

II-71

戻り流れを考慮した断面地形変化計算

鳥取大学工学部 正員 ○黒岩正光

鳥取大学工学部 正員 野田英明

1. はじめに： 従来、海浜変形予測は、そのほとんどが底面せん断力のみで評価された漂砂量式をそのまま砕波帯内にまで拡張し適用することでなされてきた。実際には、砕波による水塊の突っ込みによって引き起こされる乱流場の浮遊砂の移動を考慮する必要がある。砕波帯内の漂砂機構まで考慮されているものは、柴山ら（1995、海講）が行っている程度であり、完全なる予測方法は未だ確立されていない。砕波帯内では冲向きの強い定常流（戻り流れ）が発生することが知られており、まず、この戻り流れを精度よく評価することが重要である。著者らは、既に、戻り流れの鉛直分布を評価する手法について報告し（黒岩ら、1995、海講）、実験結果を良く再現することが確かめられている。ただし、複雑な海底地形にはそのままでは適用は困難であり、本研究では、戻り流れの鉛直分布の計算法を若干修正し、実験結果と比較し検討する。さらに、黒岩ら（1992、年講）によって提案された岸向きおよび冲向き漂砂量式から求められる漂砂量と、砕波帯内の戻り流れによる漂砂量を併せて計算し、断面2次元海浜変形の計算を試みる。特に、本研究では、侵食型に着目し、室内実験結果と比較し、モデルの適用性について検討しようとするものである。

2. 戻り流れの鉛直分布の計算： 戻り流れに起因する漂砂量は、砕波帯内の浮遊砂の濃度分布に戻り流れの鉛直分布を掛け合わせ、基準点高さから水面まで積分することによって求められる。そこで、まず、戻り流れの鉛直分布を精度よく評価する必要がある。本研究では、黒岩ら（1995）の方法を用いて計算する。式（1）に示すように、乱れの運動エネルギーの輸送方程式を数値的に解くことによって渦動粘性係数 ν_t を算定し、さらに、得られた係数を（2）式に代入し戻り流れの鉛直分布を計算することにする。なお、輸送方程式は

$$\partial/\partial y (\nu_t/\sigma_k \cdot \partial k/\partial y) + \overline{\text{PROD}}/\rho - C_d k^{3/2}/l = 0 \quad \dots\dots\dots (1)$$

で表され、ここに、 k は乱れの運動エネルギー、 $\nu_t = l\sqrt{k}$ 、 $\overline{\text{PROD}}$ は波のエネルギー逸散率の関数である。また、 l は乱れの長さスケールで、鉛直方向に一定とした。戻り流れの鉛直分布の基礎式は、複雑な地形にも容易に適用できるように、エネルギー逸散率 Γ を用いて次式で表した。すなわち、

$$\partial/\partial z (\nu_t \partial U/\partial z) = 1/\rho C_h \cdot \Gamma \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 Γ は西村ら（1985、海講）による方法によって求めた。（3）式も（1）式と同様に数値的に解く必要があり、適当な底面ならびに水面での境界条件を与える必要がある。底面境界は Dibajnia ら（1993、海講）の戻り流れの式を参考に、次式で与えた。

$$U_b = -3.5H^2/Th \cdot (1 - H^2/H_b^2) \quad \dots\dots\dots (3)$$

その他の詳細な計算方法は黒岩ら（1995、海講）を参照された

い。図-1 は（3）式を用いた底面定常流速の計算結果と実験結果（1994、黒岩ら）を比較したものである。両者はよく一致することがわかる。図-2 は戻り流れの鉛直分布の計算結果と黒岩ら（1994、海講）の実験結果を比較したものである。

3. 漂砂量および地形変化の計算： 黒岩ら（1992、年講）は、掃流砂は岸向き、浮遊砂は冲向きと仮定し、両者の漂砂量式を重ねることによって海浜変形を計算している。一般に、侵食型は冲向き漂砂が卓越することによって発生する。したがって、ここでは、波動成分による底面流速のみで評価される冲向き漂砂量式と戻り流れによる漂砂量を重ね合わせ全漂砂量を計算し、

