

行政院國科會九十六年度三年期研究計畫
研究成果期末報告

計畫名稱：勞工手-手臂振動暴露危害之控制

計畫編號：NSC 96-2221-E-041 -015 -MY3

執行期限：96/08/01 ~ 99/07/31

主持人：何先聰 教授

共同主持人：劉玉文 教授

嘉南藥理科技大學職業安全衛生學系

中華民國九十九年十月三十日

摘 要

本研究主要依據不同規範如我國勞工安全衛生設施規則第 302 條中規範局部振動每日容許暴露時間，國內之手持動力工具上並未標示該手工具之振動大小，雇主及勞工無法得知振動大小及遵守，本研究之目的為設立一手持動力工具之振動資料庫，並建立一手持動力工具振動測定實驗室以提供國人應用之參考外，並蒐集市面上現有的減振材料以實場測試進行量測，比較其最佳的減振頻率，提出適合的材料，以期應用於實場上以減少勞工暴露於手-手臂振動的傷害。

依據 96 年行政院勞工委員會進行工作環境安全衛生狀況認知調查，受雇者中有 15.08% 使用振動手工具，而雇主及自營作業者有 18.62% 使用振動手工具，勞工長期暴露於手-手臂振動易導致振動症候群，一旦病變顯現，將無法由藥物治療而復原。

以蒐集到 27 種材料，並利用 ISO 8662 方法進行實場測試，再利用 ISO 10819 方法高頻振動量小於 0.6，中頻振動量小於 1.0 及第一顯著頻帶減振率小於 0.6 評估找出合適的減振材料。

研究結果得知以 NEOPRENE-SBR 及 TPE 材質製成的材料減振能力為優的佔 14.3%，是所有材質內最好的，其次是 PU 材料製成的佔 11.1%。在利用 PUMA AT2680F 測試時有 CELLAMP M5130、CELLAMP M5110、CELLOMER S2120A、TPE 1020、TPE 5020、SA-0800、NX3-150、NX160RS、

KSA700、K324、KHT、KHD、KSA300、KSA200、NEOPRENE-SBR 達到 ISO 10819 的減振標準；利用 HINTL TE5 測試時有 CELLOMER S2110D 及 NEOPRENE-SBR 達到 ISO 10819 的減振標準。

關鍵字：手-手臂振動、動力手工具資料庫、減振材料、減振特性、1/3 八音
度頻帶

Abstract

There is a rule to evaluate for daily exposure limit about labor's hand-arm vibration, the Article 302 in Taiwan's Regulation of Installations of Labor Safety and Health. But it is hard to find any information about the acceleration value of hand-arm vibration of domestic hand-held power tools. The goals of this research are to establish an assessing laboratory for domestic hand-held power tool, to establish a database of the acceleration level about domestic hand-held power tools, and to collect available vibration-reduction materials, to test them in the field and to compare their vibration-reducing effects.

According to the survey of perceptions of safety and health in the work environment in 2007 in Taiwan, 15.08% of the employer used hand-held vibration tool, 18.62% of self-employer used hand-held vibration tool. Long term exposure to vibration generated by power hand-held tools may cause a series of disorders in the peripheral vascular, sensorineural and musculoskeletal systems of the hand and arm.

Using ISO 8662 method to test 27 kinds of materials in the field measurements and then using ISO 10819 method to evaluate the vibration-reduction effects were carried out. The results indicated that materials made of NEOPRENE-SBR and TPE with excellent vibration-reduction capacity accounted for 14.3%, followed by

PU materials accounted for 11.1%. When using PUMA AT2680F for test, CELLAMP M5130, CELLAMP M5110, CELLOMER S2120A, TPE 1020, TPE 5020, SA-0800, NX3-150, NX160RS, KSA700, K324, KHT, KHD, KSA300, KSA200, NEOPRENE-SBR achieved the ISO 10819 standards while using HINTL TE5 for test CELLOMER S2110D and NEOPRENE-SBR achieved the ISO 10819 standard.

Keyword : hand-arm vibration, database of power tools 、 vibration-reduction material, characteristics of vibration-reduction 、 1/3 octave band

目錄

摘要	I
Abstract	III
目錄	V
圖目錄	VIII
表目錄	XI
第一章 前言	1
1-1 研究背景	1
1-2 研究目的	5
1-3 研究架構	7
第二章 文獻回顧	2
2-1 手-手臂振動症候群	2
2-2 評估方法及法令規定	5
2-2-1 ISO 5349 : 2001	5
2-2-2 ISO 10819 規範	6
2-2-3 歐盟標準	10
2-2-4 本國規範	10
2-3 減振材料研究	11

第三章 實驗材料及方法	13
3-1 振動緩衝材料特性	13
3-2 實驗材料	17
3-3 實驗方法	19
3-3-1 測試儀器	19
3-3-2 測試方法	20
3-3-3 混凝土破壞機及氣動鎚測試方法	21
3-3-4 鎚鑽測試方法	24
3-4 資料處理	25
3-4-1 振動資料處理	25
3-4-2 評估減振率	27
第四章 實驗結果	28
4-1 手工具振動特性	28
4-2 利用 PUMA AT2680 測試結果	31
4-3 利用 HITACHI H14 測試結果	34
4-4 利用 HITACHI V14 測試結果	37
4-5 利用 MAKITA HM0810T 測試結果	40
4-6 利用 MAKITA HM0810 測試結果	43
4-7 利用 HINTL TE5 測試結果	46

4-8 利用 BOSCH GBH2SR 測試結果	49
4-9 各材質減振優劣	52
4-10 材料厚度的比較	53
第五章 結論與建議	54
5-1 結論	54
5-3 建議	55
參考文獻	56
附件一：利用 PUMA AT2680F 測試時各材料頻譜圖	61
附件二：利用 HITACHI V14 測試時各材料頻譜圖	68
附件三：利用 HITACHI H14 測試時各材料頻譜圖	75
附件四：利用 MAKITA HM0810T 測試時各材料頻譜圖	82
附件五：利用 MAKITA HM0810 測試時各材料頻譜圖	89
附件六：利用 HINTL TE5 測試時各材料頻譜圖	96
附件七：利用 BOSCH GBH2SR 測試時各材料頻譜圖	103

圖 目 錄

圖 1-1 研究架構	1
圖 2-1 握力器設置位置.....	8
圖 2-2 加速規堪合於托架.....	9
圖 2-3 托架及握把相關位置之示意圖	9
圖 3-1 振動系統簡圖.....	13
圖 3-2 黏彈性物質模量-溫度曲線示意圖	15
圖 3-3 質量彈簧系統.....	16
圖 3-4 振動量測儀器組合	19
圖 3-5 測次機具握把處.....	21
圖 3-6 托架於握把位置.....	21
圖 3-7 混凝土破壞機操作平台	23
圖 3-8 能量吸收器設計圖.....	23
圖 3-9 鎚鑽操作平台.....	25
圖 4-1 PUMA AT2680 頻譜分析.....	29
圖 4-2 HITACHI H14 頻譜分析	29
圖 4-3 MAKITA HM0810T 頻譜分析.....	30
圖 4-4 MAKITA HM0810 頻譜分析	30
圖 4-5 使用 PUMA AT2680 測試時 ALL PASS 減振能力	32

圖 4-6 使用 PUMA AT2680 測試時第一顯著頻帶減振能力	32
圖 4-7 使用 PUMA AT2680 測試時高頻減振能力	33
圖 4-8 使用 PUMA AT2680 測試時中頻減振能力	33
圖 4-9 使用 PUMA AT2680 測試時低頻減振能力	34
圖 4-10 使用 HITACHI H14 測試時 ALL PASS 減振能力	35
圖 4-11 使用 HITACHI H14 測試時第一顯著頻帶減振能力	35
圖 4-12 使用 HITACHI H14 測試時高頻減振能力	36
圖 4-13 使用 HITACHI H14 測試時中頻減振能力	36
圖 4-14 使用 HITACHI H14 測試時低頻減能力	37
圖 4-15 使用 HITACHI V14 測試時 ALL PASS 減振能力	38
圖 4-16 使用 HITACHI V14 測試時第一顯著頻帶減振能力	38
圖 4-17 使用 HITACHI V14 測試時高頻減振能力	39
圖 4-18 使用 HITACHI V14 測試時中頻減振能力	39
圖 4-19 使用 HITACHI V14 測試時低頻減振能力	40
圖 4-20 使用 MAKITA HM0810T 測試時 ALL PASS 減振能力.....	41
圖 4-21 使用 MAKITA HM0810T 測試時第一顯著頻帶減振能力....	41
圖 4-22 使用 MAKITA HM0810T 測試時高頻減振能力	42
圖 4-23 使用 MAKITA HM0810T 測試時中頻減振能力	42
圖 4-24 使用 MAKITA HM0810T 測試時低頻減振能力	43

圖 4-25 使用 MAKITA HM0810 測試時 ALL PASS 減振能力	44
圖 4-26 使用 MAKITA HM0810 測試時第一顯著頻帶減振能力	44
圖 4-27 使用 MAKITA HM0810 測試時高頻減振能力	45
圖 4-28 使用 MAKITA HM0810 測試時中頻減振能力	45
圖 4-29 使用 MAKITA HM0810 測試時低頻減振能力	46
圖 4-30 使用 HINTL TE5 測試時 ALL PASS 減振能力	47
圖 4-31 使用 HINTL TE5 測試時第一顯著頻帶減振能力	47
圖 4-32 使用 HINTL TE5 測試時高頻減振能力	48
圖 4-33 使用 HINTL TE5 測試時中頻減振能力	48
圖 4-34 使用 HINTL TE5 測試時低頻減振能力	49
圖 4-35 使用 BOSCH GBH2SR 測試時 ALL PASS 減振能力	50
圖 4-36 使用 BOSCH GBH2SR 測試時第一顯著頻帶減振能力	50
圖 4-37 使用 BOSCH GBH2SR 測試時高頻減振能力	51
圖 4-38 使用 BOSCH GBH2SR 測試時中頻減振能力	51
圖 4-39 使用 BOSCH GBH2SR 測試時低頻減能力	52

表目錄

表 2-1 各頻帶所需之加速度.....	8
表 2-2 我國法規規定手-手臂振動每日容許暴露時間.....	10
表 3-1 實驗材料廠牌	18
表 3-2 量測的影響因子	20
表 3-3 ISO 5349:2001 手-手臂振動加權表	26
表 4-1 個手工具基本資料.....	28
表 4-2 各材質第一顯著頻帶減振優劣表	52
表 4-3 VINYL NIREILE 材料厚度的比較	53

第一章 前言

1-1 研究背景

振動與噪音類似是能量系統藉由振盪性運動傳遞，其差異是在運動傳遞波不同，振動是橫波而噪音是縱波振盪。系統的運動可能很簡單且規則，也可能極端的複雜；此系統傳遞的介質可能是氣態、液態或固態，振動係討論固態系統對人體的影響。振動對人體的影響蓋可分為全身振動與手-手臂振動兩種。這些振動能量藉由固體介質從振動源傳遞至操作勞工的身體、手及手臂，這種長期職業性的振動暴露可分為全身振動(whole body vibration, WBV)與手-手臂振動(hand-arm vibration, HAV，或稱局部振動)，前者係指固體振盪能量經由腳或臀部傳至全身容易造成勞工脊椎骨病變、椎間盤突出、消化系統、前庭器官異常病變；後者則為固體振盪能量由手部傳至身體，以手部末梢神經與末梢循環的傷害為主，一旦病變顯現，將無法由藥物治療而復原，且其危害屬於長期累積，致使人們在不知不覺中病變惡化。

動力手工具在已開發國家中廣為勞工所使用，近代關於動力手工具產生的振動對人體之危害也逐漸受到重視，如義大利石材雕刻工人使用氣動鎚及研磨機具之流行病學調查研究[4]相當深入，森林工作者經常使用到的鏈鋸在北歐國家[5]及日本的文獻[6]上亦多次被提

及，但是我們不管是在政府政策及林相上皆與國外之環境有些許的差異，最明顯的差異是從民國 83 年起的林務政策上是採取全面停止伐木的政策(除了林相的更新或是疏伐外)。根據美國職業安全衛生研究所對 385 名振動工具使用者調查顯示[7]，暴露於振動環境下之時間愈長，導致白指病之盛行率愈高。其暴露一年半以下者之盛行率約 31%，一年半至三年半者約 41%，三年以上者約 71%，而完全沒有暴露於振動環境下者未發現有罹患白指病。在許多種動力手工具中以伐木工人使用之鏈鋸，是最多研究顯示會因振動導致操作人員罹患白指病。Olsen[8]指出在丹麥 39 名鏈鋸操作者中，即有 13 名有白指病。Pelnar[9]等指出加拿大西部 323 名鏈鋸操作者中約有 90 名罹患振動症候群，且與暴露時間之長短有極大之關係。目前我國僅有兩篇伐木工人振動症候群研究報告，作為我國伐木工人職業疾病之參考資料。國內有研究指出森林伐木工人振動症候群之盛行率高達 88.3%[10]，較之外國的 35%-85%為高，此與我國伐木工人不輕易更換工作輪調制度有關。森林伐木工人振動症候群之潛伏期為 9.88 年，較外國的 6-8 年較長，此與我國氣溫較高有關[11-14]。另外，高雄醫學大學余幸司及何先聰[15]人研究結果顯示各症狀之盛行率為：手麻木 100%、白指病 75%。然而在國內尚有針對動力手工具的手-手臂振動評估[16]、行駛中機車把手[17-19]及鐵路工人操作砸道機[20]之手-手臂振動危害之

研究，皆顯示暴露於手-手臂振動後，其振動覺閾值顯著增加與末梢循環機能有顯著變化。由此可知，我國動力手工具操作工人之振動症候群為一相當嚴重之問題。

由 91 年度之國科會先期研究計畫，研究結果得知林木工人所使用之鏈鋸或割草機在運轉時，其振動量過大，安全衛生管理人員除應對其振動量進行評估，以行政管理方式來調整勞工之暴露劑量外，有必要從機體本身或由人機介面來考量手工具握把，來探討如何降低振動量的傳入。由於手工具振動危害法規評估勞工振動露危害時，採用全域加權後之均能振動加速度，有其方便性及適用性，大部份國外法規如 ISO、ACGIH，NIOSH 等均採用此劑量之觀念，可是站在工程控制及危害的觀點上，如此方式是否合適有深入探討之必要，瞭解主要振動量發生在那一個頻帶才較能符合需求；而減振技術開發時，若僅針對全域振動量來檢討其成效，可能總振動能量降低不甚顯著，但若僅對對人暴露危害較嚴重的頻帶(8Hz-125Hz)範圍為目標時，則有可能相當顯著。因此在 92 年度之先期研究計畫中，以 91 年度所得之振動量測技術、分析模式及減振方法，繼續執行不同型式之動力手工具如氣動扳手、氣動研磨機、氣動齒輪機、氣動鑿子、振動式電鑽及混凝土破壞機等之測量與評估，補充國內振動手工具危害資料庫，對現行勞工安全衛生設施規則第 302 條手-手臂振動全域振動閾值規定作

一檢討。

近年來吾人檢討過去研究過程中所面臨之瓶頸，乃進行改善採樣時之數據取得與處理之效率，利用虛擬圖控儀表軟體 Lab view 撰寫虛擬 1/3 八音頻帶頻譜分析儀，期望能夠利用筆記型電腦及 PCMCIA 介面之資料擷取卡於作業現場將採得之振動加速度類比信號直接分析三個軸向之 1/3 八音幅頻帶加速度實效值，並儲存記錄於硬式磁碟機中以供後續之分析比較時使用。目前也已利用實驗室現有之動力手工工具進行測試，完成上述之目標，改良後發現採樣數據之即時處理與分析效率大為提昇。

依據 96 年行政院勞工委員會^[1]進行工作環境安全衛生狀況認知調查，受雇者中有 15.08% 使用振動手工具，而雇主及自營作業者有 18.62% 使用振動手工具，而根據黃靖茹^[2]調查指出營建業勞工操作動力手工具時，有配戴防振手套僅佔 13.3%。在使用動力手工具時振動能量會以波動形式藉由固體介質從振動源傳遞至操作者的手-手臂系統，而長期暴露於手-手臂振動會導致振動症候群，造成手的末梢神經、末梢血管、肌肉骨骼傷害，由此可知振動暴露為勞工作業現場潛在的危害因子，因此降低振動為目前刻不容緩的事情。

振動是指以其系統平衡位置為中心所作的往復運動，一切具有質量及彈性的物體都具有振動的性質。系統的運動可能很簡單且規則，

也可能極端複雜，系統可以是指氣態、液態、固態，而手-手臂振動是指固態系統對人體的影響。人體暴露於振動環境下，可能遭受全身或局部振動的傷害，當手中握有電動或氣動手工具時，振動經由緊握手工具的手及手臂傳遞到手-手臂系統，此種振動稱為手-手臂振動 (hand-arm vibration)，亦稱為局部振動。

長期暴露於手-手臂振動會導致振動症候群，勞工因職業性暴露而導致末梢循環障礙、末梢神經障礙及肌肉骨骼障礙，一旦病變顯現，將無法由藥物治療而復原，且其危害屬於長期累積，導致使人們在不知不覺中病變惡化，故執行作業危害防護有其必要性。降低手-手臂振動的方法，除了使用低振動工具、良好的工作習慣及健康管理外，還可以從配戴防振手套上著手，而本研究在探討目前搜尋台灣市面現有的材料中，找出何種材料具有較佳的減振特性。

1-2 研究目的

先進國家已經利用立法要求雇主要負起保護勞工之責任，有關振動危害暴露該等議題，業界使用時並不知道各式動力手工具到底振動量有多大？也無法預估到底能夠操作多久才不會過量。因此，如果我們能學習國外之方法（如：瑞典），把量測過的數據予以公開，供應製造廠商使用，就可以利用這些數據直接計算它每日所容許之暴露量，將來如能依據 ISO 成立振動認證實驗室，提供我國動力手工具

之製造廠商進行振動認證，將可提昇我國產品輸出國外的競爭力。

國外之研究數據固然可以供我們參考，但振動手工具之種類繁多，而使用勞工所在地之國情亦不同，若硬是採用國外之數據與規範，恐與我國勞工所暴露之實情會有所落差。本研究之主要目的簡述如下：

- (一) 第一階段為建立國內各式動力手工具（以勞工較常使用之機具）之測量平台，完成符合國際標準(ISO)之振動量測，積極建立之動力手工具之振動量基本資料庫。
- (二) 蒐集市面上現有的減振材料，利用 ISO 10819 規範進行評估，並且推測其減振特性。
- (三) 依據 ISO 10819 之規範作一標準振動平台（將申請專利權），可以產生標準振動源，提供測試各種減振材料之減振效果，探討其主要減振頻帶，可提供製造防振手套在選擇材料時，能有所區分（如：抗高頻或低頻區），如此減振效果才會明顯。另持續建立振動平台與手-手臂振動量測之工作。
- (四) 利用實場測試針對混泥土破壞機、錘鑽等進行量測，藉此評估此減振材料運用於實場上的可行性。
- (五) 秉持學術資源共享之精神，將整合上述之本土型研究成果，透過網際網路之功能，提供職業衛生領域研究及勞工健康管

理之參考，減少勞工因振動過度暴露所引起的振動症候群；
另成立認證實驗室提供國內相關製造廠商之機具振動認證服務，不僅保護勞工之健康，亦可以有效提高國內產業整體於國際之競爭力。

1-3 研究架構

本研究架構如圖 1-1，本研究首先針對問題的確認，然後蒐集市面上現有的減振材料進行實場測試與實驗室測試，分別比較其振動最佳的減振頻率，提出適合的材料，期望能應用於實場上以減少勞工暴露於手-手臂振動的傷害。

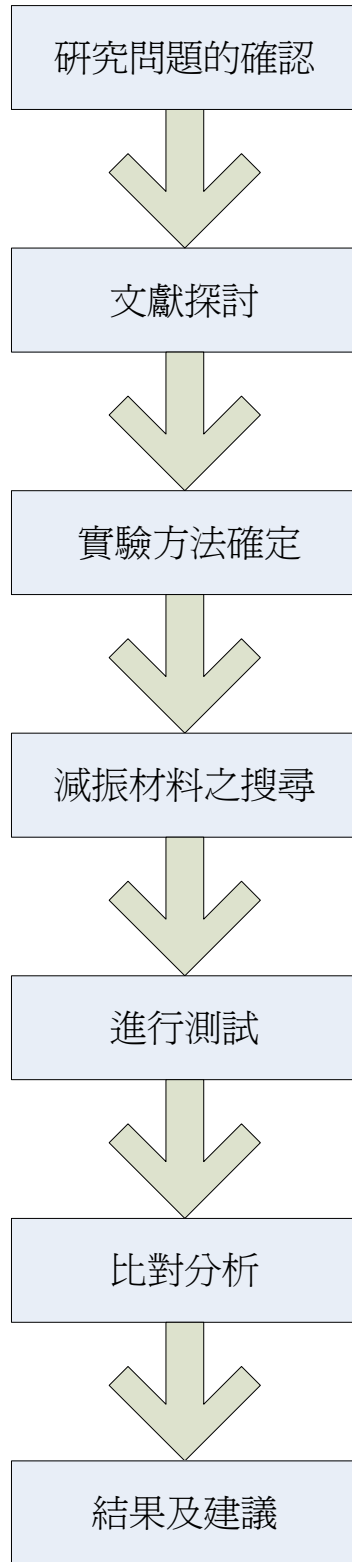


圖 一-1 研究架構

第二章 文獻回顧

2-1 手-手臂振動症候群

手-手臂振動症候群是上個世紀初所創的名詞，最早是 1862 年由法國 Maurice Raynaud(1834-1881)醫生發現雷諾氏症候群，他觀察到手指頭上有白色斑點與溫度有關，在 1918 年 Alice Hamilton 醫師發現手-手臂振動症候群 (hand-arm vibration syndrome ; HAVs)，來自於工作場所中的振動暴露，且 HAVs 跟暴露的時間和使用的頻率有關^[3]。何先聰^[4]經由動物實驗發現振動會引起兔子及大白鼠末梢神經病變，並且與振動劑量成正比關係。

由於工業革命後機械工具的大量使用，已使得工人因長期使用動力手工具導致血管、神經、肌肉及骨骼的障礙，造成手-手臂振後群的發生。因此，目前如伐木工人長期使用鏈鋸^[5]，營造工人長期使用的混凝土破壞機^[6]、鎚鑽^[7]，製造業常期使用的電動氣動研磨機^[2]，鐵道工人使用的砸道機^[8]，牙醫使用的治療器材^[9]，及一般常用的電動起子^[9]等動力手工具，都會產生振動進而造成職業性傷害。而振動症候群主要的障礙包括：

1. 上肢的末梢循環障礙^[10]。
2. 末梢神經障礙^[11]。
3. 骨骼、關節、肌肉及肌腱等異常所以起的運動機能障礙^[12]。

4. 突發性手指強烈收縮，肢體間歇性強烈變白或發紺的雷諾氏症狀 [13]。

針對手持動力工具振動量測之相關研究 Bini Sam 及 K. Kathirvel^[14] 對於農場使用的動力耕耘機把手進行振動實驗，指出操作者每天使用耕耘機 4 個小時以上，行進的速度 2-4km/h，在四年內可能有 10% 致病的機率。馬來西亞學者 Zulquernain Mallicku^[15] 研究背負式割草機，在操作者使用 170mm 長度的尼龍繩、3000±400rpm 的馬達的割草機以及操作時的角度最好在 45° 這個範圍，在這樣的情況下 HAV 會低於 2.42 m/s²。印度學者 K.N. Dewangan, V.K. Tewari^[16] 研究農業拖拉機振動量發現在操作時振動主要頻帶位於 31.5Hz 間，X、Y 和 Z 軸的振動量分別為 5.52 m/s²、8.07 m/s² 和 5.27 m/s²。R.G. Dong^{[17][18]} 等人發現振動傳遞至手-手臂時低頻振動易傳至手臂及肩膀，而高頻振動則侷限於手指及手掌。

歐盟 2002 調查資料^[19] 包括受僱者、自營作業者，結果顯示工作時的危害因子以接觸危害因子時間佔工作時間 25% 以上之各項因子比例來看，振動佔 24.2%。Nyantumbu 等^[20] 調查 156 例有接觸振動的礦工及 140 個接觸振動的礦工進行比較，發現手-手臂振動症候群發生率為 15 %，平均潛伏期為 5.6 年，而無職業性接觸振動僅有 5% 而且難以察覺。Charlotte Åström 等人^[21] 針對 769 名隨機挑選 296 名

森林工人，發現有接觸到振動會增加肌肉骨骼症狀的機率，且在通常發生在頸部、肩部和手腕，並與累積曝露時間有關。Robert B.

McLafferty^[22]等人針對 16 名平均年齡 36 歲的汽車擋風玻璃工人進行調查，發現這群工人中 100%都有手指變色的情況，93%會痛，75%會有感覺異常等雷諾氏症狀現象發生，而這群工人已經使用氣動空氣刀 2450 小時，暴露約 3 年的時間，有 56%的工人有抽菸；之後對其在追蹤 18 個月，發現這群工人在沒有人使用氣動空氣，其症狀仍能維持 69 %至 31 %間。Margarita Vergara^[23]等人研究指出約 15%的手工具的行動值超出標準，沒有採取預防性行動。此外，在大多數情況下，工人也不了解其振動能量過高級其中的額外風險。

國內學者葉文裕^[24]等人指出砸道機振動顯著頻率發生在 31.5Hz ~80Hz 之間，最大振動量發生於 63Hz，三軸(X、Y、Z)方向振動量分別為 5.6 m/s²、4.5 m/s²、3.2 m/s²，運轉時之加速度實效值在 7.8~14.2 m/s²。盧士一^[25]等人針對裝配作業勞工使用之氣動工具進行測定，工具握得愈緊，振動傳至手指與手部的量愈多，且穿戴手套時振動暴露明顯地較低。胡世明^[26]等人針對林務工人之調查指出鏈鋸之振動量大多集中於 3.82~8.61 m/s²之間以及調查並實地量測營建業從業人員^[27]所使用手持振動工具，研究結果顯示國內手持振動工具之振動加速度值皆高過英國之行動基準值(exposure action value ; EAV) 2.5 m/s² 甚

多。陳偉仁^[5]研究指出森林伐木工人振動症候群之盛行率高達 88.3%，較之外國的 35%-85% 為高，此與我國伐木工人不輕易更換工作輪調制度有關。森林伐木工人振動症候群之潛伏期為 9.88 年，較之外國的 6-8 年較長，此與我國氣溫較高有關，症狀出現最遭者為麻木患病率為 88.30%，其次為手蒼白 80%，手刺痛 56.70%，在次者為肩關節痛、手僵硬、手肘痛、手變黑及手腕痛，且隨年齡增加而有病變的發生。高雄醫學大學余幸司等人^[28]研究結果顯示林務工人振動暴露職業危害症狀之盛行率手麻木及白指病分別為 100 與 75%。黃靖茹^[2]針對營造業從業人員發現手指麻痛症狀盛行率為 27.3%，平均約操作 5.88 年時就會有手指麻痛的現象產生；8 人有指尖變白的現象產生，盛行率為 4.8%，平均約操作 7.25 年時就會有指尖變白的現象發生；手指麻痛現象主要與操作手工具的時間相關，而操作動力手工具的受試者有配戴防振手套卻只有 22 位(13.3%)，皆無手指麻痛或變白的症狀。Jhy-Charm Soo, Perng-Jy Tsai^[29]等人研究發現 X 軸振動是主要由磨料磨損，而 Y 軸和 Z 軸的主要振動都在衝擊磨損和脆性斷裂磨損

2-2 評估方法及法令規定

2-2-1 ISO 5349：2001

ISO-5349-1：2001^[30]，除了明確規範手-手臂振動的量測設備、標

準、方法外。而建議依每天8 小時暴露於手-手臂振動加權加速度實效值 (weighted root mean square)及暴露時間(年)來預測罹患白指病之機率。其中振動加權加速度實效值的計算如下：

$$a_{eq} = \sqrt{a_{hwx}^2 + a_{hwy}^2 + a_{hwz}^2} \dots\dots\dots (1)$$

公式(1)為加速度之總量，將測得之三軸向加速度 a_{hwx} 、 a_{hwy} 及 a_{hwz} 平方後相加取其均方根，獲得總量 a_{eq} 。由於勞工在進行每次作業時，未必達到八小時暴露量，故需將測得的總量與期暴露時間換算成在8 小時暴露週期產生等值能量得加速度實效值，如公式2

$$A(8) = a_{hv} \sqrt{\frac{T}{T_0}} \dots\dots\dots (2)$$

公式(2) a_{hv} 為量測出之加速度總量， T 為真實暴露時間， T_0 為參考暴露時間8小時(28800秒)。勞工每日使用的手持工具並非皆為同一支手持工具，或振動量非相同之大小，故須先將每日暴露之總計量加總，計算每日八小時的總暴露劑量，計算的方式如公式(3)

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{T_0} \sum_{i=1}^n a_{hvi}^2 T_i} \dots\dots\dots (3)$$

公式中 a_{hvi} 為某一支振動手工工具之振動總量， T_i 為某一值振動手工工具之暴露時間。

2-2-2 ISO 10819規範

根據ISO 10819規範檢測防振手套系統架構，需要一台單軸向標準

振動源產生器，其頻帶及規範如表2-1，此振動源會產生單一方向之振動量，而此標準振動源上有一握把，其握把規格為直徑44mm，握把上裝置有一握力器如圖2-1，KISTLER 8728A500型單軸向加速規將設置於兩個位置，分別為固定在握把內側及固定在適合於托架上如圖2-2，托架與加速規重量為25g。托架目的是為了讓減振材料能夠平均受力。

測試時托架必須要緊貼材料並且與振動方向垂直如圖2-3，這樣才能得到較符合振動量。利用市面上所搜購之各種可能具有減振效果的材料，並找三名成年人分別測試兩次，測試前須將材料靜置於室溫 $20^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ 30分鐘，欲測試前3分鐘將材料置放於握把與托架之間，並將材料至托架與握把間，並施於 30 ± 5 牛頓握力和 $50\text{N}\pm 8\text{N}$ 推力，測試30秒後將結果紀錄。

表 二-1 各頻帶所需之加速度

中頻之加速度			高頻之加速度		
頻率 (Hz)	加速度 (m/s ²)	誤差	頻率 (Hz)	加速度 (m/s ²)	誤差
16	0.18	±2dB	100	3.77	±2dB
20	0.40	±2dB	125	6.29	±2dB
25	0.90	±2dB	160	10.47	±2dB
31.5	2.36	±1dB	200	15.24	±1dB
40	3.18	±1dB	250	20.20	±1dB
50	3.88	±1dB	315	24.86	±1dB
63	4.54	±1dB	400	29.07	±1dB
80	5.16	±1dB	500	32.48	±1dB
100	5.71	±1dB	630	35.15	±1dB
125	6.14	±1dB	800	35.95	±1dB
160	6.28	±1dB	1000	33.79	±1dB
200	5.89	±1dB	1250	28.91	±2dB
250	5.04	±2dB	1600	22.40	±2dB
315	3.94	±2dB			
400	2.89	±2dB			

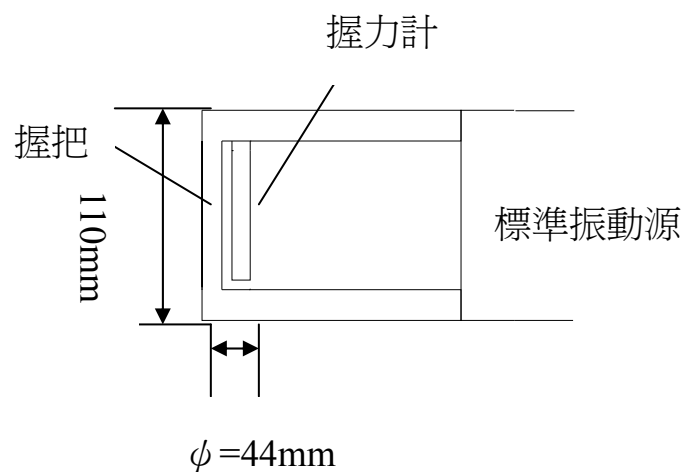


圖 二-1 握力器設置位置



圖 二-2 加速規適合於托架

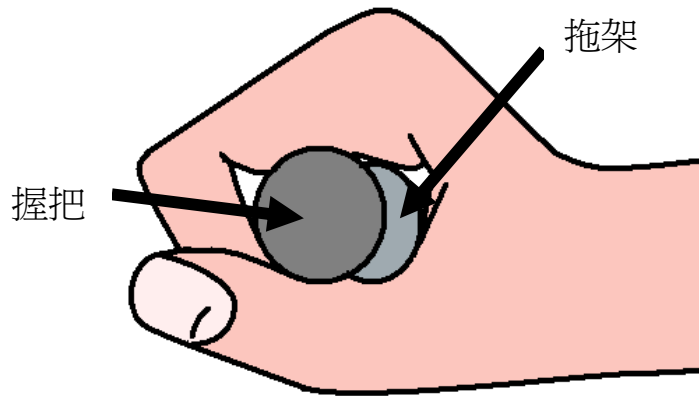


圖 二-3 托架及握把相關位置之示意圖

將測得數據分為中頻(31.5 Hz 至 200 Hz)及高頻(200 Hz 至 1250Hz)
 每次測試時會得到四樣數據，分別為赤手握柄的振動量(a_1)及握把的
 振動量(a_2)，和戴手套握柄振動量(a_3)及握把的振動量(a_4)，分別用以
 下公式計算。

$$Tr_1 = a_1 / a_2 \dots\dots\dots (4)$$

$$Tr_2 = a_3 / a_4 \dots\dots\dots (5)$$

$$Tr = Tr_2 / Tr_1 \dots\dots\dots (6)$$

根據 ISO 10819 規範當頻率在中頻時(31.5 Hz 至 200 Hz)，其傳遞
 率需小於 1.0，在高頻時(200 Hz 至 1250Hz)，其傳遞率不得小於 0.6，

若能達到 ISO 10819 上敘之規範者則認定為具有減振能力之材料。

2-2-3 歐盟標準

歐盟於2002^[17]年規範提出勞工工作八小時的振動暴露之行動閾值(exposure action value ; EAV) 為 2.5 m/s^2 ，當超過這個值以上時，雇主須對從業 勞工教育訓練使其了解振動暴露之危害及負有減少勞工振動暴露之責任，而勞工每日工作八小時不能夠超出 5.0 m/s^2 的振動暴露之限制閾值 (exposure limit value ; ELV)。

2-2-4 本國規範

我國規定是根據勞工安全設施規則302條^[31]勞工於從事手-手臂振動作業時，除應使勞工使用防振設備及其必需之安全衛生防護外，並應使作業勞工每天振動的暴露時間不得超過表2-2之規定。

表 二-2 我國法規規定手-手臂振動每日容許暴露時間

每日容許暴露時間	水平及垂直各方向局部振動之最大 加速度值 (m/s^2)
四小時以上，未滿八小時	4
二小時以上，未滿四小時	6
一小時以上，未滿二小時	8
未滿一小時	12

2-3 減振材料研究

ISO 10819^[32]規定減振材料須達到中頻帶範圍(31.5~200Hz)減振率(TR_M)必須小於 1.0，且高頻帶範圍(200~1250Hz)減振率(TR_H)必須小於 0.6。根據振動作業危害預防手冊^[33]，在工具把手上披覆一層黏彈性材料，如橡膠之減振把手可以降低高頻振動的傳導量。抗振手套最理想狀況是勞工能隨時隨地穿帶，且能夠減少衝擊，並且能保暖、保乾，避免人員手不遭切割危險的功能，最重要的是能夠提供手指較佳的觸覺回饋，確保操作人員能在使用最小握力的情況下能安全地抓握工具，如此一來也能減少傳達至操作人員手部的振動量。

