/11 10:34】



トランジションがブロック下面の空洞部に押し込まれることで天端下面部に空洞が生じた。

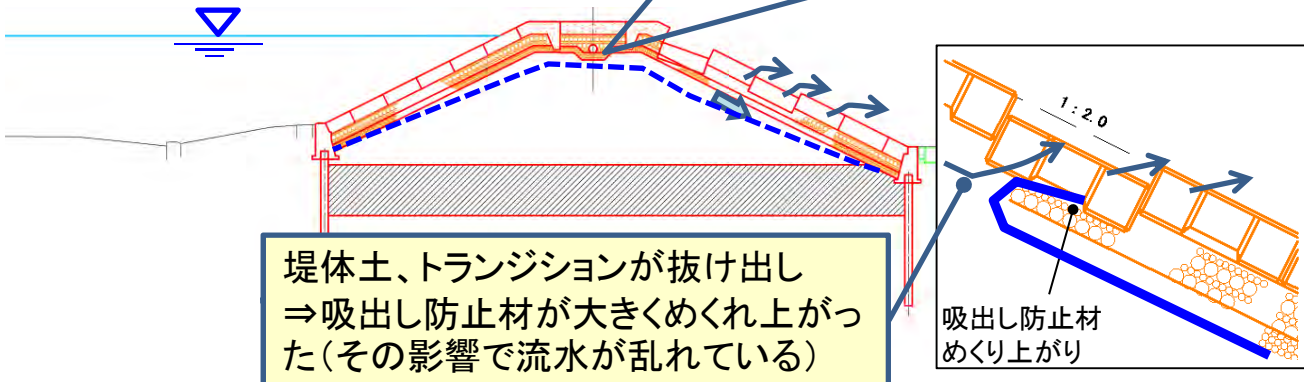


空洞部に浸透した流水が吸出し防止材をめくり上げ、堤体土が抜け出し。



④

- ・ブロックのかみ合わせにより、ブロックが落ち込まない箇所もあり空洞化が進む(空洞化の増加)
- ⇒堤体土、トランジションが流出



堤体土、トランジションが抜け出し ⇒吸出し防止材が大きくめくれ上がった(その影響で流水が乱れている)

