

建築物耐風設計規範及解說技術手冊研擬

內政部建築研究所委託研究報告

104

年度

建築物耐風設計規範及解說 技術手冊研擬

內政部建築研究所委託研究報告

中華民國 104 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

PG10401-0545

建築物耐風設計規範及解說 技術手冊研擬

受委託者： 國立臺灣科技大學

研究主持人： 陳瑞華

協同主持人： 高士哲

研究助理： 楊晉、余晟驥、吳宜芳、

劉尚豪

內政部建築研究所委託研究報告

中華民國 104 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

目次

表次	V
圖次	VII
摘要	IX
第一章 緒論	1
第一節 研究緣起與背景.....	1
第二節 研究內容與步驟.....	1
第三節 本文章節架構.....	2
第二章 104 年版耐風規範增修部分之介紹.....	5
第三章 主要風力抵抗系統耐風設計流程圖之建立	9
第一節 設計情況.....	9
第二節 各設計情況風力計算流程圖.....	11
第三節 耐風結構反應計算與檢核流程圖	19
第四節 主要風力抵抗系統耐風設計流程圖.....	20
第四章 局部構材及外部被覆物耐風設計流程圖之建立.....	39
第一節 高度不超過 18 公尺建築物局部構材耐風設計流程圖	39
第二節 高度超過 18 公尺建築物局部構材耐風設計流程圖	40
第三節 開放式建築物之斜屋頂局部構材耐風設計流程圖.....	41
第五章 高寬比 3 至 6 柔性建築物主要風力抵抗系統耐風設計示範例	49
第一節 建築物資料與工址風環境.....	50
第二節 風垂直吹向 AB 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力	51
第三節 風垂直吹向 BC 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力	59
第四節 風垂直吹向 CD 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力.....	60
第五節 風垂直吹向 DA 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力.....	61
第六節 耐風結構反應之計算與檢核.....	61
第七節 比較 104 年版規範與 96 年版規範所計算設計風力及 50 年回歸期風力	65

第八節 比較 104 年版規範與 96 年版規範所計算半年回歸期風力	66
第九節 探討懸崖地形對風力之影響	67
第六章 高寬比 3 至 6 普通建築物主要風力抵抗系統耐風設計示範例	85
第一節 建築物資料與工址風環境	86
第二節 風垂直吹向 AB 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力	87
第三節 風垂直吹向 BC 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力	89
第四節 風垂直吹向 CD 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力	90
第五節 風垂直吹向 DA 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力	91
第六節 耐風結構反應之計算與檢核	91
第七節 比較 104 年版規範與 96 年版規範所計算設計風力及 50 年回歸期風力	92
第八節 比較 104 年版規範與 96 年版規範所計算半年回歸期風力	93
第九節 探討懸崖地形對風力之影響	93
第七章 高寬比小於 3、普通且高度大於 18 公尺建築物主要風力抵抗系統耐風設計示範例	105
第一節 建築物資料與工址風環境	106
第二節 風垂直吹向 AB 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力	107
第三節 風垂直吹向 BC 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力	111
第四節 風垂直吹向 CD 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力	111
第五節 風垂直吹向 DA 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力	112
第六節 結構耐風反應之計算與檢核	113
第八章 高寬比小於 3 柔性建築物主要風力抵抗系統耐風設計示範例	119
第一節 建築物資料與工址風環境	120
第二節 風垂直吹向 AB 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力	121
第三節 風垂直吹向 BC 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力	124
第四節 風垂直吹向 CD 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力	124
第五節 風垂直吹向 DA 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力	125

第六節 結構耐風反應之計算與檢核.....	125
第九章 高寬比小於 3、普通且高度小於等於 18 公尺建築物主要風力抵抗系統耐風設計 示範例.....	131
第一節 建築物資料與工址風環境.....	132
第二節 風垂直吹向 AB 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力	133
第三節 風垂直吹向 BC 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力	135
第四節 風垂直吹向 CD 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力	136
第五節 風垂直吹向 DA 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力	136
第六節 結構耐風反應之計算與檢核.....	136
第七節 以第四類設計情況計算風力並與第六節所用的風力作比較.....	138
第十章 開放式建築物主要風力抵抗系統耐風設計示範例	141
第一節 建築物資料與工址風環境.....	142
第二節 風垂直吹向 AB 牆面之風力	143
第三節 風垂直吹向 BC 牆面之風力	146
第四節 風傾斜吹向塔面之風力	148
第五節 結構耐風反應之計算與檢核.....	148
第十一章 高度不超過 18 公尺建築物局部構材耐風設計示範例.....	155
第一節 建築物資料與工址風環境.....	156
第二節 有效受風面積及相對應的外風壓係數之計算.....	157
第三節 局部構材及外部被覆物設計風壓之計算	157
第四節 最大設計正風壓與負風壓之選取	162
第五節 局部構材及外部被覆物耐風強度之檢核	162
第十二章 高度超過 18 公尺建築物局部構材耐風設計示範例.....	167
第一節 建築物資料與工址風環境.....	168
第二節 有效受風面積及相對應的外風壓係數之計算.....	168
第三節 局部構材及外部被覆物設計風壓之計算	169
第四節 最大設計正風壓與負風壓之選取	173

第五節 局部構材及外部被覆物耐風強度之檢核	174
第十三章 開放式建築物之斜屋頂局部構材耐風設計示範例	181
第一節 建築物資料與工址風環境.....	182
第二節 有效受風面積及相對應的淨風壓係數之計算.....	183
第三節 局部構材及外部被覆物設計風壓之計算	183
第四節 最大設計正風壓與負風壓之選取	187
第五節 局部構材及外部被覆物耐風強度之檢核	187
第十四章 結論與建議	191
第一節 結論	191
第二節 建議	194
附錄一 104 年版規範與 96 年版規範本文內容修訂對照表	197
附錄二 104 年版規範與 96 年版規範解說文字修訂對照表	217
附錄三 期初審查意見及回應一覽表.....	245
附錄四 第一次工作會議記錄	247
附錄五 期中審查意見及回應一覽表.....	249
附錄六 專家諮詢會議及回應一覽表.....	257
附錄七 期末審查意見及回應一覽表.....	261
附錄八 建築物耐風設計技術手冊.....	269
參考書目	433

表次

表 3-1 本文中流程圖所用符號的名稱與意義.....	21
表 5-1 建築物資料與工址風環境 (例 1).....	50
表 5-2 風吹向 AB 牆面之設計風力(例 1).....	72
表 5-3 風吹向 AB 牆面之半年回歸期共振部分風力(例 1).....	73
表 5-4 風吹向 BC 牆面之設計風力(例 1).....	74
表 5-5 風吹向 BC 牆面之半年回歸期共振部分風力(例 1).....	75
表 5-6 風吹向 CD 牆面之設計風力(例 1).....	76
表 5-7 風吹向 CD 牆面之半年回歸期共振部分風力(例 1).....	77
表 5-8 總層間變位角 (例 1).....	78
表 5-9 風吹向 CD 牆面之設計風力(例 1-懸崖地形).....	79
表 5-10 風吹向 CD 牆面之半年回歸期共振部分風力(例 1-懸崖地形).....	80
表 6-1 建築物資料與工址風環境 (例 2).....	86
表 6-2 風吹向 AB 牆面之設計風力(例 2).....	97
表 6-3 風吹向 AB 牆面之半年回歸期共振部分風力(例 2).....	98
表 6-4 風吹向 BC 牆面之設計風力(例 2).....	99
表 6-5 風垂直吹向 BC 牆面之半年回歸期共振部分風力(例 2).....	100
表 6-6 風吹向 CD 牆面之設計風力(例 2).....	101
表 6-7 風吹向 CD 牆面之半年回歸期共振部分風力(例 2).....	102
表 6-8 風吹向 CD 牆面之設計風力(例 2-懸崖地形).....	103
表 6-9 風吹向 CD 牆面之半年回歸期共振部分風力(例 2-懸崖地形).....	104
表 7-1 建築物資料與工址風環境 (例 3).....	106
表 7-2 風吹向 AB 牆面之設計風力(例 3).....	116
表 7-3 風吹向 CD 牆面之設計風力(例 3).....	116
表 7-4 扭轉向風力(例 3).....	117
表 8-1 建築物資料與工址風環境 (例 4).....	120
表 8-2 風吹向 AB 牆面之設計風力(例 4).....	127
表 8-3 風吹向 CD 牆面之設計風力(例 4).....	128
表 8-4 扭轉向風力(例 4).....	129
表 9-1 建築物資料與工址風環境 (例 5).....	132
表 9-2 風吹向 AB 牆面之設計風力(例 5).....	140
表 9-3 扭轉風力(例 5).....	140
表 9-4 風吹向 AB 牆面之設計風力(例 5-使用規範 2.2 節~2.11 節).....	140
表 10-1 建築物資料與工址風環境 (例 6).....	142
表 10-2 鐵塔各層頂端離地高度 z_{A_c} 與對應的受風作用特徵面積 A_c	150
表 10-3 風垂直吹向 AB 牆面之風力.....	150

表 10-4 風垂直吹向 BC 牆面之風力	150
表 10-5 風傾斜吹向塔面之風力	151
表 11-1 建築物資料與工址風環境 (局例 1).....	156
表 11-2 外牆與屋頂外風壓係數(局例 1).....	163
表 11-3 金屬浪板與繫件之設計正風壓與負風壓 kgf/m^2 (局例 1).....	163
表 11-4 金屬浪板與繫件之最大設計正負風壓 kgf/m^2 (局例 1)	163
表 12-1 建築物資料與工址風環境 (局例 2)	168
表 12-2 外牆外風壓係數(局例 2).....	175
表 12-3 AB 牆面玻璃帷幕牆單元與繫件之設計風壓 kgf/m^2 (局例 2).....	176
表 12-4 AB 牆面玻璃帷幕牆單元與繫件之最大設計正負風壓 kgf/m^2 (局例 2) ...	177
表 12-5 AB 牆面上方女兒牆正面看板與繫件之最大設計正負風壓 kgf/m^2 (局例 2)	178
表 13-1 建築物資料與工址風環境 (局例 3)	182
表 13-2 屋頂板、C 型鋼與繫件之設計正風壓與負風壓 kgf/m^2 (局例 3)	189
表 13-3 屋頂板、C 型鋼與繫件之最大設計正負風壓 kgf/m^2 (局例 3).....	189

圖次

圖 3-1 規則矩形柱體的俯視圖	22
圖 3-2 風垂直吹向 AB 牆面時，來風方向與牆面位置關係圖	22
圖 3-3 主要風力抵抗系統耐風設計概念性流程圖	22
圖 3-4 主要風力抵抗系統設計情況判斷流程圖	23
圖 3-5 柔性建築物順風向風力計算流程圖	24
圖 3-6 建築物橫風向風力計算流程圖	25
圖 3-7 建築物扭轉向風力計算流程圖	25
圖 3-8 柔性建築物順風向半年回歸期共振部分風力計算流程圖	26
圖 3-9 建築物橫風向半年回歸期共振部分風力計算流程圖	26
圖 3-10 建築物扭轉向半年回歸期共振部分風力計算流程圖	27
圖 3-11 第一類設計情況風力計算流程圖	28
圖 3-12 普通建築物順風向風力計算流程圖	29
圖 3-13 普通建築物順風向半年回歸期共振部分風力計算流程圖	30
圖 3-14 第二類設計情況風力計算流程圖	31
圖 3-15 第三類設計情況風力計算流程圖	32
圖 3-16 第四類設計情況風力計算流程圖	33
圖 3-17 第五類設計情況風力計算流程圖	34
圖 3-18 第六類設計情況風力計算流程圖	35
圖 3-19 第三類、第四類或第五類設計情況扭轉向風力計算流程圖	36
圖 3-20 耐風結構反應計算流程圖	37
圖 3-21 主要風力抵抗系統耐風設計主流程圖	38
圖 5-1 例 1 建築物的示意圖 (單位:公尺)	81
圖 5-2 g_L 或 g_T 隨頻率的變化圖	82
圖 5-3 β 隨 L/B 的變化圖	82
圖 5-4 例 1 建築物 CD 牆面上風側懸崖示意圖 (單位:公尺)	83
圖 10-1 方形鐵塔任一牆面的立面示意圖 單位(公尺)	151
圖 10-2 鐵塔底部平面示意圖 單位(公尺)	151
圖 10-3 離地 2.5m 平面示意圖 單位(公尺)	151
圖 10-4 離地 5m 平面示意圖 單位(公尺)	152
圖 10-5 離地 7.5m 平面示意圖 單位(公尺)	152
圖 10-6 離地 10m 平面示意圖 單位(公尺)	152
圖 10-7 離地 12.5m 平面示意圖 單位(公尺)	152
圖 10-8 離地 15m、17.5m 與 20m 平面示意圖 單位(公尺)	152
圖 10-9 鐵塔 BC 牆面與 DA 牆面上風側地形立面示意圖 單位(公尺)	153

圖 11-1 廠房建築物示意圖 (單位:公尺).....	164
圖 11-2 規範圖 3.1(A)外牆分區示意圖.....	164
圖 11-3 規範圖 3.1(B)屋頂分區示意圖.....	165
圖 12-1 玻璃帷幕牆單元與繫件，以及實心女兒牆正面看板與繫件位置示意圖	179
圖 12-2 規範圖 3.2 外牆分區示意圖.....	180
圖 13-1 雙斜屋頂之開放式建築物示意圖 (單位:公尺).....	189
圖 13-2 規範圖 3.3(B)屋頂分區示意圖.....	190

摘要

關鍵詞：耐風設計規範；技術手冊；設計風壓；示範例

一、研究緣起

舊版「建築物耐風設計規範及解說」於民國 95 年 9 月頒佈，並自民國 96 年 1 月 1 日起施行(以下簡稱 96 年版規範)。之後依據產官學各方面之共同努力修訂，已於民國 103 年 6 月 12 日修正頒佈新版「建築物耐風設計規範及解說」，並自民國 104 年 1 月 1 日起施行(以下簡稱 104 年版規範)。104 年版規範包括許多對 96 年版規範之修改與增訂，為使 104 年版規範施行後，業界能充分掌握規範精神，並正確使用 104 年版規範作耐風設計，減少錯誤判斷與應用，實有必要針對臺灣建築條件與環境，研擬建築物耐風設計技術手冊，供業界於規劃設計時之參考。

二、研究方法及過程

本研究將首先介紹 104 年版規範修改及增訂部份，分析 104 年版規範的修改及增訂部份對設計者的影響(詳示範例)。再根據 104 年版規範第二章到第四章，對主要風力抵抗系統及外部被覆物，分別建立不同設計情況下規範所允許之設計步驟，並建立耐風設計流程圖。其次，針對各種常見設計情況，分別擬定耐風設計示範例，使用所建立的耐風設計流程圖，詳細計算其主要抗風結構系統及外部被覆物之設計風壓(或風力)；說明如何組合各風向載重之耐風結構效應，以作層間變位角和最高居室樓層角隅側向加速度之檢核；並比較使用規範所允許之不同設計公式所造成結果之差異。最後依據前述研究內容，完成耐風設計技術手冊，以利設計者參採應用。

本研究主要是根據 104 年版規範，計算獨立矩形柱狀建築之設計風壓(或風力)，以供設計者應用。所考慮之設計情況，將涵蓋不同之建築用途(重要性)、建築動力特性(自然頻率及阻尼比)、建築尺寸(高度、高寬比、長寬比)及建築封閉性(封閉式、部分封閉式或開放式)、在不同週遭地況及地形(無特殊地形、山丘、山脊或懸崖)下，根據耐風設計規範第二章「建築物設計風力之計算」、第三章「局部構材及外部被覆物之設計風壓」與第四章「建築物層間變位角與最高居室樓層側向加速度之控制」所允許之設計公式或圖表，依每一來風方向，分別計算其主要抗風結構系統、局部構材及外部被覆物之設計風壓(或風力)，並說明如何組合各風向載重之結構效應及檢核層間變位角與最高居室樓層角隅之側向振動加速度。在計算過程中，將適時解釋各符號或專有名詞之意義，並註明注意事項。

三、重要發現

本研究案的具體成果如下：

(1) 104 年版耐風規範增修部分之介紹

逐一分別條列 104 年版規範各章中增訂與修改的項目，而各項目增修前後的内容對照表請詳附錄一與附錄二。

(2) 主要風力抵抗系統耐風設計流程圖之建立

根據 104 年版規範第二章與第四章，針對近似規則矩形柱體的建築物，建立主要風力抵抗系統耐風設計流程圖。此建築物的主要風力抵抗系統耐風設計概念上分為 3 部分：第一部分為蒐集建築物資料與工址風環境；第二部分為根據來風方向，判斷主要風力抵抗系統設計情況，並計算對應風力，其中，設計情況分為 6 類；第三部分為耐風結構反應計算與檢核。依序串聯上述每個部分所建立的流程圖，建立主要風力抵抗系統耐風設計流程圖，供耐風設計之用。

(3) 局部構材及外部被覆物耐風設計流程圖之建立

根據 104 年版規範第三章，建立局部構材及外部被覆物耐風設計流程圖。局部構材及外部被覆物耐風設計考慮 3 種情況：高度不超過 18 公尺封閉式或部分封閉式建築物；高度超過 18 公尺封閉式或部分封閉式建築物；開放式建築物之斜屋頂。針對這 3 種情況，分別建立耐風設計流程圖，供耐風設計之用。

(4) 高寬比 3 至 6 柔性建築物主要風力抵抗系統耐風設計示範例

擬定一棟高寬比 3 至 6 柔性建築物，根據重要發現(2)，執行其主要風力抵抗系統耐風設計，並比較 104 年版規範與 96 年版規範公式所計算風力，以及探討懸崖地形對該棟建築物風力的影響。

(5) 高寬比 3 至 6 普通建築物主要風力抵抗系統耐風設計示範例

擬定一棟高寬比 3 至 6 普通建築物，根據重要發現(2)，執行其主要風力抵抗系統耐風設計，並比較 104 年版規範與 96 年版規範公式所計算風力，以及探討懸崖地形對該棟建築物風力的影響。

(6) 高寬比小於 3、普通且高度大於 18 公尺建築物主要風力抵抗系統耐風設計
示範例

擬定一棟高寬比小於 3、普通且高度大於 18 公尺建築物，根據重要發現(2)，執行其主要風力抵抗系統耐風設計。

(7) 高寬比小於 3 柔性建築物主要風力抵抗系統耐風設計示範例

擬定一棟高寬比小於 3 柔性建築物，根據重要發現(2)，執行其主要風力抵抗系統耐風設計。

(8) 高寬比小於 3、普通且高度小於等於 18 公尺建築物主要風力抵抗系統耐風
設計示範例

擬定一棟屬於規範 2.13 節定義的建築物，根據重要發現(2)，執行其主要風力抵抗系統耐風設計，分別使用規範 2.13 節公式及 2.2 節~2.11 節公式計算風力，並比較差異。

(9) 開放式建築物主要風力抵抗系統耐風設計示範例

擬定一棟為獨立鐵塔，根據重要發現(2)，執行其主要風力抵抗系統耐風設計。

(10) 高度不超過 18 公尺建築物局部構材耐風設計示範例

擬定一棟高度不超過 18 公尺的建築物，其外部被覆物有金屬浪板，局部構材有繫件，根據重要發現(3)，執行局部構材及外部被覆物耐風設計。

(11) 高度超過 18 公尺建築物局部構材耐風設計示範例

擬定一棟高度超過 18 公尺的建築物，其外部被覆物有玻璃帷幕牆和女兒牆正面(或朝外)看板，局部構材有帷幕牆的繫件和看板的繫件，根據重要發現(3)，執行局部構材及外部被覆物耐風設計。

(12) 開放式建築物之斜屋頂局部構材耐風設計示範例

擬定一開放式建築物之斜屋頂，其外部被覆物有屋頂版，局部構材有 C 型鋼與繫件，根據重要發現(3)，執行局部構材及外部被覆物耐風設計。

(13) 耐風技術手冊

綜合重要發現(2)~(12)，同時增加手冊編撰目的、適用範圍與基本名詞定義，來編著耐風技術手冊。手冊內容主要包含手冊導覽、主要風力抵抗系統耐風設計流程圖、局部構材及外部被覆物耐風設計流程圖、6 類主要風力抵抗系統設計情況耐風設計示範例、3 種情況的局部構材及外部被覆物耐風設計示範例。耐風設計技術手冊詳附錄七。

四、 主要建議事項

根據重要發現，本研究針對建築物耐風設計規範及解說技術手冊研擬，提出下列建議事項

建議一

建築物耐風設計技術手冊之推廣：立即可行之建議

主辦機關：內政部營建署、內政部建築研究所

協辦機關：中華民國全國建築師公會、中華民國結構工程技師公會全國聯合會、中華民國土木技師公會全國聯合會、社團法人中華民國風工程學會

建議將本研究所提的建築物耐風設計技術手冊納入為政府出版品，並適時舉辦講習會及提供電子檔，協助使用者能正確使用 104 年版耐風設計規範。

建議二

耐風設計程式之發展：立即可行之建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部營建署、中華民國全國建築師公會、中華民國結構工程技師公會全國聯合會、中華民國土木技師公會全國聯合會、社團法人中華民國風工程學會

由於業界反應對於規範應用應更予簡化，對於近似規則矩形柱體的建築物，如能發展其主要風力抵抗系統與局部構材及外部被覆物耐風設計程式，使設計者可輸入建築物資料與工址風環境，分別計算並輸出主要風力抵抗系統與局部構材及外部被覆物的設計風壓(或風力)，以利快速計算風壓(或風力)。

建議三

未來於規範中納入更多不同形狀之風壓係數或風力係數：中長期建議

主辦機關：內政部建築研究所、社團法人中華民國風工程學會

協辦機關：中華民國全國建築師公會、中華民國結構工程技師公會全國聯合會、中華民國土木技師公會全國聯合會

目前規範已針對獨立且近似規則矩形建築物，提供保守公式進行耐風設計。建議未來根據國內外相關之耐風設計規定或成熟的研究成果，以及調查探訪業界實務需求，納入更多不同形狀之風壓係數或風力係數。

ABSTRACT

Keywords : Wind-resistant Design Code; Technical Manual; Design Wind Pressure; Demonstration Example

The new version of “Taiwan building wind-resistant design code” has become effective since 1/1/2015. This project develops a technical manual for the new design code to help the engineers adopt the updated design code correctly. Flowcharts for determining the design wind pressures (or forces) of Major Wind-Resistant Systems (MWRS) and those of Components and Claddings (C&C) are provided respectively under various design scenarios. The detailed step-by-step computations are illustrated by several demonstration examples.

This study shows first the changes to the wind load provisions of the new design code and analyzes their effects on the design wind pressures (or forces) in demonstration examples. Design procedures and the corresponding flowcharts of various design scenarios for determining the design wind pressures (or forces) of MWRS and those of C&C are established based on the chapter 2 to chapter 4 of the new design code. A demonstration example is set up for each design scenario, and the associated design wind pressures (or forces) are computed in details based on the established flowcharts. The procedures for verifying the interstory drifts and top floor accelerations are also exemplified. Finally, a technical manual for the new design code is completed based on previous results.

The following results are derived based on this study

1. An introduction to the changes to the wind load provisions of the new design code
2. Flowcharts for determining the design wind pressures of MWRS, and verifying the interstory drifts and top floor accelerations
3. Flowcharts for determining the design wind pressures of C&C
4. A demonstration example for MWRS of a flexible building with an aspect ratio between 3 and 6
5. A demonstration example for MWRS of a rigid building with an aspect ratio between 3 and 6
6. A demonstration example for MWRS of a rigid building with an aspect ratio less than 3 and a height exceeding 18 meters
7. A demonstration example for MWRS of a flexible building with an aspect ratio less than 3
8. A demonstration example for MWRS of a rigid building with an aspect ratio less than 3 and a height less than or equal to 18 meters

9. A demonstration example for MWRS of a open building
10. A demonstration example for C&C of a building with a height less than or equal to 18 meters
11. A demonstration example for C&C of a building with a height exceeding 18 meters
12. A demonstration example for C&C of a open building with a pitched free roof
13. A technical manual for the new design code

第一章 緒論

第一節 研究緣起與背景

壹、 研究緣起

舊版「建築物耐風設計規範及解說」於民國 95 年 9 月頒佈，並自民國 96 年 1 月 1 日起施行(以下簡稱 96 年版規範)。之後依據產官學各方面之共同努力修訂，已於民國 103 年 6 月 12 日修正頒佈新版「建築物耐風設計規範及解說」，並自民國 104 年 1 月 1 日起施行(以下簡稱 104 年版規範)。104 年版規範包括許多對 96 年版規範之修改與增訂，為使 104 年版規範施行後，業界能充分掌握規範精神，並正確使用 104 年版規範作耐風設計，減少錯誤判斷與應用，實有必要針對臺灣建築條件與環境，研擬建築構造物耐風設計規範技術手冊，供業界於規劃設計時之參考。

貳、 預期目標

1. 研擬耐風設計規範技術手冊，使設計者能正確使用 104 年版耐風規範。
2. 對主要風力抵抗系統及外部被覆物，分別建立不同設計情況下，規範所允許之耐風設計流程圖。
3. 針對各種常見設計情況，分別研擬設計風壓或風力之計算示範例，供設計者參考採用。

第二節 研究內容與步驟

壹、 研究內容

本研究將首先介紹 104 年版規範的修改及增訂部份，分析修改及增訂部份對設計者的影響(詳示範例)。再根據 104 年版規範第二章到第四章，對主要風力抵抗系統及外部被覆物，分別建立不同設計情況下規範所允許之設計步驟，並建立耐風設計流程圖。其次，針對各種常見設計情況，分別擬定耐風設計示範例，使用所建立的耐風設計流程圖，詳細計算其主要抗風結構系統及外部被覆物之設計

風壓(或風力)；說明如何組合各風向載重之耐風結構效應，以作層間變位角和最高居室樓層角隅側向加速度之檢核；並比較使用規範所允許之不同設計公式所造成結果之差異。最後依據前述研究內容，完成耐風設計技術手冊，以利設計者參採應用。

貳、 研究步驟

1. 介紹 104 年版規範的增修部份，分析增修部分對設計者的影響。
2. 針對主要風力抵抗系統及外部被覆物，分別擬訂不同設計情況。
3. 建立不同設計情況下，規範所允許之詳細計算步驟及簡化計算步驟，並建立耐風設計流程圖。
4. 針對各種常見設計情況，分別擬定耐風設計計算示範例；並比較使用規範原公式及簡化公式所造成結果之差異。
5. 舉辦專家座談。
6. 完成耐風設計技術手冊。

第三節 本文章節架構

根據研究內容與步驟，本文擬定下列各章，而各章內容逐次說明如下。

第二章 104 年版規範增修部分之介紹

第三章 主要風力抵抗系統耐風設計流程圖之建立：根據 104 年版規範第二章與第四章，針對近似規則矩形柱體建築物，擬訂 6 類設計情況，建立各類設計情況下規範所允許之設計步驟，並建立耐風設計流程圖。

第四章 局部構材及外部被覆物耐風設計流程圖之建立：根據 104 年版規範第三章，考慮 3 種情況，分別建立規範所允許之設計步驟，並建立耐風設計流程圖。

第五章 高寬比 3 至 6 柔性建築物主要風力抵抗系統耐風設計示範例：擬定一棟高寬比 3 至 6 柔性建築物，根據第三章所建立的主要風力抵抗系統耐風設計流程圖，執行其主要風力抵抗系統耐風設計，並分別探討規範原公式及簡化公式、104 年版規範與 96 年版規範公式，以及懸崖地形對該棟建築物風力的影響。

第六章 高寬比 3 至 6 普通建築物主要風力抵抗系統耐風設計示範例：擬定一棟高寬比 3 至 6 普通建築物，根據第三章所建立的主要風力抵抗系統耐風設計流程圖，執行其主要風力抵抗系統耐風設計，並分別探討規範原公式及簡化公式、104 年版規範與 96 年版規範公式，以及懸崖地形對該棟建築物風力的影響。

第七章 高寬比小於 3、普通且高度大於 18 公尺建築物主要風力抵抗系統耐風設計示範例：擬定一棟高寬比小於 3、普通且高度大於 18 公尺建築物，根據第三章所建立的主要風力抵抗系統耐風設計流程圖，執行其主要風力抵抗系統耐風設計。

第八章 高寬比小於 3 柔性建築物主要風力抵抗系統耐風設計示範例：擬定一棟高寬比小於 3 柔性建築物，根據第三章所建立的主要風力抵抗系統耐風設計流程圖，執行其主要風力抵抗系統耐風設計。

第九章 高寬比小於 3、普通且高度小於等於 18 公尺建築物主要風力抵抗系統耐風設計示範例：擬定一棟屬於規範 2.13 節定義的建築物，根據第三章所建立的主要風力抵抗系統耐風設計流程圖，執行其主要風力抵抗系統耐風設計，分別使用規範 2.13 節公式及 2.2 節~2.11 節公式計算風力，並比較差異。

第十章 開放式建築物主要風力抵抗系統耐風設計示範例：擬定一棟獨立鐵塔，根據第三章所建立的主要風力抵抗系統耐風設計流程圖，執行其主要風力抵抗系統耐風設計。

第十一章 高度不超過 18 公尺建築物局部構材耐風設計示範例：擬定一棟高度不超過 18 公尺的建築物，其外部被覆物有金屬浪板，局部構材有繫件，根據第四章所建立的局部構材及外部被覆物耐風設計流程圖，執行局部構材及外部被覆物耐風設計。

第十二章 高度超過 18 公尺建築物局部構材耐風設計示範例：擬定一棟高度超過 18 公尺的建築物，其外部被覆物有玻璃帷幕牆和女兒牆正面(或朝外)看板，局部構材有帷幕牆的繫件和看板的繫件，根據第四章所建立的局部構材及外部被覆物耐風設計流程圖，執行局部構材及外部被覆物耐風設計。

第十三章 開放式建築物之斜屋頂局部構材耐風設計示範例：擬定一開放式建築物之斜屋頂，其外部被覆物有屋頂版，局部構材有 C 型鋼與繫件，根據第四章所建立的局部構材及外部被覆物耐風設計流程圖，執行局部構材及外部被覆物耐風設計。

第十四章 結論與建議

建築物耐風設計規範及解說技術手冊研擬

附錄：包含規範本文與解說修訂對照表；期初簡報、工作會議、期中簡報、專家諮詢與期末簡報等會議紀錄與意見回覆；耐風技術手冊。

第二章 104 年版耐風規範增修部分之介紹

有鑑於各先進國家之耐風規範日益精進，且國內外累積相當多成熟之研究成果，由內政部建築研究所補助中華民國風工程學會結合產官學之力量，成立規範研修委員會，研擬 104 年版規範，已於民國 103 年 6 月 12 日修正頒佈，並自民國 104 年 1 月 1 日起施行。104 年版規範之制定綜合考慮國外規範之規定、國內外成熟之研究成果與設計者之意見回饋，期望達到文字清晰度之增加、簡化設計法之提供與現有公式及其適用範圍之修正。以下將逐一分別條列 104 年版規範各章中增訂與修改的項目，而各項目增修前後的内容對照表請詳附錄一與附錄二。

104 年版規範第一章增修部分

1.2 符號說明

修改項目： A_g 、 A_{gi} 、 A_o 、 A_{oi} 的說明文字； C'_L 、 C'_T 、 \bar{k}_1 、 \bar{k}_2 的樣式。

增訂項目： A_c 、 $(BW_{Dz})^*$ 、 C_{pc}^* 、 C_{pn} 、 S_{Dz} 、 S_{Lz} 、 S_{PL} 、 S_{Lz} 、 S_{RP} 、 S_R 、 S_{Tz} ，
及對應的說明文字。

1.3 專有名詞定義

修改項目：開放式建築物之定義、部分封閉式建築物之參數說明。

增訂項目：特徵面積之定義。

104 年版規範第二章增修部分

2.2 設計風力計算式

增訂項目：規範本文中(2.4)開放式建築物特徵面積之說明、低矮建築物之定義與其設計風力計算式章節；解說中特徵面積之說明、2.13 節低矮建築物設計風力之說明、屋頂突出物風力之說明與剛性樓板建築物簡易風力計算式。

2.4 基本設計風速

修改項目：規範本文中行政區名

增訂項目：解說中 n 年回歸期風速公式、 n 年回歸期風速與基本設計風速之比值。

2.7 陣風反應因子

修改項目：規範本文中普通建築物陣風反應因子的保守值

增訂項目：解說中普通建築物陣風反應因子列表、柔性建築物之共振反應因子簡化計算式與建築物自然頻率及阻尼比之建議。

2.8 風壓係數與風力係數

修改項目：解說中作用面積之說明，以及規範表 2.9、表 2.11、表 2.12 以及表 2.14 參數背景之說明。

2.10 橫風向之風力

修改項目：規範本文與解說中式(2.22)中無因次化風速的適用範圍、規範本文中尖峰因子 g_L 計算式與 β 計算式；解說中規範式(C2.16)、渦散共振風力係數表。

增訂項目：規範本文中 $h/\sqrt{BL} < 3$ 時橫風向風力計算式、 V_h 風力計算式章節和列表；解說中 $h/\sqrt{BL} < 3$ 時橫風向風力計算之說明、圓柱斷面建築物橫風向風力計算之說明。

2.11 作用在建築物上之扭矩

修改項目：規範本文與解說中式(2.24)的無因次化風速適用範圍、規範本文中尖峰因子 g_T 計算式。

增訂項目：規範本文中 $h/\sqrt{BL} < 3$ 時扭矩計算式；解說中 $h/\sqrt{BL} < 3$ 時扭矩計算式之說明。

2.12 建築物設計風力之組合

修改項目：規範本文中說明方式

增訂項目：解說中部分方向性說明

2.13 低矮建築物設計風力計算式

增訂項目：規範本文與解說

104 年版規範第三章增修部分

3.1 適用範圍

修改項目：規範本文中說明文字

3.2 封閉式或部分封閉式建築物局部構材及外部被覆物設計風壓計算式

修改項目：規範本文中標題名稱、內文說明、圖號

增訂項目：解說中部分方向性說明

3.4 開放式建築物之斜屋頂局部構材及外部被覆物之設計風壓

增訂項目：規範本文與解說

104 年版規範第四章增修部分

4.3 建築物最高居室樓層角容許側向加速度值

增訂項目：解說中免除檢核振動加速度值之說明

4.4 建築物最高居室樓層角容許側向加速度之計算

修改項目：規範本文中說明文字、解說中示意圖

增訂項目：解說中加速度計算式

104 年版規範第五章增修部分

5.1 適用範圍

修改項目：規範本文中說明文字

第三章 主要風力抵抗系統耐風設計流程圖之建立

本章根據 104 年版規範第二章與第四章中之規定，針對近似規則矩形柱體的建築物，建立主要風力抵抗系統耐風設計流程圖，其相關連結的細節，將於下列各節中逐一展現。主要風力抵抗系統根據規範 1.3 節定義為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。本章所考慮規則矩形柱體建築物的俯視圖如圖 3-1 所示，其中，X 與 Y 為建築物的主軸方向；AB、BC、CD 與 DA 為建築物四面牆編號。舉例而言，當風垂直吹向 AB 牆面時，來風方向與牆面位置關係如圖 3-2 所示。此建築物的主要風力抵抗系統耐風設計概念上分為 3 部分：第一部分為蒐集建築物資料與工址風環境；第二部分為根據來風方向，判斷主要風力抵抗系統設計情況，並計算對應風力；第三部分為耐風結構反應計算與檢核。根據上述 3 部分，建立主要風力抵抗系統耐風設計概念性流程圖如圖 3-3 所示。本文根據美國國家標準協會 (ANSI) 系統流程圖標準符號建立流程圖，圖中所採用符號的名稱與意義如表 3-1 所示。

第一部分中建築物資料包含尺寸、牆面與屋頂開口面積、用途係數 I 、材料、X 與 Y 兩水平向與扭轉向基本自然頻率，以及結構阻尼比 β ；工址風環境包含基本設計風速 $V_{10}(C)$ 、建築物周邊地形以及牆面上風側地況。第二部分中設計情況擬定的詳細內容請詳第一節；分別建立在不同設計情況下規範所允許之風力計算流程圖，詳細內容請詳第二節。第三部分的詳細內容請詳第三節。彙整第一節到第三節的研究成果，構成主要風力抵抗系統耐風設計流程圖，詳細內容請詳第四節。

第一節 設計情況

本節根據 104 年版規範第二章擬定設計情況的種類，供當風垂直吹向圖 3-1 某一牆面時，判斷主要風力抵抗系統設計情況之用。以風垂直吹向圖 3-1 中 AB 牆面為例，先從規範第二章中找出主要風力抵抗系統設計風壓(或風力)的計算過程中，會影響公式或圖表選取的主要因素，接下來，排列組合這些主要因素，擬定設計情況。所擬定出來的設計情況也適用於風垂直吹向於 BC 牆面、CD 牆面或 DA 牆面時，判斷主要風力抵抗系統設計情況之用。

在順風向風力的計算過程中，影響公式或圖表選取的主要因素為建築物順風向基本自然頻率 f_n 與建築封閉性(封閉式、部分封閉式或開放式)。由 f_n 的值可判斷建築物為普通建築物或柔性建築物，若 $f_n \geq 1\text{Hz}$ ，屬於普通建築物，採用規範式(2.9)~式(2.12)計算陣風反應因子，若 $f_n < 1\text{Hz}$ ，屬於柔性建築物，採用規範式(2.10)~式(2.19)計算陣風反應因子；由 f_n 的值與建築封閉性可判斷在計算設計風力式時，是採用規範 2.2 節中式(2.1)或式(2.2)。

在橫風向風力與扭轉向風力的計算過程中，影響公式或圖表選取的主要因素為建築物之高寬比 h/\sqrt{BL} ，其中， h 為建築物高度； B 為垂直於風向之建築物水平尺寸； L 為平行於風向之建築物水平尺寸。由 h/\sqrt{BL} 的值可初步判斷在計算橫風向風力時，是採用規範 2.10 節中式(2.21)或式(2.22)，以及在計算扭轉向風力時，是採用規範 2.11 節中式(2.23)或式(2.24)。

藉由 h 值的大小可初步判斷在計算設計風力時，是採用規範 2.2 節、規範 2.10 節與規範 2.11 節或 2.13 節。

綜合考慮前面 4 項主要因素，排列組合 $f_n \geq 1\text{Hz}$ 或 $f_n < 1\text{Hz}$ 建築物； $h/\sqrt{BL} < 3$ 或 $3 \leq h/\sqrt{BL} \leq 6$ 建築物； $h \leq 18\text{m}$ 或高度無限制建築物；封閉式、部分封閉式或開放性建築物，並合併具有相同設計步驟的情況，擬定下列 6 類設計情況：

- 一、 $3 \leq h/\sqrt{BL} \leq 6$ 且 $f_n < 1\text{Hz}$ 封閉式或部分封閉式建築物
- 二、 $3 \leq h/\sqrt{BL} \leq 6$ 且 $f_n \geq 1\text{Hz}$ 封閉式或部分封閉式建築物
- 三、 $h/\sqrt{BL} < 3$ 且 $f_n < 1\text{Hz}$ 封閉式或部分封閉式建築物

四、 $h/\sqrt{BL} < 3$ 且 $f_n \geq 1\text{Hz}$ 封閉式或部分封閉式建築物

五、 $h/\sqrt{BL} < 3$ 、 $f_n \geq 1\text{Hz}$ 且 $h \leq 18\text{m}$ 封閉式或部分封閉式建築物

六、 開放式建築物

觀察第四類與第五類設計情況，可知第五類設計情況為第四類設計情況的特例。當某類建築物屬於第五類設計情況時，若依第五類設計情況計算風力，計算過程較簡單，風力值較保守；若依第四類設計情況計算風力，計算過程較複雜，風力值較小。

根據前述 6 類設計情況，建立主要風力抵抗系統設計情況判斷流程圖如圖 3-4 所示。從圖 3-4 中可知，在判斷主要風力抵抗系統設計情況之前，要列出與該風向相關之設計參數： f_n 、 f_a 、 B 、 L 、地況相關參數與地形相關參數。在判斷主要風力抵抗系統設計情況後，各設計情況會有對應的風力計算流程圖。以下將分別建立在不同設計情況下規範所允許之風力計算流程圖。

第二節 各設計情況風力計算流程圖

根據上節可知，當風垂直吹向圖 3-1 中 AB 牆面時，主要風力抵抗系統的設計情況有 6 類。給定建築封閉性、 h 、 h/\sqrt{BL} 與 f_n ，可判斷主要風力抵抗系統設計情況屬於 6 類設計情況中的哪一類設計情況。以下，將分別建立每類設計情況下規範所允許之風力計算流程圖。所建立出來的風力計算流程圖也適用於風垂直吹向於 BC 牆面、CD 牆面或 DA 牆面，所屬設計情況所對應的風力計算。針對高寬比小於 3 的建築物，根據 104 年版規範式(2.23)與式(2.30)，其主要風力抵抗系統扭轉向風力的計算，須綜合所有考量風向中選取順風向風力與迎風面寬度乘積之最大值後，進一步計算之。因此，針對第三類、第四類或第五類設計情況，其主要風力抵抗系統扭轉向風力的計算，將於介紹完六類設計情況風力計算流程圖後說明之。

壹、第一類設計情況

第一類設計情況是指 $3 \leq h/\sqrt{BL} \leq 6$ 且 $f_n < 1\text{Hz}$ 封閉式或部分封閉式建築物。

本文依設計目的所需回歸期風力大小不同將此類設計情況的風力計算分為設計風力計算、50 年回歸期風力計算與半年回歸期共振部分風力計算。前述三種風力計算並無主從關係，可以進行平行計算，但在風力計算過程中部分公式與參數是相同的，為避免冗長且重複計算，本文先說明設計風力計算，再來為 50 年回歸期風力計算，最後為半年回歸期共振部分風力計算。在進行 50 年回歸期風力計算或半年回歸期共振部分風力計算時，視需求使用設計風力計算過程中部分公式與參數的結果，作為計算起點，進行後續計算。上述風力計算分類與計算順序也同樣用於第二類、第三類、第四類與第五類設計情況的風力計算分類與計算順序。

在計算設計風力與 50 年回歸期風力時，順風向風力的計算是根據規範式(2.2)與式(2.3)；橫風向風力的計算是根據規範式(2.22)；扭轉向風力的計算是根據規範式(2.24)。在計算半年回歸期共振部分風力時，順風向風力的計算是根據規範式(2.2)、式(2.3)與式(C4.2)；橫風向風力的計算是根據規範式(C4.3)；扭轉向風力的計算是根據規範式(C4.4)。以下，根據前述風力計算順序與所對應的規範公式，依序建立設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力計算流程。

設計風力計算流程

第一類設計情況設計風力計算有 5 個步驟。步驟 1 為計算風速壓地況係數 $K(z)$ 與地形係數 K_{zt} 。步驟 2 為計算高度 h 處之風速 V_h 與不同高之風速壓。步驟 3 為計算柔性建築物順風向設計風力，其計算流程圖如圖 3-5 所示。步驟 4 為計算建築物橫風向設計風力，其計算流程圖如圖 3-6 所示。步驟 5 為計算建築物扭轉向設計風力，其計算流程圖如圖 3-7 所示。步驟 3、步驟 4 與步驟 5 可平行計算。

50 年回歸期風力計算流程

第一類設計情況 50 年回歸期風力計算有 4 個步驟。步驟 1 為計算 50 年回歸期風速所造成高度 h 處之風速與不同高度之風速壓。步驟 2 為計算柔性建築物順風向 50 年回歸期風力，其計算流程圖與圖 3-5 相同。步驟 3 為計算建築物橫風向 50 年回歸期風力，其計算流程圖與圖 3-6 相同。步驟 4

為計算建築物扭轉向 50 年回歸期風力，其計算流程圖與圖 3-7 相同。步驟 2、步驟 3 與步驟 4 可平行計算。

半年回歸期共振部分風力計算流程

第一類設計情況半年回歸期共振部分風力計算有 4 個步驟。步驟 1 為計算半年回歸期風速所造不同高度之風速壓。步驟 2 為計算柔性建築物順風向半年回歸期共振部分風力，其計算流程圖如圖 3-8 所示。步驟 3 為計算建築物橫風向半年回歸期共振部分風力，其計算流程圖如圖 3-9 所示。步驟 4 為計算建築物扭轉向半年回歸期共振部分風力，其計算流程圖如圖 3-10 所示。步驟 2、步驟 3 與步驟 4 可平行計算。

根據上述設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力計算流程，建立第一類設計情況風力計算流程圖如圖 3-11 所示。

貳、 第二類設計情況

第二類設計情況是指 $3 \leq h/\sqrt{BL} \leq 6$ 且 $f_n \geq 1\text{Hz}$ 封閉式或部分封閉式建築物。

本文先說明設計風力計算，再來為 50 年回歸期風力計算，最後為半年回歸期共振部分風力計算。

在計算設計風力與 50 年回歸期風力時，順風向風力的計算是根據規範式(2.1)與式(2.3)；橫風向風力的計算是根據規範式(2.22)；扭轉向風力的計算是根據規範式(2.24)。在計算半年回歸期共振部分風力時，順風向風力的計算是根據規範式(2.1)、式(2.3)與式(C4.2)；橫風向風力的計算是根據規範式(C4.3)；扭轉向風力的計算是根據規範式(C4.4)。以下，根據前述風力計算順序與所對應使用的規範公式，依序建立設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力計算流程。

設計風力計算流程

第二類設計情況設計風力計算有 5 個步驟。步驟 1 與步驟 2 分別與第一類設計情況設計風力計算步驟 1 與步驟 2 相同。步驟 3 為計算普通建築物順風向設計風力，其計算流程圖如圖 3-12 所示。步驟 4 為計算建築物橫風向

設計風力，其計算流程圖與圖 3-6 相同。步驟 5 為計算建築物扭轉向設計風力，其計算流程圖與圖 3-7 相同。步驟 3、步驟 4 與步驟 5 可平行計算。

50 年回歸期風力計算流程

第二類設計情況 50 年回歸期風力計算有 4 個步驟。步驟 1 與第一類設計情況 50 年回歸期風力計算步驟 1 相同。步驟 2 為計算普通建築物順風向 50 年回歸期風力，其計算流程圖與圖 3-12 相同。步驟 3 為計算建築物橫風向 50 年回歸期風力，其計算流程圖與圖 3-6 相同。步驟 4 為計算建築物扭轉向 50 年回歸期風力，其計算流程圖與圖 3-7 相同。步驟 2、步驟 3 與步驟 4 可平行計算。

半年回歸期共振部分風力計算流程

第二類設計情況半年回歸期共振部分風力計算有 4 個步驟。步驟 1 與第一類設計情況半年回歸期共振部分風力計算步驟 1 相同。步驟 2 為計算普通建築物順風向半年回歸期共振部分風力，其計算流程圖如圖 3-13 所示。步驟 3 為計算建築物橫風向半年回歸期共振部分風力，其計算流程圖與圖 3-9 相同。步驟 4 為計算建築物扭轉向半年回歸期共振部分風力，其計算流程圖與圖 3-10 相同。步驟 2、步驟 3 與步驟 4 可平行計算。

根據上述設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力計算流程，建立第二類設計情況風力計算流程圖如圖 3-14 所示。

參、 第三類設計情況

第三類設計情況是指 $h/\sqrt{BL} < 3$ 且 $f_n < 1\text{Hz}$ 封閉式或部分封閉式建築物。本文先說明設計風力計算，再來為 50 年回歸期風力計算，最後為半年回歸期共振部分風力計算。

在計算設計風力與 50 年回歸期風力時，順風向風力的計算是根據規範式(2.2)與式(2.3)；橫風向風力的計算是根據規範式(2.21)；扭轉向風力的須綜合所有考量風向，再根據規範式(2.23)計算之。在計算半年回歸期共振部分風力時，順風向風力的計算是根據規範式(2.2)、式(2.3)與式(C4.2)；橫風向風力的計算是根據

規範式(C4.5)；扭轉向風力須綜合所有考量風向，再根據規範式(C4.6)計算之。以下，根據前述風力計算順序與所對應使用的規範公式，依序建立設計風力、50年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力計算流程。

設計風力計算流程

第三類設計情況設計風力計算有 5 個步驟。步驟 1 與第一類設計情況設計風力計算步驟 1 相同。步驟 2 為計算不同高度之風速壓。步驟 3 為計算柔性建築物順風向設計風力，其計算流程圖與圖 3-5 相同。步驟 4 為計算建築物橫風向設計風力。步驟 5 為計算順風向設計風力與迎風面寬度之乘積。步驟 4 與步驟 5 可平行計算。

50 年回歸期風力計算流程

第三類設計情況 50 年回歸期風力計算有 2 個步驟。步驟 1 為計算柔性建築物順風向 50 年回歸期風力，其計算方式為柔性建築物順風向設計風力除以 I^2 。步驟 2 為計算建築物橫風向 50 年回歸期風力，其計算方式為建築物橫風向設計風力除以 I^2 。步驟 1 與步驟 2 可平行計算。

半年回歸期共振部分風力計算流程

第三類設計情況半年回歸期共振部分風力計算有 5 個步驟。步驟 1 為判斷建築物是否滿足舒適度免檢核條件，若是，結束計算，若否，至步驟 2。步驟 2 為計算半年回歸期風速所成不同高度之風速壓。步驟 3 為計算柔性建築物順風向半年回歸期共振部分風力，其計算流程圖與圖 3-8 相同。步驟 4 為計算建築物橫風向半年回歸期共振部分風力。步驟 5 為計算順風向半年回歸期共振部分風力與迎風面寬度之乘積。步驟 4 與步驟 5 可平行計算。

根據上述設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力計算流程，建立第三類設計情況風力計算流程圖如圖 3-15 所示。

肆、 第四類設計情況

第四類設計情況是指 $h/\sqrt{BL} < 3$ 且 $f_n \geq 1\text{Hz}$ 封閉式或部分封閉式建築物。本

文先說明設計風力計算，再來為 50 年回歸期風力計算，最後為半年回歸期共振部分風力計算。

在計算設計風力與 50 年回歸期風力時，順風向風力的計算都是根據規範式(2.1)與式(2.3)；橫風向風力的計算是根據規範式(2.21)；扭轉向風力須綜合所有考量風向，再根據規範式(2.23)計算之。在計算半年回歸期共振部分風力時，順風向風力的計算是根據規範式(2.1)、式(2.3)與式(C4.2)；橫風向風力的計算是根據規範式(C4.5)；扭轉向風力須綜合所有考量風向，再根據規範式(C4.6)計算之。以下，根據前述風力計算順序與所對應使用的規範公式，依序建立設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力計算流程。

設計風力計算流程

第四類設計情況設計風力計算有 5 個步驟。步驟 1 與步驟 2 分別與第三類設計情況設計風力計算步驟 1 與步驟 2 相同。步驟 3 為計算普通建築物順風向設計風力，其計算流程圖與圖 3-12 相同。步驟 4 與步驟 5 分別與第三類設計情況設計風力計算步驟 4 與步驟 5 相同。

50 年回歸期風力計算流程

第四類設計情況 50 年回歸期風力計算有 2 個步驟。步驟 1 為計算普通建築物順風向 50 年回歸期風力，其計算方式為普通建築物順風向設計風力除以 I^2 。步驟 2 與第三類設計情況 50 年回歸期風力計算步驟 2 相同。

半年回歸期共振部分風力計算流程

第四類設計情況半年回歸期共振部分風力計算有 5 個步驟。步驟 1 與步驟 2 分別與第三類設計情況半年回歸期共振部分風力計算步驟 1 與步驟 2 相同。步驟 3 為計算普通建築物順風向半年回歸期共振部分風力，其計算流程圖與圖 3-13 相同。步驟 4 與步驟 5 分別與第三類設計情況半年回歸期共振部分風力計算步驟 4 與步驟 5 相同。

根據上述設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力計算流程，建立第四類設計情況風力計算流程圖如圖 3-16 所示。

伍、 第五類設計情況

第五類設計情況是指 $h/\sqrt{BL} < 3$ 、 $f_n \geq 1\text{Hz}$ 且 $h \leq 18\text{m}$ 封閉式或部分封閉式建築物，亦即規範 2.13 節的低矮建築物。第五類設計情況為第四類設計情況的特例。當某類建築物屬於第五類設計情況時，若依第五類設計情況計算風力，計算過程較簡單，風力值較保守；若依第四類設計情況計算風力，計算過程較複雜，風力值較小。本文先說明設計風力計算，再來為 50 年回歸期風力計算，最後為半年回歸期共振部分風力計算。

在計算設計風力與 50 年回歸期風力時，順風向風力的計算是根據規範 2.13.1 節；橫風向風力的計算是根據規範式(2.29)；扭轉向風力須綜合所有考量風向，再根據規範式(2.30)計算之。在計算半年回歸期共振部分風力時，順風向風力的計算是根據規範式(2.1)、式(2.3)與式(C4.2)；橫風向風力的計算是根據規範式(C4.5)；扭轉向風力須綜合所有考量風向，再根據規範式(C4.6)計算之。以下，根據前述風力計算順序與所對應使用的規範公式，依序建立設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力計算流程。

設計風力計算流程

第五類設計情況設計風力計算有 5 個步驟。步驟 1 為計算建築物高度 h 處與屋頂女兒牆頂端 h_p 處之地形係數。步驟 2 為決定建築物高度 h 處與屋頂女兒牆頂端 h_p 處的 λ 值。步驟 3 為計算順風向設計風力。步驟 4 為計算橫風向設計風力。步驟 5 與第三類設計情況設計風力計算步驟 5 相同。步驟 1 與步驟 2 可平行計算；步驟 4 與步驟 5 可平行計算。

50 年回歸期風力計算流程

第五類設計情況 50 年回歸期風力計算有 2 個步驟。步驟 1 為計算順風向 50 年回歸期風力，其計算方式為順風向設計風力除以 I^2 。步驟 2 與第三類設計情況 50 年回歸期風力計算步驟 2 相同。步驟 1 與步驟 2 可平行計算。

半年回歸期共振部分風力計算流程

第五類設計情況半年回歸期共振部分風力計算有 5 個步驟。步驟 1 與第三類設計情況半年回歸期共振部分風力計算步驟 1 相同。步驟 2 為計算半年回歸期風速所成不同高度之風速壓。步驟 3、步驟 4 與步驟 5 分別與第四類設計情況半年回歸期共振部分風力計算步驟 3、步驟 4 與步驟 5 相同。步驟 4 與步驟 5 可平行計算。

根據上述設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力計算流程，建立第五類設計情況風力計算流程圖如圖 3-17 所示。

陸、 第六類設計情況

本段說明第六類設計情況的設計風力計算流程，其中，此類設計情況是針對開放式建築物，開放式建築物設計風力的計算是根據規範式(2.4)。步驟 1 為計算特徵面積 A_c 與 A_c 形心高度 z_{A_c} 。步驟 2 為計算風速壓地況係數 $K(z)$ 與地形係數 K_{zt} 。步驟 3 為計算不同高度之風速壓。步驟 4 為決定風力係數 C_f 。步驟 5 為判斷 f_n 是否小於 1Hz，若是，計算柔性建築物之陣風反應因子 G_f ，若否，計算普通建築物之陣風反應因子 G 。步驟 6 為計算設計風力 F 。根據前述 7 個步驟，建立第六類設計情況風力計算流程圖如圖 3-18 所示。

柒、 高寬比小於 3 建築物的扭轉向風力

高寬比小於 3 建築物的扭轉向風力計算分為 2 種。第 1 種是針對第三類或第四類設計情況，根據規範式(2.23)計算扭轉向設計風力 $M_{Tz} = 0.28(BW_{DZ})^*$ ，其中 $(BW_{DZ})^*$ 為各向來風順風向風力與迎風面寬度乘積之最大值；扭轉向 50 年回歸期風力為扭轉向設計風力除以 I^2 ；根據規範式(C4.6)計算扭轉向半年回歸期共振部分風力。第 2 種是針對第五類設計情況，根據規範式(2.30)計算扭轉向設計風力 $S_{Tz} = 0.21(BS_{DZ})^*$ ，其中 $(BS_{DZ})^*$ 為各向來風順風向風力與迎風面寬度乘積之最大值；扭轉向 50 年回歸期風力為扭轉向設計風力除以 I^2 ；根據規範式(C4.6)計算扭轉向半年回歸期共振部分風力。根據前述 2 個步驟建立高寬比小於 3 建築物的扭轉向風力計算流程圖如圖 3-19 所示。

根據上述內容可知，本節已完成當風垂直吹向 AB 牆面時，各設計情況風力計算流程圖之建立。所建立的風力計算流程圖也適用於風垂直吹向於 BC 牆面、CD 牆面或 DA 牆面，各設計情況所對應的風力計算。因此，可得到所有考量風向下所對應的風力。下一步，根據來風方向，以對應的風力進行結構分析，計算耐風結構反應。最後，檢核各來風方向中各項反應是否皆滿足相關規範之規定。以下將說明耐風結構反應計算與檢核。

第三節 耐風結構反應計算與檢核流程圖

本文中，耐風結構反應含構件設計效應、層間變位角與最高居室樓層角隅振動尖峰加速度，這三種反應計算並無主從關係，可以平行計算。構件設計效應的計算是根據規範 2.12 節，所使用的風力為設計風力；層間變位角的計算是根據規範 4.2 節，所使用的風力為 50 年回歸期風力；最高居室樓層角隅振動尖峰加速度的計算是根據規範 4.4 節，所使用的風力為半年回歸期共振部分風力。以下，根據各反應所使用的規範章節與風力，建立風垂直吹向於 AB 牆面的反應計算流程圖，所建立出來的流程圖也適用於風垂直吹向於 BC 牆面、CD 牆面或 DA 牆面，所對應的反應計算。

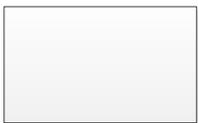
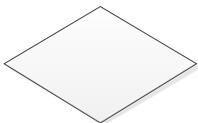
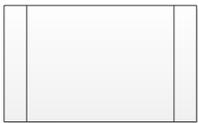
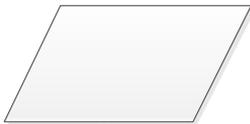
反應計算步驟有 3 個步驟。步驟 1 為計算構件設計效應。步驟 2 為分別計算 X 向與 Y 向的總層間變位角。步驟 3 為計算最高居室樓層角隅振動尖峰加速度值。根據前述 3 個步驟，建立耐風結構反應計算流程圖如圖 3-20 所示。

使用圖 3-20，得各來風方向所對應的各構件設計效應、X 向總層間變位角、Y 向總層間變位角與最高居室樓層角隅振動尖峰加速度，再綜合各來風方向取保守值。根據規範 4.2 節，檢核 X 向總層間變位角的最大值是否 $\leq 5/1000$ 、Y 向總層間變位角的最大值是否 $\leq 5/1000$ 。根據規範 4.3 節，檢核最高居室樓層角隅振動尖峰加速度是否 $\leq 0.05 m/s^2$ 。各構件設計效應的最大值係指材料規範中載重組合的風載重效應，應與其他型式載重形成不同之載重組合，供桿件設計之用。載重組合中，各載重效應所乘上的載重係數，請詳材料規範。若上述任一檢核不滿足相關規範之規定，則重新設計。

第四節 主要風力抵抗系統耐風設計流程圖

第一節到第三節已分別完成主要風力抵抗系統設計情況判斷流程圖之建立、各設計情況風力計算流程圖之建立，以及耐風結構反應與檢核流程圖之建立。接下來，以蒐集建築物資料與工址風環境的詳細內容取代圖 3-3 的第一部分，以依序串聯第一節與第二節的流程圖取代圖 3-3 的第二部分，以第三節的流程圖取代圖 3-3 的第三部分，則圖 3-3 可展現成為主要風力抵抗系統耐風設計主流程圖如圖 3-21 所示。本章所建立的主要風力抵抗系統耐風設計流程圖包含圖 3-4~圖 3-19、圖 3-20 與圖 3-21。根據前面各節的敘述，主要風力抵抗系統設計情況判斷是使用圖 3-4；第一類設計情況風力計算是使用圖 3-5~圖 3-11；第二類設計情況風力計算是使用圖 3-6、圖 3-7、圖 3-9、圖 3-10、圖 3-12~圖 3-14；第三類設計情況風力計算是使用圖 3-5、圖 3-8 與圖 3-15；第四類設計情況風力計算是使用圖 3-12、圖 3-13 與圖 3-16；第五類設計情況風力計算是使用圖 3-13 與圖 3-17；第六類設計情況風力計算是使用圖 3-18；第三類、第四類或第五類設計情況，扭轉向風力計算是使用圖 3-19；耐風結構反應計算是使用圖 3-20。

表 3-1 本文中流程圖所用符號的名稱與意義

符號	名稱	意義
	開始/結束 (Terminator)	流程的開始點或結束點
	程序 (Process)	執行任務或活動
	決策 (Decision)	根據條件作決定或判斷 下個步驟
	子程序 (Subroutine)	副程式或已定義的函數
	資料 (Data)	輸入或輸出的資料
	換頁參考 (Off-page connector)	連接至另一頁
	流程線 (Flow line)	連接流程符號，箭頭方向 表流向
	頁面上的參考 (Connector)	連接至流程中的另一個 具有相同編號的點

(資料來源：經本研究彙整網路相關資料而得)

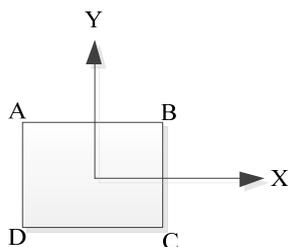


圖 3-1 規則矩形柱體的俯視圖

(資料來源：本研究整理)

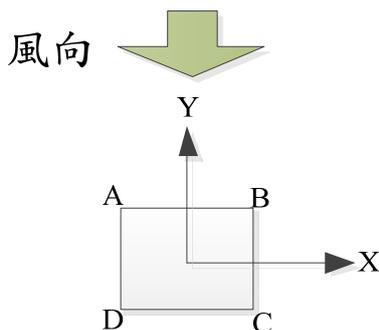


圖 3-2 風垂直吹向 AB 牆面時，來風方向與牆面位置關係圖

(資料來源：本研究整理)

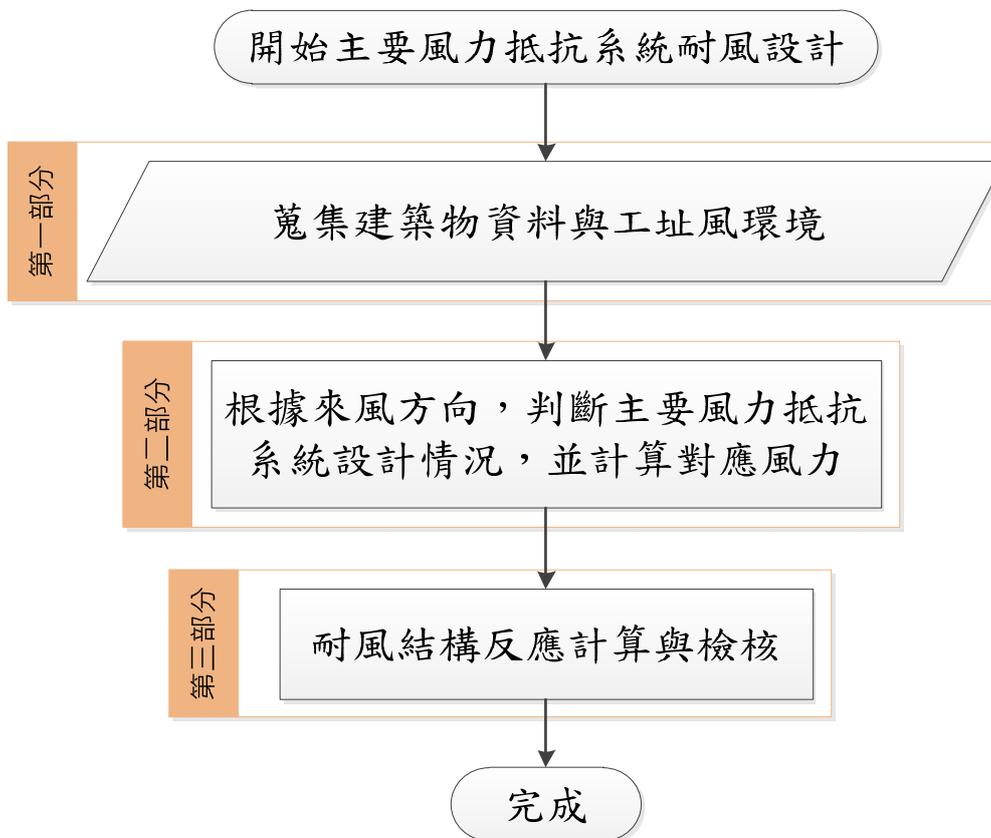


圖 3-3 主要風力抵抗系統耐風設計概念性流程圖

(資料來源：本研究整理)

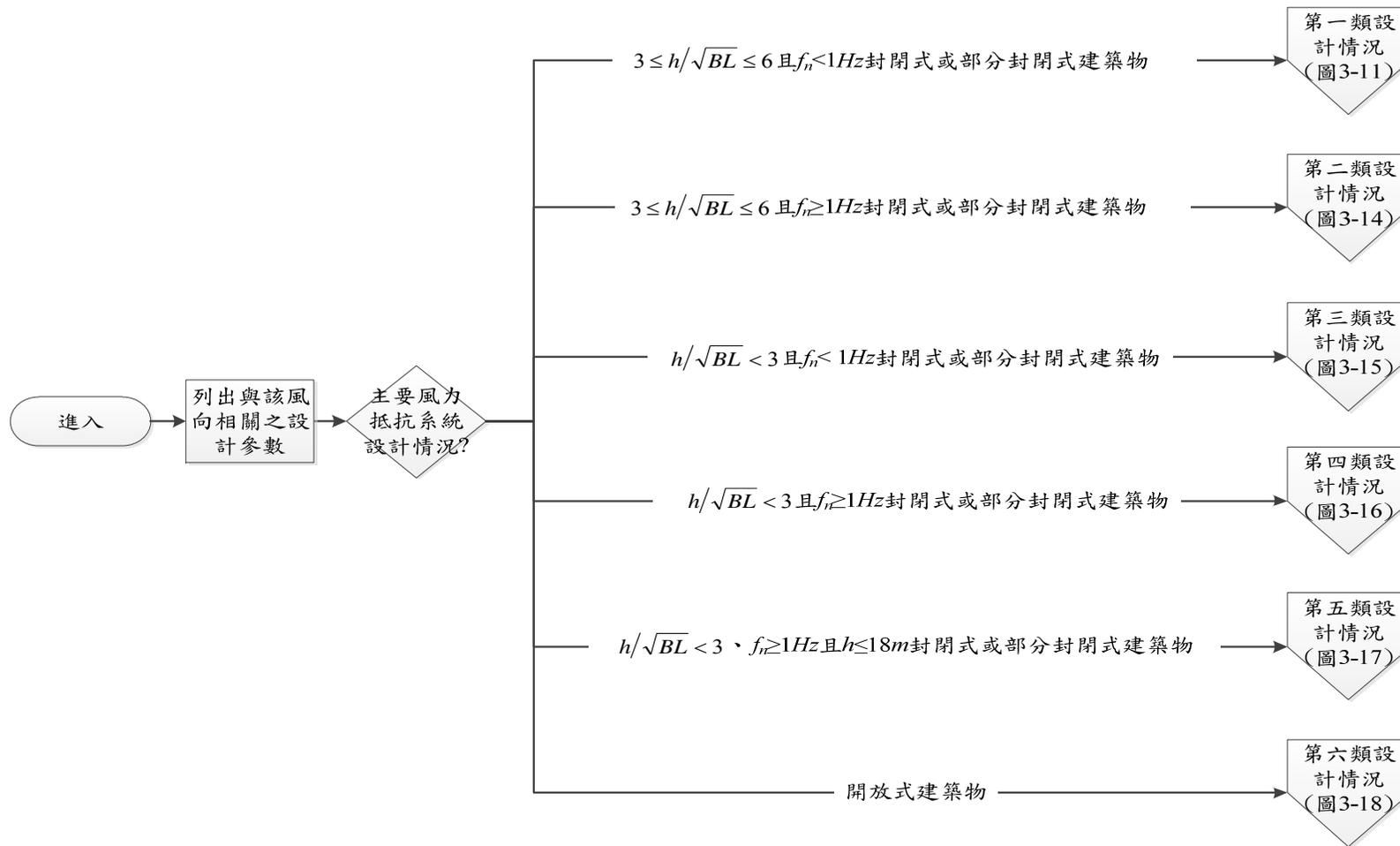


圖 3-4 主要風力抵抗系統設計情況判斷流程圖

(資料來源：本研究整理)

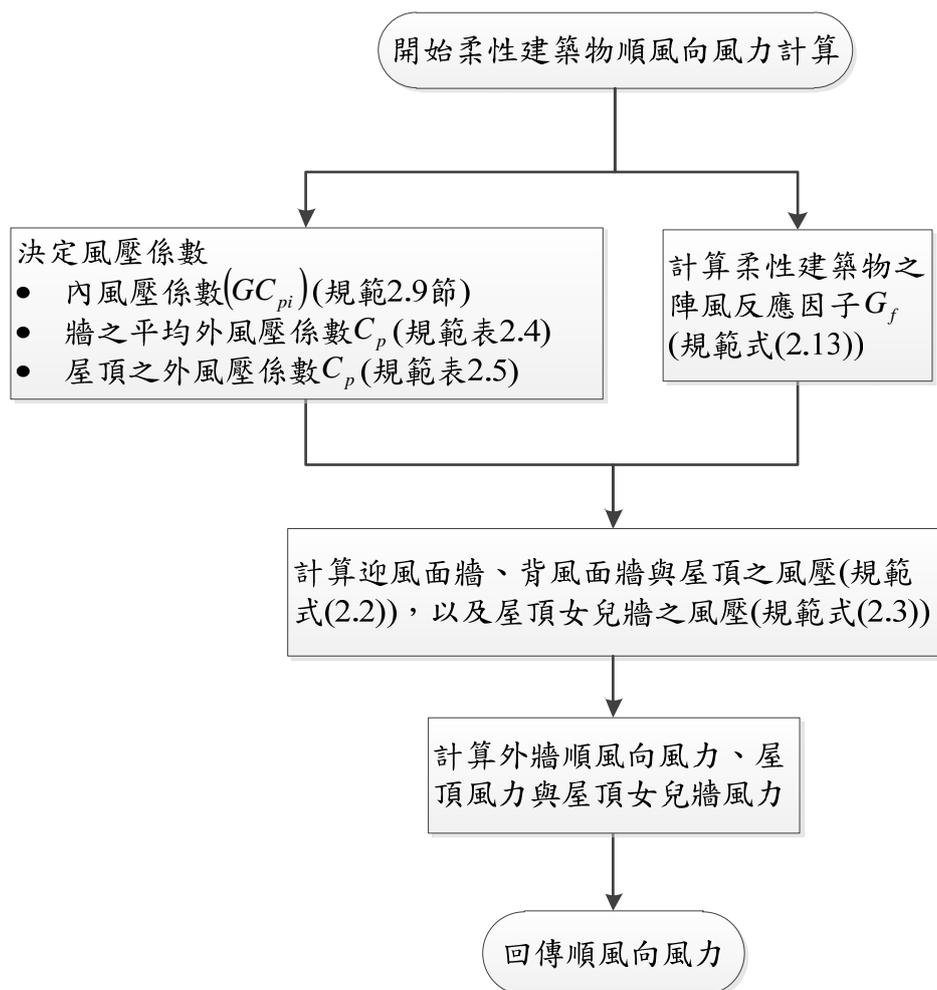


圖 3-5 柔性建築物順風向風力計算流程圖
(資料來源：本研究整理)

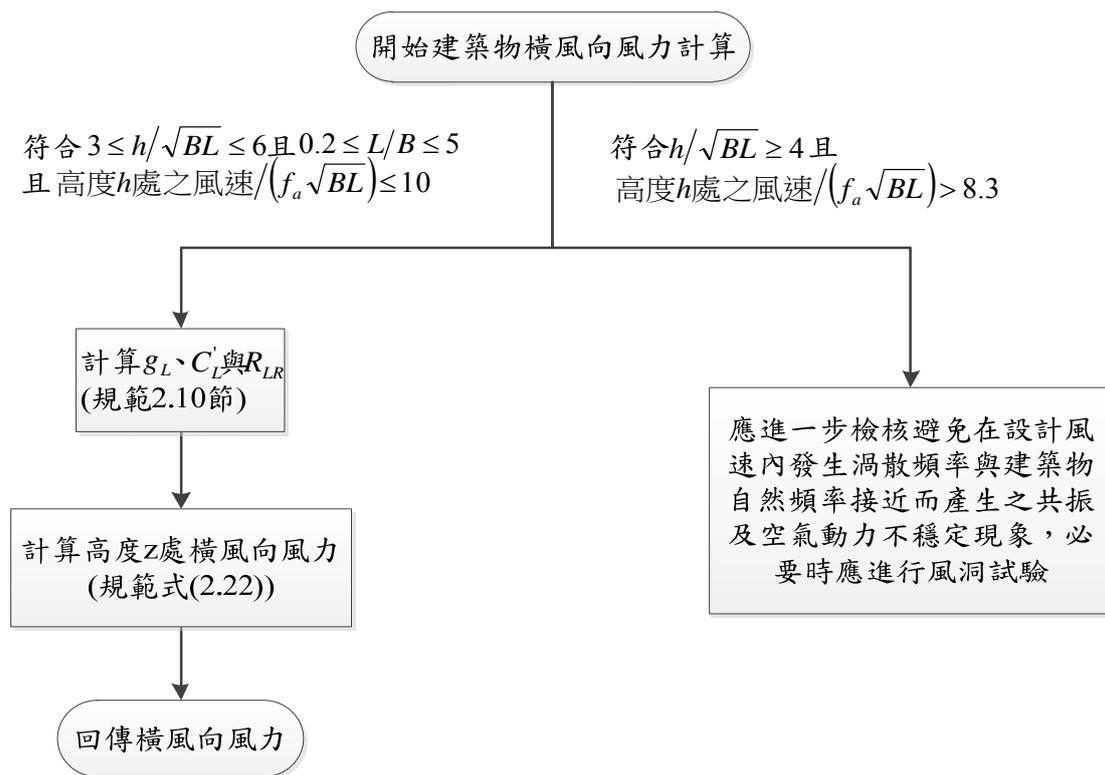


圖 3-6 建築物橫風向風力計算流程圖

(資料來源：本研究整理)

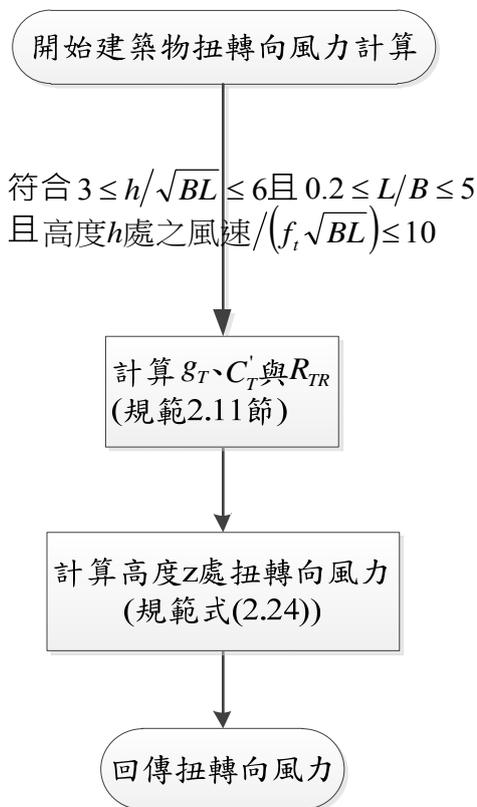


圖 3-7 建築物扭轉向風力計算流程圖

(資料來源：本研究整理)

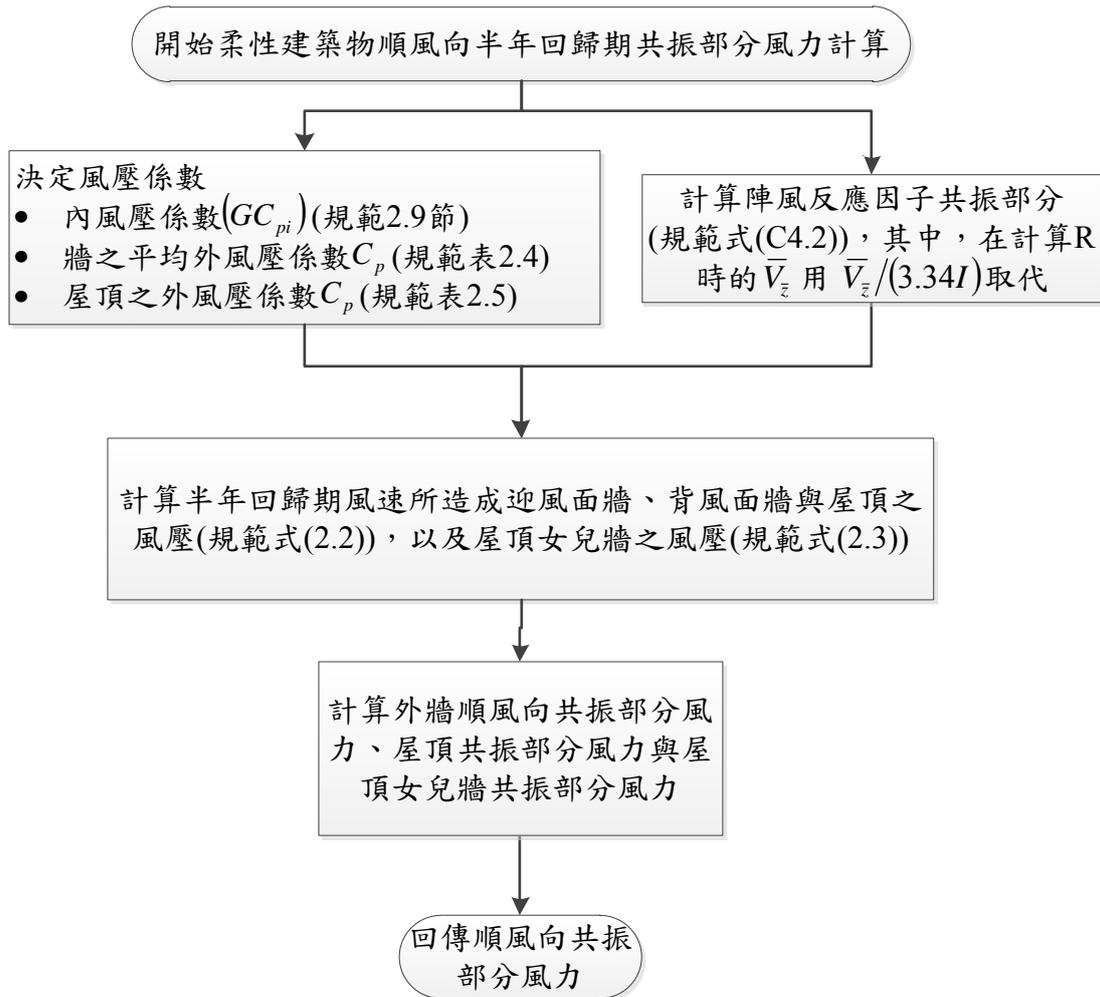


圖 3-8 柔性建築物順風向半年回歸期共振部分風力計算流程圖
(資料來源：本研究整理)

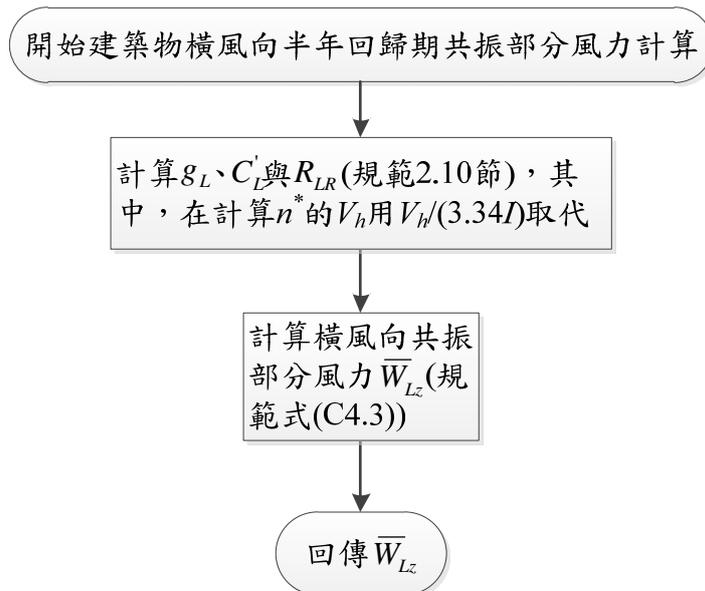


圖 3-9 建築物橫風向半年回歸期共振部分風力計算流程圖
(資料來源：本研究整理)

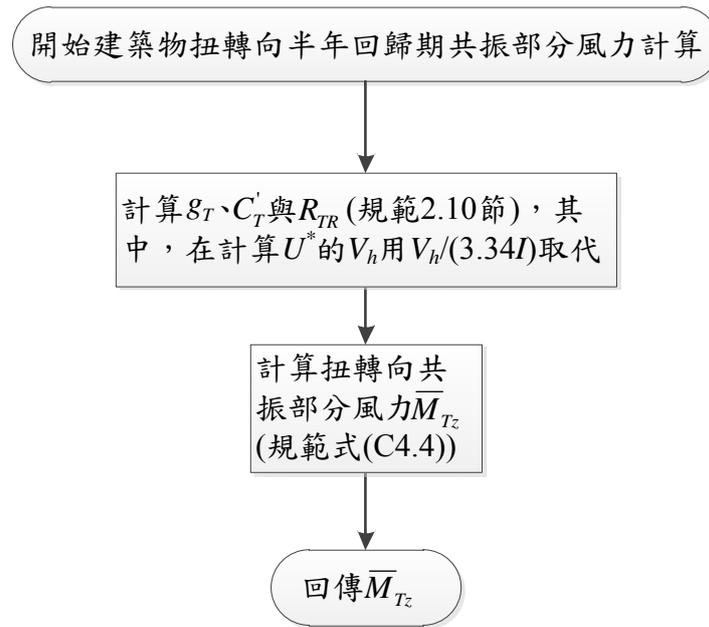


圖 3-10 建築物扭轉向半年回歸期共振部分風力計算流程圖
(資料來源：本研究整理)

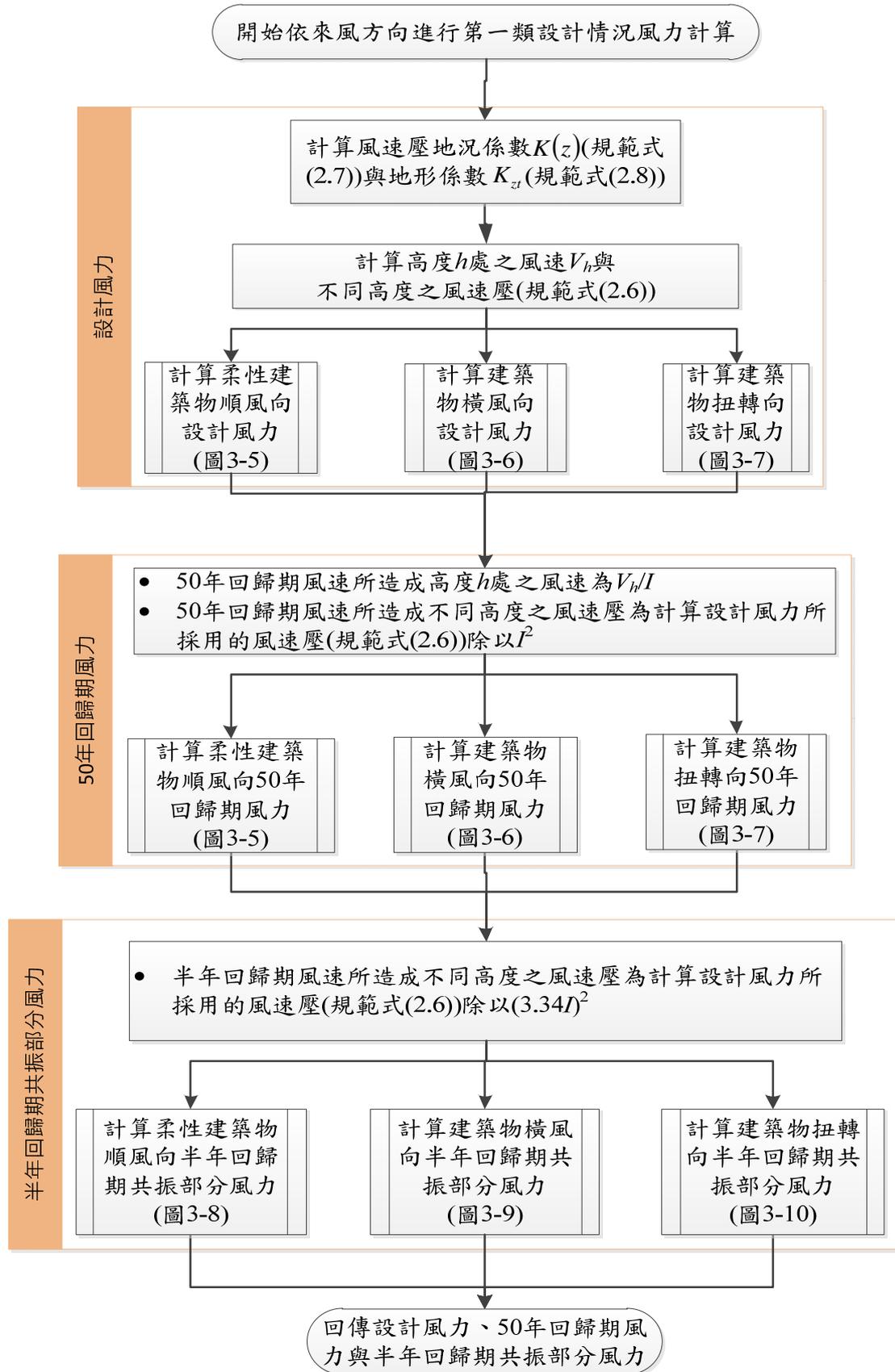


圖 3-11 第一類設計情況風力計算流程圖

(資料來源：本研究整理)

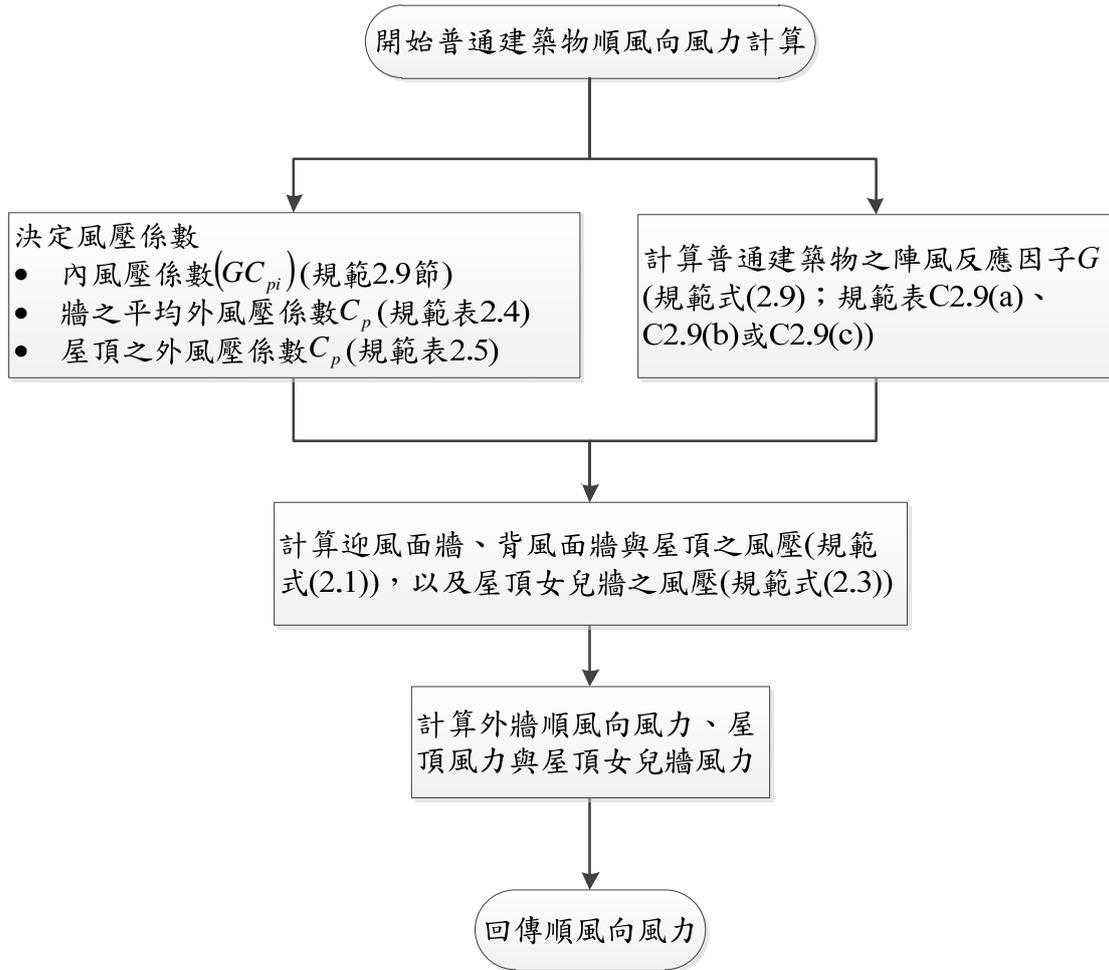


圖 3-12 普通建築物順風向風力計算流程圖
(資料來源：本研究整理)

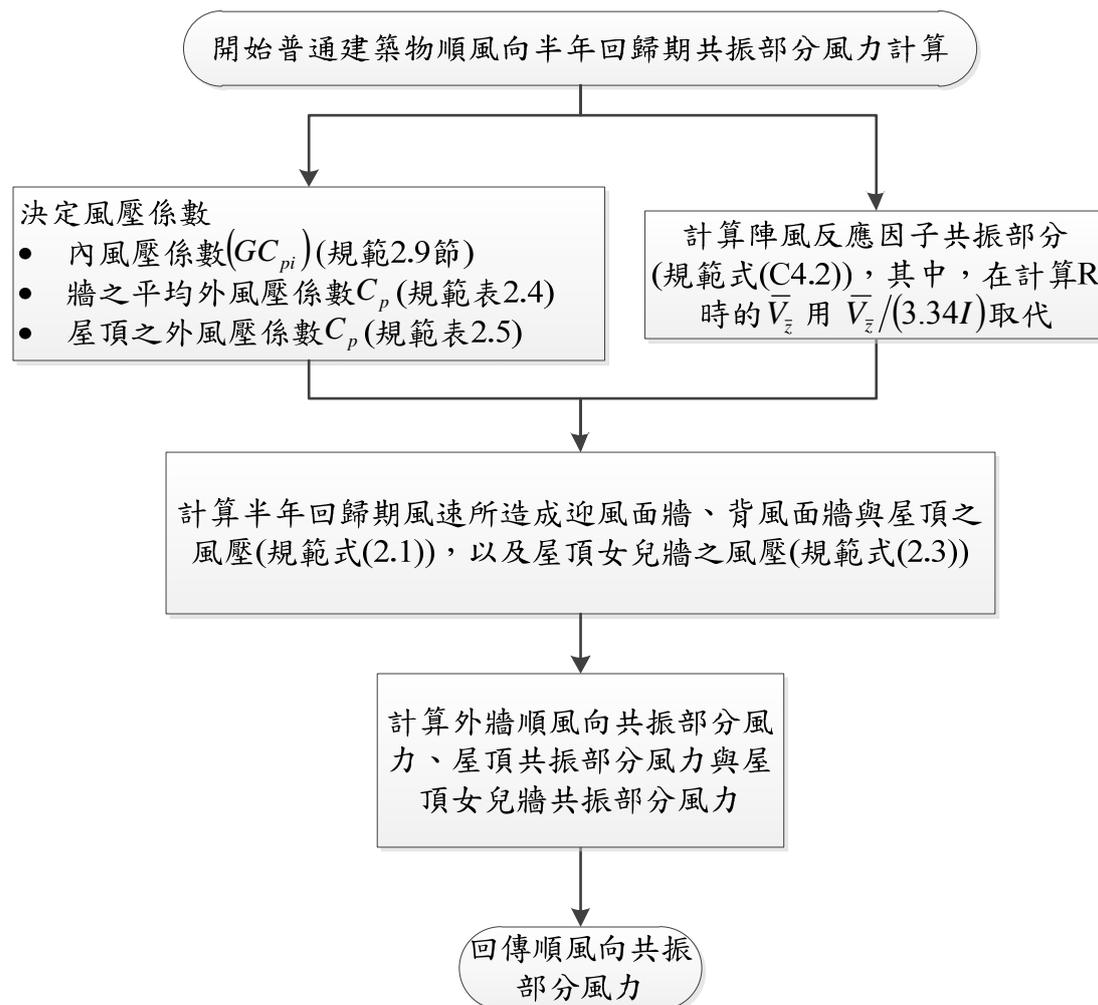


圖 3-13 普通建築物順風向半年回歸期共振部分風力計算流程圖
(資料來源：本研究整理)

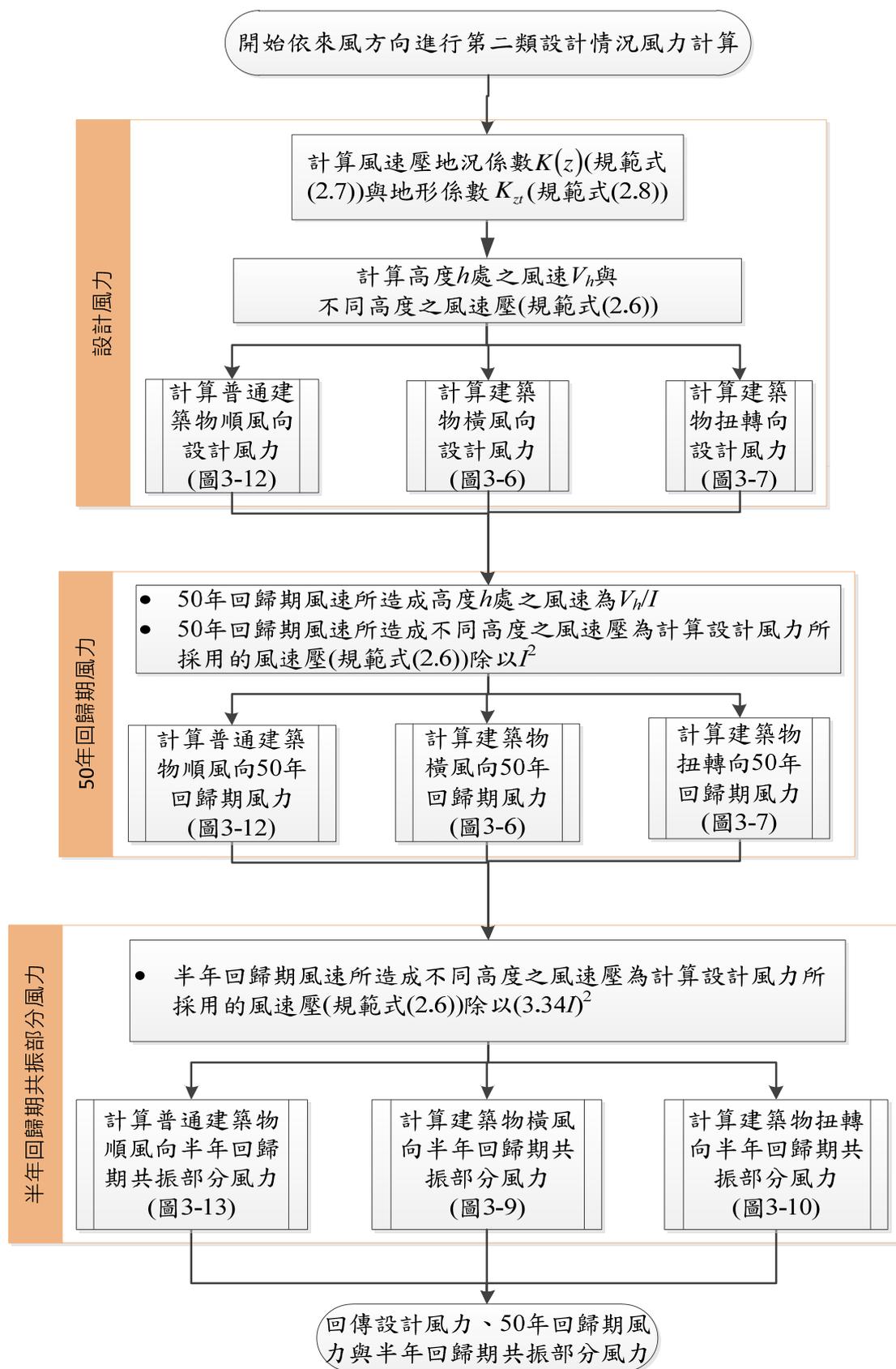


圖 3-14 第二類設計情況風力計算流程圖

(資料來源：本研究整理)

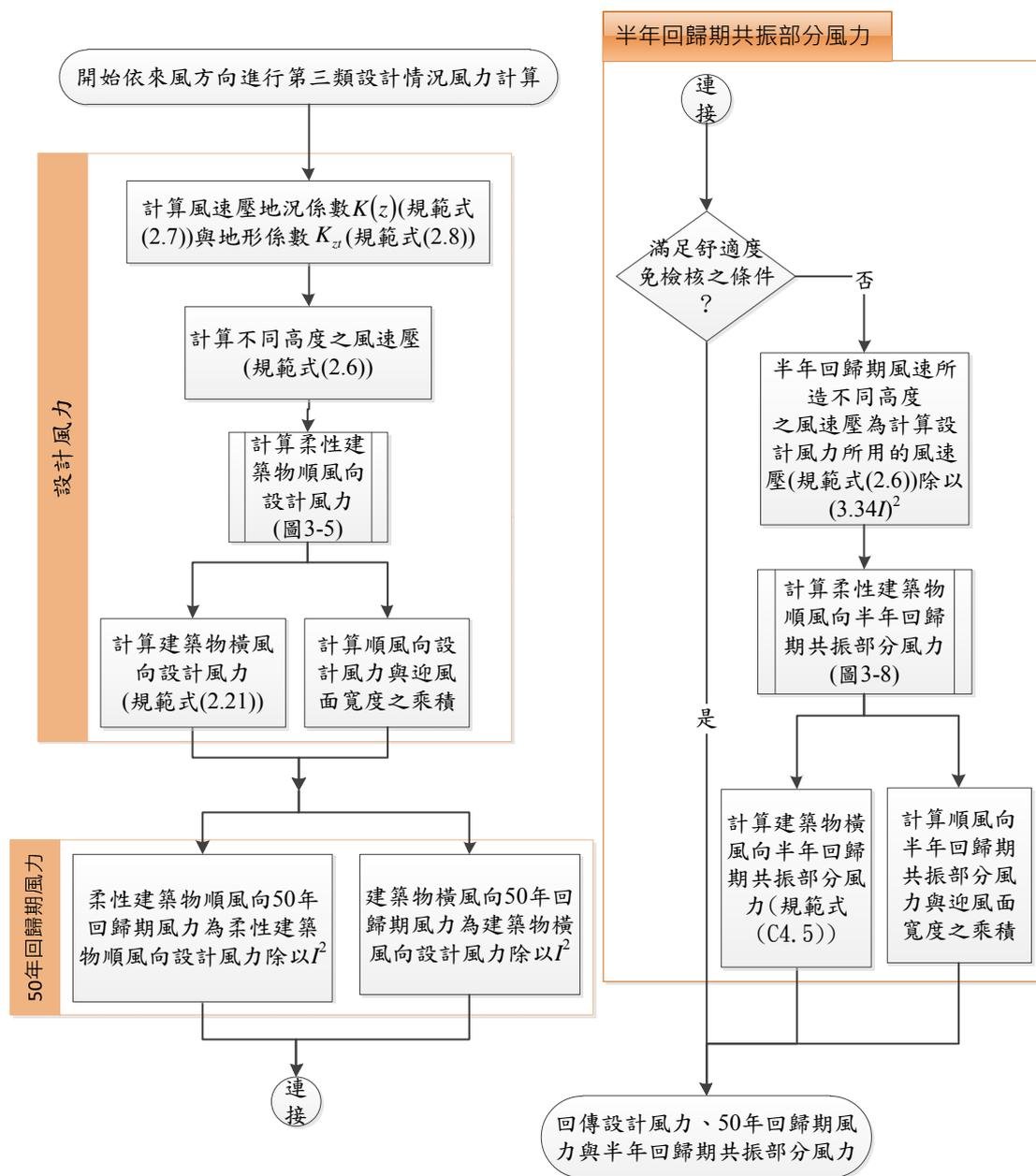


圖 3-15 第三類設計情況風力計算流程圖

(資料來源：本研究整理)

