

圓柱管自動化振動分析模組之開發與應用

王栢村¹、溫儒琳^{1*}、蘇秉翔¹、林谷樺¹、吳盈輝²

¹ 國立屏東科技大學 機械工程系

² 國立內埔高級農工職業學校 機械科

Email: wangbt@mail.npust.edu.tw

摘要

圓柱管是常見的機械結構，其振動特性很受關注。對於數值模擬分析，工程師需要相當的振動背景，以及有限元素分析建模和分析能力。本文採用MATLAB開發人機介面(GUI)程式模組，並結合有限元分析軟體ANSYS，對任意形狀尺寸的圓柱管結構進行自動化分析，可以分別進行模態分析和簡諧響應分析，以獲得模態參數，包括自然頻率和模態振型，以及頻率響應函數(Frequency Response Function, FRF)。對直管或錐形圓柱管具有不同幾何，以及不同材料模型，如等向性和正交性材料，都可以透過參數化方法構建。開發的 GUI 程式模組將應用於兩個案例研究，一個是鋼材直管，一個是碳纖維高爾夫球桿。結果顯示，GUI 程式模組可以有效、且有效率地獲取結構模態參數和感興趣的FRF，分析結果也以實驗數據驗證。GUI程式模組不僅可以分析任意的圓柱管結構形狀尺寸，還可以減少構建模型和製作報告的後處理工作，未來可應用於振動教學，以及管道結構的設計變更分析。

關鍵字：圓柱管、自動化分析、振動、自然頻率、模態振型

1. 前言

圓柱管結構的振動噪音問題值得關注，為了獲得圓柱管的振動特性，在振動分析前須建立模型，而模擬比較不同尺寸的幾何零件時，需重新建立模型，由於零部件大多極為相似，僅有關鍵尺寸大小的差異，因此，為了提高建模與分析的效率，可透過自動化分析模組，不必開啟ANSYS介面，也可以完成模態分析，減少重新建模的步驟，縮短開發新產品的時間，此外，培育一名CAE工程師，以往需花費一年的時間，但透過開發完善的分析模組，以簡單的操作介面，即使是不熟悉ANSYS的使用者，也可以完成建模和分析工作，降低分析軟體使用的門檻。

在產品開發初期，為了考量結構是否會產生共振，透過振動分析，探討結構本身的模態參數，王等人[1]研究壓縮機過濾瓶的振動噪音問題，將過濾瓶零部件，分別進行模型驗證，取得經過驗證後的有限元素模型，此分析技術可作為初始設計評估之參考，也有助於輔助診斷壓縮機的振動與噪音。上述學者利用

模型驗證，可以取得結構本身振動性質，且獲得等效實際結構的分析模型，進行產品開發之前的設計評估。另外，也可以透過實驗，了解結構本身振動特性，避開與自然頻率相近的激振頻率，減少共振發生，盧等人[2]為了找出空調管路出現裂紋的原因，透過振動實驗與金相分析，發現主要由高壓閥之毛細管組件的振動，導致裂紋產生，因此，將結構進行改良與設計，結構的自然頻率避開共振的自然頻率，最後，透過實驗量測進行驗證設計改良是有效的。

圓柱管是較為常見的機械幾何結構，建立實驗量測與分析手法，可以應用在不同結構上，陳和李[3]為了獲取通風管路系統之配件性能數據，以實際結構進行量測，結果顯示，可取得全壓損失與損失係數，以及具有可靠之性能量測，最後，研究也提出透過手法的建立，能提供未來設計時之參考。

考慮振動分析需反覆進行建模，以及處理數據和繪圖等工作，為了提高振動特性取得的效率，王等人[4]開發平板結構自動化分析模組，利用MATLAB GUI輔助操作ANSYS進行振動分析，並與實驗結果進行驗證，確認自動化分析模組的正確性，加快分析的速度。為了解決單一軟體無法完成建模和分析工作，透過串聯建模與分析的軟體，李和楊[5]集結SolidWorks、MATLAB、ANSYS三種軟體串聯，針對微型飛行器機身的結構設計為案例，以MATLAB為主程式，輸出尺寸參數，給予SolidWorks進行建模後，將SolidWorks輸出更新模型，給予ANSYS進行分析求解，並輸入分析結果呈現於MATLAB，結果可完成大量的重複建模、仿真工作，有效提高了設計的效率。

