

P85 土石流に含まれる巨礫の割合と閉塞現象の関係に関する実験的研究

国土交通省国土技術政策総合研究所砂防研究室 ○水野秀明
 国土交通省国土技術政策総合研究所砂防研究室 寺田秀樹
 サレルノ大学工学部 Vittorio BOVOLIN

1. はじめに

土石流対策としての透過型砂防堰堤は土石流の捕捉や、土石流のピーク流量・ピーク流砂量の低減といった土石流制御効果を有する。巨礫を多く含む砂礫型土石流の場合、土石流の捕捉効果とピーク流量の低減効果を期待できる¹⁾。一方、巨礫をほとんど含まない泥流のような土石流の場合、ピーク流量の低減効果を期待できるが、土石流を捕捉する効果を余り期待できない²⁾。また、それらの効果が発揮されるためには、砂礫型土石流の場合には透過部分が閉塞されなければならない、泥流型土石流の場合には段波が形成され、上流に遡上しなければならない。このように透過型砂防堰堤による土石流の制御メカニズムが異なることから、透過型砂防堰堤が効果を発揮するために満たすべき条件は、土石流の特性、特に土石流に含まれる巨礫の割合に応じて変わる。しかし、透過型砂防堰堤が満たすべき条件の適用範囲を、巨礫の含有率といった土石流の特性から明らかにした事例はない。そこで、本研究はその適用範囲を明らかにすることを目的として、土石流の石礫の含有率と透過部分の閉塞の有無との関係を水路実験によって検討する。

2. 水路実験

2.1 実験の概要

図-1は本研究で用いた水路の概略図である。水路は幅10cm、長さ300cm、高さ20cmで、底面は土砂を張り付けた板、側面はガラス板である。また、水路は勾配15°に設定した。水路の上流端と下流端には貯水槽を設置した。図-2は実験に用いた土砂の粒度分布である。細粒成分の土砂としてベントナイトと砂、巨礫を想定した粗粒成分の土砂としてメサライトを用いた。実験に際しては、巨礫の含有率による影響を把握するという観点から、細粒成分と粗粒成分を合計した全体の土砂容積濃度を30%で一定とした。巨礫の含有率(ϕ_{LB})は土砂全体に対する粗粒成分の割合とし、0.17、0.43、0.68の3種類とした。ちなみに、粗粒成分のみの土砂容積濃度(C_L)はそれぞれ5.1%、12.8%、20.4%となる。図-3は実験に用いた堰堤の模型である。模型は、スリット幅が粗粒成分の土砂の95%粒径に対して1.0倍、1.5倍、2.0倍となるように設定した。

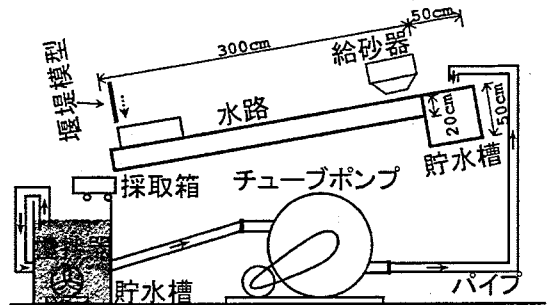


図-1 実験水路の概略図

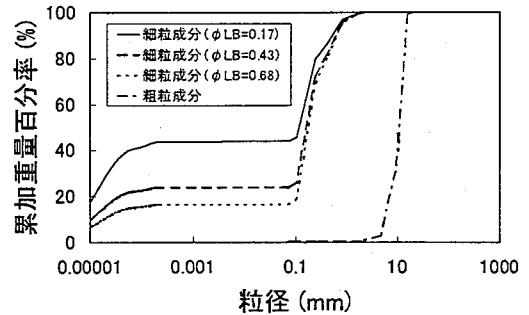


図-2 実験に用いた土砂の粒度分布

実験に際しては、水と細粒成分の土砂を下流端の貯水槽の中で十分に攪拌し、チューブポンプを用いて下流端の貯水槽から上流端の貯水槽に供給した。粗粒成分の土砂は上流端の貯水槽の直下流に設置した給砂器から所定の割合で供給した。粗粒成分の土砂の供給を開始した後、堰堤の模型を水路内に落下させることで設置した。水路下流端ではプラスチック製の容器で流出物を採取し、体積を計測して、流量及び粗粒成分の流砂量を算出した。実験時間は概ね10秒間としたが、混合物が水路から溢れた場合にはその時点で中止した。

