

第3回 重信川堤防調査委員会資料

平成30年5月31日

国土交通省 四国地方整備局
松山河川国道事務所

目 次

1. 第二回委員会での指摘事項の対応方針について……………	1
2. 被災14区間の代表断面による堤防漏水と被災メカニズムの概要……	6
3. 被災14区間での漏水対策方針について……………	19
4. まとめ(案)……………	23
5. 参考資料……………	25

1. 第二回委員会での 指摘事項の対応方針について

(1) 第二回委員会での指摘事項の対応方針について

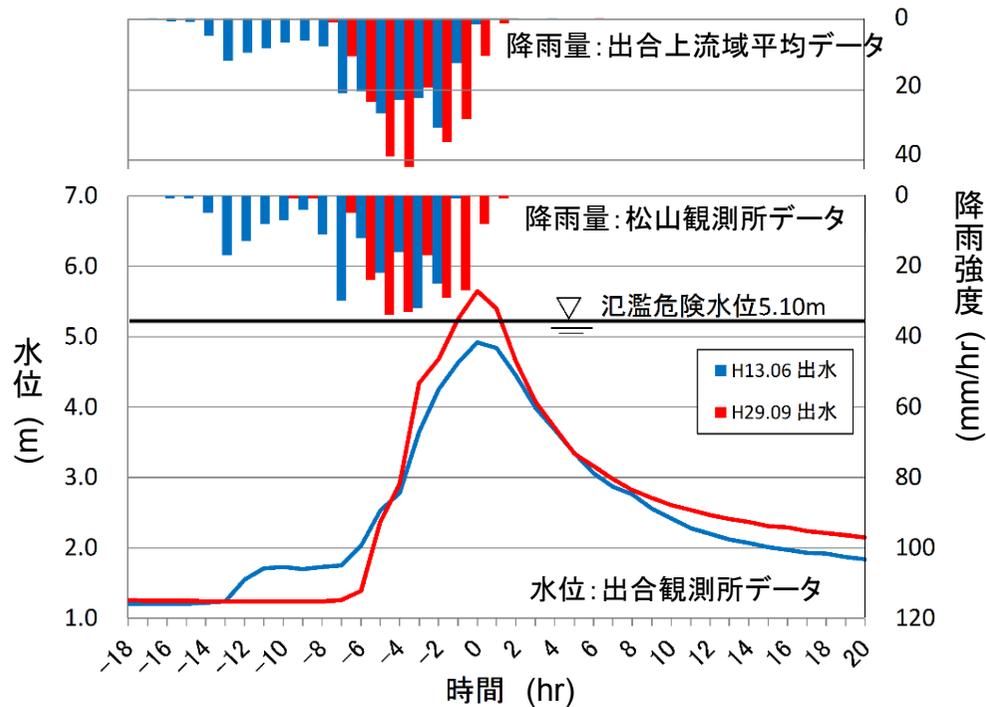
◆第二回委員会での指摘事項は、下表のとおりである。これらの指摘に関する対応方針を併せて示す。

第二回委員会での指摘事項とその対応方針

対象箇所	内 容	回 答	備 考
共通事項	降雨は事前降雨により、平成13年6月出水の方が厳しい可能性があることも踏まえて、平成13年6月出水の外力条件で解析を実施すること。	本資料において、実施した解析結果を示します。	P3参照
	漏水区間と水頭差、平均動水勾配の整理に関しては、今回の出水より低い水位でも漏水が発生する可能性があることの記載を追記すること。	最終報告書において、今回の出水より低い水位でも漏水が発生する可能性があることを記載します。	—
	「まとめ」において、どこから浸透してきたのかという観点の記載を追記するとともに、浸透経路を考慮した対策工の検討を行うこと。	最終報告書において、以下の記述を追記します。 <右岸2k500> 「地盤調査結果と再現モデルによる浸透流解析の流速ベクトルなどから、漏水は河川水が低水河岸・高水敷・川表法面から基礎地盤(Ags層)へ浸透し、川裏の水路部周辺より発生したとすることが妥当であると判断した。」 <左岸3k800> 「地盤調査結果と再現モデルによる浸透流解析の流速ベクトルなどから、漏水は河川水が低水河岸から基礎地盤(Ags層)へ浸透し、法尻部より発生したとすることが妥当であると判断した。」 ・対策工は、浸透経路に着目した分類をもとに検討しました。	P20～22参照
左岸3k800	「まとめ」の第三段階の陥没する事象のプロセスについて、引き続き検証すること。	本資料において、整理した結果を示します。	P4参照
	被災プロセスのイメージ図では、空洞の向き等、現象を正確に表現すること。	本資料において、空洞の向き等を正確に表現したイメージ図を示します。	P4参照
右岸2k500	周辺の川裏堤防法面が寺勾配であるように見えるため、今回の出水によって変形している可能性を踏まえて、過去の定期横断測量図との比較などで状況を把握すること。	本資料において、定期測量横断と出水後の横断形状について比較した結果を示します。	P5参照
今後の調査方針	対策工の検討は、被災区間のみではなく、無被災区間との違いを把握した上で検討すること。	第4回委員会で報告します。	—

(2)平成13年出水外力による解析

- ◆平成13年6月出水時の外力を用いて右岸2k500と左岸3k800の解析を行い、当時の状況を確認した。
- ◆右岸2k500では、すべり破壊が発生する可能性はあったと推察される。
- ◆左岸3k800では、パイピングが発生する可能性はあったと推察される。



今回洪水(平成29年)と過去洪水(平成13年)における降雨量と水位の比較

平成29年出水と比較し、出合水位観測所でのピーク水位は約0.7m低い、ピーク水位までの降雨時間が長い。

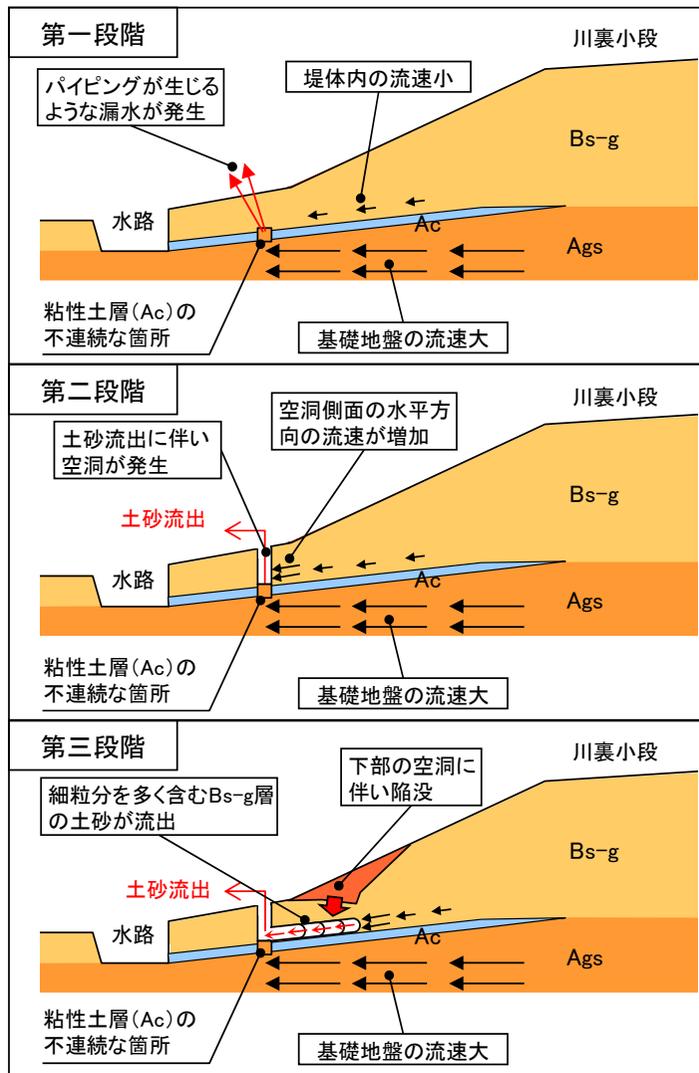
今回洪水(平成29年)と過去洪水(平成13年)における解析結果

		右岸2k500	左岸3k800
パイピング破壊に対する安定性	平成29年9月出水	ih(水平)= 0.7 iv(鉛直)= 1.5 NG	ih(水平)= 0.3 iv(鉛直)= 1.2 NG
	平成13年6月出水	ih(水平)= 0.6 iv(鉛直)= 0.9	ih(水平)= 0.7 iv(鉛直)= 0.9
すべり破壊に対する安全性	平成29年9月出水	Fs=0.94 NG	—
	平成13年6月出水	Fs=1.03	—

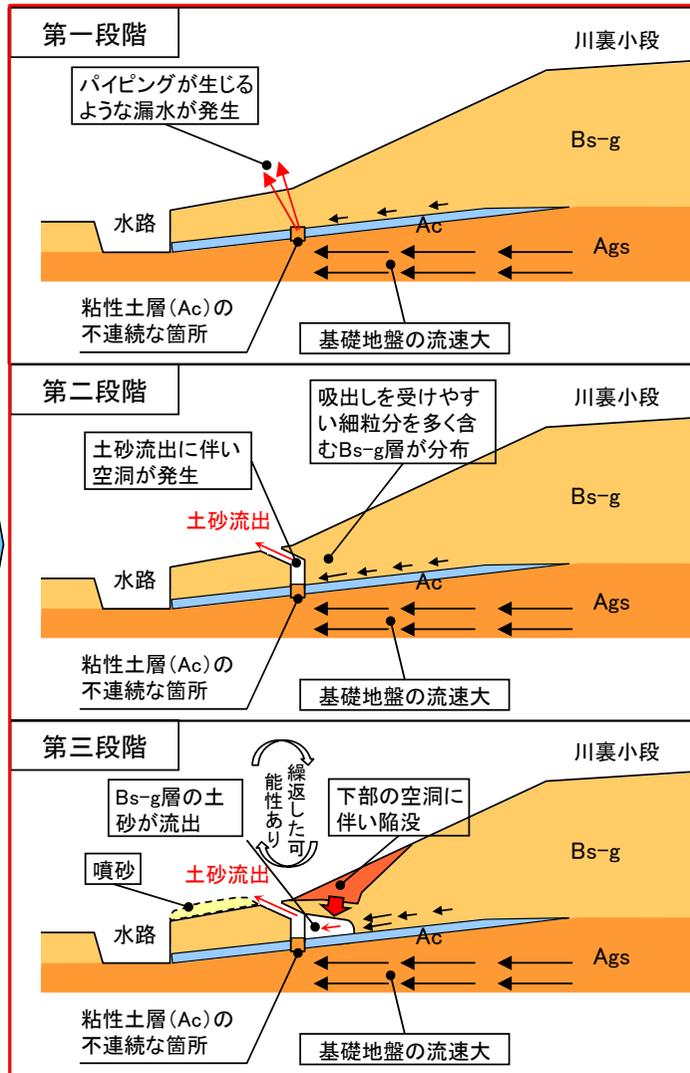
※実現象の発生を対象としているため、パイピングとすべり破壊の判定指標は1.0としている。

(3)左岸3k800 被災プロセスの整理

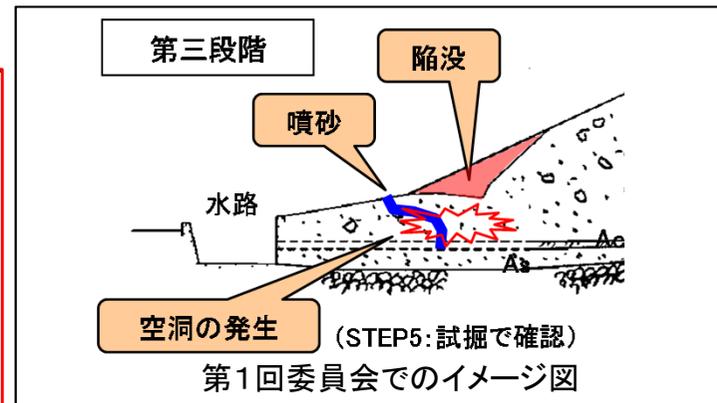
◆第1回堤防調査委員会におけるイメージ図を参考として、左岸3k800の被災プロセスのイメージ図を修正するとともに、第三段階の被災プロセスを追記する。



被災プロセスのイメージ図(第2回委員会)



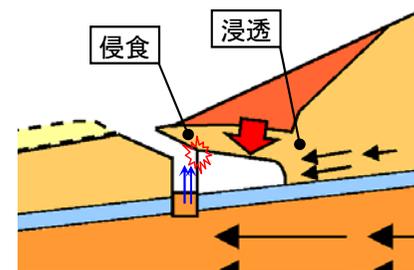
被災プロセスのイメージ図(修正後)



第三段階での被災プロセス

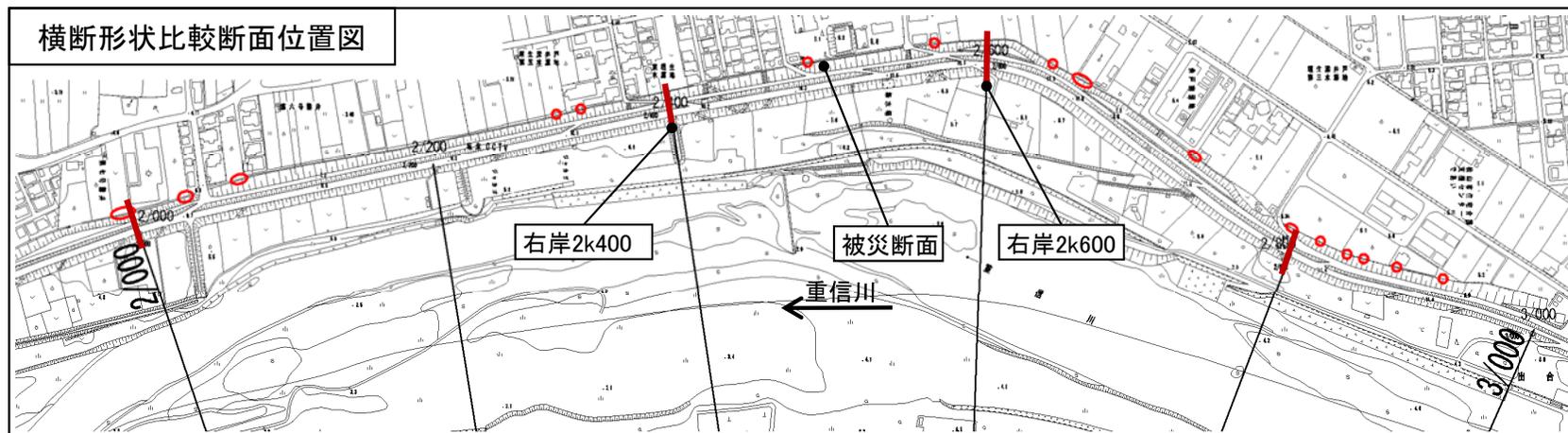
明確な要因を特定することは困難であるが、試掘調査や解析結果より、以下の要因が推定される。
 なお、Ac層がないケースでもパイピング破壊の可能性があることを確認できたことから、**Ac層の有無が直接的な要因ではない**と言える。

