

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 4 日現在

機関番号：17401

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2017

課題番号：16K21239

研究課題名(和文)高周波帯域を含む衝撃加速度における宇宙構造材の衝撃減衰特性評価

研究課題名(英文) Impact attenuation characterization of space structure material in impact acceleration including a high frequency band

研究代表者

波多 英寛 (HATA, Hidehiro)

熊本大学・大学院先端科学研究部(工)・助教

研究者番号：30381007

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：高周波帯域の減衰振動を含む衝撃加速度が材料中および継手部において減衰する現象について、バネ式衝撃試験装置を用いた衝撃試験を実施した。板構造に対して衝撃試験を実施し、レーザー干渉振動計における計測方法の確立を行った。また、板構造に対して衝撃試験を実施し、距離減衰の検討を行った。モード振動の影響が見られ、各周波数における距離減衰は明確に見えないことが確認された。円柱構造では材料の距離減衰について減衰モデルを得ることができた。継手構造では、明確な減衰差が見られた。最適な減衰構造を検討することで、より衝撃減衰を得られることを確認した。

研究成果の概要(英文)：In order to investigate the phenomenon that the impact acceleration including the damped vibration in the high frequency band attenuates in the material and the joint part, the impact test using the spring type impact test apparatus was carried out. Impact test was carried out on the plate structure, and a measurement method in the laser interference vibrometer was established. Impact test was carried out on the plate structure and the distance attenuation was examined. The effect of mode vibration was observed, and it was confirmed that the distance attenuation at each frequency was not clearly seen. In the cylindrical structure, attenuation model could be obtained about the distance attenuation of the material. In the joint structure, a clear attenuation difference was seen. It was confirmed that impact attenuation can be obtained more by examining the optimum attenuation structure.

研究分野：宇宙衝撃工学

キーワード：衝撃試験 高周波帯域 衝撃応答スペクトル レーザー干渉振動計 ロケット 人工衛星

1. 研究開始当初の背景

衝撃の伝播(減衰)については、1970年頃にアメリカ航空宇宙局(National Aeronautics and Space Administration、NASA)において、地上・フライト実験が纏められており、現在もこの時の知見を用いて、各部分における衝撃の見込みが行われている。しかし、当時の加速度計測技術では、高周波帯域における計測は行えておらず、考慮されていない。

人工衛星等宇宙機器の衝撃試験では実際の環境(火工品利用等)にて行われるが、各コンポーネントの開発段階でも衝撃試験が実施される。衝撃レベルが緩和されることで、衝撃を考慮した機器配置や衝撃試験が不要になり開発コスト削減につながる。そのため、衝撃源の衝撃レベルの低減、衝撃源からの構造材による減衰等の手段により、宇宙機器に求められる衝撃レベルの低減が研究・開発されている。

衝撃試験では、ハンマリング、落下式衝撃試験機、振り子式衝撃試験機が利用されている。これらは主に剛体運動による衝撃加速度を利用した衝撃試験である。しかし、フェアリング開頭分離部、衛星分離部から発生する衝撃は主に構造材を伝わる弾性波の伝播による物であり、高周波帯域の減衰振動を含む衝撃加速度である。剛体運動による衝撃加速度と弾性波の伝播による衝撃加速度では、衝撃加速度中の周波数帯域が異なる。

本研究では、小型衛星等の宇宙機器を固定し、一段式ガス銃(図1)やバネの弾性力を用いた簡易式衝撃試験装置による弾性波のみを利用した衝撃試験(特許公開中)を行っており、この知見より、高周波帯域の減衰振動による衝撃応答スペクトルへの影響について着目し、高周波の帯域を含む衝撃加速度における各周波数の伝播(減衰)現象に着目する。



図1 一段式ガス銃
(熊本大学所有)

2. 研究の目的

本研究ではロケットや人工衛星等の開発時に必要とされる衝撃伝播減衰に関する試験技術・評価技術の向上のため、以下を明らかにすることを目的に掲げる。

1. 加速度センサと非接触のレーザー干渉変位計システムにより、高周波帯域の減衰振動を含む衝撃加速度計測技術を確

立する。

2. 炭素繊維強化プラスチック(carbon-fiber-reinforced plastic、CFRP)複合材や薄板材等、加速度センサを固定しづらい材料における衝撃加速度計測技術を確立する。
3. 計測した高周波帯域の減衰振動を含む衝撃加速度について、周波数帯域を明らかにすることで、衝撃応答スペクトルへの影響を確認する。
4. 構造材料中における衝撃加速度の減衰について、周波数帯域毎の減衰特性を検討し、衝撃応答スペクトルでの減衰特性との関係性を確認する。
5. 構造材の継手部分における衝撃加速度の減衰について、周波数帯域毎の減衰特性を検討し、衝撃応答スペクトルでの減衰特性との関係性を確認する。

