

越流による堤防の破壊特性(2)

京 都 府 正員 ○中邑 勝
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 洪水によって水が堤防を越流すると、比較的単時間に破壊が生じ、洪水による被害の規模は、越流水に対する堤防の抵抗力によって左右されるものと考えられる。本研究は粘性土を用いて堤体模型を作り、堤体の法面勾配を変えることによって、越流による堤防の破壊形式・破壊時間に及ぼす堤体材料および堤体形状の影響について実験的に検討した。また、粘性土の侵食抵抗力を実験的に求め、堤防斜面の侵食速度を計算した。

2. 実験の概要 堤防の破壊実験は、幅10cm、深さ30cmの水路に図-1に示すように、高さ25cm、天端幅20cm、法面勾配を 1:1~ 1:4に変えた堤体模型を粘性土で作成して行なった。実験の手順は、まず、最適含水比となるように堤体材料の含水比を調整して 5~ 7 cmの層ごとに 5cmの角材で突き固め、整形する。つぎに、単位幅流量 138.9cm³/sの水を流し、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。この映像を再生して堤体の洗掘形状を読みとり解析する。実験は表-1に示すとおり、法面勾配を4通りの法面勾配に対して堤体土の種類を4通り変化させた合計16ケースの実験を行なった。堤体土には、平均粒径 0.6mmの砂と藤ノ森の粘土とを乾燥密度で粘土含有率が 100%, 75%, 50% および 25%となるように混合したの4種類の土を用いた。各粘性土の乾燥密度 ρ_d および粘着力 C も表-1に示している。

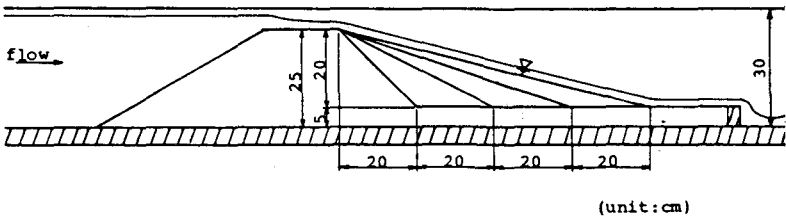


図-1 堤体模型

表-1 実験条件

Run No.	S o i l			Bank Slope
	Clay (%)	ρ_d (g/cm ³)	C (N/cm ²)	
1	100	1.40	10.19	1 : 1
2				1 : 2
3				1 : 3
4				1 : 4
5	75	1.67	8.82	1 : 1
6				1 : 2
7				1 : 3
8				1 : 4
9	50	1.72	5.10	1 : 1
10				1 : 2
11				1 : 3
12				1 : 4
13	25	1.82	2.55	1 : 1
14				1 : 2
15				1 : 3
16				1 : 4

$q=138.9 \text{ cm}^3/\text{s}$, $h_c=2.70 \text{ cm}$

粘性土の侵食速度の測定は、図-2に示すような幅10cm、高さ 5cmの断面を持つ長方形管路で、水路中央の底部から試料が入り、油圧ジャッキによって上昇できるようになっている。試料は、堤体に用いたと同じ粘性土を同じ状態で管路にセットする。管路内に通水した後、試料を侵食量に応じて目視によって試料の侵食面が管路床と同じ高さとなるように上昇させ、同時に、侵食量および管路内の水頭差を記録する。摩擦速度 u_{*f} は管内と試料侵食面の粗度を一定とみなし、管路

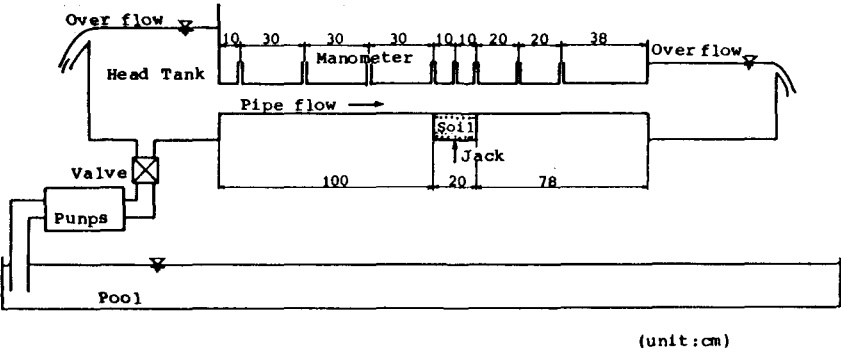
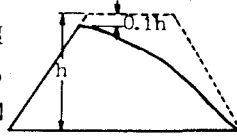


図-2 侵食実験装置概略図

上・下流部の水頭差から求めた。

3. 堤防の越流破壊に及ぼす裏
法面勾配の影響 堤防が破壊する
までの時間として、越流開始後、図



3に示すような上流側天端高の1 図-3 破壊状態
割が流失するに要する時間を考える。図-4 は破壊時間 T
と堤体の法面勾配との関係を示している。粘土分の多い堤
体では天端流失時間 T_0 は勾配に関係なく一定であるが、砂
分の多い堤体では勾配が緩くなるに従って天端流失時間 T
が長くなることが認められる。

