

九州工業大学 工学部 正会員 ○ 浦 勝
大学院 学生員 長澤 史郎

1. 緒言

都市近郊の開発に伴い、雨水のピーク流量が増大して既設の水路では排水が不可能となり新設水路の設置が必要となっている。この場合、地理的条件から既存の水路を最大限利用し、過剰流量のみを新設水路に流下させる分流方法が考えられる。本研究では、制約条件から道路下の暗渠内に設けられた長堰長越流堰の越流水深、流量、堰長の関係を実験的に求めた結果を述べる。

2. 堰の平面形状の決定

既存水路内の堰上げ背水と極力抑え、道路幅以下の水路幅で所要の流量を分流させるためには堰長を長くする必要があり、堰の平面形状は図1 Case Aのように水路に平行かつ左右対称に堰を設置することが考えられる。しかし、この形状では先端の形状抵抗が大きく、上流水位が堰上げられた。そこでCase Bのように堰始端の間隔を狭め、抵抗の軽減を計り、また、堰終端付近では越流水脈の衝突が懸念されるため、堰の平面形状を平行とせず下流に向かって拡げた。つぎに、さらに堰先端の分流を滑らかにするため三角形形状の分流部を設けた。これを

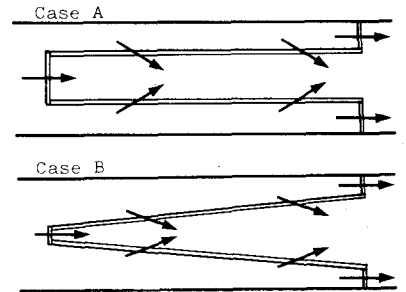


図1 堰平面形状

Case Cとし、その形状を図2に示す。図3はCase BとCase Cの堰長2 mに同一流量を流した場合の水面形状の比較である。図3より、堰先端に分流部を設けず直交堰としたCase Bの場合が流入直後水面変動が激しいのに対し、三角形形状分流部を設けたCase Cの場合は水面変動が見減している。さらに、Case Cの場合は先端付近の形状抵抗が減少するため、上流越流水位 H も低下している。以上のことより、先端部は流れを滑らかに分流する三角形形状が望ましいことがわかり、以下、図2に示したCase Cの形状を基本形として実験を行った。

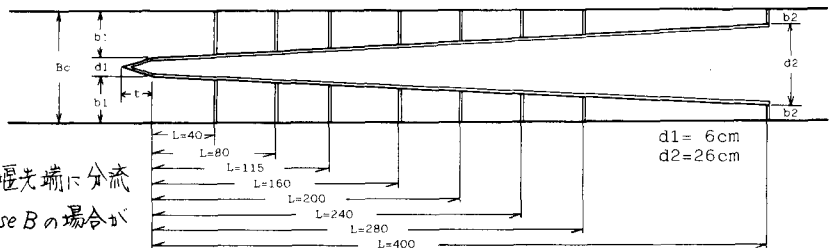


図2 Case C (基本形)

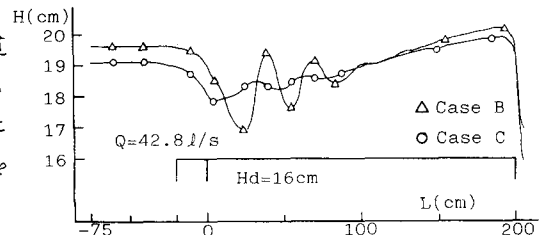


図3 Case B と Case C の水面形状の比較

3. 実験方法

実験装置は水路床勾配 $i=0$ の水路内に設置し、図2に示す基本形の記号及び諸量は表1に示す。なお、水位の基準面は水路床にとり、堰頂高を H_d とした。実験は各堰長に対し流量を変化させ、越流堰の始端と原点とし、原点より上流75cmの点にポイントゲージを取り付け、基準越流水位 H_0 を測定した。また、堰上の越流水位 H と堰長方向に5cm間隔で読み取り、水面形状を求めた。

4. 実験結果及び考察

各堰長 L に対して、流量 Q を変化させ、基準越流水深 $h_0 (= H_0 - H_d)$ との関係を求めた。図4は Q 、 h_0 をそれぞれ

B_0 、 H_d 及び重力加速度 g を用いて無次元化した量 $Q/B_0\sqrt{gH_d^3}$ 、 h_0/H_d の関係を各堰長の $(L+t+b_2)/H_d$ をパラメータとしてプロットしたものである。これより、 $Q/B_0\sqrt{gH_d^3} < 0.4$ では Q は h_0 の $3/2$ 乗に比例し、かつ、堰長 L によって増加する。この関係は本実験の範囲内で次式で表される。

$$Q/B_0\sqrt{gH_d^3} = \phi(h_0/H_d)^{3/2} \quad (1)$$

図5は ϕ と $(L+t+b_2)/H_d$ の関係をプロットしたものである。この結果より、 $\phi = 0.536(L+t+b_2)/H_d$ を得る。従って、式(1)は次式で表される。

