

宇都宮大学工学部 正 員 田中 仁
 宇都宮大学工学部 正 員 須賀 堯三
 宇都宮大学工学部 学生員 吉田 稔
 宇都宮大学工学部 学生員 塚原 啓司

1. はじめに

波による岸沖漂砂量に関しては、近年多くの研究が行われており、その多くは砂の移動量と底面近傍における水理量（流速・底面せん断力等）との関係を実験的に定めようとしたものである。波による底面せん断力の算定には、Jonsson(1966)の摩擦係数が多く用いられている。Jonssonの式はもともと正弦振動流を対象として得られた式であるが、上記の底質移動量定式化に関する研究においては、非正弦的な波に対してもJonssonの式を適用している。このような取扱においては、波の周期およびcrest-to-troughの高さが同じであれば、算出されるShields数は同じ値となり、波形の相違が全く考慮されないことになる。そこで、本研究では著者の一人により提案された手法により、任意波形下での底面せん断力を算定し、移動砂量の定式化を試みる。

2. 実験方法

本研究では、水平床における砂移動と、1/20勾配を有する二次元海浜での砂移動現象について検討を行う。水平床の実験において用いた装置の概要を図1に示す。実験に使用した底質は粒径0.2mmおよび0.51mmの二種であり、合計19ケースの実験を行った。ここでは、研究の第一段階として掃流状態での砂移動を対象とする。図

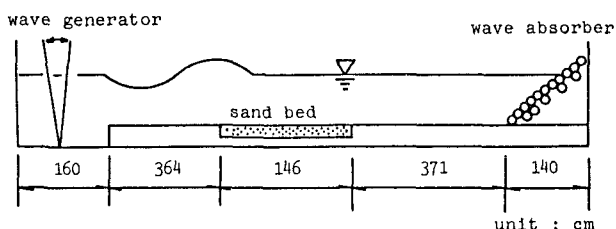


図1 実験装置

示するように、造波水路の中にかさ上げした水平床を作り、その一部を移動床とした。掃粒砂の移動方向は岸向きであるので、岸側の固定床に移動して来る砂を捕砂して、漂砂量を求めた。なお、沖側の固定床へ移動する砂はほとんど見られなかった。固定床の表面には砂を貼り付けて粗度を増している。

次に、二次元海浜における実験では図1に示した水路の岸側に1/20の斜面を作り、箱型のサンド、トラップによる捕砂を行った。使用した底質の粒径は、0.78mmである。実験は、1ケースのみ行い、沖側の平坦床における水深は24.1cm、沖波波高6.6cm、周期1.3secである。

3. 底面せん断力の算定手法

Dean(1965)の流れ関数にせん断力の効果を加味し、次式を得る。

$$\psi(x, t) = \frac{L}{T} z - \frac{U^2}{\kappa \hat{U}_{CW}^2} \ln \{ (z/z_0) - 1 \} + \text{Real} \left[\sum_{n=1,3,5,\dots}^N \frac{1}{2} \frac{k_n \epsilon_n}{c_n} \frac{H_1^{(0)}(\epsilon_n)}{H_0^{(0)}(\epsilon_{n0})} \{ X(n) - iX(n+1) \} \exp(ik_n x) \right] \\ + \sum_{n=1,3,5,\dots}^N \sinh k_n (z - z_0) \{ X(n) \cos k_n x + X(n+1) \sin k_n x \} \quad (1)$$

上式は、Deanの流れ関数と同様に波速で進む移動座標を用いて記述したものである。式中の未知数 $X(n)$ は、実測波形をもとに最少自乗法により求められる(田中 1986)。上式により算出される流速値は底面近くを除いてDeanの手法により得られる値と良い一致を示す。Deanの流れ関数法は、斜面上の波に対しても底面の極く近傍を除けば、良好な予測値を与えることが知られているので、式(1)を用いることにより斜面上のせん断力の推定が可能であると考えられる。

4. 水平床造波水路における実験結果

実験データを従来の手法により整理した結果を図2に示す。図中には、今までに提案された実験式

$$\bar{q}_B / wd = 2(\tau^* - 0.06) \tau_m^{*0.5} \quad (2)$$

$$\bar{q}_B / wd = 2(\tau^* - 0.11) \tau_m^{*0.5} \quad (3)$$

$$\bar{q}_B / wd = 12.5 \tau_m^{*3} \quad (4)$$

を示した。ここで、 q ：一周期平均の漂砂量、 w ：沈降速度、 d ：粒径であり、 τ^* は、Jonssonの摩擦係数により算定されるShields数である。実験値は式(2)に比較的近い値を示すが、ばらつきが多い。

