

複雑地形における風況予測 その1 大型風洞実験

○東京大学大学院工学系研究科 学生員 三輪康宏
 東京大学大学院工学系研究科 正会員 石原 孟
 東京大学大学院工学系研究科 フェロー 藤野陽三

1. はじめに

風力発電量は風速の3乗に比例することから、小さな風速の予測誤差が大きな風力発電量の予測誤差につながる。そのため風力発電施設の計画段階では、風力発電機設置位置における正確な風況予測が大変重要である。しかし、現在風力発電量を予測するために広く使われている風況予測モデルの殆どは線形モデルに基づくものであり、わが国のような急峻な地形における複雑風況を精度よく予測することが困難である。そこで本研究ではまず実地形を模型化し、大型風洞実験を行うことにより、複雑地形における風況データを取得すると共に、複雑地形における流れ場の性質を明らかにする(その1)、そして、新しく開発した非線形風況予測モデルを用いて複雑地形における流れ場を解析し、風洞実験結果と比較することにより、予測モデルの有効性を検証すると共に、風速の増減における地形効果を明らかにする(その2)。

2. 風洞実験の概要

実験は東京大学工学部風工学実験室にある全径間風洞(幅16m、高さ1.9m、長さ5.8m)を使用した。実験風速は6.0m/sとし、風速測定には主にX型熱線プローブを用いた。また剥離の影響を受けると思われる地点ではスプリットファイバープローブを用いた¹⁾。風洞模型は積丹半島の一部(直径8km)を縮尺2000分の

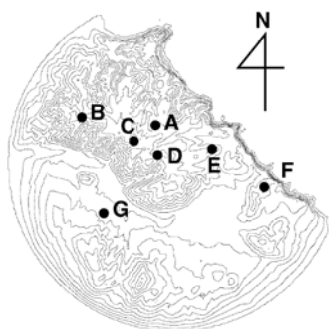


図1 模型等高線図

1で再現し、直径4mのターンテーブルに設定した²⁾。

図1は模型の等高線図を示し、A～Gは測定点である。測定は8風向とし、測定高さはそれぞれ10, 20, 40, 70, 100, 150, 200, 300m(実スケール)とした。なお本実験では、ローパスフィルターのカットオフ周波数は500Hzに設定し、風速計からの出力は1.0msの間隔でA/D変換を行った。

3. 実験結果

3.1 平均風速の鉛直分布

A点からG点までの風向別平均風速の鉛直分布から、7地点を次のような4つのグループに分類した。

(1) 測定点A, Eでは大きな増速と減速がどの風向にも見られず、増速量は最大でも1m/s程度である。また風速分布の風向による変化は全体的に小さく、地形の影響を強く受けていないことが分かる。図2にはE点での風速の鉛直分布を示す。

(2) 測定点B, C, Dでは大きな増速が多くの風向に見られ、増速量が2m/sにも達した。また平均風速の風向による変化も大きく、風向によって平均風速の鉛直分布はべき法則から大きく外れる地点もある。この3つの地点のS風向からW風向にかけて複雑に入り組んだ地形が広がり、谷に沿う風による大きな増速が見られる。図3にはB点での風速の鉛直分布を示す。

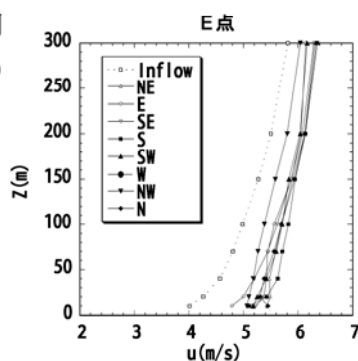


図2 E点での風速分布

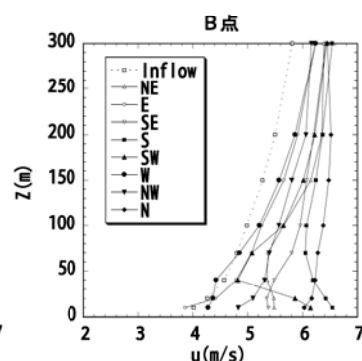


図3 B点での風速分布

(3) 測定点Fでは海岸沿いに急峻な崖があるため、海岸からの風向では大きな減速が見られる。図4にはF点で風速の鉛直分布を示す。

キーワード：複雑地形、風況測定、大型風洞実験、剥離、流れの3次元性

連絡先：〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1 TEL 03-5841-6096 FAX 03-5841-7454

(4) 測定点Gでは山に囲まれた窪地にあるため、前方に山がある風向では大きな減速が見られる。全体的には風速の鉛直分布がベキ法則に従う。図5にはG点での風速の鉛直分布を示す。

