

11 上部の格子間隔が狭い土石流対策透過型ダムに関する研究

○建設省九州地建大隅工事事務所 水野 秀明

京都大学農学部 水山 高久、小橋 澄治

1 はじめに

格子型ダムが土石流対策として用いられる場合は、格子が土砂で閉塞されることによって、土石流を捕捉する。したがって、格子が流れてくる砂礫によって確実に塞がるかどうかが重要になる。格子の閉塞は格子の幾何学的特性と土石流の特性とに大きく影響を受ける¹⁾²⁾。今までの研究によると、格子の閉塞に影響を与える要因は最も短い格子純間隔(L_{min})と最大粒径(d_{max})との比(L_{min}/d_{max})と、土砂の容積濃度($C=s/(s+w)$, s : 土砂量, w : 水量)である。

粒径と土砂濃度は場所によって変化する。土石流の観測³⁾⁴⁾と実験⁵⁾によると、土石流の先頭部は大きな砂礫を多く含み、土砂濃度の高い流れである。後続流は、先頭部に比べて、小さな砂礫を多く含み、土砂濃度の低い流れである。ダムに土砂が堆積していく状況を考えると、後続の流れは、元河床に比べて緩やかな勾配の河床の上を流れる。したがって、高い位置にある格子は、低い位置にある格子に比べて粒径、土砂濃度の小さな流れを捕捉する必要がある。

現在施工されている土石流対策の格子型ダムは、鋼管の間隔が最大粒径に対して1.5倍から2.0倍程度⁶⁾⁷⁾であり、これは上部の格子と下部の格子とで同じである。しかし、ダムの高さが土石流先頭部の波高より高い場合、波高よりも低い位置の格子(下部の格子)と波高より高い位置の格子(上部の格子)とが同じ形状であることは不合理である。つまり、上部の格子は後続の流れの d_{max} を対象として狭くする必要がある。この点に着目して、本研究は、上部の格子を下部と同じにした場合と上部の格子を狭くした場合とで土石流を捕捉する程度を比較することで、先頭部だけでなく後続流を含めた総量的な土石流の捕捉効果を検討する。

2 水路実験

2.1 実験条件と計測方法

実験に使用する土砂は、 d_{max} が9.56mm、95%粒径(d_{95})が8.80mm、平均粒径(d_{mean})が4.98mmであり、単位体積重量(σ)は2.61g/cm³である(図-1)。

実験を行うダム模型は、上部の格子と下部の格子とが同じ形状の模型と、上部の格子が下部に比べて狭い模型を用意した。上部の格子と下部の格子とが同じダム模型の格子形状は、 $L_{min}/d_{95}=1.9$ と $L_{min}/d_{95}=2.7$ とした。

