

嘉瀬川の粘り強い河川堤防整備における パイロット施工について

江口 紅覇¹・下村 幸一¹・緒方 哲郎¹・興梠 逸郎²

¹武雄河川事務所 工務課 (〒834-0023 佐賀県武雄市武雄町昭和745)

²武雄河川事務所 調査課 (〒834-0023 佐賀県武雄市武雄町昭和745)

嘉瀬川は、流域面積368km²、幹川流路延長57kmの佐賀県中央部に位置する一級河川である。その嘉瀬川において、「越水した場合であっても堤防が決壊するまでの時間を少しでも引き延ばす」とした危機管理型ハード対策の概念を発展的に踏襲し、越水に対し危機管理型ハード対策を上回る効果を有する「粘り強い河川堤防」を整備するものである。

そのため、本論文では、国総研・土研・本省・整備局と協議検討した内容を中心に、パイロット施工について紹介する。

キーワード 粘り強い河川堤防、パイロット施工、野芝付きジオテキスタイル、現場通水試験

1. 経緯

近年、降雨の激甚化・集中化により治水施設の能力を大きく超える洪水が多発しているが、令和元年台風19号による洪水では、全国で142箇所の河川堤防が決壊(うち86%は越水が主要因)し、約3万5千haが浸水するなど甚大な被害が生じた。越水した箇所のうち、被覆型の堤防強化対策である「危機管理型ハード対策」を行っていた箇所については、法尻部の洗堀等が確認されておらず、一定の効果を確認した。一方で、越水した箇所では、補強されていない法面(中腹)や法肩から崩れるといった被災形態が確認され、このような簡易な対策では効果に限界があり、より高い効果を追求する際には、「越水した場合であっても堤防が決壊するまでの時間を少しでも引き延ばす」とした危機管理型ハード対策の概念を発展的に踏襲し、越水に対し危機管理型ハード対策を上回る効果を有する「粘り強い河川堤防」を目指す必要があることが改めて認識された。今後も、気候変動により洪水被害がさらに頻発化・激甚化することが想定されている状況において、洪水の被害を防止・軽減するためには、従来の河川水位を少しでも下げることが今後とも大原則である中、治水施設の能力を超える洪水に対しても、浸水による被害をできるだけ減らすための効率的・効果的な対策を進めることの必要性が益々高まっている。だが、既往研究の整理

等でも粘り強い河川堤防の強化対策の効果の発揮に幅や不確実性があることも確認されており、「粘り強い河川堤防」に必要となる性能を評価し、設計できる段階には至っていないことから、「構造上の工夫」として、越水に対して河川堤防を強化するパイロット施工に至ったものである。

なお、対象区間及び対策工法の選定にあたっては、国総研、土研、本省、整備局と協議し選定を行ったものである。

2. 対象区間

嘉瀬川は、図-1に示すとおり、流域面積368km²、幹川流路延長57kmの佐賀県中央部に位置する一級河川である。

本論文では、粘り強い河川堤防整備の対象区間は、氾濫リスクが高い地形条件として、橋梁部、湾曲部の影響区間を抽出し、さらに外力等の条件として、整備計画河道において氾濫リスクが高い区間を抽出している。

その他、浸水家屋戸数が2000戸以上もしくは、重要施設が浸水する区間も条件に含め対象区間を選定している。

その中で、今回発表するパイロット区間の選定については、一連区間と比較すると、パイロット区間の水位が高く、先に越水する可能性が高い区間である。また、背後地の資産等により氾濫時の被害ポテンシャルが大きいためパイロット区間として設定している。(図-2)

