

# 建築物耐風設計規範 示範例研擬與解說

內政部建築研究所研究報告

中華民國 96 年 12 月



建築物耐風設計規範示例擬與解說

內政部建築研究所研究報告

(九十六年度)



# 建築物耐風設計規範 示範例研擬與解說

計畫主持人：李玉生

協同主持人：陳瑞華

研究員：鄭啟明

陳正平

曹源暉

研究助理：高士哲

內政部建築研究所研究報告

中華民國九十六年十二月



## 目次

表次.....	IX
圖次.....	XIII
各章符號表.....	XVII
摘要.....	XXXV
第一章 緒論.....	1
1.1 計畫緣起.....	1
1.2 計畫內容與目標.....	1
1.3 研究方法及過程.....	1
1.4 本文章節架構.....	2
第二章 高層建築物耐風設計之示範例.....	5
2.1 案例與基本參數之描述.....	5
2.2 計算流程圖.....	8
2.3 主要風力抵抗系統在東風作用下之設計風力.....	8
2.3.1 建築主體所受的順風向風力.....	10
2.3.2 建築主體所受的橫風向風力.....	14
2.3.3 建築主體所受的扭轉向風力.....	16
2.3.4 女兒牆傳至主要風力抵抗系統的順風向風力.....	17

2.3.5	屋凸傳至主要風力抵抗系統的順風向風力 ...	18
2.3.6	通訊鐵塔傳至主要風力抵抗系統的順風向風力	20
2.3.7	建築物設計風力之組合 .....	21
2.3.8	建築物層間變位角 .....	22
2.3.9	建築物最高居室樓層側向加速度 .....	22
2.4	主要風力抵抗系統在南風作用下之設計風力 .....	24
2.4.1	建築主體所受的順風向風力 .....	25
2.4.2	建築主體所受的橫風向風力 .....	27
2.4.3	建築主體所受的扭轉向風力 .....	29
2.4.4	女兒牆傳至主要風力抵抗系統的順風向風力 .	29
2.4.5	屋凸傳至主要風力抵抗系統的順風向風力 ...	30
2.4.6	通訊鐵塔傳至主要風力抵抗系統的順風向風力	30
2.4.7	建築物設計風力之組合 .....	30
2.4.8	建築物層間變位角 .....	31
2.4.9	建築物最高居室樓層側向加速度 .....	31
2.5	建築物結構效應與最高居室樓層側向加速度之檢核	32
2.6	建築主體局部構材及外部被覆物之設計風壓 .....	33
2.7	女兒牆局部構材及外部被覆物之設計風壓 .....	37
2.8	屋凸局部構材及外部被覆物之設計風壓 .....	39

2.9 通訊鐵塔局部構材及外部被覆物之設計風壓 .....	41
第三章 低層建築物耐風設計之示範例 .....	57
3.1 案例與基本參數之描述 .....	57
3.2 計算流程圖 .....	58
3.3 主要風力抵抗系統在東風作用下之設計風力 .....	58
3.3.1 低層建築物所受的順風向風力 .....	60
3.3.2 低層建築物所受的橫風向風力 .....	64
3.3.3 低層建築物所受的扭轉向風力 .....	67
3.3.4 建築物設計風力之組合 .....	68
3.3.5 建築物層間變位角 .....	69
3.3.6 建築物最高居室樓層側向加速度 .....	69
3.4 主要風力抵抗系統在南風作用下之設計風力 .....	70
3.4.1 低層建築物所受的順風向風力 .....	72
3.4.2 低層建築物所受的橫風向風力 .....	74
3.4.3 低層建築物所受的扭轉向風力 .....	75
3.4.4 建築物設計風力之組合 .....	76
3.4.5 建築物層間變位角 .....	77
3.4.6 建築物最高居室樓層側向加速度 .....	77
3.5 建築物結構效應與最高居室樓層側向加速度之檢核 .....	78

3.6 低層建築物局部構材及外部被覆物之設計風壓.....	79
第四章 低層廠房耐風設計之示範例 .....	87
4.1 案例與基本參數之描述 .....	87
4.2 計算流程圖 .....	88
4.3 主要風力抵抗系統在東風作用下之設計風力 .....	88
4.3.1 低層廠房所受的順風向風力 .....	91
4.3.2 低層廠房所受的橫風向風力 .....	95
4.3.3 低層廠房所受的扭轉向風力 .....	97
4.3.4 建築物設計風力之組合 .....	99
4.3.5 建築物層間變位角 .....	99
4.3.6 建築物最高居室樓層側向加速度 .....	99
4.4 主要風力抵抗系統在南風作用下之設計風力 .....	100
4.4.1 低層廠房所受的順風向風力 .....	101
4.4.2 低層廠房所受的橫風向風力 .....	104
4.4.3 低層廠房所受的扭轉向風力 .....	105
4.4.4 建築物設計風力之組合 .....	106
4.4.5 建築物層間變位角 .....	106
4.4.6 建築物最高居室樓層側向加速度 .....	107
4.5 建築物結構效應與最高居室樓層側向加速度之檢核	107

4.6 低層廠房局部構材及外部被覆物之設計風壓 .....	107
第五章 獨立鐵塔耐風設計之示範例 .....	119
5.1 案例與基本參數之描述 .....	119
5.2 計算流程圖 .....	120
5.3 主要風力抵抗系統在東風作用下之設計風力 .....	121
5.3.1 獨立鐵塔所受的順風向風力 .....	122
5.3.2 建築物結構效應 .....	124
5.3.3 建築物層間變位角 .....	124
5.3.4 建築物最高居室樓層側向加速度 .....	124
5.4 主要風力抵抗系統在南風作用下之設計風力 .....	124
5.4.1 獨立鐵塔所受的順風向風力 .....	125
5.4.2 建築物結構效應 .....	127
5.4.3 建築物層間變位角 .....	128
5.4.4 建築物最高居室樓層側向加速度 .....	128
5.5 主要風力抵抗系統在北風作用下之設計風力 .....	128
5.5.1 獨立鐵塔所受的順風向風力 .....	129
5.5.2 建築物結構效應 .....	131
5.5.3 建築物層間變位角 .....	131
5.5.4 建築物最高居室樓層側向加速度 .....	132

5.6	建築物結構效應與最高居室樓層側向加速度之檢核	132
5.7	獨立鐵塔局部構材及外部被覆物之設計風壓	132
第六章 煙囪耐風設計之示範例		141
6.1	案例與基本參數之描述	141
6.2	計算流程圖	142
6.3	主要風力抵抗系統在東風作用下之設計風力	142
6.3.1	煙囪所受的順風向風力	142
6.3.2	煙囪因渦散共振引起的橫風向風力	144
6.3.3	煙囪所受的扭轉向風力	146
6.3.4	建築物設計風力之組合	146
6.3.5	建築物層間變位角	146
6.3.6	建築物最高居室樓層側向加速度	147
6.4	建築物結構效應與最高居室樓層側向加速度之檢核	147
6.5	煙囪局部構材及外部被覆物之設計風壓	147
第七章 高層建築物風洞試驗報告之應用說明		151
7.1	案例與基本參數之描述	151
7.2	風洞試驗報告	152
7.2.1	風洞試驗內容	152
7.2.2	主要風力抵抗系統之設計風力	154

7.2.3 建築外牆之設計風壓 .....	154
7.3 耐風規範計算 .....	155
7.3.1 主要風力抵抗系統在 340°風向作用下之設計風力 .....	156
7.3.2 主要風力抵抗系統在 250°風向作用下之設計風力 .....	157
7.3.3 建築主體局部構材及外部被覆物之設計風壓	157
7.3.4 女兒牆局部構材及外部被覆物之設計風壓 ..	158
7.4 風洞試驗結果與規範計算結果之比較 .....	158
第八章 結論 .....	173
附錄一 第一次專家諮詢會議會議記錄與意見回覆 ....	175
附錄二 第二次專家諮詢會議會議記錄與意見回覆 ....	179
附錄三 期中簡報會議記錄與意見回覆 .....	183
附錄四 期末簡報會議記錄與意見回覆 .....	187
附錄五 風力規範之修正建議 .....	191
附錄六 建築物耐風設計規範與解說之摘錄 .....	195
參考書目 .....	227



## 表次

表 2.1 高層建築物在東風作用下的順風向、橫風向與扭轉 向設計風力 .....	42
表 2.2 女兒牆在東風作用下傳至主要風力抵抗系統的順風 向風力 .....	43
表 2.3 屋凸在東風作用下傳至主要風力抵抗系統的順風向 風力 .....	44
表 2.4 通訊鐵塔在東風作用下各構材之順風向風力.....	44
表 2.5 建築主體各層在東風作用下的橫風向風力與扭轉向 風力（半年回歸期） .....	45
表 2.6 高層建築物在南風作用下的順風向、橫風向與扭轉 向設計風力 .....	46
表 2.7 女兒牆在南風作用下傳至主要風力抵抗系統的順風 向風力 .....	47
表 2.8 建築主體各層在南風作用下的橫風向風力與扭轉向 風力（半年回歸期） .....	48
表 2.9 建築主體外牆④區設計風壓隨高度之變化 .....	49
表 2.10 建築主體外牆⑤區設計風壓隨高度之變化 .....	50
表 2.11 建築主體屋頂的設計風壓 .....	51
表 2.12 女兒牆正面的設計風壓 .....	51

表 2.13 女兒牆背面的設計風壓 .....	51
表 2.14 屋凸外牆的設計風壓 .....	51
表 2.15 屋凸屋頂的設計風壓 .....	51
表 3.1 低層建築物在東風作用下的順風向、橫風向與扭轉 向設計風力 .....	83
表 3.2 低層建築物在東風作用下的橫風向風力與扭轉向風 力（半年回歸期） .....	83
表 3.3 低層建築物在南風作用下的順風向、橫風向與扭轉 向設計風力 .....	84
表 3.4 低層建築物在南風作用下的橫風向風力與扭轉向風 力（半年回歸期） .....	84
表 3.5 低層建築物外牆④區與⑤區設計風壓 .....	84
表 3.6 低層建築物屋頂①區、②區與③區設計風壓 ....	84
表 4.1 普通建築物之陣風反應因子（地況 A） .....	111
表 4.2 普通建築物之陣風反應因子（地況 B） .....	112
表 4.3 普通建築物之陣風反應因子（地況 C） .....	113
表 4.4 低層廠房在東風作用下的順風向、橫風向與扭轉向 設計風力 .....	114
表 4.5 橫風向共振因子 .....	114

表 4.6 扭轉向共振因子 .....	115
表 4.7 低層廠房在南風作用下的順風向、橫風向與扭轉向 設計風力 .....	116
表 4.8 低層廠房外牆④區與⑤區設計風壓 .....	116
表 4.9 低層廠房屋頂①區、②區與③區設計風壓 .....	117
表 5.1 迎風面實體構材投影在垂直風向平面上之面積..	133
表 5.2 獨立鐵塔在東風作用下各構材之順風向風力....	133
表 5.3 獨立鐵塔在南風作用下各構材之順風向風力....	135
表 6.1 煙囪在東風作用下的順風向與橫風向設計風力..	148
表 7.1 設計風力載重組合（風洞試驗） .....	160
表 7.2 本建築物在 340°風向作用下的順風向、橫風向與扭 轉向設計風力（規範計算） .....	160
表 7.3 本建築物在 340°風向作用下的載重組合（規範計算） .....	161
表 7.4 本建築物在 250°風向作用下的順風向、橫風向與扭 轉向設計風力（規範計算） .....	162
表 7.5 本建築物在 250°風向作用下的載重組合（規範計算） .....	163
表 7.6 建築主體外牆④區和⑤區（見規範圖 3.2）設計風壓	

隨高度之變化（規範計算） .....	165
表 7.7 女兒牆正面的設計風壓（規範計算） .....	166
表 7.8 女兒牆背面的設計風壓（規範計算） .....	166
表 7.9 風洞試驗與規範計算設計風力之比較表 .....	166
表 7.10 風洞試驗與規範計算設計風力載重組合之比較表	166
表 7.11 風洞試驗與規範計算外牆設計風壓之比較表...	167

## 圖次

圖 2.1 建築物屋頂平面示意圖 .....	52
圖 2.2 建築物東向與西向立面示意圖 .....	52
圖 2.3 建築物南向與北向立面示意圖 .....	52
圖 2.4 屋凸與通訊鐵塔立面示意圖 .....	53
圖 2.5 通訊鐵塔各面示意圖 .....	53
圖 2.6 通訊鐵塔底部平面示意圖 .....	53
圖 2.7 自屋凸頂往上 3M 之通訊鐵塔平面示意圖.....	53
圖 2.8 自屋凸頂往上 6M 之通訊鐵塔平面示意圖.....	53
圖 2.9 通訊鐵塔頂部平面示意圖 .....	53
圖 2.10 通訊鐵塔構材編號 .....	53
圖 2.11 第二章案例的計算流程圖 .....	54
圖 2.12 女兒牆在西風作用下外風壓分布示意圖 .....	55
圖 2.13 女兒牆在東風作用下外風壓分布示意圖 .....	55
圖 2.14 女兒牆正面各區示意圖 .....	55
圖 3.1 低層建築物屋頂平面示意圖 .....	85
圖 3.2 低層建築物東西向與附近地形立面示意圖 .....	85
圖 3.3 低層建築物南北向與附近地形立面示意圖 .....	85
圖 3.4 第三章案例的計算流程圖 .....	86
圖 4.1 低層廠房屋頂平面示意圖 .....	117

圖 4.2 低層廠房東向與西向立面示意圖 .....	117
圖 4.3 低層廠房南向與北向立面示意圖 .....	117
圖 4.4 第四章案例的計算流程圖 .....	118
圖 5.1 獨立鐵塔各向立面示意圖 .....	137
圖 5.2 獨立鐵塔南北向與附近地形的立面示意圖 .....	137
圖 5.3 獨立鐵塔東向與附近地形的立面示意圖 .....	137
圖 5.4 獨立鐵塔西向與附近地形的立面示意圖 .....	138
圖 5.5 獨立鐵塔底部平面示意圖 .....	138
圖 5.6 自地面往上 2.5M 之獨立鐵塔平面示意圖 .....	138
圖 5.7 自地面往上 5M 之獨立鐵塔平面示意圖 .....	138
圖 5.8 自地面往上 7.5M 之獨立鐵塔平面示意圖 .....	138
圖 5.9 自地面往上 10M 之獨立鐵塔平面示意圖 .....	138
圖 5.10 自地面往上 12.5M 之獨立鐵塔平面示意圖 .....	139
圖 5.11 自地面往上 15M 之獨立鐵塔平面示意圖 .....	139
圖 5.12 自地面往上 17.5M 之獨立鐵塔平面示意圖 .....	139
圖 5.13 自地面往上 20M 之獨立鐵塔平面示意圖 .....	139
圖 5.14 獨立鐵塔構材編號 .....	139
圖 5.15 第五章案例的計算流程圖 .....	140
圖 6.1 煙囪頂部平面示意圖 .....	149

圖 6.2 煙囪各向立面示意圖 .....	149
圖 6.3 第六章案例的計算流程圖 .....	150
圖 7.1 正面立面圖與風壓孔分佈圖 .....	168
圖 7.2 右側面立面圖與風壓孔分佈圖 .....	168
圖 7.3 背面立面圖與風壓孔分佈圖 .....	169
圖 7.4 左側面立面圖與風壓孔分佈圖 .....	169
圖 7.5 建築物平面圖 .....	170
圖 7.7 大氣邊界層紊流強度剖面 .....	170
圖 7.8 風壓管及電子式壓力掃描器 .....	171
圖 7.9 表面風壓配置與量測 .....	171
圖 7.10 建築物平面圖示意圖 .....	172
圖 7.11 女兒牆在 340° 風向作用下外風壓分布示意圖 ..	172
圖 7.12 女兒牆在 160° 風向作用下外風壓分布示意圖 ..	172



## 各章符號表

### 第二章之使用符號

- $A$ ：有效受風面積； $m^2$ 。
- $A_E$ ：建築主體東向外牆之可能總開口面積； $m^2$ 。
- $A_W$ ：建築主體西向外牆之可能總開口面積； $m^2$ 。
- $A_S$ ：建築主體南向外牆之可能總開口面積； $m^2$ 。
- $A_N$ ：建築主體北向外牆之可能總開口面積； $m^2$ 。
- $A_g$ ：受正值外風壓牆面總面積； $m^2$ 。
- $A_0$ ：受正值外風壓牆面總開口面積； $m^2$ 。
- $A_z$ ：為高度 $z$ 處迎風面面積； $m^2$ 。
- $A_f$ ：開放式建築物構件投影在與風向垂直之平面上之面積； $m^2$ 。
- $\tilde{A}_1$ ：東風作用下建築物角隅處之水平方向振動尖峰加速度； $m/s^2$ 。
- $\tilde{A}_2$ ：南風作用下建築物角隅處之水平方向振動尖峰加速度； $m/s^2$ 。
- $\tilde{A}$ ：建築物最高居室樓層角隅處之側向振動尖峰加速； $m/s^2$ 。
- $A_{Eg}$ ：建築主體東向外牆的總面積； $m^2$ 。
- $A_{Wg}$ ：建築主體西向外牆的總面積； $m^2$ 。
- $A_{Sg}$ ：建築主體南向外牆的總面積； $m^2$ 。
- $A_{Ng}$ ：建築主體北向外牆的總面積； $m^2$ 。
- $A_{E,o}$ ：塔面之所有構材投影在垂直東風向平面上之面積； $m^2$ 。
- $A_{W,o}$ ：塔面之所有構材投影在垂直西風向平面上之面積； $m^2$ 。
- $A_{S,o}$ ：塔面之所有構材投影在垂直南風向平面上之面積； $m^2$ 。
- $A_{N,o}$ ：塔面之所有構材投影在垂直北風向平面上之面積； $m^2$ 。
- $A_{gi}$ ：各牆面（含屋頂，不含 $A_g$ ）之總面積； $m^2$ 。
- $A_{0i}$ ：各牆面（含屋頂，不含 $A_0$ ）之總開口面積； $m^2$ 。
- $A_{D1}$ ：東風作用下之順風向振動（半年回歸期）引致建築物最高居室樓層之尖峰加速度； $m/s^2$ 。

$A_{D2}$ ：南風作用下之順風向振動（半年回歸期）引致建築物最高居室樓層之尖峰加速度； $m/s^2$ 。

$A_{L1}$ ：東風作用下橫風向振動（半年回歸期）引致建築物最高居室樓層之尖峰加速度； $m/s^2$ 。

$A_{L2}$ ：南風作用下橫風向振動（半年回歸期）引致建築物最高居室樓層之尖峰加速度； $m/s^2$ 。

$A_{T1}$ ：東風作用下扭轉振動（半年回歸期）引致建築物最高居室樓層之尖峰加速度； $m/s^2$ 。

$A_{T2}$ ：南風作用下扭轉振動（半年回歸期）引致建築物最高居室樓層之尖峰加速度； $m/s^2$ 。

$A_{Eg,p}$ ：女兒牆東向外牆的總面積； $m^2$ 。

$A_{Wg,p}$ ：女兒牆西向外牆的總面積； $m^2$ 。

$A_{Sg,p}$ ：女兒牆南向外牆的總面積； $m^2$ 。

$A_{Ng,p}$ ：女兒牆北向外牆的總面積； $m^2$ 。

$A_{Eg,e}$ ：屋凸東向外牆的總面積； $m^2$ 。

$A_{Wg,e}$ ：屋凸西向外牆的總面積； $m^2$ 。

$A_{Sg,e}$ ：屋凸南向外牆的總面積； $m^2$ 。

$A_{Ng,e}$ ：屋凸北向外牆的總面積； $m^2$ 。

$A_{Eg,o}$ ：塔面投影在垂直東風向平面上之面積； $m^2$ 。

$A_{Wg,o}$ ：塔面投影在垂直西風向平面上之面積； $m^2$ 。

$A_{Sg,o}$ ：塔面投影在垂直南風向平面上之面積； $m^2$ 。

$A_{Ng,o}$ ：塔面投影在垂直北風向平面上之面積； $m^2$ 。

$a$ ：外風壓區域之寬度； $m$ 。

$B$ ：垂直於風向之建築物水平尺寸； $m$ 。

$C_p$ ：計算封閉式或部分封閉式建築物所受風壓所用之外風壓係數。

$C_f$ ：計算開放式建築物所受風力所用之風力係數。

$D_1^*$ ：在東風作用下之順風向設計風力（50 年回歸期）所造成的建築物最高居室樓層順風向之位移；m。

$D_2^*$ ：南風作用下之順風向設計風力（50 年回歸期）所造成的建築物最高居室樓層順風向之位移；m。

$f_a$ ：建築物橫風向基本自然頻率；Hz。

$f_n$ ：建築物順風向基本自然頻率；Hz。

$f_t$ ：建築物扭轉向基本自然頻率；Hz。

$f_{SN}$ ：建築物南北向基本自然頻率；Hz。

$f_{EW}$ ：建築物東西向基本自然頻率；Hz。

$f_{n,e}$ ：屋凸順風向基本自然頻率；Hz。

$f_{n,o}$ ：通訊鐵塔順風向基本自然頻率；Hz。

$F$ ：開放式建築物所應承受之設計風力；kgf。

$F_e$ ：屋凸順風向風力；kgf。

$F_p$ ：女兒牆順風向風力；kgf。

$g_T$ ：扭轉向尖峰因子。

$g_R$ ：共振反應尖峰因子。

$g_Q$ ：背景反應尖峰因子。

$g_V$ ：風速尖峰因子。

$g_L$ ：橫風向尖峰因子。

$G$ ：普通建築物之陣風反應因子。

$G_f$ ：柔性建築物之陣風反應因子。

$(GC_p)$ ：計算封閉式或部分封閉式建築物局部構材及外部被覆物所受風壓所用之外風壓係數。

$(GC_p)_{1,-}$ ：①區負值外風壓係數。

$(GC_p)_{2,-}$ ：②區負值外風壓係數。

$(GC_p)_{4,+}$ ：④區正值外風壓係數。

$(GC_p)_{4,-}$ ：④區負值外風壓係數。

$(GC_p)_{5,+}$ ：⑤區正值外風壓係數。

$(GC_p)_{5,-}$ ：⑤區負值外風壓係數。

$(GC_{pi})$ ：計算封閉室或部分封閉式建築物所受風壓所用之內風壓係數。

$h$ ：建築物之平均屋頂高度或獨立結構物高度；m。

$h_p$ ：女兒牆單層高度；m。

$h_e$ ：屋凸單層高度；m。

$h_o$ ：通訊鐵塔整體高度；m。

$h_{pt}$ ：女兒牆頂端高度；m。

$h_{et}$ ：升降機頂端高度；m。

$h_{ot}$ ：通訊鐵塔頂端高度；m。

$I$ ：用途係數。

$I_{\bar{z}}$ ：紊流強度。

$ISD_1$ ：東風作用下所造成的層間變位角。

$ISD_2$ ：南風作用下所造成的層間變位角。

$ISD$ ：建築物層間變位角。

$K_{zt}$ ：地形係數。

$K(z)$ ：高度  $z$  處風速壓地況係數。

$L$ ：平行於風向之建築物水平尺寸；m。

$L_{\bar{z}}$ ：紊流積分尺度。

$L_1^*$ ：東風作用下建築物最高居室樓層橫風向之位移；m。

$L_2^*$ ：南風作用下建築物最高居室樓層橫風向之位移；m。

$M_{Tz}$ ：扭轉向風力；kgf - m。

$n^*$ ：橫風向無因次頻率。

$p$ ：封閉式或部分封閉式建築物所受之設計風壓；kgf/m<sup>2</sup>。

$p_{1,-}$ ：建築主體屋頂①區設計負風壓；kgf/m<sup>2</sup>。

$p_{2,-}$ ：建築主體屋頂②區設計負風壓；kgf/m<sup>2</sup>。

$p_{3,-}$ ：建築主體屋頂③區設計負風壓；kgf/m<sup>2</sup>。

- $p_{4,+}$ ：建築主體外牆④區設計正風壓； $\text{kgf}/\text{m}^2$ 。
- $p_{4,-}$ ：建築主體外牆④區設計負風壓； $\text{kgf}/\text{m}^2$ 。
- $p_{5,+}$ ：建築主體外牆⑤區設計正風壓； $\text{kgf}/\text{m}^2$ 。
- $p_{5,-}$ ：建築主體外牆⑤區設計負風壓； $\text{kgf}/\text{m}^2$ 。
- $p_{e4,+}$ ：屋凸外牆④區設計正風壓； $\text{kgf}/\text{m}^2$ 。
- $p_{e5,+}$ ：屋凸外牆⑤區設計正風壓； $\text{kgf}/\text{m}^2$ 。
- $p_{e4,-}$ ：屋凸外牆④區設計負風壓； $\text{kgf}/\text{m}^2$ 。
- $p_{e5,-}$ ：屋凸外牆⑤區設計負風壓； $\text{kgf}/\text{m}^2$ 。
- $p_{p4,+}$ ：女兒牆正面④區設計正風壓； $\text{kgf}/\text{m}^2$ 。
- $p_{p4,-}$ ：女兒牆正面④區設計負風壓； $\text{kgf}/\text{m}^2$ 。
- $p_{p5,+}$ ：女兒牆正面⑤區設計正風壓； $\text{kgf}/\text{m}^2$ 。
- $p_{p5,-}$ ：女兒牆正面⑤區設計負風壓； $\text{kgf}/\text{m}^2$ 。
- $p_{pb2,-}$ ：女兒牆背面設計負風壓； $\text{kgf}/\text{m}^2$ 。
- $p_{pb4,+}$ ：女兒牆背面④區設計正風壓； $\text{kgf}/\text{m}^2$ 。
- $p_{pb5,+}$ ：女兒牆背面⑤區設計正風壓； $\text{kgf}/\text{m}^2$ 。
- $p_{r1,-}$ ：屋凸屋頂①區設計負風壓； $\text{kgf}/\text{m}^2$ 。
- $p_{r2,-}$ ：屋凸屋頂②區設計負風壓； $\text{kgf}/\text{m}^2$ 。
- $p_{r3,-}$ ：屋凸屋頂③區設計負風壓； $\text{kgf}/\text{m}^2$ 。
- $p_p$ ：設計建築物主要風力抵抗系統時，屋頂女兒牆之設計風壓； $\text{kgf}/\text{m}^2$ 。
- $p_{p,u}$ ：迎風面女兒牆之設計風壓； $\text{kgf}/\text{m}^2$ 。
- $p_{p,d}$ ：背風面女兒牆之設計風壓； $\text{kgf}/\text{m}^2$ 。
- $p_{e,w}$ ：屋凸迎風面牆之設計風壓； $\text{kgf}/\text{m}^2$ 。
- $p_{e,l}$ ：屋凸背風面牆之設計風壓； $\text{kgf}/\text{m}^2$ 。
- $Q$ ：背景反應因子。
- $q$ ：外風速壓； $\text{kgf}/\text{m}^2$ 。
- $q_i$ ：內風速壓； $\text{kgf}/\text{m}^2$ 。

$q(z)$ ：離地面  $z$  公尺高之風速壓； $\text{kgf}/\text{m}^2$ 。

$q(h)$ ：離地面  $z = h$  公尺高度之風速壓； $\text{kgf}/\text{m}^2$ 。

$q_p$ ：離地面  $z = h_{pt}$  高度之屋頂女兒牆頂端之風速壓； $\text{kgf}/\text{m}^2$ 。

$q_e$ ：為離地面  $z = h_{et}$  公尺高度之屋凸頂端風速壓； $\text{kgf}/\text{m}^2$ 。

$q(z_{A_f})$ ：面積  $A_f$  形心高度  $z_{A_f}$  處之風速壓； $\text{kgf}/\text{m}^2$ 。

$R$ ：共振反應因子。

$R_{LR}$ ：橫風向共振因子。

$R_{TR}$ ：扭轉向共振因子。

$S_L(n^*)$ ：橫峰向風力頻譜值。

$T_1^*$ ：東風作用下建築物最高居室樓層扭轉向之扭轉角。

$T_2^*$ ：南風作用下建築物最高居室樓層扭轉向之扭轉角。

$U^*$ ：無因次風速。

$\bar{V}_z$ ：高度  $z$  處每小時平均風速； $\text{m}/\text{s}$ 。

$V_h$ ：高度為  $h$  處之風速； $\text{m}/\text{s}$ 。

$V_{0.5}$ ：半年回歸期風速； $\text{m}/\text{s}$ 。

$V_{10}(C)$ ：基本設計風速； $\text{m}/\text{s}$ 。

$W$ ：構件效應。

$W_1$ ：東風作用下所造成之結構效應。

$W_2$ ：南風作用下所造成之結構效應。

$\hat{W}_{D1}$ ：東風作用下之順風向設計風力所造成的結構效應。

$\bar{W}_{D1}$ ：東風作用下之順風向平均風力所造成的結構效應。

$\hat{W}_{L1}$ ：東風作用下之橫風向設計風力所造成的結構效應。

$\hat{W}_{T1}$ ：東風作用下之扭轉向設計風力所造成的結構效應。

$W_{Lz}$ ：橫風向風力； $\text{kgf}$ 。

$\hat{W}_{D2}$ ：南風作用下之順風向設計風力所造成的結構效應。

$\bar{W}_{D2}$ ：南風作用下之順風向平均風力所造成的結構效應。

$\hat{W}_{L2}$ ：南風作用下之橫風向設計風力所造成的結構效應。

$\hat{W}_{T2}$ ：南風作用下之扭轉向設計風力所造成的結構效應。

$\beta$ ：結構阻尼比。

$\phi$ ：實體面積與總面積的比值。

$\theta$ ：屋頂之斜角。

### **第三章之使用符號**

$A$ ：有效受風面積； $m^2$ 。

$A_E$ ：建築物東向外牆之可能總開口面積； $m^2$ 。

$A_W$ ：建築物西向外牆之可能總開口面積； $m^2$ 。

$A_S$ ：建築物南向外牆之可能總開口面積； $m^2$ 。

$A_N$ ：建築物北向外牆之可能總開口面積； $m^2$ 。

$A_g$ ：受正值外風壓牆面總面積； $m^2$ 。

$A_0$ ：受正值外風壓牆面總開口面積； $m^2$ 。

$A_z$ ：高度 $z$ 處迎風面面積； $m^2$ 。

$\tilde{A}_1$ ：東風作用下建築物角隅處之水平方向振動尖峰加速度； $m/s^2$ 。

$\tilde{A}_2$ ：南風作用下建築物角隅處之水平方向振動尖峰加速度； $m/s^2$ 。

$\tilde{A}$ ：建築物最高居室樓層角隅處之側向振動尖峰加速度； $m/s^2$ 。

$A_{Eg}$ ：建築物東向外牆的總面積； $m^2$ 。

$A_{Wg}$ ：建築物西向外牆的總面積； $m^2$ 。

$A_{Sg}$ ：建築物南向外牆的總面積； $m^2$ 。

$A_{Ng}$ ：建築物北向外牆的總面積； $m^2$ 。

$A_{ERg}$ ：建築物東向屋頂的總面積； $m^2$ 。

$A_{WRg}$ ：建築物西向屋頂的總面積； $m^2$ 。

$A_{gi}$ ：各牆面（含屋頂，但不含 $A_g$ ）之總面積； $m^2$ 。

$A_{0i}$ ：各牆面（含屋頂，但不含 $A_0$ ）之總開口面積； $m^2$ 。

$A_{D1}$ ：東風作用下之順風向振動（半年回歸期）引致建築物最高居室樓層之尖峰加速度； $m/s^2$ 。

$A_{D2}$ ：南風作用下之順風向振動（半年回歸期）引致建築物最高居室樓層之尖峰加速度； $m/s^2$ 。

$A_{T1}$ ：東風作用下扭轉振動（半年回歸期）引致建築物最高居室樓層之尖峰速度； $m/s^2$ 。

$A_{T2}$ ：南風作用下扭轉振動（半年回歸期）引致建築物最高居室樓層之尖峰加速度； $m/s^2$ 。

$A_{L1}$ ：東風作用下橫風向振動（半年回歸期）引致建築物最高居室樓層之尖峰加速度； $m/s^2$ 。

$A_{L2}$ ：南風作用下橫風向振動（半年回歸期）引致建築物最高居室樓層之尖峰加速度； $m/s^2$ 。

$a$ ：外風壓區域之寬度； $m$ 。

$B$ ：垂直於風向之建築物水平尺寸； $m$ 。

$C_p$ ：計算開放式或部分封閉式建築物所受風壓所用之外風壓係數

$D_1^*$ ：東風作用下之順風向設計風力（50年回歸期）所造成的建築物最高居室樓層順風向之位移； $m$ 。

$D_2^*$ ：南風作用下之順風向設計風力（50年回歸期）所造成的建築物最高居室樓層順風向之位移； $m$ 。

$f_t$ ：建築物扭轉向基本自然頻率； $Hz$ 。

$f_n$ ：建築物順風向基本自然頻率； $Hz$ 。

$f_a$ ：建築物橫風向基本自然頻率； $Hz$ 。

$f_{EW}$ ：建築物東西向基本自然頻率； $Hz$ 。

$f_{SN}$ ：建築物南北向基本自然頻率； $Hz$ 。

$G$ ：普通建築物之陣風反應因子。

$g_L$ ：橫風向尖峰因子。

$g_Q$ ：背景反應尖峰因子。

$g_V$ ：風速尖峰因子。

$g_T$ ：扭轉向尖峰因子。

$(GC_{pi})$ ：計算封閉式或部份封閉式建築物所受風壓所用之內風壓係數。

$(GC_p)$ ：計算封閉式或部份封閉式建築物局部構材及外部被覆物所受風壓所用之外風壓係數。

$(GC_p)_{1,+}$ ：①區正值外風壓係數。

$(GC_p)_{1,-}$ ：①區負值外風壓係數。

$(GC_p)_{2,+}$ ：②區正值外風壓係數。

$(GC_p)_{2,-}$ ：②區負值外風壓係數。

$(GC_p)_{3,+}$ ：③區正值外風壓係數。

$(GC_p)_{3,-}$ ：③區負值外風壓係數。

$(GC_p)_{4,+}$ ：④區正值外風壓係數。

$(GC_p)_{4,-}$ ：④區負值外風壓係數。

$(GC_p)_{5,+}$ ：⑤區正值外風壓係數。

$(GC_p)_{5,-}$ ：⑤區負值外風壓係數。

$h$ ：建築物之平均屋頂高度；m。

$H$ ：獨立山丘之高度；m。

$I$ ：用途係數。

$I_{\bar{z}}$ ：紊流強度。

$ISD_1$ ：東風作用下所造成的層間變位角。

$ISD_2$ ：南風作用下所造成的層間變位角。

$ISD$ ：建築物層間變位角。

$K(z)$ ：高度  $z$  處風速壓地況係數。

$K_{zt}$ ：地形係數。

$L$ ：平行於風向之建築物水平尺寸；m。

$L_h$ ：獨立山丘之水平尺寸；m。

$L_{\bar{z}}$ ：紊流積分尺度。

$L_1^*$ ：東風作用下建築物最高居室樓層橫風向之位移；m。

$L_2^*$ ：南風作用下建築物最高居室樓層橫風向之位移；m。

$M_{Tz}$ ：扭轉向風力；kgf - m。

$n^*$ ：橫風向無因次頻率。

$p$ ：封閉式或部分封閉式建築物所受之設計風壓； $\text{kgf}/\text{m}^2$ 。

$p_{1,+}$ ：低層建築物屋頂①區設計正風壓； $\text{kgf}/\text{m}^2$ 。

$p_{1,-}$ ：低層建築物屋頂①區設計負風壓； $\text{kgf}/\text{m}^2$ 。

$p_{2,+}$ ：低層建築物屋頂②區設計正風壓； $\text{kgf}/\text{m}^2$ 。

$p_{2,-}$ ：低層建築物屋頂②區設計負風壓； $\text{kgf}/\text{m}^2$ 。

$p_{3,+}$ ：低層建築物屋頂③區設計正風壓； $\text{kgf}/\text{m}^2$ 。

$p_{3,-}$ ：低層建築物屋頂③區設計負風壓； $\text{kgf}/\text{m}^2$ 。

$p_{4,+}$ ：低層建築物外牆④區設計正風壓； $\text{kgf}/\text{m}^2$ 。

$p_{4,-}$ ：低層建築物外牆④區設計負風壓； $\text{kgf}/\text{m}^2$ 。

$p_{5,+}$ ：低層建築物外牆⑤區設計正風壓； $\text{kgf}/\text{m}^2$ 。

$p_{5,-}$ ：低層建築物外牆⑤區設計負風壓； $\text{kgf}/\text{m}^2$ 。

$Q$ ：背景反應因子。

$q$ ：外風速壓； $\text{kgf}/\text{m}^2$ 。

$q_i$ ：內風速壓； $\text{kgf}/\text{m}^2$ 。

$q(z)$ ：離地面  $z$  公尺高度之風速壓； $\text{kgf}/\text{m}^2$ 。

$q(h)$ ：離地面  $z = h$  公尺高度之風速壓； $\text{kgf}/\text{m}^2$ 。

$R_{LR}$ ：橫風向共振因子。

$R_{TR}$ ：扭矩共振因子。

$S_L(n^*)$ ：橫峰向風力頻譜值。

$T_1^*$ ：東風作用下建築物最高居室樓層扭轉向之扭轉角。

$T_2^*$ ：南風作用下建築物最高居室樓層扭轉向之扭轉角。

$U^*$ ：無因次風速。

$V_{10}(C)$ ：基本設計風速； $\text{m}/\text{s}$ 。

$V_h$ ：高度為  $h$  處之風速； $\text{m}/\text{s}$ 。

$V_{0.5}$ ：半年回歸期風速； $\text{m}/\text{s}$ 。

$W$ ：構件效應。

$W_1$ ：東風作用下所造成之結構效應。

$W_2$ ：南風作用下所造成之結構效應。

$W_{Lz}$ ：橫風向風力；kgf。

$\hat{W}_{D1}$ ：東風作用下之順風向設計風力所造成的結構效應。

$\overline{W}_{D1}$ ：東風作用下之順風向平均風力所造成的結構效應。

$\hat{W}_{L1}$ ：東風作用下之橫風向設計風力所造成的結構效應。

$\hat{W}_{T1}$ ：東風作用下之扭轉向設計風力所造成的結構效應。

$\hat{W}_{D2}$ ：南風作用下之順風向設計風力所造成的結構效應。

$\overline{W}_{D2}$ ：南風作用下之順風向平均風力所造成的結構效應。

$\hat{W}_{L2}$ ：南風作用下之橫風向設計風力所造成的結構效應。

$\hat{W}_{T2}$ ：南風作用下之扭轉向設計風力所造成的結構效應。

$\beta$ ：結構阻尼比。

$\theta$ ：屋頂之斜角。

#### 第四章之使用符號

$A$ ：有效受風面積； $m^2$ 。

$A_E$ ：建築物東向外牆之可能總開口面積； $m^2$ 。

$A_W$ ：建築物西向外牆之可能總開口面積； $m^2$ 。

$A_S$ ：建築物南向外牆之可能總開口面積； $m^2$ 。

$A_N$ ：建築物北向外牆之可能總開口面積； $m^2$ 。

$A_g$ ：受正值外風壓牆面總面積； $m^2$ 。

$A_0$ ：受正值外風壓牆面總開口面積； $m^2$ 。

$A_z$ ：高度 $z$ 處迎風面面積； $m^2$ 。

$A_{gi}$ ：各牆面（含屋頂，但不含 $A_g$ ）之總面積； $m^2$ 。

$A_{oi}$ ：各牆面（含屋頂，但不含 $A_0$ ）之總開口面積； $m^2$ 。

$A_{Eg}$ ：建築物東向外牆的總面積； $m^2$ 。

$A_{Wg}$ ：建築物西向外牆的總面積； $m^2$ 。

$A_{Sg}$ ：建築物南向外牆的總面積； $m^2$ 。

$A_{Ng}$ ：建築物北向外牆的總面積； $m^2$ 。

$A_{ERg}$ ：建築物東向屋頂的總面積； $m^2$ 。

$A_{WRg}$ ：建築物西向屋頂的總面積； $m^2$ 。

$a$ ：外風壓區域之寬度； $m$ 。

$B$ ：垂直於風向之建築物水平尺寸； $m$ 。

$C_p$ ：計算開放式或部分封閉式建築物所受風壓所用之外風壓係數。

$f_t$ ：建築物扭轉向基本自然頻率； $Hz$ 。

$f_n$ ：建築物順風向基本自然頻率； $Hz$ 。

$f_a$ ：建築物橫風向基本自然頻率； $Hz$ 。

$f_{EW}$ ：建築物東西向基本自然頻率； $Hz$ 。

$f_{SN}$ ：建築物南北向基本自然頻率； $Hz$ 。

$G$ ：普通建築物之陣風反應因子。

$g_L$ ：橫風向尖峰因子。

$g_T$ ：扭轉向尖峰因子。

$g_Q$ ：背景反應尖峰因子。

$g_V$ ：風速尖峰因子。

$(GC_p)$ ：計算封閉式或部份封閉式建築物局部構材及外部被覆物所受風壓所用之外風壓係數。

$(GC_p)_{1,+}$ ：①區正值外風壓係數。

$(GC_p)_{1,-}$ ：①區負值外風壓係數。

$(GC_p)_{2,+}$ ：②區正值外風壓係數。

$(GC_p)_{2,-}$ ：②區負值外風壓係數。

$(GC_p)_{3,+}$ ：③區正值外風壓係數。

$(GC_p)_{3,-}$ ：③區負值外風壓係數。

$(GC_p)_{4,+}$ ：④區正值外風壓係數。

$(GC_p)_{4,-}$ ：④區負值外風壓係數。

$(GC_p)_{5,+}$ ：⑤區正值外風壓係數。

$(GC_p)_{5,-}$ ：⑤區負值外風壓係數。

$(GC_{pi})$ ：計算封閉式或部份封閉式建築物所受風壓所用之內風壓係數。

$h$ ：建築物之平均屋頂高度；m。

$I$ ：用途係數。

$I_{\bar{z}}$ ：紊流強度。

$K(z)$ ：高度  $z$  處風速壓地況係數。

$K_{zt}$ ：地形係數。

$L$ ：平行於風向之建築物水平尺寸；m。

$L_{\bar{z}}$ ：紊流積分尺度。

$n^*$ ：橫風向無因次頻率。

$M_{Tz}$ ：扭轉向風力；kgf - m。

$p$ ：封閉式或部分封閉式建築物所受之設計風壓；kgf/m<sup>2</sup>。

$p_{1,+}$ ：低層廠房屋頂①區設計正風壓；kgf/m<sup>2</sup>。

$p_{1,-}$ ：低層廠房屋頂①區設計負風壓；kgf/m<sup>2</sup>。

$p_{2,+}$ ：低層廠房屋頂②區設計正風壓；kgf/m<sup>2</sup>。

$p_{2,-}$ ：低層廠房屋頂②區設計負風壓；kgf/m<sup>2</sup>。

$p_{3,+}$ ：低層廠房屋頂③區設計正風壓；kgf/m<sup>2</sup>。

$p_{3,-}$ ：低層廠房屋頂③區設計負風壓；kgf/m<sup>2</sup>。

$p_{4,+}$ ：低層廠房外牆④區設計正風壓；kgf/m<sup>2</sup>。

$p_{4,-}$ ：低層廠房外牆④區設計負風壓；kgf/m<sup>2</sup>。

$p_{5,+}$ ：低層廠房外牆⑤區設計正風壓；kgf/m<sup>2</sup>。

$p_{5,-}$ ：低層廠房外牆⑤區設計負風壓；kgf/m<sup>2</sup>。

$Q$ ：背景反應因子。

$q$ ：外風速壓；kgf/m<sup>2</sup>。

$q_i$ ：內風速壓；kgf/m<sup>2</sup>。

$q(z)$ ：離地面  $z$  公尺高度之風速壓；kgf/m<sup>2</sup>。

$q(h)$ ：離地面  $z = h$  公尺高度之風速壓；kgf/m<sup>2</sup>。

$R_{LR}$ ：橫風向共振因子。

$R_{TR}$ ：扭矩共振因子。

$S_L(n^*)$ ：橫峰向風力頻譜值。

$U^*$ ：無因次風速。

$V_{10}(C)$ ：基本設計風速；m/s。

$V_h$ ：高度為 $h$ 處之風速；m/s。

$W$ ：構件效應。

$W_1$ ：東風作用下所造成之結構效應。

$W_2$ ：南風作用下所造成之結構效應。

$W_{Lz}$ ：橫風向風力；kgf。

$\hat{W}_{D1}$ ：東風作用下之順風向設計風力所造成的結構效應。

$\overline{W}_{D1}$ ：東風作用下之順風向平均風力所造成的結構效應。

$\hat{W}_{D2}$ ：南風作用下之順風向設計風力所造成的結構效應。

$\overline{W}_{D2}$ ：南風作用下之順風向平均風力所造成的結構效應。

$\hat{W}_{L1}$ ：東風作用下之橫風向設計風力所造成的結構效應。

$\hat{W}_{L2}$ ：南風作用下之橫風向設計風力所造成的結構效應。

$\hat{W}_{T1}$ ：東風作用下之扭轉向設計風力所造成的結構效應。

$\hat{W}_{T2}$ ：南風作用下之扭轉向設計風力所造成的結構效應。

$\beta$ ：結構阻尼比。

$\theta$ ：屋頂之斜角。

### **第五章之使用符號**

$A_g$ ：受正值外風壓牆面總面積； $m^2$ 。

$A_0$ ：受正值外風壓牆面總開口面積； $m^2$ 。

$A_f$ ：為高塔迎風面實體構材投影在垂直風向平面上之面積； $m^2$ 。

$A_{E,o}$ ：在東風作用下，迎風面塔面之實體構材投影在垂直風向平面上之面積總  
(亦即塔面實體面積)； $m^2$ 。

$A_{Eg,o}$ ：在東風作用下，迎風面塔面投影在垂直風向平面上之總面積(亦即塔面

總面積)； $m^2$ 。

$A_{S,o}$ ：在南風作用下，迎風面塔面之實體構材投影在垂直風向平面上之面積總和（亦即塔面實體面積）； $m^2$ 。

$A_{Sg,o}$ ：在南風作用下，迎風面塔面投影在垂直風向平面上之總面積（亦即塔面總面積）； $m^2$ 。

$A_{N,o}$ ：在北風作用下，迎風面塔面之實體構材投影在垂直風向平面上之面積總和（亦即塔面實體面積）； $m^2$ 。

$A_{Ng,o}$ ：在北風作用下，迎風面塔面投影在垂直風向平面上之總面積（亦即塔面總面積）； $m^2$ 。

$B$ ：垂直於風向之建築物水平尺寸； $m$ 。

$C_f$ ：計算開放式建築物所受風力所用之風力係數。

$f_{EW}$ ：建築物東西向基本自然頻率； $Hz$ 。

$f_{SN}$ ：建築物南北向基本自然頻率； $Hz$ 。

$f_t$ ：建築物扭轉向基本自然頻率； $Hz$ 。

$f_n$ ：建築物順風向基本自然頻率； $Hz$ 。

$f_a$ ：建築物橫風向基本自然頻率； $Hz$ 。

$F$ ：開放式建築物所受之設計風力； $kgf$ 。

$G$ ：普通建築物之陣風反應因子。

$g_Q$ ：背景反應尖峰因子。

$g_V$ ：風速尖峰因子。

$h$ ：獨立結構物之高度； $m$ 。

$H$ ：山脊之高度； $m$ 。

$I$ ：用途係數。

$I_{\bar{z}}$ ：紊流強度。

$K_{zt}$ ：地形係數。

$K(z)$ ：高度  $z$  處風速壓地沉係數。

$L$ ：平行於風向之建築物水平尺寸； $m$ 。

$L_{\bar{z}}$ ：紊流積分尺度。

$L_h$ ：山脊之水平尺寸；m。

$Q$ ：背景反應因子。

$q(z)$ ：離地面  $z$  公尺高度之風速壓； $\text{kgf}/\text{m}^2$ 。

$q(z_{A_f})$ ：面積  $A_f$  形心高度  $z_{A_f}$  處之風速壓； $\text{kgf}/\text{m}^2$ 。

$W$ ：構件效應。

$W_{11}$ ：東風作用下所造成之結構效應。

$W_{12}$ ：對角線風向作用下所造成之結構效應。

$W_{21}$ ：南風作用下所造成之結構效應。

$W_{22}$ ：對角線風向作用下所造成之結構效應。

$W_{31}$ ：北風作用下所造成之結構效應。

$W_{32}$ ：對角線風向作用下所造成之結構效應。

$V_{10}(C)$ ：基本設計風速；m/s。

$\beta$ ：結構阻尼比。

$\phi$ ：實體面積與其總面積比值。

$\mu$ ：水平衰減係數。

$\gamma$ ：高度衰減係數。

## **第六章之使用符號**

$A_f$ ：開放式建築物構件投影在與風向垂直之平面上之面積； $\text{m}^2$ 。

$B$ ：垂直於風向之建築物水平尺寸；m。

$C_r$ ：渦散共振之風力係數。

$C_f$ ：計算開放式建築物所受風力所用之風力係數。

$D$ ：結構物之直徑或最小水平尺寸；m。

$D_B$ ：結構物基底直徑；m。

$D_m$ ： $2/3h$  高度處之圓柱直徑；m。

$f_a$ ：建築物橫風向基本自然頻率；Hz。

$f_n$ ：建築物順風向基本自然頻率；Hz。

$f_{SN}$ ：建築物南北向基本自然頻率；Hz。

- $f_{EW}$ ：建築物東西向基本自然頻率；Hz。
- $F$ ：開放式建築物所應承受之設計風力；kgf。
- $g_R$ ：共振反應尖峰因子。
- $g_Q$ ：背景反應尖峰因子。
- $g_V$ ：風速尖峰因子。
- $g_L$ ：橫風向尖峰因子。
- $G_f$ ：柔性建築物之陣風反應因子。
- $h$ ：建築物之平均屋頂高度或獨立結構物高度；m。
- $I$ ：用途係數。
- $I_{\bar{z}}$ ：紊流強度。
- $K_{zt}$ ：地形係數。
- $K(z)$ ：高度  $z$  處風速壓地況係數。
- $L$ ：平行於風向之建築物水平尺寸；m。
- $L_{\bar{z}}$ ：紊流積分尺度。
- $M$ ：建築物質量；kg。
- $Q$ ：背景反應因子。
- $q(z_{A_f})$ ：面積  $A_f$  形心高度  $z_{A_f}$  處之風速壓；kgf/m<sup>2</sup>。
- $R$ ：共振反應因子。
- $\bar{V}_{\bar{z}}$ ：高度  $\bar{z}$  處每小時平均風速；m/s。
- $V_h$ ：高度為  $h$  處之風速；m/s。
- $V_{10}(C)$ ：基本設計風速；m/s。
- $U_r$ ：渦散共振風速；m/s。
- $W$ ：構件效應。
- $W_1$ ：東風作用下所造成之結構效應。
- $\hat{W}_{D1}$ ：東風作用下之順風向設計風力所造成的結構效應。
- $\bar{W}_{D1}$ ：東風作用下之順風向平均風力所造成的結構效應。
- $\hat{W}_{L1}$ ：東風作用下之橫風向設計風力所造成的結構效應。
- $W_{rz}$ ：渦散共振引起的橫風向風力；kgf。

$\beta$ ：結構阻尼比。

$\rho_f$ ：建築物密度； $\text{kg}/\text{m}^3$ 。

### 第七章之使用符號

$A$ ：有效受風面積； $\text{m}^2$ 。

$D1$ ：建築物在  $340^\circ$  風向作用下的順風向設計風力（規範計算）； $\text{t}$ 。

$D2$ ：建築物在  $250^\circ$  風向作用下的順風向設計風力（規範計算）； $\text{t}$ 。

$F_x$ ：為  $x$  向之基底剪力； $\text{t}$ 。

$F_y$ ：為  $y$  向之基底剪力； $\text{t}$ 。

$f_x$ ： $x$  向基本自然頻率； $\text{Hz}$ 。

$f_y$ ： $y$  向基本自然頻率； $\text{Hz}$ 。

$f_{rz}$ ：扭轉向基本自然頻率； $\text{Hz}$ 。

$G_f$ ：柔性建築物之陣風反應因子。

$(GC_{pi})$ ：計算封閉室或部分封閉式建築物所受風壓所用之內風壓係數。

$L1$ ：建築物在  $340^\circ$  風向作用下的橫風向設計風力（規範計算）； $\text{t}$ 。

$L2$ ：建築物在  $250^\circ$  風向作用下的橫風向設計風力（規範計算）； $\text{t}$ 。

$T1$ ：建築物在  $340^\circ$  風向作用下的扭轉向設計風力（規範計算）； $\text{t-m}$ 。

$T2$ ：建築物在  $250^\circ$  風向作用下的扭轉向設計風力（規範計算）； $\text{t-m}$ 。

$TI$ ：風洞驗中，紊流強度。

$T_{rz}$ ：為基底扭矩； $\text{t-m}$ 。

$U(Z)$ ：風洞驗中，高度  $Z$  處之風速； $\text{m/s}$ 。

$U(Z_g)$ ：風洞驗中，邊界層高度之風速； $\text{m/s}$ 。

$U_{125\text{m}}$ ：風洞試驗推算之實場建築物  $125\text{m}$  高度，一小時平均風速； $\text{m/s}$ 。

$U_{300\text{m},1\text{hour}}$ ：風洞試驗推算之實場邊界層高度，一小時平均風速； $\text{m/s}$ 。

$\alpha$ ：相對於  $10$  分鐘平均風速之垂直分佈法則的指數。

$\beta$ ：結構阻尼比。

$Z_g$ ：梯度高度； $\text{m}$ 。

$\rho$ ：為空氣的密度； $\text{kg}/\text{m}^3$ 。

## 摘要

關鍵詞：耐風設計規範；設計風力；示範例

建築技術規則建築構造編風力條文暨建築物耐風設計規範已於95年9月頒佈，並自96年1月1日起施行。由於本次規範進行大幅修訂，為使業界能充分了解規範內涵，本所曾於95年5月辦理一場耐風設計規範講習會，與會人員除持肯定態度外，亦針對規範內容進行熱烈討論，包括封閉式或開放式建築之定義、地況分類、風力計算、附屬構造物應用、廠房設計、舒適度評估等等。為使規範施行後，設計者能充分掌握規範精神，減少錯誤判斷與應用，實有必要針對台灣建築條件與環境，研擬建築構造物耐風設計之示範案例，供業界於規劃設計時之參考。

本計畫針對台灣建築條件與環境，例舉高層建築物、低層建築物、低層廠房、獨立鐵塔及煙囪，根據耐風設計規範中第二章、第三章與第四章之規定，逐一計算主要風力抵抗系統設計風壓或風力、計算局部構材及外部被覆物之設計風壓、說明如何組合各方向之風力效應、說明如何檢核層間變位角及最高居室樓層角隅之側向振動加速度。在上述計算過程中，將於適當時機解釋各符號與專有名詞之意義，並條列計算流程，使設計者能正確應用規範內容。另外，並例舉高層建築物風洞試驗報告之應用說明，並與規範設計風力作比較。



## ABSTRACT

**Keywords : Wind-resistant Design Code; Design Wind Force; Demonstration**

### **Examples**

A major change has been made in the building wind-resistant design code since 1/1/2007. To help the engineers adopt the updated design code correctly, this project demonstrates the detailed procedure for the wind-resistant design of several typical buildings, including a high rise building, a low rise building, a factory building, a transmission tower, a chimney. The design wind pressures or forces for the main wind-resistant systems and for the components/claddings are computed. The interstory drift and top floor acceleration are also computed and verified. In addition, a wind tunnel test report is introduced and explained; its results are compared with those computed from the design code.



## 第一章 緒論

### 1.1 計畫緣起

建築技術規則建築構造編風力條文暨建築物耐風設計規範已於 95 年 9 月頒佈，並自 96 年 1 月 1 日起施行。由於本次規範進行大幅修訂，為使業界能充分了解規範內涵，本所曾於 95 年 5 月辦理一場耐風設計規範講習會，與會人員除持肯定態度外，亦針對規範內容進行熱烈討論，包括封閉式或開放式建築之定義、地況分類、風力計算、附屬構造物應用、廠房設計、舒適度評估等等。為使規範施行後，設計者能充分掌握規範精神，減少錯誤判斷與應用，實有必要針對台灣建築條件與環境，研擬建築構造物耐風設計之示範案例，供業界於規劃設計時之參考。

### 1.2 計畫內容與目標

- i. 例舉一般常見之建築物，包括高層建築、低層廠房等，說明相關構造物分類、名詞定義，並進行主要抗風結構系統之設計風力計算、風擺計算(舒適度評估)、風力組合、以及後續結構設計應用說明等，使設計者能正確應用規範內容。
- ii. 針對獨立構造物(鐵塔等)、建物外部被覆物(帷幕牆)等，依據規範內容，研擬設計範例，供設計者參採應用。
- iii. 例舉特殊構造物之風洞實驗案例，並說明實驗報告之應用，使設計者能有效且正確的參採相關數據。

### 1.3 研究方法及過程

本計畫將針對台灣建築條件與環境，研擬建築構造物耐風設計之示範案例，供業界於規劃設計時之參考。

作建築物耐風設計時，所採用之公式或圖表會隨建築物類型與所在位置環境而不同。建築物之類型可區分為普通或柔性、封閉式、半封閉式或開放式、低於 18 公尺或高於 18 公尺及不同用途係數；所在位置環境可區分為不同地況與特殊地形。針對台灣常見情況，同時為能示範不同公式或圖表之應用，擬訂下列幾類示範例：

- i. 位於平緩地形、市中心區地況之重要、封閉式高層建築物，屋頂設女兒牆及通訊鐵塔
- ii. 位於山丘地形、平坦地況之一般、部分封閉式低層建築物(斜屋頂)
- iii. 位於平緩地形、平坦地況之一般、封閉式低層廠房(斜屋頂)
- iv. 位於山脊地形、平坦地況之一般、開放式獨立鐵塔
- v. 位於平緩地形、平坦地況之一般煙囪

在上述各類示範例中，將先分別收集實際結構資料(例如，造型與尺寸、水平向與扭轉向基本振動週期等)，並假設所在位置之地況分類，根據耐風設計規範中第二章、第三章與第四章之規定，逐一計算主要風力抵抗系統設計風壓或風力、計算局部構材及外部被覆物之設計風壓、說明如何組合各方向之風力效應、說明如何檢核層間變位角及最高居室樓層角隅之側向振動加速度。在上述計算過程中，將於適當時機解釋各符號與專有名詞之意義，並條列計算流程。

另外，將例舉高層建築物風洞試驗報告之應用說明，並與規範設計風力作比較。

## 1.4 本文章節架構

本文第二章為高層建築物耐風設計之示範例，於平緩地形之封閉式高層建築物屋頂上設置女兒牆、屋凸及通訊鐵塔，計算主要風力抵抗系統設計風力，說明如何設計組合各方向之風力效應、檢核層間變位角及最高居室樓層

側向加速度，計算局部構材及外部被復物之設計風壓。第三章為低層建築物耐風設計之示範例，此斜屋頂、部分封閉式低層建築物座落於獨立山丘上之頂點；部分封閉式建築的內風壓係數較封閉式建築大、獨立山丘需考慮風速局部加速效應、計算設計風力時需考慮斜屋頂受風之貢獻。第四章為低層廠房耐風設計之示範例，此斜屋頂、封閉式低層廠房座落於平緩地形；低層廠房不需計算最高居室樓層側向加速度。第五章為獨立鐵塔耐風設計之示範例，此開放式獨立鐵塔座落於山坡上，有考慮風向傾斜作用在塔面；獨立鐵塔不需計算最高居室樓層側向加速度。第六章為煙囪耐風設計之示範例，橫風向風力為渦散共振所引起的，同樣地，不需計算最高居室樓層側向加速度。上述各示範例皆附上計算流程圖。第七章為高層建築物風洞試驗報告之應用說明，並與規範設計風力作比較。最後為附錄，包含計畫執行期間舉行專家諮詢會議、期中簡報、期末簡報等會議紀錄與意見回覆；對現行規範之建議事項；建築物耐風設計規範與解說之摘錄。



## 第二章 高層建築物耐風設計之示範例

### 2.1 案例與基本參數之描述

#### 案例描述

本案例中，高層建築物之建築主體、女兒牆、屋凸、通訊鐵塔和工址的基本資料分別說明如下；而建築物屋頂平面示意圖與建築物東西南北四方向立面示意圖分別如圖 2.1、圖 2.2 和圖 2.3 所示；屋凸與通訊鐵塔立面示意圖如圖 2.4 所示。

#### 建築主體的基本資料

總樓層數：34 樓；尺寸：38m×36m×118.4m

水平向基本自然頻率：東西向基本自然頻率  $f_{EW} = 0.333\text{Hz}$  ( 3.003s )

南北向基本自然頻率  $f_{SN} = 0.321\text{Hz}$  ( 3.115s )

扭轉向基本自然頻率：  $f_t = 0.477\text{Hz}$  ( 2.096s )

建物用途：重要 ( 第三類建築物 )

各向外牆的總面積：東向外牆的總面積  $A_{Eg} = 36 \times 118.4 = 4262.4\text{m}^2$

西向外牆的總面積  $A_{Wg} = 36 \times 118.4 = 4262.4\text{m}^2$

南向外牆的總面積  $A_{Sg} = 38 \times 118.4 = 4499.2\text{m}^2$

北向外牆的總面積  $A_{Ng} = 38 \times 118.4 = 4499.2\text{m}^2$

#### 女兒牆的基本資料

高度：1.2m

各向外牆的總面積：東向外牆的總面積  $A_{Eg,p} = 36 \times 1.2 = 43.2\text{m}^2$

西向外牆的總面積  $A_{Wg,p} = 36 \times 1.2 = 43.2\text{m}^2$

南向外牆的總面積  $A_{Sg,p} = 38 \times 1.2 = 45.6\text{m}^2$

北向外牆的總面積  $A_{Ng,p} = 38 \times 1.2 = 45.6\text{m}^2$

### 屋凸的基本資料

尺寸：8m×8m×5.5m

各向外牆的總面積：東向外牆的總面積  $A_{Eg,e} = 8 \times 5.5 = 44\text{m}^2$

西向外牆的總面積  $A_{Wg,e} = 8 \times 5.5 = 44\text{m}^2$

南向外牆的總面積  $A_{Sg,e} = 8 \times 5.5 = 44\text{m}^2$

北向外牆的總面積  $A_{Ng,e} = 8 \times 5.5 = 44\text{m}^2$

### 通訊鐵塔的基本資料

塔高：9m

層數：共分三層，每層高 3m，通訊鐵塔各面示意圖如圖 2.5 所示。

各層相接處之平面尺寸：

位於屋凸頂之底部面積 5m×5m，通訊鐵塔底部平面示意圖如圖 2.6 所示；自屋凸頂往上 3m 之平面面積 4.17m×4.17m，自屋凸頂往上 3m 之通訊鐵塔平面示意圖如圖 2.7 所示；自屋凸頂往上 6m 之平面面積 3.33m×3.33m，自屋凸頂往上 6m 之通訊鐵塔平面示意圖如圖 2.8 所示；自屋凸頂往上 9m 之頂部面積 2.5m×2.5m，通訊鐵塔頂部平面示意圖如圖 2.9 所示。

塔面之所有構材投影在垂直東風向平面上之面積  $A_{E,o} = 6.65\text{m}^2$

塔面之所有構材投影在垂直西風向平面上之面積  $A_{W,o} = 6.65\text{m}^2$

塔面之所有構材投影在垂直南風向平面上之面積  $A_{S,o} = 6.65\text{m}^2$

塔面之所有構材投影在垂直北風向平面上之面積  $A_{N,o} = 6.65\text{m}^2$

通訊鐵塔構材編號如圖 2.10 所示

塔面投影在垂直東風向平面上之面積  $A_{Eg,o} = \frac{(2.5+5) \times 9}{2} = 33.75\text{m}^2$

塔面投影在垂直西風向平面上之面積  $A_{Wg,o} = \frac{(2.5+5) \times 9}{2} = 33.75\text{m}^2$

$$\text{塔面投影在垂直南風向平面上之面積 } A_{Sg,o} = \frac{(2.5+5) \times 9}{2} = 33.75\text{m}^2$$

$$\text{塔面投影在垂直北風向平面上之面積 } A_{Ng,o} = \frac{(2.5+5) \times 9}{2} = 33.75\text{m}^2$$

### 工址的地況與地形

座落：台北市

各風向地況：皆屬地況 B 的大城市市郊

附近地形：無造成風速局部加速效應之特殊地形

假設建築物受到某一風向的風力作用下，可根據規範來計算建築物主要風力抵抗系統所受的風力與局部構材及外部被覆物之設計風壓。在計算建築物主要風力抵抗系統所受的風力時，除建築主體所受風力之外，尚須考慮直接承受風力的女兒牆、屋凸與通訊鐵塔，會將其傳送到主要風力抵抗系統。最後，可從不同風向作用下，選擇最保守的結果當作建築物耐風設計的設計值。於本案例建築物外形為規則性的矩形體，因外型在東西和南北等兩向皆為對稱，故最後考慮的風力作用方向為建築物東南共兩個方向，亦即東風（風從東往西吹）與南風（風從南往北吹）。以下將計算此建築物主要風力抵抗系統所受的風力與局部構材及外部被覆物之設計風壓，並依循計算步驟逐一詳細地說明其計算細節，附上相關的計算流程圖，使讀者更易於掌握設計流程。

### 基本參數

結構阻尼比  $\beta$ ： $\beta = 0.01$ 。

地況 B 的相關參數：根據規範查表 2.2，在地況 B 的條件下  $\alpha = 0.25$ ；

$z_g = 400\text{m}$ ； $\bar{b} = 0.62$ ； $c = 0.3$ ； $\ell = 98\text{m}$ ； $\bar{\epsilon} = 0.33$ ； $z_{\min} = 9\text{m}$ 。

基本設計風速  $V_{10}(C)$ ：根據規範 2.4 節，台北市基本設計風速  $V_{10}(C)$  為  $42.5\text{m/s}$ 。

用途係數  $I$ ：根據規範 2.5 節，第三類建築物的用途係數  $I = 1.1$ 。

扭轉向基本自然頻率  $f_t$ ： $f_t = 0.477\text{Hz}$ 。

## 2.2 計算流程圖

本案例中所對應相關的計算流程圖如圖 2.11 所示。

## 2.3 主要風力抵抗系統在東風作用下之設計風力

### 列出計算時所需的基本參數

建築物之平均屋頂高度或獨立結構物高度  $h$ ：根據圖 2.2， $h = 118.4\text{m}$ 。

垂直於風向之建築物水平尺寸  $B$ ：根據圖 2.2， $B = 36\text{m}$ 。

平行於風向之建築物水平尺寸  $L$ ：根據圖 2.1 與圖 2.2， $L = 38\text{m}$ 。

順風向基本自然頻率  $f_n$ ：根據圖 2.1， $f_n = f_{EW} = 0.333\text{Hz}$ 。

橫風向基本自然頻率  $f_a$ ：根據圖 2.2， $f_a = f_{SN} = 0.321\text{Hz}$ 。

### 判斷是否屬於開放式建築物

根據美國規範 ASCE 7-02，在颱風或颶風區內，考慮約 18.3m 以下之玻璃都有可能受到隨風飛散物的撞擊而成為開口，因此，東向外牆之可能總開口面積  $A_E \leq 147\text{m}^2$ ，而  $147\text{m}^2$  為 18.3m 以下東向外牆總玻璃面積；西向外牆之可能總開口面積  $A_W \leq 181\text{m}^2$ ，而  $181\text{m}^2$  為 18.3m 以下西向外牆總玻璃面積；南向外牆之可能總開口面積  $A_S \leq 265\text{m}^2$ ，而  $265\text{m}^2$  為 18.3m 以下南向外牆總玻璃面積；北向外牆之可能總開口面積  $A_N \leq 188\text{m}^2$ ，而  $188\text{m}^2$  為 18.3m 以下北向外牆總玻璃面積。

根據規範 1.3 節中開放式建築物定義來計算受正值外風壓牆面總面積  $A_g$  和該牆面總開口面積  $A_0$ ：

$$\text{東向牆面之 } A_0 = A_E < 0.8A_g = 0.8A_{Eg} = 0.8 \times 4262.4 = 3409.9\text{m}^2$$

$$\text{西向牆面之 } A_0 = A_W < 0.8A_g = 0.8A_{Wg} = 0.8 \times 4262.4 = 3409.9\text{m}^2$$

$$\text{南向牆面之 } A_0 = A_S < 0.8A_g = 0.8A_{Sg} = 0.8 \times 4499.2 = 3599.4\text{m}^2$$

$$\text{北向牆面之 } A_0 = A_N < 0.8A_g = 0.8A_{Ng} = 0.8 \times 4499.2 = 3599.4\text{m}^2$$

計算結果顯示，每一方向的牆面皆無法滿足  $A_0 \geq 0.8A_g$ ，根據規範 1.3 節，本建築物不屬於開放式建築物。

#### 判斷是否屬於部分封閉式建築物

根據規範 1.3 節中部分封閉式建築物定義，計算受正值外風壓牆面總面積  $A_g$ 、該牆面總開口面積  $A_0$ 、各牆面（含屋頂，不含  $A_g$ ）之總面積  $A_{gi}$  和各牆面（含屋頂，不含  $A_0$ ）之總開口面積  $A_{oi}$ 。本例假設，在設計風速下，屋頂不會造成開口。工程師應根據實際之狀況來判斷各向外牆之開口面積。若第一種假設為建築物在東風作用下，18.3m 以下之迎風面牆（亦即東向外牆）總玻璃面積有 10% 破損而造成開口，而其它外牆沒有任何開口：

$$A_0 = 147 \times 0.1 = 14.7\text{m}^2 > 1.10A_{oi} = 1.10 \times 0 = 0\text{m}^2$$

$$A_0 = 14.7\text{m}^2 > \min(0.37\text{m}^2, 0.01A_g) = \min(0.37\text{m}^2, 0.01A_{Eg}) = 0.37\text{m}^2$$

$$\frac{A_{oi}}{A_{gi}} = \frac{0}{A_{Wg} + A_{Sg} + A_{Ng} + 38 \times 36} = \frac{0}{14628.8} = 0 \leq 0.20$$

計算結果顯示，建築物同時滿足 (1)  $A_0 > 1.10A_{oi}$ ，(2)  $A_0 > 0.37\text{m}^2$  或  $0.01A_g$ （二者取最小），(3)  $\frac{A_{oi}}{A_{gi}} \leq 0.20$ ，根據規範 1.3 節，本建築物屬於部分封閉式建築物。

第二種假設為建築物在東風作用下，18.3m 以下之各向外牆總玻璃面積都有 10% 破損而造成開口：

$$A_0 = 147 \times 0.1 = 14.7\text{m}^2 <$$

$$1.10A_{oi} = 1.10(181 \times 0.1 + 265 \times 0.1 + 188 \times 0.1 + 0) = 69.74\text{m}^2$$

$$A_0 = 14.7\text{m}^2 > \min(0.37\text{m}^2, 0.01A_g) = \min(0.37\text{m}^2, 0.01A_{Eg}) = 0.37\text{m}^2$$

$$\frac{A_{0i}}{A_{gi}} = \frac{181 \times 0.1 + 265 \times 0.1 + 188 \times 0.1 + 0}{A_{Wg} + A_{Sg} + A_{Ng} + 38 \times 36} = \frac{63.4}{14628.8} = 0.0043 \leq 0.20$$

計算結果顯示，建築物無法同時滿足(1)  $A_0 > 1.10A_{0i}$ ，(2)  $A_0 > 0.37\text{m}^2$  或  $0.01A_g$

(二者取最小)，(3)  $\frac{A_{0i}}{A_{gi}} \leq 0.20$ ，根據規範 1.3 節，本建築物不屬於部分封閉

式建築物。

下面計算是基於第二種假設來做後續計算分析。

### 判斷是否屬於封閉式建築物

本建築物既不屬於開放式建築物，也不屬於部分封閉式建築物，根據規範 1.3 節，本建築物屬於封閉式建築物。接下來，根據規範第二章，計算主要風力抵抗系統所應承受之設計風力。

## 2.3.1 建築主體所受的順風向風力

根據規範 2.2 節到 2.9 節，計算建築主體所應承受之順風向風力。

### 計算風速壓

根據規範式 (2.7)，風速壓地況係數  $K(z)$ ：

$$\begin{aligned} K(z) &= 2.774 \left( \frac{z}{z_g} \right)^{2\alpha} ; z > 5\text{m} \\ &= 2.774 \left( \frac{5}{z_g} \right)^{2\alpha} ; z \leq 5\text{m} \end{aligned}$$

