

II-345 波と流れの共存場における混合砂の粒度分布の効果

東北大学 大学院○学生員 吉竹豊尚
 東北大学 工学部 正会員 田中 仁
 東北大学 工学部 正会員 首藤伸夫

1. はじめに

底質移動現象を実験的に検討する場合、通常は均一砂を対象としている。実際の河川・海浜においては各種粒径の底質が混合しており、その移動特性は均一砂のそれと異なるものと考えられる。そこで、本研究では二次元水路において波と流れによる混合砂の移動特性について実験的な検討を行った。

2. 実験方法

実験には、全長18m、幅30cm、高さ50cmの二次元水路を用いた。上流より一方向流を供給し、下流側からピストン型造波機によって波を発生させた。水路固定床部の中央部2.0mを深さ3.8cmに掘り下げ、この部分に平均粒径 $d_m=1.75\text{mm}$ の砂を敷いた。その粒度組成を図-1に示す。底質は4階級の粒度毎にそれぞれを異なる色の蛍光塗料で着色した。

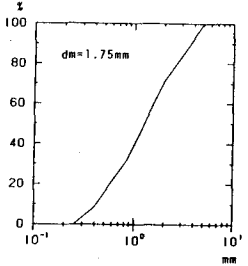


図-1 底質の粒度分布

実験中に適宜波と流れを停止し、移動砂量・砂面高さを測定し、さらにブラック・ライトを当てて砂面表層の写真撮影を行った。実験では掃流状態での砂移動が生じており、固定床部に移動する砂を捕砂して移動砂量を求めた。なお、移動方向は波と流れの相対的強弱によって変化した。

3. 結果

(1) 粒径別漂砂量と移動限界

波と流れの条件を変え、数ケースについて5~15分間に移動床から出てくる砂を捕集した。粒径別無次元漂砂量 $\bar{q}_{Bi} = i_B \bar{q}_B / (i_B \sqrt{sgd_i^3})$ と無次元掃流力 $\tau_i^* = u_*^2 / (sgd_i)$ との関係を調べた結果が図-2である。ここに、 \bar{q}_B :波と流れによる単位時間・単位幅当りのnetの漂砂量、 i_B および i_b :それぞれある粒径範囲の砂粒が漂砂中および海浜底質中に占める割合、 s :砂の水中比重、 d_i :ある粒径範囲の砂の平均粒径、 u_* :著者ら¹⁾の波・流れ共存時の摩擦係数を用いて得られる摩擦速度の最大値である。ただし、摩擦速度の算定に際しては、平均粒径 d_m を以て相当粗度 k_s とし、底面水粒子速度の算定には微小振幅波理論を用いた。図中の曲線は著者の一人²⁾によって波のみのケースに対して提案された漂砂量式、 $\bar{q}_{Bi} = \tau_i^{*0.5} (\tau_i^* - \tau_{ci}^*)$ を示している。実験結果は粒径毎にまとまりを示している。流れが小さい間は漂砂のnetの移動方向は岸側である。図-2に示した番号は、数字が大きいく程、流量が増えることに対応している。ただし、波高が共通して一定であるとは限らないので注意が必要である。流量が増えるにつれ、岸向きの移動量が減り、流れが最も強い6,7番のケースでは沖向き移動が生じた。流量が増えるにつれ、波のみの曲線から右側へずれることは波の谷位相で沖へ動く漂砂を増加させる流れの効果である。図-2から流砂量

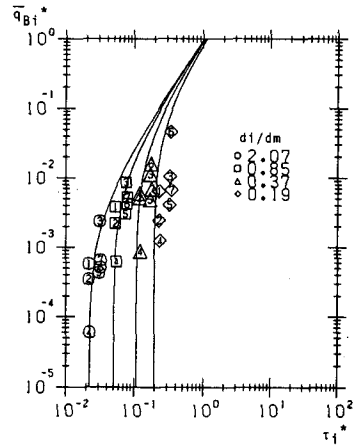


図-2 粒径別漂砂量

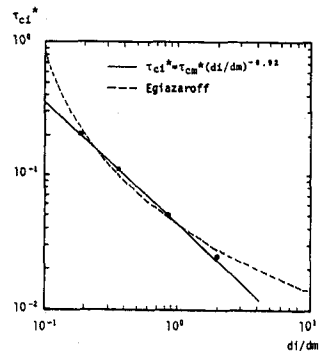


図-3 粒径別移動限界シールズ数

がゼロに漸近する剪断力を粒径別に読み取り, その値を粒径別限界掃流力とし無次元粒径 d_i/d_m との関係をプロットしたものが図-3である。なお, 読み取る際には流量の多いケースは除外した。また, 図中の実線は著者の一人²⁾によって提案された式 $\tau_{c,i}^* = \tau_{c,m}^* (d_i/d_m)^{-0.92}$ を表しており, 共存時にも同式が当てはまることがわかる。ここに, $\tau_{c,m}^* = u_{*c,m}^2 / (sgd_m)$ である。また図中には, 河川の流砂現象に対し, 理論的に導き出されたEgiazaroff³⁾の粒径別移動限界式を破線で示した。 $d_i/d_m > 1$ では良好な適合を示すが, 大粒径において実測値との差が見られる。

