

土石流堆積区間における砂防えん堤の効果～地形再現モデルによる水理模型実験～

北海道胆振支庁室蘭土木現業所  
(株)北海道技術コンサルタント  
岡崎正宜 伊藤博光  
神原孝義 ○小島洋介

1. 背景・目的

近年、施設の効率性および環境への配慮から、砂防えん堤はスリットを設けた形式が主流となっている。一般にスリット砂防えん堤の形式は、土砂の流送形態が掃流の場合には堰上げスリット型となり、土石流の場合には閉塞スリット型となる。これらのえん堤は土砂捕捉メカニズムが異なるため、えん堤形式の決定の際には、土砂流送形態を正確に把握することが重要となる。

北海道沙流郡平取町に位置する貫気別川（流域面積 70km<sup>2</sup>、流路延長 70km）では、平成 15 年台風 10 号に伴う集中豪雨による災害を受けて、2 号砂防えん堤をスリット化し、調節（捕捉）効果の向上を図ることとなった。えん堤設置地点における溪床勾配は本川 1/15 および支川 1/12 であり、勾配区分上は土石流堆積区間に位置する。しかしながら、えん堤堆砂域およびその上流域の現地踏査の結果、明確な土石流の流下痕跡は確認されなかった。したがって、本地点での土砂流送形態は土石流・掃流のどちらも想定されるため、2 号えん堤については土石流・掃流双方に対応できることが望まれる。

本報告は、水理模型実験結果から、土石流と掃流それぞれの流送形態に対する堰上げスリット型えん堤と閉塞スリット型えん堤の施設効果についてとりまとめたものである。

2. 実験条件

- 2.1. 模型水路形状 図1に示す2次元地形再現モデルを使用した。
- 2.2. 実験ケース 施設形式は堰上げ型と閉塞型を対象として、それぞれ掃流、土石流を供給する4ケースを行った（表1）。
- 2.3. 実験条件 表2に実験条件の一覧を示す。
- 2.4. ハイドログラフ 実験対象の洪水に対して、図2に示すような6段階の階段状ハイドログラフを設定した。また、土石流はピークの流量階の終了後に発生させるものとした。
- 2.5. 施設概要 堰上げ型は有効高 7.5m で、スリット形状は高さ 7.5m×幅 6.0m である。スリット幅は、流木によるスリットの閉塞が起こらないように、最大流木長 6.0m と同じ幅とした。一方閉塞型は有効高 7.5m で、高さ 7.5m×幅 25.0m の開口部を設け、そこに鋼材を格子状に配置した。格子の間隔は現地最大礫径より 0.9m とした。

3. 実験結果

- 3.1. 土砂捕捉効果 各ケースにおける、えん堤による土砂捕捉量を図3に示す。捕捉量は堰上げ型と閉塞型で大きく異なり、閉塞型の方が土砂捕捉効果は高いといえるが、いずれのケースにおいても土砂捕捉量は机上で求められた捕捉量 74,700m<sup>3</sup> よりも多かった。
- 3.2. えん堤下流への影響 各ケースにおける、えん堤通過土砂量を図4に示す。堰上げ型では約80,000m<sup>3</sup>（供給土砂量の約50%）がえん堤を通過したが、閉塞型ではえん堤通過土砂量はほぼゼロ

