

# 自動車部品のための3軸同時振動試験の技術

深田 修<sup>1)</sup>

Latest Technology of 3-Axis Simultaneous Vibration Testing for Automotive Parts

Osamu Fukada

In recent vibration test field, 3-axis simultaneous vibration testing begins to be adopted especially in automotive and railway components vibration testing. It is because of optimizing rigidity and material of the components, and reducing test time by exposing in more realistic vibration environment.

Tendency of 3-axis simultaneous vibration test and vibration test for automotive component are considered in the paper.

**KEY WORDS:** **Vibration**, Common Infrastructure, Durability Test, 3-Axis Simultaneous Vibration Testing (B3)

## 1. まえがき

近年,自動車,鉄道等の搭載製品や部品に対する振動耐久試験に於いて,3方向同時振動試験が徐々に採用され始めている.製品をより実振動に近い環境におくことで材料の適正化,部品剛性の適正化,製品組立の適正化等の評価が行なわれると同時に耐久試験時間の短縮が図られている.

ここでは3軸同時振動試験技術の開発経緯と,自動車部品のための3軸同時振動試験の技術について考察する.

## 2. 3方向同時振動試験機の開発経緯

### 2.1. 世界の振動試験規格について

米国 MIL 規格は,世界でも早い時期に同時3軸振動試験を規格化したことで知られている.

MIL 規格の中で振動試験に関わるのは,「MIL-STD-810G 2008」である.この規格の原題「ENVIRONMENTAL ENGINEERING CONSIDERATIONS AND LABORATORY TESTS」は,「環境試験方法と工学的指針」と訳される.「MIL-STD-810G 2008」は,2008年10月31日に前身の「MIL-STD-810G 2000」を踏まえて改訂発行された全文で804ページに及ぶ米国国防総省発行の規格書である.編集には国防省関係者はじめ,陸海空軍の環境試験関係者や,ハネウエル等の民間企業,SAVIAC等の公的機関が関わっている.

振動試験に関する記述は,パート2の「METHODS 514.6 VIBRATION」にPSD方式の振動試験方法,「METHODS 525 TIME WAVEFORM REPLICATION」に時刻歴加振方式,さらに「METHOD 527 Multi-Exciter Testing」に多軸加振方法の記載がある.この記載の冒頭の適用範囲には「この規格で指定された別の試験方法のある場合を除いて,全ての軍需用品は多軸加振振動試験方法を推奨する」とあり,車両,航空機,艦船に搭載する部品,さらにミサイル等までのあらゆる種類の軍需品の振動試験には,多軸加振方法を推奨することが明記されている.

最近自動車メーカー各社,特に海外メーカーで搭載する製品や部品にこのMIL規格を適用する傾向がうかがわれる.



Fig.1 3-Axis Simultaneous Vibration Test Systems

1) 国際計測器株式会社(206-0025 東京都多摩市永山6-21-1)

IEC 61373 規格は、電気製品の国際規格である IEC が規定する「鉄道車両用品—振動及び衝撃試験方法」である。鉄道車両の各部分に搭載される電気製品は、車両部分に搭載されるものが区分 1、台車枠部分に搭載されるものが区分 2、さらに車輪と車軸部分に搭載されるものが区分 3 として各々ランダム振動試験プロファイルが規定されている。区分 1 で規定される電気製品には、例として車軸の動力源である主電動機の制御装置、即ちインバータ、コンバータ等。さらに車両室内の冷却装置等が含まれる。区分 2 では、ブレーキシステム等、区分 3 では各種のセンサーシステム等が上げられる。

この IEC 61373 規格は、1999 年にそれまでの正弦波による振動試験から、ランダム振動試験を採用し、さらに 2010 年に 3 軸同時振動試験を正式に振動試験方案として容認した。

## 2.2. 開発経緯

一般的に従来型の多軸振動試験機の軸受には、油圧式静圧軸受が使われているが、これにはいくつかの欠点が指摘されている。①油圧式静圧軸受は高価であること。②スライド部の加工精度を守るため軽量化が難しい。③30Mpa 以上の高圧油圧供給が必要である。④転倒モーメントの大きい試験体では、スライド部の発熱の危険性がある。⑤スライド部のメンテナンスが煩雑である。著者らはこうした欠点を克服するため、全く新しい方式による軸受（特殊スライド機構）の開発に着手した。3 軸同時加振による高周波振動領域で発生する様々な影響・要因について検証・解析を重ね、



Fig.2 Horizontal & Vertical Floating Apparatus

3 軸同時に発生する高周波振動を正確に伝達するためのフローティング構造を搭載した本体架台と、振動台のための新たなガイドの開発を進めた。

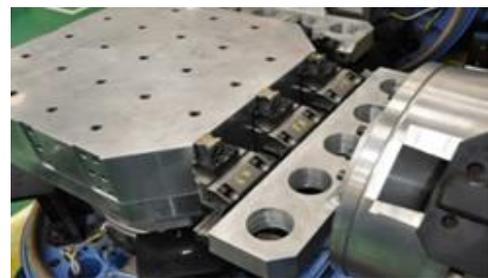


Fig.3 Multi Axis Vibration Propagate Apparatus

## 3. 3 方向同時振動試験機の構造

上下左右前後（Z X Y）各軸の加振アクチュエータを固定する本体架台（アース架台）には、加振時の各軸の相互の影響を打ち消す機構として、垂直水平方向にそれぞれ免震フローティング機構を搭載した（Fig. 2 参照）。

