

II-282 波流れ共存場における砂漣上の流速

東北大学 大学院 学生員 〇八木 宏
 東北大学 大学院 学生員 ISMAIL AYDIN
 東北大学 工学部 正員 首藤 伸夫

1. はじめに

河口及び砕波帯等の波・流れ共存場において海底に生ずる砂漣近傍の漂砂現象は複雑である。波と流れの重ね方によっては、砂の純移動方向が、下流向きから上流向きに変わる事があり、このような複雑な漂砂現象を理解するためには、砂漣上の詳細な流速を知ることが重要となる。著者らは、すでに平均流速を比較的容易に計算できるCIC法によって砂漣上の流速をシミュレートしたが、今回は、水理実験によって得られた砂漣形状を用いて計算し、計算で得られた流速値と実験で得られた値を比較する。また、実波形を考慮した水粒子速度算定法を示す。

2. 実験方法

実験は、幅30cm、深さ50cm、長さ11mの片面ガラス張りの矩形水路で行い、上流側の定水位水槽及び下流側のフラップ型造波機によって波と流れを逆行させる事ができる。水路中央部には厚さ5cm、長さ2mにわたって砂(中央粒径0.2mm)を敷き、適当な時間波と流れを作用させた後、砂漣形状、水面波形を測定し、また中立浮子を用いた写真撮影によって水粒子速度を測定した。実験条件は、周期(1.23s)波高(5.25cm)水深(20.00cm)定常流速(5.04cm/s)であり、それによって生じた砂漣は、波長 λ (4.35cm)波高 η (0.73cm)であった。

3. 計算方法

計算は、CIC法を用いて行った。詳しくは参考文献(1)に記載してある。実際の水面波形によって生ずる底面水粒子速度を正確に見積ることが重要であるから、今回は水面波形から、小山らの修正伝達関数を用いた波動流速に対して計算した。修正伝達関数とは、Deanの流関数を簡便にしたものである。

上流側 下流向き流速時 下流側 上流側 上流向き流速時 下流側

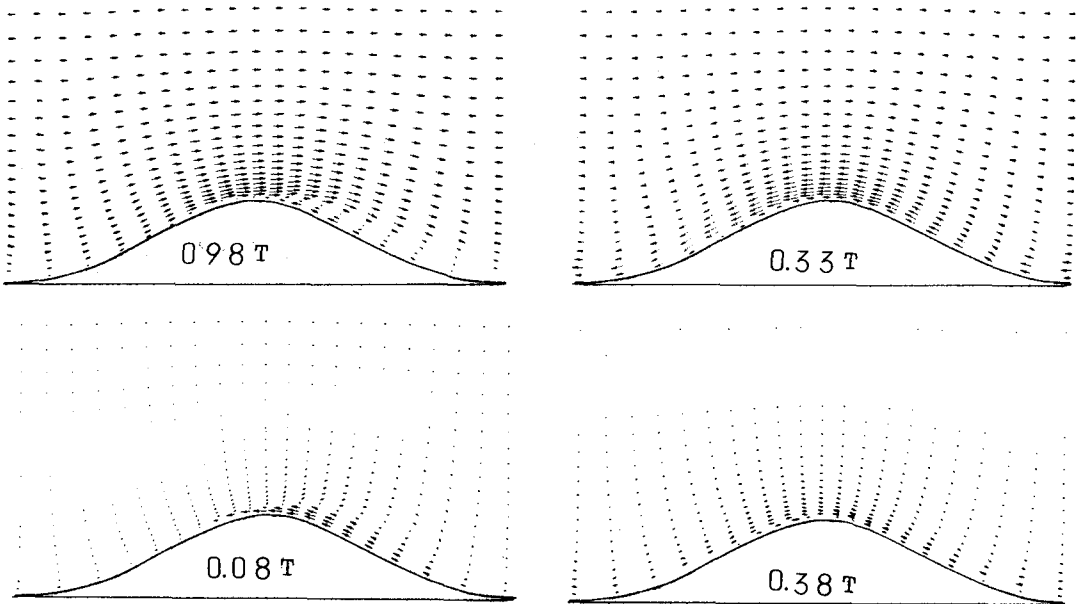


図-1 流速ベクトル(計算)

図-1は各位相における砂漣上の流速の計算結果である。図から明らかなように下流向き流速時に $t=0.98T$, $t=0.08T$ に剥離が生じ下流面に渦が発生している。流速が上流向きのときは剥離が顕著でなく、渦が生じなかった。観察による渦の挙動を比較すると下流側に生ずる渦の大きさは実験と計算と同程度であるが、上流面に生ずる渦は計算の方が明らかに小さくなってし

