

越水に対して「粘り強い河川堤防」 について

越水に対して「粘り強い河川堤防」とは

越水に対して「粘り強い河川堤防」の定義

< 背景 >

- 気候変動の影響を踏まえ、「施設では防ぎきれない洪水」は必ず起こることを前提に、**越水に対する河川堤防の強化を推進する必要**がある。
- 平成20年土木学会報告書では「越水が生じた場合、計画高水位以下で求められる安全性と同等の安全性を有する構造物すなわち**耐越水堤防とすることは現状では技術的に困難**」、「**堤防を粘り強くする努力はさらに進めることが重要**」との見解が報告されている。

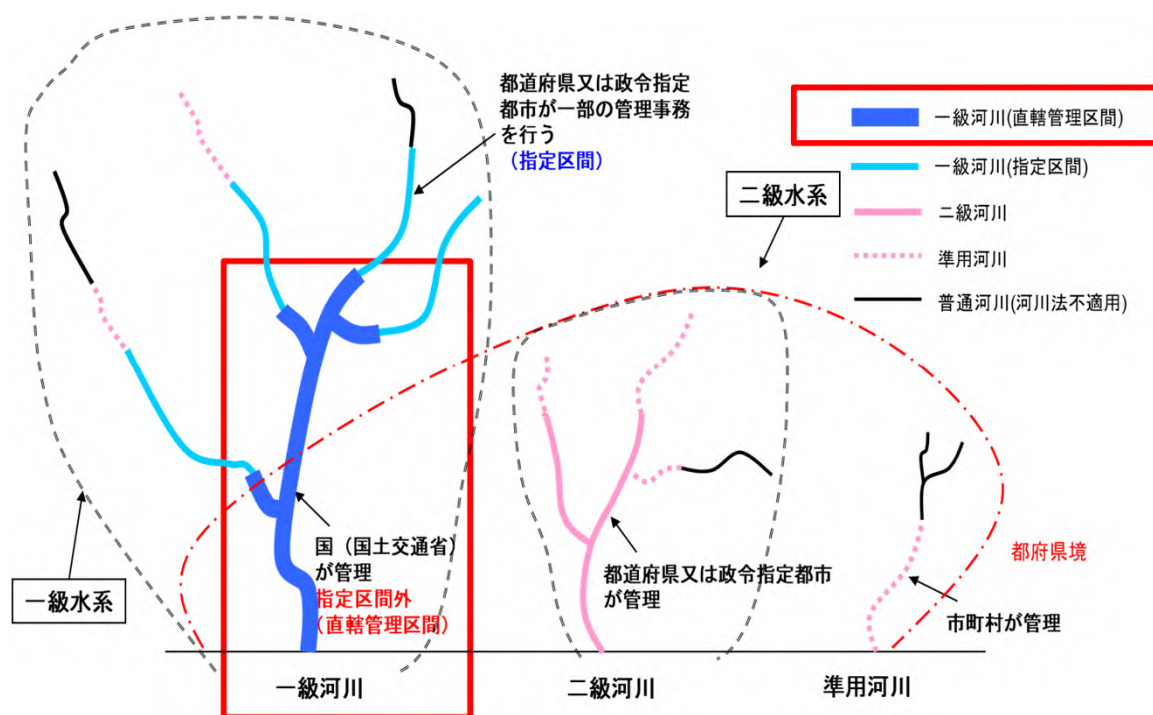
< 定義 >

- 粘り強い河川堤防は、**越水しても決壊しない堤防ではなく**、施設の能力を超える洪水に対し、避難のための時間を確保するなど、被害をできるだけ軽減するため、越水した場合でも**決壊しにくく、堤防が決壊するまでの時間を少しでも長くするなどの減災効果の発揮を目的**。
- 越水に対して「粘り強い河川堤防」の実現にあたっては、
 - ①**既存の堤防の性能を毀損しないこと**
 - ②**越水した場合でも決壊までの時間を少しでも長くする粘り強い性能**（以下、「越水に対する性能」という）の付加の双方の性能を実現するため、対策工法の構造検討・施工及び維持管理等の観点から技術開発を進める。

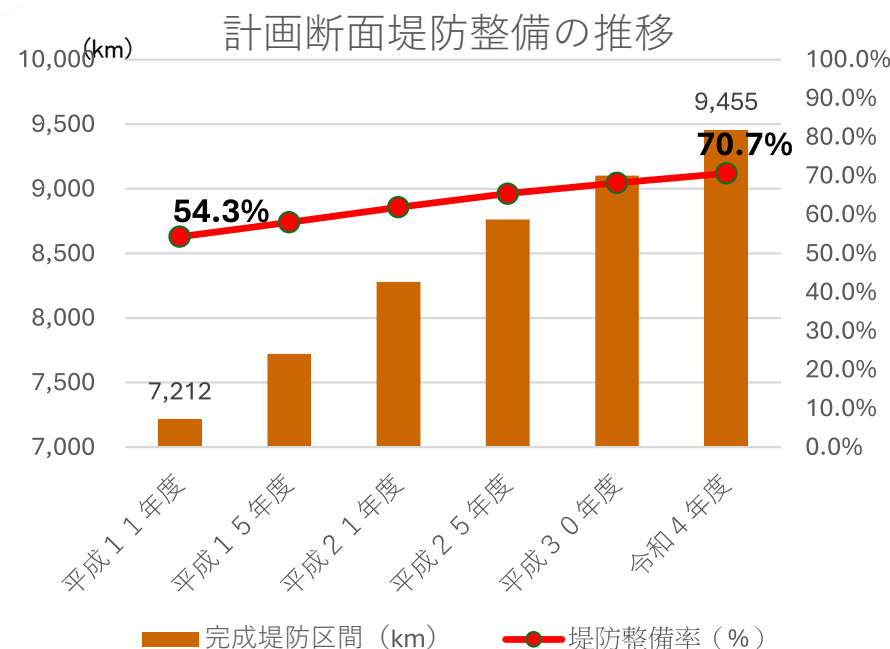
河川堤防の現状

河川堤防の現状

- 国が管理する河川の延長は約1万1千km※、自治体が管理する河川を加えると全国約15万3千kmにも及ぶ。
- 国が管理する河川の堤防必要区間延長約1万3千kmに対し、計画断面堤防区間の延長は約71%となっている。(R5.3時点)

