

29. ブシネスクモデルを用いた港湾内長周期波浪場の再現性に関する検討

安芸友裕

1. 目的

港湾における係留船舶の長周期動揺を数値計算によって推定するためには、長周期波浪場を精度良く再現することが不可欠である。波浪場解析の数値モデルとして波の非線形伝播を考慮することができるブシネスク方程式が推奨¹⁾されているが、非線形干渉により生じる拘束長周期波の再現性を含めたモデルの精度検証はほとんど行われていない。また、長周期波の水槽実験は困難なことから、モデルの検証には現地観測データを用いるしかないが、沖合の観測値から計算に用いる入射波を得ようとしても、沖合の観測値には海岸からの長周期反射波が含まれるといった問題がある。本研究では、志布志港近傍の海底形状による次元計算の結果をもとに、志布志港の沖合で得られた観測スペクトルから入射波スペクトルを推定し、それを用いた平面計算を行って港内での観測データと比較し、ブシネスクモデルによる長周期波の再現性を検討した。

2. 内容

2.1 現地観測の概略と定常な時間帯の抽出

図-1に示す志布志港若浜埠頭の2地点(St.AとB)において、2004年に波浪計(協和商工製DL-2型)を用いて波高(水圧式)、成分流速についての連続観測が行われている。この観測期間中、沖合にある枇榔(ピロウ)島近傍の海底波高計(ナウファス)についても波高(超音波式と水圧式)と成分流速を連続観測に切り替え、観測データが得られている。定常な長周期波スペクトルを得るには、長周期不規則波の変動性を勘案すると、少なくとも3時間程度が必要になる。そこで、沖合と湾内の観測データからも、波浪場が3時間以上定常と見なせる区間を抽出することとし、このため枇榔島における風波と長周期波の有義波高・周期、および港内A点における長周期波の有義波高・周期の時系列を算定し、その変動が設定した閾値以下となる7通りの時間帯を抽出した。

2.2 次元計算の結果を用いた入射波スペクトルの推定

志布志港近傍の海底形状を用いた次元計算の結果をもとにピロウ島での観測スペクトル(長周期)から任意の水深位置における入射波のスペクトルを推定し、それを用いて平面計算を行った。計算には平山らによるNOWT-PARI Ver.4.6 β を改良したモデルを用いた。計算格子幅は10m、時間ステップは風波有義周期の1/20とし、計算継続時間は4時間とした。次元水路は、太田ら²⁾を参考に、陸域からの反射がほとんど起こらないようにした海域①と、スポンジ層護岸を設けて長周期波成分がほぼ完全に反射する海域②(図-2参照)を設定した。海底形状は、海図上で主たる波向(SSE)に3本の線を引き、それらの線に沿う海底地形を平均したものを用いた。

この海域に対して、抽出した時間帯の観測スペクトル(風波)を入射波とする計算を行い、水深の異なるいくつかのモニターポイントにおいて、水面変動のスペクトルと長周期波の有義波高・有義周期を算定し、それらの変動を比較した。計算結果の一例として8月27日17~20時の

