

鳥取大学工学部 正員 松原雄平
鳥取大学工学部 正員 野田英明

1. はじめに

従来、波・流れの共存場での底質移動に関する研究では、その理論的取扱いがきわめて困難であることから主として実験的に、現象の解明が試みられてきた。この研究例として、Inman¹⁾、Bijker²⁾、谷山³⁾の研究を挙げる事ができる。これらの結果から、波の特性ならびに一方向流の流速の変化とともに、底質の移動方向、移動量が大きく変化することが明らかにされている。

本研究は、すでに著者が提案している岸・沖向き漂砂量算定式を、波・流れ共存場の底質移動に適用し、理論的に移動量・移動方向を算定するとともに、Bijkerら、谷山らの実験結果と比較したものである。

2. 理論的検討

いま、一樣流速 U の一方向流と波が流下あるいは迎上する場合を考える。このとき底面近傍での水粒子速度 u は、波による水粒子速度成分については第2近似解を用いると次式で与えられる。

$$u = U + u_{01} \cos \theta + u_{02} \cos 2\theta \quad \dots (1)$$

ここに、 $u_{01} = (\pi H/L)(C-U)/\sinh kh$ 、 $u_{02} = (3/4)(\pi H/L)^2(C-U)/(\sinh kh)^4$ 、 U は迎上の場合負流下の場合正の符号をとる。さらに、 H :波高、 L :波長、 C :波速、 h :水深、 $k = 2\pi/L$ である。

式(1)を、 u_{01} で無次元化すると

$$v_E = v_S + \cos \theta + v \cos 2\theta \quad \dots (2)$$

となる。ここに、 $v_E = u/u_{01}$ 、 $v_S = U/u_{01}$ 、 $v = u_{02}/u_{01}$ である。

図-1は、式(2)から算定される水粒子速度 v を波の一周期について示したものである。底質の移動限界流速を u_c で表わすと、岸向き、沖向きに $|u| \geq u_c$ となる位相で、岸・沖方向の掃流砂が発生する。この岸・沖向き掃流砂量は、以下の無次元掃流砂量式によって算定する。

$$\left(\frac{q_{bs}}{w_b d} \right) \left(\frac{u_{01}}{\sqrt{sgd}} \right)^{-3} = K v (v^2 - v_c^2) \quad \dots (3)$$

すなわち、水粒子速度が、 $|u| \geq |u_c|$ となる位相について式(3)を積分すると波の一周期での正味の掃流砂量が算定される。ここに、 w_b :底質の沈降速度、 s :砂の水中比重、 d :砂の粒径、 $v_c = u_c/u_{01}$ である。

一方、浮遊砂量は、従来の研究成果とともに、波一周期における正味の沖向き浮遊砂量を、 v 、 v_S 、 v_c の関数として次式のように与える。

$$\frac{q_s}{w_b d} \left(\frac{u_{01}}{\sqrt{sgd}} \right)^{-3} = \beta \{ v^2 + (2-v_c)v + v_c(v_S + 2v + 2) \} \quad \dots (4)$$

式(3)、(4)より、波の一周期における正味の掃流砂量、浮遊砂量が算定され、最終的に波・流れの作用による底質の移動量、移動方向が算定される。式(3)、および式(4)の右辺の定数 K 、 β はそれぞれ、 1.15×10^{-3} ならびに -3.2×10^{-3} である。また定義から、 v は波形勾配に関する量、 v_c は底質の移動しやすさを表す量、 v_S は、一方向流の流速と u_{01} との相対的大小、ならびに流向を表す量と考えることができる。

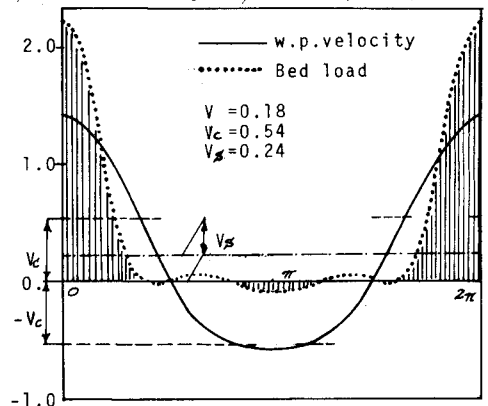


図-1. 水粒子速度および掃流砂量の時間的変化

3. 漂砂量の算定結果および実験結果との比較

図-2は、式(3)、(4)の計算結果の一例であり、 $v_s=0.2$ とした場合の算定漂砂量と v の関係と v をパラメータにとり示したものである。図中、漂砂量の値が正の場合岸向き、負の場合 沖向きの漂砂量を与える。これより、 v の値が大きくなるにつれ岸向きの漂砂量が減少すること、また、 v の値が大きくなると、移動方向が岸向きから沖向きに変化する点が現われることがわかる。一方、 v の値が小さい領域では、 v に関係なく一定値に近づくこともわかる。

