

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

網際網路專家系統模型在土木結構設計之應用

Application of Web-Based Expert System Model to Structural Design

計畫編號：NSC 90-2211-E-032 -008

執行期限：90年8月1日至91年7月31日

主持人：王人牧 私立淡江大學土木工程學系

計畫參與人員：周立人 私立淡江大學土木工程學系

一、中文摘要

電腦在結構設計與分析上已被廣範使用，從早期的計算繪圖、數值方法等程序性的電腦程式，到近年來人工智慧、專家系統的應用，電腦已成為結構工程師不可缺少的工具。專家系統利用經驗性的法則知識，以符號推理的方法運作；傳統的結構設計、分析程式，利用領域內之深層知識，以程序性的方法運作，二者相輔相承。然而，專家系統之執行常需要特殊軟體環境與圖形式的使用者介面，又需與結構分析程式整合，所以發展出來的專家系統常有版權費用過於昂貴，作業系統平台不兼容或是電腦硬體需求過高的問題，無法大量安裝與推廣。本計畫即是結合「專家系統」與「全球資訊網」兩項展新的電腦技術，以跨平台、主從架構為依據，以結構設計問題之特別需求為考量，尋求一套能夠在瀏覽器上執行的結構設計專家系統建構模式，期能擴展電腦輔助設計的範圍，增加使用的層面，解決上述專家系統發展之瓶頸。

關鍵詞： 專家系統、全球資訊網、風工程、氣動力、氣彈力、結構動力、隨機振動、煙囪

Abstract

Algorithmic programs represent the deep knowledge in structural engineering. Expert systems capture the heuristic knowledge that experienced designers may have. They both are very important tools for structural design, and are helpful at different stages of design. However, the

delivering of expert systems usually requires distinctive installation environment and their integrations with analysis programs are often problematic. Runtime license fee and hardware compatibility problems prevent large-scaled deployment of expert systems. The aim of this research is to develop a web-based expert system model for structural design using AI and WWW technologies to solve the problem mentioned above. Based on cross platform, client-server architecture and the special requirements of structural design, this project established a implementation model for developing structural design expert systems on the web.

Keywords: Expert Systems, WWW, Wind Engineering, Aerodynamics, Aeroelastics, Structural Dynamics, Random Vibration, Chimney

二、緣由與目的

本研究旨在發展出一套，以全球資訊網為基礎，能夠在瀏覽器上執行的結構設計專家系統建構模式，只要使用者連上網際網路，透過全球資訊網瀏覽器即可執行。如此一來，使用者便可以透過熟悉的瀏覽器介面，利用動態的HTML技術與遠端的專家系統伺服器做連結，毋須在使用者端，安裝專家系統軟體與其他支援程式，實現真正跨平台的作業環境，並可縮短使用者訓練與學習的時間。

本研究以圓形斷面煙囪結構物之抗風設計為例，做全球資訊網專家系統之實作。目前國內規範中，關於風力對結構物

造成之動態行為均是以靜態作用力及配合經驗性公式作計算，無法完全描述出風力之散漫特性。因此本研究主要之應用係在於利用人工智慧及專家系統概念，將風力分析模式與結構設計理論架構於系統中。考慮結構物與逼近流之氣動力阻尼及氣彈力鎖住現象。在順風向反應分析方面，是採用 Davenport 在 1961 年所提出之順風向分析模式，配合結構動力學與隨機振動學作一合理分析〔1〕。至於橫風向反應方面，則採用 Vickery 及 Basu 於 1983 年提出之氣動力阻尼分析模式〔2〕。在結構設計方面，本系統參考國際間鋼筋混凝土煙囪設計之通用規範：ACI 307-98〔3〕。

三、系統需求分析

在系統分析計算初步過程中，為了由結構斷面資料，計算出結構之各振態，所以必須利用外部數值計算程式，以增加系統計算之精度；再利用動態繪圖功能，以因應不同結構資料，所產生之不同振態圖形。

