(3) 仮締切堤防の安定照査

大型土のうの安定照査については、内的安定・外的安定に対する照査を行った。

設計対象水位は計画高水位とし、

- 内的安定：中詰材のこぼれ出し、袋体のはらみ出しの変状に対する照査
- 外的安定：滑動、転倒、支持力の変状破壊に対する照査

また、大型土のう下の法面の安定照査については、円弧すべり計算を行った。

地下水位は現地盤、河川水位は鋼矢板上端とされていた。

照査項目及び安全率･許容値

照査項目	安全率･許容値
袋体の圧縮応力	Ｆｓ≧１．５
滑動	Ｆｓ≧１．２
転倒	Ｅ≦Ｂ／３
支持力	Ｆｓ≧２．０
円弧すべり	Ｆｓ≧１．２

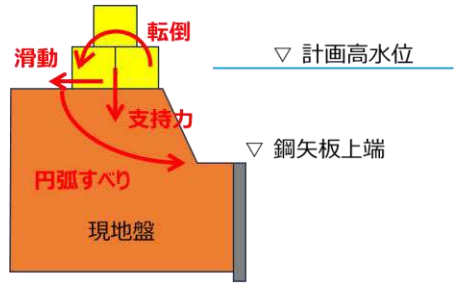
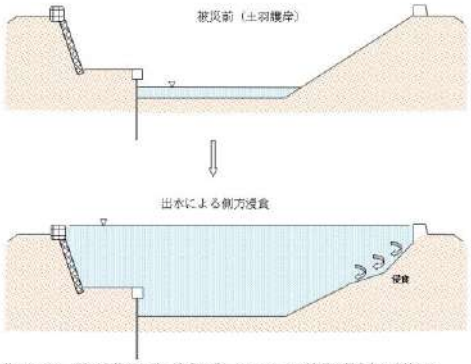


図 2-8 仮締切堤防の安定照査

(4) 仮締切堤防に係る護岸工事の対岸法面・護岸の被災

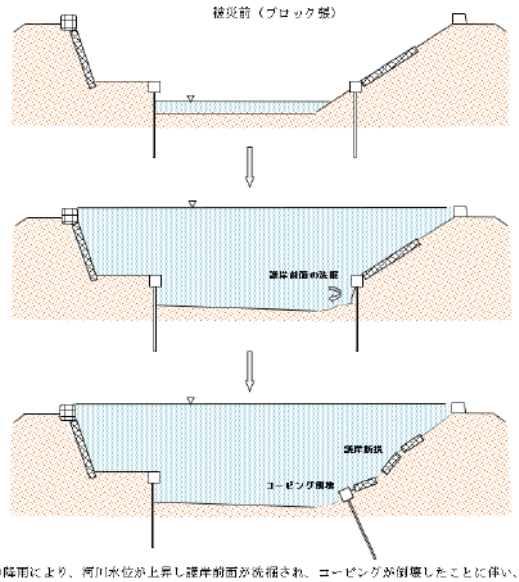
同じ洪水で、既に完成している対岸の堤防・護岸においても計画以上の洪水流による法面侵食や護岸前面の洗堀により、法面・護岸が被災した事例が確認されている。

被災のメカニズム（土羽河岸）



多量の降雨により、河川水位が上昇し流速が増したことにより法面が侵食され崩壊した。
採択要綱第２・３・(一)・イにより復旧する。

被災のメカニズム（ブロック張護岸）



多量の降雨により、河川水位が上昇し護岸前面が洗掘され、ユーピングが開始したことに伴い、
護岸も新損した。
採択要綱第２・３・(一)・イにより復旧する。

(5) 仮締切堤防の設計の妥当性

仮締切堤防の安定照査では、いずれの項目も安全率・許容値を満足した。なお、設計計算については、外部の専門家が確認した。

一方で、今次水害では、洪水位が１０時間に渡って、計画高水位を超えていたことから、仮締切堤防の変状要因は、計画高水位を超える洪水と考えられる。また、対岸側の完成堤防においても、法面・護岸が被災した。