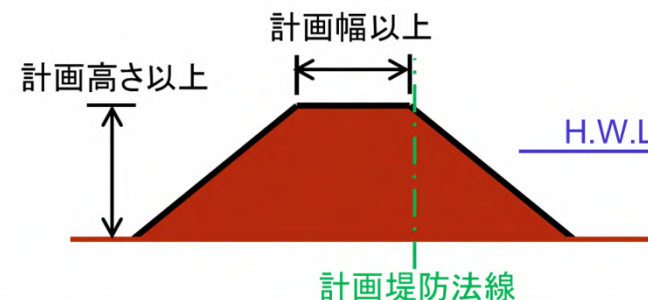


※ダム区間含む。ダム区間を除くと約9千km。



【計画断面堤防区間】

堤防必要区間のうち、計画法線以上に計画断面(計画幅以上、計画高さ以上等)を確保している堤防が設置されている区間



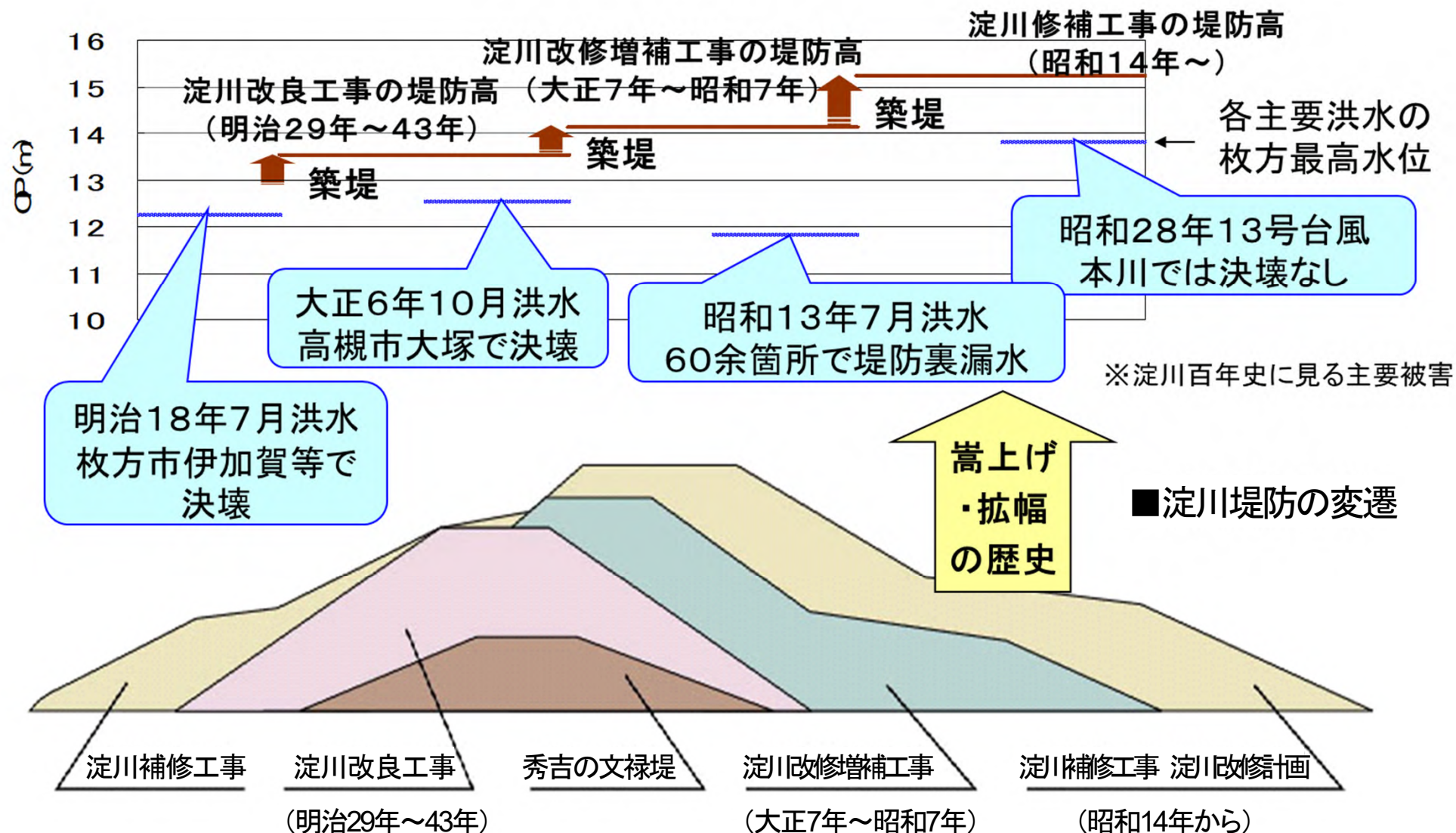
河川堤防の現状

- 堤防は上下流方向の線的構造物であり、長手方向(上下流方向)で考えた場合、基礎地盤及び堤体の土質構造は様々。
- 一連区間の堤防の安全性を向上させるためには、局所的な弱点の把握と適切な対策が重要。



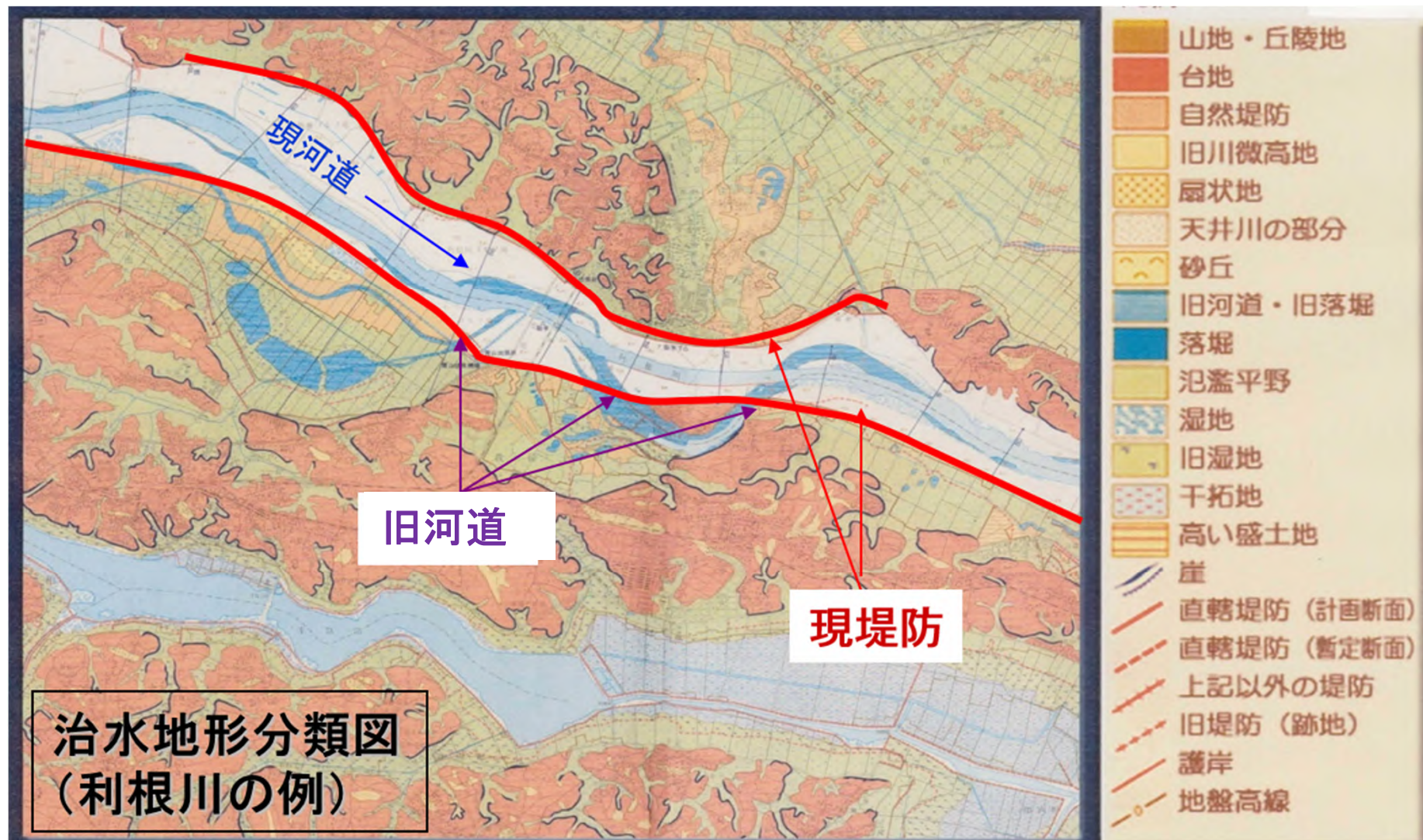
河川堤防の現状

- 堤防は、長い歴史の中で大洪水に遭遇し危険な状態を経験するたびに、順次嵩上げや拡幅を繰り返され、現在の姿に至っている。



河川堤防の現状

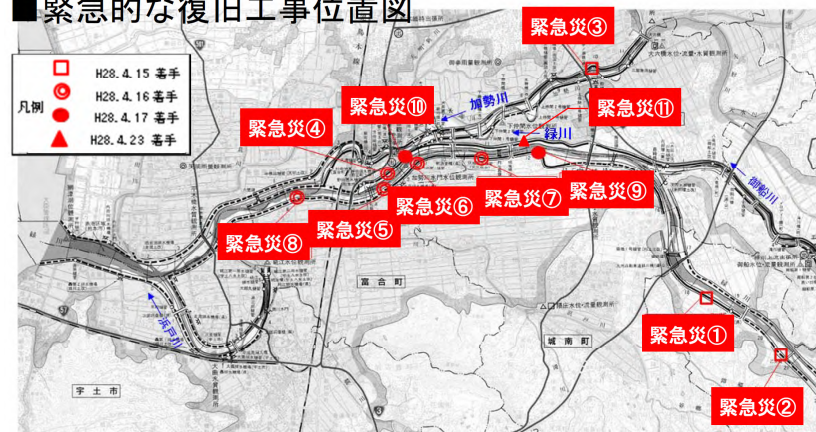
- 日本の平野の多くは、河川氾濫による土砂堆積で形成された沖積平野。
- 現堤防は旧河川上に築造されている場合が多く、基礎地盤も複雑。



