

堰上型スリット砂防えん堤上流堆積土砂の排出に関する一考察

北海道札幌土木現業所深川出張所 宮武利幸、武田健一郎
 (株)北海道技術コンサルタント 神原孝義、○小島洋介

1.背景・目的

堰上型スリットえん堤は大規模出水の増水・ピーク期に土砂を捕捉し、捕捉した土砂を減水期およびその後の中小洪水時に排出することで土砂流出のピークを調節することができるため、閉塞型砂防えん堤よりも大きな調節効果を有する。特に出水減水期及び中小洪水時に土砂を排出することで自然に調節量を回復する特徴を有するといわれている。しかし、これまで行われた水理模型実験では大規模出水増水時の土砂捕捉および減水期の土砂排出状況については把握されてきているが、中小洪水時の土砂排出機能については未解明な点が多い。この中小洪水時の土砂排出機能を把握することは除石等のえん堤の維持管理計画を策定する上で重要である。

本稿では、既設えん堤スリット化が計画されているポンポンニタシベツ川 1号砂防えん堤を対象に行った水理模型実験結果より、堰上型スリットえん堤における小規模出水時の土砂排出機能に関する知見を報告する。

2.実験対象

実験対象施設の概要を表-1に示す。

表-1 実験対象施設の概要

対象施設	ポンポンニタシベツ川 1号砂防えん堤
施設の設置場所	北海道沼田町
有効高	8.5m
スリット形状	深さ8.0m×幅2.0m×1本
スリットのタイプ	堰上型
流域面積	6.55km ²
流域平均勾配	1/12
現況堆砂量	49,100m ³ (堆砂率40%)
満砂時堆砂量	121,000m ³
現況堆砂勾配	1/100
元河床勾配	1/48

3.実験条件

- ・**実験ケース** 本実験では融雪出水を対象として2ケースの実験を行った(表-2)。融雪出水は積雪地域において毎年発生し、小流量かつ長期間継続するため、他の小規模夏季出水に比べてえん堤堆積土砂の流出への影響が大きいと考えられる。
- ・**縮尺** 現況の堆積域形状、堆砂量を最も精度良く再現できる縮尺 1/50 とした。
- ・**給砂量** えん堤堆砂域の直上流における平衡流砂量とし、芦田・高橋・水山式より求めた。
- ・**流量条件** 融雪出水期間は平均気温がプラスとなった日から積雪深がゼロとなった日までとした。その結果融雪出水期間は26日間(624時間)、流量は8.48m³/sとなった。

表-2 実験ケースと各ケースの目的

ケース名	流量条件	給砂条件	目的
ケース1	融雪出水	流砂量見合い	融雪出水時の堆積土砂流出過程の把握
ケース2	(8.48m ³ /s)	無給砂	堆積土砂流出量が最大となる状況での流出過程の把握

4.実験結果

ケース1の河床高の変化を図-1に示す。縦断形状は時間経過とともに低下し、123時間(5日)経過後に元河床とほぼ平行(1/54)となり河床変動がほとんどなくなった。ケース1では堆砂域直上流(河床勾配 1/54)での平衡流砂量を給砂しているため、堆砂域は流砂量に見合った河床勾配となり動的平衡勾配に達したものと考えられる。えん堤上流の堆積土砂量は12,700m³が洗掘され37,900m³となった。

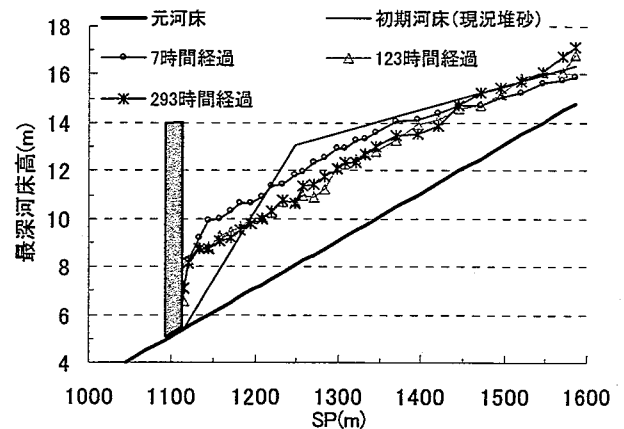


図-1 ケース1 河床高の変化

ケース2の河床高の変化を図-2に示す。縦断形状は時間経過とともに低下し、463時間（19日）経過後に元河床勾配の1/2（1/100）程度となり河床変動がほとんどなくなった。この時点の縦断勾配は①式で求められる静的平衡勾配とほぼ等しい勾配であった。えん堤上流の堆積土砂量は36,900m³が洗掘され13,700m³となった。

