

電腦主機板之振動模態特性分析

呂學烈 辛哲瑤

指導老師：王栢村 教授

國立屏東科技大學

機械工程系

摘要

本研究主要針對家用電腦主機板做一系列振動模態測試，首先將電腦主機板以頻譜分析儀，採衝槌實驗靜態之量測，經由曲線嵌合軟體之轉檔及操作得到其自然頻率、模態振型與阻尼比後，再與理論有限元素分析所得之結果做比較，最後經由振動試驗機之動態量測作驗證，求得電腦主機板之振動模態特性。得到實驗與軟體分析結果有相當程度之吻合，與振動試驗機結果也相當一致。結果可為將來建立電腦主機板相關可靠度分析，能有效的省時省力並達到主機板元件之評估。

關鍵字：實驗模態分析、有限元素分析、自然頻率、模態振型、振動試驗機、可靠度。

一、前言

電腦主機板中，有許多大大小小的重要元件，在經由廠商送貨或因自我搬運電腦的過程中，產生的振動刺激，過度的振動影響使的某些元件的接腳因疲勞或應力過大而接觸不良或斷裂，使得電腦主機板失去效用。

在關於電子產品的振動分析與可靠度關係的研究中，何等人[1]說明針對電路板及電源供應器內部的電子元件做分析；先將整個結構

區分為許多小部份個別驗證，最後再將這些經過驗證的部份累加作整體的驗證，並以殼元素(Shell 99)模擬時，模型較準確。林[2]說明液晶顯示面板(Liquid Crystal Display, LCD)之隨機振動及可靠度分析，液晶顯示面板常處於動態的環境中，故面板極有可能因過度的振動而損壞，故做此可靠度試驗。廖[3]提出應用環境應力篩選(Environmental Stress Screen, ESS)技術以剔除電子產品早夭(Infant Mortality)失效的觀念，主要的原因在於對 ESS 不了解所造成。潘[4]指出振動環境可能對電子線路造成之影響，而加以防制並探討如何減少印刷線路板(Print Circuit Board, PCB)因振動產生之偏移量，也提到 PCB 及元件之機械失效有幾種模式：元件與 PCB 間連接導線斷裂、焊接點破裂、PCB 斷裂、螺絲鬆動等。林[5]提出電子產品可靠度一般採用失效時間(MTBF)表示，可靠度之改進可觀察 MTBF 的改變情形，改進能力可應用可靠度成長模式加以評估。Mahadevan and Zhang [15]針對發展綜合對於產品發展的可靠度測驗和計算之可靠度分析方法做探討；綜合計算可靠度分析和測驗不僅將增加對可靠度預測的精確度和信心，而且會降低實驗費用。Su [16]指出環境應力篩選被應用在領域中出現之前除去損壞，在產品壽命期間被發現。

在關於可靠度與環境試驗的研究中，顏[6]指出影響產品的可靠度的主要原因有五大項：元件有潛在的缺陷、組裝工藝不良、設計

缺陷、運送儲存不當造成故障、使用時間超過材料正常壽命；接著依難易程度分為三大類：功能瑕疵、潛在瑕疵、可靠度瑕疵去探討。柯[7]於實驗室中所作的加速壽命試驗(Accelerated Life Testing, ALT)的方法，測試並評估產品的操作壽命，介紹了失效(Failure)的成因與分類：失效位置、失效機制、失效模式。許與廖[8]指出一般於產品初步設計階段，壽命週期分為：研發設計、製造組裝、交貨運輸、儲存備用、客戶使用階段。林[9]說明環境試驗是驗證產品設計，品質與可靠度是常使用的技術，由「試驗執行」走向「試驗規劃」、「規格制訂」，指出環境試驗包括：發展試驗(Environmental Development Test, EDT)、設計驗證試驗(DVT)、環境允收試驗(EAT)、環境鑑定試驗(EQT)、環境查證試驗(ECT)、環境應力篩選(ESS)；及可靠度四基本要素：時間、條件、功能、機率。李[10]提出 ESS 是結合生產與品管技術中最有效率的方法，有效率的 ESS 程序可大幅提升產品的可靠度，並降低生產製造及維修成本，首先必須對試件之先關係件、規格、零件用料及使用環境之條件有相當的了解。Edmond *et al.* [17]說明各種不同的技術進入 ESS 的探究程序，ESS 剖面作為測試，必需的設備特性。

在關於規範的研究中，林[11]說明環境條件、環境應用在產品上的概念，簡要此二主題相應之 IEC68 與 IEC721 系列之內容，表列 IEC 標準之環境分級，七種典型應用場合之環境條件分級，及電工產品之通用環境試驗方法。何[12]指出可靠度預估是電子系統可靠度設計早期工作之重要一環，目前大多參考美軍規範 MIL-HDBK-217(Reliability Predication of Electronic Equipment)，可靠度預估之目的有：可靠度可行性分析、競爭性產品比較、確定潛在之可靠度問題、提供可靠度/維護度之資料，MIL-HDBK-217 規範分為兩大部份：(a) 零件計數法，(b)零件應力法。張與柯[16]提出