河川堤防の現状

○ 洪水や地震の発生により堤防が被災した場合、次の洪水に備えた緊急的・段階的な復旧が求められる。

■ 緊急的な復旧工事位置図



※H28熊本地震(4/14、4/16)における復旧事例

■ 緊急災③ 4/27完了 加勢川右岸 9 k 8 0 0 付近 (熊本市)



■ 緊急災④ 4/30完了 緑川右岸 8 k 9 0 0 付近 (熊本市)



■ 緊急災① 4/30完了 緑川左岸 1 8 k 4 0 0 付近 (甲佐町)



■ 緊急災② 4/23 完了 緑川左岸 2 0 k 7 0 0 付近 (甲佐町)



■ 緊急災⑤ 5/1完了 緑川左岸 8 k 4 0 0 付近 (熊本市)



〔基本事項〕

- 堤体としての一体性
- 基礎地盤との一体性
- 嵩上げ・拡幅等の機能増強の容易性
- 損傷した場合や不同沈下に対する、復旧・修復の容易性

〔考慮事項〕

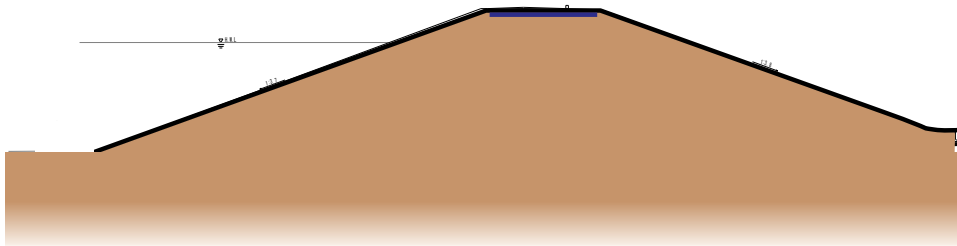
- 構造物としての耐久性
- 維持管理の容易性
- 施工性
- 環境・景観との調和
- 経済性
- 事業実施による地域への影響
- 公衆の利用 等

※河川砂防技術基準を基に記載

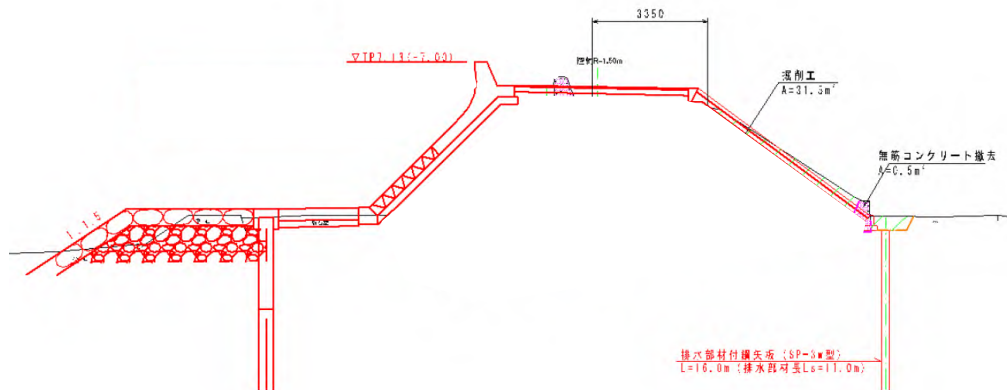
様々な種類の河川堤防

○ 河川堤防は、沿川の土地利用・河川の状況・地盤の状況等に応じて、これまで土堤を原則としつつ、様々な工法により築造されている。

土堤



パラペット構造の特殊堤

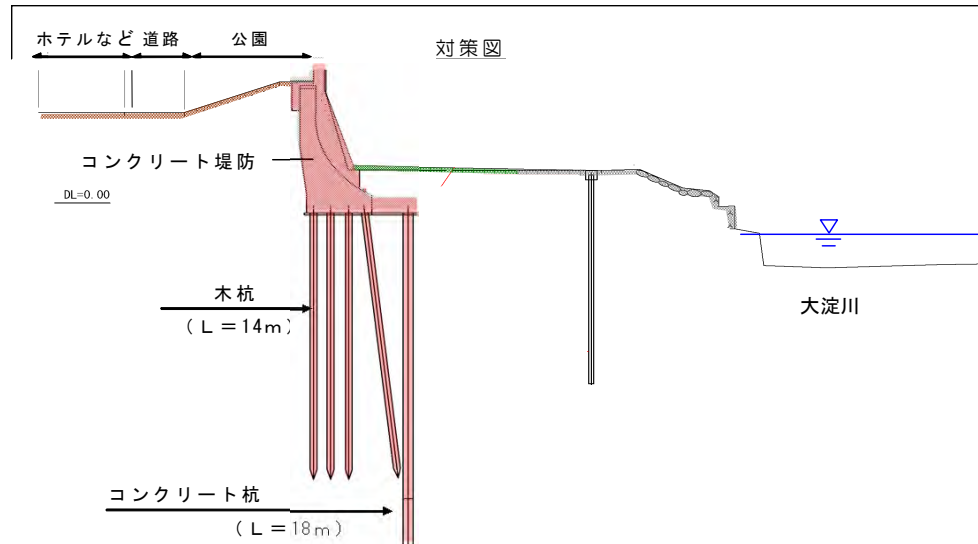


高潮区間

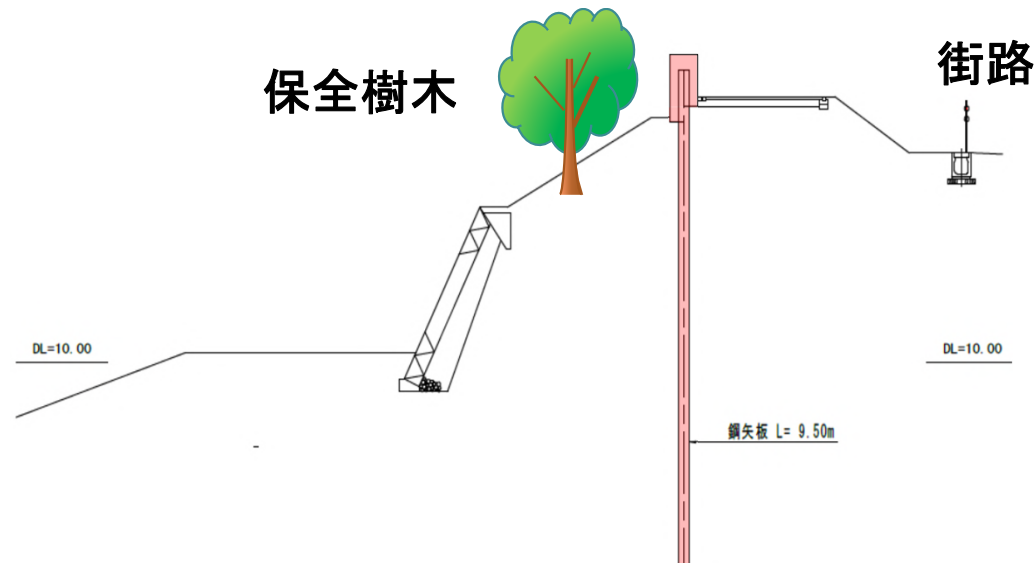


様々な種類の河川堤防

自立式構造の特殊堤(コンクリート杭+擁壁)



