

スリット砂防堰堤下流側の減勢工に関する実験的検討

Experimental Investigation on Energy Dissipator of Slit Sabo-Dams

日本大学理工学部 正会員 安田 陽一

日本大学理工学部 正会員 大津 岩夫

日本大学大学院 学生員 ○横塚 崇志

1. はじめに 近年、河川の連続性を確保するために、砂防堰堤に切り込みを設けたスリット砂防堰堤が用いられる場合がある¹⁾。スリット砂防堰堤の減勢池は、土石流や地すべりによる巨礫、流木などによりスリットが閉塞した状況を対象として設計されている²⁾が、スリットが閉塞されない場合の減勢池の水理設計は確立されていない。スリットが閉塞されていない場合、減勢池内における流況は、流量、スリット幅、スリット底面高、急拡大および副ダムの設置位置や高さによって変化する。特に表-1に示す主流が偏向し、側壁に衝突する流況や副ダムに主流が衝突し、圧力が静水圧よりも大きくなる流況が形成されると、減勢池内の流況としては好ましくない。本研究では、主流が水路の側壁に衝突せず、副ダムに作用する圧力がほぼ静水圧分布する流況を減勢機能上最適な流況と定義し、その流況が形成されるための最小の副ダム高さ、副ダム設置位置を実験的に求め、スリット砂防堰堤における減勢工の設計法について検討を行った。

2. 実験方法 実験は、水路幅 $B=0.80\text{m}$ の長方形断面水平水路に図-1のようなスリット砂防堰堤模型を設置し、表-2に示す実験条件で実験を行った。

3. 流況 不透過の砂防堰堤に1つのスリットを中央に設けることによって、急拡大水路から流出する流れ³⁾となり、本実験条件のもとでは下流水深の大きさによってスリットから流出する流れが偏向し、非対称な流況となる。スリット下流側に副ダムを設置することによって対称な流況が形成されることが実験によって示された。副ダムを設置した場合の流況は流量 Q 、スリット幅 b 、スリット下流の減勢池の幅 B 、スリット底面高 D 、副ダム設置位置 L_1 および副ダム高さ w_1 によって変化する。表-1に示されるように L_1/dc_1 、 w_1/dc_1 、 D/H の大きさによって流況を分類した。ここに、 dc_1 はスリット上で生じる限界水深であり、 $dc_1 = \{(Q/b)^2/g\}^{1/3}$ から求められる。

主流が側壁に衝突することなく、副ダムに作用する圧力がほぼ静水圧分布する流況としては表-1に示されるように、スリットからの流れがもぐり込む流況と水面に沿って流れる流況とがある。

表-1 流況区分 (0.05 b/B 0.25)

大		L_1/d_{c1}		小	
大	↑ w_1/d_{c1} ↓	大	- 1 もぐり込む流況	副ダムに主流が衝突し静水圧よりも大きな圧力が副ダムに作用する流況	
			平面図		側面図
			主流が側壁に衝突する流況		- 2 水面に沿う流況
			↑ w_1/d_{c1} ↓		小
主流が側壁に衝突する流況		副ダムに主流が衝突し静水圧よりも大きな圧力が副ダムに作用する流況			
小					

表-2 実験条件

$Q_m [\text{l/s}]$	2.96	4.94	9.88	14.8
$Q_g [\text{m}^3/\text{s}]$	30	50	100	150
D/H	0	0.1	0.2	0.3
b/B	0.05	0.10	0.25	

