

波・流れ共存場における底質移動機構に関する実験的研究

鳥取市役所 正会員 ○田中 聡大
 岡山大学 正会員 名合 宏之
 岡山県庁 正会員 三原 範久

1.はじめに

本研究は、浅海域での波浪がもたらす水面変動および洪水時の強度の乱流が水中地盤面に及ぼす影響を変動水圧の影響として捉え、変動水圧作用下における底質の移動現象について実験的に考察しようとするものである。そのための基礎的実験として、可変勾配水路を使用して、流量、波高水深比、波の方向および周期を変化させ、砂層表層における有効応力、底面近傍流速などが底質移動に及ぼす影響について検討を行った。

2.実験概要

実験は、幅 0.6m、深さ 0.4m、長さ 16m、勾配 1/500 の可変勾配水路を用いて行い、水路中央部には図-1 に示すように測定部として深さ 17cm のピットを設けてそこに砂層を形成し、水中および砂層内の水圧を測定した。また、プランジャー式造波装置を測定部の上流側、下流側に設置し、波を作用させ、実験終了後にピットの上流側および下流側に移動した砂を別々に採取した。実験条件は、波高を 6cm、水深は 20cm、25cm と設定し、流れの流量を 5~35(l/s) の範囲で変化させた。なお、河床材料としては平均粒径 $d_{50}=0.24\text{mm}$ の豊浦標準砂を用いた。

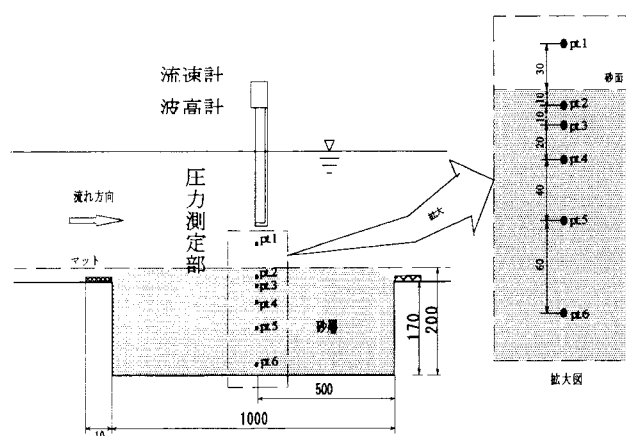


図-1 測定部詳細図

3.実験結果および考察

1)底質の移動量に関する実験結果

図2は、本研究の流砂量実験の結果を用いて、無次元流砂量 ϕ と流れと波の相対速度 $U_m/U_{w,max}$ の関係を表したものである。ここで、無次元流砂量 ϕ は次式により求められる。

$$\phi = \frac{q_s}{w_0 d} \quad \begin{array}{l} q_s: \text{単位幅、単位時間当たりの平均流砂量} \\ w_0: \text{沈降速度} \quad d: \text{粒子の直径(m)} \end{array}$$

なお、 U_m は平均流速、 $U_{w,max}$ は底面最大流速を表し、 $U_{w,max}$ は微小振幅波理論によって算出した計算値を用いた。この図の縦軸の正および負は、正味の流砂量が流れの方向および逆方向を表し、横軸の正および負は、流れの方向と波の進行方向が同方向および逆方向を表している。図より、波高水深比 H/h が大きくなると流砂量は増加することが確認出来る。また、 $U_m/U_{w,max}=0$ の時は、波のみが作用する場合を表しており、流砂量は波の進行方向と逆向きを向いている。 $0 < U_m/U_{w,max} < 0.5$ の範囲においても流砂量は流れと逆方向に向いており、波の影響が強いことがわかる。 $U_m/U_{w,max} < -0.8$ の範囲では、 $U_m/U_{w,max}$ の値がほぼ等しい値

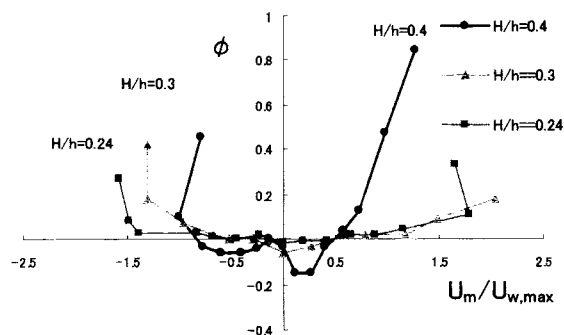
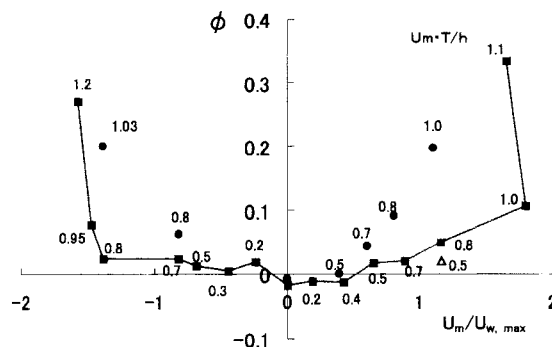


図-2 無次元流砂量と相対速度の関係

図-3 $U_m \cdot T/h$ との関係 ($H/h=0.24$)

