

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

加光纖感測器智慧型結構之可行性研究

The feasibility study of smart structure with fiber optics sensor

計畫編號：NSC 89-2625-Z-002-035-

執行期限：88年08月01日至89年07月31日

主持人：張國鎮

執行機構及單位名稱：國立台灣大學工學院土木工程學系

一、中文摘要

本計畫對於利用光纖感測器與類神經網路兩個領域建立智慧型結構物之可行性加以評估。針對光纖感測器的部份，利用一縮小比例的鋁版自由震盪實驗，驗證光纖感測器實際應用在結構物應變感測之可行性。另外透過與傳統應變計之比較，進一步驗證其較傳統應變計更優越的特性。本計畫亦對類神經網路加以研究，透過建立國家地震中心震動台實尺寸結構物模型，成功的建立三組類神經網路以預估結構物在遭受隨機擾動下的連續三組步幅反應。在確認此兩領域應用在建立智慧型結構物系統的優點後，證實整合此兩者之智慧型結構物確實可行並將成為未來結構物之主流。

關鍵詞：光纖感測器、類神經網路

Abstract

We estimate the feasibility of establishing smart structure system by using fiber optics sensor and neural network in this project. In the fiber optics sensor part, we use a scale-down aluminium plate free vibration experiment to verify the feasibility of using fiber optics sensor to measure the strain of the structure. On the other hand, we could prove the advantage of using fiber optics sensor by comparing the result with the strain gauge. The project also include the neural

network part. After analyzing the full-size structure on the shaking table of NCREE, we successfully set up three sets of neural networks to predict the sequential three step response. Finally we could make a conclusion that the smart structure including these two parts is feasible and will be used practically in the structure engineering.

Keywords: fiber optics sensor, neural network

二、緣由與目的

近年來美、日等國分別發生強烈地震，除造成嚴重之生命財產損失外，亦造成結構物本身的嚴重損毀，影響層面極大。而近年來專家學者致力於研究各種被動控制、主動控制等等方法，[1,2,3]企圖利用事先於結構物上裝設各種控制器，使結構物於遭受地震時仍能免於破壞。[4,5,6,7]

而這幾年來類神經網路被應用於系統識別、裂縫判別等領域已有長足之貢獻。漸漸的，類神經網路也逐漸被應用於結構控制領域，希望利用類神經網路所特有的學習、模糊效果，達到與傳統控制效果更不同的境界。

另外一方面，光纖感測也是一個新興起的領域。光纖感測由於利用到光纖本身所獨具的特性，而使得光纖感測在線

路的布置上與傳統的應變感測計明顯不同。藉由光纖感測將可大幅的減少以往感測計所需的複雜線路，並可排除以往感測計中所無法解決的 NIOSE 問題。加上光纖感測計的數目上幾乎沒有限制，與因此光纖感測在未來，相信能普遍的應用於結構的真實感測中。

本研究目的即是在於將光纖感測、類神經網路與混合控制三方面加以整合，做一通盤性的可性行評估。希望利用這三者所各具有的優點，進一步的改善目前於結構控制中所可能遭遇的問題。而另一方面也就新興起的智慧型材料加以研究，並在理論上評估其應用於真實結構物的可行性。

三、結果與討論

截至目前為止，研究計畫已完成，項目如下：

1. 於國家地震中心進行實際鋁版自由震動實驗，鋁版上同時於不同位置安裝了四組光纖感測器與傳統應變計，另外亦安裝了一組 LVDT 以作為比較位移之基礎：量測的結果顯示利用光纖感測器量測的結果與傳統應變計幾乎相同，另外在本實驗中我們利用將光纖感測器安裝在同一條光纖上並進行同步量測，再一次證實光纖感測器可發揮其及時量測與無干擾之特性及光纖感測器在實際結構物應用之可行性
2. 完成國家地震中心三層樓實尺寸空構架模型模擬及建立三組類神經網路以預估整體結構物在離散系統下的連續三個步幅加速度反應：本研究利用 SAP2000 模擬出國家地震中心實尺寸空構架在安裝主動控制油壓器後的結構物反應情形。並進一步利用類神經網路建立起三組不同的網路系統，分別作為預測結構物下一、二、三個步幅中結構物可能發生的

反應。測試的結果顯示這三組類神經網路均能準確的預估出結構物的動態反應，其中第一組類神經網路的預估準確度達百分之九十九以上，第二組與第三組亦均在百分之九十八以上，如此可證實這些類神經網路系統將可被實際應用於未來的控制理論架構中。

