

以風洞實驗評估方形高層建築物受不同深寬比斷面之下游干擾建築物之氣動力阻尼影響

陳正瑋^{1*} 羅元隆² 張正興³

^{1*}淡江大學土木工程系 博士

²國立臺北科技大學土木工程系 教授

³淡江大學土木工程系 教授

摘要

大部份高層建築物屬於柔性結構，且阻尼偏低，其風致振動的問題尤為顯著。而振動問題與阻尼息息相關，除結構自身的阻尼之外，受風之下的氣動力阻尼變化也是相當重要。干擾效應是一個在風工程中被長期研究的項目，其中受到矚目的是，當干擾建築物位於下游時，其氣動力阻尼的變化要比建築物為單獨狀態更加複雜。它與結構外形幾何、風速大小及結構條件等均有關聯。

量測氣動力阻尼的方法最常見的是使用氣彈力試驗量測其位移或加速度，並且利用隨機遞減法(Random decrement technique)來取得受風反應下的阻尼值，減去系統本身的阻尼即可得到氣動力阻尼，但氣彈力試驗的試驗門檻較高，且量測時間較長，用於干擾效應的量測效率不佳。本研究以高頻力平衡儀試驗來評估當干擾建築物為於下游時可能產生干擾效應的位置，再以較小的範圍來進行氣彈力試驗以縮小試驗範圍。

根據文獻，當主要建物與干擾建物皆為方形且位於下游($x/B, y/B$)= $(-1.22, 1.5)$ 無因次化風速 6 時會有放大反應，此時會有顯著的斜橢圓振動軌跡，本文在探討改變干擾建物斷面所產生的干擾效應其位置及氣動力阻尼的變化。試驗結果顯示，當干擾建物之深寬比大於 0.67 且位於主建物斜下游 $x/B=-1.5\sim-2.0$ 、 $y/B=1.5\sim2.5$ 之間，無因次化風速在 5.5~6.5 之間，會有結構反應的放大效應，此時所得之干擾效應下的氣動力阻尼其順風向增加量約為-0.2~-0.4%，橫風向增加量約為-1.1%~1.3%。

關鍵字: 風洞試驗，干擾效應，力平衡儀試驗，氣彈力試驗

Keywords: Wind tunnel test, Interference effect, Force balance test, Aero elastic test

1. 前言

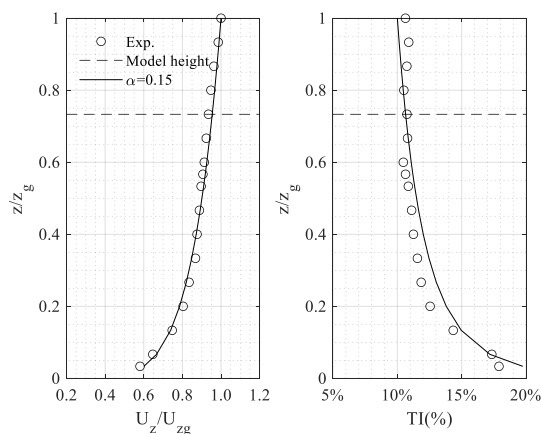
干擾效應是一個紊流與結構的相互關係，因為干擾建築的存在使得主要建物所受到的流場

受到改變與本身的結構效應產生效應而使得反應放大或縮小，文獻黃鵬及顧明(2003), Bailey and Kwok(1985), Kareem(1987), Kim et al.(2011), Huang et al.(2013), Lo et al.(2023)等的試驗結果皆指出干擾建物不論位於上游或下游都會產生干擾效應，使得結構反應增加，但其發生的機制與反應間的關係未必完全相同，因此希望透過更多的研究來給與干擾效應更完整的描述並給與工程設計更多的建議。