図-3は、 $v_c=0.5$ とした場合の漂砂量の算定結果を、 v をパラメータとして示したものである。これより、 v の値が減少するにつれて岸向きの漂砂量が減少すること、 v の値が負の場合、 v の値にのみかわらず、常に沖向きの漂砂量となることがわかる。また v_s が負の場合、 $v=0.2$ 付近で 沖向き漂砂量が最小となりその後 v の増加とともに増大することがわかる。

図4および図5は、 v_c をパラメータとして式(3)、(4)から算定される漂砂量(実線)とBijkerら、谷山らの実験結果とを比較したものである。図-4は、 $v_s=0.4$ の場合の結果である。実験結果も少なく、また実験値がばらついているため、計算結果との対応関係が明らかでないが、底質の移動量については、実験値と理論値に大きな差異は見られないようである。図-5は、 $v_s=-0.2$ の場合の計算結果と谷山らの実験結果とを比較したものである。この図より、底質の移動方向は、実験値・計算値ともに沖向きとなっており、移動量についても、実験値とばらつきが見られるものの、ほぼ一致していることがわかる。

4. まとめ

以上、波と流れの共存場における底質移動に関して、著者らの提案している岸・沖向き漂砂量算定式を適用し、底質の移動量、移動方向の統一的記述を試みた。しかしながら、従来の実験例が少ないことから十分な比較・検討を行なうことができなかった。またここでは、問題を簡単にするため、流速分布を一律とし、波動による水粒子速度との線型重ね合わせを行なったが、それらの基礎仮定の検証も含めて、今後は実験例を増やし、より詳細な底質の移動現象の観察を行ない、ここで導いた波・流れの場の漂砂量算定式の妥当性について検討する必要がある。

参考文献

- 1) D.L. Inman & A.J. Bowen : Flame Experiments on Sand Transport by Waves and Currents C.C.E. 1963
- 2) E.W. Bijker et al : Sand Transport by Waves : I. Conference of Coastal Engineering, 1976
- 3) 谷山, 渡田 他 : 波と流れの共存場における砂移動に関する実験. 第35回年次学術講演会報告集.

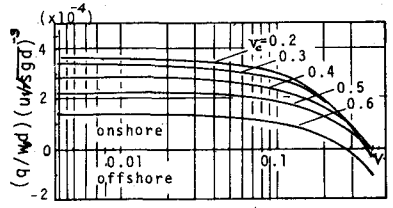


図-2 漂砂量の計算結果 ($v_s=0.2$)

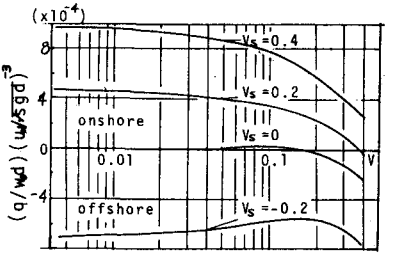


図-3 漂砂量の計算結果 ($v_c=0.5$)

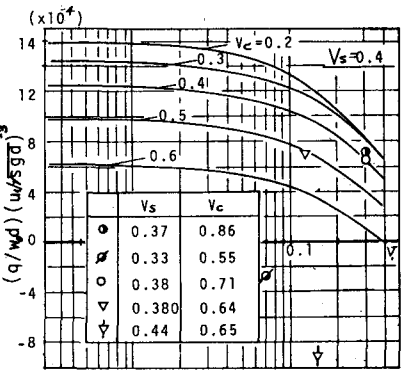


図-4 漂砂量の計算結果と実験結果の比較

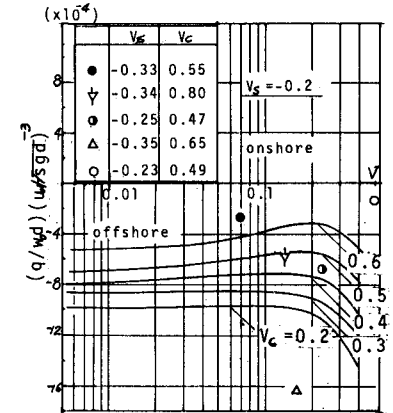


図-5 漂砂量の計算結果と実験結果との比較