

コンポーネント衝撃試験省略に向けた検討

背景

- コンポーネント衝撃試験の主目的は衝撃負荷耐性を確認することであるが、過去10年のJAXA衛星におけるコンポーネント衝撃試験起因の不具合の報告事例は極めて少ないのが実情である。
- 海外の例を見ると、NASAではコンポーネント衝撃試験の省略ガイドラインが試験標準にて2008年頃から明記され始めている。
- 本検討では、理論と実試験のアプローチからコンポーネント衝撃試験の省略を検討し、そのガイドラインをJAXA宇宙機一般試験標準に明記することを目的とする。
- 海外の標準の記述例とFY23から実施している環境試験技術センターでの検討について紹介する。

海外におけるコンポーネント衝撃試験省略の考え方

- MIL-STD-1540Eでは、衝撃速度がある閾値(50inch/secもしくは加速度SRSにおいて0.8g以下)であれば衝撃試験は不要と明記されている。これは材料の破壊が物理量「速度」に起因することに由来する。
<10.2.6節>
 - A response velocity to the shock less than 50 inches/second is judged to be non-damaging. This is the case if the shock response spectrum value in g is less than 0.8 times the frequency in Hz.
 - NASA-STD-7003Aでは、低レベルの衝撃であれば使用材料やランダム振動試験の置き換えにより省略可能とある。
<4.1節>
- The decision to perform or omit pyroshock testing at lower levels of assembly should be based on the following:
- The known ruggedness or robustness of the hardware.
 - The relative severity of the pyroshock environment compared to lower frequency dynamic environments, such as random vibration.

JAXA衛星における衝撃試験時の不具合

- 衛星メーカーでのコンポーネント衝撃試験の不具合調査を行った結果を図1に示す。脆性材料(クリスタル、リレー、接着剤を含む)の使用有無と衝撃試験後の供試体損傷の有無について3つのカテゴリに整理した。
- 衛星メーカーA社において、過去10年程度の試験データの全収集数は57であった。
- すべてがカテゴリAに該当するもので、カテゴリBとカテゴリCに該当するものに対しては該当なしという結果であった。
- なお、カテゴリ分けされた全データに対して、MIL-STD-1540Eに記載がある「50inch/sec」の基準よりも「試験データの最大値(速度SRS)」が大きいデータを識別すると、条件が予め極めて低かった1つのコンポーネントを除きすべての機器が50inch/secよりも大きい値であった。
- 一方、JAXA安価部品の不具合データベースのデータ(サブシステム以上のもの)が主であるが一部コンポーネントもあり)によると、衝撃試験においては①ワークマニップエラーによるもの②OSR割れ③MIL規格④規定値逸脱といった不具合事例が報告されている。

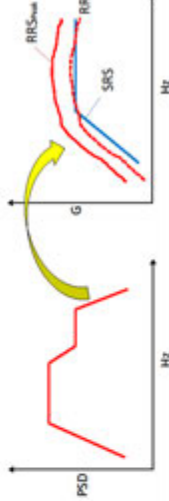
カテゴリ	衝撃試験時の不具合発生数	試験合格品数	試験不合格品数	試験データ数(10)
A	なし	N/A	57	56
B	あり	なし	0	0
C	あり	あり	0	0

「50inch/sec基準」<コンポーネント試験データ取得時 試験データ数(10)>

省略検討1

ランダム振動試験スペクトルとの比較による省略

- コンポーネントの規定スペクトルについて、ランダム振動のPSDスペクトルをRRSに変換し、衝撃スペクトルのSRSと比較をし、衝撃の規定周波数帯についてRRS>SRSである場合に衝撃試験はランダム振動試験の代替として省略可能と考える。
- コンポーネントに負荷される衝撃成分とランダム振動成分をそれぞれ1自由度振動系フィルタに通すことで同じ基準データとして評価できることが狙いである。
- Miliesの式を使った簡易計算で求めるRRSは、実効値ベースの値であるため、ピーク値(3σ)を取って評価する。
- SRSと比較してRRS(peak)の方が大きい場合、そのコンポーネントはランダム振動試験時に衝撃試験による衝撃負荷レベルを包絡できる。また、その場合負荷時間についてもランダム振動の方が十分長い。そのため、ランダム環境の方がより厳しい環境であるが、ランダム振動がGause分布に従うかについては検討が必要である。



省略検討2

衝撃速度評価による省略

- コンポーネント不具合と速度応答との関係、ならびにMILの規定との比較を行い、総じて評価指標として物理量「速度」の有効性を確認する。
- 加速度SRSの高周波側については公差を守ることに類似し、試験のやり直しに対する供試体ストレスが懸念される。高周波の規定は実現象としては意味を成さない(速度SRSで見ると低下すること)ことから、衝撃規定に速度SRSを用いることで、供試体への無用なストレスを回避することができる。
- 検証としてまず解析モデルによって衝撃速度と応力との関係性について確認する。
- 加えて機械性能モニタが可能なコンポーネントを用いて、歪と速度の計測とともに衝撃レベルと不具合発生(例:電圧変動、破損など)のサンプルデータを取得する。

