

航空機の全機静強度試験の期間短縮への挑戦

三菱航空機株式会社 技術部

アビオニクス・ソフトウェア設計グループ

グループリーダー 安本 弘昭

技術士(総合技術監理部門, 機械部門)

1. はじめに

航空機の構造強度は、悪天候下においても安全に運用できるように、レギュレーション（法律）により、下記事項を満たすよう設計することが要求されている。

- 制限荷重（運用中に予想される最大荷重）に対し、安全な運用を妨げる変形がないこと、および、有害な残留変形がないこと。
- 終極荷重（制限荷重×1.5）に対し、少なくとも3秒間は破壊することなく耐荷すること（残留変形は許容される）。

これらを保証するため、通常、航空機開発では、実際の機体構造を用いたフルスケール試験（全機静強度試験）が実施される。当該試験は、数年単位の試験となる一方で、機体構造の安全性を担保するため、開発時においても常に飛行試験に先んじる必要があり、航空機開発の重要課題の一つとなることが常である。Mitsubishi Space Jetの全機静強度試験（図1）においても、期間短縮のために様々な取り組みを行ってきた。本稿では、その一部を紹介する。



図1 全機静強度試験

2. 試験スケジュール長期化の主要因

当該試験では、主翼、尾翼、胴体など、機体の主要構造の曲げ、せん断、ねじり、客室与圧に対する構造強度を評価することから、試験は数十ケースを超え、各ケースの荷重パターンに合わせ、荷重負荷装置(試験装置)のセット替えを行う（図2）。通常、セット替えは数週間程度、試験は1日のサイクルとなるため、試験期間に対しては、セット替えが支配的となる。



図2 試験進め方イメージ

特に主翼では、構造強度・剛性に影響を与えないようにしつつ、翼上下面の空気の流速差から翼全体に生じる揚力（分布荷重）を再現するため、図3に示すように、ゴムを介して荷重負荷金具を翼表面に接着し、それらを油圧アクチュエータと接続して荷重を負荷することが一般的であるが、本手法は以下課題を伴う。

- ① 3次元曲面を有する翼表面への接着強度の確保の観点から、荷重負荷金具の大型化が難しい。このため、荷重負荷金具が増加することで、荷重負荷装置が複雑化し、セット替え長期化の一因となる（図4）。
- ② 荷重負荷金具の接着を剥離させる方向に荷重するため、荷重負荷時に剥がれが生じ、機体や試験設備を損傷させる懸念がある。
- ③ 翼表面へ荷重負荷金具を接着することにより、翼面の目視が困難となり、荷重負荷の前後に行う機体点検の効率を悪化させる。

このような背景から、主翼への荷重負荷方法の改善が必要と考えた。

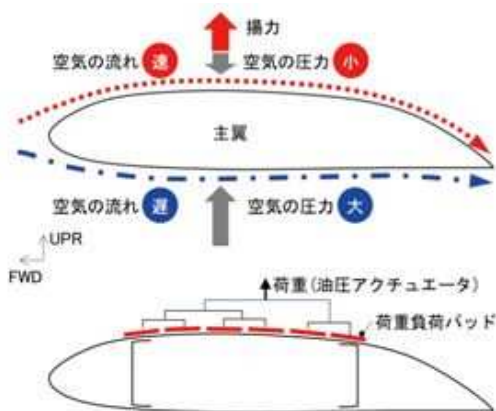


図3 主翼荷重負荷イメージ

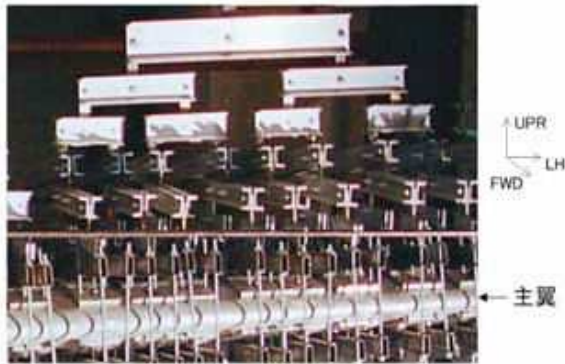


図4 従来方法による主翼荷重負荷の例 (出典(1))



図5 金具配置イメージ



図6 改善後の主翼荷重負荷の例

3. 主翼の荷重負荷方法の改善検討

3.1. 改善の方向性

上述の課題解決のためのポイントは以下。

- A) 荷重負荷点の削減
- B) 接着よりも信頼性の高い取付け方法の導入

また、要素技術が未熟な手法や、過去に全く実績のない手法は、試験失敗の懸念だけでなく、型式証明審査の観点から、各国航空局に受け入れられないリスクが高い。このため今回は、要素技術としては十分に確立されており、他国の一部プログラムにおいて実施例のある「埋め込み金具（主翼構造に荷重負荷金具をファスナー留め）を用いた負荷」の手法を参考とすることとした。

3.2. 新コンセプト導入に際しての問題点

今回の負荷形態は、強度試験の供試体に荷重負荷のための金具を追加取付けするため、構造補強となる。このため、下記問題が生じた。

- ① 強度評価に必要な様々な荷重パターンを模擬することと、主翼全体の強度・剛性に影響を与えないことを両立できるように荷重負荷点を設定。
- ② 金具取付け部近傍は、局所的な構造補強となることは避けられないため、強度評価部位からは除外し、代替の評価手段を準備。

3.3. 対策

①に関しては、主翼全体への影響を最小化するため、もともとの剛性が高い部位（主翼剛性に支配的な前側と後側の縦壁（前桁、後桁））に金具を配置することにより解決した（図5、図6）。

②に関しては、解析を併用することとしたが、主翼構造には複数の材料が用いられ、部位毎で破壊モードが異なる。材料/破壊モード毎の最弱部位が金具位置と重ならないよう、設計段階から試験計画もコンカレントエンジニアリングに取り込み、構造の最弱部位と金具配置をリンクさせて管理した。

4. おわりに

今回紹介した取り組みにより、従来の接着を用いた荷重負荷方法に対し、セット替え期間をほぼ半減させることに成功した。

5. 出典

- (1) Southwest Research Institute HP:
(<https://www.swri.org/>)

（機械 平成9年卒 知・機能 11年前期）