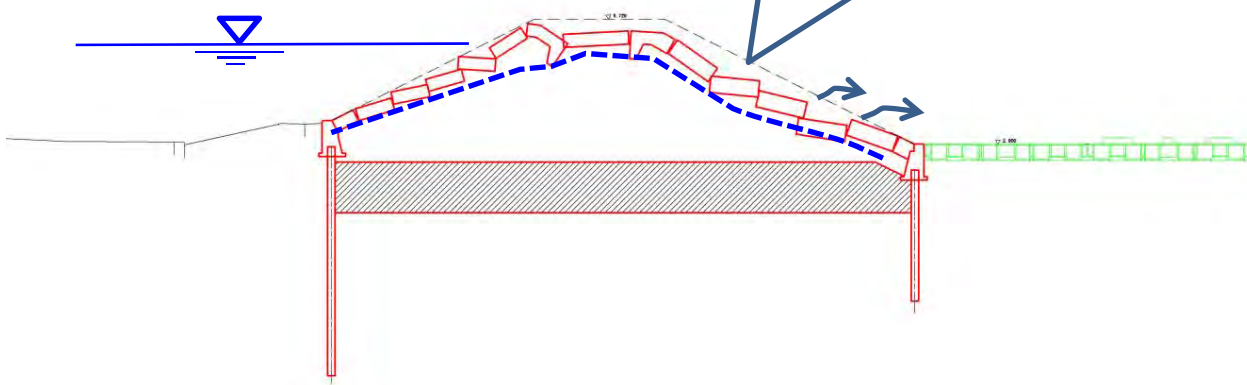


濁水の色が茶色 ⇒堤体土の流出が多くなっていると推定される

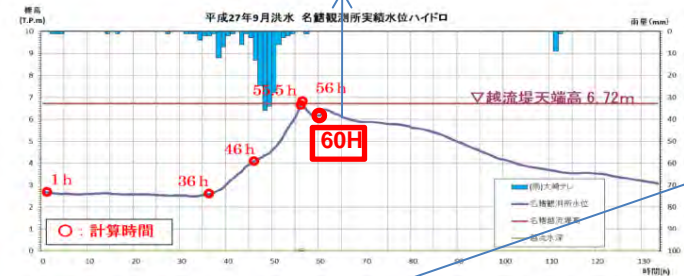
【57H 9/11 10:45】

⑤

堤体土、トランジションが流出し、法面のコンクリートブロックが崩壊、天端沈下

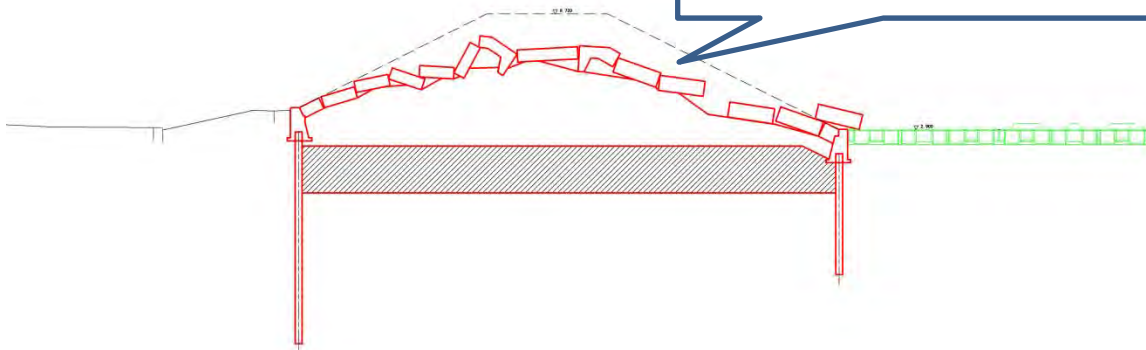


【60H 9/11 13:08】



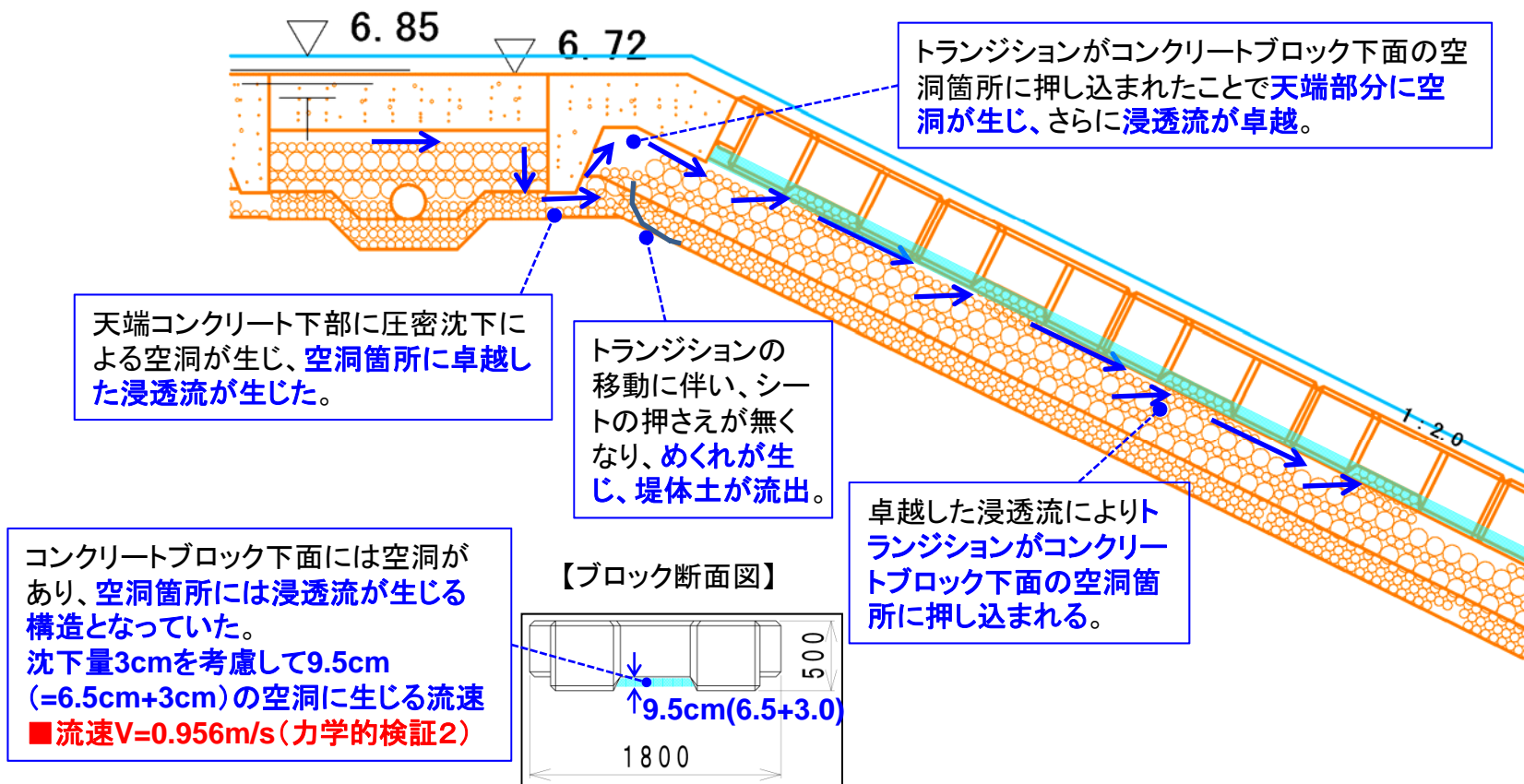
⑥

堤体土の流出により、天端コンクリート、被覆ブロックが落ち込む



【洪水収束後 9/14 17:29】

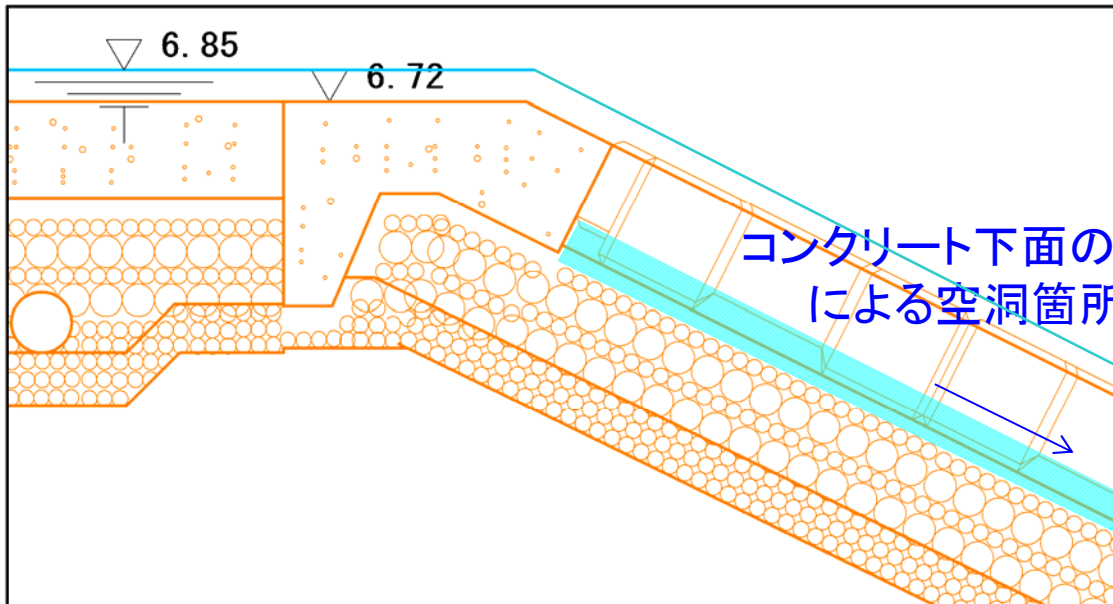
○被災写真により被災メカニズムを推測したところ、トランジションの移動によりブロック下面の空洞化が発達したことが、越流堤被災に至ったと考えられる。



【被災メカニズムの考察】

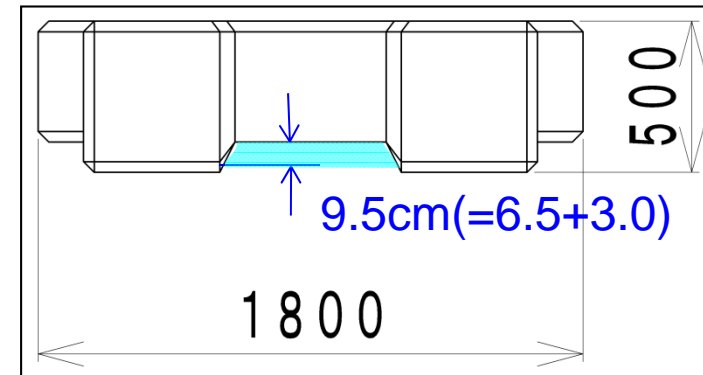
- ・ 圧密沈下により天端部の空洞発生及びコンクリートブロック下面の空洞部が拡大し、空洞部の流速が速くなったものと推測される。
- ・ それに伴い、法面天端付近のトランジションを空洞部に押し込んだものと推測される。

※このことにより、トランジション下面の吸出防止材がめくれ上がり、堤体土砂が抜け出し、コンクリートブロック陥没等に至ったものと推測される。



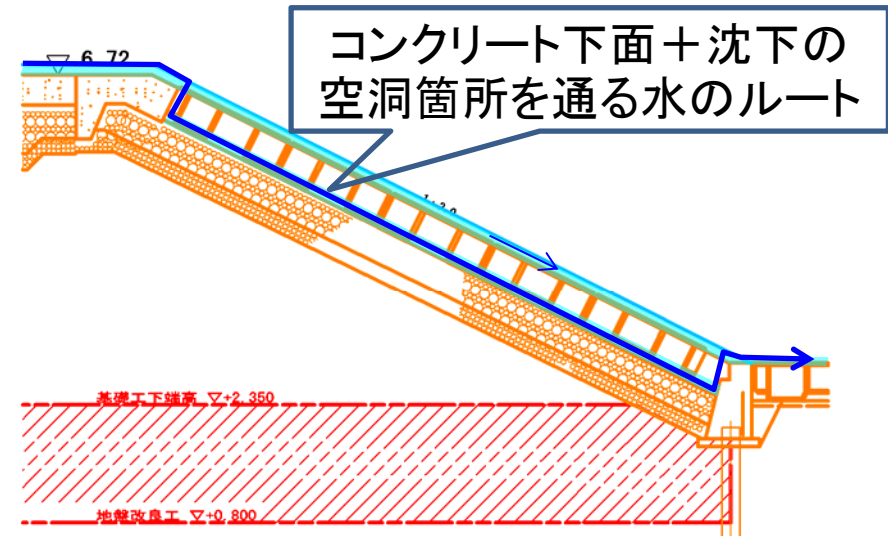
コンクリート下面の空洞+沈下による空洞箇所への流速

参考



ブロック下面空洞6.5cm+沈下量3.0cm
=9.5cm(空洞高さ)

【空洞部流速】
 ・平均流速公式による不等流計算により、コンクリートブロック下面の空洞(6.5cm)+沈下(3.0cm)による空洞部の流速を算出する。
 不等流計算結果：**V=0.956m/s**



コンクリート下面+沈下の空洞箇所を通る水のルート

基礎工下端高、▽+2.350

地盤改良工、▽+0.800

■トランジション砕石の移動限界流速

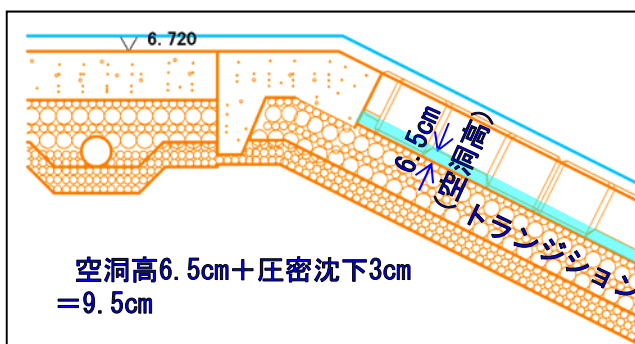
トランジション砕石の移動限界流速は、「護岸の力学設計法」(国土技術研究センター)の「掃流—一体性が強いモデル」のモデルにおいて移動限界流速を求めた。

なお、斜面補正式 $f_{s\text{越流堤}}(\theta)$ については、「鉄線籠(平張)により被覆された越流堤の現地実験による検討【一関遊水地】 河川技術論文集 2013年6月」を採用。

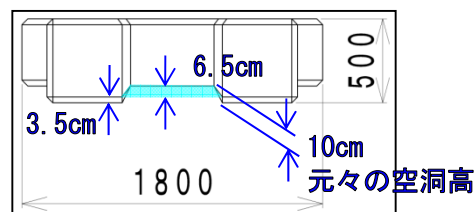
粒径(mm)	砕石(品名)	掃流—一体性が強いモデル	
		水深6.5cm	水深9.5cm
5	砕石6号	0.49	0.52
13		0.63	0.69
17.5	砕石5号	0.68	0.75
20		0.70	0.78
30	砕石4号	0.76	0.85

【トランジションの移動限界流速】

トランジションの移動限界流速は、水深の取り方により異なる。6.5cm、9.5cmの2ケースについて、それぞれ移動限界流速を算出した。



- ・ブロックのトランジションへのめり込み3.5cmを考慮した空洞高さ6.5cm
- ・圧密沈下3cmを考慮したブロック下の空洞高さ6.5cm+3cm=9.5cm



(5) 「掃流—一体性が強い」モデル

POINT

流体力による掃流を対象とし、一体性が強い部材からなる法覆工では、部材が面的に設置された状態で、流体力により掃流が生ずる条件を照査する。

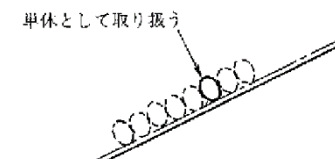


図5-20 破壊形態が掃流であり一体性が強い法覆工のモデル図

$$D_m \geq V_0^2 / [\{6.0 + 5.75 \log_{10}(H_d/k_s)\}^2 \cdot \tau_{*sd} \cdot s \cdot g] \dots\dots\dots (5.17)$$

出典：「護岸の力学設計法」p.84～87

- Dm: 粒径
- Hd: 設計水深 6.5cm、9.5cmの2ケース
- ks: 相当粗度=Dm
- s: 水中比重 1.65
- g: 重力加速度 9.81m/s²
- τ_{*d} : 無次元掃流力 0.05
- θ : 26.57° (2割勾配)
- ϕ : 41° (砕石)

$$\tau_{*sd} = f_s(\theta) \cdot \tau_{*d}$$

$$f_{s\text{越流堤}}(\theta) = \cos \theta \left(1 - \frac{\tan \theta}{\tan \phi} \right)$$

τ_{*sd} , τ_{*d} : 斜面上, 平坦場におかれた場合の無次元限界掃流力, $f_s(\theta)$ 斜面補正式, θ : 斜面角度, ϕ 中詰石の安息角 (玉石30°, 砕石41°)