在製造業產品可靠度保證的專業領域中，MIL-HDBK-217 至今仍是最常使用的失效率預估方法，選擇最適合的設計方案，目標就是將產品可靠度水準提升至滿足顧客需求的程度。關[14]提出根據 MIL-HDBK-217F 電子可靠度預估，主要是按實地(Field)收集使用失效資料，加以曲線嵌合(Curve Fitting)之經驗模式，由此模式預測可靠度。Denson [18]提到美國軍方在 1962 年由美國海軍提出第一版的 MIL-HDBK-217 規範，從此美國國防武器裝備的研發計劃中，可靠度預估即依據此規範執行。Wu *et al.* [19]提到 ESS 應用到醫療，利用標準程式碼 MIL-STD-810D 和-810E 對醫療直升機或接地車輛做可靠度分析。

圖 1 為本專題研究之流程圖。為了對電腦主機板的可靠度有更多的了解，採用實靜態之實驗模態分析(EMA)，及電腦輔助工程中的有限元素分析法(FEA)來分析，並以動態之振動試驗機對電腦主機板模擬隨機振動，希望以實驗與分析結果用來改善電腦主機板結構的依據。

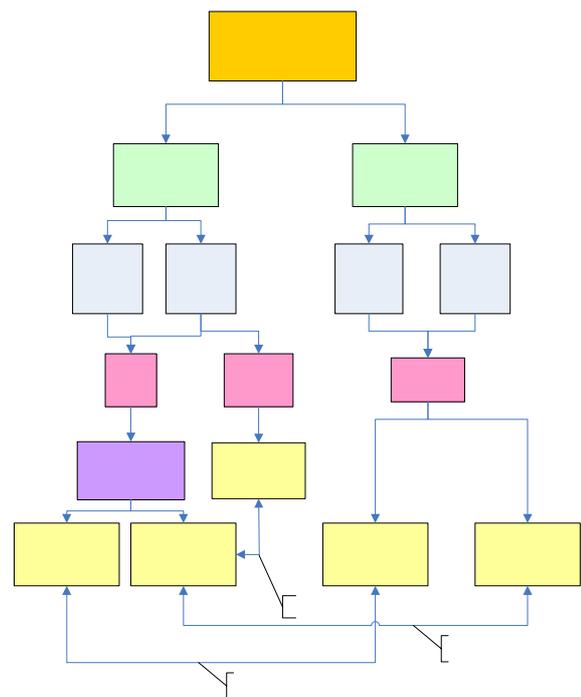


圖 1、專題研究流程圖

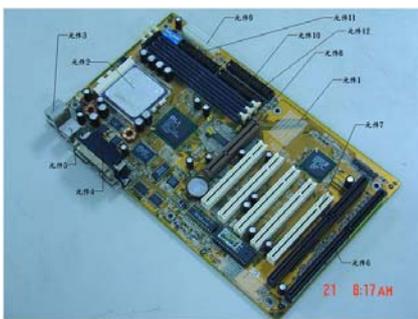
二、主機板之有限元素分析

本研究針對一實際電腦主機板(AMD)，型號 GA-72XE，探討其振動模態特性，本節主要是建立有限元素模型，與下節之實驗模態分析做相互比較驗證，因此採用 Ansys 8.0 套裝軟體來進行有限元素分析，來模擬實際電腦主機板在自由邊界與固定邊界兩種邊界狀況下，所得到之振動特性。

首先量測電腦主機板尺寸為 306mm×184mm×1.6mm，表 1 為實際量測電腦主機板上各個元件尺寸及件數，如圖 2 所標示之元件位置，圖 2 為電腦主機板立體圖，圖 2(a)為實際圖，圖 2(b)為以 Inventor 建構之立體圖。由圖中可看清楚看出電腦主機板主要的幾個元件，而圖中所標示之元件可由表 1 看出其尺寸大小件數。

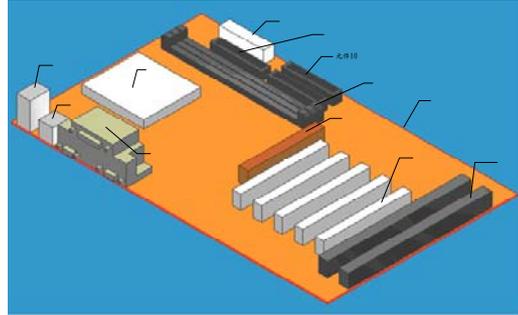
表 1、電腦主機板上各元件大小及尺寸

元件名稱	尺寸	件數
元件 1	306×184×1.6(mm ³)	1
元件 2	60×55×7(mm ³)	1
元件 3	14×20×27 (mm ³)	1
元件 4	60×25×27(mm ³)	1
元件 5	13×8×16(mm ³)	1
元件 6	9×139×14(mm ³)	2
元件 7	9×85×14(mm ³)	5
元件 8	9×74×14(mm ³)	1
元件 9	43×10×12(mm ³)	1
元件 10	60×7×9(mm ³)	2
元件 11	50×7×9(mm ³)	1
元件 12	140×5×7(mm ³)	3