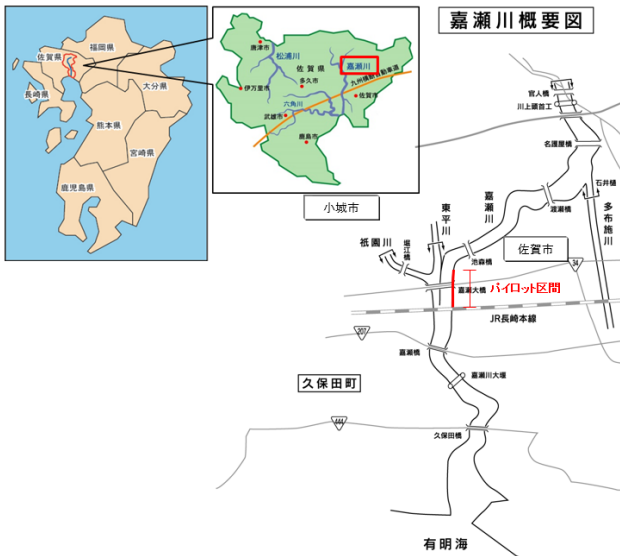


図-1 嘉瀬川概要図



写真-1 バルーンフェスタ

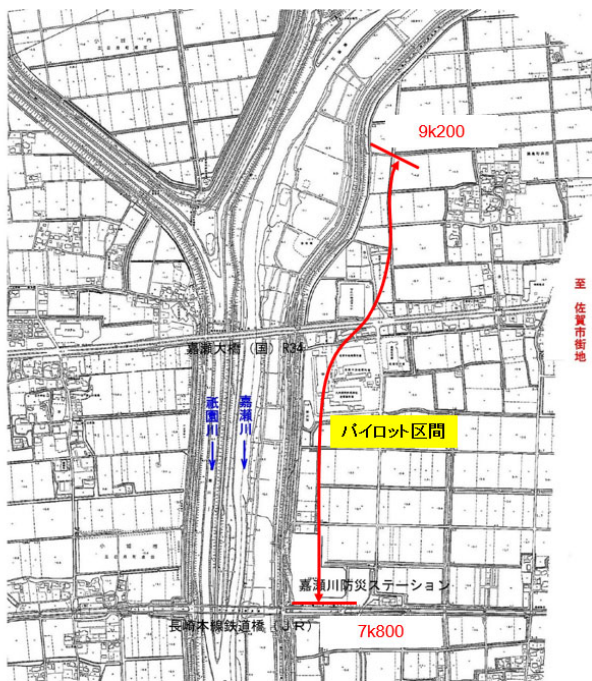


図-2 対象区間

3. 対策工法選定

対策工法の選定にあたっては、適用流速及び利活用（バルーン世界大会(写真-1)を始め、高水敷の利活用が活発に行われている）等を踏まえ決定した。今回のパイロット区間における対策工標準断面図を図-3に示す。工法の比較及び理由は（1）～（6）に示す。

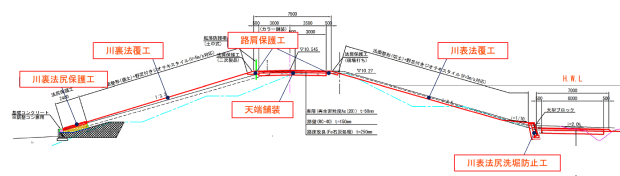


図-3 対策工標準断面図（パイロット区間）

(1) 川表法覆工

○法面浸食対策としての法覆工

法面の浸食対策として必要な法覆工は、以下の点を踏まえ「不織布付きジオテキスタイル(V=3m/s対応)」が適当であると判断した。

- ・河道流速V=1.8～2.4m/s程度(表-1)で安価なシート系（ジオテキスタイル）の適用範囲である

表-1 嘉瀬川河道平均流速と左岸堤防近傍流速(不等流計算)

距離標	河道平均	左岸堤防近傍	備考
7k800	2.156	2.019	河道平均流速
8k000	2.224	2.133	V=2.153～2.316m/s
8k200	2.316	2.418	左岸堤防近傍流速
8k400	2.279	1.817	V=1.806～2.418m/s
8k600	2.153	1.806	

