

東北大学大学院 学生員 ○ Chan Chee Seng
 東北大学工学部 正員 真野 明

1. はじめに

本研究は砕波によって生じるエネルギーの減衰効果を表現するため、砕波減衰項を緩勾配方程式¹⁾に導入することによって砕波帯の浅水変形を予測できるかどうかを検討する。逆流中を伝播する微小振幅波の砕波帯の浅水変形解析を、反射波と減衰砕波の考慮をできる緩勾配方程式を用いて解析し、堺ら(1982)²⁾の水利実験結果と比較した。ここで、流れのない場合に渡辺・丸山(1984)³⁾が提案した減衰項を本研究で用いることとした。ただし、この項は非線形の形をしており、このままで解くのは厄介であるので、本研究では線形化を行った。

2. 支配方程式及び境界条件

砕波減衰項を考慮した緩勾配方程式は

$$\frac{d}{dx} \left\{ (U^2 - C C_g) \frac{d\phi}{dx} \right\} - 2i\omega U \frac{d\phi}{dx} + \left\{ \sigma^2 - \omega^2 - i\omega \frac{dU}{dx} - k^2 C C_g + i k C W \right\} \phi = 0 \quad (1)$$

$$\omega = \sigma + Uk \cos \theta, \quad \sigma^2 = g k \tanh kh$$

ここで、 ω は絶対角周波数、 σ は固有角周波数、 U は流速、 k は波数、 h は水深、 g は重力の加速度、 C は波速、 C_g は群速度、 ϕ は速度ポテンシャル、 i は虚数単位、 θ は波数と流れがなした角度、 W は砕波減衰係数である。速度ポテンシャル ϕ は次のようになる。

$$\phi = \phi^+ + \phi^- = A^+ \exp(\lambda_1 x) + A^- \exp(\lambda_2 x) \quad (2)$$

A^+ と A^- それぞれ進行波と反射波の複素振幅であり、 λ_1 と λ_2 (複合の-, +に各々対応) は次のようになる。

$$\lambda_1, \lambda_2 = \frac{i\omega U \mp \sqrt{\{(i\omega U)^2 - (U^2 - C C_g)(\sigma^2 - \omega^2 - k^2 C C_g + i k W)\}}}{U^2 - C C_g}$$

入射境界条件及び透過境界条件は

$$\frac{d\phi}{dx} (x=0) = (\lambda_1 - \lambda_2) \phi^l + \lambda_2 \phi \quad (3a)$$

$$\frac{d\phi}{dx} (x=L) = \lambda_1 \phi \quad (3b)$$

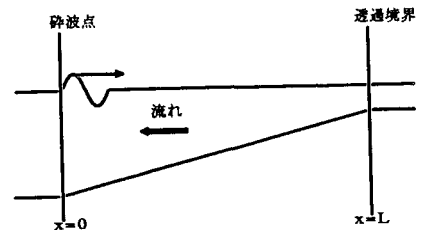


図1 地形条件

3. 砕波減衰係数の線形化

渡辺らが提案したエネルギー減衰係数は

$$f_D = \alpha_D \tan \beta \sqrt{\left[\frac{g}{h} \left\{ \frac{Q_r}{Q_i} - 1 \right\} \right]}, \quad Q_r = \gamma \sqrt{(g h^3)} \quad (4)$$

一方、①式の中の減衰係数Wは

$$W = -f_D n \quad , \quad n = Cg/C$$

\hat{Q} は線流量の振幅、 $\tan \beta$ は碎波線の近傍の水底勾配であり、渡辺らは流れのない場合の解析から、 $\alpha_D = 2.5$ 、 $\gamma = 0.25$ の値を提案している。本研究では、1) 碎波帯ではほぼ進行波になっており、2) 長波近似が成り立ち、3) 波高水深比が一定と仮定して、次のような線形化を行った。

$$\frac{\hat{Q}}{Q_r} = \frac{\sqrt{gh}}{\gamma \sqrt{gh^3}} \frac{\hat{\eta}}{h} = \frac{\delta}{\gamma} = \text{const} \quad , \quad \delta = \frac{\hat{\eta}}{h}$$