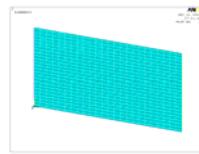
(a) 實際圖

圖 2、電腦主機板立體圖

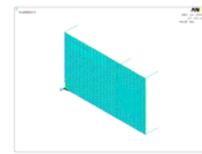


(b)以 Inventor 建構之立體圖

圖 2、電腦主機板立體圖(續)



(a)自由邊界



(b)固定邊界

圖 3、電腦主機板之有限元素模型

圖 3 為電腦主機板之有限元素模型，圖 3(a)為自由邊界，圖 3(b)為固定邊界，主要可由下列四項說明：

1. 元素類型

圖 3(a)中，自由邊界採用殼元素(Shell 63)模擬元件 1 電腦主機板底板以及元件 2~5 部分，三維樑元素(Beam 4)模擬元件 6~12 部份做為電腦主機板有限元素模型。

圖 3(b)中，固定邊界也採用殼元素(Shell 63)模擬元件 1 電腦主機板底板以及元件 2~5 部分，三維樑元素(Beam 4)模擬元件 6~12 部份，最後再加上 6 個彈簧元素(Combin 14)，阻尼設為 10^{20} ，來模擬固定邊界做為電腦主機板有限元素模型。

2. 元素分割

圖 3(a)中，由簡化的主機板結構，在有限元素分析時，殼元素(Shell 63)以實體模型法架構，底板以 24×24 的等份大小分割，CPU 以 5×7 的等份大小分割，滑鼠與鍵盤插槽以 1×2 等份大小分割，USB 插槽以 1×1 等份大小分割，電源、主機與螢幕插槽以 5×3 等份大小分割；三維樑元素(Beam 4)以直接架構法架構，以每插卡槽之適當距離架構。

圖 3(b)中，固定邊界則是使用自由邊界設定並在 4 個角落與中間兩側加上彈簧元素 (Combin 14)。

3. 位移限制

圖 3(a)中，自由邊界無須設定任何位移限制。圖 3(b)中，固定邊界設定彈簧元素 (Combin 14)，固定端之節點自由度皆為零。

4. 負荷條件

進行模態分析時，不必設定任何之外力負荷條件。

三、主機板之實驗模態分析

本研究是將實際電腦主機板利用頻譜分析儀(SigLab)來接受輸入訊號，架構如圖 4，圖 4 為實驗模態分析架構圖。圖 5 為電腦主機板實驗模態分析規劃量測點。利用鋼質衝擊鎚為驅動器，加速度感測器之組合，對電腦主機板進行實驗模態分析；設定頻率範圍為 0~2000Hz，以固定加速度計，移動衝擊鎚方式進行實驗，求得結構之振動特性。

再應用 ME'scope 軟體做曲線嵌合，得到自由邊界與固定邊界電腦主機板之正確模態參數，最後以振動試驗機做固定邊界比較討論，並與前節有限元素分析得到之結果做比較。

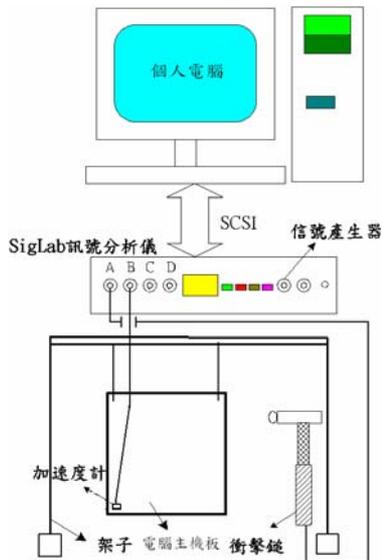


圖 4、實驗模態分析架構圖

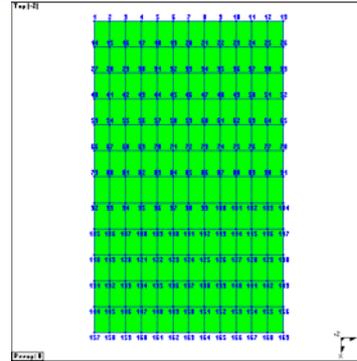


圖 5、電腦主機板實驗模態分析規劃量測點



圖 6、電腦主機板之實驗模態分析實際架設圖

圖 6 為電腦主機板之實驗模態分析實際架設圖，可用圖 6(a)自由邊界與圖 6(b)固定邊界做靜態之實驗量測，綜合以上分項說明：

3.1 Free-free邊界靜態實驗量測

以電腦主機板背面為量測面，主要因為主機板正面結構複雜不易敲擊，如圖 5，將主機板長寬各分成 12 等分，因此有 13x13 個量測點，共 169 個量測點。再將加速度計以蜂臘黏接於量測 157 點上，以鋼質衝擊鎚敲擊主機板背面各規畫點上，以固定加速度計，移動衝擊鎚方式進行實驗，此敲擊方向設定為 Z 方向。

