

治山えん堤における掘り込み型減勢池下流側の連続帯工設置区間での流速の減衰状況 Velocity decay in the region of continuous girdles downstream of check dam with an excavated stilling basin

日本大学大学院理工学研究科土木工学専攻 学生会員 ○長沢研作
日本大学理工学部土木工学科 正会員 安田陽一

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を促すために、えん堤の切り下げ(スリット化)が実施されている²⁾。洪水対策として、流水や輸送される礫からえん堤直下流部の河床を保護するために、水叩きおよび護床工³⁾が設置されているが、ウォータークッションが設置されていない場合が多く、スリットからの流れが中央部に集中した状態で水叩きおよび護床工を通過し、局所洗掘および河床低下の原因につながっていることが多い。その対策として、安田ら⁴⁾によってえん堤直下流部に掘り込み型減勢工を設置することが提案されている。治山えん堤の場合、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が、流量規模の増加に伴い、流れが中央部に集中し、スリットからの流れを分散させる必要があるため、スリットの複断面化を提案した。また、単一の台形断面から複断面に切り替わる条件を実験的に示した⁵⁾。台形断面および複断面スリット直下流部に掘り込み型減勢工を設置し、掘り込み部直下流側の底面近くの流速を検討した結果⁶⁾、台形断面および複断面スリットにおいて減勢池を通過する流れの流速の更なる減勢が必要であることが確認された。河川との接続環境を考慮すると、掘り込み型減勢工を通過した後の流れによって局所洗掘や河床低下などが生じないように掘り込み型減勢池から河川に接続させることが重要である。

ここでは、スリット断面からの局所的な流れを段階的に減勢させ下流側に接続させるために掘り込み型減勢工直下流部で石組みによる連続した帯工を設置することを提案し、掘り込み型減勢工および石組みによる連続した帯工の設置条件を変化させ、設置区間の流速の減衰状況について検討を行った。

2. 実験方法

えん堤模型(写真1)を長方形断面水平水路(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、石組みによる連続帯工設置区間における底面流速の減勢状況について検討を行った。台形断面から複断面に切り替わる条件が示されている⁵⁾ため、本実験では、スリット断面模型として、複断面スリット模型(写真3)を用い、台形断面の場合は境界値を示す無次元量 hcm/D ⁵⁾より算定した流量規模、複断面の場合はえん堤直上流部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て設定した。想定した模型スケールは20分の1であり、フルードの相似則を適用した。えん堤上下流側の河床勾配を30分の1とし、1寸~1.5寸の石を石組みによる連続した帯工に用い、0.5cm~1cm径の砂利と1cm~3cm径の玉砂利を混合し河床材として用いた。写真2に示されるように、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を想定して行った。掘り込み型減勢工下流側に設置した石組みによる連続した帯工上部の流速(左岸側から5cm, 15cm, 25cm, 35cm, 45cmを測定箇所とした)を測定するため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20sec)。



写真1 えん堤模型

写真2 放物線形状

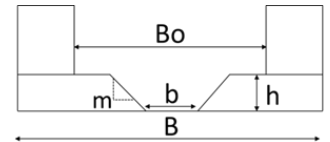


写真3 複断面スリット模型

表1 実験条件

	hc/D	L/D	b/Bo	Case	l1/D	l2/D
台形断面	2.39	16.5	0.25	A	7.7,11.5	11.5
	2.15	11.1			0	7.7,11.5,15.4
	2.00	8.6			7.7,11.5	11.5
複断面	4.34	16.5			0	7.7,11.5,15.4
	4.18	11.1			7.7,11.5	11.5
	4.08	8.6			0	7.7,11.5,15.4

3. 掘り込み型減勢池下流側に設置する石組みによる連続帯工の提案

- 石組みによる連続した帯工の概要を以下に示す。
- えん堤からの局所的な流れによる掘り込み型減勢池の減勢効果を高めるために、掘り込み部下流側に石組みによる連続した帯工を設置した。
 - 段上がり部での湧き上がる流れによる局所洗掘を防ぐために、減勢池下流側に第1帯工を設置した場合(図1)と減勢池内終端に第1帯工を設置した場合(図2)を設定した。
 - 石組みによる帯工区間はえん堤からの局所的な流れによる掃流力に抵抗するための減勢区間とする。そのため、帯工設置区間の礫径の大きさについて、両岸には0.5cm~1cm径、帯工中央部には1cm~3cm径の礫を用いた。また、石組みによる帯工下流側の河床の礫は実際の河川形状に合わせる。
 - 石組みによる帯工間をプール状にすると、条件によっては、潜り込む流れが形成されるため、局所洗掘が発生し、礫の輸送が少ない場合には石組みした根本が吸い出される可能性がある。実験では礫の上流側からの供給はないため、帯工区間では帯工が礫で埋まるように設置し、えん堤からの局所的な流れが潜り込まないようにする。

