那珂川・久慈川堤防調査委員会

報告書

令和2年3月

那珂川·久慈川堤防調査委員会

はじめに

令和元年10月6日に南鳥島近海で発生した台風第19号は、一時大型で猛烈な台風に発達した後、次第に進路を北に変え、日本の南を北上し、12日に大型で強い勢力で伊豆半島に上陸した。その後、関東地方を通過し、13日に日本の東で温帯低気圧に変わった。

那珂川水系では、下塩原(しもしおばら)雨量観測所、矢板(やいた)雨量観測所において、 2日雨量 300mm を超える記録をし、小口(こぐち)水位観測所、野口(のぐち)水位観測所に おいて氾濫危険水位を超過し、水府橋(すいふばし)水位観測所では計画高水位を超過した。こ の出水により、那珂川右岸 28.6k 付近(茨城県那珂市下江戸地先)、那珂川右岸 41.2k 付近(茨 城県常陸大宮市下伊勢畑地先)、那珂川左岸 40.0k 付近(茨城県常陸大宮市野口地先)で堤防決 壊が発生したほか、越水や溢水により大規模な浸水被害が各地で発生した。

久慈川水系では、棚倉(たなくら)雨量観測所、八溝山(やみぞさん)雨量観測所のほか4箇 所の雨量観測所にて、2日雨量が200mを超える記録をし、富岡(とみおか)水位観測所、榊橋 (さかきばし)水位観測所、機初(はたそめ)水位観測所では氾濫危険水位を超過した。この出 水により、久慈川左岸25.5k付近(茨城県常陸大宮市富岡地先)、久慈川右岸25.5k付近(茨城 県常陸大宮市下町地先)、久慈川左岸27.0k付近(茨城県常陸大宮市塩原地先)で堤防決壊が発 生したほか、越水や溢水により大規模な浸水被害が各地で発生した。

「那珂川・久慈川堤防調査委員会」は、この「令和元年東日本台風」により那珂川、久慈川 で発生した堤防の決壊に対し、被災原因を特定し、被災状況に対応した堤防復旧工法を検討する ことを目的として、国土交通省関東地方整備局により設置された。本委員会では、茨城県管理区 間であるが、権限代行として国で復旧を行うこととなった久慈川左岸 34.0k 付近(茨城県常陸大 宮市小貫地先)と浅川右岸 0.6k 付近(茨城県常陸太田市松栄町地先)、浅川右岸 1.6k 付近(茨 城県常陸太田市松栄町地先)の 3 箇所についてもあわせて検討を行った。

那珂川・久慈川の堤防決壊に対し、関東地方整備局では速やかに、堤防調査委員会の設置が 検討され、決壊の翌々日の10月15日には地盤工学および河川工学を専門とする5名の委員を 決定し、委員会を設置した。決壊から5日後の10月18日にて、委員による現地視察を行っ た。その後、10月18日の第1回から12月2日の第3回まで延べ3回の委員会を開催し、この 報告書をとりまとめた。

本報告書は、1章に委員会の概要、2章に洪水と決壊の概要として事実関係を整理し、3章で は決壊原因の特定として、越水、浸透、侵食のそれぞれについて、調査から把握した事項を整理 して、推定される堤防決壊の可能性を検討し、最後に決壊原因をとりまとめている。また、4章 では本復旧工法の検討として堤防決壊の原因に対応した本復旧の基本方針についてとりまとめを 行い、5章には現地調査状況をとりまとめる構成とした。本報告書が那珂川・久慈川のみなら ず、全国における、今後の河川行政並びに技術の発展に役立つ資料となれば幸いである。

令和2年3月

那珂川・久慈川堤防調査委員会委員長

安田 進

1. 那珂川	・久慈川堤防調査委員会の概要	1-1
1.1. 目	的	1-1
1.2. 委	員の構成	1-2
13 梌	計の経過	1-3
1.0. 夜	1)シ/庄返	
2. 供水と		2-1
2.1. 那		2-1
2.1.1.	流域の概要・諸元	
2.1.2.	地形・地質特性	2-3
2.1.3.	降雨特性	2-4
2.1.4.	一 7 通行性(縦断行性、石水地形分類) 一 合 和 二 年 ム 国 第 10 号による 啓古の 掘 亜	2-0
2.1.3.	市和元平 口風 第19 万による 降的の 概要	
2.2. 久	慈川流域と降雨の概要	2-12
2.2.1.	流域の概要・諸元	2-12
2.2.2.	地形・地質特性	2-14
2.2.3.		2-15
2.2.4.	一	2-16
2.2.3.	市和元平百風第19万による陣的の概要	2-18
3. 那珂川	の決壊箇所の状況と決壊原因の特定	3-1
3.1. 那	珂川右岸 28.6k	3-1
3.1.1.	那珂川右岸 28.6k の状況と堤防決壊の概要	3-1
3.1.1. 3.1.2.	那珂川右岸 28.6k の状況と堤防決壊の概要 越水による堤防決壊の可能性の検討	
3.1.1. 3.1.2. 3.1.3.	那珂川右岸 28.6k の状況と堤防決壊の概要 越水による堤防決壊の可能性の検討 浸透による堤防決壊の可能性の検討	3-1
$\begin{array}{c} 3.1.1.\\ 3.1.2.\\ 3.1.3.\\ 3.1.4. \end{array}$	那珂川右岸 28.6kの状況と堤防決壊の概要 越水による堤防決壊の可能性の検討 浸透による堤防決壊の可能性の検討 侵食による堤防決壊の可能性の検討	
$\begin{array}{c} 3.1.1.\\ 3.1.2.\\ 3.1.3.\\ 3.1.4.\\ 3.1.5. \end{array}$	那珂川右岸 28.6kの状況と堤防決壊の概要 越水による堤防決壊の可能性の検討 浸透による堤防決壊の可能性の検討 侵食による堤防決壊の可能性の検討 まとめ	
3.1.1. 3.1.2. 3.1.3. 3.1.4. 3.1.5. 3.2. 那	 那珂川右岸 28.6kの状況と堤防決壊の概要 越水による堤防決壊の可能性の検討 浸透による堤防決壊の可能性の検討 侵食による堤防決壊の可能性の検討 事とめ 珂川左岸 40.0k 	
3.1.1. 3.1.2. 3.1.3. 3.1.4. 3.1.5. 3.2. 那 3.2.1.	 那珂川右岸 28.6kの状況と堤防決壊の概要 越水による堤防決壊の可能性の検討 浸透による堤防決壊の可能性の検討 侵食による堤防決壊の可能性の検討 事とめ 珂川左岸 40.0k 那珂川左岸 40.0k の現況と堤防決壊の概要 	
3.1.1. 3.1.2. 3.1.3. 3.1.4. 3.1.5. 3.2. 那 3.2.1. 3.2.2.	 那珂川右岸 28.6kの状況と堤防決壊の概要 越水による堤防決壊の可能性の検討 浸透による堤防決壊の可能性の検討 侵食による堤防決壊の可能性の検討 珂川左岸 40.0k 那珂川左岸 40.0kの現況と堤防決壊の概要 越水による堤防決壊の可能性の検討 	
3.1.1. 3.1.2. 3.1.3. 3.1.4. 3.1.5. 3.2. 那 3.2.1. 3.2.2. 3.2.3.	 那珂川右岸 28.6kの状況と堤防決壊の概要 越水による堤防決壊の可能性の検討	
3.1.1. 3.1.2. 3.1.3. 3.1.4. 3.1.5. 3.2. 那 3.2.1. 3.2.2. 3.2.3. 3.2.4.	 那珂川右岸 28.6kの状況と堤防決壊の概要	
3.1.1. 3.1.2. 3.1.3. 3.1.4. 3.1.5. 3.2. 那 3.2.1. 3.2.2. 3.2.3. 3.2.4. 3.2.5.	 那珂川右岸 28.6kの状況と堤防決壊の概要	
 3.1.1. 3.1.2. 3.1.3. 3.1.4. 3.1.5. 3.2. 那 3.2.1. 3.2.2. 3.2.3. 3.2.4. 3.2.5. 3.3. 那 	 那珂川右岸 28.6kの状況と堤防決壊の概要	
 3.1.1. 3.1.2. 3.1.3. 3.1.4. 3.1.5. 3.2. 那 3.2.1. 3.2.2. 3.2.3. 3.2.4. 3.2.5. 3.3. 那 3.3.1. 	 那珂川右岸 28.6kの状況と堤防決壊の概要	
3.1.1. 3.1.2. 3.1.3. 3.1.4. 3.1.5. 3.2. 那 3.2.1. 3.2.2. 3.2.3. 3.2.4. 3.2.5. 3.3. 那 3.3.1. 3.3.2.	 那珂川右岸 28.6kの状況と堤防決壊の概要	

目 次

3.3.4.	侵食による堤防決壊の可能性の検討	3-53
3.3.5.	まとめ	3-54
3.4. 那	珂川の決壊原因の特定	
4. 久慈川	の決壊箇所の状況と決壊原因の特定	4-1
4.1. 久	慈川左岸 25.5k	4-1
4.1.1.	久慈川左岸 25.5k の状況と堤防決壊の概要	4-1
4.1.2.	越水による堤防決壊の可能性の検討	4-8
4.1.3.	浸透による堤防決壊の可能性の検討	
4.1.4.	侵食による堤防決壊の可能性の検討	4-18
4.1.5.	まとめ	4-19
4.2. 久	慈川左岸 27.0k	
4.2.1.	久慈川左岸 27.0k の現況と堤防決壊の概要	4-20
4.2.2.	越水による堤防決壊の可能性の検討	4-27
4.2.3.	浸透による堤防決壊の可能性の検討	4-30
4.2.4.	侵食による堤防決壊の可能性の検討	4-36
4.2.5.	まとめ	4-37
4.3. 久	慈川右岸 25.5k	
4.3.1.	久慈川右岸 25.5k の現況と堤防決壊の概要	4-38
4.3.2.	越水による堤防決壊の可能性の検討	4-44
4.3.3.	浸透による堤防決壊の可能性の検討	4-48
4.3.4.	侵食による堤防決壊の可能性の検討	4-52
4.3.5.	まとめ	4-53
4.4. 久	慈川左岸 34.0k(県管理区間)	4-54
4.4.1.	久慈川左岸 34.0k の現況と堤防決壊の概要	4-54
4.4.2.	越水による堤防決壊の可能性の検討	4-61
4.4.3.	浸透による堤防決壊の可能性の検討	4-64
4.4.4.	侵食による堤防決壊の可能性の検討	4-70
4.4.5.	まとめ	4-71
4.5. 久	慈川の決壊原因の特定	
5. 浅川の	決壊箇所の状況と決壊原因の特定	5-1
5.1. 浅	川右岸 0.6k(県管理区間)	5-1
5.1.1.	浅川右岸 0.6k の状況と堤防決壊の概要	5-1
5.1.2.	越水による堤防決壊の可能性の検討	5-6
5.1.3.	浸透による堤防決壊の可能性の検討	5-9
5.1.4.	侵食による堤防決壊の可能性の検討	5-13
5.1.5.	まとめ	5-14

5.2.	浅川	右岸 1.5k	(県管理区間)	•••••	•••••	•••••	•••••	•••••	•••••	•••••	•••••	5	-15
5.2	.1.	浅川右岸 1	.5k の現況と堤	方決壊の概要	要			•••••		•••••		5	5-15
5.2	.2.	越水による	堤防決壊の可能	性の検討				•••••		•••••		5	5-20
5.2	.3.	浸透による	堤防決壊の可能	性の検討…				•••••		•••••		5	5-23
5.2	.4.	侵食による	堤防決壊の可能	性の検討				•••••		•••••		5	5-27
5.2	.5.	まとめ			•••••			•••••		•••••		5	5-28
5.3.	浅川	の決壊原は	因の特定	•••••	•••••	•••••	•••••	•••••	•••••	•••••	•••••	5	-29
6. 本征	复旧工	法の検討			•••••	•••••	•••••	•••••	•••••	•••••	•••••	(6-1
6.1.	那珂	川3箇所、	久慈川左岸2	5.5k、27.0	Ok,	34.0)k	•••••	•••••	•••••	•••••	•••••	6-1
6.1	.1.	推定される	」堤防決壊の原因		•••••			•••••		•••••			.6-1
6.1	.2.	決壊区間に	おける本復旧の	実施方針(案)	•••••		•••••	•••••	•••••			.6-1
6.2.	久慈	川右岸 25	.5k、浅川右岸	0.6k、1.5	k		•••••	•••••	•••••	•••••	•••••	•••••	6-5
6.2	.1.	推定される	堤防決壊の原因		•••••					•••••			6-5
6.2	.2.	決壊区間に	おける本復旧の	実施方針(案)			•••••					6-5
7. 委員	員によ	る現地調	査		•••••	•••••		•••••	•••••	•••••	•••••	'	7-1
7.1.	現地	調査概要		•••••	•••••	•••••	•••••	•••••	•••••	•••••			7-1
7.2.	現地	調査参加多	委員	•••••	•••••	•••••	•••••	•••••	• • • • • • • • •	•••••	•••••	•••••	7-1
7.3.	現地	調査行程。		•••••	•••••		•••••	•••••	•••••	•••••	•••••	•••••	7-1
参考資	料												

1. 那珂川・久慈川堤防調査委員会の概要

1.1. 目的

「那珂川・久慈川堤防調査委員会」(以下、本委員会という)は、令和元年10月台風第19号 に伴う出水により生じた那珂川水系那珂川、久慈川水系久慈川および県管理区間の浅川の堤防決 壊について、被災原因を特定し、被災状況に対応した堤防復旧工法を検討することを目的として、 国土交通省関東地方整備局が設置したものである。

1.2. 委員の構成

関東地方整備局では、「堤防の信頼性確保のため、堤防の整備および維持管理など技術の研究 開発と堤防の状況を的確に評価できる技術職員の人材育成を行うこと」を目的に、平成25年度 から「関東堤防技術研究会」を設置し、管内の河川堤防の整備状況の視察や緊急時の対応の検討 等を行うとともに、堤防等に重大な災害が発生した際には、速やかに「堤防決壊等に係る調査委 員会」を設置することとしていた。

これに基づき、那珂川・久慈川における決壊後、本委員会を速やかに設置した。本委員会は関 東堤防技術研究会の顧問2名(下記※印参照)に加え、常陸河川事務所のリバーカウンセラ及び 国土技術政策総合研究所、国立研究開発法人土木研究所の専門家で構成されている。委員長は委 員の互選により選任した。

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
委	員	* か ましお 諏訪 義雄	国土交通省 国土技術政策総合研究所 河川研究部 河川構造物管理研究官
委	員	^{たかはし あきひろ} 高橋 章浩※	東京工業大学 環境・社会理工学院 土木・環境工学系教授
委	員	横木 裕宗	茨城大学 大学院 理工学研究科 都市システム工学専攻 教授
委 (委)	員 員長)	^{や+だ} **** 安田 進※	東京電機大学 名誉教授 東京電機大学総合研究所 客員教授

(敬称略、五十音順)

1.3. 検討の経過

本委員会は、令和元年10月17日の第1回から令和元年12月2日の第3回まで、計3回開催した。

検討フローを図に、本委員会の開催状況を表に示す。



図 1.3.1 検討フロー

表1.3.1 本委員会の開催状況

回数	開催日	議事内容				
1	令和元年10月18日	•	被災状況の確認(現地調査)			
2	令和元年11月17日	•	・ 出水及び被災概要			
		•	堤防決壊箇所の被災メカニズムの分析			
3	令和元年12月2日	•	決壊原因の特定			
		•	本復旧工法の検討			

本報告書は、計3回の委員会の内容をとりまとめたものであるが、作成に当たっては委員の意 見を集約し報告書に反映した。

2. 洪水と決壊の概要

2.1. 那珂川流域と降雨の概要

2.1.1. 流域の概要・諸元

那珂川は、那須岳(標高 1,917m)を源に、栃木県北部、茨城県中央部を流下し、太平洋に注 ぐ幹川流路長 150km、流域面積 3,270km の一級河川である。

下流部には茨城県の県庁所在地である水戸市があり、市街地が形成され、沿川には、東北自 動車道、JR東北新幹線、JR東北本線、国道4号、常磐自動車道、JR水郡線、国道6号、 JR常磐線等の基幹交通が整備されている。



図 2.1.1 那珂川流域位置図および概要図

その流域は、栃木県、茨城県、福島県3県の13市8町1村からなり、流域の土地利用は、 山林等が約73%、水田や畑地等の農地が約22%、宅地等の市街地が約4%となっている。



図 2.1.2 土地利用状況図(H17)

2.1.2. 地形·地質特性

那珂川流域は、北方の那須岳、白河丘陵、東方の八溝山地、南方の喜連川丘陵に囲まれた広 大な那須の扇状地が上流部に広がり、中流部の県境付近は八溝山地が南北に連なり狭窄部とな っており沿川に低地が点在する。狭窄部上流は洪水が湛水しやすい地形になっている。また、 下流部では那珂台地と東茨城台地など広大な洪積台地が形成されている。

那珂川流域の地質は、那珂川本川の水源である那須岳周辺は第四紀の火山性堆積物が広く分 布し、中流部は八溝山、鷲子山、鶏足山と続く八溝山地に古生代の堆積岩(砂岩、粘板岩)が 分布している。下流部の台地上には関東ローム層が厚く堆積している。