したがって、施工不備の箇所を除けば、仮締切堤防に不備はなく、変状はやむを得ないものと認められる。

(6) 専門家ヒアリング

仮締切堤防の設計及び変状については、専門家である国土交通省 国土技術政策総合研究所と国立研究開発法人 土木研究所に対し以下のとおりヒアリングを行った。

日時：令和６年４月３日（水）9：35～11：25

場所：土木研究所　つくば中央研究所 2 階会議室

出席：国土交通省　国土技術政策総合研究所 河川研究部　瀬崎河川研究室長

土木研究所　地質・地盤研究グループ 佐々木上席研究員、石原上席研究員、青柳主任研究員、柿原研究員、三浦研究員

主な助言：以下のとおり。

・仮締切堤防の設計計算に不備は認められず、計画高水位を超える洪水による変状はやむを得ない。

・法面の変状は、いくつかの被災形態に分類できると考えられるが、長い延長で法面が変状している箇所は、河川水位低下時の残留水圧による法面すべりではないか。

・河川水位の上昇により越水した可能性もある。

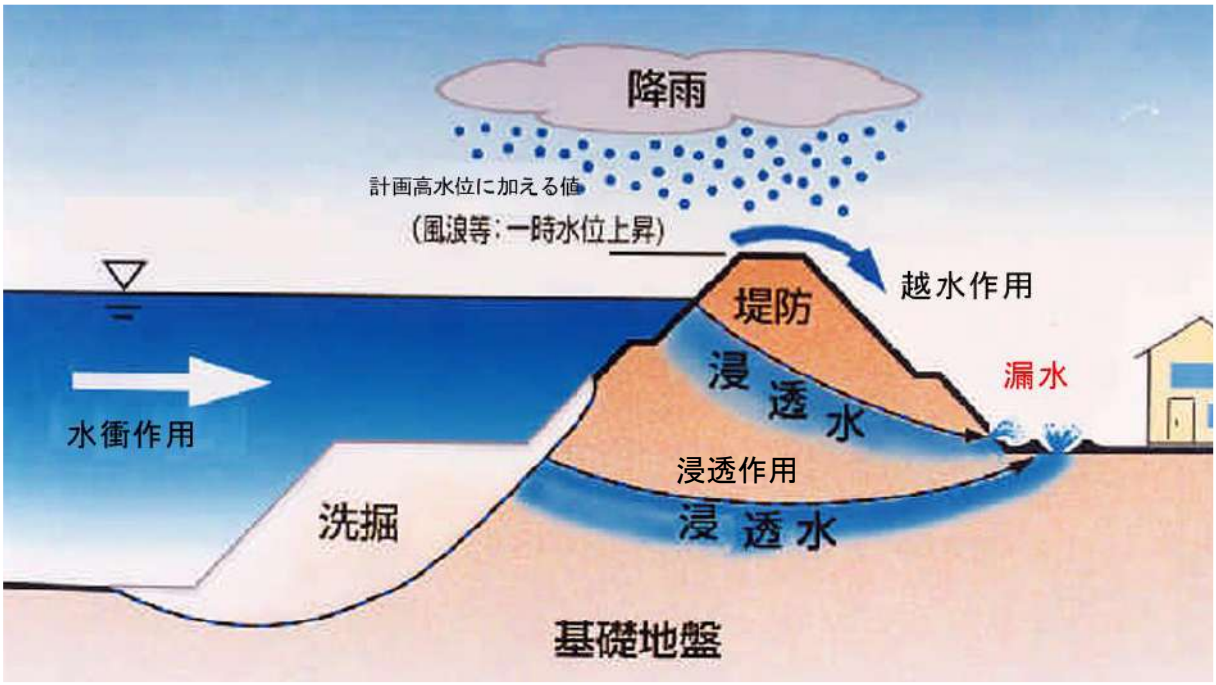
・排水管周りや、土のうと地盤が接した箇所の漏水に伴うパイピングが生じている事も考えられる。

