

斜面上の波の碎波特性について

—— 線形理論解と非碎波せり限界について ——

熊本大学工学部 学生員 ○有藤 敬
熊本大学工学部 正会員 田淵 幹修
熊本大学工学部 正会員 滝川 清

1.はじめに

斜面上をせり上げる波には、緩勾配での潮汐や振幅の小さい津波、緩勾配護岸堤等にせり上げる波等、非碎波せりを行う波と、一般の海岸によせる風波やうねりのように斜面上で碎波する波が存在する。

本報告は、この両者の限界を、線形ポテンシャル理論により調べたものである。

2. 解析手順

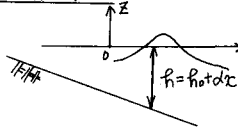


図-1に示すような斜面上の水の波の2次元運動を考える。

図-1. 非圧縮完全流体かつ渦なしとすると、線形化された基本方程式、境界条件式を満足する速度ポテンシャルは次式で示される。

$$\Phi = A F_{(2)}^{(1)} e^{ikx} \cdot e^{i\omega t} \quad (1)$$

$$F_{(2)}^{(1)} = \frac{\cosh k(z+h) - \alpha \sinh k(z+h)}{\cosh kh - \alpha \sinh kh} \quad (2)$$

- ・ A は複素振幅。
- ・ k は複素 WAVE NUMBER
- ・ σ は角周波数, $k = \sqrt{-1}$

また分散関係式は次のようになる。

e^{ikx} の波に対し

$$\frac{\sigma^2 h}{g} = \frac{k h (\sinh k h - \alpha \cosh k h)}{(\cosh k h - \alpha \sinh k h)} \quad (3)$$

以下、これらの式を用いて得られた結果の一部を示す。

3. 結果及び考察

(i) 岩垣雄一等(1971)(1974)による斜面上の波の流速の実験値と各理論を比較したグラフに今回の線形解を書き加え、検討してみた。

図-2は斜面勾配 $\alpha = 1/10$ の場合の一例である。

他の条件の場合も含め計算値は全般にわたってデータとよく合っており求められた速度ポテンシャルは、十分信頼できるといえる。

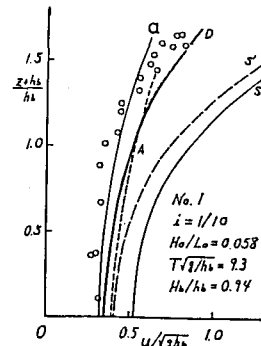


図-2

S: Stokes の波速の第一定義

S': Stokes の波速の第二定義

D; Dean の流れ関数法

A; 微小振幅波 (Airy 波)

Q; 斜面の影響を考慮した線形解

○; 実験値

(ii) 図-3は深海域と任意の浅海域でのエネルギーフラックスが一定であるとして浅水係数を求めた図である。

$\alpha = 0.01$ の曲線はほぼ微小振幅波の理論曲線と一致する。

急勾配になるにつれて、 k_0 の値は大きいが、現象としては以下に述べる理由で図中 α で示した値より大きくなる事はないものと考えられる。

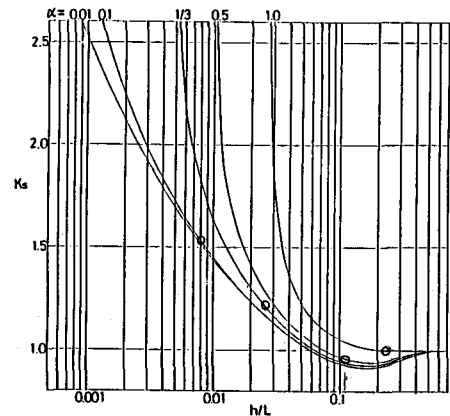


図-3 浅水係数

(iii) 図4は分散関係より水深変化に伴う波長の変化を求めたものである。 $\alpha=0$ は微小振幅Airy波理論に一致する。水深が減少するに伴い波長は短くなり、ゆき、勾配によって異なる h/L_0 の点で極値(最小値)を有して、さらに h/L_0 が小さくなると波長は急激に長くなる。このような波長変化の様子は副題に触れているように斜面上の波の非砕波特性に関連してくる。すなわち深海域から浅海域へ進入してくる波は、浅水変形により波高は増大して最大となりさらに水深が小さくなると波高は減少する(波高の極値まで)と考えられる。従ってこの極値点に至るまでに砕波しなかった波は、もはや斜面上で砕波することなく、そ上することを意味する。

