

開口部を有する斜め堰が河床変動に与える影響

熊本大学 学生会員 福田祐成 宇根拓孝 蔵永一輝 正会員 大本 照憲

1. はじめに

ダムや堰などの河川横断構造物は川が本来有する連続性を遮断、物理・生物環境の多様性を消失、さらに自然攪乱を抑制する傾向を持つことが指摘されている。米国では堰を含めたダムの老朽化や河川環境の劣化を改善するために既に 500 以上の堰やダムが撤去されている¹⁾。

また、斜め堰は、その形状から平水時に取水しやすく、洪水時は直角堰に比べ越流幅が広いことから堰上流における水位上昇量を抑制する。また、斜め堰は越流する際に堰軸に対して直交方向の流れをとるため、湾曲河道部に設けると洪水流を河道に沿うような流れに矯正する効果を持つ。しかし、周囲の砂州、河道形状との位置関係を考慮せず斜め堰を設置してしまうと洪水時に取水口に流れを集中させ、堰直下流の側岸近傍において局所洗掘を生じさせるなどの問題を引き起こす。

既往研究において開口部を有する堰が河床変動に与える影響について検討された事例は極めて少ない。福岡ら²⁾は、斜め堰を設置した固定床流れにおいて堰上流の水位上昇、堰天端上および堰下流の流れ、さらには移動床に斜め堰を設置した実験を行い、河道の形状と堰の位置が流れと河床変動に及ぼす影響について検討した。また、住田ら³⁾は、アスペクト比の比較的大きい実験水路を用い、堰開口部の形状や大きさが堰上流の河床変動に与える影響、洗掘に伴う流路の形成を検討している。しかし、開口部を有する堰が堰下流域の河床変動に与える影響については研究例が無く、部分撤去された堰下流域の河床の洗掘・堆積特性や流れについての研究事例は皆無に等しい。

本研究では、開口部を有する斜め堰が従来の連続固定堰に較べて、土砂の流動性を高めることに着目し、堰上流の堆積土砂の排砂機能および堰下流の河床変動について検討した。

2. 実験装置および方法

実験は全長 10m、幅 39cm、高さ 20cm のアクリル樹脂からなる循環式可変勾配水路を用いて行った。図-1 に示す様に上流端から下流 6m 位置に斜め堰を設置し、堰から上流 6m までの区間および下流 4m までの区間には平均粒径 $d_{50}=0.77\text{mm}$ 、均等係数 1.29 の珪砂を敷き均した。斜め堰の設置角度は、側岸の方線を基準として上流に 30 度とした。移動床の初期河床高は堰上流側において堰高と同じ高さである 17cm の厚さで敷き詰めて満砂状態とし、堰下流側の河床高は上流河床高より 6cm 低い、11cm の厚さで敷き均した。堰模型の開口部分の深さ(開口部深さ)を D とし、0cm~6cm の範囲で 1cm の間隔で系統的に変化させ、7 ケースの実験を行った。水位および河床高の計測には、ポイントゲージおよび超音波水位計を用い

た。座標系は堰の中心位置の水面を原点とし、流下方向に x 軸、横断方向に y 軸、鉛直下方向に z 軸をとり、右手系とする。表-1 に移動床実験の初期条件を示す。これらの水理量は、それぞれ堰より上流 3m 位置および下流 2m 位置における値を示す。堰下流における初期水深は、限界掃流力以下となるように実験水路下流端の堰を操作し、既往研究⁴⁾との比較のため 6.5cm に設定した。

本研究では、堰開口部が堰上流の河床形状に与える影響を明らかにするために、後述する様に漸変流区間および局所流区間に分けて検討を行った。

図-2 は、漸変流区間で用いた河床形状の代表スケールであるパラメータを示す。初期の上流河床高および堰下流の河床高の差を $\Delta Z = 6\text{cm}$ とした。漸変流区間では、水路横断方向に平均化された河床高を z_D 、水路横断方向表-1 水理条件に平均化した水位を H_D 、水深を h_D とし、開口部深さ $D=0\text{cm}$ (非開口堰) においては、各変数の下添字に 0 を付け、それぞれ z_{D0} 、 H_{D0} および h_{D0} で表した。さらに漸変流区間で水路横断方向に平均化した河床高 z_D および初期河床高との差を Δz_D 、平均河床高 z_D および $D=0\text{cm}$ における平均河床高 z_{D0} との差を Δz_{D0} で表し、それぞれ平均河床低下量および相対的河床低下量とした。また、各ケースにおける水位 H_D および開口部深さ $D=0\text{cm}$ における H_{D0} との差を ΔH_{D0} で表し相対水位低下量とした。

