

波形の非対称度と漂砂量の関係

名古屋工業大学 正員 石田 昭
 名古屋工業大学 正員 喜岡 渉
 名古屋工業大学 正員 ○浅田耕司

1. はじめに 浅海領域に進入した波は、進行に伴って変形を生ずる非定形波であることが知られており、空間的に前傾性、後傾性を示す非対称な波形となる。このような波形の非対称性は、漂砂現象に強い影響を及ぼし、沿岸で見られる多段砂州が発生する原因と考えられる。本研究は、非対称性を持つ波の場での漂砂量を簡単に表示する方法を見い出そうとするもので、波形の非対称度として水位波形の鉛直軸回りの一次モーメントを用い、波形の一次モーメントと漂砂量との関係を調べる。さらに、得られた関係式を斜面上で変形する波に適用して、海浜変形の検討を行う。

2. 波形の一次モーメントと漂砂量の関係 図-1に示す様に、波形 $\eta(t)$ の最大値が表われる時刻を座標の原点とし、 $t=0$ から前後 $\pm 1/2$ 周期について水位波形の鉛直軸回りの一次モーメントを無次元量として次式で定義する。

$$M_{v1}^* = \frac{M_{v1}}{\eta_{\max} T^2} = \left(\frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} \frac{(\eta(t) - \eta_{\min})}{\eta_{\max}} t dt \right) \quad (1)$$

ここに、 $\eta_{\max}$ は最大波頂高、 $\eta_{\min}$ は波形の最小値、 T は周期である。石田¹⁾は、中央粒径 $d_{50}=0.029\text{ cm}$ の場合の漂砂量を補砂器を用いて測定している。図-2は、石田¹⁾の実験における漂砂量(最終地形を考慮して補正した量 Q_b を用いている)の無次元量

$$Q_b^* = \frac{Q_b}{\rho_s g \eta_{\max} d_{50} / T} \quad (2)$$

および、式(1)により得られる波形の一次モーメントの値を反射の影響を消すために一波長にわたって移動平均して得た結果を二次波峰発生間隔 Lo_v にわたり示した一例である。ここで、 $\rho_s g (=2.64)$ は底質の比重である。両者の間にはかなり強い相関関係がみられる。この関係を調べるために、二次波峰発生間隔を8等分した地点における漂砂量と波形の一次モーメントの関係を示したものが図-3である。図中の直線は、最小二乗法による回帰式であり、

$$Q_b^* = 7.655 M_{v1}^* - 0.016 \quad (3)$$

である。式(3)の回帰係数 r は0.798で、かなり強い相関があることがわかり、波形の前傾性・後傾性と漂砂量とは対応しており、底面形状への強い影響が考えられる。

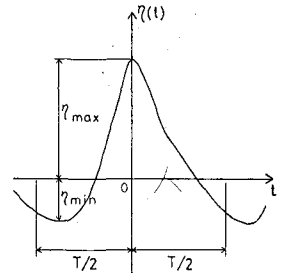


図-1 モーメント軸のとり方

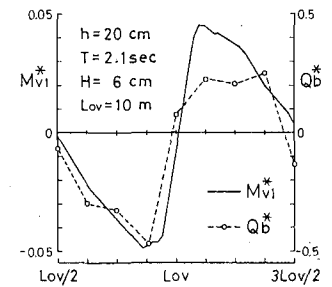


図-2 M_{v1}^* と Q_b^* の場所的分布

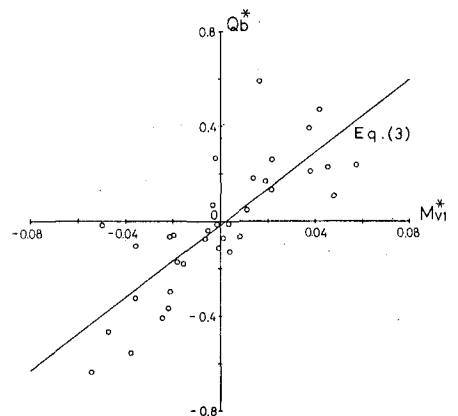


図-3 M_{v1}^* と Q_b^* の相関関係

3. 斜面上での波浪変形の計算 Zabusky, Kruskal²⁾による一様水深での数値解析の手法を斜面上での変形波加得られるように改良し、水位波形を求める。長波の波速 C_0 で移動する移動座標を用い、 $\bar{\eta} = \eta/\eta_0$, $\bar{t} = 3t\eta_0/(hT)$, $\bar{x} = 2(x - C_0 t)/L$ で無次元化を行なえば、KdV 方程式は、

$$\partial \bar{\eta} / \partial \bar{t} + \bar{\eta} \partial \bar{\eta} / \partial \bar{x} + \delta_0^2 \partial^3 \bar{\eta} / \partial \bar{x}^3 = 0 \quad (4)$$