上部の格子が下部に比べて狭いダム模型は、縦材間隔を一定にし、横材間隔を変化させて、

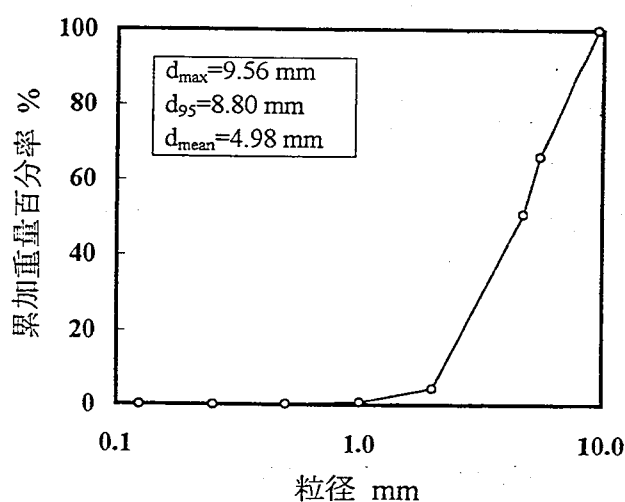
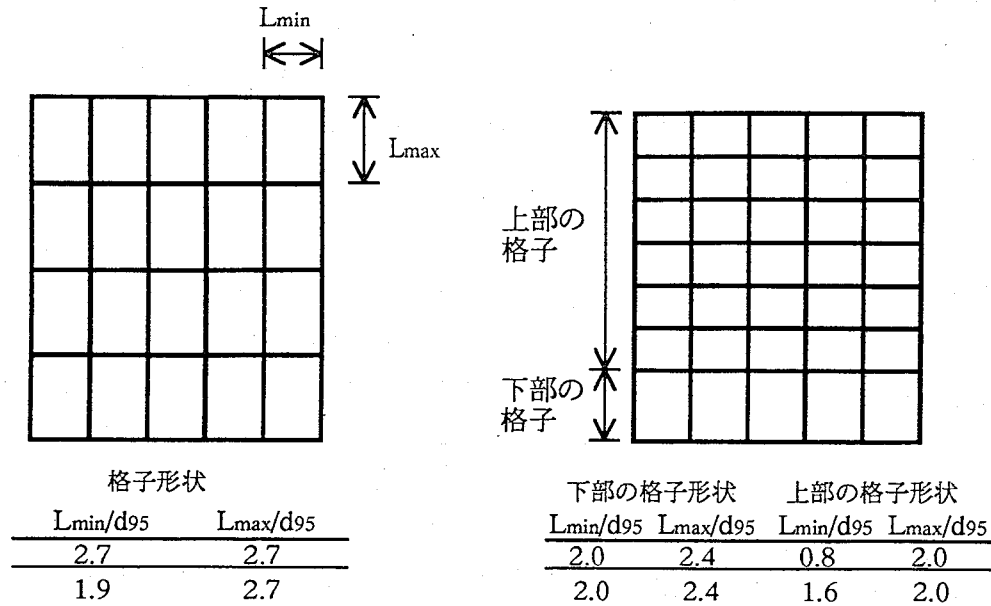


図-1 実験に使用した土砂の粒度分布

上部の格子を狭くした。下部の格子は最も河床に近い段とし、その形状は $L_{min}/d_{95}=2.0$ とした。上部の格子は $L_{min}/d_{95}=0.8$ と $L_{min}/d_{95}=1.6$ の二種類とした（図－2）。



上部の格子と下部の格子が同じダム模型

上部の格子が狭いダム模型

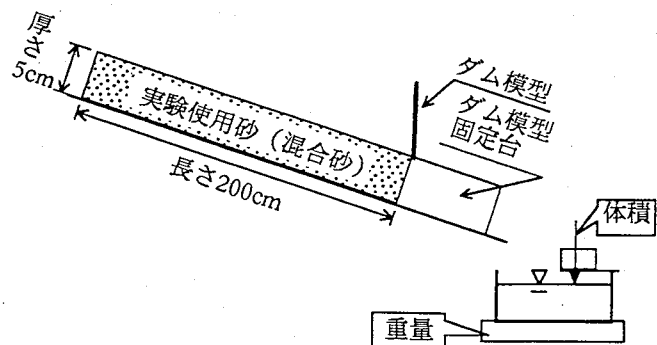
図－2 ダム模型の説明

実験に際しては、ダム模型を高さ5cmの台の上に固定し、土砂を台の上流端から厚さ5cm、長さ200cmで敷いた（図－3）。水路上流端から、流量 1.0 l/secの水を20秒間給水する。水路下流端には、ダムから流出してくる土砂と水を採取するための箱を置く。流砂量と流量は、箱にたまった水と土砂の混合物の体積(V)と重量(W)をはかり、計測値から計算した。計算式は式(2)のとおりである。

$$V_s = (W - \rho V) / (\sigma - \rho) \dots (1)$$

ここで、 V_s :土砂の体積(ml)、 σ :砂の単位体積重

量(g/ml)、 ρ :水の単位体積重量(g/ml)、である。また、ダム模型の土石流の捕捉状況を観察するために、水路脇にVTRカメラを設置した。



図－3 実験装置の説明

2.2 実験結果

水路で発生した土石流の特性をみる。土石流の先頭部の波高は、勾配15°で32mm、勾配20°で61mmであった。これは、土石流の先頭部が勾配15°では下部の格子で捕捉され、勾配20°では下部の格子と一部の上部の格子で捕捉されていたことを意味する。ダム模型を置く地点での、土石流によって運搬されてくる

