

名古屋工業大学 正員 石田 昭

名古屋工業大学 学生員 浅田耕司

名古屋工業大学 学生員 坂 晃吉

1. 緒言

沖浜領域における縦漂砂に関して多くの研究が進められてきているが、そのほとんどが定形進行波を対象としたものである。石田¹⁾は、波形の変形に伴う底面流速波形の前後非対称性が漂砂量に大きな影響を与えることを見出し、縦漂砂量算定式を提案している。一方Bijker²⁾は、波による漂砂現象を底面流速波形の非対称性に支配される第1機構と底面流速の恒流成分に支配される第2機構に分けて考えている。第1機構は粗砂の場合、第2機構は細砂の場合にそれぞれ卓越する漂砂機構である。石田¹⁾が提案した算定方法は第1機構が卓越する場合のもので、第2機構が働く場合にはさらに後述する(3)式の q_d が加算されることになる。本研究では、第2機構をも考慮した縦漂砂量算定式を提案し、その妥当性をVan de Graaff³⁾の実験結果を用いて検討する。

2. 縦漂砂量算定方法

1) 第1機構による漂砂量算定式： サンドリップルが発達している場所での掃流砂 q_b および浮遊砂 q_s を任意の底面流速波形 $U(t)$ の下で数値積分によって求めるものであり、それぞれ次式で表わされる。ここでの浮遊砂 q_s は底面から砂床の高さ程度の領域にできる渦層内のものと考えている。

$$q_b = K_b \frac{\rho}{T} \sum_{i=1}^n \int_{T_{ai}}^{T_{bi}} U^3(t) dt \quad \text{——— (1)} \quad q_s = K_s \frac{\rho}{T} \sum_{i=1}^n \left[\frac{U^3(T_{bi}) - U^3(T_{ci})}{2} \right]_{T_{ci}}^{T_{ci}+T_f} \left(\frac{T_{ci}+T_f-t}{T_f} \right) U(t) dt \quad \text{——— (2)}$$

ここで、 T_{ai} は底面流速の絶対値 $|U|$ が限界移動流速 U_c を越える時の時刻、 T_{bi} は掃流砂が停止し渦が発生する時刻、 T_{ci} は渦が壊れる時刻、 T_f は浮遊状態の底質粒子が渦層内で沈降するのに要する時間である。また、 ρ は底質の密度、 T は周期、 K_b 、 K_s は実験的に決定しなければならない係数である。

2) 第2機構による漂砂量算定式： 細砂の場合には浮遊状態で舞い上げられた底質の一部が拡散層にまで達する。そして質量輸送速度 U_{mass} により運ばれると考えられる。拡散層内で運搬される浮遊砂量 q_d を次式により算定する。 U_{mass} は進行方向に変化することが実験的にも確かめられている。

$$q_d = K_d \rho U_{max} (U_{max} - U_c) U_{mass} \quad \text{——— (3)}$$

ここで、 U_{max} は底面流速の最大値、 K_d は係数で、(1)式、(2)式の K_b 、 K_s と同様実験的に決めなければならない。

3. 計算結果と考察

計算に用いる底面流速 U は、波高 H 、周期 T および水深 h の値から文献1)の方法によって決めた。

$$U = U_{01} \cos(k_1 x - \sigma_1 t) + U_{02} \cos 2(k_1 x - \sigma_1 t) + U_{11} \cos\{(k_1 - k_2)x + \sigma_1 t - \pi\} \\ + U_{12} \cos(k_2 x - 2\sigma_1 t + \pi) + U_{13} \cos\{(k_1 + k_2)x - 3\sigma_1 t + \pi\} + U_{mass} \quad \text{——— (4)}$$

