

堤防模型実験による表面被覆型越流対策工の法勾配の影響の検討

名城大学 正会員 ○小高 猛司
 名城大学 学生会員 加藤 凌英
 名城大学 (元学生) 原田健太郎
 名城大学 正会員 岡本 隆明
 日本工営/名城大学 正会員 李 圭太

1. はじめに

近年、越流による河川堤防の決壊が頻発し、粘り強い河川堤防の技術開発が進められている。本研究グループでは、現時点での越流対策の主流である表面被覆型対策工を対象として、小型堤防模型による越流実験を実施し、その効果の検討を行ってきた。その結果、夏目ら¹⁾は、裏法面被覆工背面に発生するパイピング現象による堤防決壊メカニズムを明らかにした上で、複層構造基礎地盤上の河川堤防における表面被覆型越流対策工の効果とともに、基盤排水工を併用することの有効性を示している。そこで本報では、河川堤防としては十分に緩勾配と分類される 3 割勾配の小型堤防模型越流実験を実施し、表面被覆型越流対策工の法勾配の影響について検証を行う。

2. 実験概要

表 1 に実験ケース、図 1 に堤防模型の概要を示す。Case1 から Case3 においては、領域 I、II ともに三河珪砂 8 号砂（間隙比 $e=1.06$ ，透水係数 $k=3.98 \times 10^{-5}$ m/s）を用いた。Case4 から Case6 は、透水性の高い基礎地盤の上に相対的に透水性が低い被覆土層が存在する複層構造の基礎地盤を有する堤防であり、領域 I には三河珪砂 3 号砂（間隙比 $e=0.95$ ，透水係数 $k=2.67 \times 10^{-3}$ m/s）を用いている。

実験手順を以下に示す。実験材料の含水比を 4% に調整した後、所定の間隙比になるように締め固める。堤体法面については、所定の法勾配になるように丁寧に削り取る。堤体は、高さ 200mm，基礎地盤高さ 150mm，天端幅 100mm，3 割勾配である。その後、厚さ 5mm の透明アクリル製の被覆工を設置する。堤防模型の完成後、給水槽の水位を 150mm，排水槽の水位を 100mm に保ち、Case1 から Case3 では 100 分間、Case4 から Case6 では 15 分間浸透させる。浸透後に給水槽の水位を一気に上昇させ、越流水深が 10mm を保つように水を流し、越流させる。模型正面、上面をビデオカメラで撮影し、越流に伴う堤体挙動の観察を行った。決壊に至らない場合は、越流開始から 120 分で実験を終了している。

写真 1 に Case1 の実験結果を示す。越流水が法尻に到達すると法尻が侵食され、その後は法尻から天端にかけて侵食が進行し、47 秒で決壊へと至った。写真 2 に Case2 の実験結果を示す。越流水が法尻に到達すると、法尻から川裏側にかけての基礎地盤が侵食される。やがて、法尻部の被覆工先端から吸出し現象が発生し、被覆工下の堤体土砂が川裏側へと流出し始め、堤体内浸透が進行することにより、裏法面被覆工と堤体との間に

3. 実験結果

写真 1 に Case1 の実験結果を示す。越流水が法尻に到達すると法尻が侵食され、その後は法尻から天端にかけて侵食が進行し、47 秒で決壊へと至った。写真 2 に Case2 の実験結果を示す。越流水が法尻に到達すると、法尻から川裏側にかけての基礎地盤が侵食される。やがて、法尻部の被覆工先端から吸出し現象が発生し、被覆工下の堤体土砂が川裏側へと流出し始め、堤体内浸透が進行することにより、裏法面被覆工と堤体との間に

表 1 実験ケース

Case	堤防の種類	対策工の種類
1	均一堤防 (単層)	無対策
2		天端・裏法面
3		天端・裏法面・法尻保護工 (10cm)
4	複層地盤 (複層)	無対策
5		天端・裏法面
6		天端・裏法面・法尻保護工 (10cm)

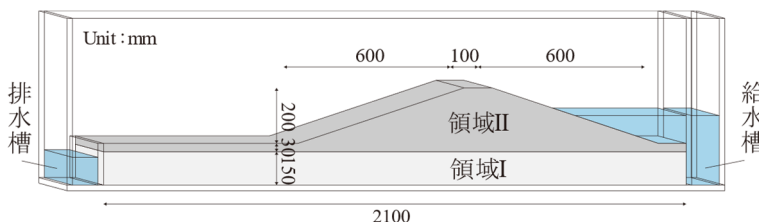
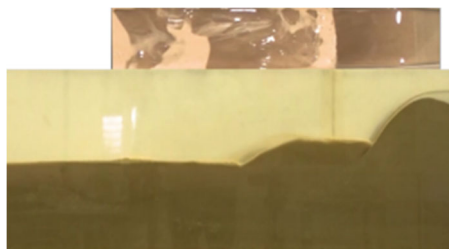