本系統之特色之一為圖形化介面，其需求是因應大部分使用者不一定具備結構設計與風工程等專業知識。為了讓系統應用範圍更為廣泛，圖形化介面將可增加系統的親和度，讓使用者可以藉著系統所提供之各項圖片，輕鬆地輸入系統所必須使用的各項基本資料。在地況輸入的過程中更為重要，因為大部分使用者對於建築結構設計規範中，所規定之繁雜條文皆不熟悉，系統親和之圖形化介面可對規範之地況分類做進一步的解說，有系統的引導使用者依照建物所在之基本地形與地理環境輕鬆輸入。

在使用者輸入建物之基本資料後，系統將根據所得到的資料進行風力分析，並將分析後之結果如風速剖面、順風向與橫風向分析結果，利用圖形與數值同時顯示在視窗介面上，讓使用者可以參考圖形配合參數數值，更進一步瞭解數值在不同狀態下的變化情形。在完成風力分析後，系統將更進一步地進行結構設計。同樣地，系統也將結構設計理論融入到系統當中，然後再將分析過後之結果，顯示在瀏覽器介面中。

由於圓柱形結構抗風設計與分析過程繁雜，為了讓使用者可以清楚地知道分析過程中所有的步驟，系統中應提醒使用者正在分析或查詢的狀態，避免讓使用者在執行過程中，產生資訊混亂的錯覺現象。當使用者不滿意系統所分析的結果時，系統應可將所有執行步驟列出，便於使用者點選任一所執行過之步驟，並進而察看，甚至可以更改原來使用者所輸入之資料，並依原有之程序，繼續進行分析。

四、系統功能模組

根據以上分析，系統在設計當初，以其功能性質來分，共可分為基本資料輸入模組、振態分析模組、地況諮詢模組、風力分析模組、結構配筋模組、系統目錄模組與系統執行狀態模組等七個模組，其功能與特色分述如下：

（一）基本資料輸入模組

在基本資料輸入模組中，其主要功能在於讓使用者輸入建物之基本資料，例如建物高度、建物頂部及底部寬度與厚度、建物阻尼比與建物所使用之材料性質。

（二）振態分析模組

在振態分析模組中，是利用基本資料輸入模組所輸入之結構基本資料，透過系統的解析，轉檔成外部數值程式所需求的資料型態，以進行數值程式分析，以得到結構振態分析之前三個振態以及其自然頻率與相對應之形狀函數。在振態分析之後，振態分析模組會依照其結果，透過本系統自有的繪圖功能，將前三振態之形狀函數繪成圖形，讓使用者能一目了然，改善了過往數值分析程式之輸出檔，只擁有一大堆數據的缺點，拉近了使用者與程式之間的距離。

（三）地況諮詢模組

地況諮詢模組，包含了地況諮詢與設計風速選擇兩部分，分別將國內建築物風力規範之相關條文，所規定之地況種類與基本設計風速，轉換為圖形化介面，對於規範不熟悉之使用者，可以利用模組內所提供之地況諮詢功能。使用者只要依照建築物附近之地理景觀與地理狀況，即能輕易地查詢到建築物所適用的地況與其基本設

計風速。

(四) 風力分析模組

此模組主要是在進行結構受風力與地形的影響，經由風力分析後，系統會將其分析結果列在使用者介面中，並會將結構受風力影響之反應圖顯示在使用者介面中，藉此讓使用者能清楚瞭解結構受風力作用後變形狀態。

(五) 結構配筋模組

在經過了一連串的分析後，系統可以依據結構的受力情形，並依照規範 ACI 307-98，計算結構之配筋，隨著不同的設計結果提供適當的建議與修正方法，並將所有通過設計之斷面結果，列表於使用者介面上，以便讓使用者參考。

(六) 系統目錄模組

系統目錄模組旨在於使用者介面中，提供使用者可以在分析過程中，反覆地察看已分析之資料。如發現輸入資料錯誤時，能適時地加以修正。

(七) 系統執行狀態模組

系統執行狀態模組主要是提供使用者一個作業參考指南，透過本模組可清楚地知道分析之動線與現況，不至於在分析過程中有混亂的情形產生。

五、系統建構

為求跨平台之相容性，本研究以最普遍支援之技術與程式語言來撰寫，選擇 JavaScript 和 DHTML 為使用者介面網頁寫作之基本模組，以 CGI 程式和專家系統推論核心相連結，推論機制是以 WebExpert [4] 為程式之核心，系統架構如圖一所示。

