

東京大学工学部 正会員 工博 本間 仁
 東京大学工学部 正会員 工博 堀川 清司
 東京大学大学院 学生会員 ○ 西村 仁嗣

1. まえがき

相模川においては淡水流量の減少にともない、河口堆砂の発達の問題となっている。この問題を扱うには、砂の移動に関する研究と、河口の流況に関する研究とを結びつける必要があるが、今回はまず潮汐による河口の流況変化について考察を行なった。すなわち、砂堆の高さによる河口部の流速変化を模型実験、および計算の両面から検討した。

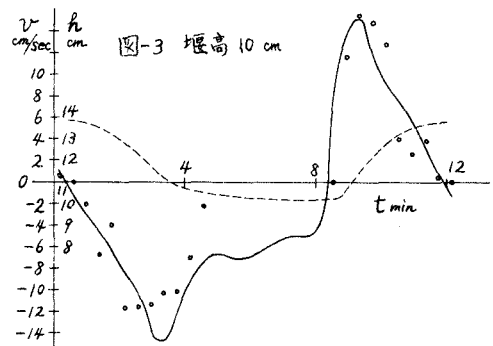
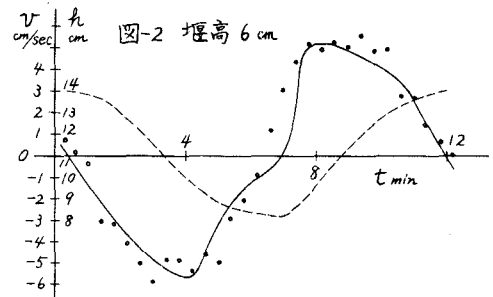
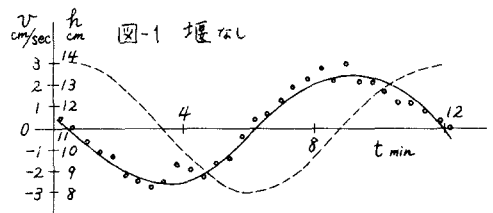
2. 模型実験

平面水槽内に長方形断面の水路を製作し、潮汐発生装置を用いて実験を行なった。模型水路の幅員は40 cm、底勾配は $1/100$ 、水路長は20 mである。河口部には薄板状の全幅堰を置いたが、その高さは4 cmから2 cm毎に12 cmまでとし、また潮汐は、河口における水深が干潮時8 cm、満潮時14 cm、周期12分の正弦波とした。

我々は河川内の水位変動を測定して、これから各英の流速を算定した。実験結果のうち、堰のない場合、堰がある程度高くなった場合、および非常に高くなった場合の3つのケースをとり出して、河口部における水深 h と流速 v の変化を図-1~3に示した。これから明らかなように、波の作用で砂堆が発達すると、潮の干満による河口部の流速は著しく大きくなる。したがって、この流れにより運ばられる土砂の量も多くなるので、両者のバランスから砂堆の高さが決まってくると考えられる。しかしながら、砂堆の高さがある限度を超えると逆に河口部の流速、あるいはその継続時間が減少するため、河口は完全に閉塞されることになる。現段階ではこれらの点について詳しい議論はできないが、今後さらに精密な実験を行なってこの問題を明らかにして行くつもりである。

3. 計算方法

潮汐上の計算にはいくつかの方法があるが、これを解析的に解くことは困難であって、ある程度



--- 河口部水深 (実験値)
 • 河口部流速 (実験値)
 — 河口部流速 (計算値)

の近似解を求めることはできても、底勾配や幅員の変化する実際の河川にそのまま適用することは不可能である。特性曲線法の場合も、条件の複雑さによって計算が難しくなり、また潮汐の波長が河川長に比して非常に大きいため、1周期の計算に多大の労力を要する。次に数値積分による方法であるが、これにもいくつかの方法がある。運動方程式と連続の方程式を時間的に交互に用いて水位および流速の変動を追う方式については、特性曲線法の場合と同様、膨大なステップ数を積み重ねる必要があるため、単に手間がかかるのみならず、計算の安定性が大きな問題となる。これらの点を考慮して我々は iteration 法を採用することにした。第1次近似としては、河口の水位変動がそのまま瞬間的に上流端まで伝播すると考え、すべての格子点における水深 $h(x, t)$ を与える。連続の方程式を差分式に改めてこれを用いれば、すべての格子点における流速 $u(x, t)$ が定まる。次に運動方程式を差分式に改めてこれを用いれば、第2次近似としての $h(x, t)$ が得られるが、このとき、潮汐の影響が全くなくなった点を上流端とすればよい。以上の作業を収束するまで繰り返すわけである。

非定常流における損失項の内容については必ずしも適当な公式が与えられているわけではない。しかし、潮汐潮上は極めて緩やかな現象であるから、近似的に次のような扱いかい許されるであろう。

(1) 底面摩擦による損失……マニングの n を用いて $h_L = n^2 v |u| / R^{4/3}$ とする。

ここに R は径深である。

(2) 河口部における断面急縮、あるいは急拡の影響…… $\Delta h_s = f_s \cdot u^2 / 2g$
 f_s は断面比によって定まる常数、 u は小断面側の流速を示す。

(3) 河口部における砂堆の影響……砂堆がもぐり堰のようになる場合と、外海の水位が著しく低くなって完全越流のようになる場合とに分け、それぞれ標準断面もしくは台形断面の堰の越流に関する公式を用いる。

4. 計算例

先に述べた実験の各ケースについて実際に計算を行なった。その一部は図-1~3に実線が示されている。実験においては堰は薄板状であるから、もぐり堰形堰に関するヴィルモントの公式

$$Q/Q_1 = [1 - (h_2/h_1)^{1.5}]^{0.385}$$

を用いた。ただし、 Q_1 は同じ水深 h_1 で自由流下する時の流量、 h_1, h_2 はそれぞれもぐり堰の天端から計った越流前後の水深である。

格子間隔は水路長を 40 等分、1周期を 54 等分して定め、マニングの n の値は模型水路であることを考えて、0.03 とした。図-1 を見ると計算値と実験値とは必ずしも一致していないが、後者にはかなりのバラツキがあり、また、実験で起した潮汐が完全な正弦波ではないことも考えねばならない。特に越流水深もしくは流量が小さくなると、実験の精度の問題もあり、むしろ計算の方が妥当な値を与えるようである。ちなみに、これらの計算はいずれも 5~8 回の iteration で収斂しており、高速計算機によれば演算所要時間は各ケースとも 2,3 分に過ぎないし、境界条件としては外海の水位変動のみを与えればよいので、この点にあって簡単である。

上述のごとく、河口部の流速についてはこの計算法でほぼ満足すべき結果を得たが、各時刻の水面形状を比較すると実験値との間にある程度の差異を生じることもあり、損失項の評価についてはさらに検討を加える必要があると思われる。