

# 筆記型電腦結構振動之有限元素分析

鄭景文  
陳易成  
張簡志偉

指導老師：王木百村

國立屏東科技大學機械工程技術系

## 摘要

本專題係利用 ANSYS 5.0 軟體，模擬筆記型電腦 (Notebook) 結構上實際的振動情形，從模擬的分析中，由自由振動求得自然頻率 ( $\omega_n$ )、振型 ( $\Phi_n$ )，在配合振動試驗台實驗上的數據加以比較，從比較的結果，修正參數值，以達到兩者相近。經簡諧激振 (Harmonic) 輸入環境的振動頻譜，以求得簡諧激振的位移傳輸比 (Transmissibility)。求得自然頻率 ( $\omega_n$ )、振型 ( $\Phi_n$ )、位移傳輸比，可知道筆記型電腦在那些頻率會產生共振 (Resonance) 與最大位移傳輸比關係，以避免在該處放置重要元件 (例如 CPU、CD-ROM、硬碟...等)，以防止因共振、振幅大，而產生不必要的重大損壞，及是否符合振動測試標準，本次專題提供筆記型電腦振動設計上的一套思考模式，以方便設計者做為將來改善產品設計時之參考。

## 一、前言

隨著電腦的日新月異漸漸普及化，在人們日常生活中伴演著重要的角色，筆記型電腦 (Notebook) 因輕巧攜帶方便被視為個人電腦中的一顆閃亮之星，從早期的高價位到現在的價位有著明顯之差距，降價風又充斥著整個市場，使得筆記型電腦的商機可以說是越來越明顯。[1]

筆記型電腦設計有以下特質：

1. 沒有受政府保護之產業。
2. 和世界一流的對手直接競爭。
3. 和時間競賽。
4. 花錢如水。
5. 成本要嚴格控制。
6. 人數眾多之設計工程。
7. 生命週期短。

產地佔有率：日本 33%，台灣 31%，其他 36%。[2]

我國產業又以中小型企業居多，我國筆記型電腦產業也是因為這個原因擁有彈性大，產業多樣化，市場應變迅速等，是美國廠商所沒有的優點，再加上結合各研究機構在重要組件方面的研究能力和成果，在世界上佔有一席之地，使我國的筆記型電腦產業當可持續在世界舞台上佔有重要的地位。

使用筆記型電腦因輕巧、攜帶方便，所以面臨的突發狀況相當的多，例如：走路時的晃動、在汽

車上使用，在任何地點上使用都是有可能，振動、衝擊 (Shock) 是筆記型電腦常見的問題，因為長久振動造成元件損壞，影響其穩定性、使用壽命，故每一部組裝完成的筆記型電腦必須經過適當振動及衝擊測試以確保產品品質。[2]

實驗是一種需要大空間、多時間，且耗材、耗人力、耗金錢的事，當做重大嘗試或修正其可行性，極為不易，也較不符合經濟效益，本組基於此理由，應用 ANSYS 5.0 軟體作筆記型電腦振動測試，由理論上的分析，求共振頻率 ( $\omega_n$ )、振型 ( $\Phi_n$ )、位移傳輸比 (Transmissibility) [4]，並且與環隆電器股份有限公司的振動實驗數據作比較，用理論數據去配合實驗數據以修正各項參數值，使得理論的筆記型電腦與實際的筆記型電腦相近，藉由結果比較差異，進而利用軟體去了解筆記型電腦內部結構的損壞程度及那些地方發生損壞的機會較大，進而去改善並設計其最佳位置，避開筆記型電腦內部結構振幅較大的地區，以減少使用時，振動所造成的破壞，降低損壞率，以滿足其需要。至於衝擊的部份，本組暫不考慮。[3]

以有限元素分析軟體 ANSYS 5.0，模擬筆記型電腦 (NOTEBOOK) 在振動試驗台上測試，爾後在研發過程的概念設計上用此方法，模擬產品是否耐震，以減少開發成本。[7]