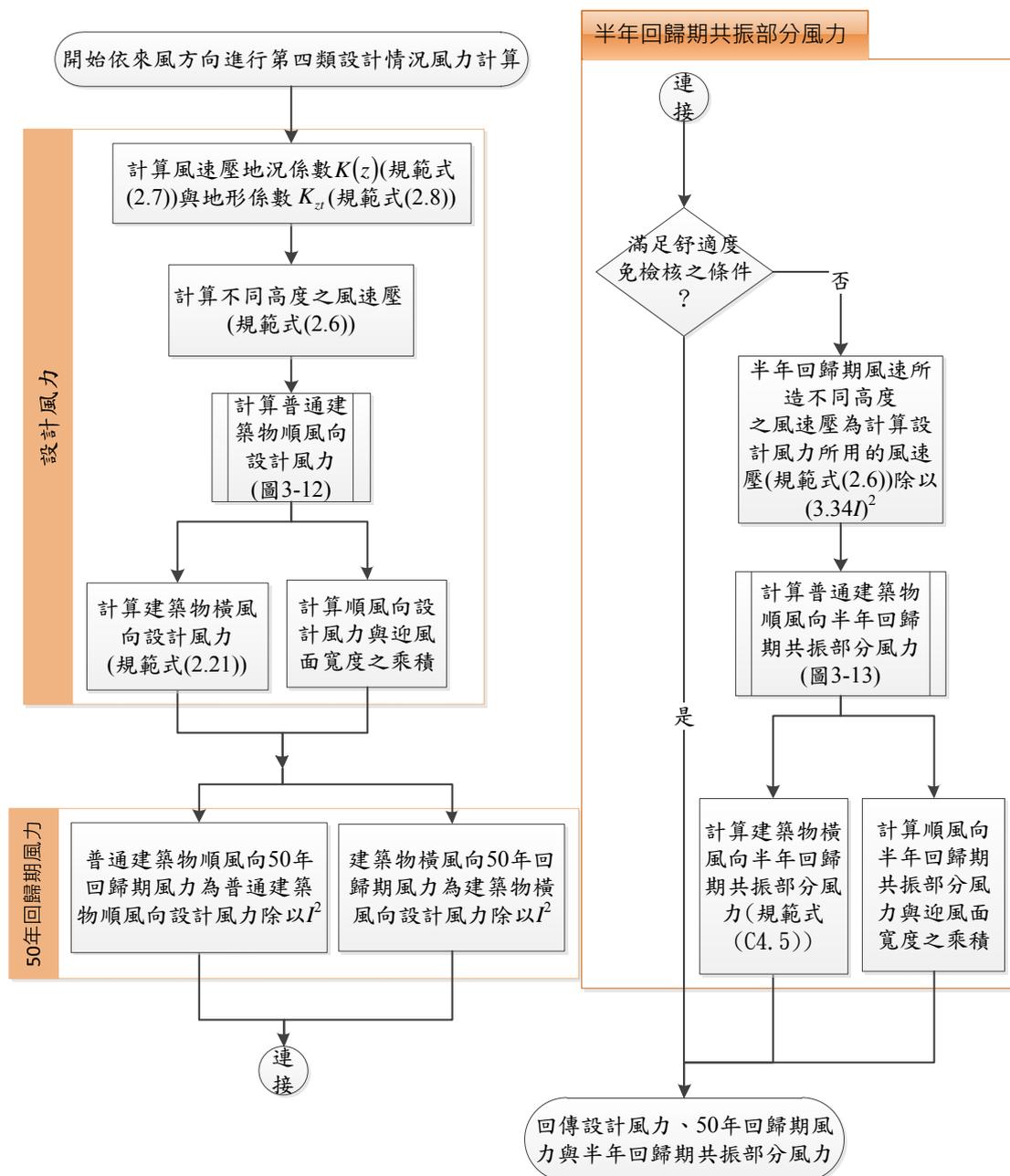


圖 3-16 第四類設計情況風力計算流程圖

(資料來源：本研究整理)

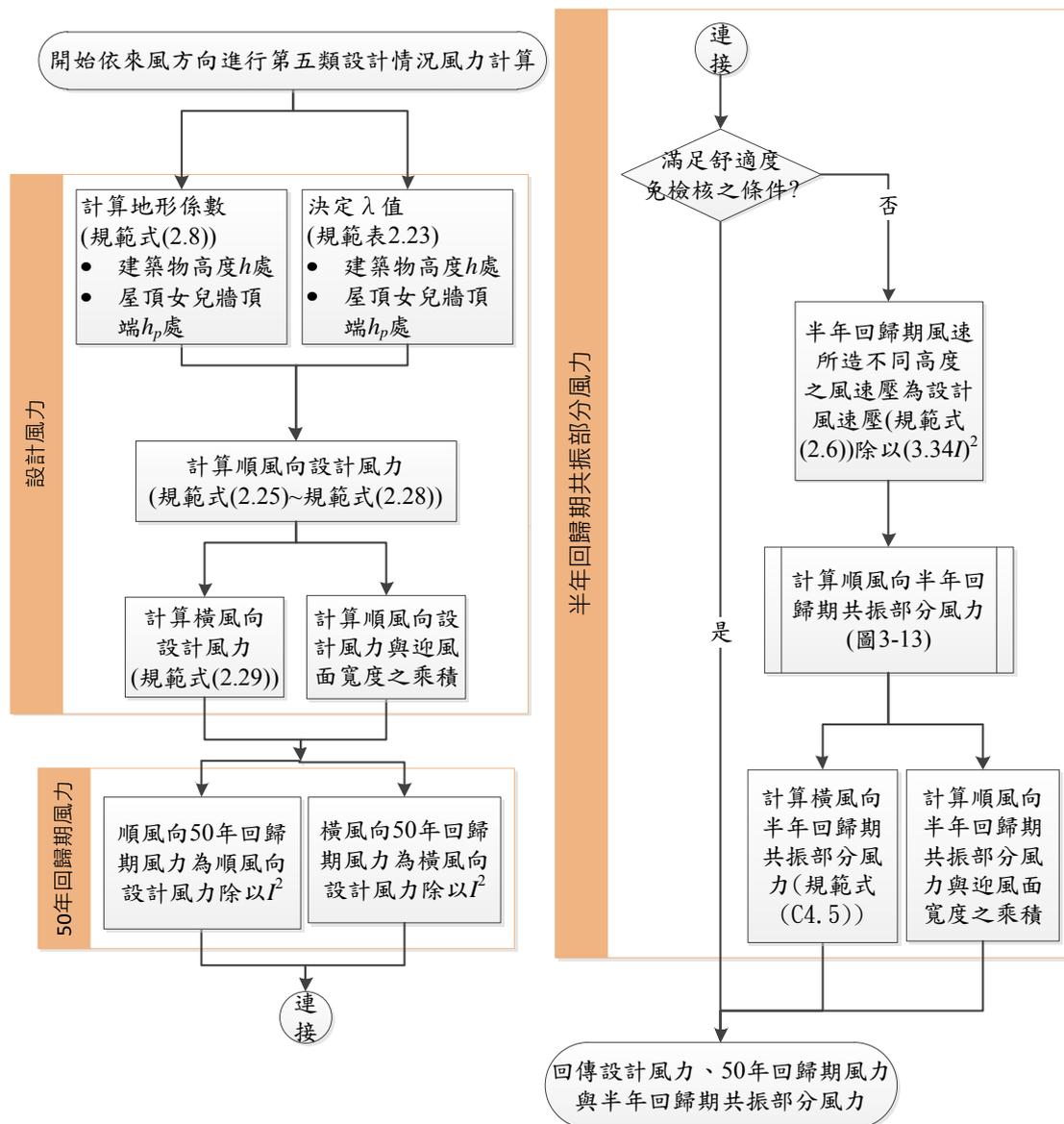


圖 3-17 第五類設計情況風力計算流程圖

(資料來源：本研究整理)

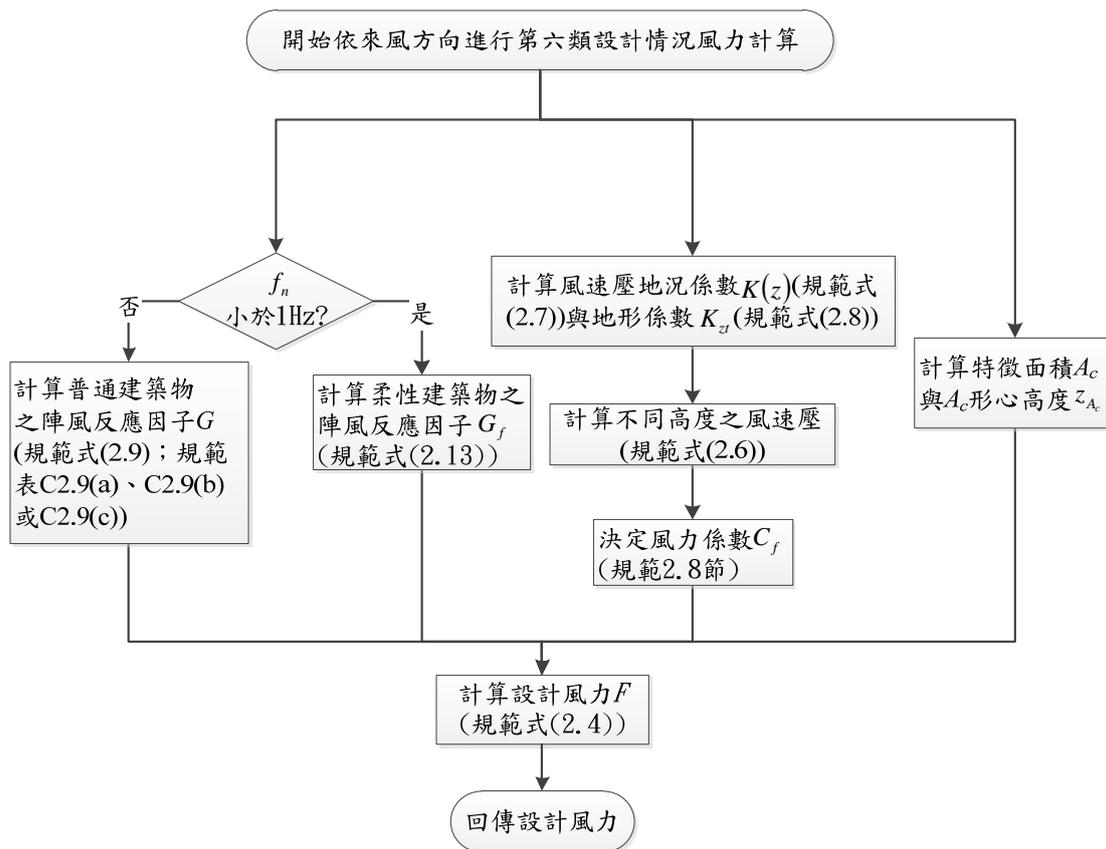


圖 3-18 第六類設計情況風力計算流程圖

(資料來源：本研究整理)

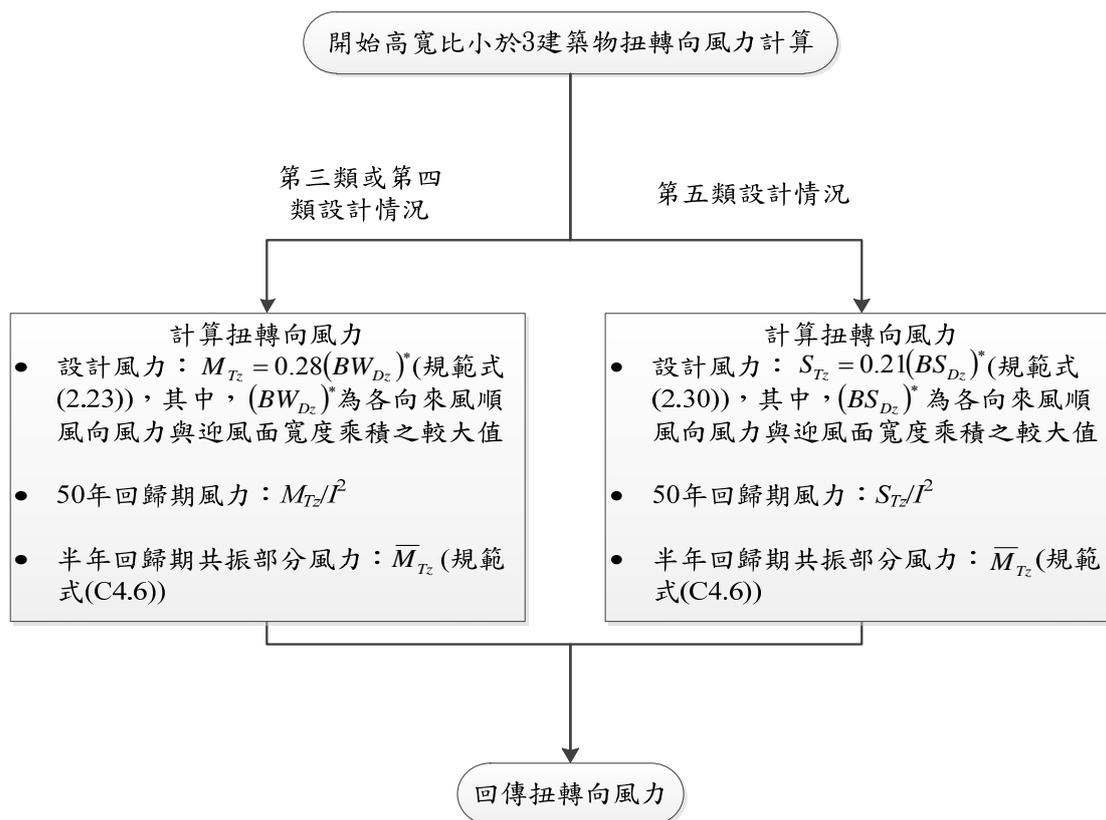


圖 3-19 第三類、第四類或第五類設計情況扭轉向風力計算流程圖
(資料來源：本研究整理)

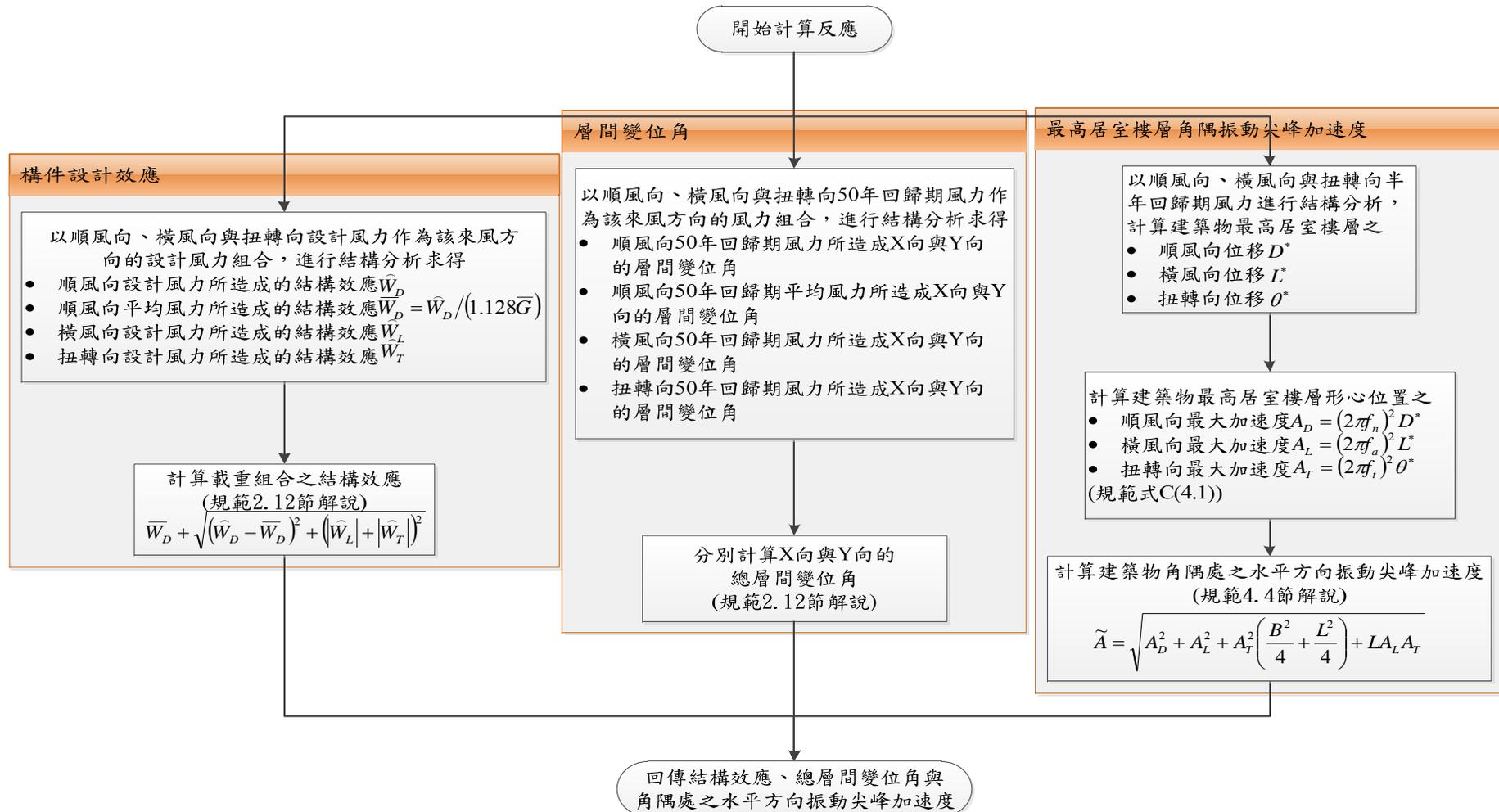


圖 3-20 耐風結構反應計算流程圖

(資料來源：本研究整理)

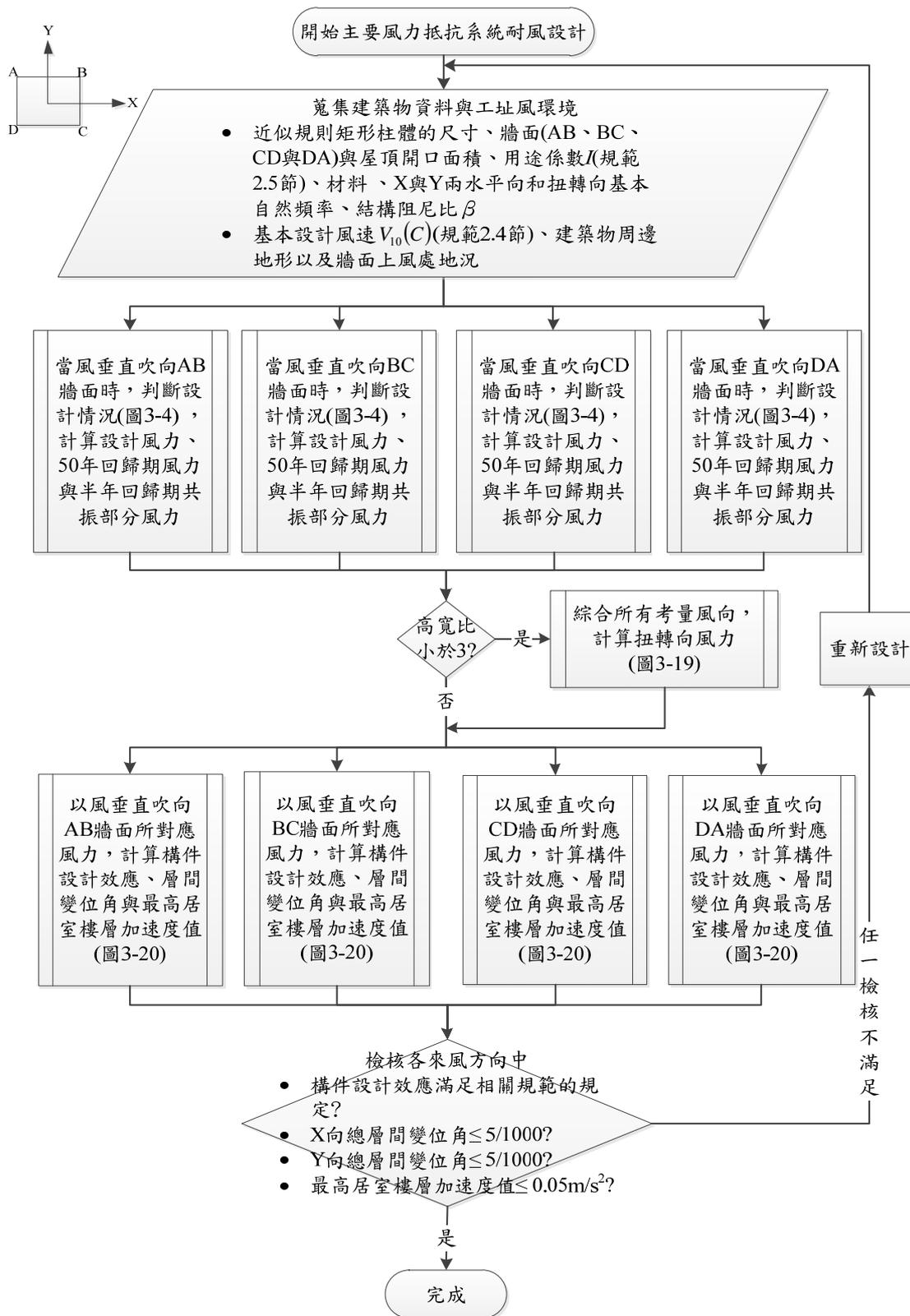


圖 3-21 主要風力抵抗系統耐風設計主流程圖

(資料來源：本研究整理)

第四章 局部構材及外部被覆物耐風設計流程圖之建立

本章根據 104 年版規範第三章中之規定，建立局部構材及外部被覆物耐風設計流程圖，其相關連結的細節，將於下列各節中逐一展現。局部構材及外部被覆物根據規範 1.3 節定義為直接承受風力的外部被覆物或構件及受其附近外部被覆物產生之風力，並將其傳到主要風力抵抗之構材者。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。局部構材及外部被覆物耐風設計考慮如圖 4-1 所示的 3 種情況：高度不超過 18 公尺封閉式或部分封閉式建築物；高度超過 18 公尺封閉式或部分封閉式建築物；開放式建築物之斜屋頂。以下針對這 3 種情況，分別建立規範所允許之設計步驟，並建立耐風設計流程圖。另外，對於開放式建築物而言，由於沒有內、外風壓的區分，且此種結構物的規模通常也不大，因此主要風力抵抗系統與局部構材及外部被覆物之設計風力計算一般並沒有不同。

第一節 高度不超過 18 公尺建築物局部構材耐風設計流程圖

本節根據 104 年版規範第三章，建立高度不超過 18 公尺封閉式或部分封閉式建築物之局部構材及外部被覆物耐風設計流程圖。本節所考慮的建築物為近似規則矩形柱體，其俯視圖如圖 3-1 所示，圖中符號的定義情詳第三章。設置於外牆與屋頂的局部構材及外部被覆物之設計風壓的計算是根據規範式(3.1)。觀察規範式(3.1)，可知設計風壓的計算由外風壓係數、風速壓與內風壓係數三個參數所構成。

外風壓係數的決定是根據局部構材或外部被覆物的有效受風面積查規範圖 3.1。有效受風面積根據規範 1.3 節定義為：結構構件之有效受風面積為跨距長度與有效寬度之乘機，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。風速壓的計算與內風壓係數的決定分別根據規範 2.6 節與 2.9 節，須根據來風方向，計算風速壓與決定內風壓係數。

前述三個參數的計算或決定並無主關係，可以平行進行，耐風設計流程中會先說明外風壓係數的決定，再來才是須根據來風方向，計算風速壓與決定內風壓係數。以下，根據上述參數計算順序與對應的規範公式，建立高度不超過 18 公

尺封閉式或部分封閉式建築物之局部構材及外部被覆耐風設計流程。

本節設計情況的耐風設計流程有 6 個步驟。第 1 步驟為蒐集建築物資料與工址風環境，建築物資料包含尺寸、牆面與屋頂開口面積、用途係數 I 、所有局部構材或外部被覆物的尺寸與配置；工址風環境包含基本設計風速 $V_{10}(C)$ 、建築物周邊地形以及牆面上風側地況。第 2 步驟為分別計算每一個局部構材或外部被覆物的有效受風面積及相對應的外風壓係數。第 3 步驟為根據來風方向，計算風速壓與決定內風壓係數，其計算流程圖如圖 4-2 所示。第 4 步驟為根據來風方向，計算局部構材或外部被覆物之設計風壓。第 5 步驟為從上述所有考量風向中，分別選取局部構材或外部被覆物之最大設計正風壓和負風壓。第 6 步驟為檢核局部構材或外部被覆物的抵抗強度與變形量是否滿足相關規範之規定，若否，則重新設計。

根據上述計算流程，建立高度不超過 18 公尺封閉式或部分封閉式建築物之局部構材及外部被覆耐風設計流程圖如圖 4-3 所示。

第二節 高度超過 18 公尺建築物局部構材耐風設計流程圖

本節根據 104 年版規範第三章，建立高度超過 18 公尺封閉式或部分封閉式建築物之局部構材及外部被覆物耐風設計流程圖。本節所考慮的建築物為近似規則矩形柱體，其俯視圖如圖 3-1 所示，圖中符號的定義情詳第三章。設置於外牆與屋頂的局部構材及外部被覆物之設計風壓的計算是根據規範式(3.2)。觀察規範式(3.2)，可知設計風壓的計算由外風壓係數、風速壓與內風壓係數三個參數所構成。

外風壓係數的決定是根據局部構材或外部被覆物的有效受風面積查規範圖 3.2。有效受風面積根據規範 1.3 節定義為：結構構件之有效受風面積為跨距長度與有效寬度之乘機，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。風速壓的計算與內風壓係數的決定分別根據規範 2.6 節與 2.9 節，須根據來風方向，計算風速壓與決定內風壓係數。

前述三個參數的計算或決定並無主關係，可以平行進行，耐風設計流程中會先說明外風壓係數的決定，再來才是須根據來風方向，計算風速壓與決定內風壓係數。以下，根據上述參數計算順序與對應的規範公式，建立高度超過 18 公尺封閉式或部分封閉式建築物之局部構材及外部被覆耐風設計流程。

本節設計情況的耐風設計流程有 6 個步驟。第 1 步驟及第 2 步驟分別與第一節第 1 步驟及第 2 步驟相同。第 3 步驟為根據來風方向，計算風速壓與決定內風壓係數，其計算流程圖如圖 4-4 所示。第 4 步驟為根據來風方向，計算局部構材或外部被覆物之設計風壓。第 5 步驟及第 6 步驟分別與第一節第 5 步驟及第 6 步驟相同。

根據上述計算流程，建立高度超過 18 公尺封閉式或部分封閉式建築物之局部構材及外部被覆耐風設計流程圖如圖 4-5 所示。

第三節 開放式建築物之斜屋頂局部構材耐風設計流程圖

本節根據 104 年版規範第三章，建立開放式建築物之斜屋頂局部構材及外部被覆物耐風設計流程圖。本節所考慮的建築物為近似規則矩形柱體，其俯視圖如圖 3-1 所示，圖中符號的定義詳第三章；斜屋頂的立面示意圖請詳規範圖 3.3(a) 與圖 3.3(b) 上半部最右邊的子圖。設置於斜屋頂的局部構材及外部被覆物之設計風壓的計算是根據規範式(3.4)。觀察規範式(3.4)，可知設計風壓的計算由淨風壓係數、風速壓與普通建築物之陣風反應因子三個參數所構成。

淨風壓係數的決定是根據局部構材或外部被覆物的有效受風面積查規範圖 3.3。有效受風面積根據規範 1.3 節定義為：結構構件之有效受風面積為跨距長度與有效寬度之乘機，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。風速壓與普通建築物之陣風反應因子依來風方向分別根據規範 2.6 節與 2.7 節計算之。

前述三個參數的計算或決定並無主關係，可以平行進行，耐風設計流程中會先說明淨風壓係數的決定，再來才是根據來風方向，計算風速壓與普通建築物之陣風反應因子。以下，根據上述參數計算順序與對應的規範公式，建立開放式建

築物之斜屋頂局部構材及外部被覆物耐風設計流程。

本節設計情況的耐風設計流程有6個步驟。第1步驟與第一節第1步驟相同。第2步驟為分別計算每一個局部構材或外部被覆物的有效受風面積及相對應的淨風壓係數。第3步驟為根據來風方向，計算風速壓與普通建築物之陣風反應因子，其計算流程圖如圖4-6所示。第4步驟為根據來風方向，計算局部構材或外部被覆物之設計風壓。第5步驟及第6步驟分別與第一節第5步驟及第6步驟相同。

根據上述計算流程，建立開放式建築物之斜屋頂局部構材及外部被覆物耐風設計流程圖如圖4-7所示。

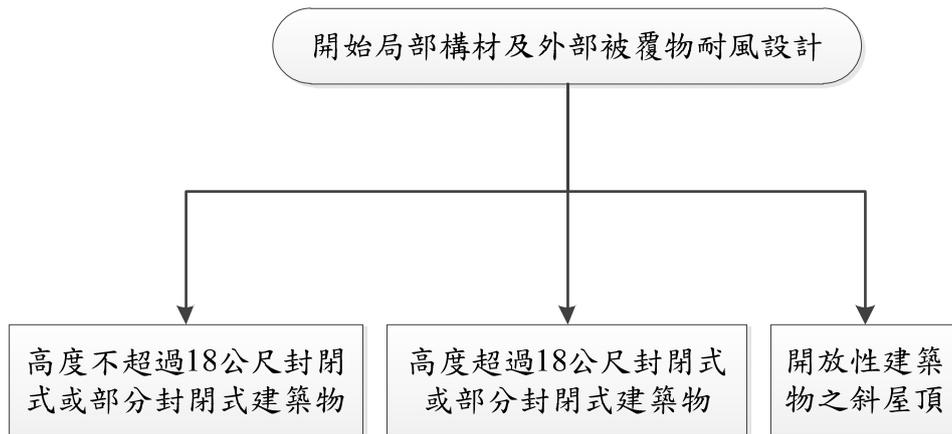


圖 4-1 局部構材及外部被覆物耐風設計的情況
(資料來源：本研究整理)

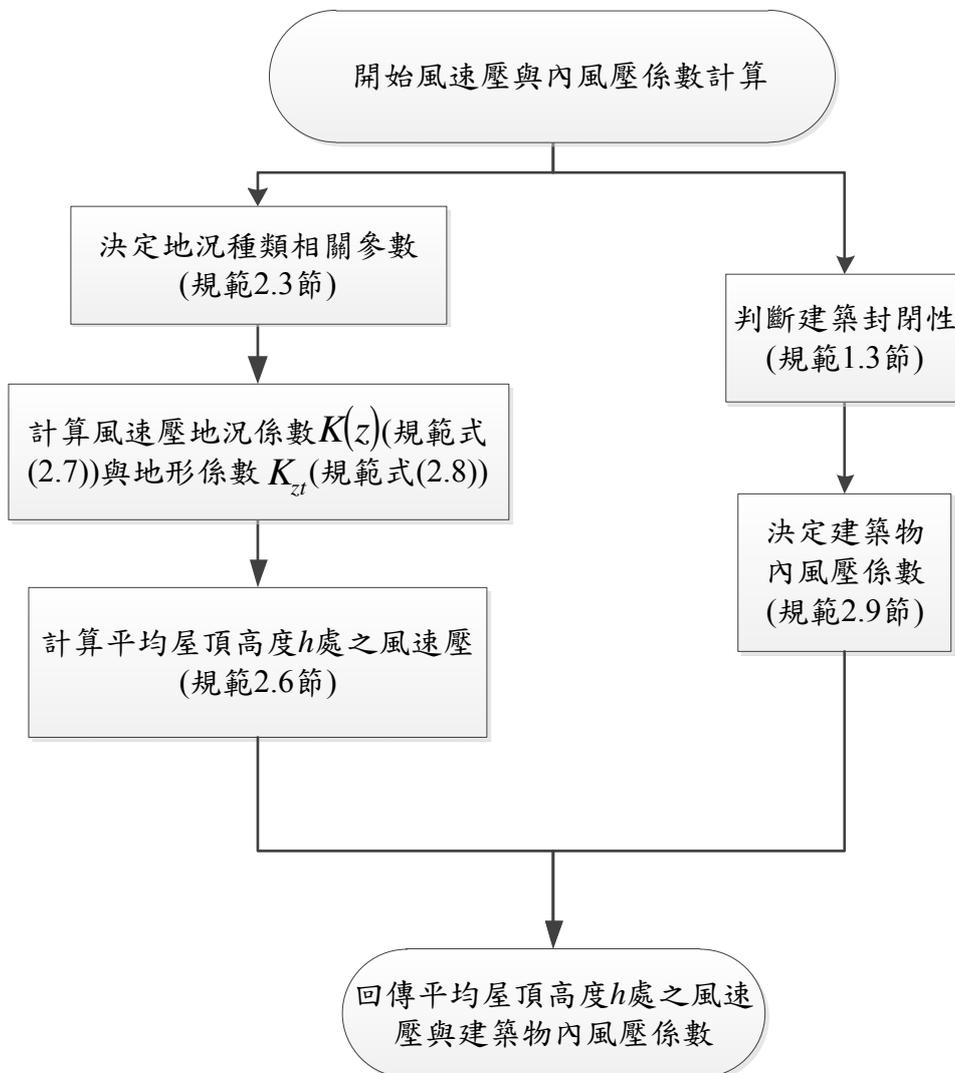


圖 4-2 平均屋頂高度 h 處之風速壓與內風壓係數計算流程圖
(資料來源：本研究整理)

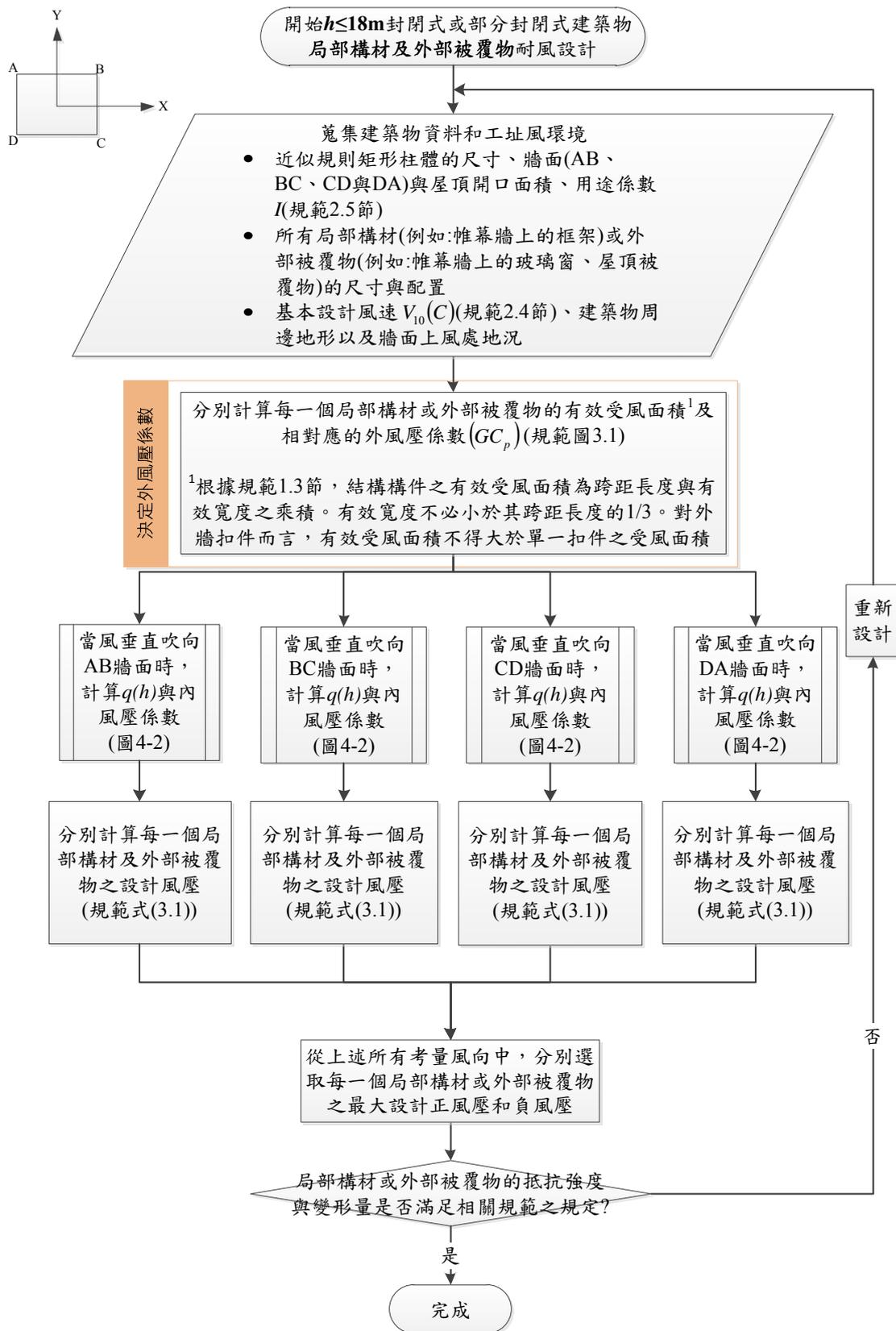


圖 4-3 高度不超過 18 公尺封閉式或部分封閉式建築物之局部構材及外部被覆耐風設計流程圖

(資料來源：本研究整理)

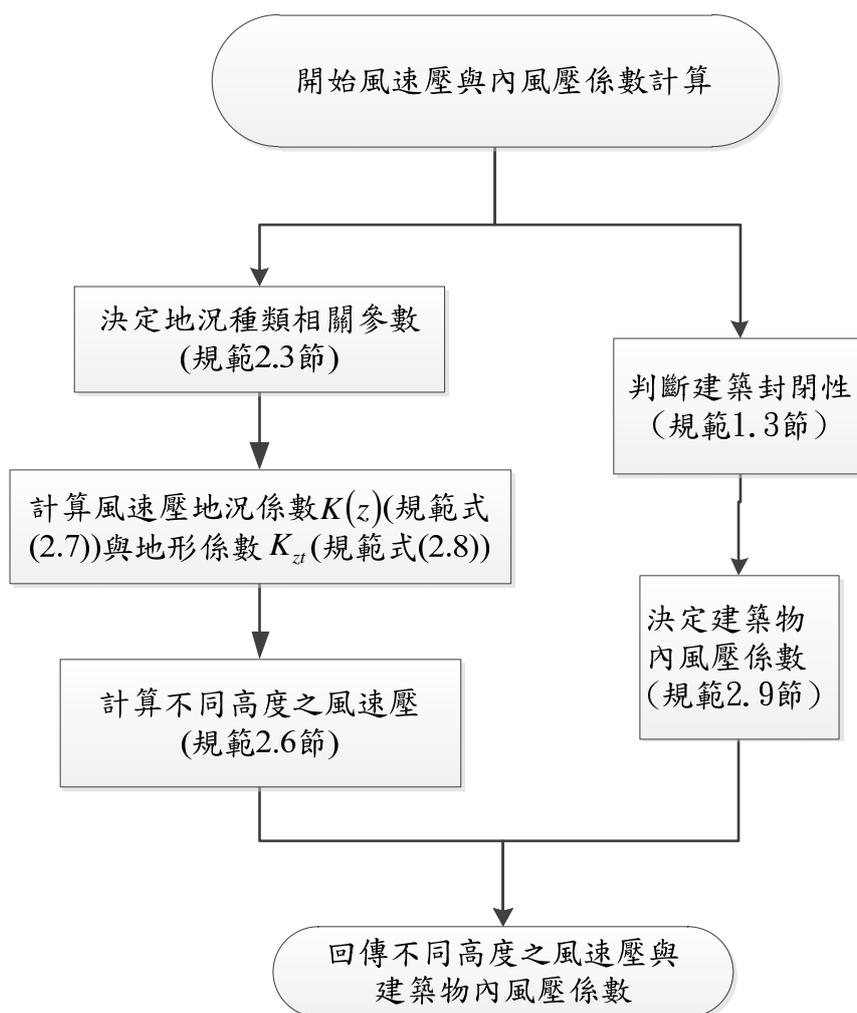


圖 4-4 不同高度之風速壓與內風壓係數計算流程圖
(資料來源：本研究整理)

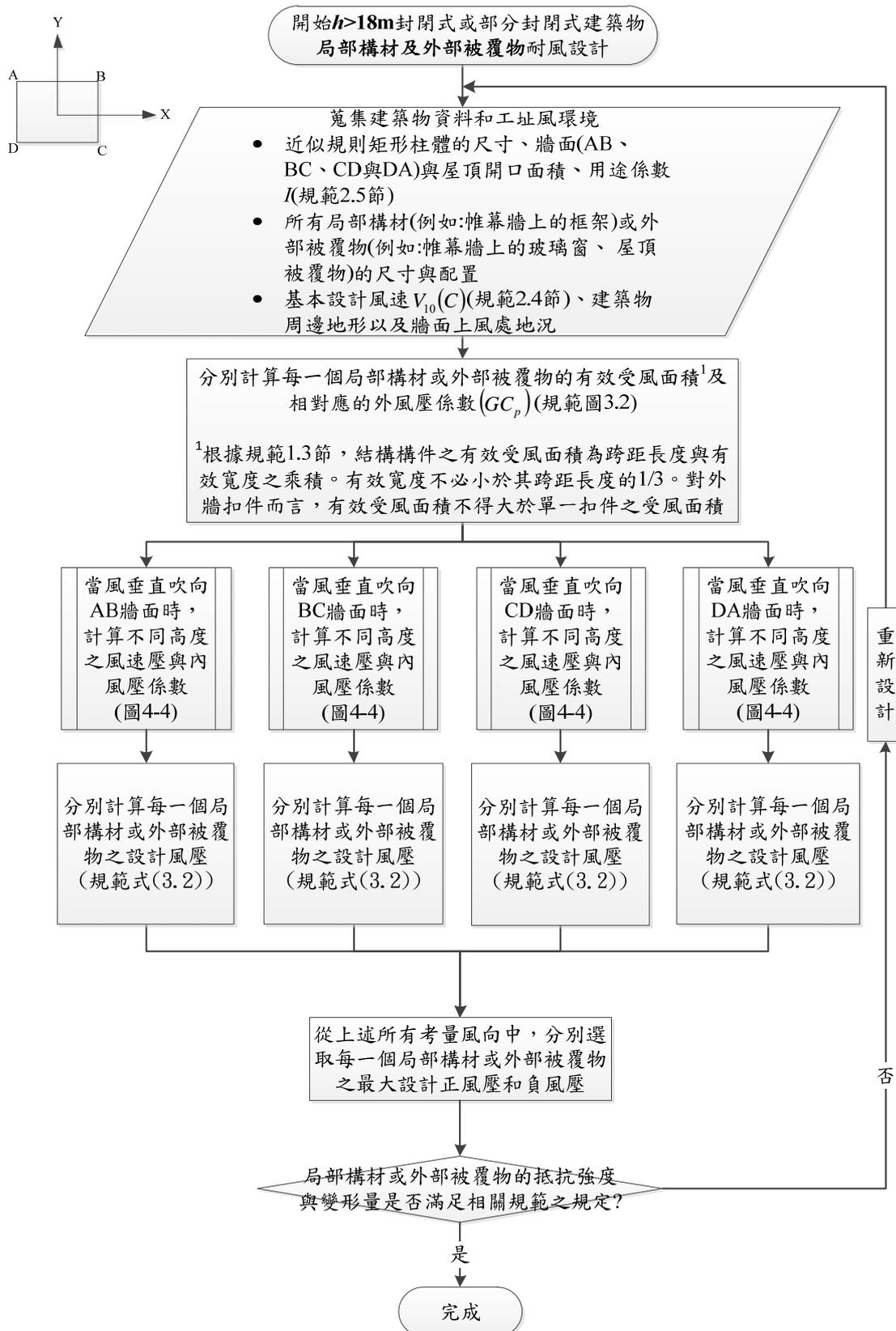


圖 4-5 高度超過 18 公尺封閉式或部分封閉式建築物之局部構材及外部被覆耐風設計流程圖

(資料來源：本研究整理)

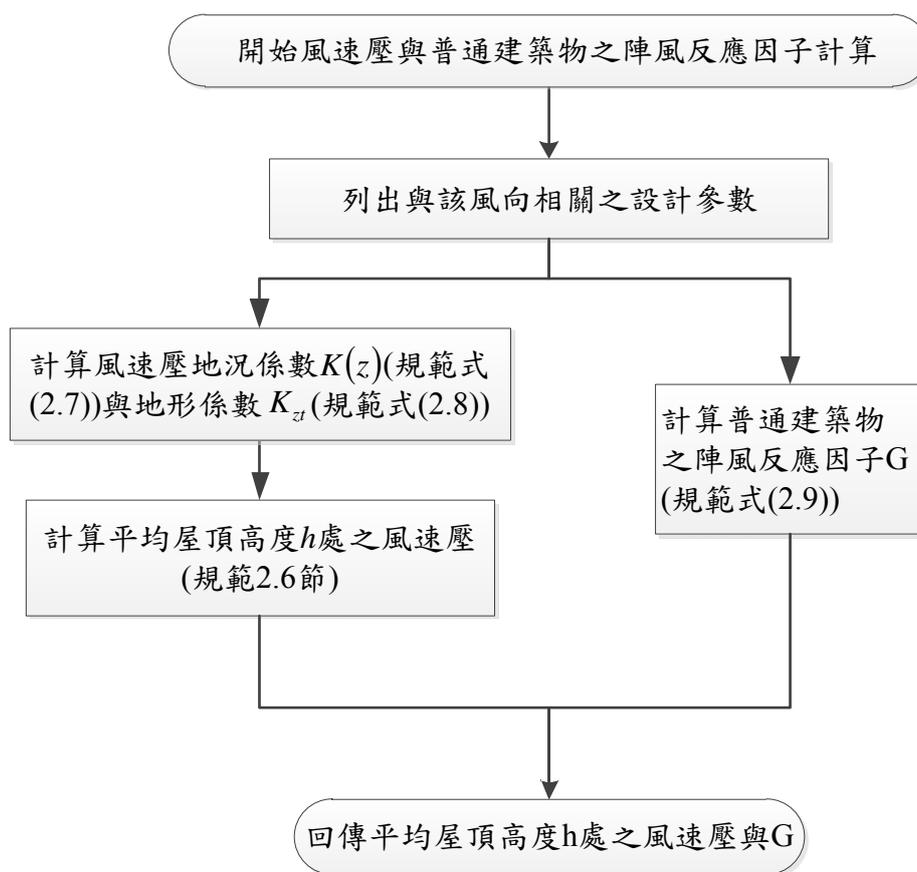


圖 4-6 風速壓與普通建築物之陣風反應因子的計算流程圖
(資料來源：本研究整理)

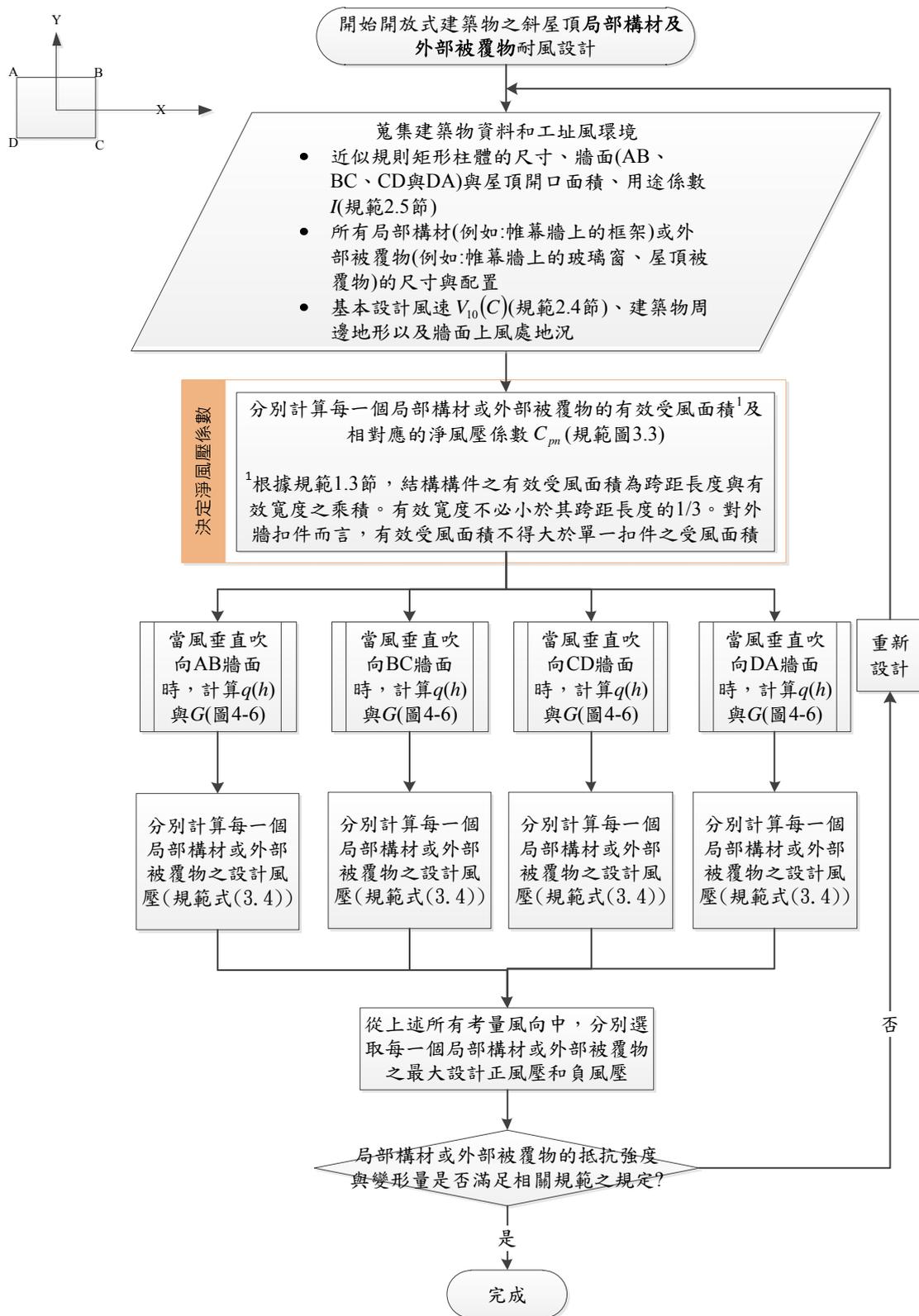


圖 4-7 開放式建築物之斜屋頂局部構材及外部被覆物耐風設計流程圖
(資料來源：本研究整理)

第五章 高寬比 3 至 6 柔性建築物主要風力抵抗系統耐風設

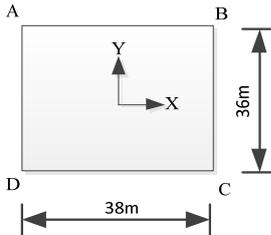
計示範例

本章擬定一棟高寬比 3 至 6，且 XY 兩主軸方向皆為柔性($f_n < 1\text{Hz}$)的建築物，根據圖 3-4、圖 3-5 至圖 3-11、圖 3-20 與圖 3-21，執行其主要風力抵抗系統耐風設計。第一節到第六節詳列計算流程，分別為建築物資料與工址風環境、風垂直吹向 AB 牆面之風力、風垂直吹向 BC 牆面之風力、風垂直吹向 CD 牆面之風力、風垂直吹向 DA 牆面之風力及結構耐風反應之計算與檢核。第七節比較 104 年版規範與 96 年版規範所計算該建築物設計風力及 50 年回歸期風力。第八節比較 104 年版規範與 96 年版規範所計算該建築物半年回歸期風力。第九節探討懸崖地形對該建築物風力之影響。高寬比 3 至 6 建築物的 XY 兩主軸方向頻率有可能一向大於 1Hz，另一向小於 1Hz，小於 1Hz 向的耐風設計可參考本章的設計例計算風力，大於 1Hz 向的耐風設計可參考第六章的設計例計算風力。

第一節 建築物資料與工址風環境

根據圖 3-21 可知，執行耐風設計時，先要蒐集建築物資料與工址風環境，本節擬定建築物的示意圖如圖 5-1 所示，建築物資料與工址風環境如下表所示。

表 5-1 建築物資料與工址風環境 (例 1)

建築物資料	尺寸	平面尺寸 $38m \times 36m$ ；建築物高度(不含屋頂突出物) $h = 112.2m$ 女兒牆高度 $1.2m$	
	開口面積	在颱風區內，建築物的玻璃容易受周遭的植栽、招牌或屋頂所造成的隨風飄散物的撞擊而成為開口。本例假設 CD 牆面上風側較其它牆面上風側容易產生隨風飄散物，因此假設 CD 牆面總面積有 5% 破損而造成開口，其餘各牆面總面積都有 1% 破損而造成開口。	
	用途係數 I	根據規範 2.5 節， $I = 1.1$ 、 1.0 或 0.9 。住宅，故 $I = 1.0$ 。	
	構造形式	鋼骨鋼筋混凝土構造；剛性樓板。	
	基本自然頻率	經結構動力分析，可得 X 向基本自然頻率 $0.333 Hz$ ($3.000 s$)；Y 向基本自然頻率 $0.321 Hz$ ($3.115 s$)；扭轉向基本自然頻率 $0.477 Hz$ ($2.096 s$)。	
	結構阻尼比 β	根據規範 2.7 節解說，建議鋼構造建築物之 $\beta = 0.01$ ；混凝土構造建築物或鋼骨鋼筋混凝土構造建築物之 $\beta = 0.02$ 。本例為鋼骨鋼筋混凝土構造，故 $\beta = 0.02$ 。	
工址風環境	基本設計風速 $V_{10}(C)$	根據規範 2.4 節，台北市的 $V_{10}(C) = 42.5m/s$ 。	
	地況	AB 牆面、BC 牆面與 DA 牆面上風側地況皆為地況 B，CD 牆面上風側地況為地況 C。	
	地形	無特殊地形。實際上不一定都為無特殊地形，特殊地形種類請詳規範 2.6 節。	

(資料來源：本研究整理)

第二節 風垂直吹向 AB 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力

本節所計算的風力有設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力。

壹、 判斷主要風力抵抗系統設計情況(圖 3-4)

【步驟 1】列出與該風向相關之設計參數

當風垂直吹向 AB 牆面時，根據圖 5-1， f_n 為 Y 向基本自然頻率 0.321 Hz 、 f_a 為 X 向基本自然頻率 0.333 Hz 、垂直於風向之建築物水平尺寸 $B = 38 \text{ m}$ 與平行於風向之建築物水平尺寸 $L = 36 \text{ m}$ 。根據規範表 2.2，地況 B 相關參數 $\alpha = 0.25$ ； $z_g = 400 \text{ m}$ ； $\bar{b} = 0.62$ ； $c = 0.30$ ； $\ell = 98 \text{ m}$ ； $\bar{\varepsilon} = 0.33$ ； $z_{\min} = 9 \text{ m}$ 。

【步驟 2】判斷設計情況

根據建築物資料可知 CD 牆面開口率為 5%，其餘外牆面開口率皆為 1%。根據規範 1.3 節，建築物不屬於開放式建築物。根據建築物資料，計算迎風向外牆面之總面積 $A_g = 4263.6 \text{ m}^2$ 、迎風向外牆面之總開口面積 $A_0 = 42.64 \text{ m}^2$ 、非迎風向之各牆面(含屋頂)總面積 $A_{gi} = 13710 \text{ m}^2$ 與非迎風向之各牆面(含屋頂)總開口面積 $A_{0i} = 293.96 \text{ m}^2$ 。因無法同滿足以下各條件(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，建築物不屬於部分封閉式建築物。建築物不屬於開放式建築物或部分封閉式建築物，根據規範 1.3 節，建築物屬於封閉式建築物。

由於 $f_n < 1Hz$ 且 $3 \leq h/\sqrt{BL} = 3.03 \leq 6$ 封閉式建築物，根據圖 3-4，當風垂直吹向 AB 牆面時，主要風力抵抗系統設計情況屬於第一類設計情況。以下，使用圖 3-5~圖 3-11，計算對應的設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力。

貳、 計算設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力

計算設計風力(圖 3-11 上部)

【步驟 1】計算風速壓地況係數 $K(z)$ 與地形係數 K_{zt}

$$\begin{aligned} K(z) &= 2.774 \left(\frac{z}{z_g} \right)^{2\alpha} = 2.774 \left(\frac{z}{400} \right)^{0.5} ; z > 5m \\ \text{根據規範式(2.7),} \\ &= 2.774 \left(\frac{5}{z_g} \right)^{2\alpha} = 2.774 \left(\frac{5}{400} \right)^{0.5} ; z \leq 5m \end{aligned}$$

根據規範式(2.8)，計算 K_{zt} ：因工址附近無特殊地形， $K_{zt} = 1$ 。

【步驟 2】計算高度 h 處之風速 V_h 與不同高度之風速壓

$$\text{根據規範 2.6 解說, } V_h = 1.666 [I V_{10}(C)] \left(h/z_g \right)^\alpha \sqrt{K_{zt}(h)} = 51.53 \text{ m/s}$$

根據規範式(2.6)，離地面 z 公尺高度之風速壓 $q(z)$ ：

$$\begin{aligned} q(z) &= 0.06 K(z) K_{zt} [I V_{10}(C)]^2 = 300.63 \left(\frac{z}{400} \right)^{0.5} \text{ kgf/m}^2 ; z > 5m \\ q(z) &= 0.06 K(z=5) K_{zt} [I V_{10}(C)]^2 = 33.61 \text{ kgf/m}^2 ; z \leq 5m \end{aligned}$$

【步驟 3】計算柔性建築物順風向設計風力(圖 3-5)

(1) 決定風壓係數

內風壓係數 (GC_{pi})：根據規範 2.9 節，封閉式建築物的 (GC_{pi}) = +0.375 或 -0.375。

牆之平均外風壓係數 C_p ：AB 牆面為迎風面，根據規範表 2.4， $C_p = 0.8$ ；CD 牆面為背風面， $L/B = 0.95$ ， $C_p = -0.5$ 。

(2) 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 $L_{\bar{z}} = 183.87\text{m}$ ，其中， $\bar{z} = 67.32\text{m}$ 。根據規範式(2.10)，紊流強度 $I_{\bar{z}} = 0.22$ 。根據規範式(2.11)，背景反應 $Q = 0.80$ 。根據規範式(2.14)，共振反應尖峰因子 $g_R = 3.91$ 。根據規範式(2.19)，高度 \bar{z} 處每小時平均風速 $\bar{V}_{\bar{z}} = 42.44\text{m/s}$ 。根據規範式(2.17)，

$N_1 = 1.39$ 。根據規範式(2.16)， $R_n = 0.11$ 。根據規範式(2.18a)與式(2.18b)，

$R_n = 0.22$ 、 $R_B = 0.49$ 及 $R_L = 0.21$ 。根據規範式(2.15)，共振反應因子 $R = 0.62$ 。或是針對 $h/\sqrt{BL} = 1 \sim 6$ 和 $L/B = 1/5 \sim 5$ 之柔性建築物，規範 2.7 節解說的簡化公式可得 $R \approx 0.87$ 。以下取規範式(2.15)複雜計算的結果 $R = 0.62$ 作後續計算。根據規範式(2.13)，柔性建築物之陣風反應因

子 $G_f = 1.927 \left(\frac{1 + 1.7I_{\bar{z}} \sqrt{g_Q^2 Q^2 + g_R^2 R^2}}{1 + 1.7g_V I_{\bar{z}}} \right) = 2.00$ ，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。

(3) 計算迎風面牆與背風面牆之風壓，以及屋頂女兒牆之風壓

根據規範式(2.2)，迎風面牆之設計風壓：

$$\begin{aligned}
 p(z) &= q(z)G_f C_p - q(h)(GC_{pi}) \\
 &= 481.42 \left(\frac{z}{400} \right)^{0.5} \pm 59.71 \text{kgf/m}^2 ; z > 5\text{m} \\
 p(z) &= q(z=5)G_f C_p - q(h)(GC_{pi}) \\
 &= 53.82 \pm 59.71 \text{kgf/m}^2 ; z \leq 5\text{m}
 \end{aligned}$$

背風面牆之設計風壓：

$$p(z) = q(h)G_f C_p - q(h)(GC_{pi}) = -159.36 \pm 59.71 \text{kgf/m}^2$$

根據規範式(2.3)，迎風面女兒牆之設計風壓：

$$P_p = q_p(GC_{pm}) = 288.13 \text{kgf/m}^2$$

背風面女兒牆之設計風壓：

$$P_p = q_p(GC_{pm}) = -176.08 \text{kgf/m}^2$$

其中， $q_p = 160.07 \text{kgf/m}^2$ 為屋頂女兒牆頂端(高度為 113.4m)之風速壓； (GC_{pm}) 屋頂女兒牆淨風壓係數，迎風面女兒牆取 $+1.8$ ，背風面女兒牆取 -1.1 。

(4) 計算外牆順風向風力與屋頂女兒牆風力

外牆順風向風力為迎風面牆的風力減去背風面牆的風力。其中，迎風面牆的風力為設計風壓與對應受風面積之乘積；背風面牆的風力為設計風壓與對應受風面積之乘積。外牆順風向設計風力如表 5-2 所示。根據規範 2.2 節解說中 W_{Dz} 的計算式，也可得表 5-2 所示的外牆順風向設計風力。

屋頂女兒牆設計風力為迎風面女兒牆之風力減去背風面女兒牆之風力。其中，迎風面女兒牆之風力為迎風面女兒牆之設計風壓與對應受

風面積之乘積；背風面女兒牆之風力為背風面女兒牆之設計風壓與對應受風面積之乘積。屋頂女兒牆設計風力如表 5-2 所示。根據規範 2.2 節解說中 F_p 的計算式，也可得表 5-2 所示的屋頂女兒牆設計風力。

【步驟 4】計算建築物橫風向設計風力(圖 3-6)

(1) 由於 $h/\sqrt{BL} = 3.03$ 介於 3 至 6， $L/B = 0.95$ 介於 0.2 至 5， $V_h/(f_a\sqrt{BL}) = 4.18 \leq 10$ ，因此，滿足規範式(2.22)之使用條件。 $h/\sqrt{BL} \leq 4$ 且 $V_h/(f_a\sqrt{BL}) < 8.3$ 不用檢核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。

(2) 計算 g_L 、 C'_L 與 R_{LR} (規範 2.10 節)

橫風向尖峰因子 $g_L = 3.92$ 。 $C'_L = 0.15$ 。 橫風向共振因子

$R_{LR} = \frac{\pi S_L(n^*)}{4} = 0.050$ ，其中，橫風向風力頻譜值

$$S_L(n^*) = \sum_{j=1}^s \frac{4\bar{k}_j(1+0.6\beta_j)\beta_j}{\pi} \frac{\left(\frac{n^*}{n_j}\right)^2}{\left[1 - \left(\frac{n^*}{n_j}\right)^2\right]^2 + 4\beta_j^2\left(\frac{n^*}{n_j}\right)^2} = 0.06; \text{橫風向無因}$$

次頻率 $n^* = 0.25$ ； $L/B = 0.95 < 3$ ， $s = 1$ ； $n_1 = 0.09$ ； $\bar{k}_1 = 0.85$ ； $\beta_1 = 0.28$ 。

或可根據規範表 2.18，線性內插求得 $R_{LR} = 0.050$ 。

(3) 計算高度 z 處橫風向風力

根據規範式(2.22)，高度 z 處橫風向風力 W_{Lz} ：

$$W_{Lz} = 3q(h)C'_L A_z \frac{Z}{h} g_L \sqrt{1 + \frac{1}{\beta} R_{LR}} = 4.73 A_z \times Z \text{ kgf}$$

其中， A_z 為離地面高度 z 處迎風面面積，橫風向設計風力如表 5-2 所示。

【步驟 5】計算建築物扭轉向設計風力(圖 3-7)

(1) 由於 $h/\sqrt{BL} = 3.03$ 介於 3 至 6， $L/B = 0.95$ 介於 0.2 至 5， $V_h/(f_i\sqrt{BL}) = 2.92 \leq 10$ ，因此，滿足規範式(2.24)之使用條件。

(2) 計算 g_T 、 C'_T 與 R_{TR} (規範 2.11 節)

扭轉向尖峰因子 $g_T = 4.01$ 。 $C'_T = 0.05$ 。 扭矩共振因子

$$R_{TR} = 0.036K_T^2(U^*)^{2\beta_T} \frac{L(B^2 + L^2)^2}{L_{BL}^2 B^3} = 0.036，其中，K_T = 0.16；無因次風$$

速 $U^* = 2.92$ ； $\beta_T = 1.17$ ； $L_{BL} = 38\text{m}$ 。或可根據規範表 2.19，線性內插求得 $R_{TR} = 0.036$ 。

(3) 計算高度 z 處扭轉向風力

根據規範式(2.24)，建築物離地面高度 z 處扭轉向風力 M_{Tz} ：

$$M_{Tz} = 1.8q(h)C'_T A_z B \frac{Z}{h} g_T \sqrt{1 + \frac{1}{\beta} R_{TR}} = 30.97 A_z \times Z \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

其中， A_z 為離地面高度 z 處迎風面面積，扭轉向設計風力如表 5-2 所示。

計算 50 年回歸期風力(圖 3-11 中部)

50 年回歸期風速所造成高度 h 處之風速為 $V_h/I = 51.53\text{m/s}$ ；50 年回歸期風速

所造成不同高度之風速壓為計算設計風力所用的風速壓除以 I^2 ；50 年回歸期風力之計算流程與設計風力之計算流程相同。因為 $I=1$ ，50 年回歸期風力之數值結果與表 5-2 的結果相同。

計算半年回歸期共振部分風力(圖 3-11 下部)

【步驟 1】 計算半年回歸期風速所造成不同高度之風速壓

半年回歸期風速所造成不同高度之風速壓為計算設計風力所用的風速壓除以 $(3.34I)^2$ ，數值結果如表 5-3 所示。

【步驟 2】 計算柔性建築物順風向半年回歸期共振部分風力(圖 3-8)

(1) 決定風壓係數

$(GC_{pi}) = +0.375$ 或 -0.375 ；迎風面牆之 $C_p = 0.8$ 、背風面牆之

$C_p = -0.5$ 。

(2) 計算陣風反應因子共振部分

根據規範式 (C4.2)，陣風反應因子共振部分

$1.927 \left(\frac{1.7I_z g_R R}{1 + 1.7g_V I_z} \right) = 0.18$ 。其中，紊流強度 $I_z = 0.22$ ；共振反應尖峰因

子 $g_R = 3.91$ ；共振反應因子 $R = 0.15$ ，在計算 R 時， \bar{V}_z 是以

$\bar{V}_z / (3.34I) = 12.71 \text{ m/s}$ 取代；風速尖峰因子 g_V 可取 3.4。

(3) 計算半年回歸期風速所造成迎風面牆與背風面牆之風壓，以及屋頂女兒牆之風壓

根據規範式 (2.2)，迎風面牆之風壓為

$$3.97\left(\frac{z}{400}\right)^{0.5} \pm 5.35\text{kgf/m}^2 ; z > 5\text{m} ; 0.44 \pm 5.35\text{kgf/m}^2 ; z \leq 5\text{m} ; \text{背風面}$$

牆之風壓為 $-1.31 \pm 5.35\text{kgf/m}^2$ 。根據規範式(2.3)，迎風面女兒牆之風壓為 25.83kgf/m^2 ，背風面女兒牆之風壓為 -15.78kgf/m^2 。

(4)計算外牆順風向共振部分風力與屋頂女兒牆風力

此部分之計算流程與在設計風力作用下外牆順風向風力與屋頂女兒牆風力之計算流程相同。外牆順風向共振部分風力與屋頂女兒牆風力如表 5-3 所示。

【步驟 3】計算建築物橫風向半年回歸期共振部分風力(圖 3-9)

(1)計算 g_L 、 C'_L 與 R_{LR} (規範 2.10 節)

$$\text{橫風向尖峰因子 } g_L = 3.92 ; C'_L = 0.15 ; \text{橫風向共振因子 } R_{LR} = 0.004 ,$$

其中，在計算 n^* 時的 V_h 用 $V_h/(3.34I) = 15.43\text{m/s}$ 取代。

(2)計算橫風向共振部分風力 \bar{W}_{Lz}

根據規範式(C4.3)，橫風向共振部分風力 \bar{W}_{Lz} ：

$$\bar{W}_{Lz} = 3q(h)C'_L A_z \frac{Z}{h} g_L \sqrt{\frac{1}{\beta} R_{LR}} = 0.10 A_z \times Z \text{ kgf}$$

橫風向共振部分風力如表 5-3 所示。

【步驟 4】計算建築物扭轉向半年回歸期共振部分風力(圖 3-10)

(1)計算 g_T 、 C'_T 與 R_{TR} (規範 2.11 節)

扭轉向尖峰因子 $g_T = 4.01$; $C'_T = 0.05$; 扭矩共振因子 $R_{TR} = 0.002$,

其中，在計算 U^* 時的 V_h 用 $V_h/(3.34I) = 15.43\text{m/s}$ 取代。

(2) 計算扭轉向共振部分風力 \overline{M}_{Tz}

根據規範式(C4.4)，扭轉向共振部分風力 \overline{M}_{Tz} ：

$$\overline{M}_{Tz} = 1.8q(h)C'_T A_z B \frac{Z}{h} g_T \sqrt{\frac{1}{\beta} R_{TR}} = 0.55 A_z \times Z \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

扭轉向共振部分風力如表 5-3 所示。

第三節 風垂直吹向 BC 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力

本節所計算的風力有設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力。

壹、 判斷主要風力抵抗系統設計情況(圖 3-4)

【步驟 1】列出與該風向相關之設計參數

當風垂直吹向 BC 牆面時， $f_n = 0.333\text{Hz}$ 、 $f_a = 0.321\text{Hz}$ 、 $B = 36\text{m}$ 與 $L = 38\text{m}$ 。
地況相關參數與第二節相同。

【步驟 2】判斷設計情況

仿照第二節判斷建築封閉性的方法，分析建築物開口面積可知建築物屬於封閉式建築物。由於 $f_n < 1\text{Hz}$ 且 $3 \leq h/\sqrt{BL} = 3.03 \leq 6$ 封閉式建築物，根據圖 3-4，

當風垂直吹向 BC 牆面時，主要風力抵抗系統設計情況屬於第一類設計情況。以下，使用圖 3-5~圖 3-11，計算對應的設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力。

貳、 計算設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力

分別仿照第二節中設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力的計算流程，可計算得到當風垂直吹向 BC 牆面之設計風力如表 5-4 所示、50 年回歸期風力如表 5-4 (因為 $I=1$) 所示、半年回歸期共振部分風力如表 5-5 所示。

第四節 風垂直吹向 CD 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力

本節所計算的風力有設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力。

壹、 判斷主要風力抵抗系統設計情況(圖 3-4)

【步驟 1】列出與該風向相關之設計參數

當風垂直吹向 CD 牆面時， $f_n = 0.321Hz$ 、 $f_a = 0.333Hz$ 、 $B = 38m$ 與 $L = 36m$ 。

根據規範表 2.2，地況 C 相關參數 $\alpha = 0.15$ ； $z_g = 300m$ ； $\bar{b} = 0.94$ ； $c = 0.20$ ；

$\ell = 152m$ ； $\bar{\varepsilon} = 0.20$ ； $z_{\min} = 4.5m$ 。

【步驟 2】判斷設計情況

根據建築物資料可知 CD 牆面開口率為 5%，其餘外牆面開口率皆為 1%。根據規範 1.3 節，建築物不屬於開放式建築物。根據建築物資料， $A_g = 4263.60m^2$ 、 $A_0 = 213.18m^2$ 、 $A_{gi} = 13710m^2$ 與 $A_{0i} = 123.42m^2$ 。因同滿足以下各條件(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，建築物屬於部分封閉式建築物。

由於 $f_n < 1\text{Hz}$ 且 $3 \leq h/\sqrt{BL} = 3.03 \leq 6$ 部分封閉式建築物，根據圖 3-4，當風垂直吹向 CD 牆面時，主要風力抵抗系統設計情況屬於第一類設計情況。以下，使用圖 3-5~圖 3-11，計算對應的設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力。

貳、 計算設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力

分別仿照第二節中設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力的計算流程，可計算得到當風垂直吹向 CD 牆面之設計風力如表 5-6 所示、50 年回歸期風力如表 5-6 (因為 $I=1$) 所示、半年回歸期共振部分風力如表 5-7 所示。

第五節 風垂直吹向 DA 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力

根據第一節的建築物資料與工址風環境可知，建築物以 Y 軸為對稱軸；BC 牆面與 DA 牆面開口面積相同；BC 牆面與 DA 牆面上風側地況相同；BC 牆面與 DA 牆面上風側地形相同。因此，當風垂直吹向 DA 牆面時主要風力抵抗系統所承受之風力，與第三節的結果相同。

第六節 耐風結構反應之計算與檢核

本節所計算的耐風結構反應有構件設計效應、層間變位角與最高居室樓層角隅振動尖峰加速度。

壹、 計算構件設計效應與檢核

【步驟 1】當風垂直吹向 AB 牆面時，計算結構效應(圖 3-20 左半部)

(1)以表 5-2 的風力進行結構分析，求得順風向設計風力所造成的結構效應 \widehat{W}_D 、順風向平均風力所造成的結構效應 $\overline{W}_D = \widehat{W}_D / (1.128\overline{G})$ 、橫風向設計風力所造成的結構效應 \widehat{W}_L 、扭轉向設計風力所造成的結構效應 \widehat{W}_T 。其中，柔性建築物 $\overline{G} = G_f$ 。

(2)根據規範 2.12 節解說，計算載重組合之結構效應

$$\overline{W}_D + \sqrt{(\widehat{W}_D - \overline{W}_D)^2 + (\widehat{W}_L + |\widehat{W}_T|)^2}$$

【步驟 2】當風垂直吹向 BC 牆面、CD 牆面與 DA 牆面時，分別計算結構效應

重複步驟 1 的(1)與(2)計算得之。其中，當風垂直吹向 BC 牆面或 DA 牆面時所採用的風力詳表 5-4。當風垂直吹向 CD 牆面時所採用的風力詳表 5-6。

【步驟 3】從上述四種可能來風方向中，各構件分別選擇結構效應的最大值，作為桿件設計載重組合中之風載重效應。在與其他型式載重組合前，應乘上材料規範規定之載重係數。若有任一檢核不滿足相關規範之規定，則重新設計。

貳、 計算層間變位角與檢核

【步驟 1】當風垂直吹向 AB 牆面時，計算層間變位角(圖 3-20 中間)

(1)以第二節的 50 年回歸期風力進行結構分析，分別求得順風向 50 年回歸期風力所造成 X 向與 Y 向的層間變位角、順風向 50 年回歸期平均風力所造成 X 向與 Y 向的層間變位角、橫風向 50 年回歸期風力所造成 X 向與 Y 向的層間變位角、扭轉向 50 年回歸期風力所造成 X 向與 Y

向的層間變位角。

(2)根據規範 2.12 節解說之公式，分別計算 X 向與 Y 向的總層間變位角，數值分析結果如表 5-8 所示。

【步驟 2】當風垂直吹向 BC 牆面、CD 牆面與 DA 牆面時，分別計算層間變位角

重複步驟 1 的(1)與(2)計算得之。當風垂直吹向 BC 牆面或 DA 牆面時所採用的風力詳表 5-4，數值分析結果如表 5-8 所示。當風垂直吹向 CD 牆面時所採用的風力詳表 5-6，數值分析結果如表 5-8 所示。

【步驟 3】檢核層間變位角

從四種可能來風方向中，選擇 X 向總層間變位角的最大值，判斷其是否 $\leq 5/1000$ ；選擇 Y 向總層間變位角的最大值，判斷其是否 $\leq 5/1000$ 。若有任一檢核不過，則重新設計。根據表 5-8 可知 X 向總層間變位角的最大值為 $0.67/1000 \leq 5/1000$ ；Y 向總層間變位角的最大值為 $1.94/1000 \leq 5/1000$ 。

參、 計算最高居室樓層角隅振動尖峰加速度與檢核

【步驟 1】當風垂直吹向 AB 牆面時，計算最高居室樓層加速度(圖 3-20 右半部)

(1)以表 5-3 的風力進行結構分析，求得建築物最高居室樓層之順風向位移 $D^* = 0.0006m$ 、橫風向位移 $L^* = 0.0014m$ 與扭轉向位移 $\theta^* = 1.74 \times 10^{-5} rad$ 。

(2)根據規範式(C4.1)，計算建築物最高居室樓層形心位置之順風向最大加速度 $A_D = (2\pi f_n)^2 D^* = 0.0025 m/s^2$ 、橫風向最大加速度 $A_L = (2\pi f_a)^2 L^* = 0.0063 m/s^2$ 與扭轉向最大加速度 $A_T = (2\pi f_t)^2 \theta^* = 0.0002 rad/s^2$ 。

(3)根據規範 4.4 節解說，計算建築物角隅處之水平方向振動尖峰加速度

$$\tilde{A} = \sqrt{A_D^2 + A_L^2 + A_T^2 \left(\frac{B^2}{4} + \frac{L^2}{4} \right) + LA_L A_T} = 0.01 m/s^2。$$

【步驟 2】當風垂直吹向 BC 牆面、CD 牆面與 DA 牆面時，分別計算最高居室樓層加速度

重複步驟 1 的(1)、(2)與(3)計算得之。當風垂直吹向 BC 牆面或 DA 牆面時所採用的風力詳表 5-5，數值分析結果為 $0.01 m/s^2$ 。當風垂直吹向 CD 牆面時所採用的風力詳表 5-7，數值分析結果為 $0.02 m/s^2$ 。

【步驟 3】檢核最高居室樓層角隅振動尖峰加速度

從四種可能來風方向中，選擇最高居室樓層角隅振動尖峰加速度的最大值，判斷其是否 $\leq 0.05 m/s^2$ ，若否，則重新設計。本例中最高居室樓層角隅振動尖峰加速度的最大值為 $0.02 m/s^2 \leq 0.05 m/s^2$ 。

第七節 比較 104 年版規範與 96 年版規範所計算設計風力及 50 年

回歸期風力

本節在不改變第一節資訊的條件下，比較 104 年版規範與 96 年版規範所計算設計風力及 50 年回歸期風力。根據附錄一，可知規範中對設計風力及 50 年回歸期風力的計算有修改部分包含規範 2.10 節 g_L 與 β_1 公式，以及 2.11 節 g_T 公式。

以下先進行 g_L 與 g_T 公式修訂前後之比較，再來為 β_1 公式修訂前後之比較，接下來， β_1 公式修訂前後對 R_{LR} 之影響，最後，公式修訂前後對設計風力及 50 年回歸期風力之影響。在探討前述各四項時，都會分別對該項考慮第一節的建築物與工址風環境，進行數值分析。

壹、 g_L 與 g_T 公式修訂前後之比較

104 年版規範與 96 年版規範 g_L 或 g_T 公式隨頻率的變化如圖 5-2 所示，從圖中可知，96 年版規範的 g_L (或 g_T) 值小於 104 年版規範的 g_L (或 g_T) 值，原因為強風作用延時應為 1 小時，但 96 年版規範公式為十分鐘，因此，96 年版規範會造成 g_L 與 g_T 被低估。針對第一節建築物，96 年版規範會造成 g_L 最大被低估 13%，會造成 g_T 被低估 12%。

貳、 β_1 公式修訂前後之比較

104 年版規範與 96 年版規範 β_1 公式隨 L/B 的變化如圖 5-3 所示，從圖中可知，當 L/B 介於 0.2 ~ 1.78，104 年版規範的 β_1 值大於 96 年版規範的 β_1 值；當 L/B

介於1.78~5，104年版規範的 β_1 值小於96年版規範的 β_1 值。針對第一節建築物， $L/B=1.05, 0.95$ ，96年版規範會造成 β_1 最大被低估44%。

參、 β_1 公式修訂前後對 R_{LR} 之影響

計算 R_{LR} 所使用的 β_1 公式為96年版規範，會造成 R_{LR} 可能被低估或高估，取決於建築物的性質。針對第一節建築物，96年版規範會造成 R_{LR} 最大被低估42%。在50年回歸期風力方面，因為 $I=1$ ，所以96年版規範也會造成 R_{LR} 最大被低估42%。

肆、公式修訂前後對設計風力及50年回歸期風力之影響

96年版規範會造成橫風向風力(含設計與50年)可能被低估或被高估，取決於建築物的性質。針對第一節建築物，96年版規範會造成 W_{Lz} 與橫風向50年回歸期風力最大皆被低估28%。

96年版規範會造成扭轉向風力(含設計與50年)被低估。針對第一節建築物，96年版規範也會造成 M_{Tz} 與扭轉向50年回歸期風力最大皆被低估12%。

第八節 比較104年版規範與96年版規範所計算半年回歸期風力

本節在不改變第一節資訊的條件下，比較104年版規範與96年版規範所計算半年回歸期風力。根據附錄一與附錄二，可知規範中對半年回歸期風力的計算有修改部分包含規範2.10節 g_L 與 β_1 公式、2.11節 g_T 公式，以及4.4節中半年回歸期風力公式。因前節已詳述 g_L 與 g_T 公式修訂前後之比較、 β_1 公式修訂前後之

比較與 β 公式修訂前後對 R_{LR} 之影響。以下僅說明半年回歸期風力公式修訂前後之影響，以及公式修訂前後對半年回歸期風力之影響，並針對第一節的建築物與工址風環境，比較公式修訂前後所計算半年回歸期風力。

壹、 半年回歸期風力公式修訂前後之影響

半年回歸期風力應該是受共振部分的影響，但 96 年版規範中半年回歸期風力公式包含非共振部分，因此，96 年版規範這部分會造成半年回歸期風力被高估。在計算順風向半年回歸期風力的風速頻譜值時，應該是用半年回歸期風速，但 96 年版規範用 50 年回歸期風速，因此，96 年版規範這部分會造成順風向半年回歸期風力被高估。

貳、 公式修訂前後對半年回歸期風力之影響

96 年版規範會造成順風向半年回歸期風力被高估。針對第一節建築物，96 年版規範會造成順風向半年回歸期風力最大被高估 1008%。

96 年版規範會造成橫風向半年回歸期風力可能被低估或被高估，取決於建築物的性質。針對第一節建築物，96 年版規範會造成橫風向半年回歸期風力最大被高估 148%。

96 年版規範會造成扭轉向半年回歸期風力可能被低估或被高估，取決於建築物的性質。針對第一節建築物，96 年版規範會造成扭轉向半年回歸期風力最大被高估 195%。

第九節 探討懸崖地形對風力之影響

本節假設第一節建築物 CD 牆面上風側的地形為懸崖，如圖 5-4 所示，其餘資訊與第一節資訊相同，使用第三章所建立的主要風力抵抗系統耐風設計流程圖，計算當風垂直吹向 CD 牆面時，其主要風力抵抗系統所承受的風力，並與第四節的結果作比較，探討懸崖地形對風力之影響。該棟建築物風力的計算流程中，僅地形係數的計算流程不同於第一節建築物風力的計算流程。因此，在計算風力時，針對地形係數列計算流程與結果，其餘部分仿照第四節的計算流程進行計算，但只列風力。

壹、 風垂直吹向 CD 牆面時，判斷主要風力抵抗系統設計情況

由於本節中建築物資料與第一節相同，因此，設計情況判斷的結果與第四節相同。

貳、 計算設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力

計算設計風力(圖 3-11 上部)

【步驟 1】計算風速壓地況係數 $K(z)$ 與地形係數 K_{zt}

$K(z)$ 值與第四節相同。根據圖 5-4，懸崖高度 $H = 25\text{m}$ ，懸崖之水平尺寸 $L_h = 31\text{m}$ ， $x = 16\text{m}$ 。其中， 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)，且此懸崖在上風側 $100H$ 或 3.22 公里(兩者取小值)內沒有類似高度之障礙物，且 $\frac{H}{L_h} = 0.81 \geq 0.2$ ，則 K_{zt} 可依

$K_{zt} = (1 + K_1 K_2 K_3)^2$ 計算。根據規範 2.6 節解說，若 $\frac{H}{L_h} > 0.5$ ，計算 K_1 時採用

$\frac{H}{L_h} = 0.5$ ，則地況 C 下懸崖之 $K_1 = \frac{H}{L_h} \cdot 0.85 = 0.425$ 。根據規範 2.6 節解說，

若 $\frac{H}{L_h} > 0.5$ ，計算 K_2 時採用 $L_h = 2H$ ，懸崖之下風側水平衰減係數 $\mu = 4$ ，

根據規範式(C2.9)， $K_2 = \left(1 - \frac{|x|}{\mu L_h}\right) = 0.92$ 。根據規範 2.6 節解說，若 $\frac{H}{L_h} > 0.5$ ，

計算 K_3 時採用 $L_h = 2H$ ，懸崖之高度衰減係數 $\gamma = 2.5$ ，根據規範式(C2.10)，

$K_3 = e^{-\gamma z/L_h} = e^{-0.05z}$ 。規範式(2.8)， K_{zt} 可計算如下：

$$K_{zt} = (1 + K_1 K_2 K_3)^2 = (1 + 0.391e^{-0.05z})^2$$

也可採用規範表 2.3(a)、2.3(b)與 2.3(c)分別決定 K_1 、 K_2 與 K_3 。

【步驟 2】 計算高度 h 處之風速 V_h 與不同高度之風速壓

根據規範 2.6 解說， $V_h = 1.666 [IV_{10}(C)](h/z_g)^\alpha \sqrt{K_z(h)} = 61.19 \text{ m/s}$

根據規範式(2.6)，離地面 z 公尺高度之風速壓 $q(z)$ ：

$$\begin{aligned} q(z) &= 0.06 K(z) K_z [I V_{10}(C)]^2 \\ &= 300.63 \left(\frac{z}{300} \right)^{0.3} (1 + 0.391 e^{-0.05z})^2 \text{ kgf/m}^2 ; z > 5\text{m} \\ q(z) &= 0.06 K(z=5) K_z [I V_{10}(C)]^2 \\ &= 88.02 (1 + 0.391 e^{-0.05z})^2 \text{ kgf/m}^2 ; z \leq 5\text{m} \end{aligned}$$

【步驟 3】 計算柔性建築物順風向設計風力(圖 3-5)

(1) 決定風壓係數

風壓係數值與第四節相同。

(2) 計算柔性建築物之陣風反應因子 G_f

G_f 值與第四節相同。

(3) 計算迎風面牆與背風面牆之風壓，以及屋頂女兒牆之風壓

根據規範式(2.2)，迎風面牆之設計風壓

$$\begin{aligned} p(z) &= 500.25 \left(\frac{z}{300} \right)^{0.3} (1 + 0.391 e^{-0.05z})^2 \pm 257.23 \text{ kgf/m}^2 ; z > 5\text{m} \\ p(z) &= 146.46 (1 + 0.391 e^{-0.05z})^2 \pm 257.23 \text{ kgf/m}^2 ; z \leq 5\text{m} \end{aligned}$$

背風面牆之設計風壓：

$$p(z) = -233.44 \pm 257.23 \text{kgf/m}^2$$

屋頂女兒牆風壓的計算流程與第四節相同。

(4) 計算外牆順風向風力與屋頂女兒牆風力

此步驟的計算流程與第四節相同，數值結果如表 5-9 所示。

【步驟 4】計算建築物橫風向設計風力(圖 3-6)

此步驟的計算流程與第四節相同，數值結果如表 5-9 所示。

【步驟 5】計算建築物扭轉向設計風力(圖 3-7)

此步驟的計算流程與第四節相同，數值結果如表 5-9 所示。

計算 50 年回歸期風力(圖 3-11 中部)

50 年回歸期風速所造成高度 h 處之風速與不同高度之風速壓、建築物橫風向 50 年回歸期風力與扭轉向 50 年回歸期風力的計算流程，分別與第四節 50 年回歸期風力中相對應的計算流程相同。柔性建築物順風向 50 年回歸期風力 之計算流程與柔性建築物順風向 設計風力 之計算流程相同。因為 $I=1$ ，50 年回歸期風力與表 5-9 的結果相同。

計算半年回歸期共振部分風力(圖 3-11 下部)

此步驟的計算流程與第四節相同，數值結果如表 5-10 所示。

參、 懸崖地形對風力的影響

懸崖地形會造成風速壓與 V_h 的增加，風速壓的增加會造成順風向風力的增加，

V_h 的增加會影響 R_{LR} 與 R_{TR} ，可能增加或減少。

比較本節與第四節的 V_h ，懸崖地形造成 V_h 增加 0.16%。在設計風力部分，分別比較表 5- 6 與表 5- 9 中的順風向基底剪力、橫風向基底剪力，以及扭轉向基底扭力，懸崖地形造成順風向基底剪力增加 5.71%，橫風向基底剪力增加 0.41%，扭轉向基底扭力增加 0.38%。在 50 年回歸期風力部分，因為 $I=1$ ，懸崖地形對風力的影響同設計風力。在半年回歸期共振部分風力部分，分別比較表 5- 7 與表 5- 10 中的順風向基底剪力、橫風向基底剪力，以及扭轉向基底扭力，懸崖地形造成順風向基底剪力增加 5.79%，橫風向基底剪力增加 0.41%，扭轉向基底扭力增加 0.42%。

表 5-2 風吹向 AB 牆面之設計風力(例 1)

名稱	離地高度 $z(m)$	迎風面或背風面面積 (m^2)	風速壓地況係數 $K(z)$	風速壓 kgf/m^2	順風向風力(t)	橫風向風力(t)	扭轉向風力($t-m$)
女兒牆頂端	113.40	45.60	1.48	160.07	21.17	—	—
RF	112.20	62.70	1.47	159.22	25.98	33.25	217.86
34FL 地板	108.90	125.40	1.45	156.86	51.48	64.55	422.91
33FL 地板	105.60	125.40	1.43	154.47	51.00	62.60	410.10
32FL 地板	102.30	125.40	1.40	152.03	50.51	60.64	397.28
31FL 地板	99.00	125.40	1.38	149.56	50.02	58.68	384.47
30FL 地板	95.70	125.40	1.36	147.05	49.51	56.73	371.65
29FL 地板	92.40	125.40	1.33	144.49	49.00	54.77	358.83
28FL 地板	89.10	125.40	1.31	141.89	48.48	52.81	346.02
27FL 地板	85.80	125.40	1.28	139.24	47.94	50.86	333.20
26FL 地板	82.50	125.40	1.26	136.53	47.40	48.90	320.39
25FL 地板	79.20	125.40	1.23	133.77	46.85	46.95	307.57
24FL 地板	75.90	125.40	1.21	130.96	46.28	44.99	294.76
23FL 地板	72.60	125.40	1.18	128.08	45.70	43.03	281.94
22FL 地板	69.30	125.40	1.15	125.13	45.11	41.08	269.13
21FL 地板	66.00	125.40	1.13	122.12	44.51	39.12	256.31
20FL 地板	62.70	125.40	1.10	119.03	43.88	37.17	243.49
19FL 地板	59.40	125.40	1.07	115.85	43.25	35.21	230.68
18FL 地板	56.10	125.40	1.04	112.59	42.59	33.25	217.86
17FL 地板	52.80	125.40	1.01	109.23	41.92	31.30	205.05
16FL 地板	49.50	125.40	0.98	105.76	41.22	29.34	192.23
15FL 地板	46.20	125.40	0.94	102.17	40.50	27.39	179.42
14FL 地板	42.90	125.40	0.91	98.45	39.75	25.43	166.60
13FL 地板	39.60	125.40	0.87	94.59	38.98	23.47	153.79
12FL 地板	36.30	125.40	0.84	90.56	38.17	21.52	140.97
11FL 地板	33.00	125.40	0.80	86.35	37.32	19.56	128.16
10FL 地板	29.70	125.40	0.76	81.92	36.43	17.60	115.34
9FL 地板	26.40	125.40	0.71	77.23	35.49	15.65	102.52
8FL 地板	23.10	125.40	0.67	72.25	34.49	13.69	89.71
7FL 地板	19.80	125.40	0.62	66.89	33.41	11.74	76.89
6FL 地板	16.50	125.40	0.56	61.06	32.24	9.78	64.08
5FL 地板	13.20	125.40	0.50	54.61	30.95	7.82	51.26
4FL 地板	9.90	125.40	0.44	47.30	29.48	5.87	38.45
3FL 地板	6.60	125.40	0.36	38.62	27.74	3.91	25.63
2FL 地板	3.30	125.40	0.31	33.61	26.73	1.96	12.82

(資料來源：本研究整理)

表 5-3 風吹向 AB 牆面之半年回歸期共振部分風力(例 1)

名稱	離地高度 $z(m)$	迎風面或背風面面積 (m^2)	風速壓地況係數 $K(z)$	風速壓 kgf/m^2	順風向風力(t)	橫風向風力(t)	扭轉向風力($t-m$)
女兒牆頂端	113.40	45.60	1.48	14.35	1.90	—	—
RF	112.20	62.70	1.47	14.27	0.21	0.67	3.83
34FL 地板	108.90	125.40	1.45	14.06	0.42	1.31	7.44
33FL 地板	105.60	125.40	1.43	13.85	0.42	1.27	7.22
32FL 地板	102.30	125.40	1.40	13.63	0.42	1.23	6.99
31FL 地板	99.00	125.40	1.38	13.41	0.41	1.19	6.77
30FL 地板	95.70	125.40	1.36	13.18	0.41	1.15	6.54
29FL 地板	92.40	125.40	1.33	12.95	0.40	1.11	6.32
28FL 地板	89.10	125.40	1.31	12.72	0.40	1.07	6.09
27FL 地板	85.80	125.40	1.28	12.48	0.39	1.03	5.87
26FL 地板	82.50	125.40	1.26	12.24	0.39	0.99	5.64
25FL 地板	79.20	125.40	1.23	11.99	0.39	0.95	5.41
24FL 地板	75.90	125.40	1.21	11.74	0.38	0.91	5.19
23FL 地板	72.60	125.40	1.18	11.48	0.38	0.87	4.96
22FL 地板	69.30	125.40	1.15	11.22	0.37	0.83	4.74
21FL 地板	66.00	125.40	1.13	10.95	0.37	0.79	4.51
20FL 地板	62.70	125.40	1.10	10.67	0.36	0.75	4.29
19FL 地板	59.40	125.40	1.07	10.38	0.36	0.71	4.06
18FL 地板	56.10	125.40	1.04	10.09	0.35	0.67	3.83
17FL 地板	52.80	125.40	1.01	9.79	0.35	0.63	3.61
16FL 地板	49.50	125.40	0.98	9.48	0.34	0.59	3.38
15FL 地板	46.20	125.40	0.94	9.16	0.33	0.55	3.16
14FL 地板	42.90	125.40	0.91	8.83	0.33	0.51	2.93
13FL 地板	39.60	125.40	0.87	8.48	0.32	0.48	2.71
12FL 地板	36.30	125.40	0.84	8.12	0.31	0.44	2.48
11FL 地板	33.00	125.40	0.80	7.74	0.31	0.40	2.26
10FL 地板	29.70	125.40	0.76	7.34	0.30	0.36	2.03
9FL 地板	26.40	125.40	0.71	6.92	0.29	0.32	1.80
8FL 地板	23.10	125.40	0.67	6.48	0.28	0.28	1.58
7FL 地板	19.80	125.40	0.62	6.00	0.28	0.24	1.35
6FL 地板	16.50	125.40	0.56	5.47	0.27	0.20	1.13
5FL 地板	13.20	125.40	0.50	4.90	0.25	0.16	0.90
4FL 地板	9.90	125.40	0.44	4.24	0.24	0.12	0.68
3FL 地板	6.60	125.40	0.36	3.46	0.23	0.08	0.45
2FL 地板	3.30	125.40	0.31	3.01	0.22	0.04	0.23

(資料來源：本研究整理)

表 5-4 風吹向 BC 牆面之設計風力(例 1)

名稱	離地高度 $z(m)$	迎風面或背風面面積 (m^2)	風速壓地況係數 $K(z)$	風速壓 kgf/m^2	順風向風力(t)	橫風向風力(t)	扭轉向風力($t-m$)
女兒牆頂端	113.40	43.20	1.48	160.07	20.05	—	—
RF	112.20	59.40	1.47	159.22	24.26	35.34	224.48
34FL 地板	108.90	118.80	1.45	156.86	48.08	68.59	435.76
33FL 地板	105.60	118.80	1.43	154.47	47.63	66.52	422.56
32FL 地板	102.30	118.80	1.40	152.03	47.17	64.44	409.35
31FL 地板	99.00	118.80	1.38	149.56	46.70	62.36	396.15
30FL 地板	95.70	118.80	1.36	147.05	46.23	60.28	382.94
29FL 地板	92.40	118.80	1.33	144.49	45.74	58.20	369.74
28FL 地板	89.10	118.80	1.31	141.89	45.25	56.12	356.53
27FL 地板	85.80	118.80	1.28	139.24	44.75	54.04	343.33
26FL 地板	82.50	118.80	1.26	136.53	44.24	51.97	330.12
25FL 地板	79.20	118.80	1.23	133.77	43.71	49.89	316.92
24FL 地板	75.90	118.80	1.21	130.96	43.18	47.81	303.71
23FL 地板	72.60	118.80	1.18	128.08	42.64	45.73	290.51
22FL 地板	69.30	118.80	1.15	125.13	42.08	43.65	277.30
21FL 地板	66.00	118.80	1.13	122.12	41.51	41.57	264.10
20FL 地板	62.70	118.80	1.10	119.03	40.92	39.49	250.89
19FL 地板	59.40	118.80	1.07	115.85	40.32	37.41	237.69
18FL 地板	56.10	118.80	1.04	112.59	39.71	35.34	224.48
17FL 地板	52.80	118.80	1.01	109.23	39.07	33.26	211.28
16FL 地板	49.50	118.80	0.98	105.76	38.41	31.18	198.07
15FL 地板	46.20	118.80	0.94	102.17	37.74	29.10	184.87
14FL 地板	42.90	118.80	0.91	98.45	37.03	27.02	171.66
13FL 地板	39.60	118.80	0.87	94.59	36.30	24.94	158.46
12FL 地板	36.30	118.80	0.84	90.56	35.54	22.86	145.25
11FL 地板	33.00	118.80	0.80	86.35	34.74	20.79	132.05
10FL 地板	29.70	118.80	0.76	81.92	33.90	18.71	118.84
9FL 地板	26.40	118.80	0.71	77.23	33.02	16.63	105.64
8FL 地板	23.10	118.80	0.67	72.25	32.07	14.55	92.43
7FL 地板	19.80	118.80	0.62	66.89	31.06	12.47	79.23
6FL 地板	16.50	118.80	0.56	61.06	29.96	10.39	66.02
5FL 地板	13.20	118.80	0.50	54.61	28.74	8.31	52.82
4FL 地板	9.90	118.80	0.44	47.30	27.35	6.24	39.61
3FL 地板	6.60	118.80	0.36	38.62	25.71	4.16	26.41
2FL 地板	3.30	118.80	0.31	33.61	24.77	2.08	13.20

(資料來源：本研究整理)

表 5-5 風吹向 BC 牆面之半年回歸期共振部分風力(例 1)

名稱	離地高度 $z(m)$	迎風面或背風面面積 (m^2)	風速壓地況係數 $K(z)$	風速壓 kgf/m^2	順風向風力(t)	橫風向風力(t)	扭轉向風力($t-m$)
女兒牆頂端	113.40	43.20	1.48	14.35	1.80	—	—
RF	112.20	59.40	1.47	14.27	0.20	0.72	3.68
34FL 地板	108.90	118.80	1.45	14.06	0.39	1.40	7.14
33FL 地板	105.60	118.80	1.43	13.85	0.39	1.36	6.93
32FL 地板	102.30	118.80	1.40	13.63	0.38	1.32	6.71
31FL 地板	99.00	118.80	1.38	13.41	0.38	1.28	6.49
30FL 地板	95.70	118.80	1.36	13.18	0.37	1.23	6.28
29FL 地板	92.40	118.80	1.33	12.95	0.37	1.19	6.06
28FL 地板	89.10	118.80	1.31	12.72	0.37	1.15	5.84
27FL 地板	85.80	118.80	1.28	12.48	0.36	1.11	5.63
26FL 地板	82.50	118.80	1.26	12.24	0.36	1.06	5.41
25FL 地板	79.20	118.80	1.23	11.99	0.35	1.02	5.20
24FL 地板	75.90	118.80	1.21	11.74	0.35	0.98	4.98
23FL 地板	72.60	118.80	1.18	11.48	0.35	0.94	4.76
22FL 地板	69.30	118.80	1.15	11.22	0.34	0.89	4.55
21FL 地板	66.00	118.80	1.13	10.95	0.34	0.85	4.33
20FL 地板	62.70	118.80	1.10	10.67	0.33	0.81	4.11
19FL 地板	59.40	118.80	1.07	10.38	0.33	0.77	3.90
18FL 地板	56.10	118.80	1.04	10.09	0.32	0.72	3.68
17FL 地板	52.80	118.80	1.01	9.79	0.32	0.68	3.46
16FL 地板	49.50	118.80	0.98	9.48	0.31	0.64	3.25
15FL 地板	46.20	118.80	0.94	9.16	0.31	0.60	3.03
14FL 地板	42.90	118.80	0.91	8.83	0.30	0.55	2.81
13FL 地板	39.60	118.80	0.87	8.48	0.29	0.51	2.60
12FL 地板	36.30	118.80	0.84	8.12	0.29	0.47	2.38
11FL 地板	33.00	118.80	0.80	7.74	0.28	0.43	2.16
10FL 地板	29.70	118.80	0.76	7.34	0.27	0.38	1.95
9FL 地板	26.40	118.80	0.71	6.92	0.27	0.34	1.73
8FL 地板	23.10	118.80	0.67	6.48	0.26	0.30	1.52
7FL 地板	19.80	118.80	0.62	6.00	0.25	0.26	1.30
6FL 地板	16.50	118.80	0.56	5.47	0.24	0.21	1.08
5FL 地板	13.20	118.80	0.50	4.90	0.23	0.17	0.87
4FL 地板	9.90	118.80	0.44	4.24	0.22	0.13	0.65
3FL 地板	6.60	118.80	0.36	3.46	0.21	0.09	0.43
2FL 地板	3.30	118.80	0.31	3.01	0.20	0.04	0.22