法覆工を用途とするジオテキスタイル製品としては、耐流速V=3m/sの「不織布付きジオテキスタイル」があり、これに張芝を張ることで要求機能は満足される。

川表法覆工は、法面浸食対策と高水敷の利活用の観点で決定した。

(2) 川裏法覆工

川裏法覆工としては法勾配や越流流速など、現場条件に応じて様々なタイプが選択できるようになっている。例としてジオテキスタイル、張芝、接続マット等がある。本計画地の現場条件は下記のとおりであり、川表と同様、現場条件で施工性の良いシート系（ジオテキスタイル）を採用することとした。

○法勾配 : 1 : 3.1～3.2

○越流流速 : V=3.8m/s (3.39～3.77m/s)

採用した野芝付きジオテキスタイルについては図-4に示す。

シート系の適用流量は「～3.0m/s」とされているが、野芝付きジオテキスタイルに代表されるように耐流速5m/sの製品もあり実績も多いことから越流流速が3.0m/sを越えるが適用可能と判断した。メーカーでは、野芝付きジオテキスタイルについて接続部からの洗掘状況の確認、対

策のために実験施設で越流実験も行っている。

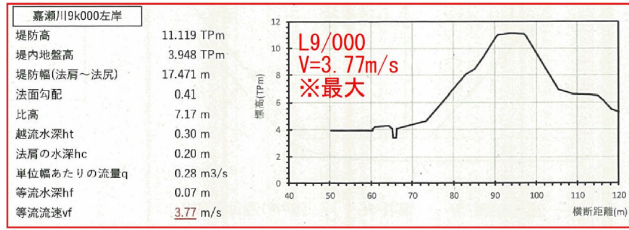


図-4 越流流速

を敷く

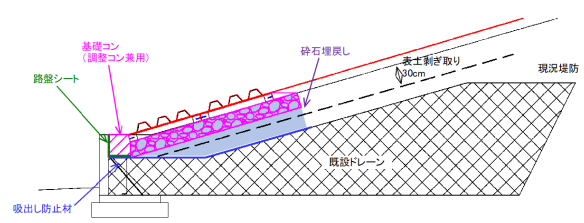


図-6 川裏法面保護工の基本方針

★安定計算について

計算断面 勾配 設計流速 斜面長
 越流水深
 以上の条件を基礎情報として、
 標準の力学設計値に基づいた安定計算と照準に合わせ、
 必要となる植草の密度と植草方法を提案いたします。

構成材料	
グリッドネット	ネット
ネットピン	ネット
ハイブレード(NS-230)	ネット
アンカーピンφ9×200	ネット

品名	製品規格	材料
幅	長さ	ネット
1.05m(0.9m)	3.0m(2.8m)	特殊ジオテキスタイル S(透気率40.0%/m ² 以上)
		芝
		野芝

図-5 野芝付きジオテキスタイルカタログ

(3) 川裏法尻保護工

a) 基本方針

川裏法面にはジオテキスタイルを敷設することとしたが、越流水による浸食作用は法尻部で最も大きくなるため法尻だけはコンクリートブロック張で保護することとした。その設置範囲は従来の危機管理型ハード対策を準用し法尻から2m以上とした。

ブロックは緩傾斜化したことで法尻に平場が確保できておらず、越流水がそのまま60～70cmの段差を落下するため減勢できる構造が望ましい。また排水性の面ではブロック下のドレーンとの通水性が良いことが望ましい。これらを踏まえ、下記要領で法尻保護工を計画した。

- 越流水に対して安定するブロックを用いる (必要重量, 連結金具付き)
- 減勢効果のあるブロックを用いる (突起の高さ)
- ブロックは透水性が高く, 明度の低いポーラス製とする
- ドレーンとブロックの間はすべて砕石埋め戻しとする
- 法尻ブロック下端のドレーン露出部には吸出防止材を重ねる (既設吸出防止材の損傷防止)
- 法尻ブロック下端は調整コンの役割もあるため, 基礎コンタイプとする
- ドレーン上での基礎コン打設となるため路盤シート

b) 使用ブロック

従来の危機管理型ハード対策を準用した法尻ブロックを採用した。(図-7)

