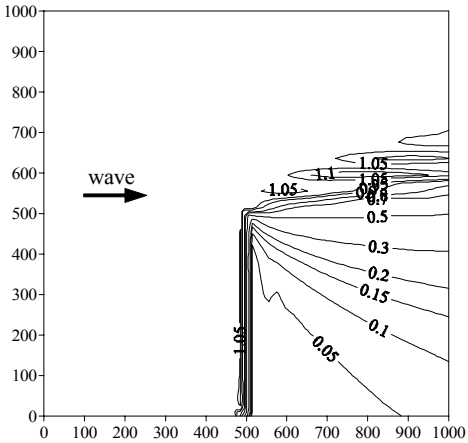
SWAN による回折計算の精度に関する研究

九州共立大学　正会員　○鄢　曙光
九州共立大学　正会員　小島　治幸

１．研究の目的

波浪は，海洋や沿岸域の開発・利用・防災にあたって，最も支配的な自然条件である．このため海域の波浪条件を的確に把握することは重要である．近年，間瀬ら[1)]が開発された回折を考慮したエネルギー平衡方程式の計算法は，実用的なモデルとして広く使われている．しかし，このモデルは風の効果を直接考慮することができない欠点がある．現在，浅海域に適用可能な波浪推算法として SWAN と呼ばれる数値計算モデルが世界的に用いられている．SWAN の計算精度については，橋本ら，間瀬ら，土木学会海岸工学委員会研究現況レビュー小委員会が検討しているが，SWAN による回折計算の精度について触れていない．本研究では，SWAN による半無限堤および開口防波堤背後の波浪変形計算を行い，間瀬らのモデルを用いた計算結果と比較・検討し，SWAN の回折計算精度を確かめる．また，風による北九州空港島の背後の波浪変形計算を行い，SWAN による波浪変形計算の有効性を示す．



図－１単一方向波の計算結果

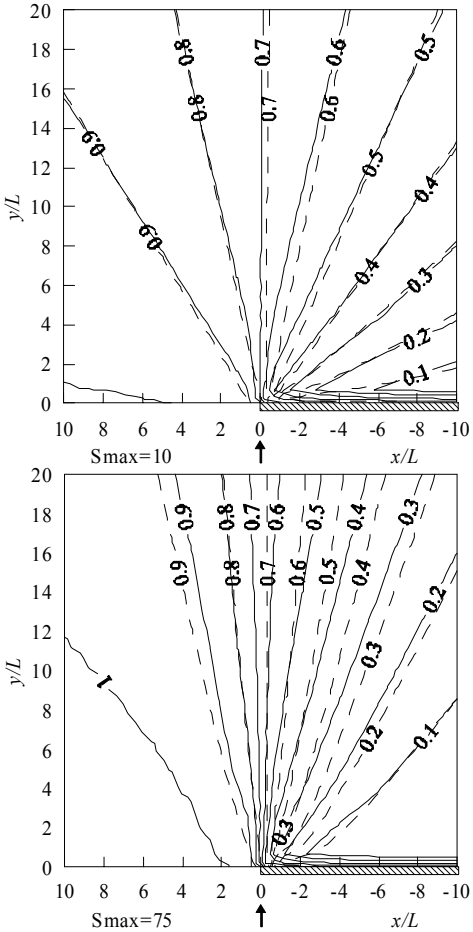
２．回折計算の検証

（１）単一方向波の計算

研究に用いた SWAN 計算法における妥当性の確認とパラメータの設定のため，Enet ら[2)]の計算と同様に，単一方向波における半無限堤背後の回折計算を行った．計算に当たっては，水深 11m，周期 8s，波高 1m，方向分布関数σ=1.5°，$L/\Delta s$=3.5（L は波長）とし，計算結果を図－1 に示す．Enet らの計算に用いたパラメータは公開されていないので，計算パラメータの設定によって，Enet らの計算結果と多少違うが，平滑化係数 smpar=0.01，平滑化回数 smnum=6 と設定すると，ほぼ同じような結果が得られ，SWAN 計算法の妥当性を確認することができた．

（２）半無限堤背後の回折計算

SWAN は光易型方向関数を使用することができないため，合田ら[3)]の論文より光易型方向関数に対応する方向分布関数を設定した．S_{max}=10，25，75 のそれぞれに対応する方向分布関数はσ=30°，22.5°，14°とし，他の条件は単一方向波の計算条件と同じである．また，間瀬らのモデルの計算では，周波数分割を 10，方向分割を 36 とし，$\delta x=\delta y$=20m とした．SWAN による計算結果と間瀬らのモデルによる計算結果とを比較したのが図－２である．図中の実線は SWAN の計算，点線は間瀬らのモデルによる波高比を示している．S_{max}=10 の場合，SWAN による計算値は間瀬らのモデルによる計算値とよく一致する．S_{max}=75 では若干差が出ている．S_{max}=10，75 における SWAN の計算値は 1.0 まで計算できているが，間瀬らのモデルでは，1.0 のラインが示されていない．