- ・陥没箇所下部に吸出しを受けやすい細粒分を多く含んでいたBs-g層が分布していたこと。
- ・空洞の曲がっている箇所での流水に伴う侵食があった可能性があること。
- ・堤体からの浸透によりBs-g層が吸い出された可能性があること。
- ・細粒分の吸出し⇒陥没を繰り返して助長された可能性があること。

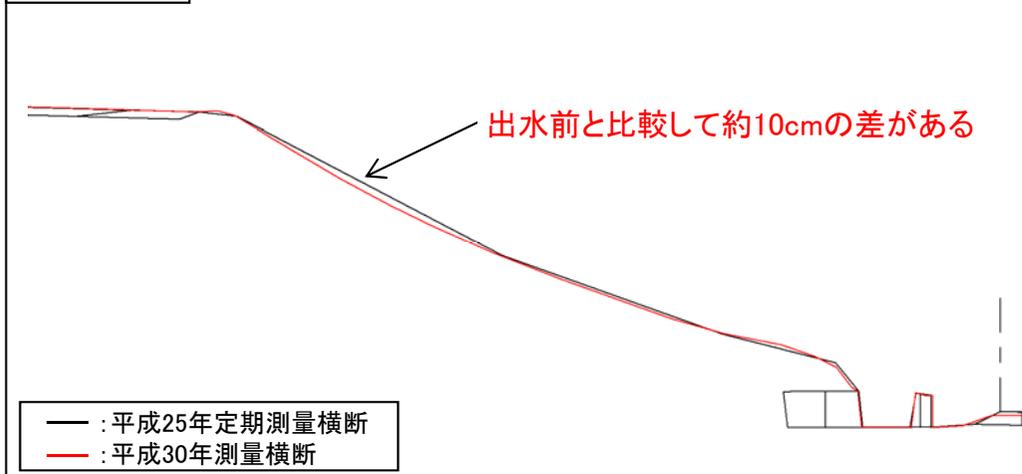


(4)出水前後の右岸2k500周辺横断形状の比較

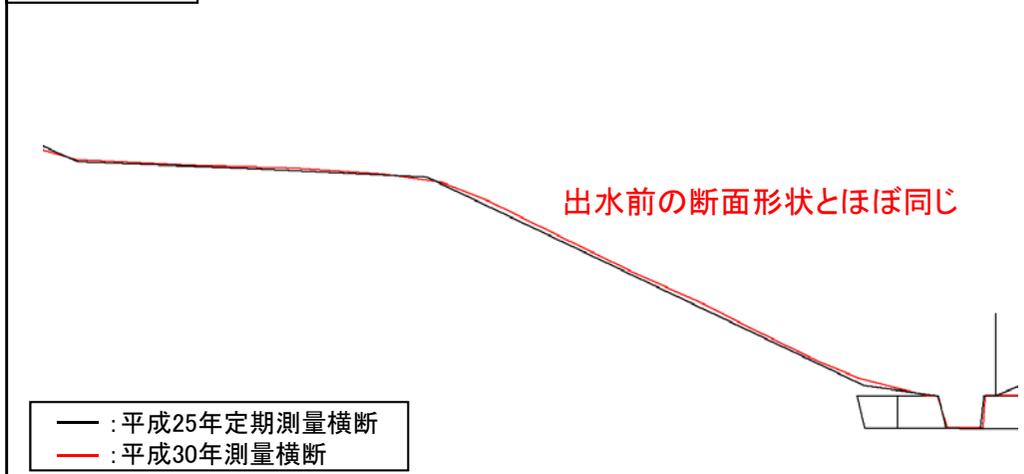
- ◆ 右岸2k500の周辺法面では寺勾配となっている箇所が確認できる。漏水起因の可能性を検証するため、被災断面の上下流断面(2k400、2k600)において、出水前後の横断形状を比較した。
- ◆ 右岸2k400では寺勾配が確認される。出水前の断面形状と比較して約10cmの差がある。
- ◆ 右岸2k600では寺勾配は確認されない。出水前の断面形状とほぼ同形状である。
- ◆ 出水前の横断図が定期横断測量であり測定間隔が大きいいため、詳細な地形変化を捉えられていない可能性がある。そのため、漏水に伴い寺勾配化した可能性については明確でないと見える。



右岸2k400 ※寺勾配となっている



右岸2k600



2. 被災14区間の代表断面による 堤防漏水と被災メカニズムの概要

(1) 検討の流れ

◆ 検討の流れ

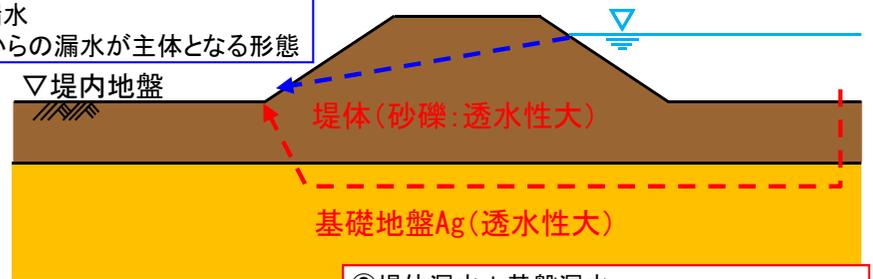
漏水の大まかな傾向を把握するために、漏水区間を分類(ケース分け)し、各ケース毎の代表断面における検討をふまえ、漏水要因の概要を推定する。

【分析方法】

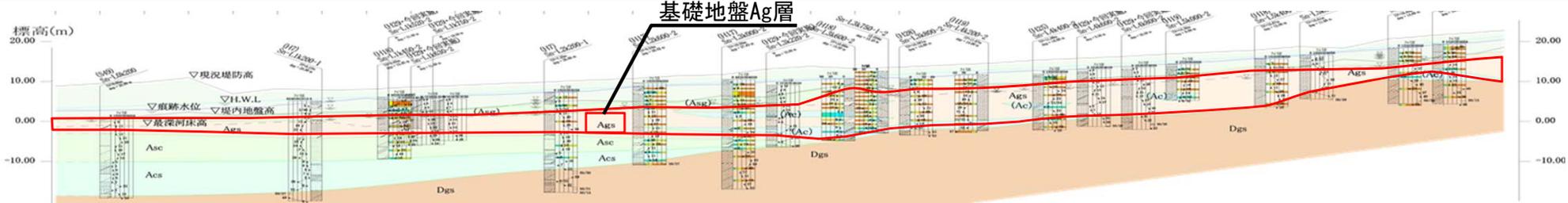
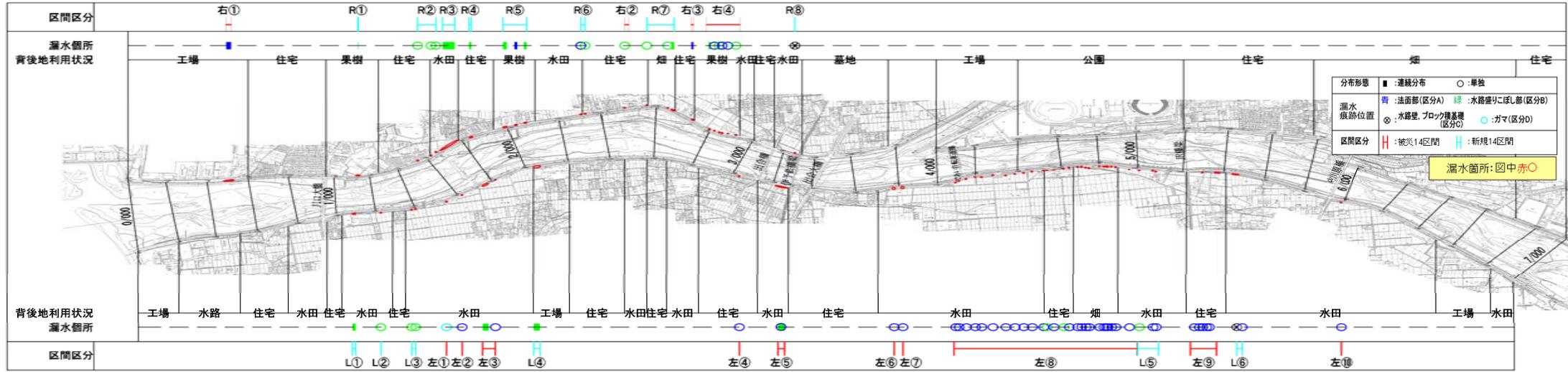
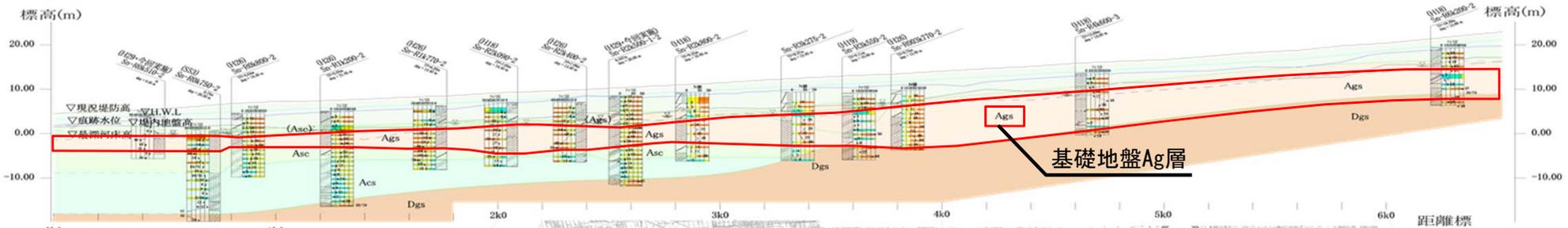
・漏水箇所が堤体法面であることや、堤体が砂礫で構成されていることより、「**堤体漏水**」が被災要因として推定されるが、重信川は基礎地盤の透水性が高いことから「**基盤漏水**」の可能性に着目し、被災要因の推定を行う。

(想定される漏水形態) ①堤体漏水 ②堤体漏水+基盤漏水

①堤体漏水
・堤体からの漏水が主体となる形態



②堤体漏水+基盤漏水
・堤体と基礎地盤からの漏水が複合した形態



(2)被災14区間の分類

◆被災14区間の分類の考え方

下記の項目に着目して、被災14区間の分類を実施した。

①地層構成に基づく分類

⇒堤内側における、基礎地盤である砂礫層(Ag層)上部の「被覆土」の有無

②地盤特性に基づく分類

⇒「堤体の透水係数 k_1 」と「基礎地盤 (Ag層)の透水係数 k_2 」の透水係数比 k_2/k_1

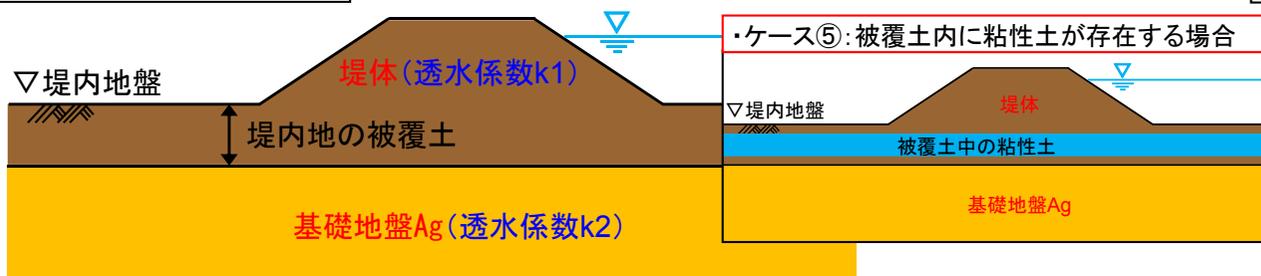
透水係数比 k_2/k_1 が10以上ある場合(表層の透水係数が基礎地盤の透水係数より10倍以上小さい場合)には、堤体が被覆土層として機能する*
ため、透水係数比に着目した分類を行う。

※ 「堤内基盤排水対策マニュアル(試行版)」P2参照
・表層とその下の透水性が10倍から100倍以上違えば、
表層は被覆土層として十分に機能する

◆分類方法

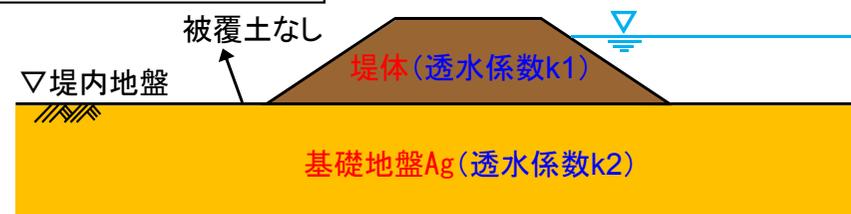
被覆土	透水係数比 10以上	透水係数比 10未満
被覆土あり	ケース①	ケース②
	被覆土層内に粘性土が存在する場合 ケース⑤	
被覆土なし	ケース③	ケース④

◆被覆土ありのケース



- ・ケース①: k_2/k_1 が10以上(基礎地盤の透水係数が高い)
- ・ケース②: k_2/k_1 が10以下(基礎地盤と堤体の透水係数が概ね同じ)

◆被覆土なしのケース



- ・ケース③: k_2/k_1 が10以上(基礎地盤の透水係数が高い)
- ・ケース④: k_2/k_1 が10未満(基礎地盤と堤体の透水係数が概ね同じ)