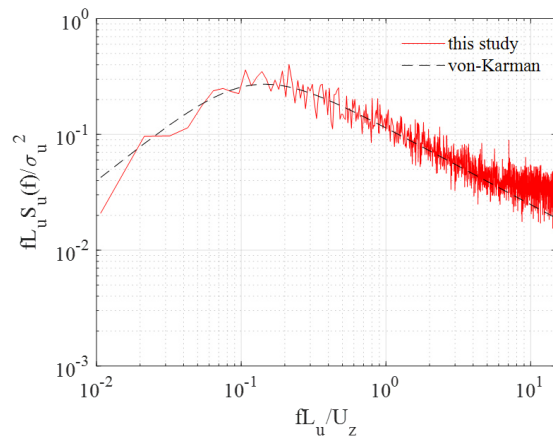
2. 實驗設置與數據處理

本研究於淡江大學風工程研究中心的第一號大氣邊界層風洞進行。該風洞屬吸入式風洞。試驗段長 15 公尺、寬 2.2 公尺及高 1.8 公尺。

圖一為本研究所使用之 C 地況的平均風速剖面(左)及紊流強度剖面(右)，圖中圓圈代表實驗量測所得的風速、紊流強度與高度，黑線為符合 AIJ 規範(日本建築學會，2015)之 C 地況地表粗糙度函數 α 值為 0.15 的平均風速剖面及紊流強度剖面，虛線部份代表模型高度 56 公分處的位置。圖二為模型高度處之風速頻譜與 von-Karman 經驗式的比較，兩者相當吻合，顯示此邊界層流場符合各項模擬條件。



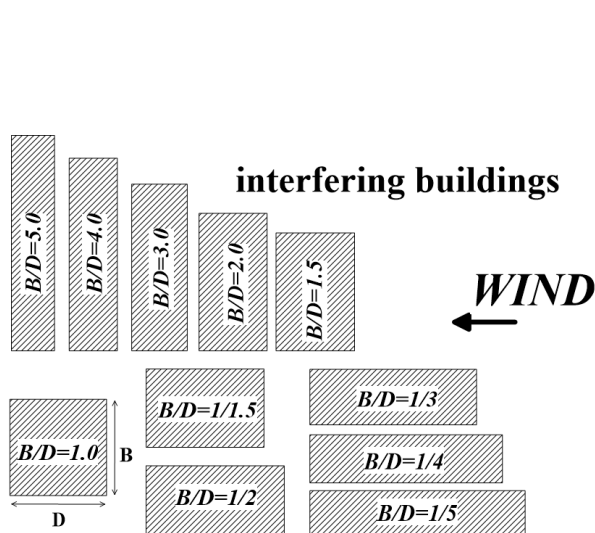
圖一 C 地況之風速剖面及紊流強度剖面



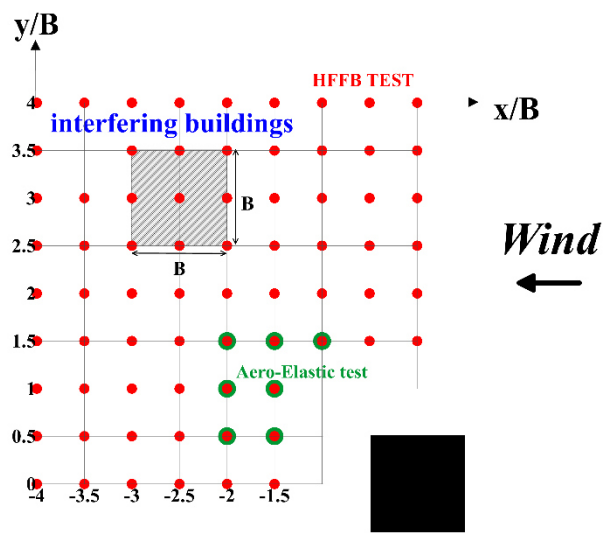
圖二 風速頻譜與 von-Karman 頻譜經驗式比較

本研究之主要建物為高寬比 8 之方形斷面建築物型模型的寬度(B)及深度(D)皆為 70mm，高度(H)為 560mm。干擾建物為相同斷面積下之寬深比 1/5、1/4、1/3、1/2、1/1.5、1、1.5、2、3、4、5 共 11 種變化，如圖三。

本研究實驗採用力平衡儀及氣彈力試驗兩種方式，其中先利用力平衡儀在 $X/B=-1\sim-4$ 、 $Y/B=1\sim4$ 之間尋找具有特殊干擾效應的位置，再針對這些位置進行氣彈試驗，來取得氣動力阻尼的變化，試驗範圍如圖四所示。



