

格子型砂防堰堤の格子部上方から流出する流砂の制御法に関する実験的研究

(財) 砂防フロンティア整備推進機構
日本工営(株) 中央研究所
京都大学大学院農学研究科

堀内成郎, (財) 砂防フロンティア整備推進機構 田畑茂清
伊藤隆郭, 日本工営(株) 国土保全事業部 小野慎吾
水山高久

1. 緒論

土石流・流木対策の指針解説の改訂¹⁾に伴い、堤高が15m以上の透過型砂防えん堤が計画されつつある。筆者らはハイダム形式の鋼製格子型砂防えん堤を「格子型ハイダム(grid-type high-dam)」と略称し、この土砂捕捉や土砂調節機能に関する実験的な検討を行って昨年度の砂防学会誌で報告した^{2),3)}。

本稿では、格子型ハイダムが大出水によりある程度堆砂し、格子が閉塞した後の中小出水の発生を想定して、流砂が格子を透過して流出するのを抑制するための機能部材¹⁾を用いた実験結果について報告する。なお、本報告では、格子間に設置する鋼管⁴⁾ではなく、極力簡易な機能部材として、簡易的リングネット状鋼製柔構造物(以下、ネットと略称)を対象とした。ネットを用いた土石流捕捉に関する現地実験⁵⁾や水路実験は行われているものの、これらは土砂濃度の小さい土砂流・掃流を対象としたものではない。本実験は、このような背景のもとに、えん堤堆砂域にある程度の土砂を堆積させた後、堆砂域の土砂が巨礫成分の移動しない水理条件下で、水みちの変動や砂州の移動による土砂輸送によって流送されることによって生じる格子えん堤からの過大な土砂流出を抑制する方策の有効性を示す水路実験である。

2. 水路実験

模型縮尺は、1/50にして諸元を設定した(以降、水量は原型値で示す)。使用する水路は、図-1に示すように、左岸側壁がアクリル製の矩形断面開水路で、長さ20m、幅30cm、河床勾配は $4.2^\circ (= 1/13.5)$ で、下流端より2mの位置に格子えん堤模型を設置した。格子は、鉛直部材間隔が $1.0 \times d_{95}$ 、水平部材間隔が $1.0 \times d_{95}$ (最下段のみ $1.5 \times d_{95}$)とした³⁾。

上流から十分に飽和した土石流を流下させ、水路下流端では、えん堤通過後の流量、流砂量の時間変化および総流出土砂量を計測した。えん堤上流域では、土石流の流下速度、堆砂形状を測定した。ビデオカメラ

でえん堤近傍と水路全体(側面)の流況を撮影した。

河床材料は、図-2に示すように、 d_{95} が1,800mm、最小粒径が0.1mm以下、平均粒径が258mmの幅広い粒度分布をもつ。大出水時の清水ピーク流量は $185 \text{ m}^3/\text{s}$ であり、中小出水の規模は、 d_{95} の混合砂の移動限界流量と設定した(約 $60 \text{ m}^3/\text{s}$ ($57.7 \text{ m}^3/\text{s}$))³⁾。

実験では、えん堤内の堆砂をさせるために、大出水流量を定常的に1.75時間通水し、その後、格子上方からの土砂流出をみるために、小出水流量を定常的に4.16時間通水した。総通水時間は5.91時間である。なお、大出水時の水理条件では、混合砂の全粒子が活発に移動するが、小出水時には、大粒径粒子の移動性が小さく、流砂成分の粒径は河床材料と比べて小さい。

ネットは、写真-1に示すように、格子上方での土砂流出の違いをみるために、小出水流量の通水時に格子の鉛直上方部に設置した。なお、ネットの内径サイズは、規格品の最小サイズ(300mm)のものを用い、ネット同士の重なりを考慮した有効内径は240mmとなるので、これを一辺225mmの金網で正方形近似した。円形ネットの有効径は、流砂成分の最大値に相当する河床材料の d_{80} (約200mm)を想定した。

