

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

## 總計畫

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC91-2211-E-032-012-

執行期間：91年08月01日至92年07月31日

執行單位：淡江大學土木工程學系

計畫主持人：鄭啟明

共同主持人：陳振華，李世鳴，王人牧，林堉溢，吳重成，陳若華

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 93 年 1 月 14 日

# 行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

## 結構之風力載重及受風反應研究(1/3)

計畫類別： 個別型計畫          整合型計畫

計畫編號：NSC91 - 2211 - E - 032 - 012 -

執行期間： 91年 8月 1日至 92年 7月 31日

計畫主持人：鄭啟明

共同主持人：王人牧、李世鳴、吳重成  
林堉溢、陳若華、陳振華

本成果報告包括以下應繳交之附件：

赴國外出差或研習心得報告一份

赴大陸地區出差或研習心得報告一份

出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份

國際合作研究計畫國外研究報告書一份

執行單位：

中 華 民 國      92年      11月      26日

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## 結構之風力載重及受風反應研究(1/3)

### Wind loads and structural responses of buildings & structures

計畫編號：NSC 91-2211-E-032-012

執行期限：91年8月1日至92年7月31日

主持人：鄭啟明 淡江大學土木系

計畫參與人員：王人牧、李世鳴、吳重成、林培溢、傅仲麟 淡江大學土木系

陳若華 建國技術學院，陳振華 高雄大學

#### 一、中文摘要

本計畫擬組成結構風工程研究團隊，期望透過所提出之整合型研究計畫，對於結構風工程進行下列的研究：(1)以風洞實驗為基礎的高層建築防風設計準則，(2)高層建築之設計風載重專家系統，(3)計算風工程中空氣動力特性之研究，(4)高層建築結構受風力載重之非線性分析-時間域模式，(5)側向與扭轉互制效應下之高層建築之減振控制與風洞試驗，(6)中低層建築物受風作用之特性研究，(7)煙囪受風之動力行為研究 風洞試驗與實場量測。本計畫以三年為期，完成後將可提昇國內風工程基礎研究的學術水準，並對工程實務方面的建築設計風載重提供實質的改進建議。

**關鍵詞：**結構風工程、設計風載重

#### Abstract

This project is to assemble a wind engineering research team for the long-term study on structural wind engineering. The research project and the sub-projects are set to reach the following goals: (1) A wind tunnel data based wind engineering resistant design guide for tall buildings; (2) A design wind load expert system for tall buildings; (3) Study of aerodynamics characteristics in computational wind engineering; (4) Nonlinear analysis of high-rise buildings under wind excitations- a time domain approach; (5) Vibration control of high-rise buildings with lateral/torsional motion and

wind tunnel experiments; (6) Characteristics of wind pressure and wind load on low-rise buildings; (7) Investigation of dynamic behavior of chimneys under wind load by wind tunnel simulation and field measurement

**Keywords:** Structural Wind Engineering, Design Wind Load

#### 二、緣由與目的

本計畫為了能夠有效整合研究團隊，使其發揮研究能量的互補效應，整合計畫的目標設定在結構風工程：高層建築、高塔、低層建築、橋梁等結構物所受的風力以及其結構反應。期望透過本計畫，除了提昇國內結構風工程的學術水準，建立本研究團隊未來對於風工程進行長期整合研究的基礎，並藉著研究計畫的成果，對於現行的建築風力規範能提出實質的修訂建議。

結構風工程的主要研究標的物包括了高層建築與高塔、低層建築、纜索支撐橋梁等。研究的內涵為(i)探討風場與結構體之間的空氣動力特性 (ii)結構物所受的風壓與風力特性(iii) 結構物受風作用的反應與可能的氣彈力現象(iv)透過主、被動控制裝置，進行結構減振(v)結構設計風力之研擬。由於結構風工程的問題核心是極為複雜的流體-結構互制現象，傳統上的研究方法是風洞實驗物理模擬為主，數值計算為輔。近年來由於計算機的快速進步，使得計算流體力學(CFD)在風工程上的應用逐漸受到重視，在可預見的未來計算風工程(Computational Wind Engineering)與風洞