$$Q/B_0\sqrt{gH_d^3} = 0.536\{(L+t+b_2)/H_d\}(h_0/H_d)^{3/2} \quad (2)$$

また、上式は $B_0/H_d = 2.25$ を用いて変形すると $C = 0.64$ として、

$$Q = \frac{2}{3} C \sqrt{2g} \cdot 2(L+t+b_2) h_0^{3/2} \quad (3)$$

と表され、堰長を $2(L+t+b_2)$ とした全幅堰の流量公式と一致する。

ところが、堰長 L 、流量 Q が増加していくと流量 Q は L とは無関係に h_0 のみによって規定されることがわかる。これは堰の上流側において限界水深となっているためと考えられる。堰上流における比エネルギーの関係より、

$$E = \frac{v^2}{2g} + h_0 + H_d = \frac{Q^2}{2gB_0^2(h_0+H_d)^2} + h_0 + H_d \quad (4)$$

上式より、限界水深は次式となる。

$$h_0 = \frac{2}{3} E - H_d \quad (5)$$

ここで、実測値 h_0 と $Q/B_0\sqrt{gH_d^3} > 0.6$ なる場合の Q を用いて式(4)より求めた E の値を E_0 として、 h_0 に対してプロットすると図6を得る。これより、

$$h_0 = \frac{2}{3} E_0 - 11.1 = \frac{2}{3} E_0 - \alpha H_d \quad (\alpha = 0.70) \quad (6)$$

となり、補正係数 α を含む堰上流で限界水深に達していると推定される。従って、式(6)の E_0 を式(4)の E に代入して E_0 を消去し、無次元量で表せば、次式となる。

$$Q_m/B_0\sqrt{gH_d^3} = (h_0/H_d + 1)(h_0/H_d + 3\alpha - 2)^{1/2} \quad (7)$$

式(7)を図4中に示したが、これは測定結果と一致する。従って、最大流量と越流水深は、堰長に無関係に、この曲線によって支配されるものと考えられる。

5. 結言

以上の実験的研究より、Case Cの形状をもつ長堰長の越流堰の流量は、不確定な係数 $\alpha (=0.70)$ を含むが、全幅堰と同様に取り扱うことのできる式(2)とその上限を定める式(7)によって与えられることがわかった。また、与えられた Q_0 、 h_0 、 H_d に対する必要堰長を求めるには、式(7)の右辺より求める Q_m が Q_0 より大きければ式(2)により、 $Q_m < Q_0$ ならば式(7)を満足する越流水深 h_0/H_d を式(2)に代入して堰長を求めなければならない。

最後に、本研究の機会を与えて頂いた北九州市下水道局と日興測量株式会社、及び実験と解析に協力頂いた本学西村直人技官、卒業生三村晃司君に謝意を表す。

表1 記号及び諸量の説明

	記号	模型寸法 (cm)
水路幅	B_0	36.0
堰高	H_d	16.0
堰厚	d_0	1.5
堰長	L	40~400
流入部半幅	b_1	15
堰終端半幅	b_2	5~14
流入部先端長	t	20
越流水位	H	
越流水深	h	
流量	Q	

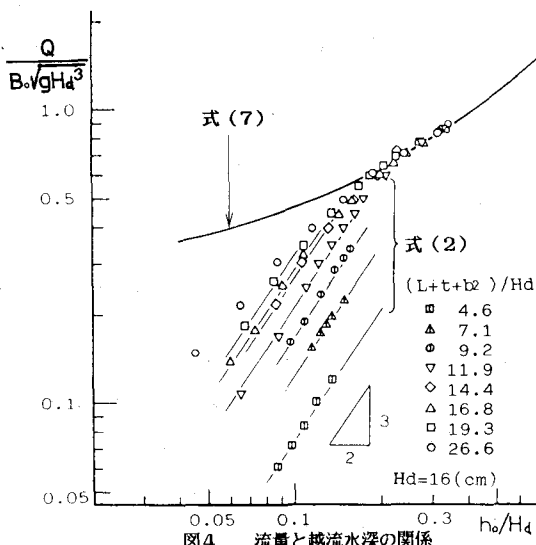


図4 流量と越流水深の関係

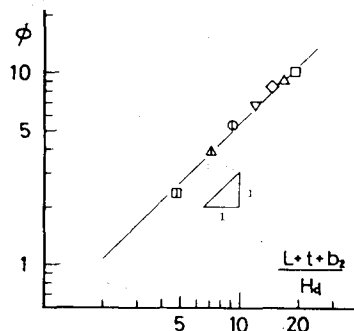


図5 ϕ と $(L+t+b_2)/H_d$ の関係

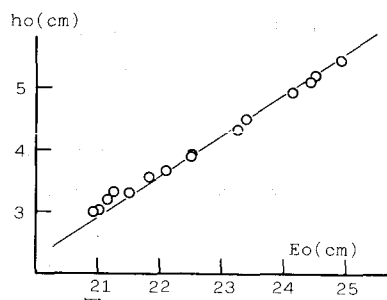


図6 E_0 と h_0 の関係