

静止した浮体式垂直軸型風車に作用する風荷重の特性把握

Characteristics of Wind Loads Acting on a Stationary FVAWT

○四宮夕芽花¹, 松下毅¹, 関口竣介², 惠藤浩朗³* Yumeka Sinomiya¹, Takeshi Matsushita¹, Shunsuke Sekiguchi², Hiroaki Eto³

Abstract: Existing studies have determined the characteristics of wind loads on floating vertical axis wind turbines (FVAWT) according to operating conditions, but their analyses were limited to angles θ from (0° to 60°) when the wind turbine is stopped. The purpose of this study is to investigate the effect of θ from (0° to 105°) when the wind turbine is stopped, as well as to understand the effect of the presence or absence of a rotating axis.

1. はじめに

既存研究^[1]では、浮体式垂直軸型風車：Floating Vertical Axis Wind Turbine（以下、FVAWT）について稼働状況に応じた風荷重の特性把握が行われたが、静止時の解析において風車部の配置角度（ θ ）が $0^\circ \sim 60^\circ$ と限定的な解析にとどまっている。そこで本研究では静止時の（ θ ）を $0^\circ \sim 105^\circ$ まで変化させ、さらに回転軸の有無による影響を把握することを目的とする。

2. 研究方法および解析条件

Figure 1 に FVAWT のモデルおよび諸元を示す。風車モデルは三枚翼の半径が 10m となる直線翼ダリウス型風車を採用し、ブレード（翼）の規格は NACA0018 とした。本研究では風車部に作用する風荷重の特性把握を目的としていることから、ブレードの変形は考慮せず剛体としてモデル化した。また風車部の軸となる円筒状の部材（Tower）が風車内部の風の流れに影響することが予想されるため、その効果を確認するため中心部の Tower が無いモデル（Case 1）と Tower が有るモデル（Case 2）を用意した。また風車の静止時の風に対する風車部の配置角度（ θ ）が不明であることから、Figure 2 に示すとおり θ を $0^\circ \sim 105^\circ$ まで 15° ごとに回転させ、カットアウト風速（本研究では 25m/s）以降の風速（ V_w ）を段階的に変化させることで θ ごとの V_w 変化に伴う風荷重特性を把握した。本研究では風荷重解析に汎用流体解析ソフト scFLOW を用い定常解析を行い、得られた風荷重の抗力（ F_D ）、揚力（ F_L ）を(1)、(2)式により無次元し抗力係数（ C_D ）、揚力係数（ C_L ）を算出しそれらの係数についての傾向把握も実施する。

$$C_D = F_D / (\rho r l V_w^2) \quad (1)$$

$$C_L = F_L / (\rho r l V_w^2) \quad (2)$$

ただし、 ρ ：空気密度、 r ：回転半径、 l ：翼長、 V_w 風速

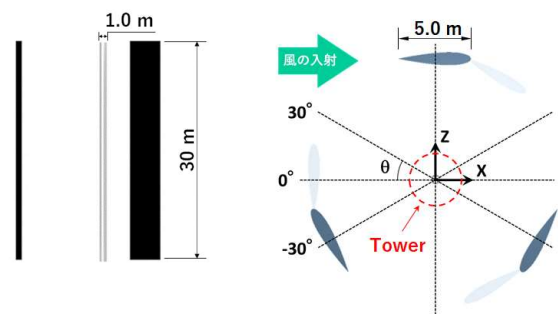


Figure 1 FVAWT model Figure 2 Layout of FVAWT

3. 解析結果および考察

Case 1, 2 における θ ごとの V_w 変化に伴う F_D , F_L をそれぞれ Figure 3, 4 に示す。結果からどの θ においても V_w と F_D の関係は二次曲線を示し、 F_D は Case 1, 2 それぞれ θ が 0° の時に最大となることが確認され、 F_L は θ が 0° の時にはほとんど確認されなかった。これは、1枚のブレードが風向に対して直角に静止していることで受圧面積が最大となることが要因とされる。 F_L においても同様に Case 1, 2 それぞれ θ が 0° の時を除き二次曲線を示し、 θ が 105° の時に最大となった。これらのことから、x 方向に働く F_D においては、平面での受圧面積、物体上部と下部との圧力差によって z 方向に生じる F_L においては曲面での受圧面積が大きいほどそれぞれ大きくなる可能性が示唆された。また、Case 1 と Case 2 で F_D , F_L の傾向に違いが見られた。これは、Figure 5, 6 に示すように Tower があることにより Tower の周りの流況が乱れ、風車内部の流況へ影響を与えたからと考えられる。これらのことから Tower が周辺の流況に与える影響は大きく、Tower を考慮したモデルでの解析が望まれる。今後、Tower 径を変化させた系統計算を行い、さらなる検討を進めていく。

Figure 3, 4 の F_D , F_L から算出した Case 1, 2 における θ ごとの V_w 変化に伴う C_D , C_L をそれぞれ Figure 3, 4 に示す. 結果から Case 1, 2 それぞれどの θ においても V_w 変化に伴う C_D , C_L の変化はほとんどなく一定となった. このことから静止時の F_D , F_L は V_w の変化に関わらず算出した C_D , C_L から概算可能となる可能性が示唆された. また θ ごとの C_D , C_L の値には違いが見られたため様々な条件で C_D , C_L を算出することの重要性が確認された.

4. おわりに

本研究で得られた知見を以下に示す.