透過部分が閉塞したか否かを判断する方法は次の通りとした。本研究では、ベントナイトを混ぜたことから、目視で透過部分の閉塞状況を判定することは困難であった。そこで、供給する粗粒成分の流砂量と、そのうち堰堤の模型から流出した粗粒成分の流砂量の比P(式(1))が式(2)³⁾を超えた場合、閉塞と判断した。なお、式(2)は格子型砂防堰堤を対象とした式であるが、本研究ではスリット砂防堰堤に適用できると仮定した。

$$P = 1 - \frac{Q_{outflow}}{Q_{supply}} \quad \dots (1)$$

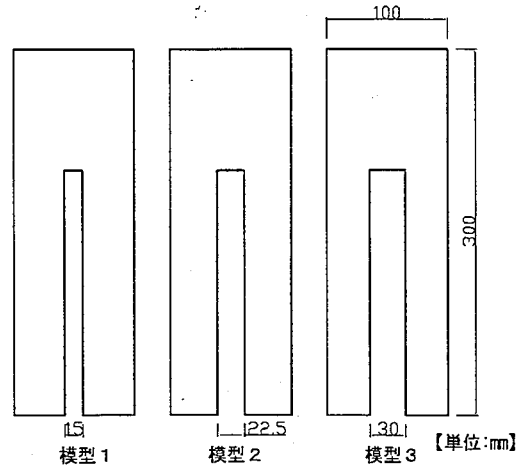


図-3 堰堤の模型

$$P = 1 - 0.11 \left(\frac{L_{min}}{d_{95}} - 1 \right)^{0.36} \cdot C^{-0.93} \quad \dots (2)$$

ここで、 Q_{supply} :水路上流から供給する粗粒土砂の流砂量、 $Q_{outflow}$:堰堤模型を通過する粗粒土砂の流砂量、 L_{min} :最小格子間隔、 d_{95} :95%粒径、 C :土砂容積濃度である。なお、 $L_{min}/d_{95} < 2$ で閉塞が生じたと報告された³⁾ことから、本研究では閉塞の判断として、 $L_{min}/d_{95} = 2$ を用いた。この場合、 P は0.66であった。

2.2 実験の結果

図-4、5、6は粗粒成分の流砂量の時間変化で、それぞれ C_L が 5.1%、12.8%、20.4% の場合である。模型1と2の場合、 C_L の値が大きいほど、流砂量の時間変化は供給土砂量より低く抑えられた。但し、 C_L が 5.1% で模型2の場合は、時間の経過とともに供給土砂量とほぼ同じになった。模型3の場合は C_L の値によらず、流砂量の時間変化は時間とともに供給土砂量とほぼ同じになった。

3. 巨礫の含有率と閉塞現象との関係

図-7は実験条件を、X軸にスリット幅(b)と粗粒成分の95%粒径(d_{95})との比(b/d_{95})、Y軸に全土砂量のうち粗粒成分の占める割合でプロットした。図中の白丸は閉塞した実験条件で、黒丸は閉塞しなかった実験条件である。 ϕ_{LB} が 0.68 の場合、 b/d_{95} が 1.5 以下で閉塞した。しかし、 ϕ_{LB} が 0.5 を下回ると、 b/d_{95} が 1.5 でも閉塞しなかった。このように、巨礫の含有率が低くなるほど、閉塞が発生するために必要な b/d_{95} の値は小さくなった。このような傾向から、閉塞が生じる境界線を目視で推定し、図-7中に引いた。この境界線は、その上側であれば閉塞を期待でき、下側であれば閉塞を期待できないことを意味する。

