

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

名城大学大学院	学生会員	○森三史郎・林 愛実
名城大学	正会員	小高猛司・崔 瑛
(株)建設技術研究所	正会員	李 圭太
太啓建設(株)(元名城大)	非会員	原 大知

1. はじめに

近年、平成 24 年の矢部川の越流なき決壊や、平成 25 年の子吉川の法すべり等、高透水性基礎地盤に起因するとと思われる被災事例が目立っており、高い透水性の基礎地盤に起因する破堤や堤防変状の被災メカニズムを正確に把握することは、今後の被災を未然に防ぐためにも治水上の喫緊の課題である。著者らの研究グループでは、堤防の半断面をモデル化した二次元浸透模型実験を実施し、砂質基礎地盤の下にさらに透水性の高い砂礫層が存在する場合、法尻付近の砂質基礎地盤に高い動水勾配が作用することによってボーリング（有効応力消失による液状化）やそれに伴う噴砂・噴水が発生し、それらをきっかけに破堤に進展するという知見を得ている^{1,2)}。本報では、より一般性を考慮し、堤防の全断面模型を用いた浸透実験の結果を示す。

2. 実験概要

図-1 に実験モデルを示す。実験に用いた装置の外寸は 2000mm×620mm×160mm であり、通水孔を有する仕切板により土槽とその両側の水槽に分けられている。土層の内寸は、1700mm×600mm×120mm である。本実験では、図-1 に示すように領域Ⅰ、Ⅱ、Ⅲと分け、それぞれの領域に異なる地盤材料を用いて模型地盤を作製した。これは、高い透水性の基礎地盤（領域Ⅰ）に起因して法尻近傍の基礎地盤（領域Ⅱ）に発生すると予測される動水勾配の上昇の影響を検討するためである。地盤材料は、基礎地盤の透水性の高い層の領域Ⅰに三河珪砂 3 号（以後 3 号砂、 $k=2.67 \times 10^{-3} \text{m/s}$ ）、比較的透水性の低い層の領域Ⅱ、および堤体の領域Ⅲには三河珪砂 6 号（以後 6 号砂、 $k=4.88 \times 10^{-4} \text{m/s}$ ）を用いた。なお、領域Ⅱに使用した地盤材料には観察のため、同粒径のカラーサンドを 10%混合している。いずれの材料も、含水比を 4%に調整した後、3 号砂は間隙比が 0.9、6 号砂は間隙比が 1.0 になるように締固めを行った。本報では、法尻から領域Ⅰの左端までの水平距離 x を変化させ、高透水性基礎地盤の行き止りの位置による影響について検討した。Case-1 は法先から 100mm($x=100\text{mm}$)先に行き止りを設けた場合、Case-2 はその行き止りを堤体からさらに遠い位置に設けた場合($x=300\text{mm}$)である。Case-3 は $x=700\text{mm}$ と表記しているが、領域Ⅰの左端が水位一定の透水境界となっており、高透水層基礎地盤に行き止まりが模型内には無いものを模擬している。模型地盤作製後、土槽と水槽間の通水孔を塞いだ状態で水槽の水位を 150mm まで上げておき、通水孔の解放と水槽への給水を同時に開始した。その後、水槽の水位を 15mm/min の速度で徐々に上昇させ、図中の 330mm の位置でオーバーフローさせて水位を一定に保った。一連の実験過程において、実験装置の正面および上部からビデオ撮影を行いながら堤防の浸透破壊の様子を観察し、破堤、または堤体の変状が 30 分以上変化しない時点で、実験を終了した。

3. 浸透破壊過程

図-2 に各ケースにおける浸透破壊の過程を示す。Case-1 では、実験開始から 1 分 8 秒後透水性の高い領域Ⅰの左端の最下部から水の浸出が観察でき、その約 1 分後に領域Ⅰの左端全体から水の浸出が見られ、領域Ⅰが完全に飽和したと考えられる。

