

振動試験機の加振治具の作製 ～機械要素の動的設計解析技術に関する調査研究～

生産技術室 新保 栄一

Design and Manufacture of the Fixture for Vibration Testing machine

Eiichi SHIMBO

通信機器や人工衛星等の部品の振動試験に対応する加振治具をFEM(有限要素法)による設計手法を用いて、設計及び製作を行った。その組立式加振治具は、振動周波数が2000Hz、振動加速度が25Grmsと高負荷の振動試験条件に対応し、十分な振動伝達能力を有する。

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。当研究所のエミック製F-1000BDH型振動試験機の振動発生機的能力は、最大加速度67G、周波数範囲5～2500Hzである。しかし、その振動試験機と組み合わせる標準仕様の垂直加振テーブルは、使用上限振動数が200Hz、質量は50Kgと重いため振動加速度12G以下と制限され使用範囲が狭い。

一方では、通信機器や人工衛星等の部品の振動試験に要求される試験条件の例においては、振動周波数～2000Hz、加速度実効値20Grms～と、非常に振動環境負荷の高い条件での試験が要求されている。本調査研究は、高負荷の振動試験に対応するため、FEM(有限要素法)による設計手法を用いて、高周波数で共振のない軽量で高剛性の加振治具を新規に製作し、その評価試験を行ったので報告する。

2. 解析及び実験方法

2.1 加振治具の目標設計仕様

加振治具の設計を行うにあたり、蓄積された研究所の技術相談データベース、各種の振動試験規格及びF-1000BDH型振動試験機の仕様から、目標設計仕様を試験体質量1.5kgの搭載、加速度実効値25Grms、加振治具の固有振動数3000Hz以上、加振治具の試験体取付面は、□100mmの大きさに設定をした。なお、加振治具の材料は、比重が小さく振動減衰性が良好なアルミ合金(A5052, A5056)を使用した。

加振治具に許容される質量 m_1 の算出は、次の

とおりである。

加速度実効値 α : 25Grms

加振治具質量 m_1

振動試験機の可動部質量 m_0 : 15kg

試験体の質量 m_2 : 1.5kg

締結ボルト m_3 : 0.4kg(M10, 計13個)

振動試験に必要な加振力 F は

$$F = (m_0 + m_1 + m_2 + m_3) \times \alpha$$

で表される。

次に、F-1000BDH型振動試験機の最大加振力は、6.86kNrmsである。安全率を125%とすると、 $6.86 \text{ kNrms} \div 1.25 = 5.49 \text{ kNrms}$ が試験機の常用加振力となる。ここで、

$$F = (15 + m_1 + 1.5 + 0.4) \times 25 \times 9.8 \leq 5.49 \text{ kNrms}$$

$$m_1 \leq 5.5 \text{ kg}$$

を得る。

加振治具の質量 m_1 は5.5kg以下が適する。

2.2 解析方法及び解析装置

解析装置は動的設計解析システムI-DEASを使用し、加振治具の寸法と形状の検討及び検証を行った。表1に解析条件を示す。

2.3 実験方法

振動特性試験は、F-1000BDH型振動試験機の可動部ヘッドに製作した加振治具を締結ボルトにて固定し、振動周波数が20～2500Hz、振動加速度が45G、振幅20mmの試験条件により行った。さらに加振治具に質量が約1kgのアルミプレートを追加した。加振治具に2個の加速度センサーを固定し、振動伝達率を測定した。

