

# 堤防模型実験による設置位置と規模の異なる基盤排水工の変状抑制効果の検討

河川堤防 浸透破壊 基盤排水工

名城大学大学院 学生会員 ○中村宏樹  
 名城大学 国際会員 小高猛司  
 日本工営 国際会員 李 圭太  
 元名城大学学生 嶋菜乃子, 舟橋真彦  
 名城大学 学生会員 山下隼史

## 1. はじめに

本研究グループでは、透水性が大きく異なる 2 層の基礎地盤を有する堤防模型実験を行い、基礎漏水が堤体変状に与える影響とそのメカニズムに関する検討を行ってきた。その結果、非常に透水性の高い基礎地盤上にそれより透水性が低い基礎地盤が存在する複層構造の基礎地盤上の堤防では、法尻付近に高い動水勾配が集中することによって、法尻部でのパイピングやそれに起因する大規模なすべり破壊が確認された<sup>1)</sup>。

本報では、堤防模型実験を通して、基礎地盤からの排水を促す基盤排水工と堤体内浸透を抑制するドレーン工の 2 種類の浸透対策工の変状抑制効果について検討を行う。特に、基盤排水工の設置位置の違いによる変状抑制効果について詳細に検討する。

## 2. 実験概要

模型実験装置の概要を図-1、浸透対策工の設置位置を図-2 に示す。実験装置は、通水孔の空いたアクリル板によって、図-1 に示すように、給水槽、土層、排水槽に区切られている。領域Ⅰの高透水性基礎地盤には三河珪砂 3 号砂（間隙比  $e=0.95$ 、透水係数  $k=2.67 \times 10^{-3} \text{m/s}$ ）、領域Ⅱの上層基礎地盤には三河珪砂 6 号砂（間隙比  $e=1.06$ 、透水係数  $k=4.88 \times 10^{-4} \text{m/s}$ ）、領域Ⅲの堤体には三河珪砂 6, 7, 8 号砂を 5:2:5 の質量比で配合した 678 混合砂（間隙比  $e=1.06$ 、透水係数  $k=9.96 \times 10^{-5} \text{m/s}$ ）を用いた。また、浸透対策工には領域Ⅰと同様に三河珪砂 3 号砂を用いた。いずれの地盤材料も含水比 4% に調節した後、所定の間隙比となるように丁寧に締め固めを行い、模型地盤を作製した。

模型地盤の作製後、実堤防において、地下水位が高透水性基礎地盤内にある場合を再現するために、給水槽の水位を 100mm で保つよう給水し、90 分間かけて地盤材料を飽和させた。その後、給水槽の水位を急上昇させ、330mm（堤体高さ 9 割）でオーバーフローさせて水位を保ちながら、浸透に伴う堤体の挙動を観察した。その際、排水槽の水位を 150mm に保つよう排水し、60 分間かけて実験を行った。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、堤体変状がほぼ見られなくなるまで実験を継続した。

図-1 に示すように、浸透対策工を設けない模型地盤では、法尻部での小規模な法すべりをトリガーとしたすべり破壊が天端まで進展し、越流決壊することが確かめられている<sup>1)</sup>。

## 3. 実験結果

堤内基盤排水工マニュアル（試行版）<sup>2)</sup>においては、透水層から噴き出す水が堤体に与える影響と将来の維持管理を考慮して、堤体外への設置を原則としている。そのような基盤排水工の効果を確かめるために、幅 50mm で統一し、設置位置を変更した Case1, 2 の結果を写真-1 に示す。堤体外の法先から 50mm 離れた位置に設けた Case1 では、実験開始約 30 秒後に基盤排水工からの顕著な排水が確認され、実験開始約 1 分後には法尻部で噴砂が発生した。その後、約 1 分

