

透水性基礎地盤に起因する河川堤防の破壊メカニズム

名城大学

学生会員

○林 愛実・森三史郎

名城大学

正会員

小高猛司・崔 瑛

建設技術研究所

正会員

李 圭太

1. はじめに

平成 24 年 7 月の矢部川堤防の破堤，平成 25 年 7 月の子吉川堤防の法すべり，梯川堤防の法崩れなど，透水性が高い基礎地盤に起因すると思われる被災事例が近年注目されている。計画高水位以下の洪水での被災に直結する問題であるため治水上の注目度は高いが，局所的な地盤構造が原因であるために同種の被災の芽を未然に摘み取ることは容易ではない。先述の被災事例においても，堤体と基礎地盤の両者を含めた地盤構造に被災要因を求めることができるが，堤体変状のメカニズムを含めて，その解明は十分に進んでいるとは言いがたい。本報では，高い透水性を有する基礎地盤の存在に着目し，透水性が大きく異なる 2 層の基礎地盤を有する堤防の浸透模型実験を行い，基盤漏水が堤体決壊に結びつくメカニズムについて検討をした。

2. 模型実験の概要

図 1 に浸透模型実験装置の概要を示す。実験装置の外寸は，幅 1500mm，高さ 500mm，奥行き 160mm であり，通水孔を有する仕切板によって土槽(内寸:1300mm×480mm×120mm)と給水水槽(内寸:120mm×480mm×120mm)に分けられている。本実験では，高い透水性基礎地盤に起因して，法尻付近の基礎地盤に発生すると予想される比較的大きな動水勾配の影響を検討するため，図 1 に示すように模型地盤を領域Ⅰ，Ⅱ，Ⅲに分け，それぞれの領域における地盤材料を変化させた計 3 ケースについて検討した。Case_1 は基礎地盤および堤体地盤に三河珪砂 6 号のみを用いたケース，Case_2 は Case_1 から基礎地盤の領域Ⅰを透水性の高い地盤に置き換えたケース，Case_3 は Case_2 からさらに堤体地盤を透水性の低い材料に置き換えたケースである。透水性の高い地盤材料には三河珪砂 3 号，透水性の低い地盤材料には 6，7，8 号を 5:2:5 の重量比で混合したものを使用した。それぞれの地盤材料の粒度分布を図 1 に示す。地盤材料はいずれも 4% に含水比調整した後，間隙比 1.0(三河珪砂 3 号のみ 0.9)になるように，一層 20mm ずつ締め固めて模型地盤を作製した。この際，より均一な模型地盤を作製するため，各層をさらに横方向に 200mm ずつ区切り，それぞれのブロックに所定の土試料を投入した。模型実験作製後，給水水槽部の水位を 420mm で一定に保持して，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た。なお，本実験では堤体地盤に変化が見られなくなったとき，もしくは越流が発生し破堤したと判断した時点で実験終了とした。

3. 浸透破壊過程

写真 1 に各ケースにおける，浸透破壊の様子を示す。堤防を囲む点線は堤防の原型を示し，天端付近の実線は給水水槽の高水位の位置を示す。なお，Case_3 の堤体内に示した点線は，パイピングの経路を示している。Case_1 では，実験開始後 17 分程度で法尻付近において水の浸出が見られ，そのおよそ 2 分後に法尻で

