

天然ダムの決壊過程と流出ハイドログラフの予測法に関する研究

京都大学防災研究所 正員 高橋 保
 京都大学防災研究所 正員 中川 一
 住友重機械工業(株) 正員 ○高野光史

1. はじめに 天然ダムは斜面崩壊や地すべりによる土塊が河川を堰止めて形成されるものであり、多くはその上流側の貯留水により決壊する。従来全幅で決壊する場合を対象として研究されてきたが、天然ダムの頂部は必ずしも一様な高さになっていないので、一部分から越流すると予測される。本研究ではダム頂部に設けた切欠部分から形成された水みちの拡幅過程を実験的、理論的に明らかにするとともに、それに伴う流出ハイドログラフの予測手法を示し、これを実験により検証した。

2. 実験方法・条件 図-1に示すような装置を勾配3°に設定し、中ほどに図-2の形状の堤体を作って、上流端から100(cc/s)の水を供給した。ダム上流の貯水位が切欠高さになると越流が生ずるので、それに伴う水みちの拡幅過程と流出流量の測定を行った。堤体材料には、8種類の珪砂を均等に混合したもの(平均粒径 $d_m = 2.15(\text{mm})$)を使用した。

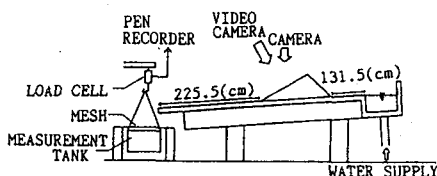


図-1 実験装置

3. 水みちの拡幅過程 ここで想定した決壊過程をシミュレートするには、縦侵食及び側岸侵食機構をモデル化して時々刻々の水みち幅と深さを評価する必要がある。

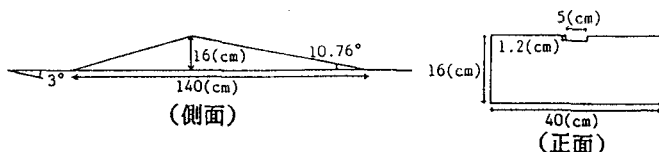


図-2 堤体

藤田¹⁾は、掃流砂を対象に次のような側岸侵食量式を与えている。

$$q_s = N_1 \left\{ \left(\frac{\sigma}{\rho} - 1 \right) g \right\}^{-m} d_m^{1-m} U_* s (U_{*s}^2 - U_{*c}^2)^m \quad (1)$$

ここに q_s :側岸侵食量、 σ :砂礫の密度、 ρ :水の密度、 g :重力加速度、 d_m :平均粒径、 m , N_1 :実験定数、 U_{*c} :限界摩擦速度、 U_* :河床での平均摩擦速度、 U_{*s} :側岸での平均摩擦速度であって、掃流力分布に関する補正係数 ε を用いて、 $U_{*s} = \varepsilon U_*$ と表わす。

(1)式は1次元の式であるので、これを2次元に拡張する必要がある。図-3のような格子を考える。側岸侵食による土砂は側岸に隣接した格子($i+1/2, j+1/2$)にだけ供給されるものとし、この格子に流入した総土量が側岸侵食が始まった時刻における側岸の土砂量に等しくなれば、側岸隣接格子の河床が侵食開始時刻における河道内の格子の河床位に等しくなり、 Δy だけ拡幅すると考える。これを定式化すれば次式のようなになる。

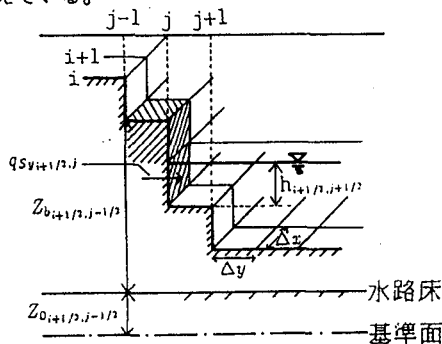


図-3 拡幅過程の場のモデル

$$\int_{t_0}^t q_{sy, i+1/2, j} \Delta x dt = (Z_{0, i+1/2, j-1/2} + Z_{b, i+1/2, j-1/2} - Z_{0, i+1/2, j+1/2} - Z_{b, i+1/2, j+1/2})|_{t=t_0} \Delta x \Delta y (1-\lambda)$$

$$\Rightarrow Z_{b, i+1/2, j-1/2} = Z_{b, i+1/2, j+1/2} \quad (2)$$

ここに Δx , Δy ; それぞれ x 及び y 方向の格子の大きさ、 Z_a ; 基準面から水路床までの高さ、 Z_b ; 土砂の堆積厚さ、 λ ; 間隙率である。

