

矩形平板結構之振動模態與頻譜響應之自動化分析模組

王栢村¹、龍曄²、蘇秉翔¹、吳盈輝³

¹國立屏東科技大學 機械工程系

²國立屏東科技大學 木材科學與設計系

³國立內埔高級農工職業學校 機械科

wangbt@mail.npust.edu.tw

科技部計畫代號：MOST 108-2221-E-020-018。

摘要

結構的模型驗證(model verification, MV)，需要執行有限元素分析(finite element analysis, FEA)和實驗模態分析(experimental modal analysis, EMA)。對於有限元素分析，需要執行理論模態分析(theoretical modal analysis, TMA)，以獲得結構模態參數，包括自然頻率與模態振型，而簡諧響應分析可得到頻率響應函數(frequency response function, FRF)。由於分析需要反復進行如建立模型、設定求解參數以及處理數據與繪圖等工作，本文將開發自動化分析模組，透過整合數值軟體 MATLAB 和 FEA 軟體 ANSYS，以進行矩形板的模態分析和簡諧響應分析。開發的人機介面(graphic user interface, GUI) 程式模組能容易操作，並且可以自動執行 FEA 的求解，也可以將 FEA 求得的模態參數和 FRF，顯示在程式模組的人機介面上，並將這些數據以及模態振型的動畫，自動輸出檔案。所建立的 GUI 程式模組，可適用於自由邊界條件下具有不同長度，寬度或厚度的任意矩形板。同時，材料參數可分別選用等向性或正交性材料模型等兩個選項。本文採用此 GUI 程式模組，進行 FEA 求解，對矩形板執行 MV，提出了兩個案例研究，一個是鋼板，另一個是木板。結果顯示，GUI 程式模組可以大大減少 FEA 求解過程的作業程序，並且有效及有效率的加快分析速度，成功地完成矩形板的模型驗證，所發展的自動化分析方法也可以應用於其他結構。

關鍵詞：模型驗證、有限元素分析、理論模態分析、頻率響應函數、人機介面。

1. 前言

科技日新月異，在追求分析的正確性，同時，分析的效率，也是企業所追求的，本文目的是建立自動化分析模組，加速振動分析結果的產出，透過振動分析會執行理論模態分析與簡諧響應分析，其分析過程有建立分析模型、設定求解參數以及處理數據與繪圖等工作，並可透過模型驗證，確認分析模型是否等效於實際結構。王等人[1]進行了迴轉式壓縮機儲液瓶之模型驗證，為了確認儲液瓶之有限元素分析模型等效於實際結構，藉由堆疊儲液瓶次組件進行實驗模態分析(experimental modal analysis, EMA)，將實驗量測所得結構模態參數與有限元素模型進行驗證，以達到模型驗證之目的，結果顯示理論與實驗模態參數對應良好。

Elejabarrieta et al. [2]探討吉他音箱結構振動特性，

進行了有限元素分析與實驗模態分析，結構分析與考量空氣的音場分析，確認空氣與結構耦合的振動特性，最後得知吉他音箱內部空氣會影響低頻振動模態與對應自然頻率。王等人[3]針對小提琴面板素材進行機械性質測定，透過有限元素分析與實驗模態分析進行模型驗證，取得小提琴素材的實驗模態參數，後續與分析所得理論模態參數進行比對驗證，最終得到等效於實際小提琴面板素材之有限元素分析模型。

為了加快振動分析的效率，因此發展自動化分析，結合數值分析軟體 MATLAB 與有限元素分析軟體 ANSYS，於 MATLAB 建立人機介面(graphic user interface, GUI)，可依照需求規劃 GUI，並運用指令功能將分析數值圖像化呈現於 GUI 上，達自動化分析的目的。王等人[4]建立壓縮機管路自動化振動分析模組，透過 MATLAB 結合 ANSYS 進行振動分析，使用者於 MATLAB GUI 進行分析設定與求解，ANSYS 於後台進行分析，可快速針對不同管路幾何進行振動分析，快速取得理論模態參數與頻率響應函數(frequency response function, FRF)。宋等人[5]為了快速理解振動合成的過程，使用 MATLAB GUI 介面設計簡諧振動合成系統，可快速進行簡諧響應分析，使用者於 GUI 介面設定基本參數即可獲得簡諧振動合成圖形。杜等人[6]針對地鐵車輛空氣壓縮機減振元件進行探討，研究空氣壓縮機運轉時，減振結構對於壓縮機的影響，利用 MATLAB 與 ANSYS，建立空氣壓縮機減振參數化聯合分析平台，輸入分析參數後即可獲得模態分析與簡諧響應分析等結果。

