千曲川堤防調査委員会報告書

令和 2年 8月

千曲川堤防調査委員会

目 次 (1/3)

1	章	千曲川堤防調査委員会について1
	1.1 1.2 1.3	概要
2	章	千曲川流域と洪水の概要4
	 2. 1 2. 2. 2. 2 2. 2. 2. 2. 	千曲川流域の概要 4 1.1 流域及び河川の概要 4 1.2 地形・地質特性、降雨特性 7 (1) 地形・地質特性 7 (2) 降雨特性 7 (2) 降雨特性 8 1.3 河道特性(河床勾配、川幅縦断、河道状況) 9 令和元年台風第 19 号(東日本台風)による洪水の概要 11 2.1 気象概要 11 2.2 河川水位の状況 14
3	章	被災概要17
	3. 1 3. 2 3. 3 3. 3. 3. 3. 4	 長野県内の被害状況 千曲川直轄管理区間の主な被災状況 堤防決壊地点の状況 3.1 被害状況 21 3.2 浸水範囲の状況 23 堤防欠損地点の状況 24
4	章	被災メカニズムの分析
	 4. 1 4. 4. 2 4. 4. 4. 	堤防決壊のメカニズム261.1 河川水の越水による堤防決壊261.2 河川水の浸透による堤防決壊26(1) パイピング破壊26(2) 浸透破壊26(2) 浸透破壊261.3 河川水の侵食・洗掘による堤防決壊27堤防決壊(左岸 57.5k付近 長野市穂保地先)272.1 左岸 57.5k付近 長野市穂保地先)272.2 堤防決壊地点周辺における出水前後の河道状況292.3 河道の変遷30(1) 河道内の変遷30(2) 沙大地形公類図から ひた河道地辺22
	4.	 (2) 冶水地形分類図からみた河迫状況
		(2) 堤防の決壊状況

4.2.5 堤防決壊地点の堤防特性 39
4.2.6 被災メカニズムの分析(越水) 41
(1)決壊地点の越水の状況 41
(2) 痕跡水位の状況
(3) 落堀、洗掘の状況
(4) 吸出防止材の状態調査 48
(5) まとめ 52
4.2.7 被災メカニズムの分析(浸透) 53
(1) 決壊地点の地質構成 53
(2) 堤内地の堆積物調査結果
(3) 浸透流解析結果
(4) まとめ
4.2.8 被災メカニズムの分析(侵食)88
(1)決壊地点及び近傍の侵食状況
(2) まとめ
4.2.9 決壊原因の特定
4.3 堤防欠損(左岸104k付近 長野県上田市諏訪形地先)
4.3.1 左岸 104k付近堤防欠損の概要91
4.3.2 堤防欠損地点周辺における出水前後の河道状況
4.3.3 河道の変遷
4.3.4 堤防欠損地点の状況
(1) 堤防欠損前後の時系列変化 97
(2) 堤防欠損地点の河道特性
4.3.5 被災メカニズムの分析(越水)101
(1) 痕跡水位の状況
(2) まとめ
4.3.6 被災メカニズムの分析(浸透) 103
(1) 浸透流解析結果 103
(2) まとめ
4.3.7 被災メカニズムの分析(侵食)106
(1) 堤防欠損箇所の護岸状況 106
(2)堤防欠損箇所周辺の護岸整備状況 107
(3)堤防欠損箇所の状況 112
(4) 固結粘土層の評価 116
(5)固結粘土層の分布状況 118
(6) まとめ
4.3.8 被災メカニズムの分析(構造物) 121
(1)樋門
(2)橋梁
(3) まとめ
4.3.9 欠損原因の特定
5章 本復旧工法について127

5.1 堤防決壊(左岸 57.5 k 付近)	127
5.1.1 堤防決壊のプロセス	127
5.1.2 堤防決壊地点における対策の基本方針(案)	128
(1) 堤防決壊の原因	128
(2) 堤防決壊地点における対策の基本方針(案)	128
(3) 堤防決壊地点における対策方法(案)	128
(参考)堤防決壊地点(左岸 57.5 k 付近)における復旧断面	129
5.1.3 今後の堤防強化対策にあたっての留意点(案)	130
5.2 堤防欠損(左岸 104k 付近)	131
5.2.1 堤防欠損のプロセス	131
5.2.2 堤防欠損地点における対策の基本方針(案)	132
(1) 堤防欠損の原因	132
(2) 堤防欠損地点における対策の基本方針(案)	132
(3) 堤防欠損地点における対策方法(案)	132
(参考)堤防決壊地点(左岸 104.0 k 付近)における復旧断面	133
6 章 委員による被災地点の現地調査	134
6.1 令和元年 10 月 15 日現地調査	134
6.1.1 現地調査概要	134
6.1.2 現地調査参加委員	134
(1) 現地調査の状況	134
(2) 記者会見の状況	135
6.2 令和2年2月14日現地調査	135
6.2.1 現地調査概要	135
6.2.2 現地調査参加委員	135
(1) 現地調査の状況	135
(2) 委員長のコメント	135
6.3 令和2年2月19日現地調査及び意見交換会	136
6.3.1 現地調査概要	136
6.3.2 現地調査参加委員	136
(1) 現地調査及び意見交換会の状況	136
(2) 委員のコメント	136
巻末資料(堤防復旧状況について)	1
1 穂保地区堤防決壊地点(左岸 57.5k 付近)の状況	1
2 諏訪形地区堤防欠損地点(左岸 104.0k 付近)の状況	12

- 1章 千曲川堤防調査委員会について
 - 1.1 概要

千曲川において、令和元年台風第 19 号(東日本台風)による洪水で長野市穂保地先におい て堤防が決壊するなど甚大な被害が発生した。これを受けて原因究明と再度被害を回避する復 旧対策等について有識者からなる「千曲川堤防調査委員会」(以下、本委員会という。)を設置 し、特に被害の大きかった長野市穂保地先の堤防決壊及び上田市諏訪形地先の堤防欠損箇所に おける、メカニズム、堤防復旧工法の検討等について、本委員会を開催したところである。 1.2 堤防調査委員会の設置

近年、時間雨量 50mm を超える短時間強雨や総雨量が数百ミリから千ミリを超えるような大雨の発生により全国各地で水害が発生しており、平成 27 年 9 月の鬼怒川、平成 24 年 7 月の 矢部川などでは堤防の決壊による重大な災害が発生している。

北陸管内においては、近年でも平成23年7月の新潟・福島豪雨により信濃川下流域の支川 五十嵐川で堤防決壊が発生したほか、直轄河川では決壊には至らないものの平成25年7月に は梯川で基盤漏水が発生し、また、信濃川下流域では平成27年7月に計画高水位を超過する 洪水が発生している。

さらに過去には、北陸地方整備局管内において黒部川や常願寺川、姫川のように、急流河川 における洪水時の侵食によっても堤防決壊が発生している。

このような状況に、迅速に対応すべく、平常時から北陸地方整備局管内の直轄管理区間において堤防決壊が発生した場合の原因究明と再度被害を回避する復旧対策等に対する指導・助言 を頂くことを目的に管内の各河川に「堤防調査委員会」を設置していた。

今回、千曲川において堤防決壊等が発生したことから、本委員会を速やかに開催したもので ある。

千曲川堤防調査委員会を構成している有識者は下表のとおりである。

	氏名	所 属
委員長	大塚 悟	長岡技術科学大学工学部教授
委員	宮島 昌克	金沢大学理工研究域地球社会基盤学系 教授
委員	安田 浩保	新潟大学災害・復興科学研究所 准教授
委員	吉谷 純一	信州大学工学部水環境・土木工学科教授
委員	豊田 政史	信州大学工学部水環境・土木工学科 准教授
委員	福島雅紀	国土交通省国土技術政策総合研究所 河川研究部 河川研究室 室長
委員	佐々木 哲也	国立研究開発法人土木研究所 地質・地盤研究グループ 土質・振動チーム 上席研究員

千曲川堤防調査委員会 名簿

(敬称略)

1.3 堤防調査委員会の経過

本委員会は、令和元年10月15日の第1回から令和2年2月19日まで、現地確認3回、委員会2回の延べ5回開催した。



図 1.3.1 検討フロー図

表 1.3.1 委員会の開催状況

	開催日	議事内容
1 (現地)	令和元年 10 月 15 日	被災状況の確認
2	令和元年 11 月 13 日	千曲川流域の概要 出水の概要 被災概要 被災メカニズムの分析
3	令和元年 12 月 4 日	第2回委員会意見に対する説明 本復旧工法について 今後の調査について
4 (現地)	令和2年2月14日	仮堤防開削後の状況確認 (※委員は大塚委員長のみ参加)
5 (現地)	令和2年2月19日	仮堤防開削後の状況確認 現地調査後の意見交換 (※委員長を除く委員5名参加)

2章 千曲川流域と洪水の概要

- 2.1 千曲川流域の概要
- 2.1.1 流域及び河川の概要

千曲川(信濃川)は、その源を甲武信ヶ岳に発し、佐久盆地・上田盆地を貫流した後、坂城 広谷を経て長野盆地に入り、支川の犀川を合わせ、新潟県の越後平野を貫流し日本海に注ぐ幹 川流路延長(367km)が日本一の大河川である。

流域の人口、資産は、長野市(38万人)、松本市(24万人)、上田市(16万人)、佐久市(10 万人)、新潟市(81万人)、長岡市(28万人)、三条市(10万人)など、盆地(長野県)や平野 (新潟県)に集中している。

北陸新幹線、長野・上信越自動車道などの高速交通機関をはじめとした基盤整備により、広域交通体系の結節点としての拠点性、地域優位性を持っている。



図 2.1.1 信濃川流域図

項	目	諸元	備考
水源・標高		甲武信ヶ岳 2,475m	
幹川流路延長		367km	1 位/109 水系
流域面積		11, 900km ²	3位/109水系
流域内人口		約 295 万人*1	
想定氾濫区域	面積	約 1,724km ^{2※1}	
想定氾濫区域	人口	約 170 万人*1	
想定氾濫区域	 为資産額	約 34 兆円*1	
	新潟県	12市4町2村	
ま町お	長野県	13市12町16村	
1m Ψ.]	群馬県	1町	
	合計	25市17町18村	

表 2.1.1 信濃川の流域概要

※1 河川現況調查(平成22年時点)





対象人口および対象世帯数:

想定氾濫区城内市町村(飯山市、中野市、長野市、須坂市、千曲市、上田市安曇野市、 松本市、小布施町、坂城町、野沢温泉村、木島平村、生坂村)





図 2.1.3 人口と世帯数の推移

図 2.1.4 長野市と堤防隣接地区別世帯の推移

2.1.2 地形·地質特性、降雨特性

(1) 地形・地質特性

千曲川流域には佐久、上田、長野、飯山盆地が連なっており、これらの盆地は周辺の山岳 地帯からもたらされる大量の土砂と水により形成されたものである。周囲の山々には標高 2,000~3,000mの山脈・山地があり、東側を関東山地、西側を飛騨山脈などに挟まれている。

千曲川本川流域は、糸魚川-静岡構造線と柏崎-千葉構造線の間のフォッサマグナ地帯であ り、中・古生代の地層が陥没した大きな溝に、火山噴出物が堆積した新生代の新しい地層に 覆われている。



図 2.1.5 千曲川の地質

(出典/千曲川・犀川の地形と地質)

(2) 降雨特性

千曲川(盆地部:長野県)は、内陸性気候の雨が少ない地域であり、年間降水量が長野市で900mm程度である。

下流の信濃川は、日本海性気候で豪雪地域を含み、年間降水量が長岡市2300mm、新潟市で 1800mm 程度である。

今回の豪雨では、上田市、佐久市など千曲川上流域で3日雨量 300mm~400mm 程度を記録 している。





2.1.3 河道特性(河床勾配、川幅縦断、河道状況)

千曲川は佐久、上田、長野、飯山の盆地と山あいの狭窄区間を交互に流れ下るため川幅が大 きく変化している。特に長野盆地下流の立ヶ花狭窄部と飯山盆地の戸狩狭窄部は、両岸に急斜 面が迫る渓谷となっている。

戸狩狭窄部から長野盆地にかけての縦断勾配は、1/1,000~1/1,500 と緩勾配であり、長野盆 地から上流は上田盆地を含め縦断勾配が 1/200 程度と急勾配となる。



図 2.1.9 河床高縦断図



図 2.1.10 平常時の状況





図 2.1.11 2006 (平成 18).7 洪水の状況

2.2 令和元年台風第19号(東日本台風)による洪水の概要

2.2.1 気象概要

10月12日より関東甲信地方を中心に記録的な大雨となり、15時30分に大雨の特別警報が、 長野県を含む7都県に発表され、13日0時40分までの半日で13都県での発表となり、特別 警報の運用開始以来、最多の発表数となった。

台風第19号(東日本台風)本体が上陸する前から活発な雨雲が断続的に発生し、広範囲で 強い雨が降り続けた結果、各地で観測記録を塗り替える大雨になった。特に千曲川流域の東域 では300 mmを越える大雨となり、千曲川本川で大出水となった。