(3)式、(4)式における質量輸送速度 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。

(3)式の K_d の値を求めるのに、 K_b , K_s として石田らが中央粒径 $d_{50}=0.029\text{cm}$ の実験において得た値(それぞれ、 2.653×10^4 , 2.012×10^3)を用い、実験値 θ と $(\theta_b + \theta_s)$ の差額が θ となるように決定した。図-1は、Van de Graaffの実験値($d_{50}[\text{cm}]$: 0.0087, 0.0125, 0.025)および石田らの実験値($d_{50}[\text{cm}]$: 0.029)を用いて決めた係数 K_d をパラメーター $w_b d_{50}/\nu$ に関して示したもので、 w_b は沈降速度、 ν は動粘性係数である。図より、 $w_b d_{50}/\nu$ の減少に伴い、つまり細砂になる程 K_d が大きくなって第2機構が漂砂現象に影響を及ぼすことがわかる。さらに $w_b d_{50}/\nu$ が粒径として約0.027cmまでは第1, 第2機構が混在しているが、それ以上の粗砂では第1機構による漂砂現象になることがわかる。図-2~4はVan de Graaffの実験値と、各粒径に対する K_d を用いて再計算した正味の漂砂量とを二次波峰の発生間隔 Lov の範囲で示したものである。多少の差異はあるが、かなり正確に漂砂量を再現していることがわかる。図-5は、Van de Graaffが二次波峰の追い越し点と漂砂量の最大値が出現する場所との差を Lov に対する位相として示したもので、砂の粒径を横軸にとって示した図である。これに計算により求めた位相のずれをプロットした。両者には、多少の差異はあるが、 $d_{50}=0.0087\text{cm}$ 以外は傾向が一致していることがわかる。以上のことから考えて、算定式(1), (2), (3)を用いることにより、第2機構も働くような細砂の場合の漂砂機構に関してかなり正確に漂砂量を算定することができると思われる。

〈参考文献〉

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

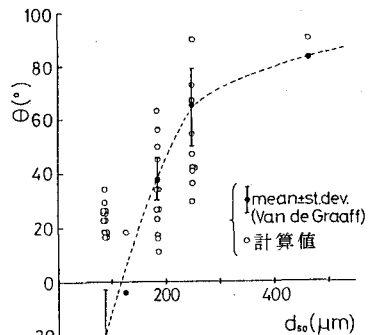


図-5 位相 θ に対する d_{50} の影響

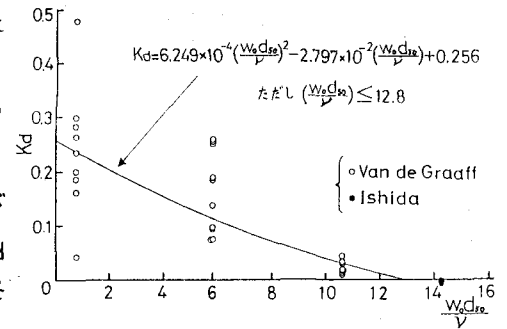


図-1 係数 K_d と $w_b d_{50}/\nu$ との関係

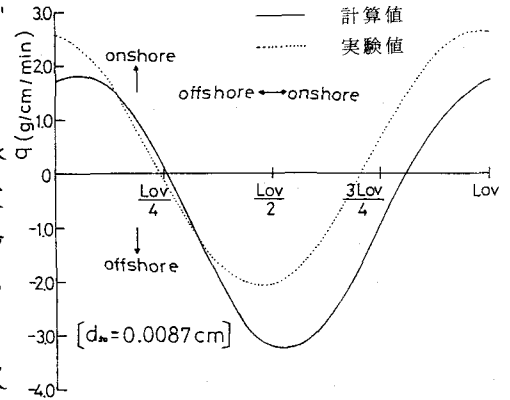


図-2 漂砂量の実験値と計算値の比較

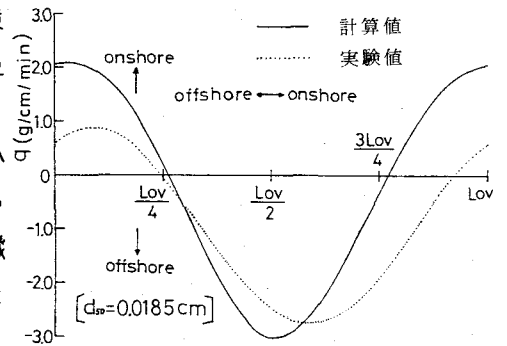


図-3 漂砂量の実験値と計算値の比較

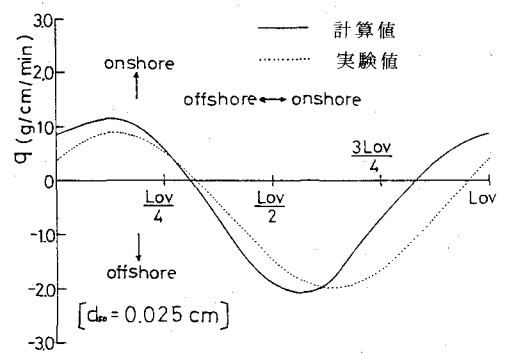


図-4 漂砂量の実験値と計算値の比較