

透過型砂防堰堤による細粒土砂の捕捉量推定手法の検討

国土技術政策総合研究所 ○泉山 寛明、山越隆雄
 国土防災技術株式会社 丹羽 諭、何徳 祝人

1. はじめに

砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）では、土石流・流木を捕捉する施設として透過型砂防堰堤の設置が原則と謳っている。土砂・洪水氾濫やその後の中期的な土砂移動に対する対策でも採用が検討される型式であるが、常に上記の指針で想定するような土石流が流下するとは限らない。例えば土砂濃度が小さい場合や粒径の小さい土砂が多く含まれる場合が考えられるが、その場合に透過型砂防堰堤が捕捉機能を発揮するかどうか定量的に推定できることが望ましい。そこで、里深・水山(2005)の手法をベースに、土砂濃度および流れの中の土砂の粒径が小さい場合の捕捉効果を河床変動計算で評価する手法について検討を行った。

2. 計算方法

本研究では丹羽ら(2018)と同様に混合粒径の土砂流を透過型（格子型）砂防堰堤で捕捉する水路実験の再現計算（一次元河床変動計算）を実施し、捕捉量を精度よく再現するために格子型模型設置箇所での境界条件をどのように設定するべきかの検討を行った。土砂流の流れ、河床変動（侵食・堆積速度）の計算は丹羽ら(2020)に準じて有限差分法により行った。計算格子はスタガードグリッドによって設置し、堰堤はフラックス評価点に設置した。

丹羽ら(2020)では、フェーズシフトは土石流、土砂流で発生し、土砂流では砂礫移動層のみで発生すると仮定している。フェーズシフトの有無は各地点、各粒径について計算ステップごとに判定を行っている。流動の途中でフェーズシフトできないと判定された場合は便宜的に砂礫移動層中の粗粒土砂として取り扱うこととしている。丹羽ら(2020)のモデルでは土砂流でも浮遊砂が発生する取扱いとしているが粗粒土砂とは独立して解いており、浮遊砂成分についてはフェーズシフトの判定は行っていない。

格子型模型での土砂捕捉は里深・水山(2005)で提案されているパラメータ a_1 、 a_2 によって行うものとしてい

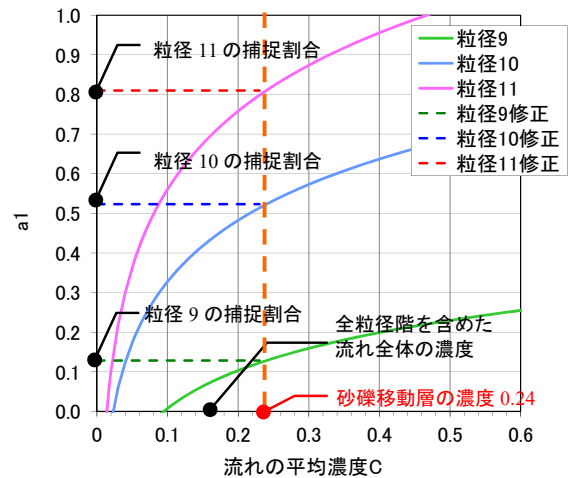


図1 閉塞パラメータ a_1 の決定方法

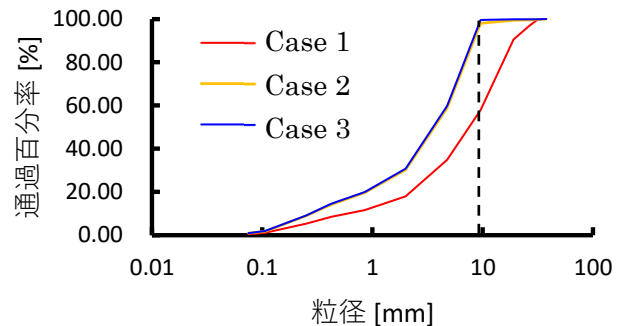


図2 投入する土砂の粒径分布

る。パラメータ a_1 、 a_2 は元々アーチアクションを起こす粒径の濃度の関数であるが、ここでは丹羽ら(2018)と同様に砂礫移動層の粗礫の土砂濃度 $0.4C^* = 0.24$ を与えて決定している（図1）。このような格子型模型設置箇所での取扱は、丹羽ら(2020)の手法のみならず他の計算手法にも適用可能であると考えている。再現計算の対象とした実験は実験水路（水路長 10 m、水路幅 30 cm、水路勾配 1/12）を用い、水路下端から 2.43 m の位置に高さ 25 cm、水平純間隔および鉛直純間隔が 32 mm、部材の直径が 18 mm の格子型模型が設置した状態で土砂流を流下・捕捉する実験の結果である。投入した土砂の粒径分布は図2に示す3パターンであり、閉塞に寄与する粒径（9.5 mm 以上）の割合を変化させる（Case1, 2, 3でそれぞれ 42, 2, 0.4%）とともに、ハイドログラフ、セディグラフの形状を図3の左端に示すように変えている。なお、Case 1 では 32 mm 以上の土砂は含めていない。

3. 計算結果と考察

図3に3ケースについての計算結果を示す。実験によると、アーチアクションを起こす粒径9.5 mm以上の存在割合、ハイドログラフ、セディグラフによって閉塞高さが変わってくるが、計算でもその傾向は再現されている。Case2は丹羽ら(2018)でのケースCに相当するが、再現性が向上している。これは計算アルゴリズムの改善等によるものと考えている。Case3では閉塞高さの再現性が他のケースに比べて低いものの、仮に閉塞に寄与する粒径のみでアーチアクションを起こすとして a_1, a_2 を決定した場合はさらに再現性が悪くなる。このことから、格子型の閉塞機構として、現段階では詳細は不明ながらも格子間隔と比較して小さい粒径による閉塞への寄与も無視できないと考えられる。

