

石積みによる堤防裏法の保護に関する一考察

東北工業大学 学生会員 ○佐藤優衣
 東北工業大学 正会員 菅原景一・高橋敏彦

1. はじめに

近年は、毎年のように豪雨により河川が増水し、堤防が決壊するという被害が起こっている。堤防が決壊する原因の一つとして、洪水流が越流することによる堤防の川裏法の洗堀がある。また、堤防の保護にはコンクリートが多く使われているが、コンクリートは耐用年数が過ぎ、使用の限界が来ると産業廃棄物として処分する必要がある。このようなことから、河川堤防の裏法面を石積みで保護することはできないか考えた。そこで本研究では、石積みで保護した堤防裏法面の洗堀のメカニズムについて水路模型実験から検討することとした。

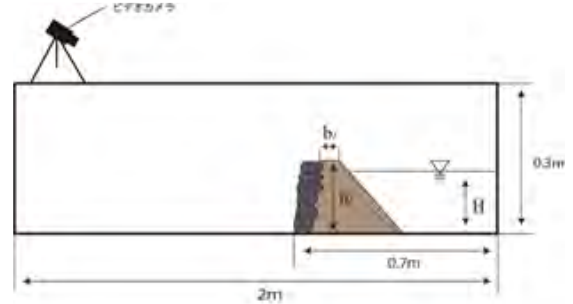


図1 実験水路の模式図

2. 実験方法

図1に実験水路の模式図を示した。実験には長さ2m、幅0.2mの勾配可変形水路を水平にして用いた。堤防の模型は、石積みの部分を基準として右から0.7mの所に作成し、表法面を2割勾配、裏法面を3分勾配とした。表1に堤防裏法の構造と水理条件を示した。堤体模型は、成型ができる程度に湿らせた7号珪砂で作成し、裏法面の保護なし(CASE0)、長径が2cmの玉砂利のみで保護した(CASE1)、裏込め材として長径2cmの玉砂利を用いた(CASE2)、粒径2mmの碎石を裏込め材として用いた(CASE3)の合計4ケースで実験を行った。堤体模型の寸法を決めるにあたり堤防高(h_f):天端幅(b_f)の比は関根ら¹⁾音田ら²⁾を参考に3:1とした。法面の勾配は、河川砂防技術基準では2割より緩い勾配が適している³⁾とされているが、石積みは2~3分勾配が適している⁴⁾ことから3分勾配とした。実験は、堤体模型を設置した水路0.5m³/sで通水し、堤防裏法面を斜め前方からビデオカメラで越水・破壊の様子を撮影した。通水は再現性の確認を行うため各ケース3回ずつ実施している。

表1 堤防裏法の構造と水理条件

	石積み	裏込め材
CASE0	なし	なし
CASE1	あり(石:2cm)	なし
CASE2	あり(石:2cm)	あり(2cm)
CASE3	あり(石:2cm)	あり(2mm)
備考	堤防高さ(h_f):0.15m 天端幅(b_f):0.05m 流量:0.5m ³ /s 表法面:2割勾配(28°)裏法面:3分勾配(73°) 含水率は考慮しない。	

3. 越流から崩壊までのプロセス

(1) CASE0 (保護なしの場合) について

破壊に至るまでのプロセスを図2に整理した。河川側の水位が堤体高の半分($H=7.5$ cm)に達するまでは元の形を保っている((a)参照)が、半分まで達すると下の方から少しずつ緩くなり、変形が始まる((b)参照)。そして、水位が堤防の半分を超えてくると堤防全体が下に沈んでいき((c)参照)、水が天端を超える前に崩壊する。

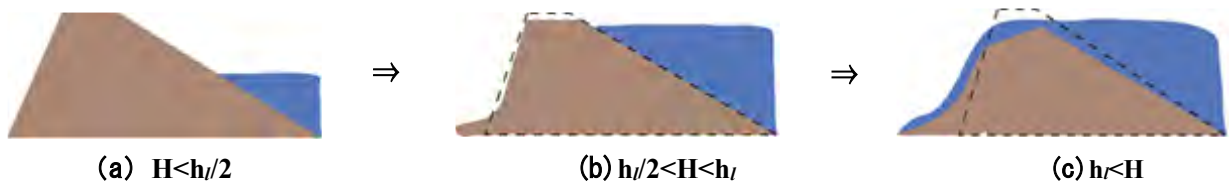


図2 CASE0 (保護なしの場合) 崩壊までの過程

(2) CASE1 (2cmの石積みで保護の場合)、CASE2 (2cm石積み+2cm裏込めで保護の場合) について

CASE1とCASE2は崩壊するまでの過程が同じであったため、CASE2について図3で説明する。水位が天端を超える前には、堤防の変形は認められない((a)参照)。しかし、水が天端を超えて裏法側に流れ始めると吸出

キーワード: 石積み、堤防裏法、越流、洗堀、吸出し
 連絡先: 〒981-8577 宮城県仙台市太白区香澄町35-1 東北工業大学都市マネジメント学科 TEL: 022-305-3550

しが発生する。吸出しが始まると、石積みと砂の境目で洗堀が始まり、砂が掘り出されていく（(b)参照）。砂が掘り出されることにより、石と砂の間に隙間が空き、石が崩れ始める。そして、最終的には下の方の石から崩れていき崩壊する（(c)参照）。

