

防衛大学校 学生員 〇高見沢 敦 依岡 純也
正 員 重村 利幸 山田 正

1 はじめに

浅海域での波浪の変形予測は、海浜変形予測のために必要は一つのステップであるが、現地の波浪場を精度良く予測することは非常に困難なことである。地形変化に伴う波浪の変形を計算するための基本式はこれまでもいくつか提案されているが、本研究では新たな導出法によって数値計算のための基本方程式を導き、その妥当性を検討して更に現地海岸への適用を試みた。

2 基本方程式の導出

波浪変形を支配する基本式を導出するにあたって用いた式は、線型化したオイラーの運動方程式並びに連続式である。すなわち、

$$\frac{\partial u}{\partial t} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} \quad \dots (1) \quad \frac{\partial v}{\partial t} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial y} \quad \dots (2)$$

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \nabla Q = 0 \quad \dots (3) \quad \text{ここに } u, v \text{ は水粒子速度}$$

の水平方向成分, η は水面変位,

P は圧力でありそれぞれ微小振幅波理論に基づくものである。また Q は (Q_x, Q_y) で、 $Q_x = \int_0^{\eta} u \, dz$ である。

(1), (2) 式について各瞬間瞬間における運動量フラックスが保存されるようにそれぞれの式に流速成分 u, v を乗じて海底から水面まで積分してこれを線流量 Q_x, Q_y で割る。これは水理学における運動量補正係数の考え方に相当する。この結果得られた式と(3)式を用いて Q_x, Q_y の項を消去すると次式が得られる。

$$\frac{\partial^2 \eta}{\partial t^2} = \nabla \left\{ \frac{C^2}{n} \nabla (n \cdot \eta) \right\} + \nabla \left\{ g \eta \left(1 - \frac{1}{n \cosh^2 kh} - \frac{1}{2n} \cdot \tanh^2 kh \right) \nabla \eta \right\} \quad \dots (4)$$

ここに k は波数, h は水深, $n = \frac{1}{2} (1 + \frac{2kh}{\sinh 2kh})$ である。ただし、この式変形を行う途中で波高 H を含む微分項が出てくるが、ここでは省略できるものとして変形を実施した。(4) 式がどの程度の精度を持つかを検討するため、微小振幅波理論の浅水係数と(4)式の数値計算結果とを比較した。図-1の実線が微小振幅波理論を、点線が(4)式の計算結果を示す。また(4)式の右辺第1項のみを用いて計算した結果を一点鎖線で同時に示している。この図から(4)式をそのまま使用して計算すると微小振幅波理論での浅水係数よりも大きい値が出てくることがわかる。これに対して右辺第1項のみを用いて計算した結果は理論曲線に非常に近い値をとっており、計算には(5)式のように、右辺第2項を省略した形を用いることとした。この式は渡辺ら¹⁾が波浪場の計算に用いた連立方程式(6)と全く同じ意味になることがわかる。

$$\frac{\partial^2 \eta}{\partial t^2} = \nabla \left\{ \frac{C^2}{n} \nabla (n \cdot \eta) \right\} \quad \dots (5)$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{C^2}{n} \nabla (n \cdot \eta) &= 0 \\ \frac{\partial \eta}{\partial t} + \nabla Q &= 0 \end{aligned} \right\} \quad \dots (6)$$

また、(5)式の右辺中の $1/n$ 及び n をそれぞれ一つづつ ∇ の外に出すと次のように Berkhoff²⁾型の方程式となる。

$$\frac{\partial^2 \eta}{\partial t^2} = \frac{1}{n} \nabla (nC^2 \nabla \eta) \quad \dots (7)$$