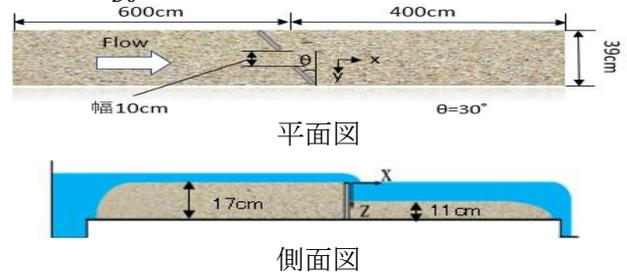


図-1 実験水路の概要

表-1 実験条件

Discharge: $Q(\text{l/s})$	5.4	
Bed slope: l	1/300	
Critical depth(cm)	2.45	
Grain size: d_{50} (cm)	0.077	
Friction velocity: u_* (cm/s)	3.83	
	Upstream ($x = -300\text{cm}$)	Downstream ($x = 200\text{cm}$)
Flow depth: (cm)	2.8	6.5
Mean velocity (cm/s)	49.5	21.3
τ_* / τ_{*c}	3.46	0.45
Froude Number	0.85	0.39

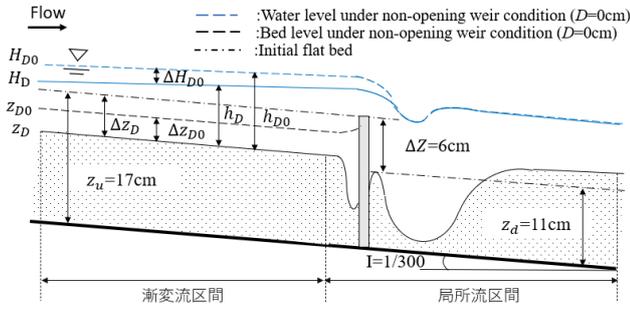


図-2 漸変流区間における河床形状の代表スケール

3. 実験結果

3.1 漸変流区間

図-3 は漸変流区間で横断方向に平均した河床低下量に与える堰開口部深さ D の影響を示す。図から分かるように平均河床低下量 Δz_D は、開口部深さ D の増加に伴い直線的に増加することが分かる。堰開口部深さ D が 60mm で初期河床高低差に等しいケースでは、初期河床からの低下量は 30.3mm、河床高低差の 51%に相当する。

また図-4 より、相対水位低下量および相対河床低下量は、いずれも開口深さが増加するに従って直線的に増加することがわかる。特に、開口部深さ D が 60mm で初期河床高低差に等しいケースでは、相対河床低下量は、河床高低差の 23%に相当し、相対水位低下量は、河床高低差の 15%に相当する。

