普通河川と感潮河川の水理について

佐賀大学文理学部

高田京一

普通河川と感潮河川の水理

佐賀大学　高田京一

普通の用水路と感潮部の水路とは、その取扱いに根本的な考え方の相異がある。感潮河川は用水路の特殊な一例にすぎないけれども流速の符号が変化する事、水面勾配の符号の変化することのために、その取扱いが複雑になる。

(1) たとえば同じ運動方程式においても

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{v^2}{g}\right)+\frac{1}{g}\frac{\partial v}{\partial t}+\frac{v^2}{C^2R}=-\frac{\partial h}{\partial x}$$

普通用水路では　$\frac{\partial V}{\partial t}=\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{V^2}{g}\right)\fallingdotseq 0$　として

$$V^2=C^2RI$$

として計算される。特に最大流量を求める時は $\frac{\partial V}{\partial t}=0$ として非定常の項にはあまり意味がない。しかし感潮河川では、速度が小さいとして

$$\frac{\partial V}{\partial t}\fallingdotseq-\frac{\partial h}{\partial x}$$

というのが普通である。（特に非減衰波動）$\frac{\partial V}{\partial t}$ は用水路と異なり、波動に最も影響を与えるもので、無視できない。

(2) 連続条件において

普通用水路では、$\frac{\partial A}{\partial t}$ の項はあまり大きな意味をもたない。$Q=$ 一定とされるのが普通である。感潮部分では $\frac{\partial A}{\partial t}$ の符号が変化し、省略できない。

(3) 河幅の影響

用水路では、特別な背水以外には河幅の変化は当然の如く省略されている。

たとえば

$$\frac{\partial Q}{\partial x}=-\frac{\partial A}{\partial t}$$

$Q=BhV$ において

$$\frac{\partial Q}{\partial x}=Bh\frac{\partial V}{\partial x}+BV\frac{\partial h}{\partial x}+hV\frac{\partial B}{\partial x}$$

となり　BhV でわれば

$$\frac{\frac{\partial V}{\partial x}}{V}+\frac{\frac{\partial h}{\partial x}}{h}+\frac{\frac{\partial B}{\partial x}}{B}$$

Δxは一定であるのでこの大きさを比較すると

六　角　川

	B	h	速　度
住ノ江	200 m	6.92 m	0.244 m/sec
六角橋	120 m	7.04 m	0.331 m/sec

$$\frac{\Delta V}{V} = -0.4, \qquad \frac{\Delta B}{B} = 0.4 \qquad \frac{\Delta h}{h} = 0.02$$

水面勾配は運動方程式において流速を求める際には影響が大きいが、連続条件においてはあまり意味を持たない。感潮河川では、運動方程式より寧ろ連続条件が重大な意味を有するから水勾配を他の項に比して、より重大視することを得ていない。

運動方程式　$$\frac{\partial V}{\partial t} + g\frac{\partial H}{\partial x} = 0$$

連続条件　$$-B\frac{\partial h}{\partial t} = Bh\frac{\partial V}{\partial x} + hV\frac{\partial B}{\partial x}$$

において〔$x=0$ 下流　$V>0$ 上げ潮〕

$$B = B_0 e^{-\alpha x}, \qquad h = h_0 + \eta_0(x, t)$$

とおくと

$$\eta = \eta_0 e^{\frac{\alpha x}{2}} e^{i\left(nt \pm \sqrt{\frac{\alpha^2}{4} - \frac{n^2}{gh_0}}\, x\right)}$$

河幅の変化の大きい程ηが大きくなる。有明海の北部程、振幅が大きくなるのはこの為である。

4. 流速と水位

普通河川では水位の大きい程流量も大きく　流速も大きい。

Manningの式では　$$V = \frac{R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}}}{n}, \qquad R \fallingdotseq h$$

$$\log V = A + B + \log h$$ となる。

しかし感潮部では　$\eta \ll h_0$ の時は

$$-\frac{\partial h}{\partial t} = V\frac{\partial h}{\partial x} + h\frac{\partial V}{\partial x}$$

$$\fallingdotseq V\frac{\partial h_0}{\partial x} = -V I_0$$

$$V = \frac{1}{I_0} \cdot \frac{2\pi \eta_0}{T} \sin 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)$$

又 $$h = h_0 + \eta_0 \cos 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)$$

であるから、

$$\frac{v^2}{\left(\frac{\eta}{T}\frac{2\pi}{I_0}\right)^2}+\frac{(h-h_0)^2}{\eta^2}=1$$ となり

v と h には楕円の関係がある。

5. 流量と水位

$$-\frac{\partial Q}{\partial x}=\frac{\partial A}{\partial t}$$

$$Q=-\frac{\partial}{\partial t}\int A\,dx=-\frac{\partial V}{\partial t}$$

V: 貯水量

一般に

$$V=\alpha H^{\beta} \qquad H=H_0+\eta\cos\omega t$$

$$Q=-\alpha\beta H^{\beta-1}\frac{\partial H}{\partial t}$$

$$=+\alpha\beta H^{\beta-1}\cdot\eta\omega\sin\omega t$$

$$=\eta\omega\beta\frac{V}{H}\sin\omega t$$

6. short cut と潮の流入量

V ---- ΔV だけ減少するとする。

$$\Delta Q=\beta\eta\omega\sin\omega t\,\frac{H\Delta V-V\Delta H}{H^2}$$

$$=Q_0\left(\frac{\Delta V}{V}-\frac{\Delta H}{H}\right)$$

河口の水位は、short cut によって減少しないから

$$\Delta Q=Q_0\frac{\Delta V}{V}\fallingdotseq Q\frac{\Delta L}{L}$$

潮の減少量は short cut の長さに比例する。