根據規範式 (2.8)，地形係數  $K_{zt}$ ：

因工址附近無造成風速局部加速效應之特殊地形， $K_{zt} = 1$

根據規範式 (2.6)，離地面  $z$  公尺高度之風速壓  $q(z)$ ：

$$\begin{aligned}
z > 5\text{m} : q(z) &= 0.06K(z)K_{zt} [I V_{10}(C)]^2 \\
&= 0.06 \times 2.774 \left(\frac{z}{400}\right)^{2 \times 0.25} \times 1 \times [1.1 \times 42.5]^2 \\
&= 363.77 \left(\frac{z}{400}\right)^{0.5} \text{ kgf/m}^2 \\
z \leq 5\text{m} : q(z) &= 0.06K(z)K_{zt} [I V_{10}(C)]^2 \\
&= 0.06 \times 2.774 \left(\frac{5}{400}\right)^{2 \times 0.25} \times 1 \times [1.1 \times 42.5]^2 \\
&= 40.67 \text{ kgf/m}^2
\end{aligned}$$

根據規範 2.2 節，需計算離地面  $z = h$  公尺高度之風速壓  $q(h)$ ：

$$q(h) = q(z = h) = 0.06 \times 2.774 \left(\frac{118.4}{400}\right)^{2 \times 0.25} \times 1 \times [1.1 \times 42.5]^2 = 197.91 \text{ kgf/m}^2$$

#### 計算陣風反應因子

建築物之  $f_n = 0.333 \text{ Hz} < 1 \text{ Hz}$ ，根據規範 1.3 節，建築物屬柔性建築物，因

此，須計算柔性建築物之陣風反應因子  $G_f$ 。

根據規範式 (2.12)，紊流積分尺度  $L_{\bar{z}}$ ：

$$L_{\bar{z}} = \ell(\bar{z}/10)^{\bar{e}} = 98(71.04/10)^{0.33} = 187.16 \text{ m}$$

$$\text{其中，} \bar{z} = \max(0.6 \times h, z_{\min}) = \max(0.6 \times 118.4, 9) = 71.04 \text{ m}$$

根據規範式 (2.10) 與式 (2.11)，紊流強度  $I_{\bar{z}}$  與背景反應  $Q$ ：

$$I_{\bar{z}} = c(10/\bar{z})^{1/6} = 0.3(10/71.04)^{1/6} = 0.22$$

$$Q = \sqrt{\frac{1}{1 + 0.63 \left(\frac{B+h}{L_{\bar{z}}}\right)^{0.63}}} = \sqrt{\frac{1}{1 + 0.63 \left(\frac{36 + 118.4}{187.16}\right)^{0.63}}} = 0.80$$

根據規範式 (2.14)，共振反應尖峰因子  $g_R$ ：

$$\begin{aligned}
g_R &= \sqrt{2 \ln(3600 f_n)} + \frac{0.577}{\sqrt{2 \ln(3600 f_n)}} = \sqrt{2 \ln(3600 f_{EW})} + \frac{0.577}{\sqrt{2 \ln(3600 f_{EW})}} \\
&= \sqrt{2 \ln(3600 \times 0.333)} + \frac{0.577}{\sqrt{2 \ln(3600 \times 0.333)}} = 3.92
\end{aligned}$$

根據規範式 (2.19)，高度  $\bar{z}$  處每小時平均風速  $\bar{V}_{\bar{z}}$ ：

$$\bar{V}_{\bar{z}} = \bar{b} \left( \frac{\bar{z}}{10} \right)^{\alpha} V_{10}(C) = 0.62 \times \left( \frac{71.04}{10} \right)^{0.25} \times 42.5 = 43.02 \text{ m/s}$$

根據規範式 (2.17) 與式 (2.16)， $N_1$  與  $R_n$  計算如下：

$$N_1 = \frac{f_n L_{\bar{z}}}{\bar{V}_{\bar{z}}} = \frac{0.333 \times 187.16}{43.02} = 1.45$$

$$R_n = \frac{7.47 N_1}{(1 + 10.3 N_1)^{5/3}} = \frac{7.47 \times 1.45}{(1 + 10.3 \times 1.45)^{5/3}} = 0.11$$

根據規範式 (2.18a) 與式 (2.18b)， $R_h$ 、 $R_B$  及  $R_L$  計算如下：

$$\text{當 } R_j = R_h, \eta = 4.6 f_n h / \bar{V}_{\bar{z}} = 4.6 \times 0.333 \times 118.4 / 43.02 = 4.22$$

$$R_h = \frac{1}{\eta} - \frac{1}{2\eta^2} (1 - e^{-2\eta}) = \frac{1}{4.22} - \frac{1}{2 \times 4.22^2} (1 - e^{-2 \times 4.22}) = 0.21$$

$$\text{當 } R_j = R_B, \eta = 4.6 f_n B / \bar{V}_{\bar{z}} = 4.6 \times 0.333 \times 36 / 43.02 = 1.28$$

$$R_B = \frac{1}{\eta} - \frac{1}{2\eta^2} (1 - e^{-2\eta}) = \frac{1}{1.28} - \frac{1}{2 \times 1.28^2} (1 - e^{-2 \times 1.28}) = 0.50$$

$$\text{當 } R_j = R_L, \eta = 15.4 f_n L / \bar{V}_{\bar{z}} = 15.4 \times 0.333 \times 38 / 43.02 = 4.53$$

$$R_L = \frac{1}{\eta} - \frac{1}{2\eta^2} (1 - e^{-2\eta}) = \frac{1}{4.53} - \frac{1}{2 \times 4.53^2} (1 - e^{-2 \times 4.53}) = 0.20$$

根據規範式 (2.15)，共振反應因子  $R$ ：

$$R = \sqrt{\frac{1}{\beta} R_n R_h R_B (0.53 + 0.47 R_L)}$$

$$= \sqrt{\frac{1}{0.01} \times 0.11 \times 0.21 \times 0.50 \times (0.53 + 0.47 \times 0.20)} = 0.84$$

根據規範式 (2.13)，柔性建築物之陣風反應因子  $G_f$ ：

$$G_f = 1.927 \left( \frac{1 + 1.7 I_{\bar{z}} \sqrt{g_Q^2 Q^2 + g_R^2 R^2}}{1 + 1.7 g_V I_{\bar{z}}} \right)$$

$$= 1.927 \left( \frac{1 + 1.7 \times 0.22 \sqrt{3.4^2 \times 0.8^2 + 3.92^2 \times 0.84^2}}{1 + 1.7 \times 3.4 \times 0.22} \right) = 2.20$$

其中，背景反應尖峰因子  $g_Q$  和風速尖峰因子  $g_V$  均可取 3.4。

計算外風壓係數

根據規範表 2.4，牆之外風壓係數  $C_p$ ：

所屬牆面為迎風面（本例為建築物的東向牆面）， $C_p = 0.8$ 。

所屬牆面為背風面（本例為建築物的西向牆面）， $L/B = 38/36 = 1.05$ ，

$C_p = -0.49$ （從  $L/B = 1$  對應的  $C_p = -0.5$  值與  $L/B = 2$  對應的

$C_p = -0.3$  值來做線性內插求得）。

計算內風壓係數

根據規範表 2.17，內風壓係數 ( $GC_{pi}$ )：

封閉式建築物，( $GC_{pi}$ ) = +0.375 或 -0.375。

計算設計風壓

根據規範式 (2.2)，封閉式之主要風力抵抗系統所應承受之設計風壓  $p$ ：

$$p = qG_f C_p - q_i(GC_{pi})$$

迎風面牆

$$\begin{aligned} z > 5\text{m} : p(z) &= q(z)G_f C_p - q(h)(GC_{pi}) \\ &= 363.77 \left( \frac{z}{400} \right)^{0.5} \times 2.20 \times 0.8 - 197.91 \times (\pm 0.375) \text{kgf/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z \leq 5\text{m} : p(z) &= q(5)G_f C_p - q(h)(GC_{pi}) \\ &= 40.67 \times 2.20 \times 0.8 - 197.91 \times (\pm 0.375) \text{kgf/m}^2 \end{aligned}$$

背風面牆

$$\begin{aligned} p(z) &= q(h)G_f C_p - q(h)(GC_{pi}) \\ &= 197.91 \times 2.20 \times (-0.49) - 197.91 \times (\pm 0.375) \text{kgf/m}^2 \end{aligned}$$

迎風面各層之設計風力 = 迎風面各層形心高度所對應的設計風壓 × 對應的  
迎風面各層受風面積。背風面各層之設計風力 = 背風面的設計風壓 × 背風面

各層受風面積。各層順風向風力=迎風面各層之設計風力－背風面各層之設計風力。建築主體 34FL 到 1FL 各層在東風作用下的順風向風力如表 2.1 所示。

### 2.3.2 建築主體所受的橫風向風力

根據規範 2.10 節，計算建築主體所應承受之橫風向風力。

判斷是否滿足規範式 (2.21) 之使用條件

建築物細長比  $h/\sqrt{BL} = 118.4/\sqrt{36 \times 38} = 3.20$  介於 3 至 6 之間，斷面深寬比  $L/B = 38/36 = 1.05$  介於 0.2 至 5 之間，無因次頻率  $f_a \sqrt{BL}/V_h = 0.321\sqrt{36 \times 38}/52.23 = 0.23$  小於 0.4，因此，滿足規範式 (2.21) 之使用條件。其中，根據規範 2.6 節之解說，計算高度為  $z = h$  處之風速  $V_h$ ：

$$V_{z=h} = V_h = 1.666V_{10}(C)(h/z_g)^\alpha = 1.666 \times 42.5 \times (118.4/400)^{0.25} = 52.23 \text{ m/s}$$

判斷是否會產生共振及空氣動力不穩定現象

$$h/\sqrt{BL} = 3.20 < 4，$$

$V_h = 52.23 \text{ m/s} < 8.3f_a \sqrt{BL} = 8.3 \times 0.321\sqrt{36 \times 38} = 98.54 \text{ m/s}$ ，根據規範 2.10 節，不會產生共振及空氣動力不穩定現象。

計算橫風向尖峰因子  $g_L$  與  $C_L'$

$$g_L = \sqrt{2 \ln(600f_a)} + 1.2 = \sqrt{2 \ln(600 \times 0.321)} + 1.2 = 3.42$$

$$\begin{aligned} C_L' &= 0.0082(L/B)^3 - 0.071(L/B)^2 + 0.22(L/B) \\ &= 0.0082(38/36)^3 - 0.071(38/36)^2 + 0.22(38/36) = 0.16 \end{aligned}$$

計算橫風向共振因子  $R_{LR}$

$$\text{橫風向無因次頻率 } n^* = \frac{f_a B}{V_h} = \frac{0.321 \times 36}{52.23} = 0.22$$

$$\text{斷面深寬比 } L/B = 38/36 = 1.05 < 3, S = 1$$

$$n_1 = \frac{0.12}{\left[1 + 0.38 \left(\frac{L}{B}\right)^2\right]^{0.89}} = \frac{0.12}{\left[1 + 0.38 \left(\frac{38}{36}\right)^2\right]^{0.89}} = 0.09$$

$$\begin{aligned} \beta_1 &= \frac{\left(\frac{L}{B}\right)^4}{1.1 \left(\frac{L}{B}\right)^4 - 1.7 \left(\frac{L}{B}\right)^2 + 21} + \frac{0.12}{\left(\frac{L}{B}\right)} \\ &= \frac{\left(\frac{38}{36}\right)^4}{1.1 \left(\frac{38}{36}\right)^4 - 1.7 \left(\frac{38}{36}\right)^2 + 21} + \frac{0.12}{\left(\frac{38}{36}\right)} = 0.17 \end{aligned}$$

$$\bar{k}_1 = 0.85$$

橫風向風力頻譜值  $S_L(n^*)$  :

$$\begin{aligned} S_L(n^*) &= \sum_{j=1}^s \frac{4\bar{k}_j(1+0.6\beta_j)\beta_j}{\pi} \frac{\left(\frac{n^*}{n_j}\right)^2}{\left[1 - \left(\frac{n^*}{n_j}\right)^2\right]^2 + 4\beta_j^2 \left(\frac{n^*}{n_j}\right)^2} \\ &= \sum_{j=1}^{s=1} \frac{4\bar{k}_1(1+0.6\beta_1)\beta_1}{\pi} \frac{\left(\frac{n^*}{n_1}\right)^2}{\left[1 - \left(\frac{n^*}{n_1}\right)^2\right]^2 + 4\beta_1^2 \left(\frac{n^*}{n_1}\right)^2} \\ &= \frac{4 \times 0.85(1+0.6 \times 0.17)0.17}{\pi} \frac{\left(\frac{0.22}{0.09}\right)^2}{\left[1 - \left(\frac{0.22}{0.09}\right)^2\right]^2 + 4 \times 0.17^2 \times \left(\frac{0.22}{0.09}\right)^2} \\ &= 0.04 \end{aligned}$$

$$\text{橫風向共振因子 } R_{LR} = \frac{\pi S_L(n^*)}{4} = \frac{\pi \times 0.04}{4} = 0.0352 ; \text{ 或根據規範表 2.18 ,}$$

線性內插求得  $R_{LR} = 0.0352$  。

### 計算橫風向風力

根據規範式 (2.21)，矩形斷面建築物 Z 處高度橫風向風力  $W_{Lz}$ ：

$$\begin{aligned} W_{Lz} &= 3q(h)C'_L A_z \frac{Z}{h} g_L \sqrt{1 + \frac{1}{\beta} R_{LR}} \\ &= 3 \times 197.91 \times 0.16 \times A_z \times \frac{Z}{118.4} \times 3.42 \sqrt{1 + \frac{1}{0.01} \times 0.0352} \\ &= 5.83 A_z \times Z \text{ kgf} \end{aligned}$$

其中， $A_z$  為高度 z 處迎風面面積。建築主體 34FL 到 1FL 各層在東風作用下的橫風向風力如表 2.1 所示。

### 2.3.3 建築主體所受的扭轉向風力

根據規範 2.11 節，計算建築主體所應承受之扭轉向風力。

判斷是否滿足規範式 (2.22) 之使用條件

建築物細長比  $h/\sqrt{BL} = 118.4/\sqrt{36 \times 38} = 3.20$  介於 3 至 6 之間，斷面深寬比  $L/B = 38/36 = 1.05$  介於 0.2 至 5 之間，無因次頻率  $f_t \sqrt{BL}/V_h = 0.477 \sqrt{36 \times 38}/52.23 = 0.34$  小於 0.4，因此，滿足規範式 (2.22) 之使用條件。

計算扭轉向尖峰因子  $g_T$  與  $C'_T$

$$g_T = \sqrt{2 \ln(600 f_t)} + 1.2 = \sqrt{2 \ln(600 \times 0.477)} + 1.2 = 3.54$$

$$C'_T = \left[ 0.0066 + 0.015 \left( \frac{L}{B} \right)^2 \right]^{0.78} = \left[ 0.0066 + 0.015 \left( \frac{38}{36} \right)^2 \right]^{0.78} = 0.05$$

計算扭矩共振因子  $R_{TR}$

$$\text{無因次風速 } U^* = \frac{V_h}{f_t \sqrt{BL}} = \frac{52.23}{0.477 \sqrt{36 \times 38}} = 2.96$$

$$L_{BL} = \max(B, L) = \max(36, 38) = 38\text{m}$$

$$K_T = \frac{-1.1\left(\frac{L}{B}\right) + 0.97}{\left(\frac{L}{B}\right)^2 + 0.85\left(\frac{L}{B}\right) + 3.3} + 0.17 = \frac{-1.1\left(\frac{38}{36}\right) + 0.97}{\left(\frac{38}{36}\right)^2 + 0.85\left(\frac{38}{36}\right) + 3.3} + 0.17 = 0.13$$

$$\begin{aligned} \beta_T &= \frac{\left(\frac{L}{B}\right) + 3.6}{\left(\frac{L}{B}\right)^2 - 5.1\left(\frac{L}{B}\right) + 9.1} + \frac{0.14}{\left(\frac{L}{B}\right)} + 0.14 \\ &= \frac{\left(\frac{38}{36}\right) + 3.6}{\left(\frac{38}{36}\right)^2 - 5.1\left(\frac{38}{36}\right) + 9.1} + \frac{0.14}{\left(\frac{38}{36}\right)} + 0.14 = 1.24 \end{aligned}$$

扭矩共振因子  $R_{TR}$

$$\begin{aligned} R_{TR} &= 0.036K_T^2(U^*)^{2\beta_T} \frac{L(B^2 + L^2)^2}{L_{BL}^2 B^3} \\ &= 0.036 \times 0.13^2 \times (2.96)^{2 \times 1.24} \frac{38(36^2 + 38^2)^2}{38^2 36^3} = 0.0401 \end{aligned}$$

或根據規範表 2.19，線性內插求得  $R_{TR} = 0.0401$ 。

### 計算扭轉向風力

根據規範式 (2.22)，矩形斷面建築物  $z$  處高度橫風向風力  $M_{Tz}$ ：

$$\begin{aligned} M_{Tz} &= 1.8q(h)C_T' A_z B \frac{Z}{h} g_T \sqrt{1 + \frac{1}{\beta} R_{TR}} \\ &= 1.8 \times 197.91 \times 0.05 \times A_z \times 36 \times \frac{Z}{118.4} \times 3.54 \sqrt{1 + \frac{1}{0.01} \times 0.0401} \\ &= 42.91 A_z \times Z \text{ kgf} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

建築主體 34FL 到 1FL 各層在東風作用下的扭轉向風力如表 2.1 所示。

### 2.3.4 女兒牆傳至主要風力抵抗系統的順風向風力

#### 列出計算時所需的基本參數

單層高度  $h_p = 1.2\text{m}$ ；頂端高度  $h_{pt} = h + h_p = 119.6\text{m}$ 。

迎風面（本例為女兒牆之東向牆面）受風面積為  $A_{Eg,p} = 43.2\text{m}^2$ 。

背風面（本例為女兒牆之西向牆面）受風面積為  $A_{Wg,p} = 43.2\text{m}^2$ 。

### 計算風速壓

根據規範式 (2.6)，離地面  $z = h_{pr}$  高度之屋頂女兒牆頂端之風速壓  $q_p$ ：

$$q_p = q(z = h_{pr}) = 363.77 \left( \frac{119.6}{400} \right)^{0.5} = 198.91 \text{kgf/m}^2$$

### 計算設計風壓

根據規範式 (2.3)，屋頂女兒牆之設計風壓  $p_p$ ：

$$p_p = q_p (GC_{pn})$$

迎風面女兒牆  $p_{p,u} = q_p (GC_{pn}) = 198.91 \times (+1.8) = 358.04 \text{kgf/m}^2$

背風面女兒牆  $p_{p,d} = q_p (GC_{pn}) = 198.91 \times (-1.1) = -218.80 \text{kgf/m}^2$

女兒牆順風向風力  $F_p$ ：

$$\begin{aligned} F_p &= p_{p,u} \times A_{Eg,p} - p_{p,d} \times A_{Wg,p} \\ &= 358.04 \times 43.2 - (-218.80) \times 43.2 = 24919.44 \text{kgf} \end{aligned}$$

女兒牆傳在東風作用下至主要風力抵抗系統的順風向風力如表 2.2 所示。

### 2.3.5 屋凸傳至主要風力抵抗系統的順風向風力

本文以計算建築主體設計風壓的方式來計算屋凸之設計風壓。屋凸之細長比甚小，橫風向風力與扭轉向風力的效應可以忽略。

#### 列出計算時所需的基本參數

單層高度  $h_e = 5.5\text{m}$ ；頂端高度  $h_{et} = h + h_e = 123.9\text{m}$ 。

迎風面（本例為屋凸之東向牆面）受風面積為  $A_{Eg,e} = 44\text{m}^2$ 。

背風面（本例為屋凸之西向牆面）受風面積為  $A_{wg,e} = 44\text{m}^2$ 。

順風向基本自然頻率  $f_{n,e} > 1\text{Hz}$ 。

### 判斷建築物的形式

本文假設屋凸各外牆皆無開口，根據規範 1.3 節，屋凸屬於封閉式建築物。

### 計算風速壓

本文對迎風面牆、背風面牆，外風速壓  $q$  採  $q_e$ ；對封閉式建築物，內風速壓  $q_i$  採  $q_e$ 。其中  $q_e$  為離地面  $z = h_{et}$  公尺高度之屋凸頂端風速壓，根據規範式 (2.6)：

$$q_e = q(z = h_{et}) = 363.77 \left( \frac{123.9}{400} \right)^{0.5} = 202.45 \text{kgf/m}^2$$

### 計算陣風反應因子、外風壓係數與內風壓係數

屋凸之  $f_n = f_{n,e} \geq 1\text{Hz}$ ，根據規範 1.3 節，建築物屬普通建築物，因此，根據規範 2.7 節，普通建築物之陣風反應因子可為  $G = 1.77$ 。

根據規範表 2.4，牆之外風壓係數  $C_p$ ：

所屬牆面為迎風面， $C_p = 0.8$

所屬牆面為背風面，可為  $C_p = -0.5$

根據規範表 2.17，牆之內風壓係數 ( $GC_{pi}$ )：

封閉式建築物， $(GC_{pi}) = +0.375$  或  $-0.375$

### 計算設計風壓

根據規範式 (2.2)，封閉式之主要風力抵抗系統所應承受之設計風壓  $p$ ：

$$p = qGC_p - q_i(GC_{pi})$$

屋凸迎風面牆之設計風壓  $p_{e,w}$

$$\begin{aligned} p_{e,w} &= q_e GC_p - q_e (GC_{pi}) \\ &= 202.45 \times 1.77 \times 0.8 - 202.45 \times (\pm 0.375) \text{kgf/m}^2 \end{aligned}$$

屋凸背風面牆之設計風壓  $p_{e,l}$

$$\begin{aligned} p_{e,l} &= q_e GC_p - q_e (GC_{pi}) \\ &= 202.45 \times 1.77 \times (-0.5) - 202.45 \times (\pm 0.375) \text{kgf/m}^2 \end{aligned}$$

屋凸順風向風力  $F_e$  :

$$F_e = p_{e,w} \times A_{Eg,e} - p_{e,l} \times A_{Wg,e} = 20497.26 \text{kgf}$$

屋凸在東風作用下傳至主要風力抵抗系統的順風向風力如表 2.3 所示。

### 2.3.6 通訊鐵塔傳至主要風力抵抗系統的順風向風力

列出計算時所需的基本參數

整體高度  $h_o = 9\text{m}$  ; 頂端高度  $h_{ot} = h_{et} + h_o = 132.9\text{m}$  。

塔面之所有構材投影在垂直平面上之面積均為

$$A_{E,o} = A_{W,o} = A_{S,o} = A_{N,o} = 6.65\text{m}^2$$

塔面投影在垂直平面上之面積均為

$$A_{Eg,o} = A_{Wg,o} = A_{Sg,o} = A_{Ng,o} = 33.75\text{m}^2$$

順風向基本自然頻率  $f_{n,o} \geq 1\text{Hz}$  。

判斷建築物的形式

計算受正值外風壓牆面總面積  $A_g$  和該牆面總開口面積  $A_0$  如下：

$$\text{東向牆面之 } A_0 = A_{Eg,o} - A_{E,o} = 27.1\text{m}^2 \geq 0.8A_g = 0.8A_{Eg,o} = 27\text{m}^2$$

其它牆面之結果皆與東向牆面之結果相同，所以每一方向的牆面皆滿

足  $A_0 \geq 0.8A_g$ ，根據規範 1.3 節，本建築物屬於開放式建築物。

### 計算風速壓

根據規範式 (2.6)，離地面  $z$  公尺高度之風速壓  $q(z)$ ：

$$z > 5\text{m} : q(z) = 363.77 \left( \frac{z}{400} \right)^{0.5} \text{ kgf/m}^2$$

### 計算陣風反應因子與風力係數

通訊鐵塔之  $f_n = f_{n,o} \geq 1\text{Hz}$ ，根據規範 1.3 節，建築物屬普通建築物，因此，根據規範 2.7 節，普通建築物之陣風反應因子可為  $G = 1.77$ 。

本文假設通訊鐵塔之構材均為角鋼及平邊構材，因此，根據規範表 2.15，桁架高塔之風力係數  $C_f$ ：

$$\text{塔面實體面積與其總面積的比值 } \phi = \frac{A_{E,o}}{A_{Eg,o}} = \frac{6.65}{33.75} = 0.2，\text{ 根據圖 2.6、圖}$$

2.7、圖 2.8 和圖 2.9，通訊鐵塔之斷面為方形，

$$C_f = 4.1 - 5.2\phi = 4.1 - 5.2 \times 0.2 = 3.08。$$

### 計算設計風力

根據規範式 (2.4)，開放式建築物所應承受之設計風力  $F$ ：

$$F = q(z_{A_f})GC_fA_f = q(z_{A_f}) \times 1.77 \times 3.08 \times A_f = 5.44q(z_{A_f})A_f \text{ kgf}$$

其中，對於塔而言， $A_f$  為高塔迎風面實體構材投影在與垂直風向平面上之面積； $q(z_{A_f})$  為面積  $A_f$  形心高度  $z_{A_f}$  處之風速壓。通訊鐵塔在東風作用下各構材之順風向風力如表 2.4 所示。

## 2.3.7 建築物設計風力之組合

根據規範 2.12 節來進行建築物設計風力之組合。本案例中，高層建築物在東風作用下的順風向、橫風向與扭轉向設計風力如表 2.1 所示。根據規範 2.12 節之解說，以表 2.1 所示的設計風力來進行結構分析。取得在東風作用下之順風向、橫風向以及扭轉向設計風力所造成的結構效應  $\hat{W}_{D1}$ 、 $\hat{W}_{L1}$  及  $\hat{W}_{T1}$ 。並計算在東風作用下之順風向平均風力所造成的結構效應  $\overline{W}_{D1} = \hat{W}_{D1} \frac{1}{1.128G}$ ，其中柔性建築物  $\overline{G} = G_f$ 。考慮順風向與橫風向載重對於構件具有相同方向效應，可將三個風向的動態部分結構效應以平方和開根號（SRSS）方式組合，因此在東風作用下所造成之結構效應  $W_1$  如下：

$$W_1 = \overline{W}_{D1} + \sqrt{\left(\hat{W}_{D1} - \overline{W}_{D1}\right)^2 + \left(\left|\hat{W}_{L1}\right| + \left|\hat{W}_{T1}\right|\right)^2}$$

### 2.3.8 建築物層間變位角

根據本文“2.3.7 節”，計算在東風作用下所造成的結構效應，在此即層間變位角  $ISD_1$ 。

### 2.3.9 建築物最高居室樓層側向加速度

#### 計算順風向加速度

首先計算在東風作用下之順風向設計風力（50 年回歸期）所造成的建築物最高居室樓層順風向之位移  $D_1^*$ 。根據規範式（4.1），計算在東風作用下之順風向振動（半年回歸期）引致建築物最高居室樓層之尖峰加速度  $A_{D1}$ ：

$$\begin{aligned} A_{D1} &= \frac{1.128\overline{G} - 1}{1.128\overline{G}} \times \frac{D_1^* (2\pi f_n)^2}{(3.34)^2} \\ &= \frac{1.128 \times 2.20 - 1}{1.128 \times 2.20} \times \frac{D_1^* (2\pi \times 0.333)^2}{(3.34)^2} = 0.23 D_1^* \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

其中，柔性建築物  $\overline{G} = G_f$ 。

#### 計算橫風向加速度

根據規範 4.3 節之解說，半年回歸期風速  $V_{0.5} = V_{10}(C)/3.34 = 12.7\text{m/s}$ 。用  $V_{0.5}$  取代  $V_{10}(C)$ ，重複執行本文“2.3.2 節”，可得建築主體各層在東風作用下之橫風向風力，如表 2.5 所示。

以表 2.5 所示的橫風向風力來進行結構分析。取得建築物最高居室樓層橫風向之位移  $L_1^*$ 。根據規範 4.4 節之解說，計算在東風作用下橫風向振動（半年回歸期）引致建築物最高居室樓層之尖峰加速度  $A_{L1}$ ：

$$A_{L1} = L_1^* \times 4\pi^2 f_a^2 = L_1^* \times 4\pi^2 f_{SN}^2 = L_1^* \times 4\pi^2 (0.321)^2 = 4.07L_1^* \text{m/s}^2$$

#### 計算扭轉向加速度

根據規範 4.3 節之解說，半年回歸期風速  $V_{0.5} = V_{10}(C)/3.34 = 12.7\text{m/s}$ 。用  $V_{0.5}$  取代  $V_{10}(C)$ ，重複執行本文“2.3.3 節”，可得建築主體各層在東風作用下之扭轉向風力，如表 2.5 所示。

以表 2.5 所示的扭轉向風力來進行結構分析。取得建築物最高居室樓層扭轉向之扭轉角  $T_1^*$ 。根據規範 4.4 節之解說，計算在東風作用下扭轉振動（半年回歸期）引致建築物最高居室樓層之尖峰加速度  $A_{T1}$ ：

$$A_{T1} = T_1^* \times 4\pi^2 f_i^2 = T_1^* \times 4\pi^2 (0.477)^2 = 8.98T_1^* \text{m/s}^2$$

#### 計算最高居室樓層側向加速度

根據規範 4.4 節之解說，計算在東風作用下建築物角隅處之水平方向振動尖峰加速度  $\tilde{A}_1$ ：

$$\begin{aligned} \tilde{A}_1 &= \sqrt{A_{D1}^2 + A_{L1}^2 + A_{T1}^2 \left( \frac{B^2}{4} + \frac{L^2}{4} \right) + LA_{L1}A_{T1}} \\ &= \sqrt{(0.23D_1^*)^2 + (4.07L_1^*)^2 + (8.98T_1^*)^2 \left( \frac{36^2}{4} + \frac{38^2}{4} \right) + 38(4.07L_1^*)(8.98T_1^*)} \\ &= \sqrt{0.0529(D_1^*)^2 + 16.565(L_1^*)^2 + 55238.67(T_1^*)^2 + 1388.85L_1^*T_1^*} \text{m/s}^2 \end{aligned}$$

## 2.4 主要風力抵抗系統在南風作用下之設計風力

### 列出計算時所需的基本參數

建築物之平均屋頂高度或獨立結構物高度  $h$ ：根據圖 2.3， $h=118.4\text{m}$ 。

垂直於風向之建築物水平尺寸  $B$ ：根據圖 2.3， $B=38\text{m}$ 。

平行於風向之建築物水平尺寸  $L$ ：根據圖 2.1 與圖 2.3， $L=36\text{m}$ 。

順風向基本自然頻率  $f_n$ ：根據圖 2.1， $f_n = f_{SN} = 0.321\text{Hz}$ 。

橫風向基本自然頻率  $f_a$ ：根據圖 2.1， $f_a = f_{EW} = 0.333\text{Hz}$ 。

### 判斷是否屬於開放式建築物

根據美國規範 ASCE 7-02，在颱風或颶風區內，考慮約 18.3m 以下之玻璃都有可能受到隨風飛散物的撞擊而成為開口。而各向外牆之可能總開口面積和 18.3m 以下各向外牆總玻璃面積與本文“2.3 節”中判斷是否屬於開放式建築物所給的值相同。

根據規範 1.3 節中開放式建築物定義來計算受正值外風壓牆面總面積  $A_g$  和該牆面總開口面積  $A_0$ ，計算結果與本文“2.3 節”中判斷是否屬於開放式建築物的結果相同，每一方向的牆面皆無法滿足  $A_0 \geq 0.8A_g$ ，根據規範 1.3 節，本建築物不屬於開放式建築物。

### 判斷是否屬於部份封閉式建築物

根據規範 1.3 節中部分封閉式建築物定義，計算  $A_g$ 、 $A_0$ 、 $A_{gi}$  和  $A_{oi}$ 。本例假設，在設計風速下，屋頂不會造成開口。工程師應根據實際之狀況來判斷各向外牆之開口面積。若第一種假設為建築物在南風作用下，18.3m 以下之迎風面牆（亦即南向外牆）總玻璃面積有 10% 破損而造成開口，而其它外牆沒有任何開口：

$$A_0 = 265 \times 0.1 = 26.5 \text{m}^2 > 1.10A_{0i} = 1.10 \times 0 = 0 \text{m}^2$$

$$A_0 = 26.5 \text{m}^2 > \min(0.37 \text{m}^2, 0.01A_g) = \min(0.37 \text{m}^2, 0.01A_{Sg}) = 0.37 \text{m}^2$$

$$\frac{A_{0i}}{A_{gi}} = \frac{0}{A_{Wg} + A_{Eg} + A_{Ng} + 38 \times 36} = \frac{0}{14392} = 0 \leq 0.20$$

計算結果顯示，建築物同時滿足(1)  $A_0 > 1.10A_{0i}$ ，(2)  $A_0 > 0.37 \text{m}^2$  或  $0.01A_g$  (二者取最小)，(3)  $\frac{A_{0i}}{A_{gi}} \leq 0.20$ ，根據規範 1.3 節，本建築物屬於部分封閉式建築物。

第二種假設為建築物在東風作用下，18.3m 以下之各向外牆總玻璃面積都有 10% 破損而造成開口：

物。

第二種假設為建築物在東風作用下，18.3m 以下之各向外牆總玻璃面積都有 10% 破損而造成開口：

$$A_0 = 265 \times 0.1 = 26.5 \text{m}^2 < 1.10A_{0i} = 56.76 \text{m}^2$$

$$A_0 = 26.5 \text{m}^2 > \min(0.37 \text{m}^2, 0.01A_g) = \min(0.37 \text{m}^2, 0.01A_{Sg}) = 0.37 \text{m}^2$$

$$\frac{A_{0i}}{A_{gi}} = \frac{181 \times 0.1 + 147 \times 0.1 + 188 \times 0.1 + 0}{A_{Wg} + A_{Eg} + A_{Ng} + 38 \times 36} = \frac{51.6}{14392} = 0.0036 \leq 0.20$$

計算結果顯示，建築物無法同時滿足(1)  $A_0 > 1.10A_{0i}$ ，(2)  $A_0 > 0.37 \text{m}^2$  或  $0.01A_g$

(二者取最小)，(3)  $\frac{A_{0i}}{A_{gi}} \leq 0.20$ ，根據規範 1.3 節，本建築物不屬於部分封閉式建築物。

式建築物。

下面計算是基於第二種假設來做後續計算分析。

#### 判斷是否屬於封閉式建築物

本建築物既不屬於開放式建築物，也不屬於部分封閉式建築物，根據規範 1.3 節，本建築物屬於封閉式建築物。接下來，根據規範第二章，計算主要風力抵抗系統所應承受之設計風力。

### 2.4.1 建築主體所受的順風向風力

根據規範 2.2 節到 2.9 節，計算建築主體所應承受之順風向風力。

### 計算風速壓

此部分的計算過程與結果完全與“2.3.1 節”中計算風速壓的過程與結果相同。詳細過程參考本文“2.3.1 節”。

### 計算陣風反應因子

建築物之  $f_n = 0.321\text{Hz} < 1\text{Hz}$ ，根據規範 1.3 節，建築物屬柔性建築物，因此，須計算柔性建築物之陣風反應因子  $G_f$ 。

根據規範式 (2.12)，計算紊流積分尺度  $L_{\bar{z}} = 187.16\text{m}$ 。

根據規範式 (2.10) 與式 (2.11)，計算紊流強度  $I_{\bar{z}} = c(10/\bar{z})^{1/6} = 0.22$  與

$$\text{背景反應 } Q = \sqrt{\frac{1}{1 + 0.63 \left( \frac{B+h}{L_{\bar{z}}} \right)^{0.63}}} = 0.80。$$

根據規範式 (2.14)，計算共振反應尖峰因子  $g_R = 3.91$ 。

根據規範式 (2.19)，計算高度  $\bar{z}$  處每小時平均風速  $\bar{V}_{\bar{z}} = 43.02\text{m/s}$ 。

根據規範式 (2.17) 與式 (2.16)，計算  $N_1 = 1.40$  與  $R_n = 0.11$ 。

根據規範式 (2.18a) 與式 (2.18b)，計算  $R_h = 0.22$ 、 $R_B = 0.49$  及  $R_L = 0.21$ 。

根據規範式 (2.15)，共振反應因子  $R = 0.86$ 。

根據規範式 (2.13)，柔性建築物之陣風反應因子  $G_f$ ：

$$G_f = 1.927 \left( \frac{1 + 1.7 I_{\bar{z}} \sqrt{g_Q^2 Q^2 + g_R^2 R^2}}{1 + 1.7 g_V I_{\bar{z}}} \right) = 2.22$$

其中，背景反應尖峰因子  $g_Q$  和風速尖峰因子  $g_V$  均可取 3.4

### 計算外風壓係數

根據規範表 2.4，牆之外風壓係數  $C_p$ ：

所屬牆面為迎風面（本例為建築物的南向牆面）， $C_p = 0.8$ 。

所屬牆面為背風面（本例為建築物的北向牆面），

$$L/B = 36/38 = 0.95, C_p = -0.5。$$

### 計算內風壓係數

根據規範表 2.17，內風壓係數( $GC_{pi}$ )：

封閉式建築物，( $GC_{pi}$ ) = +0.375或-0.375。

### 計算設計風壓

根據規範式 (2.2)，封閉式之主要風力抵抗系統所應承受之設計風壓  $p$ ：

$$p = qG_f C_p - q_i(GC_{pi})$$

迎風面牆

$$z > 5\text{m} : p(z) = 363.77 \left( \frac{z}{400} \right)^{0.5} \times 2.22 \times 0.8 - 197.91 \times (\pm 0.375) \text{kgf/m}^2$$

$$z \leq 5\text{m} : p(z) = 40.67 \times 2.22 \times 0.8 - 197.91 \times (\pm 0.375) \text{kgf/m}^2$$

背風面牆

$$p(z) = 197.91 \times 2.22 \times (-0.5) - 197.91 \times (\pm 0.375) \text{kgf/m}^2$$

迎風面各層之設計風力 = 迎風面各層形心高度所對應的設計風壓 × 對應的迎風面各層受風面積。背風面各層之設計風力 = 背風面的設計風壓 × 背風面各層受風面積。各層順風向風力 = 迎風面各層之設計風力 - 背風面各層之設計風力。建築主體 34FL 到 1FL 各層在南風作用下的順風向風力如表 2.6 所示。

## 2.4.2 建築主體所受的橫風向風力

根據規範 2.10 節，計算建築主體所應承受之橫風向風力。

判斷是否滿足規範式 (2.21) 之使用條件

建築物細長比  $h/\sqrt{BL} = 3.20$  介於 3 至 6 之間，斷面深寬比  $L/B = 0.95$  介於 0.2 至 5 之間，無因次頻率  $f_a\sqrt{BL}/V_h = 0.24$  小於 0.4，因此，滿足規範式(2.21) 之使用條件。其中，根據規範 2.6 節之解說，計算高度為  $z = h$  處之風速  $V_h = 52.23\text{m/s}$ 。

判斷是否會產生共振及空氣動力不穩定現象

$h/\sqrt{BL} = 3.20 < 4$ ， $V_h = 52.23\text{m/s} < 8.3f_a\sqrt{BL} = 102.23\text{m/s}$ ，根據規範 2.10 節，不會產生共振及空氣動力不穩定現象。

計算橫風向尖峰因子  $g_L = 3.43$  與  $C'_L = 0.15$

計算橫風向共振因子  $R_{LR}$

橫風向無因次頻率  $n^* = 0.24$

斷面深寬比  $L/B = 36/38 = 0.95 < 3$ ， $S = 1$

$n_1 = 0.09$ ； $\beta_1 = 0.17$ ； $\bar{k}_1 = 0.85$ ； $S_L(n^*) = 0.04$

橫風向共振因子  $R_{LR} = 0.0303$ ；或根據規範表 2.18，線性內插求得

$R_{LR} = 0.0303$ 。

計算橫風向風力

根據規範式 (2.21)，矩形斷面建築物  $Z$  處高度橫風向風力  $W_{Lz}$ ：

$$W_{Lz} = 3q(h)C'_L A_z \frac{Z}{h} g_L \sqrt{1 + \frac{1}{\beta} R_{LR}} = 5.18 A_z \times Z \text{ kgf}$$

其中， $A_z$  為高度  $z$  處迎風面面積。建築主體 34FL 到 1FL 各層在南風作用下的橫風向風力如表 2.6 所示。

### 2.4.3 建築主體所受的扭轉向風力

根據規範 2.11 節，計算建築主體所應承受之扭轉向風力。

判斷是否滿足規範式 (2.22) 之使用條件

建築物細長比  $h/\sqrt{BL} = 3.20$  介於 3 至 6 之間，斷面深寬比  $L/B = 0.95$  介於 0.2 至 5 之間，無因次頻率  $f_t\sqrt{BL}/V_h = 0.34$  小於 0.4，因此，滿足規範式 (2.22) 之使用條件。

計算扭轉向尖峰因子  $g_T = 3.54$  與  $C_T' = 0.05$

計算扭矩共振因子  $R_{TR}$

無因次風速  $U^* = 2.96$

$L_{BL} = 38\text{m}$ ；  $K_T = 0.16$ ；  $\beta_T = 1.17$

扭矩共振因子  $R_{TR} = 0.0375$ ，或根據規範表 2.19，線性內插求得

$R_{TR} = 0.0375$ 。

計算扭轉向風力

根據規範式 (2.22)，矩形斷面建築物  $z$  處高度橫風向風力  $M_{Tz}$ ：

$$M_{Tz} = 1.8q(h)C_T'A_zB\frac{Z}{h}g_T\sqrt{1+\frac{1}{\beta}R_{TR}} = 44.11A_z \times Z \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

建築主體 34FL 到 1FL 各層在南風作用下的扭轉向風力如表 2.6 所示。

### 2.4.4 女兒牆傳至主要風力抵抗系統的順風向風力

列出計算時所需的基本參數

單層高度  $h_p = 1.2\text{m}$ ；頂端高度  $h_{pt} = 119.6\text{m}$ 。

迎風面（本例為女兒牆之南向牆面）受風面積為  $A_{Sg,p} = 45.6\text{m}^2$ 。

背風面（本例為女兒牆之北向牆面）受風面積為  $A_{Ng,p} = 45.6\text{m}^2$ 。

### 計算風速壓

此部分的計算過程與結果完全與“2.3.4節”中計算風速壓的過程與結果相同。詳細過程參考本文“2.3.4節”。

### 計算設計風壓

根據規範式(2.3)，屋頂女兒牆之設計風壓  $p_p$ ：

$$p_p = q_p(GC_{pn})$$

迎風面女兒牆  $p_{p,u} = 358.04\text{kgf/m}^2$ ；背風面女兒牆  $p_{p,d} = -218.80\text{kgf/m}^2$

女兒牆順風向風力  $F_p$ ：

$$F_p = p_{p,u} \times A_{Eg,p} - p_{p,d} \times A_{Wg,p} = 26303.85\text{kgf}$$

女兒牆在南風作用下傳至主要風力抵抗系統的順風向風力如表 2.7 所示。

## 2.4.5 屋凸傳至主要風力抵抗系統的順風向風力

因為屋凸外型為對稱，所以屋凸在南風作用下傳至主要風力抵抗系統的順風向風力，與屋凸在東風作用下傳至主要風力抵抗系統的順風向風力一樣，如表 2.3 所示。

## 2.4.6 通訊鐵塔傳至主要風力抵抗系統的順風向風力

因為通訊鐵塔外型為對稱，所以通訊鐵塔在南風作用下各構材之順風向風力，與通訊鐵塔在東風作用下各構材之順風向風力一樣，如表 2.4 所示。

## 2.4.7 建築物設計風力之組合

根據規範 2.12 節來進行建築物設計風力之組合。本案例中，高層建築物在

南風作用下的順風向、橫風向與扭轉向設計風力如表 2.6 所示。根據規範 2.12 節之解說，以表 2.6 所示的設計風力來進行結構分析。取得在南風作用下之順風向、橫風向以及扭轉向設計風力所造成的結構效應  $\hat{W}_{D2}$ 、 $\hat{W}_{L2}$  及  $\hat{W}_{T2}$ 。並計算在南風作用下之順風向平均風力所造成的結構效應  $\overline{W}_{D2} = \hat{W}_{D2} \frac{1}{1.128\overline{G}}$ ，其中柔性建築物  $\overline{G} = G_f$ 。考慮順風向與橫風向載重對於構件具有相同方向效應，可將三個風向的動態部分結構效應以平方和開根號（SRSS）方式組合，因此在南風作用下所造成之結構效應  $W_2$  如下：

$$W_2 = \overline{W}_{D2} + \sqrt{\left(\hat{W}_{D2} - \overline{W}_{D2}\right)^2 + \left(\left|\hat{W}_{L2}\right| + \left|\hat{W}_{T2}\right|\right)^2}$$

#### 2.4.8 建築物層間變位角

根據本文“2.4.7 節”，計算在南風作用下所造成的結構效應，在此即層間變位角  $ISD_2$ 。

#### 2.4.9 建築物最高居室樓層側向加速度

##### 計算順風向加速度

首先計算在南風作用下之順風向設計風力（50 年回歸期）所造成的建築物最高居室樓層順風向之位移  $D_2^*$ 。根據規範式（4.1），計算在南風作用下之順風向振動（半年回歸期）引致建築物最高居室樓層之尖峰加速度  $A_{D2} = 0.22D_2^* \text{m/s}^2$ 。

##### 計算橫風向加速度

根據規範 4.3 節之解說，半年回歸期風速  $V_{0.5} = V_{10}(C)/3.34 = 12.7 \text{m/s}$ 。用  $V_{0.5}$  取代  $V_{10}(C)$ ，重複執行本文“2.4.2 節”，可得建築主體各層在南風作用下之橫風向風力，如表 2.8 所示。

以表 2.8 所示的橫風向風力來進行結構分析。取得建築物最高居室樓層橫

風向之位移  $L_2^*$ 。根據規範 4.4 節之解說，計算在南風作用下橫風向振動（半年回歸期）引致建築物最高居室樓層之尖峰加速度  $A_{L_2} = 4.38L_2^* \text{m/s}^2$ 。

#### 計算扭轉向加速度

根據規範 4.3 節之解說，半年回歸期風速  $V_{0.5} = V_{10}(C)/3.34 = 12.7 \text{m/s}$ 。用  $V_{0.5}$  取代  $V_{10}(C)$ ，重複執行本文“2.4.3 節”，可得建築主體各層在南風作用下之扭轉向風力，如表 2.8 所示。

以表 2.8 所示的扭轉向風力來進行結構分析。取得建築物最高居室樓層扭轉向之扭轉角  $T_2^*$ 。根據規範 4.4 節之解說，計算在南風作用下扭轉振動（半年回歸期）引致建築物最高居室樓層之尖峰加速度  $A_{T_2} = 8.98T_2^* \text{m/s}^2$ 。

#### 計算最高居室樓層側向加速度

根據規範 4.4 節之解說，計算在南風作用下建築物角隅處之水平方向振動尖峰加速度  $\tilde{A}_2 = \sqrt{0.0484(D_2^*)^2 + 19.184(L_2^*)^2 + 55238.67(T_2^*)^2 + 1415.97L_2^*T_2^*} \text{m/s}^2$ 。

## 2.5 建築物結構效應與最高居室樓層側向加速度之檢核

### 構件效應

根據規範 2.12 節之解說，設計時所採用的構件效應  $W$  是以  $W_1$ （本文“2.3.7 節”）和  $W_2$ （本文“2.4.7 節”）結果之較大值為設計依據，亦即  $W = \max\{W_1, W_2\}$ 。

### 層間變位角

根據規範 2.12 節之解說，檢核時所採用的建築物層間變位角是以  $ISD_1$ （本文“2.3.8 節”）和  $ISD_2$ （本文“2.4.8 節”）結果之較大值為依據，亦即  $ISD = \max\{ISD_1, ISD_2\}$ 。根據規範 4.2 節來檢核  $ISD$ ，若  $ISD > 5/1000$ ，則重新做設計與檢核。

### 最高居室樓層側向加速度

根據規範 2.12 節之解說，檢核時所採用的建築物最高居室樓層角隅處之側向振動尖峰加速度  $\tilde{A}$  是以  $\tilde{A}_1$ （本文“2.3.9 節”）和  $\tilde{A}_2$ （本文“2.4.9 節”）結果之較大值為依據，亦即  $\tilde{A} = \max\{\tilde{A}_1, \tilde{A}_2\}$ 。根據規範 4.3 節來檢核  $\tilde{A}$ ，若  $\tilde{A} > 0.05\text{m/s}^2$ ，則重新做設計與檢核。

## 2.6 建築主體局部構材及外部被覆物之設計風壓

根據規範第三章，計算各向外牆與屋頂的設計風壓，由於各向外牆四周的地況皆一樣，故在相同有效受風面積  $A$  的情況下，各向外牆相同區域之設計風壓會一樣，所以，以下只考慮某方向外牆。外牆的設計風壓需考慮設計正風壓（當此牆為迎風面牆）與設計負風壓（當此牆為背風面牆或側牆），平屋頂的設計風壓只有設計負風壓。

### 列出計算時所需的基本參數

建築物之平均屋頂高度或獨立結構物高度  $h$ ：根據圖 2.2， $h = 118.4\text{m}$ 。

建築物形式：封閉式建築物。

屋頂之斜角  $\theta = 0^\circ$ ；女兒牆高度  $h_p = 1.2\text{m}$ 。

### 計算風速壓

此部分的計算過程與結果完全與“2.3.1 節”中計算風速壓的過程與結果相同。詳細過程參考本文“2.3.1 節”。

### 計算外風壓係數

因為建築物之平均屋頂高度  $h = 118.4\text{m} > 18\text{m}$ ，根據規範圖 3.2，將屋頂分為①區、②區與③區，屋頂各區示意圖如規範圖 3.2 所示之屋頂，但由於圍於

屋頂四周之女兒牆高度  $h_p = 1.2\text{m} > 0.9\text{m}$ ，且屋頂之斜角  $\theta = 0^\circ$ ，故③區可納入②區處理。外牆分為④區與⑤區，外牆各區示意圖如規範圖 3.2 所示之外牆。外風壓區域之寬度  $a = 0.1 \times \min(36, 38) = 3.6\text{m} > 0.9\text{m}$ 。本文為了計算方便，根據規範圖 3.2，將外牆與屋頂各區在不同的有效受風面積  $A$  下所對應的外風壓係數 ( $GC_p$ ) 公式化如下：

$$\textcircled{4}\text{區正值外風壓係數}(GC_p)_{4,+} = \begin{cases} 1.87 & 0.5\text{m}^2 \leq A \leq 2\text{m}^2 \\ -0.44 \log A + 2.00 & 2\text{m}^2 \leq A \leq 50\text{m}^2 \\ 1.25 & 50\text{m}^2 \leq A \leq 100\text{m}^2 \end{cases}$$

$$\textcircled{4}\text{區負值外風壓係數}(GC_p)_{4,-} = \begin{cases} -1.85 & 0.5\text{m}^2 \leq A \leq 2\text{m}^2 \\ 0.29 \log A - 1.96 & 2\text{m}^2 \leq A \leq 50\text{m}^2 \\ -1.46 & 50\text{m}^2 \leq A \leq 100\text{m}^2 \end{cases}$$

$$\textcircled{5}\text{區正值外風壓係數}(GC_p)_{5,+} = \begin{cases} 1.87 & 0.5\text{m}^2 \leq A \leq 2\text{m}^2 \\ -0.44 \log A + 2.00 & 2\text{m}^2 \leq A \leq 50\text{m}^2 \\ 1.25 & 50\text{m}^2 \leq A \leq 100\text{m}^2 \end{cases}$$

$$\textcircled{5}\text{區負值外風壓係數}(GC_p)_{5,-} = \begin{cases} -3.75 & 0.5\text{m}^2 \leq A \leq 2\text{m}^2 \\ 1.18 \log A - 4.11 & 2\text{m}^2 \leq A \leq 50\text{m}^2 \\ -2.1 & 50\text{m}^2 \leq A \leq 100\text{m}^2 \end{cases}$$

$$\textcircled{1}\text{區負值外風壓係數}(GC_p)_{1,-} = \begin{cases} -2.92 & 0.5\text{m}^2 \leq A \leq 1\text{m}^2 \\ 0.62 \log A - 2.92 & 1\text{m}^2 \leq A \leq 50\text{m}^2 \\ -1.87 & 50\text{m}^2 \leq A \leq 100\text{m}^2 \end{cases}$$

$$\textcircled{2}\text{區負值外風壓係數}(GC_p)_{2,-} = \begin{cases} -4.79 & 0.5\text{m}^2 \leq A \leq 1\text{m}^2 \\ 0.86 \log A - 4.79 & 1\text{m}^2 \leq A \leq 50\text{m}^2 \\ -3.33 & 50\text{m}^2 \leq A \leq 100\text{m}^2 \end{cases}$$

### 計算內風壓係數

根據規範表 2.17，內風壓係數 ( $GC_{pi}$ )：

封閉式建築物，( $GC_{pi}$ ) = +0.375 或 -0.375

計算設計風壓

根據規範式 (3.2)，封閉式或部分封閉式建築物高度超過 18 公尺者，其局部構件及外部被覆物之設計風壓  $p$ ：

$$p = q(GC_p) - q_i(GC_{pi})$$

根據規範圖 3.2，考慮不同的有效受風面積  $A$ ，建築主體外牆  $z$  處高度之④、⑤區的設計風壓和建築主體屋頂之①、②與③區的設計風壓分別如下：

建築主體外牆④區設計正風壓  $p_{4,+}$ （當此牆為迎風面牆）

$$\begin{aligned} z > 5\text{m}: p_{4,+} &= q(z)(GC_p)_{4,+} - q(h)(GC_{pi}) \\ &= \max \left\{ \begin{aligned} &363.77 \left( \frac{z}{400} \right)^{0.5} (GC_p)_{4,+} - 197.91(0.375) \\ &363.77 \left( \frac{z}{400} \right)^{0.5} (GC_p)_{4,+} - 197.91(-0.375) \end{aligned} \right\} \\ &= 363.77 \left( \frac{z}{400} \right)^{0.5} (GC_p)_{4,+} - 197.91(-0.375) \text{kgf/m}^2 \\ z \leq 5\text{m}: p_{4,+} &= q(z)(GC_p)_{4,+} - q(h)(GC_{pi}) \\ &= \max \left\{ \begin{aligned} &40.67(GC_p)_{4,+} - 197.91(0.375) \\ &40.67(GC_p)_{4,+} - 197.91(-0.375) \end{aligned} \right\} \text{kgf/m}^2 \\ &= 40.67(GC_p)_{4,+} - 197.91(-0.375) \text{kgf/m}^2 \end{aligned}$$

建築主體外牆④區設計負風壓  $p_{4,-}$ （當此牆為背風面牆或側牆）

$$\begin{aligned} p_{4,-} &= q(h)(GC_p)_{4,-} - q(h)(GC_{pi}) = \min \left\{ \begin{aligned} &197.91(GC_p)_{4,-} - 197.91(0.375) \\ &197.91(GC_p)_{4,-} - 197.91(-0.375) \end{aligned} \right\} \\ &= 197.91(GC_p)_{4,-} - 197.91(0.375) \text{kgf/m}^2 \end{aligned}$$

建築主體外牆⑤區設計正風壓  $p_{5,+}$ （當此牆為迎風面牆）

$$\begin{aligned} z \leq 5\text{m}: p_{5,+} &= q(z)(GC_p)_{5,+} - q(h)(GC_{pi}) \\ &= \max \left\{ \begin{aligned} &40.67(GC_p)_{5,+} - 197.91(0.375) \\ &40.67(GC_p)_{5,+} - 197.91(-0.375) \end{aligned} \right\} \text{kgf/m}^2 \\ &= 40.67(GC_p)_{5,+} - 197.91(-0.375) \text{kgf/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 z > 5\text{m} : p_{5,+} &= q(z)(GC_p)_{5,+} - q(h)(GC_{pi}) \\
 &= \max \left\{ \begin{aligned} &363.77 \left( \frac{z}{400} \right)^{0.5} (GC_p)_{5,+} - 197.91(0.375) \\ &363.77 \left( \frac{z}{400} \right)^{0.5} (GC_p)_{5,+} - 197.91(-0.375) \end{aligned} \right\} \\
 &= 363.77 \left( \frac{z}{400} \right)^{0.5} (GC_p)_{5,+} - 197.91(-0.375) \text{kgf/m}^2
 \end{aligned}$$

建築主體外牆⑤區設計負風壓  $p_{5,-}$  (當此牆為背風面牆或側牆)

$$\begin{aligned}
 p_{5,-} &= q(h)(GC_p)_{5,-} - q(h)(GC_{pi}) = \min \left\{ \begin{aligned} &197.91(GC_p)_{5,-} - 197.91(0.375) \\ &197.91(GC_p)_{5,-} - 197.91(-0.375) \end{aligned} \right\} \\
 &= 197.91(GC_p)_{5,-} - 197.91(0.375) \text{kgf/m}^2
 \end{aligned}$$

建築主體屋頂①區設計負風壓  $p_{1,-}$

$$\begin{aligned}
 p_{1,-} &= q(h)(GC_p)_{1,-} - q(h)(GC_{pi}) = \min \left\{ \begin{aligned} &197.91(GC_p)_{1,-} - 197.91(0.375) \\ &197.91(GC_p)_{1,-} - 197.91(-0.375) \end{aligned} \right\} \\
 &= 197.91(GC_p)_{1,-} - 197.91(0.375)
 \end{aligned}$$

建築主體屋頂②區設計負風壓  $p_{2,-}$

$$\begin{aligned}
 p_{2,-} &= q(h)(GC_p)_{2,-} - q(h)(GC_{pi}) = \min \left\{ \begin{aligned} &197.91(GC_p)_{2,-} - 197.91(0.375) \\ &197.91(GC_p)_{2,-} - 197.91(-0.375) \end{aligned} \right\} \\
 &= 197.91(GC_p)_{2,-} - 197.91(0.375)
 \end{aligned}$$

建築主體屋頂③區設計負風壓  $p_{3,-}$

$$\begin{aligned}
 p_{3,-} &= q(h)(GC_p)_{2,-} - q(h)(GC_{pi}) = \min \left\{ \begin{aligned} &197.91(GC_p)_{2,-} - 197.91(0.375) \\ &197.91(GC_p)_{2,-} - 197.91(-0.375) \end{aligned} \right\} \\
 &= 197.91(GC_p)_{2,-} - 197.91(0.375)
 \end{aligned}$$

使用上述外牆各區設計風壓計算式，設有效受風面積  $A$  為  $1\text{m}^2$ 、 $2\text{m}^2$ 、 $5\text{m}^2$ 、 $10\text{m}^2$ 、 $20\text{m}^2$  及  $50\text{m}^2$  等六個值的情況下，考慮各層形心高度，可得建築主體外牆④區設計風壓隨高度之變化如表 2.9 所示，建築主體外牆⑤區設計風壓隨高度之變化如表 2.10 所示。使用上述屋頂各區設計風壓計算式，設有效受風面積  $A$  為  $1\text{m}^2$ 、 $2\text{m}^2$ 、 $5\text{m}^2$ 、 $10\text{m}^2$ 、 $20\text{m}^2$  及  $50\text{m}^2$  等六個值的情況下，可得

建築主體屋頂的設計風壓如表 2.11 所示。

## 2.7 女兒牆局部構材及外部被覆物之設計風壓

根據規範圖 3.3 中建築物屋頂女兒牆外風壓分布示意圖，來計算單一女兒牆正面和背面的設計風壓，其中正面朝向建築物外側，而背面朝向建築物內側。由於各向女兒牆四周的地況皆一樣，故在相同有效受風面積  $A$  的情況下，各向女兒牆相同區域之設計風壓會一樣，所以，以下只考慮某向女兒牆。下面將考慮建築物西向女兒牆之設計風壓，當風由西往東吹時（女兒牆位於迎風面），女兒牆在西風作用下外風壓分布示意圖如圖 2.12 所示，需在女兒牆之正面施加正值外牆風壓，而在背面施加負值屋頂外風壓；當風由東往西吹時（女兒牆位於背風面），女兒牆在東風作用下外風壓分布示意圖如圖 2.13 所示，需在女兒牆之正面施加負值外牆風壓，而在背面施加正值外牆風壓。

### 列出計算時所需的基本參數

高度  $h_p = 1.2\text{m}$ ；頂端高度  $h_{pt} = h + h_p = 119.6\text{m}$ ；屋頂之斜角  $\theta = 0^\circ$ 。

### 計算風速壓

此部分的計算過程與結果完全與“2.3.4 節”中計算風速壓的過程與結果相同。詳細過程參考本文“2.3.4 節”。

### 計算外風壓係數

因為建築物之平均屋頂高度  $h = 118.4\text{m} > 18\text{m}$ ，根據規範圖 3.2，將女兒牆正面分為④區與⑤區，女兒牆正面各區示意圖如圖 2.14 所示。外風壓區域之寬度  $a = 3.6\text{m}$ 。女兒牆各區在不同的有效受風面積  $A$  下所對應的外風壓係數  $(GC_p)$ ，可分為  $(GC_p)_{4,+}$ 、 $(GC_p)_{4,-}$ 、 $(GC_p)_{5,+}$ 、 $(GC_p)_{5,-}$ ，其與本文“2.6 節”所用外風壓係數的計算式一樣。在計算負值屋頂外風壓時需用到  $(GC_p)_{2,-}$ ，其與本文“2.6 節”所用外風壓係數的計算式一樣。

### 計算內風壓係數

根據規範表 2.17，內風壓係數( $GC_{pi}$ )：

對女兒牆本身而言，假設女兒牆為封閉式建築物，因此

$$(GC_{pi}) = +0.375 \text{ 或 } -0.375$$

### 計算設計風壓

根據規範式 (3.3)，屋頂女兒牆之局部構材及外部被覆物之設計風壓  $p$ ：

$$p = q_p [(GC_p) - (GC_{pi})]$$

根據圖 2.12 與規範圖 3.2，考慮西向女兒牆受風由西往東吹時，在不同的有效受風面積  $A$  下，女兒牆正面的設計風壓和女兒牆背面的設計風壓如下：

女兒牆正面④區設計正風壓  $p_{p4,+}$ ，可採對應之正值外牆風壓（女兒牆位於迎風面）

$$\begin{aligned} p_{p4,+} &= q_p [(GC_p)_{4,+} - (GC_{pi})] = \max \left\{ \begin{array}{l} 198.91 [(GC_p)_{4,+} - (0.375)] \\ 198.91 [(GC_p)_{4,+} - (-0.375)] \end{array} \right\} \\ &= 198.91 [(GC_p)_{4,+} - (-0.375)] \text{ kgf/m}^2 \end{aligned}$$

女兒牆正面⑤區設計正風壓  $p_{p5,+}$ ，可採對應之正值外牆風壓（女兒牆位於迎風面）

$$\begin{aligned} p_{p5,+} &= q_p [(GC_p)_{5,+} - (GC_{pi})] = \max \left\{ \begin{array}{l} 198.91 [(GC_p)_{5,+} - (0.375)] \\ 198.91 [(GC_p)_{5,+} - (-0.375)] \end{array} \right\} \\ &= 198.91 [(GC_p)_{5,+} - (-0.375)] \text{ kgf/m}^2 \end{aligned}$$

女兒牆背面設計負風壓  $p_{pb2,-}$ ，可採對應之負值屋頂外風壓，亦即，建築主體屋頂②區設計負風壓  $p_{2,-}$ （女兒牆位於迎風面）

$$p_{pb2,-} = p_{2,-} = 197.91(GC_p)_{2,-} - 197.91(0.375)$$

根據圖 2.13 與規範圖 3.2，考慮西向女兒牆受風由東往西吹時，在不同的有效受風面積  $A$  下，女兒牆正面的設計風壓和女兒牆背面的設計風壓如下：

女兒牆正面④區設計負風壓  $p_{p4,-}$ ，可採對應之負值外牆風壓（女兒牆位於背風面）

$$\begin{aligned} p_{p4,-} &= q_p [(GC_p)_{4,-} - (GC_{pi})] = \min \left\{ \begin{array}{l} 198.91[(GC_p)_{4,-} - (0.375)] \\ 198.91[(GC_p)_{4,-} - (-0.375)] \end{array} \right\} \\ &= 198.91[(GC_p)_{4,-} - (0.375)] \text{kgf/m}^2 \end{aligned}$$

女兒牆正面⑤區設計負風壓  $p_{p5,-}$ ，可採對應之負值外牆風壓（女兒牆位於背風面）

$$\begin{aligned} p_{p5,-} &= q_p [(GC_p)_{5,-} - (GC_{pi})] = \min \left\{ \begin{array}{l} 198.91[(GC_p)_{5,-} - (0.375)] \\ 198.91[(GC_p)_{5,-} - (-0.375)] \end{array} \right\} \\ &= 198.91[(GC_p)_{5,-} - (0.375)] \text{kgf/m}^2 \end{aligned}$$

女兒牆背面④區設計正風壓  $p_{pb4,+}$ ，可採  $p_{p4,+}$ （女兒牆位於背風面）

$$p_{pb4,+} = p_{p4,+} = 198.91[(GC_p)_{4,+} - (-0.375)] \text{kgf/m}^2$$

女兒牆背面⑤區設計正風壓  $p_{pb5,+}$ ，可採  $p_{p5,+}$ （女兒牆位於背風面）

$$p_{pb5,+} = p_{p5,+} = 198.91[(GC_p)_{5,+} - (-0.375)] \text{kgf/m}^2$$

因為  $(GC_p)_{4,+} = (GC_p)_{5,+}$ ，故  $p_{pb4,+} = p_{pb5,+}$ 。

使用上述女兒牆正面與背面的設計風壓計算式，考慮有效受風面積  $A$  為  $1\text{m}^2$ 、 $2\text{m}^2$ 、 $5\text{m}^2$ 、 $10\text{m}^2$ 、 $20\text{m}^2$  及  $50\text{m}^2$  等六個值的情況下，可得女兒牆正面的設計風壓如表 2.12 所示，女兒牆背面的設計風壓如表 2.13 所示。

## 2.8 屋凸局部構材及外部被覆物之設計風壓

本文以計算建築主體外牆設計風壓的方式來計算屋凸外牆設計風壓；以計算建築主體屋頂設計風壓的方式來計算屋凸屋頂設計風壓。

### 列出計算時所需的基本參數

單層高度  $h_e = 5.5\text{m}$ ；頂端高度  $h_{et} = h + h_e = 123.9\text{m}$ ；屋頂之斜角  $\theta = 0^\circ$ 。

### 計算風速壓

根據規範式 (2.6)，離地面  $z = h_{et}$  公尺高度之屋凸頂端風速壓  $q_e$ ：

$$q_e = q(z = h_{et}) = 363.77 \left( \frac{123.9}{400} \right)^{0.5} = 202.45 \text{kgf/m}^2$$

### 計算外風壓係數

因為建築物之平均屋頂高度  $h = 118.4\text{m} > 18\text{m}$ ，根據規範圖 3.2，可將屋凸之屋頂分為①區、②區與③區，本文認為屋凸之屋頂②區與③區所涵蓋區域很小，為了簡化起見，將②區與③區納入①區處理。屋凸之外牆分為④區與⑤區，本文認為屋凸之外牆⑤區所涵蓋區域很小，為了簡化起見，故將⑤區納入④區處理。屋凸外牆與屋頂各區在不同的有效受風面積  $A$  下所對應的外風壓係數  $(GC_p)$ ，可分為  $(GC_p)_{4,+}$ 、 $(GC_p)_{4,-}$  與  $(GC_p)_{1,-}$ ，其與本文“2.6 節”所用外風壓係數的計算式一樣。

### 計算內風壓係數

根據規範表 2.17，內風壓係數  $(GC_{pi})$ ：

假設屋凸為封閉式建築物，因此  $(GC_{pi}) = +0.375$  或  $-0.375$

### 計算設計風壓

根據規範式 (3.2)，封閉式或部分封閉式建築物高度超過 18 公尺者，其局部構件及外部被覆物之設計風壓  $p$ ：

$$p = q(GC_p) - q_i(GC_{pi})$$

根據規範圖 3.2，考慮不同的有效受風面積  $A$  下，屋凸外牆之④、⑤區的設計

風壓與屋凸屋頂之①、②與③區的設計風壓分別如下：

屋凸外牆④區設計正風壓  $p_{e4,+}$  與⑤區設計正風壓  $p_{e5,+}$  (當此牆為迎風面牆)

$$\begin{aligned} p_{e4,+} = p_{e5,+} &= q_e(GC_p)_{4,+} - q_e(GC_{pi}) = \max \left\{ \begin{array}{l} 202.45(GC_p)_{4,+} - 202.45(0.375) \\ 202.45(GC_p)_{4,+} - 202.45(-0.375) \end{array} \right\} \\ &= 202.45(GC_p)_{4,+} - 202.45(-0.375)\text{kgf/m}^2 \end{aligned}$$

屋凸外牆④區設計負風壓  $p_{e4,-}$  與⑤區設計負風壓  $p_{e5,-}$  (當此牆為背風面牆或側牆)

$$\begin{aligned} p_{e4,-} = p_{e5,-} &= q_e(GC_p)_{4,-} - q_e(GC_{pi}) = \min \left\{ \begin{array}{l} 202.45(GC_p)_{4,-} - 202.45(0.375) \\ 202.45(GC_p)_{4,-} - 202.45(-0.375) \end{array} \right\} \\ &= 202.45(GC_p)_{4,-} - 202.45(0.375)\text{kgf/m}^2 \end{aligned}$$

屋凸屋頂①區設計負風壓  $p_{r1,-}$ 、②區設計負風壓  $p_{r2,-}$  與③區設計負風壓

$p_{r3,-}$

$$\begin{aligned} p_{r1,-} = p_{r2,-} = p_{r3,-} &= q_e(GC_p)_{1,-} - q_e(GC_{pi}) \\ &= \min \left\{ \begin{array}{l} 202.45(GC_p)_{1,-} - 202.45(0.375) \\ 202.45(GC_p)_{1,-} - 202.45(-0.375) \end{array} \right\} \\ &= 202.45(GC_p)_{1,-} - 202.45(0.375) \end{aligned}$$

使用上述屋凸各區設計風壓計算式，考慮有效受風面積  $A$  為  $1\text{m}^2$ 、 $2\text{m}^2$ 、 $5\text{m}^2$ 、 $10\text{m}^2$ 、 $20\text{m}^2$  及  $50\text{m}^2$  等六個值的情況下，可得屋凸外牆的設計風壓如表 2.14 所示，而屋凸屋頂設計風壓如表 2.15 所示。

## 2.9 通訊鐵塔局部構材及外部被覆物之設計風壓

因為通訊鐵塔為開放式建築物，根據規範 3.1 節之解說，局部構材及外部被覆物之設計風力計算與主要風力抵抗系統並沒有不同。通訊鐵塔各構材之設計風力如表 2.4 所示。

表 2.1 高層建築物在東風作用下的順風向、橫風向與扭轉向設計風力

樓層名稱	各層形心高度(m)	各層高度(m)	迎風面各層受風面積(m <sup>2</sup> )	順風向設計風力(t)	橫風向設計風力(t)	扭轉向設計風力(t-m)
B3*	132.9		0.3	0.34		
C31*	131.4		0.33	0.37		
C32*	131.4		0.33	0.37		
b31*	131.4		0.5	0.57		
b32*	131.4		0.5	0.57		
B2*	129.9		0.39	0.44		
C21*	128.4		0.33	0.37		
C22*	128.4		0.33	0.37		
b21*	128.4		0.58	0.65		
b22*	128.4		0.58	0.65		
B1*	126.9		0.5	0.56		
C11*	125.4		0.33	0.37		
C12*	125.4		0.33	0.37		
b11*	125.4		0.66	0.73		
b12*	125.4		0.66	0.73		
屋凸	$h_{et} \rightarrow 123.9$	5.5	44	20.50		
女兒牆	$h_{pt} \rightarrow 119.6$	1.2	43.2	24.92		
34FL	116.75	3.30	118.80	66.35	82.38	633.86
33FL	113.45	3.30	118.80	65.77	80.05	615.94
32FL	110.15	3.30	118.80	65.18	77.72	598.02
31FL	106.85	3.30	118.80	64.57	75.39	580.11
30FL	103.55	3.30	118.80	63.96	73.07	562.19
29FL	100.25	3.30	118.80	63.34	70.74	544.28
28FL	96.95	3.30	118.80	62.71	68.41	526.36
27FL	93.65	3.30	118.80	62.07	66.08	508.44
26FL	90.35	3.30	118.80	61.42	63.75	490.53
25FL	87.05	3.30	118.80	60.75	61.42	472.61
24FL	83.75	3.30	118.80	60.07	59.10	454.69
23FL	80.45	3.30	118.80	59.38	56.77	436.78
22FL	77.15	3.30	118.80	58.67	54.44	418.86
21FL	73.85	3.30	118.80	57.95	52.11	400.94