図 2.1.3 那珂川流域の地形特性

2.1.3. 降雨特性

那珂川流域は、冬季は乾燥していて晴天の日が多く年間を通して降水量も少ない太平洋岸気 候区に属している。一部を除いて比較的温暖で、また平均年間降水量については、水戸で約 1,300mm、那須で約2,000mm で、流域内の年平均降水量は約1,500mm であり、全国平均の 約1,700mm と比べ少ない。南東に開けている斜面で雷雨が発生しやすい。那須高原などの上 流部では夏期の降水量が多い。



図 2.1.4 那珂川流域の月別平均既往・平均降水量

2.1.4. 河道特性(縦断特性、治水地形分類)

河床勾配は、上流部において、1/10~1/300、中流部は1/300~1/700 であり、急勾 配となっている。下流部の感潮区間においては~1/4,000~1/7,000 であり、緩勾配となっ ている。

那珂川の治水地形分類図を図 2.1.に示す。85k 付近より上流域に那須野原扇状地が形成され、 35k~85k 付近である中流部の県境付近は八溝山地が南北に連なり狭窄部となっており、沿川 に氾濫平野および旧河道が点在する。35k 付近より下流は、那須台地と東茨城台地に挟まれた 平野を流下している。氾濫平野には旧河道が多く分布し、旧河道周辺には微高地が形成されて いる。



図 2.1.5 那珂川の河床勾配



図 2.1.6 那珂川治水地形分類図

2.1.5. 令和元年台風第19号による降雨の概要

(1) 気象概況

<台風>

台風第 19 号は 10 月 12 日 19 時前に大型で強い勢力で伊豆半島に上陸した後、関東地方を通 過し、10 月 13 日未明に東北地方の東海上に抜けた。



図 2.1.7 台風第 19 号経路図

<大雨>

台風本体の発達した雨雲や台風周辺の湿った空気の影響で、静岡県や関東甲信地方、東北地 方を中心に広い範囲で記録的な大雨となった。 10 月 10 日からの総雨量は神奈川県箱根町で 1000 ミリに達し、関東甲信地方と静岡県の17 地点で 500 ミリを超えた。この記録的な大雨に より、 10 月 12 日 15 時 30 分に静岡県、神奈川県、東京都、埼玉県、群馬県、山梨県、長野県 の7 都県に、 10 月 12 日 19 時 50 分に茨城県、栃木県、新潟県、福島県、宮城県の5 県、 10 月 13 日 0 時 40 分に岩手県に特別警報を発表した。



出典: 気象庁提供資料

図 2.1.8 天気図及び気象レーダー



出典:気象庁「台風第19号による大雨、暴風等」、東京管区気象台「令和元年台風第19号に関する気象速報」
 図 2,1,9 解析雨量(令和元年10月10日0時~13日24時の96時間積算)

都道府県	特別警	報発表時刻	特別讐	報解除時刻
静岡県	12日	15時30分	12日	22時20分
神奈川県	12日	15時30分	13日	00時20分
東京都	12日	15時30分	12日	23時55分
埼玉県	12日	15時30分	13日	00時40分
群馬県	12日	15時30分	13日	00時10分
山梨県	12日	15時30分	12日	23時01分
長野県	12日	15時30分	13日	03時20分
茨城県	12日	19時50分	13日	02時20分
栃木県	12日	19時50分	13日	02時20分
新潟県	12日	19時50分	13日	03時20分
福島県	12日	19時50分	13日	04時00分
宮城県	12日	19時50分	13日	05時45分
岩手県	13日	00時40分	13日	08時40分

表 2.1.1 大雨特別警報の発表時刻・解除時刻

<暴風・高波>

東京都羽田空港では観測史上1位の値を超える最大風速34.8メートルを観測するなど、伊豆 諸島を含む東京都の4か所で最大風速30メートルを超える猛烈な風を観測したほか、東日本 から北日本にかけての広い範囲で非常に強い風を観測した。また、石廊崎で13メートルを超え る波高を観測するなど猛烈なしけとなった。

<高潮>

静岡県や神奈川県、伊豆諸島では、過去最高潮位を超える記録的な高潮を観測した。

(2) 降雨の状況

関東地方では、大型で非常に強い台風第 19 号の接近による多量の水蒸気の流れ込みと、局 地的な前線の強化及び地形の効果などによる持続的な上昇流の形成、台風中心付近の雨雲の通 過により、記録的な大雨となった。



図 2.1.10 等雨量線図(10月10日20:00~10月12日24:00)



図 2.1.11 レーダー雨量分布の時系列



※令和元年10月時点

図 2.1.12 代表観測所の今次出水と既往最高の 2 日雨量の比較

(3) 決壊箇所の概要と河川水位の状況

那珂川においては、3箇所の堤防決壊と、7箇所の越水、溢水箇所が発生した。堤防決壊箇 所近傍の水位観測所における水位の状況についても併せて図に示した。

決壊箇所は下流から右岸 28.6k、左岸 40.0k、右岸 41.2k であり、左岸 40.0k、右岸 41.2k 下流近傍の野口地点水位観測所では計画高水位の超過が記録された。



※水位グラフは、令和元年10月時点の水文・水質データベースより作成

図 2.1.13 那珂川 河川水位の状況

2.2. 久慈川流域と降雨の概要

2.2.1. 流域の概要・諸元

久慈川は、八溝山(標高 1,022m)に源を発し、奥久慈渓谷を経て、下流部の氾濫原において 浅川・山田川・里川を合わせ太平洋に注ぐ幹川流路長 124km、流域面積 1,490km の一級河川 である。。

山田川合流点より下流部には市街地が広がり、特に里川合流点下流の常陸太田市、日立市に 人口が集中している。流域には、JR常磐線、常磐自動車道、国道6号等の主要国道が整備さ れ、地域の基幹をなす交通の要衝となっている。



出典:国土地理院地図 図 2.2.1 **久慈川流域位置図および概要図**

その流域の土地利用は、山地等が約88%、水田・畑等の農地が約11%、宅地等の市街地が約1%となっている。



図 2.2.2 土地利用状況図 (H28)

2.2.2. 地形·地質特性

久慈川上流部は、八溝山地と阿武隈山地に囲まれた源流渓谷と谷底平野が形成され、その中 央部を流下し、中流部において山間狭窄部を蛇行しながら流下する。下流部は、那珂台地と阿 武隈山地の丘陵地の間に形成される沖積平野を流れ、太平洋に注いでいる。

久慈川流域の地質は、多彩な地質で構成されている。久慈川本川より東側においては、先カ ンブリア時代の堆積層が火山活動によって変成作用をうけた古生代の変成岩類、中生代に貫入 した花崗岩類および日立鉱山として採掘が行われた日立古生層により構成され、久慈川本川よ り西側の八溝山周辺においては、砂岩、頁岩、凝灰岩、チャートなど古生代末期~中生代に海 に堆積した泥や砂が固結した地層により構成されている。

久慈川流域には、新第三紀の断層活動によって太平洋から日本海まで直線的に伸びる破砕帯 が形成された。これは棚倉破砕帯と呼ばれており、里川、山田川等は、この断層に沿って直線 的に流れている。



図 2.2.3 久慈川流域の地形特性

2.2.3. 降雨特性

那珂川流域は、冬季は乾燥していて晴天の日が多く年間を通して降水量も少ない太平洋岸気 候区に属している。年間平均降水量は約1,300mmであり、全国平均の約1,700mmと比べ少な い。山方地点上流の阿武隈山地は多雨傾向にあり、中流部および上流部の降水量は、夏季(7 ~9月)に多い。



図 2.2.4 久慈川流域の月別平均既往・平均降水量

2.2.4. 河道特性(縦断特性、治水地形分類)

久慈川の源流から矢祭橋までの上流は、源流渓谷と谷底平野を流れ、河床勾配が約1/20~ 1/200 である。矢祭橋から岩井橋までの中流は、山間狭窄部を蛇行しながら流れ、河床勾配 が約1/40~1/900 である。岩井橋から河口までの下流は、沖積平野を緩やかに流れ、河床 勾配が約1/700~1/2000 である。

久慈川の治水地形分類図を図 2.1.に示す。85k 付近より上流域に那須野原扇状地が形成され、 12k より上流側は、瓜連丘陵と阿武隈山地の狭窄部となっており、沿川に氾濫平野および旧河 道が点在する。狭窄部のうち、31k~35k 付近で大きく蛇行し、穿入蛇行谷を形成している。ま た、12k 付近より下流は、那須台地と多賀台地に挟まれた平野を流下している。氾濫平野には 旧河道が多く分布し、旧河道周辺には微高地が形成されている。



図 2.2.5 久慈川の河床勾配



出典:国土地理院 治水地形分類図(更新版)

図 2.2.6 久慈川治水地形分類図

2.2.5. 令和元年台風第 19 号による降雨の概要

(1) 気象概況

<台風>

台風第 19 号は 10 月 12 日 19 時前に大型で強い勢力で伊豆半島に上陸した後、関東地方を通 過し、10 月 13 日未明に東北地方の東海上に抜けた。



図 2.2.7 台風第 19 号経路図

<大雨>

台風本体の発達した雨雲や台風周辺の湿った空気の影響で、静岡県や関東甲信地方、東北地 方を中心に広い範囲で記録的な大雨となった。 10 月 10 日からの総雨量は神奈川県箱根町で 1000 ミリに達し、関東甲信地方と静岡県の17 地点で 500 ミリを超えた。この記録的な大雨に より、 10 月 12 日 15 時 30 分に静岡県、神奈川県、東京都、埼玉県、群馬県、山梨県、長野県 の7 都県に、 10 月 12 日 19 時 50 分に茨城県、栃木県、新潟県、福島県、宮城県の5 県、 10 月 13 日 0 時 40 分に岩手県に特別警報を発表した。



出典: 気象庁提供資料

図 2.2.8 天気図及び気象レーダー



出典:気象庁「台風第19号による大雨、暴風等」、東京管区気象台「令和元年台風第19号に関する気象速報」
 図 2,2,9 解析雨量(令和元年10月10日0時~13日24時の96時間積算)

都道府県	特別警	報発表時刻	特別讐	報解除時刻
静岡県	12日	15時30分	12日	22時20分
神奈川県	12日	15時30分	13日	00時20分
東京都	12日	15時30分	12日	23時55分
埼玉県	12日	15時30分	13日	00時40分
群馬県	12日	15時30分	13日	00時10分
山梨県	12日	15時30分	12日	23時01分
長野県	12日	15時30分	13日	03時20分
茨城県	12日	19時50分	13日	02時20分
栃木県	12日	19時50分	13日	02時20分
新潟県	12日	19時50分	13日	03時20分
福島県	12日	19時50分	13日	04時00分
宮城県	12日	19時50分	13日	05時45分
岩手県	13日	00時40分	13日	08時40分

表 2.2.2 大雨特別警報の発表時刻・解除時刻

<暴風・高波>

東京都羽田空港では観測史上1位の値を超える最大風速34.8メートルを観測するなど、伊豆 諸島を含む東京都の4か所で最大風速30メートルを超える猛烈な風を観測したほか、東日本 から北日本にかけての広い範囲で非常に強い風を観測した。また、石廊崎で13メートルを超え る波高を観測するなど猛烈なしけとなった。

<高潮>

静岡県や神奈川県、伊豆諸島では、過去最高潮位を超える記録的な高潮を観測した。

(2) 降雨の状況

関東地方では、大型で非常に強い台風第 19 号の接近による多量の水蒸気の流れ込みと、局 地的な前線の強化及び地形の効果などによる持続的な上昇流の形成、台風中心付近の雨雲の通 過により、記録的な大雨となった。



図 2.2.10 等雨量線図(10月10日20:00~10月12日24:00)



図 2.2.11 レーダー雨量分布の時系列



※令和元年10月時点

図 2.2.12 代表観測所の今次出水と既往最高の 2 日雨量の比較

(3) 河川水位の状況

久慈川においては、4箇所の堤防決壊と、1箇所の越水、溢水箇所が発生した。堤防決壊箇 所近傍の水位観測所における水位の状況についても併せて図 2.2.13 に示した。

決壊箇所は下流から左岸 25.5k、右岸 25.5k、左岸 27.0k、左岸 34.0k であり、左岸 25.5k、 右岸 25.5k 下流近傍の富岡地点水位観測所では計画高水位の超過が記録された。



※水位グラフは、令和元年10月時点の水文・水質データベースより作成

図 2.2.13 久慈川 河川水位の状況

3. 那珂川の決壊箇所の状況と決壊原因の特定

3.1. 那珂川右岸 28.6k

3.1.1. 那珂川右岸 28.6k の状況と堤防決壊の概要

(1) 堤防決壊の概要

那珂川右岸 28.6k 付近の決壊は、那珂川の緩い湾曲部外岸側に位置する。越水や決壊の詳細 な時刻は確認されていない。決壊幅は、最終的に約 250m に達している。



図 3.1.1 那珂川左岸 28.6k 決壊箇所の位置図



出典:国土地理院撮影の航空写真(令和元年台風19号 久慈川地区) 図 3.1.2 那珂川左岸 28.6k 航空写真(2019/10/17 撮影)



2019/10/13 6:16 頃撮影 越水状況

2019/10/13 撮影(時刻不明) 決壊後の状況





図 3.1.4 那珂川左岸 28.6kの決壊箇所平面図(2019/10/15 撮影の写真測量を重ね合わせ)

なお、氾濫流の様子を見ると、上流側からの氾濫水の回り込みが確認できないことや、氾濫 原の地形から上流側の標高が高いことが分かることから、那珂川右岸 28.6k の決壊によって 氾濫が発生し、越流水は堤内地の微高地西側を回り込む形で上流方向へ拡大したと推定され る。



氾濫流の様子(10/13 撮影、衛星画像)出典:防災科学研究所クライシスレスポンスサイト



氾濫原の地形 (標高)出典:国土地理院の電子地形図 1/25,000



越流水の推定 出典:国土地理院地図撮影の航空写真(2004年以降撮影)

図 3.1.5 那珂川右岸 28.6k 結果箇所の越流水の推定図

(2) 決壊箇所の治水地形

那珂川右岸 28.6k は、治水地形分類図によると、川表側は旧河道、川裏側は氾濫原に分類されており、川表側は、治水地形上の要注意地形に該当する。



図 3.1.6 那珂川右岸 28.6k 付近の治水地形分類図

(3) 決壊箇所の堤防の変遷

那珂川右岸 28.6k 決壊箇所の河道の変遷を見ると、堤防の位置は、1940 年代では河道だったが、1979 年では堤防が整備されている。

右岸 28.6k 付近の河道は、1979 年以降現在に至るまで位置や川幅に大きな変化はない。





出典:国土地理院の電子地形図1/25000を掲載

図 3.1.7 那珂川右岸 28.6k 付近の河道の変遷(地形図)



出典:国土地理院撮影の航空写真(1980年撮影)



出典:国土地理院撮影の航空写真(2012年撮影)

図 3.1.8 那珂川右岸 28.6k 付近の河道の変遷(航空写真)

1947年

決壞箇所

28

出典:米軍の航空写真(1947年撮影)


(4) 過去の被災履歴と対策工履歴

那珂川右岸 28.6k の決壊箇所及び近傍 1km 以内は、過去に被災履歴はない。



図 3.1.9 那珂川右岸 28.6kの決壊箇所付近の過去の被災履歴と対策工履歴

3.1.2. 越水による堤防決壊の可能性の検討

(1) 決壊箇所の堤体の特徴

那珂川右岸 28.6k 決壊箇所上流側の堤防天端に越水による漂流物が残存している(写真①)。 決壊前に、川表側から川裏側へ越水が確認されている(写真②)。



写真撮影位置(O番号:写真番号)



写真①(2019/10/16 撮影)

写真②(2019/10/13 撮影)

図 3.1.10 那珂川右岸 28.6k の決壊箇所付近の状況

(2) 決壊箇所の落堀の状況

那珂川右岸 28.6k の決壊箇所付近は、堤内地に落堀が形成されており、落堀の深さは川表法 面直下で最大約 2.3m である。









図 3.1.11 那珂川右岸 28.6k の落堀

(3) 痕跡水位の状況

那珂川右岸 28.6k の痕跡水位と現況堤防高の比較図を示す。これによると、痕跡水位及び現 地の状況より、越水範囲は右岸 28.6k~28.8k と推定される。

推定される越水深は、右岸 28.5k の痕跡水位と決壊範囲直近の残っていた堤防高より約 40cm と推定される。



図 3.1.12 那珂川右岸 28.6k 付近の痕跡水位と現況堤防高

3.1.3. 浸透による堤防決壊の可能性の検討

(1) 決壊箇所の噴砂の状況

那珂川右岸 28.6k 決壊区間の上下流の川裏および決壊区間内残存部法尻付近では、噴砂や 漏水痕は確認できない(写真①~③)。



航空写真(斜め写真 2019/10/15 撮影)



①堤防川裏法尻状況
(決壊区間上流より)



②堤防川裏法尻状況(決壊区間下流より)



③堤防川裏法尻状況(決壊区間下流より)

(2019/10/16 撮影)

図 3.1.13 那珂川右岸 28.6k の決壊箇所付近の状況

(2) 決壊箇所の土質調査結果

1) 土質調査箇所

那珂川右岸 28.6k における土質調査は、決壊区間の決壊区間状下流端の堤防断面調査とサウンディング調査を実施した。サウンディング調査は、既往ボーリング調査結果が決壊区間にあるため、サウンディング 6 箇所実施している。決壊箇所の表法尻付近の堤防部と裏法尻付近で各 1 箇所、決壊箇所上流近傍と下流近傍で表のり尻と裏のり尻付近の堤防部でサウンディング各 2 箇所の土質調査を行っている。