(資料來源：本研究整理)

表 5-6 風吹向 CD 牆面之設計風力(例 1)

名稱	離地高度 $z(m)$	迎風面或背風面面積 (m^2)	風速壓地況係數 $K(z)$	風速壓 kgf/m^2	順風向風力(t)	橫風向風力(t)	扭轉向風力($t-m$)
女兒牆頂端	113.40	45.60	2.07	224.53	29.69	—	—
RF	112.20	62.70	2.07	223.82	38.01	55.32	351.21
34FL 地板	108.90	125.40	2.05	221.82	75.61	107.38	681.76
33FL 地板	105.60	125.40	2.03	219.79	75.18	104.13	661.10
32FL 地板	102.30	125.40	2.01	217.70	74.74	100.87	640.44
31FL 地板	99.00	125.40	1.99	215.57	74.30	97.62	619.78
30FL 地板	95.70	125.40	1.97	213.39	73.84	94.37	599.12
29FL 地板	92.40	125.40	1.95	211.15	73.38	91.11	578.46
28FL 地板	89.10	125.40	1.93	208.86	72.90	87.86	557.80
27FL 地板	85.80	125.40	1.91	206.51	72.41	84.60	537.14
26FL 地板	82.50	125.40	1.88	204.10	71.90	81.35	516.48
25FL 地板	79.20	125.40	1.86	201.61	71.38	78.10	495.82
24FL 地板	75.90	125.40	1.84	199.05	70.85	74.84	475.16
23FL 地板	72.60	125.40	1.81	196.42	70.30	71.59	454.50
22FL 地板	69.30	125.40	1.79	193.70	69.73	68.33	433.84
21FL 地板	66.00	125.40	1.76	190.88	69.14	65.08	413.19
20FL 地板	62.70	125.40	1.73	187.97	68.53	61.83	392.53
19FL 地板	59.40	125.40	1.71	184.94	67.90	58.57	371.87
18FL 地板	56.10	125.40	1.68	181.80	67.24	55.32	351.21
17FL 地板	52.80	125.40	1.65	178.52	66.56	52.06	330.55
16FL 地板	49.50	125.40	1.62	175.10	65.84	48.81	309.89
15FL 地板	46.20	125.40	1.58	171.51	65.09	45.56	289.23
14FL 地板	42.90	125.40	1.55	167.74	64.30	42.30	268.57
13FL 地板	39.60	125.40	1.51	163.76	63.47	39.05	247.91
12FL 地板	36.30	125.40	1.47	159.54	62.59	35.79	227.25
11FL 地板	33.00	125.40	1.43	155.04	61.65	32.54	206.59
10FL 地板	29.70	125.40	1.39	150.22	60.64	29.29	185.93
9FL 地板	26.40	125.40	1.34	145.00	59.55	26.03	165.27
8FL 地板	23.10	125.40	1.29	139.31	58.36	22.78	144.61
7FL 地板	19.80	125.40	1.23	133.01	57.04	19.52	123.96
6FL 地板	16.50	125.40	1.16	125.93	55.56	16.27	103.30
5FL 地板	13.20	125.40	1.09	117.78	53.86	13.02	82.64
4FL 地板	9.90	125.40	1.00	108.04	51.82	9.76	61.98
3FL 地板	6.60	125.40	0.88	95.67	49.24	6.51	41.32
2FL 地板	3.30	125.40	0.81	88.02	47.64	3.25	20.66

(資料來源：本研究整理)

表 5-7 風吹向 CD 牆面之半年回歸期共振部分風力(例 1)

名稱	離地高度 $z(m)$	迎風面或背風面面積 (m^2)	風速壓地況係數 $K(z)$	風速壓 kgf/m^2	順風向風力(t)	橫風向風力(t)	扭轉向風力($t-m$)
女兒牆頂端	113.40	45.60	2.07	20.13	2.66	—	—
RF	112.20	62.70	2.07	20.06	0.31	1.13	6.58
34FL 地板	108.90	125.40	2.05	19.88	0.61	2.19	12.77
33FL 地板	105.60	125.40	2.03	19.70	0.61	2.12	12.38
32FL 地板	102.30	125.40	2.01	19.52	0.60	2.05	11.99
31FL 地板	99.00	125.40	1.99	19.32	0.60	1.99	11.61
30FL 地板	95.70	125.40	1.97	19.13	0.60	1.92	11.22
29FL 地板	92.40	125.40	1.95	18.93	0.59	1.86	10.83
28FL 地板	89.10	125.40	1.93	18.72	0.59	1.79	10.45
27FL 地板	85.80	125.40	1.91	18.51	0.59	1.72	10.06
26FL 地板	82.50	125.40	1.88	18.30	0.58	1.66	9.67
25FL 地板	79.20	125.40	1.86	18.07	0.58	1.59	9.28
24FL 地板	75.90	125.40	1.84	17.84	0.57	1.52	8.90
23FL 地板	72.60	125.40	1.81	17.61	0.57	1.46	8.51
22FL 地板	69.30	125.40	1.79	17.36	0.56	1.39	8.12
21FL 地板	66.00	125.40	1.76	17.11	0.56	1.33	7.74
20FL 地板	62.70	125.40	1.73	16.85	0.55	1.26	7.35
19FL 地板	59.40	125.40	1.71	16.58	0.55	1.19	6.96
18FL 地板	56.10	125.40	1.68	16.30	0.54	1.13	6.58
17FL 地板	52.80	125.40	1.65	16.00	0.54	1.06	6.19
16FL 地板	49.50	125.40	1.62	15.70	0.53	0.99	5.80
15FL 地板	46.20	125.40	1.58	15.37	0.53	0.93	5.42
14FL 地板	42.90	125.40	1.55	15.04	0.52	0.86	5.03
13FL 地板	39.60	125.40	1.51	14.68	0.51	0.80	4.64
12FL 地板	36.30	125.40	1.47	14.30	0.51	0.73	4.26
11FL 地板	33.00	125.40	1.43	13.90	0.50	0.66	3.87
10FL 地板	29.70	125.40	1.39	13.47	0.49	0.60	3.48
9FL 地板	26.40	125.40	1.34	13.00	0.48	0.53	3.09
8FL 地板	23.10	125.40	1.29	12.49	0.47	0.46	2.71
7FL 地板	19.80	125.40	1.23	11.92	0.46	0.40	2.32
6FL 地板	16.50	125.40	1.16	11.29	0.45	0.33	1.93
5FL 地板	13.20	125.40	1.09	10.56	0.44	0.27	1.55
4FL 地板	9.90	125.40	1.00	9.68	0.42	0.20	1.16
3FL 地板	6.60	125.40	0.88	8.58	0.40	0.13	0.77
2FL 地板	3.30	125.40	0.81	7.89	0.39	0.07	0.39

(資料來源：本研究整理)

表 5-8 總層間變位角 (例 1)

樓層名稱	風垂直吹向 AB 牆面		風垂直吹向 BC 牆面或 DA 牆面		風垂直吹向 CD 牆面	
	X 向	Y 向	X 向	Y 向	X 向	Y 向
34FL	0.00044	0.00117	0.00041	0.00124	0.00067	0.00194
33FL	0.00043	0.00116	0.00040	0.00122	0.00066	0.00191
32FL	0.00043	0.00114	0.00040	0.00120	0.00065	0.00188
31FL	0.00042	0.00112	0.00039	0.00118	0.00064	0.00185
30FL	0.00041	0.00110	0.00038	0.00116	0.00063	0.00182
29FL	0.00041	0.00108	0.00038	0.00114	0.00062	0.00179
28FL	0.00040	0.00106	0.00037	0.00112	0.00061	0.00176
27FL	0.00039	0.00104	0.00036	0.00110	0.00059	0.00173
26FL	0.00038	0.00102	0.00036	0.00108	0.00058	0.00169
25FL	0.00038	0.00100	0.00035	0.00106	0.00057	0.00166
24FL	0.00037	0.00098	0.00034	0.00104	0.00056	0.00163
23FL	0.00036	0.00096	0.00034	0.00102	0.00055	0.00159
22FL	0.00035	0.00094	0.00033	0.00099	0.00054	0.00156
21FL	0.00034	0.00092	0.00032	0.00097	0.00052	0.00152
20FL	0.00034	0.00090	0.00031	0.00095	0.00051	0.00148
19FL	0.00033	0.00087	0.00030	0.00092	0.00050	0.00144
18FL	0.00032	0.00085	0.00030	0.00090	0.00048	0.00140
17FL	0.00031	0.00082	0.00029	0.00087	0.00047	0.00136
16FL	0.00030	0.00080	0.00028	0.00084	0.00046	0.00132
15FL	0.00029	0.00077	0.00027	0.00082	0.00044	0.00128
14FL	0.00028	0.00075	0.00026	0.00079	0.00042	0.00123
13FL	0.00027	0.00072	0.00025	0.00076	0.00041	0.00119
12FL	0.00026	0.00069	0.00024	0.00073	0.00039	0.00114
11FL	0.00025	0.00066	0.00023	0.00069	0.00037	0.00109
10FL	0.00023	0.00063	0.00022	0.00066	0.00036	0.00103
9FL	0.00022	0.00059	0.00021	0.00062	0.00034	0.00098
8FL	0.00021	0.00056	0.00019	0.00059	0.00032	0.00092
7FL	0.00019	0.00052	0.00018	0.00055	0.00029	0.00086
6FL	0.00018	0.00048	0.00017	0.00050	0.00027	0.00079
5FL	0.00016	0.00043	0.00015	0.00045	0.00025	0.00071
4FL	0.00014	0.00038	0.00013	0.00040	0.00022	0.00063
3FL	0.00012	0.00032	0.00011	0.00034	0.00018	0.00053
2FL	0.00009	0.00025	0.00009	0.00026	0.00014	0.00041
1FL	0.00005	0.00014	0.00005	0.00014	0.00008	0.00022

(資料來源：本研究整理)

表 5-9 風吹向 CD 牆面之設計風力(例 1-懸崖地形)

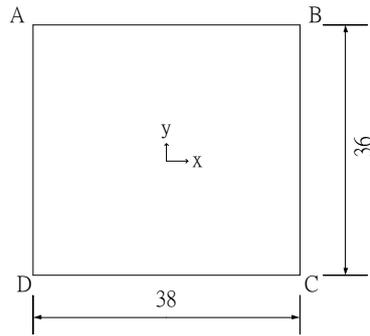
名稱	離地高度 $z(m)$	迎風面或背風面面積 (m^2)	風速壓地況係數 $K(z)$	風速壓 kgf/m^2	順風向風力(t)	橫風向風力(t)	扭轉向風力($t-m$)
女兒牆頂端	113.40	45.60	2.07	225.14	29.77	—	—
RF	112.20	62.70	2.07	224.46	38.12	55.55	352.56
34FL 地板	108.90	125.40	2.05	222.57	75.85	107.82	684.38
33FL 地板	105.60	125.40	2.03	220.66	75.45	104.56	663.64
32FL 地板	102.30	125.40	2.01	218.73	75.04	101.29	642.90
31FL 地板	99.00	125.40	1.99	216.77	74.63	98.02	622.16
30FL 地板	95.70	125.40	1.97	214.79	74.22	94.76	601.42
29FL 地板	92.40	125.40	1.95	212.78	73.80	91.49	580.69
28FL 地板	89.10	125.40	1.93	210.77	73.38	88.22	559.95
27FL 地板	85.80	125.40	1.91	208.73	72.95	84.95	539.21
26FL 地板	82.50	125.40	1.88	206.68	72.53	81.69	518.47
25FL 地板	79.20	125.40	1.86	204.63	72.10	78.42	497.73
24FL 地板	75.90	125.40	1.84	202.57	71.67	75.15	476.99
23FL 地板	72.60	125.40	1.81	200.51	71.24	71.88	456.25
22FL 地板	69.30	125.40	1.79	198.46	70.81	68.62	435.51
21FL 地板	66.00	125.40	1.76	196.43	70.38	65.35	414.78
20FL 地板	62.70	125.40	1.73	194.41	69.96	62.08	394.04
19FL 地板	59.40	125.40	1.71	192.44	69.55	58.81	373.30
18FL 地板	56.10	125.40	1.68	190.50	69.14	55.55	352.56
17FL 地板	52.80	125.40	1.65	188.62	68.75	52.28	331.82
16FL 地板	49.50	125.40	1.62	186.81	68.37	49.01	311.08
15FL 地板	46.20	125.40	1.58	185.08	68.01	45.74	290.34
14FL 地板	42.90	125.40	1.55	183.45	67.67	42.48	269.60
13FL 地板	39.60	125.40	1.51	181.92	67.35	39.21	248.87
12FL 地板	36.30	125.40	1.47	180.50	67.05	35.94	228.13
11FL 地板	33.00	125.40	1.43	179.20	66.78	32.67	207.39
10FL 地板	29.70	125.40	1.39	178.01	66.53	29.41	186.65
9FL 地板	26.40	125.40	1.34	176.88	66.30	26.14	165.91
8FL 地板	23.10	125.40	1.29	175.75	66.06	22.87	145.17
7FL 地板	19.80	125.40	1.23	174.47	65.79	19.60	124.43
6FL 地板	16.50	125.40	1.16	172.79	65.44	16.34	103.69
5FL 地板	13.20	125.40	1.09	170.19	64.90	13.07	82.96
4FL 地板	9.90	125.40	1.00	165.68	63.95	9.80	62.22
3FL 地板	6.60	125.40	0.88	157.01	62.14	6.53	41.48
2FL 地板	3.30	125.40	0.81	156.06	61.94	3.27	20.74

(資料來源：本研究整理)

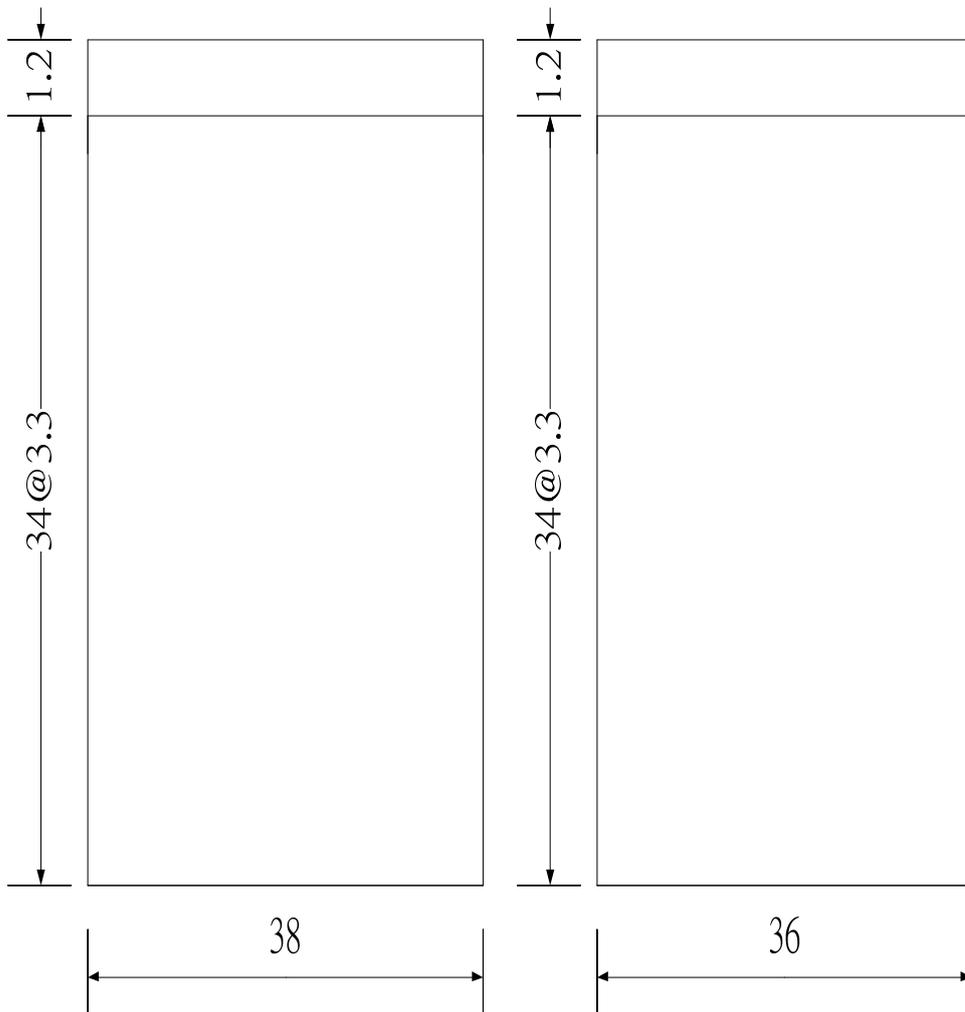
表 5-10 風吹向 CD 牆面之半年回歸期共振部分風力(例 1-懸崖地形)

名稱	離地高度 $z(m)$	迎風面或背風面面積 (m^2)	風速壓地況係數 $K(z)$	風速壓 kgf/m^2	順風向風力(t)	橫風向風力(t)	扭轉向風力($t-m$)
女兒牆頂端	113.40	45.60	2.07	20.18	2.67	—	—
RF	112.20	62.70	2.07	20.12	0.31	1.13	6.60
34FL 地板	108.90	125.40	2.05	19.95	0.61	2.20	12.82
33FL 地板	105.60	125.40	2.03	19.78	0.61	2.13	12.43
32FL 地板	102.30	125.40	2.01	19.61	0.61	2.06	12.04
31FL 地板	99.00	125.40	1.99	19.43	0.60	2.00	11.66
30FL 地板	95.70	125.40	1.97	19.25	0.60	1.93	11.27
29FL 地板	92.40	125.40	1.95	19.07	0.60	1.86	10.88
28FL 地板	89.10	125.40	1.93	18.89	0.59	1.80	10.49
27FL 地板	85.80	125.40	1.91	18.71	0.59	1.73	10.10
26FL 地板	82.50	125.40	1.88	18.53	0.59	1.66	9.71
25FL 地板	79.20	125.40	1.86	18.34	0.58	1.60	9.32
24FL 地板	75.90	125.40	1.84	18.16	0.58	1.53	8.94
23FL 地板	72.60	125.40	1.81	17.97	0.58	1.46	8.55
22FL 地板	69.30	125.40	1.79	17.79	0.57	1.40	8.16
21FL 地板	66.00	125.40	1.76	17.61	0.57	1.33	7.77
20FL 地板	62.70	125.40	1.73	17.43	0.57	1.26	7.38
19FL 地板	59.40	125.40	1.71	17.25	0.56	1.20	6.99
18FL 地板	56.10	125.40	1.68	17.08	0.56	1.13	6.60
17FL 地板	52.80	125.40	1.65	16.91	0.56	1.06	6.22
16FL 地板	49.50	125.40	1.62	16.75	0.55	1.00	5.83
15FL 地板	46.20	125.40	1.58	16.59	0.55	0.93	5.44
14FL 地板	42.90	125.40	1.55	16.44	0.55	0.87	5.05
13FL 地板	39.60	125.40	1.51	16.31	0.54	0.80	4.66
12FL 地板	36.30	125.40	1.47	16.18	0.54	0.73	4.27
11FL 地板	33.00	125.40	1.43	16.06	0.54	0.67	3.89
10FL 地板	29.70	125.40	1.39	15.96	0.54	0.60	3.50
9FL 地板	26.40	125.40	1.34	15.86	0.54	0.53	3.11
8FL 地板	23.10	125.40	1.29	15.75	0.53	0.47	2.72
7FL 地板	19.80	125.40	1.23	15.64	0.53	0.40	2.33
6FL 地板	16.50	125.40	1.16	15.49	0.53	0.33	1.94
5FL 地板	13.20	125.40	1.09	15.26	0.53	0.27	1.55
4FL 地板	9.90	125.40	1.00	14.85	0.52	0.20	1.17
3FL 地板	6.60	125.40	0.88	14.07	0.50	0.13	0.78
2FL 地板	3.30	125.40	0.81	13.99	0.50	0.07	0.39

(資料來源：本研究整理)



(a) 平面示意圖



(b) AB 牆面與 CD 牆面立面示意圖 (c) BC 牆面與 DA 牆面立面示意圖

圖 5-1 例 1 建築物的示意圖 (單位:公尺)

(資料來源：本研究整理)

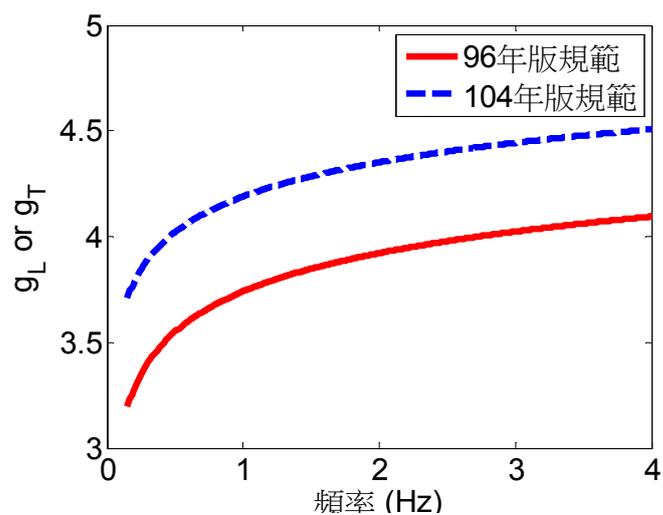


圖 5-2 g_L 或 g_T 隨頻率的變化圖

(資料來源：本研究整理)

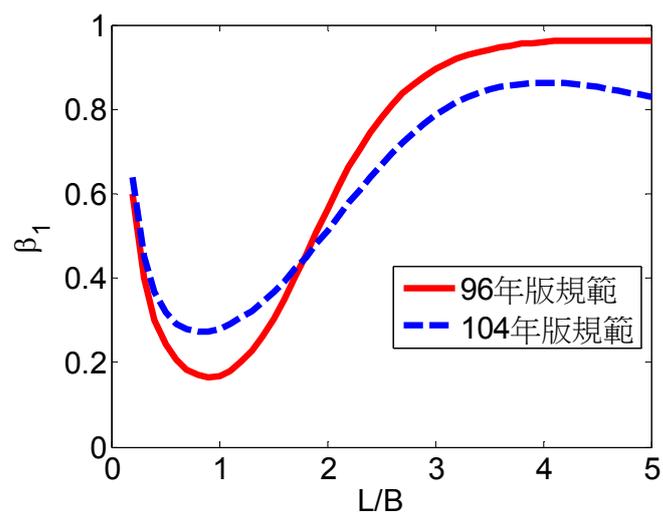


圖 5-3 β_1 隨 L/B 的變化圖

(資料來源：本研究整理)

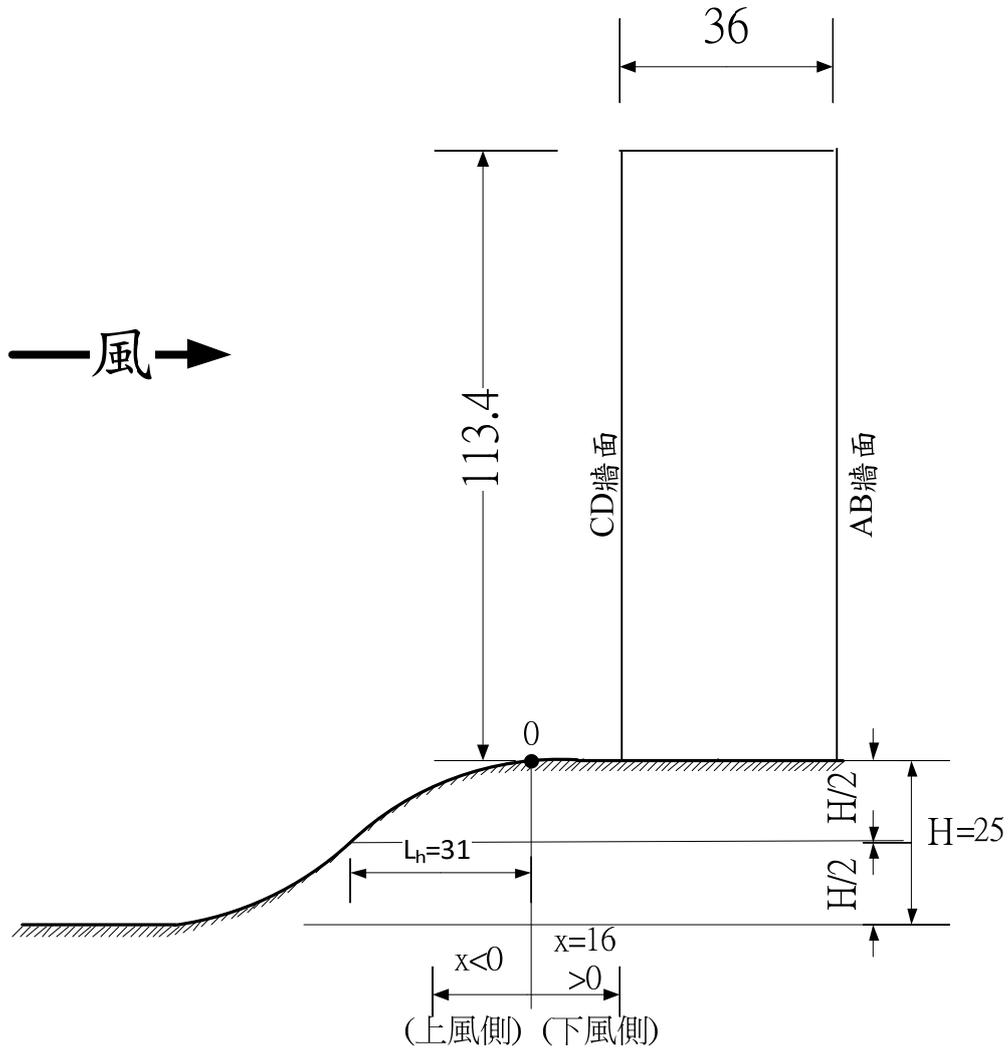


圖 5-4 例 1 建築物 CD 牆面上風側懸崖示意圖 (單位:公尺)
(資料來源:本研究整理)

第六章 高寬比 3 至 6 普通建築物主要風力抵抗系統耐風設

計示範例

本章擬定一棟高寬比 3 至 6，且 XY 兩主軸方向皆為普通($f_n \geq 1\text{Hz}$)的建築物，根據圖 3-4、圖 3-6、圖 3-7、圖 3-9、圖 3-10、圖 3-12 至圖 3-14、圖 3-20 與圖 3-21，執行其主要風力抵抗系統耐風設計。第一節到第六節詳列計算流程，分別為建築物資料與工址風環境、風垂直吹向 AB 牆面之風力、風垂直吹向 BC 牆面之風力、風垂直吹向 CD 牆面之風力、風垂直吹向 DA 牆面之風力及結構耐風反應之計算與檢核。第七節比較 104 年版規範與 96 年版規範所計算該建築物設計風力及 50 年回歸期風力。第八節比較 104 年版規範與 96 年版規範所計算該建築物半年回歸期風力。第九節探討懸崖地形對該建築物風力之影響。高寬比 3 至 6 建築物的 XY 兩主軸方向頻率有可能一向大於 1Hz，另一向小於 1Hz，大於 1Hz 向的耐風設計可參考本章的設計例計算風力，小於 1Hz 向的耐風設計可參考第五章的設計例計算風力。

第一節 建築物資料與工址風環境

根據圖 3-21 可知，執行耐風設計時，先要蒐集建築物資料與工址風環境，本節擬定建築物資料與工址風環境如下表所示。

表 6-1 建築物資料與工址風環境 (例 2)

建築物資料	尺寸	平面尺寸 $25.5m \times 14.6m$ ； 建築物高度(不含屋頂突出物) $h = 59.4m$ ； 女兒牆高度 $1.2m$	
	開口面積	在颱風區內，建築物的玻璃容易受周遭的植栽、招牌或屋頂所造成的隨風飄散物的撞擊而成為開口。本例假設 CD 牆面上風側較其它牆面上風側容易產生隨風飄散物，因此假設 CD 牆面總面積有 5% 破損而造成開口，其餘各牆面總面積都有 1% 破損而造成開口。	
	用途係數 I	根據規範 2.5 節， $I = 1.1$ 、 1.0 或 0.9 。住宅，故 $I = 1.0$ 。	
	構造形式	鋼骨鋼筋混凝土構造；剛性樓板。	
	基本自然頻率	X 向基本自然頻率 $1.661 Hz$ ($0.602 s$)；Y 向基本自然頻率 $1.221 Hz$ ($0.819 s$)；扭轉向基本自然頻率 $1.873 Hz$ ($0.534 s$)。	
結構阻尼比 β	根據規範 2.7 節解說，建議鋼構造建築物之 $\beta = 0.01$ ；混凝土構造建築物或鋼骨鋼筋混凝土構造建築物之 $\beta = 0.02$ 。本例為鋼骨鋼筋混凝土構造，故 $\beta = 0.02$ 。		
工址風環境	基本設計風速 $V_{10}(C)$	根據規範 2.4 節，台北市的 $V_{10}(C) = 42.5m/s$ 。	
	地況	AB 牆面、BC 牆面與 DA 牆面上風側地況皆為地況 B， CD 牆面上風側地況為地況 C。	
	地形	無特殊地形。實際上不一定都為無特殊地形，特殊地形種類請詳規範 2.6 節。	

(資料來源：本研究整理)

第二節 風垂直吹向 AB 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力

本節所計算的風力有設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力。

壹、 判斷主要風力抵抗系統設計情況(圖 3-4)

【步驟 1】列出與該風向相關之設計參數

當風垂直吹向 AB 牆面時， $f_n = 1.221\text{Hz}$ 、 $f_a = 1.661\text{Hz}$ 、 $B = 25.5\text{m}$ 與 $L = 14.6\text{m}$ 。地況相關參數與第五章第二節相同。

【步驟 2】判斷設計情況

仿照第五章第二節判斷建築封閉性的方法，分析建築物開口面積可知建築物屬於封閉式建築物。由於 $f_n \geq 1\text{Hz}$ 且 $3 \leq h/\sqrt{BL} = 3.08 \leq 6$ 封閉式建築物，根據圖 3-4，主要風力抵抗系統設計情況屬於第二類設計情況。以下，使用圖 3-6、圖 3-7、圖 3-9、圖 3-10、圖 3-12~圖 3-14，計算對應的設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力。該棟建築物風力的計算流程中，僅順風向風力中陣風反應因子與風壓的計算流程不同於第五章第二節建築物風力的計算流程。因此，在計算風力時，針對陣風反應因子與風壓列計算流程與結果，其餘部分仿照第五章第二節建築物風力的計算流程進行計算，但只列風力。

貳、 計算設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力

計算設計風力(圖 3-14 上部)

【步驟 1】計算風速壓地況係數 $K(z)$ 與地形係數 K_{zt} 。【步驟 2】計算高度 h

處之風速 V_h 與不同高度之風速壓。上述二個步驟的計算流程與第五章第二節相同。

【步驟 3】計算普通建築物順風向設計風力(圖 3-12)

(1) 決定風壓係數

此步驟的計算流程與第五章第二節相同。

(2) 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 $L_z = 149.06\text{m}$ ，其中， $\bar{z} = 35.64\text{m}$ 。

根據規範式(2.10)，紊流強度 $I_z = 0.24$ 。根據規範式(2.11)，背景反應 $Q = 0.83$ 。根據規範式(2.9)，普通建築物之陣風反應因子

$$G = 1.927 \left(\frac{1 + 1.7g_Q I_z Q}{1 + 1.7g_V I_z} \right) = 1.74$$

，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。也可直接取 $G = 1.88$ 。以下取 $G = 1.74$ 來計算。

(3) 計算迎風面牆與背風面牆之風壓，以及屋頂女兒牆之風壓

根據規範式(2.1)，迎風面牆之設計風壓：

$$\begin{aligned} p(z) &= q(z)GC_p - q(h)(GC_{pi}) \\ &= 418.48 \left(\frac{z}{400} \right)^{0.5} \pm 43.44\text{kgf/m}^2; z > 5\text{m} \\ p(z) &= q(z=5)GC_p - q(h)(GC_{pi}) \\ &= 46.79 \pm 43.44\text{kgf/m}^2; z \leq 5\text{m} \end{aligned}$$

背風面牆之設計風壓：

$$p(z) = q(h)GC_p - q(h)(GC_{pi}) = -100.79 \pm 43.44\text{kgf/m}^2$$

屋頂女兒牆風壓的計算流程與第五章第二節相同。

(4)計算外牆順風向風力與屋頂女兒牆風力

此步驟的計算流程與第五章第二節相同，數值結果如表 6-2 所示。

【步驟 4】計算建築物橫風向設計風力(圖 3-6)

此步驟的計算流程與第五章第二節相同，數值結果如表 6-2 所示。

【步驟 5】計算建築物扭轉向設計風力(圖 3-7)

此步驟的計算流程與第五章第二節相同，數值結果如表 6-2 所示。

計算 50 年回歸期風力(圖 3-14 中部)

50 年回歸期風速所造成高度 h 處之風速與不同高度之風速壓、建築物橫風向 50 年回歸期風力與扭轉向 50 年回歸期風力的計算流程，分別與第五章第二節 50 年回歸期風力中相對應的計算流程相同。普通建築物順風向 **50 年回歸期風力** 之計算流程與普通建築物順風向 **設計風力** 之計算流程相同。因為 $I=1$ ，50 年回歸期風力與表 6-2 的結果相同。

計算半年回歸期共振部分風力(圖 3-14 下部)

此步驟的計算流程與第五章第二節相同，數值結果如表 6-3 所示。

第三節 風垂直吹向 BC 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力

本節所計算的風力有設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力。

壹、判斷主要風力抵抗系統設計情況(圖 3-4)

【步驟 1】 列出與該風向相關之設計參數

當風垂直吹向 BC 牆面時， $f_n = 1.661Hz$ 、 $f_a = 1.221Hz$ 、 $B = 14.6m$ 與 $L = 25.5m$ 。地況相關參數與第五章第二節相同。

【步驟 2】 判斷設計情況

仿照第五章第二節判斷建築封閉性的方法，分析建築物開口面積可知建築物屬於封閉式建築物。由於 $f_n \geq 1Hz$ 且 $3 \leq h/\sqrt{BL} = 3.08 \leq 6$ 封閉式建築物，根據圖 3-4，主要風力抵抗系統設計情況屬於第二類設計情況。以下，使用圖 3-6、圖 3-7、圖 3-9、圖 3-10、圖 3-12~圖 3-14，計算對應的設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力。

貳、 計算設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力

計算設計風力(圖 3-14 上部)

分別仿照第二節中設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力的計算流程，可計算得到當風垂直吹向 BC 牆面之設計風力如表 6-4 所示、50 年回歸期風力如表 6-4 (因為 $I=1$) 所示、半年回歸期共振部分風力如表 6-5 所示。

第四節風垂直吹向 CD 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力

本節所計算的風力有設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力。

壹、 判斷主要風力抵抗系統設計情況(圖 3-4)

【步驟 1】 列出與該風向相關之設計參數

當風垂直吹向 CD 牆面時， $f_n = 1.221\text{Hz}$ 、 $f_a = 1.661\text{Hz}$ 、 $B = 25.5\text{m}$ 與 $L = 14.6\text{m}$ 。地況相關參數與第五章第四節相同。

【步驟 2】 判斷設計情況

仿照第五章第四節判斷建築封閉性的方法，分析建築物開口面積可知建築物屬於部分封閉式建築物。由於 $f_n \geq 1\text{Hz}$ 且 $3 \leq h/\sqrt{BL} = 3.08 \leq 6$ 部分封閉式建築物，根據圖 3-4，主要風力抵抗系統設計情況屬於第二類設計情況。以下，使用圖 3-6、圖 3-7、圖 3-9、圖 3-10、圖 3-12~圖 3-14，計算對應的設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力。

貳、 計算設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力

分別仿照第二節中設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力的計算流程，可計算得到當風垂直吹向 CD 牆面之設計風力如表 6-6 所示、50 年回歸期風力如表 6-6 (因為 $I=1$) 所示、半年回歸期共振部分風力如表 6-7 所示。

第五節 風垂直吹向 DA 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力

根據第一節的建築物資料與工址風環境可知，建築物以 Y 軸為對稱軸；BC 牆面與 DA 牆面開口面積相同；BC 牆面與 DA 牆面上風側地況相同；BC 牆面與 DA 牆面上風側地形相同。因此，當風垂直吹向 DA 牆面時主要風力抵抗系統所承受之風力，與第三節的結果相同。

第六節 耐風結構反應之計算與檢核

本節所計算的耐風結構反應有構件設計效應、層間變位角與最高居室樓層角隅振動尖峰加速度。

壹、 計算構件設計效應與檢核

此部分的計算流程與第五章第六節相同。當風垂直吹向 AB 牆面、BC 牆面、CD 牆面與 DA 牆面時，計算構件設計應力所用的設計風力分別詳表 6-2、表 6-4、表 6-6 與表 6-4。

貳、 計算層間變位角與檢核

此部分的計算流程與第五章第六節相同。當風垂直吹向 AB 牆面、BC 牆面、CD 牆面與 DA 牆面時，計算層間變位角所用的 50 年回歸期風力分別詳表 6-2、表 6-4、表 6-6 與表 6-4。

參、 計算最高居室樓層角隅振動尖峰加速度與檢核

此部分的計算流程與第五章第六節相同。當風垂直吹向 AB 牆面、BC 牆面、CD 牆面與 DA 牆面時，計算最高居室樓層角隅振動尖峰加速度所用的半年回歸期風力分別詳表 6-3、表 6-5、表 6-7 與表 6-5。

第七節 比較 104 年版規範與 96 年版規範所計算設計風力及 50 年

回歸期風力

本節在不改變第一節資訊的條件下，比較 104 年版規範與 96 年版規範所計算設計風力及 50 年回歸期風力。根據附錄一，可知規範中對設計風力及 50 年回歸期風力的計算有修改部分包含規範 2.10 節 g_L 與 β_1 公式，以及 2.11 節 g_T 公式。

因第五章第七節已詳述 g_L 與 g_T 公式修訂前後之比較、 β_1 公式修訂前後之比較、 β 公式修訂前後對 R_{LR} 之影響，以及公式修訂前後對設計風力及 50 年回歸期風力

之影響。以下僅針對第一節的建築物與工址風環境，比較公式修訂前後所計算 g_L 、

β_1 、 g_T 、 R_{LR} 及風力。

針對第一節建築物，96 年版規範會造成 g_L 最大被低估 10.46%、會造成 g_T 被低估 9.95%、會造成 β_1 最大被低估 28%、會造成 R_{LR} 最大被低估 30%、會造成 W_{Lz} 與橫風向 50 年回歸期風力最大皆被低估 13%，以及會造成 M_{Tx} 與扭轉向 50 年回歸期風力最大皆被低估 9.95%。

第八節 比較 104 年版規範與 96 年版規範所計算半年回歸期風力

本節在不改變第一節資訊的條件下，比較 104 年版規範與 96 年版規範所計算半年回歸期風力。根據附錄一與附錄二，可知規範中對半年回歸期風力的計算有修改部分包含規範 2.10 節 g_L 與 β_1 公式、2.11 節 g_T 公式，以及 4.4 節中半年回歸期風力公式。因第五章第八節已詳述 g_L 與 g_T 公式修訂前後之比較、 β_1 公式修訂前後之比較、 β_1 公式修訂前後對 R_{LR} 之影響、半年回歸期風力公式修訂前後之影響，以及公式修訂前後對半年回歸期風力之影響。以下僅針對第一節的建築物與工址風環境，比較公式修訂前後所計算半年回歸期風力。

針對第一節建築物，96 年版規範會造成順風向半年回歸期風力最大被高估 3642%、會造成橫風向半年回歸期風力最大被高估 596%、會造成扭轉向半年回歸期風力最大被高估 2878%。

第九節 探討懸崖地形對風力之影響

本節假設第一節建築物 CD 牆面上風側的地形為懸崖，懸崖特性及建築物座落的位置參考圖 5-4，其餘資訊與第一節資訊相同，使用第三章所建立的主要風

力抵抗系統耐風設計流程圖，計算當風垂直吹向 CD 牆面時，其主要風力抵抗系統所承受的風力，並與第四節的結果作比較，探討懸崖地形對風力之影響。該棟建築物風力的計算流程中，僅地形係數的計算流程不同於第一節建築物風力的計算流程。因此，在計算風力時，針對地形係數列計算流程與結果，其餘部分仿照第四節的計算流程進行計算，但只列風力。

壹、 風垂直吹向 CD 牆面時，判斷主要風力抵抗系統設計情況

由於本節中建築物資料與第一節相同，因此，設計情況判斷的結果與第四節相同。

貳、 計算設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力

計算設計風力(圖 3-14 上部)

【步驟 1】計算風速壓地況係數 $K(z)$ 與地形係數 K_{zt}

$K(z)$ 值與第四節相同， $K_{zt} = (1 + K_1 K_2 K_3)^2 = (1 + 0.391e^{-0.05z})^2$ 與第五章第九節相同。

【步驟 2】計算高度 h 處之風速 V_h 與不同高度之風速壓

根據規範 2.6 解說， $V_h = 1.666 [IV_{10}(C)] (h/z_g)^\alpha \sqrt{K_{zt}(h)} = 56.63 \text{ m/s}$

根據規範式(2.6)，離地面 z 公尺高度之風速壓 $q(z)$ ：

$$q(z) = 0.06K(z)K_{zt}[I V_{10}(C)]^2$$

$$= 300.63\left(\frac{z}{300}\right)^{0.3} (1 + 0.391e^{-0.05z})^2 \text{kgf/m}^2 ; z > 5\text{m}$$

$$q(z) = 0.06K(z=5)K_{zt}[I V_{10}(C)]^2$$

$$= 88.02(1 + 0.391e^{-0.05z})^2 \text{kgf/m}^2 ; z \leq 5\text{m}$$

【步驟 3】計算普通建築物順風向設計風力(圖 3-12)

(1) 決定風壓係數

風壓係數值與第四節相同。

(2) 計算普通建築物之陣風反應因子 G

G 值與第四節相同。

(3) 計算迎風面牆與背風面牆之風壓，以及屋頂女兒牆之風壓

根據規範式(2.2)，迎風面牆之設計風壓

$$p(z) = 430.50\left(\frac{z}{300}\right)^{0.3} (1 + 0.391e^{-0.05z})^2 \pm 220.53\text{kgf/m}^2 ; z > 5\text{m}$$

$$p(z) = 126.05(1 + 0.391e^{-0.05z})^2 \pm 220.53\text{kgf/m}^2 ; z \leq 5\text{m}$$

背風面牆之設計風壓：

$$p(z) = -172.23 \pm 220.53\text{kgf/m}^2$$

屋頂女兒牆風壓的計算流程與第四節相同。

(4) 計算外牆順風向風力與屋頂女兒牆風力

此步驟的計算流程與第四節相同，數值結果如表 6-8 所示。

【步驟 4】計算建築物橫風向設計風力(圖 3-6)

此步驟的計算流程與第四節相同，數值結果如表 6-8 所示。

【步驟 5】計算建築物扭轉向設計風力(圖 3-7)

此步驟的計算流程與第四節相同，數值結果如表 6-8 所示。

計算 50 年回歸期風力(圖 3-14 中部)

50 年回歸期風速所造成高度 h 處之風速與不同高度之風速壓、建築物橫風向 50 年回歸期風力與扭轉向 50 年回歸期風力的計算流程，分別與第四節 50 年回歸期風力中相對應的計算流程相同。柔性建築物順風向 **50 年回歸期風力** 之計算流程與柔性建築物順風向 **設計風力** 之計算流程相同。因為 $I=1$ ，50 年回歸期風力與表 6-8 的結果相同。

計算半年回歸期共振部分風力(圖 3-14 下部)

此步驟的計算流程與第四節相同，數值結果如表 6-9 所示。

參、懸崖地形對風力的影響

懸崖地形會造成風速壓與 V_h 的增加，風速壓的增加會造成順風向風力的增加，

V_h 的增加會影響 R_{LR} 與 R_{TR} ，可能增加或減少。

比較本節與第四節的 V_h ，懸崖地形造成 V_h 增加 2%。分別比較表 6-6 與表 6-8 中的順風向基底剪力、橫風向基底剪力，以及扭轉向基底扭力，懸崖地形造成順風向基底剪力增加 13.55%，橫風向基底剪力增加 4.56%，扭轉向基底扭力增加 4.52%。在 50 年回歸期風力部分，因為 $I=1$ ，懸崖地形對風力的影響同設計風力。在半年回歸期共振部分風力部分，分別比較表 6-7 與表 6-9 中的順風向基底剪力、橫風向基底剪力，以及扭轉向基底扭力，懸崖地形造成順風向基底剪力增加 13.84%，橫風向基底剪力增加 6.12%，扭轉向基底扭力增加 6.16%。

表 6-2 風吹向 AB 牆面之設計風力(例 2)

名稱	離地高度 $z(m)$	迎風面或背風面面積 (m^2)	風速壓地況係數 $K(z)$	風速壓 kgf/m^2	順風向風力(t)	橫風向風力(t)	扭轉向風力($t-m$)
女兒牆頂端	60.60	30.60	1.08	117.02	10.38	—	—
RF	59.40	42.08	1.07	115.85	11.02	7.17	32.32
18FL 地板	56.10	84.15	1.04	112.59	21.66	13.54	61.04
17FL 地板	52.80	84.15	1.01	109.23	21.26	12.75	57.45
16FL 地板	49.50	84.15	0.98	105.76	20.86	11.95	53.86
15FL 地板	46.20	84.15	0.94	102.17	20.44	11.15	50.27
14FL 地板	42.90	84.15	0.91	98.45	20.00	10.36	46.68
13FL 地板	39.60	84.15	0.87	94.59	19.55	9.56	43.09
12FL 地板	36.30	84.15	0.84	90.56	19.08	8.76	39.50
11FL 地板	33.00	84.15	0.80	86.35	18.58	7.97	35.91
10FL 地板	29.70	84.15	0.76	81.92	18.07	7.17	32.32
9FL 地板	26.40	84.15	0.71	77.23	17.52	6.37	28.73
8FL 地板	23.10	84.15	0.67	72.25	16.93	5.58	25.14
7FL 地板	19.80	84.15	0.62	66.89	16.31	4.78	21.55
6FL 地板	16.50	84.15	0.56	61.06	15.62	3.98	17.95
5FL 地板	13.20	84.15	0.50	54.61	14.87	3.19	14.36
4FL 地板	9.90	84.15	0.44	47.30	14.01	2.39	10.77
3FL 地板	6.60	84.15	0.36	38.62	13.00	1.59	7.18
2FL 地板	3.30	84.15	0.31	33.61	12.41	0.80	3.59

(資料來源：本研究整理)

表 6-3 風吹向 AB 牆面之半年回歸期共振部分風力(例 2)

名稱	離地高度 $z (m)$	迎風面或背風面面積 (m^2)	風速壓地況係數 $K(z)$	風速壓 kgf/m^2	順風向風力(t)	橫風向風力(t)	扭轉向風力($t-m$)
女兒牆頂端	60.60	30.60	1.08	10.49	0.93	—	—
RF	59.40	42.08	1.07	10.38	0.03	0.08	0.32
18FL 地板	56.10	84.15	1.04	10.09	0.06	0.14	0.61
17FL 地板	52.80	84.15	1.01	9.79	0.06	0.14	0.57
16FL 地板	49.50	84.15	0.98	9.48	0.06	0.13	0.54
15FL 地板	46.20	84.15	0.94	9.16	0.06	0.12	0.50
14FL 地板	42.90	84.15	0.91	8.83	0.06	0.11	0.47
13FL 地板	39.60	84.15	0.87	8.48	0.05	0.10	0.43
12FL 地板	36.30	84.15	0.84	8.12	0.05	0.09	0.40
11FL 地板	33.00	84.15	0.80	7.74	0.05	0.08	0.36
10FL 地板	29.70	84.15	0.76	7.34	0.05	0.08	0.32
9FL 地板	26.40	84.15	0.71	6.92	0.05	0.07	0.29
8FL 地板	23.10	84.15	0.67	6.48	0.05	0.06	0.25
7FL 地板	19.80	84.15	0.62	6.00	0.05	0.05	0.22
6FL 地板	16.50	84.15	0.56	5.47	0.04	0.04	0.18
5FL 地板	13.20	84.15	0.50	4.90	0.04	0.03	0.14
4FL 地板	9.90	84.15	0.44	4.24	0.04	0.03	0.11
3FL 地板	6.60	84.15	0.36	3.46	0.04	0.02	0.07
2FL 地板	3.30	84.15	0.31	3.01	0.03	0.01	0.04

(資料來源：本研究整理)

表 6-4 風吹向 BC 牆面之設計風力(例 2)

名稱	離地高度 $z(m)$	迎風面或背風面面積 (m^2)	風速壓地況係數 $K(z)$	風速壓 kgf/m^2	順風向風力(t)	橫風向風力(t)	扭轉向風力($t-m$)
女兒牆頂端	60.60	17.52	1.08	117.02	5.95	—	—
RF	59.40	24.09	1.07	115.85	5.62	9.28	33.16
18FL 地板	56.10	48.18	1.04	112.59	11.03	17.53	62.64
17FL 地板	52.80	48.18	1.01	109.23	10.80	16.50	58.95
16FL 地板	49.50	48.18	0.98	105.76	10.57	15.46	55.27
15FL 地板	46.20	48.18	0.94	102.17	10.32	14.43	51.58
14FL 地板	42.90	48.18	0.91	98.45	10.07	13.40	47.90
13FL 地板	39.60	48.18	0.87	94.59	9.81	12.37	44.21
12FL 地板	36.30	48.18	0.84	90.56	9.54	11.34	40.53
11FL 地板	33.00	48.18	0.80	86.35	9.26	10.31	36.84
10FL 地板	29.70	48.18	0.76	81.92	8.96	9.28	33.16
9FL 地板	26.40	48.18	0.71	77.23	8.64	8.25	29.48
8FL 地板	23.10	48.18	0.67	72.25	8.30	7.22	25.79
7FL 地板	19.80	48.18	0.62	66.89	7.94	6.19	22.11
6FL 地板	16.50	48.18	0.56	61.06	7.55	5.15	18.42
5FL 地板	13.20	48.18	0.50	54.61	7.11	4.12	14.74
4FL 地板	9.90	48.18	0.44	47.30	6.62	3.09	11.05
3FL 地板	6.60	48.18	0.36	38.62	6.03	2.06	7.37
2FL 地板	3.30	48.18	0.31	33.61	5.70	1.03	3.68

(資料來源：本研究整理)

表 6-5 風垂直吹向 BC 牆面之半年回歸期共振部分風力(例 2)

名稱	離地高度 $z (m)$	迎風面或背風面面積 (m^2)	風速壓地況係數 $K(z)$	風速壓 kgf/m^2	順風向風力(t)	橫風向風力(t)	扭轉向風力($t-m$)
女兒牆頂端	60.60	17.52	1.08	10.49	0.53	—	—
RF	59.40	24.09	1.07	10.38	0.01	0.14	0.09
18FL 地板	56.10	48.18	1.04	10.09	0.03	0.27	0.16
17FL 地板	52.80	48.18	1.01	9.79	0.03	0.26	0.15
16FL 地板	49.50	48.18	0.98	9.48	0.03	0.24	0.14
15FL 地板	46.20	48.18	0.94	9.16	0.03	0.23	0.13
14FL 地板	42.90	48.18	0.91	8.83	0.02	0.21	0.12
13FL 地板	39.60	48.18	0.87	8.48	0.02	0.19	0.12
12FL 地板	36.30	48.18	0.84	8.12	0.02	0.18	0.11
11FL 地板	33.00	48.18	0.80	7.74	0.02	0.16	0.10
10FL 地板	29.70	48.18	0.76	7.34	0.02	0.14	0.09
9FL 地板	26.40	48.18	0.71	6.92	0.02	0.13	0.08
8FL 地板	23.10	48.18	0.67	6.48	0.02	0.11	0.07
7FL 地板	19.80	48.18	0.62	6.00	0.02	0.10	0.06
6FL 地板	16.50	48.18	0.56	5.47	0.02	0.08	0.05
5FL 地板	13.20	48.18	0.50	4.90	0.02	0.06	0.04
4FL 地板	9.90	48.18	0.44	4.24	0.02	0.05	0.03
3FL 地板	6.60	48.18	0.36	3.46	0.01	0.03	0.02
2FL 地板	3.30	48.18	0.31	3.01	0.01	0.02	0.01

(資料來源：本研究整理)

表 6-6 風吹向 CD 牆面之設計風力(例 2)

名稱	離地高度 $z(m)$	迎風面或背風面面積 (m^2)	風速壓地況係數 $K(z)$	風速壓 kgf/m^2	順風向風力(t)	橫風向風力(t)	扭轉向風力($t-m$)
女兒牆頂端	60.60	30.60	1.72	186.05	16.51	—	—
RF	59.40	42.08	1.71	184.94	18.12	12.00	53.89
18FL 地板	56.10	84.15	1.68	181.80	35.85	22.67	101.79
17FL 地板	52.80	84.15	1.65	178.52	35.46	21.33	95.80
16FL 地板	49.50	84.15	1.62	175.10	35.04	20.00	89.81
15FL 地板	46.20	84.15	1.58	171.51	34.61	18.67	83.82
14FL 地板	42.90	84.15	1.55	167.74	34.16	17.33	77.84
13FL 地板	39.60	84.15	1.51	163.76	33.68	16.00	71.85
12FL 地板	36.30	84.15	1.47	159.54	33.17	14.67	65.86
11FL 地板	33.00	84.15	1.43	155.04	32.63	13.33	59.87
10FL 地板	29.70	84.15	1.39	150.22	32.05	12.00	53.89
9FL 地板	26.40	84.15	1.34	145.00	31.42	10.67	47.90
8FL 地板	23.10	84.15	1.29	139.31	30.73	9.33	41.91
7FL 地板	19.80	84.15	1.23	133.01	29.97	8.00	35.92
6FL 地板	16.50	84.15	1.16	125.93	29.12	6.67	29.94
5FL 地板	13.20	84.15	1.09	117.78	28.13	5.33	23.95
4FL 地板	9.90	84.15	1.00	108.04	26.96	4.00	17.96
3FL 地板	6.60	84.15	0.88	95.67	25.47	2.67	11.97
2FL 地板	3.30	84.15	0.81	88.02	24.55	1.33	5.99

(資料來源：本研究整理)

表 6-7 風吹向 CD 牆面之半年回歸期共振部分風力(例 2)

名稱	離地高度 $z (m)$	迎風面或背風面面積 (m^2)	風速壓地況係數 $K(z)$	風速壓 kgf/m^2	順風向風力(t)	橫風向風力(t)	扭轉向風力($t-m$)
女兒牆頂端	60.60	30.60	1.72	16.68	1.48	—	—
RF	59.40	42.08	1.71	16.58	0.05	0.15	0.66
18FL 地板	56.10	84.15	1.68	16.30	0.11	0.29	1.24
17FL 地板	52.80	84.15	1.65	16.00	0.11	0.27	1.17
16FL 地板	49.50	84.15	1.62	15.70	0.10	0.26	1.09
15FL 地板	46.20	84.15	1.58	15.37	0.10	0.24	1.02
14FL 地板	42.90	84.15	1.55	15.04	0.10	0.22	0.95
13FL 地板	39.60	84.15	1.51	14.68	0.10	0.21	0.87
12FL 地板	36.30	84.15	1.47	14.30	0.10	0.19	0.80
11FL 地板	33.00	84.15	1.43	13.90	0.10	0.17	0.73
10FL 地板	29.70	84.15	1.39	13.47	0.10	0.15	0.66
9FL 地板	26.40	84.15	1.34	13.00	0.09	0.14	0.58
8FL 地板	23.10	84.15	1.29	12.49	0.09	0.12	0.51
7FL 地板	19.80	84.15	1.23	11.92	0.09	0.10	0.44
6FL 地板	16.50	84.15	1.16	11.29	0.09	0.09	0.36
5FL 地板	13.20	84.15	1.09	10.56	0.08	0.07	0.29
4FL 地板	9.90	84.15	1.00	9.68	0.08	0.05	0.22
3FL 地板	6.60	84.15	0.88	8.58	0.08	0.03	0.15
2FL 地板	3.30	84.15	0.81	7.89	0.07	0.02	0.07

(資料來源：本研究整理)

表 6-8 風吹向 CD 牆面之設計風力(例 2-懸崖地形)

名稱	離地高度 $z (m)$	迎風面或背風面面積 (m^2)	風速壓地況係數 $K(z)$	風速壓 kgf/m^2	順風向風力(t)	橫風向風力(t)	扭轉向風力($t-m$)
女兒牆頂端	60.60	30.6	1.72	193.15	17.14	—	—
RF	59.40	42.075	1.71	192.44	18.85	12.55	56.32
18FL 地板	56.10	84.15	1.68	190.50	37.47	23.70	106.38
17FL 地板	52.80	84.15	1.65	188.62	37.24	22.31	100.13
16FL 地板	49.50	84.15	1.62	186.81	37.02	20.91	93.87
15FL 地板	46.20	84.15	1.58	185.08	36.81	19.52	87.61
14FL 地板	42.90	84.15	1.55	183.45	36.62	18.12	81.35
13FL 地板	39.60	84.15	1.51	181.92	36.43	16.73	75.09
12FL 地板	36.30	84.15	1.47	180.50	36.26	15.34	68.84
11FL 地板	33.00	84.15	1.43	179.20	36.10	13.94	62.58
10FL 地板	29.70	84.15	1.39	178.01	35.96	12.55	56.32
9FL 地板	26.40	84.15	1.34	176.88	35.82	11.15	50.06
8FL 地板	23.10	84.15	1.29	175.75	35.69	9.76	43.80
7FL 地板	19.80	84.15	1.23	174.47	35.53	8.36	37.55
6FL 地板	16.50	84.15	1.16	172.79	35.33	6.97	31.29
5FL 地板	13.20	84.15	1.09	170.19	35.02	5.58	25.03
4FL 地板	9.90	84.15	1.00	165.68	34.47	4.18	18.77
3FL 地板	6.60	84.15	0.88	157.01	33.43	2.79	12.52
2FL 地板	3.30	84.15	0.81	156.06	33.31	1.39	6.26

(資料來源：本研究整理)

表 6-9 風吹向 CD 牆面之半年回歸期共振部分風力(例 2-懸崖地形)

名稱	離地高度 $z(m)$	迎風面或背風面面積 (m^2)	風速壓地況係數 $K(z)$	風速壓 kgf/m^2	順風向風力(t)	橫風向風力(t)	扭轉向風力($t-m$)
女兒牆頂端	60.60	30.60	1.72	17.31	1.54	—	—
RF	59.40	42.08	1.71	17.25	0.06	0.16	0.70
18FL 地板	56.10	84.15	1.68	17.08	0.11	0.31	1.32
17FL 地板	52.80	84.15	1.65	16.91	0.11	0.29	1.24
16FL 地板	49.50	84.15	1.62	16.75	0.11	0.27	1.16
15FL 地板	46.20	84.15	1.58	16.59	0.11	0.25	1.08
14FL 地板	42.90	84.15	1.55	16.44	0.11	0.24	1.01
13FL 地板	39.60	84.15	1.51	16.31	0.11	0.22	0.93
12FL 地板	36.30	84.15	1.47	16.18	0.11	0.20	0.85
11FL 地板	33.00	84.15	1.43	16.06	0.11	0.18	0.77
10FL 地板	29.70	84.15	1.39	15.96	0.11	0.16	0.70
9FL 地板	26.40	84.15	1.34	15.86	0.11	0.15	0.62
8FL 地板	23.10	84.15	1.29	15.75	0.11	0.13	0.54
7FL 地板	19.80	84.15	1.23	15.64	0.11	0.11	0.46
6FL 地板	16.50	84.15	1.16	15.49	0.11	0.09	0.39
5FL 地板	13.20	84.15	1.09	15.26	0.10	0.07	0.31
4FL 地板	9.90	84.15	1.00	14.85	0.10	0.05	0.23
3FL 地板	6.60	84.15	0.88	14.07	0.10	0.04	0.15
2FL 地板	3.30	84.15	0.81	13.99	0.10	0.02	0.08

(資料來源：本研究整理)

第七章 高寬比小於 3、普通且高度大於 18 公尺建築物主要

風力抵抗系統耐風設計示範例

本章擬定一棟高寬比小於 3、高度大於 18 公尺，且 XY 兩主軸方向皆為普通($f_n \geq 1\text{Hz}$)的建築物，根據圖 3-4、圖 3-12、圖 3-13、圖 3-16、圖 3-19、圖 3-20 與圖 3-21，執行其主要風力抵抗系統耐風設計，並於第一節到第六節詳列計算流程，分別為建築物資料與工址風環境、風垂直吹向 AB 牆面之風力、風垂直吹向 BC 牆面之風力、風垂直吹向 CD 牆面之風力、風垂直吹向 DA 牆面之風力及結構耐風反應之計算與檢核。高寬比小於 3 建築物的 XY 兩主軸方向頻率有可能一向大於 1Hz，另一向小於 1Hz，大於 1Hz 向的耐風設計可參考本章的設計例計算風力，小於 1Hz 向的耐風設計可參考第八章的設計例計算風力。

第一節 建築物資料與工址風環境

根據圖 3-21 可知，執行耐風設計時，先要蒐集建築物資料與工址風環境，本節擬定建築物資料與工址風環境如下表所示。

表 7-1 建築物資料與工址風環境 (例 3)

建築物資料	尺寸	平面尺寸 $17.5m \times 17.5m$ ； 建築物高度(不含屋頂突出物) $h=30m$ ； 女兒牆高度 $1.2m$	
	開口面積	在颱風區內，建築物的玻璃容易受周遭的植栽、招牌或屋頂所造成的隨風飄散物的撞擊而成為開口。本例假設 CD 牆面上風側較其它牆面上風側容易產生隨風飄散物，因此假設 CD 牆面總面積有 5% 破損而造成開口，其餘各牆面皆無開口。	
	用途係數 I	根據規範 2.5 節， $I = 1.1$ 、 1.0 或 0.9 。住宅， $I = 1.0$ 。	
	構造形式	鋼筋混凝土構造；剛性樓板。	
	基本自然頻率	XY 兩主軸方向基本自然頻率皆為 $1.088Hz$ ($0.919s$)；扭轉向基本自然頻率 $1.632Hz$ ($0.613s$)。	
	結構阻尼比 β	根據規範 2.7 節解說，建議鋼構造建築物之 $\beta=0.01$ ；混凝土構造建築物或鋼骨鋼筋混凝土構造建築物之 $\beta=0.02$ 。本例為混凝土構造建築物，故 $\beta=0.02$ 。	
工址風環境	基本設計風速 $V_{10}(C)$	根據規範 2.4 節，台北市的 $V_{10}(C) = 42.5m/s$ 。	
	地況	AB 牆面、BC 牆面與 DA 牆面上風側地況皆為地況 B，CD 牆面上風側地況為地況 C。	
	地形	無特殊地形。實際上不一定都為無特殊地形，特殊地形種類請詳規範 2.6 節。	

(資料來源：本研究整理)

第二節 風垂直吹向 AB 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力

本節所計算的風力有設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力。

壹、判斷主要風力抵抗系統設計情況(圖 3-4)

【步驟 1】列出與該風向相關之設計參數

當風垂直吹向 AB 牆面時， f_n 為 Y 向基本自然頻率 $1.088Hz$ 、 f_a 為 X 向基本自然頻率 $1.088Hz$ 、垂直於風向之建築物水平尺寸 $B=17.5m$ 與平行於風向之建築物水平尺寸 $L=17.5m$ 。根據規範表 2.2，地況 B 相關參數 $\alpha = 0.25$ ； $z_g = 400m$ ； $\bar{b} = 0.62$ ； $c = 0.30$ ； $\ell = 98m$ ； $\bar{\varepsilon} = 0.33$ ； $z_{\min} = 9m$ 。

【步驟 2】判斷設計情況

根據建築物資料可知 CD 牆面開口率為 5%，其餘外牆面開口率皆為 0%。根據規範 1.3 節，建築物不屬於開放式建築物。根據建築物資料，計算迎風向外牆面之總面積 $A_g = 525m^2$ 、迎風向外牆面之總開口面積 $A_0 = 0m^2$ 、非迎風向之各牆面(含屋頂)總面積 $A_{gi} = 1881.25m^2$ 與非迎風向之各牆面(含屋頂)總開口面積 $A_{oi} = 26.25m^2$ 。因無法同滿足以下各條件(1) $A_0 > 1.10A_{oi}$ ，(2) $A_0 > 0.37m^2$ 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，建築物不屬於部分封閉式建築物。建築物不屬於開放式建築物或部分封閉式建築物，根據規範 1.3 節，建築物屬於封閉式建築物。

由於 $f_n \geq 1Hz$ 且 $h/\sqrt{BL} = 1.714 < 3$ 封閉式建築物，根據圖 3-4，當風垂直吹

向 AB 牆面時，主要風力抵抗系統設計情況屬於第四類設計情況。以下，使用圖 3-16 的流程及圖 3-12 與圖 3-13，計算對應的設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力。

貳、 計算設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力

計算設計風力(圖 3-16 左邊上部)

【步驟 1】 計算風速壓地況係數 $K(z)$ 與地形係數 K_{zt}

$$\begin{aligned} K(z) &= 2.774 \left(\frac{z}{z_g} \right)^{2\alpha} = 2.774 \left(\frac{z}{400} \right)^{0.5} ; z > 5\text{m} \\ \text{根據規範式(2.7),} \\ &= 2.774 \left(\frac{5}{z_g} \right)^{2\alpha} = 2.774 \left(\frac{5}{400} \right)^{0.5} ; z \leq 5\text{m} \end{aligned}$$

根據規範式(2.8)，計算 K_{zt} ：因工址附近無特殊地形， $K_{zt} = 1$ 。

【步驟 2】 計算不同高度之風速壓

根據規範式(2.6)，離地面 z 公尺高度之風速壓 $q(z)$ ：

$$\begin{aligned} q(z) &= 0.06K(z)K_{zt}[I V_{10}(C)]^2 = 300.63 \left(\frac{z}{400} \right)^{0.5} \text{ kgf/m}^2 ; z > 5\text{m} \\ q(z) &= 0.06K(z=5)K_{zt}[I V_{10}(C)]^2 = 33.61 \text{ kgf/m}^2 ; z \leq 5\text{m} \end{aligned}$$

【步驟 3】 計算普通建築物順風向設計風力(圖 3-12)

1 決定風壓係數

內風壓係數 (GC_{pi})：根據規範 2.9 節，封閉式建築物的 (GC_{pi}) = +0.375 或 -0.375。

牆之平均外風壓係數 C_p ：AB 牆面為迎風面，根據規範表 2.4， $C_p = 0.8$ ；CD 牆面為背風面， $L/B = 1$ ， $C_p = -0.5$ 。

2 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 $L_z = 118.98\text{m}$ ，其中， $\bar{z} = 18\text{m}$ 。根據規範式(2.10)，紊流強度 $I_z = 0.27$ 。根據規範式(2.11)，背景反應 $Q = 0.86$ 。根據規範式(2.9)，普通建築物之陣風反應因子

$$G = 1.927 \left(\frac{1 + 1.7g_Q I_z Q}{1 + 1.7g_V I_z} \right) = 1.76$$

，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。也可根據規範表 C2.9(b)，線性內插求得 $G = 1.76$ 。

也可直接取 $G = 1.88$ ，計算過程較簡單，風力值較保守。以下取 $G = 1.88$ 來計算。

3 計算迎風面牆與背風面牆之風壓，以及屋頂女兒牆之風壓

根據規範式(2.1)，迎風面牆之設計風壓：

$$\begin{aligned} p(z) &= q(z)GC_p - q(h)(GC_{pi}) \\ &= 452.15 \left(\frac{z}{400} \right)^{0.5} \pm 30.87\text{kgf/m}^2; z > 5\text{m} \\ p(z) &= q(z=5)GC_p - q(h)(GC_{pi}) \\ &= 50.55 \pm 30.87\text{kgf/m}^2; z \leq 5\text{m} \end{aligned}$$

背風面牆之設計風壓：

$$p(z) = q(h)GC_p - q(h)(GC_{pi}) = -77.39 \pm 30.87\text{kgf/m}^2$$

根據規範式(2.3)，迎風面女兒牆之設計風壓：

$$P_p = q_p(GC_{pn}) = 151.13\text{kgf/m}^2$$

背風面女兒牆之設計風壓：

$$P_p = q_p(GC_{pm}) = -92.36\text{kgf/m}^2$$

其中， $q_p = 83.96\text{kgf/m}^2$ 為屋頂女兒牆頂端(高度為 31.2m)之風速壓； (GC_{pm}) 屋頂女兒牆淨風壓係數，迎風面女兒牆取 $+1.8$ ，背風面女兒牆取 -1.1 。

4 計算外牆順風向風力與屋頂女兒牆風力

外牆順風向風力為迎風面牆的風力減去背風面牆的風力。其中，迎風面牆的風力為設計風壓與對應受風面積之乘積；背風面牆的風力為設計風壓與對應受風面積之乘積。外牆順風向設計風力如表 7-2 所示。根據規範 2.2 節解說中 W_{Dz} 的計算式，也可得表 7-2 所示的外牆順風向設計風力。

屋頂女兒牆設計風力為迎風面女兒牆之風力減去背風面女兒牆之風力。其中，迎風面女兒牆之風力為迎風面女兒牆之設計風壓與對應受風面積之乘積；背風面女兒牆之風力為背風面女兒牆之設計風壓與對應受風面積之乘積。屋頂女兒牆設計風力如表 7-2 所示。根據規範 2.2 節解說中 F_p 的計算式，也可得表 7-2 所示的屋頂女兒牆設計風力。

【步驟 4】計算建築物橫風向設計風力

根據規範式(2.21)，高度 z 處橫風向風力 W_{Lz} ：

$$W_{Lz} = 0.87 \frac{L}{B} W_{Dz}$$

其中， W_{Dz} 為高度 z 處順風向風力，橫風向設計風力如表 7-2 所示。

【步驟 5】計算順風向設計風力與迎風面寬度之乘積

順風向設計風力與迎風面寬度之乘積如表 7-2 所示。根據規範式(2.23)，當高寬比小於 3 時，扭轉向風力的計算，須綜合所有考量風向中選取順風向

風力與迎風面寬度乘積之最大值後，進一步計算之。

計算 50 年回歸期風力(圖 3-16 左邊下部)

順風向 50 年回歸期風力為順風向設計風力除以 I^2 ；橫風向 50 年回歸期風力為橫風向設計風力除以 I^2 。因為 $I=1$ ，順風向 50 年回歸期風力與表 7-2 的結果相同；橫風向 50 年回歸期風力與表 7-2 的結果相同。

計算半年回歸期共振部分風力(圖 3-16 右半部)

本棟建築物為鋼筋混凝土構造， h/\sqrt{BL} 小於 3，且 h 在 70 公尺以下，根據規範 4.3 節解說，其頂樓振動加速度應無超過舒適度容許值之慮，可免除最高居室樓層角隅振動尖峰加速度之檢核，因此，不用計算半年回歸期共振部分風力。

第三節 風垂直吹向 BC 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力

根據第一節的建築物資料與工址風環境可知，建築物之斷面為正方形；XY 兩主軸方向基本自然頻率相同；BC 牆面與 AB 牆面開口面積相同；BC 牆面與 AB 牆面上風側地況相同；BC 牆面與 AB 牆面上風側地形相同。因此，當風垂直吹向 BC 牆面時主要風力抵抗系統所承受之風力，與第二節的結果相同。

第四節 風垂直吹向 CD 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力

本節所計算的風力有設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力。

壹、判斷主要風力抵抗系統設計情況(圖 3-4)

【步驟 1】列出與該風向相關之設計參數

當風垂直吹向 CD 牆面時， $f_n=1.088\text{Hz}$ 、 $f_a=1.088\text{Hz}$ 、 $B=17.5\text{m}$ 與

$L=17.5m$ 。根據規範表 2.2，地況 C 相關參數 $\alpha = 0.15$ ； $z_g = 300m$ ； $\bar{b} = 0.94$ ；

$c = 0.20$ ； $\ell = 152m$ ； $\bar{\varepsilon} = 0.20$ ； $z_{\min} = 4.5m$ 。

【步驟 2】判斷設計情況

根據建築物資料可知 CD 牆面開口率為 5%，其餘外牆面開口率皆為 0%。根據規範 1.3 節，建築物不屬於開放式建築物。根據建築物資料， $A_g = 525m^2$ 、 $A_0 = 26.25m^2$ 、 $A_{gi} = 1881.25m^2$ 與 $A_{0i} = 0m^2$ 。因同滿足以下各條件(1) $A_0 > 1.10A_{0i}$ ，(2) $A_0 > 0.37m^2$ 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，建築物屬於部分封閉式建築物。

由於 $f_n \geq 1Hz$ 且 $h/\sqrt{BL} = 1.714 < 3$ 部分封閉式建築物，根據圖 3-4，當風垂直吹向 CD 牆面時，主要風力抵抗系統設計情況屬於第四類設計情況。以下，使用圖 3-16 的流程及圖 3-12 與圖 3-13，計算對應的設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力。

貳、 計算設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力

分別仿照第二節中設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力的計算流程，可計算得到當風垂直吹向 CD 牆面之設計風力如表 7-3 所示、50 年回歸期風力如表 7-3 (因為 $I=1$) 所示。

第五節 風垂直吹向 DA 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力

根據第一節的建築物資料與工址風環境可知，建築物之斷面為正方形；XY 兩主軸方向基本自然頻率相同；DA 牆面與 AB 牆面開口面積相同；DA 牆面與 AB 牆面上風側地況相同；DA 牆面與 AB 牆面上風側地形相同。因此，當風垂直吹向 DA 牆面時主要風力抵抗系統所承受之風力，與第二節的結果相同。

第六節 結構耐風反應之計算與檢核

根據圖 3-21 可知，當 $h/\sqrt{BL} < 3$ ，須綜合所有考量風向，計算扭轉向風力。接下來，根據來風方向，以對應的風力進行結構分析，計算反應與檢核反應。本節所計算的耐風結構反應有構件設計效應與層間變位角。以下，先計算扭轉向風力，後計算反應與檢核反應。

壹、 計算扭轉向風力(圖 3-19)

當 $h/\sqrt{BL} < 3$ 時，根據規範式(2.23)，高度 z 處扭轉向風力 $M_{Tz} = 0.28(BW_{Dz})^*$ ，其中， $(BW_{Dz})^*$ 為各向來風高度 z 處順風向風力與迎風面寬度乘積之最大值，所得之設計扭矩適用於各向來風。比較表 7-2 與表 7-3 中的順風向風力與迎風面寬度之乘積，可知 $(BW_{Dz})^*$ 為表 7-3 中的順風向風力與迎風面寬度之乘積，扭轉向設計風力如表 7-4 所示。扭轉向 50 年回歸期風力為扭轉向設計風力除以 I^2 ，數值結果如表 7-4 所示。因滿足舒適度免檢核之條件，不用計算半年回歸期共振部分風力。

貳、 計算構件設計效應與檢核

【步驟 1】當風垂直吹向 AB 牆面時，計算結構效應(圖 3-20 左半部)

(1)以表 7-2 中順風向與橫風向風力，以及表 7-4 中扭轉向設計風力進行結構分析，求得順風向設計風力所造成的結構效應 \widehat{W}_D 、順風向平均風力所造成的結構效應 $\overline{W}_D = \widehat{W}_D / (1.128\overline{G})$ 、橫風向設計風力所造成的結構效應 \widehat{W}_L 、扭轉向設計風力所造成的結構效應 \widehat{W}_T 。其中，普通建築物 $\overline{G} = G$ 。

(2)根據規範 2.12 節解說，計算載重組合之結構效應

$$\bar{W}_D + \sqrt{(\widehat{W}_D - \bar{W}_D)^2 + (|\widehat{W}_L| + |\widehat{W}_T|)^2}$$

【步驟 2】當風垂直吹向 BC 牆面、CD 牆面與 DA 牆面時，分別計算結構效應

重複步驟 1 的(1)與(2)計算得之。其中，當風垂直吹向 BC 牆面或 DA 牆面時所採用的設計風力詳表 7-2 與表 7-4。當風垂直吹向 CD 牆面時所採用的設計風力詳表 7-3 與表 7-4。

【步驟 3】從上述四種可能來風方向中，各構件分別選擇結構效應的最大值，作為桿件設計載重組合中之風載重效應。在與其他型式載重組合前，應乘上材料規範規定之載重係數。若有任一檢核不滿足相關規範之規定，則重新設計。

參、 計算層間變位角與檢核

【步驟 1】當風垂直吹向 AB 牆面時，計算層間變位角(圖 3-20 中間)

(1)以表 7-2 中順風向與橫風向風力，以及表 7-4 中扭轉向 50 年回歸期風力進行結構分析，求得順風向 50 年回歸期風力所造成 X 向與 Y 向的層間變位角、順風向 50 年回歸期平均風力所造成 X 向與 Y 向的層間變位角、橫風向 50 年回歸期風力所造成 X 向與 Y 向的層間變位角、扭轉向 50 年回歸期風力所造成 X 向與 Y 向的層間變位角。

(2)根據規範 2.12 節解說之公式，分別計算 X 向與 Y 向的總層間變位角。

【步驟 2】當風垂直吹向 BC 牆面、CD 牆面與 DA 牆面時，分別計算層間變位角

重複步驟 1 的(1)與(2)計算得之。其中，當風垂直吹向 BC 牆面或 DA 牆面時所採用的 50 年回歸期風力詳表 7- 2 與表 7- 4。當風垂直吹向 CD 牆面時所採用的 50 年回歸期風力詳表 7-3 與表 7-4。

【步驟 3】檢核反應

從四種可能來風方向中，選擇 X 向總層間變位角的最大值，判斷其是否 $\leq 5/1000$ ；選擇 Y 向總層間變位角的最大值，判斷其是否 $\leq 5/1000$ 。若有任何一檢核不過，則重新設計。

表 7-2 風吹向 AB 牆面之設計風力(例 3)

名稱	離地高度 $z(m)$	迎風面或背風面面積(m^2)	風速壓地況係數 $K(z)$	風速壓 kgf/m^2	順風向風力 (t)	橫風向風力 (t)	順風向風力與迎風面寬度之乘積 ($t-m$)
女兒牆頂端	31.20	21.00	0.77	83.96	5.11	—	—
RF	30.00	26.25	0.76	82.33	5.28	4.60	92.43
10FL 地板	27.00	52.50	0.72	78.11	10.23	8.90	179.03
9FL 地板	24.00	52.50	0.68	73.64	9.88	8.59	172.86
8FL 地板	21.00	52.50	0.64	68.88	9.50	8.27	166.29
7FL 地板	18.00	52.50	0.59	63.77	9.10	7.92	159.23
6FL 地板	15.00	52.50	0.54	58.22	8.66	7.53	151.55
5FL 地板	12.00	52.50	0.48	52.07	8.17	7.11	143.06
4FL 地板	9.00	52.50	0.42	45.09	7.62	6.63	133.42
3FL 地板	6.00	52.50	0.34	36.82	6.97	6.06	121.98
2FL 地板	3.00	52.50	0.31	33.61	6.72	5.84	117.55

(資料來源：本研究整理)

表 7-3 風吹向 CD 牆面之設計風力(例 3)

名稱	離地高度 $z(m)$	迎風面或背風面面積(m^2)	風速壓地況係數 $K(z)$	風速壓 kgf/m^2	順風向風力 (t)	橫風向風力 (t)	順風向風力與迎風面寬度之乘積 ($t-m$)
女兒牆頂端	31.20	21.00	1.41	152.46	9.28	—	—
RF	30.00	26.25	1.39	150.67	9.67	8.41	169.16
10FL 地板	27.00	52.50	1.35	145.99	18.96	16.50	331.85
9FL 地板	24.00	52.50	1.30	140.92	18.56	16.15	324.84
8FL 地板	21.00	52.50	1.25	135.38	18.13	15.77	317.20
7FL 地板	18.00	52.50	1.19	129.26	17.64	15.35	308.74
6FL 地板	15.00	52.50	1.13	122.38	17.10	14.88	299.24
5FL 地板	12.00	52.50	1.06	114.46	16.47	14.33	288.29
4FL 地板	9.00	52.50	0.97	105.00	15.73	13.68	275.21
3FL 地板	6.00	52.50	0.86	92.97	14.78	12.86	258.59
2FL 地板	3.00	52.50	0.81	88.02	14.39	12.52	251.75

(資料來源：本研究整理)

表 7-4 扭轉向風力(例 3)

名稱	離地高度 $z(m)$	扭轉向設計風力 ($t-m$)	扭轉向 50 年回歸期風力 ($t-m$)
RF	30.00	47.37	47.37
10FL 地板	27.00	92.92	92.92
9FL 地板	24.00	90.96	90.96
8FL 地板	21.00	88.82	88.82
7FL 地板	18.00	86.45	86.45
6FL 地板	15.00	83.79	83.79
5FL 地板	12.00	80.72	80.72
4FL 地板	9.00	77.06	77.06
3FL 地板	6.00	72.41	72.41
2FL 地板	3.00	70.49	70.49

(資料來源：本研究整理)

第八章 高寬比小於 3 柔性建築物主要風力抵抗系統耐風設

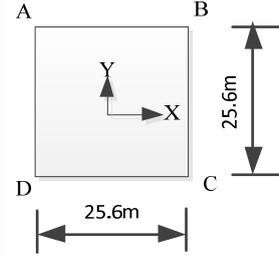
計示範例

本章擬定一棟高寬比小於 3，且 XY 兩主軸方向皆為柔性($f_n < 1\text{Hz}$)的建築物，根據圖 3-4、圖 3-5、圖 3-8、圖 3-15、圖 3-19、圖 3-20 與圖 3-21，執行其主要風力抵抗系統耐風設計，並於第一節到第六節詳列計算流程，分別為建築物資料與工址風環境、風垂直吹向 AB 牆面之風力、風垂直吹向 BC 牆面之風力、風垂直吹向 CD 牆面之風力、風垂直吹向 DA 牆面之風力及結構耐風反應之計算與檢核。高寬比小於 3 建築物的 XY 兩主軸方向頻率有可能一向大於 1Hz，另一向小於 1Hz，小於 1Hz 向的耐風設計可參考本章的設計例計算風力，大於 1Hz 向的耐風設計可參考第七章的設計例計算風力。

第一節 建築物資料與工址風環境

根據圖 3-21 可知，執行耐風設計時，先要蒐集建築物資料與工址風環境，本節擬定建築物資料與工址風環境如下表所示。

表 8-1 建築物資料與工址風環境 (例 4)

建築物資料	尺寸	平面尺寸 $25.6m \times 25.6m$ ； 建築物高度(不含屋頂突出物) $h=59.5m$ ； 女兒牆高度 $1.2m$	
	開口面積	在颱風區內，建築物的玻璃容易受周遭的植栽、招牌或屋頂所造成的隨風飄散物的撞擊而成為開口。本例假設 CD 牆面上風側較其它牆面上風側容易產生隨風飄散物，因此假設 CD 牆面總面積有 5% 破損而造成開口，其餘各牆面皆無開口。	
	用途係數 I	根據規範 2.5 節， $I = 1.1$ 、 1.0 或 0.9 。住宅， $I = 1.0$ 。	
	構造形式	鋼筋混凝土構造；剛性樓板。	
	基本自然頻率	XY 兩主軸方向基本自然頻率皆為 $0.487Hz$ ($2.053s$)；扭轉向基本自然頻率 $0.731Hz$ ($1.368s$)。	
	結構阻尼比 β	根據規範 2.7 節解說，建議鋼構造建築物之 $\beta=0.01$ ；混凝土構造建築物或鋼骨鋼筋混凝土構造建築物之 $\beta=0.02$ 。本例為混凝土構造建築物，故 $\beta=0.02$ 。	
工址風環境	基本設計風速 $V_{10}(C)$	根據規範 2.4 節，台北市的 $V_{10}(C) = 42.5m/s$ 。	
	地況	AB 牆面、BC 牆面與 DA 牆面上風側地況皆為地況 B，CD 牆面上風側地況為地況 C。	
	地形	無特殊地形。實際上不一定都為無特殊地形，特殊地形種類請詳規範 2.6 節。	

(資料來源：本研究整理)

第二節 風垂直吹向 AB 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力

本節所計算的風力有設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力。

壹、 判斷主要風力抵抗系統設計情況(圖 3-4)

【步驟 1】列出與該風向相關之設計參數

當風垂直吹向 AB 牆面時， $f_n = 0.487Hz$ 、 $f_a = 0.487Hz$ 、 $B = 25.6m$ 與 $L = 25.6m$ 。地況相關參數與第七章第二節相同。

【步驟 2】判斷設計情況

仿照第七章第二節判斷建築封閉性的方法，分析建築物開口面積可知建築物屬於封閉式建築物。由於 $f_n < 1Hz$ 且 $h/\sqrt{BL} = 2.324 < 3$ 封閉式建築物，根據圖 3-4，主要風力抵抗系統設計情況屬於第三類設計情況。以下，使用圖 3-15 的流程及圖 3-5 與圖 3-8，計算對應的設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力。該棟建築物風力的計算流程中，僅順風向風力中陣風反應因子與風壓的計算流程不同於第七章第二節建築物風力的計算流程。因此，在計算風力時，針對陣風反應因子與風壓列計算流程與結果，其餘部分仿照第七章第二節建築物風力的計算流程進行計算，但只列風力。

貳、 計算設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力

計算設計風力(圖 3-15 左邊上部)

【步驟 1】計算風速壓地況係數 $K(z)$ 與地形係數 K_{zt} 。【步驟 2】計算不同高度之風速壓。上述二個步驟的計算流程與第七章第二節相同。

【步驟 3】計算柔性建築物順風向設計風力(圖 3-5)

1 決定風壓係數

此步驟的計算流程與第七章第二節相同。

2 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 $L_{\bar{z}} = 149.14\text{m}$ ，其中， $\bar{z} = 3570\text{m}$ 。

根據規範式(2.10)，紊流強度 $I_{\bar{z}} = 0.24$ 。根據規範式(2.11)，背景反應 $Q = 0.83$ 。根據規範式(2.14)，共振反應尖峰因子 $g_R = 4.01$ 。根據規範式(2.19)，高度 \bar{z} 處每小時平均風速 $\bar{V}_{\bar{z}} = 36.22\text{m/s}$ 。根據規範式(2.17)，

$N_1 = 2.01$ 。根據規範式(2.16)， $R_n = 0.09$ 。根據規範式(2.18a)與式(2.18b)，

$R_h = 0.23$ 、 $R_B = 0.44$ 及 $R_L = 0.17$ 。根據規範式(2.15)，共振反應因子

$R = 0.53$ 。或是針對 $h/\sqrt{BL} = 1 \sim 6$ 和 $L/B = 1/5 \sim 5$ 之柔性建築物，規範 2.7 節解說的簡化公式可得 $R \approx 0.82$ 。以下取規範式(2.15)複雜計算的結果 $R = 0.53$ 作後續計算。根據規範式(2.13)，柔性建築物之陣風反應因

子 $G_f = 1.927 \left(\frac{1 + 1.7I_{\bar{z}} \sqrt{g_Q^2 Q^2 + g_R^2 R^2}}{1 + 1.7g_V I_{\bar{z}}} \right) = 1.97$ ，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。

3 計算迎風面牆與背風面牆之風壓，以及屋頂女兒牆之風壓

根據規範式(2.1)，迎風面牆之設計風壓：

$$\begin{aligned}
 p(z) &= q(z)G_f C_p - q(h)(GC_{pi}) \\
 &= 473.79 \left(\frac{z}{400} \right)^{0.5} \pm 43.48 \text{kgf/m}^2 ; z > 5\text{m} \\
 p(z) &= q(z=5)G_f C_p - q(h)(GC_{pi}) \\
 &= 52.97 \pm 43.48 \text{kgf/m}^2 ; z \leq 5\text{m}
 \end{aligned}$$

背風面牆之設計風壓：

$$p(z) = q(h)G_f C_p - q(h)(GC_{pi}) = -114.21 \pm 43.48 \text{kgf/m}^2$$

屋頂女兒牆風壓的計算流程與第七章第二節相同。

4 計算外牆順風向風力與屋頂女兒牆風力

此步驟的計算流程與第七章第二節相同，數值結果如表 8-2 所示。

【步驟 4】計算建築物橫風向設計風力

此步驟的計算流程與第七章第二節相同，數值結果如表 8-2 所示。

【步驟 5】計算順風向設計風力與迎風面寬度之乘積

此步驟的計算流程與第七章第二節相同，數值結果如表 8-2 所示。

計算 50 年回歸期風力(圖 3-15 左邊下部)

順風向 50 年回歸期風力與橫風向 50 年回歸期風力的計算流程，分別與第七章第二節 50 年回歸期風力中相對應的計算流程相同。因為 $I=1$ ，50 年回歸期風力與表 8-2 的結果相同。

計算半年回歸期共振部分風力(圖 3-15 右半部)

此步驟的計算流程與第七章第二節相同，可免除最高居室樓層角隅振動尖峰加速度之檢核，因此，不用計算半年回歸期共振部分風力。

第三節 風垂直吹向 BC 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力

根據第一節的建築物資料與工址風環境可知，建築物之斷面為正方形；XY 兩主軸方向基本自然頻率相同；BC 牆面與 AB 牆面開口面積相同；BC 牆面與 AB 牆面上風側地況相同；BC 牆面與 AB 牆面上風側地形相同。因此，當風垂直吹向 BC 牆面時主要風力抵抗系統所承受之風力，與第二節的結果相同。

第四節 風垂直吹向 CD 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力

本節所計算的風力有設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力。

壹、 判斷主要風力抵抗系統設計情況(圖 3-4)

【步驟 1】列出與該風向相關之設計參數

當風垂直吹向 CD 牆面時， $f_n = 0.487\text{Hz}$ 、 $f_a = 0.487\text{Hz}$ 、 $B = 25.6\text{m}$ 與 $L = 25.6\text{m}$ 。地況相關參數與第七章第四節相同。

【步驟 2】判斷設計情況

仿照第七章第四節判斷建築封閉性的方法，分析建築物開口面積可知建築物屬於部分封閉式建築物。由於 $f_n < 1\text{Hz}$ 且 $h/\sqrt{BL} = 2.324 < 3$ 部分封閉式建築物，根據圖 3-4，主要風力抵抗系統設計情況屬於第三類設計情況。以下，使用圖 3-15 的流程及圖 3-5 與圖 3-8，計算對應的設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力。

貳、 計算設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力

分別仿照第二節中設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力

的計算流程，可計算得到當風垂直吹向 CD 牆面之設計風力如表 8-3 所示、50 年回歸期風力如表 8-3 (因為 $I=1$) 所示。

第五節 風垂直吹向 DA 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力

根據第一節的建築物資料與工址風環境可知，建築物之斷面為正方形；XY 兩主軸方向基本自然頻率相同；DA 牆面與 AB 牆面開口面積相同；DA 牆面與 AB 牆面上風側地況相同；DA 牆面與 AB 牆面上風側地形相同。因此，當風垂直吹向 DA 牆面時主要風力抵抗系統所承受之風力，與第二節的結果相同。

第六節 結構耐風反應之計算與檢核

根據圖 3-21 可知，當 $h/\sqrt{BL} < 3$ ，須綜合所有考量風向，計算扭轉向風力。接下來，根據來風方向，以對應的風力進行結構分析，計算反應與檢核反應。本節所計算的耐風結構反應有構件設計效應與層間變位角。以下，先計算扭轉向風力，後計算反應與檢核反應。

壹、 計算扭轉向風力(圖 3-19)

此部分的計算流程與第七章第六節相同，扭轉向設計風力與扭轉向 50 年回歸期風力如表 8-4 所示。因滿足舒適度免檢核之條件，不用計算半年回歸期共振部分風力。

貳、 計算構件設計效應與檢核

此部分的計算流程與第七章第六節相同，當風垂直吹向 AB 牆面、BC 牆面或 DA 牆面時所採用的設計風力詳表 8-2 與表 8-4；當風垂直吹向 CD 牆面時所採用的設計風力詳表 8-3 與表 8-4。

參、 計算層間變位角與檢核

此部分的計算流程與第七章第六節相同，當風垂直吹向 AB 牆面、BC 牆面

或 DA 牆面時所採用的 50 年回歸期風力詳表 8-2 與表 8-4；當風垂直吹向 CD 牆面時所採用的 50 年回歸期風力詳表 8-3 與表 8-4。

表 8-2 風吹向 AB 牆面之設計風力(例 4)

名稱	離地高度 z (m)	迎風面或背風面面積 (m^2)	風速壓地況係數 $K(z)$	風速壓 kgf/m^2	順風向風力 (t)	橫風向風力 (t)	順風向風力與迎風面寬度之乘積 ($t-m$)
女兒牆頂端	60.70	30.72	1.08	117.11	10.43	—	—
RF	59.50	44.80	1.07	115.95	13.33	11.60	341.23
17FL 地板	56.00	89.60	1.04	112.49	26.17	22.77	669.93
16FL 地板	52.50	89.60	1.00	108.91	25.66	22.33	656.99
15FL 地板	49.00	89.60	0.97	105.22	25.14	21.87	643.61
14FL 地板	45.50	89.60	0.94	101.39	24.60	21.40	629.75
13FL 地板	42.00	89.60	0.90	97.42	24.04	20.91	615.34
12FL 地板	38.50	89.60	0.86	93.27	23.45	20.40	600.32
11FL 地板	35.00	89.60	0.82	88.93	22.84	19.87	584.60
10FL 地板	31.50	89.60	0.78	84.36	22.19	19.31	568.07
9FL 地板	28.00	89.60	0.73	79.54	21.51	18.71	550.59
8FL 地板	24.50	89.60	0.69	74.40	20.78	18.08	531.98
7FL 地板	21.00	89.60	0.64	68.88	20.00	17.40	511.99
6FL 地板	17.50	89.60	0.58	62.88	19.15	16.66	490.25
5FL 地板	14.00	89.60	0.52	56.24	18.21	15.84	466.21
4FL 地板	10.50	89.60	0.45	48.71	17.15	14.92	438.91
3FL 地板	7.00	89.60	0.37	39.77	15.88	13.82	406.54
2FL 地板	3.50	89.60	0.31	33.61	15.01	13.06	384.23

(資料來源：本研究整理)

表 8-3 風吹向 CD 牆面之設計風力(例 4)

名稱	離地高度 z (m)	迎風面或背風面面積(m^2)	風速壓地況係數 $K(z)$	風速壓 kgf/m^2	順風向風力 (t)	橫風向風力 (t)	順風向風力與迎風面寬度之乘積 ($t-m$)
女兒牆頂端	60.70	30.72	1.72	186.15	16.58	—	—
RF	59.50	44.80	1.71	185.04	22.36	19.45	572.41
17FL 地板	56.00	89.60	1.68	181.70	44.22	38.47	1132.12
16FL 地板	52.50	89.60	1.64	178.22	43.71	38.02	1118.85
15FL 地板	49.00	89.60	1.61	174.57	43.16	37.55	1104.95
14FL 地板	45.50	89.60	1.58	170.73	42.59	37.05	1090.34
13FL 地板	42.00	89.60	1.54	166.68	41.99	36.53	1074.92
12FL 地板	38.50	89.60	1.50	162.38	41.35	35.97	1058.57
11FL 地板	35.00	89.60	1.46	157.80	40.67	35.38	1041.14
10FL 地板	31.50	89.60	1.41	152.89	39.94	34.75	1022.45
9FL 地板	28.00	89.60	1.36	147.59	39.15	34.06	1002.23
8FL 地板	24.50	89.60	1.31	141.79	38.29	33.31	980.17
7FL 地板	21.00	89.60	1.25	135.38	37.33	32.48	955.77
6FL 地板	17.50	89.60	1.18	128.18	36.26	31.55	928.34
5FL 地板	14.00	89.60	1.11	119.88	35.03	30.48	896.74
4FL 地板	10.50	89.60	1.01	109.97	33.55	29.19	859.00
3FL 地板	7.00	89.60	0.90	97.37	31.68	27.56	811.04
2FL 地板	3.50	89.60	0.81	88.02	30.29	26.35	775.45

(資料來源：本研究整理)

表 8-4 扭轉向風力(例 4)

名稱	離地高度 $z(m)$	扭轉向設計風力 ($t-m$)	扭轉向 50 年回歸期風力 ($t-m$)
RF	59.50	160.27	160.27
17FL 地板	56.00	316.99	316.99
16FL 地板	52.50	313.28	313.28
15FL 地板	49.00	309.39	309.39
14FL 地板	45.50	305.30	305.30
13FL 地板	42.00	300.98	300.98
12FL 地板	38.50	296.40	296.40
11FL 地板	35.00	291.52	291.52
10FL 地板	31.50	286.28	286.28
9FL 地板	28.00	280.63	280.63
8FL 地板	24.50	274.45	274.45
7FL 地板	21.00	267.62	267.62
6FL 地板	17.50	259.93	259.93
5FL 地板	14.00	251.09	251.09
4FL 地板	10.50	240.52	240.52
3FL 地板	7.00	227.09	227.09
2FL 地板	3.50	217.13	217.13

(資料來源：本研究整理)

第九章 高寬比小於 3、普通且高度小於等於 18 公尺建築物

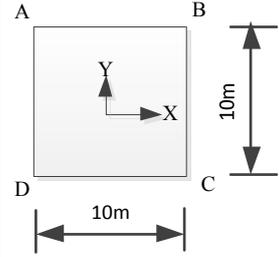
主要風力抵抗系統耐風設計示範例

本章擬定一棟屬於規範 2.13 節定義的建築物，根據圖 3-4、圖 3-13、圖 3-17、圖 3-19、圖 3-20 與圖 3-21，執行其主要風力抵抗系統耐風設計。第一節為建築物資料與工址風環境。根據圖 3-4 可知，本例適用兩種設計情況，第一種為計算過程較簡單且風力值較保守的第五類設計情況，第二種為為計算過程較複雜且風力值較小的第四類設計情況。第二節到第五節使用第五類設計情況並詳列其計算流程，分別為風垂直吹向 AB 牆面之風力、風垂直吹向 BC 牆面之風力、風垂直吹向 CD 牆面之風力及風垂直吹向 DA 牆面之風力。第六節為結構耐風反應之計算與檢核。第七節使用第四類設計情況計算風力，但只列其風力。

第一節 建築物資料與工址風環境

根據圖 3-21 可知，執行耐風設計時，先要蒐集建築物資料與工址風環境，本節擬定建築物資料與工址風環境如下表所示。

表 9-1 建築物資料與工址風環境 (例 5)

建築物資料	尺寸	<p>平面尺寸$10m \times 10m$；</p> <p>根據規範，建築物高度(不含屋頂突出物)$h=15m$</p> <p>女兒牆高度$1.2m$</p>	
	開口面積	<p>在颱風區內，建築物的玻璃容易受周遭的植栽、招牌或屋頂所造成的隨風飄散物的撞擊而成為開口。本例假設各牆面之總面積有1%破損而造成開口，其餘無開口。</p>	
	用途係數 I	<p>根據規範 2.5 節，$I = 1.1$、1.0 或 0.9。住宅，$I = 1$。</p>	
	構造形式	<p>鋼筋混凝土構造；剛性樓板。</p>	
	基本自然頻率	<p>XY 兩向基本自然頻率皆為 $2.025Hz$ ($0.494s$)，扭轉向基本自然頻率 $2.835Hz$ ($0.353s$)。</p>	
	結構阻尼比 β	<p>根據規範 2.7 節解說，建議鋼構造建築物之 $\beta=0.01$；混凝土構造建築物或鋼骨鋼筋混凝土構造建築物之 $\beta=0.02$。本例為混凝土構造建築物，故 $\beta=0.02$。</p>	
工址風環境	基本設計風速 $V_{10}(C)$	<p>根據規範 2.4 節，嘉義市的 $V_{10}(C)=27.5m/s$。</p>	
	地況	<p>AB 牆面、BC 牆面、CD 牆面與 DA 牆面上風側地況皆為地況 B。實際上不一定都為地況 B，地況種類請詳規範 2.3 節。</p>	
	地形	<p>無特殊地形。實際上不一定都為無特殊地形，特殊地形種類請詳規範 2.6 節。</p>	