實驗必同樣成為風工程研究的重要工具，因此計算風工程能力的發展是現階段一個整合性風工程研究不可或缺的研究子題。此外，由於風工程是一項應用科學，實驗室的各項研究必須和工程實務結合。換言之，在實驗室中無論是採用物理模擬或是數值模擬，都必須以實場監測數據為研究方法的最終驗證。在國際風工程界，結構風力效應的實場監測都是一項受到重視的研究工作，也是本計畫案擬定從事的研究子題之一。

高層建築的風載重是結構風工程的重要項目，也是本計畫的重點之一。高層建築真正的設計風力多半是經由風洞模型實驗求得，然而進行風洞實驗之前，需要一近似設計風力初步選擇高層建築之斷面形狀與結構系統。因此，若是在進行風洞實驗（取得正確的設計風力之前）能夠快速有效的取得一較為正確的近似設計風力，對於建築與結構設計會有很大的幫助。目前這個工作是由藉助風力規範完成。大體而言，風力規範中有關高層建築的設計風力均是以單棟的正方斷面（或矩型斷面）的高層建築為依歸，以求其規範之安全保守性，並不適用於多數的高層建築。本計畫的目的之一即在於，整合子計畫中的風洞實驗數據及專家系統，建構一個適用於高樓結構初期設計的等值風荷重系統。

本計畫以三年為期，完成後將可提昇國內風工程基礎研究的學術水準，並對工程實務方面的建築設計風載重提供實質的改進建議。在本計畫內組成的研究團隊則會長期投入結構風工程的各項研究，希望在五年後能夠成為亞太地區具有一定學術聲譽的風工程研究團隊。

### 三、研究方法與實施步驟

本計畫的目的在於以提昇結構風工程研究能力，以淡江大學從事風工程研究的教師為基礎，組成結構風工程研究團隊，期望透過所提出之整合型研究計畫，下列整體目標。

整體目標：

1. 以風洞實驗、數值分析以及實場監測，探討結構所受之風力特性及結構反應。

2. 建立一個具有工程實務價值的高層建築風工程之專家系統。
3. 提昇本研究團隊之整體研究能力以及提昇國內結構風工程學術水準。

總計畫之執行掌握下列二項要點：(i)研究團隊的研究能量可以相互支援並產生互補的功能 (ii)建立各子計畫間的溝通協調機制。本計畫以淡江大學大氣環境暨風工程研究中心為各子計畫的後勤與協調中心，研究中心除了依據各子計畫的需求，提供風洞實驗室及各項軟、硬體共同基本設備之外，並提供會議室、其他研究空間作為參與本案人員共同研討及工作之用。計畫執行期間，每隔一至二個月舉行一次正式的 project workshop，使參與本計畫的研究人員能有充分的討論機會，瞭解各子計畫的執行狀況，以便於相互支援。本計畫並擬於 2003 年 11 月間，舉行小型國際風工程學術研討會，藉此能對研究團隊的發展方向以及各子計畫的研究成果作公開的發表及接受檢驗與建議。

### 四、各子計畫研究成果

#### 計畫一：以風洞實驗為基礎的高層建築防風設計準則

- (1) 模擬鄉鎮地區邊界層流場( $\alpha = 0.24$ )。
- (2) 模擬濱海地區流邊界層流場( $\alpha = 0.1$ )。
- (3) 改進設計風力之高度分配計算模式。
- (4) 完成不同深寬比矩形斷面及正多邊形斷面模型在鄉鎮地區特性之紊流邊界層流場( $\alpha = 0.24$ )中之風力量測。
- (5) 不同深寬比矩形斷面及正多邊形斷面高層建築模型在濱海地區特性之紊流邊界層流場( $\alpha = 0.1$ )中之風力量測。
- (6) 增加現有之實驗數據，建構建築物邊角變化對於設計風力的修正模式。
- (7) 增加具有弧面幾何特性高層建築模型之風力量測。

