

表面被覆模型堤防の越流実験における被覆工の連続性の影響

名城大学 学生会員 ○加藤 凌英

名城大学 正会員 小高 猛司

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

令和元年台風 19 号を契機として、越水しても決壊までの時間を引き延ばす粘り強い河川堤防の整備が急務となっている。本研究グループでは、粘り強い河川堤防の代表的な構造である表面被覆型対策工を対象に越流模型実験を実施し、被覆工背面において被覆工と堤体との境界で発生する後退性内部侵食に伴う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¹⁾。現在主流のコンクリート製連節ブロックによる表面被覆の場合、越流時のブロック欠損によって越流水が法面に浸入してしまうと被覆工背面のパイピングが助長される危険性が高い。

本報では、小型模型実験により、表面被覆工を施した堤体において一部の被覆ブロックが欠損することを想定して、欠損後に堤体に発生する内部侵食とそれに伴い生じる崩壊のメカニズムについて検討する。

2. 小型模型実験の概要

模型実験の概要を図 1 示す。基礎地盤、堤体ともに、実験材料として三河珪砂 8 号砂（間隙比 $e=1.06$ ，透水係数 $k=3.98 \times 10^{-5} \text{m/s}$ ）を用いた。

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，2 割勾配である。その後、アクリル製被覆工を設置する。法面の被覆工は連節ブロックの欠損を模擬するため、不連続部分を設けている（図 2）。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、100 分間浸透させる。100 分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。表 1 に本研究で行った実験ケースを示す。すべてのケースで天端と裏法面に被覆工を設置しており、法尻保護工を設置したケースについて、設置場所を図 3 に示す。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。

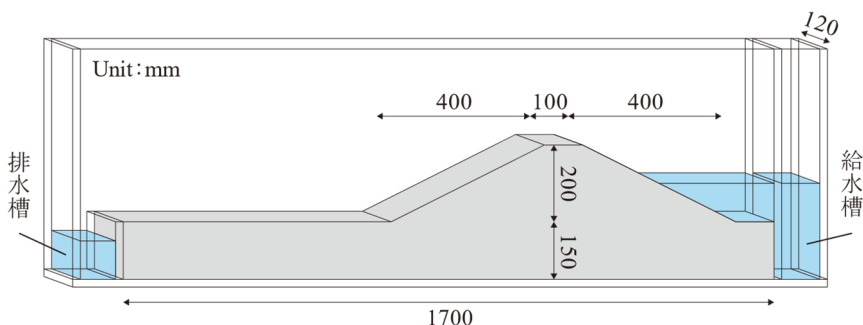


図 1 模型実験の概要

基礎地盤高さ 150mm，天端幅 100mm，2 割勾配である。その後、アクリル製被覆工を設置する。法面の被覆工は連節ブロックの欠損を模擬するため、不連続部分を設けている（図 2）。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、100 分間浸透させる。100 分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。表 1 に本研究で行った実験ケースを示す。すべてのケースで天端と裏法面に被覆工を設置しており、法尻保護工を設置したケースについて、設置場所を図 3 に示す。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。

表 1 実験ケース

Case	隙間の位置・大きさ	法尻保護工の長さ(mm)
1	天端から法面に沿って	0
2	337mm の位置から	100
3	10mm の隙間	150
4	天端から法面に沿って	0
5	100mm の位置から	100
6	10mm の隙間	150

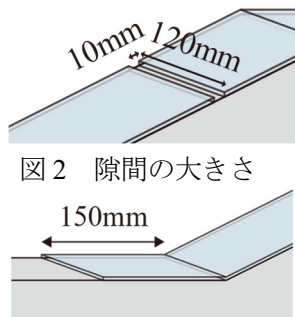


図 2 隙間の大きさ

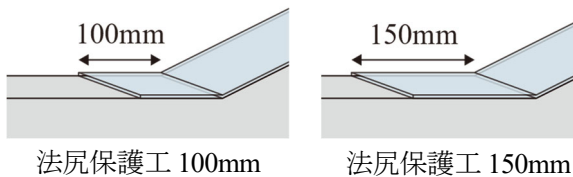


図 3 法尻保護工の長さ

3. 実験結果

写真 1, 2 に Case1, 4 の実験結果を示す。越流水により法尻部が侵食され、法尻からの吸出しが発生する。やがて、法尻から不連続位置まで被覆工背面の堤体土砂が不連続位置からの浸入水が促進する内部侵食に伴い完全