(3)被災14区間の分類結果

◆被災14区間の分類結果

漏水ケース	分類		対象区間	代表断面
	被覆土の有無	透水係数比 k2/k1		
ケース①	被覆土あり	透水係数比 10以上	・全4区間 左④, 左⑥, 左⑧, 右①	左⑥ L3k800
ケース②	被覆土あり	透水係数比 10未満	・全6区間 左③, 左⑤, 左⑩, 右②, 右③, 右④	左⑩ L6k000
ケース③	被覆土なし	透水係数比 10以上	・全2区間 左⑦, 左⑨	左⑨ L5k300
ケース④	被覆土なし	透水係数比 10未満	・該当なし	
ケース⑤	被覆土層内に粘性土が存在する場合		・全2区間 左①, 左②	左② L1k610

【留意事項】

・各ケースの代表断面は、ケース毎の平均動水勾配が最大の断面を抽出した。

◆分類結果と代表断面の選定

漏水区間区分	距離標	平均動水勾配(近傍値)	被覆土層厚(m)	堤防盛土の透水係数k1(cm/s)	基礎地盤の透水係数k2(cm/s)	透水係数比k2/k1	法尻部構造	基礎地盤上部の粘性土層	分類	代表断面
左①	L1k500	0.091	2.1	1.81.E-02	1.60.E-03	0.09	水路	あり	ケース⑤	
左②	L1k610	0.091	1.4	7.58.E-02	2.40.E-03	0.03	擁壁	あり	ケース⑤	○
左③	L1k820	0.087	1.7	9.97.E-03	6.96.E-02	7	水路	なし	ケース②	
左④	L3k050	0.108	2.5	3.65.E-04	1.20.E-01	329	アスファルト	なし	ケース①	
左⑤	L3k200	0.117	0.8	9.55.E-02	1.56.E-01	2	水路	なし	ケース②	
左⑥	L3k800	0.109	1.0	1.81.E-03	1.34.E-01	74	水路	なし	ケース①	○
左⑦	L3k920	0.108	0.0	1.67.E-03	7.64.E-02	46	水路	なし	ケース③	
左⑧	L4k200	0.107	0.6	5.64.E-04	2.43.E-01	431	水路	なし	ケース①	
左⑨	L5k300	0.108	0.0	1.16.E-03	7.66.E-02	66	擁壁	なし	ケース③	○
左⑩	L6k000	0.123	0.5	3.07.E-03	1.98.E-02	6	水路	なし	ケース②	○
右①	R0k500	0.020	3.7	2.66.E-03	4.33.E-01	163	水路	なし	ケース①※	
右②	R2k500	0.148	1.0	5.87.E-03	5.83.E-02	9	水路	なし	ケース②※	
右③	R2k750	0.099	2.0	2.43.E-02	1.19.E-01	5	水路	なし	ケース②	
右④	R2k800	0.099	2.0	2.43.E-02	1.19.E-01	5	水路	なし	ケース②	

※右①区間および右②区間は、他ケースと要因が異なる可能性があるため、個別で検討を実施する。

⇒「右①区間」:水頭差が他ケースと比べて小さい区間,「右②区間」:すべり破壊を確認した区間

ケース①: 左⑥L3k800

年代区分 | 土質 | 記号
盛土層 | 礫混じり砂 | Bs-g
 | 砂礫 | Bgs
沖積層 | 礫質砂 | Ags
 | 砂礫 | Ags
 | 砂質シルト | Acs
洪積層 | 砂礫 | Dgs

粒度試験結果凡例
粘性土 砂質土 礫質土
0 100%

ケース②: 左⑩L6k000

年代区分 | 土質 | 記号
盛土層 | 砂礫 | Bgs
沖積層 | 砂礫 | Ags
洪積層 | 砂礫 | Dgs

粒度試験結果凡例
粘性土 砂質土 礫質土
0 100%

ケース③: 左⑨L5k300

年代区分 | 土質 | 記号
盛土層 | 砂礫 | Bgs
沖積層 | 砂礫 | Ags
 | 砂質シルト | Acs
洪積層 | 砂礫 | Dgs

粒度試験結果凡例
粘性土 砂質土 礫質土
0 100%

ケース⑤: 左②L1k610

年代区分 | 土質 | 記号
盛土層 | 礫混じり砂 | Bs-g
沖積層 | 砂質シルト | Acs
 | 砂礫 | Ags
 | シルト質砂 | Asc

粒度試験結果凡例
粘性土 砂質土 礫質土
0 100%

(4) 要因分析【ケース① 解析条件】

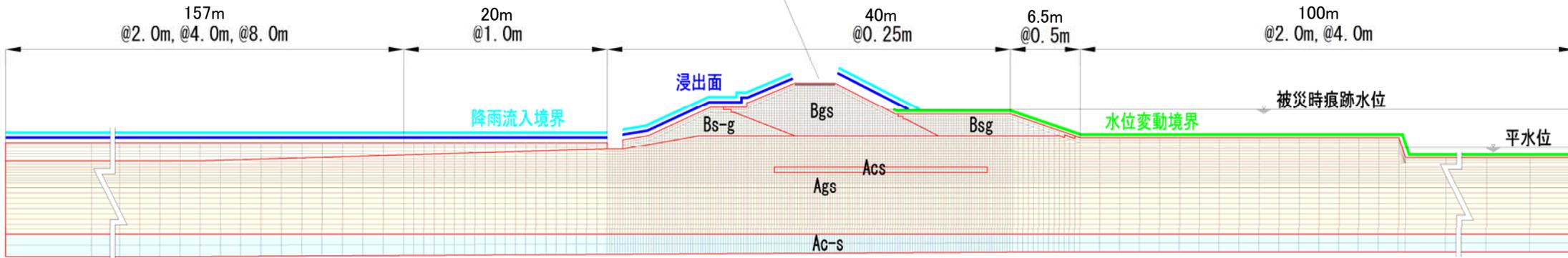
◆検討ケース:【ケース① 被覆土あり+透水係数比10以上】

◆代表断面: 全4区間(左④、左⑥、左⑧、右①)のうち、平均動水勾配が最も大きくなる「左⑥:L3k800」を採用した。(噴砂・陥没箇所)

地盤モデル 左⑥:L3k800

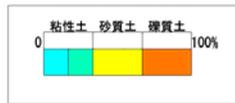
アスファルト舗装

※代表断面として用いるため、局所的に存在していたAc層は考慮しないモデルとした



地層想定図

粒度試験結果凡例



土質記号凡例



陥没および噴砂の状況



噴砂の拡大図

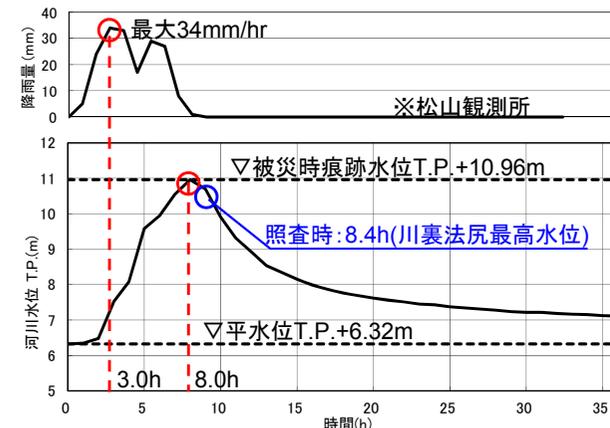


地盤定数

地層名	土質	土質記号	透水係数	適用
			k (cm/sec)	
堤体	砂礫	Bgs	2.4×10^{-3}	平均 1.81×10^{-3} (cm/s)
	礫混り砂	Bs-g	2.0×10^{-3}	
	礫質砂	Bsg	7.5×10^{-4}	
基礎地盤	砂礫	Ags	1.3×10^{-1}	シルト主体の透水係数とした。
	砂質シルト	Acs	1.0×10^{-5}	
	砂混りシルト	Ac-s	1.0×10^{-5}	

※地盤定数は今回調査結果をもとに設定した。

外力条件



※6か月の観測降雨を事前降雨として与えることで、出水直前の飽和度分布状況を再現した。

(4) 要因分析【ケース① 解析結果】

◆再現計算結果

- ・浸透流解析の結果、漏水経路は基礎地盤と堤体からの浸透を確認できたため、想定される漏水形態は「②堤体漏水+基盤漏水」である。
- ・局所動水勾配の分布を確認した結果、法尻部や法面部にかけてパイピングが発生する可能性があったと推察される。

図1 モデル図

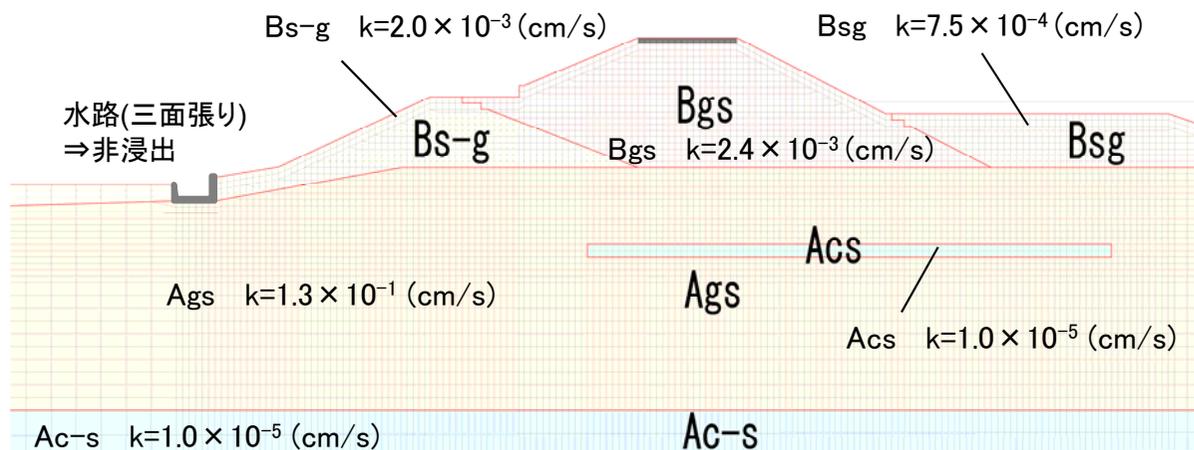


図2 浸透流解析結果

堤体と基礎地盤の複合的な浸透形態

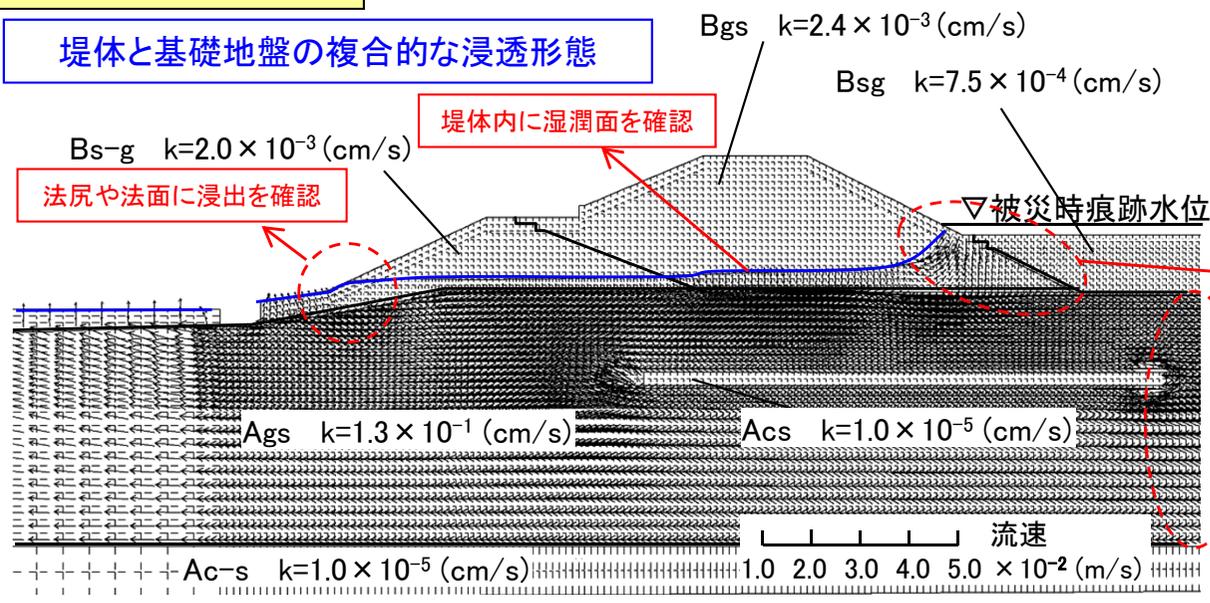
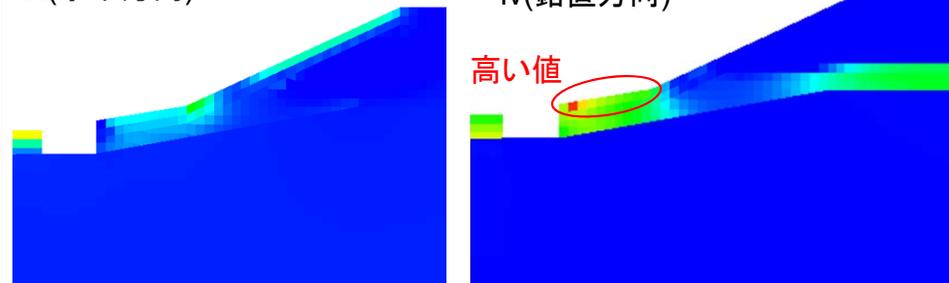


図3 パイピング破壊に対する安定性

ih(水平方向)

iv(鉛直方向)