図 3.1.14 那珂川右岸 28.6k の土質調査箇所

2) 堤体の土質

堤防断面調査から、堤体は礫質土(Bg層)で構成され、砂は細砂~中砂を主体とする。



図 3.1.15 那珂川右岸 28.6k の堤体土質調査結果

3) 基礎地盤の土質

既往ボーリング調査の結果、堤体は主に砂質土で構成され、基礎地盤については、主に礫質 土(Ag 層)が分布し、その表層に砂質土(As 層)が分布していると推定されていた。また、 堤体は砂質土(Bs 層)と評価されていた。今回のサウンディング調査の結果、決壊箇所付近 の基礎地盤地表面では、川表側は砂質土(As 層)、川裏側は粘性土(Ac 層)が確認された。 また、決壊箇所付近の堤体では、主に礫質土(Bg 層)が確認された。



図 3.1.16 那珂川右岸 28.6k 付近の既往ボーリング調査結果による推定地質断面図



図 3.1.17 那珂川右岸 28.6k 付近のサウンディング調査結果による推定地質断面図

(3) 浸透流解析結果

堤体と基礎地盤の土質調査の結果に基づき、那珂川右岸 28.6k の決壊箇所の土質構造についてモデル化を行った。



図 3.1.18 那珂川右岸 28.6k のモデル

土質定数については、既往調査結果と今回実施した試験により設定した。検討外力については、今次出水の降雨、水位ハイドロにより設定した(水位は観測地点の水位と HQ 式から流量を求め 28.5kの HQ 式を用いて設定、最高水位は堤防天端高とした)。

表 3.1.1 那珂川右岸 28.6k で設定した土質定数

	土層			単位体積 重量	透水係数	粘着力	内部 摩擦角	設定根拠	中 <i>妆</i> 카 주 석
断面				γt	k	С	φ		<u> </u>
				(kN/m^3)	(cm/s)	(kN/m^2)	(°)		
那珂川 右岸 28.65k	堤体	Bg	礫質土	20. 0	4. 10E-2	1.0	37.0	詳細点検Bs2を準用	三軸(CU)・粒度
	基礎 地盤	Ac	粘性土	17.0	1.00E-5	24.0	0.0	H10地質調査	H10地質調査
		As	砂質土	19.0	2.90E-3	0.0	26.0		粒度
		Ag	礫質土	20. 0	1. 40E+0	0.0	36.0		現場透水
		Dc	粘性土	16.0	3.50E-7	70.0	0.0		三軸(UU)・粒度

※赤字は今回試験値

※黒字は詳細点検(那珂川右岸28.8k)の設定値

[※]青字は既往資料に基づく設定値

那珂川右岸28.6k



図 3.1.19 那珂川右岸 28.6kの浸透に対する安全性照査で設定した水位・降雨波形

浸透に対する安全性照査については「河川堤防構造検討の手引き」(平成24年7月JICE) に基づき実施した。照査結果の天端到達時刻等は、現場確認ではなく、設定した河川水位での 時刻である。

その結果、裏のり安全率は照査基準 Fs=1.452 に対して Fs=1.534、表のりは照査基準 Fs=1.0 に対して Fs=1.657 となり、パイピングについては、図中の照査地点で照査を実施し、局所動 水勾配が詳細基準 0.5 に対して水平は 0.378、鉛直は 0.254 となり、浸透に対する安全性を確 保していることが明らかになった。



図 3.1.20 那珂川右岸 28.6k の浸透に対する安全性照査結果

3.1.4. 侵食による堤防決壊の可能性の検討

(1) 決壊箇所の侵食の状況

決壊箇所は、決壊区間の上下流とも川表法面の侵食の痕跡は確認できない(写真①~③)。 高水敷上の侵食の痕跡は確認できない(斜め写真)。また、高水敷上の植生は倒伏しているが、 流失していない(斜め写真)。





①堤防川表法面状況
(決壊区間上流より)



②堤防川表法面状況(決壊区間下流より)



③堤防川表法面状況(決壊区間下流より)

図 3.1.21 那珂川右岸 28.6k の侵食状況

3.1.5. まとめ

右岸 28.6k の堤防決壊状況について要因別に以下にまとめる。

(1) 越水

写真により越水している状況が確認された。天端に漂流物が確認された。痕跡水位及び現地 の状況より、越水範囲と越水深を推定した。

これらより越水が決壊の要因になったと推定される。

(2) 浸透

上下流の近傍も含めて噴砂や漏水が確認されていない。堤体は礫質土主体、基礎地盤は礫質 土層の表層に砂質土と粘性土の被覆土が分布する。解析の結果、裏法すべりやパイピングに対 する基準値を満足している。

これらより、浸透が決壊の要因になった可能性は低いと推定される。

(3) 侵食

決壊箇所の上下流とも川表法面の侵食の痕跡は確認できない。高水敷の侵食の痕跡は確認で きない。

これらより、侵食が決壊の要因になった可能性は低いと推定される。

3.2. 那珂川左岸 40.0k

- 3.2.1. 那珂川左岸 40.0k の現況と堤防決壊の概要
- (1) 堤防決壊の概要

那珂川左岸 40.0k 付近の決壊は、那珂川の緩い湾曲部内岸側に位置する。越水や決壊の詳細 な時刻は確認されていない。決壊幅は、最終的に約 200m に達している。



図 3.2.1 那珂川左岸 40.0k 決壊箇所の位置図



図 3.2.2 那珂川左岸 40.0k 航空写真(2019/10/15 撮影)



図 3.2.3 那珂川左岸 40.0kの決壊後の状況(2019/10/13 撮影斜め写真)



図 3.2.4 那珂川左岸 40.0kの決壊箇所平面図(2019/10/15 撮影の写真測量を重ね合わせ)

なお、氾濫流の様子を見ると、左岸 38.0k 付近から左岸 40.0k 付近の間の山付きの間の氾 濫原が浸水している様子が確認できることや、氾濫原の地形から、左岸 40.0k の決壊によって 氾濫が発生し、越流水は堤内地を下流方向へ流下し、39.0k より下流の無堤部(霞堤)からの 溢水による氾濫流と合流したと推定される。



氾濫流の様子(10/13 撮影、衛星画像)
出典:防災科学研究所クライシスレスポンスサイト



氾濫原の地形(標高)出典:国土地理院の電子地形図 1/25,000



越流水の推定 出典:国土地理院地図撮影の航空写真(2004年以降撮影)

図 3.2.5 那珂川左岸 40.0k 結果箇所の越流水の推定図

(2) 決壊箇所の治水地形

那珂川左岸 40.0k は、治水地形分類図によると、氾濫平野・盛土地に分類されており、治水 地形上の要注意地形には該当しない。



図 3.2.6 那珂川左岸 40.0k 付近の治水地形分類図

(3) 決壊箇所の堤防の変遷

那珂川左岸 40.0k 付近は、決壊箇所の河道の変遷を見ると、1905 年では堤防がなく、1947 年では、堤防が整備されている。なお、航空写真読み取りだと形状不明瞭となっている。 左岸 40.0k 付近の河道の位置は、1947 年以降現在に至るまで大きな変化はない。





出典:国土地理院の電子地形図1/25000を掲載

図 3.2.7 那珂川左岸 40.0k 付近の河道の変遷(地形図)



出典:米軍の航空写真(1947年撮影)

出典:国土地理院撮影の航空写真(1975年撮影)



出典:国土地理院撮影の航空写真(2013年撮影)

図 3.2.8 那珂川左岸 40.0k 付近の河道の変遷(航空写真)

(4) 過去の被災履歴と対策工履歴

今次出水の決壊箇所は、近傍で過去に被災事例あり。

H10.8 出水(台風第4号)では、決壊箇所上流で浸透(地盤)による被災(漏水)があり、 今回の決壊箇所を含む範囲で川表護岸(連節ブロック)と川表遮水矢板が施工された。 今次出水では、決壊箇所周辺で噴砂や漏水は確認されなかった。



図 3.2.9 那珂川左岸 40.0kの決壊箇所付近の過去の被災履歴と対策工履歴

3.2.2. 越水による堤防決壊の可能性の検討

(1) 決壊箇所の堤体の特徴

那珂川左岸 40.0k では、越水によると推定される川裏部の侵食が見られる(写真①)。 また、堤防裏法面の植生は川裏側に倒伏している(写真②)、天端には越水による流木等の 漂流物が残存している(写真③)。



図 3.2.10 那珂川左岸 40.0kの決壊箇所付近の状況

(2) 決壊箇所の落堀の状況

那珂川左岸 40.0k の決壊箇所付近は、堤内地に落堀が 2 箇所形成されており、落堀の深さ は、下流側(測線 1)では川裏法尻付近で最大約 3.8m、上流側(測線 2)では天端法面直下で 最大約 6.2m である。



図 3.2.11 那珂川左岸 40.0k の落堀

(3) 痕跡水位の状況

那珂川左岸 40.0k の痕跡水位と現況堤防高の比較図を示す。これによると、左岸 39.5k と 40.0k の痕跡水位は、天端の漂流物を写真から計測しており、天端高よりも高い水位であった ことが推定されることから、越水範囲は左岸 39.5k~40.0k と推定される。

痕跡水位は、左岸 40.0k の天端の痕跡水位であり、それよりも高い水位の可能性があったことも考えられるため、決壊箇所付近の最も低い現況堤防高の測量結果との差より、越水深は約60cm 以上と推定される。



図 3.2.12 那珂川左岸 40.0k 付近の痕跡水位と現況堤防高

3.2.3. 浸透による堤防決壊の可能性の検討

(1) 決壊箇所の噴砂の状況

那珂川左岸 40.0k 決壊区間の下流の川裏および決壊区間内残存部法尻付近では、噴砂や漏 水痕は確認できない(写真①)。決壊区間の上流の川裏法尻付近では、噴砂や漏水痕は確認で きない(決壊区間の上流直近は河川水による砂・砂礫の堆積あり)(写真②・③)。



航空写真(斜め写真 2019/10/15 撮影)



①堤防川裏法尻状況
(決壊区間下流より)



③堤防川裏法尻状況 (決壊区間上流より)



②堤防川裏法尻状況(決壊区間上流より)

(2019/10/15 撮影)

図 3.2.13 那珂川左岸 40.0kの決壊箇所付近の状況

(2) 決壊箇所の土質調査結果

1) 土質調査箇所

那珂川左岸 40.0k における土質調査は、決壊区間上下流端の堤防断面調査とサウンディン グ調査を実施した。サウンディング調査は、既往ボーリング調査結果が決壊区間近傍にあるた め、サウンディング 6 箇所実施している。決壊箇所の表法尻と裏法尻で各 1 箇所、決壊箇所上 流近傍と下流近傍で表のり尻と裏のり尻にサウンディング各 2 箇所の土質調査を行っている。



図 3.2.14 那珂川左岸 40.0k の土質調査箇所

2) 堤体の土質

堤防断面調査から、堤体は砂質土 (Bs 層) で構成されている。下流側は川裏側に礫質土 (Bg 層) が腹付けされている。なお、堤体川表側には護岸 (連節ブロック)、川表側法尻付近の基 礎地盤には遮水矢板が確認された。



3) 基礎地盤の土質

既往ボーリング調査とサウンディング調査の結果から、基礎地盤については、主に礫質土層 (Dg層)が分布し、その表層に砂質土(As層)が分布していることが確認された。



図 3.2.16 那珂川左岸 40.0k 付近の既往ボーリング調査結果による推定地質断面図



図 3.2.17 那珂川左岸 40.0k 付近のボーリング調査結果による推定地質断面図

4) 浸透流解析結果

堤体と基礎地盤の土質調査の結果に基づき、那珂川左岸 40.0k の決壊箇所の土質構造についてモデル化を行った。なお、堤体に設置されている川表護岸(遮水シート)と、基礎地盤に設置されている遮水矢板をモデルに反映した。



図 3.2.18 那珂川左岸 40.0k のモデル

土質定数については、既往調査結果と今回実施した試験により設定した。検討外力については、今次出水の降雨、水位ハイドロにより設定した(水位は観測地点の水位と HQ 式から流量を求め 40.0kの HQ 式を用いて設定、最高水位は堤防天端高とした)。

断面	土層			単位体積 重量 γt (kN/m ³)	透水係数 k (cm/s)	粘着力 c (kN/m ²)	内部 摩擦角 <i>ゆ</i> (°)	設定根拠	実施試験等
『珂川	堤体	Bs	砂質土	19.0	1.00E-3	1.0	36.0	決壊断面粒度D20	粒度
左岸 40.0k	基礎 地盤	As	砂質土	17.0	1.00E-3	0.0	30.0	(一般値)	-
		Dg	礫質土	20.0	1.90E-2	0.0	36.0	現場透水試験	現場透水

表 3.2.1 那珂川左岸 40.0k で設定した土質定数

※赤字は今回試験値・推定値

Bs層は、採取2試料のD20(0.00341mm・0.111mm)からそれぞれクレーガーの推定方法で透水係 数を推定し、その平均値を採用 ※青字はN値による換算値

※黒字は一般値



図 3.2.19 那珂川左岸 40.0kの浸透に対する安全性照査で設定した水位・降雨波形

浸透に対する安全性照査については「河川堤防構造検討の手引き」(平成 24 年 7 月 JICE) に基づき実施した。照査結果の天端到達時刻等は、現場確認ではなく、設定した河川水位での 時刻である。なお、当該区間は詳細点検が行われていないため、川裏すべり安全率は基準値 1.2 とした。

その結果、裏のり安全率は照査基準 Fs=1.2 に対して Fs=1.770、表のりは照査基準 Fs=1.0 に対して Fs=1.056 となり、法すべりに対する安全性を確保していることが明らかになった。 一方パイピングについては、局所導水勾配が照査基準 0.5 に対して水平は 0.551、鉛直は 0.802 となり、パイピングに対する安全性を確保できていないことが明らかになった。



図 3.2.20 那珂川左岸 40.0k の浸透に対する安全性照査結果

3.2.4. 侵食による堤防決壊の可能性の検討

(1) 決壊箇所の侵食の状況

決壊箇所は、決壊区間の上下流とも川表に護岸ブロックが敷設されており、法面の侵食の痕跡は確認できない(写真①~③)。高水敷上の侵食の痕跡は確認できない(斜め写真)。一方、 水害防備林の一部は倒伏しており、高水敷の端部河道内樹林の倒伏があっため、侵食が決壊の 要因になった影響は排除できない。(斜め写真)。





①堤防川表法面状況
(決壊区間下流より)



②堤防川表法面状況 (決壊区間残存部)



③堤防川表法面状況(決壊区間上流より)

図 3.2.21 那珂川左岸 40.0k の侵食状況

3.2.5. まとめ

左岸 40.0k の堤防決壊状況について要因別に以下にまとめる。

(1) 越水

写真により越水している状況が確認された。また、天端に漂流物が確認された。痕跡水位及 び現地の状況より、越水範囲と越水深を推定した。

これらより越水が決壊の要因になったと推定される。

(2) 浸透

上下流の近傍も含めて噴砂や漏水が確認されていない。堤体は礫質土主体、基礎地盤は礫質 土層の表層に砂質土と粘性土の被覆土が分布する。矢板による川表遮水工が残存する。また、 解析の結果、パイピングの基準値を満たしていない。

これらより、浸透の影響は排除できない。

(3) 侵食

決壊箇所の上下流とも川表法面の侵食の痕跡は確認できない。高水敷の侵食の痕跡は確認で きない。一方で、高水敷端部の河道内樹木の倒伏があった。

これらより、侵食が決壊の要因になった影響は排除できない。

3.3. 那珂川右岸 41.2k

3.3.1. 那珂川右岸 41.2k の現況と堤防決壊の概要

(1) 堤防決壊の概要

那珂川右岸 41.2k 付近の決壊は、那珂川の直線部に位置する。越水や決壊の詳細な時刻は確認されていない。決壊幅は、最終的に約 250m に達している。



図 3.3.1 那珂川右岸 41.2k 決壊箇所の位置図



図 3.3.2 那珂川右岸 41.2k 航空写真(2019/10/15 撮影)



図 3.3.3 那珂川右岸 41.2k の決壊後の状況(2019/10/13 撮影斜め写真)



図 3.3.4 那珂川右岸 41.2kの決壊箇所平面図(2019/10/15 撮影の写真測量を重ね合わせ)

なお、氾濫流の様子や氾濫原の地形から、39.5k 付近の霞堤からの溢水も生じた可能性もあるが、那珂川右岸 41.2k の決壊による氾濫に加え、右岸 40.6k 付近の越水による氾濫や 39.5k 付近の霞堤からの溢水も生じた可能性があり、越流水は堤内地を流下したと考えられる。



氾濫流の様子(10/13 撮影、衛星画像) 出典:防災科学研究所クライシスレスポンスサイト



氾濫原の地形(標高)出典:国土地理院の電子地形図 1/25,000



越流水の推定 出典:国土地理院地図撮影の航空写真(2004 年以降撮影)



