

II-230

浅海長波の碎波特性に及ぼす風の影響

琉球大学大学院 学生員 下地 玄一郎

琉球大学工学部 正会員 筒井 茂明

1. 結 言 海岸構造物に対する最も顕著な外力は波浪であり、波浪が岸に近づくにつれて様々な変形作用を受け、その水理特性がいろいろに変化する。特に浅海域での波浪に対する風の影響についても、設計波を考える上で重要な要因であると考えられる。著者の一人¹⁾は、ソリトンに風の応力が作用したときの浅海伝播変形について論じ、浅海域で強風が連風する場合には、碎波点が無風時のときより沖側に移動するとともに、碎波波高も変化することを示した。本報告においては、クノイド波を対象とし、同様の浅海長波の方程式を用いて、差分法による数値シミュレーションを行い、風の応力と碎波波高の変化および碎波点の移動などとの関係を示す。

2. 風の影響を考慮した浅海長波の方程式 任意水深における非圧縮性の波動を考え、静水面上に原点をおく座標系 (x, z) を採り、時間を t とする。用いた浅海長波の方程式は、水深変化、海底摩擦および風の応力を考慮した次式¹⁾である。

$$\eta_x + \frac{3}{2} h^{-3/2} \eta \eta_x + \frac{1}{6} h^{1/2} \eta_{xxx} + \frac{1}{4} h^{-1} h_x \eta = \frac{2}{R} h^{-3/2} \eta_{xx} - \frac{1}{2} h^{-1/2} p_{ax} + \frac{1}{2} h^{-1} (\tau_a - \tau_b) \dots \dots \dots (1)$$

$$u = h^{-1/2} \eta, w = -(1+z/h) \eta_x, p = -z + \eta, \xi = \int h^{-1/2} dx - t \dots \dots (2)$$

ここに、 (u, w) :水粒子速度の (x, z) 成分、 η :水面変位、 h :水深、 p :圧力、 τ :接線応力、 R :レイノルズ数 $(=h_0 \sqrt{g h_0} / \nu)$ 、 ν :水の動粘性係数であり、全物理量は座標原点での水深 h_0 、重力加速度 g 、水の密度 ρ による無次元量 $(x = x^* / h_0, t = t^* \sqrt{h_0 / g}, u = u^* / \sqrt{g h_0}, \dots)$ である。ただし、添字 $*$ は次元量、 ξ および x は偏微分を表し、 a および b はそれぞれ海面および海底での諸量を示している。空気流をポテンシャル流で近似すると、圧力は水面勾配に、接線応力は水面変位にそれぞれ比例するので、式(1)の右辺の外力項は次式¹⁾で仮定することができる。

$$\left. \begin{aligned} p_a &= \sigma_p \eta_x, \quad \tau_a - \tau_b = \sigma_\tau (1 + \delta_1 \eta) - s u |u| \\ \sigma_p &= C_s (\rho_a / \rho) (W_a - c)^2, \quad \sigma_\tau = (1 + m_b) C_d (\rho_a / \rho) W_a^2 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (3)$$

ここに、 ρ_a :空気の密度、 C_s :遮蔽係数、 C_d :海面摩擦係数、 s :海底摩擦係数、 W_a :風速、 c :波速、 m_b :海底摩擦力が海面摩擦力に及ぼす影響の程度を表す係数、 δ_1 :海面摩擦力の分布係数である。クノイド波に対しては $\delta_1 = 4K/L$ (K :第1種完全楕円積分、 L :波長)で与えられる。

3. 数値計算結果 ここでは一定勾配 m の海底地形での碎波水深および波高水深比の変化について述べる。用いた特性値は次の通りである。初期波の無次元波高 $H_1 = 0.3$ 、周期 $T = 15$ であり、海底摩擦係数はマニングの粗度係数 n を用いて $s = g n^2 (h^*)^{-1/3}$ で評価する。また、 $R = 5 \times 10^7$ 、 $n = 0.01$ 、 $C_d = 2.6 \times 10^{-3}$ 、 $m_b = 0.5$ と仮定する。さらに、係数 δ_1 は定形進行波の理論による K 、 L を用いて近似する。

まず、式(4)で仮定された風の応力分布を碎波直前の波について示すと図-1のように変化する。ただし、接線応力は波頂での値との比で表示されている。波形には風上側に plateau²⁾ が発生している。圧力は風上側で正圧、風下側で負圧となる。したがって、式(1)の右辺第2項から判るように圧力成分は波頂付近ではサクションとして作用する。