20FL	70.55	3.30	118.80	57.22	49.78	383.03
19FL	67.25	3.30	118.80	56.46	47.45	365.11
18FL	63.95	3.30	118.80	55.69	45.12	347.20
17FL	60.65	3.30	118.80	54.89	42.80	329.28
16FL	57.35	3.30	118.80	54.08	40.47	311.36
15FL	54.05	3.30	118.80	53.24	38.14	293.45
14FL	50.75	3.30	118.80	52.37	35.81	275.53
13FL	47.45	3.30	118.80	51.48	33.48	257.61
12FL	44.15	3.30	118.80	50.55	31.15	239.70
11FL	40.85	3.30	118.80	49.59	28.82	221.78
10FL	37.55	3.30	118.80	48.59	26.50	203.87
9FL	34.25	3.30	118.80	47.54	24.17	185.95
8FL	30.95	3.30	118.80	46.44	21.84	168.03
7FL	27.65	3.30	118.80	45.29	19.51	150.12
6FL	24.35	3.30	118.80	44.06	17.18	132.20
5FL	21.05	3.30	118.80	42.74	14.85	114.28
4FL	17.50	3.80	136.80	47.45	14.22	109.41
3FL	13.50	4.20	151.20	49.98	12.12	93.28
2FL	9.30	4.20	151.20	46.96	8.35	64.26
1FL	3.60	7.20	259.20	73.76	5.54	42.64
總和				1953.45	1498.74	

\*表示通訊鐵塔的構材編號，所對應的高度為 $z_{A_f}$ ，所對應的面積為 $A_f$ 。

表 2.2 女兒牆在東風作用下傳至主要風力抵抗系統的順風向風力

頂端高度(m)	單層高度(m)	迎風面受風面積( $m^2$ )	頂端風速壓地況係數	東向女兒牆		西向女兒牆		順風向風力(t)
				$q_p$ kgf/m <sup>2</sup>	$q_p(GC_{pn})$ kgf/m <sup>2</sup>	$q_p$ kgf/m <sup>2</sup>	$q_p(GC_{pn})$ kgf/m <sup>2</sup>	
119.6	1.2	43.2	1.52	198.91	358.04	198.91	-218.80	24.92

表 2.3 屋凸在東風作用下傳至主要風力抵抗系統的順風向風力

頂端高度(m)	單層高度(m)	迎風面受風面積(m <sup>2</sup> )	頂端風速壓地況係數	迎風面牆		背風面牆		順風向風力(t)
				$q_e$ kgf/m <sup>2</sup>	$q_e GC_p$ kgf/m <sup>2</sup>	$q_e$ kgf/m <sup>2</sup>	$q_e GC_p$ kgf/m <sup>2</sup>	
123.9	5.5	44	1.54	202.45	286.67	202.45	-179.17	20.50

表 2.4 通訊鐵塔在東風作用下各構材之順風向風力

構材編號	$z_{A_f}$ (m)	構材投影在與風向垂直之平面上的面積 $A_f$ (m <sup>2</sup> )	風速壓地況係數 $K(z_{A_f})$	$q(z_{A_f})$ kgf/m <sup>2</sup>	$q(z_{A_f})GC_f$ kgf/m <sup>2</sup>	順風向風力 $F$ (t)
B3	132.9	0.3	1.6	209.68	1141.38	0.34
C31	131.4	0.33	1.59	208.49	1134.92	0.37
C32	131.4	0.33	1.59	208.49	1134.92	0.37
b31	131.4	0.5	1.59	208.49	1134.92	0.57
b32	131.4	0.5	1.59	208.49	1134.92	0.57
B2	129.9	0.39	1.58	207.3	1128.42	0.44
C21	128.4	0.33	1.57	206.1	1121.89	0.37
C22	128.4	0.33	1.57	206.1	1121.89	0.37
b21	128.4	0.58	1.57	206.1	1121.89	0.65
b22	128.4	0.58	1.57	206.1	1121.89	0.65
B1	126.9	0.5	1.56	204.89	1115.32	0.56
C11	125.4	0.33	1.55	203.68	1108.70	0.37
C12	125.4	0.33	1.55	203.68	1108.70	0.37
b11	125.4	0.66	1.55	203.68	1108.70	0.73
b12	125.4	0.66	1.55	203.68	1108.70	0.73

表 2.5 建築主體各層在東風作用下的橫風向風力與扭轉向風力(半年回歸期)

樓層名稱	各層形心高度 $z(m)$	各層高度 ( $m$ )	迎風面各層受 風面積( $m^2$ )	橫風向風力 ( $t$ )	扭轉向風力 ( $t-m$ )
34FL	116.75	3.30	118.80	3.86	27.85
33FL	113.45	3.30	118.80	3.75	27.06
32FL	110.15	3.30	118.80	3.64	26.28
31FL	106.85	3.30	118.80	3.54	25.49
30FL	103.55	3.30	118.80	3.43	24.70
29FL	100.25	3.30	118.80	3.32	23.92
28FL	96.95	3.30	118.80	3.21	23.13
27FL	93.65	3.30	118.80	3.10	22.34
26FL	90.35	3.30	118.80	2.99	21.55
25FL	87.05	3.30	118.80	2.88	20.77
24FL	83.75	3.30	118.80	2.77	19.98
23FL	80.45	3.30	118.80	2.66	19.19
22FL	77.15	3.30	118.80	2.55	18.40
21FL	73.85	3.30	118.80	2.44	17.62
20FL	70.55	3.30	118.80	2.33	16.83
19FL	67.25	3.30	118.80	2.23	16.04
18FL	63.95	3.30	118.80	2.12	15.26
17FL	60.65	3.30	118.80	2.01	14.47
16FL	57.35	3.30	118.80	1.90	13.68
15FL	54.05	3.30	118.80	1.79	12.89
14FL	50.75	3.30	118.80	1.68	12.11
13FL	47.45	3.30	118.80	1.57	11.32
12FL	44.15	3.30	118.80	1.46	10.53
11FL	40.85	3.30	118.80	1.35	9.74
10FL	37.55	3.30	118.80	1.24	8.96
9FL	34.25	3.30	118.80	1.13	8.17
8FL	30.95	3.30	118.80	1.02	7.38
7FL	27.65	3.30	118.80	0.91	6.60
6FL	24.35	3.30	118.80	0.81	5.81
5FL	21.05	3.30	118.80	0.70	5.02
4FL	17.50	3.80	136.80	0.67	4.81
3FL	13.50	4.20	151.20	0.57	4.10
2FL	9.30	4.20	151.20	0.39	2.82
1FL	3.60	7.20	259.20	0.26	1.87

表 2.6 高層建築物在南風作用下的順風向、橫風向與扭轉向設計風力

樓層名稱	各層形心高度(m)	各層高度(m)	迎風面各層受風面積(m <sup>2</sup> )	順風向設計風力(t)	橫風向設計風力(t)	扭轉向設計風力(t-m)
B3*	132.9		0.3	0.34		
C31*	131.4		0.33	0.37		
C32*	131.4		0.33	0.37		
b31*	131.4		0.5	0.57		
b32*	131.4		0.5	0.57		
B2*	129.9		0.39	0.44		
C21*	128.4		0.33	0.37		
C22*	128.4		0.33	0.37		
b21*	128.4		0.58	0.65		
b22*	128.4		0.58	0.65		
B1*	126.9		0.5	0.56		
C11*	125.4		0.33	0.37		
C12*	125.4		0.33	0.37		
b11*	125.4		0.66	0.73		
b12*	125.4	0.66	0.73			
屋凸	$h_{et} \rightarrow 123.9$	5.5	44	20.5		
女兒牆	$h_{pr} \rightarrow 119.6$	1.2	45.6	26.3		
34FL	116.75	3.30	125.40	70.65	76.76	611.90
33FL	113.45	3.30	125.40	70.03	74.59	594.61
32FL	110.15	3.30	125.40	69.40	72.42	577.31
31FL	106.85	3.30	125.40	68.76	70.25	560.02
30FL	103.55	3.30	125.40	68.11	68.08	542.72
29FL	100.25	3.30	125.40	67.45	65.91	525.43
28FL	96.95	3.30	125.40	66.78	63.74	508.13
27FL	93.65	3.30	125.40	66.09	61.57	490.83
26FL	90.35	3.30	125.40	65.40	59.40	473.54
25FL	87.05	3.30	125.40	64.69	57.24	456.24
24FL	83.75	3.30	125.40	63.97	55.07	438.95
23FL	80.45	3.30	125.40	63.23	52.90	421.65
22FL	77.15	3.30	125.40	62.48	50.73	404.35

21FL	73.85	3.30	125.40	61.71	48.56	387.06
20FL	70.55	3.30	125.40	60.93	46.39	369.76
19FL	67.25	3.30	125.40	60.12	44.22	352.47
18FL	63.95	3.30	125.40	59.30	42.05	335.17
17FL	60.65	3.30	125.40	58.45	39.88	317.88
16FL	57.35	3.30	125.40	57.58	37.71	300.58
15FL	54.05	3.30	125.40	56.69	35.54	283.28
14FL	50.75	3.30	125.40	55.77	33.37	265.99
13FL	47.45	3.30	125.40	54.81	31.20	248.69
12FL	44.15	3.30	125.40	53.83	29.03	231.40
11FL	40.85	3.30	125.40	52.80	26.86	214.10
10FL	37.55	3.30	125.40	51.74	24.69	196.81
9FL	34.25	3.30	125.40	50.62	22.52	179.51
8FL	30.95	3.30	125.40	49.45	20.35	162.21
7FL	27.65	3.30	125.40	48.22	18.18	144.92
6FL	24.35	3.30	125.40	46.91	16.01	127.62
5FL	21.05	3.30	125.40	45.51	13.84	110.33
4FL	17.50	3.80	144.40	50.52	13.25	105.62
3FL	13.50	4.20	159.60	53.22	11.30	90.05
2FL	9.30	4.20	159.60	50.00	7.78	62.04
1FL	3.60	7.20	273.60	78.54	5.16	41.17
總和				2078.04	1396.54	
*表示通訊鐵塔的構材編號，所對應的高度為 $z_{A_f}$ ，所對應的面積為 $A_f$ 。						

表 2.7 女兒牆在南風作用下傳至主要風力抵抗系統的順風向風力

頂端高度(m)	單層高度(m)	迎風面受風面積( $m^2$ )	頂端風速壓地況係數	南向女兒牆		北向女兒牆		順風向風力(t)
				$q_p$ kgf/m <sup>2</sup>	$q_p(GC_{pn})$ kgf/m <sup>2</sup>	$q_p$ kgf/m <sup>2</sup>	$q_p(GC_{pn})$ kgf/m <sup>2</sup>	
119.6	1.2	45.6	1.52	198.91	358.04	198.91	-218.80	26.30

表 2.8 建築主體各層在南風作用下的橫風向風力與扭轉向風力(半年回歸期)

樓層名稱	各層形心高度 $z(m)$	各層高度 ( $m$ )	迎風面各層受 風面積( $m^2$ )	橫風向風力 ( $t$ )	扭轉向風力 ( $t-m$ )
34FL	116.75	3.30	125.40	3.77	27.84
33FL	113.45	3.30	125.40	3.66	27.06
32FL	110.15	3.30	125.40	3.55	26.27
31FL	106.85	3.30	125.40	3.45	25.48
30FL	103.55	3.30	125.40	3.34	24.69
29FL	100.25	3.30	125.40	3.23	23.91
28FL	96.95	3.30	125.40	3.13	23.12
27FL	93.65	3.30	125.40	3.02	22.33
26FL	90.35	3.30	125.40	2.92	21.55
25FL	87.05	3.30	125.40	2.81	20.76
24FL	83.75	3.30	125.40	2.70	19.97
23FL	80.45	3.30	125.40	2.60	19.19
22FL	77.15	3.30	125.40	2.49	18.40
21FL	73.85	3.30	125.40	2.38	17.61
20FL	70.55	3.30	125.40	2.28	16.82
19FL	67.25	3.30	125.40	2.17	16.04
18FL	63.95	3.30	125.40	2.06	15.25
17FL	60.65	3.30	125.40	1.96	14.46
16FL	57.35	3.30	125.40	1.85	13.68
15FL	54.05	3.30	125.40	1.74	12.89
14FL	50.75	3.30	125.40	1.64	12.10
13FL	47.45	3.30	125.40	1.53	11.32
12FL	44.15	3.30	125.40	1.42	10.53
11FL	40.85	3.30	125.40	1.32	9.74
10FL	37.55	3.30	125.40	1.21	8.95
9FL	34.25	3.30	125.40	1.11	8.17
8FL	30.95	3.30	125.40	1.00	7.38
7FL	27.65	3.30	125.40	0.89	6.59
6FL	24.35	3.30	125.40	0.79	5.81
5FL	21.05	3.30	125.40	0.68	5.02
4FL	17.50	3.80	144.40	0.65	4.81
3FL	13.50	4.20	159.60	0.55	4.10
2FL	9.30	4.20	159.60	0.38	2.82
1FL	3.60	7.20	273.60	0.25	1.87

表 2.9 建築主體外牆④區設計風壓隨高度之變化 單位 (kgf/m<sup>2</sup>)

各層形心 高度(m)	A = 1m <sup>2</sup>		A = 2m <sup>2</sup>		A = 5m <sup>2</sup>		A = 10m <sup>2</sup>		A = 20m <sup>2</sup>		A = 50m <sup>2</sup>	
	設計正 風壓	設計負 風壓	設計正 風壓	設計負 風壓	設計正 風壓	設計負 風壓	設計正 風壓	設計負 風壓	設計正 風壓	設計負 風壓	設計正 風壓	設計負 風壓
116.75	441.72	-444.31	441.72	-444.31	407.03	-421.21	380.80	-403.74	354.56	-386.26	319.87	-363.16
113.45	436.49	-444.31	436.49	-444.31	402.30	-421.21	376.43	-403.74	350.57	-386.26	316.38	-363.16
110.15	431.18	-444.31	431.18	-444.31	397.49	-421.21	372.00	-403.74	346.52	-386.26	312.83	-363.16
106.85	425.79	-444.31	425.79	-444.31	392.61	-421.21	367.51	-403.74	342.41	-386.26	309.23	-363.16
103.55	420.32	-444.31	420.32	-444.31	387.66	-421.21	362.95	-403.74	338.23	-386.26	305.57	-363.16
100.25	414.76	-444.31	414.76	-444.31	382.62	-421.21	358.31	-403.74	333.99	-386.26	301.85	-363.16
96.95	409.11	-444.31	409.11	-444.31	377.50	-421.21	353.59	-403.74	329.68	-386.26	298.08	-363.16
93.65	403.36	-444.31	403.36	-444.31	372.30	-421.21	348.80	-403.74	325.30	-386.26	294.23	-363.16
90.35	397.51	-444.31	397.51	-444.31	367.00	-421.21	343.92	-403.74	320.83	-386.26	290.32	-363.16
87.05	391.55	-444.31	391.55	-444.31	361.60	-421.21	338.94	-403.74	316.29	-386.26	286.34	-363.16
83.75	385.48	-444.31	385.48	-444.31	356.10	-421.21	333.88	-403.74	311.66	-386.26	282.28	-363.16
80.45	379.28	-444.31	379.28	-444.31	350.49	-421.21	328.71	-403.74	306.93	-386.26	278.14	-363.16
77.15	372.96	-444.31	372.96	-444.31	344.77	-421.21	323.44	-403.74	302.11	-386.26	273.91	-363.16
73.85	366.50	-444.31	366.50	-444.31	338.92	-421.21	318.05	-403.74	297.18	-386.26	269.59	-363.16
70.55	359.90	-444.31	359.90	-444.31	332.93	-421.21	312.54	-403.74	292.14	-386.26	265.18	-363.16
67.25	353.14	-444.31	353.14	-444.31	326.81	-421.21	306.90	-403.74	286.98	-386.26	260.66	-363.16
63.95	346.21	-444.31	346.21	-444.31	320.54	-421.21	301.12	-403.74	281.70	-386.26	256.03	-363.16
60.65	339.10	-444.31	339.10	-444.31	314.10	-421.21	295.18	-403.74	276.27	-386.26	251.27	-363.16
57.35	331.79	-444.31	331.79	-444.31	307.48	-421.21	289.09	-403.74	270.70	-386.26	246.39	-363.16
54.05	324.27	-444.31	324.27	-444.31	300.67	-421.21	282.82	-403.74	264.96	-386.26	241.36	-363.16
50.75	316.51	-444.31	316.51	-444.31	293.65	-421.21	276.35	-403.74	259.05	-386.26	236.18	-363.16
47.45	308.50	-444.31	308.50	-444.31	286.39	-421.21	269.67	-403.74	252.94	-386.26	230.83	-363.16
44.15	300.21	-444.31	300.21	-444.31	278.88	-421.21	262.75	-403.74	246.61	-386.26	225.28	-363.16
40.85	291.60	-444.31	291.60	-444.31	271.08	-421.21	255.56	-403.74	240.04	-386.26	219.53	-363.16
37.55	282.64	-444.31	282.64	-444.31	262.96	-421.21	248.08	-403.74	233.20	-386.26	213.53	-363.16
34.25	273.27	-444.31	273.27	-444.31	254.48	-421.21	240.27	-403.74	226.06	-386.26	207.27	-363.16
30.95	263.43	-444.31	263.43	-444.31	245.58	-421.21	232.07	-403.74	218.56	-386.26	200.70	-363.16
27.65	253.06	-444.31	253.06	-444.31	236.18	-421.21	223.41	-403.74	210.65	-386.26	193.77	-363.16
24.35	242.05	-444.31	242.05	-444.31	226.21	-421.21	214.23	-403.74	202.25	-386.26	186.41	-363.16
21.05	230.26	-444.31	230.26	-444.31	215.54	-421.21	204.40	-403.74	193.25	-386.26	178.53	-363.16
17.50	216.50	-444.31	216.50	-444.31	203.07	-421.21	192.91	-403.74	182.75	-386.26	169.32	-363.16
13.50	199.18	-444.31	199.18	-444.31	187.39	-421.21	178.47	-403.74	169.55	-386.26	157.75	-363.16
9.30	177.94	-444.31	177.94	-444.31	168.15	-421.21	160.74	-403.74	153.34	-386.26	143.55	-363.16
3.60	150.27	-444.31	150.27	-444.31	143.09	-421.21	137.66	-403.74	132.23	-386.26	125.05	-363.16

表 2.10 建築主體外牆⑤區設計風壓隨高度之變化 單位 (kgf/m<sup>2</sup>)

各層形心 高度(m)	A = 1m <sup>2</sup>		A = 2m <sup>2</sup>		A = 5m <sup>2</sup>		A = 10m <sup>2</sup>		A = 20m <sup>2</sup>		A = 50m <sup>2</sup>	
	設計正 風壓	設計負 風壓	設計正 風壓	設計負 風壓	設計正 風壓	設計負 風壓	設計正 風壓	設計負 風壓	設計正 風壓	設計負 風壓	設計正 風壓	設計負 風壓
116.75	441.72	-816.38	441.72	-816.38	407.03	-723.42	380.80	-653.10	354.56	-582.78	319.87	-489.83
113.45	436.49	-816.38	436.49	-816.38	402.30	-723.42	376.43	-653.10	350.57	-582.78	316.38	-489.83
110.15	431.18	-816.38	431.18	-816.38	397.49	-723.42	372.00	-653.10	346.52	-582.78	312.83	-489.83
106.85	425.79	-816.38	425.79	-816.38	392.61	-723.42	367.51	-653.10	342.41	-582.78	309.23	-489.83
103.55	420.32	-816.38	420.32	-816.38	387.66	-723.42	362.95	-653.10	338.23	-582.78	305.57	-489.83
100.25	414.76	-816.38	414.76	-816.38	382.62	-723.42	358.31	-653.10	333.99	-582.78	301.85	-489.83
96.95	409.11	-816.38	409.11	-816.38	377.50	-723.42	353.59	-653.10	329.68	-582.78	298.08	-489.83
93.65	403.36	-816.38	403.36	-816.38	372.30	-723.42	348.80	-653.10	325.30	-582.78	294.23	-489.83
90.35	397.51	-816.38	397.51	-816.38	367.00	-723.42	343.92	-653.10	320.83	-582.78	290.32	-489.83
87.05	391.55	-816.38	391.55	-816.38	361.60	-723.42	338.94	-653.10	316.29	-582.78	286.34	-489.83
83.75	385.48	-816.38	385.48	-816.38	356.10	-723.42	333.88	-653.10	311.66	-582.78	282.28	-489.83
80.45	379.28	-816.38	379.28	-816.38	350.49	-723.42	328.71	-653.10	306.93	-582.78	278.14	-489.83
77.15	372.96	-816.38	372.96	-816.38	344.77	-723.42	323.44	-653.10	302.11	-582.78	273.91	-489.83
73.85	366.50	-816.38	366.50	-816.38	338.92	-723.42	318.05	-653.10	297.18	-582.78	269.59	-489.83
70.55	359.90	-816.38	359.90	-816.38	332.93	-723.42	312.54	-653.10	292.14	-582.78	265.18	-489.83
67.25	353.14	-816.38	353.14	-816.38	326.81	-723.42	306.90	-653.10	286.98	-582.78	260.66	-489.83
63.95	346.21	-816.38	346.21	-816.38	320.54	-723.42	301.12	-653.10	281.70	-582.78	256.03	-489.83
60.65	339.10	-816.38	339.10	-816.38	314.10	-723.42	295.18	-653.10	276.27	-582.78	251.27	-489.83
57.35	331.79	-816.38	331.79	-816.38	307.48	-723.42	289.09	-653.10	270.70	-582.78	246.39	-489.83
54.05	324.27	-816.38	324.27	-816.38	300.67	-723.42	282.82	-653.10	264.96	-582.78	241.36	-489.83
50.75	316.51	-816.38	316.51	-816.38	293.65	-723.42	276.35	-653.10	259.05	-582.78	236.18	-489.83
47.45	308.50	-816.38	308.50	-816.38	286.39	-723.42	269.67	-653.10	252.94	-582.78	230.83	-489.83
44.15	300.21	-816.38	300.21	-816.38	278.88	-723.42	262.75	-653.10	246.61	-582.78	225.28	-489.83
40.85	291.60	-816.38	291.60	-816.38	271.08	-723.42	255.56	-653.10	240.04	-582.78	219.53	-489.83
37.55	282.64	-816.38	282.64	-816.38	262.96	-723.42	248.08	-653.10	233.20	-582.78	213.53	-489.83
34.25	273.27	-816.38	273.27	-816.38	254.48	-723.42	240.27	-653.10	226.06	-582.78	207.27	-489.83
30.95	263.43	-816.38	263.43	-816.38	245.58	-723.42	232.07	-653.10	218.56	-582.78	200.70	-489.83
27.65	253.06	-816.38	253.06	-816.38	236.18	-723.42	223.41	-653.10	210.65	-582.78	193.77	-489.83
24.35	242.05	-816.38	242.05	-816.38	226.21	-723.42	214.23	-653.10	202.25	-582.78	186.41	-489.83
21.05	230.26	-816.38	230.26	-816.38	215.54	-723.42	204.40	-653.10	193.25	-582.78	178.53	-489.83
17.50	216.50	-816.38	216.50	-816.38	203.07	-723.42	192.91	-653.10	182.75	-582.78	169.32	-489.83
13.50	199.18	-816.38	199.18	-816.38	187.39	-723.42	178.47	-653.10	169.55	-582.78	157.75	-489.83
9.30	177.94	-816.38	177.94	-816.38	168.15	-723.42	160.74	-653.10	153.34	-582.78	143.55	-489.83
3.60	150.27	-816.38	150.27	-816.38	143.09	-723.42	137.66	-653.10	132.23	-582.78	125.05	-489.83

表 2.11 建築主體屋頂的設計風壓

單位 (kgf/m<sup>2</sup>)

A (m <sup>2</sup> )	①區	②區	③區
	設計負風壓	設計負風壓	設計負風壓
1.00	-652.11	-1022.20	-1022.20
2.00	-615.29	-971.01	-971.01
5.00	-566.62	-903.33	-903.33
10.00	-529.80	-852.13	-852.13
20.00	-492.98	-800.93	-800.93
50.00	-444.31	-733.25	-733.25

表 2.12 女兒牆正面的設計風壓

單位 (kgf/m<sup>2</sup>)

A (m <sup>2</sup> )	④區		⑤區	
	設計正風壓	設計負風壓	設計正風壓	設計負風壓
1.00	446.55	-446.55	446.55	-820.50
2.00	446.55	-446.55	446.55	-820.50
5.00	411.45	-423.34	411.45	-727.08
10.00	384.89	-405.78	384.89	-656.40
20.00	358.33	-388.21	358.33	-585.73
50.00	323.23	-365.00	323.23	-492.30

表 2.13 女兒牆背面的設計風壓

單位 (kgf/m<sup>2</sup>)

A (m <sup>2</sup> )	設計正風壓	設計負風壓
1.00	446.55	-1022.20
2.00	446.55	-971.01
5.00	411.45	-903.33
10.00	384.89	-852.13
20.00	358.33	-800.93
50.00	323.23	-733.25

表 2.14 屋凸外牆的設計風壓

單位 (kgf/m<sup>2</sup>)

區域	④區與⑤區	
A (m <sup>2</sup> )	設計正風壓	設計負風壓
1.00	454.51	-454.51
2.00	454.51	-454.51
5.00	418.78	-430.88
10.00	391.75	-413.01
20.00	364.72	-395.13
50.00	328.99	-371.50

表 2.15 屋凸屋頂的設計風壓

單位 (kgf/m<sup>2</sup>)

區域	①區、②區與③區
A (m <sup>2</sup> )	設計負風壓
1.00	-667.09
2.00	-629.42
5.00	-579.63
10.00	-541.97
20.00	-504.30
50.00	-454.51

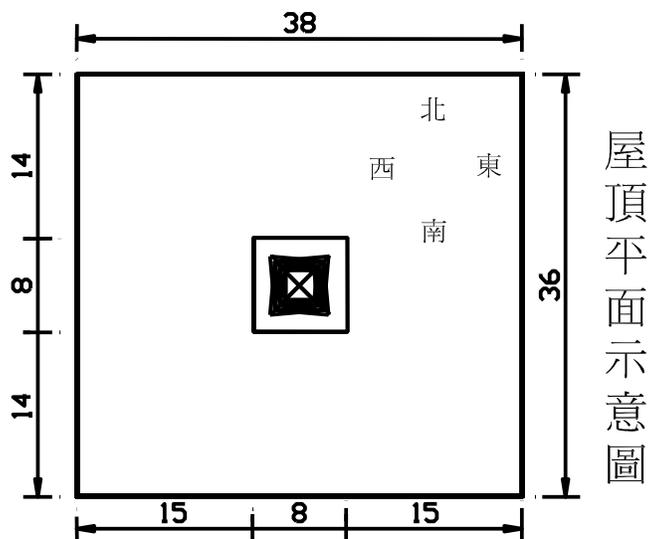


圖 2.1 建築物屋頂平面示意圖 單位 (m)

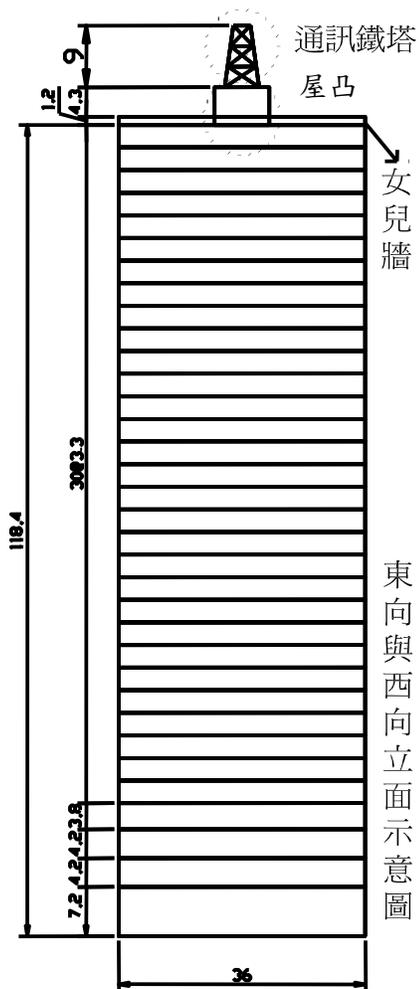


圖 2.2 建築物東向與西向立面示意圖

單位 (m)

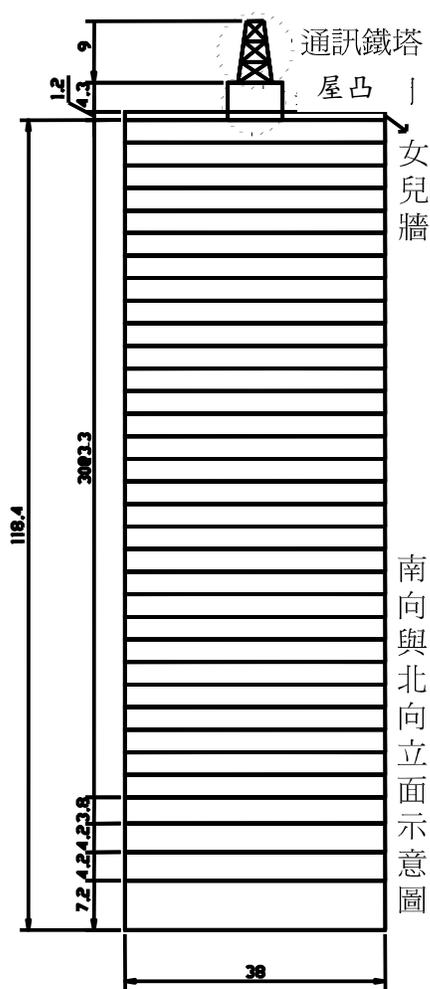


圖 2.3 建築物南向與北向立面示意圖

單位 (m)

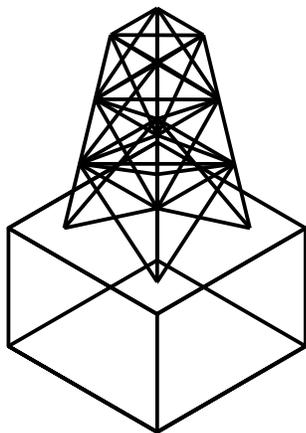


圖 2.4 屋凸與通訊鐵塔立面示意圖

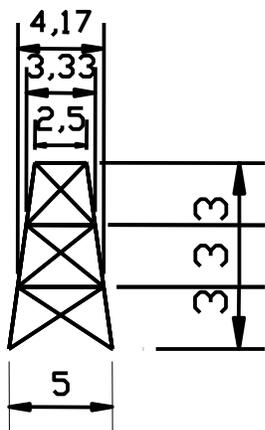


圖 2.5 通訊鐵塔各面示意圖 單位 (m)

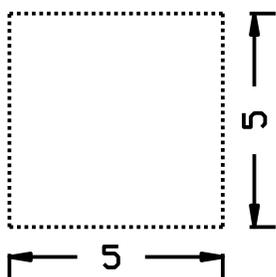


圖 2.6 通訊鐵塔底部平面示意圖 單位 (m)

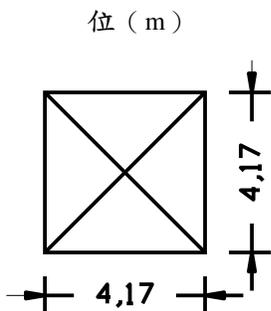


圖 2.7 自屋凸頂往上 3m 之通訊鐵塔平面示意圖 單位 (m)

面示意圖 單位 (m)

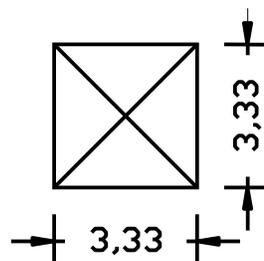


圖 2.8 自屋凸頂往上 6m 之通訊鐵塔平面示意圖 單位 (m)

面示意圖 單位 (m)

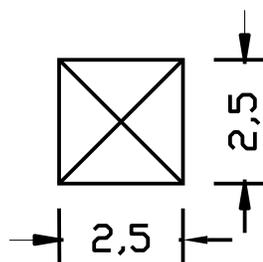


圖 2.9 通訊鐵塔頂部平面示意圖 單位 (m)

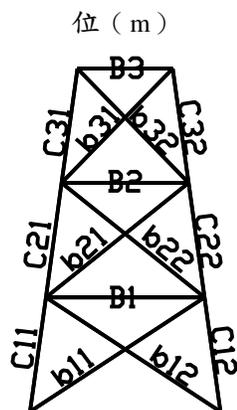


圖 2.10 通訊鐵塔構材編號

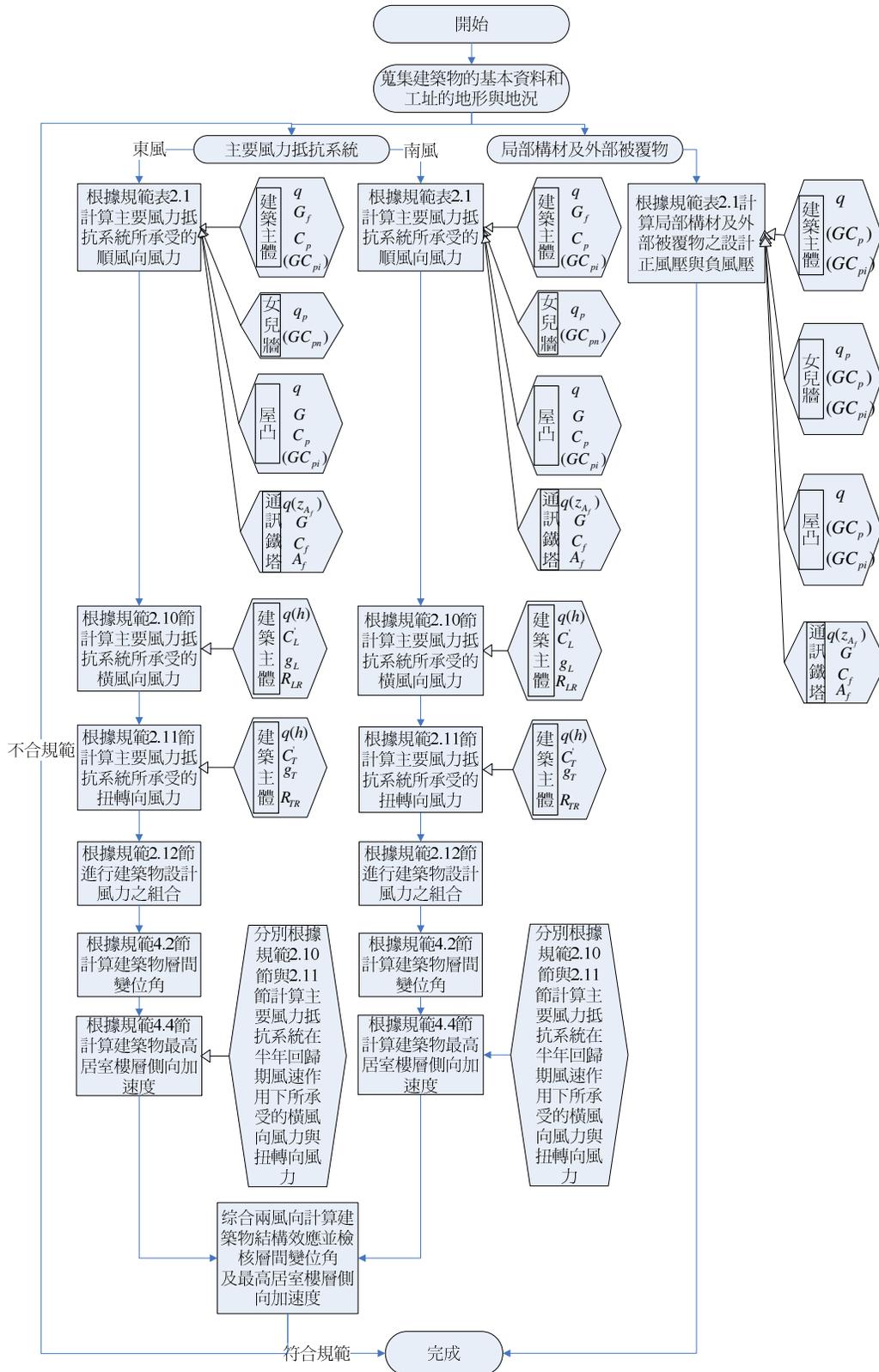


圖 2.11 第二章案例的計算流程圖

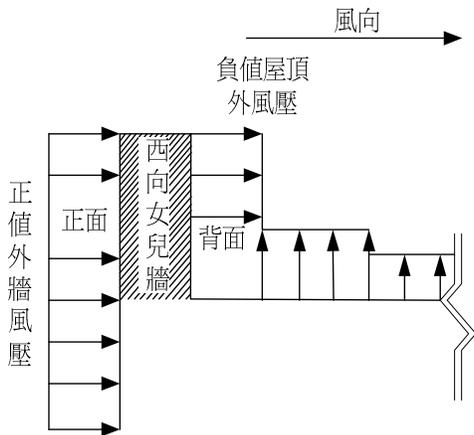


圖 2.12 女兒牆在西風作用下外風壓分布示意圖

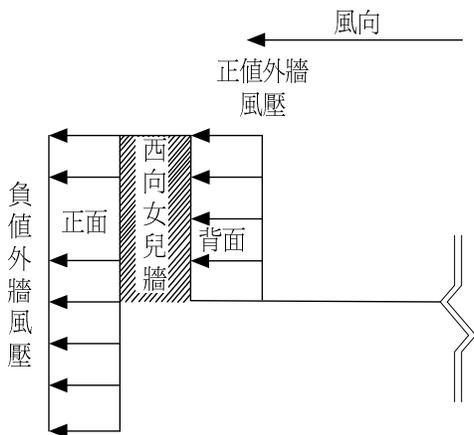


圖 2.13 女兒牆在東風作用下外風壓分布示意圖

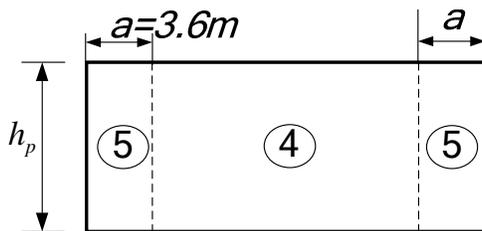


圖 2.14 女兒牆正面各區示意圖



## 第三章 低層建築物耐風設計之示範例

### 3.1 案例與基本參數之描述

#### 案例描述

本案例中，低層建築物和工址的基本資料分別說明如下；而低層建築物屋頂平面示意圖、低層建築物東西向與附近地形的立面示意圖和低層建築物南北向與附近地形的立面示意圖分別如圖 3.1、圖 3.2 和圖 3.3 所示。

#### 低層建築物的基本資料

屋頂形式：山形斜屋頂

總樓層數：3 樓

尺寸：水平面積 8.5m×11.5m

屋簷高度 9.9m

屋脊高度 10.6m

屋頂之斜角 9.35°

水平向基本自然頻率：東西向基本自然頻率  $f_{EW} = 1.8\text{Hz}$  (0.556s)

南北向基本自然頻率  $f_{SN} = 2.4\text{Hz}$  (0.416s)

扭轉向基本自然頻率：  $f_t = 3.1\text{Hz}$  (0.323s)

建物用途：一般（第五類建築物）

外牆的總面積：東向外牆的總面積  $A_{Eg} = 11.5 \times 9.9 = 113.85\text{m}^2$

西向外牆的總面積  $A_{Wg} = 11.5 \times 9.9 = 113.85\text{m}^2$

南向外牆的總面積  $A_{Sg} = 8.5 \times 9.9 + 0.7 \times 4.25 = 87.125\text{m}^2$

北向外牆的總面積  $A_{Ng} = 8.5 \times 9.9 + 0.7 \times 4.25 = 87.125\text{m}^2$

屋頂的總面積：東向屋頂的總面積  $A_{ERg} = 11.5 \times \sqrt{(0.7^2 + 4.25^2)} = 49.53\text{m}^2$

西向屋頂的總面積  $A_{WRg} = 11.5 \times \sqrt{(0.7^2 + 4.25^2)} = 49.53\text{m}^2$

### 工址的地況與地形

座落：台北縣新店市

各風向地況：皆屬地況 C 的平坦開闊地面

附近地形：工址位於對稱的獨立山丘之頂點

因本案例建築物外型在東西和南北等兩向皆為對稱，故考慮的風速作用方向為建築物東方與南方，亦即東風（風從東往西吹）與南風（風從南往北吹）。以下將計算此建築物主要風力抵抗系統所受的風力與局部構材及外部被覆物之設計風壓，並依循計算步驟逐一詳細地說明其計算細節，附上相關的計算流程圖，使讀者更易於掌握設計流程。

### 基本參數

建築物之平均屋頂高度  $h$ ：根據圖 3.2， $h = \frac{9.9+10.6}{2} = 10.25\text{m}$ 。

結構阻尼比  $\beta$ ： $\beta = 0.01$ 。

地況 C 的相關參數：根據規範查表 2.2，在地況 C 的條件下  $\alpha = 0.15$ ；

$z_g = 300\text{m}$ ； $\bar{b} = 0.94$ ； $c = 0.2$ ； $\ell = 152\text{m}$ ； $\bar{\varepsilon} = 0.2$ ； $z_{\min} = 4.5\text{m}$ 。

地形：為獨立山丘

基本設計風速  $V_{10}(C)$ ：根據規範 2.4 節，新店市基本設計風速  $V_{10}(C)$  為  $37.5\text{m/s}$ 。

用途係數  $I$ ：根據規範 2.5 節，第五類建築物的用途係數  $I = 1.0$ 。

扭轉向基本自然頻率  $f_t$ ： $f_t = 3.1\text{Hz}$ 。

## 3.2 計算流程圖

本案例中所對應相關的計算流程圖如圖 3.4 所示。

## 3.3 主要風力抵抗系統在東風作用下之設計風力

列出計算時所需的基本參數

垂直於風向之建築物水平尺寸  $B$ ：根據圖 3.1， $B = 11.5\text{m}$ 。

平行於風向之建築物水平尺寸  $L$ ：根據圖 3.1， $L = 8.5\text{m}$ 。

順風向基本自然頻率  $f_n$ ：根據圖 3.1， $f_n = f_{EW} = 1.8\text{Hz}$ 。

橫風向基本自然頻率  $f_a$ ：根據圖 3.1， $f_a = f_{SN} = 2.4\text{Hz}$ 。

獨立山丘之高度  $H$ ：根據圖 3.2， $H = 90\text{m}$ 。

#### 判斷是否屬於開放式建築物

根據美國規範 ASCE 7-02，在颱風或颶風區內，考慮約 18.3m 以下之玻璃都有可能受到隨風飛散物的撞擊而成為開口，因此，東向外牆之可能總開口面積  $A_E \leq 10\text{m}^2$ ，而  $10\text{m}^2$  為 18.3m 以下東向外牆總玻璃面積；西向外牆之可能總開口面積  $A_W \leq 8\text{m}^2$ ，而  $8\text{m}^2$  為 18.3m 以下西向外牆總玻璃面積；南向外牆之可能總開口面積  $A_S \leq 14\text{m}^2$ ，而  $14\text{m}^2$  為 18.3m 以下南向外牆總玻璃面積；北向外牆之可能總開口面積  $A_N \leq 6\text{m}^2$ ，而  $6\text{m}^2$  為 18.3m 以下北向外牆總玻璃面積。

計算受正值外風壓牆面總面積  $A_g$  和該牆面總開口面積  $A_0$  如下：

$$\text{東向牆面之 } A_0 = A_E < 0.8A_g = 0.8A_{Eg} = 0.8 \times 113.85 = 91.08\text{m}^2$$

$$\text{西向牆面之 } A_0 = A_W < 0.8A_g = 0.8A_{Wg} = 0.8 \times 113.85 = 91.08\text{m}^2$$

$$\text{南向牆面之 } A_0 = A_S < 0.8A_g = 0.8A_{Sg} = 0.8 \times 87.125 = 69.7\text{m}^2$$

$$\text{北向牆面之 } A_0 = A_N < 0.8A_g = 0.8A_{Ng} = 0.8 \times 87.125 = 69.7\text{m}^2$$

計算結果顯示，建築物每一方向的牆面皆無法滿足  $A_0 \geq 0.8A_g$ ，根據規範 1.3 節，本建築物不屬於開放式建築物。

#### 判斷是否屬於部份封閉式建築物

根據規範 1.3 節中部分封閉式建築物定義，計算受正值外風壓牆面總面

積  $A_g$ 、該牆面總開口面積  $A_0$ 、各牆面（含屋頂，不含  $A_g$ ）之總面積  $A_{gi}$  和各牆面（含屋頂，不含  $A_0$ ）之總開口面積  $A_{0i}$ 。工程師應根據實際之狀況來判斷各向外牆與屋頂之開口面積，以下，本例假設建築物在東風作用下，18.3m 以下之迎風面牆（亦即東向外牆）玻璃有 10% 破損而造成開口，而其它外牆與屋頂沒有任何開口：

$$A_0 = 10 \times 0.1 = 1\text{m}^2 > 1.10A_{0i} = 1.10 \times 0 = 0\text{m}^2$$

$$A_0 = 1\text{m}^2 > \min(0.37\text{m}^2, 0.01A_g) = \min(0.37\text{m}^2, 0.01A_{Eg}) = 0.37\text{m}^2$$

$$\frac{A_{0i}}{A_{gi}} = \frac{0}{A_{Wg} + A_{Sg} + A_{Ng} + A_{ERg} + A_{WRg}} = \frac{0}{387.16} = 0 \leq 0.20$$

計算結果顯示，建築物同時滿足 (1)  $A_0 > 1.10A_{0i}$ ，(2)  $A_0 > 0.37\text{m}^2$  或  $0.01A_g$

(二者取最小)，(3)  $\frac{A_{0i}}{A_{gi}} \leq 0.20$ ，根據規範 1.3 節，本建築物屬於部分封閉

式建築物。接下來，根據規範第二章，計算主要風力抵抗系統所應承受之設計風力。

### 3.3.1 低層建築物所受的順風向風力

根據規範 2.2 節到 2.9 節，計算低層建築物所應承受之順風向風力。

#### 計算風速壓

根據規範式 (2.7)，風速壓地況係數  $K(z)$ ：

$$\begin{aligned} K(z) &= 2.774 \left( \frac{z}{z_g} \right)^{2\alpha} ; z > 5\text{m} \\ &= 2.774 \left( \frac{5}{z_g} \right)^{2\alpha} ; z \leq 5\text{m} \end{aligned}$$

根據規範式 (2.8)，地形係數  $K_{zt}$ ：

根據圖 3.2，獨立山丘之高度  $H = 90\text{m}$ 。 $H$  大於兩倍上風側 3.22 公里內地形高度，且大於 4.5 公尺（地況 C），且此獨立山丘在上風側  $100H = 9000\text{m}$  或 3.22 公里（兩者取小值）內沒有類似高度之障礙物，

且  $\frac{H}{L_h} = \frac{90}{200} = 0.45 \geq 0.2$  (其中獨立山丘之水平尺寸  $L_h = 200\text{m}$ )。根據

規範 2.6 節之解說的附表，計算地況 C 下山丘之  $K_1 = \frac{H}{L_h} \cdot 1.05 = 0.4725$ 。

根據圖 3.2，建築物位於山丘之頂點，故  $x = 0\text{m}$ ，根據規範式 (C2.9)，

計算所對應山丘之  $K_2 = \left(1 - \frac{|x|}{\mu L_h}\right) = \left(1 - \frac{0}{\mu \times 200}\right) = 1$ 。根據規範 2.6 節之

解說的附表，山丘之  $\gamma = 4$ ，根據規範式 (C2.10)，計算所對應山丘之

$K_3 = e^{-\gamma z/L_h} = e^{-4z/200} = e^{-0.02z}$ 。則  $K_{zt}$  可依下式計算：

$$K_{zt} = (1 + K_1 K_2 K_3)^2 = (1 + 0.4725 \times 1 \times e^{-0.02z})^2$$

也可採用規範表 2.3 (a)、2.3 (b) 與 2.3 (c) 作線性內插決定  $K_1$ 、 $K_2$  與  $K_3$ 。

根據規範式 (2.6)，離地面  $z$  公尺高度之風速壓  $q(z)$ ：

$$\begin{aligned} z > 5\text{m} : q(z) &= 0.06 K(z) K_{zt} [I V_{10}(C)]^2 \\ &= 0.06 \times 2.774 \left(\frac{z}{300}\right)^{2 \times 0.15} \times (1 + 0.4725 \times 1 \times e^{-0.02z})^2 \times [1 \times 37.5]^2 \\ &= 234.056 \left(\frac{z}{300}\right)^{0.3} \times (1 + 0.4725 \times 1 \times e^{-0.02z})^2 \text{ kgf/m}^2 \\ z \leq 5\text{m} : q(z) &= 0.06 K(z) K_{zt} [I V_{10}(C)]^2 \\ &= 0.06 \times 2.774 \left(\frac{5}{300}\right)^{2 \times 0.15} \times (1 + 0.4725 \times 1 \times e^{-0.02z})^2 \times [1 \times 37.5]^2 \\ &= 68.53 \times (1 + 0.4725 \times 1 \times e^{-0.02z})^2 \text{ kgf/m}^2 \end{aligned}$$

根據規範 2.2 節，需計算離地面  $z = h$  公尺高度之風速壓  $q(h)$ ：

$$q(h) = q(z = h) = 234.056 \left(\frac{10.25}{300}\right)^{0.3} \times (1 + 0.4725 \times 1 \times e^{-0.02(10.25)})^2 = 163.02 \text{ kgf/m}^2$$

### 計算陣風反應因子

建築物之  $f_n = 1.8\text{Hz} \geq 1\text{Hz}$ ，根據規範 1.3 節，建築物屬普通建築物，

因此，須計算普通建築物之陣風反應因子  $G$ 。

根據規範式 (2.12)，紊流積分尺度  $L_{\bar{z}}$ ：

$$L_{\bar{z}} = \ell(\bar{z}/10)^{\bar{e}} = 152(6.15/10)^{0.20} = 137.92\text{m}$$

$$\text{其中，}\bar{z} = \max(0.6 \times h, z_{\min}) = \max(0.6 \times 10.25, 4.5) = 6.15\text{m}$$

根據規範式 (2.10) 與式 (2.11)，紊流強度  $I_{\bar{z}}$  與背景反應  $Q$ ：

$$I_{\bar{z}} = c(10/\bar{z})^{1/6} = 0.2(10/6.15)^{1/6} = 0.22$$

$$Q = \sqrt{\frac{1}{1+0.63\left(\frac{B+h}{L_{\bar{z}}}\right)^{0.63}}} = \sqrt{\frac{1}{1+0.63\left(\frac{11.5+10.25}{137.92}\right)^{0.63}}} = 0.91$$

根據規範式 (2.9)，普通建築物之陣風反應因子  $G$ ：

$$G = 1.927\left(\frac{1+1.7g_Q I_{\bar{z}} Q}{1+1.7g_V I_{\bar{z}}}\right) = 1.927\left(\frac{1+1.7 \times 3.4 \times 0.22 \times 0.91}{1+1.7 \times 3.4 \times 0.22}\right) = 1.83$$

其中，根據規範式 (2.9) 的下一行，背景反應尖峰因子  $g_Q$  和風速尖峰因子  $g_V$  均可取 3.4。

### 計算外風壓係數

根據規範表 2.4，牆之外風壓係數  $C_p$ ：

所屬牆面為迎風面（東向牆面）， $C_p = 0.8$ 。

所屬牆面為背風面（西向牆面）， $L/B = 8.5/11.5 = 0.74$ ， $C_p = -0.5$ 。

根據規範表 2.5，屋頂之外風壓係數  $C_p$ ：

東風作用下風向垂直於屋脊， $h/L = 10.25/8.5 = 1.21$ ，屋頂與水平面所夾的角度  $\theta = 9.35^\circ$ 。當  $h/L = 1.21$  且  $\theta = 0^\circ$  所對應的  $C_p = -0.7$ ；本文認為當  $h/L > 0.3$  且  $\theta = 10^\circ \sim 15^\circ$  時，所對應的  $C_p = -0.9$ ，因此， $h/L = 1.21$  且  $\theta = 10^\circ \sim 15^\circ$  對應的  $C_p = -0.9$ 。 $\theta = 9.35^\circ$  介於  $\theta = 0^\circ$  到

$\theta = 10^\circ \sim 15^\circ$  之間，則屋頂迎風面之  $C_p = -0.89$ ，而屋頂背風面之

$$C_p = -0.7。$$

### 計算內風壓係數

根據規範表 2.17，內風壓係數( $GC_{pi}$ )：

部分封閉式建築物，( $GC_{pi}$ ) = +1.146 或 -1.146。

### 計算設計風壓

根據規範式 (2.1)，封閉式之建築物所應承受之設計風壓  $p$ ：

$$p = qGC_p - q_i(GC_{pi})$$

#### 樓層設計風壓

##### 迎風面牆

$$\begin{aligned} z > 5\text{m}: p(z) &= q(z)GC_p - q(h)(GC_{pi}) \\ &= 234.056 \left( \frac{z}{300} \right)^{0.3} \times (1 + 0.4725 \times 1 \times e^{-0.02z})^2 \times 1.83 \times 0.8 \\ &\quad - 163.02 \times (\pm 1.146) \text{kgf/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z \leq 5\text{m}: p(z) &= q(z)GC_p - q(h)(GC_{pi}) \\ &= 68.53 \times (1 + 0.4725 \times 1 \times e^{-0.02z})^2 \times 1.83 \times 0.8 \\ &\quad - 163.02 \times (\pm 1.146) \text{kgf/m}^2 \end{aligned}$$

迎風面牆各層之設計風力 = 迎風面牆各層形心高度所對應之設計風壓 × 對應的迎風面牆各層之受風面積。

##### 背風面牆

$$\begin{aligned} p(z) &= q(h)GC_p - q(h)(GC_{pi}) \\ &= 163.02 \times 1.83 \times (-0.5) - 163.02 \times (\pm 1.146) \text{kgf/m}^2 \end{aligned}$$

背風面牆各層之設計風力 = 背風面牆之設計風壓 × 背風面牆各層之受風面積。

各層順風向風力=迎風面牆各層之設計風力－背風面牆各層之設計風力，低層建築物在東風作用下的順風向風力如表 3.1 所示。

### 屋頂設計風壓

迎風面屋頂

$$p(z) = q(h)GC_p - q(h)(GC_{pi})$$

$$= 163.02 \times 1.83 \times (-0.89) - 163.02 \times (\pm 1.146) = \begin{pmatrix} -453.06 \\ -79.41 \end{pmatrix} \text{kgf/m}^2$$

$$\text{迎風面屋頂之設計風力} = \begin{pmatrix} -453.06 \\ -79.41 \end{pmatrix} \times A_{ERg} = \begin{pmatrix} -22440.06 \\ -3933.18 \end{pmatrix} \text{kgf}，$$

此力量作用方向是垂直於斜屋頂，因此，必須乘上  $\sin \theta$  來求得迎風

$$\text{面屋頂之順風向風力} = \begin{pmatrix} -22440.06 \\ -3933.18 \end{pmatrix} \times \sin \theta = \begin{pmatrix} -3645.95 \\ -639.01 \end{pmatrix} \text{kgf}。$$

背風面屋頂

$$p(z) = q(h)GC_p - q(h)(GC_{pi})$$

$$= 163.02 \times 1.83 \times (-0.7) - 163.02 \times (\pm 1.146) = \begin{pmatrix} -396.22 \\ -22.57 \end{pmatrix} \text{kgf/m}^2$$

$$\text{背風面屋頂之設計風力} = \begin{pmatrix} -396.22 \\ -22.57 \end{pmatrix} \times A_{WRg} = \begin{pmatrix} -19624.78 \\ -1117.89 \end{pmatrix} \text{kgf}，$$

此力量作用方向是垂直於斜屋頂，因此，必須乘上  $\sin \theta$  來求得背風

$$\text{面屋頂之順風向風力} = \begin{pmatrix} -19624.78 \\ -1117.89 \end{pmatrix} \times \sin \theta = \begin{pmatrix} -3188.57 \\ -181.63 \end{pmatrix} \text{kgf}。$$

屋頂之順風向風力=迎風面屋頂之順風向風力－背風面屋頂之順風向風力。低層建築物在東風作用下的順風向風力如表 3.1 所示。

### 3.3.2 低層建築物所受的橫風向風力

因為規範是針對近似規則矩形柱體來計算橫風向風力，因此，本文建議在求建築物(斜屋頂)所受的橫風向風力時，最好能參考相關專業規範。低層建築物之屋頂與水平面所夾的角度  $\theta$  很小，故本例假設此低層建築物近似規

則矩形柱體。以下，根據規範 2.10 節，計算低層建築物所應承受之橫風向風力。

判斷是否滿足規範式 (2.21) 之使用條件

根據日本風力規範 (AIJ) 之解說，規範式 (2.21) 適用於  $h/\sqrt{BL} \leq 6$ ， $0.2 \leq L/B \leq 5$ 。建築物細長比  $h/\sqrt{BL} = 10.25/\sqrt{11.5 \times 8.5} = 1.04 \leq 6$ ，斷面深寬比  $L/B = 8.5/11.5 = 0.74$  介於 0.2 至 5 之間。因此，滿足規範式 (2.21) 之使用條件。

判斷是否會產生共振及空氣動力不穩定現象

$h/\sqrt{BL} = 1.04 < 4$ ，根據規範 2.10 節，不會產生共振及空氣動力不穩定現象。

計算橫風向尖峰因子  $g_L$  與  $C'_L$

$$g_L = \sqrt{2 \ln(600 f_a)} + 1.2 = \sqrt{2 \ln(600 \times 2.4)} + 1.2 = 3.97$$

$$\begin{aligned} C'_L &= 0.0082(L/B)^3 - 0.071(L/B)^2 + 0.22(L/B) \\ &= 0.0082(8.5/11.5)^3 - 0.071(8.5/11.5)^2 + 0.22(8.5/11.5) = 0.13 \end{aligned}$$

計算橫風向共振因子  $R_{LR}$

根據規範 2.6 節之解說，計算高度為  $z = h$  處之風速  $V_h$ ：

$$V_{z=h} = V_h = 1.666 V_{10}(C)(h/z_g)^\alpha = 1.666 \times 37.5 \times (10.25/300)^{0.15} = 37.65 \text{ m/s}$$

$$\text{橫風向無因次頻率 } n^* = \frac{f_a B}{V_h} = \frac{2.4 \times 11.5}{37.65} = 0.73$$

斷面深寬比  $L/B = 8.5/11.5 = 0.74 < 3$ ， $S = 1$

$$n_1 = \frac{0.12}{\left[1 + 0.38 \left(\frac{L}{B}\right)^2\right]^{0.89}} = \frac{0.12}{\left[1 + 0.38 \left(\frac{8.5}{11.5}\right)^2\right]^{0.89}} = 0.10$$

$$\begin{aligned}\beta_1 &= \frac{\left(\frac{L}{B}\right)^4}{1.1\left(\frac{L}{B}\right)^4 - 1.7\left(\frac{L}{B}\right)^2 + 21} + \frac{0.12}{\left(\frac{L}{B}\right)} \\ &= \frac{\left(\frac{8.5}{11.5}\right)^4}{1.1\left(\frac{8.5}{11.5}\right)^4 - 1.7\left(\frac{8.5}{11.5}\right)^2 + 21} + \frac{0.12}{\left(\frac{8.5}{11.5}\right)} = 0.18\end{aligned}$$

$$\bar{k}_1 = 0.85$$

橫風向風力頻譜值  $S_L(n^*)$  :

$$\begin{aligned}S_L(n^*) &= \sum_{j=1}^s \frac{4\bar{k}_j(1+0.6\beta_j)\beta_j}{\pi} \frac{\left(\frac{n^*}{n_j}\right)^2}{\left[1 - \left(\frac{n^*}{n_j}\right)^2\right]^2 + 4\beta_j^2\left(\frac{n^*}{n_j}\right)^2} \\ &= \sum_{j=1}^{s=1} \frac{4\bar{k}_1(1+0.6\beta_1)\beta_1}{\pi} \frac{\left(\frac{n^*}{n_1}\right)^2}{\left[1 - \left(\frac{n^*}{n_1}\right)^2\right]^2 + 4\beta_1^2\left(\frac{n^*}{n_1}\right)^2} \\ &= \frac{4 \times 0.85(1+0.6 \times 0.18)0.18}{\pi} \frac{\left(\frac{0.73}{0.10}\right)^2}{\left[1 - \left(\frac{0.73}{0.10}\right)^2\right]^2 + 4 \times 0.18^2 \times \left(\frac{0.73}{0.10}\right)^2} \\ &= 0.0042\end{aligned}$$

$$\text{橫風向共振因子 } R_{LR} = \frac{\pi S_L(n^*)}{4} = \frac{\pi \times 0.0042}{4} = 0.0033 \text{ 。}$$

### 計算橫風向風力

根據規範式 (2.21)，矩形斷面建築物 Z 處高度橫風向風力  $W_{Lz}$  :

$$\begin{aligned}W_{Lz} &= 3q(h)C_L' A_z \frac{Z}{h} g_L \sqrt{1 + \frac{1}{\beta} R_{LR}} \\ &= 3 \times 163.02 \times 0.13 \times A_z \times \frac{Z}{10.25} \times 3.97 \sqrt{1 + \frac{1}{0.01} \times 0.0033} \\ &= 28.40 A_z \times Z \text{ kgf}\end{aligned}$$

其中， $A_z$  為高度  $z$  處迎風面面積。低層建築物在東風作用下的橫風向風力如表 3.1 所示。

### 3.3.3 低層建築物所受的扭轉向風力

因為規範是針對近似規則矩形柱體來計算扭轉向風力，因此，本文建議在求建築物(斜屋頂)所受的扭轉向風力時，最好能參考相關專業規範。低層建築物之屋頂與水平面所夾的角度  $\theta$  很小，故本例假設此低層建築物近似規則矩形柱體。以下，根據規範 2.11 節，計算低層建築物所應承受之扭轉向風力。

判斷是否滿足規範式 (2.22) 之使用條件

根據日本風力規範 (AIJ) 之解說，規範式 (2.22) 適用於  $h/\sqrt{BL} \leq 6$ ， $0.2 \leq L/B \leq 5$ 。建築物細長比  $h/\sqrt{BL} = 10.25/\sqrt{11.5 \times 8.5} = 1.04 \leq 6$ ，斷面深寬比  $L/B = 8.5/11.5 = 0.74$  介於 0.2 至 5 之間，因此，滿足規範式 (2.22) 之使用條件。

計算扭轉向尖峰因子  $g_T$  與  $C_T'$

$$g_T = \sqrt{2 \ln(600f_t) + 1.2} = \sqrt{2 \ln(600 \times 3.1) + 1.2} = 4.03$$

$$C_T' = \left[ 0.0066 + 0.015 \left( \frac{L}{B} \right)^2 \right]^{0.78} = \left[ 0.0066 + 0.015 \left( \frac{8.5}{11.5} \right)^2 \right]^{0.78} = 0.04$$

計算扭矩共振因子  $R_{TR}$

$$\text{無因次風速 } U^* = \frac{V_h}{f_t \sqrt{BL}} = \frac{37.65}{3.1 \sqrt{11.5 \times 8.5}} = 1.23$$

$$L_{BL} = \max(B, L) = \max(11.5, 8.5) = 11.5 \text{ m}$$

$$K_T = \frac{-1.1\left(\frac{L}{B}\right) + 0.97}{\left(\frac{L}{B}\right)^2 + 0.85\left(\frac{L}{B}\right) + 3.3} + 0.17 = \frac{-1.1\left(\frac{8.5}{11.5}\right) + 0.97}{\left(\frac{8.5}{11.5}\right)^2 + 0.85\left(\frac{8.5}{11.5}\right) + 3.3} + 0.17$$

$$= 0.21$$

$$\beta_T = \frac{\left(\frac{L}{B}\right) + 3.6}{\left(\frac{L}{B}\right)^2 - 5.1\left(\frac{L}{B}\right) + 9.1} + \frac{0.14}{\left(\frac{L}{B}\right)} + 0.14$$

$$= \frac{\left(\frac{8.5}{11.5}\right) + 3.6}{\left(\frac{8.5}{11.5}\right)^2 - 5.1\left(\frac{8.5}{11.5}\right) + 9.1} + \frac{0.14}{\left(\frac{8.5}{11.5}\right)} + 0.14 = 1.07$$

扭矩共振因子  $R_{TR}$

$$R_{TR} = 0.036K_T^2(U^*)^{2\beta_T} \frac{L(B^2 + L^2)^2}{L_{BL}^2 B^3}$$

$$= 0.036 \times 0.21^2 \times (1.23)^{2 \times 1.07} \frac{8.5(11.5^2 + 8.5^2)^2}{11.5^2 11.5^3} = 0.0042$$

### 計算扭轉向風力

根據規範式 (2.22)，矩形斷面建築物  $z$  處高度橫風向風力  $M_{Tz}$ ：

$$M_{Tz} = 1.8q(h)C_T A_z B \frac{Z}{h} g_T \sqrt{1 + \frac{1}{\beta} R_{TR}}$$

$$= 1.8 \times 163.02 \times 0.04 \times A_z \times 11.5 \times \frac{Z}{10.25} \times 4.03 \sqrt{1 + \frac{1}{0.01} \times 0.0042}$$

$$= 63.24 A_z \times Z \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

低層建築物在東風作用下的扭轉向風力如表 3.1 所示。

### 3.3.4 建築物設計風力之組合

根據規範 2.12 節來進行建築物設計風力之組合。本案例中，低層建築物在東風作用下的順風向、橫風向與扭轉向設計風力如表 3.1 所示。根據規範 2.12 節之解說，以表 3.1 所示的設計風力來進行結構分析。取得在東風

作用下之順風向、橫風向以及扭轉向設計風力所造成的結構效應 $\hat{W}_{D1}$ 、 $\hat{W}_{L1}$ 及 $\hat{W}_{T1}$ 。並計算在東風作用下之順風向平均風力所造成的結構效應 $\bar{W}_{D1} = \hat{W}_{D1} \frac{1}{1.128\bar{G}}$ ，其中普通建築物 $\bar{G} = G$ 。考慮順風向與橫風向載重對於構件具有相同方向效應，可將三個風向的動態部分結構效應以平方和開根號（SRSS）方式組合，因此在東風作用下所造成之結構效應 $W_1$ 如下：

$$W_1 = \bar{W}_{D1} + \sqrt{\left(\hat{W}_{D1} - \bar{W}_{D1}\right)^2 + \left(\left|\hat{W}_{L1}\right| + \left|\hat{W}_{T1}\right|\right)^2}$$

### 3.3.5 建築物層間變位角

根據本文“3.3.4節”，計算在東風作用下所造成的結構效應，在此即層間變位角 $ISD_1$ 。

### 3.3.6 建築物最高居室樓層側向加速度

#### 計算順風向加速度

首先計算在東風作用下之順風向設計風力（50年回歸期）所造成的建築物最高居室樓層順風向之位移 $D_1^*$ 。根據規範式（4.1），計算在東風作用下之順風向振動（半年回歸期）引致建築物最高居室樓層之尖峰加速度 $A_{D1}$ ：

$$\begin{aligned} A_{D1} &= \frac{1.128\bar{G} - 1}{1.128\bar{G}} \times \frac{D_1^* (2\pi f_n)^2}{(3.34)^2} \\ &= \frac{1.128 \times 1.83 - 1}{1.128 \times 1.83} \times \frac{D_1^* (2\pi \times 1.8)^2}{(3.34)^2} = 5.91 D_1^* \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

其中，普通建築物 $\bar{G} = G$ 。

#### 計算橫風向加速度

根據規範 4.3 節之解說，半年回歸期風速 $V_{0.5} = V_{10}(C)/3.34 = 11.23\text{m/s}$ 。用 $V_{0.5}$ 取代 $V_{10}(C)$ ，重複執行本文“3.3.2節”，可得低層建築物在東風作用下之橫風向風力，如表 3.2 所示。

以表 3.2 所示的橫風向風力來進行結構分析。取得建築物最高居室樓層橫風向之位移  $L_1^*$ 。根據規範 4.4 節之解說，計算在東風作用下橫風向振動（半年回歸期）引致建築物最高居室樓層之尖峰加速度  $A_{L1}$ ：

$$A_{L1} = L_1^* \times 4\pi^2 f_a^2 = L_1^* \times 4\pi^2 f_{SN}^2 = L_1^* \times 4\pi^2 (2.4)^2 = 227.40L_1^* \text{m/s}^2$$

#### 計算扭轉向加速度

根據規範 4.3 節之解說，半年回歸期風速  $V_{0.5} = V_{10}(C)/3.34 = 11.23\text{m/s}$ 。用  $V_{0.5}$  取代  $V_{10}(C)$ ，重複執行本文“3.3.3 節”，可得低層建築物在東風作用下之扭轉向風力，如表 3.2 所示。

以表 3.2 所示的扭轉向風力來進行結構分析。取得建築物最高居室樓層扭轉向之扭轉角  $T_1^*$ 。根據規範 4.4 節之解說，計算在東風作用下扭轉振動（半年回歸期）引致建築物最高居室樓層之尖峰加速度  $A_{T1}$ ：

$$A_{T1} = T_1^* \times 4\pi^2 f_t^2 = T_1^* \times 4\pi^2 (3.1)^2 = 379.39T_1^* \text{m/s}^2$$

#### 計算最高居室樓層側向加速度

根據規範 4.4 節之解說，計算在東風作用下建築物角隅處之水平方向振動尖峰加速度  $\tilde{A}_1$ ：

$$\begin{aligned} \tilde{A}_1 &= \sqrt{A_{D1}^2 + A_{L1}^2 + A_{T1}^2 \left( \frac{B^2}{4} + \frac{L^2}{4} \right) + LA_{L1}A_{T1}} \\ &= \sqrt{(5.91D_1^*)^2 + (227.40L_1^*)^2 + (379.39T_1^*)^2 \left( \frac{11.5^2}{4} + \frac{8.5^2}{4} \right) + 8.5(227.40L_1^*)(379.39T_1^*)} \\ &= \sqrt{34.945(D_1^*)^2 + 51708.797(L_1^*)^2 + 7358674.107(T_1^*)^2 + 733304.365L_1^*T_1^*} \text{m/s}^2 \end{aligned}$$

### 3.4 主要風力抵抗系統在南風作用下之設計風力

#### 列出計算時所需的基本參數

垂直於風向之建築物水平尺寸  $B$ ：根據圖 3.1， $B = 8.5\text{m}$ 。

平行於風向之建築物水平尺寸  $L$ ：根據圖 3.1， $L = 11.5\text{m}$ 。

順風向基本自然頻率  $f_n$ ：根據圖 3.1， $f_n = f_{SN} = 2.4\text{Hz}$ 。

橫風向基本自然頻率  $f_a$ ：根據圖 3.1， $f_a = f_{EW} = 1.8\text{Hz}$ 。

獨立山丘之高度  $H$ ：根據圖 3.3， $H = 90\text{m}$ 。

#### 判斷是否屬於開放式建築物

根據美國規範 ASCE 7-02，在颱風或颶風區內，考慮約 18.3m 以下之玻璃都有可能受到隨風飛散物的撞擊而成為開口。而各向外牆之可能總開口面積和 18.3m 以下各向外牆總玻璃面積與本文“3.3 節”中判斷是否屬於開放式建築物所給的資料相同。

根據規範 1.3 節中開放式建築物定義來計算受正值外風壓牆面總面積  $A_g$  和該牆面總開口面積  $A_0$ ，計算結果與本文“3.3 節”中判斷是否屬於開放式建築物的結果相同，每一方向的牆面皆無法滿足  $A_0 \geq 0.8A_g$ ，根據規範 1.3 節，本建築物不屬於開放式建築物。

#### 判斷是否屬於部份封閉式建築物

根據規範 1.3 節中部分封閉式建築物定義，計算  $A_g$ 、 $A_0$ 、 $A_{gi}$  和  $A_{oi}$ 。工程師應根據實際之狀況來判斷各向外牆與屋頂之開口面積，以下，本例假設建築物在南風作用下，18.3m 以下之迎風面牆（亦即南向外牆）玻璃有 10% 破損而造成開口，而其它外牆與屋頂沒有任何開口：

$$A_0 = 14 \times 0.1 = 1.4\text{m}^2 > 1.10A_{oi} = 1.10 \times 0 = 0\text{m}^2$$

$$A_0 = 1.4\text{m}^2 > \min(0.37\text{m}^2, 0.01A_g) = \min(0.37\text{m}^2, 0.01A_{Sg}) = 0.37\text{m}^2$$

$$\frac{A_{oi}}{A_{gi}} = \frac{0}{A_{Wg} + A_{Eg} + A_{Ng} + A_{ERg} + A_{WRg}} = \frac{0}{413.885} = 0 \leq 0.20$$

計算結果顯示，建築物同時滿足(1)  $A_0 > 1.10A_{0i}$ ，(2)  $A_0 > 0.37\text{m}^2$  或  $0.01A_g$  (二者取最小)，(3)  $\frac{A_{0i}}{A_{gi}} \leq 0.20$ ，根據規範 1.3 節，本建築物屬於部分封閉式建築物。接下來，根據規範第二章，計算主要風力抵抗系統所應承受之設計風力。

