

経年航空機における再新生構造開発用プロトタイプ仮想現実材料試験装置

東北大学大学院 工学研究科 航空宇宙工学専攻 関根 英樹

1. 緒言

最先端の複合材の開発・設計・製作の各技術分野では、極限状況での材料特性の把握が不可欠となるが、従来の材料試験を主体とする方法ではもはや対応困難な状況にあり、速やかに正確な材料試験が実施できる新たな材料試験システムの開発が切望されている。このような状況を踏まえ、本開発研究では、複合材の固体計算科学技術とマイクロメカニクスを基礎に、各種計算科学技術を駆使した信頼性の高い仮想現実材料試験装置の実現を目指した先導的開発研究を行った。

本報告では、仮想現実材料試験装置の基本概念とその有効性を示すとともに、開発研究の成果の一例として、経年航空機における再新生構造開発用プロトタイプ仮想現実材料試験装置について報告する。

2. 仮想現実材料試験装置の基本構成および開発技術内容

本開発研究で開発する仮想現実材料試験装置とは、GFRP, KFRP, CFRP, CMCおよびC/Cの各種複合材料を対象とし、複合材の構成素材の特性や形状および環境の状態を入力すると、仮想現実的に実施される材料試験の様子や結果として得られる各種特性がモニタ画面上に表示されるというコンピュータシステム上での材料試験実施システムである。本開発研究での仮想現実材料試験装置の基本構成を図1に示すとともに本開発研究での開発技術内容を以下に示す。

数値解析システム

- ・材料の要素的現象の解明を目的としたマイクロメカニクス研究を基盤とするモデリング技術の開発
- ・数値モデルの特殊性を考慮した上で計算精度および計算効率の向上を目的とした数値計算技術の開発
- ・数値モデルと数値計算技術との整合性を考慮した数値シミュレーション技術の開発

入出力システム

- ・材料開発者の操作性を考慮したマンマシンインターフェース技術の開発

データベース

- ・数値解析結果との互換性保持を目的とした材料試験結果の数値データ化および画像データ化技術の開発

本開発研究による仮想現実材料試験装置が実現すれば、極限状況での複合材の特性をいちいち膨大で困難な実験を実施して確かめる必要がなくなるとともに、実際の材料試験に必要な実験装置設備が不用となり、極限状態で使用する複合材の開発・設計・製作の期間およびコストを大幅に低減することができる。

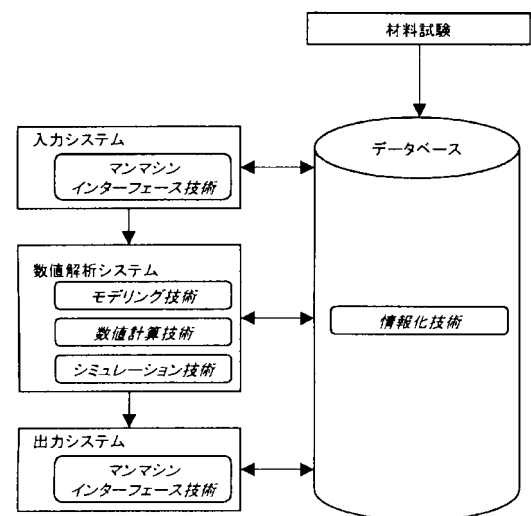


図1 仮想現実材料試験装置の基本構成

3. 経年航空機における再新生構造開発用プロトタイプ仮想現実材料試験装置

仮想現実材料試験装置の先導的開発研究として、経年航空機における再新生構造開発用の仮想現実材料試験装置を構築した。

3.1 目的と概要

経年航空機を対象に、微小損傷に対する複合材パッチリペア技術を基礎として、新規構造と同等あるいはそれ以上の構造安全性と構造寿命を有する再新生構造を得ることを目的としたプロトタイプ仮想現実材料試験装置を開発した。

図2には、本仮想現実材料試験装置で取り扱う複合材パッチリペア構造を示す。ここでは、き裂を有するアルミ平板の片面が複合材パッチで接着補修した構造を対象とし、航空機が直面する極限環境下でのき裂進展挙動および応力拡大係

数を仮想現実材料試験装置により得ることを目的とする。

経年航空機における再新生構造開発用プロトタイプ仮想現実材料試験装置において開発した技術内容は以下の通りである。

数値解析システム

- ・ 複合材パッチおよびアルミ平板はMindlin板理論を適用し、接着層は線形弾性体としてモデル化した。
- ・ 複合材のマイクロメカニクス研究に基づき温度環境・湿度環境が複合材パッチ及ぼす影響を考慮した。
- ・ Modified crack closure法を適用し、アルミ平板の応力拡大係数を効率的に求めることのできる2次元有限要素解析プログラムを開発した。

入出力システム

- ・ 温度条件、湿度条件を入力したときに、き裂の進展挙動を仮想的にコンピュータ画面上に出力できるシステムを開発した。
- ・ 温度条件および湿度条件が補修効果に及ぼす影響を個々に評価するとともに、総合的な補修効果を表示するダイアグラムを出力可能とした。

データベース

- ・ 仮想現実材料試験装置において正確な結果を得るために、実際の実験結果の基礎情報を取り込むことのできるデータベースを構築した。

3.2 仮想現実材料試験装置による結果の一例

本仮想現実材料試験装置から得られた結果の一例として、複合材パッチによる補修を施したときと補修を施さないときのき裂進展挙動のシミュレーション結果を図3に示す。仮想現実材料試験装置により、実際の実験を行うことなく、複合材パッチリペア構造の極限環境下材料試験をコンピュータ画面上で仮想的に実施することができた。

4. 結 言

極限環境での複合材の各種材料特性を得ることを目的とし、各種材料試験をコンピュータシステム上で仮想的に実施する仮想現実材料試験装置の先導的開発研究を行った。本開発研究にあたっては、モデリング技術、数値計算技術、シミュレーション技術を中心とし技術開発を行い、効率的で信頼性の高い仮想現実材料試験装置を開発した。

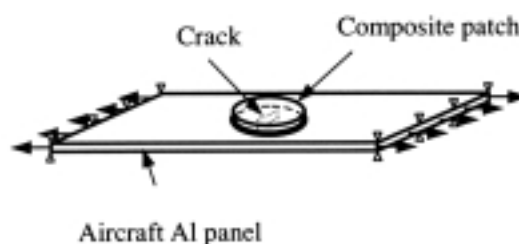


図2 複合材パッチリペア構造

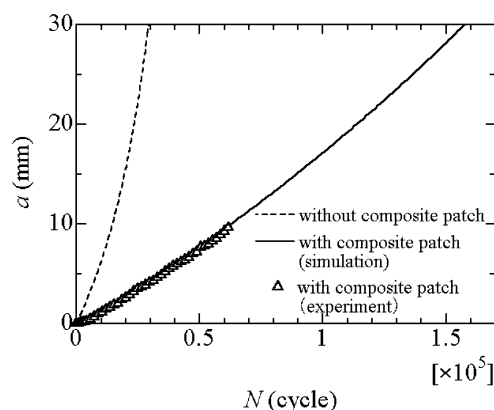


図3 き裂進展挙動のシミュレーション