

セミサブ型洋上風力発電浮体の流体力に与える前進速度の影響について

The effect of forward speed on the hydrodynamic forces of semi-submersible offshore wind turbine floats

○堤 龍也¹, 居駒 知樹², 譚 雷³

* Tatsuya Tsutsumi¹, Tomoki Ikoma², Lei Tan³

Abstract: This paper presents findings on the influence of forward speed due to towing on Exciting Wave Force and Radiation Force. The floating structure type was assumed to be a semi-sub type, which is less susceptible to the effects of the fluid. The influence of forward speed is calculated by considering the ‘encounter wave frequency’. The effect of forward speed showed changes in the Exciting Wave Force and the Wave Making Damping coefficients for similar modes.

1. 緒言

浮体式洋上風力発電では、多くの浮体形式が提案されているが、浮体施工時に沖合まで浮体を曳航する際に曳航計画が必要となる。しかし、曳航については前進速度による影響や曳航索に作用する荷重、省エネルギー性を考慮したに船速等検討することが多い。現状、日本において海上での施工は陸上と比べ、高価であるほか、施工期間も長期に設定することが求められるため、多くの導入は困難となっている。

そこで、本研究では施工時において他浮体形状よりも高価だが、波の影響を受けづらく広い水深に対応したセミサブ型浮体に着目した。しかし、曳航の検討については上記に記すように検討する点が多い。そのため、まずは前進速度の影響について研究を行う。よって、本研究ではモデルを3本コラムのセミサブ型浮体の簡易的なものとし、前進速度の影響が流体力に影響する条件を明らかにすることを目的とする。

2. 研究手法

本研究では、増田ら^[1]の外部領域を固有関数展開法、内部の浮体近傍周辺を境界要素法とするハイブリッド型境界要素法を用いて計算を行う。

前進速度の影響については入射波の波周波数と前進速度を用いた関係式からなる出会い波周波数 ω_e を適用することで簡易的に考慮することができる。出会い波周波数については(1)式で計算する。

$$\omega_e = \omega - Uk \cos \chi \tag{1}$$

ここで、 ω は入射波の波周波数、 U は曳航時の前進速度、 k は波数、 χ は波向き角である。(1)式の右辺第2項は前進速度によって生じるドップラー効果の影響を表す。

計算では、主に波強制力とラディエーション流体力(付加質量、造波減衰力)と浮体運動を評価する。

3. 計算条件

本研究における、詳細な計算条件を Table 1. に示す。水深については、風エネルギーの賦存量が高いことが広く知られている深海域を想定した。波周期においては波浪となる範囲を設定した。

曳航速度は浮体設置時の 0knot の他、福島県沖に設置された 5MW 浮体式洋上風力発電船設備「ふくしま浜風」設置時の速度である 3knot^[2]を設定した。また、海洋工事における安全施工マニュアル^[3]には「潮流の強い海面では 5knot 程までが適切な速度」と記載があったが、より前進速度による影響を計算するべく 6knot と設定した。

Table 1. Calculation conditions

Water depth h (m)	100.00
Wave period T (s)	5.00 ~ 25.00 ($\Delta t = 1.00$)
Wave Angle (degree)	0.00
Towing speed (knot)	0.00
	3.00
	6.00

浮体形状においては、フーチング付きのコラムを3本想定し、コラムの寸法については Figure 1.1. に示す。

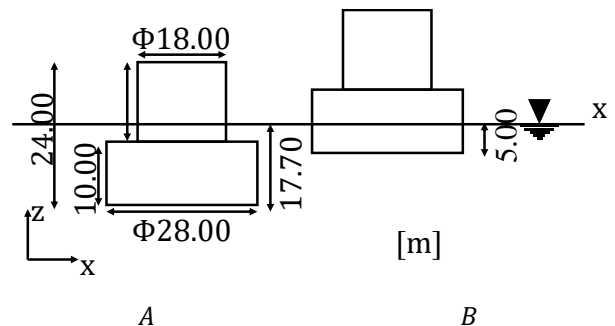


Figure 1.1. Floating body dimensions

Figure 1.1. の A が風車搭載時の喫水であり、B が風車非搭載時の喫水となっている。喫水の変化において、風

1 : 日大理工・院(前)・海洋建築 2 : 日大理工・教員・海洋建築 3 : 日大理工・教員・海洋建築

車自体の重さによる回転中心等は変化させず喫水のみを変化させて設定した. また, コラム間の中心距離に

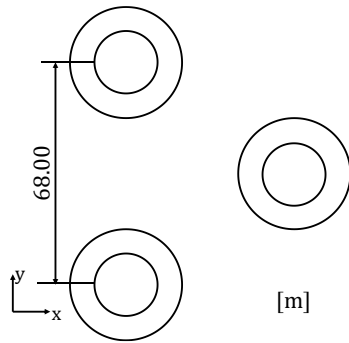


Figure 1.2. Dimensions of the distance between columns

についてはコラム 1.5 個分ほどとし, 寸法は Figure 1.2. に示す.

コラム 1.5 個分ほど設けて計算を行う. コラム・コラム間距離の寸法については, 現存のセミサブ型浮体の大きさをもとに設定した.