堆砂肩の高さはケース1、ケース2とも同じ高さであった。一般的に堆砂肩を計算で求めるときに用いられる②式よりも既往の実験で報告されている③式で算出された値に近い結果となった（表-3）。

$$(1) \quad I = \frac{0.05(\sigma - \rho)d}{\rho R} \quad \left[\begin{array}{l} I: \text{静的平衡勾配}, \sigma: \text{砂礫の比重} \\ \rho: \text{水の比重}, R: \text{径深}, d: \text{代表粒径} \end{array} \right]$$

$$(2) \quad Zs1 = \left[\frac{Fr^2}{2} \left(\frac{1}{\gamma^{2/3}} - 1 \right) + \frac{\gamma^{1/3}}{\gamma} - 1 \right] \cdot \left(\frac{n \cdot Q}{Bs \cdot I^{1/2}} \right)^{0.6}$$

$$(3) \quad Zs2 = h_d - h_s$$

Zs : 堆砂肩高, Fr : 堆砂肩位置でのフルード数
 $\gamma = B_d / B_s$, B_d : スリット幅, B_s : 堆砂肩位置での流れの幅
 I : 堆砂勾配, n : マニングの粗度係数, Q : 流量
 h_d : スリット部水深, h_s : 堆砂肩位置での等流水深

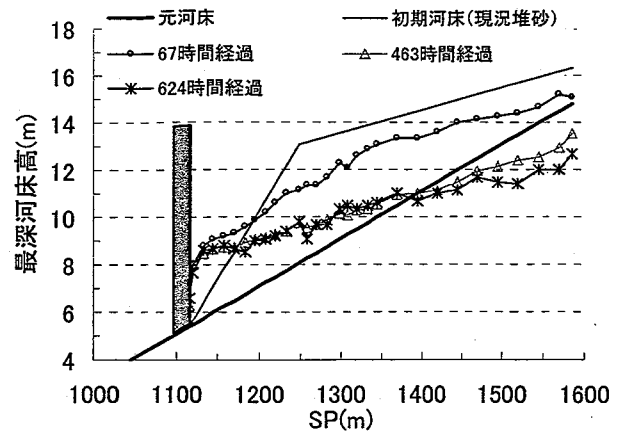


図-2 ケース2 河床高の変化

表-3 堆砂肩高の実験値と計算値の比較

	実験値 (m)	計算値(m)	
		②式	③式
ケース1	2.3	1.7	2.1
ケース2	2.3	1.6	2.2

5.考察

実験結果より堰上型スリットえん堤上流における融雪出水後の堆砂形状について図-3に示すようなモデルを作成した。

土砂排出後のえん堤上流残堆砂量についてモデルによる計算値と実験値の比較を表-4に示す。表-4よりえん堤上流残堆砂量は計算値と実験値でほぼ同じ値となり、③式と動的・静的平衡勾配を用いて融雪出水による土砂排出後の残堆砂量を精度良く算出することができた。実際の堆砂勾配は動的平衡勾配と静的平衡勾配の間となる可能性が高いと考えられることから、えん堤上流に堆積した土砂のすべてが排出されることはなく、本手法を用いることである程度の幅の中で残堆砂量を推定することができる。

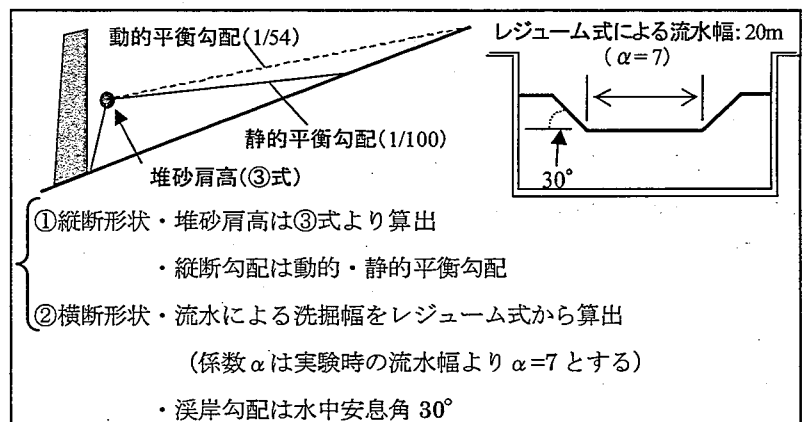


図-3 融雪出水後の堆砂形状のモデル

表-4 えん堤上流残堆砂量の比較

	計算値(m ³)	実験値(m ³)
実験初期	50,600	
動的平衡勾配(ケース1)	36,400	37,900
静的平衡勾配(ケース2)	14,700	13,700

6.まとめ

本実験結果では、堰上型スリットえん堤に堆積した土砂は融雪出水時には完全に排出されることはなかった。また、その際の残堆砂量については上記のモデルがよく適合した。今後、様々な条件でモデルの適合範囲を検討し平常時の残堆砂量を設定できれば、これを砂防計画上考慮に入れることで除石の頻度が減少し、堰上型スリットえん堤のライフサイクルコストの抑制につながるものと考えられる。