

金沢大学工学部 正会員 石田 啓
金沢大学大学院 学生員 O山口 登

1. まえがき 前報¹⁾では、階内座標を用いることにより、斜面上の波をストークス波理論と同様の形の境界値問題として把握し、その最も簡単な近似解である微小振幅波のオーダーの解を提示した。しかし、砕波点近くの斜面上の波の特性をより厳密に表わすためには、非線形項を無視する事は必ずしも妥当ではなく、したがって、ここでは非線形項を考慮した有限振幅波の第2次近似解を試案として提示する。

2. 理 論 沖波の波数 k_0 を乗じて無次元化した図1に示す (X', Y') 座標と階内座標 (ξ, η) との対応は、 $X' = \cosh \xi \cos \eta$, $Y' = \sinh \xi \sin \eta$ で与えられる。階内座標系に変換したラプラスの式および境界条件式に、 k_0/σ を乗じて無次元化した速度ポテンシャル $\phi' = \varepsilon \phi'_1 + \varepsilon^2 \phi'_2$ ----(1)および k_0 を乗じて無次元化した水面形 $\zeta' = \varepsilon \zeta'_1 + \varepsilon^2 \zeta'_2$ ----(2)を代入し、 ε のべきごとに条件式を解くこと、第1次近似解は、前報¹⁾で提示した微小振幅波の解になり、第2次近似解は、

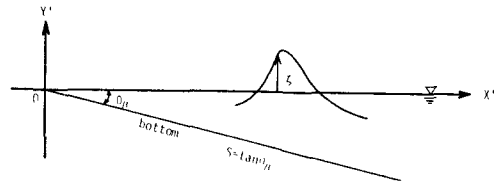


図1 斜面上の波の座標のとり方

$\phi' = -a_0' \{ \cosh m(\eta + \theta_B) / \cosh m\theta_B \} \sin(m\xi + \pi')$
 $-(a_0'/2)^2 \{ \cosh 2m(\eta + \theta_B) / \cosh 2m\theta_B \} \sin 2(m\xi + \pi') \text{-----(3)}$
 $\zeta' = a_0' \{ \cosh m(\eta + \theta_B) / \cosh m\theta_B \} \cos(m\xi + \pi')$
 $+(a_0'/2)^2 \{ 2 \cosh 2m(\eta + \theta_B) / \cosh 2m\theta_B - (m/\cosh m\theta_B)^2/R \} \sin 2(m\xi + \pi') \text{-----(4)}$

となる。ここに、 η^* は水面を表わす座標、 θ_B は斜面の角度、 π' は角周波数 π を乗じて無次元化した時間であり、 m は水面における条件式から決定されるパラメーターである。また、 a_0' は k_0 を乗じて無次元化した有限振幅深水波の振幅であり、

$$a_0' = k_0 a_0 = (2\pi/L_0) a_0 = \pi (H_0/L_0) \{ 1 - (3\pi^2/8)(H_0/L_0)^2 \} \text{-----(5)}$$

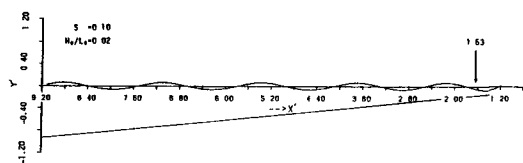
で与えられる。また、 k_0/σ を乗じて無次元化した水平水粒子速度 u' および鉛直水粒子速度 v' は、

$$u' = \phi'_x = (\sinh \xi \cos \eta \phi'_3 - \cosh \xi \sin \eta \phi'_4) / R \text{-----(6)}$$

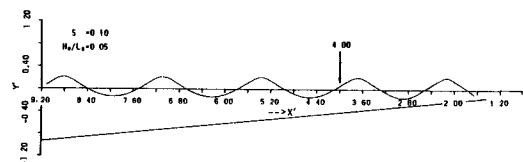
$$v' = \phi'_y = (\cosh \xi \sin \eta \phi'_3 - \sinh \xi \cos \eta \phi'_4) / R \text{-----(7)}$$

を用いて計算することができる。ここに、 $R = \cosh^2 \xi - \cos^2 \eta$ である。

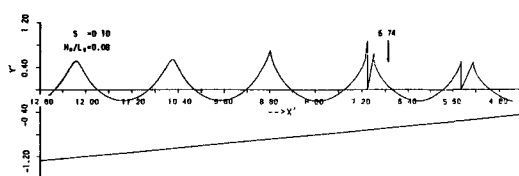
3. 計算例と考察 図2は、底勾配 $\delta = \tan \theta_B = 0.1$ とし、沖波波形勾配 H_0/L_0 を変えた時の波形変化を示すが、水面変動の値が発散した時($Y' = \zeta' \geq 2$)には、プロッターのペンは $Y' = Q$ に戻るよう指示されている。なお、矢印は合田²⁾の砕波点 X' を示す。 H_0/L_0 の小さい(a)および(b)では、波峰の不安定現象は生じないが、(c)の $H_0/L_0 = 0.08$ の場合には、合田の砕波点近くで波峰が発散し、砕波の発生を示唆している。(d)では、 H_0/L_0 がより大きくなると、より沖側から波峰が不安定になるという崩れ波砕波を示唆していると言えよう。図3には、 $H_0/L_0 = 0.08$ とし、種々底勾配 δ を



