

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

IIR 適應性振動控制對改善平板聲輻射之應用

計畫編號: NSC 89-2611-E-002-028-

執行期限: 89 年 08 月 01 日至 90 年 07 月 31 日

主持人: 陳國在 國立臺灣大學造船及海洋工程學系

一、 中文摘要

本研究針對平板適應性主動振動控制程序演算法中，加入最適惡差路徑考慮，以大幅降低其聲音輻射。因此本計畫研究包括體速度相消法、IIR 適應性控制理論與誤差路徑演算式之推演，以及上述之相關控制系統在改善平板聲輻射之主動式振動控制實驗。

研究結果顯示，結合體速度相消與適應性控制演算式並加入誤差路徑之考慮，可較不考慮上述誤差路徑時對平板聲輻射改善於最低共振頻率 132Hz 時，增加 9 分貝以上。

二、 計畫緣由及目的

針對噪音或振動之控制，主要有傳統被動式或結合電子科技之主動式控制方法。若以控制效果而論，前者於中高頻率者較佳，而後者則著重於低頻率之控制效果。根據相關研究成果，自年 1990 年後針對平板聲音輻射之控制，可利用制振壓電片(piezoelectric actuator) 控制平板之最低模態振幅，而達及大幅降低聲輻射之目的。本計畫研究重點，將體速度消去法則 (principle of volume velocity cancellation) 融入 IIR 適應性主動控制演算程序(adaptive control algorithm)並加入誤差路徑(error path)之考慮，

三、 結果與討論

(一)理論解析:

1. 體速度相消法:

如圖一之平板座標系統當其作 $w(x, y)e^{j\omega t}$ 之位移的單一頻率簡諧運動時，其表面淨速度可表為:

$$V_{total} = j\omega \iint w(x, y) dx dy \quad (1)$$

其次，平板振動引致之遠區聲壓大小，可利用 Rayleigh 氏積分式表為：

$$p(r, \vartheta, \theta) = \frac{j\omega\rho e^{-jkr}}{2\pi r} \iint j\omega w(x, y) e^{j(k_x x + k_y y)} dx dy \quad (2)$$

比較(1),(2)兩式,若吾人考慮平板中心點垂直方向之遠區聲場，則顯然其與體速度成正比，故可與此處放置一麥克風當作感測器即可對平板做即時控制。根據以上之原理利用制振壓電片以控制平板最低階模態致其產生最小遠區聲壓即可達及最小與聲輻射有關之體淨體速度。

2. IIR 適應性控制演算法則：

根據相關研究，利用 LMS(least mean square)演算法之適應性控制流程，如圖二所示。而其疊代程序，則可以下式示之：

$$\Phi_{new} = \Phi_{old} + 2\mu E[e(k)]E[X^T] \quad (3)$$

(3)式中, Φ 為 IIR 數位濾波模型之係數向量, E 為期望值運算, μ 為步階係數 (Step-Size Parameters), $e(k)$ 為期望與真實輸出之誤差訊號, 而 X^T 為輸入訊號矩陣之轉置(transpose matrix)。

3. 誤差路徑

當上述之適應性控制程序加入誤差路徑之考慮時，其最簡化方塊圖，可如圖三所示。

(二)、實驗測定：

根據結構聲學之相關理論，於平板振頻率時，致(或制)振壓電片可發出最適激振訊號，而造成最佳之振動主動控制。利用模態分析，可求取所選取平板(每邊 115cm, 厚度 2mm 之正方形鋼板)之前五階自然頻率分別為 126、132、178、223、300Hz 等。本計畫針對平板聲輻射控制之適應性主動控制實驗所選取之頻率(500 Hz 以下)分別為 132、178、240、350、400、500Hz 等 6 個頻率，其中前三者為平板之共振頻率，後三者屬非共振頻率者。圖四為本計畫實驗測定現場之主要設備佈置圖，圖五為本計畫利用具有誤差路徑之 IIR 適應性演算式，結合淨體速度相消法，所作之之主動振動控制平板聲輻射實驗之相關儀具設備佈置。根據以上之實驗設備配置，可進行以上所選取之任意頻率，於有無主動振動控制之平板聲輻射強度實驗測定。圖六為頻率 132 Hz 之入射音所得之控制前後聲壓頻譜。至於所有頻率之聲輻射強度測定結果，如表一所示。