(mm)

図 2.2.3 観測所位置図

図 2.2.4 総降水量分布図(10月10日~13日)

表 2.2.1	千曲川	・犀川流域の降水量	(累計雨:令和元年10月	12 日	1:00~10月14日24:00)
			千曲川法虚		

	千曲川流域					
のざわおんせん 野沢温泉 _{野沢温泉村大字豊郷}	いいやま 飯山 _{飯山市大字飯山}	しなのまち 信濃町 _{信濃町柏原}	かさだけ 笠岳 _{高山村奥山田}	ながの 長野 _{長野市箱清水}	ひじりこうげん 聖高原 ^{麻績村猿ヶ馬場三峰山}	すがだいら 菅平 _{上田市菅平高原}
208 mm	136 mm	190 mm	335 mm	142 mm	250 mm	296 mm
うえだ 上田 _{上田市古里}	かけゆ 鹿教湯 上田市鹿教湯温泉	たてしな 立科 ^{立科町戸田}	かるいざわ 軽井沢 _{軽井沢町大字長倉}	さく 佐久 ^{佐久市中込}	きたあいき 北相木 ^{北相木村宇板置場}	のべやま 野辺山 ^{南牧村野辺山}
154 mm	333 mm	271 mm	324 mm	311 mm	395 mm	172 mm

	犀川流域					
^{きなさ} 鬼無里 _{長野市鬼無里}	しんしゅうしんまち 信州新町 _{長野市信州新町牧田中}	おおまち 大町 _{大町市大町}	ほたか 穂高 _{安曇野市穂高}	まつもと 松本 ^{松本市沢村}	まつもといまい 松本今井 ^{松本市大字空港東}	ながわ 奈川 ^{松本市奈川}
157mm	157 mm	98 mm	102 mm	149 mm	130 mm	150 mm

10月の72時間雨量について、特に既往最大値を大幅に上回った地点3箇所を気象庁ホームページの観測地点雨量データから、表及びグラフにとりまとめた。

	•••		
地点名	今回	既往最大	統計開始
北相木	411. 5mm ※	156mm (H18. 10. 8)	H16
笠岳	341.5mm ※	166.5mm(H29.10.24)	S54
軽井沢	336. 5mm	152mm (H16. 10. 22)	S51

表 2.2.2 10月の72時間降水量(長野県内)



図 2.2.5 北相木 (10/11 01:00~10/13 24:00) ※13 日は停電によりデータ未入電



2.2.2 河川水位の状況

河川水位は立ヶ花(中野市)、杭瀬下(千曲市)、生田観測所(上田)で観測史上第1位の水 位を観測した。

長野市や上田市など長野県内 11 市町に特別警報(大雨) が発表され、記録的な大雨となり、 生田、杭瀬下、立ヶ花水位観測所において、計画高水位を上回る出水となった。

観測所名 (地先名)区分	いくた 生田 (上田市生田)	くいせけ 杭瀬下 (千曲市 杭瀬下)	たてがはな 立ヶ花 (中野市 立ヶ花)	いねこき 稲刻ダム (松本市 安曇島々)	くまくら 熊倉 (安曇野市 豊科熊倉)	りくごう 陸郷 (安曇野市 明科南陸郷)	こいち 小市 (長野市 川中島)
最高水位 毎正時 (10分)	5.80m (5.87m)	6.39m (6.40m)	12.44m (12.46m)	111m ³ /s (111m ³ /s)	3.99m (4.07m)	4.09m (4.19m)	0. 03m (0. 03m)
計画高水位	5.75m	5.42m	10.75m	1,800m³/s	7.15m	7.47m	5.03m
氾濫危険 水位	5.00m	5.00m	9.60m	780m³/s	6.00m	4.80m	1.80m
避難判断 水位	4.50m	4.60m	9.10m	690m ³ /s	5.80m	4.50m	1.50m
· 氾濫注意 水位	1.90m	1.60m	5.00m	$300 \text{m}^3/\text{s}$	4.00m	3.30m	0. 00m
水防団待機 水位	0.80m	0.70m	3.00m	$220 \text{m}^3/\text{s}$	3.50m	2.50m	-0.50m

表 2.2.3 今回出水の最高水位と水防基準水位





図 2.2.9 各観測所(10分)の最高水位比較図

3章 被災概要

3.1 長野県内の被害状況

令和元年台風第19号(東日本台風)により、長野県内の各地で被害が発生した。 国管理河川では、千曲川において堤防決壊が発生し、県管理河川では、皿川及び三念沢、志 賀川、滑津川、麻績川にて堤防決壊が発生し、浸水被害をもたらした。



信濃川水系長野県(12月6日現在)



3.2 千曲川直轄管理区間の主な被災状況

令和元年台風第19号(東日本台風)出水では、千曲川本川において越水・溢水が発生し、左 岸57.5k付近で堤防決壊、左岸104k付近で堤防欠損、各所で川裏法崩れが発生している。 左岸78.25k付近と82.0k付近では漏水が発生している。 上流部では、主に護岸欠損等の施設被害が発生している。

栄村 御代田町 野沢温泉村 山ノ内町 木島平村 小諸市 高山村 東御市 中野市 立 須坂市 飯山市 花小布施町 60k 上田市 大の 生田 St 一千曲川. 飯網町 YOO 長野市 坂城町 信濃町 ↑犀川 堤防決壊 小市 千曲川左岸 57.5k 付近(長野市穂保地先) 曲市 筑北村 麻績村 堤防欠損 千曲川左岸 104.0k 付近(上田市諏訪形地先)

図 3.2.1 千曲川の大規模被災状況

区分	距離	箇所	場所
溢水	24K付近	左岸	飯山市常郷地先
溢水	36K付近	左岸	飯山市静間地先
越水	49K付近	右岸	中野市栗林地先
越水	52K付近	右岸	中野市立ヶ花地先
越水	54K付近	右岸	小布施町山王島地先
越水	56K付近	右岸	小布施町飯田地先
越水	57K付近	右岸	須坂市北相之島地先
越水	58K付近	左岸	長野市穂保地先
越水	71K付近	右岸	長野市松代町柴地先
越水	75K付近	左岸	長野市篠ノ井小森地先
越水	78K付近	右岸	千曲市雨宮地先
越水	78K付近	左岸	長野市篠ノ井横田地先
越水	79K付近	左岸	長野市篠ノ井塩崎庄之宮地先
溢水	84k付近	右岸	千曲市埴生地先
越水	107k付近	右岸	上田市国分地先
越水	109k付近	右岸	上田市大屋地先

表 3.2.1 千曲川越水・溢水地区

<越水・溢水> 川などの水があふれ出ること。 堤防のあるところでは「越水」 堤防がないところでは「溢水」







3.3 堤防決壊地点の状況

3.3.1 被害状況

千曲川左岸 57.5k付近の堤防は約 70mにわたり決壊した。堤防決壊地点を含む約 1.5 kmで 越水し、裏法崩れ等が発生している。(次頁図 3.3.2)

なお、被災箇所周辺では漏水等による噴砂等の状況は確認されていない。



図 3.3.1 堤防決壊地点



図 3.3.2 左岸堤防越水区間



①決壊地点下流の裏法崩れ
 2019(令和元)10.13 14:00 撮影



②決壊地点下流の裏法崩れ2019(令和元)10.13 14:00 撮影



③決壊地点上流の裏法崩れ2019(令和元)10.13 14:50 撮影



④決壊地点上流の裏法崩れ2019(令和元)10.31 15:40 撮影

3.3.2 浸水範囲の状況

台風第19号(東日本台風)による人的・建物被害が、長野県で死者5名、重軽傷者144名、 住家被害(全半壊 3,418棟、一部損壊 3,338棟、浸水 1,795棟)である。

※消防庁情報:12月4日時点



写真① 2019(令和元)10.14 12:15 撮影



写真② 2019(令和元)10.14 11:37 撮影



表 3.3.1 長野県の被害状況 (12月4日10:00現在) : 消防庁災害対策本部

人的被害(人)	死者		5
	行方不明者		0
	負傷者	重傷	7
		軽傷	137
			149
住家被害(世帯)	全壊		873
	半壊		2, 545
	一部損壊		3, 338
	上記以外	床上浸水	38
		床下浸水	1, 757
	計		8, 551

3.4 堤防欠損地点の状況

千曲川左岸104k付近の堤防が延長約300mにわたり欠損した。 また、千曲川橋梁(上田電鉄)左岸側橋台が被災をうけ、落橋した。



図 3.4.1 堤防欠損地点



図 3.4.2 台風第19号(東日本台風)出水前の状況



図 3.4.3 2019(令和元).10.14 撮影



図 3.4.4 2019(令和元).10.14 撮影

4章 被災メカニズムの分析

4.1 堤防決壊のメカニズム

堤防決壊のメカニズムは、大きく分けて以下に示すとおり、「河川水の越水による堤防決壊」、 「河川水の浸透による堤防決壊」、「河川水の侵食・洗掘による堤防決壊」の3形態がある。ま た、これらのメカニズムが複合的な要因となって堤防決壊することもある。

- 4.1.1 河川水の越水による堤防決壊
 - ・河川水が堤防を越流する。
 - ・越流水により土でできた川裏(河道と反対側)の法尻が洗掘される。
 - ・堤防の裏法尻や裏法が洗掘され、最終的に堤防決壊に至る。



図 4.1.1 越水による堤防決壊のイメージ図

- 4.1.2 河川水の浸透による堤防決壊
- (1) パイピング破壊
 - ・高い河川水位により地盤内に水が浸み込み、川裏側まで水の圧力がかかることにより、 川裏側の地盤から土砂が流失し、水みちができる。
 - ・土砂の流失が続き、水みちが拡大して、堤防が落ち込み、最終的に堤防決壊に至る。



図 4.1.2 パイピング破壊によるイメージ図

- (2) 浸透破壊
 - ・降雨や高い河川水位により水が浸透し、堤防内の水位が上昇する。
 - ・堤防内の高い水位により、土の強さ(せん断強度)が低下し、川裏側の法面がすべり、 最終的に堤防決壊に至る。



図 4.1.3 浸透破壊によるイメージ図

4.1.3 河川水の侵食・洗掘による堤防決壊

- ・河川水により堤防の河川側が侵食・洗掘される。
- ・河川水による侵食・洗掘が続き、最終的に堤防決壊に至る。



図 4.1.4 侵食・洗掘による堤防決壊のイメージ図

4.2 堤防決壊(左岸 57.5 k 付近 長野市穂保地先)

4.2.1 左岸 57.5k 付近堤防決壊の概要

本報告書の分析対象となっている千曲川左岸 57.5 k (長野県長野市穂保地先)の決壊の概 要は以下の通りである。

記録的な大雨により千曲川では観測史上最大水位を記録した洪水となり、決壊箇所に設置 された CCTV カメラにより 10 月 13 日の 0 時 50 分頃に越水が始まったことを確認したが、2 時 15 分以降 CCTV カメラが倒壊し、決壊開始の時刻は確認できなかった。

決壊幅は最終的に約70mに達した。



図 4.2.1 位置図



図 4.2.2 決壊地点航空写真(2019(令和元).10.13 13:10 頃撮影)



図 4.2.3 2019(令和元).10.13 6:30 頃撮影



図 4.2.4 2019(令和元).10.13 6:20 頃撮影



図 4.2.5 2019(令和元)10.13 10:00 頃撮影

4.2.2 堤防決壊地点周辺における出水前後の河道状況

今回の出水前後の河道状況を比較する。出水後も低水路砂州は概ね維持されており、澪筋の 変化もみられない。



図 4.2.6 出水前 (2018(平成 30).8 撮影)



図 4.2.7 出水後 (2019(令和元).10.16 撮影)

4.2.3 河道の変遷

河道内の変遷

堤防決壊地点周辺の高水敷は近年大きな変化はみられない。また、低水路内は56k下流の 砂州が平成18年7月洪水により左岸側から右岸側へ変化しているが、決壊地点周辺の砂州 位置や形状に大きな変化はみられない。

堤防決壊地点周辺の縦断形状(平均河床)は大きな変化はみられない。 堤防決壊地点周辺の横断形状は低水路内で変動があるものの、澪筋は概ね固定されている。



図 4.2.8 千曲川河道変遷





図 4.2.11 千曲川 57.0k 横断重ね図



図 4.2.13 千曲川 58.0k 横断重ね図
(2)治水地形分類図からみた河道状況
 堤防決壊箇所の地質は氾濫堆積物を主としており、堤防は微高地に位置する。
 堤防決壊地点前面の高水敷に旧流路が見られる。



図 4.2.14 治水地形分類図(国土地理院 H21.1)

※治水地形分類図:治水対策を進めることを目的に、国が管理する河川の流域のうち主に平野部を対象として、扇状地、自然堤防、旧河道、後背湿地などの詳細な地形分類及び河川工作物等が盛り込まれた地図で国土地理院のホームページで公開している。