であっても流砂量に大きな違いが現れている。これは、波の周期の違いによる影響ではないかと考え、波高水深比 $H/h=0.24$ のケースを取り上げて波の周期を変えて実験を行い、周期の変化が流砂量に及ぼす影響を検討した。図-3 は $U_m \cdot T/h$ の値が変化することにより、無次元流砂量 ϕ に及ぼす影響を表したものである。なお、 $U_m \cdot T/h$ は 1 周期あたりの移動距離 $U_m \cdot T$ を水深 h で割った T に関する無次元量である。図中の各点における数値は $U_m \cdot T/h$ の値を示している。この結果、波を上流または下流から作用させた両ケースともに波の周期が長くなると流砂量は増加する傾向が見られた。

2) 底質の移動機構に関する考察

ここでは、底質の移動に最も関係していると考えられる砂層表面の有効応力と底面近傍流速に着目し検討を行った。無次元有効応力 σ_z' が 1 より小さい時間帯は、砂層の抵抗力が減少している状態にあり、このときに作用する流速の方向がほぼ砂移動の方向を表し、有効応力の減少の程度と流速の大きさが移動量に関係していると考えられるため、水圧測定時間全体にわたって σ_z' が 1 より小さい時間帯の流速 u を積分し、得られた値を計測時間で割り、単位時間当たりの平均的な移動距離 V を求めた。その結果を、図-2 で示した流砂量実験の結果とともに表したものが図-4 である。図中の縦軸は、無次元流砂量 ϕ とここで算出した無次元移動距離 V/V_0 であり、以下の式により表される。¹⁾

$$V/V_0 = \frac{1}{nTV_0} \int_{\sigma_z' < 1}^T u \, dt \quad V_0 = Kw_0$$

$u_{\sigma_z' < 1}$: 有効応力が 1 より小さい時間帯における平均流速

n : 計測時間全体の波数 T : 周期

w_0 : 沈降速度(2.5cm/s)

K : 係数

図より、砂層から深さ 1cm の位置の有効応

力を用いた整理では大きくばらついているケースもあるが、深さ 1mm の位置の有効応力を用いた整理ではほぼ一致していることがわかる。このことより底質の移動現象は、変動水圧による砂層表面の有効応力の変化と底面近傍の流速により、ある程度説明出来ると言える。

4. まとめ

本研究の結果、波高水深比の値が大きくなると流砂量が増加することが確認された。また、波の周期が流砂量に影響を及ぼし、周期が長くなると流砂量が増加する傾向が見られた。そして、底質の移動現象は変動水圧による砂層表面の有効応力の変化と底面近傍の流速によりある程度説明できることがわかった。

<参考文献> 名合宏之：波と流れの共存場における底質の移動，変動水圧と水中地盤に関するシンポジウム 京大防災研 研究集会 14K-06，平成 14 年 12 月，pp.13-18

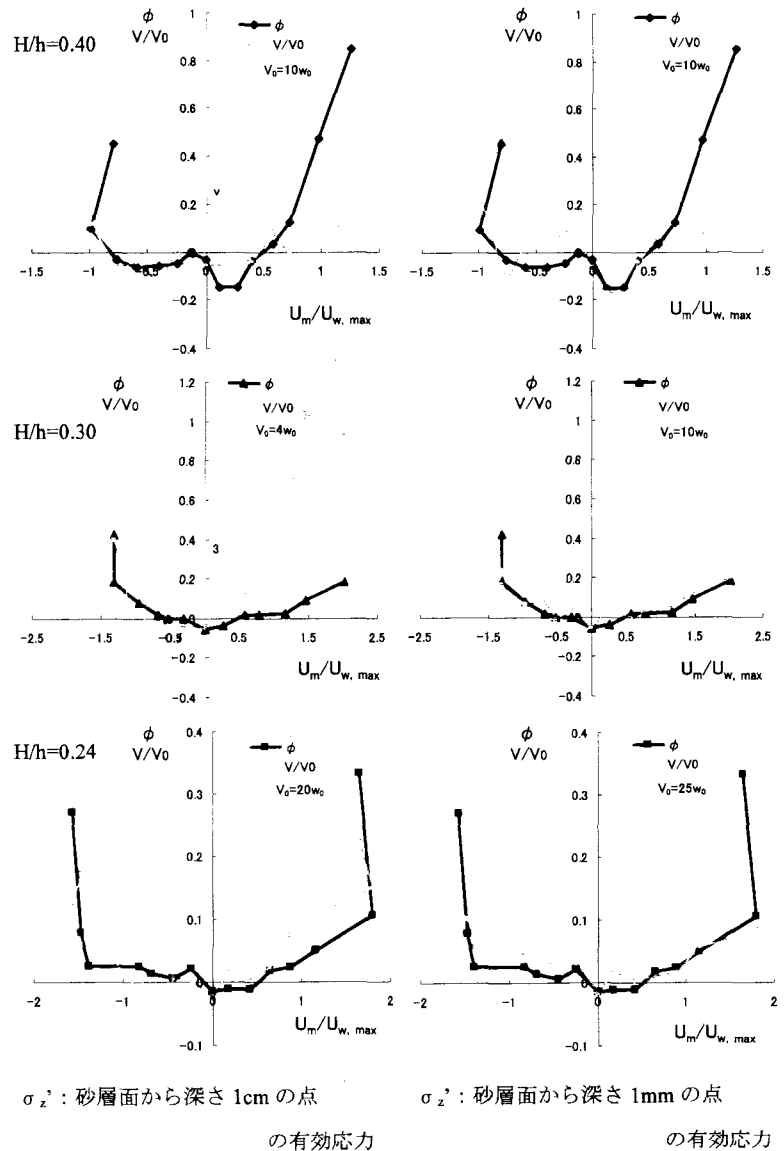


図 - 4 無次元流砂量 ϕ と無次元移動距離 V/V_0 の関係