

太陽光電系統之耐風設計規範研擬

內政部建築研究所委託研究報告
108年度

太陽光電系統之耐風設計規範研擬

內政部建築研究所 委託研究報告

中華民國 108 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)

PG10802-0127

太陽光電系統之耐風設計規範研擬

受委託者：社團法人中華民國風工程學會

研究主持人：陳瑞華

協同主持人：傅仲麟

研究助理：沈朝斌、蔡宇勛、林逸崧

研究期程：中華民國 108 年 1 月至 108 年 12 月

研究經費：新臺幣 129.7 萬元

內政部建築研究所 委託研究報告 中華民國 108 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

目次	I
表次	V
圖次	VII
摘要	XIII
Abstract	XVI
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	3
第三節 本報告章節架構	4
第二章 太陽光電系統之回顧及其耐風規定之檢討	5
第一節 太陽光電系統種類	5
第二節 太陽光電系統之破壞案例	5
第三節 斜屋頂平貼型之相關耐風規範	6
第四節 平屋頂距置型之相關耐風規範	8
第五節 地面距置型之相關耐風規範	10
第六節 地面單斜式棚架型之相關耐風規範	13
第七節 平屋頂單斜式棚架型之相關耐風規範	13
第三章 風洞實驗之配置	15
第一節 風洞實驗室之介紹	15
第二節 風壓掃瞄儀器及管線校正	16
第三節 地面單斜式棚架型子系統之風洞實驗配置	18
第四節 平屋頂單斜式棚架型之風洞實驗配置	19
第四章 地面單斜式棚架型之極值分析	23
第一節 Case (G ₁₀ C)* 之極值分析	23
第二節 Case (G ₁₀ O)* 之極值分析	28
第三節 Case G ₁₀ C 之極值分析	30
第四節 Case G ₁₀ O 之極值分析	32
第五節 Case G ₃₀ C 之極值分析	34
第六節 Case G ₃₀ O 之極值分析	36
第五章 地面單斜式棚架型耐風規範條文之擬議	39
第一節 地面單斜式棚架型極值分析結果之統整	39

第二節 地面單斜式棚架型之擬議耐風規定	40
第六章 平屋頂單斜式棚架型之極值分析	41
第一節 Case R ₁₀ A ₁ C 之極值分析.....	41
第二節 Case R ₂₀ A ₁ C 之極值分析.....	46
第三節 Case R ₂₀ A ₁ C 之極值分析.....	48
第四節 Case R ₂₅ A ₁ C 之極值分析.....	50
第五節 Case R ₁₀ A ₂ C 之極值分析.....	52
第六節 Case R ₁₅ A ₂ C 之極值分析.....	54
第七節 Case R ₂₀ A ₂ C 之極值分析.....	56
第八節 Case R ₂₅ A ₂ C 之極值分析.....	58
第九節 Case R ₁₀ A _{0.5} C 之極值分析.....	60
第十節 Case R ₁₅ A _{0.5} C 之極值分析.....	62
第十一節 Case R ₂₀ A _{0.5} C 之極值分析.....	64
第十二節 Case R ₂₅ A _{0.5} C 之極值分析.....	66
第十三節 Case R ₁₀ A _{0.5} O 之極值分析	68
第十四節 Case R ₁₀ A _{0.5} CP 之極值分析	70
第十五節 Case R ₁₀ A _{0.5} CV 之極值分析.....	72
第七章 平屋頂單斜式棚架型耐風規範條文之擬議	75
第一節 平屋頂單斜式棚架型極值分析結果之統整	75
第二節 其他最大正(負)淨風壓係數之估計.....	76
第三節 平屋頂單斜式棚架型之擬議耐風規定	78
第八章 各系統耐風規範相關條文之擬議	81
第九章 結論與建議	83
第一節 結論	83
第二節 建議	84
附錄一 規範中擬議新增第七章「太陽光電系統之設計風壓」	171
附錄二 規範中擬議修訂之圖 3.1(b)(c)(d)(e)	185
附錄三 規範中擬議新增之符號說明	191
附錄四 規範中擬議新增之專有名詞定義	193
附錄五 擬議新規範與 104 年版規範本文內容修訂對照表	195
附錄六 擬議新規範與 104 年版規範解說內容修訂對照表	221
附錄七 期初審查意見及回應一覽表	225
附錄八 期中審查意見及回應一覽表	229
附錄九 專家座談會議	235
附錄十 期末審查意見及回應一覽表	239

参考書目243

表次

表 2-1 斜屋頂平貼型國外規範比較	85
表 2-2 平屋頂距置型國外規範比較	87
表 2-3 當 $0^\circ \leq \omega \leq 5^\circ$ 時， $GCrnom$ 之計算公式	88
表 2-4 當 $15^\circ \leq \omega \leq 35^\circ$ 時， $GCrnom$ 之計算公式	88
表 2-5 地面距置型國外規範比較	89
表 2-6 當 $0^\circ \leq \omega \leq 5^\circ$ 時， $GCrna$ 之計算公式	89
表 2-7 當 $15^\circ \leq \omega \leq 35^\circ$ 時， $GCrna$ 之計算公式	89
表 2-8 開放式建築物之單斜屋頂局部構件及外部披覆物淨風壓係數	90
表 3-1 地面單斜式棚架型各 Case 之實場參數比較表	91
表 3-2 平屋頂單斜式棚架型各 Case 之實場參數比較表	92
表 5-1 地面單斜式棚架型面板傾角 10 度下實驗值與規範值之比較	93
表 5-2 地面單斜式棚架型面板傾角 30 度下實驗值與規範值之比較	93
表 5-3 修改後開放式建築物之單斜式屋頂局部構件及外部披覆物淨風壓係數	94
表 7-1 地面單斜式棚架型與平屋頂單斜式棚架型面板傾角 10 度下實驗值之比較表	95
表 7-2 平屋頂單斜式棚架型有無阻擋比較表	96
表 7-3 長寬比為 1 之平屋頂單斜式棚架型淨風壓係數	97
表 7-4 長寬比為 2 之平屋頂單斜式棚架型淨風壓係數	98
表 7-5 長寬比為 0.5 之平屋頂單斜式棚架型淨風壓係數	99
表 7-6 包絡後之平屋頂單斜式棚架型淨風壓係數	100

圖次

圖 2-1 斜屋頂平貼型之示意圖	101
圖 2-2 地面距置型之示意圖	101
圖 2-3 平屋頂距置型之示意圖	101
圖 2-4 地面單斜式棚架型之示意圖	102
圖 2-5 平屋頂單斜式棚架型之示意圖	102
圖 2-6 支撐架與屋頂面接合處之破壞	102
圖 2-7 面板框架處之破壞	103
圖 2-8 面板框架與支撐架接合處之破壞	103
圖 2-9 蘇迪勒颱風對彰化太陽光電系統造成之破壞	104
圖 2-10 斜屋頂平貼型或平屋頂距置型之符號示意圖	105
圖 2-11 產生 $rE1=1.5$ 之可能情況 1	105
圖 2-12 產生 $rE1=1.5$ 之可能情況 2	106
圖 2-13 平屋頂距置型之屋頂分區圖	106
圖 2-14 產生 $rE2=1.5$ 之可能情況 1	107
圖 2-15 產生 $rE2=1.5$ 之可能情況 2	107
圖 2-16 地面距置型之符號示意圖	108
圖 2-17 產生 $\gamma E3=1.5$ 之可能情況 1	108
圖 2-18 產生 $\gamma E3=1.5$ 之可能情況 2	109
圖 2-19 開放式建築物之單斜屋頂局部構件及外部披覆物區域劃分示意圖	109
圖 3-1 內政部建築研究所風洞示意圖	110
圖 3-2 淡江大學風洞示意圖	110
圖 3-3 地面單斜式棚架型子系統示意圖(無阻擋)	111
圖 3-4 地面單斜式棚架型子系統示意圖(有阻擋，阻塞比大於 50%)	111
圖 3-5 屋頂棚架型子系統示意圖(無阻擋)	112
圖 3-6 屋頂棚架型子系統示意圖(有阻擋，阻塞比大於 50%)	112
圖 3-7 內政部建研所粗糙元及三角錐形渦流產生器	113
圖 3-8 內政部建研所風場測量平均風速(左)及紊流強度剖面(右)	113
圖 3-9 淡江大學風工程研究中心粗糙元及三角錐形渦流產生器	114
圖 3-10 淡江大學風場測量平均風速(左)及紊流強度剖面(右)	114
圖 4-1 Case ($R_{10}C$) [*] 之各測分佈點及測點附屬面積圖	115
圖 4-2 Case ($R_{10}C$) [*] 面板區域分佈圖	115

圖 4-3 Case (R ₁₀ C)* 測點 1 上表面風壓歷時圖(對應於實場前 200sec).....	116
圖 4-4 Case (R ₁₀ C)* 測點 1 下表面風壓歷時圖(對應於實場前 200sec).....	116
圖 4-5 Case (R ₁₀ C)* 測點 1 淨風壓歷時圖(對應於實場前 200sec).....	116
圖 4-6 Case (R ₁₀ C)* 測點 1 淨風壓係數歷時圖(對應於實場前 200sec).....	117
圖 4-7 Case (R ₁₀ C)* 1 秒移動平均之測點 1 淨風壓係數歷時圖.....	117
圖 4-8 Case (G ₁₀ C)* 0 度角各測點正極值淨風壓係數圖.....	117
圖 4-9 Case (G ₁₀ C)* 0 度角下各測點負極值淨風壓係數圖.....	118
圖 4-10 Case (G ₁₀ C)* 各測點最大正淨風壓係數之等值圖	118
圖 4-11 Case (G ₁₀ C)* 各測點最大負淨風壓係數之等值圖	118
圖 4-12 Case (G ₁₀ C)* 有效受風面積 a=10m ² 之淨風壓係數歷時圖	119
圖 4-13 Case (G ₁₀ C)* 有效受風面積 a=10m ² 之 1 秒移動平均淨風壓係數歷時圖	119
圖 4-14 Case (G ₁₀ C)* 0 度風向角下區域一之極值淨風壓係數圖.....	120
圖 4-15 Case (G ₁₀ C)* 0 度風向角下區域二之極值淨風壓係數圖.....	120
圖 4-16 Case (G ₁₀ C)* 0 度風向角下區域三之極值淨風壓係數圖.....	120
圖 4-17 Case (G ₁₀ C)* 180 度風向角下區域一之極值淨風壓係數圖.....	121
圖 4-18 Case (G ₁₀ C)* 180 度風向角下區域二之極值淨風壓係數圖.....	121
圖 4-19 Case (G ₁₀ C)* 180 度風向角下區域三之極值淨風壓係數圖.....	121
圖 4-20 Case (G ₁₀ C)* 區域三之最大正(負)淨風壓係數圖.....	122
圖 4-21 Case (G ₁₀ C)* 區域二之最大正(負)淨風壓係數圖.....	122
圖 4-22 Case (G ₁₀ C)* 區域一之最大正(負)淨風壓係數圖.....	122
圖 4-23 Case (G ₁₀ C)* 區域三之 1 秒移動平均最大正(負)淨風壓係數圖.....	123
圖 4-24 Case (G ₁₀ C)* 區域二之 1 秒移動平均最大正(負)淨風壓係數圖.....	123
圖 4-25 Case (G ₁₀ C)* 區域一之 1 秒移動平均最大正(負)淨風壓係數圖.....	123
圖 4-26 Case (G ₁₀ O)* 之各測點分佈及測點附屬面積圖	124
圖 4-27 Case (G ₁₀ O)* 之各測點最大正淨風壓係數	124
圖 4-28 Case (G ₁₀ O)* 之各測點最大負淨風壓係數	124
圖 4-29 Case (G ₁₀ O)* 區域三之最大正(負)淨風壓係數	125
圖 4-30 Case (G ₁₀ O)* 區域二之最大正(負)淨風壓係數	125
圖 4-31 Case (G ₁₀ O)* 區域一之最大正(負)淨風壓係數	125
圖 4-32 Case G ₁₀ C 之各測點分佈及測點附屬面積圖	126
圖 4-33 Case G ₁₀ C 之各測點最大正淨風壓係數	126
圖 4-34 Case G ₁₀ C 之各測點最大負淨風壓係數	126
圖 4-35 Case G ₁₀ C 區域三之最大正(負)淨風壓係數.....	127
圖 4-36 Case G ₁₀ C 區域二之最大正(負)淨風壓係數.....	127