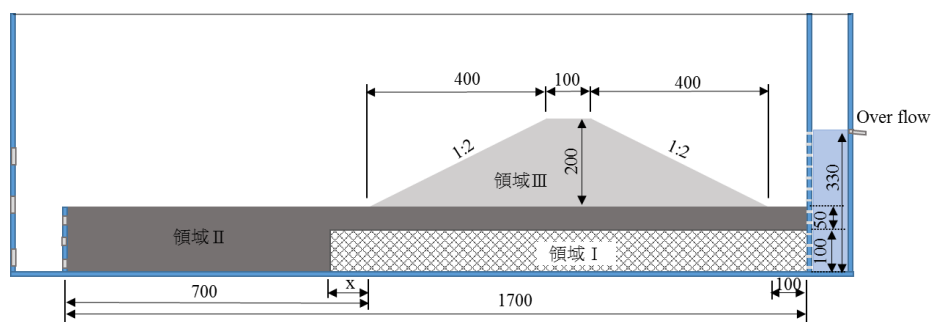


図-1 浸透模型実験概要

キーワード 河川堤防, 浸透破壊, 基盤漏水, 透水性基礎地盤

連絡先 〒468-0052 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 TEL 052-838-2346

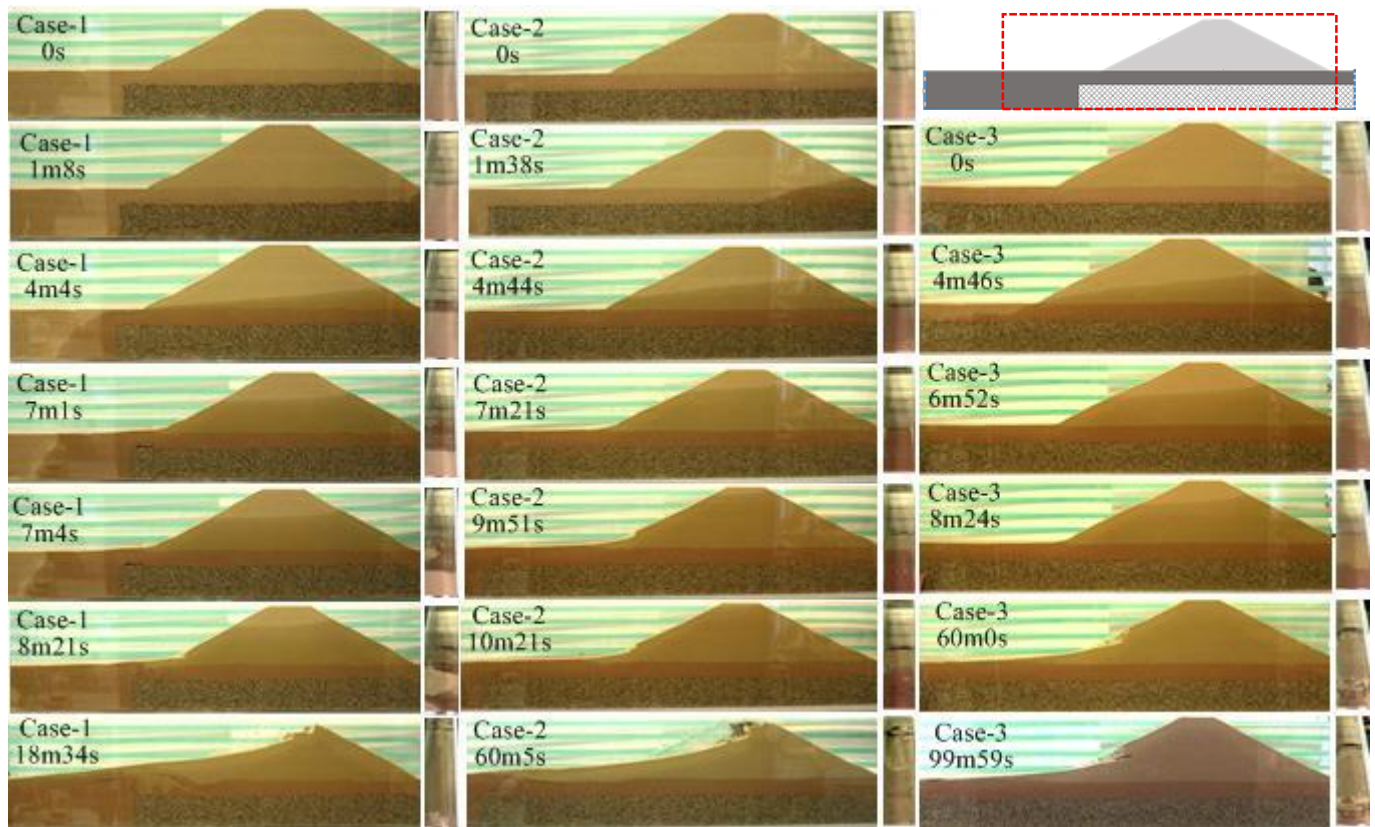


図2 堤防の浸透破壊過程

実験開始後、4分4秒に法尻付近の基礎地盤まで浸透が進み、6分28秒には法尻付近で盤膨れと水みちの形成が確認でき、7分1秒に法尻付近で噴砂が発生した。この際の水位は250mmであった。7分4秒に法尻がすべり始め、その後、すべり破壊が天端に向かって進行していき、8分21秒には2回目の噴砂が法尻直下で確認された。実験開始から18分34秒後に堤体が完全に崩壊したので実験を終了した。Case-2では、1分38秒に領域Ⅰの最下部から水の浸出が見られ、2分42秒後に領域Ⅰが飽和した。4分44秒に領域Ⅰの上部基礎地盤まで浸透が進み、7分17秒後に法尻がすべりはじめ、9分51秒には領域Ⅰの左端付近で水みちの形成と噴砂が確認できた。この際の水位は295mmであった。10分21秒後に2度目の噴砂が法尻付近で確認された。その後、すべりが天端に向かって進行し続け、60分5秒に堤体が崩壊した。Case-3では、4分46秒に法尻まで浸透し、6分52秒後に法尻付近の基礎地盤で気泡が確認できた。