

斜めせきの水理的性質について

齊 藤 隆

1. 緒 言

河川において分水路を設け洪水量を分流するときや、降雨時下水を分流する場合などに斜めせきが屢々用いられるが、斜めせきの水理的性質についてはWexがせき頂の越流水の方向がせき線と垂直であると考えて、流速水頭を補正して斜めせきの流量係数を与えているのが目につく程度であって、不明な点が少なくない。

もともと斜めせきは直角せきの持つ要素の他に傾斜による要素が加わり、その水理的性質はきわめて複雑なものであることが予想されるが、ここでは傾斜角の影響を調べる目的のために断面が相似な二種類のせきを用い、傾斜角を種々に変えて越流係数、流れの模様等について調べた。

その結果、直角せきの越流係数を基準にして斜めせきのそれを表わすと、斜めせきの越流係数はほぼ傾斜角によって表わすことができた。又せき下流面に生ずる逆流の規模が流れの状態により非常に異なることが認められた。

2. 実験装置及びその方法

使用した水路は巾0.75m、長さ7mの木製水路で、水位調節のために水路下流端にフラッター型の調節板が取り付けられている。せきはせき頂巾L及びせきの高さWが等しく、且っ上下流面の勾配が $\frac{1}{4}$ の梯形断面の木製で、ビニール塗斜で仕上げられている。なおせきの高さは4,5cm, 9.0cmの二種類を使用した。

実験は水路のほぼ中央に、せきをせき線が水路直交線に対して 0° , 30° , 45° , 60° の四通りに変えて設置して、全実験を通じて水路単位巾当りの流量を $q=177\text{cm}^2/\text{sec}$ に保ち、下流水位を水位調節板によって変え、種々の流れの状態を作って行なった。

上、下流の水位は鉛直マンオメーターに導き $\frac{1}{100}\text{mm}$ 読みの読取顕微鏡によって読みとった。流れの方向及びせき下流面に生ずる逆流の判定はフローレッシェンを流をて行った。

3. 流量係数

斜め梯形せきの流量係数は種々の要素を持つが、完全越流状態とすれば

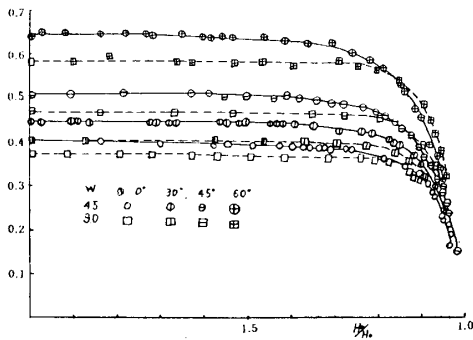
$$C = q / \sqrt{2gH_0^3} \quad (1)$$

また潜りせきの状態であるとすれば

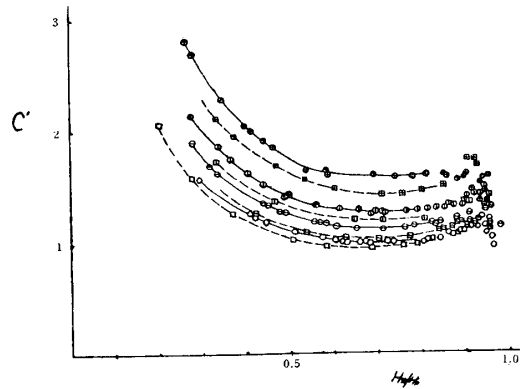
$$C' = q / H_* \sqrt{2g(H_0 - H_*)} \quad (2)$$

によって逆算される。ここにC, C'を水路単位巾についての越流係数, qを同じく水路位巾当りの流量とする。また H_0 , H_* をせき頂を基準面としたときの upstream Energy水頭及び下流水位である。

実験値を(1), (2)式を用いて、完全越流の流量係数C及び潜りせき状態の越流係数C'を逆算し、せきの傾斜角をパラメーターとして図示すれば図—1, 2となる。両図をみると、同一傾斜角で