自動化分析的優點除了省時，也減少建模的重複性工作，王等人[6]為了增加CAE技術的操作容易，透過ANSYS與MATLAB結合設計一款振動分析的GUI，為了快速取得壓縮機管路系統的振動特性，且介面可減少分析設定的時間，此外，簡單的操作也降低使用者的門檻，有助於加速產品開發的時間。

在振動理論的教學過程中，為了使學生更好地理解，宋等人[7]利用MATLAB軟體提供的GUI介面，設計一款簡諧振動系統，經過系統的測試且驗證各種情況下的模擬結果與理論一致，有助於振動理論的教學。杜等人[8]為了研究空氣壓縮機運作時，其懸掛減振元件參數對車體振動的影響，利用MATLAB軟體的人機介面，與ANSYS APDL連結，開發一套能仿真的系統，且介面操作容易，提高研究的效率。

圓柱管是常見的機械結構，為了探討圓柱管結構之振動特性，並加快分析時的效率，因此，開發自動化分析模組，將省下的時間進行結構的設計變更。本文的主要目的如下：

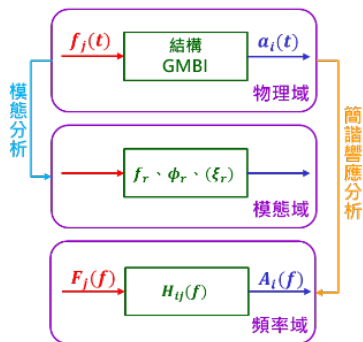
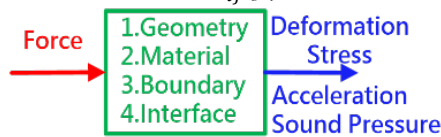
1. 開發一套GUI模組，可建立任意形狀尺寸的圓柱管、圓錐管模型，另外，也可給予不同的材料參數之分析設定，進行振動分析。
2. MATLAB GUI可連接ANSYS進行分析，經由模態分析，取得圓柱管結構的振動特性，包含自然頻率與模態振型，並比對簡諧響應分析之FRF結果。
3. 兩個實際結構為案例，所獲得的模態參數，與自動化分析模組進行驗證，目標是自動化模態分析模組的結果，與實驗模態分析的結果一致。

2. 圓柱管結構振動分析理念

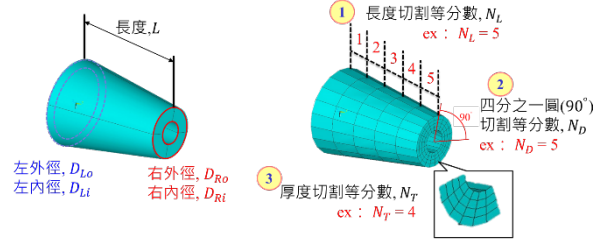
圓柱管結構進行振動分析，可以了解圓柱管的振動特性，包含自然頻率、模態振型、模態阻尼比。了解圓柱管的振動特性，可以避開與結構相近的自然頻率，減少產生共振的可能，並可以做為產品設計的輔助參考。

圖一為振動分析系統方塊圖，有限元素分析(Finite Element Analysis, FEA)可進行建模作業和分析設定，在建構FEA模型時，系統中有幾何尺寸 G 、材料參數 M 、邊界條件 B 、接觸介面 I ，系統外部為輸入外力 F ，在圓柱管結構模型上，可得到變形量、應力、應變、加速度以及聲音壓力。

