

低落差構造物下流側の減勢工に関する実験的検討

Experimental investigation on energy dissipator downstream of low drop structure

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

1. まえがき

治水, 利水, 河床の安定化を目的に落差を伴う河川横断構造物が設置されている. また, 低落差構造物下流側で水叩きや護床ブロックを設置することが一般的である<sup>1)</sup>. 同時に, 河川に生息する水生生物が安全に降河できる環境を確保する手段として, 構造物下流側にウォータークッションを設けることなどが求められている<sup>2)</sup>. 写真1に示されるように, 構造物下流側での河床低下が生じていることが多く洪水時の減勢機能が発揮されていない. これは, 低落差下流側の減勢工の水理特性について不明な点が多いため生じたものと考えられる. ここでは, 低落差構造物下流側の減勢工を確立するために, 掘り込み型減勢工を提案し, 減勢池内の洪水時の流況について実験的に検討した.



写真1 低落差直下流側での侵食状況

2. 低落差構造物下流側の減勢工の提案

低落差構造物下流側の減勢工として, 図1に示す減勢工を提案する. 提案した減勢工の特徴は以下の通りである.

- ・低落差構造物下流側で洪水時に河床低下が生じないように, 掘り込み型減勢工とする.
- ・減勢池下流側の段上がり部を階段状にし, 水面勾配が大きくなるようにする.
- ・通常時(豊水時を含む)においては水生生物が安全に降河できるようにウォータークッションを設ける.

3. 実験方法

提案した減勢工の模型を長方形断面水平水路(幅 80cm, 長さ 15m, 底部の高さ 60cm)に設置し, 表1に示す実験条件のもとで実験を行った. 表の下線で示す数値は  $\theta = 90^\circ$  の場合を示す. 実験はフルードの相似則に基づいて行った. 急流河川に設置される低落差構造物下流側の減勢対策が重要であると考え, 図1に示されるように, 堰上げ(バック・ウォーター)の影響がないように, 減勢工直下流側で支配断面(限界流が形成される断面)が生じる構造にしている. 流量設定については, 本実験水路を流れる最大流量(0.0995m<sup>3</sup>/s)を上限とし, 流況変化の特性を検討するために流量を様々変化させた. 記録方法としてデジタルカメラを用い, 静止画および動画を記録した. 流量測定には, 水路下流端に設置された全幅刃型せきを用いた.

4. 減勢池内の流況

図1に示す減勢池内の流況は越流面角度  $\theta$ , 相対落差  $H/dc$ , 相対水叩き

表1 実験条件

最大流量時の dc (m)	0.116	La (cm)	25, 50, 75 <u>25, 45, 70, 95</u>
H (m)	0.20	Lu (cm)	10, 20, 40
t (m)	0.02	Ld (cm)	10, 20, 40
S	2t, 3t	$\theta$ (degree)	45, 90
La/H	1.25, 2.5, 3.75	Lu/t	5, 10, 20
	<u>1.25, 2.25, 3.5, 4.75</u>	Ld/t	5, 10, 20

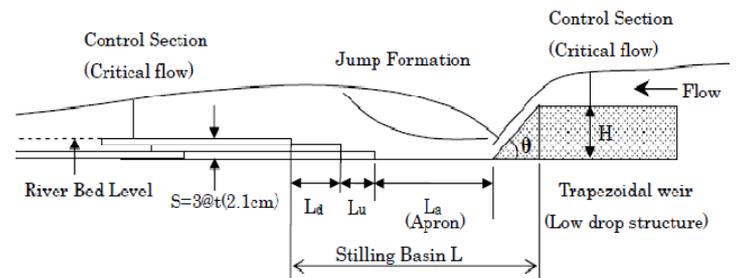


図1 実験模型断面図



写真2 射流 (S)



写真3 不安定跳水 (UJ)

き長さ  $La/H$ , ステップ勾配  $t/Lu$ ,  $t/Ld$ , および相対ステップ高さ  $t/H$  などによって変化するものと推論される. 表 1 に示す実験条件に基づいて検討すると, 4 つの流況に区分される. 区分した流況の説明を以下に示す.



写真 4 偏向跳水(JF)



写真 5 安定跳水(SJ)

- ・跳水が形成されず, 射流が形成される流況(射流: S) (写真 2): 減勢池下流側で河床低下の原因になり, 減勢工として不適切である.
- ・低落差構造物から越流する流れが段上りの影響を受け不安定となり, 周期的な変動を伴う跳水が形成される流況(不安定跳水: UJ) (写真 3): 減勢池下流側で河床低下の原因になるため, 減勢工として不適切である.
- ・跳水中の主流が段上がりによって偏向され, 跳水部下流側で主流が強制的に曲げられている流況(偏向跳水: FJ) (写真 4): 減勢池下流側で河床低下の原因に繋がるため, 減勢工としては好ましくない.
- ・跳水中の主流が逆勾配区間のステップ段上がり部によって大きく曲げられず, 短区間に水面に上昇していく流況(安定跳水: SJ) (写真 5): 減勢工として適切な流況である.