目前國內對於手-手臂振動減振材料研究較不普遍，1990 年陳星助^[34]選定棉布質手套、橡皮內胎、軟木塞、衛生紙、特殊合成材質 (VISCOLAR)、泡綿、氣泡墊等材料，針對電動起子、電動研磨機、鏈鋸、混凝土破壞機，四種動力手工具，比較減振材料使用前後振動量和頻率的改變情形，發現泡棉及特殊合成材質效果較佳。吳昭誠^[8]研究鐵路道工操作砸道機發現其砸道機運轉時加速度在 7.8 到 14.2m/s² 間，其顯著頻帶在 40 至 80Hz 間，披覆件振材料比較顯示木把手以空氣墊及密質海綿效果較佳。

國外學者 I. Pinto 等人^[38]以 ISO 10819 及實場測試結果發現實驗室傳播曲線似乎低估了有效的保護，且抗振動手套也應符合人體工學設

計要求，若某種材料隔離性能很好，但卻會降低其操作手工具之能力時，也不考慮拿來使用當作減振手套之材質。Mahbub 等人^[36]研究發現減振手套能大大影響手指血管變化。R.G. Dong^[37]等人發現有效預防振動傳至手-手臂系統頻率從 63 到 100 赫茲的關鍵因素，雖然不顯著，但是有一個趨勢，防振手套是有效地減少中間頻率範圍（50-100 赫茲）。Bendall^[38]也提出通常防震手套應提供一定程度的保護，抗振動頻率為 100 赫茲至 600 赫茲，但在某些情況下，在較低頻率的減少也可能是可能的，不過減振手套並沒有停止振動發生的疾病，只能延緩發生的時間。Bingham^[39]等人評估了商業性抗振動手套，手套配有正常的海綿橡膠墊，並利用產生頻率範圍內的 2.5 至 1000 赫茲 2.5g 加速度標準振動源，發現手套可以隔離大量的震動，但不同手套間沒有顯著差異，但較軟的填充物，因為彈簧常數不高，減振效果較差。Reynolds^[40]認為氣墊手套滿足了所有要求的 ISO 10819，它大大減少了振動進入，而且薄、柔韌、靈活及穿著舒適。日本學者 Nobuyuki SHIBATA^[41]利用一般的棉手套及減振手套比較發現 200Hz 左右減振率大概是 0.9 以上，而 400Hz 時減振率在 1.0，相反的，減振手套在 100 至 300Hz 時減振率都相對的小很多，棉手套沒有表現出足夠的隔振性能，須廣泛的使用減振手套以減少接觸手臂的振動。

第三章 實驗材料及方法

本研究目的爲了探討本國市面上現有材料是否符合 ISO 10819 規範，並針對本國常見之手工具特性實施田野測試，以獲得目前所收集之材料是否具有減振能力。

3-1 振動緩衝材料特性

振動係指物體以期平衡位置爲中心所做的往復運動。一切具有質量及彈性的物體都具有振動的性質。振動問題所涉及的内容可用圖 3-1 來加以說明，其中所研究振動問題的對象稱爲系統；系統受激振力、初始位移、初始速度等稱爲輸入或激勵；系統在輸入下產生的輸出稱爲響應，而手-手臂振動即爲一振動手工具產生一振動源，經由其元件(系統)，輸出至手-手臂，而本研究在於控制輸出這一部分。



圖 三-1 振動系統簡圖

而減振材料特性與鞋墊、包裝避震緩衝等材料類似，根據西澤仁^[42]提到振動控制材料可以依其對振動能量的吸收及反射分爲制振材料及振動絕緣材料，制振材料爲振動衰減能力高的材料，如制振鋼板、制振合金及黏彈性物質等，而振動絕緣材料爲彈性率低的材料，

如彈簧及橡皮等。高分子材料制振原理是利用其內部分子間摩擦將振動時產生的動能轉變為熱能，達到振動的衰減。

而高分子材料通常具有具有黏彈特性(viscolastic)，黏彈性，顧名思義就是材料綜合了彈性行爲與黏滯性行爲，他是介於玻璃態與橡膠態之間如圖3-2，它與彈性體主要的不同，在於具有潛變 (creep) 與鬆弛 (relaxation) 兩個現象，此類材料在應力不變時，其變形可能隨時間增加而增加；同理，在應變不變時，其應力會隨時間增加而有鬆弛的現象而黏彈性材料所具有幾個共同的物理現象如下：a.瞬時彈性 (instantaneous elasticity) ， b.固定應力下產生潛變 (creep under constant stress) ， c.固定應變下產生應力鬆弛 (stress relaxation under constant strain) ， d.瞬時回復 (instantaneous recovery) ， e.延遲回復 (delay recovery) ， f.永久變形 (permanent set) 。

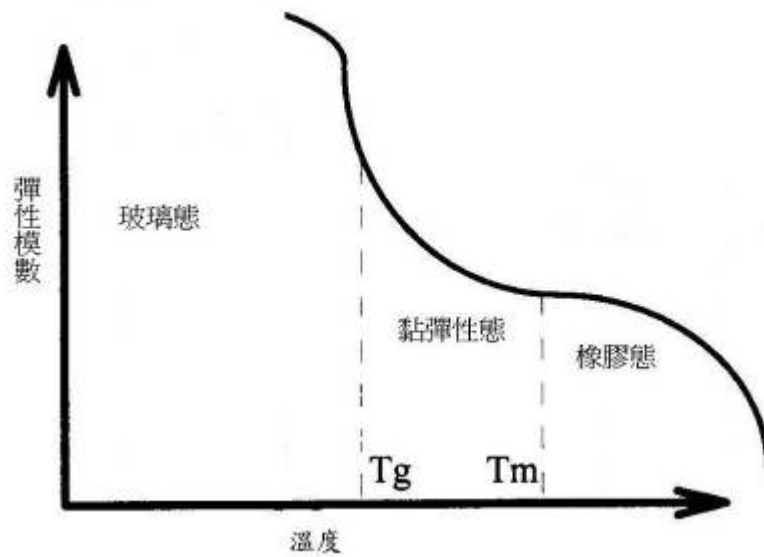


圖 三-2 黏彈性物質模量-溫度曲線示意圖

徐萬椿所譯的噪音與振動控制^[43]中提到一振動結構再任何瞬時含有若干動能及若干位能；動能儲存於質量，位能儲存於剛性。此外，任何結構其變形時亦散逸若干能量，此種能量逸散，或比較精確言之，乃機械能變成熱能，即是通常所稱之阻尼。若阻尼增加會減地在諧振實之振動振幅，隨即減低壓力及結構疲勞，且自由振動會迅速衰變。其質量彈簧系統如圖3-3， m 為該物質的質量， k 為剛性， C 為黏性阻尼，其可以用質量運動公式4表示，其中 \ddot{x} 為加速度， \dot{x} 為速度， x 為位移。

$$m\ddot{x} + C\dot{x} + kx = F(t) \dots\dots\dots(7)$$

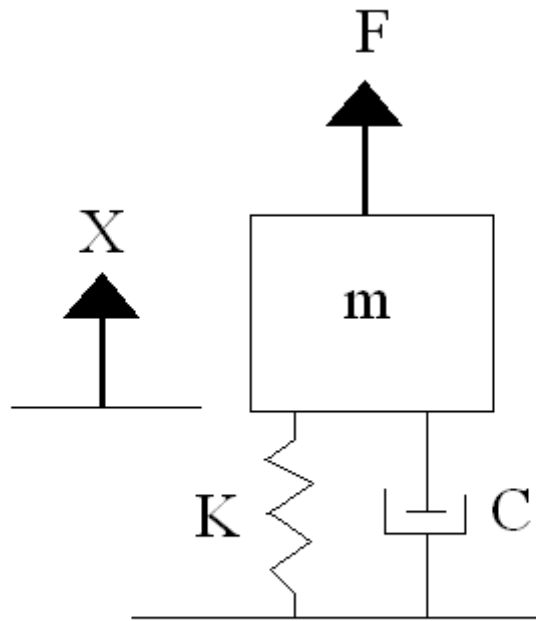


圖 三-3(a) 質量彈簧系統

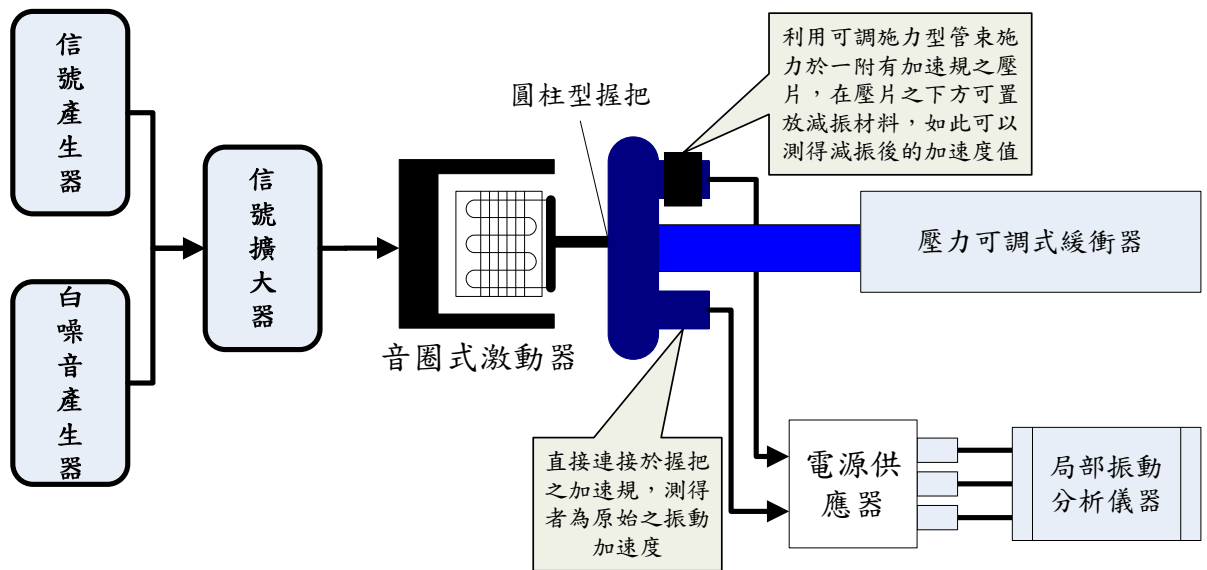


圖 3-3(b) 改良式標準振動平台示意圖(依據 ISO 10819 製作)

3-2 實驗材料

針對目前台灣市面上現有的材料進行收集，目前已收集到 27 種，如表 3-1，材料分別為，微細科技股份有限公司的 CELLAMP M5010、CELLAMP M5130、CELLOMER S2140、CELLAMP M5110、CELLOMER S2110、CELLOMER S2110D、CELLOMER S2120A、CELLIFF F1020ST，博司科技有限公司 TPE 系列 1020、5020，巨宸有限公司 EVA H-35，啓盟工業股份有限公司 SA-0600、SA-0800，翔陽有限公司 NEOPRENE-SBR，鎔利興業股份有限公司 NX210、NX3-150、NX160RS、NX3-200、NX3-270，坤慶實業股份有限公司 KSA700、K503、K324、KHT、KHD、KSA300、KSA200、KR，測試材料厚度為 2~10mm 間。

表 三-1 實驗材料廠牌

公司	型號	厚度	材料
微細科技股份 有限公司	M5010	2mm	EVA
	M5130	2mm	EVA
	S2140	2mm	EVA
	M5110	2mm	EVA
	S2110	2mm	EVA
	S2110D	2mm	EVA
	S2120A	2mm	EVA
	F1020ST	2mm	EVA
博司科技有限 公司	TPE 1020	2mm	TPE
	TPE 5020	2mm	TPE
巨宸有限公司	EVA H-35	2mm	EVA
啓盟工業股份 有限公司	SA-0600	2mm	EVA
	SA-0800	2mm	EVA
鎔利興業股份 有限公司	NX210	8mm	VINYL NIREILE
	NX3-150	8mm	VINYL NIREILE
	NX160RS	10mm	VINYL NIREILE
	NX3-200	10mm	VINYL NIREILE
	NX3-270	5mm	VINYL NIREILE
	KSA700	2mm	PU
坤慶實業股份 有限公司	K503	2mm	PU
	K324	2mm	PU
	KHT	2mm	PU
	KHD	2mm	PU
	KSA300	2mm	PU
	KSA200	2mm	PU
	KR	2mm	PU
	翔陽有限公司	NEOPRENE-SBR	2mm

3-3 實驗方法

3-3-1 測試儀器

本研究使用 KISTLER 8728A500 型單軸相加速規監測其振動量，並搭配 National Instrument 出品的 NI USB-9233 做為資料擷取界面，National Instrument Co.之虛擬套裝軟體 LabView7.1 振動套件軟體撰寫可應用於本研究之三軸向虛擬儀表示 1/3 八度音幅頻譜分析圖 3-4，來進行資料輸出及分析。實驗時加速規需勘合於托架上的小洞如圖 2-3，托架目的是為了讓減振材料能夠平均受力^[44]。測試時托架必須要緊貼材料並且與振動方向垂直如圖 2-4，這樣才能得到較符合振動量。



圖 三-4 振動量測儀器組合

表 三-2 量測的影響因子

因子	影響程度
托架的偏移	±20%
組內的差異	±5%
組間的差異	±10%
推力	±4%
振動幅度	±3%
溫度	±4%

3-3-2 測試方法

實場測試根據ISO 10819^[29]、ISO 8662^{[45][46][47]}及I. Pinto^[35]等人研究方法相互配合，分別測試混泥土破壞機、鎚鑽，首先先測定出未披覆材料時之振動量，之後再將材料披覆於托架及振動手工具間測量披覆後的振動量；測試時將 KISTLER 8728A500型單軸相加速規與托架結合如圖3-5，並將測試材料披覆於測試機具握把上。根據Hewitt^[48]指出若每次測量時角度偏差 40°，測量出的振動量會有20%的誤差，其他的誤差如表3-2；而R.G. Dong等人研究^[49]也發現角度是影響量測的重要因素之一，故在測量前須先定出測量方向，首先托架上劃一條直線如圖2-4，並於測試機台握把處畫上另一條直線與托架上之直線平行如圖3-5，每次測試時須將兩條線對準如圖3-6，以確保每次量測

時角度之正確，測試時加速規需至於掌心處^[50]。測試時參照ISO 8662-6^[46]及ISO 8662-2^[47]方法，以下分別敘述。



圖 三-5 測次機具握把處



圖 三-6 托架於握把位置

3-3-3 混凝土破壞機及氣動鎚測試方法

測試混凝土破壞機及氣動鎚，測試時需一基座、能量吸收器及磅秤圖 3-7；基座是由長 45cm 寬 30cm 高 30cm 的 300kg 混凝土製成，

其目的將能量吸收器則安裝在此基座上，防止工具使用時的跳動；若混凝土破壞機所安裝之鑿頭大於 13mm 時內徑需為 40mm，若 13mm 以下則為 20mm，能量吸收器內須放入直徑 4mm 之鐵球，若混凝土破壞機所安裝之鑿頭大於 13mm 時，鐵球深度需 100mm，若 13mm 以下則鐵球深度為 50mm，這個裝置的目的是為了適當吸收衝擊波和反射一致的衝擊波，大約有 15 %至 20 %反射回工具；測試時鑿頭前端須製成圓餅型與鑿頭相連，其直徑略小於能量吸收器之內徑(內徑減 0.5mm)，使之能完全塞入能量吸收器內，但不至於在操作時晃動造成誤差，其設計如圖 3-8。

測試時人員須站立於磅秤上如圖 3-7，測試時須施力 80 至 200 牛頓(約為 8 到 20 公斤重)，每次測試需 8 秒後將結果紀錄。



圖 三-7 混凝土破壞機操作平台

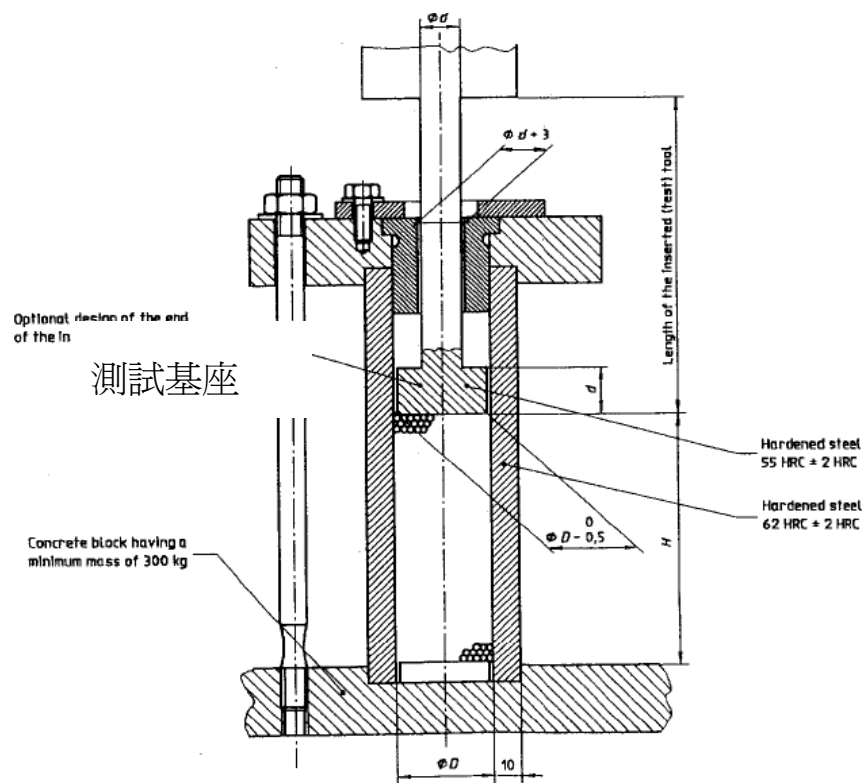


圖 三-8 能量吸收器設計圖

3-3-4 鎚鑽測試方法

鎚鑽測試時須有混凝土試體、測試平台及拉力機如圖 3-9，測試時鎚鑽打擊於抗壓強度有至少 40 N/mm^2 ，骨材粒徑最大為 4mm ，長 50cm 、寬 20cm 、高 20cm 的混凝土試體，測試時人員站立在測試平台上，測試平台為一台車，台車與 Lutron FG-20KG 推拉力計用一條線相連，測試時人員向前施力，Lutron FG-20KG 推拉力計則於人員前面顯示推力，根據 ISO 8662-6 規範，測試時須施 150N 至 180N (約為 15 到 18 公斤重)。測試時須使用直徑 8mm 長度 80mm 的鑽頭。每次測試需 8 秒後將結果紀錄。



圖 三-9 鉋鑽操作平台

3-4 資料處理

資料處理將採用 ISO 5349:2001、ISO8662 及 ISO10819 規範進行資料評估以下分別說明。

3-4-1 振動資料處理

經由振動頻譜分析器測得 6.3Hz 至 1250Hz 之振動量後，須再進行加權其加權值根據 ISO 5349-1:2001 規範如表 3-3，加權公式如公式 (5)， a_{hw} 為加權後之振動量， W_{hi} 為加權量， a_{hi} 為未加權之振動量。

$$a_{hw} = \sqrt{\sum_i (W_{hi} \times a_{hi})^2} \dots\dots\dots (8)$$

表 三-3 ISO 5349:2001 手-手臂振動加權表

頻率	加權量	頻率	加權量
6.3	0.727	100	0.16
8	0.873	125	0.127
10	0.951	160	0.101
12.5	0.958	200	0.0799
16	0.896	250	0.0634
20	0.782	315	0.0503
25	0.647	400	0.0398
31.5	0.519	500	0.0314
40	0.411	630	0.0245
50	0.324	800	0.0186
63	0.256	1000	0.0135
80	0.202	1250	0.0089

再依據 ISO8662 規範每次測試須量測五筆資料，每筆資料須算出變異數如公式(6)，其中 S_{n-1} 為標準差如公式(7)， \bar{x} 為平均數如公式(8)，其變異數需小於 0.15，再將五筆資料平均獲得振動量。

$$C_v = \frac{S_{n-1}}{\bar{x}} \dots\dots\dots (9)$$

$$S_{n-1} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \dots\dots\dots (10)$$

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \dots\dots\dots (11)$$

3-4-2 評估減振率

首先將每次測試時的資料分爲高頻(200 Hz 至 1250Hz)、中頻(31.5 Hz 至 200 Hz)、低頻(6.3Hz 至 31.5Hz)、All pass(6.3Hz 至 1250Hz)及第一顯著頻帶(各工具測試時最顯著的振動頻率及其前後頻率加總)。將分類好的資料中未使用減振材料的振動量(a_{wb})及使用減振材料披覆後的振動量(a_{wg})公式(9)獲得減振率。獲得的減振率小於 0.6 者爲優(A)，小於 1 爲佳(B)，大於 1 以上減振能力不佳(C)。若中頻減振率小於 1.0 高頻減振率小於 0.6，則此材料符合 ISO 10819 規範可以做爲手手臂振動減振材料。

$$Tr = \frac{a_{wg}}{a_{wb}} \dots\dots\dots (12)$$

第四章 實驗結果

4-1 手工具振動特性

本次實驗總共使用七台機具進行，各個機具種類分別為氣動錘 (PUMA AT2680)，混凝土破壞機(HITACHI H14、MAKITA HM0810T、MAKITA HM0810)及電動鎚鑽(HITACHI V14、HINTL TE5、BOSCH GBH2SR)。個機具的特性測試如表 4-1 所示。

表 四-1 個手工具基本資料

機具	ALL PASS	第一顯著 頻帶	第一顯著頻帶 振動量	使用年限	工具種類
PUMA AT2680	2.36m/s ²	63 Hz	1.70m/s ²	1 年	氣動錘
HITACHI H14	8.08m/s ²	50 Hz	5.96m/s ²	10 年	混凝土破壞機
HITACHI V14	14.84m/s ²	125Hz	9.93m/s ²	5 年	電動鎚鑽
MAKITA HM0810T	10.64m/s ²	50Hz	9.73m/s ²	15 年	混凝土破壞機
MAKITA HM0810	12.24m/s ²	50Hz	10.44m/s ²	15 年	混凝土破壞機
HINTL TE5	4.71m/s ²	160 Hz	2.65m/s ²	10 年	電動鎚鑽
BOSCH GBH2SR	8.05m/s ²	80 Hz	6.44m/s ²	10 年	電動鎚鑽

氣動錘為 PUMA AT2680，使用約為一年，第一顯著頻帶如圖 4-1 顯示為 63 Hz 振動量為 1.70m/s²，All pass 振動量為 2.36m/s²。

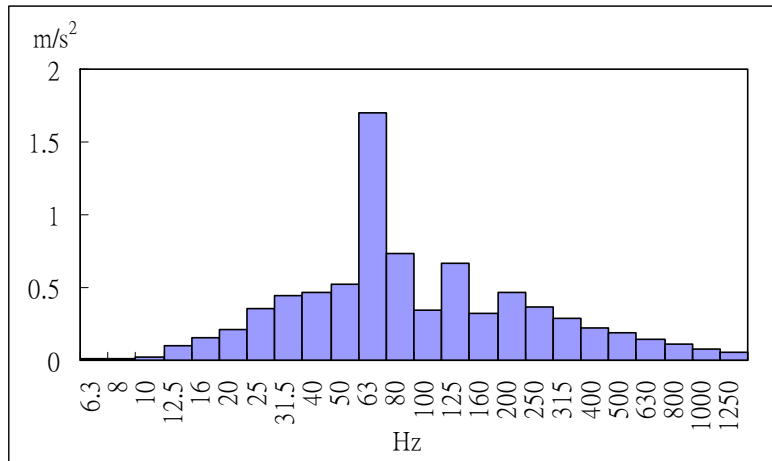


圖 四-1 PUMA AT2680 頻譜分析

混凝土破壞機分別為 HITACHI H14、MAKITA HM0810T 及 MAKITA HM0810，使用約為 10 到 15 年間，這些機具的顯著頻帶落在 50Hz 間如圖 4-2 圖 4-3 及圖 4-4，而第一顯著頻帶振動量分別為 5.96m/s^2 、 9.73m/s^2 及 10.44m/s^2 ，All pass 振動量為 8.08m/s^2 、 10.64m/s^2 及 12.24m/s^2 。

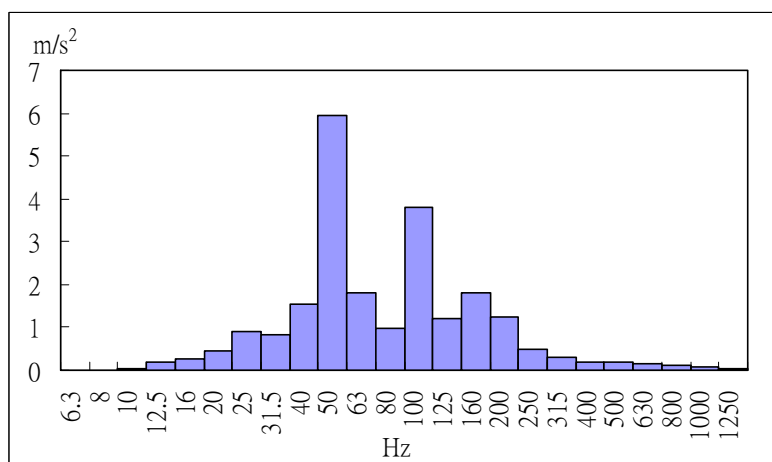


圖 四-2 HITACHI H14 頻譜分析

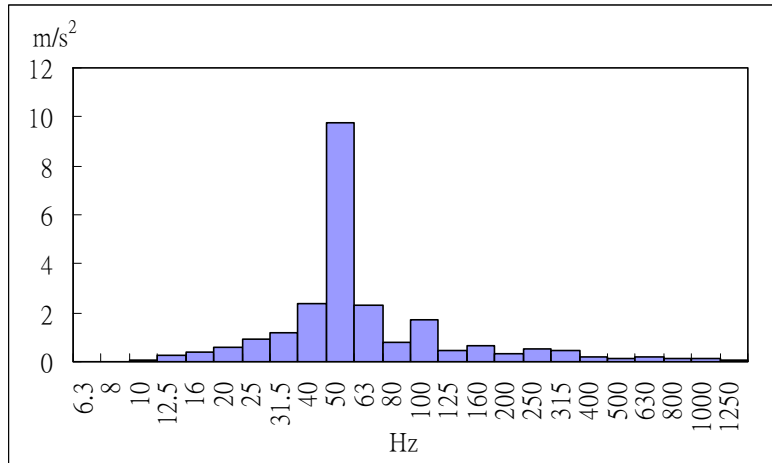


圖 四-3 MAKITA HM0810T 頻譜分析

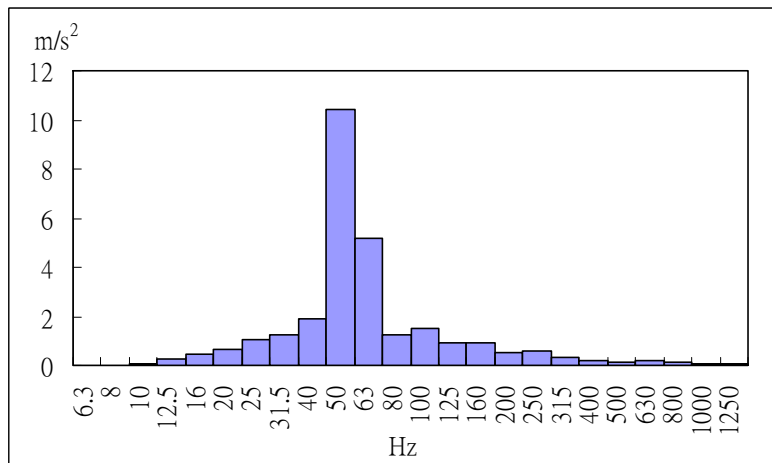


圖 四-4 MAKITA HM0810 頻譜分析

電動鏈鑽分別為 HITACHI V14、HINTL TE5 及 BOSCH GBH2SR，使用約為 10 年間，第一顯著頻帶分別為 125Hz、160 Hz 及 80 Hz 如圖 4-5 圖 4-6 及圖 4-7，而第一顯著頻帶振動量分別為 9.93m/s^2 、 2.65m/s^2 及 6.44m/s^2 ，All pass 振動量為 14.84m/s^2 、 4.71m/s^2 及 8.05m/s^2 。

4 -2 利用 PUMA AT2680 測試結果

1. ALL PASS 測試結果如圖 4-5， All pass 減振率都在 1 以下，其中 KR、NEOPRENE-SBR、SA-0800、EVA H-35、TPE 1020、S2120A、M5110 減振率都在 0.6 以下。
2. 第一顯著頻帶減振能力如圖 4-6，其減振能力以 K503、KR、SA-0800、EVA H-35、TPE 5020、TPE 1020、S2120A、M5110、S2140、NEOPRENE-SBR 較優，其餘材料皆為佳
3. S2140、M5110、S2120A、TPE 1020、EVA H-35、SA-0800、KR、NEOPRENE-SBR 在低頻減振能力較優。
4. 若以 ISO 10819 檢測標準高頻減振率小於 0.6 中頻要小於 1.0，以 M5130、M5110、S2120A、TPE 1020、TPE 5020、SA-0800、NX3-150、NX160RS、KSA700、K324、KHT、KHD、KSA300、KSA200、NEOPRENE-SBR 達到 ISO 10819 的減振標準。

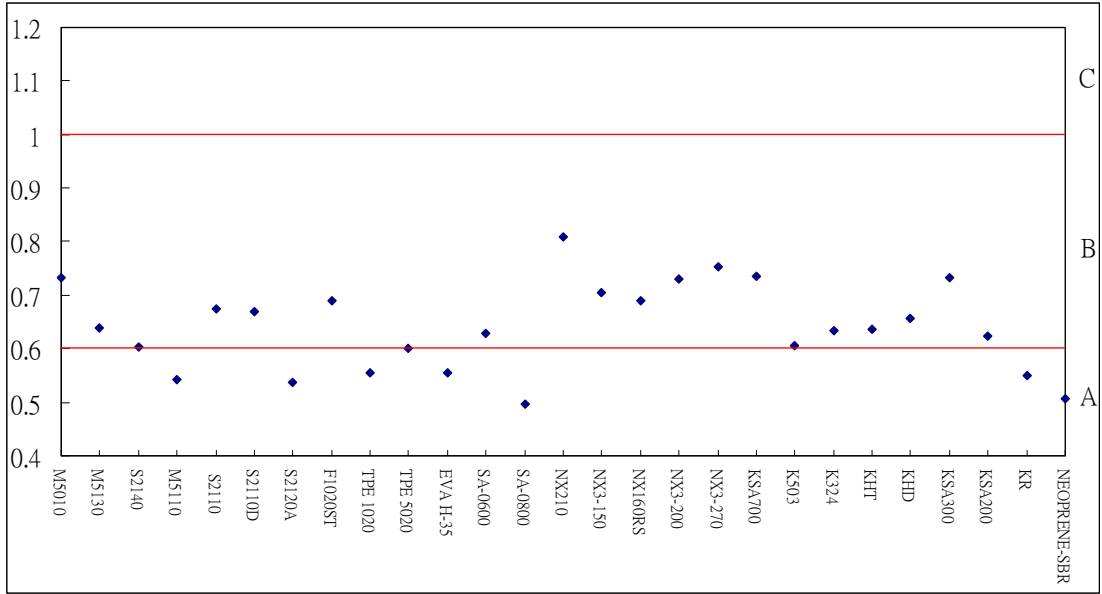


圖 四-5 使用 PUMA AT2680 測試時 All pass 減振能力

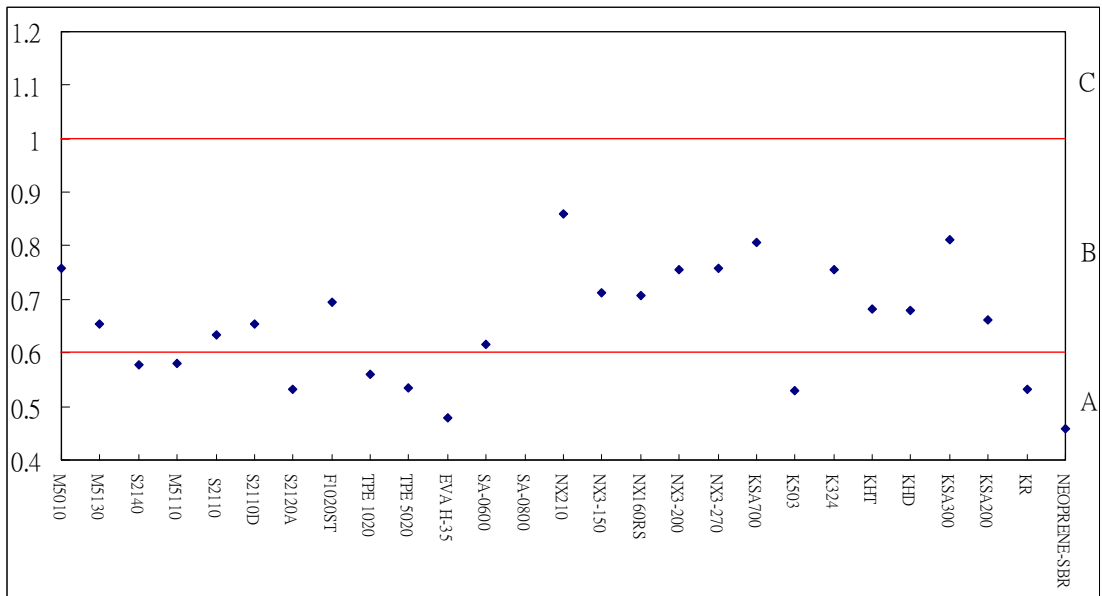


圖 四-6 使用 PUMA AT2680 測試時第一顯著頻帶減振能力

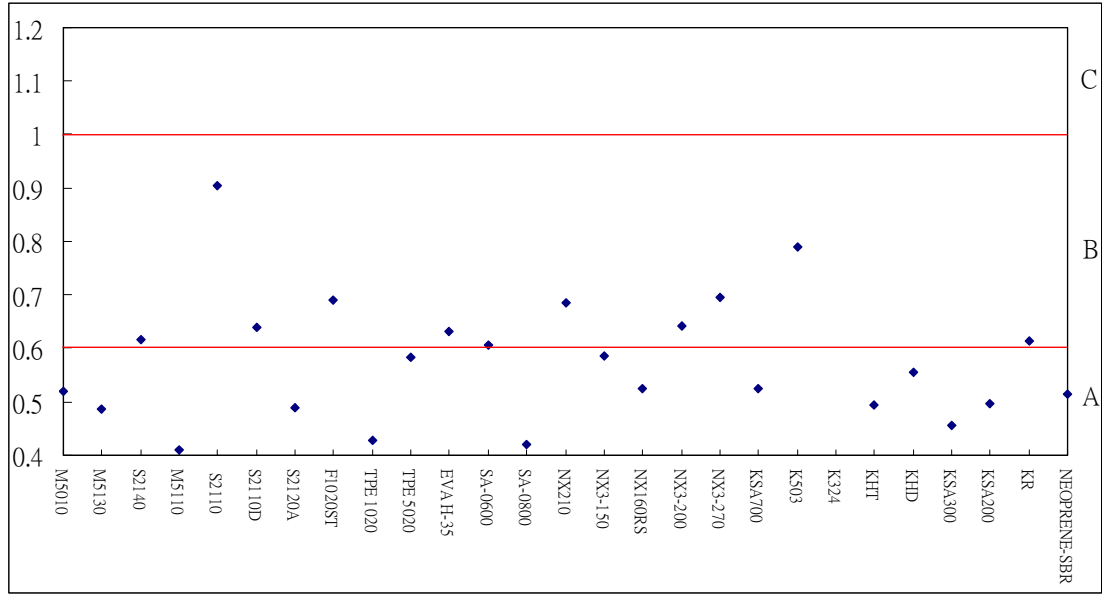


圖 四-7 使用 PUMA AT2680 測試時高頻減振能力

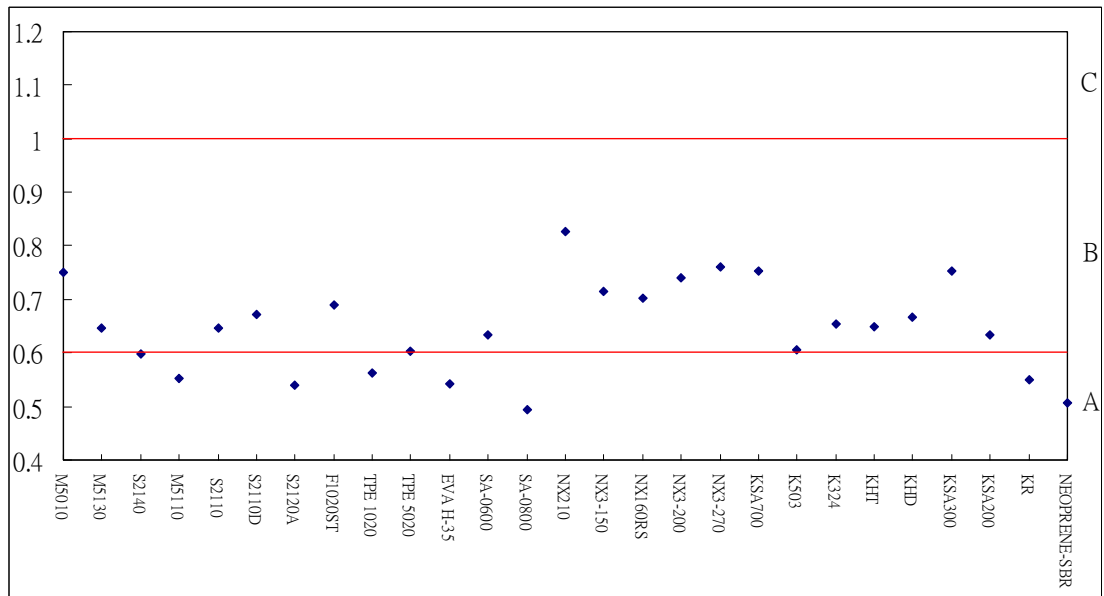


圖 四-8 使用 PUMA AT2680 測試時中頻減振能力

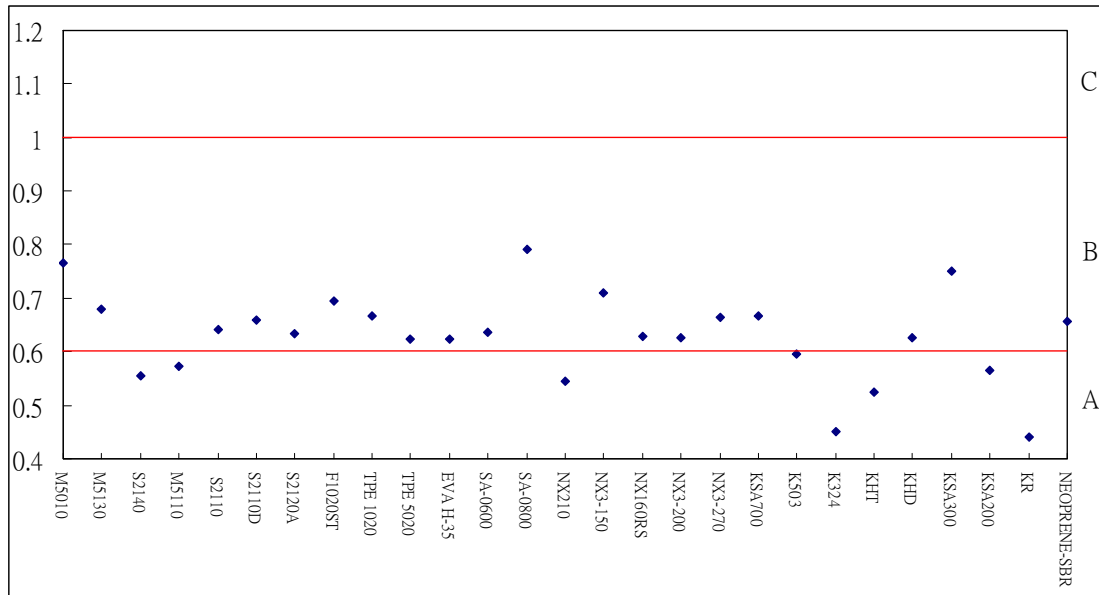


圖 四-9 使用 PUMA AT2680 測試時低頻減振能力

4-3 利用 HITACHI H14 測試結果

1. ALL PASS 測試結果如圖 4-10，在 All pass 減振能力以 S2120A、TPE 5020、KHT 較佳，其餘材料均不佳。
2. 第一顯著頻率減振能力如圖 4-11，在使用 HITACHI H14 作測試時，以 M5010、S2110、S2120A、TPE 5020、NX160RS、NX3-200、KHT、KSA300、KR 減振率較佳，其餘材料減振能力不佳。
3. 未有材料達到 ISO 10819 的標準。