4. 復旧工法の提案

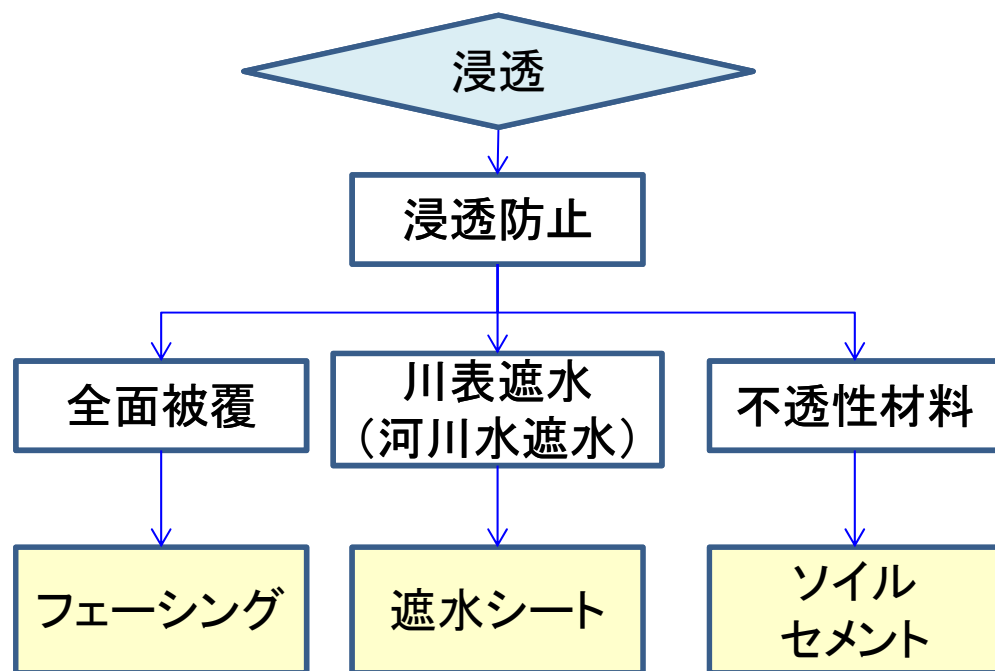
○被災メカニズムの解明により、大きく分類して以下の2点が主な被災要因である。

【①浸透 ②沈下】

上記2点の被災要因に対し、それぞれの対策案についてツリーで示す。

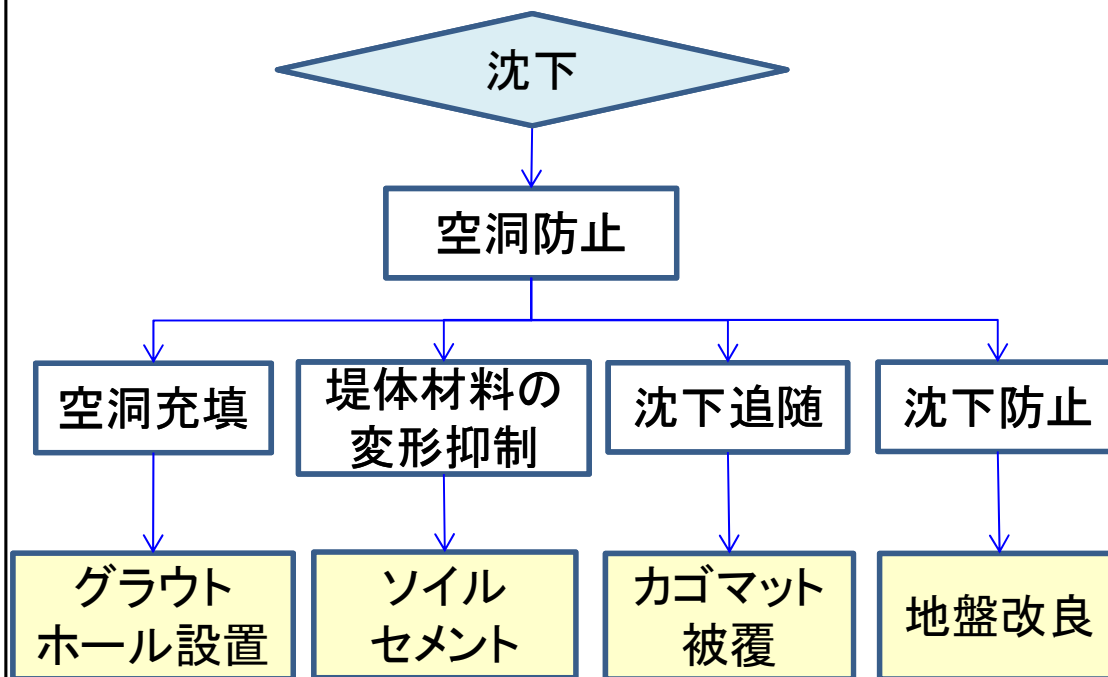
①浸透対策

- ①降雨及び河川水の浸透を抑制・防止する（堤体内に降雨および河川水を入れない）
- ②空洞化が生じても水みちとならないようにする



②沈下に対する空洞化対策

- ①沈下に追随させて、空洞化を生じさせない
- ②沈下が生じて、空洞化が生じても水みちとならないようにする
- ③空洞化が生じても充填が可能なようにする

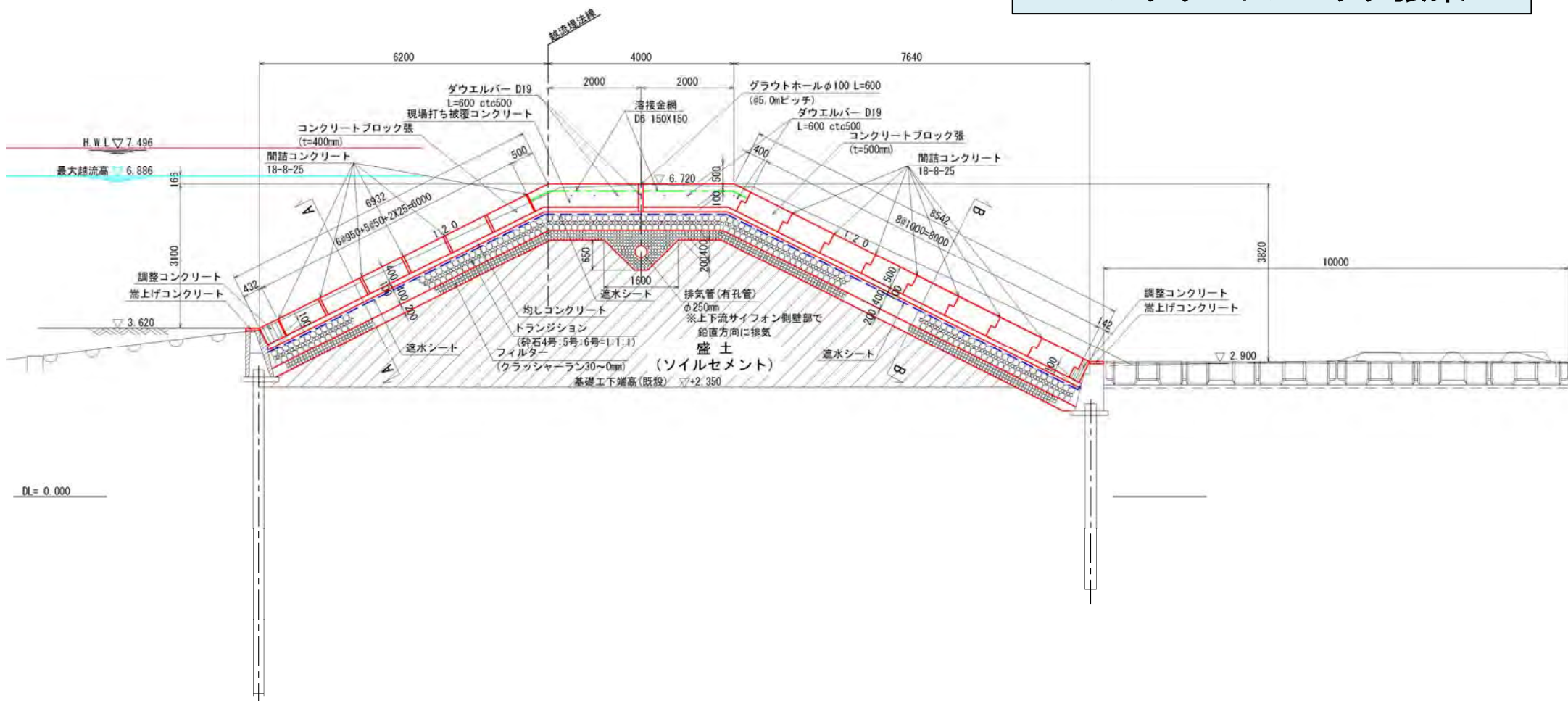


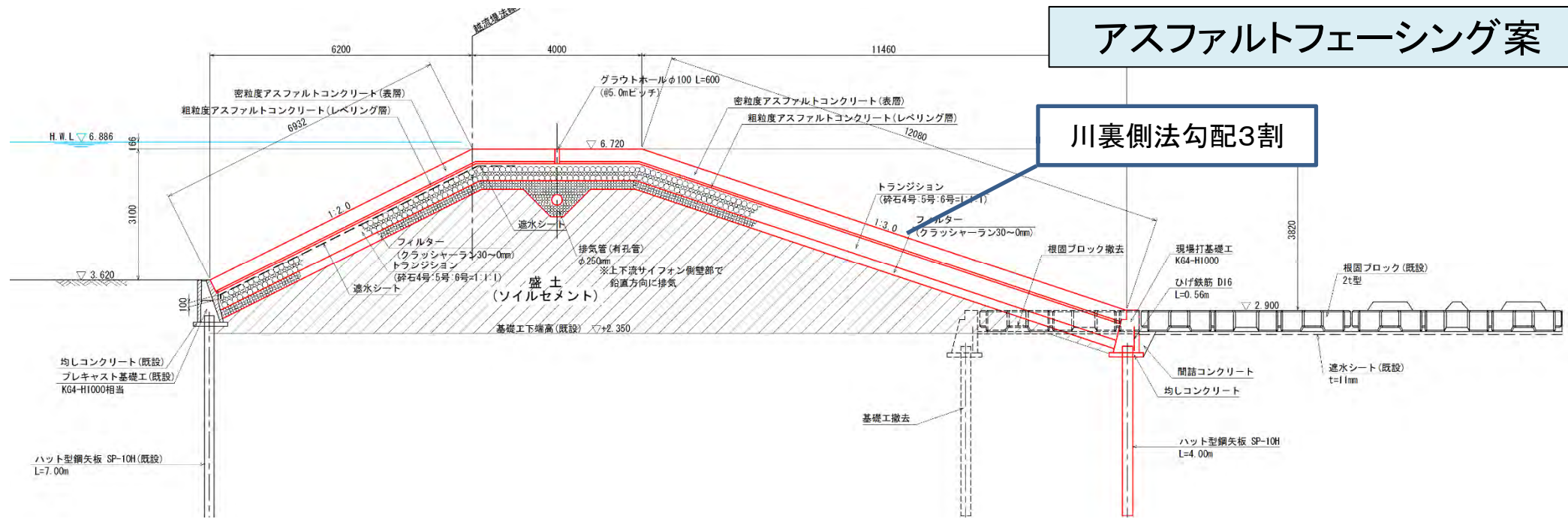
復旧工法の選定

項目	第1案：アスファルトフェーシング案	第2案：カゴマット案	第3案：コンクリートブロック（練）張案				
概要図							
構 造 性	空洞化対策	・ 残留沈下量大きい条件では適さないが、今回地盤改良を併用するため問題はない。 ・ 空洞にはグラウトホールから充填可能な構造とすれば問題はない。	○	・ 残留沈下量大きい条件では適さないが、今回地盤改良を併用するため問題はない。 ・ 表層は剛構造であるが、空洞にはグラウトホールから充填可能な構造とすれば問題はない。	○		
	浸透対策	・ 浸透に対してアスファルト及び遮水シートで遮水するため問題ない。	○	・ 浸透に対してアスファルト及び遮水シートで遮水するため問題ない。ただし、カゴマットの透水性が高く止水ラインがカゴの背面になるため堤防の止水断面積が他案より小さく、被災時の破堤危険度が高い。	△	・ 浸透に対してコンクリートブロック（間詰め）及び遮水シートで遮水するため問題ない。	○
	揚圧力対策	・ トランジションと排気管による揚圧力対策が必要であるが、一般的な対策であり特に問題ない。	○	・ 透水性構造であり、揚圧力対策は不要である。	○	・ トランジションと排気管による揚圧力対策が必要であるが、一般的な対策であり特に問題ない。	○
	法勾配の制約	・ 3割以上の緩勾配でないと施工できない。	△	・ 名越流堤の設計条件では8割以上の勾配が必要である。	○	・ 2割勾配で施工可能である。	○
維持管理性	・ 約10年ごとに、舗装の修繕が必要である。 ・ 通常護岸と同等の目視点検および点検孔での空洞化確認で問題ない。	△	・ 耐用年数は30年あり、特に問題ない。 ・ 目視点検の際に草木除去が必要である。	△	・ 二次製品であるため、最も耐久性に優れる。 ・ 通常護岸と同等の目視点検および点検孔での空洞化確認で問題ない。	○	
景観性	・ 黒色であり、若干違和感が生じる。	△	・ ゴミ、漂流物が引っかかりやすく、定期的な清掃が必要である。	△	・ 一般的な護岸と同様の構造であるため違和感がない。	○	
施工性	・ 法面舗装であるため、他案より施工性は劣る。	△	・ 工種が少なく、施工性に優れる。	○	・ 二次製品であるため、施工性に優れる。	○	
施工実績	・ 渡良瀬遊水地、砂押遊水地、勿来遊水地 等 施工実績が多い	○	・ 一関遊水地初期越流堤、浜尾遊水地越流堤、長沼ダム越流堤 等 施工実績が多い※裏法勾配が段積みで2割勾配の実績はあるがスロープ構造で2割のカゴマットの実績はない。	△	・ 大久保遊水地越流堤、五行川越流堤 等 特に近年において施工実績が多い。	○	
周辺・継続使用可能な現況施設への影響	・ 川裏勾配が旧施設から変更になるため、サイフォン部の改築、現基礎工の撤去再設置、用地買収が必要となる。	△	・ 川裏勾配が旧施設から変更になるため、サイフォン部の改築、現基礎工の撤去再設置、用地買収が必要となる。	△	・ 断面形状は旧施設とほぼ同じであるため、旧護岸基礎工が使用できる等、周辺への影響はほぼ無い。	○	
経済性（諸経費100%）	・ 368百万円/80m（比率：1.20）	△	・ 370百万円/80m（比率：1.21）	△	・ 306百万円/80m（比率：1.00）	○	
総合評価・判定	・ 3割以上の緩勾配でないと施工できない。	△	・ 沈下への追随性はあるが、裏法勾配2割にすることができないため、採用しない。	△	・ 経済性に優れ、維持管理、景観、施工性等で他案に勝る。また、旧施設を最大限活用できる構造であり、今回の採用案とした。	○	
	×	△	○				

