

高透水性基礎地盤を有する河川堤防の地盤材料特性が浸透破壊に及ぼす影響

名城大学大学院 学生会員 ○森 智彦・中山 雄人
 名城大学 正会員 小高 猛司
 (株)建設技術研究所 正会員 李 圭太
 中部土質試験協同組合 正会員 久保 裕一

1. はじめに

近年、矢部川堤防や二ツ森川堤防の破堤¹⁾等、高透水性の基礎地盤に起因する被災事例が報告されている。これらは堤体と基礎地盤双方の地盤構造に被災要因が求められるが、その解明は十分に進んでいない。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の2次元模型実験を実施し、高透水性基礎が法先付近に高い動水勾配を集中させ、それをトリガーとするパイピングあるいは破堤に至る堤体すべり破壊が発生することを示してきた²⁾。今回は模型実験の結果を堤体ならびに基礎地盤の地盤材料特性から考察した。

2. 崩壊パターンの類型化

まず、崩壊パターンの類型化²⁾について説明する。崩壊パターン1は基礎地盤内、あるいは基礎地盤と堤体の透水性が極端に異なる場合、法先に高い動水勾配が作用することによって噴砂が発生し、徐々に川面側に進行して行き、やがて堤体を連通するパイピングが発生するもの。崩壊パターン2はパターン1ほど極端な透水性の差がない場合に現れる。高透水性の基礎地盤の上に低透水性の地盤が存在する場合、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(有効応力の喪失)し、その液状化領域は徐々に川面側に拡大していく。堤体の透水性が比較的高い場合には堤体の浸潤によりすべり破壊が発生し、堤体の透水性が低い場合にはブロック状に破壊して、液状化した基礎地盤へ陥没するもの。パターン3は上部基礎地盤が厚い場合、もしくは大きな強度を有する際に、下部の高透水性基礎地盤の影響を受けず、上部の堤体の浸透のみによって堤体変状の度合いが決まるものである。

3. 実験概要

本研究で用いた浸透模型実験装置の概要を図1に示す。用いた地盤材料は三河珪砂の3, 6, 7, 8号, 野間精配砂, 6号砂に同粒径の着色砂を混合したもの(以下6カラー), 6, 7, 8号を混合したもの(以下678混合), 678混合にカオリンを混合したもの(以下カオリン混合)となっている。図2は一部地盤材料のCUB試験³⁾から得られた有効応力経路である。各地盤材料の透水係数, 間隙比は試験結果とともに表1に示す。

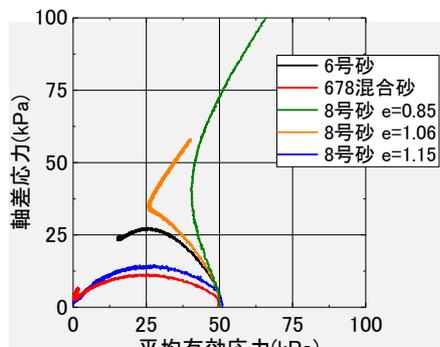


図2 地盤材料の力学特性

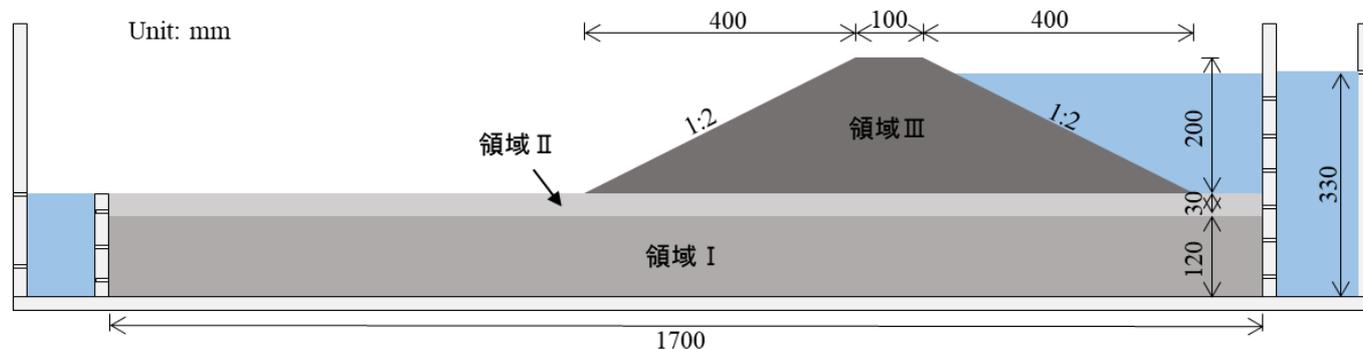


図1 浸透模型実験概要

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 〒468-5802 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 052-838-2347