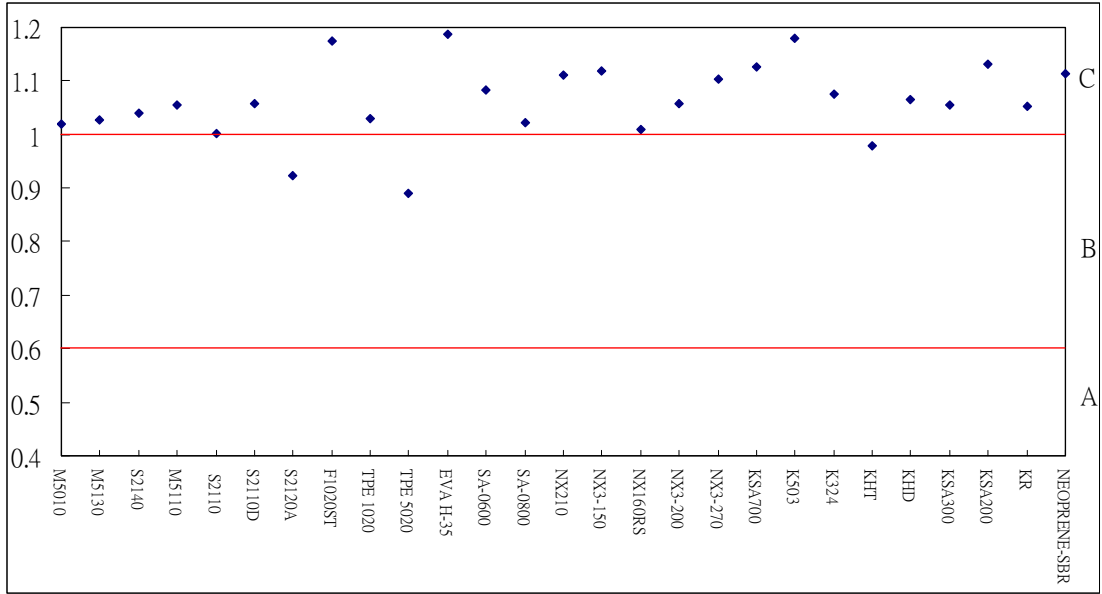


圖 四-10 使用 HITACHI H14 測試時 All pass 減振能力

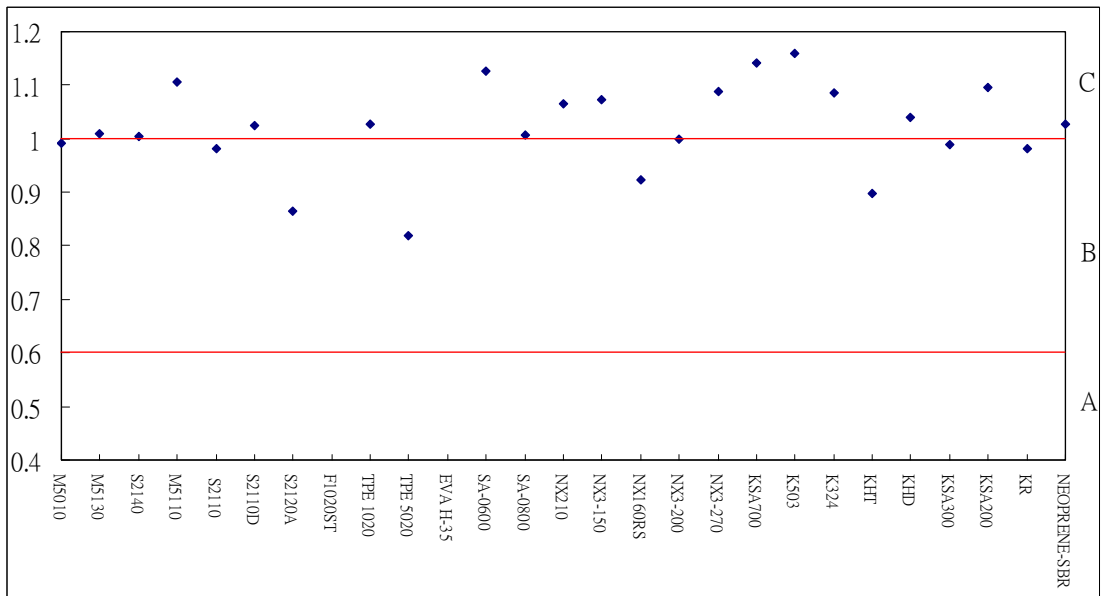


圖 四-11 使用 HITACHI H14 測試時第一顯著頻帶減振能力

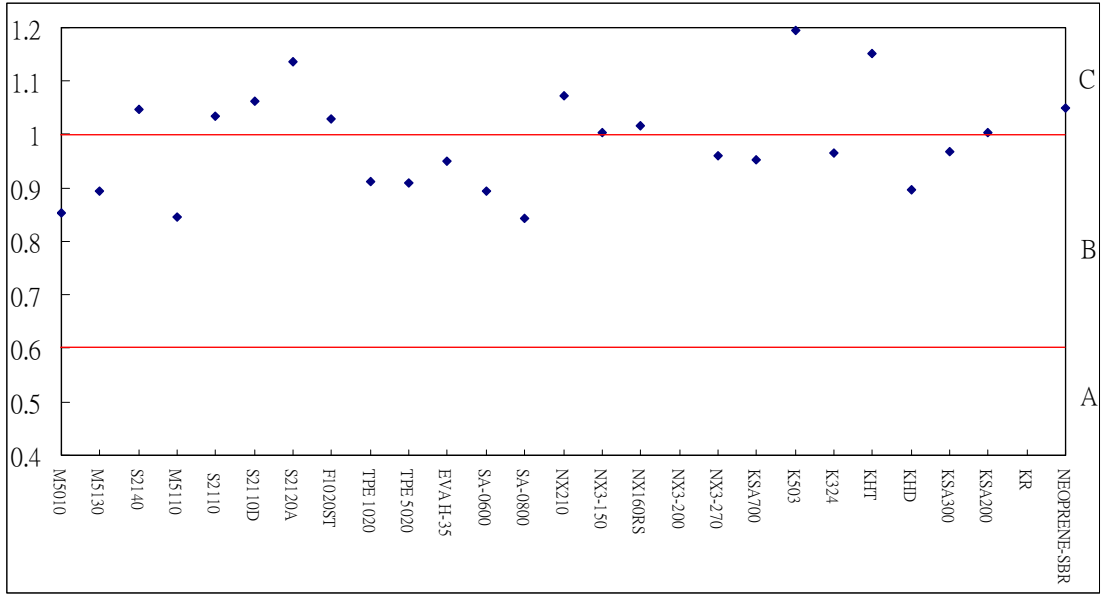


圖 四-12 使用 HITACHI H14 測試時高頻減振能力

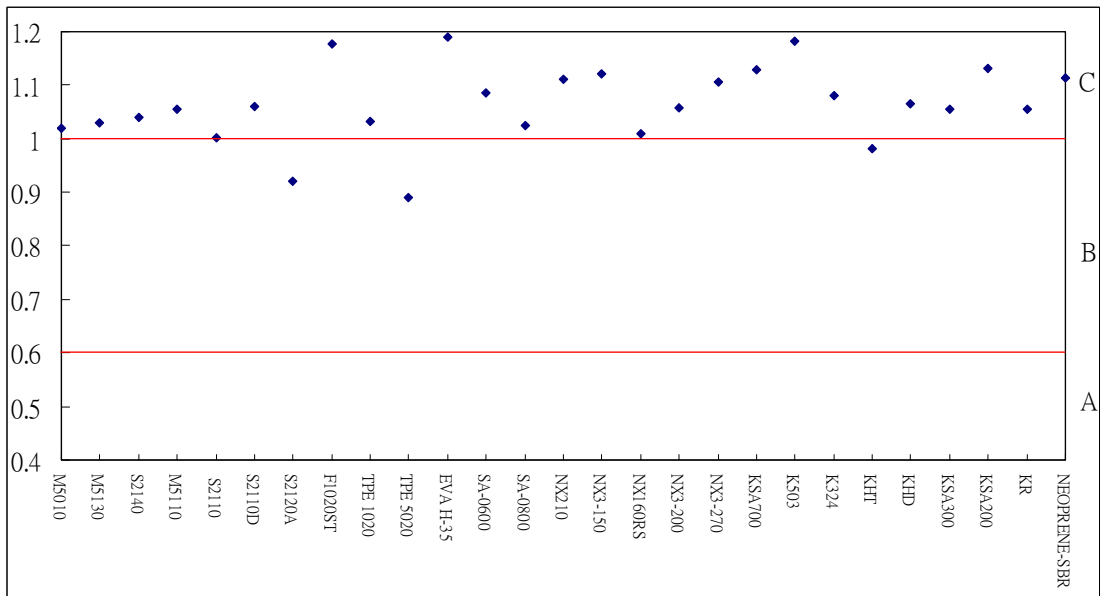


圖 四-13 使用 HITACHI H14 測試時中頻減振能力

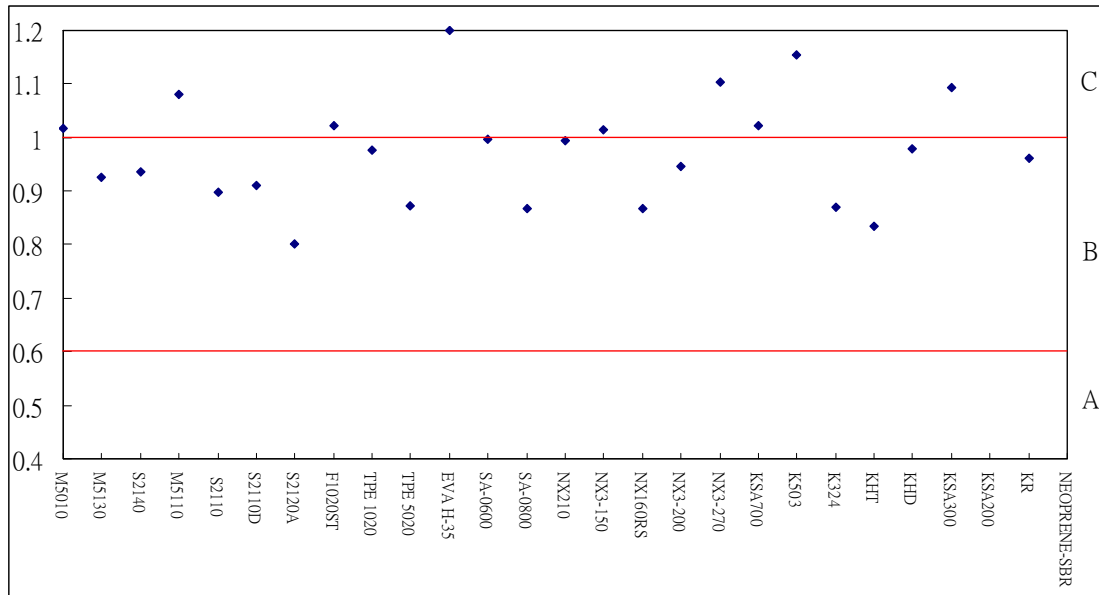


圖 四-14 使用 HITACHI H14 測試時低頻減能力

4-4 利用 HITACHI V14 測試結果

1. ALL PASS 測試結果如圖 4-15， All pass 減振率都在 1 以下。
2. 第一顯著頻帶減振能力如圖 4-16 所示，以 S2110、F1020ST、EVA H-35、SA-0600、NX160RS、NX3-200、KHT、KR 較優，而 K324 減振能力較不佳，其餘材料都介於較佳間。
3. 未有材料達到 ISO 10819 的標準。

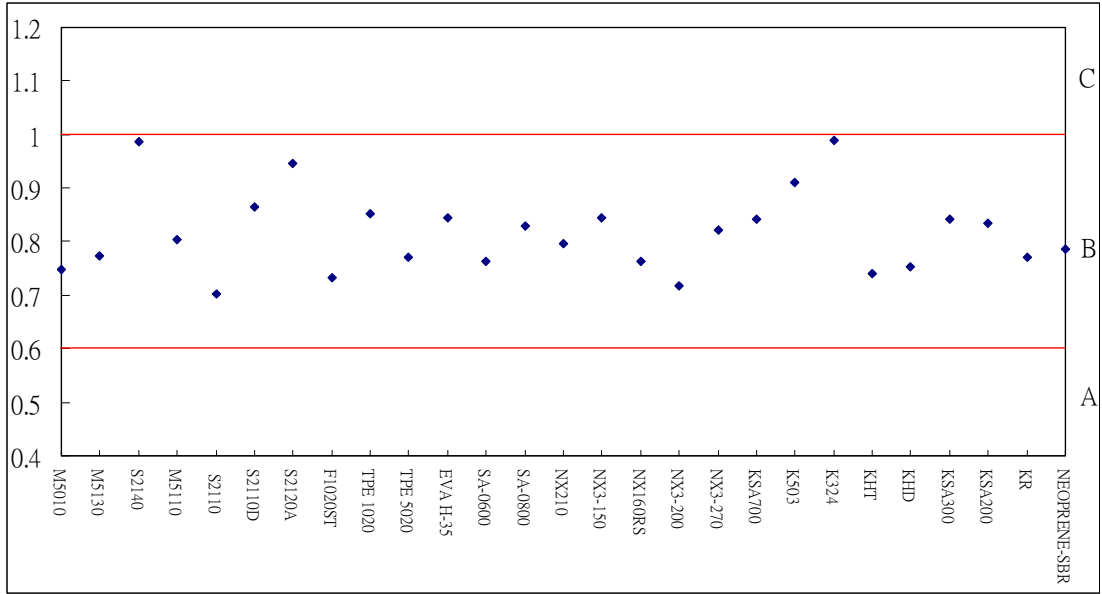


圖 四-15 使用 HITACHI V14 測試時 All pass 減振能力

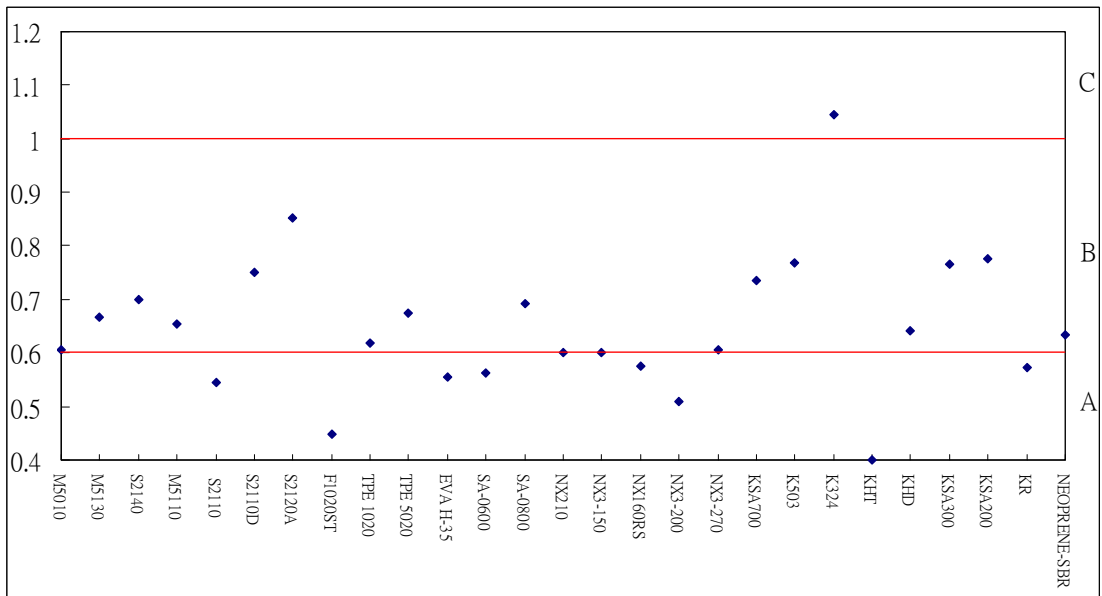


圖 四-16 使用 HITACHI V14 測試時第一顯著頻帶減振能力

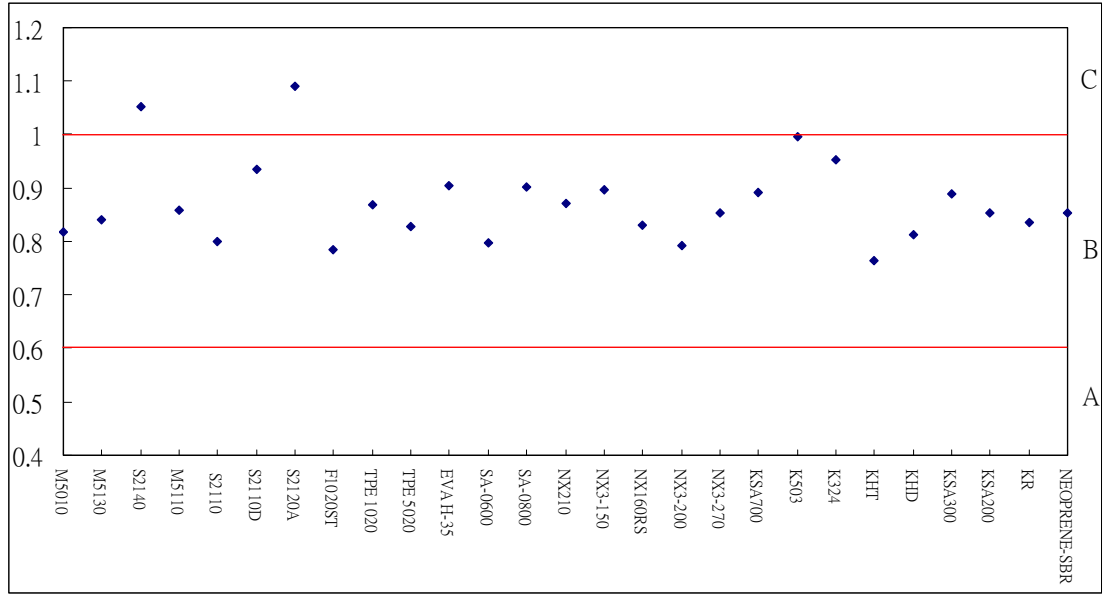


圖 四-17 使用 HITACHI V14 測試時高頻減振能力

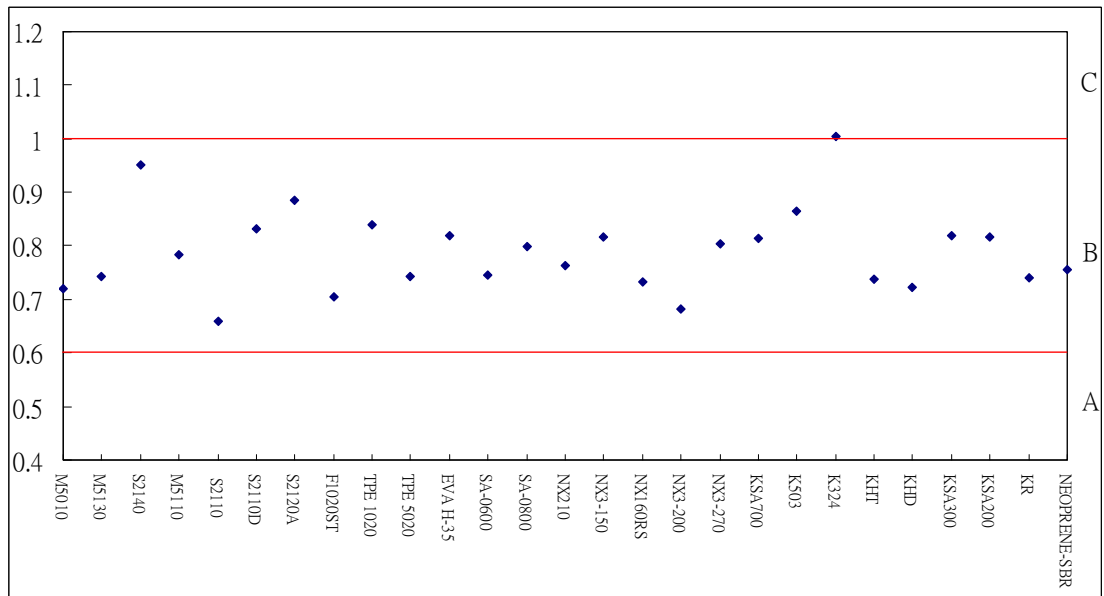


圖 四-18 使用 HITACHI V14 測試時中頻減振能力

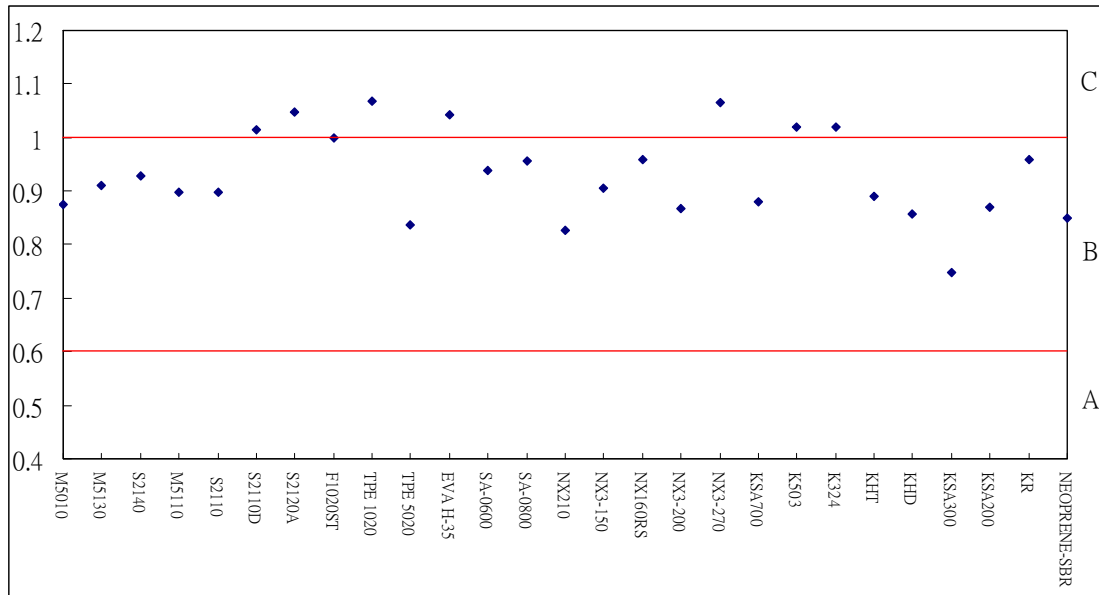


圖 四-19 使用 HITACHI V14 測試時低頻減振能力

4-5 利用 MAKITA HM0810T 測試結果

1. ALL PASS 測試結果如圖 4-20， All pass 減振能力除了 NEOPRENE-SBR 不佳外，其餘都較佳。
2. 第一顯著頻帶減振能力如圖 4-21 所示，各個材料在第一顯著頻帶的減振能力都為佳。
3. 高頻減振能力在使用 MAKITA HM0810T 測試時各材料減振能力均不佳如圖 4-22。減振以中頻即低頻減振能力較佳如圖 4-23。
4. 未有材料達到 ISO 10819 的標準。

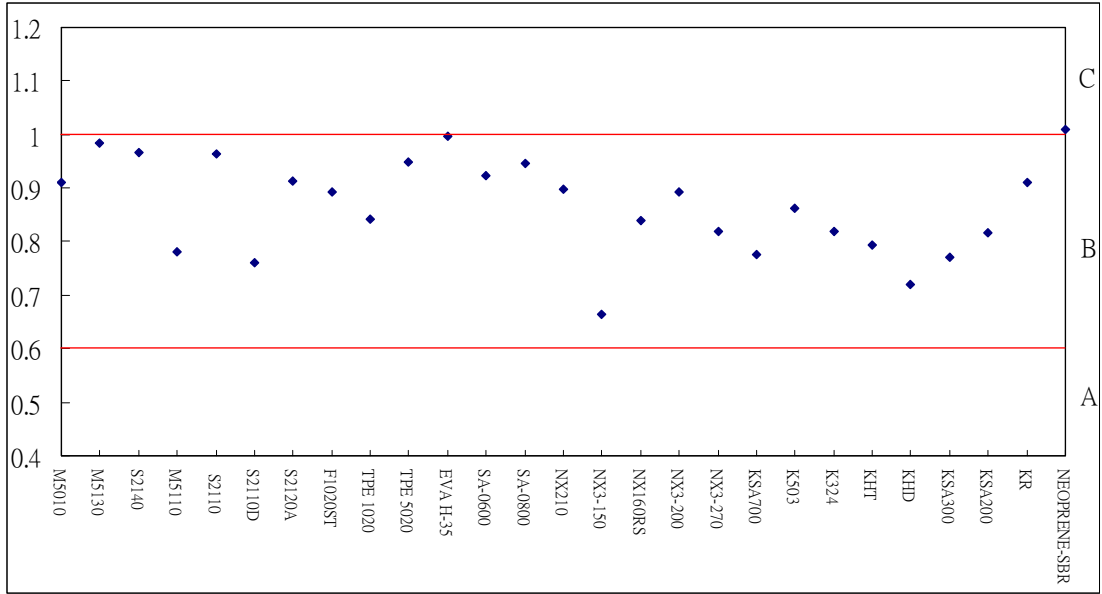


圖 四-20 使用 MAKITA HM0810T 測試時 All pass 減振能力

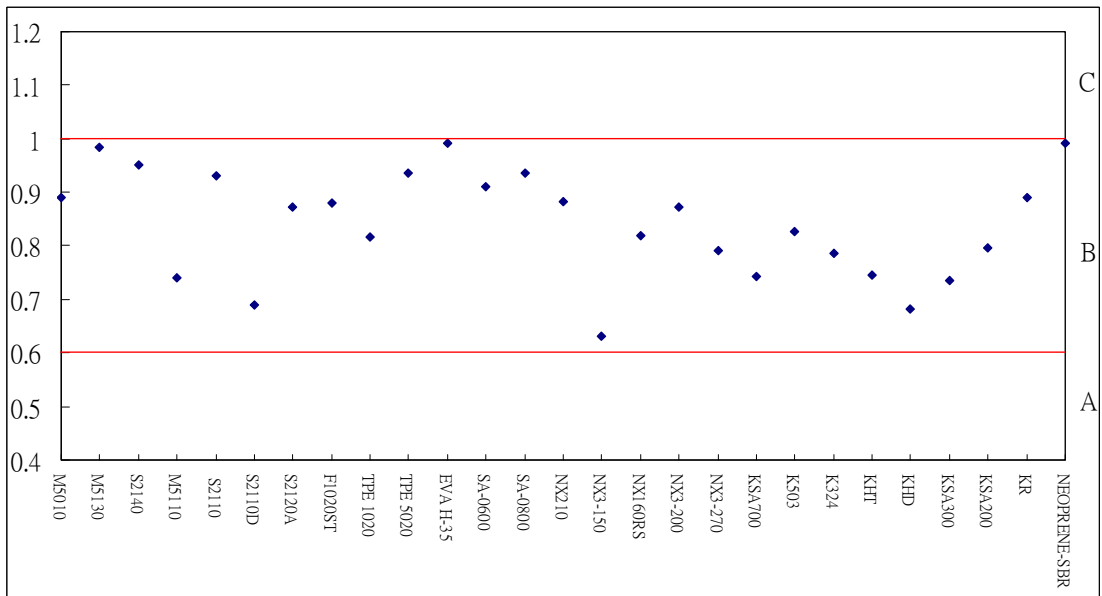


圖 四-21 使用 MAKITA HM0810T 測試時第一顯著頻帶減振能力

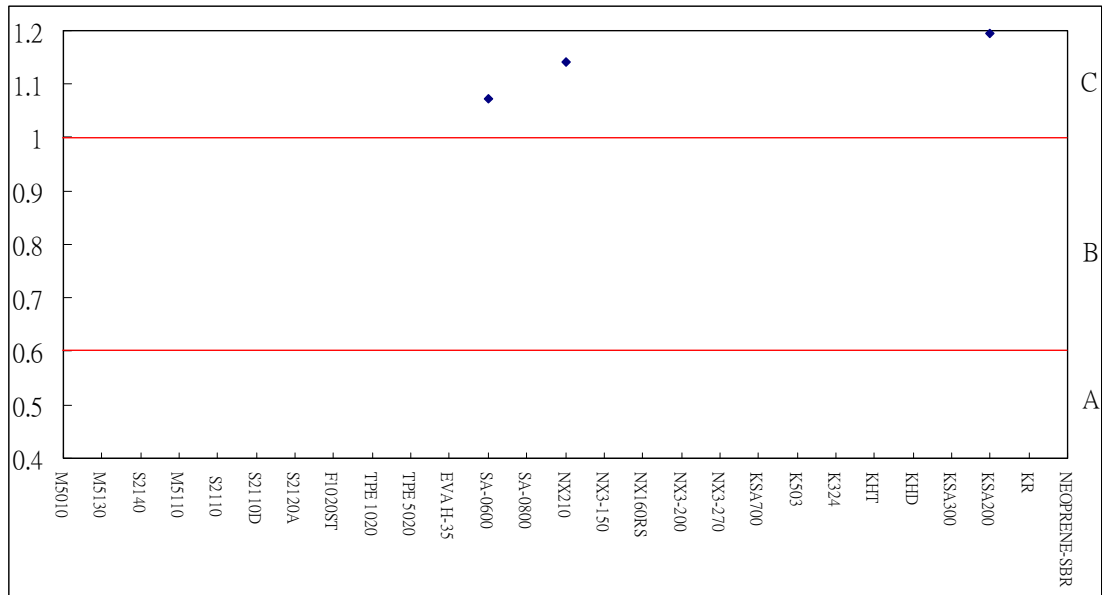


圖 四-22 使用 MAKITA HM0810T 測試時高頻減振能力

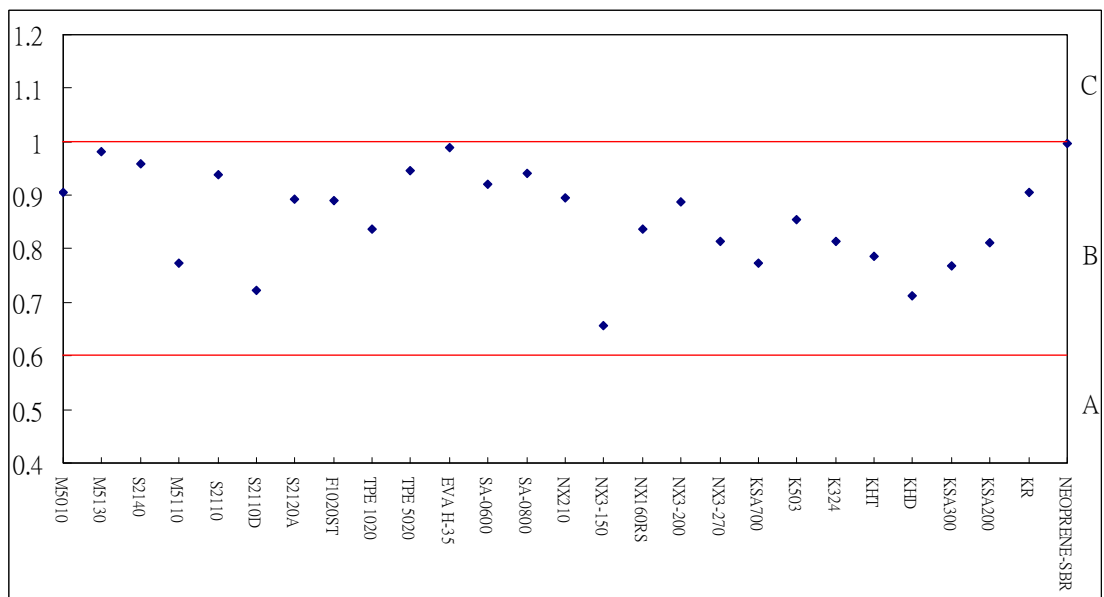


圖 四-23 使用 MAKITA HM0810T 測試時中頻減振能力

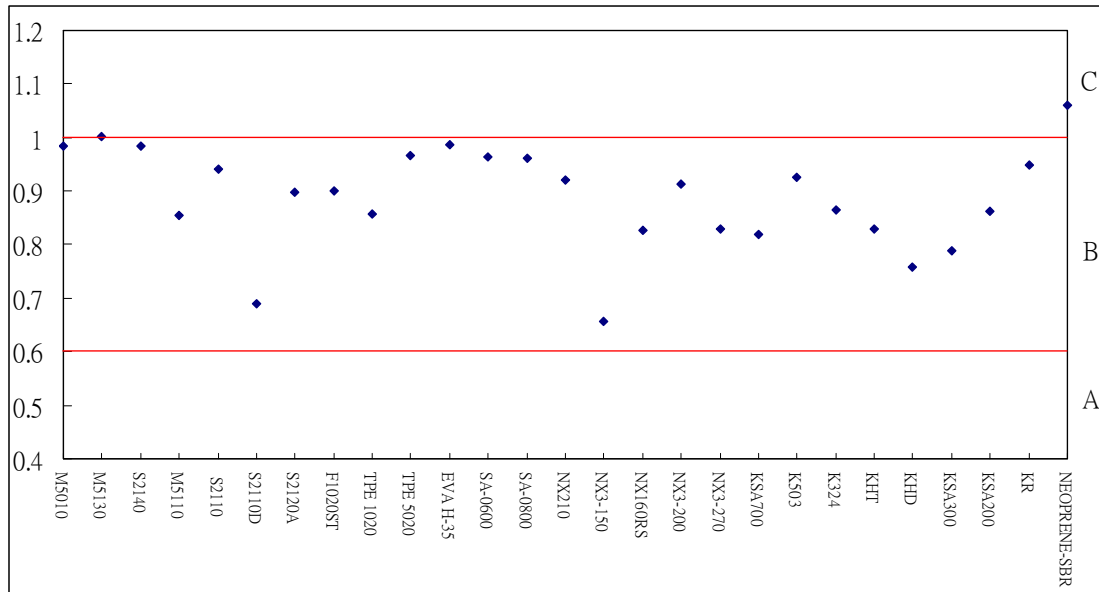


圖 四-24 使用 MAKITA HM0810T 測試時低頻減振能力

4-6 利用 MAKITA HM0810 測試結果

1. 利用 MAKITA HM0810 測試結果如圖 4-25，以 M5010、M5130、S2140、M5110、S2110、S2110D、S2120A、F1020ST、TPE 1020、TPE 5020、EVA H-35、SA-0600、SA-0800、NX210、NX3-150、NX160RS、NX3-200、NX3-270、KSA700、K503、K324、KHT、KHD、KSA300 為佳，其餘材料均不佳
2. 第一顯著頻帶減振能力如圖 4-26 所示，以 M5010、M5130、S2110D、TPE 1020、SA-0600、SA-0800、NX210、NX3-150、NX160RS、KSA700、K503、K324、KHT、KHD、KSA300 較佳，其餘材料減振能力不佳。
3. 高頻在使用 MAKITA HM0810 測試時各材料減振能力均不佳。中

