

建設省土木研究所 ○ 水山高久
阿部宗平

1. はじめに

砂防ダムの機能は、①渓床勾配を緩和して縦横侵食を防止する。②渓床を高め兩岸の傾斜を緩やかにして山脚を固定する。③流出土砂を貯留する。④流出土砂を調節調整する、に分類される。近年、通常の砂防ダムに対して土砂調節効果の増加を図るために、スリット砂防ダムが多く計画されるようになってきている。スリット砂防ダムの効果は、これまでの研究^{1) 2) 3)} によってある程度説明できるが、設計手法は確立されていない。ここでは、スリット砂防ダムの特徴について考察し、水理的な面からスリット砂防ダムの設計手法を検討した結果を報告する。

2. スリット砂防ダムの特徴

1) 通常の砂防ダムにおける土砂調節は、土砂濃度の高い流れと低い流れに対応して形成される堆砂面勾配の変化によって行われる。従って、土砂濃度の差が小さいと、土砂調節効果は小さい。また、砂防ダムが満砂するまでは、土砂の流出がない。これに対してスリット砂防ダムの土砂調節はせき上げ水深の差によって行われ、大きな流量のときに堆砂が進み、小さな流量のときに土砂が流出する。この場合、せき上げ水深の時間的な変動差が大きい程、出水後半の土砂流出が急激で、高濃度の土砂が流出する。このような土砂の調節は、砂防ダムの完成時点から行われる。

2) 通常の砂防ダムでは、平時の出水で土砂を堆積させるので、土石流などの多量な土砂の流出に備えて除石する作業が必要になる。これに対してスリット砂防ダムは、平時に土砂を貯留しないで通過させるので、空容量を確保するための除石作業を必要としない。

3) 水山ら³⁾は、スリットの形状と土砂調節量との関係を図-1

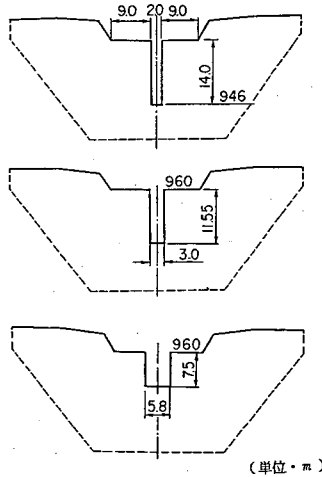


図-1 スリットの形状

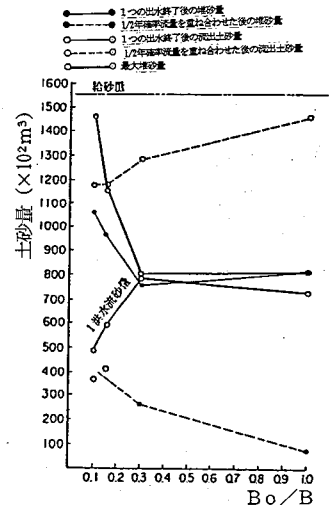


図-2 スリット幅と堆砂量、流出土砂量の関係
B: 砂防ダムの水通し幅 Bo: スリット幅

のようなスリット砂防ダムについて検討している。この実験値の堆砂量及び流出土砂量をスリット幅に対して整理したのが図-2である。図-2より大きな出水時に幅の狭いスリットは、通常の砂防ダムより多くの土砂を堆積させることができることが分かる。また、スリット砂防ダムの方が、その出水中及びこれに継続する小流量で流出する土砂は少ない。このようなスリットの効果は、スリット幅が狭い程大きく、スリットの幅がある程度以上に狭くないと通常の砂防ダムと変わらない。

4) 通常の砂防ダムでは、満砂する間、下流の河床は低下する。これに対してスリット砂防ダムは、平時に下流河道の安定化に必要な土砂を供給することができる。スリット砂防ダム及び下流の砂防ダムから流出する土砂の時間的な変化の例³⁾を図-3に示すように、スリット砂防ダムは、大きな出水時に出水の前半で一時的に堆砂を促進させ、土砂の流出を平滑化する。ただし、出水後半の小流出のときに、土砂濃度の高い多量な土砂が急激に流出して、スリット砂防ダムの下流、近傍に堆積して河床を上昇させる危険性がある。砂防ダムの直下流に流路工や保全対象物がある場合には、土砂災害が生じる危険性があるので、そのような場合には、スリット砂防ダムの下流に通常の砂防ダムを設けて、影響を緩和する必要がある。しかし、自然河道でスリットから流出する土砂を調節できる場合には、通常の砂防ダムは不要である。