土砂の d_{max} の時間変化をみてみる。本研究の d_{max} は土砂の95%粒径(d_{95})を用いる。 d_{95} の値は10秒程度まで減少したが、10秒以後では増加した(図-4)。Cの値は初めにピークが現れ、時間の経過とともに減少した(図-5)。土砂濃度のピーク値は勾配15°で36%、勾配20°で57%だった。

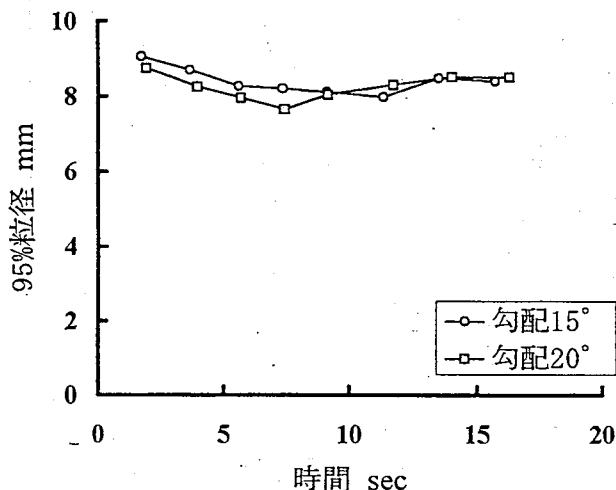


図-4 土石流に運搬されてくる土砂の95%粒径変化

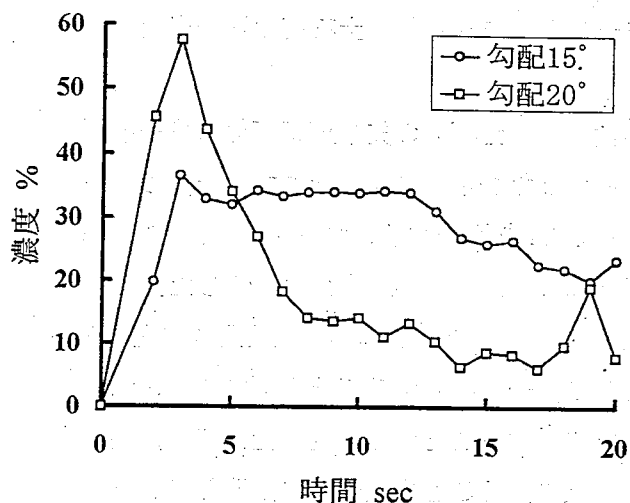


図-5 土砂濃度変化

ダム模型による土石流の捕捉の様子を、VTR撮影の結果と流砂量ハイドログラフからみてみる。図-6は、上部の格子を下部と同じにしたダム模型と上部の格子を狭くしたダム模型の流砂量ハイドログラフの例である。

上部の格子を下部と同じにしたダム模型の実験から、土石流の先頭部が下部の格子を確実に閉塞したにもかかわらず、後続の流れが上部の格子を確実に閉塞しなかったため、ダムに堆積した土砂が後続の流れが流出する現象(後続流による2次流出と呼ぶ)がみられた。後続流による2次流出が発生したダムの格子は、 $L_{min}/d_{95}=2.7$ だった。

上部の格子を狭くしたダム模型の実験では、

勾配15°において上部の格子が $L_{min}/d_{95}=1.6$ の場合、最も高い位置にある格子が後続流によって完全には閉塞されなかった。そのため、流砂量のハイドログラフでは、15秒以降に2次流出の波形が現れた。

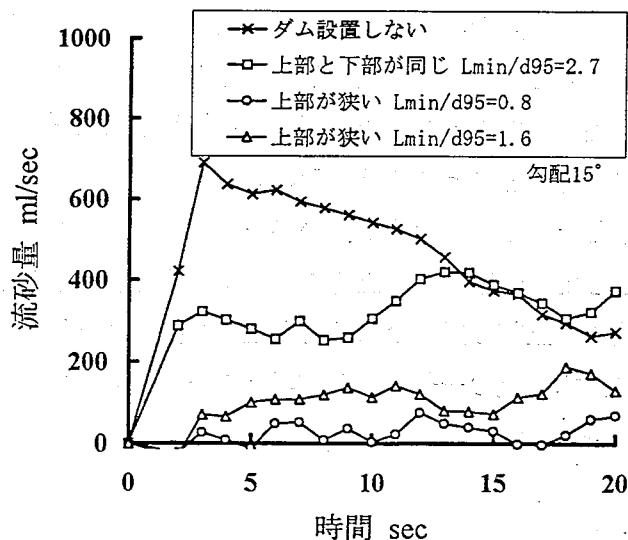


図-6 流砂量ハイドログラフの例

3 考察

上部を狭くすることが総量的な土石流の捕捉効果に及ぼす影響を検討する。総量的な土石流の捕捉効果を、ダムに堆積した土砂量と土石流によって運搬される土砂量との比である総流出土砂量減少率(P)によって評価する。