図 1 堤防模型の概要

キーワード 河川堤防, 越水, パイピング, 表面被覆工, 模型実験

連絡先 〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口 1-501 名城大学理工学部社会基盤デザイン工学科

小高 kodaka@meijo-u.ac.jp



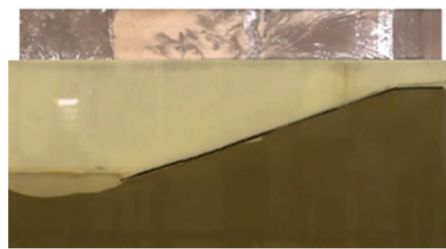
(a) 越流開始から 47 秒

写真 1 Case1 の実験結果



(a) 越流開始から 17 分 20 秒

写真 2 Case2 の実験結果

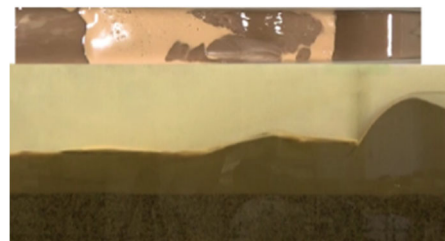


(b) 越流開始から 25 分 50 秒



(a) 越流開始から 120 分

写真 3 Case3 の実験結果



(a) 越流開始から 45 秒

写真 4 Case4 の実験結果



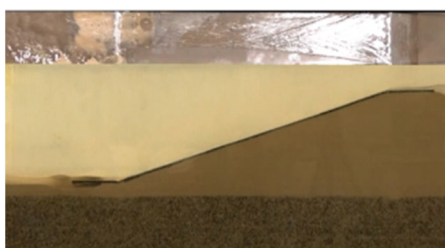
(a) 越流開始から 2 分

写真 5 Case5 の実験結果



(b) 越流開始から 10 分 47 秒

写真 5 Case5 の実験結果



(a) 越流開始から 80 秒

写真 6 Case6 の実験結果



(b) 越流開始から 7 分 14 秒

水みちが形成される。その水みちの形成に伴う内部侵食（いわゆる、BEP: Backward Erosion Piping）が進行して天端に達し、25 分 50 秒で決壊した。写真 3 に Case3 の実験結果を示す。越流水が法尻に到達すると、法尻保護工よりも川裏側の基礎地盤が侵食される。侵食孔は拡大するが、法尻まで堤体土砂が吸い出されることがないまま 120 分で実験を終了した。夏目らりの 2 割勾配の実験においても、法尻保護工は決壊時間を引き延ばす効果が確認されており、3 割勾配の本実験においては、その効果がより高く現れている。

写真 4 に Case4 の実験結果を示す。Case1 と同様に、越流水により法尻、裏法面、天端の順に侵食が進行していき、45 秒で川裏側の天端の消失と同時に決壊した。写真 5 に Case5 の実験結果を示す。高透水性の基礎地盤からの多量の浸透水の供給によって法尻部の土砂の流出が促進されることにより、内部侵食が促進され、Case1 よりも早く決壊した。写真 6 に Case6 の実験結果を示す。法尻保護工を設置しても高透水性の基礎地盤から供給される浸透水により、法尻保護工下の土砂が激しく流出し、被覆工下での BEP が進行することで、7 分 28 秒で決壊した。Case2 と 3 の均質堤防での結果とは異なり、高透水性基礎地盤の存在により、法尻保護工の効果は全く無いばかりか、法尻保護工下における高透水性基礎地盤からの浸透水の水平方向への激しい流出により、被覆工下での BEP をも促進し、決壊までの時間を逆に縮める現象が確認された。

4. まとめ

表面被覆工を施した堤防模型越流実験により、法勾配が及ぼす影響について検討を行った。表 2 に各ケースの決壊までの時間をまとめて示す。3 割堤防と雖も、透水性基礎地盤上の堤防においては、表面被覆工の効果は限定的であることが示された。今後は、3 割勾配の堤防での基礎排水工の有用性についても検証を行う。参考文献：1) 夏目, 小高, 岡本, 李: 堤体と基礎地盤の浸透を考慮した堤防越水時の表面被覆工とドレーン工の効果の検証, 地盤工学ジャーナル, 20(3), 367-380, 2025.

表 2 決壊までの時間

Case	決壊までの時間
1	47 秒
2	25 分 50 秒
3	120 分 (決壊せず)
4	45 秒
5	10 分 47 秒
6	7 分 14 秒