（※今回被災（H27.9月洪水）したコンクリートブロック空張案は、復旧工法から除外した）

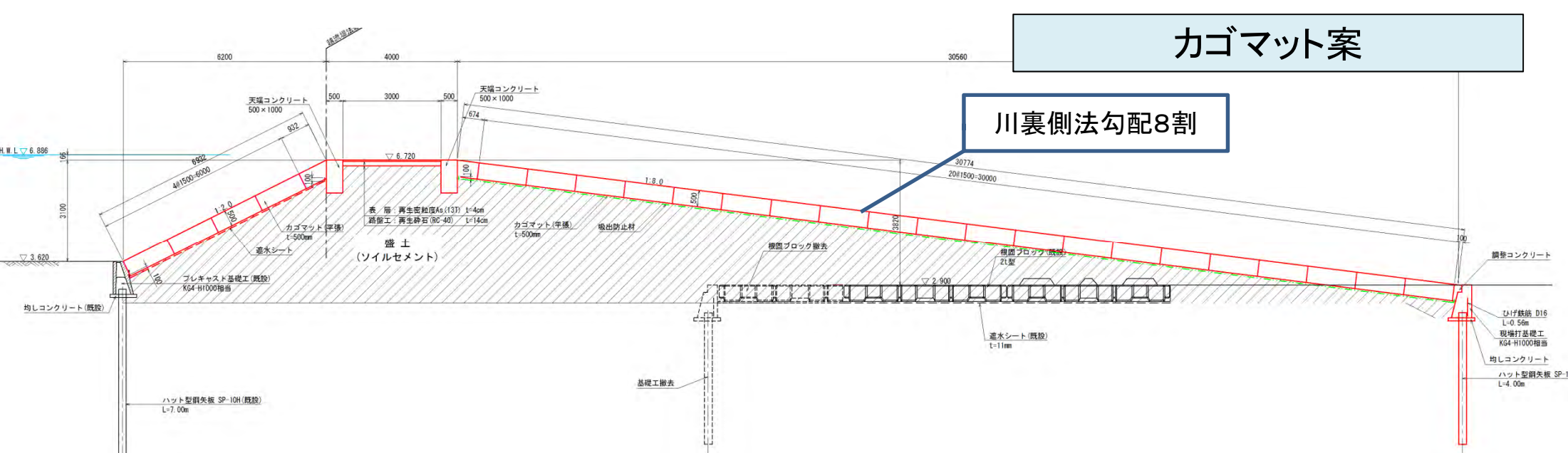
コンクリートブロック張案





アスファルトフェーシング案

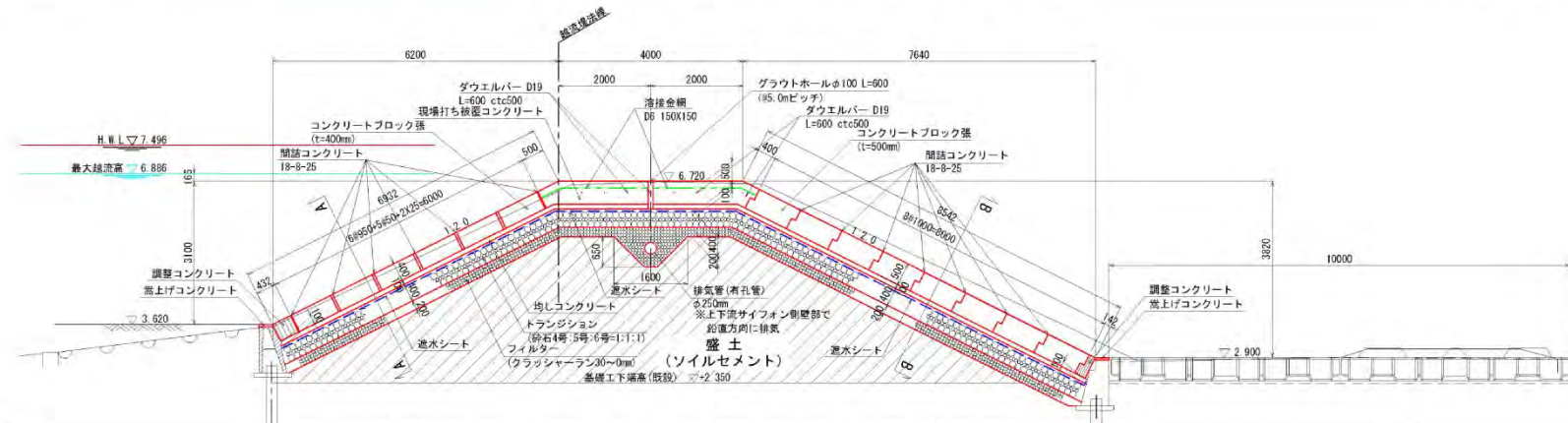
川裏側法勾配3割



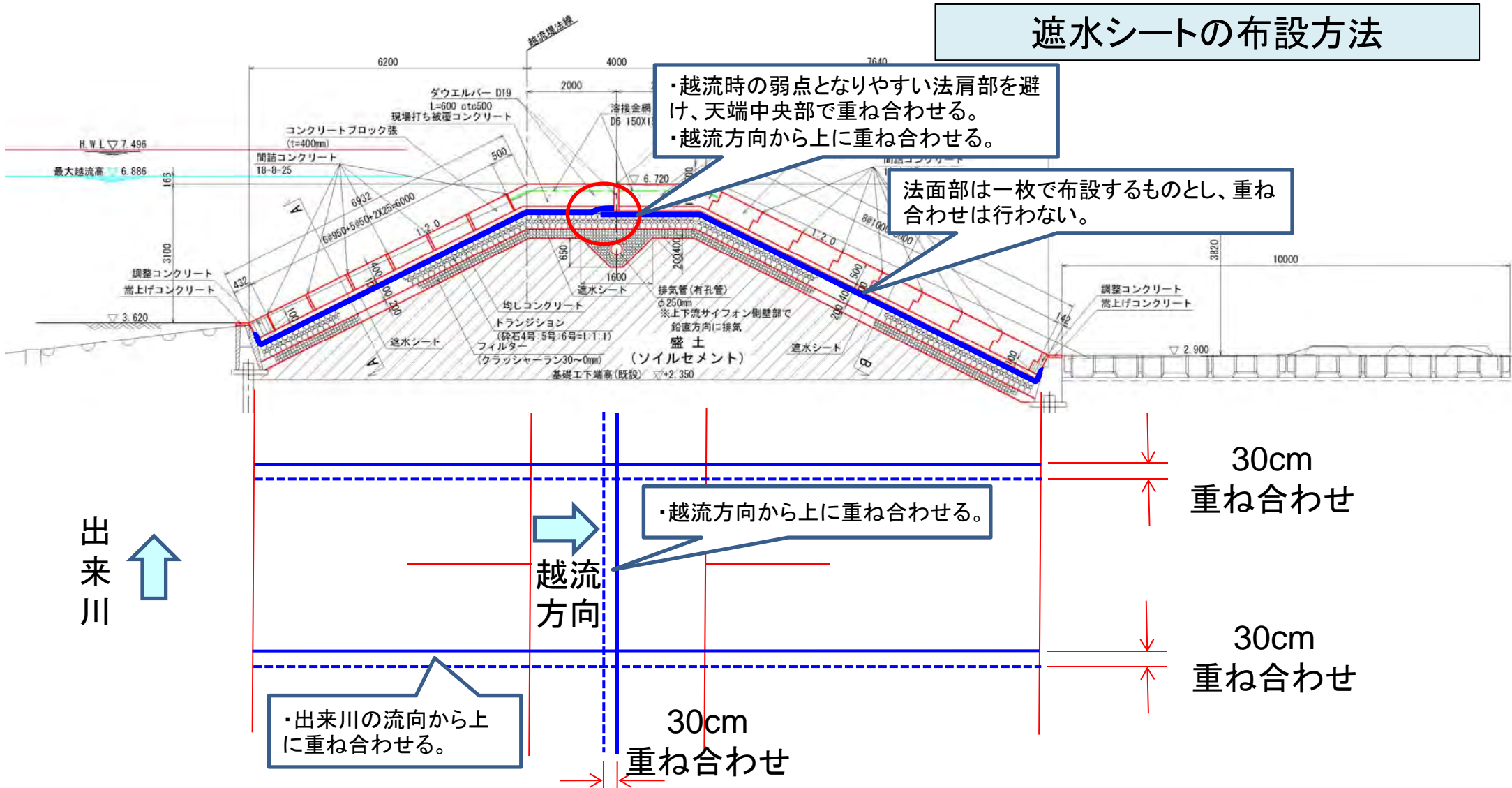
カゴマット案

川裏側法勾配8割

越流堤計画諸元

項目	計画諸元、決定事項	決定(設定)理由、施工事例等	備考
標準断面図			
被覆形式	・コンクリートブロック練張形式	<ul style="list-style-type: none"> 二次製品であるため施工性・耐久性に優れ、除草等が不要で維持管理しやすく経済的である。 一般的な河川護岸と同じ景観であるため、アスファルトフェーシングやカゴマットに比べて周辺環境と違和感がない。 	
天端高	・TP+6.72m	・越流堤天端計画高 TP+6.72m に復旧 (H24 復旧時と同じ高さ)	
コンクリートブロック重量	<ul style="list-style-type: none"> 川裏側：2t 型 (底面平型タイプ) 川表側：1t 型 (底面平型タイプ) 	<ul style="list-style-type: none"> 越流を考慮した河川・海岸堤 (津波遡上区間) に採用されている「かみ合わせタイプの2t 型 (厚さ 50cm)」を採用した。 堤体に降雨と外水位が浸透した場合に生じる揚圧力に抵抗できるブロック厚さは 46cm であることから、「かみ合わせタイプの2t 型 (厚さ 50cm)」が妥当であると判断した。なお、2t 型のブロックは、単体で最大法面流速 6m/s でも安定する重量である。 出来川の洪水時流速に抵抗できるブロック重量から、1t 型 (厚さ 40cm) を採用した。 	間詰めコンクリートの確実な充填を考慮し、底面突起なしタイプを採用
浸透対策	<ul style="list-style-type: none"> 遮水シートの設置 間詰めコンクリート+均しコンクリートの設置 堤体をソイルセメント 	<ul style="list-style-type: none"> 降雨と外水位が堤体に浸透しないように、浸透破壊対策として遮水シートを全面に設置した。 浸透対策 (完全遮水型) としてコンクリートブロック間に間詰めコンクリートを設置した。また、間詰めコンクリートの確実な充填 (ブロックと遮水シート間の僅かな空隙防止) を考慮し、均しコンクリート (厚さ 10cm) を設置した。 ソイルセメントを使用することで透水係数を $10^{-5} \sim 10^{-6} \text{cm/s}$ の難透水性とするとともに、堤体に浸透が生じた場合でも流出しにくい構造とした。 	
