特 集

複合材料利用の現状と将来

② 航空・宇宙分野における複合材料利用の現状と将来 —航空分野—*

山口 泰 弘**

Applications of Composite Materials to Aircraft Structures*

by Yasuhiro Yamaguchi**

キーワード：複合材料，PMC，航空機械体構造，大型民間機，軍用機，ヘリコプタ

1. はじめに

航空機は、多くの関連技術に支えられて成立する技術集約・ハイテク製品で、材料面でもその時代の最先端材料を取り込みながら発展を遂げ、また、逆に航空機での実用がその材料の発展をリードしてきた。航空機の総離陸重量の約 50% が機体重量で、エンジンや装備品を除いた構造重量は約 30% といわれ、この構造重量の軽減は、それに伴う翼面積の縮小、支持構造や脚の軽減さらにエンジンの小型化や燃料搭載・消費量の低減につながるので極めて大きな効果がある。このため、軽量高強度高剛性即ち比強度比剛性の大きな複合材料、なかでも樹脂系複合材料は、航空機の軽量化・高性能化を図る構造材料として、現在最も注目を浴びている。

2. 利用の現状と動向

CFRP に代表される樹脂系複合材料（以下 Polymer Matrix Composite, PMC と略す）は、単に前述の力学的性質に優れているだけでなく航空機特有の複雑な形状への成形が容易であることや腐食を生じないことなど機体構造材料として好ましい特性を有していることから利用が最も進んでいる。図 1 に航空機における利用の変遷を示すが、そのほとんどは PMC である。複合材料の航空への利用は、軽量化による性能向上を最優先する戦闘機が先行し、安全性

や経済性をより重視する大型民間機へは少し遅れる傾向にある。一方比較的低速で負荷荷重も小さく重量に敏感なヘリコプタや小型ビジネス機では、大幅に複合材料を利用し量産している機種もある。

(1) 大型民間機

ボーイング社旅客機における構造材料利用の変遷を図 2 に示す。複合材料の適用率は、1982～83 年に初飛行した B 757, B 767 で約 3% のレベルであったが、1994 年初飛行の B 777 では約 10% と増加し、水平尾翼一次構造造拡大されている。一方、欧州では、1987 年初飛行のエアバス社 A 320 (図 3)、最新の A 330/340 及び仏伊共同開発の ATR 72 でもすでに約 20% の利用が行われている。

民間航空輸送業界は現在厳しい環境にあるが、基本需要は将来大幅に増大すると予測されており、大量輸送のための超大型機の開発や高速輸送のための

図 1 Composite Material Applications

*原稿受付 平成 7 年 9 月 12 日

** 三菱重工(株)名古屋航空宇宙システム製作所
Mitsubishi Heavy Industries, LTD.

図 2 Material Utilization on Boeing Aircraft

図 3 Airbus A 320 Composite Material Parts

超音速機の開発が検討されている。600～1000 席の超大型機やマッハ 2～5 の超音速機 (図 4) を成立させるための構造材料としては、複合材料の利用が不可欠とされており、一部では研究が開始されている。

(2) 軍用機

米国の最新の戦闘機 F-22 の材料構成を図 5 に示す。複合材料が 23～30% を占め、新しい PMC である熱可塑性系も一部利用されている。さらにステルス爆撃機 B-2、軍用輸送機 C-17 でも数トンの PMC 適用との報告もある。欧州では、ラファール、ユーロファイタ EFA の最新戦闘機が、複合材料の利用に積極

図 4 SST

ロッキード/ボーイング/ゼネラルダイナミクス YF-22 三面図

図5 YF-22/F-22 Material Distribution

- CFRP : Carbon Fiber Reinforced Plastics
- KFRP : Kevlar Fiber Reinforced Plastics
- K-CFRP : KFRP, CFRPのハイブリッド材

図6 T-4

図 7 FSX Composite

図 8 V-22

的である。

一方、日本では、T-2 CCV 機での実用を皮切りに 1985 年初飛行した中等練習機 T-4 が、図 6 に示すように構造材料の約 4.5% に PMC を適用している。また、日米共同開発の FSX では、主翼を CFRP 一体成形で製造するなど日本の複合材料技術が利用されており注目を集めている (図 7)。

(3) ヘリコプタ、小型ビジネス機

斬新的なティルトロータ機として 1989 年登場したベル/ボeing V-22 では、約 8 t の構造重量のうち約 50% が PMC で、アルミ合金製に比べ 25% の重量軽減を図っている (図 8)。日本での機種では、BK 117, SH/UH 60 J などが多用している。

小型ビジネス機で代表的な機種は、1986 年に初飛

図 9 Fiber Placement Fabrication

行したビーチ社スターシップで、主翼、胴体とも CFRP 構造の全複合材機となっている。

3. 材料・加工法の現状と将来

(1) 材 料

PMCの強化繊維としては、ガラス・アラミド・炭素・ボロン・炭化珪素が実用されている中で、力学的特性・成形性・コストの点から炭素繊維が主流である。機体一次構造への適用拡大にともない繊維自身の高強度高剛性高伸度化が進められている。

マトリックス樹脂については、繊維との接着性・硬化品の性能などの点からエポキシ樹脂が多用されているが、一次構造用に、靱性（タフネス）と耐熱性、耐久性の一層の向上が要求されている。さらに、耐熱性の高いポリイミド系・熱可塑性系も出現しているが成形性の改良が望まれる。

(2) 成形加工法

航空機機体用PMCの成形加工法としては、積層バッグ成形であるオートクレープ法が一般的である。将来の動向として、コスト低減と品質向上を目指す自動化及び三次元複合材／RTM成形に代表される斬新成形法があげられる。自動化手法のひとつに、従来のフィラメントワインディングとテープレイアップを融合したファイバプレースメント法が開発され、大型複雑形状品の自動成形の点から注目さ

れている。試作例を図9に示す。

一方、三次元織物などのプリフォーム材をRTM法で複合材化する成形法についても、設計構造解析法、製織法、樹脂付与固化法等の要素技術の研究をはじめ応用・実用化研究が盛んである。

4. お わ り に

航空機機体構造用材料として利用が進んでいるPMCについて、利用例を中心に材料・加工法も含め現状と将来を紹介した。複合材料利用上の課題は、当面民間機を主体とする低コスト化にあり、設計、材料・加工、検査・メンテナンス迄を含めた対応が急務である。軽量化ニーズを基本とする航空機への利用は、今後とも拡大の方向にあり、材料・加工技術をはじめ構造解析・設計技術、材料評価・非破壊検査技術など関連分野の一層の発展が望まれる。

参 考 文 献

- 1) 山口，航空機機体における複合材料利用技術の現状と将来展望，溶接構造シンポジウム'93，(1993)
- 2) 通産省監修，新素材便覧，通産資料調査会(1993)
- 3) 景山，複合材料セミナー，3月(1995)炭素繊維協会
- 4) 宮本，航空情報，609(1995)17

(出版案内)

特別研究会報告 マイクロエレクトロニクス における超微細接合

微細接合実現のための支配的要因，
メカニズムと高信頼化を摸索する

定価 5,000 円

ご注文その他については下記にお問い合わせ下さい。

社団法人 溶接学会

〒101 千代田区神田佐久間町1-11

☎ 03-3253-0488 ファックス 03-3253-3059