

II - 241

越流による河川堤防の一次元破壊

岐阜大学工学部 正員 田中祐一郎 岐阜大学工学部 正員 中谷 剛 東洋建設 正員 梶野浩司

1. はじめに : 河川堤防は計画高水位の設定等, 越流という事態には至らないと言う前提にたって設計されているとの立場から, 破堤の研究は比較的少ない. しかし最近では, 超過確率洪水など, 破堤はあり得るとして, スーパー堤防構想が進められつつある. このように, 越流時の破堤機構を調べることはきわめて重要である. 本研究はその第一段階として, 砂を用いた模型堤防の越流による一次元破壊に関する実験を行い, 一次元河床変動問題としての取り扱いの可否について検討を試みたものである.

2. 破堤実験 : 実験は図-1に示すようなアクリル製水路を用い, $d = 0.1, 0.5\text{mm}$ の2種の珪砂を用いた模型堤防を設置し, 一定の供給水量を与えて, その越流による堤防の破壊の時間的变化を, 側面からビデオ撮影するという方法で行った. 実験の種類は表-1に示すような8ケースである. 越流量は上流側の貯留量の変化を考慮し, その水位をサーボ水位計にて測定することにより,

$$q = q_0 - S \cdot \Delta h / \Delta t \quad \dots (1)$$

により算定した. ここに q_0 : 供給流量, S : 上流部の湛水面積, Δh = 水位変化量である. 図-2に上式によって計算した越流量の時間的变化の一例を示す. 法勾配 30° , 20° 共に水流は流下方向に水深を減ずる加速流であり, 又射流である. 堤体は 30° の場合は初期勾配に平行に崩壊が進行するが, 20° の場合は法先での崩壊量が大きく, 一旦 30° 近くまで変化し, 以後平行に崩壊が進行して行くことが観察された.

3. 一次元河床変動解析

(a)法面での水面形 : 法面での水流は流下方向に水深の減少する加速流である. 堤頂部にて限界水深を与え, 不等流計算にて法面での水深を計算し, これを曲率補正¹⁾する事により境界条件として, 不等流計算により法面での水面形を計算した. 以上のような方法で計算した水深とビデオから読みとった水深との比較の一例を図-3に示す.

(b)流砂量 : 平衡流砂量式としてはスイス公式を用いることにする. しかしこの式はほぼ水平に近い勾

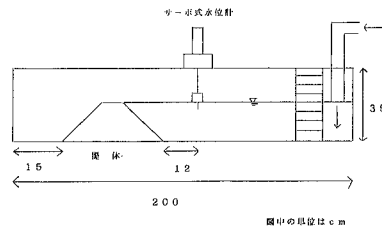


図-1 実験装置

表-1 実験ケース ($0.1\text{mm}, 0.5\text{mm}$)

	法面勾配	流量
CASE 1	30°	484.4 cc/s
CASE 2	30°	344.4 cc/s
CASE 3	20°	488.2 cc/s
CASE 4	20°	342.5 cc/s

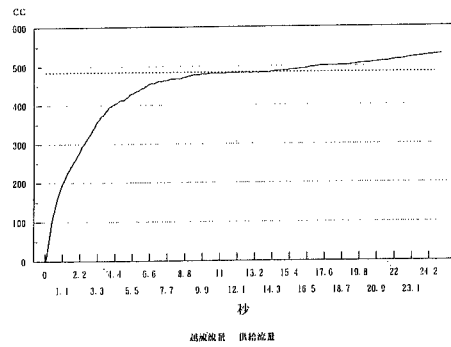


図-2 越流量の時間的变化 (CASE2)

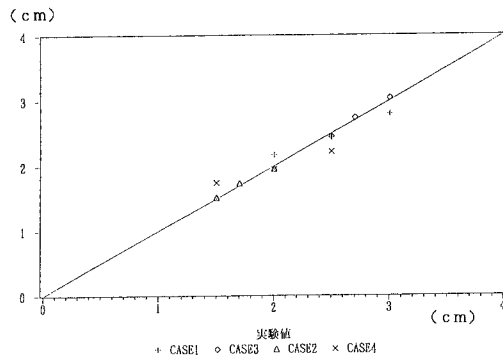


図-3 計算とビデオ解析による水深の比較

配で、等流状態の実験から得られた実験式である。実験では砂を手で固くつき固めた。この効果を考え、砂であるが粘着力Cが作用していると考えた。図-4に斜面上の粒子に作用する力の模式図を示す。力の釣り合いの関係から、

