

愛媛大学大学院 学生員 ○西岡 洋一
愛媛大学工学部 正員 山口 正隆
シャトウ水路測量K. K. 大津 正司

1. まえがき: 近年, 海岸工学の進歩につれ, 海岸構造物による海況変形の予測法として, 1次元モデルが実用に供されつつあるが, 沖方向漂砂の無視や海況断面の不変性の仮定など多くの制約条件を持っている。こうした問題点を解決するためには, 砂移動の原因となる海岸付近における波および流れの場やそれらに伴う漂砂移動機構を考慮した, 任意の波浪, 海底地形および構造物条件の場合に適用可能な2次元海況変形の予測モデルを開発する必要がある。本研究ではそのための第一歩として, 定常な波の作用下における1基の離岸堤による2次元海況変形の数値計算法を提案する。

2. 数値計算法: 本研究の2次元海況変形モデルは波浪の変形計算モデル, 海況流計算モデルと漂砂量および海底地形変動計算モデルから構成される。まず, 波浪変形計算にあたり, 回折領域外では, 波向線方程式および波向線間隔方程式から波向線上の波向の変化と屈折係数および浅水係数を求め, さらに海底摩擦の影響を考慮するとともに, 島堤による回折の近似解から任意の反射率に対する回折係数を算定して, 波向線上の波高とした。一方, 回折領域内では, 離岸堤左端および右端を波源とする同様の変形計算(回折係数は半無限堤による解を使用)を別個にしたのち, エネルギー合成することにより波向および波高を算出した。そして算出した波高は各点の碎波条件より導かれる碎波高より大きくならないという条件により, 碎波後の波高変化を求めた。これらの計算工程において, x 方向および y 方向に関する線型内挿から, 水深格子点での波向および波高とこれらの波を進行波と仮定した場合のradiation stressが求められた。ただし, 計算はすべて微小振幅波理論に基づき, きた波と流れの干渉は考慮されていない。つぎに, 海況流は連続式と非線型項を無視する一方, 線型化した底面摩擦力項, Longuet-Higginsによる水平混合項および風による表面せん断力項を考慮した x 方向および y 方向運動量方程式をleap-frog法により解くことにより得られた。この場合, 側方境界条件はE. Nodaによる沿岸方向に関する周期的条件を用いることとし, 計算結果の整合性をえるため, 波浪変形計算にもこの条件を適用した。また沖および岸側では流速および $set-up$ が0, 離岸堤では離岸堤を横切る流れが0という条件を用いた。最後に, 海況変形は, まず, 底質は大局的には沿岸流によってその方向に輸送されるとする

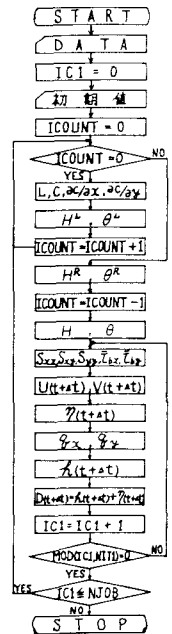


図-1 フローチャート

土屋らの漂砂量式を2次元の流れの場に拡張するとともに, 堀川らの滑面乱流状態における底質の移動限界流速を用いることにより, 各格子点上での x 方向および y 方向の漂砂量を計算したのち, 漂砂の連続式を数値積分して2次元的な海底地形変動の時間変化を算出した。境界条件は海況流計算の場合と同様である。実際の数値計算では, $set-up$ による水深変化を考慮しながら, 波浪変形計算1回につき, 海況流計算を数十回行い, 1200ステップ程度のくりかえし計算で海況流の定常解を得たのち, 海況変形計算を開始した。そして, 海況変形および $set-up$ による水深変化を考慮して, 海況流計算および海況変形計算をくりかえすとともに, 数十回に1回程度波浪変形計算も実施した。なお, 図-1は今回作成したプログラムの流れ図である。

3. 計算結果および考察: 数値計算は1様勾配 0.04をもつ海況の水深2m地点に長さ25mの離岸堤(反射率=0)が一基設置された場合の海況変形を, 入射波高 $H_M=1$ m, 周期 $T=3$ sおよび入射波向 $\theta_M=-10^\circ$ の波条件の