## 二、理論分析

### (一) 振動分析步驟

#### 1. 實際問題

筆記型電腦 (NOTEBOOK) 因輕、薄、短、小，以一定的空間要容納相當多的零件 (如 CD-ROM、磁碟機、電池...等)，零件之間的位置是相當的接近。使用時，內部風扇、CD-ROM、磁碟機的運轉產生振動，及外在環境的振動 (如運輸過程、受衝擊、應用場合...等) 長久下來，靠近振幅大之元件容易造成損壞。也可能因為共振現象使振幅逐漸變大，造成元件破壞及影響系統之穩定性。

#### 2. 問題定義

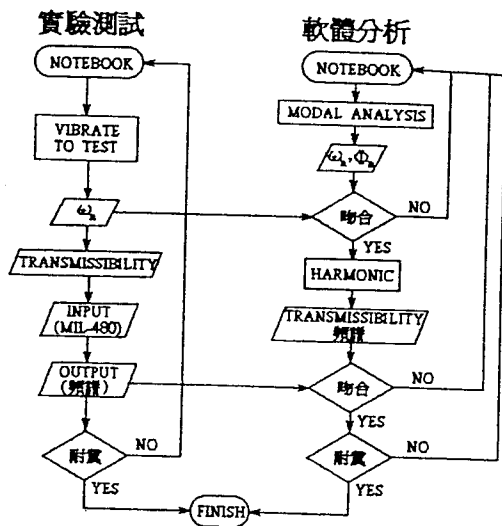
- (1) 筆記型電腦相關位置如圖一，元件名稱及材料性質如表一，元件尺寸圖如附錄 1-1, 1-2, 1-3，位移限制為底座下方四點固定，以

有限元素分析軟體，分成九個 case，如附錄 2 之表二，模擬筆記型電腦於振動試驗台上振動之情況，以測試其耐震性，並繪出頻譜，找出其所能承受之最大位移及重力加速度是否符合測試標準。

### 3.分析目標

- (1) 應用 ANSYS 軟體求得筆記型電腦之  $\omega_n$  及  $\phi_n$
- (2) 由簡諧激振分析求得筆記型電腦之頻譜。
- (3) 判斷所承受之最大位移及重力加速度是否符合標準。

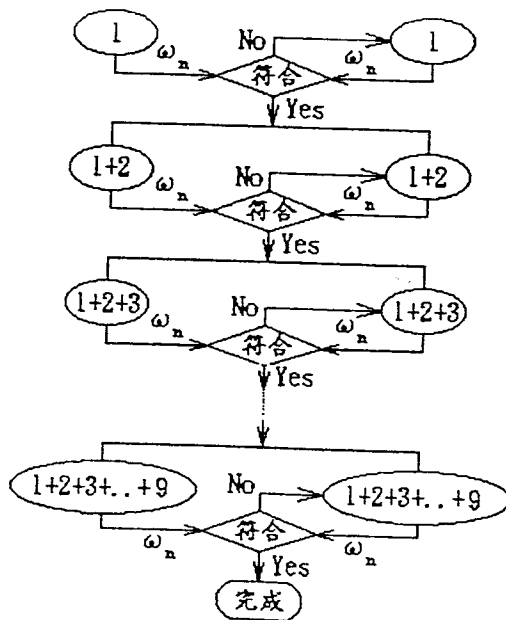
### (二) 筆記型電腦分析流程 (如圖二)



圖二 筆記型電腦分析流程

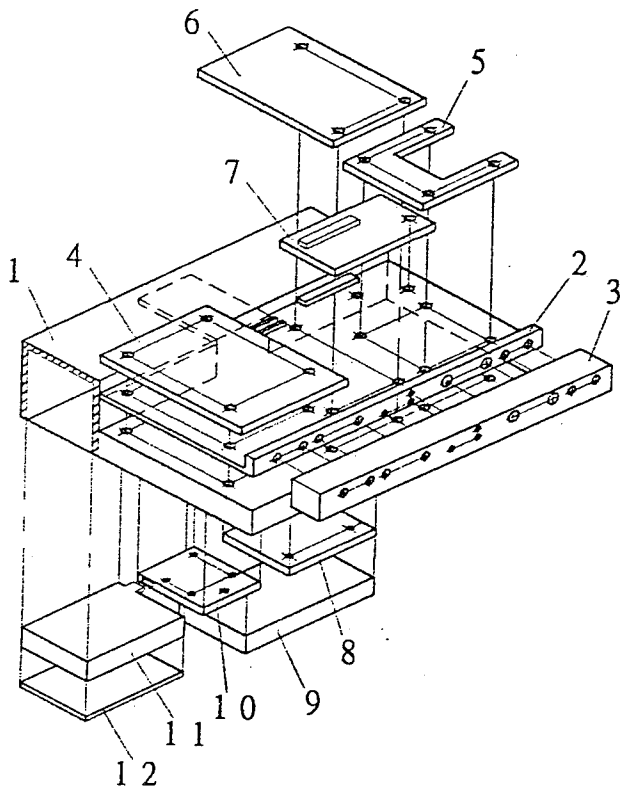
### (三) F.E Model 驗證流程 (如圖三)

