III—18　横越流ぜきによる分水機構の水理学的考察について

京都大学工学部　正員　　岩佐義朗
京都大学大学院　正員　○植村忠嗣

著者の一人は，昨年11月に開催された土木学会関西支部年次学術講演会において，横越流ぜきおよびボトム・インテーク方式による取水・分水機構の水理学的解析法について若干の研究を報告した。その結果，解析法そのものは遷移流ならびに支配断面に関する理論的計算法をそのまま用いられるが，流量が一定の場合には水路の幾何学的条件のみによって流れの水理学的特性が規定させるのに反して，この場合には流量も変化するから，常に面倒な計算によって水理学的特性を明らかにする必要があり，その一般的な特性は表示され難いことがわかった。

しかしながら，水路の形状ならびに越流条件によっては，理論的解析が比較的簡単に行なわれる場合もある。たとえば，最も簡単でかつ広く用いられる一様な水路に一定のせき高の横越流ぜきを設置したときの分水機構がこの例に相当する。ここでは，こうした例について分水機構を考察しよう。

主水路にそい下流の方向に x 軸をとり，分水をともなう主水路の水流の力学的関係を一般に用いられる記号に従ってあらわせば，つぎのようになる。

$$\frac{dH}{dx}=\frac{\sin\theta-\frac{n^2Q^2}{R^{4/3}A^2}+\frac{\beta Q^2}{gA^3}\left(\frac{\partial A}{\partial x}\right)+\frac{2\beta qQ}{gA^2}}{\cos\theta-\frac{\beta Q^2}{gA^3}\left(\frac{\partial A}{\partial H}\right)}\ , \qquad (1)$$

$$\frac{dQ}{dx}=-q\ . \qquad (2)$$

越流量によって(1)式に特異点があらわれる場合もあらわれない場合もあるが，いま，あらわれるものとすると，その位置は(1)式の分母および分子をそれぞれ0とおいた式によって定められる。一般に水路形状および越流機構を定めなければならないが，図-1は一様矩形水路でせき高を一定とし，越流公式にIppen-Rouse 公式を用いた場合の特異点の位置を計算した一例である。ここに，i は水路床勾配，B は水路巾，z はせき高，$n'^2=n^2g/B^{1/3}\beta$，n はManningの粗度係数である。また，特異点があらわれる水深は同一勾配の水路に対して，粗度が大きいほど，せき高が大きいほど深くなることもわかる。

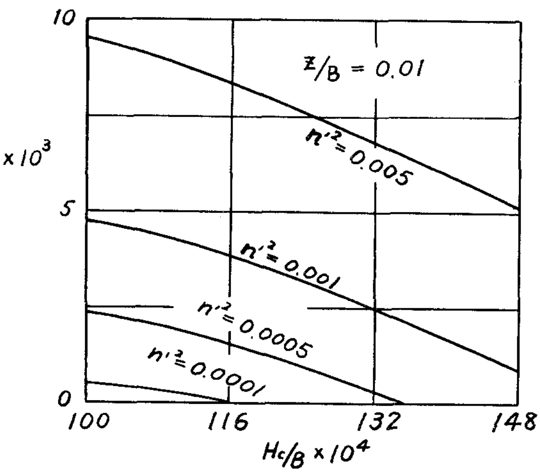

図-1　一様矩形水路における特異点の位置

特異点があらわれると，その点の近傍における水面形状と特異点の性質を明らかにする

ため，近似方程式をもとめなければならない。いま一例として，一様矩形水路でせき高を一定とした場合のものを示すと，つぎのようにあらわされる。

$$\frac{d\zeta}{d\Omega}=\frac{c\Omega+d\zeta}{a\Omega+b\zeta}\ ,$$

ここに，ζ および Ω はそれぞれ無次元水深，$hQ_c^2/gB^3H_c^3$，および無次元流量，Q/Q_c，h および Q は水深および流量の変動量をあらわし，また a，b，c，d は

$$a=(4\sqrt{2}\beta^{3/2}/3\cos^{1/2}\theta)\,Cd\cdot\{1-(z/H_c)\}^{3/2},$$

$$b=(2\sqrt{2}\beta^{5/2}/\cos^{3/2}\theta)\,Cd\,(B/H_c)\{1-(z/H_c)\}^{3/2},$$

$$c=(4\sqrt{2}\beta^{1/2}\cos^{1/2}\theta/3)\,Cd\,(H_c/B)\{1-(z/H_c)\}^{3/2}+2\sin\theta\ ,$$

$$d=(2\beta i/3)(B/H_c)\left[3+2/\{1+2(H_c/B)\}\right]+(16\sqrt{2}\beta^{3/2}/9\cos^{1/2}\theta)\,Cd\left[1/\{1+2(H_c/B)\}\right]\{1-(z/H_c)\}^{3/2}$$
$$+(2\sqrt{2}\beta^{3/2}/\cos^{1/2}\theta)\,Cd\{1-(z/H_c)\}^{1/2}\ ,$$

$$M=S_0(dR/dA)_c=1/\{1+2(H_c/B)\},$$

である。$(ad-bc)$ を作れば，

$$(ad-bc)=\frac{4\sqrt{2}\beta^{5/2}}{3\cos^{1/2}\theta}Cd\left(1-\frac{z}{H_c}\right)^{3/2}\left[\frac{2\sqrt{2}\beta^{1/2}}{3\cos^{1/2}\theta}Cd\left(1-\frac{z}{H_c}\right)^{3/2}\left\{\frac{8M(H_c-z)+9Mz}{3(H_c-z)}\right\}+\frac{(4M-3)Bi}{3H_c}\right],$$

であるから，$M>(3/4)$ あるいは $(H_c/B)<(1/6)$ であれば特異点は常に結節点となり，また逆に $(H_c/B)>(1/6)$ のときは与えられた水路形状および主流流量によって結節点か鞍形点になる．計算の結果によればほとんどの場合結節点であることがわかった。特異点は横越流ぜきの設置により，あらわれる場合もあらわれない場合もあるが，このような構造物は一般に常流水路に設置される。したがって，以上に述べたことから，横越流ぜきの始まる点があたかも支配断面（鞍形点）のような作用を水流に及ぼすことになり，*Engels*，*Coleman and Smith* 以来の多くの実験的研究によってあきらかにされた各種の水面形状がみられることも理解されよう。しかしながら，この点の近傍ではこの研究の基本的仮定としての漸変流の概念が厳密には適用されないから，解析の精度は著るしく低下する。

横越流ぜきによって流量配分を行なう場合，最も簡単でかつ正確に分水する方法としては一定量分流方式が考えられる。このためには，明らかに，越流水深あるいは以上の解析では c を一定にしなければならないが，上述の結果より一様矩形水路にせき高一定の横越流ぜきを設置した場合は不可能であることがわかる．すなわち，このような目的を達成するためには水路の形状あるいはせき高を変化させなければならないことになる。ところが，この場合には変量が x，H，Q となり，ここで示した場合のように x を消去できないから計算は複雑である。われわれはそのような場合をいくつかの例によって計算を行なったが，これらの詳細については講演時に説明を加える。

なお，本研究を遂行するに当り絶えず御懇切な指導を賜わった石原藤次郎教授に厚く感謝の意を表する。