基礎材 揚圧力対策	<p>※下記に示す 2 重方式を採用した。</p> <ul style="list-style-type: none"> トランジション：砕石 4号 5号 6号 (1:1:1)：40cm (材料の性質の急変を避け、応力の伝達の円滑化と変形の影響の緩和を目的として設置) フィルター：RC-30~0mm：20cm (越流時に作用する揚圧力をトランジションを介して排水管までスムーズに排送するために設置) 排水管：φ250mm (有孔管) 	<p>※コンクリートブロック練張形式の基礎材は、近年の施工実績 (五行川越流堤) を参考に設定した。</p> <ul style="list-style-type: none"> トランジション：砕石 4号 5号 6号 (1:1:1) は、五行川越流堤の厚さ 35cm を丸めて厚さ 40cm とした。 フィルター：RC-30~0mm は、五行川越流堤の厚さ 20cm と同様とした。 現施設の端部排水 (φ250mm) に接続する必要があることから、同径の φ250mm を採用した。 	
点検施設	・グラウトホール (φ100mm、ctc5.0m) を設置	・堤体の沈下等空洞化の有無の把握と万が一沈下した場合の充填孔として、信頼性の高い専門用グラウトホールを設置した。	
不同沈下対策	・ダウエルバー (φ19mm、L=600、ctc50cm) の設置	・天端コンクリートの不同沈下対策として、ダウエルバー (φ19mm、L=600) を設置した。	河川砂防基準 設計編 [I] P. 66

遮水シートの布設方法

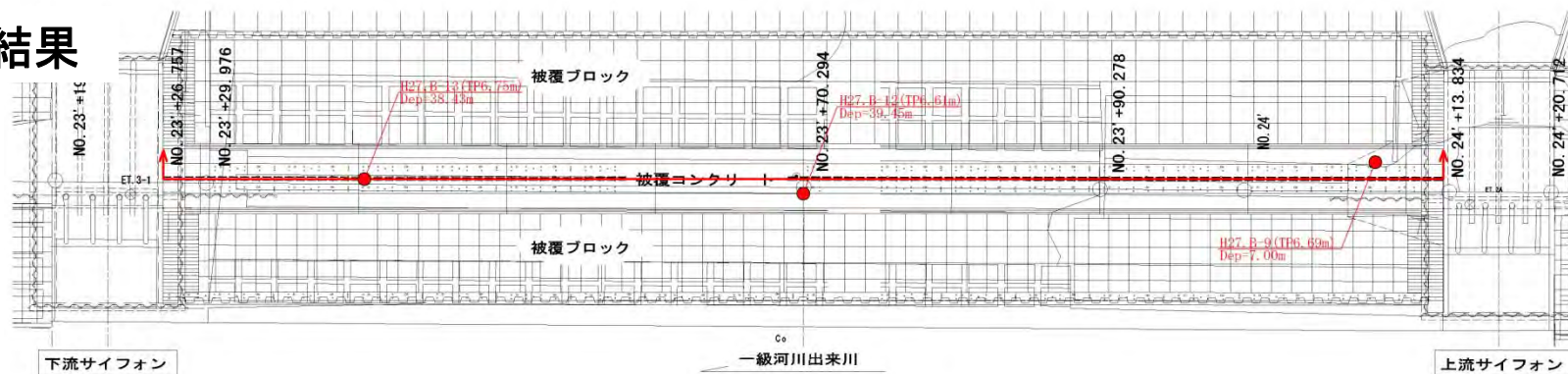


※通常、河川堤防に用いる遮水シートの重ね合わせ幅は15cm確保されていれば遮水効果が得られることになっているが、沈下や地震による変位、流水によるずれ等による遮水効果の低下を防ぐため、「ワイド河川遮水シート」(NETIS登録番号:CB-110017-Aを採用し、重ね合わせ幅を30cmとする。

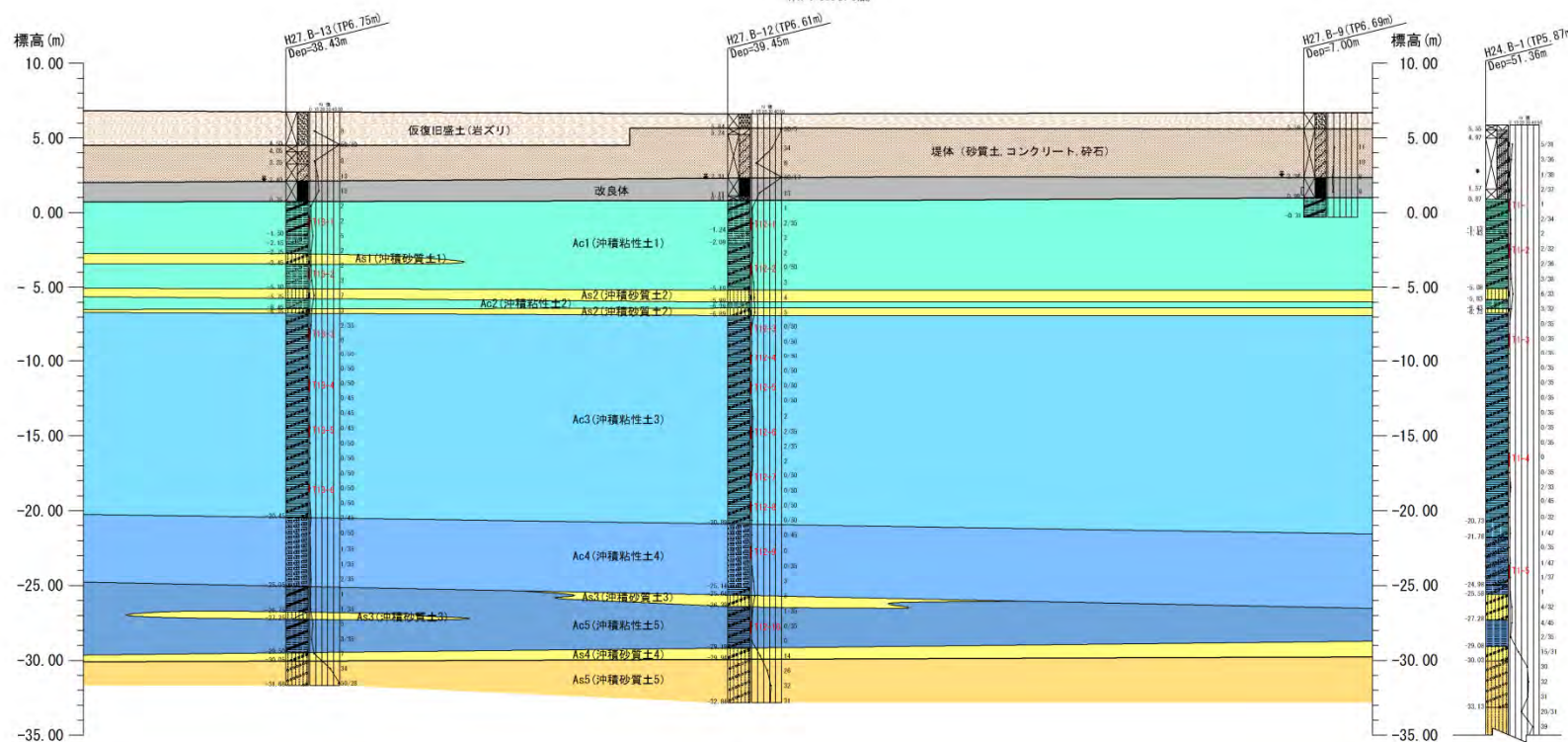
越流堤復旧後の沈下量予測(1)

