

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

子計畫三：計算風工程中空氣動力特性之研究

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC92-2211-E-032-020-

執行期間：92年08月01日至93年07月31日

執行單位：淡江大學航空太空工程學系(所)

計畫主持人：李世鳴

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 12 月 22 日

計畫名稱

結構之風力載重及受風反應（II）— 子計畫三：計算風工程中空氣動力特 性之研究

計畫主持人：李世鳴

在建立過程與測試中經由測試案例與分析結果判斷經驗法則的累積，使得吾人在建築物之外流場的數值模擬上有更多的資料背景，作為往後模擬之參考依據。而在求解所使用之求解器 STAR-CD 為一泛用型之數值模擬軟體，故在進行數值模擬時需要具有一定之計算流體力學與風工程之知識，當使用錯誤的邊界條件或錯誤之求解條件將會得到錯誤的結果，而經由數個實際問題的應用，確定風工程數值模擬之程序與相關的邊界條件與初始條件設定。

1. 風工程計算平台的實際問題應用

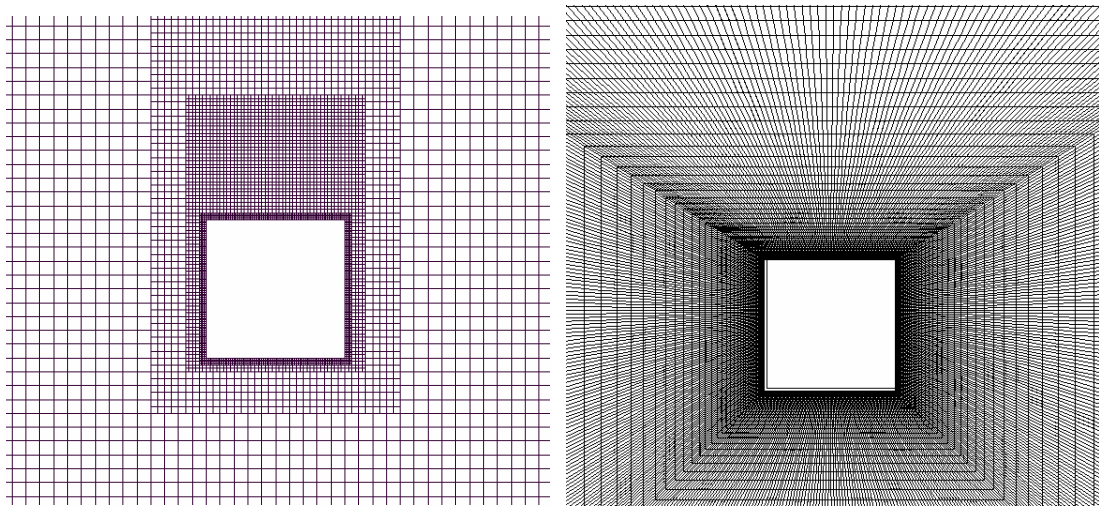
- 通過二維方柱之渦漩剝離流場

在計算流力的計算中，若能簡化成二維之問題，便由二維流場開始做起，但若所計算之問題中外型將產生三維效應之問題便較不適合簡化為二維。在過去的計算流力由於受限於計算機之能力與商用軟體較不普及時，二維問題的計算由於具有網格數相對較少、求解項次少，且可快速得到所欲求得之流線與壓力分布。

網格建立：

使用 ICEM-CFD 建立 O-Grid 之網格，使得在近壁面處為較密之網格而，而在本計算初期亦使用過 STAR-CD 內所含之前處理器，使用層層加密之網格建立方式，但由於其雖快速但將會使用網格耦合(couple)增加計算時間，亦增加誤差，而使用 ICEMCFD 雖然比較耗費時間，但卻不會有上述之問題。

