

# 堤防越流模型実験における被覆工の連続性の影響の検討

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

近年、超過洪水に伴う河川堤防の決壊が頻発しているが、その主因の大部分は越水が占めている。本研究グループでは、表面被覆型対越流策工を対象として、小型堤防模型による越流実験を実施し、粘り強い河川堤防の実現に向けた検討を行ってきた。夏目ら<sup>1)</sup>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ており、法尻保護工等を併用した対策工を施すことで決壊時間を引き延ばせることを示している。しかし、越流時のブロック欠損により、法面被覆工の途中から越流水の浸入を想定した実験<sup>2)</sup>では、法尻保護工による決壊までの時間を大きく引き延ばす効果は期待できないことが明らかとなった。そこで本報では、小型堤防模型越流実験により、夏目らの研究で高い安全性が認められたドレーン工<sup>1)</sup>を適用し、被覆ブロックの欠損を模擬した条件下におけるドレーン工の効果について検証を行う。

## 2. 実験概要

模型の諸元を図1に示す。基礎地盤、堤体ともに三河珪砂8号砂（間隙比  $e=1.06$ 、透水係数  $k=3.98 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ ）を用いた。

実験手順は、まず、実験材料の三河珪砂8号砂を含水比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

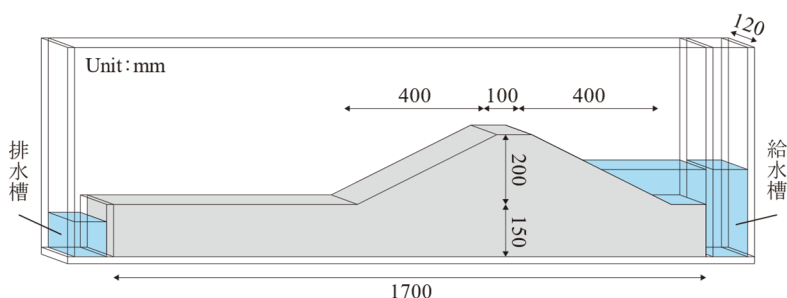


図1 模型諸元

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。法面の被覆工は被覆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が本研究で行った実験ケースである。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、ドレーン工の設置場所は図3に示す。なお、ドレーン工には三河珪砂3号砂（間隙比  $e=0.95$ 、透水係数  $k=2.67 \times 10^{-3} \text{ m/s}$ ）を用いている。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90分で実験を終了している。

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337mm	0
2	の位置から10mmの隙間	100
3	天端から法面に沿って100mm	0
4	の位置から10mmの隙間	100

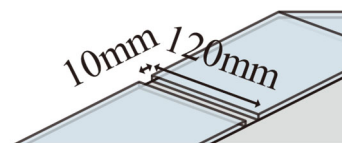
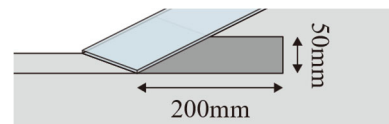
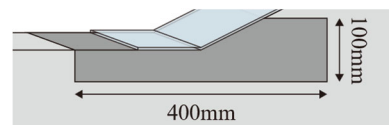


図2 不連続部分の大きさ



(a) 法尻保護工0mm



(b) 法尻保護工100mm

図3 ドレーン工の設置位置

キーワード 河川堤防, 越水, 表面被覆, 決壊, ドレーン工

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  
 小高研究室 kodaka@meijo-u.ac.jp

### 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、法尻よりも川裏側の基礎地盤が侵食される。その後、越流水による吸出しが進行し、法尻部の被覆工下のドレーン材が徐々に川裏側へ流出する。越流直後は、不連続位置でのドレーン材の侵食や吸出しは確認されない。法尻部の吸出しは弱まり、しばらく大きな変状は見られなくなるが、それでも少しずつ法尻部のドレーン材が川裏側へ流出することで、 $t=4742s$  に不連続位置から法尻方向の被覆工下のドレーン材が川裏側へ押し流されてしまう。その後は、不連続位置から浸入した越流水により被覆工背面での内部侵食（いわゆる、BEP: Backward Erosion Piping）が促進され、85分11秒で天端の崩壊と同時に決壊した。

写真 2 に Case2 の実験結果を示す。法尻保護工の効果により、法尻まで吸い出されにくくなっている。不連続位置から天端方向の被覆工下では、不連続位置で大きな吸出しが進行していないこと、そして、ドレーン工の効果により、堤体内の浸透水がドレーン工に集水され、浸潤面が大きく低下していることで被覆工下まで浸潤面が到達していないと考えられ、被覆工と堤体との透水性のギャップによって形成される水みちの進展に伴う内部侵食 BEP は確認されない。そのまま決壊することなく、90分で実験を終了した。

写真 3, 4 に Case3, 4 の実験結果を示す。不連続位置がドレーン工ではないため、Case1, 2 よりも、不連続位置で越流水による侵食及び吸出しが越流初期から進行していくが、ドレーン工の集水・排水機能により、被覆工背面の内部侵食 BEP が天端に達することなく、90分経過しても決壊しなかった。

表 2 に全ケースの決壊までに要した時間を示す。既報<sup>2)</sup>と比較しても、ドレーン工を設置することで、決壊までの時間を大幅に引き延ばすことにつながった。ドレーン工のみでも、十分な効果を発揮するが、Case1 のような、不連続位置がドレーン工に近い条件では、ドレーン材が押し流されることがあるので、実務においては流出しないような強固なフトンかご構造のようなドレーン工が必須となる。さらに、本実験のような法尻保護工も加えた対策も有効と考えられる。



写真 1 Case1 の実験結果



写真 2 Case2 の実験結果

写真 3 Case3 の実験結果

写真 4 Case4 の実験結果

### 4. おわりに

本報では、堤防越流模型実験により、被覆ブロックの欠損後のドレーン工の効果の検証を行った。ドレーン工の集水・排水機能により、決壊までの時間を大幅に引き延ばせることが示された。

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. 2) 加藤, 小高, 岡本, 李: 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, 令和 7 年度土木学会中部支部研究発表会講演集, 2026.

表 2 決壊までの時間

Case	決壊までの時間
1	85 分 11 秒
2	90 分 (決壊せず)
3	90 分 (決壊せず)
4	90 分 (決壊せず)