

治山えん堤における石組み連続帯工区間の側岸横断勾配の影響に関する実験的検討

Experimental consideration about influence on side coast cross slope in continuous stonework girdles of check dam

日本大学理工学部土木工学科 正会員 安田陽一
 東京都建設局 長沢研作, 株式会社長大 高原 遼
 日本大学大学院理工学研究科土木工学専攻 学生会員 ○小林泰士

1. はじめに

山脚固定および不安定土砂の流出を抑える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、河床低下の防止として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³⁾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。治山えん堤をスリット化する場合、開削断面を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、複断面化が提案されている。また、単一スリットから複断面に切り替わる条件が実験的に示されている⁴⁾。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、減勢工直下流部の底面付近の流速を検討した結果⁵⁾、減勢池を通過する流れの更なる減勢が必要と分かった。その対策として、スリット断面からの局所流を段階的に減勢させるために減勢池下流側に石組み連続帯工が提案され⁶⁾、帯工区間の流速の減衰状況からえん堤直下流部から流下方向の距離と掘り込み深さとの比が40付近までを帯工設置区間として定めるのが好ましいことがわかった。なお、減勢池を通過した流れによる局所洗掘の影響を考慮すると、減勢池終端に第一帯工を設置することが好ましいことがわかった⁵⁾。河川との接続の観点から帯工の設置区間の横断形状が洪水流に及ぼす影響について検討されていない。ここでは、石組み連続帯工の設置区間における帯工の横断勾配の影響を明らかにするために、設置区間の流況および帯工区間における底面流速の変化について実験検討を行う。

2. 実験方法

えん堤模型(写真1)を長方形断面水平水路(幅80 cm, 高さ60 cm, 長さ45 m)に設置し、表1に示す実験条件のもとで、石組み連続帯工設置区間における底面流速の減衰状況について実験的検討を行った。模型スケールは1/20であり、フルードの相似則を適用し、えん堤上流側の河床縦断勾配 I_x を1/30とし、1寸~1.5寸の石を石組による連続した帯工に用い、1 cm~3 cm径の玉砂利を混合して設置した。えん堤下流側の帯鋼部の複断面通水幅 B_0 を除いた側岸横断勾配 I_y を1/3, 1/10で設置した。上流側の堆積形状は放物線形状とした(写真2)。スリット断面模型として複断面スリット模型(写真3, 図1)を使用した。スリット内に流れる流量規模は無次元量 h_c/D より算定³⁾し、複断面全体で流れる場合は、原型規模における10 mの放水路幅に対して $Q=50\text{ m}^3/\text{s}$ 相当の流量規模とした。掘り込み型減勢工下流側に設置した石組み連続帯工上部及び帯工間の底面付近の測定は横断方向に3か所(15, 40, 65 cm)の流速を測定した。流速計についてはKENEK製のプロペラ流速計(2 cm径)を用いて、採取時間20 secとし測定を行った。

表1 実験条件

	h_c/D	L/D	b/B_0	l_1/D	l_2/D	I_y
スリット内	2.39	16.5	0.25	0	11.5	1/3, 1/10
	2.15	11.1				
	2	8.6				
複断面全体	4.34	16.5	0.25	0	11.5	1/3, 1/10
	4.18	11.1				
	4.08	8.6				



写真1 えん堤模型



写真2 上流側堆積形状



写真3 複断面スリット

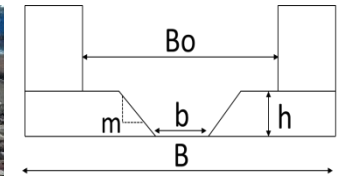


図1 複断面スリット (定義図)