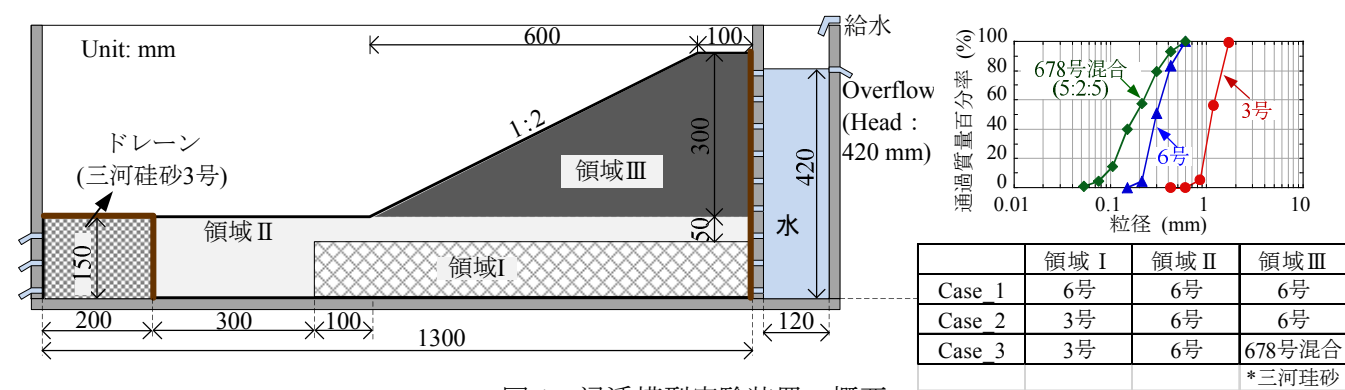


図 1 浸透模型実験装置の概要

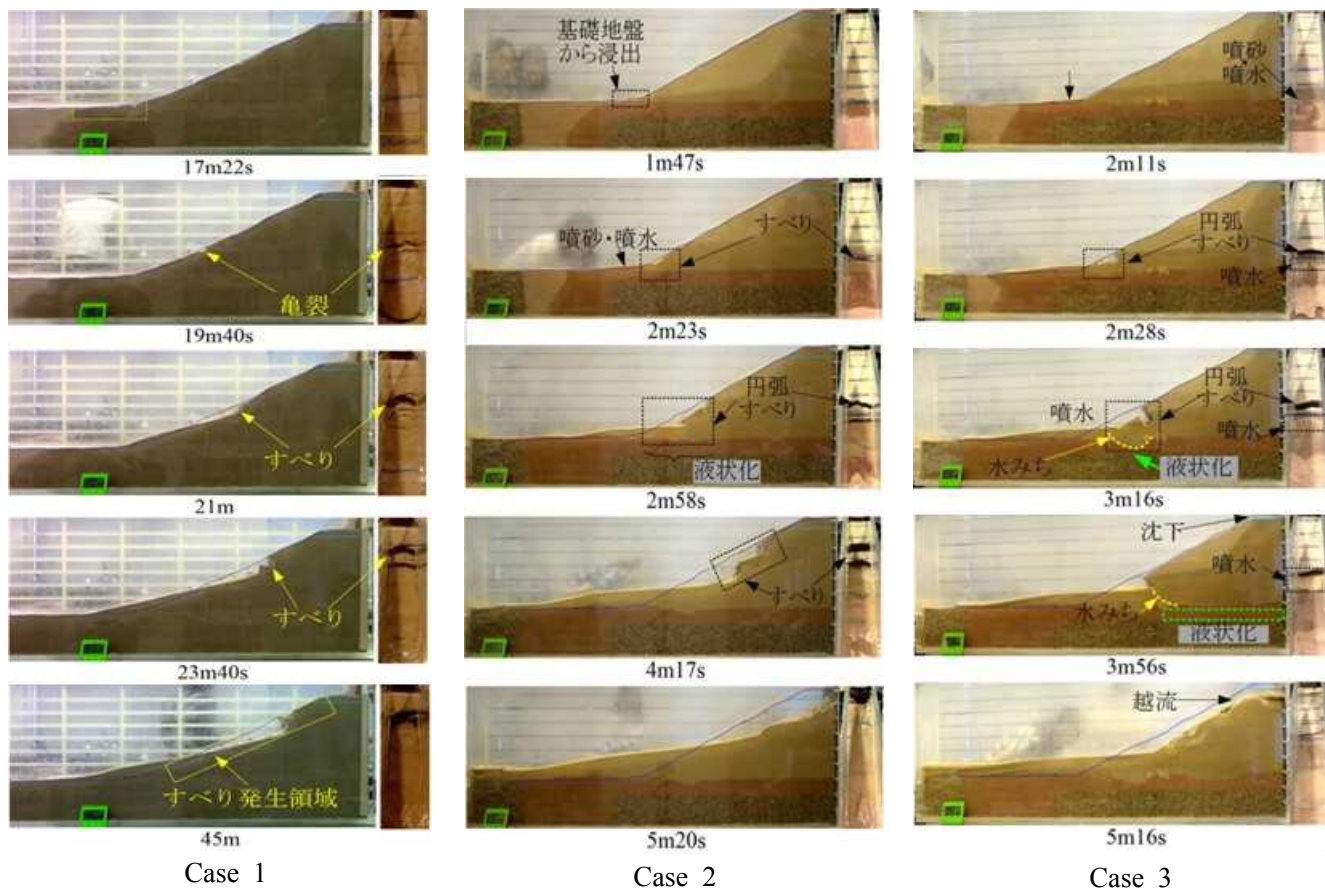


写真 1 浸透破壊過程

泥濘化とも呼べる極めて浅いすべりが発生した。その後、泥濘化した法面は小さいすべり破壊を伴って法面が継続的に緩勾配化する様子が見られた。しかし、継続的なすべり破壊は堤防高の 2/3 程度の位置で停止し、破堤には至らなかった。以上から、Case_1 では、法尻地盤の泥濘化を発端として「すべり破壊→泥濘化→緩勾配化」の過程を繰返す進行性破壊の様子が見られた。Case_2 では、実験開始約 2 分後に法尻付近の領域Ⅱの広い範囲でパイピングが発生し、法尻部分では基礎地盤を巻き込む円弧すべりの発生が見られた。これは、法尻付近での液状化の発生により、法尻下部地盤の支持力が急激に減少したためだと考えられる。その後、比較的大きな円弧すべりが断続的に天端に向かって伝播する進行破壊が確認できた。以上から、透水性が高い基礎地盤が存在する場合は、局所的に動水勾配が上昇し、基礎地盤のパイピングの発生に伴い法面全体のすべり崩壊に発展する恐れがあると言える。Case_3 では、実験開始約 2 分 30 秒後に Case_2 とほぼ同じ位置で噴砂が発生し、堤体にき裂が生じ、ブロック状に土塊が破壊しつつ基礎地盤に沈み込んだ。