決壊箇所は上流に比べ、堤防高が低く なっている

図 3.3.5 那珂川右岸 41.2k 結果箇所の氾濫流の推定図

(2) 決壊箇所の治水地形

那珂川右岸 41.2k は、治水地形分類図によると、氾濫平野に分類されており、治水地形上の 要注意地形には該当しない。



図 3.3.6 那珂川右岸 41.2k の治水地形分類図

(3) 決壊箇所の堤防の変遷

那珂川右岸 41.2k 付近は、決壊箇所の河道の変遷を見ると、1905 年では堤防がなく、1947 年では堤防が整備されている。

右岸 41.2k 付近の河道は、1947 年では堤防と離れていたが、1975 年以降は近接している。



出典:国土地理院の旧版地形図1/50000掲載(大宮)

出典:国土地理院の旧版地形図1/50000掲載(常陸大宮)



出典:国土地理院の電子地形図1/25000を掲載

図 3.3.7 那珂川右岸 41.2k 付近の河道の変遷(地形図)



出典:国土地理院撮影の航空写真(1975年撮影)



出典:国土地理院撮影の航空写真(2013年撮影)

図 3.3.8 那珂川右岸 41.2k 付近の河道の変遷(航空写真)
(4) 過去の被災履歴と対策工履歴

今次出水の決壊箇所周辺では、過去に被災事例あり。

S61.8 出水(台風第10号)では、今次出水の決壊箇所下流で侵食による被災(決壊)があり、川表および川裏にブロックが施工された。

災害復旧工事で対応している箇所で、再度災害防止のため、緊急復旧で使用したブロックの 有効活用を行い、川裏ブロックの設置をおこなったと想定される。

H10.8 出水(台風第4号)では、今次出水の決壊箇所で浸透(地盤)による被災があり、川 表護岸(遮水シート)と川表遮水矢板が施工された。



今次出水では、決壊箇所周辺で噴砂や漏水は確認されなかった。

図 3.3.9 那珂川右岸 41.2kの決壊箇所付近の過去の被災履歴と対策工履歴

3.3.2. 越水による堤防決壊の可能性の検討

(1) 決壊箇所の堤体の特徴

那珂川右岸 41.2k では、決壊箇所は越水によると推定される川裏部の侵食が見られる(写真 ①・②)。さらに堤防裏法面の植生は川裏側に倒伏している(写真①・②)。さらに川裏法面に 敷設された護岸ブロックが法肩から下方にずり落ちている(写真①)。また、天端には越水に よる流木等の漂流物が残存している(写真③・④)。





写真① (2019/10/15 撮影)



写真③ (2019/10/15 撮影)



写真②(2019/11/9撮影)



写真④ (2019/11/9 撮影)

図 3.3.10 那珂川右岸 41.2k の決壊箇所付近の状況

(2) 決壊箇所の落堀の状況

那珂川右岸 41.2k の決壊箇所付近は、堤内地に落堀が形成されており、落堀の深さは、川裏 法尻付近で最大約 2.7m である。









※速報値であり、今後の精査により変更する可能性がある。

図 3.3.11 那珂川右岸 41.2k の落堀

(3) 痕跡水位の状況

那珂川右岸 41.2k の痕跡水位と現況堤防高の比較図を示す。これによると、決壊箇所は右岸 41.0k の痕跡水位は天端の漂流物で計測しており、天端高よりも高い水位であったことが推 定される。また、右岸 41.0k と 41.2k の痕跡水位との間の現況堤防高が低いことより、越水 範囲は右岸 41.0k~41.3k と推定される。

痕跡水位は、右岸 41.0k の天端の痕跡水位であり、それよりも高い水位の可能性があったことも考えられるため、決壊箇所付近の最も低い定期縦横断測量結果の現況堤防高との差より、 越水深は最小でも約 90cm 以上と推定される。



図 3.3.12 那珂川右岸 41.2k 付近の痕跡水位と現況堤防高

3.3.3. 浸透による堤防決壊の可能性の検討

(1) 決壊箇所の噴砂の状況

那珂川右岸 41.2k 決壊区間の上流の川裏および決壊区間内残存部法尻付近では、噴砂や漏 水痕は確認できない(写真①)。また、決壊区間の下流の川裏法尻付近では、噴砂や漏水痕は 確認できない(写真③)。



斜め写真(2019/10/15 撮影)



①堤防川裏法尻状況 (決壊区間上流上空より)



③堤防川裏法尻状況 (写真②よりさらに下流)



②堤防川裏法尻状況(決壊区間下流より)

(2019/10/15 撮影)

図 3.3.13 那珂川右岸 41.2k の決壊箇所付近の状況

(2) 決壊箇所の土質調査結果

1) 土質調査箇所

那珂川右岸 41.2k における土質調査は、決壊区間の決壊区間状下流端の堤防断面調査とサ ウンディング調査を実施した。サウンディング調査は、既往ボーリング調査結果が決壊区間に あるため、サウンディング 6 箇所実施している。決壊箇所の表法尻と裏法尻で各 1 箇所、決壊 箇所上流近傍と下流近傍で表のり尻と裏のり尻にサウンディング各 2 箇所の土質調査を行っ ている。



図 3.3.14 那珂川右岸 41.2k の土質調査箇所

2) 堤体の土質

堤防断面調査から、堤体は細かく嵩上げされており、礫質土・砂質土・粘性土と土質も様々 である。なお、堤体川表側で川表護岸(遮水シート)、と川表側法尻付近で遮水矢板が確認さ れた。



図 3.3.15 那珂川右岸 41.2k の堤体土質調査結果

3) 基礎地盤の土質

既往ボーリング調査とサウンディング調査の結果から、基礎地盤については主に礫質土層 (Dg層)が分布し、その表層に砂質土(As層)が分布していることが確認された。



図 3.3.16 那珂川右岸 41.2k 付近の既往ボーリング調査結果による推定地質断面図



図 3.3.17 那珂川右岸 41.2k 付近のボーリング調査結果による推定地質断面図

(3) 浸透流解析結果

堤体と基礎地盤の土質調査の結果に基づき、那珂川右岸 41.2k の決壊箇所の土質構造についてモデル化を行った。なお、堤体に設置されている川表護岸(遮水シート)と、基礎地盤に設置されている遮水矢板をモデルに反映した。



図 3.3.18 那珂川右岸 41.2k のモデル

土質定数については、既往調査結果と今回実施した試験により設定した。検討外力については、今次出水の降雨、水位ハイドロにより設定した(水位は観測地点の水位と HQ 式から流量を求め 41.0kの HQ 式を用いて設定、最高水位は堤防天端高とした)。

断面	土層			単位体積 重量 γt	透水係数 k	粘着力 c	内部 摩擦角 <i>φ</i>	設定根拠	実施試験等
			(kN/m^3)	(cm/s)	(kN/m^2)	(°)			
那珂川 右岸 41.2k	堤体	Bs	砂質土	19.0	1.10E-3	1.0	32. 0	決壊断面粒度D20	粒度
	基礎	As	砂質土	17.0	1.00E-3	0.0	27.0	(一般値)	-
	地盤	Dg	礫質土	20. 0	1.10E-3	0.0	38.0	現場透水試験	現場透水

表 3.3.1 那珂川右岸 41.2k で設定した土質定数

※赤字は今回試験値・推定値

Bs層は、採取2試料のD20(0.0684mm・0.1mm)からそれぞれクレーガーの推定方法で透水係数を 推定し、その平均値を採用 ※青字はN値による換算値

※黒字は一般値



図 3.3.19 那珂川右岸 41.2k の浸透に対する安全性照査で設定した水位・降雨波形

浸透に対する安全性照査については「河川堤防構造検討の手引き」(平成 24 年 7 月 JICE) に基づき実施した。照査結果の天端到達時刻等は、現場確認ではなく、設定した河川水位での 時刻である。なお、当該区間は詳細点検が行われていないため、川裏すべり安全率は基準値 1.2 とした。

その結果、裏のり安全率は照査基準 Fs=1.2 に対して Fs=2.131、表のりは照査基準 Fs=1.0 に対して Fs=1.437 となり、パイピングについては、対策済みであり、浸透に対する安全性を 確保していることが明らかになった。



※ 浸潤線が法尻まで形成されず計算されなかった。

図 3.3.20 那珂川右岸 41.2k の浸透に対する安全性照査結果

3.3.4. 侵食による堤防決壊の可能性の検討

(1) 決壊箇所の侵食の状況

決壊箇所は、決壊区間の上下流とも川表に護岸ブロックが敷設されている。高水敷上の侵食 の痕跡は確認できない(斜め写真)が、一部、植生の白い根が出現している様子(写真②)が 見受けられ、植生のはがれが見られることから、侵食が決壊の要因になった影響は排除できな い。



③堤防川表法面状況(決壊区間下流より)

図 3.3.21 那珂川右岸 41.2k の侵食状況

3.3.5. まとめ

右岸 41.2k の堤防決壊状況について要因別に以下にまとめる。

(1) 越水

決壊箇所下流側残存部は 39.5k 付近まで裏法肩に侵食が確認された。天端に漂流物(砂等) が確認された。痕跡水位及び現地の状況より、越水範囲と越水深を推定した。

これらより越水が決壊の要因になったと推定される。

(2) 浸透

上下流の近傍も含めて噴砂や漏水が確認されていない。堤体は砂質土主体、基礎地盤は礫質 土層の表層に砂質土が分布する。矢板による川表遮水工が残存する。また、解析の結果、裏法 すべりやパイピングに対する基準値を満足している。

これらより、浸透が決壊の要因になった可能性は低いと推定される。

(3) 侵食

堤防法面の植生のはがれが見られたことから、侵食が決壊の要因になった影響は排除できない。

3.4. 那珂川の決壊原因の特定

那珂川右岸 28.6k、左岸 40.0k、右岸 41.2k それぞれの決壊原因について、越水、浸透、侵食の 3 つの要因別に、影響度合いについて示す。〇は影響度合いが大きく、×は影響度合いが小さいことを示している。

	那珂川右岸 28.6k	那珂川左岸 40. 0k	那珂川右岸 41.2k
越水	 写真により越水している状況が確認された。 天端に漂流物が確認された。 痕跡水位及び現地の状況より、越水範囲と越水深を推定した。 これらより<u>越水が決壊の要因になったと推定される。</u> 	 決壊箇所下流側残存部は 39.5k 付近まで裏法肩に侵食が確認された。 天端に漂流物(砂等)が確認された。 痕跡水位及び現地の状況より、越水範囲と越水深を推定した。 これらより<u>越水が決壊の要因になったと推定される。</u> 	 決壊箇所下流側残存部は 40.9k 付近まで 裏法面の侵食が確認された。 天端に漂流物(流木等)が確認された。 痕跡水位及び現地の状況より、越水範囲 と越水深を推定した。 これらより<u>越水が決壊の要因になったと</u> 推定される。
影響程度	0	0	0
浸透	 上下流の近傍も含めて噴砂や漏水が 確認されていない。 堤体は礫質土主体、基礎地盤は礫質土 層の表層に砂質土と粘性土の被覆土 が分布する。 解析の結果、裏法すべりやパイピング に対する基準値を満足している。 これらより、浸透が決壊の要因になっ た可能性は低いと推定される。 	 上下流の近傍も含めて噴砂や漏水が確認されていない。 堤体は砂質土主体、基礎地盤は礫質土層の表層に砂質土が分布する。 矢板による川表遮水工が残存する。 解析の結果、パイピングの基準値を満たしていない。 これらより、浸透の影響は排除できない。 	 上下流の近傍も含めて噴砂や漏水が確認 されていない。 堤体は堤体は細かく嵩上げされており, 礫質土・砂質土・粘性土等様々、礫質土 層の表層に砂質土が分布する。 矢板による川表遮水工が残存する。解析 の結果、裏法すべりやパイピングに対す る基準値を満足している。 これらより、<u>浸透が決壊の要因になった</u> 可能性は低いと推定される。
影響程度	×	Δ	×
侵食	 決壊箇所の上下流とも川表法面の侵 食の痕跡は確認できない。 高水敷の侵食の痕跡は確認できない。 これらより、<u>侵食が決壊の要因になった可能性は低いと推定される。</u> 	 高水敷の端部河道内樹林の倒伏があったため、侵食が決壊の要因になった影響は排除できない。 	 堤防表法の植生のはがれが見られたため、侵食が決壊の要因になった影響は排除できない。
影響程度	×	Δ	Δ

また、堤防決壊までのプロセスについては、那珂川3箇所の決壊箇所の決壊箇所毎に、堤防の 規模が異なるものの、ほぼ同様であると考えられるため、以下に推定し、まとめる。

1) Step1 激しい降雨と河川水の上昇

多量の降雨により河川水位が上昇する。



2) Step2 越水の開始

さらに河川水位が上昇するとともに、越水が発生したと推定される。



3) Step3 堤防断面の減少

時間の経過とともに、越流水の作用により川裏法尻の洗掘や天端の侵食が進行し、堤防断 面が徐々に減少する。



4) Step4 決壊

さらに川裏法尻部の洗掘が進み、又はその途中で川表側からの水圧に耐えきれず堤防が決 壊したと推察される。



4. 久慈川の決壊箇所の状況と決壊原因の特定

4.1. 久慈川左岸 25.5k

4.1.1. 久慈川左岸 25.5k の状況と堤防決壊の概要

(1) 堤防決壊の概要

久慈川左岸 25.5k 付近の決壊は、久慈川の緩い湾曲部外岸側に位置する。越水や決壊の詳細 な時刻は確認されていない。決壊幅は、最終的に約 100m に達している。



図 4.1.1 久慈川左岸 25.5k 決壊箇所の位置図



図 4.1.2 久慈川左岸 25.5k 斜め写真(2019/10/15 撮影)



図 4.1.3 久慈川左岸 25.5k の決壊後の状況 (2019/10/13 5:45 頃撮影)



図 4.1.4 久慈川左岸 25.5kの決壊箇所平面図(2019/10/15 撮影の写真測量を重ね合わせ)

なお、氾濫流の様子を見ると左岸 25.5k 付近一帯の氾濫原が浸水している様子が確認できるが、氾濫原の地形を見ると下流側に向かって標高が低くなっていることから、久慈川左岸 25.5k の決壊によって氾濫が発生し、越流水は堤内地を下流方向へ流下したと推定される。



氾濫流の様子(10/13 撮影、衛星画像)出典:防災科学研究所クライシスレスポンスサイト



氾濫原の地形(標高)出典:国土地理院の電子地形図 1/25,000



越流水の推定 出典:国土地理院地図撮影の航空写真(2004年以降撮影)

図 4.1.5 久慈川左岸 25.5k 決壊箇所の氾濫流の推定図

(2) 決壊箇所の治水地形

久慈川左岸 25.5k は、治水地形分類図によると、川表側は氾濫平野、川裏側は微高地(自然 堤防) に分類されており、治水地形上の要注意地形に該当しない。



図 4.1.6 久慈川左岸 25.5k 付近の治水地形分類図

(3) 決壊箇所の堤防の変遷

久慈川左岸 25.5k 決壊箇所の河道の変遷を見ると、左岸 25.5k 付近は、1905 年から堤防が 整備されている。

左岸 25.5k 付近の河道は河道内の砂州の状況を見ると、現在に至るまで大きな変化はない ことが分かる。



図 4.1.7 久慈川左岸 25.5k 付近の河道の変遷(地形図)





出典:国土地理院撮影の航空写真(2004年~撮影)

図 4.1.8 久慈川左岸 25.5k 付近の河道の変遷(航空写真)

(4) 過去の被災履歴と対策工履歴

今次出水の決壊箇所は、近傍で過去に被災事例あり。

S13.7出水(台風)では、決壊箇所上流で浸透による被災(決壊)があった。対策工は不明。
S61.8出水(台風第10号)では、決壊箇所上流で浸透による被災(川裏法すべり)があり、
川裏にブロックが施工された。設置目的は、当時の本復旧が原形復旧だったため、川裏ブロックで再度災害防止を図ったものと考えられる。



図 4.1.9 久慈川左岸 25.5kの決壊箇所付近の過去の被災履歴と対策工履歴

4.1.2. 越水による堤防決壊の可能性の検討

裏法面の植生状況

写真②(2019/10/15 撮影)

(1) 決壊箇所の堤体の特徴

久慈川左岸 25.5k 決壊箇所は上流と下流 2 箇所にあり、越流水によると推定される川裏部の洗掘が見られる(写真①)。また、堤防川裏部の植生は川裏側に倒伏している。(②)。





(決壊後の状況)

写真③ (2019/10/13 5:45 頃撮影)

(2) 決壊箇所の落堀の状況

久慈川左岸 25.5k の決壊箇所付近は、決壊区間 2 箇所のうち、下流側決壊箇所で川裏法尻 直下付近に落堀が形成されている。上流側決壊箇所は落堀の痕跡がみられず形成されたか不明 である。落堀の深さは、下流側決壊箇所の川裏法尻付近で最大約 1.0m となっている。





図 4.1.11 久慈川左岸 25.5k の落堀

(3) 痕跡水位の状況

久慈川左岸 25.5k の痕跡水位と現況堤防高の比較図を示す。これによると、決壊箇所は、左 岸 25.0k と 26.0kの痕跡水位の間の現況堤防高が低いことより、越水範囲は左岸 25.5k~ 25.7k と推定される。

