堤防模型実験による法尻排水工の越流侵食抑制効果の検討

名城大学大学院　学生会員　○中村宏樹
名城大学　嶋菜乃子・舟橋真彦
名城大学　正会員　小高猛司
日本工営　正会員　李　圭太

1. はじめに

本研究グループは，浸透破壊に対する河川堤防の二次元模型実験を行い，法尻付近のパイピングやそれをトリガーとする堤体のすべり破壊の抑制には，基礎地盤からの排水を促す基盤排水工を堤体法尻部に設けることが有効であることを示した [1)]．また近年，越流による決壊が頻発しており，令和元年台風 19 号による洪水では，決壊した 142 箇所のうちの 122 箇所が越流を主因として決壊した [2)]．このことから，決壊までの時間を稼ぐことのできる「粘り強い堤防」が，今後の河川堤防に求められている．

本研究では，越流後の裏法面の侵食形態や速度は，堤体内浸潤によって異なると考えられるため，排水工設置による越流侵食の抑制効果の検討を行う．

2. 実験概要

模型実験の概要を図 1，実験 Case の概要を表 1，排水工の大きさと設置位置を図 2 と図 3 に示す．

地盤材料は，全 Case において，領域 I（基礎地盤）と領域 II（堤体）ともに三河珪砂 6 号砂（間隙比 e=1.06，透水係数 k=6.30×10^{-4}m/s），排水工には，三河珪砂 3 号砂（間隙比 e=0.95，透水係数 k=2.67×10^{-3}m/s）を用いた．

実験手順は，まず，いずれの地盤材料も含水比を 4%に調整した後，所定の間隙比となるよう丁寧に締め固めを行い，模型地盤を作製した．次に，堤体が湿潤状態の場合，給水槽の水位を水槽底面から 150mm（堤体高さ 5 割）で保ちながら，90 分間給水を続け，堤体材料を湿潤させた．最後に，給水槽の水位を急上昇させ，水槽底面から 255mm（天端から 5mm）で越流させて，越流に伴う堤体の挙動を観察した．すべての実験過程において，模型地盤の上面と正面からビデオ撮影を行い，堤体の変状がほぼみられなくなるまで実験を継続した．また，堤体内浸潤を視覚的に明らかにするために，給水槽から供給する水を赤色に染色して実験を行った．

3. 実験結果

実験開始直前の堤体の状態を写真 1 に示す．Case 3（写真 1(c)）と Case 4（写真 1(d)）の裏法面は，Case 1（写真 1(a)）と同様に，堤体材料を湿潤させても排水工によって非湿潤状態であることが確認された．

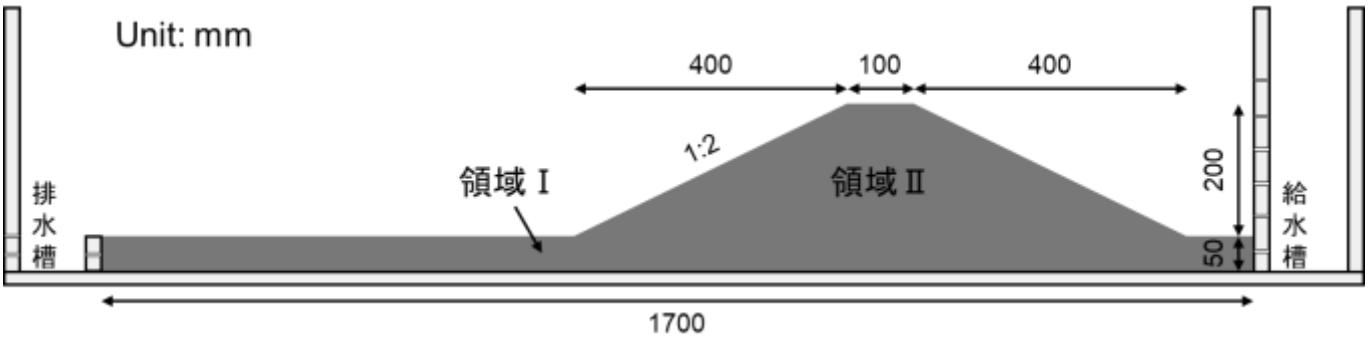


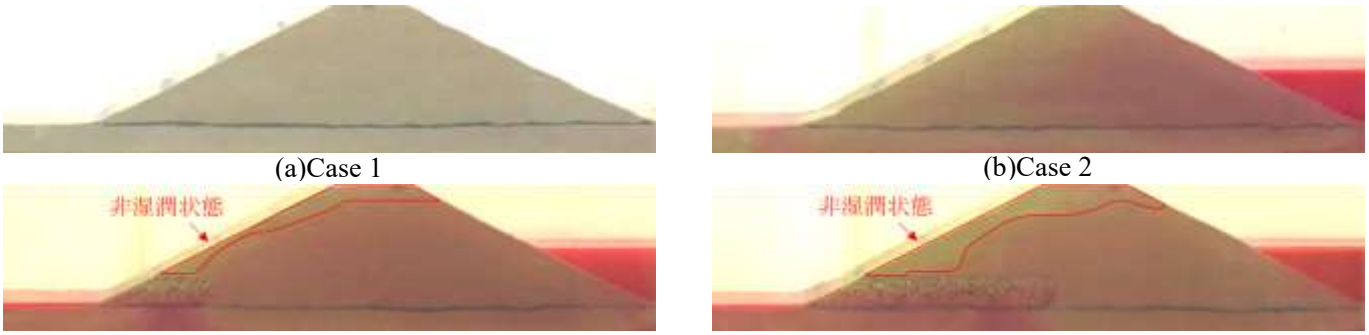
図 1　模型実験の概要

表 1　実験 Case の概要

	堤体の状態
Case 1	非湿潤　- 無対策
Case 2	湿潤　- 無対策
Case 3	湿潤　- 排水工 50×200
Case 4	湿潤　- 排水工 50×400

