

海浜流の3次元性を考慮した海浜変形予測に関する研究

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

鳥取大学大学院 学生員○星山修一

1. はじめに： 近年、計測技術の発達とともに、現地における波と海浜流と海浜変形の関係が明らかにされつつあるなか、最近では山下¹⁾によって新たな知見が現地観測結果から明らかにされた。日本海側では波浪による海浜流だけでなく、強風に伴う吹送流が海岸付近の流れに多大な影響を及ぼすことが報告された。このように、日本海のような波形勾配の大きな波が来襲し、強風による吹送流が発達するような場では、流れの3次元性が強いと考えられ、従来の平面2次元海浜流モデルでは底質の移動すなわち海浜変形を精度良く再現することは困難であると思われる。したがって、流れの3次元性を考慮した海浜変形予測モデルが必要となる。本研究では3次元の海浜流場を考慮した海浜変形予測モデルを提案し、実験室レベルの構造物周辺における海浜変形数値計算を試み、数値モデルの妥当性について検討しようとするものである。

2. 3次元海浜変形予測モデル： 3次元海浜変形モデルは①波浪場、②海浜流場および、③漂砂量と地形変化の計算の3段階に分けて計算される。計算方法は①～③の計算を1ステップのみ行う定常計算と①～③の計算を繰り返し行う非定常計算に分類されるが、本研究では簡単のため定常計算を行った。①波浪場：波の反射や回折も容易に考慮できる西村らの非定常緩勾配方程式を用いて算定し、海浜流場の計算に必要な波の水粒子速度や radiation stress などを算定する。②海浜流場：黒岩ら²⁾の準3次元モデルを用いて算定する。このモデルによって碎波帯内の戻り流れを計算することが可能である。③漂砂量と地形変化：漂砂量は波と流れによる掃流漂砂と浮遊砂に分け計算した。岸沖方向を x 、沿岸方向を y とすると波による掃流漂砂 q_{wb} は、渡辺ら³⁾のパワーモデルを参考に

$$q_{wbx} = A_w Q u_{wb} \cos \alpha \quad \text{-----(1)}, \quad q_{wby} = A_w Q u_{wb} \sin \alpha \quad \text{-----(2)}, \quad Q = (u_*^2 - u_c^2) / g \quad \text{-----(3)}$$

で算定する。ここに、 u_* は摩擦速度であり、摩擦係数は田中⁴⁾の波と流れの共存場による評価法によった。 A_w は 0.1～1.0 とされているが、本研究では 0.05 とした。流れによる掃流漂砂 q_{cb} は、準3次元モデルの計算結果から得られる底面定常流速を用いて、

$$q_{cbx} = A_c Q U_b \quad \text{-----(4)} \quad q_{cby} = A_c Q V_b \quad \text{-----(5)},$$

で表される。 A_c は 0.15 とした。波によって巻き上げられた底質が浮遊砂となって海浜流によって運ばれるとすれば浮遊砂量は以下のように表すことができる。

$$q_{cwxx} = \int_{-h}^{\bar{z}} U(x, y, z) C(z) dz \quad \text{-----(6)}, \quad q_{cwyy} = \int_{-h}^{\bar{z}} V(x, y, z) C(z) dz \quad \text{-----(7)}$$

ここに、 $C(z)$ は浮遊砂濃度であり、柴山ら⁵⁾の方法を参考に算定した。地形変化は計算の安定性（底勾配の効果）を考慮し渡辺ら³⁾の漂砂の連続式を用いて計算した。計算に用いた波浪条件は渡辺ら³⁾のケースを用いた。すなわち、海底勾配 1/20、沖波波高 $H_0=4.9\text{cm}$ 、周期 $T=0.87\text{sec}$ である。底質の中央粒径 $d_{50}=0.2\text{mm}$ である。なお、地形変化計算における格子間隔 $\Delta x=\Delta y=10\text{cm}$ 、時間間隔 $\Delta t=60\text{sec}$ とした。

3. 数値計算結果： 図-1(a)および(b)は、海浜流場の計算結果を示したもので、それぞれ、断面平均流速および底面における海浜流のベクトル図を表す。図に示されるように、底面における循環流の計算結果は明らかに断面平均流速と異なることがわかる。離岸堤開口部において沖向き（戻り流れ）が再現されていることがわかる。底質移動には底面流速の成分が大きく寄与するものと考え底面における結果を用いて流れによる漂砂量を算定し地形変化の計算を試みた。図-2は本モデルによる波作用2時間37分後の地形変化の計算結果を示したものである。この図から離岸堤先端付近において洗掘が生じ、離岸堤背後においてトンボロが発達していることがわかる。また、 $x=250\text{cm}$, $y=150\sim 200\text{cm}$ 付近に戻り流れによるバーの

