

東京大学 大学院新領域創成科学研究科  
基盤科学研究系 先端エネルギー工学専攻  
2009年3月修了 修士論文要旨

# 高分解能分布型光ファイバひずみセンサによる CFRP構造の製造時と運用時における 変形状態モニタリングに関する研究

学生証番号 76218 氏名 堀井 信司  
(指導教員 武田 展雄 教授)

Key Words : CFRP, Unsymmetric laminate, Optical fiber sensor, PPP-BOTDA, Weighted least-square estimation

近年、航空宇宙構造物では炭素繊維強化プラスチック (CFRP) の適用が進み、Boeing社の次世代中型機のB787においては構造重量の約50%を複合材料で占めることも明らかになっている。それに伴い、翼などの大型構造部材が一体成型で製造されるようになっており、CFRP構造は大型化している。大型構造では、その全体のひずみ状態を一度に把握することができると、その健全性をグローバルにモニタリングすることが可能となると考えられる。

そこで本研究では、大型化するCFRP構造に光ファイバネットワークを敷設し、そこから分布型センサより取得される構造全体のひずみデータを用いて、大型構造の変形状態が把握できれば大変有効であると考えた。さらにCFRP構造では特に、炭素繊維の積層時に光ファイバネットワークを敷設することを生かせば、その成型段階から供用まで構造物のライフサイクルを通じてモニタリングを可能となる。そこでCFRP構造製造時および運用時に生じる変形に対して妥当なひずみ分布が、PPP-BOTDAシステムより得られることを示し、そこから変形状態のモニタリングが可能であると示すことを目的とした。

CFRPの適用が進む航空機において、運用中さまざまな荷重条件のもとその変形状が問題となる構造部材が翼構造である。そこで運用時における検証では、この翼構造について、実構造で想定される変形に妥当なひずみ分布が得られるか検証を行った。2007年度宇宙航空研究開発機構 J A X A で行われたVaRTM一体成型翼供試体の曲げ試験において、PPP-BOTDA計測を行った。

一方、CFRP構造の製造では、炭素繊維積層段階におけるその配向誤差などから非対称、不均一な熱残留ひずみが生じ、成型後に想定しない変形が生じることがしばしば問題となっている。そこで製造時に関する検証では、この変形に着目し、同じ原理によって特徴的な変形を示す逆対称積層板を用い、ひずみ分布計測と変形同定を行った。これは計測したひずみデータから、構造内部全体のひずみ分布を推定することで、想定外の変形箇所を検知する。本研究では検証のために、逆対称積層板に光ファイバネットワークを埋め込み、ひずみデータを取得し、積層板内のひずみ分布を推定する。そして推定結果から変位を導出し、実測の変位と比較することでその妥当性を検証した。

この結果大型翼供試体の曲げ試験においては、複雑形状構造の変形に対して、PPP-BOTDAによる計測により、妥当なひずみ分布が取得できたことを確認した。

また製造時における検証においては、逆対称積層板で生じる2つの変形モードにおいて、分布ひずみデータを取得し、ひずみ分布推定を行った。さらに分布ひずみ値から変位を導出し実測の変位と比較を行ったところ、同じオーダーでの結果を得ることが出来た。さらに有限要素モデルを用いた変位同定システムへの適用により、計測したひずみデータから逆対称積層板の変形を得ることが可能となった。以上より、CFRP構造に敷設された光ファイバネットワークによってPPP-BOTDA計測を行うことで、製造段階から運用時までにおける変形状態のモニタリングが可能となることを示すことが出来た。