4.2.4 堤防決壊地点の状況

(1) 堤防決壊前後の時系列変化

堤防決壊箇所に設置された CCTV カメラにより、10月13日0時50分頃越水が始まったことを職員が確認した。

同日の2時15分以降、CCTVカメラが倒壊し監視不能となった。



図 4.2.17 堤防決壊前後の時系列変化①~④



⑤2019(令和元).10.13 1:50



⑥2019(令和元).10.13 2:00



⑦2019(令和元).10.13 2:10



⑧2019(令和元).10.13 2:15



⑨カメラ倒壊後



⑩2019(令和元).10.13 13:10頃(UAV写真)

図 4.2.18 堤防決壊前後の時系列変化⑤~⑩

(2) 堤防の決壊状況

堤防決壊地点周辺は昭和 58~59 年度に治水計画上必要な高さと断面を有する堤防を整備 し、平成 17~19 年度にかけて堤防川裏側に桜づつみ(二種側帯)を整備している。

植樹した桜の根などが堤防に影響を与えないよう、堤防裏側に縁切として吸出防止材を設 置している。

堤防決壊地点下流の川裏側に上段部市道と下段部市道(いずれも As 舗装)が施工されていたが、全崩壊は免れている。

※二種側帯:非常用の土砂などを備蓄するために、堤防の裏側(堤内地側)に土砂を積み上げた部分



図 4.2.19 垂直写真(2019(令和元).10.16 撮影)



図 4.2.20 平面図(決壊後落掘調査測量コンター重ね図) ※断面図は P46 参照。被災直後の地盤高コンターズは P47 参照。地質平面図は P60.61 参照。



図 4.2.20 長野桜づつみ工事標準断面図



図 4.2.21 吸出防止材(縁切材)設置状況 (2008(平成 20).3撮影)



図 4.2.22 決壊部上流側 (2019(令和元).10.13 撮影)



図 4.2.23 決壊地点上流側(2019(令和元).10.21 撮影)



図 4.2.24 決壊部下流側 (2019(令和元).10.13 撮影)



図 4.2.25 決壊地点下流側取付の市道坂路(2019(令和元).10.25 撮影)

4.2.5 堤防決壊地点の堤防特性

堤防決壊地点周辺の堤防断面形状は、桜づつみの擦り付け区間で、下流に坂路、上流に桜づ つみが施工され、複雑な形状となっている。

堤防決壊地点は桜づつみの吸出防止材(縁切材)が設置されていた。





図 4.2.30 下流側から決壊地点を望む (2013(平成 25)撮影)



図 4.2.31 測量時空撮・仮堤防完成時(2019(令和元).10.18 撮影)

4.2.6 被災メカニズムの分析(越水)

(1) 決壊地点の越水の状況

堤防決壊地点付近に設置されている危機管理型水位計の記録では、10月13日0:30頃 から堤防天端に達し2時間程度で最高水位に達していると思われる。

その後、水位観測は不能となった。







図 4.2.35 決壊箇所の越水状況(A-A 断面) 2013(平成 25)測量

※危機管理型水位計:2017年7月に起きた九州北部豪雨における逃げ遅れ被害が発生したことを契機 に豪雨による避難行動を判断するためのツールとして 2018年に開発された洪 水時の水位観測に特化した低コストな水位計。

(2) 痕跡水位の状況

地点上流の桜づつみに植樹されている桜の幹で洪水痕跡を計測した結果を示す。 平面図の①57.5k地点で約0.5m、②地点及び③地点で約0.3mであった。



図 4.2.36 平面図



図 4.2.37 ①左岸 57.5 k 地点 洪水痕跡



図 4.2.38 ②地点 洪水痕跡



図 4.2.39 ③地点 洪水痕跡



図 4.2.40 ①左岸 57.5 k 地点洪水痕跡

- (3) 落堀、洗掘の状況
- 仮堤防設置直後の状況
 決壊地点川裏側に落掘が形成された。
 堤防決壊後に実施した測量から、川裏法尻部で2.3mの洗掘が発生したと推定される。



図 4.2.41 測量時空撮・仮堤防完成時(2019(令和元).10.18 撮影)



図 4.2.42 落掘、洗掘削の状況 (2019(令和元).10.18 7:20頃撮影)



図 4.2.45 横断重ね図 (C-C 断面)

2) 落堀調査(仮堤防撤去後の状況)

堤防決壊後に実施した仮堤防設置後測量(2019.10.18)をもとに仮堤防撤去後測量(2020.2.6)を重ね合わせ、落堀形状を再現した結果、堤内地盤高から3.0mの洗掘が生じていた。



図 4.2.46 仮堤防設置後(2019(令和元).10.18 撮影)



図 4.2.47 仮堤防撤去後(2020(令和 2).2.6 撮影)



落堀調査で実施した測量をもとにコンター図を作成した結果を下記に示す。

- ▶ 堤防決壊地点の落堀状況は、面的に一様でなく、顕著な箇所が3箇所あった。
- ▶堤防決壊地点上流側は、堤防直下の洗掘(①)が堤内地盤から3.0mの深さで、堤内地側の洗掘範囲も広い。
- ▶堤防決壊地点下流側は、堤防直下(②)が堤内地盤から2.3mの深さ、川裏堤防法尻付近 (③)が堤内地盤高から3.0mの深さである。



図 4.2.54 落堀調査コンター図

※仮堤防設置後測量範囲(2019(令和元).10.8) と仮堤防撤去後測量範囲(2020(令和2).2.6)を合成して作成 ※平面図は P38 参照。断面図は P46 参照。地質平面図はP60.61 参照。



図 4.2.55 仮堤防撤去後 (2020(令和 2).2.6 撮影)

- (4) 吸出防止材の状態調査
- 1) 目的

桜づつみの縁切として川裏側の堤体内に設置されていた吸出防止材であるが、越水したこ とによる材料の状態及び越水を受けて洗掘の進行を抑制する効果があったのかを確認する ために、残存している吸出防止材について調査を行った。

2) 現地状態の調査

堤防決壊及び裏法崩れに伴い、流失及び現地に残存している吸出防止材の状態を確認 (2019年11月18日)した。

吸出防止材(横2m×縦10m/枚)は、引き裂かれることなく流失していた。また堤体等に 残存する吸出防止材も引き裂かれている状態は確認されていない。

吸出防止材が残存している場所と流失した場所とでは、洗掘の程度に顕著な差は確認で きなかった。



図 4.2.56 吸出防止材の状態確認位置



法尻付近に残存する吸出防止材



②流失した吸出防止材



③流失した吸出防止材



④堤体に残存する吸出防止材



⑤堤体に残存する吸出防止材



⑦流失した吸出防止材



⑥流失した吸出防止材



⑧流失した吸出防止材状態確認

3) 吸出防止材の強度試験

図 4.2.56 における、流出した吸出防止材(試料A)と堤体に残存する吸出防止材(試料B)に対して引張強度試験を実施した結果、各々同程度の結果であり、製品の品質規格 値以上の強度を有し、設置後 10 年以上経過しているが、劣化の進行がしていないことが 確認できた。

(a) 試験の種類

実施する試験の種類は、河川工事材料の劣化状態調査の手引き「ドレーン工(吸出し防止 材、かご工)編」(試行案)平成30年4月国土交通省水管理・国土保全局治水課を参考に以 下の項目とする。

①圧縮率 ②引張強さ ③透水係数

(b) 試験サンプル

現場から採取した試験サンプル2種類はそれぞれA及びBとし、泥や植物の根を洗い流し、 十分に乾燥させ、試験を行った。



試験サンプルA (表面)



試験サンプルA(裏面)



試験サンプルB (表面)



試験サンプルB(裏面)



(c) 試験結果

試料サンプルA及び資料サンプルBについて試験結果についてまとめたものを下記に示 す。

		単位	1	2	3	4	5	平均
圧縮率		(-)	9. 69	6.6	5. 71	4. 11	5. 47	6. 32
引張強さ	タテ	(KN/m)	19.9	20.9	20.3	20.8	23.5	21.1
	Ξ⊐	(KN/m)	34.0	35.0	35.1	33.8	33.4	34.3
透水試験		(cm/sec)	1.64×10^{-1}	1. 34×10^{-1}	2.06 $\times 10^{-1}$	—	_	1.68×10^{-1}

表 4.2.1 試料サンプルA

表 4.2.2 試料サンプルB

		単位	1	2	3	4	5	平均
圧縮率		(-)	10.09	7.16	7.69	11.64	6.60	8.64
引張強さ	タテ	(KN/m)	18.1	19.2	18.6	19.7	20.3	19.2
	ЭЭ	(KN/m)	35.0	34.2	34.3	33.6	36.1	34.6
透水試験		(cm/sec)	1.14×10^{-1}	8. 00×10^{-1}	1.30×10^{-1}	_	_	1.68×10^{-1}

表 4.2.3 参考(製品の品質規格値)

		単位	規格
圧縮≊	率	(-)	12以下
ゴ毛玲々	タテ	(KN/m)	10 以上
り放出さ	П	(KN/m)	10 以上
透水試	験	(cm/sec)	1.0×10 ⁻² 以上

4) 調査結果のまとめ

堤体の残存物は、重ね固定部で越水により変状が発生している。

当該吸出防止材は桜づつみの縁切として設置しているが、材料の重ね固定は越流水への抵抗を考慮したものではない。

ただし、吸出防止材が流出しないように設置を行えば、越水に対する法面を保護すること が期待される。なお、決壊に至る時間を引き延ばす可能性については、今後の検討課題とす る。

- (5) まとめ
- 調査から把握した事項 調査から把握した事項を以下に示す。
 - ▶ 堤防決壊地点(左岸 57.5 k 付近)に設置された CCTV カメラにより、10月13日0時 50分頃越流が始まったことを職員が確認した。
 - ▶ 堤防決壊地点に設置された危機管理型水位計から、堤防天端を超えたピーク水位を10 月13日2時40分に確認された。
 - > 堤防決壊地点上流側の痕跡水位から、堤防上で最大 50cm 程度の水深が確認された。
 - ▶ 堤防決壊地点の上下流で越流による堤防の欠損が確認された。
 - ▶決壊後に実施した測量結果等により、決壊区間の法尻から堤体直下にかけて落掘が確認された。
 - ▶ 堤体と桜づつみの間に設置された吸出防止材は、目的が縁切だったため、越流に対す る効果は不明確であった。しかし、設置の方法を工夫すれば、越流に対して法面を保 護し、決壊に至る時間を引き延ばす可能性がある。
- 2) 越水による堤防決壊の可能性の考察

監視カメラから越流が生じているのが確認されており、堤防決壊地点の上下流区間も川裏 法尻に越流水による洗掘等が確認されている。これらのことから、越流によって堤防等の欠 損が発生し決壊に至ったと推定される。

4.2.7 被災メカニズムの分析(浸透)

(1)決壊地点の地質構成

堤防決壊地点周辺には、江戸中期に廃城となった長沼城が存在しており、1680年頃の城を 再現した長沼城跡復元図から、現在の堤防と長沼城が重なっていた。

このため、堤防決壊地点周辺の基礎地盤や堤体に対し、浸透に対する課題となる地質や城跡の存在有無を確認するために、表 4.2.4 に示す調査を図 4.2.58 の位置で地質調査等を実施した。

調査項目	目的		
ボーリング調査	▶ 堤防や基礎地盤の縦断的な土質を確認する。		
サウンディング調査	▶ 基礎地盤の面的な確認や高水敷・堤内地の地質を確認する。		
堤防開削調査	▶堤防及び基礎地盤の土質構成及び空洞、緩み、亀裂、漏水跡を確認する。		

表 4.2.4 調査項目と目的



- 1) ボーリング・サウンディング調査結果
- (a) ボーリング調査結果

堤防天端で実施した既存調査結果を含む8ヶ所のボーリング調査を実施した。 調査結果から、各ボーリング地点で確認された特徴は表 4.2.5の通りである。 堀跡部と想定される BV-①、④、⑧は、盛土下端が堤内地盤高よりも低く、堀があったと される場所であることから、堤内地盤高より低い Bs 層は堀の埋め土と推定される。 その他の調査地点は、基礎地盤が粘性土であった。

調査位置	評価
BV-①	 > Bs 層に礫分が多く確認されている。過去に漏水が確認されており、対策として護岸及び鋼矢板が設置されている。 > 盛土下端が堤内地盤高よりも低く、堀があったとされる場所であることから、堤内地盤高より低い Bs 層は堀の埋め土と推定される。
BV-2	▶堤体のBs層に礫が混じっているが、基礎地盤は粘性土である。
BV-3	▶決壊に伴う仮復旧堤が盛土されているが、基礎地盤は粘性土である。
BV-④	▶盛土下端が堤内地盤高よりも低く、堀があったされる場所であることから、 堤内地盤高より低いBs層は堀の埋め土と推定される。
BV-5	▶ 堤体の Bs 層に礫が混じっているが、基礎地盤は粘性土である。
BV-6	▶ 堤体の Bs 層に礫が混じっているが、基礎地盤は粘性土である。
BV-⑦	▶ 堤体の Bs 層に礫が混じっているが、基礎地盤は粘性土である。
BV-®	▶盛土下端が堤内地盤高よりも低く、堀があったとされる場所であることから、堤内地盤高より低いBs層は堀の埋め土と推定される。Bs層はコアから若干礫が確認される。