本研究は堺らの水理実験結果から碎波帯での平均的な波高水深比を求めてそれを δ とし、 $\gamma = 0.25$ のまま使って、最適な α を試行錯誤により求めることにした。ここで新しい減衰係数 f_D は

$$W = -n f_D = -n \alpha \tan \beta \sqrt{\left[\frac{g}{h} \left\{ \frac{\delta}{\gamma} - 1 \right\} \right]} \quad (5)$$

4. 結果

δ と h_b/L_0 (碎波水深・沖波波長比) との関係を図2に示す。 h_b/L_0 が小さくなるにしたがって、 δ は大きくなる傾向を示しており、図中の直線で回帰できる。図3には h_b/L_0 と α の関係を示す。これによると、 h_b/L_0 の値は0.08以上の領域では、データ数は少ないので、より多くの実験値で確かめる必要がある。

図2、3に示した回帰式を使って、①式の支配方程式と②a、②bの境界条件で碎波減衰を考慮する波高変化を行なった。結果を図4と図5に示す。○は堺らの水理実験値である。理論解と実験値はよく一致していることが分かる。

【参考文献】

- 1) Liu, P.L.-F.: The Sea, Vol. 9, Ocean Engineering Science, Part A, Wave Transformation, pp. 27-63, 1990.
- 2) 堺茂樹・佐伯浩・尾崎晃: 浅水変形に及ぼす流れの影響に関する基礎的研究, 第29回海岸工学講演会論文集, pp. 70-74, 1982.
- 3) 渡辺晃・丸山康樹: 屈折・回折・碎波減衰を含む波浪場の数値解析法, 第31回海岸工学講演会論文集, pp. 103-107, 1984.

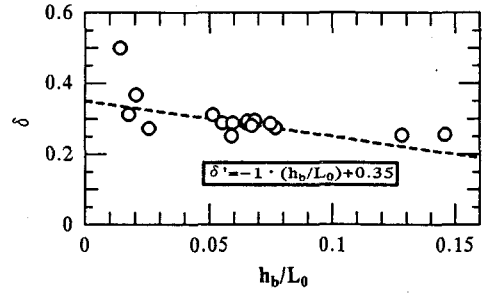


図2 h_b/L_0 と δ の関係

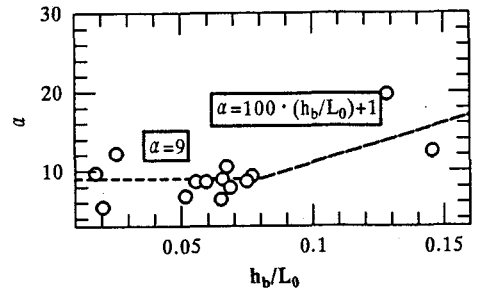


図3 h_b/L_0 と α の関係

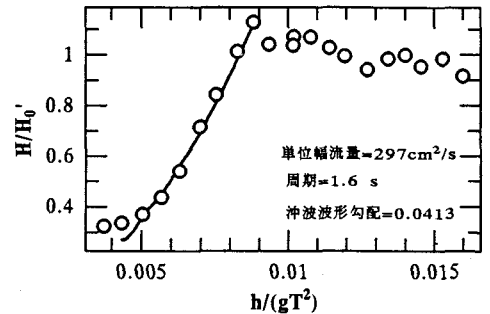


図4 波高変化

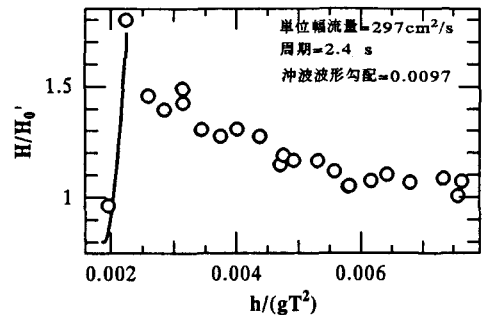


図5 波高変化