網格示意圖：



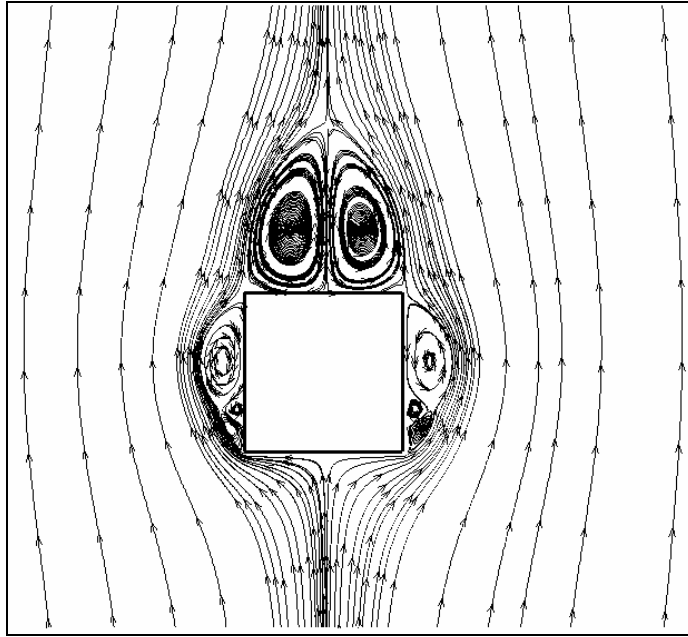
(a). 正交耦合之網格

(b). O-Grid 連續網格

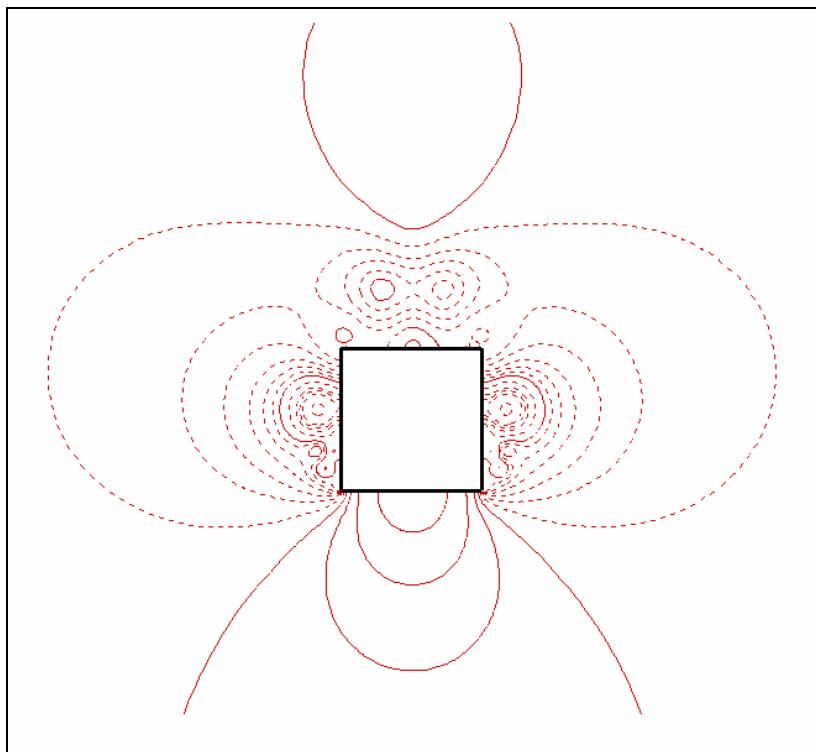
圖：二維方柱不同網格比較圖

計算結果：

計算結果經 STAR-CD 匯出後由後處理軟體 TECPLOT 處理，積分流場中之向量而得知流線可清楚觀察出，流場通過方柱時分離所產生之分離流與再接觸後產生之回流，而方柱後方之渦漩再接觸點之距離亦足以模擬 3 維之方柱，而藉由壓力分佈的等高線圖可清楚看出方柱周圍流場之壓力分布狀況。



圖：二維方柱流場流線圖



圖：二維方柱流場壓力等高線圖(虛線為負壓區)

- 三維方柱的管道流場

三維方柱管流在計算流力上一直是一個標準的測試問題，由於其已經由實驗所得之結果，使得計算流力的結果無法僥倖。三維管流方柱具有幾項特點：(1)方柱前方近下壁面之馬蹄形窩流與(2)方柱後方之拱

