

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2)

ー 風車タワー実測値の時刻歴波形 ー

前田建設工業(株) 正会員 ○岡田 直仁
 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

前報¹⁾では、定格発電量 1.5MWの風車タワーの実測から、作用する風荷重の特性について報告した。平均風荷重は、定格風速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、定格風速を超えると風速の増加とともに減少する傾向が見られる。一方、瞬間最大荷重(10分間の最大値)に関しては、定格風速近傍まで風速の増加とともに増加し、定格風速より高い風速では荷重がほぼ一定となり、平均風荷重のように風速とともに減少する傾向は見られない。本報では、風荷重及び振動応答の時刻歴波形から風車運転時の風荷重特性を明確にするとともにピーク風荷重の発生機構について考察する。

2. 風車タワーに作用する風荷重と風応答の時刻歴

実測方法等の詳細及び計測対象風車の概要に関しては前報¹⁾に述べている。図1に計測風車ナセル上部に取り付けた風速計から算定した乱流強度を示す。乱れの強いものを包絡したものが概ねJISの 카테고리Aの曲線と一致するが、それより強い乱れも見られる。

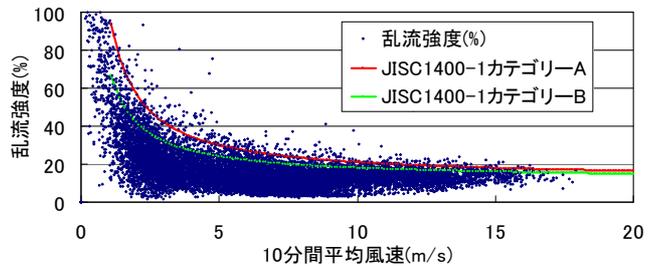


図1 風車ナセル上部の乱流強度

風速の変動と風車タワーに作用する風荷重・風応答の関係を詳細に見るために、風速の変化とタワー脚部

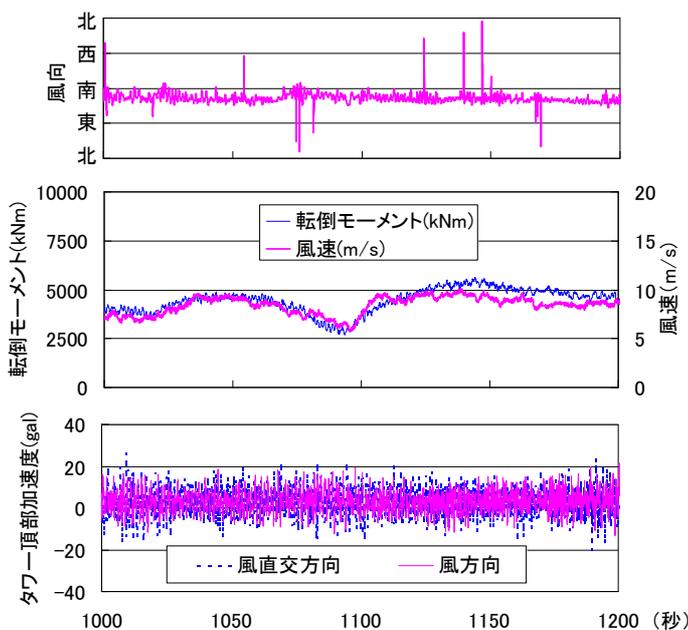


図2 計測値の時刻歴 (定格風速以下)

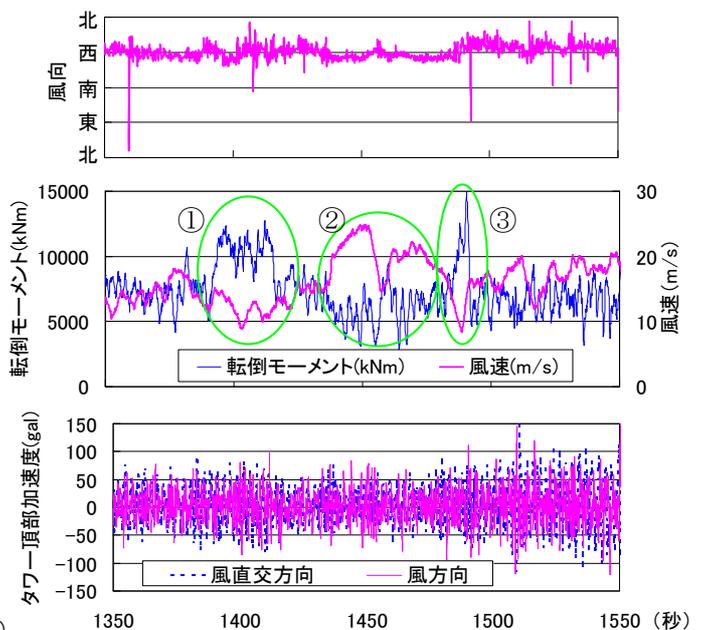


図3 計測値の時刻歴 (定格風速以上)