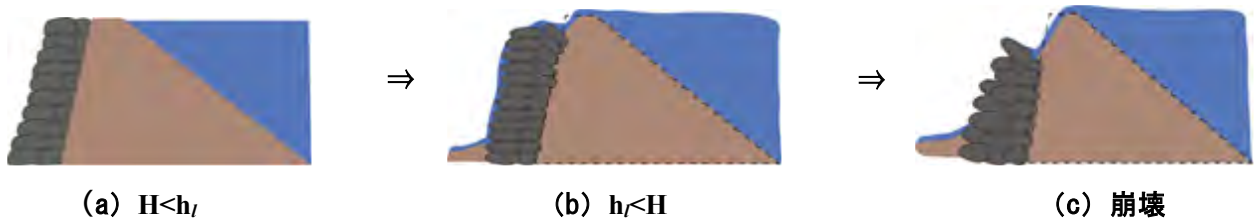


図3 CASE2（2cm 石積み+2cm 裏込めで保護の場合）崩壊までの過程

(3) CASE3（2cm 石積み+2mm 裏込めで保護の場合）について

図4にCASE3（2cm 石積み+2mm 裏込めで保護の場合）の崩壊のプロセスを示した。CASE1、CASE2と同様に水位が堤防の天端を超えるまでは変形することなく耐えた。天端を超えた後も吸出し、洗堀が起こることなく越流した（(a)参照）。越流が続くと裏込め材と砂の境目が削られることにより石と裏込め材が少し沈む（(b)参照）。そして、石と裏込め材が沈んだことによってできたくぼみに水が入り込み、下の方の石から崩れていき崩壊する。

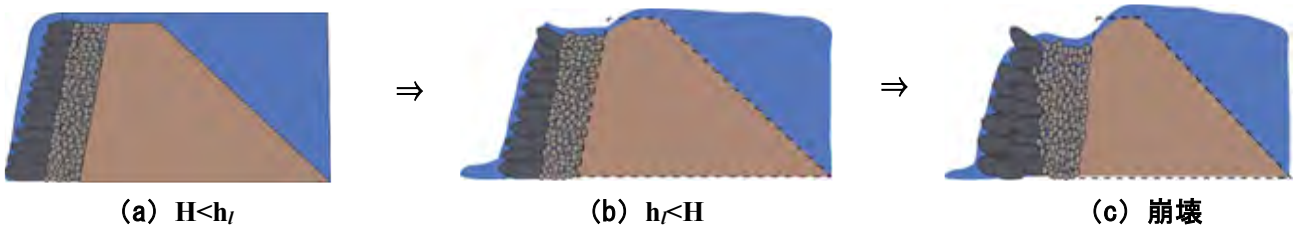


図4 CASE3（2cm 石積み+2mm 裏込めで保護の場合）崩壊までの過程

4. 各実験 CASE における越流から崩壊までの時間

図5は、天端を超えてから崩壊に至るまでの時間を実験CASEごとに示したものである。同図において、CASE1とCASE2を比較すると、天端を超えてから崩壊に至るまでの時間が平均で3秒程度CASE2の方が長い。一方、CASE3とCASE1、CASE2を比較すると天端を超えてから崩壊に至るまでの時間が平均で10秒以上長くなっていることが分かる。

5. おわりに

2mmの裏込め材を入れたCASE3が天端を超えてから崩壊に至るまでの時間が1番長かった。この結果から、細かい裏込め材を入れることにより吸出しが起こりにくくなるため、堤防裏法の保護に有効性があることを確認した。また、CASE3の実験で一度だけ60分以上越流に耐えたことがあった。その後、同じ現象が再現できなかったため今回の検討に含めていないが、同様の現象を再現できる条件が特定できると石積みによる保護の現実に近づけるものと考えられる。

参考文献

- 1) 関根ら(2018)：越流による模擬河川堤防の決壊プロセスに関する検討，土木学会論文集 B1(水工学)第74巻, No. 4, I_1058
- 2) 音田ら(2021)：浸透による堤防裏法尻の破壊に関する数値シミュレーション，土木学会論文集 B1(水工学)第77巻, No. 2, I_650
- 3) 河川砂防技術基準 設計編 技術資料 (www.mlit.go.jp)
- 4) 誰でもできる石積み入門 真田純子著 農文協 P33 (図2-6)

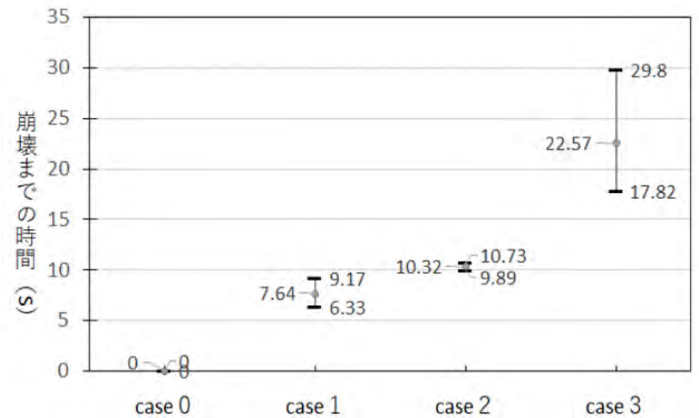


図5 各CASEにおける崩壊までの時間