

43 底面水抜きスクリーン上での土石流の停止機構に関する検討 (2)

○新潟大学農学部 権田 豊
 国土交通省国土地理院 深澤 宣代
 新潟大学農学部 松崎 健
 新潟大学農学部 山本 仁志
 国土交通省北陸整備局 長谷川泰亮

1. はじめに

土石流対策の構造物の一つである底面水抜きスクリーン (以下スクリーンと呼ぶ) は、スノコ状のデッキを溪流河床に設置したものである。流下してきた土石流はスクリーン上で減速、停止・堆積する。従来この現象については、スクリーンによって土石流体中の土砂と水が分離されることにより生じる (たとえば、矢澤ら 1986) と説明されているのみで、その力学的なメカニズムについて検討されていなかった。土砂と水が分離する事により土石流体の土砂濃度が上昇することが現象の支配要因であると直感的に理解されていたように思われる。権田ら (2000) は、スクリーン上で土石流体に生じていると考えられる。

I : 土石流体中の液相の固相からの分離

II : 土石流体中の液相の圧力 (間隙水圧) の減少の2つの現象に着目し、これらを考慮したスクリーン上での土石流の力学モデルを構築した。そして数値シミュレーションにより、IとIIの現象が土石流の停止距離に与える影響の大きさを評価した。その結果、スクリーン上で土石流の間隙水圧が減少し、河床面に作用するせん断力が増加することが、土石流の停止現象の支配要因であることが示された。

さらに権田らは、スクリーン近傍での間隙水圧の大きさを γpgh としたとき、土石流の底面せん断力

τ_{s0} は式 (1) で表されることを示した。そして、間隙水圧の大きさは、スクリーンの透水能 Pos とスクリーン近傍での土石流の固相間隙の透水能 Pod によって決定され则认为、間隙水圧の大きさの指標 γ と Pos , Pod との関係を表 (2) のように定式化した。この式を用い、数値シミュレーションの結果を、土石流先頭部の停止距離とスクリーンの間隔 (透水能) の関係に変換した。単一の土石流材料を用いた水理模型実験の結果と比較したところ、スクリーンの間隔に対する、土石流先頭部の停止距離の変化の傾向は、数値シミュレーションによる結果と一致した。

表. 1 数式

$$\tau_{s0} = \begin{cases} (\sigma - \rho_w) Cgh \tan \phi_s & (\text{通常の河床上}) \quad (1) \\ ((\sigma - \rho_w) C + (1 - \gamma) \rho_w) gh \tan \phi_s & (\text{スクリーン上}) \end{cases}$$

$$\gamma = \begin{cases} 0 & (Pos \geq Pod) \\ 1 - (Pos/Pod) & (Pos < Pod) \end{cases} \quad (2)$$

ただし、 ρ : 土石流体の密度、 σ , ρ_w : 固相および液相の密度、 C : 固相の濃度、 h : 土石流体の流動深、 τ_{s0} : 底面せん断力、 g : 重力加速度、 ϕ_s : 固相材料の摩擦角、 Pos : スクリーンの空隙率、 Pod : 河床近傍での土石流体の固相の空隙率である。

今年度は、平均粒径の異なる複数の土石流材料を用いた模型実験を行い、実験結果と権田らの提案した力学モデルから予想される結果との比較をおこなった。その結果をここで報告する。まず、土石流材料の平均粒径を変えた場合に、予測される結果について述べる。つぎに模型実験の結果を示し予測を検証する。

2. 実験結果の予測

土石流の停止距離は、底面せん断力 τ_{s0} の大きさによって変化するが、スクリーン上では、底面せん断力 τ_{s0} の大きさは、式 (1) に示すように γ の値により変化する。 γ が式 (2) に従うとするならば、同一の土石流材料を用いて、スクリーン間隔を変化させて実験を行った場合、(Pod を固定したまま、 Pos を変化させた場合)、スクリーン間隔が小さい範囲 (Pos が Pod より小さな範囲) では、スクリーン間隔が大きくなるほど (Pos が大きくなるほど) 停止距離が減少するが、スクリーン間隔が一定値よりも大きくなると (Pos が Pod より大きな範囲では) 停止距離はスクリーン間隔とは無関係に一定の値をとると考えられる。また、スクリーン間隔とは無関係に停止距離が一定の値をとるスクリーン間隔の下限値を S_s とすると、スクリーンの透水能 Pos が Pod と等しくなったときのスクリーン間隔が S_s であるから、 Pod が大きな材料を用いるほど、 S_s の値は大きくなると考えられる。(図. 1 参照)

3. 水理模型実験の概要

実験には、全長 335[cm]、幅・高さ共に 20[cm]、勾配 19.0[°] の水路を用いた。水路床は土石流材料を粗度として一様に貼り付けた固定床とした。水路の下流端に全長 100[cm] の底面水抜きスクリーンを水平に設置した。水路下流端から 240[cm] の部分を仕切板で鉛直に区切り、上流側で土石流材料と水を混合した後、板を瞬時に引き上げることで土石流(土砂土砂濃度 $C=0.375$, 体積=700[cm³]) を発生させた。スクリーンには、スクリーン間隔が 0,1,2,4,8[mm] の 5 種類のスクリーンを用いた。土石流材料には、平均粒径 $d=1.7$ [mm], $\phi_s=40.1$ [°] (材料 1), $d=3.4$ [mm], $\phi_s=41.1$ [°] (材料 2), $d=4.75$ [mm], $\phi_s=38.8$ [°] (材料 3) の 3 種類の礫を用いた。(図. 2 参照)