圖三 干擾建築物斷面示意圖

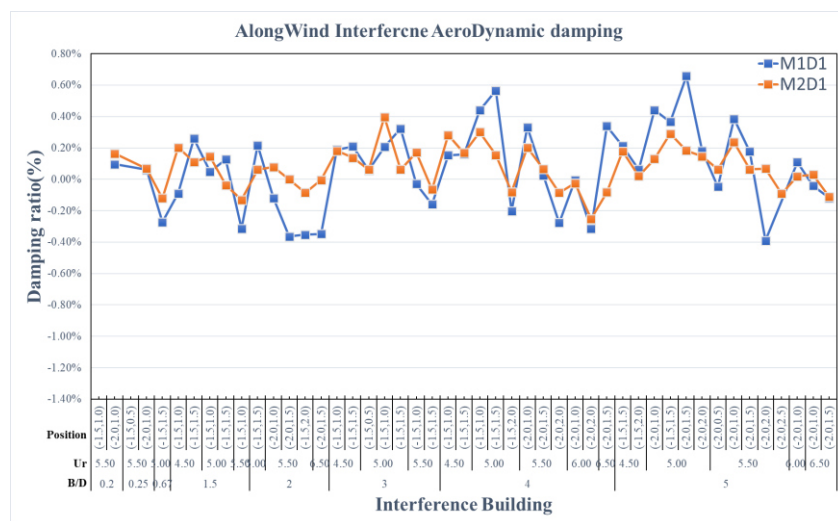


圖四 試驗座標位置

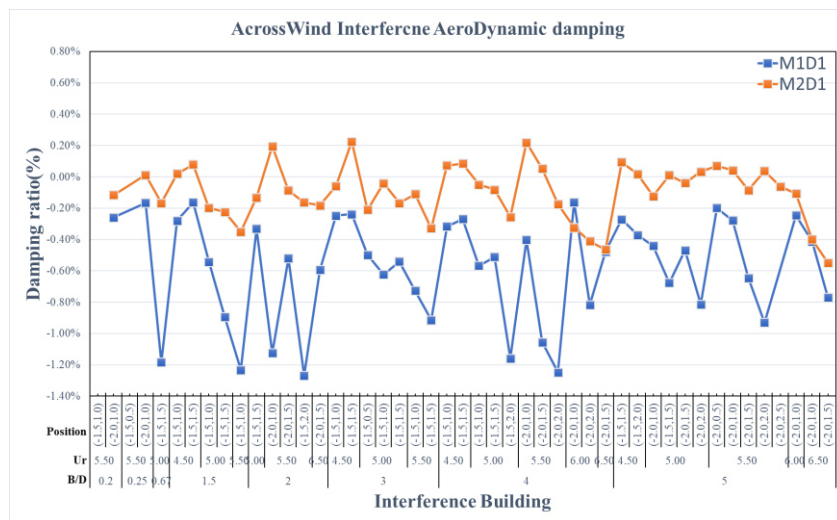
3. 結論

在建築物的斷面積相同的情況下，保守估計若干擾建物的深寬比大於 0.67 且位於主建物斜下游 $x/B = -1.5 \sim -2.0$ 、 $y/B = 1.5 \sim 2.5$ 之間，無因次化風速在 5.5~6.5 之間，會有結構反應的放大效應，Scruton Number 越低會越顯著

當干擾建物為方形，且位於上述條件之下，與 Scruton Number 的關係不顯著，當干擾建物為其他形狀，則會隨 Scruton Number 的提升而下降，順風向增加量約為 -0.2~ -0.4%，橫風向增加量約為 -1.1%~1.3%，如圖五及圖六所示。



圖五 改變干擾建物斷面順風向干擾氣動力阻尼



圖六 改變干擾建物斷面橫風向干擾氣動力阻尼

4. 參考文獻

- [1] 黃鵬, 顧明, "高層建築干擾氣動阻尼的試驗研究", 同濟大學學報, 2003, Vol.31 NO.6.
- [2] P.A Bailey & K.C.S Kwok, "Interference Excitation Of Twin Tall Buildings.", Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 1985, Vol. 21, pp. 323–338.
- [3] Kareem, A, "The effect of aerodynamic interference on the dynamic response of prismatic structures", J. Wind Eng. Ind. Aero., 1987, Vol.25, pp.365-372.
- [4] W.S. Kim, Y. Tamura, A. Yoshida. "Interference effects on local peak pressures between two buildings." J. Wind Eng. Ind. Aerodyn., 2011, 99, 584–600.
- [5] P. Huang, Y. Quan, M. Gu, "Experimental study of aerodynamic damping of typical tall buildings. ", Math. Probl Eng. 1–9., 2013.
- [6] Y.L. Lo, C.W. Chen, C.H. Chang & Y.C. Li, "Investigation of the elliptical resonant vibration of high-rise buildings induced by the oblique-downwind interference effects. ", Journal of Asian Architecture and Building Engineering, 2023, Vol. 22, Issue 6.