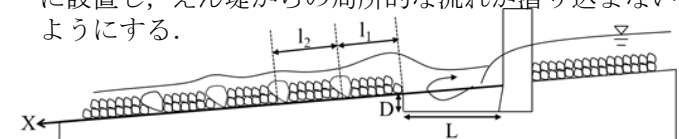


図1 減勢地下流側に第1帯工を設置した場合におけるえん堤模型の定義図

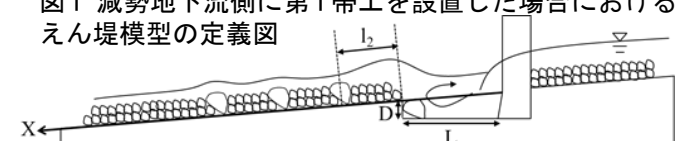


図2 減勢地内終端に第1帯工を設置した場合におけるえん堤模型の定義図

キーワード 治山えん堤, スリット断面, 減勢工, 洪水流, 帯工

連絡先: 〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8-14, TEL:03-3259-0409, E-mail:yokyas@civil.cst.nihon-u.ac.jp

4. 連続帯工設置区間における底面流速の減勢状況

掘り込み型減勢工下流側に石組みによる連続した帯工を設置した場合を対象に表 1 に示す実験条件のもとで帯工設置区間の底面付近の流速の減衰状況を検討した。なお、底面付近の流速について、横断方向に計測された流速分布から最大流速を評価し、その減衰状況について検討した。急流比 b/Bo を一定とし、スリット断面で定義される限界水深と掘り込み深さととの比 h_c/D 、石組みの列数、減勢池の長さとの掘り込み深さととの比 L/D 、減勢池終端から第 1 帯工までの相対距離 l_1/D 、帯工間隔の相対距離 l_2/D を変化させて検討した。図 3, 4 は異なる l_1/D に対して、帯工上部の底面付近の流速とスリット断面で定義される限界流速との比 U_b/V_c とえん堤直下流部からの無次元化された流下距離 X/D との関係で整理したものを示す。

図に示されるように、台形断面および複断面スリットのいずれの場合も、減勢池終端から $X/D=40$ までの範囲で、流速比 U_b/V_c が減勢し、 $X/D=40$ 地点より下流側では流速の変化が小さい。これは、掘り込み型減勢池を通過した流れが石組みによる帯工区間に設置した礫によって形状抵抗の影響により減勢されたものと考えられる。また、減勢池終端から第 1 帯工までの相対距離 l_1/D による流速比 U_b/V_c の変化は小さい。これは帯工が突出することなく帯工設置区間を礫で埋めているためと考えられる。また、台形断面(図 3)に対して複断面(図 4)は l_1/D による U_b/V_c の変化が異なる。これは、台形断面ではスリットからの流れが中央部に集中して下流側に流れるため横断方向に流速が変化しにくいのに対し、複断面ではえん堤からの流れが分散して流れているため帯工の設置状況によって横断方向への流速が変化しやすいことが考えられる。なお、減勢地下流側に第 1 帯工を設置した場合には流量規模によって、第 1 帯工より上流側に設置された礫が掃流される場合もある。 $l_1/D=7.7$, 11.5 の場合、主流が鉛直壁の影響を受け極端に曲げられ、段上がり部で湧き上がる流れが生じている。また、減勢池終端に第 1 帯工を設置した場合($l_1/D=0$)、主流が鉛直壁の影響が緩和され石組み上を沿うように流れているため、湧き上がらずに下流側に接続している。すなわち、減勢池下流側の河床保護を考慮すると、減勢池終端に第 1 帯工を設置した場合($l_1/D=0$)が望ましいことが考えられる。

$l_1/D=0$ (減勢池終端に第 1 帯工を設置した場合)を対象に、帯工間隔の相対距離 l_2/D を変化させた時の帯工上部の流速の減衰状況の一例($L/D=8.6$, 台形断面)を図 5 に示す。図中、縦軸は各帯工の最大流速(横断方向に計測された流速分布から評価)とスリット断面で定義される限界流速との比 U_b/V_c であり、横軸はえん堤直下流部から流下方向距離と掘り込み深さの比 X/D を示す。

