

(II-5) ソリトン分裂波を対象とした碎波と陸上遡上に関する数値計算

東海大学 学生員 ○鈴木崇之

東海大学 正会員 岩瀬浩之

東海大学 正会員 後藤智明

1. はじめに

浅水理論（非線形長波理論）による数値計算では、1983年日本海中部地震津波において観測されたようなソリトン分裂や碎波を伴う津波を再現することが困難である。したがって、浅海域における津波の挙動を精度良く再現するには、非線形性以外に波数分散性を考慮した非線形分散波理論を用いる必要がある。そこで本研究では、Boussinesqタイプの方程式を支配方程式とする碎波・陸上遡上を考慮した数値計算モデルを提案するとともに、その計算精度について検討した結果を報告する。

2. 水理実験

水理実験で使用した実験装置をFig.1に示す。実験は、長さ22m、幅0.5m、高さ0.8mの造波水槽にソリトン分裂の発生を促すための勾配3/20の水底斜面を設置して行っている。水位の測定には容量式波高計を用い、斜面下端から1m手前のA点での水位記録を計算の境界値として与えている。また、陸上斜面は、水底斜面の上端から6m地点に設置し、最大遡上高および空間波形をビデオ撮影によって測定している。なお、実験条件をTable.1に示す。碎波形態については、水平床上で崩れ波碎波、陸上斜面上で巻き波碎波である。

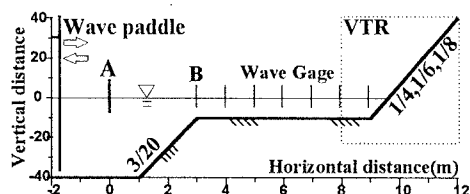


Fig.1 Experimental channel.

	上部水深 cm	波高(B点) cm	波高 水深比	陸上 斜面勾配
CASE01	15	5.42	0.36	1/8.
CASE02	15	5.47	0.36	1/4.
CASE03	10	5.49	0.55	1/6.

Table.1 Experimental condition.

3. 数値計算

数値計算に用いた支配方程式は、以下に示す Boussinesq タイプの非線形分散波理論式である。

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M^2}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} = \frac{h^2}{3} \frac{\partial^3 M}{\partial x^2} + \nu_e \frac{\partial^2 M}{\partial x^2} - \frac{gn^2}{D^{7/3}} M |M|$$

ここで、 η は波高、 M は線流量、 h は静水深、 D は全水深、 g は重力加速度、 $n(=0.020m^{1/3}s)$ はManningの粗度係数、 ν_e は渦動粘性係数である。計算スキームとしては、原ら(1997)が提案した2段階混合差分法を利用している。2段階混合差分法は、1段階目において連続の式と運動の式の計算に陽差分法を用いているため陸上遡上計算を行うことが可能である。また、移流項は、数値粘性の誤差を持つ風上差分では波高減衰が生じるため中央差分を採用している。ただし、遡上領域では、中央差分の計算が不安定となるため、風上差分を採用している。また、分散項中の静水深 h は $D \geq 2h$ から $h = D/2$ として計算を行っている。碎波条件は、藤井ら(1996)と同様に、水表面の水粒子速度と波の位相速度との比が限界値を越えた時碎波が起るとし、流速波速比の限界値を0.7として計算を行っている。また、碎波による渦動粘性項については、以下の3つのモデルを採用している。まず、碎波限界を越えた範囲では $\nu_e = \alpha \sqrt{gD} \cdot \eta$ とし、波高水深比が1.00以上となる遡上領域では碎波による乱れの影響を考慮し $\nu_e = \beta \sqrt{g\eta} \cdot \eta$ としている。さらに、遡下の際には、気泡の混入などの乱れの効果を表現するため $D/h \leq 1.0$ となる範囲で $\nu_e = \varepsilon \cdot |M|$ としている。なお、 α の値は0.25、 β の値は0.15、 ε の値は0.5である

Keywords: 津波, ソリトン分裂, 碎波モデル, 陸上遡上, 数値計算

〒259-1292 平塚市北金目1117 東海大学工学部土木工学科 (TEL0463-50-2170)

