

# 粘り強い構造の河川堤防について

黒田 健太<sup>1</sup>

<sup>1</sup>近畿地方整備局 河川部 水災害予報センター (〒540-8586大阪府大阪市中央区大手前1-5-44) .

令和元年台風 19 号では142 箇所の河川堤防が決壊し、約3万5千 ha が浸水するなど甚大な被害が生じた。このような被害をうけ、「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」の整備が進められている。本稿では「粘り強い河川堤防」の円山川における整備状況を報告する。

キーワード 粘り強い河川堤防, 円山川, 台風 19 号

## 1. 円山川の概要

円山川は、源を兵庫県朝来市生野町円山に発し、大屋川、八木川、稲葉川等の支川を合わせて北流し、豊岡盆地にて、出石川、奈佐川等を合わせ日本海へ注ぐ流域面積1,300km<sup>2</sup>の一級河川である。また円山川流域の上流部は、山間部を大きく曲流し、谷底平野を形成しながら下流部の豊岡盆地を貫流している。円山川の下流部は河口から約16km上流の出石川合流部までが感潮区間となっており、河床勾配は1/9000と非常に緩やかである。



図-1 円山川流域図

## 2. 過去の災害と被害

円山川の主要な洪水は台風によるものが多く、その中

でも平成 16 年台風 23 号では、円山川の立野地点において、水位 T.P.+8.29m を記録し、支川出石川の弘原地点でも、観測史上最高水位の T.P.+5.38m に達した。この豪雨により、円山川と出石川では多くの箇所でも越水が生じ、円山川右岸 13.2k (豊岡市立野地先)、出石川左岸 5.3k (豊岡市出石町鳥居地先) で堤防が決壊した。また、円山川の水位が危険な状況となり、排水ポンプの運転を停止したこともあって大規模な内水氾濫も発生した。平成 30 年 7 月豪雨では、円山川の立野地点において水位 T.P.+6.96m を記録し、円山川左岸 16.0k 地点 (豊岡市九日市地先) では漏水が発生した。また、奈佐川でも右岸 2.4k+40m 地点 (豊岡市福田地先) で漏水が発生した。

## 3. 粘り強い河川堤防整備の背景

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、令和元年台風第 19 号 (令和元年東日本台風) による洪水では、国土交通省の調べによると、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。

このような被害を踏まえ設置した、「令和元年台風19号の被災を踏まえた河川堤防に関する技術検討会報告書 (R2年8月)」によれば、台風19号により越水した箇所のうち、予め、被覆型の堤防強化策である「危機管理型ハード対策」を行っていた箇所については、のり尻部の洗掘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、補強されていないのり面 (中腹) やのり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による被害がさらに頻発化・激甚化することが考えられ、それに対し、被害を防止・軽減することが求められている。

#### 4. 箇所選定及び工法

##### (1) 強化箇所の選定

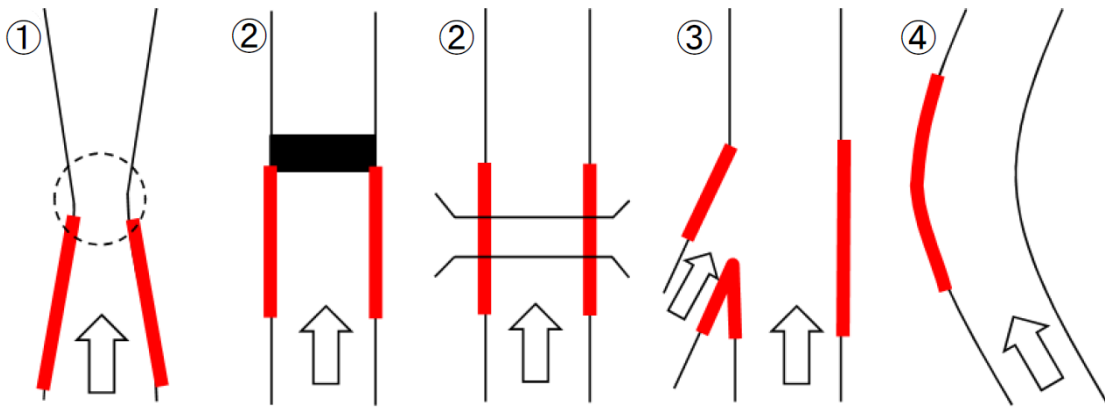


図-2 令和元年東日本台風等に見られた越水しやすい場の特徴

##### (2) 工法

これまでに様々な工法・資材が提案されている中で、工法線堤及び設計にあたっては、外力、地の自然・社会条件(背後地の状況、利活用、堤防の形状、地盤等)、維持管理、コスト等を踏まえつつ、各工法の河川堤防への越水対策としての知見の蓄積等も総合的に勘案し、選定するものとする。主な個別の工法を下記に示す。

