

# A14 板構造における衝撃伝播に関する基礎実験

波多 英寛， 富田 帆乃花， 渡邊 直人（熊本大学）

Hidehiro Hata, Honoka Tomita, Naoto Watanabe (Kumamoto University)

## 1. 緒言<sup>(1),(2)</sup>

宇宙機器の打ち上げにおいて、ロケットの各段やフェアリング、衛星分離、衛星のパドル展開等に火工品が用いられる。火工品として、密封型導爆線、成形爆破線、金属被覆導爆線などが用いられており、これらは内部に高エネルギーを発生させる爆薬が利用された物である。火工品を利用時には大きな衝撃が発生するため、宇宙機器は衝撃環境に置かれる。そのため、ロケットや人工衛星等の設計・開発時には衝撃環境の予測や低減についても検討されている。衝撃環境の緩和のため衝撃減衰構造の開発や、衝撃環境の予測のため衝撃減衰モデルの開発を行うため衝撃試験が実施されている。しかし、実機と同様の構造を準備し、実際の火工品を用いた試験を行う場合、製作・試験コスト（費用、時間、場所、手続き）が多大に発生する。そのため、これらの開発を行う段階では、構造の一部を取り出した部分構造や、基本的な構造によって評価を実施することが求められている。

本研究では、基本構造での衝撃試験における課題を検討するため、アルミニウム板に対して簡易衝撃試験装置を用いて衝撃試験を実施し、衝撃伝播現象について評価を行った。

## 2. 実験装置・方法<sup>(3)</sup>

本研究で用いた簡易衝撃試験装置は図1に示すようなコイルバネと打撃子および圧縮・解放機構からなる装置である。打撃条件は、コイルバネの種類・長さ・圧縮量，打撃子材料・サイズを変更することで行う。今回の打撃子はステンレス製の直径20mm，質量約300gの物を用いた。

供試体としてA2017の板（500w×500h×5t）を用いる。供試体を図2に示す様に構造物に固定し自立させて試験を行う。尚，打撃点は供試体を直接ではなく，供試体を固定している構造物部分である。また，部分構造にした影響を考え，供試体境界部に30mm角のアルミフレームと3mmのA2017板を用い補強を行った試験も実施した。

衝撃伝播の評価として，レーザドップラ振動計（小野測器 LV-1800）を用い，加速度時間履歴を取得し，衝撃応答スペクトルを計算して，衝撃伝播について評価した。尚，1打撃につき



(a) コイルバネと打撃子



(b) 圧縮・解放機構

図1 簡易衝撃試験装置

1点しか計測ができないため、打撃を加える毎にレーザー光の位置を変更し、打撃点上の150～400mm範囲で計測を行った。

### 3. 実験結果・考察

代表的な実験結果として200mmと400mmの位置での加速度時間履歴を図4に示す。実験中に観察している範囲でも揺れ方が異なっていたが、図4に示す様にフレームを設置した効果により秋季の長い波が押さえられ減衰が早く現れている。図5に、加速度時間履歴より計算した衝撃応答スペクトルを示す。図5より、フレームの有無でSRSは200mm, 400mm共に異なっており、フレーム有りの方が全体的に下が



