

35 砂防ダムの粒径調節効果に関する実験的研究（第2報）

建設省土木研究所 ○福本晃久、石川芳治、井良沢道也

1.はじめに

砂防ダムは流出土砂を量的に調節するだけでなく、質的に変化させる粒径調節効果（ふるい分け効果）も持っていると考えられる。しかし、粒径調節効果に関しては不明な点が多く、砂防計画に反映されるには至っていない。今後は砂防ダムの質的効果についても研究を進め計画に取り込めるようになるのが望ましい。前報¹⁾では、砂防ダムの形状の違いについて検討を行ったが、砂防ダムの形状の違いによる粒径調節効果の差は顕著に現れなかった。本報では、現況の河道に砂防ダムを設置したことによる砂防ダムの粒径調節効果について、水理模型実験により検討を行った。

2.水理模型実験の概要

実験は幅0.2m、水路長18mの片面ガラス製水路（勾配1/30）を用いて行った。砂防ダムの粒径調節効果については、砂防ダムがある場合とない場合についてそれぞれ図-1に示す洪水波形を何回か通水し比較することにより検討するものとした。給砂及び最初に河床に敷いた砂礫の粒度分布を図-2に示す。砂礫の平均粒径は3.5mmである。初期河床条件は、流量2.2 l/secを給砂を行いながら2時間通水した後を初期河床とした。砂防ダムがない場合は、図-1に示す洪水波形を4回繰り返して与え、砂防ダムがある場合は8回繰り返して与えた。なお、砂防ダムは初期河床状態で図-3に示す形状のものを水路下流端に設置した。給砂は、水路上流端（水路下流端より18m）で全時間を通じて行った。なお給砂量は、予備実験により1/30の勾配で河床変動があまり生じない量を各流量毎に求めて給砂した。給砂量は、表-1に示すとおりである。

測定内容は堆砂形状、堆積土砂の粒度分布および水路下流端からの流出土砂の粒度分布の測定である。堆積土砂の粒度分布測定は一洪水終了毎に、流出土砂の粒度分布測定は原則として流量変化毎に行った。

3.実験結果

表-1 給砂量

3.1 河床の縦断変化

河床の縦断変化を図-4及び図-5に示す。図に示す河床高は、各

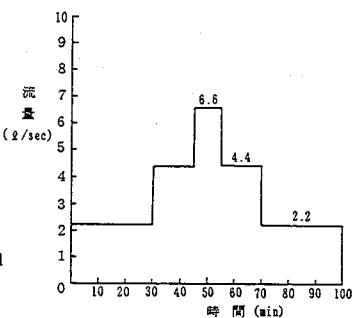


図-1 実験に用いた洪水波形

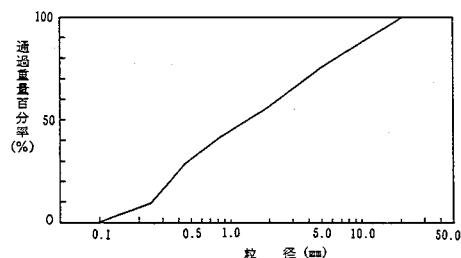


図-2 実験に用いた河床材料

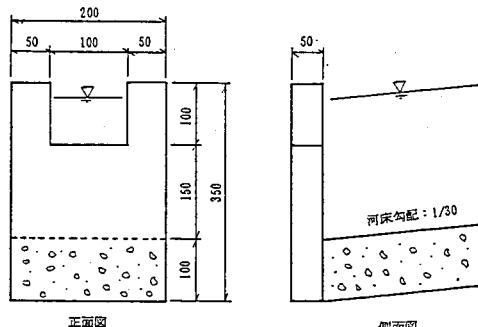


図-3 砂防ダムの形状(単位:mm)

洪水終了直前に測定したものである。砂防ダムを設置しない図-4では、若干河床が上昇傾向にあるがほとんど変化していない。図-5(1)は砂防ダムを設置して洪水を4回通水したまでの河床の変化である。洪水1回で満砂状態となりこの時の河床勾配は1/50程度となっている。その後徐々に上昇し、洪水4回でほぼ1/30の河床勾配となっている。図-5(2)は、その後の河床の変化を示したものであるがほとんど変動していない。