(資料來源：本研究整理)

第二節 風垂直吹向 AB 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力

本節使用第五類設計情況所計算的風力有設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力。

壹、 判斷主要風力抵抗系統設計情況(圖 3-4)

【步驟 1】列出與該風向相關之設計參數

當風垂直吹向 AB 牆面時， f_n 為 Y 向基本自然頻率 2.025Hz 、 f_a 為 X 向基本自然頻率 2.025Hz 、垂直於風向之建築物水平尺寸 $B=10\text{m}$ 與平行於風向之建築物水平尺寸 $L=10\text{m}$ 。根據規範表 2.2，地況 B 相關參數 $\alpha=0.25$ ； $z_g=400\text{m}$ ； $\bar{b}=0.62$ ； $c=0.30$ ； $\ell=98\text{m}$ ； $\bar{\varepsilon}=0.33$ ； $z_{\min}=9\text{m}$ 。

【步驟 2】判斷設計情況

根據建築物資料可知各牆面開口率皆為 1%，根據規範 1.3 節，建築物不屬於開放式建築物。根據建築物資料，計算迎風向外牆面之總面積 $A_g=150\text{m}^2$ 、迎風向外牆面之總開口面積 $A_0=1.5\text{m}^2$ 、非迎風向之各牆面(含屋頂)總面積 $A_{gi}=550\text{m}^2$ 與非迎風向之各牆面(含屋頂)總開口面積 $A_{0i}=4.5\text{m}^2$ 。因無法同滿足以下各條件(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，建築物不屬於部分封閉式建築物。建築物不屬於開放式建築物或部分封閉式建築物，根據規範 1.3 節，建築物屬於封閉式建築物。

由於 $f_n \geq 1\text{Hz}$ 、 $h/\sqrt{BL} < 3$ 且 $h \leq 18\text{m}$ 封閉式建築物，根據圖 3-4，當風垂直吹向 AB 牆面時，主要風力抵抗系統設計情況屬於第五類設計情況。以下，使用

圖 3- 17 與圖 3- 13，計算對應的設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力。

貳、 計算設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力

計算設計風力(圖 3- 17 左邊上部)

【步驟 1】計算建築物高度 h 處與屋頂女兒牆頂端 h_p 處的地形係數

根據規範式(2.8)，計算建築物高度 h 處的地形係數 $K_{zt}(h)$ 與屋頂女兒牆頂端 h_p 處的地形係數 $K_{zt}(h_p)$ ：因工址附近無特殊地形， $K_{zt}(h)=1$ ， $K_{zt}(h_p)=1$ 。

【步驟 2】決定建築物高度 h 處與屋頂女兒牆頂端 h_p 處的 λ 值

根據規範表 2.23，決定建築物高度 h 處與屋頂女兒牆頂端 h_p 處的 λ 值：
 $h = 15\text{ m}$ 且地況為地況 B，則 $\lambda = 0.062$ ； $h_p = 16.2\text{ m}$ 且地況為地況 B，則 $\lambda = 0.0645$ 。

【步驟 3】計算順風向設計風力

根據規範式(2.25)，計算離地面高度 z 處外牆承受之順風向風力：

$$S_{Dz} = 1.49 [IV_{10}(C)]^2 \lambda K_{zt}(h) A_z = 69.86 A_z \text{ kgf}$$

其中， A_z 為離地面高度 z 處迎風面面積，外牆承受之順風向風力如表 9- 2 所示。

根據規範式(2.28)，計算屋頂女兒牆之設計風力：

$$S_{pL} = 1.54 [IV_{10}(C)]^2 \lambda K_{zt}(h_p) A_z = 75.12 A_z \text{ kgf}$$

屋頂女兒牆之設計風力如表 9- 2 所示。

【步驟 4】計算橫風向設計風力

根據規範式(2.29)，計算離地面高度 z 處之橫風向風力：

$$S_{Lz} = \left(0.6 \frac{L}{B} + 0.05 \right) S_{Dz} = 45.41 A_z \text{ kgf}$$

橫風向風力如表 9-2 所示。

【步驟 5】計算順風向設計風力與迎風面寬度之乘積

順風向設計風力與迎風面寬度之乘積如表 9-2 所示。根據規範式(2.30)，當高寬比小於 3 時，扭轉向風力的計算，須綜合所有考量風向中選取順風向風力與迎風面寬度乘積之最大值後，進一步計算之。

計算 50 年回歸期風力(圖 3-17 左邊下部)

順風向 50 年回歸期風力為順風向設計風力除以 I^2 ；橫風向 50 年回歸期風力為橫風向設計風力除以 I^2 。因為 $I=1$ ，順風向 50 年回歸期風力與表 9-2 的結果相同；橫風向 50 年回歸期風力與表 9-2 的結果相同。

計算半年回歸期共振部分風力(圖 3-17 右半部)

本棟建築物為鋼筋混凝土構造， h/\sqrt{BL} 小於 3，且 h 在 70 公尺以下，根據規範 4.3 節解說，其頂樓振動加速度應無超過舒適度容許值之慮，可免除最高居室樓層角隅振動尖峰加速度之檢核，因此，不用計算半年回歸期共振部分風力。

第三節 風垂直吹向 BC 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力

根據第一節的建築物資料與工址風環境可知，建築物之斷面為正方形；XY 兩主軸方向基本自然頻率相同；BC 牆面與 AB 牆面上風側地況相同；BC 牆面與 AB 牆面上風側地形相同。因此，當風垂直吹向 BC 牆面時主要風力抵抗系統所承受之風力，與第二節的結果相同。

第四節 風垂直吹向 CD 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力

根據第一節的建築物資料與工址風環境可知，建築物以 X 軸為對稱軸；CD 牆面與 AB 牆面上風側地況相同；CD 牆面與 AB 牆面上風側地形相同。因此，當風垂直吹向 CD 牆面時主要風力抵抗系統所承受之風力，與第二節的結果相同。

第五節 風垂直吹向 DA 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力

根據第一節的建築物資料與工址風環境可知，建築物之斷面為正方形；XY 兩主軸方向基本自然頻率相同；DA 牆面與 AB 牆面上風側地況相同；DA 牆面與 AB 牆面上風側地形相同。因此，當風垂直吹向 DA 牆面時主要風力抵抗系統所承受之風力，與第二節的結果相同。

第六節 結構耐風反應之計算與檢核

根據圖 3-21 可知，當 $h/\sqrt{BL} < 3$ ，須綜合所有考量風向，計算扭轉向風力。接下來，根據來風方向，以對應的風力進行結構分析，計算反應與檢核反應。本節所計算的耐風結構反應有構件設計效應與層間變位角。以下，先計算扭轉向風力，後計算反應與檢核反應。

壹、 計算扭轉向風力(圖 3-19)

當 $h/\sqrt{BL} < 3$ 時，根據規範式(2.30)，高度 z 處扭轉向風力 $S_{Tz} = 0.21(BS_{Dz})^*$ ，其中， $(BS_{Dz})^*$ 為各向來風高度 z 處順風向風力與迎風面寬度乘積之最大值，所得之設計扭矩適用於各向來風。因為風垂直吹向各牆面時主要風力抵抗系統所承受之風力皆相同， $(BS_{Dz})^*$ 為表 9-2 中的順風向風力與迎風面寬度之乘積，扭轉向設計風力如表 9-3 所示。扭轉向 50 年回歸期風力為扭轉向設計風力除以 I^2 ，數值結果如表 9-3 所示。因滿足舒適度免檢核之條件，不用計算半年回歸期共振部分風力。

貳、 計算構件設計效應與檢核結構效應

【步驟 1】當風垂直吹向 AB 牆面時，計算結構效應(圖 3-20 左半部)

(1)以表 9-2 中順風向與橫風向風力，以及表 9-3 中扭轉向設計風力進行結構分析，求得順風向設計風力所造成的結構效應 \widehat{W}_D 、順風向平均風力所造成的結構效應 $\overline{W}_D = \widehat{W}_D / (1.128\overline{G})$ 、橫風向設計風力所造成的結構效應 \widehat{W}_L 、扭轉向設計風力所造成的結構效應 \widehat{W}_T 。其中，普通建築物 $\overline{G} = 1.88$ 。

(2)根據規範 2.12 節解說，計算載重組合之結構效應

$$\overline{W}_D + \sqrt{(\widehat{W}_D - \overline{W}_D)^2 + (|\widehat{W}_L| + |\widehat{W}_T|)^2}$$

【步驟 2】當風垂直吹向 BC 牆面、CD 牆面與 DA 牆面時，分別計算結構效應

重複步驟 1 的(1)與(2)計算得之。其中，當風垂直吹向 BC 牆面、CD 牆面或 DA 牆面時所採用的風力詳表 9-2 與表 9-3。

【步驟 3】從上述四種可能來風方向中，各構件分別選擇結構效應的最大值，作為桿件設計載重組合中之風載重效應。在與其他型式載重組合前，應乘上材料規範規定之載重係數。若有任一檢核不滿足相關規範之規定，則重新設計。

參、 計算層間變位角與檢核

【步驟 1】 當風垂直吹向 AB 牆面時，計算層間變位角(圖 3-20 中間)

(1)以表 9-2 中順風向與橫風向風力，以及表 9-3 中扭轉向 50 年回歸期風力進行結構分析，求得順風向 50 年回歸期風力所造成 X 向與 Y 向的層間變位角、順風向 50 年回歸期平均風力所造成 X 向與 Y 向的層間變位角、橫風向 50 年回歸期風力所造成 X 向與 Y 向的層間變位角、扭轉向 50 年回歸期風力所造成 X 向與 Y 向的層間變位角。

(2)根據規範 2.12 節解說之公式，分別計算 X 向與 Y 向的總層間變位角。

【步驟 2】 當風垂直吹向 BC 牆面、CD 牆面與 DA 牆面時，分別計算層間變位角

重複步驟 1 的(1)與(2)計算得之。其中，當風垂直吹向 BC 牆面、CD 牆面或 DA 牆面時所採用的風力詳表 9-2 與表 9-3。

【步驟 3】 檢核層間變位角

從四種可能來風方向中，選擇 X 向總層間變位角的最大值，判斷其是否 $\leq 5/1000$ ；選擇 Y 向總層間變位角的最大值，判斷其是否 $\leq 5/1000$ 。若有任何一檢核不過，則重新設計。

第七節 以第四類設計情況計算風力並與第六節所用的風力作比

較

本節使用第四類設計情況計算風力，並與第六節所用的風力作比較。根據圖 3-4，本章建築物適用第五類設計情況或第四類設計情況。第六節所用的風力是

使用第五類設計情況來作計算。以下使用第四類設計情況計算風力，其計算流程與第七章的計算流程相同，這裡不贅述，只列風力。

風垂直吹向 AB 牆面、BC 牆面、CD 牆面或 DA 牆面時，根據圖 3-12、圖 3-13、圖 3-16 與圖 3-19 計算設計風力皆如表 9-4 所示。針對第一節建築物，綜合比較表 9-2~表 9-4 中的順風向基底剪力、橫風向基底剪力，以及扭轉向基底扭力，數值結果顯示，第五類設計情況所計算的順風向基底剪力為第四類設計情況所計算的順風向基底剪力的 1.34 倍，第五類設計情況所計算的橫風向基底剪力為第四類設計情況所計算的橫風向基底剪力的 1.03 倍，第五類設計情況所計算的扭轉向基底扭力為第四類設計情況所計算的扭轉向基底扭力的 1.04 倍。

表 9-2 風吹向 AB 牆面之設計風力(例 5)

名稱	離地高度 $z(m)$	迎風面面 積(m^2)	順風向 風力(t)	橫風向 風力(t)	順風向風力與迎風面寬 度之乘積($t-m$)
女兒牆頂端	16.20	12.00	0.90	—	—
RF	15.00	15.00	1.05	0.68	10.48
5FL 地板	12.00	30.00	2.10	1.36	20.96
4FL 地板	9.00	30.00	2.10	1.36	20.96
3FL 地板	6.00	30.00	2.10	1.36	20.96
2FL 地板	3.00	30.00	2.10	1.36	20.96

(資料來源：本研究整理)

表 9-3 扭轉風力(例 5)

名稱	離地高度 $z(m)$	扭轉向設計風力 ($t-m$)	扭轉向 50 年回歸期風力 ($t-m$)
RF	15.00	2.20	2.20
5FL 地板	12.00	4.40	4.40
4FL 地板	9.00	4.40	4.40
3FL 地板	6.00	4.40	4.40
2FL 地板	3.00	4.40	4.40

(資料來源：本研究整理)

表 9-4 風吹向 AB 牆面之設計風力(例 5-使用規範 2.2 節~2.11 節)

名稱	離地高度 $z(m)$	迎風面面 積(m^2)	順風向風 力(t)	橫風向風 力(t)	扭轉向風力 ($t-m$)
女兒牆頂端	16.20	12.00	0.88	—	—
RF	15.00	15.00	0.89	0.78	2.50
5FL 地板	12.00	30.00	1.67	1.45	4.68
4FL 地板	9.00	30.00	1.54	1.34	4.31
3FL 地板	6.00	30.00	1.38	1.20	3.87
2FL 地板	3.00	30.00	1.32	1.15	3.70

(資料來源：本研究整理)

第十章 開放式建築物主要風力抵抗系統耐風設計示範例

本章擬定一棟為獨立鐵塔，根據圖 3-4、圖 3-18、圖 3-20 與圖 3-21，執行其主要風力抵抗系統耐風設計，並於第一節到第五節詳列計算流程，分別為建築物資料與工址風環境、風垂直吹向 AB 牆面之風力、風垂直吹向 BC 牆面之風力、風傾斜吹向塔面之風力及結構耐風反應之計算與檢核。

第一節 建築物資料與工址風環境

根據圖 3-21 可知，執行耐風設計時，先要蒐集建築物資料與工址風環境，本節擬定建築物資料與工址風環境如下表所示。

表 10-1 建築物資料與工址風環境 (例 6)

建築物資料	尺寸	<p>方形鐵塔任一牆面的立面示意圖如圖 10-1 所示；</p> <p>建築物高度 $h = 20m$ ；</p> <p>共分八層，每層高 $2.5m$ ；</p> <p>鐵塔底部、離地 $2.5m$、離地 $5m$、離地 $5m$、離地 $7.5m$、離地 $10m$、離地 $12.5m$、離地 $15m$、離地 $17.5m$、離地 $20m$ 處平面示意圖分別如圖 10-2 至圖 10-8 所示</p>
	開口面積	AB 牆面、BC 牆面、CD 牆面與 DA 牆面開口投影到與風向垂直之平面上的面積皆為 $68.21m^2$ 。
	用途係數 I	根據規範 2.5 節， $I = 1.1$ 、 1.0 或 0.9 。電信鐵塔， $I = 1.1$ 。
	構造形式	由角鋼與平編構材所組成的桁架構件。
	基本自然頻率	經結構分析可得 XY 兩向基本自然頻率皆為 $7.09Hz$ ($0.14s$)，扭轉向基本自然頻率 $17.33Hz$ ($0.06s$)。
	結構阻尼比 β	本例不須用到此資訊。
工址風環境	基本設計風速 $V_{10}(C)$	根據規範 2.4 節，新北市石門區的 $V_{10}(C) = 42.5m/s$ 。
	地況	AB 牆面、BC 牆面、CD 牆面與 DA 牆面上風側地況皆為地況 C。實際上不一定都為地況 C，地況種類請詳規範 2.3 節。
	地形	AB 牆面與 CD 牆面上風側為無特殊地形；BC 牆面與 DA 牆面上風側為山脊，如圖 10-9 所示。

(資料來源：本研究整理)

使用規範第二章，分別在不同來風方向下，計算主要風力抵抗系統所承受之設計風力；所考慮可能之來風方向包括來風垂直 AB 牆面、來風垂直 BC 牆面、來風垂直 CD 牆面與來風垂直 DA 牆面。但根據第一節可知，由於建築物外型的對稱性、四個牆面上風側地況皆相同、AB 牆面與 CD 牆面上風側地形相同以及 BC 牆面與 DA 牆面上風側地形相同，所以，基本上只要考慮來風垂直 AB 牆面與來風垂直 BC 牆面。但同時根據規範表 2.15 的規定，要考慮風傾斜吹向塔面，所以以下在計算本棟建築物主要風力抵抗系統所承受之設計風力時，考慮三種來風方向，分別為風垂直吹向 AB 牆面、風垂直吹向 BC 牆面與風傾斜吹向塔面。

第二節 風垂直吹向 AB 牆面之風力

本節所計算的風力有設計風力

壹、 判斷主要風力抵抗系統設計情況(圖 3-4)

【步驟 1】列出與該風向相關之設計參數

當風垂直吹向 AB 牆面時， $f_n = 7.09Hz$ 。垂直於風向之建築物水平尺寸 B 採用 $2h/3$ 所對應之 $B = 3.528m$ ；平行於風向之建築物水平尺寸 L 採用 $2h/3$ 所對應之 $L = 3.528m$ 。根據規範表 2.2，地況 C 相關參數 $\alpha = 0.15$ ； $z_g = 300m$ ； $\bar{b} = 0.94$ ； $c = 0.20$ ； $\ell = 152m$ ； $\bar{\varepsilon} = 0.20$ ； $z_{\min} = 4.5m$ 。

【步驟 2】判斷設計情況

根據建築物資料可知各牆面開口率皆為 80.01%，根據規範 1.3 節，建築物屬於開放式建築物。根據圖 3-4，主要風力抵抗系統設計情況屬於第六類設計情況。以下，使用圖 3-18 的流程，計算對應的設計風力。

貳、 計算設計風力

【步驟 1】計算受風作用特徵面積 A_c 與 A_c 形心高度 z_{A_c}

假設風力作用在各層頂端上， $z_{A_c} = 20\text{ m}, 17.5\text{ m}, 15\text{ m}, 12.5\text{ m}, 10\text{ m}, 7.5\text{ m}, 5\text{ m}, 2.5\text{ m}$ ， z_{A_c} 所對應的 A_c 為該層頂端至下層頂端間迎風面實體構材投影在垂直風向平面上之面積的總和(Simiu,2011)，如表 10-2 所示。

【步驟 2】計算風速壓地況係數 $K(z)$ 與地形係數 K_{zt}

$$\begin{aligned} K(z) &= 2.774 \left(\frac{z}{z_g} \right)^{2\alpha} = 2.774 \left(\frac{z}{300} \right)^{0.3} ; z > 5\text{ m} \\ \text{根據規範式(2.7),} \\ &= 2.774 \left(\frac{5}{z_g} \right)^{2\alpha} = 2.774 \left(\frac{5}{300} \right)^{0.3} ; z \leq 5\text{ m} \end{aligned}$$

根據規範式(2.8)，計算 K_{zt} ：因工址附近無特殊地形， $K_{zt} = 1$ 。

【步驟 3】計算不同高度之風速壓

根據規範式(2.6)，離地面 z 公尺高度之風速壓 $q(z)$ ：

$$\begin{aligned} q(z) &= 0.06 K(z) K_{zt} [I V_{10}(C)]^2 = 363.77 \left(\frac{z}{300} \right)^{0.3} \text{ kgf/m}^2 ; z > 5\text{ m} \\ q(z) &= 0.06 K(z=5) K_{zt} [I V_{10}(C)]^2 = 106.51 \text{ kgf/m}^2 ; z \leq 5\text{ m} \end{aligned}$$

【步驟 4】決定風力係數 C_f

由於本例為由角鋼與平編構材所組成的方型鐵塔，根據規範表 2.15，決定桁

架高塔之風力係數 C_f ：塔面之實體面積與其總面積的比值 $\phi = \frac{17.04}{85.25} = 0.20$ 介於

0.025 到 0.44 之間，方形高塔的 $C_f = 4.1 - 5.2\phi = 3.06$ 。

【步驟 5】判斷 f_n 是否小於 1Hz ，若是，計算柔性建築物之陣風反應因子 G_f ，

若否，計算普通建築物之陣風反應因子 G

$f_n = 7.09\text{Hz} > 1\text{Hz}$ ，根據規範 1.3 節，建築物為普通建築物，根據規範 2.7 節
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 $L_{\bar{z}} = 157.64\text{m}$ ，其中， $\bar{z} = 12\text{m}$ 。根據規範式(2.10)，紊流強度 $I_{\bar{z}} = 0.19$ 。根據規範式(2.11)，背景反應 $Q = 0.92$ 。根據規範

式(2.9)，普通建築物之陣風反應因子 $G = 1.927 \left(\frac{1 + 1.7g_Q I_{\bar{z}} Q}{1 + 1.7g_V I_{\bar{z}}} \right) = 1.84$ ，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。也可直接取 $G = 1.88$ ，計算過程較簡單，風力值較保守。以下取 $G = 1.84$ 來計算。

【步驟 6】計算設計風力 F 。

根據規範式(2.4)，開放式建築物所應承受之設計風力：

$$F = q(z_{Ac})GC_f A_c = 5.64q(z_{Ac})A_c \text{ kgf}$$

其中， $q(z_{Ac})$ 為 z_{Ac} 處之風速壓。各層頂端的順風向設計風力如表 10-3 所示。

第三節 風垂直吹向 BC 牆面之風力

本節所計算的風力有設計風力

壹、 判斷主要風力抵抗系統設計情況(圖 3-4)

【步驟 1】列出與該風向相關之設計參數

當風垂直吹向 BC 牆面時， $f_n = 7.09Hz$ 。 $B = 3.528 m$ ； $L = 3.528 m$ 。地況相關參數與第二節相同。

【步驟 2】判斷設計情況

根據建築物資料可知各牆面開口率皆為 80.01%，根據規範 1.3 節，建築物屬於開放式建築物。根據圖 3-4，主要風力抵抗系統設計情況屬於第六類設計情況。以下，使用圖 3-18 的流程，計算對應的設計風力。本例中風垂直吹向 BC 牆面的計算流程，僅地形係數的計算流程不同於第二節的計算流程。因此，在計算風力時，針對地形係數列計算流程與結果，其餘部分仿照第二節的計算流程進行計算，但只列風力。

貳、 計算設計風力

【步驟 1】計算受風作用特徵面積 A_c 與 A_c 形心高度 z_{A_c}

此步驟的計算流程與第二節相同，因為為方形高塔，數值結果與表 10-2 相同。

【步驟 2】計算風速壓地況係數 $K(z)$ 與地形係數 K_{zt}

因地況與第二節相同，故 $K(z)$ 值與第二節相同。根據圖 10-9，山脊高度

$H = 120\text{ m}$ ，山脊之水平尺寸 $L_h = 150\text{ m}$ ， $x = 0\text{ m}$ 。因上風側為平坦地形且無主要

障礙物，所以可根據規範式(2.8)計算 $K_{zt} = (1 + K_1 K_2 K_3)^2$ 。根據規範 2.6 節解說，

由於 $\frac{H}{L_h} = 0.8 \geq 0.2$ ，計算 K_1 時採用 $\frac{H}{L_h} = 0.5$ ，則地況 C 下山脊之

$K_1 = \frac{H}{L_h} 1.45 = 0.725$ 。根據規範 2.6 節解說，由於 $\frac{H}{L_h} = 0.8 \geq 0.2$ ，計算 K_2 時採用

$L_h = 2H$ ，根據規範式(C2.9)， $K_2 = \left(1 - \frac{|x|}{\mu L_h}\right) = 1$ 。根據規範 2.6 節解說，由於

$\frac{H}{L_h} = 0.8 \geq 0.2$ ，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)， $K_3 = e^{-\gamma z/L_h} = e^{-0.0125z}$ 。根據規範式(2.8)， K_{zt} 可計算如下：

$$K_{zt} = (1 + K_1 K_2 K_3)^2 = (1 + 0.725 e^{-0.0125z})^2$$

也可採用規範表 2.3(a)、2.3(b)與 2.3(c)分別決定 K_1 、 K_2 與 K_3 。

【步驟 3】計算不同高度之風速壓

根據規範式(2.6)，離地面 z 公尺高度之風速壓 $q(z)$ ：

$$\begin{aligned} q(z) &= 0.06 K(z) K_{zt} [I V_{10}(C)]^2 \\ &= 363.77 \left(\frac{z}{300}\right)^{0.3} \times (1 + 0.725 e^{-0.0125z})^2 \text{ kgf/m}^2 ; z > 5\text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q(z) &= 0.06 K(z=5) K_{zt} [I V_{10}(C)]^2 \\ &= 106.51 \times (1 + 0.725 e^{-0.0125z})^2 \text{ kgf/m}^2 ; z \leq 5\text{ m} \end{aligned}$$

【步驟 4】決定風力係數 C_f

此步驟的計算流程與第二節相同， $C_f = 3.06$ 。

【步驟5】判斷 f_n 是否小於1Hz，若是，計算柔性建築物之陣風反應因子 G_f ，

若否，計算普通建築物之陣風反應因子 G

此步驟的計算流程與第二節相同， $G = 1.84$ 。

【步驟6】為計算設計風力 F 。

此步驟的計算流程與第二節相同，各層頂端所受的順風向設計風力如表10-4所示。

第四節 風傾斜吹向塔面之風力

根據規範表2.15中註的規定可知，就方形高塔而言，假設設計風力垂直作用在某塔面。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 $C = 1.0 + 0.75\phi$ ， $\phi < 0.5$ ，並假設其沿者對角線作用。

比較表10-3與表10-4，可知風垂直吹向BC牆面之風力大於風垂直吹向AB牆面之風力，則各層頂端所受最大的水平風力為風垂直吹向BC牆面之風力乘上 $\sqrt{2}C$ ，其結果如表10-5所示，其中， $C = 1.0 + 0.75\phi = 1.15$ 。

第五節 結構耐風反應之計算與檢核

本節所計算的耐風結構反應為構件設計效應。

【步驟1】當風垂直吹向AB牆面時，計算結構效應

以表10-3的順風向設計風力進行結構分析，計算對應的結構效應。

【步驟2】當風垂直吹向BC牆面與風傾斜吹向塔面時，分別計算結構效應

重複步驟 1 計算得之。其中，當風垂直吹向 BC 牆面時所採用的風力詳表 10-4，當風傾斜吹向塔面時所採用的風力詳表 10-5。

【步驟 3】從上述三種可能來風方向中，各構件分別選擇結構效應的最大值，作為桿件設計載重組合中之風載重效應。在與其他型式載重組合前，應乘上材料規範規定之載重係數。若有任一檢核不滿足相關規範之規定，則重新設計。

表 10-2 鐵塔各層頂端離地高度 z_{A_c} 與對應的受風作用特徵面積 A_c

各層頂端離地高度 z_{A_c} (m)	受風作用特徵面積 A_c (m^2)
20.00	1.61
17.50	1.61
15.00	1.72
12.50	1.96
10.00	2.19
7.50	2.42
5.00	2.65
2.50	2.88

(資料來源：本研究整理)

表 10-3 風垂直吹向 AB 牆面之風力

各層頂端離地高度 z_{A_c} (m)	受風作用特徵面積 A_c (m^2)	風速壓地況係數	風速壓 kgf/m^2	順風向設計風力 (t)
20.00	1.61	1.23	161.43	1.47
17.50	1.61	1.18	155.09	1.41
15.00	1.72	1.13	148.09	1.44
12.50	1.96	1.07	140.20	1.55
10.00	2.19	1.00	131.12	1.62
7.50	2.42	0.92	120.28	1.64
5.00	2.65	0.81	106.51	1.59
2.50	2.88	0.81	106.51	1.73

(資料來源：本研究整理)

表 10-4 風垂直吹向 BC 牆面之風力

各層頂端離地高度 z_{A_c} (m)	受風作用特徵面積 A_c (m^2)	風速壓地況係數	地形係數	風速壓 kgf/m^2	順風向設計風力 (t)
20.00	1.61	1.23	2.45	395.20	2.52
17.50	1.61	1.18	2.50	388.43	4.09
15.00	1.72	1.13	2.56	379.59	4.04
12.50	1.96	1.07	2.62	368.01	4.19
10.00	2.19	1.00	2.69	352.59	4.43
7.50	2.42	0.92	2.76	331.50	4.58
5.00	2.65	0.81	2.83	300.99	4.41
2.50	2.88	0.81	2.90	308.78	4.79

(資料來源：本研究整理)

表 10-5 風傾斜吹向塔面之風力

各層頂端離地高度 z_{A_c} (m)	最大的水平風力 (沿者對角線作用) (t)
20.00	4.09
17.50	6.66
15.00	6.58
12.50	6.82
10.00	7.21
7.50	7.45
5.00	7.17
2.50	7.78

(資料來源：本研究整理)

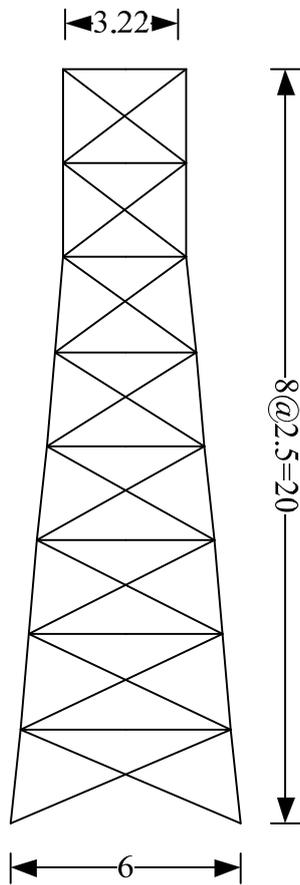


圖 10-1 方形鐵塔任一牆面的立面示意圖 單位(公尺)

(資料來源：本研究整理)

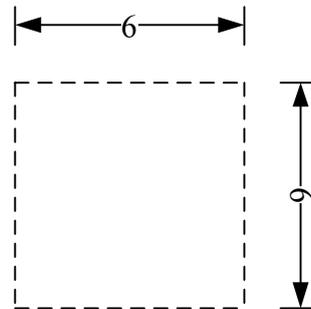


圖 10-2 鐵塔底部平面示意圖 單位(公尺)

(資料來源：本研究整理)

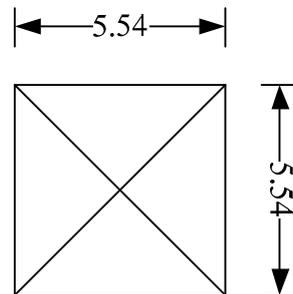


圖 10-3 離地 2.5m 平面示意圖 單位(公尺)

(資料來源：本研究整理)

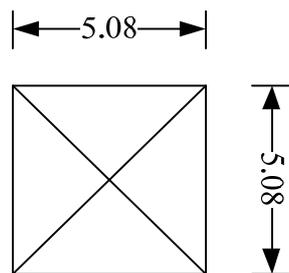


圖 10-4 離地5m平面示意圖 單位(公尺)

(資料來源：本研究整理)

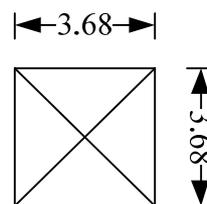


圖 10-7 離地12.5m平面示意圖 單位(公尺)

(資料來源：本研究整理)

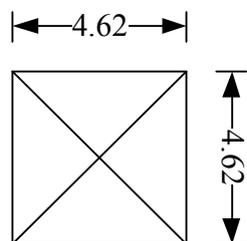


圖 10-5 離地7.5m平面示意圖 單位(公尺)

(資料來源：本研究整理)

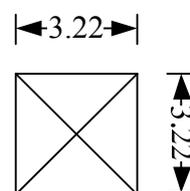


圖 10-8 離地15m、17.5m與20m平面示意圖 單位(公尺)

(資料來源：本研究整理)

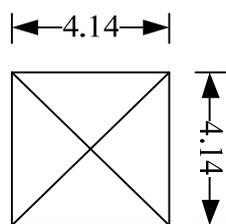


圖 10-6 離地10m平面示意圖 單位(公尺)

(資料來源：本研究整理)

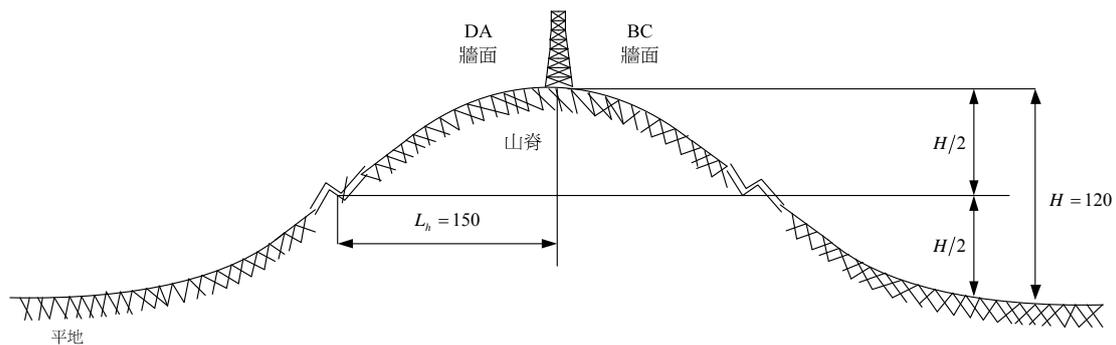


圖 10-9 鐵塔 BC 牆面與 DA 牆面上風側地形立面示意圖 單位(公尺)

(資料來源：本研究整理)

第十一章 高度不超過 18 公尺建築物局部構材耐風設計示範

例

本章擬定一棟高度不超過 18 公尺的建築物，其外部被覆物有金屬浪板，局部構材有繫件，根據圖 4-2 與圖 4-3，執行局部構材及外部被覆物耐風設計，並於第一節到第五節詳列計算流程，分別為建築物資料與工址風環境、效受風面積及相對應的外風壓係數之計算、局部構材及外部被覆物設計風壓之計算、最大設計正風壓與負風壓之選取，以及局部構材及外部被覆物耐風反應之檢核。

第一節 建築物資料與工址風環境

根據圖 4-3 可知，執行耐風設計時，先要蒐集建築物資料與工址風環境，本節擬定建築物的示意圖如圖 11-1 所示，建築物資料與工址風環境如下表所示。

表 11-1 建築物資料與工址風環境 (局例 1)

建築物資料	尺寸	平面尺寸 $36m \times 20m$ ； 屋脊高度 $11.5m$ ； 屋簷高度 $10.5m$ ； 屋頂之斜角 $\theta = 5.71^\circ < 10^\circ$ ，根據規範，建築物高度(不含屋頂突出物) $h = 10.5m$	
	開口面積	在颱風區內，建築物的玻璃容易受周遭的植栽、招牌或屋頂所造成的隨風飄散物的撞擊而成為開口。本例假設 DA 牆面上風側較其它牆面上風側容易產生隨風飄散物，因此假設 DA 牆面之總面積有 5% 破損而造成開口，其餘無開口。	
	用途係數 I	根據規範 2.5 節， $I = 1.1$ 、 1.0 或 0.9 。廠房，故 $I = 1.0$ 。	
	局部構材及外部被覆物	考慮圖 11-1 中 5 個區域的金屬浪板及繫件。金屬浪板架設在間距為 $1m$ 的 C 型鋼上，浪板寬度 $1m$ ；繫件固定金屬浪板，打入 C 型鋼，間距 $0.3m$ 。	
工址風環境	基本設計風速 $V_{10}(C)$	根據規範 2.4 節，宜蘭縣蘇澳鎮的 $V_{10}(C) = 42.5m/s$ 。	
	地況	AB 牆面、BC 牆面、CD 牆面與 DA 牆面上風側地況皆為地況 C。	
	地形	無特殊地形。	

(資料來源：本研究整理)

第二節 有效受風面積及相對應的外風壓係數之計算

根據規範 1.3 節有效受風面積 A 的定義可知，結構構件之 A 為跨距長度與有效寬度之乘積。有效寬度不必小於其跨距長度的 $1/3$ 。對外牆扣件而言， A 不得大於單一扣件之受風面積。因為高度不超過 18 公尺，可根據有效受風面積與外牆或屋頂查規範圖 3.1 決定外風壓係數。

架設在 C 型鋼上的金屬浪板，其跨距長度為 C 型鋼的間距 $1m$ ，有效寬度為 $\max(1m, 1/3m) = 1m$ ，則 $A = 1 \times 1 = 1m^2$ 。繫件間距為 $0.3m$ ，C 型鋼間距為 $1m$ ，則繫件的 $A = 0.3m \times 1m = 0.3m^2$ 。

外牆分為④區和⑤區，各區示意圖如圖 11- 2 所示，外風壓區域之寬度 $a = \min(0.4 \times h, 0.1 \times \min(B, L)) = 2m > \max(0.9m, 0.4 \times \min(B, L)) = 0.9m$ ，圖 11- 1 中的 4 號區和 5 號區的金屬浪板與繫件分別位於④區和⑤區內；因 $\theta \leq 10^\circ$ ，牆之外風壓係數將可降低 10%。金屬浪板的 $A = 1m^2$ ，④區正值和負值外風壓係數分別為 1.9 和 -2.1，⑤區正值和負值外風壓係數分別為 1.9 和 -2.7。仿照上述金屬浪板外風壓係數的查表方法，可得繫件在④區和⑤區的外風壓係數。彙整前述不同 A 的外風壓係數，將其列於表 11- 2。

屋頂分為①區、②區和③區，各區示意圖如圖 11- 3 所示，外風壓區域之寬度 $a = 2m$ ，圖 11- 1 中的 1 號區、2 號區和 3 號區的金屬浪板與繫件分別位於①區、②區和③區內。金屬浪板的 $A = 1m^2$ ，①區正值和負值外風壓係數分別為 0.6 和 -2.1，②區正值和負值外風壓係數分別為 0.6 和 -3.8，③區正值和負值外風壓係數分別為 0.6 和 -6。仿照上述金屬浪板外風壓係數的查表方法，可得繫件在①區、②區和③區的外風壓係數。彙整前述不同 A 的外風壓係數，將其列於表 11- 2。

第三節 局部構材及外部被覆物設計風壓之計算

使用規範第三章，分別在不同來風方向下，計算局部構材及外部被覆物所承受之設計風壓；所考慮可能之來風方向包括來風垂直 AB 牆面、來風垂直 BC 牆

面、來風垂直 CD 牆面與來風垂直 DA 牆面。所考慮的局部構材及外部被覆物為圖 11-1 中所示的 5 個區域金屬浪板及繫件。

一、風垂直吹向 AB 牆面

【步驟 1】計算平均屋頂高度 h 處之風速壓與內風壓係數(圖 4-2)

平均屋頂高度 h 處之風速壓

本節建築物的 I 、 $V_{10}(C)$ 、地形以及地況皆與第五章第四節相同，因此，當風垂直吹向 AB 牆面時，不同高度之風速壓與第五章第四節的結果相同，為 $q(z) = 300.63 \left(\frac{z}{300} \right)^{0.3} \text{ kgf/m}^2$; $z > 5\text{m}$ ，則

$$q(h) = 109.96 \text{ kgf/m}^2。$$

內風壓係數

仿照第五章第二節判斷建築封閉性的方法，分析建築物開口面積可知建築物屬於封閉式建築物，因此，當風垂直吹向 AB 牆面時，建築物的內風壓係數為 ± 0.375 。

【步驟 2】分別計算 1 號區到 5 號區金屬浪板及繫件之設計風壓

外牆設計風壓

風垂直吹向 AB 牆面時，BC 牆為側牆。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，其局部構材及外部被覆物之設計風壓：

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

舉例而言，考慮 5 號區的金屬浪板，其位於⑤區。側牆的外風壓係數要取負值，根據表 11-2 可知⑤區之 $(GC_p) = -2.7$ ，則該金屬浪板

設計負風壓為 $p = -338.14 \text{kgf/m}^2$ 。仿照上述金屬浪板設計風壓的計算流程，可分別計算得到 5 號區的繫件、4 號區的金屬浪板與繫件的設計負風壓，數值分析結果列於表 11-3。

屋頂設計風壓

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，其局部構材及外部被覆物之設計風壓：

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

舉例而言，考慮 3 號區的金屬浪板，其位於③區，根據表 11-2 可知 ③ 區之 $(GC_p) = 0.6, -6$ ，則該金屬浪板設計正風壓為

$p = 107.22 \text{kgf/m}^2$ ，設計負風壓為 $p = -701.03 \text{kgf/m}^2$ 。仿照上述金屬浪板設計風壓的計算流程，可分別計算得到 3 號區的繫件、2 號區金屬浪板與繫件，以及 1 號區金屬浪板與繫件的設計正風壓及負風壓，數值分析結果列於表 11-3。

二、風垂直吹向 BC 牆面

【步驟 1】計算平均屋頂高度 h 處之風速壓與內風壓係數(圖 4-2)

四個牆面上風側地況皆相同且建築物周邊無特殊地形，因此，平均屋頂高度 h 處之風速壓與風垂直吹向 AB 牆面的結果相同。由於 AB 牆面與 BC 牆面開口率皆相同，因此，內風壓係數與風垂直吹向 AB 牆面的結果相同。

【步驟 2】分別計算 1 號區到 5 號區金屬浪板及繫件之設計風壓

外牆設計風壓

風垂直吹向 BC 牆面時，BC 牆為迎風面牆。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，其局部構材及外部被覆物之設計風壓：

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

舉例而言，考慮 5 號區的金屬浪板，其位於⑤區。側牆的外風壓係數要取正值，根據表 11-2 可知⑤區之 $(GC_p)=1.9$ ，則該金屬浪板設計正風壓為 $p=250.17\text{kgf/m}^2$ 。仿照上述金屬浪板設計風壓的計算流程，可分別計算得到 5 號區的繫件、4 號區的金屬浪板與繫件的設計正風壓，數值分析結果列於表 11-3。

屋頂設計風壓

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，其局部構材及外部被覆物之設計風壓：

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

舉例而言，考慮 3 號區的金屬浪板，其位於③區，根據表 11-2 可知③區之 $(GC_p)=0.6, -6$ ，則該金屬浪板設計正風壓為 $p=107.22\text{kgf/m}^2$ ，設計負風壓為 $p=-701.03\text{kgf/m}^2$ 。仿照上述金屬浪板設計風壓的計算流程，可分別計算得到 3 號區的繫件、2 號區金屬浪板與繫件，以及 1 號區金屬浪板與繫件的設計正風壓及負風壓，數值分析結果列於表 11-3。

三、風垂直吹向 CD 牆面

根據建築物資料與工址風環境可知，CD 牆面與 AB 牆面開口面積相同，CD 牆面與 AB 牆面上風側地況相同，以及建築物周邊地形相同。因此，當風垂直吹向 CD 牆面時，BC 牆面及屋頂上局部構材及外部被覆物受承受之設計風壓，與當風垂直吹向 AB 牆面的結果相同。

四、風垂直吹向 DA 牆面

【步驟 1】計算平均屋頂高度 h 處之風速壓與內風壓係數(圖 4-2)

四個牆面上風側地況皆相同且建築物周邊無特殊地形，因此，平均屋頂高度 h 處之風速壓與風垂直吹向 AB 牆面的結果相同。仿

照第五章第二節判斷建築封閉性的方法，分析建築物開口面積可知建築物屬於部分封閉式建築物，因此，當風垂直吹向 DA 牆面時，建築物的內風壓係數為 ± 1.146 。

【步驟 2】 分別計算 1 號區到 5 號區金屬浪板及繫件之設計風壓

外牆設計風壓

風垂直吹向 DA 牆面時，BC 牆為背風面牆。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，其局部構材及外部被覆物之設計風壓：

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

舉例而言，考慮 5 號區的金屬浪板，其位於⑤區。背風面牆的外風壓係數要取負值，根據表 11-2 可知⑤區之 $(GC_p) = -2.7$ ，則該金屬

浪板設計負風壓為 $p = -422.93 \text{kgf/m}^2$ 。仿照上述金屬浪板設計風壓的計算流程，可分別計算得到 5 號區的繫件、4 號區的金屬浪板與繫件的設計負風壓，數值分析結果列於表 11-3。

屋頂設計風壓

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，其局部構材及外部被覆物之設計風壓：

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

舉例而言，考慮 3 號區的金屬浪板，其位於③區，根據表 11-2 可知③區之 $(GC_p) = 0.6, -6$ ，則該金屬浪板設計正風壓為

$p = 192.00 \text{kgf/m}^2$ ，設計負風壓為 $p = -785.81 \text{kgf/m}^2$ 。仿照上述金屬浪板設計風壓的計算流程，可分別計算得到 3 號區的繫件、2 號區金屬浪板與繫件，以及 1 號區金屬浪板與繫件的設計正風壓及負風壓，數值分析結果列於表 11-3。

第四節 最大設計正風壓與負風壓之選取

從上述所有考量風向中，分別選取 1 號區到 5 號區金屬浪板及繫件之最大設計正風壓和負風壓。

舉例而言，考慮 3 號區的金屬浪板，根據表 11- 3 可知，當風垂直吹向 AB 牆面、BC 牆面或 CD 牆面時，該金屬浪板之設計正負風壓分別為 107.22kgf/m^2 和 -701.03kgf/m^2 ；根據表 11- 3 可知，當風垂直吹向 DA 牆面時，該金屬浪板之設計正負風壓分別為 192.00kgf/m^2 和 -785.81kgf/m^2 。從前述各考量風向所造成該金屬浪板承受之設計風壓中，選取最大設計正風壓為 192.00kgf/m^2 為與最大設計負風壓為 -785.81kgf/m^2 。

仿照上述 3 號區金屬浪板最大設計正風壓與負風壓的選取流程，可分別得到 1 號區到 5 號區金屬浪板及繫件之最大設計正風壓與負風壓，如表 11- 4 所示。

第五節 局部構材及外部被覆物耐風強度之檢核

當局部構材或外部被覆物在設計風壓的作用下，檢核其抵抗強度與變形量是否滿足相關規範之規定。若局部構材不滿足相關規定，可以藉由加勁重新或增加繫件量來達到設計目標；若外部被覆物不滿足，可藉由增加厚度或減少單元面積來達到設計目標。

表 11-2 外牆與屋頂外風壓係數(局例 1)

名稱		A (m ²)	④區		⑤區			
			正值	負值	正值	負值		
外牆	金屬浪板	1	1.9	-2.1	1.9	-2.7		
	繫件	0.3	1.9	-2.1	1.9	-2.7		
名稱		A (m ²)	①區		②區		③區	
			正值	負值	正值	負值	正值	負值
屋頂	金屬浪板	1	0.6	-2.1	0.6	-3.8	0.6	-6
	繫件	0.3	0.6	-2.1	0.6	-3.8	0.6	-6

(資料來源：本研究整理)

表 11-3 金屬浪板與繫件之設計正風壓與負風壓 kgf/m² (局例 1)

金屬浪板與繫件區域		風垂直吹向 AB 牆面 或 CD 牆面		風垂直吹向 BC 牆面		風垂直吹向 DA 牆面	
		正風壓	負風壓	正風壓	負風壓	正風壓	負風壓
屋頂	1 號區	107.22	-272.16	107.22	-272.16	192.00	-356.95
	2 號區	107.22	-459.11	107.22	-459.11	192.00	-543.89
	3 號區	107.22	-701.03	107.22	-701.03	192.00	-785.81
外牆	4 號區	—	-272.16	250.17	—	—	-356.95
	5 號區	—	-338.14	250.17	—	—	-422.93

(資料來源：本研究整理)

表 11-4 金屬浪板與繫件之最大設計正負風壓 kgf/m² (局例 1)

金屬浪板與繫件區域		正風壓	負風壓
屋頂	1 號區	192.00	-356.95
	2 號區	192.00	-543.89
	3 號區	192.00	-785.81
外牆	4 號區	250.17	-356.95
	5 號區	250.17	-422.93

(資料來源：本研究整理)

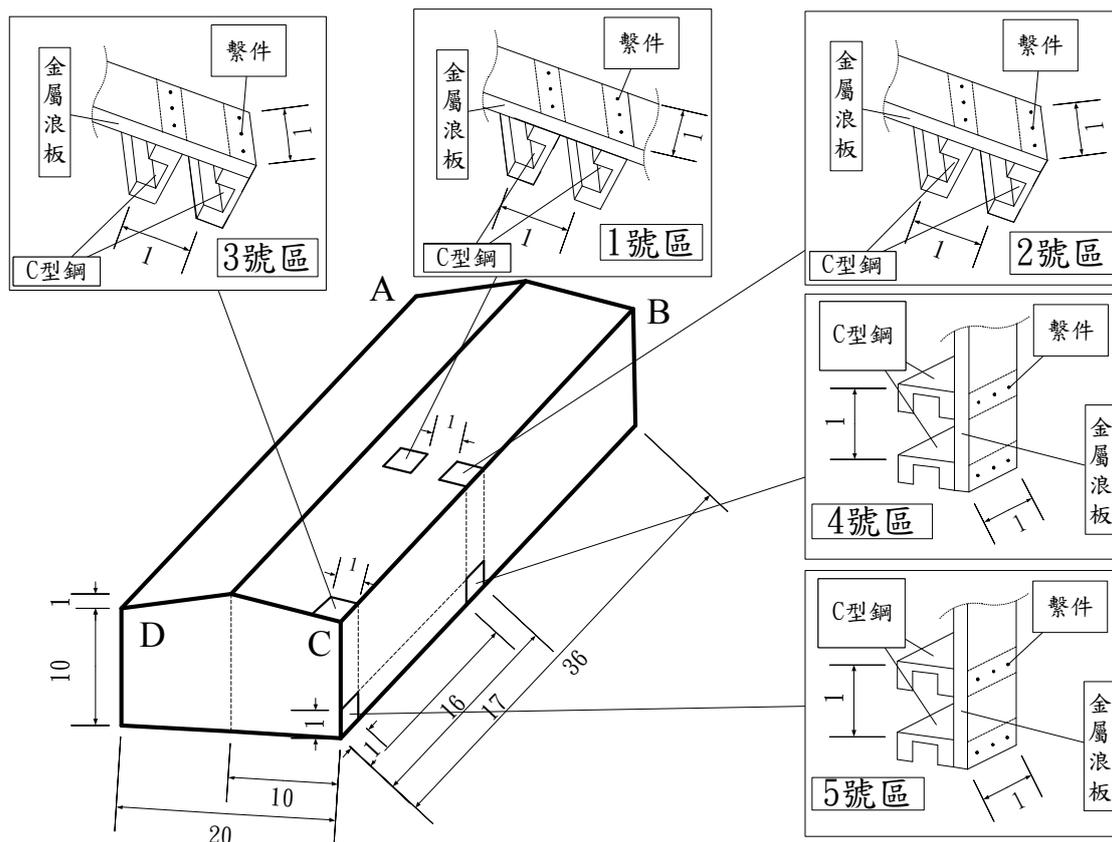


圖 11-1 廠房建築物示意圖 (單位:公尺)

(資料來源：本研究整理)

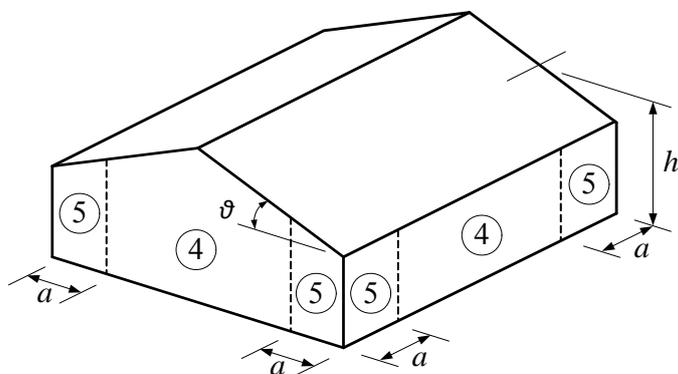


圖 11-2 規範圖 3.1(a)外牆分區示意圖

(資料來源：104 年版規範)

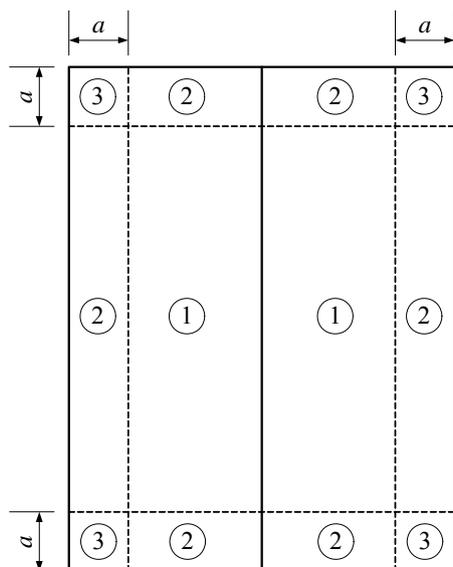


圖 11-3 規範圖 3.1(b)屋頂分區示意圖

(資料來源：104 年版規範)

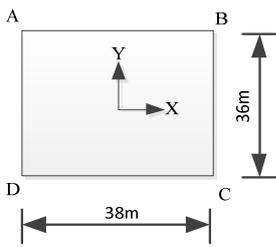
第十二章 高度超過 18 公尺建築物局部構材耐風設計示範例

本章擬定一棟高度超過 18 公尺的建築物，其外部被覆物有玻璃帷幕牆和女兒牆正面(或朝外)看板，局部構材有帷幕牆的繫件和看板的繫件，根據圖 4-4 與圖 4-5，執行局部構材及外部被覆物耐風設計，並於第一節到第五節詳列計算流程，分別為建築物資料與工址風環境、局部構材及外部被覆物有效受風面積及相對應的外風壓係數之計算、局部構材及外部被覆物設計風壓之計算、最大設計正風壓與負風壓之選取，以及局部構材及外部被覆物耐風反應之檢核。而女兒牆上招牌的耐風設計可仿照女兒牆看板的耐風設計方式。

第一節 建築物資料與工址風環境

根據圖 4-5 可知，執行耐風設計時，先要蒐集建築物資料與工址風環境，本節擬定建築物的示意圖如圖 5-1 所示，建築物資料與工址風環境如下表所示。

表 12-1 建築物資料與工址風環境 (局例 2)

建築物資料	尺寸	平面尺寸 $38m \times 36m$ ；建築物高度(不含屋頂突出物) $h = 112.2m$ 女兒牆高度 $1.2m$	
	開口面積	在颱風區內，建築物的玻璃容易受周遭的植栽、招牌或屋頂所造成的隨風飄散物的撞擊而成為開口。本例假設各牆面之總面積有 1% 破損而造成開口，其餘無開口。	
	用途係數 I	根據規範 2.5 節， $I = 1.1$ 、 1.0 或 0.9 。住宅，故 $I = 1.0$ 。	
	局部構材及外部被覆物	玻璃帷幕牆單元尺寸為 $2m$ 寬 \times $3.3m$ 高，其繫件之位置圖如圖 12-1 所示。實心女兒牆角落區正面(或朝外)看板尺寸為 $2m$ 寬 \times $1m$ 高，其繫件之位置圖如圖 12-1 所示。	
工址風環境	基本設計風速 $V_{10}(C)$	根據規範 2.4 節，台北市的 $V_{10}(C) = 42.5m/s$ 。	
	地況	AB 牆面、BC 牆面、CD 牆面與 DA 牆面上風側地況皆為地況 B。	
	地形	無特殊地形。	

(資料來源：本研究整理)

第二節 有效受風面積及相對應的外風壓係數之計算

根據規範 1.3 節有效受風面積 A 的定義可知，結構構件之 A 為跨距長度與有效寬度之乘積。有效寬度不必小於其跨距長度的 $1/3$ 。對外牆扣件而言， A 不得大於單一扣件之受風面積。因為高度超過 18 公尺，可根據有效受風面積與外牆或屋頂查規範圖 3.2 決定外風壓係數。

玻璃帷幕牆單元與繫件

玻璃帷幕牆單元跨距長度為 $3.3m$ ，有效寬度為 $\max(2m, 3.3m/3) = 2m$ ，則 $A = 3.3m \times 2m = 6.6m^2$ 。單元四個角落的繫件接受該單元產風之風力，並將其傳送至主要風力抵抗系統，因此，對於一個繫件而言，其有效受風面積為玻璃帷幕牆單元面積 $3.3m \times 2m$ 除以 4，即 $A = 6.6m^2 / 4 = 1.65m^2$ 。

外牆分為④區和⑤區，各區示意圖如圖 12- 2 所示，外風壓區域之寬度 $a = 0.1 \times \min(B, L) = 3.6m > 0.9m$ 。玻璃帷幕牆單元的 $A = 6.6m^2$ ，④區正值和負值外風壓係數分別為 1.6 和 -1.7，⑤區正值和負值外風壓係數分別為 1.6 和 -3.1。仿照上述玻璃帷幕牆單元外風壓係數的查表方法，可得其繫件之④區和⑤區的外風壓係數。彙整前述不同 A 的外風壓係數，將其列於表 12- 2。

女兒牆正面看板與繫件

女兒牆正面看板的 A 為看板面積 $2m^2$ 。對於一個繫件而言，其有效受風面積為看板面積 $1m \times 2m$ 除以 4，即 $A = (2m^2) / 4 = 0.5m^2$ 。

仿照上述玻璃帷幕牆單元外風壓係數的查表方法，可得女兒牆正面看板與繫件之⑤區的外風壓係數，將其列於表 12- 2。

第三節 局部構材及外部被覆物設計風壓之計算

使用規範第三章，分別在不同來風方向下，計算局部構材及外部被覆物所承受之設計風壓；所考慮可能之來風方向包括來風垂直 AB 牆面、來風垂直 BC 牆面、來風垂直 CD 牆面與來風垂直 DA 牆面。但根據第一節可知，由於四個牆面開口率皆相同，四個牆面上風側地況皆相同且建築物周邊無特殊地形，四個牆面同類局部構材的有效受風面積皆相同，四個牆面同類外部被覆物的有效受風面積皆相同，因此，各外牆相同區域局部構材及外部被覆物之設計風壓會一樣，以下只考慮 AB 牆面的局部構材及外部被覆物，根據來風方向分別計算其設計風壓。

一、 風垂直吹向 AB 牆面

【步驟 1】計算不同高度之風速壓與內風壓係數(圖 4-4)

不同高度之風速壓

本節建築物的 I 、 $V_{10}(C)$ 以及 AB 牆面上風側地況、地形皆與第五章第二節相同，因此，當風垂直吹向 AB 牆面時，不同高度之風速壓與第五章第二節的結果相同，

$$q(z) = 300.63 \left(\frac{z}{400} \right)^{0.5} \text{ kgf/m}^2 ; z > 5\text{m} ; q(z) = 33.61 \text{ kgf/m}^2 ; z \leq 5\text{m} .$$

內風壓係數

仿照第五章第二節判斷建築封閉性的方法，分析建築物開口面積可知建築物屬於封閉式建築物，因此，當風垂直吹向 AB 牆面時，建築物的內風壓係數為 ± 0.375 。本例女兒牆為實心，因此其內風壓係數為 0。

【步驟 2】分別計算 AB 牆面上每一局部構材及外部被覆物之設計風壓

風垂直吹向 AB 牆面時，AB 牆為迎風面牆。根據規範式(3.2)，迎風面牆之局部構材及外部被覆物之設計風壓：

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

舉例而言，考慮 AB 牆面最高樓層⑤區的玻璃帷幕牆單元，其形心離地高度 $z = 110.55\text{m}$ ，則⑤區玻璃帷幕牆單元的 $q(z = 110.55\text{m}) = 158.05 \text{ kgf/m}^2$ ，而 $q(h = 112.2\text{m}) = 159.22 \text{ kgf/m}^2$ 。迎風面牆的外風壓係數要取正值，根據表 12-2 可知位於⑤區的玻璃帷幕牆單元之 $(GC_p) = 1.6$ ，該單元設計正風壓為

$$p(z = 110.55\text{m}) = 158.05 \times 1.6 - 159.22 \times (\pm 0.375) = 312.58 \text{ kgf/m}^2 \text{ (取大值)} .$$

仿照上述 AB 牆面一玻璃帷幕牆單元設計風壓的計算流程，可分別計算得到 AB 牆每一玻璃帷幕牆單元與繫件的設計正風壓，其中，計算繫件

所設定的 z 值是取對應的玻璃帷幕牆單元形心離地高度。彙整玻璃帷幕牆單元與繫件在不同高度與區域的設計正風壓，將數值分析結果列於表 12-3。

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：

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

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，由於 AB 牆面上方女兒牆看板位於⑤區，根據表 12-2 可知位於⑤區的 $(GC_p) = 1.9$ ，該看板設計正風壓為 $p = 160.07 \times (1.9 - 0) = 304.13 \text{kgf/m}^2$ 。仿照上述看板設計風壓的計算流程，可計算得到看板繫件的設計正風壓為 304.13kgf/m^2 。

二、風垂直吹向 BC 牆面

【步驟 1】計算不同高度之風速壓與內風壓係數(圖 4-4)

四個牆面上風側地況皆相同且建築物周邊無特殊地形，因此，不同高度之風速壓與風垂直吹向 AB 牆面的結果相同。由於四個牆面開口率皆相同，因此，內風壓係數與風垂直吹向 AB 牆面的結果相同。本例女兒牆為實心，因此其內風壓係數為 0。

【步驟 2】分別計算 AB 牆面上每一局部構材及外部被覆物之設計風壓

風垂直吹向 BC 牆面時，AB 牆為側牆。根據規範式(3.2)，側牆之局部構材及外部被覆物之設計風壓：

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

舉例而言，考慮 AB 牆面最高樓層⑤區的玻璃帷幕牆單元。側牆的外風壓係數要取負值，根據表 12-2 可知位於⑤區的玻璃帷幕牆單元之 $(GC_p) = -3.1$ ，該單元設計負風壓為 $p = -553.30 \text{kgf/m}^2$ 。仿照上述 AB

牆面一玻璃帷幕牆單元設計風壓的計算流程，可分別計算得到 AB 牆每一玻璃帷幕牆單元與繫件的設計負風壓，數值分析結果列於表 12-3。

三、風垂直吹向 CD 牆面

【步驟 1】計算不同高度之風速壓與內風壓係數(圖 4-4)

四個牆面上風側地況皆相同且建築物周邊無特殊地形，因此，不同高度之風速壓與風垂直吹向 AB 牆面的結果相同。由於四個牆面開口率皆相同，因此，內風壓係數與風垂直吹向 AB 牆面的結果相同。本例女兒牆為實心，因此其內風壓係數為 0。

【步驟 2】分別計算 AB 牆面上每一局部構材及外部被覆物之設計風壓

風垂直吹向 CD 牆面時，AB 牆為背風面牆。根據規範式(3.2)，背風面牆之局部構材及外部被覆物之設計風壓：

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

舉例而言，考慮 AB 牆面最高樓層⑤區的玻璃帷幕牆單元。背風面牆的外風壓係數要取負值，根據表 12-2 可知位於⑤區的玻璃帷幕牆單元之 $(GC_p) = -3.1$ ，該單元設計負風壓為 $p = -553.30 \text{kgf/m}^2$ 。仿照上述 AB 牆面一玻璃帷幕牆單元設計風壓的計算流程，可分別計算得到 AB 牆每一玻璃帷幕牆單元與繫件的設計負風壓，數值分析結果列於表 12-3。

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：

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

當女兒牆位於建築物背風面時，需在女兒牆之正面施加負值外牆風壓，由於 AB 牆面上方女兒牆看板位於⑤區，根據表 12-2 可知位於⑤區的 $(GC_p) = -3.8$ ，該看板設計負風壓為

$p = 160.07 \times (-3.8 - 0) = -608.27 \text{kgf/m}^2$ 。仿照上述看板設計風壓的計算

流程，可計算得到看板繫件的設計負風壓為 -608.27kgf/m^2 。

四、風垂直吹向 DA 牆面

根據建築物資料與工址風環境可知，建築物以 Y 軸為對稱軸，BC 牆面與 DA 牆面開口面積相同，BC 牆面與 DA 牆面上風側地況相同，以及建築物周邊地形相同。因此，當風垂直吹向 DA 牆面時，AB 牆面上局部構材及外部被覆物受承受之設計風壓，與當風垂直吹向 BC 牆面的結果相同。

第四節 最大設計正風壓與負風壓之選取

從上述所有考量風向中，分別選取每一局部構材及外部被覆物之最大設計正風壓和負風壓。由於本例各外牆相同區域的局部構材及外部被覆物之設計風壓一樣，因此，以下針對 AB 牆面的局部構材及外部被覆物，分別選取其之最大設計正風壓和負風壓。

舉例而言，考慮 AB 牆面最高樓層⑤區的玻璃帷幕牆單元，根據表 12- 3 可知，當風垂直吹向 AB 牆面時，位於⑤區的該單元之設計正風壓為 312.58kgf/m^2 ；根據表 12- 3 可知，當風垂直吹向 BC 牆面、CD 牆面或 DA 牆面時，位於⑤區的該單元之設計負風壓為 -553.30kgf/m^2 。從前述各考量風向所造成該單元所承受之設計風壓中，選取最大設計正風壓為 312.58kgf/m^2 為與最大設計負風壓為 -553.30kgf/m^2 。

仿照上述一玻璃帷幕牆單元最大設計正風壓與負風壓的選取流程，可分別得到 AB 牆面每一局部構材及外部被覆物之最大設計正風壓與負風壓。AB 牆面玻璃帷幕牆單元與繫件之最大設計正負風壓如表 12- 4 所示，其餘牆面的結果與表 12- 4 的結果相同；女兒牆看板與繫件之最大設計正負風壓如表 12- 5 所示。

第五節 局部構材及外部被覆物耐風強度之檢核

當局部構材或外部被覆物在設計風壓的作用下，檢核其抵抗強度與變形量是否滿足相關規範之規定。若局部構材不滿足相關規定，可以藉由加勁重新或增加繫件量來達到設計目標；若外部被覆物不滿足，可藉由增加厚度或減少單元面積來達到設計目標。

表 12-2 外牆外風壓係數(局例 2)

名稱	A (m ²)	④區		⑤區	
		正值	負值	正值	負值
玻璃帷幕牆單元	6.6	1.6	-1.7	1.6	-3.1
玻璃帷幕牆單元繫件	1.65	1.9	-1.9	1.9	-3.8
女兒牆正面看板	2	—	—	1.9	-3.8
女兒牆正面看板繫件	0.5	—	—	1.9	-3.8

(資料來源：本研究整理)

表 12-3 AB 牆面玻璃帷幕牆單元與繫件之設計風壓 kgf/m^2 (局例 2)

單元形 心離地高 度 z (m)	$q(z)$ kgf/m^2	風垂直吹向 AB 牆面		風垂直吹向 BC 牆面、CD 牆面或 DA 牆			
		玻璃帷幕牆單元	繫件	玻璃帷幕牆單元		繫件	
		④區或⑤區	④區或⑤區	④區	⑤區	④區	⑤區
110.55	158.05	312.58	360.00				
107.25	155.67	308.78	355.48				
103.95	153.26	304.92	350.89				
100.65	150.80	300.99	346.24				
97.35	148.31	297.01	341.50				
94.05	145.78	292.95	336.68				
90.75	143.20	288.82	331.78				
87.45	140.57	284.62	326.79				
84.15	137.89	280.33	321.70				
80.85	135.16	275.96	316.51				
77.55	132.37	271.50	311.22				
74.25	129.53	266.95	305.81				
70.95	126.61	262.29	300.27				
67.65	123.63	257.52	294.61				
64.35	120.58	252.64	288.81				
61.05	117.45	247.63	282.86				
57.75	114.23	242.48	276.75				
54.45	110.92	237.18	270.45	-330.38	-553.30	-362.23	-664.75
51.15	107.50	231.72	263.97				
47.85	103.98	226.07	257.27				
44.55	100.33	220.24	250.33				
41.25	96.54	214.18	243.14				
37.95	92.60	207.87	235.65				
34.65	88.48	201.28	227.82				
31.35	84.16	194.37	219.62				
28.05	79.61	187.09	210.97				
24.75	74.78	179.36	201.79				
21.45	69.62	171.10	191.98				
18.15	64.04	162.17	181.38				
14.85	57.93	152.39	169.77				
11.55	51.09	141.44	156.77				
8.25	43.18	128.79	141.74				
4.95	33.61	113.49	123.57				
1.65	33.61	113.49	123.57				

(資料來源：本研究整理)

表 12- 4 AB 牆面玻璃帷幕牆單元與繫件之最大設計正負風壓 kgf/m²(局例 2)

單元形 心離地 高度 z (m)	帷幕牆單元最大設計風壓				帷幕牆單元繫件最大設計風壓			
	④區		⑤區		④區		⑤區	
	正風壓	負風壓	正風壓	負風壓	正風壓	負風壓	正風壓	負風壓
110.55	312.58		312.58		360.00		360.00	
107.25	308.78		308.78		355.48		355.48	
103.95	304.92		304.92		350.89		350.89	
100.65	300.99		300.99		346.24		346.24	
97.35	297.01		297.01		341.50		341.50	
94.05	292.95		292.95		336.68		336.68	
90.75	288.82		288.82		331.78		331.78	
87.45	284.62		284.62		326.79		326.79	
84.15	280.33		280.33		321.70		321.70	
80.85	275.96		275.96		316.51		316.51	
77.55	271.50		271.50		311.22		311.22	
74.25	266.95		266.95		305.81		305.81	
70.95	262.29		262.29		300.27		300.27	
67.65	257.52		257.52		294.61		294.61	
64.35	252.64		252.64		288.81		288.81	
61.05	247.63		247.63		282.86		282.86	
57.75	242.48	-330.38	242.48	-553.30	276.75	-362.23	276.75	-664.75
54.45	237.18		237.18		270.45		270.45	
51.15	231.72		231.72		263.97		263.97	
47.85	226.07		226.07		257.27		257.27	
44.55	220.24		220.24		250.33		250.33	
41.25	214.18		214.18		243.14		243.14	
37.95	207.87		207.87		235.65		235.65	
34.65	201.28		201.28		227.82		227.82	
31.35	194.37		194.37		219.62		219.62	
28.05	187.09		187.09		210.97		210.97	
24.75	179.36		179.36		201.79		201.79	
21.45	171.10		171.10		191.98		191.98	
18.15	162.17		162.17		181.38		181.38	
14.85	152.39		152.39		169.77		169.77	
11.55	141.44		141.44		156.77		156.77	
8.25	128.79		128.79		141.74		141.74	
4.95	113.49		113.49		123.57		123.57	
1.65	113.49		113.49		123.57		123.57	

(資料來源：本研究整理)

表 12-5 AB 牆面上方女兒牆正面看板與繫件之最大設計正負風壓 kgf/m^2 (局例

2)

名稱	⑤區	
	正風壓	負風壓
看板	304.13	-608.27
繫件		

(資料來源：本研究整理)

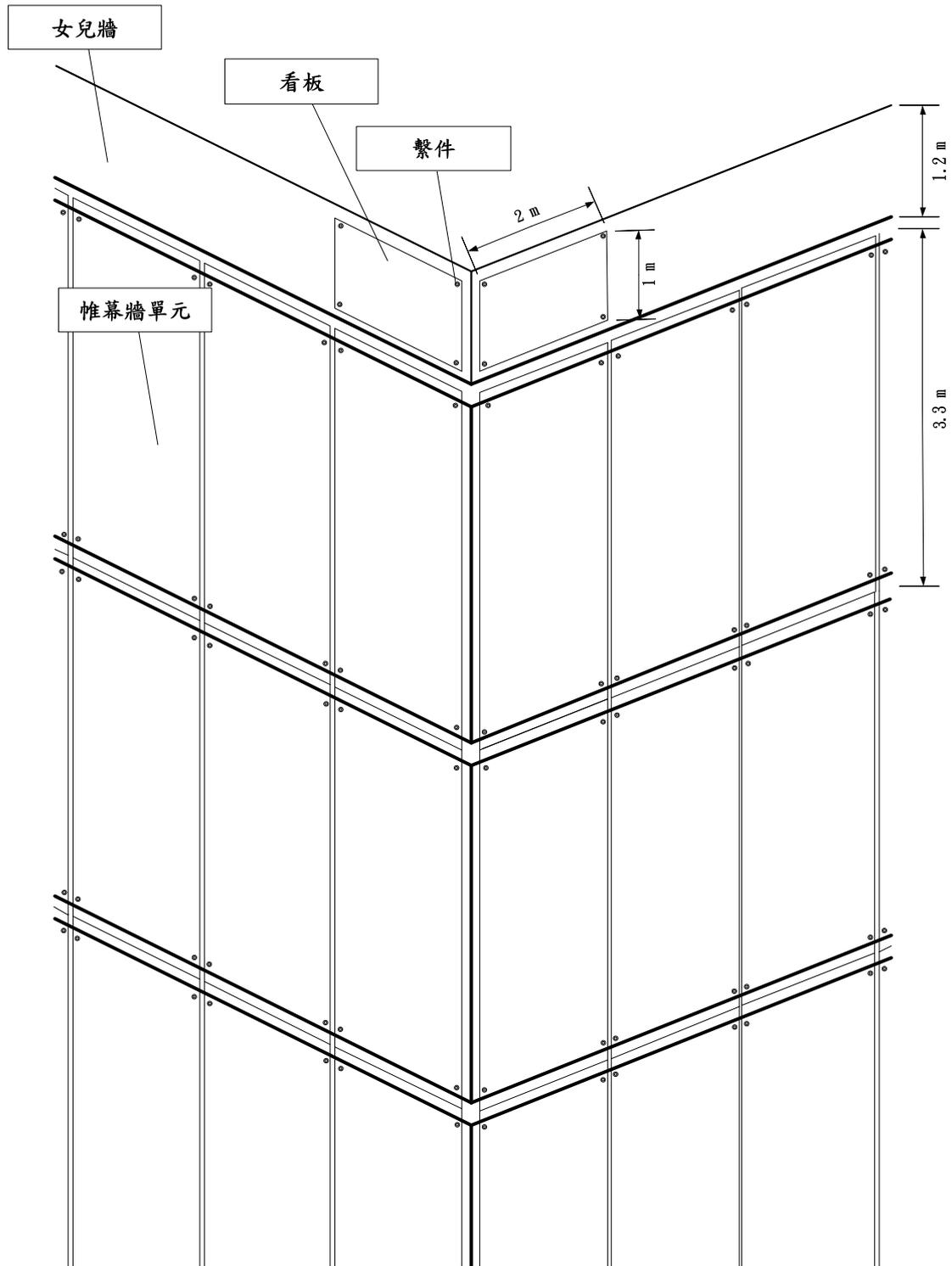


圖 12-1 玻璃帷幕牆單元與繫件，以及實心女兒牆正面看板與繫件位置示意圖
(資料來源：本研究整理)

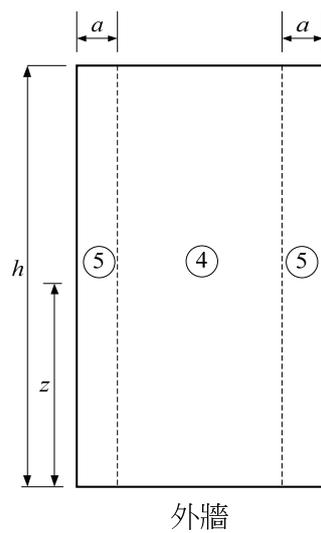


圖 12-2 規範圖 3.2 外牆分區示意圖

(資料來源：104 年版規範)

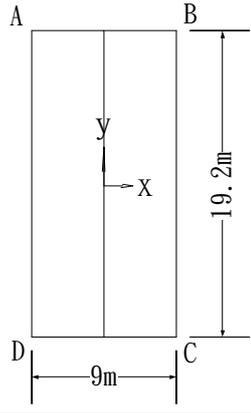
第十三章 開放式建築物之斜屋頂局部構材耐風設計示範例

本章擬定一開放式建築物之斜屋頂，其外部被覆物有屋頂版，局部構材有 C 型鋼與繫件，根據圖 4-2、圖 4-6 與圖 4-7，執行局部構材及外部被覆物耐風設計，並於第一節到第五節詳列計算流程，分別為建築物資料與工址風環境、有效受風面積及相對應的淨風壓係數之計算、局部構材及外部被覆物設計風壓之計算、最大設計正風壓與負風壓之選取，以及局部構材及外部被覆物耐風反應之檢核。

第一節 建築物資料與工址風環境

根據圖 4-7 可知，執行耐風設計時，先要蒐集建築物資料與工址風環境，本節擬定建築物的示意圖如圖 13-1 所示，建築物資料與工址風環境如下表所示。

表 13-1 建築物資料與工址風環境 (局例 3)

建築物資料	尺寸	平面尺寸 $9m \times 19.2m$ ； 屋脊高度 $6.2m$ ； 屋簷高度 $5m$ ； 屋頂之斜角 $\theta = 15^\circ > 10^\circ$ ，根據規範，建築物高度(不含屋頂突出物) $h = 5.6m$	
	開口面積	AB 牆面與 CD 牆面開口面積皆為 $43m^2$ ；BC 牆面與 DA 牆面開口面積皆為 $88m^2$ ；屋頂開口面積為 0。	
	用途係數 I	根據規範 2.5 節， $I = 1.1$ 、 1.0 或 0.9 。集會所， $I = 1.0$ 。	
	構造形式	空間桁架，屋頂下無阻擋。	
	局部構材及外部被覆物	考慮圖 13-1 中所示區域的屋頂板、C 型鋼與繫件。C 型鋼間距為 $0.9m$ ，架設在間距為 $1.2m$ 的桁架上。屋頂板寬度為 $0.8m$ ，架設在 C 型鋼上。繫件用來固定屋頂板，打入 C 型鋼，間距為 $0.4m$ 。	
工址風環境	基本設計風速 $V_{10}(C)$	根據規範 2.4 節，屏東縣三地門鄉的 $V_{10}(C) = 37.5m/s$ 。	
	地況	AB 牆面、BC 牆面、CD 牆面與 DA 牆面上風側地況皆為地況 C。	
	地形	無特殊地形。	

(資料來源：本研究整理)

第二節 有效受風面積及相對應的淨風壓係數之計算

根據規範 1.3 節有效受風面積 A 的定義可知，結構構件之 A 為跨距長度與有效寬度之乘積。有效寬度不必小於其跨距長度的 $1/3$ 。對外牆扣件而言， A 不得大於單一扣件之受風面積。根據建築物資料可知各牆面開口率皆大於 80% ，因此，建築物屬於開放式建築物。開放式建築物之斜屋頂， $0.25 \leq \frac{h}{L} \leq 1$ 且 $\theta \leq 45^\circ$ ，可根據有效受風面積與屋頂查規範圖 3.3 決定淨風壓係數。

架設在桁架上的 C 型鋼，其跨距長度為桁架的間距 $1.2m$ ，有效寬度為 $\max\left(0.9m, \frac{1.2m}{3}\right) = 0.9m$ ， $A = 1.08m^2$ 。架設在 C 型鋼上的屋頂板，其跨距長度為 C 型鋼的間距 $0.9m$ ，有效寬度為 $\max\left(0.8m, \frac{0.9m}{3}\right) = 0.8m$ ，則 $A = 0.72m^2$ 。繫件的 A 為其受風面積，亦即 C 型鋼間距 $0.9m$ 與繫件間距 $0.4m$ 的乘積 $0.36m^2$ 。屋頂分為①區、②區和③區，各區示意圖如圖 13-2 所示，外風壓區域之寬度 $a = 0.1 \times \min(B, L) = 0.9m \geq 0.9m$ ，圖 13-1 中屋頂板、C 型鋼與繫件位於③區內。
 $\theta = 15^\circ$ 且屋頂下方無阻擋，由於屋頂板的 $A = 0.72m^2 < a^2$ ，其對應的正值和負值淨風壓係數分別為 2.2 和 -2.2 ；由於 C 型鋼的 $a^2 < A = 1.08m^2 \leq 4a^2$ ，其對應的正值和負值淨風壓係數分別為 1.7 和 -1.7 ；由於繫件的 $A = 0.36m^2 < a^2$ ，其對應的正值和負值淨風壓係數分別為 2.2 和 -2.2 。

第三節 局部構材及外部被覆物設計風壓之計算

使用規範第三章，分別在不同來風方向下，計算局部構材及外部被覆物所承受之設計風壓；所考慮可能之來風方向包括來風垂直 AB 牆面、來風垂直 BC 牆面、來風垂直 CD 牆面與來風垂直 DA 牆面。所考慮的外部被覆物為圖 13-1 所示區域的屋頂板、C 型鋼與繫件。

一、風垂直吹向 AB 牆面

【步驟 1】計算風速壓與普通建築物之陣風反應因子(圖 4-6)

列出與該風向相關之設計參數

當風垂直吹向 AB 牆面時，垂直於風向之建築物水平尺寸 $B = 9m$ 與平行於風向之建築物水平尺寸 $L = 19.2m$ 。根據規範表 2.2，地況 C 相關參數 $\alpha = 0.15$ ； $z_g = 300m$ ； $\bar{b} = 0.94$ ； $c = 0.20$ ；

$$\ell = 152m ; \bar{\varepsilon} = 0.20 ; z_{\min} = 4.5m$$

計算平均屋頂高度 h 處之風速壓

$$K(z) = 2.774 \left(\frac{z}{z_g} \right)^{2\alpha} = 2.774 \left(\frac{z}{300} \right)^{0.3} ; z > 5m$$

根據規範式(2.7)，

$$= 2.774 \left(\frac{5}{z_g} \right)^{2\alpha} = 2.774 \left(\frac{5}{300} \right)^{0.3} ; z \leq 5m$$

根據規範式(2.8)，計算 K_{zt} ：因工址附近無特殊地形， $K_{zt} = 1$ 。

根據規範式(2.6)，離地面 z 公尺高度之風速壓 $q(z)$ ：

$$q(z) = 0.06K(z)K_{zt}[I V_{10}(C)]^2 = 234.06 \left(\frac{z}{300} \right)^{0.3} \text{ kgf/m}^2 ; z > 5m$$

$$q(z) = 0.06K(z=5)K_{zt}[I V_{10}(C)]^2 = 68.53 \text{ kgf/m}^2 ; z \leq 5m$$

$$\text{可得 } q(h) = 70.90 \text{ kgf/m}^2$$

計算普通建築物之陣風反應因子

根據規範式(2.12)，紊流積分尺度 $L_z = 129.56m$ ，其中， $\bar{z} = 4.5m$ 。

根據規範式(2.10)，紊流強度 $I_{\bar{z}} = 0.23$ 。根據規範式(2.11)，背景反應 $Q = 0.93$ 。根據規範式(2.9)，普通建築物之陣風反應因子

$$G = 1.927 \left(\frac{1 + 1.7g_Q I_{\bar{z}} Q}{1 + 1.7g_V I_{\bar{z}}} \right) = 1.85$$

，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。也可直接取 $G = 1.88$ 。以下取 $G = 1.85$ 來計算。

【步驟 2】分別計算本例所考慮的屋頂板、C 型鋼與繫件之設計風壓

根據規範式(3.4)，開放式建築物之斜屋頂局部構材及外部被覆物之設計風壓：

$$p = q(h)GC_{pn}$$

舉例而言，考慮屋頂板，其位於③區，根據第二節可知③區屋頂板之 $(GC_p) = 2.2, -2.2$ ，則該屋頂板設計正風壓為

$$p = 70.90 \times 1.85 \times 2.2 = 288.56 \text{kgf/m}^2, \text{設計負風壓為 } p = -288.56 \text{kgf/m}^2。$$

仿照上述屋頂板設計風壓的計算流程，可分別計算得到 C 型鋼與繫件的設計正風壓及負風壓，數值分析結果列於表 13-2。

二、風垂直吹向 BC 牆面

【步驟 1】計算風速壓與普通建築物之陣風反應因子(圖 4-6)

列出與該風向相關之設計參數

當風垂直吹向 BC 牆面時，垂直於風向之建築物水平尺寸 $B = 19.2\text{m}$ 與平行於風向之建築物水平尺寸 $L = 9\text{m}$ 。根據規範表 2.2，

地況 C 相關參數 $\alpha = 0.15$ ； $z_g = 300\text{m}$ ； $\bar{b} = 0.94$ ； $c = 0.20$ ； $\ell = 152\text{m}$ ；

$\bar{\varepsilon} = 0.20$ ； $z_{\min} = 4.5\text{m}$ 。

計算平均屋頂高度 h 處之風速壓

四個牆面上風側地況皆相同且建築物周邊無特殊地形，因此，平均屋頂高度 h 處之風速壓與風垂直吹向 AB 牆面的結果相同，同

為 $q(h) = 70.90 \text{kgf/m}^2$ 。

計算普通建築物之陣風反應因子

根據規範式(2.12)，紊流積分尺度 $L_z = 129.56\text{m}$ ，其中， $\bar{z} = 4.5\text{m}$ 。

根據規範式(2.10)，紊流強度 $I_z = 0.23$ 。根據規範式(2.11)，背景反應 $Q = 0.90$ 。根據規範式(2.9)，普通建築物之陣風反應因子

$$G = 1.927 \left(\frac{1 + 1.7g_o I_z Q}{1 + 1.7g_v I_z} \right) = 1.82$$

，其中，背景反應尖峰因子 g_o 和風

速尖峰因子 g_v 均可取 3.4。也可直接取 $G = 1.88$ 。以下取 $G = 1.82$ 來計算。

【步驟 2】分別計算本例所考慮的屋頂板、C 型鋼與繫件之設計風壓

根據規範式(3.4)，開放式建築物之斜屋頂局部構材及外部被覆物之設計風壓：

$$p = q(h)GC_{pn}$$

舉例而言，考慮屋頂板，其位於③區，根據第二節可知③區之 $(GC_p) = 2.2, -2.2$ ，則該屋頂板設計正風壓為

$$p = 70.90 \times 1.82 \times 2.2 = 283.88\text{kgf/m}^2$$

，設計負風壓為 $p = -283.88\text{kgf/m}^2$ 。

仿照上述屋頂板設計風壓的計算流程，可分別計算得到 C 型鋼與繫件的設計正風壓及負風壓，數值分析結果列於表 13-2。

三、風垂直吹向 CD 牆面

根據建築物資料與工址風環境可知，建築物以 X 軸為對稱軸，AB 牆面與 CD 牆面上風側地況相同，以及建築物周邊地形相同。因此，當風垂直吹向 CD 牆面時，本例屋頂板、C 型鋼與繫件承受之設計風壓，與當風垂直吹向 AB 牆面的結果相同。

四、 風垂直吹向 DA 牆面

根據建築物資料與工址風環境可知，建築物以 Y 軸為對稱軸，BC 牆面與 DA 牆面上風側地況相同，以及建築物周邊地形相同。因此，當風垂直吹向 DA 牆面時，本例屋頂板、C 型鋼與繫件承受之設計風壓，與當風垂直吹向 BC 牆面的結果相同。

第四節 最大設計正風壓與負風壓之選取

從上述所有考量風向中，分別選取本例屋頂板、C 型鋼與繫件之最大設計正風壓和負風壓。

舉例而言，考慮屋頂板，根據表 13- 2 可知，當風垂直吹向 AB 牆面或 CD 牆面時，屋頂板之設計正負風壓分別為 288.56kgf/m^2 和 -288.56kgf/m^2 ；根據表 13- 2 可知，當風垂直吹向 BC 牆面或 DA 牆面時，屋頂板之設計正負風壓分別為 283.88kgf/m^2 和 -283.88kgf/m^2 。從前述各考量風向所造成屋頂板所承受之設計風壓中，選取最大設計正風壓為 288.56kgf/m^2 為與最大設計負風壓為 -288.56kgf/m^2 。

仿照上述屋頂板最大設計正風壓與負風壓的選取流程，可分別得到 C 型鋼與繫件之最大設計正風壓與負風壓，如表 13- 3 所示。

第五節 局部構材及外部被覆物耐風強度之檢核

當局部構材或外部被覆物在設計風壓的作用下，檢核其抵抗強度與變形量是否滿足相關規範之規定。若局部構材不滿足相關規定，可以藉由加勁重新或增加繫件量來達到設計目標；若外部被覆物不滿足，可藉由增加厚度或減少單元面積來達到設計目標。

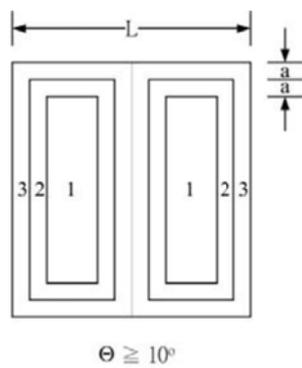


圖 13-2 規範圖 3.3(b)屋頂分區示意圖

(資料來源：104 年版規範)

第十四章 結論與建議

第一節 結論

本研究案綜合前述第三章至第十三章的研究成果，編著耐風技術手冊，內容詳附錄八。根據前述研究內容，本研究案成果如下：

壹、 104 年版耐風規範增修部分之介紹

逐一分別條列 104 年版規範各章中增訂與修改的項目，而各項目增修前後的內容對照表請詳附錄一與附錄二。

貳、 主要風力抵抗系統耐風設計流程圖之建立

根據 104 年版規範第二章與第四章，針對近似規則矩形柱體的建築物，建立主要風力抵抗系統耐風設計流程圖。此建築物的主要風力抵抗系統耐風設計概念上分為 3 部分：第一部分為蒐集建築物資料與工址風環境；第二部分為根據來風方向，判斷主要風力抵抗系統設計情況，並計算對應風力，其中，設計情況分為 6 類；第三部分為耐風結構反應計算與檢核。依序串聯上述每個部分所建立的流程圖，建立主要風力抵抗系統耐風設計流程圖，供耐風設計之用。

參、 局部構材及外部被覆物耐風設計流程圖之建立

根據 104 年版規範第三章，建立局部構材及外部被覆物耐風設計流程圖。局部構材及外部被覆物耐風設計考慮 3 種情況：高度不超過 18 公尺封閉式或部分封閉式建築物；高度超過 18 公尺封閉式或部分封閉式建築物；開放式建築物之斜屋頂。針對這 3 種情況，分別建立耐風設計流程圖，供耐風設計之用。

肆、 高寬比 3 至 6 柔性建築物主要風力抵抗系統耐風設計示範例

擬定一棟高寬比 3 至 6 柔性建築物，根據成果貳，執行其主要風力抵抗系統

耐風設計，並比較 104 年版規範與 96 年版規範公式所計算風力，以及探討懸崖地形對該棟建築物風力的影響。

伍、 高寬比 3 至 6 普通建築物主要風力抵抗系統耐風設計示範例

擬定一棟高寬比 3 至 6 普通建築物，根據成果貳，執行其主要風力抵抗系統耐風設計，並比較 104 年版規範與 96 年版規範公式所計算風力，以及探討懸崖地形對該棟建築物風力的影響。

陸、 高寬比小於 3、普通且高度大於 18 公尺建築物主要風力抵抗系統耐風設計示範例

擬定一棟高寬比小於 3、高度大於 18 公尺普通建築物，根據成果貳，執行其主要風力抵抗系統耐風設計。

柒、 高寬比小於 3 柔性建築物主要風力抵抗系統耐風設計示範例

擬定一棟高寬比小於 3 柔性建築物，根據成果貳，執行其主要風力抵抗系統耐風設計。

捌、 高寬比小於 3、普通且高度小於等於 18 公尺建築物主要風力抵抗系統耐風設計示範例

擬定一棟屬於規範 2.13 節定義的建築物，根據成果貳，執行其主要風力抵抗系統耐風設計，分別使用規範 2.13 節公式及 2.2 節~2.11 節公式計算風力，並比較差異。

玖、 開放式建築物主要風力抵抗系統耐風設計示範例

擬定一棟為獨立鐵塔，根據成果貳，執行其主要風力抵抗系統耐風設計。

壹拾、 高度不超過 18 公尺建築物局部構材耐風設計示範例

擬定一棟高度不超過 18 公尺的建築物，其外部被覆物有金屬浪板，局部構材有繫件，根據成果參，執行局部構材及外部被覆物耐風設計。

壹拾壹、 高度超過 18 公尺建築物局部構材耐風設計示範例

擬定一棟高度超過 18 公尺的建築物，其外部被覆物有玻璃帷幕牆和女兒牆正面(或朝外)看板，局部構材有帷幕牆的繫件和看板的繫件，根據成果參，執行局部構材及外部被覆物耐風設計。

壹拾貳、 開放式建築物之斜屋頂局部構材耐風設計示範例

擬定一開放式建築物之斜屋頂，其外部被覆物有屋頂版，局部構材有 C 型鋼與繫件，根據成果參，執行局部構材及外部被覆物耐風設計。

壹拾參、 耐風技術手冊

綜合成果貳至成果壹拾貳，同時增加手冊編撰目的、適用範圍與基本名詞定義，來編著耐風技術手冊。手冊內容主要包含手冊導覽、主要風力抵抗系統耐風設計流程圖、局部構材及外部被覆物耐風設計流程圖、6 類主要風力抵抗系統設計情況耐風設計示範例、3 種情況的局部構材及外部被覆物耐風設計示範例。耐風設計技術手冊詳附錄七。

第二節 建議

根據第一節的結論，本研究針對建築物耐風設計規範及解說技術手冊研擬，提出下列建議事項

建議一

建築物耐風設計技術手冊之推廣：立即可行之建議

主辦機關：內政部營建署、內政部建築研究所

協辦機關：中華民國全國建築師公會、中華民國結構工程技師公會全國聯合會、中華民國土木技師公會全國聯合會、社團法人中華民國風工程學會

建議將本研究所提的建築物耐風設計技術手冊納入為政府出版品，並適時舉辦講習會及提供電子檔，協助使用者能正確使用 104 年版耐風設計規範。

建議二

耐風設計程式之發展：立即可行之建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部營建署、中華民國全國建築師公會、中華民國結構工程技師公會全國聯合會、中華民國土木技師公會全國聯合會、社團法人中華民國風工程學會

由於業界反應對於規範應用應更予簡化，對於近似規則矩形柱體的建築物，如能發展其主要風力抵抗系統與局部構材及外部被覆物耐風設計程式，使設計者可輸入建築物資料與工址風環境，分別計算並輸出主要風力抵抗系統與局部構材及外部被覆物的設計風壓(或風力)，以利快速計算風壓(或風力)。

建議三

未來於規範中納入更多不同形狀之風壓係數或風力係數：中長期建議

主辦機關：內政部建築研究所、社團法人中華民國風工程學會

協辦機關：中華民國全國建築師公會、中華民國結構工程技師公會全國聯合會、
中華民國土木技師公會全國聯合會

目前規範已針對獨立且近似規則矩形建築物，提供保守公式進行耐風設計。
建議未來根據國內外相關之耐風設計規定或成熟的研究成果，以及調查探訪業界
實務需求，納入更多不同形狀之風壓係數或風力係數。

附錄一 104 年版規範與 96 年版規範本文內容修訂對照表

	104 年版規範本文修訂內容	96 年版規範本文內容	說明
1. 2 符號 說明	A_c ：開放式建築物之受風作用特徵面積； m^2 。		新增參數
		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 。	刪除參數
	A_g ：迎風向外牆面之總面積； m^2 。	A_g ：受正值外風壓牆面總面積； m^2 。	為使語意更為清楚而變更說明
	A_{gi} ：非迎風向之各牆面（含屋頂）總面積； m^2 。	A_{gi} ：各牆面（含屋頂，但不含 A_g ）之總面積； m^2 。	為使語意更為清楚而變更說明
	A_0 ：迎風向外牆面之總開口面積； m^2 。	A_0 ：受正值外風壓牆面總開口面積； m^2 。	為使語意更為清楚而變更說明
	A_{0i} ：非迎風向之各牆面（含屋頂）總開口面積； m^2 。	A_{0i} ：各牆面（含屋頂，但不含 A_0 ）之總開口面積； m^2 。	為使語意更為清楚而變更說明

			明
	$(BW_{Dz})^*$ ：各向來風高度 z 處順風向風力與迎風面寬度乘積之較大值，用以計算式(2.23)之設計扭矩。		新增參數
	C_{pc}^* ：式(2.27)所用之參數。		新增參數
	C_{pn} ：淨風壓係數。		新增參數
	C'_L ：式(2.21)所用之參數。	C'_L ：式(2.21)所用之參數。	修正係數 樣式
	C'_T ：式(2.22)所用之參數。	C'_T ：式(2.22)所用之參數。	修正係數 樣式
	\bar{k}_1, \bar{k}_2 ：決定橫風向風力頻譜值 $S_L(n^*)$ 所用參數。	\bar{K}_1, \bar{K}_2 ：決定橫風向風力頻譜值 $S_L(n^*)$ 所用參數。	改為小寫
	S_{Dz} ：低矮建築物 z 處順風向風力。		新增參數
	S_{Lz} ：低矮建築物 z 處橫風向風力。		新增參數
	S_{PL} ：低矮建築物屋頂女兒牆設計風力。		新增參數
	S_{RP} ：低矮建築物平屋頂之鉛直向上風力。		新增參數
	S_R ：低矮建築物斜屋頂之風力。		新增參數
	S_{Tz} ：低矮建築物 z 處扭轉向風力。		新增參數
1.3 專有名	開放式建築物 。建築物至少兩個牆面各有 80% 以上之面積為開口。	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。	根據文獻及國內相關學者研究變更開放式建築之定義

詞 定 義	<p>部分封閉式建築物。在考量的來風方向下，建築物同時滿足(1)$A_0 > 1.10A_{0i}$，(2) $A_0 > 0.37\text{m}^2$ 或 $0.01A_g$（二者取小值），(3) $\frac{A_{0i}}{A_{gi}} \leq 0.20$；其中，$A_g$ 為迎風向外牆面之總面積，A_0 為迎風向外牆面之總開口面積，A_{0i} 為非迎風向之各牆面（含屋頂）總開口面積，A_{gi} 為非迎風向之各牆面（含屋頂）總面積。</p>	<p>部分封閉式建築物。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。</p>	修訂參數之說明文字
2. 2 設 計 風 力 計 算	<p>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> $p = qG_f C_p - q_i(GC_{pi}) \quad (2.2)$ <p>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。</p> <p>設計建築物主要風力抵抗系統時，屋頂女兒牆之設計</p>	<p>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> $p = qG_f C_p - q_i(GC_{pi}) \quad (2.2)$ <p>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。</p> <p>設計建築物主要風力抵抗系統時，屋頂女兒牆之設</p>	<p>新增</p> <p>為使 GC_{pn} 之定義更為清楚並限定僅適用於屋頂女兒牆而加強說明，以使與新增 3.4 節之淨風壓係數有</p>

<p>式</p>	<p>風壓 p_p，依下式計算：</p> $p_p = q_p(GC_{pn}) \quad (2.3)$ <p>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}) 為屋頂女兒牆淨風壓係數，迎風面女兒牆取 +1.8，背風面女兒牆取 -1.1。</p>	<p>計風壓 p_p，依下式計算：</p> $p_p = q_p(GC_{pn}) \quad (2.3)$ <p>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。</p>	<p>所區隔。</p>
	<p>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：</p> $F = q(z_{Ac}) GC_f A_c \quad (2.4)$ <p>式中，C_f 為風力係數，依 2.8 節之規定計算；A_c 為開放式建築物受風作用特徵面積；$q(z_{Ac})$ 為面積 A_c 形心高度 z_{Ac} 處之風速壓。</p> <p>同時滿足以下各條件：(1)高度 h 小於 18 公尺、(2) $h/\sqrt{BL} < 3$ 且 $0.2 \leq L/B \leq 5$、(3)近似矩形斷面、(4)封閉式或部分封閉式剛性樓版建築物，可依本章 2.13 節規定的方法計算主要風力抵抗系統所應承受之設計風力。</p>	<p>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：</p> $F = q(z_{A_f}) GC_f A_f \quad (2.4)$ <p>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。</p>	<p>詳細說明受風特徵面積說明</p> <p>參考內政部建築研究所及國內相關學者研究結果，增加高度小於 20 公尺之規定</p>
<p>2.4</p>	<p>(二)、每秒 42.5 公尺區： 基隆市。</p>	<p>(二)、每秒四十二·五公尺區： 基隆市。</p>	<p>行政區名修正</p>