局所動水勾配

ih(水平)= 0.4

iv(鉛直)= 1.3 NG

局所動水勾配のカウンター

川表法面や高水敷から浸透している

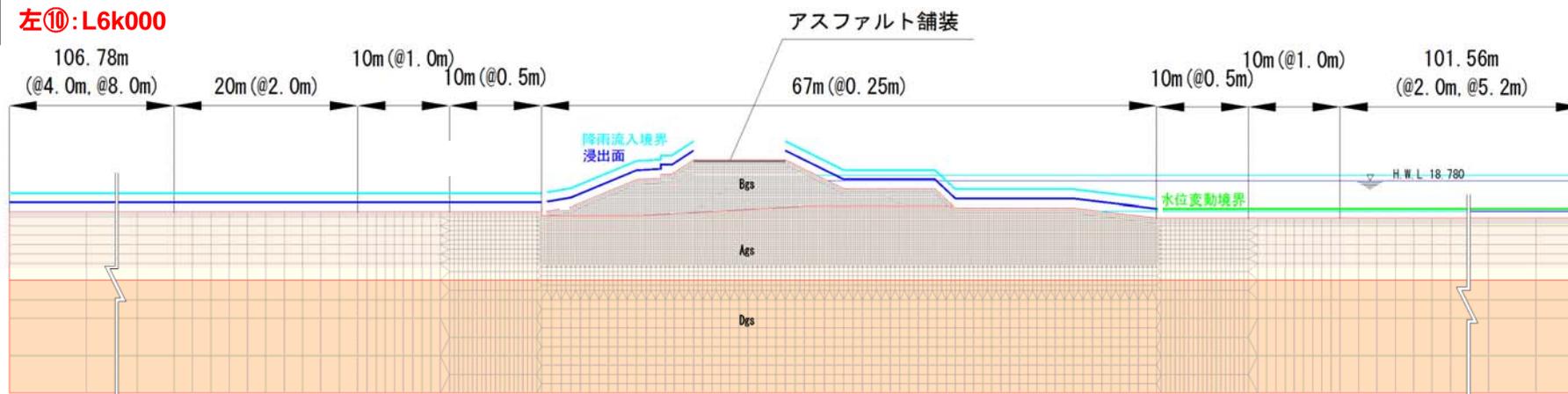
低水河岸や河道から浸透している

(4) 要因分析【ケース② 解析条件】

- ◆検討ケース:【ケース② 被覆土あり+透水係数比10未満】(漏水区間)
- ◆代表断面:全6区間(左③、左⑤、左⑩、右②、右③、右④)のうち、平均動水勾配が最も大きくなる「左⑩:L6k000」を採用した。

地盤モデル

左⑩:L6k000



地層想定図

漏水の状況①



漏水の状況②

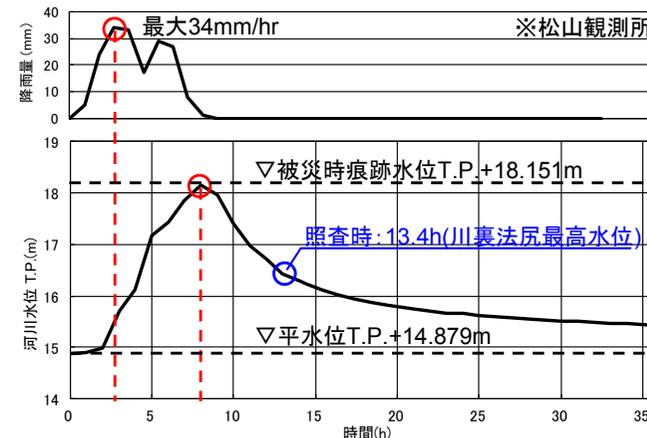


地盤定数

地層名	土質	土質記号	透水係数	適用
			k (cm/sec)	
堤体	砂礫	Bgs	3.1×10^{-3}	
基礎地盤	砂礫	Ags	2.0×10^{-2}	

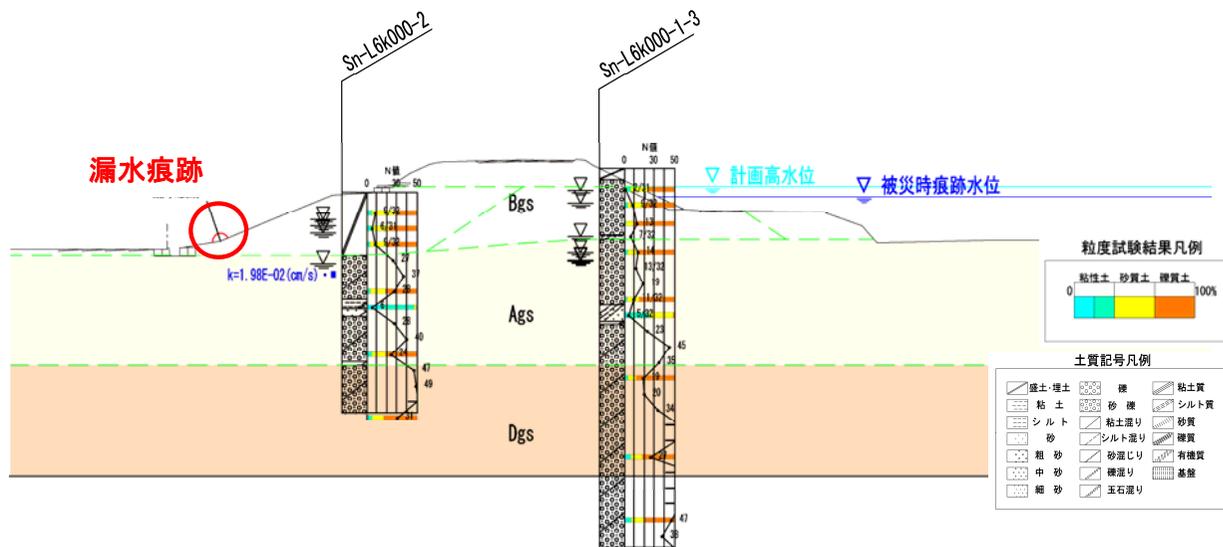
※地盤定数は今回調査結果をもとに設定した。

外力条件



※6か月分の観測降雨を事前降雨として与えることで、出水直前の飽和度分布状況を再現した。

漏水痕跡



(4) 要因分析【ケース② 解析結果】

◆再現計算結果

- ・浸透流解析の結果、漏水経路は基礎地盤と堤体からの浸透を確認できたため、想定される漏水形態は「②堤体漏水+基盤漏水」である。
- ・局所動水勾配の分布を確認した結果、比較的高い値であったことから、法尻部や法面部にかけてパイピングが発生する可能性があったと推察される。

図1 モデル図

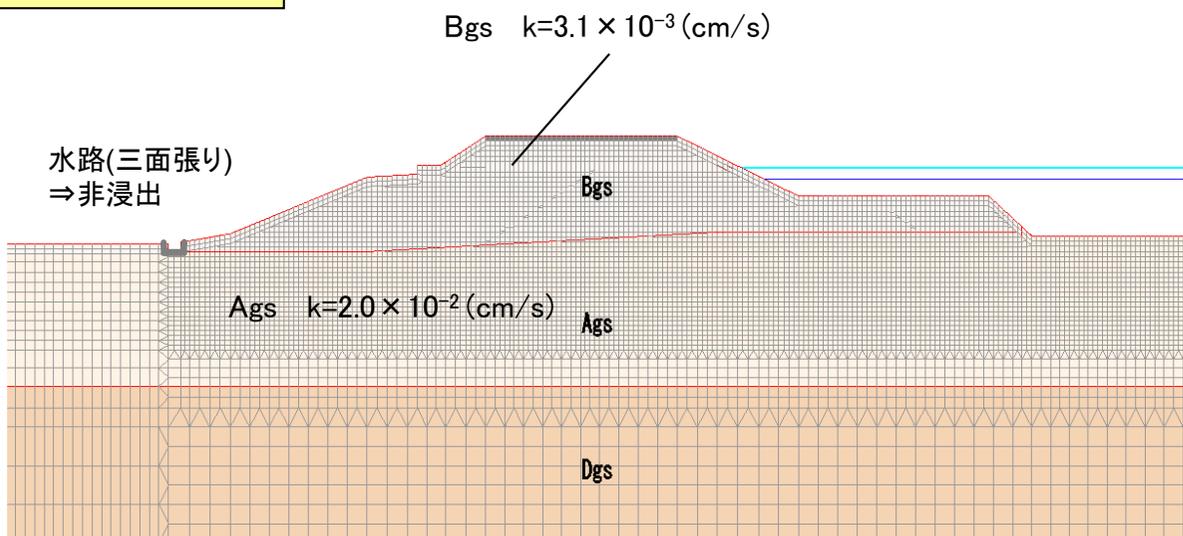


図2 浸透流解析結果

堤体と基礎地盤の複合的な浸透形態

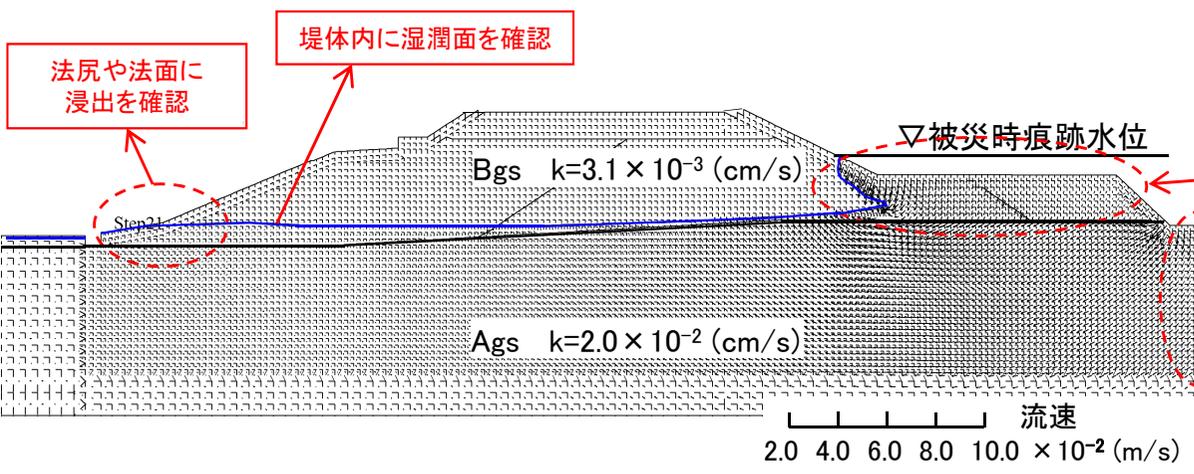
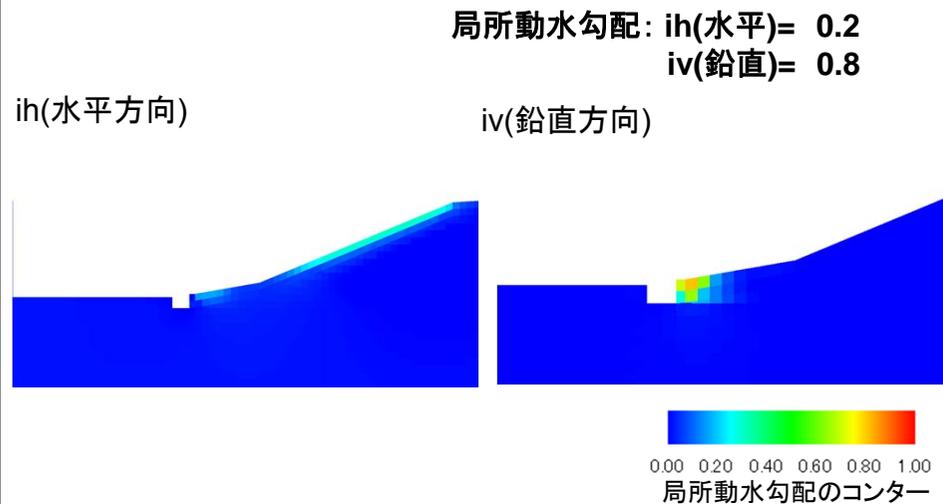


図3 パイピング破壊に対する安定性



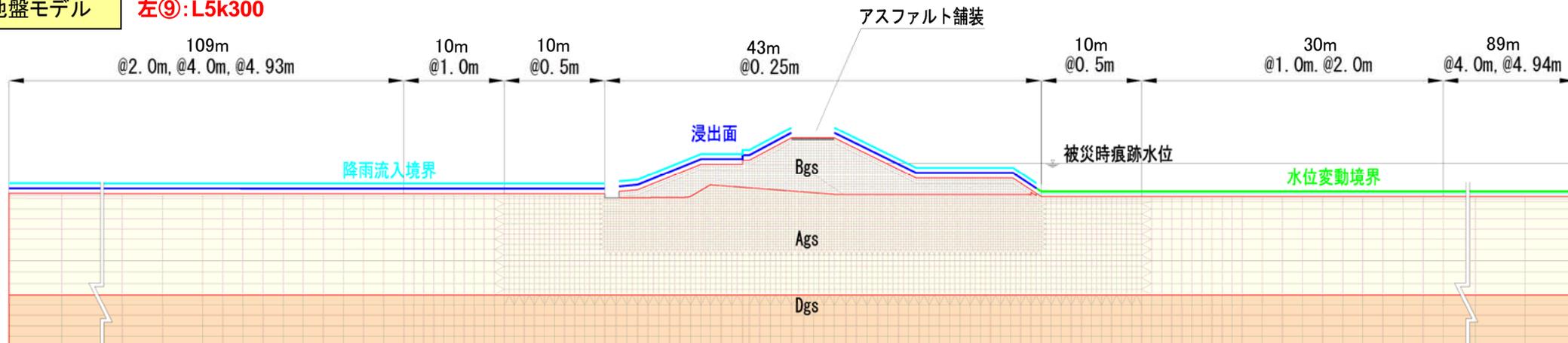
川表面法面や高水敷から浸透している

低水河岸や河道から浸透している

(4) 要因分析【ケース③ 解析条件】

- ◆検討ケース:【ケース③ 被覆土なし+透水係数比10以上】
- ◆代表断面: 全2区間(左⑦、左⑨)のうち、平均動水勾配が大きくなる「左⑨L5k300」を採用した。

地盤モデル 左⑨:L5k300



地層想定図

漏水の状況①



漏水の状況②

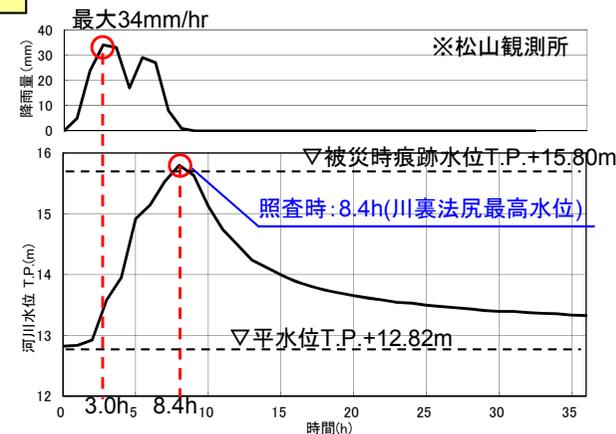


地盤定数

地層名	土質	土質記号	透水係数	適用
			k (cm/sec)	
堤体	砂礫	Bgs	1.2×10^{-3}	
基礎地盤	砂礫	Ags	7.7×10^{-2}	