謝等人[7]探討簡化傳動軸模型研究，運用 ANSYS workbench 與 MATLAB 進行最佳化的結構設計改良，在滿足傳動條件下達到質量減低、自然頻率提高、臨界轉速提高等振動特性，可降低汽車振動並提高安全舒適度，同時也提高傳動軸的使用壽命。李等人[8]提出了將 MATLAB 與 ANSYS 結合進行最佳化設計，並以高溫超導體發電機作為探討，於 MATLAB 設定初始變數，自動套入 ANSYS 進行分析，於 MATLAB 讀取分析結果並進行最佳化計算，有效的降低氣隙磁通的波形，充分發揮 MATLAB 與 ANSYS 的最佳化特色。

本文為開發自動化分析模組，整合 MATLAB 與 ANSYS，達到自動化分析，以下為本文主要目的：

1. 建立矩形平板自動化模態分析模組與簡諧響應分析模組，透過自動化分析模組，簡化分析過程與步驟，達到加快分析速度。
2. 透過將鋼板與木板的實驗結果進行比對，可

確認自動化分析模組的分析正確性。

- 透過模型驗證可獲得等效實際結構之有限元素模型，可作為設計開發之參考，且模型驗證可獲得結構之振動特性，未來可做為改善振動與噪音之用途。

2. 自動化分析需求與理念

本節介紹自動化需求與理念，因執行有限元素分析時，須重複進行建立分析模型、設定分析參數、處理數據及檔案輸出等工作，為了加快分析效率，因此發展自動化分析，以簡化分析過程中的操作，後續透過模型驗證、振動分析與自動化分析理念進行說明。

2.1 模型驗證理念

本小節針對模型驗證理念以矩形平板結構為例進行說明，圖 1 為矩形平板結構模型驗證流程圖，模型驗證包含了有限元素分析與實驗模態分析兩區塊，第 1 區塊為有限元素分析，首先需建立矩形平板結構的有限元素模型，並進行模態分析與簡諧響應分析，模態分析會取得理論模態參數，包含自然頻率與模態振型；簡諧響應分析會取得頻率響應函數。第 2 區塊為實驗模態分析，針對矩形平板結構進行模態實驗，透過加速規與衝擊錘進行實驗量測，獲得實驗模態參數與頻率響應函數，實驗模態參數包含自然頻率、模態振型與模態阻尼比。

接著將分析與實驗模態參數、頻率響應函數進行比對，假設比對驗證不符合，則修改有限元素模型，直到模態參數驗證吻合，頻率響應函數的峰值的趨勢有吻合，即完成矩形平板結構之模型驗證。

