

熱可塑性エポキシ樹脂をマトリックスとする FRTP の振動特性

日大生産工 (院) ○山田 康平
日大生産工 平山 紀夫

1. 緒言

近年、熱可塑性を有するエポキシ樹脂が開発され材料特性について積極的な研究がなされている¹⁾。過去の研究では、マトリックスに熱可塑性エポキシ樹脂、強化繊維に炭素繊維を用いた炭素繊維強化熱可塑性樹脂 (CFRTP) が熱硬化性エポキシ樹脂をマトリックス炭素繊維強化熱硬化性樹脂 (CFRP) に比較して、衝撃吸収性に優れることが確認されている²⁾。これは、熱可塑性エポキシ樹脂の粘性が高いためと考えられる。そのため、熱可塑性エポキシ樹脂をマトリックスとした CFRTP は、大きい粘性 (減衰) と共にそれ自身高い剛性 (弾性係数) をあわせもつ高剛性制振材の代表といえる。

しかしながら、これまでの研究では熱可塑性エポキシ樹脂をマトリックスとした CFRTP の減衰性の評価は行われていない。そこで、本研究では CFRTP の減衰性の評価を目的に、CFRTP、CFRP およびアルミニウム材の振動試験を行い、各材料の減衰性について評価を行った。

2. 実験方法

2.1 供試材

本研究では CFRP、CFRTP のマトリックス樹脂にナガセケムテックス(株)製の熱硬化性エポキシ樹脂 XNR6805 及び熱可塑性エポキシ樹脂 XNR6850A を用い、強化材に東レ(株)製の平織炭素繊維織物 CO6343 を用いて金型によりプレス成形し、炭素繊維体積含有率 60% の平板から試験片寸法に切り出して加工した。また、アルミニウムは一般的な A6061-T6 の平板を試験片寸法に加工して用いた。なお、すべての試験片において、寸法が長さ 250mm、幅 25mm、厚み 4mm の短冊型に統一した。

2.2 振動特性の測定

振動特性の評価は、インパクト加振による周波数応答計測により行った。インパクト加振の実験装置の外観を Fig.1 に示す。インパルスハンマーで片持ち固定の試験片を打撃し、加速度センサから自由減衰振動波形を取得した。試験片の先端から固定部までの長さを 160mm とし、加速度センサを先端に取り付けた。試験は 5 回行い、平均値を実験値とした。また、周波数分析には、FFT アナライザーソフト Spectra PLUS-DT (Pioneer Hill Software) を用いた。

本研究では、インパクト加振により得られた波形の妥当性を固有周波数の理論値と実験値を比較することで評価した。そして、減衰性は減衰比で評価を行った。

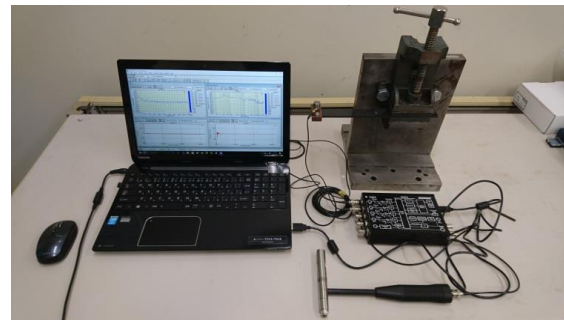


Fig.1 インパクト加振の実験装置

2.3 理論式

式(1)に片持ちはり理論から導いた固有周波数 F_n の理論式を示す。

$$F_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{Ebh^3g}{2l_2^2(W+0.23w)(3l_1+2l_2)}} \quad (1)$$

ここで E は弾性係数、 b は幅、 h は厚さ、 g は重力加速度、 W はピックアップの重量、 w は試

Vibration damping property of fiber reinforced thermoplastic using thermoplastic epoxy resin

Kohei YAMADA and Norio HIRAYAMA

験片の重量, l_1 は試験片先端からピックアップ中央までの長さ, l_2 はピックアップ中央から固定部までの長さである. CFRP と CFRTP の弾性係数は曲げ試験により取得し, アルミニウムの弾性係数はカタログ値を採用した.

