(IV－3)　取水・分水ぜきによる流量配分について

京都大学工学部　正員　工博　岩　佐　義　朗

1．緒　論

上水路になんらかの構造物を設けて適当な流量配分を行い、それを分水路に導くことは水工計画においてしばしばあらわれる重要な問題である。たとえば、横越流堤によつて河川の洪水流量の一部を遊水池に導く問題、あるいは下水道における降雨時の余剰流量の除去は下流における水路およびそれに付帯する各種構造物の機能維持を保証するために生ずるものであり、また越流トラフ、横越流型分水路、ボトムインテーク型分水路などは上下水道、発電水力あるいは灌漑工学においてそれぞれの目的に対応して所要水量をうるためのものである。

このような取水，分水用水理構造物はその構造あるいは水理学的機能によつて適宜分類されるが、いまこれを水理解析という観点に立つて分類すれば、いわゆるシヤフト型構造物と横越流型のものとの２つに大別することができるであろう。すなわち、前者は水理学的に管水路流として取り扱われる。しかしながら、その流入条件は複雑であり、またしたがつて水理学的特性を解析的に示すことは容易でない。これに反して、後者の水理学的特性はいわゆる流量が流れの方向に変化する水理解析方法を応用して解明される種類のものである。

ここでは、以上に述べた２種類の水理構造物のうち、後者のものについてのみ考察を進めることにする。この問題はすでに多くの研究が行なわれ、なかでも横越流型式に関するHuids，Favre，Camp，De Marchi，Li などの研究、あるいはボトムインテーク型式におけるMostkow，Nosoda　の研究は有名であり、また１９５９年にはイギリス土木学会において この種の研究に関する討議会が行なわれている。

しかしながら、これらの研究はいずれも特定の水路における分流量の推定や水流の水理学的特性の解析にとゞまるものであり、分流にともなう水流の一般的特性あるいは水路形状と分流量との関連などの基本的問題については研究されていない。したがつてここでは、これらの問題に重点を置いて考察を進めよう。

2．基礎的関係

流量が流れの方向に変化する場合には、運動量的解析法の方がエネルギー的解析法より便利であることはいうまでもない。いま、水路床にそい下流の方向にｘ軸，Q：流量，H：水深，A：流水断面積，R：径深，q：単位長さ当りの分流量，g：重力の加速度，n：Manning の粗

度係数，β：運動量補正係数，θ：水路の傾斜角とすると、連続式および運動量方程式はそれぞれつぎのように表わされる。

$$\frac{dQ}{dx} = -q, \tag{1}$$

$$\frac{dH}{dx} = \frac{\sin\theta - \dfrac{n^2 Q^2}{R^{4/3} A^2} + \dfrac{\beta Q^2}{g A^3}\left(\dfrac{\partial A}{\partial x}\right) + \dfrac{2\beta q Q}{g A^2}}{\cos\theta - \dfrac{\beta Q^2}{g A^3}\left(\dfrac{\partial A}{\partial h}\right)} \tag{2}$$

従来の研究においては、分流量 q は一定あるいは平均的に一定という仮定が広く用いられているが、分水機構が横越流型であれボトムインテーク型であれ、分流量は H と x との関数であることは明らかである。とくに横越流型ではせき高が一定、またボトムインテーク型では流出部開度が一定という場合には H のみの関数として表わされる。

(1)および(2)式で表わされる水流の水理学的特性は支配断面による遷移現象の理論を応用して解析される。すなわち、特異点の位置を添字の c で表わすと、

$$\sin\theta = \frac{n^2 Q_c^2}{R_c^{4/3} A_c^2} - \frac{\beta Q_c^2}{g A_c^3}\left(\frac{\partial A}{\partial x}\right)_c - \frac{2\beta q_c Q_c}{g A_c^2} \tag{3}$$

$$\cos\theta = \frac{\beta Q_c^2}{g A_c^3}\left(\frac{\partial A}{\partial H}\right)_c \tag{4}$$