2.4.3. 17 箇所の変状の形態分類

17 箇所で確認された変状について、専門家ヒアリングを踏まえ、被災後の状況から形態を分類した。

(1) 洪水時に堤防に生じる現象

堤防は洪水時に水衝作用、浸透作用、越水作用等を受け、計画超過時のように、これらの作用が非常に大きければ破堤に至ることもある。



洪水時に堤防に生じる現象

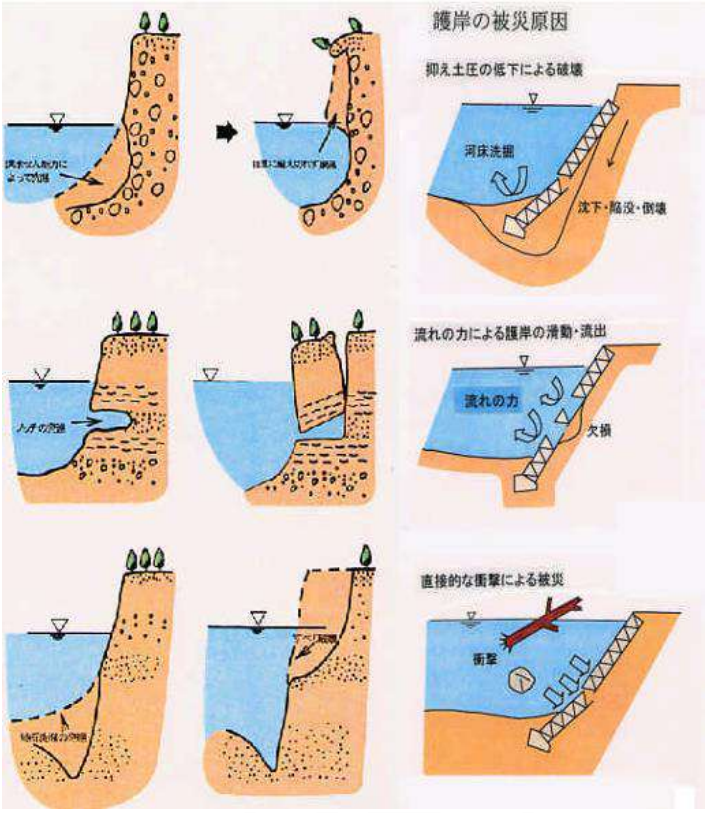
国交省 HP に加筆

https://www.skr.mlit.go.jp/tokushima/river/event/yoshikouza/no04/text04-10-6.pdf

・水衝作用

流水が堤防に衝突し破壊する作用

→ 川側の堤脚部やのり面に洗堀などがおこる

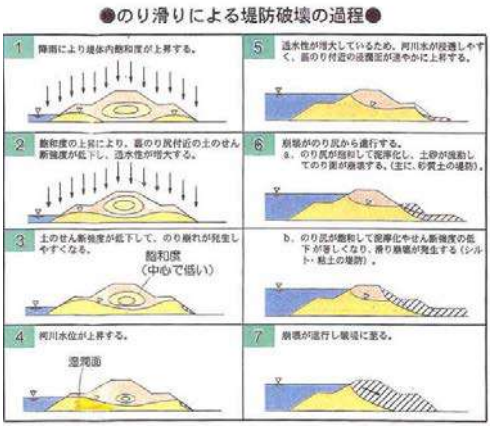


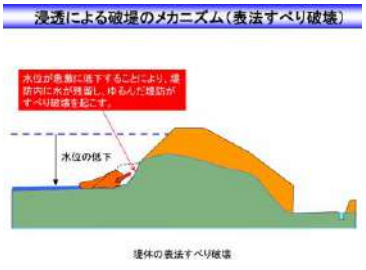
a．河川水の堤体への浸透による堤防破壊のメカニズム

