

法尻に設置する排水工による河川堤防の浸透すべり破壊の抑制効果

浸透破壊 河川堤防 排水工

名城大学

国際会員 小高猛司

名城大学大学院

特別会員 ○中村宏樹

日本工営

国際会員 李 圭太

中部土質試験協同組合

国際会員 久保裕一

(元)名城大学

福永葵衣, 山田紘太郎, 大橋健司

1. はじめに

本研究グループは、透水性が大きく異なる 2 層の基礎地盤を有する堤防の小型模型実験を行い、基礎の漏水が堤体変状に対して与える影響およびメカニズムについての検討を行ってきた¹⁾²⁾。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、破堤に結びつくすべり破壊やパイピングの発生が確認された。一方、そのような高透水性基礎地盤上の河川堤防に発生する法尻付近のパイピングとそれをトリガーとする堤体の浸透すべり破壊を抑制するためには、法尻の堤体内に基礎からの排水工を設けることが重要であることを示した³⁾。その際、堤体外の堤内地に排水工を設けても効果が低いことも併せて示した³⁾。

本報では、浸透すべりの抑制に効果があることをすでに確認している堤体法尻部分に設置する排水工について、その大きさと設置位置、さらに上部基礎地盤の透水性の影響について検討する。

2. 模型実験概要

本報では、斜面法尻に大きさ、設置位置を様々に変えて排水工を設置して実験を行った。その中でも図 1, 2 および 3 に示すように、排水工の設置位置と大きさを変えた 3 種の対策工 Case の結果を示す。

全ケースにおいて、領域Ⅰには三河珪砂 3 号砂（間隙比 $e=0.95$ ，透水係数 $k=2.67 \times 10^{-3} \text{m/s}$ ），領域Ⅱには三河珪砂 8 号砂（間隙比 $e=1.06$ ，透水係数 $k=3.98 \times 10^{-5} \text{m/s}$ ），領域Ⅲには三河珪砂 6, 7, 8 号を混合したもの（以下 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。ただし、Case3 と同じ排水工の設置位置として、領域Ⅱに三河珪砂 6 号砂に同粒径の色砂を 10% 混合したもの（以下 6 号カラー）（間隙比 $e=1.06$ ，透水係数 $k=4.90 \times 10^{-4} \text{m/s}$ ）を用いた Case4 も実施した。排水工には、領域Ⅰと同様の三河珪砂 3 号を用いた。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に厚さ 50mm ずつ締め固めを行い、模型地盤を作製した。その後、給水槽の水位を水槽底面から 100mm 一定水位を保つように給水を続け、約 90 分基礎地盤の地盤材料を飽和させた。その後、水位を急激に上昇させ 330mm の位置（堤体高さ 9 割の部分）でオーバーフローさせ、排水槽の水位を 150mm で維持しながら、浸透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、模型実験の正面および側面からビデオ撮影を行い、堤体の変状がほぼ見られなくなるまで実験を続けた。