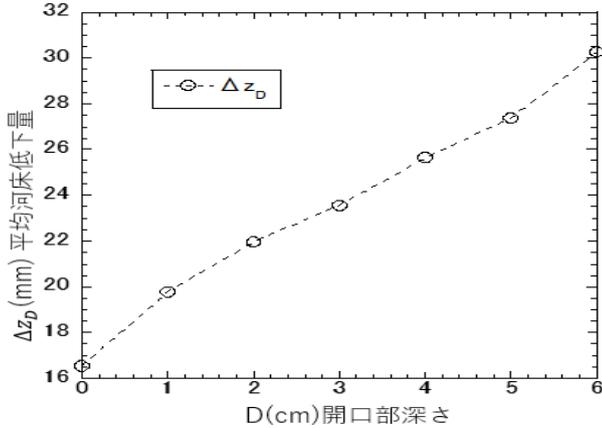


図-3 平均河床低下量

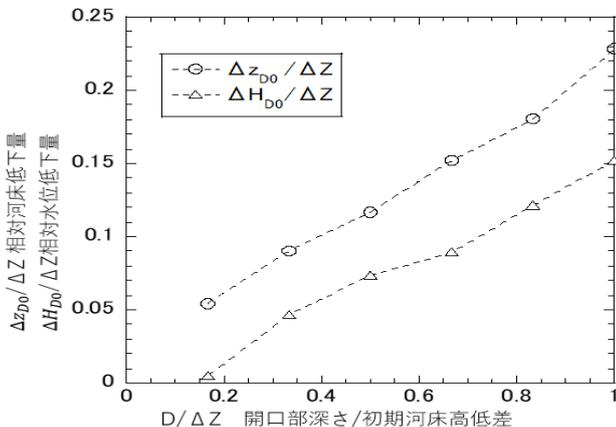


図-4 相対河床低下量・水位低下量

3.2 局所流区間

図-5 は、堰開口部深さ D が 1cm と 6cm における堰直上流および下流の河床高のコンターを示す。なお、コンターの数値は初期河床からの変化量を mm 単位で表示した。いずれのケースにおいても堰周辺に局所的洗掘孔が生じていることがわかる。また、洗掘孔の深さおよび面的広がり開口部深さ D が増加するに従って大きくなる。堰下流における顕著な洗掘孔は、左岸近傍に生じ、これらの洗掘孔の深さおよび面的広がり開口部深さ D の増加に伴い大きくなる。

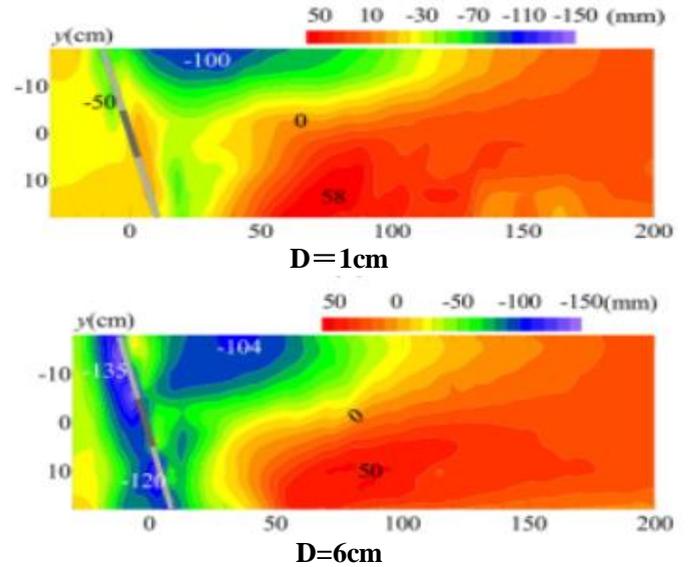


図-5 堰直上流および下流の河床形状のコンター

4. 結論

本研究では、開口部を有する固定堰が従来の連続固定堰に較べて土砂の流動性を高めることに着目し、開口部深さを系統的に変化させた河床変動の影響を基に堰上流に堆積した土砂の排砂機能および堰下流の河床変動について検討した。

参考文献

- 1) ハイイツ科学・経済・環境センター編, 青山己織訳:ダム撤去, 岩波書店, 2004
- 2) 福岡捷二, 三代俊一, 荒谷昌志, 中須賀淳, 岡田将治, 田中正敏: 堰の位置及び構造の違いによる堰上流, 下流の河道水理量の変化, 水工学論文集, 第45巻, pp. 397-402, 2001年
- 3) 住田英之, 武藤裕則, 田村隆雄: 堰の部分撤去に伴い上流側へ発達する流路の形状について, 土木学会論文集 B1(水工学)Vol.71, No.4, I925-I930, 2015
- 4) 大本照憲, 吉田樹宏, 宇根拓孝: 開口部を有する越流堰が河床変動および流れの構造に与える影響, 土木学会論文集 B1 (水工学) Vol. 72 No. 4 I_811-I_816, 2016.2