減衰比は, 半値幅法により式(2)から求めた.

$$\delta = \frac{\Delta f}{2f_0} \quad (2)$$

ここで f_0 は自由減衰振動波形を FFT 解析し得られたピーク周波数, Δf は周波数応答関数のピーク値から 3 dB 小さい点の 2 つの周波数の幅である. 計算に用いた FFT 解析波形の例を Fig.2 示す.

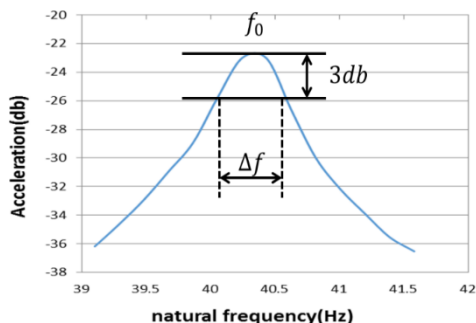


Fig.2 固有周波数付近の FFT 解析波形

3. 実験結果

3.1 固有周波数

Table1 に各材料の固有周波数の実験値, 理論値および誤差を示す. Table1 から全ての試験片で固有周波数の誤差が 7%以内であることが確認できる. そのため, 今回の試験法によって各材料の適切な振動波形の取得が行えたものと考えられる.

3.2 減衰率

Fig.3 に各材料の対数減衰率について計算した結果を示す. Fig.3 から CFRTP の減衰率が最も高く, 次に CFRP, アルミニウムの順となっており複合材料の減衰率の高さが確認できた. CFRTP の減衰率は CFRP と比較して 1.71 倍大きく, 熱可塑性エポキシ樹脂の高い減衰性が確認できた. また, CFRTP はアルミニウムと比較して 2.29 倍の減衰率を示しており, より軽量かつ高制振な材料としての優位性があると考えられる.

4. 結言

熱可塑性エポキシ樹脂及び熱硬化性エポキシ樹脂をマトリックスとした CFRTP, CFRP およびアルミニウム (A6061-T6) について, 片持ちはりのインパクト加振による振動特性の評価を行った. その結果, 以下の知見を得た.

- 1) インパクト加振による振動特性の評価では, CFRTP, CFRP, アルミニウムの 3 種の固有周波数すべてにおいて, 理論値と実験値の誤差が 7%以下となり, 精度の高い試験を行うことができることを確認できた.
- 2) 熱可塑性エポキシ樹脂をマトリックスとした CFRTP は, 熱硬化性エポキシ樹脂をマトリックスとした CFRP と比較すると減衰率が 1.71 倍, アルミニウム (A6061-T6) と比較すると 2.29 倍となることを確認した. このことから, 熱可塑性エポキシ樹脂をマトリックスとした CFRTP は, 大きい粘性 (減衰) と高い剛性 (弾性係数) をあわせもつ高剛性制振材としての可能性があることがわかった.

Table1 固有周波数の実験値と理論値

material	natural frequency(Hz)		
	experimental	theoretical	error (%)
CFRTP	38.03	36.31	4.754
CFRP	40.25	38.05	5.760
Al	46.16	43.16	6.944

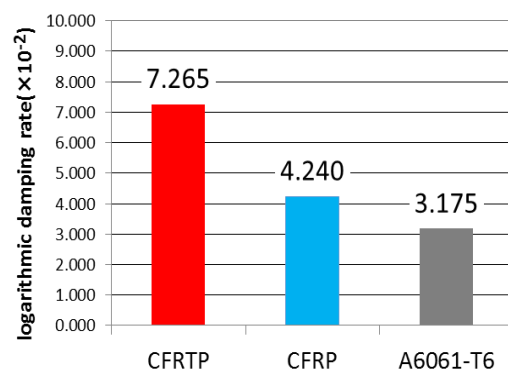


Fig.3 各試験片の減衰比

「参考文献」

- 1) 辻村豊, 西田裕文, 平山紀夫, 熱可塑性を有する新規エポキシ樹脂の開発と高強度 FRP への応用, 第 58 回高分子討論会, (2009)
- 2) 上田翔也, 平山紀夫, 熱可塑性エポキシ樹脂をマトリックスに用いた FRTP の衝撃特性の評価, 日本大学生産工学部第 49 回学術講演会講演概要, (2016), p.409-410.