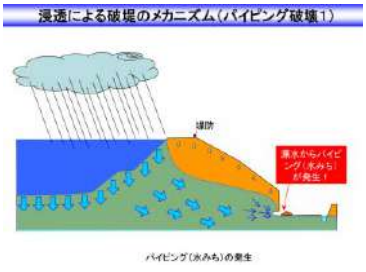
・浸透作用

水が堤防の中に浸透し、破壊する作用

→ 裏のり・表のりすべり、パイピングなどがおこる



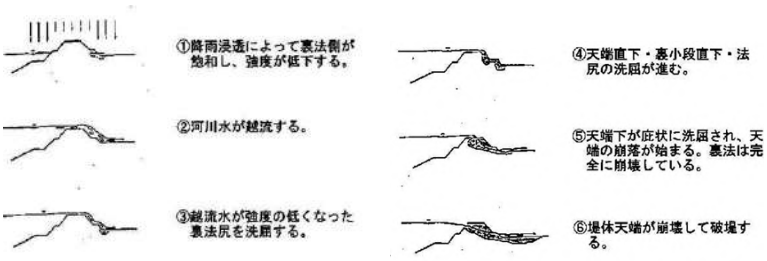




・越水作用

河川水が堤防よりも高くなり、流水が堤防を越えて流れ出て破壊する作用

→ 天端やうら面を洗い流したり、破堤がおこる



また今次洪水においては、時間経過とともに堤防の住宅地側の浸水位（内水位）と河川水位（外水位）が変化していることが確認されている。この高さ関係に応じて堤防は、川側からだけでなく、住宅地側からの作用が働く場合もある。

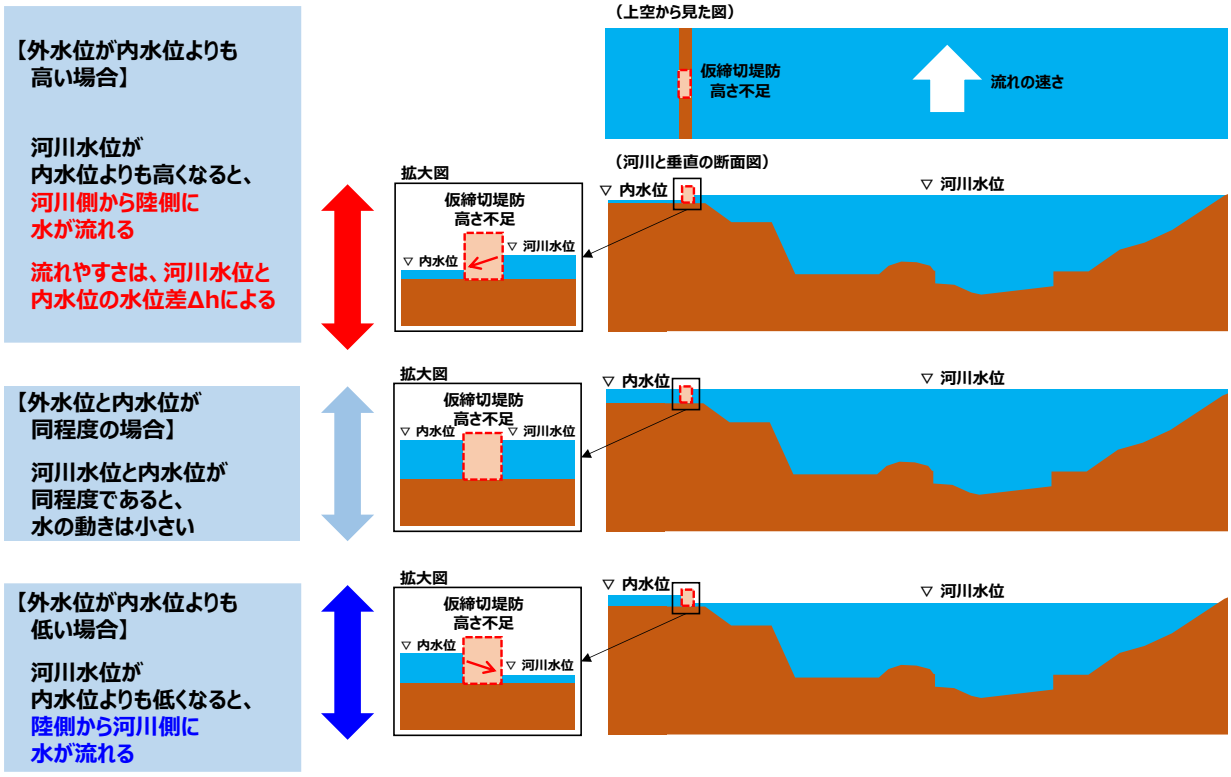


図 2-9 仮締切堤防と水位の関係

今回洪水では、HWL 以上の水位が 10 時間以上、また堤防天端（仮締切堤防である大型土のう上端）付近という計画以上の非常に高い水位が 3～4 時間程度も続いたことが観測されており、これが変状の要因となっている。