實驗測試                      軟體分析



圖三 F.E model 驗證流程

註：1.底座+磁碟機+電池底蓋+鐵片+T形底蓋



圖一 筆記型電腦相關位置

表一 元件名稱及材料性質

件號	名稱	材料	彈性係數 N/mm <sup>2</sup>	密度 kg/m <sup>3</sup>
1	底座	SP7602	4045	2.972x 10 <sup>-6</sup>
2	主機板	電木	2200-4400	4.224x 10 <sup>-6</sup>
3	I/O bracket	AZ91D	4570	1.827x 10 <sup>-6</sup>
4	CD-ROM	Al	71000	1.939x 10 <sup>-6</sup>
5	介面卡	Al SP7602 電木	71000 4045 2200-4400	1.367x 10 <sup>-6</sup>
6	CPU	電木	2200-4400	2.862x 10 <sup>-6</sup>
7	音效卡	電木	2200-4400	4.251x 10 <sup>-6</sup>
8	硬碟	Al	71000	1.617x 10 <sup>-6</sup>
9	磁碟機	Al	71000	1.114x 10 <sup>-6</sup>
10	鐵片	S15C	200x 10 <sup>3</sup>	2.972x 10 <sup>-6</sup>
11	電池	SP7602	4045	1.829x 10 <sup>-6</sup>
12	電池蓋	SP7602	4045	1.28x 10 <sup>-6</sup>
13	T型底蓋	SP7602	4045	1.28x 10 <sup>-6</sup>

- 2.主機板
- 3.I/O Bracket
- 4.介面卡插槽
- 5.音效卡
- 6.CPU
- 7.CD-ROM
- 8.電池
- 9.硬碟

### 三、進行步驟

#### (一) 自由振動分析

##### 1.前處理

##### (1) 選擇元素：

在三維空間中物體有六個自由度，將筆記型電腦中的元件分成平板狀，長條狀與連接的元件三種形式，分別以 SHELL63、BEAM4、COMBIN14 三種元素來模擬。三種元素的輸入資料，與模擬的元件，如表三：

表三 元素的輸入與模擬的元件

元素型態	SHELL63	BEAM 4	COMBIN 14
節點數	4	2	2
自由度	UX,UY,UZ ROTX ROTY ROTZ	UX,UY,UZ ROTX ROTY ROTZ	UX,UY,UZ
Real Content	TK(I) TK(J) TK(K) TK(L)	AREA,IZZ IYY,TKZ TKY IXX	K,CV
Material Properties	EX NUXY DENS	EX DENS	無
元件	底座 主機板 鐵片 硬碟 音效卡 T型底蓋 CPU板 CD-ROM 磁碟機 電池底蓋	I/O Bracket 介面卡插槽 CPU板接腳	鎖螺絲位置 卡筍 插槽接合位置 電極接合位置

##### (2) 元件材料假設：

- i. 各元件材料如表一
- ii. 元件是單一已知材料時，可查出材料的 Material Properties，元件是單一未知材料時，以相似的材料模擬，使用相似材料的 Material