図2 供試体設置状況

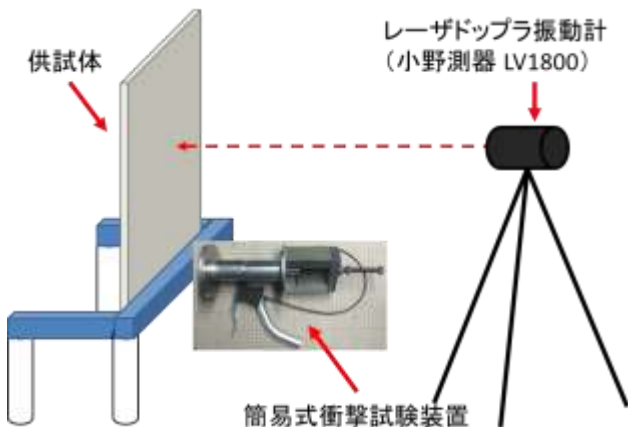
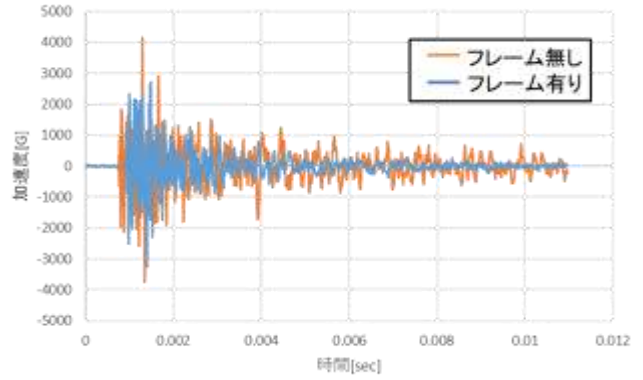
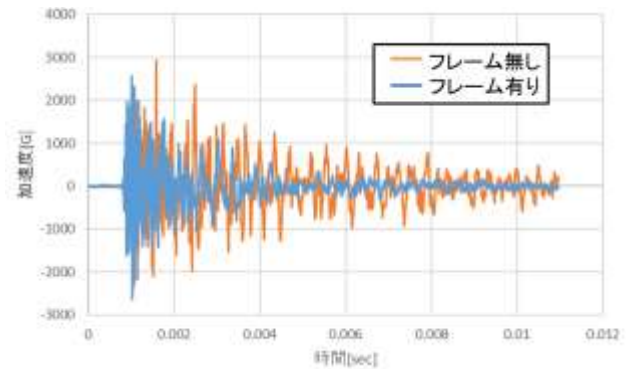


図3 計測配置図

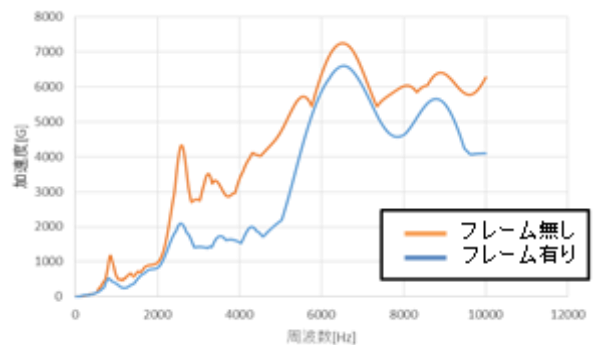


(a) 200mm

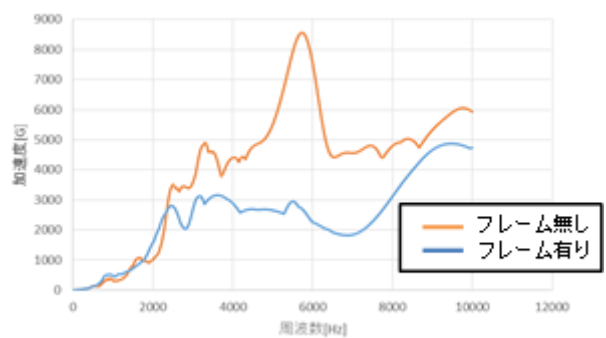


(b) 400mm

図4 加速度時間



(a) 200mm



(b) 400mm

図5 衝撃応答スペクトル

る傾向にある。200mm の位置で 2500Hz, 400mm の位置で 3000Hz, 6000Hz 近傍で見られていた特徴的な信号を押さえられている。特徴的な信号を押さえることで、全体について比較検討が行いやすくなることが考えられる。しかし、200mm と 400mm を比較すると距離が離れている方が必ずしも低い値になってはいない。フレーム無しの各距離での衝撃応答スペクトルを纏めたグラフを図6に示す。こちらにおいても距離減衰を明確に定義するのは難しい結果である。そのため、境界条件の適切な設定や評価手法について検討する必要があると考えられる。加速度の時間履歴より速度履歴を求め、それより単位質量当たりの運動エネルギーを計算した結果を比伝播運動エネルギーと仮定し計算した結果を図7に示す。10msec 内でほぼ運動が通過していると考え、図7を積分することで求めた通過した比伝播運動エネルギーを図8に示す。図8より、通過した比伝播運動エネルギーにおいては距離減衰の傾向が見られている。

