

流れ関数法による浅水変形計算の 適用性に関する一考察

福井高専 正員○広部英一 金沢大学 正員 高瀬信忠
金沢大学 正員 石田 啓 金沢市役所 上嶋張瑠

1. はじめに

規則波の浅水変形計算は、大別して、海底勾配の影響を無視した解析方法と、これを考慮した解析方法に分類される。前者は、局所的な波動場を水平床上の規則波として取り扱い、energy flux が不変であるとし、浅水変形による波形変化を水深減少のみによって表現することになる。この方法は、線形水面波理論の場合 Airy波が用いられ、非線形水面波理論の場合 Stokes波、Cnoidal波等が用いられるが、これらの理論の適用範囲は、海浜の状況・波の周期・波高等によって制約される。また後者は、海底勾配の影響も考慮してあるため、波形の非対称性の変化も解析でき、摂動法あるいは数値計算法によって解析される。本研究で適用性を考察する浅水変形計算法は、Rienecker & Fenton¹⁾により提案されたものであるが、これは非線形水面波の方程式を流れ関数で表現した非線形方程式系を、数値計算によって解く方法であり、energy flux の保存を仮定することによって浅水変形計算に適用される。数値計算によるために、波動理論の適用条件の制約が少ない。

2. 実験装置および実験方法

実験は、長さ26cm、幅60cm、深さ80cm、一部両面ガラス張りの2次元造波水槽を用いた。一様水深部の水深は50.0cmである。水槽の一端には勾配1/10および1/30の斜面を設置した。斜面は鋼材フレームの上面に厚さ12mmのベニヤ板を張り付けた。表-1に造波条件を示す。H₁は斜面端の位置での波高である。H₀は深水波の波高であるが、水深が50.0cmで周期が所定の場合の浅水係数を微小振幅波理論より計算し、H₁から逆算して求めた。L₀は深水波の波長である。周期1.0secと2.0secでは、波高の大きい波と小さい波を設定した。斜面勾配による影響を比較するために、斜面勾配1/10と1/30に対して全く同一の造波条件を設定した。

3. 結果および考察

図-1に波高比(H/H₀)、図-2に波峰波高比(H_c/H₀)・波谷波高比(H_t/H₀)、図-3に波速比(C/C₀)を示す。図中の白丸は斜面勾配1/10の実験値、黒丸は1/30の実験値であり、実線は流れ関数法による数値計算値(以後数値計算値と呼ぶ)、破線はAiry波による理論値(以後線形理論値と呼ぶ)である。実験値と比較した結果、流れ関数法を浅水変形計算に適用するにあたって明らかとなったことを整理すると次のようになる。

- (1) 浅水係数の数値計算値は、斜面勾配1/10の場合、波形勾配の大きい場合には実験値に近くなるが、波形勾配の小さい場合には実験値より相当大きくなる。波形勾配の小さい場合には、線形理論値が実験値に一致している。斜面勾配1/30の場合は、斜面勾配1/10の場合に比べて実験値は全体的に小さくなる。
- (2) 波峰波高比および波谷波高比は、斜面勾配1/10の場合も1/30の場合も、波形勾配の大きい場合には数値計算値は実験値に非常に近い値となるが、波形勾配の小さい場合は、波峰波高比の数値計算値は実験値より相当大きくなり、波谷波高比の数値計算値は実験値より小さくなる。
- (3) 実験ケースが1ケースであるが、砕け寄せ波(Run-1の斜面勾配1/10)では、浅水係数、波峰波高比、波谷波高比ともに線形理論値に近い値となった。これは、波峰波高比が大きくならなかったことによる。
- (4) 波速比は、数値計算値は実験値にほぼ一致し、線形理論値は実験値より小さめの値となった。

以上のように、流れ関数法による浅水変形計算の適用性の検討を行ったが、特にこれまで余り議論のされなかった波峰波高比と波谷波高比の変化を明らかにすることが出来た。総じて流れ関数法による浅水変形計算によると、浅水係数は波形勾配の大きい場合および斜面勾配の大きい場合には実験値とよく適合したが、波形勾配の小さい場合および斜面勾配の小さい場合に過大な値となった。浅水係数の数値計算値が実験値と比較して過大な値となる傾向は、流れ関数法による計算例としてRienecker & Fenton¹⁾や喜岡・佐藤・菊地²⁾による斜面勾配1/35の数値計算例などにもみられるが、常に過大となるわけではなく、波形勾配や斜面勾配