で与えられる。座標軸の原点をこの点に移動すれば、(2)式は常数係数をもつ一階同次方程式によつて近似されるから、与えられた水路特性、流量および分流量によつて特異点の性質および取水に伴なう水流の水理学特性は解析される。

一般に、主水路は緩勾配水路であるから、流れも常流であり、またしたがつて特異点が存在すればそれは鞍形点、すなわち支配断面であることが予想される。また分水部の長さが比較的短いときには特異点があらわれないことも多い。いずれにしても基礎的関係式(1)および(2)を与えられた水理学的条件に従つて数値解析する以外には水流の分水機構を明らかにすることができない。しかしながら、遷移現象の理論より、定性的には De Marchi の与えたような水面形状に分類されることは明らかであろう。

3．分流量を一定にする水路形状

以上に述べたことから想像されるように、分流量を一定にするような構造物の設計は非常にむ

ずかしい。これは、たとえある一定の設計流量に対して分流量が一定となつても、それ以外の流量に対しては一定であるかどうかわからないからである。

いま、この問題について若干の考察を進めよう。せき高が一定なせき構造物によつて分水すると、越流量はHのみの関数である。したがつて、越流量が一定となるためにはHか一定でなければならない。あるいは遷移現象の理論より

$$2q^2+\frac{Q_c^2}{A_c}\left(\frac{\partial A}{\partial x^2}\right)_c-\frac{Q_c^2}{A_c^2}\left(\frac{\partial A}{\partial x}\right)_c^2+\frac{2iQ_c^2}{A_c^2}\left(\frac{\partial A}{\partial x}\right)_c\left(\frac{\partial A}{\partial H}\right)_c+\frac{2iqQ_c}{A_c}\left(\frac{\partial A}{\partial H}\right)_c$$
$$+\frac{4iQ_c^2}{3R_cA_c}\left(\frac{\partial R}{\partial x}\right)_c\left(\frac{\partial A}{\partial H}\right)_c+\frac{4Q_c^2}{3R_cA_c}\left(\frac{\partial R}{\partial x}\right)_c\left(\frac{\partial A}{\partial x}\right)_c+\frac{8qQ_c}{3R_c}\left(\frac{\partial R}{\partial x}\right)_c=0 \qquad (5)$$

という関係が特異点で満足されるように断面形状を選ぶ必要がある。

断面形状が一様な水路では、上式の左辺は

$$2q\left\{q+\frac{iQ_c}{A_c}\left(\frac{\partial A}{\partial H}\right)_c\right\}>0 \qquad (6)$$

となり、分流量を一定とすることは不可能であり、またしたがつて、この目的のためには断面形状を変化させる必要がある

もし断面が広矩形であり、R≈Hとおきうるような場合、すなわち河川における横越流ぜきのような場合には、設計流量に対し分流量を一定とする断面形状は

$$\left(\frac{b}{b_1}\right)^2\cdot\int_{Q/Q_1}^{1}\eta^2\cdot e^{-\frac{2n^2gQ_1}{\beta qH_1^{4/3}}\eta}\,d\eta=\frac{\beta qQ_1}{2g\sin\theta\cdot A_1^2}\cdot e^{-\frac{2n^2gQ_1}{\beta qH_1^{4/3}}\left(\frac{Q}{Q_1}-1\right)}\left(\frac{Q}{Q_1}\right)^4 \qquad (7)$$

という関係が常流水路に対してえられる。ここに、bは水路巾であり、また添字の1は下流端における値である。

また、開度が一定なボトムインテーク型構造物による一定量分水は上の場合と同様であるが、開度あるいはせき高を流れの方向に変化させて一定量分水を行う場合にはHおよびxの変化に従つて極めて複雑な様相を示すようになる。

これらの考察を組み合せると、横越流ぜきあるいはボトムインテークによる分水機構を明らかにすることができるが、その詳細は講演時において述べる。

最後にこの研究を行うに当り、終始御指導を賜わつた石原藤次郎教授に厚く感謝の意を表する。