圓柱管結構的振動分析，主要分成模態分析和簡諧響應分析。從模態分析的物理域系統方塊圖中，可見結構系統中有 $GMBI$ ，在圓柱管某一點的位置上，輸入外力 $f_j(t)$ ；輸出加速度 $a_i(t)$ 。模態分析求解後，可獲得模態參數，包含：自然頻率 f_r 、模態振型 ϕ_r 。在簡諧響應分析輸入外力的大小、方向、作用位置以及設定平均阻尼係數 ξ_r ，透過 $A_i(f)$ 除上 $F_j(f)$ 後，可得到頻率響應函數， $FRF=H_{ij}(f)$ 。



圖一：振動分析系統方塊圖



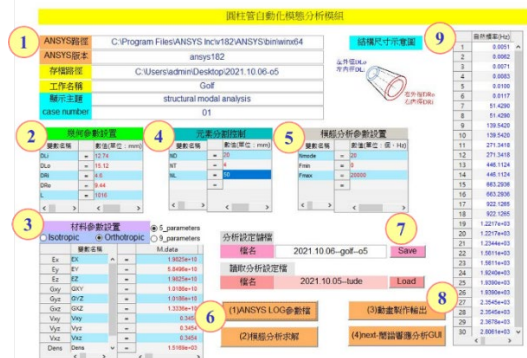
圖二：圓柱管結構幾何尺寸示意圖

進行振動分析以前，除了建立圓柱管模型，也需設計一套可以變更幾何的方式，考量大部分圓柱管的結構相似，僅有關鍵尺寸的差異，因此，設計變數符號與關鍵尺寸之關聯，作為可變更的輸入參數。圖二為圓柱管結構幾何尺寸示意圖，為了在ANSYS中建立圓柱管的有限元素模型，以FGMBIR的方式，建構有限元素模型，採用平面元素(PLANE182)與立體元素(SOLID45)，以迴轉平面建立立體幾何。

圖二左側圖以5個關鍵尺寸為主要幾何參數，分別是圓柱管的左內徑 DL_i 、左外徑 DL_o 、右內徑 DR_i 、右外徑 DR_o 、長度 L 。只需輸入對應的圓柱管直徑尺寸數值和長度，就可以進行幾何參數設置與變更，可以建構任意尺寸的圓柱管、圓錐管模型。為了元素分割的控制，採用六面體(Hexahedron)的分割方法，將分割的關鍵參數與變數符號進行設計，如圖二右側圖所示，第1點為長度切割等分數 N_L ，可控制圓柱管的長度方向分割等分數；第2點為四分之一圓(90度角)切割的等分數 N_D ，範例為 $N_D=5$ 等分，由於圓柱管以旋轉面積的方式建立模型，因此圓柱管(360度)總共分割成20等分；第3點為圓柱管厚度的切割等分數 N_T ，如圖範例為 $N_T=4$ 等分，圓柱管厚度分割成4等分。將有限元素模型建模與模態分析的LOG檔合併，將獲得的ANSYS LOG檔，與MATLAB GUI串聯，後續應用在開發自動化模組。

3. 圓柱管結構振動分析人機介面模組開發

由於圓柱管為常見機械結構，大量分析時，需重複建立模型，為了提高分析的效率，降低分析軟體使用者的門檻，本節將開發自動化振動分析的模組，圖三為自動化模態分析模組介面。



圖三：自動化模態分析模組介面

第 1 步、輸入 ANSYS 的路徑和版本，給予分析檔案存放之位置和檔名，輸入顯示主題等資訊。

第 2 步、進行幾何參數設置，圓柱管直徑尺寸數值，以及長度。

第 3 步、為了材料參數的控制，有兩個選項可供選擇：等向性材料(Isotropic Material)提供 E_x 、 G_{xy} 、 ν_{xy} 、 D_{ens} 進行設定；正交性材料(Orthotropic Material)提供 E_x 、 E_y 、 G_{xy} 、 ν_{xy} 、 D_{ens} 或 E_x 、 E_y 、 E_z 、 G_{xy} 、 G_{yz} 、 G_{xz} 、 ν_{xy} 、 ν_{yz} 、 ν_{xz} 、 D_{ens} 兩種模式的設定。