推定される越水深は、左岸 25.5k の痕跡水位と決壊箇所付近の最も低い現況堤防高の測量 結果との差より、約 30cm と推定される。



図 4.1.12 久慈川左岸 25.5k 付近の痕跡水位と現況堤防高

4.1.3. 浸透による堤防決壊の可能性の検討

(1) 決壊箇所の噴砂の状況

久慈川左岸 25.5k 決壊区間の決壊区間の下流の川裏および決壊区間内残存部法尻付近では、 噴砂や漏水痕は確認できない(写真①・②)。決壊区間の上流の川裏法尻付近では、噴砂や漏 水痕は確認できない(写真③、決壊区間の上流直近は河川水による砂・砂礫の堆積あり)。



図 4.1.13 久慈川左岸 25.5k の決壊箇所付近の状況

(2) 決壊箇所の土質調査結果

1) 土質調査箇所

久慈川左岸 25.5k における土質調査は、決壊区間の決壊区間状下流端の堤防断面調査とサ ウンディング調査を実施した。サウンディング調査は、ボーリング調査2箇所、サウンディン グ6箇所実施している。上下流の決壊箇所でそれぞれボーリング調査を行った。また、決壊箇 所の表法尻と裏法尻で各1箇所、決壊箇所上流近傍と下流近傍で表のり尻と裏のり尻にサウ ンディング各2箇所の土質調査を行っている。



図 4.1.14 久慈川左岸 25.5k の土質調査箇所

2) 堤体の土質

堤防断面調査から、上流側決壊区間の堤体は、礫質土・粘性土で構成される。



図 4.1.15 久慈川左岸 25.5k の堤体土質調査結果(上流側決壊箇所)

下流側決壊区間の堤体は、上下流で土質が異なり、上流端部は礫質土・粘性土で、下流端部 は砂質土・粘性土で構成される。



図 4.1.16 久慈川左岸 25.5k の堤体土質調査結果(下流側決壊箇所)

3) 基礎地盤の土質

既往ボーリング調査とサウンディング調査の結果から、基礎地盤については礫質土層(Ag 層)の表層に粘性土層(Ac層)が分布していることが確認された。なお、断面図の Bg 層は、 緊急復旧時の埋戻土となっている。



図 4.1.17 久慈川左岸 25.5k の既往ボーリング調査結果による推定地質断面図



図 4.1.18 久慈川左岸 25.5k 付近のボーリング調査結果による推定地質断面図

(3) 浸透流解析結果

堤体と基礎地盤の土質調査の結果に基づき、久慈川左岸 25.5k の決壊箇所の土質構造についてモデル化を行った。



図 4.1.19 久慈川左岸 25.5k のモデル

土質定数については、既往調査結果と今回実施した試験により設定した。検討外力については、今次出水の降雨、水位ハイドロにより設定した(水位は観測地点の水位と HQ 式から流量を求め 25.5kの HQ 式を用いて設定、最高水位は堤防天端高とした)。

表 4.1.1 久慈川左岸 25.5k で設定した土質定数

新面	土層			単位体積 重量	透水係数	粘着力	内部 摩擦角	設定根拠	実施試験等
щ				γt	k	С	ϕ		
			(kN/m^3)	(cm/s)	(kN/m^2)	(°)			
久慈川 左岸 27.0k	堤体	Bc	粘性土	19.8	1.70E-5	53.0	0.0	決壞断面粒度D20	粒度・三軸(UU)
	基礎 地盤	Ac2	粘性土	16. 0	3.00E-6	18. 8	0.0	N値3のシルト	-
		Ag2	礫質土	20. 0	6.27E-2	0.0	43.0		現場透水

※赤字は今回試験値・推定値

Bc層は、採取11試料のD20(0.317mm・0.0144mm・0.0153mm・0.0107mm・0.0106mm・0.0132mm・0.0154mm・0.0109mm・0.00689mm・0.0114mm・0.0166mm)からそれぞれクレーガーの推定方法 で透水係数を推定し、その平均値を採用

※青字は既往資料に基づく設定値

※黒字は詳細点検(久慈川左岸25.8k)の設定値





図 4.1.20 久慈川左岸 25.5k の浸透に対する安全性照査で設定した水位・降雨波形

浸透に対する安全性照査については「河川堤防構造検討の手引き」(平成 24 年 7 月 JICE) に基づき実施した。照査結果の天端到達時刻等は、現場確認ではなく、設定した河川水位での 時刻である。

その結果、裏のり安全率は照査基準 Fs=1.440 に対して Fs=3.864、表のりは照査基準 Fs=1.0 に対して Fs=3.073 となり、パイピングについては、G/W が詳細基準 1.0 に対して 1.332 となり、浸透に対する安全性を確保していることが明らかになった。



図 4.1.21 久慈川左岸 25.5k の浸透に対する安全性照査結果

4.1.4. 侵食による堤防決壊の可能性の検討

(1) 決壊箇所の侵食の状況

決壊箇所は、決壊区間の上下流とも川表法面の侵食の痕跡は確認できない(写真①~③)。 また、水害防備林は倒伏しているが流失していない(斜め写真)こと、高水敷上の侵食の痕跡 は確認できない(斜め写真)ことから、侵食が決壊の要因になった可能性は低いと推定される。





①堤防川表法面状況
 (決壊区間上流より)



②堤防川表法面状況 (決壊区間残存部)



③堤防川表法面状況(決壊区間下流より)

図 4.1.22 久慈川左岸 25.5k の侵食状況

4.1.5. まとめ

久慈川左岸 25.5k の決壊原因の検討結果のまとめを以下に示す。

(1) 越水

写真により越水している状況が確認された。裏法面の侵食、川裏側への植生の倒伏が確認さ れた。痕跡水位及び現地の状況より、越水範囲と越水深が推定された。

これらより越水が決壊の要因になったと推定される。

(2) 浸透

上下流の近傍も含めて噴砂や漏水が確認されていない。堤体は上流側が礫質土と粘性土、下 流側が砂質土、粘性土で構成され、基礎地盤は礫質土層の表層に粘性土層が分布する。解析の 結果、裏法すべりやパイピングに対する基準値を満足している。

これらより、浸透が決壊の要因になった可能性は低いと推定される。

(3) 侵食

決壊箇所の上下流とも川表法面の侵食の痕跡は確認できない。水害防備林は倒伏しているが 流失しておらず、また、高水敷の侵食の痕跡は確認できない。

これらより、侵食が決壊の要因になった可能性は低いと推定される。

4.2. 久慈川左岸 27.0k

4.2.1. 久慈川左岸 27.0k の現況と堤防決壊の概要

(1) 堤防決壊の概要

久慈川左岸 27.0k 付近の決壊は、久慈川の緩い湾曲部外岸側に位置する。越水や決壊の詳細 な時刻は確認されていない。決壊幅は、最終的に約 100m に達している。



図 4.2.1 久慈川左岸 27.0k 決壊箇所の位置図



図 4.2.2 久慈川左岸 27.0k 航空写真(2019/10/17 国土地理院撮影)



図 4.2.3 久慈川左岸 27.0kの決壊後の状況(2019/10/13 撮影)



図 4.2.4 久慈川左岸 27.0kの決壊箇所平面図(2019/10/15 撮影の写真測量を重ね合わせ)

なお、氾濫流の様子を見ると左岸 27.0k 付近一帯の氾濫原が浸水している様子が確認できるが、氾濫原の地形を見ると下流側に向かって標高が低くなっていることから、久慈川左岸 27.0kの決壊によって氾濫が発生し、氾濫流は堤内地を下流方向へ流下したと推定される。



氾濫流の様子(10/13 撮影、衛星画像)出典:防災科学研究所クライシスレスポンスサイト



氾濫原の地形(標高)出典:国土地理院の電子地形図 1/25,000



越流水の推定 出典:国土地理院地図撮影の航空写真(2004 年以降撮影)

図 4.2.5 久慈川左岸 27.0k 決壊箇所の氾濫流の推定図
(2) 決壊箇所の治水地形

久慈川右岸 27.0k は、治水地形分類図によると、堤防周辺は氾濫平野に分類されており、治水地形上の要注意地形に該当しない。



図 4.2.6 久慈川左岸 27.0k 付近の治水地形分類図

(3) 決壊箇所の堤防の変遷

久慈川左岸 27.0k 決壊箇所の河道の変遷を見ると、左岸 27.0k 付近は、1905 年では堤防が なく、1947 年には堤防が整備されている。

左岸 27.0k 付近の河道は、1979 年以降現在に至るまで位置や川幅に大きな変化はない。



出典:国土地理院の旧版地形図1/50000掲載(大宮)

出典:国土地理院の旧版地形図1/50000掲載(常陸大宮



出典:国土地理院の電子地形図1/25000を掲載

図 4.2.7 久慈川左岸 27.0k 付近の河道の変遷(地形図)



出典:米軍の航空写真(1947年撮影)



出典:国土地理院撮影の航空写真(1975年撮影)



出典:国土地理院撮影の航空写真(2004年~撮影)

図 4.2.8 久慈川左岸 27.0k 付近の河道の変遷(航空写真)

(4) 過去の被災履歴と対策工履歴

今次出水の決壊箇所は、近傍で過去に被災事例あり。

S13.7 出水(台風)では、今次出水の決壊箇所下流で侵食・越水による被災(決壊)があった。対策工は不明。

H11.7 出水(停滞前線)では、今次出水の決壊箇所下流で浸透(地盤漏水・裏法面うみ(湿潤化))による被災があり、護岸ブロック・遮水シート・遮水矢板が施工された。



今次出水では、決壊箇所周辺で噴砂や漏水は確認されなかった。

図 4.2.9 久慈川左岸 27.0kの決壊箇所付近の過去の被災履歴と対策工履歴

4.2.2. 越水による堤防決壊の可能性の検討

(1) 決壊箇所の堤体の特徴

久慈川左岸 27.0k 決壊箇所は下流側よりも堤防高が低い(写真①)。また、堤防川裏部の植 生は川裏側に倒伏している(写真②)。

堤防天端に越水による流木等の漂流物が残存している(写真③)。







写真② (2019/10/15 撮影)



写真③ (2019/10/15 撮影)

図 4.2.10 久慈川左岸 27.0kの決壊箇所付近の状況

(2) 決壊箇所の落堀の状況

久慈川左岸 27.0k の決壊箇所付近は、決壊区間の天端直下から川裏側にかけて横断方向に 落堀が形成されている。落堀の深さは、川表法尻付近で最大約 4.6m となっている。



図 4.2.11 久慈川左岸 27.0kの落堀の空撮写真



図 4.2.12 久慈川左岸 27.0kの落堀 ※被災直後の起工測量のため、堤防付近のみ測量に基づき作成

(3) 痕跡水位の状況

久慈川左岸 27.0k の痕跡水位と現況堤防高の比較図を示す。これによると、左岸 27.0k と 27.5k の痕跡水位の間の現況堤防高が低い箇所で決壊をしており、越水範囲は左岸 27.0k~ 27.5k と推定される。

なお、決壊箇所の左岸 27.0k より上流は決壊箇所に比べて川幅が広く、痕跡水位は現況堤防 高よりも低い水位となっている一方で、左岸 27.0k から下流は川幅が狭くなる(図 4.2.13 参 照)ため、この付近で越流水深が大きくなったことが推定される。

推定される越水深は左岸 27.0k の痕跡水位と決壊箇所付近の最も低い現況堤防高の測量結 果との差より、約 55cm と推定される。



図 4.2.14 久慈川左岸 27.0k 付近の痕跡水位と現況堤防高

4.2.3. 浸透による堤防決壊の可能性の検討

(1) 決壊箇所の噴砂の状況

久慈川右岸 27.0k 決壊区間の、決壊区間の下流の川裏法尻付近では、噴砂や漏水痕は確認で きない(決壊区間の下流直近は河川水による砂・砂礫の堆積あり)(写真①・②)。

また、決壊区間の上流の川裏法尻付近においても、噴砂や漏水痕は確認できない(写真③)。





①堤防川裏法尻状況
(決壊区間下流より)



②堤防川裏法尻状況(決壊区間下流より)



③堤防川裏法尻状況(決壊区間上流より)

(2019/10/15 撮影)

図 4.2.15 久慈川左岸 27.0kの決壊箇所付近の状況

(2) 決壊箇所の土質調査結果

1) 土質調査箇所

久慈川右岸 27.0k における土質調査は、決壊区間の決壊区間状下流端の堤防断面調査と地 質調査を実施した。地質調査は、ボーリング調査 2 箇所、サウンディング 6 箇所実施してい る。決壊箇所で1箇所と残存部下流側で1箇所ボーリング調査を行った。また、決壊箇所の表 法尻と裏法尻で各 1 箇所、決壊箇所上流近傍と下流近傍で表のり尻と裏のり尻にサウンディ ング各 2 箇所の土質調査を行っている。



図 4.2.16 久慈川左岸 27.0k の土質調査箇所

2) 堤体の土質

堤防断面調査から、堤体は粘性土で構成され、粘性土は全体に砂分や礫分を混入する。下流 端部は川裏腹付けの築堤履歴が確認された。



図 4.2.17 久慈川左岸 27.0k の堤体土質調査結果

3) 基礎地盤の土質

既往ボーリング調査とサウンディング調査の結果から、基礎地盤については礫質土層(Ag 層)の表層に粘性土層(Ac 層)が分布することが確認された。なお、断面図の Bg 層は、緊急 復旧時の埋戻土となっている。



図 4.2.18 久慈川左岸 27.0kの既往ボーリング調査結果による推定地質断面図



図 4.2.19 久慈川左岸 27.0k 付近のボーリング調査結果による推定地質断面図

(3) 浸透流解析結果

堤体と基礎地盤の土質調査の結果に基づき、久慈川左岸 27.0k の決壊箇所の土質構造についてモデル化を行った。



図 4.2.20 久慈川左岸 27.0k のモデル

土質定数については、既往調査結果と今回実施した試験により設定した。検討外力については、今次出水の降雨、水位ハイドロにより設定した(水位は観測地点の流量から27.5kのHQ 式を用いて設定)。

表 4	1. 2.	1 1	ス慈川左岸	27. 0k	で設定し	した土	質定数
-----	-------	-----	-------	--------	------	-----	-----

新田	土層			単位体積 重量	透水係数	粘着力	内部 摩擦角	設定規拠	実施試験等
				γt	k	С	ϕ		
				(kN/m^3)	(cm/s)	(kN/m^2)	(°)		
久慈川 左岸 27.0k	堤体	Bc	粘性土	18.6	1.40E-5	51.0	0.0	決壊断面粒度D20	三軸(UU)・粒度
	基礎 地盤	Ag2	礫質土	20. 0	1.61E-1	0.0	41.0	現場透水	現場透水
		Tr	岩盤	18.5	1.00E-6	173.0	20.0		粒度

※赤字は今回試験値

Bc層は、採取3試料のD20(0.0113mm・0.0123mm・0.0105mm)からそれぞれクレーガーの推定方 法で透水係数を推定し、その平均値を採用 ※黒字は詳細点検(那珂川左岸27.0k)の設定値 ※青字は既往資料に基づく設定値



図 4.2.21 久慈川左岸 27.0kの浸透に対する安全性照査で設定した水位・降雨波形

浸透に対する安全性照査については「河川堤防構造検討の手引き」(平成 24 年 7 月 JICE) に基づき実施した。照査結果の天端到達時刻等は、現場確認ではなく、設定した河川水位での 時刻である。

その結果、裏のり安全率は照査基準 Fs=1.440 に対して Fs=5.019、表のりは照査基準 Fs=1.0 に対して Fs=6.553 となり、浸透に対する安全性を確保していることが明らかになった。一方、 パイピングについては、G/W が詳細基準 1.0 に対して 0.789 となり、浸透に対する安全性を 確保していないことが明らかになった。



図 4.2.22 久慈川左岸 27.0kの浸透に対する安全性照査結果

4.2.4. 侵食による堤防決壊の可能性の検討

(1) 決壊箇所の侵食の状況

決壊箇所は、決壊区間の上下流とも川表法面の侵食の痕跡は確認できない(写真①~③)。 高水敷上の侵食の痕跡は確認できない(斜め写真)





①堤防川表法面状況
(決壊区間下流より)



②堤防川表法面状況(決壊区間上流より)



③堤防川表法面状況(決壊区間上流より)

図 4.2.23 久慈川左岸 27.0k の侵食状況

4.2.5. まとめ

久慈川左岸 27.0kの決壊原因の検討結果のまとめを以下に示す。

(1) 越水

川裏側への植生の倒伏が確認された。痕跡水位及び現地の状況より、越水範囲と越水深が推 定された。

これらより越水が決壊の要因になったと推定される。

(2) 浸透

上下流の近傍も含めて噴砂や漏水が確認されていない。堤体は礫質土・粘性土で構成され、 基礎地盤は礫質土層の表層に粘性土層が分布する。解析の結果、パイピングに対する基準値を 満足していない。

これにより、浸透の影響は排除できない。

(3) 侵食

壊箇所の上下流とも川表法面の侵食の痕跡は確認できない。高水敷の侵食の痕跡は確認できない。

これらより、侵食が決壊の要因になった可能性は低いと推定される。

4.3. 久慈川右岸 25.5k

- 4.3.1. 久慈川右岸 25.5k の現況と堤防決壊の概要
- (1) 堤防決壊の概要

久慈川右岸 25.5k 付近の決壊は、決壊箇所は約 40m にわたって決壊している。



図 4.3.1 久慈川左岸 25.5k 決壊箇所の位置図



図 4.3.2 久慈川右岸 25.5k 航空写真(2019/10/15 国土地理院撮影)

堤内地に湛水した水が、川裏側から川表側への越水が確認されている(図 4.3.3 参照)ことから、当該箇所は他の箇所で氾濫した水により川裏から越水し被災(堤防決壊)した箇所である。