#### 4. 結言

本研究では、アルミニウム板に対して簡易衝撃試験装置による基礎実験を実施し、衝撃伝播について検討を行った。その結果、衝撃応答スペクトルでは明確な距離減衰傾向は確認できなかったが、ある時間範囲における比伝播運動エネルギーでは距離減衰傾向を確認することができた。また、剛性の低下した板に対して枠を設けることで板の振動を抑制し、衝撃応答スペクトルにおいての特徴点を抑えられることを確認した。

#### 参考文献

- (1) 日本機械学会編, 機械工学便覧応用システム編 $\gamma$ 11 宇宙機器・システム, 日本機械学会, 2007
- (2) 岩佐貴史, 施勤忠, 衝撃応答時における衛星パネルの減衰モデルの導出とその有効性の検証, 日本機械学会論文集. C 編 75(756), 2210-2216, 2009
- (3) 石走紗矢佳, 波多英寛, アルミ円柱を用いた距離減衰モデルの開発, 第32回宇宙構造・材料シンポジウム, B11, 2016

#### 謝辞

本研究では、JSPS 科研費 若手研究(B) JP16K21239 の助成を受けたものです。

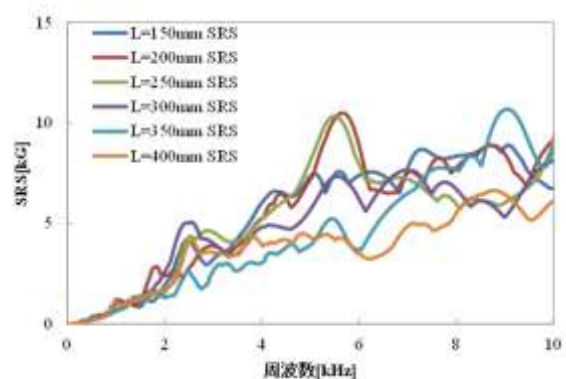


図6 衝撃応答スペクトル

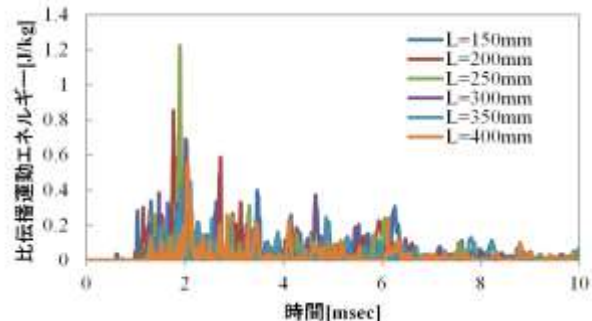


図7 比伝播運動エネルギー履歴

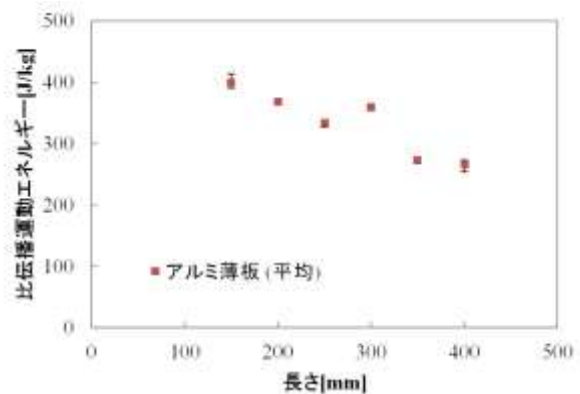


図8 通過した比伝播運動エネルギー