

彈性支承對複合材料板的振動與聲傳之影響研究

研究生：陳捷凱

指導教授：金大仁 博士

國立交通大學機械工程學系

中文摘要

因彈性支承對複合材料板的振動與聲傳具有重要的影響，本文將從實驗和理論兩方面來探討彈性支承對複合材料板之振動與聲傳的影響。實驗方面，利用不同寬度的玻璃纖維接腳做揚聲板的振動穩定性實驗，使揚聲器系統承受更大的瓦數，其中包括用 12mm 寬玻璃纖維彈性支承進行揚聲器承受不同功率的測試，結果顯示揚聲器可以承受到 10 瓦左右。若欲承受到 15 瓦時，則需用 20mm 寬玻璃纖維彈性支承才能達成。理論方面，利用有限元素軟體 ANSYS 來建立具不同彈性支承揚聲器的分析模式，由聲壓曲線的分析結果找出較為與實驗結果相符合的建模方式。另外，本文為了改善音質，在振動板上同時使用碳纖維與玻璃纖維兩種材料來加勁，讓其產生更佳的高音與低音效果，這種振動板的理論與實驗聲壓曲線亦相當吻合。


Vibration and Sound Radiation of Flexibly Supported Composite Plates

Student : Chien-Kai Chen

Advisor : Dr. Tai-Yan Kam

Institute of Mechanical Engineering
National Chiao Tung University

ABSTRACT



Because flexible supports may have great effects on vibration and sound radiation of composite plates, we will study these effects via experimental and theoretical approaches. In the experimental study, we conducted stability experiments of flat-panel speakers using different fiberglass flexible supports of different widths. With the aim of fabricating loudspeaker systems able to support higher power, we have been successful in using 12mm-wide fiberglass flexible supports in a loudspeaker to sustain 10 watts. If the loudspeaker is to sustain 15 watts, 20mm-wide fiberglass flexible supports must be used. In the theoretical study, we use ANSYS to construct the finite element model of the speaker in which the flexible supports are modeled by different types of elements. The vibration responses of the radiating plate are used in the first Rayleigh integral to find the SPL curve of the plate. The theoretical SPL curves of different flat-panel speakers have been determined and verified

by the experimental ones. In addition, we use both carbon fiber and fiberglass to stiffen composite plates to produce sounds with higher sensitivity and better bass at the same time. The theoretical SPL curve of this type of speakers has also been validated by the experimental results.



誌謝

在這碩士求學過程，遇到很多事情。很謝謝金大仁博士細心與耐心的指導，讓我從學習中不只有研究更學會團隊合作與待人處事。

感謝實驗室學長昌毅、于昇、崧任、欣翰和宗鴻不只在生活上的照顧，更在研究出現問題時不吝嗇的給予意見及幫助。同時謝謝同窗好友政霖、建儒、志傑和宏銘遇到問題時相互討論，平常生活也給予很多歡樂。也謝謝學弟秉達、志翔、奕樵、恩寶和琮鐘在生活繁悶時可以一起運動聊天讓我碩士生活更多采多姿。並要謝謝曾經給予我幫助的所有人，最後僅將本文獻給我的家人、師長與朋友。



中文摘要	i
英文摘要	ii
誌謝	iv
目錄	v
表目錄	vii
圖目錄	viii
一、 緒論.....	1
1-1 前言.....	1
1-2 研究動機與方法.....	2
1-3 文獻回顧.....	4
二、 複合材料疊層板的振動分析.....	6
2-1 一階剪變形平板理論.....	6
2-1.1 基本假設.....	6
2-1.2 應力應變關係.....	7
2-1.3 構成方程式(governing equation).....	9
2-1.4 位移與應變.....	10
2-1.5 應力與應變關係.....	11
2-2 揚聲板的彈性支承.....	14
2-3 應變能與動能.....	15
2-4 特徵值與特徵向量.....	16
2-5 受外力的振動系統.....	17
三、 有限元素分析模擬與聲壓計算.....	20
3-1 ANSYS 有限元素模型之建立.....	20
3-1.1 模擬元素的選擇.....	20
3-1.2 薄殼元素的介紹.....	20
3-1.3 ANSYS 模型建立步驟.....	21
3-2 ANSYS 模擬分析中各參數的取得.....	24
3-2.1 質點元素的參數.....	24
3-2.2 彈簧元素的參數.....	25
3-2.3 激振力的給定.....	25
3-2.4 阻尼比的給定.....	25
3-3 聲壓的計算及應用.....	26
3-3.1 聲壓波動方程式.....	26
3-4 ANSYS 模型之驗證.....	29
3-4.1 模擬元素的選擇與收斂性.....	29
3-4.2 聲壓模擬的驗證.....	30
四、 平面揚聲器之研製及實驗.....	32