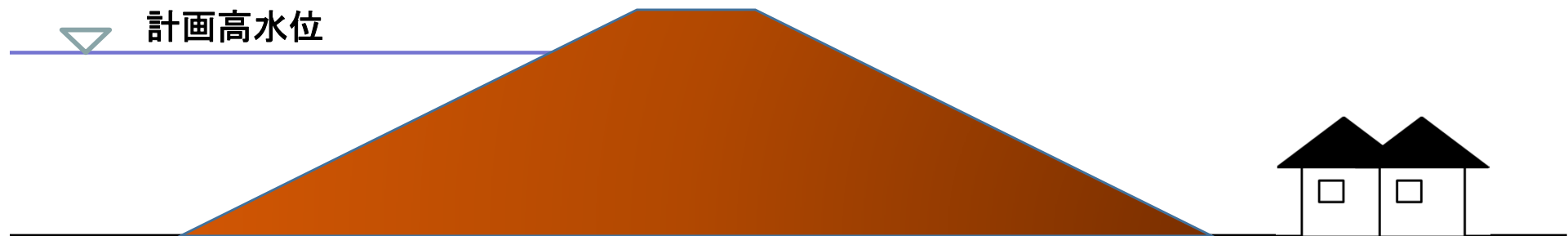
自立式構造の特殊堤(鋼矢板+傘コンクリート)



河川堤防に求められる機能

流水が河川外に流出することを防止するために設ける堤防は、護岸、水制その他これらに類する施設と一体として、計画高水位以下の水位の流水の通常的作用に対し安全性を確保。

(河川管理施設等構造令第17条、18条を基に記載)



※安全性能については以下の性能を照査することを基本としている。

- ①常時の健全性 ②耐侵食性能 ③耐浸透性能
- ④耐震性能 ⑤波浪等に対する安全性

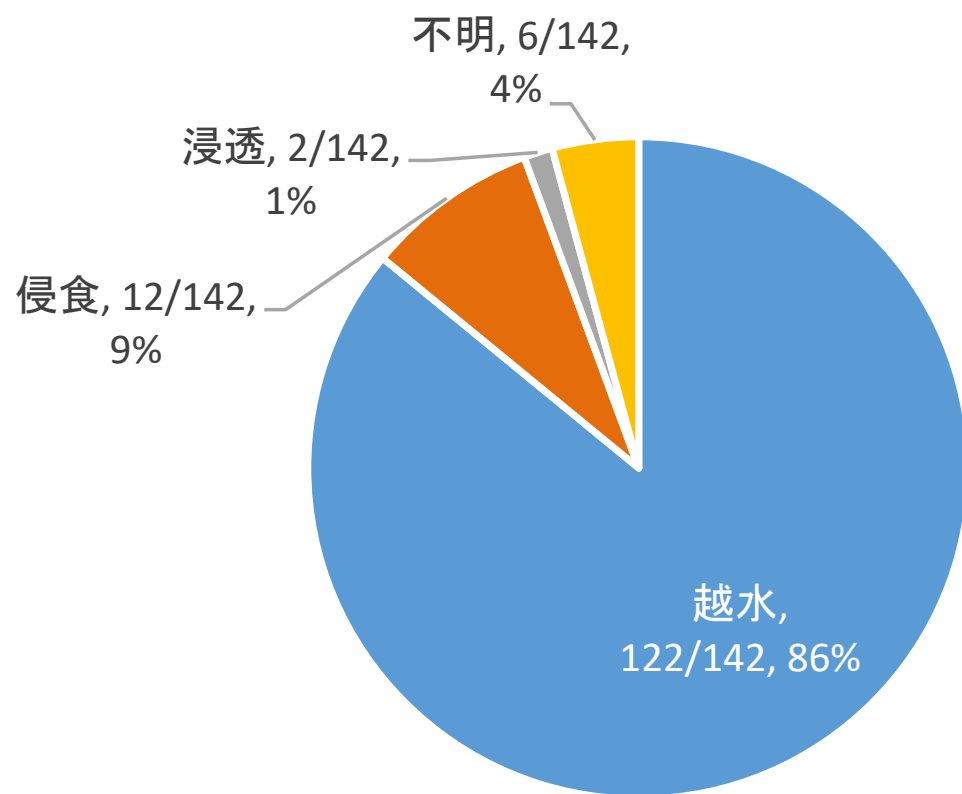
令和元年台風19号による 決壊要因や特徴の分析

台風第19号による被災要因

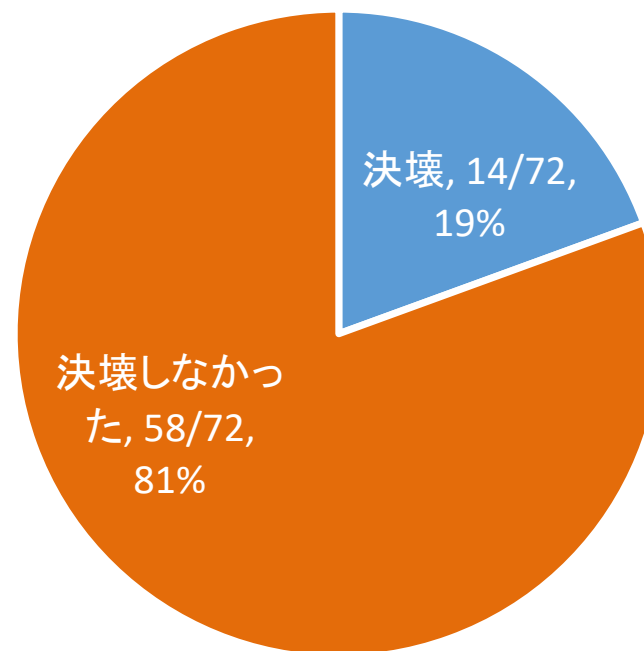
- ・台風第19号による洪水では国管理河川の14箇所・県管理河川の128箇所です堤防決壊が発生した。
- ・決壊の主要因は「越水」が86%で、被災要因の多くを占める。
- ・また、越水が確認された箇所は国管理河川で72箇所である。（内、決壊は14箇所）