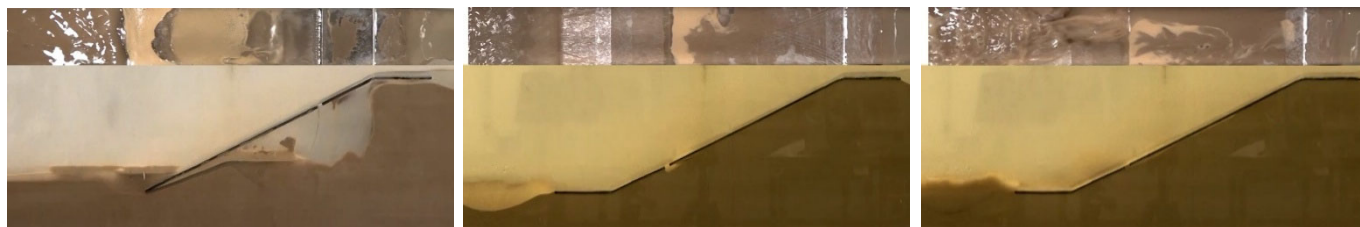


(a) 越流開始から 2 分 50 秒

(b) 越流開始から 7 分

(c) 越流開始から 9 分 11 秒

写真 1 Case1 の実験結果



(a) 越流開始から 9 分 35 秒

(a) 越流開始から 6 分

(b) 越流開始から 12 分 14 秒

写真 2 Case4 の実験結果

写真 3 Case2 の実験結果



(a) 越流開始から 32 分 28 秒

(a) 越流開始から 10 分 33 秒

(a) 越流開始から 29 分 54 秒

写真 4 Case5 の実験結果

写真 5 Case3 の実験結果

写真 6 Case6 の実験結果

に吸い出される。その後、不連続位置からも堤体天端に向けて被覆工背面において内部侵食が進行し、不安定になった天端部の崩壊と同時に決壊した。不連続の位置が天端に近い Case4 でも同様な崩壊メカニズムであった。

写真 3, 4 に Case2, 5 の実験結果を示す。法尻保護工により法尻部での堤体土砂の吸出しや内部侵食は見られないが、不連続位置から天端方向に向かって、被覆工背面において内部侵食が進行する。その後、被覆工に沿って生じた水みちが天端まで達することで一気に崩壊が進み決壊へと至った。

写真 5, 6 に Case3, 6 の実験結果を示す。Case2, 5 と同じで、法尻保護工により法尻部の侵食は抑制されるが、不連続位置から天端方向の被覆工背面での水みちの形成による内部侵食の進展により決壊へと至った。

表 2 に全実験ケースの決壊までに要した時間をまとめて示す。天端と裏法面にのみ被覆工を設置した Case1 と Case4 では、法面被覆工の不連続の位置により決壊までの時間に大差なかった。Case2, 3 と Case5, 6 ではそれぞれ決壊時間に大差はなく、法尻保護工の長さによる影響はないが、法面被覆工の不連続の位置の影響は大きい。不連続の位置が法尻に近い Case2, 3 では、不連続位置から天端に向かっての内部侵食が早く進行するのに対し、不連続の位置が天端に近い Case5, 6 では、内部侵食を引き起こす堤体内浸透が天端近郊まで到達するのに元々時間を要するため、不連続の位置からの水みち形成に伴う内部侵食の進展が遅かったのではないかと考えられる。

表 2 決壊までの時間

Case	決壊までの時間
1	09 分 11 秒
2	12 分 14 秒
3	10 分 33 秒
4	09 分 35 秒
5	32 分 28 秒
6	29 分 54 秒

4. おわりに

本報では、模型実験により、被覆工の連節ブロックの欠損後の堤防崩壊メカニズムの検討を行った。今後は、隙間の数や大きさを変えたケースで検証するとともに、連続被覆工の実験ケースでは、高い安全性が認められたドレーン工¹⁾による効果も検証する。同時に、浸透流解析を用いた検討も行う予定である。

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。