基本設計風速	<p>新北市：貢寮區、雙溪區、坪林區、瑞芳區、平溪區、石碇區、深坑區、汐止區、萬里區、金山區、石門區、三芝區、淡水區。</p> <p>(三)、每秒 37.5 公尺區： 新北市：烏來區、新店區、三峽區、五股區、蘆洲區、三重區、泰山區、新莊區、板橋區、中和區、永和區、土城區、樹林區、鶯歌區、林口區、八里區。</p> <p>臺中市：和平區。</p> <p>臺南市：七股區、中西區、東區、南區、北區、安平區、安南區。</p> <p>高雄市：林園區、大寮區、大樹區、燕巢區、大社區、仁武區、鳥松區、鳳山區、橋頭區、岡山區、梓官區、彌陀區、永安區、茄萣區、路竹區、湖內區、桃源區、新興區、前金區、苓雅區、鹽埕區、鼓山區、旗津區、前鎮區、三民區、楠梓區、小港區、左營區。</p> <p>(四)、每秒 32.5 公尺區： 臺中市：東勢區、新社區、太平區、石岡區、豐原區、潭子區、神岡區、大雅區、大肚區、龍井區、沙鹿區、梧棲區、清水區、后里區、外埔區、大安區、大甲區、中區、東區、南區、西區、北區、北屯區、西屯區、南屯區。</p>	<p>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。</p> <p>(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。</p> <p>臺中縣：和平鄉。</p> <p>臺南縣：七股鄉。</p> <p>臺南市。</p> <p>高雄縣：林園鄉、大寮鄉、大樹鄉、燕巢鄉、大社區、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。</p> <p>高雄市。</p> <p>(四)、每秒三十二·五公尺區： 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。</p>	
--------	---	---	--

	<p>臺南市：永康區、歸仁區、新化區、左鎮區、玉井區、楠西區、南化區、仁德區、關廟區、龍崎區、官田區、麻豆區、佳里區、西港區、將軍區、學甲區、北門區、新營區、後壁區、東山區、六甲區、下營區、柳營區、鹽水區、善化區、大內區、山上區、新市區、安定區。</p> <p>高雄市：阿蓮區、田寮區、旗山區、美濃區、內門區、杉林區、六龜區、茂林區、甲仙區、三民區。</p> <p>(五)、每秒 27.5 公尺區</p> <p>臺中市：烏日區、霧峰區、大里區。</p> <p>臺南市：白河區。</p>	<p>臺中市。</p> <p>臺南縣：（除七股鄉、白河鎮外）各鄉、鎮、市。社鄉、仁武鄉、烏松鄉、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。</p> <p>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。</p> <p>(五)、每秒二十七·五公尺區</p> <p>臺中縣：烏日鄉、霧峰鄉、大里市。</p> <p>臺南縣：白河鎮。</p>	
2.7 陣風反應	<p>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。</p> <p>普通建築物之陣風反應因子可取 1.88，或依下式計算：</p>	<p>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。</p> <p>普通建築物之陣風反應因子可取 1.77，或依下式計算：</p>	<p>參考內政部建築研究所及國內相關學者研究結果，修正陣風反應因</p>

因子	$G = 1.927 \left(\frac{(1 + 1.7g_Q I_{\bar{z}} Q)}{1 + 1.7g_V I_{\bar{z}}} \right) \quad (2.9)$ <p>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：</p> $I_{\bar{z}} = c (10/\bar{z})^{1/6} \quad (2.10)$ $Q = \sqrt{\frac{1}{1 + 0.63 \left(\frac{B+h}{L_{\bar{z}}} \right)^{0.63}}} \quad (2.11)$ <p>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：</p> $L_{\bar{z}} = \ell (\bar{z}/10)^{\bar{\varepsilon}} \quad (2.12)$ <p>式中，ℓ 和 $\bar{\varepsilon}$ 之值列於表 2.2。</p>	$G = 1.927 \left(\frac{(1 + 1.7g_Q I_{\bar{z}} Q)}{1 + 1.7g_V I_{\bar{z}}} \right) \quad (2.9)$ <p>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：</p> $I_{\bar{z}} = c (10/\bar{z})^{1/6} \quad (2.10)$ $Q = \sqrt{\frac{1}{1 + 0.63 \left(\frac{B+h}{L_{\bar{z}}} \right)^{0.63}}} \quad (2.11)$ <p>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：</p> $L_{\bar{z}} = \ell (\bar{z}/10)^{\bar{\varepsilon}} \quad (2.12)$ <p>式中，ℓ 和 $\bar{\varepsilon}$ 之值列於表 2.2。</p> <p>時之橫風向計算式</p>	子
2.10 橫風向	<p>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。</p> <p>當建築物近似規則矩形柱體，且 $h/\sqrt{BL} < 3$ 時，得依式(2.21)計算離地面高度 z 處橫風向風力 W_{Lz} 如</p>	<p>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</p>	1. 參考內政部建築研究所及國內相關學者研究

結果，增加 $h/\sqrt{BL} < 3$ 時之橫風向計算式

2.參考內政部建築研究所及國內相關學者研究結果，修訂尖峰因子 g_L

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 $V_h > 8.3 f_a \sqrt{BL}$ 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：

$$W_{Lz} = 3q(h)C'_L A_z \frac{Z}{h} g_L \sqrt{1 + \frac{1}{\beta} R_{LR}} \quad (2.21)$$

式中，

A_z 為高度 z 處迎風面面積； $g_L = \sqrt{2 \ln(600 f_a) + 1.2}$ ；

$$C'_L = 0.0082(L/B)^3 - 0.071(L/B)^2 + 0.22(L/B)；$$

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，

之風力

下：

$$W_{Lz} = 0.87 \frac{L}{B} W_{Dz} \quad (2.21)$$

式中， W_{Dz} 為高度 z 處順風向風力，依 2.2 節計算。

當建築物近似規則矩形柱體，符合 $3 \leq h/\sqrt{BL} \leq 6$ 且 $0.2 \leq L/B \leq 5$ 且 $V_h/(f_a \sqrt{BL}) \leq 10$ 時（其中 f_a 為建築物橫風向基本自然頻率， V_h 為高度 h 處之風速，可依據 2.6 節之解說計算，亦可依表 2.20、表 2.21 或表 2.22 決定），得依式(2.22)計算高度 z 處橫風向風力 W_{Lz} 如下：

$$W_{Lz} = 3q(h)C'_L A_z \frac{Z}{h} g_L \sqrt{1 + \frac{1}{\beta} R_{LR}} \quad (2.22)$$

式中，

A_z 為高度 z 處迎風面面積；

$$g_L = \sqrt{2 \ln(3600 f_a) + \frac{0.577}{\sqrt{2 \ln(3600 f_a)}}}$$

$$C'_L = 0.0082(L/B)^3 - 0.071(L/B)^2 + 0.22(L/B)；$$

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，

$$S_L(n^*) = \sum_{j=1}^s \frac{4\bar{k}_j(1+0.6\beta_j)\beta_j}{\pi} \frac{\left(\frac{n^*}{n_j}\right)^2}{\left[1-\left(\frac{n^*}{n_j}\right)^2\right]^2 + 4\beta_j^2\left(\frac{n^*}{n_j}\right)^2}$$

$$n^* = \frac{f_a B}{V_h}$$

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

$$n_2 = \frac{0.56}{\left(\frac{L}{B}\right)^{0.85}}$$

$$\beta_1 = \frac{\left(\frac{L}{B}\right)^4 + 2.3\left(\frac{L}{B}\right)^2}{2.4\left(\frac{L}{B}\right)^4 - 9.2\left(\frac{L}{B}\right)^3 + 18\left(\frac{L}{B}\right)^2 + 9.5\left(\frac{L}{B}\right) - 0.15} + \frac{0.12}{\left(\frac{L}{B}\right)}$$

$$S_L(n^*) = \sum_{j=1}^s \frac{4\bar{k}_j(1+0.6\beta_j)\beta_j}{\pi} \frac{\left(\frac{n^*}{n_j}\right)^2}{\left[1-\left(\frac{n^*}{n_j}\right)^2\right]^2 + 4\beta_j^2\left(\frac{n^*}{n_j}\right)^2}$$

$$n^* = \frac{f_a B}{V_h}$$

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

$$n_2 = \frac{0.56}{\left(\frac{L}{B}\right)^{0.85}}$$

$$\beta_1 = \frac{\left(\frac{L}{B}\right)^4}{1.1\left(\frac{L}{B}\right)^4 - 1.7\left(\frac{L}{B}\right)^2 + 21} + \frac{0.12}{\left(\frac{L}{B}\right)}$$

$$\beta_2 = 0.28\left(\frac{L}{B}\right)^{-0.34}$$

	$\beta_2 = 0.28 \left(\frac{L}{B} \right)^{-0.34}$ $\bar{k}_1 = 0.85 \quad ; \quad \bar{k}_2 = 0.02$ $\frac{L}{B} < 3 \text{ 時, } S=1 \quad ; \quad \frac{L}{B} \geq 3 \text{ 時, } S=2$ <p>當建築物同時滿足以下各條件：(1) $h/\sqrt{BL} \geq 4$、(2) $V_h / f_a \sqrt{BL} > 8.3$ 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。</p>	$\bar{k}_1 = 0.85 \quad ; \quad \bar{k}_2 = 0.02$ $\frac{L}{B} < 3 \text{ 時, } S=1 \quad ; \quad \frac{L}{B} \geq 3 \text{ 時, } S=2$	
<p>2.11 作用在建築物上之扭矩</p>	<p>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。</p> <p>當建築物近似規則矩形柱體，且 $h/\sqrt{BL} < 3$ 時，得依照式(2.23)計算高度 z 處扭轉向風力 M_{Tz} 如下：</p> $M_{Tz} = 0.28(BW_{Dz})^* \quad (2.23)$ <p>式中，$(BW_{Dz})^*$ 為各向來風高度 z 處順風向風力與迎風面寬度乘積之較大值，所得之設計扭矩適用於各向來風。</p> <p>當建築物近似規則矩形柱體，同時滿足以下各條件：</p> <p>(1) $3 \leq h/\sqrt{BL} \leq 6$、(2) $0.2 \leq L/B \leq 5$、(3) $V_h / (f_t \sqrt{BL}) \leq 10$ 時，得依照式(2.24)計算建築物離地面高度 z 處扭轉向風</p>	<p>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 $3 \leq h/\sqrt{BL} \leq 6$，$0.2 \leq L/B \leq 5$，$f_t \sqrt{BL} / V_h \leq 0.4$ 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_t 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。</p>	<p>1. 參考內政部建築研究所及國內相關學者研究結果，新增高寬比小於 3 時扭矩計算式之說明。</p> <p>2. 參考內</p>

	<p>力 M_{Tz} :</p> $M_{Tz} = 1.8q(h)C_T' A_z B \frac{Z}{h} g_T \sqrt{1 + \frac{1}{\beta} R_{TR}} \quad (2.24)$ <p>式中，f_t 為建築物扭轉向基本自然頻率，</p> $g_T = \frac{\sqrt{2 \ln(3600 f_t)} + 0.577}{\sqrt{2 \ln(3600 f_t)}}$		<p>政部建築研究所及國內相關學者研究結果，修訂尖峰因子 g_T</p>
<p>2.12 建築物設計風力之組合</p>	<p>建築物同時受到順風向風力、橫風向風力與扭轉向風力的作用，但三種作用風力的最大值並不一定同時發生。設計時應對考量的來風方向，分別計算並組合其所對應的順風向、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。</p>	<p>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。</p>	<p>修正說明方式</p>
<p>2.13 低矮</p>	<p>同時滿足以下各條件：(1)高度 h 小於 18 公尺、(2) $h/\sqrt{BL} < 3$、(3) $0.2 \leq L/B \leq 5$ 之近似矩形斷面、封閉式或部分封閉式剛性樓版建築物，若其外牆、斜屋頂和屋頂女兒牆之個別迎風面面積和對應之背風</p>		<p>參考內政部建築研究所及國內相關學</p>

者研究結果，新增 2.13 節，高度小於 20 公尺之低矮建築物計算式

建築物設計風力計算式

面面積相近，得依本節規定，分別計算外牆、斜屋頂及屋頂女兒牆所應承受之順風向、橫風向及扭轉向設計風力。

根據本節計算之順風向、橫風向及扭轉向設計風力，應按 2.12 節進行設計風力之組合，同時依 4.2 節檢核層間變位角。

2.13.1 順風向設計風力計算式

(1) 離地面高度 z 處外牆承受之順風向風力 S_{Dz} 依下式計算：

$$S_{Dz} = 1.49[IV_{10}(C)]^2 \lambda K_z(h) A_z \quad (2.25)$$

式中，若無特殊地形， $K_z(h)=1$ ；若有特殊地形， $K_z(h)$ 依 2.6 節之規定計算。 I 為用途係數，依 2.5 節決定。 $V_{10}(C)$ 為基本設計風速，依 2.4 節決定。 λ 為建築物高度和地況之調整係數，依表 2.23 決定。 A_z 為離地面高度 z 處迎風面面積。

(2) 若為平屋頂，其承受之水平向風力為零，鉛直向上風力 S_{RP} 依下式計算：

$$S_{RP} = 1.41[IV_{10}(C)]^2 \lambda K_{zt}(h)BL \quad (2.26)$$

(3)若為斜屋頂，其承受之水平向風力及鉛直向風力依下式計算：

$$S_R = [IV_{10}(C)]^2 \lambda C_{pc}^* K_{zt}(h)BL \quad (2.27)$$

當風向垂直於屋脊時，計算屋頂處承受之水平向風力時， C_{pc}^* 取用表 2.24 中的 $C_{pc,1}$ ；計算屋頂處承受之鉛直向風力時， C_{pc}^* 取用表 2.24 中的 $C_{pc,2}$ 。

當風向平行於屋脊時，屋頂處承受之水平向風力為零；計算屋頂處承受之鉛直向風力時， C_{pc}^* 取用表 2.24 中的 $C_{pc,3}$ 。

在上述計算中，若所得水平向風力為正，表示其作用方向與風向相同；若所得鉛直向風力為正，表示其作用方向為鉛直往下。

(4)屋頂女兒牆之設計風力 S_{pL} 依下式計算：

$$S_{pL} = 1.54[IV_{10}(C)]^2 \lambda K_{zt}(h_p)A_p \quad (2.28)$$

	<p>式中，$K_{zt}(h_p)$ 為屋頂女兒牆頂端 $z = h_p$ 處之地形係數，若無特殊地形，$K_{zt}(h_p) = 1$；若有特殊地形，依 2.6 節之規定計算。A_p 為屋頂女兒牆迎風面面積。</p> <p>2.13.2 橫風向設計風力計算式</p> <p>建築物離地面高度 z 處橫風向風力 S_{Lz}，計算如下：</p> $S_{Lz} = \left(0.6 \frac{L}{B} + 0.05 \right) S_{Dz} \quad (2.29)$ <p>2.13.3 扭轉向設計風力計算式</p> <p>建築物離地面高度 z 處扭轉向風力 S_{Tz}，計算如下：</p> $S_{Tz} = 0.21 (BS_{Dz})^* \quad (2.30)$ <p>其中，$(BS_{Dz})^*$ 為各向來風高度 z 處順風向風力 S_{Dz} 與迎風面寬度乘積之較大值，所得之 S_{Tz} 適用於各向來風。</p>		
<p>3.1 適</p>	<p>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之局部構材及外部被覆物...</p>	<p>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.....</p>	<p>修改說明文字</p>

用 範 圍			
3. 2 封 閉 式 或 部 分 封 閉 式 建 築 物 局 部 構 材 及 外 部 被 覆	<p>3.2 封閉式或部分封閉式建築物局部構材及外部被覆物之設計風壓計算式</p> <p>封閉式或部分封閉式建築物之局部構材及外部被覆物所應承受之設計風壓 $p\cdots\cdots$</p>	<p>3.2 設計風壓計算式</p> <p>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 $p\cdots\cdots$</p>	<p>1.變更標題名稱</p> <p>2.修改內文說明</p>

<p>物之設計風壓計算式</p>			
<p>3.4 開放式建築物之斜屋頂局部構材</p>	<p>開放式建築物之斜屋頂局部構材及外部被覆物承受之設計風壓p，依下式計算：</p> $p = q(h)GC_{pn} \dots\dots\dots(3.4)$ <p>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；G採用普通建築之陣風反應因子，依 2.7節之規定計算；淨風壓係數C_{pn}見圖3.3。</p>		<p>參考 ASCE 7-10 新增 3.4 節「開放式建築物之斜屋頂局部構材及外部被覆物之設計風壓」</p>

及外部被覆物之設計風壓			
4.4 建築物最高居室樓層側向加	<p>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，亦可採用風洞試驗結果。</p>	<p>4.4 建築物最高居室樓層側向加速度之計算</p> <p>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。</p> <p>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：</p> $A_D = \frac{1.128\bar{G} - 1}{1.128\bar{G}} \times \frac{D^* (2\pi f_n)^2}{(3.34)^2}$ <p>1)</p>	<p>1.式(4.1) 未考慮 50 年回歸期風速與半年回歸期風速在頻譜上的差異。</p> <p>2.式(4.1) 以動態位移反應計算加速度，有過於保守之</p>

<p style="writing-mode: vertical-rl;">速度之計算</p>		<p>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 $\bar{G} = G_f$。</p> <p>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。</p>	<p>虞，應取共振部份位移反應計算加速度較為合理。</p> <p>3. 加速度計算移至 4.3 節之解說</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl;">4.5 降低建築物最高居室樓層側向加</p>	<p>建築物得採用降低最高居室樓層振動加速度的裝置，惟應提出詳細設計資料，證明在回歸期半年的風力作用下，建築物最高居室樓層角隅振動尖峰加速度值在容許值以內。</p>	<p>降低建築物最高樓層振動加速度的裝置可以採用，惟應提出詳細設計資料，證明在回歸期半年的風力作用下，建築物最高樓層振動尖峰加速度值在容許值以內。</p>	<p>修正使用詞句</p>

速度裝置之使用			
5.1 適用範圍	<p>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。當建築物之高度超過 100 公尺，或風力效應明顯時，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。</p>	<p>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。</p>	修訂說明文字

附錄二 104 年版規範與 96 年版規範解說文字修訂對照表

	104 年版規範解說部份文字修訂內容	96 年版規範之解說文字內容	說明
2.2 設計 風力 計算 式	<p>封閉式或部分封閉式建築物在求得設計風壓 p 後，要乘以作用在建築物的表面積，才可得該處的設計風力。開放式建築物不使用風壓係數而用風力係數，但要乘上建築物受風作用的特徵面積才得設計風力。開放式建築物受風作用的特徵面積依其類型可分為實際表面面積及與風向垂直面上投影面積兩種，其選用方式請參閱表 2.9 至表 2.16 所列各類型開放式建築物設計風力係數之備註說明。</p> <p>同時滿足高度 h 小於 18 公尺、$h/\sqrt{BL} < 3$ 且 $0.2 \leq L/B \leq 5$、近似矩形斷面、封閉式和部分封閉式剛性樓版建築物，若其外牆、斜屋頂和女兒牆之個別迎風面面積和對應之背風面面積相近，其主要風力抵抗系統所應承受之順風向、橫風向和扭轉向設計風力，可依本章 2.13 節規定的方式計算之。</p> <p>屋頂突出物之設計風壓與設計風力依照本節規定計</p>	<p>本規範設計風力計算式，主要係參照美國 ASCE 7-02 之規定。其中，風速壓 q 係表示風速受阻而完全靜止時，作用在建築物表面上之風壓力。由於建築物並非無窮大，風可從四面八方流過，因此作用在建築物表面上的風壓，應乘以風壓係數 C_p。上述之風壓係數並沒有計及動態行為，因此應考慮風壓係以平均風壓為中心，有忽大忽小的變化。此外，也應計及其對建築物的動態效應。上述兩種效應，以陣風反應因子表示之。</p> <p>封閉式或部分封閉式建築物在求得設計風壓 p 後，要乘以作用在建築物的表面積，才可得該處的設計風力。開放式建築物不使用風壓係數而用風力係數，但要乘上建築物該處投影在風向垂直之平面上的面積，才得設計風力。</p>	<p>1 參考 ASCE 7-10 增加受風面積詳細說明</p> <p>2. 參考內政部建築研究所及國內相關學者研究結果，說明新增之 2.13 節低矮建築設計風力</p>

3. 新增屋頂突出物之風力說明

4 參考 ASCE 7-10 及內政部建築研究所與國內相關研究新增剛性建築物之簡易風力計算式

算之。

針對剛性樓版建築物，若其外牆、斜屋頂和女兒牆之個別迎風面面積和對應之背風面面積相近，可將主要風力抵抗系統所應承受之設計風力簡化如下：

(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外牆、屋頂及屋頂女兒牆所應承受之設計風力，分別計算如下：

i. 外牆高度 z 處承受之順風向風力 W_{Dz} ，依下式計算：

$$W_{Dz} = [0.8q(z) - C_p q(h)]GA_z$$

式中， C_p 為背風面外牆之外風壓係數，依表 2.4 背風面之規定計算。 G 為普通建築物之陣風反應因子，依 2.7 節之規定計算。 A_z 為高度 z 處迎風面牆面積。

ii. (a) 若為平屋頂時，屋頂處承受之水平向風力為

零，鉛直向風力 W_{RP} 計算如下：

$$W_{RP} = [GC_p - (GC_{pi})]q(h)BL$$

式中，當 $h/L \leq 2.5$ 且 $h/B \leq 2.5$ ，則 $C_p = -0.7$ ；當 h/L 或 $h/B > 2.5$ ，則 $C_p = -0.8$ 。 (GC_{pi}) 為內風壓係數，依 2.9 節之規定計算。若計算出的 W_{RP} 為正，表示 W_{RP} 作用方向為鉛直往下。

(b)若為斜屋頂時，當風向垂直於屋脊，屋頂處承受之水平向風力 W_{RHP} 及鉛直向風力 W_{RVP} ，分別計算如下：

$$W_{RHP} = \frac{1}{2}(C_p + 0.7)q(h)G B L \tan \theta$$

$$W_{RVP} = \left[\frac{1}{2}G(C_p - 0.7) - (GC_{pi}) \right] q(h)BL$$

式中，依表 2.5 中風向垂直於屋脊之迎風面外風壓係

數決定 C_p 。 θ 為屋頂與水平面所夾的角度。若計算出的 W_{RHP} 為正，表示 W_{RHP} 作用方向與風向相同。若計算出的 W_{RVP} 為正，表示 W_{RVP} 作用方向為鉛直往下。

(c) 若為斜屋頂時，當風向平行於屋脊，屋頂處承受之水平向風力為零，鉛直向風力 W_{RV} 計算如下：

$$W_{RV} = [GC_p - (GC_{pi})]q(h)BL$$

式中，當 $h/L \leq 2.5$ 且 $h/B \leq 2.5$ ，則 $C_p = -0.7$ ；當 h/L 或 $h/B > 2.5$ ，則 $C_p = -0.8$ 。若計算出的 W_{RV} 為正，表示 W_{RV} 作用方向為鉛直往下。

iii. 屋頂女兒牆之設計風力 F_p ，依下式計算：

	<p>$F_p = 2.9q_p A_p$</p> <p>式中，A_p 為屋頂女兒牆迎風面面積。</p> <p>(2). 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外牆、屋頂及屋頂女兒牆所應承受之設計風力，分別計算如下：</p> <p>i. 外牆高度 z 處承受之順風向風力以 G_f 取代前述 (1)(i) 中之 G，計算得之。G_f，依 2.7 節解說之規定計算。</p> <p>ii. (a) 若為平屋頂時，屋頂處承受之水平向風力為零，鉛直向風力以 G_f 取代前述 (1)(ii)(a) 中之 G，計算得之。</p> <p>(b) 若為斜屋頂時，當風向垂直於屋脊，屋頂處承受</p>		
--	---	--	--

	<p>之水平向風力及鉛直向風力以 G_f 取代前述(1)(ii)(b)中之 G，計算得之。</p> <p>(c)若為斜屋頂時，當風向平行於屋脊，屋頂處承受之水平向風力為零，鉛直向風力以 G_f 取代前述(1)(ii)(c)中之 G，計算得之。</p> <p>iii. 屋頂女兒牆之設計風力，與前述(1)(iii)相同。</p>									
<p>222</p>	<p>2.4 基本設計風速</p> <p>地況 C、離地面 10 公尺高之 n 年回歸期風速 V_n ($n \leq 100$) 可以下式估計：</p> $V_n = V_{10}(C) \times \left[0.36 - 0.13 \ln \left(- \ln \left(1 + 4.22 \ln \left(\frac{n \times 12 - 1}{n \times 12} \right) \right) \right) \right], n \leq 100$ <p>(C2.6)</p> <p>n 年回歸期風速 V_n ($n \leq 100$) 與基本設計風速之比值，$V_n = \gamma_n V_{10}(C)$</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <tr> <td style="text-align: center;">回歸期 年數 n</td> <td style="text-align: center;">0.5</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">10</td> <td style="text-align: center;">25</td> <td style="text-align: center;">50</td> <td style="text-align: center;">100</td> </tr> </table>	回歸期 年數 n	0.5	1	5	10	25	50	100	<p>新增回歸期風速公式以及列表</p>
回歸期 年數 n	0.5	1	5	10	25	50	100			

	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>γ_n</td> <td>0.30</td> <td>0.46</td> <td>0.70</td> <td>0.79</td> <td>0.90</td> <td>1.00</td> <td>1.10</td> </tr> </table>	γ_n	0.30	0.46	0.70	0.79	0.90	1.00	1.10		
γ_n	0.30	0.46	0.70	0.79	0.90	1.00	1.10				
223 2. 陣風反應因子	<p>普通建築物之陣風反應因子 G 亦可依表 C2.9(a)、表 C2.9(b)或表 C2.9(c)決定。</p> <p>同時滿足 $h/\sqrt{BL}=1\sim 6$ 和 $L/B=1/5\sim 5$ 之柔性建築物，可依據下列計算式(2.13)中之共振反應因子的平方 R^2：</p> $R^2 \approx \frac{\bar{K}\eta_B^{-0.598}\eta_L^{-0.100}}{\beta}$ <p>式中，$\eta_B = 4.6f_n B/\bar{V}_z$；$\eta_L = 15.4f_n L/\bar{V}_z$；地況 A，</p>		<p>1. 新增柔性建築物共振因子及算式列表</p> <p>2. 新增建築物自然頻率阻尼比之建議</p>								

	<p>$\bar{K}=0.019$；地況 B，$\bar{K}=0.021$；地況 C，$\bar{K}=0.026$。</p> <p>建築物耐風設計建議根據動力分析求得結構物順風向、橫風向與扭轉向之基本自然頻率。針對高度 h 小於 $122m$ 之建築物，其順風向基本自然頻率 f_n、橫風向基本自然頻率 f_a 和扭轉向基本自然頻率 f_t，亦可分別依下列經驗公式估計（ASCE 7-05）：</p> $f_n, f_a = \frac{22.86}{h} \text{ (Hz)}$ $f_t = 1.3f_n$ <p>另建議鋼構構造建築物之阻尼比為 $\beta=0.01$；混凝土構造建築物或鋼骨鋼筋混凝土構造建築物之阻尼比為 $\beta=0.02$。</p> <p>註：新增表 2.9(a)、2.9(b)、2.9(c)</p>		
<p>2.8</p>	<p>表 2.9 取自 ASCE 7-88 規範，提供開放式建築物之單斜式屋頂之風力係數 C_f。計算設計風力所用的</p>	<p>表 2.9 取自 ASCE 7-88 規範，提供開放式建築物之單斜式屋頂之風力係數 C_f。計算設計風力所用</p>	<p>1.修正作用面積說明</p>

2.修正
參數之
背景說
明

的面積為屋頂面投影在與風向垂直之平面的面積。

表 2.11 取自 ASCE 7-88 規範，並略做修正，提供設計中空式標示物、格子式構架所用之風力係數。修正說明如下：

圓形斷面構材或圓滑邊之構材、圓形斷面結構物之風力係數，除與幾何形狀有關外，亦與風速有關，其 C_f 與雷諾數 R_e 有關。 R_e 可表示為：

$$R_e = \frac{DV}{\nu}$$

其中， D 為構材直徑， ν 為空氣運動粘滯係數。在 15°C ，1 大氣壓下， $\nu = 1.46 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ 。美國 ASCE 規範與加拿大 NBC 規範均以 $D\sqrt{q(z)}$ 代表 R_e ，而英國 BSI 規範則以 DV 表示 R_e ，以界分在不同風速所對應的 C_f 值。由 NBC 知：

$$R_e = 2.7 \times 10^5 D\sqrt{q(z)}$$

式中， $q(z)$ 為風速壓，以 kg/m^2 為單位。而 BSI 規範中，以 $DV = 6\text{m}^2/\text{s}$ 做為界分不同風速下所對應

面積為屋頂面的面積。

(節略)

表 2.11 取自 ASCE 7-10 規範，並略做修正，提供設計中空式標示物、格子式構架所用之風力係數。修正說明如下：

圓形斷面構材或圓滑邊之構材、圓形斷面結構物，其風力係數 C_f 與雷諾數 R_e 有關。 R_e 可表示為：

$$R_e = \frac{DV}{\nu}$$

其中， D 為構材直徑， ν 為空氣運動粘滯係數。在 22°C ，1 大氣壓下， $\nu = 1.53 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ ，空氣密度 $1.20 \text{ kg}/\text{m}^3$ 。一旦雷諾數超過圓柱體的臨界雷諾數 R_e ，風力係數 C_f 會變小。圓柱體的臨界雷諾數 R_e 與其表面粗糙度有關， R_e 值約為 $2 \times 10^5 \sim 4.5 \times 10^5$ 。美國 ASCE 7-10 規範與加拿大 NBC 規範均以 $D\sqrt{q(z)}$ 代表 R_e ， $q(z)$ 為風速壓，以 N/m^2 為單位，ASCE 7-10 規範以 $D\sqrt{q(z)} = 5.3$ 做為界分不同雷諾數下所對應的 C_f

風
壓
係
數
與
風
力
係
數

值。當臨界雷諾數 R_e 訂為 4.5×10^5 ，本規範對應之臨界值：

$$D\sqrt{q(z)} = 1.53 \times 10^{-5} \cdot 4.5 \times 10^5 \cdot \sqrt{1.20/9.81/2} = 1.70$$

其中， $q(z)$ 為風速壓，以 kgf/m^2 為單位。

表 2.12 係取自 ASCE 7-10 規範，提供煙囪、圓柱、圓形水塔及其他類似結構物所用之風力係數 C_f 。圓柱形之結構物，其表面粗糙度亦會影響其風力係數 C_f 值。對於表面粗糙之圓柱體， C_f 值須依據粗糙程度 D'/D 略作修正。對於具有角邊的結構物，如方形體等，其表面之粗糙度並不會影響風力係數。

表 2.13 提供結構物具有均勻斷面，且呈角柱體形狀之風力係數 C_f 及其高寬比之修正係數 R 。平面尺寸不變的角柱體結構物，因高度不同而有不同的 R 值，因此其 C_f 值也不同。

表 2.14 係取自 NBC 規範，提供竿、管、繩之風力係數 C_f 。由於竿、管、繩皆具圓斷面，其 C_f 值與雷諾數有關，以 $D\sqrt{q(z)} = 1.70$ 為臨界值，做為界分不同風速

的 C_f 值。因此其對應的雷諾數 R_e 為：

$$R_e = \frac{6}{1.46 \times 10^{-5}} = 4.1 \times 10^5$$

如此可決定出本規範所用 $D\sqrt{q(z)}$ 之臨界值為：

$$D\sqrt{q(z)} = \frac{4.1 \times 10^5}{2.7 \times 10^5} = 1.5$$

表 2.12 係取自 ASCE 7-88 規範，並略作修正，提供設計煙囪、水塔及其他類似結構物所用之風力係數 C_f 。對於具有角邊的結構物，如方形體等，其表面之粗糙度並不影響風力作用在其上的效應。但對於圓斷面之結構物，如圓柱體等，因 C_f 值隨表面粗糙度而不同，故將影響到作用在其上風力的大小，亦即表面越粗糙者，所受風力越大。

表 2.13 提供結構物具有均勻斷面，且呈角柱體形狀之風力係數 C_f 及其高寬比之修正係數 R 。平面尺寸不變的角柱體結構物，因高度不同而有不同的 R 值，因此其 C_f 值也不同。

表 2.14 係取自 NBC 規範，提供竿、管、繩之風

	<p>下所對應的 C_f 值。</p>	<p>力係數 C_f。由於竿、管、繩皆具圓斷面，其 C_f 值與雷諾數有關，以 $D\sqrt{q(z)}=1.5$ 為臨界值，做為界分不同風速下所對應的 C_f 值。</p>	
<p style="writing-mode: vertical-rl;">2.10 橫風向之風力</p>	<p>幾何形狀近似規則且高寬比較大之建築物受風吹襲時，背風面會產生交替的渦散(vortex shedding)現象，致使建築物的橫向受不平衡風壓作用，產生橫向振動。渦散頻率 n，通常由下式計算：</p> $S = \frac{nB}{V} \quad (C2.15)$ <p>其中，V 為風速，B 為與風向垂直的建築物寬度，S 為 Strouhal 數。當建築物橫向之自然振動頻率 f_a 接近渦散頻率 n 時，便會發生結構共振。共振的振幅大時，會進一步產生鎖定(lock-in)現象，此時即使風速略增，但渦散頻率 n 仍會盯住 f_a，致使建築物產生極大的簡諧振動，因此應設法避免。在不會產生共振及鎖定的情況下，建築物之橫向振動係屬隨機振動。此時應計算橫風向之風力，並與順風向風力合併作用。我國橫風向風力參考日本建築學會之設計風力相關建議條文(AIJ-2004)。橫風向風力之相關規定如下：</p>	<p>建築物受風吹襲時，背風面會產生交替的渦散(vortex shedding)現象，致使建築物的橫向受不平衡風壓作用，產生橫向振動。渦散頻率 n，通常由下式計算：</p> $S = \frac{nB}{V} \quad (C2.15)$ <p>其中，V 為風速，B 為與風向垂直的建築物寬度，S 為 Strouhal 數。當建築物橫向之自然振動頻率 f_a 接近渦散頻率 n 時，便會發生結構共振。共振的振幅大時，會進一步產生鎖定(lock-in)現象，此時即使風速略增，但渦散頻率 n 仍會盯住 f_a，致使建築物產生極大的簡諧振動，因此應設法避免。在不會產生共振及鎖定的情況下，建築物之橫向振動係屬隨機振動。此時應計算橫風向之風力，並與順風向風力合併作用。我國橫風向風力參考日本建築學會之設計風力相關建議條文(AIJ-96)。橫風向風</p>	<p>增加 $h/\sqrt{BL} <$ 時之橫風向風力計算式之說明。</p>

(1) 建築物或地上獨立結構物為矩形柱體：

(a) 矩形斷面建築物之高寬比小於 $3(h/\sqrt{BL} < 3)$ ，其橫風向風力受到來風紊流的影響很大，渦散特性較不明顯，與高寬比較大之建築物有明顯差異，橫風向風力依規範 2.10 節式 (2.21) 計算之。

(b) 矩形斷面建築物滿足高寬比介於 3 至 6 之間 ($3 \leq h/\sqrt{BL} \leq 6$)，斷面深寬比介於 0.2 至 5 之間 ($0.2 \leq L/B \leq 5$)，無因次風速小於 $10(V_h/(f_a \sqrt{BL}) \leq 10)$ 時，其橫風向風力依規範 2.10 節式 (2.22) 計算之。此部分橫風向風力之主要依據為風洞模型實驗數據。

(c) 矩形斷面建築物符合下列條件： $h/\sqrt{BL} \geq 4$ 且

力之相關規定如下：

(1) 建築物或地上獨立結構物為矩形柱體：

(a) 矩形斷面建築物符合下列條件： $h/\sqrt{BL} \geq 4$ 且 $V_h > 8.3 f_a \sqrt{BL}$ (史特赫數 0.1，安全係數 1.2) 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。

(b) 矩形斷面建築物滿足細長比介於 3 至 6 之間 ($3 \leq h/\sqrt{BL} \leq 6$)，斷面深寬比介於 0.2 至 5 之間 ($0.2 \leq L/B \leq 5$)，無因次頻率小於 0.4 ($f_a \sqrt{BL}/V_h \leq 0.4$) 時，其橫風向風力依規範 2.10 節計算之。此部分橫風向風力之主要依據為風洞模型實驗數據。

$\frac{V_h}{f_a \sqrt{BL}} > 8.3$ (史特赫數 0.1, 安全係數 1.2) 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。

(2) 建築物為圓柱體:

(a) 圓柱斷面建築物滿足 $h/D \geq 7$ 與 $V_h / f_a D > 4.2$ (史特赫數 $S=0.2$, 安全係數 1.2) 時, 應依據式(C2.16)考慮建築物因渦散共振引起的橫風向風力。

$$W_{rz} = 0.8 \rho U_r^2 C_r \frac{Z}{h} A$$

(C2.16)

W_{rz} : 為高度 z (m) 之橫風向風力 (N);

ρ : 為空氣密度 ($= 1.20 \text{ kg/m}^3$);

$U_r = 5 f_a D_m$ 為渦散共振風速;

(2) 建築物為圓柱體:

圓柱斷面建築物滿足 $h/D \geq 7$ 與 $V_h > 4.2 f_a D$ (史特赫數 $S=0.2$, 安全係數 1.2) 時, 應依據式(C2.16)考慮建築物因渦散共振引起的橫風向風力。

$$W_{rz} = U_r^2 \frac{Z}{h} C_r A \quad (C2.16)$$

W_{rz} : 為高度 z (m) 之橫風向風力 (N);

$U_r = 5 f_a D_m$ 為渦散共振風速;

D_m : $2/3 h$ 高度處之圓柱直徑;

D_m ：為 $2/3 h$ 高度處之圓柱直徑； C_r ：為渦散共振之風力係數，如下表； A ：為高度 z 處之投影面積。			C_r ：渦散共振之風力係數，如下表； A ：高度 z 處之投影面積。		
$U_r D_m$ (m ² /s)	$\rho_f \sqrt{\beta} < 0.5$	$\rho_f \sqrt{\beta} \geq 0.5$	$U_r D_m$ (m ² /s)	$\rho_f \sqrt{\beta} < 5$	$\rho_f \sqrt{\beta} \geq 0.5$
$U_r D_m < 3.0$ (亞臨界流 $Re < 2 \times 10^5$)	$\frac{1.3}{\sqrt{\beta}} + \frac{0.15}{\beta} \frac{\rho}{\rho_f}$	$\frac{1.7}{\sqrt{\beta}}$	$U_r D_m < 3$ (亞臨界流 $R < 2 \times 10^5$)	$\frac{1.3}{\sqrt{\beta}} + \frac{1.8}{\rho_f \beta}$	$\frac{1.7}{\sqrt{\beta}}$
$3.0 \leq U_r D_m < 6.9$ (臨界流 $2 \times 10^5 \leq Re < 4.5 \times 10^5$)	線性內插	線性內插	$3 \leq U_r D_m < 6$ (臨界流 $2 \times 10^5 \leq R < 4 \times 10^5$)	線性內插	線性內插
$6.9 \leq U_r D_m$ (超臨界流 $4.5 \times 10^5 \leq Re$)	$\frac{0.53}{\sqrt{\beta}} + \frac{0.02}{\beta} \frac{\rho}{\rho_f}$	$\frac{0.57}{\sqrt{\beta}}$	$3 \leq U_r D_m < 6$ (超臨界流 $4 \times 10^5 \leq R$)	$\frac{0.53}{\sqrt{\beta}} + \frac{0.2}{\rho_f \beta}$	$\frac{0.57}{\sqrt{\beta}}$
表中，			表中，		
			β ：基本振態之阻尼比；		

	<p>β：為基本振態之阻尼比</p> <p>$\rho_f = M / (hD_m D_B)$ 為建築物密度 (kg/m^3) ;</p> <p>M : 為建築物質量 (kg)</p> <p>D_B : 為建築物基底直徑 (m)</p> <p>(b) 當 $V_h L \geq 6(\text{m}^2/\text{s})$, 則圓柱斷面建築物的橫風向風力, 可用式(2.22)計算, 其中 $C'_L = 0.06$;</p> <p>$S = 1$; $\bar{k}_1 = 0.9$; $n_1 = 0.15$; $\beta_1 = 0.2$ 。</p>	<p>$\rho_f = M / (hD_m D_B)$, 為建築物密度 (kg/m^3) ;</p> <p>M : 建築物質量 (kg)</p> <p>D_B : 建築物基底直徑 (m)</p>	
2.11 作用 在 建	<p>一個具有對稱斷面, 無偏心距的建築物, 也會由於非對稱風壓而引起扭轉振動。我國風力規範之扭矩相關規定係參考日本建築學會之設計風力相關建議條文(AIJ-2004)而訂定。一個矩形柱體且無偏心的建築物之設計扭矩相關規定如下:</p> <p>(a) 矩形斷面建築物之高寬比小於</p>	<p>一個具有對稱斷面, 無偏心距的建築物, 也會由於非對稱風壓而引起扭轉振動。我國風力規範之扭矩相關規定係參考日本建築學會之設計風力相關建議條文(AIJ-96)而訂定。一個矩形柱體且無偏心的建築物, 滿足細長比介於 3 至 6 之間 ($3 \leq h/\sqrt{BL} \leq 6$), 斷面深寬比介於 0.2 至 5 之間 ($0.2 \leq L/B \leq 5$), 無因次頻率小於 0.4</p>	<p>參考內政部建築研究所及國內相關學者研究結果, 增加 $h/\sqrt{BL} <$</p>

時設計
扭矩計
算式之
說明。

($f_t\sqrt{BL}/V_h \leq 0.4$)時，其扭矩可依規範 2.11 節計算之。此部分扭矩之主要依據為風洞模型實驗數據。

$3(h/\sqrt{BL} < 3)$ ，其設計扭矩受到來風紊流的影響很大，渦散特性較不明顯，與高寬比較大之建築物有明顯差異，設計扭矩依規範 2.11 節式(2.23)計算之。

(b) 矩形斷面建築物滿足高寬比介於 3 至 6 之間 ($3 \leq h/\sqrt{BL} \leq 6$)，斷面深寬比介於 0.2 至 5 之間 ($0.2 \leq L/B \leq 5$)，無因次風速小於 $10(V_h/(f_o\sqrt{BL}) \leq 10)$ 時，其設計扭矩依規範 2.11 節式(2.24)計算之。

增加部
分方向
性說明

建築物所受的最大順風向、橫風向與扭轉向風力並不會在相同風向發生，應分別考慮不同風向的影響。以下圖中矩形斷面為 BxD 的建築結構為例，應分別將 x 風向與 y 風向所產生的順風向、橫風向

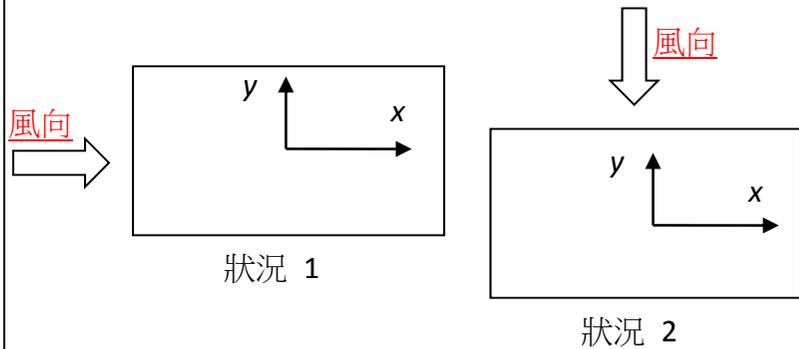
建築物所受的最大順風向、橫風向與扭轉向風力並不會在相同風向發生，應分別考慮不同風向的影響。以下圖中矩形斷面建築結構為例，若各風向下之地況與地形相同，應分別將 x 風向與 y 風向所產生的

建築物
上之
扭矩

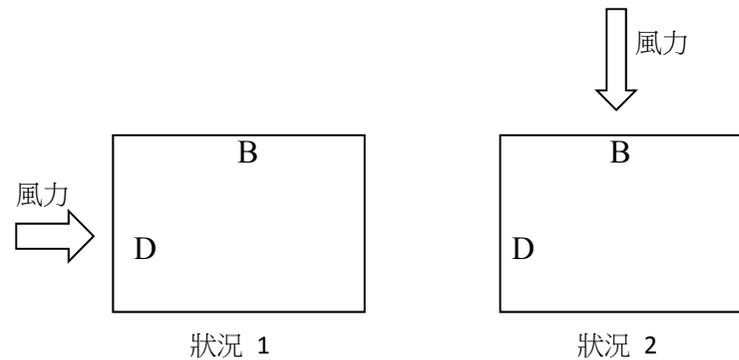
2.
1
2
建

建築物設計風力組合

順風向、橫風向與扭轉向風力組合為二個載重組合，進行結構分析。設計時以二個載重組合計算結果之較大值為設計依據，為了考慮順風向與橫風向載重對於某些構件具有相同方向效應，如邊角柱的軸向力，可將三個風向的動態部分結構效應以平方和開根號力 (SRSS) 方式組合。本規範之設計風載重不包含建築物質量中心與勁度中心不一致的偏心效應，施加载重時，順風向與橫風向之合力應通過建築物斷面之幾何中心為原則。



與扭轉向風力組合為二個載重組合，進行結構分析。設計時以二個載重組合計算結果之較大值為設計依據，為了考慮順風向與橫風向載重對於某些構件具有相同方向效應，如邊角柱的軸向力，可將三個風向的動態部分結構效應以平方和開根號力 (SRSS) 方式組合。本規範之設計風載重不包含建築物質量中心與勁度中心不一致的偏心效應，施加载重時，順風向與橫風向之合力應通過建築物斷面之幾何中心為原則。



	<p>(一) 載重組合 1：{W_{Dx}，W_{Lx}，W_{Tx}}</p> <p>W_{Dx}：x 風向之順風向設計風力</p> <p>W_{Lx}：x 風向之橫風向設計風力</p> <p>W_{Tx}：x 風向之扭轉向設計風力</p> <p>(二) 載重組合 2：{W_{Dy}，W_{Ly}，W_{Ty}}</p> <p>W_{Dy}：y 風向之順風向設計風力</p> <p>W_{Ly}：y 風向之橫風向設計風力</p> <p>W_{Ty}：y 風向之扭轉向設計風力</p>	<p>(一) 載重組合 1：{F_{Dx}，F_{Lx}，F_{Tx}}</p> <p>F_{Dx}：x 風向之順風向設計風力</p> <p>F_{Lx}：x 風向之橫風向設計風力</p> <p>F_{Tx}：x 風向之扭轉向設計風力</p> <p>(二) 載重組合 2：{F_{Dy}，F_{Ly}，F_{Ty}}</p> <p>F_{Dy}：y 風向之順風向設計風力</p> <p>F_{Ly}：y 風向之橫風向設計風力</p> <p>F_{Ty}：y 風向之扭轉向設計風力</p>	
<p>2.1.3 低矮</p>	<p>本節低矮建築物順風向設計風力計算式，主要以式(2.1)和式(2.3)為基礎，針對高度小於 18m、$h/\sqrt{BL} < 3$ 且 $0.2 \leq L/B \leq 5$ 之近似矩形斷面、封閉式或</p>		<p>參考內政部建築研究所及國內相關學者研究結</p>

<p>235</p> <p>建築物設計風力計算式</p>	<p>部分封閉式剛性樓版建築物，若其外牆、斜屋頂和屋頂女兒牆之個別迎風面面積和對應之背風面面積相近，考慮 G 的保守值，合成迎風面風力和背風面風力，可得式(2.25)。</p> <p>橫風向設計風力計算式，主要以式(2.21)和式(2.25)為基礎，針對高度小於 18m、$h/\sqrt{BL} < 3$ 且 $0.2 \leq L/B \leq 5$ 近似矩形斷面建築物，計算橫風向風力和順風向風力之比值，再以回歸分析求得式(2.29)。</p> <p>扭轉向設計風力計算式，主要以式(2.23)和式(2.25)為基礎，針對高度小於 18m、$h/\sqrt{BL} < 3$ 且 $0.2 \leq L/B \leq 5$ 近似矩形斷面建築物，來計算扭轉向風力和順風向風力之比值，以求得式(2.30)。</p>		<p>果，新增 2.13 低矮建築物設計風力計算式</p>
------------------------------	---	--	-----------------------------------

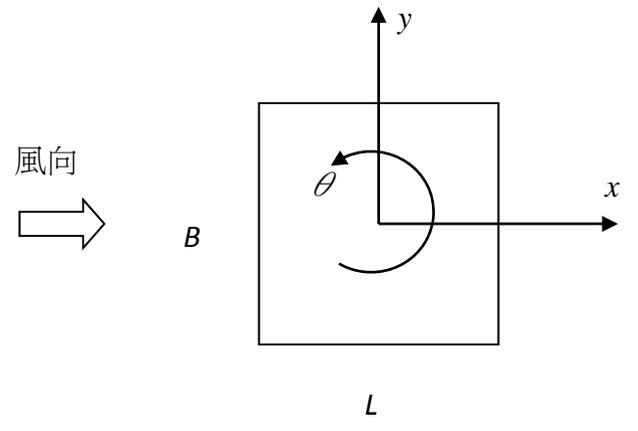
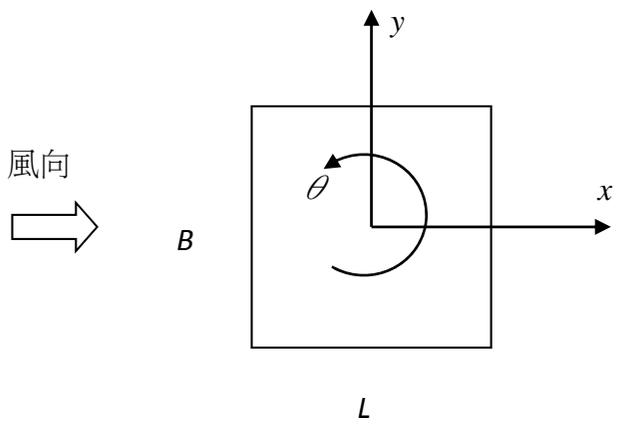
3.1 適用範圍	對於開放式建築物而言，由於沒有內、外風壓的區分，且此種結構物的規模通常也不大，因此主要風力抵抗系統與局部構材及外部被覆物之設計風力計算一般並沒有不同，但針對開放式建築之斜屋頂局部構材及外部被覆物之設計風力，應依據 3.4 節之規定計算。	對於開放式建築物而言，由於沒有內、外風壓的區分，且此種結構物的規模通常也不大，因此主要風力抵抗系統與局部構材及外部被覆物之設計風力計算並沒有不同。	因增加 3.4 節「開放式建築之斜屋頂局部構材及外部被覆物之設計風壓」條文而加強解說
3.2 封閉式或部分封閉式建築	圖 3.4 為建築物屋頂女兒牆外風壓之分布示意圖；圖 3.5 為單一屋頂女兒牆之內風壓與外風壓分布示意圖。	圖 3.3 為建築物屋頂女兒牆外風壓之分布示意圖；圖 3.4 為單一屋頂女兒牆之內風壓與外風壓分布示意圖。	因新增圖 3.3(a) 及 3.3(b)，修正圖號

<p>物局部構材及外部被覆物之設計風壓計算式</p>			
<p>3.4 開放式</p>	<p>本節之計算式係按 ASCE 7-10 規範之規定。對於所有高度之開放式建築物，其屋頂面上各區域所受風壓</p>		<p>參考 ASCE</p>

<p>建築物之斜屋頂局部構材及外部被覆物承受之設計風壓</p>	<p>以淨風壓係數考慮，圖 3.3 為開放式建築物之屋頂局部構材及外部被覆物之淨風壓係數(C_{pn})示意圖。</p>		<p>7-10 規範之規定 3.4 節新增 增解說 條文</p>
<p>4.3 建築</p>	<p>居室係指供居住、工作、集會、娛樂、烹飪等使用之空間。</p>		<p>新增免除 檢核 振動加</p>

物最高居室樓層容許側向加速度值	<p>針對非居室用途之建築物，可免除本節側向振動尖峰加速度值之檢核。</p> <p>建築物滿足下列條件，其頂樓振動加速度應無超過舒適度容許值之慮，可免除最高居室樓層角隅振動尖峰加速度值之檢核：</p> <p>(1)鋼筋混凝土或鋼骨鋼筋混凝土建築物</p> <p>建築物高寬比小於 3 ($h/\sqrt{BL} < 3$)，且高度在 70 公尺以下者；</p> <p>(2)鋼骨建築物</p> <p>建築物高寬比小於 3 ($h/\sqrt{BL} < 3$)，且高度在 70 公尺以下，位於地況 A 或 B 者；或是高寬比小於 2 ($h/\sqrt{BL} < 2$)，且高度在 40 公尺以下，位於地況 C 者。</p>		速度值之說明
4.4 建築物最高居	<p>下圖為高層建築斷面及順風向、橫風向、扭轉向座標示意圖。</p>	<p>居室係指供居住、工作、集會、娛樂、烹飪等使用之空間。最高居室樓層角隅之振動尖峰加速度值之計算，是基於順風向振動與橫風向及扭轉向振動不相關，橫風向振動與扭轉向振動完全相關的條件下為之。下圖為高層建築斷面及順風向、橫風向、扭轉向座標示意圖。</p>	1. 修改示意圖 2. 參考內政部

建築研究所及相者結
 究國內學者新增頂之
 關研究果，屋頂度
 研果，屋頂度
 算式



計算順風向加速度、橫風向加速度及扭轉加速度時，僅需考慮回歸期為半年的風速作用下，所產生共振部分風力的影響。令 D^* 、 L^* 、 θ^* 分別是在回歸期為半年的共振部分風力作用下，經結構分析所得建築物最高居室樓層之順風向、橫風向與扭轉向位移，則建築物最高居室樓層形心位置之順風向最大加速度 A_D 、橫風向最大加速度 A_L 與扭轉向最大加速度 A_T ，分別為：

$$A_D = (2\pi f_n)^2 D^*$$

$$A_L = (2\pi f_a)^2 L^*$$

室樓層側向加速度之計算

(C4.1)

$$A_T = (2\pi f_t)^2 \theta^*$$

其中計算 D^* 、 L^* 、 θ 所需之半年回歸期共振部分風力依下列方式計算：

(1) 當建築物之高寬比滿足 $3 \leq h/\sqrt{BL} \leq 6$ ，在回歸期為半年的風速作用下，高度 z 處之順風向、橫風向及扭轉向共振部分風力，可依下列計算式求得：

(a) 順風向共振部分風力依 2.2 節之規定計算，但其中陣風反應因子應使用僅包含共振部份之 \bar{G} 如下：

$$\bar{G} = 1.927 \left(\frac{1.7 I_z g_R R}{1 + 1.7 g_V I_z} \right) \quad (C4.2)$$

(b) 橫風向共振部份風力依式(C4.3)計算，其中之參數依 2.10 節之規定計算。

$$\bar{W}_{Lz} = 3q(h)C'_L A_z \frac{Z}{h} g_L \sqrt{\frac{1}{\beta}} R_{LR} \quad (C4.3)$$

(c) 扭轉向共振部份風力依式(C4.4)計算，其中之參數依 2.11 節之規定計算。

$$\bar{M}_{Tz} = 1.8q(h)C'_T A_z B \frac{Z}{h} g_T \sqrt{\frac{1}{\beta}} R_{TR} \quad (C4.4)$$

(2) 當建築物之高寬比滿足 $h/\sqrt{BL} < 3$ ，在回歸期為半年的風速作用下，高度 z 處之順風向、橫風向及扭轉向共振部分風力，可依下列計算式求得：

(a) 順風向共振部分風力依 2.2 節之規定計算，但其中陣風反應因子應依式(C4.2)計算。

(b) 橫風向共振部份風力依式(C4.5)計算， W_{Lz}

為回歸期半年風速作用下，依據式(2.21)所得之 z 處
高度橫風向風力。

$$\bar{W}_{Lz} = 0.84W_{Lz} \quad (C4.5)$$

(c) 扭轉向共振部份風力依式(C4.6)計算， M_{Tz}
為回歸期半年風速作用下，依據式(2.23)所得之 z 處
高度扭轉向風力。

$$\bar{M}_{Tz} = 0.80M_{Tz} \quad (C4.6)$$

建築物角隅處之順風向、橫風向與扭轉向振動加速度之組合

最高居室樓層角隅之振動尖峰加速度值之計算，是
基於順風向振動與橫風向及扭轉向振動不相關，橫
風向振動與扭轉向振動完全相關的條件下為之。

附錄三 期初審查意見及回應一覽表

項次	審查委員意見	回應
1	本案研究內容建議增加電腦簡易程式（如：Excel）試算表，以利業界使用。	本計劃之目標原未含發展程式，但將視計畫時間與必要性，斟酌提供部分計算公式之 EXCEL 試算表，以利設計者參考。
2	建議再納入較新的國際先進規範等文獻，充實本研究案內容。	將更新參考文獻所列各國耐風規範之年代。
3	<p>1. 是否可提供：</p> <p>a. 高樓層（>50m）</p> <p>b. 附屬建物，例如：帷幕牆風壓等。</p> <p>c. 各風力係數表格。</p> <p>d. 建築物高層樓之舒適度。</p> <p>以上各項的流程圖演算例及 Excel 簡易程式。</p>	本計劃案原已規劃提供不同設計情況下之流程圖及演算例，包括高樓層、帷幕牆、舒適度等。另有關簡易程式業於項次 1 回應。
4	日後設計風壓或風力之計算範例、流程圖，除低矮樓層建築物外，另增加高層建築物為佳；另範例盡量增列考量風力控制建築物，如煙囪、燈塔等構造物範例。	本計劃案原已規劃提供不同設計情況下之流程圖及演算例，包括高樓層、煙囪等。
5	期中專家座談會參與對象，應包括實務界專家，如土木、結構技師公會專家代表。	將邀請業界具相關專業背景土木、結構技師參與專家座談。
6	手冊研擬完成後，建請內政部建築研究所邀計畫主持人舉辦研討會向實務界宣導。	計畫完成後，可請建築研究所舉辦研討會，向實務界宣導。
7	建議將新舊規範差異性概述於手	本計劃案原已規劃將新舊規範差

	冊章節中，以利閱讀使用。	異性概述於手冊中。
8	應增列歐洲規範為參考資料。	遵照辦理。
9	建議將鋁帷幕牆列為示範例以利參考。	本計劃原規劃示範例中已涵蓋帷幕牆風壓之計算。
10	對於業界的應用，應以簡單化為目標，包括輸入與輸出。	遵照辦理。
11	建議針對規範中第五章風洞試驗提供模擬準則，可參考 ASCE 49-12 或 NIST 1655 技術文件內容研擬，將其納入本計畫。	將建議未來修訂規範時，可參考 ASCE 49-12 或 NIST 1655，研擬第五章風洞試驗之模擬準則。而本計畫將簡介其內容。
12	應針對規範所列每一條文充分解說，分解各種適用的狀況，並就各該狀況做成計算例。	本計劃將考慮各種適用的情況，分別呈現計算例，並作解說。
13	解說中發現條文不足之資訊時，可整理國內外法規或研究，做為條文補充資料，以供業界參考。	現行國內耐風規範是依據產官學各界專家，經反覆討論與修訂，形成共識而定案。而本計劃之目標是提供符合現行規範之設計流程圖及計算例，故不宜加入本計劃研究團隊個人之判斷與補充，避免造成混淆。
14	可整理各種研討會、發表場合的提問，反映在解說中，解決業者無法解讀計算的困擾。	遵照辦理。

附錄四 第一次工作會議記錄

壹、時間：104 年 4 月 23 日(星期四)下午 2 點 00 分

貳、地點：內政部建築研究所(新北市新店區北新路三段 200 號 13 樓)

參、主席：陳建忠組長

肆、出(列)席單位及人員：陳建忠組長；陳玠佑副研究員

陳瑞華副教授；高士哲博士

伍、主席致詞：(略)

陸、議程說明：(略)

柒、「建築物耐風設計規範及解說技術手冊研擬」進度報告及討論

項次	建研所意見	回覆
1	耐風設計計算示範例請包含常見的幾類建築物，必要時附上相關照片。	遵照辦理。
2	在完成建築物耐風設計規範及解說技術手冊之後，希望未來能將其數位化。	綜合考慮業界的需求與可執行的研究人力後再來決定。
3	請於建築物耐風設計規範及解說技術手冊中說明其使用方式。	遵照辦理。
4	請於報告中定義何謂新規範。	本計劃案會於報告中定義新規範為民國 104 年 1 月 1 日起施行的建築物耐風設計規範及解說。
5	請與建研所承辦人討論未來專家座談的委員名單。	遵照辦理。
6	請於報告中說明建築物進行風環境	擬於報告中說明如下：

	<p>影響評估的時機。</p>	<p>「開發行為環境影響評估作業準則」第二十二條規定：「開發行為中除煙囪外有七十公尺以上之高層結構體者，其可能產生之風場、日照、電波以及空氣污染物擴散之干擾等負面影響，應予預測及評估，並提出因應對策；必要時應進行相關之模擬分析或試驗。」。</p> <p>另外，台北市「綜合設計公共開放空間設置及管理維護要點」第7條規定：「建築高度超過60公尺，應作風洞效應評估，尤其側重超高層建築物所可能產生之微氣候及對公共開放空間使用之影響。」</p>
<p>7</p>	<p>請於報告中說明計算示範例的適用性。</p>	<p>擬於報告中說明計算示範例是根據104年版耐風設計規範第二章、第三章與第四章計算近似獨立矩形建築物之設計風壓(或風力)。而根據104年版耐風設計規範第五章，當建築物之高度超過100公尺，或風力效應顯著時，建議進行風洞試驗。</p>

捌、散會：下午3點30分

附錄五 期中審查意見及回應一覽表

本所 104 年度委託研究「建築物耐風設計規範及解說技術手冊研擬」、「帷幕牆現地試驗方法國家標準化研究」等 2 案期中審查會議紀錄

一、時間：104 年 7 月 7 日（星期三）上午 9 時 30 分

二、地點：本所簡報室

三、主持人：陳組長建忠

記錄：陳玠佑、郭建源

四、出席人員：如簽到單

五、主席致詞：(略)

六、執行單位簡報：(略)

七、綜合討論意見：(依研究計畫序)

(一)「建築物耐風設計規範及解說技術手冊研擬」案：

中華民國全國建築師公會：

1. 建築物耐風設計規範是否考量建築物雨遮等附屬構造物對風之影響情況(外牆裝飾物)。
2. 報告書 39 頁之圖 3-20 與 41 頁之圖 3-22 流程圖建議檢視是否有表示不全處。
3. 第 45 頁所示之示範例根據建築物資料可知牆面開口效率為 5.22%，建議繪製相關位置圖以利瞭解。
4. 耐風設計規範是否將都市風場與郊區風場(廣場)等環境影響列入考量。
5. 建議考量都市相鄰建築物間所造成的相互影響。

中華民國土木技師公會全國聯合會：

1. 報告書第 46 頁，為何建築物不同外牆面向使用不同地況，請略加說明。
2. 建議報告書再加強編輯，以增加可讀性。
3. 報告書第 12 頁第二節各類設計情況之定義請再加強說明。

陳副總經理文樹：

目前建築物及帷幕牆風力設計均採用 96 年版建築物耐風設計規範，期待本研究案通過後，可為建築界及帷幕牆業界提供更正確

的結構計算之依據。

莊副局長素琴：

1. 本案與營建署建築設計規範有關，查似無相關國家標準制定之需求。
2. 建築物結構設計高度商業化且技術面高，如何讓業界經由本規範技術手冊來參酌運用以作為設計之參考，確有其必要性。
3. 建議手冊內容必須清楚易懂易讀，特別是案例之分析，可加強蒐集各式案例並分類，以提供業界相關人員運用。
4. 本案規劃周詳完整且有系統邏輯，完成後可置於貴所網頁廣泛宣導使用。

許理事長俊美：

1. 建議提供政府認可之程式為業界使用或納入後續研究。
2. 建議期末報告提供建築物附屬構造或格柵(外部被覆物)之便捷耐風設計方法。

廖組長肇昌：

1. 本手冊之目的在期望業者能正確使用 104 年版耐風設計規範，減少錯誤判斷，故建議在手冊中適當位置說明「常見錯誤判斷」應用案例，另宜注意規範技術手冊內容之詳細度及正確性。
2. 在主抗風系統設計步驟中，首在蒐集「工址風環境」資料，建議明確說明如何取得相關參數。
3. 本研究之耐風設計流程圖，建議搭配提供設計檢核表。

陳建築師鵬欽：

1. 研擬耐風設計示範例符合使用者期待，技術手冊完成後建議舉辦說明會，讓使用者更能深入瞭解。
2. 未來建議將耐風設計規範加以程式化，有償或免費提供業界使用。
3. 針對平面或立面不規則的設計情況，無法提供示範例時，建議提供原則性之建議步驟，以免設計者導入錯誤想法。

胡總監銘煌：

1. 新規範第 2.13 節高度小於 18 公尺之低矮建築物耐風設計，列於本報告書第九章，而高於 18 公尺則列於第七章，應用上不易理解。建議按現行規範，依下列條件增作一示範例：(1)普通建築物(基本自然頻率 1Hz)；(2)陣風反應因子依 2.7 節取 1.88；(3)高寬比小於 3，風垂直風向吹 AD 及 BC 兩面即可。示範例應以簡單清楚、完整且適用範圍大為原則。
2. 新規範第 3 章外部被覆物之耐風設計列於本報告書第四章，

請特別注意規範第 3.1 節之適用範圍提及「若局部構材及外部被覆物之受風面積大於 65 平方公尺，則也可依 2.2 節之公式計算設計風壓」。而 65 平方公尺對帷幕牆或屋頂之受風面積是非常容易達到的，若直接回到 2.2 節計算，則設計風壓不僅無法以圖 3.1 圖 3.2 去考慮轉角或角度的風力放大效應，亦無法考慮局部構架可能承受較大風壓之效應，導致不安全結果，建議本技術手冊特別加強說明。

李主任鎮宏：

計算案例中尚無檢核耐風結構反應之數據資料，建議於風力計算時一併納入。

陳組長建忠：

1. 為落實本手冊成果的運用，宜蒐集營建署、技師公會、建築師公會等機關團體，對規範使用手冊的需求。
2. 本次規範是 103 年 6 月發布 104 年生效，簡稱時建議稱 103 年版。或註明是「發布版」及「施行版」。

計畫主持人回應（陳教授瑞華）：

1. 本計畫擬定之示範例已涵蓋(1)普通(G 取 1.88)、高寬比小於 3 且高度小於 70 公尺建築物之主要風力抵抗系統及(2)局部構材及外部被覆物(含帷幕牆)，將於期末報告中詳述。另外，將示範耐風結構反應計算與檢核的執行流程。
2. 規範是針對獨立且近似規則矩形建築物，提供保守公式進行耐風設計。計算中考慮附近地況的影響，但未考慮鄰棟建築物的影響。針對極端不規則或受風影響顯著的建築物，建議作風洞試驗。
3. 最後擬定的技術手冊中流程圖與示範例都會完全依循 104 年耐風設計規範。編輯時除了會注意詳細度、易讀性與準確度(包括流程圖之完整性、六類設計情況之介紹、新舊規範對照表、受風面積之定義等)外，也會提供規範常見誤用情況分析及設計檢核表。待初稿完成後，會召開專家座談，蒐集各方意見。
4. 期中報告第五章所考慮建築物尺寸係參考實際建築物。假設四面牆中的三面牆上風側為市區(地況 B)，一面牆上風側為海(地況 C)。開口面積之計算是假設在設計風速作用下，部分 18 公尺以下之外牆玻璃可能因隨風飛散物的撞擊而成為開口。
5. 耐風設計程式的發展、環境風場所造的相關問題及耐風規範內容之修正(扭轉向風力如何用在無橫隔板之結構物、地況級距與內容簡化)可作為未來的研究議題。

期中簡報審查意見回覆表

項次	審查委員意見	回應
1	<p>甲：建築物耐風設計規範是否考量建築物雨遮等附屬構造物對風之影響情況(外牆裝飾物)。</p> <p>乙：目前建築物及帷幕牆風力設計均採用 96 年版建築物耐風設計規範，期待本研究案通過後，可為建築界及帷幕牆業界提供更正確的結構計算之依據。</p> <p>丙：建議期末報告提供建築物附屬構造或格柵(外部被覆物)之便捷耐風設計方法。</p>	<p>本計畫擬定之示範例已涵蓋局部構材及外部被覆物(含帷幕牆)，將於期末報告中詳述。</p>
2	<p>報告書 39 頁之圖 3-20 與 41 頁之圖 3-22 流程圖建議檢視是否有表示不全處。</p>	<p>遵照辦理。</p>
3	<p>第 45 頁所示之示範例根據建築物資料可知牆面開口效率為 5.22%，建議繪製相關位置圖以利瞭解。</p>	<p>開口面積之計算是假設在設計風速作用下，部分 18 公尺以下之外牆玻璃可能因隨風飛散物的撞擊而成為開口。</p>
4	<p>耐風設計規範是否將都市風場與郊區風場(廣場)等環境影響列入考量。</p>	<p>規範有考慮建築物上風側之地況(地況 A、地況 B 及地況 C)影響。</p>
5	<p>建議考量都市相鄰建築物間所造成的相互影響。</p>	<p>規範未考慮鄰棟建築物的影響。</p>
6	<p>報告書第 46 頁，為何建築物不同</p>	<p>假設建築物四面牆中的三面牆上</p>

	外牆面向使用不同地況，請略加說明。	風側為市區(地況 B)，一面牆上風側為海(地況 C)。
7	建議報告書再加強編輯，以增加可讀性。	遵照辦理。
8	報告書第 12 頁第二節各類設計情況之定義請再加強說明。	設計情況之定義已於前一節說明。
9	本案與營建署建築設計規範有關，查似無相關國家標準制定之需求。	謝謝指教。
10	建築物結構設計高度商業化且技術面高，如何讓業界經由本規範技術手冊來參酌運用以作為設計之參考，確有其必要性。	謝謝指教。
11	建議手冊內容必須清楚易懂易讀，特別是案例之分析，可加強蒐集各式案例並分類，以提供業界相關人員運用。	遵照辦理。
12	本案規劃周詳完整且有系統邏輯，完成後可置於貴所網頁廣泛宣導使用。	謝謝指教。
13	建議提供政府認可之程式為業界使用或納入後續研究。 未來建議將耐風設計規範加以程式化，有償或免費提供業界使用。	耐風設計程式的發展可作為未來的研究議題。
14	本手冊之目的在期望業者能正確使用 104 年版耐風設計規範，減少錯誤判斷，故建議在手冊中適當位	遵照辦理。

	置說明「常見錯誤判斷」應用案例，另宜注意規範技術手冊內容之詳細度及正確性。	
15	在主抗風系統設計步驟中，首在蒐集「工址風環境」資料，建議明確說明如何取得相關參數。	會附上相關參數參考依據。
16	本研究之耐風設計流程圖，建議搭配提供設計檢核表。	遵照辦理。
17	研擬耐風設計示範例符合使用者期待，技術手冊完成後建議舉辦說明會，讓使用者更能深入瞭解。	遵照辦理。
18	針對平面或立面不規則的設計情況，無法提供示範例時，建議提供原則性之建議步驟，以免設計者導入錯誤想法。	針對極端不規則且重要的建築物，可作風洞試驗；針對近似規則矩形柱體的建築物，可使用規範執行耐風設計。
19	新規範第 2.13 節高度小於 18 公尺之低矮建築物耐風設計，列於本報告書第九章，而高於 18 公尺則列於第七章，應用上不易理解。建議按現行規範，依下列條件增作一示範例：(1)普通建築物(基本自然頻率 1Hz)；(2)陣風反應因子依 2.7 節取 1.88；(3)高寬比小於 3，風垂直風向吹 AD 及 BC 兩面即可。示範例應以簡單清楚、完整且適用範圍大為原則。	本計畫擬定之示範例已涵蓋普通(G 取 1.88)、高寬比小於 3 且高度小於 70 公尺建築物之主要風力抵抗系統，將於期末報告中詳述。
20	新規範第 3 章外部被覆物之耐風設計列於本報告書第四章，請特別注	此受風面積為有效受風面積，會列入規範常見誤用情況中，並於

	<p>意規範第 3.1 節之適用範圍提及「若局部構材及外部被覆物之受風面積大於 65 平方公尺，則也可依 2.2 節之公式計算設計風壓」。而 65 平方公尺對帷幕牆或屋頂之受風面積是非常容易達到的，若直接回到 2.2 節計算，則設計風壓不僅無法以圖 3.1 圖 3.2 去考慮轉角或角度的風力放大效應，亦無法考慮局部構架可能承受較大風壓之效應，導致不安全結果，建議本技術手冊特別加強說明。</p>	<p>示範例說明之。</p>
21	<p>計算案例中尚無檢核耐風結構反應之數據資料，建議於風力計算時一併納入。</p>	<p>期末報告會示範耐風結構反應計算與檢核的執行流程。</p>
22	<p>為落實本手冊成果的運用，宜蒐集營建署、技師公會、建築師公會等機關團體，對規範使用手冊的需求。</p>	<p>待初稿完成後，會召開專家座談，蒐集各方意見。</p>
23	<p>本次規範是 103 年 6 月發布 104 年生效，簡稱時建議稱 103 年版。或註明是「發布版」及「施行版」。</p>	<p>本文於第一次提及現行耐風設計規範時會說明該規範已於民國 103 年 6 月 12 日頒佈，並自民國 104 年 1 月 1 日起施行，之後將簡稱為 104 年版規範。</p>

附錄六 專家諮詢會議及回應一覽表

內政部建築研究所

召開 104 年度「建築物耐風設計規範及解說技術手冊研擬」委託研究案專家座談會議簽到簿

時 間：104 年 9 月 30 日(星期三) 下午 2 時 30 分

地 點：大坪林聯合開發大樓 15F 第 4 會議室 (新北市新店區北新路 3 段 200 號 15F)

主 席：

記 錄：

出席人員	簽到處	代 理 人	
		職 稱	簽 到 處
陳建忠 組長	陳建忠		
陳瑞華 教授	陳瑞華		
高士哲 博士	高士哲		
張景鐘 教授	張景鐘		
陳鵬欽 建築師	陳鵬欽		
許俊美 建築師	許俊美		
黎忠義 建築師	黎忠義		
李英傑 技師	李英傑		
蔡東和 總經理			
柯鎮洋 總經理	柯鎮洋		
張敬昌 協理	張敬昌		
胡銘煌 總監	胡銘煌		
廖克弘 教授	廖克弘		
陳玠佑 研究員	陳玠佑		
楊晉	楊晉		
余晟驥	余晟驥		

諮詢會議意見回覆表

項次	委員意見	回應
1	規範 1.3 節在定義主要風力抵抗系統時，提及”如：鋼構架及斜撐系統、空間桁架及剪力牆等”，易讓人誤會為分為兩類。	會在規範增修時進行文字調整為”如：鋼構架、斜撐系統、空間桁架或剪力牆等”。
2	建議提供木構造建築物的阻尼比。	未來規範修正時將考慮此問題。
3	請檢查規範表 2.18 及表 2.19，是否某些參數組合範圍不存在？	謝謝，將作檢核。
4	何謂普通建築物？何謂柔性建築物？	根據規範 1.3 節，普通建築物為建築物之基本自然頻率 $f_n \geq 1\text{Hz}$ 者；柔性建築物為建築 $f_n < 1\text{Hz}$ 者。
5	建議說明那些建築物不用計算風力。	基本上，所有建築物都必須計算設計風力，即使針對低矮建築物，雖然風力不會控制結構桿件的設計，但是其局部構材及外部被覆物仍須計算設計風壓。
6	請問設計風速與颱風瞬間風速有無直接關係？	基本設計風速為地況 C，離地面 10 公尺高，相對於 50 年回歸期之 10 分鐘平均風速。瞬間風速為某氣象站在當地地況及風速計高度所量到的 3 秒鐘平均風速。
7	因為不易判斷開口與其面積，可以不要考慮開口？或說明除在經過特別考量下，內風壓係數取保守值。	會在技術手冊中列考慮因素，以及不同情況如何考慮，並說明後續運算是基於何種情況。
8	在局部構材設計時，需決定哪些高度的設計風壓？	建議依帷幕牆配置情況來決定，例如：若每 10 層為一區，則在設計第

		11 層至第 20 層帷幕牆厚度時，所用的設計風壓為第 20 層高度的設計風壓。
9	建議擬定屋頂招牌的耐風設計示範例。	會在示範例中提及女兒牆上招牌的耐風設計可仿照女兒牆看板的耐風設計方式。
10	建議在手冊導覽時，先介紹簡單且常見的情況。	會於手冊導覽時說明清楚。
11	甲、請在手冊導覽中說明風洞試驗使用時機、關鍵性的名詞以利於決定設定情況。 乙、請加強示範例與規範公式對應之關係。 丙、將表中風力數值適度截尾。 丁、建議示範例在提及規範圖 3.1~3.3 中的區域時，放入相對應的圖形。	遵照辦理。
12	建議於技術手冊中放入相對應的建築照片。	會視需要來放入照片。
13	建議將示範例中的頻率註明對應的週期。	遵照辦理。
14	可否提供簡單的 Excel 程式來計算風力並列印計算步驟？	可作為後續研究案之主題。

附錄七 期末審查意見及回應一覽表

本所 104 年度委託研究「建築物耐風設計規範及解說技術手冊研擬」、「帷幕牆現地試驗方法國家標準化研究」等 2 案期末審查會議紀錄

一、時間：104 年 11 月 4 日（星期三）上午 10 時 0 分

二、地點：大坪林聯合開發大樓 15 樓第 3 會議室

三、主持人：陳組長建忠

記錄：陳玠佑、郭建源

四、出席人員：如簽到單

五、主席致詞：(略)

六、執行單位簡報：(略)

七、綜合討論意見：(依研究計畫序)

(一)「建築物耐風設計規範及解說技術手冊研擬」案：

中華民國土木技師公會全國聯合會：

1. 本案完成技術手冊為初稿或定稿，請說明。
2. 技術手冊如獨立出版，建議與規範有關之計算圖表或資料可列為附件以利查閱。
3. 建議建築物耐風設計應用程式應儘早提出供設計者使用。
4. 研究報告良好符合預期成果。

施教授邦築：

1. 本手冊內容豐富且系統性清晰說明，對耐風設計實務有明確助益。
2. 研究成果良好。研擬之示範例有助益於業界，建議日後可再撰擬非矩形建築屋突、斜屋頂等較為複雜但常見的設計例。

胡總監銘煌：

1. 本案期末報告相當有系統且完備，值得肯定。

2. 規範修訂係為順應工程界簡化之要求，建議能增加「特別案例」，例如：(1)高寬比小於3倍之普通建築物，2.7節-陣風反應因子1.88，2.10節(式2.21)-簡單橫風向X，2.11節(式2.33)-簡單風力扭矩，(2)高度小於70公尺(4.3節)(不必考慮舒適性計算)，另計算時示範例應與規範條文相呼應。

陳副總經理文樹：

特殊造型及複合式帷幕牆風壓設計，業界以國外特殊軟體計算與優化，建議將特殊造型納入示範例。

莊副局長素琴(書面意見)：

1. 本期末報告提出耐風設計技術手冊，包含設計流程及各種條件之案例，使用者依流程可完成各項設計參數之計算，建議可廣泛宣傳如何使用。
2. 關於第106頁開口面積之條件指出，CD牆面總面積有5%破損造成開口，而第107頁步驟2第一行說明CD牆面開口率為10%，兩者不同。又總開口面積取 26.25 m^2 ，應為 $525 \text{ m}^2 \times 5\%$ 之結果，請檢查是否有所誤植，建議定稿前再就各參數正確性校正。

許理事長俊美(書面意見)：

1. 風力計算之繁複不亞於地震力計算，此將改變結構設計習慣。要達到設計正確普遍應用之目標，除應廣為宣傳說明外，風力程式之發展不可或缺。
2. 平、立面不規則的建築物，如皆進行風洞試驗，實務上恐有困難。可否就較普遍之平面L形建物擇一類作設計範例，以為遵循。
3. 有關被覆物的風壓與主體結構的風壓息息相關，但計算則異，可否就兩者計得結果比較找出關聯性，直接採用主體風壓或取安全係數後作為被覆物設計風壓。(理由如下：風力計算之公式與使用參數已有相當假設，大小取捨之間風力計算結果應有不小的差異，在安全許可狀況下，被覆物風壓設計可由風力簡化)。
4. 風力規範中基本自然頻率 f_n 經驗公式與地震力之週期經驗公式迥異，而地震動力分析結果與經驗公式計算結果擇小值應用(規範已明定)，不知風力規範中動力分析結果與經驗公式應取何值使用，應有明確指引。

陳建築師鵬欽(書面意見)：

1. 建築物之附屬構造物，如外牆裝飾物、招牌或屋頂廣

告物等，建議納入未來示範例研究供參。

2. 本技術手冊已提供不同情況範例，具相當參考性，唯仍希望後續規劃開發應用程式供業界使用。

郭副研究員建源：

建築物耐風設計規範條文大致完備，但仍有少數語意未臻完善處，建議於手冊第 1 章完整補充說明，以免不當引用。

陳副研究員玠佑：

1. 示範例中計算開口面積 10%、5% 等，但在報告書 106、107 頁計算內容中有部份誤差。
2. 開口之定義闡述方式建議以條列式呈現。
3. 報告書 179 頁計算局部構材及外部被覆物耐風強度檢核時，屋頂版的正、負風壓合理性宜再確認。
4. 報告格式宜再修正檢核，包括建議內容、頁碼、表格、單位等。

李主任鎮宏：

1. 案例計算結果請再詳加檢核(如第 56 頁之扭轉向風力)。
2. 報告中主要建議事項，請強調研究實質產出、可應用性及後續可再精進之研究方向等。

陳組長建忠：

1. 計算例內容未依規範逐條對應，較為可惜。
2. 期望未來電腦程式能導入 BIM，以便提昇建築研究技術亮點。

計畫主持人回應（陳教授瑞華）：

1. 期末報告之示範例已涵蓋(1)普通(G取 1.88)、高寬比小於 3 且高度小於 70 公尺建築物之主要風力抵抗系統耐風設計，以及(2)局部構材及外部被覆物(含帷幕牆及招牌)。並也呈現規範針對某些參數可用圖表查詢或公式計算等 2 種方法得之，使用圖表查詢可以縮短計算時間。
2. 我國建築物耐風設計規範是針對獨立且近似規則矩形建築物，提供保守公式進行耐風設計。根據規範 5.1 節可知，當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。另外，特殊造型帷幕牆的耐風設計是未來可以努力的方向。

3. 本次所提耐風技術手冊總頁數約 130 頁，建議未來綜合考慮決定技術手冊為初稿或定稿。而對於發行方式，建議可分別提供耐風設計規範和耐風技術手冊電子檔，以供參考。
4. 局部構材及外部被覆物所應承受之設計風壓，依規範第三章規定的方法計算之，其中外風壓係數須根據有效受風面積查規範圖 3.1 至圖 3.3 得之。若局部構材及外部被覆物之附屬面積大於 65 平方公尺，則也可以依規範 2.2 節之公式計算設計風壓。
5. 有關格式(包含建議、頁碼、表格與單位等)與計算內容，將於修正與檢核後呈現於成果報告。而技術手冊第一章開口定義將改以條列式闡述，清楚說明規範中語意模糊的部分(包含受風面積等)，另亦將仔細思考風力程式與 BIM 融合的可行性。

八、會議結論：

- (一) 本次會議 2 案期末報告，經與會審查委員及出席代表同意，審查結果原則通過。
- (二) 請業務單位詳實記錄與會審查委員及出席代表意見，並請執行團隊參採，確實依照本部規定格式提交成果報告，及注意文字圖表之智慧財產權，如有引述相關資料，應註明資料來源，對於成果報告之結論與建議事項內容，須考量應為具體可行，並鼓勵將研究成果投稿建築相關學報或期刊。

九、散會：中午 12 時 20 分

期末簡報審查意見回覆表

項次	審查委員意見	回應
1	<p>甲、風力計算之繁複並不亞於地震力計算，此將改變結構設計習慣。要達到設計正確，應用普遍之目標，除應廣為宣導說明外，風力程式之發展不可或缺。</p> <p>乙、建議程式及早提出供使用者使用。</p> <p>丙、本技術手冊已提供相當多不同情況下之範例，已具有相當可參考性，唯希望進一步提供程式供業界使用，此有待下一步之研究計畫。</p>	耐風設計程式的發展可作為未來努力的目標。
2	<p>甲、平、立面不規則的建築物，如都要進行風洞試驗，實務上恐有困難。可否就較普通平面為L形的建築物擇一類作設計範例，以為遵循。</p> <p>乙、所完成的設計示範例，有相當幫助，建議以後可再進行非矩形建築、屋突或部分斜屋頂等較複雜但常見的設計例。</p> <p>丙、特殊造型複合式帷幕牆的結構，我們帷幕牆業界找國外的特殊軟體來計算及優化。</p>	目前規範是針對獨立且近似規則矩形建築物，提供保守公式進行耐風設計。根據規範5.1節可知，當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。未來規範改版時，建議納入非矩形建築物之耐風設計規定。
3	有關被覆物的風壓與主體結構的風壓息息相關，計算則異，可否就兩者計得的結果作比較，找出其中的關聯，直接採用主體風壓或加成加大後作為被覆物設計風壓。(理由如下：風力計算之公式與決定使用之參數，已有相當的假設，大小取捨之間，風力計算結果應有不小的差異，前段結果已不那麼絕對，後段的使用值當可不用太計較，只要	局部構材及外部被覆物所應承受之設計風壓，依規範第三章規定的方法計算之，其中，外風壓係數須根據有效受風面積查規範圖3.1至圖3.3得之。若局部構材及外部被覆物之附屬面積大於65平方公尺，則也可以依規範2.2節之公式計算設計風壓。

	達到安全即可。)	
4	基本自然頻率 f_n 風力規範中，有經驗公式與地震力之週期經驗公式迥異，然地震力計算時用動力分析結果與經驗公式擇小值應用(規範已明定)，不知風力規範中動力分析結果與經驗公式應取何值使用，應有明確指引。	目前規範解說建議根據動力分析求得結構物之基本自然頻率。針對高度(h)小於 122 公尺之建築物，其基本自然頻率，亦可依經驗公式估計。
5	本案完成後，技術手冊為初稿或定稿。	建議未來綜合考慮決定。
6	技術手冊如單獨，建議設計規範及結論與手冊計算有關之圖表或資料，可列為附件以利查核。	建議可分別提供耐風設計規範和耐風技術手冊電子檔，以供參考。
7	甲、研究報告良好，符合預期成果需求。 乙、本手冊的內容相當豐富，說明也相當有系統、清晰，對耐風設計的實務有明確的助益。研究成果良好。 丙、本“建築物耐風設計規範及解說技術手冊研擬”(期末報告)相當有系統且完備，值得肯定。	謝謝。
8	本期末報告提出耐風技術手冊，包含設計流程即針對各種條件之設計案例，使用者依流程可完成各項設計參數之計算，建議貴所可廣泛宣導如何使用。	建議未來廣泛宣導。
9	甲、關於第 106 頁開口面積之條件指出，CD 牆面總面積有 5% 破損造成開口，而第 107 頁步驟 2 第一行說明 CD 牆面開口率為 10%，兩者不同。又總開口面積取 $26.25m^2$ ，應為 $525m^2 \times 5\%$ 之結果，請檢查是否有所誤植，建議定稿前再就各參數正確性校正。 乙、開口之定義闡述方式宜採條	遵照辦理。

	<p>列式呈現。</p> <p>丙、報告格式宜再修正、檢核，如主要建議事項、頁碼、表格與單位等。</p>	
10	<p>甲、本次規範修訂係為順應實務工程界簡化之要求，建議擬定普通(G取 1.88)、高寬比小於 3 且高度小於 70 公尺建築物的主要風力抵抗系統耐風設計示範例。</p> <p>乙、建築物之附屬構造物，如外牆裝飾物、招牌或屋頂廣告物等，希望以後也能有示範例供參。</p>	<p>期末報告之示範例已涵蓋(1)普通(G取 1.88)、高寬比小於 3 且高度小於 70 公尺建築物之主要風力抵抗系統耐風設計及(2)局部構材及外部被覆物(含帷幕牆及招牌)。</p>
11	<p>規範逐條並沒有計算例，較為可惜。</p>	<p>在各示範例的計算流程中已根據規範公式逐條計算展現。</p>
12	<p>期望未來電腦程式能導入 BIM，以便提昇建築研究工程技術的亮點。</p>	<p>未來可思考風力程式與 BIM 融合的可行性。</p>
13	<p>建議將規範中語意不清楚的部分於技術手冊第一章說明清楚，例如，規範 3.1 節本文的受風面積是指有效受風面積?</p>	<p>會將規範中語意不清楚的部分於技術手冊第一章說明清楚。另外，規範 3.1 節本文的受風面積是指附屬面積。</p>
14	<p>計算報告第 179 頁局部構材及外部被覆物耐風強度檢核時，1 號、2 號與 3 號屋頂版的正負風壓合理性宜再檢查。</p>	<p>根據規範 3.3(b)可知，當 $\theta=15^\circ$ 且屋頂下無阻擋時，同一區域之正風壓係數與負風壓係數之絕對值相同。</p>

附錄八 建築物耐風設計技術手冊

建築物耐風設計技術手冊

目錄

表次.....	272
圖次.....	274
第一章 建築物耐風設計技術手冊導覽	276
第一節 手冊編撰目的	276
第二節 手冊適用範圍	276
第三節 基本名詞定義	276
第四節 章節架構	278
第二章 主要風力抵抗系統耐風設計流程圖	281
第三章 局部構材及外部被覆物耐風設計流程圖	297
第四章 高寬比 3 至 6 柔性建築物主要風力抵抗系統耐風設計示範例	305
第一節 建築物資料與工址風環境	306
第二節 風垂直吹向 AB 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力	307
第三節 風垂直吹向 BC 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力	315
第四節 風垂直吹向 CD 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力	316
第五節 風垂直吹向 DA 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力	317
第六節 耐風結構反應之計算與檢核	317
第五章 高寬比 3 至 6 普通建築物主要風力抵抗系統耐風設計示範例	328
第一節 建築物資料與工址風環境	329
第二節 風垂直吹向 AB 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力	330
第三節 風垂直吹向 BC 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力	332
第四節 風垂直吹向 CD 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力	333
第五節 風垂直吹向 DA 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力	334
第六節 耐風結構反應之計算與檢核	334
第六章 高寬比小於 3、普通且高度大於 18 公尺建築物主要風力抵抗系統耐風設計示範例	342
第一節 建築物資料與工址風環境	343
第二節 風垂直吹向 AB 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力	344
第三節 風垂直吹向 BC 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力	348
第四節 風垂直吹向 CD 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力	348
第五節 風垂直吹向 DA 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力	349
第六節 耐風結構反應之計算與檢核	350
第七章 高寬比小於 3 柔性建築物主要風力抵抗系統耐風設計示範例	355
第一節 建築物資料與工址風環境	356
第二節 風垂直吹向 AB 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力	357
第三節 風垂直吹向 BC 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力	360
第四節 風垂直吹向 CD 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力	360

第五節 風垂直吹向 DA 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力	361
第六節 耐風結構反應之計算與檢核	361
第八章 高寬比小於 3、普通且高度小於等於 18 公尺建築物主要風力抵抗系統耐風設計示範例	366
第一節 建築物資料與工址風環境	367
第二節 風垂直吹向 AB 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力	368
第三節 風垂直吹向 BC 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力	371
第四節 風垂直吹向 CD 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力	371
第五節 風垂直吹向 DA 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力	371
第六節 耐風結構反應之計算與檢核	371
第九章 開放式建築物主要風力抵抗系統耐風設計示範例	376
第一節 建築物資料與工址風環境	377
第二節 風垂直吹向 AB 牆面之風力	378
第三節 風垂直吹向 BC 牆面之風力	381
第四節 風傾斜吹向塔面之風力	383
第五節 結構耐風反應之計算與檢核	383
第十章 高度不超過 18 公尺建築物局部構材耐風設計示範例	389
第一節 建築物資料與工址風環境	390
第二節 有效受風面積及相對應的外風壓係數之計算	391
第三節 局部構材及外部被覆物設計風壓之計算	391
第四節 最大設計正風壓與負風壓之選取	396
第五節 局部構材及外部被覆物耐風強度之檢核	396
第十一章 高度超過 18 公尺建築物局部構材耐風設計示範例	400
第一節 建築物資料與工址風環境	401
第二節 有效受風面積及相對應的外風壓係數之計算	401
第三節 局部構材及外部被覆物設計風壓之計算	402
第四節 最大設計正風壓與負風壓之選取	406
第五節 局部構材及外部被覆物耐風強度之檢核	407
第十二章 開放式建築物之斜屋頂局部構材耐風設計示範例	414
第一節 建築物資料與工址風環境	415
第二節 有效受風面積及相對應的淨風壓係數之計算	416
第三節 局部構材及外部被覆物設計風壓之計算	416
第四節 最大設計正風壓與負風壓之選取	420
第五節 局部構材及外部被覆物耐風強度之檢核	420
附錄一 特殊地形的地形係數 K_{zt} 之計算	423
參考文獻	431

表次

表 C4-1 建築物資料與工址風環境 (例 1).....	306
表 C4-2 風吹向 AB 牆面之設計風力(例 1).....	321
表 C4-3 風吹向 AB 牆面之半年回歸期共振部分風力(例 1).....	322
表 C4-4 風吹向 BC 牆面之設計風力(例 1).....	323
表 C4-5 風吹向 BC 牆面之半年回歸期共振部分風力(例 1).....	324
表 C4-6 風吹向 CD 牆面之設計風力(例 1).....	325
表 C4-7 風吹向 CD 牆面之半年回歸期共振部分風力(例 1).....	326
表 C5-1 建築物資料與工址風環境 (例 2).....	329
表 C5-2 風吹向 AB 牆面之設計風力(例 2).....	336
表 C5-3 風吹向 AB 牆面之半年回歸期共振部分風力(例 2).....	337
表 C5-4 風吹向 BC 牆面之設計風力(例 2).....	338
表 C5-5 風垂直吹向 BC 牆面之半年回歸期共振部分風力(例 2).....	339
表 C5-6 風吹向 CD 牆面之設計風力(例 2).....	340
表 C5-7 風吹向 CD 牆面之半年回歸期共振部分風力(例 2).....	341
表 C6-1 建築物資料與工址風環境 (例 3).....	343
表 C6-2 風吹向 AB 牆面之設計風力(例 3).....	353
表 C6-3 風吹向 CD 牆面之設計風力(例 3).....	353
表 C6-4 扭轉向風力(例 3).....	354
表 C7-1 建築物資料與工址風環境 (例 4).....	356
表 C7-2 風吹向 AB 牆面之設計風力(例 4).....	363
表 C7-3 風吹向 CD 牆面之設計風力(例 4).....	364
表 C7-4 扭轉向風力(例 4).....	365
表 C8-1 建築物資料與工址風環境 (例 5).....	367
表 C8-2 風吹向 AB 牆面之設計風力(例 5).....	375
表 C8-3 扭轉風力(例 5).....	375
表 C9-1 建築物資料與工址風環境 (例 6).....	377
表 C9-2 鐵塔各層頂端離地高度 z_{A_c} 與對應的受風作用特徵面積 A_c	385
表 C9-3 風垂直吹向 AB 牆面之風力.....	385
表 C9-4 風垂直吹向 BC 牆面之風力.....	385
表 C9-5 風傾斜吹向塔面之風力.....	386
表 C10-1 建築物資料與工址風環境 (局例 1).....	390
表 C10-2 外牆與屋頂外風壓係數(局例 1).....	397
表 C10-3 金屬浪板與繫件之設計正風壓與負風壓 kgf/m^2 (局例 1).....	397
表 C10-4 金屬浪板與繫件之最大設計正負風壓 kgf/m^2 (局例 1).....	397

表 C11-1 建築物資料與工址風環境 (局例 2).....401

表 C11-2 外牆外風壓係數(局例 2)408

表 C11-3 AB 牆面玻璃帷幕牆單元與繫件之設計風壓 kgf/m^2 (局例 2).....409

表 C11-4 各牆面玻璃帷幕牆單元與繫件之最大設計正負風壓 kgf/m^2 (局例 2)..410

表 C11-5 女兒牆看板與繫件之最大設計正負風壓 kgf/m^2 (局例 2).....411

表 C12-1 建築物資料與工址風環境 (局例 3).....415

表 C12-2 屋頂板、C 型鋼與繫件之設計正風壓與負風壓 kgf/m^2 (局例 3)421

表 C12-3 屋頂板、C 型鋼與繫件之最大設計正負風壓 kgf/m^2 (局例 3)421

表 A-1 本例山脊之 K_3 與 K_{zt} 值.....428

表 A-2 本例懸崖之 K_3 與 K_{zt} 值.....428

表 A-3 本例山丘之 K_3 與 K_{zt} 值.....429

圖次

圖 C1-1 規則矩形柱體的俯視圖	280
圖 C1-2 風垂直吹向 AB 牆面時，來風方向與牆面位置關係圖	280
圖 C2-1 主要風力抵抗系統耐風設計主流程圖	282
圖 C2-2 主要風力抵抗系統設計情況判斷流程圖	283
圖 C2-3 第一類設計情況風力計算流程圖	284
圖 C2-4 柔性建築物順風向風力計算流程圖	285
圖 C2-5 建築物橫風向風力計算流程圖	286
圖 C2-6 建築物扭轉向風力計算流程圖	286
圖 C2-7 柔性建築物順風向半年回歸期共振部分風力計算流程圖	287
圖 C2-8 建築物橫風向半年回歸期共振部分風力計算流程圖	287
圖 C2-9 建築物扭轉向半年回歸期共振部分風力計算流程圖	288
圖 C2-10 第二類設計情況風力計算流程圖	289
圖 C2-11 普通建築物順風向風力計算流程圖	290
圖 C2-12 普通建築物順風向半年回歸期共振部分風力計算流程圖	291
圖 C2-13 第三類設計情況風力計算流程圖	292
圖 C2-14 第四類設計情況風力計算流程圖	293
圖 C2-15 第五類設計情況風力計算流程圖	294
圖 C2-16 第六類設計情況風力計算流程圖	295
圖 C2-17 第三類、第四類或第五類設計情況扭轉向風力計算流程圖	295
圖 C2-18 耐風結構反應計算流程圖	296
圖 C3-1 局部構材及外部被覆物耐風設計的情況	298
圖 C3-2 高度不超過 18 公尺封閉式或部分封閉式建築物之局部構材及外部被覆耐風設計流程圖	299
圖 C3-3 平均屋頂高度 H 處之風速壓與內風壓係數計算流程圖	300
圖 C3-4 高度超過 18 公尺封閉式或部分封閉式建築物之局部構材及外部被覆耐風設計流程圖	301
圖 C3-5 不同高度之風速壓與內風壓係數計算流程圖	302
圖 C3-6 開放式建築物之斜屋頂局部構材及外部被覆物耐風設計流程圖	303
圖 C3-7 風速壓與普通建築物之陣風反應因子的計算流程圖	304
圖 C4-1 例 1 建築物的示意圖 (單位:公尺)	327
圖 C9-1 方形鐵塔任一牆面的立面示意圖 單位(公尺)	386
圖 C9-2 鐵塔底部平面示意圖 單位(公尺)	386
圖 C9-3 離地 2.5m 平面示意圖 單位(公尺)	386
圖 C9-4 離地 5m 平面示意圖 單位(公尺)	387
圖 C9-5 離地 7.5m 平面示意圖 單位(公尺)	387

圖 C9-6 離地10m平面示意圖 單位(公尺).....387

圖 C9-7 離地12.5m平面示意圖 單位(公尺).....387

圖 C9-8 離地15m、17.5m與20m平面示意圖 單位(公尺).....387

圖 C9-9 鐵塔 BC 牆面與 DA 牆面上風側地形立面示意圖 單位(公尺).....388

圖 C10-1 廠房建築物示意圖 (單位:公尺).....398

圖 C10-2 規範圖 3.1(A)外牆分區示意圖.....398

圖 C10-3 規範圖 3.1(B)屋頂分區示意圖.....399

圖 C11-1 玻璃帷幕牆單元與繫件，以及實心女兒牆正面看板與繫件位置示意圖
.....412

圖 C11-2 規範圖 3.2 外牆分區示意圖.....413

圖 C12-1 雙斜屋頂之開放式建築物示意圖 (單位:公尺).....421

圖 C12-2 規範圖 3.3(B)屋頂分區示意圖.....422

圖 A-1 本例山脊示意圖 (單位:公尺).....429

圖 A-2 本例懸崖示意圖 (單位:公尺).....430

圖 A-3 本例山丘示意圖 (單位:公尺).....430

第一章 建築物耐風設計技術手冊導覽

第一節 手冊編撰目的

舊版「建築物耐風設計規範及解說」於民國 95 年 9 月頒佈，並自民國 96 年 1 月 1 日起施行(以下簡稱 96 年版規範)。之後依據產官學各方面之共同努力修訂，已於民國 103 年 6 月 12 日修正頒佈新版「建築物耐風設計規範及解說」，並自民國 104 年 1 月 1 日起施行(以下簡稱 104 年版規範)。104 年版規範包括許多對 96 年版規範之修改與增訂，為使 104 年版規範施行後，業界能充分掌握規範精神，並正確使用 104 年版規範作耐風設計，減少錯誤判斷與應用，實有必要針對臺灣建築條件與環境，編撰耐風技術手冊，供業界於規劃設計時之參考。