表 4.2.5 ボーリング調査の評価

(b) 地層構成

ボーリング、サウンディングの調査結果から、地層の縦断分布を確認するために、堤内地 (A 測線、B 測線)、堤防天端(C 測線)、堤外地(D 測線、E 測線)で次頁以降に示す地層想 定縦断図を作成し評価を行った。

調査結果から、各測線で確認された特徴は表 4.2.6 の通りであり、基礎地盤と堤体の特徴は下記の通りである。

<基礎地盤>

基礎地盤は、堤外地(A-A')から堤内地(E-E')にかけて層厚のある粘性土が分布しており、堤内地側に向かって厚くなる傾向がみられる。

<堤体>

堤防天端部縦断方向(C-C')のボーリング調査結果から、下部が砂質土,上部が粘性 土主体の盛土構造である。



←千曲川

図 4.2.59 調査測線図

調査位置	評価
A-A'堤外地サウンディング	▶ 表層は粘性土であり河川水が堤体側に浸透しにくい。
B-B'堤外地サウンディング	▶ 厚い粘性土であり河川水が堤体側に浸透しにくい。
C-C'堤防天端部ボーリング	 ▶ 堤体は決壊地点に一部礫質土があるが局所的であり、Bc 層で被覆されていた。 ▶ 基礎地盤は BV-①付近を除いて厚い粘性土であり、浸透しにくい。
D-D'堤内地サウンディング	▶ 厚い粘性土であり、盤膨れは生じにくい。
E-E'堤内地サウンディング	 ▶ 厚い粘性土であり、盤膨れは生じにくい。 ▶ 表層のズリは、決壊の後に敷設した埋土である。

表 4.2.6 地層評価

<決壊前の基礎地盤及び堤体の地層想定縦断図>



As

100.00

330.400

_____ 150,00 距離(m)

Bg

Ac

As

Ag

盛土(礫質土)

沖積(粘性土)

沖積(砂質土)

沖積 (礫質土)

Ac

50,00

640

0.00

330.00



<決壊後の基礎地盤及び堤体の地層想定縦断図>







図 4.2.68 堤内地盤高相当の地質平面図 (TP+332m)





図 4.2.69 最深堀高の地質平面図 (TP+330m)

2) 開削調査結果

堤防の土質構成及び空洞、緩み、亀裂、漏水跡を確認するために「堤防開削調査」を実施 した。

堤防開削調査は、決壊範囲の上下流の堤防断面に対する調査と、開削後地盤の面的な調査 等をスケッチや目視等をもとに行った。

調査結果から、透水性の高い層(礫)が局所的には確認されたが、川表から川裏に連続して確認されなかった。



図 4.2.70 調査位置図

調査位置	評 価
堤防断面	 ▶上流側の堤体の地層構成はL57.4kとほぼ同じであり、堤体内部にBg層が分布するがBc層で被覆されているため、浸透しにくい構造である。 ▶下流側の堤体は、堤体中心部から堤内地側がBs層主体で、堤外地側がBc層主体である。また、g層も確認されるが局所的である。 ▶上流側、下流側ともに長沼城(土塁)の痕跡や、空洞、緩み、亀裂等の水みちとなる変状はみられない。
地盤面	▶ 文献から推定した掘位置を現地で確認したが、堀跡を確認することはできなかった。 堀位置も含め、開削した地盤面は粘性土が主体であった。

- (a) 上流側開削調查結果
- a) 堤防開削断面における築堤履歴
 - ▶ 上流側堤防開削位置は明治期の測図から、堤防(Bs-3 層)があったことが判読できる。
 - ▶ 開削調査結果から4回築堤が実施されたと想定される。
 - ▶ 明治期堤防上に盛土されたと想定される Bg 層は、文献から築堤履歴 II (大正 7 年~昭和 16 年)は近接河床材料であるため、この時代に施工されたと想定される。



b)堤防開削断面における土質状況・変状状況

▶ 堤体中央部の土質は砂質土(Bs-3)、その上位に礫質土(Bg)が分布し、これらの層を粘性土(Bc)が覆う構成である。

▶ 上記の土質構成は、L57.4kの土質構成とほぼ同様である。

▶ 堤内地側は砂質土からなる桜づつみ(Bs-1)が分布し、川表側には旧石積み護岸の裏込め材と考えられる礫質土(g)が分布する。

▶観察の結果、空洞、緩み、亀裂等の水みちとなる変状は確認されなかった。



地層名	土質	色調	記事
Bs-1	砂質土	暗褐	桜堤の堤体盛土。細~中砂主体とし、径2~8㎝の円礫が散在す る。プラスチック片含む。
Bs-2	砂質土	暗褐	均質でシルト分混入し、やや硬い。
Bs-3	砂質土	褐	細~中砂主体で、均質である。所々に円礫含む。最上部は、シ ルト分混入し、やや硬い。川表側では、礫の配列や川表側へ傾 斜する構造が確認される。
Bc-1	粘性土	褐灰~白灰	泥岩礫を多量に含む粘土。不均質である。
Bc-2	粘性土	青灰	凝灰岩礫を多量に含む粘土。不均質である。
Bc-3	粘性土	黒灰	有機質な粘土を主体とする。不均質である。
Bg-1	礫質土	褐灰	径2~5cmの円礫を多量に含み、礫は最大径15cm程度に達する。 基質は細~中砂。
g	礫質土	灰	砂質土中に含まれる礫の密集部。円礫を多量に含む。
Ac-1	粘性土	茶褐~暗灰	基礎地盤の粘性土。褐色を呈する箇所は、砂質シルト主体。暗 灰色を呈する箇所は、シルト主体。全体にほぼ均質、粘性大。

○堤防開削断面の土質構成は「L57.4k」とほぼ同様である。
 ※堤外地側のBc層の層厚がL57.4kの方がやや大きい
 上57.40k
 堤内地

Ac

図 4.2.72 上流側堤防開削断面の状況

(b)下流側開削調查結果

a) 堤防開削断面における築堤履歴

▶ 下流側堤防開削位置は明治期の測図から、堤防(Bs-3)があったことが判読できる。

▶明治期堤防の断面は比較的小さく、川表側への築堤が行われた履歴が想定され、築堤履歴Ⅱに相当すると考えられる。

▶ 築堤履歴IV(昭和59年)は完成図で確認できることから、それ以外を築堤履歴IIIとする。



b) 堤防開削断面における土質状況・変状状況

▶ 堤内地~堤体中央の土質は砂質土(Bs-2・Bs-3)、堤体中央~堤外地の土質は粘性土(Bc)が主体である。

▶ 基礎地盤(Ac)の土質はシルト主体の均質な粘性土、堤外地側の盛土下に分布する埋土(Fgc)は不均質な粘性土からなる。

▶観察の結果、空洞、緩み、亀裂等の水みちとなる変状は確認されなかった。



図 4.2.74 下流側堤防開削断面の状況

(c) 堤防開削断面における築堤履歴 I について

明治期(M26)と測量図(H10)の重ね図から、明治期堤防から上流側と下流側では堤防拡幅 方向が異なる。

・[上流側] 開削地点 :川裏方向に拡幅 千曲川 •57.4k 地点 :川裏方向に拡幅 ・[下流側] 開削地点 : 川表方向に拡幅 明治期堤防の堤体材料は砂質土主体であり、粒度分 [上流側]開削地点 布の傾向が同様である(図 4.2.75 参照)。 下流側開削断面中央における砂質土(下流-Bs②)は 57.4k 地点 粒度分布の傾向が異なる(礫分が多い)。 100 <mark>●</mark>上流-Bs [下流側] 通過質量百分率(%) 80 <mark>-</mark>∆-57.4k-Bs 開削地点 60 ┗-下流-Bs① ┗-下流-Bs② 40 **S** ĦŬ 下流-Bs②は他と粒度分布が異なる 勽 堤防拡幅方向 20 ⇒築堤履歴が異なる可能性が高い 明治期の堤防 0.001 10 0.01 0.1 現堤防 粒 径 (mm) 図 4.2.75 Bs 層粒度分布 図 4.2.76 明治期(M26)と測量図(H10) の測量図 ø 堤外地 堤内地 築堤履歴 I (推定) 明治期 築堤履歴V









(d) 開削後地盤面の状況

文献から推定した堀位置で堀跡は確認できなかった。堀位置も含め、開削した地盤面は粘 性土が主体であり、浸透の課題となる透水性の高い地盤は確認されなかった。



図 4.2.80 仮堤防撤去後 (2020(令和 2).2.6 撮影)
(e) 川表法尻部開削調查結果

決壊直後に川表法尻部付近で確認された礫の存在を確認するために、図 4.2.81の決壊範 囲川表法尻付近で5箇所開削調査を行ったが、掘削側面や底面は粘性土が主体で、透水性の 高い礫層は確認されなかった。

- ▶ 開削①②は、石張りが確認されたが、粘性土主体であった。
- ▶開削③は、石張りに使用されたと思われる玉石・巨礫の混入が僅かに見られたが、粘性 土が主体であった。石張りは過去に川表側堤防前面に旧流路による池が存在し、法面保 護で使用されていたものと推定される。
- > 開削④は、石張りが確認されず、粘性土が主体であった。
- ▶開削⑤は、礫の混入が一部見られるが、連続する礫はない。



図 4.2.81 開削調査位置(2020(令和 2).2.19 撮影)



写真① (開削① 上流⇒下流)



写真③ (開削④ 下流⇒上流)



写真②(開削③ 下流⇒上流)



写真④ (開削⑤ 下流⇒上流)

図 4.2.82 開削部の状況

(2) 堤内地の堆積物調査結果

堤防決壊地点の堤内地に土砂堆積が確認されることから、供給源を把握するための「堆積 物調査」を実施した。

堤内地、堤体、基礎地盤、川表(高水敷)で粒度試験、礫種確認などを行い、粒度特性と 礫種の特性を比較した。

1) 堆積物調査結果

堤内地、堤外地の堆積土砂や仮堤開削による堤体・基礎地盤で、粒度試験、礫種確認など の調査を行った結果、下記の点から、堤内地堆積土砂の礫は、決壊した堤体土から供給され たものと推定される。

- ▶「堤体土」は、堤内地の堆積土砂(土の種類)と同等である。
- ▶「川表堆積土」は、堤内地の堆積土砂(土の種類)と異なる。(河道内からの供給ではないと推定できる。)
- ▶ 「基礎地盤」は、堤内地の堆積土砂(土の種類)と異なる。
- ▶ 堤内地の堆積総土砂量が、決壊した堤防の総土量の約35%程度である。(堤体土量より堆積土量が少ないため、堤体土が供給源の可能性が高い。)

(a) 現地調査

次頁に示す現地調査結果から、下記の事項が確認された。

- ▶ 堆積土砂は、最大 2m 程度の層厚が確認された。
- ▶ 堆積している土砂は、表層に最大3cm程度の礫が堆積しているが、その他は、砂質土主体である。
- ▶ 堆積土砂の中には土木シート(吸出防止材)や歩行者用マット等の堤防にて用いられている材料が確認できる。



図 4.2.83 現地調査結果

71

(b) 土の種類(粒度分布)の比較結果

堤内地、川表(高水敷)の堆積土砂、堤体土、基礎地盤において、土の種類(粒度分布) を比較する。

2020(令和 2).2.19 撮影 [堤体材料(礫が比較的多い箇所)] 2020(令和2).2.8 撮影

[堤内地の堆積土砂状況]

[川表堆積土状況]



[基礎地盤状況]



図 4.2.84 調査箇所の状況

a) 堤内地堆積土の粒度分布

堤内地堆積土砂は図 4.2.85 における 20 箇所で、礫質土、砂質土、粘性土に対する粒度試 験を実施し、礫質土、砂質土、粘性土に対する平均粒度分布を作成した結果を 図 4.2.86 に示す。



図 4.2.85 堤内地堆積土の調査位置



図 4.2.86 堤内地堆積土砂の粒度試験結果

b) 堤内地堆積土と堤体土の比較

堤体土は、開削断面に対して、

図 4.2.87 に示す礫質土・砂質土(桜づつみ)・粘性土の3箇所で粒度試験を実施し、堆積 土砂の平均粒度試験結果と重ね図(図 4.2.88)から、堆積土砂と堤体土の粒度分布は同程 度であるため同じ種類の土と推定できる。



