

PS-1 洋上風力発電アクセス船の風車タワーへの乗り移り性能評価

海洋開発系 *大坪 和久, 石田 圭

1. はじめに

洋上風力ビジネスを進めるには、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（双胴船）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CTVの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触したCTVの乗り移り性能評価のため、船首部と風車タワー間で発生するStick/Slip現象に注目し、その境界評価を行った結果を報告する。

2. 研究対象船

本研究で対象とするCTVの基本諸元を表-1に示す。本高速船はカタマランである。図-1は後述する水槽試験で使用した模型の外観写真である。模型スケールは1/15とした。なお、本論文で扱う現象はスケール効果があるため、以降に示す結果等は模型スケールにて表示する。

表-1 研究対象船の基本諸元

Items	Symbols	Actual	Model
Length between p/p	L_{pp}	19.40 m	1.29 m
Breadth	B	7.00 m	0.47 m
Depth	D	3.00 m	0.20 m
Draft	d	1.00 m	0.07 m
Distance between hulls	--	4.7 m	0.31 m
Displacement W	W	56.7 ton	16.4 kg



図-1 研究対象船（カタマラン）

3. 水槽試験の概要

当所の海洋構造物試験水槽において、水槽試験を実施し

た。水槽試験の様子を図-2、設営状態を図-3に示す。実機相当でタワー直径は4.8m、高さ22.5m、水深は15.0mである。模型船首部をタワー側面に固定した接触板に押し付けた状態となるようにワイヤーとばねを用いて2方向に展張するように係船した。接触板はロードセルを介して、タワーに固定しており、タワー方向への押し付け力が所要のポラード推力に相当するように調整した。ばねの上端には張力計を接続し、係船索にかかる張力を計測した。また、船首部と接触板の表面に接触部材（静止摩擦係数：0.75）を装着した。模型船に取り付けた画像解析用ターゲットを計測用カメラで捉えることで模型の運動を計測した。



図-2 水槽試験の様子

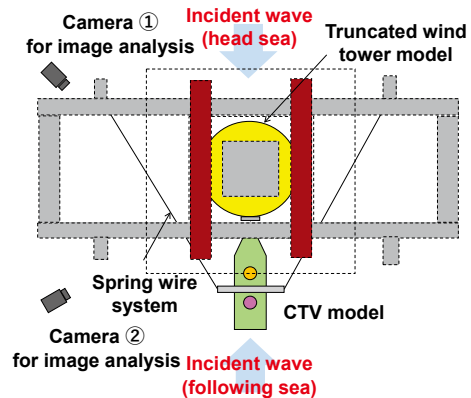


図-3 水槽試験の設営状態

4. 結果と考察

ここでは紙面の都合から代表的な水槽試験の結果について紹介する。図-4(上段)は、波高Hが5.0cm、ポラード推力が1.6kgf(実機5.4tonf相当)で押し付けた場合の船首乗り移り点付近における上下運動の時系列結果である。左図は波周期Tが2.07秒(実機8.07秒相当)、右図は0.64秒(実機2.45秒相当)である。波周期が2.07秒の場合は、船首部は上下運動を行うが、調和振動の山と谷付近が潰れたような波形になっている。一方で、周期が0.64秒の場合は船首部の上下

運動は押し付け力が作用しているために完全固着 (Stick) されていることが分かる。これらはすべて、船首とフェンダーの間に作用する摩擦力が影響していると考えられる。図-4(下段)は船首部上下運動と摩擦係数(船首部に作用する上下力と押し付け力の比)の関係を示したものである。波周期が 2.07 秒の場合、船首部が上下運動する際には摩擦係数が一定となる一方、船首部が完全固着される状態では摩擦係数が大きく変化していることが確認出来る。