(2) 被災形態の分類

17 箇所の変状は、洪水後の様子から、法面のすべり破壊や越水、浸透のいずれか、または、複合的に生じたものと判断した。

a　法面のすべり

（再掲）対岸の完成堤防の被災

b　越水

c　浸透

図 2-10 被災形態の分類

次章に記すシミュレーションにあたって、変状が発生した時間を設定する必要があるため、被災当時の写真から、仮締切堤防の変状が生じた 17 箇所について、下記の表・図のとおり被災形態を分類した。

表 2-3 被災形態の分類

区分	箇所数	延長	
施工不備、変状なし		3,671.5m	(90.4%)
施工不備	5	129.0m	(3.2%)
土のう変状	**17**	**259.5m**	**(6.4%)**
a 法面のすべり	[11]	[163.9m]	[4.0%]
b 越水	[4]	[84.6m]	[2.1%]
c 浸透	[2]	[11.0m]	[0.3%]
工区全体延長		4,060.0m	

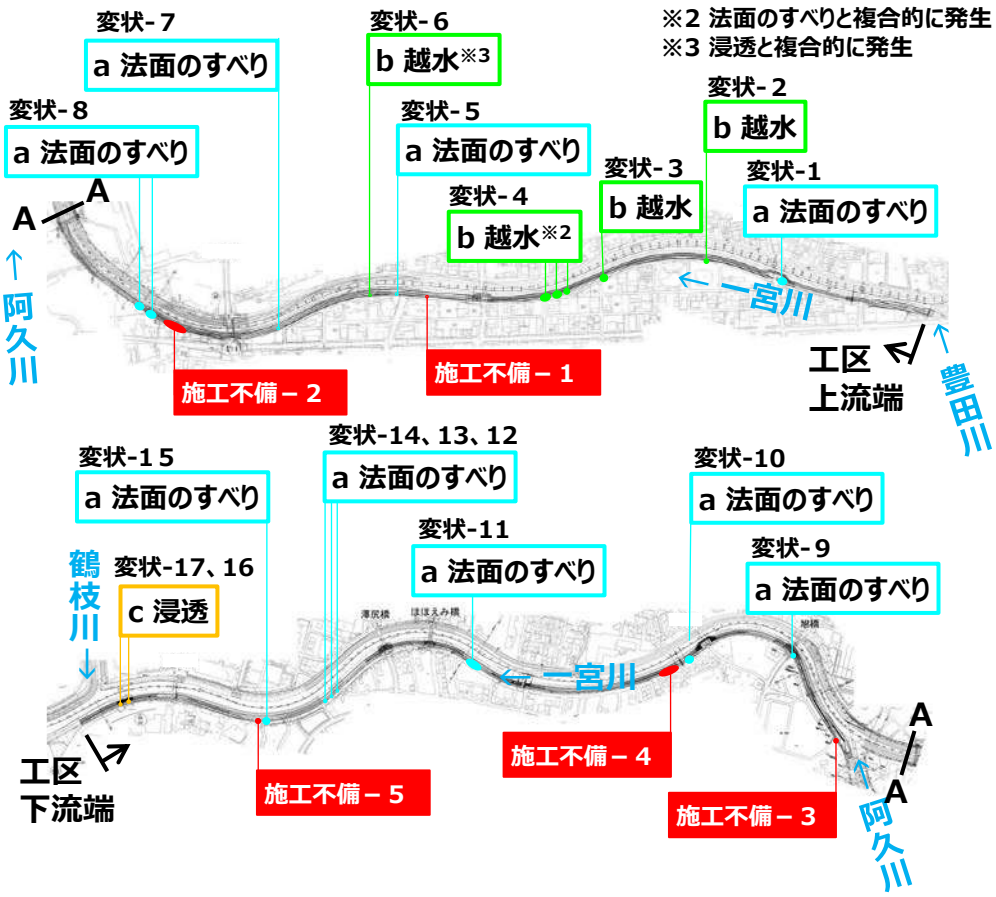
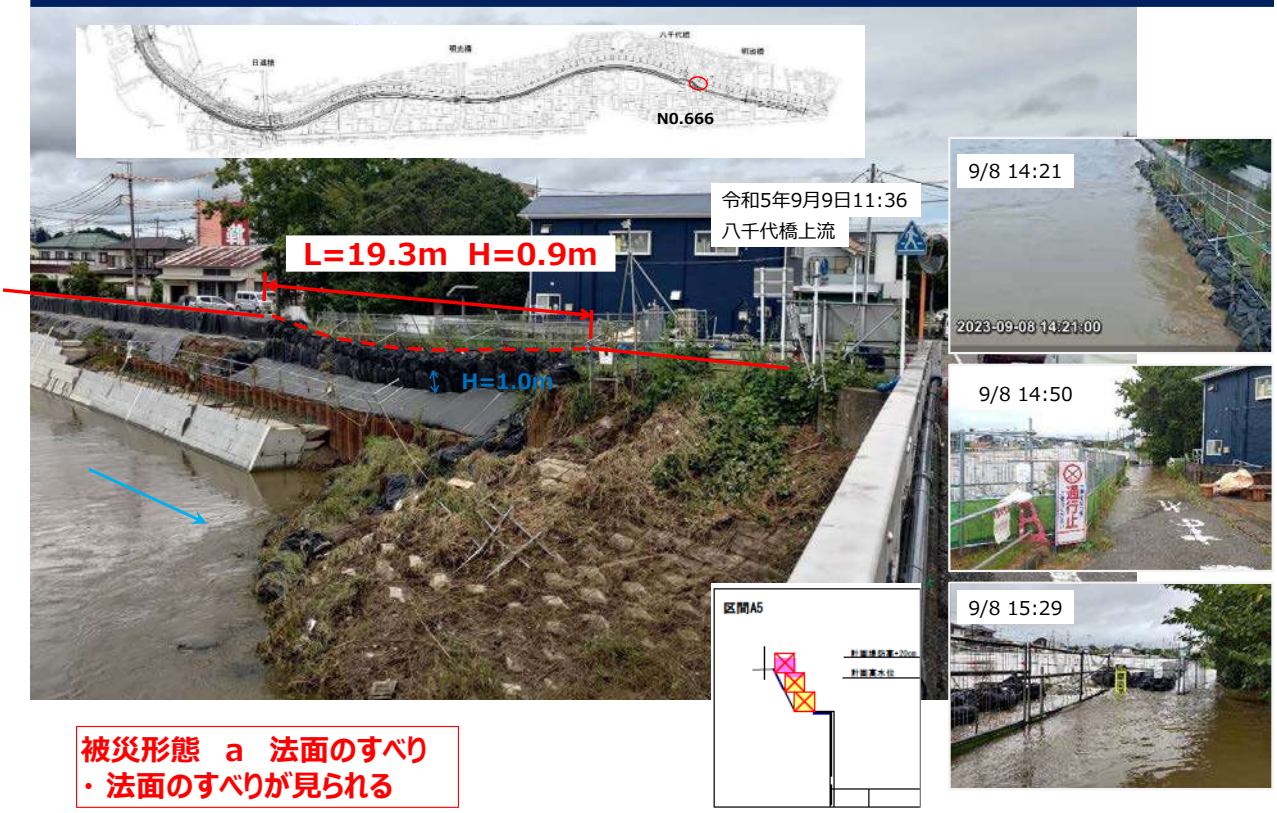