WebExpert 是美國 Wise Web Ware 公司所發展的網路專家系統 (Web-Based Expert System) 開發工具，WebExpert 是以 CLIPS 為基礎，加上網際網路架構而發展出來的專家系統，因此 CLIPS 的特點 WebExpert 也都承襲下來，另外，WebExpert 更開發了一些功能以因應網路的多樣性與多變性。其特點如下所述：

(一) 知識的表達

WebExpert 是以 CLIPS 為基礎之網際網

路專家系統，所以諸如 CLIPS 之知識表達法 WebExpert 也都支援，共分為程序性 (Procedural) 知識表達、物件導向式 (Object-Oriented) 之知識表達與法則式 (Rule-Based) 之知識表達。另外，WebExpert 法則的驅動是以 LHS (Left-Hand-Side) 的事實成立與否，來決定是否驅動法則，此項法則驅動的方式稱為前項鏈結 (Forward Chaining)。

(二) 資料庫之連結

WebExpert 可以透過 ODBC (Open Data Base Connectivity)、DAO (Data Access Objects) 與支援 SQL 之資料庫溝通。

(三) 動態網頁之建立

WebExpert 產生之網頁中，可以包含 CGI 程式中的表單 (FORM) 元素，更可以在程式中嵌入 Java 與 JavaScript 語言，使其所產生網頁與使用者之互動關係更為良好。除此之外，WebExpert 還提供了即時繪圖功能，包含了 GIF、JPEG 圖檔之產生與修改。

六、程式介面

專家系統在全球資訊網上執行同時支援多人連線使用，本案一個典型的圓形斷面煙囪結構物抗風設計過程共設計了二十五個介面，圖二至圖四為其代表性畫面。

七、結論

本研究的目的是在於利用專家系統、網際網路程式之寫作技巧，發展出一套能夠讓使用者透過瀏覽器介面，即可執行之網際網路專家系統。其所研究的項目，包含著探討瀏覽器介面、專家系統與數值運算程式間之數值傳遞與資料轉換。本系統之建立，有助於提供土木結構設計領域上一個完整的系統建構模式。

具代表性的設計領域應包含，數值分析運算與設計經驗的應用，本研究採用圓形斷面煙囪結構物之抗風設計，以探討網路專家系統之建構模式。另外，本系統將使用者介面建置於 WWW (全球資訊網) 上，所以不受平台之限制，使用者只需透過 Internet 使用本系統，即可得到圓柱形結構

在抗風設計上初步的結果，並據此設計資料進行細部的設計工作。

八、成果自評

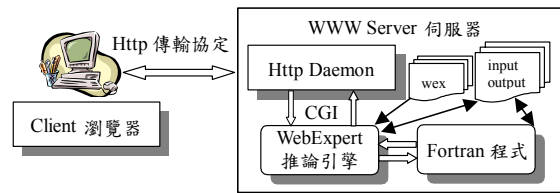
本研究如計畫書中之規劃，完成之具體成果包括：結構設計網路專家系統架構之建立；圓形斷面煙囪結構物抗風設計知識庫之發展與設計分析程式之撰寫；並由本計畫完成整個網路專家系統之 Web 伺服器與其上的結構程式和介面模組。

本研究成功地整合專家系統與外部數值程式，更進一步讓專家系統網路化，同時也克服了網頁與網頁間，以及網頁與外部數值程式間之資料傳輸（詳〔5〕），這也是專家系統網際網路化過程中，所必須面對的問題，可作為以後其它系統發展的建構範例。