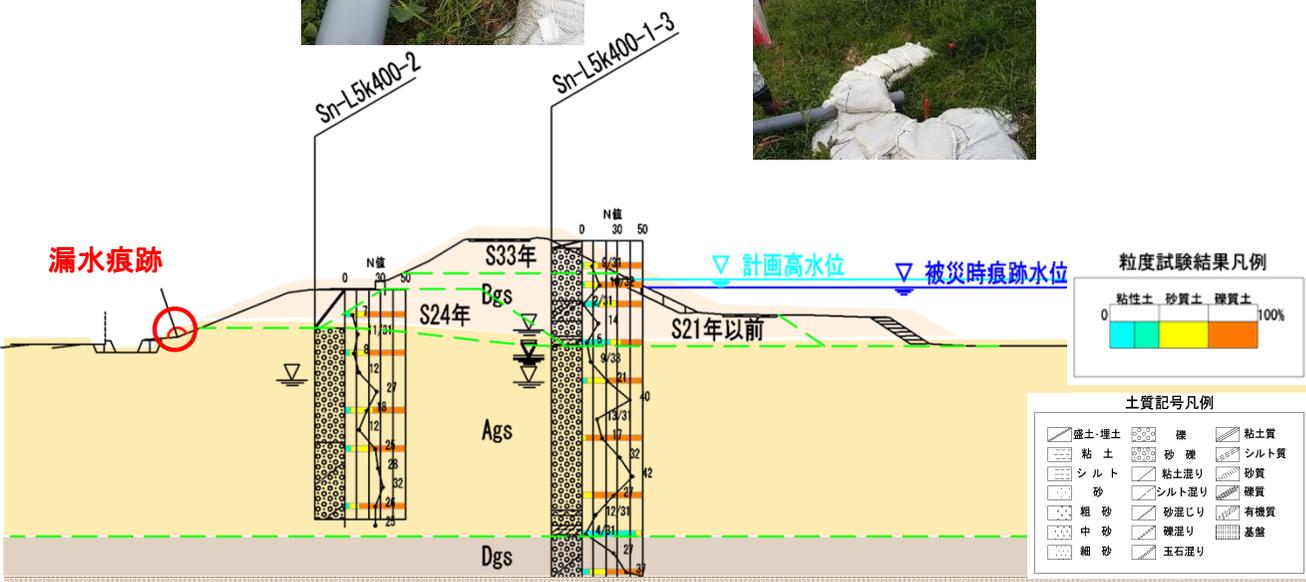
※地盤定数は今回調査結果をもとに設定した。

外力条件



※6か月分の観測降雨を事前降雨として与えることで、出水直前の飽和度分布状況を再現した。

漏水痕跡



(4) 要因分析【ケース③ 解析結果】

◆再現計算結果

- ・浸透流解析の結果、漏水経路は基礎地盤と堤体からの浸透を確認できたため、想定される漏水形態は「②堤体漏水+基盤漏水」である。
- ・局所動水勾配の分布を確認した結果、法尻部や法面部にかけてパイピングが発生する可能性があったと推察される。

図1 モデル図

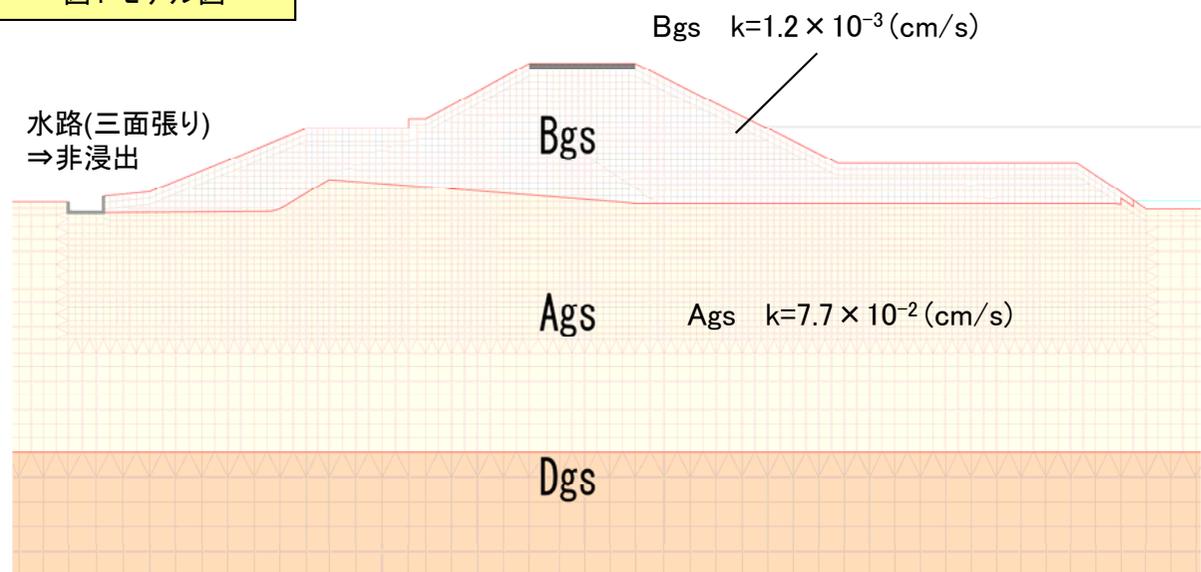


図2 浸透流解析結果

堤体と基礎地盤の複合的な浸透形態

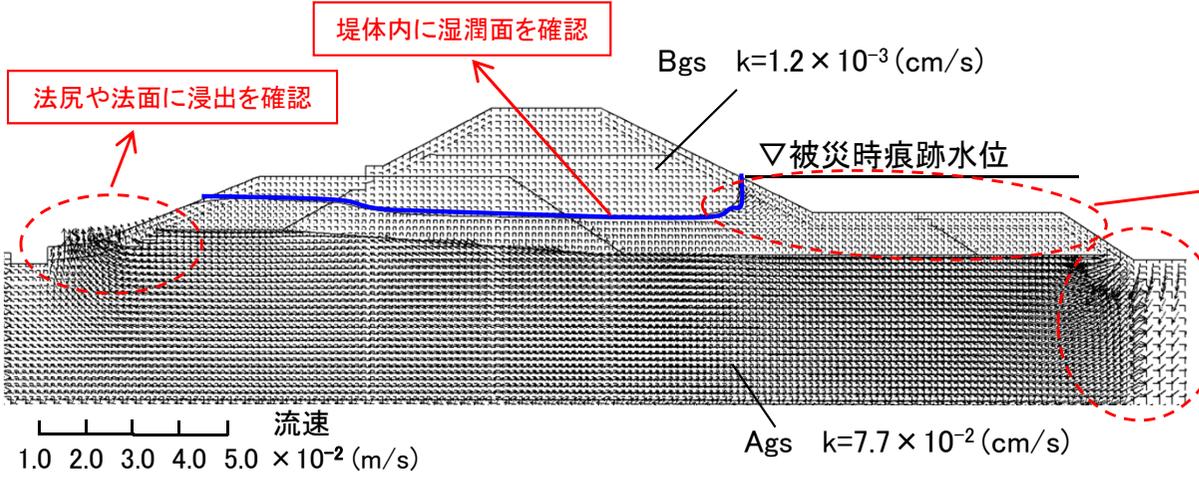
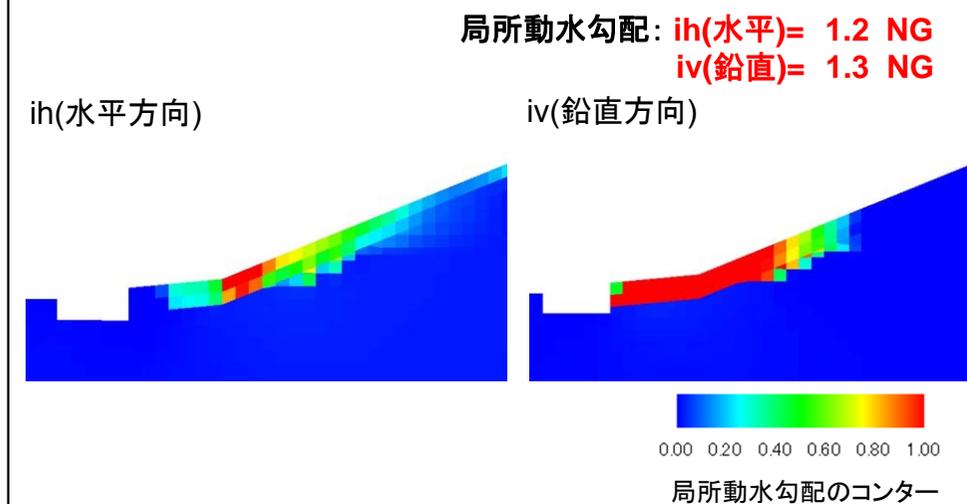


図3 パイピング破壊に対する安定性



川表法面や高水敷から浸透している

低水河岸や河道から浸透している

(4) 要因分析【ケース⑤ 解析条件】

- ◆ 検討ケース:【ケース⑤ 被覆土あり+被覆土層内に粘性土が存在する場合】
- ◆ 代表断面: 全2区間(左①、左②)のうち、平均動水勾配が大きくなる「左②L1k610」を採用した。

地盤モデル 左②:L1k610



地層想定図

漏水の状況



土質記号凡例

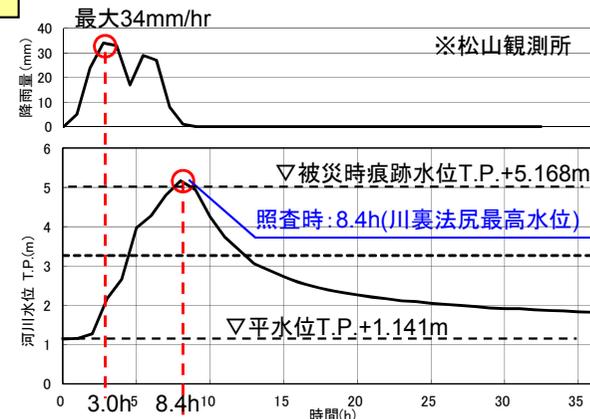
盛土・埋土	礫	粘土質
粘土	砂礫	シルト質
シルト	粘土混り	砂質
砂	シルト混り	礫質
粗砂	砂混り	有機質
中砂	礫混り	基礎
細砂	玉石混り	

地盤定数

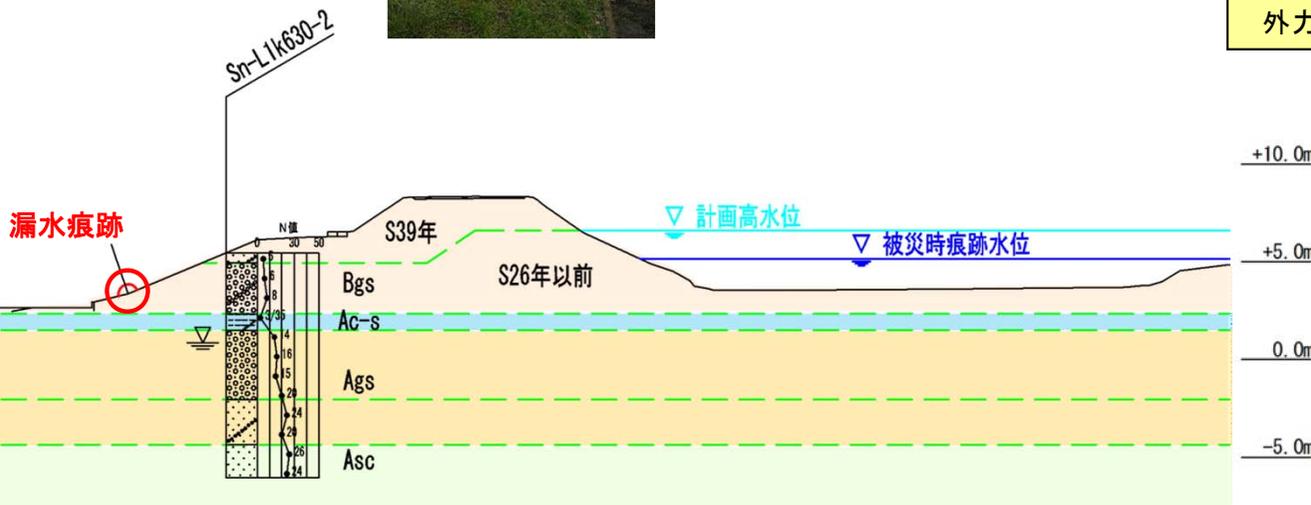
地層名	土質	土質記号	透水係数	適用
			k (cm/sec)	
堤体	砂礫	Bgs	7.6×10^{-2}	
基礎地盤	砂混りシルト	Ac-s	1.0×10^{-5}	
	砂礫	Ags	2.4×10^{-3}	
	シルト質砂	Asc	1.0×10^{-4}	

※地盤定数は今回調査結果をもとに設定した。

外力条件



※6か月分の観測降雨を事前降雨として与えることで、出水直前の飽和度分布状況を再現した。



(4) 要因分析【ケース⑤ 解析結果】

◆再現計算結果

・浸透流解析の結果、川表法面や高水敷からの浸透を確認していることや、盤ぶくれ安全率が比較的小さい($G/W \approx 1.0$)ことから、「**②堤体漏水+基盤漏水**」が想定される。