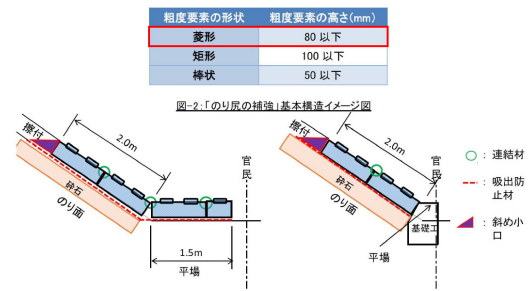
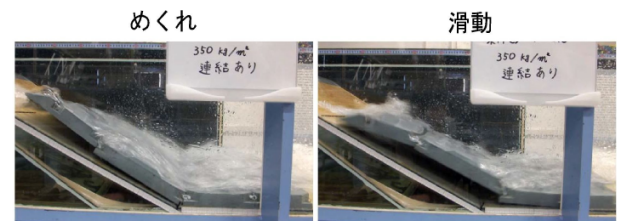


図-7 従来の危機管理型ハード対策における法尻ブロック

c) ブロック必要重量

本現場で使用するブロックは、メーカーにおいて1/6スケールの水利模型実験を実施して耐流速を実測することで、ブロックの必要重量を算定している。

表-2 水利模型実験結果



【ブロック(連結あり)破壊時の越流水深と流速】

	1:1.5		1:2.0	
	越流水深 cm	流速 m/sec	越流水深 cm	流速 m/sec
350kg/m ² (H230型)	23	6.7	34	7.2
300kg/m ² (H210型)	19	6.0	31	6.9
250kg/m ² (該当規格なし)	16	5.4	19	5.2

本現場条件より厳しい1:2でも、300kg/m²以上の本製品であれば、流速6.9m/sまで耐えられる結果となることから、以下に示す現場条件では十分に安定すると判断した。(表)

- 法勾配 : 1:3.1~3.2
- 越流流速: V=3.8m/s (3.39~3.77m/s)

(4) 路肩保護工

越流による法肩からの崩壊を防ぐために川表・川裏ともに「路肩保護工」を設置する。路肩保護工は舗装面や

法面と段差が付かないように配置する。(写真-2.3)



写真-2 路肩保護工

(5) 天端舗装

越水時に確実な「ひさし効果」を発現させるため天端には舗装が必要となる。現況でも舗装はされているが、堤防高より路盤が定規断面をわずかに侵している想定されること、今回の法面被覆に際して堤防法線をわずかに見直したことから、CBR試験の結果より路盤厚が不足していること、舗装の劣化箇所が点在していること等々を踏まえ、天端舗装は全やり替えの方針とした。

(6) 川表法尻洗堀防止工

川表堤脚部には堤防管理用(兼市道)として幅7mの通路が設置されている。出水時には粗度の低い舗装上で流水が高流速となり法尻付近が洗堀されることが懸念される。その対応として、法尻洗堀防止策工を設置することとした。(図-8)

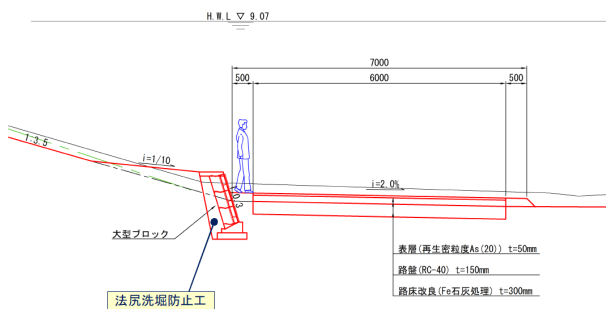


図-8 法尻洗堀防止工 断面図

4. 施工

本論で紹介している「粘り強い河川堤防」は、新たな取り組みのため、国総研、土研、本省、整備局との協議に時間を要し、工程の調整や設計と材料の調達等に時間を要したが、出張所・施工業者間でしっかりと情報共有し合い、工期内に竣工することができた。

