

II-272 有限振幅波および微小振幅波の浅水変形の比較

東京大学大学院 学生員 Mohammad Dibajnia

東京大学工学部 正会員 磯 部 雅 彦

東京大学工学部 正会員 渡 辺 晃

1. 序 論

浅海域においては波の有限振幅性が顕著となる。しかし、工学的な諸問題でみられるような砕波を含む波の変形解析等においては、問題があまりにも複雑であるために微小振幅波理論が準用される場合も多い。本研究においては、緩勾配斜面上における浅水変形問題を取り上げ、微小振幅波理論および有限振幅波理論を用いた場合の波高、エネルギー、ラディエーションストレス等の変化を比較することにより、微小振幅波理論を準用することの妥当性について議論を行う。

2. 基礎方程式

緩勾配斜面上における浅水変形問題においては、局所的には波が水平床上の保存波の解によって記述されることを仮定する。すると、エネルギーフラックスが保存されることより任意の水深における波高を決定することができ、これよりエネルギーやラディエーションストレスの変化も求められる。ただし有限振幅波では、波高変化にともなうラディエーションストレスの変化により平均水位が変化することや、岸沖方向の正味の質量輸送が0となるべきこと、さらにはその結果生じる一様流に乗った波の周期が一定となるべきことを考慮する必要がある。これを忠実に計算したものがStiassnie・Peregrine(1979)であり、波高変化が図示されている。ここでも同様な計算を行うことにすると、まず波速の第一定義に対して成り立つ以下の4式において、ウェーブアクションフラックス B 、ベルヌーイ定数 γ 、質量輸送 q (=0)、および角周波数 ω を一定にするように、各静水深 h における平均水深 D 、一様流速 U 、波数 k 、および摂動核 ε を決定する。その後、波高 H やエネルギー E 等を求めればよい。

$$B = (UI + 3E_k - 2E_p + \rho D \overline{u_b^2} / 2) / k$$

$$\gamma = g(D - h) + U^2 / 2 + \overline{u_b^2} / 2$$

$$q = \rho UD + I (= 0)$$

$$\omega = k(c + U)$$

ここに、 I は波による質量輸送、 E_k は運動エネルギー、 E_p は位置エネルギー、 ρ は密度、 $\overline{u_b^2}$ は波による底面流速の自乗平均値、 g は重力加速度、 c は波速である。数値計算においてはCokelet(1977)が数表で示した解を用いたが、水深のきざみが粗いため内挿によって補った。

3. 結果および考察

与えられた沖波波形勾配 H/L に対し、解が存在する相対静水深 h/L の最小値まで計算を行った。図-1は相対波高変化を示すものであり、点線が微小振幅波理論、実線が有限振幅波理論に対応するが、砕波点付近で両者の差は大きい。図-2~4はそれぞれ、全エネルギー E 、ポテンシャルエネルギー E_p 、運動エネルギー E_k の相対変化を表したものである。全般に微小振幅波理論でも有限振幅波理論に近い結果を得ることがわかる。特に運動エネルギーについて両者の差は最大10%であり、また、全エネルギーと位置エネルギーについてはそれぞれ18%および25%となる。波高の場合と異なり、いずれも微小振幅波理論のほうが過大評価となっている。図-5はラディエーションストレス S の変化を表しているが、砕波点付近において微小振幅波理論は過大評価となっており、これは微小振幅波理論によるウェーブセットダウンが実測値より大きくなる理由であると考えられる。一般に、波高に比べ、エネルギーなどの積分量、さらには海浜流を求める場合には、微小振幅波理論を準用することによる誤差は小さいといえる。

参考文献: Cokelet, E.D. (1977), Phil. Trans. Roy. Soc. London, A286, 183-230.

Stiassnie, M. and D. H. Peregrine (1980), J. Fluid Mech., 97, 783-805.