圖 4-37 Case G ₁₀ C 區域一之最大正(負)淨風壓係數.....	127
圖 4-38 Case G ₁₀ O 之各測點分佈及測點附屬面積圖	128
圖 4-39 Case G ₁₀ O 之各測點最大正淨風壓係數	128
圖 4-40 Case G ₁₀ O 之各測點最大負淨風壓係數	128
圖 4-41 Case G ₁₀ O 區域三之最大正(負)淨風壓係數	129
圖 4-42 Case G ₁₀ O 區域二之最大正(負)淨風壓係數	129
圖 4-43 Case G ₁₀ O 區域一之最大正(負)淨風壓係數	129
圖 4-44 Case G ₃₀ C 之各測點分佈及測點附屬面積圖	130
圖 4-45 Case G ₃₀ C 之各測點最大正淨風壓係數	130
圖 4-46 Case G ₃₀ C 之各測點最大負淨風壓係數	130
圖 4-47 Case G ₃₀ C 區域三之最大正(負)淨風壓係數.....	131
圖 4-48 Case G ₃₀ C 區域二之最大正(負)淨風壓係數.....	131
圖 4-49 Case G ₃₀ C 區域一之最大正(負)淨風壓係數.....	131
圖 4-50 Case G ₃₀ O 之各測點分佈及測點附屬面積圖	132
圖 4-51 Case G ₃₀ O 之各測點最大正淨風壓係數	132
圖 4-52 Case G ₃₀ O 之各測點最大負淨風壓係數	132
圖 4-53 Case G ₃₀ O 區域三之最大正(負)淨風壓係數	133
圖 4-54 Case G ₃₀ O 區域二之最大正(負)淨風壓係數	133
圖 4-55 Case G ₃₀ O 區域一之最大正(負)淨風壓係數	133
圖 6-1 Case R ₁₀ A ₁ C 之各測點分佈及測點附屬面積圖	134
圖 6-2 Case R ₁₀ A ₁ C 面板區域分佈圖	134
圖 6-3 Case R ₁₀ A ₁ C 測點 1 上表面風壓歷時圖(對應於實場前 200sec).....	135
圖 6-4 Case R ₁₀ A ₁ C 測點 1 下表面風壓歷時圖(對應於實場前 200sec).....	135
圖 6-5 Case R ₁₀ A ₁ C 測點 1 淨風壓歷時圖(對應於實場前 200sec).....	135
圖 6-6 Case R ₁₀ A ₁ C 測點 1 淨風壓係數歷時圖(對應於實場前 200sec).....	136
圖 6-7 Case R ₁₀ A ₁ C 1 秒移動平均之測點 1 淨風壓係數歷時圖	136
圖 6-8 Case R ₁₀ A ₁ C 0 度角各測點正淨風壓係數圖	136
圖 6-9 Case R ₁₀ A ₁ C 0 度角下各測點負淨風壓係數圖	137
圖 6-10 Case R ₁₀ A ₁ C 各測點最大正淨風壓係數圖	137
圖 6-11 Case R ₁₀ A ₁ C 各測點最大負淨風壓係數圖	137
圖 6-12 Case R ₁₀ A ₁ C 有效受風面積 a=0.81m ² 之淨風壓係數歷時	138
圖 6-13 Case R ₁₀ A ₁ C 有效受風面積 a=0.18m ² 之 1 秒移動平均淨風壓係數歷時	138
圖 6-14 Case R ₁₀ A ₁ C 0 度風向角下區域一之極值淨風壓係數圖	139
圖 6-15 Case R ₁₀ A ₁ C 0 度風向角下區域二之極值淨風壓係數圖	139

圖 6-16 Case R ₁₀ A ₁ C 0 度風向角下區域三之極值淨風壓係數圖	139
圖 6-17 Case R ₁₀ A ₁ C 180 度風向角下區域一之極值淨風壓係數圖	140
圖 6-18 Case R ₁₀ A ₁ C 180 度風向角下區域二之極值淨風壓係數圖	140
圖 6-19 Case R ₁₀ A ₁ C 180 度風向角下區域三之極值淨風壓係數圖	140
圖 6-20 Case R ₁₀ A ₁ C 區域三之最大正(負)淨風壓係數圖.....	141
圖 6-21 Case R ₁₀ A ₁ C 區域二之最大正(負)淨風壓係數圖.....	141
圖 6-22 Case R ₁₀ A ₁ C 區域一之最大正(負)淨風壓係數圖.....	141
圖 6-23 Case R ₁₀ A ₁ C 區域三之 1 秒移動平均最大正(負)淨風壓係數圖.....	142
圖 6-24 Case R ₁₀ A ₁ C 區域二之 1 秒移動平均最大正(負)淨風壓係數圖.....	142
圖 6-25 Case R ₁₀ A ₁ C 區域一之 1 秒移動平均最大正(負)淨風壓係數圖.....	142
圖 6-26 Case R ₁₅ A ₁ C 之各測點分佈及測點附屬面積圖	143
圖 6-27 Case R ₁₅ A ₁ C 之各測點最大正淨風壓係數之等值圖	143
圖 6-28 Case R ₁₅ A ₁ C 之各測點最大負淨風壓係數之等值圖	143
圖 6-29 Case R ₁₅ A ₁ C 區域三之最大正(負)淨風壓係數圖.....	144
圖 6-30 Case R ₁₅ A ₁ C 區域二之最大正(負)淨風壓係數圖.....	144
圖 6-31 Case R ₁₅ A ₁ C 區域一之最大正(負)淨風壓係數圖.....	144
圖 6-32 Case R ₂₀ A ₁ C 之各測點分佈及測點附屬面積圖	145
圖 6-33 Case R ₂₀ A ₁ C 之各測點最大正淨風壓係數之等值圖	145
圖 6-34 Case R ₂₀ A ₁ C 之各測點最大負淨風壓係數之等值圖	145
圖 6-35 Case R ₂₀ A ₁ C 區域三之最大正(負)淨風壓係數圖.....	146
圖 6-36 Case R ₂₀ A ₁ C 區域二之最大正(負)淨風壓係數圖.....	146
圖 6-37 Case R ₂₀ A ₁ C 區域一之最大正(負)淨風壓係數圖.....	146
圖 6-38 Case R ₂₅ A ₁ C 之各測點分佈及測點附屬面積圖	147
圖 6-39 Case R ₂₅ A ₁ C 之各測點最大正淨風壓係數之等值圖	147
圖 6-40 Case R ₂₅ A ₁ C 之各測點最大負淨風壓係數之等值圖	147
圖 6-41 Case R ₂₅ A ₁ C 區域三之最大正(負)淨風壓係數圖.....	148
圖 6-42 Case R ₂₅ A ₁ C 區域二之最大正(負)淨風壓係數圖.....	148
圖 6-43 Case R ₂₅ A ₁ C 區域一之最大正(負)淨風壓係數圖.....	148
圖 6-44 Case R ₁₀ A ₂ C 之各測點分佈及測點附屬面積圖	149
圖 6-45 Case R ₁₀ A ₂ C 之各測點最大正淨風壓係數之等值圖	149
圖 6-46 Case R ₁₀ A ₂ C 之各測點最大負淨風壓係數之等值圖	149
圖 6-47 Case R ₁₀ A ₂ C 區域三之最大正(負)淨風壓係數圖.....	150
圖 6-48 Case R ₁₀ A ₂ C 區域二之最大正(負)淨風壓係數圖.....	150
圖 6-49 Case R ₁₀ A ₂ C 區域一之最大正(負)淨風壓係數圖.....	150
圖 6-50 Case R ₁₅ A ₂ C 之各測點分佈及測點附屬面積圖	151

圖 6-51 Case R ₁₅ A ₂ C 之各測點最大正淨風壓係數之等值圖	151
圖 6-52 Case R ₁₅ A ₂ C 之各測點最大負淨風壓係數之等值圖	151
圖 6-53 Case R ₁₅ A ₂ C 區域三之最大正(負)淨風壓係數圖.....	152
圖 6-54 Case R ₁₅ A ₂ C 區域二之最大正(負)淨風壓係數圖.....	152
圖 6-55 Case R ₁₅ A ₂ C 區域一之最大正(負)淨風壓係數圖.....	152
圖 6-56 Case R ₂₀ A ₂ C 之各測點分佈及測點附屬面積圖	153
圖 6-57 Case R ₂₀ A ₂ C 之各測點最大正淨風壓係數之等值圖	153
圖 6-58 Case R ₂₀ A ₂ C 之各測點最大負淨風壓係數之等值圖	153
圖 6-59 Case R ₂₀ A ₂ C 區域三之最大正(負)淨風壓係數圖.....	154
圖 6-60 Case R ₂₀ A ₂ C 區域二之最大正(負)淨風壓係數圖.....	154
圖 6-61 Case R ₂₀ A ₂ C 區域一之最大正(負)淨風壓係數圖.....	154
圖 6-62 Case R ₂₅ A ₂ C 之各測點分佈及測點附屬面積圖	155
圖 6-63 Case R ₂₅ A ₂ C 之各測點最大正淨風壓係數之等值圖	155
圖 6-64 Case R ₂₅ A ₂ C 之各測點最大負淨風壓係數之等值圖	155
圖 6-65 Case R ₂₅ A ₂ C 區域三之最大正(負)淨風壓係數圖.....	156
圖 6-66 Case R ₂₅ A ₂ C 區域二之最大正(負)淨風壓係數圖.....	156
圖 6-67 Case R ₂₅ A ₂ C 區域一之最大正(負)淨風壓係數圖.....	156
圖 6-68 Case R ₁₀ A _{0.5} C 之各測點分佈及測點附屬面積圖	157
圖 6-69 Case R ₁₀ A _{0.5} C 之各測點最大正淨風壓係數之等值圖	157
圖 6-70 Case R ₁₀ A _{0.5} C 之各測點最大負淨風壓係數之等值圖	157
圖 6-71 Case R ₁₀ A _{0.5} C 區域三之最大正(負)淨風壓係數圖.....	158
圖 6-72 Case R ₁₀ A _{0.5} C 區域二之最大正(負)淨風壓係數圖.....	158
圖 6-73 Case R ₁₀ A _{0.5} C 區域一之最大正(負)淨風壓係數圖.....	158
圖 6-74 Case R ₁₅ A _{0.5} C 之各測點分佈及測點附屬面積圖	159
圖 6-75 Case R ₁₅ A _{0.5} C 之各測點最大正淨風壓係數之等值圖	159
圖 6-76 Case R ₁₅ A _{0.5} C 之各測點最大負淨風壓係數之等值圖	159
圖 6-77 Case R ₁₅ A _{0.5} C 區域三之最大正(負)淨風壓係數圖.....	160
圖 6-78 Case R ₁₅ A _{0.5} C 區域二之最大正(負)淨風壓係數圖.....	160
圖 6-79 Case R ₁₅ A _{0.5} C 區域一之最大正(負)淨風壓係數圖.....	160
圖 6-80 Case R ₂₀ A _{0.5} C 之各測點分佈及測點附屬面積圖	161
圖 6-81 Case R ₂₀ A _{0.5} C 之各測點最大正淨風壓係數之等值圖	161
圖 6-82 Case R ₂₀ A _{0.5} C 之各測點最大負淨風壓係數之等值圖	161
圖 6-83 Case R ₂₀ A _{0.5} C 區域三之最大正(負)淨風壓係數圖.....	162
圖 6-84 Case R ₂₀ A _{0.5} C 區域二之最大正(負)淨風壓係數圖.....	162
圖 6-85 Case R ₂₀ A _{0.5} C 區域一之最大正(負)淨風壓係數圖.....	162

圖 6-86 Case R ₂₅ A _{0.5} C 之各測點分佈及測點附屬面積圖	163
圖 6-87 Case R ₂₅ A _{0.5} C 之各測點最大正淨風壓係數之等值圖	163
圖 6-88 Case R ₂₅ A _{0.5} C 之各測點最大負淨風壓係數之等值圖	163
圖 6-89 Case R ₂₅ A _{0.5} C 區域三之最大正(負)淨風壓係數圖	164
圖 6-90 Case R ₂₅ A _{0.5} C 區域二之最大正(負)淨風壓係數圖	164
圖 6-91 Case R ₂₅ A _{0.5} C 區域一之最大正(負)淨風壓係數圖	164
圖 6-92 Case R ₁₀ A _{0.5} O 之各測點分佈及測點附屬面積圖	165
圖 6-93 Case R ₁₀ A _{0.5} O 之各測點最大正淨風壓係數之等值圖	165
圖 6-94 Case R ₁₀ A _{0.5} O 之各測點最大負淨風壓係數之等值圖	165
圖 6-95 Case R ₁₀ A _{0.5} O 區域三之最大正(負)淨風壓係數圖	166
圖 6-96 Case R ₁₀ A _{0.5} O 區域二之最大正(負)淨風壓係數圖	166
圖 6-97 Case R ₁₀ A _{0.5} O 區域一之最大正(負)淨風壓係數圖	166
圖 6-98 Case R ₁₀ A _{0.5} CP 之各測點分佈及測點附屬面積圖	167
圖 6-99 Case R ₁₀ A _{0.5} CP 之各測點最大正淨風壓係數之等值圖	167
圖 6-100 Case R ₁₀ A _{0.5} CP 之各測點最大負淨風壓係數之等值圖	167
圖 6-101 Case R ₁₀ A _{0.5} CP 區域三之最大正(負)淨風壓係數圖	168
圖 6-102 Case R ₁₀ A _{0.5} CP 區域二之最大正(負)淨風壓係數圖	168
圖 6-103 Case R ₁₀ A _{0.5} CP 區域一之最大正(負)淨風壓係數圖	168
圖 6-104 Case R ₁₀ A _{0.5} CV 之各測點分佈及測點附屬面積圖	169
圖 6-105 Case R ₁₀ A _{0.5} CV 之各測點最大正淨風壓係數之等值圖	169
圖 6-106 Case R ₁₀ A _{0.5} CV 之各測點最大負淨風壓係數之等值圖	169
圖 6-107 Case R ₁₀ A _{0.5} CV 區域三之最大正(負)淨風壓係數圖	170
圖 6-108 Case R ₁₀ A _{0.5} CV 區域二之最大正(負)淨風壓係數圖	170
圖 6-109 Case R ₁₀ A _{0.5} CV 區域一之最大正(負)淨風壓係數圖	170

