

## 1. はじめに

振動試験機は、機械や電気電子分野の試作品、量産品等の振動環境に対する信頼性の確認、振動に起因すると推測される製品の不具合を再現し、その原因究明等の評価に用いられる。一般に普及しているアルミ合金製加振治具は、治具の質量や動剛性の制限から、質量の大きい供試品や高周波数の振動試験に対応できないことがある。近年注目されている新素材のCFRPは、比弾性率が、アルミ合金；約25に対して、76～147と高く、同形状の部材に対してアルミ材料の3～6倍の動剛性があり、振動試験用加振治具に有望な材料と考えられることから、CFRP材を用いた軽量高剛性加振治具について検討した。

## 2. 実験方法および結果

### 2.1 試験片作製

CFRPの材料特性を求めるため、JIS G 0602(制振鋼板の振動減衰特性試験方法)を参考にして試験片を作製した。厚さ1mm,3mmの平織及び綾織のCFRP板素材からそれぞれ5本計20本、幅10mm、長さ450mmにダイヤモンドカッター切断機(丸東製作所製TS200PS)により、短冊形に切り出し試験片を作製した。試験片の質量は、電子天秤(メトラー・トレード社製AG245)、寸法はマイクロメータおよびノギスにて測定し、長手方向両端及び中央部の3カ所の平均値とした。その質量及び寸法により体積を求め、CFRP材の平均密度 $\rho$ を算出した。

### 2.2 中央加振法による振動試験

振動試験は、CFRP材料の周波数特性やダンピング特性を評価する基本的試験である。本研究では、中央加振法により行った。図1に中央加振法による周波数特性測定装置の模式図を示す。試験片の中央に瞬間接着剤でナットと接着し、それを介して、小型加振器の上に取り付け固定した。ランダム加振により、伝達関数の周波数応答曲線(50データの平均)を求めた。I-DEAS(MTS社製)の実験モジュール解析機能を使用して、一次のモジュールパラメータを求め、固有振動数および損失係数の算出を行った。

### 2.3 CFRP材のヤング率計算

固有振動数を $f_n$ (Hz)、試験片の長さを $l$ (m)、試験片の厚さ $h$ (m)、試験片の平均密度を $\rho$ ( $\text{kg/m}^3$ )とすると、CFRPのヤング率 $E$ は、式(1)から求められる。

$$E = \frac{48 \pi^2 (1/2)^4 \rho f_n^2}{h^2 \theta n^4} \quad (\text{N/m}^2) \quad (1)$$

一次モードの無次元の定数： $\theta n^4 = 12.36$

表1に式(1)および固有振動数の測定結果から計算したCFRP材のヤング率及び損失係数を示す。

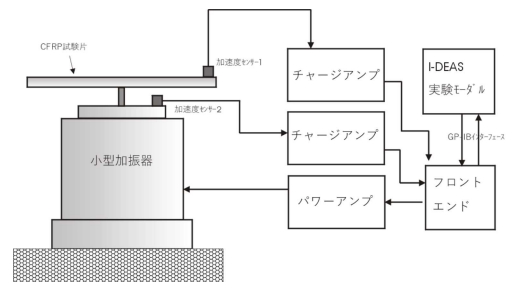


図1 周波数特性測定装置

### 2.4 CFRP製振動試験用加振治具の構造解析

CFRP製加振治具の設計及び固有値解析を行った例について説明する。表1の結果から、平織CFRPの厚さ3mmのヤング率および密度の材料定数を採用する。図2に設計案の概略図を示す。また、メッシュ作製および計算の簡素化のため、四面体ソリッド要素とした。境界条件は、試験機取付け用ザグリ穴12カ所を固定拘束とした。CFRP製加振治具設計案の固有値解析結果を表2に示す。

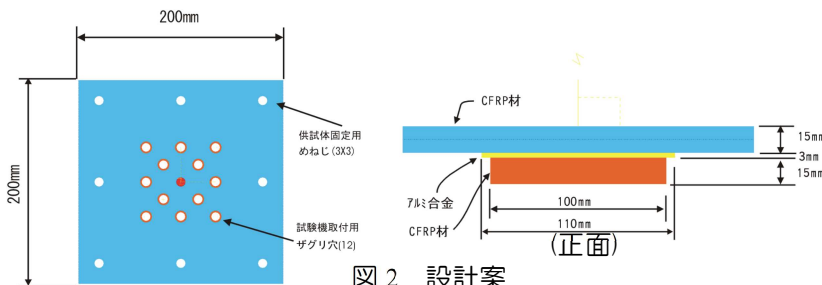


図2 設計案

表1 CFRP材のヤング率および損失係数

試料 No.	ヤング率 $E$ $\times 10^{10} \text{N/m}^2$	平均密度 $\rho$ $\times 10^3 \text{kg/m}^3$	損失係数 $\eta$ %
平織 1mm	3.29	1.512	0.259
平織 3mm	6.58	1.543	0.514
綾織 1mm	4.92	1.489	0.585
綾織 3mm	4.95	1.539	0.695

表2 固有値解析結果

次数	固有振動数 $\times 10^3 \text{Hz}$	振動モード
1次	3.27	1次屈曲
2次	3.27	1次屈曲
3次	3.28	1次ねじり
概算質量	1.14kg	-

## 3. まとめ

中央加振法によって求められたCFRP材のヤング率は、 $3.29 \sim 6.58 \times 10^{10} \text{N/m}^2$ であり、損失係数 $\eta$ は $0.259 \sim 0.695$ であった。CFRP材を使用した加振治具の設計においては、固有振動数 $3.27 \times 10^3 \text{Hz}$ 、質量1.14kgと実用に供する加振治具が設計が可能である。