

堰越流流れにおける接近流速の発生条件に関する実験的検討

石川工業高等専門学校 学生員 ○向井菜緒

石川工業高等専門学校 学生員 梶田広大

石川工業高等専門学校 正会員 鈴木洋之

1. はじめに

堰の越流量はオリフィス流れやポテンシャル流れ¹⁾のモデルを基に推定される．この推定は堰湖に静水状態を想定している．しかし，鈴木ら²⁾は小規模ダムで洪水時に生じる湖内流速の速度水頭に応じて放流量が誤差を持つ問題を指摘した．本研究は堰越流流れにおける堰湖流速の発生条件を実験的に検討した．

2. 実験概要

標準型越流頂の堰を幅 30cm 側壁高 50cm の水路に設ける．設計水頭(H_d)20cm で堰高(W)は 10cm と 15cm の 2 種類とした．水路勾配は水平と 1/300 の 2 ケースとする．堰高と越流水深(h_0)の比を指標に表-1 に示す条件となるように流量を設定し，水路の横断中央位置で図-1 に示すように縦断的に水深を計測した．流速は堰高 10cm の実験で各測線での鉛直分布を流速レンジに応じて直径 1cm または 2cm のプロペラ式流速計(KENEK 製)で計測した．

表-1 実験条件

堰高	勾配	$h_0/W=1/10$	$h_0/W=3/10$	$h_0/W=1/2$	$h_0/W=1/1$	$h_0/W=12.5/10$	$h_0/W=15/10$
10cm	水平	Case1-1(f) 0.40(L/s)	Case1-2(f) 2.50(L/s)	Case1-3(f) 5.97(L/s)	Case1-4(f) 19.64(L/s)	-	Case1-5(f) 41.70(L/s)
	1/300	Case1-1(s) 1.00(L/s)	Case1-2(s) 3.20(L/s)	Case1-3(s) 7.03(L/s)	Case1-4(s) 22.50(L/s)	-	Case1-5(s) 43.73(L/s)
15cm	水平	Case2-1(f) 0.75(L/s)	Case2-2(f) 5.02(L/s)	Case2-3(f) 11.95(L/s)	Case2-4(f) 40.50(L/s)	Case2-5(f) 60.50(L/s)	-
	1/300	Case2-1(s) 1.45(L/s)	Case2-2(s) 6.30(L/s)	Case2-3(s) 14.03(L/s)	Case2-4(s) 43.62(L/s)	Case2-5(s) 68.00(L/s)	-

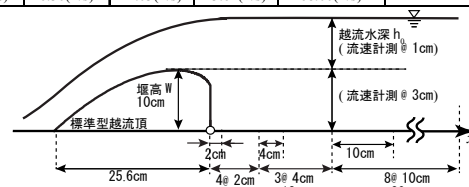


図-1 計測概要

3. 越流公式への適用

図-2(a)(b)に流量と流量係数の岩崎式¹⁾による推定値と実験値の比較を示す．勾配・堰高に関係なく越流水深が小さい範囲で，流量の再現性は高い．しかし，越流水深の増大に伴って再現性がやや低下する．また，水平勾配で越流水深が小さい範囲では堰高に関係なく，流量係数の再現性は高いが，

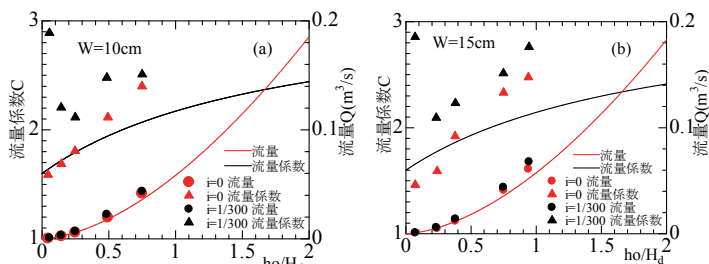


図-2 岩崎式による流量と流量係数推定値と実験値の比較

越流水深が増大すると再現性の低下が顕著になる．これらは接近流速の増大に起因すると考えられる．この再現性の低下は越流水深が $h_0/W=1$ を超過すると明瞭となるようである．また，勾配有りでは，堰高・越流水深に関係なく流量係数の再現性は大きく低下する．岩崎式は越流水深を全水頭として堰流れを扱うため，堰上流の流れは一切考慮されない．しかし，勾配の存在は堰湖での流速を増大させる．このモデルと実際の流れの差異が勾配有りでの流量係数の顕著な再現性低下の理由と推測される．しかし，最小越流水深で流量係数が小さい理由は不明であり，今後検討が必要である．

