

II-32

重合波浪場における碎波シミュレーション

東京工業大学工学部 フェロー 灘岡 和夫
清水建設和泉研究室 正会員 清川 哲志
東京工業大学大学院 田村 仁

1. はじめに

最近の非線形分散性波動理論の発展は、任意水深上での任意スペクトル形状の非線形不規則波の時間発展計算をも可能にし、さらにごく最近では、碎波および碎波後のモデル化についてものいくつかの進展が見られ、1次元波動場については碎波を含む一般的な条件下での波浪計算が可能になりつつある。これに対して、多方向平面波浪場に関しては、ポイントとなる任意の多方向場での碎波のモデル化がほとんど進んでいないことから、碎波まで含んだ形での多方向平面波浪場計算は、まだほとんど行われておらず、そのことがこの種のモデルの実用化にあたって残された大きな課題となっている。本研究では、1次元規則波・不規則波において有効性が検証されている灘岡・大野(1997)の碎波モデルを拡張し、多方向平面波浪場へ適用可能とすることによって、同モデルを、海浜流計算や漂砂計算といった今後の様々な応用展開への可能性を高めることを目的としている。

2. 碎波帯内波動モデル

(1) 多方向波浪場での碎波条件

ここでは、碎波判定条件として、灘岡ら(1996)による“free-fall condition”, すなわち水表面近傍の鉛直圧力勾配がゼロになることによって水塊が自由落下状態に至ったときを碎波と判定する条件を用いた。従来の碎波判定条件としては、水平流速と波速の比を用いる方法等が用いられているが、その場合、多方向波浪場での任意の点での「波速」をどのように定義し算定するかという原理的な難点が存在する。これに対して、本研究で用いる鉛直圧力勾配に基づく碎波判定条件は、それがスカラー量であることから、多方向波浪場であっても原理上問題なく適用可能になるものと考えられる。

(2) 碎波帯内波動モデルの概要

碎波帯内波動モデルとしては、灘岡・大野(1997)の水深積分型乱れエネルギー方程式と連動させた波動モデルをベースとして用いた。これは、碎波帯内の乱れの非平衡性を考慮して、乱れエネルギーの発生・消散・移流・拡散過程を含む1方程式型乱流モデルとなっており、そこから算出できる渦動粘性係数を用いて、運動方程式中に含まれるレイノルズ応力項を評価する。この波動モデルの平面波浪場への拡張は原理的に問題なく行えるが、平面波浪場への拡張に当たって、碎波による乱れエネルギーの供給過程の評価をより一般化することを試みた。

3. 重合波浪場における数値シミュレーション

(1) 計算条件

計算領域は、1/15の一樣勾配斜面上に、岸沖4m、沿岸8mの水域を設定し、境界条件は沿岸方向は不透過のslip条件とし、岸側は透過条件、沖側は造波境界とした。また、造波条件としては、周期1秒、振幅3.5cm、入射角45度と135度の2方向入射による重合波動場とした。また、計算時間刻み幅、及び、各方向

キーワード：碎波判定法、水深積分型乱れエネルギー方程式、重合波浪場

連絡先：〒152-8552 目黒区大岡山2-12-1 Tel 03-5734-3486 Fax 03-5734-2650

格子幅はそれぞれ、0.01秒、0.05mとした。

（2）計算結果と考察

図-1は、入射開始から5.5秒後の水位分布と碎波判定条件により判定された碎波点（図中●印）を示したものである。波形は岸に近づくにつれて非線形性が増大し、波峯の重合パターンがひし形から六角形パターンに変化するとともに、重合部分で碎波が発生していることがわかる。図-2、図-3には同時刻における鉛直圧力勾配と乱れエネルギーの値の平面分布を示している。この時、計算領域の中央部において鉛直圧力分布が負になっている。また、それより以前に岸側で碎波したところでは、乱れエネルギーが拡散している様子がよく解る。