※第1回検討会 資料2-3に4月10日公表の荒川水系都幾川の決壊2か所を追加し、再整理したもの

決壊の主要因（国・県管理）



越水箇所のうち決壊した箇所の割合（国管理河川）



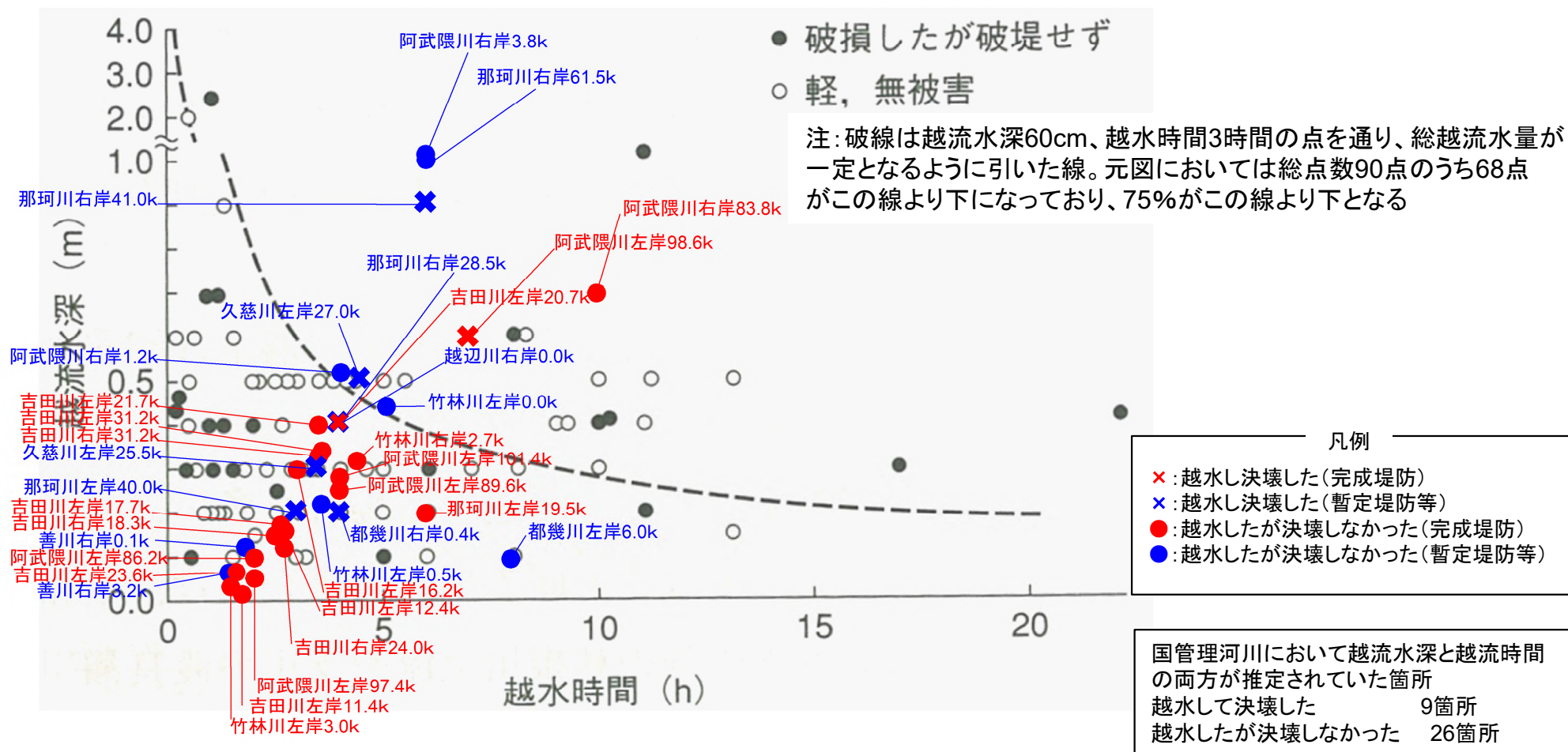
決壊の主要因が越水のうち、堤内地側からの越水

国管理河川 2事例

県管理河川 18事例 ※県管理区間の決壊の主要因は県からの聞き取りによる

台風第19号による国管理河川における越水時の越流水深と越流時間

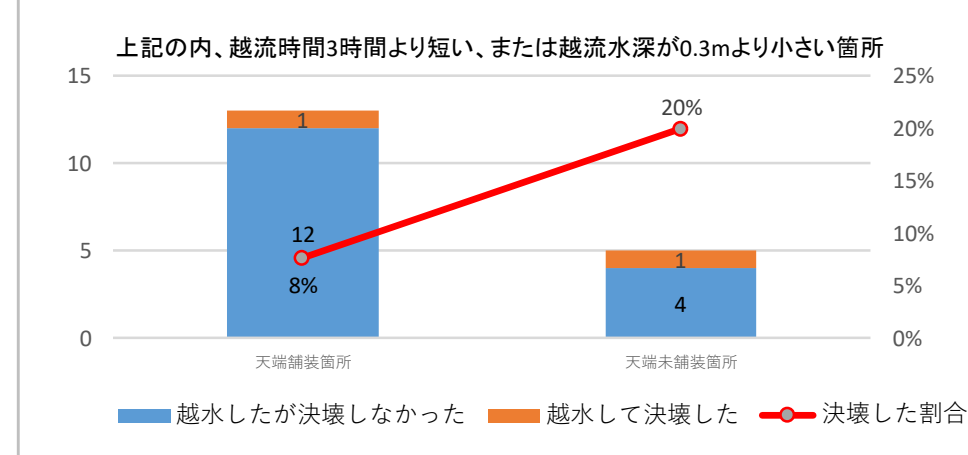
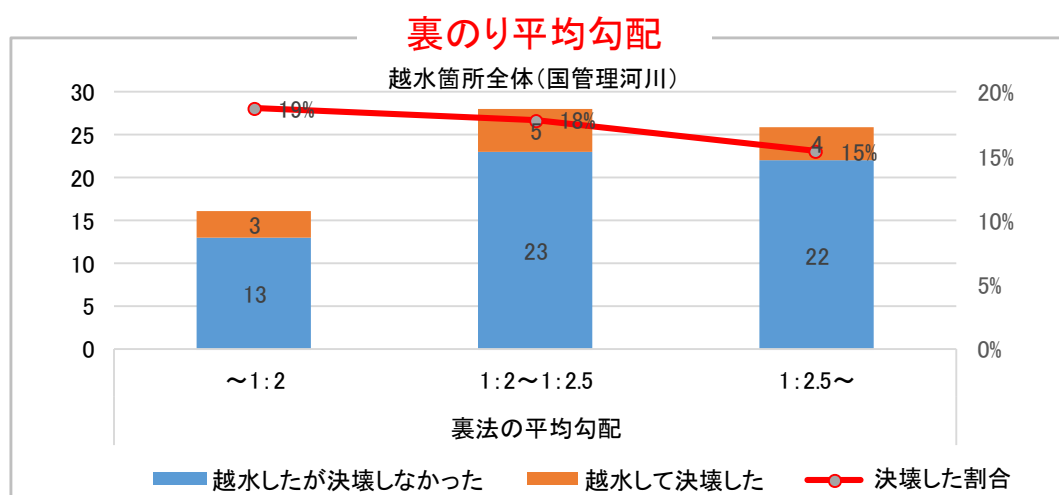
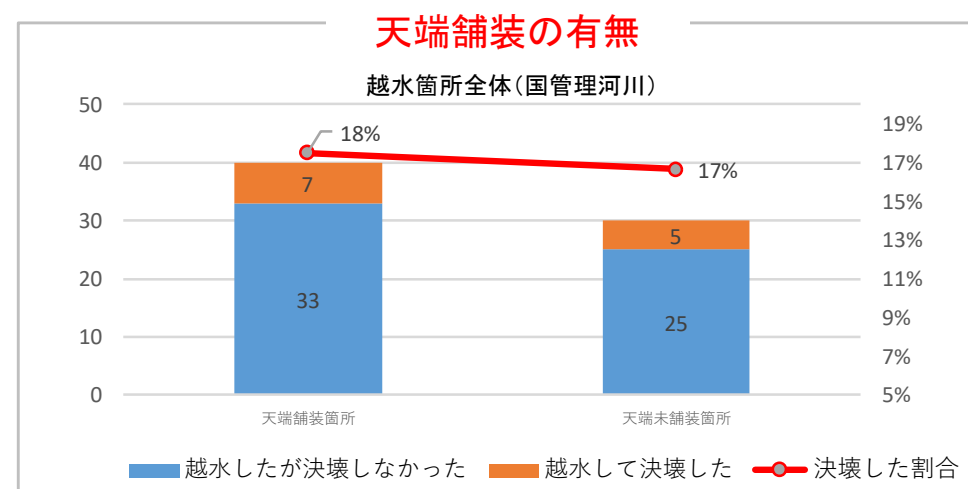
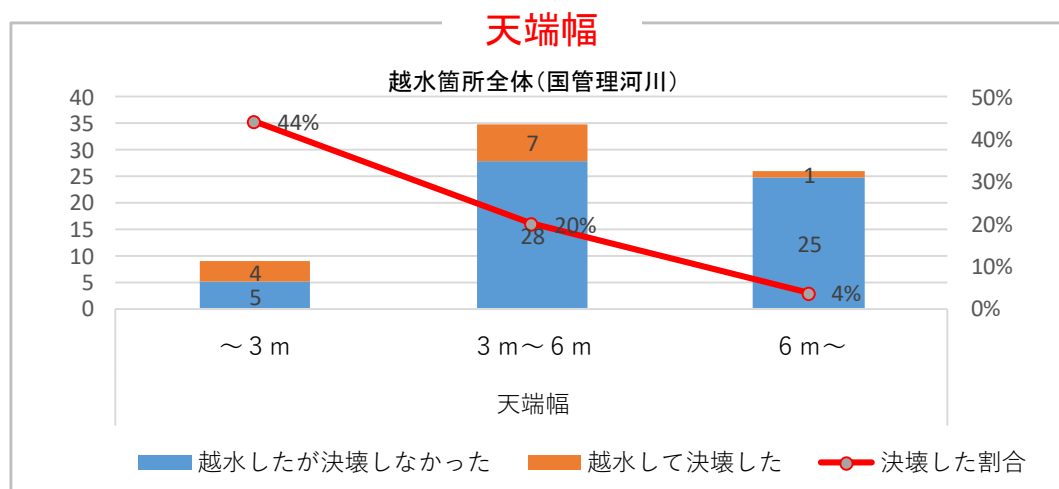
- 国管理河川における、越水により決壊した箇所と越水したが決壊しなかった箇所において、越流水深と越流時間の推定値を図示した。
- 今回洪水における越流水深と越流時間の推定値においては、決壊箇所と決壊しなかった箇所、完成堤防と暫定堤防等との明瞭な違いは確認できない。
- 今後も越水時の外力と被災状況の関係について可能な限り整理し、危機管理として堤防強化を行うための知見につなげる必要がある。



