III—15 有明海の締切は工事中に潮差の激化を生じないか？

熊本大學工学部　　会員　工博　藤芳義男

(1) 有明海を締切る計画が政府の出先官庁間で調査されてゐる。30,000 ha の干拓と地下資源の開発など利益も多いが，干満差の減少は常時小潮の状態となって，河口の埋没問題，漁業の変革はもとより，干拓地の自然排水の困難化などがあって，むしろ完全締切にして水位を外海の半干潮位にする案が立案へられてゐる。

私はこゝで工事中途に有明海の干満の差が現在より激化しはしないか。少くとも共鳴現象を生ずる段階があることは出先官庁の一つである長崎海洋気象台でも認めてゐる。

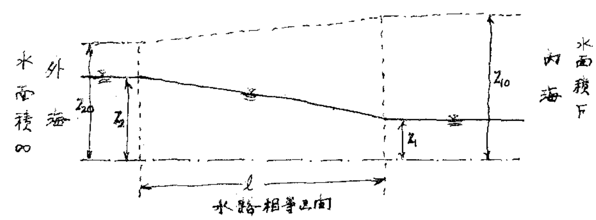
之れは重大問題であって調査に先行して学術的に詳細な研究と討論があって然るべきだと考へる。私によればむしろ激化の可能性がかなり強いと考へる。

(2) 外海の干満によって内海に強制振動に相当する干満が現れ　　その理論。

外海と内海が断面積 a，長さ l の水路で結びつけられてゐる場

水路の流れの運動方程式は，

$$-i+\frac{\partial H}{\partial x}+\frac{U^2}{c^2H}+\frac{1}{2g}\frac{\partial U^2}{\partial x}+\frac{1}{g}\frac{\partial U}{\partial t}=0 \qquad \text{----(1)}$$



連続方程式は，

$$aU=F\frac{\partial z_1}{\partial t} \qquad \text{----(2)}$$

となるが，(1)式で

$$\left[\frac{1}{2g}\frac{\partial U^2}{\partial x}\right] \ll \frac{1}{g}\frac{\partial U}{\partial t}$$

また $-i+\frac{\partial H}{\partial x}=-I=-(z_2-z_1)/l$　これは水面勾配である。次に(2)式によって

$$\frac{\partial U}{\partial t}=\frac{F}{a}\frac{\partial^2 z_1}{\partial t^2}$$

を得るから，これらを代入すると，

$$\frac{\partial^2 z_1}{\partial t^2}\pm\frac{g}{c^2H}\frac{F}{a}\left(\frac{\partial z_1}{\partial t}\right)^2+\frac{g}{l}\frac{a}{F}z_1=\frac{g}{l}\frac{a}{F}z_2$$

を得る。これは数学的解が厄介いので $\frac{\partial z_1}{\partial t}$ の平均値を考へると，

$$\frac{\partial^2 z_1}{\partial t^2}+2\varepsilon\frac{\partial z_1}{\partial t}+n^2 z_1=n^2 z_2 \qquad \text{------(3)}$$

$$2\varepsilon=\frac{g}{c^2H}\frac{F}{a}\left[\frac{\partial z_1}{\partial t}\right]_m, \qquad n^2=\frac{g}{l}\cdot\frac{a}{F}$$

となり，近似解ができる。いま Z_2 は外海の水位変化であるから，$z_2=z_{20}\sin pt$ と置けば，

$$z_1=Ae^{-\varepsilon t}\sin(nt+\phi)+\frac{n^2}{n^2-p^2}z_{20}\sin p(t+\tau)$$

がその解となる。第1項は颱風などで異状高潮を示した場合の過渡型振動であり，常時の有明海には振動率 n の波は微弱である。したがって第2項が問題である。

$$z_1=\frac{n^2}{n^2-p^2}z_{20}\sin p(t+\tau)$$

これは n が p に近づくとき共鳴状態になることを示す。更に厳密な解を求めると，実は

$$z_1=\frac{1}{\sqrt{\left\{1-\left(\frac{p}{n}\right)^2\right\}^2+\frac{4\varepsilon^2}{n^2}\left(\frac{p}{n}\right)^2}}z_{20}\sin p(t+\tau)$$