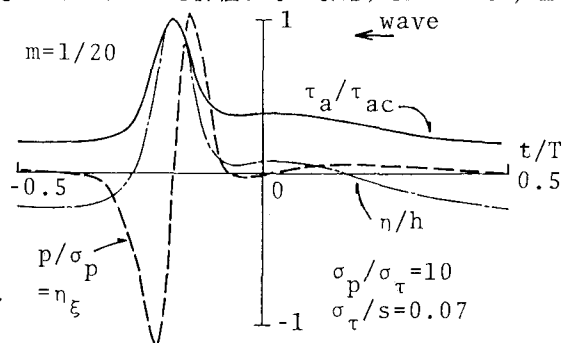


図-1 風の応力の位相分布

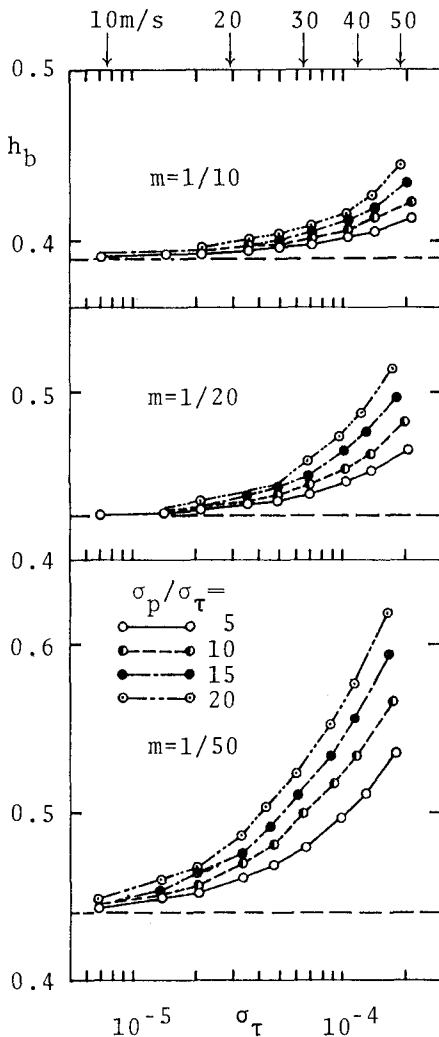


図-2 碎波水深に及ぼす風の影響

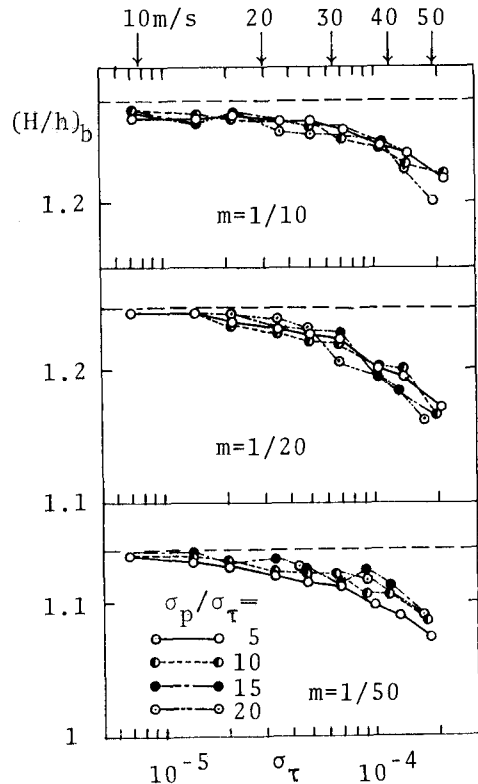


図-3 碎波時の波高水深比に及ぼす風の影響

また、接線応力は波の全位相において正值である。

図-2は碎波水深の変化に及ぼす風の効果と海底勾配との関係を示すもので、風の応力比 $\sigma_p/\sigma_\tau = 5-20$ の範囲であり、風速 W_0^* (m/s) が併記されている。緩勾配海岸でかつ風の応力比が大きい、すなわち圧力効果が大きい場合に碎波水深が沖側に移動することが判る。この理由は、緩勾配海岸においてはいわゆるShoaling効果よりも風の影響が大きく、波高増幅されるためである。図-3は碎波時の波高水深比を示すものである。碎波水深の沖側への移動に伴って波高水深比もまた減少しているが、海底勾配および風の影響は碎波水深の変化ほど顕著ではなく、碎波波高および水深が同程度の変化を示している。

4. 結 言 ここでは、クノイド波を対象としてその碎波水深および波高の変化に及ぼす風の影響について、数値シミュレーション結果に基づき評価を行った。海底摩擦係数などにはより詳細な検討が必要であるが、特に緩勾配海岸においては風の影響が顕著に現れ、碎波水深が無風時の場合より沖側に移動するので、計画波の決定に際してはこの影響について留意すべきである。

参考文献 1) 筒井茂明：ソリトン変形に及ぼす風の影響，33回海岸工学講演会論文集，PP.61-65，1986. 2) Karpman, V.I. and E.M. Maslov: Structure of tails produced under the action of perturbations on solitons, Sov. Phys. JETP 48(2), pp.252-259, 1978.