圖 6(a)中加速度計固定點為 157 點，上方使用兩條釣魚線懸吊，假設為自由邊界。

3.2 Fixed邊界靜態實驗量測

圖 6(b)中加速度計固定點為 157 點，將電腦主機板用六個螺絲固定於鐵板上假設成固定邊界，再挾持在固定平台上，與自由邊界一樣有 169 個量測點。再將加速度計以蜂臘黏接於量測 157 點上，以鋼質衝擊鎚敲擊主機板背面各規畫點上，以固定加速度計，移動衝擊鎚方式進行實驗，此敲擊方向設定為 Z 方向。

圖7為電腦主機板於振動試驗機之架構圖；振動試驗機動態量測，如圖7(a)實驗架構示意圖與7(b)實際架設圖，說明如下：

3.3 振動試驗機之動態量測驗證

將電腦主機板用螺栓固定於振動平台上如圖7，圖7(a)、(b)中，主要是利用振動試驗機之隨機波(Random)訊號激振，左邊的加速度計以蜂臘固定於電腦主機板上，作為量測電腦主機板的訊號；右邊的加速度計固定於振動平台上，作為接受輸出訊號是否與輸入吻合。

四、結果與討論

先討論電腦主機板自由邊界之模型驗證，再以固定邊界做驗證比較，最後為自由邊界與固定邊界之分析比較，比較如下：

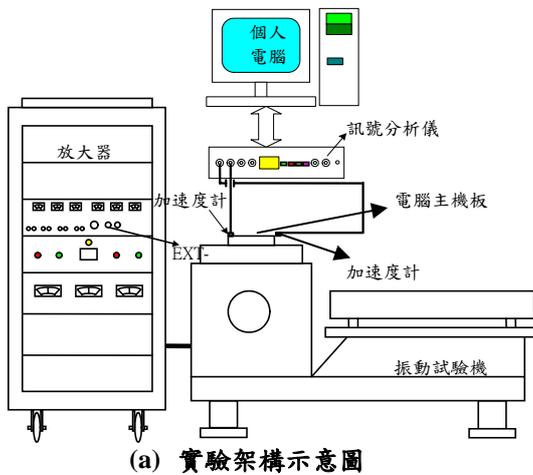


圖7、電腦主機板於振動試驗機之架構圖

4.1 free-free 實驗分析與數值分析之比較

表2為FEA自由邊界最佳化結果參數表。由表中可看出最佳化結果設計變數2之楊氏係數為 $0.22185 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$ ，密度 2446.8 kg/m^3 ，蒲松比為 0.39492 ，與參考文獻[1]所給之參數相近，因此大致結果算吻合。

圖8為電腦主機板自由邊界實驗模態分析之頻率響應函數圖形與合成曲線(synthesize)互相比對。本實驗以固定加速度計做感應器，配合衝擊錘為驅動器來量測之頻率響應函數，討論結果如下：

- (1) 圖8(a)是敲擊與固定同點157量測點之頻率響應函數與關聯性函數圖，選擇此點是為了觀察每兩個Peak間是否有出現反共振點之Peak，在圖中低頻部份皆有觀察到此現象。

表2、FEA自由邊界最佳化結果參數表

設計變數	最佳化結果	文獻[1]
EX1 (N/m^2)	0.81351×10^{10}	2×10^{10}
EX2 (N/m^2)	0.22185×10^{11}	2×10^{10}
EX3 (N/m^2)	0.24605×10^{11}	
DENS1 (kg/m^3)	582.45	1800
DENS2 (kg/m^3)	2446.8	1800
DENS3 (kg/m^3)	2833.5	
P1	0.38940	0.35
P2	0.39492	0.35

註：1*為元件1；2*為元件2~5；3*元件6~12

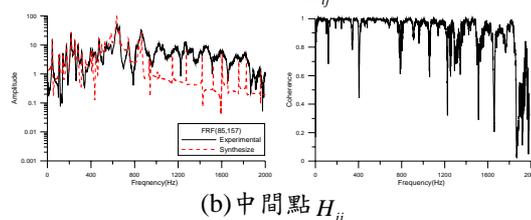
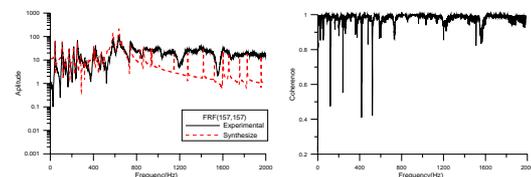


