

高透水性基礎地盤の基盤漏水に起因する堤体の進行性破壊に関する模型実験

名城大学

正会員 ○崔 瑛・小高猛司

(株)建設技術研究所

正会員 李 圭太

1. はじめに

平成24年7月の九州北部豪雨における矢部川堤防の決壊は、「越水なき破堤」として絶大なインパクトを与えた。この被災事例では、粘性土の堤体の下に堤外地と直接連通している高透水性の砂層が、しかもその先が行き止まりの状態が存在したという特殊事情が明らかになりつつある¹⁾。また、平成25年7月に立て続けに発生した子吉川堤防の法すべりの被災^{1),2)}も梯川堤防の法崩れの被災^{2),3)}においても透水性基礎地盤の基盤漏水の影響が少なからずあると考えられる。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行った。なお、本実験の境界条件は、既往の先進的な研究^{4),5)}を参考にしている。

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、堤防土を図-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（表-1）。Case_1はすべての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（三河珪砂3号）に置き換えたケース、Case_3はCase_2からさらに堤体試料を透水性の低い三河珪砂6,7,8号混合試料に変えたケースである。地盤試料はいずれも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。堤防模型作製後、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。

3. 浸透破壊経過

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水位の高さを示す。なお、Case_2と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分後に法尻で泥濘化とも呼べる極めて浅いすべりが発生する。その後、その泥濘化が天端に向かって進行しつつ法面が継続的に緩勾配化する様子が見られた。しかし、その泥濘化は堤防高の2/3程度の位置で停止し、破堤には至らなかった。Case_2では、約3分後には法尻から少し離れた位置で砂が噴き出す現象が確認された（3分10秒：図中矢印の部分）。4分10秒後には、