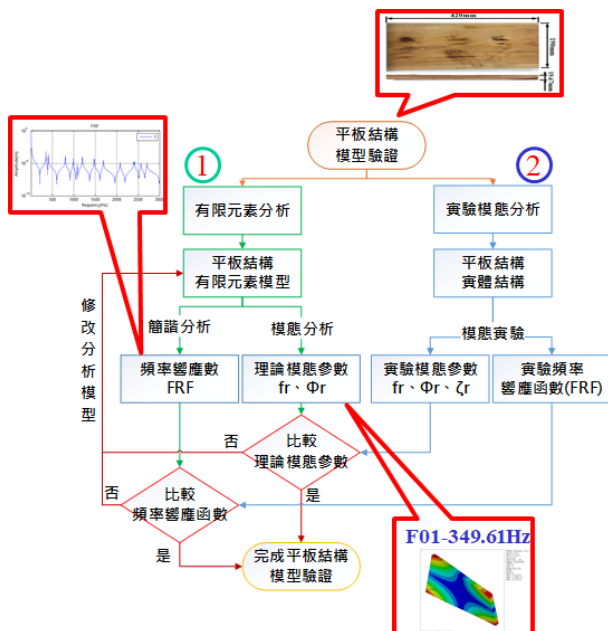


圖 1 矩形平板結構模型驗證流程圖

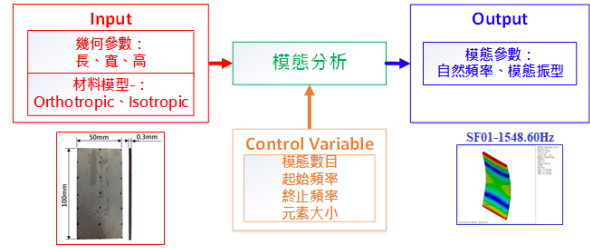


圖 2 模態分析 ISOC 示意圖

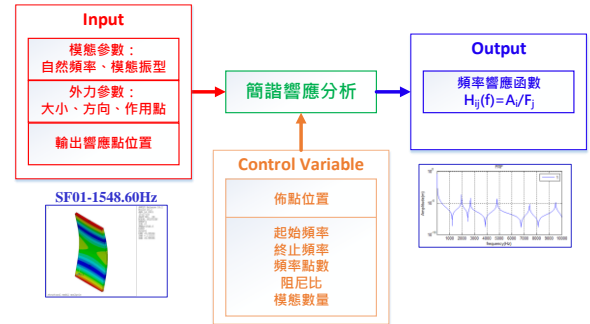


圖 3 簡諧響應分析 ISOC 示意圖

2.2 振動分析理念

振動分析包含模態分析與簡諧響應分析，本小節透過 ISO/SPR 分析流程[9]進行介紹，ISOC 分別為輸入(Input)、系統(System)、輸出(Output)、控制變數(Control Variable)，做為後續自動化分析模組規劃思考。

圖 2 為模態分析 ISOC 示意圖，Input 有幾何參數與材料模型，矩形平板幾何參數有長、寬、高，材料模型分為等向性(Isotropic)與正交性(Orthotropic)兩種；System 為模態分析；Output 部分為模態參數，包含自然頻率與模態振型；Control Variable 部分為分析參數，包含模態數目、起始頻率、終止頻率與元素大小。

圖 3 為簡諧響應分析 ISOC 示意圖，Input 有模態參數、外力參數與響應點位置，其中模態參數為模態分析求解結果，包含自然頻率與模態振型，外力參數包含外力大小、設定方向與響應點位置；System 為簡諧響應分析；Output 部分為頻率響應函數 $H_{ij}(f)=A_i/F_j$ ， A_i 為輸出響應點之加速度訊號、 F_j 為輸入響應點之衝擊力訊號；Control Variable 部分為佈點位置與分析參數，佈點位置為結構響應點位置，分析參數包含起始頻率、終止頻率、頻率點數、阻尼比與模態數量。

矩形平板結構透過振動分析後，可取得矩形平板結構的振動模態與頻譜響應，後續將與實驗進行比對驗證，可以獲得結構之等效實際結構的有限元素模型，進而深入探討矩形平板之振動特性。

2.3 自動化分析理念

本小節介紹自動化分析理念，因執行有限元素分析過程，需建立分析模型，並逐項進行分析設定，使用者需了解分析軟體的設定步驟，分析求解結果也需人工輸出，當分析量較大時，其過程重複性高且耗時，因此規劃透過自動化分析模組，簡化有限元素分析的過程，並自動輸出分析結果，加快有限元素分析的效率。

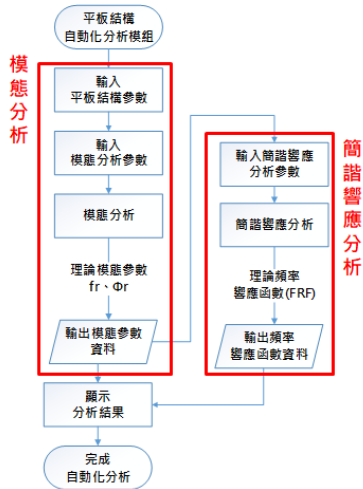


圖 4 平板結構自動化分析流程圖

自動化分析是透過數值分析軟體 MATLAB 結合有限元素軟體 ANSYS，於 MATLAB 中建立 GUI 介面，於 GUI 介面設定分析參數，接著 ANSYS 於後台讀取分析參數並進行分析求解，最後 MATLAB 自動輸出分析結果，並同時呈現於 GUI 上。