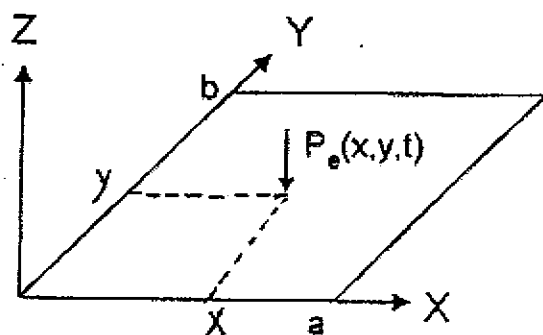
(三)、結論

本計畫研究結果可綜合成以下結論：

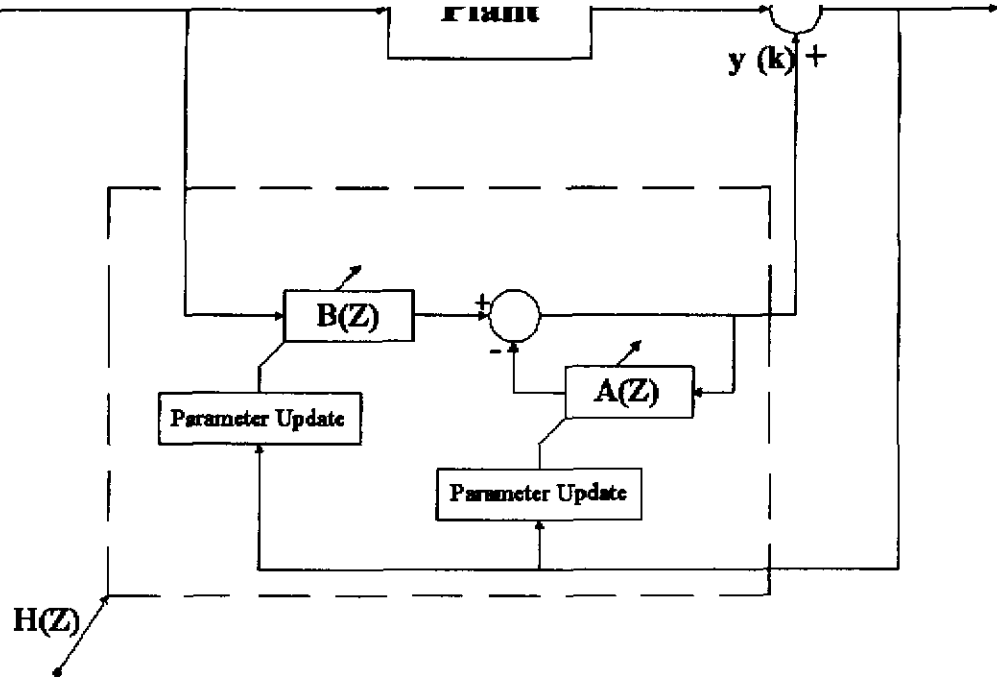
1. 利用適應性之最小平方差演算附加誤差路徑，並結合淨體速度相消法則，對平板聲輻射所作之主動振動控制，於頻率 132Hz 時，可改善其聲輻射達 15 分貝，此相較於未考慮誤差路徑時，提昇將近 10 分貝的效果。
2. 以上之聲輻射改善效果，隨頻率之增大而迅速遞減。
3. 針對平板共振頻率所作之聲輻射主動振動控制，其效果較非共振頻率者佳。

