

波による質量輸送を考慮した非定常海潮流の数値解

愛媛大学工学部 正員 山口 正隆
前田建設工業(株) 田辺 秀雄
大阪府土木部 正員 ○西岡 洋一

1. まえがき：海潮流の数値モデルに関しては、Nodaの研究をはじめ、近年多くの研究が実施されてきたが、これらのモデルは主として定常解を求めるものであり、過渡状態における非定常海潮流の数値計算法は確立されていない。また基礎方程式を見ると、流れは海潮流と波による質量輸送速度の和として表わされているにもかかわらず、後者はオーダ的に小さいとして無視されている。そこで、本研究では質量輸送項を導入した非定常海潮流の数値モデルを作成し、平行等深線地形およびNodaによるモデル地形に対する計算結果の考察から海潮流に及ぼす波の質量輸送項の影響や過渡状態における海潮流および地形性循環流の特性を検討する。

2. 数値計算モデルおよび数値計算法：モデルに使用した基礎方程式は波数および波向に対して、波数の保存則と波数の非回転条件（非定常解析法）あるいは定常状態における波数の保存則と波数の非回転条件（定常解析法）、波高に対して非定常エネルギー平衡式あるいはwave actionの保存則および合田の破波条件式、平均水面変動および海潮流に対して鉛直方向に積分された連続式および運動量方程式であり、波数および波向計算は非定常解析法および過渡状態においても定常解で代用する定常解析法の2種類によっている。モデルに考慮されている項は質量輸送項、波と流れの干渉項、非線型底面摩擦項、非線型移流項および水平混合項などである。数値計算は差分法によることとし、側方境界条件として沿岸方向に関する周期性境界条件が、また沖および岸では流速およびset upが0という条件が用いられた。そして定常解を得るための計算では、微小な波高から漸次波高を増大させながら、これらの方程式を交互に繰り返して計算して収束解を得たし、また過渡解を得るために実用上無視できる微小な波高に対して定常解を得たのち、沖側での波特性を急激に変化させて非定常計算を行なった。

3. 計算結果および考察：平行等深線地形およびNodaによる3種類のモデル地形（ゆがみを有する凹型地形、対称凹型地形および対称凸型地形）を対象として波による質量輸送項をはじ

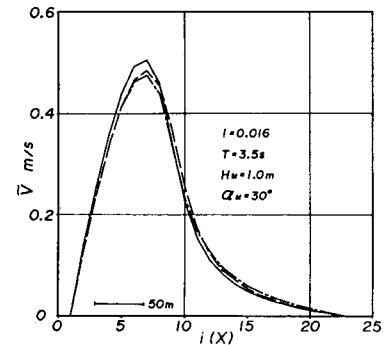


図-1 沿岸流に及ぼす質量輸送項の影響

めとする各項を変えた計算を行い、それぞれの条件に対する定常解の比較から海潮流などの特性を考察した。まず平行等深線地形に対して質量輸送項の沿岸流への影響を示したのが図-1であり、図中の実線および点線はそれぞれ質量輸送無、有の場合であり、また点鎖線は波の変形計算においても質量輸送を考慮した場合である。この図によると、質量輸送項は沿岸流分布を平滑化するが、その程度はそれほど大きいとはいえないし、質量輸送項の影響は平行等深線地形に対して最も顕著であって一般地形の場合にはあまり大きくない。つぎに、図-2 およ

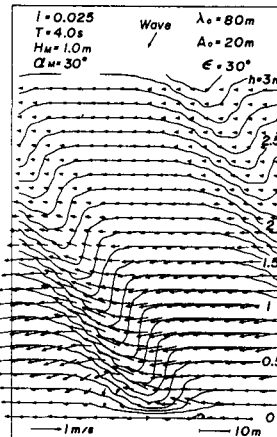


図-2 非対称凹地形上の海潮流(1)

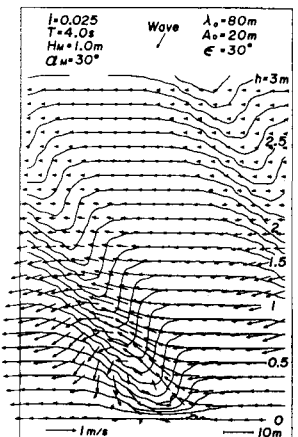


図-3 非対称凸地形上の海潮流(2)

図-3はそれぞれ非線型移流項を考慮する場合と無視する場合のゆがみを有する凹型Noda地形に対する毎潮流分布を示したものである。非線型移流項を無視した図-3では地形性循環流の規模が大きくなり、流向流速とも大きく変化している。このほか定常解析法、非定常解析法あるいはエネルギー平衡式、wave actionの保存則のいずれを用いても計算結果は一致すること、水平混合項を小さくすると若干循環流が形成されやすくなり、一方線型底面摩擦力式を用いると潮流方向の沿岸流成分がより大きくなり、循環流の形が圧縮されることなどがわかった。

