

II - 1 1 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 工学部○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。

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 $q^*_s = i_s q_s / (i_b \sqrt{s} g d_m^3)$ と無次元掃流力 $\tau^*_s = u^2 / (s g d_m)$ との関係を調べた結果が図-2である。ここに、 q_s ：波と流れによる単位時間当りのnetの漂砂量、 i_s 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_m ：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、 $q^*_s = \tau^*_s \cdot 0.5 (\tau^*_s - \tau^*_{c1})$ 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。

(2). 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Case Aを図-3、

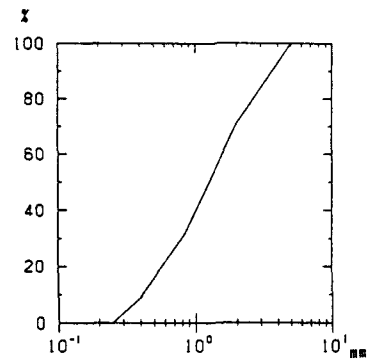


図-1 底質の粒度分布曲線

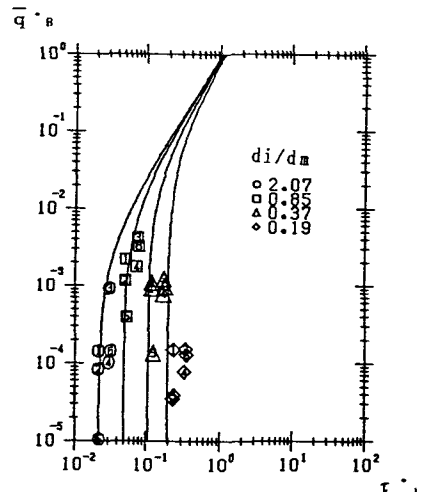


図-2 粒径別漂砂量

図-4に示す。この時移動限界に近い状態で行った。図-3、図-4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-3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。360分で再び漂砂量が増加しているが、これは実験時に流量が若干増加したためと思われる。また図-4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。

次に、以上の実験結果を数値計算によって再現することを試みる。計算には、平野³⁾により提案された砂の連続式・粒度組成の連続式を用いた。すなわち、底面が上昇する時の基本式は、

$$\frac{\partial z}{\partial t} = -\frac{1}{(1-\lambda)} \frac{\partial q_b}{\partial x}$$

$$\frac{\partial i_b}{\partial t} = -\frac{1}{a(1-\lambda)} \left\{ \frac{\partial (i_b q_b)}{\partial x} - i_b \frac{\partial q_b}{\partial x} \right\}$$

であり、低下の場合は第二式右辺第二項にかかる i_b を表層下の粒度 i_{bs} に置き換える。式中で、 a は砂面の表層で粒度組成が変化するいわゆる交換層の厚さで、ここでは底質の90%粒径としている。また、 λ は交換層の空隙率である。ここでは、差分法によって上式を解いた。第二式は一次元の波動方程式に類似した式形を有しており、風上差分を用いることによって安定な解が得られた。Case Aの750分後の縦断方向の表面粒度組成を示したものが図-5である。ただし、移動床沖側端を横座標の原点とした。図中、丸印等が実験値を示し、実線が計算値である。実験値と計算値は概ねよい一致を示している。

最後に、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). 平野：Armoringをとまう河床低下について，土木学会論文報告集，第195号，pp. 55-65, 1971.

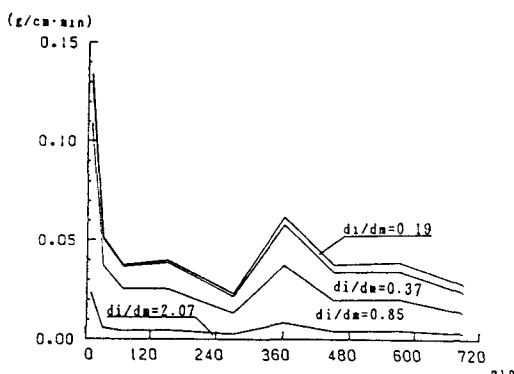


図-3 粒径別漂砂量の変化 (Case A)

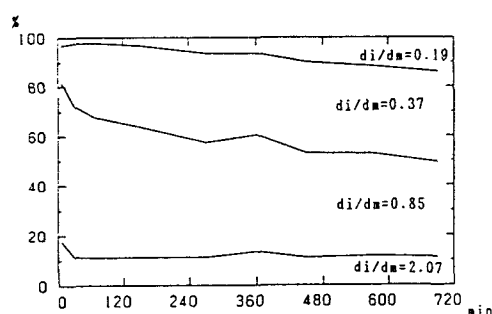


図-4 漂砂中の粒度組成の変化 (Case A)

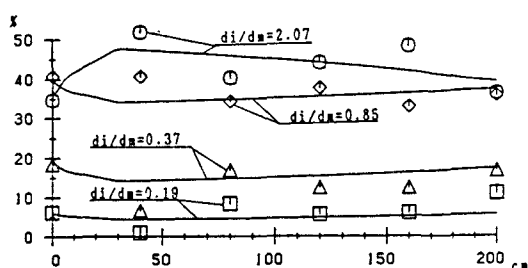


図-5 移動床表面の各粒径の存在比率と計算値 (Case A)