PZT蜂巢三明治平板的主動式多模態振動控制

張群孟、羅正忠

E-mail: 9608328@mail.dyu.edu.tw

摘 要

對於一個多模態振動的結構控制，一直存在著一些非常具有挑 戰性的問題；如何使用最少數量的感測器和致動器來控制寬頻域的 振動；如何簡化多模態振動的數學模型以便用來作控制理論設計； 如何決定最佳的感測器和致動器的位置；如何使用最少的能量達到 最大效果的振動抑制；如何選擇控制方法和控制方法的穩定性、自 我調整能力和對外界影響的調適性(robustness)等。以上問題皆為 從事消除或抑制多模態結構的振動與噪音的學者的重要研究領域。 針對於此本論文的目的是發展出一個簡單而有效的主動式技術 來抑制PZT 蜂巢三明治平板結構的多模態寬頻振動，基於過去的研 究中發現一個優異的使用壓電致動器達到抑制蜂巢三明治平板的模 態結構振動必須包括（1） 瞭解PZT 蜂巢三明治平板的flexural vibration 的振動型式，尤其是蜂巢式的中間層和上下兩層面板的 耦合作用 （2）評估和選擇一個高效率並能同時抑制蜂巢三明治平 板的多個主要flexural 振動模態的壓電致動器，（3）決定最佳的 感測器和致動器最少數量和最佳位置，（4） 選擇目前發展完善的 控制理論能有效地平衡有限的控制能量和控制效果。因此本論文將 由PZT蜂巢三明治平板的flexural vibration 分析，進而決定感測 器和致動器的數量和位置，再使用模態降階設計控制器，最後將以 數值分析模擬和實驗驗證PZT 蜂巢三明治平板的動態特性和控制效 率。 本論文研究的課題包括（1）建立PZT 蜂巢三明治平板的 flexural vibration 的動態數學模型或有限元素模型，並輔以實 驗驗證；（2） 發展能以最少數量的感測器和致動器來控制寬頻域 的振動技術；（3）建立決定最佳的感測器和致動器的位置技術， 以控制寬頻域的振動 （4）建立和實驗驗證一個能有效、可靠和需 求能量少的主動控制技術，用來抑制蜂巢三明治平板的多模態結構 振動，達到抑制寬頻振動的目標。

關鍵詞 : 壓電纖維複材致動器，結構減振控制，顫振抑制

目錄

封面內頁 簽名頁 授權書 .....iii 中文摘要 .....iv 英文摘要 .....vi 誌謝 .....viii 目錄 .....xi 圖目錄 .....x 表目錄 .....xiv 符號說明.....xv 第一章 緒論 1.1 研究計畫之背景及目的 .....1 1.2 壓電致動器的形式、性質和特性 .....3 1.3 相關之重要文獻評述 .....6 1.3.1 蜂巢三明治平板結構的動態分析和聲學特性 ..6 1.3.2 壓電致動器的形式、性質和特性 .....8 1.4 研究方法 .....9 第二章 PZT 三明治複材平板的控制模型 2.1 壓電元件致動原理 .....11 2.2 速度回饋控制 .....13 第三章 蜂巢三明治結構的ANSYS 有限元素模型與結構動態特性 的實驗驗證 .....14 3.1 蜂巢式平板 .....15 3.1.1 蜂巢式平板的材料性質 .....15 3.1.2 計算求得的材質 .....16 3.2 蜂巢三明治平板結構的ANSYS 有限元素模型 ....22 3.3 蜂巢三明治平板結構動態特性的實驗驗證 .....27 第四章 蜂巢三明治結構動態特性的實驗驗證 4.1 蜂巢三明治結構動態特性的實驗驗證 .....31 第五章 蜂巢式複材結構平板的主動式控制 5.1 單模態速度回饋控制 .....40 5.2 第一模態輻射的噪音控制 .....45 5.3 多模態速度回饋控制 .....49 第六章 結論與未來工作 6.1 目前研究成果 .....52 6.2 未來研究計畫 .....53 參考文獻 55

參考文獻

[1.] 劉孝偉，〝複合三明治平板黏彈性分析〞，國立中正大學碩士 論文，2003 [2.] www.smart-materials.com [3.] Millar, D.“ The Behavior of Light Weight Honeycomb Sandwich Panels Under Acoustic Load, ” Proceedings of the Sixth International Conference on Recent Advances in Structural Dynamics, Vol. 2, Southampton, pp. 995-1006, 1997.

