広頂堰の直上流水位の評価に関する研究

株式会社 建設技術研究所　正会員　○多田羅 謙治　九州産業大学　フェロー会員　羽田野 袈裟義
群馬工業高等専門学校　正会員　永野 博之　国土交通省山口河川国道事務所　正会員　村岡 和満

１．はじめに

河川の水面形計算は治水計画の基本であるが，堰を有する河川の常流の計算では堰直上流の水深を境界条件として与えて上流向きに計算することが必要となる．しかしながら従来の堰公式はその適用範囲が比較的小さな流量（越流水深）に限られ，また流量評価式であるので堰直上流水深の決定には繰り返し計算を要するなど，水面形計算に不都合である．

本研究は，この現状の改善のため，広頂堰の完全越流と潜り越流について，既往の実験データを用いて流量から堰直上流水位の評価式の構築を試みる．

２．完全越流

完全越流については，広範囲の条件で系統的に行われた Bazin [1]の実験データ（No.86～119）を用いて検討する．堰高 h_d と堰厚 L は，h_d=0.75m，0.50m，0.35m，その各々に対して L=0.20m，0.10m，0,05m である．**図-1** は流量から越流水深 h を計算する式の定式化に用いるための図である．図中の $h_c=(q^2/g)^{1/2}$ は限界水深であり，図は Govinda Rao ら [3]の流量係数のグラフにヒントを得て作成している．

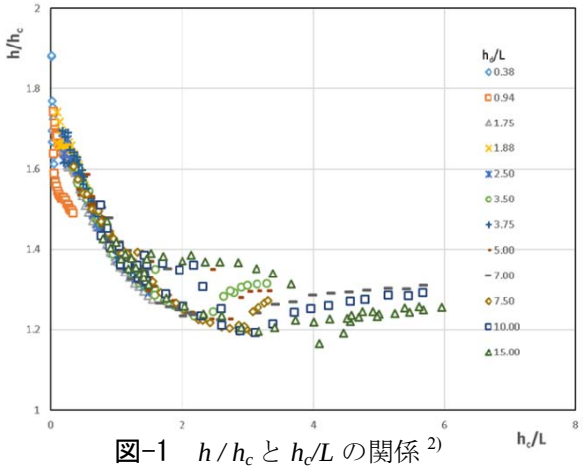


図-1　h/h_c と h_c/L の関係 [2]

著者らは [2] は**図-1** の関係の定式化を示したが，その後の検討により次の関係式を得た．

$h/h_c=1.27$　；$3.2 \leqq h_c/L$　(1a)

$h/h_c=1.44\times(h_c/L)^{-0.112}$　；$0.32 \leqq h_c/L \leqq 3.2$　(1b)

$h/h_c=1.58\times(h_c/L)^{-0.030}$　；$0.01 \leqq h_c/L \leqq 0.32$　(1c)

図-2 は Bazin と Govinda Rao らの全実験の越流水深 h の実験値を式（1）による計算式で除した K_h の値を h_c/L に対して図示している．図によると，K_h は $1.0 \leqq h_c/L$ の範囲で 1±0.1 の範囲内にあり，また同図は前報 [2] の図-6 に比べて明らかに改善されており，広頂堰の完全越流の越流水深の評価式として式(1)は妥当と考えられる．

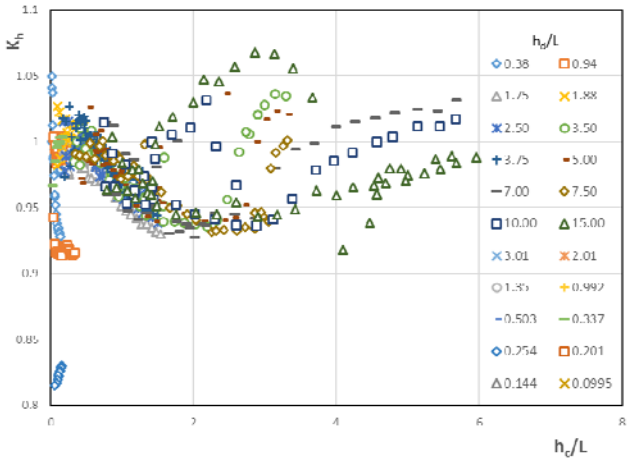


図-2　K_h と h_c/L の関係

３．潜り越流

3.1 h_1/h～h_2/h_c の関係

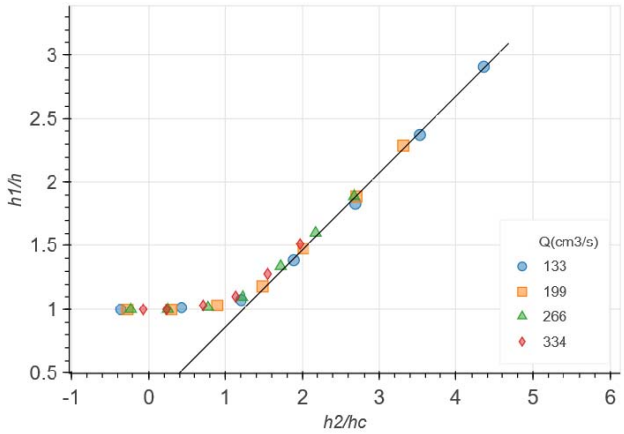
著者ら [4]は刃形堰の水理検討において，潜り越流の堰上流水位（堰頂基準）h_1 と完全越流の越流水深 h の比 h_1/h と，堰頂基準の下流水位 h_2 と限界水深 h_c の比 h_2/h_c の間の関係を定式化した．広頂堰の潜り越流については，本間 [5]により系統的な実験が行われている．実験堰は高さが全て 0.15m，縦断形状は矩形と台形で，各実験堰の堰頂縦断方向長さ L，上流面勾配 I_u，下流面勾配 I_d の組は次の通りである．