および砕波形式によって異なった。この原因として、energy flux が不変であるという仮定に問題があるものか、基礎方程式中に斜面勾配の効果が含まれないため、数値計算の段階で水深を減少させることにより考慮していることに原因があるものか、今後の研究でこれらを明らかにする必要がある、また、基礎方程式中に斜面勾配の効果を導入する事により改善させる必要があるものと思われる。なお、今回の実験と前後して行った一様水深部で造波された波の実験値と数値計算された波形を比較しても、流れ関数法による数値計算値は、波高に比べて波峰高が大きくなり、波形の非線形性を過大に評価するようである。 実験は、

表-1 造波条件

Run	T(sec)	H ₁ (cm)	H ₀ (cm)	H ₀ /L ₀	砕波形式	
					1/10勾配	1/30勾配
Run-1	3.33	6.70	5.91	0.0034	surging	plunging
Run-2	2.0	4.40	4.61	0.0074	plunging	plunging
Run-3	2.0	8.95	9.38	0.0150	plunging	plunging
Run-4	1.0	4.08	4.26	0.0273	plunging	spilling
Run-5	1.0	10.15	10.62	0.0681	plunging	spilling

福井高専学生の石田善之君と加藤晶久君の協力で行なわれた事を記して感謝します。

- 1) RIENECKER, M.M. and FENTON, J.D.: A Fourier approximation method for steady water waves, J.Fluid Mech., vol.104, pp.119-137, 1981.
- 2) 喜岡渉・佐藤宏志・菊地直智：修正流れ関数法による波のShoaling計算, 土木学会中部支部論文報告集, pp.186~187, 1987.

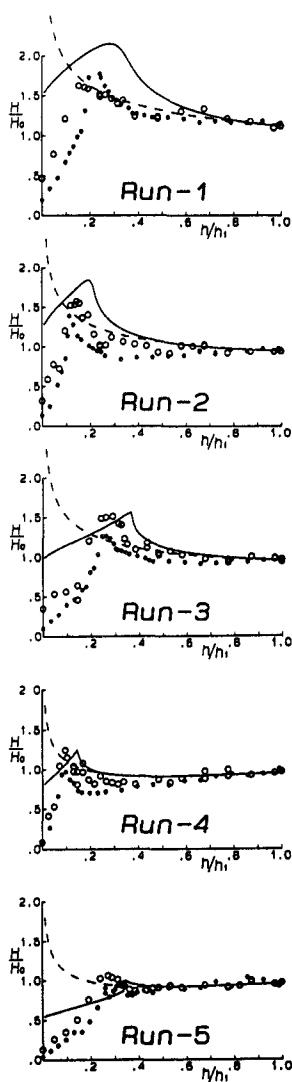


図-1 波高比 (浅水係数)

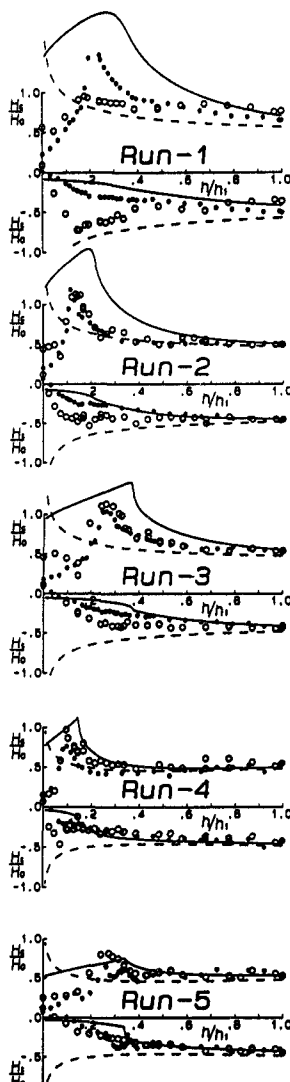


図-2 波峰波高比・波谷波高比

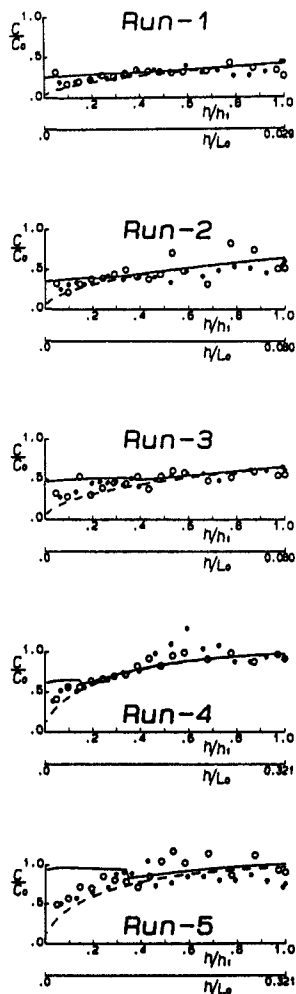


図-3 波速比