

太田川河口部の副振動

広島大学工学部 正会員 川西 澄
 広島大学工学部 正会員 余越 正一郎

1. はじめに

湖沼や港湾では、何らかの原因で生じた水位変動により、一定の周期をもつ静振、副振動とよばれる卓越した水面振動が発生するが、振動の原因には、気圧の変動、風、津波、うねり等の波浪、潮汐などが考えられる。河川感潮部においても同様な現象が起こる可能性がある。¹⁾ そこで、太田川放水路において流速、水深の測定を行うとともに、数値実験を行った。

2. 観測

図1に示すように、太田川は河口が5.9 km上流で放水路(図1の最も西側に位置している)と旧太田川(市内派川)に分かれており、放水路、旧太田川それぞれに水門が設けられている。平常時、旧太田川の水門は全開、放水路側の水門は開度10 cmに固定されている。したがって、放水路では水門を腹、河口を節とする副振動が生じている可能性がある。そこで、水門において、満潮を5時間連続して、水深変化を測定した。また、これは測定日は異なるが、河口から5.3 km上流の河川中央部で、流速の連続測定を行った。測点の高さは河床から1.65 mである。両方の測定とも大潮を避けて行った。大潮時の水深は流速の測定地点において、およそ2~6 mである。

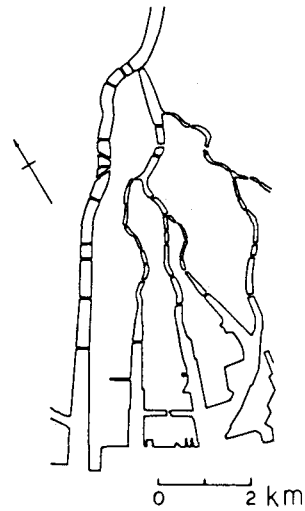


図1 広島デルタ

3. 観測結果

副振動の周期は次式により、近似的に求められる。

$$T \doteq \frac{4}{m} \int_0^L \frac{dx}{\sqrt{gA}}$$

これに太田川放水路の満潮付近の条件、

水深 $h = h_0 - \alpha x$, 河口水深 $h_0 = 6 \text{ m}$, 河床勾配 $\alpha = 1/2300$
 $L = 9 \text{ km}$,

を代入し、 $m=1$ とすると、 $T \doteq 1.6$ 時間となる。

水門で測定した水深変化と、これをバンドパスした水位変動を図2に示す。図2の水位変動から、周期1.5時間、振幅3cm

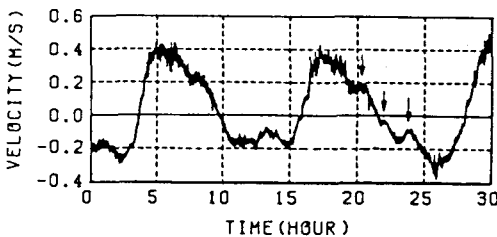


図3 流速の経時変化

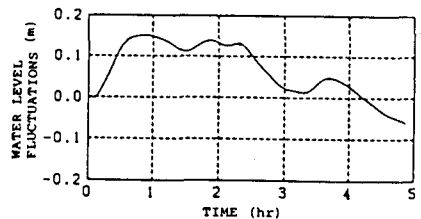
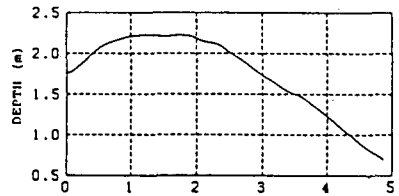


図2 水門における水深および水位変動

程度の変動が確認できる。図3の流速経時変化をみると、満潮付近に1.7時間程度の周期変動（矢印で示したところ）が認められる。ただし、流向は上げ潮を正としてある。

4. 数値実験

河川の横断方向には流れが一樣とし、x軸を河口から上流方向に水平に、z軸を鉛直上向きにとり、次の鉛直2次元の運動方程式、連続式を差分化し、数値実験を行った。

運動方程式

$$\begin{cases} \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + w \frac{\partial u}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial z} \left(N_z \frac{\partial u}{\partial z} \right) \\ 0 = -g - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} \end{cases}$$