次に、式(1)を用いてデータ整理を行う。ここでは定常流における流砂現象を参考にし、波動下における時々刻々の漂砂量が次式で表されるものとする。

$$q_B(t) / \sqrt{sgd^3} = \alpha \text{sign}(\tau^*(t)) |\tau^*(t)|^m \{ |\tau^*(t)| - \tau_{cr}^* \}^n \quad (5)$$

上式中で、 s ：砂の水中比重であり、 $\tau^*(t)$ は式(1)により得られる各位相での無次元掃流力であり、 τ_{cr}^* は移動限界無次元掃流力であり0.05とした。式(5)より、一周期平均の漂砂量は、

$$\bar{q}_B / \sqrt{sgd^3} = \alpha F \quad (6)$$

$$F = \frac{1}{T} \int \text{sign}(\tau^*(t)) |\tau^*(t)|^m \{ |\tau^*(t)| - \tau_{cr}^* \}^n dt \quad (7)$$

となる。ただし、上式の積分は、 $\tau^*(t) > \tau_{cr}^*$ となる位相について行うものとする。実測された一周期平均漂砂量と、式(7)で定義される値との関係を図3に示した。ただし、 $m=0.5, n=1.0$ とした。図より $\alpha=0.35$ を得る。

5. 二次元海浜における実験結果

波形の測定例と底面セン断力の算定結果を図4(測点D)、図5(測点E)に示した。測点D、Eはそれぞれ初期汀線より沖に195cmおよび211cmに位置する。碎波点は汀線よりほぼ143cmの位置にあり、図示したデータはいずれも碎波前のものである。目視により、これらの測点において底質は掃流形式で岸側に移動することが確認された。式(6)を用いて q を求めたところ、D点では $1.15 \times 10^{-2} \text{cm}^2/\text{s}$ 、E点では $9.87 \times 10^{-3} \text{cm}^2/\text{s}$ であった。一方、両地点での測定

値はそれぞれ $2.69 \times 10^{-2} \text{cm}^2/\text{s}$ 、 $1.17 \times 10^{-2} \text{cm}^2/\text{s}$ であり、沖側の測点での対応が良好である。D点では波の前傾化が顕著となり、非定常効果が強く、式(5)の準定常仮定が適切でないものと考えられる。今後、式(5)の表示式に非定常性の効果を加え、かつ、非定常性が微弱な場合に従来の流砂公式に整合する関数形を定めることが課題である。

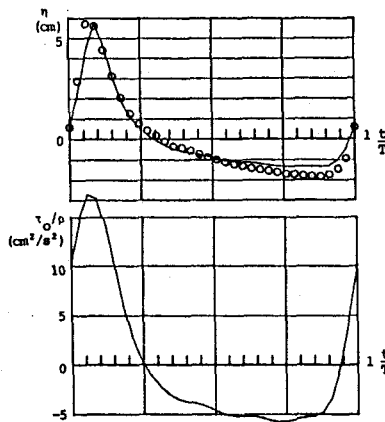


図4 波形とセン断力(測点D)

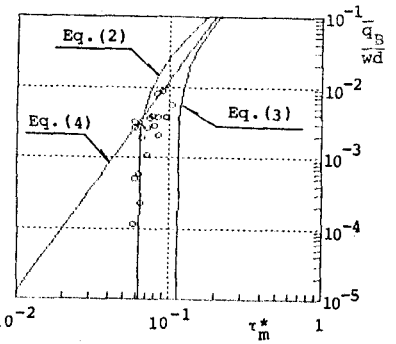


図2 漂砂量

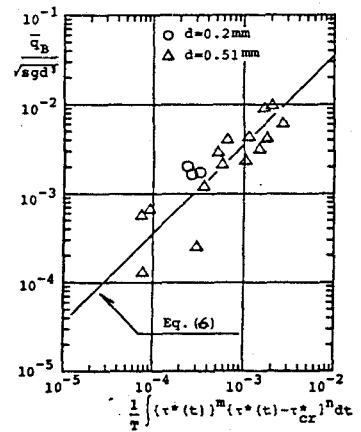


図3 漂砂量

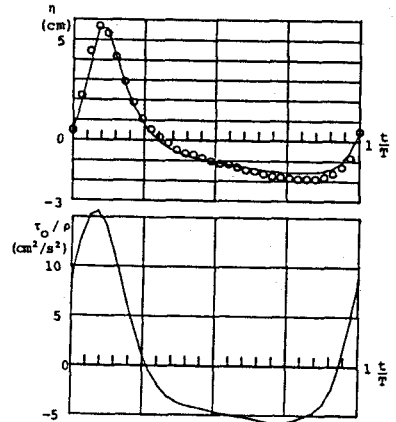


図5 波形とセン断力(測点E)