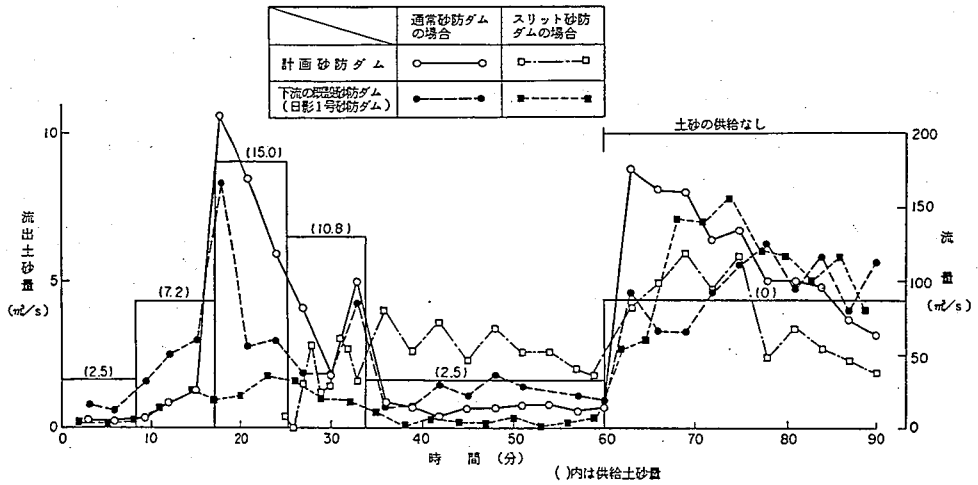


図-3 流出土砂量の時間的な変化 (スリット幅2.0m, 高さ14.0m)

3. 整備土砂量の算定方式 (案)

スリット砂防ダムの整備土砂量は、扞止量に調節量を加えた量とする。調節量の概念を図-4に示す。調節量は平時堆砂面と計画堆砂面との間の土砂量とする。

平時堆砂面と計画堆砂面は、それぞれ底面及び計画流量時の堆砂の肩の位置から元河床勾配の1/2の勾配で引いた面とする。堆砂の肩から下流の斜面勾配 (θ) は水中安息角に等しい値とし、堆砂の高さ (Z_s)⁴⁾⁵⁾は次式によって求める。

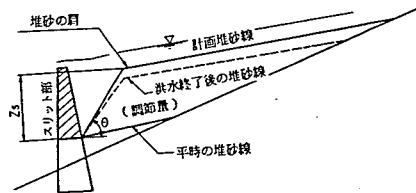


図-4 調節量の概念図

$$Z_s = \left\{ \frac{Fr^2}{2} \left(\frac{1}{(\sqrt[3]{r})^2} - 1 \right) + \frac{\sqrt[3]{r}}{r} - 1 \right\} \left(\frac{\eta \cdot Q}{B_s \sqrt{I}} \right)^{0.6} \quad \dots \quad (1)$$

ここに、 Z_s ; 堆砂の高さ、 Fr ; 等流水深に対するフルード数、 r ; 流水幅縮小率 (B_d/B_s)、 B_d ; ダム地点の流れの幅、 B_s ; 堆砂肩の位置の流れの幅、 I ; 計画堆砂勾配、 η ; マニングの粗

度係数、 Q ；計画流量である。実際には、出水時の後半に堆砂の肩が崩れて土砂が下流に流出するが、この流出土砂量は、スリットの大きさ、流量ハイドログラフ、粒径等によって異なるものの、出水の後半に流出する土砂量は、砂防ダムの下流近傍に堆砂して下流への流出は少ないものと考え、これを無視している。この算定方法では、大きな出水後、複数の小さな出水で徐々に堆積物が侵食されて流出して、平常時堆砂面まで低下すると仮定している。この調節量の自然回復が十分に期待できない場合は、除石により人工的に調節容量を回復させる必要がある。

4. スリットの形状の決定方法

1) スリット部の流量は、スリットの壁面勾配を垂直とすると、次式で求められる。

$$Q = \frac{2}{3} \mu \cdot b \cdot \sqrt{2g} h^{3/2} \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 b ；スリット幅、 g ；重力の加速度、 h ；スリット敷高までの水深、 Q ；流出量、 μ ；流量係数である。スリット幅 (b) と水通し幅 (b_0) の比に対して流量係数 (μ) を示すと図-6 のようになる。図-6 より流量係数は、通常の0.65に対して幅の狭いスリットでは0.4以下程度まで減少するようである⁵⁾。従って具体的にスリット砂防ダムを設計する場合には、水理模型実験を行って水位と流量の関係を確認する必要がある。

土砂調節効果は、スリット幅が狭く、深いスリット程大きくなるが、礫や流木で閉塞しない程度に広くなる。式

(2)において、スリット幅 (b) を狭くすると、スリット敷高までの水深

(h) が大きくなるので、スリット敷高が、副ダムの水通し天端高と等しくする幅 (b) が下限値になる。スリットの敷高を副ダムの天端高より低く計画すると、土砂の流出を阻害する恐れが生じる。また、スリットの閉塞は偶然性を伴うものであり、スリットが閉塞した場合の除石の容易さを考慮したスリット幅を計画することが大切である。

2) 堆砂肩は、砂防ダムの近傍で、流れがせき上げられて減勢された状態で形成される。従って、堆砂肩の前面で跳水対応水深が生じるのに必要なスリットの深さが必要である(図-7)。