4. 実験結果および考察

図. 3 に停止距離とスクリーン間隔との関係を示す。ただし図の横軸には Pos の代わりにスクリーン間隔をとっている。材料 1,2,3 とともにスクリーン間隔を大きくするほど土石流の停止距離は減少するが、スクリーン間隔がある程度大きくなると停止距離は、スクリーン間隔とは無関係に一定となっていることがわかる。また停止距離が一定となるスクリーン間隔の最小値 S_* は、材料 1→2→3 の順に大きくなっていることがわかる。材料 1~3 は、粒度分布が狭く、ほぼ均一粒径とみなせるため Pod は材料 1→2→3 の順に大きくなっていると推測される。したがって材料の違いが S_* に与える影響は予測通りであったといえよう。

5. まとめ

本研究では、権田ら (2000) が提案した底面水抜きスクリーン上での土石流の力学モデルに基づきスクリーン間隔、土石流材料の違いが土石流の停止距離におよぼす影響を予測した。平均粒径の異なる複数の土石流材料を用いた水路模型実験を行ったところ、予測通りの結果が得られた。これは、権田らの提案したモデルの妥当性、つまりモデルのベースとなっているスクリーン上での間隙水圧の減少のメカニズムが合理的に説明されたことを意味する。

参考文献

権田ら(2000)：底面水抜きスクリーン上での土石流の停止機構に関する検討,平成 12 年度砂防学会研究発表会概要集,pp.38-39

矢澤昭夫, 水山高久, 森田昭宏(1998):土石流を制御する構造物に関する実験, 土木技術資料, Vol28, No.8, pp.9-14

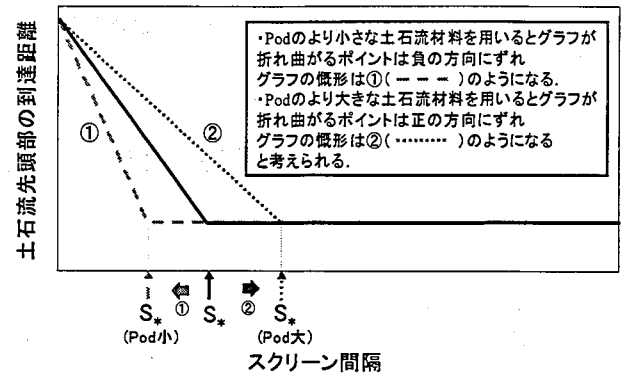


図. 1 予想される結果

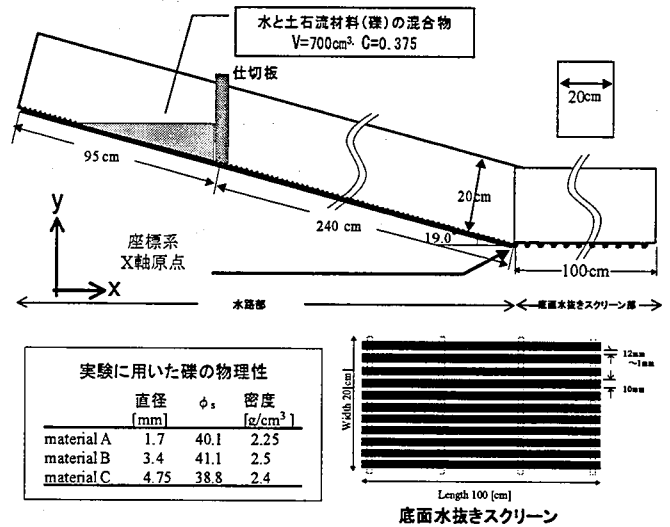


図. 2 実験水路

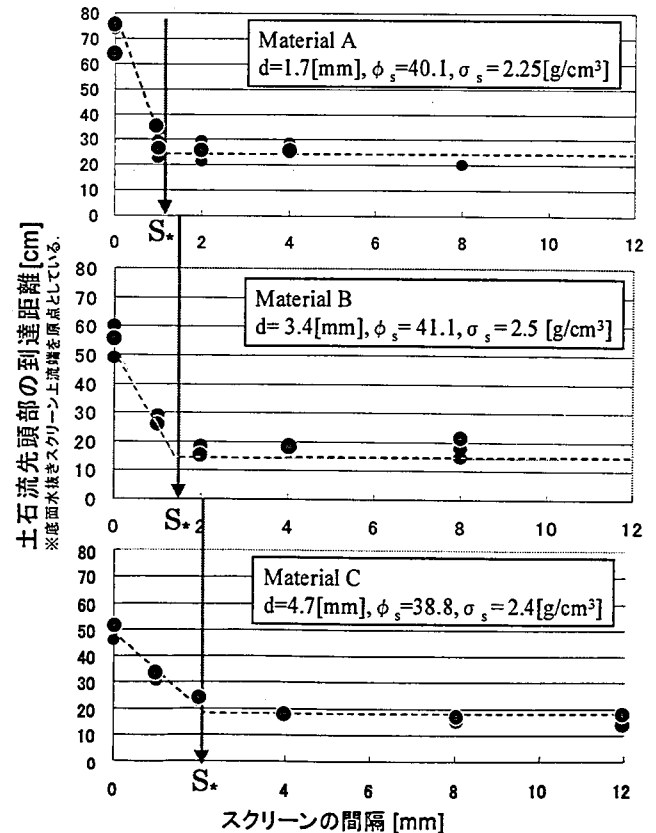


図. 3 実験結果