

1. はじめに

土石流対策のコンクリート製砂防ダムについては、平時に流出する土砂によって満砂状態になり土砂調節機能が失われるという問題が指摘されている。そこで、通常の中小出水によって運搬されて来る土砂は流出させ、土石流によって運搬されて来る下流に有害な土砂・礫を捕捉することを目的とする透過型ダム（スリットダムや格子型ダム）が開発された。この土石流対策としての透過型ダムの土砂調節機能に関する主要な要因は、今までに行われた研究によって、ダムのスリット幅、または、格子間隔とダムに運搬されて来る土砂や礫の粒径との関係にあることがわかっている。また、格子型ダムについては土石流を捕捉する際には最上流面の格子が土石流捕捉・減勢に大きく影響を与えるものと考えられる。

スリットダムに関する既往の研究は幾つかなされており、スリット間隔と運搬されて来る土砂・礫の粒径との関係が土砂調節機能に及ぼす影響がかなり解明されているが、格子型ダムに関する研究については縦、横の格子間隔を大きく変化した研究はない。本研究ではこの点に着目して、格子間隔を大きく変化させて土砂調節機能（土石流捕捉）にどのような影響を与えるのかを系統的な実験を行って検討した。

2. 実験概要

2.1 実験装置と材料

実験に用いた水路は、幅15.3cmの両面アクリル製、水路床は木製であり、水路勾配は 15° の二次元水路である。実験を行ったダム模型は直径9mmの鋼材で作られており、水平方向5種類（23.5mm、17.0mm、12.7mm、9.6mm、7.3mm）、鉛直方向5種類（水平方向と同じ）の純間隔を持った計25種類である（図-2）。また、実験に用いた材料は最大粒径11.63mm、95%粒径7.08mmの様に近い砂である。（図-3）

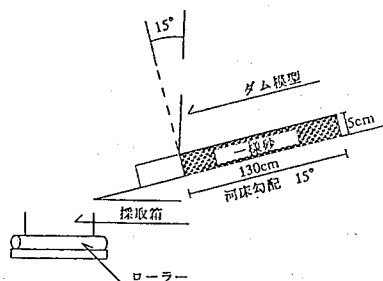


図-1. 実験装置

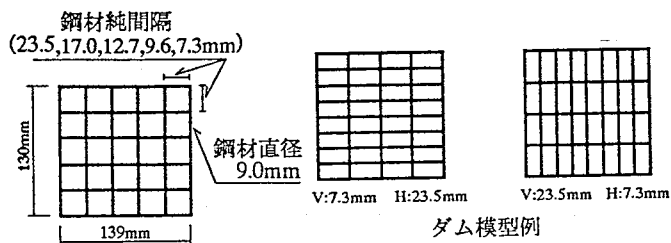


図-2. ダム模型

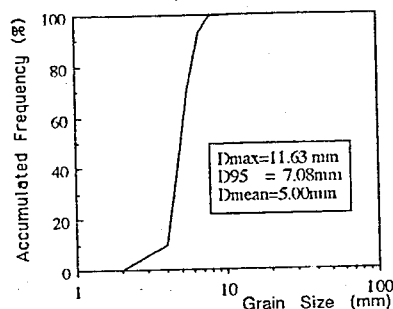


図-3. 粒度分布図

2・2 測定

ダムによる土石流の捕捉・減勢効果を測定するために、水路下流端で採取箱を用いて流出して来る土砂・水を採取する。また、ダム付近での河床変動を観察するために、水路わきにモータードライブカメラを設置して連続的に写真を撮影し、また、同時にVTRでの撮影も行った。

2・3 実験条件と手順

格子間隔の変化が及ぼす影響を系統的に検討するという観点から給水条件は3種類と土砂をダムを固定した木製の台の上流端から厚さ 5cm、長さ 130cmに敷き（図-1）、水路上流端から水量1.0l/sec、1.5l/sec、2.0l/secを30秒間供給した。

実験手順は給水を開始したのち、土石流がダムに到達して土砂が採取箱に入る瞬間を基準（0秒）として以後2秒毎に採取箱を交換して土砂・水を採取した。比較のため、ダム模型を設置せずにこの水路で発生する土石流の特性も計測した。