※土木研究所資料2074号 越水堤防調査最終報告書-解説編-
「越水したが破堤しなかった事例」について整理されている図に加筆。

台風第19号 国管理河川の越水箇所における堤防天端や裏のりの状況

- 国管理河川における、台風第19号により越水して決壊した箇所と、越水したが決壊しなかった箇所において、天端や裏のりの状況について整理を行った。
- 天端幅が広くなるほど越流して決壊した割合は低くなる傾向が見られる。また、裏のり平均勾配は緩い方が越流して決壊した割合はやや低くなる傾向が見られる。
- 越流水深が0.3mより小さく、越流時間が3時間より短い場合には、天端舗装がある方が越流して決壊した割合が低い結果となった。
- 今後、事例収集やさらなる検証が必要。



国・県管理河川の決壊箇所の特徴

- 令和元年台風第19号に伴う洪水で決壊した箇所において、局所的に水位を上昇させると想定される要因として「合流点」、「橋梁」、「狭窄部」、「堰」、「湾曲部（外岸側）」に着目し、分析した※。
- 調査・分析の結果、着目するいずれかの項目が近接する箇所が全体の約6割強を占め、合流点や橋梁などの上流部に近接する箇所が多い。
- 水位上昇への厳密な影響度合いは箇所毎に詳細に確認が必要である。

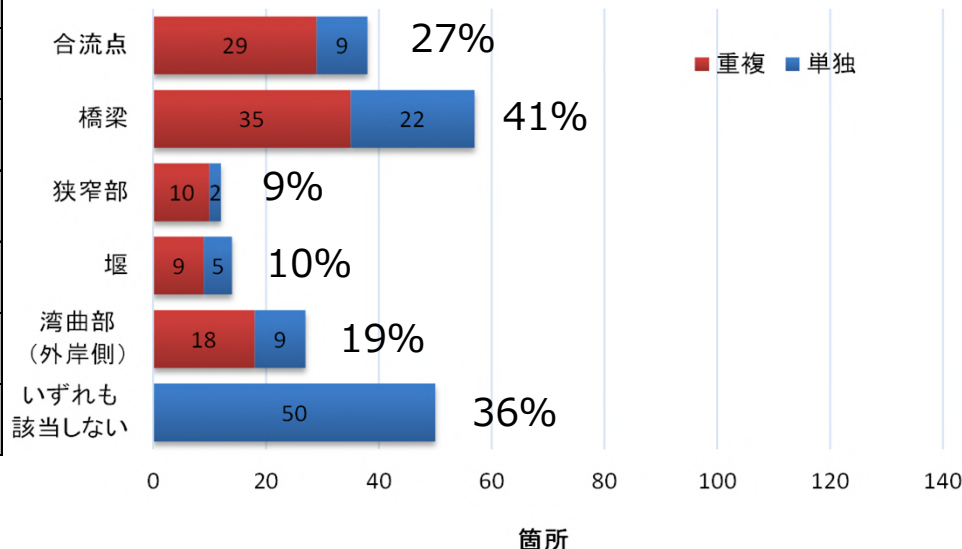
※県管理河川は、県からの提供情報を基に地理院地図上で、着目する項目との位置関係を確認して抽出。

※あくまで平面図上での整理のため、実際の影響度合いについては個別の確認検討が必要。

決壊箇所の主要因毎の特徴該当有無（重複有り）

国・県 管理計			(箇所)				
			決壊の主要因				計
			越水	侵食	浸透	不明	
決壊数			120	12	2	6	140
決壊箇所 の特徴 ※重複有り	合流点	35	2	0	1	38	
	橋梁	52	1	0	4	57	
	狭窄部	10	0	0	2	12	
	堰	12	2	0	0	14	
	湾曲部 (外岸側)	27	0	0	0	27	
	いずれも 該当しない	36	10	2	2	50	