為了縮短分析設定的時間，建立了自動化分析的模組，圖 4 為平板結構自動化分析流程圖，首先開啟平板結構自動化分析模組 GUI，依序輸入矩形平板結構參數與模態分析參數，自動化模組會於後台執行 ANSYS 並進行模態分析，程式模組會自動輸出並顯示分析結果，自然頻率會顯示於 GUI 上，模態振型動畫檔會自動輸出。簡諧響應分析部分，模組會自動讀取模態參數資料，接著於 GUI 輸入簡諧響應分析參數，後台會執行 ANSYS 進行簡諧響應分析，程式模組會自動輸出理論頻率響應函數資料，並同步顯示於 GUI。使用者只需要在自動化分析模組 GUI 進行操作，不需進入 ANSYS 軟體進行分析設定。

3. 矩形平板結構自動化分析模組

本節建立平板結構自動化分析模組，包含模態分析模組與簡諧響應分析模組，並說明軟體使用的步驟與設計思維。

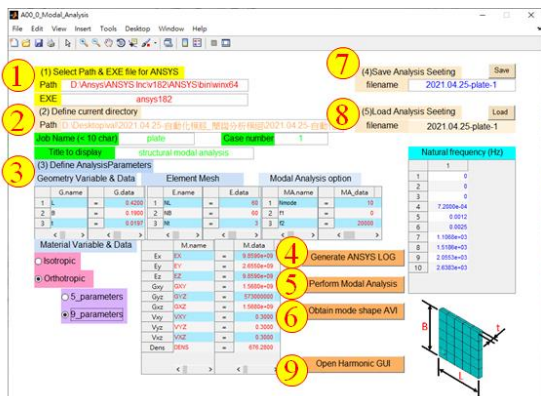


圖 5 矩形平板結構模態分析模組

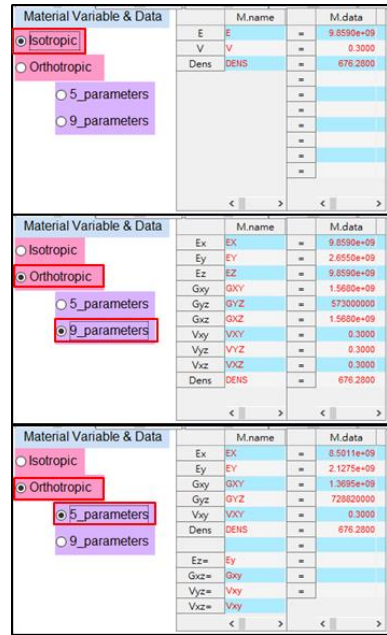


圖 6 材料模型選項示意圖

3.1 矩形平板結構模態分析模組

本小節介紹矩形平板結構模態分析模組的主要架構與使用程序說明，圖 5 為矩形平板結構模態分析模組，為了使 MATLAB 可於後台控制 ANSYS 進行分析，因此須設定 ANSYS 軟體參數，包含 ANSYS 安裝路徑與版本。進行模態分析時經常會重複進行，為了保存分析紀錄避免檔案覆蓋，規劃設定分析檔案資訊，包含工作路徑、檔案名稱與檔案編號，可進行檔案儲存，也提供讀取分析設定檔功能，可不必重新輸入分析設定。接著進行矩形平板模態分析參數設定，分別為幾何參數、材料模型與模態分析參數，其中，幾何參數為長、寬、高；模態分析參數為模態數目、起始頻率與終止頻率。

在常見的結構中，常會出現非等向性的材料性質，因此本模組為了因應更多需求，加入材料模型的選項，圖 6 為材料模型選項示意圖，材料模型分為等向性材料與正交性材料。等向性材料為 2 個材料參數，分別為楊氏係數(E)與蒲松比(v)；正交性材料規劃兩種設定方式，分別為 9 個參數設定與 5 個參數設定，9 個參數設定為楊氏係數(E_x 、 E_y 、 E_z)、蒲松比(ν_{xy} 、 ν_{yz} 、 ν_{xz})與剪切模數(G_{xy} 、 G_{yz} 、 G_{xz})；5 個參數設定是因木頭材料特性，y 軸與 z 軸垂直樹木的纖維方向因此假設 $E_y=E_z$ 、 $G_{xy}=G_{xz}$ 、 $\nu_{xy}=\nu_{yz}=\nu_{xz}$ ，只需設定楊氏係數(E_x 、 E_y)、蒲松比(ν_{xy})與剪切模數(G_{xy} 、 G_{yz}) [3]。使用者可選擇所需材料模型進行分析設定。

