L-21

往復流発生装置の測定部断面における風速分布の基礎検討

Basic Study on the Wind Speed Distribution in the Measurement Section of Reciprocating Air Generator

○杉内一仁[1]，辻健太郎[2]，直井和久[2]，槻舘悦浩[3]，吉田和範[3]，塩野光弘[2]
*Kazuhito Sugiuchi[1], Kentaro Tsuji[2], Kazuhisa Naoi[2], Etsuhiro Tsukidate [3], Kazunori Yoshida[3], Mitsuhiro Shiono[2]

Abstract：This paper investigates the wind speed distribution in the cross section of the measurement section using the reciprocating air generator. Reciprocating air is generated by using piston drive. As a result, wind speed distribution is approximately equal at all positions when a piston approaches the measurement section. When a piston backs away from the measurement section, the center of wind speed distribution is highest, and wind speed become low as approached the wall of the 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を用いるが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いことが考えられる．そこで発電機の設置環境を改善するため，発電機をダクト外に設置できる垂直軸形タービンを用いることを想定し，風を一方向から流した場合のタービン特性について風洞実験を行ってきた[2]．しかし，実際の発電装置内の風は海面の上昇・下降によって発生する往復流となっている．

本稿では, OWC 型波力発電用往復流発生装置の測定部断面における風速分布について検討を行ったので報告する．

２．往復流発生装置

図 1 に往復流発生装置を示す．装置のピストン部及び測定部の断面積はそれぞれ一辺 1.25m，0.4m の正方形となっており，その間を縮流部で繋いでいる．OWC 型波力発電のダクト部分は測定部で表す。ピストン部において，ピストンを往復直線運動させ空気の圧縮・膨張を行い，縮流部を通して測定部に往復流を発生させる．ピストンの往復直線運動は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軸にギアを通してボールねじを接続している．ピストンの中央にはねじ穴が切ってあり，ボールねじをモータにより回転させることでピストンを直線運動できる．また，測定部の先は開放されていて空気の流入と流出を行う．

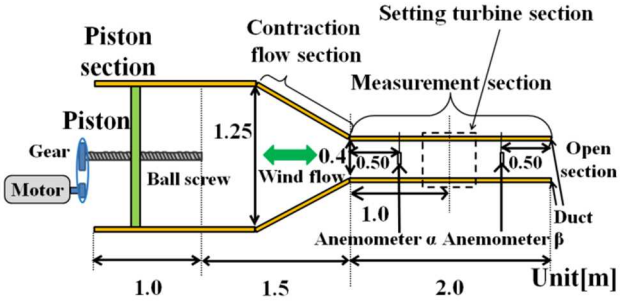

Figure 1. Reciprocating air generator

３．風速の測定方法

図 2 に開放部からピストン側に向かって見た風速計βの設置箇所を示す．風速計βの設置箇所は天板からの深さ y=0.04m の位置から 0.08m 毎に 3 箇所($y_{1\sim3}$)，測定部断面における左側面からの距離 x=0.05m の位置から 0.075m 毎に 5 箇所($x_{1\sim5}$)の計 15 箇所である．

設定風速は風速計αを縮流部から 0.5m，断面中心部(x_3，y_3)に設置し，ピストンが測定部に近づいた時の最大風速とした．また，風速測定値は風速計βを開放部から 0.5m の位置に設置して測定した各測定箇所の最大値である．

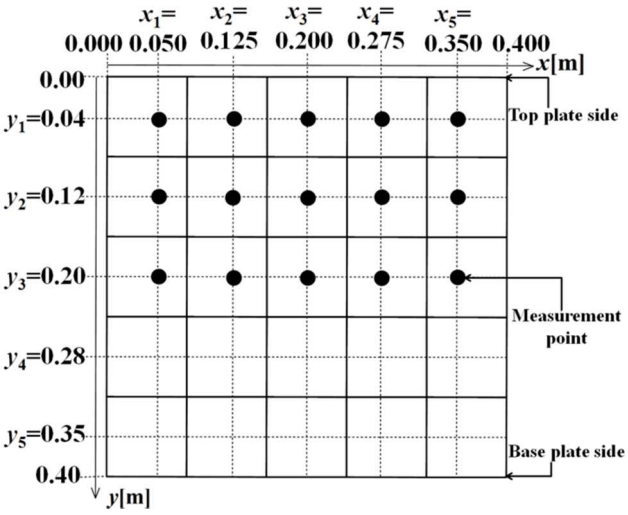

Figure 2. Location of anemometer

４．風速の測定結果

設定風速 5.01m/s においてピストンが測定部に近づいた時の風速計βの測定結果を図 3(a)，ピストンが測定部から遠ざかった時の測定結果を図 3(b)に示す. 図 3(a)より，ピストンが測定部に近づいた時の測定値は 15 箇所の測定位置において 4.90～5.23m/s の範囲で分布している．図 3(b)より，ピストンが測定部から遠ざかった