- FVAWT の静止時に作用する F_D においては, 平面での受圧面積, F_L においては曲面での受圧面積が大きい

ほどそれぞれ大きくなる可能性が示唆された

- Tower が周辺の流況に与える影響は無視できないため, Tower を考慮したモデルでの解析が望まれる
- FVAWT の静止時に作用する F_D , F_L は V_w の変化に関わらず算出した C_D , C_L から概算可能となる可能性が示唆された
- θ ごとの C_D , C_L の値には違いが見られたため様々な条件で C_D , C_L を算出することの重要性が確認された

参考文献

- [1] 四宮夕芽花, 関口峻介, 恵藤浩朗: 浮体式垂直軸型風車に作用する風荷重の推定に関する基礎的研究, 日本建築学会大会 (近畿) 学術講演会, 2023.9

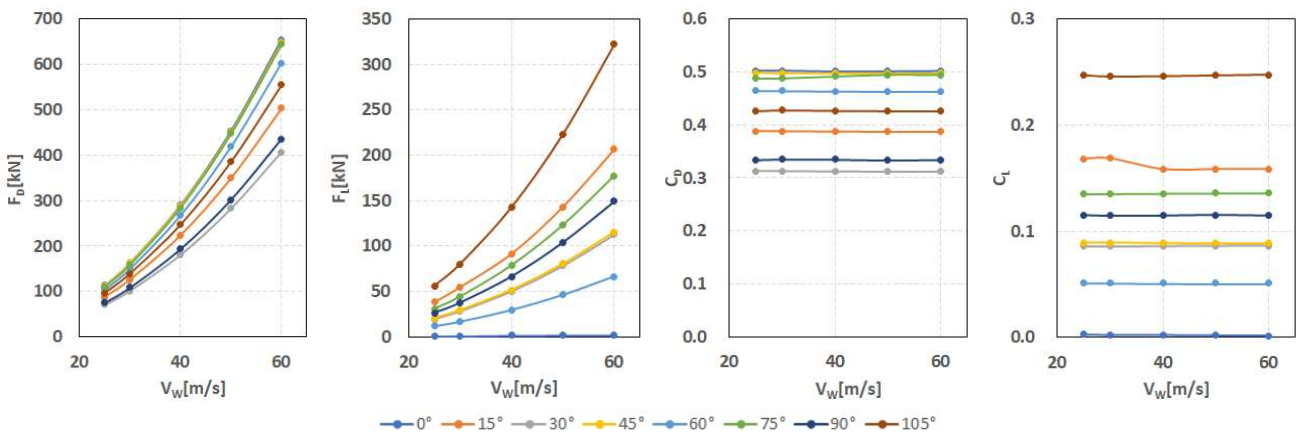


Figure 3 F_D , F_L , C_D and C_L with V_w changed for each θ in Case 1

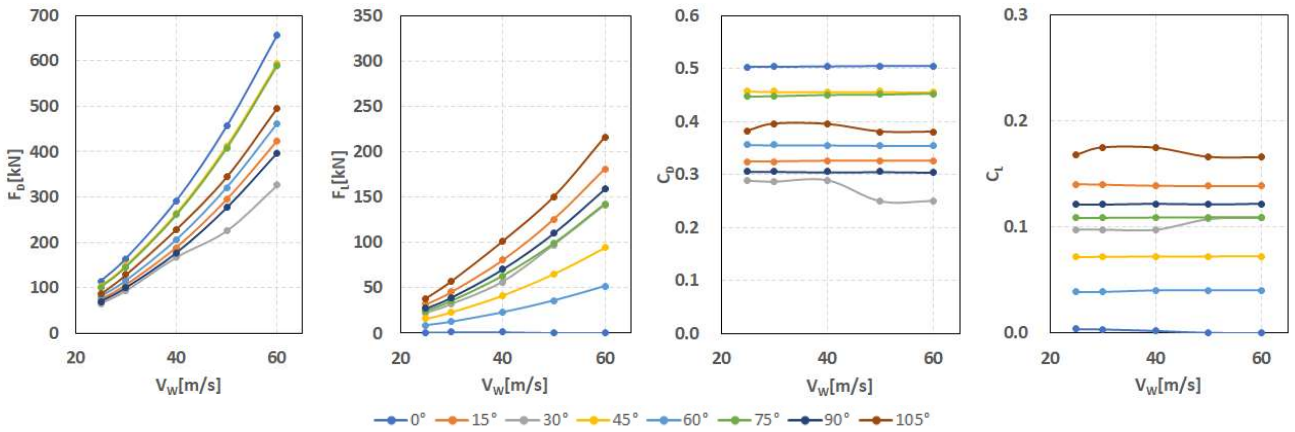


Figure 4 F_D , F_L , C_D and C_L with V_w changed for each θ in Case 2

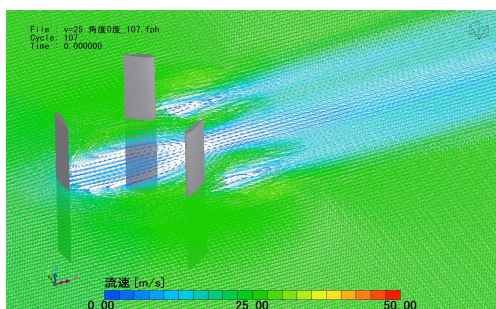


Figure 5 Flow conditions stationary at 0 deg. in Case 1

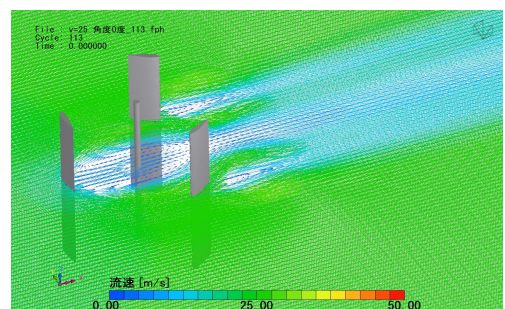


Figure 6 Flow conditions stationary at 0 deg. in Case 2