

II - 76

急拡を過ぎる孤立波の数値計算

東北大学大学院 学生員 ○林雄一郎

東北大学大学院 正 員 田中 仁

1. 研究目的

非線形性あるいは分散性を考慮した波浪場の計算は、波力・波の打ち上げの現象や構造物との干渉問題を考える上で重要であり、また港への波の入射条件として津波・高潮を想定すると、沿岸保全という観点から見ても有効な手段といえる。本研究では富澤ら¹⁾が行った急拡部を有する水理模型実験の結果を検証データとし、Boussinesq方程式をもとにその再現計算を行った。

2. 計算対象および計算条件

富澤ら¹⁾が用いた水理実験装置をFig.1に示す。静水深は全領域55cmの水平床で $y = 350(\text{cm})$ で100cm拡幅する。 $y = 0(\text{cm})$ で周期1.5sec、波高水深比約0.1の孤立波を造波させ、水位・流速を空間的に配置された各測点で測定した。支配方程式には従来のBoussinesq方程式系のModel1と水平拡散項を含むModel2の2つのModelで計算を行った。すなわちModel2はBoussinesq方程式に水平拡散による運動量補正項を付加したものである。この運動量補正項の式に含まれる渦動粘性係数 ν_t は、 k および ε の輸送方程式を運動の式と連立させて解く水深平均 $k-\varepsilon$ モデルにより空間分布的に決定される。 $k-\varepsilon$ モデルには流線の曲がりなど適宜修正を加えた²⁾。数値計算には、水位と流量の格子点を半分づつずらした差分格子を用い、ADI法により数値積分する。分散項を十分な精度を持って離散化するためにMadsen *et al.*³⁾を参考に空間格子幅 $\Delta x = 5(\text{cm})$ 、時間ステップ $\Delta t = 0.01(\text{sec})$ とした。空間差分には2次以上の精度を持ったスキームを使用し、打ち切り誤差による粘性が流れの拡散と区別がつくようになっている。鉛直壁では完全反射とし、入射境界条件としてクノイド波の極限を取った孤立波の第1次近似を与えた。

3. 計算結果

造波条件を厳密に計算に反映することは難しく、今回は進行波的性質が支配的な範囲に解析を限定する。まず急拡前の流速はFig.2(b)のPoint Bより、十分な精度を持っているため、急拡を通過する初期条件として適切なことを確認した。急拡通過後に位置する測点G、Jは、波伝播方向直角方向に相当する x 方向流速に、広がりを示す特徴的な流況が観測されている測点である。軸の向きがFig.1のようであるため、広がりを表す流速はFig.2(a)中、負で表される。計算値は実験で観測された値とほぼ一致するが、Model1とModel2の差異はほとんど見られない。急拡部近傍では速度勾配が大きく、したがって運動量の横断方向に拡散されると予想したが、期待していたほどの拡散効果は得られなかった。実際の運動量の広がりは主に空間的な圧力勾配によって行われたと推察する。しかしFig.3に見られるように、Model2による計算では隅角部で k が最大値になるような、流れ場に対応した空間分布が得られる。今後、各種物質の輸送の問題を取り扱う際には、このような乱流特性の平面分布が必要となる。本モデルはこの様な問題への応用が可能である。

4. 結論

Boussinesq方程式を用いて急拡部を通過する孤立波を対象にし、水位・流速の再現計算、運動量拡散について評価を行った。主峰広がり幅等、既存の実験値と良好な一致を示すことによって、本計算法の妥当性を明らかにした。

参考文献

- 1) 富澤 大・新村文彦・首藤伸夫(1990): 急拡部を通過する津波の水理特性, 海岸工学講演会論文集, 第37巻, pp. 131-134.
- 2) Leschziner, M. A. and Rodi, W. (1981): Calculation of annular and twin parallel jets using various discretization schemes and turbulence model variations, J. Fluids. Eng., Transactions, ASME, Vol. 103, pp. 352-360.
- 3) Madsen, P. A., R. Murray and O.R. Sorensen (1991): A new form of the Boussinesq equations with improved linear dispersion characteristics, Coastal Eng., Vol. 15, pp. 371-388.