○地質調査（ボーリング調査および各種室内試験）結果を基に、越流堤復旧後の残留沈下量について予測計算を行った。

1. 地質調査結果

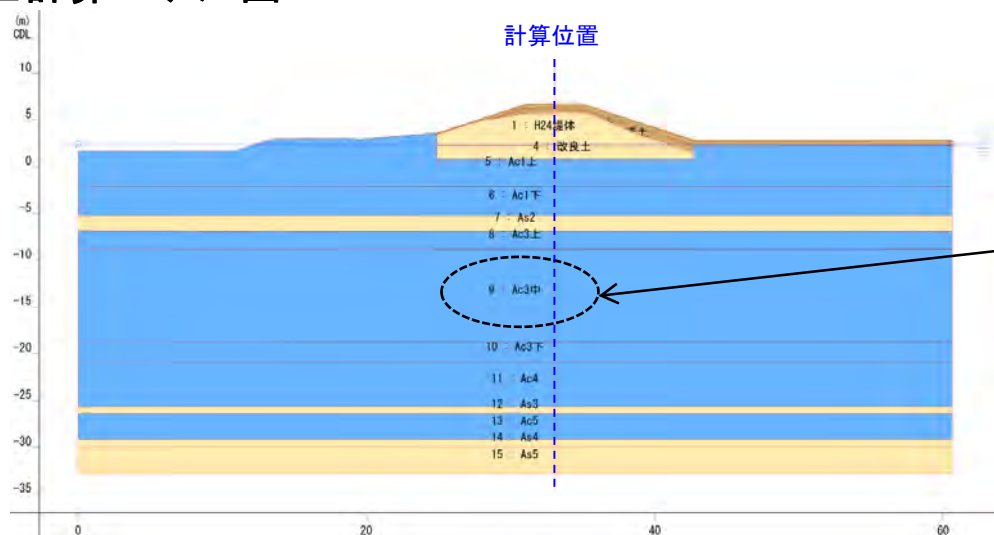


推定地質断面図(越流堤区間)
V.H=1:300(A-3版)



2. 検討結果

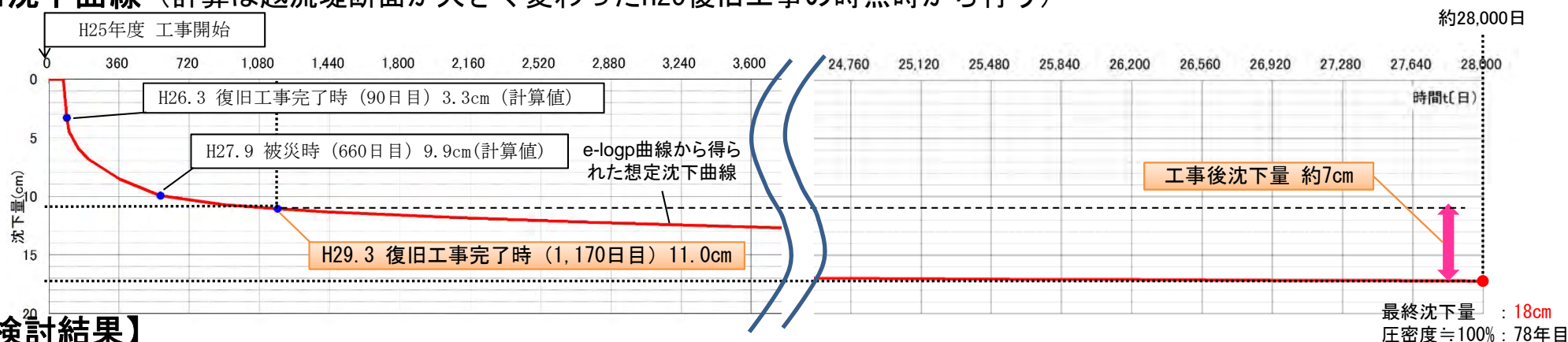
■計算モデル図



■層別沈下量

地質名	最終沈下量 (cm)	1170日目沈下量 (cm)	1170日目圧密度 (%)	工事後沈下量 (cm)
Ac1上	2.758	2.758	100	0.000
Ac1下	1.489	1.489	100	0.000
As2	0.533	0.533	100	0.000
Ac3上	1.285	1.249	97.1	0.036
Ac3中	8.671	1.758	20.3	6.913
Ac3下	1.654	1.535	92.8	0.119
Ac4	1.112	1.112	100	0.000
As3	0.072	0.072	100	0.000
Ac5	0.489	0.489	100	0.000
As4	0.031	0.031	100	0.000
合計	18.094 (≒18cm)	11.026 (≒11cm)	60.9%	7.068 (≒7cm)

■沈下曲線 (計算は越流堤断面が大きく変わったH25復旧工事の時点時から行う)

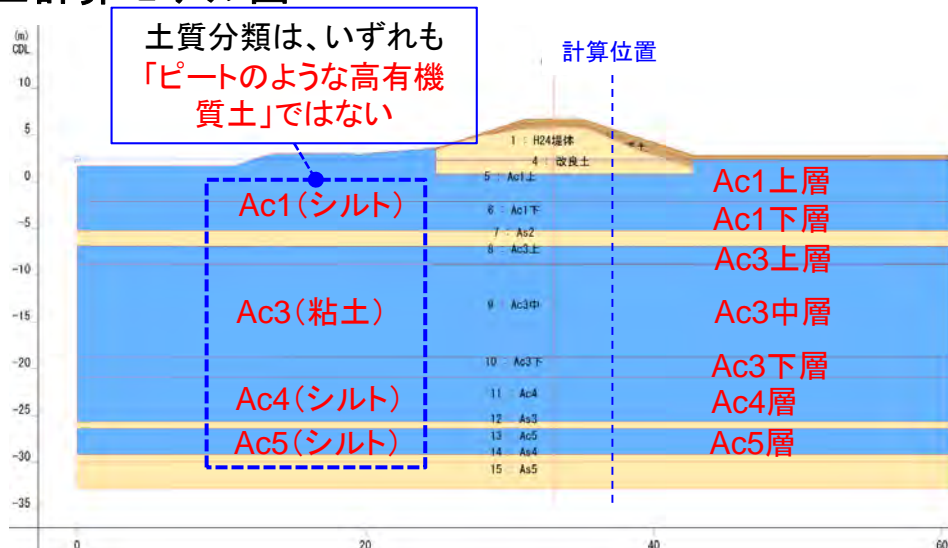


【検討結果】

- H25年度工事開始からの最終沈下量は18cm程度となり、今回復旧工事後 (H29.3～) の沈下量は7cm程度となる。
- 最終沈下量のうち約5割をAc3層 (層厚14mの海生粘土) が占めるが、排水層に接していないため沈下時間が非常に長い。
- 復旧工事後は年沈下量1mm程度で70年かけて7cm沈下することになり、施設の沈下対策としてはグラウトホールを利用した沈下計測など維持管理での対応が適していると考えられる。

3. 二次圧密の影響予測

■計算モデル図



■二次圧密の対象土

- ・ 二次圧密沈下量は含水比が大きいピートなどの有機質土や含水比の比較的大きい粘性土で大きいとされる。
- ・ 「含水比の比較的大きい粘性土」とは含水比が概ね100%以上の粘性土と文献から判断できる。
- ・ 名鱈越流堤の基礎地盤はピートのような有機質土ではなく、シルト、粘土に分類される粘性土である。
- ・ 含水比は100%未満であり、含水比は大きくない。

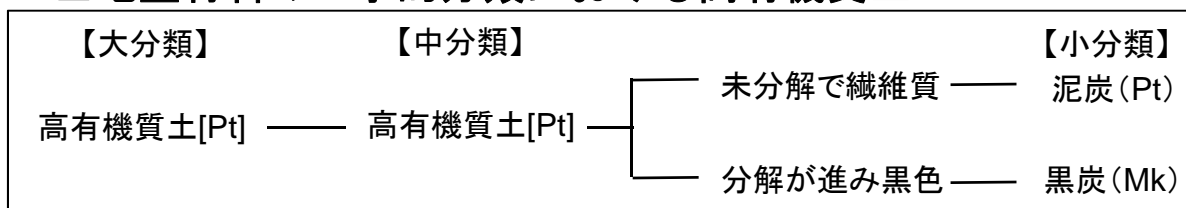
■各層の自然含水比

土質名	自然含水比Wn(%)
Ac1上	85.1
Ac1下	95.2
Ac3上	76.8
Ac3中	78.7
Ac3下	80.0
Ac4	41.0
Ac5	53.3

100%未満
⇒二次圧密対象外

【検討結果】

■地盤材料の工学的分類における高有機質土



■粘性土の含水比

通常の粘性土の含水比は50~100%程度である。

出典：「東北の地盤工学」（地盤工学会東北支部）p. 181

粘性土の比較的大きい含水比とは概ね100%以上

- 名鱈越流堤の基礎地盤は、二次圧密の影響が大きいとされる含水比が大きいピートなどの有機質土や含水比の比較的大きい粘性土ではないため、二次圧密の影響は小さいと考えられる。
- よって、二次圧密沈下量の影響は少なく、沈下に対しては、維持管理で対応する。