完成幾何、材料參數與元素分割設定，以及模態分析設定後，GUI 程式模組會自動儲存參數設定檔案，所儲存的檔案為 ANSYS 能讀取的模態分析執行檔，GUI 程式模組會於後台執行 ANSYS 並開始進行模態分析求解。分析結果，自然頻率會直接呈現於 GUI 上，模態振型動畫檔會自動輸出，便於後續觀察模態振型物理意義。完成模態分析後，可開啟簡諧響應分析模組，進行簡諧響應分析的參數設定與分析求解。

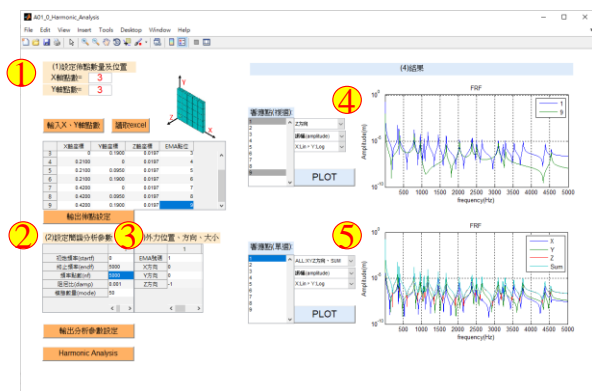
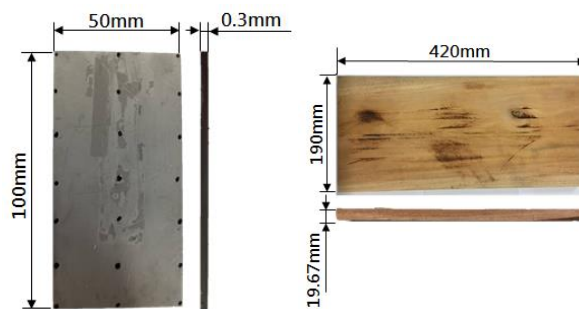


圖 7 矩形平板結構簡諧響應分析模組



(a)鋼板 (b)木板
圖 8 矩形平板實體結構

3.2 矩形平板結構簡諧響應分析模組

振動分析中，簡諧響應分析可以預測結構之自然頻率出現範圍，振動量值與結構特性之關聯，因此，本小節介紹矩形平板結構簡諧響應分析模組的主要架構與使用程序說明，圖 7 為矩形平板結構簡諧響應分析模組。首先為了取得矩形平板結構的振動響應，因此須設定響應點座標，供後續進行輸入外力與輸出響應點的位置；接著為簡諧響應分析參數設定包含初始頻率、終止頻率、頻率點數、阻尼比與模態數目；外力參數包含外力大小、方向與作用點。

完成響應點座標設定，以及簡諧響應分析之設定後，儲存的設定參數為 ANSYS 能讀取的簡諧響應分析執行檔，GUI 程式模組會於後台執行 ANSYS 開始進行簡諧響應分析求解，並輸出頻率響應函數 $H_{ij}=A_i/F_j$ ，其中 A_i 為感測器輸出位置與方向， F_j 為外力輸入位置與方向。

GUI 程式模組具有顯示 H_{ij} 的功能，使用者可自行設定 i 、 j 的顯示方向，又因 H_{ij} 為複數，因此可以選擇實數部、虛數部、振幅部與相位角來呈現，此外在 H_{ij} 軸線控制上，可選擇線性軸與對數軸，便於進行頻率響應函數的解讀。

4. 矩形平板結構自動化分析應用

本節透過鋼板與木板為例，執行自動化分析模組，並透過模型驗證驗證，確認自動化分析模組的正確性。

圖 8 為矩形平板實體結構，圖 8(a) 為鋼板、圖 8(b) 為木板，鋼板假設為等向性(Isotropic)材料模型，木板則假設為正交性(Orthotropic)材料模型。

4.1 等向性材料模型驗證

本小節執行鋼板的模型驗證。表 1 為鋼板幾何與材料參數表，鋼板幾何參數為長:0.05m、寬:0.1m、高:0.003m；材料模型假設為等向性，因此 x 、 y 、 z 方向的材料參數均相同，楊氏係數 $E=194\text{GPa}$ 、蒲松比 $\nu=0.34$ 、密度為 7836.66kg/m^3 。