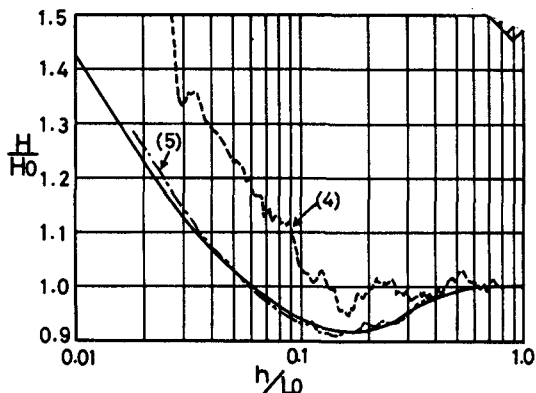


図-1 浅水変形の理論と計算値の比較

3 数値計算例

以下に(5)式を用いて数値計算した結果の代表的な例を示す。図-2は、伊藤、谷本³⁾の球面浅瀬に関する実験結果と本計算の結果とを比較したものであり、実験値と計算値は概ね一致していることがわかる。図-3は、離岸堤周辺の波高分布の計算結果を等波高比線図で表したものであり、図-4にはこの計算値とSommerfeldの半無限堤に関する厳密解とを比較したものを示す。この結果から、反射波領域については良く合っているが、離岸堤背後での回折波の影響が本計算の場合には多少小さめに評価されていることがわかる。ただし、オーダー的には大きな差異ではないので、実用上は問題無いものと考ええる。図-5は、離岸堤が波の進行方向に対して直角でない場合についての計算例で、図の離岸堤は約 110° の角度のものである。離岸堤による波の反射が迂回している様子がよく表れている。

4 まとめ

以上、示してきたように、導出した基本式をそのまま使うことはできなかったが、式の一部を省略した(5)式を用いて計算することにより、地形の変化に対応する波高変化や構造物による反射及び回折等の計算ができることがわかった。なお、現地海岸への適用については現在実施している段階であり、その結果については講演時に報告する予定である。

参考文献

- 1) 渡辺、丸山：屈折、回折、砕波減衰を含む波浪場の数値解析法
第31回海論文集，1984，pp 103～107.
- 2) Berkhoff, J.C.W : Computation of Combined Refraction - Diffraction, Proc. 13th CEC, 1972, pp 471～490.
- 3) 伊藤、谷本：波向線交差領域での波の屈折，第19回海論文集，1972，pp 325～329.

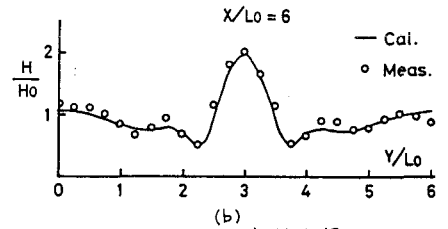
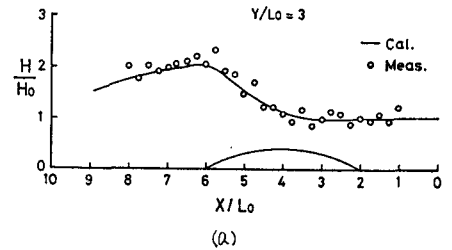


図-2 球面浅瀬の計算結果

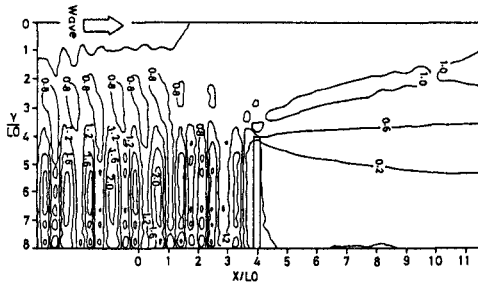


図-3 離岸堤が存在する場合の波高分布(90°)

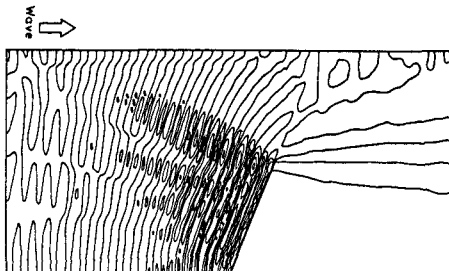


図-5 離岸堤が存在する場合の波高分布(110°)

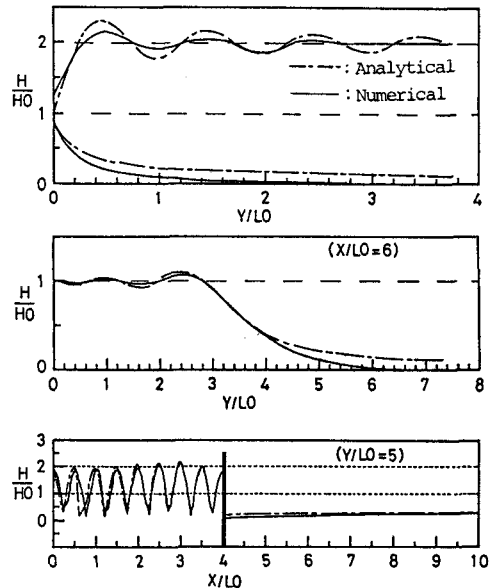


図-4 離岸堤まわりの回折に関する厳密解との比較