

陸上風車の転倒解体工法の開発

大成建設(株) 正会員 ○鶴澤 哲史、成原 弘之、正会員 大谷 英夫、正会員 渡辺 崇弘

1. はじめに

耐用年数20年を迎える陸上風力発電所の更新工事が国内各所で計画されている。高さ数十メートル級の発電用風車の解体工事はこれまで新設工事と同様に大型クレーンを用いて上部から順次分割しながら解体する方法が一般的であった。これに対し本稿で示す転倒解体工法は高所作業や大型クレーンを使用しないため、コストと工期の大幅な削減が期待できる。なお本転倒解体工法は海外では多くの実績があり、例えばYoutube等の動画サイトでも容易に確認できる。

2. 陸上風車転倒解体工法の概要

本工法はターボ基部の断面剛性を小さくするため鋼管部に切り込みを入れ、転倒方向反対側をジャッキで押し上げ風車全体を転倒させる工法である(図-1)。本工法を適用する当たり、工事エリアや安全確保等の制約を満足するため目標方向に確実に倒すことが必要である。しかし、この方法による金属材料の破壊形態は明らかでなくジャッキの必要ストローク量さえ不明な状況であった。そこで、円筒試験体を用いて転倒現象を理解すると同時に FEM 解析による再現を試みた。次に、実機を対象に解析し実際に起こりうる現象について考察した。

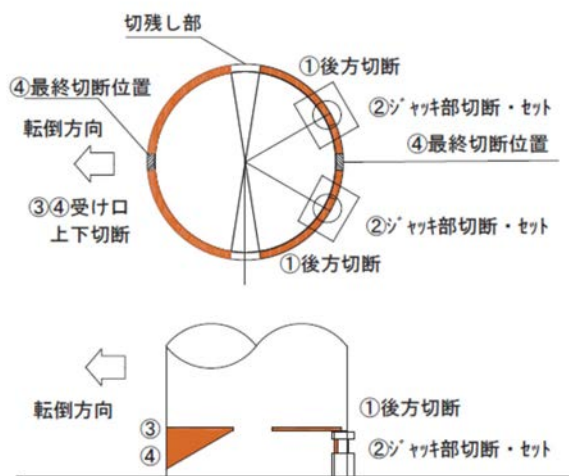


図-1 転倒解体工法の概要

3. 転倒検証実験

ターボ脚部の切断とジャッキにより方向を制御しながらターボを傾けさせることができるか検証実験を行った。試験体は風車ターボの脚部をモデル化し、その断面寸法は現在更新を迎える風車の1/2~2/3のスケールとした(写真-1)。油圧ジャッキのラム上部には傾きに追随するように球座を設置した。計測は試験体頂部の転倒側と転倒反対側(ジャッキ側)に各1台の傾斜計を設置して試験体上半分の傾きを計測し、また油圧センサーによってジャッキの荷重を計測した。

ジャッキアップ開始後、押上荷重が500kNの時、傾斜角は目標値の約7°に到達した(図-2)。なお押上荷重は2台のジャッキの合計である。次章で述べる全体モデルの検討により、この傾斜角までジャッキで押し上げることができれば、その後はP-Δ効果でターボが自然に転倒を始めることを確認している。以上のことから本実験により、P-Δ効果による転倒を期待する本工法の実現可能性が示された。



写真-1 試験体

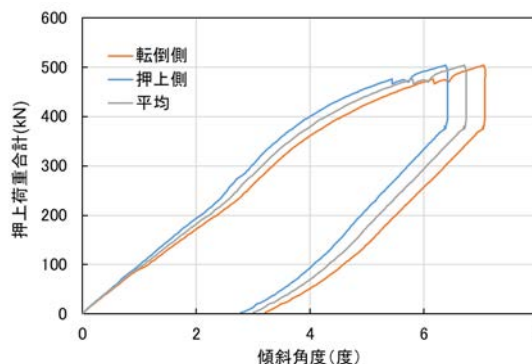


図-2 傾斜角度と押上荷重の関係

キーワード 陸上風車、転倒解体工法、ターボ切断、切り残し長さ、FEM 解析

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 大成建設株式会社 TEL03-3348-1111

4. 風車全体モデルの転倒解析

検証実験をFEM解析により再現可能か確認を行った。解析プログラムはabaqus2016 を使用し、部材はすべてシェル要素とした。FEM解析では最大反力580kNで傾斜角度7.2° に到達し、その後は荷重が低下している(図-3)。最大荷重後の荷重低下の原因は、切り残し部圧縮側に局部座屈が生じたためである。このように実験結果をFEM解析にて良好に再現することができた。