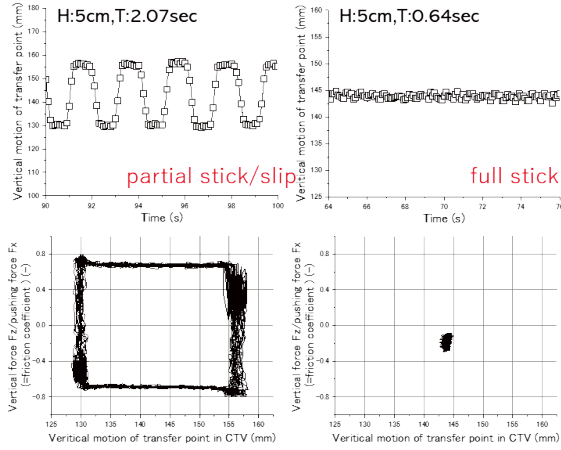


図-4 船首乗り移り部に発生する Stick/Slip 現象

計測された時系列データに基づき、Slip するか、Stick するかを整理したものを図-5 に示す。図-4(左図)のような部分的に Stick する場合は、本論文では Slip 現象と判断した。また、同条件下で数回の水槽試験を行い、再現性が確認できなかったものについては判別困難と評価した。周期 1.0 秒(実機 3.8 秒相当)付近に Stick/Slip 境界が存在しており、波高に応じて境界の周期も変化している様子が分かる。また、図中には別途実施した数値計算による推定結果についても実線で併記しているが、水槽試験で得られた傾向を適切に再現していることを確認することが出来る。

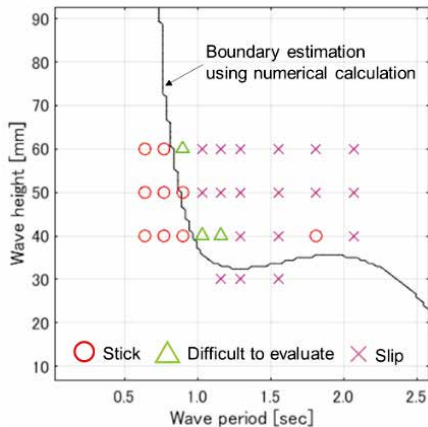


図-5 Stick/Slip 境界(水槽試験と数値計算の比較)

5. 感度解析(摩擦係数が Stick/Slip 境界に与える影響)

実際の CTV からの乗り移り作業は、様々な状況下での運用

を想定しておく必要がある。本研究では船型及び海象条件の違いのみならず、フェンダー物性が異なる場合についても数値計算を用いた評価を実施した。図-6 はフェンダーの静止摩擦係数が異なる場合の感度解析の結果を示したものである。静止摩擦係数に応じて Stick/Slip 境界は右上領域(波高:大, 周期:大)にシフトし、静止摩擦係数が大きくなるほど、Stick 領域が大きくなる様子が明らかである。図中には図-5 に示した水槽試験結果(静止摩擦係数:0.75)についても参考として再度併記した。

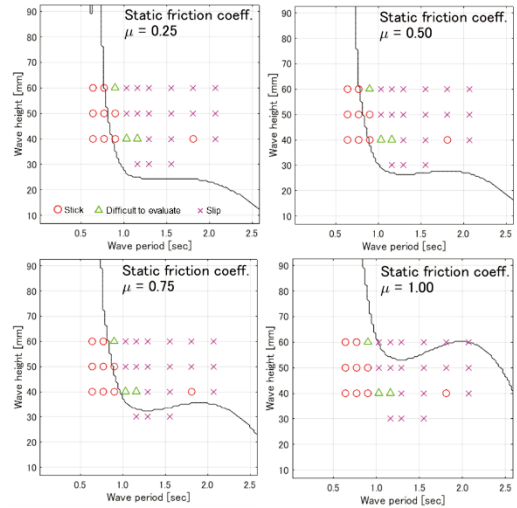


図-6 静止摩擦係数が Stick/Slip 境界に与える影響

6. まとめ

本論文では、風車タワーに船首接舷した CTV の乗り移り性能評価のため、船首部と風車タワー間で発生する Stick/Slip 現象に注目し、その境界評価を行った。数値計算による境界推定を行った結果、水槽試験で得られた傾向を適切に再現していることを確認した。また、静止摩擦係数が境界に与える影響についても数値的に明らかにした。

謝辞

本研究の水槽試験の実施においては、当所の元田智子、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.
- 2) K. Otsubo: On the stick/slip phenomenon of a crew transfer vessel pushing its bow against an offshore wind tower during a transfer operation, Proc. 33rd International Offshore and Polar Engineering Conference, (2023). (to be published)