

II-47 移流拡散方程式を用いた縦断面地形変化予測の試み

鳥取大学工学部 正員 ○黒岩正光

鳥取大学工学部 フェロー 野田英明

韓国海洋大学校 孫 彰培

1. はじめに: 碎波帯内では、激しい乱流場が形成され、浮遊漂砂が卓越する領域である。海浜変形を予測する上ではこの浮遊漂砂量を正確に評価する必要がある。従来、経験的な公式から浮遊砂量を算定されているが、浮遊砂の移流と拡散の効果を十分に取り入れられていないと考えられる。最近、鉛直2次元の移流拡散方程式を解き碎波帯内における浮遊砂濃度分布を算定する試みや¹⁾、さらに浮遊砂量を算定し地形変化を予測する試みがなされている²⁾。しかしながらすべての条件に適用できるものではなく、確立されたモデルは未だ無いのが現状である。本研究では、新たな移流拡散方程式を用いた縦断面地形変化予測の数値モデルを提案し、モデルの適用性について実測値と比較し検討しようとするものである。

2. 数値モデル: ①波浪場は、渡辺ら³⁾の碎波減衰項を付加した非定常緩勾配方程式を用いて算定する。②海浜流場は、黒岩ら⁴⁾による準3次元海浜流モデルを岸沖方向についてのみ解き評価する。③漂砂量と地形変化は、全漂砂量を波による掃流漂砂 q_w と底面定常流速を用いた流れによる漂砂量 q_c 、波と流れによる浮遊漂砂量 q_s に分けて全漂砂量 q を計算した。波と流れによる浮遊漂砂量 q_s は移流拡散方程式を用いて浮遊砂濃度を算定し、定常流速を乗じることによって算定した。沖側の任意水深 H_s における底面を原点とし、沖から岸向きに x 軸、鉛直上向きに z 軸をとると、鉛直2次元の移流拡散方程式は

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial(UC)}{\partial x} + \frac{\partial(WC)}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\varepsilon_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\varepsilon_z \frac{\partial C}{\partial z} \right) + w_f \frac{\partial C}{\partial z} \quad \dots\dots\dots (1)$$

と表される。ここに、 C は濃度、 U および W はそれぞれ x および z 方向の定常流速、 ε_x および ε_z はそれぞれ x および z 方向への拡散係数、 w_f は砂粒子沈降速度である。式(1)を柴山ら¹⁾と同様に複雑な海底地形上においても計算できるように σ 座標変換を行った。なお、水平および鉛直方向における境界条件を容易に取り入れることができ、計算の安定性を確保するため、 σ 変換された拡散方程式を水平方向と鉛直方向の微分項の2つに分割して陰的解く fractional step 法を採用した。底面および水面における境界条件は

$$\varepsilon_z \partial C / \partial z = -P \quad \dots\dots(2), \quad \varepsilon_z \partial C / \partial z + w_f = 0 \quad \dots\dots(3)$$

とし、沖側および岸側ではそれぞれ

$$C = 0 \quad \dots\dots(4), \quad \partial C / \partial x = 0 \quad \dots\dots(5)$$

なお、式(2)中の P は底質の巻き上げ率(pick-up rate)で、シールズの関数すなわち、

$$P = 0.001 w_f (\phi - 0.05)^3 \quad \dots\dots(6)$$

で表した。

最終的に波と流れによる浮遊砂量 q_s は

$$q_s = \int_{-h}^{\eta} C(x, z) U(x, z) dz \quad \dots\dots(7)$$

で算定した。流れによる掃流砂量(底面定常流速による漂砂量) q_c および波による掃流漂砂量 q_w は

$$q_c = A_c Q U_b \quad \dots (8), \quad q_w = A_w Q u_{wb} \quad \dots(9), \quad Q = (u_*^2 - u_{*c}^2) / g \quad \dots (10)$$

Keywords: 漂砂, 海浜過程

連絡先: 〒680-0945 鳥取市湖山町南4-101, Tel. 0857-31-5300, Fax. 0857-28-7899

ここに、 U は定常流速、 U_b は底面定常流速、 u_* は波と流れの共存場の底面摩擦速度である。 u_{*c} は底質の移動限界摩擦速度、 A_c および A_w は無次元定数である。汀線近傍から遡上端までの漂砂量は汀線近傍における全漂砂量を用いて線形的に外挿して算定した。

