

愛媛大学工学部 正 員 山口 正隆
 泉鋼業株式会社 正 員 細野 浩司
 愛媛大学大学院 学生員 〇川原 博満

1. 緒言：従来の海浜流モデルでは微小振幅波理論に基づき波特性の評価が行われてきたが、砕波帯を含む浅水部では、波の非線型性の影響が増大するので、砕波帯近傍の動力学現象をより明確にするためには波の有限振幅性を考慮した海浜流モデルを展開する必要がある。著者らはこうした立場からすでにクノイド波理論に基づいて波特性を評価した海浜流の数値モデルを提案したが、本研究ではひきつづきStokes波理論に基づく海浜流の数値モデルを提案し、平行等深線地形および任意海底地形に対する計算結果の考察から波浪変形および海浜流に及ぼす波の有限振幅性の影響を明らかにし、さらに実験結果との比較から、本モデルの妥当性を明らかにする。

2. 数値計算モデル：モデルに使用した方程式は波浪変形計算に対して、波数の保存則および非回転条件より導かれた波数成分に関する方程式とエネルギー平衡方程式であり、平均水位変動および海浜流の計算に対しては、鉛直方向に積分した連続方程式および質量輸送項をも含む運動量方程式である。

この場合、エネルギー平衡方程式におけるエネルギー逸散項として底面摩擦を考慮するとともに、砕波によるエネルギー逸散を Battjesの段波モデルおよび砕波指標モデルによる2つの方法によって評価した。そして、各方程式に現れる波特性量の評価には波速の第1定義または第2定義によるStokes波の第4次近似解を用いた。具体的な計算法としては、広範囲なパラメータの値に対してこれらの波特性量の数表をあらかじめ作成しておき、各計算段階で現れる波特性量に対して数表の内挿計算を通じて中間値を推定する方法を採用する。有限振幅波理論を使用すると、内挿計算の導入により多少プログラムが複雑になるが、基本的な計算の流れは著者らによる線型モデルおよびクノイド波理論によるモデルとほぼ同じである。

3. 計算結果および考察：図-1は微小振幅波理論の値で無次元化した波エネルギーと D/H の関係を $T\sqrt{g/D}$ をパラメータとして示したものである。この図によると、 D/H が小さく、 $T\sqrt{g/D}$ が大きいときほど波エネルギーは微小振幅波理論によるものより小さくなっており、このことから微小振幅波理論は波特性を過大評価するといえる。つぎに、図-2は平行等深線地形を対象としてStokes波理論に基づく非線型モデル（段波モデルおよび砕波指標モデル）および線型モデル（砕波指標モデル）による

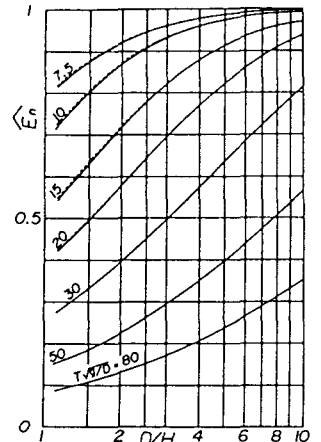


図-1

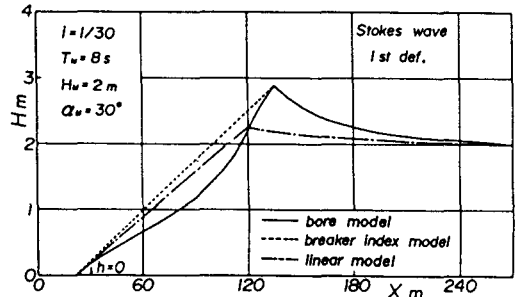


図-2

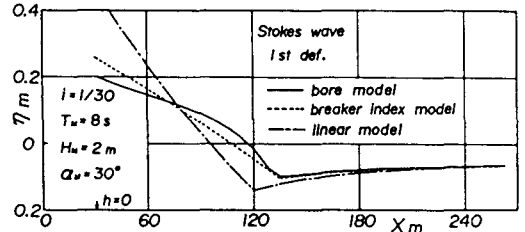


図-3

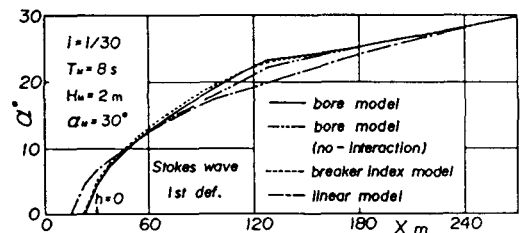


図-4

計算結果を比較したものである。まず非線型モデルによると、砕波に至る過程での波高増大率が線型モデルより大きいので、砕波点は沖側に移動するとともに、砕波減衰項の評価に段波モデルを使用した場合には砕波帯内での波高はより急激に減少する。その結果、図-3に示すように、非線型モデルによるset-downの最小点も沖側に移動するが、set-upは微小振幅波理論による結果の1/2程度しか生じない。また、段波モデルによる波高減衰は砕

