

II-122 線型理論に基づく二成分合成進行波の砕波限界に関する一考察

名古屋大学工学部 正会員 岩田 好一郎

名古屋大学大学院 学生員 片岡 純久

1. はじめに：

不規則な風波の砕波限界を正確に算定することは、海岸構造物の合理的な設計、海岸災害の軽減や防止のために極めて重要である。ゼロダウンクロス法、あるいは、ゼロアップクロス法で波別解析された不規則波は同じ波高と周期をもつ規則波より砕け易いこと、そして砕波限界の値のばらつきの大きいこと、などが既に水理実験¹⁾²⁾により報告されている。この原因として、(i)不規則波と規則波の砕波機構が異なること、(ii)不規則波を波別解析する場合の波別解析手法の問題³⁾、などがあげられるが、詳細な検討はなされていないのが現状といえる。不規則波は2つ以上の自由波の集合とみなす事ができるので、自由波が2つ共存する二成分合成波と自由波が一つだけの規則波の砕波限界の差異を明らかにしておくことは、不規則波の砕波限界を理解する上で基本的に重要であると考えられる。砕波は非線型性の極めて強い現象であるから、定量的な論議をするには非線型理論の展開が必要であるけれども、それに先だち、線型理論に基づき定性的な特性について考察を加えたので、その結果の一部を報告することとする。

2. 線型理論：

規則波の波形 η_1 と波速 C_1 と水平方向水粒子速度 u_1 は式(1)で、二成分合成波の波形 η_2 、水平方向水粒子速度 u_2 と極大波高の波速 C_2 は式(2)で与えられる。また、波は式(3)の条件を満たすと砕けるとする。

$$\left. \begin{aligned} \text{規則波：} \quad \eta_1 &= a_1 \cos(k_1 x - \sigma_1 t), \quad C = (gT/2\pi) \tanh(k_1 h), \\ u_1 &= a_1 \sigma_1 \{ \cosh k_1(h+z) / \sinh(k_1 h) \} \cos(k_1 x - \sigma_1 t) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

$$\left. \begin{aligned} \text{二成分波：} \quad \eta_2 &= a_1 \cos(k_1 x - \sigma_1 t) + a_2 \cos(k_2 x - \sigma_2 t + \theta), \\ u_2 &= a_1 \sigma_1 \left\{ \frac{\cosh k_1(h+z)}{\sinh k_1 h} \right\} \cos(k_1 x - \sigma_1 t) + a_2 \sigma_2 \left\{ \frac{\cosh k_2(h+z)}{\sinh k_2 h} \right\} \cos(k_2 x - \sigma_2 t + \theta), \\ C_2 &= \left\{ \frac{a_1 k_1 \sigma_1 \cos(k_1 x - \sigma_1 t) + a_2 k_2 \sigma_2 \cos(k_2 x - \sigma_2 t + \theta)}{a_1 k_1^2 \cos(k_1 x - \sigma_1 t) + a_2 k_2^2 \cos(k_2 x - \sigma_2 t)} \right\} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

なお、 a ：振幅、 $\sigma = 2\pi/T$ 、 T ：周期、 $k = 2\pi/L$ 、 L ：波長、 h ：静水深、 θ ：位相、

x ：水平距離、 t ：時間、 z ：鉛直距離

$$\text{砕波条件：} \quad u = C \quad (\text{at } z=0) \quad (3)$$

3. 計算結果とその考察：

式(3)の砕波条件を使って、二成分合成波の限界波形勾配と規則波の限界波形勾配の比 γ (式(4))を計算し

$$\gamma = \frac{\text{二成分合成波の限界波形勾配}}{\text{規則波の限界波形勾配}} \quad (4)$$

た結果の一部を図-1～図-3に、また砕波波形の二例を図-4に示す。波は全てゼロアップ・クロス法で定義した。また、表-1は計算値と実験値を比較した一例である。なお、実験値は $S=1/15$ の一様勾配斜面上の値であって、 p_1 は $p_1 = (H/L)_b / \tanh(2\pi h_b/L_b)$ で与えられる二成分波の値、 p は $p = (H/L)_b / \tanh(2\pi h_b/L_b)$ で与えられる規則波の値であり、実験では $p \cong 0.172$ であった。なお、 b は砕波を示す。