摘要

關鍵詞：太陽光電系統、耐風設計、風壓係數

壹、研究緣起

太陽能發電是政府積極推動之綠色能源之一，各地設置於建築物屋頂或地面的太陽光電系統日漸增多。無論是太陽能光電板、支撐架構件及接合扣件均需經妥慎之結構耐風設計與分析，以確保在強風吹襲下之安全性。國內一般建築物之主要風力抵抗系統及局部構材或外部被覆物之耐風設計係根據營建署頒布之「建築物耐風設計規範及解說」(2015)，但其中並未完全涵蓋上述各太陽光電系統之耐風設計規定。為確保國內太陽光電系統之耐風安全性，本計畫擬於「建築物耐風設計規範及解說」(2015)納入相關耐風設計條文及圖表，作為設計者執行耐風設計之依據。

貳、研究方法與過程

本計畫將釐清「建築物耐風設計規範及解說」(2015)未能涵蓋之部分，先回顧美國及日本相關規範之規定，確認與國內耐風規範之相容性；考慮國內現存設計情況，針對現有規範未規定者，執行一系列風洞試驗，採用極值分析求取極值風壓係數，再統合並簡化分析結果，以研擬相關耐風設計規範條文及圖表，作為設計者執行耐風設計之依據。

參、重要發現

本計畫案的具體成果如下：

- 1、參考 ASCE7-16 之規定，並將相關淨風壓係數圖加以公式化，分別擬訂斜屋頂平貼型及平屋頂距置型子系統之耐風規範條文。
- 2、根據 SEAOC PV2-2012 及加拿大學者 Kopp 實驗結果，推估地面距置型與平屋頂距置型極值風壓係數之關係，再以平屋頂距置型之擬議規範草案為基礎，擬訂地面距置型之耐風規範條文。
- 3、依據本計畫地面單斜式棚架型之風洞實驗極值分析結果，檢討「建築物耐風設計規範及解說」(2015)「圖 3.3(a)開放式建築物之單斜屋頂局部構件及外部被覆物淨風壓係數」之適用性。結果發現現有規範數值可包絡大部

分實驗所得最大正(負)淨風壓係數，但實驗結果顯示有下列例外：(1)面板傾角 10 度、面板下有阻擋之地面單斜式棚架型子系統區域三之最大正淨風壓係數中約有兩成比規範值大；(2)面板傾角 30 度、面板下無阻擋之地面單斜式棚架型子系統區域二之最大正(負)淨風壓係數均遠小於規範值，但區域三之最大負淨風壓係數有少數比規範值大；(3)面板傾角 30 度、面板下有阻擋之地面單斜式棚架型子系統區域三之最大正(負)淨風壓係數中有少數比規範值大。建議未來修訂規範時將上述觀察納入考量。

- 4、依據本計畫平屋頂單斜式棚架型之風洞實驗極值分析結果，配合對地面單斜式棚架型設計風壓變化趨勢之觀察，擬訂平屋頂單斜式棚架型子系統之耐風規範條文。
- 5、根據 ASCE7-16 之最新規定，擬議修正「建築物耐風設計規範及解說」(2015)「圖 3.1(b)(c)(d)(e)屋頂外風壓係數 ($h \leq 18$ m 封閉式或部分封閉式建築物之局部構件及外部被覆物)」。

肆、重要建議事項

根據重要發現，本研究提出下列建議事項：

【建議一】

本案太陽能系統風壓係數研究成果提供相關學會團體參採：立即可行建議
主辦機關：社團法人中華民國風工程學會

目前政府積極推動太陽能發電，各地設置於建築物屋頂或地面的太陽光電系統日漸增多，但我國「建築物耐風設計規範及解說」，並無太陽光電系統耐風設計相關專章可供業界參用，部份使用者執行太陽光電系統耐風設計時，為節省經費不進行風洞試驗，卻又以節省材料原則，選擇性引用規範，致有設計安生疑慮。短期內為確保國內地面或建築物屋頂上太陽光電系統之耐風安全性，建議提供太陽能系統風壓係數研究成果給相關學會團體參考。

Abstract

Keywords : Solar Photovoltaic System, Wind Resistant Design, Wind Pressure Coefficient

Solar power generation is one of the green energy actively promoted by the government. The solar photovoltaic systems used in Taiwan include rooftop solar panel system, roof mounted solar panel array system, ground mounted solar panel array system, ground mounted solar monoslope canopy system and roof mounted solar monoslope canopy system. The solar panels, supporting frame members as well as fasteners must be carefully designed to ensure safety under strong wind; however, the current " Wind Resistance Design Specifications and Commentary of Buildings" (2015) does not fully provide the design requirements for the above systems. This study first clarifies the parts that are not covered by " Wind Resistance Design Specifications and Commentary of Buildings" (2015). A series of wind tunnel tests are then conducted for various design scenarios and extreme value analyses are performed to obtain the extreme wind pressure coefficients. In addition, the relevant provisions in the US and Japanese codes are referenced. Finally the design provisions and related charts for the above systems are developed and can be the basis for the relevant design codes.

第一章 緒論

第一節 研究緣起與背景

壹、研究緣起與背景

太陽能發電是政府積極推動之綠色能源之一，各地設置於建築物屋頂或地面的太陽光電系統日漸增多。其配置形式及安裝位置可概分為斜屋頂平貼型、平屋頂距置型、地面距置型、地面單斜式棚架型及平屋頂單斜式棚架型等。無論是上述任一種型式之太陽光電系統，其太陽能光電板、下部支撐架構件及接合扣件均需經妥慎之結構耐風設計與分析，以確保在強風吹襲下之安全性。國內一般建築物之主要風力抵抗系統及局部構材或外部被覆物之耐風設計係根據營建署頒布之「建築物耐風設計規範及解說」(2015)，但其中並未完全涵蓋上述各太陽光電系統之耐風設計規定。為確保國內太陽光電系統之耐風安全性，本計畫將釐清「建築物耐風設計規範及解說」(2015)未能涵蓋之部分，先回顧美國及日本相關規範之規定，確認與國內耐風規範之相容性；考慮國內現存設計情況，針對現有規範未規定者，執行一系列風洞試驗，採用極值分析求取極值風壓係數，再統合並簡化分析結果，以研擬相關耐風設計規範條文及圖表，作為設計者執行耐風設計之依據。

有關設置太陽能光電板是否需請領雜照或建照，依據「設置再生能源設施免請領雜項執照標準」第5條之規定，設置太陽光電發電設備，符合下列條件之一者，得免依建築法規定申請雜項執照：一、設置於建築物屋頂或露臺，包含支撐架並得結合新設頂蓋，其高度自屋頂面或露臺面起算四點五公尺以下；二、設置於屋頂突出物，包含支撐架並得結合新設頂蓋，其高度自屋頂突出物面起算一點五公尺以下；三、設置於地面，其高度自地面起算四點五公尺以下。

但在第6條所述，設置第5條之太陽光電發電設備者，應於設置前，檢附下列證明文件送所在地主管建築機關備查：一、再生能源發電設備同意備案文件影本；二、依法登記開業或執業之建築師、土木技師或結構技師出具太陽光電發電設備免請領雜項執照簽證表及結構安全證明書。另有下列情形之一者，應另檢附太陽光電發電設備結構計算說明書：一、設置高度超過三公呎。二、設置仰角非固定。三、設置範圍超出建築物外牆中心線或其代替柱中心線。四、設置支撐架結合新設頂蓋。前條太陽光電發電設備應於竣工後，檢附依法登記開業或執業之建築師、土木技師或結構技師出具之太陽光電發電設備工程完竣證明書，報請所在地主管建築機關備查。

貳、預期目標

本計畫之預期目標為

- 1、透過風洞試驗擬定適用我國本土化太陽能光電系統設置方式之耐風設計參數值。
- 2、研擬「建築物耐風設計規範及解說」中針對太陽光電系統耐風設計之相關條文及圖表。
- 3、提供太陽光電系統耐風設計之依據。

第二節 研究內容與步驟

壹、研究內容

本計畫擬先根據「建築物耐風設計規範及解說」(2015)之架構及精神決定風速壓，再回顧美國(ASCE 7-16; SEAOC PV2-2012)及日本(JIS C 8955 2017)設計規範，分別瞭解其涵蓋之太陽光電系統種類、參數限制、設計流程及風壓呈現方式，同時檢核其與國內「建築物耐風設計規範及解說」(2015)之相容性。

針對國外規範已有規定，但應用於國內仍有疑慮者，或台灣常見但未出現於國外規範或文獻者(例如平屋頂單斜式棚架型)，將考慮國內常見設計情況，斟酌擬定試驗參數組合(面板傾角、長寬比、面板有無突出、面板下有無阻擋、有無女兒牆等)，在建研所及淡江大學風洞實驗室分別執行一系列風洞試驗，以極值分析求取不同情況下之最大正(負)淨風壓係數。再統整各分析結果，參考地面單斜式棚架型之耐風規定，擬議平屋頂單斜式棚架型耐風規範草案。

最後綜合評估訂定各太陽光電系統之設計風壓係數，並研擬相關條文及圖表，以融入現有「建築物耐風設計規範及解說」。

貳、研究步驟

- 1、瞭解國內太陽光電系統之種類與設計參數範圍及支撐架構件與扣件型式。
- 2、探討哪些太陽光電系統之耐風設計可沿用現行「建築物耐風設計規範及解說」(2015)之規定。
- 3、研讀美國(ASCE 7-16; SEAOC PV2-2012)及日本(JIS C 8955 2017)設計規範，瞭解其涵蓋之太陽光電系統種類、參數限制、設計流程及風壓呈現方式，檢核其與國內「建築物耐風設計規範及解說」(2015)之相容性。
- 4、擬定設計參數組合，執行一系列風洞試驗。
- 5、應用極值分析於風洞試驗結果，求取各最大正(負)淨風壓係數。
- 6、統整各分析結果，參考地面單斜式棚架型之耐風規定，擬議平屋頂單斜式棚架型耐風規範草案。
- 7、綜合評估訂定各太陽光電系統之設計風壓係數，並研擬相關條文及圖表，以融入現有「建築物耐風設計規範及解說」。
- 8、舉辦專家座談。

第三節 本報告章節架構

本報告之第二章為太陽光電系統種類及其耐風規定之檢討；第三章將介紹風洞實驗之配置；第四章為地面單斜式棚架型之極值分析。第五章將根據第四章分析結果，擬議耐風規範條文。第六章為平屋頂單斜式棚架型之極值分析。第七章將根據第六章分析結果，參考地面單斜式棚架型之耐風規定，擬議平屋頂單斜式棚架型耐風規範草案。第八章將綜合評估比較各國規範值及國內風洞試驗分析結果，訂定所涵蓋之太陽光電系統種類、允許參數範圍及相關之設計風壓係數值，融入現有耐風設計規範。第九章為結論與建議。

第二章 太陽光電系統之回顧及其耐風規定之檢討

本章首先定義太陽光電系統之種類，再介紹過去破壞案例，最後分別回顧美國(ASCE 7-16；SEAOC PV2-2012)及日本(JIS C 8955，2017)設計規範，瞭解其涵蓋之太陽光電系統種類、使用限制、設計流程及風壓呈現方式，同時檢核其與國內「建築物耐風設計規範及解說」(2015)之相容性。將根據分析比較結果決定如何擬議規範草案及本計畫後續風洞實驗內容。

第一節 太陽光電系統種類

由一個或多個太陽光電子系統形成稱之為太陽光電系統。一個太陽光電子系統由面板與支撐架組合而成，其中支撐架為連接面板與支承(屋頂面或地面)之結構系統；面板為一群模組之組合；模組為預先組合、有完全環境保護之光電板。本計畫將太陽光電子系統分為五種類型，分別為斜屋頂平貼型、平屋頂距置型、地面距置型、地面單斜式棚架型及平屋頂單斜式棚架型。

斜屋頂平貼型安裝於封閉式建築物或部分封閉式建築物(根據「建築物耐風設計規範及解說」之定義)斜屋頂上，由面板與支撐架組合而成，如圖 2-1 所示；地面距置型安裝於地面，各子系統採陣列型式排列，如圖 2-2 所示；平屋頂距置型安裝於封閉式建築或部分封閉式建築之屋頂上，各子系統採陣列型式排列，如圖 2-3 所示；地面單斜式棚架型安裝於地面，含支撐柱且棚架至少有兩個側面各有 80%以上面積為開口，如圖 2-4 所示；平屋頂單斜式棚架型安裝於封閉式建築或部分封閉式建築之平屋頂，含支撐柱且棚架至少有兩個側面各有 80%以上面積為開口，如圖 2-5 所示。

第二節 太陽光電系統之破壞案例

太陽光電系統常見之破壞位置可能在支撐架與支承之接合處或面板框架結構或面板框架與支撐架之結合處。例如，圖 2-6 支撐架與屋頂面接合處之破壞，圖 2-7 面板框架處之破壞，圖 2-8 面板框架與支撐架接合處之破壞，圖 2-9 蘇迪勒颱風對彰化太陽光電系統造成之破壞。

第三節 斜屋頂平貼型之相關耐風規範

本節將對美國(ASCE 7-16)、日本(JIS C 8955, 2017)及國內「建築物耐風設計規範及解說」(2015)之設計規範進行回顧，再依比較結果進行未來規範草案之研擬。

壹、斜屋頂平貼型之現有耐風規範回顧

JIS C 8955(2017)與 ASCE7-16 皆對斜屋頂平貼型之耐風設計有明確規定，如表 2-1 所示。由於 JIS C 8955(2017)所列風壓係數與有效受風面積無關，與現行「建築物耐風設計規範及解說」不一致，且所列數值過於保守，故本計畫參考 ASCE7-16 之平貼型系統角隅修正因子及風壓平衡因子，同時將 ASCE7-16 之風壓平衡因子 γ_a 與有效受風面積 A 之關係圖公式化。另外，規定在屋頂邊緣與近屋脊處不得設置太陽光電系統。