①天端：越流水による法肩部の崩壊の進行を遅らせる

①地理条件としては、令和元年東日本台風等に見られた越水しやすい場の特徴を踏まえ各河川の1狭窄部上流、2横断工作物上流(下流)、3合流点付近、4湾曲部外岸等の区間を抽出する。

②外力等条件としては当面の整備を終えた河道において、基本方針流量(L1)流下による氾濫リスクが高い区間を抽出する。

③氾濫被害条件としては、2,000戸以上かつ重要施設浸水する区間を抽出する。

上記条件①～③を満たす区間を越水に対して粘り強い河川堤防として整備を行う対象区間とする。

ため、天端部は、施工が可能な範囲をできるだけアスファルトで被覆する。被覆構成は、当該河川で実施されている堤防天端の管理用通路の標準的な構造に準じるものとする③裏のり面：ブロックと堤体土の間には吸い出し防止シートを設置することを基本とする。

④法尻：のり尻の平場は越流水の流れを変え、洗掘場所を法尻から遠ざけるものであるため、平場を設けることを基本とする。

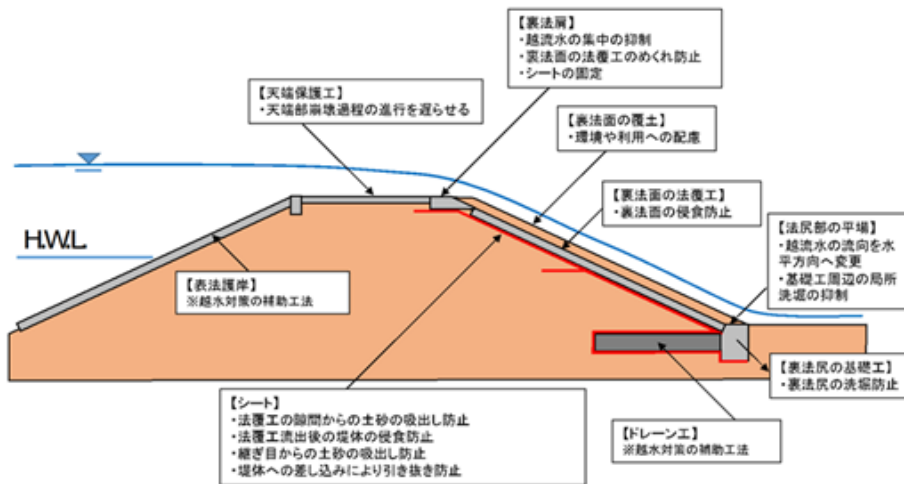


図-3 粘り強い堤防(コンクリートブロック系、かご系)のコンセプト

5. 円山川の事例

(1) 強化箇所の選定

「越水に対して粘り強い河川堤防」として整備を行う対象区間として、条件①～③を満たす13.0k～15.0kを抽出した。この区間の上流側には円山大橋、下流側には

立野大橋が横断し、左岸側には重要施設を含む豊岡市街地が広がっている。

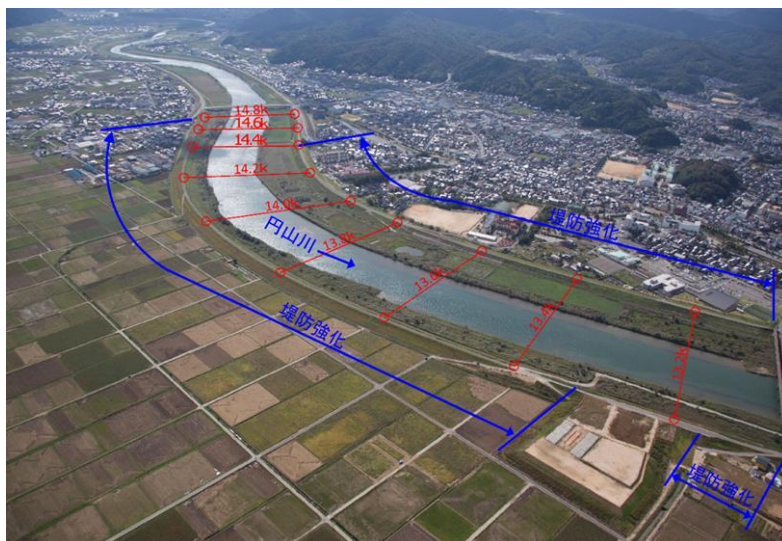


図-4 円山川における選定箇所 (13.0k～15.0k)