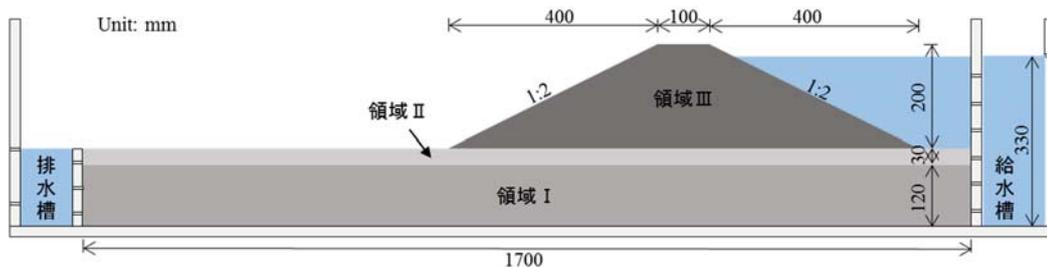


図 1 浸透模型実験装置の概要

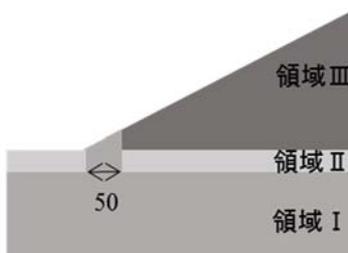


図 2 Case1 の排水工設置位置

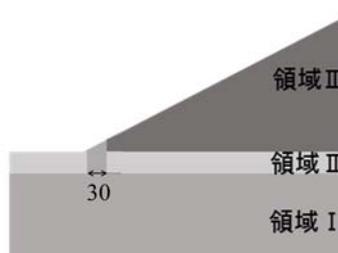


図 3 Case2 の排水工設置位置

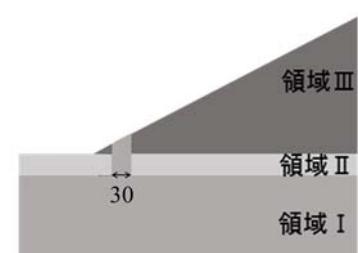


図 4 Case3, 4 の排水工設置位置

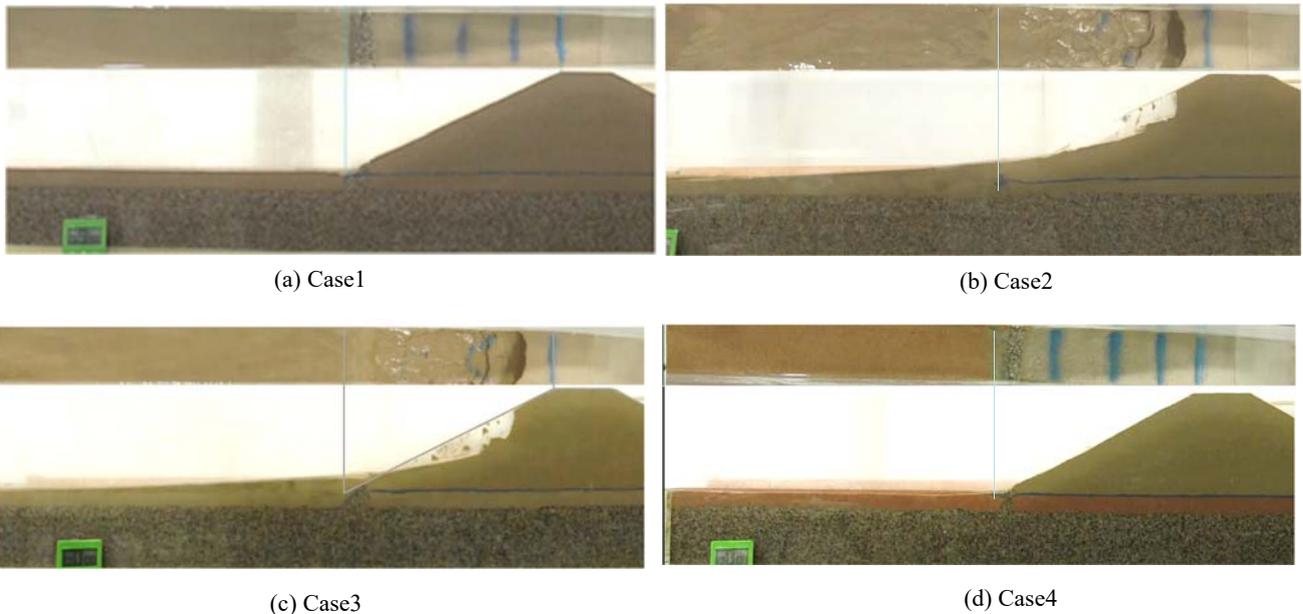


写真1 実験終了時の模型堤体の状況

3. 実験結果

写真1に各Caseの浸透破壊過程を示す。(a)の法尻堤体内に横幅50mmの排水工を設置したCase1では、実験開始23秒後から排水工から顕著な排水が見られたが、1時間浸透を継続しても堤体変状等は確認できなかった。Case1にて堤体法尻に設置する排水工の効果が高いことが確認されたため、(b)のCase2では排水工の横幅を30mmに縮小した。その結果、実験開始14秒後に排水工部分から噴き出すような顕著な排水が見られた後、無対策と同様に排水工付近の泥濁化が発生し、実験開始1分48秒後に排水工上を泥濁化して流失してきた堤体材料が覆い被さるように堆積してしまうことにより、無対策に近い状態となり堤体が徐々に変状した。その変状は堤体法面の9割程進行した後に停止した。越流には至らなかったが、天端付近まですべり破壊が進行したことにより、排水工の設置によるすべり破壊を抑制する効果は見られなかった。次のCase3では、Case2と同じ横幅30mmの排水工を、Case1の排水工の右端と同じ位置となるまで堤体内の奥側に設置した。結果は、実験開始から21秒後から排水工からの排水を確認し、その際に堤体法先が泥濁化により消失した。その後、それをトリガーとして徐々に崩壊し、36分後には川裏法面の8割が崩壊したが、最終的には越流には至らなかった。以上のCase1～3より、排水工の規模が50mmから30mmに縮小することにより、法尻部の崩壊を抑制する効果が失われることが示され、排水工には川表から供給される水を排水する能力が要求されることがわかった。

次に、上部基礎地盤の透水性の影響を見るために、Case3と排水工は同様として、上部基礎地盤をCase3より透水性が10倍程度高い材料を用いたCase4を実施した。実験開始17秒後には排水工から顕著な排水が見られたが、写真1(d)に示すように、Case1と同様に1時間浸透を継続しても堤体に変状等は確認できなかった。上部基礎地盤の透水性が上がることで、排水工に集中する水量が軽減されることによって、横幅30mmの排水工でも浸透すべりの抑制効果を発揮したものと考えられる。写真2にはCase1と同様の排水工が行き止まり地盤に設置された事例を示す。行き止まり地盤を含む上部基礎地盤の地盤材料は、Case4の領域IIと同様のは同様の6号カラーである。行き止まり地盤の場合には、法尻部への動水勾配への集中は非常に大きくなり、極めて危険性が高まるが、この排水工の設置によって、1時間透水を継続しても堤体の変状は見られなかった。



写真2 行き止まり地盤での排水工の効果(実験終了時)

4. まとめ

本実験では、高透水性基礎地盤を有する河川堤防の裏法すべりに対する対策工の検討を行った。結果として、過剰間隙水圧の上昇による有効応力の低下、それに伴うすべり破壊の発生に対して、堤体法尻に排水工を設置することで崩壊を抑えられることが判明した。ただし、川表から供給される水量を十分に排水できる規模が必要であることと、上部基礎地盤の透水性によっても必要な排水量が変わるために、注意が必要であることがわかった。さらに、透水性基礎地盤に行き止まりのあるような、パイピングとそれに伴う浸透すべり破壊の危険性が極めて高い条件であっても、十分な規模の排水工を設置することにより、浸透すべりを抑制できることが併せて示された。

参考文献：1) 森ら：全断面堤体模型を用いた高透水性基礎地盤を有する河川堤防の浸透破壊に関する検討，第71回土木学会年次学術講演会，2016。2) 小高ら：基礎地盤の複層構造が河川堤防の浸透破壊に及ぼす影響，第52回地盤工学研究発表会，2017。3) 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。