WS12-P04

第12回試験技術ワークショップ ポスター発表　2014年12月11日　JAXA環境試験技術センター

フォースリミット振動試験の有効性と最近の試験例紹介

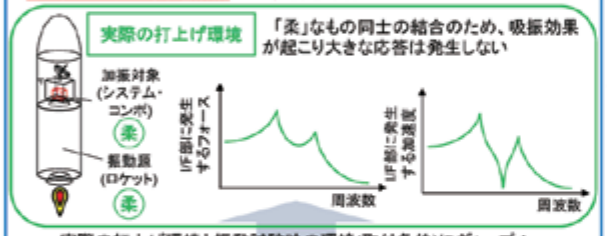
JAXA　SHIKEN

概要 Abstruct

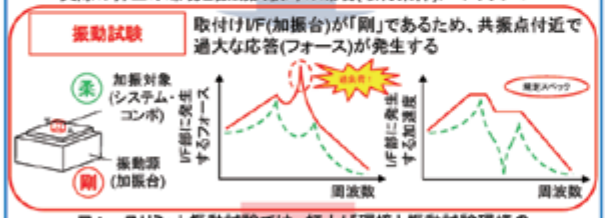
「フォースリミット振動試験」は、宇宙機システム・サブシステム・コンポーネントの振動試験を行う際に適用される加速度スペックに起因する過剰な負荷を緩和するためのノッチング方法の1つであり、環境試験技術センターでは2008年に「フォースリミット振動試験ハンドブック(JERG-2-130-HB004)」を制定し、以後その有効性の実証と利用促進に努めてきた。本資料では、フォースリミット振動試験の最近の適用例である「HTV搭載導電性テザー実証実験システム(KITE)」のエンドマス供試体の試験結果を用いて、フォースリミットの考え方・フォースリミット条件の計算過程およびその有効性について紹介する。

フォースリミットとは What is "Force Limited Vibration Testing"?

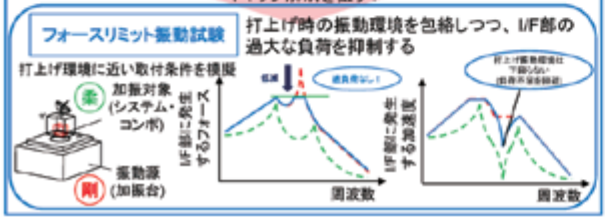
振動試験時、加振台と供試体とのI/F部に既定の加速度スペックを印加しようとすると、加振台が「剛」であることによるインピーダンスミスマッチにより共振点付近で大きな応答(フォース)が発生する(実際の打上げ環境ではそのようなフォースは発生しないにも関わらず)。フォースリミット振動試験では、I/Fフォースの印加を制御(フォースリミット)することにより模擬的にインピーダンスミスマッチを解消し、過負荷を抑制することが可能である。



実際の打上げ環境と振動試験時の環境(取付条件)にギャップ！

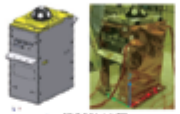


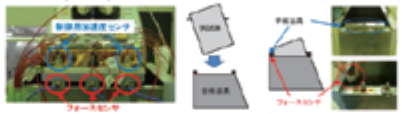
フォースリミット振動試験では、打上げ環境と振動試験環境のギャップ解消を狙う！



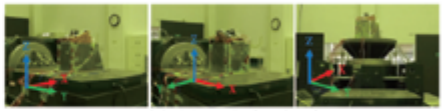
最近のフォースリミット振動試験事例 Recent case of Force Limited Vibration Testing

HTV搭載導電性テザー実証システム(KITE)エンドマス供試体についてフォースリミット振動試験を適用。過負荷の低減を試みた。


▶ 供試体外観



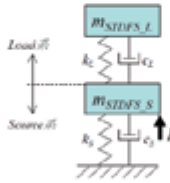
▶ フォースセンサ取付位置



▶ 加振方向(左からY軸、X軸、Z軸)

リミット条件計算 Calculation of Limit Condition

下記のようなモデルを用いて最大発生フォースを見積もる『単純2自由度法』を採用してフォースリミット条件を算出した。



m_{STDFS_L}：モデルの質量
k_i：ばね定数
c_i：減衰係数
F：力の入力
i：Load or Source

▶ 単純2自由度モデル

$$F_{PSDspec} = M_L^{\,2} \times F_{norm}^{\,2} \times A_{PSDspec}$$

▶ (リミットフォースPSD)=(動質量)^2×(正規化フォース)^2×(加速度スペックPSD)

▶ 単純2自由度法によるフォースリミット値算出に必要なパラメータ

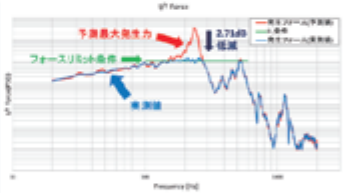
名称	記号	単位	数値
Load 系質量	M_L	[kg]	90.2
Load 系モデル質量	m_{STDFS_L}	[kg]	3.62
Source 系モデル質量	m_{STDFS_S}	[kg]	2.39
モデル質量比	$\mu (= m_{STDFS_L}/m_{STDFS_S})$	[-]	1.51
共振倍率	Q_L	[-]	10.0

▶ フォースリミット値計算結果

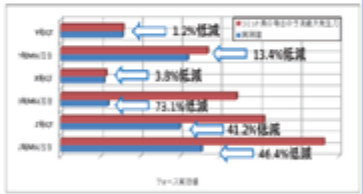
		Y軸加振	X軸加振	Z軸加振
フォースリミット条件 (N^2/Hz)		11300	10532	10532
周波数範囲 (Hz)	QT	200-500	100-500	100-500
	MSL	100-500	50-300	100-500

試験結果 Test Results

過負荷低減を実証！

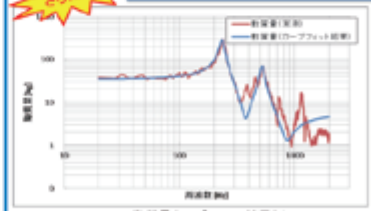


▶ 試験結果例

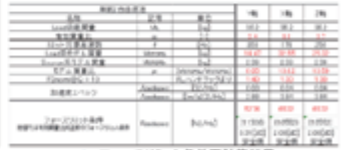


▶ フォースリミット有効性(フォース低減結果)

さらに！ 加振結果から有効質量比を逆算することで、設定したフォースリミット値の妥当性を検証！


▶ 動質量カーブフィット結果例

今回の試験で設定したフォースリミット値が2~3dB程度安全側(負荷不足にならない側)の設定であったと判断できる


▶ フォースリミット条件再計算結果

まとめ Conclusion

- HTV搭載導電性テザー実証システム(KITE)エンドマス供試体についてフォースリミット振動試験を適用し、その有効性(過負荷低減)を示した。
- 今後もフォースリミットの適用事例を増やし、利用促進に努めていきたい。

※ 参考文献
1: JERG-2-130-HB004A フォースリミット振動試験ハンドブック
2: JERG-2-130-HB003 振動試験ハンドブック
3: GCS-2014007 HTV搭載導電性テザー実証実験(KITE)エンドマス保持・放出機構(EHR)フォースリミット条件見積もりにおけるC値の妥当性について

This document is provided by JAXA.