河床の縦侵食の計算には、その時点の河床勾配、流量、河床材料に応じた侵食速度式を用いた河床変動計算が必要であるが、これには高橋ら²⁾の方法を用いる。その際、水みちの拡幅による側岸からの給砂を考慮した河床位変化の式は次式を用いた。

$$\frac{\partial z}{\partial t} + i = \frac{1}{1 - \lambda} (q_{syl} + q_{syr}) \frac{1}{\Delta y} \quad (3)$$

ここに q_{syl} , q_{syr} ; それぞれ対象格子へ流入する左岸及び右岸からの横方向流砂量で、流入を正とする。また、 i ; 侵食及び堆積速度である。

図-4は、断面形状の実験値と計算値の比較である。なお、座標軸については、水路縦断方向を x 軸とし、下流方向を正にとった。堤体の天端位置が $x = 0$ である。 y 軸は水路横断方向右岸から左岸向きを正とし、水路の右端を $y = 0$ にした。 z 軸は水路床に対して垂直上向きにとり、水路床を $z = 0$ とした。また、時間 T は水が切欠きを通過し始めた時間を $T = 0$ (s) とした。

図-4によれば、全般的に計算値の方が実験値より幅が狭く、深く侵食されている。これについては、水みちの勾配が急で、掃流状集合流動の発生領域であるにもかかわらず、掃流砂に対して得られた側岸侵食量式を用いていること、掃流状集合流動域での縦侵食速度式がまだ十分明らかになっていないこと等の理由が考えられるが、今後検討する必要がある。

4. 流出ハイドログラフ ハイドログラフは、貯水池からの流出流量計算と水みちの拡幅過程を含んだ二次元河床変動計算を実行すれば求まる。すなわち、水みち拡幅過程の解析に付随して求まる。

図-5は流出ハイドログラフの実験値と計算値の比較である。ただし、計算値はダム法先地点でのものであり、実験値は水路下流端で測定されているので、実験値を流下に要する時間だけ前へずらせて比較している。両者はほぼ一致しているとみられるが、初期においては計算値の方が実験値より大きくなっている。この理由としては、水が切欠から法先に到達するまでに堤体に浸透することや初期には流水中の土砂濃度が非常に高く、法先下流部で堆積が生ずるので、この部分での流下中の変形が著しいことなどが挙げられるが、これについても検討が必要である。

5. おわりに 水みちの拡幅過程の解析を含めた天然ダムの決壊によるハイドログラフ予測の方法の概略の方針が出来上がったといえる。ただし、側岸侵食量式、縦侵食速度式や拡幅過程の計算方法など、まだ検討課題が残されている。

◆参考文献◆

- 1) 藤田裕一郎：沖積河川の流路変動に関する研究，1980
- 2) Takahashi, T., Nakagawa, H. and Kuang, S.: Estimation of debris flow hydrograph on varied slope bed, IAHS Publ. NO. 165, 1987, pp. 169-177

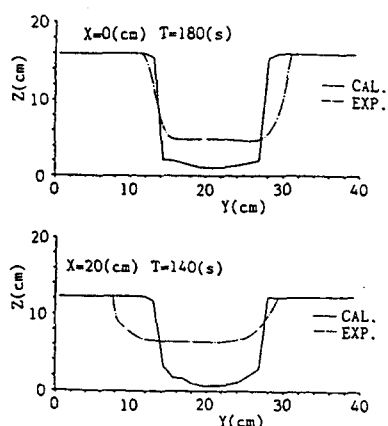


図-4 流路断面形状

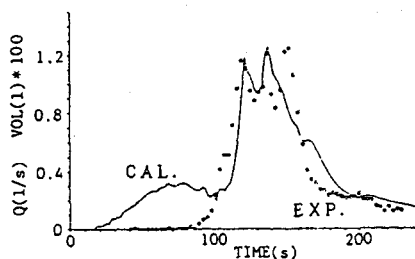


図-5 流出ハイドログラフ