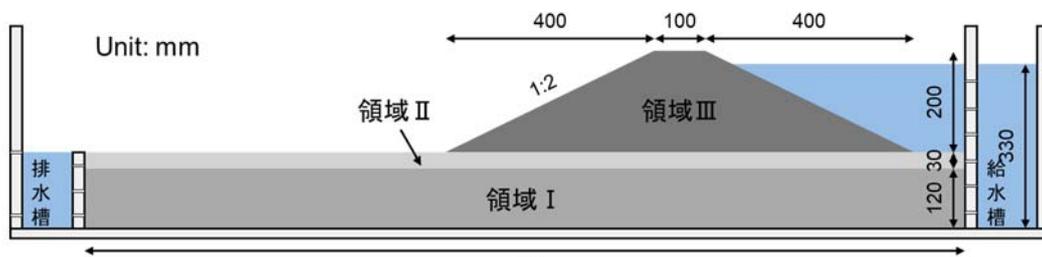


図-1 模型実験装置の概要

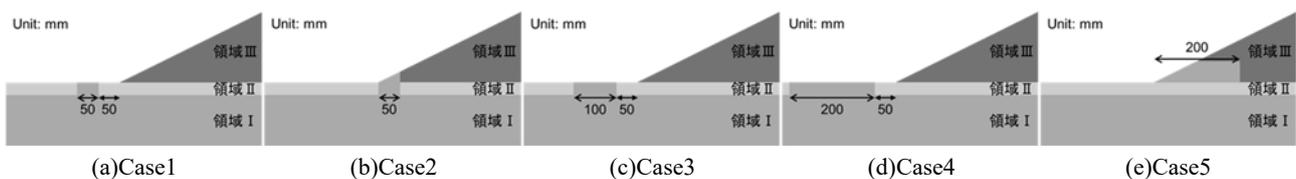


図-2 浸透対策工の設置位置と規模

30 秒後に発生した小規模な法すべりをトリガーとしたすべり破壊が、堤体高さ約 8 割の位置まで進展した。紙数の都合で割愛したが、堤体外の法先に隣接した位置に設けた実験においても Case1 と同様の結果であったことから、堤体外に基盤排水工を設置した場合、幅 50mm の規模では効果が得られないことが示された。一方、堤体法尻部に設けた Case2 では、実験開始 60 分が経過しても、堤体変状は全く起こらなかった。懸念されていた堤体内への設置は、逆に法すべりを含む堤体変状の抑制効果が高いことが示された。

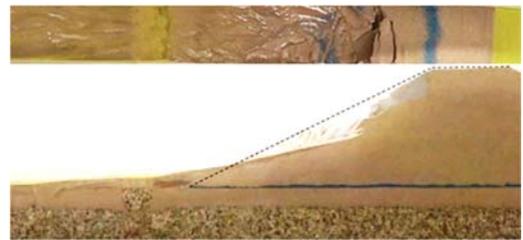
堤体外に基盤排水工を設置した Case1 では、十分な排水量を確保できなかったために、法すべりが発生したと推測し、幅を拡大して実施した Case3, 4 の結果を写真-2 に示す。幅 100mm の Case3 では、実験開始約 30 秒後に Case1 と同様に基盤排水工からの顕著な排水が確認されたが、その後の噴砂は発生しなかった。実験開始約 2 分後に法尻部での泥濘化が発生し、実験開始約 8 分後には堤体高さ約 3 割の位置に亀裂が入ったものの、法すべりには進展しなかった。さらに、幅 200mm の Case4 では、実験開始約 30 秒後に Case1, 3 と同様に基盤排水工からの顕著な排水が確認されたが、その後の噴砂は確認されなかった。実験開始約 4 分後に法尻部での泥濘化が発生し、若干の変状が見られたものの、Case4 と同様に法すべりには進展しなかった。なお、Case3 の泥濘化は、基礎地盤と堤体が同一材料の場合、堤体内浸透による浸潤面が法尻部に到達する際に発生するものと同程度であることから、高透水性基礎地盤の影響は基盤排水工によって、低減できていると考えられる。さらに、Case4 では泥濘化が抑制されていることから、基礎地盤内の水圧の低下により、堤体内浸透を抑制している可能性がある。高透水性基礎地盤の場合、洪水によって被圧されなければ、安定側に働く場合もあることを裏付けている<sup>3)</sup>。

基礎地盤からの排水効果の有効性を確かめるために、基礎地盤まで直結させない幅 200mm のドレーン工を設けた Case5 の結果を写真-3 に示す。その結果、実験開始約 1 分後に堤内地で噴砂が発生し、実験開始約 2 分 50 秒後には法尻部のドレーン工に向かってパイピングが発生した(写真-3(a))。その後、パイピングが法尻部から徐々に堤外地へと進行したが(写真-3(b))、法すべりには進展しなかった。その際、写真-3(c)に示すように、裏法面が沈下し、堤体全体が傾いたことで、堤体高さ約 8 割の位置に亀裂が入った。また、Case5 の特徴として、パイピングによって、堤体法尻から堤内側に上部基礎地盤の流失が発生するものの、ドレーン工が堤体法尻部にあることによって、堤体法尻で発生する小規模法すべりとそれをトリガーとする堤体変状を抑制したと考えられる。また、Case5 の裏法沈下は実スケールで考えると相当量であるが、堤体や基礎地盤に明らかな空洞などがなくても、裏法沈下が発生していることは注目すべきである。