表 1 実験条件ならびに結果

CASE	地盤材料			透水係数(m/s)			堤体 間隙比	透水係数比		パターン 前→後	終了時 進行度合い
	I	II	III	I	II	III		I / II	II / III		
1	3号	6カラー	6号	2.7×10^{-3}	4.9×10^{-4}	6.3×10^{-4}	1.06	5	1	2→3	6割
2			7号			2.4×10^{-4}	1.06	5	2	2→3	5割
3			678混合			1.0×10^{-4}	1.06	5	5	2→3	天端
4			8号			4.0×10^{-5}	1.06	5	12	1→2	越流
5			カオリン混合			5.6×10^{-7}	0.85	5	8.8×10^2	1	2割
6		7号	678混合		2.4×10^{-4}	1.0×10^{-4}	1.06	11	2	2	越流
7		8号	6号		4.0×10^{-5}	6.3×10^{-4}	1.06	67	6.3×10^{-2}	2→3	天端
8			678混合			1.0×10^{-4}	1.06	67	4.0×10^{-1}	1→2	越流
9			8号			6.6×10^{-5}	1.15	67	1	1→2	越流
10			8号			4.0×10^{-5}	1.06	67	1	2→3	9割
11			8号			3.0×10^{-5}	0.85	67	1	2→3	6割
12			野間			678混合	2.3×10^{-6}	1.0×10^{-4}	1.06	1.2×10^3	2.3×10^{-2}
13		カオリン混合	678混合		5.6×10^{-7}	1.0×10^{-4}	1.06	4.8×10^3	5.6×10^{-3}	3	5割

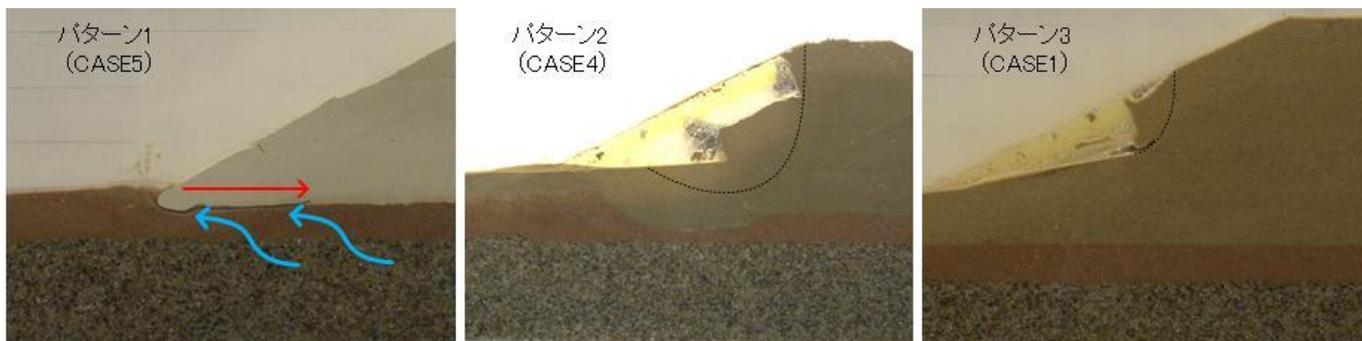


図 1 模型実験における浸透破壊過程

4. 実験結果・考察

表 1 は典型的な実験結果をまとめたものであり、表中には実験終了時の堤体崩壊の進行度合いも簡易的に記している。なお、本実験は初期の天端高の 9 割で水位を一定にしており、越流とは堤体崩壊に伴って天端高が水位を下回ったために発生したものである。また、図 3 は各崩壊パターンの典型例である。表 1 より、崩壊の進行度合いが天端近くまで、もしくは越流した CASE の多くは地盤内の透水係数比が 10 倍以上あることが確認できる。また、CASE1 と 7 の比較から、透水係数比が高くなるほど崩壊規模が大きくなることがわかる。これは堤体に作用する動水勾配がより高くなり堤体の著しい強度低下を招いたと考えられる。しかし、CASE5,12,13 では透水係数比が他よりも高いが崩壊規模は小さい。逆に CASE3 のように透水係数比が高くないにも拘わらず天端まで崩壊が進行する場合もある。CASE5,12,13 は上部基礎地盤か堤体に粘性土やシルトが使用されており、透水性が極端に低い点以外に他の地盤材料と比べせん断強度が高いと考えられ、一方、CASE3 の堤体は図 2 に示すようになりに脆弱である。これらから、透水係数比が高くとも高いせん断強度を有する場合には堤体は大きく変状せず、透水係数比が低くとも堤体が脆弱な場合は、わずかな動水勾配の集中でもそれをトリガーとして大きく変状する。全実験を通して砂質堤体では崩壊パターン 1 の確認は少なく、初期に確認しても堤体崩壊によって短時間で水みちが塞がる場合が多い。一方、堤体崩壊の進行度合いが大きいものは、崩壊パターン 2 に関連しており、堤体を含む地盤の透水性やせん断強度が堤防の浸透破壊に大きく関与している。

5. まとめ

模型実験の結果から地盤材料特性に着目し浸透破壊への影響を考察した。地盤内の透水係数比が高いほど堤体の著しい強度低下を招き、浸透破壊を助長することが判明した。ただし、透水係数比が高すぎるか強固な地盤材料である場合は崩壊規模が小さくなることも確認された。浸透破壊による越流への評価をする際には、地盤の透水性や強度が重要な要素となることが考えられる。

参考文献：1) 東ら：2016 年台風 10 号による二ツ森川の破堤箇所における開削調査，第 5 回 河川堤防技術シンポジウム論文集，pp.27-30, 2017. 2) 例えば，小高ら：浸透に伴う基礎地盤の弱体化に起因する堤防すべり崩壊に関する考察，第 5 回 河川堤防技術シンポジウム論文集，pp.55-58, 2017. 3) 小高ら：透水性基礎地盤を有する河川堤防の堤体材料特性が浸透破壊に及ぼす影響，第 53 回地盤工学研究発表会，2018.