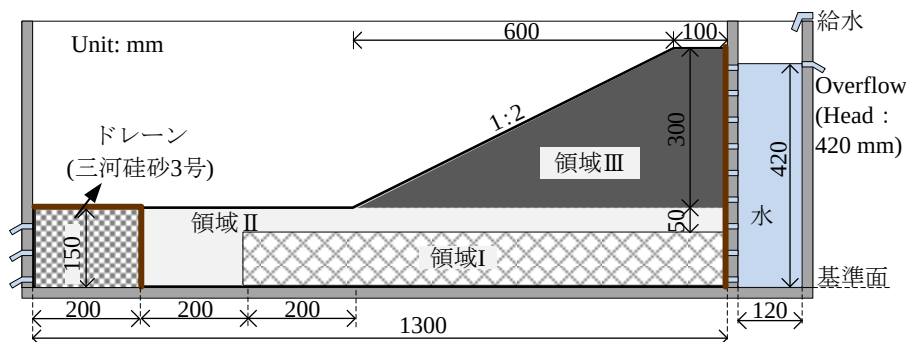


図-1 浸透模型実験の概要

表-1 実験ケース

	領域Ⅰ	領域Ⅱ	領域Ⅲ
Case_1	6号	6号	6号
Case_2	3号	6号	6号
Case_3	3号	6号	6:7:8号 = 5:2:5

*三河珪砂

キーワード 堤防, 浸透, 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

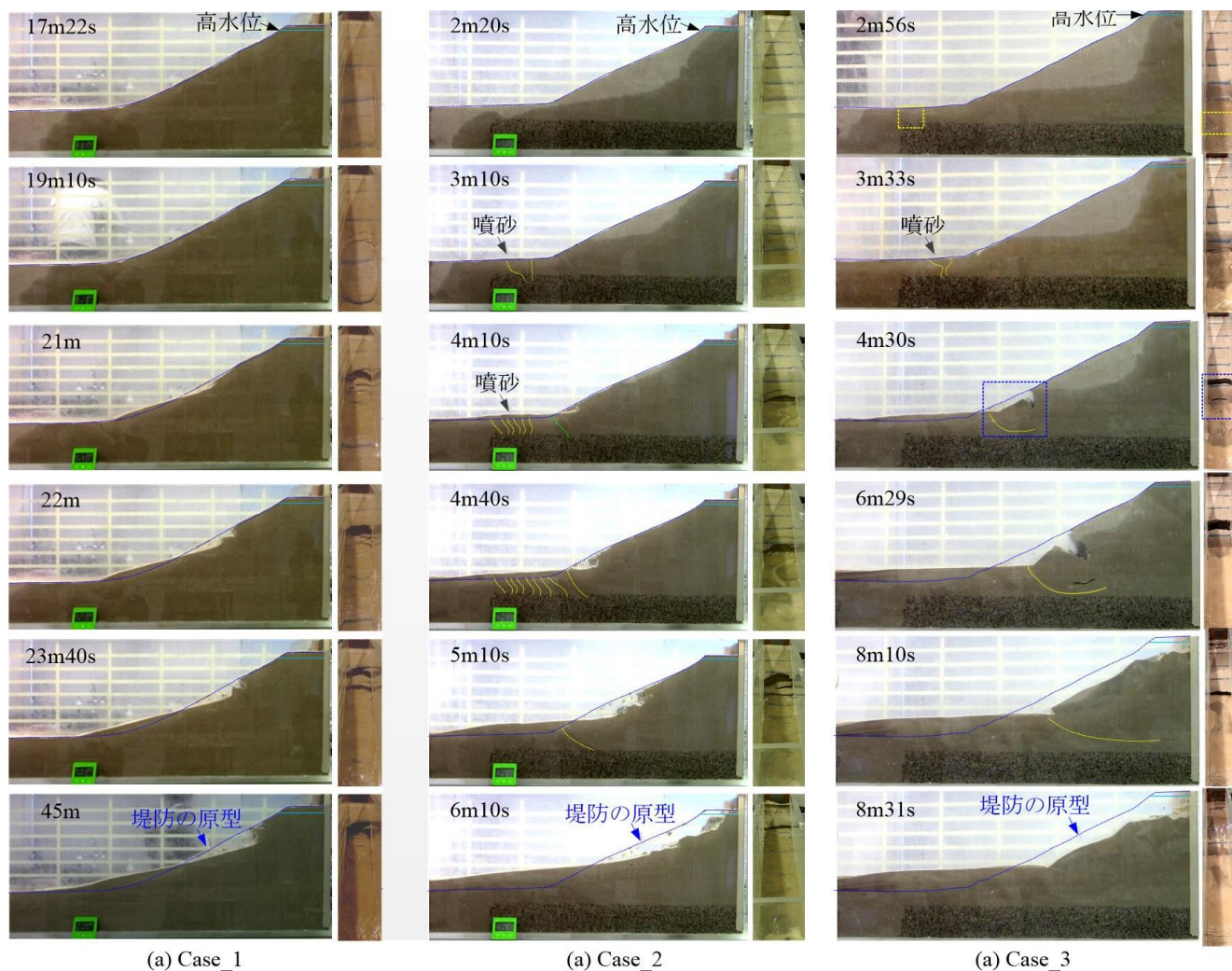


写真-1 各ケースにおける堤体破堤までの浸透過程

法尻付近の領域Ⅰの広い領域でボーリング（液状化）が発生し、法尻部分では基礎地盤を巻き込む明瞭な円弧すべりが発生する。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性破壊が確認できる。なお、堤体のすべり崩壊に伴い、基礎地盤の広い領域で堤体内部に向かって液状化が進行していくことが観察できた。基礎地盤を巻き込む大きなすべりも、その液状化に起因している。Case_3では、実験開始3分33秒後にCase_2とほぼ同じ位置で噴砂が発生し、法尻付近の領域Ⅰが液状化し、Case_2と同様に法尻で小さな円弧すべりが確認できた。4分30秒で堤体に亀裂が生じ、ブロック状に円弧すべりをしつつ、基礎地盤に沈み込んだ。5分31秒にはさらに法面上部で大きな亀裂が発生し、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6分29秒には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。7分過ぎには天端を含む大きなすべりが発生し、8分10秒にはブロックの下部を領域Ⅱから法尻を結ぶような長い水みちが確認された。Case_2と3に共通して、大きな動水勾配の集中によって基礎地盤がボーリング（液状化）することにより、堤体に基礎地盤を巻き込むすべり破壊が発生した。また、液状化して支持力を喪失した基礎地盤に、すべり土塊が沈み込むことによって順次泥濘化し、それがさらに堤体内部まで基礎地盤の液状化を伝播させ、決壊に至るような堤体変状に進展する。

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（有効応力を喪失した状態）する。それによって、基礎地盤を巻き込むすべり破壊や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可能性が本模型実験によって示された。

参考文献: 1) 矢部川堤防調査委員会：報告書，九州地方整備局筑後川河川事務所，2013. 2) 第2回地盤工学から見た堤防技術シンポジウム災害報告特別セッション配付資料，2014. 3) 大角ら：梯川古府地先漏水対策について，平成26年度北陸地方整備局事業研究発表会，2014. 4) 齊藤ら：透水性基礎地盤のパイピングとすべりに着目した河川堤防の安定性，第2回地盤工学から見た堤防技術シンポジウム，2014. 5) 倉田ら：透水性基礎地盤に起因する河川堤防の進行性破壊に関する模型実験，河川技術論文集，第21巻，2015.