4. 粘性土の侵食抵抗 図-5 は実験によって得ら
れた粘性土の侵食速度 u_s と摩擦速度 u_* との関係を示し、図
中の破線は粘性土に混ぜた砂の限界摩擦速度 u_{*c} を示してい
る。締めめられた粘性土の侵食速度は、粘土のみの試料で
は摩擦速度に関係なくほぼ一定の値であり、砂を含んだ土
は摩擦速度が砂の限界摩擦速度よりも小さいと侵食速度は
急激に減少している。また、実験の際に、摩擦速度が大き
くなると粘性土の侵食面が著しく変形する傾向が現れた。

5. 堤防斜面の初期侵食速度 図-6 は堤防斜面の
実際の侵食速度と計算値とを比較したもので、横軸には斜面に
沿った法肩からの流下距離、縦軸には斜面と
鉛直方向の侵食高を示している。図 (a)および (b)はそれぞれ粘土 75%と 25%の土で作られた勾配 1:2の堤
体の20分後および 5分後の初期侵食量である。図中の実線は堤防の越流実験による侵食量であり、破線は堤
体斜面上では侵食速度 $u_s/u_* =$ 一定で堤体斜面が平均的に侵食され、せん断力分布が洗掘初期には時間的に
変化しないとして、求めた値である。 u_s/u_* は粘性土の侵食試験から $u_* > u_{*c}$ の範囲にある値の平均を各試料
について求め、その値は粘土 75%と 25%についてそれぞれ 1.07×10^{-4} 、 4.34×10^{-4} である。図(a) は法肩より
も法尻部の侵食が速い崩落型の破壊型式であり、図(b) は法肩の侵食の速い侵食型の破壊型式となっている。

法面のせん断力は流下距離が増すに従って増加するが、計算値と
実測値とを比較すると、崩落型破壊を示す粘土 75%の堤体では似
た傾向の侵食となっ
ている。侵食量の値
も近いオーダーであ
る。堤防の初期侵食
は、崩落型破壊を示
す堤体では法面に働
くせん断力の影響を
考慮し、侵食型破壊
を示す堤体では侵食
開始後の堤体土の堆
積を考慮することで、
実際の破壊機構を評
価できるものと考え
られる。

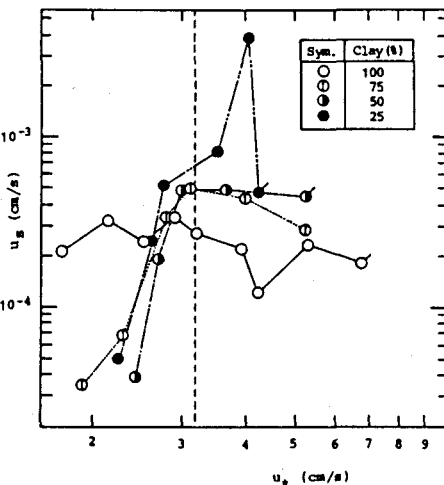


図-5 粘性土の侵食速度

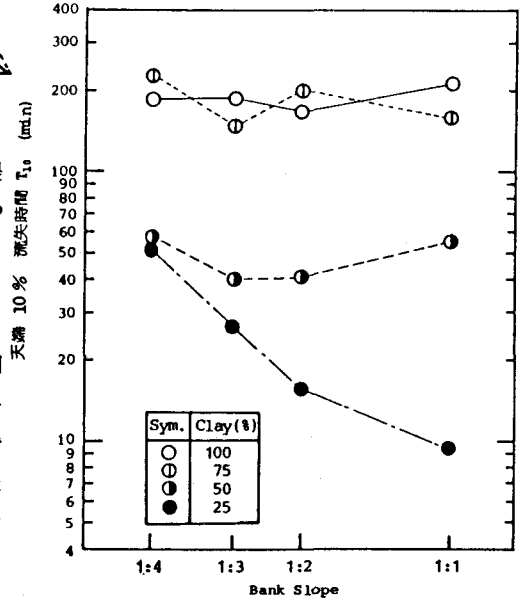


図-4 天端流失時間と法面勾配との関係

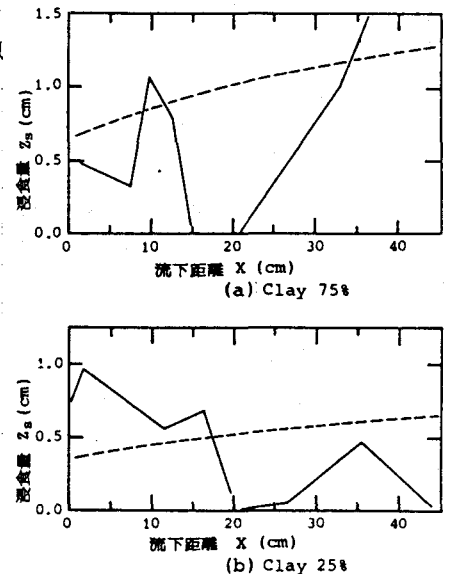


図-6 堤防斜面の侵食速度