

岩手大農 ○島田 徹* 石橋秀弘
建設省新庄工事事務所 星野和彦

1. はじめに

土石流の制御は、これまでダム、流路工、遊砂地などによっておこなわれてきた。それに加えて最近の10年来、透過性ダムの施工もみられるようになったが、その機能については不明な点も残っており、水路実験や現地での観測にもとづく検討が必要とされている。本研究では山形県小六郎沢に施工された立体格子ダムについて模型実験をおこない、土石流制御の機能を検討した。また、現地条件にこだわらず任意の実験条件を与えて土石流制御機能を一般的に評価することをも試みた。対照として在来型ダムについても同一条件で実験をおこない、格子ダムと比較した。

2. 実験方法

実験には実物の格子ダムの1/94の模型を使用し、在来型ダムの模型は格子ダムと同じ有効高をもつものを用いた。格子の間隔は最大礫径の2倍であり、模型では32mmである。これらのダムを図-1に示す幅15cmの二次元可変勾配水路に設置した。水路は屈曲点をもち、上流側は18°で一定とし、下流側は7°、12°、18°の勾配で実験をおこなった。小六郎沢ダム築造位置の溪床勾配は7°である。水路床は砂を付着させた固定床とし、側面はアクリル板である。測定によれば粗度係数(マニング)は0.02であった。上流側水路にせきを設け、これを上方に取り拂うことにより土石流を発生させた。実験材料は小六郎沢の溪床堆積物にあわせて粒度を調整した混合砂礫である。その最大粒径は16mm、平均粒径7.6mm、中央粒径4.5mm、密度2.79/cm³、空隙率0.4であった。給砂量は5lまたは10lで、実際の土砂量では4200m³、8300m³に相当する。

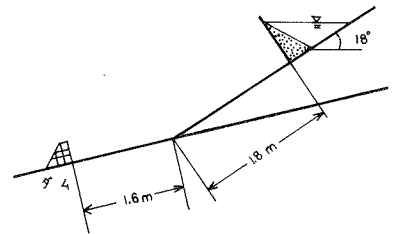


図-1 実験水路

土石流のダムへの堆砂が砂礫と水の割合の影響をうけることが予想されたので、給砂濃度(空隙を含まない容積率)を変化させて実験をおこなった。その範囲は予備実験により下流側水路勾配に応じて定めた。すなわち、18°の場合の給砂濃度は27~43%、12°の場合27~33%、7°の場合27~30%とした。給砂量5lの実験では、同じ給砂濃度の土石流を3回連続で発生させた。

ダム近傍の土石流の挙動と堆砂の様子は水路の側面からビデオカメラによって撮影し、砂礫の流動が止まった後、ポイントゲージによって堆砂縦断形状を測定した。

土石流がダムに堆砂した後に通水をおこない、ダムからの流出砂礫量を測定した。通水量は20 l/minとした。この値は、ラシヨナル式で算出した小六郎沢のピーク流出量からフルード数による相対率をつかって模型の流量に換算した値のおよそ半分に相当する。

*現在 国際航業株式会社

3. 結果

3.1. 堆砂形状

3.1.1. 堆砂縦断形状

堆砂縦断形状の再現性は在来型ダムでは良好であった。

格子ダムでも、ダム近傍を除いては良好であった。

堆砂形状は給砂濃度によって変化した。在来型ダムの場合、給砂濃度が高いときは堆砂は急勾配になり、ゆるいS字曲線になる。給砂濃度が低いときは堆砂勾配は水平に近づき、極限状態では逆勾配になった。格子ダムは土石流の流下と同時に閉そくし、在来型ダムと同様に堆砂したが、一部の格子の閉そくが解けることによってダム近傍の砂礫が流出し、図-2、-3にみられるような差が生じた。この差は格子ダムが流出砂礫をいったん抑留して無害化したのち下流に流下させる機能に関係がある。