頻及低頻也僅有少數幾總材料減振率在 1.0 以下如圖 4-27。

4. 未有材料達到 ISO 10819 的標準。

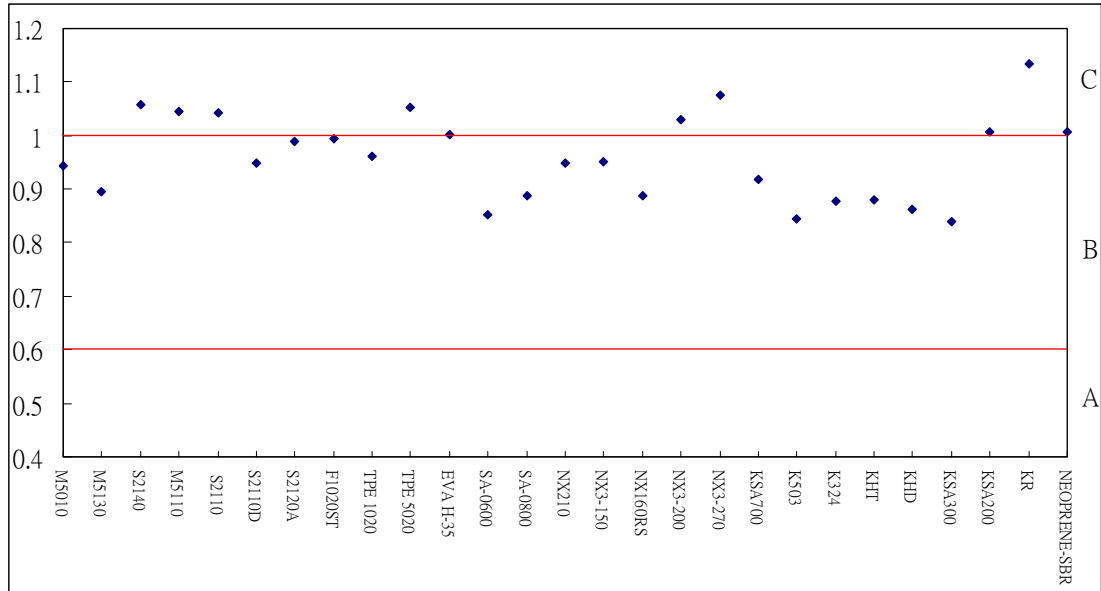


圖 四-25 使用 MAKITA HM0810 測試時 All pass 減振能力

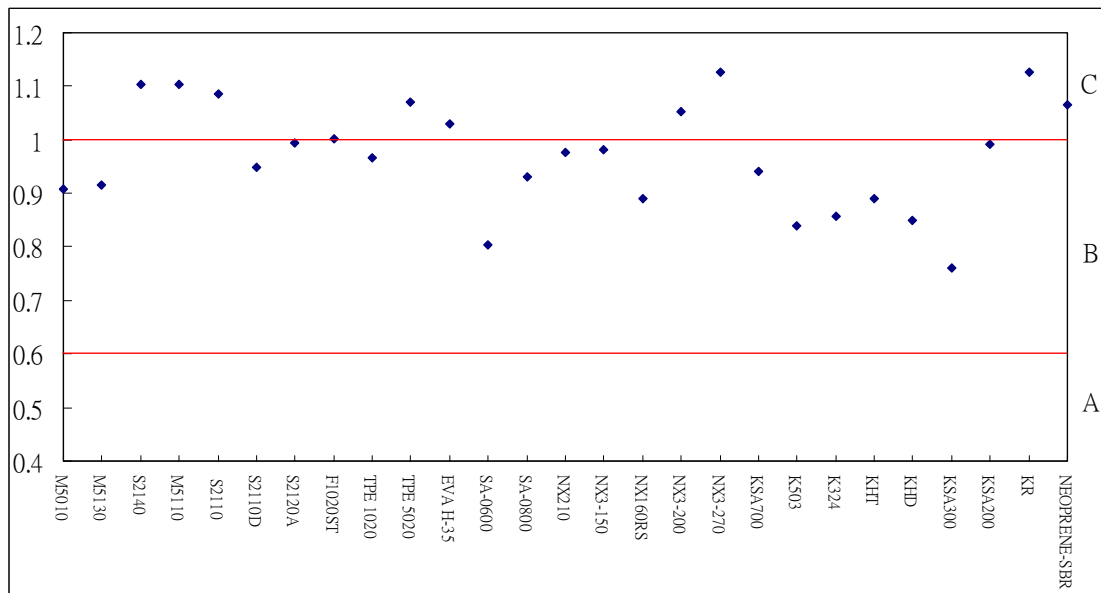


圖 四-26 使用 MAKITA HM0810 測試時第一顯著頻帶減振能力

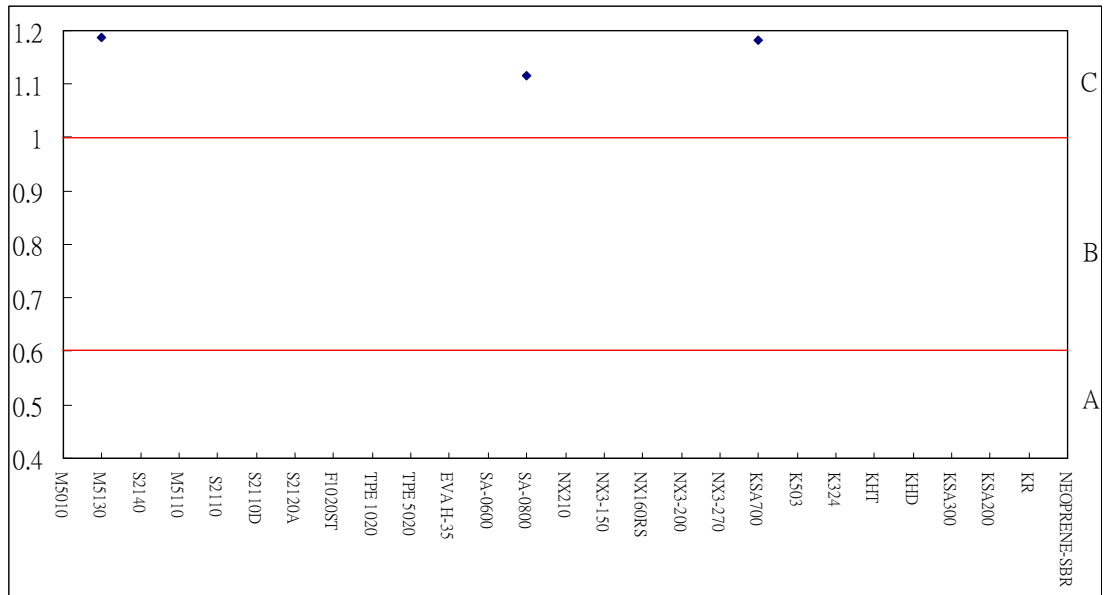


圖 四-27 使用 MAKITA HM0810 測試時高頻減振能力

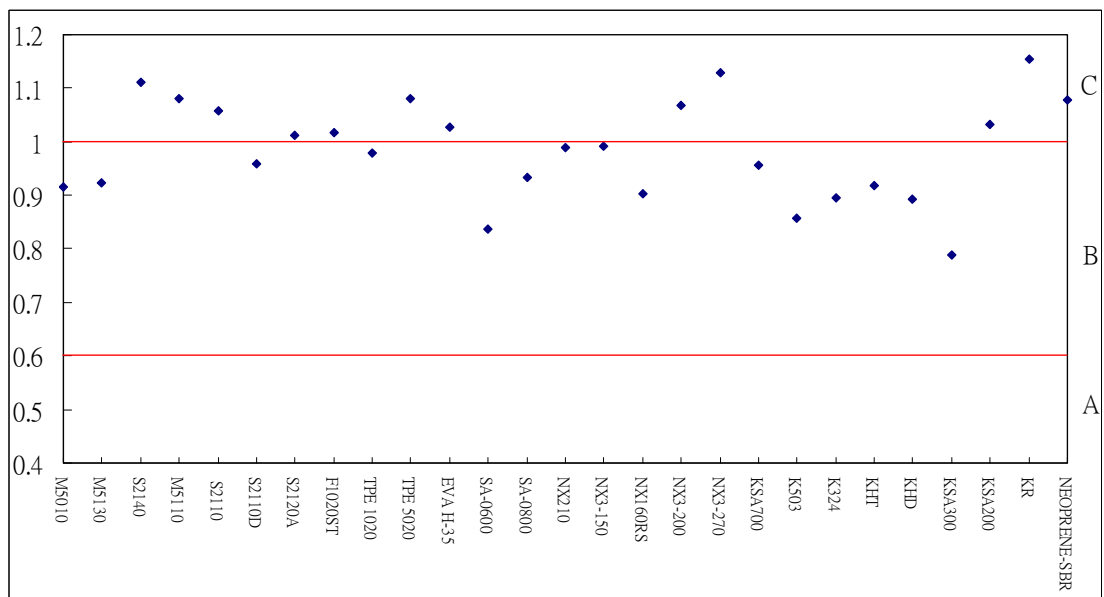


圖 四-28 使用 MAKITA HM0810 測試時中頻減振能力

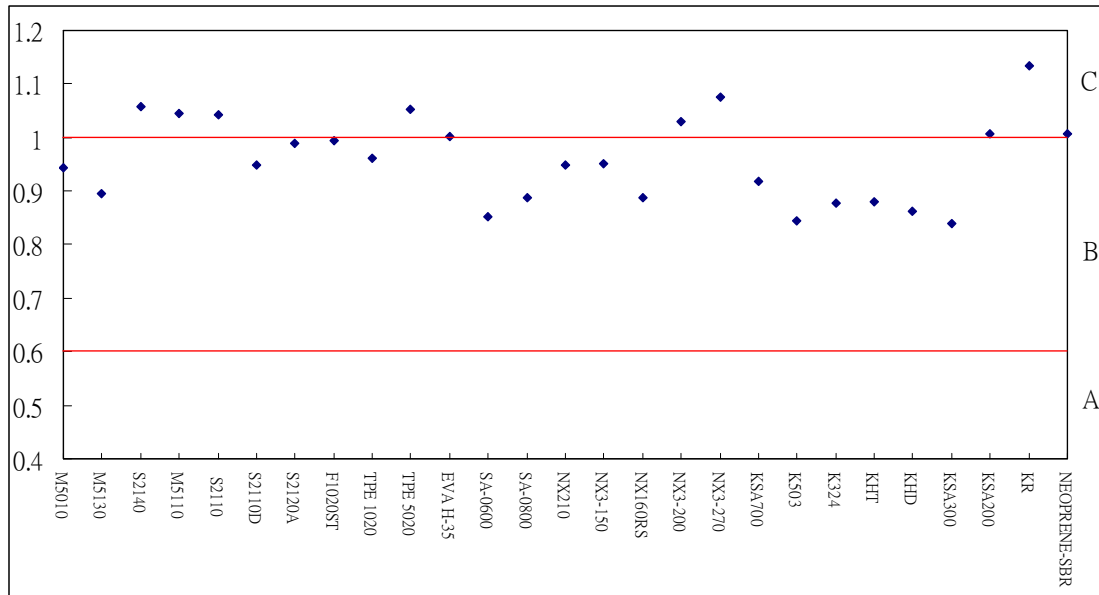


圖 四-29 使用 MAKITA HM0810 測試時低頻減振能力

4-7 利用 HINTL TE5 測試結果

1. ALL PASS 測試結果如圖 4-30，除了 K324 減振能力不佳外，其餘材料 All pass 減振能力都為佳。
2. 第一顯著頻帶減振能力如圖 4-31，所有材料皆減振能力皆可達到 1 以下。
3. 符合 ISO 10819 規範的材料有 S2110D 及 NEOPRENE-SBR。

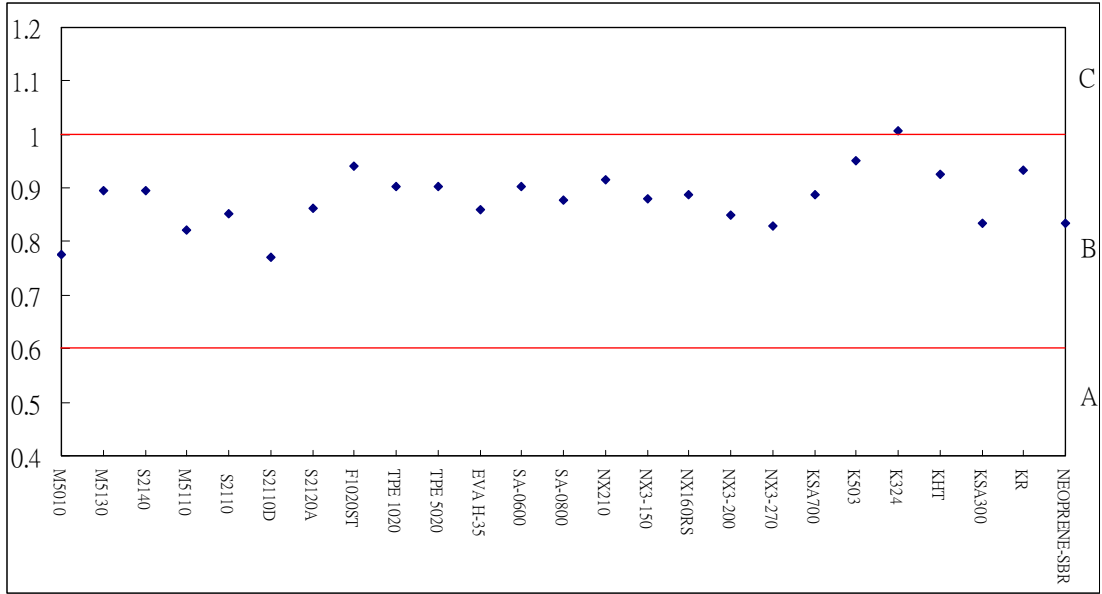


圖 四-30 使用 HINTL TE5 測試時 All pass 減振能力

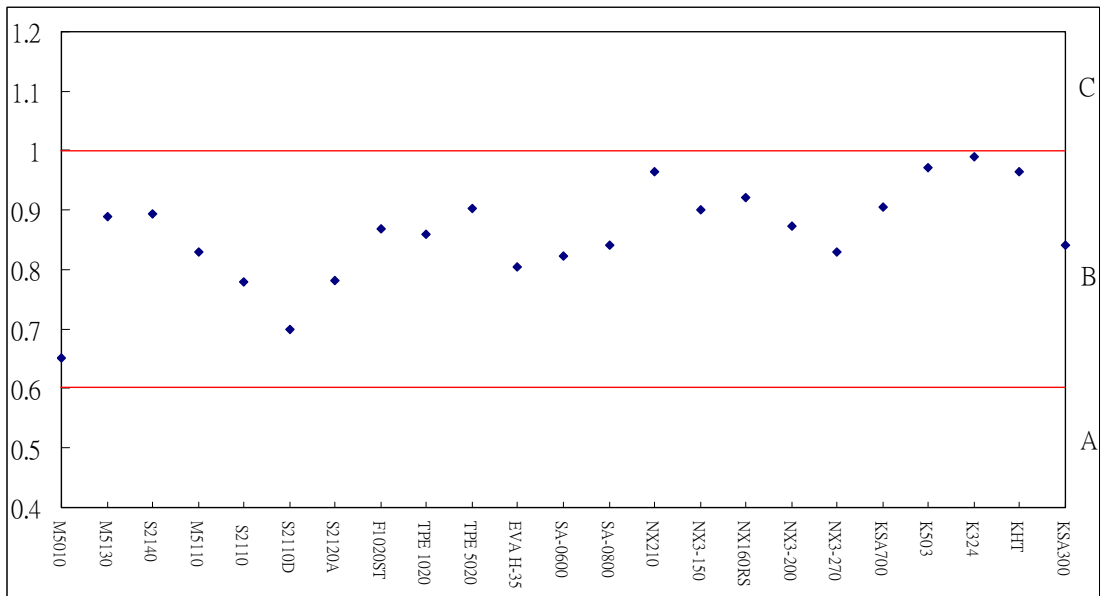


圖 四-31 使用 HINTL TE5 測試時第一顯著頻帶減振能力

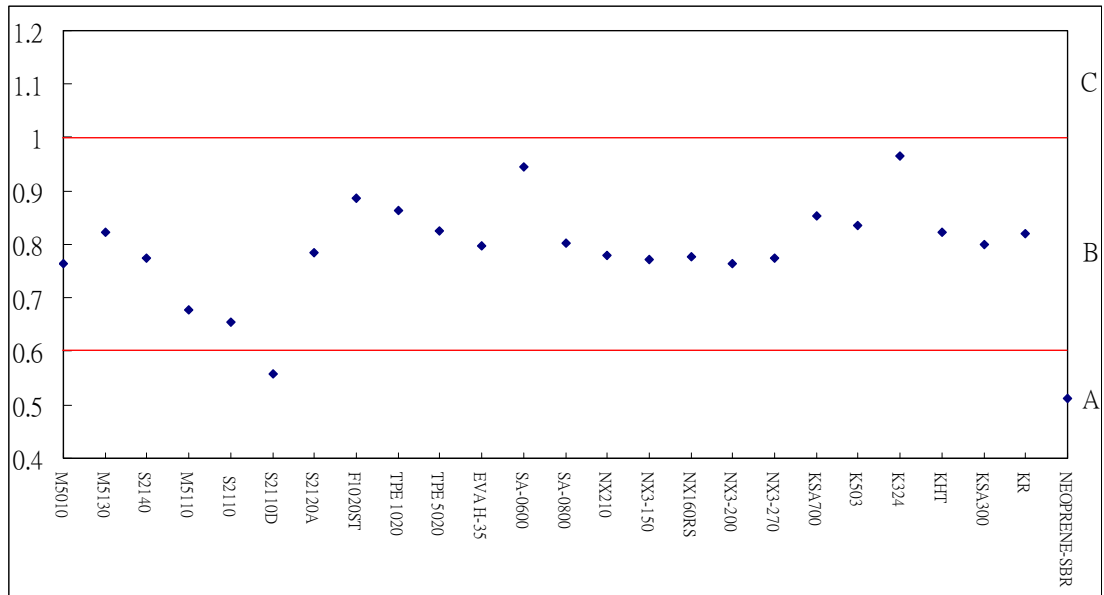


圖 四-32 使用 HINTL TE5 測試時高頻減振能力

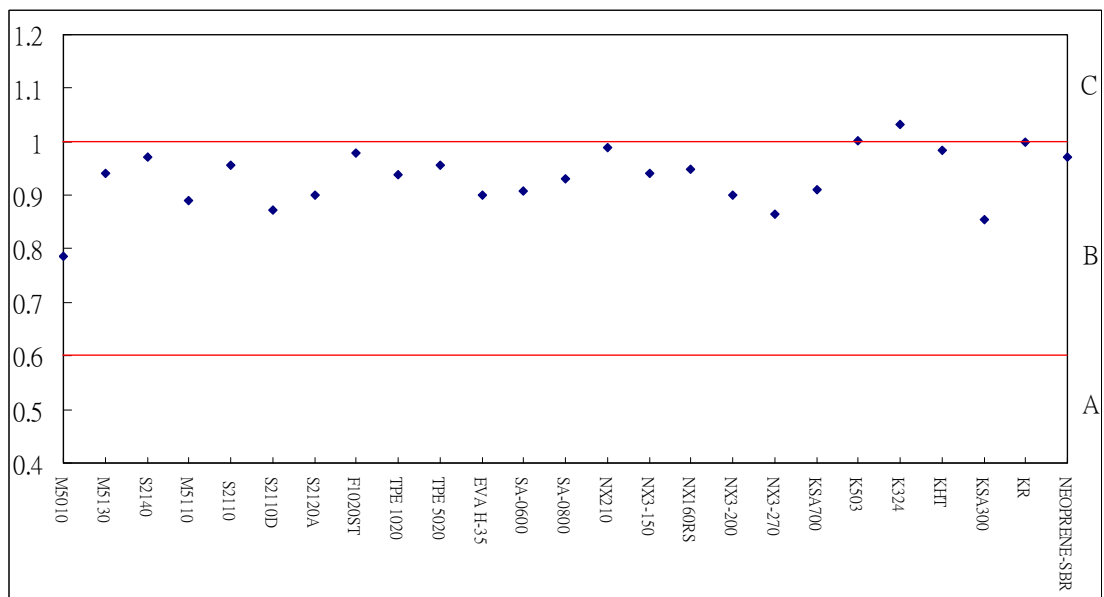


圖 四-33 使用 HINTL TE5 測試時中頻減振能力

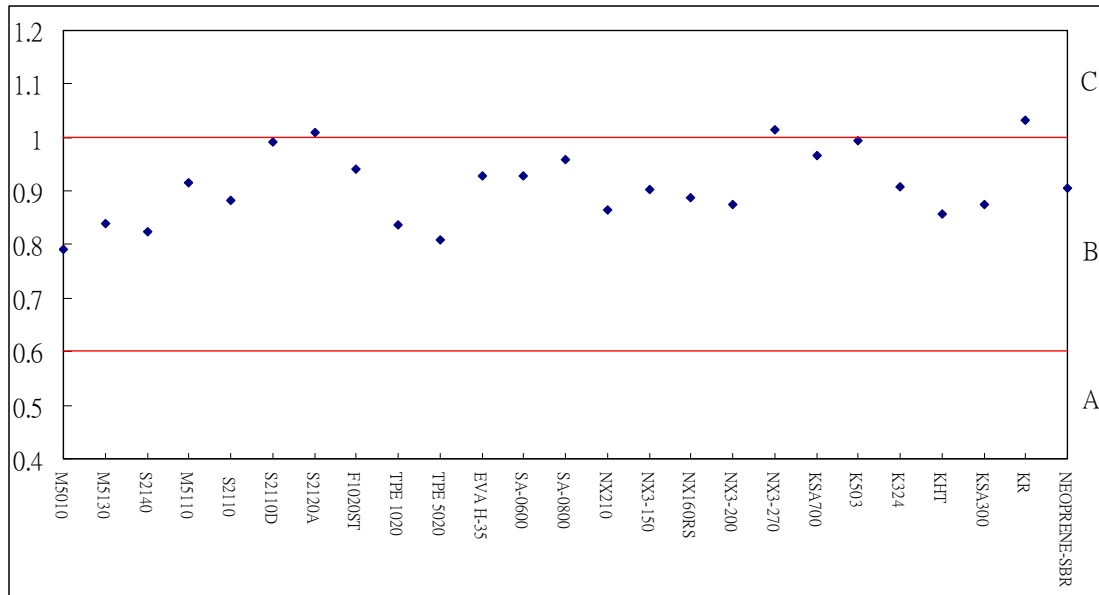


圖 四-34 使用 HINTL TE5 測試時低頻減振能力

4-8 利用 BOSCH GBH2SR 測試結果

1. ALL PASS 測試結果如圖 4-35，大部分材料的減振能力都在佳之上僅少部分材料在較差的等級。
2. 第一顯著頻帶減振能力如圖 4-36，M5010、M5130、S2140、M5110、S2120A、F1020ST、TPE 5020、EVA H-35、SA-0600、SA-0800、NX160RS、NX3-200、KHT、KSA300、KSA200、KR、NEOPRENE-SBR 減振能力為佳。
3. 未有材料達到 ISO 10819 的標準。

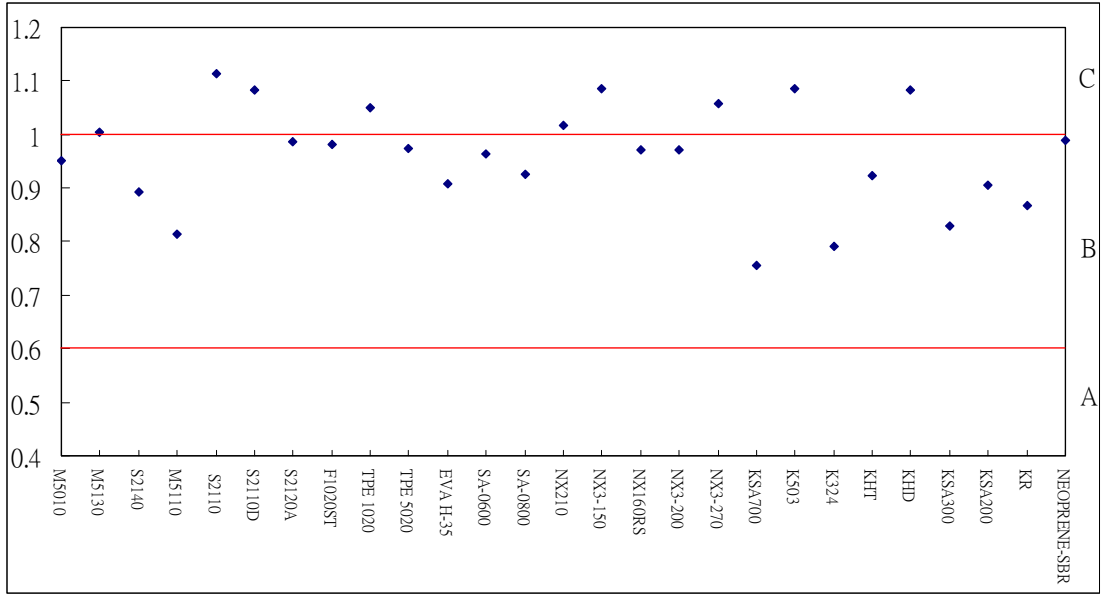


圖 四-35 使用 BOSCH GBH2SR 測試時 All pass 減振能力

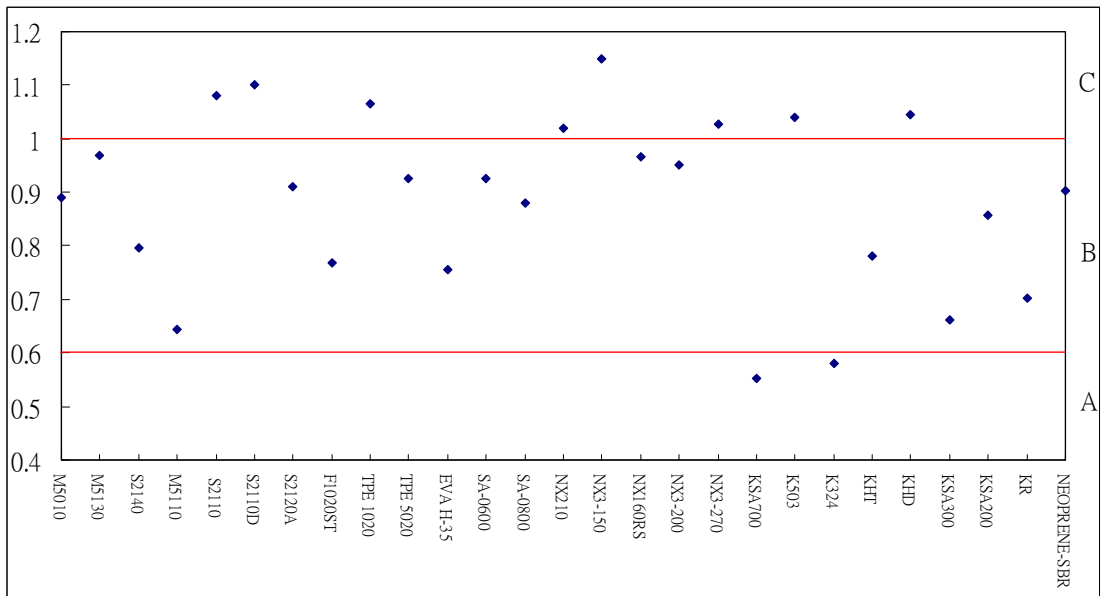


圖 四-36 使用 BOSCH GBH2SR 測試時第一顯著頻帶減振能力

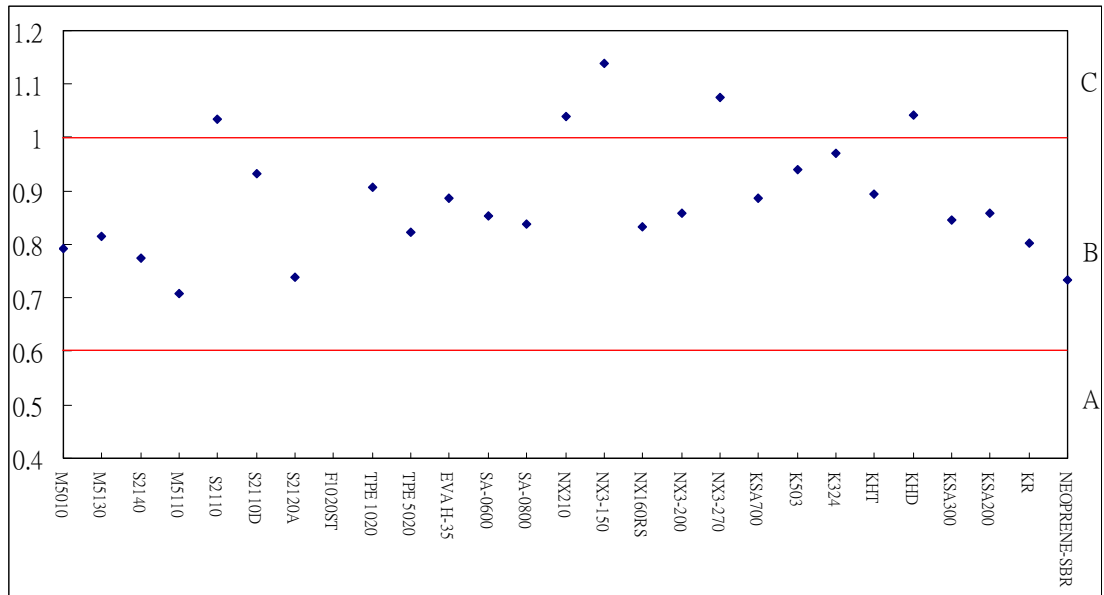


圖 四-37 使用 BOSCH GBH2SR 測試時高頻減振能力

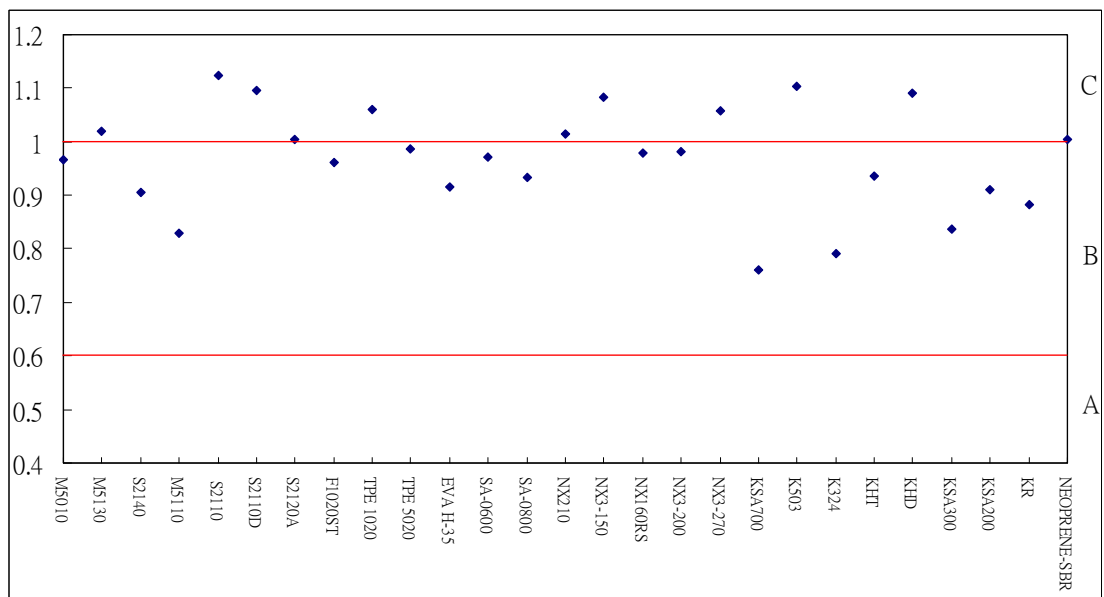


圖 四-38 使用 BOSCH GBH2SR 測試時中頻減振能力

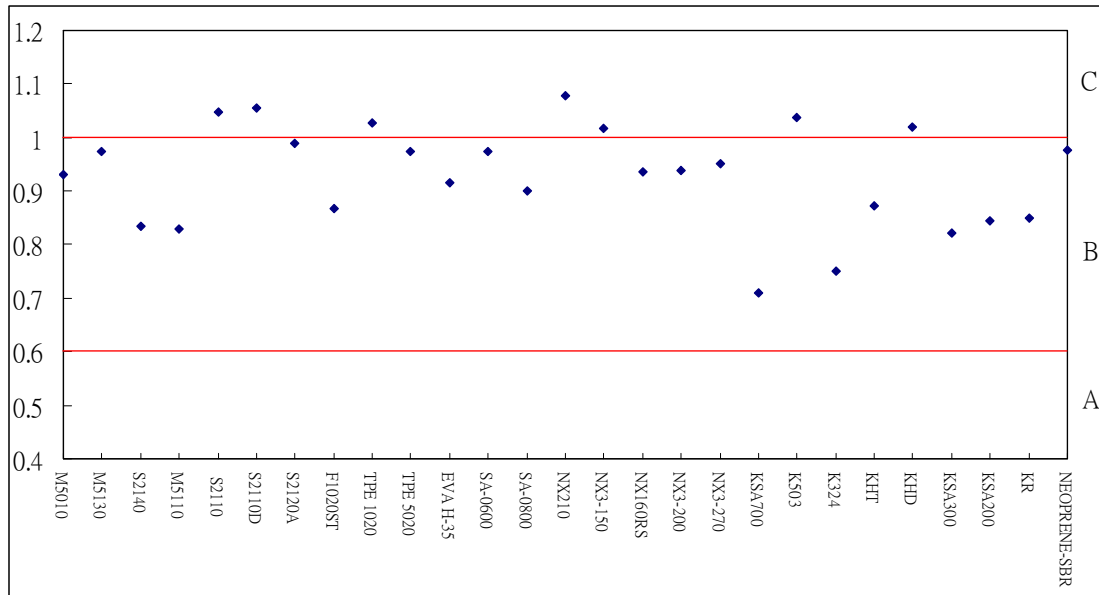


圖 四-39 使用 BOSCH GBH2SR 測試時低頻減能力

4-9 各材質減振優劣

根據第一顯著頻帶減振能力統計出表 4-2，由表 4-2 得知以 NEOPRENE-SBR 及 TPE 材質製成的材料減振能力為優的佔 14.3%，是所有材質內最好的，其次是 PU 材料製成的佔 11.1%。