#### 子計畫二：高層建築之設計風載重專家系統

已完成之工作項目

- (1) 風工程領域相關資料蒐集、知識擷取與專家訪談
- (2) 各種網路專家系統軟體與動態網頁寫作技術之調查、評估與引進。
- (3) 系統功能與規格之訂定
- (4) 整體系統模型架構之建立之制訂
- (5) 高層建築設計風載重專家系統雛型之發展

### 子計畫三：計算風工程中空氣動力特性之研究

- (1) 通過二維方柱之渦流剝離流場：考慮一有週期性漩渦剝離的流場，以  $77 \times 62 \times 6$  之網格密度進行數值模擬，並與文獻結果相進行比較，流場雷諾數為 22000。
- (2) 管道中通過三維方柱的流場分析：計算域寬度為  $4.5H$ ，在  $y=0$  處的  $xz$  平面為對稱邊界條件。管道高度為  $2H$ ，方柱高為  $H$ ，方柱至入口距離為  $3.5H$ ，方柱至出口距離為  $10H$ ，上下皆為固體邊界條件，原點座落於迎風面與底面的交點，入口速度為給定邊界條件，其分佈取相同長度管流的出口速度分佈，入口紊流動能與紊流消散值的分佈分別為速度、長度尺度與紊流動能之函數。採用  $84 \times 32 \times 32$  與  $90 \times 50 \times 70$  的網格密度。

### 子計畫四：高層建築結構受風力載重之非線性分析-時間域模式

- (1) 建立一多點 AR 模式，可將順風向風力頻譜轉為時間域風力，進行高層建築受風之時間域線性分析。
- (2) 此時間域模式經與傳統頻率域分析作比對，其吻合度良好可證明此時間域分析模式之正確性。
- (3) 在本間域分析模式下，結構各桿件之內力可直接求得，可作為結構設計之用。
- (1) 將風洞實驗所得之風力頻譜，轉為時間域風力進行時間域線性分析。

### 子計畫五：側向與扭轉互制效應下高層建築之減振控制與風洞試驗

- (1) 完成具側向與扭轉向位移之多自由度高層建築縮尺氣彈力試驗模型之測試

及架設。

- (2) 完成主動控制實驗器材之測試及架設。
- (3) 完成高層建築氣彈力模型之系統識別。
- (4) 完成高層建築之縮尺氣動力模型。
- (5) 完成氣動力模型之風力頻譜。
- (6) 引進氣動力阻尼對於氣彈力模型結構參數之修正。
- (7) 無控制時高層建築模型反應之數值模擬。

### 子計畫六：中低層建築物受風作用之特性研究

- (1) 模擬所需流場紊流強度，製作 TTU 實驗建物之  $1/75$  縮尺模型，並完成氣動力模型實驗量測。
- (2) 開發完成矩柱體風壓資料 POD 分析程式，可利用低階的 POD 模態重建模型表面風壓分布。
- (3) 已完成模型表面局部風壓的統計特性分析，包括風壓的一至四次矩的係數計算及利用 K-S test 檢定機率密度函數等功能。
- (4) 建立一系列高寬比 4 之矩柱體表面局部風壓的機率分布特性資料
- (5) Davenport 與 Manye & Cook 表面風壓尖峰預測模式之有效性驗證。

### 子計畫七：煙囪受風之動力行為研究風洞試驗與實場量測

- (1) 煙囪結構之動力特性識別。
- (2) 實場風速、風向量測，建立實場風速譜。
- (3) 實場煙囪之風壓與反應量測。
- (4) 煙囪沿風向與橫風向振動行為。

## 五、研究團隊之風工程相關學術活動

研究團隊成員在 2002~2003 共參與國內外 12 個學術研討會，總計 25 人次

研究團隊成員在 2002~2003 總計發表期刊論文 16 篇，研討會論文 26 篇。