##### Properties。

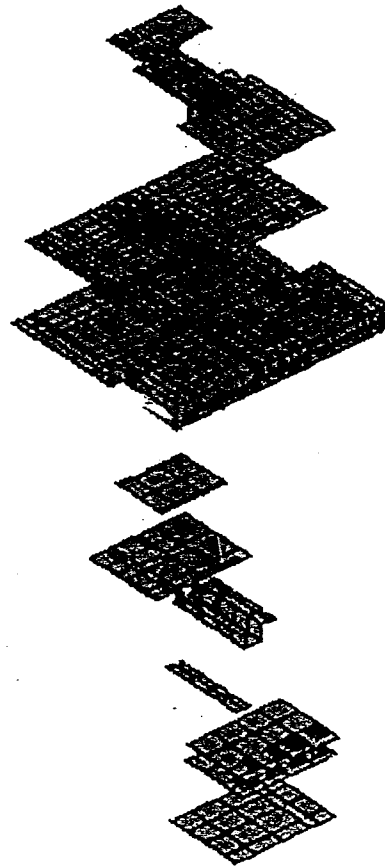
- iii. 元件是複合材料時，Material Properties 假設在各材料之 Material Properties 的最大值與最小值之間。
- iv. 連接的零件假設只有彈性係數，沒有阻尼。連接的方式有螺絲鎖住、插槽、卡筍、支撐等型式，可假設不同的彈性係數來模擬各連接型式的固定強度。

(3) 各元件的輸入參數分類，如附錄 2 之表四。

(4) 採用實體模型法之 Bottom-up 方式架構 notebook 的幾何模型。

- i. 輸入點 (key point) 座標
- ii. 連接點組成幾何形狀 BEAM 4 與 COMBIN 14 是線段，SHELL 63 是平面
- iii. 定義元件分割尺寸
- iv. 選擇元素型式號碼
- v. 設定 Real Constant 的種類
- vi. 設定 Material Properties 的種類
- vii. 進行元件的幾何模型之有限元素模型分割，產生節點與元素，完成 F.E model。

(5) F.E model (如圖四)



圖四 F.E model

## 2. 求解

### (1) 輸入邊界條件

假設 Notebook 置於平面上，底座下方四個凸點與平面接觸，自由振動分析時，將此四點設定為固定點；簡諧激振分析時，外界位移由此四點輸入系統。

### (2) 選擇振動分析

求 10 個自然頻率。

### (3) 只考慮 Z 方向的振動情形。

## 3. 後處理

可得到 case1-9 的自然頻率與模態振型，並從模態振型中找出振幅較大的點，以做為簡諧激振分析使用。

### (二) 調整參數

使用有限元素模型與實體之自然頻率相同，逐層調整 Real Constants 與 Material Properties 使各組模型的自然頻率與實體同，

### (三) 簡諧激振分析

#### 1. 前處理

假設用有限元素架構的模型，各層次的自然頻率都與實際系統實驗值相同時，整體的模型與實際的系統承受振動的結果會相同。

#### 2. 求解

(1) 邊界條件是位移從底座下方四個凸點輸入一個單位。

(2) 輸入起始分析頻率、最終頻率、區間的分割大小。

(3) 選擇簡諧振動分析。

#### 3. 後處理

繪出有興趣點的頻譜，通常從模態振型中選擇振幅最大的點。

## 四、結果與討論

(一)、如附錄 2 之表五，Case6 的第一個自然頻率是零，這種現象有兩種可能，第一種可能是模型懸浮著，沒有支撐。也可能是位移沒有傳入，使系統沒有振動，第二種可能是自然頻率小於  $10^{-6}$ ，因為電腦計算的容許誤差是  $10^{-6}$ 。

(二)、如附錄 2 之表五，Case6 的  $\omega_7$  與  $\omega_8$  差異很大。

(三)、如附錄 5-1，圖五、圖六，附錄 5-2，圖七為 Case9 中底座、主機板、磁碟機的第八個模態振型，其中發生最大振幅的位置，將是元件最容易損的位置，可選擇這些節點來分析受到簡諧激振

後該元件的響應。

(四)、如附錄 6-1，圖八、圖九，附錄 6-2，圖十分別為 Case9 中底座、主機板、磁碟機上節點的頻譜。與自然頻率的比較結果如表六，各節點的頻譜上，傳輸比有相對極大，或極小的頻率附近，有自然頻率值存在。少數的自然頻率並不明顯，可能是頻率分割太大，頻譜上無法明顯的表示。各頻率所對應到的傳輸比與系統最大傳輸比相同時，表示系統最大響應發生在該點。