4-1	彈性支承之功能.....	33
4-2	揚聲器之製作.....	34
4-2.1	複合材料疊層板之製作.....	34
4-2.2	振動板之製作.....	34
4-2.3	彈性支承之製作.....	34
4-2.4	彈性矽膠懸邊之製作.....	35
4-2.5	平面揚聲器之製作.....	35
4-3	支承研製之問題討論.....	36
4-3.1	支承的材料選擇.....	36
4-3.2	支承材料形狀的設計.....	36
4-4	揚聲器各種實驗程序.....	37
4-4.1	阻尼量測實驗.....	37
4-4.2	聲壓實驗.....	38
4-4.3	阻抗量測實驗.....	39
4-4.4	參數量測實驗.....	39
五、	揚聲板設計與彈性支承的穩定及模擬探討.....	40
5-1	揚聲板設計.....	40
5-1.1	材料的選擇.....	40
5-1.2	揚聲板的加勁方式.....	41
5-2	彈性支承設計與改良.....	42
5-2.1	彈性支承的演進與接法改良.....	42
5-2.2	彈性支承的製作與須知.....	43
5-3	彈性支承實驗與模擬.....	45
5-3.1	彈性支承以彈簧模擬取代分析.....	46
5-3.2	實體彈性支承分析.....	47
5-3.3	音圈以質量塊模擬分析.....	48
5-4	實驗模擬探討.....	49
5-4.1	彈性支承寬度 12mm.....	49
5-4.2	彈性支承寬度 20mm.....	50
5-4.3	將音圈省略分析.....	52
5-4.4	兩種模擬在高頻的差異原因.....	52
六、	結論與未來研究方向.....	53
6-1	結論.....	54
6-2	未來研究方向.....	55
	參考文獻.....	57

表 目 錄

表 3-1	文獻[13]中的材料性質.....	60
表 3-2	文獻[13]與 ANSYS 各元素自然頻率分析比較.....	60



圖目錄

圖 1-1	傳統振動板為錐盆型的揚聲器.....	61
圖 1-2	振動板為平面的揚聲器.....	61
圖 1-3	實驗與模擬的對照.....	62
圖 2-1	複合材料積層板座標系統.....	63
圖 2-2	複合材料積層板沿厚度方向之合力與合力矩.....	64
圖 2-3	多層一階剪變形位移場示意圖(三層).....	65
圖 2-4	積層板之幾何與層數系統.....	65
圖 2-5	複合材料三明治板之邊界條件.....	66
圖 2-6	頻率-位移圖.....	66
圖 2-7	Rayleigh Damping.....	67
圖 3-1	純珍珠板振動板揚聲器阻抗曲線.....	68
圖 3-2	純珍珠板振動板揚聲器參數值.....	68
圖 3-3	以雷射測速儀量測振動板中心點的位移響應(a).....	69
圖 3-4	以雷射測速儀量測振動板中心點的位移響應(b).....	69
圖 3-5	聲壓距離示意圖.....	70
圖 3-6	自然頻率網格收斂圖.....	70
圖 3-7	純珍珠板振動板揚聲器實驗與 ANSYS 模擬比較.....	71
圖 3-8	純巴桑木振動板揚聲器實驗與 ANSYS 模擬比較.....	71
圖 4-1	振動板之振形.....	72
圖 4-2	激震器組成剖面圖.....	72
圖 4-3	傳統截面為半圓形或波浪型的彈性支承.....	73
圖 4-4	疊層順序.....	73
圖 4-5	熱壓機.....	74
圖 4-6	複合材料積層板之加熱加壓硬化成型製程圖.....	74
圖 4-7	揚聲器振動板.....	75
圖 4-8	冂字型支承製作.....	75
圖 4-9	冂字型支承.....	76
圖 4-10	冂字波浪支承.....	76
圖 4-11	彈性矽膠懸邊製作.....	77
圖 4-12	彈性矽膠懸邊完成品.....	77
圖 4-13	揚聲器製作完成品.....	78
圖 4-14	傳統揚聲器之彈波.....	78
圖 4-15	冂字型支承不同方向之彈性比較.....	79
圖 4-16	冂字波浪型支承不同方向之彈性比較.....	79
圖 4-17	阻尼比量測實驗架設圖.....	80

