

PS-14 風車タワーに船首接舷したCTVの波浪中運動評価

海洋開発系 大坪 和久

1. はじめに

洋上風力事業を進めるためには、運用・維持管理コストを最小化することがカギと言われている。運用・維持管理コストの約半分は船舶（クレーン作業船等）に関連する経費であり、その中でも洋上風力発電施設に向かうための洋上風力発電アクセス船（CTV: Crew Transfer Vessel）に関する経費の占める割合は大きい¹⁾。昨今、欧州では、カタマランの高速船がCTVとして使用されることが多い。作業現場では通常、CTVの船首部を風車タワーに強く押し付けながら作業員の乗り移りが行われているが、波浪中動揺するCTVから風車タワーに作業員が乗り移ることは決して容易ではない。船首部フェンダーと風車タワー間に生じる摩擦が波浪中運動に与える影響については、これまであまり検討が行われてこなかったため、安全面、または稼働性評価という視点から、この影響については明らかにしておく必要がある。本論文では風車タワーに船首接舷したCTVの波浪中運動評価に関して検討した結果について報告する。

2. 研究対象船

本研究で対象とする高速船の基本諸元を表-1に示す。本高速船はカタマラン（双胴船）である。図-1は後述する水槽模型試験で使用した模型の外観写真である。以降に示す結果等は実船換算した値を使用する。

表-1 研究対象船の基本諸元

	実船	模型
垂線間長	19.40 m	1.29 m
船幅	7.00 m	0.47 m
深さ	3.00 m	0.20 m
喫水	1.00 m	0.07 m
双胴間距離	4.7 m	0.31 m
排水量	56.7 ton	16.4 kg



図-1 研究対象船（カタマラン）

3. 数値計算

着底式風車タワーに船首接舷したCTVの波浪中運動における摩擦影響を調査するために数値計算（時間領域計算）を行った。ここでは運動方程式を詳細に示すことは紙面の都合か

ら省略するが、本研究では前後運動を除いた縦運動のみをモデル化し、線形ポテンシャル流体力は別途計算した。船首部に作用する摩擦は運動に応じて静止摩擦から動摩擦へと本来遷移するが、数値計算での取り扱いが非常に複雑になるため、ここでは動摩擦のみをモデル化した。なお、摩擦力は不連続に作用するため、計算結果が時間積分、時間刻み等に依存しないよう、試計算を繰り返して行った上で評価した。

CTVの船首乗り移り部の上下運動の時系列の計算結果を図-2に示す。波条件は、波高0.75mの規則波で向い波とし、押し付け力（ボラード推力）は5.0tf相当、動摩擦係数は0.7とした。波力以外の外力（風荷重等）成分は考慮していない。押し付け力、摩擦係数が同じであっても、周期10秒の場合には通常の調和関数とは異なるような周期運動が発生している。図-3に上下速度のスペクトル解析結果を示す。周期が10秒の場合、基本周波数成分だけでなく、2倍周波数、3倍周波数成分と高周波運動が基本周波数成分に重畳する形で発生していることが分かる。基本周波数運動に高周波数の運動が重畳すると、風車タワーへの乗り移りのタイミングが取りづらくなるのが危惧される。

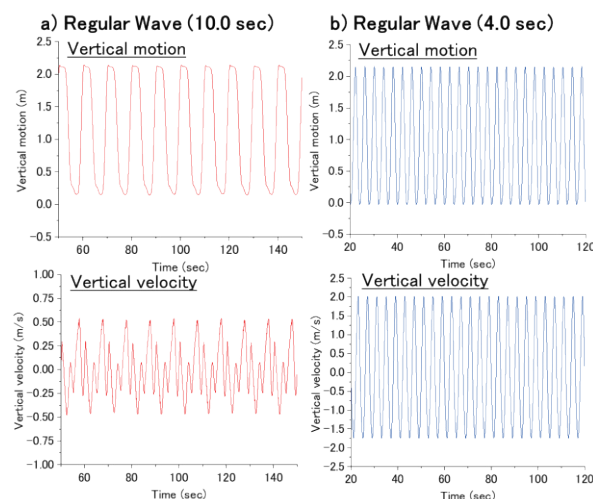


図-2 船首乗り移り部の上下運動時系列データ

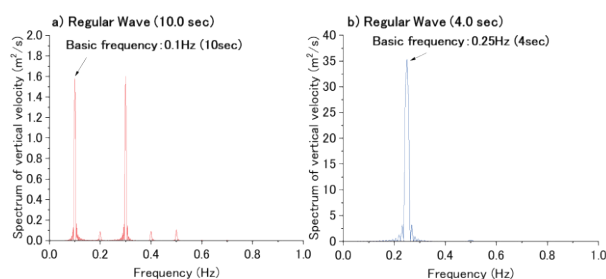


図-3 船首乗り移り部の上下速度スペクトル

4. 水槽模型試験

当所の海洋構造物試験水槽において水槽模型試験を実施した。タワー直径は5.0m, 高さ22.5m, 水深は15.0 mである。水槽模型試験の様子を図-4に示す。模型船首部を風車タワーに固定した接触板に押し付けた状態で係船し、タワー方向への押し付け力が所要のボラード推力相当になるようにした。また、摩擦係数が0.7となる材質素材を選定し、接触板と船首部にそれぞれ接着した。

