

砂防ダムの土砂流出調節機構

京都大学防災研究所 正員 芦田 和男
京都大学防災研究所 正員 江頭 進治
運輸 省 正員 田中 一弘

1 まえがき 砂防ダムの合理的配置法を確立するためには、砂防ダムの持つ機能の評価が重要である。本研究ではこの機能を評価していくための第一段階として、数値解析法の開発と若干の水路実験を行ない、これらの結果からダム堆砂区間における河床位と粒度分布、および流出土砂量とその粒度分布に関する変動特性についての考察を行なっている。

2. 数値計算の手法 数値解析を行なうためには、基礎方程式として a) 水のエネルギー式 b) 水の連続式 c) 流砂量式 d) 土砂の連続式 e) 粒度分布の計算式 が必要となる。以下これらについて若干の説明を加えておく。

a) エネルギー勾配は粒度分布の変化による影響を受ける。これを表現するため抵抗則には対数則を用いている。この時 $U_m U_{ce} = 6.0 + 5.75 \log_{10} R K_s$, $K_s = d_m (1 + 2.7\epsilon) \dots (1)$ で与えている。ここに U_m ; 平均流速, R ; 径深, d_m ; 平均粒径, ϵ ; 無次元掃流力である。

c) 流砂量式には芦田・道上の式を用いている。

$$\frac{8B}{\sqrt{sgd_m^3}} = 17.7 \epsilon^{1/2} (1 - \frac{U_{cei}}{U_{ci}}) (1 - \frac{U_{cei}}{U_m}) \dots (2)$$

ここに $\epsilon = \sigma_p - 1$, σ : 土粒子密度, ρ : 水密度
 U_{cei} U_{ci} sgd_m 添字 i は粒径の階級である。
 U_{cei} は次式より求めている。

$$\frac{d_i}{d_m} \leq 0.4; \frac{U_{cei}}{U_{cem}} = 0.85, \frac{d_i}{d_m} > 0.4; \frac{U_{cei}}{U_{cem}} = \frac{d_i}{d_m} \left(\frac{\log_{10} 19.0}{\log_{10} 19.0 \frac{d_i}{d_m}} \right) \dots (3)$$

ここで U_{cem} は岩垣の経験式²⁾から求めている。

e) 粒度分布の計算には次式を用いている。

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial \epsilon}{\partial x} \geq 0 \text{ の時 } \frac{\partial \epsilon}{\partial x} &= \frac{1}{\alpha} (\epsilon_b - \epsilon_0) \frac{\partial \epsilon}{\partial x} - \frac{8B}{\alpha(1-\lambda)} \frac{\partial \epsilon}{\partial x} \\ \frac{\partial \epsilon}{\partial x} < 0 \text{ の時 } \frac{\partial \epsilon}{\partial x} &= \frac{1}{\alpha} (\epsilon_b - \epsilon_{b0}) \frac{\partial \epsilon}{\partial x} - \frac{8B}{\alpha(1-\lambda)} \frac{\partial \epsilon}{\partial x} \end{aligned} \right\} \dots (4)$$

ここに ϵ_b ; 交換層中に各粒径の占める割合

ϵ_{b0} ; 交換層直下の河床中に各粒径の占める割合, λ ; 間隙率

ϵ_0 ; 流砂量中に各粒径の占める割合, α ; 交換層の厚さ

計算は図1に示した手順で行なつた。河床位の計算は図2に示した手順で行なつた。差分のとり方は表のとおりである。

3 実験値と計算値の比較 計算値の妥当性を検証するため

長さ12m, 幅27.5cmの水路を用いて実験を行なった。給砂材料は図5の $\lambda=0$ に示したもので、給砂条件は図4に示したものである。この結果と同一の条件で行なつた数値計算解を比較したものゝ図3,4である。図によると両者の結果はかなり一致している。問題点としては、

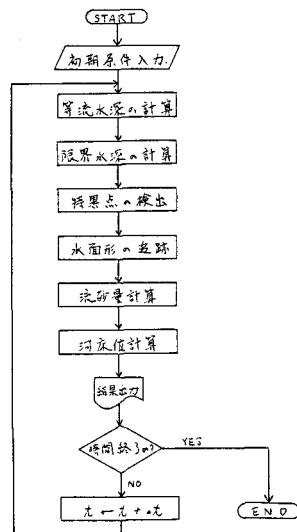


図1 計算の流れ

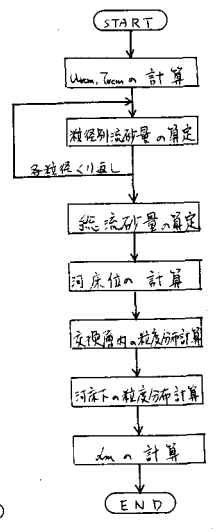


図2 河床位計算の流れ

表1 差分のとり方

項目 \ 流れ	常流	射流
時間	前進差分	前進差分
距離	後退差分	前進差分
河床位	前進差分	後退差分

Kazuo ASHIDA, Shinji EGASHIRA, Kazuhiro TANAKA

満砂後のダム裏面の河床位をダム頂部の高さと一致させたことや、跳水の生じている領域の流砂量配分などがあげられる。実験のうち、30分、55分、87分のデータは、それぞれ給砂停止後10分を経過した時点のものであり、この時の河床表面には顕著なアーマーコートが形成されている。