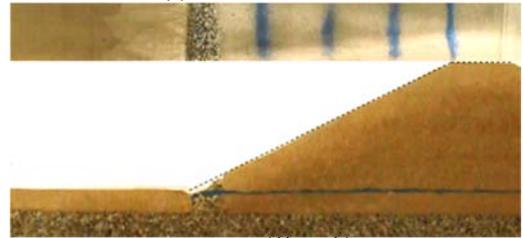
#### 4. おわりに

堤体外に基盤排水工を設ける場合、十分な排水量を確保できる規模が必要であることが明らかになった。一方、堤体内に基盤排水工を設けることによって、小規模の場合においても極めて高い変状抑制効果が得られることが示された。また、堤体内に設けても基礎地盤に直結させないドレーン工の場合、透水性基礎地盤がある場合にはパイピングによる堤体沈下を誘発する恐れがあるため、今後は法尻ドレーン工であっても積極的に基盤に到達させることを検討すべきである。

参考文献： 1)小高ら：高透水性基礎地盤を有する河川堤防の崩壊メカニズムと評価手法に関する研究，河川技術論文集，24，2018。 2)土木研究所：堤内基盤排水工マニュアル（試行版），2017。 3)福岡ら：現地堤防と模型堤防の浸透破壊を規定する力学的相似条件—堤防脆弱性指標，河川堤防技術シンポジウム論文集，5，2017。

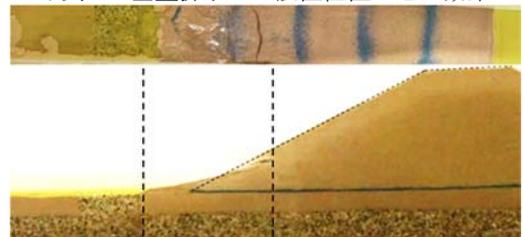


(a)Case1 (終了時)

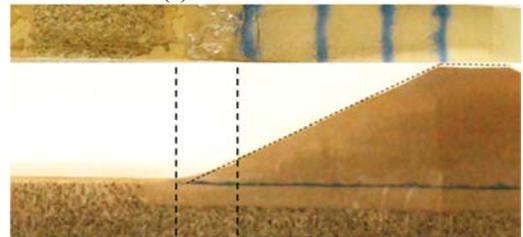


(b)Case2 (終了時)

写真-1 基盤排水工の設置位置ごとの効果

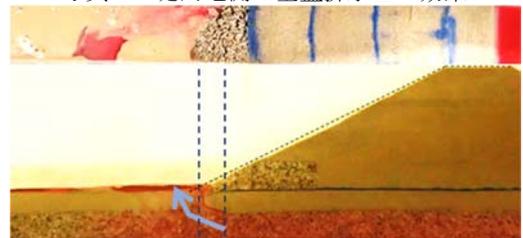


(a)Case3 (終了時)

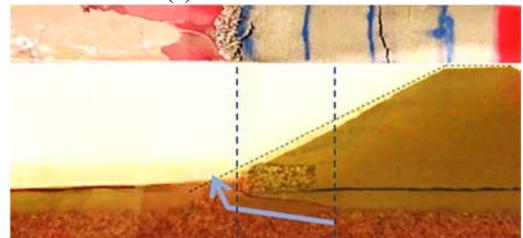


(b)Case4 (終了時)

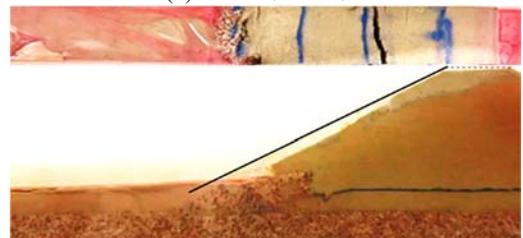
写真-2 堤内地側の基盤排水工の効果



(a)Case5 (2m50s)



(b)Case5 (6m30s)



(c)Case5 (終了時)

写真-3 ドレーン工の効果