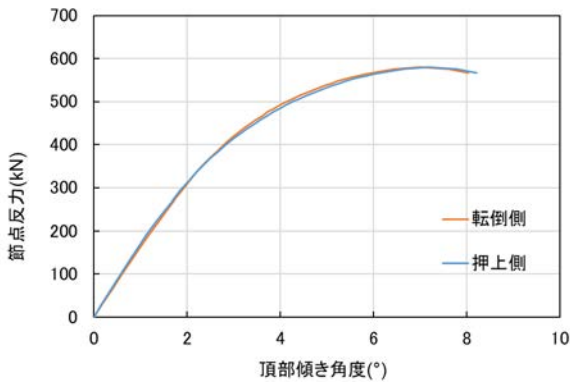


図-3 傾斜角度と反力の関係

次に風力発電用風車全体をモデル化して転倒解体工法のシミュレーション解析を実施した。解析モデルは実際に更新を行う風車(ナセル高さ; 45m)とした。ジャッキによる押上げは、2つの節点に節点反力が引張力になるまでY方向(上向き)に強制変位を与え、その後当該節点の境界条件の拘束を解除して自然に転倒させた。

解析の結果、Y方向の強制変位が約30mmの時、反力は最大値1,300kNに達し、その後は自重によるP- Δ 効果によって反力が低下しながら、変位125mmで引張反力となった(図-4)。この状態で節点の拘束を解除すると重力によって自動的に転倒が始まる。転倒状態のターボ部材の変形状況(図-5)を可視化すると、切り残し断面の圧縮側に局部座屈を生じ、最終的な転倒に至る状況がわかる(図-6)。以上のように風車全体の転倒工法のシミュレーション解析は実施可能であり、安全で確実な転倒解体工事計画の立案に本解析手法を使用することができる。

5. 切り残し部の長さの設定方法について

本転倒解体工法を安全に施工するためには転倒施工期間中に強風や地震等の自然外乱による不意な転倒を防止する必要がある。そのためには自然外乱に

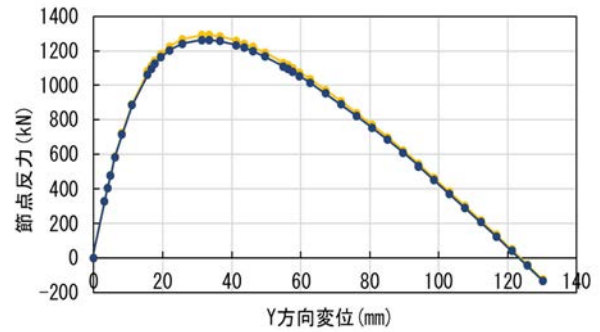


図-4 節点反力とY方向変位関係

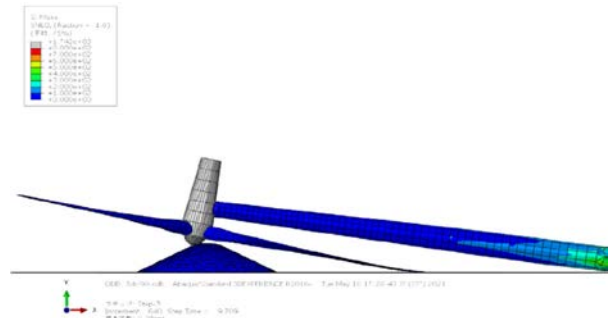


図-5 全体モデルの最終変形

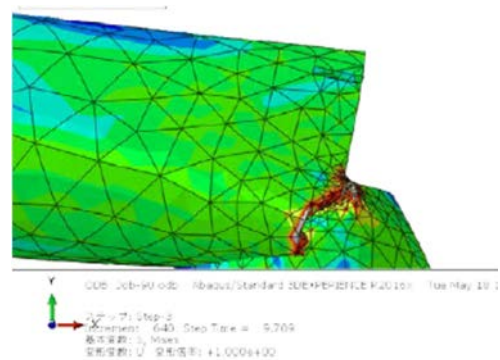


図-6 ターボの変形と応力(転倒時)

よって風車に作用する横力と、切残し部よりも上方の重量の双方に基づく縁応力が、ターボ降伏応力以下となるよう切残し部の位置と長さを設定することにより、施工時の安全性を保つことが可能である。

本工法では上記の自然外乱の影響を考慮した切断長(第一段階)と自然外乱の影響が無視(高い確率で予測)できる短時間での切断長(第二段階)を設定し、転倒解体作業を行う計画としている。

6. おわりに

ここでは陸上風車の転倒解体工法についてその概要を示した。本工法では転倒時のブレードの飛散に対する養生方法等、転倒時の影響を緩和する補助工法についても別途開発しており、より安全な転倒解体工法を提案できると考える。