

スリットダムによる流砂調節

京都大学防災研究所 正員 芦田 和男

〃 〃 翠井 健二

〃 大学院 学生員 ○松尾 効

まえがき 本研究は、貯水池堆砂の防除対策の一環として、貯水池末端付近にスリットダムを設置することによる、流砂調節効果について検討するものである。ただし、ここでいう流砂調節とは、粒径別の捕捉率の制御をさし、洪水勾配と平衡勾配の差に基づく堆積と流出の反復をさすものではないことをことわっておく。

1. 透過堤と不透過堤 貯水池の末端付近に透過性の貯砂ダムを設けようという試みは、巨礫の流下は遮断するが、細粒の土砂はスリットから透過させて、貯砂ダム自体の容量を長時間確保することにねらいがある。この場合、通常の不透過堤に比べると、貯砂容量を減ずることなく、大きな掃流力を維持することができ、デルタの形成や考査砂の堆積を軽減することができる。また、大洪水後の中小洪水によるひるい分け効果や、堆削による機能回復など、いくつかの利点を有する。他方、透過堤の欠点としては、堤体の施工が難しいこと、堤体・堆積物とも構造的に安定性が劣ることなどがあげられる。

2. 透過堤のひるい分け効果 透過堤の設置に伴う堆砂過程には、堤体地盤における粒子のかみ合いによるものと、背水区間ににおける流砂能力の減少によるものとがあり、前者については、スリット幅が最大粒径の1.5~2.5倍以下のときに生じることが知られている¹⁾。このとき、何らかの擾乱もしくは粒径による運動軌跡の違いがなければ、ひるい分け効果はほとんど期待することができないであろう。したがって、透過堤の効果を充分に發揮させるためには、背水区間において予め粒径の選別を行っておく必要があり、図-1のように、透過堤のせき上げによって、それまで掃流されてきた流砂を堆積させ、そのデルタ上を考査砂として通過した後に掃流砂に転移するものをスリットから排出し、考査砂のまま堤堤に達するものとともに流出させることができれば好都合である。

そこで、透過堤が有効に作用するか否かの重要な指標のひとつとして、考査砂量と掃流砂量の比率があげられよう。今、流砂量式として芦田・道上の式²⁾を用いれば、次のように表わせる。

$$P_i = \frac{C_B [(1 + \frac{1}{R} \frac{U_{ri}}{U_t}) I_1 + \frac{1}{R} \frac{U_{ri}}{U_t} I_2]}{17 T_{cm} (1 - \frac{T_{cm}}{T_{cm}}) (1 - \sqrt{\frac{T_{cm}}{T_{cm}}})} \cdot \frac{R}{dm} \cdot \frac{U_t}{dm} \quad \dots \dots (1)$$

$$= f_n \left(\frac{U_t}{w_{oi}}, \frac{w_{oi}^2}{sgdm}, \frac{R}{dm}, T_{cm}, \frac{U_t dm}{d} \right) \quad \dots \dots (1)$$

$$\text{or} \quad f_n \left(\frac{U_t}{w_{oi}}, T_{cm}, \frac{R}{dm}, T_{cm}, \frac{U_t dm}{d} \right)$$

ここに、 P_i は粒径階*i* の考査砂量と掃流砂量の比率である。抵抗則に粗面対数則を適用して、上の関係を図示すれば、 $\frac{R}{dm} > 10^2$ の範囲において、図-2 のようになる（ただし、 $\pi = 0.4$ とおいた）。この図より、粒径選別効果の検討を行うことができる。