格子ダムの閉そく条件は砂礫の最大粒径と格子間隔に支配されるといわれているが、本実験では格子の閉そくについては再現性が低かった。これは格子の閉そくに関与する粒径の礫の数が不足であることによるものとおもわれる。

図-4、-5は複数波の土石流による堆砂形状を示す。給砂濃度の高い場合は、後続の土石流はダムまで到達しないで流動時の形状を残して停止した。給砂濃度が低くなるにつれ、第2波、第3波の土石流もダムを越流するようになった。いずれの場合にも後続の土石流は先行した堆砂の上に折り重なるように堆砂した。土石流が先行土石流の堆砂面に到達すると勾配の変化のほか、堆砂面における浸透によって水分減少が起ることにより流動性を失って停止したものとおもわれる。

3.1.2. 堆砂距離

給砂濃度と堆砂距離の関係を図-7、-8に示す。水平に堆砂したばあいの堆砂距離を1として、これに対する比数で堆砂距離をあらわした。

堆砂距離は給砂濃度の増加にともなうて増大した。格子ダムと在来型ダムの差はあまりみとめられない。これは前項でふれたように、堆砂形状の差はおもにダム近傍で起っており、上流側にはあまり影響しないことによるものとおもわれる。

水路勾配の1/2と2/3にあたる9°と12°の勾配で堆砂した場合の堆砂距離を図中に直線で示してあ

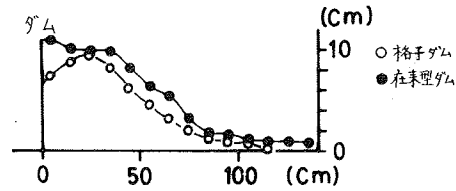


図-2. 堆砂縦断形状の一例
勾配18°, 給砂濃度43%

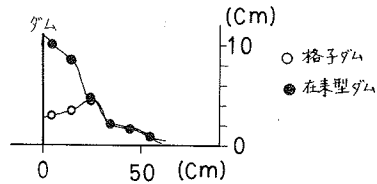


図-3. 堆砂縦断形状の一例
勾配18°, 給砂濃度33%

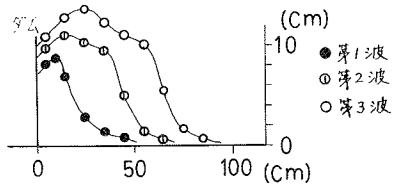


図-4. 堆砂縦断形状の一例
勾配18°, 給砂濃度33%, 格子ダム

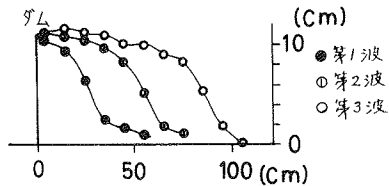


図-5. 堆砂縦断形状の一例
勾配18°, 給砂濃度33%, 在来型ダム

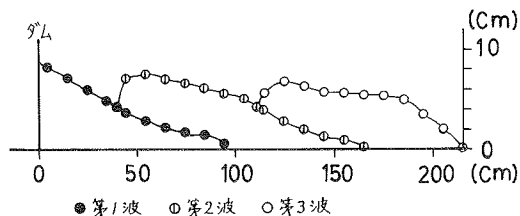


図-6. 堆砂縦断形状の一例
勾配18°, 給砂濃度43%, 在来型ダム

る。多くの堆砂距離の値はこの間にあり、実際の溪流での値と一致しているものとおもわれるが、いっぽうこの範囲を大きく上まわるケースのあることは、土石流による堆砂の特徴をあらわしているものといえよう。

3.2. 堆砂量

3.2.1. 貯砂機能

給砂量に対する堆砂量の割合で貯砂機能をあらわすことにする。土石流が1波だけの場合と、3波までの場合とについて給砂濃度と貯砂機能の関係をそれぞれ図-9, 図-10に示した。給砂濃度が高いものほど貯砂機能は大きかった。給砂濃度の低い土石流はダムを越流するためこのような傾向が得られたものとおもわれる。格子ダムでは給砂濃度の低い場合、貯砂機能の著しく小さい場合がみられた。