図 4.2.87 堤体の調査位置



図 4.2.88 堤体土と堤内地堆積土の粒度分布重ね図

c) 堤内地堆積土と川表堆積土の比較

川表の堆積土に対して、図 4.2.89 に示す3箇所で粒度試験を行った結果、粘性土主体(ほぼ砂・礫分なし)であり、堤内地の粒度分布と異なる。

堤内地に堆積した砂利が河道内から運搬された場合、高水敷にも砂利が堆積することから、 堤内地に堆積した砂利は、川からの供給源でないと推定できる。



図 4.2.89 川表堆積土の調査位置



図 4.2.90 堤体土と堤内地堆積土の粒度分布重ね図

d) 基礎地盤と川表堆積土の比較

基礎地盤に対して、図 4.2.91 に示す箇所で粒度試験を行った結果、粘性土主体(ほぼ砂・ 礫分なし)であり、堤内地の粒度分布とは異なるため、堤内地の堆積土砂の供給源ではない と推定できる。





図 4.2.92 基礎地盤と堤内地堆積土の粒度分布重ね図

(c)形状変化量の比較結果

堤内地の堆積土と堤防決壊土の推定土量と堤内地堆積土と堤防開削断面位置における粒 度試験結果から、土質毎の土量を推定した。

推定結果から、堤内地の堆積土は、全体土量及び土の種類(=土質)毎においても堤防決 壊土より少なかったことから、堤内地の堆積土砂は堤防決壊土が堆積したものと推定される。



図 4.2.93 堤内地の堆積土・堤防決壊土推定土量

	堤内地の堆積 土砂量(A)	堤防決壊土量 (B)	割合 (A/B)	考察
全体	7200 m^3	$20580 \mathrm{m}^3$	約 35%	決壊土量の35%が堤内上流側に堆積し たが,残り65%は堤内地下流側方向等 へ堆積したと考えられる。
礫	$1250 \mathrm{m}^3$	$3400 \mathrm{m}^3$	約 37%	全体割合と同等である。
砂	$5250 \mathrm{m}^3$	12180m ³	約 43%	全体割合よりも10%程度大きい。 ⇒決壊土量に含まれる砂の多くが堤内 地に堆積したと考えられる。
粘性土	$700 \mathrm{m}^3$	$4980 \mathrm{m}^3$	約 14%	全体割合よりも著しく少ない。 ⇒粘性土は堤内地の堆積土範囲に留ま らず、細粒であるため遠方へ運搬さ れたと想定される。

表 4.2.8 土量比較結果一覧表

2) 堆積土砂形成メカニズム推定

決壊地点背後の堆積土が決壊した堤体土から供給されたものと考えられることから、堆積 土砂形成メカニズムを下記のように推定した。

- ▶ 堆積物の礫は表層のみで、その下部は砂が主体で構成されている。
- ▶ 表層に礫が堆積している原因は、決壊・欠損により礫質分の混入した堤防土砂が堤内地側 へ流出し、流れの速い流心部では更に堤内地側へ流送された。
- ▶ 比較的流れの緩やかな上流側の堤防裏に土砂堆積した。
- ▶ その後、新たな土砂供給の無い千曲川の氾濫が継続したことから、土砂堆積部の細粒分である砂や粘土が洗い流されたが、その流れでは流されない粒径の礫が表面を覆う形態で残留した。



堤防裏が緩流域 となっている

樹木や家屋により流れが上流に 向かっている

図 4.2.94 決壊時の状況 (2019(令和元).10.13 6:30頃 撮影)

- (3) 浸透流解析結果
- 1) 解析位置

決壊範囲内における堤防断面の他、上下流の開削調査位置に対して、既往の地質調査結果 や堤防開削調査結果を踏まえ、浸透に対する安全性の照査を実施した。

既往浸透照査 57.4kは当該地区の桜づつみ盛土区間で、標準的な断面が確保でき計画高 水位と堤防川裏法尻堤内地盤高の勾配が最も大きい箇所である。



- 2) 決壊照査位置の解析結果
- (a) 検討断面

決壊箇所で堤防断面が小さい決壊照査位置に 57.4kの既往浸透照査で調査・設定した地層 構成を投影させて検討断面を設定した。



(b) 土質定数

既往浸透照査で設定した 57.4kの土質定数を使用した。桜づつみ盛土(Bs2)や Bgの土質定数は上流側開削調査位置で実施した土質試験結果をもとに設定した。

			単位体積重量		透水係数		粘着力		内部摩擦角	
	上頁	記万	γt	(kN/m3)	k (n	n/s)	с (kN/m2)	(∳(°)
相体	砂質土	Bs1	19.3	試験値①	7. 0. E-06	試験値①	1.0	手引き	25.0	試験値①
	砂質土 (桜づつみ)	Bs2	19.3	Bs1 踏襲	8.8.E-06	試験値2	16.3	試験値②	27.5	試験値②
7E 17	粘性土	Bc	17.7	試験値①	1. 0. E-08	手引き	50.0	試験値①	0.0	_
	礫質土	Bg	20.0	一般值	5.1.E-05	試験値②	1.0	手引き	25.6	試験値②
基礎 地盤	粘性土	Ac	17.4	試験値①	1. 0. E-08	手引き	45.0	試験値①	0.0	_

表 4.2.9 土質定数

※吸出防止材は透水係数を 1.0.E-04(m/s)としている(ドレーン工設計マニュアル)

試験值①:57.4k 土質試験結果

試験值②:上流側開削調查時土質試験結果

一般値:標準的な値

手引き:「河川堤防構造検討の手引き」

(c) 検討外力

雨量は長野観測所、外水位は立ヶ花水位観測所の実績とし、実現象を再現するため最高水位を危機管理型水位計の観測値に設定した。



図 4.2.97 外力条件

(d) 検討結果

検討結果から、浸透に対する照査基準値を満足する結果となった。



図 4.2.98 照査結果

表	4.	2.	10	照杳結果
1	T •	<i>_</i> .	TO	

すべい	0破壞	パイピン		
川裏安全率	川表安全率	局所動水位	評価	
(Fs≧1.320)	(Fs≧1.000)	ih(水平)	iv(鉛直)	
2.400 (ピーク水位時)	2.506 (水位低下時)	0. 446	-	浸透に対する照 査基準値を満足

- 3) 上流側開削断面位置解析結果
- (a) 検討断面

上流側開削調査で実施した断面スケッチ図をもとに検討断面を設定した。



図 4.2.99 検討断面

(b) 土質定数

上流側開削調査位置で実施した土質試験結果と 57.4 kの土質調査結果をもとに設定した。

	上所	計旦	単位体積重量		透水係数		粘着力		内部摩擦角	
	上頁	記万	γt	(kN/m3)	k(m/s)		c (kN/m2)		φ (°)	
	砂質土	Bs1	19.3	試験値①	5.8.E-06	試験値②	1.0	手引き	34.2	試験値②
坦休	砂質土 (桜づつみ)	Bs2	19.3	Bs1 踏襲	8.8.E-06	試験値②	16.3	試験値②	27.5	試験値②
7E 17	粘性土	Bc	17.7	試験値①	4.6.E-07	試験値②	1.0	手引き	31.7	試験値②
	礫質土	Bg, g	20.0	一般值	5.1.E-05	試験値②	1.0	手引き	25.6	試験値②
基礎 地盤	粘性土	Ac	17.4	試験値①	1.0.E-08	手引き	45.0	試験值①	0.0	_

表 4.2.11 土質定数

※吸出防止材は透水係数を 1.0. E-04(m/s)としている(ドレーン工設計マニュアル)

試験值①:57.4k 土質試験結果

試験値②:上流側開削調査時土質試験結果 一般値:標準的な値

手引き:「河川堤防構造検討の手引き」

(c) 検討外力

雨量は長野観測所、外水位は立ヶ花水位観測所の実績とし、実現象を再現するため最高水位を危機管理型水位計の観測値に設定した。



(d) 検討結果

検討結果から、浸透に対する照査基準値を満足する結果となった。



図 4.2.101 照査結果

表 4.2.12 照査結果												
すべい	0破壞	パイピン	/グ破壊									
川裏安全率	川表安全率	局所動水位	习配(<0.5)	評価								
(Fs≧1.320)	(Fs≧1.000)	ih(水平)										
2.785 (ピーク水位時)	1.275 (水位低下時)	0. 474	0. 325	浸透に対する照 査基準値を満足								

- 4) 下流側開削断面位置解析結果
- (a) 検討断面

下流側開削調査で実施した断面スケッチ図をもとに検討断面を設定した。



図 4.2.102 検討断面

(b) 土質定数

下流側開削調査位置で実施した土質試験結果と上流側開削位置や 57.4kの土質調査結果 をもとに設定した。

	上所	fif and		体積重量	透水	係数	∦	占着力	内部	鄂摩擦角
	上頁	記万	γt	(kN/m3)	k(m/s)		c (kN/m2)		ϕ (°)	
	礫質土	g	20.0	一般値	5.1.E-05	試験値②	1.0	手引き	25.6	試験値②
	砂質土 (桜づつみ)	Bs	19.3	試験値②	8.8.E-06	試験値②	16.3	試験値②	27.5	試験値②
	粘性土	Вс	17.7	試験値①	9. 0. E-09	試験値③	1.0	手引き	37.0	試験値③
堤体	砂質土	Bs-1	19.3	試験値①	1.7.E-05	試験値③ (Bs-2)	1.0	手引き	35.5	試験値③ (Bs-2)
	砂質土	Bs-2	19.3	試験値①	1.7.E-05	試験値③	1.0	手引き	35.5	試験値③
	砂質土	Bs-3	19.3	試験値①	2.4.E-05	試験値③	1.0	手引き	35.0	試験値③
	粘性土	Bgc	17.7	試験値①	9. 0. E-09	試験値③	1.0	手引き	37.0	試験値③ (Bc)
基礎	粘性土	Ac	17.4	試験値①	1. 0. E-08	手引き	45.0	試験値①	0.0	-
地盤	粘性土	Fgc	17.4	試験値①	1. 0. E-08	試験値3	0.0	試験値③	35.1	試験値③

表 4.2.13 土質定数

※吸出防止材は透水係数を 1.0. E-04(m/s)としている (ドレーン工設計マニュアル)

試験值①:57.4k 土質試験結果

試験値②:上流側開削調査時土質試験結果 試験値③:下流側開削調査時土質試験結果 一般値:標準的な値

手引き:「河川堤防構造検討の手引き」

(c) 検討外力

雨量は長野観測所、外水位は立ヶ花水位観測所の実績とし、実現象を再現するため最高水位を危機管理型水位計の観測値に設定した。



(d) 検討結果

検討結果から、浸透に対する照査基準値を満足する結果となった。



図 4.2.104 照査結果

表 4.2.14 照査結果												
すべり)破壊	パイピン	~グ破壊									
川裏安全率	川表安全率	局所動水位	习配(<0.5)	評価								
(Fs≧1.320)	(Fs≧1.000)	ih(水平)										
2.596 (ピーク水位時)	1.086 (水位低下時)	0. 447	0. 201	浸透に対する照 査基準値を満足								

- (4) まとめ
- 調査から把握した事項 調査から把握した事項を以下に示す。
 - ▶決壊地点における地質に対する現地調査結果から、基礎地盤は粘性土が主体で浸透に対する弱点となりうる透水性の高い層は連続して存在していない。
 - ▶また、堀跡などによる浸透の弱点となりうる地質も確認されない。
 - ▶ 堤体は下部が砂質土で、上部が粘性土の盛土構造が連続している。
 - ▶上記と同様の地層構成である 57.4k及び上下流開削断面位置で実施した浸透流解析において、浸透に対する安全性が確保されていた。

調査項目	結果
浸透流解析結果 (57.4k及び上下 流開削断面位置)	 > 既往調査結果から、57.4k付近は川表から川裏にかけて透水性の高い 層は連続していない。 > 今次出水の降雨・水位を再現した外力条件をもとに浸透流解析を実施 した結果、照査基準値を満足しており、浸透に対する安全性は確保され ていた。
ボーリング・サ ウンディング調 査結果	 > 基礎地盤は、堤内地、堤外地、堤防部の調査結果から、厚い粘性土を確認した。 > 基礎地盤及び堤体は Bv-①を除き浸透しにくい構造。なお、Bv-①は過去に漏水が確認されており、対策として護岸及び鋼矢板が設置されている。 > 堤体は、下部が砂質土、上部が粘性土の盛土構造である。
堤防開削による 調査結果	 > 上流側の堤体の地層構成は L57.4kとほぼ同じであり、堤体内部に Bg 層が分布するが Bc 層で被覆されているため、浸透しにくい構造である。 > 下流側の堤体は、堤体中心部から堤内地側が Bs 層主体で、堤外地側が Bc 層主体である。また、g 層も確認されるが局所的である。 > 上流側、下流側ともに長沼城(土塁)の痕跡や、空洞、緩み、亀裂等の 水みちとなる変状はみられない。 > 文献から推定した堀位置で堀跡は確認できなかった。堀位置も含め、開 削した地盤面は粘性土が主体であった。
堤内地の堆積物 調査結果	 ▶ 堆積土砂の層厚は最大 3m 程度で、砂利は表層数cm程度に分布し、その他は砂質土主体である。 ▶ 目視観察結果(暫定評価)では、堤防断面に確認される Bg-1 層や旧石積護岸の礫が堤内地に堆積する礫種と同様と推定される。