第 4 步、元素分割控制，以變數 N_D 、 N_T 、 N_L 進行控制。

第 5 步、模態分析參數設置，設定取樣的模態數量、起始頻率以及終止頻率。

第 6 步、輸出分析的 ANSYS LOG 參數檔後，求解模態分析。

第 7 步、分析設定讀檔，儲存介面的參數，方便下次讀取。

第 8 步、輸出求解的模態振型動畫。

第 9 步、求解的自然頻率結果呈現在介面上。

透過 GUI 介面，控制 FGMBIR 的每一個參數值，完成建模和分析工作，方便快速進行建模與設計變更，應用在重複建模的工作，有助於縮短開發新產品的時間，且透過本文開發的分析模組，不必開啟 ANSYS 操作介面，也可以完成圓柱管的模態分析。

4. 圓柱管結構振動分析人機介面模組應用

為了確認自動化振動分析模組功能，是否能正確進行振動分析，本節將分析模組與實驗進行驗證，鋼材直管的 FEA 與實驗模態分析(Experimental Modal Analysis, EMA)結果比對討論。

此模組針對不同的圓柱管尺寸的需求，為了驗證圓柱管與圓錐管開發的建模功能，表一為不鏽鋼材直管與碳纖維高爾夫球桿之幾何尺寸總表[10][11]，不鏽鋼材直管與碳纖維高爾夫球桿幾何參數，分別是圓柱管與圓錐管結構，後續將 GUI 模組與兩個實際案例進行驗證。為了驗證此模組的材料模型功能，包含等向性材料、正交性材料參數，表二為不鏽鋼材直管與碳纖維高爾夫球桿之材料參數對照表[10][11]，將分別進行建構有限元素模型，在 GUI 分析中帶入材料參數，並與實際案例進行比較驗證。

表一：不鏽鋼材直管與碳纖維高爾夫球桿之幾何尺寸總表[10][11]

不鏽鋼材直管[10]			碳纖維高爾夫球桿[11]		
幾何變數	數值	單位	幾何變數	數值	單位
左外徑, DL_o	50.6	mm	左外徑, DL_o	15.12	mm
左內徑, DL_i	48.6	mm	左內徑, DL_i	12.74	mm
右外徑, DR_o	50.6	mm	右外徑, DR_o	9.44	mm
右內徑, DR_i	48.6	mm	右內徑, DR_i	4.6	mm
長度, L	149.5	mm	長度, L	1016	mm

表二：不鏽鋼材直管與碳纖維高爾夫球桿之材料參數對照表[10][11]

不鏽鋼材直管[10]			碳纖維高爾夫球桿[11]								
等向性, Isotropic			等向性, Isotropic			正交性, Orthotropic, 5 parameters			正交性, Orthotropic, 9 parameters		
材料變數	數值	單位	材料變數	數值	單位	材料變數	數值	單位	材料變數	數值	單位
密度, D_{ens}	6871.84	kg/m^3	密度, D_{ens}	1516.86	kg/m^3	密度, D_{ens}	1516.86	kg/m^3	密度, D_{ens}	1516.86	kg/m^3
楊氏係數, E_x	126.13	GP_a	楊氏係數, E_x	58.496	GP_a	楊氏係數, E_x	58.496	GP_a	楊氏係數, E_x	57.968	GP_a
楊氏係數, E_y	126.13	GP_a	楊氏係數, E_y	58.496	GP_a	楊氏係數, E_y	19.825	GP_a	楊氏係數, E_y	57.715	GP_a
楊氏係數, E_z	126.13	GP_a	楊氏係數, E_z	58.496	GP_a	楊氏係數, E_z	19.825	GP_a	楊氏係數, E_z	55.5	GP_a
蒲松比, ν_{xy}	0.28	--	蒲松比, ν_{xy}	0.35	--	蒲松比, ν_{xy}	0.35	--	蒲松比, ν_{xy}	0.50	--
蒲松比, ν_{yz}	0.28	--	蒲松比, ν_{yz}	0.35	--	蒲松比, ν_{yz}	0.35	--	蒲松比, ν_{yz}	0.45	--
蒲松比, ν_{xz}	0.28	--	蒲松比, ν_{xz}	0.35	--	蒲松比, ν_{xz}	0.35	--	蒲松比, ν_{xz}	0.26	--
剪切模數, G_{xy}	49.27	GP_a	剪切模數, G_{xy}	21.74	GP_a	剪切模數, G_{xy}	10.19	GP_a	剪切模數, G_{xy}	31.34	GP_a
剪切模數, G_{yz}	49.27	GP_a	剪切模數, G_{yz}	21.74	GP_a	剪切模數, G_{yz}	10.19	GP_a	剪切模數, G_{yz}	21.27	GP_a
剪切模數, G_{xz}	49.27	GP_a	剪切模數, G_{xz}	21.74	GP_a	剪切模數, G_{xz}	13.34	GP_a	剪切模數, G_{xz}	33.56	GP_a

