

越流による河川堤防の破壊

岐阜大学工学部 学生員 荒川 英誠

岐阜大学工学部 学生員 額 丈二

岐阜大学工学部 正 員 田中祐一朗

1. はじめに

河川堤防決壊時の氾濫水の数値シュミレーションでは、流入流量の値を正確に知ることは、境界条件を決定するという点において重要であるが、堤防という構造物があまりに大きく未知な点が多いため、十分な検討がなされていない。流入量は時間的に変化するはずであり、堤防の崩壊過程を調べることは重要である。実堤防においては、その法面や天端には植生あるいはアスファルト舗装などがなされており、その越水に対する耐力などに関しては、いくつかの研究はあるものの、未だ未解明な点が多い。また堤防の構成土質により、粘着性透水性も変化し、破壊過程の一般を論じることは難しい。しかしここでは堤防崩壊の基礎的な過程を知るために、均一流砂による堤防モデルを用いた実験及び流砂の連続式による堤高の低下過程と流入量の関係について検討する。

2. 実験方法

アクリル板による水路（幅15cm、長さ180cm、高さ35cm）に、均一流砂（表1）により堤体模型を設置し、上流から一定流量を供給する。堤体模型の越流量は下流に設けた三角堰によって測定し、堤体の変化過程は真横からのビデオカメラにより撮影し、実験後読み取った。（図1）。結果の一例を、図2（流出流量）、図3（堤体の変化過程）に示す。

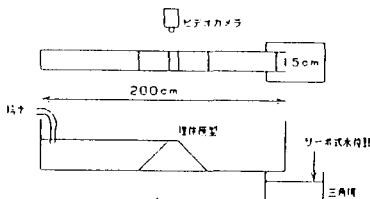
（表1－土質試験値）

粒径	0.1 mm
初期含水比	0.241
間隙率	0.55
密度	2.651 g/cm ³

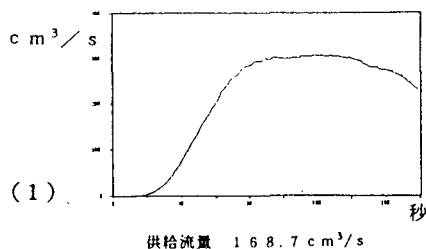
供給流量は一定であるが、流出量は堤高の低下に伴い、最終的には供給量の2倍近くになっている。堤体模型の粒径は極めて小さいため、流出量は浸透流による影響はないといえる。また、流出量の変化時間は、堤体の変化時間より越流水が水路を流下する時間だけ遅れるために正確に一致していない。その遅れ時間は録画画像から判断することにした。

堤体裏法面の崩壊は、初期勾配とほぼ平行に起こっている。これは、堤体の構成材料が一樣粒径の為と考えられるが、越流水は加速流れとして不等流であるため、流砂量の非平衡性が現れ、堤高の低下量が大きくなり時間の経過と共にこのことが顕著になる。

（図1－実験水路）



（図2－流出流量）



3. 解析方法

堤体の変化過程は、流砂の連続式を用いることにする。

$$\frac{dz}{dt} = \frac{1}{1-\lambda} \frac{dq_b}{dx} \quad (1)$$

堤体上では、強い射流となるため、崩壊はほとんど掃流力によってなされと考えられる。勾配のきつい斜面では、流砂量に非

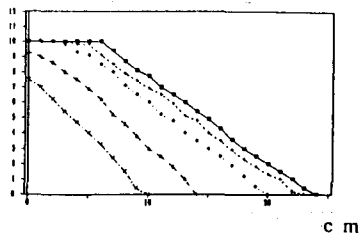
平衡性が現れる可能性があるが、ここではまず平衡掃流砂量式と c_m (図3-堤体変化) して一般的な次の2式(佐藤、吉川、芦田式、Peter-Muller式)を用いる。

$$q_b = \frac{u_*^3}{s g} \phi \cdot f \left(\frac{\tau_0}{\tau_c} \right) \quad (2)$$

$$s = (\sigma / \rho - 1)$$

$$n < 0.025 : \phi = 0.623 / (40n)^{-3.5}$$

$$q_b = 8 \cdot (\tau_{*e} - 0.047)^{3/2} \cdot (s g d^3)^{1/2} \quad (3)$$



ここで、摩擦速度 u_* の値は、次のManning-Strickler式により求める。

$$\frac{u}{u_*} = 7.66 \cdot \left(\frac{R}{k_s} \right)^{1/6} \quad (4)$$

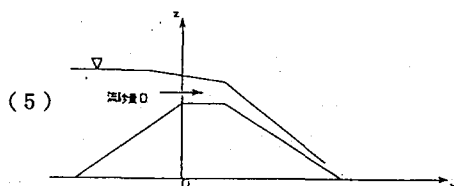
k_s : 粗度、 d : 粒径、 q_b : 流砂量、 s : 土粒子の土中比重、 u_* : 摩擦速度

τ_{*e} : 有効せん断力、 n : マニングの粗度係数、

また、流れの方程式は、

$$\frac{dh}{dx} = \frac{\tan \theta - (n^2 \cdot Q^2) / R^{4/3}}{\cos \theta - B \cdot Q^2 / g A^3}$$

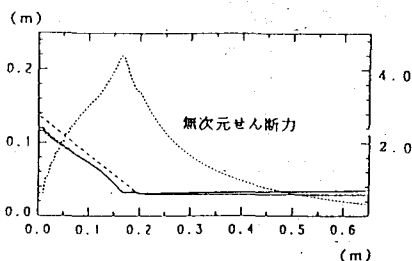
(図4-計算境界)



θ : 河床の傾き、 B : 水路幅

計算の境界条件として越流量は、実験において実際に越流した量を用い(図2)堤体の天端上では無給砂とした(図4)。水流の方程式として5式は、上流あるいは射流のどちらかしか扱うことができず、また初期値として限界水深付近の値は計算不能に陥るため使えない。アクリル板を用いた固定床越流実験により、天端上では限界流に近い射流になって流れることが明らかになっているため、初期値として計算不能にならない程度の射流となる水深を与えた。これらの条件を与えた場合の裏法面での堤体変化量と無次元せん断力の値(グラフ右側の軸)は、図5のようになる。

(図5-堤体断面形状)



尚、詳細は、講演時に述べる。

参考文献

- 1、吉野、土屋、須賀、越流水による堤防 法面の破壊特性、(第24回水理講演会概要集)
- 2、藤田裕一郎、村本 嘉雄、田村多佳志、河川堤防の決壊に伴う外水と土砂の流入について、
(京大防災研年報第30号B-2 昭62.4)
- 3、大岡、河川堤防の越流に関する研究、(平成4年、岐阜大学卒業論文)