

複断面型治山えん堤における掘り込み型減勢工 Excavated energy dissipater below check dams with a compound section

日本大学理工学部土木工学科 正会員 安田陽一, 正会員 高橋直己
ヒロセ株式会社 及川将司, 株式会社日水コン 郷野梨夏, 日本大学理工学部土木工学科 学生会員 長沢研作

1. はじめに

山脚固定および不安定土砂の流出制御を目的に治山えん堤が設置されている¹⁾。森林率が向上し、不安定土砂の流出量が少なくなった状態では、裸地の比率が高いときに設置された不透過性えん堤の存在によって、えん堤より下流側の溪流および河川への土砂供給量が少なくなるため、アーマー化が進み河床低下が発生した箇所が多く見られる。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。ここでは、既設えん堤の高さが低い場合にはスリットの断面形状を台形断面型スリットとして提案した⁴⁾。また、単一の台形断面型スリットからの流出量が多く、スリットからの流れを減勢することが困難なえん堤の場合、スリット断面を複断面型とすることを提案した。さらに、掘り込み深さ、減勢池の長さ、複断面の形状・寸法、流量規模を変化させ減勢工としての機能するための水理条件を明らかにした。

2. 実験

えん堤模型(写真1,2 図1~3)を長方形断面水平路(幅80cm 高さ60cm 長さ15m)に設置し、表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袖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。写真3,4に示されるように、えん堤上流部の河床の断面形状を広放物線形断面とした場合(Case A)と複断面とした場合(Case B)の2種類を想定して行った。えん堤断面内 V_i 、減勢池内 V_b 、および減勢池直下の流速 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)。掘り込み型減勢池直下の流速の減勢機能の判断として、えん堤のない様な計画河床勾配から推定される等流の流速 V_o と比較し、 $V_d/V_o \leq 1.2$ とした。

表1 実験条件

台形断面型えん堤				
b/B	m	hc/D	D/L	
0.125	0.5	1.74, 3.34	0.06, 0.09, 0.116, 0.173, 0.347	
0.125	1	1.94, 3.74	0.06, 0.09, 0.116, 0.173	
0.25	0.5	1.21, 1.73, 2.34, 3.34	0.06, 0.116, 0.173	
0.25	1	1.75, 1.86, 1.88, 3.36	0.06, 0.116, 0.173	
0.5	0.5	0.793, 1.15, 1.72, 2.21, 3.06	0.06, 0.116	
0.5	1	2.19	0.116, 0.173	
複断面型えん堤				
b/B	m	b/bo	b/h	L/D
0.25	1, 0.5	0.4	2.27, 2.5	0.09
0.125	1, 0.5	0.2	1.14, 1.25	0.09



写真1 台形断面型えん堤模型

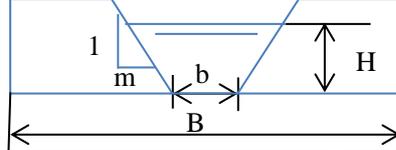


図1 台形断面型えん堤の定義図



写真2 複断面型えん堤模型

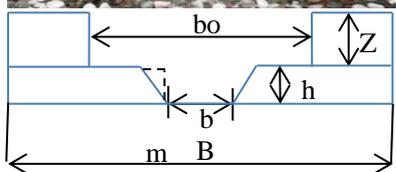
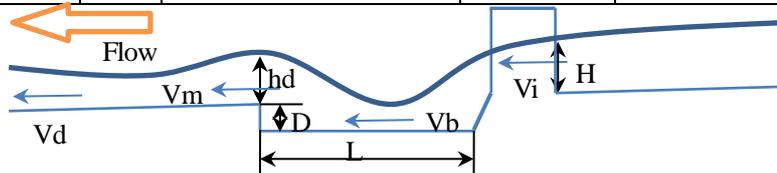


図2 複断面型えん堤の定義図



$D=2.7\text{cm}, 5.2\text{cm}, L=15, 30, 45\text{cm}, B=80\text{cm}, H=15\text{cm}, h=8, 8.8\text{cm}$
玉砂利の(流下方向の)設置範囲: 1.2m

図3 掘り込み型減勢工の定義図



写真3 広放物線形河床形状(Case A)



写真4 複断面型河床形状(Case B)

3. えん堤直下流の掘り込み部に形成される流況

図3に示される掘り込み部に形成される流況は次元解析的考察より、限界水深と掘り込み深さとの比 hc/D 、急挾比 b/B 、複断面の側壁勾配 m 、掘り込み深さと減勢池の長さとの比 D/L 、えん堤周辺の河床勾配 i 、およびえん堤上流側の河床形状(Case A または B)によって変化するものと考えられる。

$$\text{流況} = f\left(\frac{hc}{D}, m, \frac{b}{B}, \frac{D}{L}, i, \text{えん堤上流側の河床形状}\right) \quad (1)$$

キーワード 治山堰堤 複断面化 スリット断面 減勢工 跳水

連絡先 〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8-14, E-mail: yokyas@civil.cst.nihon-u.ac.jp

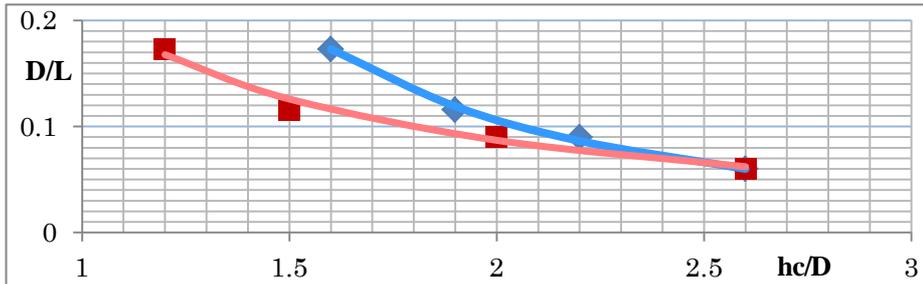
なお, 限界水深 hc は台形断面型スリットの場合, 限界流の条件 $(\alpha T Q^2 / g A^3 = 1.2 \times (2mhc + b) \times Q^2) / [g \{hc(mhc + b)\}^3] = 1$ から, 複断面型スリットの場合, $(1.2 \times b_o \times Q^2) / [g \{h(mh + b) + (hc - h)bo\}^3] = 1$ から算定した.