表 4.2.15 調査結果のまとめ

- 2) 浸透による堤防決壊の可能性の考察 これらのことから、浸透による堤防決壊の可能性について以下のことが推定される。
- (a) パイピング破壊
 - ▶ 堤防決壊地点の基礎地盤は厚い粘性土層の分布が確認されており、開削調査結果からも 弱点となりうる透水性の高い層や城跡等が確認されなかったことから、パイピングが起 きにくい地質構成になっている。
 - ▶今回出水の降雨・水位を再現した浸透流解析結果から、照査基準値を満足している。
 - ▶被災後の現地調査からも噴砂跡等は確認されていない。これらのことから、パイピングが主要因となった可能性は低いと推定される。
- (b) すべり破壊
 - ▶今回出水の降雨・水位を再現した浸透流解析結果から、照査基準値を満足している。
 - ▶また、越流時の洗掘により堤防等が痩せていく過程ですべり破壊が生じた可能性は排除できないが主要因ではないと言える。

- 4.2.8 被災メカニズムの分析(侵食)
 - (1) 決壊地点及び近傍の侵食状況

高水敷の植生は倒伏しているが、目立った流失はしておらず、高水敷上の洗掘等も確認 できない。

また、決壊地点の上下流とも川表法面に目立った侵食の痕跡は確認できない。



図 4.2.105 垂直写真(2019(令和元).10.16 撮影)



①川表法尻状況(正面)



②川表法尻状況(坂路)



③川表法尻状況



図 4.2.106 定点写真(2019(令和元).10.21 撮影)

(2) まとめ

1) 調査から把握した事項

調査から把握した事項を以下に示す。

≻決壊直後の現地調査により、決壊区間の高水敷の植生は倒伏しているが、流失していない。

▶ 決壊直後の現地調査により、決壊区間の高水敷の侵食の痕跡は確認できない。

2) 侵食による堤防決壊の可能性の考察

これらのことから、堤防決壊箇所の上下流とも川表法面に目立った侵食の痕跡は確認できないため、決壊の主要因となった可能性は低いと推定される。

4.2.9 決壊原因の特定

堤防決壊のメカニズムは、一般的に「河川水の越水による堤防決壊」、「河川水の浸透による堤防決壊」、「河川水の侵食・洗掘による堤防決壊」などがあり、これらのメカニズムが複合的な要因となって堤防決壊することもある。

千曲川左岸 57.5k付近における堤防の決壊原因の可能性を検討した結果、「越水」が堤防決 壊の主たる原因と推定される。

		決壊要因の可能性	影響 程度
越	述水	 ● 監視カメラから越流が生じているのが確認されており、堤防決壊地点の上下流区間も川裏法尻に越流水による洗掘等が確認されている。これらのことから、越流によって堤防等の欠損が発生し決壊の主要因になったと推定される。 	0
浸透	パイピ ング 破壊	 堤防決壊地点の基礎地盤は厚い粘性土層の分布が確認されており、パイピングが起きにくい地質構成になっている。 57.4k付近は川表から川裏にかけて透水性の高い層は連続していない。なお、今次出水の降雨・水位を再現した外力条件をもとに浸透流解析を実施した結果、照査基準値を満足しており、浸透に対する安全性は確保されていた。 被災後の現地調査からも噴砂跡等は確認されていない。これらのことから、パイピングが主要因となった可能性は低いと推定される。 	×
	すべり 破壊	 今次出水の降雨・水位を再現した外力条件をもとに浸透流 解析を実施した結果、照査基準値を満足しており、浸透に 対する安全性は確保されていた。 また、越流時の洗掘により堤防等が痩せていく過程ですべ り破壊が生じた可能性は排除できないが主要因ではないと 言える。 	×
侵	食	 ● 堤防決壊箇所の上下流とも川表法面に目立った侵食の痕跡 は確認できないことから、決壊の主要因となった可能性は 低いと推定される。 	×

○:決壊への影響は大 ×:決壊への影響は低い

4.3 堤防欠損(左岸104k付近 長野県上田市諏訪形地先)

4.3.1 左岸 104 k 付近堤防欠損の概要

本報告書の分析対象となっている千曲川左岸 104 k (長野県上田市諏訪形地先)の欠損の 概要は以下の通りである。

記録的な大雨により千曲川では観測史上最大水位を記録した洪水となり、欠損箇所周辺に 設置された CCTV カメラにより 10 月 13 日の6時 30 分頃から欠損が確認され、7時 35 分ま では千曲川橋梁の落橋はみられず、7時 40 分で撮影が終了となった。

その後、欠損が拡大し落橋が発生したと考えられる。



図 4.3.1 位置図



図 4.3.2 欠損地点航空写真(2019(令和元).10.14 10時15分頃撮影)



図 4.3.3 欠損地点(2019(令和元)10.13 7時10分頃撮影)

4.3.2 堤防欠損地点周辺における出水前後の河道状況

千曲川左岸 104k 付近堤防欠損地点周辺は、今回の出水を受け砂州の移動など河道が大きく 変化した。

特に、澪筋は位相が左右岸で逆転するような大きな変化となり、平成年代で水衝部ではなか った箇所が現在水衝部となっている。



図 4.3.4 出水前 (2018(平成 30).8 撮影)





2018(平成 30).8 の砂州 2018(平成 30).8 の澪筋 2019(令和元).10 の澪筋

図 4.3.5 出水後 (2019(令和元).10.16 撮影)

4.3.3 河道の変遷

平成11年8月出水以降、近年まで大きな澪筋の変化までは見られない。 欠損箇所周辺は、平成11年8月出水以前から左岸側に砂州が堆積しており、104kの横断 重ね図からも背の高い砂州が左岸側に固定化している。



図 4.3.6 千曲川河道変遷







図 4.3.10 千曲川 104.5k 横断重ね図



4.3.4 堤防欠損地点の状況

(1) 堤防欠損前後の時系列変化

堤防欠損は10月13日6時30分にCCTVカメラで確認したが、欠損が発生した時間は不明である。

堤防欠損を確認した 10 月 13 日 6:30 から 30 分程度の経過で欠損幅が約 2 倍に広がって いる。

当該箇所の約4km上流にある生田水位観測所の最高水位は12日20時50分で、堤防欠損 を確認(13日6時30分)した時間は洪水の減水期であった。



図 4.3.12 CCTV 設置位置図



①2019(令和元).10.13 6:25



②2019(令和元).10.13 6:30



 ③2019(令和元).10.13 6:40
 ④2019

 図 4.3.13
 堤防欠損の時系列変化 (1/2)



④2019(令和元).10.13 7:00





(2) 堤防欠損地点の河道特性

今回出水の直近で規模が大きい平成11年8月出水(生田観測所での最高水位4.86m、流量3,620m3/s)による河床変動状況を確認する。

上田橋下流側から澪筋の変化がみられるが、特に古船橋付近では左岸側にあった澪筋が 出水後右岸側へ移動している。

今回の台風第19号(東日本台風)出水は平成11年8月出水規模を大きく上回っていることから、より大きな河床変動が発生したと推察される。





図 4.3.17 H11 年 8 月と R1 年 10 月出水ハイドロ比較図(生田観測所)



図 4.3.18 1999(平成 11).8 出水前後の澪筋変化



図 4.3.20 104.0kの1999(平成11).8出水前後横断変化

4.3.5 被災メカニズムの分析(越水)

(1) 痕跡水位の状況

堤防欠損地点は、洪水痕跡から越水は生じていない。



図 4.3.21 103.5k 台風第 19 号 (東日本台風) 出水・洪水痕跡水位 (2018 (平成 29) 測量断面図)



図 4.3.22 104.0k 台風第 19 号 (東日本台風) 出水・洪水痕跡水位 (2018 (平成 29) 測量断面図)



図 4.3.23 104.5k 台風第 19 号 (東日本台風) 出水・洪水痕跡水位 (2018 (平成 29) 測量断面図)



- (2) まとめ
- 調査から把握した事項 調査から把握した事項を以下に示す。
 ▶堤防欠損区間では、痕跡水位からも越流が生じていない。
- 2) 越水による堤防欠損の可能性の考察 これらのことから、堤防欠損は越水による被害ではない。

- 4.3.6 被災メカニズムの分析(浸透)
 - (1) 浸透流解析結果
 - 1) 検討断面

現地で欠損面の土質及び基礎部露岩状況を確認し、既往調査で把握されている土質と同様 と判断し断面設定を行った。



図 4.3.25 検討断面

2) 土質定数

堤体は築堤履歴が同等の 103.25k の土質定数を、基礎地盤は岩の分布が把握されている 106.5k の土質定数を使用した。

	上所	封 中.	単位体積重量		透水係数		粘着力		内部摩擦角	
	上貝	口与	γt(kN/m3) k(m/s)		c(kN/m2)		ϕ (°)			
担休	砂質土	Bs	19.2	試験値	3.5.E-06	推定値	1.0	手引き	34.8	試験値
	礫質土	Bg	20.3	試験値	1.2.E-04	試験値等	1.0	手引き	38.3	試験値
基礎 地盤	礫質土	Ag	21.0	一般値	5.6.E-04	試験値等	0.0	手引き	40.5	推定值
	岩	М	20.0	一般值	1. 0. E-08	手引き	65.5	推定值	39.2	推定值

表 4.3.1 土質定数

試験值:103.25k 土質試験結果

試験値等:土質試験結果と推定値から評価 一般値:標準的な値

手引き:「河川堤防構造検討の手引き」

推定値: 粒度試験やN値からの推定値



図 4.3.27 堤防欠損面及び基礎付近の土質

3) 検討外力

雨量、外水位は生田観測所の実績とし、実現象を再現するため最高水位は 104.0k の痕跡 水位として設定した。



図 4.3.28 外力条件
4) 検討結果

検討結果から、浸透に対する照査基準値を満足する結果となった。



図 4.3.29 照査結果

表 4.3.2 照查結果

すべり破壊		パイピング破壊		
川裏安全率	川表安全率	局所動水位	习配(<0.5)	評価
(Fs≧1.452)	(Fs≧1.000)	ih(水平)	iv(鉛直)	
2.453 (痕跡水位時)	1.425 (水位低下時)	- ※浸潤線が照 査位置まで上 がらない	_ ※浸潤線が照 査位置まで上 がらない	浸透に対する照 査基準値を満足

- (2) まとめ
- 1) 調査から把握した事項 調査から把握した事項を以下に示す。
 - ▶今次出水における当該地区は計画高水位以下であり、近傍の調査結果を基に欠損前の断面に対して照査を行った結果、すべり破壊・パイピングともに、照査基準値を満足している。
- 2) 浸透による堤防欠損の可能性の考察 これらのことから、堤防欠損は浸透が主要因となった可能性は低いと推定される。

4.3.7 被災メカニズムの分析(侵食)

(1) 堤防欠損箇所の護岸状況

堤防欠損範囲は第一期改修時 (T.11~S17.3年)に、樋門や橋梁の一部区間を除いて空石張 護岸と木工沈床が施工されている。

第一期改修時に施工されている堤防欠損箇所上流側の堤防・空石張護岸は、出水後も損傷 していない。



図 4.3.30 左岸側痕跡水位縦断図



図 4.3.31 第一期改修時の護岸構造

②空石張護岸(諏訪形浄化樋門下流側)

出水後、空石張護岸の

損傷はみられない



木工沈床が流失



③空石張護岸(諏訪形浄化樋門上流側)

図 4.3.32 欠損箇所上流の洪水後の護岸状況 (2019(令和元).10.21 撮影)

- (2) 堤防欠損箇所周辺の護岸整備状況
- 1) 目視調査

堤防欠損地点周辺で近年整備された護岸は、次頁に示す図 4.3.33の目視による出水前の 点検において異常は確認されておらず、今次出水後においても②区間で一部根固めブロック の露出や木工沈床の変形は見られるが、護岸に対する損壊はみられない。



①2018(平成 30).12.1 撮影

①2019(令和元).12.2 撮影

22018(平成 30).8 撮影

22019(令和元).12.2 撮影





③2017(平成 29).7.27 撮影 ③2019(令和元).12.2 撮影 ④2018(平成 30).10.23 撮影 ④2019(令和元).12.2 撮影 ⑤2014(平成 26).8.19 撮影 ⑥2019(令和元).12.2 撮影

図 4.3.33 欠損地点周辺の護岸整備状況図

2) 横断測量成果による評価

今次出水後に実施した 250m ピッチの横断測量成果(R2.2)から、河道形状と既設護岸 との関係を次頁図 4.3.35 に整理した。

欠損河床周辺では、澪筋の変化、河岸の侵食、護岸前面の洗掘が生じている。

右岸 103.25kの根固工前面で河床が護岸基礎高より 2.9m程度低くなっており、今後注意 が必要である。



図 4.3.34 右岸 103.25k 付近の護床工露出状況(2020(令和 2).1.30 撮影)





図 4.3.35 河道形状と既設護岸との関係

110

欠損箇所だけでなく横断測量成果から、右岸103.25k付近で水衝部による大きな河床洗掘や右岸104.5kでは大きな側方侵食が確認された。



出水前(2018(平成30).8撮影)