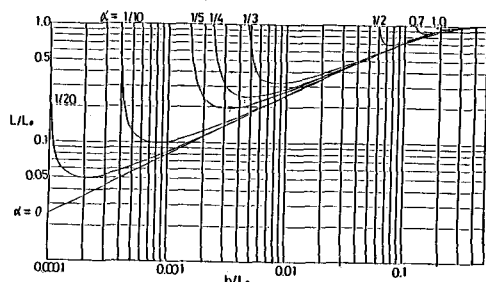


図-4 波長の変化

(iv) 図5は $\alpha=1$ のときの波形を、位相を $\pi/4$ ずつずらして書いたものである。

線形解の為、汀線($\eta=0$)直傍での計算はできていないが、汀線近くでも、波長が無限小となって波が詰まるという事はなく、非砕波そ上の様子を示している。

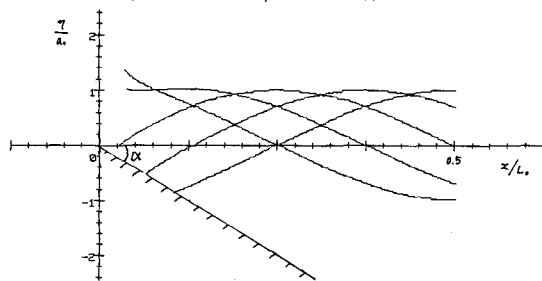


図-5 波形状の変化

(v) 図3および図4を用いて非砕波そ上の波と斜面上で砕波してしまう波の限界勾配を求めて図-6に示した。図中 H/L_0 は沖波波形勾配、 h/L_0 は波長が極小となる点での波形勾配で、砕波限界としてはここでは

単純の為に $(H/L_0) = 0.142 \tanh(2\pi h/L_0)$ を用いている。

またこの結果の妥当性を確かめる為に行な、た実験の結果を図中に示している。

実験条件は $\alpha=0.1$ で、周期を3種類設定し、各種の波高について斜面上で砕波するが、非砕波そ上¹⁾を調べたものである。周期 $T=1.96$ secの波については、非砕波そ上の波の生成はできなかったが、他の2ケースでは理論値とよく適合する結果が得られている。

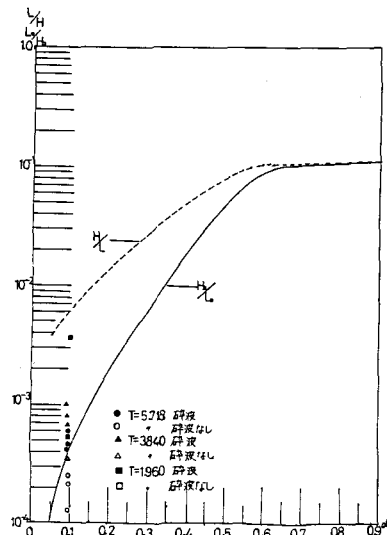


図6 砕波と非砕波そ上の境界を表す図

4. あとがき

本報告で用いた解析は、線形理論であり、また用いた砕波限界式には、水底勾配の効果が入っていないなどの近似的なものではあるが、実験とよく合う結果が得られた。現在有限振幅を考慮した非線形理論により、極限波を召む、斜面上の波の特性についても調べており、これについては、機会を改めて発表する予定である。

参考文献

- 1) 田淵幹修・滝川清: 有限振幅進行波の新しい理論解に関する研究, 第30回海岸工学講演会論文集 P.6~10, 1985.
- 2) 岩垣雄一・酒井哲郎: Stream Function Theoryによる斜面上の砕波の水粒子速度の表現について, 第21回海岸工学講演会論文集 P.29~32, 1974.