図3の右端に示す計算上の堰堤設置地点直上（堰堤上流側に堆積した土砂全体ではない）に堆積（閉塞）した粒径の計算結果を見ると、いずれのケースでも実験結果よりも小さい粒径の割合が大きい。一方、ここには示していないが9.5 mm以上の粒径いずれについても流出土砂量の計算結果が実験結果よりも小さい。したが

って9.5 mm以上の粒径は格子型模型より上流側で堆積している計算結果となっている。逆グレーディング現象、粒径ごとの侵食・堆積機構の違いが考慮できていないことが原因と考えられるが、常に粒径の大きいものが堰堤地点に供給されるとは想定しがたく、前者が支配的であると断言することは難しいと考えられる。

4. おわりに

本研究で透過型砂防堰堤による土砂流の捕捉効果を簡易に取り扱えることが分かった。一方で、嶋ら(2018)で述べられているように閉塞後、流出する現象には対応できないことに留意する必要がある。

参考文献

- 丹羽ら(2018):河床変動計算における透過型砂防堰堤の閉塞条件に関する研究, H30 砂防学会研究発表会概要集
- 丹羽ら(2020):山地河川における河床堆積土砂の移動限界に着目した河床変動計算に関する研究, 砂防学会誌, Vol. 73(1)
- 里深・水山(2005):格子型ダムによる土石流の調節に関する数値解析, 砂防学会誌, Vol.57(6)
- 嶋ら(2018):鋼製透過型砂防堰堤の礫捕捉性能に関する実験的評価法, 砂防学会誌, Vol.71(2)

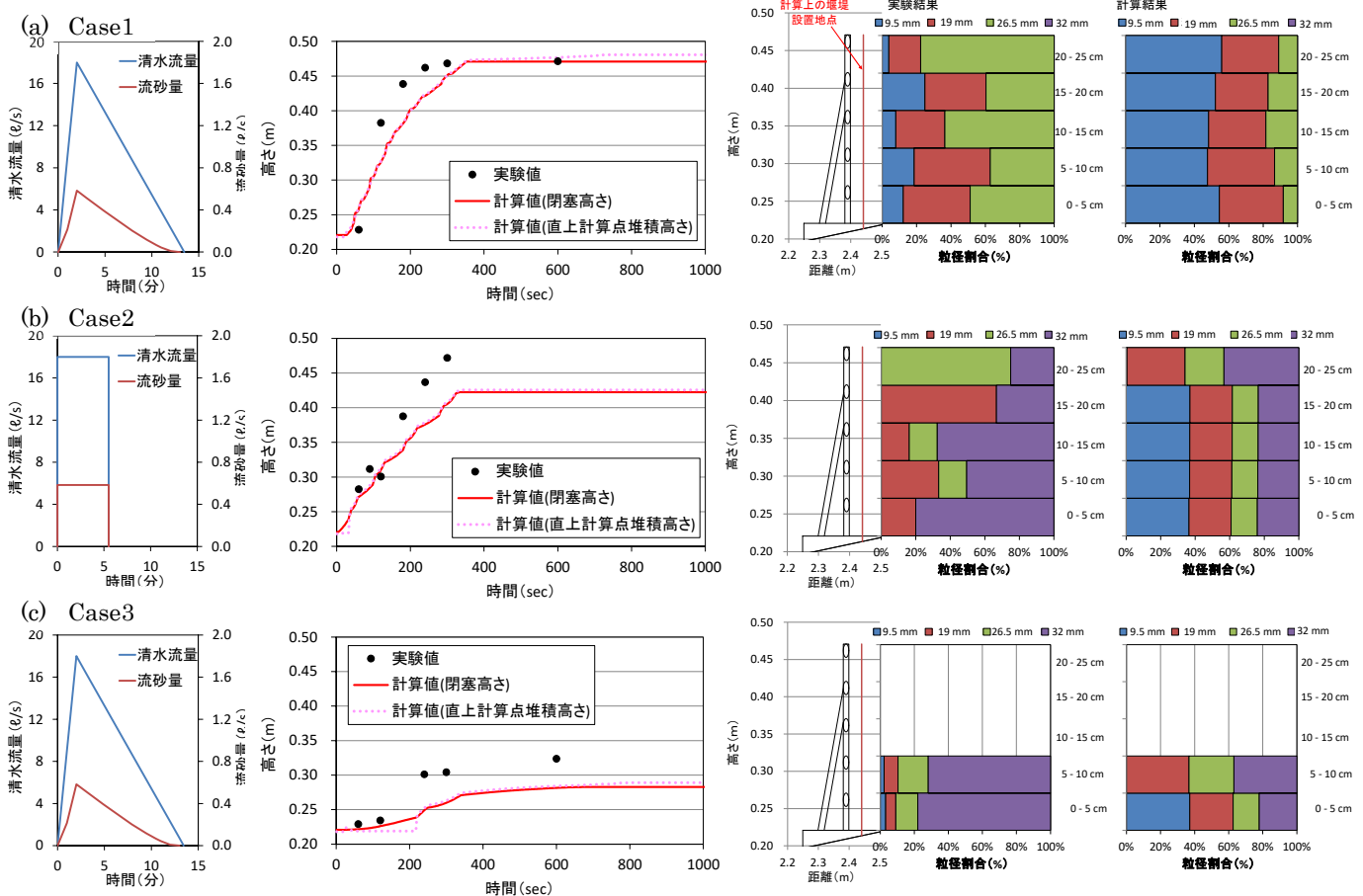


図3 境界条件として与えたハイドログラフ・セディグラフ(左)、格子模型地点の閉塞高さ(中央)および粒径割合(右)