本計畫再依據 ASCE7-16 修改現行「建築物耐風設計規範及解說」高度小於 18 公尺之屋頂外風壓係數(GC_p)(圖 3.1)，列於附錄二。

貳、斜屋頂平貼型子系統之擬議耐風規定

根據上述討論，本計畫針對斜屋頂平貼型子系統，擬定其耐風規定如下：

1、適用範圍

本節提供之風壓計算公式適用於同時滿足下列條件之斜屋頂平貼型子系統：

- (a)建築物為「建築物耐風設計規範與解說」所定義之封閉式或部分封閉式建築物，且建築物橫風向或扭轉向風力不顯著。
- (b)面板與屋頂面之夾角 ω (如圖 2-10 所示)小或等於 2 度。
- (c)面板與屋頂面之最大距離 h_2 (如圖 2-10 所示)小或等於 0.25m。
- (d)模組間隙大或等於 6.4mm，模組長(或寬)小或等於 2m。
- (e)屋頂邊緣 $2h_2$ 內及屋脊任一側 $2h_2$ 內未設置面板，其中 h_2 為面板與屋頂面之最大距離。

2、設計風壓之決定

斜屋頂平貼型子系統之設計風壓依下式計算：

$$P = q(h) \times (GC_p) \times \gamma_{E_1} \times \gamma_a \dots\dots\dots(2.1)$$

其中 $q(h)$ 為 h 處之風速壓； (GC_p) 為外風壓係數； γ_{E_1} 為平貼型之系統邊緣修正因子； γ_a 為風壓平衡因子。

3、 h 處風速壓 $q(h)$ 之決定

風速壓 $q(h)$ 依「建築物耐風設計規範與解說」第 2.6 節之規定計算，其中 h 為建築物平均屋頂高度。

4、屋頂外風壓係數 (GC_p) 之決定

屋頂外風壓係數 (GC_p) 依「建築物耐風設計規範與解說」第 3.3 節之規定決定。

5、平貼型系統之系統邊緣修正因子 γ_{E_1} 之決定

若構材同時滿足下述條件，則系統邊緣修正因子 $\gamma_{E_1}=1.5$ ；在其他情況下，系統邊緣修正因子 $\gamma_{E_1}=1.0$

- (a) 構材所在系統之邊緣與鄰近屋頂邊緣之距離大於 $0.5h$ 。
- (b) 構材所在系統與鄰近系統之距離大於 $1.2m$ (如圖 2-11 所示)，或構材所在面板與鄰近面板之距離大於 $1.2m$ (如圖 2-12 所示)。
- (c) 構材位於系統邊緣 $1.5L_p$ 範圍內，其中 L_p 為面板弦長。
- (d) 構材承受負風壓時。

6、風壓平衡因子 γ_a 之決定

風壓平衡因子 γ_a 與有效受風面積 A 有關，依下式決定

$$\gamma_a = \begin{cases} 0.8 & A \leq 1m^2 \\ -0.4 \log(A) + 0.8 & 1m^2 < A \leq 10m^2 \dots\dots\dots (2.2) \\ 0.4 & A > 10m^2 \end{cases}$$

其中構件之有效受風面積為跨距長度與有效寬度之乘積，但有效寬度不必小於跨距長度的 $1/3$ ；對扣件而言，有效受風面積不得大於單一扣件之有效受風面積。

7、建築物屋頂之強度檢核

建築物屋頂本身之強度需能同時承受(1)太陽光電系統支撐架傳遞至屋頂之風載重及(2)非太陽光電板覆蓋之屋頂區域所受風載重。其中(1)之風載重依本節 1 至 6 之規定決定，而(2)之風載重依「建築物耐風設計規範與解說」第三章之規定決定。

第四節 平屋頂距置型之相關耐風規範

本節將對美國(ASCE 7-16; SEAOC PV2-2012)、日本(JIS C 8955, 2017)及國內「建築物耐風設計規範及解說」(2015)之設計規範進行回顧，再依比較結果進行未來規範草案之研擬。

壹、平屋頂距置型之現有耐風規範回顧

JIS C 8955(2017)、SEAOC PV2-2012 及 ASCE7-16 皆對平屋頂距置型之耐風設計有明確規定，如表 2-2 所示。由於 JIS C 8955(2017)之風壓係數與有效受風面積無關，與現行「建築物耐風設計規範及解說」不一致，且數值過於保守，故本計畫建議參考 ASCE7-16 之淨風壓係數 $(GC_{rn})_{nom}$ 、女兒牆修正因子 γ_p 、面板弦長修正因子 γ_c 及平屋頂距置型角隅修正因子 γ_{E_2} 。其中淨風壓係數與標稱有效受風面積 A_n (無單位)有關，本計畫將 ASCE7-16 之淨風壓係數與 A_n 之關係圖公式化，同時乘以 2.083，以反應國內風速平均時間為 10 分鐘。

貳、平屋頂距置型規範之擬議耐風規定

根據上述討論，本計畫針對平屋頂距置型子系統，擬定其耐風規定如下：

1、適用範圍

本節提供之風壓計算公式適用於同時滿足下列條件之平屋頂距置型子系統：

- (a) 建築物為「建築物耐風設計規範與解說」所定義之封閉式或部分封閉式建築物，且建築物橫風向或扭轉向風力不顯著。
- (b) 面板弦長 L_p (如圖 2-10 所示)小或等於 2m。
- (c) 面板傾角 ω (如圖 2-10 所示)小或等於 35 度，屋頂傾角 θ (如圖 2-10 所示)小或等於 7 度。
- (d) 面板與屋頂面最小距離 h_1 (如圖 2-10 所示)小或等於 0.6m，面板與屋頂面最大距離 h_2 (如圖 2-10 所示)小或等於 1.2m。
- (e) 模組間隙大或等於 6.4mm，模組長(或寬)小或等於 2m。
- (f) 距離屋頂邊緣 $\max(2(h_2 - h_{pt}), 1.2)$ (m)內未設置面板，其中 h_{pt} 為女兒牆高度(m)。

2、設計風壓之決定

屋頂距置型子系統之設計正負風壓依下式計算：

$$P = \pm q(h) \times (GC_{rn})_r \dots \dots \dots (2.3)$$

其中 $q(h)$ 為 h 處之風速壓； $(GC_{rn})_r$ 為屋頂距置型總淨風壓係數；正號表示淨風壓指向面板上表面；負號表示淨風壓遠離面板上表面。

3、 h 處風速壓 $q(h)$ 之決定

風速壓 $q(h)$ 依「建築物耐風設計規範與解說」第 2.6 節之規定計算，其中 h 為建築物平均屋頂高度。

4、總淨風壓係數 $(GC_{rn})_r$ 之決定

總淨風壓係數 $(GC_{rn})_r$ 依下式計算：

$$(GC_{rn})_r = (GC_{rn})_{nom} \times \gamma_p \times \gamma_c \times \gamma_{E_2} \dots \dots \dots (2.4)$$

其中 $(GC_{rn})_{nom}$ 為對應於標稱有效受風面積 A_n 之淨風壓係數； γ_p 為女兒牆修正因子； γ_c 為面板弦長修正因子； γ_{E_2} 為平屋頂距置型系統之系統邊緣修正因子。

5、對應於 A_n 之淨風壓係數 $(GC_{rn})_{nom}$ 之決定

對應於 A_n 之淨風壓係數 $(GC_{rn})_{nom}$ 依下列步驟決定：

(a) 根據圖 2-13 判斷構材所在區域

圖 2-13 中 W_L 為建築物長邊尺寸， W_S 為建築物短邊尺寸， h 為建築物平均屋頂高度。

(b) 決定構件之有效受風面積 $A(m^2)$

構件之有效受風面積為跨距長度與有效寬度之乘積，但有效寬度不必小於跨距長度的 1/3；對扣件而言，有效受風面積不得大於單一扣件之有效受風面積。

(c) 決定標稱有效受風面積 A_n (無單位)

$$A_n = \frac{1000}{[\max(4.6, L_b)]^2} A \dots \dots \dots (2.5)$$

其中， $L_b = \min(0.4\sqrt{hW_L}, h, W_S)$ (m)。

(d) 計算對應於 A_n 之淨風壓係數 $(GC_{rn})_{nom}$

當 $0^\circ \leq \omega \leq 5^\circ$ 時，利用表 2-3 計算得到 $(GC_{rn})_{nom}$ ；當 $15^\circ \leq \omega \leq 35^\circ$ 時，利用表 2-4 計算得到 $(GC_{rn})_{nom}$ ；當 $5^\circ < \omega < 15^\circ$ 時，可以使用內插計算得到 $(GC_{rn})_{nom}$ 。

6、女兒牆修正因子 γ_p 之決定

$$\gamma_p = \min \left(1.2, 0.9 + \frac{h_{pt}}{h} \right) \dots\dots\dots(2.6)$$

其中 h_{pt} 為女兒牆高度， h 為建築物平均屋頂高度。

7、面板弦長修正因子 γ_c 之決定

$$\gamma_c = \max (0.6 + 0.2L_p, 0.8) \dots\dots\dots(2.7)$$

其中 L_p 為面板弦長 (m)。

8、平屋頂距置型系統之系統邊緣修正因子 γ_{E_2} 之決定

若構材同時滿足下述條件，則系統邊緣修正因子 $\gamma_{E_2}=1.5$ ；在其他情況下，系統邊緣修正因子 $\gamma_{E_2}=1.0$ 。

- (a) 構材所在系統之邊緣與鄰近屋頂邊緣之距離大於 $0.5h$ 。
- (b) 構材所在系統與鄰近系統之距離大於 $\max(4h_2, 1.2m)$ (如圖 2-14 所示)，或構材所在面板與鄰近面板之距離大於 $\max(4h_2, 1.2m)$ (如圖 2-15 所示)。
- (c) 構材位於系統邊緣 $1.5L_p$ 範圍內，其中 L_p 為面板弦長。
- (d) 構材承受負風壓時。

9、建築物屋頂之強度檢核

建築物屋頂本身之強度需能同時承受(1)太陽光電系統支撐架傳遞至屋頂之風載重及(2)非太陽光電板覆蓋之屋頂區域所受風載重。其中(1)之風載重依本節 1 至 8 之規定決定，而(2)之風載重依「建築物耐風設計規範與解說」第三章之規定決定。

第五節 地面距置型之相關耐風規範

本節將對美國(ASCE 7-16；SEAOC PV2-2012)、日本(JIS C 8955，2017)及國內「建築物耐風設計規範及解說」(2015)之設計規範進行回顧，再依比較結果進行未來規範草案之研擬。

壹、地面距置型之現有耐風規範回顧

JIS C 8955(2017)對地面距置型之耐風設計有明確規定，如表 2-5 所示。由於其風壓係數之決定與有效受風面積無關，因此不參考其規定。本計畫將以本章第三節之貳平屋頂距置型之擬議規範草案為基礎，決定地面距置型之耐風規定。其中地面距置型不需要考慮女兒牆修正因子；在計算系統角隅修正因子時不需考慮系統與屋頂邊緣之距離；在計算淨風壓係數時不需考慮屋頂分區。

另外，根據 SEAOC PV2-2012，以建築物高度 10 米為基準，將淨風壓係數與標稱有效受風面積 A_n (無單位)之關係圖，轉換為淨風壓係數與有效受風面積 A 之關係圖，其公式詳列於表 2-4 及表 2-3。為驗證此公式之正確性，本計畫先參考 Kopp (2012)針對特定地面距置型與平屋頂距置型系統實驗所得之風壓係數平均值與標準差，推估地面距置型與平屋頂距置型極值風壓係數之比例；再分別根據表 2-6、表 2-7 及表 2-3、表 2-4 計算地面距置型與平屋頂距置型極值風壓係數之比例；結果發現前述二比例非常類似。

貳、地面距置型之擬議耐風規定

根據上述討論，本計畫針對地面距置型子系統，擬定其耐風規定如下：

1、適用範圍

本節提供之風壓計算公式適用於同時滿足下列條件之地面距置型子系統：

- (a) 面板弦長 L_p (如圖 2-16 所示)小或等於 2m。
- (b) 面板傾角 ω (如圖 2-16 所示)小或等於 35 度。
- (c) 面板與地面最小距離 h_1 (如圖 2-16 所示)小或等於 0.6m，面板與地面最大距離 h_2 (如圖 2-16 所示)小或等於 1.2m。
- (d) 模組間隙大或等於 6.4mm，模組長(或寬)小或等於 2m。

2、設計風壓之決定

地面距置型子系統之設計正負風壓依下式計算：

$$P = \pm q(h_c) \times (GC_{rn})_g \dots \dots \dots (2.8)$$

其中 $q(h_c)$ 為面板形心高 h_c 處之風速壓； $(GC_{rn})_g$ 為地面距置型總淨風壓係數；正號表示淨風壓指向面板上表面；負號表示淨風壓遠離面板上表面。

3、面板形心處風速壓 $q(h_c)$ 之決定

風速壓 $q(h_c)$ 依「建築物耐風設計規範與解說」第 2.6 節之規定計算，其中 h_c 為面板形心離地高度。

4、總淨風壓係數 $(GC_{rn})_g$ 之決定

總淨風壓係數 $(GC_{rn})_g$ 依下式計算：

$$(GC_{rn})_g = (GC_{rn})_a \times \gamma_c \times \gamma_{E_3} \dots\dots\dots(2.9)$$