図-1～図-4と表-1より下記の事が指摘できる。

(1)規則波と異なり、二成分合成波の砕波限界波形勾配は、 a_2/a_1 、 T_2/T_1 、 θ により著しく変化する。

- (2)構成成分波の周期比 T_2/T_1 が小さい時は、一般に $r < 1$ となり、二成分波の限界波形勾配は規則波の値より小さくなる。
- (3)周期の短い成分の波が長い周期の成分波の位相より遅れると ($\theta < 0$)、位相が進む場合 ($\theta > 0$) より限界波形勾配は小さくなる。
- (4)計算値 (r) はほぼ実験値 (p_1/p) に近い。したがって、線型理論で定性的な論議は可能である。

4. おわりに：

以上、線型理論を用いて、二成分波と規則波の限界波形勾配の差異について論議してきた。砕波機構が同じでも ($u=C$)、波別解析する以上は、二成分合成波の限界波形勾配は規則波より一般に小さく、さらに a_2 , a_1 , T_1 , T_2 と θ の値により異なった値になることが判明した。

参考文献

- 1) 岩垣・木村・他：第24回海講論文集，1977
- 2) 樫木・岩田・他：第27回海講論文集，1980
- 3) 岩田：水工学シリーズ82-B-3，1982

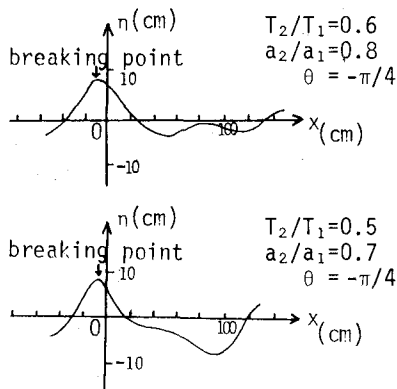


図-4 計算波形の二例

p_1 (exp.)	p_1/p (exp.)	γ (cal.)	$(p_1/p)/\gamma$ (exp./cal.)
0.161	0.936	0.989	0.946
0.167	0.971	0.896	1.084
0.135	0.785	0.827	0.949
0.168	0.977	0.957	1.021
0.163	0.948	0.911	1.041

表-1 計算値と実験値の比較例

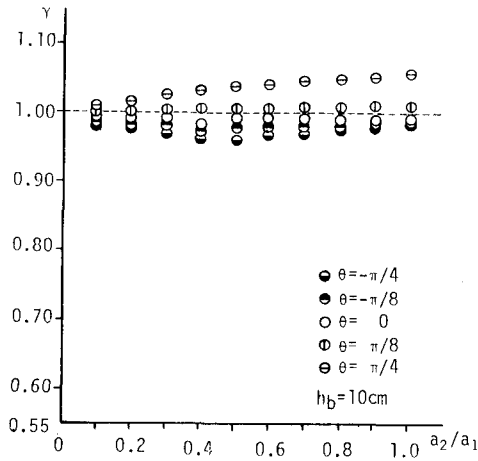


図-1 計算結果 ($T_2/T_1=0.9$ の場合)

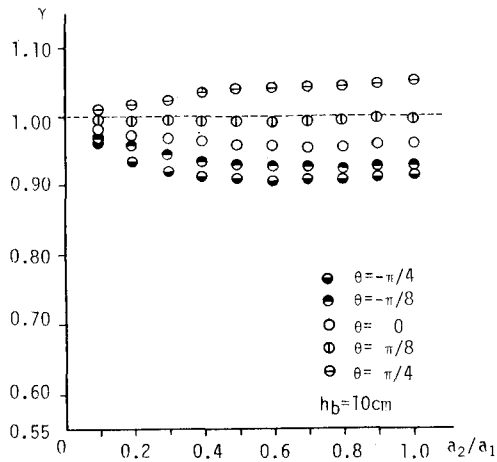


図-2 計算結果 ($T_2/T_1=0.8$ の場合)

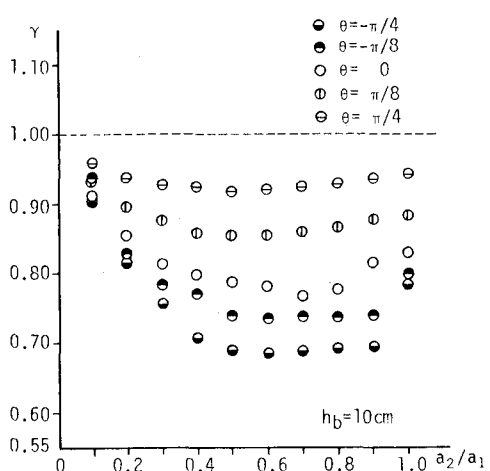


図-3 計算結果 ($T_2/T_1=0.6$ の場合)