図1 モデル図

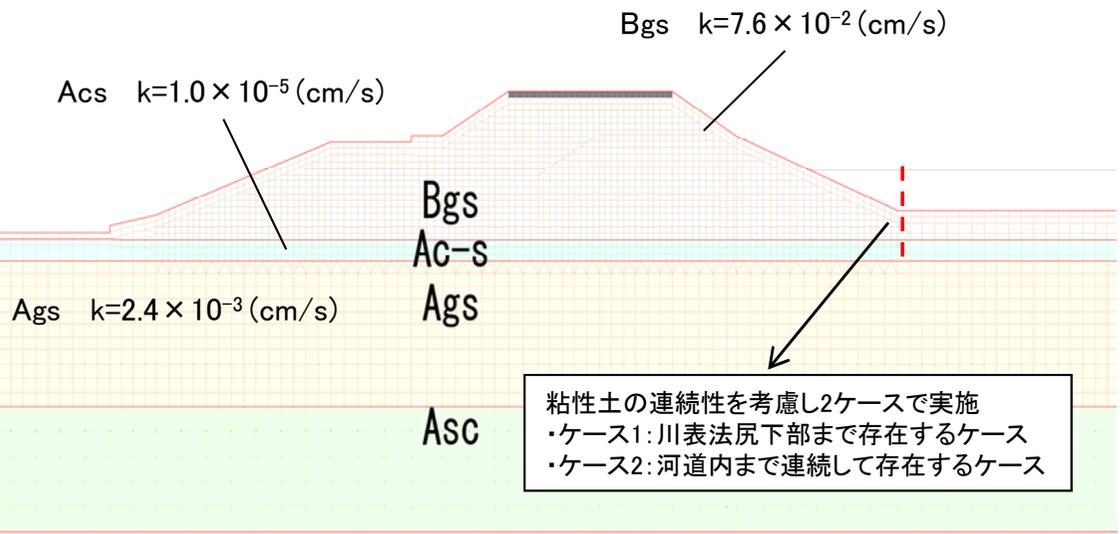


図3 パイピング破壊に対する安定性

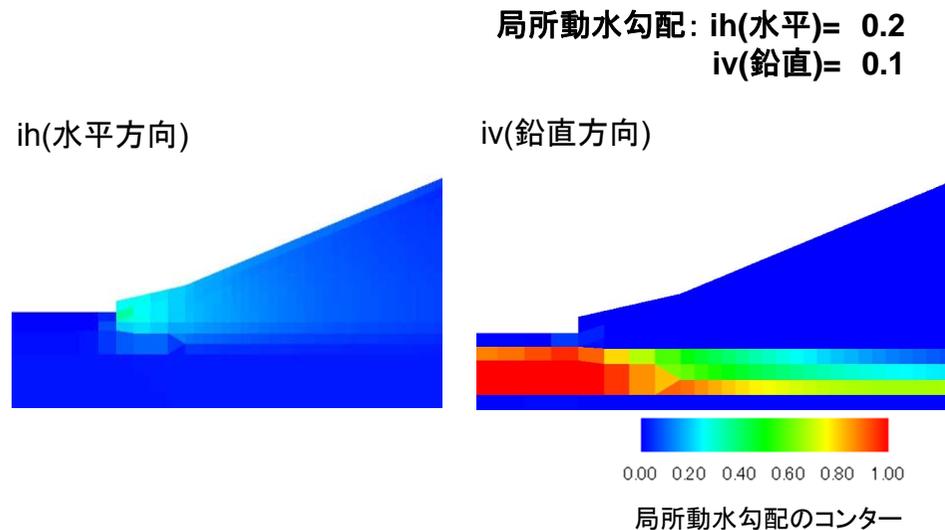


図2 浸透流解析結果

堤体と基礎地盤の複合的な浸透形態

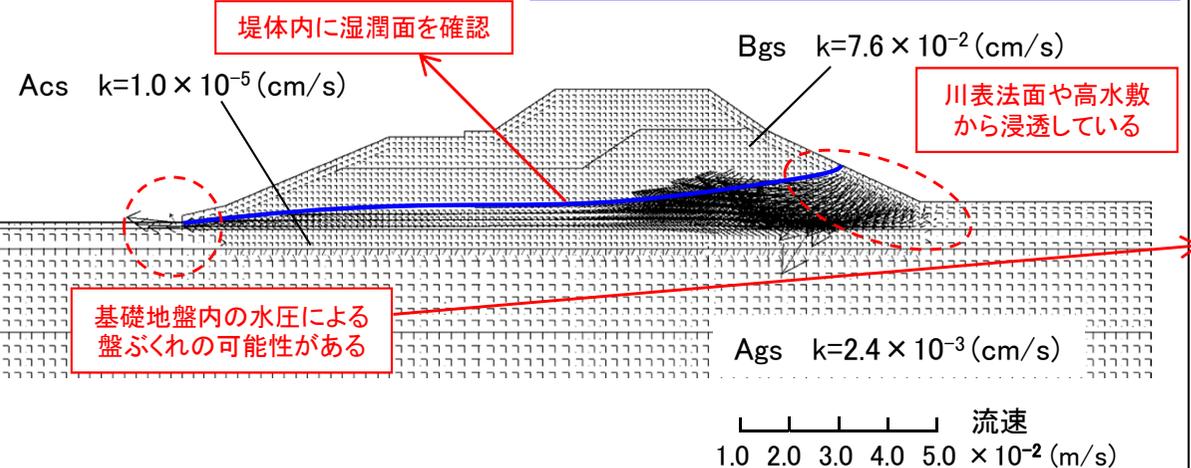


図4 盤ぶくれに対する安定性

ケース1: 粘性土が盛土下部で部分的に存在するケース
 $G/W = (\rho_{t1} \times H_1 + \rho_{t2} \times H_2) / (\rho_w \times P) = 1.1$

ケース2: 粘性土が横断方向に連続するケース
 $G/W = (\rho_{t1} \times H_1 + \rho_{t2} \times H_2) / (\rho_w \times P) = 1.3$

ここで、
 ρ_{t1} : 被覆土層(Bgs層)の密度 (t/m^3)
 ρ_{t2} : 粘性土層(Ac-s層)の密度 (t/m^3)
 H_1 : 被覆土層(Bgs層)の厚さ (m)
 H_2 : 粘性土層(Ac-s層)の厚さ (m)
 ρ_w : 水の密度 (t/m^3)
 P : 被覆土層底面の圧力水頭 (m)

(5) 要因分析のまとめ

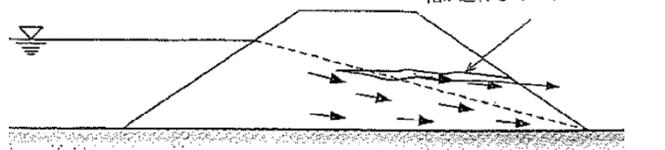
◆再現計算結果

- ・堤体が砂礫で構成されることによる「堤体漏水」ならびに、基礎地盤の透水性が高いことに起因する「基盤漏水」が複合していることを確認した。
- ・以上より、漏水要因は、代表断面においては、②「堤体漏水＋基盤漏水」であると考える。

漏水ケース	分類		対象区間	代表断面	堤体土質	基礎地盤土質	漏水箇所	浸透形態	検討結果	漏水要因
ケース①	被覆土あり	透水係数比10以上	・全4区間 左④, 左⑥, 左⑧, 右①	左⑥ L3k800	砂礫	砂礫	堤体法面	<ul style="list-style-type: none"> ・川表法面や高水敷から堤体内への浸透を確認できる ・堤体内に湿潤面を確認できる ・低水河岸や河道から基礎地盤内への浸透を確認できる 	<ul style="list-style-type: none"> ・ih(水平)=0.4 ・iv(鉛直)=1.3 NG 	②堤体漏水＋基盤漏水
ケース②	被覆土あり	透水係数比10未満	・全6区間 左③, 左⑤, 左⑩, 右②, 右③, 右④	左⑩ L6k000	砂礫	礫質砂礫	堤体法面	<ul style="list-style-type: none"> ・川表法面や高水敷から堤体内への浸透を確認できる ・堤体内に湿潤面を確認できる ・低水河岸や河道から基礎地盤内への浸透を確認できる 	<ul style="list-style-type: none"> ・ih(水平)=0.2 ・iv(鉛直)=0.8 	②堤体漏水＋基盤漏水
ケース③	被覆土なし	透水係数比10以上	・全2区間 左⑦, 左⑨	左⑨ L5k300	砂礫	砂礫	堤体法面	<ul style="list-style-type: none"> ・川表法面や高水敷から堤体内への浸透を確認できる ・堤体内に湿潤面を確認できる ・低水河岸や河道から基礎地盤内への浸透を確認できる 	<ul style="list-style-type: none"> ・ih(水平)=1.2 NG ・iv(鉛直)=1.3 NG 	②堤体漏水＋基盤漏水
ケース⑤	被覆土層内に粘性土が存在する場合		・全2区間 左①, 左②	左② L1k610	砂礫	砂礫 粘性土挟在	堤体法面	<ul style="list-style-type: none"> ・川表法面や高水敷から堤体内への浸透を確認できる ・堤体内に湿潤面を確認できる ・基礎地盤からの水圧の影響による盤ぶくれの可能性 	<ul style="list-style-type: none"> ・ih(水平)=0.2 ・iv(鉛直)=0.1 ・G/W=1.1~1.3 	②堤体漏水＋基盤漏水

※青字: 堤体漏水に関連する事項、緑字: 基盤漏水に関連する事項

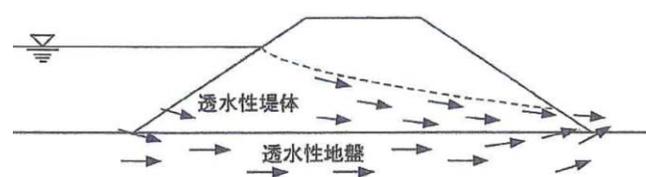
①堤体漏水



堤体内の砂質土等の薄層に浸透水が浸入し、土砂の流出、空洞化が進行してパイピングに至る

該当なし

②基盤漏水＋堤体漏水: 全ケースで該当



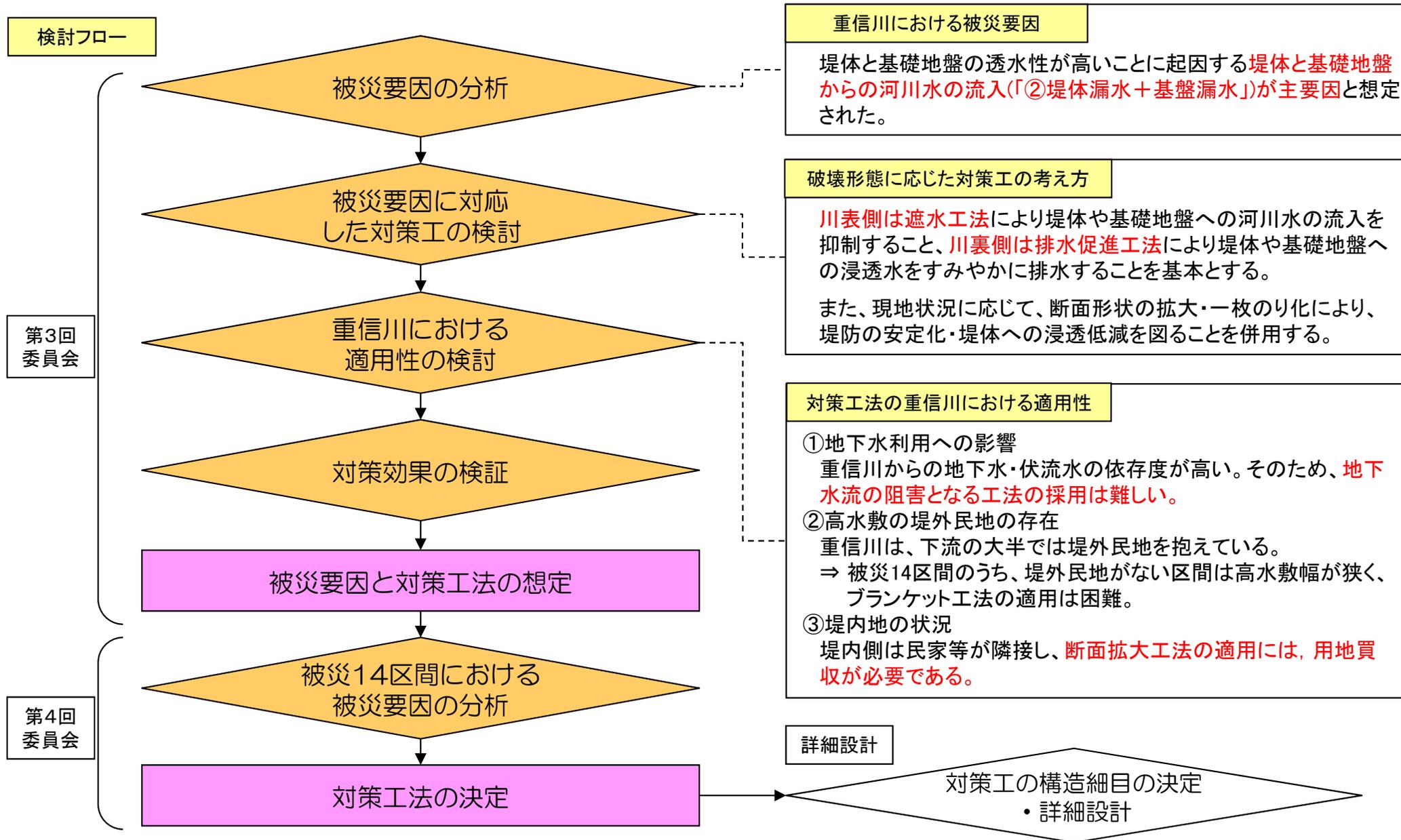
■全ケースで確認

- ・堤体が砂礫で構成されること
- ・基礎地盤が透水性の高い砂礫で構成されること

3. 被災14区間での 漏水対策方針について

(1) 対策工検討方針

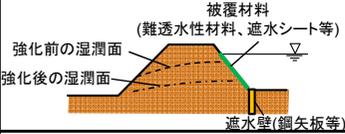
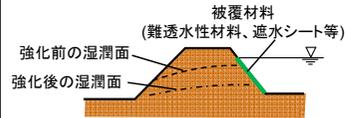
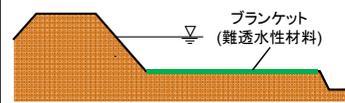
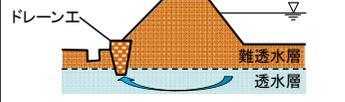
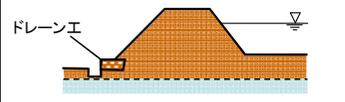
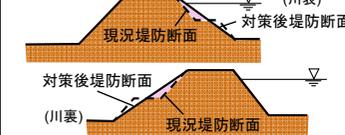
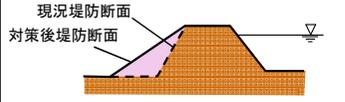
◆被災要因、破壊形態に応じた対策工の考え方、重信川における適用性の観点から、対策工法を抽出し、代表断面において対策効果を確認の上、対策工法の方針を検討する。