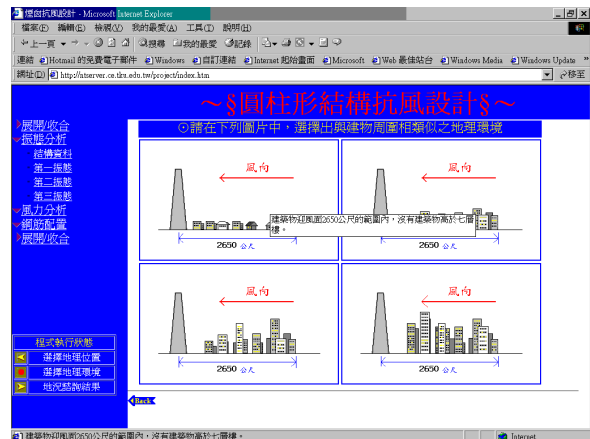
經測試與評估後發現系統效能良好，已證明本計畫之系統架構與建置概念可行，網際網路專家系統應用於結構設計上據實用性，可進一步推廣。唯實際應用時對於運算耗時的結構分析程式仍有 CGI 程式執行逾時的限制，所以當程式分析過於冗長時，會使設計中斷。因此，增進本架構模組之容錯能力與效能以及逾時之問題，皆是後續延伸研究的方向。

九、參考文獻

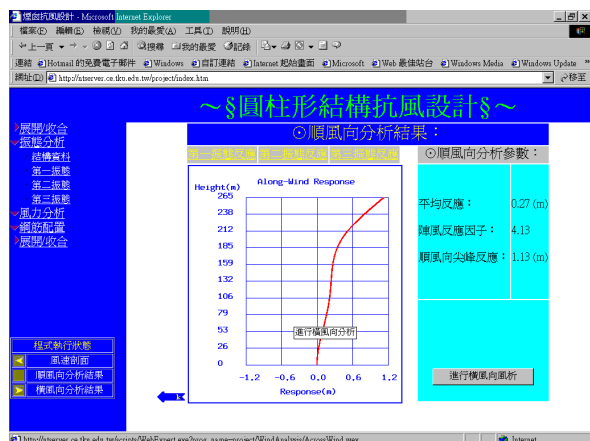
- [1] Davenport, A.G., "Note on the Distribution of the Largest Value of a Random Function with Application to Gust Loading," Proceedings of the Institution of Civil Engineers, vol. 28, pp. 187-196 (1964)。
- [2] Vickery, B. J. and R. I. Basu, "Across-Wind Vibration of Structures of Circular Cross-Section, Part 1, Development of a Two-Dimensional Model for Two-Dimension Conditions," Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Vol. 12, pp. 49-73 (1983)。
- [3] ACI Committee 307, Commentary on Design and Construction of Reinforced Concrete Chimneys (ACI307-98), (1998)。
- [4] "WebExpert Technical Reference Manual," Wise Web Ware, Inc. (2001)。
- [5] 周立人, 「網際網路專家系統在結構工程上之應用—圓柱形結構抗風設計」, 私立淡江大學土木工程研究所碩士論文 (2001)。



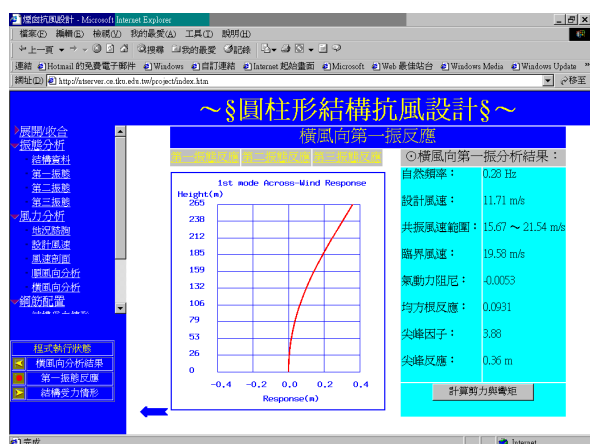
圖一：系統運作架構示意圖



圖二：地況諮詢之地理條件選擇畫面



圖三：順風向分析結果畫面



圖四：橫風向各振態之分析結果畫面