実験によると, 掘り込み部の流況は次の3つに大別することができる.

- ・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)
- ・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)
- ・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)

4. 台形断面型えん堤下流の掘り込み型減勢工として機能するための水理条件

掘り込み部直下流部の流速 Vd と Vo との比 Vd/Vo が, 相対限界水深 hc/D および掘り込み深さと掘り込み部の長さとの比 D/L によってどのように変化するか, 様々な b/B に対して実験値を整理した. 等流の流速 Vo は Manning の式を用いて等流水深 ho を求めることによって推定している. 粗度係数は原型規模で $n=0.030$ (溪流の礫床河川の粗度係数)としている. $Vd/Vo=1.2$ となるための D/L と hc/D との関係を図4に示す. えん堤上流部の河床形状が Case A の状態より Case B の状態の方が複断面を通過する流れが中央部に集中するため減勢されにくく, 同一の D/L 対して $Vd/Vo=1.2$ となる hc/D が小さくなる. その変化傾向を(2),(3)式で近似する. (適用範囲は $1.2 \leq hc/D \leq 2.6$ である)



◆ : Case A
■ : Case B

図4
台形型スリットえん堤における
 $Vd/Vo=1.2$ となるための
 D/L と hc/D との関係

$$\frac{D}{L} = 0.482 \left(\frac{hc}{D}\right)^{-2.18} \quad R^2 = 0.997 \text{ for Case A (2), } \frac{D}{L} = 0.212 \left(\frac{hc}{D}\right)^{-1.285} \quad R^2 = 0.997 \text{ for Case B (3)}$$

(2),(3)式の適応範囲: $1.2 \leq hc/D \leq 2.6$

5. 複断面型えん堤の掘り込み型減勢池直下流側の流速からの評価

台形断面型スリットえん堤で許容できない流量規模の場合, スリットを複断面化することにより流れが分散しやすくなり減勢効果が期待できると仮定し, 複断面型えん堤として同様な実験を行った. 基準として, 図4から複断面型とする際の h を各ケースにおける $Vd/Vo=1.2$ となる hc として設定した. Case A, B 共に, 台形型えん堤よりも流量規模が大きくなっているのにも拘らず, 検討している hc/D の範囲では Vd/Vo の値がほぼ 1.3 より小さくなる ($b/B=0.125$ ではほぼ 1.2 以下). これはスリット形状を複断面型とすることにより, 水の流れが分散して減勢池に流入するようになったため, スリット形状が台形断面型の場合より減勢効果が高まったと考えられる. また, Case B の方が減勢されにくくなっているのは, スリット形状が台形断面型の場合と同様に上流側の形状により流れが中央部に集中するため減勢されにくくなっている.

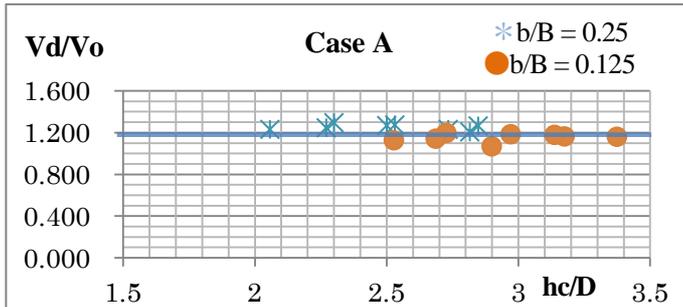


図5 複断面型えん堤における
 Vd/Vo と hc/D との関係(上流側の河床形状 CaseA)

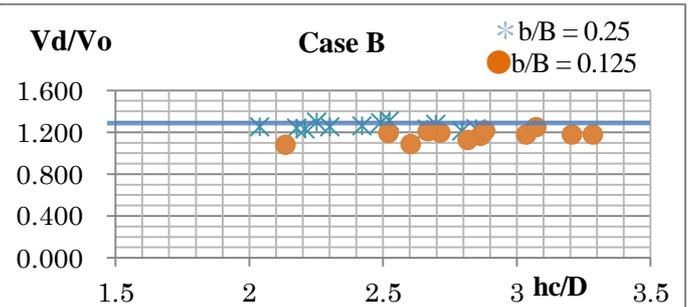


図6 複断面型えん堤における
 Vd/Vo と hc/D との関係(上流側の河床形状 CaseB)

6. まとめ

台形断面型治山えん堤に必要な減勢工を確立するために, 掘り込み型減勢工を提案した. 表1に示す実験条件のもとで検討を行った結果, 掘り込み型減勢池内に形成される流況を明らかにした. えん堤が設置されていない状態の流速に比べて減勢池直下の流速が 1.2 倍を超える流量規模については台形断面スリットを複断面とすることで掘り込み型減勢工の効果が得られることが分かった. また, えん堤上流側の河床形状は広放物線形状の方が減勢機能から望ましい形状であることを示した.

参考文献

- 1) (社) 日本治山治水教会(2009) 「治山技術基準解説 総則・山地治山編」
- 2) 建設省河川局監修(1999), 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.
- 3) 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.
- 4) 及川, 安田, 岸, 有賀(2012), 第 66 回土木学会全国年次学術講演会, 第 II 部門, II - 064, CD-ROM.