

往復流発生装置における風速制御の基礎検討

Basic examination of the wind speed control in the reciprocating wind generator

○高橋新¹, 直井和久², 塩野光弘², 柳平和寛³, 鈴木勝行²*Arata Takahashi¹, Kazuhisa Naoi², Mitsuhiro Shiono², Kazuhiro Yanagidaira³, Katsuyuki Suzuki²

Abstract: In the case of using the vertical axis turbine for OWC-type wave power generation, the generator is installed outside the duct. Therefore, the generator does not corrode and the air quantity is not limited. Then, we assumed and tested the use of the vertical axis form turbine in the OWC-type wave power generation. We performed the measurement of experiment in the wind of one direction. However, reciprocating wind actually occurs by vertical motion of the sea surface. This paper shows the manufactures of the reciprocating wind generator and the investigates basic examination of the wind speed control in the wind turbine measurement section.

1. はじめに

現在, OWC 型波力発電にはウェルズタービンという水平軸形タービンが用いられているが, 水平軸型タービンでは発電機をダクト内に設置するため⁽¹⁾, 発電機が塩分を含む空気に晒されるので腐食しやすく, またタービンへの流入風量を妨げてしまう. そこで, 設置環境を改善するため, 発電機をダクトの外に設置できる垂直軸型タービンを用いることを想定し, 実験を行ってきた. これまでのタービン特性の実験では, 風洞施設により一方向から風を流した場合の測定しかできなかったが, 実際の発電装置内の風の流れは海面の上昇・下降によって発生する往復流となっている.

本稿では, 往復流発生装置を製作し風車測定部における風速制御の基礎検討を行った.

2. 往復流発生装置

製作した往復流発生装置を図 1 に示す. 装置のピストン部と風車測定部の断面はそれぞれ一辺 1250mm, 400mm の正方形となっており, その間を縮流部で繋いでいる. ピストン部, 縮流部, 風車測定部は垂鉛メッキ鋼板であるが, 風車設置部の側面と上部はアクリル板となっており, 風車の回転状態を外から確認することができる.

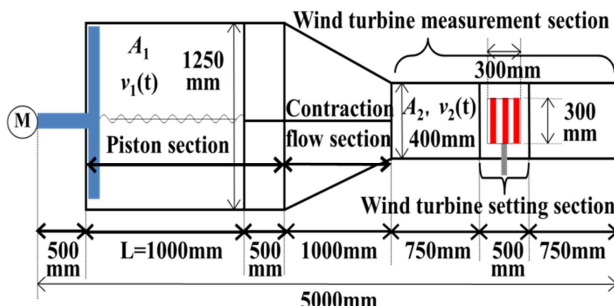


Figure 1. Reciprocating wind generator

3. 風速制御の基礎検討

3. 1. ピストンの駆動方法

ピストンを動作させ空気の圧縮・膨張を行うことで, 風車測定部へ往復流を発生させる. ピストンを動作させるためモータを用いている. モータの回転運動をピストンの直線運動にするためにモータの軸にボールねじを接続している. 風車測定部の先は解放されており空気の流入・流出を行う. ここで, ピストンの動作範囲 $L=1000\text{mm}$, ピストン部の断面積 $A_1=1.56\text{m}^2$, 風車測定部の断面積 $A_2=0.16\text{m}^2$ である. またピストン速度を $v_1(t)[\text{m/s}]$ とし, 風車測定部の風速を $v_2(t)[\text{m/s}]$ とする. 正弦波状の往復流を発生させるために, $v_1(t)$ と $v_2(t)$ は正弦波とする. その最大値を $V_1[\text{m/s}]$, $V_2[\text{m/s}]$ とし, 周期を $T[\text{s}]$ とすると次式となる.

$$v_1(t) = V_1 \sin \frac{2\pi}{T} t \quad (1)$$

$$v_2(t) = V_2 \sin \frac{2\pi}{T} t \quad (2)$$

また, 流体における連続の式 $A_1 v_1(t) = A_2 v_2(t)$ より,

$$v_1(t) = \frac{A_2}{A_1} v_2(t) = 0.1026 v_2(t) \quad (3)$$

となる. 更に, ピストンはボールねじの一回転ごとに 20mm 移動するので次式によって任意の風速の時のモータ回転速度 $N[\text{min}^{-1}]$ が算出できる.

$$N = \frac{v_1(t)}{20} \times 60 \\ = 307.8 v_2(t) [\text{min}^{-1}] \quad (4)$$

往復流を発生させるにあたって, ピストンの動作範囲は限定 ($L=1000\text{mm}$) されているので, ピストンの往復運動における周期 $T[\text{s}]$ は以下の式から求める.

