

堰を越える流れの実験と解析

広島大学大学院
建設省中国技術事務所

学生会員 ○中須賀 淳
正会員 片山 敏男

広島大学工学部
東京建設コンサルタント
セントラルコンサルタント

フェロ-会員 福岡 捷二
正会員 三代 俊一
正会員 荒谷 昌志

1.はじめに

固定堰は洪水時に堰上流部で水位の上昇、堰直下流部で河床や河岸の洗掘を引き起こすことが懸念されている。そこで、平面構造の異なる固定堰を越える流れの実験を行い、堰が洪水流に及ぼす影響を調べた。さらに計算モデルを構築し、堰上流の水位の上昇、堰上および下流の流れの集中について実験結果と比較した。

2.実験方法

実験は水路長 15m、水路幅 0.8m、水路勾配 1/600 の固定床単断面直線水路を用いている。堰の縦断形状は図-1 に示す。堰は、上流から 10m の位置に水路に対して 90 度(直角堰)と 45 度(斜め堰)に設置されている。この水路に 20l/s 通水し、水位、流速を測定している。

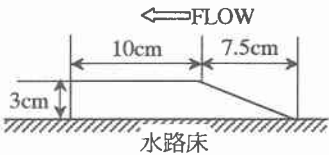


図-1 堰の縦断形状

3.平面 2 次元解析

解析は、直交曲線座標系を用いた 2 次元浅水方程式を基礎式とし、スタガード格子を用いて差分法で行っている。境界条件は上流端で実験流量、下流端で実験水位を与え、壁面は Slip 条件とした。堰を設置しないで行った実験よりマンニングの粗度係数($n=0.0103$)を求め、渦動粘性係数は $\varepsilon = \kappa u_* h / 6$ を用いた。

流れの解析には、2 種類のメッシュを用いた。Type I として図-2 に示す堰軸に直交する座標軸を用い、Type II として堰の形状を特に考慮せずデカルト座標系を用いている。堰の影響は、ともに堰に該当するメッシュの水路床高を堰の高さ分だけかさ上げして取り込む。計算条件を表-1 に示す。

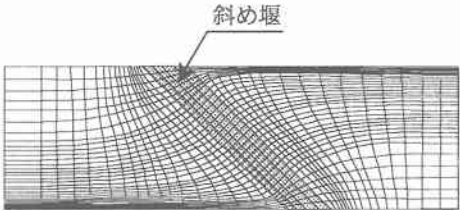


図-2 計算メッシュ(Type I)

表-1 計算条件

	堰形状	メッシュ	
		Type	堰上の縦断間隔
Case 1-1	直角堰	—	1.25cm
Case 1-2	直角堰	—	5.0cm
Case 2-1	斜め堰	I	1.25cm
Case 2-2	斜め堰	I	5.0cm
Case 3	斜め堰	II	1.25cm

4.実験結果と解析結果の比較

a)縦断水位

図-3 は直角堰の実験と計算の縦断水位の比較である。実験値と Case1-1 の計算値は、堰上流部の水位だけでなく、堰下流での跳水の位置もほぼ一致している。しかし、Case1-2 の計算水位は堰上流部では低く、堰下流部の跳水の位置が堰の近くに現れている。これは、堰上流の水位がやや低くなったことにより、堰を流下する流れの速度が小さく計算されたためである。

図-4 は斜め堰のある流れの水路中央における縦断水位の実験結果と計算結果の比較である。堰上流では計算結果は Case2-1、Case3 とともに実験と水位が一致していることがわかる。しかし、メッシュ間隔が大きい Case2-2 は直角堰のときと同様に堰上流部での水位上昇が小さく計算されている。堰の直下流部では Case2-1 の計算結果は実験値とのずれが大きい。これは基礎式に直交曲線座標系を用いたため、メッシュのひずみが考慮されず、それが誤差となったと考えられる。