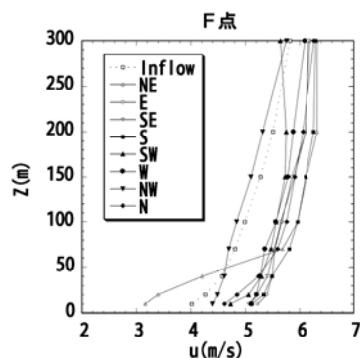


図4 F点での風速分布

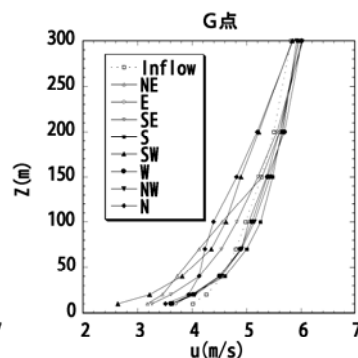


図5 G点での風速分布

3.2 平均風速の流れ方向の分布

次に、B点のSW風向及びF点のNE風向の計測を行い、平均風速の流れ方向の変化を詳細に調べた。

図6にはB点の風上方向における平均風速の鉛直分布を示す。B点周辺の等高線図も図に示した。B点はSB6に対応する。図6から分かるように、B点の上流側では増速が殆ど見られず、B点になると急に大きな増速が生じている。この地点では風向に平行な断面における地形の起伏が穏やかであり、大きな増速を生じさせる理由が見当たらない。しかし、B点付近の等高線図から分かるように、B点の南方向と西南西方向に谷があり、それに沿って強い風が生じると考えられる。その影響でB点では大きな増速が生じたと思われる。

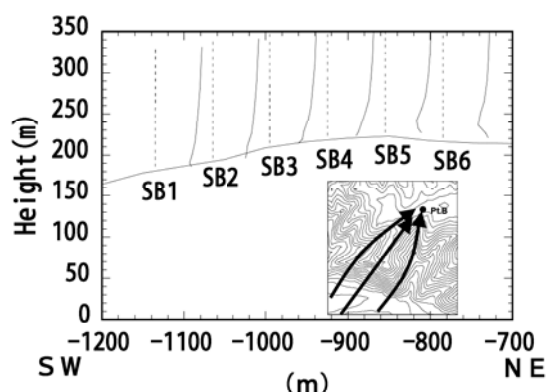


図6 B点付近の平均風速分布 (SW-NE 断面)

本研究ではB点での流れの計測にX型プローブを用いたため、流れの測定結果には流れ方向の速度成分以外に流れに直角となる速度成分も含まれる可能性があり、今後スプリットファイバークローブを用いて各速

度成分の増速に対する寄与を明らかにする必要がある。

図7にはF点の風上と風下方向における平均風速の鉛直分布を示し、F点はSF4に対応する。F点の風上方向には急峻な崖 (傾斜角約 60° 、高さ約 150m) があり、そこで剥離が生じる可能性が高いため、逆流を検知できるスプリットファイバークローブを流れの測定を行った。図7を見ると、SF2の風下では風速が大きく減少しており、この減速は風上側にある急峻な崖による流れの剥離のためである。また崖に近い場所では剥離による減速が大きく、下流に行くに従って減速の範囲が高くなっている。

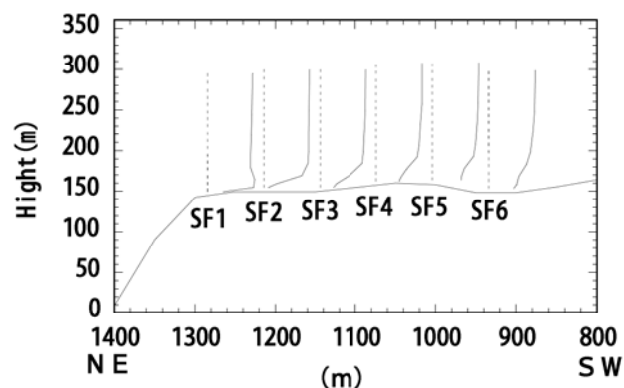


図7 F点付近の平均風速分布 (NE-SW 断面)

4. まとめ

本研究では実地形を模型化し、大型風洞実験により、複雑地形における風向別平均風速の鉛直分布を測定し、以下の結論を得た。

- 1) 本研究で対象とした複雑地形における風況は概ね4種類に分類できることが分かった。
- 2) 複雑地形における流れ場の詳細測定により、地形の3次元性による風速の増速効果及び急峻な崖での剥離による風速の減速効果を明らかにした。

謝辞

本研究は一部 (財) 日産科学振興財団の助成を受けたものである。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 石原孟, 日比一喜: 高層建物屋上の流れ場の乱流特性と組織運動, 日本風工学会誌, 第72号, 1997.
- 2) 三輪康宏: 大型風洞実験による複雑地形における風況測定, 東京大学卒業論文, 2001.