

青森県横浜町風力発電所 ～大規模陸上風力の基礎設計～

大成建設(株) 土木本部 土木設計部 正会員 ○木全祐輔
同上 正会員 渡辺崇弘

1. はじめに

日本は2050年までに温室効果ガスの排出を全体でゼロとするカーボンニュートラルの実現を目指しており、クリーンな再生可能エネルギーである風力発電事業に力を入れている。当社でも経営の重点課題としてエネルギー環境分野を掲げており、本事業では土木工事の設計施工一式、風車の輸送据付から試運転までを一括して請け負っている。当建設地は青森県下北半島の横浜町に位置し、発電規模は単機定格出力3.6MW、全12基の総出力は43.2MWとなる。ハブ高さ94m、ローター径117m、最高高さは150mを超え、国内陸上風力としては最大級の仕様である。このような大規模風力発電設備を支持するには、耐風・耐震性能を備えた堅固な基礎が必要となる。本論文では、当工事で設計・施工を行った陸上風力の基礎設計について示す。



図1 現場位置図

2. 敷地地盤概要

本計画地点の地形は、広く発達する台地及び丘陵と、それらを刻む谷ぞいに発達する狭い河谷平野で構成されている。調査ボーリング結果をもとに作成した現場周辺の地層層序表を表1に示す。このうち、サイト全域に広く分布するのはLm, Ds-sm1, 2, 3, 及びTu-ss層である。表層のローム層Lmは、粘性高位の均質な粘性土である。砂質土層Ds-sm層のうち、第一層は細～中砂主体、第二層は粒径均一な細砂主体である。これら2層(Ds-sm1, 2)は液状化判定対象土層となるが、検討で得られた液状化指標により、そのおそれはないと判定されている。Ds-sm3層(野辺地層)は、平均N値が45を超えており、杭基礎の支持層となる土層である。Tu-ss層(砂子又層)は、細砂主体で固結し非常に良く締まっている。

地質時代	地層名	地質記号	地質・土質名
第四紀	沖積低地堆積層	Lm	ローム
	沖積低地堆積層	Asc	砂質土・粘性土
	第一洪積粘性土層	Dc	砂質シルト、シルト混じり粘土
	第一洪積砂質土層	Ds-sm1	火山灰、シルト質火山砂
	第二洪積砂質土層	Ds-sm2	火山灰混じり質砂、シルト質砂
	第三洪積砂質土層(野辺地層)	Ds-sm3	火山灰質砂、シルト質砂
新第三紀	砂子又層	Tu-ss(w)	粘土混じり細砂
		Tu-ss	細砂、シルト混じり砂

表1 地層層序表

3. 構造設計の基本方針

本陸上風力支持物の構造設計は、「風力発電設備支持物構造設計指針・同解説 2010」¹⁾に準拠して行った。同指針では、風力発電設備支持物の設計供用期間を20年間とし、設計供用期間中に稀に発生する荷重に対して損傷限界、極めて稀に発生する荷重に対して倒壊・崩壊限界を超えないことを要求性能としている。稀に発生する暴風・地震等に対しては50年に一度、極めて稀に発生する地震に対しては500年に一度の割合で発生する荷重レベルが指定されている。これらの荷重のうち、風荷重は風車メーカーにて基準風速や部材形状等の設計条件に基づき算定され、基礎上面反力として提示される。地震時の反力については基礎側の設計にて算定しており、タワーの地震時時刻歴応答解析より求める。

キーワード 陸上風力、再生可能エネルギー、

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 (新宿センタービル) TEL:090-4933-5491

図2に、各荷重ケースでのタワーの高さ方向の断面力分布概念図を示す。せん断力・曲げモーメントともに、タワー基部においては極稀地震時において最大値を示している。図2の断面力分布を用いて、風車メーカーにてタワーの各セクションを照査する。また、基礎設計においては脚部での反力を用いて基礎の構造計算を行う。