圖8、電腦主機板自由邊界之頻率響應函數(FRF)與關連性函數

- (2) 圖 8(b)是敲擊電腦主機板中間點 85 點與固定 157 量測點之頻率響應函數與關聯性函數圖，選擇主要原因是此點為電腦主機板之中間位置，較能表現出整體之頻率響應與關聯性函數，由圖可看出此電腦主機板大致的到結果。
- (3) 圖 8(a)與(b)左邊圖形，實線為實驗所得到的頻率響應函數，虛線為曲線嵌合得到之合成曲線，用來驗證得到結果的合理性。
- (4) 圖 8(a)與(b)右邊為關聯性函數，若越接近 1 表示實驗結構之頻率響應函數正確性越高，圖中大部分都接近 1，同點的部分在低頻較差，中間點則在高頻時較差，可能是共振頻率所造成。
- (5) 大致上同點在 800Hz 低頻部份 Peak 都有對應到，800Hz~2000Hz 高頻部分沒有對應的很好；中間點也在 800Hz 低頻部份 Peak 都有對應到，800Hz~2000Hz 高頻部分沒有對應的很好，主要原因可能為量測點數不足，導致解析度不夠。

表 3、自由邊界電腦主機板之理論與實驗模態振型比較表

模態編號	自然頻率 (Hz)	理論模態振型	模態編號	自然頻率 (Hz)	實驗模態振型	誤差 (%)
F-7 (1,2)	理論 8.93		E-2 (1,2)	實驗 23.4		61.84
F-9 (1,3)	理論 33.4		E-4 (1,3)	實驗 29.8		-12.11
F-10 (2,2)	理論 37.8		E-5 (2,2)	實驗 44.5		2.65
F-12	理論 63.8		E-7	實驗 106		39.79
F-18 (3,2)	理論 117		E-8 (3,2)	實驗 111		-5.74
F-21 (4,1)	理論 216		E-10 (4,1)	實驗 175		-23.37
F-24 (4,3)	理論 334		E-12 (4,3)	實驗 251		-33.08

表 3 為自由邊界電腦主機板之自然頻率與模態振型理論有限元素分析(FEA)與實驗模態分析(EMA)比較表，討論結果如下：

- (1) 理論 FEA 以 F 加上數值來編號，一共得到 50 個理論自然頻率，實驗 EMA 則以 E 加上數值來編號，一共得到 41 個實驗自然頻率。
- (2) 在此只有列出大致吻合對應到 7 組相互對應的模態與振型做討論，實驗所出現的(1,2)，(1,3)，(2,2)，(3,2)，(4,1)，(4,3)模態，在理論分析也有完全得到對應；其中實驗模型編號 E-7 振型不易分辨，在理論分析也有對應到此振型，可確定有限元素模型是合理的。
- (3) 由表中可看出自然頻率百分比誤差在正負間變動，沒有完全偏向正或負，誤差皆在 40%以內，只有第一組的誤差高達 60%，其主要原因為實驗所得之振型大多為傾斜的，而理論分析出來的比較沒傾斜。
- (4) 實驗模態編號 E-5 與 E-8 的 44.5Hz 與 111Hz 振型最為明顯，分別為(2,2)及(3,2)模態，與理論 F-10 與 F-18 的 37.8Hz 與 117Hz 也有合理對應到，其誤差皆在 6%以內，為此模型最準確的分析。
- 綜合以上討論，電腦主機板自由邊界實驗分析與數值分析結果，可得到以下結論：
- (1) 有限元素分析自由邊界最佳化結果得到參數為合理範圍。
- (2) 頻率響應函數在 800Hz 以下低頻部份之 Peak 都有對應到，800Hz~2000Hz 高頻部分沒有對應的很好，主要原因可能為量測點數不足，導致解析度不夠。
- (3) 對應到 7 組相互對應的模態與振型，實驗所得之振型大多為傾斜的，而理論分析出來的比較沒傾斜。
- (4) 實驗所出現的(1,2)，(1,3)，(2,2)，(3,2)，(4,1)，(4,3)模態，在理論分析也有完全

得到對應，可確定有限元素模型是合理的。

(5) 表 4 電腦主機板之阻尼比累加平均在 0.196% 左右之間。

4.2 fixed 實驗分析與數值分析之比較

圖 9 為電腦主機板自由邊界實驗模態分析之頻率響應函數圖形與合成曲線 (synthesize) 互相比對，討論結果如下：

- (1) 圖 9(a) 中，低頻部份皆有觀察到反共振點。
- (2) 圖 9(a) 與 (b) 左邊圖形，實線為實驗所得到的頻率響應函數，虛線為曲線嵌合得到之合成曲線，用來驗證得到結果的合理性。
- (3) 圖 9(a) 與 (b) 右邊為關聯性函數，圖中大致上都接近 1，只有在高頻部份比較差，可能為共振頻率造成。
- (4) 大致上同點 400Hz 以下低頻部份 Peak 都有對應到，400Hz~2000Hz 高頻部分沒有對應的很好；中間點除了 1400Hz~1600Hz 沒對應到，其他部份都對應得很清楚，主要原因可能為量測點數不足，導致解析度不夠。