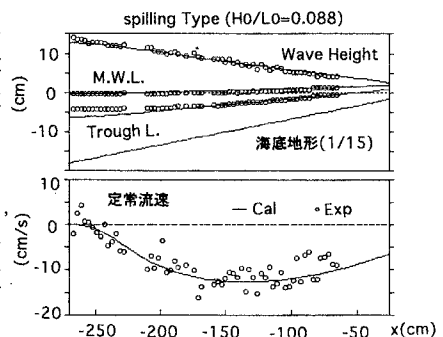


図-1 底面近傍の戻り流れの計算値と実験値の比較

地形変化計算を試みた。計算に用いた冲向き漂砂量は、Stokes の第3次近似底面流速を用いて次式で表される。

$$q_s/w_o d = \beta F_* (u_{o1}/\sqrt{s g d})^3 \quad \cdots (4)$$

ここに、 β は無次元係数であり、0.005とした。

u_{o1} 、 F_* の詳細は黒岩ら（1992、年講）に譲る。

つぎに、戻り流れによる漂砂量を求めるため、まず、浮遊砂の濃度分布 c を計算した。浮遊砂の濃度分布は

$$c w + \epsilon_* \partial c / \partial z = 0 \quad \cdots \cdots \cdots (5)$$

を、数値的に解くことによって与えられる。基準点濃度は柴山ら（1994、海講）に基づいて求め、砂の拡散係数 ϵ_* は（1）式から求められる ν_t の関数で与えた。（1）～（3）式から得られる戻り流れと掛けあわせ鉛直方向に積分することによって戻り流れによる漂砂量を算定し、（4）式による漂砂量と重ね合わせるによって全漂砂量を求め、漂砂の連続式を用いて水深変化を求めた。

4. 実験結果と計算結果の比較： 実験は、中央粒径 $d=0.017\text{cm}$ の標準砂を 10cm厚に初期勾配 1/10 に敷きつめて、侵食型の波浪条件、 $H_o=9.3\text{cm}$ 、 $T=1.2\text{sec}$ の規則波を作用させ行った。図-3（a）～（c）は1時間後の実験結果と計算結果を比較したものである。各図はそれぞれ、式（4）による地形変化、戻り流れのみによる地形変化および全漂砂量による地形変化を表したものである。なお、実線が計算結果、破線が実験結果で、初期地形との差で表している。図-4（a）～（c）は10時間後の同様の結果を示したものである。これらの図から波作用1時間後は、（4）式のみだけでなく、戻り流れを考慮した方がより実験結果を再現しているのがわかる。一方、10時間後では、戻り流れの影響は少なく、時間が経過するにつれ、戻り流れによる漂砂量の寄与分は少なくなり、（4）式のみで地形が再現されるようである。これは、地形変化が平衡状態に近づいたためであると考えられ、戻り流れに起因する漂砂は、初期の地形変化に多大な影響を及ぼしていることがわかる。

5. おわりに： 本研究では、戻り流れに起因する漂砂を考慮して、侵食型海底地形変化計算を試みた。その結果、実験結果をよく再現することわかった。特に、波作用初期において戻り流れの影響が顕著であることがわかった。今後、不規則波および現地への適用を試みる予定である。

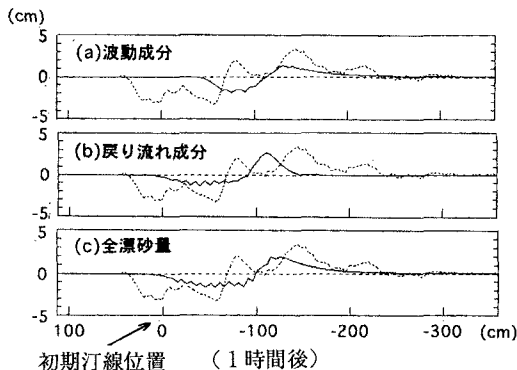


図-3 地形変化の計算結果と実験結果との比較

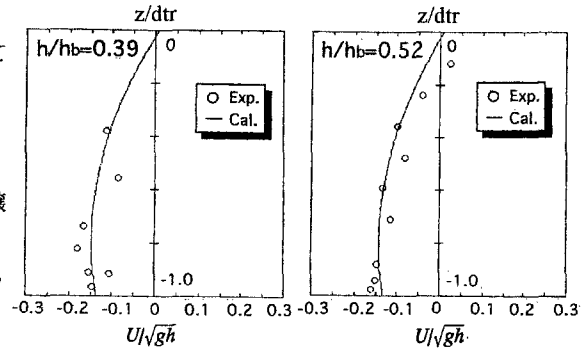


図-2 戻り流れの鉛直分布の計算結果と実験結果との比較

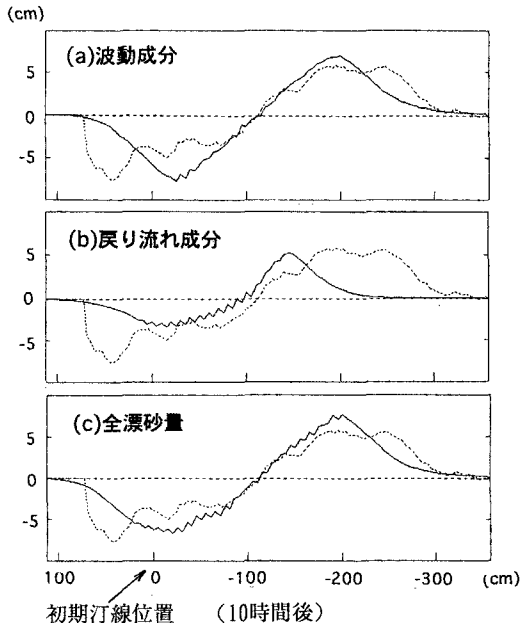


図-4 地形変化の計算結果と実験結果との比較