3. 結果及び考察

3.1 解析結果及び製作

多様な形状の加振治具の固有値解析後、1つの

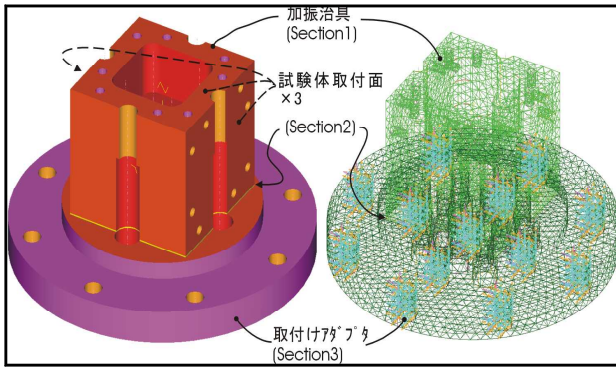


図1 各設計(案)の加振治具形状
及び有限要素モデル

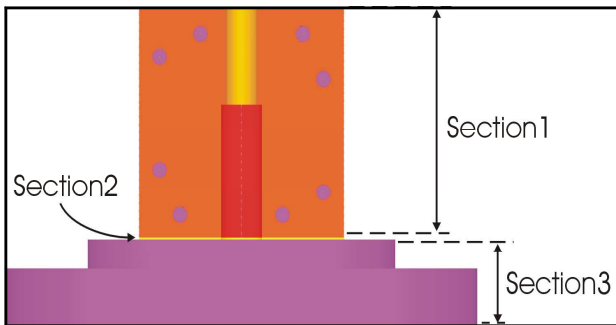


図2 各設計(案)の加振治具・各セクションの位置

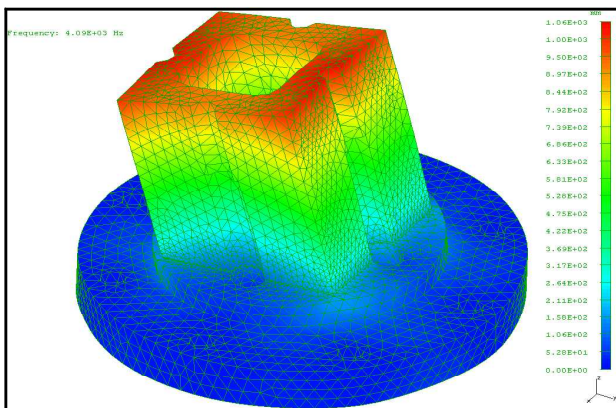


図3 設計(案) 1の固有値解析結果

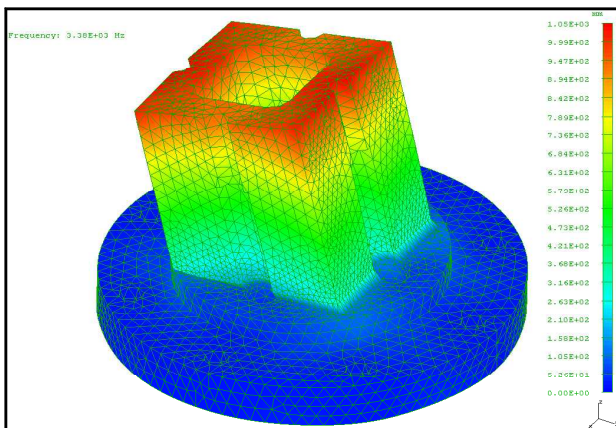


図4 設計(案) 2の固有値解析結果

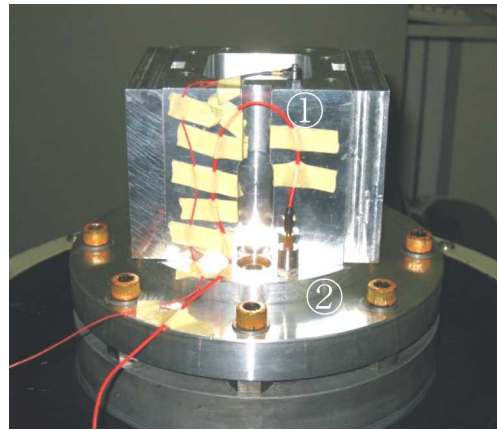


写真5 加振治具の外観及び加速度センサー
①と②の固定位置

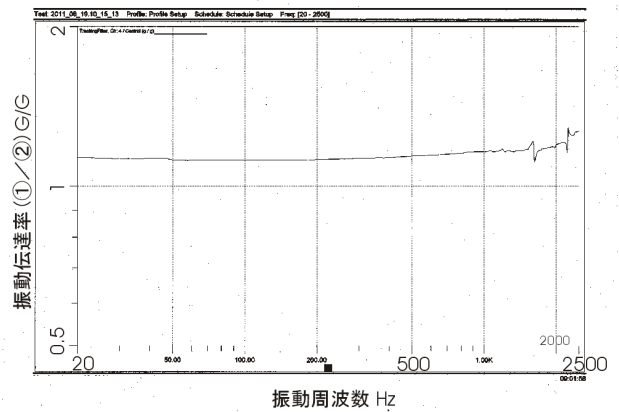


図6 加振治具の振動伝達率測定結果

表 1 解析条件

項目	条件
解析方法	有限要素法による固有値解析
解析装置	動的設計解析システム 解析ソフト：I-DEAS9 コンピュータ：DELL Precision 610
材料定数	アルミ合金材料 縦弾性係数：70kN/mm ² ポアソン比：0.33 密度：2.7×10 ³ kg/m ³ アラライト・エポキシ接着剤 縦弾性係数：1.654kN/mm ² ポアソン比：0.4 密度：1.16×10 ³ kg/m ³

治具の形状をアルミ削出し加工一体タイプ[設計(案)1]及び分割加工組立てタイプ[設計(案)2]について検討した。表2に各設計(案)の固有振動数

の解析結果を示す。図1は各設計(案)の加振治具形状及び有限要素モデル、図2は、各設計(案)加振治具の各セクションの位置、図3は、設計(案)1の固有値解析結果、図4は、設計(案)2の固有値解析結果を示す。図2のSection2のCADモデル上の厚さは1mmである。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。

設計(案)1及び(案)2は固有振動数3000Hz以上の目標設計仕様を満たしている。機械加工性から(案)2を選択して製作した。設計と解析で使用したCADモデルのアラルダイト接着層(Section2)の厚さは1mmである。先に実施した実験結果¹²⁾から製作をする加振治具のアラルダイト接着層の厚さは数 μ m程度と考える。