4. おわりに

土石流対策の透過型砂防堰堤を河床変動計算や土石流汎濫計算等の数値計算に基づいて配置する場合、透過型砂防堰堤の効果を境界条件として組み込まなければならない。既往の研究成果では、砂礫型土石流、泥流型土石流のそれぞれに対して、土石流制御効果を推定する手法が提案されてきたが、それらの適用範囲は示されていない。本研究では土石流に含まれる巨礫の割合と透過部分の閉塞現象の関係を実験的に調べて、閉塞の生じる条件を定性的に明らかにした。その関係は、例えば格子型砂防堰堤による砂礫型土石流のピーク流量減少効果やスリット砂防堰堤による泥流型土石流のピーク流量低減効果といった効果に関する推定式^{2) 3)}の適用範囲として応用できる。今後は、土石流に含まれる土砂全体の土砂容積濃度を変化させて、巨礫の割合と透過部分の閉塞現象の関係を明らかにしていくとともに、土石流対策の透過型砂防堰堤の効果的な配置手法を確立していきたい。

参考文献

- 1) 水野秀明、水山高久、南哲行、倉岡千郎 (2000) : 個別要素法を用いた鋼管製透過型砂防ダムの土石流捕捉効果に関するシミュレーション解析、砂防学会誌、Vol.52、No.6、p.4-11
- 2) 水野秀明、ビッドリョ・ホボリリ、仲野公章 (2002) : 透過型砂防堰堤を通過する泥流のハイドログラフ推定に関する研究、砂防学会誌、Vol.54、No.5、p.3-11
- 3) 水山高久、小橋澄治、水野秀明 (1995) : 格子型ダムのピーク流砂量減少率に関する研究、砂防学会誌 Vol.47、No.5、p.8-13

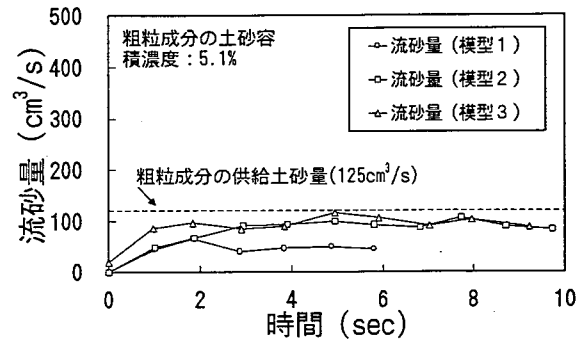


図-4 粗粒成分の流砂量の時間変化

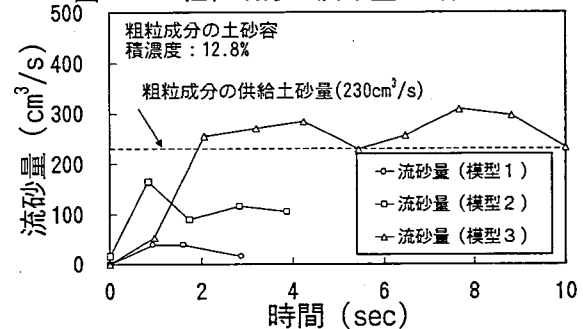


図-5 粗粒成分の流砂量の時間変化

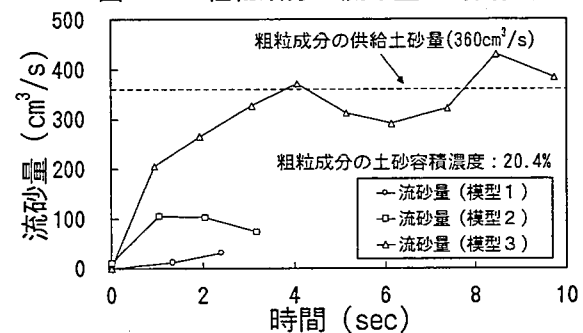


図-6 粗粒成分の流砂量の時間変化

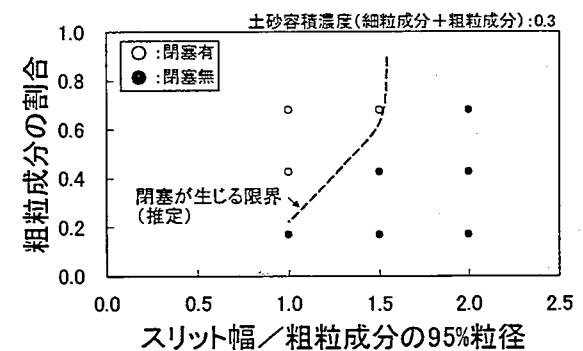


図-7 閉塞の発生条件