### 3.4.1 低層建築物所受的順風向風力

根據規範 2.2 節到 2.9 節，計算低層建築物所應承受之順風向風力。

#### 計算風速壓

因為工址位於對稱的獨立山丘之頂點，且周圍的地況都一樣，所以此部分的計算過程與結果完全與“3.3.1 節”中計算風速壓的過程與結果相同。詳細過程參考本文“3.3.1 節”。

#### 計算陣風反應因子

建築物之  $f_n = 2.4\text{Hz} > 1\text{Hz}$ ，根據規範 1.3 節，建築物屬普通建築物，因此，須計算普通建築物之陣風反應因子  $G$ 。

根據規範式 (2.12)，計算紊流積分尺度  $L_z = 137.92\text{m}$ 。

根據規範式 (2.10) 與式 (2.11)，計算紊流強度  $I_z = 0.22$  與背景反應  $Q = 0.92$ 。

根據規範式 (2.9)，計算普通建築物之陣風反應因子  $G$ ：

$$G = 1.927 \left( \frac{1 + 1.7g_Q I_z Q}{1 + 1.7g_V I_z} \right) = 1.927 \left( \frac{1 + 1.7 \times 3.4 \times 0.22 \times 0.92}{1 + 1.7 \times 3.4 \times 0.22} \right) = 1.84$$

其中，根據規範式 (2.9) 的下一行，背景反應尖峰因子  $g_Q$  和風速尖峰因子  $g_V$  均可取 3.4。

#### 計算外風壓係數

根據規範表 2.4，牆之外風壓係數  $C_p$ ：

所屬牆面為迎風面（南向牆面）， $C_p = 0.8$ 。

所屬牆面為背風面（北向牆面）， $L/B = 1.35$ ， $C_p = -0.43$ 。

根據規範表 2.5，屋頂之外風壓係數  $C_p$ ：

南風作用下風向平行於屋脊， $h/L = 0.89 \leq 2.5$  或  $h/B = 1.21 \leq 2.5$ ，

則屋頂迎風面之  $C_p = -0.7$ ，而屋頂背風面之  $C_p = -0.7$ 。

### 計算內風壓係數

根據規範表 2.17，內風壓係數 ( $GC_{pi}$ )：

部分封閉式建築物， $(GC_{pi}) = +1.146$  或  $-1.146$ 。

### 計算設計風壓

根據規範式 (2.1)，封閉式之建築物所應承受之設計風壓  $p$ ：

$$p = qGC_p - q_i(GC_{pi})$$

#### 樓層設計風壓

##### 迎風面牆

$$z > 5\text{m}: p(z) = 234.056 \left( \frac{z}{300} \right)^{0.3} \times (1 + 0.4725 \times 1 \times e^{-0.02z})^2 \times 1.84 \times 0.8 \\ - 163.02 \times (\pm 1.146) \text{kgf/m}^2$$

$$z \leq 5\text{m}: p(z) = 68.53 \times (1 + 0.4725 \times 1 \times e^{-0.02z})^2 \times 1.84 \times 0.8 \\ - 163.02 \times (\pm 1.146) \text{kgf/m}^2$$

迎風面牆各層之設計風力 = 迎風面牆各層形心高度所對應之設計風壓 × 對應的迎風面牆各層之受風面積。

##### 背風面牆

$$p(z) = 163.02 \times 1.84 \times (-0.43) - 163.02 \times (\pm 1.146) \text{kgf/m}^2$$

背風面牆各層之設計風力 = 背風面牆之設計風壓 × 背風面牆各層之受風面積。

各層順風向風力 = 迎風面牆各層之設計風力 - 背風面牆各層之設計風力，低層建築物在南風作用下的順風向風力如表 3.3 所示。

#### 屋頂設計風壓

迎風面屋頂

$$p(z) = 163.02 \times 1.84 \times (-0.7) - 163.02 \times (\pm 1.146) \text{kgf/m}^2$$

背風面屋頂

$$p(z) = 163.02 \times 1.84 \times (-0.7) - 163.02 \times (\pm 1.146) \text{kgf/m}^2$$

根據規範表 2.5 所附的圖，並無顯示當風向平行於屋脊時，屋頂外風壓的作用方向，因此，在南風作用下，屋頂不考慮順風向風力。

### 3.4.2 低層建築物所受的橫風向風力

因為規範是針對近似規則矩形柱體來計算橫風向風力，因此，本文建議在求建築物(斜屋頂)所受的橫風向風力時，最好能參考相關專業規範。低層建築物之屋頂與水平面所夾的角度  $\theta$  很小，故本例假設此低層建築物近似規則矩形柱體。以下，根據規範 2.10 節，計算低層建築物所應承受之橫風向風力。

判斷是否滿足規範式 (2.21) 之使用條件

根據日本風力規範 (AIJ) 之解說，規範式 (2.21) 適用於  $h/\sqrt{BL} \leq 6$ ， $0.2 \leq L/B \leq 5$ 。建築物細長比  $h/\sqrt{BL} = 1.04 \leq 6$ ，斷面深寬比  $L/B = 1.35$  介於 0.2 至 5 之間。因此，滿足規範式 (2.21) 之使用條件。

判斷是否會產生共振及空氣動力不穩定現象

$h/\sqrt{BL} = 1.04 < 4$ ，根據規範 2.10 節，不會產生共振及空氣動力不穩定現象。

計算橫風向尖峰因子  $g_L = 3.89$  與  $C'_L = 0.19$

計算橫風向共振因子  $R_{LR}$

根據規範 2.6 節之解說，計算高度為  $z = h$  處之風速  $V_h = 37.65\text{m/s}$ 。

橫風向無因次頻率  $n^* = 0.41$

斷面深寬比  $L/B = 11.5/8.5 = 1.35 < 3$ ， $S = 1$

$n_1 = 0.08$ ； $\beta_1 = 0.24$ ； $\bar{k}_1 = 0.85$ ； $S_L(n^*) = 0.011$

橫風向共振因子  $R_{LR} = \frac{\pi S_L(n^*)}{4} = \frac{\pi \times 0.011}{4} = 0.0086$ 。

計算橫風向風力

根據規範式 (2.21)，矩形斷面建築物  $Z$  處高度橫風向風力  $W_{Lz}$ ：

$$W_{Lz} = 3q(h)C'_L A_z \frac{Z}{h} g_L \sqrt{1 + \frac{1}{\beta} R_{LR}} = 48.09 A_z \times Z \text{ kgf}$$

其中， $A_z$  為高度  $z$  處迎風面面積。低層建築物在南風作用下的橫風向風力如表 3.3 所示。

### 3.4.3 低層建築物所受的扭轉向風力

因為規範是針對近似規則矩形柱體來計算扭轉向風力，因此，本文建議在求建築物(斜屋頂)所受的扭轉向風力時，最好能參考相關專業規範。低層建築物之屋頂與水平面所夾的角度  $\theta$  很小，故本例假設此低層建築物近似規則矩形柱體。以下，根據規範 2.11 節，計算低層建築物所應承受之扭轉向風

力。

判斷是否滿足規範式 (2.22) 之使用條件

根據日本風力規範 (AIJ) 之解說，規範式 (2.22) 適用於  $h/\sqrt{BL} \leq 6$ ， $0.2 \leq L/B \leq 5$ 。建築物細長比  $h/\sqrt{BL} = 1.04 \leq 6$ ，斷面深寬比  $L/B = 1.35$  介於 0.2 至 5 之間，因此，滿足規範式 (2.22) 之使用條件。

計算扭轉向尖峰因子  $g_T = 4.03$  與  $C_T' = 0.07$

計算扭矩共振因子  $R_{TR}$

無因次風速  $U^* = 1.23$

$L_{BL} = 11.5\text{m}$  ;  $K_T = 0.09$  ;  $\beta_T = 1.47$

扭矩共振因子  $R_{TR} = 0.003$

計算扭轉向風力

根據規範式 (2.22)，矩形斷面建築物  $z$  處高度橫風向風力  $M_{Tz}$ ：

$$M_{Tz} = 1.8q(h)C_T' A_z B \frac{Z}{h} g_T \sqrt{1 + \frac{1}{\beta} R_{TR}} = 78.27 A_z \times Z \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

低層建築物在南風作用下的扭轉向風力如表 3.3 所示。

#### 3.4.4 建築物設計風力之組合

根據規範 2.12 節來進行建築物設計風力之組合。本案例中，低層建築物在南風作用下的順風向、橫風向與扭轉向設計風力如表 3.3 所示。根據規範 2.12 節之解說，以表 3.3 所示的設計風力來進行結構分析。取得在南風作用下之順風向、橫風向以及扭轉向設計風力所造成的結構效應  $\hat{W}_{D2}$ 、 $\hat{W}_{L2}$  及  $\hat{W}_{T2}$ 。並計算在南風作用下之順風向平均風力所造成的結構效應

$\overline{W}_{D2} = \hat{W}_{D2} \frac{1}{1.128\overline{G}}$ ，其中普通建築物 $\overline{G} = G$ 。考慮順風向與橫風向載重對於構件具有相同方向效應，可將三個風向的動態部分結構效應以平方和開根號（SRSS）方式組合，因此在南風作用下所造成之結構效應 $W_2$ 如下：

$$W_2 = \overline{W}_{D2} + \sqrt{\left(\hat{W}_{D2} - \overline{W}_{D2}\right)^2 + \left(\left|\hat{W}_{L2}\right| + \left|\hat{W}_{T2}\right|\right)^2}$$

### 3.4.5 建築物層間變位角

根據本文“3.4.4 節”，計算在南風作用下所造成的結構效應，在此即層間變位角 $ISD_2$ 。

### 3.4.6 建築物最高居室樓層側向加速度

#### 計算順風向加速度

首先計算在南風作用下之順風向設計風力（50 年回歸期）所造成的建築物最高居室樓層順風向之位移 $D_2^*$ 。根據規範式（4.1），計算在南風作用下之順風向振動（半年回歸期）引致建築物最高居室樓層之尖峰加速度 $A_{D2} = 10.56D_2^* \text{m/s}^2$ 。

#### 計算橫風向加速度

根據規範 4.3 節之解說，半年回歸期風速 $V_{0.5} = V_{10}(C)/3.34 = 11.23\text{m/s}$ 。用 $V_{0.5}$ 取代 $V_{10}(C)$ ，重複執行本文“3.4.2 節”，可得低層建築物在南風作用下之橫風向風力，如表 3.4 所示。

以表 3.4 所示的橫風向風力來進行結構分析。取得建築物最高居室樓層橫風向之位移 $L_2^*$ 。根據規範 4.4 節之解說，計算在南風作用下橫風向振動（半年回歸期）引致建築物最高居室樓層之尖峰加速度 $A_{L2} = 127.91L_2^* \text{m/s}^2$ 。

#### 計算扭轉向加速度

根據規範 4.3 節之解說，半年回歸期風速  $V_{0.5} = V_{10}(C)/3.34 = 11.23\text{m/s}$ 。  
用  $V_{0.5}$  取代  $V_{10}(C)$ ，重複執行本文“3.4.3 節”，可得低層建築物在南風作用  
下之扭轉向風力，如表 3.4 所示。

以表 3.4 所示的扭轉向風力來進行結構分析。取得建築物最高居室樓層  
扭轉向之扭轉角  $T_2^*$ 。根據規範 4.4 節之解說，計算在南風作用下扭轉振動  
(半年回歸期) 引致建築物最高居室樓層之尖峰加速度  $A_{T_2} = 379.39T_2^* \text{m/s}^2$ 。

#### 計算最高居室樓層側向加速度

根據規範 4.4 節之解說，計算在南風作用下建築物角隅處之水平方向振  
動尖峰加速度

$$\tilde{A}_2 = \sqrt{111.574(D_2^*)^2 + 16360.987(L_2^*)^2 + 7358674.107(T_2^*)^2 + 558066.190L_2^*T_2^*} \text{m/s}^2$$

### 3.5 建築物結構效應與最高居室樓層側向加速度之檢核

#### 構件效應

根據規範 2.12 節之解說，設計時所採用的構件效應  $W$  是以  $W_1$  (本文  
“3.3.4 節”) 和  $W_2$  (本文“3.4.4 節”) 結果之較大值為設計依據，亦即  
 $W = \max\{W_1, W_2\}$ 。

#### 層間變位角

根據規範 2.12 節之解說，檢核時所採用的建築物層間變位角  $ISD$  是以  
 $ISD_1$  (本文“3.3.5 節”) 和  $ISD_2$  (本文“3.4.5 節”) 結果之較大值為依  
據，亦即  $ISD = \max\{ISD_1, ISD_2\}$ 。根據規範 4.2 節來檢核  $ISD$ ，若  
 $ISD > 5/1000$ ，則重新做設計與檢核。

#### 最高居室樓層側向加速度

根據規範 2.12 節之解說，檢核時所採用的建築物最高居室樓層角隅處

之側向振動尖峰加速度  $\tilde{A}$  是以  $\tilde{A}_1$  (本文 “3.3.6 節”) 和  $\tilde{A}_2$  (本文 “3.4.6 節”) 結果之較大值為依據，亦即  $\tilde{A} = \max\{\tilde{A}_1, \tilde{A}_2\}$ 。根據規範 4.3 節來檢核  $\tilde{A}$ ，若  $\tilde{A} > 0.05\text{m/s}^2$ ，則重新做設計與檢核。

### 3.6 低層建築物局部構材及外部被覆物之設計風壓

根據規範第三章，計算各向外牆與屋頂的設計風壓。由於各向外牆四周的地況與地形皆一樣，故在相同有效受風面積  $A$  的情況下，各向外牆相同區域之設計風壓會一樣，所以，以下只考慮某方向外牆。外牆的設計風壓需考慮設計正風壓（當此牆為迎風面牆）與設計負風壓（當此牆為背風面牆或側牆）。屋頂的設計風壓需考慮設計正風壓與設計負風壓。

#### 列出計算時所需的基本參數

建築物之平均屋頂高度  $h$ ：根據圖 3.2， $h = 10.25\text{m}$ 。

建築物形式：部分封閉式建築物。

屋頂之斜角  $\theta = 9.35^\circ$ 。

#### 計算風速壓

因為工址位於對稱的獨立山丘之頂點，且周圍的地況都一樣，所以此部分的計算過程與結果完全與 “3.3.1 節” 中計算風速壓的過程與結果相同。詳細過程參考本文 “3.3.1 節”。

#### 計算外風壓係數

因為建築物之平均屋頂高度  $h = 10.25\text{m} < 18\text{m}$  且屋頂之斜角  $\theta = 9.35^\circ$  滿足  $7^\circ < \theta \leq 27^\circ$ ，根據規範圖 3.1 (c)，將屋頂分為①區、②區與③區。根據規範圖 3.1 (a)，將外牆分為④區與⑤區。外風壓區域之寬度  $a = \min(0.4h, 0.1 \times \min(8.5, 11.5)) = \min(4.1, 0.85) = 0.85\text{m}$ ，但規範圖 3.1 (a) 之註 4 規定此  $a$  值不能小於  $0.9\text{m}$  或最小寬度的 4% (亦即  $0.34\text{m}$ )，因此取

$a = 0.9\text{m}$ 。本文為了計算方便，根據規範圖 3.1 (a) 與圖 3.1 (c)，將外牆與屋頂各區在不同的有效受風面積  $A$  下所對應的外風壓係數 ( $GC_p$ ) 分別公式化如下：

$$\textcircled{4}\text{區正值外風壓係數}(GC_p)_{4,+} = \begin{cases} 2.1 & 0.5\text{m}^2 \leq A \leq 1\text{m}^2 \\ -0.36\log A + 2.10 & 1\text{m}^2 \leq A \leq 50\text{m}^2 \\ 1.48 & 50\text{m}^2 \leq A \leq 100\text{m}^2 \end{cases}$$

$$\textcircled{4}\text{區負值外風壓係數}(GC_p)_{4,-} = \begin{cases} -2.3 & 0.5\text{m}^2 \leq A \leq 1\text{m}^2 \\ 0.37\log A - 2.30 & 1\text{m}^2 \leq A \leq 50\text{m}^2 \\ -1.67 & 50\text{m}^2 \leq A \leq 100\text{m}^2 \end{cases}$$

$$\textcircled{5}\text{區正值外風壓係數}(GC_p)_{5,+} = \begin{cases} 2.1 & 0.5\text{m}^2 \leq A \leq 1\text{m}^2 \\ -0.36\log A + 2.10 & 1\text{m}^2 \leq A \leq 50\text{m}^2 \\ 1.48 & 50\text{m}^2 \leq A \leq 100\text{m}^2 \end{cases}$$

$$\textcircled{5}\text{區負值外風壓係數}(GC_p)_{5,-} = \begin{cases} -3 & 0.5\text{m}^2 \leq A \leq 1\text{m}^2 \\ 0.78\log A - 3 & 1\text{m}^2 \leq A \leq 50\text{m}^2 \\ -1.67 & 50\text{m}^2 \leq A \leq 100\text{m}^2 \end{cases}$$

$$\textcircled{1}\text{區正值外風壓係數}(GC_p)_{1,+} = \begin{cases} 1 & 0.5\text{m}^2 \leq A \leq 1\text{m}^2 \\ -0.35\log A + 1 & 1\text{m}^2 \leq A \leq 10\text{m}^2 \\ 0.65 & 10\text{m}^2 \leq A \leq 100\text{m}^2 \end{cases}$$

$$\textcircled{1}\text{區負值外風壓係數}(GC_p)_{1,-} = \begin{cases} -1.8 & 0.5\text{m}^2 \leq A \leq 1\text{m}^2 \\ 0.1\log A - 1.8 & 1\text{m}^2 \leq A \leq 10\text{m}^2 \\ -1.7 & 10\text{m}^2 \leq A \leq 100\text{m}^2 \end{cases}$$

$$\textcircled{2}\text{區正值外風壓係數}(GC_p)_{2,+} = \begin{cases} 1 & 0.5\text{m}^2 \leq A \leq 1\text{m}^2 \\ -0.35\log A + 1 & 1\text{m}^2 \leq A \leq 10\text{m}^2 \\ 0.65 & 10\text{m}^2 \leq A \leq 100\text{m}^2 \end{cases}$$

$$\textcircled{2}\text{區負值外風壓係數}(GC_p)_{2,-} = \begin{cases} -3.5 & 0.5\text{m}^2 \leq A \leq 1\text{m}^2 \\ 1\log A - 3.5 & 1\text{m}^2 \leq A \leq 10\text{m}^2 \\ -2.5 & 10\text{m}^2 \leq A \leq 100\text{m}^2 \end{cases}$$

$$\textcircled{3}\text{區正值外風壓係數}(GC_p)_{3,+} = \begin{cases} 1 & 0.5\text{m}^2 \leq A \leq 1\text{m}^2 \\ -0.35 \log A + 1 & 1\text{m}^2 \leq A \leq 10\text{m}^2 \\ 0.65 & 10\text{m}^2 \leq A \leq 100\text{m}^2 \end{cases}$$

$$\textcircled{3}\text{區負值外風壓係數}(GC_p)_{3,-} = \begin{cases} -5.5 & 0.5\text{m}^2 \leq A \leq 1\text{m}^2 \\ 1.3 \log A - 5.5 & 1\text{m}^2 \leq A \leq 10\text{m}^2 \\ -4.2 & 10\text{m}^2 \leq A \leq 100\text{m}^2 \end{cases}$$

### 計算內風壓係數

根據規範表 2.17，內風壓係數( $GC_{pi}$ )：

部分封閉式建築物，( $GC_{pi}$ ) = +1.146 或 -1.146

### 計算設計風壓

根據規範式(3.1)，封閉式或部分封閉式建築物高度不超過 18 公尺者，其局部構件及外部被覆物之設計風壓  $p$ ：

$$p = q(h)[(GC_p) - (GC_{pi})]$$

根據前述各區外風壓係數的計算式，考慮不同的有效受風面積  $A$ ，低層建築物外牆之④、⑤區的設計風壓和低層建築物屋頂之①、②與③區的設計風壓分別如下：

低層建築物外牆④區設計正風壓  $p_{4,+}$ （當此牆為迎風面牆）

$$\begin{aligned} p_{4,+} &= q(h)[(GC_p)_{4,+} - (GC_{pi})] = \max \left\{ \begin{array}{l} 163.02[(GC_p)_{4,+} - (1.146)] \\ 163.02[(GC_p)_{4,+} - (-1.146)] \end{array} \right\} \\ &= 163.02[(GC_p)_{4,+} - (-1.146)] \text{kgf/m}^2 \end{aligned}$$

低層建築物外牆④區設計負風壓  $p_{4,-}$ （當此牆為背風面牆或側牆）

$$\begin{aligned} p_{4,-} &= q(h)[(GC_p)_{4,-} - (GC_{pi})] = \min \left\{ \begin{array}{l} 163.02[(GC_p)_{4,-} - (1.146)] \\ 163.02[(GC_p)_{4,-} - (-1.146)] \end{array} \right\} \\ &= 163.02[(GC_p)_{4,-} - (1.146)] \text{kgf/m}^2 \end{aligned}$$

低層建築物外牆⑤區設計正風壓  $p_{5,+}$  (當此牆為迎風面牆)

$$\begin{aligned} p_{5,+} &= q(h)[(GC_p)_{5,+} - (GC_{pi})] = \max \left\{ \begin{array}{l} 163.02[(GC_p)_{5,+} - (1.146)] \\ 163.02[(GC_p)_{5,+} - (-1.146)] \end{array} \right\} \\ &= 163.02[(GC_p)_{5,+} - (-1.146)] \text{kgf/m}^2 \end{aligned}$$

低層建築物外牆⑤區設計負風壓  $p_{5,-}$  (當此牆為背風面牆或側牆)

$$\begin{aligned} p_{5,-} &= q(h)[(GC_p)_{5,-} - (GC_{pi})] = \min \left\{ \begin{array}{l} 163.02[(GC_p)_{5,-} - (1.146)] \\ 163.02[(GC_p)_{5,-} - (-1.146)] \end{array} \right\} \\ &= 163.02[(GC_p)_{5,-} - (1.146)] \text{kgf/m}^2 \end{aligned}$$

低層建築物屋頂①區設計正風壓  $p_{1,+}$

$$\begin{aligned} p_{1,+} &= q(h)[(GC_p)_{1,+} - (GC_{pi})] = \max \left\{ \begin{array}{l} 163.02[(GC_p)_{1,+} - (1.146)] \\ 163.02[(GC_p)_{1,+} - (-1.146)] \end{array} \right\} \\ &= 163.02[(GC_p)_{1,+} - (-1.146)] \text{kgf/m}^2 \end{aligned}$$

低層建築物屋頂①區設計負風壓  $p_{1,-}$

$$\begin{aligned} p_{1,-} &= q(h)[(GC_p)_{1,-} - (GC_{pi})] = \min \left\{ \begin{array}{l} 163.02[(GC_p)_{1,-} - (1.146)] \\ 163.02[(GC_p)_{1,-} - (-1.146)] \end{array} \right\} \\ &= 163.02[(GC_p)_{1,-} - (1.146)] \text{kgf/m}^2 \end{aligned}$$

低層建築物屋頂②區設計正風壓  $p_{2,+}$

$$\begin{aligned} p_{2,+} &= q(h)[(GC_p)_{2,+} - (GC_{pi})] = \max \left\{ \begin{array}{l} 163.02[(GC_p)_{2,+} - (1.146)] \\ 163.02[(GC_p)_{2,+} - (-1.146)] \end{array} \right\} \\ &= 163.02[(GC_p)_{2,+} - (-1.146)] \text{kgf/m}^2 \end{aligned}$$

低層建築物屋頂②區設計負風壓  $p_{2,-}$

$$\begin{aligned} p_{2,-} &= q(h)[(GC_p)_{2,-} - (GC_{pi})] = \min \left\{ \begin{array}{l} 163.02[(GC_p)_{2,-} - (1.146)] \\ 163.02[(GC_p)_{2,-} - (-1.146)] \end{array} \right\} \\ &= 163.02[(GC_p)_{2,-} - (1.146)] \text{kgf/m}^2 \end{aligned}$$

低層建築物屋頂③區設計正風壓  $p_{3,+}$

$$p_{3,+} = q(h)[(GC_p)_{3,+} - (GC_{pi})] = \max \left\{ \begin{array}{l} 163.02[(GC_p)_{3,+} - (1.146)] \\ 163.02[(GC_p)_{3,+} - (-1.146)] \end{array} \right\}$$

$$= 163.02[(GC_p)_{3,+} - (-1.146)] \text{kgf/m}^2$$

低層建築物屋頂③區設計負風壓  $p_{3,-}$

$$p_{3,-} = q(h)[(GC_p)_{3,-} - (GC_{pi})] = \min \left\{ \begin{array}{l} 163.02[(GC_p)_{3,-} - (1.146)] \\ 163.02[(GC_p)_{3,-} - (-1.146)] \end{array} \right\}$$

$$= 163.02[(GC_p)_{3,-} - (1.146)] \text{kgf/m}^2$$

使用上述外牆各區設計風壓計算式，設有效受風面積  $A$  為  $1\text{m}^2$ 、 $2\text{m}^2$ 、 $5\text{m}^2$ 、 $10\text{m}^2$ 、 $20\text{m}^2$  及  $50\text{m}^2$  等六個值的情況下，可得低層建築物外牆④區與⑤區設計風壓（與所在位置的高度無關，因為  $q(h)$  為定值）如表 3.5 所示。使用上述屋頂各區設計風壓計算式，設有效受風面積  $A$  為  $1\text{m}^2$ 、 $2\text{m}^2$ 、 $5\text{m}^2$ 、 $10\text{m}^2$ 、 $20\text{m}^2$  及  $50\text{m}^2$  等六個值的情況下，可得低層建築物屋頂①區、②區與③區設計風壓如表 3.6 所示。

表 3.1 低層建築物在東風作用下的順風向、橫風向與扭轉向設計風力

樓層名稱	形心高度 (m)	各層高度 (m)	迎風面之受風面積 ( $\text{m}^2$ )	順風向設計風力 (t)	橫風向設計風力 (t)	扭轉向設計風力 (t-m)
屋頂	10.25	0.7	8.05	-0.46		
3FL	8.25	3.3	37.95	14.38	8.69	18.48
2FL	4.95	3.3	37.95	13.46	5.22	11.09
1FL	1.65	3.3	37.95	13.78	1.74	3.70

表 3.2 低層建築物在東風作用下的橫風向風力與扭轉向風力（半年回歸期）

樓層名稱	形心高度 $z$ (m)	各層高度 (m)	迎風面之受風面積 ( $\text{m}^2$ )	橫風向風力 (t)	扭轉向風力 (t-m)
3FL	8.25	3.3	37.95	0.69	1.41
2FL	4.95	3.3	37.95	0.41	0.85
1FL	1.65	3.3	37.95	0.14	0.28

表 3.3 低層建築物在南風作用下的順風向、橫風向與扭轉向設計風力

樓層名稱	形心高度 (m)	各層高度 (m)	迎風面之受風面積 (m <sup>2</sup> )	順風向設計風力 (t)	橫風向設計風力 (t)	扭轉向設計風力 (t-m)
3FL	8.25	3.3	28.05	10.08	11.03	18.54
2FL	4.95	3.3	28.05	9.40	6.62	11.12
1FL	1.65	3.3	28.05	9.64	2.21	3.71

表 3.4 低層建築物在南風作用下的橫風向風力與扭轉向風力 (半年回歸期)

樓層名稱	形心高度 z (m)	各層高度 (m)	迎風面之受風面積 (m <sup>2</sup> )	橫風向風力 (t)	扭轉向風力 (t-m)
3FL	8.25	3.3	28.05	0.75	1.46
2FL	4.95	3.3	28.05	0.45	0.88
1FL	1.65	3.3	28.05	0.15	0.29

表 3.5 低層建築物外牆④區與⑤區設計風壓 單位 (kgf/m<sup>2</sup>)

A (m <sup>2</sup> )	④區		⑤區	
	設計正風壓	設計負風壓	設計正風壓	設計負風壓
1	529.18	-561.78	529.18	-675.90
2	511.27	-543.58	511.27	-637.48
5	487.59	-519.53	487.59	-586.69
10	469.68	-501.33	469.68	-548.28
20	451.77	-483.13	451.77	-509.86
50	428.10	-459.07	428.10	-459.07

表 3.6 低層建築物屋頂①區、②區與③區設計風壓 單位 (kgf/m<sup>2</sup>)

A (m <sup>2</sup> )	①區		②區		③區	
	設計正風壓	設計負風壓	設計正風壓	設計負風壓	設計正風壓	設計負風壓
1.00	349.85	-480.27	349.85	-757.41	349.85	-1083.46
2.00	332.67	-475.36	332.67	-708.33	332.67	-1019.66
5.00	309.97	-468.87	309.97	-643.46	309.97	-935.32
10.00	292.79	-463.97	292.79	-594.38	292.79	-871.53
20.00	292.79	-463.97	292.79	-594.38	292.79	-871.53
50.00	292.79	-463.97	292.79	-594.38	292.79	-871.53

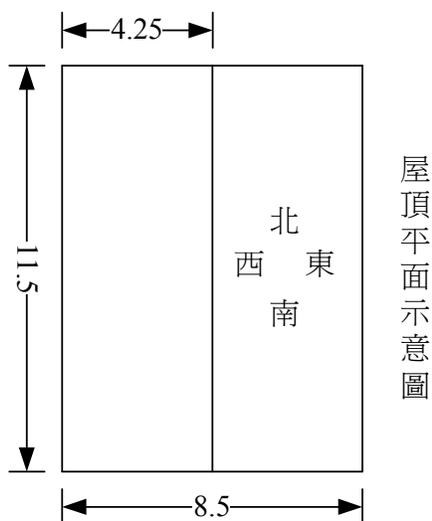


圖 3.1 低層建築物屋頂平面示意圖 單位 (m)

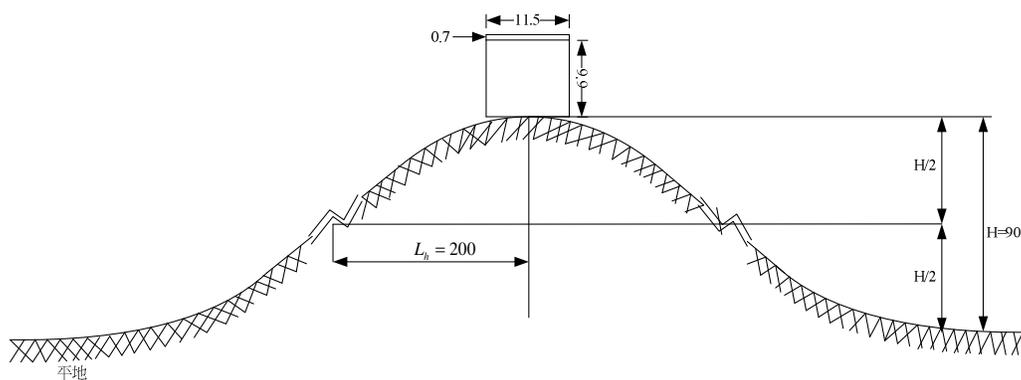


圖 3.2 低層建築物東西向與附近地形立面示意圖 單位 (m)

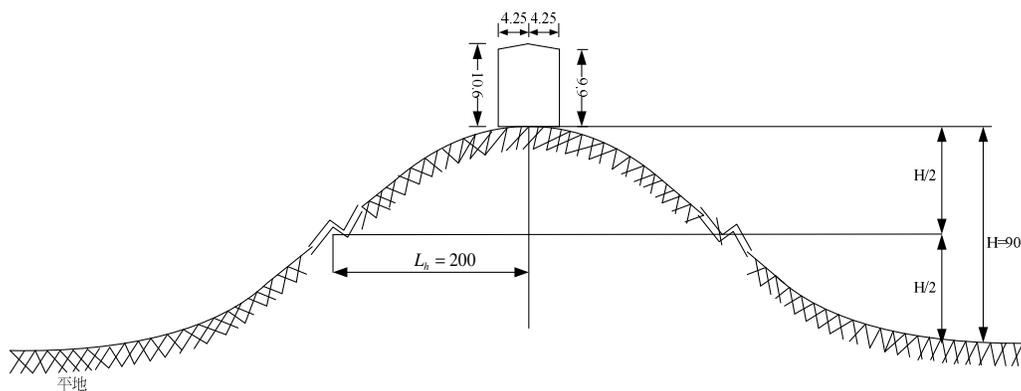


圖 3.3 低層建築物南北向與附近地形立面示意圖 單位 (m)

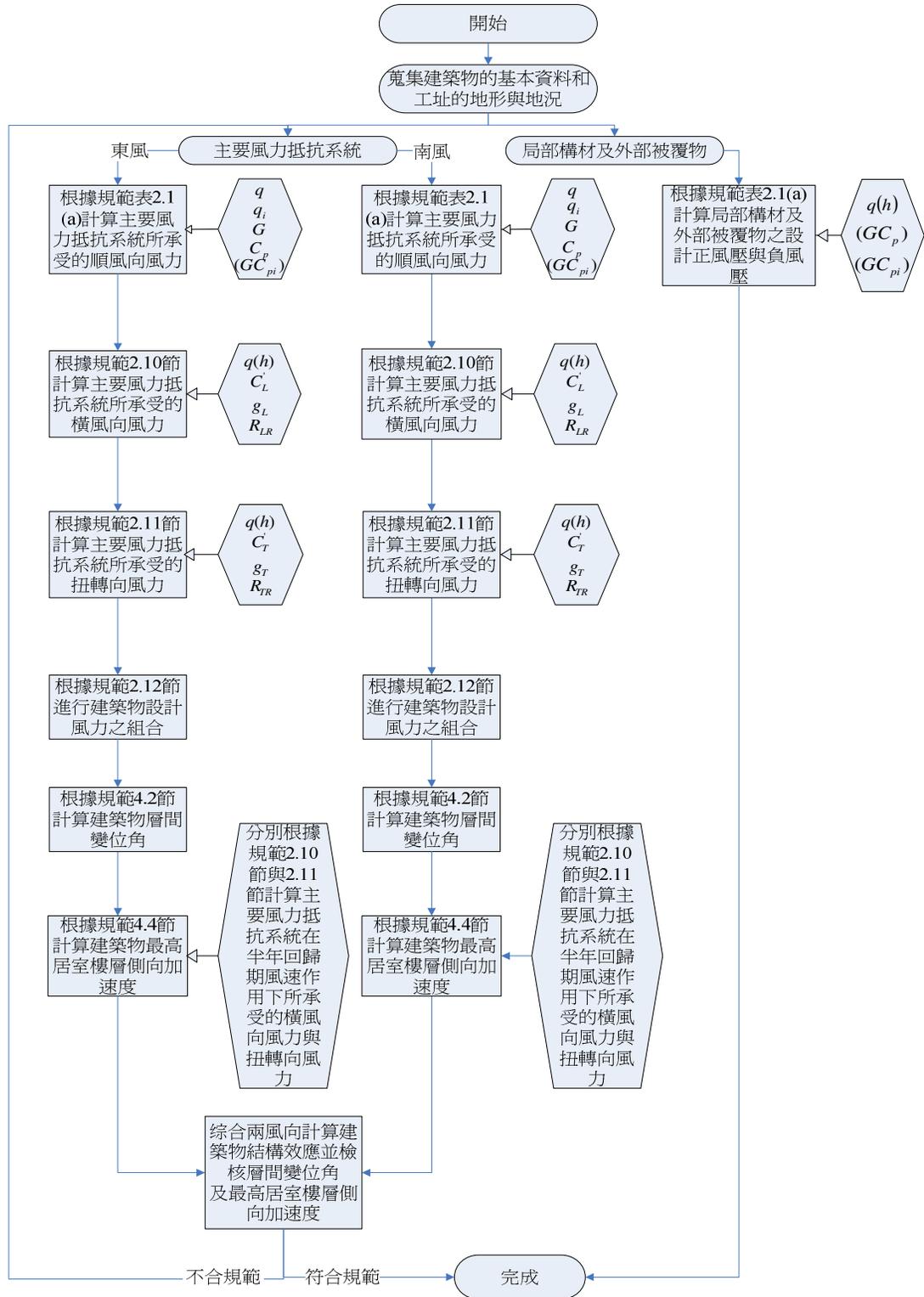


圖 3.4 第三章案例的計算流程圖

## 第四章低層廠房耐風設計之示範例

### 4.1 案例與基本參數之描述

#### 案例描述

本案例中，低層廠房和工址的基本資料分別說明如下；而低層廠房屋頂平面示意圖、低層廠房東向與西向立面示意圖和低層廠房南向與北向立面示意圖分別如圖 4.1、圖 4.2 和圖 4.3 所示。

#### 低層廠房的基本資料

屋頂形式：山形斜屋頂

尺寸：水平面積 11.6m×22.08m

屋簷高度 9.24m

屋脊高度 10.78m

屋頂之斜角 7.94°

水平向基本自然頻率：東西向基本自然頻率  $f_{EW} = 1.812\text{Hz}$  (0.552s)

南北向基本自然頻率  $f_{SN} = 1.112\text{Hz}$  (0.899s)

扭轉向基本自然頻率： $f_t = 2.450\text{Hz}$  (0.408s)

建物用途：一般（第五類建築物）

外牆的總面積：東向外牆的總面積  $A_{Eg} = 9.24 \times 11.6 = 107.184\text{m}^2$

西向外牆的總面積  $A_{Wg} = 9.24 \times 11.6 = 107.184\text{m}^2$

南向外牆的總面積  $A_{Sg} = (9.24 + 10.78) \times \frac{11.04}{2} \times 2 = 221.021\text{m}^2$

北向外牆的總面積  $A_{Ng} = (9.24 + 10.78) \times \frac{11.04}{2} \times 2 = 221.021\text{m}^2$

屋頂的總面積：東向屋頂的總面積  $A_{ERg} = 11.6 \times \sqrt{(1.54^2 + 11.04^2)} = 129.304\text{m}^2$

西向屋頂的總面積  $A_{WRg} = 11.6 \times \sqrt{(1.54^2 + 11.04^2)} = 129.304\text{m}^2$

#### 工址的地況與地形

座落：台中市

各風向地況：皆屬地況 C 的平坦開闊地面

附近地形：無造成風速局部加速效應之特殊地形

因本案例建築物外型在東西和南北等兩向皆為對稱，故考慮的風速作用方向為建築物東方與南方，亦即東風（風從東往西吹）與南風（風從南往北吹）。以下將計算此建築物主要風力抵抗系統所受的風力與局部構材及外部被覆物之設計風壓，並依循計算步驟逐一詳細地說明其計算細節，附上相關的計算流程圖，使讀者更易於掌握設計流程。

### 基本參數

建築物之平均屋頂高度  $h$ ：根據圖 4.3， $h = \frac{9.24 + 10.78}{2} = 10.01\text{m}$ 。

結構阻尼比  $\beta$ ： $\beta = 0.01$ 。

地況 C 的相關參數：根據規範查表 2.2，在地況 C 的條件下  $\alpha = 0.15$ ；

$z_g = 300\text{m}$ ； $\bar{b} = 0.94$ ； $c = 0.2$ ； $\ell = 152\text{m}$ ； $\bar{\epsilon} = 0.2$ ； $z_{\min} = 4.5\text{m}$ 。

基本設計風速  $V_{10}(C)$ ：根據規範 2.4 節，台中市基本設計風速  $V_{10}(C)$  為  $32.5\text{m/s}$ 。

用途係數  $I$ ：根據規範 2.5 節，第五類建築物的用途係數  $I = 1.0$ 。

扭轉向基本自然頻率  $f_t$ ： $f_t = 2.450\text{Hz}$ 。

## 4.2 計算流程圖

本案例中所對應相關的計算流程圖如圖 4.4 所示。

### 4.3 主要風力抵抗系統在東風作用下之設計風力

列出計算時所需的基本參數

垂直於風向之建築物水平尺寸  $B$ ：根據圖 4.1， $B = 11.6\text{m}$ 。

平行於風向之建築物水平尺寸  $L$ ：根據圖 4.1， $L = 22.08\text{m}$ 。

順風向基本自然頻率  $f_n$ ：根據圖 4.1， $f_n = f_{EW} = 1.812\text{Hz}$ 。

橫風向基本自然頻率  $f_a$ ：根據圖 4.1， $f_a = f_{SN} = 1.112\text{Hz}$ 。

#### 判斷是否屬於開放式建築物

根據美國規範 ASCE 7-02，在颱風或颶風區內，考慮約 18.3m 以下之玻璃都有可能受到隨風飛散物的撞擊而成為開口，因此，東向外牆之可能總開口面積  $A_E \leq 8\text{m}^2$ ，而  $8\text{m}^2$  為 18.3m 以下東向外牆總玻璃面積；西向外牆之可能總開口面積  $A_W \leq 8\text{m}^2$ ，而  $8\text{m}^2$  為 18.3m 以下西向外牆總玻璃面積；南向外牆之可能總開口面積  $A_S \leq 35\text{m}^2$ ，而  $35\text{m}^2$  為 18.3m 以下南向外牆總玻璃面積；北向外牆之可能總開口面積  $A_N \leq 14\text{m}^2$ ，而  $14\text{m}^2$  為 18.3m 以下北向外牆總玻璃面積。

計算受正值外風壓牆面總面積  $A_g$  和該牆面總開口面積  $A_0$  如下：

$$\text{東向牆面之 } A_0 = A_E < 0.8A_g = 0.8A_{Eg} = 0.8 \times 107.184 = 85.747\text{m}^2$$

$$\text{西向牆面之 } A_0 = A_W < 0.8A_g = 0.8A_{Wg} = 0.8 \times 107.184 = 85.747\text{m}^2$$

$$\text{南向牆面之 } A_0 = A_S < 0.8A_g = 0.8A_{Sg} = 0.8 \times 221.021 = 176.817\text{m}^2$$

$$\text{北向牆面之 } A_0 = A_N < 0.8A_g = 0.8A_{Ng} = 0.8 \times 221.021 = 176.817\text{m}^2$$

計算結果顯示，建築物每一方向的牆面皆無法滿足  $A_0 \geq 0.8A_g$ ，根據規範 1.3 節，本建築物不屬於開放式建築物。

#### 判斷是否屬於部份封閉式建築物

根據規範 1.3 節中部分封閉式建築物定義，計算受正值外風壓牆面總面積  $A_g$ 、該牆面總開口面積  $A_0$ 、各牆面（含屋頂，不含  $A_g$ ）之總面積  $A_{gi}$  和各牆面（含屋頂，不含  $A_0$ ）之總開口面積  $A_{0i}$ 。本例假設兩種外牆與屋頂的

開口情況，兩種不同的情況將會導致兩種不同的結果。工程師應根據實際之狀況來判斷各向外牆與屋頂之開口面積，以下，第一種假設為建築物在東風作用下，18.3m 以下之迎風面牆（亦即東向外牆）玻璃有10% 破損而造成開口，而其它外牆與屋頂沒有任何開口：

$$A_0 = 8 \times 0.1 = 0.8\text{m}^2 > 1.10A_{0i} = 1.10 \times 0 = 0\text{m}^2$$

$$A_0 = 0.8\text{m}^2 > \min(0.37\text{m}^2, 0.01A_g) = \min(0.37\text{m}^2, 0.01A_{Eg}) = 0.37\text{m}^2$$

$$\frac{A_{0i}}{A_{gi}} = \frac{0}{A_{Wg} + A_{Sg} + A_{Ng} + A_{ERg} + A_{WRg}} = \frac{0}{807.834} = 0 \leq 0.20$$

計算結果顯示，建築物同時滿足(1)  $A_0 > 1.10A_{0i}$ ，(2)  $A_0 > 0.37\text{m}^2$  或  $0.01A_g$  (二者取最小)，(3)  $\frac{A_{0i}}{A_{gi}} \leq 0.20$ ，根據規範 1.3 節，本建築物屬於部分封閉式建築物。

第二種假設為建築物在東風作用下，18.3m 以下之各向外牆玻璃與屋頂都有10% 破損而造成開口：

$$A_0 = 8 \times 0.1 = 0.8\text{m}^2 <$$

$$1.10A_{0i} = 1.10(8 \times 0.1 + 35 \times 0.1 + 14 \times 0.1 + (129.304 + 129.304) \times 0.1) = 34.72\text{m}^2$$

$$A_0 = 0.8\text{m}^2 > \min(0.37\text{m}^2, 0.01A_g) = \min(0.37\text{m}^2, 0.01A_{Eg}) = 0.37\text{m}^2$$

$$\frac{A_{0i}}{A_{gi}} = \frac{8 \times 0.1 + 35 \times 0.1 + 14 \times 0.1 + (129.304 + 129.304) \times 0.1}{A_{Wg} + A_{Sg} + A_{Ng} + A_{ERg} + A_{WRg}} = \frac{31.56}{807.834} = 0.039 > 0.20$$

計算結果顯示，建築物無法同時滿足(1)  $A_0 > 1.10A_{0i}$ ，(2)  $A_0 > 0.37\text{m}^2$  或  $0.01A_g$  (二者取最小)，(3)  $\frac{A_{0i}}{A_{gi}} \leq 0.20$ ，根據規範 1.3 節，本建築物不屬於部分封閉式建築物。

下面將是基於第二種假設來做後續計算分析。

#### 判斷是否屬於封閉式建築物

本建築物既不屬於開放式建築物，也不屬於部分封閉式建築物，根據規範 1.3 節，本建築物屬於封閉式建築物。接下來，根據規範第二章，計算主要風力抵抗系統所應承受之設計風力。

### 4.3.1 低層廠房所受的順風向風力

根據規範 2.2 節到 2.9 節，計算低層廠房所應承受之順風向風力。

#### 計算風速壓

根據規範式 (2.7)，風速壓地況係數  $K(z)$ ：

$$\begin{aligned} K(z) &= 2.774 \left( \frac{z}{z_g} \right)^{2\alpha} ; z > 5\text{m} \\ &= 2.774 \left( \frac{5}{z_g} \right)^{2\alpha} ; z \leq 5\text{m} \end{aligned}$$

根據規範式 (2.8)，地形係數  $K_{zt}$ ：

因工址附近無造成風速局部加速效應之特殊地形， $K_{zt} = 1$

根據規範式 (2.6)，離地面  $z$  公尺高度之風速壓  $q(z)$ ：

$$\begin{aligned} z > 5\text{m} : q(z) &= 0.06 K(z) K_{zt} [I V_{10}(C)]^2 \\ &= 0.06 \times 2.774 \left( \frac{z}{300} \right)^{2 \times 0.15} \times 1 \times [1 \times 32.5]^2 \\ &= 175.80 \left( \frac{z}{300} \right)^{0.3} \text{ kgf/m}^2 \\ z \leq 5\text{m} : q(z) &= 0.06 K(z) K_{zt} [I V_{10}(C)]^2 \\ &= 0.06 \times 2.774 \left( \frac{5}{300} \right)^{2 \times 0.15} \times 1 \times [1 \times 32.5]^2 \\ &= 51.47 \text{ kgf/m}^2 \end{aligned}$$

根據規範 2.2 節，需計算離地面  $z = h$  公尺高度之風速壓  $q(h)$ ：

$$q(h) = q(z = h) = 175.80 \left( \frac{10.01}{300} \right)^{0.3} = 63.39 \text{ kgf/m}^2$$

#### 計算陣風反應因子

建築物之  $f_n = 1.812\text{Hz} > 1\text{Hz}$ ，根據規範 1.3 節，建築物屬普通建築物，因此，須計算普通建築物之陣風反應因子  $G$ 。

根據規範式 (2.12)，紊流積分尺度  $L_{\bar{z}}$ ：

$$L_{\bar{z}} = \ell(\bar{z}/10)^{\bar{\epsilon}} = 152(6.006/10)^{0.20} = 137.27\text{m}$$

$$\text{其中，}\bar{z} = \max(0.6 \times h, z_{\min}) = \max(0.6 \times 10.01, 4.5) = 6.006\text{m}$$

根據規範式 (2.10) 與式 (2.11)，紊流強度  $I_{\bar{z}}$  與背景反應  $Q$ ：

$$I_{\bar{z}} = c(10/\bar{z})^{1/6} = 0.2(10/6.006)^{1/6} = 0.22$$

$$Q = \sqrt{\frac{1}{1 + 0.63\left(\frac{B+h}{L_{\bar{z}}}\right)^{0.63}}} = \sqrt{\frac{1}{1 + 0.63\left(\frac{11.6+10.01}{137.27}\right)^{0.63}}} = 0.91$$

根據規範式 (2.9)，普通建築物之陣風反應因子  $G$ ：

$$G = 1.927\left(\frac{1 + 1.7g_Q I_{\bar{z}} Q}{1 + 1.7g_V I_{\bar{z}}}\right) = 1.927\left(\frac{1 + 1.7 \times 3.4 \times 0.22 \times 0.91}{1 + 1.7 \times 3.4 \times 0.22}\right) = 1.83$$

其中，根據規範式 (2.9) 的下一行，背景反應尖峰因子  $g_Q$  和風速尖峰因子  $g_V$  均可取 3.4。本文針對不同地況，考慮常用的建築物尺寸，列出普通建築物之陣風反應因子，如表 4.1、表 4.2 和表 4.3 所示，方便工程師查詢。

### 計算外風壓係數

根據規範表 2.4，牆之外風壓係數  $C_p$ ：

所屬牆面為迎風面（東向牆面）， $C_p = 0.8$ 。

所屬牆面為背風面（西向牆面）， $L/B = 22.08/11.6 = 1.90$ ，

$C_p = -0.32$ （從  $L/B = 1$  對應的  $C_p = -0.5$  值與  $L/B = 2$  對應的

$C_p = -0.3$  值來做線性內插求得）。

根據規範表 2.5，屋頂之外風壓係數  $C_p$ ：

東風作用下風向垂直於屋脊， $h/L = 10.01/22.08 = 0.45$ ，屋頂與水平面所夾的角度  $\theta = 7.94^\circ$ 。當  $h/L = 0.45$  且  $\theta = 0^\circ$  所對應的  $C_p = -0.7$ ；本文認為當  $h/L > 0.3$  且  $\theta = 10^\circ \sim 15^\circ$  時，所對應的  $C_p = -0.9$ ，因此， $h/L = 0.45$  且  $\theta = 10^\circ \sim 15^\circ$  對應的  $C_p = -0.9$ 。 $\theta = 7.94^\circ$  介於  $\theta = 0^\circ$  到  $\theta = 10^\circ \sim 15^\circ$  之間，則屋頂迎風面之  $C_p = -0.86$ ，而屋頂背風面之  $C_p = -0.7$ 。

#### 計算內風壓係數

根據規範表 2.17，內風壓係數 ( $GC_{pi}$ )：

封閉式建築物，( $GC_{pi}$ ) = +0.375 或 -0.375。

#### 計算設計風壓

根據規範式 (2.1)，封閉式之建築物所應承受之設計風壓  $p$ ：

$$p = qGC_p - q_i(GC_{pi})$$

#### 外牆設計風壓

##### 迎風面牆

$$\begin{aligned} z > 5\text{m} : p(z) &= q(z)GC_p - q(h)(GC_{pi}) \\ &= 175.80 \left( \frac{z}{300} \right)^{0.3} \times 1.83 \times 0.8 - 63.39 \times (\pm 0.375) \text{kgf/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z \leq 5\text{m} : p(z) &= q(5)GC_p - q(h)(GC_{pi}) \\ &= 51.47 \times 1.83 \times 0.8 - 63.39 \times (\pm 0.375) \text{kgf/m}^2 \end{aligned}$$

迎風面牆各形心高度之設計風力 = 迎風面牆各形心高度所對應之設計風壓 × 對應的迎風面牆之受風面積。

背風面牆

$$p(z) = q(h)GC_p - q(h)(GC_{pi})$$

$$= 63.39 \times 1.83 \times (-0.32) - 63.39 \times (\pm 0.375) \text{kgf/m}^2$$

背風面牆各形心高度之設計風力 = 背風面牆之設計風壓 × 背風面牆之受風面積。

外牆各形心高度之順風向風力 = 迎風面牆各形心高度之設計風力 - 背風面牆各形心高度之設計風力。低層廠房在東風作用下的順風向風力如表 4.4 所示。

屋頂設計風壓

迎風面屋頂

$$p(z) = q(h)GC_p - q(h)(GC_{pi})$$

$$= 63.39 \times 1.83 \times (-0.86) - 63.39 \times (\pm 0.375) = \begin{pmatrix} -123.80 \\ -76.26 \end{pmatrix} \text{kgf/m}^2$$

$$\text{迎風面屋頂之設計風力} = \begin{pmatrix} -123.80 \\ -76.26 \end{pmatrix} \times A_{ERg} = \begin{pmatrix} -16007.84 \\ -9860.72 \end{pmatrix} \text{kgf} \text{ , 此}$$

力量作用方向是垂直於斜屋頂，因此，必須乘上  $\sin \theta$  來求得迎風

$$\text{面屋頂之順風向風力} = \begin{pmatrix} -16007.84 \\ -9860.72 \end{pmatrix} \times \sin \theta = \begin{pmatrix} -2211.22 \\ -1362.05 \end{pmatrix} \text{kgf} \text{ 。}$$

背風面屋頂

$$p(z) = q(h)GC_p - q(h)(GC_{pi})$$

$$= 63.39 \times 1.83 \times (-0.7) - 63.39 \times (\pm 0.375) = \begin{pmatrix} -105.19 \\ -57.65 \end{pmatrix} \text{kgf/m}^2$$

$$\text{背風面屋頂之設計風力} = \begin{pmatrix} -105.19 \\ -57.65 \end{pmatrix} \times A_{WRg} = \begin{pmatrix} -13601.49 \\ -7454.38 \end{pmatrix} \text{kgf} \text{ , 此}$$

力量作用方向是垂直於斜屋頂，因此，必須乘上  $\sin \theta$  來求得背風

$$\text{面屋頂之順風向風力} = \begin{pmatrix} -13601.49 \\ -7454.38 \end{pmatrix} \times \sin \theta = \begin{pmatrix} -1878.82 \\ -1029.65 \end{pmatrix} \text{kgf} \text{ 。}$$

屋頂之順風向風力 = 迎風面屋頂之順風向風力 - 背風面屋頂之順風

向風力。低層廠房在東風作用下的順風向風力如表 4.4 所示。

### 4.3.2 低層廠房所受的橫風向風力

因為規範是針對近似規則矩形柱體來計算橫風向風力，因此，本文建議在求建築物(斜屋頂)所受的橫風向風力時，最好能參考相關專業規範。低層建築物之屋頂與水平面所夾的角度 $\theta$ 很小，故本例假設此低層建築物近似規則矩形柱體。以下，根據規範 2.10 節，計算低層廠房所應承受之橫風向風力。  
判斷是否滿足規範式 (2.21) 之使用條件

根據日本風力規範 (AIJ) 之解說，規範式 (2.21) 適用於  $h/\sqrt{BL} \leq 6$ ， $0.2 \leq L/B \leq 5$ 。建築物細長比  $h/\sqrt{BL} = 10.01/\sqrt{11.6 \times 22.08} = 0.625 \leq 6$ ，斷面深寬比  $L/B = 22.08/11.6 = 1.90$  介於 0.2 至 5 之間。因此，滿足規範式 (2.21) 之使用條件。

判斷是否會產生共振及空氣動力不穩定現象

$h/\sqrt{BL} = 0.625 < 4$ ，根據規範 2.10 節，不會產生共振及空氣動力不穩定現象。

計算橫風向尖峰因子  $g_L$  與  $C'_L$

$$g_L = \sqrt{2 \ln(600 f_a) + 1.2} = \sqrt{2 \ln(600 \times 1.112) + 1.2} = 3.77$$

$$\begin{aligned} C'_L &= 0.0082(L/B)^3 - 0.071(L/B)^2 + 0.22(L/B) \\ &= 0.0082(22.08/11.6)^3 - 0.071(22.08/11.6)^2 + 0.22(22.08/11.6) = 0.22 \end{aligned}$$

計算橫風向共振因子  $R_{LR}$

根據規範 2.6 節之解說，計算高度為  $z = h$  處之風速  $V_h$ ：

$$V_{z=h} = V_h = 1.666V_{10}(C)(h/z_g)^\alpha = 1.666 \times 32.5 \times (10.01/300)^{0.15} \\ = 32.51 \text{ m/s}$$

$$\text{橫風向無因次頻率 } n^* = \frac{f_a B}{V_h} = \frac{1.112 \times 11.6}{32.51} = 0.40$$

$$\text{斷面深寬比 } L/B = 22.08/11.6 = 1.90 < 3, S = 1$$

$$n_1 = \frac{0.12}{\left[1 + 0.38 \left(\frac{L}{B}\right)^2\right]^{0.89}} = \frac{0.12}{\left[1 + 0.38 \left(\frac{22.08}{11.6}\right)^2\right]^{0.89}} = 0.06$$

$$\beta_1 = \frac{\left(\frac{L}{B}\right)^4}{1.1 \left(\frac{L}{B}\right)^4 - 1.7 \left(\frac{L}{B}\right)^2 + 21} + \frac{0.12}{\left(\frac{L}{B}\right)} \\ = \frac{\left(\frac{22.08}{11.6}\right)^4}{1.1 \left(\frac{22.08}{11.6}\right)^4 - 1.7 \left(\frac{22.08}{11.6}\right)^2 + 21} + \frac{0.12}{\left(\frac{22.08}{11.6}\right)} = 0.51$$

$$\bar{k}_1 = 0.85$$

橫風向風力頻譜值  $S_L(n^*)$  :

$$S_L(n^*) = \sum_{j=1}^S \frac{4\bar{k}_j(1+0.6\beta_j)\beta_j}{\pi} \frac{\left(\frac{n^*}{n_j}\right)^2}{\left[1 - \left(\frac{n^*}{n_j}\right)^2\right]^2 + 4\beta_j^2 \left(\frac{n^*}{n_j}\right)^2} \\ = \sum_{j=1}^S \frac{4\bar{k}_1(1+0.6\beta_1)\beta_1}{\pi} \frac{\left(\frac{n^*}{n_1}\right)^2}{\left[1 - \left(\frac{n^*}{n_1}\right)^2\right]^2 + 4\beta_1^2 \left(\frac{n^*}{n_1}\right)^2} \\ = \frac{4 \times 0.85(1+0.6 \times 0.51)0.51}{\pi} \frac{\left(\frac{0.40}{0.06}\right)^2}{\left[1 - \left(\frac{0.40}{0.06}\right)^2\right]^2 + 4 \times 0.51^2 \times \left(\frac{0.40}{0.06}\right)^2} \\ = 0.014$$

橫風向共振因子  $R_{LR} = \frac{\pi S_L(n^*)}{4} = \frac{\pi \times 0.014}{4} = 0.0113$ 。規範表 2.18 所提供的某些數值與規範 2.10 節公式所算出來的數值有出入，本文根據規範 2.10 節所提供的公式，來重新計算並製作圖表，如表 4.5 所示。

### 計算橫風向風力

根據規範式 (2.21)，矩形斷面建築物 Z 處高度橫風向風力  $W_{Lz}$ ：

$$\begin{aligned} W_{Lz} &= 3q(h)C_L' A_z \frac{Z}{h} g_L \sqrt{1 + \frac{1}{\beta} R_{LR}} \\ &= 3 \times 63.39 \times 0.22 \times A_z \times \frac{Z}{10.01} \times 3.77 \sqrt{1 + \frac{1}{0.01} \times 0.0113} \\ &= 23A_z \times Z \text{ kgf} \end{aligned}$$

其中， $A_z$  為高度 z 處迎風面面積。低層廠房在東風作用下的橫風向風力如表 4.4 所示。

### 4.3.3 低層廠房所受的扭轉向風力

因為規範是針對近似規則矩形柱體來計算扭轉向風力，因此，本文建議在求建築物(斜屋頂)所受的扭轉向風力時，最好能參考相關專業規範。低層建築物之屋頂與水平面所夾的角度  $\theta$  很小，故本例假設此低層建築物近似規則矩形柱體。以下，根據規範 2.11 節，計算低層廠房所應承受之扭轉向風力。判斷是否滿足規範式 (2.22) 之使用條件

根據日本風力規範 (AIJ) 之解說，規範式 (2.22) 適用於  $h/\sqrt{BL} \leq 6$ ， $0.2 \leq L/B \leq 5$ 。建築物細長比  $h/\sqrt{BL} = 10.01/\sqrt{11.6 \times 22.08} = 0.625 \leq 6$ ，斷面深寬比  $L/B = 22.08/11.6 = 1.90$  介於 0.2 至 5 之間，因此，滿足規範式 (2.22) 之使用條件。

計算扭轉向尖峰因子  $g_T$  與  $C_T'$

$$g_T = \sqrt{2 \ln(600 f_r)} + 1.2 = \sqrt{2 \ln(600 \times 2.450)} + 1.2 = 3.97$$

$$C_T' = \left[ 0.0066 + 0.015 \left( \frac{L}{B} \right)^2 \right]^{0.78} = \left[ 0.0066 + 0.015 \left( \frac{22.08}{11.6} \right)^2 \right]^{0.78} = 0.11$$

### 計算扭矩共振因子 $R_{TR}$

$$\text{無因次風速 } U^* = \frac{V_h}{f_r \sqrt{BL}} = \frac{32.51}{2.450 \sqrt{11.6 \times 22.08}} = 0.83$$

$$L_{BL} = \max(B, L) = \max(11.6, 22.08) = 22.08\text{m}$$

$$K_T = \frac{-1.1 \left( \frac{L}{B} \right) + 0.97}{\left( \frac{L}{B} \right)^2 + 0.85 \left( \frac{L}{B} \right) + 3.3} + 0.17 = \frac{-1.1 \left( \frac{22.08}{11.6} \right) + 0.97}{\left( \frac{22.08}{11.6} \right)^2 + 0.85 \left( \frac{22.08}{11.6} \right) + 3.3} + 0.17$$

$$= 0.04$$

$$\beta_r = \frac{\left( \frac{L}{B} \right) + 3.6}{\left( \frac{L}{B} \right)^2 - 5.1 \left( \frac{L}{B} \right) + 9.1} + \frac{0.14}{\left( \frac{L}{B} \right)} + 0.14$$

$$= \frac{\left( \frac{22.08}{11.6} \right) + 3.6}{\left( \frac{22.08}{11.6} \right)^2 - 5.1 \left( \frac{22.08}{11.6} \right) + 9.1} + \frac{0.14}{\left( \frac{22.08}{11.6} \right)} + 0.14 = 2.04$$

### 扭矩共振因子 $R_{TR}$

$$R_{TR} = 0.036 K_T^2 (U^*)^{2\beta_r} \frac{L(B^2 + L^2)^2}{L_{BL}^2 B^3}$$

$$= 0.036 \times 0.04^2 \times (0.83)^{2 \times 2.04} \frac{22.08(11.6^2 + 22.08^2)^2}{22.08^2 11.6^3} = 0.0003$$

規範表 2.19 所提供的某些數值與規範 2.11 節公式所算出來的數值有出入，本文根據規範 2.11 節所提供的公式，來重新計算並製作圖表，如表 4.7 所示。

### 計算扭轉向風力

根據規範式 (2.22)，矩形斷面建築物  $z$  處高度橫風向風力  $M_{Tz}$ ：

$$\begin{aligned}
 M_{T_z} &= 1.8q(h)C_T' A_z B \frac{Z}{h} g_T \sqrt{1 + \frac{1}{\beta} R_{TR}} \\
 &= 1.8 \times 63.39 \times 0.11 \times A_z \times 11.6 \times \frac{Z}{10.01} \times 3.97 \sqrt{1 + \frac{1}{0.01} \times 0.0003} \\
 &= 58.60 A_z \times Z \text{ kgf} \cdot \text{m}
 \end{aligned}$$

低層廠房在東風作用下的扭轉向風力如表 4.4 所示。

#### 4.3.4 建築物設計風力之組合

根據規範 2.12 節來進行建築物設計風力之組合。本案例中，低層廠房在東風作用下的順風向、橫風向與扭轉向設計風力如表 4.4 所示。根據規範 2.12 節之解說，以表 4.4 所示的設計風力來進行結構分析。取得在東風作用下之順風向、橫風向以及扭轉向設計風力所造成的結構效應  $\hat{W}_{D1}$ 、 $\hat{W}_{L1}$  及  $\hat{W}_{T1}$ 。並計算在東風作用下之順風向平均風力所造成的結構效應  $\bar{W}_{D1} = \hat{W}_{D1} \frac{1}{1.128G}$ ，其中普通建築物  $\bar{G} = G$ 。考慮順風向與橫風向載重對於構件具有相同方向效應，可將三個風向的動態部分結構效應以平方和開根號 (SRSS) 方式組合，因此在東風作用下所造成之結構效應  $W_1$  如下：

$$W_1 = \bar{W}_{D1} + \sqrt{(\hat{W}_{D1} - \bar{W}_{D1})^2 + (\hat{W}_{L1} + \hat{W}_{T1})^2}$$

#### 4.3.5 建築物層間變位角

規範 4.2 節並不適用於計算低層廠房的層間變位角，本文建議參考相關的專業規範來計算其層間變位角。

#### 4.3.6 建築物最高居室樓層側向加速度

低層廠房不需計算建築物最高居室樓層側向加速度。

#### 4.4 主要風力抵抗系統在南風作用下之設計風力

##### 列出計算時所需的基本參數

垂直於風向之建築物水平尺寸  $B$ ：根據圖 4.1， $B = 22.08\text{m}$ 。

平行於風向之建築物水平尺寸  $L$ ：根據圖 4.1， $L = 11.6\text{m}$ 。

順風向基本自然頻率  $f_n$ ：根據圖 4.1， $f_n = f_{SN} = 1.112\text{Hz}$ 。

橫風向基本自然頻率  $f_a$ ：根據圖 4.1， $f_a = f_{EW} = 1.812\text{Hz}$ 。

##### 判斷是否屬於開放式建築物

根據美國規範 ASCE 7-02，在颱風或颶風區內，考慮約 18.3m 以下之玻璃都有可能受到隨風飛散物的撞擊而成為開口。而各向外牆之可能總開口面積和 18.3m 以下各向外牆總玻璃面積與本文“4.3 節”中判斷是否屬於開放式建築物所給的資料相同。

根據規範 1.3 節中開放式建築物定義來計算受正值外風壓牆面總面積  $A_g$  和該牆面總開口面積  $A_0$ ，計算結果與本文“4.3 節”中判斷是否屬於開放式建築物的結果相同，每一方向的牆面皆無法滿足  $A_0 \geq 0.8A_g$ ，根據規範 1.3 節，本建築物不屬於開放式建築物。

##### 判斷是否屬於部份封閉式建築物

根據規範 1.3 節中部分封閉式建築物定義，計算  $A_g$ 、 $A_0$ 、 $A_{gi}$  和  $A_{oi}$ 。本例假設兩種外牆與屋頂的開口情況，兩種不同的情況將會導致兩種不同的結果。工程師應根據實際之狀況來判斷各向外牆與屋頂之開口面積，以下，第一種假設為建築物在南風作用下，18.3m 以下之迎風面牆（亦即南向外牆）玻璃有 10% 破損而造成開口，而其它外牆與屋頂沒有任何開口：

$$A_0 = 35 \times 0.1 = 3.5\text{m}^2 > 1.10A_{oi} = 1.10 \times 0 = 0\text{m}^2$$

$$A_0 = 0.8\text{m}^2 > \min(0.37\text{m}^2, 0.01A_g) = \min(0.37\text{m}^2, 0.01A_{sg}) = 0.37\text{m}^2$$

$$\frac{A_{0i}}{A_{gi}} = \frac{0}{A_{Wg} + A_{Eg} + A_{Ng} + A_{ERg} + A_{WRg}} = \frac{0}{693.997} = 0 \leq 0.20$$

計算結果顯示，建築物同時滿足(1)  $A_0 > 1.10A_{0i}$ ，(2)  $A_0 > 0.37\text{m}^2$  或  $0.01A_g$

(二者取最小)，(3)  $\frac{A_{0i}}{A_{gi}} \leq 0.20$ ，根據規範 1.3 節，本建築物屬於部分封閉

式建築物。

第二種假設為建築物在南風作用下，18.3m 以下之各向外牆玻璃與屋頂都有 10% 破損而造成開口：

$$A_0 = 35 \times 0.1 = 3.5\text{m}^2 <$$

$$1.10A_{0i} = 1.10(8 \times 0.1 + 8 \times 0.1 + 14 \times 0.1 + (129.304 + 129.304) \times 0.1) \\ = 31.75\text{m}^2$$

$$A_0 = 0.8\text{m}^2 > \min(0.37\text{m}^2, 0.01A_g) = \min(0.37\text{m}^2, 0.01A_{Sg}) = 0.37\text{m}^2$$

$$\frac{A_{0i}}{A_{gi}} = \frac{8 \times 0.1 + 8 \times 0.1 + 14 \times 0.1 + (129.304 + 129.304) \times 0.1}{A_{Wg} + A_{Eg} + A_{Ng} + A_{ERg} + A_{WRg}} = \frac{28.86}{693.997} \\ = 0.042 > 0.20$$

計算結果顯示，建築物無法同時滿足(1)  $A_0 > 1.10A_{0i}$ ，(2)  $A_0 > 0.37\text{m}^2$  或

$0.01A_g$  (二者取最小)，(3)  $\frac{A_{0i}}{A_{gi}} \leq 0.20$ ，根據規範 1.3 節，本建築物不屬於

部分封閉式建築物。

下面將是基於第二種假設來做後續計算分析。

#### 判斷是否屬於封閉式建築物

本建築物既不屬於開放式建築物，也不屬於部分封閉式建築物，根據規範 1.3 節，本建築物屬於封閉式建築物。接下來，根據規範第二章，計算主要風力抵抗系統所應承受之設計風力。

### 4.4.1 低層廠房所受的順風向風力

根據規範 2.2 節到 2.9 節，計算低層廠房所應承受之順風向風力。

#### 計算風速壓

此部分的計算過程與結果完全與“4.3.1節”中計算風速壓的過程與結果相同。詳細過程參考本文“4.3.1節”。

### 計算陣風反應因子

建築物之 $f_n = 1.112\text{Hz} > 1\text{Hz}$ ，根據規範 1.3 節，建築物屬普通建築物，因此，須計算普通建築物之陣風反應因子 $G$ 。

根據規範式 (2.12)，計算紊流積分尺度 $L_z = 137.27\text{m}$ 。

根據規範式 (2.10) 與式 (2.11)，計算紊流強度 $I_z = 0.22$ 與背景反應 $Q = 0.89$ 。

根據規範式 (2.9)，計算普通建築物之陣風反應因子 $G$ ：

$$G = 1.927 \left( \frac{1 + 1.7g_Q I_z Q}{1 + 1.7g_V I_z} \right) = 1.927 \left( \frac{1 + 1.7 \times 3.4 \times 0.22 \times 0.89}{1 + 1.7 \times 3.4 \times 0.22} \right) = 1.81$$

其中，根據規範式 (2.9) 的下一行，背景反應尖峰因子 $g_Q$ 和風速尖峰因子 $g_V$ 均可取3.4。本文針對不同地況，考慮常用的建築物尺寸，列出普通建築物之陣風反應因子，如表 4.1、表 4.2 和表 4.3 所示，方便工程師查詢。

### 計算外風壓係數

根據規範表 2.4，牆之外風壓係數 $C_p$ ：

所屬牆面為迎風面（南向牆面）， $C_p = 0.8$ 。

所屬牆面為背風面（北向牆面）， $L/B = 0.53$ ， $C_p = -0.5$ 。

根據規範表 2.5，屋頂之外風壓係數 $C_p$ ：

南風作用下風向平行於屋脊， $h/L = 0.86 \leq 2.5$  或  $h/B = 0.45 \leq 2.5$ ，則屋頂迎風面之 $C_p = -0.7$ ，而屋頂背風面之

$$C_p = -0.7。$$

### 計算內風壓係數

根據規範表 2.17，內風壓係數( $GC_{pi}$ )：

封閉式建築物，( $GC_{pi}$ ) = +0.375或 -0.375。

### 計算設計風壓

根據規範式 (2.1)，封閉式之建築物所應承受之設計風壓  $p$ ：

$$p = qGC_p - q_i(GC_{pi})$$

#### 外牆設計風壓

##### 迎風面牆

$$z > 5\text{m} : p(z) = 175.80 \left( \frac{z}{300} \right)^{0.3} \times 1.81 \times 0.8 - 63.39 \times (\pm 0.375) \text{kgf/m}^2$$

$$z \leq 5\text{m} : p(z) = 51.47 \times 1.81 \times 0.8 - 63.39 \times (\pm 0.375) \text{kgf/m}^2$$

迎風面牆各形心高度之設計風力 = 迎風面牆各形心高度所對應之設計風壓 × 對應的迎風面牆之受風面積。

##### 背風面牆

$$p(z) = 63.39 \times 1.81 \times (-0.5) - 63.39 \times (\pm 0.375) \text{kgf/m}^2$$