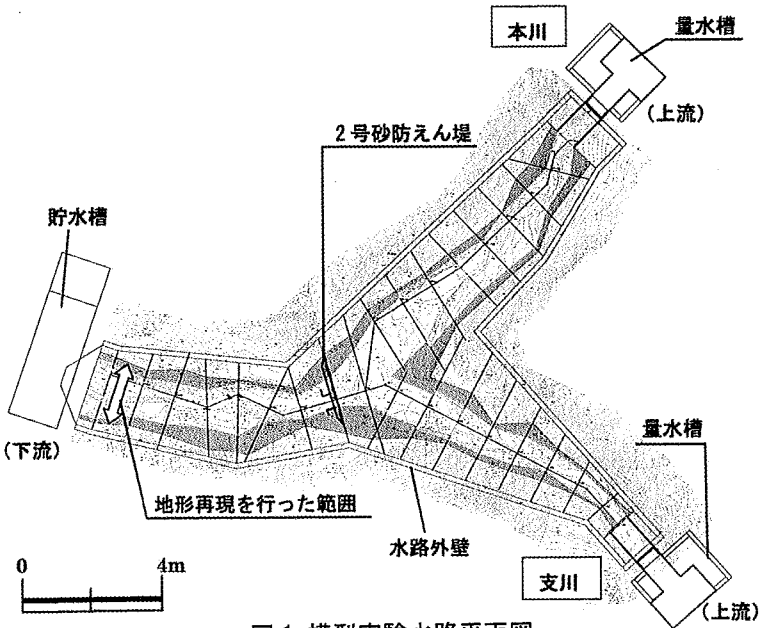


図1 模型実験水路平面図

表1 実験ケース一覧

| ケース名 | 施設形状  | 実験条件 |     |        |      |
|------|-------|------|-----|--------|------|
|      |       | 流量条件 | 土石流 | 給砂条件   | 給木条件 |
| 1    | 堰上げ   | 計画洪水 | 無   | 計画流出土砂 | 計画流木 |
| 2    | スリット型 | 計画洪水 | 有   | 計画流出土砂 | 計画流木 |
| 3    | 閉塞    | 計画洪水 | 有   | 計画流出土砂 | 計画流木 |
| 4    | スリット型 | 計画洪水 | 有   | 計画流出土砂 | 計画流木 |

表2 実験条件

|      |                                                                 |
|------|-----------------------------------------------------------------|
| 縮尺   | 1/50                                                            |
| 流量   | 計画洪水ピーク流量: 210m <sup>3</sup> /s<br>土石流流量: 370m <sup>3</sup> /s  |
| 給砂量* | 計画流出土砂量: 167,500m <sup>3</sup><br>土石流の給砂量: 17,060m <sup>3</sup> |
| 給木量  | 計画流木量: 14,680m <sup>3</sup>                                     |

(\* 総給砂量167,500m<sup>3</sup>のうち、17,060m<sup>3</sup>を土石流として供給)

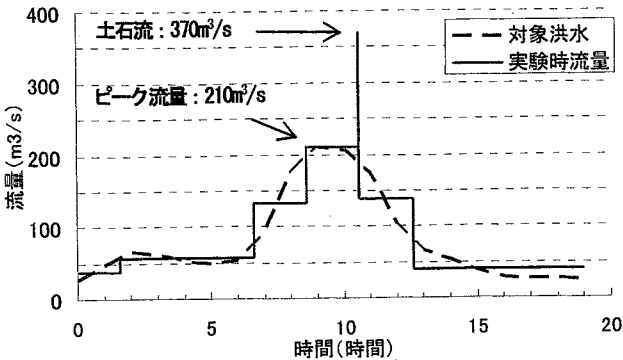


図2 ハイドログラフ

口であった。そのため、閉塞型えん堤下流では大幅な河床低下が見られた。

**3.3. 流木捕捉効果** 各ケースにおける、えん堤による流木捕捉率を図5に示す。堰上げ型では、スリット部を閉塞する流木は無く、流木はえん堤上流の砂礫堆上に堆積したのみであったため、捕捉率は7%と低かった。閉塞型では、供給した流木のほとんどがえん堤で捕捉され、捕捉率は90~100%と高かった。

**3.4. 土石流に対する捕捉効果** 堰上げ型および閉塞型の土石流に対する捕捉率を図6に示す。堰上げ型では、土石流発生時に堰上げが発生するとともに、土石流の勢いが強く土砂の一部が流出したため、捕捉率は51.1%であった。閉塞型では、土石流発生時に流木で開口部が閉塞していたため、土石流は100%えん堤で捕捉された。

**3.5. 維持管理頻度** 堰上げ型の流木捕捉状況を写真1、2に示し、閉塞型の流木捕捉状況を写真3、4に示す。堰上げ型では、洪水を通じて流木によるスリットの閉塞が起こらなかった。一方閉塞型では、流量の少ない洪水初期からスリット部が流木により閉塞し、後続する土砂と流木をほとんど捕捉した。したがって、小規模出水時にも流木が生産・流出しやすい状況であれば、閉塞型は堰上げ型よりも高頻度で維持管理を行う必要があると考えられる。