波指標モデルによるものよりかなり急激であるが、set-upの特性にそれほど差は生じない。ついで、図-4に示す屈折に伴う波向は、微小振幅波理論では汀線に向かって滑らかに減少するのに対して、Stokes波理論では水深減少に伴って波向は減少するものの、砕波点近傍ではその減少率が次第に鈍化するのに対して、砕波帯では微小振幅波理論よりも急減する。一方、図-5によれば、沿岸流速最大の位置は砕波点の移動に伴い沖側に移るけれども、沿岸流の分布形および絶対値はほぼ対応していることは興味深い。図-6および図-7はNodaによる対称凹型地形に対して、海浜流分布の計算を砕波指標モデルを用いた非線型モデルおよび線型モデルについて示したものであり、いずれの結果においても領域中心線を対称軸とした循環流が沖合と汀線近傍にそれぞれ左右対称に形成されているが、非線型モデルによる流速の絶対値は、線型モデルによるものよりかなり小さいし、砕波点が沖合に移動することに対応して、循環流の中心もより沖合に位置している。つぎに、図-8および図-9は、波高および平均水位変動に対するHansenおよびSvendsenの実験結果との比較から本モデルの妥当性を調べたものである。まず図-8によれば本モデルによる計算結果は線型モデルに比べて実験値にかなり近い値を与えるが、実験結果よりも波高増大率がやや大きいために砕波が幾分早く起こる。この結果、図-9に示すように、本モデルは砕波帯内でのset-upを過大評価するけれども、砕波に至る過程では実験結果をよく再現している。なお、実験結果と計算結果におけるset-upの変化位置がずれるのは、plunging pointから平均水位の上昇が始まるという現象を従来のすべての数値モデルと同様にモデルにおいて考察していないためであり、この点に関する改良が必要である。

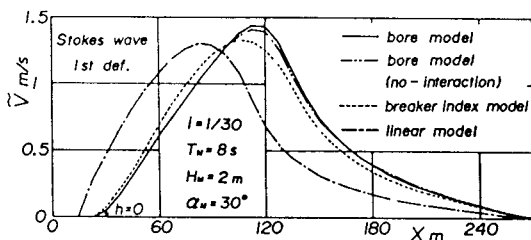


図-5

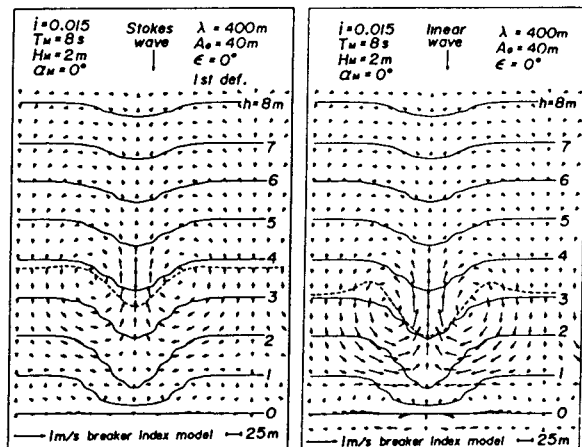


図-6

図-7

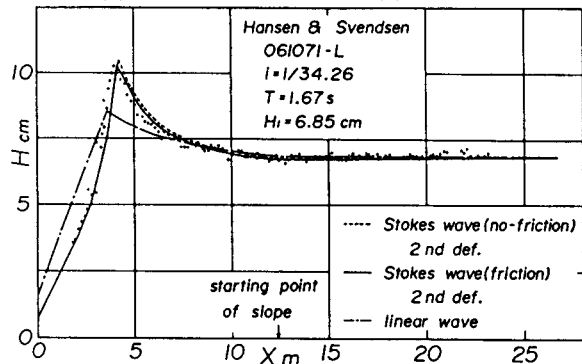


図-8

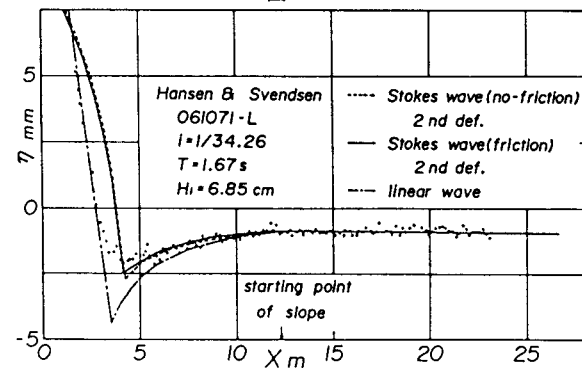


図-9