(2). 波と流れの相対強度と漂砂量

実験での漂砂量と著者の一人²⁾によって波のみのケースに対して提案された漂砂量式との比 $\Sigma \bar{q}_{Bi} / \Sigma \bar{q}_{Bi,calc}$ を求め, 波による掃流力の最大値と流れによる掃流力との比 τ_c / τ_w との関係を調べた結果が図-4である。縦軸は岸向き漂砂を正とする。図-4から, 流れが少ない状態においては波のみの漂砂量式にほぼ従うことがわかる。流れが強くなるに従い流砂量は減少しつつは沖側に移動する。その限界は $\tau_c / \tau_w \approx 0.2$ である。

(3). 漂砂中の粒度組成変化

流量が少なく砂が岸側に移動する条件下に, 15~120分間隔で捕砂したケース5を図-5, 図-6に示す。この時移動限界に近い状態で行った。図-5, 図-6は単位時間(min)単位幅(cm)の粒径別漂砂量, 漂砂中の粒度組成の変化を示したものである。図-5から時間が経過するにしたがって漂砂量が減少しているのがわかる。図-6から, 実験開始直後は大粒径の漂砂が多いが, 開始15分までにかかなり減ることがわかる。これは開始時に表面の突出している粒径の大きな砂が流されやすいためであろう。さらに時間を経ると徐々に小粒径の漂砂が増加する。その後もこの傾向が続くが, ある時間に達すると粒径の小さいものも絶対量では減少に転ずる。これは表面が粗粒で被覆されるからであろう。

本研究を行うに際し, 文部省科学研究費・奨励研究(A)の補助を受けたことを付記し, 謝意を表する。

【参考文献】

- 1) . 田中・首藤: 波・流れ共存場の底面摩擦に関する実験, 第27回海講論文集, pp. 163-167, 1980.
- 2) . 田中他: 混合砂海浜における漂砂量則, 第35回海講論文集, pp. 307-311, 1988.
- 3) . Egiazaroff, I.G.: Calculation of non-uniform sediment concentrations, J. Hydraulic Div., ASCE, Vol. 91, No. HY4, pp. 225-247, 1965.

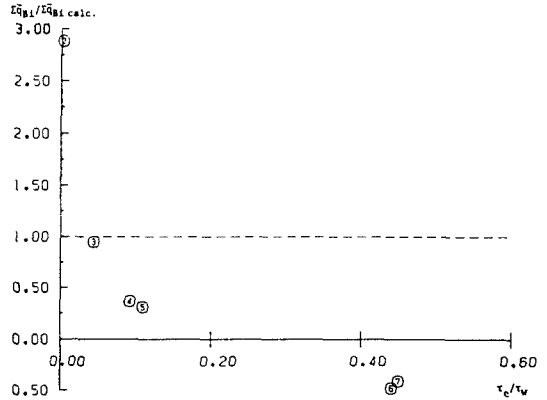


図-4 $\Sigma \bar{q}_{Bi} / \Sigma \bar{q}_{Bi,calc}$ と τ_c / τ_w

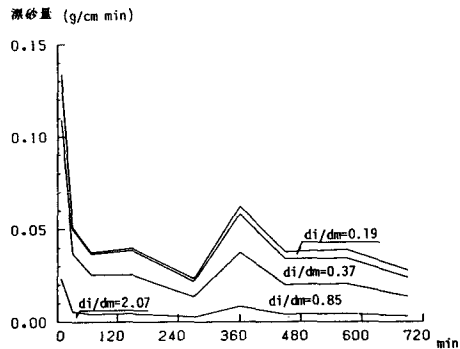


図-5 粒径別漂砂量の変化(ケース5)

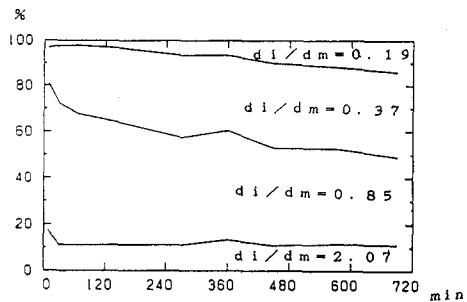


図-6 漂砂中の粒度分布の変化(ケース5)