

針對汽車零部件的 三軸同時振動試驗技術

國際計測器株式會社
撰寫 第2事業本部 深田修
翻譯 台灣事務所 何承睿

1. 前言

近年，汽車和鐵道等搭載產品和零部件的振動耐久試驗中，逐漸開始採用三方向同時振動試驗。透過將產品置於更接近實際振動的環境中，可以對材料的優化、零部件剛性的優化、產品組裝的優化等進行評估，同時縮短耐久試驗時間。本文探討了三軸同時振動試驗技術的開發歷程及其在汽車零部件中的應用。

2. 三方向同時振動試驗機的開發歷程

2.1. 世界的振動試驗標準

美國的 MIL 標準在較早的時期就將三軸同時振動試驗標準化而聞名。MIL 標準中與振動試驗相關的是「MIL-STD-810G 2008」。該標準的原題為「環境工程考慮和實驗室試驗」，2008 年 10 月 31 日發佈，是根據之前的「MIL-STD-810G 2000」修訂的全文，總計 804 頁，由美國國防部發行。該標準的編輯包括國防部人員、陸海空軍的環境測試相關人員以及如哈尼韋爾等民間企業和 SAVIAC 等公共機構的參與。

振動試驗的描述在「METHODS 514.6 VIBRATION」部分涉及 PSD（功率譜密度）方式的振動試驗方法，

「METHODS 525 TIME WAVEFORM REPLICATION」部分描述時間歷程加振方式，此外「METHOD 527 Multi-Exciter Testing」部分記載了多軸加振方法。適用範圍的描述中明確指出「除非另有指定的試驗方法，所有軍用產品都推薦使用多軸加振振動試驗方法」，適用於車輛、航空器、艦船上的零部件以及導彈等各種軍用產品的振動試驗。最近，特別是海外的汽車製造商，越來越多地將此 MIL 標準應用於其搭載的產品和零部件上。



Fig.1 3-Axis Simultaneous Vibration Test Systems

2.2. 開發歷程

一般來說，傳統的多軸振動試驗機的軸承使用液壓式靜壓軸承，但這種軸

承存在一些缺點。①液壓式靜壓軸承成本高；②為了保持滑動部件的加工精度，難以輕量化；③需要 30Mpa 以上的高壓液壓供應；④對於翻倒力矩大的待測物，滑動部件存在發熱風險；⑤滑動部件的維護繁瑣。為克服這些缺點，本公司著手開發了一種全新方式的軸承（特殊滑動機構），並透過反復檢驗和分析高頻振動領域中的各種影響因素，開發了一種能夠準確傳達三軸同時發生的高頻振動的浮動結構，並開發了振動台的新導向裝置。

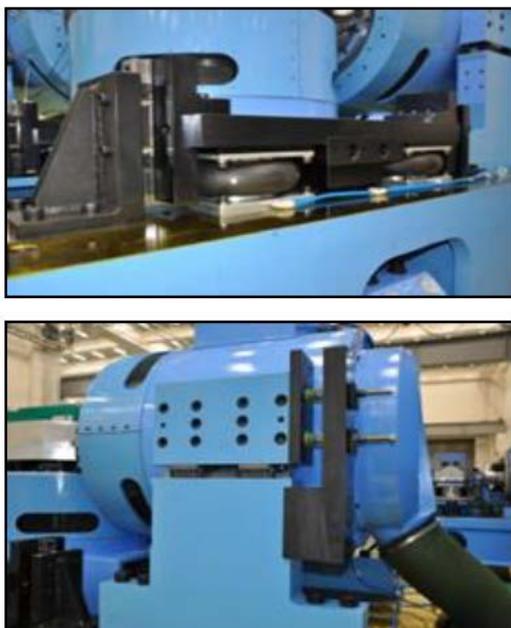


Fig.2 Horizontal & Vertical Floating Apparatus

3. 三方向同時振動試驗機的結構

上下左右前後（ZXY）各軸的加振制動器固定在本體架台（地面架台）上，作為加振時各軸相互影響的抵消機構，垂直和水平方向分別搭載了抗震浮動機構（參見 Ffig2）。此外，為使高頻帶域的振動能夠同時作用於三軸振動台，特殊的滑動機構，能夠良好地保

持上下左右前後的振動傳遞。這是透過在滑動面施加預壓，使其間隙接近“0”的特殊滑動機構（參見 fig3）。此外，在導向裝置內的滾動部件上加上維持架，以抑制滑動時滾動部件的接觸，減少加振動作時的噪音和發熱。