図 2　Case 3

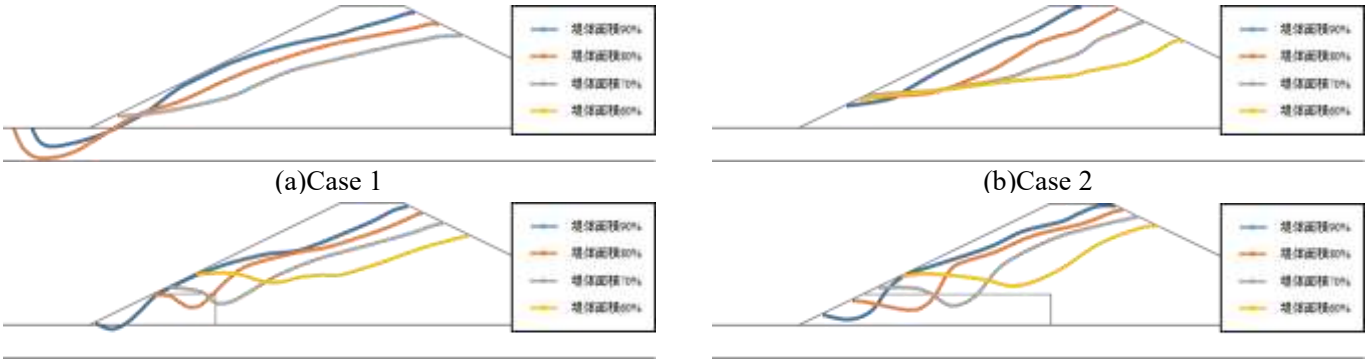
図 3　Case 4



(a)Case 1　(b)Case 2

(c)Case 3　(d)Case 4

写真 1　実験開始直前の堤体の状態



(a)Case 1　(b)Case 2

(c)Case 3　(d)Case 4

図 4　堤体面積ごとの越流決壊過程

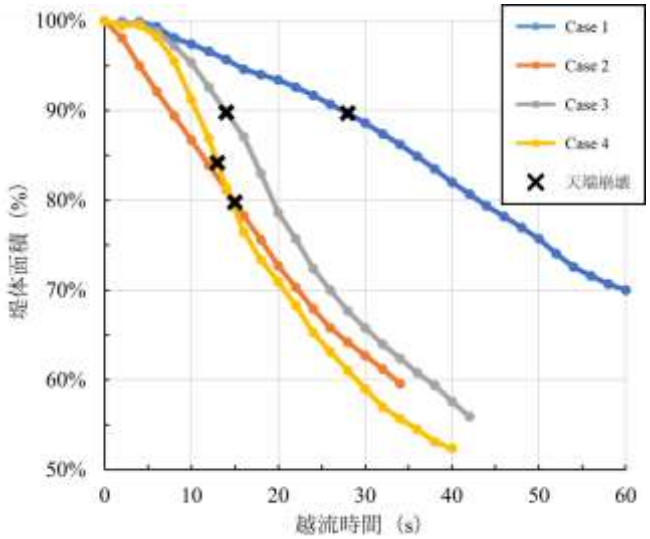


図 5　堤体面積と越流時間の関係

堤体面積ごとの越流決壊過程を図 4 に示す. まず, 非湿潤状態の Case 1（図 4(a)）では, 越流水が裏法面を沿い, 急勾配のまま法先を洗堀したのに対し, 湿潤状態の Case 2（図 4(b)）では, 越流直後に裏法面が侵食され, 越流水が緩勾配となり, 法先の洗堀はみられなかった. 次に, 排水工を設けた Case 3（図 4(c)）と Case 4（図 4(d)）では, 排水工上で発生した洗堀が排水工上部に沿って進行した. これは, 排水工と堤体材料の境界部が脆弱となり, 裏法面の侵食を促進したことが要因だと考えられる.

堤体面積と越流時間の関係を図 5 に示す. まず, 非湿潤状態の Case 1 と湿潤状態の Case 2 では, 湿潤状態の Case 2 の方が, 越流による侵食速度が速い. 次に, 排水工を設けた Case 3 と Case 4 では, 排水工によって裏法面が Case 1 と同様に非湿潤状態だったため, 越流直後は, 同様の経路をたどるが, その後, 一気に侵食が進行した. また, 無対策の Case 2 よりも排水工を設けた Case 4 の方が, 越流による侵食速度が速い. これは, Case 4 の場合, 排水工と堤体材料の境界部の幅が非常に広く, 裏法面の侵食を促進したことが要因だと考えられる.

4.　まとめ

排水工を設けることで, 裏法面が非湿潤状態となり, 越流直後は, わずかに粘り強さを発揮するため, 越流水が裏法面を沿い, 急勾配のまま法先を洗堀することが確認された. しかし, 排水工を設けると, 排水工に流入によりその直前の表層水の流速は加速され, 裏法面の侵食を促進することが示された. その際, 湿潤状態において, 排水工の幅が非常に広い場合, 無対策よりも越流決壊までの時間が短くなることも併せて示された.

参考文献：1) 小高ら：透水性基礎地盤上の河川堤防の排水工の模型実験, 第 54 回地盤工学研究発表会, 2019. 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：河川堤防の被災状況の調査・分析について, 2020.