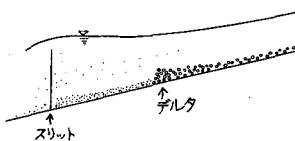


図-1 スリットダムの概念図

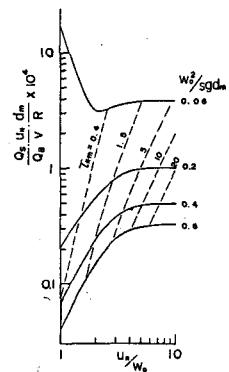


図-2 粗面平坦河床における考査砂量と掃流砂量の比率

3. スリットダム周辺の水理特性 図-3に示すようなスリットダムを考える。ダム周辺の水理特性を支配するパラメータは、等流状態でのフルード数 F_0 、スリット開度 β ($= nb/B$)、ダム高比 l/h_0 であり、基本的には一次元解析法が適用できる。ダムを越流するか否かにより、式形は若干異なるが、 $F_0 < 1$ の場合には、スリット断面と下流の等流断面との間の運動量式からスリット水深を求め、さらに糙れ開始部のせき上げ水深は、スリット断面との間のエネルギー損失を省略することによて近似的に求めることができる。一方、 $F_0 > 1$ の場合には、上流の等流断面とスリット断面との間のエネルギー損失を省略することによってスリット水深を求めることができ。またとも、支配断面が生じるような条件とは上下流の条件とは独立に、スリット断面において $F_0 = (\sqrt{Q^2/(gA_s^3)} / \sqrt{hs}) = 1$ が成立立つ。図-4は、以上の考え方に基いて流れを分類したものである。

背水区間では、通常の河床変動機構に従って堆積が進行するが、その境界条件は、上断面と下断面とのエネルギー保存則

$$hu + \frac{V_u^2}{2g} + zu = E_s \quad (E_s: S\text{断面のエネルギー水頭}) \quad \dots(2)$$

によることとされる。巨礫がダム地点に到達してスリットを開塞するまでは、スリット部への堆積は生じず、 E_s は一定に保たれるから、 zu の増加に伴って hu が減少 (hu が増加) し、平衡状態を形成することが期待される。

4. スリットダムの機能に関する実験 以上のようなスリットダムの機能を検証するために、図-5に示す水路を用いて、表-1のような条件の下で実験を行った。図-6は、水面形と河床形状の時間的変化の一例である。この実験条件では $F_0 = 1.6$ でダム上流 6m 付近から液状跳水を生じ、ダム地点が支配断面となる。せき上げ水深が過大に評価されているのは、スリット近傍の複雑な流れに対しても、運動量やエネルギーの補正係数を 1 とおいて一次元解析を行ったためではないかと考えられ、さらに詳細な検討が必要である。

堆砂過程についても、期待どおり、ある程度の堆砂が進行した後、平衡状態（定常状態）が生じているが、図-7に示すように、等流状態の堆砂量式から算定される平衡摩擦速度よりもかなり小さな摩擦速度で定常状態に達しており、スリットダム上流の堆砂量の算定法についても今後検討を加えていくつもりである。

参考文献 1) 上原・池谷・伊藤：スリットダムにおける土砂調節効果に関する実験的研究、昭和53年度砂防学会研究発表会概要集、2) 芦田・道上：移動床流れの抵抗と堆砂砂に関する基礎的研究、土木学会論文集、第206号、昭和47年10月。

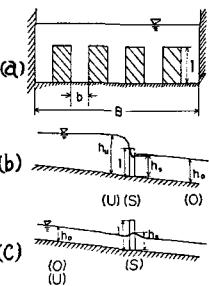


図-3 スリットダム周辺の諸元

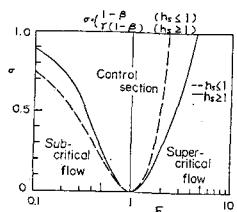


図-4 スリットダム周辺の流れのレジム ($zu=0$)

表-1 実験条件

水深 h_0	1/300 - 1/100
流量 Q	3 - 32 (l/sec)
水深 h	5 (cm)
スリット高さ n	1, 10
スリット開度 β	0, 1/4, 1/2, 3/4, 1
砂流量 q_s	30, 60 (g/sec)
平均粒径 d	0.18, 0.30, 5.5 (mm)
実験時間 t	30, 60 (min)

図-5 実験装置

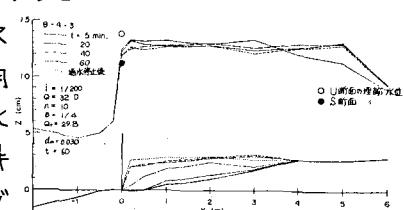
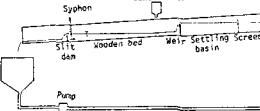


図-6 水面形および河床形状の時間的変化

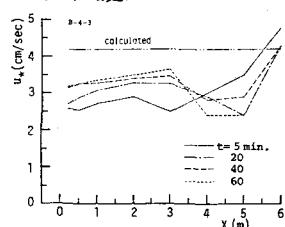


図-7 摩擦速度分布の時間的変化