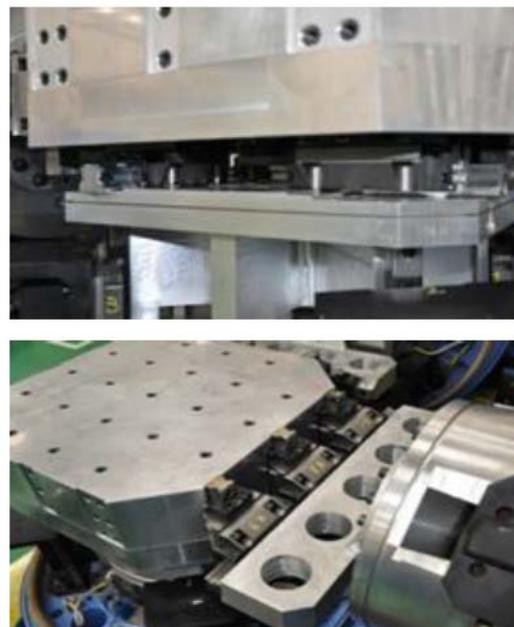


Fig.3 Multi Axis Vibration Propagate Apparatus

4. 汽車零部件的三方向同時振動試驗

汽車零部件的振動試驗，往往需要符合上述 MIL 標準。為此，我們將要求的隨機 PSD 配置文件輸入三軸同時振動試驗控制器中，並確認實際波形。Fig4 展示了根據 MIL-STD-810G Method 514.6 規定的美國高速公路貨車運輸振動暴露的三軸隨機配置文件在我們開發的三軸同時振動試驗裝置中同時加振時的實際波形 PSD 隨機振動數據。上下方向（Z 軸）的實際有效加速度為 7.271m/sec^2 ，橫向（X 軸）為 10.249m/sec^2 ，前後方向（Y 軸）為 1.997m/sec^2 ，雖然各軸的實際有效加速度不同，但都在

±3dB 的容許範圍內，表現出良好的振動特性。Fig5 展示了根據 MIL-STD-810G Method 514.6 ANNEX E 中 Category 24-General minimum integrity exposure 規定的軍用產品設計和開發的隨機振動配置文件在我們開發的三軸同時振動試驗裝置中的實際振動 PSD 隨機振動波形，在 20Hz~2000Hz 的試驗頻率範圍內，顯示出良好的振動特性。

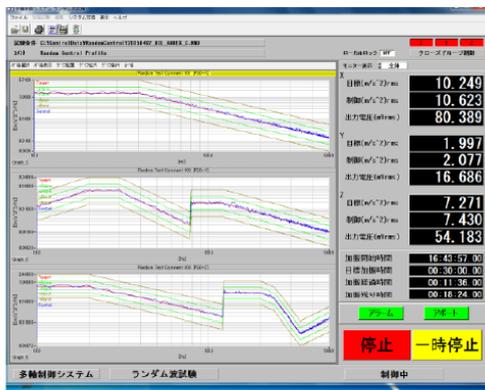


Fig.4 Actual 3-Axis Simultaneous Vibration Random Profile According To MIL-STD-810G Method 514.6 ANNEX C Category 4 –Common carrier (US High way vibration exposure)

5. 總結

三軸同時振動試驗的有效性已被全球多位振動試驗研究者和相關人士認可，但因振動試驗機本身的技術性課題和高昂的引進成本而未能廣泛普及。然而，隨著引入新技術的振動台和三軸抗震浮動機構的開發，三軸同時振動試驗機的引進成本已降低，技術課題也逐漸得到克服。今後我們將繼續推廣三軸同時振動試驗，並致力於提高以汽車零部件為首各項品質。

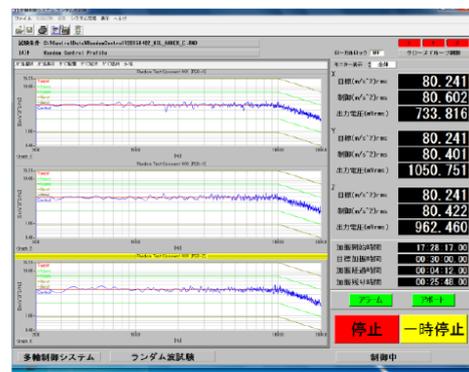


Fig.5 Actual 3-Axis Simultaneous Vibration Random Profile According To MIL-STD-810G Method 514.6 ANNEX E Category 24-General minimum integrity exposure

參考文獻

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