3 分 16 秒にはさらに法面上部に大きなき裂が発生し、堤体から離脱した大きなブロックが液状化した基礎地盤に沈み、それに伴いブロック下側に沿って流れる円弧状の水みちが確認された。3 分 56 秒には堤体部分が基礎地盤に沈み込んだことにより、天端が大きく沈下し、堤防は越流によって崩壊した。以上から、Case_3 は Case_2 と共通して、大きな動水勾配の集中によって基礎地盤が液状化することにより、堤体が基礎地盤を巻き込むすべり破壊が発生しているが、Case_3 で発生したすべり土塊の規模は非常に大きく、最終的には天端まで巻き込むような大きいすべり破壊が発生していることが確認できた。

4. まとめ

高い透水性基礎地盤の上に低い透水性の地盤が存在することにより、法尻付近に大きな上向き動水勾配が発生し基礎地盤が液状化（有効応力が低下した状態）に至る。それによって、基礎地盤を巻き込むすべり破壊や法面が不連続で崩壊し基礎地盤への堤体陥没を生じさせ、決壊に至るような堤体変状が発生する崩壊パターンがあることが本模型実験によって示された。模型地盤内の動水勾配分布などは別報¹⁾にて示す。

参考文献：1) 森ら：非定常浸透流解析による透水性基礎地盤に起因する堤防変状メカニズムの検討，平成 27 年度土木学会中部支部，2016。