3. 研究の方法

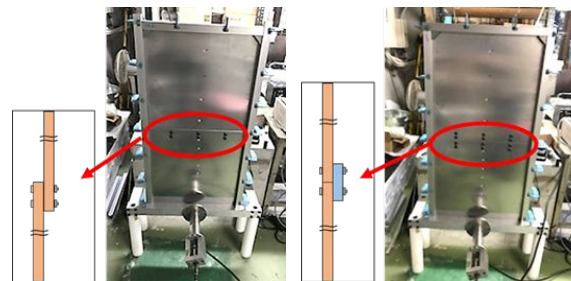
本研究の衝撃源として、バネの弾性力を用いた簡易式衝撃試験装置を用いる。本装置はバネ縮み量により打撃速度を調整する機構によって、再現性のよい衝撃印加が可能となっている。打撃子はSUS303、直径20mm、質量300gである。

固定しづらい材料においても衝撃加速度の計測が可能である非接触式のレーザー干渉振動計を用い、衝撃加速度の時間履歴を計測する。計測した衝撃加速度の時間履歴よりFFT解析、SRS解析を実施し、評価・検討を行う。

衝撃伝播対象としては、図2に示すような円柱形状試験体、板形状試験体(アルミ板、アルミハニカムサンドウィッチパネル、CFRPアルミハニカムサンドウィッチパネル)を用いた。また、境界部の影響を考慮し、アルミ板をフレームで補強した物と、図3に示すような継手構造を用いて、衝撃試験を実施しそれぞれの影響について検討を行った。



(a)円柱形状試験体 (b)板形状試験体
図2 円柱形状、板形状試験体



(a)継手 (b)継手
図3 継ぎ手構造

4. 研究成果

レーザー干渉振動計を用いた計測でも問題なく衝撃加速度を計測できた。円柱形状試験体における SRS を図 4 に示す。図 4 より、円柱形状試験体の長さに応じて、500Hz ~ 1100Hz の低周波数帯域において SRS の減衰傾向が現れ、5,000Hz 以降、SRS の山の部分が発生する周波数に変化が現れた。低周波数帯域の SRS 減衰については、距離による影響であり、SRS ピーク周波数の推移については、振動モードが影響していると考えられる。また、SRS の山ができていく部分では FFT 信号も大きくでていることが確認でき、関係性があることが確認される。また、距離減衰ならびに特徴的な山の周波数の関係性について、図 5、図 6 が得られた。

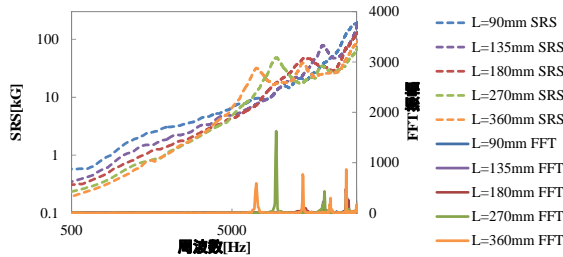


図 4 円柱形状試験体 SRS、FFT

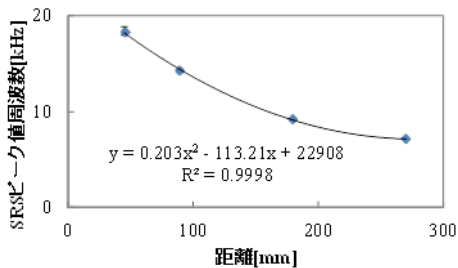


図 5 SRS ピーク周波数モデル

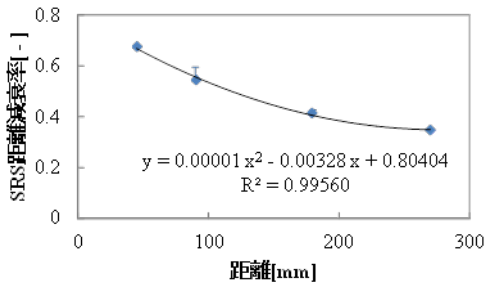


図 6 低周波数帯域における SRS 距離減衰率

板構造の SRS を図 7 に示す。板構造のみで試験を行った場合、距離減衰が明確には判断できない結果であった。円柱形状に比べ多数の周波数において FFT 信号があり、そのため、SRS 形状に多数の山を含んでいるためだと考えられる。また、加速度の時間履歴において、減衰傾向が低かったため、板構造に枠を付け境界部の剛性を上げて試験を行った。その結果、図 8 に示すように減衰傾向が早くなることは確認できたが、明確な距離減衰は確認できなかった。計測位置の剛性、振動モードの影響があるためであると考えられ、今後計測部の影響を抑える方法を考える必要がある。

