

浮遊砂が卓越する場合の漂砂モデル

名古屋工業大学 正 員 石田 昭
 名古屋工業大学 学生員○大橋京弥
 名古屋工業大学 学生員 伊藤孝司

1. 緒言

浅海域における地形変化の予測を行うためには、精度の高い漂砂モデルが必要である。しかし、現在までのところ実用に耐える十分なしかも一般化されたモデル式は実験室という単純な条件下ですら得られていない。従来の研究は実験的にも解析的にも主として定形進行波としての岸沖漂砂現象を取り扱ったものである。現地海浜でみられる波は定形波ではなく進行に伴って常に波形を変化させる非定形波であり、特に波による漂砂の場合には速度の非対称性や質量輸送速度といったそれ自体二次オーダーであるような微小量が大きな役割をはたすといわれている。したがって、現地海浜の変形予測を行うためには波浪の非定形性をとりいれた漂砂モデルを考えなければならない。Bijker¹⁾によれば漂砂機構には底面流速の非対称性が大きな影響を与える第一機構と質量輸送速度のような恒流成分が大きな影響を与える第二機構があるとされている。第一機構では掃流砂と浮遊砂がともに生じ比較的粗砂の場合に起こり、第二機構では浮遊砂が卓越し比較的細砂の場合におきる。石田ら²⁾は、第一機構が卓越する場合の岸沖漂砂モデル式を提案しているが、本研究は石田らのモデル式を拡張して第二機構をも考慮した漂砂モデル式を提案しその妥当性を Van de Graaff³⁾の実験結果を用いて検討を行うものである。

2. 漂砂モデル

石田らは、波形の変形に伴う底面流速波形が漂砂量に大きな影響を与えることを見出し、沖浜領域において砂鏈が発達している場所での漂砂量を掃流砂量 q_b と浮遊砂量 q_s に分けて、任意の底面流速の下で数値積分によってもとめようとする岸沖漂砂モデル式を提案している。

$$q_b = K_b \frac{\rho}{T} \sum_{i=1}^n \int_{T_{ai}}^{T_{bi}} u^3(t) dt \quad \text{-----} \quad (1)$$

$$q_s = K_s \frac{\rho}{T} \sum_{i=1}^n \frac{u^2(T_{bi}) - u^2(T_{ci})}{2} \int_{T_{ci}}^{T_{ci}+T_f} \left(\frac{T_{ci}+T_f-t}{T_f} \right) u dt \quad \text{-----} \quad (2)$$

底面流速の絶対値 $|u|$ が限界移動流速 U_c に等しくなる時刻 T_{ai} ((1)式の積分下限値)に掃流砂の移動が始まり、時刻 T_{bi} ((1)式の積分上限値)に掃流砂が停止して、渦が発生する。次に時刻 $T_{bi} \sim T_{ci}$ までの間に形成される渦の中に砂がとりこまれ、時刻 T_{ci} に渦が壊れてその後の流速によって浮遊状態での運搬が開始される。浮遊濃度は沈降時間 T_f まで直線的に減少する。ここで ρ は密度、 T は周期、 K_b 、 K_s は実験により決定する定数である。これは第一機構の漂砂に適用されるものである。

第二機構の漂砂モデル 相対的に砂の粒径が小さい場合には、砂鏈の前後に発生する渦から巻き上げられた浮遊砂は、一周期後にも浮いている。したがって浮遊砂が卓越する第二機構の場合には(2)式のような浮遊砂量 q_s ではなくて、沈降が完了しないで浮いたままの状態となる浮遊砂量 q_d を考える必要がある。 q_d が多くなった状態がシートフロー状態と考えられる。 q_d は質量輸送速度のような恒流成分によって移動する。そこで q_d は(2)式の前項(渦に取り込まれる量)による量の蓄積効果として発生する高濃度の浮遊砂が恒流成分によって移動するものとして(3)式のように考える。

$$q_d = K_d \frac{\rho}{T} \sum_{i=1}^n \frac{u^2(T_{bi}) - u^2(T_{ci})}{2} U_{mass} T \quad \text{-----} \quad (3)$$

ここで K_d は実験的に決めなければならない定数であるが、浮遊砂の蓄積効果 ϵ を含んだ定数と考えられるから、 $K_d = \epsilon K_s$ のように表すことができる。