3. 実験結果と考察

3・1 実験結果

流出土砂量変化のグラフを描いてみたところ格子純間隔が小さくなれば流出土砂量が抑えられていた。流出土砂量は格子純間隔の小さい方の間隔（ L_{min} ）に大きく影響を受けていると考えられる。また、ダムに運搬されて来る土石流の先頭部に存在する礫の大きさも格子の閉塞条件に大きく影響を及ぼすと考えられる。そこで、最小格子純間隔と土石流の先頭部の土砂の礫との比に着目して実験結果をまとめてみる。土石流先頭部の粒径は、土石流先頭部には巨礫が集中すると考えられるので、使用した土砂の95%粒径（ d_{95} ）を用いることとする。

$L_{min} / d_{95} \geq 2.40$ の場合、1回目のピークが現れたのち再びピーク（再流出）が現れる。また、土石流がダムに到達した直後に多少堆積が生じるが後続の流れによって侵食され流出する。 $L_{min} / d_{95} \leq 1.79$ の場合、1回目のピーク値が現れたのちピーク値が現れることはない。つまり、土石流がダムに到達した直後から堆積が生じるが後続の流れによっても侵食されることはなく流出しない。但し、 $L_{min} / d_{95} = 1.79$ でも $L_{max} / d_{95} = 3.32$ である場合はわずかながら2回目のピーク値が現れている。

2回目のピーク値が現れる場合ではその2回目のピーク値が現れる時間は最長格子間距離（ L_{max} ）が大きいのほど早くなる。

3・2 考察

今回の格子型ダムについての実験結果では格子が閉塞し満砂状態になるのは $L_{min} / d_{95} \leq 1.79$ 、

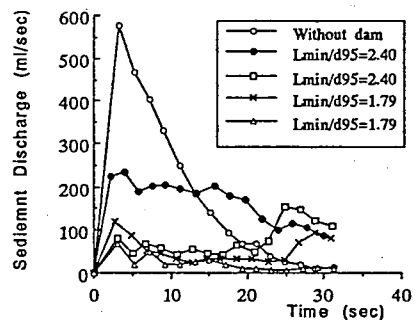


図-4. 流出土砂量の例
(給水量 1.5l/sec)

閉塞せず満砂しないのは $L_{min}/d_{95} \geq 2.40$ である。一方、スリットダムに関する既往研究によると、スリット幅 b 、運搬されて来る土砂・礫の最大粒径 d_{max} とするとスリットが閉塞する条件は $b/d_{max} \leq 1.5$ 、閉塞しない条件は $b/d_{max} > 2.0$ である¹⁾。このように格子型ダムはスリットダムに比べて閉塞する条件、閉塞しない条件ともに大きな値を示している。これは格子型ダムはスリットダムと違って水平方向と鉛直方向の両方向から土砂・礫を捕捉するように働くためと考えられる。

ダムによる土石流の捕捉・減勢という観点から、ピーク流出土砂量と総流出土砂量についてのダムの無い場合と比べてみる。ピーク流出土砂量減少率、総流出土砂量減少率ともに $L_{min}/d_{95} \leq 1.79$ ではかなりまとまっているのに対して $L_{min}/d_{95} \geq 2.40$ においてはかなり分散している。特に、総流出土砂量減少率について $L_{min}/d_{95} = 2.40$ において $L_{max}/d_{95} = 3.32$ (2種類) と $L_{max}/d_{95} = 2.40$ (1種類) の違いが明らかに現れている。これは格子純間隔と粒径との比がたまたま実験に使用した土砂によって引き起こされる土石流を捕捉する境界条件に近いからだと考えられる。また、このグラフより最短格子間距離が捕捉の境界条件にあるとしても最長格子間距離が境界条件よりも大きければ総流出土砂量は土石流のそれと比べて余り減少しないことが分かる。

(図-5)

今回の格子型ダムのピーク流出土砂量減少率のグラフと既往研究のスリットダムのピーク流出土砂量減少率²⁾を重ね合わせてみる(図-6)。格子型ダムの変化はスリットダムに比べ緩やかに変化している。また、格子間距離(スリット幅)と粒径の比が $L_{min}/d_{95} = 1.50$ 以上では格子ダムの値が低くなっている。この差は実験に用いた砂礫の粒度分布によると考えられるがはっきりしたことは言えない。なお、渡辺らは d_{100} を最大粒径として採用している。