表 4、電腦主機板自由邊界與固定邊界之自然頻率與修正阻尼及累加平均阻尼

模態編號	自由邊界			固定邊界		
	自然頻率 (Hz)	修正阻尼 (%)	累加平均阻尼 (%)	自然頻率 (Hz)	修正阻尼 (%)	累加平均阻尼 (%)
E-1	19.6	-2.24	0	58.6	2.58	2.85
E-2	23.4	-1.97	0	81.5	1.21	1.90
E-3	26.9	-1.44	0	105	1.83	1.87
E-4	29.8	-1.54	0	122	1.90	1.88
E-5	44.5	0.30	0.06	133	1.04	1.71
E-6	89.7	-0.31	0.05	173	0.86	1.57
E-7	106	0.44	0.106	202	0.94	1.48
E-8	111	0.54	0.16	233	0.73	1.39
E-9	142	0.33	0.179	276	0.90	1.33
E-10	175	0.64	0.225	309	0.90	1.29
E-11	217	0.65	0.264	475	1.39	1.30
E-12	251	0.18	0.257	498	0.47	1.23
E-13	282	0.65	0.287	537	0.36	1.16
E-14	316	0.27	0.286	578	1.32	1.17
E-15	351	0.10	0.273	619	0.27	1.11
E-16	403	0.24	0.271	642	-0.04	1.04
E-17	414	0.19	0.266	665	-0.02	0.98
E-18	445	0.49	0.279	727	0.55	0.96

表 4、電腦主機板自由邊界與固定邊界之自然頻率與修正阻尼及累加平均阻尼(續)

模態編號	自由邊界			固定邊界		
	自然頻率 (Hz)	修正阻尼 (%)	累加平均阻尼 (%)	自然頻率 (Hz)	修正阻尼 (%)	累加平均阻尼 (%)
E-20	497	0.25	0.285	935	0.85	0.94
E-21	499	-0.01	0.271	1000	0.30	0.91
E-22	528	0.15	0.266	1050	0.54	0.89
E-23	584	0.82	0.29	1130	0.65	0.88
E-24	636	0.65	0.305	1210	0.60	0.87
E-25	664	-0.02	0.293	1320	0.44	0.85
E-26	743	0.30	0.293	1390	0.25	0.83
E-27	835	0.25	0.291	1630	0.22	0.80
E-28	866	0.11	0.285	1700	0.20	0.78
E-29	934	0.02	0.276	1820	0.20	0.76
E-30	944	-0.03	0.267	1900	0.30	0.75
E-31	1010	-0.04	0.258			
E-32	1030	-0.04	0.25			
E-33	1150	-0.01	0.242			
E-34	1270	-0.03	0.235			
E-35	1420	-0.01	0.229			
E-36	1520	-0.02	0.222			
E-37	1600	0.00	0.216			
E-38	1660	0.02	0.211			
E-39	1760	-0.01	0.206			
E-40	1830	-0.01	0.2005			
E-41	1960	-0.02	0.196			

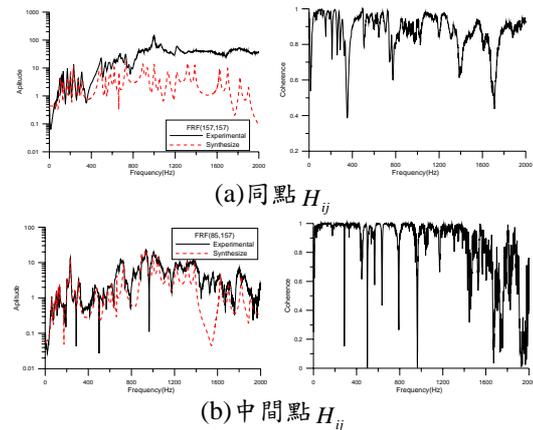


圖 9、電腦主機板固定邊界之頻率響應函數 (FRF) 與關連性函數

表 5 為固定邊界電腦主機板之自然頻率與模態振型理論有限元素分析 (FEA) 與實驗模態分析 (EMA) 比較表，討論結果如下：

- (1) 理論 FEA 共得到 50 個理論自然頻率，實驗 EMA 則得到 30 個實驗自然頻率。
- (2) 在此只有列出大致吻合對應到 4 組相互對應的模態與振型做討論，實驗所出現的 (1,1), (1,2), (3,1), (4,1) 模態，在理論分析也有完全得到對應此振型，可確定有限元素模型是合理的。

- (3) 表中可看出電腦主機板之自然頻率百分比誤差偏向正，表示有限元素所建構之模型參數明顯不夠，誤差皆在 40% 以內，只有第三組的誤差高達 53%，其主要原因為實驗所得之振型大多為傾斜的，而理論分析出來的比較沒傾斜。
- (4) 實驗模態編號 E-8 的 233Hz 振型最為明顯，為(4,1)與理論 F-18 的 174.07Hz 也有合理對應到，其誤差也在 25% 以內，為此模型最準確之分析。