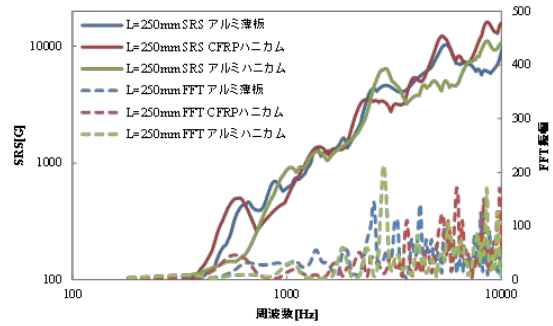


図 7 板構造の SRS

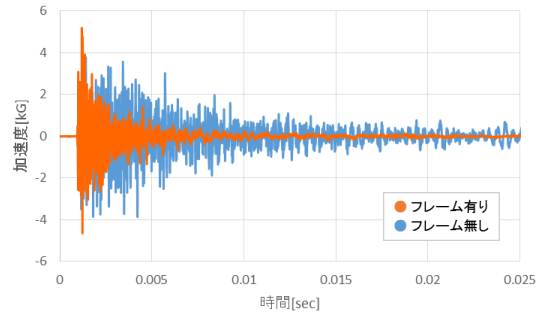
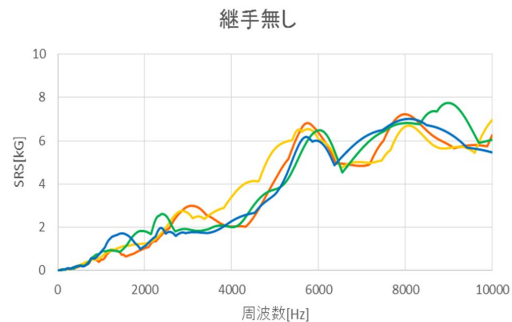
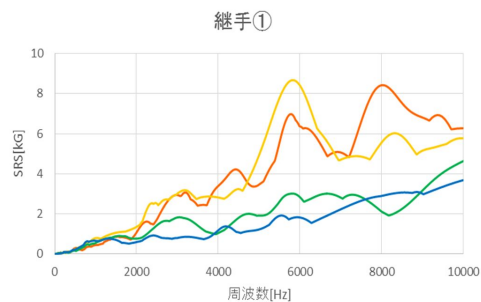


図 8 枠の影響評価 (加速度時間履歴)

継手構造の衝撃伝播を評価するため、同程度のサイズのアルミ板での SRS ならびに継手構造の SRS を図 9 に示す。図 9 より継手無しの場合には、明確な継手位置での減衰は見られないが、継手、継手の構造では、継手前後での明らかな SRS の減衰を確認することができ、継手効果が大きいことを確認した。また、今回用いた継手では、継手の形状の方が減衰効果が大きいことが確認できた。

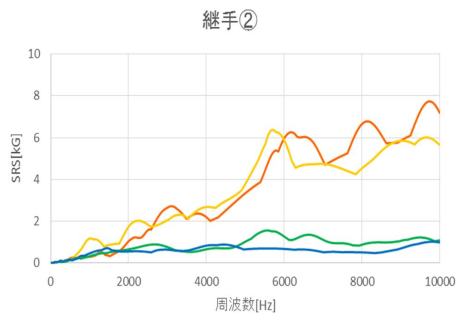


(a) 継手無し



(b) 継手

図 9 継手構造の SRS (続く)



(c)継手
図9 継手構造の SRS

以上の結果より、円柱構造、板構造に対してバネ式衝撃試験装置を用いた衝撃試験を実施し、高周波帯域の振動減衰を含む衝撃現象について、非接触式のレーザー干渉振動計における計測方法の確立を行った。また、距離減衰の検討を行った。その結果、試験条件によっては距離に応じたモード振動の影響が見られ、その周波数が変化するため、各周波数における距離減衰は明確に見えないことが確認された。そのため、境界条件の剛性や計測部分の剛性の検討が必要であることがわかった。剛性の高いアルミニウム円柱を用いた試験では距離減衰の比較が容易に行え、材料の距離減衰について減衰モデルを得ることができた。

アルミニウム板について継手構造の供試体を製作し、衝撃試験を実施した結果、明確な減衰差が見られた。また、継ぎ手の仕方によっても、減衰差は発生し、最適な減衰構造を検討することで、より衝撃減衰を得られることを確認した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 3 件)

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、2016 年 12 月 9 日、宇宙科学研究所相模原キャンパス

波多 英寛、衝撃、衝突、爆発に関する試験技術の開発、熊本大学発！シーズ発表会 in MOBIO ~機械系分野を中心に、大学院の教授陣が 5 つのシーズを発表~(招待講演) 2016 年 12 月 5 日、クリエイション・コア東大阪

波多 英寛、富田 帆乃花、渡邊 直人、板構造における衝撃伝搬に関する基礎実験、第 33 回 宇宙構造・材料シンポジウム、2017 年 12 月 8 日、宇宙科学研究所相模原キャンパス

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等:

<https://www.facebook.com/ssekumamoto/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

波多 英寛 (HATA, Hidehiro)

熊本大学・大学院先端科学研究部・助教

研究者番号: 30381007

(2) 研究分担者

該当者なし

(3) 連携研究者

該当者なし

(4) 研究協力者

渡邊 直人 (WATANABE, Naoto)

石走 紗矢佳 (ISHIBASHIRI, Sayaka)

富田 帆乃花 (TOMITA, Honoka)