門型柱(3.)方柱下游之再接觸點位置。

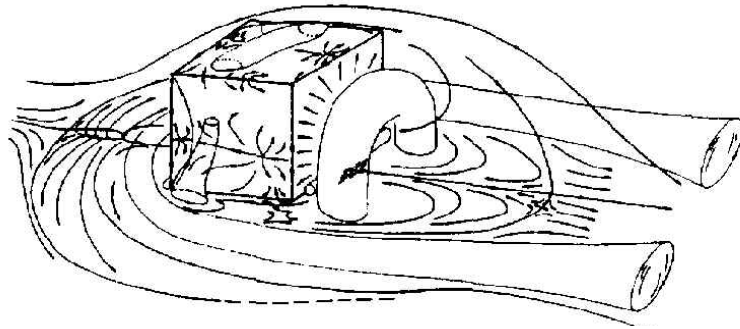


圖 三維管流方柱特徵流場示意圖

網格建立：

亦使用 ICEM-CFD 使用 Multi-Block 方式建立，在近壁面處使用密度較高之網格，而為避免因為網格過度扭曲而產生之數值不穩定，以及數值傳遞過程中受扭曲網格之影響，故不使用 O-Grid 型態網格，而允許損失部分網格的正交式網格(如網格示意圖)。

網格示意圖：

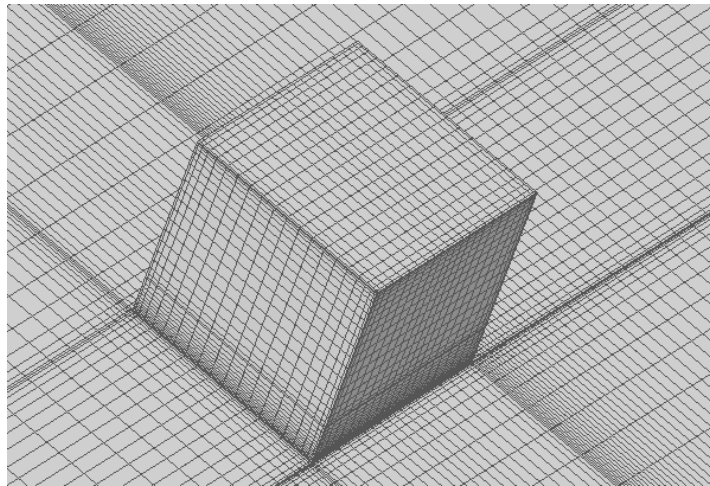


圖 三維管流方柱網格式意圖

結果：

在計算的結果加上後處理後，數值模擬皆可準確且完整的描述出三維管流方柱之流場特性，包括供門型柱與馬蹄形渦。

流線圖：

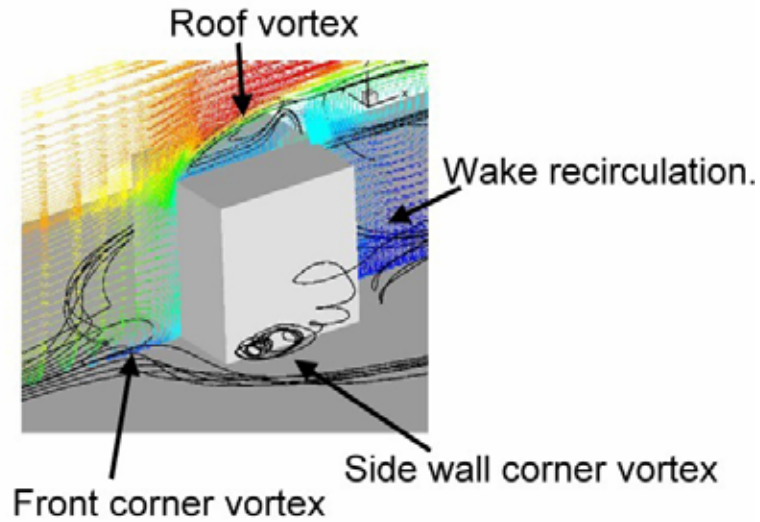


圖 三維管流方柱之流場特徵圖

等壓力圖：

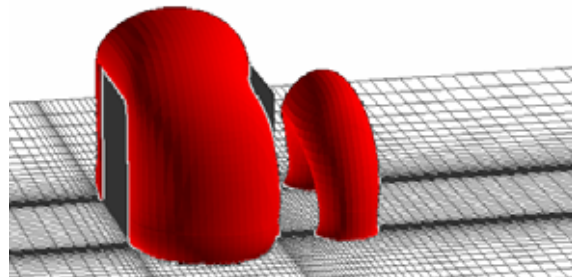


圖 三維管流方柱後方之拱門型柱

- 實際風工程結構物之空氣動力特性分析)，

SRI 農舍：

SRI(Silsoe Research Institute)為一國際性之研究機構，位於英國，其提供許多的服務實驗驗證，其中包括基因、醫學、環境工程、風工程.....等研究。