表 5、固定邊界電腦主機板之理論與實驗模態振型比較表

模態編號	自然頻率 (Hz)	理論模態振型	模態編號	自然頻率 (Hz)	實驗模態振型	誤差 (%)
F-8 (1,1)	理論 47.5		E-1 (1,1)	實驗 58.6		18.91
F-9 (1,2)	理論 50.2		E-2 (1,2)	實驗 81.5		38.46
F-10 (3,1)	理論 61.4		E-5 (3,1)	實驗 133		53.81
F-18 (4,1)	理論 174		E-8 (4,1)	實驗 233		25.29

表 6、電腦主機板固定邊界之實驗模態分析與振動試驗機之自然頻率比較表

實驗模態分析		振動試驗機		頻率誤差 (%)
模態編號	自然頻率 (Hz)	模態編號	自然頻率 (Hz)	
E-1	58.6	T-2	57.5	-1.91
E-2	81.5	T-3	87.5	6.86
E-3	105	T-4	100	-5
E-5	133	T-5	137.5	3.27
E-6	173	T-7	192.5	10.13
E-7	202	T-8	205	1.46
E-8	233	T-10	225	-3.56
E-9	276	T-12	262.5	-5.14
E-10	309	T-13	350	11.71
E-11	475	T-22	475	0
E-12	498	T-23	487.5	-2.15
E-13	537	T-25	525	-2.29
E-14	578	T-29	580	0.34
E-15	619	T-34	620	0.16
E-16	642	T-36	642.5	0.08
E-17	665	T-37	677.5	1.85
E-18	727	T-38	685	-6.13

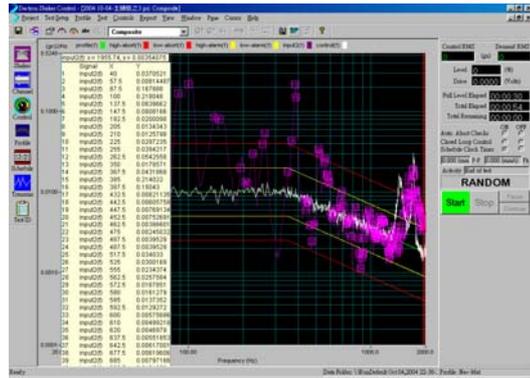


圖 10、電腦主機板在振動試驗機得到之結果

圖 10 為電腦主機板在振動試驗機所得到之結果，表 6 為電腦主機板固定邊界之實驗模態分析與振動試驗機之自然頻率比較表，討論結果如下：

- (1) 圖中白色實線皆在綠色標準線上下附近，代表回授訊號與輸出訊號吻合，最後白色線會超過綠色線主要原因可能是電腦主機板上可移動原件所造成得結果。
- (2) 圖中紫色實線代表電腦主機板之隨機振動所測得之振幅，紫色實線之 Peak 即是振動試驗機所測得之自然頻率，可看出此次所得到之自然頻率有 39 個。
- (3) 由表中可看出振動試驗機所得到的自然頻率有 38 個以 T 加上數值來編號大約得到 700Hz 以內之頻率，而與實驗模態分析結果誤差大致皆在 5% 以內，只有在 T-7 在 192.5Hz 與 E-6 在 173Hz 及 T-13 在 350Hz 與 E-10 在 309Hz 誤差超過 10%，所以電腦主機板在振動試驗機上與實驗模態分析固定邊界得到結果相當吻合。

綜合以上討論，電腦主機板固定邊界實驗分析與數值分析結果，可得到以下結論：

- (1) 頻率響應函數在 400Hz 以下低頻部份 Peak 都有對應到，400Hz~2000Hz 高頻部分沒有對應的很好，主要原因可能為量測點數不足，導致解析度不夠。
- (2) 對應到 4 組相互對應的模態與振型做討

論，實驗所得到之振型大多為傾斜的，而理論分析出來的比較沒傾斜。

- (3) 實驗所出現的(1,1)，(1,2)，(3,1)，(4,1) 模態，在理論分析也有完全得到對應，可確定有限元素模型是合理的。
- (4) 表 4 中電腦主機板固定邊界之修正阻尼比為 0.3%，阻尼比累加平均在 0.75% 左右之間。
- (5) 實驗模態分析與振動試驗機的自然頻率比較結果誤差大都在 5% 以內，所以結果相當吻合。

五、結論與建議

針對電腦主機版做一系列振動相關測試，如有限元素分析與實驗模態分析及振動試驗機，得到之結果做出以下結論：

- (1) 有限元素分析自由邊界最佳化結果得到參數為合理範圍。
 - (2) 分別得到自由邊界與固定邊界之模態參數與頻率響應函數，結果顯示自然頻率與振型互相對應大都在 500Hz 頻率以下。
 - (3) 自由邊界對應到 7 組與固定邊界對應到 4 組相互對應的模態與振型做討論，實驗所得到之振型大多為傾斜的，而理論分析出來的比較沒傾斜。
 - (4) 自由邊界與固定邊界實驗所出現的模態，在理論分析也有完全得到對應，可確定有限元素模型是合理的。
 - (5) 電腦主機板自由邊界之阻尼比累加平均在 0.196% 左右之間，固定邊界之阻尼比累加平均在 0.75% 左右之間，得到固定邊界阻尼比累加平均大於自由邊界是很合理的結果。
 - (6) 固定邊界實驗模態分析與振動試驗機的自然頻率比較結果誤差大都在 3% 以內，所以結果相當吻合。
- 經由實驗結果與討論得到以上結論，未來