(2) 対策工法

◆対策工法は、川側からの堤体漏水対策を目的とし、すべての地区で適用可能な「表のり面被覆工法」を実施する。さらに、基盤漏水対策として耐浸透機能を確保することが必要な場合は「堤内基盤排水工法」を併用することを基本とする。

各種浸透対策工法の効果と重信川への適用性一覧

対策原理	対策工法	一般的な対策効果	重信川の特性を踏まえた適用性	堤体漏水に対する効果	基盤漏水に対する効果	対策工法の組合せ
川表遮水	①川表遮水工法 (矢板工法) 	基礎地盤への浸透水量の低減による裏のり尻部の揚圧力低減。	地下水利用への支障による社会的影響が大きい。	地下水利用より ×		表のり面被覆工法+堤内基盤排水工法
	②表のり面被覆工法 	のり面遮水による堤体浸透の抑制。	透水性の高い堤体への浸透を抑制できる。	適用性が高い ○	◎	
	③ブランケット工法 	浸透路長の延長による裏のり尻部の揚圧力低減。	高水敷幅が狭い区間では、対策効果が小さい。	△	△	
川裏排水	④堤内基盤排水工法 	透水性の高い基礎地盤から被覆層下面に作用する揚圧力の低下。	被災要因(基盤漏水)から対策効果が見込まれる。	適用性が高い ○	○	
	⑤ドレーン工法 	裏のり尻部の動水勾配の低減。	被災要因(基盤漏水)から対策効果が見込まれない。	○	○	
断面形状安定	⑥一枚のり工法 	緩傾斜化による安定性の向上。小段からの浸透低減。	現況断面形状に応じて、対策効果が異なる。	△	△	
	⑦断面拡大工法 	浸透路長の延長による、裏のり尻の揚圧力低減。	用地の制約や流下能力への影響ある(堤内側)。	用地条件より		
	⑧堤内地盤嵩上げ工法 	堤内地盤の嵩上げによる押え盛土荷重の増大。	用地の制約がある(堤内側)。	×		

(3) 対策効果の検証結果概要

◆ 対策効果の検証結果

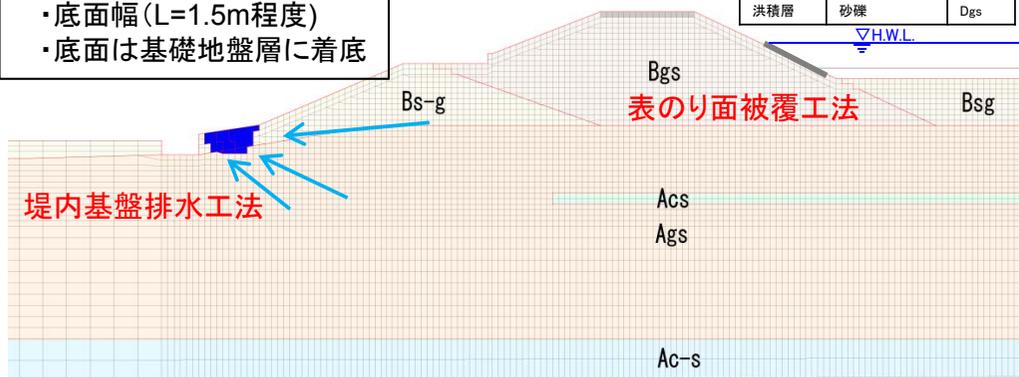
- ・漏水の要因が「堤体漏水+基盤漏水」であるため、「②表のり面被覆工法」だけでは、十分な対策効果を得ることができない。
- ・そのため、「②表のり面被覆工法+④堤内基盤排水工法」の効果を検証した結果、漏水対策として有効であることを確認した。

透水係数比が大きいケース①③⑤

年代区分	土質	記号
盛土層	礫混じり砂	Bs-g
	砂礫	Bgs
沖積層	礫質砂	Asg
	砂礫	Ags
	砂質シルト	Acs
洪積層	砂礫	Dgs

【対策工概略諸元】

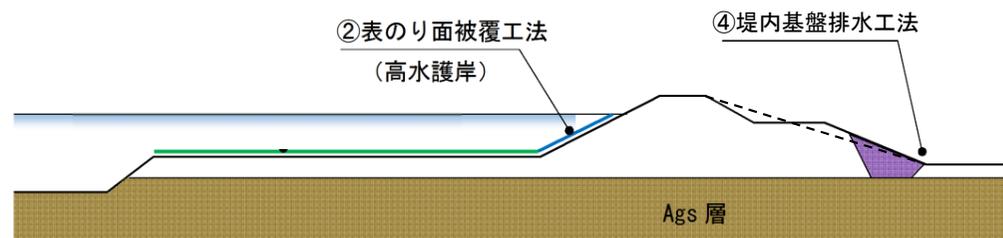
- 表のり被覆工法
- 堤内基盤排水工法
 - ・底面幅(L=1.5m程度)
 - ・底面は基礎地盤層に着底



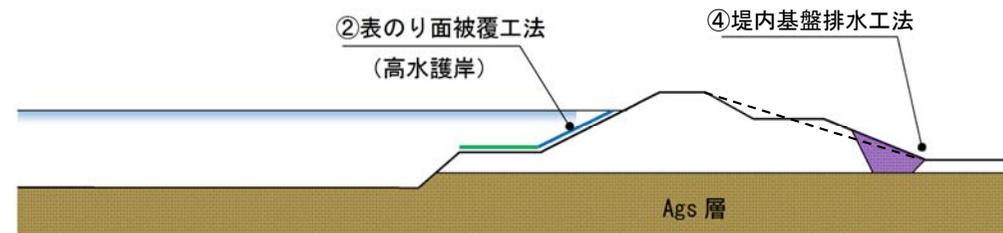
対策工の実施方針

「②表のり面被覆工法」と「④堤内基盤排水工法」の併用により、必要な耐浸透機能を確保する。

堤外民地区間



一般的な区間

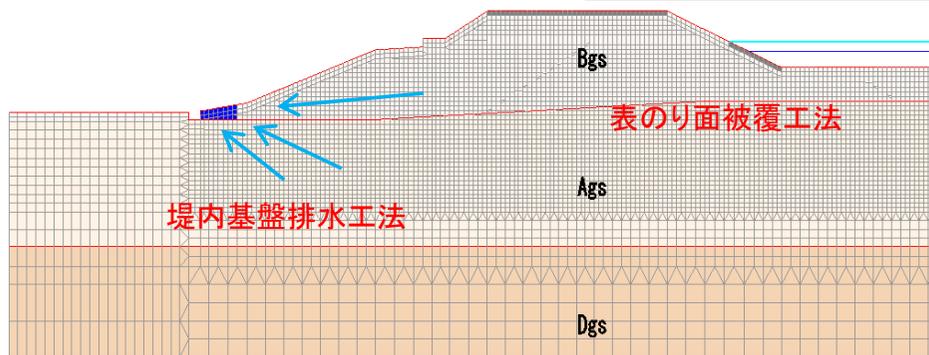


透水係数比が小さいケース②

年代区分	土質	記号
盛土層	砂礫	Bgs
沖積層	砂礫	Ags
洪積層	砂礫	Dgs

【対策工概略諸元】

- 表のり被覆工法
- 堤内基盤排水工法
 - ・底面幅(L=2.0m程度)
 - ・底面は基礎地盤に着底



4. まとめ(案)

4. まとめ(案)

(1) 被災14区間の代表断面による堤防漏水と被災メカニズムの概要

漏水は、発生している位置、堤防と基礎地盤の土質や解析結果から、代表断面においては、堤体と基礎地盤からの浸透が要因と考えられる。

(2) 被災14区間での漏水対策方針について

対策工法について、被災要因と重信川における適用性をふまえた検討を行った。これより、代表断面においては、「表のり面被覆工法＋堤内基盤排水工法」が有効であると考えられる。今後、被災14区間の全区間において検討を実施のうえ、被災メカニズムを精査し、漏水対策工法を決定する。

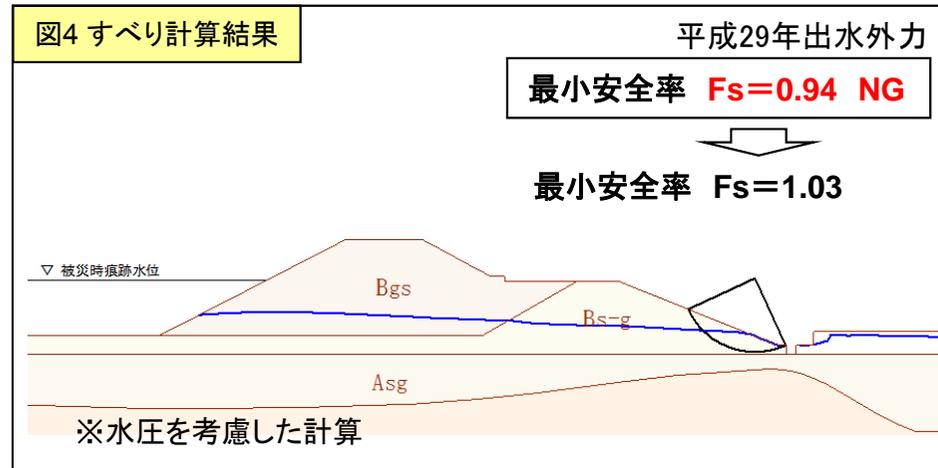
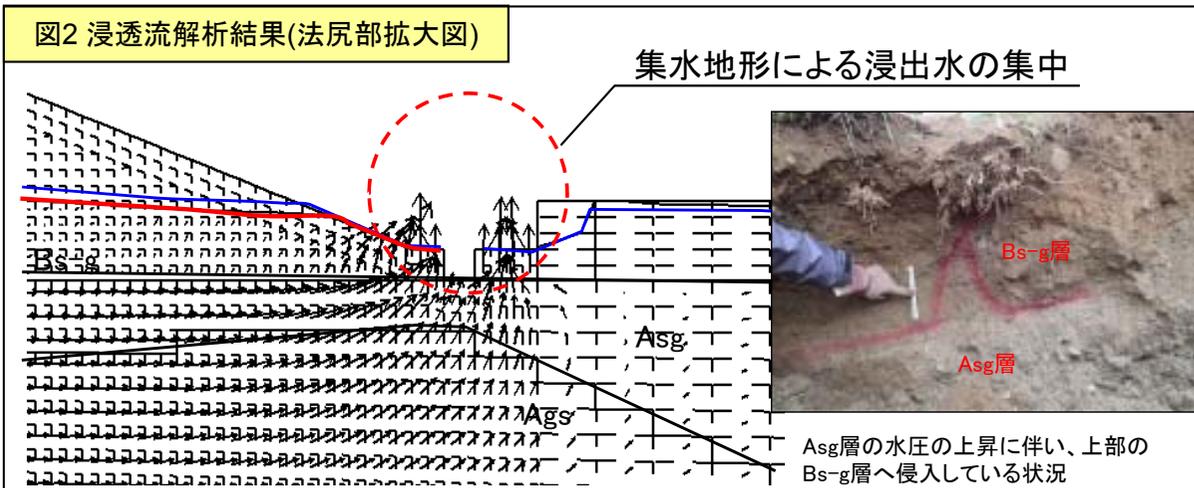
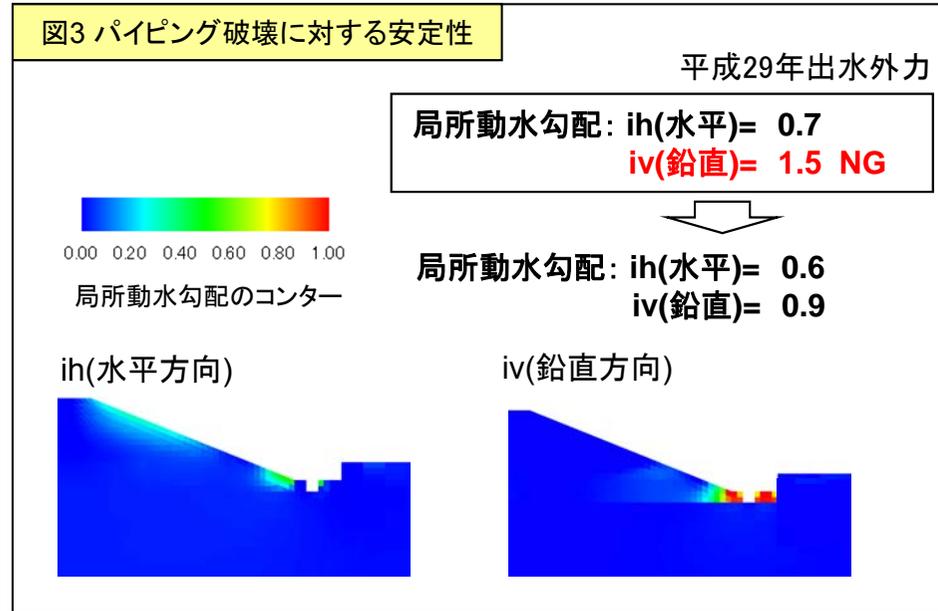
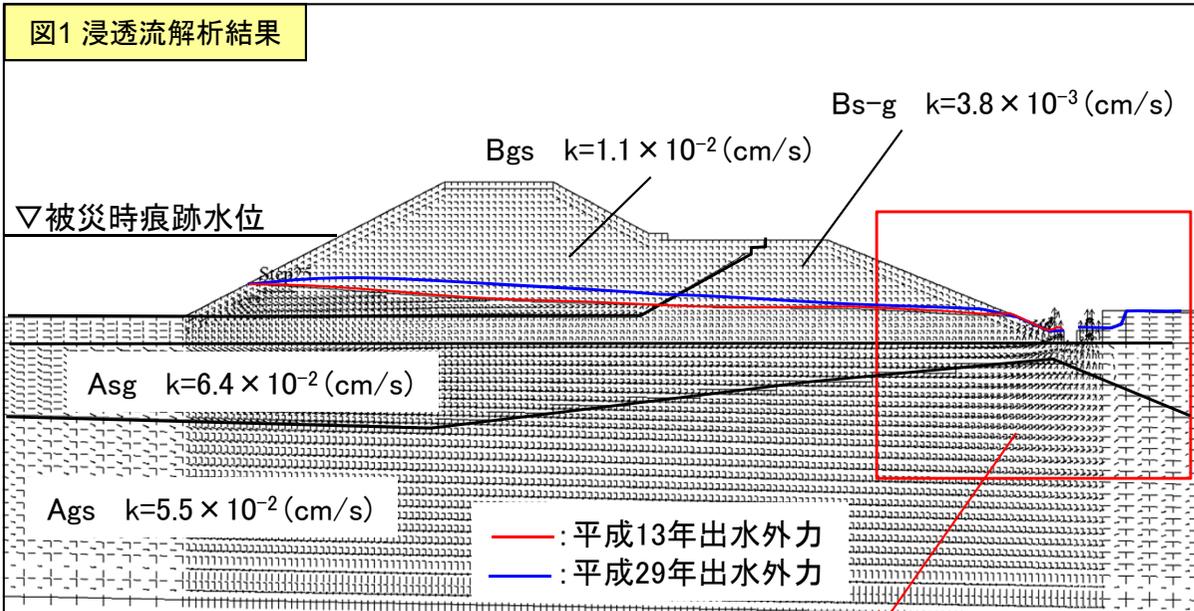
(3) 今後の予定