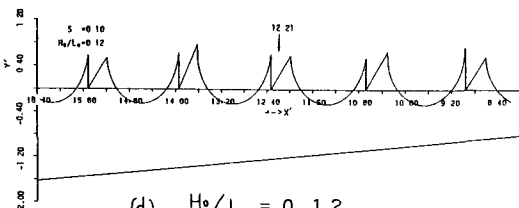
(a) $H_0/L_0 = 0.02$



(b) $H_0/L_0 = 0.05$



(c) $H_0/L_0 = 0.08$



(d) $H_0/L_0 = 0.12$

図2 沖波波形勾配の変形による斜面上の波の変形

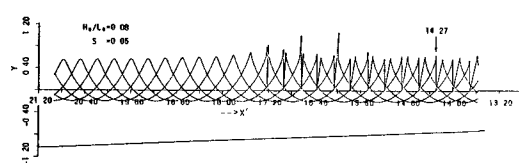
変えた時の水面波形の時間変化を示す。(a), (b), (c)いずれの場合も、波の進行に伴い波峰が荒鋭化し、さらに合田²⁾の碎波点より少し深い位置で波峰が発散することがわかる。図4(a), (b)および(c)は、斜面上の波の水平方向水粒子速度の鉛直分布を、岩垣⁵⁾の結果と比較したものである。図中の実線が本計算結果であり、 u_c および u_b は波の峰側および谷側の水粒子速度である。碎波点近傍の u_c には、実験値と本計算値とのずれが見られるが、それ以外は、両者は良く一致している。このことは、本計算方法の妥当性を示唆していると考えられるが、今後さらに検討を加えて、より厳密な解を得る必要があると言える。

《参考文献》

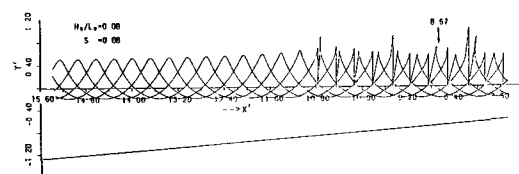
- 1) 石田 啓・田中義人：斜面上の微小振幅波理論試案，昭和55年度中部支部 講演概要集。

- 2) 合田良実：碎波指標の整理について，土木学会論文報告集，第180号，1971。

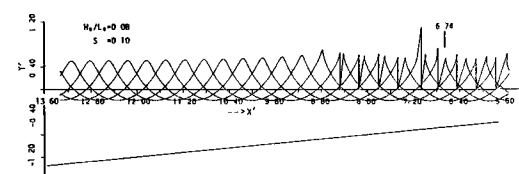
- 3) 岩垣健一・酒井哲郎・川島毅：斜面上の波の水粒子速度の鉛直分布について，第18回海岸工学講演会論文集。



(a) 底勾配 $S = 0.05$

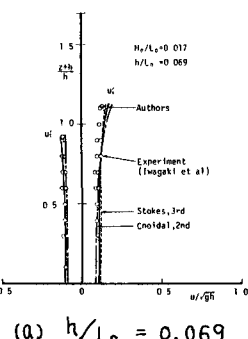


(b) 底勾配 $S = 0.08$

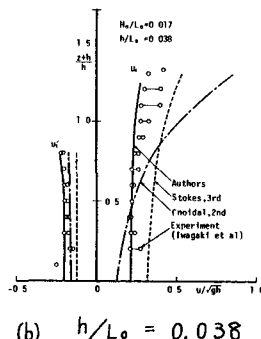


(c) 底勾配 $S = 0.10$

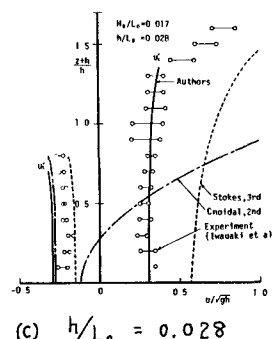
図3 斜面上の波の時間変化



(a) $h/L_0 = 0.069$



(b) $h/L_0 = 0.038$



(c) $h/L_0 = 0.028$

図4 水平方向水粒子速度の鉛直分布の変化