表 四-2 各材質第一顯著頻帶減振優劣表

材料	A		B		C	
	個數	百分比	個數	百分比	個數	百分比
EVA	9	11.69	53	68.83	15	19.48
NEOPRENE-SBR	1	14.29	4	57.14	2	28.57
PU	6	11.11	39	72.22	9	16.67
TPE	2	14.29	9	64.29	3	21.43
VINYL NIREILE	2	5.71	25	71.43	8	22.86

表 四-3 VINYL NIREILE 材料厚度的比較

厚度	A		B		C	
5mm	0	0%	4	57.14%	3	42.86%
8mm	0	0%	10	71.43%	4	28.57%
10mm	2	14.29%	11	78.57%	1	7.14%

4-10 材料厚度的比較

表 4-3 為利用 VINYL NIREILE 的厚度進行比較，發現材料厚度越厚，其減振效果越佳，當材料 5mm 厚時，第一顯著頻帶減振率達到佳的佔 57.14%，不佳的佔 42.86%；當厚度達 8mm 時減振率佳的部份提高到 71.43%；若厚度提升致 10mm 時已有材料減振率達到優 (14.29%)，且減振率佳以上的也上升至 82.86%。顯示當材料厚度增加時，減振能力將隨厚度增加。

第五章 結論與建議

5-1 結論

- 一. 根據手工具振動量測結果發現電動鎚鑽顯著頻帶發生在 80~160Hz，加速度在 2.65~9.93m/s² 間；混凝土破壞機顯著頻帶發生在 50Hz 間，其加速度在 5.96~10.44m/s² 間；氣動錘第一顯著頻帶發生在 63Hz 間，其加速度在 2.36m/s²。
- 二. 根據實驗結果發現使用 NEOPRENE-SBR 及 TPE 材質製成的材料第一顯著頻帶減振能力減振能力較好，當材料厚度增加時第一顯著頻帶減振能力減振能力也有明顯的提升。
- 三. 在利用 PUMA AT2680 測式時有 CELLAMP M5130、CELLAMP M5110、CELLOMER S2120A、TPE 1020、TPE 5020、SA-0800、NX3-150、NX160RS、KSA700、K324、KHT、KHD、KSA300、KSA200、NEOPRENE-SBR 達到 ISO 10819 的減振標準；在利用 HINTL TE5 測試時有 CELLOMER S2110D 及 NEOPRENE-SBR 達到 ISO 10819 的減振標準。
- 四. Nobuyuki SHIBATA^[41]學者等人研究指出利用一般的棉手套及批覆泡棉減振手套比較起來，減震手套的減震能力高於其他種類的手套。而我國學者陳星助^[34]選定棉布質手套、橡皮內胎、軟木塞、衛生紙、特殊合成材質(VISCOLAR)、泡綿、氣泡墊等材料，比

較減振材料使用前後振動量和頻率的改變情形，也發現泡棉類材質效果較佳。而本研究所收集到都是發泡材料。

5-3 建議

- 一. 目前我國發另對於減振手套減振能力無法規規範，而根據勞工安全衛生側施規則 302 條僅僅只有針對勞工暴露時間做規範，而無明確規定勞工應配戴何種減振能力之防護具。
- 二. 由於減振手套的材質多為高分子材料，而高分子材料在特定溫度下才具有較佳的減振能力，而實場中勞工多在較高或較低的溫度下工作，故還需進一步分析各材料在不同溫度下減振效果是否有變化。
- 三. 國外學者 I. Pinto 等人^[35]研究減振手套需符合人體工學設計，所以還需針對目前搜集到的材料進行設計製作成為合適的減振手套。
- 四. 改善機具的振動量，使減振材料的減振能力能夠提升。

參考文獻

- [1] 徐儼暉、李諭昇，工作環境安全衛生狀況認知調查-2007年，行政院勞工委員會勞工安全研究所，2008。
- [2] 黃靖茹，營造業從業人員手-手臂振動暴露量之評估與相關職業傷害之調查，嘉南藥理科技大學碩士論文，2008。
- [3] P.L. Pelmeur, W. Talor, D.E. Wasserman, hand-arm vibration: a comprehensive guide for occupational health professionals, *Journal of Occupational Medicine*, vol. 35, Issue 5, pp. 533, 1993.
- [4] 何先聰，振動對末梢神經的作用- 著重於生理機能及超顯微構造之研究，高雄醫學院醫學研究所博士論文，1985。
- [5] 陳偉仁，台灣東部地區森林採伐工振動症候群調查研究，國方醫學院社會醫學研究所流行病學組碩士論文，1986。
- [6] P. Marcotte et al., Development of a hand-arm mechanical analogue for evaluating chipping hammer vibration emission values, *Journal of Sound and Vibration*, vol. 329, Issue 10, pp. 1968-1980, 2010.
- [7] S. Kihlberg, Biodynamic response of the hand-arm system to vibration from an impact hammer and a grinder, *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol.16, pp. 1-8, 1995.
- [8] 吳昭誠，鐵路道工人操作砸道機之手-手臂振動危害之研究，文化大學勞工研究所碩士論文，1996。
- [9] P. Marcotte, Y. Aldien, et al., Effect of handle size and hand-handle contact force on the biodynamic response of the hand-arm system under z(h)-axis vibration., *Journal of Sound and Vibration*, vol. 283(3-5), pp. 1071-1091, 2005.
- [10] C.H. Chang, M.J. Wang, S.C. Lin, Evaluating the effects of wearing gloves and wrist support on hand-arm response while operating an in-line pneumatic screwdriver, *International Journal of Industrial*

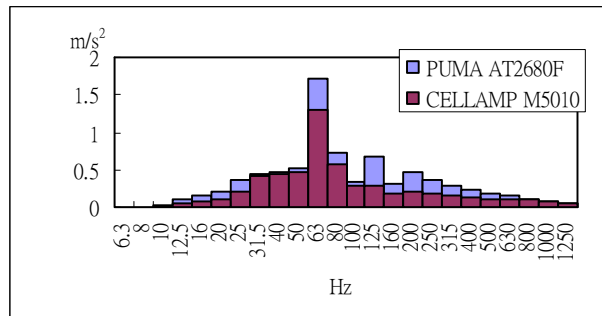
- Ergonomics, vol. 24, pp. 473-481, 1999.
- [11] L. Gerhardsson et al., Vascular and nerve damage in workers exposed to vibrating tools. The importance of objective measurements of exposure time, *Applied Ergonomics*, vol. 36, pp. 55–60, 2005.
- [12] Charlotte Åström et al., hand-arm vibration syndrome -HAVS- and musculoskeletal symptoms in the neck and the upper limbs in professional drivers of terrain vehicles -- A cross sectional study, *Applied Ergonomics*, vol. 37, pp. 793–799, 2006.
- [13] R.G. Dong, J.Z. Wu et al., Distribution of mechanical impedance at the fingers and the palm of the human hand, *Journal of Biomechanics*, vol.38, pp. 1165–1175, 2005.
- [14] B. Sam, K. Kathirvel, Vibration Characteristics of Walking and Riding Type Power Tillers. *Biosystems Engineering*, vol.95(4), pp. 517-528, 2006.
- [15] Z. Mallick, Optimization of operating parameters for a back-pack type trimmer. *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 8, pp.101-110, 2008..
- [16] K.N. Dewangan, V.K. Tewari. Characteristics of hand-transmitted vibration of a hand tractor used in three operational modes. *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 39, Issue 1, 2009.
- [17] R.G. Dong, J.Z. Wu et al., Distribution of mechanical impedance at the fingers and the palm of the human hand, *Journal of Biomechanics*, vol. 38, pp. 1165–1175, 2005.
- [18] R.G. Dong, J.Z. Wu et al., Estimation of the biodynamic responses distributed at fingers and palm based on the total response of the hand–arm system, *International Journal of Industrial Ergonomics*, In Press, Corrected Proof, Available online 29, 2010.
- [19] EU, Guide to good practice on Hand-Arm Vibration, EU Good Practice Guide HAV, 2002.
- [20] B. Nyantumbu, C. M. Barber, et al., Hand-arm vibration syndrome in South African gold miners, *Occupational Medicine-Oxford*, vol. 57(1), 25-29., 2007.
- [21] C. Åström et al., hand-arm vibration syndrome -HAVS- and musculoskeletal symptoms in the neck and the upper limbs in professional drivers of terrain vehicles -- A cross sectional study, *Applied Ergonomics*, vol. 37, pp. 793–799, 2006.
- [22] R.B. McLafferty et al., Raynaud’s syndrome in workers who use

- vibrating pneumatic air knives, journal of vascular surgery vol. 30, Number 1, 1999.
- [23]M. Vergara et al., Hand-transmitted vibration in power tools: Accomplishment of standards and users' perception, International Journal of Industrial Ergonomics, vol. 38, Issues 9-10, 2008.
- [24]葉文裕、林守香、陳旺儀、何先聰、劉玉文、吳昭成，1996，鐵路工人操作砸道機振動與噪音危害測定與評估，IOSH85-H327，行政院勞工安全衛生研究所，台北。
- [25]盧士一、陳協慶、劉永平，2005，裝配作業氣動工具使用之局部振動暴露評估與改善研究，行政院勞委會勞工安全衛生研究所九十四年度專案研究計畫報告，台北。
- [26]胡世明、劉玉文、何先聰、黃靖茹，2006，林務工人之手—手臂振動量測與其危害評估，嘉南學報(科技類)，32 期，pp. 159-169。
- [27]胡世明、劉玉文、何先聰、黃靖茹、程彥鈞，2006，營建業從業人員之局部振動量測與評估，行政院國家科學委員會專題研究計畫。
- [28]S.T. Ho and H.S. Yu, A study of neurophysiological measurements and various function tests on workers occupationally exposed to vibration, Int. Arch. Occup. Environ Health, vol. 58, pp.259-268, 1986.
- [29]J.C. Soo, P.J. Tsai et al. Establishing aerosol exposure predictive models based on vibration measurements, Journal of Hazardous Materials, vol. 178, Issues 1-3, no. 15, pp.306-311, June 2010.
- [30]International Standard Organization, mechanical vibration-measurement and evaluation human exposure to hand-transmitted vibration– part1: general requirements , in ISO5349-1, 2001
- [31]行政院勞工委員會，勞工安全衛生設施規則：中華民國，1994。

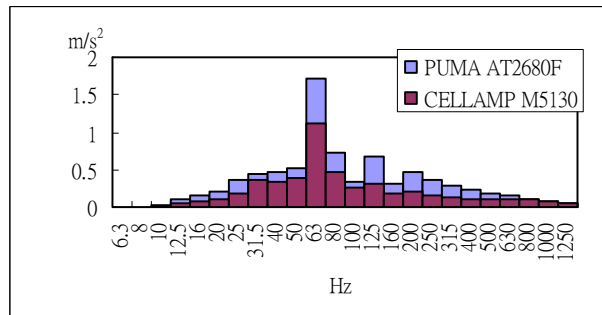
- [32]International Standard Organization, mechanical vibration and shock-Hand-arm vibration— Method for the measurement and evaluation of the vibration transmissibility of glove at the palm of the hand, ISO 10819, 1996.
- [33]何先聰、劉玉文，振動作業危害預防手冊，行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所，2000。
- [34]陳星助，振動症候群的預防——動力手工具的特性與減振材料評估，中國醫藥學院環境醫學研究所碩士論文，1990。
- [35]I. Pinto, N. stacchini et al., protection effectiveness of anti-vibration gloves: field evaluation and laboratory performance assessment, Appendix H4C to Final Report, 2001.
- [36]M. H. Mahbub, K. Yokoyama, et al. , Assessing, the influence of antivibration glove on digital vascular responses to acute hand-arm vibration, Journal of Occupational Health vol. 49(3): 165-171, 2007.
- [37]R. G. Dong, T. W. McDowell, et al.. "Correlations between biodynamic characteristics of human hand-arm system and the isolation effectiveness of anti-vibration gloves." International Journal of Industrial Ergonomics vol. 35(3), pp. 205-216. 2005
- [38]A.W. Bendall, Anti-vibration gloves explained. Foundry Trade Journal vol.171 no. 3526, 1997.
- [39]M.D. Bingham, C.W. Suggs, C.F. Abrams, Vibration attenuation of cushioned gloves. Applied engineering in agriculture vol. 8 issue 1 pp. 4-8.1992
- [40]D.D. Reynolds, T.C. Jetzer, Use of air bladder technology in anti-vibration gloves.34th Group meeting on Human Vibration Responses to Vibration Dunton, Essex, England,1999.
- [41]N. Shibata and S. Maeda, Vibration-isolating Performance of Cotton Work Gloves Based on Newly Issued JIS T8114, Industrial Health, vol. 46, pp. 477–483, 2008.
- [42]西澤仁，高分子制振材料・応用製品の最新動向，シ-エムシ-，1997。
- [43]勃南納克著，徐萬椿譯，噪音與振動控制，協志工業叢書，1975。

- [44] D.D. REYNOLDS and E. WOLF, Evaluation of Antivibration Glove Test Protocols Associated with the Revision of ISO 10819, *Industrial Health*, vol. 43, pp. 556–565, 2005.
- [45] International Standard Organization : Hand-held portable power tools —Measurement of vibrations at the handle —part1: General, ISO8662-1, 1988.
- [46] International Standard Organization : Hand-held portable power tools —Measurement of vibrations at the handle —part6: Impact drills, ISO8662-6, 1992.
- [47] International Standard Organization : Hand-held portable power tools —Measurement of vibrations at the handle —part2: chipping hammers and riveting, ISO8662-2, 1994.
- [48] S. Hewitt, assessing the performance of anti-vibration glove—a possible alternative to ISO 10819, 1996, *Ann. Occup. Hyg*, vol. 42, No.4, pp. 245-252, 1998.
- [49] R. G. Dong, S. Rakheja et al., Effectiveness of a new method (TEAT) to assess vibration transmissibility of gloves, *International Journal of Industrial Ergonomics* 30(1): PII S0169-8141(02)00076-8, 2002.
- [50] R.G. Dong, T.W. McDowell et al., On-the-hand measurement methods for assessing effectiveness of anti-vibration gloves, *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 32, Issue 4, 2003.

