

## 山間地に立地する風力発電設備の耐風設計のための実測調査(その1)

## — 1.5MW 級風車に作用する風荷重 —

前田建設工業(株)	正会員	○三輪 俊彦
前田建設工業(株)		丸山 勇祐
日本風力開発(株)		宮城 雄一
(株)風力エネルギー研究所		鈴木 章弘

## 1. はじめに

近年、クリーンエネルギーとして風力発電設備の導入が急速に増加している。日本の風力発電の設備容量は 2006 年度末に約 150 万 kW に達したが、国の 2010 年導入目標 300 万 kW 達成に向けてさらに加速的に導入が進むものと予想される。一方、宮古島や岩屋 WF など、風力発電設備の事故も数多く報告され、その耐風安全性の確保が緊急の課題となっている。土木学会では 2007 年秋に「風力発電設備支持物構造設計指針<sup>1)</sup>」を発刊し、風車の設計方法に関する指標を示したが、実際の風車に作用する風荷重や応答特性にはいまだ不明な点も多い。一方、風車に作用する風荷重および応答特性の調査を目的とした実測結果も何例か報告されているが<sup>2), 3)</sup>、いずれも 400~600kW 容量の中規模風車に対するものであり、比較的平坦な地形における計測結果となっている。

本報は、近年の導入風車の主流である大型機(1.5MW)を対象とし、今後国内において増加が予想される山間地に設置した実風車に対する計測結果のうち、実測の概要および風車に作用する風荷重について報告するものである。

## 2. 実風車における実測の概要

実測は、珠洲風力発電所の定格出力 1.5MW のピッチ制御型風車に対して実施した。風車の設置場所は能登半島の先端に近い大谷峠と鞍坪岳(石川県珠洲市)の間の牧草地であり、標高約 300m の山間部に位置している。計測風車と周辺状況を写真1、実測の概要を図1に示す。風車タワーは鋼製円筒構造であり、タワートップ(ナセル下部)の高さは 63.1m である。地面から高さ 41.3m(タワー中間部)と 6.72m(タワー脚部)のタワー内面に2軸および3軸のひずみゲージを8方向に取り付け、タワートップ部分には加速度計(3 方向)を設置した。また、ナセル上部には、風向風速計とナセルの向きを特定するための GPS コンパスを設置した。

タワー内に自動計測システムを設置し、0.1 秒(10Hz)間隔での連続計測を行っている。計測は 2007 年 5 月から開始し、2007 年 12 月までの計測結果について報告する。



写真1 計測風車の周辺状況(珠洲風力発電所)

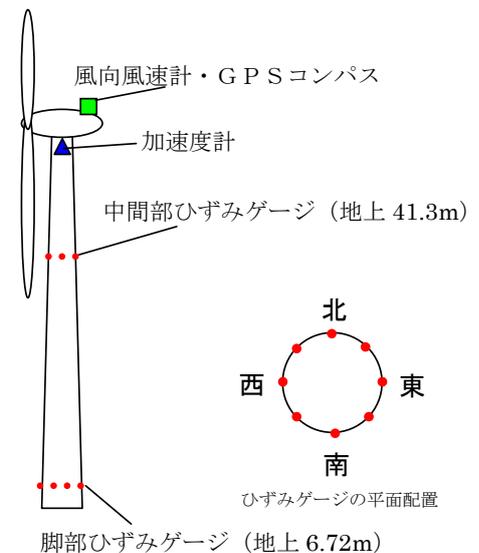


図1 実風車の計測システム概要

キーワード 風力発電設備, 実機計測, 山間地, 鋼製タワー, 風荷重

連絡先 〒179-8914 東京都練馬区旭町 1-39-16 前田建設工業(株)技術研究所 Tel. 03-3977-2241

### 3. 風車タワーに作用する曲げモーメント

中間部および脚部に設置したひずみゲージの鉛直成分から、タワーに作用する曲げモーメントを求めた。算定にあたっては、タワー断面が平面保持されていることを前提に、8方向のひずみ分布の実測値から最小二乗法によりタワーの断面状態を求め、観測高さにおけるタワーの曲げモーメントを時々刻々算出した。タワーに作用する曲げモーメントの10分間平均値と風速の関係を、**図2**および**図3**に示す。風速が10m/sを超えているにもかかわらずほとんど曲げモーメントの発生していないデータ(図中の○囲み)は、メンテナンスなどによる風車停止時のデータである。風車回転時と停止時の比較から、風車回転時の風荷重はローターからのスラスト力が支配的になっていることが分かる。