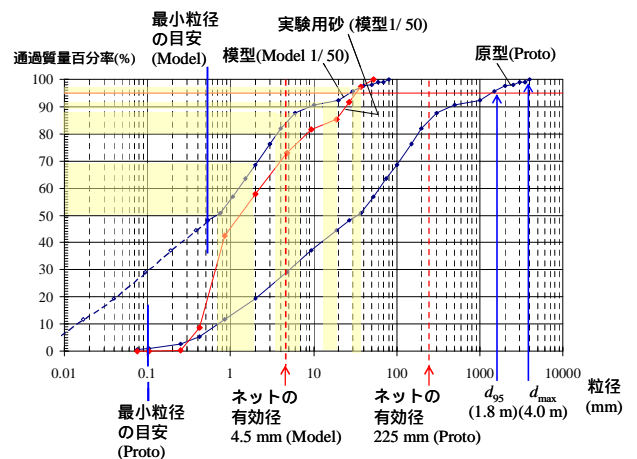


図-2 河床材料および実験に用いた材料の粒度分布

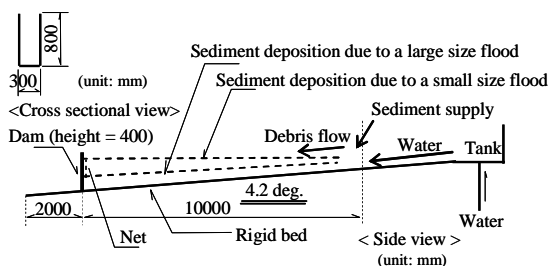


図-1 実験水路の模式図



えん堤上流側より撮影

えん堤下流側より撮影

写真-1 ネットの設置状況

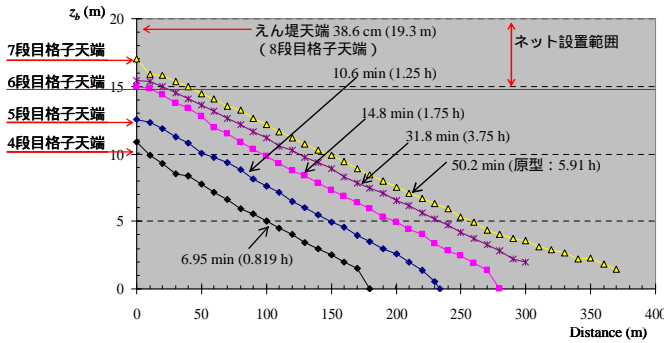


図 - 3 河床縦断分布の時間変化(ネットなし)

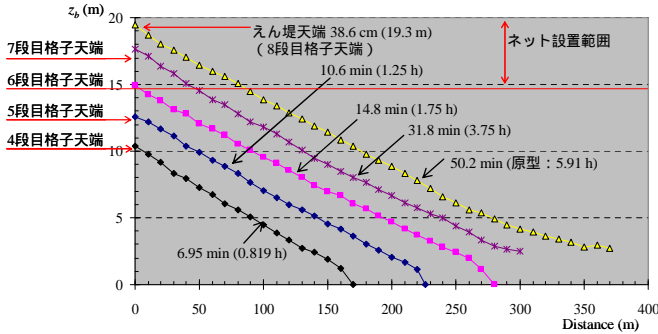


図 - 4 河床縦断分布の時間変化(ネットあり)

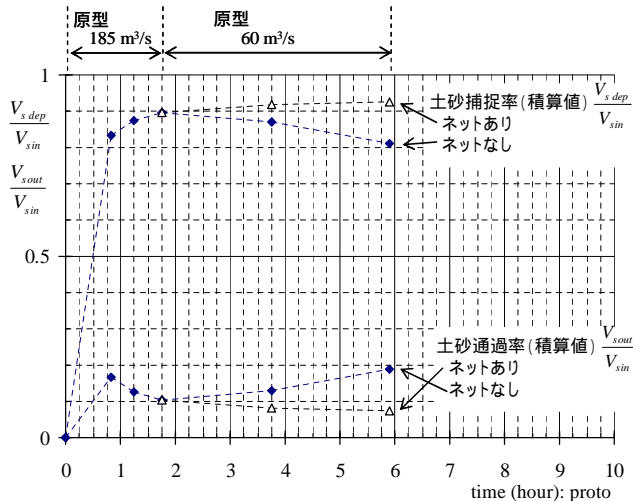


図 - 5 格子えん堤による土砂捕捉率・通過率(積算値)の時間変化

3. ネットによる流砂の制御

図 - 3 および図 - 4 は、ネットの有無によるえん堤堆砂域の河床縦断分布の違いを示したものである。図 - 5 は、土砂捕捉率および通過率の時間変化である。土砂捕捉率および土砂通過率の定義は文献²⁾に示すが、それぞれ、供給土砂量に対する捕捉および通過土砂量の時間積分値である。

