

流体構造連成解析に基づく 大型風車のブレード振動解析



吉村 忍 (よしむら しのぶ)

東京大学大学院工学系研究科
副研究科長、教授

研究
分野

計算力学、知的シミュレーション学、
システムデザイン学

大規模な洋上ウィンドファームでは、立地の制約上、風車を格子状に配置する 경우가多く、上流に配置された風車の後流の影響のため下流側風車の数10%もの発電量低下や乱流増加のための疲労荷重の増加が問題となっている。本講演では、風車同士の流れの干渉に晒される風車の疲労強度評価の高精度化のための、流体構造連成解析に基づく大型風車のブレード振動解析について発表する。本解析では、大規模で強い相互作用を有する流体構造連成振動問題を解くことが要請されており、その特徴は以下のようにまとめられる。

1. 風車の個々のブレードは薄く長く、かつ複合構造材料である。構造の振動特性を精度よく評価するには、流体力学的観点からブレード表面の精度の高いモデリングに加えて、ブレード内部構造の異方性構造などについて正確な情報の入手とモデリングが必須である。また、薄く長い構造物の変形解析は、並列解析に必須となる一般的な反復解法では収束解を得ることができないため、頑健な並列反復ソルバーの採用が不可欠である。さらに、薄く細長い構造物の連成解析においては、いわゆる付加質量効果が相対的に大きくなり、強い連成問題となり、互い違い型の一般的な双方向連成解析手法では収束解を得ることができない。
2. 風車の干渉を考慮した風車周り的高レイノルズ数流れをできるだけ正確に解析することが必要である。
3. 本連成解析は、必然的に大規模な解析となるため、並列計算機環境の活用が必須であるが、その上で、「京」やポスト「京」の性能を十分に発揮できる高効率な並列連成解析手法の開発が必要である。

以上の特徴を考慮の上、次の方針に基づき研究開発を進める。

方針1：流体解析コードとして、複雑形状に対する大規模LES解析が可能であり、「京」上でも十分な性能実績のあるFFBを活用する。

方針2：構造解析コードとして、薄肉の大規模構造物に対しても頑健性がありかつ「京」上でも高い並列性能を発揮できるADVENTURE_Solidを活用する。ただし、これまで直交異方性材料の構成式が組み込まれていないので、その解析機能を新たに組み込む。

方針3：既存の並列ソルバーを用いて並列連成解析を実行するために、並列カプラーREVOCAP_Couplerを活用する。ただし、分離反復型の双方向連成解析における収束性や「京」上での並列効率向上が鍵を握る。

方針4：連成解析のV&Vは一般にはかなり困難な課題であるので、解析条件や実測データの揃った解析対象を選定し、V&Vを行いながら研究開発を進めることが重要である。そこで、米国再生可能エネルギー研究所（NREL）の5MW風車を対象として研究開発を進めることとした。