5. 今後の維持管理手法

【点検の実施】

(定期点検)

- ・ 目視点検 月1回程度実施。 (①で対応)
- ・ 詳細点検 5年に1回実施、または目視点検で異常があった場合。 (②③で対応)

(異常時出水)

- ・ 越流高の5割以上の水位が上昇した場合に目視点検。 (①で対応)

(地震時)

- ・ 震度5以上の地震が発生した場合に目視点検による沈下、空洞化、堤体の亀裂確認。 (①で対応)



【維持管理手法】

- ①目視点検による変状（沈下、ひび割れ、ブロックの浮き等）の確認
 - ・ グラウトホールの沈下板の確認 (今回追加項目)
 - ・ テストハンマーによる打音調査 (今回追加項目)
- ②5年ごとに1回程度「詳細調査」
- ③定点測量観測（天端、基礎工）



堤体のひび割れ、空洞化等の異常が発見された場合は、
グラウト注入、ひび割れ充填等の対策を行う

- 空洞化調査の実施頻度について、主要な基準類並びに名鱮越流堤における空洞化の状況等を踏まえ、設定する。
- 完成後は変状が起きやすいことから、完成後は概ね5年間を目途に、毎年、詳細点検を実施するものとする。
- ただし、前年の空洞化調査結果と変化がなく、かつ出水や地震（震度5以上）が発生しない場合は、空洞化調査頻度の見直しを検討する。

<参 考>

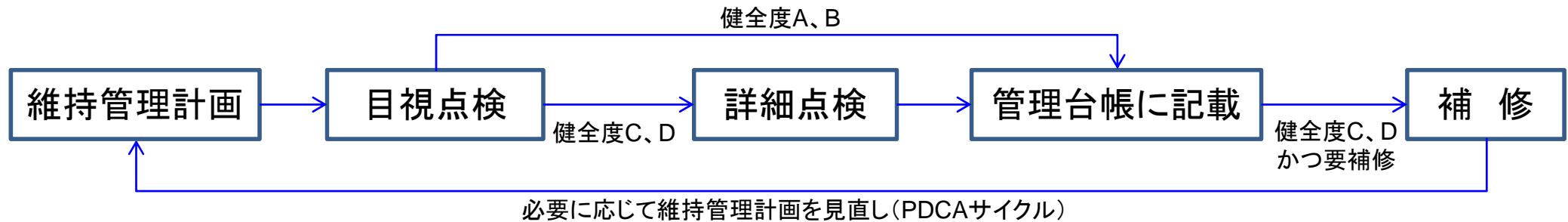
基準		点検種別	点検時期・頻度			摘要	
①	堤防等河川管理施設及び河道の点検要領について (国土交通省水管理・国土保全局 河川環境課 H24.5)	目視点検		出水期前	台風期	出水後	<ul style="list-style-type: none"> ・出水中の河川の状態把握は、河川巡視により実施することを基本とする。 ・変状箇所及び災害復旧した堤防等は状態に応じた適切な観測時期を設定し定点観測を実施。
			土堤	○	○	○	<ul style="list-style-type: none"> ・原則年1回（出水期前、堤防は除草後） ・出水後の点検は、はん濫注意水位等を目安とする
			高潮堤防 特殊堤、陸閘	●		● (陸閘除く)	
			樋門等周辺堤防	○	○	○	<ul style="list-style-type: none"> ・変状箇所は、年1回以上の定点の計測を必要に応じて実施 ・詳細点検（空洞化調査）は10年に1回以上実施。漏水等の被災があった場合は速やかに実施。
	河川管理施設		○		○	<ul style="list-style-type: none"> ・原則年1回（出水期前）。施設の点検は、劣化状況によって追加 ・施設周りの河床変動については、中小規模の出水後など必要に応じて 頻度を増加 	

○定期点検、詳細点検、異常時出水、地震時に行う点検手法及び内容は以下のとおりである。

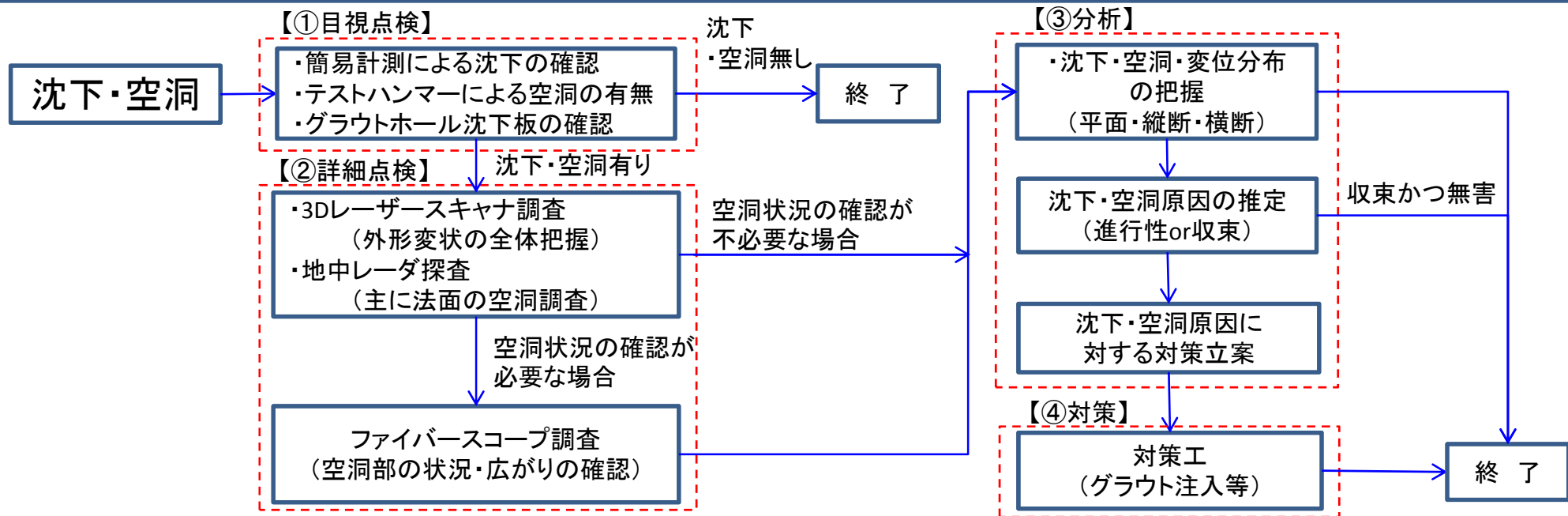
点検の種類	点検手法	内 容
①定期点検 (月1回程度)	目視点検	沈下、ひび割れ、ブロックの浮き、コンクリートクラック、排気管閉塞等
	グラウトホール沈下板の確認	天端部の沈下
	テストハンマーによる打音調査	空洞化
②詳細点検 (5年に1回)	地中レーダ探査	空洞化
	ファイバースコープ調査	空洞化量 ※必要に応じて実施
	3Dレーザースキャナ計測	越流堤形状の変状の確認(天端高、護岸基礎高、コンクリートクラック等)
③異常出水時点検	目視点検	沈下、ひび割れ、ブロックの浮き、コンクリートクラック、排気管閉塞等
④地震時点検	目視点検	沈下、ひび割れ、ブロックの浮き、コンクリートクラック、排気管閉塞等