首先執行模態分析，表 2 為鋼板理論與實驗自然頻率總表，理論自然頻率是由自動化分析模組取得，實驗自然頻率是由 EMA 實驗量測所得，將理論與實驗自然頻率進行比較，平均誤差約為 2%，最高頻率誤差為第 3 模態 5.43%。表 3 為鋼板理論與實驗模態振型總表，理論模態振型是透過自動化分析模組自動產生，使用者可以直接與實驗模態振型進行比對，比對結果顯示，第 5 模態物理意義較不對應，推測是因實驗佈點較少，剩餘模態振型物理意義均有對應。

接著進行簡諧響應分析，圖 9 為鋼板理論與實驗頻率響應函數，X 軸為頻率、Y 軸為振幅，藍色曲線為理論 FRF、紅色曲線為實驗 FRF。理論 FRF 由自動化簡諧分析模組所得，於 GUI 介面設定簡諧分析參數後，自動讀取模態分析結果並於後台執行簡諧分析，使用者可設定頻率響應函數的呈現方式，為了進行分析與實驗 FRF 驗證，因此理論與實驗的外力輸入點位與輸出響應點位置須相同，將分析與實驗 FRF 重疊比較，其峰值均有對應，物理意義也相同，代表此分析模型等效於實際鋼板結構，完成鋼板模型驗證。

表 1 鋼板幾何與材料參數

鋼板(等向性材料)		
幾何參數	長(L)	0.05(m)
	寬(B)	0.1(m)
	高(t)	0.003(m)
材料參數	楊氏係數(E)	194(GPa)
	蒲松比(ν)	0.34
	密度(D)	7836.66(Kg/m ³)

表 2 鋼板理論與實驗自然頻率總表

鋼板				
FEA		EMA		頻率誤差(%)
模態數	自然頻率(Hz)	模態數	自然頻率(Hz)	
SF-01	1548.60	SE-01	1522.15	1.74
SF-02	1847.28	SE-02	1845.90	0.07
SF-03	4061.41	SE-03	3852.15	5.43
SF-04	4268.27	SE-04	4213.10	1.31
SF-05	6276.55	SE-05	6548.90	-4.16
SF-06	7042.99	SE-06	7210.86	-2.33
SF-07	7308.74	SE-07	7261.54	0.65
SF-08	8407.72	SE-08	8499.34	-1.08

表 3 鋼板理論與實驗模態振型總表

SF01-1548.60Hz	SF02-1847.28Hz	SF03-4061.41Hz	SF04-4268.27Hz
SE01-1522.15Hz	SE02-1845.90Hz	SE03-3852.15Hz	SE04-4213.10Hz
SF05-6276.55Hz	SF06-7042.99Hz	SF07-7308.74Hz	SF08-8407.72Hz

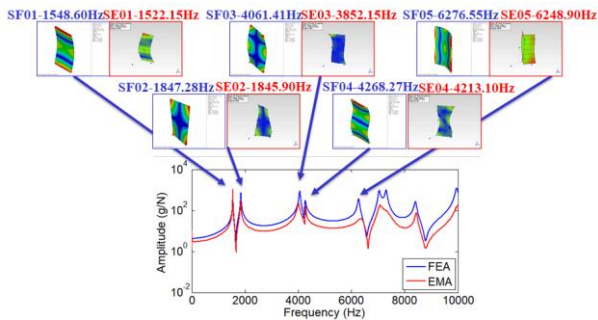


圖 9 鋼板理論與實驗頻率響應函數

4.2 正交性材料模型驗證

本小節執行木板的模型驗證。表 4 為木板幾何與材料參數總表，木板幾何參數為長:0.42m、寬0.19m、高 0.019m；木板假設為正交性材料模型，有 9 個材料參數，楊氏係數 $E_x=8.47\text{GPa}$ 、 $E_y=E_z=2.18\text{GPa}$ 、浦松比 $\nu_{xy}=\nu_{yz}=\nu_{xz}=0.3$ 、剪切模數 $G_{xy}=G_{yz}=1.31\text{GPa}$ 、 $G_{yz}=0.68\text{GPa}$ 、密度為 676.28kg/m^3 。