1波の土石流による堆砂では、格子ダムの貯砂機能は在来型ダムのそれよりも低い。これは関そのく解けた部分から砂礫が流出したからである。土石流を2波、3波と連続発生させた場合は、先行土石流による堆砂量が著しく小さい場合を除いて格子ダムと在来型ダムの差はなくなる。換言すれば、第2波、第3波の土石流に対しては、格子ダムの貯砂機能が在来型ダムを上まわったことになる。

格子ダムの先行堆砂層はよく排水されているから、新たに到達した土石流も脱水されて流動性を失いやすく、その結果貯砂機能(2波以降)が高まるものとおもわれる。

貯砂機能に関する以上の傾向は、給砂量が10Lの場合、勾配が7°, 12°の場合にも同様にみとめられた。

勾配と貯砂機能の関係を図-11に示す。勾配が大きいものほど貯砂機能は小さく、また在来型にくらべて格子ダムの方が貯砂機能は小さいことがわかる。ダムのタイプによる貯砂機能の差は勾配が急であるほど大きい。

この実験条件のもとでは、在来型ダムへの堆砂は水平に近くなるため勾配の変化にともなうダムの容量も変化しており、このことが勾配増大にともなう貯砂機能の減少傾向となつてあらわれているとおもわれる。

3.2.2. 複数波の土石流による堆砂量

図-12に5Lずつ複数回の土石流による堆砂量を示す。第2波、第3波による堆砂量は第1波によるものとあまり

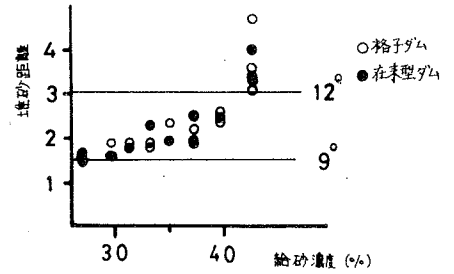


図-7. 給砂濃度と堆砂距離の関係
勾配18°, 給砂量10L, 1波

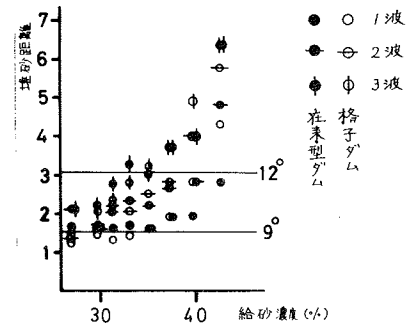


図-8. 給砂濃度と堆砂距離の関係
勾配18°, 給砂量1波につき5L, 3波

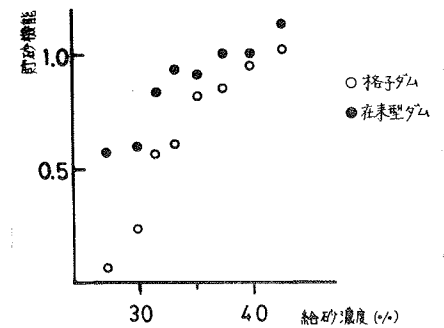


図-9. 給砂濃度と貯砂機能の関係
勾配18°, 給砂量5L, 1波

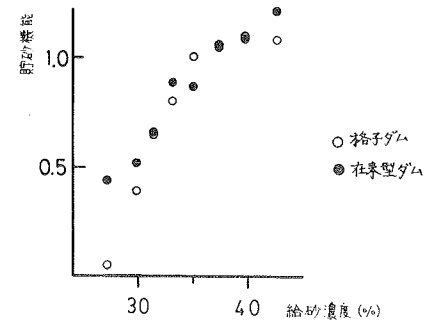


図-10. 給砂濃度と貯砂機能の関係
勾配18°, 給砂量5L×3波

変らない。本実験の規模程度の土石流では、1波だけでダムが満砂してしまうことはなく、それ以後の土石流に対しても抑留能力の余裕があったことを示している。また図-12には、同一給砂濃度で2回分の給砂量10Lを1波で流した場合の堆砂量も示してある。これを5L×2回の土石流による堆砂量と比較すると、給砂総量は同じにもかかわらず、2波に分けて給砂した方が堆砂量が多いことがわかる。