また、砂防ダムが山脚固定などの目的を兼ねる場合には、これを考慮した敷高の検討が必要となる。3) スリットの数と堆砂量の関係を図-9に、また、スリットの数と流出土砂量の関係を図-10に示す。図-9と図-10よりスリット幅の総和が同じであるとき、複数のスリットにしても土砂調節効果は変わらないことが分かる。スリットの数、スリット底部の摩耗や水替えなどの施工性に配慮して決めればよいことになる。

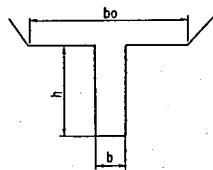


図-5 記号の説明

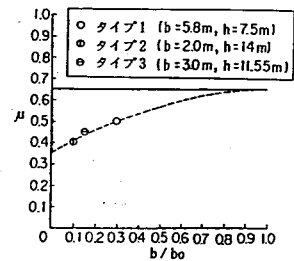


図-6 流量係数と (b/b_0) の関係

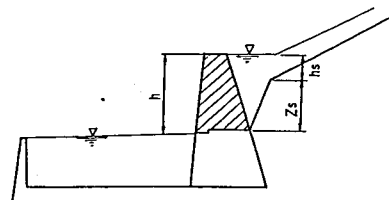


図-7 最大のスリットの深さの概念図

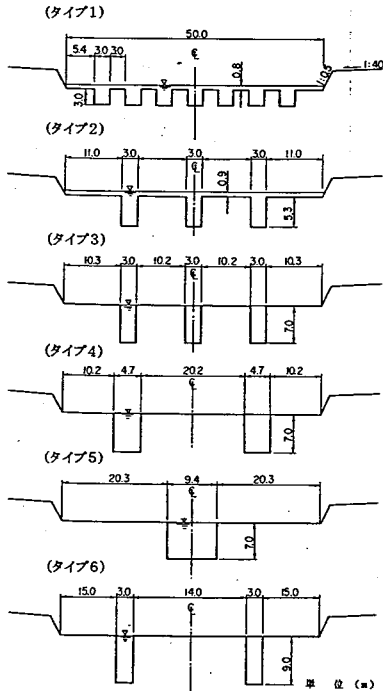


図-8 実験で検討するスリット形状

おわりに

水理的な面からスリット砂防ダムの設計手法を検討したが、この設計手法をより確かなものとするためには、土砂調節量などについて現地調査を行い、設計手法の妥当性を検討する必要がある。また、スリット砂防ダムの土砂調節効果の程度は、河道地形や供給土砂量、流量ハイドログラフ、粒径などの河道特性によって異なることが考えられるが、これらについては別途検討が必要になる。

参考文献

- 1) 池谷浩、上原信司；スリット砂防ダムの土砂調節効果に関する実験的研究、砂防学会誌、114号、1980年3月
- 2) 水山高久、福本晃久；大きな水抜きを有する砂防ダムの土砂調節効果、土木技術資料26-11、1984年11月
- 3) 水山高久、阿部宗平、矢島重美；日影第1号上流砂防ダム水理模型実験報告書、土研資料第2584号、1988年2月
- 4) 芦田和男、江頭進治、村岡猛、里深好文；砂防ダムの流出土砂調節機能に関する研究、京都大学防災研究所年報、第30号、B-2、1987年4月
- 5) 水山高久、阿部宗平、矢島重美；スリット砂防ダムの流量係数と堆砂形状、砂防学会誌165号、1989年11月
- 6) 水山高久、阿部宗平；スリットを有する砂防ダムの土砂調節機能に関する検討、土研資料第2851号、1990年4月

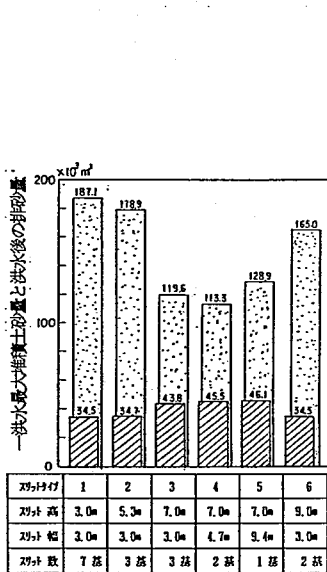


図-9 6号砂防ダムの堆砂土砂量と排砂量

凡 例				
スリットタイプ	スリット高	スリット幅	スリット数	記号
1号	3.0m	3.0m	7	○
1号	3.0m	3.0m	7	○
2	5.3m	3.0m	3	○
3	7.0m	3.0m	3	○
4	7.0m	4.7m	2	○
5	7.0m	9.4m	1	○
6	9.0m	3.0m	2	○

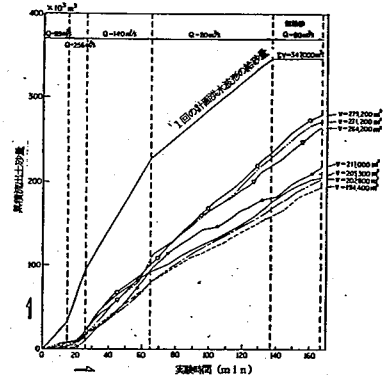


図-10

給砂及び流出土砂の累積土砂量の時間的变化