

強風下における平均水面変動の数値計算

愛媛大学工学部 正 賀 山 口 正 隆
日本テトラポッド(株) 篠 塚 康 孝
愛媛大学大学院 学生員 〇大 津 正 司

1 まえがき: set up および潮流の数値計算法としては、種々開発されているが、一般的適用のための諸条件をすべて具備した数値モデルは皆無であるように思われる。そこで、本研究では、任意の海底地形に非定常な沖波特性を与えて、shoaling、屈折および碎波による波浪の変形を計算したのち、それらの結果に基づいて、風の影響を含めた潮流および set up を算出する数値計算法を開発するとともに、琵琶湖彦根愛面湖岸における平均水面変動の観測結果との比較検討を行おうとするものである。

2. 数値計算法。計算における基礎式として、まず波向および波高変化を計算するために、波数の非回転条件および波と流れの干渉効果を無視した非定常エネルギー平衡方程式を用い、ついで、潮流および set up を計算するために、連続方程式と、非線型項を無視した x 方向および y 方向運動方程式を用いる。本計算では、まず波および潮流に関する非定常基礎方程式から定常解を求めたのち、その値を初期値として非定常計算を行うので、初めに定常解を得るための計算を行う。なお、側方境界条件としては、Noda による周期性の条件を用いる。一方、岸での境界条件として、最も岸側の点では常に水が来ないように水深を0に保持するものとし、それより沖側で水深が上下するようにしておく。以下計算手順を示すと、まず、波浪特性を求めるために計算領域の最も沖側に、波高、波向および周期を与え、平行等深線の場合の波高変化式と snell の法則により波向および波高の初期値を求める。これらを用いて、波数の非回転条件式から波向を求めたのち、エネルギー平衡方程式によって波高を計算する。そのとき求めた波高を合田の碎波条件と比較して小さい方の値を採用する。つぎに、各格子点の波高および波向から、radiation stress および底面せん断力を計算して、set up および潮流を求めたのち、set up 量を加えた新たな水深を用いて、定常解が得られるまで、再び波浪変形および潮流の計算を実施する。

3 計算結果および考察: 規則波の理論に基づく非定常潮流モデルを現地に対して適用する場合、問題になるのは代表波として何を採用すべきかであるが、ここでは一応、有義波を用いることとした。また、不規則波は規則波に比べてより小さい波高で碎波するという岩垣らの研究を参考にして、合田の碎波条件式における係数を0.11とした。計算にあたっては、波浪の変形計算と潮流の計算を交互に行うことを原則としたが、計算時間の短縮をはかるため、潮流計算20回につき波浪の変形計算を1回程度にすることも可能である。図-1 は、各時点における波高および wave set up の沖方向分布と観測結果とを比較したものである。これらのうち、まず、波高変化についてみると、波高が小さい初期時点においては波高観測点は碎波帯外にあるので、計算結果に近い場合も見出される。しかし、高波高になると、N-1が碎波帯に入り、しかも現地不規則波浪の碎波変形であるので、計算結果と観測結果の対応はあまり良好とはいえない。すなわち、観測結果の波高はN-2で一度減少したのち、N-1では再び増大する傾向があるのに対して、計算結果は岸に近づくほど小さくなっている。一方、wave set up についてみると、計算結果は沖で静水面より下がり、岸側で上昇する傾向を示しているけれども、観測結果の平均水面はほとんど全領域で上昇し、ちょうど、計算結果を上方に平行移動した状態になっている。図-2は波高計設置点N-1、N-2およびN-9における wave set up の時間変化を示したものであり、各地点とも波高の増減に伴った変化をしている。すなわち、N-1では波高が小さい場合には、碎波帯外にあるため、wave set down が生じるが、波高の増大とともに碎波帯内に入り、逆に wave set up を生じる。N-2およびN-9は碎波帯外にあるため、常に wave set down 領域にあたり、高波高の場合ほどその絶対値が増大する。しかし、平均水位の変化をほとんど生じない波浪の発達初期を除いて、計算結果は観測結果をほとんど説明できない。この原因の1つ