其中 $(GC_{rn})_a$ 為對應於有效受風面積 A 之淨風壓係數； γ_c 為面板弦長修正因子； γ_{E_3} 為地面距置型之系統邊緣修正因子。

5、對應於 A 之淨風壓係數 $(GC_{rn})_a$ 之決定

對應於有效受風面積 A 之淨風壓係數 $(GC_{rn})_a$ 依下列步驟決定：

(a) 決定結構構件之有效受風面積 A (m^2)

構件之有效受風面積為跨距長度與有效寬度之乘積，但有效寬度不必小於跨距長度的 1/3；對扣件而言，有效受風面積不得大於單一扣件之有效受風面積。

(b) 計算對應於有效受風面積 A 之淨風壓係數 $(GC_{rn})_a$

當 $0^\circ \leq \omega \leq 5^\circ$ 時，利用表 2-6 計算得到 $(GC_{rn})_a$ ；當 $15^\circ \leq \omega \leq 35^\circ$ 時，利用表 2-7 計算得到 $(GC_{rn})_a$ ；當 $5^\circ < \omega < 15^\circ$ 時，可以使用內插計算得到 $(GC_{rn})_a$ 。

6、面板弦長修正因子 γ_c 之決定

$$\gamma_c = \max(0.6 + 0.2L_p, 0.8) \dots\dots\dots(2.10)$$

其中 L_p 為面板弦長 (m)。

7、地面距置型系統之系統邊緣修正因子 γ_{E_3} 之決定

若構材同時滿足下述條件，則系統邊緣修正因子 $\gamma_{E_3}=1.5$ ；在其他情況下，系統邊緣修正因子 $\gamma_{E_3}=1.0$ 。

(a) 構材所在系統與鄰近系統之距離大於 $\max(4h_2, 1.2m)$ (如圖 2-17 所示)，或構材所在面板與鄰近面板之距離大於 $\max(4h_2, 1.2m)$ (如圖 2-18 所示)。

(b) 構材位於系統邊緣 $1.5L_p$ 範圍內，其中 L_p 為面板弦長。

第六節 地面單斜式棚架型之相關耐風規範

壹、地面單斜式棚架型之現有耐風規範回顧

台灣「建築物耐風設計規範及解說」對地面單斜式棚架型之耐風設計即有明確規定，計算淨風壓係數時會將面板整體劃分為三個區域，如圖 2-19 所示， a 為最小寬度的 10%，但不小於 0.9 公尺， L 為順風項之建築物水平深度。而表 2-8 中顯示，區域內淨風壓係數大小會根據有效受風面積改變而不同，當有效受風面積小於 a^2 時稱之為小面積，有效受風面積大於 $4.0a^2$ 時稱之為大面積，介於大面積及小面積之間則為中面積。當面板下有阻礙(阻塞比大於 50%)時，

貳、地面單斜式棚架型之擬議耐風規定

面板本身可被視為外部被覆物，其設計風壓應依據規範第 3.4 節決定。支撐架構材中可被視為局部構材者，其設計風壓應依據規範第 3.4 節決定；支撐架構材中可被視為主要風力抵抗系統者，其設計風力原可依據規範第 2.2 節中開放式建築物之公式決定，但在規範 2.2 節公式未修正前，建議仍依規範第 3.4 節決定其設計風壓。支撐柱可被視為主要風力抵抗系統者，由面板傳遞至支撐柱之設計風力原可依據規範第 2.2 節中開放式建築物之公式決定，但在規範 2.2 節公式未修正前，建議仍依規範第 3.4 節決定其設計風壓。至於支撐柱本身側面之設計風力，可依據規範第 2.2 節中開放式建築物之公式決定。

第七節 平屋頂單斜式棚架型之相關耐風規範

國內外規範皆未有平屋頂單斜式棚架型之耐風規定，因此本計畫將針對地面單斜式棚架型及平屋頂單斜式棚架型系統進行風洞實驗，根據極值分析結果，參考本章第五節對地面單斜式棚架型之耐風規定，擬議平屋頂單斜式棚架型耐風規範草案。

第三章 風洞實驗之配置

本章針對地面單斜式棚架型以及平屋頂單斜式棚架型子系統在內政部建築研究所及淡江大學進行一系列風洞實驗，以獲取面板上下不同風壓測點之風壓歷時，分別於第五章及第七章進行極值分析，求取不同情況下之極值風壓係數，再分別於第六章及第八章統整分析結果。本章首先介紹實驗所使用之風洞，再介紹入流風場模擬以及風壓量測，最後說明地面單斜式棚架型和平屋頂單斜式棚架型之風洞實驗配置。

第一節 風洞實驗室之介紹

本計畫將分別於淡江大學風工程研究中心以及內政部建築研究所風洞實驗室執行風洞實驗，其中地面單斜式棚架型子系統於建研所風洞實驗室執行較大模型尺寸之實驗，已於6月底完成；平屋頂單斜式棚架型子系統於淡江大學風工程研究中心執行不同參數組合之風洞實驗，已於10月初完成。

壹、內政部建築研究所風洞實驗室

內政部建築研究所風洞本體為一垂直向的封閉迴路系統，如圖3-1所示，總長度為77.9m，最大寬度為9.12m，最大高度為15.9m。整個風洞本體具有2個測試區段，第一測試區中配置有2個旋轉盤，第一座旋轉盤直徑1m，安置於距測試區入口處3m處，從事一般流體力學研究；第二座旋轉盤直徑3m，置於可移動式軌道上，定位於距測試區入口端約25.5m處，並以機械控制使其做旋轉及上下運動，將以建築物受風力作用的空氣動力學研究及污染擴散試驗為主，空風洞最大風速為30 m/s。第二測

試區則配置一座旋轉盤，其距離風洞本體整流段出口15m處，轉盤直徑為3m，主要用途以橋梁測試為主，空風洞最大風速為20m/s。本次實驗於實驗室第一測試段之第二旋轉盤進行，風洞試驗段長36.5 m，寬4m，高2.6m，進風處收縮段比例為4.71:1，使用單層蜂巢網與3層紗網整流，最高風速可達30m/s，可降低風洞內自由流之紊流強度至約0.3%。

Case (G₁₀C)^{*}、Case (G₁₀O)^{*}、Case G₁₀C、Case G₁₀O、Case G₃₀C 及 Case G₃₀O 為在內政部建築研究所風洞進行之風洞實驗；為模擬地況 C，試驗端進風處設置被動設施(三角錐形之渦流產生器)，同時在試驗段地面鋪設粗糙元(圖

3-7)，以產生所需之邊界層流。風洞實驗前已確認所模擬出的平均風速剖面及紊流強度剖面符合目標值，如圖 3-8 所示。

貳、淡江大學風工程研究中心

淡江大學風工程研究中心第一號學術風洞為吸入式開放型風洞，如圖 3-2 所示。風洞實驗段長 12.0 m，寬 2.2 m，高 1.8 m；進風處收縮段之收縮比為 3.6:1；進風口段前方設有蜂巢管及三層濾網，可降低風洞內自由流之紊流強度至約 0.5%~1.0%。離心式風扇由一具 250 匹馬力之直流無段變速馬達帶動；風速可經由控制風扇之轉速而調整，正常運轉下其流速範圍為 1.0 m/s 至 28 m/s。

Case R₁₀A₁C、Case R₁₅A₁C、Case R₂₀A₁C、Case R₂₅A₁C、Case R₁₀A₂C、Case R₁₅A₂C、Case R₂₀A₂C、Case R₂₅A₂C、Case R₁₀A_{0.5}C、Case R₁₅A_{0.5}C、Case R₂₀A_{0.5}C、Case R₂₅A_{0.5}C、Case R₁₀A_{0.5}O、Case R₁₀A_{0.5}CP 及 Case R₁₀A_{0.5}CV 在淡江大學風工程研究中心進行實驗；為模擬地況 C，試驗端進風處設置被動設施(三角錐形之渦流產生器)，同時在試驗段地面鋪設粗糙元(圖 3-9)，以產生所需之邊界層流。風洞實驗前已確認所模擬出的平均風速剖面及紊流強度剖面符合目標值，如圖 3-10 所示。

第二節 風壓掃瞄儀器及管線校正

壹、風壓掃瞄儀器之簡介

實驗中將各個風壓孔之壓力訊號經 PVC 管傳遞至壓力感應器模組，量得之訊號傳至訊號處理系統計算後所得壓力值傳回電腦。第四章將對儀器所傳回之風壓歷時資料作極值分析。

風壓實驗採用多頻道電子式風壓掃描器，用來同步擷取作用於建築物表面各點的瞬時風壓。壓力量測系統的元件通常包括：(1)壓力訊號處理系統(RADBASE3200)及(2)壓力感應器模組(ZOC33)。

貳、管線校正

根據日本建築中心(2008)，當模型表面的壓力經由管線傳遞至壓力掃描器時，壓力訊號會受風壓管之幾何尺寸影響而被扭曲，此時量測到的平均壓力是不受管線系統影響的，但某些頻率的壓力訊號會被放大或衰減而影響擾

動壓力量測之準確性，因此須將風壓訊號受扭曲的部分進行還原。訊號還原方式一般會採用兩種方式，第一種是針對風壓管本身進行處理，係指在管中加裝細管或其他材料，利用物理方式將扭曲的訊號進行放大或衰減，以回復原有訊號。第二種則是求出原始訊號及扭曲訊號之關係，即指將所取得的扭曲訊號，利用已知關係，透過數學方法還原成原始訊號。這些過程稱為管線修正。

本計畫中對於實驗資料進行的管線修正，採取第二種方式進行。找出原始訊號和扭曲訊號兩者間之數學關係，稱為管線率定。管線率定一般採用白噪訊號(White noise)作為訊號源，利用白噪訊號產生器並透過訊號放大器，將放大後之白噪訊號輸入振動器，產生具有白訊號特性之氣壓訊號。將此氣壓訊號，同時各透過 5 cm 內之 PVC 短管，及風壓實驗所採用之 PVC 長管(本計畫實驗採用 90 cm、內徑(直徑)約 0.85mm 之 PVC 管)，傳遞至各自對應之壓力掃描器。經短管所傳遞之訊號可視為真實訊號(未經 PVC 管扭曲壓力)，定義為 $X(t)$ ；而經 PVC 長管所傳遞之訊號為扭曲訊號，定義為 $Y(t)$ 。管線率定即利用數學方式找出 $X(t)$ 與 $Y(t)$ 間之轉換關係，轉換關係如下所述：

$$H_R(\omega) = Re[S_{XY}(\omega)]/S_X(\omega) \dots\dots\dots(3.1)$$

$$H_I(\omega) = -Im[S_{XY}(\omega)]/S_X(\omega) \dots\dots\dots(3.2)$$

其中 $S_X(\omega)$ 為真實訊號 $X(t)$ 之能譜密度函數； $S_Y(\omega)$ 為扭曲訊號 $Y(t)$ 之能譜密度函數； $S_{XY}(\omega)$ 為 $X(t)$ 、 $Y(t)$ 之交頻譜； $Re[S_{XY}(\omega)]$ 、 $Im[S_{XY}(\omega)]$ 則分別代表 $X(t)$ 與 $Y(t)$ 之實部交頻譜與虛部交頻譜。

假設風洞模型實驗時經過管線扭曲之時間域原始風壓訊號為 $A(t)$ ，經管線修正後之訊號為 $B(t)$ 。將 $A(t)$ 進行快速傅立葉轉換後，可得到 $A_R(\omega) + iA_I(\omega)$ 。利用下述關係於頻率域修正原始數據：

$$B_R(\omega) = \frac{H_R(\omega)A_R(\omega)+H_I(\omega)A_I(\omega)}{H_R(\omega)H_R(\omega)+H_I(\omega)H_I(\omega)} \dots\dots\dots(3.3)$$

$$B_I(\omega) = \frac{H_R(\omega)A_I(\omega)-H_I(\omega)A_R(\omega)}{H_R(\omega)H_R(\omega)+H_I(\omega)H_I(\omega)} \dots\dots\dots(3.4)$$

最後將頻率域修正後訊號 $B_R(\omega) + iB_I(\omega)$ 進行反傅立葉轉換，則可得到 $B(t)$ 。

第三節 地面單斜式棚架型子系統之風洞實驗配置

地面單斜式棚架型系統於內政部建築研究所風洞實驗室進行風洞實驗，其中可變實驗參數包括面板傾角及面板下有無阻擋；圖 3-3 及圖 3-4 分別為面板下無阻擋及面板下有阻擋之示意圖。本節將介紹風洞實驗中所使用之實驗參數，以及將實驗參數轉換為實場所對應之值。(資料來源:本研究整理)

表 3-1 為地面單斜式棚架型系統各 Case 實場參數比較表。表中實驗模型之名稱 G_{ω} 代表面板傾角為 ω 度之地面單斜式棚架型；C 代表面板下阻塞比小於 50%(規範中視為無阻擋)，O 代表面板下阻塞比大於 50%(規範中視為有阻擋)。舉例而言，Case $G_{10}C$ 為地面單斜式棚架型，面板傾角為 10 度，面板下阻塞比小於 50%。

此風洞實驗之長度縮尺為 1/100，速度縮尺為 1/3.6，時間縮尺為 1/27.46，實驗採樣頻率為 300Hz，量測時間為 6 分鐘，面板形心處之 1 小時平均風速約為 13 m/s。轉換為實場之採樣頻率約為 10Hz，量測時間為 164 分鐘，面板形心處之 1 小時平均風速約為 46.8 m/s。