となる。ここに、 $\delta_0^2 = 4h^3/(9\eta_0 L^2)$, η_0 は波頂高、 h は水深、 L は波長である。Zabusky らと同様の方法で差分化し、さらに近似的な方法として、微小区間では水深は一樣であると、微小区間ごとに水深を変化させる方法をとった。砕波位置の決定には、合田³⁾による次式を用いた。

$$H_b/L = A \left\{ 1 - \exp[-1.5\pi h(1 + 15 \tan^3 \theta)/L] \right\} \quad (5)$$

ここに、 $A = 0.17$, $\tan \theta$ は海底勾配、 L は沖波波長である。砕波後の計算を進めるにあたり、ここでは波か $L_b/4$ (L_b は砕波時の波長) 進行した後に正弦波の再成があると仮定した。その波高としては堀川・郭⁴⁾の砕波後の波高変化に関する実験曲線を用いて算定した。水位波形の一次モーメントから式(3)によって漂砂量を求めた。

4. 計算結果と検討 計算で得られる漂砂量と水深には漂砂の連続式 $\partial h / \partial t = 1/(1-\lambda) \partial Q / \partial x$ の関係があり、これを差分化した式

$$h(t + \Delta t) = h(t) + 1/(1-\lambda) (Q(x + \Delta x) - Q(x)) \Delta t / \Delta x \quad (6)$$

により Δt 後の水深を求める。 Δt は 10 時間、 λ は砂の空隙率であり 0.474 を用いた。以上の方法を用いて計算を行った海底勾配 1/100 の海底地形の結果を図-4 に示す。砕波後については信頼性が少ないため、砕波点までの結果を示す。図から、多段砂州が発達していく様子が再現されているものと思われる。ただし、現地で観測される沿岸砂州とは若干形状が異なっており、式(3)の表示を改良して行く必要があると思われる。次に、鹿島⁵⁾が行った大型造波水路における地形変化との比較を行う。

図-5 は、勾配 5/100 の一例を示したものである。やはりこの場合も計算結果は実験による形状と少し違う傾向になっているが、二次元水槽実験では反射波や床り流れの影響があるためにこうした影響も作用しているものと思われる。もちろん斜面上での波形の近似計算を 5/100 という比較的急な斜面上に適用することにも問題点があると思われる。砕波後の波形については、ここで用いた計算方法には問題があり、今後検討して行く必要がある。

〈参考文献〉

- 1) 石田, 林, 高橋; 第 28 回海講, 1981
- 2) Zabusky, Kruskal; Phy. Rev. Lett. Vol. 15, No. 6, 1965
- 3) 合田; 港湾技術研究所報告, 第 14 巻, 第 3 号, 1975
- 4) Holikawa, Kuo; Coastal Engg. in Japan, Vol. 9, 1966
- 5) 鹿島, 清水, 丸山, 斉藤; 第 29 回海講, 1982

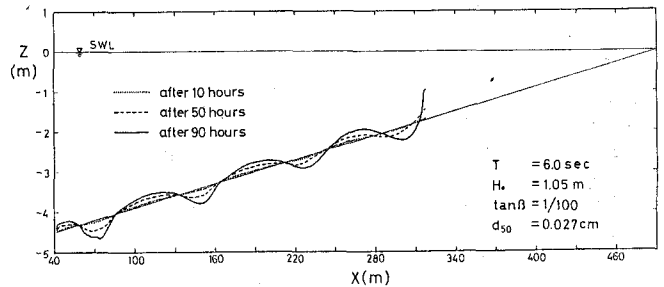


図-4 各時間における底面変化の様子

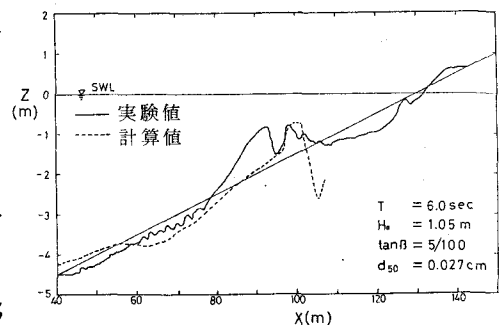


図-5 計算値と実験値の比較