4-1 案例研究(I)：不鏽鋼材直管

將表一和表二的幾何與材料參數帶入GUI模組，進行模態分析，並與文獻[10]的實驗模態分析模態參數結果，包含自然頻率、模態振型，進行比對驗證，此外，也將EMA與FEA的FRF進行比對驗證。

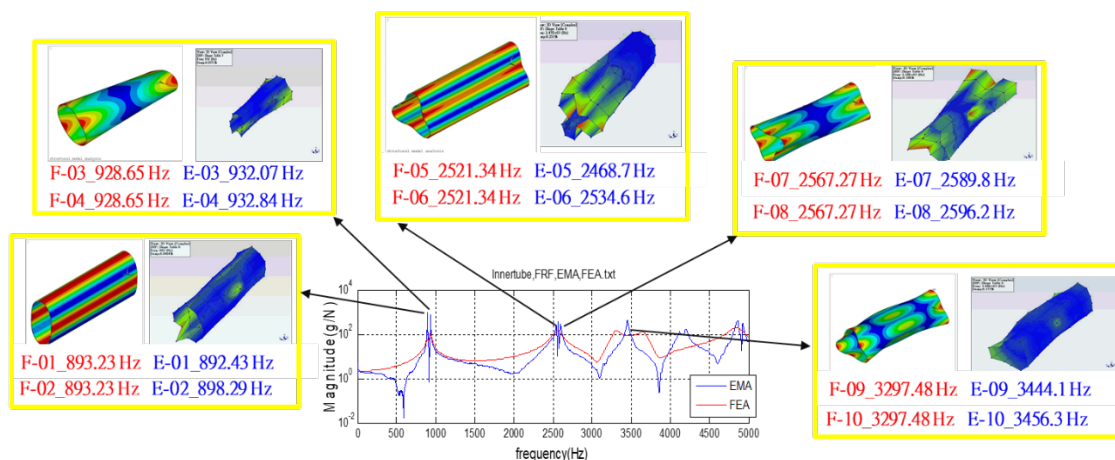
表三為不鏽鋼材直管的分析與實驗之自然頻率總表，模態分析的第1個彈性體模態是893.23 Hz，與EMA的第1個彈性體模態是892.43 Hz，從1-16模態的自然頻率，EMA與FEA誤差在5%以下，除了第11、12模態的自然頻率誤差較高，其餘自然頻率相近，而且模態振型的物理意義相同，獲得等效於實際結構之有限元素模型。

圖四為不鏽鋼材直管自動化振動分析與實驗的振動特性比對圖，透過圖四，探討分析與實驗的模態參數結果，並進行FRF峰值趨勢驗證。圖可了解實驗與簡諧響應分析的FRF峰值，有對應的趨勢，峰值頻率與模態分析的自然頻率對應，且模態振型是相同的，表示EMA與FEA分析結果相近，此分析模型，能夠有效的模擬出實際結構的振動特性，也驗證自動化振動分析模組與實驗的結果一致。