第二節 手冊適用範圍

建築物耐風設計規範(以下簡稱規範)提供主要風力抵抗系統與局部構材及外部被覆物風力(或風壓)之計算方式。規範第二章與第四章規定主要風力抵抗系統風力之計算方式，規範第三章規定局部構材及外部被覆物設計風壓之計算方式。本手冊內容係摘自內政部建研所委託研究報告「建築物耐風設計規範及解說技術手冊研擬」(陳瑞華等人,2015)，針對近似規則矩形柱體的建築物，分別提供其主要風力抵抗系統與局部構材及外部被覆物耐風設計流程圖，並提供對應的示範例。

根據規範 5.1 適用範圍可知，建築物之耐風設計，依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。當建築物之高度超過 100 公尺，或風力效應明顯時，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。

第三節 基本名詞定義

本手冊使用之基本名詞定義如下：

規則矩形柱體建築物的俯視圖：如圖 C1-1 所示，其中，X 與 Y 為建築物的主軸方向；AB、BC、CD 與 DA 為建築物四面牆編號。

來風方向：假設來風方向與牆面垂直。舉例而言，當風垂直吹向 AB 牆面時，來風方向與牆面位置關係如圖 C1-2 所示。

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、斜撐構架、空間桁架或剪力牆等。

局部構材及外部被覆物：直接承受風力的外部被覆物或構件及受其附近外部被覆物產生之風力，並將其傳到主要風力抵抗之構材者，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。若局部構材及外部被覆物之附屬面積大於 65 平方公尺，則也可以依主要風力抵抗系統之公式計算設計風壓。

高寬比 h/\sqrt{BL} ： h 為建築物高度(不含屋頂突出物)或獨立結構物之高度。斜屋頂建築物之斜角小於 10° 時，以簷高代替；斜角大於 10° 時，以平均屋頂高度計算之； m 。 B 為垂直於風向之建築物水平尺寸； m 。 L 為平行於風向之建築物水平尺寸； m 。

普通建築物：順風向(與來風方向平行)基本自然頻率 $f_n \geq 1\text{Hz}$ (或基本自然週期 $\leq 1\text{s}$)之建築物，其中，規範建議根據動力分析求得結構物基本自然頻率。若高度 h 小於 122 m，可依 $f_n = \frac{22.86}{h}\text{Hz}$ 估計；但此經驗公式一般會低估基本自然頻率。

柔性建築物：順風向基本自然頻率 $f_n < 1\text{Hz}$ 之建築物。

開放式建築物：建築物至少兩個牆面各有 80% 以上之面積為開口。

部分封閉式建築物：在考量的來風方向下，建築物同時滿足以下各條件：(1)

$$A_0 > 1.10A_{0i}, (2) A_0 > 0.37\text{m}^2 \text{ 或 } 0.01A_g \text{ (二者取最小)}, (3) \frac{A_{0i}}{A_{gi}} \leq 0.20; \text{ 其中,}$$

A_g 為迎風向外牆面之總面積， A_0 為迎風向外牆面之總開口面積， A_{0i} 為非迎風向之各牆面(含屋頂)總開口面積， A_{gi} 為非迎風向之各牆面(含屋頂)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(包含可能破

損之外部被覆物)。

在颱風區內，建築物表面容易受周遭的植栽、招牌或屋頂因強風所造成的隨風飄散物的撞擊而成為開口。各牆面開口的比例是用來判斷建築封閉性種類的基準；而封閉性種類決定內風壓係數的大小，部分封閉式建築的內風壓係數最大，其次為封閉式，開放式為零。

在執行主要風力抵抗系統耐風設計時，若建築物的樓板為剛性且迎風面面積與對應的背風面面積相近似時，在合成順風向風力，內風壓係數會被消掉，因此，建築封閉性的判斷就顯得不重要。但建築封閉性的判斷對局部構材及外部被覆物耐風設計非常重要。

基本上，一般居住或辦公用途之建築物多屬於部分封閉式或封閉式建築物。即使原建築物設計時未設孔洞，但在強風作用下，若迎風向外牆上風側較其它牆面上風側容易產生隨風飄散物或該面牆的材質較其餘牆面脆弱時，極有可能滿足部分封閉式建築物所具備的三個條件。

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，用來決定內風壓係數值。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附屬面積。

特徵面積 A_e ：開放式建築物受風作用的特徵面積依其類型可分為實際表面面積及與風向垂直面上投影面積兩種，其選用方式請參閱規範表 2.9 至表 2.16 所列各類型開放式建築物設計風力係數之備註說明。

第四節 章節架構

本手冊共分十二章，**第一章**為耐風技術手冊導覽，**第二章**為主要風力抵抗系統耐風設計流程圖，**第三章**為局部構材及外部被覆物耐風設計流程圖，**第四章**至**第九章**為主要風力抵抗系統耐風設計示範例，**第十章**至**第十二章**為局部構材及外部被覆物耐風設計示範例。示範例中的結果均顯示至小數點以下第二位，但實際計算過程中是保留完整的位數進行運算，因此，當使用者根據示範例所顯示的參數值自行進行後續運算時，所得的結果可能會與示範例中的結果有差異。

本手冊將主要風力抵抗系統設計分為六類設計情況，於**第四章**至**第九章**分別

提供其設計示範例，建議設計者可直接參考下列適合自己設計情況的示範例：

第四章 高寬比 3 至 6 柔性建築物示範例

第五章 高寬比 3 至 6 普通建築物示範例

第六章 高寬比小於 3、普通且高度大於 18 公尺建築物示範例

第七章 高寬比小於 3 柔性建築物示範例

第八章 高寬比小於 3、普通且高度小於等於 18 公尺建築物示範例

第九章 開放式建築物示範例

第三章為局部構材及外部被覆物耐風設計流程圖，本手冊將局部構材及外部被覆物耐風設計分為三種情況，於**第十章至第十二章**分別提供其設計示範例，建議設計者可直接參考下列適合自己設計情況的示範例：

第十章 高度不超過 18 公尺的建築物示範例

第十一章 高度超過 18 公尺的建築物示範例

第十二章 開放式建築物之斜屋頂示範例

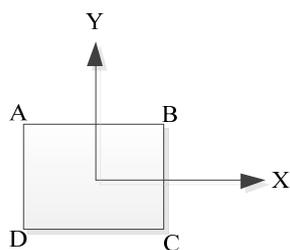


圖 C1-1 規則矩形柱體的俯視圖

(資料來源：本研究整理)

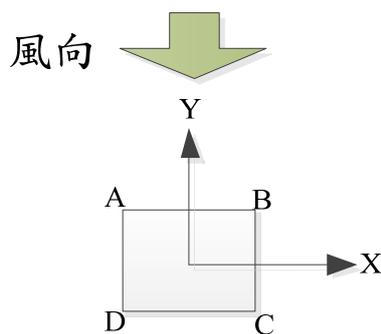


圖 C1-2 風垂直吹向 AB 牆面時，來風方向與牆面位置關係圖

(資料來源：本研究整理)

第二章 主要風力抵抗系統耐風設計流程圖

本章將後續第四章至第九章示範例所需之設計流程圖統合彙整於圖 C2-1 至圖 C2-18。圖 C2-1 為主要風力抵抗系統耐風設計主流程圖。設計者在執行主要風力抵抗系統耐風設計時，先進入圖 C2-1，再依圖中箭頭的走向執行圖中各程序及子流程圖，即可完成設計。

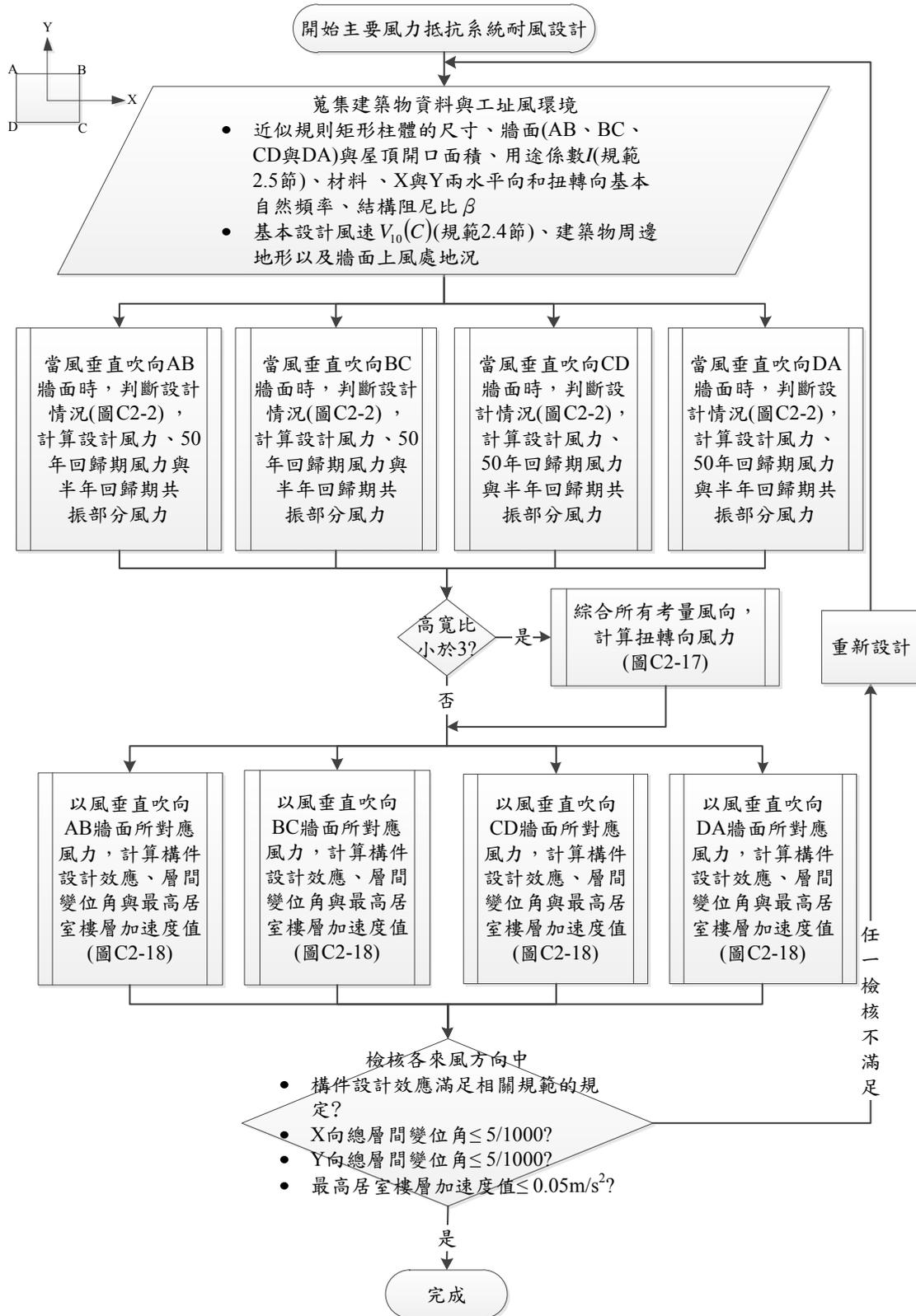


圖 C2-1 主要風力抵抗系統耐風設計主流程圖

(資料來源：本研究整理)

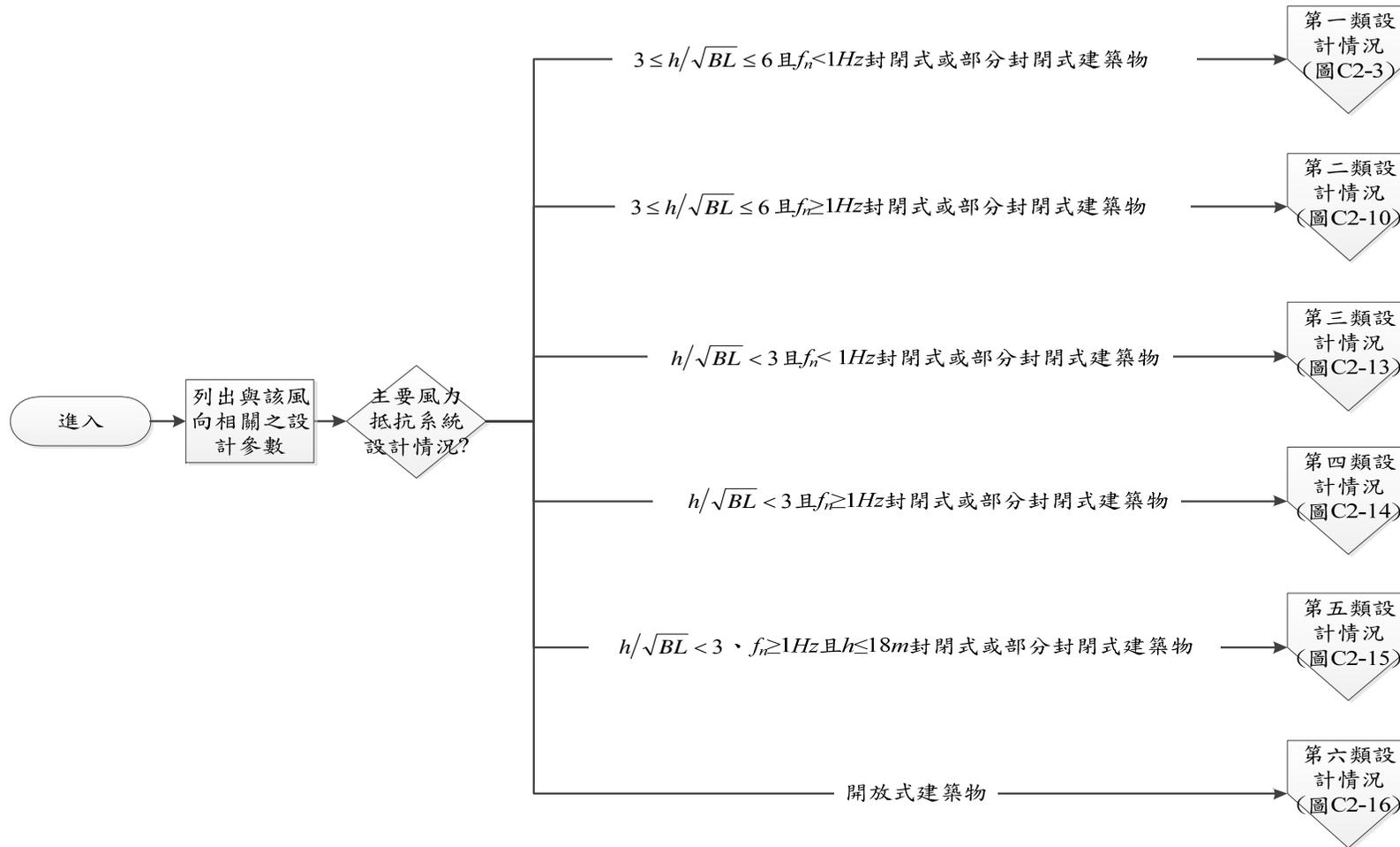


圖 C2-2 主要風力抵抗系統設計情況判斷流程圖

(資料來源：本研究整理)

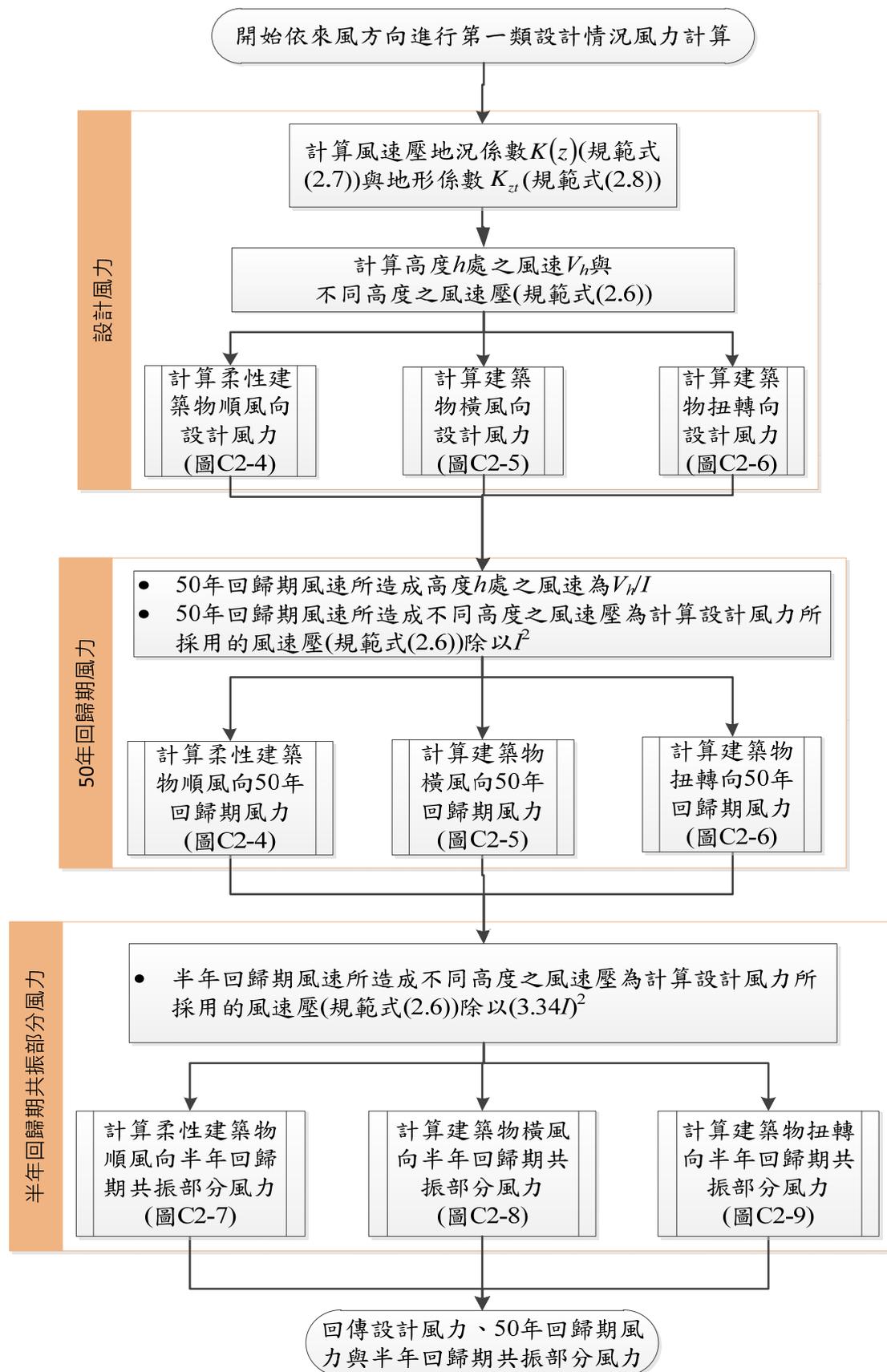


圖 C2-3 第一類設計情況風力計算流程圖

(資料來源：本研究整理)

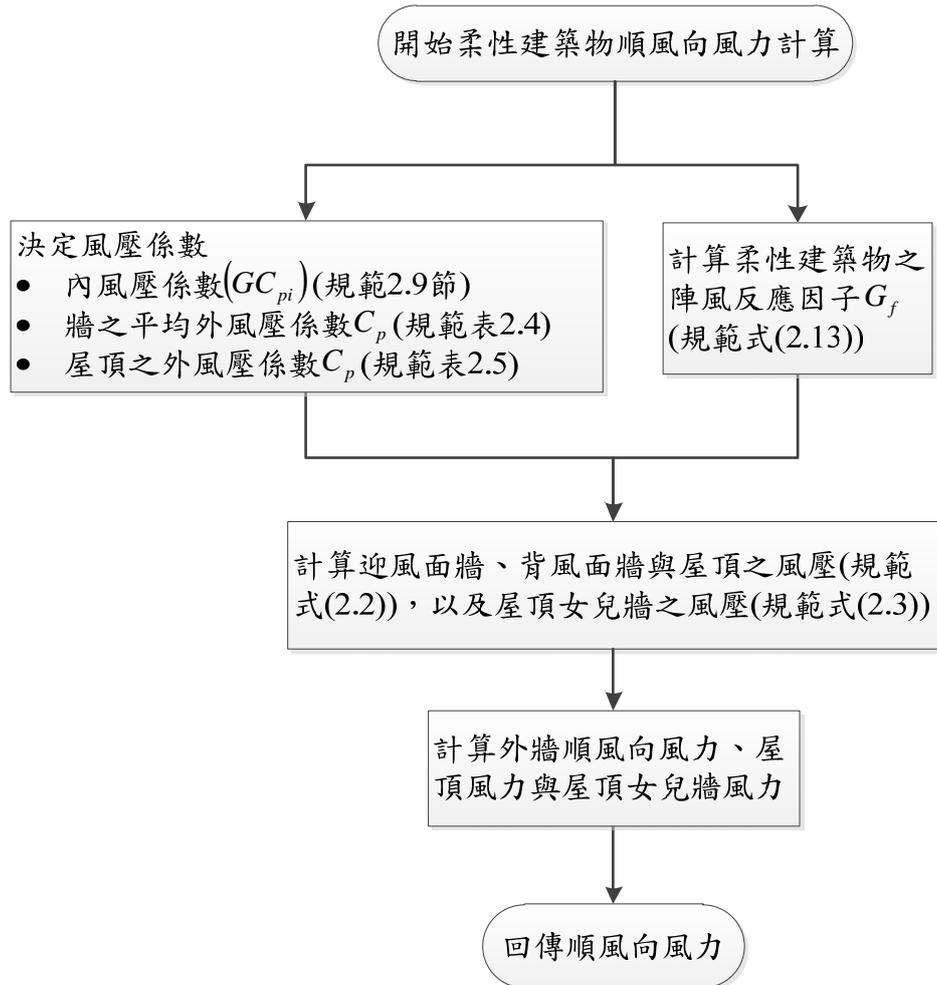


圖 C2-4 柔性建築物順風向風力計算流程圖
(資料來源：本研究整理)

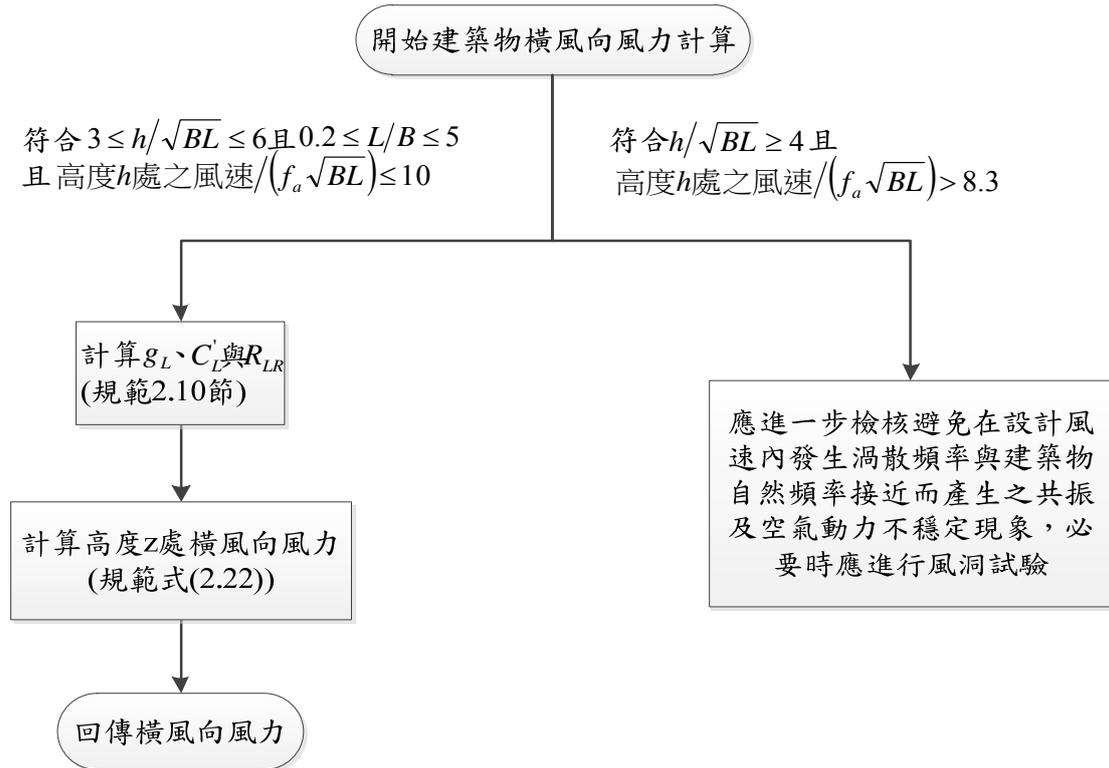


圖 C2-5 建築物橫風向風力計算流程圖

(資料來源：本研究整理)

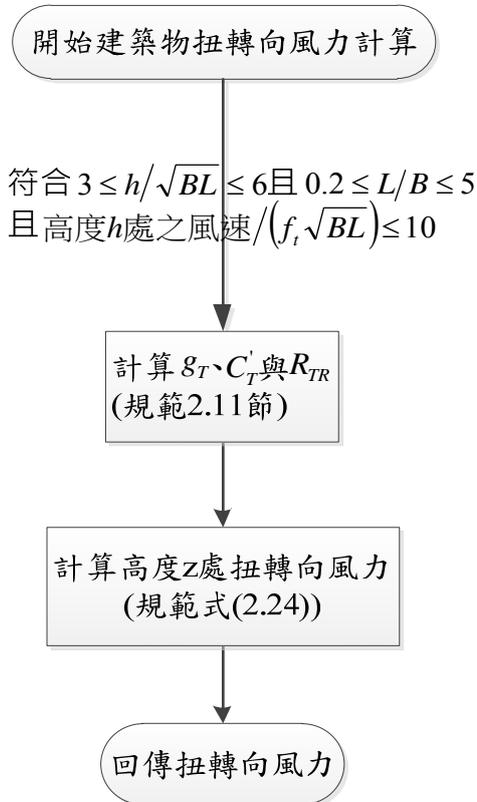


圖 C2-6 建築物扭轉向風力計算流程圖

(資料來源：本研究整理)

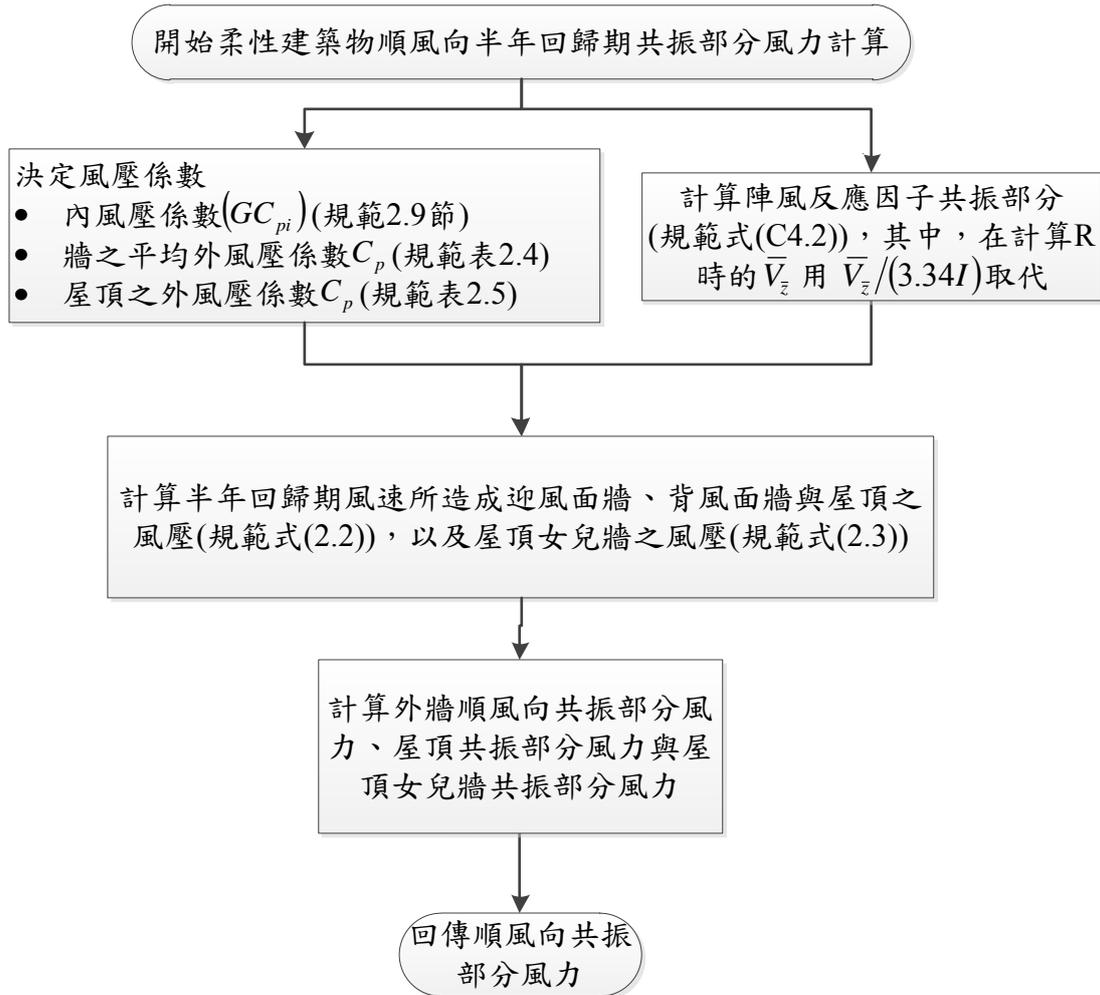


圖 C2-7 柔性建築物順風向半年回歸期共振部分風力計算流程圖
(資料來源：本研究整理)

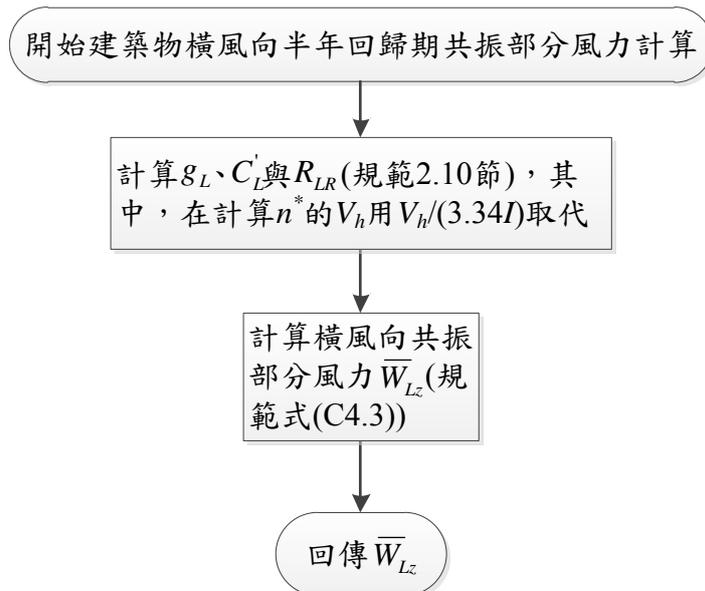


圖 C2-8 建築物橫風向半年回歸期共振部分風力計算流程圖
(資料來源：本研究整理)

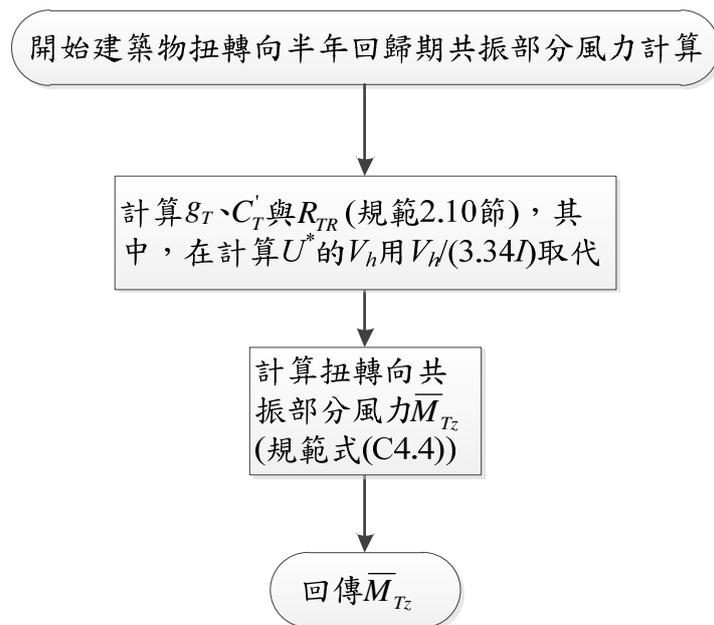


圖 C2-9 建築物扭轉向半年回歸期共振部分風力計算流程圖
(資料來源：本研究整理)

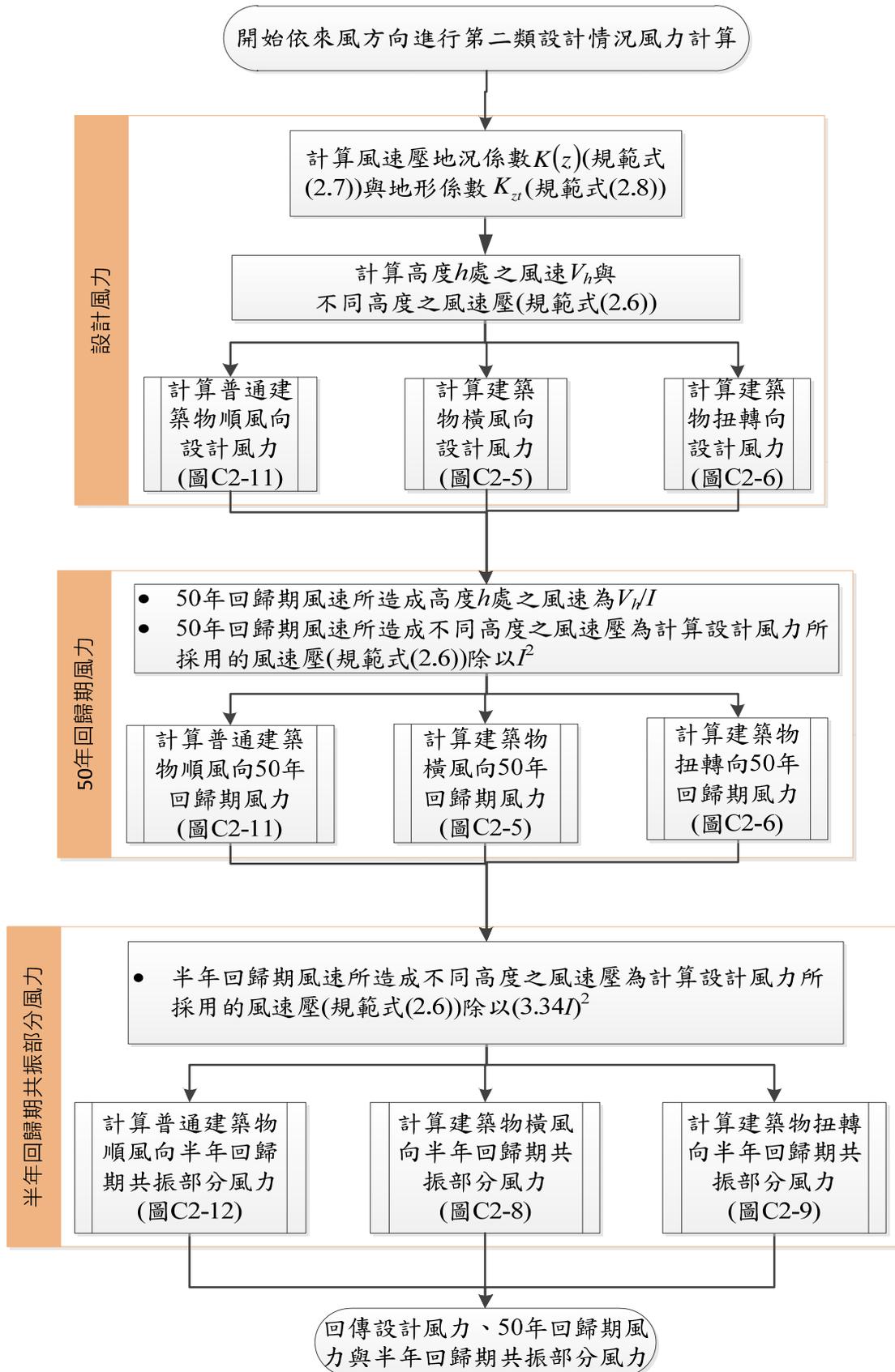


圖 C2-10 第二類設計情況風力計算流程圖

(資料來源：本研究整理)

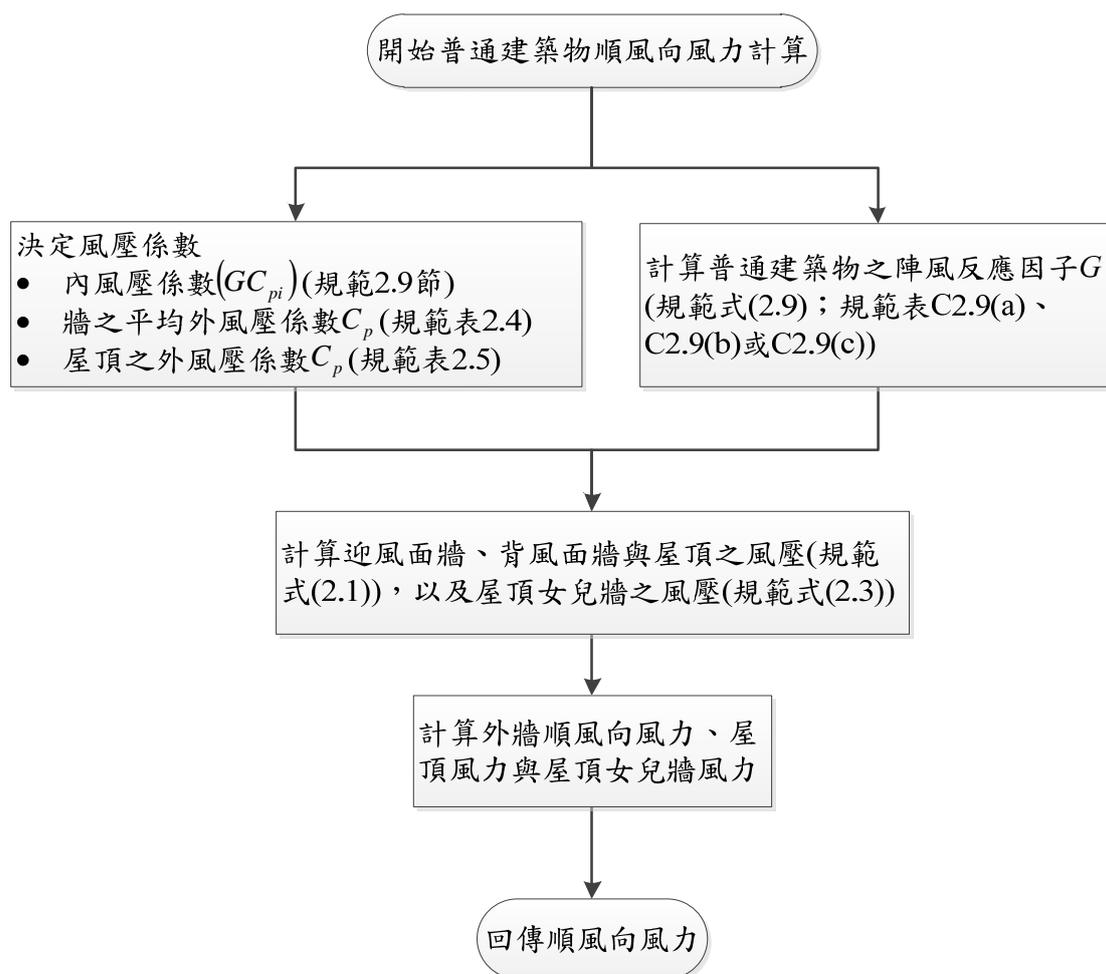


圖 C2-11 普通建築物順風向風力計算流程圖
(資料來源：本研究整理)

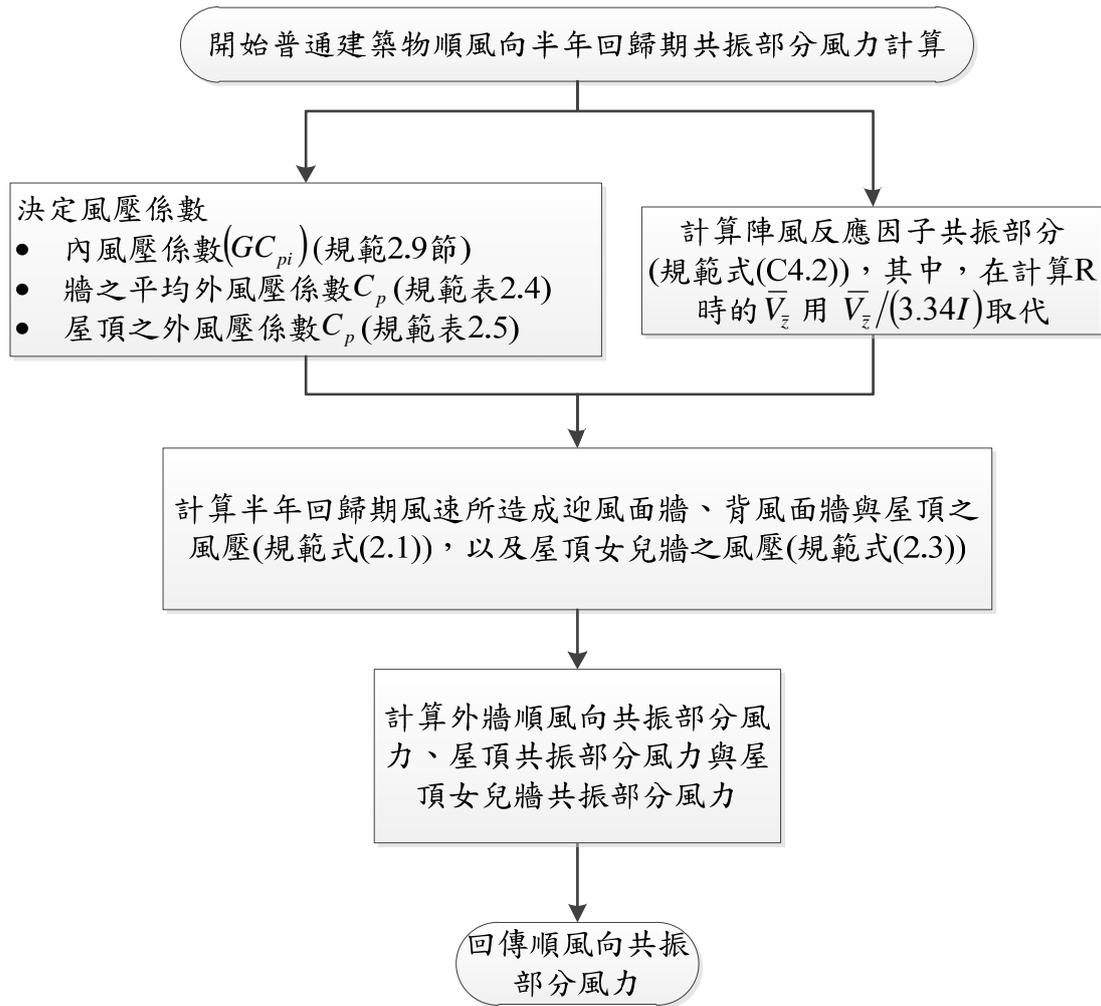


圖 C2-12 普通建築物順風向半年回歸期共振部分風力計算流程圖
(資料來源：本研究整理)

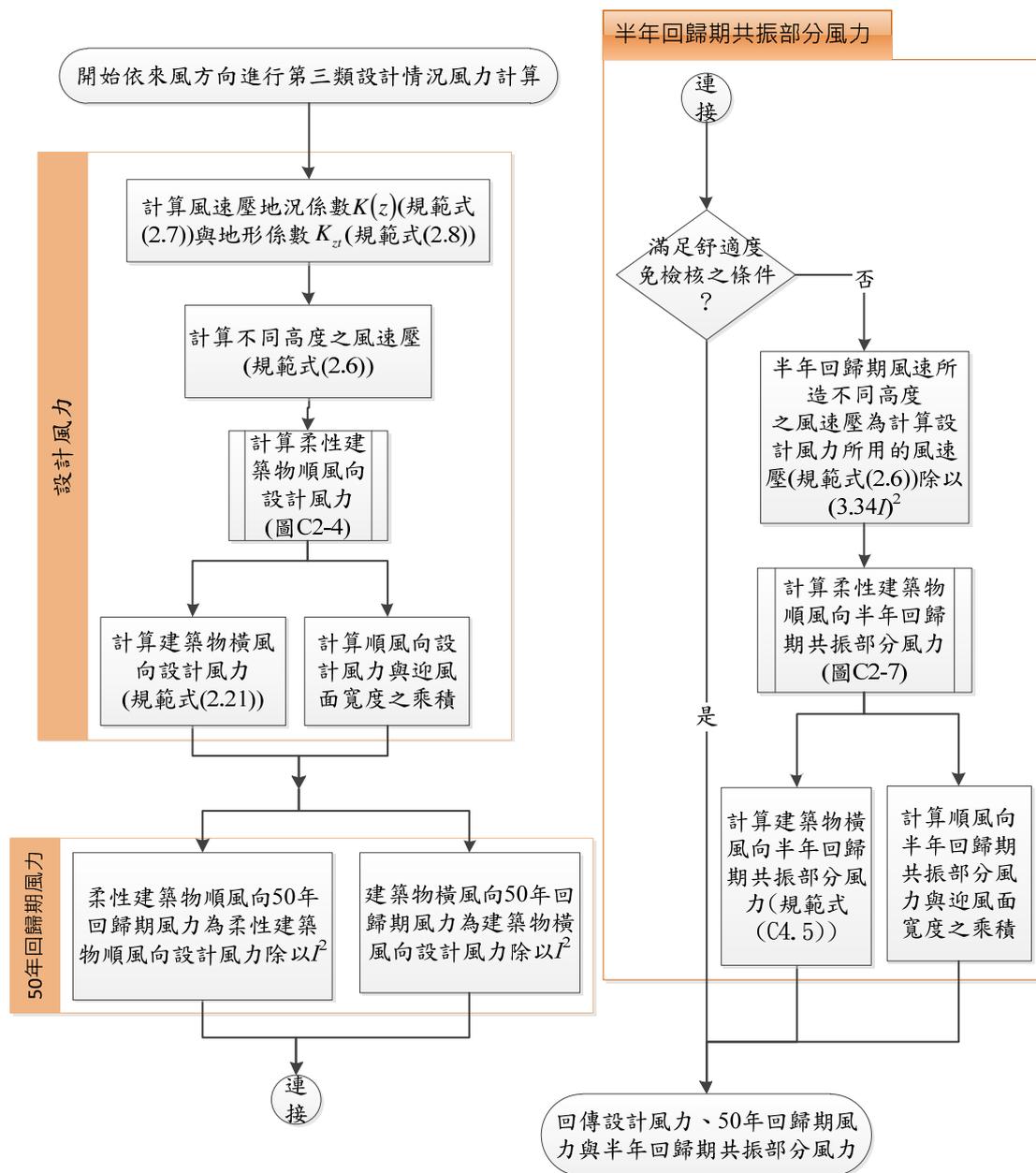


圖 C2-13 第三類設計情況風力計算流程圖

(資料來源：本研究整理)

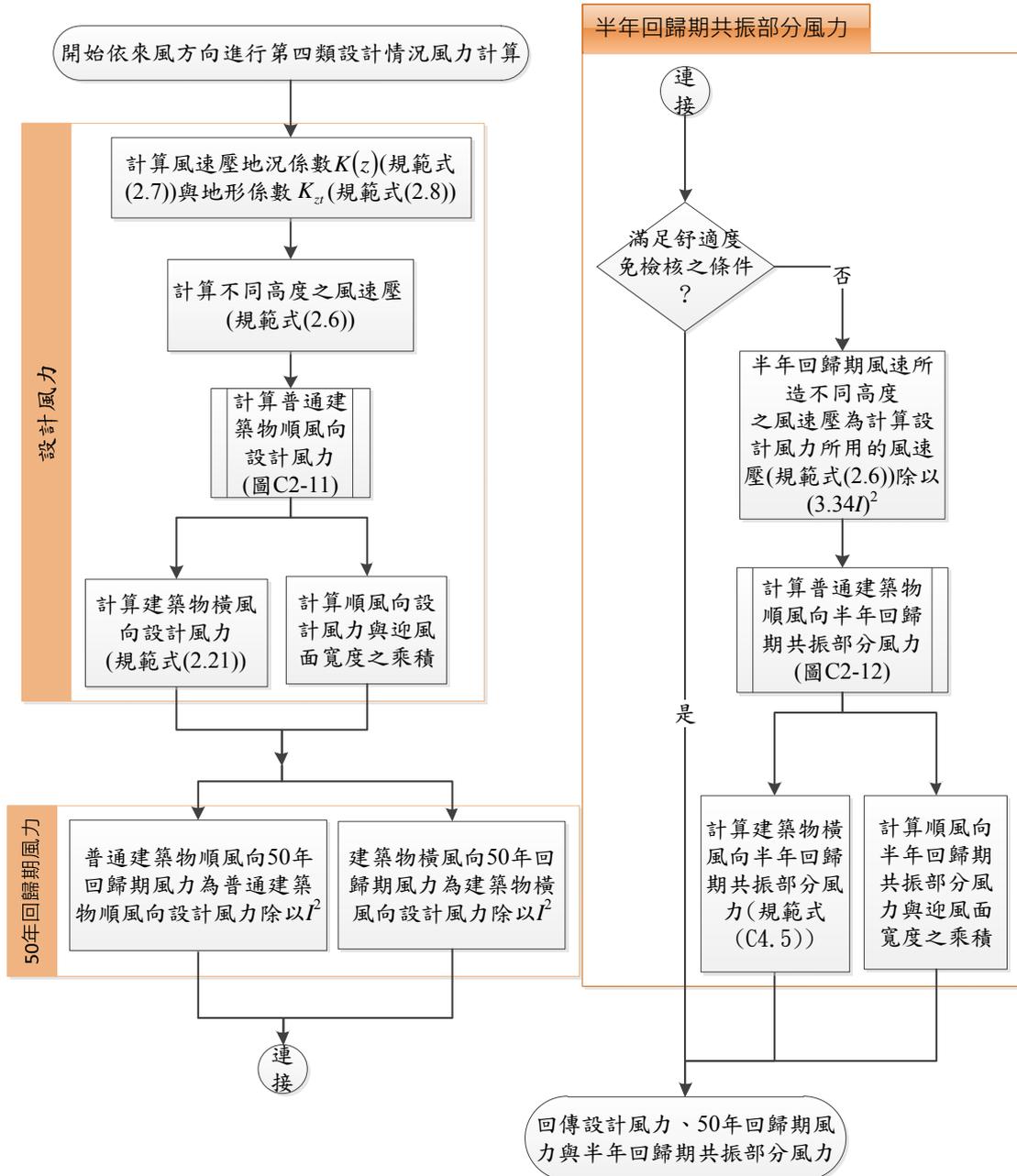


圖 C2-14 第四類設計情況風力計算流程圖

(資料來源：本研究整理)

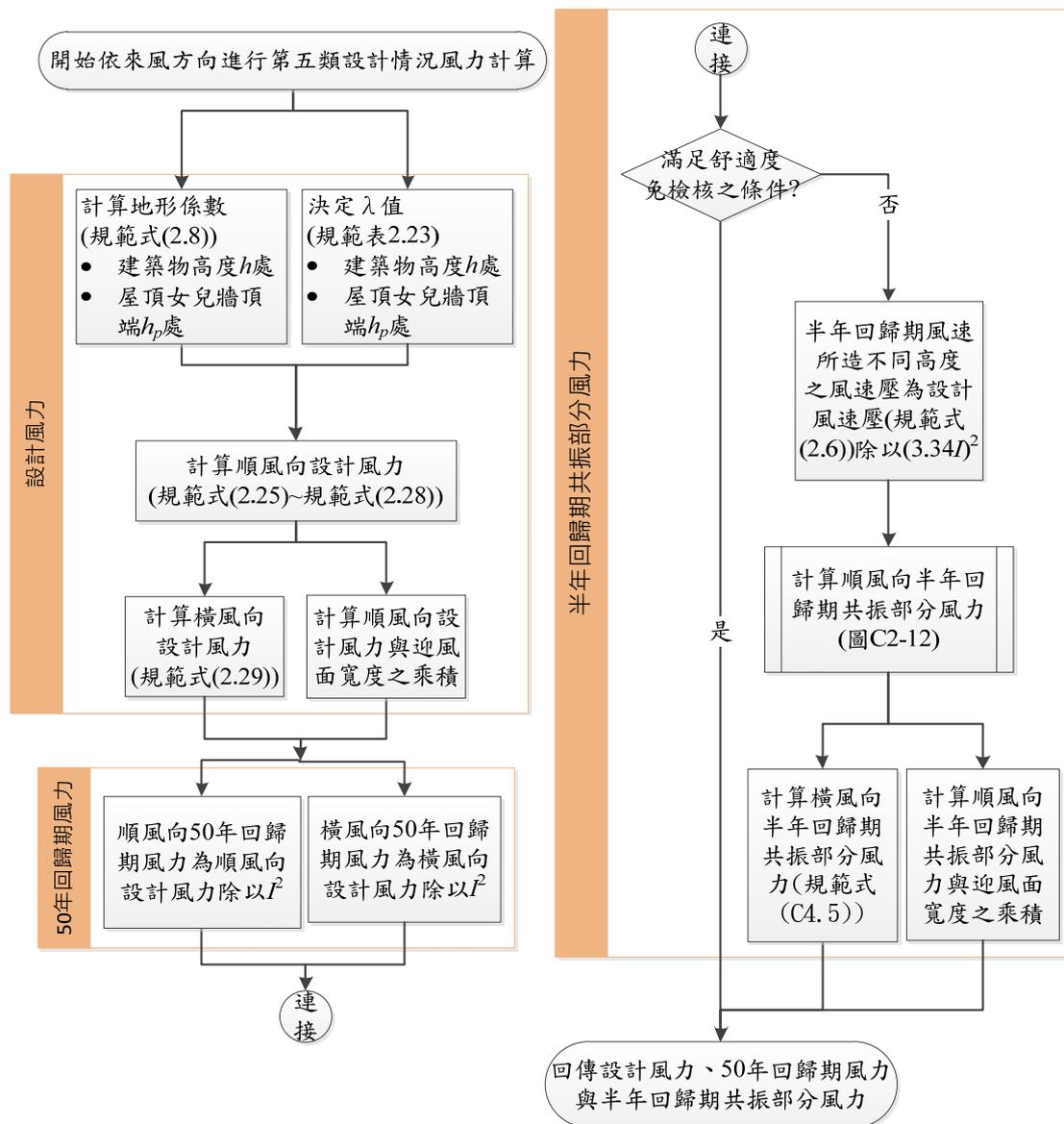


圖 C2-15 第五類設計情況風力計算流程圖

(資料來源：本研究整理)

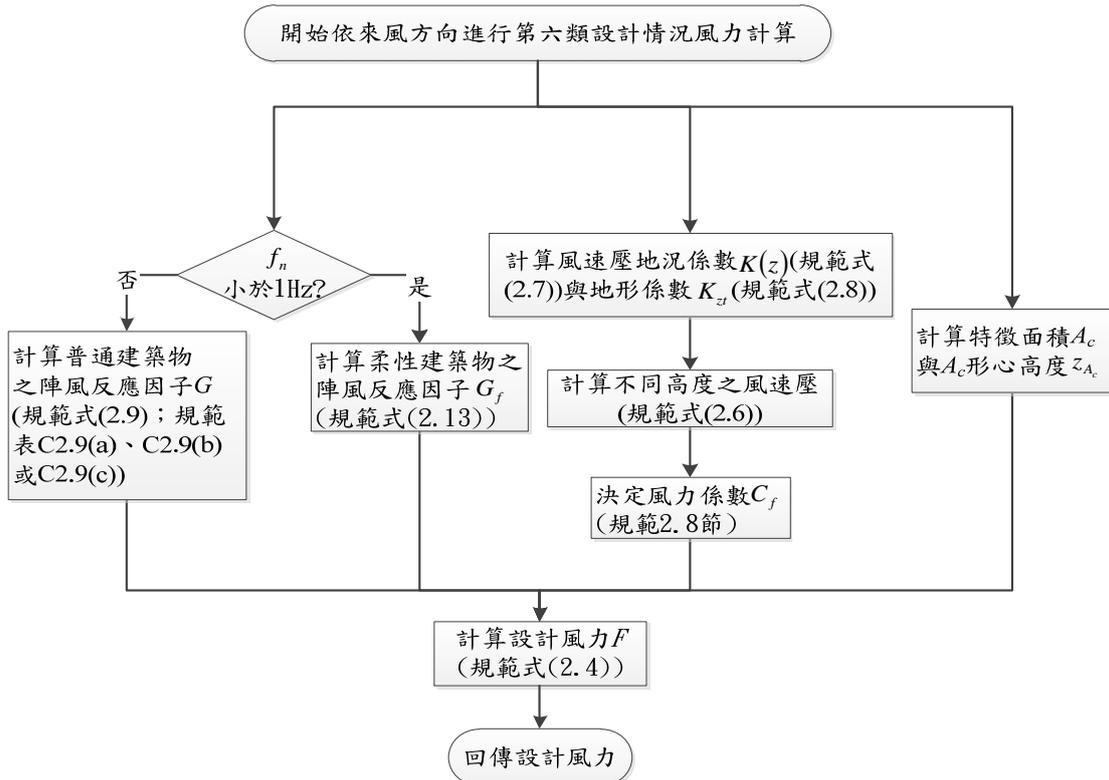


圖 C2-16 第六類設計情況風力計算流程圖

(資料來源：本研究整理)

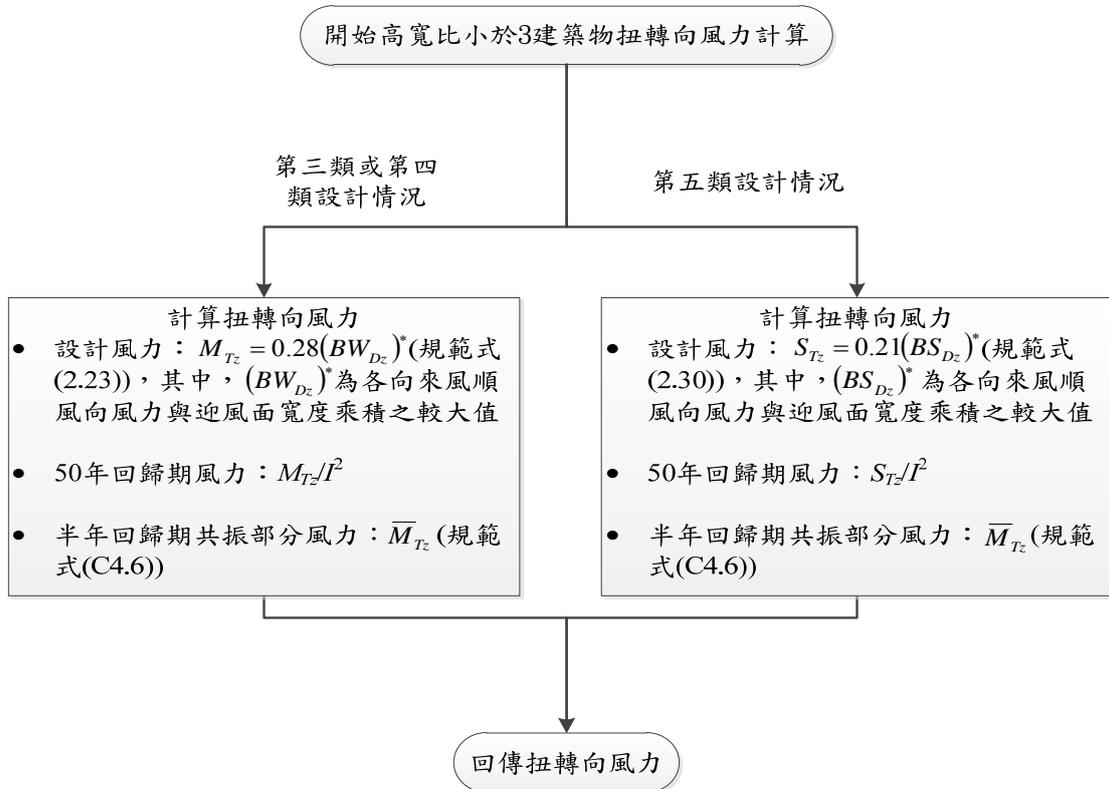


圖 C2-17 第三類、第四類或第五類設計情況扭轉向風力計算流程圖

(資料來源：本研究整理)

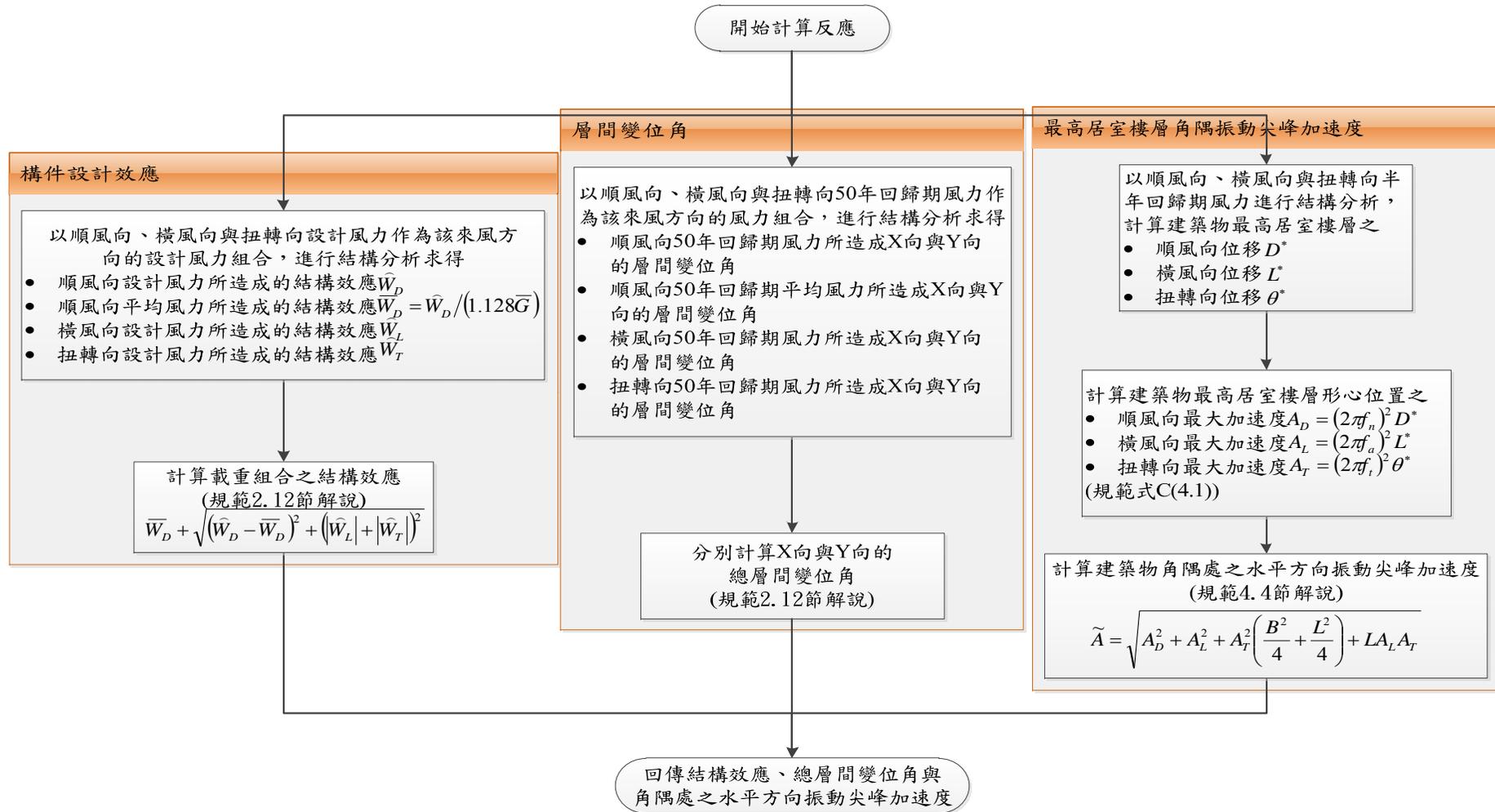


圖 C2-18 耐風結構反應計算流程圖

(資料來源：本研究整理)

第三章 局部構材及外部被覆物耐風設計流程圖

本章將後續第十章至第十二章示範例所需之設計流程圖統合彙整於圖 C3- 1 至圖 C3- 7。設計者在執行局部構材及外部被覆物耐風設計時，先進入圖 C3- 1，再依圖中箭頭的走向執行圖中各程序及子流程圖，即可完成設計。

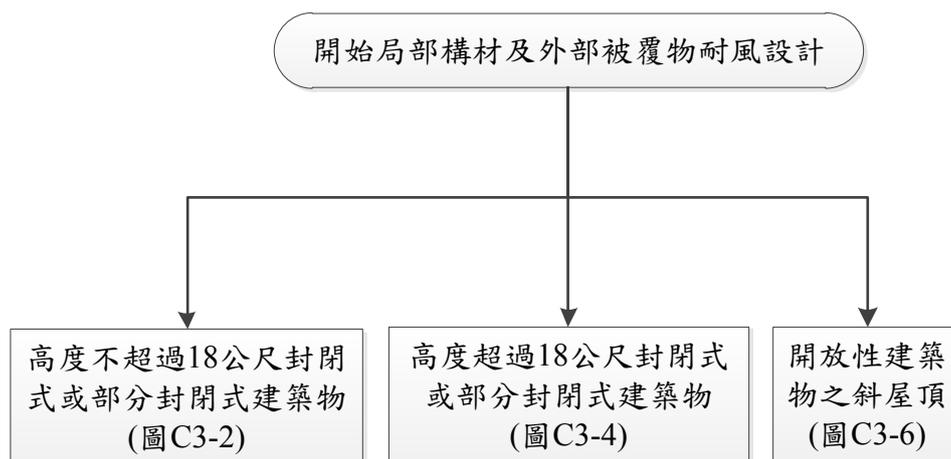


圖 C3-1 局部構材及外部被覆物耐風設計的情況

(資料來源：本研究整理)

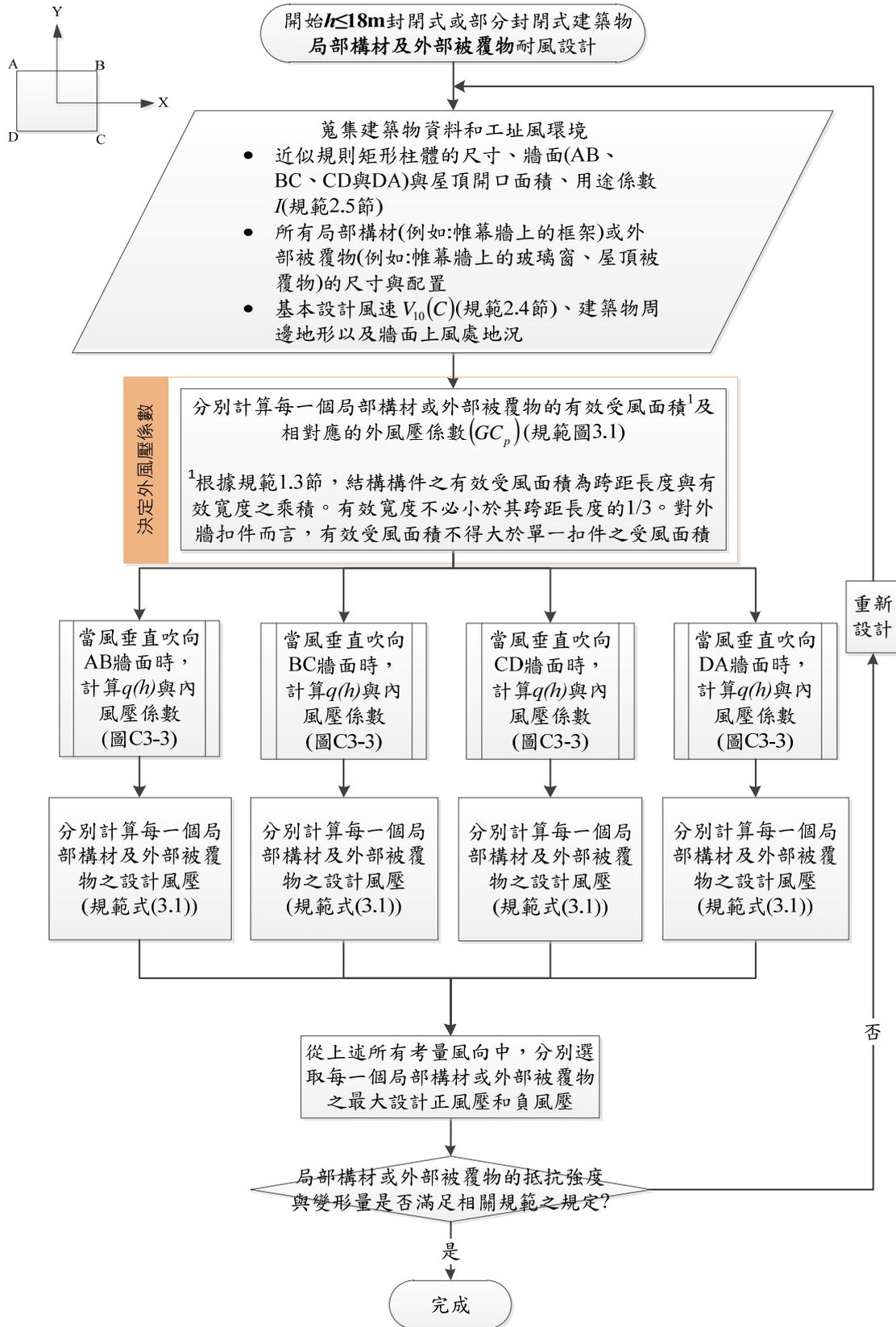


圖 C3-2 高度不超過 18 公尺封閉式或部分封閉式建築物之局部構材及外部被覆耐風設計流程圖

(資料來源：本研究整理)

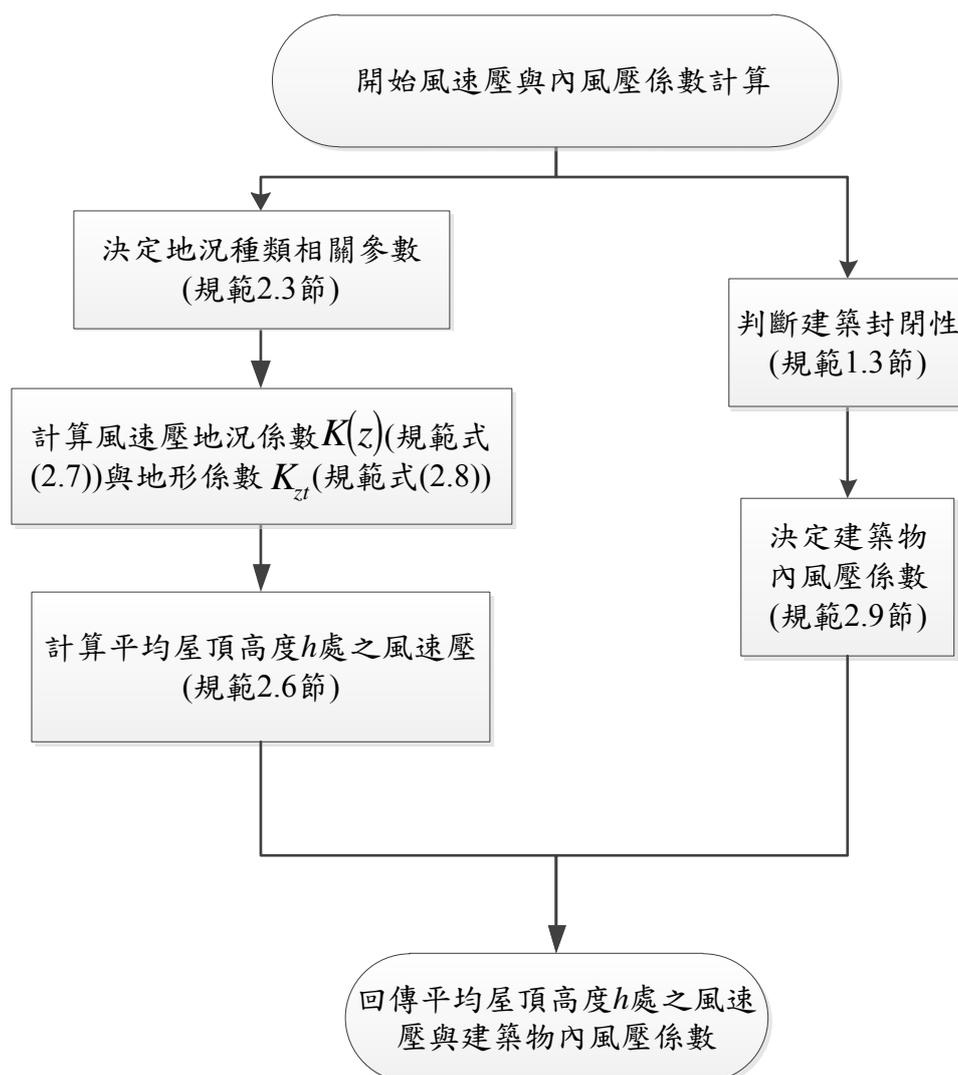


圖 C3-3 平均屋頂高度 h 處之風速壓與內風壓係數計算流程圖

(資料來源：本研究整理)

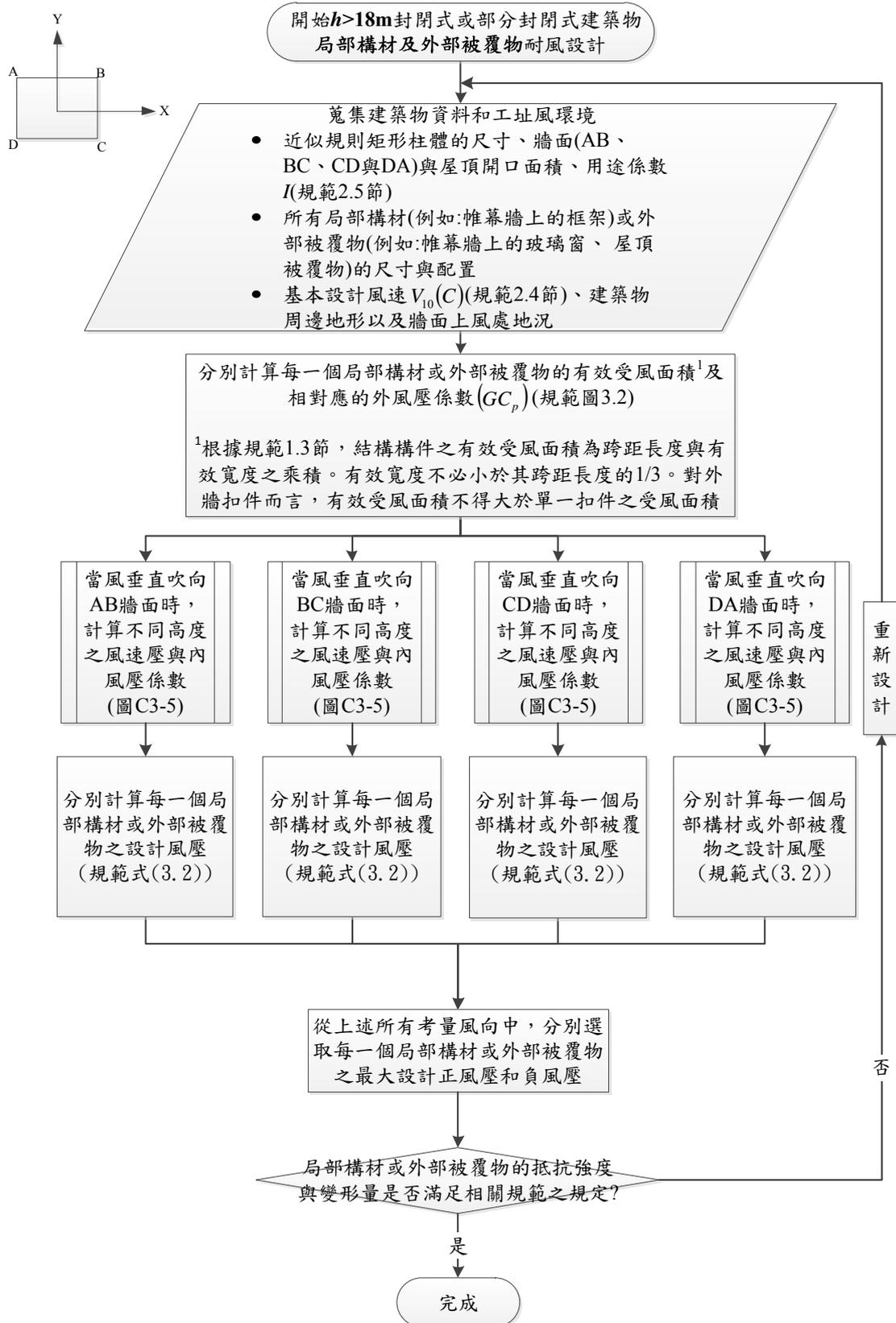


圖 C3-4 高度超過 18 公尺封閉式或部分封閉式建築物之局部構材及外部被覆耐風設計流程圖

(資料來源：本研究整理)

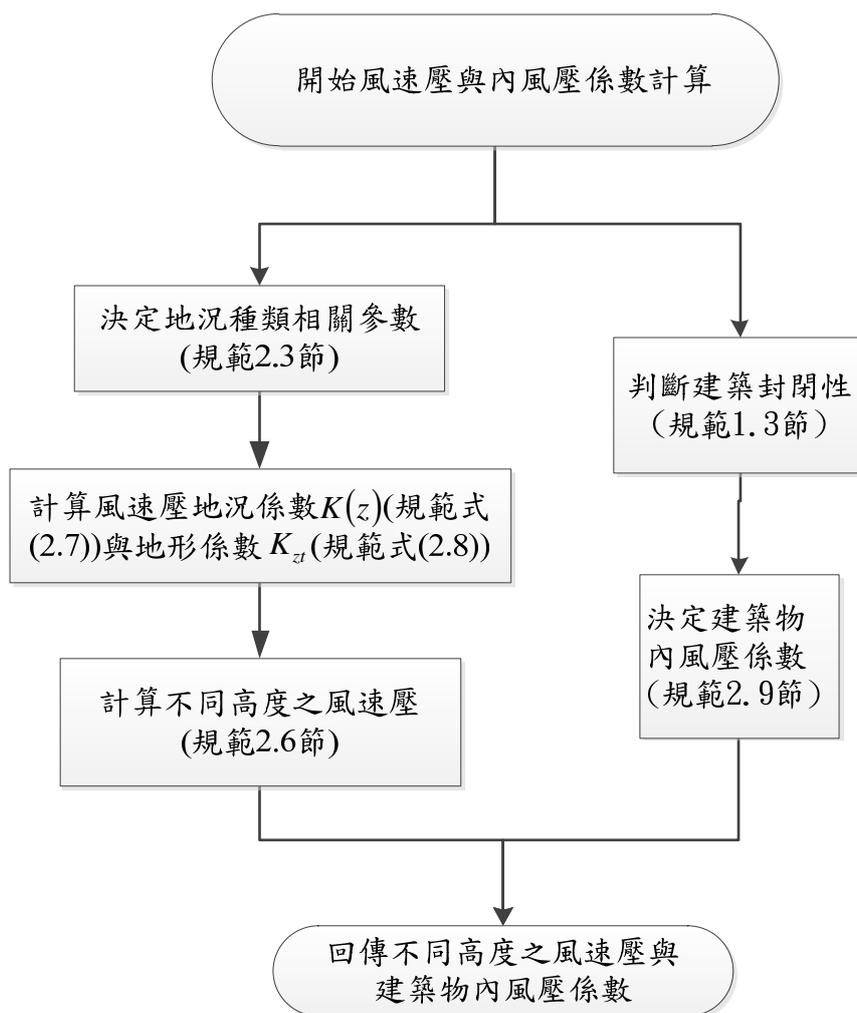


圖 C3-5 不同高度之風速壓與內風壓係數計算流程圖

(資料來源：本研究整理)

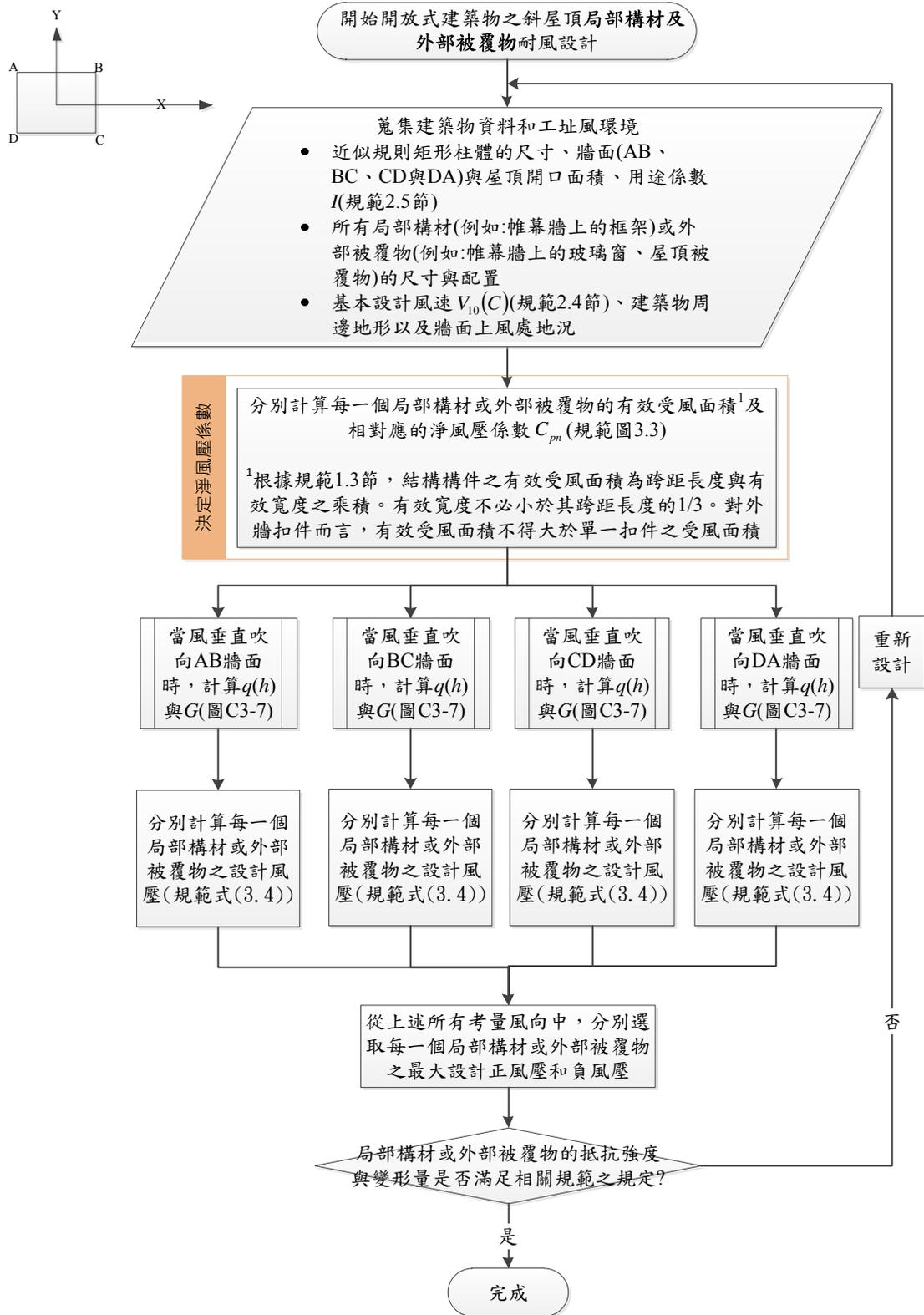


圖 C3-6 開放式建築物之斜屋頂局部構材及外部被覆物耐風設計流程圖
(資料來源：本研究整理)

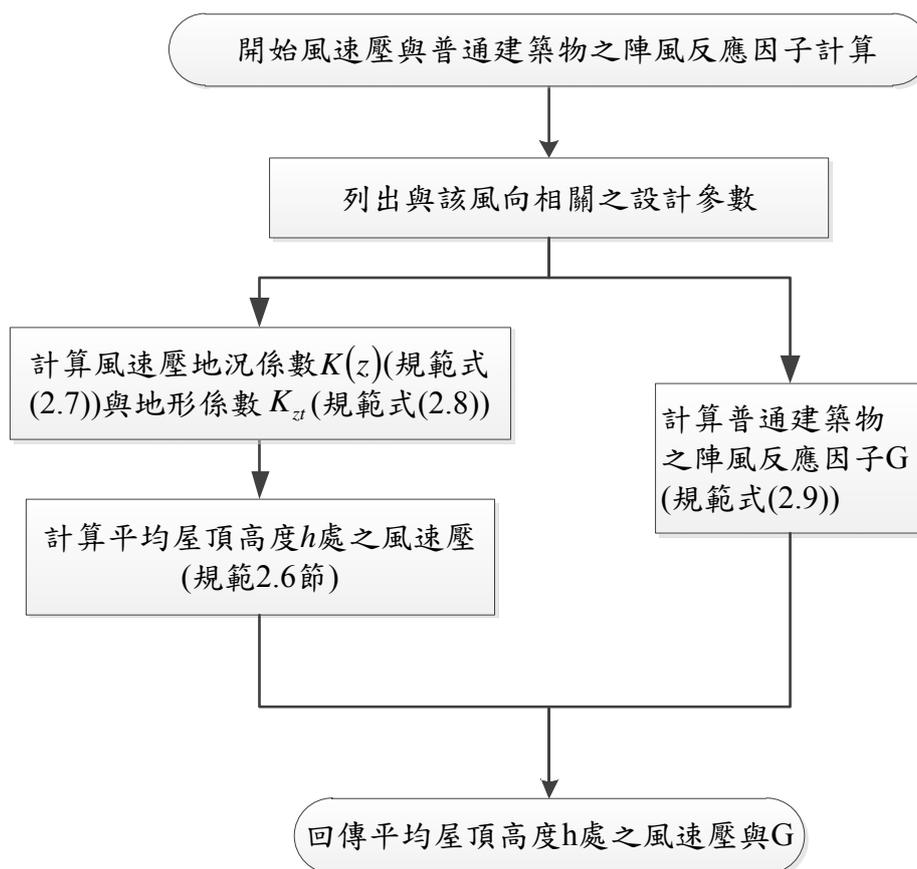


圖 C3-7 風速壓與普通建築物之陣風反應因子的計算流程圖
(資料來源：本研究整理)

第四章 高寬比 3 至 6 柔性建築物主要風力抵抗系統耐風設

計示範例

本章擬定一棟高寬比 3 至 6，且 XY 兩主軸方向皆為柔性($f_n < 1\text{Hz}$)的建築物，根據圖 C2-1 至圖 C2-9、圖 C2-18，執行其主要風力抵抗系統耐風設計。第一節到第六節詳列計算流程，分別為建築物資料與工址風環境、風垂直吹向 AB 牆面之風力、風垂直吹向 BC 牆面之風力、風垂直吹向 CD 牆面之風力、風垂直吹向 DA 牆面之風力及結構耐風反應之計算與檢核。高寬比 3 至 6 建築物的 XY 兩主軸方向頻率有可能一向大於 1Hz，另一向小於 1Hz，小於 1Hz 向的耐風設計可參考本章的設計例計算風力，大於 1Hz 向的耐風設計可參考第五章的設計例計算風力。

第一節 建築物資料與工址風環境

根據圖 C2-1 可知，執行耐風設計時，先要蒐集建築物資料與工址風環境。本節擬定建築物的示意圖如圖 C4-1 所示，建築物資料與工址風環境如下表所示。

表 C4-1 建築物資料與工址風環境 (例 1)

建築物資料	尺寸	平面尺寸 $38m \times 36m$ ；建築物 高度(不含屋頂突出物) $h = 112.2m$ 女兒牆高度 $1.2m$	
	開口面積	設計者須根據實際可能之狀況判斷開口面積。本例假設 CD 牆面上風側較其它牆面上風側容易產生隨風飄散物，因此假設 CD 牆面總面積有 5% 破損而造成開口，其餘各牆面總面積都有 1% 破損而造成開口。	
	用途係數 I	根據規範 2.5 節， $I = 1.1$ 、 1.0 或 0.9 。住宅，故 $I = 1.0$ 。	
	構造形式	鋼骨鋼筋混凝土構造；剛性樓板。	
	基本自然頻率	經結構動力分析，可得 X 向基本自然頻率 $0.333 Hz$ ($3.000 s$)；Y 向基本自然頻率 $0.321 Hz$ ($3.115 s$)；扭轉向基本自然頻率 $0.477 Hz$ ($2.096 s$)。	
	結構阻尼比 β	根據規範 2.7 節解說，建議鋼構造建築物之 $\beta = 0.01$ ；混凝土構造建築物或鋼骨鋼筋混凝土構造建築物之 $\beta = 0.02$ 。本例為鋼骨鋼筋混凝土構造，故 $\beta = 0.02$ 。	
工址風環境	基本設計風速 $V_{10}(C)$	根據規範 2.4 節，台北市的 $V_{10}(C) = 42.5m/s$ 。	
	地況	AB 牆面、BC 牆面與 DA 牆面上風側地況皆為地況 B，CD 牆面上風側地況為地況 C。	
	地形	無特殊地形，根據規範式(2.6)， $K_{zt} = 1$ 。若有特殊地形，可參考附錄一的方式計算 K_{zt} 。	

(資料來源：本研究整理)

第二節 風垂直吹向 AB 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力

本節所計算的風力有設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力。

壹、 判斷主要風力抵抗系統設計情況(圖 C2- 2)

【步驟 1】列出與該風向相關之設計參數

當風垂直吹向 AB 牆面時，根據圖 C4- 1， f_n 為 Y 向基本自然頻率 0.321 Hz 、 f_a 為 X 向基本自然頻率 0.333 Hz 、垂直於風向之建築物水平尺寸 $B = 38 \text{ m}$ 與平行於風向之建築物水平尺寸 $L = 36 \text{ m}$ 。根據規範表 2.2，地況 B 相關參數 $\alpha = 0.25$ ； $z_g = 400 \text{ m}$ ； $\bar{b} = 0.62$ ； $c = 0.30$ ； $\ell = 98 \text{ m}$ ； $\bar{\varepsilon} = 0.33$ ； $z_{\min} = 9 \text{ m}$ 。

【步驟 2】判斷設計情況

根據建築物資料可知 CD 牆面開口率為 5%，其餘外牆面開口率皆為 1%。根據規範 1.3 節，建築物不屬於開放式建築物。根據建築物資料，計算迎風向外牆面之總面積 $A_g = 4263.6 \text{ m}^2$ 、迎風向外牆面之總開口面積 $A_0 = 42.64 \text{ m}^2$ 、非迎風向之各牆面(含屋頂)總面積 $A_{gi} = 13710 \text{ m}^2$ 與非迎風向之各牆面(含屋頂)總開口面積 $A_{0i} = 293.96 \text{ m}^2$ 。因無法同滿足以下各條件(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，建築物不屬於部分封閉式建築物。建築物不屬於開放式建築物或部分封閉式建築物，根據規範 1.3 節，建築物屬於封閉式建築物。

由於 $f_n < 1 \text{ Hz}$ 且 $3 \leq h/\sqrt{BL} = 3.03 \leq 6$ 封閉式建築物，根據圖 C2- 2，當風垂直

吹向 AB 牆面時，主要風力抵抗系統設計情況屬於第一類設計情況。以下，根據圖 C2-3 至圖 C2-9，計算對應的設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力。

貳、 計算設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力

計算設計風力(圖 C2-3 上部)

【步驟 1】計算風速壓地況係數 $K(z)$ 與地形係數 K_{zt}

$$\begin{aligned} K(z) &= 2.774 \left(\frac{z}{z_g} \right)^{2\alpha} = 2.774 \left(\frac{z}{400} \right)^{0.5} ; z > 5\text{m} \\ \text{根據規範式(2.7),} \\ &= 2.774 \left(\frac{5}{z_g} \right)^{2\alpha} = 2.774 \left(\frac{5}{400} \right)^{0.5} ; z \leq 5\text{m} \end{aligned}$$

根據規範式(2.8)，計算 K_{zt} ：因工址附近無特殊地形， $K_{zt} = 1$ 。

【步驟 2】計算高度 h 處之風速 V_h 與不同高度之風速壓

$$\text{根據規範 2.6 解說, } V_h = 1.666 [I V_{10}(C)] (h/z_g)^\alpha \sqrt{K_{zt}(h)} = 51.53 \text{ m/s}$$

根據規範式(2.6)，離地面 z 公尺高度之風速壓 $q(z)$ ：

$$\begin{aligned} q(z) &= 0.06 K(z) K_{zt} [I V_{10}(C)]^2 = 300.63 \left(\frac{z}{400} \right)^{0.5} \text{ kgf/m}^2 ; z > 5\text{m} \\ q(z) &= 0.06 K(z=5) K_{zt} [I V_{10}(C)]^2 = 33.61 \text{ kgf/m}^2 ; z \leq 5\text{m} \end{aligned}$$

【步驟 3】計算柔性建築物順風向設計風力(圖 C2-4)

(1) 決定風壓係數

內風壓係數 (GC_{pi})：根據規範 2.9 節，封閉式建築物的 (GC_{pi}) = +0.375 或 -0.375。

牆之平均外風壓係數 C_p ：AB 牆面為迎風面，根據規範表 2.4， $C_p = 0.8$ ；CD 牆面為背風面， $L/B = 0.95$ ， $C_p = -0.5$ 。

(2) 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 $L_{\bar{z}} = 183.87\text{m}$ ，其中， $\bar{z} = 67.32\text{m}$ 。根據規範式(2.10)，紊流強度 $I_{\bar{z}} = 0.22$ 。根據規範式(2.11)，背景反應 $Q = 0.80$ 。根據規範式(2.14)，共振反應尖峰因子 $g_R = 3.91$ 。根據規範

式(2.19)，高度 \bar{z} 處每小時平均風速 $\bar{V}_{\bar{z}} = 42.44\text{m/s}$ 。根據規範式(2.17)，

$N_1 = 1.39$ 。根據規範式(2.16)， $R_n = 0.11$ 。根據規範式(2.18a)與式(2.18b)，

$R_h = 0.22$ 、 $R_B = 0.49$ 及 $R_L = 0.21$ 。根據規範式(2.15)，共振反應因子

$R = 0.62$ 。或是針對 $h/\sqrt{BL} = 1 \sim 6$ 和 $L/B = 1/5 \sim 5$ 之柔性建築物，規範 2.7 節解說的簡化公式可得 $R \approx 0.87$ 。以下取規範式(2.15)複雜計算的結果 $R = 0.62$ 作後續計算。根據規範式(2.13)，柔性建築物之陣風反應因

$$\text{子 } G_f = 1.927 \left(\frac{1 + 1.7 I_{\bar{z}} \sqrt{g_Q^2 Q^2 + g_R^2 R^2}}{1 + 1.7 g_V I_{\bar{z}}} \right) = 2.00$$

，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。

(3) 計算迎風面牆與背風面牆之風壓，以及屋頂女兒牆之風壓

根據規範式(2.2)，迎風面牆之設計風壓：

$$\begin{aligned} p(z) &= q(z)G_f C_p - q(h)(GC_{pi}) \\ &= 481.42 \left(\frac{z}{400} \right)^{0.5} \pm 59.71 \text{kgf/m}^2 ; z > 5\text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} p(z) &= q(z=5)G_f C_p - q(h)(GC_{pi}) \\ &= 53.82 \pm 59.71 \text{kgf/m}^2 ; z \leq 5\text{m} \end{aligned}$$

背風面牆之設計風壓：

$$p(z) = q(h)G_f C_p - q(h)(GC_{pi}) = -159.36 \pm 59.71 \text{kgf/m}^2$$

根據規範式(2.3)，迎風面女兒牆之設計風壓：

$$P_p = q_p(GC_{pn}) = 288.13 \text{kgf/m}^2$$

背風面女兒牆之設計風壓：

$$P_p = q_p(GC_{pn}) = -176.08 \text{kgf/m}^2$$

其中， $q_p = 160.07 \text{kgf/m}^2$ 為屋頂女兒牆頂端(高度為 113.4m)之

風速壓； (GC_{pn}) 屋頂女兒牆淨風壓係數，迎風面女兒牆取 $+1.8$ ，

背風面女兒牆取 -1.1 。

(4) 計算外牆順風向風力與屋頂女兒牆風力

外牆順風向風力為迎風面牆的風力減去背風面牆的風力。其中，迎風面牆的風力為設計風壓與對應受風面積之乘積；背風面牆的風力為設計風壓與對應受風面積之乘積。外牆順風向設計風力如表 C4- 2 所示。

根據規範 2.2 節解說中 W_{Dz} 的計算式，也可得表 C4- 2 所示的外牆順風向設計風力。

屋頂女兒牆設計風力為迎風面女兒牆之風力減去背風面女兒牆之風力。其中，迎風面女兒牆之風力為迎風面女兒牆之設計風壓與對應受風面積之乘積；背風面女兒牆之風力為背風面女兒牆之設計風壓與對應受風面積之乘積。屋頂女兒牆設計風力如表 C4- 2 所示。根據規範 2.2 節解說中 F_p 的計算式，也可得表 C4- 2 所示的屋頂女兒牆設計風力。

【步驟 4】計算建築物橫風向設計風力(圖 C2- 5)

(1) 由於 $h/\sqrt{BL} = 3.03$ 介於 3 至 6， $L/B = 0.95$ 介於 0.2 至 5， $V_h/(f_a\sqrt{BL}) = 4.18 \leq 10$ ，因此，滿足規範式(2.22)之使用條件。 $h/\sqrt{BL} \leq 4$ 且 $V_h/(f_a\sqrt{BL}) < 8.3$ 不用檢核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。

(2) 計算 g_L 、 C'_L 與 R_{LR} (規範 2.10 節)

橫風向尖峰因子 $g_L = 3.92$ 。 $C'_L = 0.15$ 。橫風向共振因子

$R_{LR} = \frac{\pi S_L(n^*)}{4} = 0.050$ ，其中，橫風向風力頻譜值

$$S_L(n^*) = \sum_{j=1}^s \frac{4\bar{k}_j(1+0.6\beta_j)\beta_j}{\pi} \frac{\left(\frac{n^*}{n_j}\right)^2}{\left[1 - \left(\frac{n^*}{n_j}\right)^2\right]^2 + 4\beta_j^2\left(\frac{n^*}{n_j}\right)^2} = 0.06; \text{橫風向無因}$$

次頻率 $n^* = 0.25$ ； $L/B = 0.95 < 3$ ， $s = 1$ ； $n_1 = 0.09$ ； $\bar{k}_1 = 0.85$ ； $\beta_1 = 0.28$ 。

或可根據規範表 2.18，線性內插求得 $R_{LR} = 0.050$ 。

(3) 計算高度 z 處橫風向風力

根據規範式(2.22)，高度 z 處橫風向風力 W_{Lz} ：

$$W_{Lz} = 3q(h)C'_L A_z \frac{Z}{h} g_L \sqrt{1 + \frac{1}{\beta} R_{LR}} = 4.73 A_z \times Z \text{ kgf}$$

其中， A_z 為離地面高度 z 處迎風面面積，橫風向設計風力如表 C4-2 所示。

【步驟 5】計算建築物扭轉向設計風力(圖 C2-6)

(1) 由於 $h/\sqrt{BL} = 3.03$ 介於 3 至 6， $L/B = 0.95$ 介於 0.2 至 5， $V_h/(f_i\sqrt{BL}) = 2.92 \leq 10$ ，因此，滿足規範式(2.24)之使用條件。

(2) 計算 g_T 、 C'_T 與 R_{TR} (規範 2.11 節)

扭轉向尖峰因子 $g_T = 4.01$ 。 $C'_T = 0.05$ 。 扭矩共振因子

$$R_{TR} = 0.036 K_T^2 (U^*)^{2\beta_T} \frac{L(B^2 + L^2)^2}{L_{BL}^2 B^3} = 0.036, \text{ 其中, } K_T = 0.16; \text{ 無因次風}$$

速 $U^* = 2.92$; $\beta_T = 1.17$; $L_{BL} = 38\text{m}$ 。 或可根據規範表 2.19, 線性內插

求得 $R_{TR} = 0.036$ 。

(3) 計算高度 z 處扭轉向風力

根據規範式(2.24), 建築物離地面高度 z 處扭轉向風力 M_{Tz} :

$$M_{Tz} = 1.8q(h)C'_T A_z B \frac{Z}{h} g_T \sqrt{1 + \frac{1}{\beta} R_{TR}} = 30.97 A_z \times Z \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

