

II-44 波と流れによる混合砂の移動と地形変化

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

1. はじめに

混合砂の移動現象の重要な特徴としては、分級現象があげられる。このような砂の移動において、その移動量は通常は均一砂と異なり、砂面の粒度分布に大きく依存するものと考えられる。そのため、砂の移動により引き起こされる地形変化も、砂面の粒度分布に大きく依存することが考えられる。そこで、本研究では、混合砂の効果を考慮して、波と流れによる地形変化の再現計算を行い、実験値と比較検討する。

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、下流側よりピストン型造波機により波を発生させた。水路中央部2.0mを掘り下げ、この部分に平均粒径 $d_m=1.73\text{mm}$ の混合砂を敷いた。その粒度組成を図-1に示した。また移動床に接続する固定床の表面には、実験で用いた底質と同じものを貼り付けて粗度を増している。実験では掃流状態での砂移動が生じた。実験中に適時、波と流れを停止し、固定床部へ移動した砂を捕集し、それを漂砂量とした。

また底質を粒径毎にそれぞれ異なる色の蛍光塗料を着色し、写真撮影により砂面の粒度分布を、砂面計により砂面の高さを計測した。

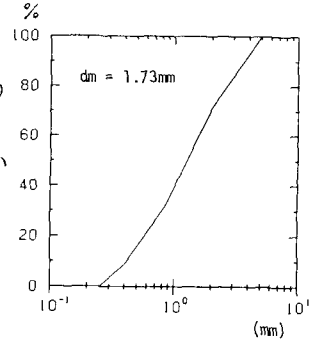


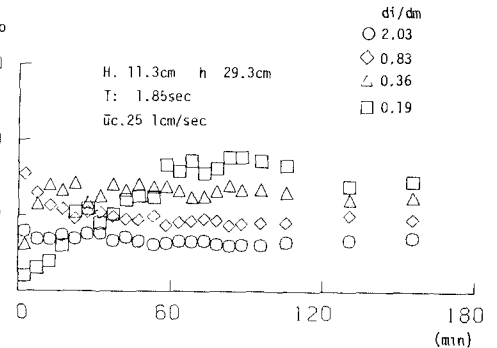
図-1 底質の粒度分布

3. 結果

(1). 共存場における漂砂量

波と流れの条件を変え、漂砂量を計測した。図-2 i_E/i_{b0}

は i_E/i_{b0} の時間変化を見た一例である。ここに i_E , i_b , i_{b0} : それぞれある粒径範囲の砂粒が漂砂中、交換層および海浜底質中に占める割合である。この図より実験開始直後の i_E は大きくばらつき、大粒径のものが多く、細粒分のしめる割合が極端に少ないことがわかる。これは実験開始時に地形を人為的に形成するため、大粒径の砂が砂面に突出し、大きい粒径が移動しやすいと思われる。従来の研究より、漂砂量式として次のような関数形を想定する。なお

図-2 i_E/i_{b0} の時間変化

ここで、冲向きの漂砂を正、冲向きを負とする。

$$\bar{q}_{E,i} = K \tau_i^{0.5} (\tau_i^* - \tau_{crit}^*) \cdots (1)$$

ここに $\bar{q}_{E,i} = i_E q_E / (i_b \sqrt{sgd_i^3})$, $\tau_i^* = u_i'^2 / (sgd_i)$ である。 u_i' : 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り、この算出に際して相当粗度 k_s に平均粒径を用い、底面水粒子速度の算定には微小振幅波理論を用いた。実験開始後一定時間経過した漂砂量から求まる K と、共存場の掃流力の最大値と流れによる掃流力との比 τ_{cu} / τ_{cu0} との関係を見たものが図-3である。これより、漂砂量は流れが強くなるにつれ減少し、ついには冲向きに移動しはじめる。また粒径によらず、 K の値はほぼ同じ値を取ることがわかる。その結果、実験式として次のように定める。ここで $\tau_{crit,i}^*$ は粒径別移動限界シェールズ数である。

$$\bar{q}_{E,i} = \{1.5 - 3.9 (\tau_{cu} / \tau_{cu0})^{0.4}\} \tau_i^{0.5} (\tau_i^* - \tau_{crit,i}^*) \cdots (2)$$

