

中期土砂流出対策として効果的な新型砂防施設の開発（その1）

株式会社建設技術研究所 ○宇野澤剛，鴨志田毅，池上浩二，吉田圭佐，中西宏彰

1 はじめに

「河川砂防技術基準」（平成31年3月）では，従来の短期土砂流出対策と合わせて，中小降雨による中期・長期土砂流出対策計画を作成し必要なハード対策を実施することが求められている。

短期対策に関しては，従来の鋼製透過型砂防堰堤の配置が効果的だが，中・長期土砂移動現象に対する捕捉効果は期待できない。このため，大規模な土砂災害現場で，多量の不安定土砂が残存する流域の再度災害防止対策では，砂防堰堤の型式(不透過・透過)の選定に悩むことがある。

本稿では，このような課題に対応するため，短期土砂流出（主に土石流）と中長期土砂流出（主に掃流）の両方を捕捉可能な新型砂防施設の研究開発を行い，その効果を水路実験で確認した現時点の成果について発表する。

2 捕捉の対象とする土砂流出現象

今年度の研究開発は，中期(大規模土砂生産イベント後，土砂流出が特に活発な時期)の土砂流出対策を対象とした。

2.1 土砂の流出形態

閉塞タイプの透過型砂防堰堤による捕捉が困難な「掃流砂」を捕捉の対象とした。

2.2 土砂流出の規模

以下の理由より，降雨確率30年規模の洪水時に想定される流出土砂を対象とした。

- ・一般に，山地河川より下流区間の河川では，30年確率程度の規模で河道改修が行われることが多いが，河川計画では，土砂混入を考慮した流量に対する治水安全性は担保していない。
- ・山地河川に設置した透過型砂防堰堤を通過する掃流砂が下流河川に流出すると，縦断勾配等にもよるが河床上昇および土砂洪水氾濫を引き起こす可能性がある。

2.3 土砂の粒径(質)

以下の理由より，新型砂防施設で捕捉すべき土砂の粒径は10cm以上とした。

- ・本研究開発では，山地河川下流域において，30年確率規模の土砂洪水氾濫を懸念する。
- ・本研究の対象フィールドにおいて，中期土砂流出による氾濫が懸念される扇状地区間の河床材料は，平均粒径 $d_{50} \approx 7\text{cm}$ ，代表粒径 $d_{60} \approx 15\text{cm}$ である。これより，洪水時の粒径 $7\text{cm} \sim 15\text{cm}$ 程度未満の砂礫は容易に河床に堆積せず，下流へと流送されるものが多いと考えられる。
- ・よって，当該区間に堆積し易く，河床上昇の要因となり，土砂洪水氾濫を引き起こす可能性がある土砂の粒径は10cm以上と考えた。

3 新型砂防施設の開発コンセプト

- (1) 単純化: 多様な中期土砂流出現象への応答を捉えやすい

よう，施設に期待する機能とメカニズムが分り易い型式とする。

- (2) 実現性: 従来技術の応用により，実用化の見通しが付きやすい構造とする。

- (3) 汎用性: 流通する資材を使って，容易に設計・施工できる工法とする。

これらの条件を満たすものとして，鋼製透過型砂防堰堤の前庭部に，掃流砂捕捉用スクリーンを設置する方式の砂防施設を開発することとした。

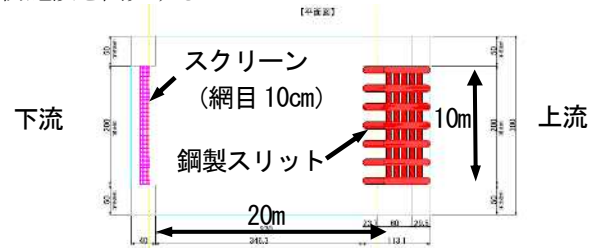


図-1 新型砂防施設の平面図



写真-1 新型砂防施設の実験模型（縮尺 S=1/50）

4 新型砂防施設に期待する機能および効果

パターン1～パターン3

- ①短期土砂流出現象の「土石流」を，閉塞タイプの透過型砂防堰堤で捕捉する（図-2）。
- ②捕捉した土石流の除石を行う。
 - ・パターン1：元河床高までの除石が終了
 - ・パターン2：堆砂高の1/2 までの除石が終了
 - ・パターン3：除石は未着手
- ③短期土砂流出後の中期（土砂移動が特に活発な時期）に発生する有害な「掃流砂」をスクリーンで捕捉する（図-3）。

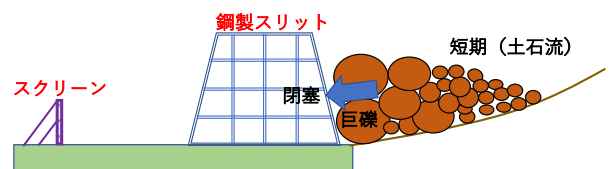


図-2 透過型砂防堰堤による「土石流」の捕捉

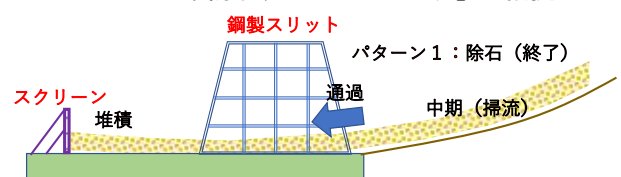


図-3 スクリーンによる「掃流砂」の捕捉（パターン1）

パターン2と3は、高段から落下流状態で流入する掃流砂をスクリーンで捕捉する。跳水の発生が想定され、流れが乱れた状態でもスクリーンが十分に機能するかを確かめることが目的になる。

