

複断面型治山えん堤における減勢工に関する実験的検討

Experimental investigation on energy dissipaters in check dam with compound cross-section

日本大学理工学部土木工学科 ○安田陽一
林野庁 森林整備部 治山課 岸 功規
明治コンサルタント株式会社 有賀 誠

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⁾。治山えん堤のほとんどが不透水性コンクリートえん堤である。森林率が低く裸地の比率が高い山間部では治山えん堤の機能が発揮されている。その一方、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水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、アマー化が進み河床低下が発生した箇所が多く見られる。また、えん堤の減勢工^{2),3)}として、水叩きおよび護床ブロックが設置されているが、表面流があるところでもウォータークッションの形成が見られないことが多い。この結果、放水路からの流れが減勢されずに水叩きを通過し、局所洗掘および河床低下の原因となる。溪流および河川の連続性の確保、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の構築が必要である。

ここでは、複断面型治山えん堤を対象に、掘り込み型減勢工を提案し、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、減勢工としての必要な水理条件を明らかにしたものを提示する。

2. 実験

写真1に示されるように、複断面型えん堤模型(図1)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複断面の天端を越えることがない流量規模とした。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2,3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)(堆積厚:3cm前後)と複断面とした場合(Case B)(堆積厚:最大10cm前後,最小3cm前後)の2種類を想定して行った。

3. えん堤直下流の掘り込み部に形成される流況

実験によると、掘り込み部の流況は次の3つに大別される。

- ・複断面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)
- ・掘り込み部上流部で射流が形成され、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)

表1 実験条件

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

D = 2.7 cm, 5.2 cm, L = 15 cm, 30 cm, 45 cm, B = 80 cm, 玉砂利の(流下方向の)設置範囲: 1.2 m

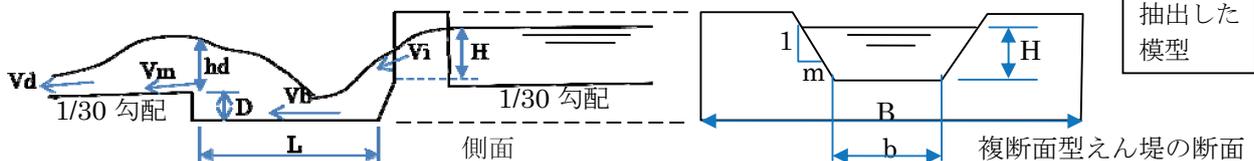


図1 掘り込み型減勢工の定義図



写真1 複断面型えん堤模型 写真2 広放物線形状の河床 Case A 写真3 複断面形状の河床 Case B

キーワード 治山えん堤, 複断面化, 洪水流, 減勢工, 跳水, 洗掘形状, 河床低下

連絡先: 〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8, TEL: 03-3259-0409, E-mail: yokyas@civil.cst.nihon-u.ac.jp

4. 掘り込み型減勢工の提案

複断面型えん堤から流出する流れを直下流部で減勢させ、えん堤下流側の河川に安定した状態で接続させるために掘り込み型減勢工を提案する。提案した減勢工として以下の項目を満足する必要がある。

- ・減勢池内で跳水が形成させ、跳水部内の主流を短区間で水面に向かって上昇させるため、減勢池の長さを可能な限り短くする（本実験では最大 45cm（原型規模で 4.5m）としている）。
- ・減勢池内の玉砂利によって形成された洗掘形状に基づき減勢池としての有効な空間を定める。
- ・複断面を通過する流れの加速を可能な限り制御するため、えん堤上流部の河床断面を広放物線形断面とする。
- ・減勢池内に形成される跳水部において減勢池下流端で主流の流線の曲がりが大きくなるらないために、掘り込み深さを最大 50 cm 程度とする。
- ・えん堤上流側の水位が複断面の天端付近となる流量規模の流れによって河床低下が生じないように、減勢池下流側での流速が、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の 1.2 倍以下になるように減勢池の掘り込み深さおよび減勢池の長さを決定している。

