

II-148

斜面上で砕波する内部波の数値計算の検証

大成建設(株)技術研究所 正員 上野 成三
 東京工業大学大学院情報理工学研究科 正員 灘岡 和夫
 大成建設(株)技術研究所 正員 ○高山百合子
 同上 正員 勝井 秀博

1. はじめに

沿岸域の海水交換や鉛直混合にとって、内部波の砕波が重要と言われているにも関わらず、通常環境アセスメントで用いられる流動計算では内部波の影響を全く考慮していない。この理由として、現地海域の内部波の特性がよく分かっていないことに加えて、内部波を再現できる計算手法が確立されていないことが上げられる。そこで、内部波の砕波の水理実験¹⁾を対象とした再現計算を行い、現状の流動モデルにより内部波の砕波がどこまで再現できるかを検証し、その問題点を明らかにする。

2. 内部波の計算方法および条件

本計算では、静水圧近似を仮定し $k-\epsilon$ モデルを導入した流動計算と、塩分の移流拡散計算を行った。対象とした水理実験¹⁾、計算条件の諸元を図-1、表-1に示す。実験は、2次元水槽(長さ18m×幅0.4m×高さ0.65m)内に塩分躍層を作り、孤立波状の内部波を造波するものである。内部波は斜面上で砕波し、その後、段波となって斜面を遡上する。実験では、シュリーレン法により可視化された内部界面の連続写真、および、内部界面変位と密度の経時変化が得られており、これらを計算の検証データとして用いた。計算で特に留意した点は計算格子の解像度である。内部波形の前傾化やover-turningが再現できる様に、水平方向の格子幅は約2cm(内部波長の約1/260)、鉛直方向は σ 座標で水深を72分割(最大幅で0.5cm)と高解像度の計算格子を設定した。 σ 座標で問題となる密度成層下の地形急変場で生じる数値拡散はクリープ補正²⁾を用いて軽減した。外洋側の開境界で塩分 S を時間変化させて下に凸な内部孤立波を発生させた。

3. 計算結果の検証

斜面上の内部砕波と砕波後の段波の遡上を比較する(図-2)。実験結果の特徴として、無次元時間 $tc_0/L=2.64$ で内部波が前傾化し、 $tc_0/L=2.74$ で内部波が砕波して、先端部に2次造波された内部波が見られる。その後、時間が経過するにしたがって先端部の内部波は複数に分裂する。これに対して、計算結果では、内部波の前傾化・砕波までは実験結果との一致度が高く、砕波後の段波の遡上や砕波に伴う鉛直混合も再現された。ただし、実験で見られた先端部の2次的な内部波は再現出来ていない。これは、実験では密度界面がシャープであるため砕波の攪乱により新たな内部波が発生するのに対して、計算では数値拡散により密度界面がややぼやけてしまい、内部波の2次的な造波が生じにくいことが原因と考えられる。ただし、現地海域ではこれほどシャープな密度界面が形成されることはなく、計算の数値拡散が問題となる状態は生じにくいと予想される。次に、斜面上の3点(図-1参照)における密度界面位置と密度の経時変化を比較する(図-3)。斜面開始部(C1)と斜面中間部(C2)ともに計算値と実験値は良く一致し、内部波の伝播速度、浅水変形による波高増大が精度良く再現できた。一方、砕波後の段波が遡上する斜面後半部(C3)では、計算値と実験値との差異が大きい。実験で見られる短周期の密度変動は計算で再現できず、また、計算の段波到達時間は実験に比べて遅い。これは、砕波に伴う2次的な内部波の生成が計算で再現できないこと、実験に比べて計算の方が段波のエネルギー減衰が大きく遡上速度が遅くなることが原因である。ただし、密度変化の全体的傾向は両者で似ており、段波の伝播や砕波に伴う混合の定性的特徴は再現できている。

4. まとめ

内部波の砕波の水理実験結果を用いて流動計算の検証を行った。その結果、計算は、内部波の伝播・砕波位置・砕波後の段波の伝播などを良好に再現できることが明らかになった。今後の課題として、砕波後の段波のエネルギー減衰や砕波に伴う内部波の2次造波の再現性の向上が上げられる。

キーワード：内部波，内部砕波，海水交換，鉛直混合，乱流モデル，計算グリッド

〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町344-1 TEL 045-814-7234, FAX 045-814-7253, E-mail seizo.ueno@sakura.taisei.co.jp

