H3-2

スリット治山えん堤下流側の連続帯工設置による流速の減衰状況

Velocity decay due to installation of continuous stone-bridges downstream of check dam with a slit

○長沢研作[1]，安田陽一[2]
*Kensaku Nagasawa[1]，Youichi Yasuda[2]

Abstract: Recently, the authors investigated experimentally the velocity decay in the excavated stilling basin of slit check dam, and further investigation on the velocity decay revealed that the installation of continuous stone- bridges downstream of check dam with a slit was effective by considering the connection from the stilling basin to river. In this report, the effect of the installation of continuous stone-bridges on the velocity decay was shown, and the effective region was proposed on the basis of the velocity decay.

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減勢工対策を講じ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およびえん堤下流側の河床横断勾配を変化させ，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（**Photo 1**）を長方形断面水平水路（幅 80cm 高さ 60cm 長さ 15m）に設置し，**Table 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(**Photo 3**)を用い，スリット内を流れる場合は境界値を示す無次元量 h_{cm}/D[5]より算定した流量規模，複断面全体から流れる場合は原型規模における 10m の放水路幅に対して $Q=50m^3/s$ 相当の流量規模として設定した．想定した模型スケールは 1/20 であり，フルードの相似則を適用した．えん堤上下流側の河床縦断勾配 $I_X=1/30$ とし，1cm～3cm 径の玉砂利を混合して用いた．えん堤下流側の河床横断勾配 $I_Y=1/3$，1/10 の二種類を想定して行った．**Photo 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および帯工間の流速を（左岸側から 15cm, 40cm, 65cm 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).

Photo 1. Physical model

Photo 2. Gravel bed condition

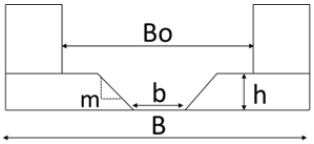

Photo 3. Check dam with compound slit

Table 1. Experimental conditions

	h_c/D	L/D	b/B_o	Case	l_1/D	l_2/D	I_Y
スリット内	2.39	16.5	0.25	A	0,7.7,11.5	11.5	1/3,1/10
	2.15	11.1					
	2.00	8.6					
複断面全体	4.34	16.5					
	4.18	11.1					
	4.08	8.6					

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，減勢池内終端に第 1 帯工を設置した場合[7] (**Figure 1**)を設定した．
- 帯工設置区間の礫径の大きさについて，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．
- 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．

１：日大理工・院（前）・土木，２：日大理工・教員・土木

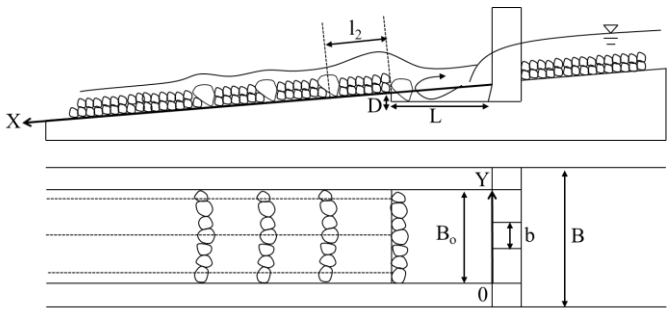

Figure 1. Definition sketch of energy dissipator

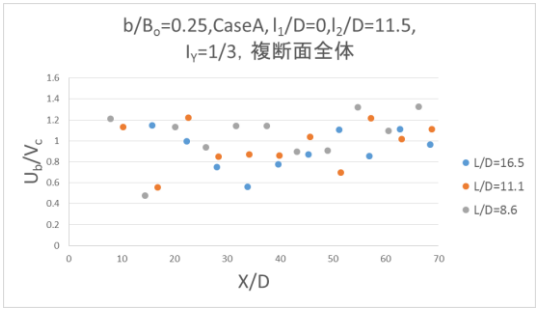

Figure 2. Change of U_b/V_c with X/D(I_Y=1/3,compound slit)

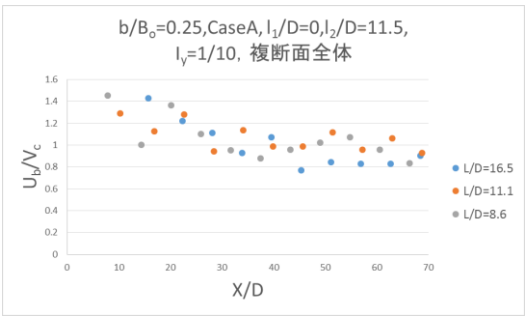

Figure 3. Change of U_b/V_c with X/D(I_Y=1/10,compound slit)

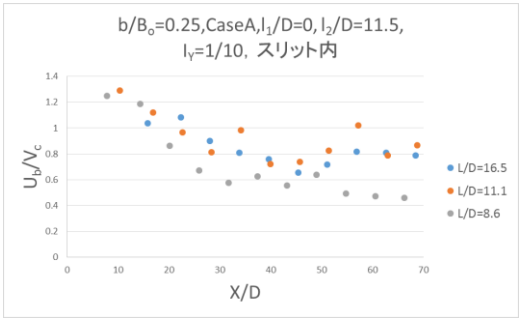

Figure 4. Change of U_b/V_c with X/D(I_Y=1/10, trapezoidal slit)

４．連続帯工設置区間における底面流速の減衰状況

掘り込み型減勢工下流側に設置する石組みによる連続帯工を設置した場合を対象に **Table 1** に示す実験条件の下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．複断面全体から流れる場合において，減勢池内終端に第 1 帯工を設置した場合[7]を対象に，スリット断面の急拡比 b/B_o を一定とし，減勢池長さと掘り込み深さの比 L/D，スリット断面で定義される限界水深と掘り込み深さとの比 h_c/D，河床横断勾配 I_Y を変化させて検討した． **Figure 2，3** は異なる L/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，河床横断勾配 I_Y=1/3(**Figure 2**)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(**Figure 3**)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，河床横断勾配 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，再加速しているため横断方向に流速が変化しやすいことが考えられる．また，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から横断方向への流速が変化しにくいことが考えられる．これらのことから，えん堤からの流れの再加速を制御させるため，河床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．

複断面全体およびスリット内を比較するため，スリット内および河床横断勾配 I_Y=1/10 を対象に，異なる L/D に対する帯工上部の流速の減衰状況を **Figure 4** に示す．

Figure 3, 4 に示されるように，スリット内および複断面全体いずれの場合も，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，減勢池の長さと掘り込み深さとの比 L/D による流速比 U_b/V_c の変化は小さい．これは減勢池終端に第 1 帯工を設置[7]した影響により，減勢池を通過した後の流れの変化が小さいためと考えられる．すなわち，減勢池下流側に石組みによる帯工を設置する場合はスリット内および複断面全体いずれの場合も L/D にかかわらず，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わかる．

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を提案した．また，**Table 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の比 h_c/D，減勢池長さと掘り込み深さとの比 L/D，河床横断勾配 I_Y を変化させ連続帯工設置による流速の減衰状況を検討した結果，えん堤からの流れの再加速を制御させるため，河床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スリットおよび複断面全体いずれの場合も L/D にかかわらず，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わかった．

６．参考文献

[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.
[7] 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，CD-ROM，2015.