第1図 完全越流係数

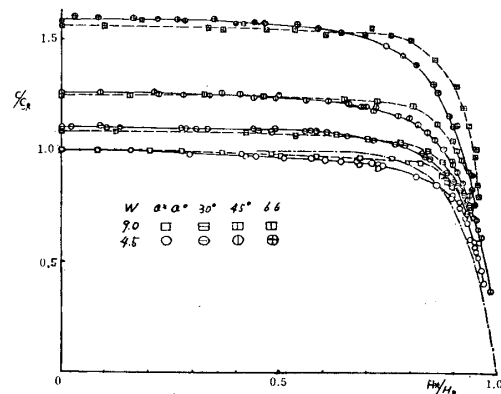


第2図 潜りせき越流係数

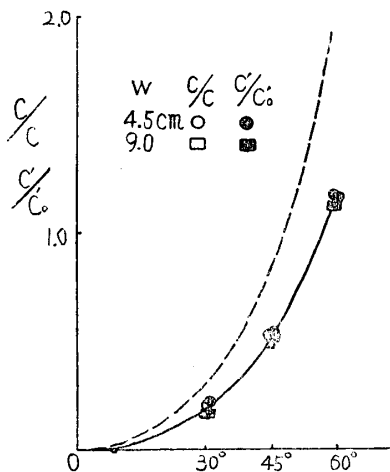
はせき高 (W/H_0) の小さい方が流量係数が大きく、又同種のせきについてみると傾斜角の大きい程当然流量係数は大きくなっている。図一2において H_*/H_0 が0.6~0.8の間で流量係数 C' が最少になり、 H_*/H_0 が0.9程度で若干大きくなり再び減少する傾向がみうけられるが、この範囲では上、下流の水位差は非常に小さくなり相対的に誤差が大きく、これらの傾向を推定することは危険と思われる。

(1), (2)式における C , C' はせきの形状、高さ (W/H_0) 及び傾斜角の関数であると考えられるが、前二者は直角せきの越流係数 C_0 , C'_0 に含まれていることを考えると、斜めせきの流量係数が直角せきのそれとせきの傾斜角の関数との積によって表わされれば好都合である。この期待によって、直角せきの流量係数を標準にして斜めせきの流量係数のこれに対する比 C/C_0 を下流水位 H_*/H_0 に対して図示すれば図一3となる。図において完全越流状態としての逆算式を用いているので、 H_*/H_0 の大きい範囲を除いてみると、同一傾斜角に対する値はわずかながらせき高の大きい方が大きい、ほぼ一致しているとみてよいと思われる。なお同図中の鎖線は薄刃せきの理論曲線である。

図一3において、同一傾斜角では C/C_0 の値は同じ値を示している、完全越流係数の代表的な値として $H/H_0=0$ の値をもっ



第3図 C/C_0 と H_*/H_0 の関係



第4図 C/C_0 , C'/C_0 と Q の関係

して、傾斜角に対して図示すれば図一4となる。図一3において H/H_0 が大きい不完全越流及び潜りせきの状態では、せき高 w/H_0 の値によって完全越流係数 C の形及び値がかなり異なる。併しながら、 $H/H_0=0.6\sim 0.85$ において、与えられたせきに対して図一2より C'/C'_0 の値の平均値を求めてプロットしたものは図一4の黒丸、黒四角のようになり、両曲線はほぼ完全に一致するとともに C/C_0 の値にはせきの高さの影響が除かれているのがわかる。この図により流量係数の逆算式(1), (2)のいずれを用いても、直角せきの流量係

数を基準にして斜めせきのそれはせきの傾斜角をもって表わすことができる。

なお同図中の点線は

$$C/C_0 = L/B = \sec Q$$

の曲線であって、斜めせきの単位巾から直角せきと同一の越流量があるとみなした場合の仮想上の流量係数である。

つぎに実用計算に便利なように C/C_0 を L/B に対してプロットしたものが図-5である。同図において $L/B < 2$ の範囲ではほぼ直線的とみなされ

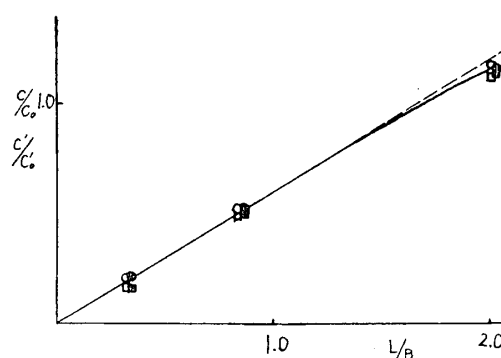
$$C/C_0, C'/C'_0 = 0.80L/B \quad (3)$$

なる直線で近似してもよいであろう。同図中の点線は(3)式を表わしている。梯形せきの C_0 の値についてはかなり多くの実験結果があるので、それらと上式とを組合せて斜めせきの流量係数を推定することができよう。

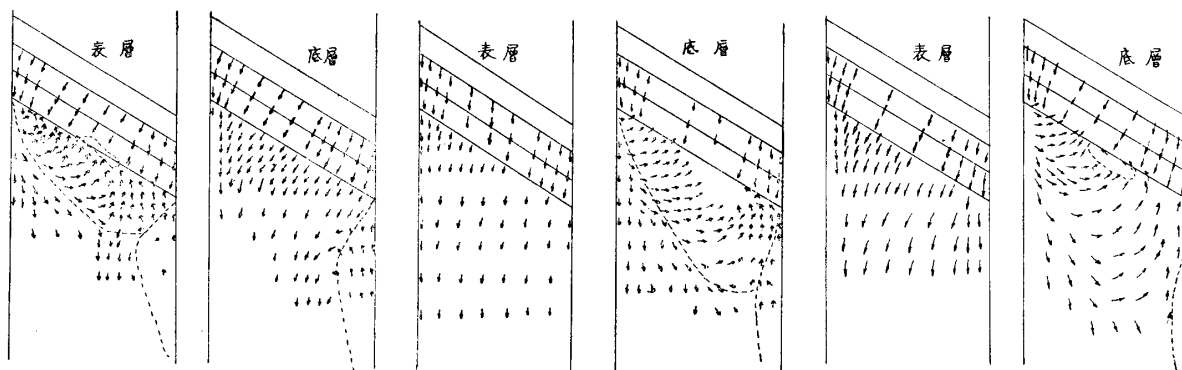
4. 流れの状態

流れの模様を識るために流れを表層と底層との二層に分け、各層の流れの方向をフローレンセンを用いて調べた。代表的な例として

$\theta = 30^\circ$, $W = 9.0\text{cm}$ の場合について図示したものが図-6であって、完全越流、潜りせきの三状態について流れの各点での流れの方向を記入してある。



