

京都大学防災研究所 正員 高橋 保 京都大学防災研究所 正員 中川 一
 京都大学防災研究所 正員 里深 好文 京都大学大学院 学生員〇王 浩民

1.はじめに 土石流対策の原則は貯砂空間の確保にあるという思想に基づき、約 20 前に透過性砂防ダムが開発された。これは通常の出水で移動するような小さな砂礫は堰堤に設けられた隙間から流出させることにより、砂防ダムが満砂して空容量を失うことを防ぎ、土石流の発生時には、その先端部に集中する巨石により隙間が閉塞されることを利用し、ダム上流域に土石流を堆積させようとするものである。このため、透過性砂防ダムの土砂流出調節機能を解明するには、土石流の流動から堆積、さらにその後の侵食による流出まで一貫した研究が必要である。そこで、本研究では、混合砂礫を対象として、透過性砂防ダムによる土石流の止し機能および出水後の堆積土砂の再侵食プロセスに関して、水路実験並びに数値シミュレーションを行い、透過性砂防ダムの土砂流出調節機能を解明しようとしている。

2. 土石流の流動、砂防ダムによる堆積及び土石流堆積物の再侵食に関する水路実験

2.1 実験概要 実験に使用した水路は全長 5m、幅 10cm の可変勾配鋼製水路であり、水路勾配は 18 度である。実験は以下の手順で行う。まず、上流端より水路の 1.5m 区間に、厚さ 10cm で砂礫材料を敷き、長

表 1

	RUN1~3	RUN4~6	RUN7~10	RUN11~13	RUN14~15	RUN16~17
実験種類	流動	堆積	侵食	侵食	侵食	侵食
給水流量	300cm ³ /sec	300cm ³ /sec	250cm ³ /sec	250cm ³ /sec	80cm ³ /sec	80cm ³ /sec
給水時間	20sec	20sec	35sec	35sec	10min	10min
特定条件	ダムなし	ダムあり	除石あり	除石なし	除石あり	除石なし

時間水を与えておき、飽和させた後、上流より所定の流量を与えることにより、土石流を発生させる。次に、実験水路の下流端より 30cm のところに設置した透過性砂防ダムによって、土石流を堆積させた後、再び上流から給水して、土石流堆積物の再侵食実験を巨礫のみを除石するとしいない場合について行う。それぞれの実験条件は表 1 に示している。

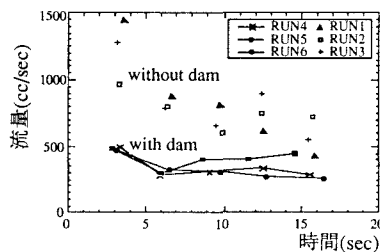


図1 下流端流量比較

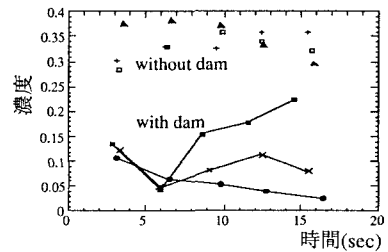


図2 下流端濃度比較

2.2 実験結果 土石流の流動実験においては、予想された土石流発達時における粒径選別現象が本実験においても確かに発生していた。これによって、大きな粒子が先端部に集中し、土石流の先端部から、中間部、後続部の順で、中小粒子の割合が増加し、逆に大粒子が減少することがわかった。土石流の堆積実験においては、透過型砂防ダムの土石流調節機能を検討した。図 1~2 は RUN4~6 の下流端での流量と濃度の変化を示している。砂防ダムが無い場合と比較すれば、流量のピーク値が大幅に減少し、変動幅が顕著に小さくなっていることがわかる。また、透過性砂防ダムにより、土石流がかん止され、流出土砂濃度が小さくなることがわかった。土石流堆積物の再侵食実験においては、砂防ダム上流域における堆積土砂の再侵食により容量が回復される可能性について検討した。図 3 は除石の有

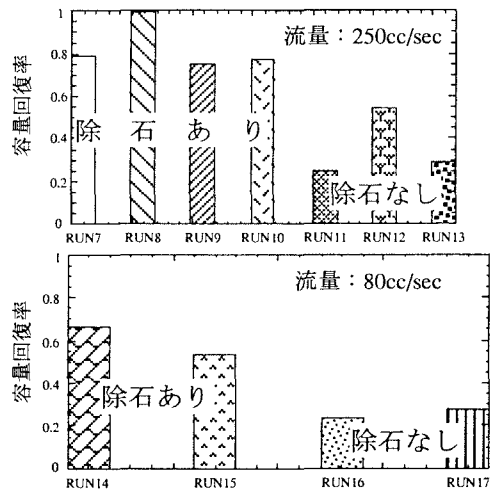


図3 除石があるとなない場合のダム容量回復率

無による砂防ダム容量の回復程度を比較したものである。図の縦軸は砂防ダムの容量回復率（＝侵食前後の堆砂量の差／侵食前の堆砂量）である。この図によると、80 cm³/sec の流量で 10 分間給水した侵食実験においては、除石を行った場合はダム上流域に堆積した土砂の 50%～60%以上が侵食により流出するのに対し、除石を行っていない場合は 20%～30%しかない。250 cm³/sec の流量を 35 秒間給水した侵食実験においては、前者の 70%以上に対し、後者は 20%～50%しかない。これは巨礫のみを除石することで砂防ダムの容量を回復させる効果があることがわかった。

