

具加勁複合材料結構板之聲傳研究

研究生：彭國晉

指導教授：金大仁 博士

國立交通大學機械工程研究所

中文摘要

本文主要是研究以不同加勁設計之複合材料結構板為揚聲板對聲傳行為的影響，以期設計出具有足夠剛性之具加勁複合材料結構板來避免聲壓值的起伏落差，而呈現出平滑之聲壓曲線。透過四種加勁設計之複合材料結構板及未做加勁設計之平板的比較，探討其聲壓曲線之差異以及差異產生的原因，來研究如何做出能有效提高平板結構剛性之加勁設計。

在理論分析上，利用有限元素軟體 ANSYS 建構以不同加勁複合材料結構板為揚聲板的揚聲器系統分析模型，將由實驗測得之系統參數，如懸邊彈簧常數、激振器之彈簧常數、音圈出力以及系統阻尼等，代入 ANSYS 模型中分析運算，便可得到振動板上各點之振幅與相角，再將得到之振幅與相角代入聲壓計算程式中，以模擬不同加勁複合材料結構板之揚聲器系統的聲傳行為，經由模擬結果與 MLSSA 聲壓頻譜儀測得之聲壓曲線的比對，而找出造成聲壓值起伏的原因並且加以改善，在本文中對於實驗結果與理論模擬之間誤差的產生原因也將予以討論說明。

Sound Radiation Analysis of Stiffened Composite Panels

Student : Kuo-Chin Peng

Advisor : Dr. Tai-Yan Kam

Institute of Mechanical Engineering
National Chiao Tung University

ABSTRACT

The effects on sound radiation of composite panels with different stiffened designs are studied in this thesis. This study is used to design the stiffened composite panels with enough stiffness which can avoid the fluctuation of sound pressure. By investigating the differences among the behaviors of sound pressure responses of four types of stiffened plates and an unstiffened one, we obtain a structural design which can effectively modify the stiffness of a plate structure and its sound radiation behavior.

For theoretical analysis, the simulation models of radiating panels with different designs of stiffeners were constructed using the software ANSYS. The amplitudes and the phases of these panels were obtained from the analyses of the simulation models using given system parameters such as spring constants of suspension and damper, the thrust of the voice coil and the damping ratio of the loudspeaker system, which were measured from experiments. Then, we use the amplitudes and the phases in the program of calculation of sound pressure level to simulate

the behaviors of sound radiation of the loudspeakers. Through the comparison between the curves of sound pressure response measured by the sound measurement system MLSSA and the ones simulated by computer, we can find out the reason causing the drops in sound pressure curves and the direction to improve the loudspeaker system further. Finally, the discrepancies between the results of experiment and these of simulation were discussed.



誌 謝

經過了攻讀機械工程碩士學位的這兩年，首先非常感謝金大仁教授在這段期間對我的諸多教誨與指導，使我瞭解了研究的方法與流程，將問題一一抽絲剝繭來加以分析探討，進而找出問題的解決之道，其次便是要感謝偉芬學姐與清榮學長，在我研究遇到問題而無法排除時都能不厭其煩地從旁給予指導及解決方向，甚至跟我分享一些做研究的經驗，也很感謝志鴻、巧玲和鎮隆等這些一同在實驗室作研究的同學們，他們平時的幫忙與耐心地傾聽我心中的不悅，使我能夠在數次因為分析錯誤而重新來過的精神打擊下堅持到現在，而順利完成我的研究。

另外也要感謝張馨櫻小姐這兩年來的照顧，扮演了實驗室與老師之間的緩衝與溝通橋樑，雖然現在已經離開了實驗室的大家庭，但妳的位置依然無可取代，最後，要感謝家人與朋友在這段期間對我的支持，使我能夠安心得完成學業，以努力不懈的步伐繼續往未來邁進。