背風面牆各形心高度之設計風力 = 背風面牆之設計風壓 × 背風面牆之受風面積

外牆各形心高度之順風向風力 = 迎風面牆各形心高度之設計風力 - 背風面牆各形心高度之設計風力。低層廠房在南風作用下的順風向風力如表 4.7 所示。

#### 屋頂設計風壓

迎風面屋頂

$$p(z) = 63.39 \times 1.81 \times (-0.7) - 63.39 \times (\pm 0.375) \text{kgf/m}^2$$

背風面屋頂

$$p(z) = 63.39 \times 1.81 \times (-0.7) - 63.39 \times (\pm 0.375) \text{kgf/m}^2$$

根據規範表 2.5 所附的圖，並無顯示當風向平行於屋脊時，屋頂外風壓的作用方向，因此，在南風作用下，屋頂不考慮順風向風力。

#### 4.4.2 低層廠房所受的橫風向風力

因為規範是針對近似規則矩形柱體來計算橫風向風力，因此，本文建議在求建築物(斜屋頂)所受的橫風向風力時，最好能參考相關專業規範。低層建築物之屋頂與水平面所夾的角度 $\theta$ 很小，故本例假設此低層建築物近似規則矩形柱體。以下，根據規範 2.10 節，計算低層廠房所應承受之橫風向風力。  
判斷是否滿足規範式 (2.21) 之使用條件

根據日本風力規範 (AIJ) 之解說，規範式 (2.21) 適用於  $h/\sqrt{BL} \leq 6$ ， $0.2 \leq L/B \leq 5$ 。建築物細長比  $h/\sqrt{BL} = 0.625 \leq 6$ ，斷面深寬比  $L/B = 0.53$  介於 0.2 至 5 之間，因此，滿足規範式 (2.21) 之使用條件。

判斷是否會產生共振及空氣動力不穩定現象

$h/\sqrt{BL} = 0.625 < 4$ ，根據規範 2.10 節，不會產生共振及空氣動力不穩定現象。

計算橫風向尖峰因子  $g_L = 3.90$  與  $C_L' = 0.10$

計算橫風向共振因子  $R_{LR}$

根據規範 2.6 節之解說，計算高度為  $z = h$  處之風速  $V_h = 32.51 \text{m/s}$ 。

橫風向無因次頻率  $n^* = 1.23$

斷面深寬比  $L/B = 11.6/22.08 = 0.53 < 3$  ,  $S = 1$

$n_1 = 0.11$  ;  $\beta_1 = 0.23$  ;  $\bar{k}_1 = 0.85$  ;  $S_L(n^*) = 0.0023$

橫風向共振因子  $R_{LR} = \frac{\pi S_L(n^*)}{4} = \frac{\pi \times 0.0023}{4} = 0.0018$  。

### 計算橫風向風力

根據規範式 (2.21)，矩形斷面建築物  $Z$  處高度橫風向風力  $W_{Lz}$ ：

$$W_{Lz} = 3q(h)C_L' A_z \frac{Z}{h} g_L \sqrt{1 + \frac{1}{\beta} R_{LR}} = 8.05 A_z \times Z \text{ kgf}$$

其中， $A_z$  為高度  $z$  處迎風面面積。低層廠房在南風作用下的橫風向風力如表 4.7 所示。

### 4.4.3 低層廠房所受的扭轉向風力

因為規範是針對近似規則矩形柱體來計算扭轉向風力，因此，本文建議在求建築物(斜屋頂)所受的扭轉向風力時，最好能參考相關專業規範。低層建築物之屋頂與水平面所夾的角度  $\theta$  很小，故本例假設此低層建築物近似規則矩形柱體。以下，根據規範 2.11 節，計算低層廠房所應承受之扭轉向風力。判斷是否滿足規範式 (2.22) 之使用條件

因為低層廠房之屋頂與水平面所夾的角度  $\theta$  很小，故本例假設此低層廠房近似規則矩形柱體。根據日本風力規範 (AIJ) 之解說，規範式 (2.22) 適用於  $h/\sqrt{BL} \leq 6$  ,  $0.2 \leq L/B \leq 5$  。建築物細長比  $h/\sqrt{BL} = 0.625 \leq 6$  , 斷面深寬比  $L/B = 0.53$  介於 0.2 至 5 之間，因此，滿足規範式 (2.22) 之使用條件。

計算扭轉向尖峰因子  $g_T = 3.97$  與  $C_T' = 0.03$

計算扭矩共振因子  $R_{TR}$

無因次風速  $U^* = 0.83$

$L_{BL} = 22.08\text{m}$  ;  $K_T = 0.27$  ;  $\beta_T = 1.02$

扭矩共振因子  $R_{TR} = 0.0015$  。

### 計算扭轉向風力

根據規範式 (2.22)，矩形斷面建築物  $z$  處高度橫風向風力  $M_{Tz}$ ：

$$M_{Tz} = 1.8q(h)C_T' A_z B \frac{Z}{h} g_T \sqrt{1 + \frac{1}{\beta} R_{TR}} = 32.15 A_z \times Z \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

低層廠房在南風作用下的扭轉向風力如表 4.7 所示。

## 4.4.4 建築物設計風力之組合

根據規範 2.12 節來進行建築物設計風力之組合。本案例中，低層廠房在南風作用下的順風向、橫風向與扭轉向設計風力如表 4.7 所示。根據規範 2.12 節之解說，以表 4.7 所示的設計風力來進行結構分析。取得在南風作用下之順風向、橫風向以及扭轉向設計風力所造成的結構效應  $\hat{W}_{D2}$ 、 $\hat{W}_{L2}$  及  $\hat{W}_{T2}$ 。並計算在南風作用下之順風向平均風力所造成的結構效應

$\overline{W}_{D2} = \hat{W}_{D2} \frac{1}{1.128\overline{G}}$ ，其中普通建築物  $\overline{G} = G$ 。考慮順風向與橫風向載重對於

構件具有相同方向效應，可將三個風向的動態部分結構效應以平方和開根號

(SRSS) 方式組合，因此在南風作用下所造成之結構效應  $W_2$  如下：

$$W_2 = \overline{W}_{D2} + \sqrt{\left(\hat{W}_{D2} - \overline{W}_{D2}\right)^2 + \left(\left|\hat{W}_{L2}\right| + \left|\hat{W}_{T2}\right|\right)^2}$$

## 4.4.5 建築物層間變位角

規範 4.2 節並不適用於計算低層廠房的層間變位角，本文建議參考相關的專業規範來計算其層間變位角。

#### 4.4.6 建築物最高居室樓層側向加速度

低層廠房不需計算建築物最高居室樓層側向加速度。

### 4.5 建築物結構效應與最高居室樓層側向加速度之檢核

#### 構件效應

根據規範 2.12 節之解說，設計時所採用的構件效應  $W$  是以  $W_1$ （本文“4.3.4”）和  $W_2$ （本文“4.4.4”）結果之較大值為設計依據，亦即  $W = \max\{W_1, W_2\}$ 。

### 4.6 低層廠房局部構材及外部被覆物之設計風壓

根據規範第三章，計算各向外牆與屋頂的設計風壓。由於各向外牆四周的地況皆一樣，故在相同有效受風面積  $A$  的情況下，各向外牆相同區域之設計風壓會一樣，所以，以下只考慮某方向外牆。外牆的設計風壓需考慮設計正風壓（當此牆為迎風面牆）與設計負風壓（當此牆為背風面牆或側牆）。屋頂的設計風壓需考慮設計正風壓與設計負風壓。

#### 列出計算時所需的基本參數

建築物之平均屋頂高度  $h$ ：根據圖 4.3， $h = 10.01\text{m}$ 。

建築物形式：封閉式建築物。

屋頂之斜角  $\theta = 7.94^\circ$ 。

#### 計算風速壓

此部分的計算過程與結果完全與“4.3.1節”中計算風速壓的過程與結果相同。詳細過程參考本文“4.3.1節”。

#### 計算外風壓係數

因為建築物之平均屋頂高度  $h = 10.01\text{m} < 18\text{m}$  且屋頂之斜角  $\theta = 7.94^\circ$  滿

足  $7^\circ < \theta \leq 27^\circ$ ，根據規範圖 3.1 (c)，將屋頂分為①區、②區與③區。根據規範圖 3.1 (a)，將外牆分為④區與⑤區。外風壓區域之寬度  $a = \min(0.4h, 0.1 \times \min(11.6, 22.08)) = \min(4.004, 1.16) = 1.16\text{m}$ ，此  $a$  值沒有小於  $0.9\text{m}$  或最小寬度的  $4\%$  (亦即  $0.464\text{m}$ )，滿足規範圖 3.1 (a) 之註 4。本文為了計算方便，根據規範圖 3.1 (a) 與圖 3.1 (c)，將外牆與屋頂各區在不同的有效受風面積  $A$  下所對應的外風壓係數 ( $GC_p$ ) 公式化，可分為  $(GC_p)_{4,+}$ 、 $(GC_p)_{4,-}$ 、 $(GC_p)_{5,+}$ 、 $(GC_p)_{5,-}$ 、 $(GC_p)_{1,+}$ 、 $(GC_p)_{1,-}$ 、 $(GC_p)_{2,+}$ 、 $(GC_p)_{2,-}$ 、 $(GC_p)_{3,+}$  與  $(GC_p)_{3,-}$ ，與本文“3.6 節”所用外風壓係數的計算式一樣。

#### 計算內風壓係數

根據規範表 2.17，內風壓係數 ( $GC_{pi}$ )：

封閉式建築物， $(GC_{pi}) = +0.375$  或  $-0.375$

#### 計算設計風壓

根據規範式 (3.1)，封閉式或部分封閉式建築物高度不超過 18 公尺者，其局部構件及外部被覆物之設計風壓  $p$ ：

$$p = q(h)[(GC_p) - (GC_{pi})]$$

根據前述各區外風壓係數的計算式，考慮不同的有效受風面積  $A$ ，低層廠房外牆之④、⑤區的設計風壓和低層廠房屋頂之①、②與③區的設計風壓分別如下：

低層廠房外牆④區設計正風壓  $p_{4,+}$  (當此牆為迎風面牆)

$$\begin{aligned} p_{4,+} &= q(h)[(GC_p)_{4,+} - (GC_{pi})] = \max \left\{ \begin{array}{l} 63.39[(GC_p)_{4,+} - (0.375)] \\ 63.39[(GC_p)_{4,+} - (-0.375)] \end{array} \right\} \\ &= 63.39[(GC_p)_{4,+} - (-0.375)] \text{kgf/m}^2 \end{aligned}$$

低層廠房外牆④區設計負風壓  $p_{4,-}$  (當此牆為背風面牆或側牆)

$$\begin{aligned} p_{4,-} &= q(h)[(GC_p)_{4,-} - (GC_{pi})] = \min \left\{ \begin{array}{l} 63.39[(GC_p)_{4,-} - (0.375)] \\ 63.39[(GC_p)_{4,-} - (-0.375)] \end{array} \right\} \\ &= 63.39[(GC_p)_{4,-} - (0.375)] \text{kgf/m}^2 \end{aligned}$$

低層廠房外牆⑤區設計正風壓  $p_{5,+}$  (當此牆為迎風面牆)

$$\begin{aligned} p_{5,+} &= q(h)[(GC_p)_{5,+} - (GC_{pi})] = \max \left\{ \begin{array}{l} 63.39[(GC_p)_{5,+} - (0.375)] \\ 63.39[(GC_p)_{5,+} - (-0.375)] \end{array} \right\} \\ &= 63.39[(GC_p)_{5,+} - (-0.375)] \text{kgf/m}^2 \end{aligned}$$

低層廠房外牆⑤區設計負風壓  $p_{5,-}$  (當此牆為背風面牆或側牆)

$$\begin{aligned} p_{5,-} &= q(h)[(GC_p)_{5,-} - (GC_{pi})] = \min \left\{ \begin{array}{l} 63.39[(GC_p)_{5,-} - (0.375)] \\ 63.39[(GC_p)_{5,-} - (-0.375)] \end{array} \right\} \\ &= 63.39[(GC_p)_{5,-} - (0.375)] \text{kgf/m}^2 \end{aligned}$$

低層廠房屋頂①區設計正風壓  $p_{1,+}$

$$\begin{aligned} p_{1,+} &= q(h)[(GC_p)_{1,+} - (GC_{pi})] = \max \left\{ \begin{array}{l} 63.39[(GC_p)_{1,+} - (0.375)] \\ 63.39[(GC_p)_{1,+} - (-0.375)] \end{array} \right\} \\ &= 63.39[(GC_p)_{1,+} - (-0.375)] \text{kgf/m}^2 \end{aligned}$$

低層廠房屋頂①區設計負風壓  $p_{1,-}$

$$\begin{aligned} p_{1,-} &= q(h)[(GC_p)_{1,-} - (GC_{pi})] = \min \left\{ \begin{array}{l} 63.39[(GC_p)_{1,-} - (0.375)] \\ 63.39[(GC_p)_{1,-} - (-0.375)] \end{array} \right\} \\ &= 63.39[(GC_p)_{1,-} - (0.375)] \text{kgf/m}^2 \end{aligned}$$

低層廠房屋頂②區設計正風壓  $p_{2,+}$

$$\begin{aligned} p_{2,+} &= q(h)[(GC_p)_{2,+} - (GC_{pi})] = \max \left\{ \begin{array}{l} 63.39[(GC_p)_{2,+} - (0.375)] \\ 63.39[(GC_p)_{2,+} - (-0.375)] \end{array} \right\} \\ &= 63.39[(GC_p)_{2,+} - (-0.375)] \text{kgf/m}^2 \end{aligned}$$

低層廠房屋頂②區設計負風壓  $p_{2,-}$

$$p_{2,-} = q(h)[(GC_p)_{2,-} - (GC_{pi})] = \min \left\{ \begin{array}{l} 63.39[(GC_p)_{2,-} - (0.375)] \\ 63.39[(GC_p)_{2,-} - (-0.375)] \end{array} \right\}$$

$$= 63.39[(GC_p)_{2,-} - (0.375)]\text{kgf/m}^2$$

低層廠房屋頂③區設計正風壓  $p_{3,+}$

$$p_{3,+} = q(h)[(GC_p)_{3,+} - (GC_{pi})] = \max \left\{ \begin{array}{l} 63.39[(GC_p)_{3,+} - (0.375)] \\ 63.39[(GC_p)_{3,+} - (-0.375)] \end{array} \right\}$$

$$= 63.39[(GC_p)_{3,+} - (-0.375)]\text{kgf/m}^2$$

低層廠房屋頂③區設計負風壓  $p_{3,-}$

$$p_{3,-} = q(h)[(GC_p)_{3,-} - (GC_{pi})] = \min \left\{ \begin{array}{l} 63.39[(GC_p)_{3,-} - (0.375)] \\ 63.39[(GC_p)_{3,-} - (-0.375)] \end{array} \right\}$$

$$= 63.39[(GC_p)_{3,-} - (0.375)]\text{kgf/m}^2$$

使用上述外牆各區設計風壓計算式，設有效受風面積  $A$  為  $1\text{m}^2$ 、 $2\text{m}^2$ 、 $5\text{m}^2$ 、 $10\text{m}^2$ 、 $20\text{m}^2$  及  $50\text{m}^2$  等六個值的情況下，可得低層廠房外牆④區與⑤區設計風壓（與所在位置的高度無關，因為  $q(h)$  為定值）如表 4.8 所示。使用上述屋頂各區設計風壓計算式，設有效受風面積  $A$  為  $1\text{m}^2$ 、 $2\text{m}^2$ 、 $5\text{m}^2$ 、 $10\text{m}^2$ 、 $20\text{m}^2$  及  $50\text{m}^2$  等六個值的情況下，可得低層廠房屋頂①區、②區與③區設計風壓如表 4.9 所示。

表 4.1 普通建築物之陣風反應因子 (地況 A)

h/B	h (m)																						
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
0.2	1.686	1.672	1.660	1.648	1.637	1.626	1.617	1.607	1.599	1.590	1.582	1.574	1.567	1.560	1.553	1.547	1.540	1.534	1.528	1.523	1.517	1.512	1.507
0.3	1.721	1.709	1.697	1.687	1.677	1.667	1.658	1.650	1.642	1.634	1.626	1.619	1.613	1.606	1.600	1.593	1.587	1.582	1.576	1.571	1.566	1.560	1.555
0.35	1.733	1.721	1.710	1.700	1.690	1.681	1.672	1.664	1.656	1.649	1.642	1.635	1.628	1.622	1.615	1.609	1.604	1.598	1.593	1.587	1.582	1.577	1.572
0.4	1.742	1.731	1.720	1.710	1.701	1.692	1.684	1.676	1.668	1.661	1.654	1.647	1.640	1.634	1.628	1.622	1.617	1.611	1.606	1.601	1.596	1.591	1.586
0.45	1.749	1.739	1.728	1.719	1.710	1.701	1.693	1.685	1.678	1.671	1.664	1.657	1.651	1.645	1.639	1.633	1.628	1.622	1.617	1.612	1.607	1.602	1.598
0.5	1.756	1.745	1.735	1.726	1.717	1.709	1.701	1.693	1.686	1.679	1.672	1.666	1.660	1.654	1.648	1.642	1.637	1.632	1.626	1.622	1.617	1.612	1.607
0.55	1.761	1.751	1.741	1.732	1.723	1.715	1.708	1.700	1.693	1.686	1.680	1.673	1.667	1.661	1.656	1.650	1.645	1.640	1.635	1.630	1.625	1.620	1.616
0.6	1.766	1.756	1.746	1.737	1.729	1.721	1.713	1.706	1.699	1.692	1.686	1.680	1.674	1.668	1.662	1.657	1.652	1.647	1.642	1.637	1.632	1.628	1.623
0.65	1.770	1.760	1.751	1.742	1.734	1.726	1.718	1.711	1.704	1.698	1.691	1.685	1.680	1.674	1.668	1.663	1.658	1.653	1.648	1.643	1.639	1.634	1.630
0.7	1.774	1.764	1.755	1.746	1.738	1.730	1.723	1.716	1.709	1.703	1.696	1.690	1.685	1.679	1.674	1.668	1.663	1.658	1.653	1.649	1.644	1.640	1.635
0.75	1.777	1.767	1.758	1.750	1.742	1.734	1.727	1.720	1.713	1.707	1.701	1.695	1.689	1.684	1.678	1.673	1.668	1.663	1.658	1.654	1.649	1.645	1.640
0.8	1.780	1.770	1.761	1.753	1.745	1.738	1.731	1.724	1.717	1.711	1.705	1.699	1.693	1.688	1.682	1.677	1.672	1.667	1.663	1.658	1.654	1.649	1.645
0.85	1.782	1.773	1.764	1.756	1.748	1.741	1.734	1.727	1.721	1.714	1.708	1.702	1.697	1.691	1.686	1.681	1.676	1.671	1.667	1.662	1.658	1.653	1.649
0.9	1.785	1.776	1.767	1.759	1.751	1.744	1.737	1.730	1.724	1.717	1.711	1.706	1.700	1.695	1.690	1.685	1.680	1.675	1.670	1.666	1.661	1.657	1.653
0.95	1.787	1.778	1.769	1.761	1.754	1.746	1.739	1.733	1.726	1.720	1.714	1.709	1.703	1.698	1.693	1.688	1.683	1.678	1.674	1.669	1.665	1.661	1.656
1	1.789	1.780	1.771	1.763	1.756	1.749	1.742	1.735	1.729	1.723	1.717	1.711	1.706	1.701	1.696	1.691	1.686	1.681	1.677	1.672	1.668	1.664	1.660
1.1	1.792	1.783	1.775	1.767	1.760	1.753	1.746	1.740	1.734	1.728	1.722	1.716	1.711	1.706	1.701	1.696	1.691	1.687	1.682	1.678	1.673	1.669	1.665
1.2	1.795	1.786	1.778	1.771	1.763	1.756	1.750	1.744	1.737	1.732	1.726	1.720	1.715	1.710	1.705	1.700	1.696	1.691	1.687	1.682	1.678	1.674	1.670
1.3	1.798	1.789	1.781	1.774	1.766	1.760	1.753	1.747	1.741	1.735	1.729	1.724	1.719	1.714	1.709	1.704	1.700	1.695	1.691	1.686	1.682	1.678	1.674
1.4	1.800	1.791	1.784	1.776	1.769	1.762	1.756	1.750	1.744	1.738	1.733	1.727	1.722	1.717	1.712	1.708	1.703	1.699	1.694	1.690	1.686	1.682	1.678
1.5	1.802	1.793	1.786	1.778	1.771	1.765	1.758	1.752	1.746	1.741	1.735	1.730	1.725	1.720	1.715	1.711	1.706	1.702	1.697	1.693	1.689	1.685	1.681
1.7	1.805	1.797	1.789	1.782	1.775	1.769	1.763	1.757	1.751	1.745	1.740	1.735	1.730	1.725	1.720	1.716	1.711	1.707	1.703	1.699	1.695	1.691	1.687
1.8	1.806	1.798	1.791	1.784	1.777	1.770	1.764	1.758	1.753	1.747	1.742	1.737	1.732	1.727	1.722	1.718	1.713	1.709	1.705	1.701	1.697	1.693	1.689
1.9	1.808	1.800	1.792	1.785	1.778	1.772	1.766	1.760	1.754	1.749	1.744	1.739	1.734	1.729	1.724	1.720	1.715	1.711	1.707	1.703	1.699	1.695	1.691
2	1.809	1.801	1.793	1.786	1.780	1.773	1.767	1.761	1.756	1.750	1.745	1.740	1.735	1.731	1.726	1.721	1.717	1.713	1.709	1.705	1.701	1.697	1.693
2.5	1.813	1.806	1.798	1.792	1.785	1.779	1.773	1.767	1.762	1.757	1.752	1.747	1.742	1.737	1.733	1.728	1.724	1.720	1.716	1.712	1.708	1.704	1.701
3	1.816	1.809	1.802	1.795	1.789	1.783	1.777	1.771	1.766	1.761	1.756	1.751	1.746	1.742	1.737	1.733	1.729	1.725	1.721	1.717	1.713	1.710	1.706

表 4.2 普通建築物之陣風反應因子 (地況 B)

h/B	h (m)																						
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
0.2	1.733	1.721	1.711	1.701	1.691	1.683	1.674	1.666	1.662	1.659	1.655	1.652	1.648	1.645	1.642	1.640	1.637	1.634	1.632	1.629	1.627	1.625	1.623
0.3	1.762	1.752	1.742	1.733	1.725	1.717	1.709	1.702	1.699	1.695	1.692	1.689	1.686	1.683	1.680	1.677	1.675	1.673	1.670	1.668	1.666	1.664	1.662
0.35	1.771	1.762	1.753	1.744	1.736	1.728	1.721	1.714	1.711	1.707	1.704	1.701	1.698	1.695	1.693	1.690	1.688	1.685	1.683	1.681	1.679	1.677	1.675
0.4	1.779	1.770	1.761	1.753	1.745	1.738	1.731	1.724	1.720	1.717	1.714	1.711	1.708	1.706	1.703	1.701	1.698	1.696	1.694	1.692	1.689	1.687	1.686
0.45	1.785	1.776	1.768	1.760	1.752	1.745	1.738	1.732	1.729	1.725	1.722	1.719	1.717	1.714	1.712	1.709	1.707	1.705	1.702	1.700	1.698	1.696	1.694
0.5	1.790	1.782	1.774	1.766	1.759	1.752	1.745	1.739	1.735	1.732	1.729	1.726	1.724	1.721	1.719	1.716	1.714	1.712	1.710	1.708	1.706	1.704	1.702
0.55	1.795	1.786	1.778	1.771	1.764	1.757	1.751	1.744	1.741	1.738	1.735	1.732	1.730	1.727	1.725	1.722	1.720	1.718	1.716	1.714	1.712	1.710	1.708
0.6	1.799	1.790	1.783	1.775	1.768	1.762	1.755	1.749	1.746	1.743	1.740	1.738	1.735	1.733	1.730	1.728	1.726	1.723	1.721	1.719	1.718	1.716	1.714
0.65	1.802	1.794	1.786	1.779	1.772	1.766	1.760	1.754	1.751	1.748	1.745	1.742	1.740	1.737	1.735	1.733	1.730	1.728	1.726	1.724	1.722	1.721	1.719
0.7	1.805	1.797	1.790	1.783	1.776	1.769	1.763	1.757	1.754	1.752	1.749	1.746	1.744	1.741	1.739	1.737	1.735	1.732	1.730	1.729	1.727	1.725	1.723
0.75	1.808	1.800	1.792	1.786	1.779	1.773	1.767	1.761	1.758	1.755	1.752	1.750	1.747	1.745	1.743	1.740	1.738	1.736	1.734	1.732	1.730	1.729	1.727
0.8	1.810	1.802	1.795	1.788	1.782	1.776	1.770	1.764	1.761	1.758	1.755	1.753	1.750	1.748	1.746	1.744	1.742	1.740	1.738	1.736	1.734	1.732	1.730
0.85	1.812	1.804	1.797	1.791	1.784	1.778	1.772	1.767	1.764	1.761	1.758	1.756	1.753	1.751	1.749	1.747	1.745	1.743	1.741	1.739	1.737	1.735	1.734
0.9	1.814	1.806	1.799	1.793	1.786	1.780	1.775	1.769	1.766	1.764	1.761	1.758	1.756	1.754	1.751	1.749	1.747	1.745	1.743	1.742	1.740	1.738	1.736
0.95	1.816	1.808	1.801	1.795	1.789	1.783	1.777	1.771	1.769	1.766	1.763	1.761	1.758	1.756	1.754	1.752	1.750	1.748	1.746	1.744	1.742	1.741	1.739
1	1.817	1.810	1.803	1.797	1.790	1.785	1.779	1.774	1.771	1.768	1.765	1.763	1.761	1.758	1.756	1.754	1.752	1.750	1.748	1.746	1.745	1.743	1.741
1.1	1.820	1.813	1.806	1.800	1.794	1.788	1.782	1.777	1.774	1.772	1.769	1.767	1.764	1.762	1.760	1.758	1.756	1.754	1.752	1.751	1.749	1.747	1.746
1.2	1.822	1.815	1.809	1.803	1.797	1.791	1.786	1.780	1.778	1.775	1.772	1.770	1.768	1.766	1.763	1.761	1.760	1.758	1.756	1.754	1.752	1.751	1.749
1.3	1.824	1.818	1.811	1.805	1.799	1.793	1.788	1.783	1.780	1.778	1.775	1.773	1.771	1.768	1.766	1.764	1.763	1.761	1.759	1.757	1.755	1.754	1.752
1.4	1.826	1.819	1.813	1.807	1.801	1.796	1.790	1.785	1.783	1.780	1.778	1.775	1.773	1.771	1.769	1.767	1.765	1.763	1.762	1.760	1.758	1.757	1.755
1.5	1.828	1.821	1.815	1.809	1.803	1.798	1.792	1.787	1.785	1.782	1.780	1.778	1.775	1.773	1.771	1.769	1.767	1.766	1.764	1.762	1.760	1.759	1.757
1.7	1.830	1.824	1.818	1.812	1.806	1.801	1.796	1.791	1.788	1.786	1.784	1.781	1.779	1.777	1.775	1.773	1.771	1.770	1.768	1.766	1.764	1.763	1.761
1.8	1.831	1.825	1.819	1.813	1.808	1.802	1.797	1.792	1.790	1.787	1.785	1.783	1.781	1.779	1.777	1.775	1.773	1.771	1.769	1.768	1.766	1.765	1.763
1.9	1.832	1.826	1.820	1.814	1.809	1.804	1.799	1.794	1.791	1.789	1.786	1.784	1.782	1.780	1.778	1.776	1.774	1.773	1.771	1.769	1.768	1.766	1.765
2	1.833	1.827	1.821	1.815	1.810	1.805	1.800	1.795	1.792	1.790	1.788	1.786	1.783	1.781	1.779	1.778	1.776	1.774	1.772	1.771	1.769	1.768	1.766
2.5	1.837	1.831	1.825	1.820	1.814	1.809	1.804	1.800	1.797	1.795	1.793	1.791	1.789	1.787	1.785	1.783	1.781	1.779	1.778	1.776	1.775	1.773	1.772
3	1.839	1.833	1.828	1.822	1.817	1.812	1.808	1.803	1.801	1.798	1.796	1.794	1.792	1.790	1.788	1.786	1.785	1.783	1.781	1.780	1.778	1.777	1.775

表 4.3 普通建築物之陣風反應因子 (地況 C)

h/B	h (m)																						
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
0.2	1.780	1.775	1.769	1.764	1.760	1.755	1.752	1.748	1.744	1.741	1.738	1.735	1.732	1.729	1.726	1.724	1.721	1.719	1.717	1.715	1.712	1.710	1.708
0.3	1.803	1.798	1.793	1.789	1.785	1.781	1.777	1.774	1.771	1.768	1.765	1.762	1.760	1.757	1.755	1.752	1.750	1.748	1.746	1.744	1.742	1.740	1.738
0.35	1.811	1.806	1.801	1.797	1.793	1.789	1.786	1.783	1.780	1.777	1.774	1.771	1.769	1.766	1.764	1.762	1.760	1.757	1.755	1.754	1.752	1.750	1.748
0.4	1.816	1.812	1.807	1.803	1.800	1.796	1.793	1.790	1.787	1.784	1.781	1.779	1.776	1.774	1.772	1.769	1.767	1.765	1.763	1.761	1.760	1.758	1.756
0.45	1.821	1.817	1.813	1.809	1.805	1.802	1.798	1.795	1.793	1.790	1.787	1.785	1.782	1.780	1.778	1.776	1.774	1.772	1.770	1.768	1.766	1.764	1.763
0.5	1.825	1.821	1.817	1.813	1.810	1.806	1.803	1.800	1.797	1.795	1.792	1.790	1.787	1.785	1.783	1.781	1.779	1.777	1.775	1.773	1.772	1.770	1.768
0.55	1.829	1.824	1.820	1.817	1.813	1.810	1.807	1.804	1.802	1.799	1.796	1.794	1.792	1.790	1.787	1.785	1.784	1.782	1.780	1.778	1.776	1.775	1.773
0.6	1.832	1.827	1.824	1.820	1.817	1.814	1.811	1.808	1.805	1.803	1.800	1.798	1.796	1.793	1.791	1.789	1.787	1.786	1.784	1.782	1.780	1.779	1.777
0.65	1.834	1.830	1.826	1.823	1.820	1.816	1.814	1.811	1.808	1.806	1.803	1.801	1.799	1.797	1.795	1.793	1.791	1.789	1.787	1.786	1.784	1.782	1.781
0.7	1.836	1.832	1.829	1.825	1.822	1.819	1.816	1.813	1.811	1.808	1.806	1.804	1.802	1.800	1.798	1.796	1.794	1.792	1.790	1.789	1.787	1.785	1.784
0.75	1.838	1.835	1.831	1.827	1.824	1.821	1.819	1.816	1.813	1.811	1.809	1.806	1.804	1.802	1.800	1.798	1.797	1.795	1.793	1.791	1.790	1.788	1.787
0.8	1.840	1.836	1.833	1.829	1.826	1.823	1.821	1.818	1.816	1.813	1.811	1.809	1.807	1.805	1.803	1.801	1.799	1.797	1.796	1.794	1.792	1.791	1.789
0.85	1.842	1.838	1.834	1.831	1.828	1.825	1.823	1.820	1.817	1.815	1.813	1.811	1.809	1.807	1.805	1.803	1.801	1.799	1.798	1.796	1.795	1.793	1.792
0.9	1.843	1.839	1.836	1.833	1.830	1.827	1.824	1.822	1.819	1.817	1.815	1.813	1.811	1.809	1.807	1.805	1.803	1.801	1.800	1.798	1.797	1.795	1.794
0.95	1.845	1.841	1.837	1.834	1.831	1.828	1.826	1.823	1.821	1.819	1.816	1.814	1.812	1.810	1.808	1.807	1.805	1.803	1.802	1.800	1.799	1.797	1.796
1	1.846	1.842	1.839	1.836	1.833	1.830	1.827	1.825	1.822	1.820	1.818	1.816	1.814	1.812	1.810	1.808	1.807	1.805	1.803	1.802	1.800	1.799	1.797
1.1	1.848	1.844	1.841	1.838	1.835	1.832	1.830	1.827	1.825	1.823	1.821	1.819	1.817	1.815	1.813	1.811	1.809	1.808	1.806	1.805	1.803	1.802	1.800
1.2	1.850	1.846	1.843	1.840	1.837	1.834	1.832	1.829	1.827	1.825	1.823	1.821	1.819	1.817	1.815	1.814	1.812	1.810	1.809	1.807	1.806	1.804	1.803
1.3	1.851	1.848	1.845	1.842	1.839	1.836	1.834	1.831	1.829	1.827	1.825	1.823	1.821	1.819	1.817	1.816	1.814	1.813	1.811	1.809	1.808	1.807	1.805
1.4	1.853	1.849	1.846	1.843	1.840	1.838	1.835	1.833	1.831	1.829	1.827	1.825	1.823	1.821	1.819	1.818	1.816	1.814	1.813	1.811	1.810	1.809	1.807
1.5	1.854	1.850	1.847	1.844	1.842	1.839	1.837	1.834	1.832	1.830	1.828	1.826	1.824	1.823	1.821	1.819	1.818	1.816	1.815	1.813	1.812	1.810	1.809
1.7	1.856	1.852	1.849	1.847	1.844	1.841	1.839	1.837	1.835	1.833	1.831	1.829	1.827	1.825	1.824	1.822	1.820	1.819	1.817	1.816	1.815	1.813	1.812
1.8	1.857	1.853	1.850	1.847	1.845	1.842	1.840	1.838	1.836	1.834	1.832	1.830	1.828	1.826	1.825	1.823	1.822	1.820	1.819	1.817	1.816	1.814	1.813
1.9	1.857	1.854	1.851	1.848	1.846	1.843	1.841	1.839	1.837	1.835	1.833	1.831	1.829	1.827	1.826	1.824	1.823	1.821	1.820	1.818	1.817	1.816	1.814
2	1.858	1.855	1.852	1.849	1.847	1.844	1.842	1.840	1.838	1.836	1.834	1.832	1.830	1.828	1.827	1.825	1.824	1.822	1.821	1.819	1.818	1.817	1.815
2.5	1.861	1.858	1.855	1.852	1.850	1.847	1.845	1.843	1.841	1.839	1.837	1.835	1.834	1.832	1.830	1.829	1.827	1.826	1.825	1.823	1.822	1.821	1.819
3	1.862	1.859	1.857	1.854	1.852	1.849	1.847	1.845	1.843	1.841	1.839	1.838	1.836	1.834	1.833	1.831	1.830	1.829	1.827	1.826	1.825	1.823	1.822

表 4.4 低層廠房在東風作用下的順風向、橫風向與扭轉向設計風力

樓層名稱	形心高度 (m)	各段高度 (m)	迎風面之受風面積 (m <sup>2</sup> )	順風向設計風力 (t)	橫風向設計風力 (t)	扭轉向設計風力 (t-m)
屋頂	10.01	1.54	17.864	-0.33		
外牆	9.12	0.24	2.784	0.36	0.58	1.53
	8.5	1	11.6	1.46	2.25	5.92
	7.5	1	11.6	1.42	1.98	5.23
	6.5	1	11.6	1.38	1.72	4.53
	5.5	1	11.6	1.33	1.46	3.83
	2.5	5	58	6.54	3.31	8.71

表 4.5 橫風向共振因子  $R_{LR}$

L/B	無因次風速, $V_h / f_a B$															
	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10
0.2	0.0634	0.0926	0.1276	0.1683	0.2137	0.2624	0.3121	0.3601	0.4031	0.4382	0.4634	0.4777	0.4816	0.4763	0.4637	0.4460
0.3	0.0401	0.0607	0.0875	0.1218	0.1651	0.2188	0.2835	0.3585	0.4400	0.5208	0.5904	0.6383	0.6578	0.6493	0.6187	0.5744
0.35	0.0332	0.0506	0.0737	0.1039	0.1432	0.1939	0.2584	0.3380	0.4319	0.5340	0.6314	0.7063	0.7433	0.7377	0.6974	0.6368
0.4	0.0280	0.0429	0.0627	0.0891	0.1242	0.1706	0.2316	0.3109	0.4105	0.5281	0.6522	0.7598	0.8232	0.8275	0.7799	0.7019
0.45	0.0240	0.0368	0.0540	0.0770	0.1079	0.1495	0.2056	0.2809	0.3802	0.5058	0.6511	0.7927	0.8921	0.9170	0.8676	0.7729
0.5	0.0208	0.0319	0.0469	0.0670	0.0941	0.1310	0.1814	0.2506	0.3452	0.4712	0.6288	0.8005	0.9425	1.0016	0.9608	0.8525
0.55	0.0182	0.0280	0.0411	0.0587	0.0825	0.1149	0.1597	0.2219	0.3089	0.4293	0.5893	0.7814	0.9661	1.0735	1.0571	0.9427
0.6	0.0162	0.0247	0.0363	0.0518	0.0727	0.1012	0.1406	0.1958	0.2739	0.3846	0.5384	0.7380	0.9569	1.1211	1.1498	1.0433
0.65	0.0144	0.0221	0.0323	0.0460	0.0645	0.0896	0.1242	0.1727	0.2417	0.3408	0.4824	0.6770	0.9145	1.1330	1.2266	1.1502
0.7	0.0130	0.0199	0.0291	0.0413	0.0577	0.0798	0.1103	0.1528	0.2132	0.3003	0.4267	0.6069	0.8451	1.1024	1.2709	1.2531
0.75	0.0119	0.0181	0.0264	0.0374	0.0520	0.0717	0.0986	0.1359	0.1885	0.2644	0.3749	0.5356	0.7596	1.0321	1.2677	1.3340
0.8	0.0110	0.0166	0.0242	0.0341	0.0473	0.0650	0.0888	0.1217	0.1677	0.2334	0.3290	0.4688	0.6696	0.9343	1.2117	1.3705
0.85	0.0102	0.0155	0.0224	0.0315	0.0436	0.0595	0.0808	0.1100	0.1503	0.2074	0.2897	0.4097	0.5840	0.8252	1.1126	1.3466
0.9	0.0096	0.0146	0.0210	0.0295	0.0405	0.0550	0.0743	0.1004	0.1361	0.1859	0.2568	0.3592	0.5079	0.7184	0.9897	1.2635
0.95	0.0092	0.0138	0.0199	0.0278	0.0381	0.0515	0.0691	0.0927	0.1245	0.1683	0.2298	0.3174	0.4432	0.6223	0.8632	1.1401
1	0.0089	0.0133	0.0191	0.0266	0.0363	0.0488	0.0650	0.0865	0.1152	0.1542	0.2079	0.2832	0.3898	0.5405	0.7466	1.0017
1.1	0.0085	0.0127	0.0182	0.0251	0.0340	0.0452	0.0595	0.0780	0.1021	0.1339	0.1762	0.2334	0.3115	0.4184	0.5631	0.7511
1.2	0.0085	0.0127	0.0180	0.0247	0.0330	0.0435	0.0567	0.0733	0.0943	0.1213	0.1561	0.2015	0.2609	0.3391	0.4414	0.5727
1.3	0.0087	0.0129	0.0183	0.0249	0.0331	0.0431	0.0556	0.0709	0.0900	0.1137	0.1434	0.1808	0.2280	0.2876	0.3626	0.4557
1.4	0.0091	0.0134	0.0189	0.0256	0.0337	0.0436	0.0556	0.0701	0.0878	0.1092	0.1352	0.1670	0.2058	0.2530	0.3102	0.3788
1.5	0.0096	0.0141	0.0197	0.0265	0.0347	0.0445	0.0562	0.0701	0.0867	0.1063	0.1296	0.1573	0.1900	0.2285	0.2737	0.3262
1.75	0.0107	0.0156	0.0216	0.0287	0.0370	0.0466	0.0578	0.0705	0.0849	0.1013	0.1198	0.1405	0.1636	0.1893	0.2175	0.2483

2	0.0113	0.0163	0.0223	0.0294	0.0375	0.0466	0.0569	0.0684	0.0810	0.0949	0.1100	0.1263	0.1439	0.1627	0.1826	0.2036
2.5	0.0100	0.0144	0.0195	0.0254	0.0321	0.0394	0.0475	0.0563	0.0657	0.0757	0.0863	0.0974	0.1090	0.1211	0.1335	0.1464
3	0.0099	0.0155	0.0245	0.0388	0.0525	0.0521	0.0493	0.0503	0.0542	0.0596	0.0661	0.0733	0.0811	0.0893	0.0979	0.1067
3.5	0.0067	0.0102	0.0152	0.0230	0.0354	0.0494	0.0516	0.0471	0.0453	0.0465	0.0496	0.0539	0.0589	0.0644	0.0703	0.0766
4	0.0046	0.0069	0.0100	0.0145	0.0213	0.0322	0.0457	0.0504	0.0454	0.0414	0.0405	0.0417	0.0442	0.0474	0.0512	0.0555
4.5	0.0032	0.0048	0.0069	0.0097	0.0138	0.0199	0.0296	0.0423	0.0489	0.0447	0.0391	0.0364	0.0360	0.0370	0.0390	0.0415
5	0.0023	0.0035	0.0049	0.0069	0.0094	0.0131	0.0187	0.0275	0.0395	0.0475	0.0445	0.0380	0.0338	0.0321	0.0320	0.0329

表 4.6 扭轉向共振因子  $R_{TR}$

L/B	無因次風速, $V_h / f_l \sqrt{BL}$																	
	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.2	5.5	5.8	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10
0.2	0.0126	0.0203	0.0304	0.0431	0.0586	0.0520	0.0497	0.0466	0.0439	0.0422	0.0444	0.0466	0.0487	0.0508	0.0528	0.0548	0.0568	0.0587
0.35	0.0121	0.0179	0.0249	0.0331	0.0426	0.0456	0.0467	0.0484	0.0501	0.0511	0.0579	0.0649	0.0721	0.0797	0.0875	0.0956	0.1039	0.1124
0.5	0.0139	0.0202	0.0277	0.0364	0.0464	0.0518	0.0540	0.0573	0.0606	0.0628	0.0768	0.0926	0.1102	0.1298	0.1512	0.1747	0.2003	0.2279
0.55	0.0148	0.0215	0.0294	0.0387	0.0492	0.0534	0.0551	0.0575	0.0599	0.0615	0.0760	0.0924	0.1109	0.1316	0.1545	0.1797	0.2073	0.2375
0.6	0.0157	0.0229	0.0315	0.0414	0.0528	0.0570	0.0587	0.0612	0.0636	0.0652	0.0805	0.0978	0.1173	0.1391	0.1632	0.1897	0.2188	0.2505
0.65	0.0168	0.0245	0.0338	0.0446	0.0570	0.0629	0.0653	0.0688	0.0723	0.0746	0.0913	0.1101	0.1311	0.1543	0.1799	0.2079	0.2383	0.2713
0.7	0.0180	0.0264	0.0365	0.0484	0.0620	0.0701	0.0733	0.0783	0.0832	0.0866	0.1046	0.1247	0.1468	0.1710	0.1974	0.2260	0.2569	0.2900
0.75	0.0192	0.0284	0.0395	0.0526	0.0678	0.0776	0.0816	0.0876	0.0938	0.0979	0.1167	0.1372	0.1595	0.1836	0.2096	0.2375	0.2673	0.2990
0.8	0.0206	0.0307	0.0429	0.0575	0.0744	0.0851	0.0894	0.0961	0.1028	0.1073	0.1260	0.1461	0.1678	0.1910	0.2156	0.2418	0.2695	0.2987
0.9	0.0237	0.0359	0.0510	0.0692	0.0905	0.1006	0.1046	0.1107	0.1167	0.1207	0.1381	0.1565	0.1758	0.1959	0.2170	0.2389	0.2617	0.2853
1	0.0272	0.0421	0.0610	0.0841	0.1115	0.1184	0.1210	0.1249	0.1288	0.1312	0.1472	0.1637	0.1807	0.1982	0.2161	0.2346	0.2535	0.2728
1.1	0.0259	0.0410	0.0607	0.0851	0.1147	0.1158	0.1162	0.1167	0.1173	0.1177	0.1299	0.1425	0.1552	0.1682	0.1813	0.1947	0.2082	0.2219
1.2	0.0250	0.0407	0.0616	0.0882	0.1210	0.1161	0.1143	0.1119	0.1096	0.1082	0.1181	0.1281	0.1382	0.1483	0.1585	0.1687	0.1791	0.1894
1.35	0.0242	0.0414	0.0652	0.0965	0.1364	0.1216	0.1165	0.1095	0.1033	0.0996	0.1074	0.1151	0.1228	0.1305	0.1382	0.1458	0.1534	0.1610
1.5	0.0241	0.0433	0.0712	0.1095	0.1601	0.1325	0.1236	0.1118	0.1016	0.0957	0.1023	0.1087	0.1152	0.1215	0.1278	0.1340	0.1401	0.1462
1.6	0.0242	0.0451	0.0766	0.1210	0.1811	0.1429	0.1308	0.1153	0.1023	0.0948	0.1009	0.1069	0.1127	0.1185	0.1242	0.1298	0.1354	0.1408
1.7	0.0244	0.0473	0.0830	0.1348	0.2069	0.1556	0.1399	0.1202	0.1041	0.0950	0.1008	0.1063	0.1118	0.1172	0.1225	0.1277	0.1328	0.1379
1.8	0.0247	0.0499	0.0903	0.1510	0.2378	0.1706	0.1507	0.1263	0.1068	0.0961	0.1016	0.1069	0.1121	0.1172	0.1222	0.1272	0.1320	0.1368
1.9	0.0250	0.0525	0.0984	0.1694	0.2735	0.1876	0.1631	0.1334	0.1103	0.0978	0.1031	0.1083	0.1133	0.1183	0.1231	0.1278	0.1325	0.1370
2	0.0253	0.0552	0.1068	0.1892	0.3134	0.2063	0.1765	0.1413	0.1144	0.1002	0.1054	0.1104	0.1153	0.1202	0.1249	0.1295	0.1340	0.1384
2.1	0.0255	0.0577	0.1152	0.2097	0.3556	0.2258	0.1906	0.1497	0.1190	0.1030	0.1081	0.1132	0.1180	0.1228	0.1274	0.1319	0.1363	0.1407
2.2	0.0255	0.0598	0.1229	0.2293	0.3976	0.2451	0.2047	0.1582	0.1240	0.1063	0.1114	0.1164	0.1213	0.1260	0.1306	0.1351	0.1394	0.1437
2.3	0.0254	0.0613	0.1292	0.2465	0.4358	0.2631	0.2180	0.1666	0.1292	0.1100	0.1152	0.1202	0.1250	0.1297	0.1343	0.1388	0.1432	0.1475
2.4	0.0250	0.0621	0.1337	0.2598	0.4669	0.2785	0.2298	0.1745	0.1345	0.1141	0.1193	0.1244	0.1293	0.1340	0.1386	0.1431	0.1475	0.1518
2.5	0.0246	0.0621	0.1359	0.2679	0.4876	0.2903	0.2394	0.1816	0.1398	0.1185	0.1238	0.1290	0.1339	0.1387	0.1434	0.1479	0.1524	0.1567
2.6	0.0240	0.0614	0.1359	0.2705	0.4966	0.2980	0.2464	0.1877	0.1451	0.1233	0.1287	0.1339	0.1390	0.1438	0.1486	0.1532	0.1577	0.1621
2.7	0.0233	0.0601	0.1339	0.2678	0.4937	0.3014	0.2508	0.1928	0.1503	0.1284	0.1340	0.1393	0.1444	0.1494	0.1542	0.1589	0.1635	0.1679
2.8	0.0227	0.0585	0.1303	0.2607	0.4806	0.3008	0.2526	0.1969	0.1554	0.1339	0.1395	0.1450	0.1502	0.1553	0.1602	0.1650	0.1697	0.1742
2.9	0.0222	0.0568	0.1258	0.2504	0.4596	0.2969	0.2524	0.2000	0.1605	0.1396	0.1454	0.1510	0.1564	0.1616	0.1666	0.1715	0.1763	0.1809

3	0.0218	0.0551	0.1207	0.2380	0.4334	0.2906	0.2504	0.2024	0.1654	0.1457	0.1516	0.1573	0.1629	0.1682	0.1734	0.1784	0.1833	0.1881
3.25	0.0214	0.0514	0.1077	0.2045	0.3601	0.2687	0.2409	0.2062	0.1779	0.1620	0.1685	0.1746	0.1806	0.1863	0.1919	0.1973	0.2025	0.2076
3.5	0.0218	0.0489	0.0965	0.1741	0.2930	0.2452	0.2294	0.2087	0.1908	0.1802	0.1872	0.1939	0.2003	0.2065	0.2125	0.2184	0.2240	0.2295
3.75	0.0230	0.0476	0.0882	0.1504	0.2407	0.2250	0.2194	0.2117	0.2046	0.2003	0.2079	0.2151	0.2221	0.2289	0.2354	0.2417	0.2478	0.2538
4	0.0248	0.0476	0.0828	0.1336	0.2038	0.2103	0.2128	0.2164	0.2199	0.2221	0.2304	0.2383	0.2459	0.2533	0.2604	0.2672	0.2739	0.2804
4.5	0.0304	0.0514	0.0801	0.1175	0.1648	0.1979	0.2119	0.2336	0.2561	0.2715	0.2813	0.2908	0.2998	0.3085	0.3169	0.3251	0.3330	0.3406
5	0.0393	0.0602	0.0863	0.1179	0.1553	0.2044	0.2265	0.2621	0.3011	0.3287	0.3404	0.3515	0.3622	0.3726	0.3825	0.3922	0.4015	0.4106

表 4.7 低層廠房在南風作用下的順風向、橫風向與扭轉向設計風力

樓層名稱	形心高度 (m)	各段高度 (m)	迎風面之受風面積 (m <sup>2</sup> )	順風向設計風力 (t)	橫風向設計風力 (t)	扭轉向設計風力 (t-m)
外牆	9.12	0.24	5.2992	0.78	0.38	1.51
	8.5	1	22.08	3.20	1.47	5.86
	7.5	1	22.08	3.13	1.29	5.17
	6.5	1	22.08	3.05	1.12	4.48
	5.5	1	22.08	2.96	0.95	3.79
	2.5	5	110.4	14.58	2.16	8.62

表 4.8 低層廠房外牆④區與⑤區設計風壓 單位 (kgf/m<sup>2</sup>)

A (m <sup>2</sup> )	④區		⑤區	
	設計正風壓	設計負風壓	設計正風壓	設計負風壓
1.00	156.89	-169.57	156.89	-213.94
2.00	149.93	-162.49	149.93	-199.00
5.00	140.72	-153.14	140.72	-179.25
10.00	133.76	-146.06	133.76	-164.32
20.00	126.79	-138.99	126.79	-149.38
50.00	117.59	-129.63	117.59	-129.63

表 4.9 低層廠房屋頂①區、②區與③區設計風壓 單位 (kgf/m<sup>2</sup>)

A (m <sup>2</sup> )	①區		②區		③區	
	設計正風壓	設計負風壓	設計正風壓	設計負風壓	設計正風壓	設計負風壓
1.00	87.16	-137.87	87.16	-245.63	87.16	-372.41
2.00	80.48	-135.96	80.48	-226.55	80.48	-347.61
5.00	71.65	-133.44	71.65	-201.33	71.65	-314.81
10.00	64.97	-131.53	64.97	-182.25	64.97	-290.01
20.00	64.97	-131.53	64.97	-182.25	64.97	-290.01
50.00	64.97	-131.53	64.97	-182.25	64.97	-290.01

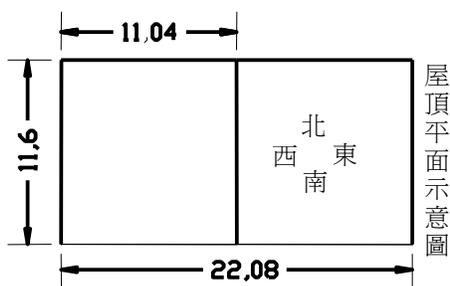


圖 4.1 低層廠房屋頂平面示意圖 單位 (m)

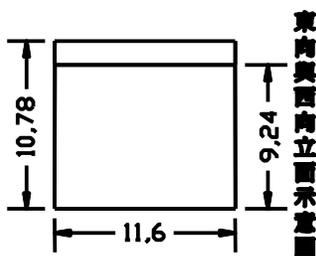


圖 4.2 低層廠房東向與西向立面示意圖 單位 (m)

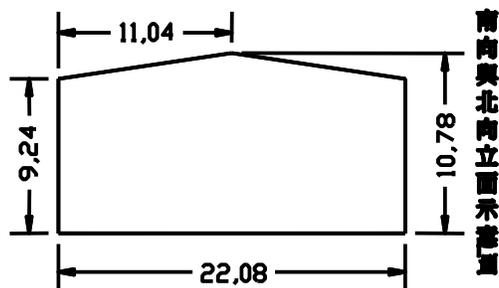


圖 4.3 低層廠房南向與北向立面示意圖 單位 (m)

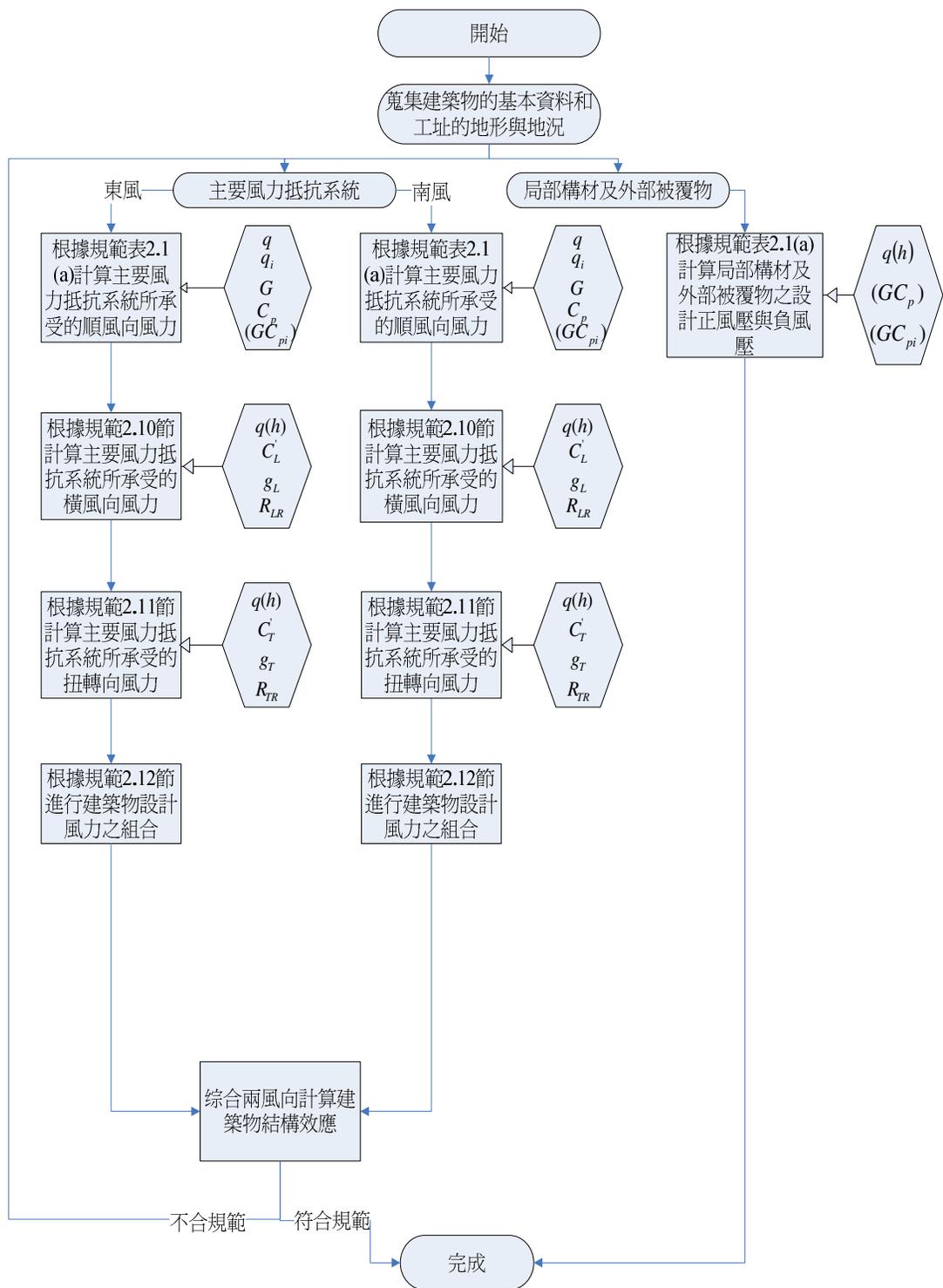


圖 4.4 第四章案例的計算流程圖

## 第五章獨立鐵塔耐風設計之示範例

### 5.1 案例與基本參數之描述

#### 案例描述

本案例中，獨立鐵塔和工址的基本資料分別說明如下。獨立鐵塔各向立面示意圖、獨立鐵塔南北向與附近地形的立面示意圖、獨立鐵塔東向與附近地形的立面示意圖和獨立鐵塔西向與附近地形的立面示意圖分別如圖 5.1、圖 5.2、圖 5.3 和圖 5.4 所示。

#### 獨立鐵塔的基本資料

塔高：20m

層數：共分八層，每層高 2.5m

各層相接處之平面尺寸：

位於獨立鐵塔底（亦即高程為零地面）之平面面積為 6m×6m，獨立鐵塔底部平面示意圖如圖 5.5 所示；自地面往上 2.5m 之平面面積為 5.54m×5.54m，自地面往上 2.5m 之獨立鐵塔平面示意圖如圖 5.6 所示；自地面往上 5m 之平面面積為 5.08m×5.08m，自地面往上 5m 之獨立鐵塔平面示意圖如圖 5.7 所示；自地面往上 7.5m 之平面面積為 4.62m×4.62m，自地面往上 7.5m 之獨立鐵塔平面示意圖如圖 5.8 所示；自地面往上 10m 之平面面積為 4.14m×4.14m，自地面往上 10m 之獨立鐵塔平面示意圖如圖 5.9 所示；自地面往上 12.5m 之平面面積為 3.68m×3.68m，自地面往上 12.5m 之獨立鐵塔平面示意圖如圖 5.10 所示；自地面往上 15m 之平面面積為 3.22m×3.22m，自地面往上 15m 之獨立鐵塔平面示意圖如圖 5.11 所示；自地面往上 17.5m 之平面面積為 3.22m×3.22m，自地面往上 17.5m 之獨立鐵塔平面示意圖如圖 5.12 所示；自地面往上 20m 之平面面積為 3.22m×3.22m，自地面往上 20m 之獨立鐵塔平面示意圖如圖 5.13 所示。

獨立鐵塔構材編號如圖 5.14 所示

水平向基本自然頻率：東西向基本自然頻率  $f_{EW} = 7.09\text{Hz}$  (0.141s)

南北向基本自然頻率  $f_{SN} = 7.09\text{Hz}$  ( 0.141s )

扭轉向基本自然頻率： $f_t = 17.33\text{Hz}$  ( 0.058s )

建物用途：重要（第一類建築物）

#### 工址的地況與地形

座落：台北縣石門鄉

各風向地況：皆屬地況 C 的平坦開闊地面

附近地形：山坡上（詳見圖 5.2 到圖 5.4）

根據圖 5.1、圖 5.5 到圖 5.13，可知本案例獨立鐵塔外型為對稱，但根據圖 5.2、圖 5.3 和圖 5.4 中所顯示之地形不對稱性，分別考慮東風、南風與北風之作用。以下將計算此獨立鐵塔主要風力抵抗系統所受的風力與局部構材及外部被覆物之設計風壓，並依循計算步驟逐一詳細地說明其計算細節，附上相關的計算流程圖，使讀者更易於掌握設計流程。

#### 基本參數

獨立結構物之高度  $h$ ：根據圖 5.1， $h = 20\text{m}$ 。

結構阻尼比  $\beta$ ： $\beta = 0.01$ 。

地況 C 的相關參數：根據規範查表 2.2，在地況 C 的條件下  $\alpha = 0.15$ ；

$z_g = 300\text{m}$ ； $\bar{b} = 0.94$ ； $c = 0.2$ ； $\ell = 152\text{m}$ ； $\bar{e} = 0.2$ ； $z_{\min} = 4.5\text{m}$ 。

基本設計風速  $V_{10}(C)$ ：根據規範 2.4 節，石門鄉基本設計風速  $V_{10}(C)$  為  $42.5\text{m/s}$ 。

用途係數  $I$ ：根據規範 2.5 節，第一類建築物的用途係數  $I = 1.1$ 。

扭轉向基本自然頻率  $f_t$ ： $f_t = 17.33\text{Hz}$ 。

## 5.2 計算流程圖

本案例中所對應相關的計算流程圖如圖 5.15 所示。

### 5.3 主要風力抵抗系統在東風作用下之設計風力

列出計算時所需的基本參數

垂直於風向之建築物水平尺寸  $B$ ：採用  $\frac{2}{3}h$  所對應之  $B$ ，根據圖 5.1，

$$B = 2 \times \frac{\left(\frac{6-3.22}{2}\right) \times \left(15 - \frac{2}{3} \times 20\right)}{15} + 3.22 = 3.528\text{m}。$$

平行於風向之建築物水平尺寸  $L$ ：採用  $\frac{2}{3}h$  所對應之  $L$ ，根據圖 5.1，

$$L = 2 \times \frac{\left(\frac{6-3.22}{2}\right) \times \left(15 - \frac{2}{3} \times 20\right)}{15} + 3.22 = 3.528\text{m}。$$

迎風面實體構材投影在垂直風向平面上之面積  $A_f$ （亦即受風面積）：

如表 5.1 所示。

迎風面塔面之實體構材投影在垂直風向平面上之面積總和  $A_{E,o}$ （亦即

塔面實體面積）：根據表 5.1， $A_{E,o} = 17.048\text{m}^2$ 。

迎風面塔面投影在垂直風向平面上之總面積  $A_{Eg,o}$ （亦即塔面總面

積）： $A_{Eg,o} = \frac{(3.22+6)}{2} \times 15 + 3.22 \times 5 = 85.25\text{m}^2$ 。

順風向基本自然頻率  $f_n$ ： $f_n = f_{EW} = 7.09\text{Hz}$ 。

橫風向基本自然頻率  $f_a$ ： $f_a = f_{SN} = 7.09\text{Hz}$ 。

判斷是否屬於開放式建築物

計算受正值外風壓牆面總面積  $A_g$  和該牆面總開口面積  $A_0$  如下：

東向牆面（本例指塔面）之

$$A_0 = A_{Eg,o} - A_{E,o} = 68.202\text{m}^2 \geq 0.8A_g = 0.8A_{Eg,o} = 68.2\text{m}^2$$

其它各向牆面之結果皆與東向牆面之結果相同，所以每一方向的牆面

皆滿足  $A_0 \geq 0.8A_g$ ，根據規範 1.3 節，本建築物屬於開放式建築物。接下來，

根據規範第二章，計算主要風力抵抗系統所應承受之設計風力。

### 5.3.1 獨立鐵塔所受的順風向風力

根據規範 2.2 節到 2.9 節，計算獨立鐵塔所應承受之順風向風力。

#### 計算風速壓

根據規範式 (2.7)，風速壓地況係數  $K(z)$ ：

$$\begin{aligned} K(z) &= 2.774 \left( \frac{z}{z_g} \right)^{2\alpha} ; z > 5\text{m} \\ &= 2.774 \left( \frac{5}{z_g} \right)^{2\alpha} ; z \leq 5\text{m} \end{aligned}$$

根據規範式 (2.8)，地形係數  $K_{zt}$ ：

根據圖 5.2 和圖 5.3，在東風作用下，工址附近無造成風速局部加速效應之特殊地形， $K_{zt} = 1$ 。

根據規範式 (2.6)，離地面  $z$  公尺高度之風速壓  $q(z)$ ：

$$\begin{aligned} z > 5\text{m} : q(z) &= 0.06K(z)K_{zt} [I V_{10}(C)]^2 \\ &= 0.06 \times 2.774 \left( \frac{z}{300} \right)^{2 \times 0.15} \times 1 \times [1.1 \times 42.5]^2 \\ &= 363.77 \left( \frac{z}{300} \right)^{0.3} \text{ kgf/m}^2 \\ z \leq 5\text{m} : q(z) &= 0.06K(z)K_{zt} [I V_{10}(C)]^2 \\ &= 0.06 \times 2.774 \left( \frac{5}{300} \right)^{2 \times 0.15} \times 1 \times [1.1 \times 42.5]^2 \\ &= 106.51 \text{ kgf/m}^2 \end{aligned}$$

#### 計算陣風反應因子

獨立鐵塔之  $f_n = 7.09\text{Hz} > 1\text{Hz}$ ，根據規範 1.3 節，建築物屬普通建築物，因此，須根據規範 2.7 節計算普通建築物之陣風反應因子  $G$ 。

根據規範式 (2.12)，紊流積分尺度  $L_z$ ：

$$L_z = \ell(\bar{z}/10)^{\bar{e}} = 152(12/10)^{0.20} = 157.64\text{m}$$

$$\text{其中，} \bar{z} = \max(0.6 \times h, z_{\min}) = \max(0.6 \times 20, 4.5) = 12\text{m}$$

根據規範式 (2.10) 與式 (2.11)，紊流強度  $I_{\bar{z}}$  與背景反應  $Q$ ：

$$I_{\bar{z}} = c(10/\bar{z})^{1/6} = 0.2(10/12)^{1/6} = 0.19$$

$$Q = \sqrt{\frac{1}{1 + 0.63 \left( \frac{B+h}{L_{\bar{z}}} \right)^{0.63}}} = \sqrt{\frac{1}{1 + 0.63 \left( \frac{3.528 + 20}{157.64} \right)^{0.63}}} = 0.92$$

根據規範式 (2.9)，普通建築物之陣風反應因子  $G$ ：

$$G = 1.927 \left( \frac{1 + 1.7 g_Q I_{\bar{z}} Q}{1 + 1.7 g_V I_{\bar{z}}} \right) = 1.927 \left( \frac{1 + 1.7 \times 3.4 \times 0.19 \times 0.92}{1 + 1.7 \times 3.4 \times 0.19} \right) = 1.842$$

其中，根據規範式 (2.9) 的下一行，背景反應尖峰因子  $g_Q$  和風速尖峰因子  $g_V$  均可取 3.4。

### 計算風力係數

本文假設獨立鐵塔之構材均為角鋼及平邊構材，因此，根據規範表

2.15，桁架高塔之風力係數  $C_f$ ：

$$\text{塔面實體面積與其總面積的比值 } \phi = \frac{A_{E,o}}{A_{Eg,o}} = \frac{17.048}{85.25} = 0.2 \text{ 介於 } 0.025 \text{ 到}$$

0.44 之間，由於獨立鐵塔之斷面為方形，

$$C_f = 4.1 - 5.2\phi = 4.1 - 5.2 \times 0.2 = 3.06$$

### 計算設計風力

根據規範式 (2.4)，開放式建築物所應承受之設計風力  $F$ ：

$$F = q(z_{A_f}) G C_f A_f = q(z_{A_f}) \times 1.842 \times 3.06 \times A_f = 5.64 q(z_{A_f}) A_f \text{ kgf}$$

其中， $q(z_{A_f})$  為面積  $A_f$  形心高度  $z_{A_f}$  處之風速壓。獨立鐵塔在東風作

用下各構材之順風向風力如表 5.2 所示。

根據規範表 2.15 之註(4)，就方形高塔而言，若風向傾斜作用在塔面時，將產生最大的水平風力，其為垂直作用在塔面的設計風力乘上一係數  $C$ ：

$$C = 1.0 + 0.75\phi = 1.0 + 0.75(0.2) = 1.15 \quad \phi < 0.5$$

並假設其沿著對角線作用。獨立鐵塔在對角線風向（亦即東南風或東北風）作用下各構材之最大的水平風力  $F \times C$  如表 5.2 所示。

### 5.3.2 建築物結構效應

分別以表 5.2 所示的設計風力來進行結構分析。取得在東風作用下之順風向設計風力所造成的結構效應  $W_{11}$ ；在東南風作用下之順風向設計風力所造成的結構效應  $W_{12}$ ；在東北風作用下之順風向設計風力所造成的結構效應  $W_{13}$ 。

### 5.3.3 建築物層間變位角

但規範 4.2 節並不適用於計算獨立鐵塔的層間變位角，本文建議參考相關的專業規範來計算其層間變位角。

### 5.3.4 建築物最高居室樓層側向加速度

獨立鐵塔不需計算建築物最高居室樓層側向加速度。

## 5.4 主要風力抵抗系統在南風作用下之設計風力

### 列出計算時所需的基本參數

垂直於風向之建築物水平尺寸  $B$ ：與本文“5.3 節”所採用之值相同， $B = 3.528\text{m}$ 。

平行於風向之建築物水平尺寸  $L$ ：與本文“5.3 節”所採用之值相同， $L = 3.528\text{m}$ 。

迎風面實體構材投影在垂直風向平面上之面積  $A_f$  (亦即受風面積):

如表 5.1 所示。

迎風面塔面之實體構材投影在垂直風向平面上之面積總和  $A_{S,o}$  (亦即

塔面實體面積): 根據表 5.1,  $A_{S,o} = 17.048\text{m}^2$ 。

迎風面塔面投影在垂直風向平面上之總面積  $A_{Sg,o}$  (亦即塔面總面

積):  $A_{Sg,o} = \frac{(3.22+6)}{2} \times 15 + 3.22 \times 5 = 85.25\text{m}^2$ 。

順風向基本自然頻率  $f_n$ :  $f_n = f_{SN} = 7.09\text{Hz}$ 。

橫風向基本自然頻率  $f_a$ :  $f_a = f_{EW} = 7.09\text{Hz}$ 。

山脊之高度  $H$ : 根據圖 5.3,  $H = 120\text{m}$ 。

#### 判斷是否屬於開放式建築物

根據本文 5.3 節, 本建築物屬於開放式建築物。接下來, 根據規範第二章, 計算主要風力抵抗系統所應承受之設計風力。

### 5.4.1 獨立鐵塔所受的順風向風力

根據規範 2.2 節到 2.9 節, 計算獨立鐵塔所應承受之順風向風力。

#### 計算風速壓

根據規範式 (2.7), 風速壓地況係數  $K(z)$ :

$$\begin{aligned} K(z) &= 2.774 \left( \frac{z}{z_g} \right)^{2\alpha} ; z > 5\text{m} \\ &= 2.774 \left( \frac{5}{z_g} \right)^{2\alpha} ; z \leq 5\text{m} \end{aligned}$$

根據規範式 (2.8), 地形係數  $K_{zt}$ :

根據圖 5.3, 山脊之高度  $H = 120\text{m}$ 。  $H$  大於兩倍上風側 3.22 公里內地形高度, 且大於 4.5 公尺 (地況 C), 且此山脊在上風側

$100H = 12000\text{m}$  或 3.22 公里 (兩者取小值=3.22 公里) 內沒有類似高度之障礙物, 且  $\frac{H}{L_h} = \frac{120}{150} = 0.8 \geq 0.2$  (其中山脊之水平尺寸

$L_h = 150\text{m}$ )。根據規範 2.6 節之解說, 若  $\frac{H}{L_h} > 0.5$ , 計算  $K_1$  時採用

$\frac{H}{L_h} = 0.5$ , 則地況 C 下山脊之  $K_1 = \frac{H}{L_h} \cdot 1.45 = 0.725$ , 若查規範表 2.3

(a), 可得  $K_1 = 0.72$ 。山脊之上風側水平衰減係數  $\mu = 1.5$ , 若  $\frac{H}{L_h} > 0.5$ , 則計算  $K_2$  時採用  $L_h = 2H$ , 根據圖 5.3, 建築物位於山脊

之上風側,  $x = -100\text{m}$ , 根據規範式 (C2.9), 計算所對應山脊之

$K_2 = \left(1 - \frac{|x|}{\mu L_h}\right) = \left(1 - \frac{|-100|}{1.5 \times 2 \times 120}\right) = 0.722$ , 若查規範表 2.3 (b), 線性

內插  $\frac{x}{L_h} = 0.00$  所對應之  $K_2 = 1.00$  與  $\frac{x}{L_h} = 0.50$  所對應之  $K_2 = 0.67$ , 可

得  $K_2 = 0.725$ 。根據規範 2.6 節之解說, 若  $\frac{H}{L_h} > 0.5$ , 則計算  $K_3$  時採

用  $L_h = 2H$ , 山脊之高度衰減係數  $\gamma = 3$ , 根據規範式 (C2.10), 計算

所對應山脊之  $K_3 = e^{-\gamma z/L_h} = e^{-3z/240} = e^{-0.0125z}$ 。根據規範式 (2.8),  $K_{zt}$