として、当時、琵琶湖全体が強風域に入ったために生じた風の吹き寄せ効果によるものが考えられたので、気圧の影響を含まない高潮 (wind set up) 計算を実施した。図-3は10月5日16時2分における wind set up の平面分布を示したものである。この図によると、風向に対して湖の東岸で set up が生じ、中でも北湖南部の東岸で最大値を示しているのに対し、湖の中央から北西湖岸にかけては set down が広範囲で生じている。以上のように、彦根愛面湖岸においては、4~6 cm の wind set up が計算されるので、観測結果と計算結果とを比較する際には、wind set up 計算を考慮する必要があると言わねばならない。そこで、wave set up および wind set up の計算結果を複型的に重ね合わせたものについて、あらためて観測結果との比較を行う。ただし、wind set up の計算は、格子間隔を1 km として行なわれており、したがって、彦根愛面湖岸における数百m程度の領域の平均水位変動分布を再現できないので、同湖岸に相当する領域内の1点の水深を各波高計水深に対応させて3度変更した計算を実施した。さて、前述

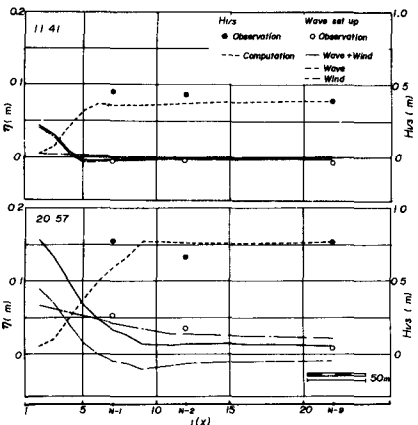


図-1 波高および平均水深の沖方向分布

の図-1には、wind set up の沖方向分布に対する計算結果も図示されているが、wind set up を考慮すると、平均水位は全体的にかさ上げされるので、計算結果は観測結果にかなり近づく。また、図-2には、wind set up の影響を考慮した平均水位の時間的変化も図示されている。この結果によると、最も岸側のN-1および最も沖側のN-9において計算結果と観測結果はかなりよく対応するが、N-2では後者の方が依然として大きい。また、計算結果は風速および波高の減少に伴い、漸減するが、観測結果は比較的一定の値を示す傾向がある。

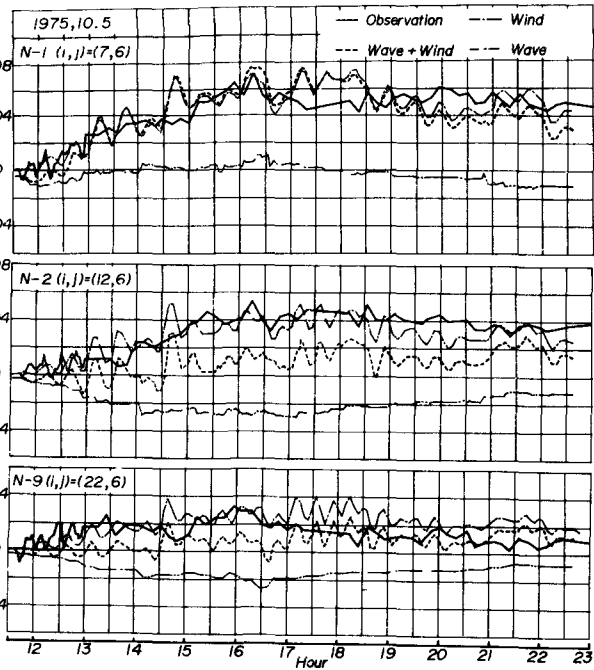
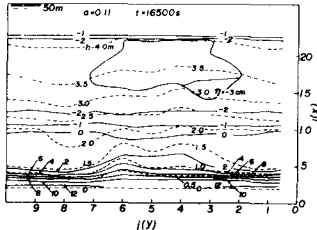


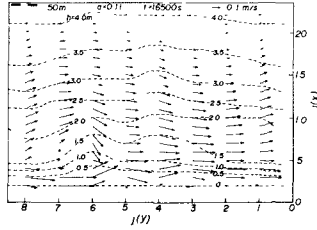
図-2 琵琶湖彦根愛面における平均水面の時間変化

4 ますび：以上のように、琵琶湖彦根愛面湖岸において深海域から砕波帯に至る波浪観測点で得られた平均水位変動は、wave set up のみならず、琵琶湖全域を吹送する強風によって生じる wind set up の影響を考慮すれば、ある程度説明できることがわかる。なお、付図-1および2は非定常波浪のもと

での wave set up および海流の平面分布を示したものである。



付図-1 wave set up の平面分布



付図-2 海流の平面分布

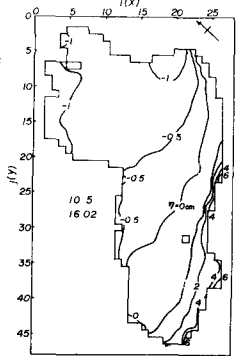


図-3 wind set up の平面分布