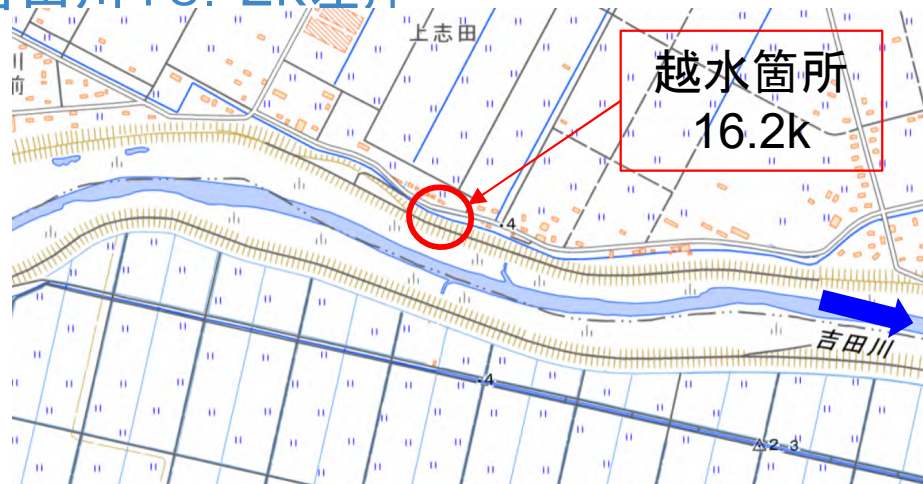
決壊箇所の特徴



越流被災に関する分析〔越水したが決壊しなかった箇所状況〕

- 良好な法面の植生により、越流水による大きな侵食に至らなかったものと考えられる。なお、裏法面の形状によって越流水が集中することは留意事項と考えられる。

吉田川16.2k左岸

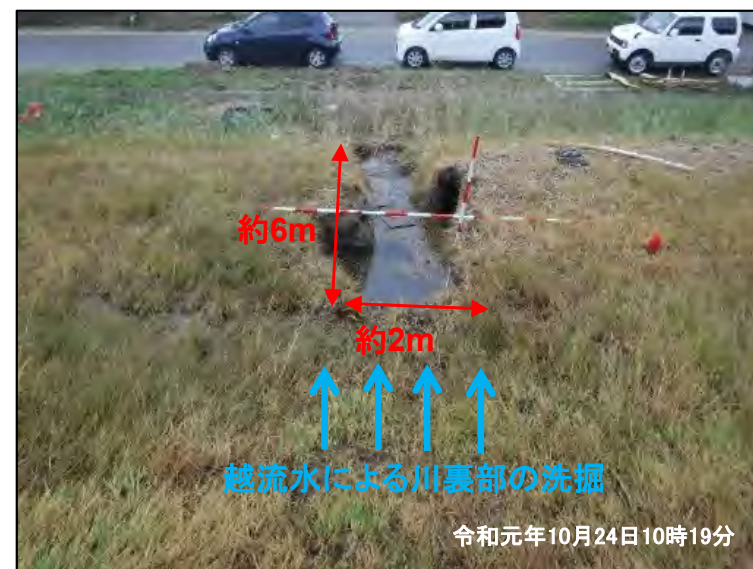


【場の分類】 直線部
【越流水深】 約36cm
【越流時間】 3時間程度



【補足解説】

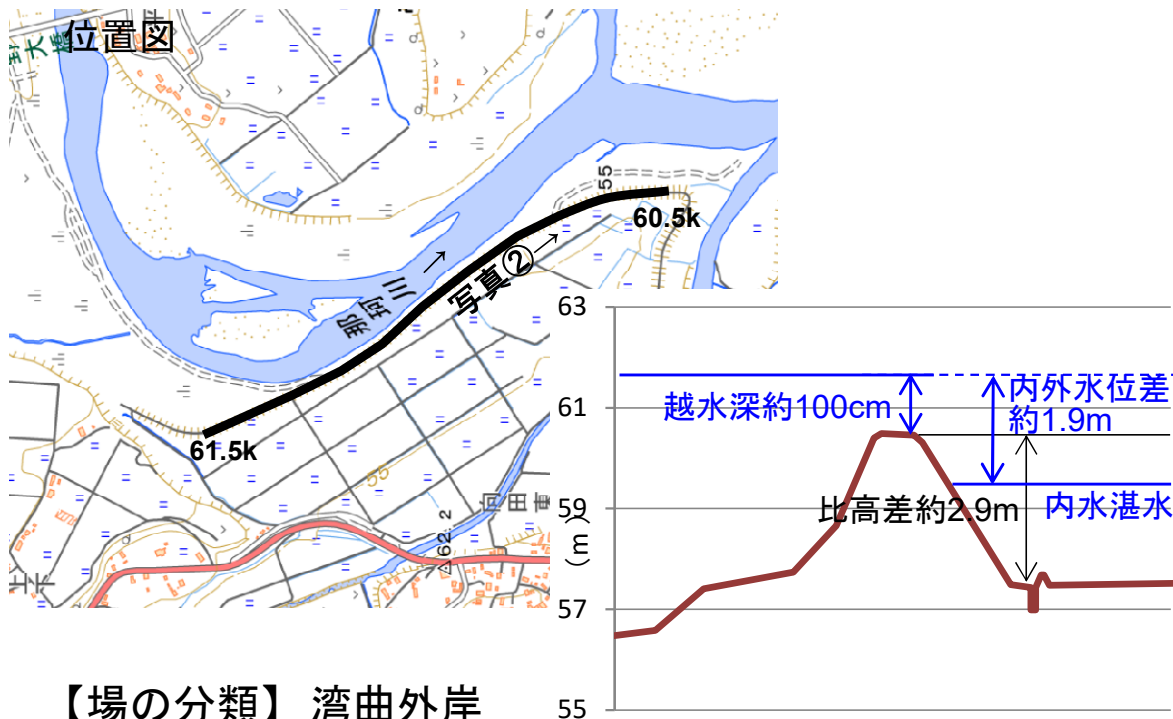
- 洗掘箇所付近には、上流の坂路及び越水箇所からの越流水が集中したことにより、洗掘が発生したと想定される。
- 洗掘箇所断面では、砂質土が主体の堤防表層となっている。
- 堤防法面の植生は裸地化が見られず、比較的良好な状態であったため、大規模な洗掘には至らなかったと想定される。



越流被災に関する分析〔越水したが決壊しなかった箇所状況〕

- 堤内地側の内水が越流水を緩衝し侵食を抑制した可能性が考えられる。

那珂川61.5k付近右岸



【場の分類】 湾曲外岸

【越流水深】 約100cm

【越流時間】 6時間程度(危機管理型水位計)

【補足解説】

- 越水時には既に堤内地側が内水により浸水。
- 堤内地の浸水深が大きい(写真①電柱痕跡参照)。
- 天端舗装の流失、川裏法面表土(芝)が一部流失。
- 越水時の内外水位差は約1.9mと推定。



越流被災に関する分析〔越水したが決壊しなかった箇所状況〕

- 良好な法面の植生により、越流水による大きな侵食に至らなかったものと考えられる。なお、フロンティア堤防として試験的に施工された箇所であるが、覆土部分が残存しており、強化材としてのシートの効果は評価できない。また、埋設シートが目立った劣化は見受けられない。

那珂川19.5k付近左岸 ※H12完成



写真①

標準断面図

標準断面図 S=1/50

- 【場の分類】 橋梁近接
- 【越流水深】 約20cm
- 【越流時間】 6時間程度
- 【補足解説】

- 越流水により川裏法面の覆土が一部流失し、シートのはがれを確認。
- 侵食箇所は樋管上流側で、堰上げの影響で水位が他より高くなる条件下であった。
- 吸出し防止シートが目立った劣化は見られなかった。

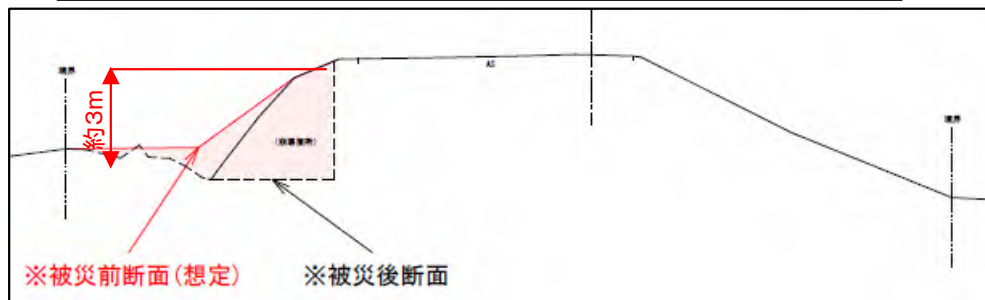


写真②

越流被災に関する分析〔越水したが決壊しなかった箇所状況〕

- ・比高が低く、良好な法面の植生や、堤防天端に施工した舗装によるひさし効果により、越流水による侵食が抑制されたことが考えられる。

千曲川79.0k左岸



【場の分類】 湾曲部外岸

【越流水深】 約40cm

【越流時間】 4～5時間程度

【補足解説】

- 堤防天端は、兼用道路のアスファルト舗装。
- 天端舗装部を含めて川裏法崩れが発生しているが、一部、土堤が残っている箇所もある。堤内地盤が高く、堤防高が比較的低かったこと、並びに天端舗装の整備や法面植生が繁茂していたことで決壊までには至らなかったと推察される。