表一 主動振動控制前後之平板聲輻射強度

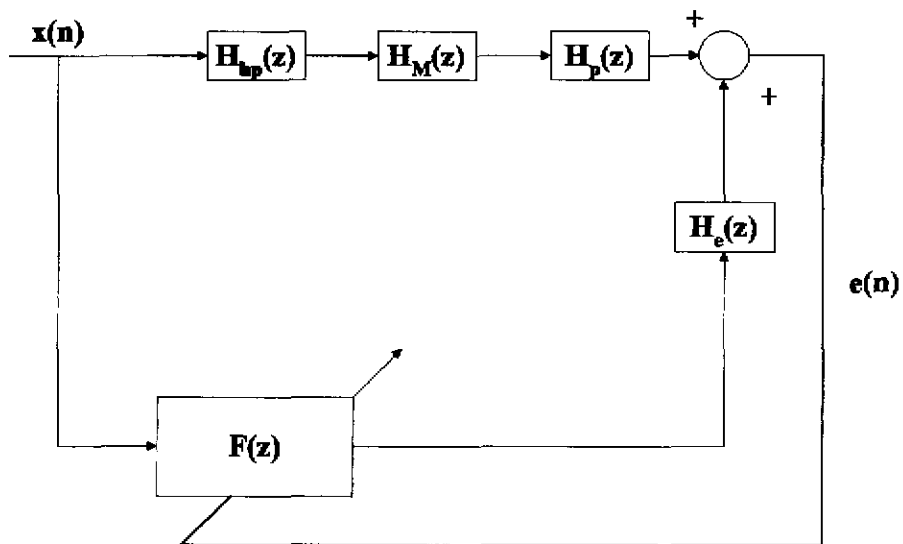
頻率(Hz)	132	178	240	350	400	500
控制前(dB)	64.7	66.6	63.5	64.1	61.2	64.9
控制後(dB)	49.9	53.1	58.9	56.9	58.2	63.4
衰減量(dB)	14.8	13.2	4.6	7.2	3.0	1.5