[4.] Cunningham, P. R. and White, R. G.,“ Free Vibration of Doubly Curved Composite Honeycomb Rectangular Sandwich Panels, ” Proceedings of the 17th International Modal Analysis Conference, Vol. 1, pp. 65-71, 1999.

[5.] Cunningham, P. R., White, R. G. and Aglietti, G. S.,“ The Effects of Various Design Parameters on the Free Vibration of Doubly Curved Composite Sandwich Panels, ” Journal of Sound and Vibration, Vol. 230, pp. 617-648, 2000.

[6.] Oskooei, S. and Hansen, J. S.,“ Higher-order Finite Element for Sandwich Plates, ” AIAA Journal, Vol.34, pp. 525-533, 1999.

[7.] Lok, T. S. and Cheng, Q. S.,“ Free Vibration of Damped Orthotropic Sandwich Panel, ” Journal of Sound and Vibration, Vol. 229, pp.311-327, 2000.

[8.] Lai, L.,“ Study of Free Vibration of Aluminium Honeycomb Panels, ” MASc Thesis, University of Toronto, Canada, 2002.

[9.] Tang, Y. Y., Robinson, J. H. and Silcox, J., " Sound Transmission Through a Cylindrical Sandwich Shell with Honeycomb Core, " AIAA paper 1996-877.
[10.] Yu, S. D. and Cleghorn W. L., " Free Flexural Vibration Analysis of Symmetric Honeycomb Panels " , Journal of Sound and Vibration, Vol. 284, pp.189-204, 2005.
[11.] Sorokin S. V., Grishina, S. V. and Ershova, O. A., " Analysis and Control of Vibrations of Honeycomb Plates by Parametric Stiffness Modulation " , Smart Materials and Structures, Vol.10, pp. 1031-1045, 2001.
[12.] Yoshiaki Yasui[10] " Dynamic axial crushing of multi-layer honeycomb panels and impact tensile behavior of the component members " ,vol.24,pp.659 - 671,2000.
[13.] Tongan Wang, Vladimir S. Sokolinsky 1, Shankar Rajaram,Steven R. Nutt * [11] " Assessment of sandwich models for theprediction of sound transmission lossin unidirectional sandwich panels " , Applied Acoustics 66245-262,2005.
[14.] Huang Wen-chao and Ng Chung-fai " Sound insulation improvement using honeycomb sandwich panel " ,Applied Acoustics,vol. 1-3, pp. 163-177, 1998.
[15.] Deyu Li, Jeffrey S. Vipperman " On the noise transmissionand control for a cylindrical " Journal of Sound and Vibration 288 235 – 254, 2005.
[16.] W. C. Tang,*H. Zheng and C. F. Ng " Low Frequency Sound Transmission Through Closed-fitting Finite Sandwich Panels " ,Applied Acoustics, vol. 55, No. 1, pp. 13-30, 1998.
[17.] Ruzzene* M. " Vibration and sound radiation of andwich beamswith honeycomb truss core " , Journal of Sound and Vibration 277 741 – 763, 2004.
[18.] P. THAMBURAJ AND J. Q. SUN " Optimization of anisotropic sandwich beams for higher sound transmission loss " , Journal of Sound and Vibration 254(1), 23}36, 2002.
[19.] Sergey V. Sorokin " Vibrations of and sound radiation from sandwich plates in heavy fluid loading condition " , Composite Structures 48 219-230, 2000.
[20.] Williams, R. B., Inman, D. J. and Wilkie, W. K., " Temperature-Dependent Coefficients of Thermal Expansion for Macro Fiber Composite Actuators " , [21.] Williams, R. B., Inman, D. J. and Wilkie, W. K., " Nonlinear Mechanical Behavior of Macro Fiber Composite Actuators " , [22.] Williams, R. B., Schultz, M. R., Hyer, M. W., Inman, D. J. and Wilkie, W. K., " Nonlinear Tensile and shear behavior of Macro Fiber Composite Actuators, " [23.] Azzouz, M. S., Mei, C., Bevan, J. S. and Ro, J. " Finite Element Modeling of MFC/AFC Actuators and Performance of MFC " , Journal of Intelligent Materials Systems and Structures, 12(9), pp. 601-612, 2001.
[24.] Kim, Seung Jo, Hwanh, Joon Seok and Paik, Seung Hoon " Direct Numerical Simulation of Active Fiber Composite, " Proceedings of SPIE 5053, pp. 568-575, 2003.