(2) 工法

堤防越水時を考慮しているため、堤防整備は、「堤防天端(川裏側法肩)」および「川裏側」を対象とし、

川表側は考慮しない。川裏側にはブロックおよびシートを設置し、その規格は堤防越流時の流速に対して安定する材料とした。以下に円山川での各工法を示す。

表-1 マニュアルと円山川における構造の比較

項目	堤防構造の考え方 (国総研マニュアル)	円山川における考え方及び構造	マニュアルとの 整合性
堤防天端	天端構造	①現場打ちコンクリートで保護する構造としている。 ②段差を設けない構造とする。	○ ○
	天端舗装	①管理用通路に準拠した構造としている。	○
川表法面	法覆構造	①HWL堤のため、法覆工が堤防天端まで設置されている。	—
	のり肩構造	①現場打ちコンクリートで保護する構造とした。	—
川裏法面	法覆構造	①越流水深50cmの場合の流速に耐えうる構造として「覆土ブロック(t=220mm)」を設置する。	○
	シート (遮水・吸出し)	①ブロック下の堤体表面からの土砂の吸出しが生じにくい構造とするため、ブロックと堤体土との間には吸出しシートを設置することを基本とする。	○
		②裏のりをシートで被う場合、堤防縦断方向の重ね合わせ幅は15cm以上とする。	○
		③裏のりをシートで被う際、瓦状に複数枚のシートを施工する。(図-1参照)その場合の重ね長Sは30cm以上を基本とする。	○
のり尻	平場の確保	④シートをブロック下部に巻き込んで設置し、差し込み長は「L=0.90m」とする。	○
	ドレーン工	①基本的には高低差を設けない構造とする。ただし、用地の関係で高低差が生じる場合は擁壁等で処理する。 ①奥行が0.5H(0.5×6m=3m)を確保したドレーン工を設置する。	○ ○

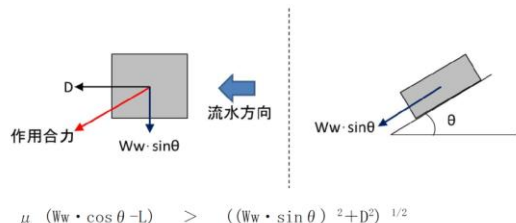
(3) 裏法面安定照査

護岸の力学設計法ではブロックの単体モデルについて図-5左の基本式で定義されているが、これは川表側の護岸ブロックをイメージしており、河川流水に対して直角方向にブロックが抵抗することを示している。しかし、粘り強い河川堤防における裏法面護岸安定照査では越流水を考慮する必要がある。越流水を考慮す

る川裏ブロックの場合は、流水方向が変わるため、右辺の作用合力を変更する必要がある(図-5右)。従って、越流時を考慮する粘り強い河川堤防に安定照査では以下(1a)の通りとなる。

$$\mu(Ww \cdot \cos \theta - L) > Ww \cdot \sin \theta + D \quad (1a)$$

【川表の場合】



【川裏の場合(越流時)】

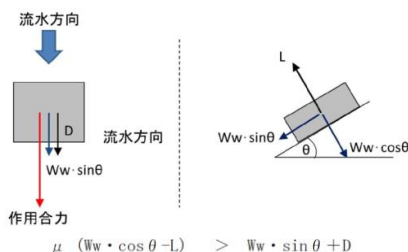


図-5 ブロックの安定照査

(4) 維持管理

「粘り強い河川堤防」の実現にあたっては、①既存の堤防の性能を毀損しないこと、②越水した場合でも決壊までの時間を少しでも長くする越水機能を付加することが必要となる。①既存の堤防の性能を毀損しないことの確認については、「堤防等河川管理施設及び河道の点検・評価要領 平成31年4月」に基づき、これまでと同様の点検・評価を実施することを基本とする。②越水した場合でも決壊までの時間を少しでも長くする越水に対する性能が維持されていることの確認については、変状連鎖図を元に、付録に示すモニタリング項目を新たに追加し、モニタリング方法に基づき、モニタリングを実施するものとする。

円山川の流れる豊岡盆地の地盤構成(沖積層)は、上位よりゆるい砂を主体とした砂層と軟弱な粘性土を主体とした粘土層が分布し、その厚さは豊岡市付近より下流域部では30~40mに達している。また、この下位には沖積基底層にあたる砂礫層が分布している。

このような地質特徴を有する円山川では、軟弱層による堤防の沈下を重点的にモニタリングしていく必要がある。具体的には、天端と裏のり尻を調査員が徒歩により巡視し、「粘り強い河川堤防」のパイロット施工区間の天端、裏のり面、小段、裏のり尻等を目視によりモニタリングを行い、変状が確認された場合は機材等による計測を実施する。また、定期的な水準測量も実施し沈下を含む変状を把握する。



図-6 水準測量の様子(円山川右岸)

6. おわりに

本稿で紹介した「粘り強い河川堤防」だが、越水時の効果に幅や不確実性を有しているなど、その技術はまだ確立されていないことから、円山川のようなパイロット施工河川において施工後のモニタリングを実施し、その評価を行うことで、「粘り強い河川堤防」についての技術の確立に向けての検討を継続していく必要がある。

参考文献

- 1) 近畿地方整備局(2013): 円山川水系河川整備計画(国管理区間)
- 2) 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(2020): 技術検討会報告書