4. 基礎設計概要

基礎形式は、現地地質状況や施工条件を考慮して場所打ち杭を選定した。基礎躯体は図3に示す八角形の鉄筋コンクリート造である。上段のペデスタル内部には、タワー脚部を躯体に定着するためのアンカーボルトが配置されている。下段のフーチングは、タワーの反力を場所打ち杭へと伝達する役割を担っている。

構造計算に用いる荷重としては、タワー基部から伝達される軸力、せん断力、モーメントを考慮している。基礎躯体は、ペデスタルを支持点とした片持梁として設計する。八角形状であることから、 0° および 22.5° 方向の2方向で断面検討し、安全性を確認している。杭体は、タワーおよび基礎の慣性力と地盤変位を同時に作用させ、作用方向が同方向、逆方向のいずれの場合も想定して検討を行っている。

基礎躯体内部には躯体の鉄筋や場所打ち杭の埋め込み鉄筋、さらにアンカーボルトが配置されており、これら相互の位置関係を三次元的に把握し、設計計画から現場施工まで適切に管理することが求められた。そこで、図4に示す3Dモデルを作成し、基礎配筋の設計施工に活用した。

5. おわりに

青森県横浜町に建設中の大規模陸上風力発電所の基礎設計について述べた。現在、全12基について基礎構築及び風車据付が完了し、運転開始に向けて着実に準備を進めている段階である。当社では、環境分野のフロントランナーを目指してカーボンニュートラルに向けた取り組みを加速させることを、重要な課題として位置付け推進している。本工事での成功が、持続可能な社会基盤の構築に寄与できれば幸いである。

参考文献

- 1) 風力発電設備支持物構造設計指針・同解説 2010年版 土木学会

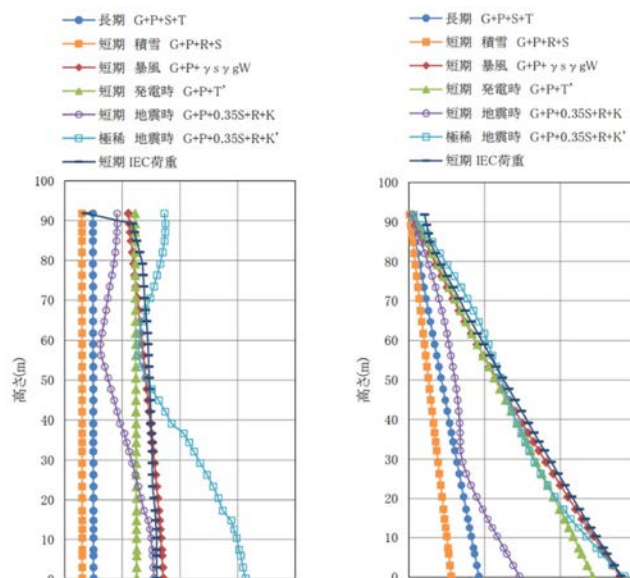


図2 各荷重ケースでのタワー断面力分布
(左：せん断力 右：曲げモーメント)



図3 基礎躯体 完成時全景

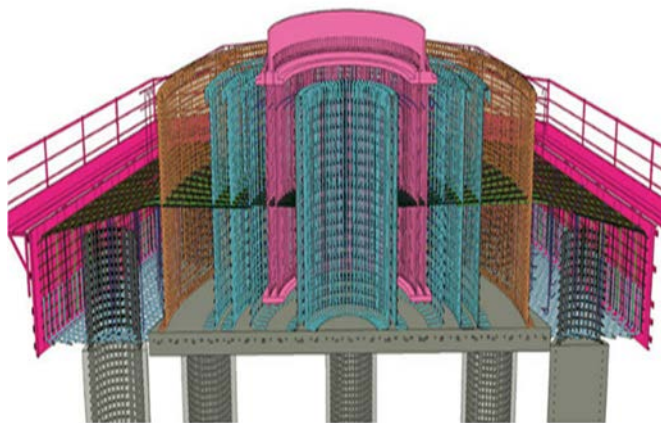


図4 基礎配筋の3Dモデル