また、本モデルの妥当性を検証するために東京工業大学水工実験室多方向平面造波水槽を用いて、数値計算と同じ条件下での室内実験を行い碎波位置を抽出することを試みた（ただし、碎波判定は目視により行い、また、水槽の両側には導波板を設置して不透過のslip条件となるように設定した）。図-4は、碎波開始から1秒間の碎波点の計算値と実測値を比較したものである。これを見ると、まず2方向から来る入射第1波目の波高の小さな波が岸側の干渉している所で碎波し、続いて第1波目と波高の大きな第2波目がそれより沖で碎波している様子が解る。またそれ以降の波高が一定となった重合波浪の碎波はさらにそれより沖側で同一水深のラインで碎波している。また室内実験結果との比較については、実験値の方がやや岸よりで碎波しているものの、両者の一致は良好である。このことから、本モデルで最も重要となる多方向波浪場での碎波点判定の基本的な妥当性が確認できた。

4. 結論

灘岡・大野（1996, 1997）による碎波帯内波動モデルを多方向平面波浪場に拡張し、その検証を多方向造波水槽による室内実験と比較することにより行った。その結果、多方向波浪場での非線形干渉過程の特徴を再現するとともに、多方向波浪場へのモデルの拡張の際のキーポイントとなる、多方向波浪場での碎波の評価を本モデルにより合理的に行えることが確認された。

参考文献：1）灘岡和夫，大野修史，栗原礼：波動場の力学状態に基づく碎波過程の解析と碎波条件，海岸工学論文集，第43巻，1996。 2）灘岡和夫，大野修史：水深積分型乱流エネルギー輸送方程式を連結させた碎波帯内波動モデルの提案，海岸工学論文集，第44巻，1997。

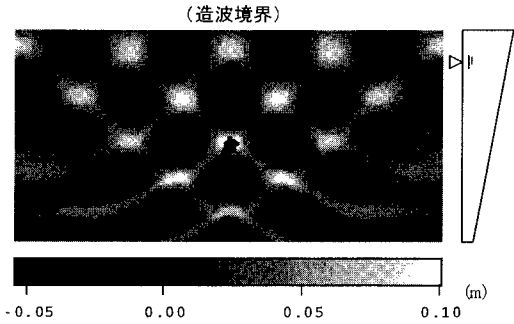


図-1 水位分布と碎波点に関する計算結果 (t=5.5s)

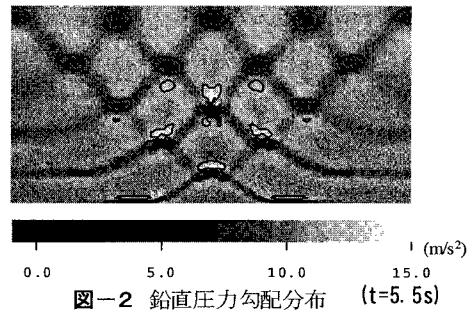


図-2 鉛直圧力勾配分布 (t=5.5s)

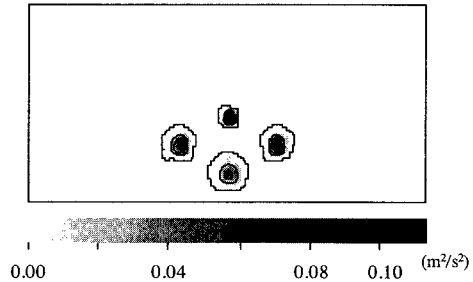


図-3 乱れエネルギー分布 (t=5.5s)

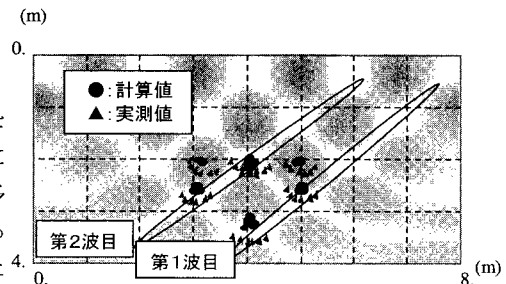


図-4 碎波位置に関する計算結果と実験結果の比較（碎波開始1秒間）