4. 流況の整理

図-3(a)(b)(c)(d)に堰背面の水路床位置を原点に上流を正方向

として表した水面形を示す．水平勾配では両堰高とも，水面勾配が水平となる．勾配有りでは，両堰高とも，下流水位が高い堰上げ曲線を描くのは，水平勾配では堰の貯留機能で抑制される流速が勾配によって増大す

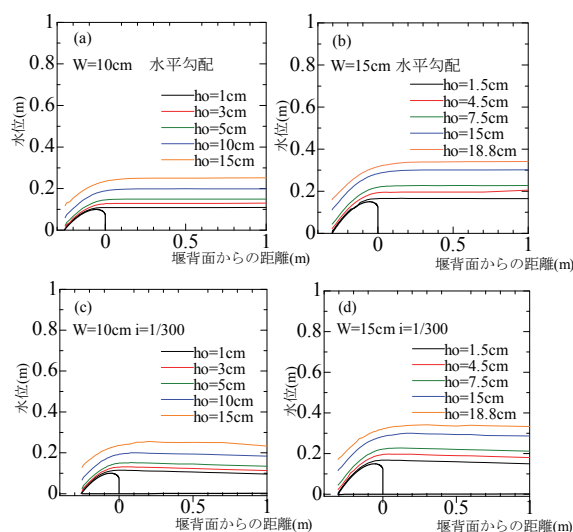


図-3 各勾配・堰高での計測水面形

るためと考えられる．すなわち，勾配は接近流速の発生を促す要素と推測できる．

また， $h_0/W=1$ を境にして水面の堰上げ高が小さくなり，堰の水面への干渉の弱まりが窺える．水面低下の開始位置が大きく上流側に移動することから， $h_0/W=1$ が接近流速増大の閾値となる可能性が窺える．

図-4(a)(b)に各堰高での表面流速分布を示す．堰高・勾配に関わらず，越流水深が大きいほど，堰付近の流速増大の開始点が上流側にある．よって越流水深が大きいほど，接近流速の影響が堰から遠方に及ぶのが分かる．また， $h_0/W=1$ を超過すると堰から約 20cm 上流に流速のばらつきが現れる．更なる検討が必要であるが， $h_0/W=1$ を境に流れに変化が生じることを示唆していることが窺える．また，堰高が大きいと，同じ堰高で勾配有りと水平勾配での表面流速の差が小さい．すなわち， h_0/W が同じでも，高い堰の方が貯留機能の効果が期待できると考えられる．

図-5 に堰高 10cm の実験で各越流水深を与えたときの各測線での鉛直流速分布を示す．ただし，(a)は水平勾配，(b)は勾配有りの場合である．図中の縦軸は堰背面から 20cm 位置での水深で無次元化した相対水深，横軸は $(gW)^{1/2}$ で無次元化した流速で表した．勾配に関係なく，堰頂より高い位置で流速が大きい堰上流部の一般的な流速分布となる．

また，越流水深 3cm までは，水面に近いほど流速が大きい一般的な分布を示す．水平勾配では越流水深 5cm までは水面に近いほど流速が大きい分布を示すが，越流水深 10cm からは水面に近いほど流速が小さくなる堰上の流速分布特性を示す．勾配有りでは，この特性が越流水深 5cm の段階で現れており，勾配の存在が接近流速の発生を促すと考えられる．実際のダム貯水池に必ず河床勾配は存在するため，勾配の大きさ次第では注意が必要であろう．