3. 土石流の流動に関する一次元再現計算

計算においては、前述した実験の土砂材料を 5 段階の粒径に分けた。それらの平均粒径は 0.53cm、0.34cm、0.16cm、0.101cm、0.0165cm である。砂防ダムがない場合について、高橋らのモデル¹⁾を用いて、堆積土層の侵食による土石流の発達過程、粒径の分級過程及び土砂濃度の変化過程等を計算した。図 4～5 はそれぞれ平均粒径、濃度に関する計算値と実験値とを比較したものである。濃度の計算値と実験値とを比較すると、絶対値も傾向もよく一致している。平均粒径を見ると、RUN1 については比較的良好に再現されているが、RUN2、RUN3 に関しては、先端部だけがよく再現でき、中間部と後続部にはやや違いが出ている。これは材料の混ざり具合と飽和の程度にばらつきが生じたことが原因と考えられる。今回の実験で得たデータはすべて時間平均値(3 秒間程度)であり、計算値は瞬間値であるため、直接の比較ができないが、数値シミュレーションにより、土石流の発達過程が良好に再現できたとは言えないものの、時間的変化の傾向はある程度再現できていると考えられる。

4. 土石流堆積物の再侵食に関する一次元計算

ここでは、非常常流れの式を用い、流砂量式として平衡流砂量の式を用いたシミュレーションモデルを採用して、除石を行った実験 RUN1 の堆積物の侵食過程について、一次元的再現計算を行った。図 6 は、河床形状の時間変化の実験値と計算値との比較を示している。全般的見れば、10.15 まで、河床変動の計算値は良く再現されているが、通水開始後 13 秒以降は、実験では水路の右岸側に水みちが現れているので、河床変動の計算値と実験値には大きな差が見られる。

5. 終わりに 透水性砂防ダムの堆積土砂は、巨礫を除石しない場合では、中小出水の表面流により再侵食され、砂防ダムの容量がある程度回復できるが、巨礫を除石することにより、一層容量の回復が増大することがわかった。さらに、一次元数値計算で、特定の条件下における河床変動を再現できることがわかった。今後、透水性砂防ダムの構造諸元を考慮した巨礫の堆積機構及び再侵食機構をモデル化した解析方法を開発するとともに、堆積土砂の再侵食に関する水みちの形成を含めた 2 次元解析について研究を進めていく必要がある。

参 考 文 献

1) 高橋保・中川一・原田達夫：混合粒径材料からなる溪床侵食型土石流の予測、京都大学防災研究所年報第 33 号 B-2、pp. 443-456、1990

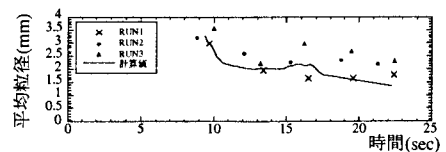


図4 下流端平均粒径の実験値と計算値の比較

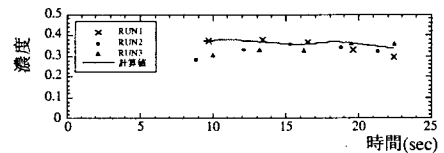


図5 下流端濃度の実験値と計算値の比較

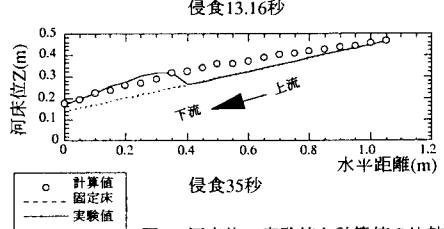
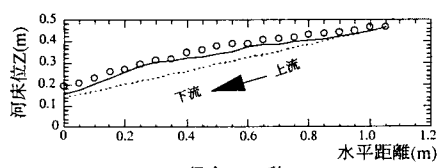
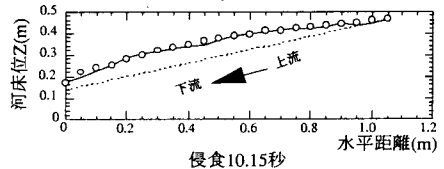
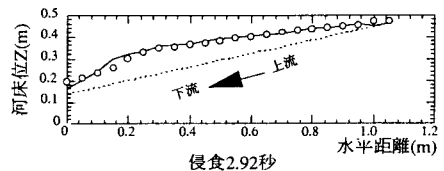


図6 河床位の実験値と計算値の比較