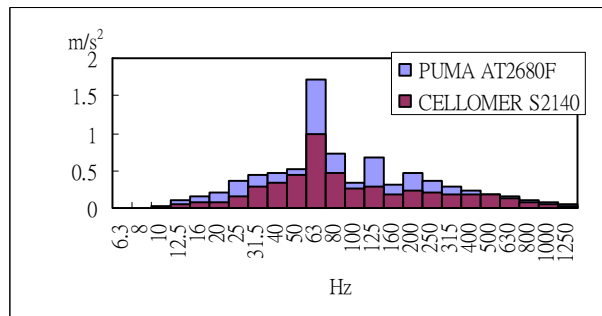
附件一：利用 PUMA AT2680F 測試時各材料頻譜圖



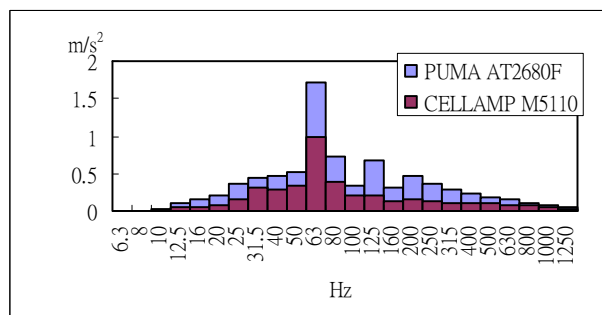
CELLAMP M5010



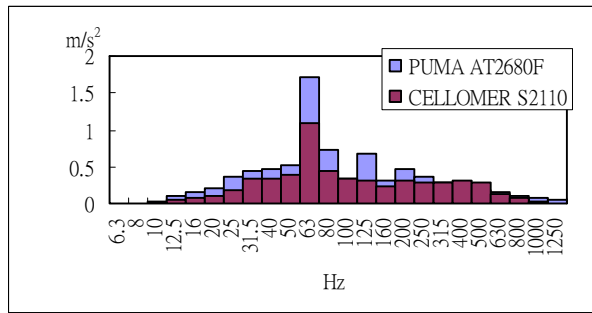
CELLAMP M5130



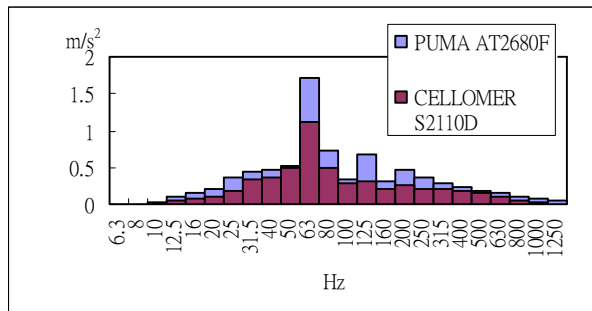
CELLOMER S2140



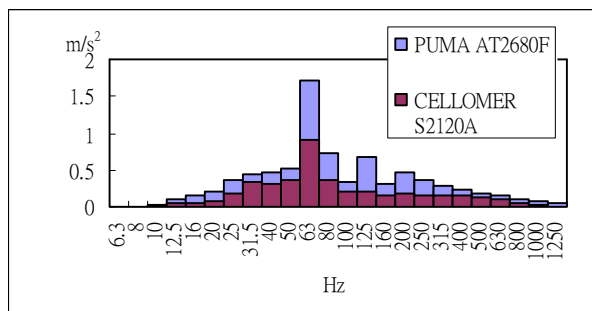
CELLAMP M5110



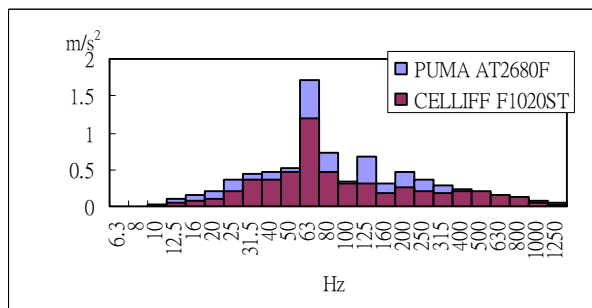
CELLOMER S2110



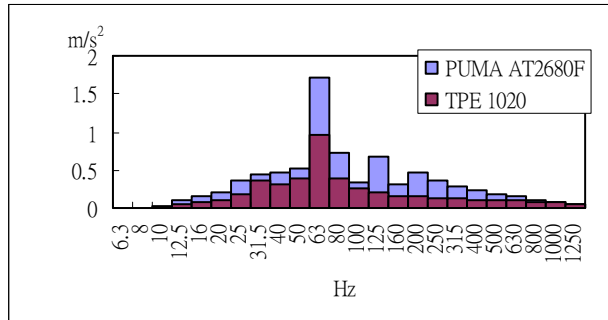
CELLOMER S2110D



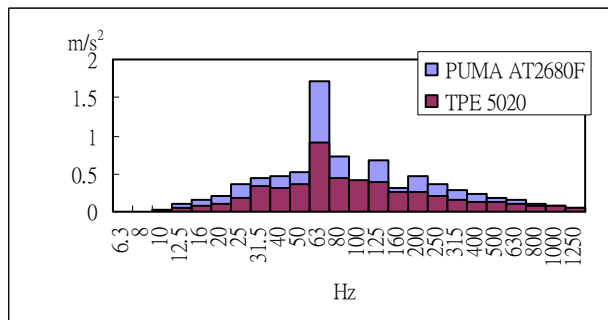
CELLOMER S2120A



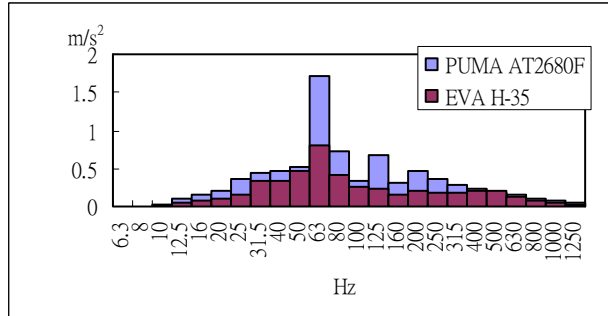
CELLIFF F1020ST



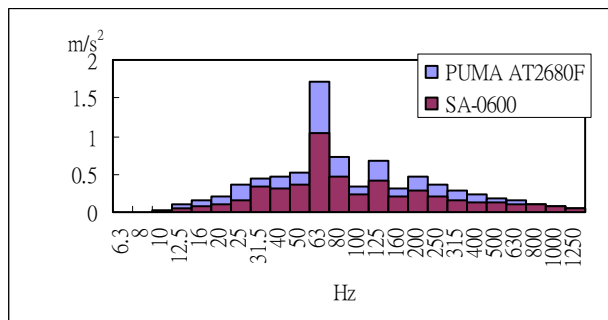
TPE 1020



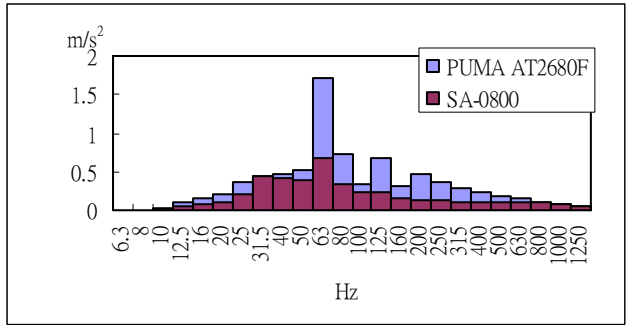
TPE 5020



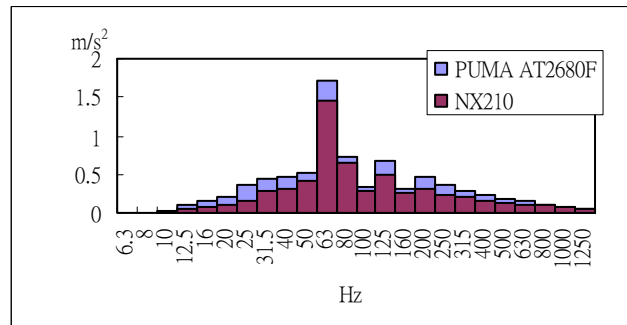
EVA H-35



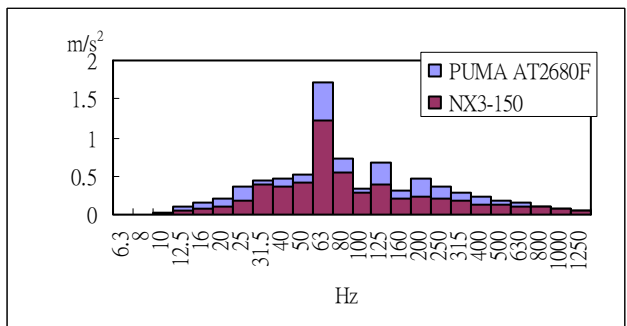
SA-0600



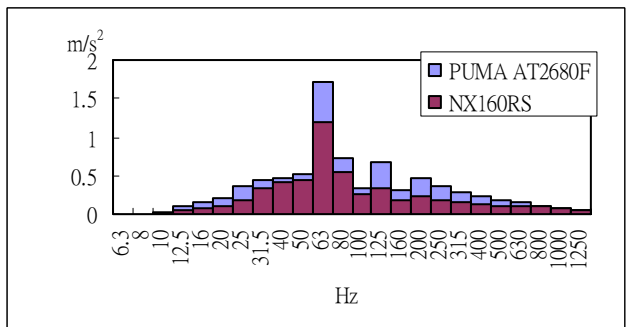
SA-0800



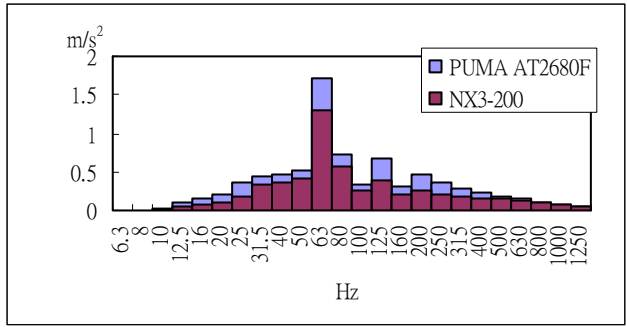
NX210



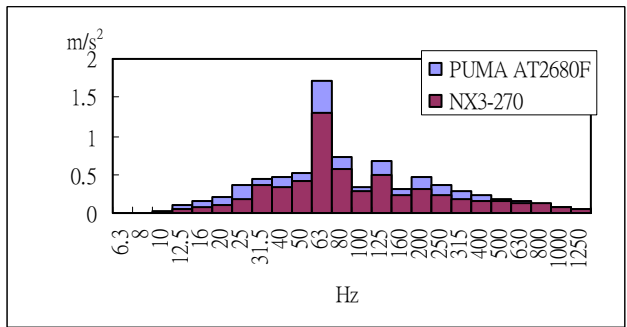
NX3-150



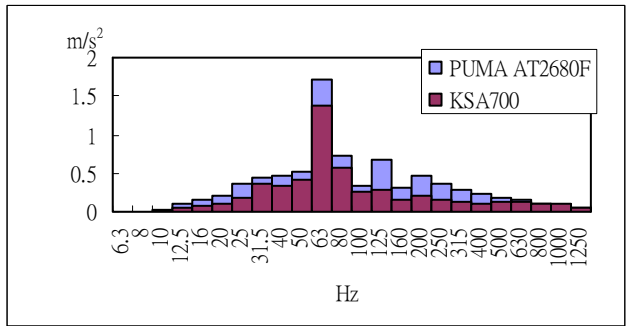
NX160RS



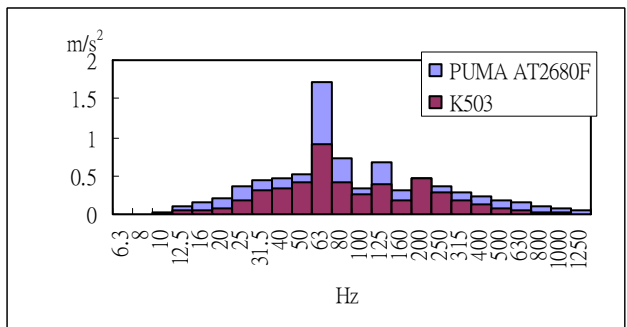
NX3-200



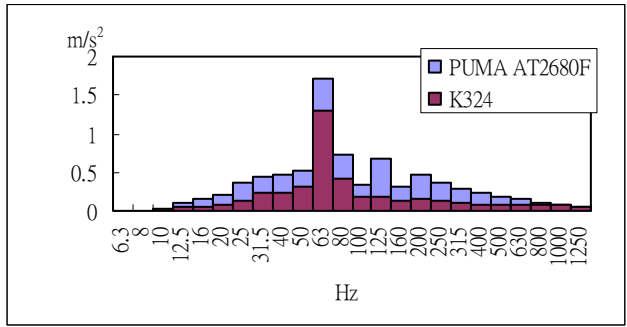
NX3-270



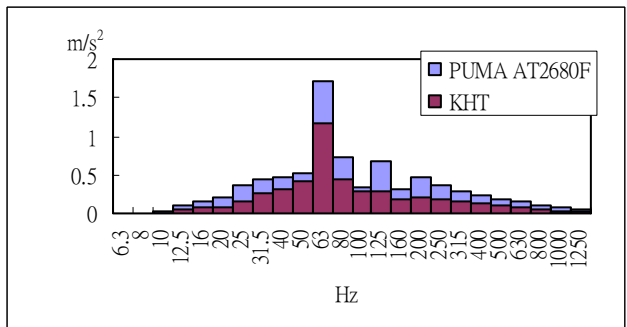
KSA700



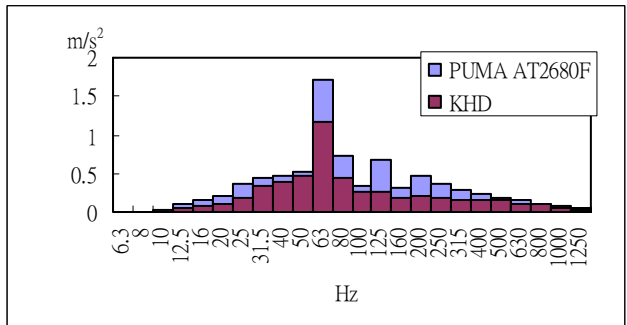
K503



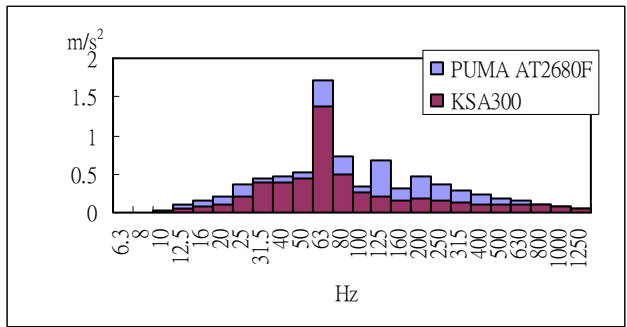
K324



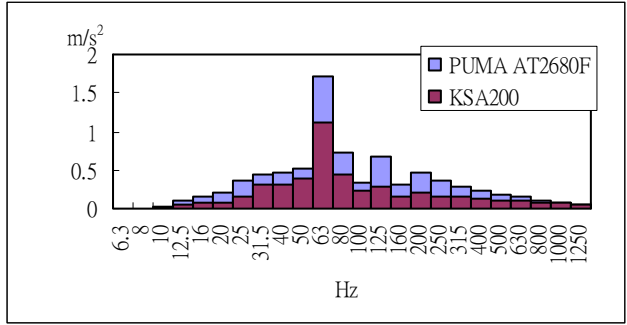
KHT



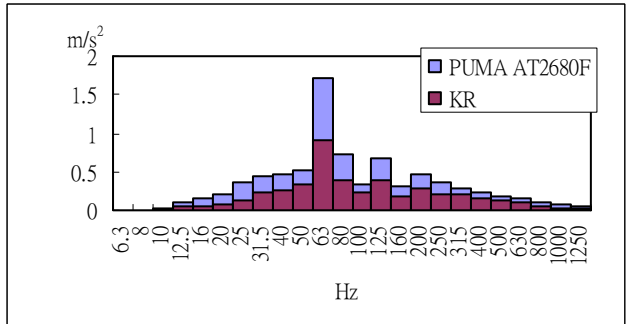
KHD



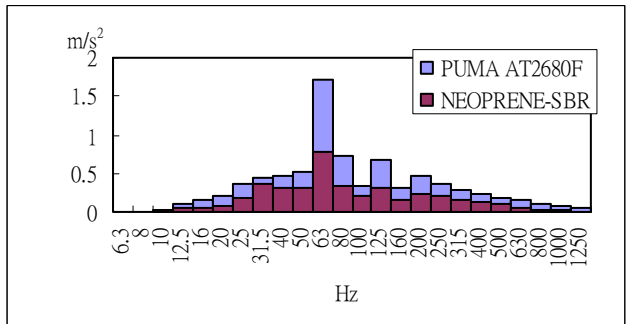
KSA300



KSA200

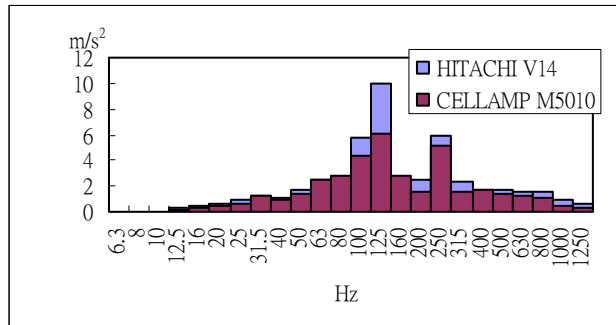


KR

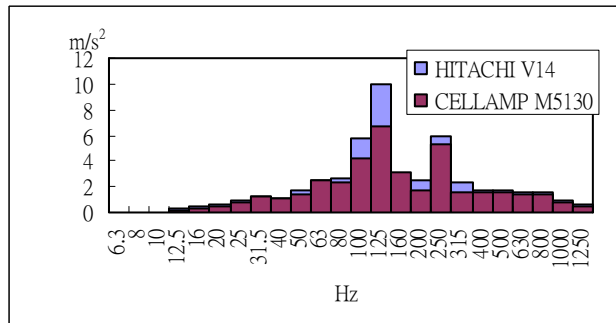


NEOPRENE-SBR

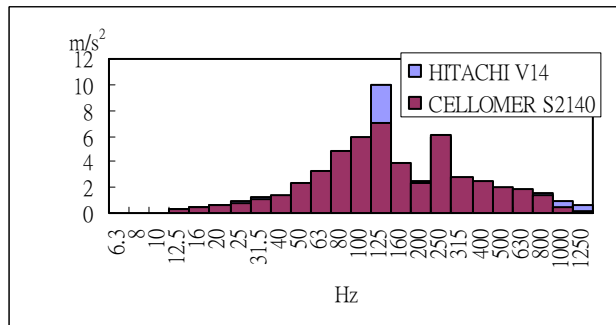
附件二：利用 HITACHI V14 測試時各材料頻譜圖



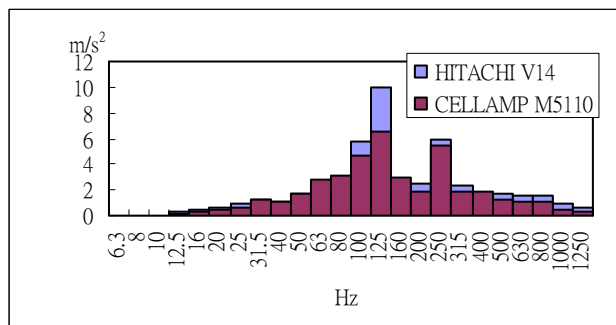
CELLAMP M5010



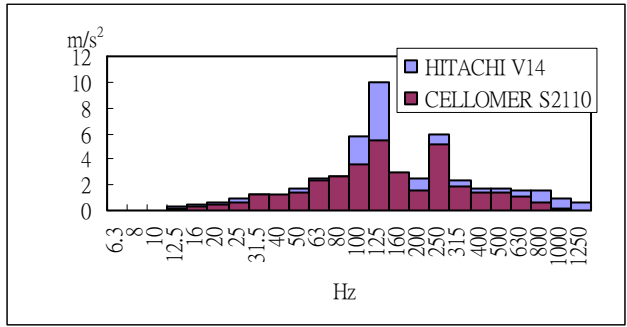
CELLAMP M5130



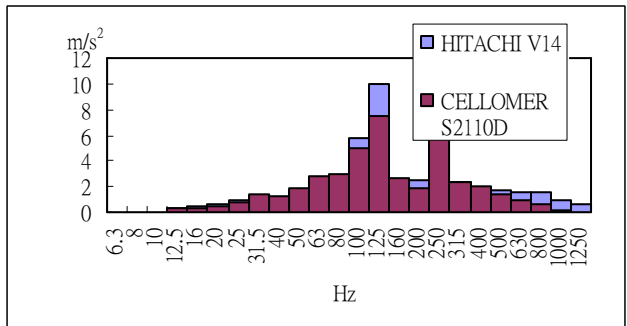
CELLOMER S2140



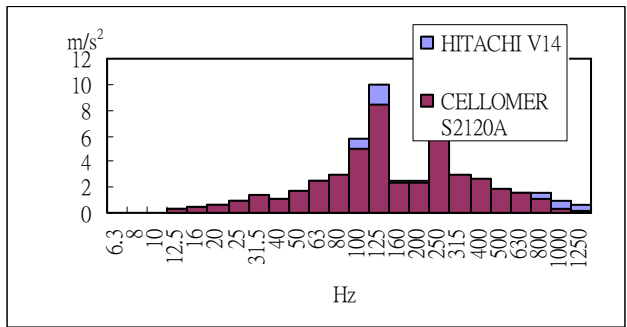
CELLAMP M5110



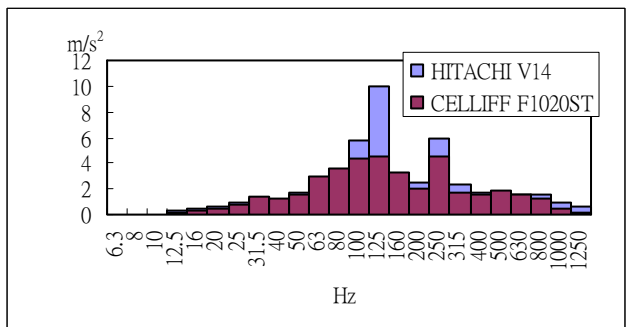
CELLOMER S2110



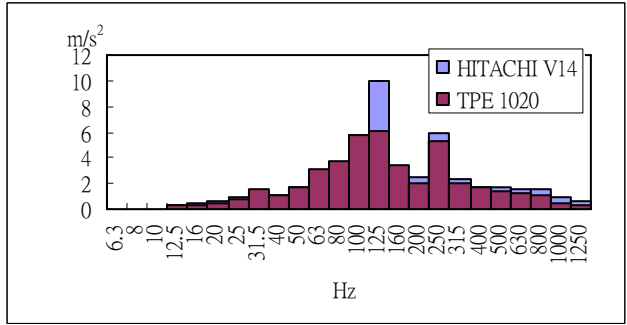
CELLOMER S2110D



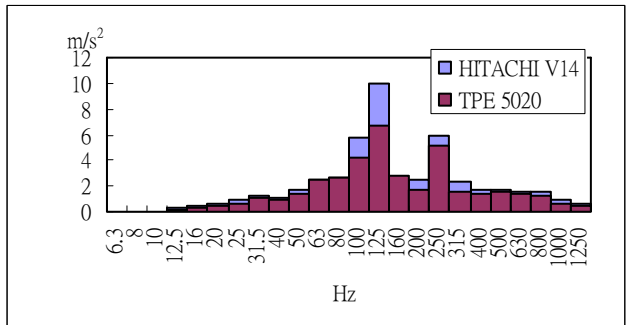
CELLOMER S2120A



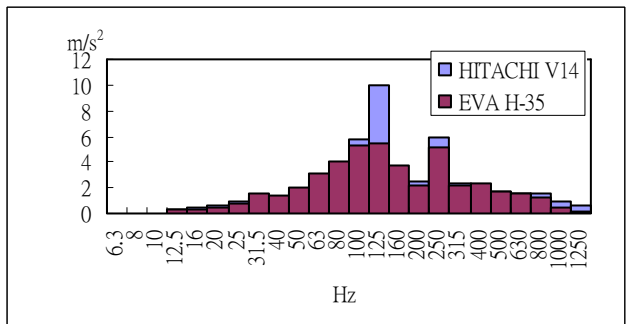
CELLIFF F1020ST



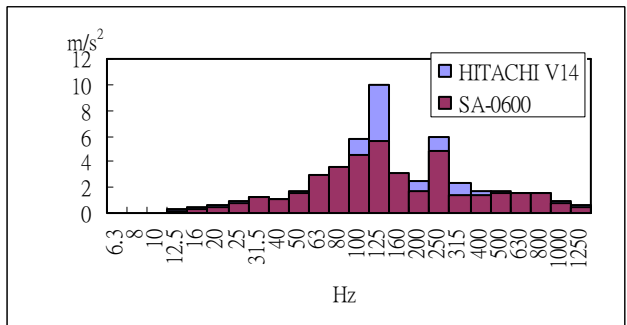
TPE 1020



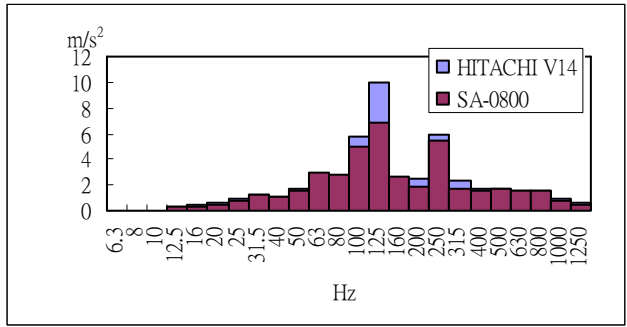
TPE 5020



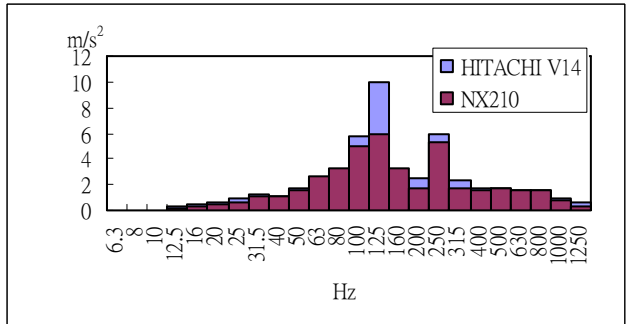
EVA H-35



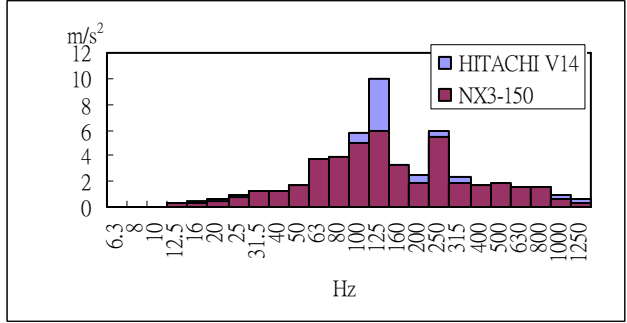
SA-0600



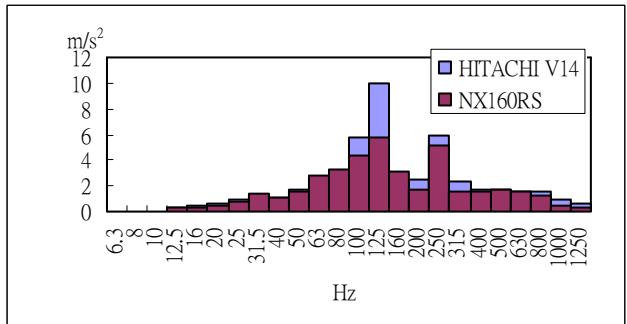
SA-0800



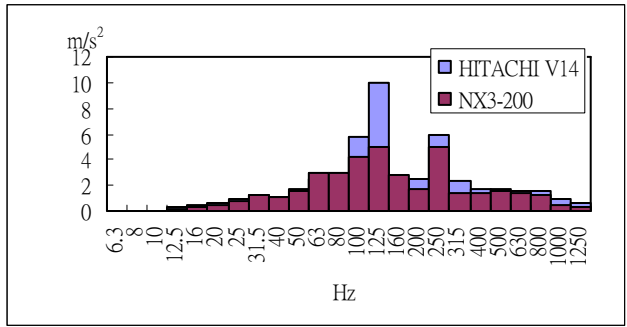
NX210



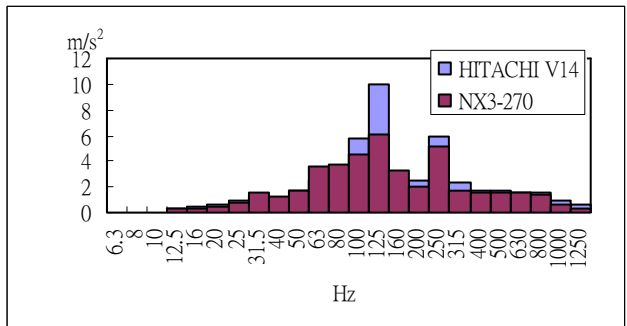
NX3-150



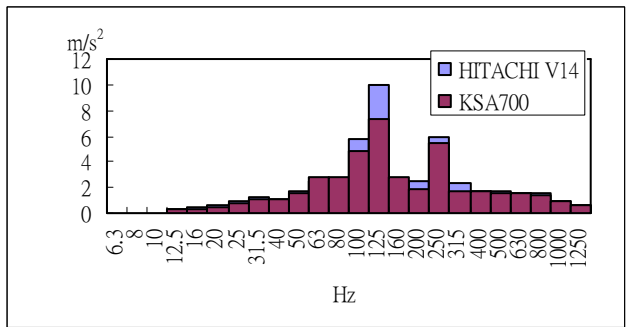
NX160RS



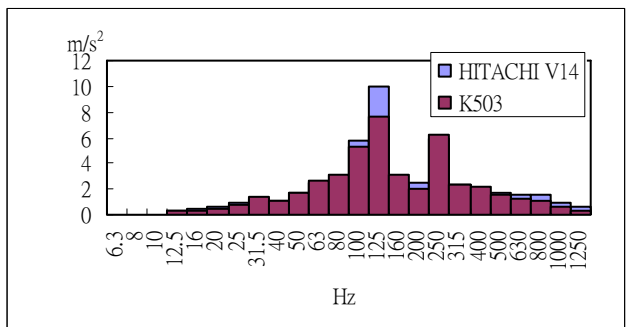
NX3-200



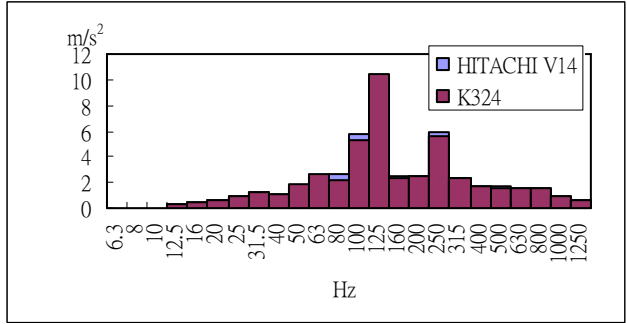
NX3-270



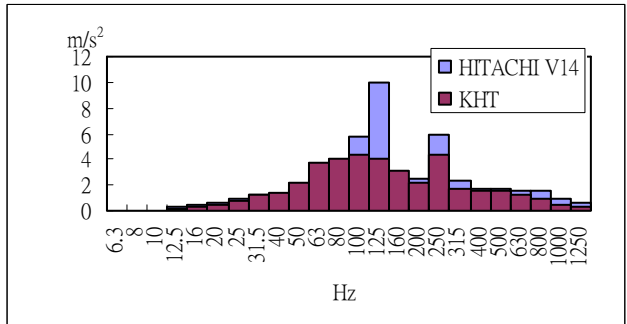
KSA700



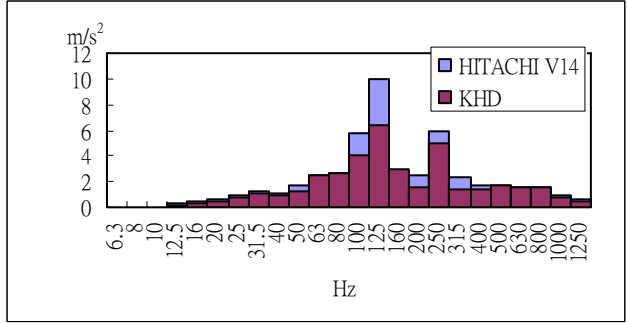
K503



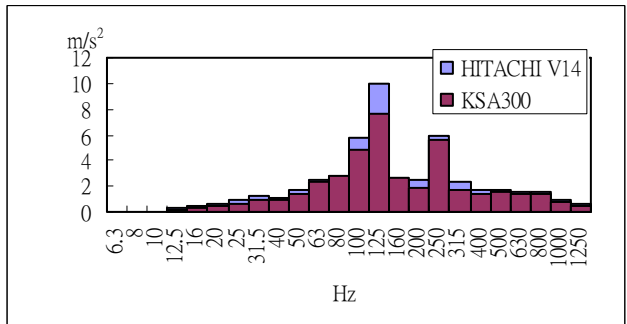
K324



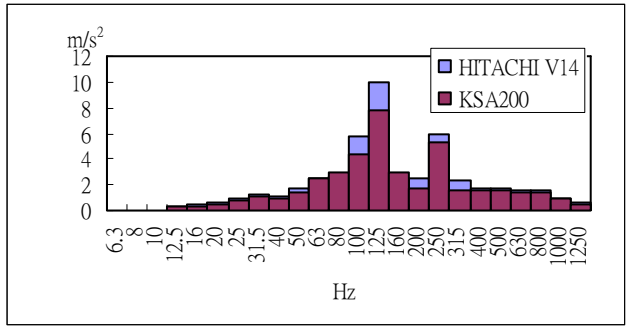
KHT



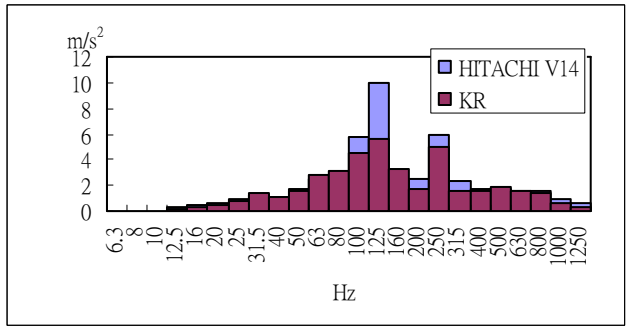
KHD



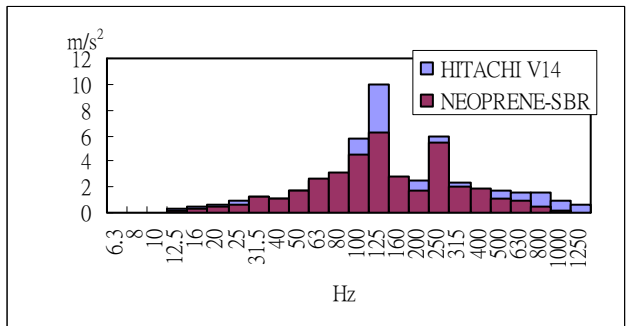
KSA300



KSA200

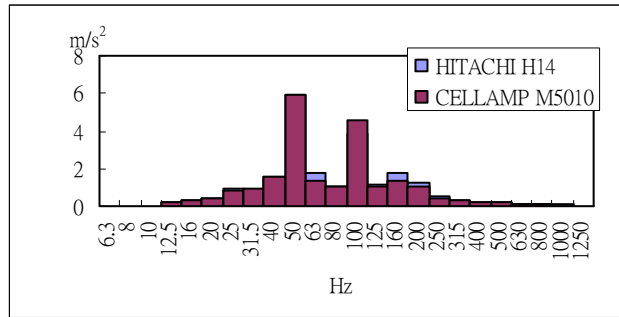


KR

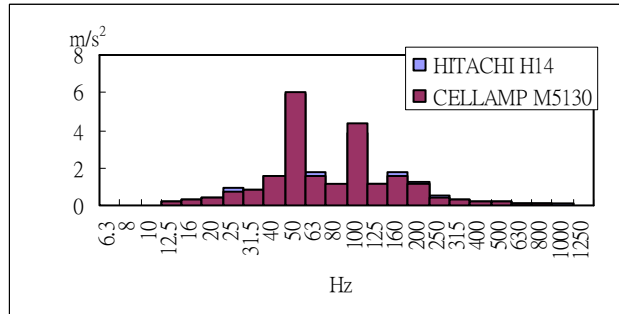


NEOPRENE-SBR

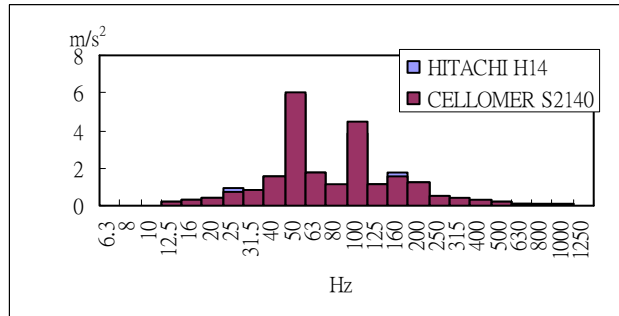
附件三：利用 HITACHI H14 測試時各材料頻譜圖



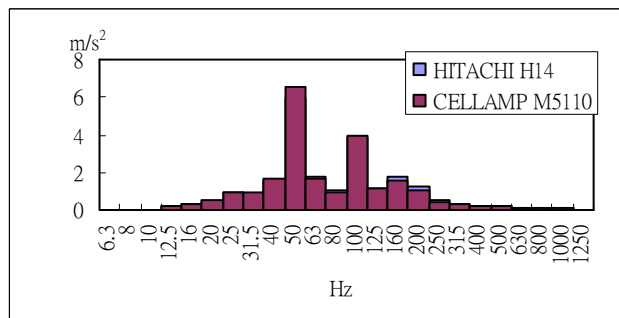
CELLAMP M5010



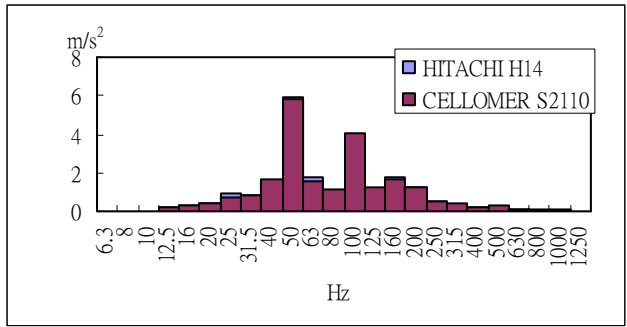
CELLAMP M5130



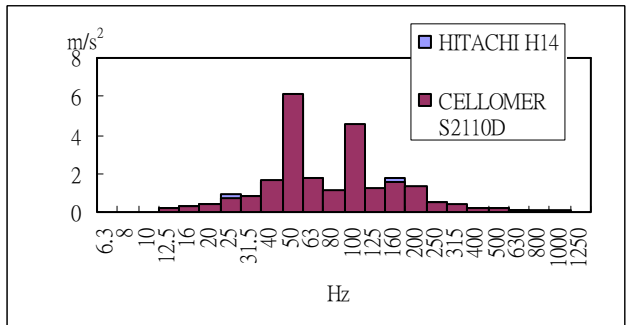
CELLOMER S2140



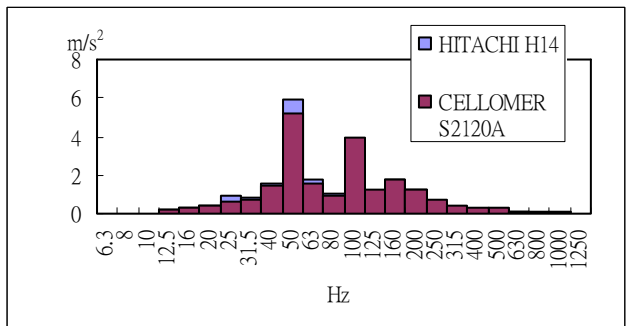
CELLAMP M5110



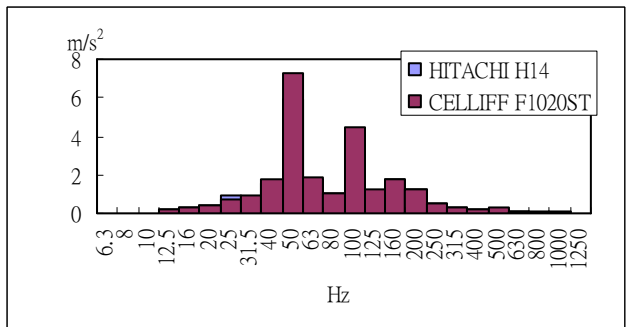
CELLOMER S2110



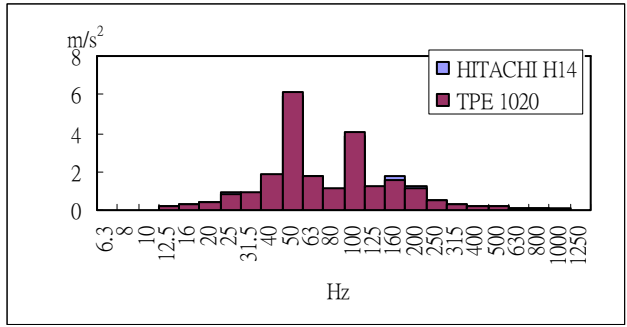
CELLOMER S2110D