其中, A_z 為離地面高度 z 處迎風面面積, 扭轉向設計風力如表 C4-

2 所示。

計算 50 年回歸期風力(圖 C2-3 中部)

50 年回歸期風速所造成高度 h 處之風速為 $V_h/I = 51.53\text{m/s}$; 50 年回歸期風速所造成不同高度之風速壓為計算設計風力所用的風速壓除以 I^2 ; 50 年回歸期風力之計算流程與設計風力之計算流程相同。因為 $I = 1$, 50 年回歸期風力之數值結果與表 C4-2 的結果相同。

計算半年回歸期共振部分風力(圖 C2-3 下部)

【步驟 1】 計算半年回歸期風速所造成不同高度之風速壓

半年回歸期風速所造成不同高度之風速壓為計算設計風力所用的風速壓除以 $(3.34I)^2$ ，數值結果如表 C4-3 所示。

【步驟 2】計算柔性建築物順風向半年回歸期共振部分風力(圖 C2-7)

(1)決定風壓係數

$(GC_{pi}) = +0.375$ 或 -0.375 ；迎風面牆之 $C_p = 0.8$ 、背風面牆之

$C_p = -0.5$ 。

(2)計算陣風反應因子共振部分

根據規範式 (C4.2)，陣風反應因子共振部分

$1.927 \left(\frac{1.7I_z g_R R}{1+1.7g_V I_z} \right) = 0.18$ 。其中，紊流強度 $I_z = 0.22$ ；共振反應尖峰因

子 $g_R = 3.91$ ；共振反應因子 $R = 0.15$ ，在計算 R 時， \bar{V}_z 是以

$\bar{V}_z / (3.34I) = 12.71 \text{ m/s}$ 取代；風速尖峰因子 g_V 可取 3.4。

(3)計算半年回歸期風速所造成迎風面牆與背風面牆之風壓，以及屋頂女兒牆之風壓

根據規範式 (2.2)，迎風面牆之風壓為

$3.97 \left(\frac{z}{400} \right)^{0.5} \pm 5.35 \text{ kgf/m}^2$ ； $z > 5 \text{ m}$ ； $0.44 \pm 5.35 \text{ kgf/m}^2$ ； $z \leq 5 \text{ m}$ ；背風面

牆之風壓為 $-1.31 \pm 5.35 \text{ kgf/m}^2$ 。根據規範式(2.3)，迎風面女兒牆之風壓

為 25.83 kgf/m^2 ，背風面女兒牆之風壓為 -15.78 kgf/m^2 。

(4)計算外牆順風向共振部分風力與屋頂女兒牆風力

此部分之計算流程與在設計風力作用下外牆順風向風力與屋頂女兒牆風力之計算流程相同。外牆順風向共振部分風力與屋頂女兒牆風力如表 C4-3 所示。

【步驟 3】計算建築物橫風向半年回歸期共振部分風力(圖 C2-8)

(1)計算 g_L 、 C'_L 與 R_{LR} (規範 2.10 節)

橫風向尖峰因子 $g_L = 3.92$; $C'_L = 0.15$; 橫風向共振因子 $R_{LR} = 0.004$,

其中, 在計算 n^* 時的 V_h 用 $V_h/(3.34I) = 15.43m/s$ 取代。

(2)計算橫風向共振部分風力 \bar{W}_{Lz}

根據規範式(C4.3), 橫風向共振部分風力 \bar{W}_{Lz} :

$$\bar{W}_{Lz} = 3q(h)C'_L A_z \frac{Z}{h} g_L \sqrt{\frac{1}{\beta} R_{LR}} = 0.10 A_z \times Z \text{ kgf}$$

橫風向共振部分風力如表 C4-3 所示。

【步驟 4】計算建築物扭轉向半年回歸期共振部分風力(圖 C2-9)

(1)計算 g_T 、 C'_T 與 R_{TR} (規範 2.11 節)

扭轉向尖峰因子 $g_T = 4.01$; $C'_T = 0.05$; 扭矩共振因子 $R_{TR} = 0.002$,

其中, 在計算 U^* 時的 V_h 用 $V_h/(3.34I) = 15.43m/s$ 取代。

(2)計算扭轉向共振部分風力 \bar{M}_{Tz}

根據規範式(C4.4), 扭轉向共振部分風力 \bar{M}_{Tz} :

$$\bar{M}_{Tz} = 1.8q(h)C_T' A_z B \frac{Z}{h} g_T \sqrt{\frac{1}{\beta} R_{TR}} = 0.55 A_z \times Z \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

扭轉向共振部分風力如表 C4-3 所示。

第三節 風垂直吹向 BC 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力

本節所計算的風力有設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力。

壹、 判斷主要風力抵抗系統設計情況(圖 C2-2)

【步驟 1】列出與該風向相關之設計參數

當風垂直吹向 BC 牆面時， $f_n = 0.333\text{Hz}$ 、 $f_a = 0.321\text{Hz}$ 、 $B = 36\text{m}$ 與 $L = 38\text{m}$ 。
地況相關參數與第二節相同。

【步驟 2】判斷設計情況

仿照第二節判斷建築封閉性的方法，分析建築物開口面積可知建築物屬於封閉式建築物。由於 $f_n < 1\text{Hz}$ 且 $3 \leq h/\sqrt{BL} = 3.03 \leq 6$ 封閉式建築物，根據圖 C2-2，當風垂直吹向 BC 牆面時，主要風力抵抗系統設計情況屬於第一類設計情況。以下，根據圖 C2-2 至圖 C2-9，計算對應的設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力。

貳、 計算設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力

分別仿照第二節中設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力的計算流程，可計算得到當風垂直吹向 BC 牆面之設計風力如表 C4-4 所示、50 年回歸期風力如表 C4-4 (因為 $I=1$) 所示、半年回歸期共振部分風力如表 C4-5 所示。

第四節 風垂直吹向 CD 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力

本節所計算的風力有設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力。

壹、判斷主要風力抵抗系統設計情況(圖 C2-2)

【步驟 1】列出與該風向相關之設計參數

當風垂直吹向 CD 牆面時， $f_n = 0.321Hz$ 、 $f_a = 0.333Hz$ 、 $B = 38m$ 與 $L = 36m$ 。

根據規範表 2.2，地況 C 相關參數 $\alpha = 0.15$ ； $z_g = 300m$ ； $\bar{b} = 0.94$ ； $c = 0.20$ ；

$\ell = 152m$ ； $\bar{\varepsilon} = 0.20$ ； $z_{\min} = 4.5m$ 。

【步驟 2】判斷設計情況

根據建築物資料可知 CD 牆面開口率為 5%，其餘外牆面開口率皆為 1%。根據規範 1.3 節，建築物不屬於開放式建築物。根據建築物資料， $A_g = 4263.60m^2$ 、 $A_0 = 213.18m^2$ 、 $A_{gi} = 13710m^2$ 與 $A_{oi} = 123.42m^2$ 。因同滿足以下各條件(1) $A_0 > 1.10A_{oi}$ ，(2) $A_0 > 0.37m^2$ 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，建築物屬於部分封閉式建築物。

由於 $f_n < 1Hz$ 且 $3 \leq h/\sqrt{BL} = 3.03 \leq 6$ 部分封閉式建築物，根據圖 C2-2，當風垂直吹向 CD 牆面時，主要風力抵抗系統設計情況屬於第一類設計情況。以下，根據圖 C2-3 至圖 C2-9，計算對應的設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力。

貳、 計算設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力

分別仿照第二節中設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力的計算流程，可計算得到當風垂直吹向 CD 牆面之設計風力如表 C4- 6 所示、50 年回歸期風力如表 C4- 6 (因為 $I=1$) 所示、半年回歸期共振部分風力如表 C4- 7 所示。

第五節 風垂直吹向 DA 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力

根據第一節的建築物資料與工址風環境可知，建築物以 Y 軸為對稱軸；BC 牆面與 DA 牆面開口面積相同；BC 牆面與 DA 牆面上風側地況相同；BC 牆面與 DA 牆面上風側地形相同。因此，當風垂直吹向 DA 牆面時主要風力抵抗系統所承受之風力，與第三節的結果相同。

第六節 耐風結構反應之計算與檢核

本節所計算的耐風結構反應有構件設計效應、層間變位角與最高居室樓層角隅振動尖峰加速度。

壹、 計算構件設計效應與檢核

【步驟 1】當風垂直吹向 AB 牆面時，計算結構效應(圖 C2- 18 左半部)

(1)以表 C4- 2 的風力進行結構分析，求得順風向設計風力所造成的結構效應 \widehat{W}_D 、順風向平均風力所造成的結構效應 $\overline{W}_D = \widehat{W}_D / (1.128\overline{G})$ 、橫風向設計風力所造成的結構效應 \widehat{W}_L 、扭轉向設計風力所造成的結構效應 \widehat{W}_T 。其中，柔性建築物 $\overline{G} = G_f$ 。

(2)根據規範 2.12 節解說，計算載重組合之結構效應

$$\bar{W}_D + \sqrt{(\widehat{W}_D - \bar{W}_D)^2 + (|\widehat{W}_L| + |\widehat{W}_T|)^2}$$

【步驟 2】當風垂直吹向 BC 牆面、CD 牆面與 DA 牆面時，分別計算結構效應

重複步驟 1 的(1)與(2)計算得之。其中，當風垂直吹向 BC 牆面或 DA 牆面時所採用的風力詳表 C4- 4。當風垂直吹向 CD 牆面時所採用的風力詳表 C4- 6。

【步驟 3】從上述四種可能來風方向中，各構件分別選擇結構效應的最大值，作為桿件設計載重組合中之風載重效應。在與其他型式載重組合前，應乘上材料規範規定之載重係數。若有任一檢核不滿足相關規範之規定，則重新設計。

貳、 計算層間變位角與檢核

【步驟 1】當風垂直吹向 AB 牆面時，計算層間變位角(圖 C2- 18 中間)

(1)以第二節的 50 年回歸期風力進行結構分析，分別求得順風向 50 年回歸期風力所造成 X 向與 Y 向的層間變位角、順風向 50 年回歸期平均風力所造成 X 向與 Y 向的層間變位角、橫風向 50 年回歸期風力所造成 X 向與 Y 向的層間變位角、扭轉向 50 年回歸期風力所造成 X 向與 Y 向的層間變位角。

(2)根據規範 2.12 節解說之公式，分別計算 X 向與 Y 向的總層間變位角。

【步驟 2】當風垂直吹向 BC 牆面、CD 牆面與 DA 牆面時，分別計算層間變位角

重複步驟 1 的(1)與(2)計算得之。當風垂直吹向 BC 牆面或 DA 牆面時所

採用的風力詳表 C4- 4。當風垂直吹向 CD 牆面時所採用的風力詳表 C4- 6。

【步驟 3】檢核層間變位角

從四種可能來風方向中，選擇 X 向總層間變位角的最大值，判斷其是否 $\leq 5/1000$ ；選擇 Y 向總層間變位角的最大值，判斷其是否 $\leq 5/1000$ 。若有任何一檢核不過，則重新設計。

參、 計算最高居室樓層角隅振動尖峰加速度與檢核

【步驟 1】當風垂直吹向 AB 牆面時，計算最高居室樓層加速度(圖 C2- 18 右半部)

(1)以表 C4- 3 的風力進行結構分析，求得建築物最高居室樓層之順風向位移 D^* 、橫風向位移 L^* 與扭轉向位移 θ^* 。

(2)根據規範式(C4.1)，計算建築物最高居室樓層形心位置之順風向最大加速度 $A_D = (2\pi f_n)^2 D^*$ 、橫風向最大加速度 $A_L = (2\pi f_a)^2 L^*$ 與扭轉向最大加速度 $A_T = (2\pi f_t)^2 \theta^*$ 。

(3)根據規範 4.4 節解說，計算建築物角隅處之水平方向振動尖峰加速

$$\tilde{A} = \sqrt{A_D^2 + A_L^2 + A_T^2 \left(\frac{B^2}{4} + \frac{L^2}{4} \right) + LA_L A_T}。$$

【步驟 2】當風垂直吹向 BC 牆面、CD 牆面與 DA 牆面時，分別計算最高居室樓層加速度

重複步驟 1 的(1)、(2)與(3)計算得之。當風垂直吹向 BC 牆面或 DA 牆面時所採用的風力詳表 C4- 5。當風垂直吹向 CD 牆面時所採用的風力詳表

C4- 7。

【步驟 3】檢核最高居室樓層角隅振動尖峰加速度

從四種可能來風方向中，選擇最高居室樓層角隅振動尖峰加速度的最大值，判斷其是否 $\leq 0.05m/s^2$ ，若否，則重新設計。

表 C4- 2 風吹向 AB 牆面之設計風力(例 1)

名稱	離地高度 $z(m)$	迎風面或背風面面積 (m^2)	風速壓地況係數 $K(z)$	風速壓 kgf/m^2	順風向風力(t)	橫風向風力(t)	扭轉向風力($t-m$)
女兒牆頂端	113.40	45.60	1.48	160.07	21.17	—	—
RF	112.20	62.70	1.47	159.22	25.98	33.25	217.86
34FL 地板	108.90	125.40	1.45	156.86	51.48	64.55	422.91
33FL 地板	105.60	125.40	1.43	154.47	51.00	62.60	410.10
32FL 地板	102.30	125.40	1.40	152.03	50.51	60.64	397.28
31FL 地板	99.00	125.40	1.38	149.56	50.02	58.68	384.47
30FL 地板	95.70	125.40	1.36	147.05	49.51	56.73	371.65
29FL 地板	92.40	125.40	1.33	144.49	49.00	54.77	358.83
28FL 地板	89.10	125.40	1.31	141.89	48.48	52.81	346.02
27FL 地板	85.80	125.40	1.28	139.24	47.94	50.86	333.20
26FL 地板	82.50	125.40	1.26	136.53	47.40	48.90	320.39
25FL 地板	79.20	125.40	1.23	133.77	46.85	46.95	307.57
24FL 地板	75.90	125.40	1.21	130.96	46.28	44.99	294.76
23FL 地板	72.60	125.40	1.18	128.08	45.70	43.03	281.94
22FL 地板	69.30	125.40	1.15	125.13	45.11	41.08	269.13
21FL 地板	66.00	125.40	1.13	122.12	44.51	39.12	256.31
20FL 地板	62.70	125.40	1.10	119.03	43.88	37.17	243.49
19FL 地板	59.40	125.40	1.07	115.85	43.25	35.21	230.68
18FL 地板	56.10	125.40	1.04	112.59	42.59	33.25	217.86
17FL 地板	52.80	125.40	1.01	109.23	41.92	31.30	205.05
16FL 地板	49.50	125.40	0.98	105.76	41.22	29.34	192.23
15FL 地板	46.20	125.40	0.94	102.17	40.50	27.39	179.42
14FL 地板	42.90	125.40	0.91	98.45	39.75	25.43	166.60
13FL 地板	39.60	125.40	0.87	94.59	38.98	23.47	153.79
12FL 地板	36.30	125.40	0.84	90.56	38.17	21.52	140.97
11FL 地板	33.00	125.40	0.80	86.35	37.32	19.56	128.16
10FL 地板	29.70	125.40	0.76	81.92	36.43	17.60	115.34
9FL 地板	26.40	125.40	0.71	77.23	35.49	15.65	102.52
8FL 地板	23.10	125.40	0.67	72.25	34.49	13.69	89.71
7FL 地板	19.80	125.40	0.62	66.89	33.41	11.74	76.89
6FL 地板	16.50	125.40	0.56	61.06	32.24	9.78	64.08
5FL 地板	13.20	125.40	0.50	54.61	30.95	7.82	51.26
4FL 地板	9.90	125.40	0.44	47.30	29.48	5.87	38.45
3FL 地板	6.60	125.40	0.36	38.62	27.74	3.91	25.63
2FL 地板	3.30	125.40	0.31	33.61	26.73	1.96	12.82

(資料來源：本研究整理)

表 C4-3 風吹向 AB 牆面之半年回歸期共振部分風力(例 1)

名稱	離地高度 $z(m)$	迎風面或背風面面積 (m^2)	風速壓地況係數 $K(z)$	風速壓 kgf/m^2	順風向風力(t)	橫風向風力(t)	扭轉向風力($t-m$)
女兒牆頂端	113.40	45.60	1.48	14.35	1.90	—	—
RF	112.20	62.70	1.47	14.27	0.21	0.67	3.83
34FL 地板	108.90	125.40	1.45	14.06	0.42	1.31	7.44
33FL 地板	105.60	125.40	1.43	13.85	0.42	1.27	7.22
32FL 地板	102.30	125.40	1.40	13.63	0.42	1.23	6.99
31FL 地板	99.00	125.40	1.38	13.41	0.41	1.19	6.77
30FL 地板	95.70	125.40	1.36	13.18	0.41	1.15	6.54
29FL 地板	92.40	125.40	1.33	12.95	0.40	1.11	6.32
28FL 地板	89.10	125.40	1.31	12.72	0.40	1.07	6.09
27FL 地板	85.80	125.40	1.28	12.48	0.39	1.03	5.87
26FL 地板	82.50	125.40	1.26	12.24	0.39	0.99	5.64
25FL 地板	79.20	125.40	1.23	11.99	0.39	0.95	5.41
24FL 地板	75.90	125.40	1.21	11.74	0.38	0.91	5.19
23FL 地板	72.60	125.40	1.18	11.48	0.38	0.87	4.96
22FL 地板	69.30	125.40	1.15	11.22	0.37	0.83	4.74
21FL 地板	66.00	125.40	1.13	10.95	0.37	0.79	4.51
20FL 地板	62.70	125.40	1.10	10.67	0.36	0.75	4.29
19FL 地板	59.40	125.40	1.07	10.38	0.36	0.71	4.06
18FL 地板	56.10	125.40	1.04	10.09	0.35	0.67	3.83
17FL 地板	52.80	125.40	1.01	9.79	0.35	0.63	3.61
16FL 地板	49.50	125.40	0.98	9.48	0.34	0.59	3.38
15FL 地板	46.20	125.40	0.94	9.16	0.33	0.55	3.16
14FL 地板	42.90	125.40	0.91	8.83	0.33	0.51	2.93
13FL 地板	39.60	125.40	0.87	8.48	0.32	0.48	2.71
12FL 地板	36.30	125.40	0.84	8.12	0.31	0.44	2.48
11FL 地板	33.00	125.40	0.80	7.74	0.31	0.40	2.26
10FL 地板	29.70	125.40	0.76	7.34	0.30	0.36	2.03
9FL 地板	26.40	125.40	0.71	6.92	0.29	0.32	1.80
8FL 地板	23.10	125.40	0.67	6.48	0.28	0.28	1.58
7FL 地板	19.80	125.40	0.62	6.00	0.28	0.24	1.35
6FL 地板	16.50	125.40	0.56	5.47	0.27	0.20	1.13
5FL 地板	13.20	125.40	0.50	4.90	0.25	0.16	0.90
4FL 地板	9.90	125.40	0.44	4.24	0.24	0.12	0.68
3FL 地板	6.60	125.40	0.36	3.46	0.23	0.08	0.45
2FL 地板	3.30	125.40	0.31	3.01	0.22	0.04	0.23

(資料來源：本研究整理)

表 C4-4 風吹向 BC 牆面之設計風力(例 1)

名稱	離地高度 $z(m)$	迎風面或背風面面積 (m^2)	風速壓地況係數 $K(z)$	風速壓 kgf/m^2	順風向風力(t)	橫風向風力(t)	扭轉向風力($t-m$)
女兒牆頂端	113.40	43.20	1.48	160.07	20.05	—	—
RF	112.20	59.40	1.47	159.22	24.26	35.34	224.48
34FL 地板	108.90	118.80	1.45	156.86	48.08	68.59	435.76
33FL 地板	105.60	118.80	1.43	154.47	47.63	66.52	422.56
32FL 地板	102.30	118.80	1.40	152.03	47.17	64.44	409.35
31FL 地板	99.00	118.80	1.38	149.56	46.70	62.36	396.15
30FL 地板	95.70	118.80	1.36	147.05	46.23	60.28	382.94
29FL 地板	92.40	118.80	1.33	144.49	45.74	58.20	369.74
28FL 地板	89.10	118.80	1.31	141.89	45.25	56.12	356.53
27FL 地板	85.80	118.80	1.28	139.24	44.75	54.04	343.33
26FL 地板	82.50	118.80	1.26	136.53	44.24	51.97	330.12
25FL 地板	79.20	118.80	1.23	133.77	43.71	49.89	316.92
24FL 地板	75.90	118.80	1.21	130.96	43.18	47.81	303.71
23FL 地板	72.60	118.80	1.18	128.08	42.64	45.73	290.51
22FL 地板	69.30	118.80	1.15	125.13	42.08	43.65	277.30
21FL 地板	66.00	118.80	1.13	122.12	41.51	41.57	264.10
20FL 地板	62.70	118.80	1.10	119.03	40.92	39.49	250.89
19FL 地板	59.40	118.80	1.07	115.85	40.32	37.41	237.69
18FL 地板	56.10	118.80	1.04	112.59	39.71	35.34	224.48
17FL 地板	52.80	118.80	1.01	109.23	39.07	33.26	211.28
16FL 地板	49.50	118.80	0.98	105.76	38.41	31.18	198.07
15FL 地板	46.20	118.80	0.94	102.17	37.74	29.10	184.87
14FL 地板	42.90	118.80	0.91	98.45	37.03	27.02	171.66
13FL 地板	39.60	118.80	0.87	94.59	36.30	24.94	158.46
12FL 地板	36.30	118.80	0.84	90.56	35.54	22.86	145.25
11FL 地板	33.00	118.80	0.80	86.35	34.74	20.79	132.05
10FL 地板	29.70	118.80	0.76	81.92	33.90	18.71	118.84
9FL 地板	26.40	118.80	0.71	77.23	33.02	16.63	105.64
8FL 地板	23.10	118.80	0.67	72.25	32.07	14.55	92.43
7FL 地板	19.80	118.80	0.62	66.89	31.06	12.47	79.23
6FL 地板	16.50	118.80	0.56	61.06	29.96	10.39	66.02
5FL 地板	13.20	118.80	0.50	54.61	28.74	8.31	52.82
4FL 地板	9.90	118.80	0.44	47.30	27.35	6.24	39.61
3FL 地板	6.60	118.80	0.36	38.62	25.71	4.16	26.41
2FL 地板	3.30	118.80	0.31	33.61	24.77	2.08	13.20

(資料來源：本研究整理)

表 C4-5 風吹向 BC 牆面之半年回歸期共振部分風力(例 1)

名稱	離地高度 $z(m)$	迎風面或背風面面積 (m^2)	風速壓地況係數 $K(z)$	風速壓 kgf/m^2	順風向風力(t)	橫風向風力(t)	扭轉向風力($t-m$)
女兒牆頂端	113.40	43.20	1.48	14.35	1.80	—	—
RF	112.20	59.40	1.47	14.27	0.20	0.72	3.68
34FL 地板	108.90	118.80	1.45	14.06	0.39	1.40	7.14
33FL 地板	105.60	118.80	1.43	13.85	0.39	1.36	6.93
32FL 地板	102.30	118.80	1.40	13.63	0.38	1.32	6.71
31FL 地板	99.00	118.80	1.38	13.41	0.38	1.28	6.49
30FL 地板	95.70	118.80	1.36	13.18	0.37	1.23	6.28
29FL 地板	92.40	118.80	1.33	12.95	0.37	1.19	6.06
28FL 地板	89.10	118.80	1.31	12.72	0.37	1.15	5.84
27FL 地板	85.80	118.80	1.28	12.48	0.36	1.11	5.63
26FL 地板	82.50	118.80	1.26	12.24	0.36	1.06	5.41
25FL 地板	79.20	118.80	1.23	11.99	0.35	1.02	5.20
24FL 地板	75.90	118.80	1.21	11.74	0.35	0.98	4.98
23FL 地板	72.60	118.80	1.18	11.48	0.35	0.94	4.76
22FL 地板	69.30	118.80	1.15	11.22	0.34	0.89	4.55
21FL 地板	66.00	118.80	1.13	10.95	0.34	0.85	4.33
20FL 地板	62.70	118.80	1.10	10.67	0.33	0.81	4.11
19FL 地板	59.40	118.80	1.07	10.38	0.33	0.77	3.90
18FL 地板	56.10	118.80	1.04	10.09	0.32	0.72	3.68
17FL 地板	52.80	118.80	1.01	9.79	0.32	0.68	3.46
16FL 地板	49.50	118.80	0.98	9.48	0.31	0.64	3.25
15FL 地板	46.20	118.80	0.94	9.16	0.31	0.60	3.03
14FL 地板	42.90	118.80	0.91	8.83	0.30	0.55	2.81
13FL 地板	39.60	118.80	0.87	8.48	0.29	0.51	2.60
12FL 地板	36.30	118.80	0.84	8.12	0.29	0.47	2.38
11FL 地板	33.00	118.80	0.80	7.74	0.28	0.43	2.16
10FL 地板	29.70	118.80	0.76	7.34	0.27	0.38	1.95
9FL 地板	26.40	118.80	0.71	6.92	0.27	0.34	1.73
8FL 地板	23.10	118.80	0.67	6.48	0.26	0.30	1.52
7FL 地板	19.80	118.80	0.62	6.00	0.25	0.26	1.30
6FL 地板	16.50	118.80	0.56	5.47	0.24	0.21	1.08
5FL 地板	13.20	118.80	0.50	4.90	0.23	0.17	0.87
4FL 地板	9.90	118.80	0.44	4.24	0.22	0.13	0.65
3FL 地板	6.60	118.80	0.36	3.46	0.21	0.09	0.43
2FL 地板	3.30	118.80	0.31	3.01	0.20	0.04	0.22

(資料來源：本研究整理)

表 C4-6 風吹向 CD 牆面之設計風力(例 1)

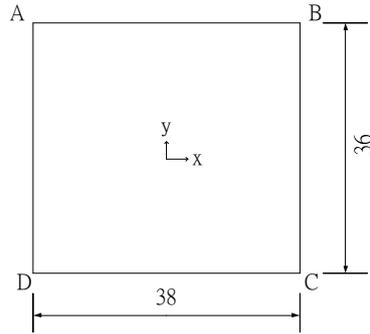
名稱	離地高度 $z(m)$	迎風面或背風面面積 (m^2)	風速壓地況係數 $K(z)$	風速壓 kgf/m^2	順風向風力(t)	橫風向風力(t)	扭轉向風力($t-m$)
女兒牆頂端	113.40	45.60	2.07	224.53	29.69	—	—
RF	112.20	62.70	2.07	223.82	38.01	55.32	351.21
34FL 地板	108.90	125.40	2.05	221.82	75.61	107.38	681.76
33FL 地板	105.60	125.40	2.03	219.79	75.18	104.13	661.10
32FL 地板	102.30	125.40	2.01	217.70	74.74	100.87	640.44
31FL 地板	99.00	125.40	1.99	215.57	74.30	97.62	619.78
30FL 地板	95.70	125.40	1.97	213.39	73.84	94.37	599.12
29FL 地板	92.40	125.40	1.95	211.15	73.38	91.11	578.46
28FL 地板	89.10	125.40	1.93	208.86	72.90	87.86	557.80
27FL 地板	85.80	125.40	1.91	206.51	72.41	84.60	537.14
26FL 地板	82.50	125.40	1.88	204.10	71.90	81.35	516.48
25FL 地板	79.20	125.40	1.86	201.61	71.38	78.10	495.82
24FL 地板	75.90	125.40	1.84	199.05	70.85	74.84	475.16
23FL 地板	72.60	125.40	1.81	196.42	70.30	71.59	454.50
22FL 地板	69.30	125.40	1.79	193.70	69.73	68.33	433.84
21FL 地板	66.00	125.40	1.76	190.88	69.14	65.08	413.19
20FL 地板	62.70	125.40	1.73	187.97	68.53	61.83	392.53
19FL 地板	59.40	125.40	1.71	184.94	67.90	58.57	371.87
18FL 地板	56.10	125.40	1.68	181.80	67.24	55.32	351.21
17FL 地板	52.80	125.40	1.65	178.52	66.56	52.06	330.55
16FL 地板	49.50	125.40	1.62	175.10	65.84	48.81	309.89
15FL 地板	46.20	125.40	1.58	171.51	65.09	45.56	289.23
14FL 地板	42.90	125.40	1.55	167.74	64.30	42.30	268.57
13FL 地板	39.60	125.40	1.51	163.76	63.47	39.05	247.91
12FL 地板	36.30	125.40	1.47	159.54	62.59	35.79	227.25
11FL 地板	33.00	125.40	1.43	155.04	61.65	32.54	206.59
10FL 地板	29.70	125.40	1.39	150.22	60.64	29.29	185.93
9FL 地板	26.40	125.40	1.34	145.00	59.55	26.03	165.27
8FL 地板	23.10	125.40	1.29	139.31	58.36	22.78	144.61
7FL 地板	19.80	125.40	1.23	133.01	57.04	19.52	123.96
6FL 地板	16.50	125.40	1.16	125.93	55.56	16.27	103.30
5FL 地板	13.20	125.40	1.09	117.78	53.86	13.02	82.64
4FL 地板	9.90	125.40	1.00	108.04	51.82	9.76	61.98
3FL 地板	6.60	125.40	0.88	95.67	49.24	6.51	41.32
2FL 地板	3.30	125.40	0.81	88.02	47.64	3.25	20.66

(資料來源：本研究整理)

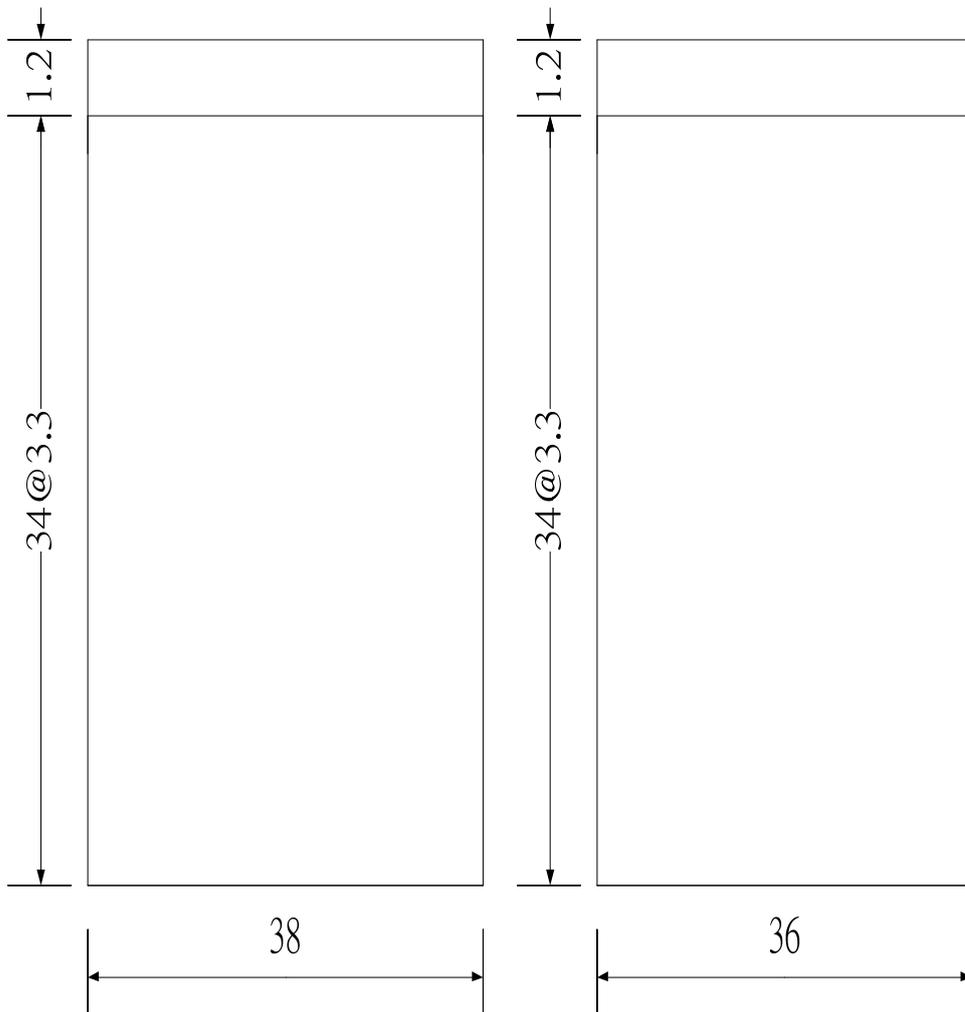
表 C4-7 風吹向 CD 牆面之半年回歸期共振部分風力(例 1)

名稱	離地高度 $z(m)$	迎風面或背風面面積 (m^2)	風速壓地況係數 $K(z)$	風速壓 kgf/m^2	順風向風力(t)	橫風向風力(t)	扭轉向風力($t-m$)
女兒牆頂端	113.40	45.60	2.07	20.13	2.66	—	—
RF	112.20	62.70	2.07	20.06	0.31	1.13	6.58
34FL 地板	108.90	125.40	2.05	19.88	0.61	2.19	12.77
33FL 地板	105.60	125.40	2.03	19.70	0.61	2.12	12.38
32FL 地板	102.30	125.40	2.01	19.52	0.60	2.05	11.99
31FL 地板	99.00	125.40	1.99	19.32	0.60	1.99	11.61
30FL 地板	95.70	125.40	1.97	19.13	0.60	1.92	11.22
29FL 地板	92.40	125.40	1.95	18.93	0.59	1.86	10.83
28FL 地板	89.10	125.40	1.93	18.72	0.59	1.79	10.45
27FL 地板	85.80	125.40	1.91	18.51	0.59	1.72	10.06
26FL 地板	82.50	125.40	1.88	18.30	0.58	1.66	9.67
25FL 地板	79.20	125.40	1.86	18.07	0.58	1.59	9.28
24FL 地板	75.90	125.40	1.84	17.84	0.57	1.52	8.90
23FL 地板	72.60	125.40	1.81	17.61	0.57	1.46	8.51
22FL 地板	69.30	125.40	1.79	17.36	0.56	1.39	8.12
21FL 地板	66.00	125.40	1.76	17.11	0.56	1.33	7.74
20FL 地板	62.70	125.40	1.73	16.85	0.55	1.26	7.35
19FL 地板	59.40	125.40	1.71	16.58	0.55	1.19	6.96
18FL 地板	56.10	125.40	1.68	16.30	0.54	1.13	6.58
17FL 地板	52.80	125.40	1.65	16.00	0.54	1.06	6.19
16FL 地板	49.50	125.40	1.62	15.70	0.53	0.99	5.80
15FL 地板	46.20	125.40	1.58	15.37	0.53	0.93	5.42
14FL 地板	42.90	125.40	1.55	15.04	0.52	0.86	5.03
13FL 地板	39.60	125.40	1.51	14.68	0.51	0.80	4.64
12FL 地板	36.30	125.40	1.47	14.30	0.51	0.73	4.26
11FL 地板	33.00	125.40	1.43	13.90	0.50	0.66	3.87
10FL 地板	29.70	125.40	1.39	13.47	0.49	0.60	3.48
9FL 地板	26.40	125.40	1.34	13.00	0.48	0.53	3.09
8FL 地板	23.10	125.40	1.29	12.49	0.47	0.46	2.71
7FL 地板	19.80	125.40	1.23	11.92	0.46	0.40	2.32
6FL 地板	16.50	125.40	1.16	11.29	0.45	0.33	1.93
5FL 地板	13.20	125.40	1.09	10.56	0.44	0.27	1.55
4FL 地板	9.90	125.40	1.00	9.68	0.42	0.20	1.16
3FL 地板	6.60	125.40	0.88	8.58	0.40	0.13	0.77
2FL 地板	3.30	125.40	0.81	7.89	0.39	0.07	0.39

(資料來源：本研究整理)



(a)平面示意圖



(b)AB 牆面與 CD 牆面立面示意圖 (C) BC 牆面與 DA 牆面立面示意圖

圖 C4-1 例 1 建築物的示意圖 (單位:公尺)

(資料來源：本研究整理)

第五章 高寬比 3 至 6 普通建築物主要風力抵抗系統耐風設

計示範例

本章擬定一棟高寬比 3 至 6，且 XY 兩主軸方向皆為普通($f_n \geq 1\text{Hz}$)的建築物，根據圖 C2-1、圖 C2-2、圖 C2-5、圖 C2-6、圖 C2-8 至圖 C2-12 及圖 C2-18，執行其主要風力抵抗系統耐風設計。第一節到第六節詳列計算流程，分別為建築物資料與工址風環境、風垂直吹向 AB 牆面之風力、風垂直吹向 BC 牆面之風力、風垂直吹向 CD 牆面之風力、風垂直吹向 DA 牆面之風力及結構耐風反應之計算與檢核。高寬比 3 至 6 建築物的 XY 兩主軸方向頻率有可能一向大於 1Hz，另一向小於 1Hz，大於 1Hz 向的耐風設計可參考本章的設計例計算風力，小於 1Hz 向的耐風設計可參考第四章的設計例計算風力。

第一節 建築物資料與工址風環境

根據圖 C2-1 可知，執行耐風設計時，先要蒐集建築物資料與工址風環境，本節擬定建築物資料與工址風環境如下表所示。

表 C5-1 建築物資料與工址風環境 (例 2)

建築物資料	尺寸	平面尺寸 $25.5m \times 14.6m$ ； 建築物高度(不含屋頂突出物) $h = 59.4m$ ； 女兒牆高度 $1.2m$	
	開口面積	設計者須根據實際可能之狀況判斷開口面積。本例假設 CD 牆面上風側較其它牆面上風側容易產生隨風飄散物，因此假設 CD 牆面總面積有 5% 破損而造成開口，其餘各牆面總面積都有 1% 破損而造成開口。	
	用途係數 I	根據規範 2.5 節， $I = 1.1$ 、 1.0 或 0.9 。住宅，故 $I = 1.0$ 。	
	構造形式	鋼骨鋼筋混凝土構造；剛性樓板。	
	基本自然頻率	X 向基本自然頻率 $1.661 Hz$ ($0.602 s$)；Y 向基本自然頻率 $1.221 Hz$ ($0.819 s$)；扭轉向基本自然頻率 $1.873 Hz$ ($0.534 s$)。	
	結構阻尼比 β	根據規範 2.7 節解說，建議鋼構造建築物之 $\beta = 0.01$ ；混凝土構造建築物或鋼骨鋼筋混凝土構造建築物之 $\beta = 0.02$ 。本例為鋼骨鋼筋混凝土構造，故 $\beta = 0.02$ 。	
工址風環境	基本設計風速 $V_{10}(C)$	根據規範 2.4 節，台北市的 $V_{10}(C) = 42.5m/s$ 。	
	地況	AB 牆面、BC 牆面與 DA 牆面上風側地況皆為地況 B， CD 牆面上風側地況為地況 C。	
	地形	無特殊地形，根據規範式(2.6)， $K_{zt} = 1$ 。若有特殊地形，可參考附錄一的方式計算 K_{zt} 。	

(資料來源：本研究整理)

第二節 風垂直吹向 AB 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力

本節所計算的風力有設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力。

壹、 判斷主要風力抵抗系統設計情況(圖 C2-2)

【步驟 1】列出與該風向相關之設計參數

當風垂直吹向 AB 牆面時， $f_n = 1.221Hz$ 、 $f_a = 1.661Hz$ 、 $B = 25.5m$ 與 $L = 14.6m$ 。地況相關參數與第四章第二節相同。

【步驟 2】判斷設計情況

仿照第四章第二節判斷建築封閉性的方法，分析建築物開口面積可知建築物屬於封閉式建築物。由於 $f_n \geq 1Hz$ 且 $3 \leq h/\sqrt{BL} = 3.08 \leq 6$ 封閉式建築物，根據圖 C2-2，主要風力抵抗系統設計情況屬於第二類設計情況。以下，根據圖 C2-5、圖 C2-6、圖 C2-8 至圖 C2-12，計算對應的設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力。該棟建築物風力的計算流程中，僅順風向風力中陣風反應因子與風壓的計算流程不同於第四章第二節建築物風力的計算流程。因此，在計算風力時，針對陣風反應因子與風壓列計算流程與結果，其餘部分仿照第四章第二節建築物風力的計算流程進行計算，但只列風力。

貳、 計算設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力

計算設計風力(圖 C2-10 上部)

【步驟 1】計算風速壓地況係數 $K(z)$ 與地形係數 K_z 。【步驟 2】計算高度 h

處之風速 V_h 與不同高度之風速壓。上述二個步驟的計算流程與第四章第二節相同。

【步驟 3】計算普通建築物順風向設計風力(圖 C2- 11)

(1)決定風壓係數

此步驟的計算流程與第四章第二節相同。

(2) 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 $L_z = 149.06\text{m}$ ，其中， $\bar{z} = 35.64\text{m}$ 。

根據規範式(2.10)，紊流強度 $I_z = 0.24$ 。根據規範式(2.11)，背景反應 $Q = 0.83$ 。根據規範式(2.9)，普通建築物之陣風反應因子

$$G = 1.927 \left(\frac{1 + 1.7g_Q I_z Q}{1 + 1.7g_V I_z} \right) = 1.74$$

，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。也可直接取 $G = 1.88$ 。以下取 $G = 1.74$ 來計算。

(3)計算迎風面牆與背風面牆之風壓，以及屋頂女兒牆之風壓

根據規範式(2.1)，迎風面牆之設計風壓：

$$\begin{aligned} p(z) &= q(z)GC_p - q(h)(GC_{pi}) \\ &= 418.48 \left(\frac{z}{400} \right)^{0.5} \pm 43.44\text{kgf/m}^2; z > 5\text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} p(z) &= q(z=5)GC_p - q(h)(GC_{pi}) \\ &= 46.79 \pm 43.44\text{kgf/m}^2; z \leq 5\text{m} \end{aligned}$$

背風面牆之設計風壓：

$$p(z) = q(h)GC_p - q(h)(GC_{pi}) = -100.79 \pm 43.44\text{kgf/m}^2$$

屋頂女兒牆風壓的計算流程與第四章第二節相同。

(4)計算外牆順風向風力與屋頂女兒牆風力

此步驟的計算流程與第四章第二節相同，數值結果如表 C5-2 所示。

【步驟 4】計算建築物橫風向設計風力(圖 C2- 5)

此步驟的計算流程與第四章第二節相同，數值結果如表 C5-2 所示。

【步驟 5】計算建築物扭轉向設計風力(圖 C2- 6)

此步驟的計算流程與第四章第二節相同，數值結果如表 C5-2 所示。

計算 50 年回歸期風力(圖 C2- 10 中部)

50 年回歸期風速所造成高度 h 處之風速與不同高度之風速壓、建築物橫風向 50 年回歸期風力與扭轉向 50 年回歸期風力的計算流程，分別與第四章第二節 50 年回歸期風力中相對應的計算流程相同。普通建築物順風向 50 年回歸期風力 之計算流程與普通建築物順風向 設計風力 之計算流程相同。因為 $I=1$ ，50 年回歸期風力與表 C5-2 的結果相同。

計算半年回歸期共振部分風力(圖 C2- 10 下部)

此步驟的計算流程與第四章第二節相同，數值結果如表 C5-3 所示。

第三節 風垂直吹向 BC 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力

本節所計算的風力有設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力。

壹、 判斷主要風力抵抗系統設計情況(圖 C2- 2)

【步驟 1】 列出與該風向相關之設計參數

當風垂直吹向 BC 牆面時， $f_n = 1.661\text{Hz}$ 、 $f_a = 1.221\text{Hz}$ 、 $B = 14.6\text{m}$ 與 $L = 25.5\text{m}$ 。地況相關參數與第四章第二節相同。

【步驟 2】 判斷設計情況

仿照第四章第二節判斷建築封閉性的方法，分析建築物開口面積可知建築物屬於封閉式建築物。由於 $f_n \geq 1\text{Hz}$ 且 $3 \leq h/\sqrt{BL} = 3.08 \leq 6$ 封閉式建築物，根據圖 C2-2，主要風力抵抗系統設計情況屬於第二類設計情況。以下，根據圖 C2-5、圖 C2-6、圖 C2-8 至圖 C2-11，計算對應的設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力。

貳、 計算設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力**計算設計風力(圖 C2-10 上部)**

分別仿照第二節中設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力的計算流程，可計算得到當風垂直吹向 BC 牆面之設計風力如表 C5-4 所示、50 年回歸期風力如表 C5-4 (因為 $I=1$) 所示、半年回歸期共振部分風力如表 C5-5 所示。

第四節 風垂直吹向 CD 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力

本節所計算的風力有設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力。

壹、 判斷主要風力抵抗系統設計情況(圖 C2-2)**【步驟 1】** 列出與該風向相關之設計參數

當風垂直吹向 CD 牆面時， $f_n = 1.221\text{Hz}$ 、 $f_a = 1.661\text{Hz}$ 、 $B = 25.5\text{m}$ 與 $L = 14.6\text{m}$ 。地況相關參數與第四章第四節相同。

【步驟 2】判斷設計情況

仿照第四章第四節判斷建築封閉性的方法，分析建築物開口面積可知建築物屬於部分封閉式建築物。由於 $f_n \geq 1\text{Hz}$ 且 $3 \leq h/\sqrt{BL} = 3.08 \leq 6$ 部分封閉式建築物，根據圖 C2-2，主要風力抵抗系統設計情況屬於第二類設計情況。以下，根據圖 C2-5、圖 C2-6、圖 C2-8 至圖 C2-12，計算對應的設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力。

貳、 計算設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力

分別仿照第二節中設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力的計算流程，可計算得到當風垂直吹向 CD 牆面之設計風力如表 C5-6 所示、50 年回歸期風力如表 C5-6 (因為 $I=1$) 所示、半年回歸期共振部分風力如表 C5-7 所示。

第五節 風垂直吹向 DA 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力

根據第一節的建築物資料與工址風環境可知，建築物以 Y 軸為對稱軸；BC 牆面與 DA 牆面開口面積相同；BC 牆面與 DA 牆面上風側地況相同；BC 牆面與 DA 牆面上風側地形相同。因此，當風垂直吹向 DA 牆面時主要風力抵抗系統所承受之風力，與第三節的結果相同。

第六節 耐風結構反應之計算與檢核

本節所計算的耐風結構反應有構件設計效應、層間變位角與最高居室樓層角隅振動尖峰加速度。

壹、 計算構件設計效應與檢核

此部分的計算流程與第四章第六節相同。當風垂直吹向 AB 牆面、BC 牆面、CD 牆面與 DA 牆面時，計算構件設計應力所用的設計風力分別詳表 C5-2、表 C5-4、表 C5-6 與表 C5-4。

貳、 計算層間變位角與檢核

此部分的計算流程與第四章第六節相同。當風垂直吹向 AB 牆面、BC 牆面、CD 牆面與 DA 牆面時，計算層間變位角所用的 50 年回歸期風力分別詳表 C5-2、表 C5-4、表 C5-6 與表 C5-4。

參、 計算最高居室樓層角隅振動尖峰加速度與檢核

此部分的計算流程與第四章第六節相同。當風垂直吹向 AB 牆面、BC 牆面、CD 牆面與 DA 牆面時，計算最高居室樓層角隅振動尖峰加速度所用的半年回歸期風力分別詳表 C5-3、表 C5-5、表 C5-7 與表 C5-5。

表 C5-2 風吹向 AB 牆面之設計風力(例 2)

名稱	離地高度 $z(m)$	迎風面或背風面面積 (m^2)	風速壓地況係數 $K(z)$	風速壓 kgf/m^2	順風向風力(t)	橫風向風力(t)	扭轉向風力($t-m$)
女兒牆頂端	60.60	30.60	1.08	117.02	10.38	—	—
RF	59.40	42.08	1.07	115.85	11.02	7.17	32.32
18FL 地板	56.10	84.15	1.04	112.59	21.66	13.54	61.04
17FL 地板	52.80	84.15	1.01	109.23	21.26	12.75	57.45
16FL 地板	49.50	84.15	0.98	105.76	20.86	11.95	53.86
15FL 地板	46.20	84.15	0.94	102.17	20.44	11.15	50.27
14FL 地板	42.90	84.15	0.91	98.45	20.00	10.36	46.68
13FL 地板	39.60	84.15	0.87	94.59	19.55	9.56	43.09
12FL 地板	36.30	84.15	0.84	90.56	19.08	8.76	39.50
11FL 地板	33.00	84.15	0.80	86.35	18.58	7.97	35.91
10FL 地板	29.70	84.15	0.76	81.92	18.07	7.17	32.32
9FL 地板	26.40	84.15	0.71	77.23	17.52	6.37	28.73
8FL 地板	23.10	84.15	0.67	72.25	16.93	5.58	25.14
7FL 地板	19.80	84.15	0.62	66.89	16.31	4.78	21.55
6FL 地板	16.50	84.15	0.56	61.06	15.62	3.98	17.95
5FL 地板	13.20	84.15	0.50	54.61	14.87	3.19	14.36
4FL 地板	9.90	84.15	0.44	47.30	14.01	2.39	10.77
3FL 地板	6.60	84.15	0.36	38.62	13.00	1.59	7.18
2FL 地板	3.30	84.15	0.31	33.61	12.41	0.80	3.59

(資料來源：本研究整理)

表 C5-3 風吹向 AB 牆面之半年回歸期共振部分風力(例 2)

名稱	離地高度 $z (m)$	迎風面或背風面面積 (m^2)	風速壓地況係數 $K(z)$	風速壓 kgf/m^2	順風向風力(t)	橫風向風力(t)	扭轉向風力($t-m$)
女兒牆頂端	60.60	30.60	1.08	10.49	0.93	—	—
RF	59.40	42.08	1.07	10.38	0.03	0.08	0.32
18FL 地板	56.10	84.15	1.04	10.09	0.06	0.14	0.61
17FL 地板	52.80	84.15	1.01	9.79	0.06	0.14	0.57
16FL 地板	49.50	84.15	0.98	9.48	0.06	0.13	0.54
15FL 地板	46.20	84.15	0.94	9.16	0.06	0.12	0.50
14FL 地板	42.90	84.15	0.91	8.83	0.06	0.11	0.47
13FL 地板	39.60	84.15	0.87	8.48	0.05	0.10	0.43
12FL 地板	36.30	84.15	0.84	8.12	0.05	0.09	0.40
11FL 地板	33.00	84.15	0.80	7.74	0.05	0.08	0.36
10FL 地板	29.70	84.15	0.76	7.34	0.05	0.08	0.32
9FL 地板	26.40	84.15	0.71	6.92	0.05	0.07	0.29
8FL 地板	23.10	84.15	0.67	6.48	0.05	0.06	0.25
7FL 地板	19.80	84.15	0.62	6.00	0.05	0.05	0.22
6FL 地板	16.50	84.15	0.56	5.47	0.04	0.04	0.18
5FL 地板	13.20	84.15	0.50	4.90	0.04	0.03	0.14
4FL 地板	9.90	84.15	0.44	4.24	0.04	0.03	0.11
3FL 地板	6.60	84.15	0.36	3.46	0.04	0.02	0.07
2FL 地板	3.30	84.15	0.31	3.01	0.03	0.01	0.04

(資料來源：本研究整理)

表 C5-4 風吹向 BC 牆面之設計風力(例 2)

名稱	離地高度 $z (m)$	迎風面或背風面面積 (m^2)	風速壓地況係數 $K(z)$	風速壓 kgf/m^2	順風向風力(t)	橫風向風力(t)	扭轉向風力($t-m$)
女兒牆頂端	60.60	17.52	1.08	117.02	5.95	—	—
RF	59.40	24.09	1.07	115.85	5.62	9.28	33.16
18FL 地板	56.10	48.18	1.04	112.59	11.03	17.53	62.64
17FL 地板	52.80	48.18	1.01	109.23	10.80	16.50	58.95
16FL 地板	49.50	48.18	0.98	105.76	10.57	15.46	55.27
15FL 地板	46.20	48.18	0.94	102.17	10.32	14.43	51.58
14FL 地板	42.90	48.18	0.91	98.45	10.07	13.40	47.90
13FL 地板	39.60	48.18	0.87	94.59	9.81	12.37	44.21
12FL 地板	36.30	48.18	0.84	90.56	9.54	11.34	40.53
11FL 地板	33.00	48.18	0.80	86.35	9.26	10.31	36.84
10FL 地板	29.70	48.18	0.76	81.92	8.96	9.28	33.16
9FL 地板	26.40	48.18	0.71	77.23	8.64	8.25	29.48
8FL 地板	23.10	48.18	0.67	72.25	8.30	7.22	25.79
7FL 地板	19.80	48.18	0.62	66.89	7.94	6.19	22.11
6FL 地板	16.50	48.18	0.56	61.06	7.55	5.15	18.42
5FL 地板	13.20	48.18	0.50	54.61	7.11	4.12	14.74
4FL 地板	9.90	48.18	0.44	47.30	6.62	3.09	11.05
3FL 地板	6.60	48.18	0.36	38.62	6.03	2.06	7.37
2FL 地板	3.30	48.18	0.31	33.61	5.70	1.03	3.68

(資料來源：本研究整理)

表 C5-5 風垂直吹向 BC 牆面之半年回歸期共振部分風力(例 2)

名稱	離地高度 $z (m)$	迎風面或背風面面積 (m^2)	風速壓地況係數 $K(z)$	風速壓 kgf/m^2	順風向風力(t)	橫風向風力(t)	扭轉向風力($t-m$)
女兒牆頂端	60.60	17.52	1.08	10.49	0.53	—	—
RF	59.40	24.09	1.07	10.38	0.01	0.14	0.09
18FL 地板	56.10	48.18	1.04	10.09	0.03	0.27	0.16
17FL 地板	52.80	48.18	1.01	9.79	0.03	0.26	0.15
16FL 地板	49.50	48.18	0.98	9.48	0.03	0.24	0.14
15FL 地板	46.20	48.18	0.94	9.16	0.03	0.23	0.13
14FL 地板	42.90	48.18	0.91	8.83	0.02	0.21	0.12
13FL 地板	39.60	48.18	0.87	8.48	0.02	0.19	0.12
12FL 地板	36.30	48.18	0.84	8.12	0.02	0.18	0.11
11FL 地板	33.00	48.18	0.80	7.74	0.02	0.16	0.10
10FL 地板	29.70	48.18	0.76	7.34	0.02	0.14	0.09
9FL 地板	26.40	48.18	0.71	6.92	0.02	0.13	0.08
8FL 地板	23.10	48.18	0.67	6.48	0.02	0.11	0.07
7FL 地板	19.80	48.18	0.62	6.00	0.02	0.10	0.06
6FL 地板	16.50	48.18	0.56	5.47	0.02	0.08	0.05
5FL 地板	13.20	48.18	0.50	4.90	0.02	0.06	0.04
4FL 地板	9.90	48.18	0.44	4.24	0.02	0.05	0.03
3FL 地板	6.60	48.18	0.36	3.46	0.01	0.03	0.02
2FL 地板	3.30	48.18	0.31	3.01	0.01	0.02	0.01

(資料來源：本研究整理)

表 C5-6 風吹向 CD 牆面之設計風力(例 2)

名稱	離地高度 $z(m)$	迎風面或背風面面積 (m^2)	風速壓地況係數 $K(z)$	風速壓 kgf/m^2	順風向風力(t)	橫風向風力(t)	扭轉向風力($t-m$)
女兒牆頂端	60.60	30.60	1.72	186.05	16.51	—	—
RF	59.40	42.08	1.71	184.94	18.12	12.00	53.89
18FL 地板	56.10	84.15	1.68	181.80	35.85	22.67	101.79
17FL 地板	52.80	84.15	1.65	178.52	35.46	21.33	95.80
16FL 地板	49.50	84.15	1.62	175.10	35.04	20.00	89.81
15FL 地板	46.20	84.15	1.58	171.51	34.61	18.67	83.82
14FL 地板	42.90	84.15	1.55	167.74	34.16	17.33	77.84
13FL 地板	39.60	84.15	1.51	163.76	33.68	16.00	71.85
12FL 地板	36.30	84.15	1.47	159.54	33.17	14.67	65.86
11FL 地板	33.00	84.15	1.43	155.04	32.63	13.33	59.87
10FL 地板	29.70	84.15	1.39	150.22	32.05	12.00	53.89
9FL 地板	26.40	84.15	1.34	145.00	31.42	10.67	47.90
8FL 地板	23.10	84.15	1.29	139.31	30.73	9.33	41.91
7FL 地板	19.80	84.15	1.23	133.01	29.97	8.00	35.92
6FL 地板	16.50	84.15	1.16	125.93	29.12	6.67	29.94
5FL 地板	13.20	84.15	1.09	117.78	28.13	5.33	23.95
4FL 地板	9.90	84.15	1.00	108.04	26.96	4.00	17.96
3FL 地板	6.60	84.15	0.88	95.67	25.47	2.67	11.97
2FL 地板	3.30	84.15	0.81	88.02	24.55	1.33	5.99

(資料來源：本研究整理)

表 C5-7 風吹向 CD 牆面之半年回歸期共振部分風力(例 2)

名稱	離地高度 $z (m)$	迎風面或背風面面積 (m^2)	風速壓地況係數 $K(z)$	風速壓 kgf/m^2	順風向風力(t)	橫風向風力(t)	扭轉向風力($t-m$)
女兒牆頂端	60.60	30.60	1.72	16.68	1.48	—	—
RF	59.40	42.08	1.71	16.58	0.05	0.15	0.66
18FL 地板	56.10	84.15	1.68	16.30	0.11	0.29	1.24
17FL 地板	52.80	84.15	1.65	16.00	0.11	0.27	1.17
16FL 地板	49.50	84.15	1.62	15.70	0.10	0.26	1.09
15FL 地板	46.20	84.15	1.58	15.37	0.10	0.24	1.02
14FL 地板	42.90	84.15	1.55	15.04	0.10	0.22	0.95
13FL 地板	39.60	84.15	1.51	14.68	0.10	0.21	0.87
12FL 地板	36.30	84.15	1.47	14.30	0.10	0.19	0.80
11FL 地板	33.00	84.15	1.43	13.90	0.10	0.17	0.73
10FL 地板	29.70	84.15	1.39	13.47	0.10	0.15	0.66
9FL 地板	26.40	84.15	1.34	13.00	0.09	0.14	0.58
8FL 地板	23.10	84.15	1.29	12.49	0.09	0.12	0.51
7FL 地板	19.80	84.15	1.23	11.92	0.09	0.10	0.44
6FL 地板	16.50	84.15	1.16	11.29	0.09	0.09	0.36
5FL 地板	13.20	84.15	1.09	10.56	0.08	0.07	0.29
4FL 地板	9.90	84.15	1.00	9.68	0.08	0.05	0.22
3FL 地板	6.60	84.15	0.88	8.58	0.08	0.03	0.15
2FL 地板	3.30	84.15	0.81	7.89	0.07	0.02	0.07

(資料來源：本研究整理)

第六章 高寬比小於 3、普通且高度大於 18 公尺建築物主要

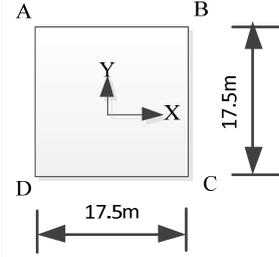
風力抵抗系統耐風設計示範例

本章擬定一棟高寬比小於 3、高度大於 18 公尺，且 XY 兩主軸方向皆為普通($f_n \geq 1\text{Hz}$)的建築物，根據圖 C2- 1、圖 C2- 2、圖 C2- 11、圖 C2- 12、圖 C2- 14、圖 C2- 17 與圖 C2- 18，執行其主要風力抵抗系統耐風設計，並於第一節到第六節詳列計算流程，分別為建築物資料與工址風環境、風垂直吹向 AB 牆面之風力、風垂直吹向 BC 牆面之風力、風垂直吹向 CD 牆面之風力、風垂直吹向 DA 牆面之風力及結構耐風反應之計算與檢核。高寬比小於 3 建築物的 XY 兩主軸方向頻率有可能一向大於 1Hz，另一向小於 1Hz，大於 1Hz 向的耐風設計可參考本章的設計例計算風力，小於 1Hz 向的耐風設計可參考第七章的設計例計算風力。

第一節 建築物資料與工址風環境

根據圖 C2-1 可知，執行耐風設計時，先要蒐集建築物資料與工址風環境，本節擬定建築物資料與工址風環境如下表所示。

表 C6-1 建築物資料與工址風環境 (例 3)

建築物資料	尺寸	平面尺寸 $17.5m \times 17.5m$ ； 建築物高度(不含屋頂突出物) $h=30m$ ； 女兒牆高度 $1.2m$	
	開口面積	設計者須根據實際可能之狀況判斷開口面積。本例假設 CD 牆面上風側較其它牆面上風側容易產生隨風飄散物，因此假設 CD 牆面總面積有 5% 破損而造成開口，其餘各牆面皆無開口。	
	用途係數 I	根據規範 2.5 節， $I = 1.1$ 、 1.0 或 0.9 。住宅， $I = 1.0$ 。	
	構造形式	鋼筋混凝土構造；剛性樓板。	
	基本自然頻率	XY 兩主軸方向基本自然頻率皆為 $1.088Hz$ ($0.919s$)；扭轉向基本自然頻率 $1.632Hz$ ($0.613s$)。	
	結構阻尼比 β	根據規範 2.7 節解說，建議鋼構造建築物之 $\beta=0.01$ ；混凝土構造建築物或鋼骨鋼筋混凝土構造建築物之 $\beta=0.02$ 。本例為混凝土構造建築物，故 $\beta=0.02$ 。	
工址風環境	基本設計風速 $V_{10}(C)$	根據規範 2.4 節，台北市的 $V_{10}(C) = 42.5m/s$ 。	
	地況	AB 牆面、BC 牆面與 DA 牆面上風側地況皆為地況 B，CD 牆面上風側地況為地況 C。	
	地形	無特殊地形，根據規範式(2.6)， $K_{zt} = 1$ 。若有特殊地形，可參考附錄一的方式計算 K_{zt} 。	

(資料來源：本研究整理)

第二節 風垂直吹向 AB 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力

本節所計算的風力有設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力。

壹、 判斷主要風力抵抗系統設計情況(圖 C2- 2)

【步驟 1】 列出與該風向相關之設計參數

當風垂直吹向 AB 牆面時， f_n 為 Y 向基本自然頻率 $1.088Hz$ 、 f_a 為 X 向基本自然頻率 $1.088Hz$ 、垂直於風向之建築物水平尺寸 $B=17.5m$ 與平行於風向之建築物水平尺寸 $L=17.5m$ 。根據規範表 2.2，地況 B 相關參數 $\alpha = 0.25$ ； $z_g = 400m$ ； $\bar{b} = 0.62$ ； $c = 0.30$ ； $\ell = 98m$ ； $\bar{\varepsilon} = 0.33$ ； $z_{\min} = 9m$ 。

【步驟 2】 判斷設計情況

根據建築物資料可知 CD 牆面開口率為 5%，其餘外牆面開口率皆為 0%。根據規範 1.3 節，建築物不屬於開放式建築物。根據建築物資料，計算迎風向外牆面之總面積 $A_g = 525m^2$ 、迎風向外牆面之總開口面積 $A_0 = 0m^2$ 、非迎風向之各牆面(含屋頂)總面積 $A_{gi} = 1881.25m^2$ 與非迎風向之各牆面(含屋頂)總開口面積 $A_{0i} = 26.25m^2$ 。因無法同滿足以下各條件(1) $A_0 > 1.10A_{0i}$ ，(2) $A_0 > 0.37m^2$ 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，建築物不屬於部分封閉式建築物。建築物不屬於開放式建築物或部分封閉式建築物，根據規範 1.3 節，建築物屬於封閉式建築物。

由於 $f_n \geq 1Hz$ 且 $h/\sqrt{BL} = 1.714 < 3$ 封閉式建築物，根據圖 C2- 2，當風垂直

吹向 AB 牆面時，主要風力抵抗系統設計情況屬於第四類設計情況。以下，根據圖 C2-14 的流程及圖 C2-11 與圖 C2-12，計算對應的設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力。

貳、 計算設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力

計算設計風力(圖 C2-14 左邊上部)

【步驟 1】 計算風速壓地況係數 $K(z)$ 與地形係數 K_{zt}

$$\begin{aligned} \text{根據規範式(2.7),} \quad K(z) &= 2.774 \left(\frac{z}{z_g} \right)^{2\alpha} = 2.774 \left(\frac{z}{400} \right)^{0.5} ; z > 5\text{m} \\ &= 2.774 \left(\frac{5}{z_g} \right)^{2\alpha} = 2.774 \left(\frac{5}{400} \right)^{0.5} ; z \leq 5\text{m} \end{aligned}$$

根據規範式(2.8)，計算 K_{zt} ：因工址附近無特殊地形， $K_{zt} = 1$ 。

【步驟 2】 計算不同高度之風速壓

根據規範式(2.6)，離地面 z 公尺高度之風速壓 $q(z)$ ：

$$\begin{aligned} q(z) &= 0.06K(z)K_{zt}[I V_{10}(C)]^2 = 300.63 \left(\frac{z}{400} \right)^{0.5} \text{ kgf/m}^2 ; z > 5\text{m} \\ q(z) &= 0.06K(z=5)K_{zt}[I V_{10}(C)]^2 = 33.61 \text{ kgf/m}^2 ; z \leq 5\text{m} \end{aligned}$$

【步驟 3】 計算普通建築物順風向設計風力(圖 C2-11)

1 決定風壓係數

內風壓係數 (GC_{pi})：根據規範 2.9 節，封閉式建築物的 (GC_{pi}) = +0.375 或 -0.375。

牆之平均外風壓係數 C_p ：AB 牆面為迎風面，根據規範表 2.4， $C_p = 0.8$ ；CD 牆面為背風面， $L/B = 1$ ， $C_p = -0.5$ 。

2 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 $L_z = 118.98\text{m}$ ，其中， $\bar{z} = 18\text{m}$ 。根據規範式(2.10)，紊流強度 $I_z = 0.27$ 。根據規範式(2.11)，背景反應 $Q = 0.86$ 。根據規範式(2.9)，普通建築物之陣風反應因子

$$G = 1.927 \left(\frac{1 + 1.7g_Q I_z Q}{1 + 1.7g_V I_z} \right) = 1.76$$

，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。也可根據規範表 C2.9(b)，線性內插求得 $G = 1.76$ 。

也可直接取 $G = 1.88$ ，計算過程較簡單，風力值較保守。以下取 $G = 1.88$ 來計算。

3 計算迎風面牆與背風面牆之風壓，以及屋頂女兒牆之風壓

根據規範式(2.1)，迎風面牆之設計風壓：

$$\begin{aligned} p(z) &= q(z)GC_p - q(h)(GC_{pi}) \\ &= 452.15 \left(\frac{z}{400} \right)^{0.5} \pm 30.87\text{kgf/m}^2; z > 5\text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} p(z) &= q(z=5)GC_p - q(h)(GC_{pi}) \\ &= 50.55 \pm 30.87\text{kgf/m}^2; z \leq 5\text{m} \end{aligned}$$

背風面牆之設計風壓：

$$p(z) = q(h)GC_p - q(h)(GC_{pi}) = -77.39 \pm 30.87\text{kgf/m}^2$$

根據規範式(2.3)，迎風面女兒牆之設計風壓：

$$P_p = q_p(GC_{pm}) = 151.13\text{kgf/m}^2$$

背風面女兒牆之設計風壓：

$$P_p = q_p(GC_{pm}) = -92.36\text{kgf/m}^2$$

其中， $q_p = 83.96\text{kgf/m}^2$ 為屋頂女兒牆頂端(高度為 31.2m)之風速壓； (GC_{pm}) 屋頂女兒牆淨風壓係數，迎風面女兒牆取 $+1.8$ ，背風面女兒牆取 -1.1 。

4 計算外牆順風向風力與屋頂女兒牆風力

外牆順風向風力為迎風面牆的風力減去背風面牆的風力。其中，迎風面牆的風力為設計風壓與對應受風面積之乘積；背風面牆的風力為設計風壓與對應受風面積之乘積。外牆順風向設計風力如表 C6- 2 所示。根據規範 2.2 節解說中 W_{Dz} 的計算式，也可得表 C6- 2 所示的外牆順風向設計風力。

屋頂女兒牆設計風力為迎風面女兒牆之風力減去背風面女兒牆之風力。其中，迎風面女兒牆之風力為迎風面女兒牆之設計風壓與對應受風面積之乘積；背風面女兒牆之風力為背風面女兒牆之設計風壓與對應受風面積之乘積。屋頂女兒牆設計風力如表 C6- 2 所示。根據規範 2.2 節解說中 F_p 的計算式，也可得表 C6- 2 所示的屋頂女兒牆設計風力。

【步驟 4】計算建築物橫風向設計風力

根據規範式(2.21)，高度 z 處橫風向風力 W_{Lz} ：

$$W_{Lz} = 0.87 \frac{L}{B} W_{Dz}$$

其中， W_{Dz} 為高度 z 處順風向風力，橫風向設計風力如表 C6- 2 所示。

【步驟 5】計算順風向設計風力與迎風面寬度之乘積

順風向設計風力與迎風面寬度之乘積如表 C6- 2 所示。根據規範式(2.23)，當高寬比小於 3 時，扭轉向風力的計算，須綜合所有考量風向中選取順風向風力與迎風面寬度乘積之最大值後，進一步計算之。

計算 50 年回歸期風力(圖 C2-14 左邊下部)

順風向 50 年回歸期風力為順風向設計風力除以 I^2 ；橫風向 50 年回歸期風力為橫風向設計風力除以 I^2 。因為 $I=1$ ，順風向 50 年回歸期風力與表 C6-2 的結果相同；橫風向 50 年回歸期風力與表 C6-2 的結果相同。

計算半年回歸期共振部分風力(圖 C2-14 右半部)

本棟建築物為鋼筋混凝土構造， h/\sqrt{BL} 小於 3，且 h 在 70 公尺以下，根據規範 4.3 節解說，其頂樓振動加速度應無超過舒適度容許值之慮，可免除最高居室樓層角隅振動尖峰加速度之檢核，因此，不用計算半年回歸期共振部分風力。

第三節 風垂直吹向 BC 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力

根據第一節的建築物資料與工址風環境可知，建築物之斷面為正方形；XY 兩主軸方向基本自然頻率相同；BC 牆面與 AB 牆面開口面積相同；BC 牆面與 AB 牆面上風側地況相同；BC 牆面與 AB 牆面上風側地形相同。因此，當風垂直吹向 BC 牆面時主要風力抵抗系統所承受之風力，與第二節的結果相同。

第四節 風垂直吹向 CD 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力

本節所計算的風力有設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力。

壹、 判斷主要風力抵抗系統設計情況(圖 C2-2)

【步驟 1】列出與該風向相關之設計參數

當風垂直吹向 CD 牆面時， $f_n = 1.088\text{Hz}$ 、 $f_a = 1.088\text{Hz}$ 、 $B = 17.5\text{m}$ 與

$L=17.5m$ 。根據規範表 2.2，地況 C 相關參數 $\alpha = 0.15$ ； $z_g = 300m$ ； $\bar{b} = 0.94$ ；
 $c = 0.20$ ； $\ell = 152m$ ； $\bar{\varepsilon} = 0.20$ ； $z_{\min} = 4.5m$ 。

【步驟 2】判斷設計情況

根據建築物資料可知 CD 牆面開口率為 5%，其餘外牆面開口率皆為 0%。根據規範 1.3 節，建築物不屬於開放式建築物。根據建築物資料， $A_g = 525m^2$ 、 $A_0 = 26.25m^2$ 、 $A_{gi} = 1881.25m^2$ 與 $A_{0i} = 0m^2$ 。因同滿足以下各條件(1) $A_0 > 1.10A_{0i}$ ，(2) $A_0 > 0.37m^2$ 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，建築物屬於部分封閉式建築物。

由於 $f_n \geq 1Hz$ 且 $h/\sqrt{BL} = 1.714 < 3$ 部分封閉式建築物，根據圖 C2- 2，當風垂直吹向 CD 牆面時，主要風力抵抗系統設計情況屬於第四類設計情況。以下，根據圖 C2- 14 的流程及圖 C2- 11 與圖 C2- 12，計算對應的設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力。

貳、 計算設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力

分別仿照第二節中設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力的計算流程，可計算得到當風垂直吹向 CD 牆面之設計風力如表 C6- 3 所示、50 年回歸期風力如表 C6- 3 (因為 $I = 1$) 所示。

第五節 風垂直吹向 DA 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力

根據第一節的建築物資料與工址風環境可知，建築物之斷面為正方形；XY 兩主軸方向基本自然頻率相同；DA 牆面與 AB 牆面開口面積相同；DA 牆面與 AB 牆面上風側地況相同；DA 牆面與 AB 牆面上風側地形相同。因此，當風垂直吹向 DA 牆面時主要風力抵抗系統所承受之風力，與第二節的結果相同。

第六節 耐風結構反應之計算與檢核

根據圖 C2-1 可知，當 $h/\sqrt{BL} < 3$ ，須綜合所有考量風向，計算扭轉向風力。接下來，根據來風方向，以對應的風力進行結構分析，計算反應與檢核反應。本節所計算的耐風結構反應有構件設計效應與層間變位角。以下，先計算扭轉向風力，後計算反應與檢核反應。

壹、 計算扭轉向風力(圖 C2-17)

當 $h/\sqrt{BL} < 3$ 時，根據規範式(2.23)，高度 z 處扭轉向風力 $M_{Tz} = 0.28(BW_{Dz})^*$ ，其中， $(BW_{Dz})^*$ 為各向來風高度 z 處順風向風力與迎風面寬度乘積之最大值，所得之設計扭矩適用於各向來風。比較表 C6-2 與表 C6-3 中的順風向風力與迎風面寬度之乘積，可知 $(BW_{Dz})^*$ 為表 C6-3 中的順風向風力與迎風面寬度之乘積，扭轉向設計風力如表 C6-4 所示。扭轉向 50 年回歸期風力為扭轉向設計風力除以 I^2 ，數值結果如表 C6-4 所示。因滿足舒適度免檢核之條件，不用計算半年回歸期共振部分風力。

貳、 計算構件設計效應與檢核

【步驟 1】當風垂直吹向 AB 牆面時，計算結構效應(圖 C2-18 左半部)

(1)以表 C6-2 中順風向與橫風向風力，以及表 C6-4 中扭轉向設計風力進行結構分析，求得順風向設計風力所造成的結構效應 \widehat{W}_D 、順風向平均風力所造成的結構效應 $\overline{W}_D = \widehat{W}_D / (1.128\overline{G})$ 、橫風向設計風力所造成的結構效應 \widehat{W}_L 、扭轉向設計風力所造成的結構效應 \widehat{W}_T 。其中，普通建築物 $\overline{G} = G$ 。

(2)根據規範 2.12 節解說，計算載重組合之結構效應

$$\bar{W}_D + \sqrt{(\widehat{W}_D - \bar{W}_D)^2 + (|\widehat{W}_L| + |\widehat{W}_T|)^2}$$

【步驟 2】當風垂直吹向 BC 牆面、CD 牆面與 DA 牆面時，分別計算結構效應

重複步驟 1 的(1)與(2)計算得之。其中，當風垂直吹向 BC 牆面或 DA 牆面時所採用的設計風力詳表 C6- 2 與表 C6- 4。當風垂直吹向 CD 牆面時所採用的設計風力詳表 C6- 3 與表 C6- 4。

【步驟 3】從上述四種可能來風方向中，各構件分別選擇結構效應的最大值，作為桿件設計載重組合中之風載重效應。在與其他型式載重組合前，應乘上材料規範規定之載重係數。若有任一檢核不滿足相關規範之規定，則重新設計。

參、 計算層間變位角與檢核

【步驟 1】當風垂直吹向 AB 牆面時，計算層間變位角(圖 C2- 18 中間)

(1)以表 C6- 2 中順風向與橫風向風力，以及表 C6- 4 中扭轉向 50 年回歸期風力進行結構分析，求得順風向 50 年回歸期風力所造成 X 向與 Y 向的層間變位角、順風向 50 年回歸期平均風力所造成 X 向與 Y 向的層間變位角、橫風向 50 年回歸期風力所造成 X 向與 Y 向的層間變位角、扭轉向 50 年回歸期風力所造成 X 向與 Y 向的層間變位角。

(2)根據規範 2.12 節解說之公式，分別計算 X 向與 Y 向的總層間變位角。

【步驟 2】當風垂直吹向 BC 牆面、CD 牆面與 DA 牆面時，分別計算層間變位角

重複步驟 1 的(1)與(2)計算得之。其中，當風垂直吹向 BC 牆面或 DA 牆面時所採用的 50 年回歸期風力詳表 C6-2 與表 C6-4。當風垂直吹向 CD 牆面時所採用的 50 年回歸期風力詳表 C6-3 與表 C6-4。

【步驟 3】檢核反應

從四種可能來風方向中，選擇 X 向總層間變位角的最大值，判斷其是否 $\leq 5/1000$ ；選擇 Y 向總層間變位角的最大值，判斷其是否 $\leq 5/1000$ 。若有任一檢核不過，則重新設計。

表 C6-2 風吹向 AB 牆面之設計風力(例 3)

名稱	離地高度 $z(m)$	迎風面或背風面面積(m^2)	風速壓地況係數 $K(z)$	風速壓 kgf/m^2	順風向風力 (t)	橫風向風力 (t)	順風向風力與迎風面寬度之乘積 ($t-m$)
女兒牆頂端	31.20	21.00	0.77	83.96	5.11	—	—
RF	30.00	26.25	0.76	82.33	5.28	4.60	92.43
10FL 地板	27.00	52.50	0.72	78.11	10.23	8.90	179.03
9FL 地板	24.00	52.50	0.68	73.64	9.88	8.59	172.86
8FL 地板	21.00	52.50	0.64	68.88	9.50	8.27	166.29
7FL 地板	18.00	52.50	0.59	63.77	9.10	7.92	159.23
6FL 地板	15.00	52.50	0.54	58.22	8.66	7.53	151.55
5FL 地板	12.00	52.50	0.48	52.07	8.17	7.11	143.06
4FL 地板	9.00	52.50	0.42	45.09	7.62	6.63	133.42
3FL 地板	6.00	52.50	0.34	36.82	6.97	6.06	121.98
2FL 地板	3.00	52.50	0.31	33.61	6.72	5.84	117.55

(資料來源：本研究整理)

表 C6-3 風吹向 CD 牆面之設計風力(例 3)

名稱	離地高度 $z(m)$	迎風面或背風面面積(m^2)	風速壓地況係數 $K(z)$	風速壓 kgf/m^2	順風向風力 (t)	橫風向風力 (t)	順風向風力與迎風面寬度之乘積 ($t-m$)
女兒牆頂端	31.20	21.00	1.41	152.46	9.28	—	—
RF	30.00	26.25	1.39	150.67	9.67	8.41	169.16
10FL 地板	27.00	52.50	1.35	145.99	18.96	16.50	331.85
9FL 地板	24.00	52.50	1.30	140.92	18.56	16.15	324.84
8FL 地板	21.00	52.50	1.25	135.38	18.13	15.77	317.20
7FL 地板	18.00	52.50	1.19	129.26	17.64	15.35	308.74
6FL 地板	15.00	52.50	1.13	122.38	17.10	14.88	299.24
5FL 地板	12.00	52.50	1.06	114.46	16.47	14.33	288.29
4FL 地板	9.00	52.50	0.97	105.00	15.73	13.68	275.21
3FL 地板	6.00	52.50	0.86	92.97	14.78	12.86	258.59
2FL 地板	3.00	52.50	0.81	88.02	14.39	12.52	251.75

(資料來源：本研究整理)

表 C6-4 扭轉向風力(例 3)

名稱	離地高度 $z(m)$	扭轉向設計風力 ($t-m$)	扭轉向 50 年回歸期風力 ($t-m$)
RF	30.00	47.37	47.37
10FL 地板	27.00	92.92	92.92
9FL 地板	24.00	90.96	90.96
8FL 地板	21.00	88.82	88.82
7FL 地板	18.00	86.45	86.45
6FL 地板	15.00	83.79	83.79
5FL 地板	12.00	80.72	80.72
4FL 地板	9.00	77.06	77.06
3FL 地板	6.00	72.41	72.41
2FL 地板	3.00	70.49	70.49

(資料來源：本研究整理)

第七章 高寬比小於 3 柔性建築物主要風力抵抗系統耐風設

計示範例

本章擬定一棟高寬比小於 3，且 XY 兩主軸方向皆為柔性($f_n < 1\text{Hz}$)的建築物，根據圖 C2-1、圖 C2-2、圖 C2-4、圖 C2-7、圖 C2-13、圖 C2-17 與圖 C2-18，執行其主要風力抵抗系統耐風設計，並於第一節到第六節詳列計算流程，分別為建築物資料與工址風環境、風垂直吹向 AB 牆面之風力、風垂直吹向 BC 牆面之風力、風垂直吹向 CD 牆面之風力、風垂直吹向 DA 牆面之風力及結構耐風反應之計算與檢核。高寬比小於 3 建築物的 XY 兩主軸方向頻率有可能一向大於 1Hz，另一向小於 1Hz，小於 1Hz 向的耐風設計可參考本章的設計例計算風力，大於 1Hz 向的耐風設計可參考第六章的設計例計算風力。

第一節 建築物資料與工址風環境

根據圖 C2-1 可知，執行耐風設計時，先要蒐集建築物資料與工址風環境，本節擬定建築物資料與工址風環境如下表所示。

表 C7-1 建築物資料與工址風環境 (例 4)

建築物資料	尺寸	平面尺寸 $25.6m \times 25.6m$ ； 建築物高度(不含屋頂突出物) $h=59.5m$ ； 女兒牆高度 $1.2m$	
	開口面積	設計者須根據實際可能之狀況判斷開口面積。本例假設 CD 牆面上風側較其它牆面上風側容易產生隨風飄散物，因此假設 CD 牆面總面積有 5% 破損而造成開口，其餘各牆面皆無開口。	
	用途係數 I	根據規範 2.5 節， $I = 1.1$ 、 1.0 或 0.9 。住宅， $I = 1.0$ 。	
	構造形式	鋼筋混凝土構造；剛性樓板。	
	基本自然頻率	XY 兩主軸方向基本自然頻率皆為 $0.487Hz$ ($2.053s$)；扭轉向基本自然頻率 $0.731Hz$ ($1.368s$)。	
	結構阻尼比 β	根據規範 2.7 節解說，建議鋼構造建築物之 $\beta=0.01$ ；混凝土構造建築物或鋼骨鋼筋混凝土構造建築物之 $\beta=0.02$ 。本例為混凝土構造建築物，故 $\beta=0.02$ 。	
工址風環境	基本設計風速 $V_{10}(C)$	根據規範 2.4 節，台北市的 $V_{10}(C) = 42.5m/s$ 。	
	地況	AB 牆面、BC 牆面與 DA 牆面上風側地況皆為地況 B，CD 牆面上風側地況為地況 C。	
	地形	無特殊地形，根據規範式(2.6)， $K_{zt} = 1$ 。若有特殊地形，可參考附錄一的方式計算 K_{zt} 。	

(資料來源：本研究整理)

第二節 風垂直吹向 AB 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力

本節所計算的風力有設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力。

壹、 判斷主要風力抵抗系統設計情況(圖 C2- 2)

【步驟 1】列出與該風向相關之設計參數

當風垂直吹向 AB 牆面時， $f_n = 0.487Hz$ 、 $f_a = 0.487Hz$ 、 $B = 25.6m$ 與 $L = 25.6m$ 。地況相關參數與第六章第二節相同。

【步驟 2】判斷設計情況

仿照第六章第二節判斷建築封閉性的方法，分析建築物開口面積可知建築物屬於封閉式建築物。由於 $f_n < 1Hz$ 且 $h/\sqrt{BL} = 2.324 < 3$ 封閉式建築物，根據圖 C2- 2，主要風力抵抗系統設計情況屬於第三類設計情況。以下，根據圖 C2- 13 的流程及圖 C2- 4 與圖 C2- 7，計算對應的設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力。該棟建築物風力的計算流程中，僅順風向風力中陣風反應因子與風壓的計算流程不同於第六章第二節建築物風力的計算流程。因此，在計算風力時，針對陣風反應因子與風壓列計算流程與結果，其餘部分仿照第六章第二節建築物風力的計算流程進行計算，但只列風力。

貳、 計算設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力

計算設計風力(圖 C2- 13 左邊上部)

【步驟 1】計算風速壓地況係數 $K(z)$ 與地形係數 K_{zt} 。【步驟 2】計算不同高

度之風速壓。上述二個步驟的計算流程與第六章第二節相同。

【步驟3】計算柔性建築物順風向設計風力(圖 C2-4)

1 決定風壓係數

此步驟的計算流程與第六章第二節相同。

2 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 $L_{\bar{z}} = 149.14\text{m}$ ，其中， $\bar{z} = 35.70\text{m}$ 。

根據規範式(2.10)，紊流強度 $I_{\bar{z}} = 0.24$ 。根據規範式(2.11)，背景反應 $Q = 0.83$ 。根據規範式(2.14)，共振反應尖峰因子 $g_R = 4.01$ 。根據規範式(2.19)，高度 \bar{z} 處每小時平均風速 $\bar{V}_{\bar{z}} = 36.22\text{m/s}$ 。根據規範式(2.17)，

$N_1 = 2.01$ 。根據規範式(2.16)， $R_n = 0.09$ 。根據規範式(2.18a)與式(2.18b)，

$R_h = 0.23$ 、 $R_B = 0.44$ 及 $R_L = 0.17$ 。根據規範式(2.15)，共振反應因子

$R = 0.53$ 。或是針對 $h/\sqrt{BL} = 1 \sim 6$ 和 $L/B = 1/5 \sim 5$ 之柔性建築物，規範 2.7 節解說的簡化公式可得 $R \approx 0.82$ 。以下取規範式(2.15)複雜計算的結果 $R = 0.53$ 作後續計算。根據規範式(2.13)，柔性建築物之陣風反應因

子 $G_f = 1.927 \left(\frac{1 + 1.7I_{\bar{z}} \sqrt{g_Q^2 Q^2 + g_R^2 R^2}}{1 + 1.7g_V I_{\bar{z}}} \right) = 1.97$ ，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。

3 計算迎風面牆與背風面牆之風壓，以及屋頂女兒牆之風壓

根據規範式(2.1)，迎風面牆之設計風壓：

$$\begin{aligned}
 p(z) &= q(z)G_f C_p - q(h)(GC_{pi}) \\
 &= 473.79 \left(\frac{z}{400} \right)^{0.5} \pm 43.48 \text{kgf/m}^2 ; z > 5\text{m} \\
 p(z) &= q(z=5)G_f C_p - q(h)(GC_{pi}) \\
 &= 52.97 \pm 43.48 \text{kgf/m}^2 ; z \leq 5\text{m}
 \end{aligned}$$

背風面牆之設計風壓：

$$p(z) = q(h)G_f C_p - q(h)(GC_{pi}) = -114.21 \pm 43.48 \text{kgf/m}^2$$

屋頂女兒牆風壓的計算流程與第六章第二節相同。

4 計算外牆順風向風力與屋頂女兒牆風力

此步驟的計算流程與第六章第二節相同，數值結果如表 C7-2 所示。

【步驟 4】計算建築物橫風向設計風力

此步驟的計算流程與第六章第二節相同，數值結果如表 C7-2 所示。

【步驟 5】計算順風向設計風力與迎風面寬度之乘積

此步驟的計算流程與第六章第二節相同，數值結果如表 C7-2 所示。

計算 50 年回歸期風力(圖 C2-13 左邊下部)

順風向 50 年回歸期風力與橫風向 50 年回歸期風力的計算流程，分別與第六章第二節 50 年回歸期風力中相對應的計算流程相同。因為 $I=1$ ，50 年回歸期風力與表 C7-2 的結果相同。

計算半年回歸期共振部分風力(圖 C2-13 右半部)

此步驟的計算流程與第六章第二節相同，可免除最高居室樓層角隅振動尖峰加速度之檢核，因此，不用計算半年回歸期共振部分風力。

第三節 風垂直吹向 BC 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力

根據第一節的建築物資料與工址風環境可知，建築物之斷面為正方形；XY 兩主軸方向基本自然頻率相同；BC 牆面與 AB 牆面開口面積相同；BC 牆面與 AB 牆面上風側地況相同；BC 牆面與 AB 牆面上風側地形相同。因此，當風垂直吹向 BC 牆面時主要風力抵抗系統所承受之風力，與第二節的結果相同。

第四節 風垂直吹向 CD 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力

本節所計算的風力有設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力。

壹、 判斷主要風力抵抗系統設計情況(圖 C2-2)

【步驟 1】列出與該風向相關之設計參數

當風垂直吹向 CD 牆面時， $f_n = 0.487Hz$ 、 $f_a = 0.487Hz$ 、 $B = 25.6m$ 與 $L = 25.6m$ 。地況相關參數與第六章第四節相同。

【步驟 2】判斷設計情況

仿照第六章第四節判斷建築封閉性的方法，分析建築物開口面積可知建築物屬於部分封閉式建築物。由於 $f_n < 1Hz$ 且 $h/\sqrt{BL} = 2.324 < 3$ 部分封閉式建築物，根據圖 C2-2，主要風力抵抗系統設計情況屬於第三類設計情況。以下，根據圖 C2-13 的流程及圖 C2-4 與圖 C2-7，計算對應的設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力。

貳、 計算設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力

分別仿照第二節中設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力的計算流程，可計算得到當風垂直吹向 CD 牆面之設計風力如表 C7-3 所示、50 年回歸期風力如表 C7-3 (因為 $I=1$) 所示。

第五節 風垂直吹向 DA 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力

根據第一節的建築物資料與工址風環境可知，建築物之斷面為正方形；XY 兩主軸方向基本自然頻率相同；DA 牆面與 AB 牆面開口面積相同；DA 牆面與 AB 牆面上風側地況相同；DA 牆面與 AB 牆面上風側地形相同。因此，當風垂直吹向 DA 牆面時主要風力抵抗系統所承受之風力，與第二節的結果相同。

第六節 耐風結構反應之計算與檢核

根據圖 C2-1 可知，當 $h/\sqrt{BL} < 3$ ，須綜合所有考量風向，計算扭轉向風力。接下來，根據來風方向，以對應的風力進行結構分析，計算反應與檢核反應。本節所計算的耐風結構反應有構件設計效應與層間變位角。以下，先計算扭轉向風力，後計算反應與檢核反應。

壹、 計算扭轉向風力(圖 C2-17)

此部分的計算流程與第六章第六節相同，扭轉向設計風力與扭轉向 50 年回歸期風力如表 C7-4 所示。因滿足舒適度免檢核之條件，不用計算半年回歸期共振部分風力。

貳、 計算構件設計效應與檢核

此部分的計算流程與第六章第六節相同，當風垂直吹向 AB 牆面、BC 牆面或 DA 牆面時所採用的設計風力詳表 C7-2 與表 C7-4；當風垂直吹向 CD 牆面時所採用的設計風力詳表 C7-3 與表 C7-4。

參、 計算層間變位角與檢核

此部分的計算流程與第六章第六節相同，當風垂直吹向 AB 牆面、BC 牆面或 DA 牆面時所採用的 50 年回歸期風力詳表 C7-2 與表 C7-4；當風垂直吹向 CD 牆面時所採用的 50 年回歸期風力詳表 C7-3 與表 C7-4。

表 C7-2 風吹向 AB 牆面之設計風力(例 4)

名稱	離地高度 $z(m)$	迎風面或背風面面積(m^2)	風速壓地況係數 $K(z)$	風速壓 kgf/m^2	順風向風力 (t)	橫風向風力 (t)	順風向風力與迎風面寬度之乘積 ($t-m$)
女兒牆頂端	60.70	30.72	1.08	117.11	10.43	—	—
RF	59.50	44.80	1.07	115.95	13.33	11.60	341.23
17FL 地板	56.00	89.60	1.04	112.49	26.17	22.77	669.93
16FL 地板	52.50	89.60	1.00	108.91	25.66	22.33	656.99
15FL 地板	49.00	89.60	0.97	105.22	25.14	21.87	643.61
14FL 地板	45.50	89.60	0.94	101.39	24.60	21.40	629.75
13FL 地板	42.00	89.60	0.90	97.42	24.04	20.91	615.34
12FL 地板	38.50	89.60	0.86	93.27	23.45	20.40	600.32
11FL 地板	35.00	89.60	0.82	88.93	22.84	19.87	584.60
10FL 地板	31.50	89.60	0.78	84.36	22.19	19.31	568.07
9FL 地板	28.00	89.60	0.73	79.54	21.51	18.71	550.59
8FL 地板	24.50	89.60	0.69	74.40	20.78	18.08	531.98
7FL 地板	21.00	89.60	0.64	68.88	20.00	17.40	511.99
6FL 地板	17.50	89.60	0.58	62.88	19.15	16.66	490.25
5FL 地板	14.00	89.60	0.52	56.24	18.21	15.84	466.21
4FL 地板	10.50	89.60	0.45	48.71	17.15	14.92	438.91
3FL 地板	7.00	89.60	0.37	39.77	15.88	13.82	406.54
2FL 地板	3.50	89.60	0.31	33.61	15.01	13.06	384.23

(資料來源：本研究整理)

表 C7-3 風吹向 CD 牆面之設計風力(例 4)

名稱	離地高度 $z(m)$	迎風面或背風面面積(m^2)	風速壓地況係數 $K(z)$	風速壓 kgf/m^2	順風向風力 (t)	橫風向風力 (t)	順風向風力與迎風面寬度之乘積 ($t-m$)
女兒牆頂端	60.70	30.72	1.72	186.15	16.58	—	—
RF	59.50	44.80	1.71	185.04	22.36	19.45	572.41
17FL 地板	56.00	89.60	1.68	181.70	44.22	38.47	1132.12
16FL 地板	52.50	89.60	1.64	178.22	43.71	38.02	1118.85
15FL 地板	49.00	89.60	1.61	174.57	43.16	37.55	1104.95
14FL 地板	45.50	89.60	1.58	170.73	42.59	37.05	1090.34
13FL 地板	42.00	89.60	1.54	166.68	41.99	36.53	1074.92
12FL 地板	38.50	89.60	1.50	162.38	41.35	35.97	1058.57
11FL 地板	35.00	89.60	1.46	157.80	40.67	35.38	1041.14
10FL 地板	31.50	89.60	1.41	152.89	39.94	34.75	1022.45
9FL 地板	28.00	89.60	1.36	147.59	39.15	34.06	1002.23
8FL 地板	24.50	89.60	1.31	141.79	38.29	33.31	980.17
7FL 地板	21.00	89.60	1.25	135.38	37.33	32.48	955.77
6FL 地板	17.50	89.60	1.18	128.18	36.26	31.55	928.34
5FL 地板	14.00	89.60	1.11	119.88	35.03	30.48	896.74
4FL 地板	10.50	89.60	1.01	109.97	33.55	29.19	859.00
3FL 地板	7.00	89.60	0.90	97.37	31.68	27.56	811.04
2FL 地板	3.50	89.60	0.81	88.02	30.29	26.35	775.45

(資料來源：本研究整理)

表 C7-4 扭轉向風力(例 4)

名稱	離地高度 $z(m)$	扭轉向設計風力 ($t-m$)	扭轉向 50 年回歸期風力 ($t-m$)
RF	59.50	160.27	160.27
17FL 地板	56.00	316.99	316.99
16FL 地板	52.50	313.28	313.28
15FL 地板	49.00	309.39	309.39
14FL 地板	45.50	305.30	305.30
13FL 地板	42.00	300.98	300.98
12FL 地板	38.50	296.40	296.40
11FL 地板	35.00	291.52	291.52
10FL 地板	31.50	286.28	286.28
9FL 地板	28.00	280.63	280.63
8FL 地板	24.50	274.45	274.45
7FL 地板	21.00	267.62	267.62
6FL 地板	17.50	259.93	259.93
5FL 地板	14.00	251.09	251.09
4FL 地板	10.50	240.52	240.52
3FL 地板	7.00	227.09	227.09
2FL 地板	3.50	217.13	217.13

(資料來源：本研究整理)

第八章 高寬比小於 3、普通且高度小於等於 18 公尺建築物

主要風力抵抗系統耐風設計示範例

本章擬定一棟屬於規範 2.13 節定義的建築物，根據圖 C2- 1、圖 C2- 2、圖 C2- 12、圖 C2- 15、圖 C2- 17 與圖 C2- 18，執行其主要風力抵抗系統耐風設計，並於第一節到第六節詳列計算流程，分別為建築物資料與工址風環境、風垂直吹向 AB 牆面之風力、風垂直吹向 BC 牆面之風力、風垂直吹向 CD 牆面之風力、風垂直吹向 DA 牆面之風力及結構耐風反應之計算與檢核。

第一節 建築物資料與工址風環境

根據圖 C2-1 可知，執行耐風設計時，先要蒐集建築物資料與工址風環境，本節擬定建築物資料與工址風環境如下表所示。

表 C8-1 建築物資料與工址風環境 (例 5)

建築物資料	尺寸	平面尺寸 $10m \times 10m$ ； 根據規範，建築物高度(不含屋頂突出物) $h=15m$ 女兒牆高度 $1.2m$	
	開口面積	設計者須根據實際可能之狀況判斷開口面積。本例假設各牆面之總面積有1%破損而造成開口，其餘無開口。	
	用途係數 I	根據規範 2.5 節， $I = 1.1$ 、 1.0 或 0.9 。住宅， $I = 1$ 。	
	構造形式	鋼筋混凝土構造；剛性樓板。	
	基本自然頻率	XY 兩向基本自然頻率皆為 $2.025Hz$ ($0.494 s$)，扭轉向基本自然頻率 $2.835Hz$ ($0.353 s$)。	
	結構阻尼比 β	根據規範 2.7 節解說，建議鋼構造建築物之 $\beta=0.01$ ；混凝土構造建築物或鋼骨鋼筋混凝土構造建築物之 $\beta=0.02$ 。本例為混凝土構造建築物，故 $\beta=0.02$ 。	
工址風環境	基本設計風速 $V_{10}(C)$	根據規範 2.4 節，嘉義市的 $V_{10}(C)=27.5m/s$ 。	
	地況	AB 牆面、BC 牆面、CD 牆面與 DA 牆面上風側地況皆為地況 B。實際上不一定都為地況 B，地況種類請詳規範 2.3 節。	
	地形	無特殊地形，根據規範式(2.6)， $K_{zt} = 1$ 。若有特殊地形，可參考附錄一的方式計算 K_{zt} 。	

(資料來源：本研究整理)

第二節 風垂直吹向 AB 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力

本節所計算的風力有設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力。

壹、 判斷主要風力抵抗系統設計情況(圖 C2-2)

【步驟 1】列出與該風向相關之設計參數

當風垂直吹向 AB 牆面時， f_n 為 Y 向基本自然頻率 2.025Hz 、 f_a 為 X 向基本自然頻率 2.025Hz 、垂直於風向之建築物水平尺寸 $B = 10\text{m}$ 與平行於風向之建築物水平尺寸 $L = 10\text{m}$ 。根據規範表 2.2，地況 B 相關參數 $\alpha = 0.25$ ； $z_g = 400\text{m}$ ； $\bar{b} = 0.62$ ； $c = 0.30$ ； $\ell = 98\text{m}$ ； $\bar{\varepsilon} = 0.33$ ； $z_{\min} = 9\text{m}$ 。

【步驟 2】判斷設計情況

根據建築物資料可知各牆面開口率皆為 1%，根據規範 1.3 節，建築物不屬於開放式建築物。根據建築物資料，計算迎風向外牆面之總面積 $A_g = 150\text{m}^2$ 、迎風向外牆面之總開口面積 $A_0 = 1.5\text{m}^2$ 、非迎風向之各牆面(含屋頂)總面積 $A_{gi} = 550\text{m}^2$ 與非迎風向之各牆面(含屋頂)總開口面積 $A_{oi} = 4.5\text{m}^2$ 。因無法同滿足以下各條件(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，建築物不屬於部分封閉式建築物。建築物不屬於開放式建築物或部分封閉式建築物，根據規範 1.3 節，建築物屬於封閉式建築物。

由於 $f_n \geq 1\text{Hz}$ 、 $h/\sqrt{BL} < 3$ 且 $h \leq 18\text{m}$ 封閉式建築物，根據圖 C2-2，當風垂直吹向 AB 牆面時，主要風力抵抗系統設計情況屬於第五類設計情況。以下，根據圖 C2-15 與圖 C2-12，計算對應的設計風力、50 年回歸期風力與半年回歸期

共振部分風力。

貳、 計算設計風力、50年回歸期風力與半年回歸期共振部分風力

計算設計風力(圖 C2-15 左邊上部)

【步驟 1】計算建築物高度 h 處與屋頂女兒牆頂端 h_p 處的地形係數

根據規範式(2.8)，計算建築物高度 h 處的地形係數 $K_{zt}(h)$ 與屋頂女兒牆頂端 h_p 處的地形係數 $K_{zt}(h_p)$ ：因工址附近無特殊地形， $K_{zt}(h)=1$ ， $K_{zt}(h_p)=1$ 。