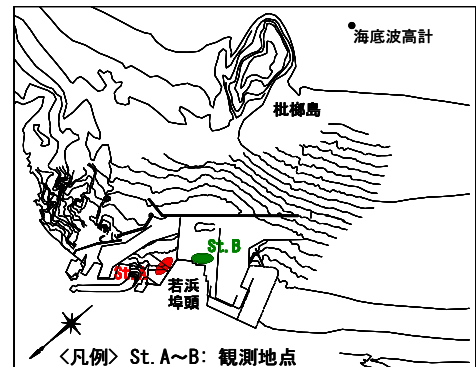


図-1 志布志港における波浪観測位置

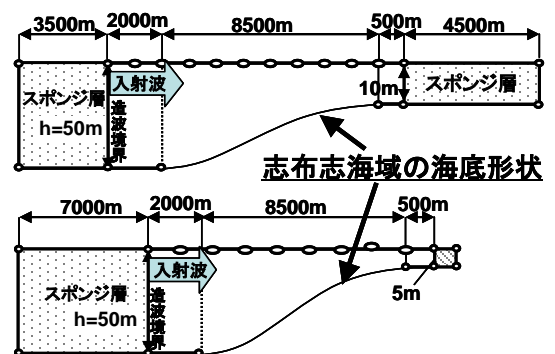


図-2 海域①(上)と海域②(下)の計算条件

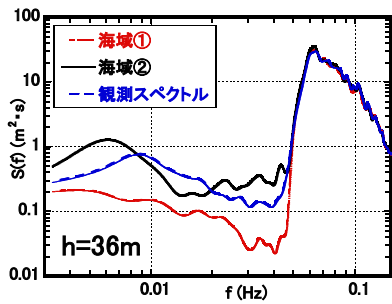


図-3 水深 36mでのスペクトル

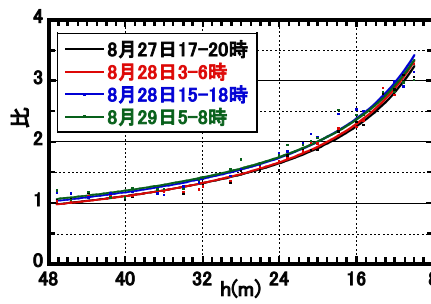


図-4 長周期波有義波高の比

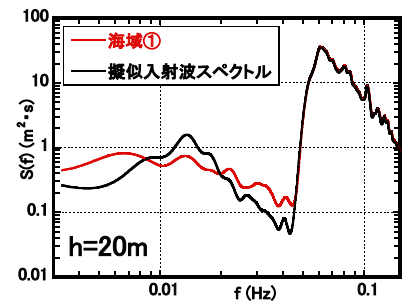


図-5 擬似入射波スペクトル

時間帯の風波を入射させた場合について、枇榔島（水深 36m）における観測スペクトルと海域①と②より得られたスペクトルとの比較を図-3 に示している。図-4 は造波境界付近の一定水深域における長周期有義波高を基準とした各水深での長周期有義波高の比で、水深変化に伴う長周期波の有義波高の変動は、風波の有義波高によらず同じ変動を示すことが分かる。

長周期波と風波が混在する計算は膨大となることから、ビロウ島付近を造波境界とする平面計算での検討は困難である。そこで、まず海域②についての結果より、任意水深でのスペクトルと観測水深（ $h=36m$ ）でのスペクトル比を観測スペクトルに用いて擬似観測スペクトルを算定し、さらに海域①と海域②のスペクトル比を擬似観測スペクトルに用いて、反射波成分を含まない擬似入射波スペクトルを算定することによって、造波境界を港に近い位置に設定し、実質的な検討を可能とした。（図-5 に 8 月 27 日 17～20 時の擬似入射波スペクトルを示す。）

2.3 平面計算による観測値との比較検討

8 月 27 日 17～20 時の擬似入射波スペクトルを入射波とする風波と長周期波を対象とした平面計算をモデル港湾（図-6）で行い、A 点と B 点における観測値と比較した（図-7）。計算格子幅は 10m、時間ステップは 1/20 で、計算継続時間は 3 時間とした。周期 20～50 秒における波のエネルギーレベルは概ね同程度に見えるが、100～300 秒程度の周期帯では再現性は必ずしも良くなく、第一モードのピーク値では計算値が観測値を大きく下回っていることが分かる。

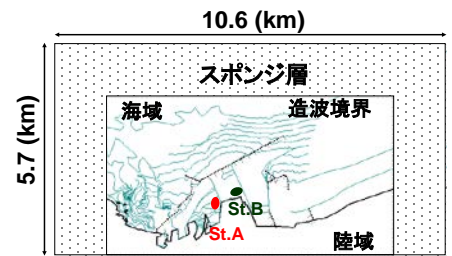


図-6 モデル港湾（志布志港）

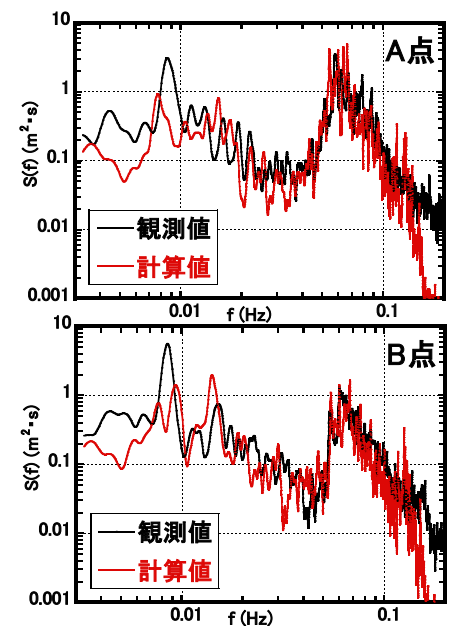


図-7 平面計算結果
（上：A点，下：B点）

3. 結論

ブシネスクモデルによる港湾内長周期波浪場の再現性を港内外の連続波浪観測データを用いて比較検証した。非線形干渉により生じる拘束長周期波を含めた計算結果より、うねり性の長周期波（20～50 秒程度）に対しては概ね良好な再現性を示したが、周期 100 秒程度の波では推算精度は必ずしも良好ではなく、計算結果を過小評価する結果となった。ブシネスクモデルの再現性については、風波の分散性や港湾内護岸の反射率などによる影響について、今後さらに詳細な検討が必要と考えられる。

参考文献

- 1) 港内長周期波影響評価マニュアル検討委員会：港内長周期波影響評価マニュアル，（財）沿岸技術研究センター，2004
- 2) 太田一行・吉田明徳・山城 賢・小早川直紀・西井康浩：ブシネスクモデルを用いた港湾内長周期波浪場解析のための入射波スペクトルに関する断面二次元的検討，海洋開発論文集，2009，第 25 巻