図-4および図-5はそれぞれ波と流れの干渉項を考慮した場合と無視した場合の対称凹型地形上の定常解析法に基づく毎潮流分布を示したものである。干渉項を考慮した図-4では地形の対称軸を中心としてそれぞれ反対の回転方向をもつ二組の循環流が形成されており、凹部では離岸流となるし、また岸側ごく近傍では凹部で小さな向岸流となる偏平でかつ小さい一組の循環流が見出される。一方、干渉項を無視した図-5では流速の絶対値が全体的にかなり増大し、とくに岸側では流速のみならず流向が大きく変化するとともに、図-4に見出された岸近くの循環流は消滅している。図-6は対称凸型地形上の毎潮流分布を示したものである。図-4

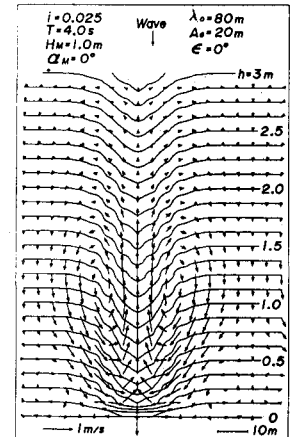
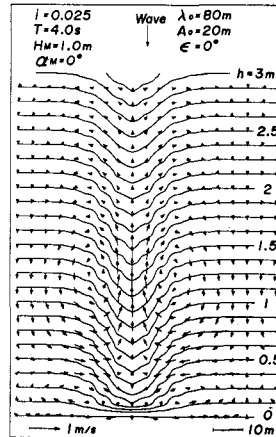


図-4 対称凹地形上の海浜流(1)と比較すると地形の起伏が少ないため、流速そのものは小さいが、流況は丁度逆になっている。つきに、非定常状態における毎潮流の変化特性を調べるために、まず沖波波高2cmという実用上ほとんど問題にならない程度の波高をもつ波に対して定常解を得たのち、急に沖波波高1mを与えて過渡状態における波と流れを求めた。図-7および図-8は海底勾配0.016の平行等深線地形の場合の岸沖方向流速と沿岸方向流速の時間変化である。この図によると、波特性がその急激な変化を汀線まで伝播させたのち緩やかな減衰振動を示すのに伴って、沿岸流速は着実に増大しているのに対して岸沖方向流速はまず場所によらず、やはり減衰振動をくりかえしながら定常値0に収束する。このことは波浪の伝播に伴い、計算領域の水塊が岸沖方向に移動を繰り返しながら静まってゆく現象を示している。そしてこの傾向は一般地形をモデル化したゆがみを有する凹型Noda地形の場合も同様であり、平行等深線地形の場合に比べて振動現象がより顕著になるものの、いずれの計算結果も急速に一定値に収束する。

図-5 対称凹地形上の海浜流(2)

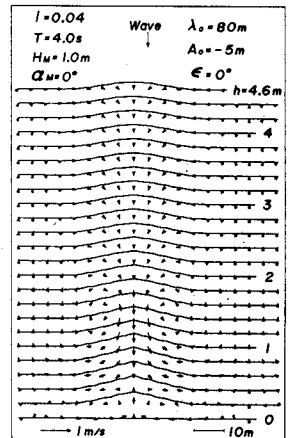


図-6 対称凸地形上の海浜流

また本研究では過渡状態での波数および波向の計算法として非定常解析法と定常解析法を用いたが、両者は定常状態におけると同様過渡状態においても相互にほとんど一致した。

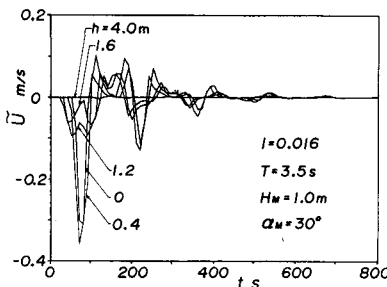


図-7 過渡状態での岸沖方向流速

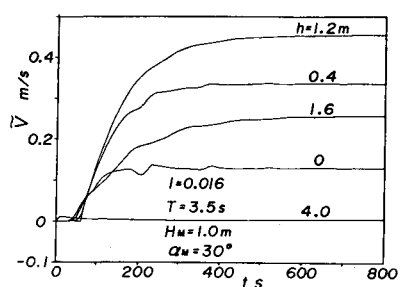


図-8 過渡状態での沿岸方向流速