出水後(2019(令和元).10.16 撮影)

図 4.3.36 出水前後の状況

- (3) 堤防欠損箇所の状況
- 1) 護岸基礎部の洗掘状況

堤防欠損地点の護岸基礎高は、ニヶ村堰樋門図面や現地で確認した木工沈床の高さから 堤防欠損範囲の護岸基礎高を推定し、千曲川橋梁左岸橋台、二ヶ村堰樋門等の基礎高を経 年最深河床高縦断図にプロットした。

堤防欠損地点周辺護岸及び各施設基礎高は、昭和 39 年測量以降の最深河床(対岸側)よ り高い位置に設置されている。(左岸側は砂州により河床が高い)

今回の出水前まで左岸側は砂州が発達していたが、今回出水により砂州が侵食し、千曲川 橋梁部の左岸側で7m程度の洗掘が生じている。

また、既設護岸基礎高(推定高)から5m程度の洗掘が生じている。



図 4.3.37 出水前 (2018(平成 30).8 撮影)



図 4.3.38 出水後 (2019(令和元).10.16 撮影)



図 4.3.39 千曲川橋梁横断図



図 4.3.40 ①断面横断図



図 4.3.41 最深河床高と護岸基礎の関係

2) 側方侵食の状況

堤防欠損箇所周辺は、H25 測量と R1.10.23 測量の重ね合わせから側方侵食幅が 30~36m 程度である。



図 4.3.42 平面図



図 4.3.45 NO.3 横断重ね図





(4) 固結粘土層の評価

103.5k 横断図より、平成7年測量から固結粘土の前面が洗掘され河床が低下したと想定 される。その後、砂州が堆積していたが、今次出水で固結粘土が露出していた。 露出した固結粘土に対する強度試験を実施した。

<固結粘土の強度>

固結粘土は暗灰色と褐色の2種類が確認され、一軸圧縮強度値からも比較的硬質である ことが確認できる。

構造物の基礎地盤としては十分な耐力はあるが、粘土等が固結した層なので、洪水中に 粗い河床材料等により表面が削れながら侵食されることが考えられる。





上田橋下流(2019(令和元).10.31 撮影)

上田橋上流(2019(令和元).10.31 撮影)

図 4.3.50 露出した固結粘土上面高調査及び強度試験結果

E	ンシステンシー	非常に軟らかい	軟らかい	中位の	硬い	非常に硬い	固結した
	N 値	2以下	$2\sim 4$	4~8	8~15	$15 \sim 30$	30 以上
	(kN/m^2)	25 以下	$25 \sim 50$	50~100	$100 \sim 200$	200~400	400 以上
qu	$\{kgf/m^2\}$	{0.25以下}	$\{0.25\sim 0.50\}$	$\{0.5 \sim 1.0\}$	$\{1.0\sim 2.0\}$	$\{2.0\sim 4.0\}$	{4.0以上}
						↑	▲

表 4.3.3 コンシステンシー、N値および一軸圧縮強さの関係

甘7株地塾の毛粉		備考		
	本 ^{使 地} 盤 の 権 類	kN/m2	N 値	
	亀裂の少ない均一な硬岩	9810 以上	-	
岩盤	亀裂の多い硬岩	9810 以上	_	
-1111A	軟岩、土丹	981 以上	- •	< ── 裾 色
礫	密なもの	-	-	
層	密でないもの	-	-	
地砂	密なもの	_	$30 \sim 50$	
層質	中位なもの	_	$15 \sim 30$	
粘性	非常に堅いもの	$196 \sim 392$	$15 \sim 30$	← 暗灰色
	堅いもの	98.1~196	8~15	
地盤	中位なもの	49~98.1	4~8	

表 4.3.4 基礎地盤の種類と強度



図 4.3.51 103.5k 経年横断変化と固結粘土の関係

(5) 固結粘土層の分布状況

堤防欠損地点で実施した地質調査結果から、上田橋上流に露出した固結した粘性土層 (D(fa)c)は、地質調査結果からNO.1 測線から上流は確認されなかった。

固結した粘性土である D(fa) c 層は薄層であり、下層が砂質土であったことから、侵食が 生じやすかったと考えられる。



図 4.3.52 地質調査位置

D(fa)c



上田橋上流(2019(令和元).10.31 撮影)

地質	時代	地層名	地質記号	色区分	地質区分
第四紀	完新世	扇状地堆積層	A(fs)g1		礫質土
			D(fa)c		粘性土
	更新世	扇状地堆積層	D(fa)s		砂質土
			D(fa)g		礫質土



118



図 4.3.54 NO.1 地層想定横断重ね図



図 4.3.55 NO.2 地層想定横断重ね図



図 4.3.56 NO.3 地層想定横断重ね図

- (6) まとめ
- 調査から把握した事項 調査から把握した事項を以下に示す。
 - ▶長期間にわたって左岸側に発達していた砂州が、出水中に大きく侵食し水衝部が形成され、河床の著しい洗掘が確認された。
 - ▶ 護岸基礎の根入れや根固工設置幅を十分確保し近年施工した護岸は、一部根固工に変状が発生している場所もあるが、洗掘による被災は発生していなかった。
 - ▶上田橋周辺に比較的硬化である固結粘土層が露出したが、欠損地点は薄層であり、下層 が砂質土であったことから、侵食が生じやすかったと考えられる。
 - ▶また、固結粘土層の分布範囲も上流端はニケ村堰樋門位置付近で、千曲川橋梁部には存在しなかった。
- 2) 侵食による堤防欠損の可能性の考察 これらのことから、侵食による堤防欠損が主要因と推定される。

4.3.8 被災メカニズムの分析(構造物)

欠損範囲の周辺にある構造物(樋門、橋梁)の出水前の状況から、堤防欠損を助長する要因 がなかったか評価を行う。





(1) 樋門

1) ニヶ村堰樋門

千曲川左岸 103.5 k + 170mに設置されている二ヶ村堰樋門(取水)は、今般の出水により施設が被災し流失した。

被災前の平成 29 年 11 月と同 30 年 11 月に行った施設点検では、施設本体や取付護岸の 維持状況、周辺堤防の異常などは認められていなかった。



①河川法 78 条 1 項に基づく立入検査 2017(平成 29).11 実施



②施設管理者の自主点検2018(平成 30).11 実施



③被災後の残された管渠(呑口側)(2019(令和元).10.16 撮影)

図 4.3.58 二ヶ村堰樋門の状況(点検時と台風第19号(東日本台風)出水後)

2) 諏訪形浄水場樋門

千曲川左岸103.5k+420mに設置されている諏訪形浄水場樋門(排水)は、現在のところ今般の出水による被災は認められていない。

出水前の平成29年5月と同30年5月に行った施設点検では、施設本体や取付護岸の維持 状況、周辺堤防の異常などは認められていない。



①河川法 78 条1に基づく立入検査 2018(平成 30).5 実施



②台風第19号(東日本台風)出水後の施設(2019(令和元).10.21撮影)

図 4.3.59 諏訪形浄水場樋門の状況(点検時と台風第19号(東日本台風)出水後)

3) 樋門による堤防欠損への影響

両樋門とも堤防法線の直角方向に設置され、条件護岸も施工されていた。一般的な樋門構 造で堤防欠損を助長するような構造物ではない。 (2) 橋梁

1) 上田電鉄別所線 千曲川橋梁

千曲川左岸 103.5 k + 220 m に設置されている上田電鉄別所線千曲川橋梁は、今般の出水 で被災を受けた。

被災前の平成29年5月と同30年5月に施設管理者が行った点検では、橋梁施設や取付 護岸の維持状況、周辺堤防の異常などは認められていない。





①施設管理者による自主点検 2018(平成 30).5 実施







②施設管理者による自主点検 2017(平成 29).5 実施図 4.3.60 上田電鉄別所線 千曲川橋梁の状況(点検時)

2) 橋梁による堤防欠損への影響

千曲川橋梁は洪水時の流向に対して直角に、橋脚方向は洪水時の流水方向と平行に設置 され、橋脚形状は小判型(細い楕円形)であり、堤防欠損を助長するような構造物ではない。

- (3) まとめ
- 1) 調査から把握した事項 調査から把握した事項を以下に示す。
 - ▶ニヶ村堰樋門と諏訪形浄水場樋門はこれまでの検査において異常は認められておらず、 設置方向も堤防法線に直角で、一般的な構造であり、堤防欠損を助長するような構造物 ではない。
 - ▶千曲川橋梁は出水時の流向に対して直角で、橋脚方向は出水時の流水方向と平行に設置 され、橋脚形状は小判型(細い楕円形)である。また、出水時に流木等の阻害が確認さ れていない。
- 構造物による堤防欠損の可能性の考察 これらのことから、構造物が堤防欠損の主要因となった可能性は低いと推定される。

4.3.9 欠損原因の特定

堤防決壊のメカニズムは、一般的に「河川水の越水による堤防決壊」、「河川水の浸透による 堤防決壊」、「河川水の侵食・洗掘による堤防決壊」などがあり、これらのメカニズムが複合的 な要因となって堤防決壊することもある。

千曲川左岸104k付近における堤防の欠損原因の可能性を検討した結果、「侵食」が堤防欠損の主たる原因と推定される。

	欠損要因の可能性	影響 程度
越水	 ● 堤防欠損区間では、痕跡水位からも越流が生じていないことが判明していることから、越水による被害ではない。 	×
浸透	 今次出水における当該地区は計画高水位以下であり、近傍の調査結果を基に欠損前の断面に対して照査を行った結果、すべり破壊・パイピングともに、照査基準値を満足している。これらのことから、浸透が堤防欠損の主要因となった可能性は低いと推定される。 	×
侵食	 長期間にわたって左岸側に発達していた砂州が、出水中に 大きく侵食し水衝部が形成され、河床の著しい洗掘が確認 されている。これらのことから、侵食による堤防欠損が主要 因と推定される。 	0
構造物の影響	 ニヶ村堰樋門と諏訪形浄水場樋門はこれまでの検査において異常は認められておらず、設置方向も堤防法線に直角で、一般的な構造であり、堤防欠損を助長するような構造物ではない。 千曲川橋梁は出水時の流向に対して直角で、橋脚方向は出水時の流水方向と平行に設置され、橋脚形状は小判型(細い楕円形)である。また、出水時に流木等の阻害は確認されていない。このことから、構造物が堤防欠損の主要因となった可能性は低いと推定される。 	×

○:欠損への影響は大 ×:欠損への影響は低い

5章 本復旧工法について

- 5.1 堤防決壊 (左岸 57.5 k 付近)
- 5.1.1 堤防決壊のプロセス

堤防の決壊原因は「越水」と推定され、そのプロセスは下記のとおりと推定される。

段階	プロセス	模式図
STEP1 越水の開始	 河川の水位が上昇し、越水が生じる。 越流水により川裏法尻部の洗掘が始まる。 	Bs2 Bs1 Ac
STEP2 川裏部の洗 掘	 > 越流水による川裏部 の洗掘が進行し堤体 の欠損が進行した。 > 天端舗装(長野市 道)や完成堤防の川 裏側に第2種側帯 (桜づつみ)が施工 されていたことが、 決壊に至るまでの時 間をある程度引き延 ばしたと推定され る。 	▼
STEP3 決壊 (堤体流失)	≻ 天端舗装も流失し、 堤防幅がさらに減少 し、川表からの水圧 に耐えることができ ず、決壊に至ったと 推察される。	▽ 干曲川 Ac

5.1.2 堤防決壊地点における対策の基本方針(案)

(1) 堤防決壊の原因

- ① 千曲川流域の東域で300 mmを超える大雨となり、堤防決壊地点近隣の立ヶ花観測所で 計画高水位を超過し、観測史上第1位の水位を記録した。
- ② 堤防決壊地点(左岸 57.5 k 付近)に設置されたCCTVカメラにより、10月13日0
 :55頃越流が始まったことを職員が確認した。
- ③堤防決壊地点の上下流で、越流による堤防の欠損が発生していた。
- ④ 越流水による川裏法尻部の洗掘が進行し、堤体の欠損が進行していくなかで、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。
- (2) 堤防決壊地点における対策の基本方針(案)

堤防決壊地点(左岸 57.5k 付近)における対策の基本方針は以下のとおりである。

- ① 治水計画上、河川堤防は対象とする洪水をHWL以下で安全に流下させる計画となっている。
- ② 越水に対しては、堤防構造の工夫として決壊までの時間を引き延ばすための対策を実施する。
- ③ 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 を図りつつ、対策を進めていく。
- ④ 今次出水による越水対策については、河道掘削による流下能力向上等の水位低下を基本とする。
- (3) 堤防決壊地点における対策方法(案)