3. 完成實際實驗鋁版的自由震盪理論模擬，並求取其自由震動頻率 (NATURAL FREQUENCY) 與震動模態 (MODE SHAPE)：此一部份亦利用 SAP2000 進行模擬，模擬的目的主要在於提供未來在實際量測鋁版自由震盪的數據的參考資料。利用 SAP2000 模擬的結果與材料力學公式計算結果比較亦證實此一有限元素模型與數學理論模型之分析結果吻合，可作為理論構架之基礎。
4. 完成智慧型結構物監測系統之雛形，並證實光纖感測器及時 (REAL TIME) 量測之優點：藉由小型鋁版自由震盪實際量測可證實光纖感測器確實可用以量測結構應變，此外光纖感測器也充分發揮出其即時與無干擾之優點，雖然在本次實驗中我們只安裝了四組光纖感測器，但已可證實未來在同一條光纖上安裝大量感測器之可行性。另外一方面，藉由建立三組不同的類神經網路我們亦可準確的預估出結構物的未來反應。這兩個部份構成了建立智慧型結構物的雛形，並將在未來進一步進行整合，以建立真正的智慧型結構物監測系統。

四、簡單結論：

1. 光纖感測器在實際上應用於結構物應變量測上確實可發揮其及時 (REAL TIME) 與無訊號干擾 (NO NOISE) 之優點。
2. 利用在四組不同擾動情形下所得的歷時資料，我們可成功的建立起三組類神經網路以預估結構物在遭受擾動下的加速度反應。模擬的結果顯示類神經網路確實可

發揮其學習思考之特性而得到令人滿意的結果。

3. 根據實驗結果發現利用光纖感測器所量測到的應變歷時記錄與傳統感測器幾乎完全相同，如此證實未來可應用光纖感測器於實際結構物的監測領域並可大幅延長監測系統之使用年限。
4. 應用上述兩個領域所得之結果，我們可進一步整合其成為一完整的智慧型結構物監測系統，而進一步的研究，將在下一個計畫中加以實現。

四、計畫成果自評

對學術理論之貢獻：

1. 驗證光纖感測器於土木工程實際應用之可行性，並證實其所具有之特殊優點。
2. 成功建立一套類神經網路系統，能準確的預估結構物在任何擾動情形下所可能發生的反應。
3. 整合類神經網路與光纖感測兩個領域，並證實智慧型結構物之可行性。

對經濟建設之貢獻：

1. 光纖感測器之精確度與耐久度，均較一般傳統感測器佳，未來將可進一步提昇國內結構物智慧監測領域。
2. 建立結構物反應之類神經網路系統將可進一步預警結構物在遭受重大地震時之反應，並確保生命財產安全。
3. 兩者整合後之智慧型結構物系統，將是未來結構物之主流。

對參與工作人員之訓練：

1. 培養國內製作光纖感測器之人才。
2. 經由實驗及理論分析，培養學生對光纖感測器及類神經網路之研究能力。
3. 培養學生整合研究之能力。

五、參考文獻

1. Mokha, A, Constantinou, M, C, and Reinhorn, A, M (1989) "Sliding Isolated Structures: Experiments and Mathematical Modeling" Seismic, Shock and Vibration Isolation. 1989 ASME Pressure Vessels and Piping Conference, Honolulu, Hawaii, July, 1989. PVP-Vol. 181, Vol 181, pp101-106
2. Nagarajaish, S, Riley, M, A, and Reinhorn, A, M (1993) "Hybrid Control of Sliding Isolated Bridges" Journal of Engineering Mechanics, ASCE. Vol 119 No. 11 November, 1993, pp in print
3. Reinhorn, A. M. Nagarajaish, S, Riley, M, A, and Su8bramamism .R (1993a) "Hybrid Control of Sliding Isolated Structure" ASCE Structure Congress '93, Irvine, CA
4. Reinhorn, A, M T. T. SONG et al "Full-Scale Implementation of Active Control : Installation and Performance" ASCE Journal of structure Engineering 119(1993):1935-1960
5. Resakius, Z V "Suboptimal Design of Intentionally Nonlinear Controllers" IEEE Trans. on Automatic Control AC -9(1964):380-386
6. Soong, T. T Active Structure Control, Theory and Practice. London and New York: Longman and Wiley, 1990.
7. Soong, T. T and A. M. Reinhorn "Observed Response of Actively Controlled Structures" Structure Engineering in Natural Hazard Mitugation (A. H. Ang and R. Villaverde, eds) ASCE. New York, 1 (1993):187-192.