また高周波帯域までを 3 軸同時に加振させるための 3 軸振動台には、特殊スライド機構を開発し、上下左右前後の振動伝達を良好に保つことができた。これはスライド面のクリアランスを限りなく“0”にするため摺動部に予圧をかけた特殊スライドである（Fig. 3 参照）。さらにガイド内の転動部には、リテーナーを与えることで摺動時の転動部の接触を抑え、加振動作時のノイズの発生や発熱を低減した。

## 4. 自動車部品のための 3 方向同時振動試験

自動車部品のための振動試験は、上述のように MIL 規格によることを要求されることが多い。このため要求されたランダム PSD プロファイルを 3 軸同時振動試験のコントローラに入力し、実際の波形を確認した。

Fig. 4 は、MIL-STD-810G Method 514.6 に規定される貨物車による米国フリーウェイでの 3 軸ランダムプロファイルを今回開発した 3 軸同時振動試験装置で同時 3 軸加振させた際の実波形 PSD ランダム振動データである。上下方向（Z 軸）の実効加速度は  $7.271 \text{ m/sec}^2$ 、同じく横方向（X 軸）は  $10.249 \text{ m/sec}^2$ 、前後方向（Y 軸）は  $1.997 \text{ m/sec}^2$  であ

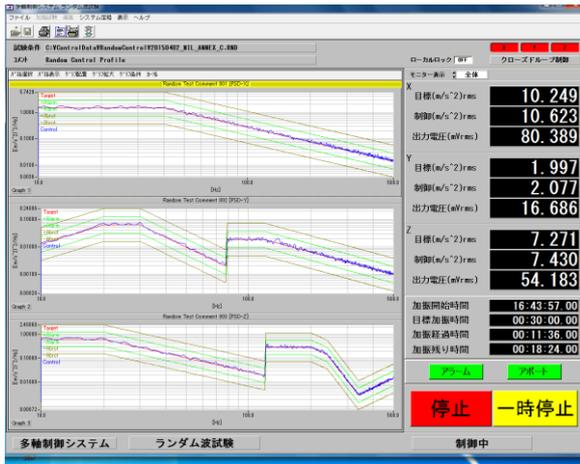


Fig.4 Actual 3-Axis Simultaneous Vibration Random Profile According To MIL-STD-810G Method 514.6 ANNEX C Category 4 –Common carrier (US High way vibration exposure)

り、各軸の実効加速度は異なっているが全て±3dBのトレランス内で良好な振動特性を示している。

Fig.5 は、「MIL-STD-810G Method 514.6 ANNEX E Category 24-General minimum integrity exposure」に規定される軍需品の設計・開発する際に基準テストとして用いられるランダム振動プロファイルを、今回開発した3軸同時振動試験装置で加振させた際の実振動 PSD ランダム振動波形である。20Hz～2000Hz までの試験周波数帯域に於いて、良好な振動特性を示していることが確認できた。

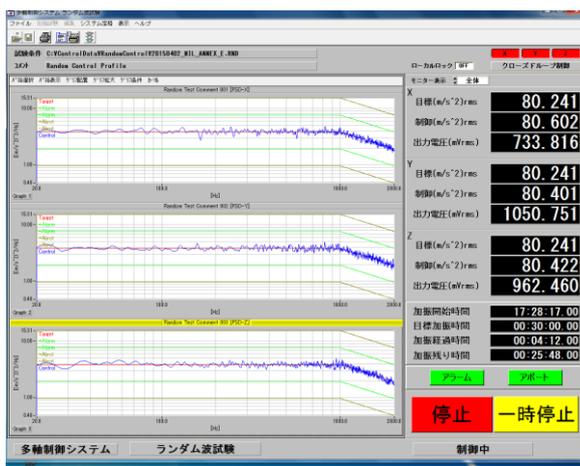


Fig.5 Actual 3-Axis Simultaneous Vibration Random Profile According To MIL-STD-810G Method 514.6 ANNEX E Category 24-General minimum integrity exposure

## 5.まとめ

3軸同時振動試験は、これまで世界中の多くの振動試験研究者や関係者がその有効性を認めながら、振動試験機自身の技術的課題や、高い導入コストの壁に阻まれて普及が進まなかった。しかし今、新しい技術を導入した振動台や、3軸免震フローティング機構の開発により、3軸同時振動試験機の導入コストは低減し、技術的課題は克服されつつある。

今後も3軸同時振動試験の普及に努めながら自動車部品の品質の向上に貢献したい。

## 参考文献

- (1) MIL-STD-810G (2008)  
METHOD 514.6 ANNEX C,E
- (2) IEC 61373 (2010-05)  
Railway-application-Rollingstock  
equipment-Shock and vibration tests