したがって、アラルダイト接着層が非常に薄いことから、組立式加振治具の振動特性は、アルミ削出し加工一体タイプの設計(案)1に近似と推測をする。加振治具と取付けアダプタの固定は、M10ボルト(×4)により締結及びアラルダイト接着剤(2011型、瑞)により接着をした。加工後の重量は加振治具が2.04kg、取付けアダプタが3.04kgと設計値に近似した質量を得た。また、座金、M10ボルトおよびインサートねじを加振治具に組付けると、完成重量は約5.4kgであった。

3.2 実験結果

写真5に加振治具の外観及び加速度センサー①と②の固定位置を示す。加振治具の振動伝達率を

測定した結果、振動周波数が20Hzでは、振動伝達率は1.13、同様に500Hzでは1.14、2000Hzでは1.20、2500Hzでは1.27であった。図6に加振治具の振動伝達率測定結果を示す。

一般に、加振治具の設計において、振動周波数範囲に対する振動伝達率の目標値を1とし、加振治具の機能が成立するためには、振動伝達率の値を2以下としている。このことから、この加振治具は、十分な振動伝達能力を有する。

4. おわりに

本研究は、高周波数で共振のない軽量高剛性の加振治具を新規に設計及び製作をし、当研究所の振動試験機は、通信機器や人工衛星等の部品の負荷の高い振動試験の対応が可能となった。また、アラルダイト接着剤を使用することで、安価な組立式の加振治具の製作が可能となり、その治具の振動特性は有効であることを確認した。

加振治具の製作にあたり、千葉県立旭高等技術専門校の串田武士校長ならびに上山祥輝課長にご協力いただいたことに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 森武士他：接着剤による継手強さの研究, 千葉県機械金属試験場研究報告, 7-10(1984).
- 2) 金沢重久：機械部品の接合技術に関する研究, 千葉県機械金属試験場研究報告, 15-18(1988).

表2 各設計(案)の固有振動数の解析結果

設計(案)	固有振動数 Hz	材 質			外形寸法(縦×横×高さ) mm	設計質量 kg
		セクション1	セクション2	セクション3		
設計(案)1 [削り出し一体タイプ]	4030	アルミ (A5052)	アルミ	アルミ (A5056)	加振治具：100×100×102	5.06
設計(案)2 [分割加工組立てタイプ]	3340	アルミ (A5052)	アラルダイト	アルミ (A5056)	取付けアダプタ：φ230×38	