以上より、メッシュ間隔を小さくすれば堰上流部の水位上昇を再現することが出来る。

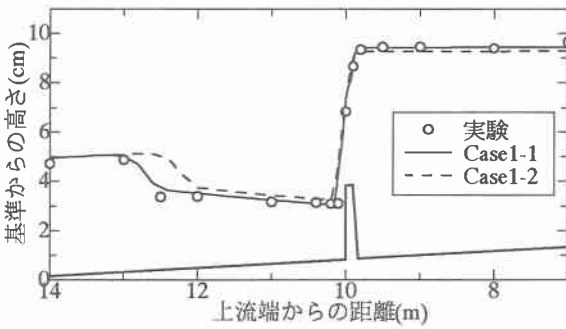


図-3 直角堰縦断水位

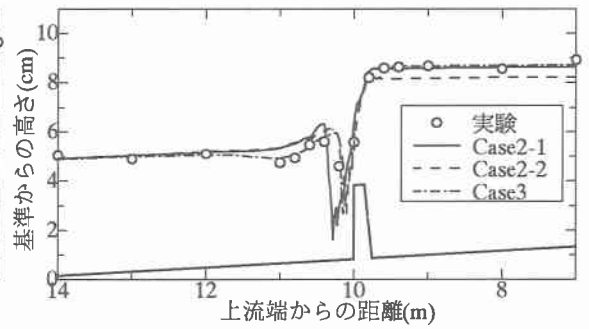


図-4 斜め堰縦断水位

b) 水深平均流速分布

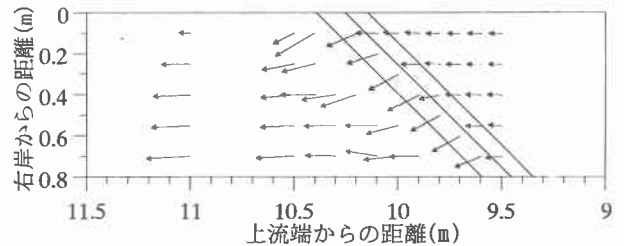
図-5(a)は斜め堰の実測流速分布, 図-5(b), 図-5(c)は Case2-1, Case3 の場合の計算流速分布である。実験結果を見ると, 流れは堰天端上で堰軸に直交するように越流している。計算結果と実験結果を比較すると, 堰天端上においては, Case2-1, Case3 とともに計算の流速ベクトルは左岸側に向けられているものの, 実験結果ほど左岸側を向いておらず, 絶対値も小さい。堰天端上の流れが正しく再現されていないのは, 堰による抵抗増が正しく評価されていないためと考えられる。堰下流では, 計算結果は実験結果と同様に左岸側に流れが集中している。また Case2-1 よりも Case3 のほうがより実験値により近い分布形をしている。しかし, 流速の絶対値は計算結果のほうが実験結果よりも明らかに小さい。この原因も, 堰天端上での流れが正しく再現されなかったためと考えられる。

以上より, 斜め堰を越える流れの計算精度にはメッシュのタイプはあまり影響しないこと, 堰の影響を水路床のかさ上げのみでは, 堰天端上の流れを十分再現できず, 堰の設置による抗力, 揚力の寄与分を考慮することが必要である。

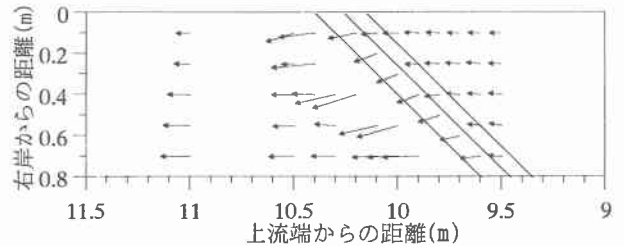
5. おわりに

水路に対して角度を持った堰の計算を行うときは, デカルト座標のメッシュを用いても十分計算可能である。

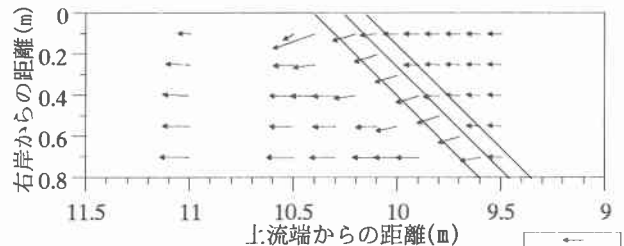
堰の影響を水路床高のかさ上げのみで評価しても, 堰周辺部のメッシュ間隔を小さくすれば堰上流部での水位上昇を再現できるが, 堰天端上での流れは十分には再現されない。また, この場合堰周辺でメッシュが小さくなりすぎて, 計算時間, データの数が多くなる。堰天端上での流れの再現, また計算時間の短縮のために, 堰による抗力, 揚力を考慮した解析が必要と考えられる。



(a) 実験



(b) Case2-1



(c) Case3

図-5 斜め堰水深平均流速分布