3.2 流砂量の時間変化

水路下流端で測定した流砂量の時間変化を図-6に示す。なお、流砂量の採取は、流量変化に合わせて10~30秒間とした。砂防ダムがない場合には流量の増大とともに土砂量も増え、洪水の後半では供給量を上回る流出量もみられる。また、清水と土砂の時間差が認められる。砂防ダムを設置した場合には、実験開始80分ごろに満砂し土砂が流出し始め、勾配の増加とともに流出量が増大する。また、測定結果では、給砂量を上回る流出はみられない。

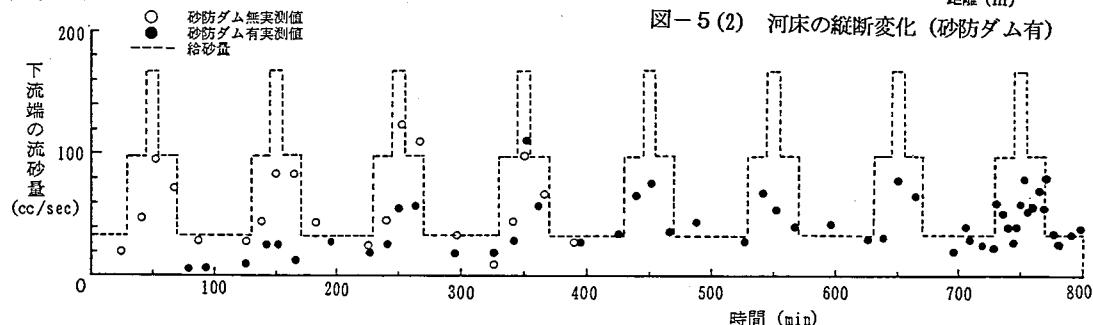


図-6 水路下流端の流砂量の時間変化

3.3 流砂の平均粒径の時間変化

水路下流端で測定した流砂の平均粒径の時間変化を図-7に示す。流出土砂の平均粒径の時間変化をみると、砂防ダムを設置しない場合には、2回通水前半までの流砂の粒径は供給土砂に比べて小さい。その後は、供給土砂の粒径にほぼ等しいか大きくなるが、洪水前半の 2.2 g/sec では極端に粒径の小さなものが出している。砂防ダムを設置した場合については、5回目洪水波形通水中を除いて、洪水のピーク付近で供給土砂の粒径より大きくなる傾向にある。

3.4 堆積土砂の平均粒径の時間変化

堆積土砂の平均粒径の時間変化を図-8及び図-9に示す。なお、堆積土砂の採取は厚さ3cmで行った。流量 2.2 g/sec を2時間通水した後の河床（初期河床）は、上流ほど粗粒化している。図-8に