結果顯示，此GUI模組可有效建立圓柱管結構模型，並取得結構的模態參數，包含自然頻率、模態振型，了解圓柱管結構之振動特性，可應用於輔助產品之設計開發。

表三：不鏽鋼材直管的分析與實驗之自然頻率總表[10]

EMA			FEA		物理意義(θ, z)	誤差(%)
模態數	自然頻率(Hz)[10]	阻尼比(%)	模態數	自然頻率(Hz)		
E-01	892.43	0.05	F-01	893.23	(2,1)	0.09
E-02	898.29	0.17	F-02	893.23	(2,1)	-0.56
E-03	932.07	0.06	F-03	928.65	(2,2)	-0.37
E-04	932.84	0.05	F-04	928.65	(2,2)	-0.45
E-05	2468.70	0.25	F-05	2521.34	(3,1)	2.13
E-06	2534.60	0.18	F-06	2521.34	(3,1)	-0.52
E-07	2589.80	0.19	F-07	2567.27	(3,2)	-0.87
E-08	2596.20	0.13	F-08	2567.27	(3,2)	-1.11
E-09	3444.10	0.17	F-09	3297.48	(3,3)	-4.26
E-10	3456.30	0.15	F-10	3297.48	(3,3)	-4.60
E-11	4137.00	0.18	F-11	3663.17	(2,3)	-11.45
E-12	4190.90	0.26	F-12	3663.17	(2,3)	-12.59
E-13	4830.40	0.35	F-13	4820.84	(4,1)	-0.20
E-14	4871.50	0.04	F-14	4820.84	(4,1)	-1.04
E-15	4919.50	0.06	F-15	4869.09	(4,2)	-1.02
E-16	4923.20	0.05	F-16	4869.09	(4,2)	-1.10



圖四：不鏽鋼材直管自動化振動分析與實驗的振動特性比對圖

4-2 案例研究(II)：碳纖維高爾夫球桿

碳纖維高爾夫球桿的特徵，是左右直徑不相同的圓錐管狀結構，因此，可做為輔助驗證，圓柱管自動化振動分析模組建模的功能。

為了驗證圓錐管形狀結構的建模功能，以及驗證模組提供的材料模型功能，選項包含等向性材料、正交性材料，本節採用碳纖維高爾夫球桿[11]的實際結構之幾何、材料參數，透過模型驗證，將自動化振動分析模組與實驗的結果相互比對驗證。

表四為碳纖維高爾夫球桿的分析與實驗之自然頻率總表，EMA 與 FEA 自然頻率總表結果，等向性材料平均誤差在 2.68%；正交性_5 在 3.81%；正交性_9 在 3.15%，實驗與分析的模態參數有良好的對應，驗證了材料選項的功能，也可獲得等效於實際結構的