4. 結果及び考察

Fig1.1. のAにおいて顕著に前進速度による影響が確認できた波強制力とラディエーション流体力を示す. Figs.2~4 に各曳航速度を比較した Surge, Heave, Pitch の波強制力の結果を示す. また, Figs. 5~7 においてはラディエーション流体力を示す. グラフ上部が付加質量, グラフ下部が造波減衰となっている. 単位は各パラメータ除して無次元化し, 係数で示す. ここで ρ は海水の密度, a は振幅, A 水線面積, L コラム間距離, V は没水体積とする. また, K_e は出会い波波数であり, ω_e^2/g で定義する.

曳航速度の影響については藤澤ら^[4]の研究と同様に曳航速度が上がるにつれて高周波数帯の造波減衰係数に大きく関わっていることが確認できる. ここで, 造波減衰係数が波強制力に与える影響に着目すると, Surge のみ変化があることが分かる. このことから, 造波減衰係数が無次元値で 0.1 を超えると波強制力に大きな影響を与えると考えることができる.

5. まとめ

本研究では, 3 本コラムのセミサブ型洋上風力発電浮体を曳航することを想定し, 波強制力及びラディエーション流体力について解析を行った. 曳航の影響について造波減衰係数は既存の研究と同様の傾向となったが, 波強制力に影響を与える条件を示した.

今後の研究では, 運動やそれに伴った曳航索に作用する荷重を計算し前進速度による影響を明らかにする. 参考論文

- [1] 増田光一, 永井孝志, 藤沢康雄: コーン型浮体に作用する 2 次波周波数和波強制力について, 日本建築学会学術講演便概集, pp1499-pp1500,1993
- [2] 福島洋上風力コンソーシアム HP: 福島沖 5MW 浮体式洋上風力発電船「ふくしま浜風」曳航作業のお知らせ (作業完了)【淡路島洲本沖~福島県沖】2016,7,14
- [3] 一般社団法人 日本建設業連合会: 海洋工事における安全施工マニュアル,2015,3.1,pp.114~pp.115
- [4] 藤澤康雄, 増田光一, 前田久明: 曳航中のコーン形状構造物に作用する流体力と波浪強制力および運動特性に関する研究, 日本建築学会構造系論文報告書 第 428 号,1991

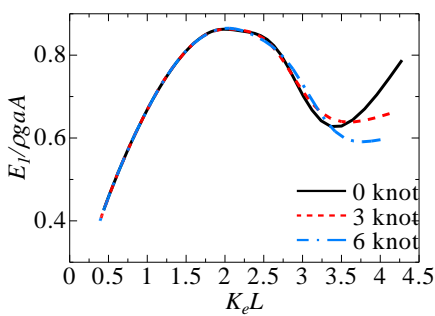


Figure 2. Surge exciting Wave Forces

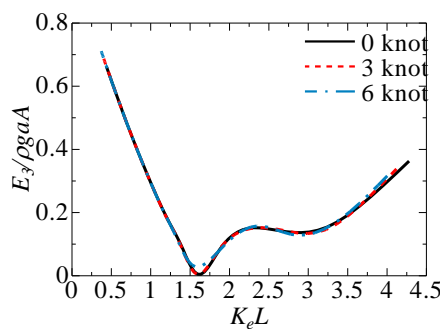


Figure 3. Heave exciting Wave Forces

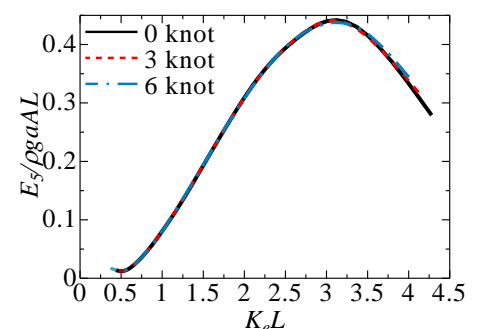


Figure 4. Pitch exciting Wave Forces

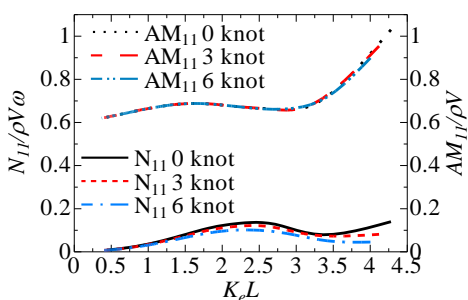


Figure 5. Surge Radiation Force coefficients

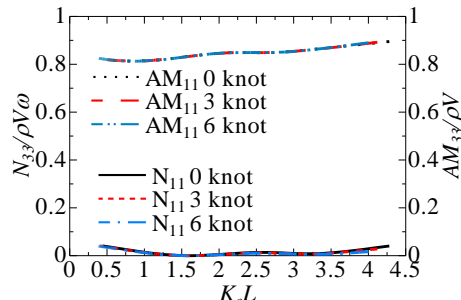


Figure 6. Heave Radiation Force coefficients

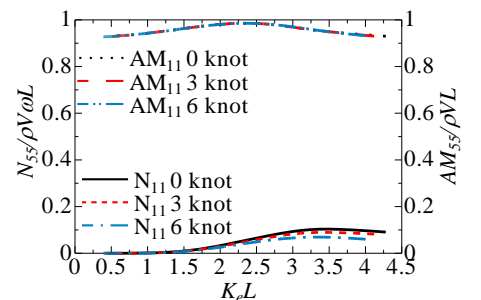


Figure 7. Pitch Radiation Force coefficients