そのため、河道で洪水を流下させる対策を実施することを前提に、本復旧の基本方針につい て示したものである。



2019/10/13 6:45 頃撮影 ※水面の波より推定

越流状況



2019/10/13 10:54 頃撮影 ※水面の波より推定

決壊後状況

図 4.3.3 久慈川右岸 25.5k の越流時・決壊後の状況(2019/10/13 撮影)



図 4.3.4 久慈川右岸 25.5k の決壊箇所平面図(2019/10/15 撮影の写真測量を重ね合わせ)

なお、上流右岸 26.0k から 27.5k にかけての越水による氾濫流が地形的に決壊箇所の堤内 地側に集中して、せき上げされ、堤内地側の水位が上昇し、川裏側から川表側への越水が発生 したと推定される。



氾濫流の様子(10/13 撮影、衛星画像)出典:防災科学研究所クライシスレスポンスサイト



氾濫原の地形(標高)出典:国土地理院の電子地形図 1/25,000



越流水の推定 出典:国土地理院地図撮影の航空写真(2004年以降撮影)

図 4.3.5 久慈川右岸 25.5k 決壊箇所の氾濫流の推定図

(2) 決壊箇所の治水地形

久慈川右岸 25.5k は、治水地形分類図によると、川裏側は明瞭な旧河道に分類されており、 治水地形上の要注意地形に該当する。



図 4.3.6 久慈川右岸 25.5k 付近の治水地形分類図

(3) 決壊箇所の堤防の変遷

久慈川右岸 25.5k 決壊箇所の河道の変遷を見ると、右岸 25.5k 付近は、1905 年から堤防が 整備されている。

右岸 25.5k 付近の河道は、1979 年では寄州が縮小しているが、現在は 1947 年と同様に発達している。





出典:国土地理院の電子地形図1/25000を掲載

図 4.3.7 久慈川右岸 25.5k 付近の河道の変遷(地形図)



出典:米軍の航空写真(1947年撮影)

出典:国土地理院撮影の航空写真(1975年撮影)



出典:国土地理院撮影の航空写真(2004年~撮影)

図 4.3.8 久慈川右岸 25.5k 付近の河道の変遷(航空写真)

4.3.2. 越水による堤防決壊の可能性の検討

(1) 決壊箇所の堤体の特徴

久慈川右岸 25.5k 決壊箇所は決壊区間の上下流とも川表法面の侵食の痕跡は確認できない。 植生が川裏側から川表側への向きでの倒伏や植生のめくれが確認されている(写真①~③)。





写真② (2019/10/15 撮影)



写真③ (2019/10/15 撮影)

図 4.3.9 久慈川右岸 25.5k の決壊箇所付近の状況

(2) 決壊箇所の落堀の状況

久慈川右岸 25.5k の決壊箇所付近は、決壊区間の 2 箇所で落堀が形成されている。 落堀は、堤防敷幅内に形成され、落堀の深さは、下流側の天端直下で最大約 1.3m、上流側 の天端直下で最大約 1.6m となっている。



No1 (25 k 458m)



図 4.3.10 久慈川右岸 25.5k の落堀

(3) 痕跡水位の状況

久慈川右岸 25.5k の痕跡水位と現況堤防高の比較図を示す。これによると、痕跡水位及び現地の状況より、川裏側から川表側への越水範囲は右岸 25.5k~25.8k と推定される。

推定される越水深は堤内地浸水深と右岸 25.5k 決壊箇所直近の残っていた堤防高より、約 20cm と推定される。



図 4.3.11 久慈川右岸 25.5k 付近の痕跡水位と現況堤防高

なお、上水道取水樋管の上流で堤防裏法部が洗掘されている(写真①・②)ことから、川表 側から越水し、内水が上昇したと推定される。

決壊箇所付近は、堤防表法面の植生は川表側に倒伏し(写真③)、天端舗装の一部が川表側 に残存している(写真④)ことから、川裏側から川表側に越水したと推定される。

堤内地の内水痕跡標高はT.P.23.33m(写真⑤・⑥)、一方、右岸 25.5k 決壊箇所直近の残っ ていた堤防高の天端高は T.P.23.14m であり、堤防天端高より内水痕跡の方がおよそ 20cm 高 $\langle v \rangle_{0}$



⑤内水痕跡状況(台地)



(下流側道路盛土)

(2019/10/15 撮影)

図 4.3.12 久慈川右岸 25.5k 付近の痕跡水位と現況堤防高

4.3.3. 浸透による堤防決壊の可能性の検討

(1) 決壊箇所の噴砂の状況

久慈川右岸 25.5k 決壊区間の決壊区間の上下流の川裏法尻付近では、噴砂や漏水痕は確認 できない(写真①~③)。なお、川表側の噴砂や漏水跡については確認できない(写真④)。 なお、河畔林があるため、高水敷の状況は十分確認できなかったが、川面から法尻にかけて 確認したところ、噴砂や漏水については確認できなかった。



図 4.3.13 久慈川右岸 25.5k の決壊箇所付近の状況

(2) 決壊箇所の土質調査結果

1) 土質調査箇所

久慈川右岸 25.5k における土質調査は、決壊区間の決壊区間状下流端の堤防断面調査と土 質調査を実施した。土質調査は、ボーリング調査1箇所、サウンディング6箇所実施してい る。上流側の決壊箇所でボーリング調査を行った。また、決壊箇所の表法尻と裏法尻で各1箇 所、決壊箇所上流近傍と下流近傍で表のり尻と裏のり尻にサウンディング各2箇所の土質調 査を行っている。



図 4.3.14 久慈川右岸 25.5k の土質調査箇所

2) 堤体の土質

Bc中央

Bs

Bc川裏

堤防断面調査から、上流側決壊区間の堤体は、主に全体に砂分を混入する粘性土で構成される。





図 4.3.15 久慈川右岸 25.5k の堤体土質調査結果(上流側決壊箇所)

3) 基礎地盤の土質

基礎地盤については既往ボーリング調査とサウンディング調査の結果から、基礎地盤は礫質 土層の表層に粘性土層が分布している。



図 4.3.16 久慈川右岸 25.5k の既往ボーリング調査結果による推定地質断面図



図 4.3.17 久慈川右岸 25.5k 付近のボーリング調査結果による推定地質断面図

4.3.4. 侵食による堤防決壊の可能性の検討

(1) 決壊箇所の侵食の状況

決壊箇所は、決壊区間の上下流とも川表法面の侵食の痕跡は確認できない(写真①~③)。 また、水害防備林は堤内地側から堤外地側に倒伏している(斜め写真)こと、高水敷上の侵食 の痕跡は確認できない(斜め写真)ことから、侵食が決壊の要因になった可能性は低いと推定 される。





①堤防川表法面状況
(決壊区間上流より)



②堤防川表法面状況(決壊区間上流側より)



③堤防川表法面状況(決壊区間下流より)

図 4.3.18 久慈川右岸 25.5k の侵食状況

4.3.5. まとめ

久慈川右岸 25.5k の決壊原因の検討結果のまとめを以下に示す。

(1) 浸透

上下流の近傍も含めて噴砂や漏水が確認されていない。堤体は砂分の多い粘性土で構成さ れ、基礎地盤は礫質土層の表層に砂質土が分布する。

これらより、浸透が決壊の要因になった可能性は低いと推定される。

(2) 侵食

決壊箇所の上下流とも川表法面の侵食の痕跡は確認できない。水害防備林は倒伏しているが 流失しておらず、また、高水敷の侵食の痕跡は確認できない。

これらより、侵食が決壊の要因になった可能性は低いと推定される。

(3) 堤内地からの越水

10月13日6時45分撮影写真(図4.3.3参照)により決壊区間では堤内地側から本川に越水している状況が確認された。衛星画像により、決壊箇所上流、右岸27.0k付近や右岸26.5k付近からの越水が確認された。表法の川側への植生の倒伏やめくれ、表法肩に漂流物(タイヤ等)が確認された。堤内地側の痕跡水位は現況堤防高よりも高い。

これらのことより、堤内地側からの越水が決壊の要因になったと推定される。

4.4. 久慈川左岸 34.0k (県管理区間)

4.4.1. 久慈川左岸 34.0kの現況と堤防決壊の概要

(1) 堤防決壊の概要

久慈川左岸 34.0k 付近の決壊は、那川の湾曲部内岸側に位置する。越水や決壊の詳細な時刻 は確認されていない。決壊幅は、最終的に約 60m に達している。



図 4.4.1 久慈川左岸 34.0k 決壊箇所の位置図



図 4.4.2 久慈川左岸 34.0k 航空写真(2019/10/17 国土地理院撮影)



図 4.4.3 久慈川右岸 25.5k の決壊後の状況(2019/10/13 茨城県撮影)

なお、氾濫流の様子や、氾濫原の地形を見ると下流側に向かって標高が低くなっていること から、氾濫流は堤内地を下流方向へ流下し、34.0kより下流の無堤部からの溢水による氾濫流 と合流したと推定される。



氾濫流の様子(10/13 撮影、衛星画像)出典:防災科学研究所クライシスレスポンスサイト



氾濫原の地形(標高)出典:国土地理院の電子地形図 1/25,000



越流水の推定 出典:国土地理院地図撮影の航空写真(2004年以降撮影)

図 4.4.4 久慈川左岸 34.0k 決壊箇所の氾濫流の推定図

また、久慈川左岸 34.0k の破堤箇所は上流に比べ堤防高が低くなっており、さらに下流側で は無堤部となる。堤内地の地形勾配は 1/1000 程度ある。

よって、下流側の無堤部からの氾濫水が堤防のり尻付近は湛水していたものと推定され、堤 体内の水位が高かったことが推定される。



図 4.4.5 久慈川左岸 34.0k 決壊箇所の堤内地側の状況

(2) 決壊箇所の治水地形

久慈川左岸 34.0k は、治水地形分類図によると、氾濫平野に分類されており、治水地形上の 要注意地形に該当しない。



図 4.4.6 久慈川左岸 34.0k 付近の治水地形分類図
(3) 決壊箇所の堤防の変遷

久慈川左岸 34.0k 決壊箇所の河道の変遷を見ると、左岸 34.0k 付近は、1905 年から堤防が 整備されている。

左岸 34.0k 付近の河道は河道内の砂州の状況を見ると、現在に至るまで大きな変化はない ことが分かる。



出典:国土地理院の旧版地形図1/50000掲載(大宮)

出典:国土地理院の旧版地形図1/50000掲載(常陸大宮



出典:国土地理院の電子地形図1/25000を掲載

図 4.4.7 久慈川左岸 34.0k 付近の河道の変遷(地形図)



出典:米軍の航空写真(1947年撮影)



出典:国土地理院撮影の航空写真(1975年撮影)



出典:国土地理院撮影の航空写真(2004年~撮影)

図 4.4.8 久慈川左岸 34.0k 付近の河道の変遷(航空写真)

4.4.2. 越水による堤防決壊の可能性の検討

(1) 決壊箇所の堤体の特徴

久慈川左岸 34.0k 決壊箇所は越水によると推定される川裏法面の植生が川裏側に倒伏して いる(写真①)。堤防天端〜川裏法肩に越水による漂流物が残存している(写真②)。

また、決壊箇所上流側は決壊箇所より堤防天端高が高い(写真③)。

なお、天端舗装は、決壊区間およびその下流側で整備されている。





写真撮影位置(〇番号:写真番号)



写真① (2019/10/22 撮影)



写真②(2019/10/22撮影)

写真③(2019/10/16 撮影)

図 4.4.9 久慈川左岸 34.0kの決壊箇所付近の状況

(2) 決壊箇所の落堀の状況

久慈川左岸 34.0k の決壊箇所付近は、決壊区間の川表法尻~天端直下で落堀が形成されている。落堀の深さは、川表法尻で最大約 3.0m となっている。



図 4.4.10 久慈川左岸 34.0k の落堀

(3) 痕跡水位の状況

久慈川左岸 34.0k の痕跡水位と現況堤防高の比較図を示す。これによると、痕跡水位及び現地の状況より、越水範囲は 34.0k~34.1k と推定される。

越水深は左岸 34.0k の痕跡水位と決壊箇所直近の残っていた堤防高の差より、約 40cm と 推定される。



図 4.4.11 久慈川左岸 34.0k 付近の痕跡水位と現況堤防高

4.4.3. 浸透による堤防決壊の可能性の検討

(1) 決壊箇所の噴砂の状況

久慈川左岸 34.0k 決壊区間の上下流の川裏法尻付近では、噴砂や漏水痕は確認できない(写 真①~③)。



図 4.4.12 久慈川左岸 34.0kの決壊箇所付近の状況

(1) 決壊箇所の土質調査結果

1) 土質調査箇所

久慈川左岸 34.0k における土質調査は、決壊区間の決壊区間状下流端の堤防断面調査とサ ウンディング調査を実施した。サウンディング調査は、ボーリング調査2箇所、サウンディン グ6箇所実施している。上下流の決壊箇所でそれぞれボーリング調査を行った。また、決壊箇 所の表法尻と裏法尻で各1箇所、決壊箇所上流近傍と下流近傍で表法尻と裏法尻にサウンデ ィング各2箇所の土質調査を行っている。



図 4.4.13 久慈川左岸 34.0k の土質調査箇所

2) 堤体の土質

堤防断面調査および簡易ボーリング調査と粒度試験の結果から、決壊区間の堤体は、久慈川 の他の決壊箇所と異なり細砂~中砂を主体とする。粘性土が少なく、特に上流端部で採取した 試料ではほとんど粘性土を含んでいない。基礎地盤は簡易ボーリング調査より砂質土・礫質土 で構成されている。



図 4.4.14 久慈川左岸 34.0k の堤体土質調査結果(決壊箇所)

3) 基礎地盤の土質

サウンディング調査の結果から、基礎地盤については礫質土層(Ag 層)の表層に粘性土層 (Ac 層)が分布していることが確認された。なお、埋め土は、緊急復旧時の埋戻土である。



図 4.4.15 久慈川左岸 34.0k 付近のボーリング調査結果による推定地質断面図

(2) 浸透流解析結果

堤体と基礎地盤の土質調査の結果に基づき、久慈川左岸 34.0k の決壊箇所の土質構造についてモデル化を行った。



図 4.4.16 久慈川左岸 34.0k のモデル

土質定数については、今回試験値で設定した。検討外力については、今次出水の降雨、水位 ハイドロにより設定した(水位は観測地点の最高水位が痕跡水位となるようにスライド)。

断面	土層		単位体積 重量 γt (kN/m ³)	透水係数 k (cm/s)	粘着力 c (kN/m ²)	内部 摩擦角 	設定根拠	設定根拠	
久慈川	堤体	Bg	礫質土	20. 0	4. 60E-2	1.0	33. 0	決壊断面粒度D20	粒度
左庠 34.0k	基礎	Ag2	礫質土	20. 0	1. 30E-1	0.0	35.0	現場透水試験	現場透水

表 4.4.1 久慈川左岸 34.0k で設定した土質定数

※赤字は今回試験値・推定値

Bg層は、採取試料のD20(0.421mm)からクレーガーの推定方法で透水係数を推定して採用

※青字はN値による換算値 ※黒字は一般値

久慈川左岸34.0k



図 4.4.17 久慈川左岸 34.0kの浸透に対する安全性照査で設定した水位・降雨波形

浸透に対する安全性照査については「河川堤防構造検討の手引き」(平成 24 年 7 月 JICE) に基づき実施した。照査結果の天端到達時刻等は、現場確認ではなく、設定した河川水位での 時刻である。

その結果、裏のり安全率は照査基準 Fs=1.2 に対して Fs=1.395、表のりは照査基準 Fs=1.0 に対して Fs=2.150 となり、パイピングについては、局所動水勾配が詳細基準 0.5 に対して鉛 直方向は 0.400、水平方向は 0.491 となり、浸透に対する安全性を確保していることが明らか になった。



2

		すべい	し破壊	パイピング破壊	
河川水位	時刻	川表	川裏	鉛直	水平
		Fs	Fs	iv	ih
①天端到達時	10/13 03:00	-	1.402	0.399	0. 490
②越水終了時	10/13 07:00	-	1.395	0.400	0. 491
③水位低下時	10/13 10:00	2. 150	-	-	-
基準	値	Fs≧1.0	Fs≧1.2	iv<0.5	iv<0.5
			: SAFE		: OUT

図 4.4.18 久慈川左岸 34.0k の浸透に対する安全性照査結果

4.4.4. 侵食による堤防決壊の可能性の検討

(1) 決壊箇所の侵食の状況

決壊箇所は、決壊区間の上下流とも護岸が整備され、侵食の痕跡は確認できない(写真①~ ③)。





①堤防川表法面状況
 (決壊区間上流より)



②堤防川表法面状況(決壊区間下流より)



③堤防川表法面状況(決壊区間下流より)

図 4.4.19 久慈川左岸 34.0k の侵食状況

4.4.5. まとめ

久慈川左岸 34.0kの決壊原因の検討結果のまとめを以下に示す。

(1) 越水

川裏側への植生の倒伏、天端に漂流物が確認された。痕跡水位及び現地の状況より、越水範 囲と越水深が推定された。

これらより越水が決壊の要因になったと推定される。

(2) 浸透

上下流の近傍も含めて噴砂や漏水が確認されていない。堤体は砂質土で構成され、基礎地盤 は砂質土・礫質土が分布する。解析の結果、裏法すべりやパイピングに対する安全性が確保さ れている。