【步驟 2】決定建築物高度 h 處與屋頂女兒牆頂端 h_p 處的 λ 值

根據規範表 2.23，決定建築物高度 h 處與屋頂女兒牆頂端 h_p 處的 λ 值：
 $h = 15\text{ m}$ 且地況為地況 B，則 $\lambda = 0.062$ ； $h_p = 16.2\text{ m}$ 且地況為地況 B，則 $\lambda = 0.0645$ 。

【步驟 3】計算順風向設計風力

根據規範式(2.25)，計算離地面高度 z 處外牆承受之順風向風力：

$$S_{Dz} = 1.49 [IV_{10}(C)]^2 \lambda K_{zt}(h) A_z = 69.86 A_z \text{ kgf}$$

其中， A_z 為離地面高度 z 處迎風面面積，外牆承受之順風向風力如表 C8-2 所示。

根據規範式(2.28)，計算屋頂女兒牆之設計風力：

$$S_{pL} = 1.54 [IV_{10}(C)]^2 \lambda K_{zt}(h_p) A_z = 75.12 A_z \text{kgf}$$

屋頂女兒牆之設計風力如表 C8-2 所示。

【步驟 4】計算橫風向設計風力

根據規範式(2.29)，計算離地面高度 z 處之橫風向風力：

$$S_{Lz} = \left(0.6 \frac{L}{B} + 0.05 \right) S_{Dz} = 45.41 A_z \text{kgf}$$

橫風向風力如表 C8-2 所示。

【步驟 5】計算順風向設計風力與迎風面寬度之乘積

順風向設計風力與迎風面寬度之乘積如表 C8-2 所示。根據規範式(2.30)，當高寬比小於 3 時，扭轉向風力的計算，須綜合所有考量風向中選取順風向風力與迎風面寬度乘積之最大值後，進一步計算之。

計算 50 年回歸期風力(圖 C2-15 左邊下部)

順風向 50 年回歸期風力為順風向設計風力除以 I^2 ；橫風向 50 年回歸期風力為橫風向設計風力除以 I^2 。因為 $I=1$ ，順風向 50 年回歸期風力與表 C8-2 的結果相同；橫風向 50 年回歸期風力與表 C8-2 的結果相同。

計算半年回歸期共振部分風力(圖 C2-15 右半部)

本棟建築物為鋼筋混凝土構造， h/\sqrt{BL} 小於 3，且 h 在 70 公尺以下，根據規範 4.3 節解說，其頂樓振動加速度應無超過舒適度容許值之慮，可免除最高居室樓層角隅振動尖峰加速度之檢核，因此，不用計算半年回歸期共振部分風力。

第三節 風垂直吹向 BC 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力

根據第一節的建築物資料與工址風環境可知，建築物之斷面為正方形；XY 兩主軸方向基本自然頻率相同；BC 牆面與 AB 牆面上風側地況相同；BC 牆面與 AB 牆面上風側地形相同。因此，當風垂直吹向 BC 牆面時主要風力抵抗系統所承受之風力，與第二節的結果相同。

第四節 風垂直吹向 CD 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力

根據第一節的建築物資料與工址風環境可知，建築物以 X 軸為對稱軸；CD 牆面與 AB 牆面上風側地況相同；CD 牆面與 AB 牆面上風側地形相同。因此，當風垂直吹向 CD 牆面時主要風力抵抗系統所承受之風力，與第二節的結果相同。

第五節 風垂直吹向 DA 牆面之順風向、橫風向與扭轉向風力

根據第一節的建築物資料與工址風環境可知，建築物之斷面為正方形；XY 兩主軸方向基本自然頻率相同；DA 牆面與 AB 牆面上風側地況相同；DA 牆面與 AB 牆面上風側地形相同。因此，當風垂直吹向 DA 牆面時主要風力抵抗系統所承受之風力，與第二節的結果相同。

第六節 耐風結構反應之計算與檢核

根據圖 C2-1 可知，當 $h/\sqrt{BL} < 3$ ，須綜合所有考量風向，計算扭轉向風力。接下來，根據來風方向，以對應的風力進行結構分析，計算反應與檢核反應。本節所計算的耐風結構反應有構件設計效應與層間變位角。以下，先計算扭轉向風力，後計算反應與檢核反應。

壹、 計算扭轉向風力(圖 C2-17)

當 $h/\sqrt{BL} < 3$ 時，根據規範式(2.30)，高度 z 處扭轉向風力 $S_{Tz} = 0.21(BS_{Dz})^*$ ，其中， $(BS_{Dz})^*$ 為各向來風高度 z 處順風向風力與迎風面寬度乘積之最大值，所得之設計扭矩適用於各向來風。因為風垂直吹向各牆面時主要風力抵抗系統所承受之風力皆相同， $(BS_{Dz})^*$ 為表 C8-2 中的順風向風力與迎風面寬度之乘積，扭轉向設計風力如表 C8-3 所示。扭轉向 50 年回歸期風力為扭轉向設計風力除以 I^2 ，數值結果如表 C8-3 所示。因滿足舒適度免檢核之條件，不用計算半年回歸期共振部分風力。

貳、 計算構件設計效應與檢核結構效應

【步驟 1】當風垂直吹向 AB 牆面時，計算結構效應(圖 C2-18 左半部)

(1)以表 C8-2 中順風向與橫風向風力，以及表 C8-3 中扭轉向設計風力進行結構分析，求得順風向設計風力所造成的結構效應 \widehat{W}_D 、順風向平均風力所造成的結構效應 $\overline{W}_D = \widehat{W}_D / (1.128\overline{G})$ 、橫風向設計風力所造成的結構效應 \widehat{W}_L 、扭轉向設計風力所造成的結構效應 \widehat{W}_T 。其中，普通建築物 $\overline{G} = 1.88$ 。

(2)根據規範 2.12 節解說，計算載重組合之結構效應

$$\overline{W}_D + \sqrt{(\widehat{W}_D - \overline{W}_D)^2 + (|\widehat{W}_L| + |\widehat{W}_T|)^2}$$

【步驟 2】當風垂直吹向 BC 牆面、CD 牆面與 DA 牆面時，分別計算結構效應

重複步驟 1 的(1)與(2)計算得之。其中，當風垂直吹向 BC 牆面、CD 牆面或 DA 牆面時所採用的風力詳表 C8-2 與表 C8-3。

【步驟3】從上述四種可能來風方向中，各構件分別選擇結構效應的最大值，作為桿件設計載重組合中之風載重效應。在與其他型式載重組合前，應乘上材料規範規定之載重係數。若有任一檢核不滿足相關規範之規定，則重新設計。

參、 計算層間變位角與檢核

【步驟1】當風垂直吹向 AB 牆面時，計算層間變位角(圖 C2-18 中間)

(1)以第二節的順風向與橫風向風力 50 年回歸期風力，以及表 C8-3 中扭轉向 50 年回歸期風力進行結構分析，求得順風向 50 年回歸期風力所造成 X 向與 Y 向的層間變位角、順風向 50 年回歸期平均風力所造成 X 向與 Y 向的層間變位角、橫風向 50 年回歸期風力所造成 X 向與 Y 向的層間變位角、扭轉向 50 年回歸期風力所造成 X 向與 Y 向的層間變位角。

(2)根據規範 2.12 節解說之公式，分別計算 X 向與 Y 向的總層間變位角。

【步驟2】當風垂直吹向 BC 牆面、CD 牆面與 DA 牆面時，分別計算層間變位角

重複步驟 1 的(1)與(2)計算得之。其中，當風垂直吹向 BC 牆面、CD 牆面或 DA 牆面時所採用的風力詳表 C8-2 與表 C8-3。

【步驟3】檢核層間變位角

從四種可能來風方向中，選擇 X 向總層間變位角的最大值，判斷其是否 $\leq 5/1000$ ；選擇 Y 向總層間變位角的最大值，判斷其是否 $\leq 5/1000$ 。若有任一檢核不過，則重新設計。

表 C8-2 風吹向 AB 牆面之設計風力(例 5)

名稱	離地高度 $z(m)$	迎風面面 積(m^2)	順風向 風力(t)	橫風向 風力(t)	順風向風力與迎風面寬 度之乘積($t-m$)
女兒牆頂端	16.20	12.00	0.90	—	—
RF	15.00	15.00	1.05	0.68	10.48
5FL 地板	12.00	30.00	2.10	1.36	20.96
4FL 地板	9.00	30.00	2.10	1.36	20.96
3FL 地板	6.00	30.00	2.10	1.36	20.96
2FL 地板	3.00	30.00	2.10	1.36	20.96

(資料來源：本研究整理)

表 C8-3 扭轉風力(例 5)

名稱	離地高度 $z(m)$	扭轉向設計風力 ($t-m$)	扭轉向 50 年回歸期風力 ($t-m$)
RF	15.00	2.20	2.20
5FL 地板	12.00	4.40	4.40
4FL 地板	9.00	4.40	4.40
3FL 地板	6.00	4.40	4.40
2FL 地板	3.00	4.40	4.40

(資料來源：本研究整理)

第九章 開放式建築物主要風力抵抗系統耐風設計示範例

本章擬定一棟為獨立鐵塔，根據圖 C2- 1、圖 C2- 2、圖 C2- 16 與圖 C2- 18，執行其主要風力抵抗系統耐風設計，並於第一節到第五節詳列計算流程，分別為建築物資料與工址風環境、風垂直吹向 AB 牆面之風力、風垂直吹向 BC 牆面之風力、風傾斜吹向塔面之風力及結構耐風反應之計算與檢核。

第一節 建築物資料與工址風環境

根據圖 C2-1 可知，執行耐風設計時，先要蒐集建築物資料與工址風環境，本節擬定建築物資料與工址風環境如下表所示。

表 C9-1 建築物資料與工址風環境 (例 6)

建築物資料	尺寸	<p>方形鐵塔任一牆面的立面示意圖如圖 C9-1 所示；</p> <p>建築物高度 $h = 20m$ ；</p> <p>共分八層，每層高 $2.5m$ ；</p> <p>鐵塔底部、離地 $2.5m$、離地 $5m$、離地 $5m$、離地 $7.5m$、離地 $10m$、離地 $12.5m$、離地 $15m$、離地 $17.5m$、離地 $20m$ 處平面示意圖分別如圖 C9-2 至圖 C9-8 所示。</p>
	開口面積	AB 牆面、BC 牆面、CD 牆面與 DA 牆面開口投影到與風向垂直之平面上的面積皆為 $68.21m^2$ 。
	用途係數 I	根據規範 2.5 節， $I = 1.1$ 、 1.0 或 0.9 。電信鐵塔， $I = 1.1$ 。
	構造形式	由角鋼與平編構材所組成的桁架構件。
	基本自然頻率	經結構分析可得 XY 兩向基本自然頻率皆為 $7.09Hz$ ($0.14s$)，扭轉向基本自然頻率 $17.33Hz$ ($0.06s$)。
	結構阻尼比 β	本例不須用到此資訊。
工址風環境	基本設計風速 $V_{10}(C)$	根據規範 2.4 節，新北市石門區的 $V_{10}(C) = 42.5m/s$ 。
	地況	AB 牆面、BC 牆面、CD 牆面與 DA 牆面上風側地況皆為地況 C。實際上不一定都為地況 C，地況種類請詳規範 2.3 節。
	地形	AB 牆面與 CD 牆面上風側為無特殊地形；BC 牆面與 DA 牆面上風側為山脊，如圖 C9-9 所示。

(資料來源：本研究整理)

使用規範第二章，分別在不同來風方向下，計算主要風力抵抗系統所承受之設計風力；所考慮可能之來風方向包括來風垂直 AB 牆面、來風垂直 BC 牆面、來風垂直 CD 牆面與來風垂直 DA 牆面。但根據第一節可知，由於建築物外型的對稱性、四個牆面上風側地況皆相同、AB 牆面與 CD 牆面上風側地形相同以及 BC 牆面與 DA 牆面上風側地形相同，所以，基本上只要考慮來風垂直 AB 牆面與來風垂直 BC 牆面。但同時根據規範表 2.15 的規定，要考慮風傾斜吹向塔面，所以以下在計算本棟建築物主要風力抵抗系統所承受之設計風力時，考慮三種來風方向，分別為風垂直吹向 AB 牆面、風垂直吹向 BC 牆面與風傾斜吹向塔面。

第二節 風垂直吹向 AB 牆面之風力

本節所計算的風力有設計風力

壹、 判斷主要風力抵抗系統設計情況(圖 C2- 2)

【步驟 1】列出與該風向相關之設計參數

當風垂直吹向 AB 牆面時， $f_n = 7.09Hz$ 。垂直於風向之建築物水平尺寸 B 採用 $2h/3$ 所對應之 $B = 3.528m$ ；平行於風向之建築物水平尺寸 L 採用 $2h/3$ 所對應之 $L = 3.528m$ 。根據規範表 2.2，地況 C 相關參數 $\alpha = 0.15$ ； $z_g = 300m$ ； $\bar{b} = 0.94$ ； $c = 0.20$ ； $\ell = 152m$ ； $\bar{\varepsilon} = 0.20$ ； $z_{\min} = 4.5m$ 。

【步驟 2】判斷設計情況

根據建築物資料可知各牆面開口率皆為 80.01%，根據規範 1.3 節，建築物屬於開放式建築物。根據圖 C2- 2，主要風力抵抗系統設計情況屬於第六類設計情況。以下，使用圖 C2- 16 的流程，計算對應的設計風力。

貳、 計算設計風力

【步驟 1】計算受風作用特徵面積 A_c 與 A_c 形心高度 z_{A_c}

假設風力作用在各層頂端上， $z_{A_c} = 20\text{ m}, 17.5\text{ m}, 15\text{ m}, 12.5\text{ m}, 10\text{ m}, 7.5\text{ m}, 5\text{ m}, 2.5\text{ m}$ ， z_{A_c} 所對應的 A_c 為該層頂端至下層頂端間迎風面實體構材投影在垂直風向平面上之面積的總和(Simiu,2011)，如表 C9-2 所示。

【步驟 2】計算風速壓地況係數 $K(z)$ 與地形係數 K_{zt}

$$\begin{aligned} K(z) &= 2.774 \left(\frac{z}{z_g} \right)^{2\alpha} = 2.774 \left(\frac{z}{300} \right)^{0.3} ; z > 5\text{ m} \\ \text{根據規範式(2.7),} \\ &= 2.774 \left(\frac{5}{z_g} \right)^{2\alpha} = 2.774 \left(\frac{5}{300} \right)^{0.3} ; z \leq 5\text{ m} \end{aligned}$$

根據規範式(2.8)，計算 K_{zt} ：因工址附近無特殊地形， $K_{zt} = 1$ 。

【步驟 3】計算不同高度之風速壓

根據規範式(2.6)，離地面 z 公尺高度之風速壓 $q(z)$ ：

$$q(z) = 0.06 K(z) K_{zt} [I V_{10}(C)]^2 = 363.77 \left(\frac{z}{300} \right)^{0.3} \text{ kgf/m}^2 ; z > 5\text{ m}$$

$$q(z) = 0.06 K(z=5) K_{zt} [I V_{10}(C)]^2 = 106.51 \text{ kgf/m}^2 ; z \leq 5\text{ m}$$

【步驟 4】決定風力係數 C_f

由於本例為由角鋼與平編構材所組成的方型鐵塔，根據規範表 2.15，決定桁

架高塔之風力係數 C_f ：塔面之實體面積與其總面積的比值 $\phi = \frac{17.04}{85.25} = 0.20$ 介於

0.025 到 0.44 之間，方形高塔的 $C_f = 4.1 - 5.2\phi = 3.06$ 。

【步驟 5】判斷 f_n 是否小於 1Hz，若是，計算柔性建築物之陣風反應因子 G_f ，

若否，計算普通建築物之陣風反應因子 G

$f_n = 7.09Hz > 1Hz$ ，根據規範 1.3 節，建築物為普通建築物，根據規範 2.7 節
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 $L_z = 157.64m$ ，其中， $\bar{z} = 12m$ 。根據規範
式(2.10)，紊流強度 $I_z = 0.19$ 。根據規範式(2.11)，背景反應 $Q = 0.92$ 。根據規範

式(2.9)，普通建築物之陣風反應因子 $G = 1.927 \left(\frac{1 + 1.7g_Q I_z Q}{1 + 1.7g_V I_z} \right) = 1.84$ ，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。也可直接取 $G = 1.88$ ，計算過
程較簡單，風力值較保守。以下取 $G = 1.84$ 來計算。

【步驟 6】計算設計風力 F 。

根據規範式(2.4)，開放式建築物所應承受之設計風力：

$$F = q(z_{Ac})GC_f A_c = 5.64q(z_{Ac})A_c \text{ kgf}$$

其中， $q(z_{Ac})$ 為 z_{Ac} 處之風速壓。各層頂端的順風向設計風力如表 C9-3 所示。

第三節 風垂直吹向 BC 牆面之風力

本節所計算的風力有設計風力

壹、 判斷主要風力抵抗系統設計情況(圖 C2-2)

【步驟 1】列出與該風向相關之設計參數

當風垂直吹向 BC 牆面時， $f_n = 7.09Hz$ 。 $B = 3.528 m$ ； $L = 3.528 m$ 。地況相關參數與第二節相同。

【步驟 2】判斷設計情況

根據建築物資料可知各牆面開口率皆為 80.01%，根據規範 1.3 節，建築物屬於開放式建築物。根據圖 C2-2，主要風力抵抗系統設計情況屬於第六類設計情況。以下，使用圖 C2-16 的流程，計算對應的設計風力。本例中風垂直吹向 BC 牆面的計算流程，僅地形係數的計算流程不同於第二節的計算流程。因此，在計算風力時，針對地形係數列計算流程與結果，其餘部分仿照第二節的計算流程進行計算，但只列風力。

貳、 計算設計風力

【步驟 1】計算受風作用特徵面積 A_c 與 A_c 形心高度 z_{A_c}

此步驟的計算流程與第二節相同，因為為方形高塔，數值結果與表 C9-2 相同。

【步驟 2】計算風速壓地況係數 $K(z)$ 與地形係數 K_{zt}

因地況與第二節相同，故 $K(z)$ 值與第二節相同。根據圖 C9-9，山脊高度

$H = 120\text{ m}$ ，山脊之水平尺寸 $L_h = 150\text{ m}$ ， $x = 0\text{ m}$ 。因上風側為平坦地形且無主要

障礙物，所以可根據規範式(2.8)計算 $K_{zt} = (1 + K_1 K_2 K_3)^2$ 。根據規範 2.6 節解說，

由於 $\frac{H}{L_h} = 0.8 \geq 0.2$ ，計算 K_1 時採用 $\frac{H}{L_h} = 0.5$ ，則地況 C 下山脊之

$K_1 = \frac{H}{L_h} 1.45 = 0.725$ 。根據規範 2.6 節解說，由於 $\frac{H}{L_h} = 0.8 \geq 0.2$ ，計算 K_2 時採用

$L_h = 2H$ ，根據規範式(C2.9)， $K_2 = \left(1 - \frac{|x|}{\mu L_h}\right) = 1$ 。根據規範 2.6 節解說，由於

$\frac{H}{L_h} = 0.8 \geq 0.2$ ，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)， $K_3 = e^{-\gamma z/L_h} = e^{-0.0125z}$ 。規範式(2.8)， K_{zt} 可計算如下：

$$K_{zt} = (1 + K_1 K_2 K_3)^2 = (1 + 0.725 e^{-0.0125z})^2$$

也可採用規範表 2.3(a)、2.3(b)與 2.3(c)分別決定 K_1 、 K_2 與 K_3 。

【步驟 3】計算不同高度之風速壓

根據規範式(2.6)，離地面 z 公尺高度之風速壓 $q(z)$ ：

$$\begin{aligned} q(z) &= 0.06 K(z) K_{zt} [I V_{10}(C)]^2 \\ &= 363.77 \left(\frac{z}{300}\right)^{0.3} \times (1 + 0.725 e^{-0.0125z})^2 \text{ kgf/m}^2 ; z > 5\text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q(z) &= 0.06 K(z=5) K_{zt} [I V_{10}(C)]^2 \\ &= 106.51 \times (1 + 0.725 e^{-0.0125z})^2 \text{ kgf/m}^2 ; z \leq 5\text{ m} \end{aligned}$$

【步驟 4】決定風力係數 C_f

此步驟的計算流程與第二節相同， $C_f = 3.06$ 。

【步驟 5】判斷 f_n 是否小於 1Hz，若是，計算柔性建築物之陣風反應因子 G_f ，

若否，計算普通建築物之陣風反應因子 G

此步驟的計算流程與第二節相同， $G = 1.84$ 。

【步驟 6】為計算設計風力 F 。

此步驟的計算流程與第二節相同，各層頂端所受的順風向設計風力如表 C9-4 所示。

第四節 風傾斜吹向塔面之風力

根據規範表 2.15 中註的規定可知，就方形高塔而言，假設設計風力垂直作用在某塔面。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 $C = 1.0 + 0.75\phi$ ， $\phi < 0.5$ ，並假設其沿者對角線作用。

比較表 C9-3 與表 C9-4，可知風垂直吹向 BC 牆面之風力大於風垂直吹向 AB 牆面之風力，則各層頂端所受最大的水平風力為風垂直吹向 BC 牆面之風力乘上 $\sqrt{2}C$ ，其結果如表 C9-5 所示，其中， $C = 1.0 + 0.75\phi = 1.15$ 。

第五節 結構耐風反應之計算與檢核

本節所計算的耐風結構反應為構件設計效應。

【步驟 1】當風垂直吹向 AB 牆面時，計算結構效應

分別以表 C9-3 的順風向設計風力進行結構分析，計算對應的結構效應。

【步驟 2】當風垂直吹向 BC 牆面與風傾斜吹向塔面時，分別計算結構效應

重複步驟 1 計算得之。其中，當風垂直吹向 BC 牆面時所採用的風力詳表 C9-4，當風傾斜吹向塔面時所採用的風力詳表 C9-5。

【步驟 3】從上述三種可能來風方向中，各構件分別選擇結構效應的最大值，作為桿件設計載重組合中之風載重效應。在與其他型式載重組合前，應乘上材料規範規定之載重係數。若有任一檢核不滿足相關規範之規定，則重新設計。

表 C9-2 鐵塔各層頂端離地高度 z_{A_c} 與對應的受風作用特徵面積 A_c

各層頂端離地高度 z_{A_c} (m)	受風作用特徵面積 A_c (m^2)
20.00	1.61
17.50	1.61
15.00	1.72
12.50	1.96
10.00	2.19
7.50	2.42
5.00	2.65
2.50	2.88

(資料來源：本研究整理)

表 C9-3 風垂直吹向 AB 牆面之風力

各層頂端離地高度 z_{A_c}	受風作用特徵面積 A_c (m^2)	風速壓地況係數	風速壓 kgf/m^2	順風向設計風力 (t)
20.00	1.61	1.23	161.43	1.47
17.50	1.61	1.18	155.09	1.41
15.00	1.72	1.13	148.09	1.44
12.50	1.96	1.07	140.20	1.55
10.00	2.19	1.00	131.12	1.62
7.50	2.42	0.92	120.28	1.64
5.00	2.65	0.81	106.51	1.59
2.50	2.88	0.81	106.51	1.73

(資料來源：本研究整理)

表 C9-4 風垂直吹向 BC 牆面之風力

各層頂端離地高度 z_{A_c} (m)	受風作用特徵面積 A_c (m^2)	風速壓地況係數	地形係數	風速壓 kgf/m^2	順風向設計風力 (t)
20.00	1.61	1.23	2.45	395.20	2.52
17.50	1.61	1.18	2.50	388.43	4.09
15.00	1.72	1.13	2.56	379.59	4.04
12.50	1.96	1.07	2.62	368.01	4.19
10.00	2.19	1.00	2.69	352.59	4.43
7.50	2.42	0.92	2.76	331.50	4.58
5.00	2.65	0.81	2.83	300.99	4.41
2.50	2.88	0.81	2.90	308.78	4.79

(資料來源：本研究整理)

表 C9-5 風傾斜吹向塔面之風力

各層頂端離地高度 z_{A_c} (m)	最大的水平風力 (沿者對角線作用) (t)
20.00	4.09
17.50	6.66
15.00	6.58
12.50	6.82
10.00	7.21
7.50	7.45
5.00	7.17
2.50	7.78

(資料來源：本研究整理)

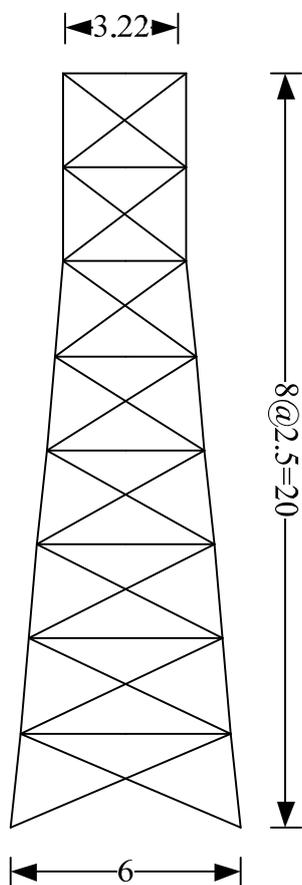


圖 C9-1 方形鐵塔任一牆面的立面示意圖 單位(公尺)

(資料來源：本研究整理)

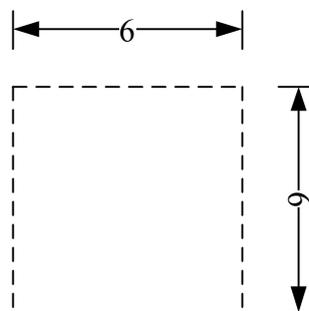


圖 C9-2 鐵塔底部平面示意圖 單位(公尺)

(資料來源：本研究整理)

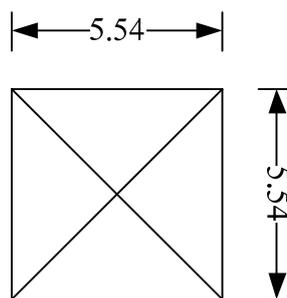


圖 C9-3 離地2.5m平面示意圖 單位(公尺)

(資料來源：本研究整理)

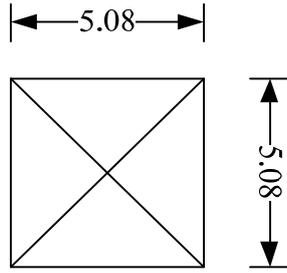


圖 C9-4 離地5m平面示意圖 單位(公尺)

(資料來源：本研究整理)

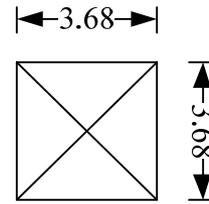


圖 C9-7 離地12.5m平面示意圖 單位(公尺)

(資料來源：本研究整理)

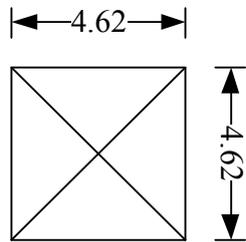


圖 C9-5 離地7.5m平面示意圖 單位(公尺)

(資料來源：本研究整理)

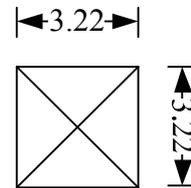


圖 C9-8 離地15m、17.5m與20m平面示意圖 單位(公尺)

(資料來源：本研究整理)

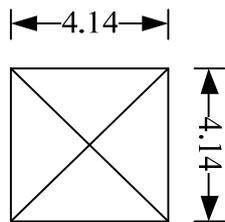


圖 C9-6 離地10m平面示意圖 單位(公尺)

(資料來源：本研究整理)

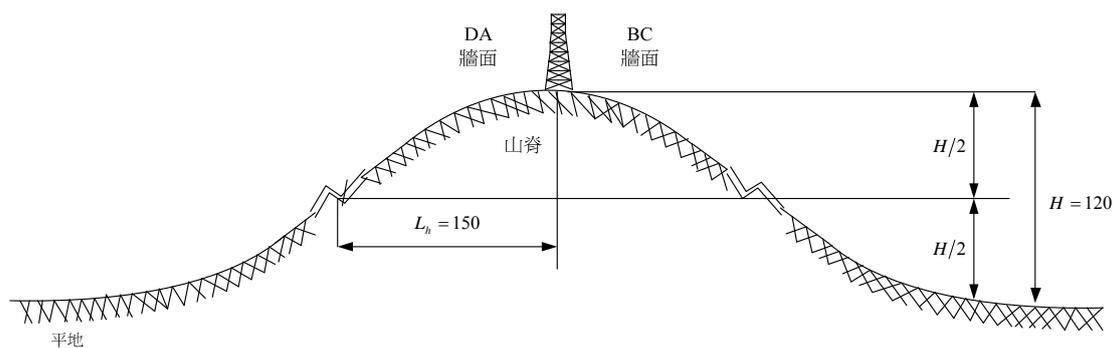


圖 C9-9 鐵塔 BC 牆面與 DA 牆面上風側地形立面示意圖 單位(公尺)

(資料來源：本研究整理)

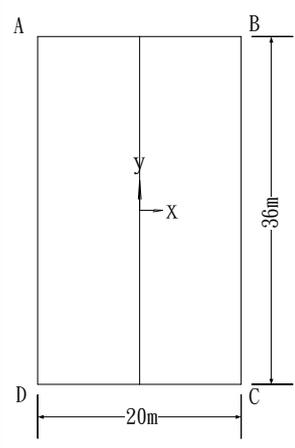
第十章 高度不超過 18 公尺建築物局部構材耐風設計示範例

本章擬定一棟高度不超過 18 公尺的建築物，其外部被覆物有金屬浪板，局部構材有繫件，根據圖 C3-2 與圖 C3-3，執行局部構材及外部被覆物耐風設計，並於第一節到第五節詳列計算流程，分別為建築物資料與工址風環境、有效受風面積及相對應的外風壓係數之計算、局部構材及外部被覆物設計風壓之計算、最大設計正風壓與負風壓之選取，以及局部構材及外部被覆物耐風反應之檢核。

第一節 建築物資料與工址風環境

根據圖 C3-2 可知，執行耐風設計時，先要蒐集建築物資料與工址風環境。本節擬定建築物的示意圖如圖 C10-1 所示，建築物資料與工址風環境如下表所示。

表 C10-1 建築物資料與工址風環境 (局例 1)

建築物資料	尺寸	<p>平面尺寸 $36m \times 20m$ ；</p> <p>屋脊高度 $11.5m$ ；</p> <p>屋簷高度 $10.5m$ ；</p> <p>屋頂之斜角 $\theta = 5.71^\circ < 10^\circ$，根據規範，建築物高度(不含屋頂突出物)</p> <p>$h = 10.5m$</p>	
	開口面積	設計者須根據實際可能之狀況判斷開口面積。本例假設 DA 牆面上風側較其它牆面上風側容易產生隨風飄散物，因此假設 DA 牆面之總面積有 5% 破損而造成開口，其餘無開口。	
	用途係數 I	根據規範 2.5 節， $I = 1.1$ 、 1.0 或 0.9 。廠房，故 $I = 1.0$ 。	
	局部構材及外部被覆物	考慮圖 C10-1 中 5 個區域的金屬浪板及繫件。金屬浪板架設在間距為 $1m$ 的 C 型鋼上，浪板寬度 $1m$ ；繫件固定金屬浪板，打入 C 型鋼，間距 $0.3m$ 。	
工址風環境	基本設計風速 $V_{10}(C)$	根據規範 2.4 節，宜蘭縣蘇澳鎮的 $V_{10}(C) = 42.5m/s$ 。	
	地況	AB 牆面、BC 牆面、CD 牆面與 DA 牆面上風側地況皆為地況 C。	
	地形	無特殊地形，根據規範式(2.6)， $K_{zt} = 1$ 。若有特殊地形，可參考附錄一的方式計算 K_{zt} 。	

(資料來源：本研究整理)

第二節 有效受風面積及相對應的外風壓係數之計算

根據規範 1.3 節有效受風面積 A 的定義可知，結構構件之 A 為跨距長度與有效寬度之乘積。有效寬度不必小於其跨距長度的 $1/3$ 。對外牆扣件而言， A 不得大於單一扣件之受風面積。因為高度不超過 18 公尺，可根據有效受風面積與外牆或屋頂查規範圖 3.1 決定外風壓係數。

架設在 C 型鋼上的金屬浪板，其跨距長度為 C 型鋼的間距 $1m$ ，有效寬度為 $\max(1m, 1/3m) = 1m$ ，則 $A = 1 \times 1 = 1m^2$ 。繫件間距為 $0.3m$ ，C 型鋼間距為 $1m$ ，則繫件的 $A = 0.3m \times 1m = 0.3m^2$ 。

外牆分為④區和⑤區，各區示意圖如圖 11- 2 所示，外風壓區域之寬度 $a = \min(0.4 \times h, 0.1 \times \min(B, L)) = 2m > \max(0.9m, 0.4 \times \min(B, L)) = 0.9m$ ，圖 C10- 1 中的 4 號區和 5 號區的金屬浪板與繫件分別位於④區和⑤區內；因 $\theta \leq 10^\circ$ ，牆之外風壓係數將可降低 10%。金屬浪板的 $A = 1m^2$ ，④區正值和負值外風壓係數分別為 1.9 和 -2.1，⑤區正值和負值外風壓係數分別為 1.9 和 -2.7。仿照上述金屬浪板外風壓係數的查表方法，可得繫件在④區和⑤區的外風壓係數。彙整前述不同 A 的外風壓係數，將其列於表 C10- 2。

屋頂分為①區、②區和③區，各區示意圖如圖 C10- 3 所示，外風壓區域之寬度 $a = 2m$ ，圖 C10- 1 中的 1 號區、2 號區和 3 號區的金屬浪板與繫件分別位於①區、②區和③區內。金屬浪板的 $A = 1m^2$ ，①區正值和負值外風壓係數分別為 0.6 和 -2.1，②區正值和負值外風壓係數分別為 0.6 和 -3.8，③區正值和負值外風壓係數分別為 0.6 和 -6。仿照上述金屬浪板外風壓係數的查表方法，可得繫件在①區、②區和③區的外風壓係數。彙整前述不同 A 的外風壓係數，將其列於表 C10- 2。

第三節 局部構材及外部被覆物設計風壓之計算

使用規範第三章，分別在不同來風方向下，計算局部構材及外部被覆物所承受之設計風壓；所考慮可能之來風方向包括來風垂直 AB 牆面、來風垂直 BC 牆面、來風垂直 CD 牆面與來風垂直 DA 牆面。所考慮的局部構材及外部被覆物為圖 C10-1 中所示的 5 個區域金屬浪板及繫件。

一、風垂直吹向 AB 牆面

【步驟 1】計算平均屋頂高度 h 處之風速壓與內風壓係數(圖 C3-3)

平均屋頂高度 h 處之風速壓

本節建築物的 I 、 $V_{10}(C)$ 、地形以及地況皆與第四章第四節相同，因此，當風垂直吹向 AB 牆面時，不同高度之風速壓與第四章第四節的結果相同，為 $q(z) = 300.63 \left(\frac{z}{300} \right)^{0.3} \text{ kgf/m}^2$; $z > 5\text{m}$ ，則

$$q(h) = 109.96 \text{ kgf/m}^2。$$

內風壓係數

仿照第四章第二節判斷建築封閉性的方法，分析建築物開口面積可知建築物屬於封閉式建築物，因此，當風垂直吹向 AB 牆面時，建築物的內風壓係數為 ± 0.375 。

【步驟 2】分別計算 1 號區到 5 號區金屬浪板及繫件之設計風壓

外牆設計風壓

風垂直吹向 AB 牆面時，BC 牆為側牆。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，其局部構材及外部被覆物之設計風壓：

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

舉例而言，考慮 5 號區的金屬浪板，其位於⑤區。側牆的外風壓係

數要取負值，根據表 C10-2 可知⑤區之 $(GC_p) = -2.7$ ，則該金屬浪板設計負風壓為 $p = -338.14\text{kgf/m}^2$ 。仿照上述金屬浪板設計風壓的計算流程，可分別計算得到 5 號區的繫件、4 號區的金屬浪板與繫件的設計負風壓，數值分析結果列於表 C10-3。

屋頂設計風壓

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，其局部構材及外部被覆物之設計風壓：

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

舉例而言，考慮 3 號區的金屬浪板，其位於③區，根據表 C10-2 可知③區之 $(GC_p) = 0.6, -6$ ，則該金屬浪板設計正風壓為

$p = 107.22\text{kgf/m}^2$ ，設計負風壓為 $p = -701.03\text{kgf/m}^2$ 。仿照上述金屬浪板設計風壓的計算流程，可分別計算得到 3 號區的繫件、2 號區金屬浪板與繫件，以及 1 號區金屬浪板與繫件的設計正風壓及負風壓，數值分析結果列於表 C10-3。

二、風垂直吹向 BC 牆面

【步驟 1】計算平均屋頂高度 h 處之風速壓與內風壓係數(圖 C3-3)

四個牆面上風側地況皆相同且建築物周邊無特殊地形，因此，平均屋頂高度 h 處之風速壓與風垂直吹向 AB 牆面的結果相同。由於 AB 牆面與 BC 牆面開口率皆相同，因此，內風壓係數與風垂直吹向 AB 牆面的結果相同。

【步驟 2】分別計算 1 號區到 5 號區金屬浪板及繫件之設計風壓

外牆設計風壓

風垂直吹向 BC 牆面時，BC 牆為迎風面牆。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，其局部構材及外部被覆物之設計風壓：

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

舉例而言，考慮 5 號區的金屬浪板，其位於⑤區。側牆的外風壓係數要取正值，根據表 C10-2 可知⑤區之 $(GC_p) = 1.9$ ，則該金屬浪板設計正風壓為 $p = 250.17\text{kgf/m}^2$ 。仿照上述金屬浪板設計風壓的計算流程，可分別計算得到 5 號區的繫件、4 號區的金屬浪板與繫件的設計正風壓，數值分析結果列於表 C10-3。

屋頂設計風壓

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，其局部構材及外部被覆物之設計風壓：

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

舉例而言，考慮 3 號區的金屬浪板，其位於③區，根據表 C10-2 可知③區之 $(GC_p) = 0.6, -6$ ，則該金屬浪板設計正風壓為 $p = 107.22\text{kgf/m}^2$ ，設計負風壓為 $p = -701.03\text{kgf/m}^2$ 。仿照上述金屬浪板設計風壓的計算流程，可分別計算得到 3 號區的繫件、2 號區金屬浪板與繫件，以及 1 號區金屬浪板與繫件的設計正風壓及負風壓，數值分析結果列於表 C10-3。

三、風垂直吹向 CD 牆面

根據建築物資料與工址風環境可知，CD 牆面與 AB 牆面開口面積相同，CD 牆面與 AB 牆面上風側地況相同，以及建築物周邊地形相同。因此，當風垂直吹向 CD 牆面時，BC 牆面及屋頂上局部構材及外部被覆物受承受之設計風壓，與當風垂直吹向 AB 牆面的結果相同。

四、風垂直吹向 DA 牆面

【步驟 1】計算平均屋頂高度 h 處之風速壓與內風壓係數(圖 C3-3)

四個牆面上風側地況皆相同且建築物周邊無特殊地形，因此，平均屋頂高度 h 處之風速壓與風垂直吹向 AB 牆面的結果相同。仿照第四章第二節判斷建築封閉性的方法，分析建築物開口面積可知建築物屬於部分封閉式建築物，因此，當風垂直吹向 DA 牆面時，建築物的內風壓係數為 ± 1.146 。

【步驟 2】分別計算 1 號區到 5 號區金屬浪板及繫件之設計風壓

外牆設計風壓

風垂直吹向 DA 牆面時，BC 牆為背風面牆。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，其局部構材及外部被覆物之設計風壓：

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

舉例而言，考慮 5 號區的金屬浪板，其位於⑤區。背風面牆的外風壓係數要取負值，根據表 C10-2 可知⑤區之 $(GC_p) = -2.7$ ，則該金屬浪板設計負風壓為 $p = -422.93 \text{kgf/m}^2$ 。仿照上述金屬浪板設計風壓的計算流程，可分別計算得到 5 號區的繫件、4 號區的金屬浪板與繫件的設計負風壓，數值分析結果列於表 C10-3。

屋頂設計風壓

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，其局部構材及外部被覆物之設計風壓：

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

舉例而言，考慮 3 號區的金屬浪板，其位於③區，根據表 C10-2 可知③區之 $(GC_p) = 0.6, -6$ ，則該金屬浪板設計正風壓為 $p = 192.00 \text{kgf/m}^2$ ，設計負風壓為 $p = -785.81 \text{kgf/m}^2$ 。仿照上述金屬浪板設計風壓的計算流程，可分別計算得到 3 號區的繫件、2 號區金屬浪板與繫件，以及 1 號區金屬浪板與繫件的設計正風壓及負

風壓，數值分析結果列於表 C10-3。

第四節 最大設計正風壓與負風壓之選取

從上述所有考量風向中，分別選取 1 號區到 5 號區金屬浪板及繫件之最大設計正風壓和負風壓。

舉例而言，考慮 3 號區的金屬浪板，根據表 C10-3 可知，當風垂直吹向 AB 牆面、BC 牆面或 CD 牆面時，該金屬浪板之設計正負風壓分別為 107.22kgf/m^2 和 -701.03kgf/m^2 ；根據表 C10-3 可知，當風垂直吹向 DA 牆面時，該金屬浪板之設計正負風壓分別為 192.00kgf/m^2 和 -785.81kgf/m^2 。從前述各考量風向所造成該金屬浪板承受之設計風壓中，選取最大設計正風壓為 192.00kgf/m^2 為與最大設計負風壓為 -785.81kgf/m^2 。

仿照上述 3 號區金屬浪板最大設計正風壓與負風壓的選取流程，可分別得到 1 號區到 5 號區金屬浪板及繫件之最大設計正風壓與負風壓，如表 C10-4 所示。

第五節 局部構材及外部被覆物耐風強度之檢核

當局部構材或外部被覆物在設計風壓的作用下，檢核其抵抗強度與變形量是否滿足相關規範之規定。若局部構材不滿足相關規定，可以藉由加勁重新或增加繫件量來達到設計目標；若外部被覆物不滿足，可藉由增加厚度或減少單元面積來達到設計目標。

表 C10-2 外牆與屋頂外風壓係數(局例 1)

名稱		A (m ²)	④區		⑤區			
			正值	負值	正值	負值		
外牆	金屬浪板	1	1.9	-2.1	1.9	-2.7		
	繫件	0.3	1.9	-2.1	1.9	-2.7		
名稱		A (m ²)	①區		②區		③區	
			正值	負值	正值	負值	正值	負值
屋頂	金屬浪板	1	0.6	-2.1	0.6	-3.8	0.6	-6
	繫件	0.3	0.6	-2.1	0.6	-3.8	0.6	-6

(資料來源：本研究整理)

表 C10-3 金屬浪板與繫件之設計正風壓與負風壓 kgf/m² (局例 1)

金屬浪板與繫件區域		風垂直吹向 AB 牆面 或 CD 牆面		風垂直吹向 BC 牆面		風垂直吹向 DA 牆面	
		正風壓	負風壓	正風壓	負風壓	正風壓	負風壓
屋頂	1 號區	107.22	-272.16	107.22	-272.16	192.00	-356.95
	2 號區	107.22	-459.11	107.22	-459.11	192.00	-543.89
	3 號區	107.22	-701.03	107.22	-701.03	192.00	-785.81
外牆	4 號區	—	-272.16	250.17	—	—	-356.95
	5 號區	—	-338.14	250.17	—	—	-422.93

(資料來源：本研究整理)

表 C10-4 金屬浪板與繫件之最大設計正負風壓 kgf/m² (局例 1)

金屬浪板與繫件區域		設計正風壓	設計負風壓
屋頂	1 號區	192.00	-356.95
	2 號區	192.00	-543.89
	3 號區	192.00	-785.81
外牆	4 號區	250.17	-356.95
	5 號區	250.17	-422.93

(資料來源：本研究整理)

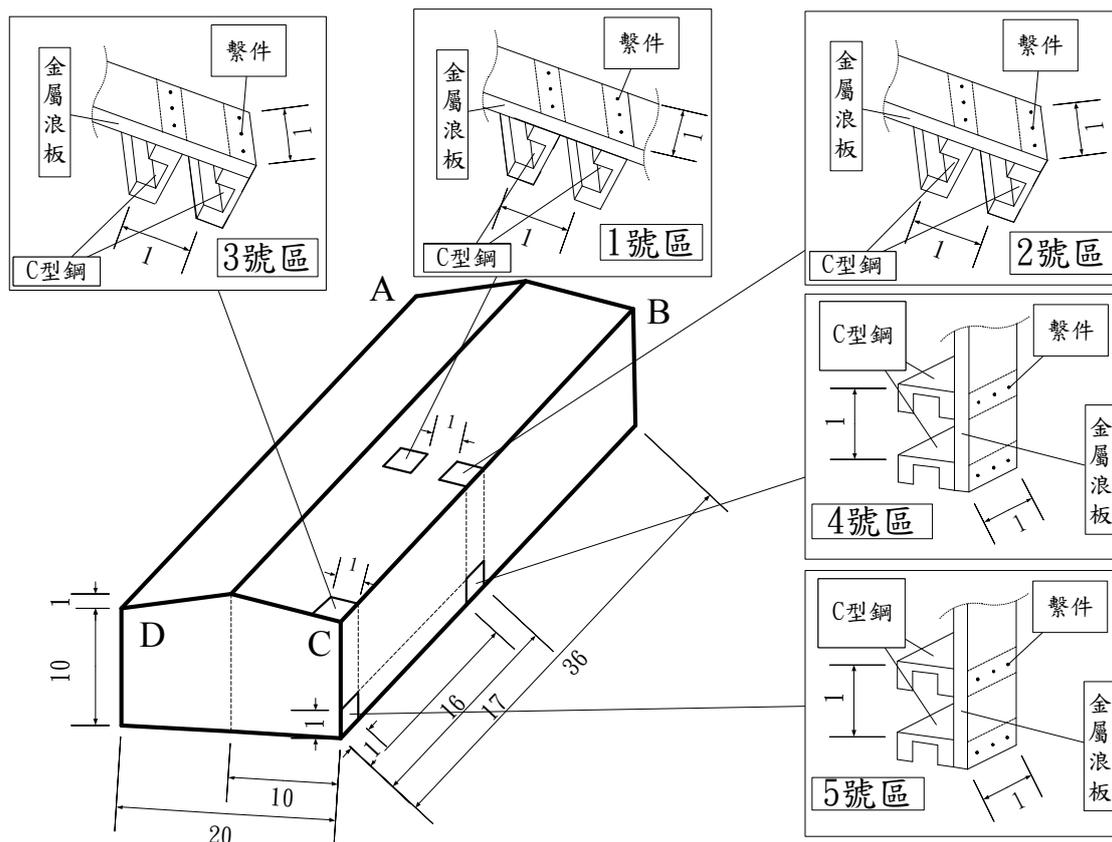


圖 C10-1 廠房建築物示意圖 (單位:公尺)

(資料來源：本研究整理)

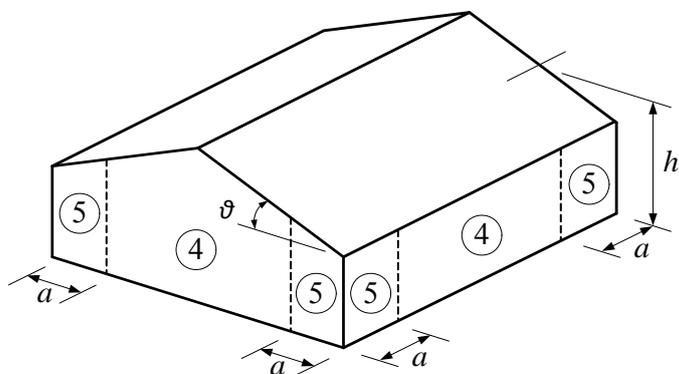


圖 C10-2 規範圖 3.1(a)外牆分區示意圖

(資料來源：104 年版規範)

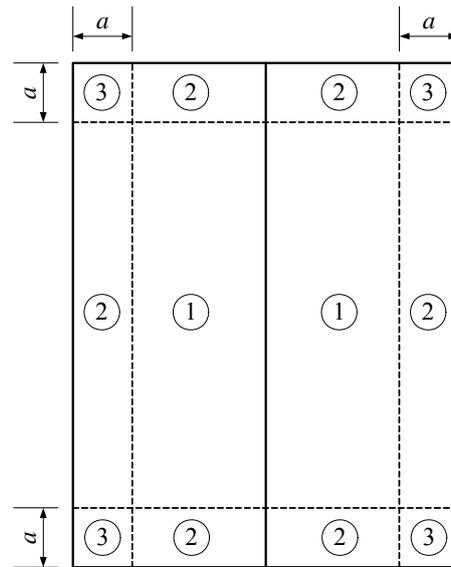


圖 C10-3 規範圖 3.1(b)屋頂分區示意圖

(資料來源：104 年版規範)

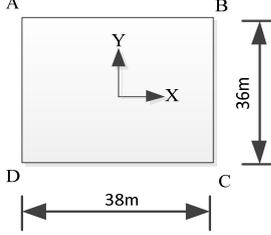
第十一章 高度超過 18 公尺建築物局部構材耐風設計示範例

本章擬定一棟高度超過 18 公尺的建築物，其外部被覆物有玻璃帷幕牆和女兒牆正面(或朝外)看板，局部構材有帷幕牆的繫件和看板的繫件，根據圖 C3-1 的分類及圖 C3-4，執行局部構材及外部被覆物耐風設計，並於第一節到第五節詳列計算流程，分別為建築物資料與工址風環境、局部構材及外部被覆物有效受風面積及相對應的外風壓係數之計算、局部構材及外部被覆物設計風壓之計算、最大設計正風壓與負風壓之選取，以及局部構材及外部被覆物耐風反應之檢核。

第一節 建築物資料與工址風環境

根據圖 C3- 4 可知，執行耐風設計時，先要蒐集建築物資料與工址風環境，本節擬定建築物的示意圖如圖 C4- 1 所示，建築物資料與工址風環境如下表所示。

表 C11-1 建築物資料與工址風環境 (局例 2)

建築物資料	尺寸	平面尺寸 $38m \times 36m$ ；建築物高度(不含屋頂突出物) $h = 112.2m$ 女兒牆高度 $1.2m$	
	開口面積	設計者須根據實際可能之狀況判斷開口面積。本例假設各牆面之總面積有 1% 破損而造成開口，其餘無開口。	
	用途係數 I	根據規範 2.5 節， $I = 1.1$ 、 1.0 或 0.9 。住宅，故 $I = 1.0$ 。	
局部構材及外部被覆物	玻璃帷幕牆單元尺寸為 $2m$ 寬 \times $3.3m$ 高；看板尺寸為 $2m$ 寬 \times $1m$ 高，位於實心女兒牆正面角落區。兩者繫件之位置圖如圖 C11- 1 所示。		
工址風環境	基本設計風速 $V_{10}(C)$	根據規範 2.4 節，台北市的 $V_{10}(C) = 42.5m/s$ 。	
	地況	AB 牆面、BC 牆面、CD 牆面與 DA 牆面上風側地況皆為地況 B。	
	地形	無特殊地形，根據規範式(2.6)， $K_{zt} = 1$ 。若有特殊地形，可參考附錄一的方式計算 K_{zt} 。	

(資料來源：本研究整理)

第二節 有效受風面積及相對應的外風壓係數之計算

根據規範 1.3 節有效受風面積 A 的定義可知，結構構件之 A 為跨距長度與有效寬度之乘積。有效寬度不必小於其跨距長度的 $1/3$ 。對外牆扣件而言， A 不得大於單一扣件之受風面積。因為高度超過 18 公尺，可根據有效受風面積與外牆

或屋頂查規範圖 3.2 決定外風壓係數。

玻璃帷幕牆單元與繫件

玻璃帷幕牆單元跨距長度為 $3.3m$ ，有效寬度為 $\max(2m, 3.3m/3) = 2m$ ，則 $A = 3.3m \times 2m = 6.6m^2$ 。單元四個角落的繫件接受該單元產風之風力，並將其傳送至主要風力抵抗系統，因此，對於一個繫件而言，其有效受風面積為玻璃帷幕牆單元面積 $3.3m \times 2m$ 除以 4，即 $A = 6.6m^2 / 4 = 1.65m^2$ 。

外牆分為④區和⑤區，各區示意圖如圖 C11- 2 所示，外風壓區域之寬度 $a = 0.1 \times \min(B, L) = 3.6m > 0.9m$ 。玻璃帷幕牆單元的 $A = 6.6m^2$ ，④區正值和負值外風壓係數分別為 1.6 和 -1.7，⑤區正值和負值外風壓係數分別為 1.6 和 -3.1。仿照上述玻璃帷幕牆單元外風壓係數的查表方法，可得其繫件之④區和⑤區的外風壓係數。彙整前述不同 A 的外風壓係數，將其列於表 C11- 2。

女兒牆正面看板與繫件

女兒牆正面看板的 A 為看板面積 $2m^2$ 。對於一個繫件而言，其有效受風面積為看板面積 $1m \times 2m$ 除以 4，即 $A = (2m^2) / 4 = 0.5m^2$ 。

仿照上述玻璃帷幕牆單元外風壓係數的查表方法，可得女兒牆正面看板與繫件之⑤區的外風壓係數，將其列於表 C11- 2。

第三節 局部構材及外部被覆物設計風壓之計算

使用規範第三章，分別在不同來風方向下，計算局部構材及外部被覆物所承受之設計風壓；所考慮可能之來風方向包括來風垂直 AB 牆面、來風垂直 BC 牆面、來風垂直 CD 牆面與來風垂直 DA 牆面。但根據第一節可知，由於四個牆面開口率皆相同，四個牆面上風側地況皆相同且建築物周邊無特殊地形，四個牆面同類局部構材的有效受風面積皆相同，四個牆面同類外部被覆物的有效受風面積皆相同，因此，各外牆相同區域局部構材及外部被覆物之設計風壓會一樣，以下只考慮 AB 牆面的局部構材及外部被覆物，根據來風方向分別計算其設計風壓。

一、風垂直吹向 AB 牆面

【步驟 1】計算不同高度之風速壓與內風壓係數(圖 C3- 5)

不同高度之風速壓

本章建築物的 I 、 $V_{10}(C)$ 以及 AB 牆面上風側地況、地形皆與第四章第二節相同，因此，當風垂直吹向 AB 牆面時，不同高度之風速壓與第四章第二節的結果相同，

$$q(z) = 300.63 \left(\frac{z}{400} \right)^{0.5} \text{ kgf/m}^2 ; z > 5\text{m} ; q(z) = 33.61 \text{ kgf/m}^2 ; z \leq 5\text{m} .$$

內風壓係數

仿照第四章第二節判斷建築封閉性的方法，分析建築物開口面積可知建築物屬於封閉式建築物，因此，當風垂直吹向 AB 牆面時，建築物的內風壓係數為 ± 0.375 。本例女兒牆為實心，因此其內風壓係數為 0。

【步驟 2】分別計算 AB 牆面上每一局部構材及外部被覆物之設計風壓

風垂直吹向 AB 牆面時，AB 牆為迎風面牆。根據規範式(3.2)，迎風面牆之局部構材及外部被覆物之設計風壓：

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

舉例而言，考慮 AB 牆面最高樓層⑤區的玻璃帷幕牆單元，其形心離地高度 $z = 110.55\text{m}$ ，則⑤區玻璃帷幕牆單元的 $q(z = 110.55\text{m}) = 158.05 \text{ kgf/m}^2$ ，而 $q(h = 112.2\text{m}) = 159.22 \text{ kgf/m}^2$ 。迎風面牆的外風壓係數要取正值，根據表 C11- 2 可知位於⑤區的玻璃帷幕牆單元之 $(GC_p) = 1.6$ ，該單元設計正風壓為

$$p(z = 110.55\text{m}) = 158.05 \times 1.6 - 159.22 \times (\pm 0.375) = 312.58 \text{ kgf/m}^2 \quad (\text{取大})$$

值)。仿照上述 AB 牆面一玻璃帷幕牆單元設計風壓的計算流程，可分別計算得到 AB 牆每一玻璃帷幕牆單元與繫件的設計正風壓，其中，計算繫件所設定的 z 值是取對應的玻璃帷幕牆單元形心離地高度。彙整玻璃帷幕牆單元與繫件在不同高度與區域的設計正風壓，將數值分析結果列於表 C11-3。

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：

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

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，由於 AB 牆面上方女兒牆看板位於⑤區，根據表 C11-2 可知位於⑤區的 $(GC_p) = 1.9$ ，該看板設計正風壓為 $p = 160.07 \times (1.9 - 0) = 304.13 \text{kgf/m}^2$ 。仿照上述看板設計風壓的計算流程，可計算得到繫件的設計正風壓為 304kgf/m^2 。

二、風垂直吹向 BC 牆面

【步驟 1】計算不同高度之風速壓與內風壓係數(圖 C3-5)

四個牆面上風側地況皆相同且建築物周邊無特殊地形，因此，不同高度之風速壓與風垂直吹向 AB 牆面的結果相同。由於四個牆面開口率皆相同，因此，內風壓係數與風垂直吹向 AB 牆面的結果相同。本例女兒牆為實心，因此其內風壓係數為 0。

【步驟 2】分別計算 AB 牆面上每一局部構材及外部被覆物之設計風壓

風垂直吹向 BC 牆面時，AB 牆為側牆。根據規範式(3.2)，側牆之局部構材及外部被覆物之設計風壓：

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

舉例而言，考慮 AB 牆面最高樓層⑤區的玻璃帷幕牆單元。側牆的外風壓係數要取負值，根據表 C11-2 可知位於⑤區的玻璃帷幕牆單元之

$(GC_p) = -3.1$ ，該單元設計負風壓為 $p = -553.30 \text{kgf/m}^2$ 。仿照上述 AB 牆面一玻璃帷幕牆單元設計風壓的計算流程，可分別計算得到 AB 牆每一玻璃帷幕牆單元與繫件的設計負風壓，數值分析結果列於表 C11-3。

三、風垂直吹向 CD 牆面

【步驟 1】計算不同高度之風速壓與內風壓係數(圖 C3-5)

四個牆面上風側地況皆相同且建築物周邊無特殊地形，因此，不同高度之風速壓與風垂直吹向 AB 牆面的結果相同。由於四個牆面開口率皆相同，因此，內風壓係數與風垂直吹向 AB 牆面的結果相同。本例女兒牆為實心，因此其內風壓係數為 0。

【步驟 2】分別計算 AB 牆面上每一局部構材及外部被覆物之設計風壓

風垂直吹向 CD 牆面時，AB 牆為背風面牆。根據規範式(3.2)，背風面牆之局部構材及外部被覆物之設計風壓：

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

舉例而言，考慮 AB 牆面最高樓層⑤區的玻璃帷幕牆單元。背風面牆的外風壓係數要取負值，根據表 C11-2 可知位於⑤區的玻璃帷幕牆單元之 $(GC_p) = -3.1$ ，該單元設計負風壓為 $p = -553.30 \text{kgf/m}^2$ 。仿照上述 AB 牆面一玻璃帷幕牆單元設計風壓的計算流程，可分別計算得到 AB 牆每一玻璃帷幕牆單元與繫件的設計負風壓，數值分析結果列於表 C11-3。

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：

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

當女兒牆位於建築物背風面時，需在女兒牆之正面施加負值外牆風壓，由於 AB 牆面上方女兒牆看板位於⑤區，根據表 C11-2 可知位於⑤區的 $(GC_p) = -3.8$ ，該看板設計負風壓為

$p = 160.07 \times (-3.8 - 0) = -608.27 \text{kgf/m}^2$ 。仿照上述看板設計風壓的計算

流程，可計算得到繫件的設計負風壓為 -608.27kgf/m^2 。

四、風垂直吹向 DA 牆面

根據建築物資料與工址風環境可知，建築物以 Y 軸為對稱軸，BC 牆面與 DA 牆面開口面積相同，BC 牆面與 DA 牆面上風側地況相同，以及建築物周邊地形相同。因此，當風垂直吹向 DA 牆面時，AB 牆面上局部構材及外部被覆物受承受之設計風壓，與當風垂直吹向 BC 牆面的結果相同。

第四節 最大設計正風壓與負風壓之選取

從上述所有考量風向中，分別選取每一局部構材及外部被覆物之最大設計正風壓和負風壓。由於本例各外牆相同區域的局部構材及外部被覆物之設計風壓一樣，因此，以下針對 AB 牆面的局部構材及外部被覆物，分別選取其之最大設計正風壓和負風壓。

舉例而言，考慮 AB 牆面最高樓層⑤區的玻璃帷幕牆單元，根據表 C11- 3 可知，當風垂直吹向 AB 牆面時，位於⑤區的該單元之設計正風壓為 312.58kgf/m^2 ；根據表 C11- 3 可知，當風垂直吹向 BC 牆面、CD 牆面或 DA 牆面時，位於⑤區的該單元之設計負風壓為 -553.30kgf/m^2 。從前述各考量風向所造成該單元所承受之設計風壓中，選取最大設計正風壓為 312.58kgf/m^2 為與最大設計負風壓為 -553.30kgf/m^2 。

仿照上述一玻璃帷幕牆單元最大設計正風壓與負風壓的選取流程，可分別得到 AB 牆面每一局部構材及外部被覆物之最大設計正風壓與負風壓。AB 牆面玻璃帷幕牆單元與繫件之最大設計正負風壓如表 C11- 4 所示，其餘牆面的結果與

表 C11-4 的結果相同；女兒牆看板與繫件之最大設計正負風壓如表 C11-5 所示。

第五節 局部構材及外部被覆物耐風強度之檢核

當局部構材或外部被覆物在設計風壓的作用下，檢核其抵抗強度與變形量是否滿足相關規範之規定。若局部構材不滿足相關規定，可以藉由加勁重新或增加繫件量來達到設計目標；若外部被覆物不滿足，可藉由增加厚度或減少單元面積來達到設計目標。

表 C11-2 外牆外風壓係數(局例 2)

名稱	A (m ²)	④區		⑤區	
		正值	負值	正值	負值
玻璃帷幕牆單元	6.6	1.6	-1.7	1.6	-3.1
玻璃帷幕牆單元繫件	1.65	1.9	-1.9	1.9	-3.8
女兒牆正面看板	2	—	—	1.9	-3.8
女兒牆正面看板繫件	0.5	—	—	1.9	-3.8

(資料來源：本研究整理)

表 C11- 3 AB 牆面玻璃帷幕牆單元與繫件之設計風壓 kgf/m² (局例 2)

單元形 心離地高 度 z (m)	q(z) kgf/m ²	風垂直吹向 AB 牆面		風垂直吹向 BC 牆面、CD 牆面或 DA 牆			
		玻璃帷幕牆單元	繫件	玻璃帷幕牆單元		繫件	
		④區或⑤區	④區或⑤區	④區	⑤區	④區	⑤區
110.55	158.05	312.58	360.00				
107.25	155.67	308.78	355.48				
103.95	153.26	304.92	350.89				
100.65	150.80	300.99	346.24				
97.35	148.31	297.01	341.50				
94.05	145.78	292.95	336.68				
90.75	143.20	288.82	331.78				
87.45	140.57	284.62	326.79				
84.15	137.89	280.33	321.70				
80.85	135.16	275.96	316.51				
77.55	132.37	271.50	311.22				
74.25	129.53	266.95	305.81				
70.95	126.61	262.29	300.27				
67.65	123.63	257.52	294.61				
64.35	120.58	252.64	288.81				
61.05	117.45	247.63	282.86				
57.75	114.23	242.48	276.75				
54.45	110.92	237.18	270.45	-330.38	-553.30	-362.23	-664.75
51.15	107.50	231.72	263.97				
47.85	103.98	226.07	257.27				
44.55	100.33	220.24	250.33				
41.25	96.54	214.18	243.14				
37.95	92.60	207.87	235.65				
34.65	88.48	201.28	227.82				
31.35	84.16	194.37	219.62				
28.05	79.61	187.09	210.97				
24.75	74.78	179.36	201.79				
21.45	69.62	171.10	191.98				
18.15	64.04	162.17	181.38				
14.85	57.93	152.39	169.77				
11.55	51.09	141.44	156.77				
8.25	43.18	128.79	141.74				
4.95	33.61	113.49	123.57				
1.65	33.61	113.49	123.57				

(資料來源：本研究整理)

表 C11-4 各牆面玻璃帷幕牆單元與繫件之最大設計正負風壓 kgf/m²(局例 2)

單元形 心離地 高度 z (m)	帷幕牆單元				帷幕牆單元繫件			
	④區		⑤區		④區		⑤區	
	正風壓	負風壓	正風壓	負風壓	正風壓	負風壓	正風壓	負風壓
110.55	312.58		312.58		360.00		360.00	
107.25	308.78		308.78		355.48		355.48	
103.95	304.92		304.92		350.89		350.89	
100.65	300.99		300.99		346.24		346.24	
97.35	297.01		297.01		341.50		341.50	
94.05	292.95		292.95		336.68		336.68	
90.75	288.82		288.82		331.78		331.78	
87.45	284.62		284.62		326.79		326.79	
84.15	280.33		280.33		321.70		321.70	
80.85	275.96		275.96		316.51		316.51	
77.55	271.50		271.50		311.22		311.22	
74.25	266.95		266.95		305.81		305.81	
70.95	262.29		262.29		300.27		300.27	
67.65	257.52		257.52		294.61		294.61	
64.35	252.64		252.64		288.81		288.81	
61.05	247.63		247.63		282.86		282.86	
57.75	242.48	-330.38	242.48	-553.30	276.75	-362.23	276.75	-664.75
54.45	237.18		237.18		270.45		270.45	
51.15	231.72		231.72		263.97		263.97	
47.85	226.07		226.07		257.27		257.27	
44.55	220.24		220.24		250.33		250.33	
41.25	214.18		214.18		243.14		243.14	
37.95	207.87		207.87		235.65		235.65	
34.65	201.28		201.28		227.82		227.82	
31.35	194.37		194.37		219.62		219.62	
28.05	187.09		187.09		210.97		210.97	
24.75	179.36		179.36		201.79		201.79	
21.45	171.10		171.10		191.98		191.98	
18.15	162.17		162.17		181.38		181.38	
14.85	152.39		152.39		169.77		169.77	
11.55	141.44		141.44		156.77		156.77	
8.25	128.79		128.79		141.74		141.74	
4.95	113.49		113.49		123.57		123.57	
1.65	113.49		113.49		123.57		123.57	

(資料來源：本研究整理)

表 C11-5 女兒牆看板與繫件之最大設計正負風壓 kgf/m² (局例 2)

名稱	⑤區	
	正風壓	負風壓
看板	304.13	-608.27
繫件		

(資料來源：本研究整理)

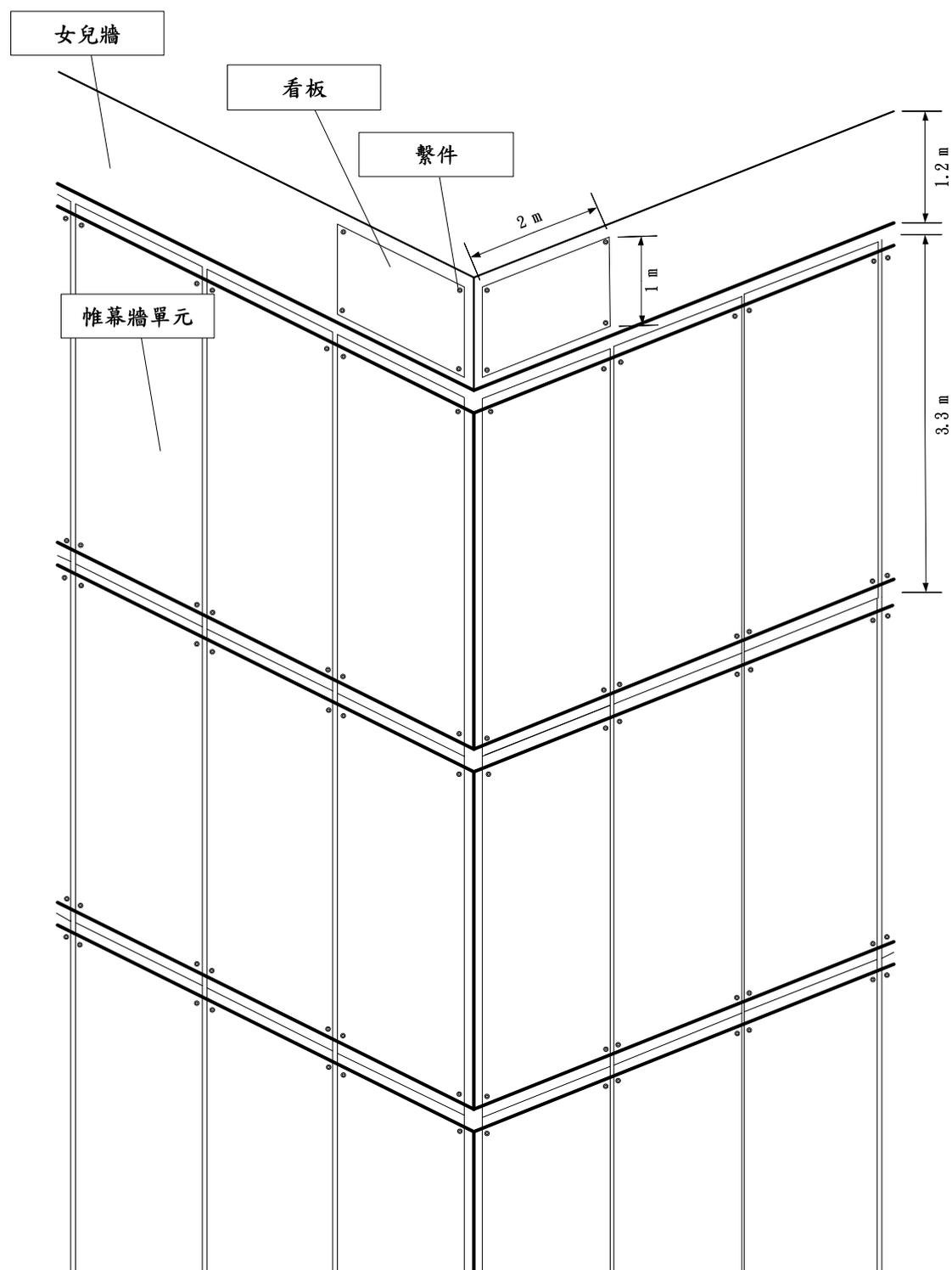


圖 C11-1 玻璃帷幕牆單元與繫件，以及實心女兒牆正面看板與繫件位置示意圖
(資料來源：本研究整理)

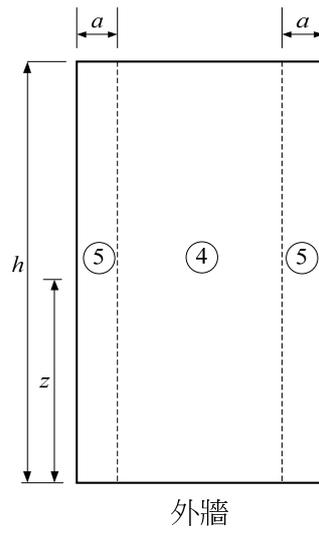


圖 C11-2 規範圖 3.2 外牆分區示意圖

(資料來源：104 年版規範)

第十二章 開放式建築物之斜屋頂局部構材耐風設計示範例

本章擬定一開放式建築物之斜屋頂，其外部被覆物有屋頂版，局部構材有 C 型鋼與繫件，根據圖 C3- 1 的分類及圖 C3- 6，執行局部構材及外部被覆物耐風設計，並於第一節到第五節詳列計算流程，分別為建築物資料與工址風環境、有效受風面積及相對應的淨風壓係數之計算、局部構材及外部被覆物設計風壓之計算、最大設計正風壓與負風壓之選取，以及局部構材及外部被覆物耐風反應之檢核。

第一節 建築物資料與工址風環境

根據圖 C3-6 可知，執行耐風設計時，先要蒐集建築物資料與工址風環境，本節擬定建築物的示意圖如圖 C12-1 所示，建築物資料與工址風環境如下表所示。

表 C12-1 建築物資料與工址風環境 (局例 3)

建築物資料	尺寸	平面尺寸 $9m \times 19.2m$ ； 屋脊高度 $6.2m$ ； 屋簷高度 $5m$ ； 屋頂之斜角 $\theta = 15^\circ > 10^\circ$ ，根據規範，建築物高度(不含屋頂突出物) $h = 5.6m$	
	開口面積	AB 牆面、BC 牆面、CD 牆面與 DA 牆面開口面積皆大於 80%。	
	用途係數 I	根據規範 2.5 節， $I = 1.1$ 、 1.0 或 0.9 。集會所， $I = 1.0$ 。	
	構造形式	空間桁架，屋頂下無阻擋。	
	局部構材及外部被覆物	考慮圖 C12-1 中所示區域的屋頂板、C 型鋼與繫件。C 型鋼間距為 $0.9m$ ，架設在間距為 $1.2m$ 的桁架上。屋頂板寬度為 $0.8m$ ，架設在 C 型鋼上。繫件用來固定屋頂板，打入 C 型鋼，間距為 $0.4m$ 。	
工址風環境	基本設計風速 $V_{10}(C)$	根據規範 2.4 節，屏東縣三地門鄉的 $V_{10}(C) = 37.5m/s$ 。	
	地況	AB 牆面、BC 牆面、CD 牆面與 DA 牆面上風側地況皆為地況 C。	
	地形	無特殊地形，根據規範式(2.6)， $K_{zt} = 1$ 。若有特殊地形，可參考附錄一的方式計算 K_{zt} 。	

(資料來源：本研究整理)

第二節 有效受風面積及相對應的淨風壓係數之計算

根據規範 1.3 節有效受風面積 A 的定義可知，結構構件之 A 為跨距長度與有效寬度之乘積。有效寬度不必小於其跨距長度的 $1/3$ 。對外牆扣件而言， A 不得大於單一扣件之受風面積。根據建築物資料可知各牆面開口率皆大於 80% ，因此，建築物屬於開放式建築物。開放式建築物之斜屋頂， $0.25 \leq \frac{h}{L} \leq 1$ 且 $\theta \leq 45^\circ$ ，可根據有效受風面積與屋頂查規範圖 3.3 決定淨風壓係數。

架設在桁架上的 C 型鋼，其跨距長度為桁架的間距 $1.2m$ ，有效寬度為 $\max\left(0.9m, \frac{1.2m}{3}\right) = 0.9m$ ， $A = 1.08m^2$ 。架設在 C 型鋼上的屋頂板，其跨距長度為 C 型鋼的間距 $0.9m$ ，有效寬度為 $\max\left(0.8m, \frac{0.9m}{3}\right) = 0.8m$ ，則 $A = 0.72m^2$ 。繫件的 A 為其受風面積，亦即 C 型鋼間距 $0.9m$ 與繫件間距 $0.4m$ 的乘積 $0.36m^2$ 。屋頂分為①區、②區和③區，各區示意圖如圖 C12- 2 所示，外風壓區域之寬度 $a = 0.1 \times \min(B, L) = 0.9m \geq 0.9m$ 。圖 C12- 1 中屋頂板、C 型鋼與繫件位於③區內。 $\theta = 15^\circ$ 且屋頂下方無阻擋，由於屋頂板的 $A = 0.72m^2 < a^2$ ，其對應的正值和負值淨風壓係數分別為 2.2 和 -2.2 ；由於 C 型鋼的 $a^2 < A = 1.08m^2 \leq 4a^2$ ，其對應的正值和負值淨風壓係數分別為 1.7 和 -1.7 ；由於繫件的 $A = 0.36m^2 < a^2$ ，其對應的正值和負值淨風壓係數分別為 2.2 和 -2.2 。

第三節 局部構材及外部被覆物設計風壓之計算

使用規範第三章，分別在不同來風方向下，計算局部構材及外部被覆物所承受之設計風壓；所考慮可能之來風方向包括來風垂直 AB 牆面、來風垂直 BC 牆面、來風垂直 CD 牆面與來風垂直 DA 牆面。所考慮的外部被覆物為圖 C12- 1 所示區域的屋頂板、C 型鋼與繫件。

一、風垂直吹向 AB 牆面

【步驟 1】計算風速壓與普通建築物之陣風反應因子(圖 C3- 7)

列出與該風向相關之設計參數

當風垂直吹向 AB 牆面時，垂直於風向之建築物水平尺寸 $B = 9m$ 與平行於風向之建築物水平尺寸 $L = 19.2m$ 。根據規範表 2.2，地況 C 相關參數 $\alpha = 0.15$ ； $z_g = 300m$ ； $\bar{b} = 0.94$ ； $c = 0.20$ ； $\ell = 152m$ ； $\bar{\varepsilon} = 0.20$ ； $z_{\min} = 4.5m$

計算平均屋頂高度 h 處之風速壓

根據規範式(2.7)，

$$K(z) = 2.774 \left(\frac{z}{z_g} \right)^{2\alpha} = 2.774 \left(\frac{z}{300} \right)^{0.3} ; z > 5m$$

$$= 2.774 \left(\frac{5}{z_g} \right)^{2\alpha} = 2.774 \left(\frac{5}{300} \right)^{0.3} ; z \leq 5m$$

根據規範式(2.8)，計算 K_{zt} ：因工址附近無特殊地形， $K_{zt} = 1$ 。

根據規範式(2.6)，離地面 z 公尺高度之風速壓 $q(z)$ ：

$$q(z) = 0.06K(z)K_{zt}[I V_{10}(C)]^2 = 234.06 \left(\frac{z}{300} \right)^{0.3} \text{ kgf/m}^2 ; z > 5m$$

$$q(z) = 0.06K(z=5)K_{zt}[I V_{10}(C)]^2 = 68.53 \text{ kgf/m}^2 ; z \leq 5m$$

可得 $q(h) = 70.90 \text{ kgf/m}^2$

計算普通建築物之陣風反應因子

根據規範式(2.12)，紊流積分尺度 $L_z = 129.56m$ ，其中， $\bar{z} = 4.5m$ 。

根據規範式(2.10)，紊流強度 $I_{\bar{z}} = 0.23$ 。根據規範式(2.11)，背景反應 $Q = 0.93$ 。根據規範式(2.9)，普通建築物之陣風反應因子

$$G = 1.927 \left(\frac{1 + 1.7g_Q I_{\bar{z}} Q}{1 + 1.7g_V I_{\bar{z}}} \right) = 1.85$$

，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。也可直接取 $G = 1.88$ 。以下取 $G = 1.85$ 來計算。

【步驟 2】分別計算本例所考慮的屋頂板、C 型鋼與繫件之設計風壓

根據規範式(3.4)，開放式建築物之斜屋頂局部構材及外部被覆物之設計風壓：

$$p = q(h)GC_{pn}$$

舉例而言，考慮屋頂板，其位於③區，根據第二節可知③區屋頂板之 $(GC_p) = 2.2, -2.2$ ，則該屋頂板設計正風壓為

$$p = 70.90 \times 1.85 \times 2.2 = 288.56 \text{kgf/m}^2, \text{設計負風壓為 } p = -288.56 \text{kgf/m}^2。$$

仿照上述屋頂板設計風壓的計算流程，可分別計算得到 C 型鋼與繫件的設計正風壓及負風壓，數值分析結果列於表 C12-2。

二、風垂直吹向 BC 牆面

【步驟 1】計算風速壓與普通建築物之陣風反應因子(圖 C3-7)

列出與該風向相關之設計參數

當風垂直吹向 BC 牆面時，垂直於風向之建築物水平尺寸 $B = 19.2\text{m}$ 與平行於風向之建築物水平尺寸 $L = 9\text{m}$ 。根據規範表 2.2，地況 C 相關參數 $\alpha = 0.15$ ； $z_g = 300\text{m}$ ； $\bar{b} = 0.94$ ； $c = 0.20$ ； $\ell = 152\text{m}$ ； $\bar{\varepsilon} = 0.20$ ； $z_{\min} = 4.5\text{m}$ 。

計算平均屋頂高度 h 處之風速壓

四個牆面上風側地況皆相同且建築物周邊無特殊地形，因此，平均屋頂高度 h 處之風速壓與風垂直吹向 AB 牆面的結果相同，同為 $q(h) = 70.90 \text{kgf/m}^2$ 。

計算普通建築物之陣風反應因子

根據規範式(2.12)，紊流積分尺度 $L_z = 129.56\text{m}$ ，其中， $\bar{z} = 4.5\text{m}$ 。

根據規範式(2.10)，紊流強度 $I_z = 0.23$ 。根據規範式(2.11)，背景反應 $Q = 0.90$ 。根據規範式(2.9)，普通建築物之陣風反應因子

$$G = 1.927 \left(\frac{1 + 1.7g_o I_z Q}{1 + 1.7g_v I_z} \right) = 1.82$$

，其中，背景反應尖峰因子 g_o 和風

速尖峰因子 g_v 均可取 3.4。也可直接取 $G = 1.88$ 。以下取 $G = 1.82$ 來計算。

【步驟 2】 分別計算本例所考慮的屋頂板、C 型鋼與繫件之設計風壓

根據規範式(3.4)，開放式建築物之斜屋頂局部構材及外部被覆物之設計風壓：

$$p = q(h)GC_{pn}$$

舉例而言，考慮屋頂板，其位於③區，根據第二節可知③區之 $(GC_p) = 2.2, -2.2$ ，則該屋頂板設計正風壓為

$$p = 70.90 \times 1.82 \times 2.2 = 283.88\text{kgf/m}^2$$

，設計負風壓為 $p = -283.88\text{kgf/m}^2$ 。

仿照上述屋頂板設計風壓的計算流程，可分別計算得到 C 型鋼與繫件的設計正風壓及負風壓，數值分析結果列於表 C12-2。

三、 風垂直吹向 CD 牆面

根據建築物資料與工址風環境可知，建築物以 X 軸為對稱軸，AB 牆面與 CD 牆面上風側地況相同，以及建築物周邊地形相同。因此，當風垂直吹向 CD 牆面時，本例屋頂板、C 型鋼與繫件承受之設計風壓，與當風垂直吹向 AB 牆面的結果相同。

四、 風垂直吹向 DA 牆面

根據建築物資料與工址風環境可知，建築物以 Y 軸為對稱軸，BC 牆面與 DA 牆面上風側地況相同，以及建築物周邊地形相同。因此，當風垂直吹向 DA 牆面時，本例屋頂板、C 型鋼與繫件承受之設計風壓，與當風垂直吹向 BC 牆面的結果相同。

第四節 最大設計正風壓與負風壓之選取

從上述所有考量風向中，分別選取本例屋頂板、C 型鋼與繫件之最大設計正風壓和負風壓。

舉例而言，考慮屋頂板，根據表 C12-2 可知，當風垂直吹向 AB 牆面或 CD 牆面時，屋頂板之設計正負風壓分別為 288.56kgf/m^2 和 -288.56kgf/m^2 ；根據表 C12-2 可知，當風垂直吹向 BC 牆面或 DA 牆面時，屋頂板之設計正負風壓分別為 283.88kgf/m^2 和 -283.88kgf/m^2 。從前述各考量風向所造成屋頂板所承受之設計風壓中，選取最大設計正風壓為 288.56kgf/m^2 為與最大設計負風壓為 -288.56kgf/m^2 。

仿照上述屋頂板最大設計正風壓與負風壓的選取流程，可分別得到 C 型鋼與繫件之最大設計正風壓與負風壓，如表 C12-3 所示。

第五節 局部構材及外部被覆物耐風強度之檢核

當局部構材或外部被覆物在設計風壓的作用下，檢核其抵抗強度與變形量是否滿足相關規範之規定。若局部構材不滿足相關規定，可以藉由加勁重新或增加繫件量來達到設計目標；若外部被覆物不滿足，可藉由增加厚度或減少單元面積來達到設計目標。

表 C12-2 屋頂板、C 型鋼與繫件之設計正風壓與負風壓 kgf/m² (局例 3)

名稱	風向垂直吹向 AB 牆面或 CD 牆面		風向垂直吹向 BC 牆面或 DA 牆面	
	正風壓	負風壓	正風壓	負風壓
屋頂板	288.56	-288.56	283.88	-283.88
C 型鋼	222.98	-222.98	219.36	-219.36
繫件	288.56	-288.56	283.88	-283.88

(資料來源：本研究整理)

表 C12-3 屋頂板、C 型鋼與繫件之最大設計正負風壓 kgf/m² (局例 3)

名稱	正風壓	負風壓
屋頂板	288.56	-288.56
C 型鋼	222.98	-222.98
繫件	288.56	-288.56

(資料來源：本研究整理)

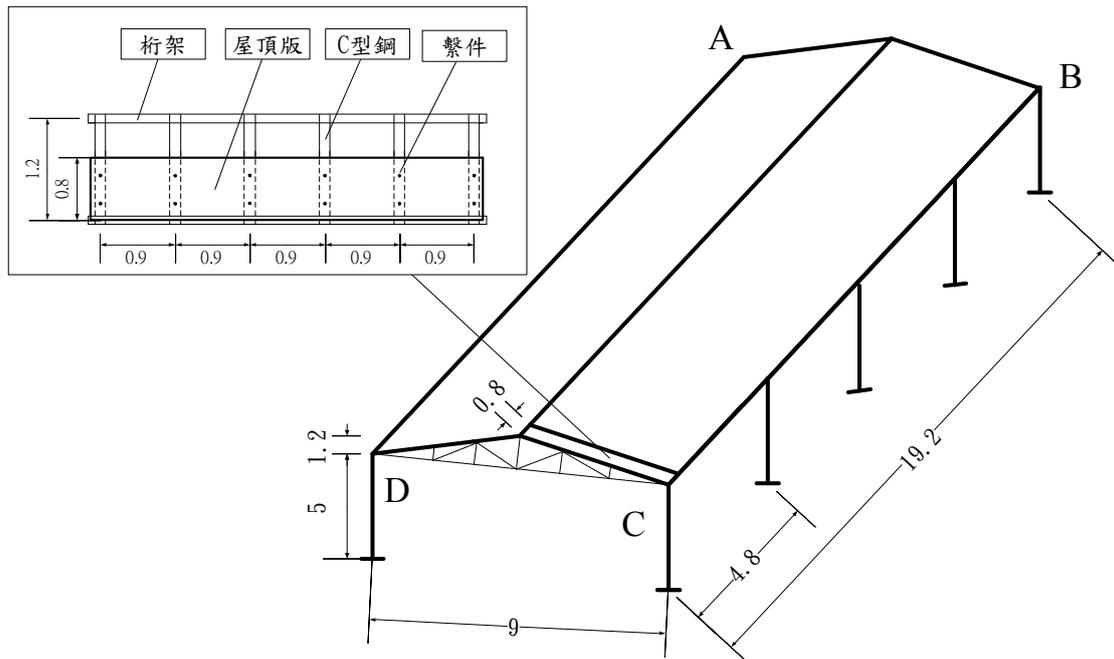


圖 C12-1 雙斜屋頂之開放式建築物示意圖 (單位:公尺)

(資料來源：本研究整理)

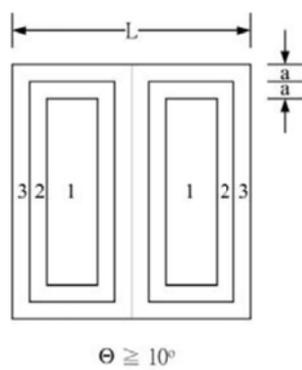


圖 C12-2 規範圖 3.3(b)屋頂分區示意圖

(資料來源：104 年版規範)

附錄一 特殊地形的地形係數 K_{zt} 之計算

根據規範式(2.6)可知，在計算風速壓，要給 I 、 $V_{10}(C)$ 、 $K(z)$ 與 K_{zt} ，其中， I 與 $V_{10}(C)$ 的決定方式以及 $K(z)$ 的計算方式請詳前述各章示範例，以下，將介紹特殊地形的 K_{zt} 之計算方式，本手冊所指的外特殊地形包含山脊、懸崖或山丘。

一、 山脊之 K_{zt}

已知：參考圖 A-1，山脊高度 $H=120\text{m}$ ，山脊之水平尺寸 $L_h=150\text{m}$ ，周邊地況皆為地況 C，建築物座落在 $x=0\text{m}$ 處。

【步驟 1】判斷可否使用規範式(2.8)計算地形係數

因上風側為平坦地形且無主要障礙物，所以可根據規範式(2.8)計算 $K_{zt} = (1 + K_1 K_2 K_3)^2$ 。

【步驟 2】決定 K_1

根據規範 2.6 節解說，由於 $\frac{H}{L_h} = 0.8 > 0.5$ ，計算 K_1 時採用 $\frac{H}{L_h} = 0.5$ ，則地況 C 下山脊之 $K_1 = \frac{H}{L_h} \times 1.45 = 0.72$ 。另外，也可查規範表 2.3(a)，決定 $K_1 = 0.72$ 。

【步驟 3】決定 K_2

根據規範 2.6 節解說，由於 $\frac{H}{L_h} = 0.8 > 0.5$ ，計算 K_2 時採用 $L_h = 2H$ 。根據規

範式(C2.9)， $K_2 = \left(1 - \frac{|x|}{\mu L_h}\right) = 1$ 。另外，也可查規範表 2.3(b)，得 $\frac{x}{L_h} = 0.00$ 所對

應的 $K_2 = 1.00$ 。

【步驟 4】決定 K_3

根據規範 2.6 節解說，由於 $\frac{H}{L_h} = 0.8 > 0.5$ ，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)， $K_3 = e^{-\gamma z/L_h} = e^{-3\left(\frac{z}{240}\right)}$ ，可得數值結果如表 A-1 所示。另外，也可查規範表 2.3(c) 得到表 A-1 中 K_3 值。

【步驟 5】計算 K_{zt}

根據規範式(2.8)， $K_{zt} = (1 + K_1 K_2 K_3)^2 = (1 + 0.72e^{-3\left(\frac{z}{240}\right)})^2$ ，可得數值結果如表 A-1 所示。

二、懸崖之 K_{zt}

已知：參考圖 A-2，懸崖高度 $H = 25\text{m}$ ，懸崖之水平尺寸 $L_h = 31\text{m}$ ，周邊地況皆為地況 C，建築物座落在下風側 $x = 16\text{m}$ 處。

【步驟 1】判斷可否使用規範式(2.8)計算地形係數

因上風側為平坦地形且無主要障礙物，所以可根據規範式(2.8)計算 $K_{zt} = (1 + K_1 K_2 K_3)^2$ 。

【步驟 2】決定 K_1

根據規範 2.6 節解說，由於 $\frac{H}{L_h} = 0.81 > 0.5$ ，計算 K_1 時採用 $\frac{H}{L_h} = 0.5$ ，則地況 C 下懸崖之 $K_1 = \frac{H}{L_h} 0.85 = 0.43$ 。另外，也可查規範表 2.3(a)，決定 $K_1 = 0.43$ 。

【步驟 3】決定 K_2

根據規範 2.6 節解說，由於 $\frac{H}{L_h} = 0.81 > 0.5$ ，計算 K_2 時採用 $L_h = 2H$ 。懸崖之下風側水平衰減係數 $\mu = 4$ ，根據規範式(C2.9)， $K_2 = \left(1 - \frac{|x|}{\mu L_h}\right) = 0.92$ 。另外，也可根據規範表 2.3(b)，內插得 $\frac{x}{L_h} = 0.32$ 所對應的 $K_2 = 0.92$ 。

【步驟 4】決定 K_3

根據規範 2.6 節解說，由於 $\frac{H}{L_h} = 0.81 > 0.5$ ，計算 K_3 時採用 $L_h = 2H$ 。懸崖之高度衰減係數 $\gamma = 2.5$ ，根據規範式(C2.10)， $K_3 = e^{-\gamma z/L_h} = e^{-2.5\left(\frac{z}{50}\right)}$ ，可得數值結果如表 A-2 所示。另外，也可查規範表 2.3(c)得到表 A-2 中 K_3 值。

【步驟 5】計算 K_{zt}

根據規範式(2.8)， $K_{zt} = (1 + K_1 K_2 K_3)^2 = (1 + 0.396e^{-2.5\left(\frac{z}{50}\right)})^2$ ，可得數值結果如表 A-2 所示。

三、 山丘之 K_{zt}

已知：參考圖 A- 3，山丘高度 $H = 90\text{m}$ ，山丘之水平尺寸 $L_h = 200\text{m}$ ，周邊地況皆為地況 C，建築物座落在 $x = 0\text{m}$ 處。

【步驟 1】判斷可否使用規範式(2.8)計算地形係數

因上風側為平坦地形且無主要障礙物，所以可根據規範式(2.8)計算 $K_{zt} = (1 + K_1 K_2 K_3)^2$ 。

【步驟 2】決定 K_1

根據規範 2.6 節解說，地況 C 下山丘之 $K_1 = \frac{H}{L_h} 1.05 = 0.47$ 。另外，也可查規範表 2.3(a)，決定 $K_1 = 0.47$ 。

【步驟 3】決定 K_2

根據規範式(C2.9)， $K_2 = \left(1 - \frac{|x|}{\mu L_h}\right) = 1$ 。另外，也可查規範表 2.3(b)，得

$\frac{x}{L_h} = 0.00$ 所對應的 $K_2 = 1.00$ 。

【步驟 4】決定 K_3

根據規範 2.6 節解說，山丘之高度衰減係數 $\gamma = 4$ ，根據規範式(C2.10)，

$K_3 = e^{-\gamma z/L_h} = e^{-4\left(\frac{z}{200}\right)}$ ，可得數值結果如表 A-3 所示。另外，也可查規範表 2.3(c) 得到表 A-3 中 K_3 值。

【步驟 5】 計算 K_{zt}

根據規範式(2.8)， $K_{zt} = (1 + K_1 K_2 K_3)^2 = (1 + 0.47e^{-4\left(\frac{z}{200}\right)})^2$ ，可得數值結果如表 A-3 所示。

表 A-1 本例山脊之 K_3 與 K_{zt} 值

$\left(\frac{z}{240}\right)$	K_3	K_{zt}
0.00	1.00	2.96
0.10	0.74	2.35
0.20	0.55	1.95
0.30	0.41	1.67
0.40	0.30	1.48
0.50	0.22	1.35
0.60	0.17	1.25
0.70	0.12	1.18
0.80	0.09	1.13
0.90	0.07	1.10
1.00	0.05	1.07
1.50	0.01	1.02
2.00	0.00	1.00

(資料來源：本研究整理)

表 A-2 本例懸崖之 K_3 與 K_{zt} 值

$\left(\frac{z}{50}\right)$	K_3	K_{zt}
0.00	1.00	1.95
0.10	0.78	1.71
0.20	0.61	1.54
0.30	0.47	1.41
0.40	0.37	1.31
0.50	0.29	1.24
0.60	0.22	1.18
0.70	0.17	1.14
0.80	0.14	1.11
0.90	0.11	1.09
1.00	0.08	1.07
1.50	0.02	1.02
2.00	0.00	1.00

(資料來源：本研究整理)

表 A-3 本例山丘之 K_3 與 K_{zt} 值

$\left(\frac{z}{200}\right)$	K_3	K_{zt}
0.00	1.00	2.16
0.10	0.67	1.73
0.20	0.45	1.47
0.30	0.30	1.30
0.40	0.20	1.20
0.50	0.14	1.14
0.60	0.09	1.09
0.70	0.06	1.06
0.80	0.04	1.04
0.90	0.03	1.03
1.00	0.02	1.01
1.50	0.00	1.00
2.00	0.00	1.00

(資料來源：本研究整理)

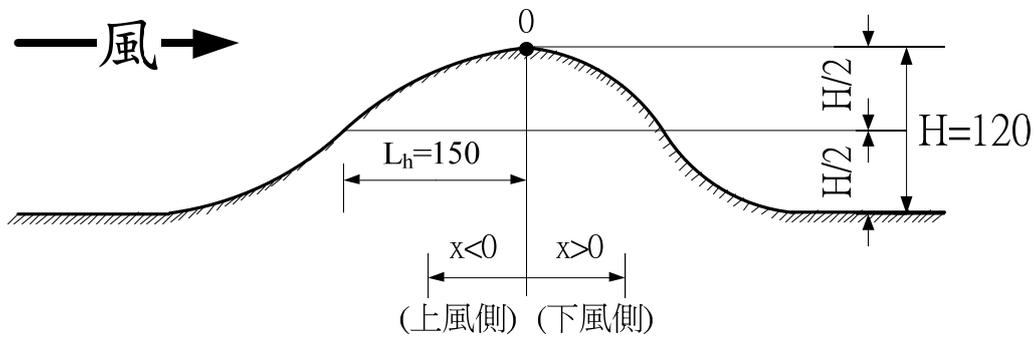


圖 A-1 本例山脊示意圖 (單位:公尺)

(資料來源：本研究整理)

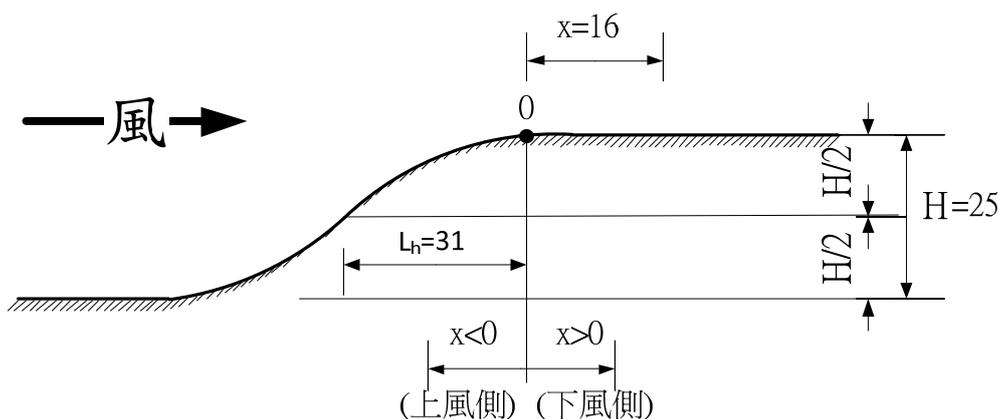


圖 A-2 本例懸崖示意圖 (單位:公尺)

(資料來源：本研究整理)

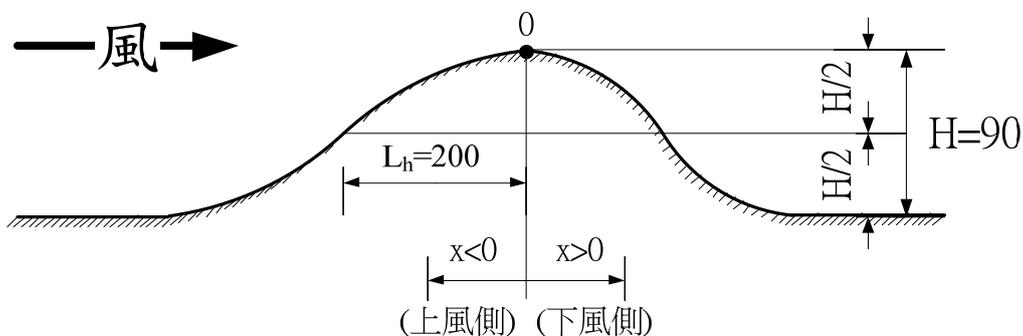


圖 A-3 本例山丘示意圖 (單位:公尺)

(資料來源：本研究整理)

參考文獻

中文部分

內政部營建署，「建築物耐風設計規範及解說」，2015。

內政部營建署，「建築物耐風設計規範及解說」，2007。

陳瑞華、高士哲，「建築物耐風設計規範及解說技術手冊研擬」，內政部建研所委託研究報告，2015

英文部分

American Society of Civil Engineers, *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*, ASCE 7-05.

Mehta, K.C., and Coulbourne, W.L., *Wind loads : guide to the wind load provisions of ASCE 7-05*, ASCE (2010).

Simiu, E., *Design of buildings for wind : a guide for ASCE 7-10 standard users and designers of special structures* , John Wiley and Sons (2011).

參考書目

中文部分

內政部營建署，「建築物耐風設計規範及解說」，2015。

內政部營建署，「建築物耐風設計規範及解說」，2007。

英文部分

American Society of Civil Engineers, *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*, ASCE 7-05.

Mehta, K.C., and Coulbourne, W.L., *Wind loads : guide to the wind load provisions of ASCE 7-05*, ASCE (2010).

Simiu, E., *Design of buildings for wind : a guide for ASCE 7-10 standard users and designers of special structures* , John Wiley and Sons (2011).

建築物耐風設計規範及解說技術手冊研擬

出版機關：內政部建築研究所

電話：(02) 89127890

地址：新北市新店區北新路3段200號13樓

網址：<http://www.abri.gov.tw>

編者：陳瑞華、高士哲、楊晉、余晟驥、吳宜芳、劉尚豪

出版年月：104年12月

版次：第1版

ISBN：978-986-04-6698-0 (平裝)