図 2-11 仮締切堤防の変状箇所及び被災形態

以下 17 箇所を個別に記載する。

仮締切堤防の変状の被災形態（変状－１）



被災形態　a　法面のすべり
・法面のすべりが見られる

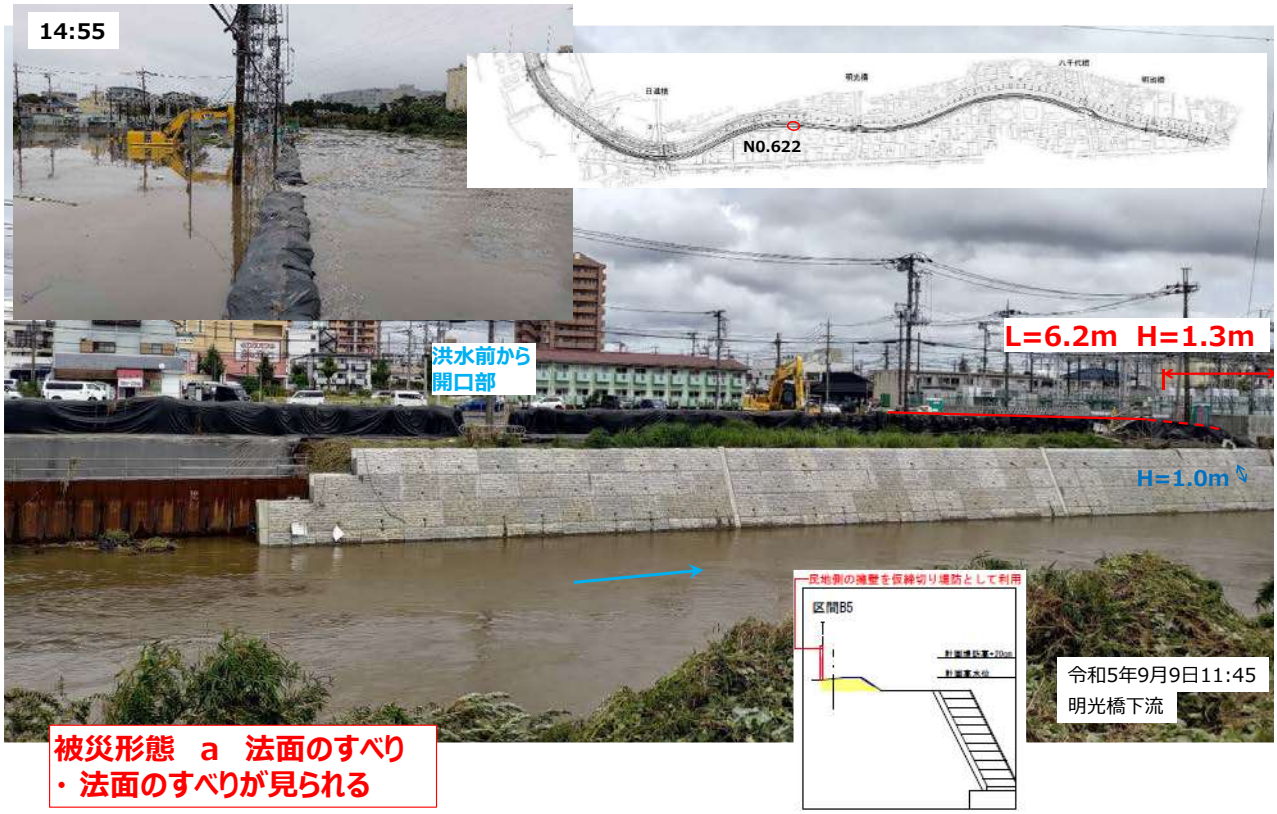
仮締切堤防の変状の被災形態（変状－２）

被災形態　b　越水
・法面のすべりが見られない
・洪水時、河川水位が堤防高を超えている

仮締切堤防の変状の被災形態（変状－３）

仮締切堤防の変状の被災形態（変状－４①、②、③）

仮締切堤防の変状の被災形態（変状－５）



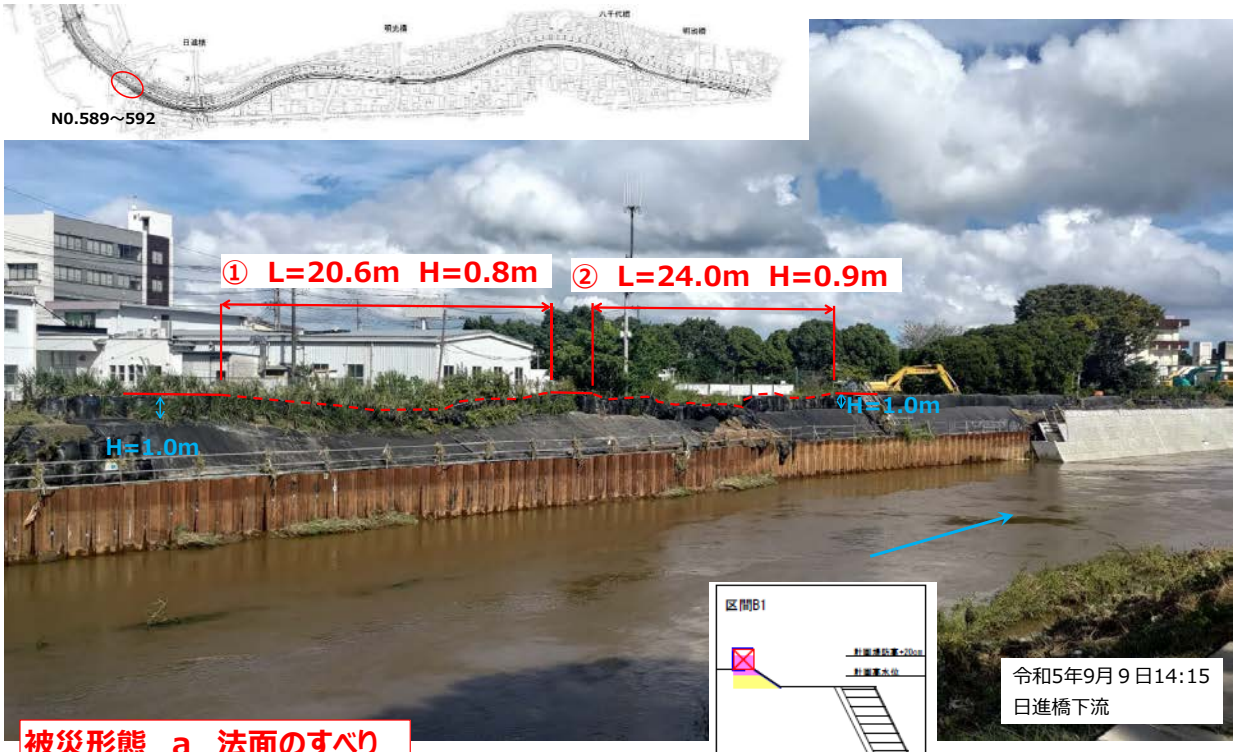
被災形態　a　法面のすべり
・法面のすべりが見られる

仮締切堤防の変状の被災形態（変状－６）

被災形態　b　越水、c　浸透
（複合的に発生）
・法面のすべりが見られない
・河川水位が堤防高を超過
・隣接構造物の境界で変状

仮締切堤防の変状の被災形態（変状－７）

仮締切堤防の変状の被災形態（変状－８①、②）



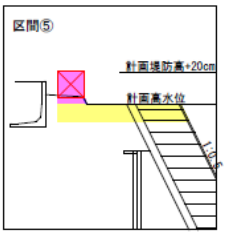