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

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
y_1	5.05	4.90	4.95	4.91	5.11	4.92	4.71	4.66	4.78	4.84
y_2	5.07	5.09	5.10	5.14	5.19	5.06	5.62	5.66	5.67	4.92
y_3	5.13	5.14	5.11	5.14	5.23	5.09	5.79	5.89	5.82	5.03
y_4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
y_5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

(a) Air flow from the piston　　(b) Air flow from open section

Figure3. Wind speed distribution (5.01m/s)

時の測定値は断面の中心において，最大 5.89m/s となり，壁面に近づくにつれて風速は小さくなっていることがわかる．

５．壁面を考慮した場合の風速分布

５．１．風速分布の理論値

一般的に，円管の中を流体が流れるとき，管壁の粗滑にはかかわりなく，円管中心付近と管壁とでは，その流速が異なり，流速分布は円管の中心を境に対称的な分布となる．そこで式(1)に示す，べき乗則[3]を適用し風速分布の理論的な検討を行う．今回の実験では測定部が角管であるが管の直径に等価直径を用いることで式(1)が適用できると仮定する．

$$V_{(y)} = V_{MAX}\left(\frac{y}{r}\right)^{\frac{1}{n}} \qquad (1)$$

ただし，V_{MAX}：角管の中心における最大流速[m/s]，y：天板からの距離[m]，r：管半径[m]，$V_{(y)}$：天板から距離y[m]だけ角管の中心方向に進んだ点の流速[m/s]である．乗数 n はレイノルズ数の範囲が$R_e \leq 10^5$において n=7 の場合の理論値と実験値を比較すると一致することが知られている．今回の実験では風速 5m/s の時のレイノルズ数が 75533 であることから乗数 n=7 を適用する．

また，今回の実験の測定部は角管であることから，管半径 r は等価直径 d を用いることでその半分の値を管半径とする．等価直径 d は式(2)で求める[4].

$$d = \frac{4A}{\omega} \qquad (2)$$

ただし，A：測定部断面積(=0.16m^2)，ω：管の断面の長さ(=1.6m)である．以上から等価直径 d=0.4m が求められ，管半径 r=d/2=0.2m となる．また，今回の実験の測定部は角管であることから等価直径を使用して理論計算を行うため，図 3 の x_3 列に着目し，測定値と理論値の比較を行う．

５．２．結果

設定風速 5.01m/s，x_3 列における測定値と理論値を図 4 に示す．縦軸は天板から断面中心までの深さで，横軸はそれぞれの深さにおける風速である．ピストンが測定部に近づいた時の測定結果は深さによらずほぼ等しいことが分かる．ピストンが測定部から遠ざかった時の測定結果は断面の中心となる深さ y=0.2m の時，最大風速となり，壁面に近づくにつれて風速が小さくなっていることが分かる．ピストンが測定部に近づいた時，断面中心部と側面付近の風速に差が見られなかったのは，ピストンが測定部に近づいた時の空気流が測定部に流入する際に縮流部を通るためであると考えられる．一方，ピストンが測定部から遠ざかった時の測定結果は開放部から空気流が流入するため，壁面の影響により風速が理論値とほぼ一致したと考えられる．

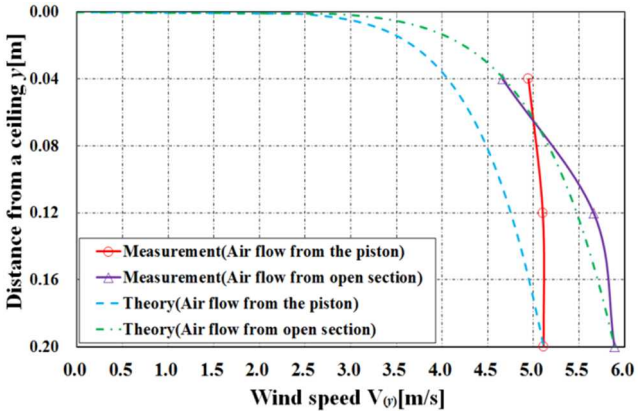

Figure 4. Measurement and theory of wind speed(5.01m/s)

６．まとめ

本稿では OWC 型波力発電用往復流発生装置の測定部断面における風速分布について検討を行った．

ピストンが測定部に近づいた時，風速分布は位置によらずほぼ等しい値となった．これは，ピストンが測定部に近づいた時，縮流部の影響を受けるためであると考えられる．

また，ピストンが測定部から遠ざかった時の測定結果は断面の中心風速が最大となり壁面に近づくにつれて風速が小さくなった．これは，壁面の影響が現れたためであり，べき乗則による理論値とほぼ一致することを確認した．

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]杉内一仁ほか：「波力発電装置のダクト幅と風車効率の関係」,平成 26 年電気学会全国大会講演論文集,vol.7,p.43 (2014)

[3]利光和彦ほか：「学生のための流体力学入門」,パワー社,pp43,128,129,(2010)

[4]日野幹雄：「流体力学」，朝倉書店，pp.316,317(1992)