キーワード 風力発電設備, 実機計測, 風荷重, 風応答, 乱流強度

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

の転倒モーメント、タワー頂部の加速度の時刻歴波形を紹介する。前報¹⁾で示したように定格風速以上と以下で風荷重の傾向が異なることから、図2に定格風速以下、図3に定格風速以上の時刻歴波形を示す。

図2では、風向はほぼ南で一定であり、風速は10m/s程度である。タワー脚部の転倒モーメントは風速の変動に応じて変動しているのが確認できる。加速度応答は風速がそれほど大きく変動しているわけではないのでほぼ一定の振幅で振動している。

図3では、風向はほぼ西で一定であり、風速は10分間平均風速で定格風速(12m/s)を超えている。定格風速を超えた風速域では、風速の増加とともに転倒モーメントが小さくなり、風速の減少とともに転倒モーメントが大きくなるという逆対称に近い変動が見られる。振動応答が大きくなっているとき(1500~1550秒)に、やや風荷重の変動が大きくなっているようであるが、風荷重に対しては風速変動の方が支配的であり、1490秒付近に生じているピーク風荷重時には特に大きな振動応答は生じていない。振動応答と転倒モーメントの相関は低そうである。これらのことから、風車運転時の風荷重においては、タワーの振動応答よりも風速変動によって生じるピッチ制御、ロータの速度制御・空気力学的な動的挙動等の影響が関与していると考えられる。

図3中丸で囲んだ①に示すような風速が定格風速付近のときに風荷重が平均的に大きくなっている。②の状態では風速変動が大きくなっており、変動前後の風速が定格風速より高い状態(風速20m/s前後)であるため、変動が大きくても風荷重は大きくなっていない。③の状態は転倒モーメントの最大値が15000(kNm)を超えており、前報¹⁾で報告した計測中最大級のピーク風荷重が作用した瞬間である。③の部分拡大した時刻歴波形を図4に示す。

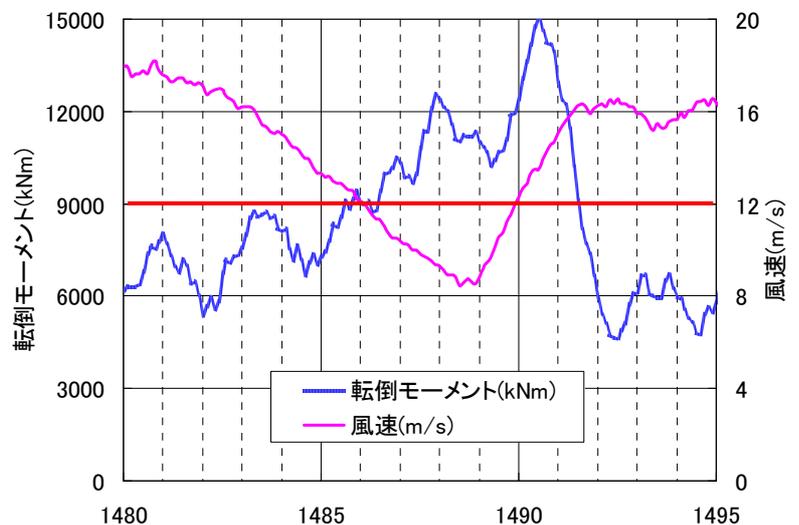


図4 ピーク風荷重発生時の時刻歴(定格風速以上)

図4の時刻歴波形の前半では風速の低下とともに風荷重の増大が見られる。また、定格風速(12m/s)を下回ってからしばらくは風荷重の増加が見られ、

図中「1488秒」でピークとなっている。風速は「1489秒」から増加し始めるがやや遅れて風荷重も増加し始める。「1490秒」で定格風速を超えるが、その後も風荷重は増大し「1490.5秒」付近でピーク風荷重が生じている。風速の変動に対して風荷重の変動が少し遅れたような時刻歴が見られるが、ピッチ制御が作用するまでの遅れ等の影響ではないかと考えられる。

この時刻歴の観測結果から運転時の風車タワーに作用する最大風荷重は、風速の変動が定格風速付近を横切る時に生じていると考えられる。また、ピッチ制御の効果にわずかの遅れがみられるため、風速変動が急に増加する時にはかなり大きな風荷重が作用する場合もあると考えられる。平均風速がカットアウト風速(25m/s)付近において乱れが強く、風速変動の下限値が定格風速付近になるときは、風車運転時の風荷重がかなり大きくなる可能性があると考えられる。

3. おわりに

山間地に建つ定格発電量1.5MW風力発電装置のタワーの実測値の時刻歴波形を紹介した。定格風速以下の風速域では風荷重の変動は風速の変動に追随するが、定格風速を超えた風速域では風荷重と風速の変動がほぼ逆対称になる。定格風速を横切る風速変動をもつ強風時に風車運転時のピーク風荷重が大きくなる。

参考文献

1) 三輪ら：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)，土木学会第63回年次学術講演会講演概要集，2008.9，pp549-550