 $H = 0.40\text{ m}$, $B = 0.80\text{ m}$

模型流量 Q_m は、砂防堰堤の設計流量 Q_g を縮尺 1/40 でフルードの相似則により求めたものである。

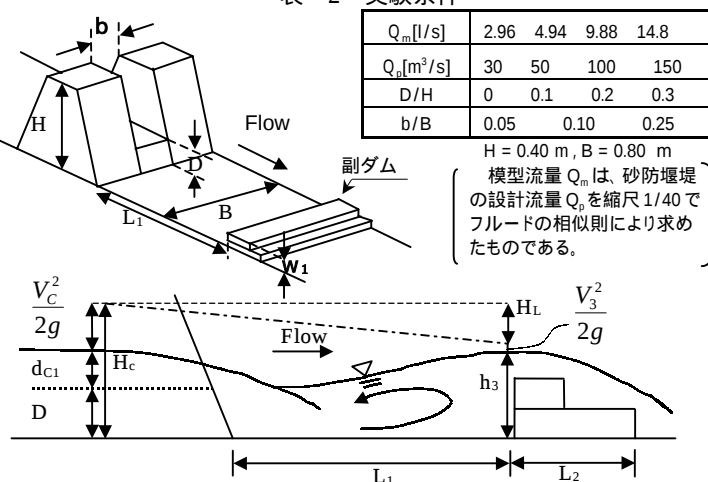


図-1 砂防ダム模型図

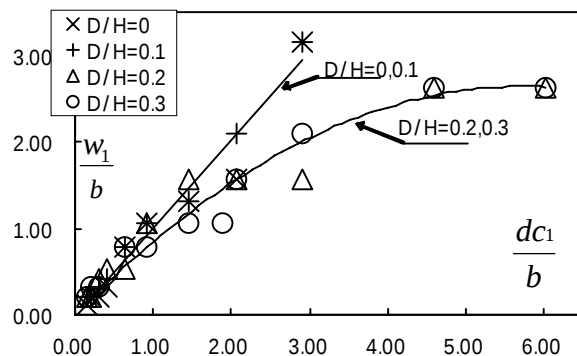


図-2 副ダム高さとアスペクト比との関係

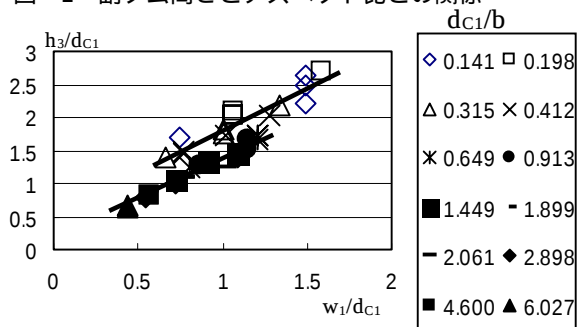


図-3 副ダム直上流水深と副ダム高さとの関係

キーワード：砂防堰堤・スリットダム・減勢工・跳水・河川環境

〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8 Tel.03-3259-0409 Fax.03-3259-0409

4. スリット堰堤減勢池の水理設計の提案 主流が側壁に衝突せず、副ダムに作用する圧力がほぼ静水圧分布する流況(流況)が形成されるために必要な副ダムの最小高さおよび設置位置を実験的に求め、副ダム高さ w_1 、副ダム直上流の水深 h_3 、減勢長 L_1 について整理したものを図-2, 3, 4 に示す。

Step1 スリット形状(幅、高さ)・流量と副ダム高さの関係

図-2 に示されるように、与えられたスリット底面高さ D/H においてスリット内でのアスペクト比 dc_1/b が大きくなると流況 が形成されるために必要な副ダム最小高さ w_1/b が大きくなる。なお、スリット底面高さ $D/H = 0, 0.1$ の場合は流況 -2 となり、 $D/H = 0.2, 0.3$ の場合は流況 -1 となることから、図中実線で示すように変化傾向の違いが見られ、それぞれ次式で近似される。(r: 相関係数)

$$\frac{w_1}{b} = \frac{dc_1}{b}, \quad (r = 0.968) \quad \frac{D}{H} = 0, 0.1 \quad (1)$$

$$\frac{w_1}{b} = -0.081 \left(\frac{dc_1}{b} \right)^2 + 0.92 \frac{dc_1}{b}, \quad (r = 0.959) \quad \frac{D}{H} = 0.2, 0.3 \quad \log_{10} \left(\frac{L_1}{H_L} \right)$$

Step2 副ダム高さと副ダム直上流の水深との関係

図-3 に示されるように、副ダム直上流の相対水深 h_3/dc_1 は、相対副ダム高さ w_1/dc_1 、アスペクト比 dc_1/b によって変化し、次式によって示される。

$$\frac{h_3}{dc_1} = 1.26 \frac{w_1}{dc_1} + 0.579, \quad (r = 0.890) \quad 0.14 \leq \frac{dc_1}{b} \leq 0.41 \quad (2)$$

$$\frac{h_3}{dc_1} = 1.24 \frac{w_1}{dc_1} + 0.142, \quad (r = 0.959) \quad 0.64 \leq \frac{dc_1}{b} \leq 6.03$$

