

H3-12

台形断面スリット型治山えん堤における掘り込み型減勢工の水理
Hydraulics on excavated energy dissipater below check dams with a trapezoidal slit

○長沢研作¹, 安田陽一²

*Kensaku Nagasawa¹, Youichi Yasuda²

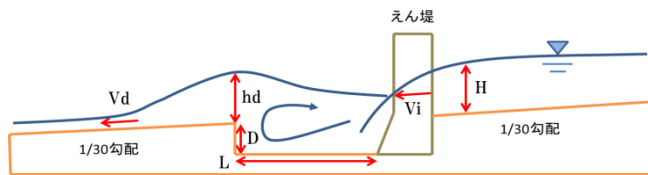
Abstract: This report presents efficiency of the velocity decay in an excavated stilling basin downstream of a check dam with a trapezoidal slit. By comparing the velocity just below a stilling basin with critical velocity at a cross-section of a trapezoidal slit under a wide range of relative drop heights hc/D (D = drop height of excavated stilling basin, and hc = critical depth), the upper limit height of single slit can be determined.

1. はじめに

山脚固定および不安定土砂の流出を防ぐために治山えん堤が設置されている¹⁾。えん堤上・下流における連続性の確保, 河床低下防止としての適切な土砂供給, えん堤直下での局所洗掘防止を行うためには, えん堤の切り下げ複断面化および減勢工の設計指針^{2),3)}の構築が必要である。治山えん堤の場合, 切り下げ(スリット化)を行う場合, 開削断面が台形断面とする場合が多い。本研究室では, 台形断面スリットからの流れを制御するには掘り込み型減勢工の設置が有効であることを実験的に見出している^{4),5)}。その一方で設計流量規模の増大に伴い, 単一の台形断面スリットではスリットからの流れの制御に限界が生じることが推論される⁶⁾。ここでは, 単一の台形断面スリットからの流れの制御の適用限界, すなわち, 複断面スリットに切り替える単一の台形スリット高さの上限値を明らかにするため, 掘り込み型減勢池終端での流速について広範な実験条件のもとで検討した。

2. 実験方法

えん堤模型 (Photo 1) を長方形断面水平水路(幅 80cm 高さ 60cm 長さ 15m)に設置し, Table 1 に示す実験条件のもとで, えん堤上下流側の流況について検討を行った。本実験では, えん堤直上流の水位が台形断面(Photo 1)の天端を越えることがない流量規模としている。想定した模型スケールは 10 分の 1 であり, フルードの相似則で実験を行った。えん堤上下流側の河床勾配を 30 分の 1 とし, 1cm~3cm 径の玉砂利を混合して用いた。Photo 2, 3 に示させるように, えん堤上流部の河床の堆積形状を放物線形断面とした場合(CaseA)と複断面とした場合(CaseB)の 2 種類を想定して行った。えん堤断面内 V_i , および減勢池直下 V_d を計測するため, KENEK 製のプロペラ流速計(プロペラ径:2cm)を用いた。(1 秒間のパルス数の平均, 採取時間 10sec)。



$D=2.7, 5.2\text{cm}, L=15, 30, 45\text{cm}, B=80\text{cm}, H=15\text{cm}$,
玉砂利の(流下方向)

Figure 1 Definitions sketch of energy dissipater

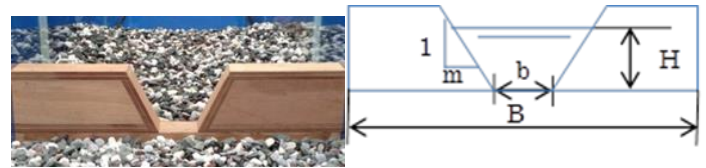


Photo 1 Check dam with trapezoidal slit



Photo 2 Case A

Photo 3 Case B

Table 1 Experimental conditions

台形断面型堰堤			
D/L	Case A		Case B
	b/B	hc/D	hc/D
0.06	0.125	1.3,1.6,1.9,2.2,2.5,2.8,3.1	1.2,2.2,2.5,2.8
	0.25	1.3,1.6,1.9,2.2,2.5,2.8	1.2,2.2,2.8
	0.5	1.3,1.6,1.9,2.5,2.8,3.1	1.2,2.4,2.8
0.09	0.125	1.3,1.5,1.6,1.9,2.5	1.2,1.4,1.8,2.2
	0.25	1.3,1.5,1.6,1.9,2.5,2.9	1.2,1.4,1.6,1.8,2.6
	0.5	1.3,1.5,1.6,1.9,2.9	1.2,1.4
0.116	0.125	2.15,2.4	1.0,1.4,2.2
	0.25	2.15,2.4	1
	0.5	2.15,2.4	1.4
0.173	0.125	1.4,1.6	1.0,1.15,1.35,1.55
	0.25	1.6	1.0,1.35,1.55
	0.5	1.4,1.6,1.8,2.0	1.0,1.15,1.35,1.55