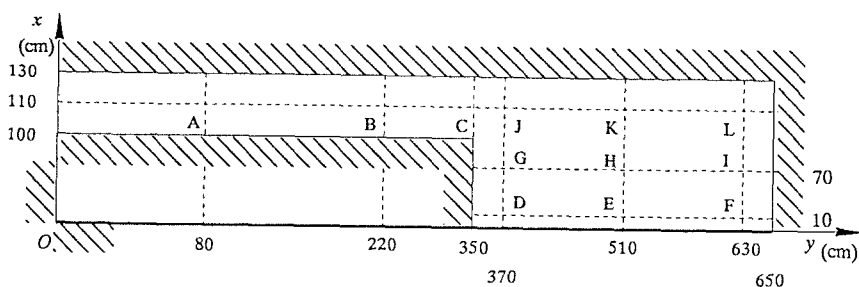


Fig.1 水位および流速測定点

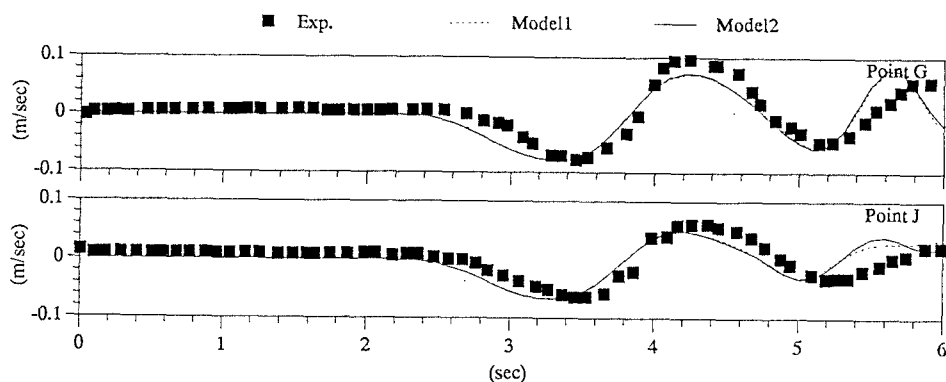


Fig.2(a) x 方向流速時系列波形

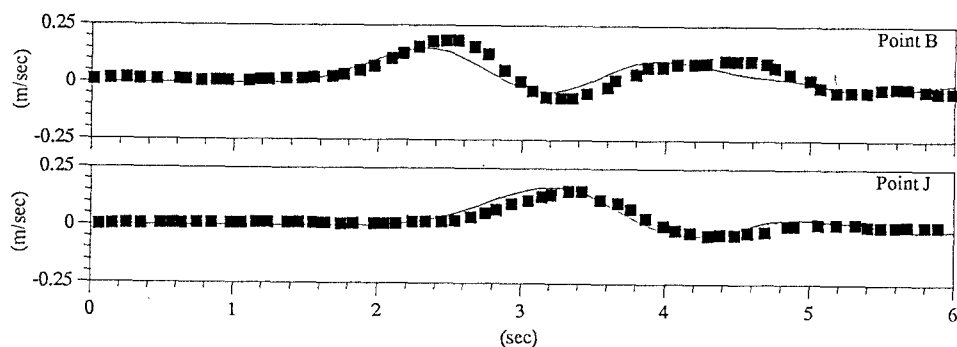


Fig.2(b) y 方向流速時系列波形

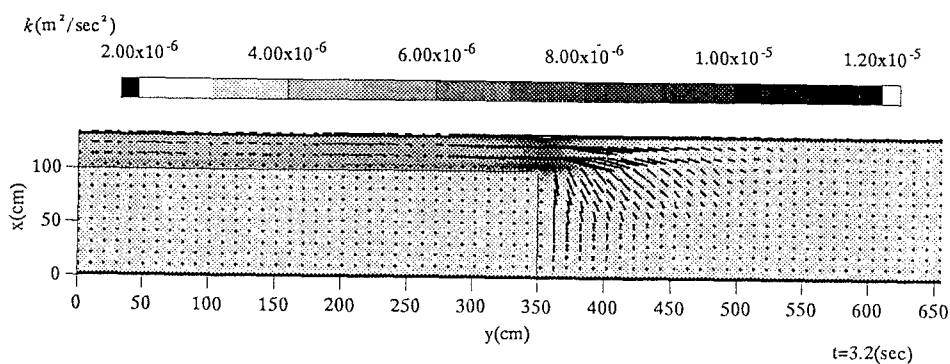


Fig.3 乱流エネルギーと流速の空間分布