堤防決壊地点(左岸 57.5 k 付近)における対策方法は以下のとおりとする。

- ①堤防の復旧断面は、被災前と同様に計画断面で復旧を行う。
- ② 堤防決壊箇所に設置されていた桜づつみについても本復旧において復旧を行う。
- ③ 越水による決壊までの時間を引き延ばす対策として、「令和元年台風第19号の被災 を踏まえた河川堤防に関する技術検討会」での議論を踏まえ、コンクリートブロック による表面被覆型の堤防強化を実施する。
- ④ 新堤施工後、直ちに鋼矢板仮締切堤防を撤去する必要があることから、安定性を考慮 して川表側に法覆護岸を施工する。
- ⑤堤防決壊地点では、落掘等による不陸や軟弱土の堆積による不等沈下等が懸念された が、落掘調査時に基礎地盤に弱点となる地層が確認されなかったため、良質土により 埋戻し、盛土を行う。
- ⑥堤防決壊地点では堤防基礎地盤が厚い粘性土層であることを確認しており、基盤漏水が発生する可能性は小さいと考えられる。なお、堤防の復旧工事の施工にあたって、 基礎地盤の処理として、置換土を実施した範囲については、その置換土と既存地盤の 一体性の観点から弱部とならないよう、基礎地盤への根入れを考慮した深さ(長さ5m) まで鋼矢板を実施する。

(参考)堤防決壊地点(左岸 57.5k付近)における復旧断面

【横断模式図】



※天端舗装工は、道路等の関係者と調整しながら決定する。 施工にあたっては、環境面に配慮し覆土等も検討する。

5.1.3 今後の堤防強化対策にあたっての留意点(案)

- ・堤防定規断面と桜づつみとの縁切りについては、桜づつみが侵食された後に、シートによる法面被覆として効果を発揮することが期待される。法肩から抜け落ちないように、 天端ブロック下に巻き込むようにするとよい。
 一方、法面を被覆したブロックが越水時に剥がれ落ちる可能性を考慮して、天端保護工とは接続しない方がよい。
- ブロック下に吸出防止材を敷設した場合でも、吸出防止材下からの土羽の侵食が懸念 される。透水性の低い吸出防止材を利用するなど、土羽の侵食を生じにくくする工夫が 求められる。
- ・ 越水時に表土が流出すると、法面を被覆するブロックにせん断力が作用する。せん断力の作用によって連節されたブロックが座屈する可能性があるので、座屈しにくい構造とするように留意する必要がある。また、維持管理を考えると、法面形状が変形することも想定され、ブロック間の段差やブロックの傾斜が生じた場合には、せん断力の急激な増加も想定されるため、ブロックで被覆する堤防裏法面についてはできる限り緩やかにした方がよい。
- 法面部を被覆するブロックに作用するせん断力も考慮した上で、ブロックの滑動を支 えるのに十分な安定性を法留基礎工が有していることを確認しておくことが必要であ る。
- ・ 越水時における法尻部周辺地盤の洗掘を抑制するため、法留基礎工の天端と堤内地盤 高の差をできる限り小さくすることが必要である。
- ブロックを敷設する前に、桜づつみについては十分な締め固めを行う必要がある。
- ・堤防強化を実施する区間については、対象とする外力設定を含めて、洪水流解析(不 定流計算等)を行い、妥当性の確認も必要である。

5.2 堤防欠損(左岸104k付近)

5.2.1 堤防欠損のプロセス

堤防の欠損原因は「侵食」と推定され、そのプロセスは下記のとおりと推定される。

段階	プロセス	模式図
STEP1 侵食開始前 段階	▶長期間左岸側に砂州 が堆積していた。	7曲川 砂 州
STEP2 砂州の侵食 開始	≻ 左岸側が水衝部となり、砂州が侵食をうけ、木工沈床に変状・流失が発生したと推定される。	F ⊞Ⅲ
STEP3 砂州の侵食 による護岸 崩壊	> 砂州の侵食が進行 し、木工沈床が流失 した。その後、護岸 工の背面土砂が吸い 出され、護岸崩壊が 発生したと推定され る。	千曲川
STEP4 欠損(堤体 侵食)	▶ 護岸が流失したため、堤体が侵食され、堤防欠損が発生したと推定される。	✓

5.2.2 堤防欠損地点における対策の基本方針(案)

(1) 堤防欠損の原因

- ① 千曲川流域の東域に 300mm を超える大雨となり、欠損地点近隣の生田観測所で計画高 水位を超過し、観測史上第1位の水位を記録した。
- ② 堤防欠損地点に設置されていた護岸は、千曲川第一期改修時(T7.11~S17.3年) に施 工された空石張護岸で、基礎高が昭和 39 年以降の最深河床より高い位置に設置され ていた。
- ③ 長期間左岸側に発達していた砂州が、出水中に大きく侵食し水衝部が形成され、河床 の著しい洗掘が確認されている。これらのことから、侵食による堤防欠損が主要因と 推定した。
- (2) 堤防欠損地点における対策の基本方針(案)

堤防決壊地点(左岸104k付近)における対策の基本方針は以下のとおりである。

- 災害復旧事業により堤防復旧に加え、今後の河川整備との整合を図りつつ、対策を進めていく。
- ② 洪水時の流れの集中や洗掘に対して、効果的かつ効率的な対策を選定する。

(3) 堤防欠損地点における対策方法(案)

堤防欠損地点(左岸104k付近)における対策方法は以下のとおりとする。

- ①法覆工や根固工は、今次出水で被災を受けなかった周辺護岸の構造を参考にする。
- ② 基礎高は、経年的な最深河床高の変化や、被災時の河床高、被災後に実施された横断 測量結果で確認された最深河床高、上下流の整備済護岸基礎高を踏まえ、設定する。
- ③ 洪水時の洗掘に対しては、根固工の追従効果で対応する。
- ④ 堤脚護岸部での洪水エネルギーの減勢を目的として、一定間隔で根固減勢部を設置する。
- ⑤ 詳細な構造等については、現地調査等を行ったうえで詳細設計を実施し精査する必要 がある。

(参考)堤防決壊地点(左岸104.0k付近)における復旧断面

【横断模式図】



根固減勢部





上田橋右岸側下流(2019(令和元)10.21 撮影)

6章 委員による被災地点の現地調査

- 6.1 令和元年10月15日現地調査
- 6.1.1 現地調査概要

調査日時:令和元年10月15日(火)13:00~16:30 行程

13:00~14:30 千曲川左岸 58kp 付近の堤防決壊箇所(長野市穂保地区)

15:30~16:30 千曲川左岸 104kp 付近の堤防欠損箇所(上田市諏訪形地区)



被災状況(長野市穂保地先) (2019(令和元).10.13 7:00)



被災状況(上田市諏訪形地先) (2019(令和元).10.13 7:10)

- 6.1.2 現地調查参加委員
 - 大塚悟(長岡技科大工学部教授)【委員長】 安田浩保(新潟大学災害・復興科学研究所准教授) 吉谷純一(信州大学工学部水環境・土木工学科教授) 豊田政史(信州大学工学部水環境・土木工学科准教授) 福島雅紀(国総研河川研究室室長) 佐々木哲也(土研土質・振動チーム上席研究員)
 - (1) 現地調査の状況



長野市穂保地先▶田市諏訪形地先○ 国交省職員が現地状況等を説明し、委員が現場を確認

(2) 記者会見の状況



- 6.2 令和2年2月14日現地調査
- 6.2.1 現地調査概要

調査日時: 令和2年2月 14日(金)13:15~15:15 調査箇所: 千曲川左岸 57.5kp 付近の堤防決壊箇所(長野市穂保地区)

6.2.2 現地調査参加委員

大塚悟(長岡技科大工学部教授) 【委員長】

(1) 現地調査の状況



○ 国交省職員が現地状況等を説明し、委員が現場を確認

- (2) 委員長のコメント
 - ▶ 落堀は発生箇所を目視して、粘性土(シルト)であることを確認した. 深堀れした地点でも透水層となる礫質土は露出していない. 基礎地盤の調査においても連続した透水層は存在せず、 漏水やパイピングなどの現象は生じないと推測される。
 - ▶ 堤防断面は一部で礫まじり土が確認できるが、軟弱な土質や連続した透水層は見られない。
 - ▶ 堤防基礎地盤は粘性土(シルト)が厚く堆積し、連続した礫層などは見られない。

- 6.3 令和2年2月19日現地調査及び意見交換会
- 6.3.1 現地調査概要

調査日時:令和2年2月 19日(金)13:30~15:00 調査箇所:千曲川左岸 57.5kp 付近の堤防決壊箇所(長野市穂保地区) 意見交換会場所:千曲川河川事務所大会議室

6.3.2 現地調査参加委員

宮島昌克(金沢大学理工研究域地球社会基盤学系教授) 安田浩保(新潟大学災害・復興科学研究所准教授) 吉谷純一(信州大学工学部水環境・土木工学科教授) 豊田政史(信州大学工学部水環境・土木工学科准教授) 福島雅紀(国総研河川研究室室長) 佐々木哲也(土研土質・振動チーム上席研究員)

(1) 現地調査及び意見交換会の状況



○ 国交省職員が現地状況等を説明し、
 委員が現場を確認



○現地調査後、委員と国交省職員との意見交換会を実施

- (2) 委員のコメント
 - ▶基礎地盤の状況をみると、明確な透水性の高い弱点となる層は確認できなかった。
 - ▶川表側の5箇所の開削部(トレンチ)の結果から透水性の高いところはない。
 - ▶相対的に基礎地盤が掘れている部分については、前に矢板を打つこと、堤体を幅広くすることなどプラスアルファの対策が必要。

▶現場では三日月堀跡はないと言っていいと思う。

巻末資料(堤防復旧状況について)

1 穂保地区堤防決壊地点(左岸 57.5k 付近)の状況

- 1.1 穂保地区堤防決壊地点(左岸 57.5K 付近)の状況
 - 令和元年東日本台風(台風第19号)による出水では、千曲川本川において越水・溢水が発生し、左岸 57.5k 付近で堤防決壊、各所で川裏 法崩れが発生。





撮影: 2019年10月13日 13時10分頃



撮影 2019年10月13日 6:30 頃



撮影 2019年10月13日 6:20 頃



撮影 2019年10月13日、10:00頃

1.2 穂保地区災害復旧状況

- 令和元年 10 月 13 日(日) 7:10 より 24 時間体制で緊急復旧工事に着手。
- 令和元年 10 月 17 日(水) 仮堤防が完成。
- 令和元年 10 月 30 日(水) 9:
- ■令和 2 年 5 月 29 日(金) 決壊

9:00 鋼矢板仮締切堤防が完成。 決壊箇所(L=140m)堤防復旧概成。

: 撮影日 2019 年 10 月 13 日 (日) 14 時 00 分頃 決壞幅 L=約70m 千曲川

1.3 穂保地区における本復旧工法(57.5k付近)

■穂保地区の標準断面図と堤防復旧状況





裏法の被覆状況(大型連節ブロック)

2020年6月1日撮影

堤防復旧状況
■ 穂保地区の平面図



現時点の施工状況

:施工中

■ 矢板の施工状況











矢板の施工完了状況写真





護岸の施工状況写真



護岸の覆土完了状況写真 ※覆土完了後種子吹付実施 ■堤防天端(ブロックマット)の施工状況





ブロックマットの施工状況写真



ブロックマットの施工完了状況写真







護岸の覆土完了状況写真

※覆土完了後種子吹付実施

護岸の施工状況写真

■ 法尻の施工状況





法尻の施工状況写真



法尻の施工完了状況写真

■堤防(堤体、桜づつみ)の施工状況







堤防の締固状況写真



桜づつみの締固状況写真

参考-12

2 諏訪形地区堤防欠損地点(左岸 104.0k付近)の状況

- 2.1 諏訪形地区堤防欠損地点の状況(左岸 104.0K 付近)
 - 千曲川左岸 104k 付近の堤防が延長約 300mにわたり、堤防欠損(図-2、図-3)。また、堤防欠損地点周辺は今回の出水を受け砂州の移動など 河道が大きく変化。
 - ■千曲川橋梁(上田電鉄)左岸側橋台が被災をうけ、落橋。(図-2)



図-1 台風第 19 号出水前の状況



図-2 2019.10.14 撮影



図-3 2019.10.14 撮影

2.2 諏訪形地区災害復旧状況

- 令和元年 10 月 13 日(日) 午前 8 時 33 分 24 時間体制で緊急復旧工事に着手。
- ■令和元年10月28日(月) 川の流れを変える瀬替工が完成し、被災箇所への水当たりを弱めた。
- ■令和元年11月3日(日) 仮堤防が完成。
- ■令和2年3月2日(月) 本復旧施工開始。
- ■令和2年6月20日(土) 本復旧工事完成。



- 2.3 諏訪形地区における本復旧工法(104.0k付近)
 - 諏訪形地区の標準断面図と堤防復旧状況





被災状況写真

応急復旧状況写真

復旧完了状況写真

■ 法留基礎工の施工状況





法留基礎工の施工状況写真



法留基礎工の施工完了写真

■根固めブロック工の施工状況





根固めブロックの施工状況写真



根固めブロックの施工完了写真

参考-17

■大型ブロック張工の施工状況





大型ブロック張の施工状況写真



大型ブロック張の施工完了状況写真