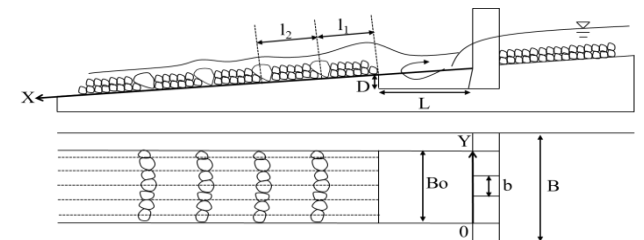


図2 減勢池下流側に第一帯工を設置した場合の定義図

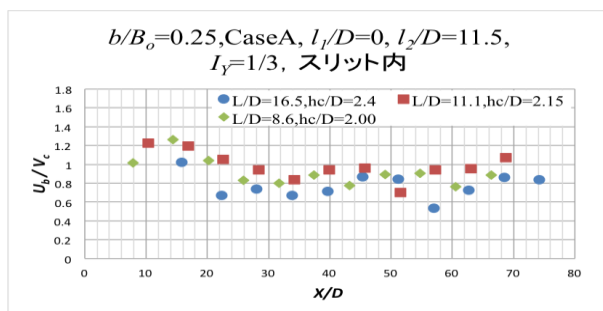
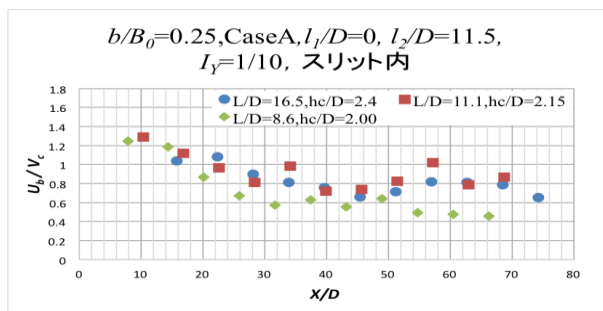
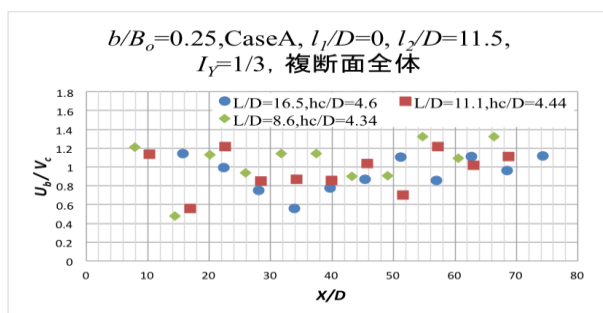
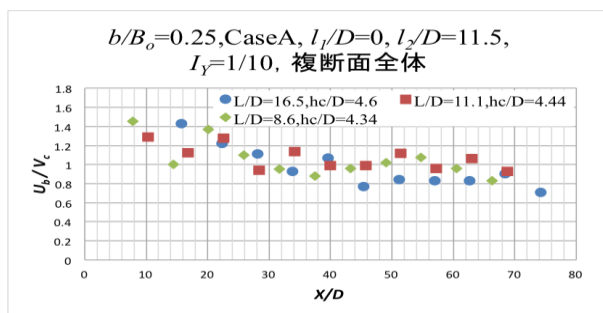
3. 掘り込み型減勢池直下流側に設置する石組み連続帯工の概要

石組による連続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、減勢池下流側に石組による連続帯工を設置した。
- ・減勢池終端すなわち $l_1=0$ に第一帯工を設置した場合(図2)の下流側で等間隔に帯工を設置した。
- ・帯工設置区間での礫径の大きさについては、1寸~1.5寸の礫を石組み連続帯工に用い、0.5 cm~1 cm径の玉砂利と1 cm~3 cm径の玉砂利を混合し河床材料として用いた。
- ・実験では、上流側からの礫の供給がないため、かつ帯工設置区間での局所洗掘を防ぐために、帯工が礫で埋まるようにした。
- ・石の組み方に関しては、礫同士の接点を確実に持たせ、空隙を河床材料で埋めることによって安定化を図る⁶⁾。

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, TEL: 03-3259-0409, Email: yokyas@civil.cst.nihon-u.ac.jp