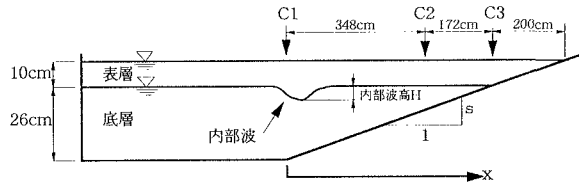
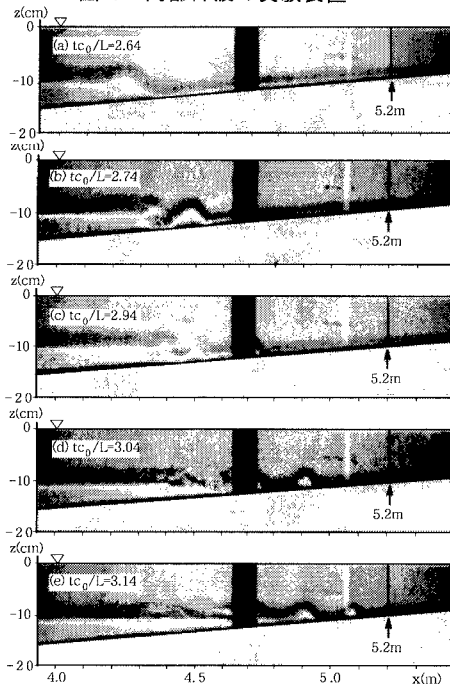


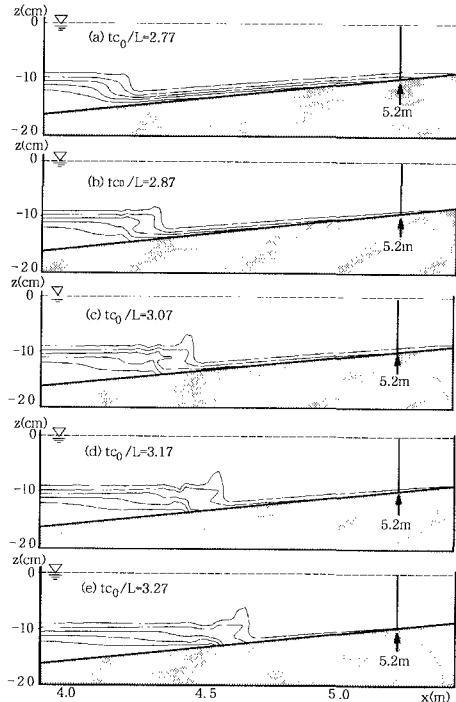
図-1 内部砕波の実験装置¹⁾

表-1 計算条件の一覧

内部躍層条件		内部波諸元		斜面条件	
表層(水深0~9cm)	底層(11cm以深)	波高H	周期T	斜面勾配	斜面長さ
塩分0	塩分31.7	2cm	23s	1/20	6.6m
水深9~11cmは線形分布					



(1) 実験結果¹⁾ (内部界面の可視化写真)



(2) 計算結果 (S=5,10,15,20,25の等塩分線)

図-2 斜面上での内部砕波の計算結果と実験結果の比較

tc_0/L :無次元時間, t :経過時間, c_0 :内部波速(13.1cm/s), L :内部波長(520cm).

tc_0/L は計算の出力時間と実験で多少のずれがある. 矢印の5.2m位置:内部界面と斜面が交差する点.

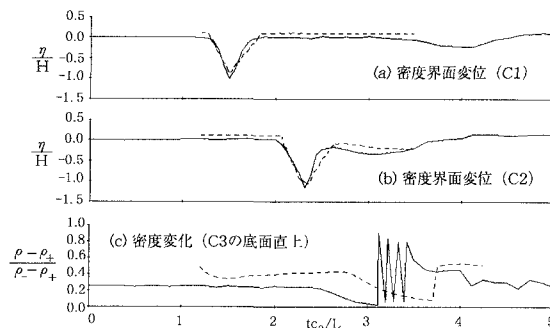


図-3 内部界面変位・密度の経時変化の比較 (—:実験値, ----:計算値)

η :密度界面変位, H :内部波高, ρ :密度, ρ_+ :表層密度, ρ_- :底層密度.

<参考文献>

- 1)Helfrich, K.R.(1992):Internal solitary wave breaking and run-up on a uniform slop,J.Fluid Mech. val.243,pp.133-154.
- 2)Stelling, G.S. et al.(1994):On the approximation of horizontal gradients in sigma co-ordinates for bathymetry with steep bottom slopes, Int. J. Num. Meth. Fluids, vol.18, pp.915-955.