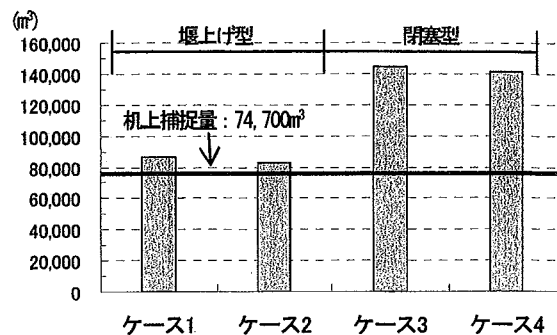


図3 土砂捕捉量

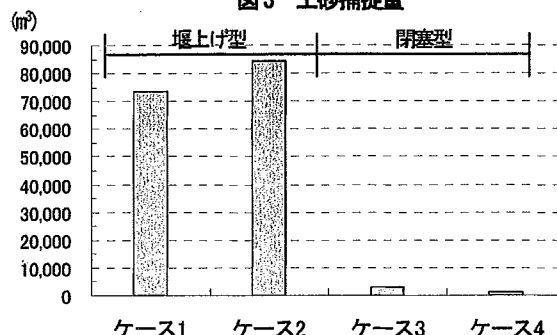


図4 えん堤通過土砂量

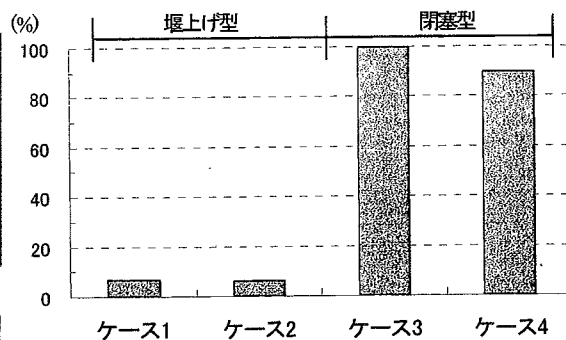


図5 流木捕捉率

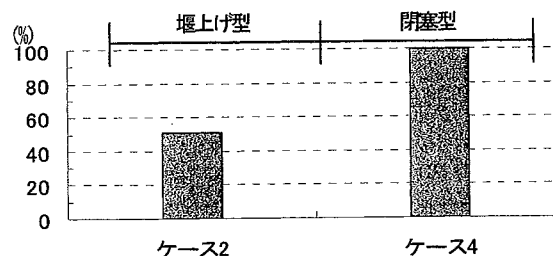


図6 土石流捕捉率

表3 施設効果の比較

| 項目          | 堰上げ型 | 閉塞型 |
|-------------|------|-----|
| 土砂捕捉効果      | ○    | ○   |
| えん堤下流への影響   | ○    | △   |
| 流木捕捉効果      | ×    | ○   |
| 土石流に対する施設効果 | △    | ○   |
| 維持管理頻度      | ○    | △   |

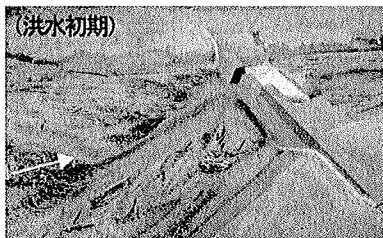


写真1 堰上げ型流木捕捉状況1



写真2 堰上げ型流木捕捉状況2

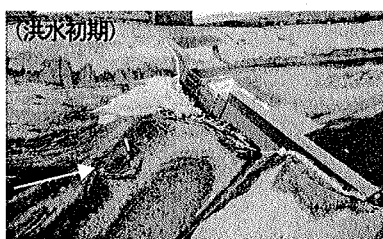


写真3 閉塞型流木捕捉状況1



写真4 閉塞型流木捕捉状況2

#### 4. まとめ

本実験の結果から、土石流堆積区間における堰上げ型えん堤と閉塞型えん堤の機能比較を表3に示した。堰上げ型えん堤は、流量が緩慢に変動することにより湛水地を形成し、土砂を捕捉する仕組みであるため、断続的に流量が変動する土石流に対しては十分な効果が得られなかった。その反面、スリット幅を広く取ることで流木による目詰まりを回避し、維持管理頻度の低減および下流への土砂供給を期待できる。

一方、閉塞型えん堤は、土砂・流木・土石流全てに対し、ほぼ100%の捕捉が可能であった。その反面、流量が少ない段階から土砂・流木を捕捉するため、中小洪水でも土砂・流木の流出が予想される溪流では、高頻度で維持管理を行う必要があると考えられる。

土石流堆積区間においては、このようなえん堤の特性を踏まえ、その溪流の自然条件・社会条件に適したえん堤形式を選択することで、より安全、かつ効率的な施設運用が可能になると考えられる。

#### 5. 今後の課題

今回得た知見については、実験対象溪流の溪流特性の影響を大きく受けている。したがって、上記のえん堤形式による特徴については、さまざまな条件下で検証を行う必要がある。