4. 確率的評価の適用

ダムによるピーク流出土砂量減少率を芦田らの方法³⁾にならって確率的に計算してみる。土石流がダムに到達した直前の波高がダムに占める面積で土砂・礫が通過可能な面積を割った値を減少率とし、通過条件は礫がダム構成材に接触しない事とする。計算結果は、 L_{min}/d

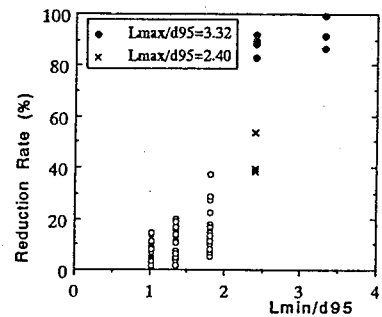


図-5. 総流出土砂量減少率

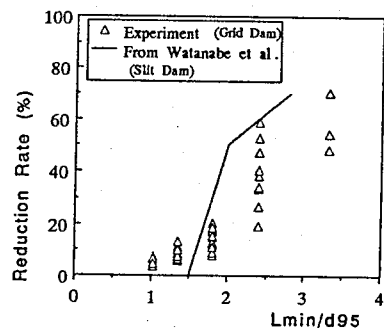


図-6. ピーク流出土砂量減少率

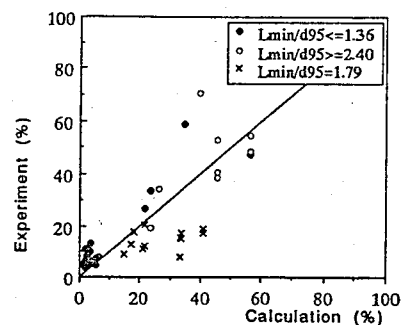


図-7. 減少率

95=1.79では実験値よりも計算値の方が高くなっているもののこのモデルによっておおよそ予測できているものと考えられる。

5. 現地調査との比較

富士川砂防工事事務所管内にある平成2年8月に土石流を経験した大瀬沢第2ダムと平成3年8月に土石流を経験した濁沢第2ダム（鋼製格子型ダム）を平成4年10月に調査し、土石流発生前後の写真とも比較した。両ダムとも土石流発生直後はダムの上下流に連続した堆積がみられ、似た様子であったが、大瀬沢第2ダムは土石流を多少捕捉してたと考えられ、濁沢第2ダムは土石流を捕捉しなかったと考えられ、大瀬沢第2ダムのダム上流面において捕捉されていた最大礫径は2.28mであり $L_{min}/d_{95}=1.75$ 、濁沢第2ダムの上流面において見られた礫の最大粒径は1.00mで、この値と最小格子間距離との比は4であった。土石流を捕捉したか否かの判定にはあいまいな点もあるが、図-5の実験結果と傾向的に一致している。

6. あとがき

以上、土石流対策の格子型ダムの格子間隔変化が土砂調節機能に及ぼす影響を実験的に検討してみた。この結果によると、格子型ダムが完全に閉塞する条件は最小格子間距離（ L_{min} ）と最大粒径（ここでは d_{95} ）の比が1.5以下の場合である。これは従来の研究結果と調和的である。 L_{min}/d_{95} がこれ以上になってもピーク流出土砂量はかなりの領域においてある程度は減少するが、総流出土砂量は比較的早く（ L_{min}/d_{95} が2.5程度）減少しなくなる。これは一旦堆積した土砂が再侵食で流出するためであり、実験では2回目のピークを形成して、1回目のピークよりも大きい場合も見られた。これについては今後更に検討が必要である。

最後に、現地調査にご協力頂き、写真などの資料を提供していただいた建設省富士川砂防工事事務所の皆様、ならびに、ダム模型の製作にご協力いただいた（株）神戸製鋼所の関係各位に謝意を表します。

参考文献

- 1) 池谷 浩、上原 信司 : スリット砂防ダムの土砂調節機能に関する実験的研究、新砂防、114号、昭和55年 3月、pp. 37～pp. 44
- 2) 渡辺 正幸、水山 高久、上原 信司 : 土石流対策砂防施設に関する検討、新砂防、115号、昭和55年 5月、pp. 40～pp. 45
- 3) 芦田 和男、江頭 進治 : 透過性砂防ダムの土砂調節機構、「砂防ダムの機能と配置法に関する研究」研究成果報告書、昭和62年 3月、pp. 39～pp. 62