

越流による河川堤防の破壊特性

(株) 計測リサーチコンサルタント 正員 ○岡本 和広
鳥取大学 工学部 正員 道上 正規
鳥取大学 工学部 正員 鈴木 幸一
鳥取大学 工学部 正員 檜谷 治

1. はじめに 一般に、堤防を水が越流すると比較的短時間に破堤が生じるといわれているが、破堤に至る過程については必ずしも明らかになっていない。人間の避難という観点からは、越流開始後破堤に至るまでの時間が問題となるが、堤防の越流水に対する抵抗力は堤体材料（通常、土砂）の特性によって大きく異なるものと考えられる。本研究は、砂および粘土を混合した種々の土で堤体模型を作り、その堤体上の越流水深を種々変えることによって、越流による堤防の破壊形式・破壊過程特性に及ぼす堤体材料および越流水深の影響について実験的検討を加えたものである。

2. 実験の概要 実験は、幅30cm、深さ30cmの水路に図-1に示すように、高さ25cm、天端幅20cm、法面勾配1:2の堤体模型を図-2に示す粒径加積曲線を有する土砂で作って行なった。実験の手順としては、まず最適含水比となるように堤体材料の含水比を調整する。この材料を5～7cmの層ごとに5cm角の角材で突き固め、堤体寸法より大きく作った後に整形し、同時にコアを取って乾燥密度の測定と一面せん断試験を行なう。つぎに、所定の越流水深に対応する流量の水を流し越流状態および堤体の洗掘過程を水路のガラス製側壁からビデオカメラで録画する。録画した映像はビデオモニターおよびビデオポジションアナライザーを用いて読みとり同時にマイクロコンピュータで解析する。実験条件は表-1に示すとおりであって、越流水深を5通り変化させ、各越流水深に対して堤体土の種類を4通り変化させた合計20ケースの実験を行なった。堤体土としては、図-2の(a)で示される宇治市藤ノ森の粘土と図の(b)で示される砂であって、それらを適当に混合して作った(a)(Run 1～5),(c)(Run 6～10)(d)(Run 11～15)および(e)(Run 16～20)の4種類の土砂である。築堤後の採取コアの土質試験から求められた乾燥密度 ρ_d および粘着力Cも越流水深と併せて表-1に示されている。

3. 破壊形式 図-3は越流による堤体の洗掘進行状態の一例を示しており、(a)図は堤体が粘土のみでできている場合で、(b)図は粘土1:砂3の砂質堤体の場合である。両者を比較すると、同一越流水深であっても、粘土質堤体の洗掘進行速度は砂質堤体に比してずっと小さいばかりでなく、洗掘形状も大きく異

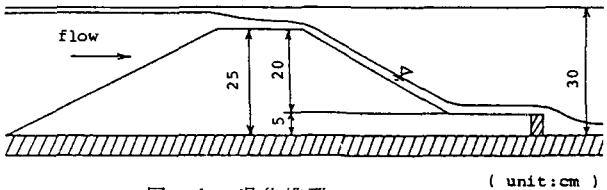


図-1 堤体模型

表-1 実験条件

Run No.	soil		flow		
	clay:sand	$q(q/cm^2)$	$C(N/cm^2)$	$q(q/cm^2/s)$	$h_c(cm)$
1	1 : 0 (a)	1.40	10.19	84.6	1.94
2				112.1	2.34
3				138.9	2.70
4				160.2	2.97
5				193.7	3.37
6	3 : 1 (c)	1.67	8.92	84.6	1.97
7				112.1	2.34
8				138.9	2.70
9				160.2	2.97
10				193.7	3.37
11	1 : 1 (d)	1.17	5.10	84.6	1.94
12				112.1	2.34
13				138.9	2.70
14				160.2	2.97
15				193.7	3.37
16	1 : 3 (e)	1.72	2.55	84.6	1.94
17				112.1	2.34
18				138.9	2.70
19				160.2	2.97
20				193.7	3.37

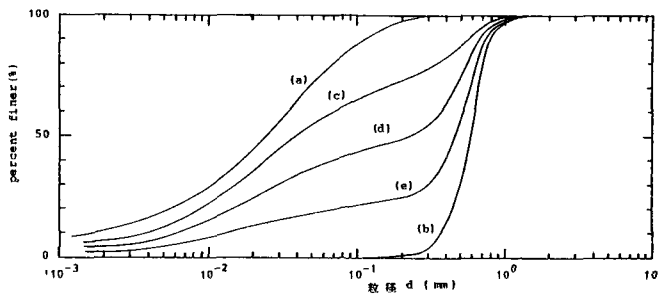


図-2 堤体土の粒径加積曲線

(a)(Run 1～5),(c)(Run 6～10)(d)(Run 11～15)および(e)(Run 16～20)の4種類の土砂である。築堤後の採取コアの土質試験から求められた乾燥密度 ρ_d および粘着力Cも越流水深と併せて表-1に示されている。

3. 破壊形式 図-3は越流による堤体の洗掘進行状態の一例を示しており、(a)図は堤体が粘土のみでできている場合で、(b)図は粘土1:砂3の砂質堤体の場合である。両者を比較すると、同一越流水深であっても、粘土質堤体の洗掘進行速度は砂質堤体に比してずっと小さいばかりでなく、洗掘形状も大きく異