仮締切堤防の変状の被災形態（変状－９）

仮締切堤防の変状の被災形態（変状－１０）

仮締切堤防の変状の被災形態（変状－１１）

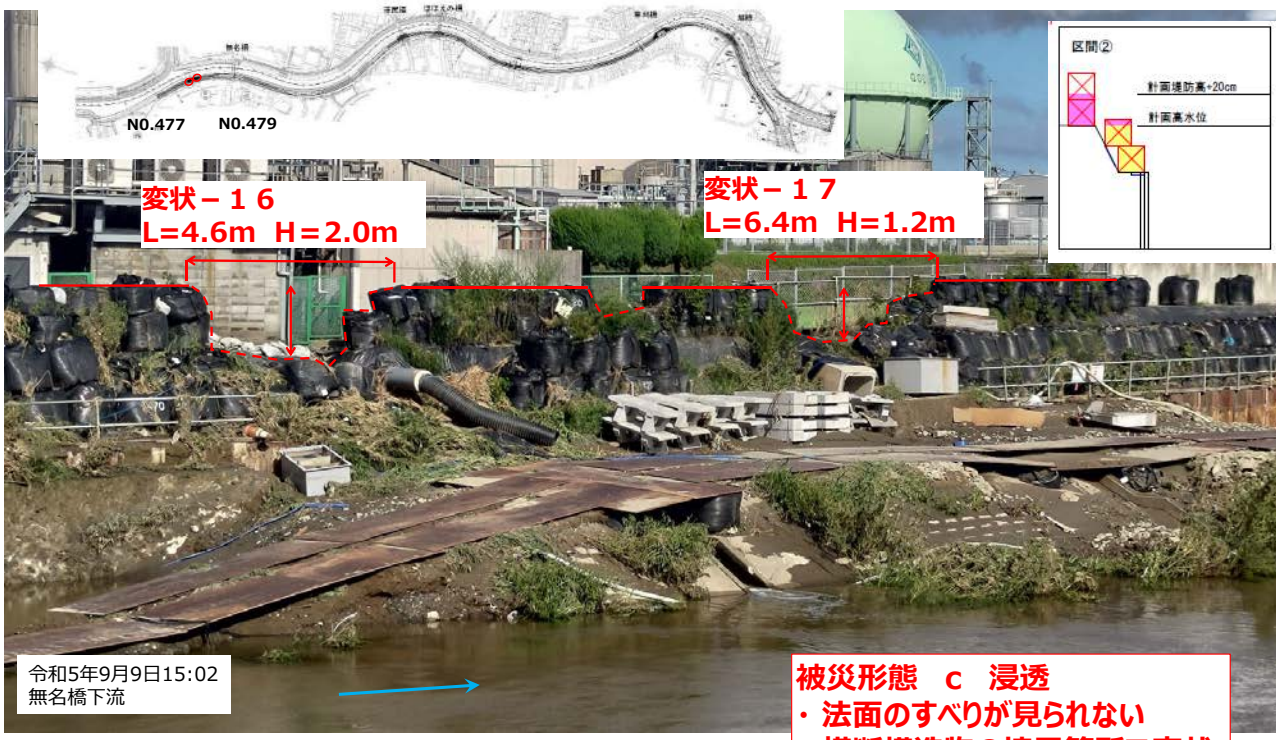
仮締切堤防の変状の被災形態（変状－１２、１３、１４）

仮締切堤防の変状の被災形態（変状－１５）



被災形態　a　法面のすべり
・法面のすべりが見られる

仮締切堤防の変状の被災形態（変状－１６、１７）



被災形態　c　浸透
・法面のすべりが見られない
・横断構造物の境界箇所で変状

2.5.　茂原市の内水対応

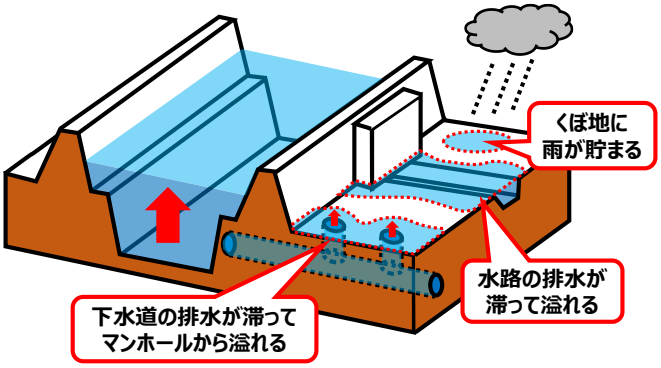
氾濫事象には、外水氾濫のほかに内水氾濫もあるため、事象の再現のためにも、市の内水対策である下水道を確認する必要があった。

内水氾濫とは、雨の量が下水道や河川への排水ポンプ等の排水施設の能力を越えるときや、河川などの排水先の水位が高くなった時に、排水できずに浸水するために起こる氾濫であり、下図のように、下水道の排水が滞ってマンホールから溢れたり、水路の排水が溢れたり、くぼ地のような地形に雨が溜まったりすることである。

