

○鳥取大学工学部 土木工学科 松原雄平
鳥取大学工学部 海洋土木工学科 野田英明

1. はじめに 波による岸・沖向き漂砂については、まわりの多角的観点から研究が進められ、すでに多くの知見が集積されてきた。しかし、水平床における岸・沖向き漂砂量が場所的に変化するという問題については、明確な解答が得られていない。従来、Bijker¹⁾、Hulsbergen²⁾、石田³⁾および著者ら⁴⁾は、表面波形の場所的变化によって底質の移動モリズムに变化することを実験的に示しているが、さらに、その理論的解明はなされてない。本研究は、すでに著者らが提案している漂砂量式を、非定形波の条件下における底質の輸送問題に適用し、その理論的解明を試みるとともに、実験結果と比較したものである。

2. 漂砂量の算定方法 Madsen⁵⁾ は、Fontanetの導いた造波理論⁶⁾、まわりの数学的であり、一般に適用が困難であることから、つぎの式に示されるような速度ポテンシカル中を近似的に与えている。

$$\phi = \phi^{(1)} + \phi^{(2)} + \phi_e^{(2)} \quad \dots (1)$$

ここに、 $\phi^{(1)}$ および $\phi^{(2)}$ は、それぞれ、Stokesの第2近似解で与えられる基本肩波数成分ならびに倍周波数成分の速度ポテンシカルであり、 $\phi_e^{(2)}$ は、 $\phi_e^{(2)} = C_0^{(2)} \cosh k_0(y+h) \cos(k_0x - 2\omega t + \psi)$ で与えられる。また、 $C_0^{(2)}$ 、 ψ は、連波板における境界条件を満足するようにとられ、さらに、 $4\omega^2 = g k_0 \tanh k_0 R$ である。

式(1)より底面近傍における水粒子速度 u は、浅海波理論により得られる最大水粒子速度 u_{01} で無次元化すると、

$$u/u_{01} = U = \cos(kx - \omega t) + \{v^2 + v_*^2 - 2 \cdot v \cdot v_* \cos(k_0 - 2k)x\}^{1/2} \cos(2\omega t - \varphi) \quad \dots (2)$$

ここに、 $v = u_{02}/u_{01}$ 、 $v_* = u_*'/u_{01}$ 、であり、 $u_{01} = c \cdot (\frac{\pi H}{L}) \frac{1}{\sinh kh}$ 、 $u_{02} = c \cdot (\frac{\pi H}{L})^2 (\frac{1}{\sinh kh})^2$ 、 u_*' は、Fontanetの2nd harmonic free waveによる最大流速である。式(2)から、底部流速 U は、 $2\pi/(k_0 - 2k)$ を一波長として空間的に再帰することになり、これが2次波峰発生間隔となる。式(2)で、流速の時間的・空間的分布が明らかになれば、無次元掃流式式⁽⁸⁰⁾(q_b) = $K \cdot (U^2 - v_*^2) \cdot U$... (3) から、掃流砂量の時間的変化が明らかとなる。

図-1は、式(2)および式(3)から求められる流速 u ならびに掃流砂量の時間的変化を示したものである。これより、水粒子速度 U が、 $|U| \geq |v_*|$ となる位相について積分すれば、波の1周期における正味の掃流砂量が算定される。一方、浮遊砂量は、従来の研究成果を参照し、沖向き浮遊砂量を次式のように与える。

$$\left(\frac{q_0}{\omega_0 d} \times \frac{u_{01}}{\sqrt{g d}}\right)^3 = \beta \left[\int \{v^2 + (2 - v_*^2) \cdot v \cdot \cos(2\omega t + \varphi) + 2v \cdot v_* \sin(k_0 - 2k)x\} \dots (4)$$

式(4)の右辺第1項は、1周期平均の沖向き浮遊砂量と表わし、一方第2項は、流速の時間波形が場所的に異なることにより、空間的に変化ある浮遊砂量を表わしている。図-2は、 $T=1.8\text{sec}$ 、 $H=8.30\text{m}$ 、 $R=30\text{cm}$ の条件における掃流砂量ならびに浮遊砂量を、2次波峰の発生間隔 X にわたって示したものである。これより、掃流砂量は、区間中央の2次波峰発生点で最大値を示していること、また区間全域にわたって、掃流砂量は、常に正の値となり、岸向きに移動していることがわかる。一方、浮遊砂量は、 $X/4$ 地点で沖向きに最小となり、 $3X/4$ 地点で、沖向きに最大となることから、掃流砂量、