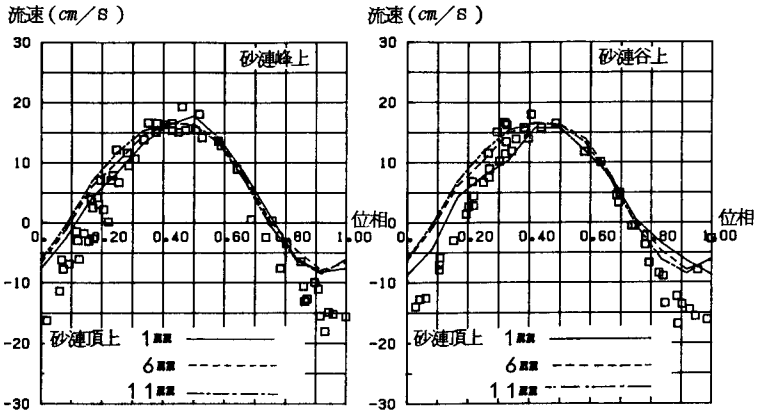


図-2 水粒子速度

まった。流速値について両者を比較してみたのが図-2である。ポテンシャル流として実波形からもとめたものを用いたにもかかわらず、下流向き流速(図中、+符号の値)は比較的良く一致するものの上流向き流速は計算値の方がかなり小さめになっている。

4. 実波形と底面境界の影響を考慮した水粒子速度算定法

上の結果からも明らかなように、CIC法では底面近くでの物理機構を十分考慮できない。そのために、底面付近では、過大に定常流の効果を受けて上流側の渦が再現できなかった。そこで底面付近での乱れの構造と波形の非線形性を考慮するために、正弦波による乱流振動流の流速の解を用いて、その重ね合わせとして底面付近の流速を算定する事を考えた。これは、ポテンシャル理論において非線形波の流速場を求めるのに有効なDeanの流関数法を拡張したものである。乱流振動流の流速の解としては、波・流れ共存場における田中・首藤(3)の解を用いる。これより流関数を求め移動座標系(波速と共に動く)に移すと流関数は次式で表される。

$$\psi(x, z) = \left(\frac{L}{T} - \frac{u_c^{*2}}{k u_{cw}^{*2}} \ln \left(\frac{zh}{z_0} \right) \right) z - \frac{u_c^{*2}}{k u_{cw}^{*2}} z \left(\ln \frac{z}{zh} - 1 \right) + \sinh \left(\frac{2\pi z}{L} \right) \sum_n \left(A_n \cos \left(\frac{2n\pi x}{L} \right) + B_n \sin \left(\frac{2n\pi x}{L} \right) \right) - \text{Real} \left[\frac{\xi \exp(\pi i / 2)}{2c} \frac{J_1(\xi) N_1(\xi h) - J_1(\xi h) N_1(\xi)}{N_1(\xi h) J_0(\xi_0) - J_1(\xi h) N_0(\xi_0)} \sum_n (A_n - B_n i) \exp(2n\pi x i / L) \right]$$

A_n, B_n : 未定係数 L : 波長 T : 周期 k : カルマン定数 U_c^* : 流れのみの摩擦速度

U_{cw}^* : 波・流れの摩擦速度 zh : 水深 z_0 : 粗度高さ $\xi = 2\sqrt{cz} \exp(-\pi i / 4)$ $c = 2\pi / (kT U_{cw}^*)$

上のよう仮定して水表面での境界条件を満たすように(1)ベルヌイ定数一定(2)実波形との誤差最小を考慮して式中の未定係数を決定すればよい。

5. おわりに

波流れ共存場において水理実験から得られた砂漣を用いて、CIC法で流速場をシミュレーションし、流況及び流速値を実験と計算で比較した。下流向き流速は、比較的計算値と合うものの上流向き流速は計算値の方がかなり小さくなってしまい、その結果として上流面の渦は再現できなかった。今後は、底面近くでの物理的機構を考慮したモデルでの計算が必要であろう。

<参考文献>

(1) ISMAIL・首藤: 波流れ共存場における砂漣上の流況, 第32回海講論文集
 (2) 小山裕文, 他: 修正伝達関数による水粒子速度の一算定法, 第31回海講論文集
 (3) 田中・首藤: 波・流れ共存時の底面摩擦に関する実験, 第27回海講論文集