1: 日大理工・院(前)・電気 2: 日大理工・教員・電気 3: 日大理工・教員・機械

$$L = \int_0^T v_1(t) dt \quad (5)$$

$$T = \frac{\pi}{V_1} \quad (6)$$

よって、風車測定部の最大風速 V_2 を設定した場合、ピストンの動作速度及びモータの回転速度と周期は表 1 のようになる。

Table1. Set point to produce reciprocating wind

Turbine section setting wind speed V_2 [m/s]	Piston speed V_1 [m/s]	Motor rotational speed N [min ⁻¹]	Piston period T [s]
1.000	0.1026	307.8	30.61
2.000	0.2052	615.6	15.30
3.000	0.3078	923.4	10.20
4.000	0.4104	1231.2	7.65
5.000	0.5130	1539.0	6.12
6.000	0.6156	1846.8	5.10
7.000	0.7182	2154.6	4.37
8.000	0.8208	2462.4	3.82
9.000	0.9234	2770.2	3.40

ただし、 $v_2(t)$ を設定するにあたり、ISLAY 島にある OWC 型波力発電装置の LIMPET の寸法と石廊崎の 1976~2010 年の累年波浪データ⁽²⁾から、風車測定部の定常流中における最大風速を試算した。その結果 9.4m/s となったため、 V_2 を 9m/s にした。

3. 2. モータの駆動方法

図 2 に風速制御のシステム図を示す。サーボアンプへ印加する電圧を PC から制御することでモータの回転数を制御する事ができる。よって、モータの駆動によりピストンを正弦波状に動作させる為には、PC からサーボアンプへ正弦波状の電圧を印加する事が必要になる。



Figure2. Wind speed control system

その基礎的な検討のために、定常状態におけるモータ特性を実験により求めた。

4. モータ特性試験

サーボアンプに印加した電圧に対するモータの回転速度特性を測定する。図 3 にモータ特性試験の測定方法を示す。PC からサーボアンプに電圧を印加してモータを回転させ、タコメータを使用して回転速度を検出する。サーボアンプの機能として印加電圧 10V 時に設

定した最大回転速度に達するので、この設定最大回転速度をサーボアンプで設定する必要がある。実験では設定最大回転

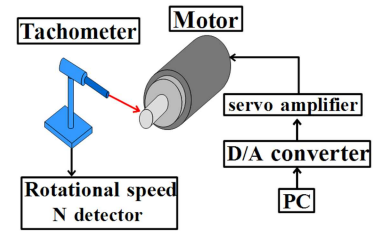


Figure3. Motor characteristic

速度を 200, 500, 1000, 1500, 2000[min^{-1}], とする。ただし、実験時の安全を考慮したため、設定最大回転速度の限界は 2000 min^{-1} としている。測定点は最大回転数に達した電圧を最大点、0 回転を最小点とし、正電圧、負電圧共に等間隔に 10 点ずつ測定を行う。その他に 0 回転付近ではタコメータの分解能の限界である 6 回転の時の電圧を測定する。図 4 にモータ特性試験の結果を示す。

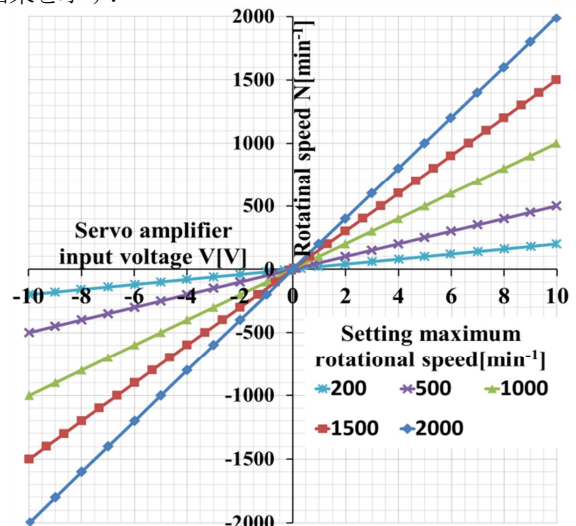


Figure4. Test result

図 4 より、各設定最大回転数においてモータ特性は直線性を有していることが分かった。また、正転から逆転へ変化する点である 0 回転付近でも直線性を有していることから、モータ駆動によりピストンを正弦波状に動作させる見通しを得た。

5. まとめ

往復流発生装置における風速の制御方法について基礎的な検討を行い、目標風速に達するためのピストン速度を算出し、使用するモータの特性試験を行った。その結果、モータ特性が直線性を有していることから、モータ駆動によりピストンを正弦波状に動作させる見通しを得た。今後は、実際にピストンを正弦波駆動させた値と、装置に組み込んだ時の風速を測定していく。

参考文献

(1) The Queen's University: 「ISLAY LIMPET WAVE POWER PLANT」, PUBLISHABLE REPORT 1 November 1998 to 30 April 2002, pp.4,15,17 ~20
 (2) 気象庁: 波浪観測累年表 1976-2010 石廊崎, <http://www.data.kishou.go.jp/db/wave/stat/pdf/47655s.pdf>