可依下式計算:

$$K_{zt} = (1 + K_1 K_2 K_3)^2 = (1 + 0.725 \times 0.722 \times e^{-0.0125z})^2$$

也可採用規範表 2.3 (a)、2.3 (b) 與 2.3 (c) 作線性內插決定  $K_1$ 、 $K_2$  與  $K_3$ 。

根據規範式 (2.6), 離地面  $z$  公尺高度之風速壓  $q(z)$ :

$$\begin{aligned} z > 5\text{m}: q(z) &= 0.06 K(z) K_{zt} [I V_{10}(C)]^2 \\ &= 363.77 \left(\frac{z}{300}\right)^{0.3} \times (1 + 0.725 \times 0.722 \times e^{-0.0125z})^2 \text{ kgf/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z \leq 5\text{m}: q(z) &= 0.06 K(z) K_{zt} [I V_{10}(C)]^2 \\ &= 106.51 \times (1 + 0.725 \times 0.722 \times e^{-0.0125z})^2 \text{ kgf/m}^2 \end{aligned}$$

### 計算陣風反應因子

獨立鐵塔之  $f_n = 7.09\text{Hz} > 1\text{Hz}$ ，根據規範 1.3 節，建築物屬普通建築物，因此，須根據規範 2.7 節計算普通建築物之陣風反應因子  $G$ 。因為獨立鐵塔之斷面為正方形，所以這裡所算的  $G$  值與本文“5.3.1 節”所算的  $G = 1.842$  一樣。

### 計算風力係數

本文假設獨立鐵塔之構材均為角鋼及平邊構材，因此，根據規範表 2.15，桁架高塔之風力係數  $C_f$ ：

$$\text{塔面實體面積與其總面積的比值 } \phi = \frac{A_{S,o}}{A_{Sg,o}} = 0.2 \text{ 介於 } 0.025 \text{ 到 } 0.44 \text{ 之}$$

間，由於獨立鐵塔之斷面為方形， $C_f = 4.1 - 5.2\phi = 4.1 - 5.2 \times 0.2 = 3.06$

### 計算設計風力

根據規範式 (2.4)，開放式建築物所應承受之設計風力  $F$ ：

$$F = q(z_{A_f})GC_f A_f = q(z_{A_f}) \times 1.842 \times 3.06 \times A_f = 5.64q(z_{A_f})A_f \text{ kgf}$$

其中， $q(z_{A_f})$  為面積  $A_f$  形心高度  $z_{A_f}$  處之風速壓。獨立鐵塔在南風作用下各構材之順風向風力如表 5.3 所示。

根據規範表 2.15 之註 (4)，就方形高塔而言，若風向傾斜作用在塔面時，將產生最大的水平風力，其為垂直作用在塔面的設計風力乘上一係數  $C = 1.0 + 0.75\phi = 1.0 + 0.75(0.2) = 1.15 \quad \phi < 0.5$  並假設其沿著對角線作用。獨立鐵塔在對角線風向（亦即東南風或西南風）作用下各構材之最大的水平風力  $F \times C$  如表 5.3 所示。

## 5.4.2 建築物結構效應

分別以表 5.3 所示的設計風力來進行結構分析。取得在南風作用下之

順風向設計風力所造成的結構效應  $W_{21}$ ；在東南風作用下之順風向設計風力所造成的結構效應  $W_{22}$ ；在西南風作用下之順風向設計風力所造成的結構效應  $W_{23}$ 。

### 5.4.3 建築物層間變位角

規範 4.2 節並不適用於計算獨立鐵塔的層間變位角，本文建議參考相關的專業規範來計算其層間變位角。

### 5.4.4 建築物最高居室樓層側向加速度

獨立鐵塔不需計算建築物最高居室樓層側向加速度。

## 5.5 主要風力抵抗系統在北風作用下之設計風力

### 列出計算時所需的基本參數

垂直於風向之建築物水平尺寸  $B$ ：與本文“5.3 節”所採用之值相同， $B = 3.528\text{m}$ 。

平行於風向之建築物水平尺寸  $L$ ：與本文“5.3 節”所採用之值相同， $L = 3.528\text{m}$ 。

迎風面實體構材投影在垂直風向平面上之面積  $A_f$ （亦即受風面積）：如表 5.1 所示。

迎風面塔面之實體構材投影在垂直風向平面上之面積總和  $A_{N,o}$ （亦即塔面實體面積）：根據表 5.1， $A_{N,o} = 17.048\text{m}^2$ 。

迎風面塔面投影在垂直風向平面上之總面積  $A_{Ng,o}$ （亦即塔面總面

積）： $A_{Ng,o} = \frac{(3.22+6)}{2} \times 15 + 3.22 \times 5 = 85.25\text{m}^2$ 。

順風向基本自然頻率  $f_n$ ： $f_n = f_{SN} = 7.09\text{Hz}$ 。

橫風向基本自然頻率  $f_a$  :  $f_a = f_{EW} = 7.09\text{Hz}$  。

山脊之高度  $H$  : 根據圖 5.4 ,  $H = 120\text{m}$  。

### 判斷是否屬於開放式建築物

根據本文 5.3 節，本建築物屬於開放式建築物。接下來，根據規範第二章，計算主要風力抵抗系統所應承受之設計風力。

## 5.5.1 獨立鐵塔所受的順風向風力

根據規範 2.2 節到 2.9 節，計算獨立鐵塔所應承受之順風向風力。

### 計算風速壓

根據規範式 (2.7)，風速壓地況係數  $K(z)$  :

$$\begin{aligned} K(z) &= 2.774 \left( \frac{z}{z_g} \right)^{2\alpha} ; z > 5\text{m} \\ &= 2.774 \left( \frac{5}{z_g} \right)^{2\alpha} ; z \leq 5\text{m} \end{aligned}$$

根據規範式 (2.8)，地形係數  $K_{zt}$  :

根據圖 5.4，山脊之高度  $H = 120\text{m}$ 。  $H$  大於兩倍上風側 3.22 公里內地形高度，且大於 4.5 公尺 (地況 C)，且此山脊在上風側

$100H = 12000\text{m}$  或 3.22 公里 (兩者取小值=3.22 公里) 內沒有類似高度之障礙物，且  $\frac{H}{L_h} = 0.8 \geq 0.2$  (其中山脊之水平尺寸  $L_h = 150\text{m}$ )。根據

規範 2.6 節之解說，若  $\frac{H}{L_h} > 0.5$ ，計算  $K_1$  時採用  $\frac{H}{L_h} = 0.5$ ，則地況

C 下山脊之  $K_1 = 0.725$ ，若查規範表 2.3 (a)，可得  $K_1 = 0.72$ 。若

$\frac{H}{L_h} > 0.5$ ，則計算  $K_2$  時採用  $L_h = 2H$ ，根據圖 5.4，建築物位於山脊

之下風側， $x = 100\text{m}$ ，山脊之下風側水平衰減係數  $\mu = 1.5$ ，根據規範

式 (C2.9)，計算所對應山脊之  $K_2 = (1 - \frac{|x|}{\mu L_h}) = 0.722$ ，若查規範表 2.3

式 (C2.9)，計算所對應山脊之  $K_2 = (1 - \frac{|x|}{\mu L_h}) = 0.722$ ，若查規範表 2.3

(b)，線性內插  $\frac{x}{L_h} = 0.00$  所對應之  $K_2 = 1.00$  與  $\frac{x}{L_h} = 0.50$  所對應之  $K_2 = 0.67$ ，可得  $K_2 = 0.725$ 。根據規範 2.6 節之解說，若  $\frac{H}{L_h} > 0.5$ ，則計算  $K_3$  時採用  $L_h = 2H$ ，山脊之高度衰減係數  $\gamma = 3$ ，根據規範式 (C2.10)，計算所對應山脊之  $K_3 = e^{-\gamma z/L_h} = e^{-3z/240} = e^{-0.0125z}$ 。根據規範式 (2.8)， $K_{zt}$  可依下式計算：

$$K_{zt} = (1 + K_1 K_2 K_3)^2 = (1 + 0.725 \times 0.722 \times e^{-0.0125z})^2$$

也可採用規範表 2.3 (a)、2.3 (b) 與 2.3 (c) 作線性內插決定  $K_1$ 、 $K_2$  與  $K_3$ 。

根據規範式 (2.6)，離地面  $z$  公尺高度之風速壓  $q(z)$ ：

$$z > 5\text{m} : q(z) = 363.77 \left( \frac{z}{300} \right)^{0.3} \times (1 + 0.725 \times 0.722 \times e^{-0.0125z})^2 \text{ kgf/m}^2$$

$$z \leq 5\text{m} : q(z) = 106.51 \times (1 + 0.725 \times 0.722 \times e^{-0.0125z})^2 \text{ kgf/m}^2$$

### 計算陣風反應因子

獨立鐵塔之  $f_n = 7.09\text{Hz} > 1\text{Hz}$ ，根據規範 1.3 節，建築物屬普通建築物，因此，須根據規範 2.7 節計算普通建築物之陣風反應因子  $G$ 。因為獨立鐵塔之斷面為正方形，所以這裡所算的  $G$  值與本文“5.3.1 節”所算的  $G = 1.842$  一樣。

### 計算風力係數

本文假設獨立鐵塔之構材均為角鋼及平邊構材，因此，根據規範表 2.15，桁架高塔之風力係數  $C_f$ ：

$$\text{塔面實體面積與其總面積的比值 } \phi = \frac{A_{N,o}}{A_{Ng,o}} = 0.2 \text{ 介於 } 0.025 \text{ 到 } 0.44 \text{ 之}$$

間，由於獨立鐵塔之斷面為方形， $C_f = 4.1 - 5.2\phi = 4.1 - 5.2 \times 0.2 = 3.06$

### 計算設計風力

根據規範式 (2.4)，開放式建築物所應承受之設計風力  $F$ ：

$$F = q(z_{A_f})GC_fA_f = q(z_{A_f}) \times 1.842 \times 3.06 \times A_f = 5.64q(z_{A_f})A_f \text{ kgf}$$

其中， $q(z_{A_f})$  為面積  $A_f$  形心高度  $z_{A_f}$  處之風速壓。獨立鐵塔在北風作用下各構材之順風向風力在本文與獨立鐵塔在南風作用下各構材之順風向風力相同，獨立鐵塔在北風作用下各構材之順風向風力計算結果詳見表 5.3 所示。

根據規範表 2.15 之註 (4)，就方形高塔而言，若風向傾斜作用在塔面時，將產生最大的水平風力，其為垂直作用在塔面的設計風力乘上一係數  $C = 1.0 + 0.75\phi = 1.0 + 0.75(0.2) = 1.15 \quad \phi < 0.5$

並假設其沿著對角線作用。獨立鐵塔在對角線風向（亦即東北風或西北風）作用下各構材之最大的水平風力  $F \times C$  如表 5.3 所示。

## 5.5.2 建築物結構效應

分別以表 5.3 所示的設計風力來進行結構分析。取得在北風作用下之順風向設計風力所造成的結構效應  $W_{31}$ ；在東北風作用下之順風向設計風力所造成的結構效應  $W_{32}$ ；在西北風作用下之順風向設計風力所造成的結構效應  $W_{33}$ 。

## 5.5.3 建築物層間變位角

規範 4.2 節並不適用於計算獨立鐵塔的層間變位角，本文建議參考相關的專業規範來計算其層間變位角。

#### 5.5.4 建築物最高居室樓層側向加速度

獨立鐵塔不需計算建築物最高居室樓層側向加速度。

### 5.6 建築物結構效應與最高居室樓層側向加速度之檢核

#### 構件效應

根據規範 2.12 節之解說，設計時所採用的構件效應  $W$  是以  $W_{11}$ （本文“5.3.2”）、 $W_{12}$ （本文“5.3.2”）、 $W_{13}$ （本文“5.3.2”）、 $W_{21}$ （本文“5.4.2”）、 $W_{22}$ （本文“5.4.2”）、 $W_{23}$ （本文“5.4.2”）、 $W_{31}$ （本文“5.5.2”）、 $W_{32}$ （本文“5.5.2”）和  $W_{33}$ （本文“5.5.2”）結果之較大值為設計依據，亦即  $W = \max\{W_{11}, W_{12}, W_{13}, W_{21}, W_{22}, W_{23}, W_{31}, W_{32}, W_{33}\}$ 。

### 5.7 獨立鐵塔局部構材及外部被覆物之設計風壓

因為獨立鐵塔為開放式建築物，根據規範 3.1 節之解說，局部構材及外部被覆物之設計風力計算與主要風力抵抗系統並沒有不同。

表 5.1 迎風面實體構材投影在垂直風向平面上之面積  $A_f$ 

構材編號	$z_{A_f} (m)$	實體構材投影在與風向垂直之平面上的面積 $A_f (m^2)$	構材編號	$z_{A_f} (m)$	實體構材投影在與風向垂直之平面上的面積 $A_f (m^2)$
B8	20	0.372	B4	10	0.482
C81	18.8	0.238	C41	8.75	0.263
C82	18.8	0.238	C42	8.75	0.263
b81	18.8	0.471	b41	8.75	0.568
b82	18.8	0.471	b42	8.75	0.568
B7	17.5	0.372	B3	7.5	0.536
C71	16.3	0.238	C31	6.25	0.302
C72	16.3	0.238	C32	6.25	0.302
b71	16.3	0.471	b31	6.25	0.617
b72	16.3	0.471	b32	6.25	0.617
B6	15	0.372	B2	5	0.595
C61	13.8	0.238	C21	3.75	0.302
C62	13.8	0.238	C22	3.75	0.302
b61	13.8	0.486	b21	3.75	0.667
b62	13.8	0.486	b22	3.75	0.667
B5	12.5	0.427	B1	2.5	0.64
C51	11.3	0.238	C11	1.25	0.302
C52	11.3	0.238	C12	1.25	0.302
b51	11.3	0.521	b11	1.25	0.704
b52	11.3	0.521	b12	1.25	0.704
總計實體構材投影在與風向垂直之平面上的面積總和為 $17.048m^2$					

表 5.2 獨立鐵塔在東風作用下各構材之順風向風力

構材編號	$z_{A_f} (m)$	構材投影在與風向垂直之平面上的面積 $A_f (m^2)$	風速壓地況係數 $K(z_{A_f})$	$q(z_{A_f})$ kgf/m <sup>2</sup>	$q(z_{A_f})GC_f$ kgf/m <sup>2</sup>	順風向風力 $F (t)$	對角線風向所產生最大的水平風力 $F \times C (t)$
B8	20	0.372	1.231	161.433	910.019	0.339	0.389
C81	18.8	0.238	1.207	158.338	892.569	0.212	0.244

C82	18.8	0.238	1.207	158.338	892.569	0.212	0.244
b81	18.8	0.471	1.207	158.338	892.569	0.420	0.483
b82	18.8	0.471	1.207	158.338	892.569	0.420	0.483
B7	17.5	0.372	1.183	155.094	874.285	0.325	0.374
C71	16.3	0.238	1.157	151.684	855.062	0.204	0.234
C72	16.3	0.238	1.157	151.684	855.062	0.204	0.234
b71	16.3	0.471	1.157	151.684	855.062	0.403	0.463
b72	16.3	0.471	1.157	151.684	855.062	0.403	0.463
B6	15	0.372	1.129	148.085	834.774	0.311	0.357
C61	13.8	0.238	1.100	144.270	813.265	0.194	0.223
C62	13.8	0.238	1.100	144.270	813.265	0.194	0.223
b61	13.8	0.486	1.100	144.270	813.265	0.395	0.455
b62	13.8	0.486	1.100	144.270	813.265	0.395	0.455
B5	12.5	0.427	1.069	140.203	790.341	0.337	0.388
C51	11.3	0.238	1.036	135.841	765.750	0.182	0.210
C52	11.3	0.238	1.036	135.841	765.750	0.182	0.210
b51	11.3	0.521	1.036	135.841	765.750	0.399	0.459
b52	11.3	0.521	1.036	135.841	765.750	0.399	0.459
B4	10	0.482	1.000	131.125	739.165	0.356	0.410
C41	8.75	0.263	0.961	125.976	710.140	0.187	0.215
C42	8.75	0.263	0.961	125.976	710.140	0.187	0.215
b41	8.75	0.568	0.961	125.976	710.140	0.403	0.464
b42	8.75	0.568	0.961	125.976	710.140	0.403	0.464
B3	7.5	0.536	0.917	120.283	678.047	0.363	0.418
C31	6.25	0.302	0.868	113.880	641.956	0.194	0.223
C32	6.25	0.302	0.868	113.880	641.956	0.194	0.223
b31	6.25	0.617	0.868	113.880	641.956	0.396	0.455
b32	6.25	0.617	0.868	113.880	641.956	0.396	0.455
B2	5	0.595	0.812	106.506	600.389	0.357	0.411
C21	3.75	0.302	0.812	106.506	600.389	0.181	0.209
C22	3.75	0.302	0.812	106.506	600.389	0.181	0.209
b21	3.75	0.667	0.812	106.506	600.389	0.400	0.461
b22	3.75	0.667	0.812	106.506	600.389	0.400	0.461
B1	2.5	0.64	0.812	106.506	600.389	0.384	0.442
C11	1.25	0.302	0.812	106.506	600.389	0.181	0.209
C12	1.25	0.302	0.812	106.506	600.389	0.181	0.209

b11	1.25	0.704	0.812	106.506	600.389	0.423	0.486
b12	1.25	0.704	0.812	106.506	600.389	0.423	0.486

表 5.3 獨立鐵塔在南風作用下各構材之順風向風力

構材編號	$z_{A_f}$ (m)	構材投影 在與風向 垂直之平 面上的面 積 $A_f$ ( $m^2$ )	風速 壓地 況係 數 $K(z_{A_f})$	地形 係數 $K_{zt}$	$q(z_{A_f})$ kgf/m <sup>2</sup>	$q(z_{A_f})GC_f$ kgf/m <sup>2</sup>	順風向 風力 $F$ (t)	對角線 風向所 產生最 大的水 平風力 $F \times C$ (t)
B8	20	0.372	1.231	1.982	319.883	1803.217	0.671	0.771
C81	18.8	0.238	1.207	2.000	316.617	1784.808	0.425	0.488
C82	18.8	0.238	1.207	2.000	316.617	1784.808	0.425	0.488
b81	18.8	0.471	1.207	2.000	316.617	1784.808	0.841	0.967
b82	18.8	0.471	1.207	2.000	316.617	1784.808	0.841	0.967
B7	17.5	0.372	1.183	2.018	312.998	1764.407	0.656	0.755
C71	16.3	0.238	1.157	2.037	308.978	1741.742	0.415	0.477
C72	16.3	0.238	1.157	2.037	308.978	1741.742	0.415	0.477
b71	16.3	0.471	1.157	2.037	308.978	1741.742	0.820	0.943
b72	16.3	0.471	1.157	2.037	308.978	1741.742	0.820	0.943
B6	15	0.372	1.129	2.056	304.497	1716.485	0.639	0.734
C61	13.8	0.238	1.100	2.076	299.486	1688.235	0.402	0.462
C62	13.8	0.238	1.100	2.076	299.486	1688.235	0.402	0.462
b61	13.8	0.486	1.100	2.076	299.486	1688.235	0.820	0.944
b62	13.8	0.486	1.100	2.076	299.486	1688.235	0.820	0.944
B5	12.5	0.427	1.069	2.096	293.855	1656.494	0.707	0.813
C51	11.3	0.238	1.036	2.116	287.492	1620.625	0.386	0.444
C52	11.3	0.238	1.036	2.116	287.492	1620.625	0.386	0.444
b51	11.3	0.521	1.036	2.116	287.492	1620.625	0.844	0.971
b52	11.3	0.521	1.036	2.116	287.492	1620.625	0.844	0.971
B4	10	0.482	1.000	2.137	280.250	1579.801	0.761	0.876
C41	8.75	0.263	0.961	2.159	271.931	1532.908	0.403	0.464
C42	8.75	0.263	0.961	2.159	271.931	1532.908	0.403	0.464
b41	8.75	0.568	0.961	2.159	271.931	1532.908	0.871	1.001
b42	8.75	0.568	0.961	2.159	271.931	1532.908	0.871	1.001
B3	7.5	0.536	0.917	2.180	262.260	1478.391	0.792	0.911

C31	6.25	0.302	0.868	2.203	250.831	1413.965	0.427	0.491
C32	6.25	0.302	0.868	2.203	250.831	1413.965	0.427	0.491
b31	6.25	0.617	0.868	2.203	250.831	1413.965	0.872	1.003
b32	6.25	0.617	0.868	2.203	250.831	1413.965	0.872	1.003
B2	5	0.595	0.812	2.225	237.006	1336.030	0.795	0.914
C21	3.75	0.302	0.812	2.248	239.473	1349.937	0.408	0.469
C22	3.75	0.302	0.812	2.248	239.473	1349.937	0.408	0.469
b21	3.75	0.667	0.812	2.248	239.473	1349.937	0.900	1.035
b22	3.75	0.667	0.812	2.248	239.473	1349.937	0.900	1.035
B1	2.5	0.64	0.812	2.272	241.992	1364.136	0.873	1.004
C11	1.25	0.302	0.812	2.296	244.564	1378.636	0.416	0.479
C12	1.25	0.302	0.812	2.296	244.564	1378.636	0.416	0.479
b11	1.25	0.704	0.812	2.296	244.564	1378.636	0.971	1.116
b12	1.25	0.704	0.812	2.296	244.564	1378.636	0.971	1.116

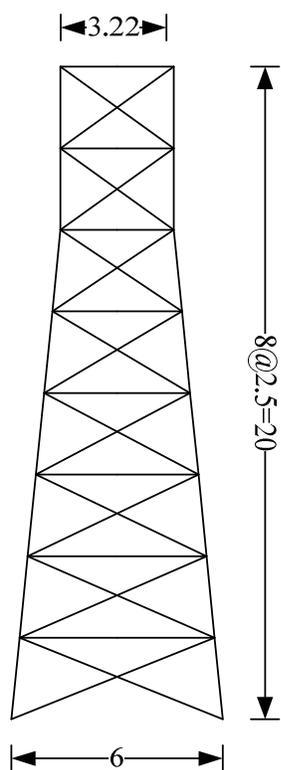


圖 5.1 獨立鐵塔各向立面示意圖 單位 (m)

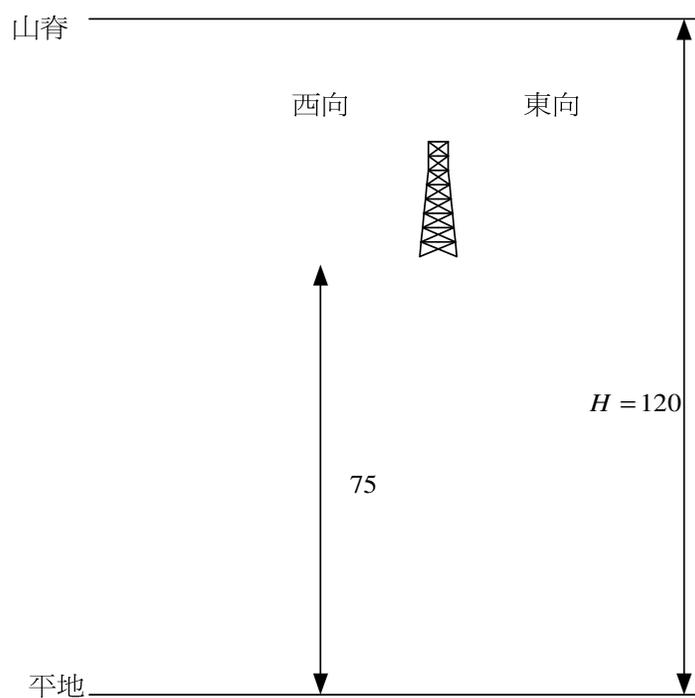


圖 5.2 獨立鐵塔南北向與附近地形的立面示意圖 單位 (m)

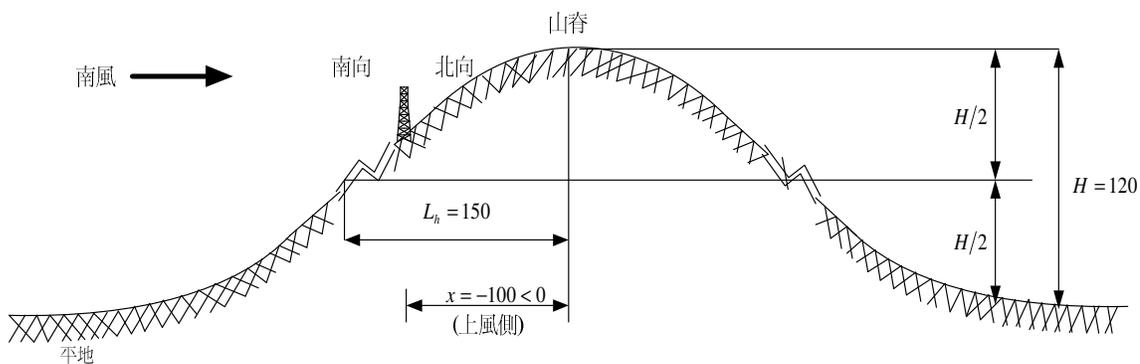


圖 5.3 獨立鐵塔東向與附近地形的立面示意圖 單位 (m)

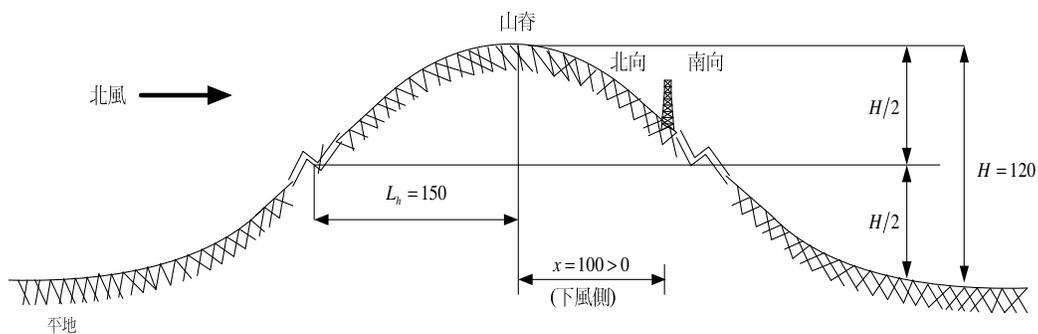


圖 5.4 獨立鐵塔西向與附近地形的立面示意圖 單位 (m)

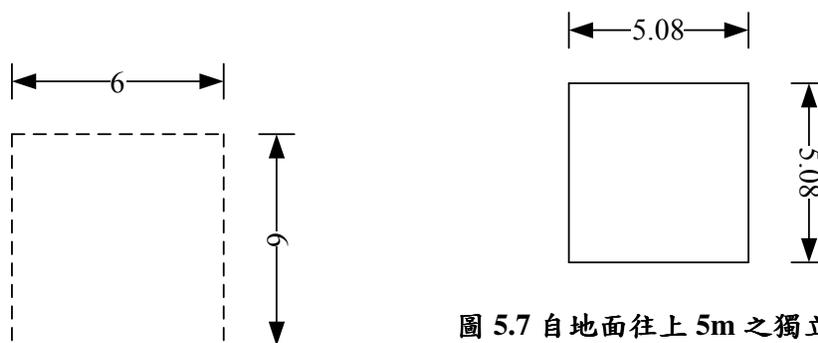


圖 5.5 獨立鐵塔底部平面示意圖

單位 (m)

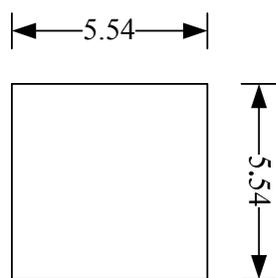


圖 5.6 自地面往上 2.5m 之獨立鐵塔平

面示意圖 單位 (m)

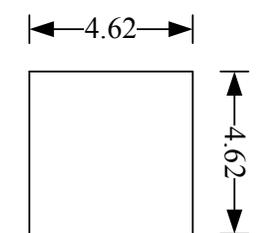


圖 5.7 自地面往上 5m 之獨立鐵塔平  
面示意圖 單位 (m)

圖 5.8 自地面往上 7.5m 之獨立鐵塔平  
面示意圖 單位 (m)

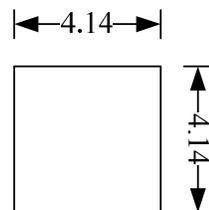


圖 5.9 自地面往上 10m 之獨立鐵塔平  
面示意圖 單位 (m)

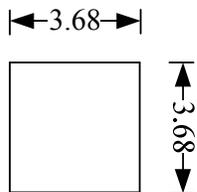


圖 5.10 自地面往上 12.5m 之獨立鐵塔  
平面示意圖 單位 (m)

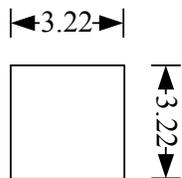


圖 5.11 自地面往上 15m 之獨立鐵塔  
平面示意圖 單位 (m)

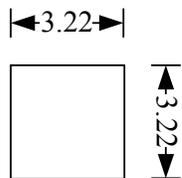


圖 5.12 自地面往上 17.5m 之獨立鐵塔  
平面示意圖 單位 (m)

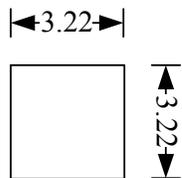


圖 5.13 自地面往上 20m 之獨立鐵塔  
平面示意圖 單位 (m)

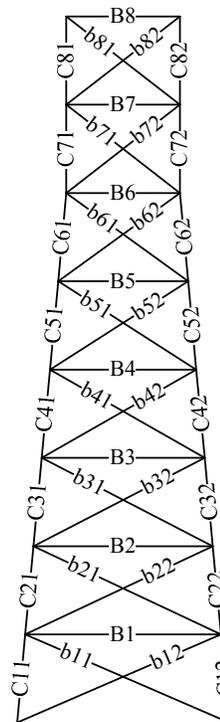


圖 5.14 獨立鐵塔構材編號

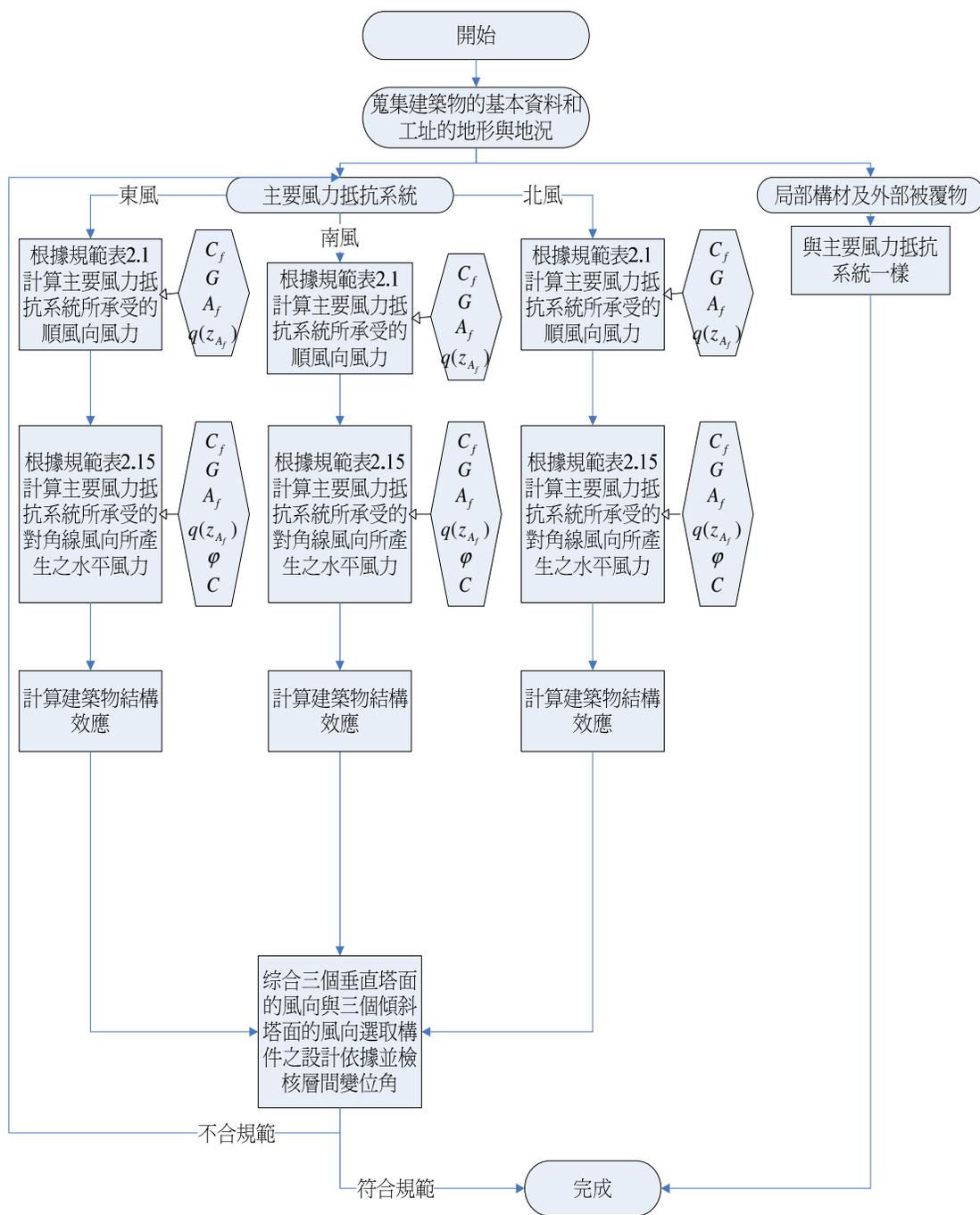


圖 5.15 第五章案例的計算流程圖

## 第六章煙囪耐風設計之示範例

本文建議在作煙囪耐風設計時，最好能參考相關專業規範，下面嘗試以國內建築物耐風設計規範來做煙囪耐風設計之示範例。

### 6.1 案例與基本參數之描述

#### 案例描述

本案例中，煙囪和工址的基本資料分別說明如下。煙囪頂部平面示意圖和煙囪各向立面示意圖分別如圖 6.1 和圖 6.2 所示。

#### 煙囪的基本資料

高度：245m

層數：共分八層，第一層到第七層高皆為 30m，第八層高為 35m

平面尺寸：中空圓形，外徑 23m，內徑 22m

水平向基本自然頻率：東西向基本自然頻率  $f_{EW} = 0.344\text{Hz}$  ( 2.907s )

南北向基本自然頻率  $f_{SN} = 0.344\text{Hz}$  ( 2.907s )

建物用途：重要 ( 第一類建築物 )

表面粗糙程度：中度光滑

#### 工址的地況與地形

座落：臺中縣梧棲鎮

各風向地況：皆屬地況 C 的平坦開闊地面

附近地形：無造成風速局部加速效應之特殊地形

根據圖 6.1 和圖 6.2，可知本案例煙囪外型、地形和地況為對稱，故僅考慮東風之作用。以下將計算此煙囪主要風力抵抗系統所受的風力與局部構材及外部被覆物之設計風壓，並依循計算步驟逐一詳細地說明其計算細節，附上相關的計算流程圖，使讀者更易於掌握設計流程。

#### 基本參數

獨立結構物之高度  $h$ ：根據圖 6.2， $h = 245\text{m}$ 。

結構物之直徑或最小水平尺寸  $D$ （順風向用）：根據圖 6.1， $D = 23\text{m}$ 。

結構阻尼比  $\beta$ ： $\beta = 0.01$ 。

地況  $C$  的相關參數：根據規範查表 2.2，在地況  $C$  的條件下  $\alpha = 0.15$ ；

$z_g = 300\text{m}$ ； $\bar{b} = 0.94$ ； $c = 0.2$ ； $\ell = 152\text{m}$ ； $\bar{\epsilon} = 0.2$ ； $z_{\min} = 4.5\text{m}$ 。

基本設計風速  $V_{10}(C)$ ：根據規範 2.4 節，臺中縣梧棲鎮基本設計風速  $V_{10}(C)$  為  $32.5\text{m/s}$ 。

用途係數  $I$ ：根據規範 2.5 節，第一類建築物的用途係數  $I = 1.1$ 。

## 6.2 計算流程圖

本案例中所對應相關的計算流程圖如圖 6.3 所示。

### 6.3 主要風力抵抗系統在東風作用下之設計風力

#### 列出計算時所需的基本參數

垂直於風向之建築物水平尺寸  $B$ ：根據圖 6.1， $B = 23\text{m}$ 。

順風向基本自然頻率  $f_n$ ： $f_n = f_{EW} = 0.344\text{Hz}$ 。

橫風向基本自然頻率  $f_a$ ： $f_a = f_{SN} = 0.344\text{Hz}$ 。

#### 判斷是否屬於開放式建築物

筆者認為不適宜用建築物耐風設計規範 1.3 節的定義來判斷煙囪是屬於何種形式建築物；而由於規範表 2.12 提供煙囪之風力係數，因此，本文假設煙囪屬於開放式建築物。

#### 6.3.1 煙囪所受的順風向風力

根據規範 2.2 節到 2.9 節，計算煙囪所應承受之順風向風力。

#### 計算風速壓

根據規範式 (2.7)，風速壓地況係數  $K(z)$ ：

$$\begin{aligned} K(z) &= 2.774 \left( \frac{z}{z_g} \right)^{2\alpha} ; \quad z > 5\text{m} \\ &= 2.774 \left( \frac{5}{z_g} \right)^{2\alpha} ; \quad z \leq 5\text{m} \end{aligned}$$

根據規範式 (2.8)，地形係數  $K_{zt}$ ：

工址附近無造成風速局部加速效應之特殊地形， $K_{zt} = 1$

根據規範式 (2.6)，離地面  $z$  公尺高度之風速壓  $q(z)$ ：

$$\begin{aligned} z > 5\text{m} : q(z) &= 0.06K(z)K_{zt} [I V_{10}(C)]^2 \\ &= 0.06 \times 2.774 \left( \frac{z}{300} \right)^{2 \times 0.15} \times 1 \times [1.1 \times 32.5]^2 \\ &= 212.72 \left( \frac{z}{300} \right)^{0.3} \text{ kgf/m}^2 \\ z \leq 5\text{m} : q(z) &= 0.06K(z)K_{zt} [I V_{10}(C)]^2 \\ &= 0.06 \times 2.774 \left( \frac{5}{300} \right)^{2 \times 0.15} \times 1 \times [1.1 \times 32.5]^2 \\ &= 62.28 \text{ kgf/m}^2 \end{aligned}$$

### 計算陣風反應因子

根據規範式 (2.4)，開放式建築物須計算普通建築物之陣風反應因子  $G$ ，因本文假設煙囪屬於開放式建築物，故須計算普通建築物之陣風反應因子  $G$ 。

根據規範式 (2.12)，紊流積分尺度  $L_{\bar{z}}$ ：

$$L_{\bar{z}} = \ell(\bar{z}/10)^{\bar{e}} = 152(147/10)^{0.20} = 260.20\text{m}$$

其中， $\bar{z} = \max(0.6 \times h, z_{\min}) = \max(0.6 \times 245, 4.5) = 147\text{m}$

根據規範式 (2.10) 與式 (2.11)，紊流強度  $I_{\bar{z}}$  與背景反應  $Q$ ：

$$I_{\bar{z}} = c(10/\bar{z})^{1/6} = 0.2(10/147)^{1/6} = 0.13$$

$$Q = \sqrt{\frac{1}{1 + 0.63 \left( \frac{B+h}{L_z} \right)^{0.63}}} = \sqrt{\frac{1}{1 + 0.63 \left( \frac{23+245}{260.20} \right)^{0.63}}} = 0.78$$

根據規範式 (2.9)，普通建築物之陣風反應因子  $G$ ：

$$G = 1.927 \left( \frac{1 + 1.7 g_Q I_z Q}{1 + 1.7 g_V I_z} \right) = 1.927 \left( \frac{1 + 1.7 \times 3.4 \times 0.13 \times 0.78}{1 + 1.7 \times 3.4 \times 0.13} \right) = 1.75$$

其中，根據規範式 (2.9) 的下一行，背景反應尖峰因子  $g_Q$  和風速尖峰因子  $g_V$  均可取 3.4。

### 計算風力係數

根據規範表 2.12，計算煙囪之風力係數  $C_f$ ：

煙囪斷面為圓形；對所有  $z$ ， $D\sqrt{q(z)} = 23\sqrt{q(z)} > 1.5$ ；表面粗糙程度為中度光滑；且  $h/D = 245/23 = 10.652$ 。根據規範表 2.12， $h/D = 7$  所對應的  $C_f = 0.6$ ， $h/D = 25$  所對應的  $C_f = 0.7$ ，故本煙囪 ( $h/D = 10.652$ ) 由線性內插可得  $C_f = 0.62$ 。

### 計算設計風力

根據規範式 (2.4)，開放式建築物所應承受之設計風力  $F$ ：

$$F = q(z_{A_f}) G C_f A_f = q(z_{A_f}) \times 1.75 \times 0.62 \times A_f = 1.085 q(z_{A_f}) A_f \text{ kgf}$$

其中， $A_f$  為投影在與風向垂直之平面上的面積； $q(z_{A_f})$  為面積  $A_f$  形心高度  $z_{A_f}$  處之風速壓。煙囪在東風作用下的順風向風力如表 6.1 所示。

## 6.3.2 煙囪因渦散共振引起的橫風向風力

根據規範 2.10 節之解說，計算煙囪因渦散共振引起的橫風向風力。

判斷建築物是否會產生渦散共振

根據規範式 (2.5)，計算高度為  $z = h$  處之風速  $V_h$ ：

$$V_{z=h} = V_h = V_{10} \left( \frac{z=h}{10} \right)^\alpha = 32.5 \left( \frac{245}{10} \right)^{0.15} = 52.51 \text{m/s}$$

$$h/D = 10.652 \geq 7 \quad \text{且}$$

$V_h = 52.51 \text{m/s} > 4.2 f_a D = 4.2 \times 0.344 \times 23 = 33.23 \text{m/s}$ 。因此，滿足規範式 (C2.16) 之使用條件。

計算渦散共振風速  $U_r$ 

$$2/3h \text{ 高度處之圓柱直徑 } D_m = 23 \text{m}$$

$$\text{渦散共振風速 } U_r = 5 f_a D_m = 5 \times 0.344 \times 23 = 39.56 \text{m/s}$$

計算渦散共振之風力係數  $C_r$ 

本文假設煙囪的材質為混凝土，混凝土密度為  $2300 \text{kg/m}^3$

建築物質量

$$M = \left[ \left( \frac{23}{2} \right)^2 - \left( \frac{22}{2} \right)^2 \right] \pi \times 245 \times 2300 + 500000 = 20415733.93 \text{kg}$$

$$\text{建築物基底直徑 } D_B = 23 \text{m}$$

建築物密度

$$\rho_f = M / (h D_m D_B) = 20415733.93 / (245 \times 23 \times 23) = 157.52 \text{kg/m}^3$$

$$\text{基本振態之阻尼比 } \beta = 0.01$$

根據規範 2.10 節之解說所附的表，因為

$$6 \leq U_r D_m = 39.56 \times 23 = 909.88 \text{m}^2/\text{s} \quad \text{且}$$

$$\rho_f \sqrt{\beta} = 157.52 \sqrt{0.01} = 15.752 \geq 5，\text{ 所以渦散共振之風力係數}$$

$$C_r = \frac{0.57}{\sqrt{\beta}} = \frac{0.57}{\sqrt{0.01}} = 5.7。$$

### 計算因渦散共振引起的橫風向風力

根據規範式 (C2.16)，圓柱斷面建築物  $z$  處高度之橫風向風力  $W_{rz}$ ：

$$W_{rz} = U_r^2 \frac{Z}{h} C_r A = 39.56^2 \frac{Z}{245} \times 5.7 \times A = 36.41ZA \text{ kgf}$$

其中， $A$  為高度  $z$  處之投影面積。煙囪在東風作用下的橫風向風力如表 6.1 所示。

### 6.3.3 煙囪所受的扭轉向風力

本例不考慮扭轉向風力

### 6.3.4 建築物設計風力之組合

根據規範 2.12 節來進行建築物設計風力之組合。本案例中，煙囪在東風作用下的順風向與橫風向設計風力如表 6.1 所示。根據規範 2.12 節之解說，以表 6.1 所示的設計風力來進行結構分析。取得在東風作用下之順風向及橫風向設計風力所造成的結構效應  $\hat{W}_{D1}$  及  $\hat{W}_{L1}$ 。並計算在東風作用下之順風向平均風力所造成的結構效應  $\bar{W}_{D1} = \hat{W}_{D1} \frac{1}{1.128G}$ ，其中柔性建築物  $\bar{G} = G_f$ 。考慮順風向與橫風向載重對於構件具有相同方向效應，可將二個風向的動態部分結構效應以平方和開根號 (SRSS) 方式組合，因此在東風作用下所造成之結構效應  $W_1$  如下：

$$W_1 = \bar{W}_{D1} + \sqrt{\left(\hat{W}_{D1} - \bar{W}_{D1}\right)^2 + \left(\hat{W}_{L1}\right)^2}$$

### 6.3.5 建築物層間變位角

規範 4.2 節並不適用於計算煙囪的層間變位角，本文建議參考相關的

專業規範來計算其層間變位角。

### 6.3.6 建築物最高居室樓層側向加速度

煙囪不需計算建築物最高居室樓層側向加速度。

## 6.4 建築物結構效應與最高居室樓層側向加速度之檢核

### 構件效應

根據規範 2.12 節之解說，設計時所採用的構件效應  $W$  是以所有考慮風向下求得的構件效應之較大值為設計依據，本例僅考慮東風，因此  $W = W_1$ 。

## 6.5 煙囪局部構材及外部被覆物之設計風壓

因為煙囪為開放式建築物，根據規範 3.1 節之解說，局部構材及外部被覆物之設計風力計算與主要風力抵抗系統並沒有不同。

表 6.1 煙囪在東風作用下的順風向與橫風向設計風力

各段之形心高度 $z$ (m)	各段高度 (m)	高度 $z$ 處投影面積 $A$ ( $m^2$ ) 或 投影在與風向垂直之平面上的面積 $A_f$ ( $m^2$ )	順風向風力 (t)	橫風向風力 $W_{rz}$ (t)
242.5	5	115	24.862	1015.385
235	10	230	49.257	1967.963
225	10	230	48.619	1884.220
215	10	230	47.960	1800.477
205	10	230	47.280	1716.734
195	10	230	46.576	1632.991
185	10	230	45.846	1549.248
175	10	230	45.088	1465.505
165	10	230	44.299	1381.762
155	10	230	43.476	1298.018
145	10	230	42.615	1214.275
135	10	230	41.711	1130.532
125	10	230	40.759	1046.789
115	10	230	39.752	963.046
105	10	230	38.682	879.303
95	10	230	37.538	795.560
85	10	230	36.306	711.817
75	10	230	34.968	628.073
65	10	230	33.498	544.330
55	10	230	31.861	460.587
45	10	230	29.999	376.844
35	10	230	27.821	293.101
25	10	230	25.150	209.358
15	10	230	21.576	125.615
5	10	230	15.518	41.872

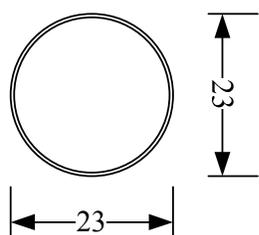


圖 6.1 煙囪頂部平面示意圖 單位(m)

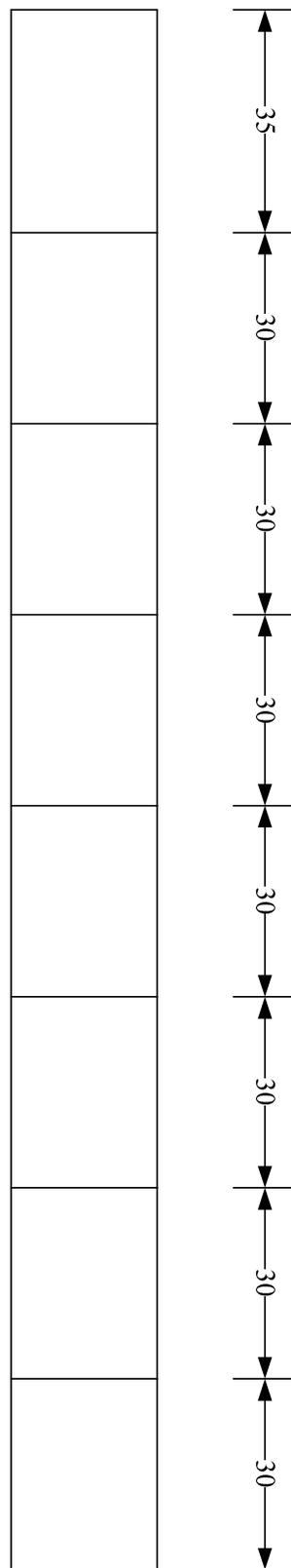


圖 6.2 煙囪各向立面示意圖 單位(m)

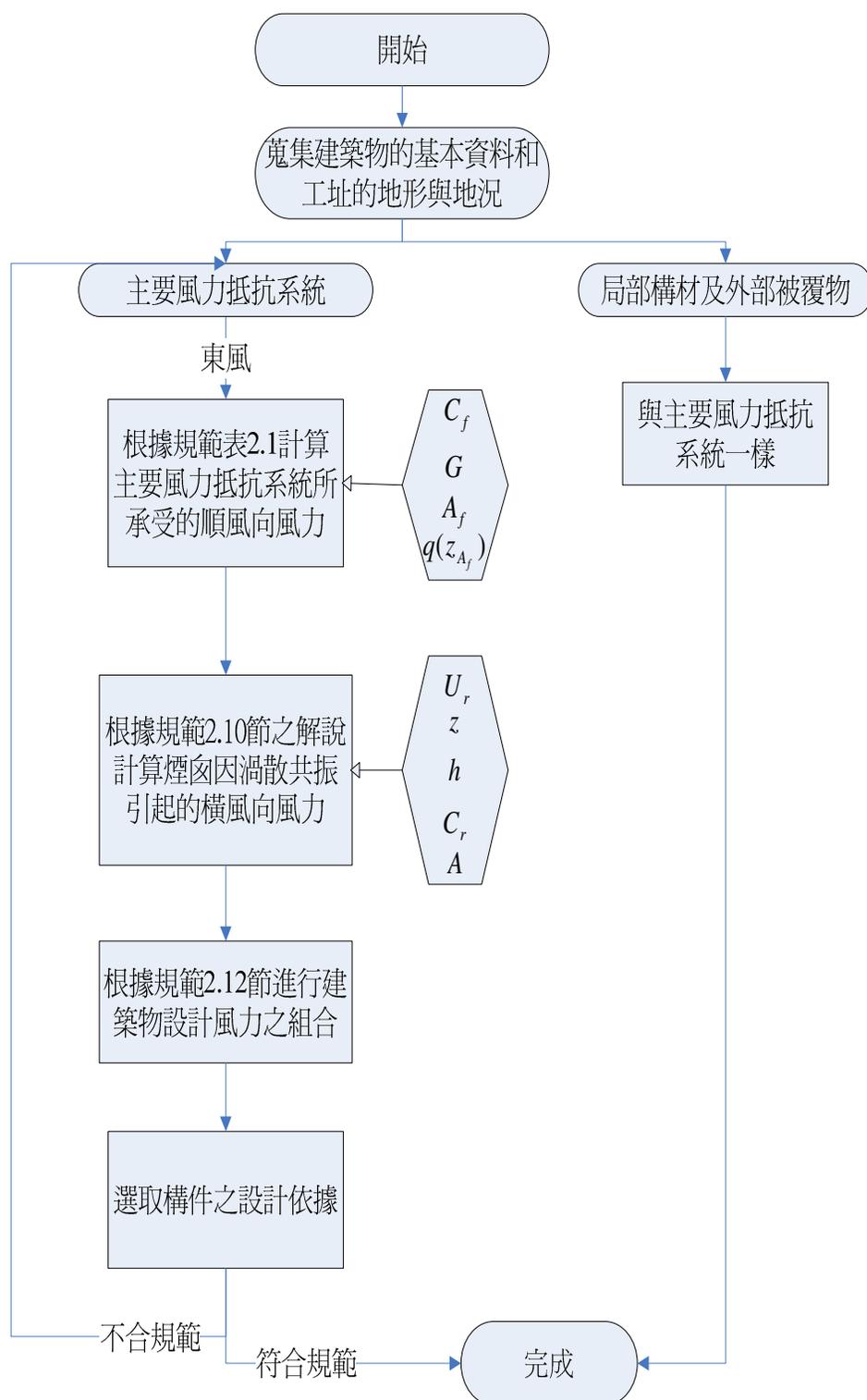


圖 6.3 第六章案例的計算流程圖

## 第七章 高層建築物風洞試驗報告之應用說明

根據規範 5.1 節：「建築物之耐風設計，依本規範無法提供所需之主要風力抵抗系統設計風力或是外部被覆物之設計風壓風力資料時，得以風洞試驗作為耐風設計之依據。一般而言，建築物之高度超過 100 公尺，或風力總橫力大於地震總橫力時，建議進行風洞試驗。」。以下，本文將說明如何引用一高層建築物的風洞試驗報告。

耐風規範是針對完全規則的建築物，並統合許多風洞試驗之結果所制定而成的。而風洞試驗是針對特定外型的建築物來進行模擬，再加上風洞試驗採用的地況相關參數、紊流尺度、紊流強度與設計風力載重組合公式和規範通常不一樣；因此，單一風洞試驗結果與規範計算結果必有差異，不適合直接比較。但應期中審查委員之要求仍將其與依規範所計算的主要風力抵抗系統設計風力與局部構材之設計風壓作比較。

### 7.1 案例與基本參數之描述

本建築物之建築主體、女兒牆及工址之基本資料分別說明如下；而本建築物的正面立面圖、右側面立面圖、背面立面圖、左側面立面圖與平面圖分別如圖 7.1、圖 7.2、圖 7.3、圖 7.4 和圖 7.5 所示。

#### 建築主體的基本資料

樓層高度：125.58m

總樓層數：36 層

平面尺寸：請詳圖 7.5

水平向基本自然頻率：x 向基本自然頻率  $f_x = 0.314\text{Hz}$

y 向基本自然頻率  $f_y = 0.305\text{Hz}$

扭轉向基本自然頻率： $f_{rz} = 0.471\text{Hz}$

建物用途：一般（第五類建築物）

阻尼比： $\beta = 0.01$

建築物形式：封閉式建築物

女兒牆的基本資料

高度：1.6m

工址的地況與地形

座落：台北縣板橋市

地況相關參數：風洞試驗之 $\alpha = 0.24$ （規範地況 B 之 $\alpha = 0.25$ ）

風洞試驗之梯度高度 $Z_g = 375\text{m}$ （規範地況 B 之梯度高度為  
400m）

附近地形：無造成風速局部加速效應之特殊地形

## 7.2 風洞試驗報告

根據規範 5.2 節：「風洞試驗之項目宜包括提供主要風力抵抗系統之設計風壓及局部構件以及外部被覆物之局部風壓。」以下將說明此風洞試驗報告中風洞試驗內容、主要風力抵抗系統之設計風力和建築外牆之設計風壓。

### 7.2.1 風洞試驗內容

逼近流場特性

根據規範 5.3 節之解說：「建築風工程探討的是建築物在強風作用下的結構反應，需要考量的風場屬於小範圍的中性邊界層流，以風洞進行縮尺模擬時，需要正確模擬下列幾項自然風場特性：(1) 逼近流在不同高度上的平均風速分布；(2) 逼近流在不同高度上的紊流強度；(3) 逼近流擾動風速之頻率分布特性；(4) 標的建築物與鄰近建築物之模擬。」

進行風洞試驗時為了能使縮尺模型的風速量測能適當地用於實際風場，所量測的各個物理量必須對一穩定的參考風速作無因次化，試驗選取模型上游大氣邊界層高度（亦即梯度高度） $Z_g$  的量測風速為參考風速。

本風洞試驗是使用錐形擾流板和配套之粗糙元及龍齒組合，在風洞之試驗段內建立一能與現場情況相當之模擬大氣邊界層。研究中心利用熱膜探針風速

儀，在風洞之試驗段內，不同高度下所量測順風方向之平均風速及紊流強度。將各高度風速 $U(Z)$ 除以邊界層高度風速 $U(Z_g)$ ，可得無因次化風速。圖 7.6 及圖 7.7 分別顯示在風洞之試驗段內，不同高度順風方向之平均風速及紊流強度 $TI$ 隨高度 $Z/Z_g$ 變化之剖面曲線。實驗室所建立之模擬邊界層厚度在轉盤處約 125cm，以 1/300 縮尺，其邊界層高度約為 375m，根據風速剖面圖所計算 $\alpha$ 值為 0.24。至於主建築物附近的風場變化則由實際的地形及建築物模擬來產生。而風洞試驗報告並未提供逼近流擾動風速之頻率分布特性。

### 風力載重試驗

本風洞試驗使用之模型為表面風壓實驗之模型。藉由電子式壓力掃描器對所有壓力量測點壓力變化之同步量測，乘以各風壓量測點所在區塊之面積，可以得知每一瞬時之風力歷時反應。本風洞試驗之量測方式以正北為零度風向角，每 10 度風向角做一組量測，共量取 36 個風向。

### 外牆風壓試驗

風壓試驗所使用模型，重點在於能在其表面開設許多風壓孔，並可保持氣密狀態，且盡可能將建築物外觀模擬精細。一般較常利用壓克力材料來製作此模型。該模型外表開設許多風壓孔，並將模型內部挖空，裝設風壓管（如圖 7.8）。最後將模型架設至風洞試驗段，並將風壓管連接至電子式壓力掃描器，並透過電腦，對建築物帷幕表面風壓進行量測（如圖 7.9）。

當模型表面壓力經管線傳遞至壓力掃描器時，壓力訊號會受風壓管影響而扭曲，訊號中某些頻率會被放大或衰減。此時需將風壓管訊號受扭曲部分還原。本風洞試驗是求出原始訊號及扭曲訊號之關係，將所取得之扭曲訊號，利用此已知關係，透過數學方法還原成原始訊號，這個過程稱之為管線修正。

本風洞試驗共在模型外牆開設 320 個風壓孔，風壓孔分佈如圖 7.1 至圖 7.4 所示。設置風壓孔時為加強考慮外牆邊緣及銳角等易產生氣流分離的地方，在外牆形狀變化較大區域，風壓孔設置較為密集，以確實掌握風力擾動較嚴重區域的壓力分佈。

本風洞試驗之長度縮尺為 1/300；速度縮尺約為 1/6；時間縮尺為 1/50。試驗

所採用之採樣頻率為300Hz，而有效頻率約為120Hz，相對於實場約為2.4Hz，採樣時間為80秒，相對於實場約為1小時。試驗風向以正北為準，每10度做一組量測，所量測之風向共有36組，每個風向進行兩次量測，以避免誤差。量測時，在邊界層高度安裝皮托管以量測參考風速，並以皮托管之負壓端作為流場之背景壓力。所有風速及壓力資料均透過電子式壓力掃描器，進行量測。

### 7.2.2 主要風力抵抗系統之設計風力

本風洞試驗是採用之50年回歸期設計風速為37.5m/s。建築物所受的風力因風向角而異，一般從事設計風力的風洞實驗時，會以10度風向角為增量，共執行36組不同風向角的風力與風壓量測。建築物的設計風力需由36組實驗中找出適當的風力組合。建築物在特定風向角條件下的設計風載重為該風向的設計風力，是風載重平均值與擾動值的組合。風洞試驗分別找出36個風向角中用於最終之設計風力載重組合，如表7.1所示，其中 $F_x$ 為x向之基底剪力； $F_y$ 為y向之基底剪力； $T_{rz}$ 為基底扭矩。

若採用此風洞試驗報告來進行構件設計時，需以最終數個設計風力載重組合（此風洞試驗為四個）中所得構件效應之最大值最為設計依據，同樣地，需採上述的精神來檢核層間變位角。

### 7.2.3 建築外牆之設計風壓

局部構件之設計風壓應採用風洞試驗在各風向下測算所得的最大極值風壓。本風洞試驗之外牆風壓量測，是將風壓模型及周邊地形模型置於風洞試驗段，定風速下分別量取36個風向角，模型上320個風壓孔之風壓。並將量測到的結果換算成風壓係數。並透過極值分佈之統計理論獲得極值風壓。

#### 極值風壓

透過電子式壓力掃描器所測得之風壓值，需利用統計方式，取得壓力極值之機率分佈函數，再透過此機率分佈函數，取得極值壓力，並換算為最大正負風壓係數。

### 外風壓

風洞試驗量測各風壓孔的風壓，經計算後得之最大正負外風壓係數。而外風壓係數換算為實際風壓，計算方式如下所述：(1) 板橋市基本設計風速為 37.5m/s，而基本設計風速為地況 C，高度 10m 處，相對於 50 年回歸期之十分鐘平均風速。而本風洞試驗所用之參考風速為邊界層高度風速，而採樣時間為實場 1 小時。參考 ASCE 7-02 之 Durst Curve 並使用指數律，可得參考風速  $U_{300m,1hour} = 37.5/1.06 \times (300/10)^{0.15} = 59\text{m/s}$ ；(2) 將風速換算成參考風速壓  $\frac{1}{2}\rho U^2 = 0.5 \times 1.226 \times 59^2 = 2134\text{Pa}$ ；(3) 將試驗所得風壓係數乘上參考風速壓即為實際之極值外風壓。

### 內風壓

根據「建築物耐風設計規範及解說」草案中內風壓係數計算方式，封閉式建築物其  $(GC_{pi}) = \pm 0.375$ 。而換算至實場風壓，需乘上建築物高度之風速壓，本建築高約 126 公尺，在本大樓所在地，風洞模擬邊界層高約為 375 公尺，而  $\alpha$  值為 0.25。根據指數律，高度 125 公尺處之風速為  $U_{125m} = 59 \left( \frac{125}{375} \right)^{0.25} = 44.8\text{m/s}$ ，而風速壓為  $\frac{1}{2}\rho U^2 = 0.5 \times 1.226 \times 44.8^2 = 1232\text{Pa}$ ，則實際內風壓為  $\pm 0.375 \times 1232 = \pm 462\text{Pa}$ ，在此可將內風壓訂為  $\pm 500\text{Pa}$ 。因設計風壓需考慮內外風壓之和之最大值，故內風壓需考慮正負，在此假定外風壓為正值時，內風壓應考慮採用負值，而當外風壓為負值時，內風壓考慮採用正值。

### 設計風壓

以外牆而言，其正風壓在 1~18 樓約為 2~2.5kPa (200~250kgf/m<sup>2</sup>)，而 19~36 樓風壓約為 3kPa (300kgf/m<sup>2</sup>)。而在頂樓外牆部分，因該外牆為女兒牆，需考慮內外壓差，其正壓較大，約達 4.5kPa (450kgf/m<sup>2</sup>)。而整體負風壓介於 -2~-3.5kPa (-200~-350kgf/m<sup>2</sup>) 之間。

## 7.3 耐風規範計算

為了能適用於規範計算的公式，本例將圖 7.5 中的不規則平面尺寸簡化為規則 25.1m×24.9m 的平面尺寸，如圖 7.10 所示。其它建築物之基本資料與本文“7.1 節”相同。本例假設工址各風向的地況皆屬地況 B 的大城市市郊，地況 B 之的  $\alpha = 0.25$ 、梯度高度為 400m。其它工址之基本資料與本文“7.1 節”相同。

根據圖 7.10，簡化後的建築物外型在 x 和 y 等兩向皆為對稱。對主要風力抵抗系統而言，規範是考慮垂直牆面的風，故本例考慮風向角為 340° 和 250° 等兩風向。以下，使用規範所提供的公式，計算本建築物的主要風力抵抗系統設計風力與局部構材之設計風壓。

### 7.3.1 主要風力抵抗系統在 340° 風向作用下之設計風力

根據規範 2.2 節到 2.9 節，計算建築主體所應承受之順風向風力，計算方法請參考本文“2.3.1 節”，建築主體各層在 340° 風向作用下的順風向風力（亦即 x 向風力）如表 7.2 所示。根據規範 2.10 節，計算建築主體所應承受之橫風向風力，計算方法請參考本文“2.3.2 節”，建築主體各層在 340° 風向作用下的橫風向風力（亦即 y 向風力）如表 7.2 所示。根據規範 2.11 節，計算建築主體所應承受之扭轉向風力，計算方法請參考本文“2.3.3 節”，建築主體各層在 340° 風向作用下的扭轉向風力如表 7.2 所示。

本案例中，本建築物在 340° 風向作用下的順風向設計風力  $D1$ 、橫風向設計風力  $L1$  與扭轉向設計風力  $T1$  如表 7.2 所示。根據規範 2.12 節之解說，原本是採用構件設計效應中開根號公式的形式，以表 7.2 所示的設計風力來進行建築物設計風力之組合，但為了與風洞試驗的結果來比較，採用的組合方式如下：

$$\text{順風向之載重為 } D1 \times \left\{ \left( \frac{1}{1.128\bar{G}} \right) + 0.7 \left( \frac{1.128\bar{G} - 1}{1.128\bar{G}} \right) \right\}$$

$$\text{橫風向之載重為 } 0.7 \times L1$$

$$\text{扭轉向之載重為 } 0.7 \times T1$$

其中，柔性建築物  $\bar{G} = G_f$ ，本建築物在 340° 風向作用下的載重組合如表 7.3 所示。接下來，以表 7.3 所示的載重組合來進行結構分析，求取結構效應。

### 7.3.2 主要風力抵抗系統在 250° 風向作用下之設計風力

根據規範 2.2 節到 2.9 節，計算建築主體所應承受之順風向風力，計算方法請參考本文“2.4.1 節”，建築主體各層在 250° 風向作用下的順風向風力（亦即 y 向風力）如表 7.4 所示。根據規範 2.10 節，計算建築主體所應承受之橫風向風力，計算方法請參考本文“2.4.2 節”，建築主體各層在 250° 風向作用下的橫風向風力（亦即 x 向風力）如表 7.4 所示。根據規範 2.11 節，計算建築主體所應承受之扭轉向風力，計算方法請參考本文“2.4.3 節”，建築主體各層在 250° 風向作用下的扭轉向風力如表 7.4 所示。

本案例中，本建築物在 250° 風向作用下的順風向設計風力  $D2$ 、橫風向設計風力  $L2$  與扭轉向設計風力  $T2$  如表 7.4 所示。根據規範 2.12 節之解說，原本是採用構件設計效應中開根號公式的形式，以表 7.4 所示的設計風力來進行建築物設計風力之組合，但為了與風洞試驗的結果來比較，組合的方式如下：

$$\text{順風向之載重為 } D2 \times \left\{ \left( \frac{1}{1.128\bar{G}} \right) + 0.7 \left( \frac{1.128\bar{G} - 1}{1.128\bar{G}} \right) \right\}$$

$$\text{橫風向之載重為 } 0.7 \times L2$$

$$\text{扭轉向之載重為 } 0.7 \times T2$$

其中，柔性建築物  $\bar{G} = G_f$ ，本建築物在 250° 風向作用下的載重組合如表 7.5 所示。接下來，以表 7.5 所示的載重組合來進行結構分析，求取結構效應。

若採用規範計算來進行構件設計時，需以本文“7.3.1 節”和“7.3.2 節”2 個設計風力載重組合中所得構件效應之最大值最為設計依據，同樣地，需採上述的精神來檢核層間變位角。

### 7.3.3 建築主體局部構材及外部被覆物之設計風壓

根據規範第三章，計算各向外牆的設計風壓，由於各向外牆四周的地況皆一樣，故在相同有效受風面積  $A$  的情況下，各向外牆相同區域之設計風壓會一樣，所以，以下只考慮某方向外牆。外牆的設計風壓需考慮設計正風壓（當此牆為迎風面牆）與設計負風壓（當此牆為背風面牆或側牆）。計算方法請參考本

文“2.6 節”，考慮有效受風面積  $A$  為  $1\text{m}^2$  的情況下，考慮各層形心高度，可得建築主體外牆④區和⑤區（見規範圖 3.2）設計風壓隨高度之變化如表 7.6 所示。

### 7.3.4 女兒牆局部構材及外部被覆物之設計風壓

根據規範圖 3.3 中建築物屋頂女兒牆外風壓分布示意圖，來計算單一女兒牆正面和背面的設計風壓，其中正面朝向建築物外側，而背面朝向建築物內側。下面將考慮向外法線向量朝向負  $x$  的女兒牆之設計風壓，當風向角為  $340^\circ$  時（女兒牆位於迎風面），女兒牆在  $340^\circ$  風向作用下外風壓分布示意圖如圖 7.11 所示，需在女兒牆之正面施加正值外牆風壓，而在背面施加負值屋頂外風壓；當風向角為  $160^\circ$  時（女兒牆位於背風面），女兒牆在  $160^\circ$  風向作用下外風壓分布示意圖如圖 7.12 所示，需在女兒牆之正面施加負值外牆風壓，而在背面施加正值外牆風壓。計算方法請參考本文“2.7 節”，考慮有效受風面積  $A$  為  $1\text{m}^2$  的情況下，可得女兒牆正面的設計風壓如表 7.7 所示，女兒牆背面的設計風壓如表 7.8 所示。

## 7.4 風洞試驗結果與規範計算結果之比較

耐風規範是針對完全規則的建築物，並統合許多風洞試驗之結果所制定而成的。而風洞試驗是針對特定外型的建築物來進行模擬，再加上風洞試驗採用的地況相關參數、紊流尺度、紊流強度與設計風力載重組合公式和規範通常不一樣；因此，單一風洞試驗結果與規範計算結果必有差異，不適合直接比較。但因應期中審查委員之要求，以下將初步比較風洞試驗所得結果與依規範計算所得結果。

### 主要風力抵抗系統設計風力之比較

對主要風力抵抗系統而言，規範是考慮垂直牆面的風。本例在使用規範計算時是採用  $340^\circ$  與  $250^\circ$  兩風向角，而風洞試驗中提供  $340^\circ$  與  $240^\circ$  兩風向角所對應的結果。為了比較風洞試驗結果與規範計算結果，故取用風洞試驗  $340^\circ$  風向角所對應的結果與規範計算  $340^\circ$  風向角所對應的結果來作以下比較；取用風洞試驗  $240^\circ$  風向角所對應的結果與規範計算  $250^\circ$  風向角所對應的結果來作以

下比較。

從風洞試驗報告中反推  $340^\circ$  風向角所對應的設計風力（基底總和），並擷取表 7.2 中規範計算在  $340^\circ$  風向作用下之設計風力（基底總和），可得風洞試驗與規範計算設計風力之比較表，如表 7.9 所示。從表中可知，當風向角為  $340^\circ$ ，風洞試驗的順風向設計風力與扭轉向設計風力和規範計算值相近，但風洞試驗的橫風向設計風力比規範計算值大很多，此可能原因為風洞試驗的紊流尺度及紊流強度與規範不同，且規範計算時將實際建築物（圖 7.1~圖 7.5）簡化為規則矩形建築物。同樣地，從風洞試驗報告中反推  $240^\circ$  風向角所對應的設計風力（基底總和），並擷取表 7.4 中規範計算在  $250^\circ$  風向作用下之設計風力（基底總和），可得風洞試驗與規範計算設計風力之比較表，列於表 7.9。從表中可知，風洞試驗的順風向設計風力與橫風向設計風力較規範計算為大，扭轉向設計風力較規範為小，此可能原因為除了與在風向角為  $340^\circ$  時差異之原因相同以外，還有風洞試驗採用  $240^\circ$  風向角與規範計算採用  $250^\circ$  風向角不一樣。

為了比較風洞試驗之設計風力載重組合與規範計算之設計風力載重組合，擷取表 7.1 風洞試驗結果和表 7.3 與表 7.5 中規範計算結果（考慮載重組合之基底總和），可得風洞試驗與規範計算設計風力載重組合之比較表，如表 7.10 所示。若採用此風洞試驗報告來進行構件設計時，需以最終數個設計風力載重組合（此風洞試驗為四個）中所得構件效應之最大值最為設計依據。若採用規範計算結果來進行構件設計時，需以最終數個設計風力載重組合（規範計算為二個）中所得構件效應之最大值最為設計依據。而依風洞試驗所得之設計依據和依規範所得之設計依據不一定相近，此可能原因為風洞試驗的紊流尺度及紊流強度與規範不同，且規範計算時將實際建築物（圖 7.1~圖 7.5）簡化為規則矩形建築物，還有所用設計風力載重組合公式也不同。

#### 局部構材設計風壓之比較

風洞試驗與規範計算外牆設計風壓之比較表，如表 7.11 所示。由表中可知，在外牆方面，風洞試驗的設計正風壓與規範計算的設計正風壓相近，但風洞試驗的值略大；規範計算的設計負風壓較風洞試驗的設計負風壓為大。在女

