風向直角方向に密に直線配置した垂直軸型風車の風洞実験

九州工業大学 大学院 学生員〇大楠貴浩,九州工業大学 正会員 木村吉郎,久保喜延,加藤九州男

1. <u>研究の背景及び目的</u>強い横風が車両に作用すると、横転事故や運転ミスによる事故が誘発されることがある. こうした事故は、海岸部や河川上の開けた場所など強風が局所的に作用する所で生じることが多く、強い横風を 低減する対策が必要となることがある.一方、こうした場所は風が吹きやすい、すなわち風力エネルギーのポテ ンシャルが高いことから、風力エネルギーを効率的に利用できる可能性がある.そこで、垂直軸型風車を道路の 外側に沿って密に並べることにより、発電とともに車両に対する遮風施設としての役割をさせて横風対策と風力 エネルギーの利用という 2 つの面で役立てるというアイデアが出てくる.本研究では、密に配置した場合の垂直 軸型風車の回転特性と、下流側における風速分布特性を明らかにすることを目的とし風洞実験を行った.

2. <u>実験方法</u> 実験には境界層型波浪風洞を用いた(模型設置断面 2600×1800mm). 垂直軸型風車の羽根には NACA0025の翼形を用いた. 縮尺 $\lambda = 20$ を想定し,風車の高さ H=200[mm],風車半径 R=200[mm]とした. また,風車の羽根の弦長 c については, 32 と 64[mm]の Type A, Type Bの 2 種類とした.風車模型は,多数並 べると風洞壁の影響を受けることがわかったため 3 台 (右岸側から風車 I ~ III と呼ぶ)のみを用いることとし, Type A, Type Bについてそれぞれ,風車中心間隔 d を 433,520,650,866[mm]の 4 パターン変化させた.また,風車 I,IIIについては時計回りに回転させ,風車IIについては時計回りに回転させる 3 台同方向回転のE と,風車IIのみ半時計回りに回転させる 1 台逆方向回転のNの 2 パターンについて実験を行った.

2.1. <u>回転数測定</u> レーザー変位計を用い風車 I ~ Ⅲの回転数を測定した. 接近風速は4.0 [m/s]から変化させて、
風車の回転数がN≦150[rpm]となる風速,もしくは7.0[m/s]を上限とした.

2.2. <u>風速分布測定</u> 逆流が生じるような大きな乱れの中でも測定可能なスプリットフィルムプローブと熱線流 速計を用いた. 接近風速は回転数測定結果から風車 3 台が回転し,かつ模型破損のないと考えられる大きさとし た (Type B-Eでは 5.5[m/s],他のケースについては 6.0[m/s]).測定点は後流側の高倍距離 x/h=1.5,

2.0,3.0,5.0 の4 つのそれぞれの位置において,風車 Ⅱの軸を中心とし長さdの風向直角方向軸(Y軸)を 10分割する11点,風車高さ方向軸(Z軸)上にZ=50, 100,150,200[mm]の4点,計44点とした(図1).コ ンター図の軸は,Y軸上の風車軸の真後での測定点を 横軸の0,右・左岸側にd/2ずつ離れた位置をそれぞ



れ横軸両端の-5と5に、Z軸上の測定点Z=200,50[mm]を、それぞれ縦軸の上下端の7.5、-7.5にそれぞれ対応 させるものとした.測定風速を接近風速で除した無次元風速分布と乱れ強さを算定し、分布をコンター図で示し た(図3~図5).また変動風速の電圧差時系列から逆流の有無を判断した.

3. 実験結果及び考察

3.1. 回転数測定結果および考察(図 2) 風車 II の回転数は一般に d の増加に伴い減少した.また,風車の回転特性は E と N の場合で異なる結果となった.すなわち E では,風車 II の回転数が他の 2 台の風車と比較して最大,Nの Type B では接近風速 6.5[m/s]以上において風車 I の回転数が最大,Type A では風車 III の回転数が最大 となった.

3.2. <u>風速分布測定結果および考察</u> 風車後流の無次元風速は,全ての実験パターンにおいて,接近流と比較して 減少する結果となった.またEでは風車II後流の右岸側を中心とし,Nでは風車II後流の左岸側を中心とした個 所において風速の減少が見られた(図 3).この特性はdが大きくなるに従いより顕著に見られたことから,風車

キーワード : 垂直軸型風車, 遮風設備, 風洞実験 連絡先 : 〒804-8550 北九州市戸畑区仙水町 1-1 Tel (093)-884-3466 Fax (093)-884-3100 の回転方向に依存したものと考えられる.また風速の減少率は風車間隔が小さいと大きく,風車間隔の増加に伴い減少した.風車間隔が最小な d=433[mm]の場合,高倍距離 x/h=3.0 では後流域全体に渡って接近風速の 80%程度の風速に減少した(図 4).また,乱れ強さは,高倍距離の小さな位置では大きな値となり,高倍距離の増加に伴い減少した(図 5). 変動風速の時系列から,風車タイプ,風車間隔,回転方向を変化させたいずれの場合においても,高倍距離 x/h=2.0 まで逆流は見られ, x/h≧3.0 では逆流は見られなかった(図 6).逆流の生じる周期は羽根が通過する周期と一致した.



4. <u>結論</u>

①風車配置間隔が大きいほど,一般に中央の風車の回転数は小さくなった.また,同方向回転の場合は中央の 風車が,反対回転方向の場合は羽根の弦長によって右岸または左岸側の風車の回転数が大きくなった.

②風車の後流側では風速が接近風よりも低下し、その割合は風車間隔が小さいほど大きくなった.また風速が 大きく低下する位置は、中央の風車が時計回りの場合は右岸側に、半時計回りの場合は左岸側に生じた.

③後流側の風の乱れ強さは、高倍距離が大きくなるほど小さくなった.

④風車に近い位置では逆流が生じ、その周期は羽根が通過する周期と一致した.

なお、本研究では風車の回転数を十分に高くできなかったため、風車上・下流側でのエネルギーの相似則が満 たされていない.従って後流の風速分布は参考値となるが、d=433[mm]の場合には高倍距離3.0において、接近風 速の20%程度の風速減少となる遮風効果がみられており、本アイデアの有効性を示すといえる.

謝辞:本研究において,前田建設工業の志村正幸氏,丸山勇祐氏より貴重な御教示を頂いた.ここに記して謝意を 表する.