図に示されるように、帯工間隔の相対距離 l_2/D による流速比 U_b/V_c の変化は小さい。これは帯工が突出することなく帯工設置区間を礫で埋めているためと考えられる。なお、帯工間隔の相対距離 l_2/D によって帯工設置区間内の流況の違いが見られる。帯工間隔が長い場合($l_2/D=15.4$)では帯工間の落差が大きいため湧き上がる流れが生じやすく局所洗掘が起こりやすい傾向、帯工間隔が短い場合($l_2/D=7.7$)では帯工間の落差が小さいため河床に沿う流れが生じやすく局所洗掘が起こりにくい傾向が見られる。このことから、帯工間隔を狭めることで局所洗掘を生じにくくすることが可能である。

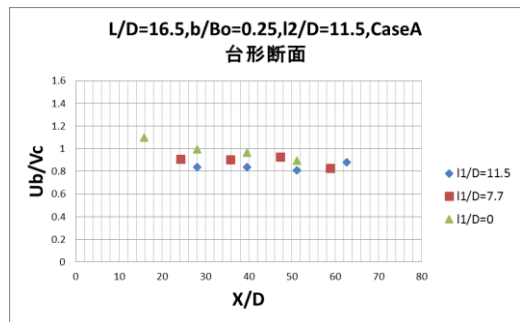


図 3 l_1/D を変化させた場合の U_b/V_c と X/D の関係 (台形断面)

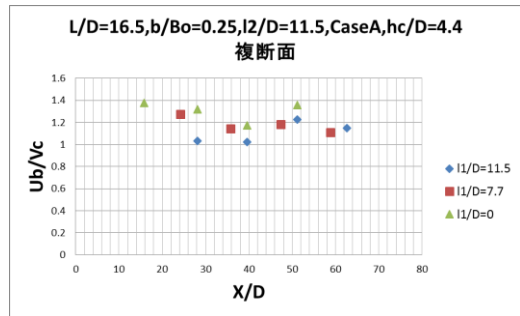


図 4 l_1/D を変化させた場合の U_b/V_c と X/D の関係 (複断面)

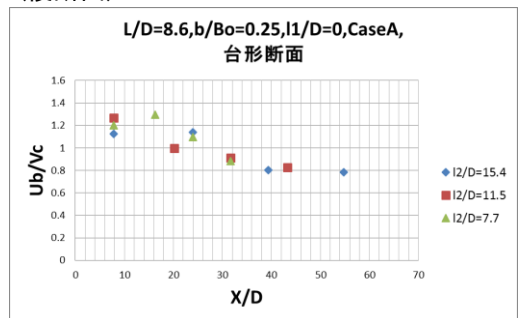


図 5 l_2/D を変化させた場合の U_b/V_c と X/D の関係

5. まとめ

台形断面型、複断面型スリット治山えん堤に設置された掘り込み型減勢池から河川に円滑に接続するための石組みによる連続帯工について提案した。また、表 1 に示す実験条件のもとで、スリット断面で定義される限界水深と掘り込み深さととの比 h_c/D 、減勢池終端から第 1 帯工までの相対距離 l_1/D 、帯工間隔の相対距離 l_2/D 、減勢池長さとの掘り込み深さととの比 L/D を変化させ連続帯工設置による流速減衰状況を検討した結果、減勢池を通過した流れによる局所洗掘の影響を考えると減勢池終端に第 1 帯工を設置した場合($l_1/D=0$)が望ましいことが分かった。また、減勢池下流側に石組みによる帯工を設置する場合は $X/D=40$ 付近までを連続帯工設置区間とすることが望ましいことが分かった。なお、帯工設置区間での局所洗掘を考慮すると、帯工の間隔を狭めることが望ましいことがわかった。

参考文献

- 1) 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) 水山高久, 阿部宗平, 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, 1990.
- 3) 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.
- 4) 及川将司, 安田陽一, 岸功規, 有賀誠, 第 67 回土木学会全国年次講演会, 第 II 部門, II-064, CD-ROM, 2012.
- 5) 長沢研作, 安田陽一, 第 68 回土木学会全国年次講演会, 第 II 部門, II-055, CD-ROM, 2013.
- 6) 長沢研作, 安田陽一, 第 69 回土木学会全国年次講演会, 第 II 部門, II-167, CD-ROM, 2014.