當風向角為 0 度時，風正吹棚架之矮邊。模型下方轉盤之旋轉方向為逆時針旋轉，一次旋轉 5 度，分別模擬 72 種不同風向角下模型受風情形。

壹、Case ($G_{10}C$)* 之配置

本實驗模型為地面單斜式棚架型子系統，平行於 0 度風向之面板尺寸 L_1 為 28 公分，垂直於 0 度風向之面板尺寸 L_2 為 50 公分，長寬比 L_1/L_2 為 0.538，面板與地面之最大距離 h_2 為 12 公分，面板與地面之最小距離 h_1 約為 7.138 公分，面板與地面之夾角 ω 為 10 度，面板下阻塞比小於 50%(規範中視為無阻擋)。

將實驗模型轉化成實場所對應之值， L_1 為 28 公尺， L_2 為 50 公尺，長寬比為 0.538， h_2 為 12 公尺， h_1 約為 7.138 公尺， ω 為 10 度，面板下阻塞比小於 50%。

貳、Case (G₁₀O)* 之配置

本實驗模型為地面單斜式棚架型子系統，將實驗模型轉化成實場所對應之值，L₁ 為 28 公尺，L₂ 為 50 公尺，長寬比為 0.538，h₂ 為 12 公尺，h₁ 約為 7.138 公尺， ω 為 10 度，面板下阻塞比大於 50%(規範中視為無阻擋)。

參、Case G₁₀C 之配置

本實驗模型為地面單斜式棚架型子系統，將實驗模型轉化成實場所對應之值，L₁ 為 28 公尺，L₂ 為 50 公尺，長寬比為 0.538，h₂ 為 17.4 公尺，h₁ 約為 12.538 公尺， ω 為 10 度，面板下阻塞比小於 50%。

肆、Case G₁₀O 之配置

本實驗模型為地面單斜式棚架型子系統，將實驗模型轉化成實場所對應之值，L₁ 為 28 公尺，L₂ 為 50 公尺，長寬比為 0.538，h₂ 為 17.4 公尺，h₁ 約為 12.538 公尺， ω 為 10 度，面板下阻塞比大於 50%。

伍、Case G₃₀C 之配置

本實驗模型為地面單斜式棚架型子系統，將實驗模型轉化成實場所對應之值，L₁ 為 28 公尺，L₂ 為 50 公尺，長寬比為 0.538，h₂ 為 21.5 公尺，h₁ 約為 7.5 公尺， ω 為 30 度，面板下阻塞比小於 50%。

陸、Case G₃₀O 之配置

本實驗模型為地面單斜式棚架型子系統，將實驗模型轉化成實場所對應之值，L₁ 為 28 公尺，L₂ 為 50 公尺，長寬比為 0.538，h₂ 為 21.5 公尺，h₁ 約為 7.5 公尺， ω 為 30 度，面板下阻塞比大於 50%。

第四節 平屋頂單斜式棚架型之風洞實驗配置

平屋頂單斜式棚架型系統於淡江大學風工程研究中心進行風洞實驗，其中可變實驗參數包括面板傾角、面板長寬、及面板下有無阻擋、有無面板突出、有無女兒牆；圖 3-5 及圖 3-6 分別為面板下無阻擋及面板下有阻擋之示意圖。本節將介紹風洞實驗中所使用之實驗參數，以及將實驗參數轉換為實場所對應之值。

表 3-2 為平屋頂單斜式棚架型系統各 Case 實場參數比較表。表中實驗模型之名稱 R_{ω} 代表面板傾角為 ω 度之屋頂單斜式棚架型； A_x 代表面板長寬比為 X ； C 代表面板下阻塞比小於 50%(規範中視為無阻擋)， O 代表面板下阻塞比大於 50%(規範中視為有阻擋)； P 代表有女兒牆； V 代表有面板突出。舉例而言，Case $R_{10}A_{0.5}CP$ 為平屋頂單斜式棚架型，面板傾角為 10 度，長寬比為 0.5，面板下阻塞比小於 50%，有女兒牆。

此風洞實驗之長度縮尺為 1/50，速度縮尺為 1/3.7，時間縮尺為 1/13.51，實驗採樣頻率為 300Hz，量測時間為 10 分鐘，面板形心處之 1 小時平均風速約為 13.17 m/s。轉換為實場之採樣頻率約為 20Hz，量測時間為 135 分鐘，面板形心處之 1 小時平均風速約為 48.73m/s。

當風向角為 0 度時，風正吹棚架之矮邊。模型下方轉盤之旋轉方向為逆時針旋轉，一次旋轉 5 度，分別模擬 72 種不同風向角下模型受風情形。

壹、 Case $R_{10}A_1C$ 之配置

本實驗模型為平屋頂單斜式棚架型子系統，平行於 0 度風向之面板尺寸 L_1 為 18 公分，垂直於 0 度風向之面板尺寸 L_2 為 18 公分，長寬比 L_1/L_2 為 1，建築物高度 h 為 20 公分，面板與地面之最大距離 h_2 為 9 公分，面板與地面之最小距離 h_1 約為 5.874 公分，面板與地面之夾角 ω 為 10 度，面板下阻塞比小於 50%(規範中視為無阻擋)。

將實驗模型轉化成實場所對應之值， L_1 為 9 公尺， L_2 為 9 公尺，長寬比 L_1/L_2 為 1， h 為 10 公尺， h_2 為 4.5 公尺， h_1 約為 2.937 公尺， ω 為 10 度，面板下阻塞比小於 50%。

貳、 Case $R_{15}A_1C$ 之配置

本實驗模型為平屋頂單斜式棚架型子系統，將實驗模型轉化成實場所對應之值， L_1 為 9 公尺， L_2 為 9 公尺，長寬比 L_1/L_2 為 1， h 為 10 公尺， h_2 為 9 公分， h_1 約為 4.341 公分， ω 為 15 度，面板下阻塞比小於 50%。

參、 Case $R_{20}A_1C$ 之配置

本實驗模型為平屋頂單斜式棚架型子系統，將實驗模型轉化成實場所對應之值， L_1 為 9 公尺， L_2 為 9 公尺，長寬比 L_1/L_2 為 1， h 為 10 公尺， h_2 為

9 公分， h_1 約為 2.843 公分， ω 為 20 度，面板下阻塞比小於 50%。

肆、Case R₂₅A₁C 之配置

本實驗模型為平屋頂單斜式棚架型子系統，將實驗模型轉化成實場所對應之值， L_1 為 9 公尺， L_2 為 9 公尺，長寬比 L_1/L_2 為 1， h 為 10 公尺， h_2 為 9 公分， h_1 約為 1.392 公分， ω 為 25 度，面板下阻塞比小於 50%。

伍、Case R₁₀A₂C 之配置

本實驗模型為平屋頂單斜式棚架型子系統，將實驗模型轉化成實場所對應之值， L_1 為 9 公尺， L_2 為 4.5 公尺，長寬比 L_1/L_2 為 2， h 為 10 公尺， h_2 為 4.5 公尺， h_1 約為 2.937 公尺， ω 為 10 度，面板下阻塞比小於 50%。

陸、Case R₁₅A₂C 之配置

本實驗模型為平屋頂單斜式棚架型子系統，將實驗模型轉化成實場所對應之值， L_1 為 9 公尺， L_2 為 4.5 公尺，長寬比 L_1/L_2 為 2， h 為 10 公尺， h_2 為 4.5 公尺， h_1 約為 2.170 公尺， ω 為 15 度，面板下阻塞比小於 50%。

柒、Case R₂₀A₂C 之配置

本實驗模型為平屋頂單斜式棚架型子系統，將實驗模型轉化成實場所對應之值， L_1 為 9 公尺， L_2 為 4.5 公尺，長寬比 L_1/L_2 為 2， h 為 10 公尺， h_2 為 4.5 公尺， h_1 約為 1.421 公尺， ω 為 20 度，面板下阻塞比小於 50%。

捌、Case R₂₅A₂C 之配置

本實驗模型為平屋頂單斜式棚架型子系統，將實驗模型轉化成實場所對應之值， L_1 為 9 公尺， L_2 為 4.5 公尺，長寬比 L_1/L_2 為 2， h 為 10 公尺， h_2 為 4.5 公尺， h_1 約為 0.696 公尺， ω 為 25 度，面板下阻塞比小於 50%。

玖、Case R₁₀A_{0.5}C 之配置

本實驗模型為平屋頂單斜式棚架型子系統，將實驗模型轉化成實場所對應之值， L_1 為 9 公尺， L_2 為 18 公尺，長寬比 L_1/L_2 為 0.5， h 為 10 公尺， h_2 為 4.5 公尺， h_1 約為 2.937 公尺， ω 為 10 度，面板下阻塞比小於 50%。

拾、 Case R₁₅A_{0.5}C 之配置

本實驗模型為平屋頂單斜式棚架型子系統，將實驗模型轉化成實場所對應之值， L_1 為 9 公尺， L_2 為 18 公尺，長寬比 L_1/L_2 為 0.5， h 為 10 公尺， h_2 為 4.5 公尺， h_1 約為 2.170 公尺， ω 為 15 度，面板下阻塞比小於 50%。

拾壹、 Case R₂₀A_{0.5}C 之配置

本實驗模型為平屋頂單斜式棚架型子系統，將實驗模型轉化成實場所對應之值， L_1 為 9 公尺， L_2 為 18 公尺，長寬比 L_1/L_2 為 0.5， h 為 10 公尺， h_2 為 4.5 公尺， h_1 約為 0.696 公尺， ω 為 25 度，面板下阻塞比小於 50%。

拾貳、 Case R₂₅A_{0.5}C 之配置

本實驗模型為平屋頂單斜式棚架型子系統，將實驗模型轉化成實場所對應之值， L_1 為 9 公尺， L_2 為 18 公尺，長寬比 L_1/L_2 為 0.5， h 為 10 公尺， h_2 為 4.5 公尺， h_1 約為 0.696 公尺， ω 為 25 度，面板下阻塞比小於 50%。

拾參、 Case R₁₀A_{0.5}O 之配置

本實驗模型為平屋頂單斜式棚架型子系統，將實驗模型轉化成實場所對應之值， L_1 為 9 公尺， L_2 為 18 公尺，長寬比 L_1/L_2 為 0.5， h 為 10 公尺， h_2 為 4.5 公尺， h_1 約為 2.937 公尺， ω 為 10 度，面板下阻塞比大於 50%。

拾肆、 Case R₁₀A_{0.5}CP 之配置

本實驗模型為平屋頂單斜式棚架型子系統，將實驗模型轉化成實場所對應之值， L_1 為 9 公尺， L_2 為 18 公尺，長寬比 L_1/L_2 為 0.5， h 為 10 公尺， h_2 為 4.5 公尺， h_1 約為 2.937 公尺， ω 為 10 度，面板下阻塞比小於 50%，有女兒牆。

拾伍、 Case R₁₀A_{0.5}CV 之配置

本實驗模型為平屋頂單斜式棚架型子系統，將實驗模型轉化成實場所對應之值， L_1 為 9 公尺， L_2 為 18 公尺，長寬比 L_1/L_2 為 0.5， h 為 10 公尺， h_2 為 4.5 公尺， h_1 約為 2.937 公尺， ω 為 10 度，面板下阻塞比小於 50%，有面板突出。

第四章 地面單斜式棚架型之極值分析

Case (G₁₀C)*、Case (G₁₀O)*、Case G₁₀C、Case G₁₀O、Case G₃₀C 及 Case G₃₀O 為地面單斜式棚架型之風洞實驗，將會根據風洞實驗量測資料進行極值分析，再探討不同參數對最大正風壓係數及最大負風壓係數之影響，最後將最大正(負)風壓係數與現有規範比較。本章進行極值分析時都將以實場值進行分析。

當採樣頻率越大時，極值會明顯上升，而當採樣頻率介於 10Hz 以及 20Hz 之間時，求得之極值會近似(Luis D. Aponte-Bermúdez,2006)。本研究於內政部建築研究所風洞實驗室採用之對應實場採樣頻率為 10Hz。

第一節 Case (G₁₀C)* 之極值分析

圖 4-1 為 Case (R₁₀C)* 之各測點分佈及測點附屬面積圖，圖 4-2 為 Case (R₁₀C)* 根據「建築物耐風設計規範及解說」(2015)圖 3.3(a)之定義，所劃定之風壓區域分佈圖。

壹、不同風向、測點對應之淨風壓係數歷時之求取

不同風向、測點對應之淨風壓歷時之求取方式均相同。在某一風向下，將某一測點上表面風壓歷時減去下表面風壓歷時，獲得其淨風壓歷時後，再除以面板形心處之平均風速壓，即可得到該測點之淨風壓係數歷時。以風向角 0 度下，參考圖 4-1 測點 1 為例，圖 4-3 至圖 4-6 分別為對應實場前 200 秒之上表面風壓歷時、下表面風壓歷時、淨風壓歷時及淨風壓係數歷時，其中歷時之採樣頻率均為 10Hz。

若根據圖 4-6 之數據，取 1 秒移動平均可得圖 4-7。比較圖 4-6 和圖 4-7 可知，取 1 秒鐘移動平均後，淨風壓係數歷時會明顯變小。

貳、不同風向、測點對應之最大正(負)淨風壓係數之求取

根據前一節所得各測點淨風壓係數歷時，可分別求取其極值。

根據前人研究(Gavanski, Gurley and Kopp, 2016)，為確保歷時每段之極值間為統計上獨立，相鄰極值間距至少須大於 40 秒；若每段延時為 2 分鐘，相鄰

極值間距小於 40 秒的機率小於 10%，故本計畫以 5 分鐘(300 秒)為每段延時。本例量測時間對應於實場為 328 分鐘(風向角 0、45、90、135、180、225、270、315 度) 或 164 分鐘(其他風向角)，故可等分為 66 段或 33 段，再從每段分別取出其最大正值及最大負值(負值絕對值之最大值)，分別以 Type I 極值分布作擬合。