なお、施工は、令和3年10月から令和4年3月にかけて実施している。

施工後の上流から下流を撮った風景を写真-3に示す。また、景観・環境にも配慮されている。



写真-3 施工後風景

5. 現場通水試験

(1) 試験目的

メーカーの実験設備により越流実験が行われているが、実際の現場において、越流災害発生時を想定した設計流速に対して、耐久性及び減災効果が発揮できるか不安があり、確信を持つために、事務所・施工業者・コンサル・材料メーカーにより検証を行う。(図-9)

また、実験設備と現場通水試験との試験結果を比較検証し、今後の設計に活用できるようデータ整理を行う。

(2) 試験内容

排水ポンプ車を用いて、等流になることを想定して通水した。接続部の異常、ブロックの挙動、法尻部における跳水状況などを確認するため、試験は3パターン行った。(写真-4)

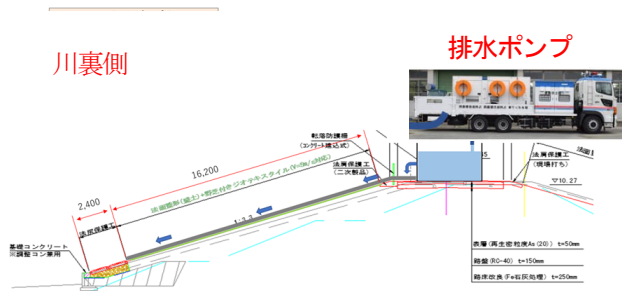


図-9 試験概要



法肩通水状況



法尻通水状況

写真-4 試験状況

(3) 結果

本試験において、川裏側の越流対策として、野芝付きジオテキスタイル、法肩保護ブロック、及び法尻保護ブロックの有効性を確認することができた。また、各境界において、1~3パターンの試験後も全く変更が見られなかった。境界部分の保護として使用したグリットネットによる補強が、ジオテキスタイル自体の損傷、端部からのめくれ、土羽の浸食などの現象を抑え、十分に機能していたと考えられる。法尻においては、斜め小口を設置していないが、上端の洗掘も発生していなかった。

しかし、ジオテキスタイルの法面中間部分において、僅かにジオテキスタイルの背面土砂（砂質土の細粒分）が浸透水により流れ出て、横断方向の接続部（ネットピンにて接続）に堆積している状態が確認できた。

ただし、ネットピン連結部で浸食は一旦抑えられている状況も併せて確認できた。

6. まとめ

本論文で得られた結論を示す。

対象区間及び対策工法の検討・設計にあたり、新たな取り組みのため、国総研・土研・本省・整備局との協議に時間を要し、工事工程の調整に時間を要したが、事務所・出張所・業者が一体となり、工期内に竣工することができたこと。

また、現場主体で行った現場通水試験において、施工後の有効性に確信を持つために試験を行い、有効性確認することができた。

今後は、実験等で確認された問題の改善はもちろん、施工後の経過観察をするとともに、パイロット施工を行って初の出水期であるため、被災を受けた場合の改善策を検討し、現在、未施工の対象区間のより良い施工を目指す。

今後、気候変動により洪水被害がさらに頻発化、激甚化することが懸念されている状況において、本論文が河川堤防整備の減災に向けた取り組みの一例として参考になればと考えている。

参考文献

- (1) 「令和2年度補正予算に係る粘り強い河川堤防の施工等について(案) : R3. 11. 30」
- (2) 「【H28. 3. 3 事務連絡】「危機管理型ハード対策」の施工について」
- (3) テトラック法尻ブロックの対応流速と越流水深について (P.E.C. 協会)
- (4) グリットシーバーHPカタログ (日本植生株式会社)
- (5) 現水路実験に関する試験報告書 (株式会社山崎建設・富士建設株式会社・日本植生株式会社)