表 5 為木板理論與實驗自然頻率總表，理論自然頻率是透過自動化模態分析模組所得，實驗模態參數是透過實驗量測所得。將理論與實驗自然頻率進行比對，兩者誤差最高 2.94%，自然頻率對應良好。表 6 為木板理論與實驗模態振型總表，理論模態振型是透過自動化模態分析模組取得，將理論與實驗模態振型進行比對，結果顯示兩者物理意義均有對應。

圖 10 為木板理論與實驗頻率響應函數，X 軸為頻率(Hz)、Y 軸為振幅(g/N)，藍色曲線為理論 FRF、紅色曲線為實驗 FRF。理論 FRF 是經由自動化簡諧分析模組於後台執行 ANSYS 分析求得，實驗 FRF 由實驗量得，理論與實驗 FRF 峰值均有對應，其物理意義也有對應，代表此分析模型等效於實際木板結構，完成木板模型驗證。

透過等向性與正交性材料模型進行模型驗證，其理論分析結果由自動化分析模組產生，並與實驗量測結果進行比對，其模態參數物理意義均有對應，頻率響應函數峰值趨勢均有對應，確認自動化分析模組的分析正確性。

表 4 木板幾何材與料參數總表

木板(正交性材料)		
幾何參數	長(L)	0.42(m)
	寬(B)	0.19(m)
	高(t)	0.019(m)
材料參數	楊氏係數(E_x)	8.47(GPa)
	楊氏係數(E_y)	2.18(GPa)
	楊氏係數(E_z)	2.18(GPa)
	浦松比(ν_{xy})	0.3
	浦松比(ν_{yz})	0.3
	浦松比(ν_{xz})	0.3
	剪切模數(G_{xy})	1.31(GPa)
	剪切模數(G_{yz})	0.68(GPa)
剪切模數(G_{xz})	1.31(GPa)	
密度(D)	676.28(Kg/m ³)	

表 5 木板與實驗自然頻率總表

FEA		EMA		頻率誤差(%)
模態數	自然頻率(Hz)	模態數	自然頻率(Hz)	
WF-01	342.00	WE-01	340.52	0.34
WF-02	381.23	WE-02	386.17	-1.28
WF-03	775.93	WE-03	784.87	-1.14
WF-04	967.40	WE-04	948.48	1.99
WF-05	1029.05	WE-05	1016.37	1.25
WF-06	1160.19	WE-06	1195.38	-2.94
WF-07	1412.22	WE-07	1422.03	-0.69
WF-08	1644.17	WE-08	1670.23	-1.56

表 6 木板理論與實驗模態振型總表

WF01-342.00Hz	WF02-381.23Hz	WF03-775.93Hz	WF04-967.40Hz
WE01-340.52Hz	WE02-386.17Hz	WE03-784.87Hz	WE04-948.48Hz
WF05-1029.05Hz	WF06-1160.19Hz	WF07-1412.22Hz	WF08-1644.17Hz
WE05-1016.37Hz	WE06-1195.38Hz	WE07-1422.03Hz	WE08-1670.23Hz

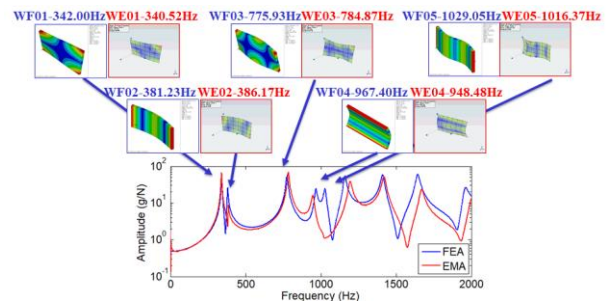


圖 10 木板理論與實驗頻率響應函數

5. 結論

自動化分析模組可有效的簡化振動分析的過程，透過 MATLAB GUI 輸入分析參數，即可快速獲得分析結果，不需開啟 ANSYS 軟體進行逐步的分析設定，本文開發矩形平板結構自動化分析模組，其結論如下：

1. 使用者可透過自動化分析模組，完成模態分析與簡諧響應分析，分析結果，自然頻率與頻率響應函數能呈現於 GUI 上，同時輸出模態振型動畫檔，以便於後續辨識模態振型物理意義。
2. 自動化分析模組可大大減少有限元素分析求解的作業程序，並提出兩個案例研究，分別為等向性與正交性材料模型，並透過模型驗證，確認自動化分析模組的正確性。
3. 本文建立矩形平板結構自動化分析模組，包含模態分析與簡諧響應分析，可取得矩形平板模態參數與頻率響應函數，可快速探討矩形平板結構之振動模態與頻譜響應。
4. 未來可依照本文發展自動化分析方法，建立於不同結構的自動化分析，有效的加快分析速度。