可做之改善與建議如下：

- (1) 若將頻率範圍縮減為 0~500Hz，量測點數分割多一些，可得到較高之解析，得到較準確模態。
- (2) 若可架構完整零件與得到其接近之材料常數，可得到最完整之數學模型，便可確定模型之正確性。
- (3) 對其他類型之電腦主機板，做相同之模態特性分析，可為將來建立電腦主機板相關可靠度分析，能有效的省時省力並達到主機板元件配置之評估。

六、誌謝

在專題研究的兩年來，感謝指導教授王栢村及振動噪音實驗室國禎、國棟、家振等學長的細心指導與教誨，秉著實驗室的精神—專業、敬業、樂業的心面對專題，才能夠完成本次專題研究。

七、參考文獻

1. 何旭川，林啟斌，陳智仁，彭仁傑，2004，「電源供應器結構振動分析」，第 12 屆中華民國振動與噪音學術研討會，台北，論文編號：A5-2。
2. 林新晨，2002，「液晶顯示面板之隨機振動及可靠度分析」，第 26 屆全國力學會議論文集，雲林，虎尾，論文編號：J029。
3. 廖德銘，1991，「認識環境應力篩選與其在產品研製過程中各階段之意義」，品質管制月刊，第 27 期，第 48-55 頁。
4. 潘明峰，2000，「電子裝備之耐震設計概述」，大漢學報，第 15 期，第 105-113 頁。
5. 林溪東，1995，「產品研發與使用階段之可靠度成長比較」，品質管制月刊，第 10 期，第 46-50 頁。
6. 顏立盛，1991，「環境應力篩選與可靠

- 度」, *電子發展月刊*, 第 164 期, 第 11-17 頁。
7. 柯輝耀, 2000, 「加速壽命試驗之概念與釋義」, *電子檢測與品管季刊*, 第 42 期, 第 38-43 頁。
 8. 許凱超, 廖建議, 1996, 「產品研發之環境輪廓及失效分析」, *品質管制月刊*, 第 8 期, 第 70-74 頁。
 9. 林育堯, 1997, 「環境試驗與可靠度試驗概述」, *電子檢測與品管季刊*, 第 30 期, 第 17-24 頁。
 10. 李昆達, 1999, 「環境應力篩選(ESS)」, *電子檢測與品管月刊*, 第 36 期, 第 43-47 頁。
 11. 林壯昶, 1998, 「環境條件與環境試驗之國際標準」, *工業財產權與標準*, 第 64 期, 第 95-100 頁。
 12. 何清宏, 1998, 「電子系統可靠度預估之意義與應用」, *品質管制月刊*, 第 5 期, 第 401-406 頁。
 13. 張國仁、柯輝耀, 2000, 「MIL-HDBK-217 可靠度預估的基礎」, *電子檢測與品管季刊*, 第 42 期, 第 30-36 頁。
 14. 關季明, 1996, 「如何防止產品失效-可靠度技術之應用」, *品質管制月刊*, 第 1 期, 第 45-47 頁。
 15. Zhang, R., and Mahadevan, S., 2001, “Integration of Computation and Testing for Reliability Estimation,” *Reliability Engineering and System Safety*, Vol. 74, pp. 13-21.
 16. Su, C. T., 2002, “Determination of the Optimal Burn-in Time and Cost Using an Environmental Stress Approach : a Case Study in Switch Mode Rectifier,” *Reliability Engineering and System Safety*, Vol. 9, No. 76, pp.53-61.
 17. Edmond, L. K., Eugene, R. H., and Mark, H. G., 2001, “The Politics of Accelerated Stress Testing,” *Sound and Vibration*, pp. 24-29.
 18. Denson, W., 1998, “The History of Reliability Prediction,” *IEEE Transaction on Reliability*, Vol.47, No3, pp.321-328.
 19. Wu, J., Zhang, R. R., Wu, Q., and Stevens, K. K., 2003, “Environmental Vibration Assessment and Its Applications in Accelerated Tests for Medical Devices,” *Journal of Sound and Vibration*, Vol. 267, pp. 371-383.

The Vibration Modal Characteristic Analysis of a Computer Mother Board

Hsueh-Lieh Lu, Che-Yao Hsin
Bor-Tsuen Wang

Department of Mechanical Engineering
National Pingtung University of Science and
Technology

Abstract

This work performs a series of vibration modal testing for the mother board of a personal computer. The mother board is tested to measure its natural frequencies, mode shapes and damping ratios in static condition. Finite element analysis is also conducted to get the modal parameters for comparisons. By the use of vibration testing machine, the vibration characteristics of mother board are also dynamically determined. Results show that the structural modal properties agree reasonably between theoretical and experimental results. The analytical modal of mother board can be further applied to study the design of component assembly.