

II-135 スリット付き砂防ダムの土砂調節について

徳島大学 工学部 正 員 岡部健士
徳島大学 大学院 学生員 ○ 藤原禎史

1. はじめに : 従来より、流送土砂量を調節することを目的として、とくに河川上流域に多くの砂防ダムが建設されてきたが、一般に砂防ダムには一度満砂するとその後の洪水における土砂調節機能が著しく低下してしまう傾向がある。そこで近年、ダムの水通し天端にスリットを設けることにより調節効果を促進する、いわゆるスリット付砂防ダムが見直されつつある。しかしながら、この種のダムの水理学的機能の評価法は未だ確立されていない。

筆者らは、河幅が漸拡する水路内において、ダム上流の堆砂層の再侵食過程を観測する実験を行った。さらに、動的平衡河床理論に基づく堆砂縦断形状のシミュレーションモデルについても検討した。

2. 実験方法 : 実験に用いた水路は図-1に示すような幅35cm、長さ5m、深さ30cm、勾配1/30の長方形水路で、この中に幅5cm、長さ1.8mの導水区間と、上流端（幅5cm）から下流端（幅32cm）へ漸拡する、長さ3.6mの貯砂区間からなる河道モデルを設置し、この最下流端に表-1に示すような、ノースリットダムおよびスリット底の高低の別による2種のスリットダムの計3種のダムを取り付けた。河床材料としては平均粒径0.6mmのほぼ均一な珪砂を用い、ある一定流量（700cm³/s）で平衡状態まで満砂させたのち、それより小さい2種の定常流量（350cm³/sおよび130cm³/s）を長時間通水しつつ、河床形状と流れが新たな平衡状態に遷移する過程を平衡状態まで追跡した。

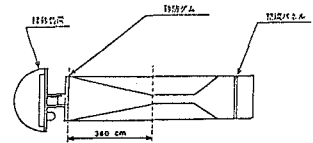


図-1 実験水路概要

表-1 ダム形状

ダム形状	B (cm)	h ₁ (cm)	h ₂ (cm)
ノースリットダム	15	0	0
スリットダム No. 1	3	0.513	2.86
スリットダム No. 2	2	0.590	3.96

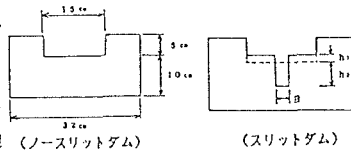


表-2 実験条件

CASE	ダム形状	流量 (cm ³ /s)	流量低下開始より平衡状態に達するまでの時間 (min)
1	ノースリットダム	700-350	148
2	ノースリットダム	700-130	183
3	スリットダム No. 1	700-350	153
4	スリットダム No. 1	700-130	250
5	スリットダム No. 2	700-350	151
6	スリットダム No. 2	700-130	250

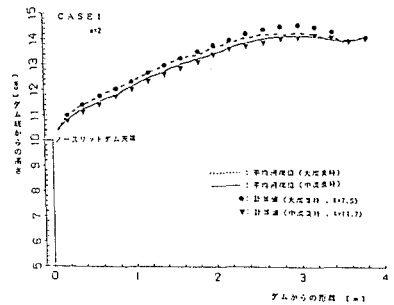


図-3 実験結果と計算結果との比較 (CASE 1)

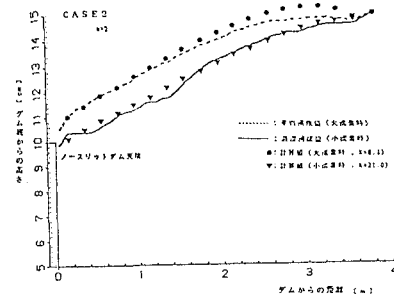


図-4 実験結果と計算結果との比較 (CASE 2)

$$\begin{aligned}
 z_0 - z = \int_0^x \left(\frac{1}{2} \frac{Q^2}{g B^3} \left(\frac{B_0}{B} \right)^{\frac{2(2m+1)}{7(2m+1)}} \right) dx \\
 + h_0 \left[\left(\frac{B_0}{B} \right)^{\frac{1}{7(2m+1)}} - \left(\frac{B_0}{B_1} \right)^{\frac{1}{7(2m+1)}} \right] \\
 + \frac{\alpha Q^2}{2 g h_0^2 B_0^2} \left[\left(\frac{B_0}{B} \right)^{\frac{2(2m+1)}{7(2m+1)}} - \left(\frac{B_0}{B_1} \right)^{\frac{2(2m+1)}{7(2m+1)}} \right] \quad (1)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 z_0 - z = \int_0^x \left(\frac{1}{2} \frac{Q^2}{g B^3} \left(\frac{B_0}{B} \right)^{\frac{2(2m+1)}{7(2m+1)}} \right) dx \\
 + h_0 \left[\left(\frac{B_0}{B} \right)^{\frac{1}{7(2m+1)}} - \left(\frac{B_0}{B_1} \right)^{\frac{1}{7(2m+1)}} \right] \\
 + \frac{\alpha Q^2}{2 g h_0^2 B_0^2} \left[\left(\frac{B_0}{B} \right)^{\frac{2(2m+1)}{7(2m+1)}} - \left(\frac{B_0}{B_1} \right)^{\frac{2(2m+1)}{7(2m+1)}} \right] \quad (2)
 \end{aligned}$$