写真4 横断形状($I_y=1/10$)写真5 横断形状($I_y=1/3$)図3 U_b/V_c と X/D との関係($I_y=1/3$, スリット内)図4 U_b/V_c と X/D との関係($I_y=1/10$, スリット内)図5 U_b/V_c と X/D との関係($I_y=1/3$, 複断面全体)図6 U_b/V_c と X/D との関係($I_y=1/10$, 複断面全体)

4. 連続帯工区間における底面流速の減衰状況に対する帯工の横断形状の影響

掘り込み型減勢池下流側に石組み連続帯工を設置する際に、帯工部の側岸横断勾配によって、減勢地を通過した後の流れの底面近くの流速の減衰状況について検討する。そのため、減勢池終端に第一帯工を設置した場合($l_1/D=0$)を対象に帯工部の側岸横断勾配 $I_y=1/10$ (写真4)と、 $1/3$ (写真5)について実験的検討を行い比較した。台形断面とすることで、流量変化に伴い冠水幅が変化することによって、多様な流れが形成され、平水時から豊水時にかけて水生生物が溯上しやすい経路を選ぶことができる。スリットから流れる場合を対象に、図3は帯工部の側岸横断勾配 $I_y=1/3$ 、図4は帯工部の側岸横断勾配 $I_y=1/10$ 、複断面全体から流れる場合を対象に、図5は帯工部の側岸横断勾配 $I_y=1/3$ 、図6は帯工部の側岸横断勾配 $I_y=1/10$ において、異なる掘り込み長さとし、掘り込み深さとの比 L/D に対して、帯工上部と帯工間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、スリットから流れる場合は帯工部の側岸横断勾配 $I_y=1/3$ (図3)、 $I_y=1/10$ (図4)ともに $X/D=40$ 地点より下流側では流速の変化が小さく、側岸横断勾配の影響は見られない。複断面全体から流れる場合は、帯工部の側岸横断勾配 $I_y=1/3$ (図5)の場合は $X/D=50$ 地点より下流側で流速比 U_b/V_c が増加しているのに対して $I_y=1/10$ (図6)の場合、 $X/D=40$ 地点より下流側では流速の変化が小さい。これは、帯工部の側岸横断勾配 $I_y=1/3$ の場合、冠水幅の変化が小さいため、複断面スリットからの分散した流れが再度中央部に集中し、再加速していることが考えられる。また、帯工部の側岸横断勾配 $I_y=1/10$ の場合、冠水幅の変化が大きいため、えん堤からの分散した流れが再度中央部に集中することなく下流側に接続していることが考えられる。以上の結果より、流量の増加に伴い側岸横断勾配の影響が顕著に見られ、えん堤からの流れの再加速を制御させるため、帯工部の側岸横断勾配を緩くすることにより、流量規模の増加に伴う冠水幅の変化を大きくすることが望ましいことがわかる。

5. まとめ

石組み連続帯工の設置区間における帯工部の側壁の横断勾配の影響を明らかにするために、設置区間の流況および帯工区間における底面流速の変化について実験的検討を行った結果、えん堤からの流れを再加速することなく下流側に接続するためには、横断勾配を $I_y=1/10$ 程度にすることにより、流量規模の増加に伴う冠水幅の変化を大きくすることがわかった。

参考文献

- 1) 日本治山治水協会, 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, 土木研究所資料 スリットを有する砂防ダムの上砂調節機能に関する検討, 1990.
- 3) 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.
- 4) 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, 2013, CD-ROM.
- 5) 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, 2014, CD-ROM.
- 6) 長沢研作, 安田陽一, 第 70 回土木学会全国年次講演会, 第 II 部門, II-117, 2015, CD-ROM.
- 7) 福留脩文他 3 名, 石礫河川に組む自然に近い石積み落差工の設計, 土木学会論文集 F, Vol.66, No.4, 2010, pp. 490-503.