これらより浸透が決壊の要因になった可能性は低いと推定される。

(3) 侵食

決壊箇所の上下流とも川表法面の侵食の痕跡は確認できない。高水敷の侵食の痕跡は確認できない。

これらより、侵食が決壊の要因になった可能性は低いと推定される。

4.5. 久慈川の決壊原因の特定

久慈川左岸 25.5k、左岸 27.0k、右岸 25.0k、県管理区間の左岸 34.0k それぞれの決壊原因について、越水、浸透、侵食の 3 つの要因別に、影響度 合いについて示す。〇は影響度合いが大きく、×は影響度合いが小さいことを示している。

	久慈川左岸 25.5k	久慈川左岸 27.0k
越水	 写真により越水している状況が確認された。 裏法面の侵食、川裏側への植生の倒伏が確認された。 痕跡水位及び現地の状況より、越水範囲と越水深が推定された。 これらより<u>越水が決壊の要因になったと推定される。</u> 	 川裏側への植生の倒伏が確認された。 痕跡水位及び現地の状況より、越水範囲と越水深が推定された。 これらより<u>越水が決壊の要因になったと推定される。</u>
影響程度	0	0
浸透	 上下流の近傍も含めて噴砂や漏水が確認されていない。 堤体は上流側が礫質土と粘性土、下流側が砂質土、粘性土 で構成され、基礎地盤は礫質土層の表層に粘性土層が分布 する。 解析の結果、裏法すべりやパイピングに対する基準値を満 足している。 これらより、<u>浸透が決壊の要因になった可能性は低いと推</u> <u>定される。</u> 	 上下流の近傍も含めて噴砂や漏水が確認されていない。 堤体は礫質土・粘性土で構成され、基礎地盤は礫質土層の 表層に粘性土層が分布する。 解析の結果、パイピングに対する基準値を満足していない。 これにより、浸透の影響は排除できない。
影響程度	×	Δ
侵食	 決壊箇所の上下流とも川表法面の侵食の痕跡は確認できない。 水害防備林は倒伏しているが流失しておらず、また、高水敷の侵食の痕跡は確認できない。 これらより、侵食が決壊の要因になった可能性は低いと推定される。 	 壊箇所の上下流とも川表法面の侵食の痕跡は確認できない。 高水敷の侵食の痕跡は確認できない。 これらより、侵食が決壊の要因になった可能性は低いと推定される。
影響程度	×	×
堤内地から の越水	_	_
影響程度	×	×

	久慈川右岸 25.5k	久慈川左岸 34.0k (県管理)
越水	_	 川裏側への植生の倒伏、天端に漂流物が確認された。 痕跡水位及び現地の状況より、越水範囲と越水深が推定された。 これらより<u>越水が決壊の要因になったと推定される。</u>
影響程度	-	0
浸透	 上下流の近傍も含めて噴砂や漏水が確認されていない。 堤体は砂分の多い粘性土で構成され、基礎地盤は礫質土層の表層に砂質土が分布する。 これらより、浸透が決壊の要因になった可能性は低いと推定される 	 上下流の近傍も含めて噴砂や漏水が確認されていない。 堤体は砂質土で構成され、基礎地盤は砂質土・礫質土が分布 する。 解析の結果、裏法すべりやパイピングに対する安全性が確保 されている。 これらより浸透が決壊の要因になった可能性は低いと推定 される。
影響程度	×	×
侵食	 決壊箇所の上下流とも川表法面の侵食の痕跡は確認できない。 水害防備林は堤内地側から堤外地側に倒伏し、高水敷の侵食の痕跡は確認できない(斜め写真)。 これらより、侵食が決壊の要因になった可能性は低いと推定される。 	 決壊箇所の上下流とも川表法面の侵食の痕跡は確認できない。 高水敷の侵食の痕跡は確認できない。 <u>これらより、侵食が決壊の要因になった可能性は低いと推定される。</u>
影響程度	×	×
堤内地から の越水	 6:45撮影の写真により決壊区間では堤内地側から本川に 越水している状況が確認された。 衛星画像により、決壊箇所上流、27.0k付近や26.5k付近 からの越水が確認された。 表法の川側への植生の倒伏やめくれ、表法肩に漂流物(タ イヤ等)が確認された。 堤内地側の痕跡水位は現況堤防高よりも高い。 これらのことより、堤内地側からの越水が決壊の要因にな ったと推定される。 	_
影響程度	0	×

また、久慈川左岸 25.5k の堤防決壊までのプロセスについて、以下に推定し、まとめる。

【久慈川左岸 25.5k 決壊箇所】

1) Step1 激しい降雨と河川水の上昇

多量の降雨により河川水位が上昇する。



2) Step2 越水の開始

さらに河川水位が上昇するとともに、越水が発生したと推定される。



3) Step3 堤防断面の減少

時間の経過とともに、越流水の作用により川裏法尻の洗掘や天端の侵食が進行し、堤防断 面が徐々に減少する。



4) Step4 決壊

さらに川裏法尻部の洗掘が進み、又はその途中で川表側からの水圧に耐えきれず堤防が決 壊したと推察される。



また、堤防決壊までのプロセスについては、久慈川左岸 27.0k、34.0kの決壊箇所毎に、堤防の規模が異なるものの、ほぼ同様であると考えられるため、以下に推定し、まとめる。

【久慈川左岸 27.0k、34.0k 決壊箇所】

1) Step1 激しい降雨と河川水の上昇

多量の降雨により河川水位が上昇する。



2) Step2 越水の開始

さらに河川水位が上昇するとともに、越水が発生したと推定される。

なお、解析の結果、パイピングに対する基準値を満足していないため、浸透の影響は排除 できない。



3) Step3 堤防断面の減少

時間の経過とともに、越流水の作用により川裏法尻の洗掘や天端の侵食が進行し、堤防断 面が徐々に減少する。



4) Step4 決壊

さらに川裏法尻部の洗掘が進み、又はその途中で川表側からの水圧に耐えきれず堤防が決 壊したと推察される。



また、久慈川右岸 25.5k の堤防決壊までのプロセスは、以下に推定し、まとめる。

【久慈川右岸 25.5k】

1) Step1 激しい降雨と河川水の上昇

多量の降雨により河川水位が上昇する。内水等により川裏側の水位が上昇する。



2) Step2 堤内地側の水位上昇

内水、溢水等により、川裏側の水位がさらに上昇する。



3) Step3 堤防断面の減少

川裏側からの越流水の作用により時間の経過とともに、川表のり面の侵食が進行し、堤防 断面が徐々に減少したと推定される。



4) Step4 決壊

さらに川表のり面の侵食が進み、もしくは途中で川裏側からの水圧に耐えきれず堤防が決 壊したと推定される。



5. 浅川の決壊箇所の状況と決壊原因の特定

- 5.1. 浅川右岸 0.6k (県管理区間)
 - 5.1.1. 浅川右岸 0.6kの状況と堤防決壊の概要

(1) 堤防決壊の概要

浅川右岸 0.6k 付近の決壊は、那珂川の緩い湾曲部内岸側に位置する。越水や決壊の詳細な時刻は確認されていない。決壊幅は、最終的に約 60m に達している。



図 5.1.1 浅川右岸 0.6k 決壊箇所の位置図



図 5.1.2 浅川右岸 0.6k 航空写真(2019/10/17 国土地理院撮影)

決壊直後、堤内地に湛水した水が、決壊箇所で川裏側から川表側に流れていることから、当 該箇所は他の箇所で氾濫した水により川裏から越水し被災(堤防決壊)した箇所である。

そのため、河道で洪水を流下させる対策を実施することを前提に、本復旧の基本方針につい て示したものである。





※水面の波より推定

図 5.1.3 浅川右岸 0.6k の決壊後の状況(2019/10/13 茨城県撮影)

(2) 決壊箇所の治水地形

浅川右岸 0.6k は、治水地形分類図によると、氾濫平野に分類されており、治水地形上の要 注意地形に該当しない。



図 5.1.4 浅川右岸 0.6k 付近の治水地形分類図

(3) 決壊箇所の堤防の変遷

浅川右岸 0.6k 決壊箇所の河道の変遷を見ると、右岸 0.6k 付近は、1947 年から堤防が整備 されている。

右岸 0.6k 付近の河道は、1905 年から位置や川幅に大きな変化は見られない。



出典:国土地理院の旧版地形図1/50000掲載(大宮・水戸) 出典:国土地理院の旧版地形図1/50000掲載(常陸大宮・水戸)



出典:国土地理院の電子地形図1/25000を掲載

図 5.1.5 浅川右岸 0.6k 付近の河道の変遷(地形図)



出典:米軍の航空写真(1947年撮影)

出典:国土地理院撮影の航空写真(1975年撮影)



出典:国土地理院撮影の航空写真(2004年~撮影)

図 5.1.6 浅川右岸 0.6k 付近の河道の変遷(航空写真)

5.1.2. 越水による堤防決壊の可能性の検討

(1) 決壊箇所の堤体の特徴

浅川右岸 0.6k 決壊箇所は堤防天端に越水による漂流物が残存している(写真①)。 決壊箇所上流側で、川裏側から川表側への越水によると推定される、川表部の侵食が見られる(写真②・③)。



写真④ (2019/10/22 撮影)

図 5.1.7 浅川右岸 0.6k の決壊箇所付近の状況

(2) 決壊箇所の落堀の状況

浅川右岸 0.6k の決壊箇所付近は、決壊区間の川表側から川裏側に横断方向の落堀が形成されている。落堀の深さは、天端直下で最大約 5.5m となっている。





図 5.1.8 浅川右岸 0.6kの落堀

(3) 氾濫流の状況

氾濫流の様子や氾濫原の地形から、堤内地上流側から氾濫流が流下し、氾濫流が地形的に決 壊箇所付近に集中し、せき上げされて堤内地側の水位が上昇し、川裏側から川表側への越水が 発生したと考えられる。



氾濫流の様子(10/13 撮影、衛星画像)出典:防災科学研究所クライシスレスポンスサイト



氾濫原の地形(標高)出典:国土地理院の電子地形図 1/25,000



氾濫流の推定出典:国土地理院地図撮影の航空写真(2004年以降撮影)

図 5.1.9 浅川右岸 0.6k 決壊箇所の氾濫流の推定図

5.1.3. 浸透による堤防決壊の可能性の検討

(1) 決壊箇所の噴砂の状況

浅川右岸 0.6k 決壊区間の決壊区間の上下流の川裏法尻付近では、噴砂や漏水痕は確認できない(写真①~③・UAV 写真)。



図 5.1.10 浅川右岸 0.6kの決壊箇所付近の状況

(2) 決壊箇所の土質調査結果

1) 土質調査箇所

浅川右岸 0.6k における土質調査は、決壊区間の土質調査を実施した。土質調査は、決壊箇 所の状下流端天端から簡易ボーリング 2 箇所を実施している。また、決壊箇所の表法尻と裏法 尻で各 1 箇所、決壊箇所上流近傍と下流近傍で表のり尻と裏のり尻にサウンディング各 2 箇 所の計 6 箇所のサウンディング試験を行っている。



図 5.1.11 浅川右岸 0.6k の土質調査箇所

2) 堤体の土質

堤防断面調査から、決壊区間の堤体については、上流部で粘性土~砂質土、下流部は粘性土 で構成されている。





図 5.1.12 浅川右岸 0.6k の堤体土質調査結果(上流側決壊箇所)

3) 基礎地盤の土質

既往ボーリング調査とサウンディング調査の結果から、基礎地盤については粘性土(Ac 層)・ 砂質土(As 層)が分布していることが確認された。



図 5.1.13 浅川右岸 0.6k 付近のボーリング調査結果による推定地質断面図

5.1.4. 侵食による堤防決壊の可能性の検討

(1) 決壊箇所の侵食の状況

決壊箇所は、決壊区間の上下流とも、天端から川表側への水の流れによる川表法肩の侵食痕 が確認されている(写真①~③)が、川表法面の河川水の流水による浸食の痕跡は確認できな い。





①堤防川表法面状況 (UAV 写真 2019/10/16 撮影)





②堤防川表法面状況(決壊区間対岸より 2019/10/17 撮影)

③堤防川表法面状況(決壊区間対岸より 2019/10/17 撮影)

図 5.1.14 浅川右岸 0.6k の侵食状況

5.1.5. まとめ

浅川右岸 0.6kの決壊原因の検討結果のまとめを以下に示す。

(1) 浸透

上下流の近傍も含めて噴砂や漏水が確認されていない。堤体は粘性土、基礎地盤も粘性土が 分布する。

これらより浸透が決壊の要因になった可能性は低いと推定される。

(2) 侵食

決壊箇所の上下流とも川表法面の河川水の流水による侵食の痕跡は確認できない。これらより、侵食が決壊の要因になった可能性は低いと推定される。

(3) 堤内地からの越水

写真により決壊区間では堤内地側から本川に越水している状況が確認された。上下流の堤防 残存部の表法肩の侵食が確認された。

これらのことより、堤内地側からの越水が決壊の要因になったと推定される。

5.2. 浅川右岸 1.5k (県管理区間)

5.2.1. 浅川右岸 1.5k の現況と堤防決壊の概要

(1) 堤防決壊の概要

浅川右岸 1.5k 付近の決壊は、那珂川の緩い湾曲部外岸側に位置する。越水や決壊の詳細な時刻は確認されていない。決壊幅は、最終的に約 40m に達している。



図 5.2.1 浅川右岸 1.5k 決壊箇所の位置図



図 5.2.2 浅川右岸 1.5k 航空写真(2019/10/17 国土地理院撮影)

決壊直後、堤内地に湛水した水が、決壊箇所で川裏側から川表側に流れていることから、当 該箇所は他の箇所で氾濫した水により川裏から越水し被災(堤防決壊)した箇所である。

そのため、河道で洪水を流下させる対策を実施することを前提に、本復旧の基本方針について示したものである。



図 5.2.3 浅川右岸 1.5k の決壊後の状況 (2019/10/13 茨城県撮影)

(2) 決壊箇所の治水地形

浅川右岸 1.5k は、治水地形分類図によると、段丘面に分類されており、治水地形上の要注 意地形に該当しない。



図 5.2.4 浅川右岸 1.5k 付近の治水地形分類図

(3) 決壊箇所の堤防の変遷

浅川右岸 1.5k 決壊箇所の河道の変遷を見ると、右岸 1.5k 付近は、1979 年では堤防が整備 されている。

右岸 1.5k 付近の河道は、1905 年から位置や川幅に大きな変化は見られない。





出典:国土地理院の電子地形図1/25000を掲載

図 5.2.5 浅川右岸 1.5k 付近の河道の変遷(地形図)


出典:米軍の航空写真(1947年撮影)

出典:国土地理院撮影の航空写真(1975年撮影)



出典:国土地理院撮影の航空写真(2004年~撮影)

図 5.2.6 浅川右岸 1.5k 付近の河道の変遷(航空写真)

5.2.2. 越水による堤防決壊の可能性の検討

(1) 決壊箇所の堤体の特徴

浅川右岸 1.5k 決壊箇所は堤防天端に越水による漂流物が残存している(写真①)。 決壊箇所~決壊箇所上流側で、川裏側から川表側への越水によると推定される、川表部の侵 食および法面の流出が見られる(写真①・②)。



写真②(2019/10/22撮影)

写真③ (2019/10/22 撮影)

図 5.2.7 浅川右岸 1.5k の決壊箇所付近の状況

(2) 決壊箇所の落堀の状況

浅川右岸 1.5k の決壊箇所付近は、決壊区間の川表側~川裏側で落堀が形成されている。 落堀の深さは、川表側で最大約 1.0m、川裏側で最大約 2.0m となっている。





図 5.2.8 浅川右岸 1.5k の落堀

(3) 氾濫流の状況

氾濫流の様子や氾濫原の地形から、堤内地上流側から氾濫流が流下し、氾濫流が地形的に決 壊箇所付近に集中し、せき上げされて堤内地側の水位が上昇し、川裏側から川表側への越水が 発生したと考えられる。



氾濫流の様子(10/13 撮影、衛星画像)
 出典:防災科学研究所クライシスレスポンスサイト



氾濫原の地形(標高)出典:国土地理院の電子地形図 1/25,000



氾濫流の推定出典:国土地理院地図撮影の航空写真(2004年以降撮影)

図 5.2.9 浅川右岸 1.5k 決壊箇所の氾濫流の推定図

5.2.3. 浸透による堤防決壊の可能性の検討

(1) 決壊箇所の噴砂の状況

浅川右岸 1.5k 決壊区間の決壊区間の上下流の川裏法尻付近は、噴砂や漏水痕は確認できない(写真①~③)。



(2) 決壊箇所の土質調査結果

1) 土質調査箇所

浅川右岸 1.5k における土質調査は、決壊区間の土質調査を実施した。土質調査は、決壊箇 所の状下流端天端から簡易ボーリング 2 箇所を実施している。また、決壊箇所の表法尻と裏法 尻で各 1 箇所、決壊箇所上流近傍は表のり尻に 1 箇所、下流近傍で表のり尻と裏のり尻にサ ウンディング各 2 箇所の計 5 箇所のサウンディング試験を行っている。



図 5.2.11 浅川右岸 1.5k の土質調査箇所

2) 堤体の土質

堤防断面調査から、決壊区間の堤体については、堤体は粘性土で構成される。



決壊区間端部一粒度試験結果



図 5.2.12 浅川右岸 1.5k の堤体土質調査結果(上流側決壊箇所)