Step3 スリット直下流の減勢長

スリットから副ダム設置位置までの長さ(減勢長) L_1 を流況 の形成によってエネルギー損失が完了するための必要な長さとして解釈し、 $L_1/H_L = f(H_L/H_C, \text{Shape})$ の関係で整理すると、図-4 に示されるように、良い相関が得られ、次式で示される。

$$\log_{10} \left(\frac{L_1}{H_L} \right) = -4 \left(\frac{H_L}{H_C} \right) + 2.36, \quad 0.050 \leq \frac{H_L}{H_C} \leq 0.275$$

$$\log_{10} \left(\frac{L_1}{H_L} \right) = -1.71 \left(\frac{H_L}{H_C} \right) + 1.72, \quad 0.275 \leq \frac{H_L}{H_C} \leq 0.675$$

$$0.05 \leq b/B \leq 0.25 \quad (r = 0.919) \quad (3)$$

具体的な施工事例

長崎県西彼杵郡大瀬戸町雪浦川水系小田川に位置する不透過型砂防堰堤のスリット化が行われ、計画設計段階で減勢工の水理実験を行った。この場合、スリット下流側の減勢池内で流況

が形成され、上記の実験結果を満足している。また、利水を兼ねた副ダムであるため副ダム高さが流況 が形成される必要最小高さより大きくなっている。なお、スリット化したことによって河川環境が大幅に改善された事例である。

謝辞 本研究を行うにあたり、長崎県建設技術研究センター(NERC)からの研究助成を受けた。また、長崎県大瀬戸土木事務所、大瀬戸町役場の多大なる協力を得た。さらに、日本大学理工学部土木工学科 4 年藤原崇氏、三宅俊輔氏、吉岡英貴氏、吉田賢司氏の協力を得た。ここに、記して謝意を申し上げる。

参考文献 1) 建設省(2000) “建設白書 2000” pp.415, 2) 水山,阿部,(1990) “スリットを有する砂防ダムの土砂調節機能に関する検討” 土木研究所資料 pp.30, 3) Ohtsu, I., Yasuda, Y., and Ishikawa, M., Submerged Hydraulic Jumps below Abrupt Expansion, Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol. 125, No.5, pp.492-499.

副ダムの設置位置、および高さを決定するためのフローチャートを図-5 に提案する。スリットの形状・流量が与えられた場合、Step1 ~ Step3 にしたがって最小の副ダム高さ w_1 およびスリットから副ダム設置位置までの長さ L_1 を求めることができる。

5. まとめ スリットが閉塞していない場合のスリット砂防堰堤における減勢池の水理設計を提案した。スリット砂防堰堤において減勢池内の流況として主流が側壁に衝突せず、副ダムに作用する圧力がほぼ静水圧分布する流況を減勢機能上好ましい流況と定義し、計画流量 Q 、河川幅 B 、砂防堰堤高さ H 、およびスリット幅 b 、スリット底面高さ D を与えることによって最小の副ダム高さ w_1 、減勢長 L_1 を求めることが可能となり、副ダムの水理設計するためのフローチャートとして図-5 を提案した。

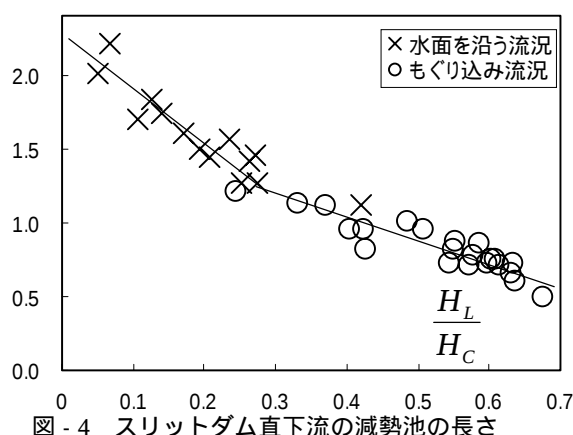
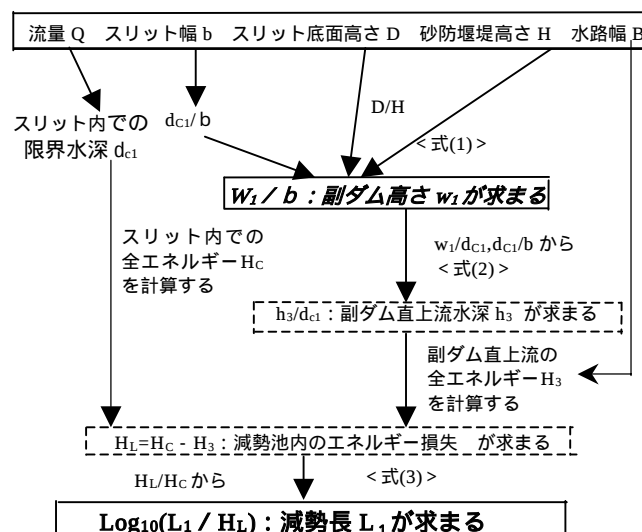


図-4 スリットダム直下流の減勢池の長さ



図—5 スリット砂防堰堤の副ダムの水理設計のためのフローチャート