



シミュレーションによる 風力タービンのギア性能改善

研究・開発機関 : ナブテスコ(株)
 利用施設 : 自社計算機
 計算規模 : 32コア計算機で15h程度
 利用ソフトウェア : 汎用有限要素ソフトウェア

Before

●外輪歯車とピニオン歯車の歯同士の接触を調整し、回転による垂直応力と歯面間のせん断応力を低減させるため、かみ合いによってはがれ落ちる特殊なペイントを塗布することで、試験装置上で接触面積を視覚的に確認していました。しかし最適な歯の形状を見つけ出すことは非常に時間がかかっていました。

After

○CAEによって、ピニオン歯車設計におけるクラウニング(歯当たり量の増大と面圧低減を目的とした、歯すじ方向に適当なふくらみをつける加工)の最適化が、以前よりはるかに少ないマンパワーで可能となりました。この手法は設計期間を大きく短縮しています。

背景と目的

大型の風車による風力発電(図1参照)において、風の運動エネルギーを機械エネルギーに変換して最も効率良く「風力」を得るには、風力タービンのナセル(図2参照)とブレードの位置を制御することが非常に重要です。この役割を担うのが、不規則に変動する卓越風の速度と方向に合わせて、これらのコンポーネントの姿勢を自動調整する「ヨー駆動装置」と「ピッチ駆動装置」です。

構成の異なる風力タービンごとに、全体的な応力を最小限に抑え、耐久性も維持した、実現しうる最高の設計を提供するためには、外輪歯車とピニオン歯車の歯同士の接触を調整し、回転による垂直応力と歯面間のせん断応力を低減し、歯面応力を低減することで、歯車の耐久性が改善し、さらにアセンブリ全体の耐久性を改善することが必要で、これを効率よく実現するためにはシミュレーションが有効な手段となります。



図1. 風力発電

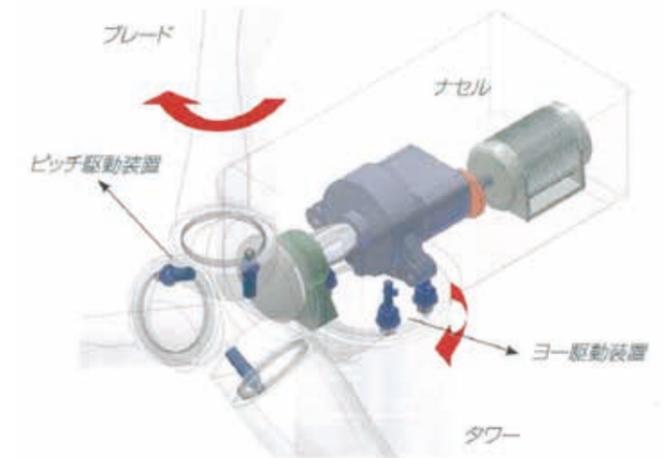


図2. 風力タービンの構造

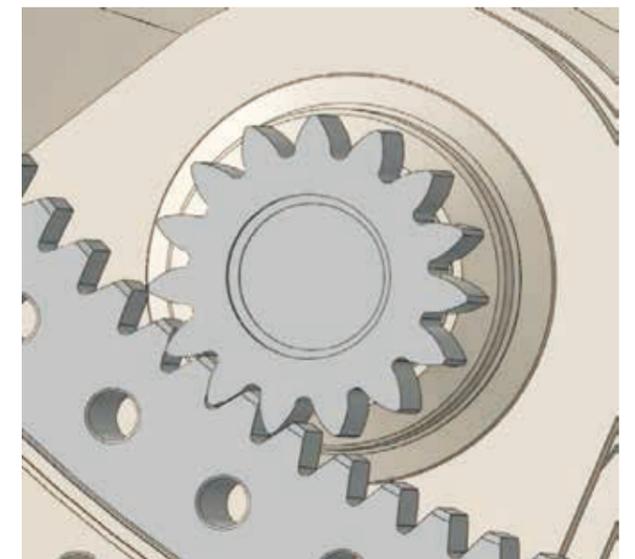


図3. 小さなピニオン歯車と外輪歯車とのかみ合い

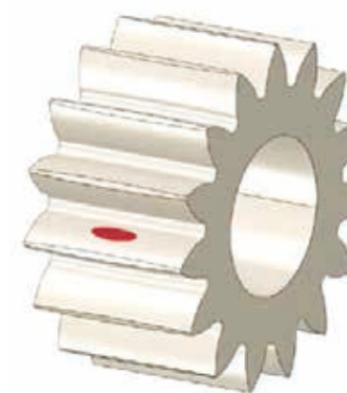


図4. シミュレーション解析結果
狭い歯面接触領域

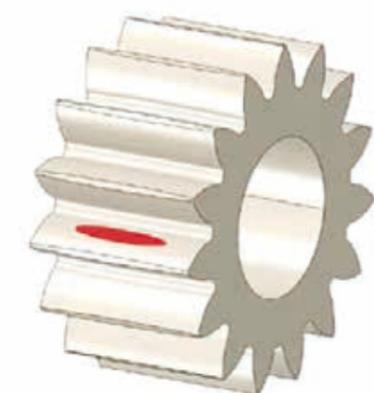


図5. シミュレーション解析結果
最適歯面接触領域

利用成果

風力タービンのすべてのヨー駆動とピッチ駆動にはピニオン歯車が用いられており、これが駆動装置の動力をナセルまたはブレードに伝達します。ピニオン試験装置を解析的に模擬するため、各 CAD形状を読み込んで FEA(有限要素法解析)の全体CAEモデルを作成しました。試験装置下面は固定条件としてモデル化しています。

風速の影響を含んだ抵抗力が、減速機のシャフトに付加され、さらにピニオン歯車に規定の角度で回転運動が与えられます。このようにして、歯車が回転するにつれて、いつどこで歯が互いにかみ合い、どのような応力が生じるかをシミュレーションにて確認できるようになりました。

歯が交差する範囲の回転角は非常に小さく、これが徐々に歯が損傷する一因となります。今までの狭い接触面積(図4)を CAE 解析で最適化(図5)することにより、歯車の平均応力の低減と寿命延長が可能となります。これらの数値解析結果を、ペイントを塗布した実験と比較した結果、FEA結果は非常に良く一致することが示されました。

CAEによって、ピニオン歯車設計におけるクラウニングの最適化が、以前よりはるかに少ないマンパワーで可能となりました。こうした方法は設計期間を大きく短縮することに貢献しています。