兒牆方面，風洞試驗是在時間域上直接求女兒牆之最大值，並沒有如規範個別考慮女兒牆正面與背面的正負極值風壓，故無法比較。

表 7.1 設計風力載重組合（風洞試驗）

載重組合型式	風向角	基底剪力及基底扭矩		
		$F_x(t)$	$F_y(t)$	$T_{rz}(t-m)$
X1	240	1367	594	2716
X2	150	415	1579	6223
X3	160	404	1613	5761
X4	340	294	1659	5164

表 7.2 本建築物在 340° 風向作用下的順風向、橫風向與扭轉向設計風力(規範計算)

樓層名稱	各層形心高度(m)	各層高度(m)	迎風面各層受風面積( $m^2$ )	順風向設計風力(t)	橫風向設計風力(t)	扭轉向設計風力(t-m)
基底總合				945	1067	5007
36FL	123.08	5.00	124.50	46.96	83.27	390.77
35FL	118.90	3.37	83.91	31.32	54.22	254.43
34FL	115.53	3.37	83.91	31.05	52.68	247.21
33FL	112.16	3.37	83.91	30.77	51.14	240.00
32FL	108.79	3.37	83.91	30.49	49.61	232.79
31FL	105.42	3.37	83.91	30.21	48.07	225.58
30FL	102.05	3.37	83.91	29.92	46.53	218.37
29FL	98.68	3.37	83.91	29.62	45.00	211.16
28FL	95.31	3.37	83.91	29.32	43.46	203.95
27FL	91.94	3.37	83.91	29.02	41.92	196.73
26FL	88.57	3.37	83.91	28.71	40.39	189.52

25FL	85.20	3.37	83.91	28.39	38.85	182.31
24FL	81.83	3.37	83.91	28.07	37.31	175.10
23FL	78.46	3.37	83.91	27.74	35.78	167.89
22FL	75.09	3.37	83.91	27.40	34.24	160.68
21FL	71.72	3.37	83.91	27.06	32.70	153.46
20FL	68.35	3.37	83.91	26.71	31.17	146.25
19FL	64.98	3.37	83.91	26.35	29.63	139.04
18FL	61.61	3.37	83.91	25.98	28.09	131.83
17FL	58.24	3.37	83.91	25.60	26.56	124.62
16FL	54.87	3.37	83.91	25.20	25.02	117.41
15FL	51.50	3.37	83.91	24.80	23.48	110.20
14FL	48.13	3.37	83.91	24.38	21.95	102.98
13FL	44.76	3.37	83.91	23.95	20.41	95.77
12FL	41.39	3.37	83.91	23.50	18.87	88.56
11FL	38.02	3.37	83.91	23.03	17.34	81.35
10FL	34.65	3.37	83.91	22.54	15.80	74.14
9FL	31.28	3.37	83.91	22.03	14.26	66.93
8FL	27.91	3.37	83.91	21.49	12.73	59.71
7FL	24.54	3.37	83.91	20.91	11.19	52.50
6FL	21.17	3.37	83.91	20.30	9.65	45.29
5FL	17.80	3.37	83.91	19.63	8.11	38.08
4FL	14.43	3.37	83.91	18.89	6.58	30.87
3FL	11.06	3.37	83.91	18.06	5.04	23.66
2FL	7.69	3.37	83.91	17.10	3.50	16.45
1FL	3.00	6.00	149.40	28.77	2.44	11.43

表 7.3 本建築物在 340° 風向作用下的載重組合 (規範計算)

樓層名稱	各層形心高度 (m)	順風向載重 (t)	橫風向載重 (t)	扭轉向載重 (t-m)
基底總合		775	747	3505
36FL	123.08	38.48	58.29	273.54
35FL	118.90	25.67	37.95	178.10
34FL	115.53	25.44	36.88	173.05
33FL	112.16	25.22	35.80	168.00
32FL	108.79	24.99	34.73	162.95
31FL	105.42	24.75	33.65	157.91
30FL	102.05	24.52	32.57	152.86

29FL	98.68	24.27	31.50	147.81
28FL	95.31	24.03	30.42	142.76
27FL	91.94	23.78	29.35	137.71
26FL	88.57	23.53	28.27	132.67
25FL	85.20	23.27	27.20	127.62
24FL	81.83	23.00	26.12	122.57
23FL	78.46	22.73	25.04	117.52
22FL	75.09	22.46	23.97	112.47
21FL	71.72	22.17	22.89	107.43
20FL	68.35	21.89	21.82	102.38
19FL	64.98	21.59	20.74	97.33
18FL	61.61	21.29	19.66	92.28
17FL	58.24	20.97	18.59	87.23
16FL	54.87	20.65	17.51	82.18
15FL	51.50	20.32	16.44	77.14
14FL	48.13	19.98	15.36	72.09
13FL	44.76	19.63	14.29	67.04
12FL	41.39	19.26	13.21	61.99
11FL	38.02	18.87	12.13	56.94
10FL	34.65	18.47	11.06	51.90
9FL	31.28	18.05	9.98	46.85
8FL	27.91	17.61	8.91	41.80
7FL	24.54	17.14	7.83	36.75
6FL	21.17	16.63	6.76	31.70
5FL	17.80	16.08	5.68	26.66
4FL	14.43	15.48	4.60	21.61
3FL	11.06	14.80	3.53	16.56
2FL	7.69	14.01	2.45	11.51
1FL	3.00	23.58	1.70	8.00

表 7.4 本建築物在 250° 風向作用下的順風向、橫風向與扭轉向設計風力(規範計算)

樓層名稱	各層形心高度(m)	各層高度(m)	迎風面各層受風面積(m <sup>2</sup> )	順風向設計風力(t)	橫風向設計風力(t)	扭轉向設計風力(t-m)
基底總合				962	1017	4965
36FL	123.08	5.00	125.50	47.82	79.35	387.53

35FL	118.90	3.37	84.59	31.89	51.66	252.32
34FL	115.53	3.37	84.59	31.61	50.20	245.16
33FL	112.16	3.37	84.59	31.33	48.73	238.01
32FL	108.79	3.37	84.59	31.05	47.27	230.86
31FL	105.42	3.37	84.59	30.76	45.80	223.71
30FL	102.05	3.37	84.59	30.46	44.34	216.56
29FL	98.68	3.37	84.59	30.16	42.88	209.41
28FL	95.31	3.37	84.59	29.86	41.41	202.25
27FL	91.94	3.37	84.59	29.55	39.95	195.10
26FL	88.57	3.37	84.59	29.23	38.48	187.95
25FL	85.20	3.37	84.59	28.91	37.02	180.80
24FL	81.83	3.37	84.59	28.58	35.55	173.65
23FL	78.46	3.37	84.59	28.25	34.09	166.50
22FL	75.09	3.37	84.59	27.90	32.63	159.34
21FL	71.72	3.37	84.59	27.55	31.16	152.19
20FL	68.35	3.37	84.59	27.19	29.70	145.04
19FL	64.98	3.37	84.59	26.83	28.23	137.89
18FL	61.61	3.37	84.59	26.45	26.77	130.74
17FL	58.24	3.37	84.59	26.06	25.30	123.58
16FL	54.87	3.37	84.59	25.66	23.84	116.43
15FL	51.50	3.37	84.59	25.25	22.38	109.28
14FL	48.13	3.37	84.59	24.83	20.91	102.13
13FL	44.76	3.37	84.59	24.39	19.45	94.98
12FL	41.39	3.37	84.59	23.93	17.98	87.83
11FL	38.02	3.37	84.59	23.45	16.52	80.67
10FL	34.65	3.37	84.59	22.95	15.05	73.52
9FL	31.28	3.37	84.59	22.43	13.59	66.37
8FL	27.91	3.37	84.59	21.88	12.13	59.22
7FL	24.54	3.37	84.59	21.29	10.66	52.07
6FL	21.17	3.37	84.59	20.67	9.20	44.92
5FL	17.80	3.37	84.59	19.98	7.73	37.76
4FL	14.43	3.37	84.59	19.24	6.27	30.61
3FL	11.06	3.37	84.59	18.39	4.80	23.46
2FL	7.69	3.37	84.59	17.41	3.34	16.31
1FL	3.00	6.00	150.60	29.30	2.32	11.34

表 7.5 本建築物在 250° 風向作用下的載重組合 (規範計算)

樓層名稱	各層形心高度 (m)	順風向載重 (t)	橫風向載重 (t)	扭轉向載重 (t-m)
基底總合		788	712	3476
36FL	123.08	39.13	55.54	271.27
35FL	118.90	26.09	36.16	176.62
34FL	115.53	25.87	35.14	171.61
33FL	112.16	25.64	34.11	166.61
32FL	108.79	25.40	33.09	161.60
31FL	105.42	25.17	32.06	156.60
30FL	102.05	24.93	31.04	151.59
29FL	98.68	24.68	30.01	146.58
28FL	95.31	24.43	28.99	141.58
27FL	91.94	24.18	27.96	136.57
26FL	88.57	23.92	26.94	131.57
25FL	85.20	23.66	25.91	126.56
24FL	81.83	23.39	24.89	121.55
23FL	78.46	23.11	23.86	116.55
22FL	75.09	22.83	22.84	111.54
21FL	71.72	22.55	21.81	106.53
20FL	68.35	22.25	20.79	101.53
19FL	64.98	21.95	19.76	96.52
18FL	61.61	21.64	18.74	91.52
17FL	58.24	21.33	17.71	86.51
16FL	54.87	21.00	16.69	81.50
15FL	51.50	20.66	15.66	76.50
14FL	48.13	20.31	14.64	71.49
13FL	44.76	19.95	13.61	66.48
12FL	41.39	19.58	12.59	61.48
11FL	38.02	19.19	11.56	56.47
10FL	34.65	18.78	10.54	51.47
9FL	31.28	18.35	9.51	46.46
8FL	27.91	17.90	8.49	41.45
7FL	24.54	17.42	7.46	36.45
6FL	21.17	16.91	6.44	31.44
5FL	17.80	16.35	5.41	26.43
4FL	14.43	15.74	4.39	21.43
3FL	11.06	15.05	3.36	16.42
2FL	7.69	14.25	2.34	11.42

1FL	3.00	23.97	1.62	7.93
-----	------	-------	------	------

表 7.6 建築主體外牆④區和⑤區（見規範圖 3.2）設計風壓隨高度之變化（規範計算） 單位（kgf/m<sup>2</sup>）

樓層名稱	各層形心高度(m)	④		⑤	
		設計正風壓 $A = 1m^2$	設計負風壓 $A = 1m^2$	設計正風壓 $A = 1m^2$	設計負風壓 $A = 1m^2$
1FL	3.00	98.11	-294.42	98.11	-540.97
2FL	7.69	109.85	-294.42	109.85	-540.97
3FL	11.06	121.94	-294.42	121.94	-540.97
4FL	14.43	132.30	-294.42	132.30	-540.97
5FL	17.80	141.50	-294.42	141.50	-540.97
6FL	21.17	149.86	-294.42	149.86	-540.97
7FL	24.54	157.58	-294.42	157.58	-540.97
8FL	27.91	164.78	-294.42	164.78	-540.97
9FL	31.28	171.56	-294.42	171.56	-540.97
10FL	34.65	177.99	-294.42	177.99	-540.97
11FL	38.02	184.11	-294.42	184.11	-540.97
12FL	41.39	189.96	-294.42	189.96	-540.97
13FL	44.76	195.58	-294.42	195.58	-540.97
14FL	48.13	201.00	-294.42	201.00	-540.97
15FL	51.50	206.22	-294.42	206.22	-540.97
16FL	54.87	211.28	-294.42	211.28	-540.97
17FL	58.24	216.18	-294.42	216.18	-540.97
18FL	61.61	220.95	-294.42	220.95	-540.97
19FL	64.98	225.58	-294.42	225.58	-540.97
20FL	68.35	230.10	-294.42	230.10	-540.97
21FL	71.72	234.51	-294.42	234.51	-540.97
22FL	75.09	238.81	-294.42	238.81	-540.97
23FL	78.46	243.02	-294.42	243.02	-540.97
24FL	81.83	247.14	-294.42	247.14	-540.97
25FL	85.20	251.17	-294.42	251.17	-540.97
26FL	88.57	255.13	-294.42	255.13	-540.97
27FL	91.94	259.01	-294.42	259.01	-540.97
28FL	95.31	262.82	-294.42	262.82	-540.97
29FL	98.68	266.57	-294.42	266.57	-540.97
30FL	102.05	270.25	-294.42	270.25	-540.97

31FL	105.42	273.87	-294.42	273.87	-540.97
32FL	108.79	277.43	-294.42	277.43	-540.97
33FL	112.16	280.94	-294.42	280.94	-540.97
34FL	115.53	284.40	-294.42	284.40	-540.97
35FL	118.90	287.80	-294.42	287.80	-540.97
36FL	123.08	291.97	-294.42	291.97	-540.97

表 7.7 女兒牆正面的設計風壓 (規範計算) 單位 (kgf/m<sup>2</sup>)

A (m <sup>2</sup> )	④區		⑤區	
	設計正風壓	設計負風壓	設計正風壓	設計負風壓
1.00	296.29	-296.29	296.29	-544.41

表 7.8 女兒牆背面的設計風壓 (規範計算) 單位 (kgf/m<sup>2</sup>)

A (m <sup>2</sup> )	設計正風壓	設計負風壓
1.00	296.29	-677.36

表 7.9 風洞試驗與規範計算設計風力之比較表

方法	風向角	基底剪力及基底扭矩		
		順風向(t)	橫風向(t)	扭轉向(t-m)
風洞試驗	340°	897	1664	5164
	240°	1533	1367	2716
規範計算	340°	945	1067	5007
	250°	962	1017	4965

表 7.10 風洞試驗與規範計算設計風力載重組合之比較表

方法	風向角	基底剪力及基底扭矩		
		F <sub>x</sub> (t)	F <sub>y</sub> (t)	T <sub>rz</sub> (t-m)
風洞試驗	240°	1367	594	2716
	150°	415	1579	6223
	160°	404	1613	5761
	340°	294	1659	5164
規範計算	340°	775	747	3505
	250°	712	788	3476

表 7.11 風洞試驗與規範計算外牆設計風壓之比較表 單位 (kgf/m<sup>2</sup>)

方法	外牆			女兒牆正面		女兒牆背面		女兒牆正面與背面合成之風壓
	1~18 樓之設計正風壓範圍	19~36 樓之設計正風壓	1~36 樓之設計負風壓範圍	設計正風壓	設計負風壓範圍	設計正風壓	設計負風壓	
風洞試驗	200~250	300	-200~-350					450
規範計算	98~220	260	-294~-540	296	-296~-544	296	-677	

內外壓部分，內外  
均需佈壓力孔

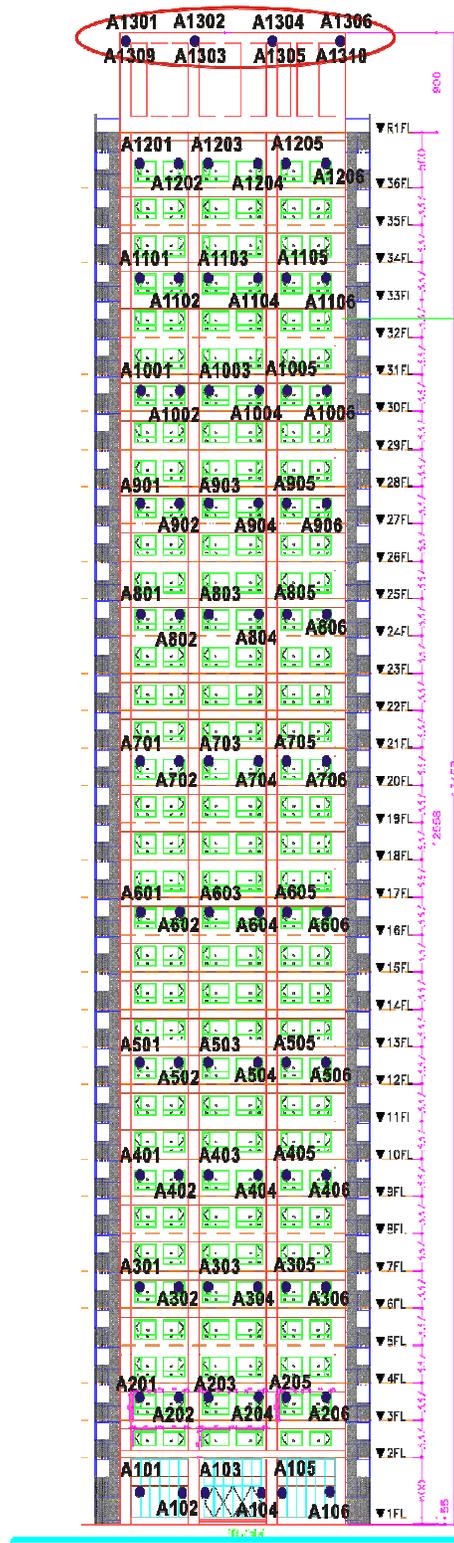


圖 7.1 正面立面圖與風壓孔分佈圖

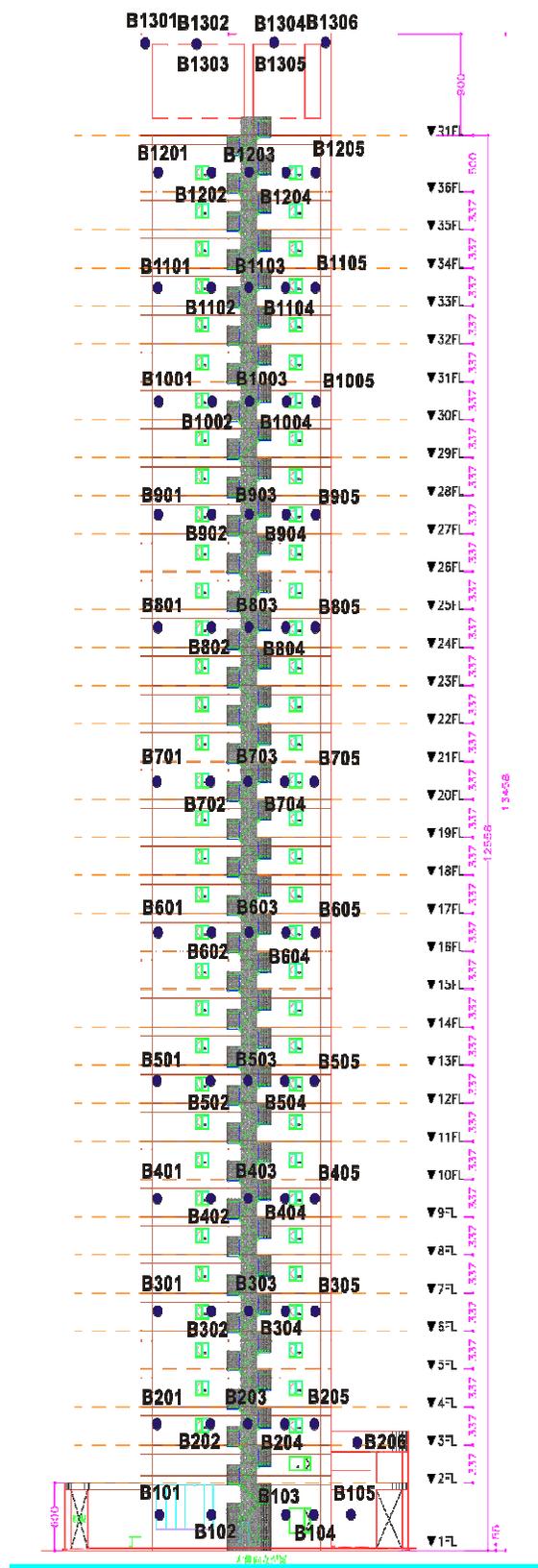


圖 7.2 右側面立面圖與風壓孔分佈圖

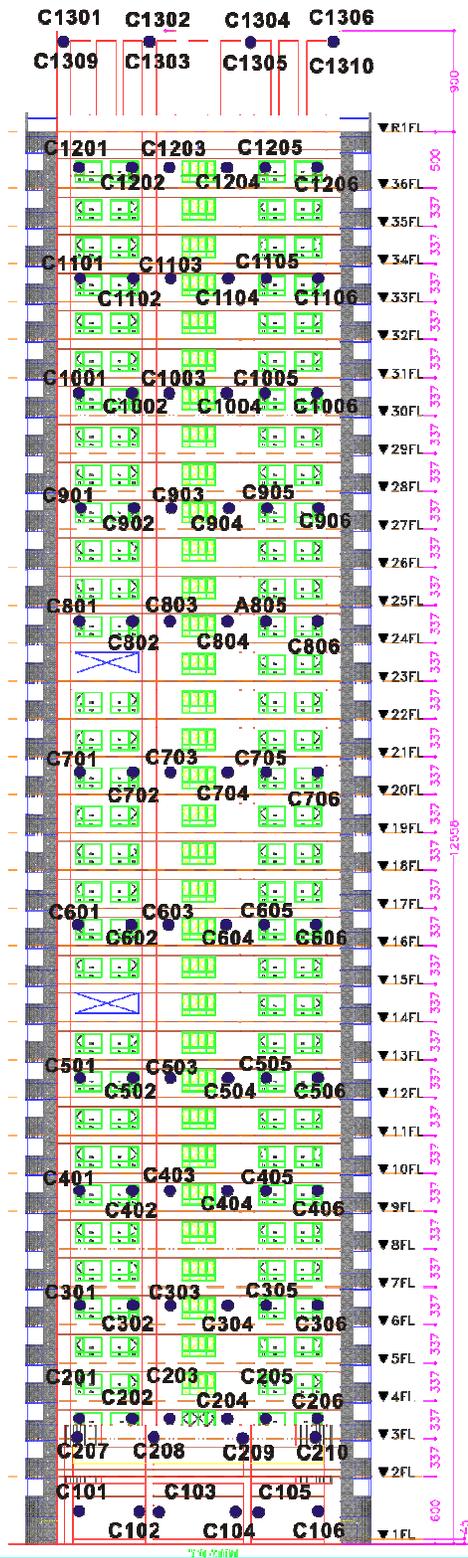


圖 7.3 背面立面圖與風壓孔分佈圖

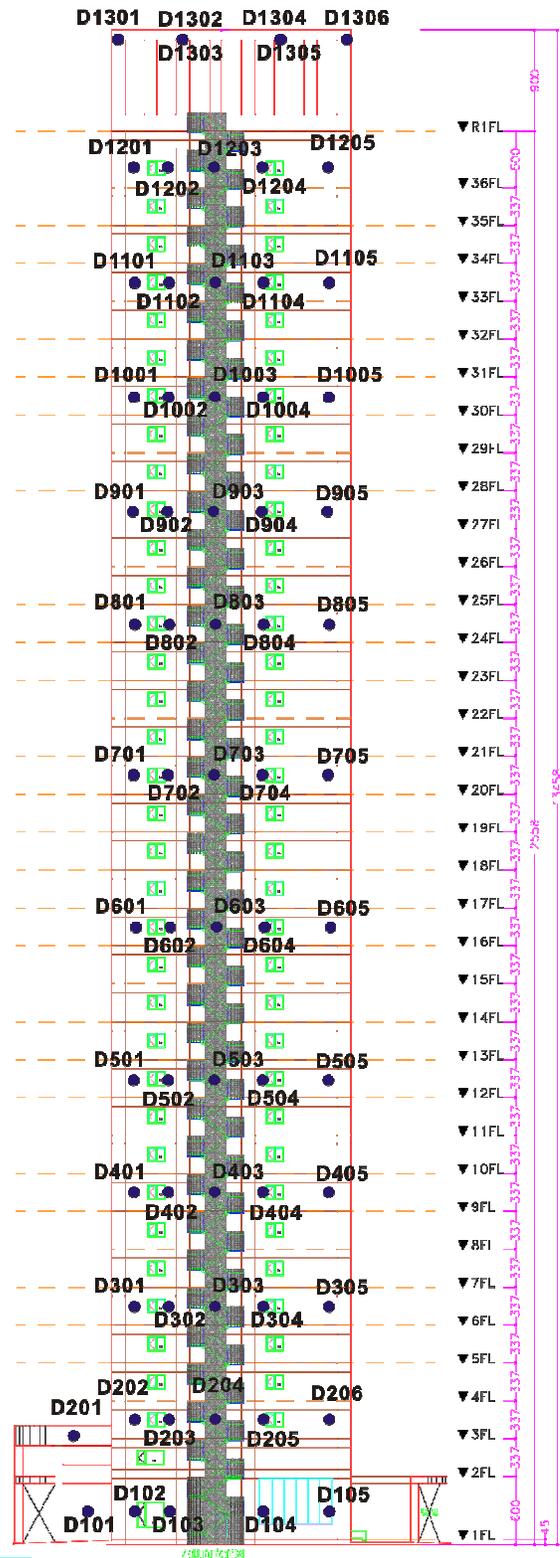


圖 7.4 左側面立面圖與風壓孔分佈圖

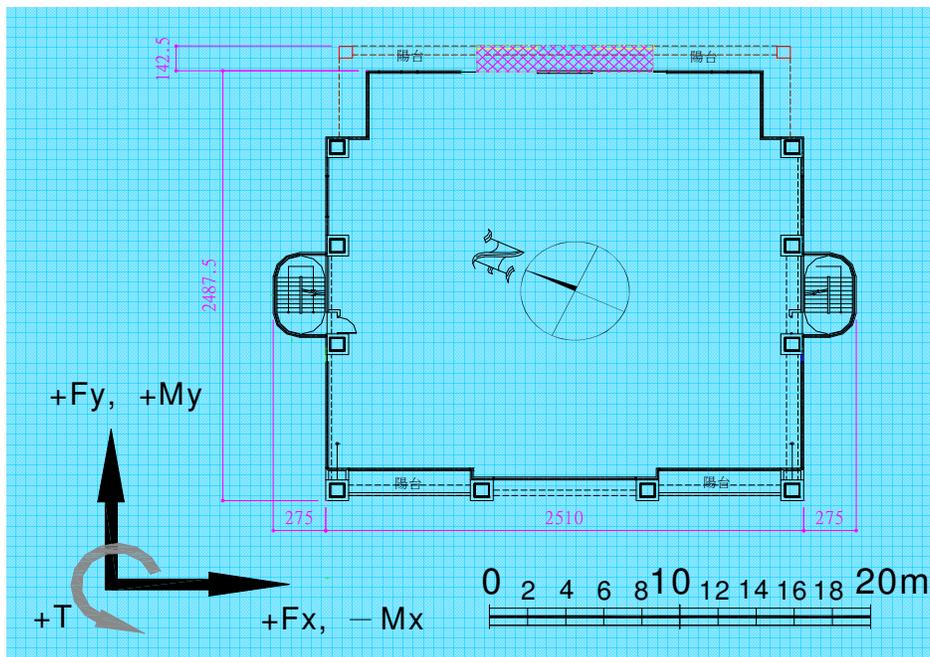


圖 7.5 建築物平面圖

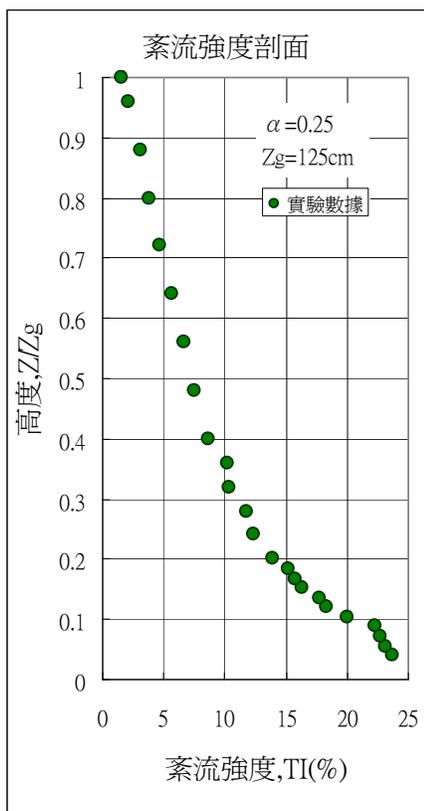


圖 7.7 大氣邊界層紊流強度剖面

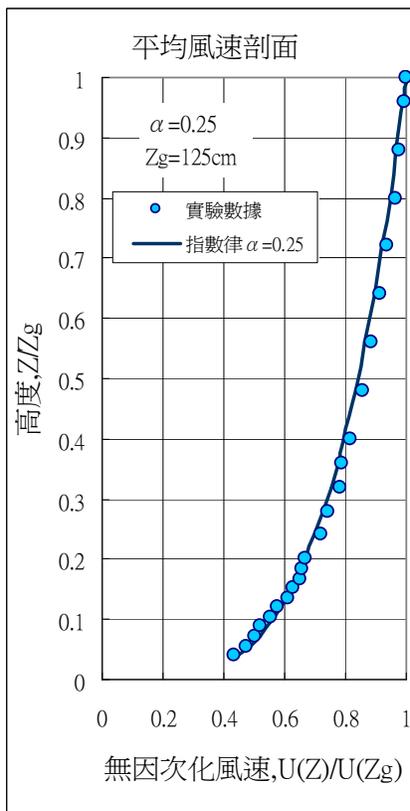


圖 7.6 大氣邊界層平均風速剖面

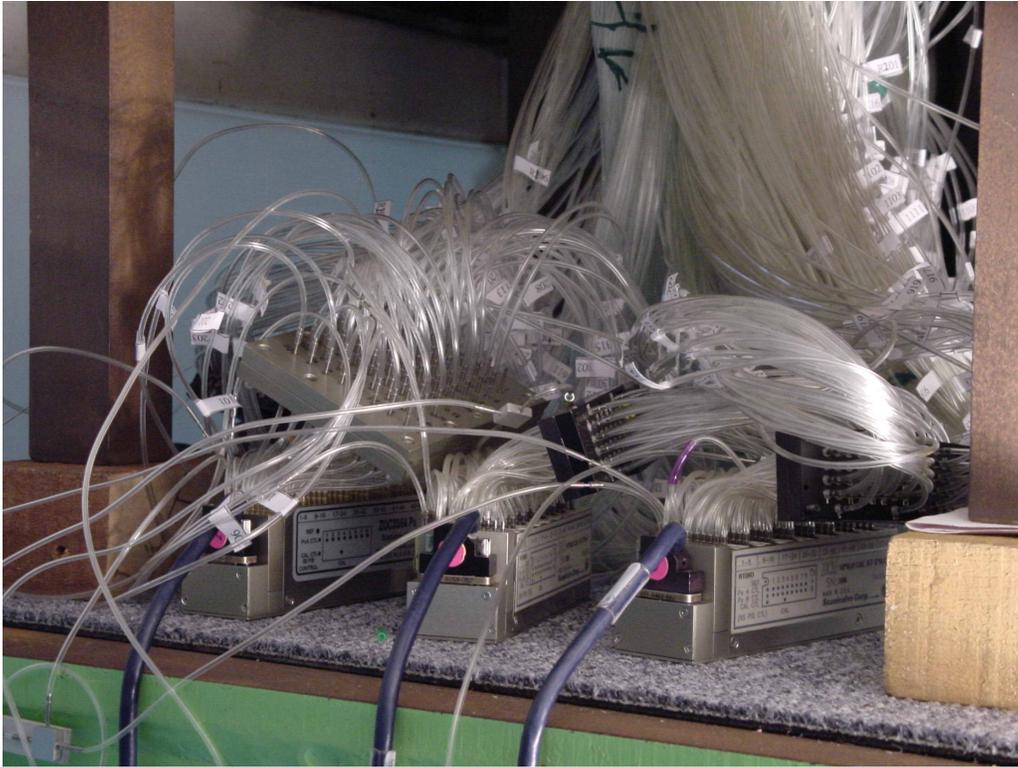


圖 7.8 風壓管及電子式壓力掃描器

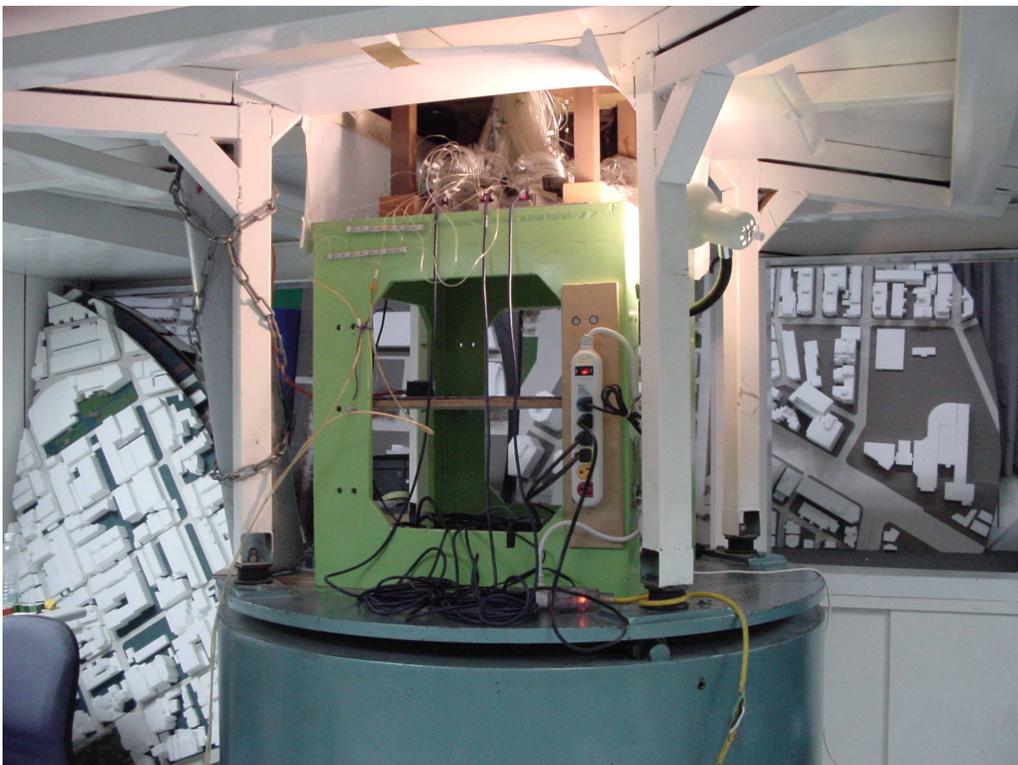


圖 7.9 表面風壓配置與量測

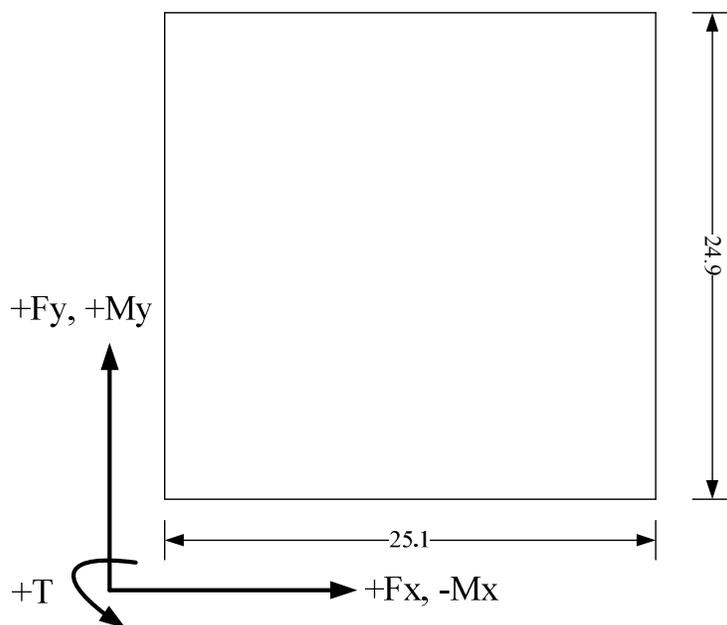


圖 7.10 建築物平面圖示意圖 單位 (m)

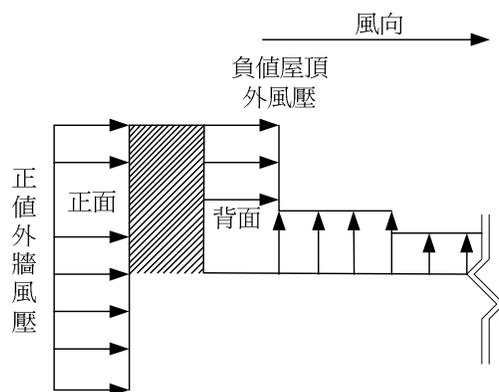


圖 7.11 女兒牆在 340° 風向作用下外風壓分布示意圖

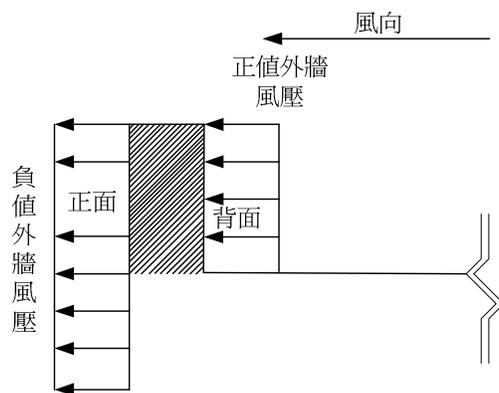


圖 7.12 女兒牆在 160° 風向作用下外風壓分布示意圖

## 第八章結論

本報告已完成高層建築物、低層建築物、低層廠房、獨立鐵塔及煙囪耐風設計之示範例。上述各示範例皆附上計算流程圖。第七章為高層建築物風洞試驗報告之應用說明，並與規範設計風力作比較。最後為附錄，包含計畫執行期間舉行專家諮詢會議、期中簡報、期末簡報等會議紀錄與意見回覆；對現行規範之建議事項；建築物耐風設計規範與解說之摘錄。



## 附錄一 第一次專家諮詢會議會議記錄與意見回覆

- 一、開會時間：2007年8月24日（星期五）晚上6點00分
- 二、開會地點：台北市大安區基隆路4段43號，台灣科技大學工程二館營建工程系E2-222會議室
- 三、主持人：陳瑞華
- 四、記錄：高士哲
- 五、出席人員：如簽到單
- 六、出席人員發言要點與回覆：

評審	主要意見	回應情況
陳正平技師	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 建議將報告第二章示範例中“昇降機間”改為“屋凸”。</li> <li>2. 建議將示範例中“頻率”改為“週期”。</li> <li>3. 規範 2.10 與 2.11 節中，計算橫風向風力與扭轉向風力，有“<math>3 \leq h/\sqrt{BL} \leq 6</math>”之限制，一般低層建築物通常低於下限值，如何計算橫風向風力與扭轉向風力？</li> <li>4. 因為不易取得計算低層建築物之橫風向風力與扭轉向風力所需的自然頻率，可以不考慮低層建築物的橫風向風力與扭轉向風力？</li> <li>5. 如何計算通訊鐵塔的風力係數 <math>C_f</math>？</li> <li>6. 鐵塔需要考慮垂直於塔面的風向和傾斜於塔面的風向（45%），因為某些構件是由垂直於塔面的風向控制，某些構件是由傾斜於塔面的風向控制。</li> <li>7. <math>h/\sqrt{BL} &gt; 6</math> 時，是否要做風洞試</li> </ol>	<p>謝謝指導</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 會遵照辦理。</li> <li>2. 由於耐風規範中直接採用頻率作計算，故仍以頻率為主，在報告中將註明對應之週期。</li> <li>3. 請參考本文附錄五風力規範中數值與公式之修正建議之第2點建議。</li> <li>4. 仍須依規範計算低層建築物之橫風向風力與扭轉向風力。</li> <li>5. 先計算塔面實體面積與其總面積的比值 <math>\phi</math>，再根據規範表 2.15，依照塔的斷面形狀來計算風力係數 <math>C_f</math>。</li> <li>6. 對於方形高塔，目前規範表 2.15 中已經有考慮這些情況。</li> <li>7. 請參考規範 5.1「適用範圍」來決定是否進行風洞試驗。</li> </ol>

	驗?	
陳伯 炤技 師	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 規範中有無規定雨庇的設計風力?</li> <li>2. UBC 有建議設計雨庇時所需之參數，可否使用此參數來設計雨庇?</li> <li>3. 在進行載重組合時難以處理開根號的問題，請問如何解決?</li> </ol>	<p>謝謝指導</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 目前規範尚無規定雨庇的風壓係數。</li> <li>2. 如果國內規範未規定，可參考國外專業規範所列之風壓係數，但國外風速平均時間與國內風速平均時間不一定相同，可參考規範 2.9 節之解說來作係數轉換。</li> <li>3. 可參考耐風規範 2.12 節中解說之公式。</li> </ol>
李英 傑技 師	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 能否告知依耐風規範設計出來的建築物能夠抵抗幾級風?</li> </ol>	<p>謝謝指導</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 依照規範設計出來之重要性較低之建築物可抗當地 25 年回歸期風速；依照規範設計出來之一般建築物可抗當地 50 年回歸期風速；依照規範設計出來之重要建築物可抗當地 100 年回歸期風速。</li> </ol>
黃昭 琳技 師	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 結構阻尼比到底要用多少?有無一個適當的規定?</li> <li>2. 在表示各層樓的風力大小時，層數應由高層往低層排列。</li> </ol>	<p>謝謝指導</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 會在示範例中來解釋。</li> <li>2. 已遵照辦理。</li> </ol>
陳村 林技 師	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 規範 2.10 與 2.11 節中，計算橫風向風力與扭轉向風力，有“<math>3 \leq h/\sqrt{BL} \leq 6</math>”之限制，一般低層建築物通常低於下限值，如何計算橫風向風力與扭轉向風力?<math>h/\sqrt{BL} &gt; 6</math>是否要做風洞試驗?</li> <li>2. 規範中哪些符號所說的風速是每小時平均風速，而哪些是十分鐘平均風速?</li> <li>3. 若建築物外型並非矩形，如何計算建築物所受之橫風向風力，除了風洞試驗以外還有其它方法?</li> <li>4. 規範 5.1 節中規定，風力總橫</li> </ol>	<p>謝謝指導</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 請參考本文附錄五風力規範中數值與公式之修正建議之第 2 點建議；請參考規範 5.1「適用範圍」來決定是否進行風洞試驗。</li> <li>2. 規範中只有式 (2.19) 之 <math>\bar{V}_z</math> 的風速為每小時平均風速，其它的風速是十分鐘平均風速。</li> <li>3. 若建築物<u>近似</u>矩形，可用規範 2.10 節的計算方式來初估建築物所受之橫風向風力。除了風洞試驗以外，可用 CFD 的程式來進行模擬以求得建築物所受之橫風向風力。</li> <li>4. 建議在未來規範改版時釐清風力總橫力之定義。</li> </ol>

<p>力大於地震總橫力時，建議進行風洞試驗，請問風力總橫力是否包含載重係數？是否包含順風向、橫風向與扭轉向？</p> <p>5. 當設計風力大於設計地震力時，是用設計風力來設計桿件尺寸，請問下一步，要如何做耐震的韌性設計？</p> <p>6. 結構阻尼比用多少才合理？</p> <p>7. 耐風規範規定層間變位角的限制為5/1000，加速度的限制為0.05m/s<sup>2</sup>，建議針對不同建築物可適時的調整對應之值。</p> <p>8. 針對規範4.5節中“…證明在回歸期半年的風力作用下，建築物最高…” ，此時可否提供風力歷時？裝置阻尼器後的結構阻尼比如何求得？</p>	<p>5. 建築物之設計風力若大於設計地震力，構材應按風力產生之內力設計，但仍應按照耐震之韌性設計及其他相關規範，進行設計。</p> <p>6. 會在示範例中來解釋。</p> <p>7. 目前建築物仍依規範之規定。對特殊之構造物，則建議規範未來將適時調整。</p> <p>8. 可由風洞試驗或CFD獲得風力歷時；可用等效阻尼的方法估得結構總阻尼比。</p>
--	--

內政部建築研究所

「建築物耐風設計規範示範例研擬與解說」第一次專家諮詢會議

- 一、 開會時間：2007年8月24日（星期五）晚上6點00分
- 二、 開會地點：台北市大安區基隆路一段43號，台灣科技大學工程二館營建工程系E2-222會議室。
- 三、 主持人：陳瑞華
- 四、 紀錄：高士哲
- 五、 出席單位及人員

● 陳瑞華教授

陳瑞華

● 陳正平技師

陳正平

● 曹源暉先生

曹源暉

● 陳伯炤技師

陳伯炤

● 李英傑技師

李英傑

● 黃昭琳技師

黃昭琳

● 婁光銘技師

高士哲

● 陳村林技師

陳村林

● 高士哲同學

高士哲

## 附錄二 第二次專家諮詢會議會議記錄與意見回覆

- 一、開會時間：2007 年 10 月 26 日（星期五）晚上 6 點 00 分
- 二、開會地點：台北市大安區基隆路 4 段 43 號，台灣科技大學工程二館營建工程系 E2-222 會議室
- 三、主持人：陳瑞華
- 四、記錄：高士哲
- 五、出席人員：如簽到單
- 六、出席人員發言要點與回覆：

評審	主要意見	回應情況
陳正平技師	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 目前在作獨立鐵塔的耐風設計時，需要考慮橫風向與扭轉向設計風力？</li> <li>2. 日本 AIJ 對一般結構物有考慮橫風向與扭轉向，但請問在作廠房或煙囪耐風設計時，有考慮橫風向與扭轉向風力？</li> <li>3. 廠房無剛性橫隔板所以無法分配扭力，若要考慮扭轉向設計風力，則必須屋頂拉滿斜撐，請問是否合適？</li> <li>4. 請問雨庇的風壓係數？</li> </ol>	<p>謝謝指導</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 由於獨立鐵塔為開放式，目前不需要考慮橫風向風力與扭轉向風力。</li> <li>2. 目前本文是假設廠房近似規則矩形柱體來計算其橫風向與扭轉向風力。目前本文是考慮煙囪的順風向與橫風向風力。建議未來規範改版時考慮適當性。</li> <li>3. 根據目前規範規定，仍須考慮扭轉向風力，建議未來規範改版時考慮適當性。</li> <li>4. 如果國內規範未規定，可參考國外專業規範所列之風壓係數，但國外風速平均時間與國內風速平均時間不一定相同，可參考規範 2.9 節之解說來作係數轉換。</li> </ol>
陳村林技師	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 針對某一結構物，使用新的風力規範所求出來的設計風力，是舊的風力規範所求出來的設計風力之 1.7 倍，而新設計風力所求出來的層間變位角，是舊設計風力所求出來的層間變位角之 2 倍。請問舊的設計規範，不是因為風的不確</li> </ol>	<p>謝謝指導</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 根據國內研究成果（包含順風向與橫風向）風力載重係數應取 1.6。</li> <li>2. 建築物之設計風力若大於設計地震力，構材應按風力產生之內力設計，但仍應按照耐震之韌性設計及其他相關規範，進</li> </ol>

	<p>定性較大，所以採用 1.6 的載重係數，而如今，掌握更多風對結構物的影響，因此不確性應該有變小，請問有載重係數還有取 1.6 的必要？是否應該變小？因為依目前設計規範來做，25F 以上的結構物，都是風力控制，所設計出來的斷面尺寸都很大。</p> <p>2. 當設計風力大於設計地震力時，是用設計風力來設計桿件尺寸，請問下一步，要如何做耐震的韌性設計？</p> <p>3. 可否將規則結構物所求的設計風力乘上一個修正係數，來求得不規則結構物的設計風力？</p> <p>4. 在做制振時，需要風力歷時，國內可否提供？</p>	<p>行設計。</p> <p>3. 不行。</p> <p>4. 針對不同形狀的結構物，可由風洞試驗或 CFD 獲得風力歷時。</p>
<p>黃演 文技 師</p>	<p>1. 規範 2.10 節”…應進一步檢核避免在設計風速內發生渦散頻率與建築物自然頻率接近而產生之共振及空氣動力不穩定現象…” ，請問接近的標準為何？怎樣才叫做接近？</p> <p>2. 可用規範圖 3.3 來計算女兒牆傳至主要風力抵抗系統的設計風力？</p> <p>3. 建議修改規範 2.10 與 2.11 節中 “<math>3 \leq h/\sqrt{BL} \leq 6</math>” 之下限值，因為低層建築物通常低於下限值，無法計算風橫向風力與扭轉向風力。</p> <p>4. 請問當建築物的平面尺寸隨高度有所變化時，規範中，垂直於風向之建築物水平尺寸與平行於風向之建築物水平尺寸應該取多少？</p>	<p>謝謝指導</p> <p>1. 根據規範 2.10 節之解說，當 <math>h/\sqrt{BL} \geq 4</math> 且 <math>V_h &gt; 8.3f_a\sqrt{BL}</math>，應進一步檢核共振及空氣動力不穩定現象。</p> <p>2. 規範圖 3.3 是計算女兒牆局部構材之設計風壓，應用規範式 (2.3) 來計算女兒牆傳至主要風力抵抗系統的設計風力。</p> <p>3. 請參考本文附錄五風力規範中數值與公式之修正建議之第 2 點建議。</p> <p>4. 採用適當高度（例如：<math>\frac{2}{3}h</math>）所對應的水平尺寸。</p> <p>5. 請參考規範 1.3 節「專有名詞定義」。</p>

	<p>5. 部分封閉式建築物的定義，可否能夠更明確或加解說？</p>	
<p>陳志滿技師</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 普通建築物的陣風反應因子 <math>G</math> 可同時附公式與表。</li> <li>2. 廠房不應受到層間變位角的限制。</li> <li>3. 雨庇和看台等附屬結構物的風壓係數或風力係數，可否查國外專業規範？</li> <li>4. 可否針對規則性的結構物，來做內插求得風壓係數？</li> </ol>	<p>謝謝指導</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 普通建築物的陣風反應因子 <math>G</math> 之公式請詳見規範 2.7 節，普通建築物的陣風反應因子 <math>G</math> 之表格請見本文表 4.1~表 4.3。</li> <li>2. 建議參考相關的專業規範來決定其層間變位角之限制。</li> <li>3. 如果國內規範未規定，可參考國外專業規範所列之風壓係數，但國外風速平均時間與國內風速平均時間不一定相同，可參考規範 2.9 節之解說來作係數轉換。</li> <li>4. 不行，一般無法推求。</li> </ol>

內政部建築研究所

「建築物耐風設計規範示範例研擬與解說」第二次專家諮詢會議

- 一、 開會時間：2007年10月26日（星期五）晚上6點00分
- 二、 開會地點：台北市大安區基隆路4段43號，台灣科技大學工程二館營建工程系E2-222會議室。
- 三、 主持人：陳瑞華
- 四、 紀錄：高士哲
- 五、 出席單位及人員

● 陳瑞華教授

陳瑞華

● 陳正平技師

陳正平

● 黃昭琳技師

請假

● 婁光銘技師

請假

● 陳村林技師

陳村林

● 黃演文技師

黃演文

● 陳志滿技師

陳志滿

● 高士哲同學

高士哲

● 蔡睿慈同學

蔡睿慈

● 曹源輝先生

(請假)

### 附錄三 期中簡報會議記錄與意見回覆

時間：2007/08/28 地點：內政部建研所

評審	主要意見	回應情況
王技師亭復	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 能否用圖表來代替複雜的參數計算(例如：陣風反應因子)，方便工程師計算？</li> <li>2. 可否提供公式來計算建築物的順風向、橫風向與扭轉向的基本自然頻率？</li> <li>3. 如何決定建築物的開口比率？</li> </ol>	<p>謝謝指導</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 已將普通建築物之陣風反應因子 <math>G</math> 依不同之地況和 <math>h</math> 與 <math>B</math> 的關係作成表格，請參考本文表 4.1~表 4.3。</li> <li>2. 未來規範修訂時將考慮此問題。</li> <li>3. 須由工程師根據實際可能之狀況判斷開口比率。</li> </ol>
朱教授佳仁	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 需做符號表，並說明代表的物理量。</li> <li>2. 如何計算報告 p12 頁中的 <math>\bar{V}_z</math> 和報告 p14 頁中的 <math>V_h</math>？</li> <li>3. 案例中只有考慮東風與南風，需要考慮東南風？</li> <li>4. 從報告 p9 與 p10 頁中，為何封閉式建築物的開口面積比部分封閉式建築物的開口面積還要大？</li> <li>5. 國外的高層建築物在 18m 以上的帷幕牆是會發生破裂，但報告中只假設 18m 以下的帷幕牆會因隨風飛散物造成開口。</li> </ol>	<p>謝謝指導</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 會根據各章作符號表。</li> <li>2. 根據規範式(2.19)來計算高度 <math>z</math> 處每小時平均風速 <math>\bar{V}_z</math>；根據規範 2.6 節的解說來計算高度 <math>h</math> 處每十分鐘平均風速 <math>V_h</math>。</li> <li>3. 對主要風力抵抗系統而言，垂直牆面的風所造成之設計風力通常是較大。根據規範表 2.15，作鐵塔設計時必須考慮垂直於塔面的風向和傾斜於塔面的風向所造成的設計風力。對局部構材而言，規範中已經考慮風向的影響。</li> <li>4. 不可單由開口面積大小來判斷建築物為封閉式或部分封閉式。根據規範 1.3 節，部分封閉式建築物須同時滿足(1) <math>A_0 &gt; 1.10A_{0i}</math>，(2) <math>A_0 &gt; 0.37m^2</math> 或 <math>0.01A_g</math> (二者取小值)，(3) <math>\frac{A_{0i}}{A_{gi}} \leq 0.20</math>。此種情況通常發生在僅一面牆有較大開口，而其它外牆有較小開口。</li> <li>5. 根據 ASCE 7-02 之建議，可能會因隨風飛散物而造成 18m 以下的帷幕牆開口。但若現場情況顯示 18m 以上</li> </ol>

		的帷幕牆也可能產生開口，應一併考慮。
黃總經理 清毅	<ol style="list-style-type: none"> <li>針對不同的構件，計算局部構件的設計風壓時所採用的附屬面積也就不同。對玻璃而言，附屬面積為<math>1\text{m}^2</math>；對橫料而言，附屬面積為<math>2\text{m}^2</math>；對帷幕牆而言，附屬面積為<math>5\sim 7\text{m}^2</math>。</li> <li>規範所算出來的設計風壓應與風洞試驗所量到的設計風壓來做比較，而何者所得的設計風壓較大？</li> <li>我國規範的風速是10分鐘平均風速，ASCE 7-02為3秒陣風平均風速，將我國的風速經由Durst curve轉為ASCE 7-02可用的風速後，下去做計算，在設計風壓的部分，為什麼會有差異，雖然差異並不大？</li> <li>規範以<math>90^\circ</math>轉角來定義④區與⑤區，但如何定義圓形柱的④區與⑤區？</li> </ol>	<p>謝謝指導</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>謝謝告知。</li> <li>期末報告會舉一個例子來比較規範所算出來的設計風壓應與風洞試驗所量到的設計風壓。根據本報告結果顯示，規範所算出來的設計風壓應不一定比風洞試驗所量到的設計風壓大。</li> <li>這是因為我國規範與ASCE 7-02所使用的風速剖面不同所造成之差異。</li> <li>我國規範未考慮。</li> </ol>
土木技師公會代表	<ol style="list-style-type: none"> <li>請更明確說明在報告中所談及規範的章節是規範中的哪一部份。</li> <li>報告 p11 頁中，是如何計算<math>q(h)=197.91</math>？</li> <li>請將專家諮詢會議紀錄列表。</li> <li>報告 p12 頁中，<math>g_Q=3.4</math>與<math>g_V=3.4</math>是從何而來？</li> </ol>	<p>謝謝指導</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>報告會列出章節名稱，附錄會附原文。</li> <li> <math display="block">q(z=h) = 0.06K(z=h)K_{zt}[I V_{10}(C)]^2</math> <math display="block">= 0.06 \times 2.774 \left( \frac{118.4}{400} \right)^{2 \times 0.25} \times 1</math> <math display="block">\times [1.1 \times 42.5]^2 = 197.91 \text{kgf/m}^2</math> </li> <li>會遵照辦理。</li> <li>根據規範 2.7 節，頁數為 2-12。</li> </ol>
陳技師正平	<ol style="list-style-type: none"> <li>希望放寬規範中橫風向與扭轉向的使用條件。</li> <li>針對低層建築物(斜屋頂)，需要花很多時間來計算順風</li> </ol>	<p>謝謝指導</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>請參考本文附錄五風力規範中數值與公式之修正建議之第 2 點建議。</li> <li>根據本文第三章的計算結果，有時不</li> </ol>

	<p>向、橫風向與扭轉向，可否多做幾個案例來說明順風向風力與橫風向風力和扭轉向風力之比例，來看看能不能忽略橫風向風力和扭轉向風力？</p> <p>3. 對於廠房而言，因為無剛性橫隔板且扭轉向的力量很小，是否可以不要考慮扭轉向的風力？</p>	<p>可忽略橫風向風力和扭轉向風力。</p> <p>3. 根據目前規範規定，仍須考慮扭轉向風力，建議未來規範改版時考慮適當性。</p>
<p>婁技師光琳</p>	<p>1. 希望針對規範中舒適度的門檻來做檢討。</p> <p>2. 耐震所用的阻尼比與耐風所用的阻尼比有差異，可否清楚說明此差異？</p> <p>3. 請說明檢核加速度時，為何順風向直接使用規範之公式，而橫風向與扭轉向需用半年回歸期重新算？</p> <p>4. 將會議記錄列表附於期末報告內。</p>	<p>謝謝指導</p> <p>1. 未來修正規範會考慮。</p> <p>2. 風力作用下，振幅較小，故阻尼較小。</p> <p>3. 因為規範提供公式可得到半年回歸期風速作用下，順風向振動引致建築物最高居室樓層之尖峰加速度，但橫風向風力頻譜與扭轉向風力頻譜隨風速呈非線性變化，所以必須用半年回歸期重新算。</p> <p>4. 會遵照辦理。</p>



## 附錄四 期末簡報會議記錄與意見回覆

時間：2007/11/30 地點：內政部建研所

評審	主要意見	回應情況
建築師公會代表	1. 建議將各示範例之附圖挪至該範例之後，以方便查閱。	謝謝指導 1. 會遵照辦理。
土木技師公會代表	1. 本案針對規範內容設計示範例，讓設計人員有所參考與依循，值得肯定，惟站在實務立場，建議盡量簡化，俾利實用，敬請斟酌處理。	謝謝指導 1. 對於報告內容來說，將盡量精簡本報告內容；對於規範所規定的計算公式，可於未來規範修訂時討論。
結構技師公會代表	1. 計算獨立鐵塔所承受的設計風力時，是否係以投影面積計算而得？又當有前後多重構架時，是否以投影面積計算？建議加以註明。	謝謝指導 1. 所乘上的面積為迎風塔面實體構材投影在垂直與風向平面上之面積。
方教授富民	1. 部分附圖中之圖示、文字或數字不夠清晰，建請修正。 2. 建議補述各示範例之特點、各案例間之差異、以及採行設計考量步驟不同之處，以增進設計者在各階段判斷上之認知。 3. 第七章中有關風洞實驗結果與規範計算結果之比較，請就設計者的角度加強解說。	謝謝指導 1. 會遵照辦理。 2. 會遵照辦理。 3. 會遵照辦理。
王技師亭復	1. 本研究案之示範例相當詳細，相信依此計算是逐步演算，工程師應很容易上手，但因公式繁複，且風力計算在結構分析中僅為準備工作，若按本案例步驟，東向風力計算已佔 45 頁，若再加上南向則至少 60 頁，因此建議予以簡化。 2. 三層樓之別墅建築示範例中，其高度約 10m，基本振動週期則達 0.55 秒，似乎不合理，應	謝謝指導 1. 對於報告內容來說，可以去精簡報告內容；對於規範所規定的計算公式，可於未來規範修訂時討論如何簡化。 2. 0.55 秒僅為假設值。 3. 未來修改規範時將討論。 4. 宜作結構分析或參考專業規範估計。 5. 示範例中都用規範的公式與對應的圖表來作計算。目前已將普

	<p>約在 0.28~0.4 秒之間。</p> <p>3. 低層建築物之頻率大於 1Hz (約 10 層樓以下) 是否需要考慮樓板加速度的舒適度, 宜加以檢討簡化。</p> <p>4. 通信鐵塔及煙囪等在計算風力時, 其自然頻率及扭轉頻率如何得知, 宜予以說明。另外, 電力鐵塔及煙囪設計在國際學會均已專業規範。</p> <p>5. 若規範條文之複雜公式能以圖表表示, 則將使各範例更具親和力。</p>	<p>通建築物之陣風反應因子 <math>G</math> 依不同之地況和 <math>h</math> 與 <math>B</math> 的關係做成表格, 放置於本文表 4.1~表 4.3。</p>
<p>朱教授 佳仁</p>	<p>1. 列參數表, 方便閱讀。</p> <p>2. 建議將耐風設計規範條文列於本報告的附錄中。</p> <p>3. 第四章考慮東風和南風的狀況, 若風向為東南風 (尤其是屋頂的風壓) 是否會大於以上風向的計算結果? 建議說明之。</p> <p>4. p38 中假設女兒牆為封閉式建築物, 而計算其內風壓, 此假設應說明是否合理。</p> <p>5. 最後定稿的期末報告建議分寄送給審查委員。</p> <p>6. P.15 和 P.28 在計算橫風向共振因子時, 採用兩個方法 (計算式和查表內插), 得到的值皆相同, 可否說明? 若不同時如何取決?</p>	<p>謝謝指導</p> <p>1. 會根據各章作參數表。</p> <p>2. 會遵照辦理。</p> <p>3. 對局部構材而言, 風壓係數已經考慮不同風向的影響; 對主要風力抵抗系統而言, 未考慮斜吹的風向。</p> <p>4. 報告 p38 是計算女兒牆局部構材的設計風壓, 因此只考慮單一女兒牆, 而此單一女兒牆的四面都無開口, 故假設為封閉式建築物。</p> <p>5. 會遵照辦理。</p> <p>6. 本例分別使用公式以及表來求 <math>R_{LR}</math>。在使用公式方面, <math>S_L(n^*) = 0.0447954</math>, 因為四捨五入, 所以顯示出 <math>S_L(n^*) = 0.04</math>, 計算 <math>R_{LR}</math> 時, 仍使用 <math>S_L(n^*) = 0.0447954</math>, 因此 <math display="block">R_{LR} = \frac{S_L(n^*)\pi}{4} = 0.0352</math>。在使用表方面, 根據規範表 2.18 經線性內插一樣可求得 <math>R_{LR} = 0.0352</math>。若公式計算與查表所得不同時, 根據規範, 兩個方式所求之值皆可取用。</p>

<p>林教授文賢</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 符號表及其代表意義之文字解說建議補充之。</li> <li>2. 建議在每個計算式中，將符號列於該式之下方或固定位置，以利導讀及了解。</li> <li>3. 鐵塔、通訊鐵塔、煙囪等風力計算建議列出簡易計算公式，若要詳細計算，則需要參考專書。</li> <li>4. 一般建築物屋頂之女兒牆大都屬於開放式結構物，而非封閉式結構，建議註明範例係針對女兒牆本身（局部構材）而言</li> </ol>	<p>謝謝指導</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 會遵照辦理。</li> <li>2. 會遵照辦理。</li> <li>3. 本研究案是示範如何使用現行耐風規範來作耐風設計。建議未來規範改版時考慮此問題。</li> <li>4. 會遵照辦理。</li> </ol>
<p>黃總經理清毅</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 表 7.9 所示之風洞實驗與規範設計風力之比較，如果能夠把 ASCE 7-02 版本之風力計算一起比較，則更能與國際規範接軌</li> <li>2. 目前國內規範之風力計算與 ASCE 7-02 仍有些落差，當有些工程規範指定採用 ASCE 7-02 計算時，其間所產生之差異，便無所適從</li> <li>3. 建議將外風壓係數以圖表表示，方便使用者查詢。</li> </ol>	<p>謝謝指導</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 國內規範設計風力包含順風向、橫風向與扭轉向，但 ASCE 7-02 僅考慮順風向；且國內之風速剖面與 ASCE 7-02 版本之風速剖面不同，因此，不適合作比較。</li> <li>2. 耐風設計時，應採用國內的風速剖面。</li> <li>3. 在示範例中，可參考規範圖 3.1 和圖 3.2 來求外風壓係數，也可利用示範例中之公式來求外風壓係數。</li> </ol>
<p>李主任秘書玉生</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 報告格式應依內政部與本所之規定編排。</li> <li>2. 對於現行規範之建議事項部分，可獨立列一章節，不適合放在結論與建議中。</li> </ol>	<p>謝謝指導</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 會遵照辦理。</li> <li>2. 會遵照辦理，將其放置附錄中。</li> </ol>



## 附錄五 風力規範之修正建議

### 風力規範中文字與符號之修正建議

1. 將規範 1.2 節，“ $C'_L$ ”，改為“ $\boxed{C'_L}$ ”。
2. 將規範 1.2 節，“ $C'_T$ ”，改為“ $\boxed{C'_T}$ ”。
3. 將規範 1.2 節，“ $\bar{K}_1$ ”，改為“ $\boxed{k_1}$ ”。
4. 將規範 1.2 節，“ $\bar{K}_2$ ”，改為“ $\boxed{k_2}$ ”。
5. 將規範 1.3 節，部份封閉式建築物的原定義：“其中， $A_{0i}$  為各牆面（含屋頂，不含  $A_0$ ）之總開口面積， $A_{gi}$  為各牆面（含屋頂，不含  $A_g$ ）之總面積”  
改為“其中， $A_{0i}$  為所有牆面（含屋頂，不含  $A_0$ ）之總開口面積， $A_{gi}$  為所有牆面（含屋頂，不含  $A_g$ ）之總面積”。
6. 將規範 2.10 節，“矩形斷面建築物 Z 處高度橫風向風力  $W_{Lz}$ ”，改為“矩形斷面建築物  $\boxed{z}$  處高度橫風向風力  $W_{Lz}$ ”。
7. 將規範式（2.21）， $W_{Lz} = 3q(h)C'_L A_z \frac{Z}{h} g_L \sqrt{1 + \frac{1}{\beta} R_{LR}}$ ，改為  
“ $W_{Lz} = 3q(h)C'_L A_z \frac{z}{h} g_L \sqrt{1 + \frac{1}{\beta} R_{LR}}$ ”。
8. 將規範式（C2.16）， $W_{rz} = U_r^2 \frac{Z}{h} C_r A$ ，改為“ $W_{rz} = U_r^2 \frac{z}{h} C_r A$ ”。
9. 將規範 2.10 節之解說決定  $C_r$  表中之，“ $3 \leq U_r D_m < 6$ ”（超臨界流  $4 \times 10^5 \leq R$ ），改為“ $\boxed{6 \leq U_r D_m}$ ”（超臨界流  $4 \times 10^5 \leq R$ ）。
10. 將規範式（2.22）， $W_{Tz} = 1.8q(h)C'_T A_z B \frac{Z}{h} g_T \sqrt{1 + \frac{1}{\beta} R_{TR}}$ ，改為

$$“W_{Tz} = 1.8q(h)C_T' A_z B \frac{z}{h} g_T \sqrt{1 + \frac{1}{\beta} R_{TR}}”。$$

11. 將規範表 2.15, “方形高塔”和“三角形高塔”, 分別改為“方形 $\square$ 高塔”與“三角形 $\square$ 高塔”。
12. 將規範圖 3.1 與圖 3.2, “受風面積  $A$ ”, 改為“ $\square$ 受風面積  $A$ ”。
13. 將規範 4.5 節之標題「降低建築物最高樓層側向加速度裝置之使用」, 改為「降低建築物最高 $\square$ 樓層側向加速度裝置之使用」, 且也須改正此節之相關內容。

### 風力規範中數值與公式之修正建議

1. 本文建議將規範 1.3 節, 開放式建築物的定義: “建築物每一方向牆面皆至少有 $\square$ 之面積為開口”中之 80% 降低, 例如: 70% 為可能值。
2. 本文建議將規範式 (2.21) 與式 (2.22) 中之適用條件 $\square$ 改為 $\square$ 。因為根據日本風力規範 (AIJ) 之解說, 規範式 (2.21) 與式 (2.22) 適用於 $h/\sqrt{BL} \leq 6$ ,  $0.2 \leq L/B \leq 5$ , 本報告中依此條件計算橫風向風力與扭轉向風力。
3. 本文建議將規範 4.2 節, “在回歸期為 50 年的風力作用下, 建築物層間變位角不得超過 $\square$ ”中之 5/1000, 應針對不同種類的建築物適時調整。
4. 本文建議將規範 4.3 節, “在回歸期為半年的風力作用下, 建築物最高居室樓層角隅之側向振動尖峰加速度值不得超過 $\square$ ”中之  $0.05\text{m/s}^2$ , 應針對不同種類的建築物適時調整。
5. 建議普通建築物之陣風反應因子  $G$ , 可採用 1.77 或依式 (2.9) 計算, 但公式計算過程複雜, 因此, 本文, 針對不同地況, 考慮常用的建築物尺寸, 列出普通建築物之陣風反應因子  $G$ , 如表 4.1~表 4.3 所示, 方便工程師查詢。

6. 規範 2.7 節，規定普通建築物之陣風反應因子  $G$ ，可採用 1.77 或依式(2.9)計算，但本文示範例中依式(2.9)計算所得的  $G$  有時會大於 1.77，故 1.77 並非保守值。根據本文表 4.1~表 4.3，建議可將 1.77 改為 1.87。
7. 規範表 2.18 所提供  $R_{LR}$  的某些數值與規範 2.10 節公式所算出來  $R_{LR}$  的數值有出入，建議用本文表 4.5 來替換規範表 2.18。
8. 規範表 2.19 所提供  $R_{TR}$  的某些數值與規範 2.11 節公式所算出來  $R_{TR}$  的數值有出入，建議用本文表 4.6 來替換規範表 2.19。
9. 本規範並不完全適用特殊建築物（例如：煙囪、廠房）之耐風設計，建議針對特殊建築物，應參考專業規範，未來規範改版時適度考慮此問題。
10. 建議在未來規範改版時釐清規範 5.1 節「適用範圍」中風力總橫力之定義。



## 附錄六 建築物耐風設計規範與解說之摘錄

本附錄將示範例中採用之風力規範條文摘錄如下，其章節、方程式與圖表等編號皆與規範一樣。

### 第一章 總則

#### 1.1 適用範圍

本規範依據建築技術規則建築構造編第 32 條第 2 項規定訂定之。本規範適用於封閉式、部分封閉式與開放式建築物結構或地上獨立結構物、局部構材及外部被覆物設計風力之計算，並提供耐風設計之其他相關規定。

#### 1.3 專有名詞定義

本規範專有名詞之定義如下所述：

**基本設計風速**， $V_0(C)$ 。在地況 C 之地況上，離地面 10 公尺高，相對於 50 年回歸期之 10 分鐘平均風速，其單位為 m/s。

**主要風力抵抗系統**。提供作為次要構件及外部被覆物支撐之主要結構組合體，如：剛構架及斜撐構架、空間桁架及剪力牆等。

**局部構件及外部被覆物**。直接承受風力的外部被覆物或構件及接受其附近外部被覆物產生之風力，並將其傳送到主要風力抵抗系統之構材者。如帷幕牆上的玻璃窗及框架，屋頂被覆物、平行桁條及屋頂桁架等。

**開放式建築物**。建築物每一方向牆面皆至少有 80% 之面積為開口，也就是對每一方向牆面皆滿足  $A_0 \geq 0.8 A_g$ ，其中， $A_g$  為受正值外風壓牆面總面積， $A_0$  為該牆面總開口面積。

**部分封閉式建築物**。建築物同時滿足 (1)  $A_0 > 1.10 A_{0i}$ ，(2)  $A_0 > 0.37 \text{m}^2$  或  $0.01 A_g$ （二者取小值），(3)  $\frac{A_{0i}}{A_{gi}} \leq 0.20$ ；其中， $A_{0i}$  為各牆面（含屋頂，不含  $A_0$ ）之總開口面積， $A_{gi}$  為各牆面（含屋頂，不含  $A_g$ ）之總面積。

**封閉式建築物**。建築物不符合開放式建築物或部分封閉式建築物之定義者。

**開口**。在設計風速下，建築物表面會造成內外空氣流通之開孔（包括可能破損之外部被覆物）。

**設計風壓**， $p$ 。封閉式或部分封閉式建築物計算設計風力所用之等值靜風壓，假設此風壓作用在與建築物表面垂直的方向上。

**設計風力**， $F$ 。開放式建築物計算設計風力所用之等值靜風力，假設此風力與風向平行作用在構件上（風力不一定垂直於物體表面）。

**普通建築物**。建築物之基本自然頻率  $f_n \geq 1$  Hz 者。

**柔性建築物**。細長建築物之基本自然頻率  $f_n < 1$  Hz 者。

**用途係數**， $I$ 。此因子考慮到生命的危害及財物損失之程度，將設計風速調高或降低。

**有效受風面積**， $A$ 。結構構件之有效受風面積為跨距長度與有效寬度之乘積，用來決定  $(GC_p)$  值。有效寬度不必小於其跨距長度的  $1/3$ 。對外牆扣件而言，有效受風面積不得大於單一扣件之受風面積。

## 第二章 建築物設計風力之計算

### 2.1 適用範圍

規則性封閉式、部分封閉式與開放式建築物或地上獨立結構物主要風力抵抗系統所應承受之設計風力，依本章規定的方法計算之。若有可靠之試驗結果或文獻提供證明，在計算時可考慮由其他鄰近建築物或障礙物之遮蔽所造成之風速壓折減，或考慮透氣性外牆之風壓折減。