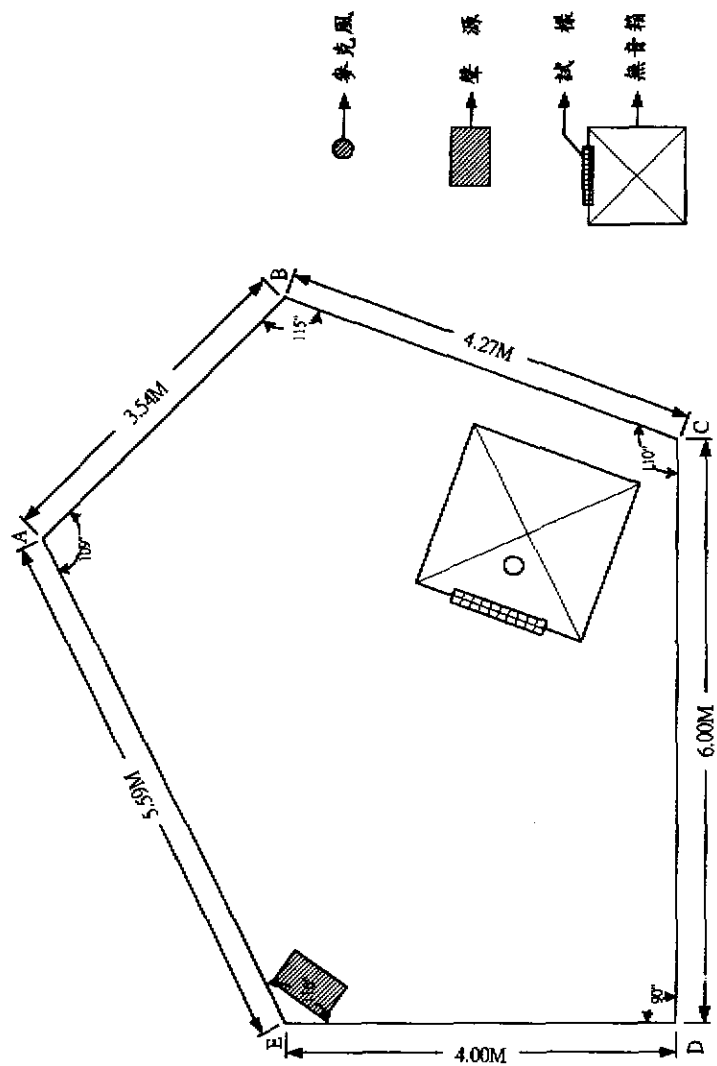
圖一 平板座標系統



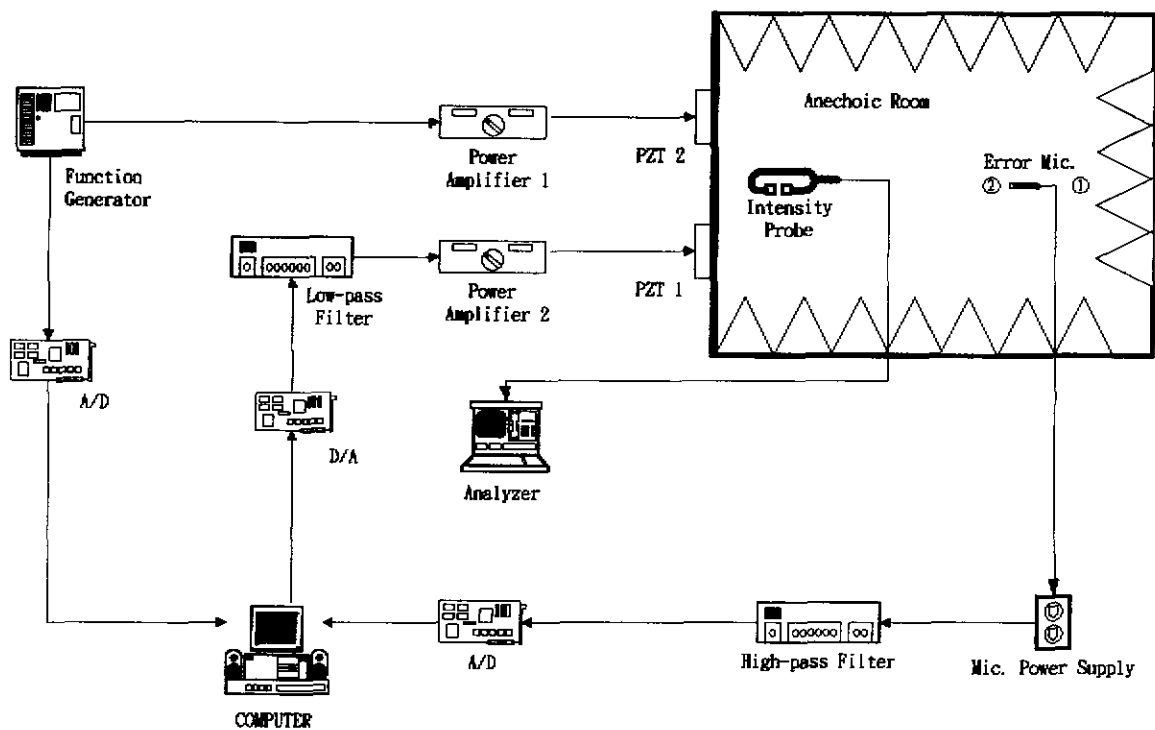
圖二 LMS 演算法之 IIR 適應性控制流程



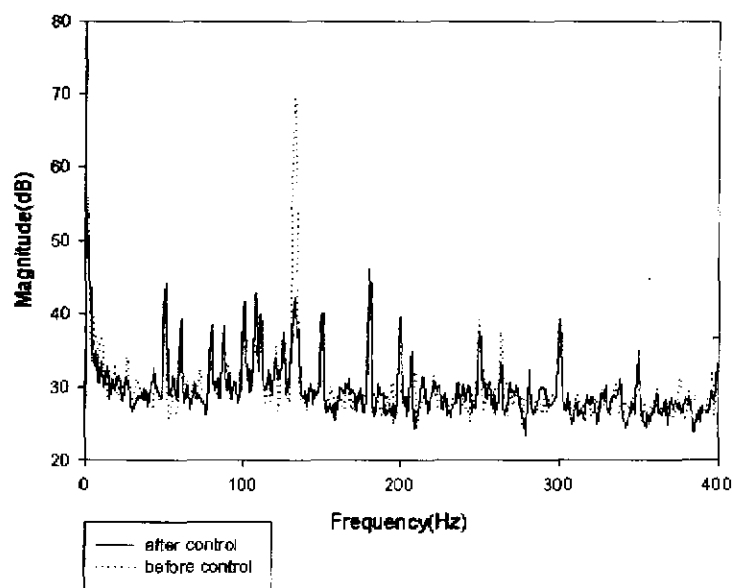
圖三 IIR 適應性控制程序加入誤差路徑之最簡化方塊圖



圖四 實驗測定現場之主要設備佈置圖



圖五 主動振動控制平板聲輻射實驗之相關儀具設備佈置



圖六 頻率 132 Hz 之平板控制前後聲壓