國晉 2004.7 于交大

目 錄

中文摘要.....	I
英文摘要.....	II
致謝.....	IV
目錄.....	V
表目錄.....	VII
圖目錄.....	VIII
第一章 緒論.....	1
1-1 前言.....	1
1-2 文獻回顧.....	2
1-3 研究方法.....	3
第二章 複合材料積層板之力學分析.....	4
2-1 基本假設.....	4
2-2 位移場與應變.....	4
2-3 應力與應變.....	5
2-4 合力與合力矩.....	7
第三章 具加勁複合材料結構板之振動分析.....	9
3-1 假設條件及分析方法.....	9
3-2 虛功法在有限元素模型中之應用.....	9
3-3 特徵值與特徵向量.....	11
3-4 具阻尼之結構振動系統.....	12
第四章 ANSYS 有限元素模型之建立.....	14
4-1 分析模型之假設.....	14
4-2 分析模型之建構.....	14
4-2.1 元素之選擇與設定.....	14
4-2.2 振動板模型之建立.....	15
4-2.3 激振器與懸邊之模擬.....	16
4-3 簡諧頻率響應分析(Harmonic Analysis).....	17
第五章 聲壓之計算與應用.....	19
5-1 聲傳波動方程式.....	19
5-2 聲壓值計算.....	20
5-3 聲壓位準 SPL.....	21
5-4 聲壓曲線圖之繪製.....	22
第六章 具加勁複合材料結構板及懸邊製作與實驗程序.....	24

6-1	具加勁複合材料結構板之製作.....	24
6-2	彈性懸邊之製作.....	25
6-3	實驗程序.....	26
6-3.1	懸邊彈簧常數之量測	26
6-3.2	系統阻尼之計算與量測	26
6-3.3	聲壓與激振器參數之量測	27
第七章	實驗結果與討論.....	29
7-1	系統參數之量測結果與驗證.....	29
7-1.1	激振器參數	29
7-1.2	懸邊之彈簧常數	30
7-1.3	系統阻尼之實驗結果與模擬	30
7-2	ANSYS 分析模型之驗證.....	31
7-2.1	自然頻率之收斂性	32
7-2.2	聲壓之收斂性與驗證	32
7-3	加勁設計對平板結構之影響.....	34
7-4	聲壓趨勢分析.....	36
7-5	聲壓實驗與模擬結果之探討.....	40
第八章	結論與未來研究方向.....	41
參考文獻	43



表目錄

表 6-1	MLSSA 的 T-S 參數對照表.....	45
表 7-1	激振器參數量測結果.....	45
表 7-2	懸邊之彈簧常數量測結果.....	45
表 7-3	系統 1 之阻尼實驗結果.....	46
表 7-4	系統 2 之阻尼實驗結果.....	46
表 7-5	系統 3 之阻尼實驗結果.....	47
表 7-6	系統 4 之阻尼實驗結果.....	47
表 7-7	碳纖預浸材之材料機械性質.....	48
表 7-8	巴沙木之材料機械性質.....	48
表 7-9	系統 1~5 之振動板非受力點與受力點的位移量比值	49