パターン4

- ①短期土砂流出現象の「土石流」を、閉塞タイプの透過型砂防堰堤で捕捉する。ここでは、施設設計上の計画堆砂勾配で満砂した状態を想定する。
- ②除石に着手できる前に、中小出水（清水で2年確率相当）が発生して、堆砂が二次流出する。土砂は平常時堆砂勾配に落ち着くまで流出を続ける。
- ③鋼製砂防堰堤の天端から落下する「掃流砂」をスクリーンで捕捉する（図-4）。

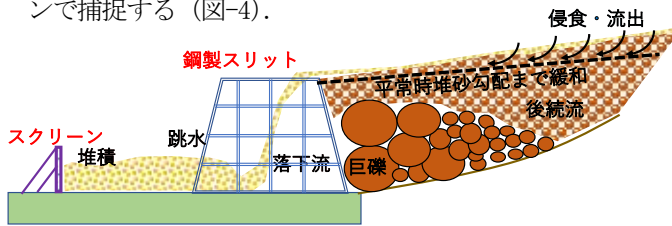


図-4 スクリーンによる「二次流出土砂」の捕捉（パターン4）

パターン5

- ①これまでのパターンと異なり、中期土砂流出対策のスクリーンが障害となって、短期土砂流出現象「土石流」を捕捉出来なくなることが無いかを照査する。
- ②具体的には、透過型砂防堰堤下流面に設置したスクリーンが堰上げを促進して、土石流フロント部がほぐれてしまい、透過部を閉塞させずに土石流が通過してしまわないかをチェックする。

5 水路実験

5.1 実験結果

実験結果の一例として、パターン4の堆砂縦断面図、土砂収支図を以下に示す。

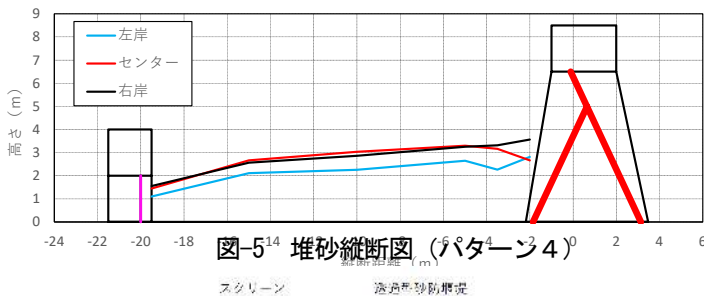


図-5¹⁴ 堆砂縦断面図（パターン4）

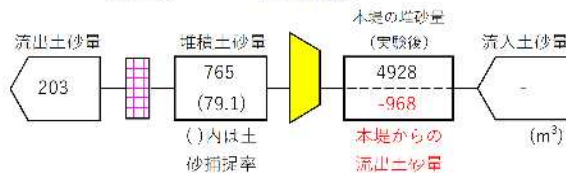


図-6 土砂収支図（パターン4）

5.2 考察

各パターンでの実験を通して、本研究開発で目指す新型砂防施設の機能・効果、あるいは問題点を以下のように整理した。

①堰堤上流側に捕捉量の空き容量があるパターン1及び2の場合、中規模出水の流出土砂はスクリーンを設置した前庭部の空間で二次移動した土砂を概ね捕捉できた。一方、堰堤上流の捕捉量が満砂の場合であるパターン3および4については、堆砂敷や上流から流出した土砂でスクリーンを設置した前庭部の空間が満砂となり、パターン3で6割弱、パターン4で2割弱の土砂がスクリーンの下流へ流出している。

②満砂した条件で実施したパターン3およびパターン4では、給砂・無給砂に関わらず堆砂敷からの土砂の二次移動がそれぞれ1,200m³程度、1,000m³程度生じている。堰堤効果量約6,000m³なので20%、16%程度の土砂が二次移動したことになる。

③スクリーンから流出した土砂について、スクリーンが未満砂の状態になったパターン1及びパターン2は2mm（現地で10cm）以下のもののみが流出している。一方、スクリーンが満砂し、スクリーンを越流して土砂が流出してしまったパターン3及び4については、想定した2mm（現地で10cm）以上の土砂が下流へ流出している。

④堰堤に空き容量のあるパターン1とパターン2では給砂した土砂の10mm以上（現地で50cm以上）のものについては鋼製スリットで捕捉できており、スクリーン部分に堆積した土砂の粒度分布が同様の傾向にある。

⑤中規模出水を想定して給水・給砂したパターン2と3を比較すると、堰堤に空き容量があったパターン2の方が給砂した土砂の礫径の大きいものを鋼製スリットで捕捉できたと考えられるため、スクリーンに堆積した土砂の粒度分布がパターン3に比べて小さくなっている。パターン3は堰堤が満砂した状態であるため、給砂した土砂の粒径で10mm以上（現地で50cm以上）のものも鋼製スリットで捕捉できずに、スクリーン部分へ流出したものと考えられる。

以上より、スクリーンについては、満砂して越流しない限り、想定した分級効果が期待できるようである。つまり、無害な粒径のみを流下させるにはスクリーン部分の容量の設定が重要な要素となるものと考えられる。

6 今後の課題

実験に着手するにあたり予備実験において土石流を発生させて堰堤を満砂させる過程で、前庭部にスクリーンを設置した状態にしておくとスクリーンの空間に土砂が堆積してしまい、後続流のための空き容量が不足する可能性があることを確認した。

このため、本実験のパターン2～パターン4について土石流で堰堤を満砂させる段階ではスクリーンを設置せず、後続流を流下させる段階でスクリーンを設置するものとした。下流側のスクリーンについては、常設とはせずに出水後設置できるような構造が望ましいと言える。

7 おわりに

本研究で得られた成果を踏まえ、効果的な中・長期土砂流出ハード対策の実用化に向けて当研究開発を継続し、国土保全分野で社会的な貢献をしたい。