図-6(a)(b)に $W=10\text{cm}$ の場合の全水頭に占める速度水頭と越流水深の割合をそれぞれ水平勾配と勾配有りの場合について示した．勾配に関わらず，越流水深の増大に伴い，接近流速の影響が大きくなる．水平勾配に対して勾配有りは，各越流水深で速度水頭の割合が大きくなる．これより，勾配の存在により接近流速の影響が大きく現れるのが分かる．また，図は割愛するが， $W=15\text{cm}$ でも同様の関係が確認されている．

5. おわりに

本研究は越流水深が大きい堰流れでは岩崎式による推定値が劣化することを示した．この劣化は接近流速の増大に起因することを示し，越流水深と勾配を指標とした実験で接近流速の発現特性について検討した． $h_0/W=1$ の条件が接近流速の影響を無視できなくなる閾値の意味を持つ可能性を示した．

参考文献

1) 岩崎敏夫：越流頂余水吐きの流量係数について，土木学会論文集，第 43 号，pp. 29-37，1957. 2) 鈴木洋之，谷口友梨，河村陽一：庄川の連続ダム群における推定流量の精度劣化要因，水文・水資源学会誌，24(3)，pp.149-158，2011.

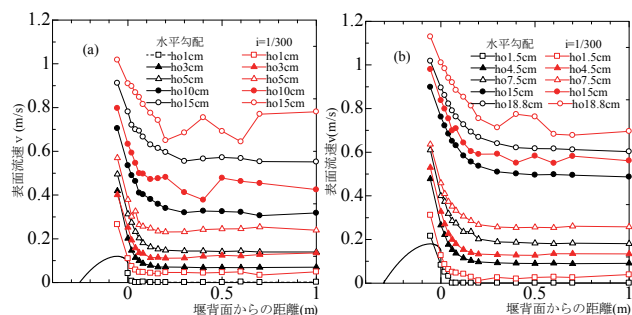


図-4 各堰高での表面流速

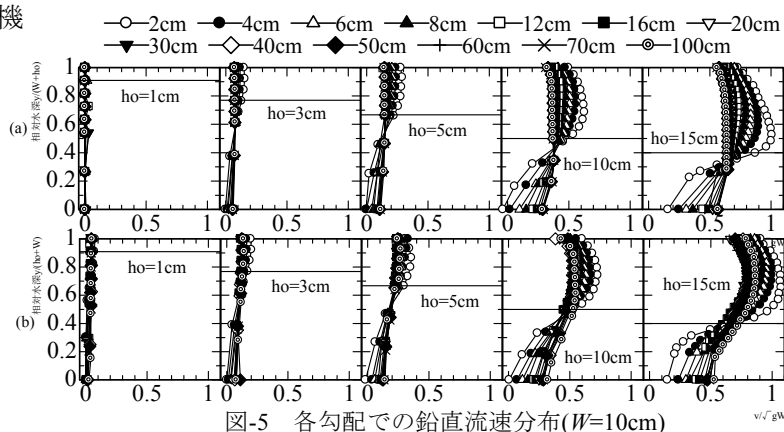


図-5 各勾配での鉛直流速分布($W=10\text{cm}$)

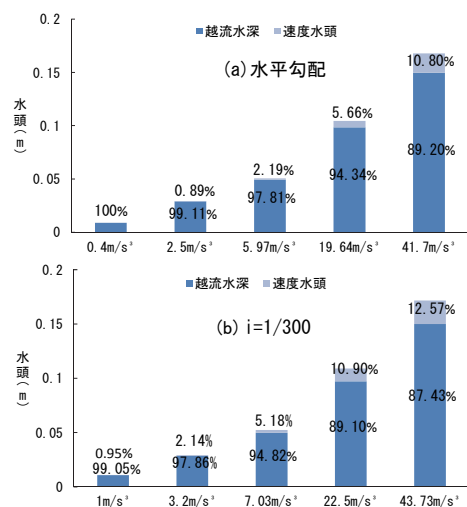


図-6 越流水深と速度水頭の構成割合