Type I 極值分布之 CDF(Cumulative Distribution Function)如下：

$$F(x) = \exp(-\exp(-\alpha(x - u))) \dots \dots \dots (4.1)$$

其中 u 為位置參數； α 為尺度參數。

Type I 分布之待定參數可使用 Lieblein(1974)提出的無偏差估計法(Best Linear Unbiased Estimators；BLUE)計算，以消除使用最小平方法時方程式排序過程引入之偏差。BLUE 擬合法是將樣本由小至大排列，給予每樣本相對應之權重，所求得之 u 及 α 如下式：

$$\alpha = \sum_i^n a_i \times x_i \dots \dots \dots (4.2)$$

$$u = \sum_i^n b_i \times x_i \dots \dots \dots (4.3)$$

其中 a_i 及 b_i (Dutjinh, 2014) 為第 i 個樣本之權重； x_i 為排序後第 i 個樣本； $n=33$ 或 66。

再採用 K-S test 檢核以 Type I 極值分布擬合 5 分鐘極值之適當性，當顯著性水平(significance level)採用 0.05 時，若經驗分布(empirical CDF)的最大誤差值小於規定值 0.2308($n=33$)或 0.1632($n=66$)時，即表示五分鐘極值之分布符合 Type I。

其次，從 5 分鐘(300 秒)極值對應之 Type I 分布參數推求 1 小時(3600 秒)極值所對應之 Type I 分布參數如下：

$$\alpha_{3600} = \alpha_{300} \dots \dots \dots (4.4)$$

$$u_{3600} = u_{300} + \ln\left(\frac{3600}{300}\right) \times \alpha_{300} \dots \dots \dots (4.5)$$

其中 α_{300} 和 u_{300} 為 5 分鐘極值之 Type I 參數； α_{3600} 和 u_{3600} 為 1 小時極值之 Type I 參數。再進一步找出 1 小時極值分布之 78%百分位數(percentile value)。

「建築物耐風設計規範及解說」公式(3.4)計算所得為 1 小時最大風壓，其中淨風壓係數是以 3 秒鐘為平均時間。根據 Durst curve(Durst,1960)，1 小時平均風速(風洞實驗)為 3 秒鐘平均風速除以 1.52，故將上段中推求得到之風壓係數值除以 $1.52^2 (= 2.3104)$ (Duthinh,Main,Gierson and Phillips,2017)，即可作為台灣規範淨風壓係數之參考。

舉例而言，在風向角 0 度下，將測點 1 之風壓歷時分為 66 段，每段延時為 5 分鐘，取出每段最大正值及最大負值。利用 BLUE 估計法可得到其最大正值分佈參數 $u_{300}=1.4083$ 和 $\alpha_{300}=0.1344$ ；最大負值分佈參數為 $u_{300} = 0.9687$ 和 $\alpha_{300} = 0.1649$ 。再使用 K-S test 檢核 Type I 分布之適當性，最大正值及最大負值之經驗分布(empirical CDF)最大誤差值分別為 0.0773 和 0.1105，皆小於規定值 0.1632。利用式(4.4)及式(4.5)計算 1 小時最大正值之分布參數為 $u_{3600}=1.742$ 、 $\alpha_{3600}=0.1344$ 。1 小時最大正值極值分布之 78%百分位數(percentile value)為 1.9302，而 1 小時最大負值極值分布之 78%百分位數(percentile value)為-1.6087；最後將 1.9302 及-1.6087 除以 1.52^2 ，可得對應於台灣規範之淨風壓係數 0.8354 及-0.6963。

當風向角為 0 度時，圖 4-8 及圖 4-9 分別為根據各測點正(負)極值淨風壓係數所繪之等值圖。當包絡各風向之極值後，圖 4-10 及圖 4-11 分別為最大正(負)淨風壓係數之等值圖，可以看出面板角落及邊緣區風壓值變化較劇烈，面板中央風壓值較小且變化平緩。

參、不同風向、區域及有效受風面積對應之淨風壓係數歷時之求取

不同風向、區域及有效受風面積對應之淨風壓係數歷時之求取方式均相同。圖 4-2 為本例之風壓區域劃分圖，在每一區域中對應之有效受風面積可概分為大面積($A > 4a^2$)、中面積($a^2 < A \leq 4a^2$)及小面積($A \leq a^2$)，其中 a 為最小寬度的 10%，但不小於 0.9 公尺。

將某一區域(1、2 或 3)、某一有效受風面積(長寬比小於 4)內之各測點淨風壓係數歷時，根據各測點在有效受風面積內之附屬面積作加權平均，可得對應該區域及有效受風面積之淨風壓係數歷時。舉例而言，在風向角 0 度下，參考圖 4-2，面板左下角區塊之有效受風面積= $2m^2$ ，位於區域 3，其中包含測點 1 及測點 2，其附屬面積各占了有效受風面積的一半，圖 4-12 為兩歷時依面積作加權平均之淨風壓係數歷時。

若根據圖 4-12 之數據，取 1 秒移動平均可得圖 4-13。比較圖 4-12 和圖 4-13 可知，取 1 秒鐘移動平均後，淨風壓係數歷時會明顯變小。

肆、不同區域及有效受風面積對應之最大正(負)淨風壓係數之求取

根據第參小節所得不同風向、區域及有效受風面積之淨風壓係數歷時，採用第貳小節相同之極值分析方式，可分別求取其對應之極值。圖 4-14 至圖 4-16 為 0 度風向角下，區域 1、2、3 極值淨風壓係數與有效受風面積之關係圖；圖 4-17 至圖 4-19 為 180 度風向角下，區域 1、2、3 極值淨風壓係數與有效受風面積之關係圖。

將不同風向之極值取包絡值，即為該區域及有效受風面積對應之最大正(負)淨風壓係數。圖 4-20 至圖 4-22 分別為區域 1、2、3 之最大正(負)淨風壓係數與有效受風面積之關係圖。另一方面，本例 Case ($G_{10}C$)^{*} 對應之現有規範值可經由表 2-8 內插求得，同時繪於圖 4-20 至圖 4-22。

圖 4-20 顯示在區域 3 中，當有效受風面積變大時，最大正(負)淨風壓係數平均值變化不大，標準差有逐漸變小之趨勢，而最大正(負)淨風壓係數之包絡線逐漸變小，其變化趨勢與現有規範區域 3 相同。圖 4-21 顯示在區域 2 中，當有效受風面積變大時，最大正(負)淨風壓係數之平均值、標準差及包絡線均變化不大，其變化趨勢與現有規範區域 2 相同。圖 4-22 顯示在區域 1 中，當有效受風面積變大時，最大正(負)淨風壓係數之平均值、標準差及包絡線均變化不大，其變化趨勢與現有規範區域 1 相同。但是本例分析所得之極值均小於現有規範值，推測為實驗誤差，後續 Case $G_{10}C$ 將調整實驗配置，再進行風洞實驗。

綜觀圖 4-20 至圖 4-22，當同為小有效受風面積時，區域 3 之極值風壓係數最大，區域 1 之極值風壓係數最小，和現行規範之趨勢一致；當同為中有效受風面積時，區域 3 及區域 2 之極值風壓係數相似，區域 1 值明顯較小，

和現行規範之趨勢一致。

若將原始量測風壓歷時作 1 秒移動平均後，重新執行前述所有分析，可得圖 4-23 至圖 4-25。將圖 4-20 至圖 4-22 與圖 4-23 至圖 4-25 作比較，可發現兩種作法所得風壓係數隨有效受風面積變化之趨勢類似；在相同有效受風面積下，以 1 秒移動平均歷時所得最大正(負)淨風壓係數之平均值與原始歷時所得之結果類似，但標準差及包絡線會稍微變小。在後續各 Case 中，皆採用 1 秒移動平均之歷時來進行分析及探討。

第二節 Case ($G_{10}O$)^{*}之極值分析

圖 4-26 為 Case ($G_{10}O$)^{*}之各測點分佈及測點附屬面積圖。

壹、不同風向、測點對應之淨風壓係數歷時之求取

利用第一節之第壹小節敘述之作法可求得不同風向、測點對應之淨風壓 1 秒移動平均歷時。

貳、不同風向、測點對應之最大正(負)淨風壓係數之求取

利用第一節之第貳小節敘述之作法分析前一小節所得各測點淨風壓係數歷時，可分別求取其極值。

當包絡各風向之極值後，圖 4-27 為最大正淨風壓係數之等值圖，圖 4-28 為最大負淨風壓係數之等值圖，由圖中可以看出面板角落及邊緣區風壓值變化較劇烈，面板中央風壓值較小且變化平緩。

參、不同風向、區域及有效受風面積對應之淨風壓係數歷時之求取

利用第一節之第參小節敘述之作法求取不同風向、區域及有效受風面積對應之淨風壓係數歷時。

肆、不同區域及有效受風面積對應之最大正(負)淨風壓係數之求取

利用第一節之第肆小節敘述之作法分析前一小節所得不同風向、區域及有效受風面積之淨風壓係數歷時，可分別求取其極值。

當包絡各風向之極值後，即為該區域及有效受風面積對應之最大正(負)淨風壓係數。圖 4-29 為區域 3 之最大正(負)淨風壓係數與有效受風面積之關係圖，圖 4-30 為區域 2 之最大正(負)淨風壓係數與有效受風面積之關係圖，圖 4-31 為區域 1 之最大正(負)淨風壓係數與有效受風面積之關係圖。其中在上述圖形中之現有規範值可經由表 2-8 內插求得。

圖 4-29 顯示在區域 3 中，當有效受風面積變大時，最大正(負)淨風壓係數平均值變化不大，而標準差有逐漸變小之趨勢，而最大正(負)淨風壓係數之包絡線也逐漸變小，其變化趨勢與現有規範相同。圖 4-30 顯示在區域 2 中，當有效受風面積變大時，最大正(負)淨風壓係數之平均值、標準差及包絡線

均變化不大，其變化趨勢與現有規範相同。圖 4-31 顯示在區域 1 中，當有效受風面積變大時，最大正(負)淨風壓係數之平均值、標準差及包絡線均變化不大，其變化趨勢與現有規範相同。但是本例分析所得之最大正淨風壓係數包絡值較接近現有規範值，而最大負淨風壓係數包絡值明顯小於規範值，推測為實驗誤差，後續 Case G₁₀O 將調整實驗配置，再進行風洞實驗。

第三節 Case G₁₀C 之極值分析

圖 4-32 為 Case G₁₀C 之各測分佈點及測點附屬面積圖。

壹、不同風向、測點對應之淨風壓係數歷時之求取

利用第一節之第壹小節敘述之作法可求得不同風向、測點對應之淨風壓 1 秒移動平均歷時。

貳、不同風向、測點對應之最大正(負)淨風壓係數之求取

利用第一節之第貳小節敘述之作法分析前一小節所得各測點淨風壓係數歷時，可分別求取其極值。

當包絡各風向之極值後，圖 4-33 為最大正淨風壓係數之等值圖，圖 4-34 為最大負淨風壓係數之等值圖，由圖中可以看出面板角落及邊緣區風壓值變化較劇烈，面板中央風壓值較小且變化平緩。

參、不同風向、區域及有效受風面積對應之淨風壓係數歷時之求取

利用第一節之第參小節敘述之作法求取不同風向、區域及有效受風面積對應之淨風壓係數歷時。

肆、不同區域及有效受風面積對應之最大正(負)淨風壓係數之求取

利用第一節之第肆小節敘述之作法分析前一小節所得不同風向、區域及有效受風面積之淨風壓係數歷時，可分別求取其極值。

當包絡各風向之極值後，即為該區域及有效受風面積對應之最大正(負)淨風壓係數。圖 4-35 為區域 3 之最大正(負)淨風壓係數與有效受風面積之關係圖，圖 4-36 為區域 2 之最大正(負)淨風壓係數與有效受風面積之關係圖，圖 4-37 為區域 1 之最大正(負)淨風壓係數與有效受風面積之關係圖。其中在上述圖形中之現有規範值可經由表 2-8 內插求得。

圖 4-35 顯示在區域 3 中，當有效受風面積變大時，最大正(負)淨風壓係數平均值變化不大，而標準差有逐漸變小之趨勢，而最大正(負)淨風壓係數之包絡線也逐漸變小，其變化趨勢與現有規範相同。圖 4-36 顯示在區域 2 中，當有效受風面積變大時，最大正(負)淨風壓係數之平均值、標準差及包絡線

均變化不大，其變化趨勢與現有規範相同。圖 4-37 顯示在區域 1 中，當有效受風面積變大時，最大正(負)淨風壓係數之平均值、標準差及包絡線均變化不大，其變化趨勢與現有規範相同。本例分析所得之區域 3 極值接近現有規範值，而區域 2、區域 1 極值明顯小於現有規範值。

第四節 Case G₁₀O 之極值分析

圖 4-38 為 Case G₁₀O 之各測分佈點及測點附屬面積圖。

壹、不同風向、測點對應之淨風壓係數歷時之求取

利用第一節之第壹小節敘述之作法可求得不同風向、測點對應之淨風壓 1 秒移動平均歷時。

貳、不同風向、測點對應之最大正(負)淨風壓係數之求取

利用第一節之第貳小節敘述之作法分析前一小節所得各測點淨風壓係數歷時，可分別求取其極值。

當包絡各風向之極值後，圖 4-39 為最大正淨風壓係數之等值圖，圖 4-40 為最大負淨風壓係數之等值圖，由圖中可以看出面板角落及邊緣區風壓值變化較劇烈，面板中央風壓值較小且變化平緩。