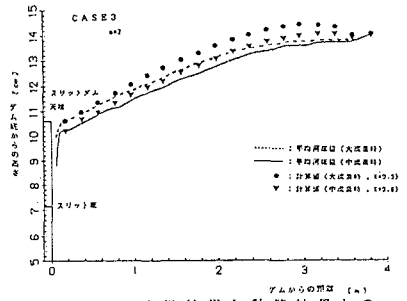
なお、実験中、堆砂域の上限が全実験を通じて一定位置に保たれるように、流れ区間の上流端から一定量の連続給砂を行った。

実験条件は表一2に示すとおりである。また以下の記述においては流量 $700\text{cm}^3/\text{s}$ 、 $350\text{cm}^3/\text{s}$ および $130\text{cm}^3/\text{s}$ をそれぞれ大流量、中流量および小流量と呼ぶことにする。

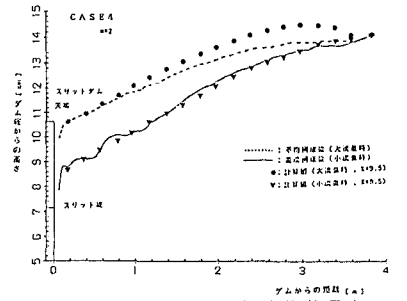
3. 実験結果ならびに考察 : 流量を、大流量から中流量あるいは小流量に低下させると、まず、越流水位が急激に低下し、これに応じてダム直上流部の河床も地すべりの急低下した。両者の変化は、1~2分という比較的短い時間内でほぼ完了し、その後ほぼ一定のレベルに保たれた。一方、ダム上流全域の流れと河床位は、流量低下後かなり長時間をかけて、下流のものから逐次新たな平衡状態に近づいていった。このように河床の侵食低下量は、主としてダムの越流水位に支配される。したがって、各ケースの最終調節量も越流水位と深い相関関係をもつ。いわゆる“水みち”は流量時にのみ発生し、ダム上流160~200cm付近から出現した。なお、この水みち幅を18cmと見積って Regime theory : $B=mQ^{0.5}$ の係数 m を逆算すると $m=15\sim16$ となる。

4. 平衡河床のシミュレーション : 土屋¹⁾は、幅が漸変する流路における動的に安定な縦断形状に対して式(1)を導いている。ここに、 z : 砂層の厚さ、 2θ : 下流端における z 、 J_0 : 水路勾配、 x : 流れと逆向きに測った距離、 B_0 : 上流端における B 、 h_0 : 上流端における h 、 m : Brown型流砂量式中の指数である。ただし、式(1)は、ダムよりはるか上流には勾配 J_0 の移動床等流が無限に続いているという仮定のもとに導かれている。本実験では、移動床が導水区間と貯砂区間の接続部より数十cm上流の断面までしか達していないので、式(1)をそのまま適用することはできない。この場合には、移動床上流端の河幅、流量、流砂量に対応するエネルギー勾配 J_u を用いて(1)式は(2)式のように書き直される。

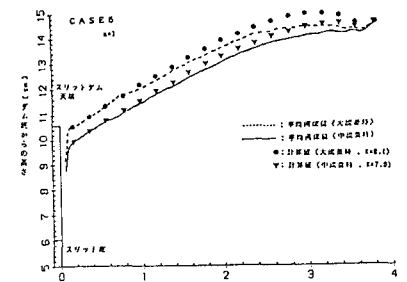
計算では、定数 m の値として最も一般的な2を採用し、一方算出される K の値は堆砂上流端の河床位が実験値と等しくなるように定めた。水みちの生じる小流量のケースでは、ダム上流180cm以下の全区間の水面幅を18.5cmと見積って計算を行った。図一3~図一8に各ケースにおける平衡河床の実測値(実・破線)と計算値(描点)を示す。なお実測値として、大・中流量のケースについては平均の河床位を、小流量のケースについては最深の河床位を採用している。これらの図から、動的平衡河床の理論を用いてダム上流域の最終的な河床低下量ある程度まで予測することが可能であることがわかる。



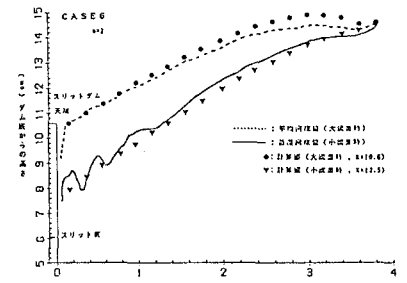
図一6 実験結果と計算結果との比較 (CASE 3)



図一7 実験結果と計算結果との比較 (CASE 4)



図一8 実験結果と計算結果との比較 (CASE 5)



図一9 実験結果と計算結果との比較 (CASE 6)

[参考文献] 1) 土屋義人: 京大防災研年報、5-A、1962。