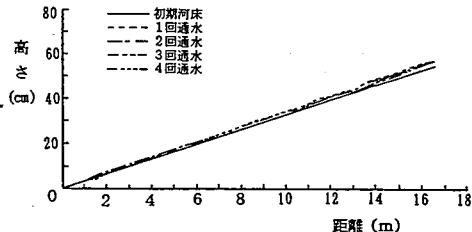


図-4 河床の縦断変化（砂防ダム無）

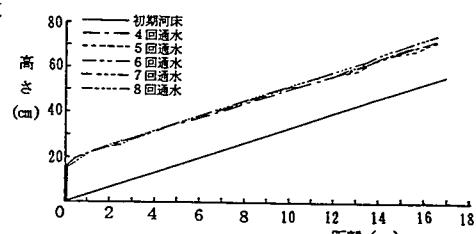


図-5(1) 河床の縦断変化（砂防ダム有）

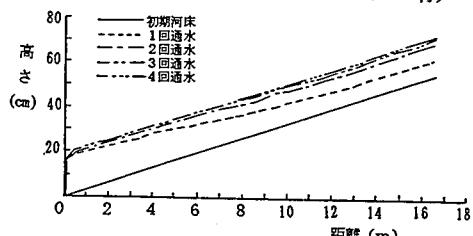


図-5(2) 河床の縦断変化（砂防ダム有）

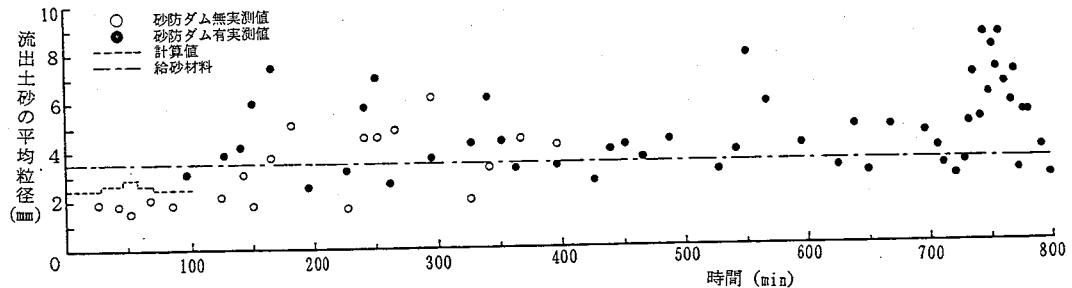


図-7 流砂の平均粒径の時間変化

示す砂防ダムを設置しない場合、洪水波形を1回通水した後は、河床は全体的に細粒化するがその後初期河床と同じような粒径となり粗粒化する。また、水路下流端より上流1mの地点の粒径はほとんど変化していない。図-9に示す砂防ダムを設置した場合には、各地点における粒径は、洪水を重ねるごとに変化し、供給土砂の粒径にほぼ等しいまたは小さい粒径となっており、粗粒化する傾向はみられない。

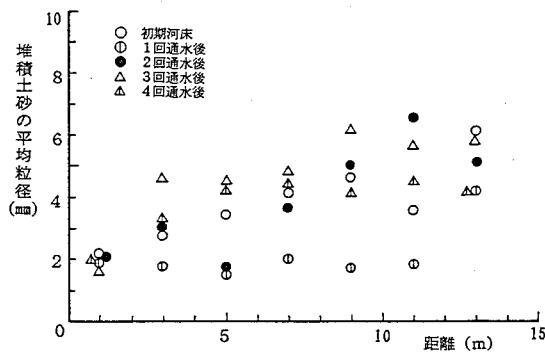


図-8 堆積土砂の平均粒径の変化（砂防ダム無）

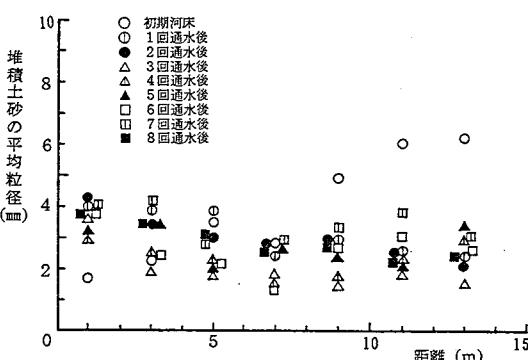


図-9 堆積土砂の平均粒径の変化（砂防ダム有）

4. 実験結果の考察

砂防ダムがない場合についてみると、図-7及び図-8にみられるように洪水1回では、供給土砂より細粒化した土砂が下流に流出し河床も細粒化している。その後粗い粒径が流出し、河床は粗粒化する傾向にある。ここで、図-7中には、芦田・高橋・水山式²⁾により計算される粒径別流砂量から求めた平均粒径を併記している。実測値は、計算値よりも小さくなっているが、供給土砂の粒径より小さくなることが計算においても示されている。このことより、通水初期の水路上流部に供給された土砂は供給部下流に堆積し、細粒分は下流に流送されて河床の粒径を変化させる。その後、徐々に上流から粗粒径分も含めた土砂が流送されることにより河床及び流砂の粒径が更に変化するものと考えられる。次に、砂防ダムを設置した場合についてみると図-9に示されるように砂防ダムに堆積した土砂は、供給される土砂の粒径と同程度か小さいものとなっている。また、図-7に示されるように洪水時の流量が大きいときに粗粒径の土砂が流出する結果となっている。砂防ダムを設置した場合においても通水初期に供給された土砂は、供給部下流に堆積し、細粒分のみが下流に流送され堆積する結果になり、砂防ダムの堆砂域の河床は細粒化された土砂で形成されることになる。このように、砂防ダムが設置されたことにより、ダム上流の河床履歴が変化する。図-10及び図-11に摩擦速度の時