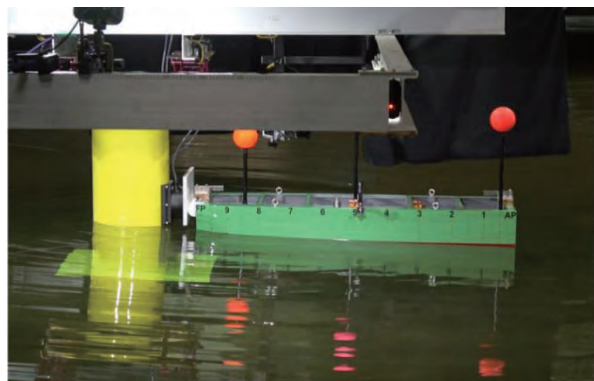


図-4 水槽模型試験の様子

代表的な試験結果について報告する。図-5は船首乗り移り部における上下運動の時系列データである。入射波高は0.75mの規則波、向い波である。押し付け力は5.0tf相当である。波周期6.0秒の場合には船首部は周期的運動を行うが、頂部と底部は扁平になっている。これは船首部と接触板との間に作用する静止摩擦力が一時的に船首部の動きを止めてしまうことによって生じたものと考えられる。一方、波周期が3.5秒と短くなると、船首部の上下動はほとんど生じることなく固着(Stick)されている。これは、静止摩擦力が支配的となり、船首部の動きを完全拘束したものとする。図-6は船首乗り移り部の上下運動の振幅を波周期毎にまとめたものである。周期が4.0秒よりも短い領域では、船首部はStickされ、長周期領域ではSlipすることが分かる。Slipする場合でも押し付け力が増大するほど運動抑制効果が得られている。

押し付け力を大きくすることは、乗り移り作業に対して一定の効果があると思われるが、押し付け力が大きくなるほど、Slipの瞬間に大きなエネルギーが解放されるため、高周波数の運動が誘起される。一方、押し付け力が小さいとその様な運動は誘起されにくくなるが、船首部の上下運動が大きくなるために稼働率が低下するだけでなく、波力が相対的に大きくなるため、船首部が風車タワーから一時的に離れてしまうような状況が生じる可能性がある。いずれの状況も作業員にとっては事故リスクとなるため、押し付け力の設定は十分注意を払う必要があると考える。数値計算との比較検証を進めながら、今後更なる考察・分析を進め、CTVの船首接舷オペレーションに適した稼働性評価手法について検討する。

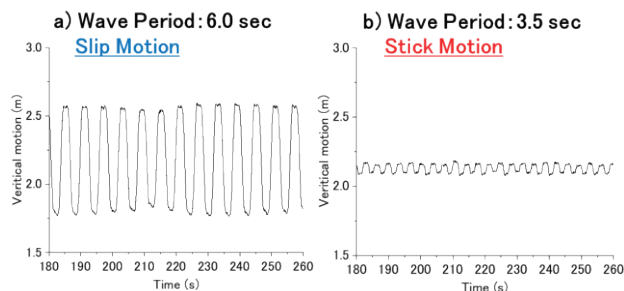


図-5 船首乗り移り部の上下運動結果

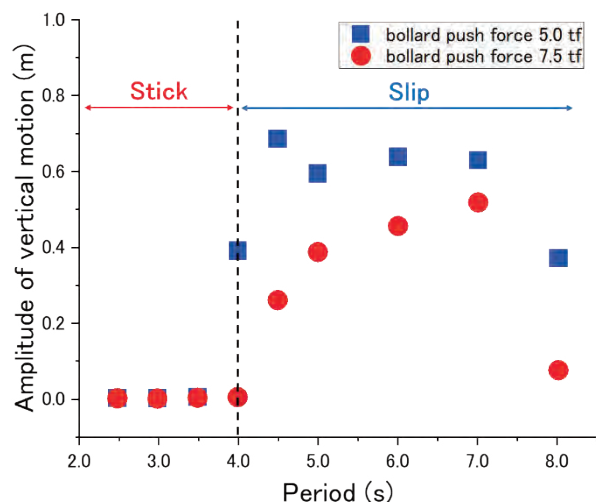


図-6 船首乗り移り部の上下運動振幅(押し付け力影響)

5. まとめ

本研究では、風車タワーに船首接舷したCTVの波浪中運動に対する摩擦影響についての検討結果を報告した。風車タワーへの押し付け力が大きくなると、乗り移り部の上下運動は小さくなるが、その反面、作用する摩擦力も増大するため、高周波数成分の運動が誘起し、作業員には風車タワーへ乗り移るタイミングが取りづらくなる。一方、押し付け力が小さいと船体運動は一般的な基本周波数運動に近づくが、船首部が風車タワーから一時的に離れてしまうような危険な状況が起こる可能性がある。風車タワーへの船首接舷と言うオペレーション上の特徴を理解した上でCTVを運用することが何よりも重要であると考ええる。

謝辞

本研究の水槽模型試験の実施においては、当所の石田圭、元田智子、渡邊充史、長谷川賢太の諸氏にご協力頂きました。改めて感謝申し上げます。

参考文献

- 1) Y. Dalgic, I. Lazakis and O. Turan: Investigation of Optimum Crew Transfer Vessel Fleet for Offshore Wind Farm Maintenance Operations, Wind Engineering, Vol. 39, No. 1, (2015), pp. 31-52.