航空機複合材技術と計測技術

Measurement Technology for Aircraft Composite Material

高木　清嘉

Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

Integrated Defense & Space Systems, Aircraft & Missile Systems Division

E-mail: kiyoka_takagi@mhi.co.jp

航空機構造向け炭素繊維複合材の生産プロセスや研究開発において、多くの先端的な計測技術が貢献している。生産段階では、プリプレグと呼ばれる、樹脂を予め含浸させた炭素繊維のシートを必要枚数重ね、オートクレーブにて温度と圧力を加える。このため、製品の品質保証に際しては、外見には現れて来ない内部の品質を確認する必要がある。運用時には、鳥、雷、雹、小石、工具落下等で複合材に損傷が発生する可能性がある。これらの事象は構造設計においては考慮され設計されているが、外見の損傷に比べ、内部で損傷が大きく広がっていることがあり、修理を実施する上で内部の損傷状況を正確に把握する必要がある。このような理由から航空機構造向け複合材には非破壊で内部の品質を確認する検査手法が必要であり、X線検査や超音波検査が主に使用される。これらの検査では有資格者による検査が行われており、自動化による検査時間の短縮や精度向上が望まれる。

炭素繊維複合材の研究開発の分野においては、強度が低い層間強度を向上させるために、炭素繊維と樹脂の密着性を改善したり、樹脂の成分を改良したりしている。さらに近年では、X線CT装置を用いてクーポン試験片に荷重を負荷しながら、ミクロサイズの破壊起点の観察やき裂進展の状況の観察を行う研究が進められている[1)]。

炭素繊維複合材を用いた組立の分野においては、ボルト結合に代わり接着剤による結合組立の研究を進めている。現在使用されているボルト結合では、主要な荷重分担要素である炭素繊維を孔明けのため切断してしまい、強度低下が発生する。一方で接着剤による組立は信頼性が低い結合方法として認識されており、米国連邦規則 FAR (Federal Aviation Regulation) は、接着部が剥がれた場合でも所定の荷重に耐えるような構造を設けること、あるいは、接着後の強度を非破壊で検査可能な手法を導入すること等を使用条件として課しており、ボルト結合が実質必須となっている。これに対して、我々は接着のみで十分な信頼性を確保できることを示すために、炭素繊維複合材と接着剤との界面の状態を分子レベルで明らかにし、接着強度の影響因子を解明する研究を実施している[2)]。界面の観察及び分析に当たっては、nano-FTIR (フーリエ変換赤外分光法)やエネルギー分散分光による X 線発光ナノイメージングといった今までにはなかった界面の直接観察を実施し、それらと第一原理計算から MD 計算をカバーする分子シミュレーションを援用することにより接着構造を明らかにしていく予定である。

1) S.C. Garcea, M.N. Mavrogordato, A.E. Scott, I. Sinclair, S.M. Spearing, Composites Science and Technology, 99 (2014) 23-30.

2) 本研究は、防衛装備庁が実施する安全保障技術研究推進制度の支援を受けたものである。