- ◆被災区間に隣接する無被災箇所との調査結果
 - ・現在実施中の調査結果を提示する。
- ◆被災14区間における堤防漏水と被災メカニズム
 - ・上記の調査結果をもとに、無被災箇所との違いを踏まえて、浸透流解析を実施したうえで被災メカニズムを明らかにし、被災要因を特定する。
- ◆被災14区間での漏水対策工法について
 - ・被災要因を踏まえて、漏水対策工法(案)を提示する。
- ◆無被災箇所の詳細調査方法の確認
 - ・これまでの検討結果を踏まえて、無被災箇所の詳細調査方法を確認する。

5. 参考資料

(1)平成13年6月出水解析結果(右岸2k500)

- ◆平成13年出水外力による計算の結果、川裏法尻での最高水位は約25cm程度の低下となった。
- ◆すべり安全率は1.0以上であるが、比較的低い値のため、すべり破壊が発生する可能性はあったと推察される。



(2)平成13年6月出水解析結果(左岸3k800)

- ◆平成13年出水外力による計算の結果、川裏のBs-g層の水位が上昇する結果となった。これはピーク水位までの降雨時間が長くなったためと考えられる。
- ◆局所動水勾配は1.0を下回っているが、比較的高い値のため、パイピングが発生する可能性はあったと推察される。

図1 モデル図

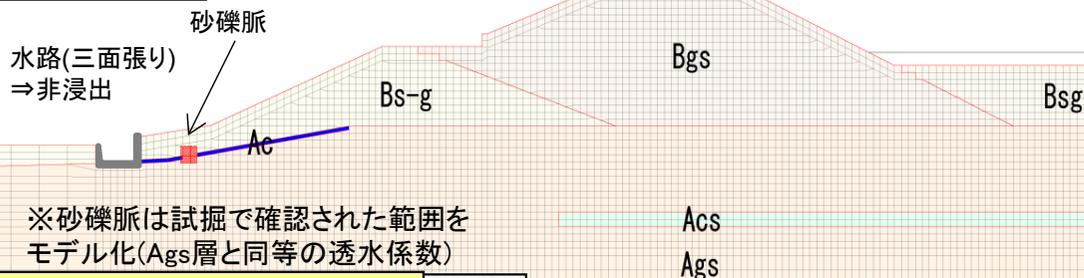
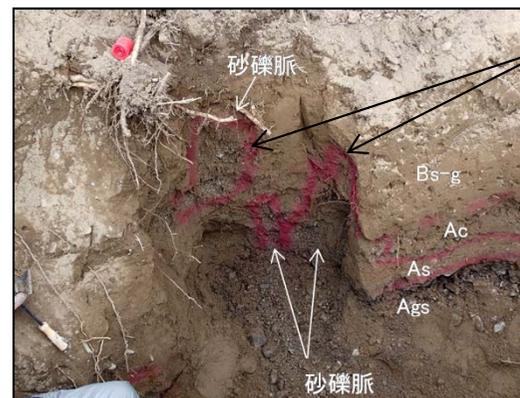
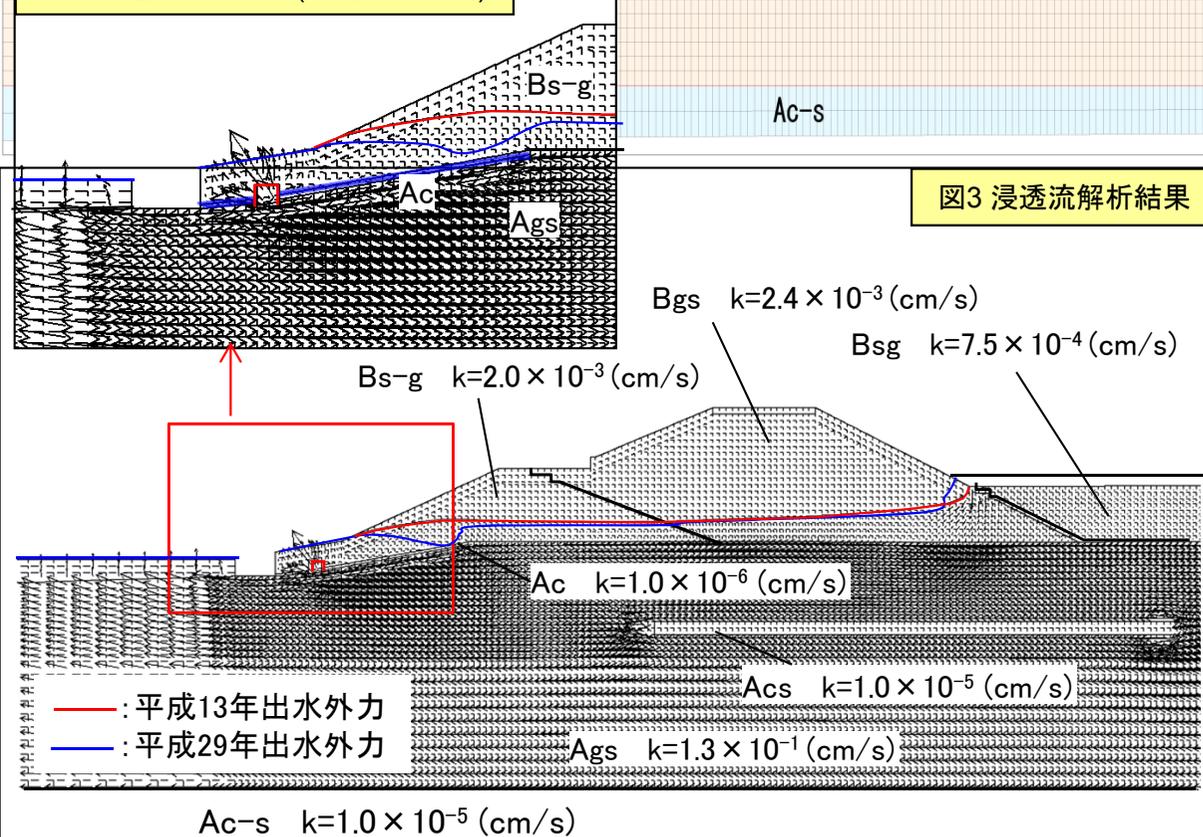


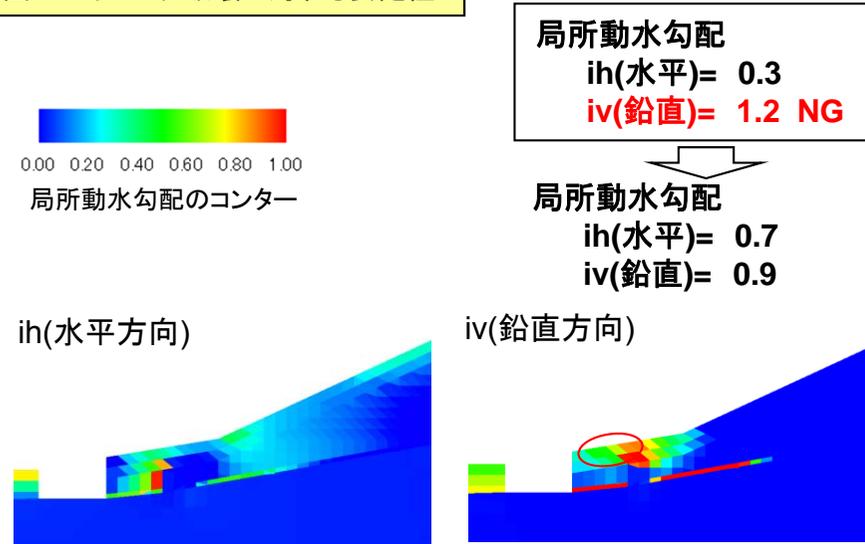
図2 浸透流解析結果(法尻部拡大図)



試掘調査で確認された砂礫脈をモデル化

試掘写真

図4 パイピング破壊に対する安定性



(3) 要因分析結果と対策効果検証結果の一覧

漏水 ケース	分類		代表断面	現況			対策工			
				実績(被災時外力)			堤内基盤排水マニュアル(案)		河川堤防の構造検討の手引き	
				パイピング	すべり	盤ぶくれ	盤ぶくれ	長期安定性	パイピング	すべり
ケース①	被覆土あり	透水係数比 10以上	左⑥ L3k800	NG		-	OK	OK	-	
				ih=0.4 iv=1.3	Fs=1.4	-	G/W=1.1	iL=0.4		
ケース②	被覆土あり	透水係数比 10未満	左⑩ L6k000			-	OK	OK	-	
				ih=0.2 iv=0.8	Fs=1.8	-	G/W=1.7	iL=0.3		
			右② R2k500 ※すべり発 生区間	NG	NG	-	OK	OK	OK	OK
				ih=0.7 iv=1.5	Fs=0.9	-	G/W=1.3	iL=0.4	ih=0.4 iv=0.1	Fs=1.6
ケース③	被覆土なし	透水係数比 10以上	左⑨ L5k300	NG		-	OK	OK	-	
				ih=1.2 iv=1.3	Fs=1.1	-	G/W=1.1	iL=0.3		
ケース⑤	被覆土層内に粘性土 が存在する場合		左② L1k630				OK	OK	-	
				ih=0.2 iv=0.1	Fs=1.8	G/W≒1.0	G/W=1.1	iL=0.3		

(4)旧護岸が存在する可能性のある区間

- ◆旧護岸が存在する可能性のある区間(古地図で確認)を下図に整理する。
- ◆被災区間内に旧護岸が存在する可能性のある区間を確認できる。

【 凡 例 】

- (赤) : 漏水箇所
- (青) : 既往調査結果がある箇所
- (黄) : 2k500と3k800の調査箇所
- (緑) : 今回調査を行った箇所

右○	左○	: 台風18号直後確認区間
RO	LO	: 堤防除草後確認区間
[赤色塗り]		: 被災12区間
[青色線]		: 護岸が存在する可能性のある区間

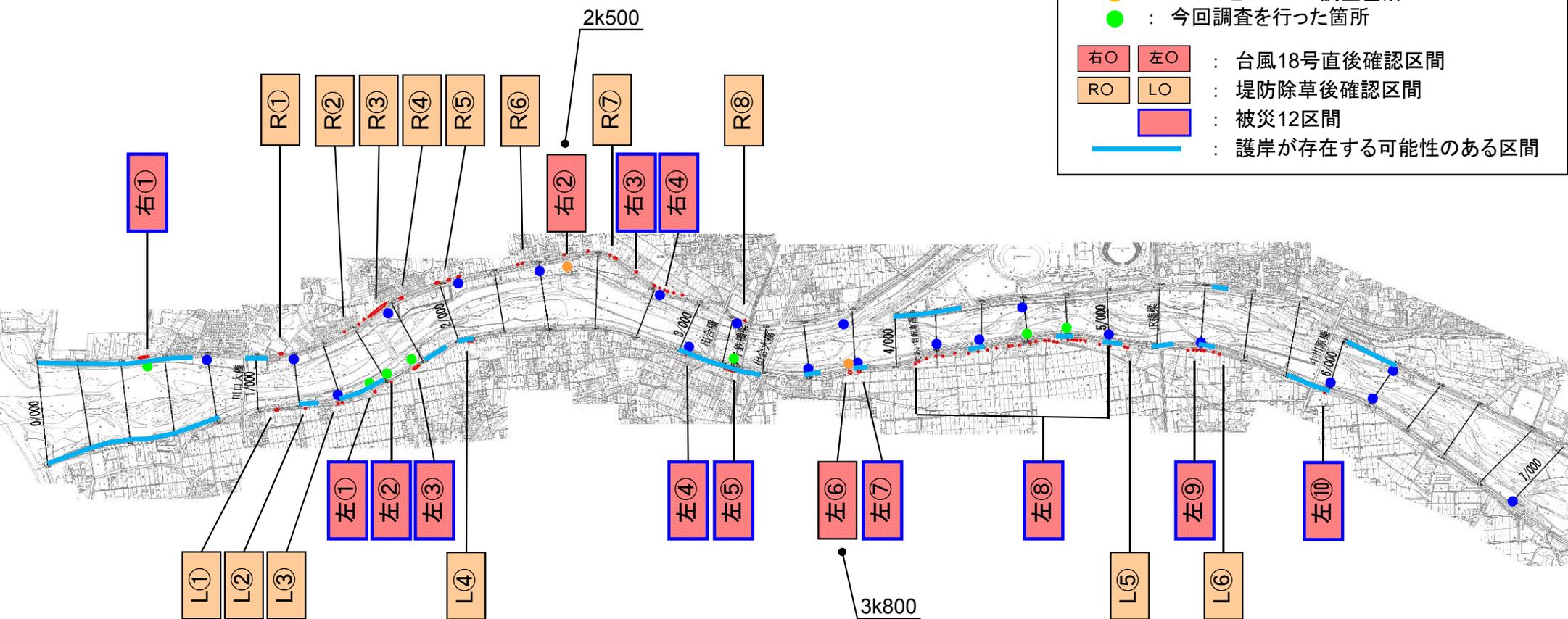


図1 旧護岸が存在する可能性のある区間