3. 数値計算結果： まず、実験室レベルの地形変化計算を試みた。初期海底勾配は1/10で、波浪条件は沖波波高7.02cm、周期1.0secである。底質の中央粒径は0.017cmである。なお、予備計算の結果、 q_w に対し q_c や q_s が卓越すると考え、 q_w を省略して計算を試みた。図-1は、初期地形に対する浮遊砂および流れによる掃流漂砂の岸沖分布を示したものである。漂砂量係数 A_c は0.0015とした。この図から、碎波帯内における浮遊砂量と掃流砂量のピークの位置が異なり、汀線付近の地形変化には戻り流れによる掃流漂砂が寄与すると考えられる。図-2は造波開始5時間後の地形変化の計算結果を示したものである。実際の計算は1時間毎に波と流れの計算にフィードバックさせた。この図から、計算結果と実験値のバーが形成されている場所はほぼ同じ位置にあるが、それより沖側の土砂堆積量が実験値に比べて非常に小さい。また、汀線変化量の再現性があまり良くない。つぎに、電力中央研究所の大型造波水路で行われた実験結果⁵⁾に対して数値モデルの検討を行った。前述したように、汀線変化の再現性があまり良くないので、本報では汀線変化の少ないケース（CASE3-4）について検討した。初期海底勾配は1/20で、沖波波高 $H_o=162$ cm、周期 $T=3.1$ s、中央粒径は0.027cmである。図-3は造波開始7時間後の計算結果と実験結果を比較したものである。実験値は文献より読み取ったものである。漂砂量係数 A_c は0.01、 A_w は0.002とした。図-4は初期地形における漂砂量の岸沖分布を示したものである。図-3から計算によるバーの形成位置や高さは実験値と良く一致する。

4. おわりに： 移流拡散方程式を用いることにより、碎波帯内における浮遊砂の移流と拡散現象を取り扱うことが可能である。現地レベルにおける計算結果は実験値を良く再現できたが、汀線が大きく後退する場合には再現性があまり良くない結果が得られた。汀線近傍の漂砂量の評価すなわち波と流れの評価が十分ではなく今後の検討課題である。

参考文献 1) 柴山ら、乱流下の移流拡散方程式を用いた碎波帯内浮遊砂濃度の予測数値モデル、海岸論文集、第42巻、2) 辻本ら、浮遊砂濃度フラックスによる2次元海浜の地形変化に関する研究、海岸論文集、第45巻、3) 渡辺ら、屈折・回折・碎波減衰を含む波浪場の数値解法、第31回海講論文集、4) 黒岩ら、準3次元海浜流れ場の数値シミュレーションに関する研究、海岸論文集、第44巻、5) 丸山ら、岸沖地形変化予測モデルの開発と検証、電中研報告、U86014、1986。

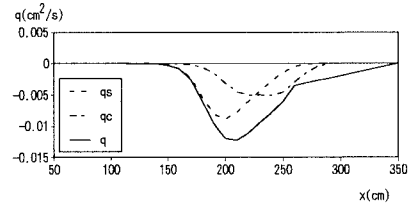


図-1 初期地形に対する漂砂量の岸沖分布（実験室レベル）

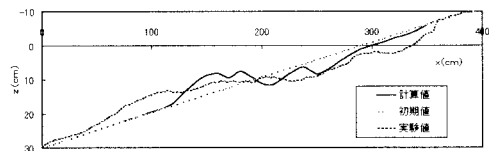


図-2 造波開始5時間後の海底地形の比較（実験室レベル）

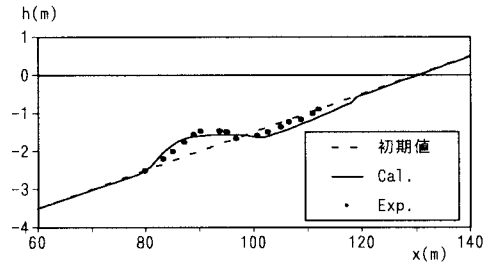


図-3 造波開始7時間後の海底地形の比較（現地レベル）

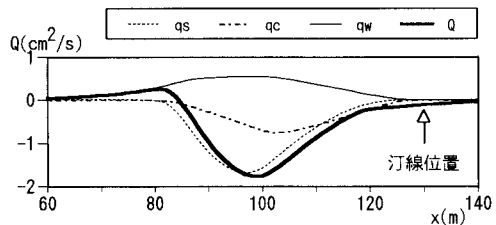


図-4 初期地形に対する漂砂量の岸沖分布（現地レベル）