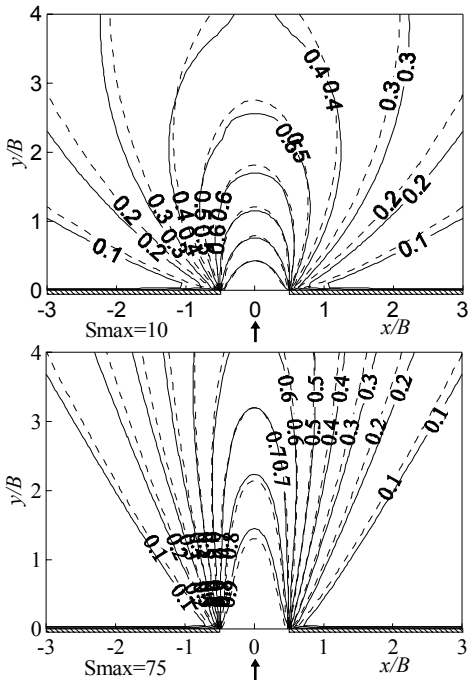
図－2　半無限堤による回折波の波高分布の比較

（３）開口防波堤背後の回折計算

開口幅 B/L=2，8 の 2 種類とし，半無限堤背後の計算と同様に S_{max}=10，25，75 における計算を行った．

キーワード　SWAN，エネルギー平衡方程式，回折計算，波浪変形計算
連絡先　〒807-8585　北九州市八幡西区自由ヶ丘１－８　九州共立大学環境土木工学科　ＴＥＬ093-693-3236

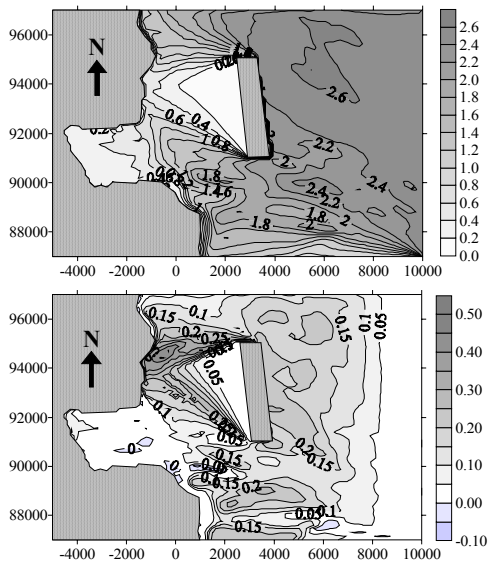
計算に当たっては, 領域 50L×50L の一様水深 h/L=0.12 の場において, 周波数スペクトルとして JONSWAP 型スペクトル，方向関数として間瀬らの計算では光易型方向関数を用い，SWAN の計算では光易型方向関数に対応する方向分布関数を設定し，周波数分割を 10，方向分割を 36 とし，$\delta x=\delta y=2L/5$ とした．SWAN による計算結果と間瀬らのモデルによる計算結果とを比較したのが図－3 である．図中の実線は SWAN の計算，点線は間瀬らのモデルによる波高比を示している．開口幅が広い B/L=8 の場合，S_{max}=10 および S_{max}=75 両方とも，開口部付近回折係数の値が 0.5 より大きいところでは，間瀬らの計算結果とよく一致している．開口部から幅方向の奥に行くにつれ，回折係数の値が 0.4 より小さいところでは，間瀬らの計算結果との差が生じ，SWAN の方が幅方向への広がりが大きくなっていることが分かる．間瀬らによると回折係数の値が小さくなる領域では理論値との一致の程度は良くないと指摘されているが, SWAN による計算は少し改善されたといえる．また，図は掲載していないが，開口幅が狭い B/L=2 の場合，間瀬らの計算結果と多少差はあるが，ほぼ同じような結果が得られた．SWAN 計算法による回折計算の妥当性を確認できた．



図－3　B/L=8 における開口防波堤背後の波高分布の比較

３．北九州空港島背後の波浪変形計算

SWAN の沿岸域への適用性を調べるために，福岡県北九州市小倉南区にある曽根干潟の沖合約 3km に建設された人工島方式の新北九州空港を対象として，空港島の建設による背後の波浪変形計算を行った．計算領域は，南北 10km，東西 15km とし，格子間隔は 20m とした．計算条件は，波向き ESE，入力周期と波高は，6.07s，2.43m とし，ESE 方向 12m/s の風が吹くと吹かずの 2 ケースとした．図－4 の上図は，風を考慮した波高分布の計算結果で，色が薄いほど波高が低くなっている，下図は，風を考慮した計算結果から考慮していない計算結果を引いた差分図である. 空港島の右側は波高が大体 2.0m 以上になっている．また，吹送距離が長くなるにつれ，波が発達し，波高は大きくなっていることが分かる．空港島の左側は，風によって発達した波が空港島の背後では遮蔽効果により波高が減衰している．差分図から風を考慮した方が全体として, 波高が 0.1m から 0.3m 位高くなることが分かる．



図－4　空港島背後の波浪変形計算

４．おわりに

本研究では，SWAN による半無限堤および開口防波堤背後の波浪変形計算を行い，間瀬らの計算結果と比較し，SWAN の回折計算精度を確かめた．また，SWAN による波浪変形計算の有効性を確認するための風を考慮した計算では，波高は 0.1m から 0.3m 位高くなることが分かった．

なお，科研費（No. 19560520 研究代表者：小島治幸）の助成を受けたことを付記する．

参考文献

１）間瀬肇，高山知司，国富将嗣，三島豊秋（1999）：波の回折を考慮した多方向不規則波の変形計算モデルに関する研究，土木学会論文集，第 628 号，II-48，pp.177-187

２）Francois Enet, Alphonse Nahon, Gerbrant van Vledder, David Hurdle (2006): Evaluation of diffraction behind a semi-infinite breakwater in the SWAN wave model, 9th International workshop on wave hindcasting & forecasting Victoria, B.C. Canada, 14p.

３）合田良実，鈴木康正（1975）：光易型方向スペクトルによる不規則波の屈折・回折計算，港湾技研資料，No.230，45p.