6. 致謝

本論文為科技部計劃編號 MOST 108-2221-E-020-018 之計畫，由於科技部計劃的支持，使本計畫得以順利進行，特此致上感謝之意。

7. 參考文獻

- [1] 王栢村，林建敦，吳秉修，周建中，陳金龍，2013，「迴轉式壓縮機儲液瓶之模型驗證」，第37屆力學會議暨第一屆國際力學會議，新竹，論文編號：234。
- [2] M.J. Elejabarrieta, A. Ezcurra, and C. Santamaria, "Coupled Modes of the Resonance Box of the Guitar," *The Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 111, No. 5, pp. 2283-2292, 2002.
- [3] 王栢村，龍暉，馬凱齡，李易緯，楊彥哲，溫儒琳，2019，「應用 CAE 與 EMA 於小提琴面板素材之機械性質測定」，第17屆精密機械製造科技研討會，屏東，論文編號：A042。
- [4] 王栢村，李易緯，張博鈞，2019，「結合 MATLAB 與 ANSYS 之壓縮機管路自動化振動分析」，中國機械工程學會第三十六屆全國學術研討會論文集，台北，論文編號：00677。
- [5] 宋璐，宋燕燕，馮豔平，2015，「基於 MATLAB GUI 的振動合成分法的研究」，電子設計工程，第23卷，第23期，第43-45頁。
- [6] 杜帥妹，周勁松，凌太波，2015，「基於 Matlab 與 Ansys 聯合仿真平台的空氣壓縮機減振分析」，城市軌道交通研究，第3期，第91-95頁。
- [7] 謝亮亮，田建平，楊海粟，2018，「基於 Workbench 和 Matlab 的傳動軸輕量化及模態分析研究」，科技通報，第34卷，第3期，第129-133頁。
- [8] 李成陽，何劍平，鄭軍，2016，「基於 ANSYS 和

MATLAB 的優化設計」，船電技術，第36卷，第5期，第51-54頁。

- [9] <http://aitanvh.blogspot.com/2017/07/isospr.html>. 國立屏東科技大學機械工程系振動噪音產學技術聯盟，振動噪音科普專欄，甚麼是 ISO 及 SPR?。

Automatic Analysis Module for Rectangular Plate Vibration Modes and Frequency Response

Bor-Tsuen Wang^{1*}, Way Long²,
Bing-Shiang Su¹, Ying-Hui Wu³

¹Department of Mechanical Engineering,

²Department of Wood Science and Design,
National Pingtung University of Science and
Technology

³Machinery Division, National Nei-Pu Senior
Agricultural-Industrial Vocational School

E-mail: wangbt@mail.npust.edu.tw

Most Project : MOST 108-2221-E-020-018

ABSTRACT

Structural model verification (MV) needs to perform finite element analysis (FEA) and experimental modal analysis (EMA). For FEA, to perform theoretical modal analysis (TMA) can obtain structural modal parameters, including natural frequencies and mode shapes, while harmonic response analysis will result in frequency response function (FRF). The analysis may need to repeatedly go through the process for building model, setting up solution and capturing data and plots. This work aims to develop the automatic analysis module by integrating numerical software, MATLAB, and FEA software, ANSYS to carry out the modal analysis and harmonic response analysis for rectangular plate. The developed graphical user interface (GUI) is easy to operate and can execute the solution automatically. The solution of modal parameters and FRFs from FEA can be displayed on the GUI and exported those data as well as mode shape animation files. The GUI is designed for any rectangular plate with different length, width or thickness in free boundary condition. And, the material parameters provide two options for both isotropic and orthotropic material models. Two case studies are presented by adopting the GUI module for FEA solution to perform MV on rectangular plates. One is the steel plate, and the other is the wooden plate. Results show the GUI module can largely reduce the effort in FEA solution and expedite the analysis effectively and efficiently. The developed methodology for automatic analysis can be applied to other structures as well.

Keywords: model verification (MV), finite element analysis (FEA), theoretical modal analysis (TMA), modal parameters, frequency response function (FRF), graphical user interface (GUI).