5. 掘り込み部直下流部の流速変化

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_0 と比較する。様々な b/B に対して、掘り込み部直下流部の流速 V_d と V_0 との比 V_d/V_0 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、実験値を整理した。 $V_d/V_0=1.2$ となる hc/D と D/L との関係を図 2 に示す。ここに、 hc は複断面内で定義した限界流の条件 $((2mhc+b) \times Q^2/[g \times \{hc(mhc+b)\}^3]=1)$ から算定したものである。図 2 に示されるように、 $V_d/V_0=1.2$ となる hc/D は D/L および河床状態(Case A,B)によって変化する。その変化傾向を(2),(3)式で近似する。なお、等流の流速 V_0 はマンギングの式を用いて等流水深 h_0 を求めることによって推定している。ただし、粗度係数を原型規模で $n=0.030$ （溪流の礫床河川の粗度係数）としている。

$$V_0 = \frac{Q}{Bh_0} = \frac{1}{n} \left(\frac{Bh_0}{B + 2h_0} \right)^{2/3} i^{1/2}$$

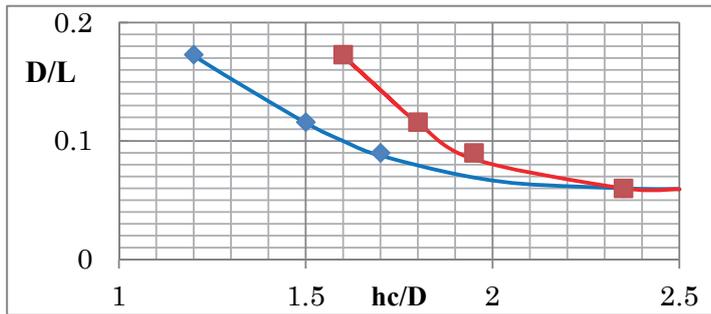


図 2 $V_d/V_0=1.2$ となるための D/L と hc/D との関係

- : Case A
- ◆ : Case B

$$\frac{D}{L} = 0.059 + 9.67 \times 10^{-6} \text{EXP}(-5.16 \left(\frac{hc}{D}\right)^2 + 14.1 \left(\frac{hc}{D}\right)) \quad R^2 = 0.999 \quad \text{for Case A} \quad (2)$$

$$\frac{D}{L} = 0.059 + 0.0396 \text{EXP}(-2.13 \left(\frac{hc}{D}\right)^2 + 3.43 \left(\frac{hc}{D}\right)) \quad R^2 = 0.997 \quad \text{for Case B} \quad (3)$$

治山えん堤に設ける複断面の形状・寸法を知ることによって、えん堤上流部の水位が複断面の天端に到達する流量を限界流の条件から推定することが可能であり、掘り込み深さ D を設定することによって(2)または(3)式を用いて、減勢池の長さ L を算定することが可能となる。

6. まとめ

複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、減勢工として必要な項目を提示した。えん堤模型を用いて表 1 に示す実験条件のもとで、掘り込み部に形成される流況を明らかにした。また、えん堤下流側の河床低下防止を考慮して、掘り込み部直下流部の流速 V_d が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_0 の 1.2 倍以下となる水理条件を明らかにし、Case A および Case B において $V_d/V_0=1.2$ となる hc/D と D/L との関係近似式を提案した。その結果、掘り込み型減勢工として必要な掘り込み深さと掘り込み部の流下方向の長さが推定可能となった。

参考文献

- 1) (社)日本治山治水教会「治山技術基準解説 総則・山地治山編」, 2009.
- 2) 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.
- 3) 北海道土木協会, 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.

付記 この研究は林野庁「平成 23 年度治山技術高度化調査」により実施したものである。

謝辞 実験実施において環境水理研究室 3 年ゼミナール生の協力を得た。ここに記して謝辞を申し上げる。