### 2.2 設計風力計算式

封閉式、部分封閉式或開放式建築物或地上獨立結構物之主要風力抵抗系統所應承受之設計風壓  $p$ 、屋頂女兒牆設計風壓  $p_p$  及設計風力  $F$ ，應依本節規定之公式計算，相關公式整理列於表 2.1。

封閉式或部分封閉式普通建築物或地上獨立結構物之主要風力抵抗系統所應承受之設計風壓  $p$ ，依下式計算：

$$p = qGC_p - q_i(GC_{pi}) \dots\dots\dots (2.1)$$

式中對迎風面牆，外風速壓  $q$  採  $q(z)$ ；對背風面牆、側牆與屋頂，外風速壓  $q$  採  $q(h)$ ； $q(z)$  與  $q(h)$  依 2.6 節之規定計算。對封閉式建築物或內風壓取負值之部分封閉式建築物，內風速壓  $q_i$  採  $q(h)$ ；對內風壓取正值之部分封閉式建築物，內風速壓  $q_i$  可採  $q(z_{h_0})$  或  $q(h)$ ，其中， $z_{h_0}$  為會影響正值內風壓之最高開口高度。 $G$  為普通建築物之陣風反應因子，依 2.7 節之規定計算。 $C_p$  為外風壓係數，依 2.8 節之規定計算。 $(GC_{pi})$  為內風壓係數，依 2.9 節之規定計算。

封閉式或部分封閉式柔性建築物或地上獨立結構物之主要風力抵抗系統所應承受之設計風壓  $p$ ，依下式計算：

$$p = qG_f C_p - q_i(GC_{pi}) \dots\dots\dots (2.2)$$

式中， $G_f$  為柔性建築物之陣風反應因子，依 2.7 節之規定計算。

設計建築物主要風力抵抗系統時，屋頂女兒牆之設計風壓  $p_p$ ，依下式計算：

$$p_p = q_p(GC_{pn}) \dots\dots\dots (2.3)$$

式中， $q_p$  為屋頂女兒牆頂端之風速壓，依 2.6 節之規定計算； $(GC_{pn})$  為淨風壓係數，迎風面女兒牆取 +1.8，背風面女兒牆取 -1.1。

開放式建築物或地上獨立結構物所應承受之設計風力  $F$ ，依下式計算：

$$F = q(z_{A_f}) GC_f A_f \dots\dots\dots (2.4)$$

式中， $C_f$  為風力係數，依 2.8 節之規定計算； $A_f$  為投影在與風向垂直之平面上的面積； $q(z_{A_f})$  為面積  $A_f$  形心高度  $z_{A_f}$  處之風速壓。

### 2.3 風速之垂直分布

風速隨距地面高度增加而遞增，與地況種類有關，依下列指數律公式計算之：

$$\frac{V_z}{V_{10}} = \left(\frac{z}{10}\right)^\alpha \quad 0 \leq z \leq z_g \dots\dots\dots (2.5)$$

其中，

$V_z$  : 高度  $z$  處之風速(m/sec)。

$V_{10}$  : 10 公尺高之風速(m/sec)。

$\alpha$  : 相對於 10 分鐘平均風速之垂直分布法則的指數，與地況種類有關，見表 2.2。

$z_g$  : 梯度高度(m)，與地況種類有關，見表 2.2。

地況種類依建築物所在位置及其附近地表特性而定，分成以下三類：

(1)地況 A：大城市市中心區，至少有 50%之建築物高度大於 20 公尺者。建築物迎風向之前方至少 800 公尺或建築物高度 10 倍的範圍(兩者取大值)係屬此種條件下，才可使用地況 A。

(2)地況 B：大城市市郊、小市鎮或有許多像民舍高度(10~20 公尺)，或較民舍為高之障礙物分布其間之地區者。建築物迎風向之前方至少 500 公尺或建築物高度 10 倍的範圍(兩者取大值)係屬此種條件下，方可使用地況 B。

(3)地況 C：平坦開闊之地面或草原或海岸或湖岸地區，其零星座落之障礙物高度小於 10 公尺者。

若附近地況為介於地況 A 與地況 B 間或地況 B 與地況 C 間之過渡地況，原則上應採用會產生較大風力之地況，但也可利用可信賴之合理分析法，決定此一過渡地況之風速垂直分布。

## 2.4 基本設計風速

任一地點之基本設計風速  $V_{10}(C)$ ，係假設該地點之地況種類為 C 類，離地面 10 公尺高，相對於 50 年回歸期之 10 分鐘平均風速，其單位為 m/s。

臺灣地區各地之基本設計風速，分為下列各區：

一、臺灣本島地區：

(一) 每秒四十七·五公尺區：

花蓮縣：花蓮市、吉安鄉。

屏東縣：恆春鎮、滿州鄉。

(二) 每秒四十二·五公尺區：

基隆市。

臺北縣：貢寮鄉、雙溪鄉、坪林鄉、瑞芳鎮、平溪鄉、石碇鄉、深坑鄉、汐止市、萬里鄉、金山鄉、石門鄉、三芝鄉、淡水鎮。

臺北市。

屏東縣：車城鄉、牡丹鄉、枋山鄉、獅子鄉、枋寮鄉、春日鄉。

宜蘭縣：南澳鄉、蘇澳鎮、冬山鄉、五結鄉、壯圍鄉、頭城鎮。

花蓮縣：玉里鎮、瑞穗鄉、豐濱鄉、光復鄉、鳳林鎮、壽豐鄉、新城鄉、秀林鄉。

臺東縣：達仁鄉、大武鄉、太麻里鄉、長濱鄉。

(三) 每秒三十七·五公尺區：

臺北縣：烏來鄉、新店市、三峽鎮、五股鄉、蘆洲市、三重市、泰山鄉、新莊市、板橋市、中和市、永和市、土城市、樹林市、鶯歌鎮、林口鄉、八里鄉。

桃園縣：各鄉、鎮、市。

新竹縣：新豐鄉、湖口鄉、新埔鎮、關西鎮、橫山鄉、尖石鄉。

臺中縣：和平鄉。

南投縣：信義鄉。

臺南縣：七股鄉。

臺南市。

高雄縣：林園鄉、大寮鄉、大樹鄉、燕巢鄉、大社鄉、仁武鄉、鳥松鄉、鳳山市、橋頭鄉、岡山鎮、梓官鄉、彌陀鄉、永安鄉、茄萣鄉、路竹鄉、湖內鄉、桃源鄉。

高雄市。

屏東縣：佳冬鄉、林邊鄉、東港鎮、新埤鄉、來義鄉、泰武鄉、萬巒鄉、潮州鎮、竹田鄉、崁頂鄉、南州鄉、萬丹鄉、新園鄉、麟洛鄉、瑪家鄉、內埔鄉、長治鄉、屏東市、九如鄉、鹽埔鄉、里港鄉、高樹鄉、三地門鄉、霧臺鄉。

宜蘭縣：大同鄉、三星鄉、員山鄉、羅東鎮、宜蘭市、礁溪鄉。

花蓮縣：富里鄉、卓溪鄉、萬榮鄉。

臺東縣：金峰鄉、卑南鄉、臺東市、東河鄉、鹿野鄉、延

平鄉、關山鎮、池上鄉、海端鄉、成功鎮。

(四) 每秒三十二·五公尺區：

新竹縣：五峰鄉、北埔鄉、峨眉鄉、竹東鎮、寶山鄉、芎林鄉、竹北市。

新竹市。

苗栗縣：各鄉、鎮、市。

臺中縣：東勢鎮、新社鄉、太平市、石岡鄉、豐原市、潭子鄉、神岡鄉、大雅鄉、大肚鄉、龍井鄉、沙鹿鎮、梧棲鎮、清水鎮、后里鄉、外埔鄉、大安鄉、大甲鎮。

臺中市。

彰化縣：伸港鄉、線西鄉、和美鎮。

南投縣：仁愛鄉。

雲林縣：口湖鄉、水林鄉、四湖鄉。

嘉義縣：布袋鎮、義竹鄉、鹿草鄉、太保市、六腳鄉、朴子市、東石鄉。

臺南縣：(除七股鄉、白河鎮外) 各鄉、鎮、市。

高雄縣：阿蓮鄉、田寮鄉、旗山鎮、美濃鎮、內門鄉、杉林鄉、六龜鄉、茂林鄉、甲仙鄉、三民鄉。

(五) 每秒二十七·五公尺區：

臺中縣：烏日鄉、霧峰鄉、大里市。

彰化縣：鹿港鎮、福興鄉、芳苑鄉、大城鄉、二林鎮、埔鹽鄉、竹塘鄉、埤頭鄉、溪湖鎮、溪州鄉、二水鄉、彰化市、花壇鄉、芬園鄉、秀水鄉、大村鄉、員林鎮、社頭鄉、埔心鄉、永靖鄉、田尾鄉、北斗鎮、田中鎮。

南投縣：草屯鎮、南投市、名間鄉、中寮鄉、國姓鄉、埔里鎮、魚池鄉。

雲林縣：麥寮鄉、臺西鄉、東勢鄉、崙背鄉、褒忠鄉、元長鄉、北港鎮、土庫鎮、二崙鎮、西螺鎮、虎尾鎮、大埤鄉、荊桐鄉、斗六市、斗南鎮、古坑鄉、林內鄉。

嘉義縣：新港鄉、水上鄉、溪口鄉、民雄鄉、大林鎮、梅山鄉、竹崎鄉、中埔鄉、番路鄉、大埔鄉、阿里山鄉。

嘉義市。

臺南縣：白河鎮。

(六) 每秒二十二·五公尺區：

南投縣：竹山鎮、水里鄉、集集鎮、鹿谷鄉。

二、 外島地區：

金門：每秒三十五公尺。

馬祖：每秒四十二公尺。

彭佳嶼：每秒五十七公尺。

澎湖縣（各鄉、鎮）：每秒三十三公尺。

東吉島：每秒四十五公尺。

蘭嶼：每秒六十五公尺。

綠島：每秒六十五公尺。

琉球：每秒四十公尺。

## 2.5 用途係數

一般建築物之基本設計風速係對應於 50 年回歸期，為提高重要建築物之基本設計風速為 100 年回歸期，並降低重要性較低建築物之基本設計風速為 25 年回歸期，訂定用途係數  $I$ 。

### 第一類建築物

風災發生後，必需維持機能以救濟大眾之重要建築物與相關之附屬或獨立結構物， $I = 1.1$ 。

- (1) 中央、直轄市及縣（市）政府、鄉鎮市（區）公所之辦公廳舍。
- (2) 消防、警務及電信單位執行公務之建築物。
- (3) 國中、國小學校之校舍。
- (4) 教學醫院、區域醫院、署市立醫院或政府指定醫院。
- (5) 發電廠、自來水廠與供電、供水直接有關之廠房與建築物。
- (6) 其他經中央主管機關認定之建築物。

### 第二類建築物

儲存多量具有毒性、爆炸性等危險物品之建築物與相關之附屬或獨立結構物， $I = 1.1$ 。

### 第三類建築物

下列供公眾使用之建築物與相關之附屬或獨立結構物， $I = 1.1$ 。

- (1) 教育文化類：幼稚園；各級學校之校舍（第一類建築物之外）；集會堂、活動中心；圖書館、資料館；博物館、美術館、展覽館；寺廟、教堂；補習班；體育館。

- (2) 衛生及社會福利類：醫院、診所（第一類建築物之外）；安養、療養、扶養、教養場所；殯儀館。
- (3) 營業類：餐廳；百貨公司、商場、超級市場、零售市場；批發量販營業場所；展售場、觀覽場。
- (4) 娛樂類：電影院、演藝場所、歌廳；舞廳、舞場、夜總會；錄影節目播映、視聽歌唱營業場所；保齡球館。
- (5) 工作類：金融證券營業交易場所之營業廳。
- (6) 遊覽交通類：車站、航運站。
- (7) 其他經中央主管機關指定之建築物。

一棟建築物如係混合使用，上述供公眾使用場所累計樓地板面積超過三千平方公尺或總樓地板面積百分之二十以上時，用途係數才需用 1.1。如一棟建築物單種用途使用時，必需總樓地板面積超過一千平方公尺，用途係數才需用 1.1。

#### 第四類建築物

建築物破壞時，對人類之生命危害度小，如臨時性設施及非居住性儲藏設施等， $I = 0.9$ 。

#### 第五類建築物

其他一般建築物與相關之附屬或獨立結構物， $I = 1.0$ 。

## 2.6 風速壓

各種不同用途係數之建築物在不同地況下，離地面  $z$  公尺高之風速壓  $q(z)$  依下式計算，其單位為  $\text{kgf/m}^2$ 。

$$q(z) = 0.06 K(z) K_{zt} [I V_{10}(C)]^2 \dots\dots\dots (2.6)$$

式中， $K(z)$  稱為風速壓地況係數，此值為離地面  $z$  公尺之風速壓與標準風速壓（地況 C，離地面 10 公尺處）之比值，依下式計算：

$$K(z) = 2.774 \left( \frac{z}{z_g} \right)^{2\alpha} ; z > 5\text{m}$$

$$= 2.774 \left( \frac{5}{z_g} \right)^{2\alpha} ; z \leq 5\text{m} \dots\dots\dots (2.7)$$

各種地況種類之  $\alpha$  值及梯度高度  $z_g$ ，照 2.3 節規定，見表 2.2。

$K_{zt}$  稱為地形係數，代表在獨立山丘或山脊之上半部或懸崖近頂端處之風速局部加速效應。若此獨立山丘、山脊或懸崖高度  $H$

較上風側 3.22 公里內地形高度超過兩倍以上，且  $H$  大於 4.5 公尺（地況 C）或 18 公尺（地況 A 或 B），且此獨立山丘、山脊或懸崖在上風側  $100H$  或 3.22 公里（兩者取小值）內沒有類似高度之障礙物，且  $\frac{H}{L_h} \geq 0.2$ （見表 2.3(a)），則  $K_{zt}$  可依下式計算：

$$K_{zt} = (1 + K_1 K_2 K_3)^2 \dots\dots\dots (2.8)$$

式中， $K_1$ 、 $K_2$  與  $K_3$  分別依表 2.3(a)、2.3(b) 與 2.3(c) 決定。

若當地地形並不符合上述要求，可作合理假設後，再依式 (2.8) 計算，或根據可信賴之試驗或文獻結果計算  $K_{zt}$ 。

### 2.7 陣風反應因子

陣風反應因子乃考慮風速具有隨時間變動的特性，及其對建築物之影響。此因子將順風向造成的動態風壓轉換成等值風壓處理。

普通建築物之陣風反應因子可取 1.77，或依下式計算：

$$G = 1.927 \left( \frac{(1 + 1.7g_Q I_{\bar{z}} Q)}{1 + 1.7g_V I_{\bar{z}}} \right) \dots\dots\dots (2.9)$$

式中， $g_Q$  與  $g_V$  均可取 3.4；紊流強度  $I_{\bar{z}}$  與背景反應  $Q$  分別依下式計算：

$$I_{\bar{z}} = c (10/\bar{z})^{1/6} \dots\dots\dots (2.10)$$

$$Q = \frac{1}{\sqrt{1 + 0.63 \left( \frac{B+h}{L_{\bar{z}}} \right)^{0.63}}} \dots\dots\dots (2.11)$$

式中， $\bar{z}$  為等效結構高度，其值為結構高度  $h$  的 60%，但不可小於  $z_{\min}$ ， $z_{\min}$  和式 (2.10) 中之  $c$  值列於表 2.2； $L_{\bar{z}}$  為紊流積分尺度，由下式計算：

$$L_{\bar{z}} = \ell (\bar{z}/10)^{\bar{\epsilon}} \dots\dots\dots (2.12)$$

式中， $\ell$  和  $\bar{\epsilon}$  之值列於表 2.2。

柔性建築物之陣風反應因子依下式決定：

$$G_f = 1.927 \left( \frac{1 + 1.7 I_{\bar{z}} \sqrt{g_Q^2 Q^2 + g_R^2 R^2}}{1 + 1.7 g_V I_{\bar{z}}} \right) \dots \dots \dots (2.13)$$

式中， $g_Q$  和  $g_V$  均可取 3.4， $g_R$  依下式計算：

$$g_R = \sqrt{2 \ln(3600 f_n)} + \frac{0.577}{\sqrt{2 \ln(3600 f_n)}} \dots \dots \dots (2.14)$$

$R$  為共振反應因子，其值依下式計算：

$$R = \sqrt{\frac{1}{\beta} R_n R_h R_B (0.53 + 0.47 R_L)} \dots \dots \dots (2.15)$$

$$R_n = \frac{7.47 N_1}{(1 + 10.3 N_1)^{5/3}} \dots \dots \dots (2.16)$$

$$N_1 = \frac{f_n L_{\bar{z}}}{V_{\bar{z}}} \dots \dots \dots (2.17)$$

$$R_j = \frac{1}{\eta} - \frac{1}{2\eta^2} (1 - e^{-2\eta}) \text{ for } \eta > 0 \dots \dots \dots (2.18a)$$

$$R_j = 1 \text{ for } \eta = 0 \dots \dots \dots (2.18b)$$

式(2.15)中， $\beta$  為結構阻尼比。式(2.18a)與式(2.18b)中，下標  $j$  可為  $h$ 、 $B$  或  $L$ ；當  $R_j = R_h$  時， $\eta = 4.6 f_n h / \bar{V}_{\bar{z}}$ ；當  $R_j = R_B$  時， $\eta = 4.6 f_n B / \bar{V}_{\bar{z}}$ ；當  $R_j = R_L$  時， $\eta = 15.4 f_n L / \bar{V}_{\bar{z}}$ 。 $\bar{V}_{\bar{z}}$  為高度  $\bar{z}$  處每小時平均風速，依下式計算：

$$\bar{V}_{\bar{z}} = \bar{b} \left( \frac{\bar{z}}{10} \right)^\alpha V_{10}(C) \dots \dots \dots (2.19)$$

式中， $\bar{b}$  值列於表 2.2。

## 2.8 風壓係數與風力係數

計算建築物或地上獨立結構物主要風力抵抗系統之設計風力時，其所使用之風壓係數  $C_p$ （封閉式或部分封閉式建築物用）及風力係數  $C_f$ （開放式建築物用）見表 2.4 至 2.16。

## 2.9 內風壓係數

內風壓係數 ( $GC_{pi}$ ) 之值見表 2.17。對內含一大型無隔間區域之部分封閉式建築物而言, ( $GC_{pi}$ ) 可乘上一折減係數  $R_i$ , 其值依下式計算:

$$R_i = 0.5 \left( 1 + \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{V_i}{6950A_{og}}}} \right) \leq 1.0 \dots\dots\dots (2.20)$$

式中,  $A_{og}$  為建築表面總開口面積 ( $m^2$ ),  $V_i$  為無隔間區域之內體積 ( $m^3$ )。

## 2.10 橫風向之風力

建築物或地上獨立結構物應以合理的方法考慮橫風向風力。當建築物近似規則矩形柱體, 且滿足  $3 \leq h/\sqrt{BL} \leq 6$ ,  $0.2 \leq L/B \leq 5$ ,  $f_a \sqrt{BL}/V_h \leq 0.4$  時, 得依照式 (2.21) 計算紊流與尾跡流所造成的橫風向風力, 其中  $f_a$  為建築物橫風向基本自然頻率。當矩形斷面建築物符合下列條件:  $h/\sqrt{BL} \geq 4$  且  $V_h > 8.3f_a \sqrt{BL}$  時, 應進一步檢核避免在設計風速內發生渦散頻率與建築物自然頻率接近而產生之共振及空氣動力不穩定現象, 必要時應進行風洞試驗。

矩形斷面建築物  $Z$  處高度橫風向風力  $W_{Lz}$ , 計算如下:

$$W_{Lz} = 3q(h)C'_L A_z \frac{Z}{h} g_L \sqrt{1 + \frac{1}{\beta} R_{LR}} \dots\dots\dots (2.21)$$

式中,

$A_z$  為高度  $Z$  處迎風面面積;

$g_L = \sqrt{2 \ln(600f_a)} + 1.2$ ;

$C'_L = 0.0082(L/B)^3 - 0.071(L/B)^2 + 0.22(L/B)$ ;

$R_{LR}$  為橫風向共振因子, 可採用表 2.18 或依下式計算之:

$$R_{LR} = \frac{\pi S_L(n^*)}{4}$$

其中,  $S_L(n^*)$  為橫風向風力頻譜值,

$$S_L(n^*) = \sum_{j=1}^s \frac{4\bar{k}_j(1+0.6\beta_j)\beta_j}{\pi} \frac{\left(\frac{n^*}{n_j}\right)^2}{\left[1 - \left(\frac{n^*}{n_j}\right)^2\right]^2 + 4\beta_j^2\left(\frac{n^*}{n_j}\right)^2}$$

$$n^* = \frac{f_a B}{V_h}$$

$$n_1 = \frac{0.12}{\left[1 + 0.38\left(\frac{L}{B}\right)^2\right]^{0.89}}$$

$$n_2 = \frac{0.56}{\left(\frac{L}{B}\right)^{0.85}}$$

$$\beta_1 = \frac{\left(\frac{L}{B}\right)^4}{1.1\left(\frac{L}{B}\right)^4 - 1.7\left(\frac{L}{B}\right)^2 + 21} + \frac{0.12}{\left(\frac{L}{B}\right)}$$

$$\beta_2 = 0.28\left(\frac{L}{B}\right)^{-0.34}$$

$$\bar{k}_1 = 0.85 \quad ; \quad \bar{k}_2 = 0.02$$

$$\frac{L}{B} < 3 \text{ 時, } S=1 \quad ; \quad \frac{L}{B} \geq 3 \text{ 時, } S=2$$

## 2.11 作用在建築物上之扭矩

建築物或地上獨立結構物應以合理的方法考慮風力造成的扭矩。當建築物近似規則矩形柱體，且滿足  $3 \leq h/\sqrt{BL} \leq 6$ ， $0.2 \leq L/B \leq 5$ ， $f_i \sqrt{BL}/V_h \leq 0.4$  時，得依照式(2.22)計算紊流與尾跡流所造成的動態扭矩，其中  $f_i$  為建築物扭轉向基本自然頻率，並與順風向風力、橫風向風力同時作用在建築物上，必要時應進行風洞試驗。

矩形斷面建築物  $z$  處高度扭轉向風力  $M_{Tz}$ ，計算如下：

$$M_{Tz} = 1.8q(h)C_T' A_z B \frac{Z}{h} g_T \sqrt{1 + \frac{1}{\beta} R_{TR}} \dots\dots\dots (2.22)$$

式中，

$$g_T = \sqrt{2 \ln(600 f_i)} + 1.2$$

$$C_T' = \left[ 0.0066 + 0.015 \left( \frac{L}{B} \right)^2 \right]^{0.78}$$

$R_{TR}$  為扭矩共振因子，可採用表 2.19 或依下式計算之：

$$R_{TR} = 0.036 K_T^2 (U^*)^{2\beta_T} \frac{L(B^2 + L^2)^2}{L_{BL}^2 B^3}$$

其中，

$$K_T = \begin{cases} \frac{-1.1 \left( \frac{L}{B} \right) + 0.97}{\left( \frac{L}{B} \right)^2 + 0.85 \left( \frac{L}{B} \right) + 3.3} + 0.17 & ; U^* \leq 4.5 \\ \frac{0.077 \left( \frac{L}{B} \right) - 0.16}{\left( \frac{L}{B} \right)^2 - 0.96 \left( \frac{L}{B} \right) + 0.42} + \frac{0.35}{\left( \frac{L}{B} \right)} + 0.095 & ; 6 \leq U^* \leq 10 \end{cases}$$

$$\beta_T = \begin{cases} \frac{\left( \frac{L}{B} \right) + 3.6}{\left( \frac{L}{B} \right)^2 - 5.1 \left( \frac{L}{B} \right) + 9.1} + \frac{0.14}{\left( \frac{L}{B} \right)} + 0.14 & ; U^* \leq 4.5 \\ \frac{0.44 \left( \frac{L}{B} \right)^2 - 0.0064}{\left( \frac{L}{B} \right)^4 - 0.26 \left( \frac{L}{B} \right)^2 + 0.1} + 0.2 & ; 6 \leq U^* \leq 10 \end{cases}$$

$U^* = \frac{V_h}{f_i \sqrt{BL}}$  為無因次風速， $L_{BL}$  為  $B$  與  $L$  中之大值。

當  $4.5 < U^* < 6$  時， $R_{TR}$  值計算如下：

$$R_{TR} = R_{4.5} \exp \left( 3.48 \ln \left( \frac{R_6}{R_{4.5}} \right) \ln \left( \frac{U^*}{4.5} \right) \right)$$

其中， $R_{4.5}$  與  $R_6$  分別為  $U^*$  為 4.5 與 6.0 時之  $R_{TR}$  值。

## 2.12 建築物設計風力之組合

建築物同時受到順風向風力、橫風向風力與扭矩的作用。三

方向風力的最大值，並不一定同時發生，因此施加設計風力時，應分別依循風的作用方向（x 向或 y 向）計算其所對應的順風向、橫風向以及扭轉向設計風力，作為該來風方向的设计風力組合。

### 第三章 局部構材及外部被覆物之設計風壓

#### 3.1 適用範圍

規則性封閉式或部分封閉式建築物，或地上獨立結構物局部構材及外部被覆物所應承受之設計風壓，依本章規定的方法計算之。若有可靠之試驗結果或文獻提供證明，在計算時可考慮由其他鄰近建築物或障礙物之遮蔽所造成之風速壓折減，或考慮透氣性外牆之風壓折減。若局部構材及外部被覆物之受風面積大於 65 平方公尺，則也可以依 2.2 節之公式計算設計風壓。

#### 3.2 設計風壓計算式

封閉式或部分封閉式建築物，或地上獨立結構物之局部構材及外部被覆物所應承受之設計風壓  $p$ ，應依本節規定之公式計算，相關公式亦整理列於表 2.1。

封閉式或部分封閉式建築物高度不超過 18 公尺者，其局部構件及外部被覆物之設計風壓  $p$ ，依下式計算：

$$p = q(h)[(GC_p) - (GC_{pi})] \dots\dots\dots(3.1)$$

式中， $q(h)$  為平均屋頂高度  $h$  處之風速壓，依 2.6 節之規定計算； $(GC_p)$  為外風壓係數，依 3.3 節之規定計算； $(GC_{pi})$  為內風壓係數，依 2.9 節之規定計算。

封閉式或部分封閉式建築物高度超過 18 公尺者，其局部構件及外部被覆物之設計風壓  $p$ ，依下式計算：

$$p = q(GC_p) - q_i(GC_{pi}) \dots\dots\dots(3.2)$$

式中對迎風面牆，風速壓  $q$  採  $q(z)$ ；對背風面牆、側牆與屋頂，風速壓  $q$  採  $q(h)$ ； $q(z)$  與  $q(h)$  依 2.6 節之規定計算。對封閉式建築物或內風壓取負值之部分封閉式建築物，風速壓  $q_i$  採  $q(h)$ ；對內風壓取正值之部分封閉式建築物， $q_i$  採  $q(z_{h_0})$  或  $q(h)$ ，其中， $z_{h_0}$  為會影響正值內風壓之最高開口高度。 $(GC_p)$  為外風壓係數，依 3.3 節之規

定計算。 $(GC_{pi})$ 為內風壓係數，依2.9節之規定計算。

參考圖 3.4，屋頂女兒牆之局部構材及外部被覆物之設計風壓  $p$ ，依下式計算：

$$p = q_p [(GC_p) - (GC_{pi})] \dots\dots\dots (3.3)$$

式中， $q_p$  為屋頂女兒牆頂端之風速壓。 $(GC_p)$ 為外風壓係數，依3.3節之規定計算。屋頂女兒牆體內之內風壓係數 $(GC_{pi})$ ，應根據屋頂女兒牆體之開口率，依2.9節之規定計算。根據圖3.3，當女兒牆位於建築物迎風面時，需在女兒牆之正面施加正值外牆風壓，而在女兒牆之背面施加負值屋頂外風壓；而當女兒牆位於建築物背風面時，需在女兒牆之背面施加正值外牆風壓，而在女兒牆之正面施加負值外牆風壓。

### 3.3 封閉式或部分封閉式建築物局部構材及外部被覆物之外風壓係數

高度不超過 18 公尺之建築物中局部構材及外部被覆物之外風壓係數 $(GC_p)$ 見圖 3.1；高度超過 18 公尺之建築物中局部構材及外部被覆物之外風壓係數 $(GC_p)$ 見圖 3.2。

## 第四章 建築物層間變位角與最高居室樓層側向加速度之控制

### 4.1 通則

為避免風力作用下建築物非結構體之損害，建築物層間變位角應予以限制。建築物容許層間變位角之規定見4.2節。為控制風力作用下建築物引起之振動，不致引起居住者之不舒適，建築物最高居室樓層側向加速度應予以限制。建築物最高居室樓層容許側向加速度值之規定見4.3節，建築物最高居室樓層在風力作用下引起之側向加速度計算則見4.4節。

### 4.2 建築物容許層間變位角

在回歸期為 50 年的風力作用下，建築物層間變位角不得超過 5/1000。建築物層間變位角，應計及順風向振動、橫風向振動及扭轉振動所產生者，可分別計算，再依2.12節規定求得總層

間變位角。

### 4.3 建築物最高居室樓層容許側向加速度值

在回歸期為半年的風力作用下，建築物最高居室樓層角隅之側向振動尖峰加速度值不得超過  $0.05\text{m/s}^2$ 。

### 4.4 建築物最高居室樓層側向加速度之計算

在半年回歸期的風速作用下，建築物最高居室樓層角隅之振動尖峰加速度值，應計及順風向振動、橫風向振動及扭轉振動所產生者，可分別計算，再依合宜的方法求得總加速度。

順風向振動引致建築物最高居室樓層之尖峰加速度  $A_D$  以下式計算：

$$A_D = \frac{1.128\bar{G} - 1}{1.128\bar{G}} \times \frac{D^* (2\pi f_n)^2}{(3.34)^2} \dots\dots\dots (4.1)$$

其中， $D^*$  為順風向設計風力作用下，經結構分析所得建築物最高居室樓層順風向之位移， $f_n$  為建築物順風向之自然頻率。普通建築物  $\bar{G} = G$ ；柔性建築物  $\bar{G} = G_f$ 。

橫風向及扭轉加速度  $A_L$  及  $A_T$  應依可信方法計算之，亦可採用風洞試驗結果。

## 第五章 風洞試驗

### 5.1 適用範圍

建築物之耐風設計，依本規範無法提供所需之主要抗風系統設計風力或是外部被覆物之設計風壓風力資料時，得以風洞試驗作為耐風設計之依據。一般而言，建築物之高度超過 100 公尺，或風力總橫力大於地震總橫力時，建議進行風洞試驗。凡施行風洞試驗之建築物，其設計風力、設計風壓與舒適性評估得以風洞試驗結果為準。

### 5.2 風洞試驗之主要項目

風洞試驗之項目宜包括提供主要風力抵抗系統之設計風壓

及局部構件及外部被覆物之局部設計風壓。此外，亦宜包括半年回歸期風速下屋頂加速度尖峰值及建築物對其附近風場環境造成之影響。

### 5.3 風洞試驗應遵守之模擬要求

採用風洞試驗測算建築物設計風力及風力效應時，應遵守下列風洞試驗模擬要求：

1. 風洞試驗之設計應依照試驗項目性質，合宜的遵守建築結構與流場的各項模型縮尺。
2. 風洞試驗應適當模擬建築物位址所在之大氣邊界層流特性，包括邊界層高度、平均風速剖面以及紊流強度、紊流尺度等大氣紊流特性。
3. 風洞試驗時，對於建築物可能造成影響的鄰近地貌、地物，應作適當的模擬。
4. 風洞試驗時，建築物及鄰近地貌、地物模型超過風洞斷面積的 8% 時，應採取合理的方法修正阻隔效應。
5. 風洞試驗時應妥善考慮雷諾數效應。
6. 風洞試驗時應考慮不同風向的影響，並根據各風向試驗的數據，以合宜的方法組成數個對結構最不利的風力載重。

### 5.4 設計時風洞試驗報告之引用

根據風洞試驗計算主要風力抵抗系統之設計風力與局部構件之設計風壓時，應依據 2.5 節之規定，採用 50 年或 100 年回歸期之設計風速；計算屋頂尖峰加速度時，應採用半年回歸期之設計風速。風洞試驗時應考慮不同風向的影響，計算風力時，除了規範另有規定，不得使用具有方向性的設計風速。

建築物的設計風力應考慮數種最嚴重的風向，設計風力組合應同時包括各層的二水平主軸方向風力以及扭矩。局部構件之設計風壓應採用風洞試驗在各風向下測算所得的最大極值風壓。舒適性評估則以半年回歸期風速為基準，檢核屋頂加速度。

表 2.1(a) 普通建築物設計風壓  $p$  及設計風力  $F$

		普通建築物( $f_n \geq 1 \text{ Hz}$ )	
		封閉式或部份封閉式建築物	開放式建築物
主要風力抵抗系統		$p = qGC_p - q_i(GC_{pi})$ <p><math>q, q_i</math> : 註 1。  <math>G</math> : 見 2.7 節。  <math>C_p</math> : 見 2.8 節。  <math>GC_{pi}</math> : 見 2.9 節。</p> <p>屋頂女兒牆 <math>p_p = q_p(GC_{pn})</math></p> <p><math>q_p</math> : 女兒牆頂端風速壓。  <math>(GC_{pn})</math> : 設計迎風面女兒牆, 使用 +1.8; 設計背風面女兒牆, 使用 -1.1。</p>	
			$F = q(z_{A_f}) GC_f A_f$ <p><math>C_f</math> : 見 2.8 節。  <math>A_f</math> : 投影在與風向垂直之平面上的面積。  <math>G</math> : 見 2.7 節。  <math>z_{A_f}</math> : <math>A_f</math> 之形心高度。</p>
局部構件及外部被覆物	$h \leq 18 \text{ m}$	$p = q(h)[(GC_p) - (GC_{pi})]$ <p><math>(GC_p)</math> : 見 3.3 節。  <math>(GC_{pi})</math> : 見 2.9 節。</p> <p>屋頂女兒牆  <math display="block">p = q_p[(GC_p) - (GC_{pi})]</math> <p><math>q_p</math> : 女兒牆頂端風速壓。</p> </p>	$h > 18 \text{ m}$
		$p = q(GC_p) - q_i(GC_{pi})$ <p><math>q, q_i</math> : 註 1。  <math>(GC_p)</math> : 見 3.3 節。  <math>(GC_{pi})</math> : 見 2.9 節。</p> <p>屋頂女兒牆  <math display="block">p = q_p[(GC_p) - (GC_{pi})]</math> <p><math>q_p</math> : 女兒牆頂端風速壓。</p> </p>	

表 2.1(b) 柔性建築物設計風壓  $p$  及設計風力  $F$

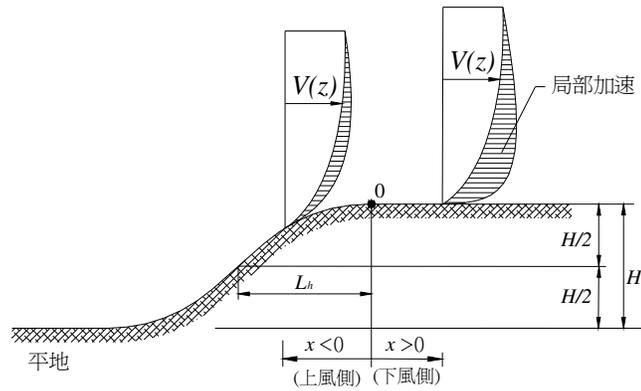
		柔性建築物( $f_n < 1$ Hz)	
		封閉式或部份封閉式建築物	開放式建築物
主要風力抵抗系統	$p = qG_f C_p - q_i(GC_{pi})$ <p><math>q, q_i</math> : 註 1。  <math>G_f</math> : 見 2.7 節。  <math>C_p</math> : 見 2.8 節。  <math>(GC_{pi})</math> : 見 2.9 節。</p> <p>屋頂女兒牆 <math>p_p = q_p(GC_{pn})</math></p> <p><math>q_p</math> : 女兒牆頂端風速壓。  <math>(GC_{pn})</math> : 設計迎風面女兒牆, 使用 1.8; 設計背風面女兒牆, 使用 -1.1。</p>		$F = q(z_{A_f}) GC_f A_f$ <p><math>C_f</math> : 見 2.8 節。  <math>A_f</math> : 投影在與風向垂直之平面上的面積。  <math>G</math> : 見 2.7 節。  <math>z_{A_f}</math> : <math>A_f</math> 之形心高度。</p>
	局部構件及外部被覆物	$p = q(GC_p) - q_i(GC_{pi})$ <p><math>q, q_i</math> : 註 1。  <math>(GC_p)</math> : 見 3.3 節。  <math>(GC_{pi})</math> : 見 2.9 節。</p> <p>屋頂女兒牆</p> $p = q_p[(GC_p) - (GC_{pi})]$ <p><math>q_p</math> : 女兒牆頂端風速壓。</p>	

註 1 :  $q$  : 設計迎風面牆時, 使用  $q(z)$ ; 設計背風面牆、側牆及屋頂時, 則使用  $q(h)$ 。  
 $q_i$  : 設計封閉式建築物或內風壓取負值之部份封閉式建築物時, 使用  $q(h)$ ; 設計內風壓取正值之部份封閉式建築物時, 使用  $q(z_{h_0})$ , 其中  $z_{h_0}$  為會影響正值內風壓之最高開口高度。

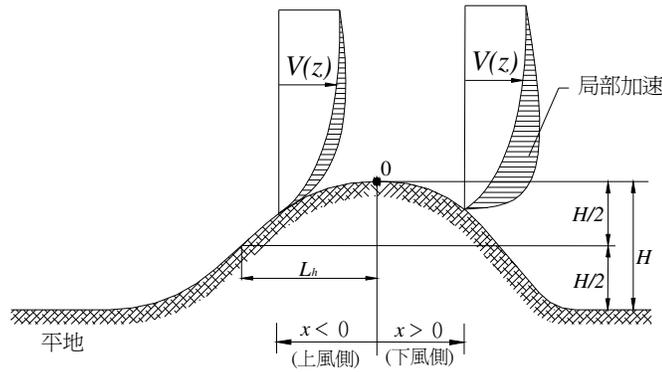
表 2.2 地況相關參數

地況	$\alpha$	$z_g$ (m)	$\bar{b}$	$c$	$\ell$ (m)	$\bar{\epsilon}$	$z_{\min}$ (m)
A	0.32	500	0.45	0.45	55	0.5	18
B	0.25	400	0.62	0.30	98	0.33	9
C	0.15	300	0.94	0.20	152	0.20	4.5

表 2.3(a) 計算  $K_{zt}$  所用之  $K_1$  值



懸崖



山脊及山丘

$\frac{H}{L_h}$	地況 A 或 B 下之 $K_1$			地況 C 下之 $K_1$		
	山脊	懸崖	山丘	山脊	懸崖	山丘
0.20	0.26	0.15	0.19	0.29	0.17	0.21
0.25	0.33	0.19	0.24	0.36	0.21	0.26
0.30	0.39	0.23	0.29	0.43	0.26	0.32
0.35	0.46	0.26	0.33	0.51	0.30	0.37
0.40	0.52	0.33	0.38	0.58	0.34	0.42
0.45	0.59	0.34	0.43	0.65	0.38	0.47
0.50	0.65	0.38	0.48	0.72	0.43	0.53

註：若  $\frac{H}{L_h} > 0.5$ ，則計算  $K_1$  時採用  $\frac{H}{L_h} = 0.5$ 。

表 2.3(b) 計算  $K_{zt}$  所用之  $K_2$  值

$\frac{x}{L_h}$	$K_2$	
	懸崖	山脊或山丘
-4.00	0.00	0.00
-3.50	0.00	0.00
-3.00	0.00	0.00
-2.50	0.00	0.00
-2.00	0.00	0.00
-1.50	0.00	0.00
-1.00	0.33	0.33
-0.50	0.67	0.67
0.00	1.00	1.00
0.50	0.88	0.67
1.00	0.75	0.33
1.50	0.63	0.00
2.00	0.50	0.00
2.50	0.38	0.00
3.00	0.25	0.00
3.50	0.13	0.00
4.00	0.00	0.00

註：若  $\frac{H}{L_h} > 0.5$ ，則計算  $K_2$  時採用  $L_h=2H$ 。

表 2.3(c) 計算  $K_{zt}$  所用之  $K_3$  值

$\frac{z}{L_h}$	$K_3$		
	山脊	懸崖	山丘
0.00	1.00	1.00	1.00
0.10	0.74	0.78	0.67
0.20	0.55	0.61	0.45
0.30	0.41	0.47	0.30
0.40	0.30	0.37	0.20
0.50	0.22	0.29	0.14
0.60	0.17	0.22	0.09
0.70	0.12	0.17	0.06
0.80	0.09	0.14	0.04
0.90	0.07	0.11	0.03
1.00	0.05	0.08	0.02
1.50	0.01	0.02	0.00
2.00	0.00	0.00	0.00

註：若  $\frac{H}{L_h} > 0.5$ ，則計算  $K_3$  時採用  $L_h=2H$ 。

表 2.4 牆之平均外風壓係數 (主要風力抵抗系統用)

所屬牆面	L/B	C <sub>p</sub>	使用的風速壓
迎風面	所有值	0.8	q(z)
背風面	0-1	-0.5	q(h)
	2 ≥4	-0.3 -0.2	
側風面	所有值	-0.7	q(h)

註：L：平行於風向之結構物水平尺寸，m  
 B：垂直於風向之結構物水平尺寸，m  
 G：陣風反應因子

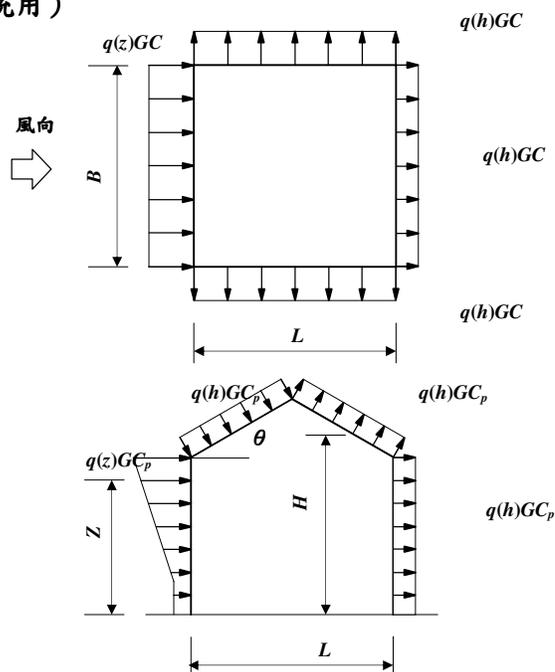


表 2.5 屋頂之外風壓係數 C<sub>p</sub> (主要風力抵抗系統用)

風向	迎風面，C <sub>p</sub>								背風面 所有之θ 及 h/L 值
	h/L	屋頂與水平面所夾的角度，θ(度)							
		0	10~15	20	30	40	50	≥60	
垂直於屋脊	≤0.3	-0.7	0.2* -0.9*	0.2	0.3	0.4	0.5	0.01θ	-0.7
	0.5	-0.7	-0.9	-0.75	-0.2	0.3	0.5	0.01θ	
	1.0	-0.7	-0.9	-0.75	-0.9	0.35	0.5	0.01θ	
	≥1.5	-0.7	-0.9	-0.9	-0.9	-0.35	0.2	0.01θ	
平行於屋脊	h/L 或 h/B ≤2.5	-0.7							-0.7
	h/L 或 h/B > 2.5	-0.8							-0.8

- 註：(1)\*：設計屋頂時，0.2 和-0.9 都要用。  
 (2)負號，表示風壓遠離屋頂面作用。正號，表示風壓指向屋頂作用。  
 (3)欲求其他θ及 h/L 之 C<sub>p</sub> 值，可做直線內插。  
 (4) h：平均屋頂高度，m。當θ < 10° 時，h=屋簷高。  
     L：平行於風向建築物水平尺寸，m。  
     B：垂直於風向建築物水平尺寸，m。  
 (5)使用的風速壓為 q(h)。

表 2.12 煙囪、水塔等之風力係數， $C_f$

結構物之橫斷面形狀	表面粗糙程度	不同 $h/D$ 值之 $C_f$		
		1	7	25
方形 (風向垂直於某面上)	所有	1.3	1.4	2.0
方形 (風向沿著對角線)	所有	1.0	1.1	1.5
六邊形或八邊形 ( $D\sqrt{q(z)} > 1.5$ )	所有	1.0	1.2	1.4
圓形 ( $D\sqrt{q(z)} > 1.5$ )	中度光滑	0.5	0.6	0.7
	粗糙( $\frac{D'}{D} \cong 0.02$ )	0.7	0.8	0.9
	極粗糙( $\frac{D'}{D} \cong 0.08$ )	0.8	1.0	1.2
圓形 ( $D\sqrt{q(z)} \leq 1.5$ )	所有	0.7	0.8	1.2

- 註：(1) 假設風力作用方向與風向平行。  
 (2) 欲求其他  $h/D$  值之  $C_f$ ，可做線性內插。  
 (3)  $D$ ：結構物之直徑或最小水平尺寸，m  
 $D'$ ：結構物表面突出構材的深度，m  
 $h$ ：結構物高度，m  
 $q(z)$ ：風速壓， $\text{kgf/m}^2$   
 (4) 計算設計風力所用之受風面積為，結構物投影在與風向垂直之平面上的面積。

表 2.15 桁架高塔之風力係數， $C_f$

$\phi$	$C_f$	
	方形高塔	三角形高塔
$<0.025$	4.0	3.6
$0.025 \sim 0.44$	$4.1-5.2\phi$	$3.7-4.5\phi$
$0.45 \sim 0.69$	1.8	1.7
$0.70 \sim 1.0$	$1.3+0.7\phi$	$1.0+\phi$

- 註：(1) 本表之  $C_f$  適用由角鋼或平邊構材所組成的高塔。  
 (2) 對於圓斷面構材所組成的高塔，決定設計風力時可依表內之值，乘上以下所列之係數  $C$  而得所使用之風力係數。  
 $\phi \leq 0.29$ ，  $C=0.67$   
 $0.3 \leq \phi \leq 0.79$ ，  $C=0.67\phi+0.47$   
 $0.8 \leq \phi \leq 1.0$ ，  $C=1.0$   
 (3) 就三角形高塔而言，假設計風力垂直作用在塔之某面上。  
 (4) 就方形高塔而言，假設計風力垂直作用在某塔面上。若風向傾斜作用在塔面時，將產生最大的水平風力，其為垂直作用在塔面的設計風力乘上一係數  $C$ ，  
 $C=1.0+0.75\phi$ ， $\phi < 0.5$   
 並假設其沿著對角線作用。  
 (5)  $\phi$ ：塔面之實體面積與其總面積的比值。  
 (6) 受風面積  $A_f$  為高塔迎風面實體構材投影在垂直風向平面上之面積。

表 2.17 內風壓係數

	$(GC_{pi})$
開放式建築	0.00
部份封閉式建築	+1.146
	-1.146
封閉式建築	+0.375
	-0.375

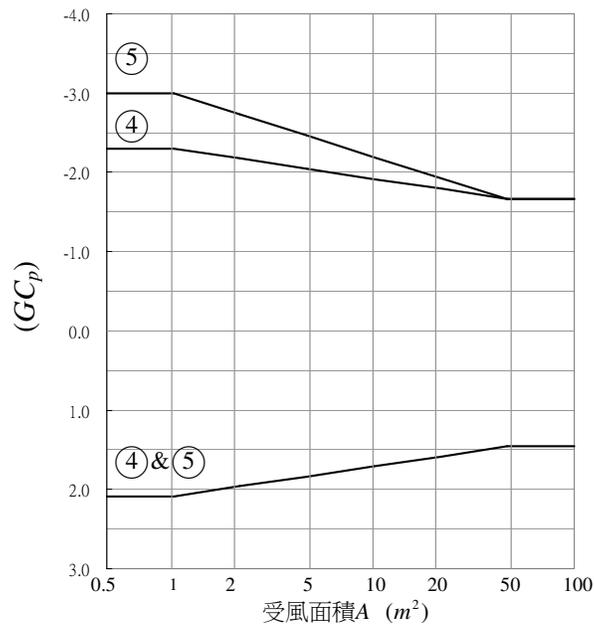
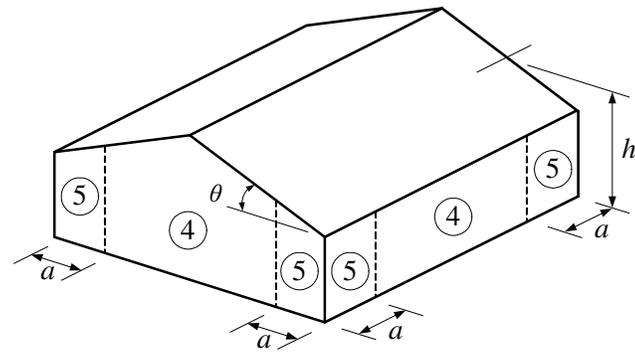
- 註：下面兩種情況皆須分別考慮  
 (1) 所有牆內面之  $(GC_{pi})$  為正值。  
 (2) 所有牆內面之  $(GC_{pi})$  為負值。

表 2.18 橫風向共振因子,  $R_{LR}$

L/B	無因次風速, $V_h / f_a B$															
	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0
0.20	0.0634	0.0926	0.1276	0.1683	0.2137	0.2624	0.3121	0.3601	0.4031	0.4382	0.4634	0.4777	0.4816	0.4763	0.4637	0.4460
0.30	0.0401	0.0607	0.0875	0.1218	0.1651	0.2188	0.2835	0.3585	0.4400	0.5208	0.5904	0.6383	0.6578	0.6493	0.6187	0.5744
0.35	0.0332	0.0506	0.0737	0.1039	0.1432	0.1939	0.2584	0.3380	0.4319	0.5340	0.6314	0.7063	0.7433	0.7377	0.6974	0.6368
0.40	0.0280	0.0429	0.0627	0.0891	0.1242	0.1706	0.2316	0.3109	0.4105	0.5281	0.6522	0.7598	0.8232	0.8275	0.7799	0.7019
0.45	0.0240	0.0368	0.0540	0.0770	0.1079	0.1495	0.2056	0.2809	0.3802	0.5058	0.6511	0.7927	0.8921	0.9170	0.8676	0.7729
0.50	0.0208	0.0319	0.0469	0.0670	0.0941	0.1310	0.1814	0.2506	0.3452	0.4712	0.6288	0.8005	0.9425	1.0016	0.9608	0.8525
0.55	0.0182	0.0280	0.0411	0.0587	0.0825	0.1149	0.1597	0.2219	0.3089	0.4293	0.5893	0.7814	0.9661	1.0735	1.0571	0.9427
0.60	0.0162	0.0247	0.0363	0.0518	0.0727	0.1012	0.1406	0.1958	0.2739	0.3846	0.5384	0.7380	0.9569	1.1211	1.1498	1.0433
0.65	0.0144	0.0221	0.0323	0.0460	0.0645	0.0896	0.1242	0.1727	0.2417	0.3408	0.4824	0.6770	0.9145	1.1330	1.2266	1.1503
0.70	0.0130	0.0199	0.0291	0.0413	0.0577	0.0798	0.1103	0.1528	0.2132	0.3003	0.4267	0.6069	0.8451	1.1024	1.2710	1.2532
0.75	0.0119	0.0181	0.0264	0.0374	0.0520	0.0717	0.0986	0.1359	0.1885	0.2643	0.3749	0.5356	0.7596	1.0321	1.2679	1.3341
0.80	0.0110	0.0166	0.0242	0.0341	0.0473	0.0650	0.0888	0.1217	0.1677	0.2334	0.3289	0.4688	0.6695	0.9344	1.2119	1.3708
0.85	0.0102	0.0155	0.0224	0.0315	0.0435	0.0595	0.0808	0.1099	0.1503	0.2074	0.2896	0.4096	0.5839	0.8252	1.1128	1.3471
0.90	0.0096	0.0145	0.0210	0.0295	0.0405	0.0550	0.0743	0.1003	0.1360	0.1858	0.2567	0.3591	0.5078	0.7183	0.9899	1.2641
0.95	0.0092	0.0138	0.0199	0.0278	0.0381	0.0515	0.0691	0.0926	0.1244	0.1682	0.2296	0.3172	0.4430	0.6222	0.8633	1.1407
1.00	0.0088	0.0133	0.0191	0.0266	0.0362	0.0487	0.0650	0.0864	0.1151	0.1540	0.2077	0.2829	0.3895	0.5403	0.7466	1.0022
1.10	0.0085	0.0127	0.0181	0.0251	0.0339	0.0450	0.0594	0.0778	0.1019	0.1335	0.1758	0.2329	0.3109	0.4178	0.5627	0.7512
1.20	0.0084	0.0126	0.0179	0.0245	0.0329	0.0433	0.0564	0.0729	0.0939	0.1208	0.1555	0.2007	0.2600	0.3382	0.4406	0.5723
1.30	0.0086	0.0128	0.0181	0.0247	0.0328	0.0428	0.0551	0.0704	0.0893	0.1129	0.1425	0.1797	0.2267	0.2863	0.3613	0.4548
1.40	0.0090	0.0133	0.0186	0.0252	0.0333	0.0431	0.0550	0.0693	0.0868	0.1080	0.1339	0.1655	0.2041	0.2512	0.3084	0.3773
1.50	0.0094	0.0138	0.0193	0.0260	0.0341	0.0438	0.0553	0.0690	0.0854	0.1048	0.1279	0.1553	0.1878	0.2263	0.2715	0.3243
1.75	0.0103	0.0151	0.0209	0.0277	0.0358	0.0452	0.0560	0.0685	0.0826	0.0987	0.1169	0.1374	0.1603	0.1859	0.2142	0.2453
2.00	0.0107	0.0155	0.0212	0.0279	0.0357	0.0445	0.0544	0.0655	0.0778	0.0913	0.1061	0.1222	0.1396	0.1583	0.1783	0.1995
2.50	0.0092	0.0132	0.0180	0.0235	0.0297	0.0366	0.0442	0.0525	0.0614	0.0710	0.0813	0.0921	0.1034	0.1153	0.1277	0.1406
3.00	0.0091	0.0145	0.0231	0.0371	0.0503	0.0496	0.0463	0.0469	0.0502	0.0553	0.0613	0.0681	0.0755	0.0834	0.0917	0.1004
3.50	0.0061	0.0094	0.0142	0.0217	0.0338	0.0474	0.0493	0.0443	0.0421	0.0430	0.0457	0.0496	0.0542	0.0593	0.0649	0.0709
4.00	0.0042	0.0063	0.0093	0.0135	0.0201	0.0308	0.0440	0.0484	0.0431	0.0388	0.0375	0.0384	0.0405	0.0434	0.0469	0.0508
4.50	0.0030	0.0044	0.0064	0.0091	0.0129	0.0188	0.0283	0.0408	0.0472	0.0427	0.0369	0.0339	0.0332	0.0340	0.0356	0.0379
5.00	0.0021	0.0032	0.0046	0.0064	0.0088	0.0124	0.0178	0.0265	0.0382	0.0460	0.0428	0.0362	0.0318	0.0298	0.0295	0.0302

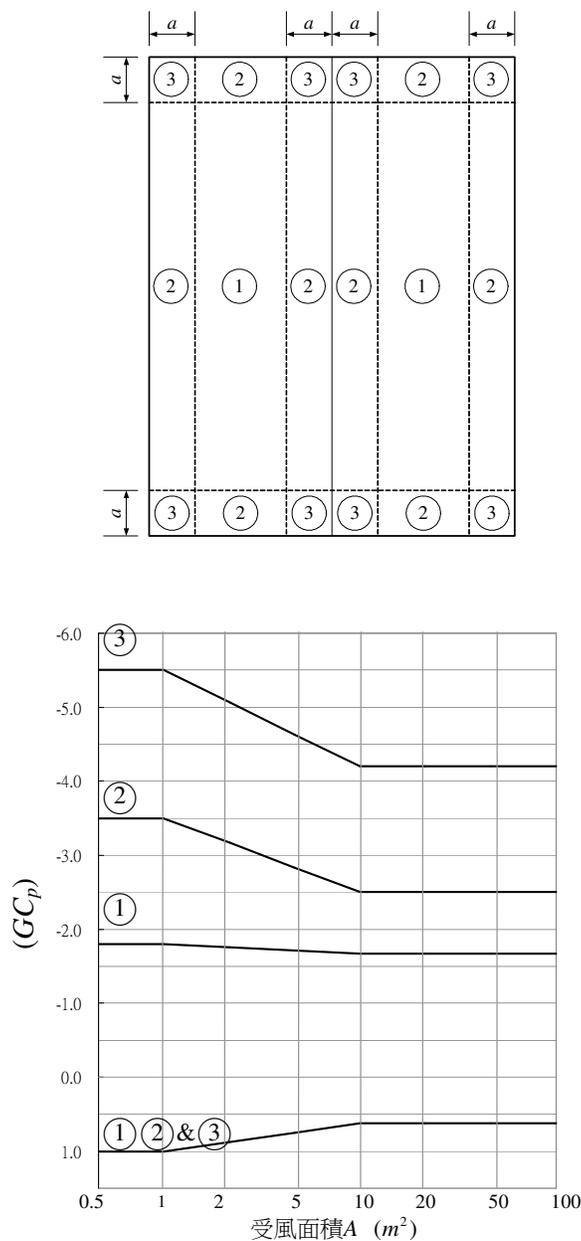
表 2.19 扭轉向共振因子,  $R_{TR}$

L/B	無因次風速, $V_h / f_i \sqrt{BL}$																		
	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.2	5.5	5.8	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10	10.5
0.20	0.0126	0.0203	0.0304	0.0431	0.0586	0.0519	0.0496	0.0465	0.0438	0.0422	0.0444	0.0466	0.0487	0.0508	0.0528	0.0548	0.0568	0.0587	0.0606
0.35	0.0121	0.0179	0.0249	0.0331	0.0426	0.0456	0.0467	0.0484	0.0501	0.0511	0.0579	0.0649	0.0721	0.0797	0.0875	0.0956	0.1039	0.1124	0.1212
0.50	0.0139	0.0202	0.0277	0.0364	0.0464	0.0518	0.0540	0.0573	0.0607	0.0628	0.0768	0.0926	0.1102	0.1298	0.1512	0.1747	0.2003	0.2279	0.2578
0.55	0.0148	0.0215	0.0294	0.0387	0.0492	0.0534	0.0551	0.0575	0.0600	0.0615	0.0760	0.0924	0.1109	0.1316	0.1545	0.1797	0.2073	0.2375	0.2702
0.60	0.0157	0.0229	0.0315	0.0414	0.0528	0.0571	0.0587	0.0612	0.0637	0.0652	0.0805	0.0978	0.1173	0.1391	0.1632	0.1897	0.2188	0.2505	0.2848
0.65	0.0168	0.0245	0.0338	0.0446	0.0570	0.0630	0.0653	0.0689	0.0724	0.0746	0.0913	0.1101	0.1311	0.1543	0.1799	0.2079	0.2383	0.2713	0.3070
0.70	0.0180	0.0264	0.0365	0.0484	0.0620	0.0701	0.0734	0.0784	0.0834	0.0866	0.1046	0.1247	0.1468	0.1710	0.1974	0.2260	0.2569	0.2900	0.3255
0.75	0.0192	0.0284	0.0395	0.0526	0.0678	0.0776	0.0816	0.0878	0.0940	0.0979	0.1167	0.1372	0.1595	0.1836	0.2096	0.2375	0.2673	0.2990	0.3326
0.80	0.0206	0.0307	0.0429	0.0575	0.0744	0.0851	0.0895	0.0962	0.1030	0.1073	0.1260	0.1461	0.1678	0.1910	0.2156	0.2418	0.2695	0.2987	0.3293
0.90	0.0237	0.0359	0.0510	0.0692	0.0905	0.1007	0.1047	0.1108	0.1169	0.1207	0.1381	0.1565	0.1758	0.1959	0.2170	0.2389	0.2617	0.2853	0.3097
1.00	0.0272	0.0421	0.0610	0.0841	0.1115	0.1184	0.1211	0.1250	0.1289	0.1312	0.1472	0.1637	0.1807	0.1982	0.2161	0.2346	0.2535	0.2728	0.2925
1.10	0.0259	0.0410	0.0607	0.0851	0.1147	0.1158	0.1162	0.1168	0.1173	0.1177	0.1299	0.1425	0.1552	0.1682	0.1813	0.1947	0.2082	0.2219	0.2357
1.20	0.0250	0.0407	0.0616	0.0882	0.1210	0.1161	0.1143	0.1118	0.1095	0.1082	0.1181	0.1281	0.1382	0.1483	0.1585	0.1687	0.1791	0.1894	0.1998
1.35	0.0242	0.0414	0.0652	0.0965	0.1364	0.1215	0.1164	0.1094	0.1032	0.0996	0.1074	0.1151	0.1228	0.1305	0.1382	0.1458	0.1534	0.1610	0.1685
1.50	0.0241	0.0433	0.0712	0.1095	0.1601	0.1324	0.1234	0.1115	0.1014	0.0957	0.1023	0.1087	0.1152	0.1215	0.1278	0.1340	0.1401	0.1462	0.1522
1.60	0.0242	0.0451	0.0766	0.1210	0.1811	0.1427	0.1306	0.1150	0.1020	0.0948	0.1009	0.1069	0.1127	0.1185	0.1242	0.1298	0.1354	0.1408	0.1463
1.70	0.0244	0.0473	0.0830	0.1348	0.2069	0.1553	0.1396	0.1198	0.1037	0.0950	0.1008	0.1063	0.1118	0.1172	0.1225	0.1277	0.1328	0.1379	0.1429
1.80	0.0247	0.0499	0.0903	0.1510	0.2378	0.1702	0.1503	0.1258	0.1063	0.0961	0.1016	0.1069	0.1121	0.1172	0.1222	0.1272	0.1320	0.1368	0.1415
1.90	0.0250	0.0525	0.0984	0.1694	0.2735	0.1872	0.1626	0.1329	0.1097	0.0978	0.1031	0.1083	0.1133	0.1183	0.1231	0.1278	0.1325	0.1370	0.1415
2.00	0.0253	0.0552	0.1068	0.1892	0.3134	0.2058	0.1759	0.1406	0.1138	0.1002	0.1054	0.1104	0.1153	0.1202	0.1249	0.1295	0.1340	0.1384	0.1427
2.10	0.0255	0.0577	0.1152	0.2097	0.3556	0.2252	0.1899	0.1489	0.1183	0.1030	0.1081	0.1132	0.1180	0.1228	0.1274	0.1319	0.1363	0.1407	0.1449
2.20	0.0255	0.0598	0.1229	0.2293	0.3976	0.2444	0.2039	0.1574	0.1232	0.1063	0.1114	0.1164	0.1213	0.1260	0.1306	0.1351	0.1394	0.1437	0.1479
2.30	0.0254	0.0613	0.1292	0.2465	0.4358	0.2623	0.2171	0.1657	0.1283	0.1100	0.1152	0.1202	0.1250	0.1297	0.1343	0.1388	0.1432	0.1475	0.1517
2.40	0.0250	0.0621	0.1337	0.2598	0.4669	0.2777	0.2288	0.1735	0.1336	0.1141	0.1193	0.1244	0.1293	0.1340	0.1386	0.1431	0.1475	0.1518	0.1560
2.50	0.0246	0.0621	0.1359	0.2679	0.4876	0.2895	0.2384	0.1806	0.1388	0.1185	0.1238	0.1290	0.1339	0.1387	0.1434	0.1479	0.1524	0.1567	0.1609
2.60	0.0240	0.0614	0.1359	0.2705	0.4966	0.2971	0.2454	0.1867	0.1441	0.1233	0.1287	0.1339	0.1390	0.1438	0.1486	0.1532	0.1577	0.1621	0.1664
2.70	0.0233	0.0601	0.1339	0.2678	0.4937	0.3005	0.2498	0.1918	0.1493	0.1284	0.1340	0.1393	0.1444	0.1494	0.1542	0.1589	0.1635	0.1679	0.1723
2.80	0.0227	0.0585	0.1303	0.2607	0.4806	0.3000	0.2517	0.1958	0.1544	0.1339	0.1395	0.1450	0.1502	0.1553	0.1602	0.1650	0.1697	0.1742	0.1787
2.90	0.0222	0.0568	0.1258	0.2504	0.4596	0.2962	0.2515	0.1990	0.1595	0.1396	0.1454	0.1510	0.1564	0.1616	0.1666	0.1715	0.1763	0.1809	0.1855
3.00	0.0218	0.0551	0.1207	0.2380	0.4334	0.2899	0.2496	0.2015	0.1645	0.1457	0.1516	0.1573	0.1629	0.1682	0.1734	0.1784	0.1833	0.1881	0.1927
3.25	0.0214	0.0514	0.1077	0.2045	0.3601	0.2682	0.2404	0.2055	0.1772	0.1620	0.1685	0.1746	0.1806	0.1863	0.1919	0.1973	0.2025	0.2076	0.2126
3.50	0.0218	0.0489	0.0965	0.1741	0.2930	0.2449	0.2291	0.2083	0.1903	0.1802	0.1872	0.1939	0.2003	0.2065	0.2125	0.2184	0.2240	0.2295	0.2349
3.75	0.0230	0.0476	0.0882	0.1504	0.2407	0.2249	0.2193	0.2115	0.2044	0.2003	0.2079	0.2151	0.2221	0.2289	0.2354	0.2417	0.2478	0.2538	0.2596
4.00	0.0248	0.0476	0.0828	0.1336	0.2038	0.2104	0.2129	0.2165	0.2200	0.2221	0.2304	0.2383	0.2459	0.2533	0.2604	0.2672	0.2739	0.2804	0.2867
4.50	0.0304	0.0514	0.0801	0.1175	0.1648	0.1982	0.2122	0.2340	0.2568	0.2715	0.2813	0.2908	0.2998	0.3085	0.3169	0.3251	0.3330	0.3406	0.3481
5.00	0.0393	0.0602	0.0863	0.1179	0.1553	0.2047	0.2269	0.2629	0.3023	0.3287	0.3404	0.3515	0.3622	0.3726	0.3825	0.3922	0.4015	0.4106	0.4194



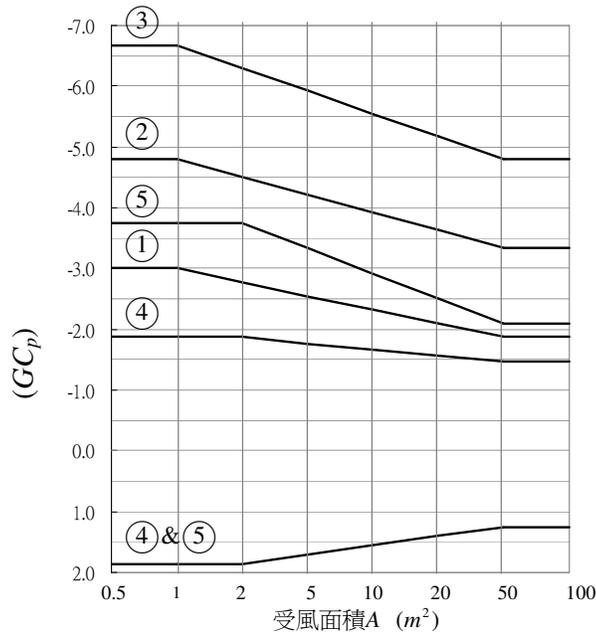
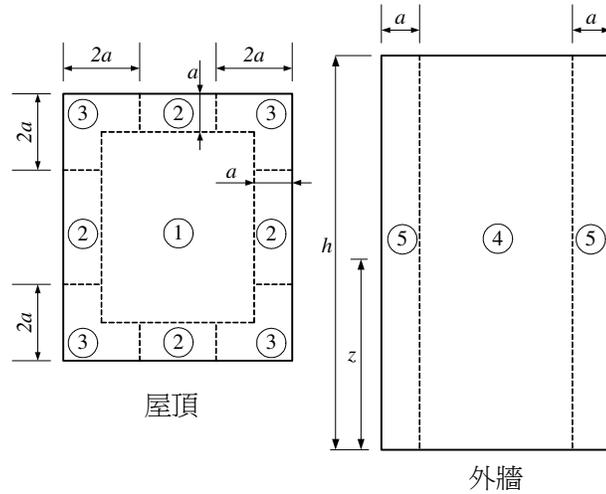
- 註：1. 當  $\theta \leq 10^\circ$  時，牆之外風壓係數將可降低 10%。
2. 正值，表示壓力指向表面作用；負號則表示壓力遠離表面作用。
3. 每個部份應依最大正負壓力設計之。
4.  $a$ ：取  $0.4h$  或最小寬度的 10%，兩者中較小者。但  $a$  不能小於 0.9 m 或最小寬度的 4%。

圖 3.1(a) 外牆外風壓係數 ( $h \leq 18$  m 封閉式或部份封閉式建築物之局部構件及外部被覆物)



- 註：1. 正值，表示壓力指向表面作用；負號則表示壓力遠離表面作用。
2. 每個部份應依最大正負壓力設計之。
3.  $a$ ：取  $0.4 h$  或最小寬度的 10%，兩者中較小者。但  $a$  不能小於  $0.9 \text{ m}$  或最小寬度的 4%。

圖 3.1(c)  $7^\circ < \theta \leq 27^\circ$  屋頂外風壓係數 ( $h \leq 18 \text{ m}$  封閉式或部份封閉式建築物之局部構件及外部被覆物)



- 註：1. 每個部份應依最大正負壓力設計之。  
 2. 若有高於 0.9 m 之女兒牆圍於屋頂四周，且  $\theta \leq 10^\circ$ ，則③區可納入②區處理。  
 3. 正值，表示壓力指向表面作用；負號則表示壓力遠離表面作用。  
 4.  $a$ ：最小寬度的 10%，但不小於 0.9 m。  
 5. 若  $\theta > 10^\circ$ ，則設計屋頂所用之  $(GC_p)$  由圖 3.1(c) 或圖 3.1(d) 決定。

圖 3.2 外牆與屋頂外風壓係數 ( $h > 18$  m 封閉式或部份封閉式建築物之局部構件及外部被覆物)

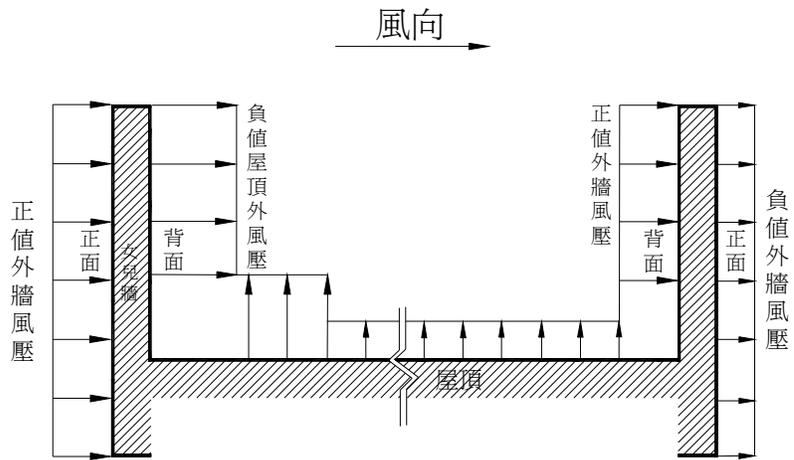


圖 3.3 建築物屋頂女兒牆外風壓分布示意圖



## 參考書目

### 中文部份

內政部營建署，「建築物耐風設計規範及解說」，2007。

### 英文部份

American Society of Civil Engineers, “Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures,” ASCE 7-02.

Mehta, K. C., Marshall, R.D., and Perry, D. C., “Guide to the use of the wind load provisions (formerly ANSI A58.1),” ASCE, 1991.

Simiu, E., and Scanlan, R.H., “Wind effects on structures : Fundamentals and Applications to Design.” John Wiley & Sons, 1996.

建築物耐風設計規範示範例研擬與解說

出版機關：內政部建築研究所

電話：(02) 89127890

地址：台北縣新店市北新路三段 200 號 13 樓

網址：<http://www.abri.gov.tw>

編者：李玉生、陳瑞華、鄭啟明、陳正平、曹源暉、高士哲

出版年月：96 年 12 月

版(刷)次：初版

工本費：

GPN：

ISBN：978-986-01-2955-7