3) 基礎地盤の土質

サウンディング調査の結果から、基礎地盤については粘性土層(Ac 層)が分布していることが確認された。



図 5.2.13 浅川右岸 1.5k 付近のボーリング調査結果による推定地質断面図

5.2.4. 侵食による堤防決壊の可能性の検討

(1) 決壊箇所の侵食の状況

決壊箇所は、決壊区間の下流では、天端から川表側への水の流れによる植生の倒伏が確認され、川表法面の河川水の流水による侵食の痕跡は確認できない(写真③)。

決壊区間の上流は、天端から川表側への水の流れによる川表法肩の侵食痕が確認されている (写真①)。

高水敷上の植生は、倒伏しているが流失せず、その上に土砂が堆積している(UAV 写真・ 写真②) 。





① 堤防川表法面状況
 (決壊区間上流より 2019/10/28 撮影)



②堤防高水敷状況 (決壊区間対岸より 2019/10/17 撮影)



③堤防川表法面状況(決壊区間下流より 2019/10/17 撮影)

図 5.2.14 浅川右岸 1.5k の侵食状況

5.2.5. まとめ

浅川右岸 1.5k の決壊原因の検討結果のまとめを以下に示す。

(1) 浸透

上下流の近傍も含めて噴砂や漏水が確認されていない。堤体は粘性土、基礎地盤も粘性土が 分布する。

これらより浸透が決壊の要因になった可能性は低いと推定される。

(2) 侵食

決壊箇所の上下流とも川表法面の河川水による侵食の痕跡は確認できない。

これらより、侵食が決壊の要因になった可能性は低いと推定される。

(3) 堤内地からの越水

写真により決壊区間では堤内地側から本川に越水している状況が確認された。上下流の堤防 残存部の表法肩の侵食が確認された。

これらのことより、堤内地側からの越水が決壊の要因になったと推定される。

5.3. 浅川の決壊原因の特定

浅川右岸 0.6k、右岸 1.5k、それぞれの決壊原因について、越水、浸透、侵食の 3 つの要因別に、影響度合いについて示す。○は影響度合いが大き く、×は影響度合いが小さいことを示している。

	浅川右岸 0.6k (県管理)	浅川右岸 1.5k (県管理)
浸透	 上下流の近傍も含めて噴砂や漏水が確認されていない。 堤体は粘性土、基礎地盤も粘性土が分布する。 これらより浸透が決壊の要因になった可能性は低いと 推定される。 	 上下流の近傍も含めて噴砂や漏水が確認されていない。 堤体は粘性土、基礎地盤も粘性土が分布する。 これらより浸透が決壊の要因になった可能性は低いと 推定される。
影響程度	×	×
侵食	 決壊箇所の上下流とも川表法面の侵食の痕跡は確認できない。 これらより、侵食が決壊の要因になった可能性は低いと推定される。 	 決壊箇所の上下流とも川表法面の侵食の痕跡は確認できない。 これらより、侵食が決壊の要因になった可能性は低いと推定される。
影響程度	×	×
堤内地からの越水	 写真により決壊区間では堤内地側から本川に越水している状況が確認された。 上下流の堤防残存部の表法肩の侵食が確認された。 これらのことより、堤内地側からの越水が決壊の要因になったと推定される。 	 写真により決壊区間では堤内地側から本川に越水している状況が確認された。 上下流の堤防残存部の表法肩の侵食が確認された。 これらのことより、堤内地側からの越水が決壊の要因になったと推定される。
影響程度	0	Ο

また、堤防決壊までのプロセスについては、浅川右岸 0.6k、浅川右岸 1.5k の決壊箇所毎に、 堤防の規模が異なるものの、ほぼ同様であると考えられるため、以下に推定し、まとめる。

1) Step1 激しい降雨と河川水の上昇

多量の降雨により河川水位が上昇する。内水等により川裏側の水位が上昇する。



2) Step2 堤内地側の水位上昇

内水、溢水等により、川裏側の水位がさらに上昇する。



3) Step3 堤防断面の減少

川裏側からの越流水の作用により時間の経過とともに、川表のり面の侵食が進行し、堤防 断面が徐々に減少したと推定される。



4) Step4 決壊

さらに川表のり面の侵食が進み、もしくは途中で川裏側からの水圧に耐えきれず堤防が決 壊したと推定される。



本復旧工法の検討

3~5章の決壊原因と特定における堤防結果の原因より、本復旧の基本方針を示す。

6.1. 那珂川3箇所、久慈川左岸25.5k、27.0k、34.0k

6.1.1. 推定される堤防決壊の原因

那珂川 3 箇所(右岸 28.6k、左岸 40.0k、右岸 41.5k)、久慈川左岸久慈川左岸 25.5k、27.0k、 34.0kの推定される決壊原因についてまとめると以下の通りである。

1) 越水

川裏部の侵食や天端の漂流物等、被災後の堤防の状況や、痕跡水位及び現地の状況よる越 水範囲と越水深が推定を行った結果、全ての決壊箇所で越水が決壊の要因になったと推定さ れる。

2) 浸透

全ての決壊箇所では、上下流の近傍箇所で噴砂や漏水が確認されなかった。解析の結果、 那珂川左岸 40.0k と久慈川左岸 27.0k で浸透に対する基準値を満足していない。

これらより那珂川左岸 40.0k や久慈川左岸 27.0k では浸透の影響は排除できないが、他の 箇所では浸透が決壊の要因になった可能性は低いと推定される。

3) 侵食

那珂川左岸 40.0 k では高水敷の端部河道内樹林の倒伏が見られ、那珂川右岸 41.2 k では堤防表法の植生のはがれが見られた他は全ての決壊箇所で、決壊箇所の上下流とも川表法面の 侵食の痕跡や高水敷の侵食が確認できなかった。

これにより、那珂川左岸 40.0 k と右岸 41.2 k では洗掘や侵食の懸念があると推定されるものの、侵食が決壊の要因になった可能性は低いと推定される。

6.1.2. 決壊区間における本復旧の実施方針(案)

那珂川3箇所(右岸28.6k、左岸40.0k、右岸41.5k)、久慈川左岸25.5k、左岸27.0k、左岸34.0kの本復旧の基本方針(案)を以下に示す。

- 越水対策として、河道掘削等による水位低下を基本とする。
- 堤防については計画上必要とされる高さを確保するための堤防拡築を実施(必要に応じて段階整備を検討)。また、築堤材料は適切な材料を用い十分に締め固めて施工する。
- 堤防決壊箇所については、新たに盛土した堤防の堤体保護のため、川表法覆工(護岸・ 遮水シート)を実施する。
- 必要に応じて、河川水の堤防への浸透を抑制するために、浸透対策工(矢板、遮水シー ト等)を実施する。
- 施設能力を上回る洪水に対して、越水した場合に決壊までの時間を引き延ばす危機管理
 型ハード対策(堤防天端の舗装、川裏法尻補強)を必要に応じて実施する。

なお、権限代行区間の久慈川左岸 34.0k では、茨城県の計画に基づき現況堤防高さまでの復 旧とする。 また、復旧に当たっては、現地調査を行い、落堀が生じた箇所は、落掘の状況や埋戻し方法についても十分考慮し、詳細設計を実施し精査する必要がある。

推定される堤防決壊の原因		
越水	 川裏部の侵食や天端の漂流物等、被災後の堤防の状況や、 痕跡水位及び現地の状況よる越水範囲と越水深が推定を行った結果、全ての決壊箇所で越水が決壊の要因になったと推定 される。 	
浸透	 全ての決壊箇所では、上下流の近傍箇所で噴砂や漏水が確認されなかった。 解析の結果、那珂川左 40.0k と久慈川左 27.0k で浸透に対する基準値を満足していない。 これらより那珂川左 40.0k や久慈川左 27.0k では浸透の影響は排除できないが、他の箇所では浸透が決壊の要因になった可能性は低いと推定される。 	
侵食	 那珂川左 40.0 k では高水敷の端部河道内樹林の倒伏が見られ、那珂川右 41.2 k では堤防表法の植生のはがれが見られた他は全ての決壊箇所で、決壊箇所の上下流とも川表法面の侵食の痕跡や高水敷の侵食が確認できなかった。 これにより、那珂川左 40.0 k と右 41.2 k では洗掘や侵食の懸念があると推定されるものの、<u>侵食が決壊の要因になった可</u>能性は低いと推定される。 	

決壊区間における本復旧の基本方針(案)

- 越水対策として、河道掘削等による水位低下を基本とする。
- 堤防については計画上必要とされる高さを確保するための堤防拡 築を実施(必要に応じて段階整備を検討)。また、築堤材料は 適切な材料を用い十分に締め固めて施工。
- 堤防決壊箇所については、新たに盛土した堤防の堤体保護のため、川表法覆工(護岸・遮水シート)を実施。
- 必要に応じて、河川水の堤防への浸透を抑制するために、浸透 対策工(矢板、遮水シート等)を実施する。
- 施設能力を上回る洪水に対して、越水した場合に決壊までの時間を引き延ばす危機管理型ハード対策(堤防天端の舗装、川裏法尻補強)を必要に応じて実施
- ※権限代行区間の久慈川左 34.0k では、茨城県の計画に基づき現 況堤防高さまでの復旧とする。
- ※落堀が生じた箇所は、落掘の状況や埋戻し方法についても十分考 慮し、詳細設計を実施。
- ※現地調査を行い、詳細設計を実施し精査する必要がある。

表 6.1.1 那珂川3箇所、久慈川左岸25.5k、27.0k、34.0k本復旧の実施方針(案)



※権限代行区間の久慈川左 34.0k では、茨城県の計画に基づき現況堤防高さまでの復旧とする。 ※現地調査を行い、詳細設計を実施し精査する必要がある。

図 6.1.1 那珂川3箇所、久慈川左岸25.5k、27.0k、34.0k本復旧工法案

6.2. 久慈川右岸 25.5k、浅川右岸 0.6k、1.5k

6.2.1. 推定される堤防決壊の原因

久慈川右岸 25.5k、浅川右岸 0.6k、1.5kの推定される決壊原因についてまとめると以下の 通りである。

1) 堤内地からの越水

久慈川右岸 25.5k と浅川右岸 0.6k と右岸 1.5k の決壊区間では、写真により堤内地側から 本川に越水している状況が確認されるとともに、上下流の堤防残存部の表法の川側への植生 の倒伏やめくれ、表法肩の侵食が確認された。

これらのことより、久慈川右岸 25.5k と浅川 2 箇所は堤内地側からの越水が決壊の要因に なったと推定される。

2) 浸透

全ての決壊箇所では、上下流の近傍箇所で噴砂や漏水が確認されなかった。解析の結果、 那珂川左岸 40.0k と久慈川左岸 27.0k で浸透に対する基準値を満足していない。

これらより那珂川左岸 40.0k や久慈川左岸 27.0k では浸透の影響は排除できないが、他の 箇所では浸透が決壊の要因になった可能性は低いと推定される。

3) 侵食

全ての決壊箇所で、決壊箇所の上下流とも川表法面の侵食の痕跡や高水敷の侵食が確認で きなかった。

これにより、侵食が決壊の要因になった可能性は低いと推定される。

6.2.2. 決壊区間における本復旧の実施方針(案)

久慈川右岸 25.5k、浅川右岸 0.6k、右岸 1.5 k の本復旧の基本方針(案)を以下に示す。

当該箇所は、他の箇所で氾濫した水により、川裏から越水し被災(堤防決壊)した箇所であ る。そのため、河道で洪水を流下させる対策を実施することを前提に、本復旧の基本方針につ いて示したものである。

- 久慈川右岸 25.5k については計画上必要とされる高さを確保するための堤防拡築を実施 (必要に応じて段階整備を検討)。浅川右岸 0.6k、右岸 1.5k では、茨城県の計画に基づ き、計画上必要とされている高さを確保しているため、原形復旧を基本とする。また、 築堤材料は適切な材料を用い十分に締め固めて施工。
- 堤防決壊箇所については、新たに盛土した堤防の堤体保護のため、川表法覆工(護岸・ 遮水シート)を実施。
- 施設能力を上回る洪水に対して、越水した場合に決壊までの時間を引き延ばす危機管理
 型ハード対策(堤防天端の舗装、川裏法尻補強)を必要に応じて実施

なお、落堀が生じた箇所は、落掘の状況や埋戻し方法についても十分考慮し、詳細設計を実施する。

また、現地調査を行い、詳細設計を実施し精査する必要がある。

	推定される堤防決壊の原因	決壊区間における本復旧の基本方針(案)
堤内地からの越水	 久慈川右 25.5k と浅川右 0.6k と右 1.5k の決壊区間で は、写真により堤内地側から本川に越水している状況が確認さ れた。 上下流の堤防残存部の表法の川側への植生の倒伏やめくれ、 表法肩の侵食が確認された。 これらのことより、久慈川右 25.5k と浅川 2 箇所は堤内地側 からの越水が決壊の要因になったと推定される。 	 堤防については計画上必要とされる高さを確保するための堤防拡 築を実施(必要に応じて段階整備を検討)。また、築堤材料は 適切な材料を用い十分に締め固めて施工。 堤防決壊箇所については、新たに盛土した堤防の堤体保護のた め、川表法覆工(護岸・遮水シート)を実施。 施設能力を上回る洪水に対して、越水した場合に決壊までの時 間を引き延ばす危機管理型ハード対策(堤防天端の舗装、川 裏法尻補強)を必要に応じて実施
浸透	 全ての決壊箇所では、上下流の近傍箇所で噴砂や漏水が確認されなかった。 これにより浸透が決壊の要因になった可能性は低いと推定される。 	※権限代行区間の浅川右 0.6k と右 1.5k では、茨城県の計画に基づ き現況堤防高さまでの復旧とする。 ※落堀が生じた箇所は、落掘の状況や埋戻し方法についても十分考慮 し、詳細設計を実施。
	● 全ての決壊筒所で、決壊筒所の上下流とも川表法面の侵食	※現地詞宜を行い、詳細設計を美施し相宜9る必要がある。
侵食	 ● これにより、侵食が決壊の要因になった可能性は低いと推定される。 	

表 6.2.1 久慈川右岸 25.5k、浅川右岸 0.6k、1.5k 本復旧の実施方針(案)



※権限代行区間の浅川右 0.6k と右 1.5k では、茨城県の計画に基づき現況堤防高さまでの復旧とする。 ※現地調査を行い、詳細設計を実施し精査する必要がある。

【川表】

図 6.2.1 久慈川右岸 25.5k、浅川右岸 0.6k、1.5k 本復旧工法案

7. 委員による現地調査

7.1. 現地調査概要

那珂川・久慈川の堤防決壊箇所の決壊状況の把握を目的として、那珂川・久慈川堤防調査委員 会委員による現地調査を、令和元年(2019年)10月18日に実施した。

また、現地調査終了後、16:00 より久慈川左岸 25.0km 付近において、ぶら下がり会見を実施 した。

・日時: 令和元年 10月 18日 12:00~18:30

·集合場所: 水戸駅

7.2. 現地調査参加委員

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

- 諏訪 義雄 国土交通省 国土技術政策総合研究所 河川研究部 河川構造物管理研究官
- 高橋 章浩 東京工業大学 環境・社会理工学院 土木・環境工学系 教授
- 横木 裕宗 茨城大学大学院理工学研究科 都市システム工学専攻 教授
- 安田 進 東京電機大学 名誉教授 東京電機大学総合研究所 客員教授

※高橋委員については当日欠席

7.3. 現地調査行程

- 那珂川右岸 28.6k (20 分現地調査)
- 那珂川左岸 40.0k(20 分現地調査)
- 那珂川左岸 41.2k (20 分現地調査)
- 久慈川左岸 27.0k(20 分現地調査)
- 久慈川左岸 25.5k(20 分現地調査)
- 久慈川右岸 25.5k(20 分現地調査)
 現地調査後、久慈川左岸 25.5k 付近にてぶら下がり会見
- 久慈川左岸 34.5k(10 分)県管理区間
- 浅川(30分) 県管理区間2箇所





図 7.3 那珂川右岸 28.6k の現地調査状況(左)と那珂川右岸 41.2k の現地調査状況(右)

参考資料

1. 那珂川・久慈川における、過去の地震被災箇所との比較

2011.3.11の東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)では、関東地方でも広範囲で堤防の被災が 多数発生したが、那珂川・久慈川を対象として、今時出水による被災箇所と、2011.3.11の東北地 方太平洋沖地震(東日本大震災)による被災箇所との比較を行った。

その結果、同じ被災箇所はなかったことが明らかとなった。



令和元年台風第19号の被災箇所と東日本大震災の被災箇所(那珂川)



令和元年台風第19号の被災箇所と東日本大震災の被災箇所(久慈川)

2. 那珂川右岸 28.6k、久慈川左岸 27.0k 決壊箇所における堤防幅

2.1. 那珂川右岸 28.6k

決壊箇所は下流側と比較して、堤防幅が狭い状況であった.



出典:国土地理院地図撮影の航空写真(2007年以降撮影)

決壊箇所と残存部の堤防幅(那珂川右岸 28.6k)

2.2. 久慈川左岸 27.0k

決壊箇所は下流側と比較して、堤防幅が狭い状況であった.



出典:国土地理院地図撮影の航空写真(2007年以降撮影)

決壊箇所と残存部の堤防幅(久慈川左岸 27.0k)