堰 1 (0.05m，鉛直，鉛直)，　堰 2(0.10m，鉛直，鉛直)
堰 3(0.20m，鉛直，鉛直)，　堰 4(0.05m，鉛直，3/2)
堰 5(0.05m，鉛直，1/1)，　堰 6(0.05m，鉛直，3/5)
堰 7(0.05m，3/1，3/2)，　堰 8(0.05m，3/1，1/1)
堰 9(0.05m，3/2，1/1)，　堰 10(0.05m，3/1，2/3)
堰 11(0.05m，3/1，1/2)，　堰 12(0.05m，3/4，2/5)

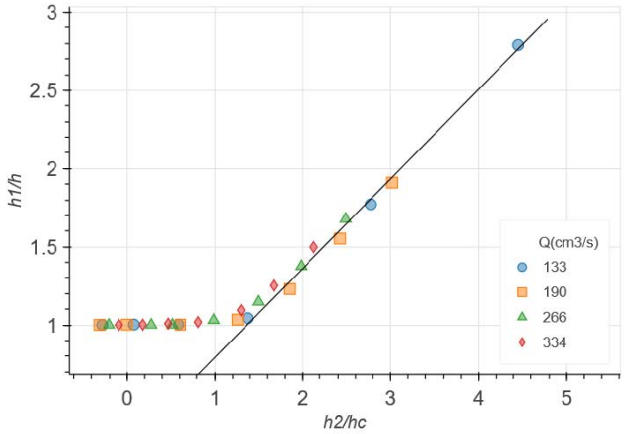
キーワード　広頂堰，完全越流，潜り越流，水位評価式
連絡先　〒541-0045　大阪市中央区道修町１丁目 6-7 株式会社建設技術研究所大阪本社水工部 TEL06-6206-5594

© Japan Society of Civil Engineers

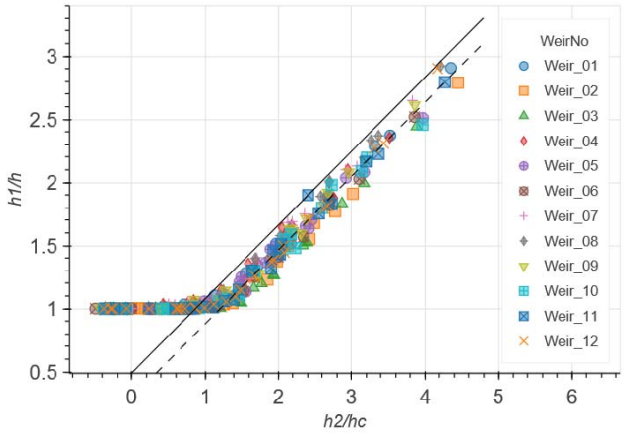
図-3 は広頂堰上の潜り越流の堰直上流水位 h_1 と同一流量の完全越流の越流水深 h の比 h_1/h と堰下流水位 h_2 と限界水深 h_c の比 h_2/h_c の関係を示す．同図によると，広頂堰の潜り越流の h_1/h～h_2/h_c の関係は，h_2/h_c ≦1.5 程度では h_1/h はほぼ 1.0 の値を示し，h_2/h_c≧1.5 程度では h_1/h は h_2/h_c の増加にほぼ比例して増大する．そして，本間の実験の範囲ではこのグラフがほぼ同じ形状となっている．したがって，この関係の定式化に期待がもたれる．



(a) 堰 1



(b) 堰 2



(c) 堰 1～堰 12

図-3　潜り越流の h1/h と h2/hc の関係

3.2 h_1/h～h_2/h_c の関係の定式化の試み

図-3(c) によると治水計画の基準となる堰直上水位は図-3(c) のグラフのプロット群の上側包絡線を定式化すればよいことが示唆される．この概略の式を求めると次のようになる。

$$\frac{h_1}{h}=1, \qquad \frac{h_2}{h_C}\le c \tag{2a}$$

$$\frac{h_1}{h}=a\frac{h_2}{h_C}+b, \qquad \frac{h_2}{h_C}\ge c \tag{2b}$$

a, b, c の間には次の関係がある．

$$c=\frac{1-b}{a} \tag{3}$$

図-3(c) のグラフに示したプロット群の上側包絡線はほぼ a=0.586，b=0.490 を与え，したがって c=0.870 となる．

3.3 潜り越流を跨ぐ水理計算

以上により開水路の常流に対して広頂堰上の潜り越流を跨ぐ水理計算が原理的に可能となる．広頂堰下流の河道の水路勾配，粗度，断面形と流量が与えられれば，堰下流の限界水深 h_c が得られ，そして堰下流の水深を等流水深 h_0 で近似することができ，この結果と堰高 h_d から $h_2=h_0-h_d$ が与えられ，式(2)と（3）から h_1 が与えられ，その結果から h_1+h_d として堰直上流の水深が与えられる．これが堰上流の水理計算の境界条件となる．

4．おわりに

以上，堰を有する河川の水理計算を想定し，矩形広頂堰上の完全越流について Bazin と Govinda Rao らの実験データを用い，そして矩形と台形の広頂堰上の潜り越流について本間の実験資料を用いて堰直上流の水位を評価することを試みた．今後は更に広い条件について調べ定式化を目指す．

参考文献

1) Bazin: Annales des Ponts et Chaussees, Ser.6,Vol.6,1888.
2)多田羅ら，土木学会全国大会概要集，2017.
3) Govinda Rao ら:　La Houille Blanche,No5, 1963.
4)羽田野ら：土木学会論文集 B1，2014.
5)本間：土木学会論説報告，1940.

© Japan Society of Civil Engineers