5. 相対水叩き長さに応じた流況形成

鉛直落差部から落下する流れが水平部に衝突する位置までの水平長について,  $Rand$  によって式(1)<sup>3)</sup>が示されている.

$$Ls/H = 4.3D^{0.27} \quad (1)$$

[ $D$ (Drop number) =  $q^2 / (gH^3) = (dc/H)$   $q$ : 単位幅流量,  $g$ : 重力加速度]

$\theta = 90^\circ$  の場合,  $Ls/La$  と  $H/dc$  との関係で,  $\theta = 45^\circ$  の場合,  $Ls/(La+H)$  と  $H/dc$  との関係で整理した一例をそれぞれ図 2, 3 に示す. なお,  $Ls/H$  の値は  $H/dc$  を(1)式に代入することによって算定されている. また,  $t/Lu, t/Ld, La/H, H/dc$  の値に対応した流況ごとにマークが異なっている. 各流況の境界を実線で示し, 上から射流 S と跳水 JF との境界, 跳水 JF と跳水 SJ との境界を示す.

図に示されるように, 各流況の境界は  $\theta, t/Lu, t/Ld, H/dc$  によって異なる. 特に,  $t/Lu, t/Ld$  の値が小さくなるにつれて, JF と SJ との境界を示す  $Ls/La$  または  $Ls/(La+H)$  の値が大きくなり, 跳水 SJ が形成されやすくなるのが推定される. また,  $\theta = 90^\circ$  の場合と  $\theta = 45^\circ$  の場合とでは  $H/dc$  による境界線の変化傾向が異なる. これは落差部からの越流する状態が異なるためと考えられる. 与えられた  $\theta, t/Lu, t/Ld, H/dc$  に対して, 図に示されるように跳水 JF と跳水 SJ との境界を示す  $Ls/La$  または  $Ls/(La+H)$  の値を明らかにすることによって, 跳水 SJ が形成されるための必要な水叩き長さ  $La$  および減勢池の長さ  $L$  ( $\theta = 90^\circ$  の場合,  $L = La + Lu + Ld$ ,  $\theta = 45^\circ$  の場合,  $L = La + H + Lu + Ld$ ) を推定することが可能となる.

6. まとめ

低落差構造物の減勢工を提案し, 表 1 に示した実験条件のもとでどのような流況が形成されるかを示した. また, 与えられた  $\theta, t/Lu, t/Ld, H/dc$  に対して, 流況(SJ)が形成されるために必要な減勢池の長さおよび水叩き長さを示すことができた.

参考文献 1) 建設省河川局監修(1999), 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.

2) 安田陽一(2010), 技術者のための魚道ガイドライン—魚道構造と周辺の流れから分かること—, NP0 法人北海道魚道研究会, p. 150pages.

3) 水理公式集(1999)財団法人土木学会水理委員会発行 p 272—273.

4) 黒川, 植松, 安田(2010)日本大学理工学部学術講演会 H3—19, CD - ROM.

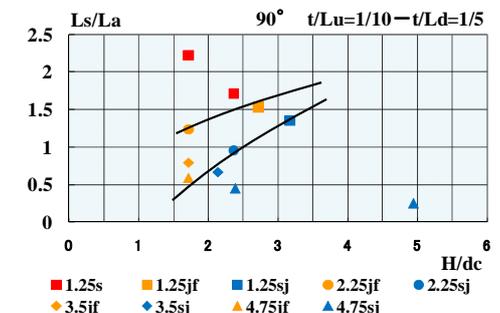
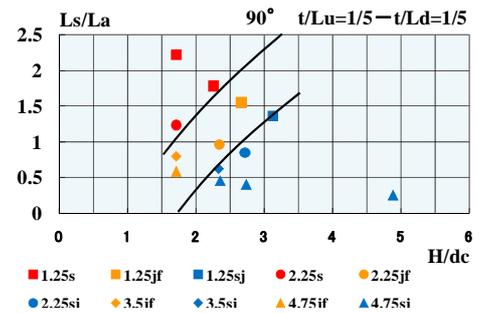


図 2  $Ls/La$  と  $H/dc$  との関係( $90^\circ$  の場合)

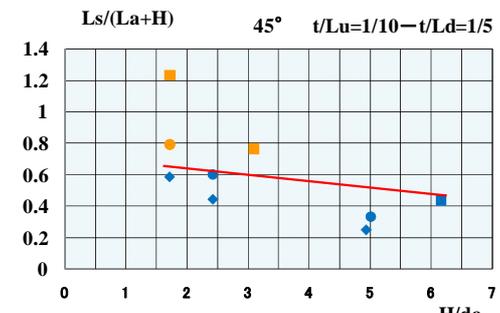
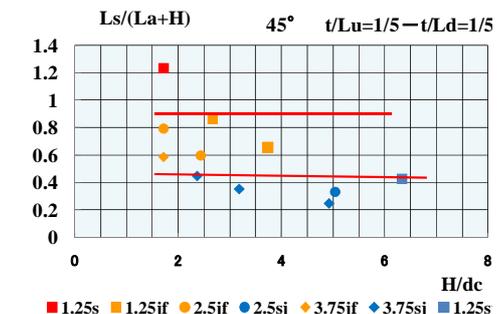


図 3  $Ls/(La+H)$  と  $H/dc$  との関係( $45^\circ$  の場合)