3. 蓄積効果の検討

蓄積効果 ϵ を検討するために Van de Graaff らの細砂の実験データを使用した。すなわち、石田らが $d_{50} = 0.029\text{cm}$ の実験において得た係数 $K_b = 1.010 \times 10^{-4}$ 、 $K_s = 0.762 \times 10^{-2}$ を用いてまず q_d 、 q_s を計算し、Van de Graaff らの細砂の実験による漂砂量 q ($d_{50}(\text{cm})0.0087, 0.0125$) との差額が q_d となるように決定した。その場合、計算に用いる底面流速 u は、二次波峰を伴う波の速度ポテンシャルから求め、質量輸送速度 U_{mass} については、二次波峰現象下の質量輸送速度を使用した。図-1 は、横軸に底面最大流速 U_b と沈降速度 W の比をとり、縦軸に蓄積効果 ϵ を示している。 U_b/W が10を越えると、蓄積効果 ϵ はしだいに大きくなり第二機構が漂砂現象に影響を及ぼしてくることがわかる。Van de Graaff の実験精度の問題もあるがここでは一応図中の実験のようなものを蓄積効果 ϵ としておく。漂砂量の計算としては

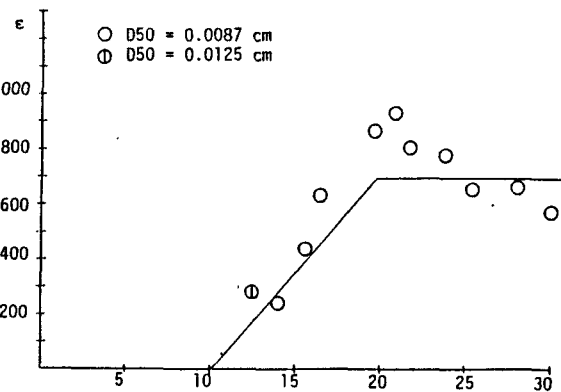


図-1 ϵ と U_b/W との関係

$q = q_b + q_s + q_d$ (4)

ということになるが、 $U_b/W > 20$ の場合にはほとんど第二機構の浮遊砂であり、 $q \approx q_d$ となる。もちろん、 $U_b/W < 10$ では $q = q_b + q_s$ である。

4. 計算結果と考察

以上のように決めた ϵ を使い (4) 式で計算される q を示したのが図-2、3である。Van de Graaff らの実験値と良く一致するのがわかる。 q の変動からみてわかるようにいずれも $L_{ov}/4$ 付近に Sand Wave の山ができる場合であるが、Van de Graaff らが非常に不思議であると述べた現象をこのモデルはうまく説明している。

参考文献：

- 1) Bijker, H. J., Vellinga : Proc. 15th Conf. on Coastal Engg, 1976
- 2) 石田, 林, 高橋 : 第28回海岸工学講演会講演集, 1981
- 3) Van de Graaff : Proc. 17th Conf. on Coastal Engg, 1980

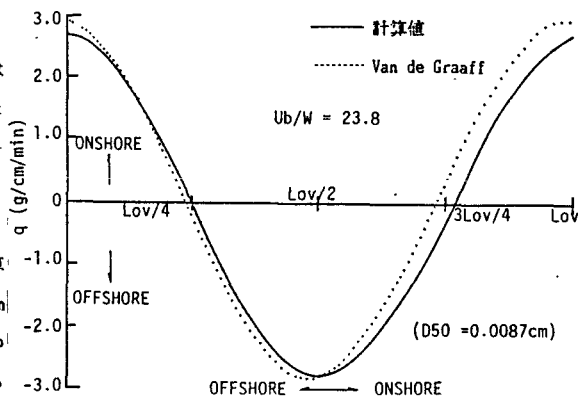


図-2 漂砂量の実験値と計算値との比較

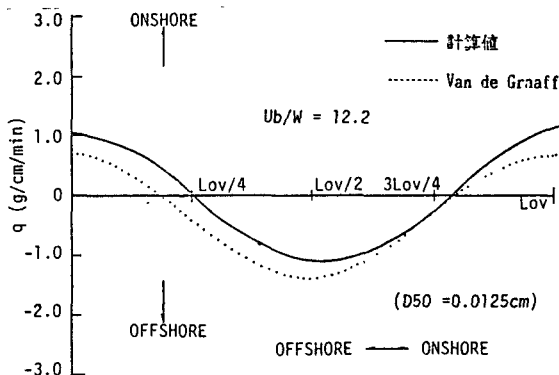


図-3 漂砂量の実験値と計算値との比較