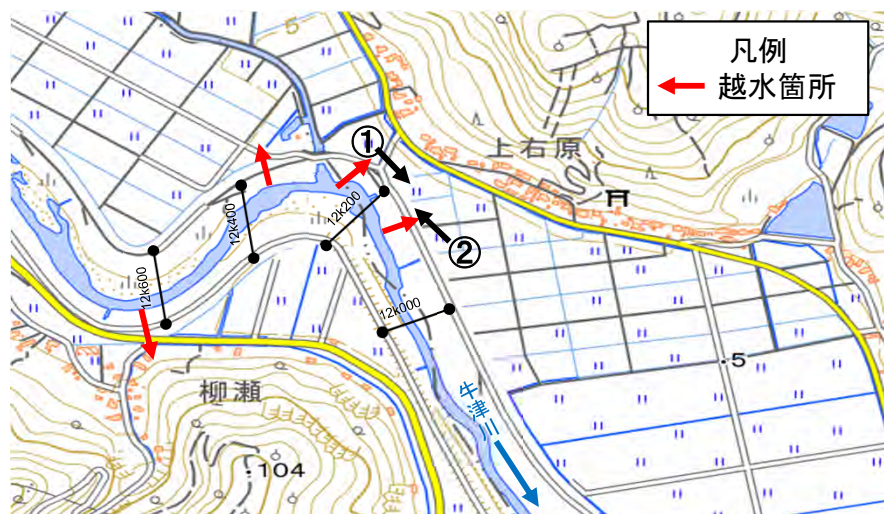
※越流水深及び越流時間は、左岸79.0km+140mに設置された危機管理型水位計の観測データからの推定値。



越流被災に関する分析〔越水したが決壊しなかった箇所状況〕

- 良好な法面の植生により、越流水による大きな侵食に至らなかったものと考えられる。また、堤内地側の内水が越流水を緩衝し侵食を抑制した可能性も考えられる。

牛津川12K200左岸【※令和元年8月】



【場の分類】 湾曲部外岸

【越流水深】 約10cm

【越流時間】 1時間程度

【補足解説】

- 堤体土の引張り破壊応力の調査より、作用した流速と堤体土の侵食限界流速がほぼ釣り合っていたと考えられる。
- 堤内側の湛水が1.5m程度の痕跡が確認されており、ウォータークッションにより裏法尻の侵食が生じにくかった可能性。
- 倒伏した植生が堤体表面が見えなくなるほど密に覆っていた。堤防表面を覆う植生の耐侵食力効果についても今後、定量的な評価が必要。

①越水状況



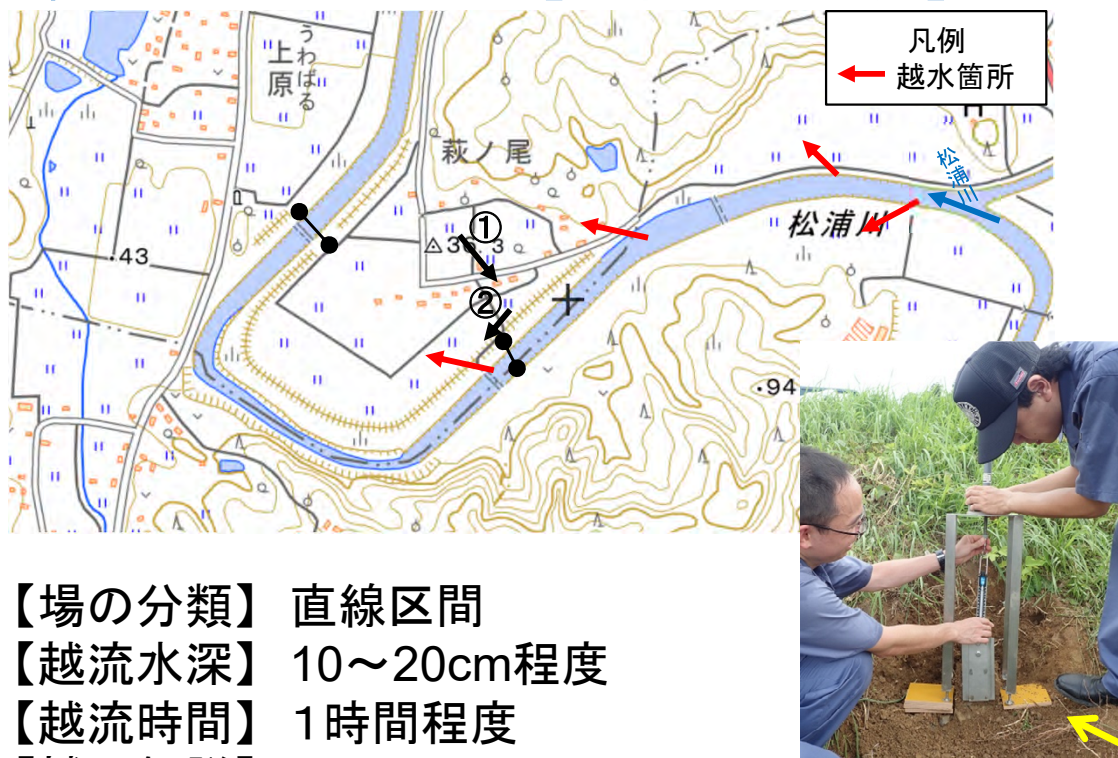
②川裏法面越水痕跡



越流被災に関する分析〔越水したが決壊しなかった箇所状況〕

- 良好な堤体の土質により、越流水による大きな侵食に至らなかったものと考えられる。また、堤内地側の内水も越流水を緩衝し侵食を抑制した可能性がある。

松浦川31K100右岸【※令和元年8月】



【場の分類】 直線区間

【越流水深】 10～20cm程度

【越流時間】 1時間程度

【補足解説】

- 堤体土の引張り破壊応力の調査より、作用した流速に対して、堤体土の侵食限界流速が十分に大きく、堤体土の土質によって侵食が生じにくかったと考えられる。
- 堤内地側の湛水深は1.5m程度であったことが巡視員によって確認されており、ウォータークッションにより裏法尻の侵食が生じにくかった可能性。

①越水状況



②川裏法面で確認された変状



＜決壊要因の傾向＞

- 国管理河川・県管理河川の決壊箇所が多くが「越水」を主要因としている
⇒越水を対象とした堤防強化の検討が必要

＜越水時の外力の状況＞

- 越流水深・越流時間と決壊の有無を明確に表現できなかった
⇒越流水深と越流時間のデータを継続的に収集し、今後の知見につなげる
⇒同等の外力での決壊有無の箇所を比較することにより、決壊につながる要因の更なる抽出への活用の可能性

＜越水時の決壊の有無に影響したと考えられる堤防の特徴＞

- 越水が発生した堤防において、天端幅が広いほど越流して決壊した割合が低くなる傾向が見られる
また、堤防の裏法勾配は緩いほど越流して決壊した割合はやや低くなる傾向が見られる
- 天端舗装の効果についてはさらにデータ収集の上、分析が必要
⇒堤防形状や危機管理型ハード対策の有無が越流して決壊した割合に影響した可能性について、引き続き調査・検討を実施

＜決壊箇所の特徴＞

- 合流点付近で決壊した箇所が全体の3割程度となっている
 - 橋梁付近で決壊した箇所が全体の4割程度となっている
 - 狭窄部付近で決壊した箇所は全体の1割程度であった
 - 湾曲部外岸側付近で決壊した箇所は、全体の2割程度であった
- ⇒決壊箇所の多くは合流点上流部、橋梁上流部、狭窄部上流部、湾曲部外岸側であり、河道計画の妥当性等の確認を前提に、危機管理の観点から堤防強化の対象となり得る

＜越水しても決壊しなかった箇所の調査から考えられる事＞

- 堤防天端と堤内地盤高との比高差、内水の湛水状況、堤体土質、植生の状態が堤防の被災度合いに影響たことが考えられる。
- ⇒今回得られたデータを基に、外力の違いと合わせて上記の事項に着目して分析を行い、越水に対して効率的な強化方法の検討につなげる