圖 4-18	聲壓量測實驗架設圖.....	80
圖 5-1	兩種玻璃纖維的圖.....	81
圖 5-2	加勁圖一.....	81
圖 5-3	加勁圖一經由 Ansys 模擬出來後轉成聲壓圖.....	82
圖 5-4	加勁圖一模態圖.....	83
圖 5-5	加勁圖二.....	83
圖 5-6	加勁圖二經由 Ansys 模擬出來後轉成聲壓圖.....	84
圖 5-7	加勁圖二模態圖.....	85
圖 5-8	四碳纖維彈性支承接法.....	85
圖 5-9	彈性支承碳纖維與玻璃纖維一起使用接法.....	86
圖 5-10	12mm 的玻璃纖維彈性支承上再加上一條 2mm 碳纖維條.....	86
圖 5-11	碳纖維與玻璃纖維彈性支承的黏貼方式.....	87
圖 5-12	以拉彈簧方式取代實體彈性支承.....	87
圖 5-13	實體彈性支承分析.....	88
圖 5-14	碳纖三明治板模擬與實驗確認圖.....	89
圖 5-15	純巴沙木揚聲板以 12mm 彈簧取代彈性支承之聲壓模擬實驗比較圖.....	89
圖 5-16	純巴沙木揚聲板以 12mm 彈簧取代彈性支承之模態圖.....	90
圖 5-17	純巴沙木揚聲板以 12mm 實體彈性支承之聲壓模擬實驗比較圖.....	90
圖 5-18	純巴沙木揚聲板彈性支承以 12mm 實體彈性支承之模態圖...	91
圖 5-19	純巴沙木揚聲板以 20mm 彈簧取代彈性支承之聲壓模擬實驗比較圖.....	91
圖 5-20	純巴沙木揚聲板以 20mm 彈簧取代彈性支承之模態圖.....	92
圖 5-21	純巴沙木揚聲板以 20mm 實體彈性支承之聲壓模擬實驗比較圖.....	92
圖 5-22	純巴沙木揚聲板彈性支承以 20mm 實體彈性支承之模態圖...	93
圖 5-23	碳纖三明治揚聲板彈性支承以 12mm 彈簧取代之聲壓模擬實驗比較圖.....	93
圖 5-24	碳纖三明治揚聲板彈性支承以 12mm 彈簧取代彈性支承之模態圖.....	94
圖 5-25	碳纖三明治揚聲板以 12mm 實體彈性支承之聲壓模擬實驗比較圖.....	94
圖 5-26	碳纖三明治揚聲板以 12mm 實體彈性支承之模態圖.....	95
圖 5-27	碳纖三明治揚聲板彈性支承以 20mm 彈簧取代彈性支承之聲壓模擬實驗比較圖.....	95
圖 5-28	碳纖三明治揚聲板彈性支承以 12mm 彈簧取代彈性支承之模態圖.....	96

圖 5-29	碳纖三明治揚聲板以 20mm 實體彈性支承之聲壓模擬實驗比較圖.....	96
圖 5-30	碳纖三明治揚聲板以 20mm 實體彈性支承之模態圖.....	97
圖 5-31	一字型揚聲板彈性支承以 12mm 彈簧取代之聲壓模擬實驗比較圖.....	97
圖 5-32	一字型揚聲板彈性支承以 12mm 彈簧取代之模態圖.....	98
圖 5-33	一字型揚聲板彈性支承以 12mm 實體彈性支承之聲壓模擬實驗比較圖.....	98
圖 5-34	一字型揚聲板彈性支承以 12mm 實體彈性支承之模態圖.....	99
圖 5-35	一字型揚聲板彈性支承以 20mm 彈簧取代之聲壓模擬實驗比較圖.....	99
圖 5-36	一字型揚聲板彈性支承以 20mm 彈簧取代之模態.....	100
圖 5-37	一字型揚聲板彈性支承以 20mm 實體彈性支承之聲壓模擬實驗比較圖.....	100
圖 5-38	一字型揚聲板彈性支承以 20mm 實體彈性支承之模態.....	101
圖 5-39	5040Hz 模態變形比較圖 1.....	102
圖 5-40	5040Hz 模態變形比較圖 2.....	102
圖 5-41	無音圈實體彈性支承之聲壓模擬實驗比較圖.....	103