表六 Case9 自然頻率及最大位移傳輸比與頻譜比較

	自然頻率	底座	主機板	磁碟機	系統最大 傳輸比
$\omega_1$	0.1617	√	√	√	3.671
$\omega_2$	0.5636	√	√	√	5.475
$\omega_3$	1.273	√	√	√	3.72
$\omega_4$	1.956	√	√		5.31
$\omega_5$	2.271	√	√	√	11.302
$\omega_6$	4.564	√		√	7.628
$\omega_7$	5.031	√	√	√	9.513
$\omega_8$	6.574		√	√	11.287
$\omega_9$	6.912	√	√	√	10.842
$\omega_{10}$	8.037	√	√		19.378

(五)、筆記型電腦中元件的耐振性規範，是當外界變動的負載輸入後，各元件所能承受的最大加速值。在簡諧激振的求解過程中，若把輸入設為加速度的單位時，各元件的傳輸比與輸入的加速度乘，即可求出元件所承受的加速度，可用來判斷此元件是否會超出耐振性規範。

例如：輸入為一單位重力加速度時，磁碟機上第九號節點在  $\omega_9$  時，傳輸比約為 11，相乘可得到磁碟機約承受 11 倍的重力加速度。如果磁碟機的耐振規範大於此值，表示磁碟機在此環境下，可以正常運作。

## 五、結論

(一) 一般業界做振動測試的方式，需要投入許多成本將產品實體製造出來，才能做實驗測試與分析，若測試不符合規範，將增加投入的成本。有限元素分析法只要修改 F.E. Model 就可改變設計，可節省測試成本。

(二) 電腦適合執行反覆的運算，可以架構不同設計方式的 F.E. Model，使用有限元素分析法找出最佳的設計方式，節省實體製作的時間。

## 六、誌謝

感謝王木百村老師這一年來在專題製作上的指導

及各種問題的解答，及環隆公司趙先生提供相關的產品資訊，使本組於 Notebook 振動分析有更進一步的了解。

## 七、參考文獻

1. 樊雷，張清徽，1991，「筆記型電腦市場展望」，資訊傳真，第 143 期 P108~113
2. 趙銘，1994，「筆記型電腦面面觀」，資訊與教育雜誌
3. 吳世紀，1995，「振動的診斷及設計」，機械月刊，237 期，P183~189
4. 王木村，1996，「振動學」，全華出版，P2-4，P3-30，P7-2
5. 中國國家標準，1989，「聲度，振動位準記錄用位準記錄器」P1~3
6. 中國國家標準，1990，「環境試驗方法（電氣、電子）-碰撞試驗法」，P1~6
7. 中國國家標準，1990，「環境試驗方法（電氣、電子）-動態試驗之零組件，設備安裝方法及指南」，P1~3
8. 王木村，1998，有限元素在機械設計之應用講義
9. 光灼華，林淑芬，張高勳，1997，「印刷電路板之振動分析」，碩士論文，國立中山大學，高雄，P221~228
10. 許巧玲，1991，印刷電路板產業調查，工業技術研究院
11. 李春穎，許煙明，陳忠仁譯，1996，材料科學與工程，高立圖書有限公司

12. 劉國雄，林樹均，李勝隆，鄭晃忠，葉均蔚編著，1996，工程材料科學，全華科技圖書股份有限公司，P433~P465
13. 蘇品書譯，1988，塑膠複合材料，復漢出版社
14. MIL-STD-810D，1983，SHOCK
15. MIL-STD-810D，1983，VIBRATION

### Finite Element Analysis for structural vibration of Notebook Computer

Jing-Wen Zheng  
Yih-Chan Chang  
Zhi-Wei Zhang-Jian  
Bor-Tsuen Wang

National Pingtung University of Science & Technology, Dept of Mechanical Engineering

### Abstract

This project use Ansys5.0 software to simulate the structural vibration of notebook computer. Through the free vibration analysis, natural frequencies and mode shapes can be determined and can be compared with the experimental results. The finite element model can then be adjusted to fit the structural properties. Through harmonic response analysis, the transmissibility can also be obtained. Once the natural frequencies, mode shapes and transmissibility are known, further vibration reduction can be performed by properly rearranging the components. This work develops the vibration analysis procedures for notebook computer and is useful for product design with the concern of vibration and shock.