Fig.2 に、各ケースの計算値と実験値の最大水位・遡上高を比較した空間分布図を示す。波高水深比が比較的小さい CASE01 および CASE02 については、実験値と計算値の適合度が良好であるが、沖側で砕波を起こす CASE03 については、砕波点および砕波点付近の水位が過小評価となっている。この波高の過小評価は、計算上の問題ではなく、Boussinesq 式の適応限界と考えられる。Fig.3 は、CASE02 の水理実験結果と計算結果の空間波形を比較したものである。なお、Fig.3 下段の観測データは Photo.1 を読み込んだものであり、計算では表現できないが実際は巻き波砕波を起こしている。

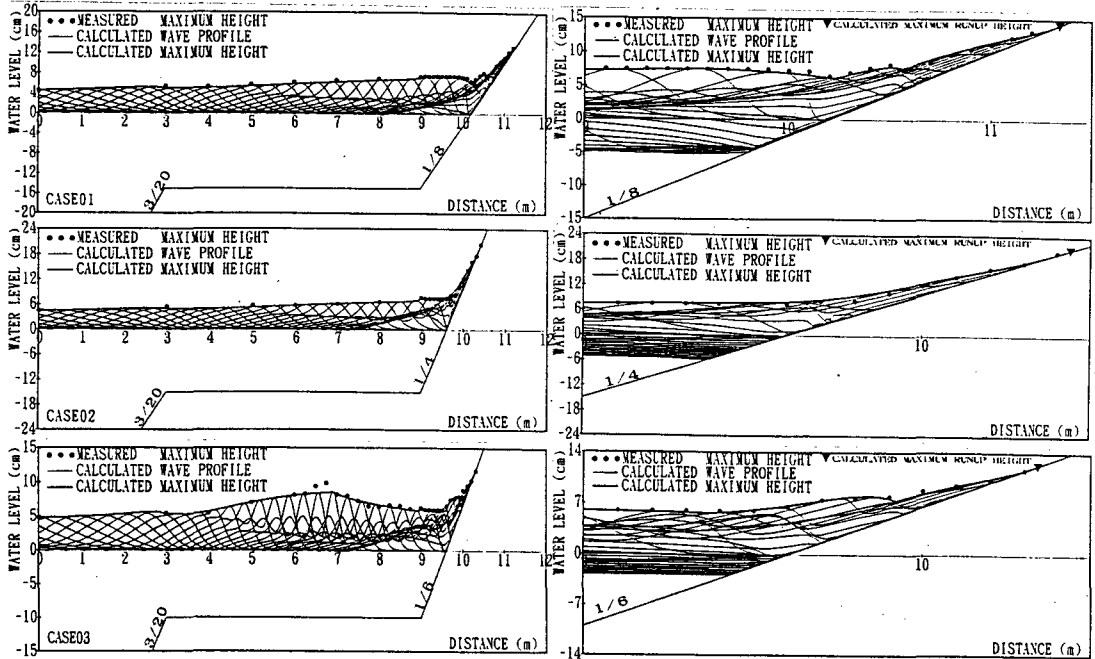


Fig.2 Comparison between measured and computed maximum wave height and runup height.

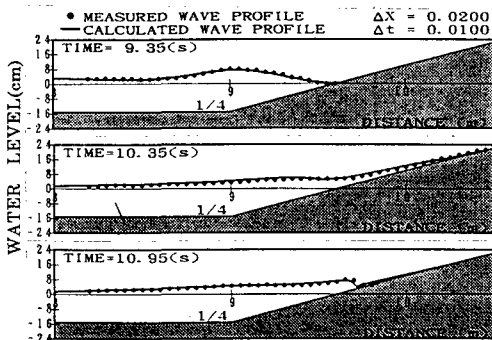


Fig.3 Comparison between measured and computed wave profile.



Photo.1 Measured wave profile.

4. おわりに

計算結果は、波高水深比の大きい場合に波高が過小評価となるが、実験値と全般的に良く一致しており、本モデルの妥当性が確認できたと考えられる。今後は、非線形分散波理論の適応限界に関する検討および砕波モデルを用いた実海域に関する数値計算を行う予定である。

参考文献

- 藤井直樹・大森政則・高尾誠・金山進 (1996) : 津波の流速計算に関する研究, 第 43 回海岸工学論文集, pp.291-295.
 原信彦・後藤智明(1997) : 2 段階混合差分法による非線形分散波の数値計算, 東海大学紀要工学部, Vol.37, No.2, pp.101-107