圖目錄

圖 2-1	纖維複合材料層板座標系統示意圖.....	50
圖 2-2	複合材料積層板座標系統.....	50
圖 2-3	複合材料積層板沿厚度方向之合力與合力矩.....	51
圖 3-1	阻尼比與頻率之關係圖.....	51
圖 4-1	振動板分析模型之面積切割圖.....	52
圖 4-2	振動板分析模型之網格分割圖.....	52
圖 4-3	ANSYS 分析模型之完成圖.....	53
圖 5-1	振動板之聲場示意圖.....	53
圖 5-2	Smooth 前後之聲壓曲線圖.....	54
圖 6-1.1	一字形肋條之加勁設計（平行木紋方向）.....	54
圖 6-1.2	一字形肋條之加勁設計（垂直木紋方向）.....	55
圖 6-2	十字形肋條之加勁設計.....	55
圖 6-3	雙十字形肋條之加勁設計.....	56
圖 6-4.1	十字形肋條之疊層單位 1 及疊層單位 4 的碳纖排列.....	56
圖 6-4.2	十字形肋條之疊層單位 2 及疊層單位 3 的碳纖排列.....	57
圖 6-5.1	雙十字形肋條之疊層單位 1 及疊層單位 4 的碳纖排列.....	57
圖 6-5.2	雙十字形肋條之疊層單位 1 及疊層單位 4 的碳纖排列.....	58
圖 6-6	輔助材料疊層順序.....	58
圖 6-7	熱壓機.....	59
圖 6-8	複合材料積層板加熱加壓硬化之時程圖.....	59
圖 6-9.1	一字形加勁設計之複合材料結構板（平行木紋方向）.....	60
圖 6-9.2	一字形加勁設計之複合材料結構板（垂直木紋方向）.....	61
圖 6-9.3	十字形加勁設計之複合材料結構板.....	62
圖 6-9.4	雙十字形加勁設計之複合材料結構板.....	63
圖 6-10	製作懸邊之模具.....	64
圖 6-11	半圓弧形懸邊.....	64
圖 6-12	弘達 HT-9102 電腦伺服器控制材料試驗機.....	65
圖 6-13	固定於框架之懸邊與振動板.....	65
圖 6-14	雷射測速儀.....	66
圖 6-15	位移響應圖.....	66
圖 6-16	MLSSA 聲壓頻譜儀.....	67
圖 6-17	麥克風與揚聲器之架設.....	67
圖 7-1	激振器.....	68
圖 7-2	揚聲器系統 1.....	68

圖 7-3	揚聲器系統 2.....	69
圖 7-4	揚聲器系統 3.....	69
圖 7-5	揚聲器系統 4.....	70
圖 7-6	揚聲器系統 5.....	70
圖 7-7	振動板之九個阻尼量測點.....	71
圖 7-8	系統 1-阻尼比實驗值與理論模擬之比對.....	71
圖 7-9	系統 2-阻尼比實驗值與理論模擬之比對.....	72
圖 7-10	系統 3-阻尼比實驗值與理論模擬之比對.....	72
圖 7-11	系統 4-阻尼比實驗值與理論模擬之比對.....	73
圖 7-12	系統 1 之阻尼比分段模擬之結果.....	73
圖 7-13	系統 1 之自然頻率收斂圖.....	74
圖 7-14	系統 2 之自然頻率收斂圖.....	74
圖 7-15	系統 3 之自然頻率收斂圖.....	75
圖 7-16	系統 4 之自然頻率收斂圖.....	75
圖 7-17	系統 1 之聲壓值的收斂.....	76
圖 7-18	碳纖積層板揚聲器系統之聲壓實驗值與理論模擬之比較.....	76
圖 7-19	系統 2 至系統 4 之聲壓模擬驗證.....	77
圖 7-20	振動板位移量比對之四點位置圖.....	77
圖 7-21	系統 1-節線不在直接激振區域內的前三個自然振動模態.....	78
圖 7-22	系統 2-節線不在直接激振區域內的前三個自然振動模態.....	79
圖 7-23	系統 5-節線不在直接激振區域內的前三個自然振動模態.....	80
圖 7-24	系統 3-節線不在直接激振區域內的前三個自然振動模態.....	81
圖 7-25	系統 4-節線不在直接激振區域內的前三個自然振動模態.....	82
圖 7-26	揚聲器之振動板運動.....	83
圖 7-27	系統 1、系統 2 及系統 5 之聲壓實驗值比較.....	83
圖 7-28	系統 1、系統 2 及系統 5 於 2500Hz 附近之自然共振模態.....	84
圖 7-29	系統 1 與系統 3 之聲壓實驗值比較.....	85
圖 7-30	系統 1 與系統 3 以 ANSYS 分析之自然頻率分佈圖.....	85
圖 7-31	系統 3 與系統 4 之聲壓實驗值比較.....	86
圖 7-32	系統 3 與系統 4 以 ANSYS 分析之自然頻率分佈圖.....	86
圖 7-33	系統 1 之聲壓實驗與模擬結果的比較.....	87
圖 7-34	系統 2 之聲壓實驗與模擬結果的比較.....	87
圖 7-35	系統 3 之聲壓實驗與模擬結果的比較.....	88
圖 7-36	系統 4 之聲壓實驗與模擬結果的比較.....	88