3. えん堤直下流の掘り込み部に形成される流況

掘り込み内の流況は, 次のように大別される^{4),5),6)}。
 ・スリットからの流れが潜り込んだ状態で跳水が形成される流況 (潜り跳水型流況)
 ・掘り込み部上流側で露出射流が形成され, その後, 跳水が形成される流況 (自由跳水型流況)
 ・掘り込み部で跳水が形成されず複断面からの流れが射流の状態掘り込み部を通過する流況 (射流の流況)

4. 単一の台形スリット型治山えん堤下流の掘り込み型減勢工としての適用限界

様々な相対掘り込み深さ hc/D (hc : スリット断面内で定義した限界水深), スリットの急拡比 b/B , および掘り込み深さと減勢池の長さとの比 D/L に対して, 掘り込み部直下流部の流速 V_a と台形型スリット断面内で定義した限界流速 V_c との比 V_d/V_c を用いて, 単一のスリットの適用限界を検討し, V_d の測定結果を整理した一例($D/L=0.09$, Case A と $D/L=0.09$, CaseB の場合)を Figures 2, 3 に示す。

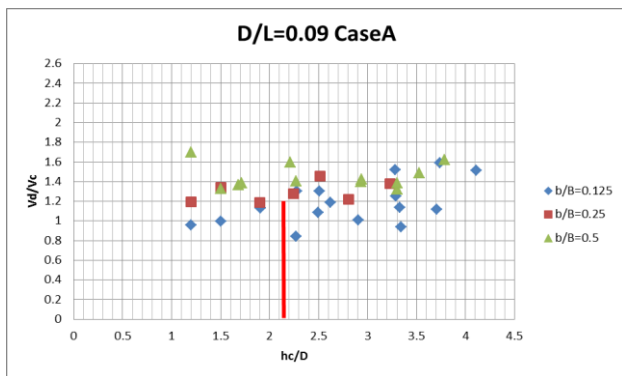


Figure 2 Change of Vd/Vc with hc/D (D/L=0.09,CaseA)

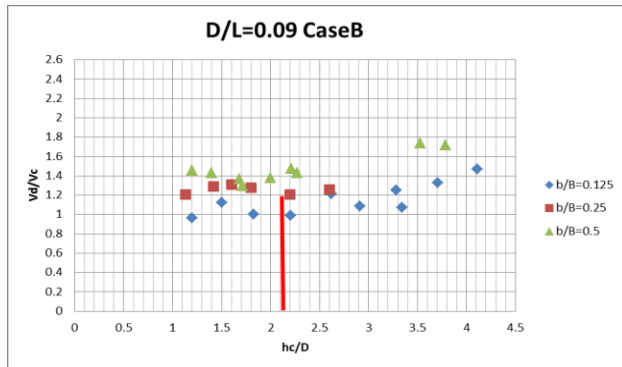


Figure 3 Change of Vd/Vc with hc/D (D/L=0.09,CaseB)

Figures 2, 3 に示されるように、CaseA および CaseB にかかわらず、各 D/L に対して Vd/Vc のばらつき(±0.4)があるものの、限界水深と掘り込み深さとの比 hc/D の増加に伴い、ある段階で(このときの hc/D を hcm/D とする)、流速比 Vd/Vc の増加傾向が示される。これは、流量規模が大きくなると、台形断面スリットからの流れが過度に集中することにより、スリットからの流出速度が大きくなり、減勢池直下流の流速が大きくなったものと考えられる。すなわち、単一の台形断面スリットから越流する流れの流速を効率よく減勢するためのスリット高さには限界があることが推定される。なお、単一の台形断面スリットの限界高さ以上の流量規模に対してはスリットを複断面化し、流れの分散化を図ることが有効である。