8分24秒後に法尻ですべり破壊が見られ、その後もすべり破壊が天端に向かって進行して行くが、実験開始から60分後法面の半分の高さですべり破壊が進行した後、ほぼ変化が見られなかった。Case-1,2では、いずれも噴砂の直後に法すべりが発生しており、高透水性基礎地盤の影響により、法尻付近の砂質基礎地盤に高い動水勾配が作用し、それをきっかけに破壊が進行したと考えられる。Case-3においては、明確な噴砂等は確認できなかったものの、別途基礎地盤に色水を浸透させたところ、法尻付近で上向きの流れが見られ、行き止りが無い場合でも法尻付近に動水勾配が集中することが確認できている。なお、いずれのケースにおいても泥濁化を伴う法すべりが見られているが、これは破壊発生時に堤体がかかなり飽和していたためであると考えている。

4. まとめ

堤防直下に透水性が異なる2層構造の基礎地盤が存在し、特に下部の基礎地盤の透水性が非常に高い場合には、法尻近傍の基礎地盤に高い動水勾配が作用し、それをきっかけに堤体の変状が発生することが観察された。また、堤防の破壊状況は、行き止まりの位置や有無のみならず、各地層の透水性、初期水位の与え方やその後の上昇速度などの外力条件にも依存することも見えてきており、今後はこれらの要因についても検討して行く予定である。

参考文献: 1)小高ら:透水性基礎地盤に起因する堤防の浸透破壊に関する考察,第3回地盤工学から見た堤防技術シンポジウム,2015 2)小高ら:行き止まり高透水性基盤を有する河川堤防の浸透破壊,第51回地盤工学研究発表会,2016(投稿中)