連続式

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

河口水深として、平均水深5.0m、振幅1.5m、周期12時間25分の正弦波を与え、上流端の水門では流速0とした。河口から水門までの距離は9km。河床勾配は1/2300とした。主流方向、鉛直方向のメッシュ幅はそれぞれ $\Delta x = 400\text{m}$ 、 $\Delta z = 0.5\text{m}$ である。渦動粘性係数 N_z は鉛直断面内で一定とし、断面平均流速に比例するとした。干潮時、上流端では水位より河床が高くなるため、この場合、水位、流速は下流側の値より直線外挿で与えた。結果を図4、5に示す。時間は干潮を0とした。図4は河口水位に相対的な水位変化を示したものである。満潮付近で副振動が生じているのがわかる。周期は約1.5時間、振幅は最大25cmである。図5は河口から3km上流の地点における流速で、河床からの高さ $z = 0.25, 0.75, 1.25, 1.75\text{m}$ におけるものである。図4の水位変動に対応した流速変動がみられる。干潮時でも上流端の河床高より水位が大きくなるように条件を変えて計算を行ったところ、副振動は発生しなかった。したが、上流端の境界条件が副振動発生の原因になっていると考えられる。一般に河川感潮部が副振動を起こす主な原因は、河口に侵入する長周期の波浪であろう。り細井、村上、水質汚濁研究 6-1, 1983,

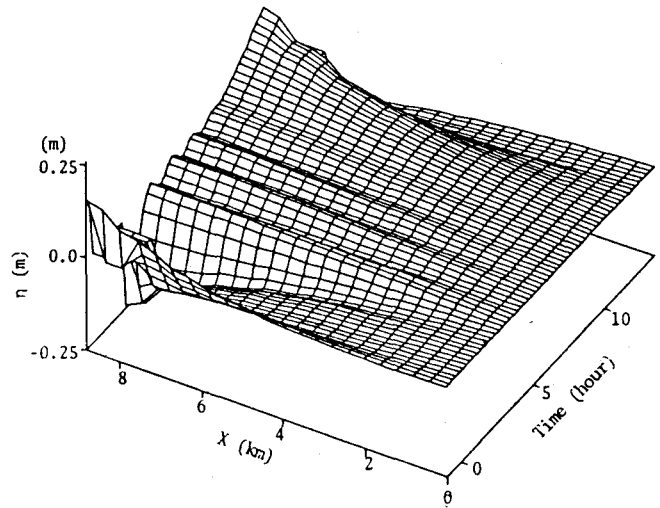


図4 水位変動

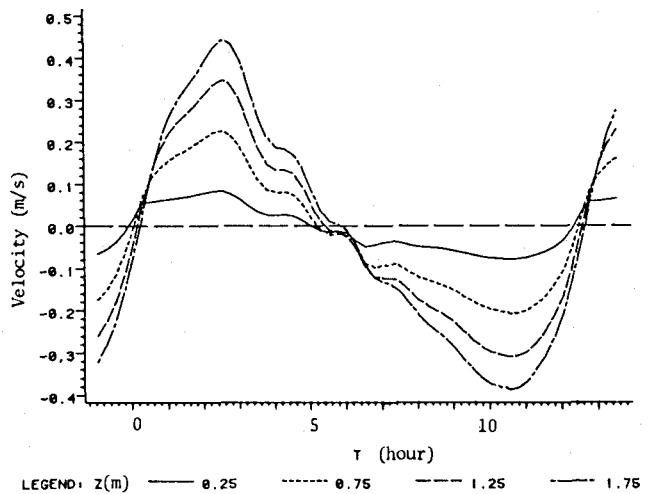


図5 平均流速の経時変化