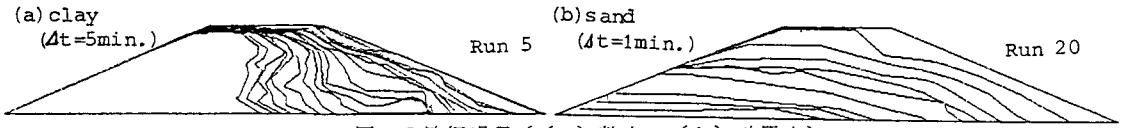


図-3 洗掘過程 (a) 粘土, (b) 砂質土

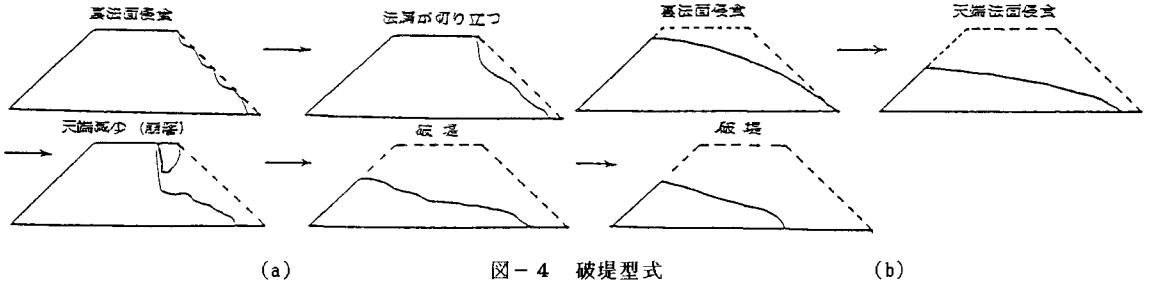


図-4 破堤型式

なる。すなわち、図-4(a)にみられるように粘土質堤防は、洗掘によって法肩が切り立ち天端が崩落するような過程を経て破堤に至るが、砂質堤防では(b)図のように、法面全体が一樣に洗掘され法面勾配が緩やかになって破堤に至る。したがって、越流による破堤形式は前者のclay型と後者のsand型に大別できるが、通常はそれらの中間的な状態となる。

4. 洗掘進行特性 図-5は同一堤体材料で越流水深を変化させて、洗掘量の時間変化特性を示したもので、図-6は逆に同一越流水深で、堤体材料の違いによる特性を示したものである。これらの図より、越流水深の違いによっては洗掘速度に著しい違いは認められなくて、堤体材料の違いによって洗掘速度が大きく異なることがわかる。すなわち、砂質土に比して粘土堤が洗掘されにくい。図-7は洗掘によって堤体積が半減するに要する時間 $T_{1/2}$ と堤体土の粘着力 C との関係を示しているが、粘着力が大

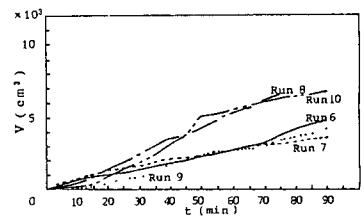


図-5 洗掘量の時間的変化 (同一材料)

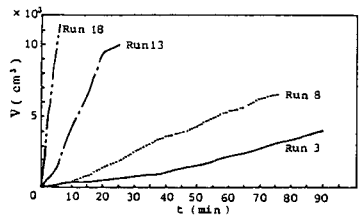


図-6 洗掘量の時間的変化 (同一流量)

きくなる(粘土分が多くなる)と体積半減時間が著しく増加し洗掘されにくくなることが認められる。図-8は、単位幅流量 q と天端崩壊までに要する時間 T_B との関係を示したものであり、図中破線は各堤体材料毎に $T_B \times q$ (破堤までの総越流量)が一定となる実験曲線である。破堤に至る時間は、総越流量と堤体材料特性との関係で論じられることがわかる。また、○と●のデータからわかるように、粘土質がある程度より大きくなると逆に洗掘されやすくなる傾向も認められる。

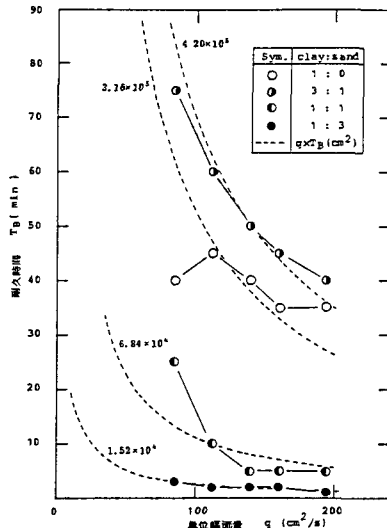


図-7 耐久時間と単位幅流量

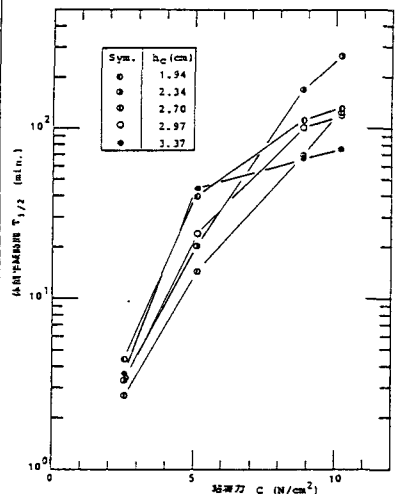


図-8 体積半減時間と粘着力