もとで行った。ただし、予備計算であるため、領域分割数は 13×11 ，格子間隔は $\Delta x = \Delta y = 12.5\text{m}$ および時間間隔は $\Delta t = 1\text{s}$ とした。図-2 は計算結果の定常化の過程およびその後の海況変形に伴う計算結果の変化を調べるため、set upの時間変化を3地点について例示したものであり、図中には波浪の変形計算を実施した時刻が矢印で示されている。また、最初の200回の計算において入射波高を 0.1m から 1m まで4段階で

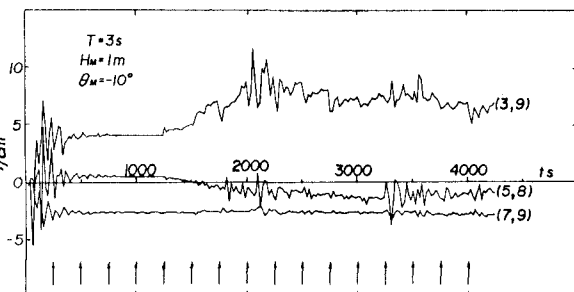


図-2 set up の時間変化

増大させてつづけている。さて、この図によると、いずれの地点の set up も初期に大きく変動しているが、計算開始後500s 程度でほぼ定常状態が得られている。ついで $t=1200\text{s}$ から開始した海況変形計算の進行に伴い、海況変形の大きい地点では set up も若干の変動を伴いながら変化している。また、波浪の変形計算直後の set up には大きな変動が出現するが、これは格子点上の波特性を波向線上の計算結果から線型内挿して求めたために生じた波特性の計算誤差によると考えられる。図-3 は海況変形後の波高および波向の平面分布の一例である。波高は最終的には碎波によりだいに減少するものの、離岸堤の存在および海底地形変動により複雑な波高分布を示す。また、前述のように、離岸堤両端からの回折波のベクトル合成により求めた離岸堤内の波向は他の領域と同様な方向をもっており、不自然な挙動を示していない。図-4 は定常状態での海況流の平面分布図である。この図から離岸堤背後では海況流の蛇行や時計まわりの循環流が見出される、離岸堤左端の延長線上の領域では、流速の絶対値そのものがかなり大きい。図-5 は海況変形計算の開始後の2時点における海況流および等深線図を示したものである。まず、等深線の変化についてみると、離岸堤左端領域では等深線が沖に出て堆積傾向を示すのに対して、右側付近では侵食される。しかし、汀線近傍ではほとんど侵食傾向は出現せず、むしろトンボロの発生が見出される。また、時間が経過すれば、堆積および侵食傾向が逆み、複雑な海底地形を示すようになる。一方、海況流についても海況変形の進行とともに循環流の流れの位置が移動したり、その個数がふえるなど、かなり複雑な変化を示すことがわかる。

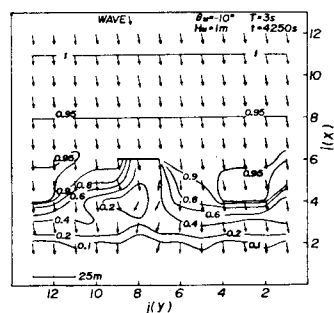


図-3 波高および波向の平面分布

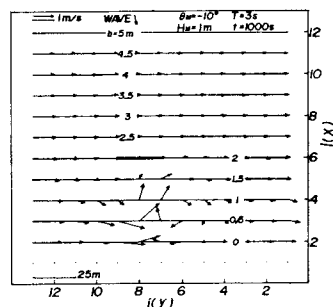
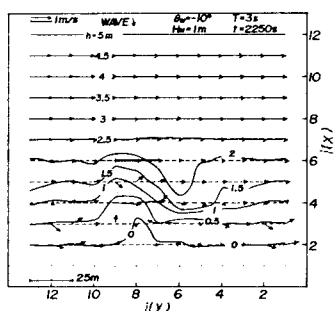
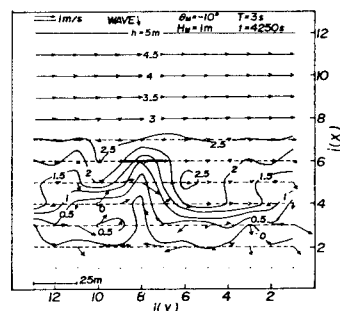


図-4 定常状態での海況流



(a)



(b)

図-5 海況変形後の海況流および海底地形

4. 結 語：本研究では、2次元海況変形の数値計算法を提案した。今後、決壊砂や波と流れの干渉効果などを考慮したより合理的モデルを開発するつもりである。最後に、御指導戴いた京大防災研土屋義人教授に謝意を表明する。