CaseA および CaseB の状態において、hcm/D と D/L との関係を整理したものを Figure 4 に示し、その変化は次式で近似される。

$$\frac{D}{L} = 1.50 \left(\frac{hcm}{D} \right)^{-3.68} \quad \text{for CaseA} \quad (2)$$

$$\frac{D}{L} = 0.88 \left(\frac{hcm}{D} \right)^{-3.07} \quad \text{for CaseB} \quad (3)$$

(適用範囲: 0.06 ≤ D/L ≤ 0.173, 0.125 ≤ b/B ≤ 0.5)

Figure 4 に示されるように、D/L が小さくなるにつれて単一の台形断面スリットからの流れを制御する限界を示す流量規模が相対的に大きくなる。これは、同一の掘り込み深さに対して、減勢池の長さ L が長くなると、掘り込み型減勢池直下の流速が加速し始める流量規模 hc が大きくなることを示している。また、同一の減勢池の長さに対して、えん堤上流側の堆積形

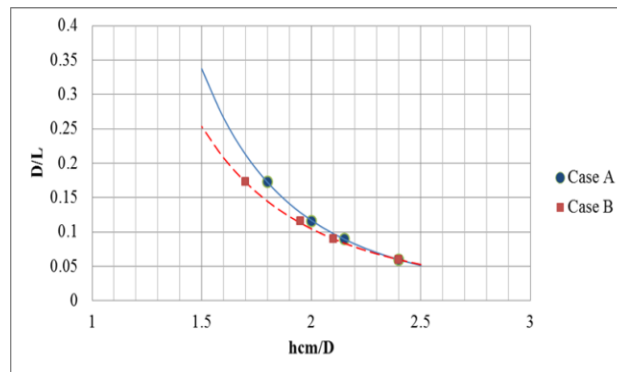


Figure 4 Change of D/L with hc/D for Cases A and B

状が CaseA の状態より CaseB の状態の方が掘り込み型減勢池直下の流速が加速し始める流量規模 hc が小さくなる。これは CaseA の状態より CaseB の状態では、堆積形状の影響を受けて流れが中央部に集中しやすくなったためと考えられる。

治山えん堤をスリット化する場合、えん堤上流側で整備される河床状態(Case A または Case B)、掘り込み型減勢池の掘り込み許容深さ D、および減勢池の長さ L を与えることによって、単一の台形断面スリットからの流れが制御できる流量規模の上限 hcm を(2)、(3)式から推定することが可能となり、計画流量規模との比較から複断面スリットにする必要があるかどうかを知ることができる。

5. まとめ

台形断面スリット型治山えん堤に必要な減勢工の水理について、Table 1 に示す実験条件のもとで、検討した結果、掘り込み型減勢池直下流部の流速 Vd と台形型スリット断面内で定義した限界流速 Vc との比較(同一の流量規模の比較)から、限界水深と掘り込み深さとの比 hc/D の増加に伴い、ある段階で流速比 Vd/Vc が増加する傾向を示した。系統的な検討結果から、単一の台形断面スリットに対して効率よく減勢するための hc/D の上限値 hcm/D と掘り込み型減勢池の掘り込み深さと減勢池の長さの比 D/L との関係を整理し、えん堤上流側の堆積形状 Case A, Case B に応じた近似式 (2)または(3)式を提案した。すなわち、単一の台形断面スリットから越流する流れの流速を効率よく減勢するためのスリット高さを推定することができた。

参考文献

- (社)日本治山治水協会「治山技術基準解説 総則・山地治山編」, 2009.
- 建設省河川局監修, 改訂新版 建設省河川砂防技術基準(案) 同解説・設計編[II], 技法堂出版, 1999.
- 北海道土木協会(2006), 北海道砂防技術指針(案), 北海道建設部土木局砂防災害課監修, 104 pages, 2006.
- 及川, 安田, 岸, 有賀, 第 66 回土木学会全国年次学術講演会, 第 II 部門, II - 064, CD-ROM, 2012.
- 長沢, 及川, 郷野, 安田, 高橋, 第 67 回土木学会全国年次学術講演会, 第 II 部門, II -055, CD-ROM, 2013.
- 安田, 長沢, 第 68 回土木学会全国年次学術講演会, 第 II 部門, II -167, CD-ROM, 2014.