<http://www.sri.bbsrc.ac.uk/science/eeg/windeng/testsite.htm>

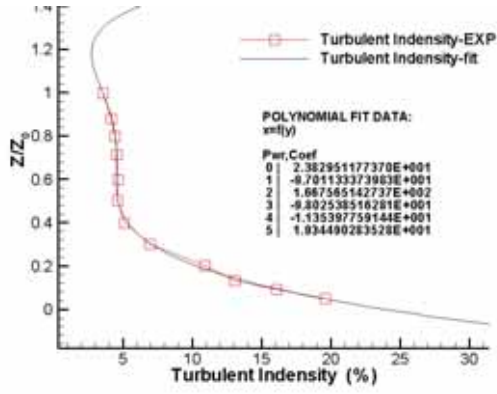


圖 SRI 農舍照片

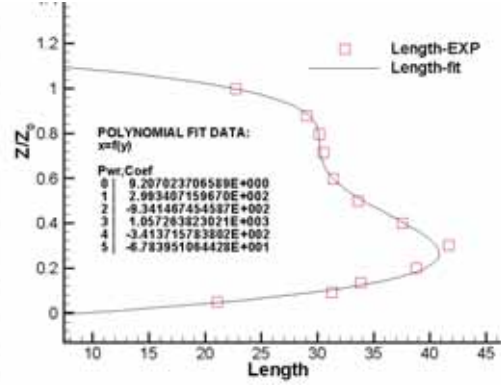
邊界條件：

在模擬真實的建築物時為重要亦最為難取得的部分便是入流之邊界條件，在本次所模擬之 SRI 為一實場量測機構，其另一建築物 6m cubic 外牆具有許多感應器，及其迎風面前方設有一整面之條狀量測感測器(如上圖)，可紀錄大氣邊界在 SSB 量測建築物附近之資訊。

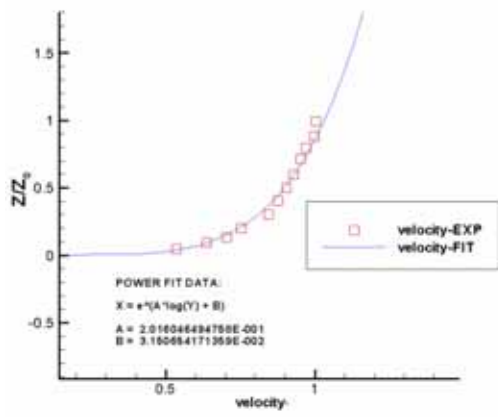
由於大氣邊界目前尚無方程式可完整模擬，而再計算時亦不能無限制的擴大計算域，故取得適當之左右測邊距離，並設定為對稱面假設在面上之流體性質並無梯度，而在上游區使用在實場量測得到之風速，紊流強度等點資訊作為邊界條件，使用 TECPLOT 軟體進行 CURVE FITING 之動作得到數個曲線方程來代表連續的邊界條件，而在 STAR-CD 中使用副程式 bcdefi.f 讀入邊界條件。



(a)紊流強度



(b)紊流尺度



(c)速度隨高度分布圖

圖 SRI 農舍數值模擬入口邊界 Curve fitting 圖

網格示意圖:

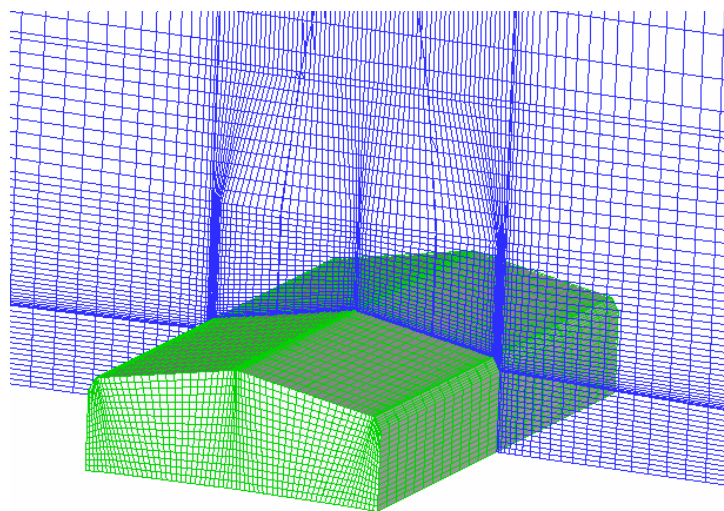


圖 農舍流場分析網格示意圖

流場結果圖:

在農舍迎風面底部具有特殊之前後擺動之流線，而在側面與背風面均有明顯之渦旋產生。

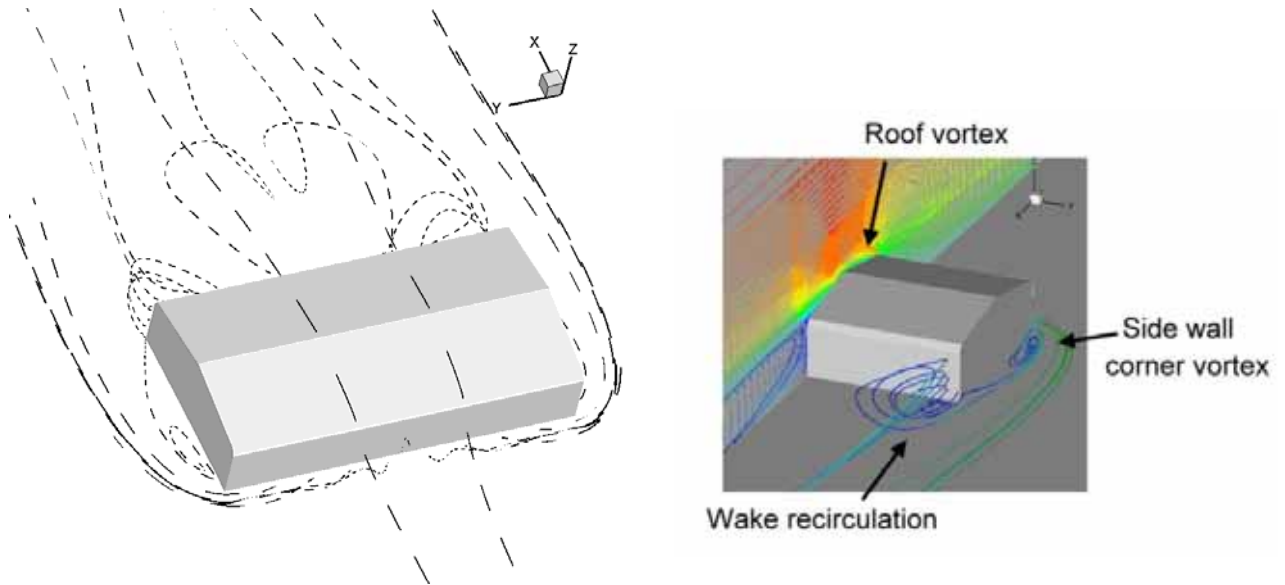


圖 SRI 農舍流線與柳場特徵圖

高層建築：

近年來高層大樓趨亦增加，高成建築所形成之窩漩與週圍流場均會形成不同於低層建築。藉由數值模擬希望得知其氣動外型特性。

High Rise Building



圖 高層建築外型照片

流線圖：

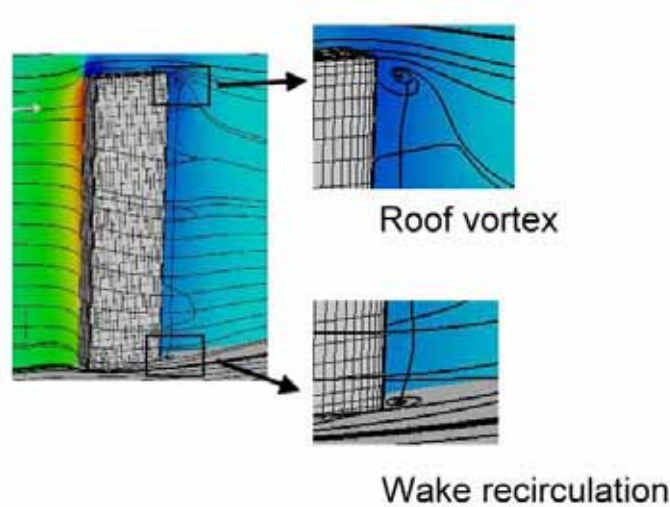


圖 高層建築流線與流場特徵圖

2. 風工程計算平台與實驗方法的整合應用(包括實驗數據與計算初始及邊界條件設定的結合與計算結果與實驗資料的相互驗證及應用)，

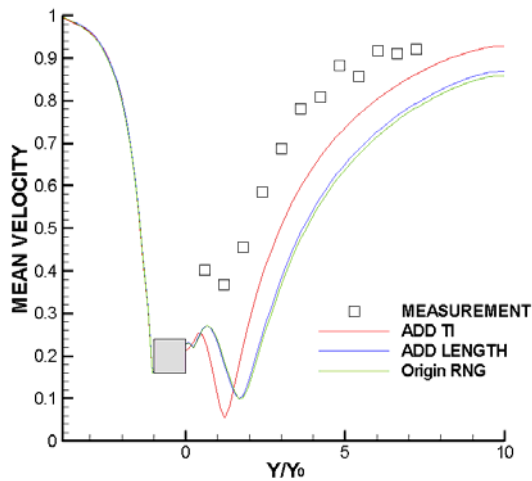
- 淡江大學風工程研究中心

問題說明：

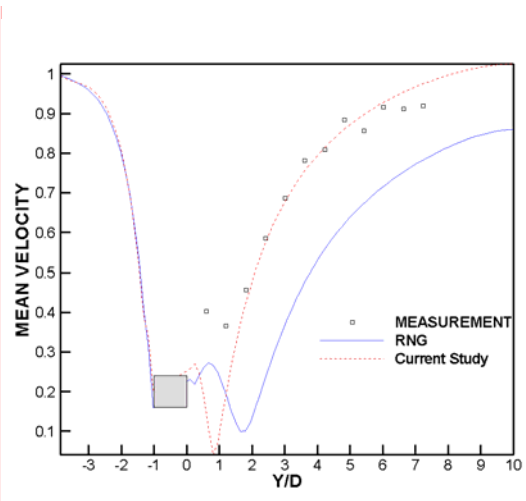
在過去的風工程研究中，建築物外的風流場皆須倚賴實驗，但每次的風洞實驗便需要許多時間，需要建立實體模型、大氣邊界層之渦旋產生器，且實驗所得到之資訊通常為流場中某點之資訊，並非全域的資訊；但在使用風工程計算平台上，雖然可以省去實驗所需耗費之時間與模型建立，但便如同先前所描述之概念，準確且具意義之數值模擬結果取決於正確之邊界與初始條件，而實際之邊界條件便需要使用風洞實驗或是實場量測之結果來進行，本次的模擬配合淡江大學風工程中心進行，使用風洞中所量測之入流邊界條件進行數值模擬。而實驗部分亦量測數個阻礙物後方相同高度沿流場方向之速度分布，最後數值與實驗進行比較，並檢討數值誤差之原因。

阻礙物中心截面比較圖：

原始使用實驗之入流邊界搭配 RNG 紊流模式進行計算，但其結果與實驗之中心截面速度有些許差距，而在經過考慮實驗與數值模擬之差異，由於在數值模擬中唯一理想狀態，故進行修正入口邊界之初始條件。



(a)遠始曲線與初步修正之比較圖



(b)最後修正曲線與實驗之比較

圖 阻礙物後方流場中心剖面之速度曲線比較圖

結語:

經過一連串的數值模擬風工程中建築物之流場特性，顯示出計算流體力學在風工程研究上的能力與風工程計算平台建立的可行性。未來希望計算更多有實驗數值比較之問題，或是進行更多實際之問題，達到節省時間與流場全域解之目標。