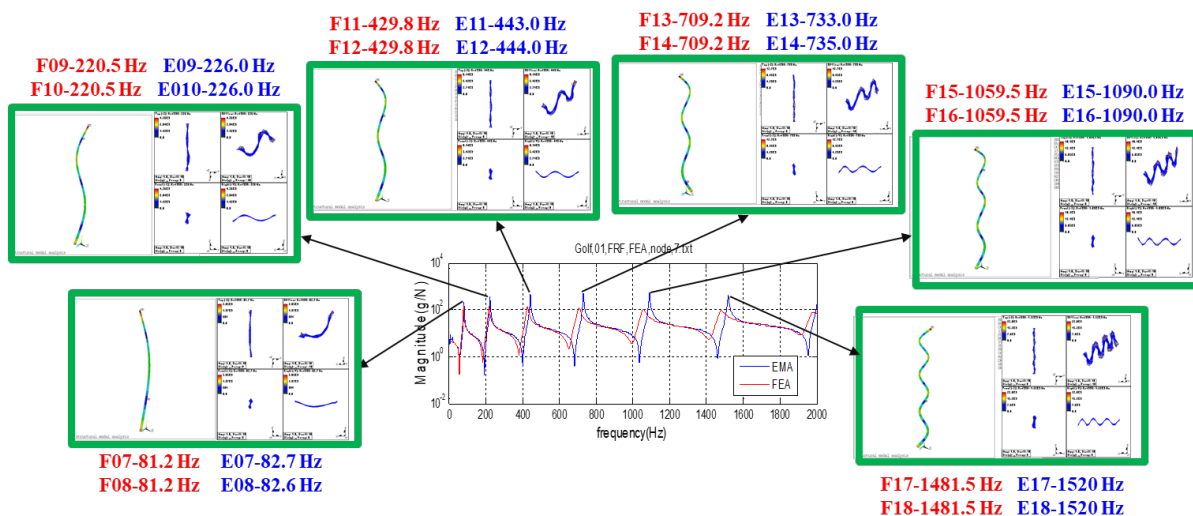
模態參數。

圖五為碳纖維高爾夫球桿自動化振動分析與實驗的振動特性比對圖，簡諧分析與實驗的 FRF，兩條 FRF 曲線的峰值頻率吻合，模態振型之物理意義相同，表示，有限元素模型相當接近實際結構，此外，由於圓柱管結構具有對稱模態之特性，透過此 GUI 模組，可有效了解圓柱管結構的振動特性。

圓柱管自動化分析模組，可以應用在圓錐管形狀，另外，也驗證等向性材料、正交性材料功能選項正常，透過模型驗證，實驗模態分析與簡諧響應分析的 FRF 比對，取得結構的振動特性，除此之外，也可以獲得等效實際結構的分析模型。

表四：碳纖維高爾夫球桿的分析與實驗之自然頻率總表[11]

物理意義	實驗量測 (Hz)[11]	對應模態	Isotropic (Hz)	誤差(%)	Orthotropic5 (Hz)	誤差(%)	Orthotropic9 (Hz)	誤差(%)
Z,1	82.7	7	81.2	1.85	81.1	1.92	80.6	2.50
Y,1	82.6	8	81.2	1.73	81.1	1.79	80.7	2.36
Z,2	226	9	220.5	2.45	220.1	2.63	219.1	3.07
Y,2	226	10	220.5	2.45	220.1	2.61	219.2	3.02
Z,3	443	11	429.8	2.99	428.2	3.33	427.2	3.56
Y,3	444	12	429.8	3.21	428.4	3.51	427.6	3.70
Z,4	733	13	709.2	3.25	705.0	3.82	705.4	3.77
Y,4	735	14	709.2	3.51	705.5	4.02	706.2	3.91
Z,5	1090	15	1059.5	2.80	1050.1	3.66	1054.6	3.25
Y,5	1090	16	1059.5	2.80	1051.2	3.56	1056.4	3.08
Z,6	1520	17	1481.5	2.53	1351.1	11.11	1475.9	2.90
Y,6	1520	18	1481.5	2.53	1463.1	3.74	1479.4	2.67
平均誤差(%)			2.68		3.81		3.15	



圖五：碳纖維高爾夫球桿自動化振動分析與實驗的振動特性比對圖

5. 結論

本文開發圓柱管的自動化振動分析模組，建立模態分析的求解模組，並以兩個實際案例，不鏽鋼材直管[10]與碳纖維高爾夫球桿[11]之實驗結果，進行驗證，研究所獲得的結論：

1. 本文開發之GUI模組，操作介面簡單和容易，不必開啟ANSYS的操作介面，也能夠進行圓柱管模態分析，取得結構的自然頻率、模態振型。
2. 本模組針對圓柱管的幾何形狀，可應用於不同尺寸的圓柱管或圓錐管結構，進行快速建模，有助於進行圓柱管結構的設計變更。
3. 此模組可以選用不同的材料模型，包括等向性及正交性材料，分別以不鏽鋼管與碳纖維高爾夫球桿的實際案例驗證。
4. 透過自動化分析模組，可應用圓柱管結構之產品的振動噪音研究，可取得結構的振動特性，如模態參數與頻率響應函數，輔助產品的設計與開發。