これらの図によると、次のことが分かる。大出水(185 m³/s) 通水後の最小流量(60 m³/s)の通水において、格子えん堤からの土砂流出が徐々に大きくなる。これは、小流量時の河床勾配の現象に伴う掃流力の減少により、巨礫成分がえん堤に到達せずに細砂成分の土砂が格子を通過しているためである。格子上方にネットを設置した場合には、ネットの有効径よりも小さい粒子径の土砂は若干通過するものの、えん堤が満砂になるまで

土砂捕捉をさせていることが分かる。ネットの設置により、小出水通水後の格子えん堤からの土砂通過率は、約 7~8%になり、ネット無しのデータと比べて、流出土砂量が約 12~13%低減している。ネットの内径は、規格品の最小サイズ程度であるため、これ以上の土砂流出を抑制するためには、ネットの二重構造、あるいは格子の上流側の堆砂面に巨礫を配置³⁾、またそれらの組み合わせ、などの手法が有効と考えられる。

本実験は、直線水路を用いた水理実験であり、土砂堆積に伴う川幅の拡幅や弯曲流れ等の影響を考慮していないが、ネット設置の効果(土砂堆積効果)の検討や対策に対する考察としては、有効な手法と考える。また、ピーク流量の低減⁶⁾や出水規模に応じた格子上方での流木の集積・捕捉の問題も考慮する必要があるが、これらについては今後の課題としたい。

4. 結論

先に報告した筆者らの水理模型実験³⁾によれば、えん堤にある程度の土砂が捕捉された後、小流量が給水されると、巨礫成分以外の細砂成分が移動することによって、格子えん堤からの土砂流出が大きくなるという結果が得られた。本実験では、その結果を受けて、格子えん堤の格子からの土砂流出を簡便に抑制することを念頭に置いた水路実験を行った。えん堤内の土砂堆積が進んだ状況において、中小規模の出水による土砂の移動を制御するための機能部材としてネットを選択し、その土砂捕捉機能について検討したところ、ネットの設置によって、格子上方からの土砂流出が抑制されることが明らかとなった。

機能部材としては格子型ハイダムの格子間に水平・鉛直部材を設置するよりも、むしろ、ネット等の鋼製柔構造物の設置が、土砂流出を抑制する手法としては簡便かつ有効であると思われる。

謝辞：本研究で使用したデータの殆どは筆者らが富士川砂防事務所の業務で実施した模型実験(日本工営(株)中央研究所にて実施)のものである。データの使用と発表を快諾して頂いた国土交通省富士川砂防事務所に感謝申し上げます。

参考文献：1) 国総研 砂防研究室：国土技術政策総合研究所資料,第 364 号,2007,2) 堀内成郎ら：直線水路を用いた格子型ハイダムの土砂捕捉機能に関する模型実験,砂防学会誌,Vol. 62, No. 2, pp. 29-36, 2009, 3) 堀内成郎ら：格子型ハイダムの土砂コントロール機能を評価するための水理模型実験,砂防学会誌, Vol. 62, No. 2, pp. 37-44, 2009, 4) 水野秀明ら：上部の格子間隔が狭い格子型ダムに関する研究,砂防学会誌(新砂防), Vol. 49, No. 4, pp. 3-8, 1996, 5) 田畑茂清ら：改良式ワイヤネット工の改良と捕捉実績,平成 16 年度砂防学会発表会発表概要集, pp. 120-121, 2004, 6) 水山高久ら：格子ダムのピーク流砂量減少率に関する研究,砂防学会誌(新砂防), Vol. 47, No. 5, pp. 8-13, 1995.