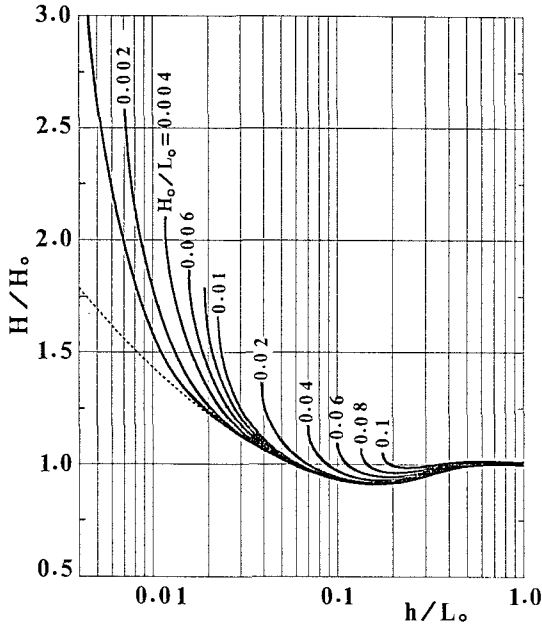


図-1 波高の変化

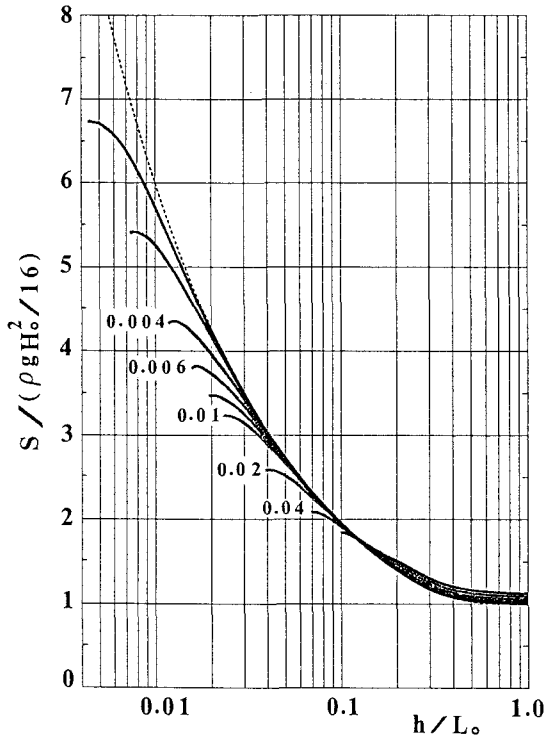


図-5 ラディエーションストレスの変化

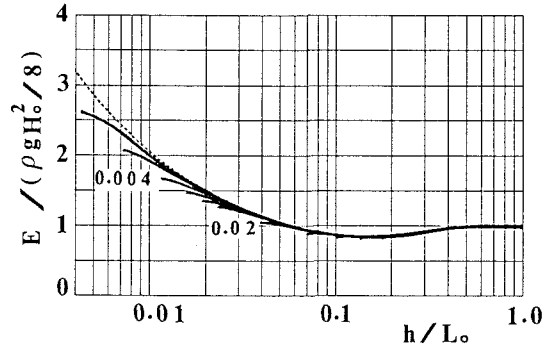


図-2 全エネルギーの変化

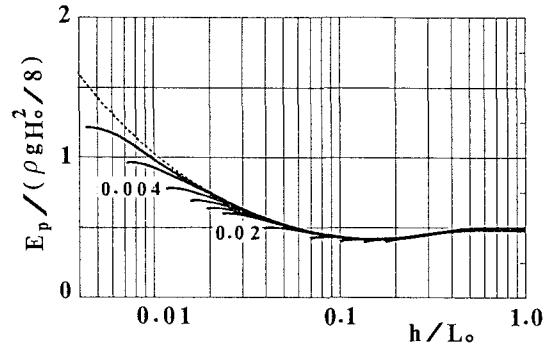


図-3 位置エネルギーの変化

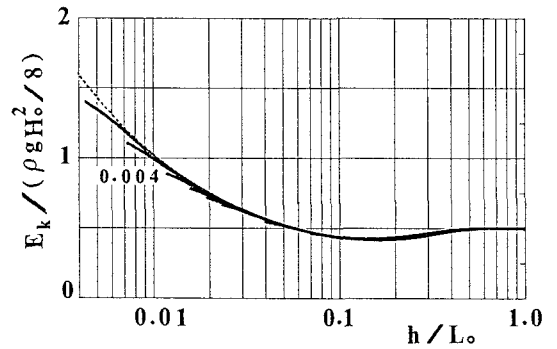


図-4 運動エネルギーの変化