6. 參考文獻

1. 王栢村，林建敦，吳秉修，周建中，陳金龍，"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，(2013)。
2. 盧劍偉，楊九銘，陳添寧，方向新，"某櫃式空調外機管路裂紋實驗分析"，機械設計，第21卷，第5期，第55-56頁，(2004)。
3. 陳文亮，李訓谷，"HVAC管路系統配件性能量測建立與實驗分析之研究"，機械技師學刊，第1卷，第1期，第16-22頁，(2008)。
4. 王栢村，龍暉，蘇秉翔，吳盈輝，"矩形平板結構之振動模態與頻譜響應之自動化分析模組"，第二十八屆中華民國振動與噪音工程學術研討會，桃園，論文編號:13，(2021)。
5. 李璿，楊揚，"基於SolidWorks-MATLAB-ANSYS集成框架的結構設計優化"，計算機應用與軟件，第37卷，第3期，第8-12頁，(2020)。
6. 王栢村，李易緯，張博鈞，"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36屆全國學術研討會，台北，論文編號:0677，(2019)。
7. 宋璐，宋燕燕，馮艷平，"基於MATLAB GUI的振動合成方法的研究"，電子設計工程，第23卷，第23期，第43-45頁，(2015)。
8. 杜帥妹，周勁松，凌太波，"基於MATLAB與ANSYS聯合仿真平台的空氣壓縮機檢振分析"，程式軌道交通研究，第2期，第91-95頁，(2015)。
9. 王利亞，黃文才，江俊，李語亭，鐘澤，"冰箱壓縮機管路減振結構設計及優化"，家電科技，第5期，第76-78頁，(2020)。

10. 王栢村，施旻穎，徐矜育，劉軒廷，蕭信宏，張家豪，"不鏽鋼管打擊樂器之設計與製作"，台灣聲學學會第26屆學術研討會，台北，論文編號:C4，(2013)。
11. 王栢村，廖學任，李建興，"不同材料模型於碳纖維之機械性質探討"，第十三屆中華民國振動與噪音工程學術研討會，彰化，論文編號:E3，(2005)。
12. 王栢村，洪研庭，劉文全，"碳纖維高爾夫球桿材料機械性質探討"，中華民國振動與噪音工程學會第十一屆學術研討會論文集，第63-69頁，(2003)。

Development of Automatic Vibration Analysis Modules and Application to Cylindrical Pipes

Bor-Tsuen Wang¹, Ju-Lin Wen¹, Bing-Shiang Su¹, Gu-Hua Lin¹, Ying-Hui Wu²

¹Department of Mechanical Engineering, National Pingtung University of Science and Technology, Pingtung City, Taiwan, R.O.C.

²Machinery Division, National Nei-Pu Senior Agricultural-Industrial Vocational School

Abstract

Cylindrical pipes are common mechanical structures which vibration characteristics are of interest. For numerical simulation, engineers needs much background in vibration as well as finite element modeling and analysis skills. This work develops the Graphic User Interface (GUI) module by using MATLAB and integrating ANSYS, a finite element analysis software, to automatically analyze generic shape of cylindrical pipe structures. Both modal analysis and harmonic response analysis can be, respectively, performed to obtain modal parameters, including natural frequencies and mode shapes, as well as frequency response functions (FRFs). The straight or taper cylindrical pipe with different geometry and different materials models, such as isotropic and orthotropic, can be constructed via parametric approaches. The developed GUI module is then applied to two case studies. One is the steel straight pipe, and the other is the FRP golf shaft. Results show the GUI module can effectively and efficiently obtain structural

modal parameters and the interested FRFs. Results are verified with experimental data. The GUI module can not only analyze generic shapes of cylindrical pipe structure but also reduce the effort in constructing model and post-processing for generating report. The developed modules is useful for vibration teaching and pipe structure design modification analysis.

Keywords: cylindrical pipe, automatic analysis, vibration, natural frequency, mode shape