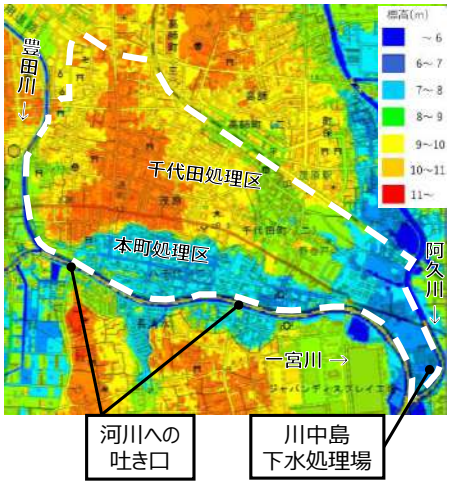
八千代地区は、雨水に対する下水道計画区域として千代田処理区及び本町処理区が設定されており、処理区中の雨水を川中島下水処理場及び河川へ直接排水する計画になっている。

茂原市による内水対策（下水道）

内水氾濫とは、
雨の量が下水道や河川への排水ポンプ等の
排水施設の能力を越えるときや、
河川などの排水先の水位が高くなったときに、
排水できずに浸水するために起こる氾濫。



八千代地区の下水道計画区域（雨水）
八千代地区の下水道計画区域は、
千代田及び本町処理区の雨水を
川中島下水処理場経由及び河川へ直接
排水する計画になっている。



(c)国土交通省地理院地図

R5.9.8　12:20 頃　八千代交差点付近

R5.9.8　15:26 頃　茂原市長清水地先
マンホールから水が溢れる様子

今次降雨時における茂原市の排水ポンプの稼働状況は以下のとおり。

表 2-4 茂原市の排水ポンプ稼働状況（9 月 8 日～9 月 9 日）

水系	機場名	規格	運転開始時間	途中運転停止時間	運転最終停止時間	備考
一宮川	**早野排水機場**					
	No.1 ポンプ	6.7m3／s	9/8（金） 7:37	9/8（金） 12：54～19：30	9/8（金） 23:31	
	No.2 ポンプ		9/8（金） 7:49		9/8（金） 23:30	
	鷲巣稲荷前水門ＰＧ					
	No.1 ポンプ	2.6m3／s	9/8（金） 6:49	9/8（金） 10：52～19：30	9/9（土） 8:05	
	No.2 ポンプ		9/8（金） 6:41		9/9（土） 9:58	
	長清水水門ＰＧ					
	No.1 ポンプ	1.8m3／s	9/8（金） 7:19	不明	9/9（土） 2:59	
	No.2 ポンプ		9/8（金） 7:01		9/9（土） 1:53	
	中の島排水機場	3.85m3／s	9/8（金） 8:00	不明	9/9（土） 5:30	

水系	機場名	規格	運転開始時間	途中運転停止時間	運転最終停止時間	備考
阿久川	**東郷地先水門ＰＧ**					
	No.1 ポンプ	1.5m3／s	9/8（金） 6:22	不明	9/9（土） 12:19	
	No.2 ポンプ		9/8（金） 6:22		9/9（土） 12:11	
阿久川	**渋谷排水機場**	4.3m3／s	9/8（金） 8:00	不明	9/9（土） 12:20	
	川代ＰＧ	0.24m3／s	9/8（金） 8:04	9/8（金） 8：30～11：30	9/9（土） 5:20	

水系	機場名	規格	運転開始時間	途中運転停止時間	運転最終停止時間	備考
鶴枝川	**川間排水機場**	1.3m3／s	9/8（金） 8:00	不明	9/9（土） 10:45	
	藤根排水機場	0.74m3／s	9/8（金） 8:00	不明	9/9（土） 10:00	

※各ポンプとも内水の貯水槽の変動により、稼働・停止（1分単位）を繰り返していた。
※ポンプ停止時間不明となっている箇所については、本来は河川水位がH.W.Lに達した段階で停止し、自動発報の電話連絡がある。しかしながら、その発報を確認できていない。そのため、ポンプは止まっていたと考えられるが、不明としている。

水系	機場名	規格	運転開始時間	途中運転停止時間	運転最終停止時間	備考
阿久川	**川中島下水処理場**					
	No.1 ポンプ	135m3／min	9/8（金） 3:17		9/8（金） 14:20	
	No.2 ポンプ	88m3／min	9/8（金） 6:28		9/8（金） 13:50	
	No.3 ポンプ	72m3／min				稼働なし
	No.4 ポンプ	135m3／min	9/8（金） 3:31	9/8（金） 15:20～17:15	9/8（金） 18:15	
	テックフォース（沈砂池）	7.5m3/min	9/9（土） 2:40		9/9（土） 17:10	ﾎﾟﾝﾌﾟ台数：1台
	テックフォース（ポンプ室）	7.5m3/min	9/9（土） 3:30		9/9（土） 11:00	ﾎﾟﾝﾌﾟ台数：1台
	町保ポンプ場	**河川排水用ではなく、中継ポンプ場**				
	テックフォース	7.5m3/min	9/9（土） 10:30		9/9（土） 21:30	ﾎﾟﾝﾌﾟ台数：2台

↑河川直接排水

水系	機場名	規格	運転開始時間	途中運転停止時間	運転最終停止時間	備考
一宮川	**道目木ポンプ場**	**河川排水用ではなく、中継ポンプ場**				
	テックフォース	7.5m3/min	9/9（土） 0:30		9/9（土） 1:45	ﾎﾟﾝﾌﾟ台数：1台

↑河川直接排水

※ 町保ポンプ場と、道目木ポンプ場は、元々中継ポンプ場であり、通常時は河川への排水はなし。
今回は、途中で壊れてしまったため、テックフォースにより、河川に生放流したため、記載している。