$$P = 1 - Q_{totalM} / Q_{totalDEB} \cdots (2)$$

ここで、 Q_{totalM} : ダム模型を設置したときの総流出土砂量、 $Q_{totalDEB}$: 土石流の総流出土砂量、である。

実験では、土石流の先頭部が下部の格子を閉塞しなかった場合はない。そこで、上部の格子に着目してPを比較する。図-7は、x軸に上部の格子における L_{min}/d_{95} (d_{95} は準備した土砂の95%粒径)、Y軸にpをプロットした図である。Pは上部の格子を狭くするほど高くなる。これは、上部を狭くすることが総量的な土石流の捕捉効果を向上させることを定性的に説明している。

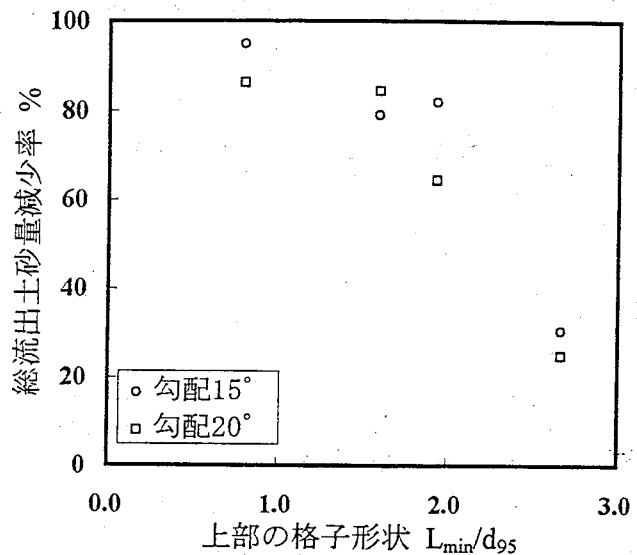


図-7 総流出土砂量減少率の比較

4 おわりに

土石流危険渓流は自然環境の豊富な溪流も多く、土石流災害は防ぎたいが自然も保全したいという場合も多いと考えられる。谷が見通したいとか、谷沿いに往来したい、景観を考えたいといった場合、最下流のダム（捕捉工）であっても透過型ダムを採用することもあるだろう。鋼管製のダムなどではその格子間隔の決定がますます重要となってくる。その際、流出する土石流の粒径変化の予測が必要になる。それを受けてここで議論した上部の格子間隔が狭い格子型ダムを設計することになる。ここでは、上部と下部に分けて二種類の間隔としたが、下部から上部に徐々に間隔を狭くする構造も考えられる。逆に流木の流出が多いと予測される溪流では上部の間隔が広くても土砂を捕捉する場合もあるだろう。

なお、本研究の一部は、砂防学会ワークショップ（若手研究助成）の助成を受けて実施した。関係各位に謝意を表します。

参考文献

- 1) 芦田和男・江頭進治: 透過性砂防ダムの土砂調節機構. 京都大学防災研究所年報第30号B-2, pp. 441-456, 1987
- 2) 水山高久・小橋澄治・水野秀明: 格子型ダムのピーク流砂量減少率に関する研究. 新砂防196号, pp. 8-13, 1995
- 3) 石川 芳治: 滑川に発生した土石流. 新砂防 136 号, pp. 24-29, 1985
- 4) 諏訪 治: 土石流先頭部への大岩塊の集中機構. 京都大学防災研究所年報第 31 号 B-1, pp. 139-151, 1988
- 5) 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
- 6) 建設省砂防課: 土石流対策技術指針. 1988
- 7) (財) 砂防・地すべり砂防センター: 鋼製砂防構造物便覧. 1993