発達が見られる。つぎに、各漂砂量が地形変化に与える影響について検討した結果が図-3(a)~(c)であり、各図はそれぞれ、波による掃流砂 q_{wb} のみ、底面の定常流速による掃流漂砂 q_{cb} のみおよび浮遊砂 q_{cws} のみによる地形変化の計算結果を示したものである。これらの図から q_{wb} のみの場合離岸堤背後においてわずかな地形変化が見られる。 q_{cb} の場合、前出しの図-2の結果と同様な傾向を示しており、底面の定常流速による掃流漂砂量の寄与率が高いことがわかる。浮遊砂 q_{cws} のみの計算結果から、離岸堤背後においてわずかであるがトンボロが発生していることがわかる。以上の結果から底面定常流速による漂砂量の寄与率が高ことがわかる。

4. おわりに：本研究では流れの3次元性を考慮した海浜変形モデルを提案し、離岸堤周辺の地形変化の数値シミュレーションを試みた。その結果、本モデルにおいて戻り流れによるバーの再現や離岸堤背後のトンボロの形成を再現することがわかった。また、本モデルを用いた場合、実験室レベルの離岸堤周辺の地形変化には底面の定常流速による掃流漂砂量が大きく寄与していることがわかった。

最後に、本研究は土木学会中国支部平成9年度自主研究「日本海沿岸域における暴浪時の海浜変形予測に関する研究」による研究成果の一部であることを付記する。

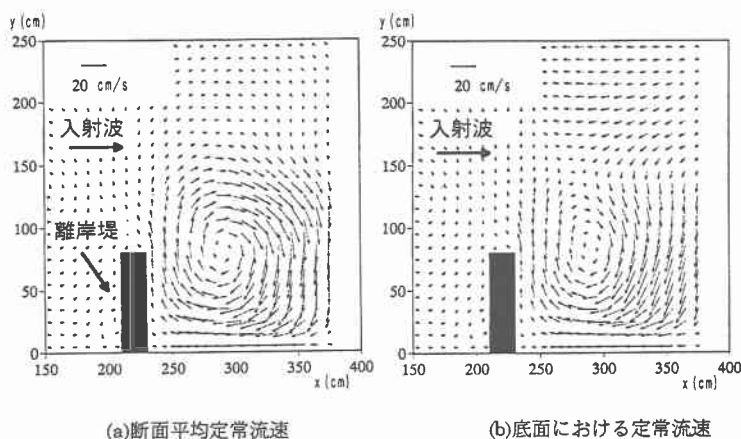


図-1 準3次元海浜流モデルによる計算結果

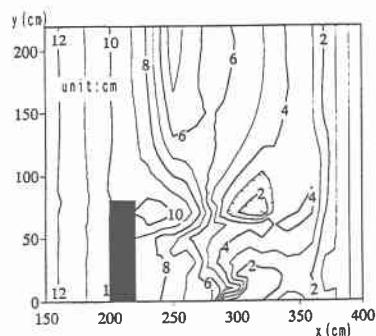


図-2 地形変化の計算結果

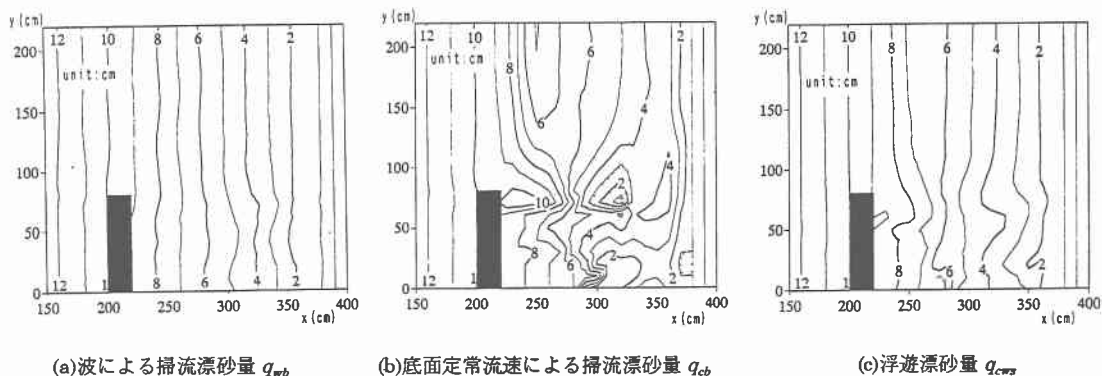


図-3 各漂砂量による地形変化の計算結果

参考文献：1)山下ら，砕波帯内の海浜流，波浪場の ADCP 観測，海工論文集，第 44 巻，1987。2)黒岩ら，準 3 次元海浜流場の数値シミュレーションに関する研究，海工論文集，第 44 巻，1987。3)渡辺ら，構造物設置に伴う三次元海浜変形の数値予測モデル，第 31 回海講論文集，1984。4)田中 仁，波流れ共存場における底面摩擦係数の陽形式近似，土木学会論文集，第 417 号，1990。5)柴山ら，砕波帯内の浮遊漂砂量の算定モデル，海工論文集，第 41 巻，1994。