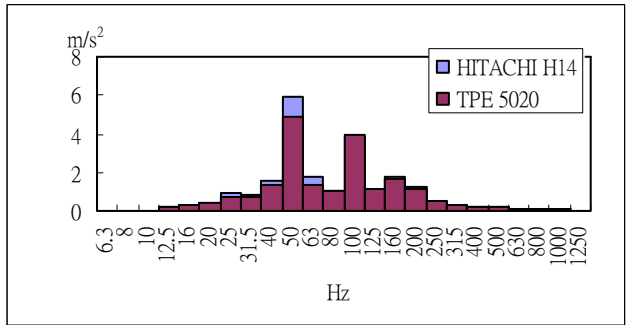
CELLOMER S2120A



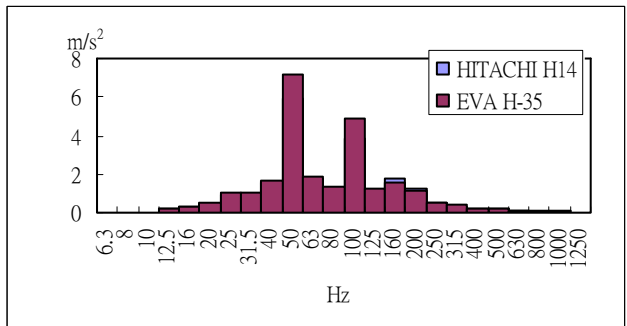
CELLIFF F1020ST



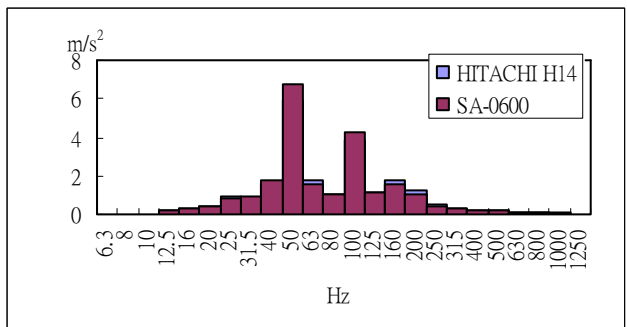
TPE 1020



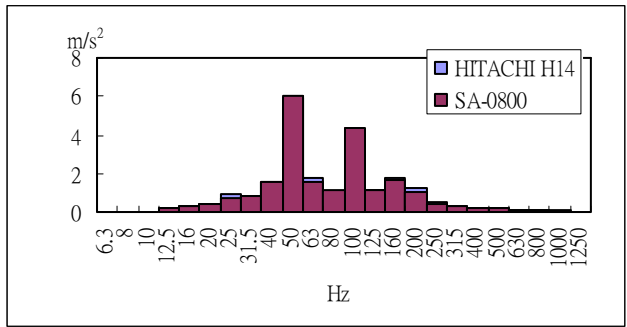
TPE 5020



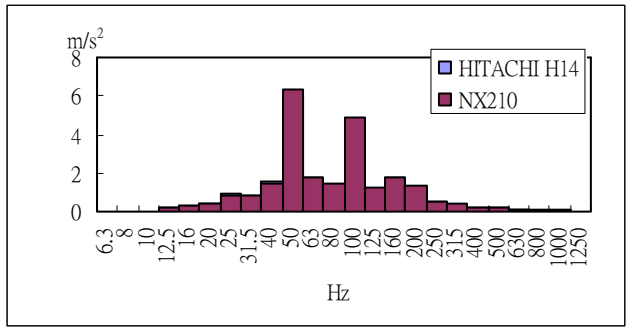
EVA H-35



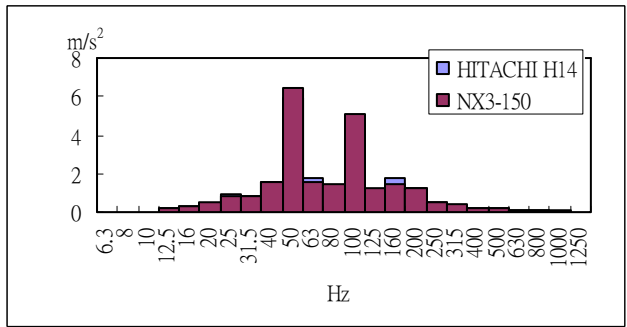
SA-0600



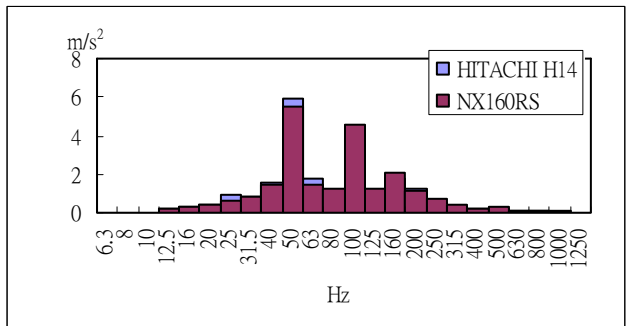
SA-0800



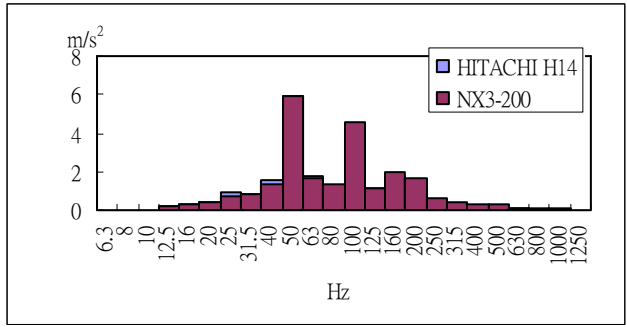
NX210



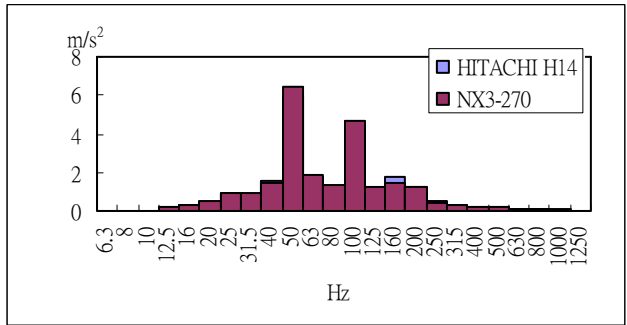
NX3-150



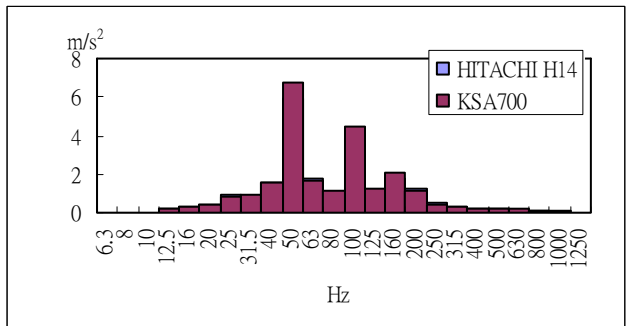
NX160RS



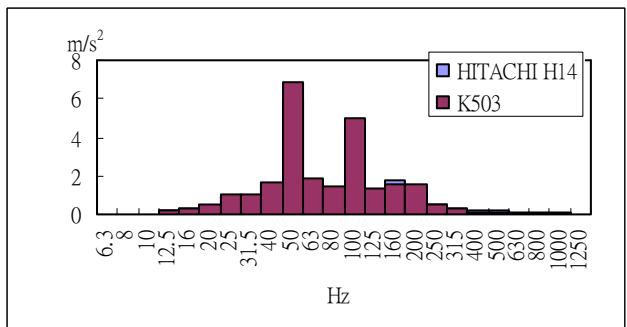
NX3-200



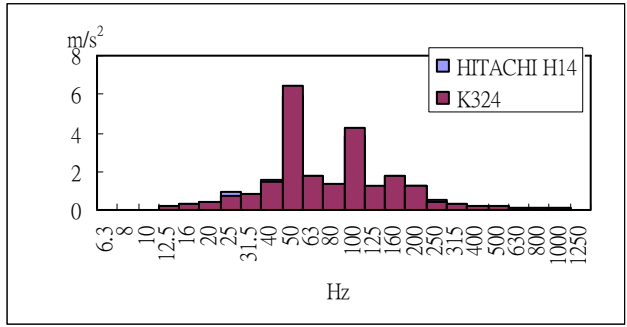
NX3-270



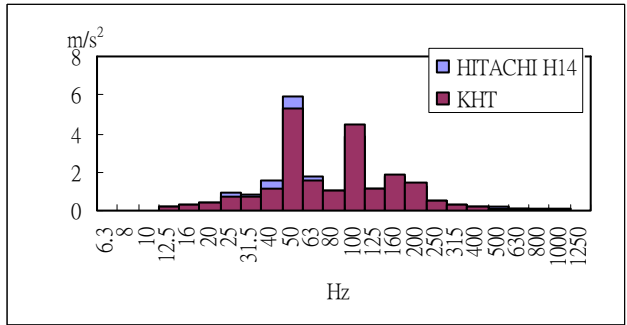
KSA700



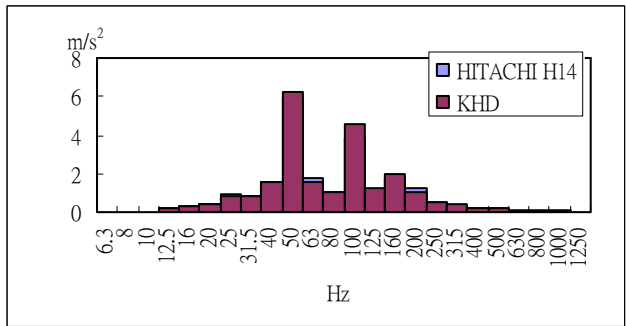
K503



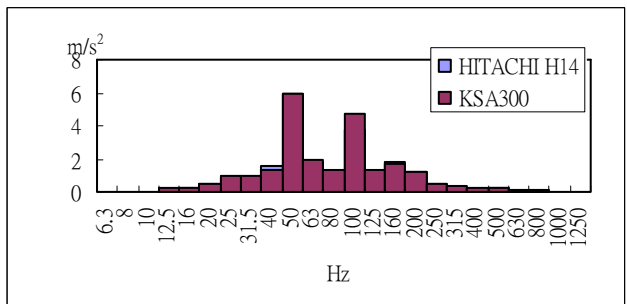
K324



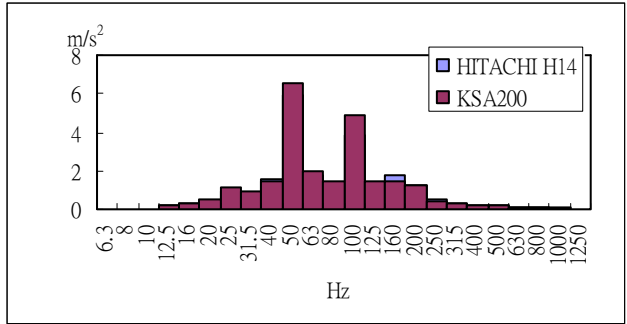
KHT



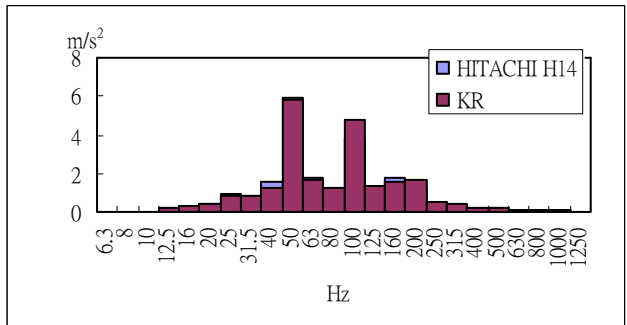
KHD



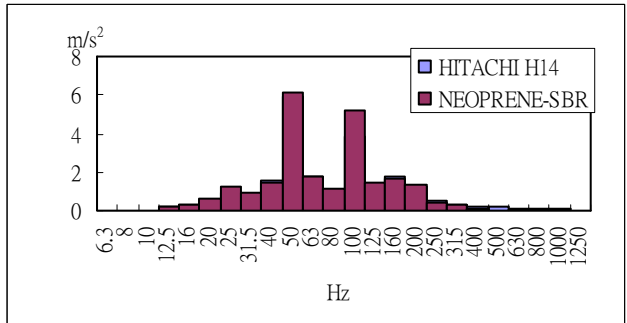
KSA300



KSA200

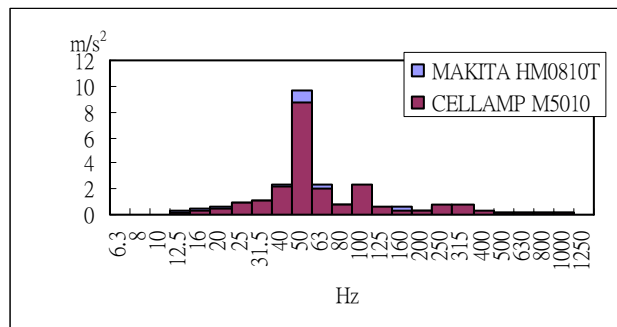


KR

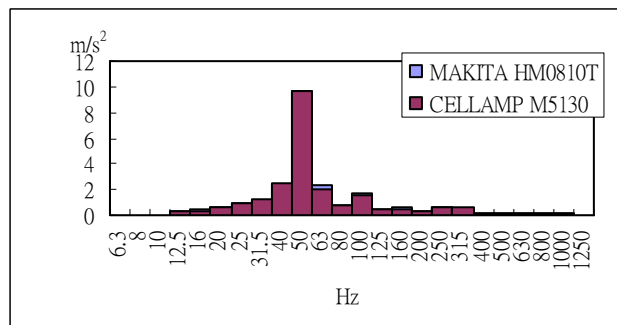


NEOPRENE-SBR

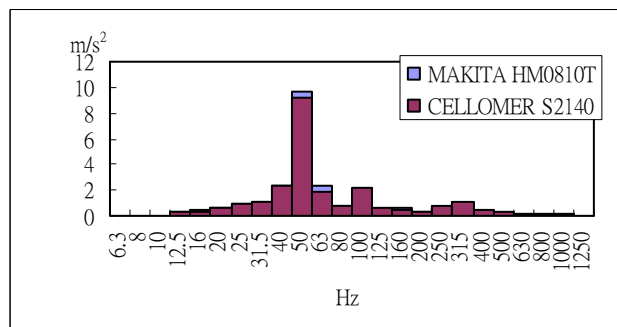
附件四：利用 MAKITA HM0810T 測試時各材料頻譜圖



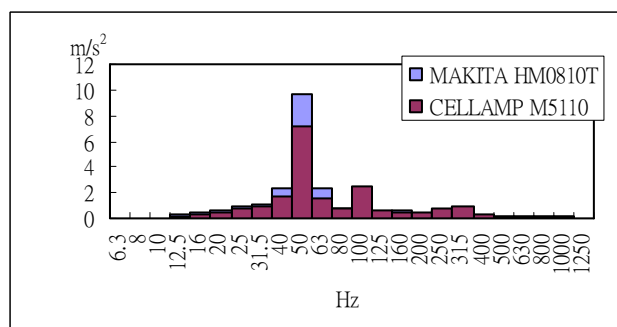
CELLAMP M5010



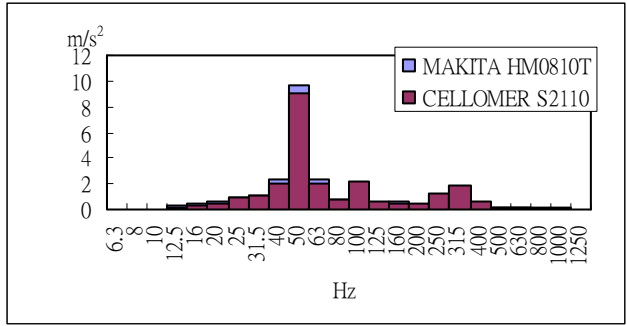
CELLAMP M5130



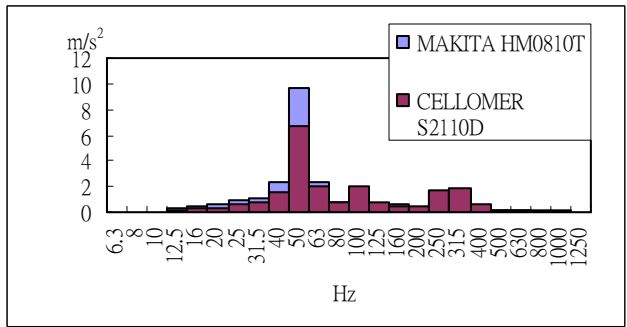
CELLOMER S2140



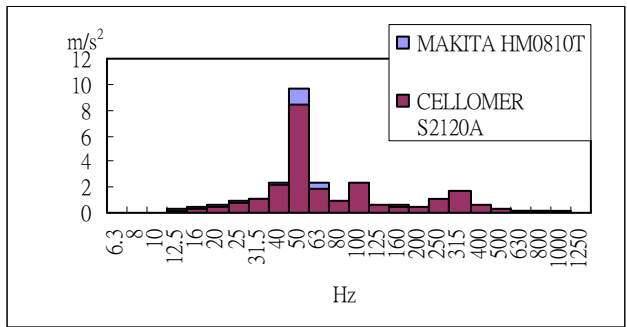
CELLAMP M5110



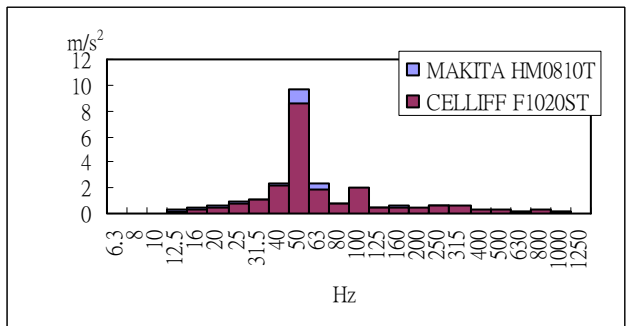
CELLOMER S2110



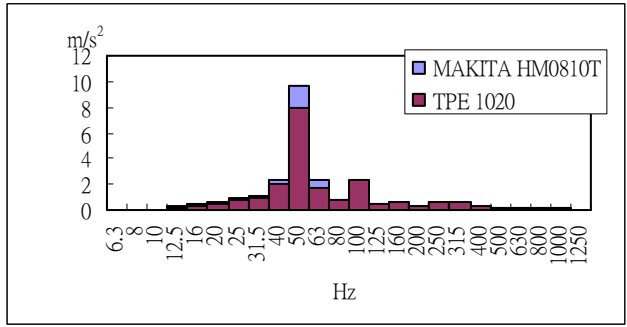
CELLOMER S2110D



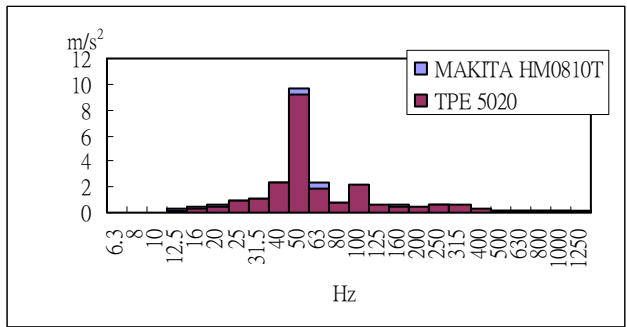
CELLOMER S2120A



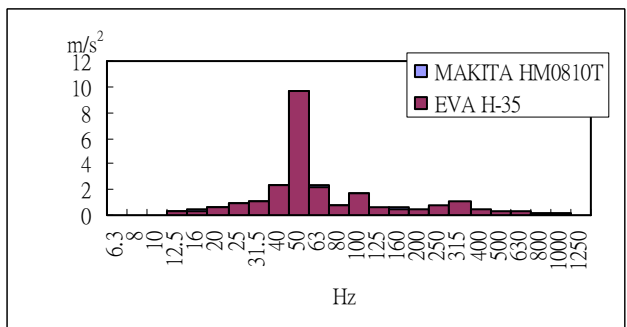
CELLIFF F1020ST



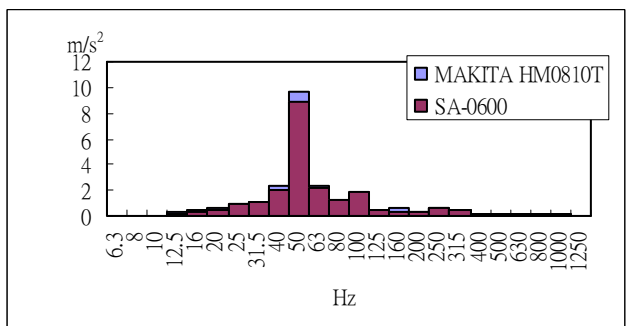
TPE 1020



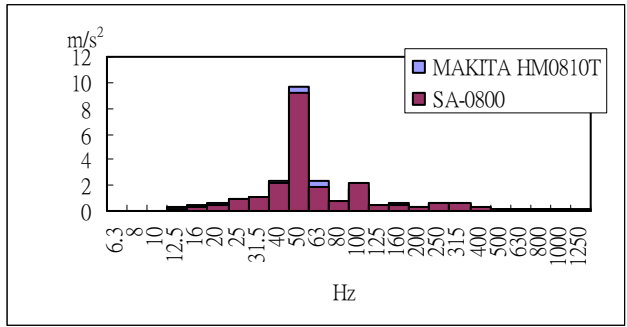
TPE 5020



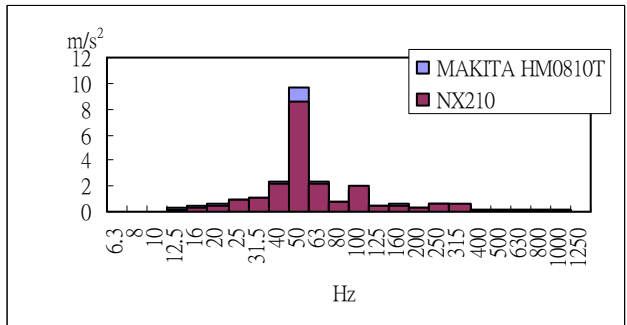
EVA H-35



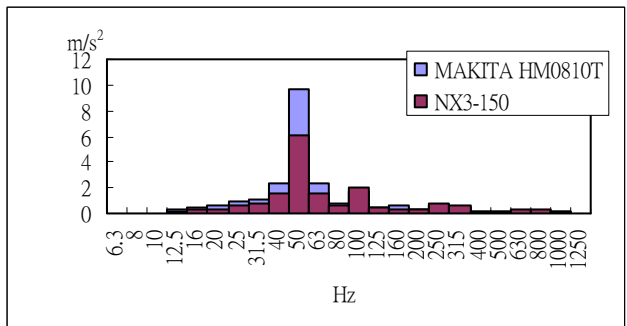
SA-0600



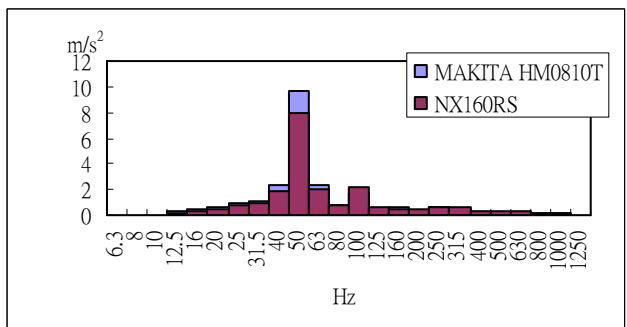
SA-0800



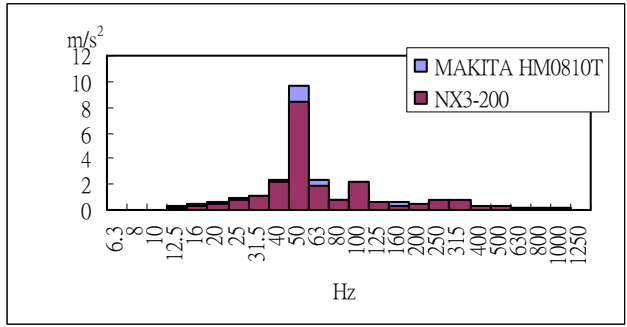
NX210



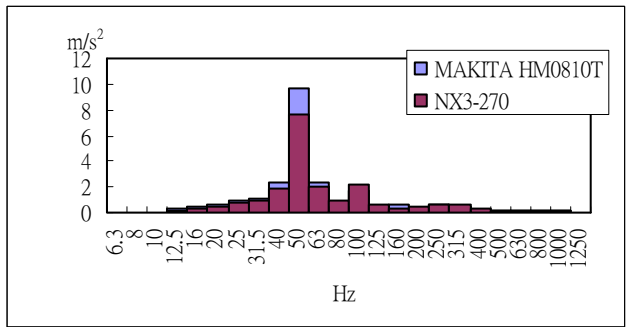
NX3-150



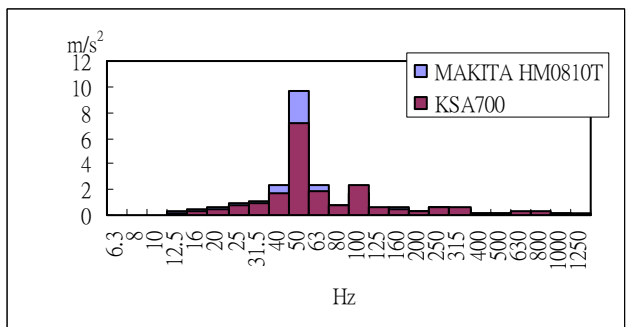
NX160RS



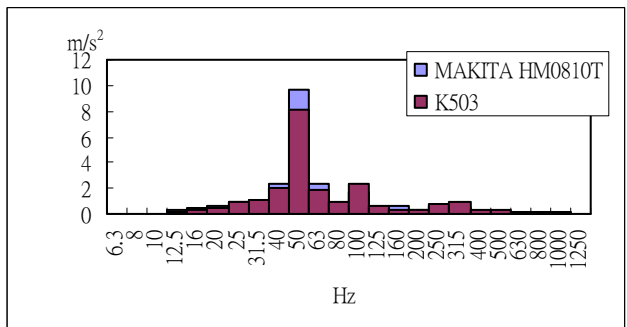
NX3-200



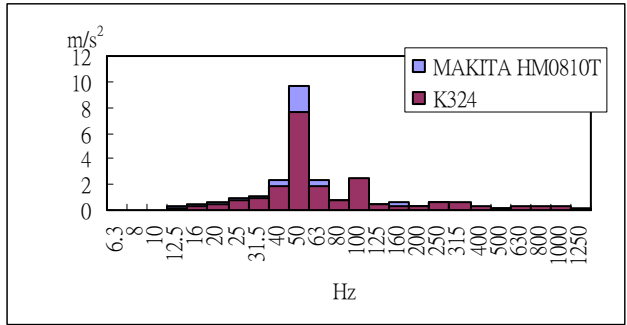
NX3-270



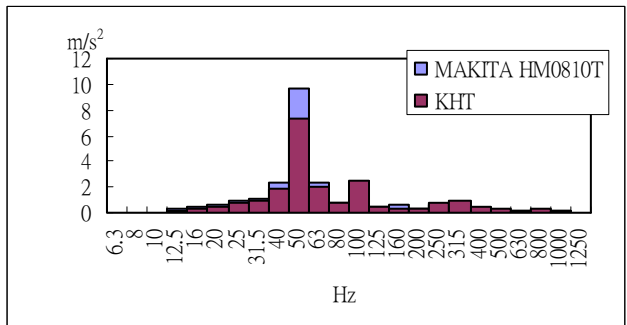
KSA700



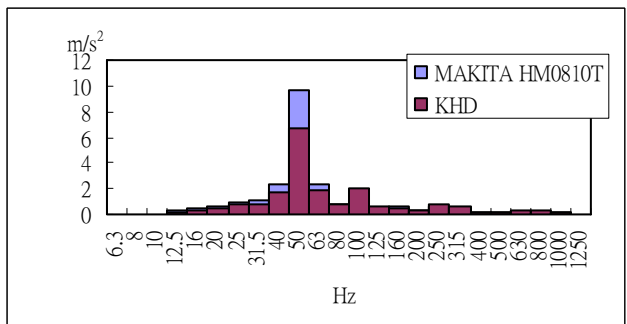
K503



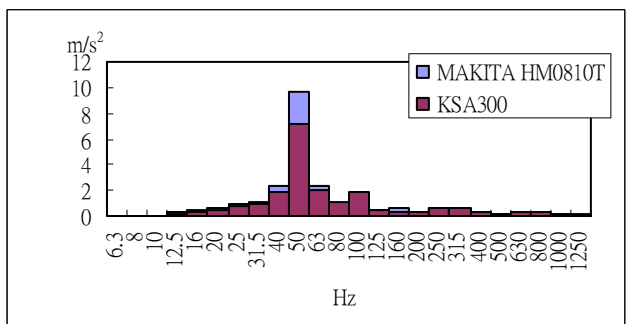
K324



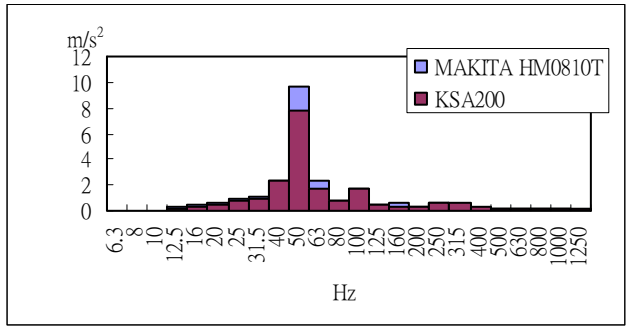
KHT



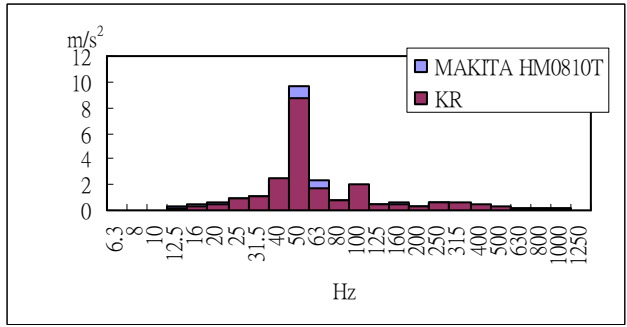
KHD



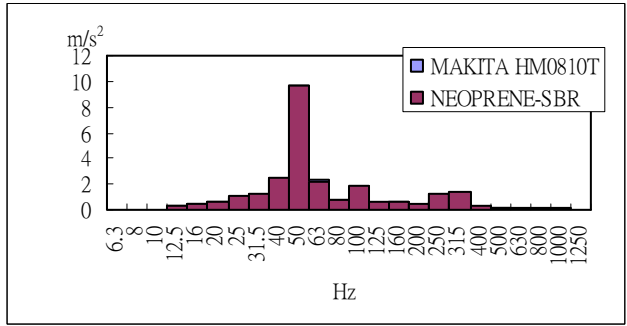
KSA300



KSA200

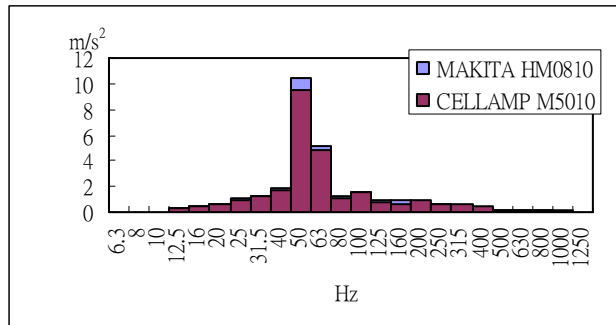


KR

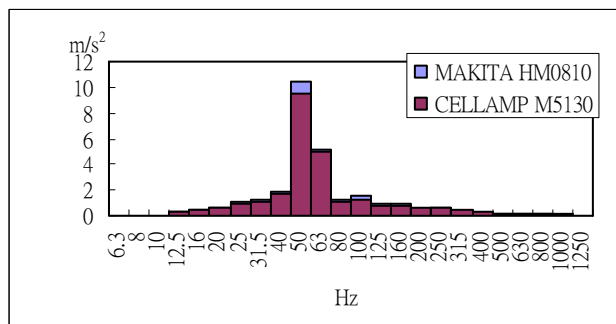


NEOPRENE-SBR

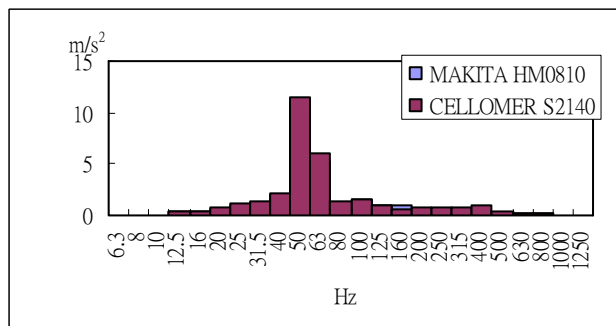
附件五：利用 MAKITA HM0810 測試時各材料頻譜圖



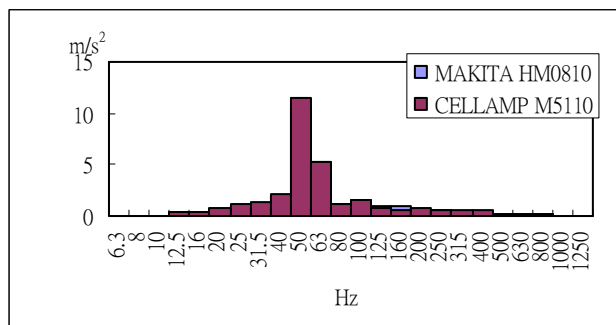
CELLAMP M5010



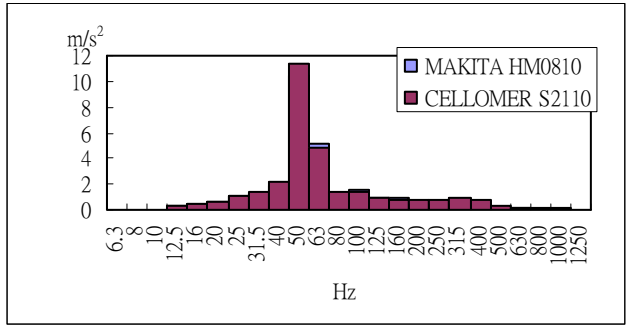
CELLAMP M5130



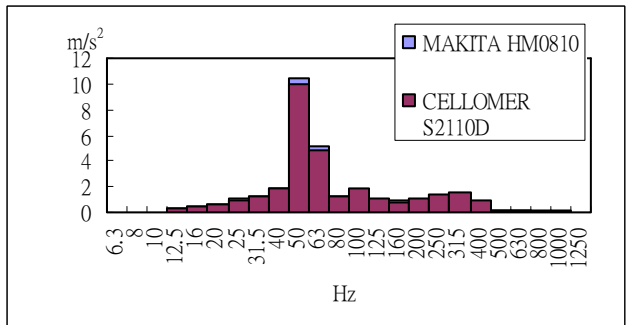
CELLOMER S2140



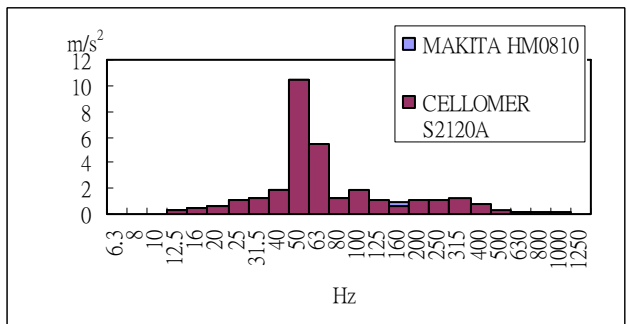
CELLAMP M5110



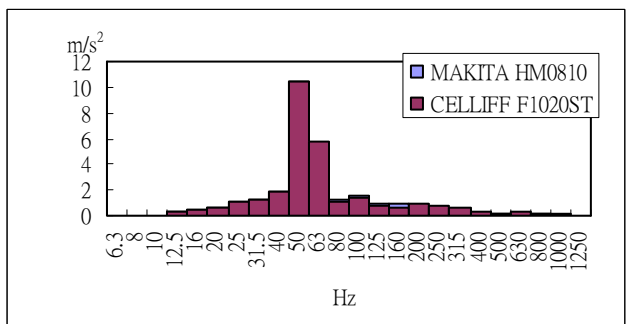
CELLOMER S2110



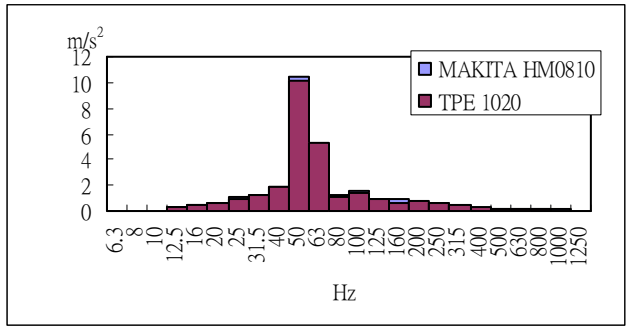
CELLOMER S2110D



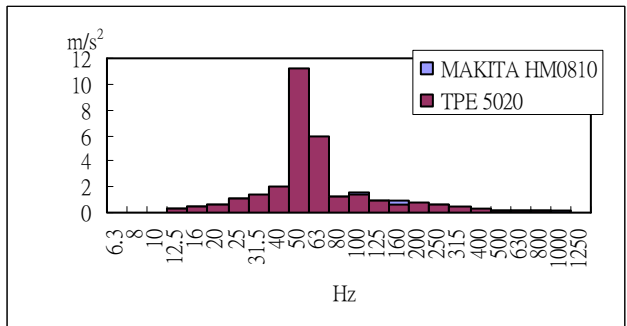
CELLOMER S2120A



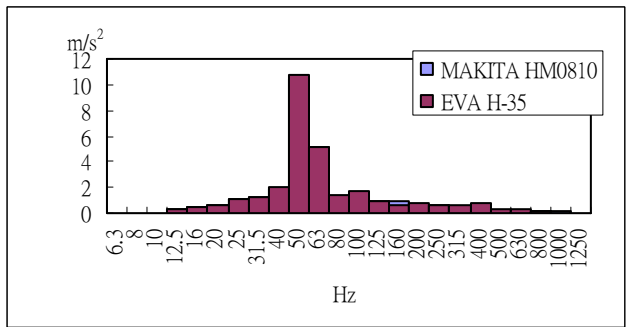
CELLIFF F1020ST



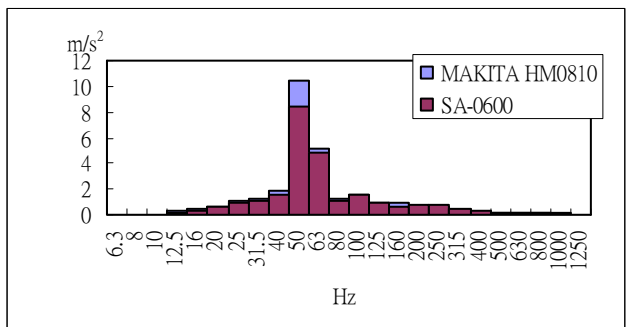
TPE 1020



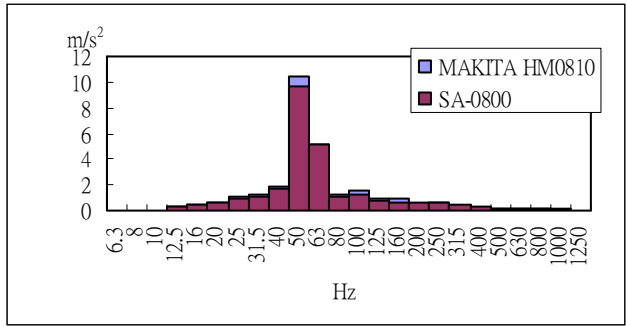
TPE 5020



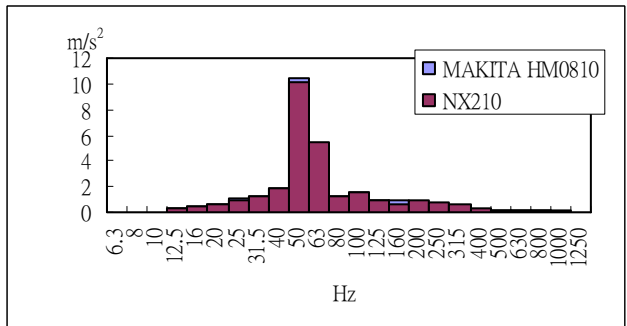
EVA H-35



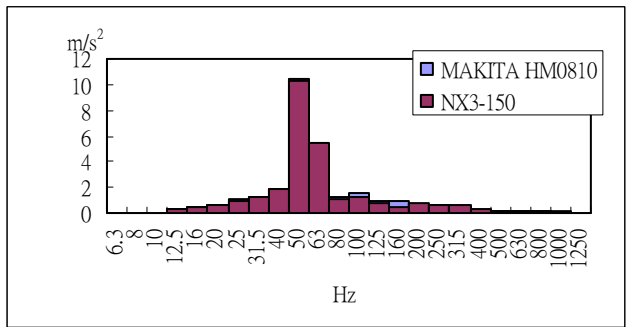
SA-0600



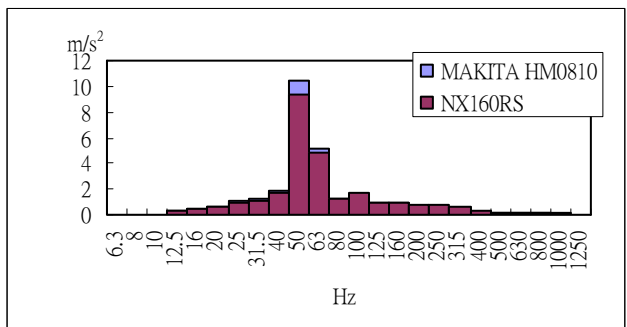
SA-0800



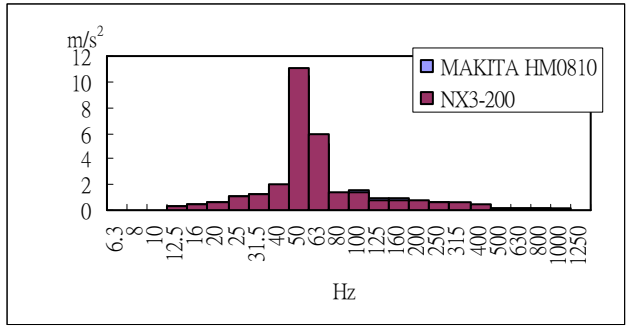