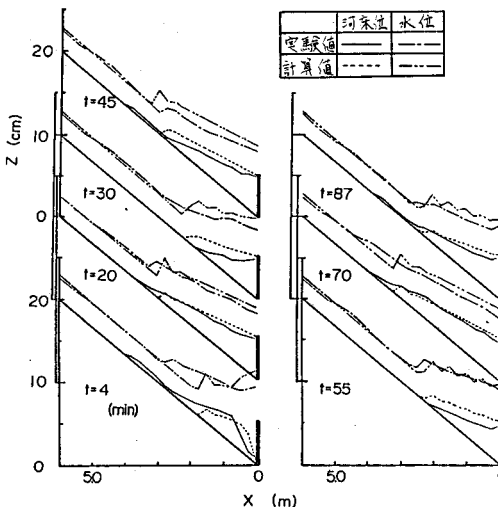


図3 河床位と水位の実験値と計算値

なアーマーコートが形成されている。図5.6はこの時の河床位と表層の粒度分布を示したものである。これらには、アーマーコートの上に新しいアーマーコートが形成され、河床位が上昇していく過程が示されている。

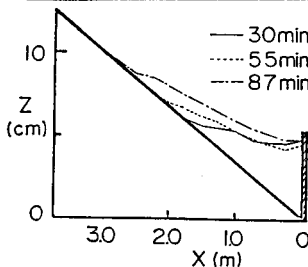


図6 侵食時の河床位の比較

これはアーマーコートの粒径が大きくなっていくためであり、さらにこの実験と統4すると最大粒径程度の平衡勾配で落ち着くであろう。このことは砂防ダムの貯留能力低下につながる重要な問題である。

4 現值規模の数値実験 河床勾配3%、ダム高5mという条件に図7に示す給水と給砂を行なう数値実験を行なった結果が図8である。洪水開始時の河床位と最高河床位の差がこのダムの貯留能力である。この貯留能力分の体積が土砂で埋まるまでは、ダム端の河床勾配は3%よりも小さく、このために流出土砂量は給砂量よりも小さくなりピーク低減効果が現われる。

参考文献

- 1) 伊田 和男・直と正規：移動床流の抵抗と掃流砂量に関する基礎的研究，土木学会論文報告集第206号 pp59~69，1972
- 2) 岩垣 雄一：限界掃流力の流体力学的研究，土木学会論文集第41号，1956

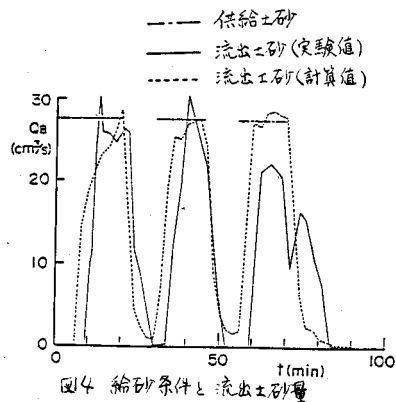


図4 給砂条件と流出土砂量

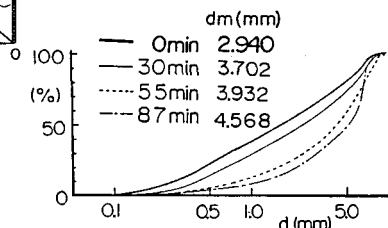


図5 侵食時の表層粒度分布の比較

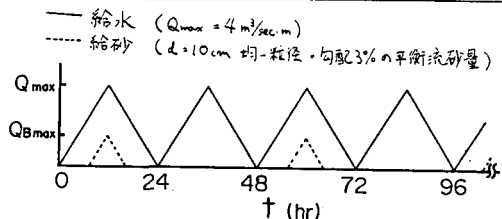


図7 数値実験の条件

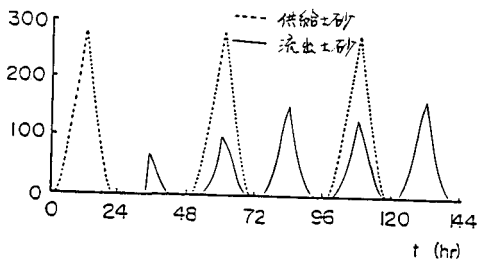
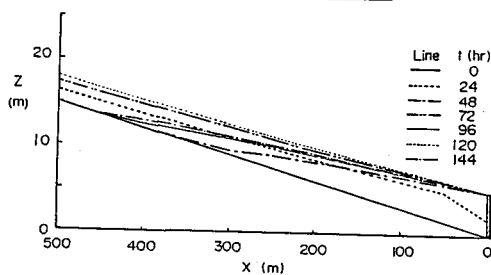


図8 数値実験の結果