$$F_d + G \sin \theta = G \cos \theta + C \quad \dots(2)$$

が成立する。これを変形すると、

$$C_1 = \{1 - (1/\mu_s) \tan \theta\} \cos \theta + C/G\mu_s \quad \dots(3)$$

を得る。これを考慮すると流砂量式は

$$\phi_B = 8 \{ \tau_{*c} - (C + C_1 \tau_{*c}) \}^{3/2} \quad \dots(4)$$

となる。

(c) 圧力及び流砂の非平衡性：首藤、田中ら²⁾は河口砂州の越流破壊に関する研究を行っている。それによると圧力勾配による補正を行う必要性を指摘し、

$$C_p = \{ \tau_1 - \tau_{1c} - 1.2 \frac{\partial p}{\partial x} \} / (\tau_1 - \tau_{1c}) \quad \dots(5)$$

を提案した。また流砂の非平衡性の重要性を指摘し、それを表す係数C_aを次のように導いている。

$$C_a = \frac{n}{m + 0.5 + n} = \frac{\Delta C_1}{(m + 0.5) \alpha + \Delta C_{1n}} \quad \dots(6)$$

ここにα：せん断力の増加の平均勾配 m：1.5, n = ΔC₁/α, Δは砂粒子の平均移動距離であり、Δ = 0.0045/d

である。これらの係数を用いると、流砂量式は

$$\phi_B = 8 C_a C_p \{ \tau_{1c} - (C + C_1 \tau_{*c}) \}^{3/2} \quad \dots(8)$$

となる。

4. 実験結果による検証：以上の流砂量式を用いて、一次元河床変動の式により堤体の低下の時間的変化を実験結果と比較したものが図-5a, 5bである。この図からは各補正係数の間の精度まで見ることは困難であったので、法面から4cm下向の点に直行する断面での変位を比較した結果が表-2である。表に見られるように、平衡流砂量式のみから、斜面勾配、圧力勾配、粘着力、非平衡性と各係数による補正を行う程、その精度が向上している。尚ビデオの読みとり精度から、水面形の計算にすでに6%程の誤差を含んでおり、堤体の変位の計算における誤差3%はほぼ限界であろうと思われる。

参考文献

- 1) 荒川、額、田中、平成6年度中部支部研究発表会講演概要集, pp. 153-154, (1994)
- 2) 部、田中、首藤、水工学論文集, 第34巻, pp. 373-378, (1990)

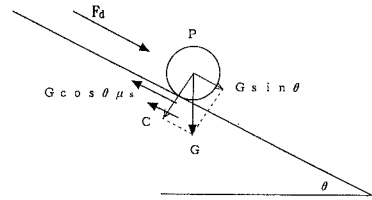


図-4 斜面上の粒子に働く力の模式図

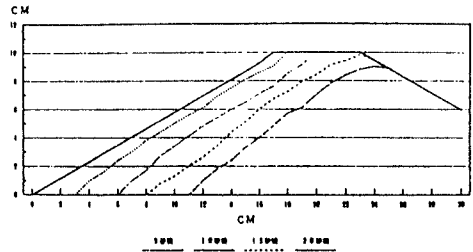


図-5a 堤体の低下の実験結果 (CASE1)

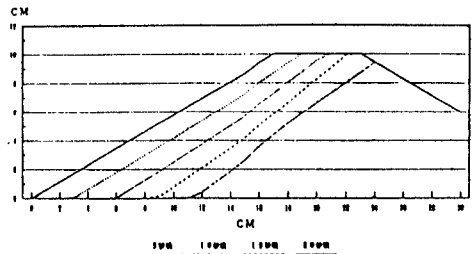


図-5b 堤体の低下の計算結果 (CASE1)

表-2 計算値と実験値の変位量 (CASE1)

計算ケース	考慮した修正係数の種類	誤差 (%)
①	実験値	
②	平衡流砂量のみ	2.9
③	斜面勾配、圧力勾配	3.5
④	斜面勾配、圧力勾配、粘着力	1.0
⑤	斜面勾配、圧力勾配、粘着力、非平衡性	3