NX210



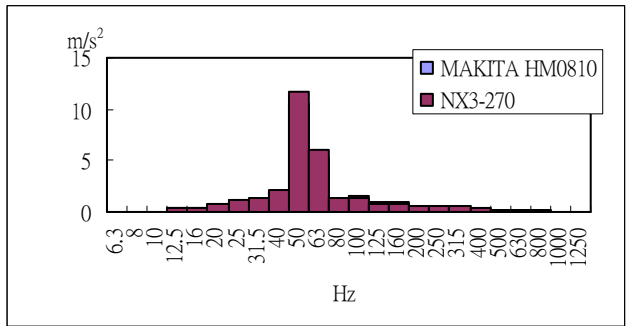
NX3-150



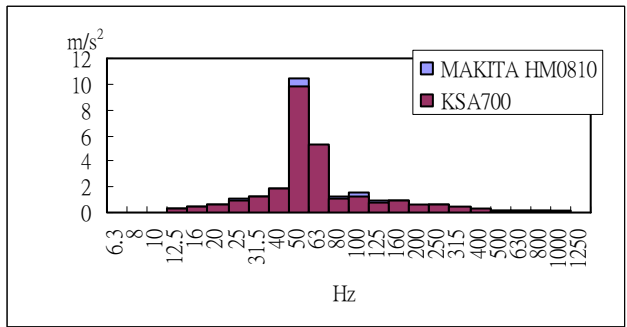
NX160RS



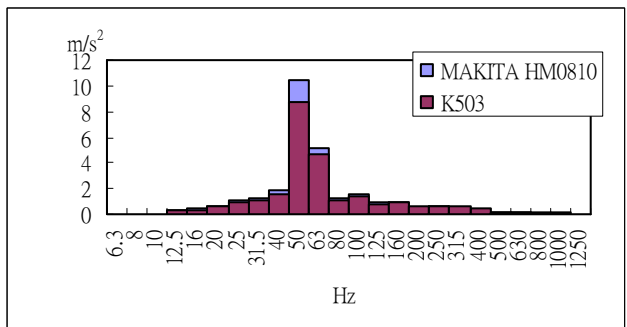
NX3-200



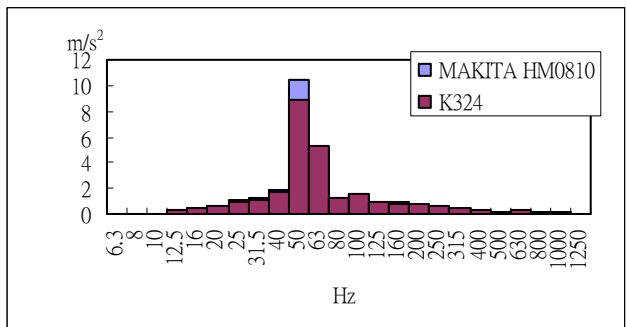
NX3-270



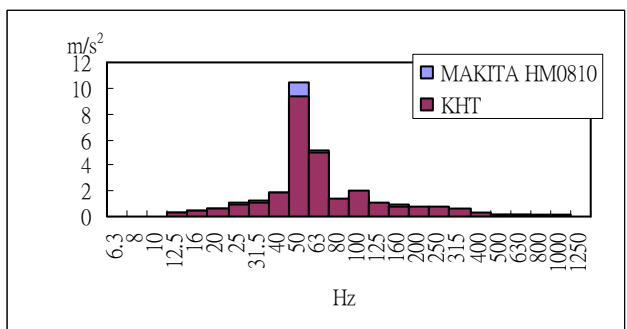
KSA700



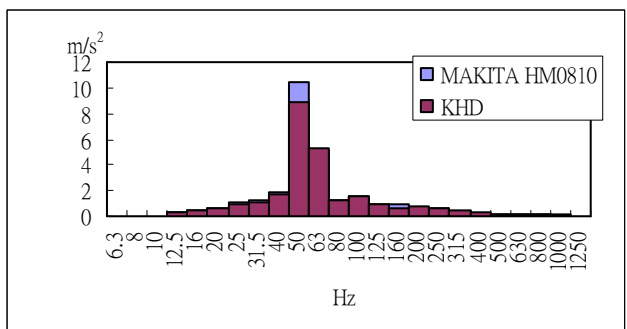
K503



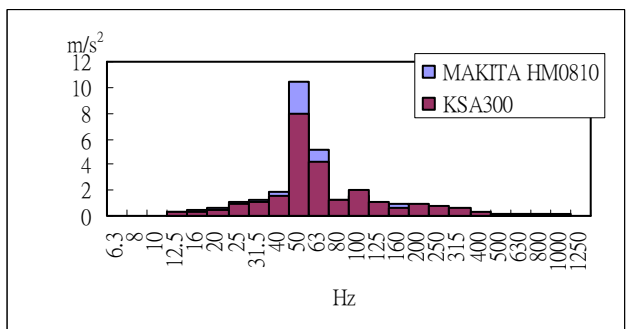
K324



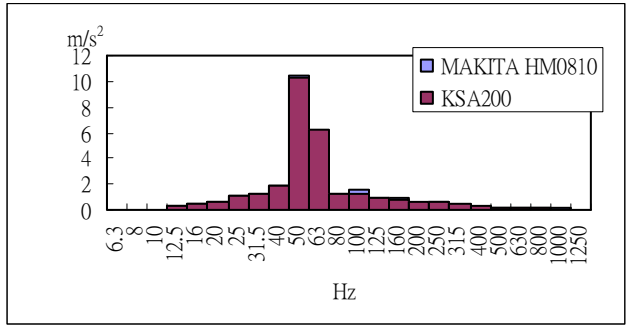
KHT



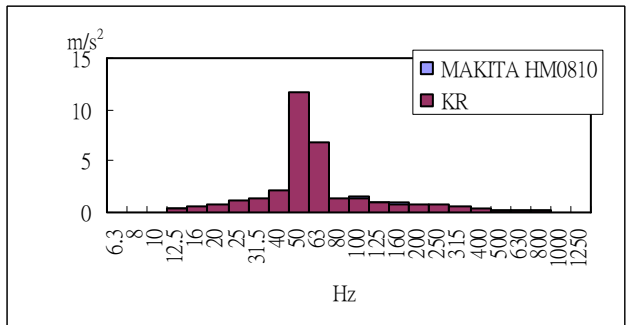
KHD



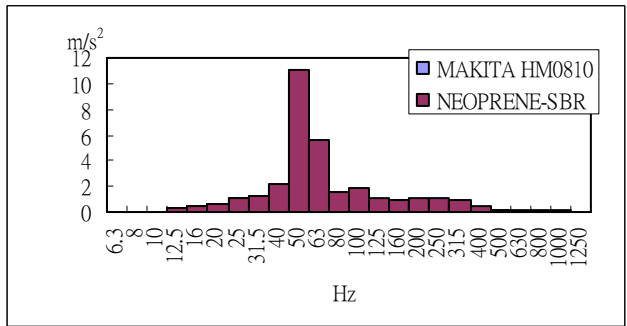
KSA300



KSA200

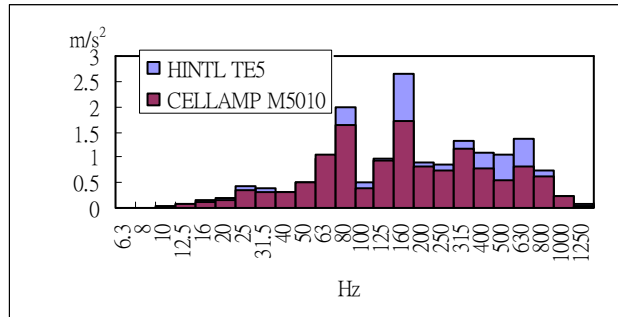


KR

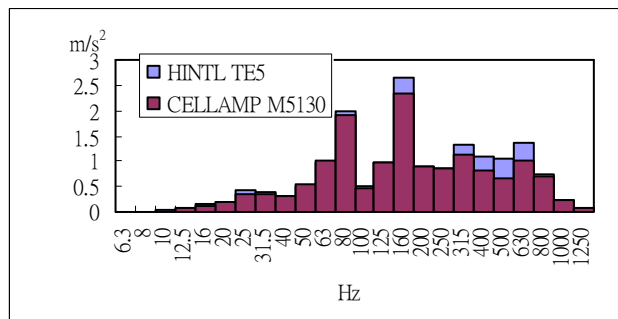


NEOPRENE-SBR

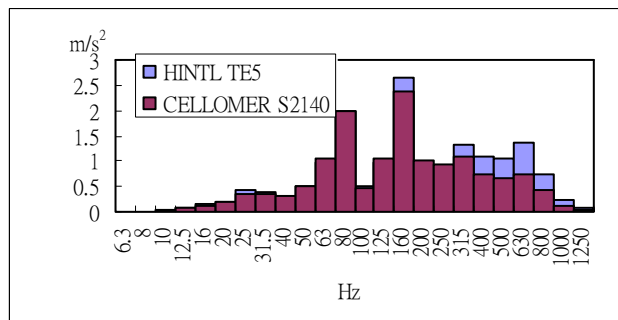
附件六：利用 HINTL TE5 測試時各材料頻譜圖



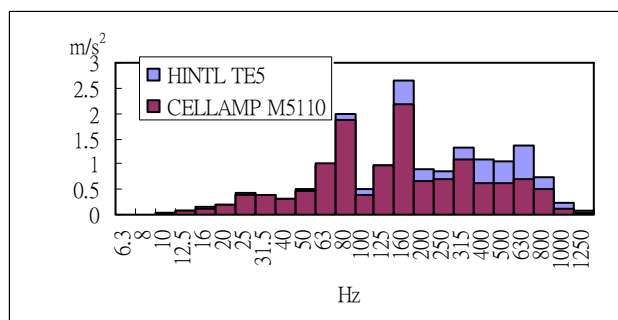
CELLAMP M5010



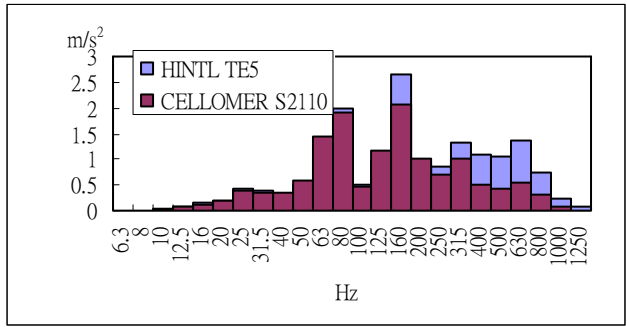
CELLAMP M5130



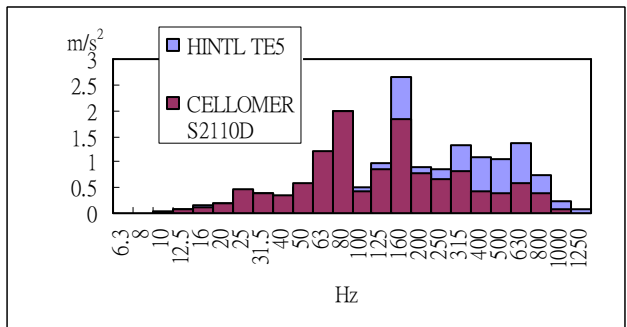
CELLOMER S2140



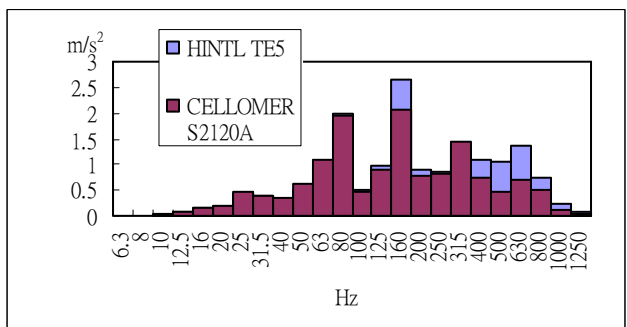
CELLAMP M5110



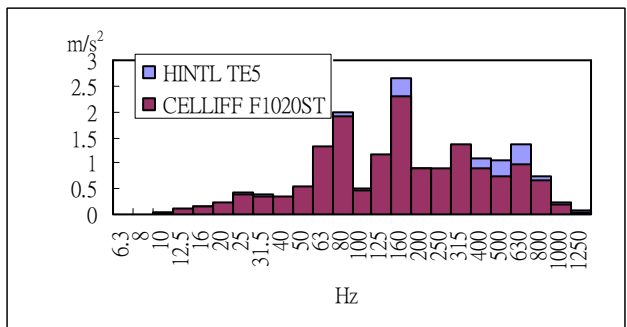
CELLOMER S2110



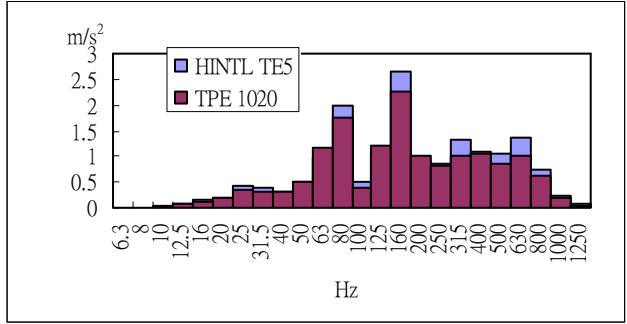
CELLOMER S2110D



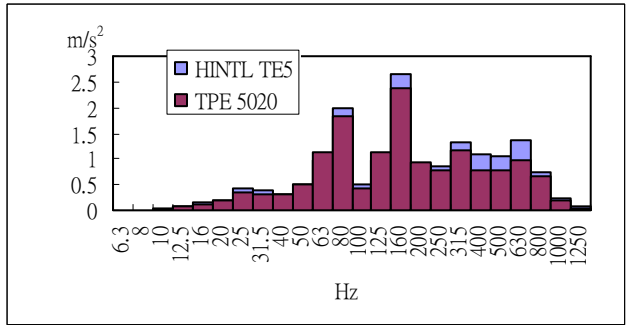
CELLOMER S2120A



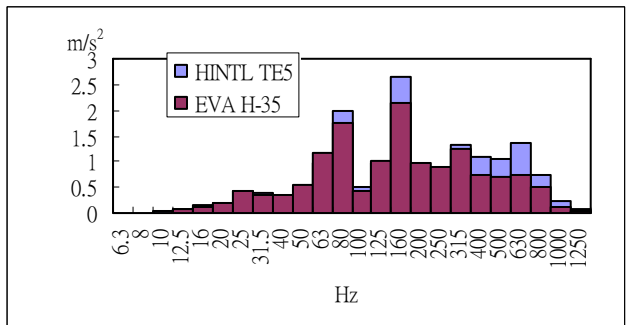
CELLIFF F1020ST



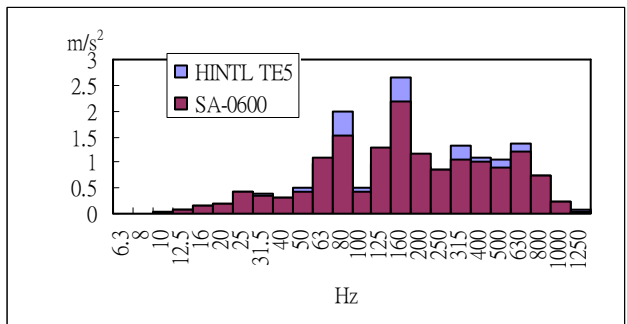
TPE 1020



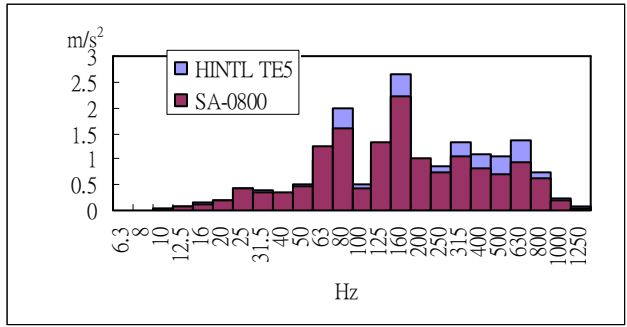
TPE 5020



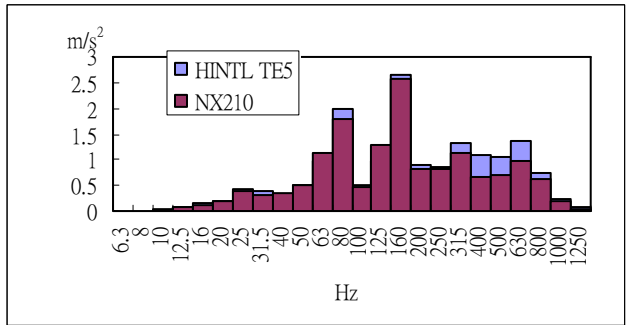
EVA H-35



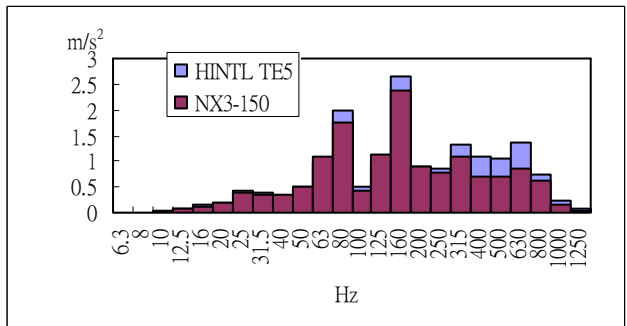
SA-0600



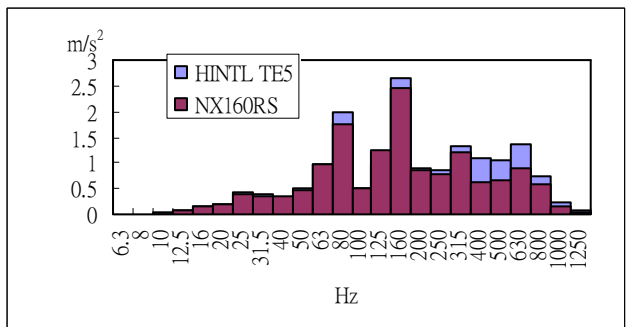
SA-0800



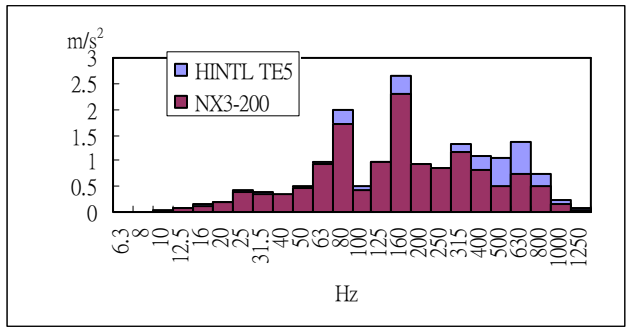
NX210



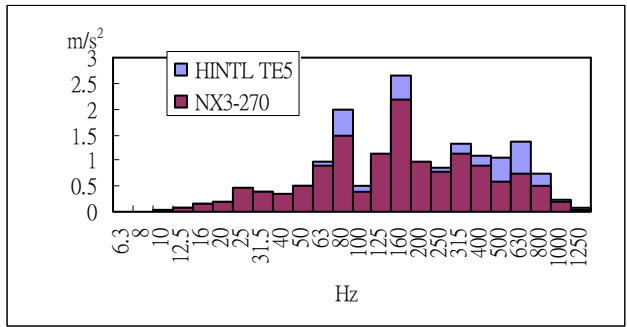
NX3-150



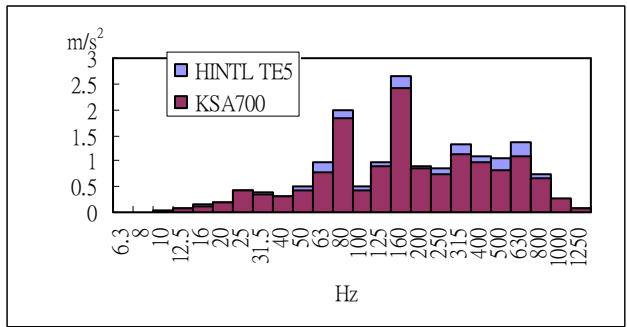
NX160RS



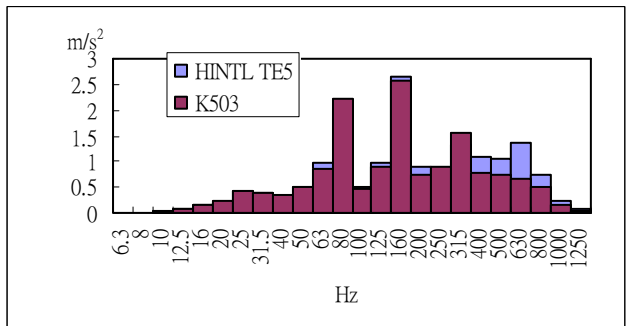
NX3-200



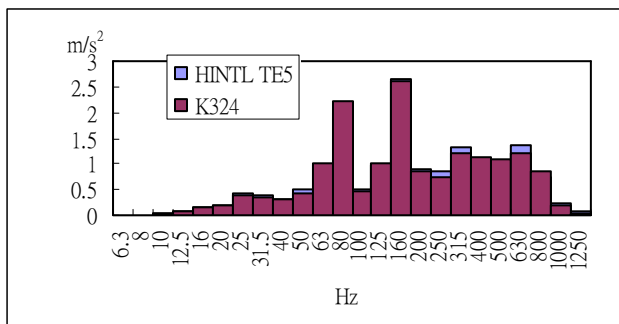
NX3-270



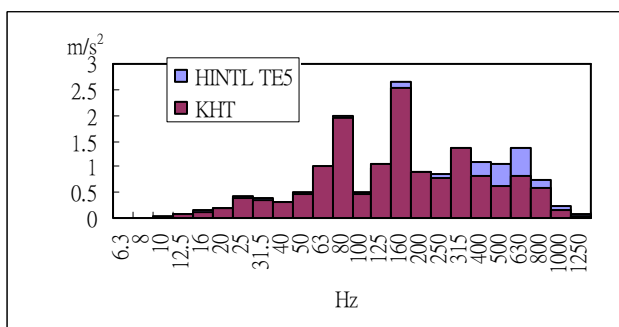
KSA700



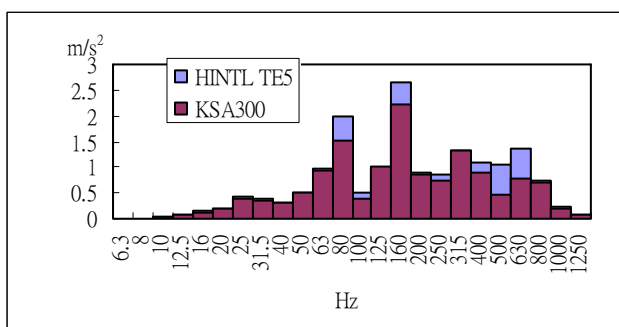
K503



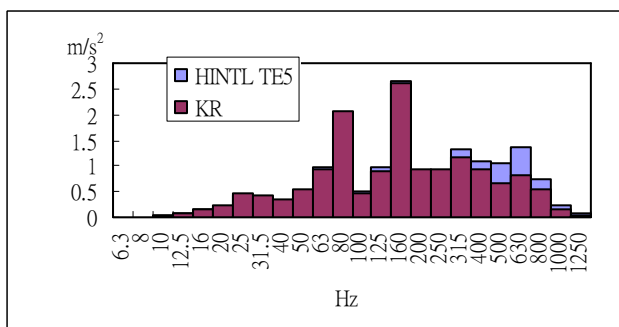
K324



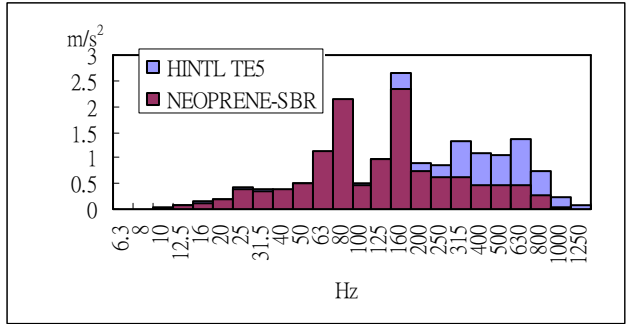
KHT



KSA300

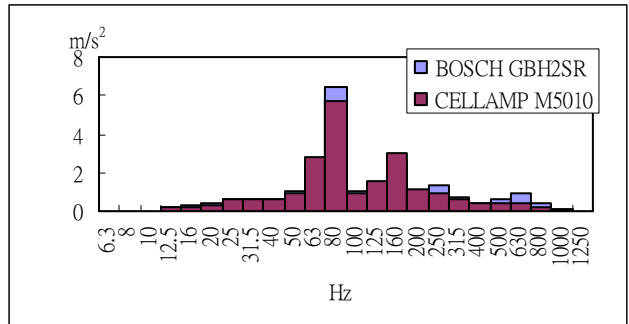


KR

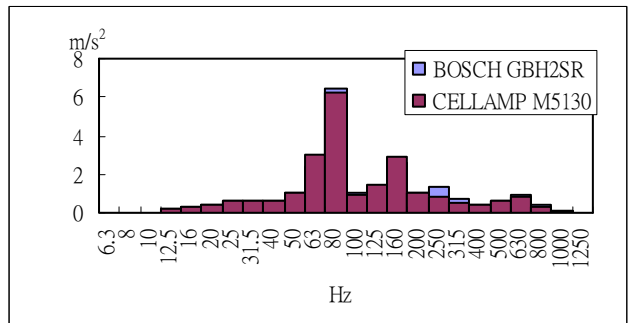


NEOPRENE-SBR

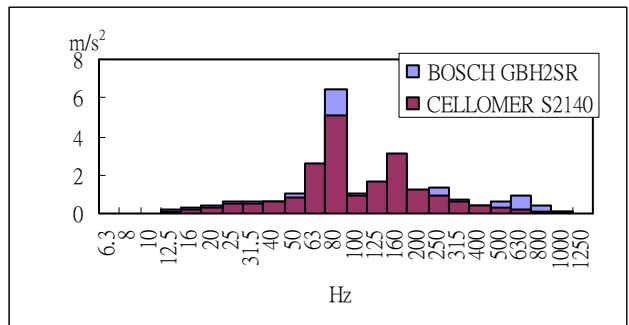
附件七：利用 **BOSCH GBH2SR** 測試時各材料頻譜圖



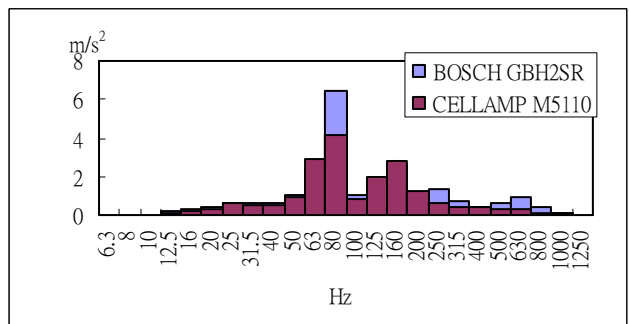
CELLAMP M5010



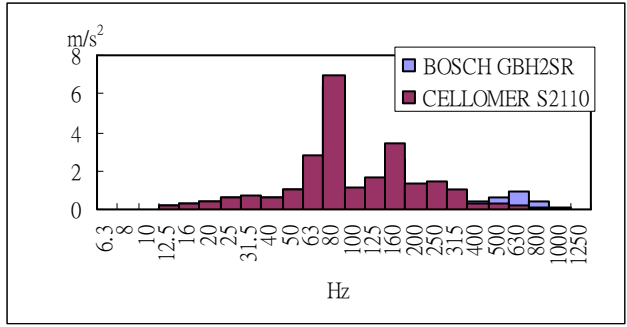
CELLAMP M5130



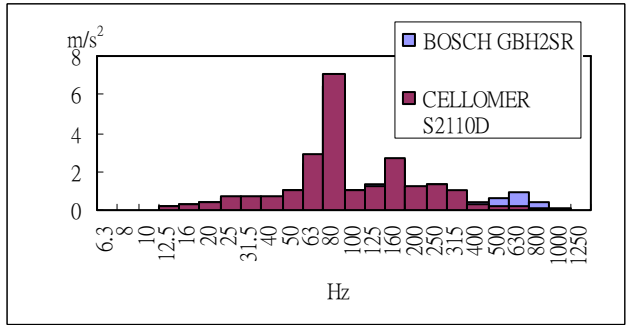
CELLOMER S2140



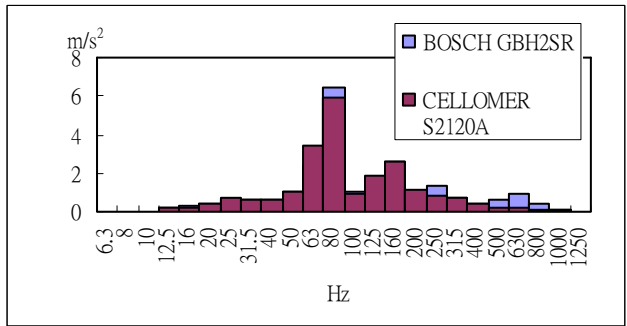
CELLAMP M5110



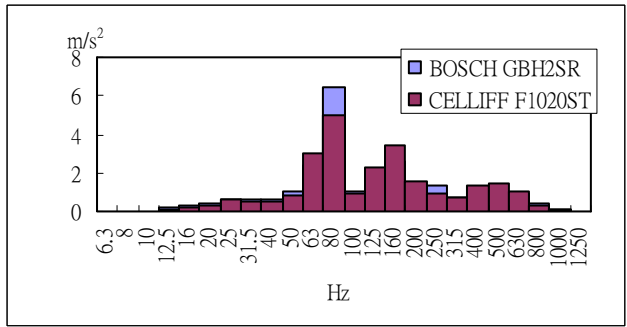
CELLOMER S2110



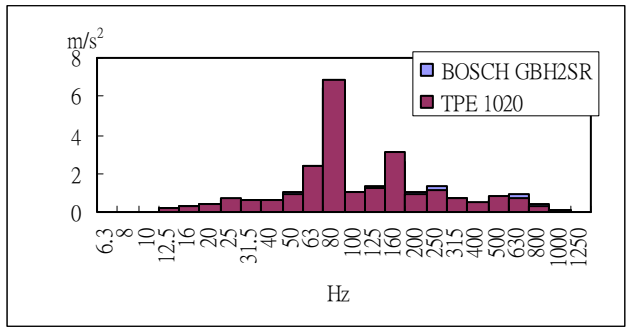
CELLOMER S2110D



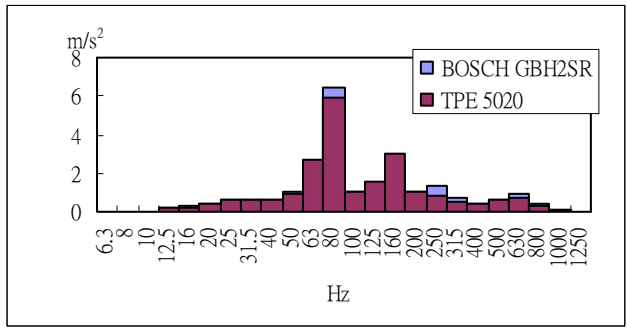
CELLOMER S2120A



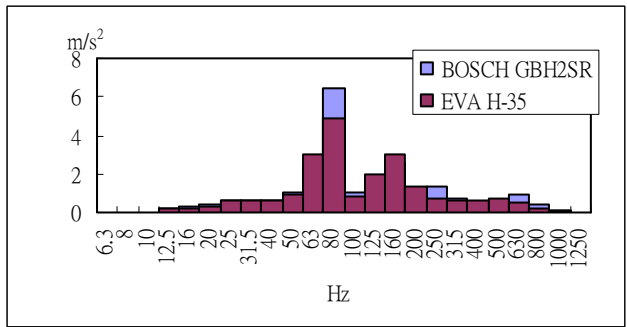
CELLIFF F1020ST



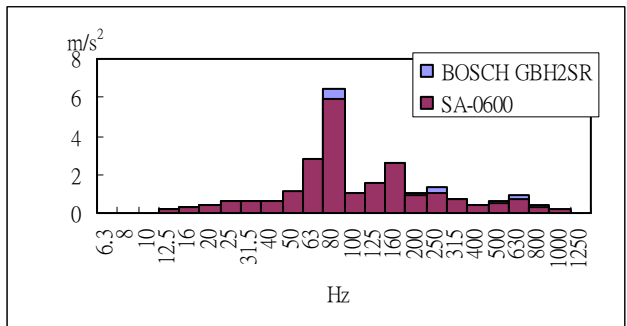
TPE 1020



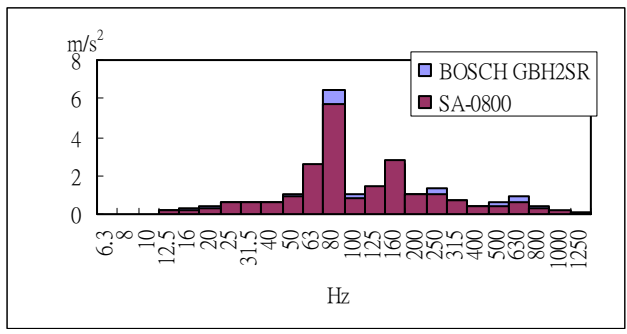
TPE 5020



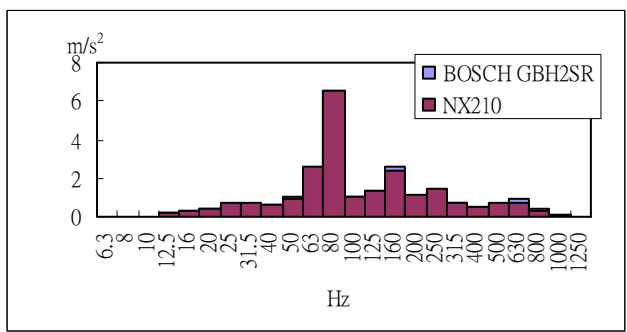
EVA H-35



SA-0600



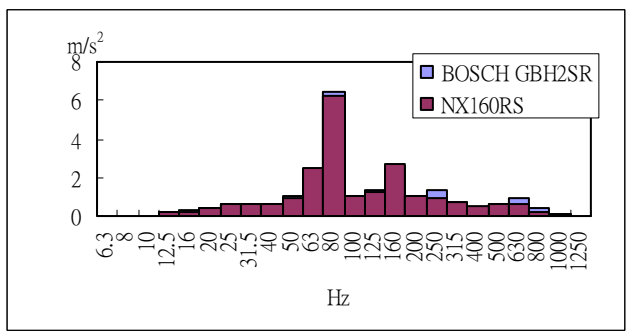
SA-0800



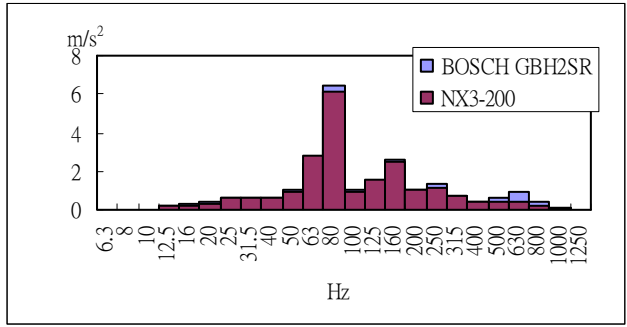
NX210



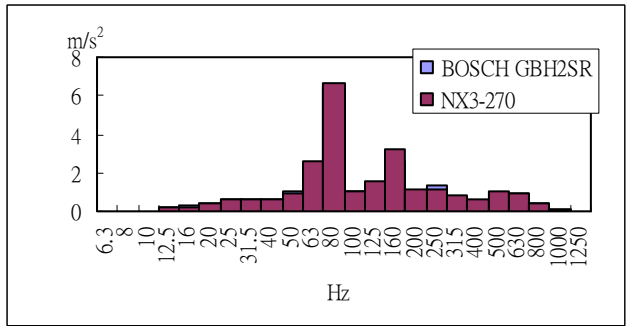
NX3-150



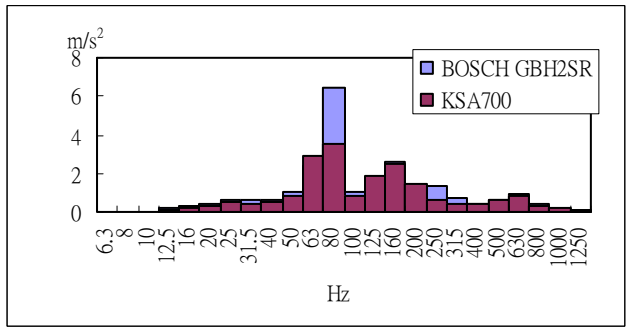
NX160RS



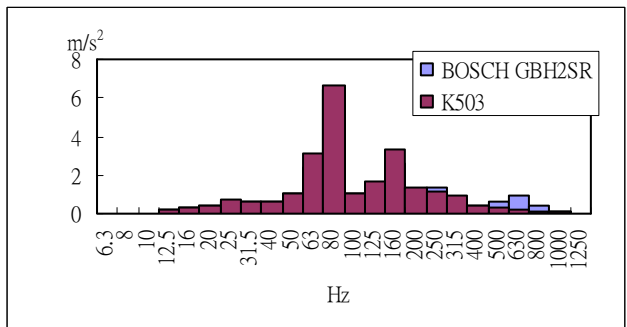
NX3-200



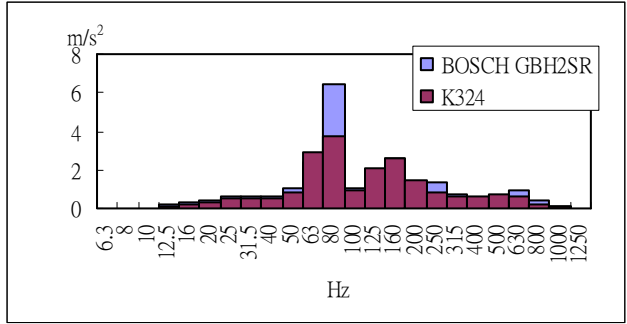
NX3-270



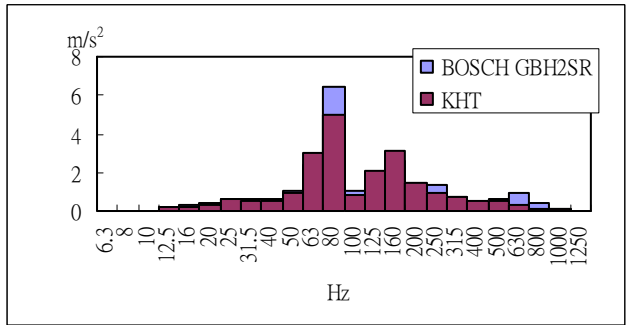
KSA700



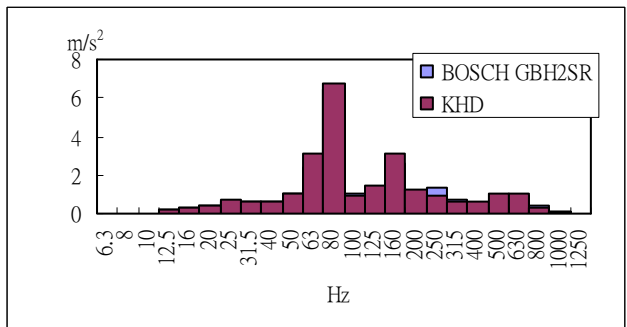
K503



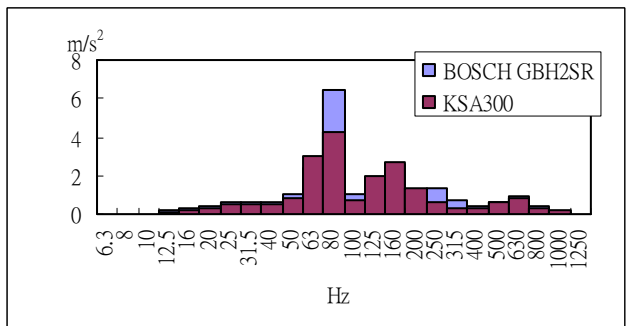
K324



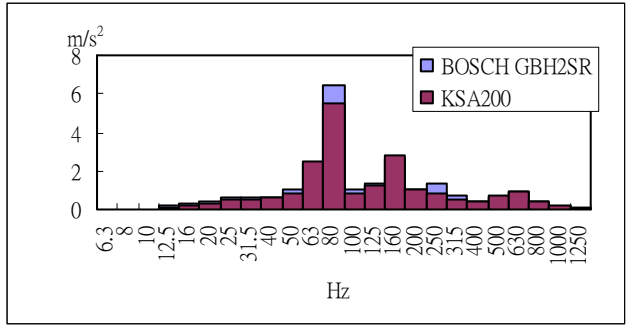
KHT



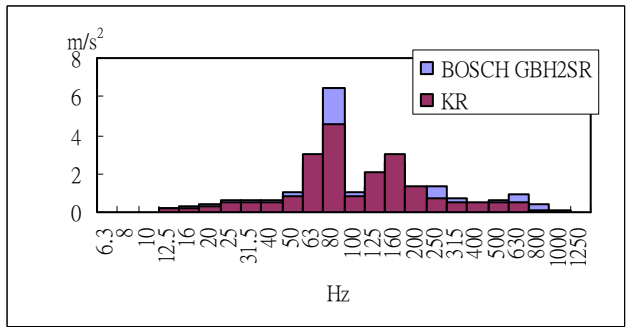
KHD



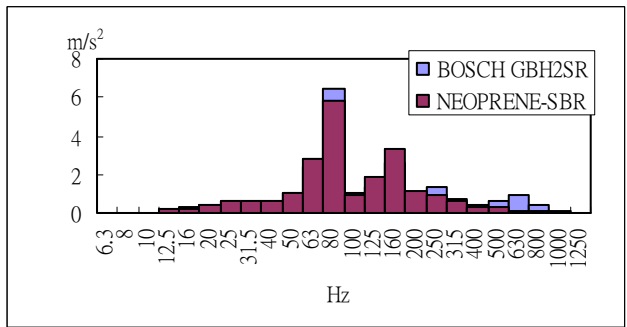
KSA300



KSA200



KR



NEOPRENE-SBR