第5図 $C/C_0, C'/C'_0$ と L/B の関係



第6図. 1 流れの方向
(完全越流)

第6図. 2 流れの方向
(不完全越流)

第6図. 3 流れの方向
(潜りせき)

図-6においてせき頂を流過する流れの方向をみると、完全越流状態ではWexが考えたようにほぼせき軸に対して垂直であるが、下流水位の上昇に伴いこの方法は水路方向に偏向していく。同様な傾向は傾斜角が 60° の場合にもみられるが、流れの方向のせき軸垂直線からの偏向は傾斜角 30° の場合に較べ、下流水位がより低いところから明瞭になってくる。即ちせき頂を流過する流れの方向は傾斜角が大きい程、又潜りせきの状態に近い程せき軸垂直線より水路方向への偏向が著しい。

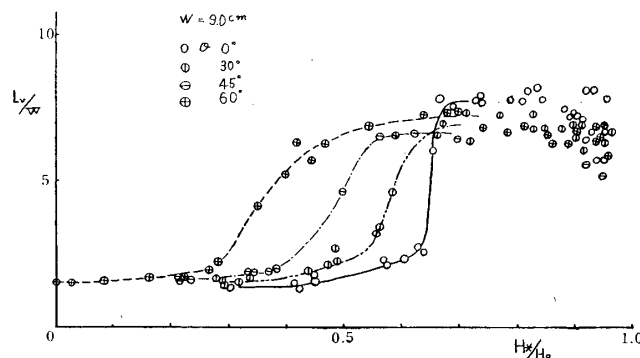
完全越流状態でせき頂を流過した流れがせき下流面で跳水している状態ではが流下した流れの表層は跳水によって図-6.1のような斜め逆流を生じている。一方底層の流れはせき頂を流下

したその方向にある程度直進し、側壁によって流れが曲げられている。側壁に衝突した流れはその方向が曲げられると同時に表層へ上昇し、表、底両層があたかも縄を編むがごとく互に上、下によじれながら流下していくのが認められた。この場合一方の側壁に沿って図において点線で示したような領域では流れが剥離して表、底両層にわたってかなり長く、弱い逆流が認められた。

下流水位が上昇してある水位に達すると表面が非常に波立ち、流れが不安定になる。下流水位がこの水位を越すと越流は不完全越流の状態となる。この状態になると表層における逆流は消滅して、逆に底層流に逆流が生ずる。この逆流の大きさは下流水位の上昇に対して急激に増大していく。さらに流下していくと完全越流の場合にみられたと同様な縄を編むような流れを呈しているのが認められたが、かなり弱いものになっていた。又側壁に沿っての流れの剥離は小さくなり流れとしてはほとんど認められず死水領域の感を呈していた。せき頂でせき軸垂直線へ偏向していた流れはかなり速く水路方向の流れに近ずき一様流れへ近ずいていく。

さらに下流水位を上昇させて、越流が潜りせきの状態になると、図-6・3でみられるように表層の流れはかなり一様流れに近い性質を示す。併しながら、底層の流れでは逆流が発達して大きな逆流領域を形成し、下流水位に関りなくほぼ一定の規模をもつようである。

以上のように越流状態と逆流領域との間にはかなり明瞭な関連があるので、水路中央における逆流領域の大きさをせき頂の下流端からせき軸に垂直に測った逆流末端までの距離 L_v をもって表わしせき高に対する比 L_v/W と H_*/H_0 との関係をせきの傾斜角ごとに示したものが図-7である。



第7図 逆流領域と H/H_0 の関係

同図において、前述したように各傾斜角ともに逆流領域が不連続点の H_*/H_0 の値が傾斜角の大きいものほど小さくなるのがわかる。

これらの流れの様子は、特に河床の洗掘に対して大きな役割をもつことが予想される。

5. 結 語

以上総括すると、斜めせきの流量係数は直角せきの流量係数に対する比をもって表わすとき、実用上ではせきの傾斜角のみによって表わされ、直角せきの流量係数 C_0 と H_*/H_0 の関係が既知であれば、本実験で求められた傾斜角の影響を補正することにより直ちに流量係数を補正することができる。また越流状態、即ち完全越流、不完全越流及び潜りせきの三状態によって流況、特にせきを流下した流れの底層に生ずる逆流に著しい相違が認められた。