但し，$\tan p\tau=\frac{2\varepsilon p}{n^2-p^2}$

したがって有明海の干満を調べて　τ と z_{10} 及び z_{20}（こゝでは便利なため，大潮平均潮差とその時差）を調べて n と ε を逆算してみる。

	口の津	三角	島原	竹崎島	三池	若津	住の江	平均	宮島
大潮平均潮差 $2Z_{10}$	2.90	3.54	4.06	4.54	4.58	4.58	4.94	4.16	2.78
仝上時差 $p\tau$	23°	24°	28°	29°	29°	32°	37°	28.°9	0.°0

$$\frac{Z_{20}}{Z_{10}} = \frac{2.78}{4.16} = 0.67 \qquad \tan p\tau = \tan 28.°9 = 0.552$$

$$\frac{2\varepsilon p}{n^2-p^2} = 0.552 \qquad \therefore \frac{4\varepsilon^2}{n^2}\left(\frac{p}{n}\right)^2 = 0.303\frac{(n^2-p^2)^2}{p^2n^2}\left(\frac{p}{n}\right)^2 = 0.303\left\{1-\left(\frac{p}{n}\right)^2\right\}^2$$

$$0.67 = \frac{Z_{20}}{Z_{10}} = \sqrt{1.303\left\{1-\left(\frac{p}{n}\right)^2\right\}^2} \qquad \therefore 1-\left(\frac{p}{n}\right)^2 = 0.587 \qquad \left(\frac{p}{n}\right)^2 = 0.413$$

$$\frac{p}{n} = 0.642 \qquad p = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{12\times 3{,}600} = \frac{0.146}{1{,}000} \qquad \therefore n = \frac{0.2275}{1{,}000} \qquad n^2 = \frac{0.0518}{1{,}000{,}000} \qquad p^2 = \frac{0.0213}{1{,}000{,}000}$$

$$2\varepsilon = 0.55\,\frac{0.0518-0.0213}{0.146\times 1{,}000} = \frac{0.115}{1{,}000}$$

かく計算された n 及び 2ε について (3) 式を用いてみると，水路延長 l は

$$n^2 = \frac{g}{l}\frac{a}{F} = \frac{0.0518}{1{,}000{,}000} \qquad a = 0.4\,\mathrm{Km}^2 \quad F = 1{,}750\,\mathrm{Km}^2$$

$$\therefore l = \frac{1{,}000{,}000}{0.0518}\times 9.8\times\frac{0.4}{1{,}750} = 43{,}200\,\mathrm{m}$$

となり，深浅図による水路延長 50 Km に近い。

また $a = 0.4\,\mathrm{Km}^2$ は瀬戸附近の平均断面であるが，その流速係数 C は

$$\frac{0.115}{1{,}000} = 2\varepsilon = \frac{g}{C^2H}\frac{F}{a}\left[\frac{\partial z_1}{\partial t}\right]_m \qquad H = 50^m \qquad \left[\frac{\partial z_1}{\partial t}\right]_m = \frac{4.16^m}{6\times 3600\,\%_s} = \frac{1}{5{,}190}\ \mathrm{m/s}$$

$$\therefore C^2 = \frac{1{,}000\times 1750}{0.115\times 0.4}\,\frac{1}{5190} = 1436 \qquad \therefore C = 37.9 \qquad n = \frac{R^{\frac{1}{6}}}{C} = \frac{50^{\frac{1}{6}}}{37.9} = \frac{1.92}{37.9} = 0.0506$$

と妥当な値を示す。n が大きいのは $H=50^m$ なる早崎瀬戸に対する値であるためと思はれる。

かくして

$$z_{10} = \frac{z_{20}}{\sqrt{(1-0.413)^2+0.105}}$$

を得るが　ここで p は外海の振動率で一定であるが，n^2 と 2ε は水路が狭くなると変化する。$\alpha<1$ として n^2 が αn^2 になるとき 2ε も $2\varepsilon/\alpha$ になるなら

$$Z_{10} = \frac{Z_{20}}{\sqrt{\left(1-\frac{0.413}{\alpha}\right)^2+\frac{0.105}{\alpha^4}}} \qquad \cdots\cdots(4)$$

となり，図の通り α の変化に応じて左程共鳴現象は現れない。しかし 2ε には $\left[\frac{\partial z_1}{\partial t}\right]_m$ の項があるから，私は 2ε はあまり変化しないではないかと疑ふ。もし 2ε は不変とすると図の通りかなり激しい共鳴現

$$z_{10} = \frac{z_{20}}{\sqrt{\left(1-\frac{0.413}{\alpha}\right)^2+\frac{0.105}{\alpha^2}}} \qquad \text{--------}\ (5)$$

象が生ずる。しかも以上は水路の全延長に亘って締切る場合であって一ケ所を締切る中途ではかなり異る結果がでるに違ひない。私は関係者がこの理論の精密な解（現地に合せた数値積分による）か電気による実似解（これも極めて大規模である必要がある）を試みられる様切望する。まかり間違へば数万 ha の干拓地が海底に没し，数万家族の農民が数十年間その耕地を失ふ重大問題であるからである。