(2). 地形変化と粒度分布

式(2)をもとに実験結果の再現計算を試みる。計算には、平野²⁾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。ここで、 z は砂面の高さ、 x は移動床の縦断方向の位置で、移動床の沖側端を原点とする。底面が上昇する場合の基礎方程式は

$$\frac{\partial z}{\partial t} = -\frac{1}{(1-\lambda)} \frac{\partial \bar{q}_E}{\partial x} \quad \dots (3)$$

$$\frac{\partial i_b}{\partial t} = -\frac{1}{a(1-\lambda)} \left\{ \frac{\partial (i_E \bar{q}_E)}{\partial x} - i_b \frac{\partial \bar{q}_E}{\partial x} \right\} \quad \dots (4)$$

であり、低下の場合は第二式右边第二項にかかる i_b を i_{b0} に置き換える。また a は砂面の表層で粒度分布が変化する交換層厚さで、ここでは底質の最大粒径をもちいている。 λ は交換層の空隙率であり、 $\lambda=0.4$ とした。ここでは差分法を用いて上式を解いた。

図-3 K と τ_{cu}/τ_{cw}

また、漂砂量の斜面勾配の補正をしなくてはならない。さらにこの実験においては固定床から移動床に急に変化するため、平衡状態の漂砂量式を移動床端にそのまま用いることができない。そのためここにおいては流砂の非平衡の研究を参考に、便宜上

$$\frac{\bar{q}_E(x)}{\bar{q}_{E0}} = (1+\alpha \frac{\partial z}{\partial x})^{-1} \{1 - \exp(-\frac{\alpha x}{40h_{max}})\} \quad \dots (5)$$

として漂砂量を補正する。式(5)の第1項は勾配の補正、第2項は端部の補正に対応している。ここに $\bar{q}_{E0}$: 式(2)での漂砂量、 h_{max} : 移動床の深掘れ高さである。ここでは $\alpha=1$ とした。図-2で見るように実験開始直後の i_E はばらつくので、計算では初期値は $t=60$ 分の地形・表面の粒度を与えている。図-4, 5は、それぞれ砂面の高さ・粒度について、計算結果と実験値とを比較したものである。砂面の高さは、沖側において、ほぼ一致している。しかし $x=1400\text{mm}$ より岸側で、実験値は大きく低下する。計算においては、この点はよく再現できないことがわかる。これは実験において漂砂の下手側の固定床の影響が出た可能性があるが、原因は不明である。一方、粒度については、沖側で $d_i/d_m=2.03$ を過大に、全領域で $d_i/d_m=0.19$ を過小に評価しているが、その他の地点では、実験値と計算値は良好な関係を示すことがわかる。

【参考文献】

1) 田中 仁・首藤伸夫：波・流れ共存時の底面摩擦に関する実験，第27回海岸工学講演会論文集，pp. 163～167, 1980

2) 平野宗夫：Armoringをともし河床低下について，土木学会論文集，第195号，pp. 55～65, 1971.

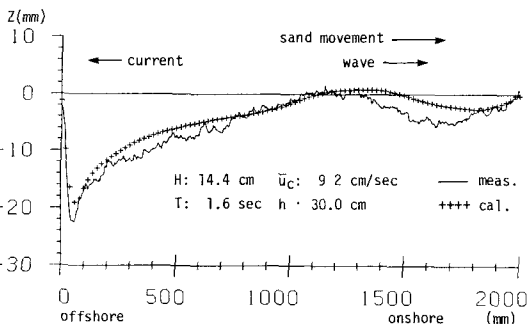
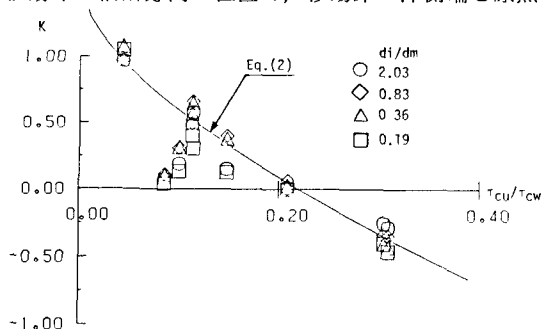


図-4 砂面の高さ (t:115分)

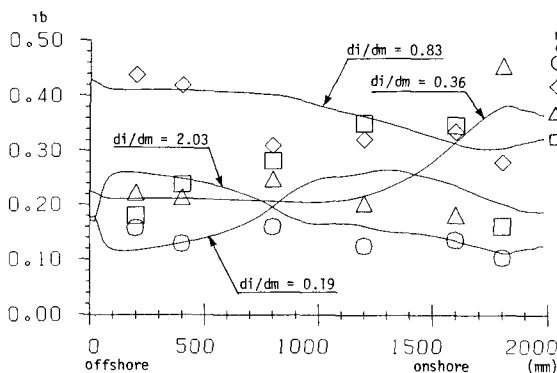


図-5 砂面の粒度分布 (t:115分)