タワーに作用する平均曲げモーメントは、定格風速12m/s以下では風速とともに増加し、定格風速近傍で最大となり、それより大きい風速では風速とともに減少する傾向が見られる。定格風速までは、風速の増加とともに発電出力も増加するが、定格風速より大きい風速では発電出力が一定となるように風車は制御される。一般に発電出力は風のエネルギー(風速の3乗に比例)に比例するものであるが、これを一定とするように制御運転されているため、本来であれば風速の2乗に比例するはずの風荷重(スラスト力)が、逆に風速の増加に伴って減少しているものと考えられる。

**図4**はタワー脚部の曲げモーメントについて、10分間平均値と10分間の最大瞬間値(10Hz サンプル値)のアンサンブル平均を示したものである。平均値は定格風速で最大となり、それ以上の風速では減少しているが、最大瞬間値に関しては風速が定格風速を超えてもほぼ一定の値を示している。これは、風の乱れによって生じるバフェティングは風速の増加とともに増大し風荷重の変動成分が大きくなるため、平均成分が減少しても瞬間値は下がらないものと考えられる。**図5**は、アンサンブル平均で求めた曲げモーメントの最大瞬間値と平均値の比をガスト影響係数として表したものである。カットイン風速から定格風速までは徐々に小さくなるが、定格風速を超えると増加する。この傾向はカットアウト風速まで続くものと考えられる。

### 4. おわりに

山間地に立地する大型風車に作用する風荷重の特性を実測データをもとに考察した。これからの大型風力発電設備の耐風設計に対する一助とすべく、今後も実機計測を継続的に実施していく予定である。

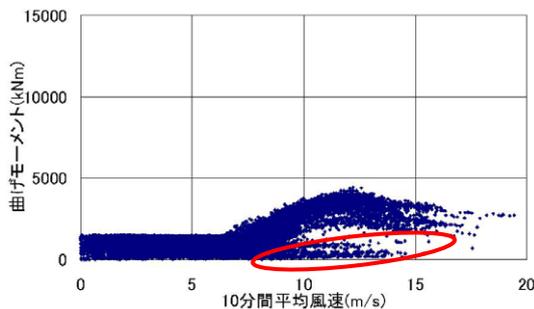


図2 タワー中間部(地上 41.3m)の曲げモーメント

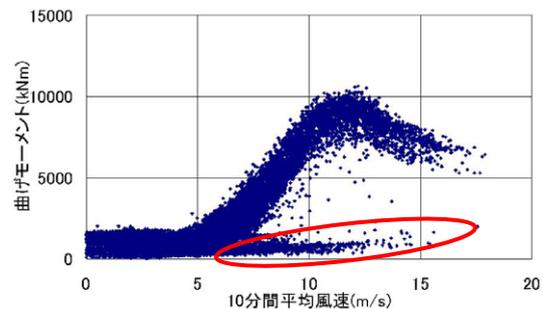


図3 タワー脚部(地上 6.72m)の曲げモーメント

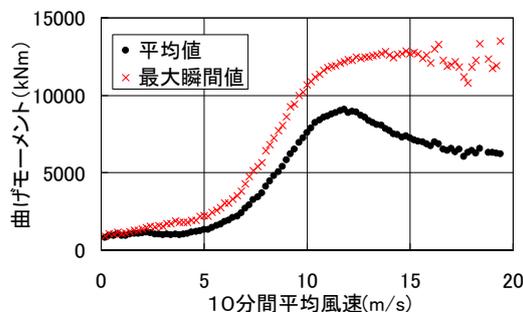


図4 タワー脚部曲げモーメントの平均値と最大瞬間値

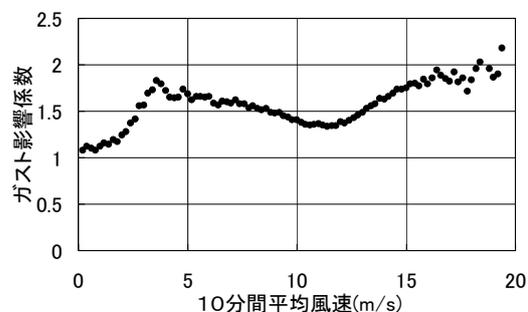


図5 タワー脚部曲げモーメントのガスト影響係数

(全計測期間 10 分毎値のアンサンブル平均)

**参考文献** 1)土木学会編:風力発電設備支持物構造設計指針・同解説, 2007.11 2) 山本ら:第 19 回風工学シンポジウム pp.157-162, 2006.12 3)石原ら:第 19 回風工学シンポジウム pp.175-180, 2006.12