間変化を示す。流量の変化にともない摩擦速度も変化し、流量が多いときには流送能力が大きくなっていることを示している。また、砂防ダムの有無による差をみると砂防ダムがある場合の方が摩擦速度はわずかに小さくなってしまっており、粗度の低下による水深の減少が認められ、流砂の粒径に大きく影響を与えることがわかる。図-11をみるとピーク流量の 6.6 l/sec での摩擦速度は、 $11\sim14 \text{ cm/sec}$ 、 2.2 l/sec で $5.5\sim9 \text{ cm/sec}$ である。ここで、移動限界の摩擦速度 u_{*c} を d_m 、 d_{90} について求めると³⁾と、 5.3 cm/sec 、 6.6 cm/sec となり、 2.2 l/sec 時の摩擦速度は d_{90} に対する移動限界程度であり、このことから、 2.2 l/sec では最大粒径程度の土砂はあまり流送されず上流部に堆積するが、その後の流量の増大とともに流送されて下流に流出するものと考えられる。

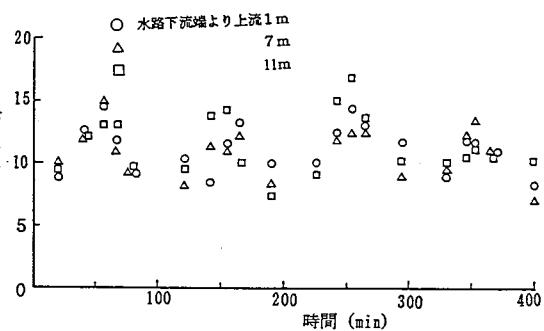
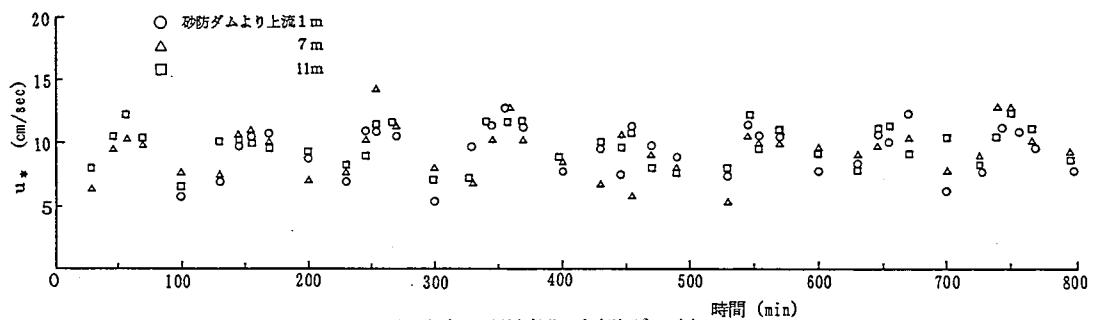


図-10 摩擦速度の時間変化（砂防ダム無）



5. おわりに

今回の実験的研究では、洪水の最小流量が移動限界程度に相当しており、それより大きな流量では、全ての粒径の土砂が移動するので、はっきりした粒径調節効果は認められなかった。しかし、砂防ダムを設置したことにより河床（堆砂域）の粒径は、上流から供給される土砂等に影響され変化し、また流砂にも影響して砂防ダムから流出する土砂の粒径が変化することがわかった。今後は、水理条件、供給砂の粒径及び量等の諸条件を変えた実験を行って、砂防ダムの粒径調節効果について定量的な評価手法を検討する必要があると考えられる。また、河床変動計算手法による検討も合わせて行っていきたいと考えている。

最後に、本研究を行う上で（財）砂防・地すべり技術センターの宮本邦明氏に貴重な意見を賜った。また、実験の測定及び整理は、株建設技術研究所の栗山義英氏の協力を得た。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 井良沢、水山、福本：砂防ダムの粒径調節効果に関する研究、平成2年度砂防学会研究発表会概要集、(社)砂防学会、pp.150~153、1990.5
- 2) 芦田、高橋、水山：山地河川の掃流砂に関する研究、新砂防107、1978
- 3) 芦田、道上：移動床流れ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、1972