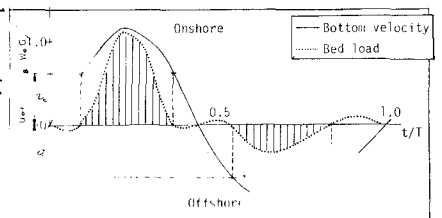


図-1 水粒子速度ならびに掃流砂量の時間的変化

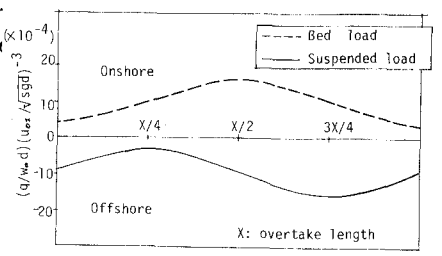


図-2 掃流砂量・浮遊砂量の場所的変化

漂砂量の和として、各点での全漂砂量が与えられる。

3. 実験値との比較検討 図-3は、式(2)で与えられる水粒子速度の基本成分と倍周波数成分の場所的变化と二次波峰発生間隔について示し、Bijkerの測定結果と比較したものである。図中、丸印が実験値である。これより、区間中央では、基本周波数成分の計算値が実験値よりも約20%程度小さくなっていること、2倍周波数成分については、実験値：計算値ともよく一致し、区間中央で最大値を示していることがわかる。図-4は、式(3)、(4)から計算される漂砂量の場所的变化を、同じくBijkerの測定結果と比較したものである。これより、岸向き最大漂砂量については、実験値、計算値とも、ほぼ一致していることがわかるが、その発生地点は、わずかに異なる。また、沖向き最大漂砂量は、実験値が計算値よりもかなり大きく、その発生地点も異なることがわかる。

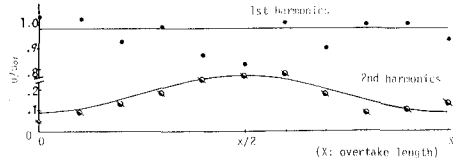


図-3 水粒子速度の基本成分および倍周波数成分と実験値との比較

図-5および図-6は、それぞれ、 $T=1.8\text{sec}$ 、 $H=8.1\text{cm}$ 、 $h=30\text{cm}$ の条件で、著者が行った水粒子速度の調和解析結果および漂砂量の測定結果を、計算結果と比較したものである。図-5に示される流速の基本周波数成分および倍周波数成分は、図-3のBijkerの結果とほぼ同様の傾向を示しているが、区間中央付近では、基本周波数成分および倍周波数成分ともに、実験値と計算値との差が大きい。この原因として、これらの成分波に、他の成分波が重なることを考えられるが、なお検討が必要であろう。一方、図-6の無次元漂砂量の場所的变化は、計算値、実験値とも、よく一致していることがわかる。とくに、岸向き、沖向きの最大漂砂量の発生する地点は、わずかに異なるものの、それらの漂砂量の値は、いづれもよく一致している。また、二次波峰の追いつき点から発生点、そして再び追いつき点まで主峰が進行するにつれて、底質の移動方向が岸向きから沖向きへと変化する傾向は、計算結果にも明瞭に認められ、実験値の傾向とよく一致していることがわかる。

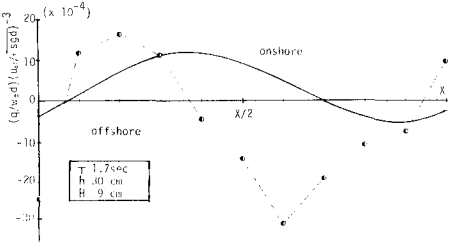


図-4 岸・沖向き漂砂量の実験値と計算値との比較

おわりに 本研究では、従来、実験的に明らかにされていた二次波峰現象と底質の移動機構との関係について検討し、すでに著者が提案している漂砂量式を、非定形波による底質の移動量、移動方向の算定にも適用し水平床における岸・沖向き漂砂量の場所的分布形と明らかにする試みを行った。その結果、式(1)の適用範囲内であれば、底質の移動量、移動方向を、ほぼ正しく算定することが明らかとなった。

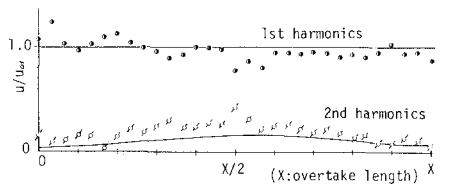


図-5 水粒子速度の基本成分、倍周波数成分と実験値との比較

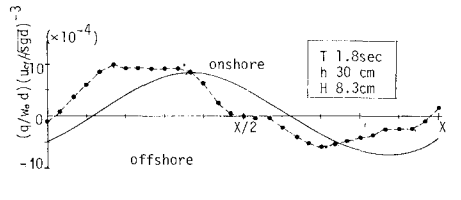


図-6 岸・沖向き漂砂量の実験値と計算値との比較

参考文献

- 1) Bijker, F.W., F.V. Hijium and P. Vellinga; Sand transport by waves, Proc. 15th Conf. Coastal Eng. pp.1147-1167.
- 2) Hulsbergen, C.H.; Origin, Effect and Suppression of Secondary Waves. Proc. 14th Conf. Coastal Eng. pp.392-412.
- 3) 石田昭・高橋宏重ほか：波による底質移動と砂床波と表面波との相互干渉について。第35回年次学術講演会
- 4) 野田英明・松原雄平：岸・沖向き漂砂に関する実験的研究 第26回海洋工学講演会論文集 pp.162~167
- 5) Madsen, O.S: Waves Generated By a Piston Type Wave Maker, Proc 12th Conf. of Coastal Eng. pp.599~606