3.3. 通水による流出

堆砂層に対する通水を、砂礫移動がほとんどなくなるまでおこなった。在来型ダムの最終堆砂形状はほぼ水平であった。格子ダムではほとんどの実験で總ての砂礫が流出したが、格子の閉そくが解けず在来型ダムと同様の最終堆砂形状となることもあった。

格子型ダムからの砂礫流出の経時変化の一例を図-13に示す。砂礫の流出は非正常でいくつかのピークが現われる。これらはなんらかの契機によって格子の閉そくが解け、そこに水が集中して砂礫を流出させたとき発生した。在来型ダムでは流出砂礫量の時間的変動は小さかった。

4. おわりに

貴重な意見をいただいた新庄工事事務所長 大久保駿氏、岩手大学農学部三輪 弐氏、太田岳史氏に感謝する。

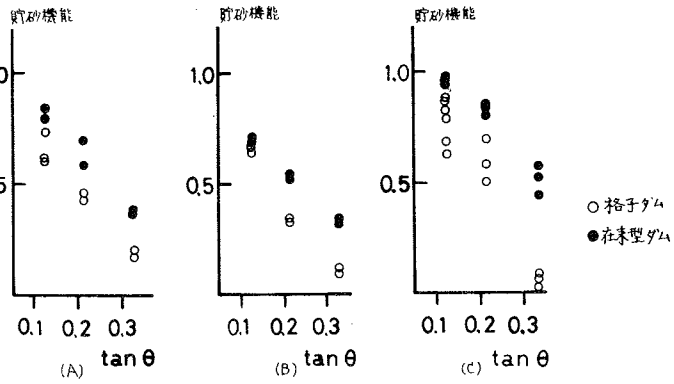


図-11. 勾配と貯砂機能の関係
給砂量と給砂濃度
(A) 10L, 30% (B) 10L, 27% (C) 5L, 27%

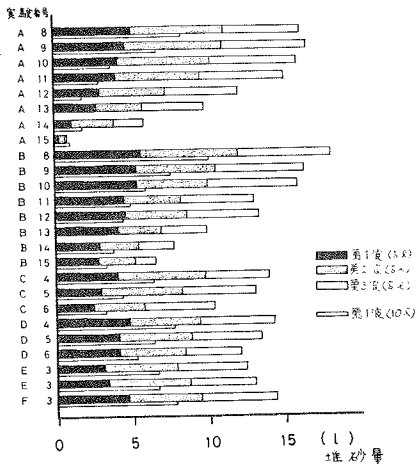


図-12. 複数波の土石流による堆砂量
ダムタイプと水路勾配
A: 格子, 18°, B: 在来, 18°, C: 格子, 12°,
D: 在来, 12°, E: 格子, 7°, F: 在来, 7°

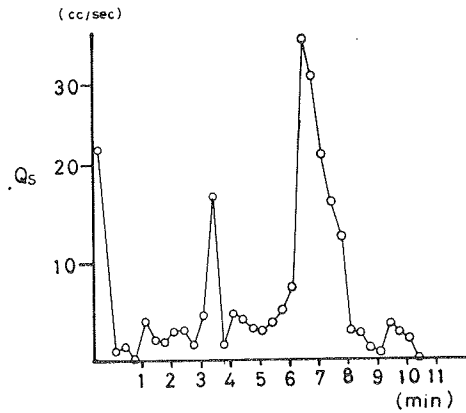


図-13. 通水による流出砂礫量
勾配7°, 給砂濃度30%, 通水量20L/min.