○維持管理フローを下記に示す。

(1) 維持管理基本フロー

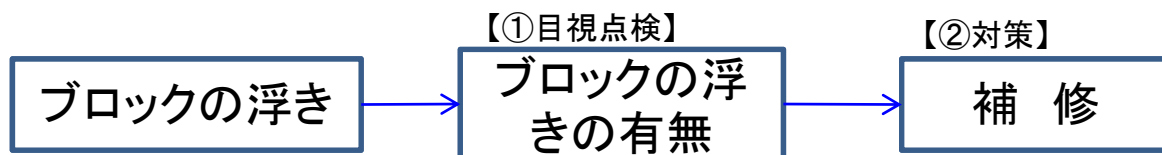


(2) 「沈下・空洞」に対するフロー

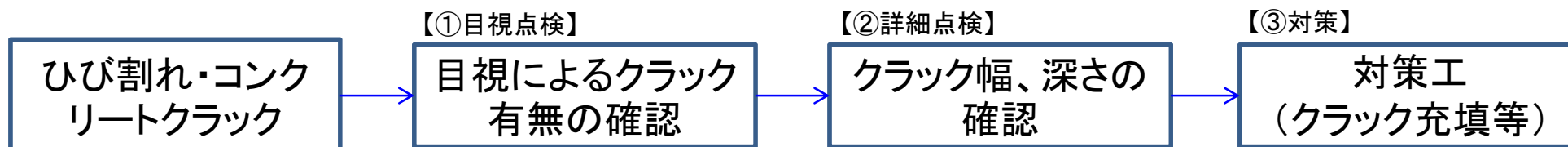


○維持管理フローを下記に示す。

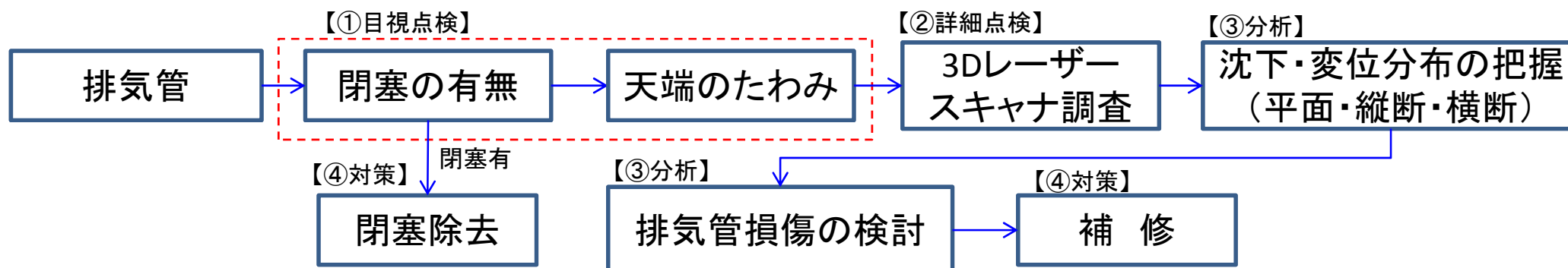
(3)「ブロックの浮き」に対するフロー



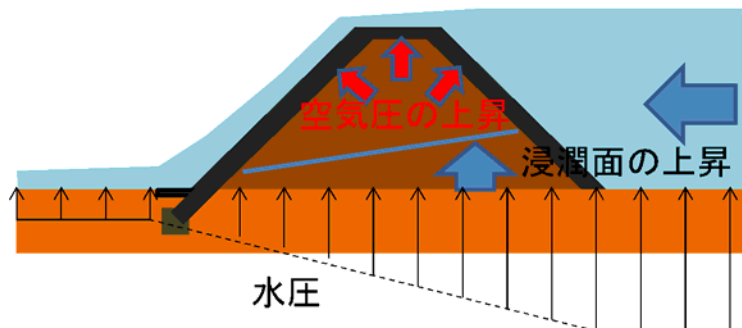
(4)「ひび割れ・コンクリートクラック」フロー



(5)「排気管」に対するフロー

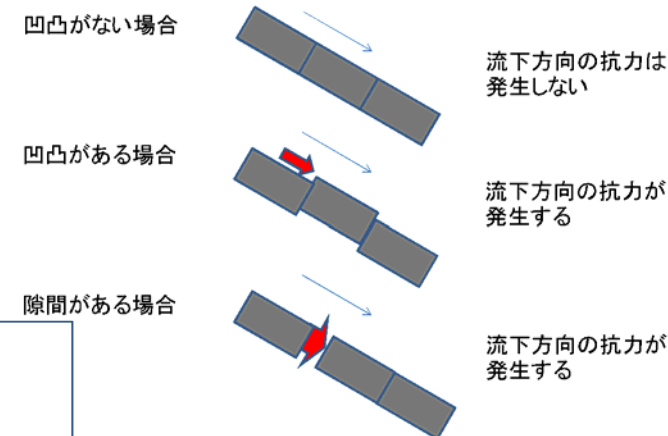


越流堤の特性を踏まえた維持管理上の留意点

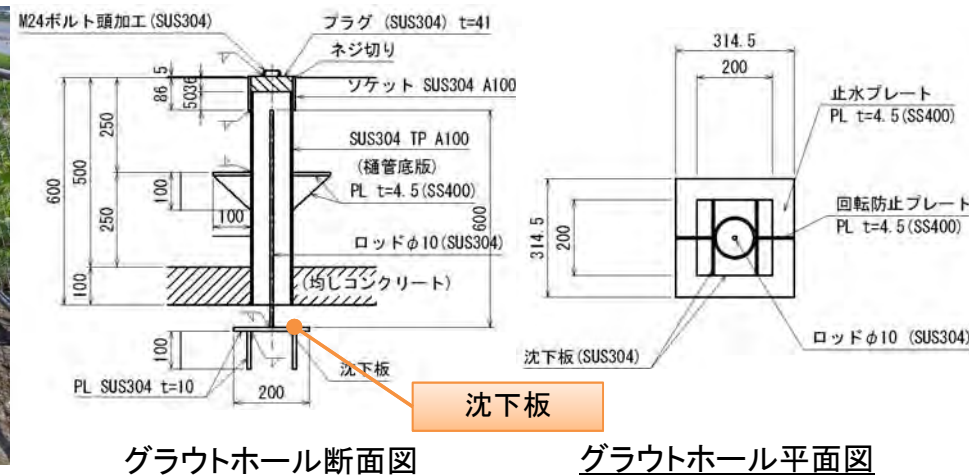


・堤体内の排水・排気機能の低下は、越流開始前の浸透破壊やフェーシングの損傷に伴う耐越流能力の低下に進展する。

以下の留意が必要。
 ・排気管の機能確認。
 ・ブロック変状の確認 etc



目視点検(例)

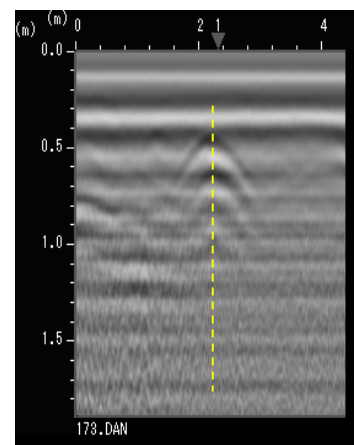


○目視点検は、沈下(変位)、ひび割れ、ブロックの浮き等が生じていないか、目視による点検、簡易な計測により点検を行う。

レーダー探査(例)



〈一次点検〉
手押し型レーダー



異常箇所的位置特定映像

ファイバースコープによる調査(例)



〈二次点検①〉
護岸削孔状況



〈二次点検②〉
スコープカメラ調査



〈カメラ画像〉

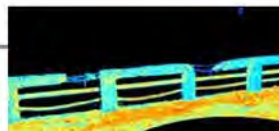


- レーダー探査 : ブロック下の空洞化の有無の調査
- ファイバースコープ調査 : 空洞量、空洞状況把握のための調査 (必要に応じて実施)

3Dレーザー測量

構造物調査

構造物全体の3次元形状データを得ることで、メンテナンス業務における修復箇所の位置特定、サイズや形状の計測、修復部材の積算等、多岐に渡り利用できます。また、定期的な計測を行うことで、経年変化を確認することもできます。



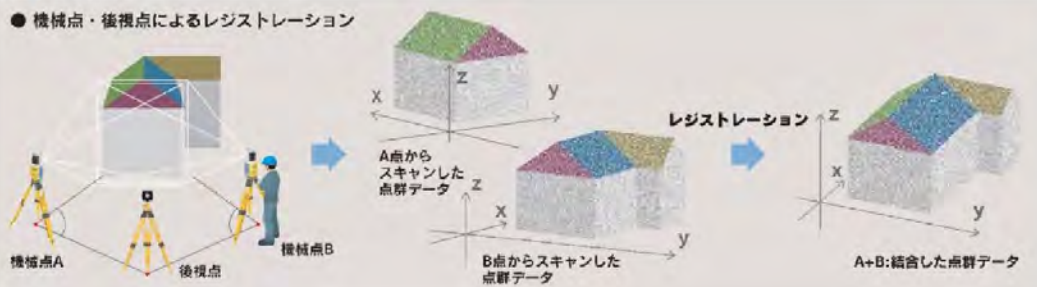
路面計測・法面計測

道路や法面の計測にもスキャナーは有効です。路面計測では道路の轍の形状を取得し、メンテナンス時期の管理に活用できます。また、法面計測では地滑り等の災害計測はもちろん、法面の形状変化やクラック等の経年変化の把握にも役立たせることができます。



■計測イメージ

●機械点・後視点によるレジストレーション



3Dレーザー測量の活用事例

○3Dレーザー測量を用いることで、越流堤全体の3次元形状データを取得し、越流堤外形の形状変化の把握、クラック等の経年変化の把握をする。

排気管調査(例)

埋設管の内部確認を目的としたカメラ点検手法を以下に示す。

ケーブルリール (距離カウンター付)

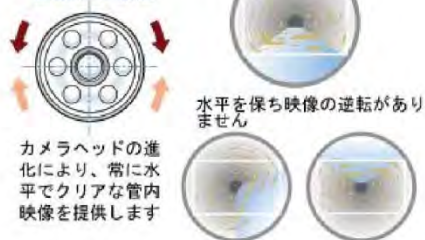


- カメラヘッド防水(水深100m)仕様
自動水平カメラにより、カメラヘッド内で機械的に水平を保つため、管内映像の天地逆転がなく検査が行えます。
カメラヘッド前方は衝撃に強いサファイアクリスタルガラスを採用し、外周はステンレス鋼でカバーされ、水中や過酷な管内作業でも安心してご使用いただけます。
高輝度LEDライトを装備し、管内映像も明るく広範囲を映し出します。
LEDライトの明るさの調整もできます。

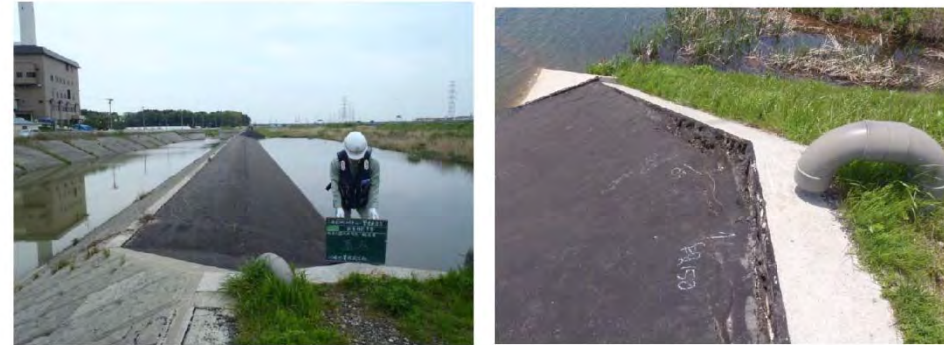
高防水性



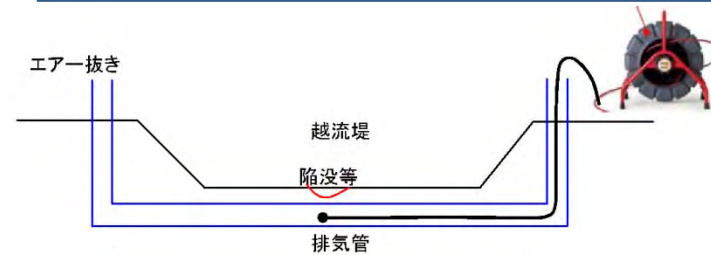
自動水平機能



挿入式カメラ点検装置概要図



勿来川越流堤(勿来川遊水地)排気施設



挿入式カメラ点検実施例

○排気管の調査は、外観調査を主とし、越流堤天端に比較的大きな変状が発生した場合に実施する。



復興加速実感年



宮城県公式キャラクター「むすび丸」

創造的復興へ

ステップ・アップ!

宮城県土木部

新生宮城の発展に向けて

復興加速

復興実感

宮城県土木部



がんばるっちゃ!



むすび丸

復興へ
頑張ろう!
みやぎ