參、不同風向、區域及有效受風面積對應之淨風壓係數歷時之求取

利用第一節之第參小節敘述之作法求取不同風向、區域及有效受風面積對應之淨風壓係數歷時。

肆、不同區域及有效受風面積對應之最大正(負)淨風壓係數之求取

利用第一節之第肆小節敘述之作法分析前一小節所得不同風向、區域及有效受風面積之淨風壓係數歷時，可分別求取其極值。

當包絡各風向之極值後，即為該區域及有效受風面積對應之最大正(負)淨風壓係數。圖 4-41 為區域 3 之最大正(負)淨風壓係數與有效受風面積之關係圖，圖 4-42 為區域 2 之最大正(負)淨風壓係數與有效受風面積之關係圖，圖 4-43 為區域 1 之最大正(負)淨風壓係數與有效受風面積之關係圖。其中在上述圖形中之現有規範值可經由表 2-8 內插求得。

圖 4-41 顯示在區域 3 中，當有效受風面積變大時，最大正(負)淨風壓係數平均值變化不大，而標準差有逐漸變小之趨勢，而最大正(負)淨風壓係數之包絡線也逐漸變小，其變化趨勢與現有規範相同，但最大淨風壓係數較規範值來的大。圖 4-42 顯示在區域 2 中，當有效受風面積變大時，最大正(負)淨

風壓係數之平均值、標準差及包絡線均變化不大，其變化趨勢與現有規範相同。圖 4-43 顯示在區域 1 中，當有效受風面積變大時，最大正(負)淨風壓係數之平均值、標準差及包絡線均變化不大，其變化趨勢與現有規範相同。本例分析所得之區域 3 正極值稍微大於現有規範值，而區域 3 負極值、區域 2 及區域 1 極值接近現有規範值。

第五節 Case G₃₀C 之極值分析

圖 4-44 為 Case G₁₀O 之各測分佈點及測點附屬面積圖。

壹、不同風向、測點對應之淨風壓係數歷時之求取

利用第一節之第壹小節敘述之作法可求得不同風向、測點對應之淨風壓 1 秒移動平均歷時。

貳、不同風向、測點對應之最大正(負)淨風壓係數之求取

利用第一節之第貳小節敘述之作法分析前一小節所得各測點淨風壓係數歷時，可分別求取其極值。

當包絡各風向之極值後，圖 4-45 為最大正淨風壓係數之等值圖，圖 4-46 為最大負淨風壓係數之等值圖，由圖中可以看出面板角落及邊緣區風壓值變化較劇烈，面板中央風壓值較小且變化平緩。

參、不同風向、區域及有效受風面積對應之淨風壓係數歷時之求取

利用第一節之第參小節敘述之作法求取不同風向、區域及有效受風面積對應之淨風壓係數歷時。

肆、不同區域及有效受風面積對應之最大正(負)淨風壓係數之求取

利用第一節之第肆小節敘述之作法分析前一小節所得不同風向、區域及有效受風面積之淨風壓係數歷時，可分別求取其極值。

當包絡各風向之極值後，即為該區域及有效受風面積對應之最大正(負)淨風壓係數。圖 4-47 為區域 3 之最大正(負)淨風壓係數與有效受風面積之關係圖，圖 4-48 為區域 2 之最大正(負)淨風壓係數與有效受風面積之關係圖，圖 4-49 為區域 1 之最大正(負)淨風壓係數與有效受風面積之關係圖。其中在上述圖形中之現有規範值可經由表 2-8 內插求得。

圖 4-47 顯示在區域 3 中，當有效受風面積變大時，最大正(負)淨風壓係數平均值變化不大，而標準差有逐漸變小之趨勢，而最大正(負)淨風壓係數之包絡線也逐漸變小，其變化趨勢與現有規範相同。圖 4-48 顯示在區域 2 中，當有效受風面積變大時，最大正(負)淨風壓係數之平均值、標準差及包絡線

均變化不大，其變化趨勢與現有規範相同，但最大正(負)淨風壓係數均遠小於規範值。圖 4-49 顯示在區域 1 中，當有效受風面積變大時，最大正(負)淨風壓係數之平均值、標準差及包絡線均變化不大，其變化趨勢與現有規範相同。本例分析所得之區域 3 負極值稍微大於現有規範值，正極值接近現有規範值；而區域 2、區域 1 極值明顯小於現有規範值。

第六節 Case G₃₀O 之極值分析

圖 4-50 為 Case G₃₀O 之各測分佈點及測點附屬面積圖。

壹、不同風向、測點對應之淨風壓係數歷時之求取

利用第一節之第壹小節敘述之作法可求得不同風向、測點對應之淨風壓 1 秒移動平均歷時。

貳、不同風向、測點對應之最大正(負)淨風壓係數之求取

利用第一節之第貳小節敘述之作法分析前一小節所得各測點淨風壓係數歷時，可分別求取其極值。

當包絡各風向之極值後，圖 4-51 為最大正淨風壓係數之等值圖，圖 4-52 為最大負淨風壓係數之等值圖，由圖中可以看出面板角落及邊緣區風壓值變化較劇烈，面板中央風壓值較小且變化平緩。

參、不同風向、區域及有效受風面積對應之淨風壓係數歷時之求取

利用第一節之第參小節敘述之作法求取不同風向、區域及有效受風面積對應之淨風壓係數歷時。

肆、不同區域及有效受風面積對應之最大正(負)淨風壓係數之求取

利用第一節之第肆小節敘述之作法分析前一小節所得不同風向、區域及有效受風面積之淨風壓係數歷時，可分別求取其極值。

當包絡各風向之極值後，即為該區域及有效受風面積對應之最大正(負)淨風壓係數。圖 4-53 為區域 3 之最大正(負)淨風壓係數與有效受風面積之關係圖，圖 4-54 為區域 2 之最大正(負)淨風壓係數與有效受風面積之關係圖，圖 4-55 為區域 1 之最大正(負)淨風壓係數與有效受風面積之關係圖。其中在上述圖形中之現有規範值可經由表 2-8 內插求得。

圖 4-53 顯示在區域 3 中，當有效受風面積變大時，最大正(負)淨風壓係數平均值變化不大，而標準差有逐漸變小之趨勢，而最大正(負)淨風壓係數之包絡線也逐漸變小，其變化趨勢與現有規範相同，但最大正(負)淨風壓係數均大於規範值。圖 4-54 顯示在區域 2 中，當有效受風面積變大時，最大正(負)

淨風壓係數之平均值、標準差及包絡線均變化不大，其變化趨勢與現有規範相同。圖 4-55 顯示在區域 1 中，當有效受風面積變大時，最大正(負)淨風壓係數之平均值、標準差及包絡線均變化不大，其變化趨勢與現有規範相同。本例分析所得之區域 3 極值稍微大於現有規範值，而區域 2、區域 1 極值接近現有規範值。

第五章 地面單斜式棚架型耐風規範條文之擬議

第一節 地面單斜式棚架型極值分析結果之統整

壹、面板傾角之影響

觀察長寬比為 0.5、面板下有無阻擋之實驗結果(Case G₁₀C 和 Case G₃₀C) 和長寬比為 0.5、面板下有阻擋之實驗結果(Case G₁₀O 和 Case G₃₀O)，可發現當面板長寬比固定而傾角變大時，最大正淨風壓係數和最大負淨風壓係數皆會變大。

貳、面板下有無阻擋之影響

觀察 Case (G₁₀C)* 和 Case (G₁₀O)*、Case G₁₀C 和 Case G₁₀O、Case G₃₀C 和 Case G₃₀O，對長寬比為 0.5、傾角 10 度和 30 度之面板而言，面板下有阻擋會降低最大正淨風壓係數，但最大負淨風壓係數皆變大。唯一的例外是區域 1 對應小有效受風面積之風壓係數差異不大。

參、實驗與現有規範之比較

圖 4-20、圖 4-29、圖 4-35 及圖 4-41 顯示，面板傾角 10 度、面板下有阻擋之地面單斜式棚架型，其實驗值與規範值之比較列於表 5-1。從表中可看出，區域 3 之實驗最大正淨風壓係數會比規範值大 31%~54%，其餘實驗值接近或稍小於規範值。

圖 4-47 及圖 4-53 中顯示，面板傾角 30 度、面板下有阻擋之地面單斜式棚架型，其實驗值與規範值之比較列於表 5-2。從表中可看出，區域 3 之實驗最大正淨風壓係數及最大負風壓係數會比規範值分別大 26%及 46%，其餘實驗值接近或稍小於規範值。

根據前述風洞實驗結果之比較，現有規範值大部分稍大於實驗值，尚屬保守。但區域 3 之實驗最大正(負)淨風壓係數明顯大於規範值，建議未來將現有規範之圖 3.3(a)調整為表 5-3。

第二節 地面單斜式棚架型之擬議耐風規定

壹、適用範圍

本節提供之風壓計算公式適用於同時滿足下列條件之地面單斜式棚架型子系統

- (a) 支撐架具支撐柱，獨立設置於地面。
- (b) 棚架至少有兩個側面各有 80%以上面積為開口。

貳、設計風壓之決定

地面單斜式棚架型之設計風壓依下式計算：

$$P = q(h) \times G \times C_{pn} \dots\dots\dots(5.1)$$

其中 $q(h)$ 為平均屋頂高度 h 處之風速壓； G 為『建築物耐風設計規範與解說』第 2.7 節之陣風反應因子； C_{pn} 為淨風壓係數，見『建築物耐風設計規範與解說』圖 3.3(a)。

支撐柱本身側面之設計風力，應依據『建築物耐風設計規範與解說』第 2.2 節中開放式建築物之公式決定。

第六章 平屋頂單斜式棚架型之極值分析

Case $R_{10}A_1C$ 、Case $R_{15}A_1C$ 、Case $R_{20}A_1C$ 、Case $R_{25}A_1C$ 、Case $R_{10}A_2C$ 、Case $R_{15}A_2C$ 、Case $R_{20}A_2C$ 、Case $R_{25}A_2C$ 、Case $R_{10}A_{0.5}C$ 、Case $R_{15}A_{0.5}C$ 、Case $R_{20}A_{0.5}C$ 、Case $R_{25}A_{0.5}C$ 、Case $R_{10}A_{0.5}O$ 、Case $R_{10}A_{0.5}CP$ 及 Case $R_{10}A_{0.5}CV$ 為平屋頂單斜式棚架型之風洞實驗，將會根據風洞實驗量測資料進行極值分析，再探討不同參數對最大正風壓係數及最大負風壓係數之影響，最後擬議相關之規範圖表。本章進行極值分析時都將以實場值進行分析。

當採樣頻率越大時，極值會明顯上升，而當採樣頻率介於 10Hz 以及 20Hz 之間時，求得之極值會近似(Luis D. Aponte-Bermúdez,2006)。本計畫於淡江大學風洞實驗室採用之對應實場採樣頻率為 20Hz。

第一節 Case $R_{10}A_1C$ 之極值分析

圖 6-1 為 Case $R_{10}A_1C$ 之各測點分佈及測點附屬面積圖，圖 6-2 為 Case $R_{10}A_1C$ 之區域分佈圖(區域劃分利用「建築物耐風設計規範及解說」(2015)圖 3.3(a)定義之)

壹、不同風向、測點對應之淨風壓係數歷時之求取

不同風向、測點對應之淨風壓歷時之求取方式均相同。在某一風向下，將某一測點上表面風壓歷時減去下表面風壓歷時，獲得其淨風壓歷時後，再除以面板形心處之平均風速壓，即可得到該測點之淨風壓係數歷時。以風向角 0 度下，參考圖 6-1 測點 1 為例，圖 6-3 至圖 6-6 分別為上表面風壓歷時、下表面風壓歷時、淨風壓歷時及淨風壓係數歷時，其中原始歷時之採樣頻率為 20Hz。

若根據圖 6-6 之數據，取 1 秒移動平均可得圖 6-7。比較圖 6-6 和圖 6-7 可知，取 1 秒鐘移動平均後，淨風壓係數歷時會明顯變小。

貳、不同風向、測點對應之最大正(負)淨風壓係數之求取

根據前一節所得各測點淨風壓係數歷時，可分別求取其極值。

根據前人研究(Gavanski, Gurley and Kopp, 2016)，為確保歷時每段之極值間

為統計上獨立，相鄰極值間距至少須大於 40 秒，若每段延時為 2 分鐘，相鄰極值間距小於 40 秒的機率小於 10%，故本計畫以 5 分鐘(300 秒)為每段延時。本例量測時間對應於實場為 135 分鐘(其他風向角)或 270 分鐘(風向角 0、45、90、135、180、225、270、315 度)，故可等分為 27 段或 54 段，再從每段分別取出其最大正值及最大負值，分別以 Type I 極值分布作擬合。

Type I 極值分布之 CDF(Cumulative Distribution Function)如下：

$$F(x) = \exp(-\exp(-\alpha(x - u))) \dots\dots\dots(6.1)$$

其中 u 為位置參數； α 為尺度參數。

Type I 分布之待參數可使用 Lieblein(1974)提出的無偏差估計法(Best Linear Unbiased Estimators；BLUE)計算，以消除使用最小平方法時方程式排序過程引入之偏差。BLUE 擬合法是將樣本由小至大排列，給予每樣本相對應之權重，所求得之 u 及 α 如下式：

$$\alpha = \sum_i^n a_i \times x_i \dots\dots\dots(6.2)$$

$$u = \sum_i^n b_i \times x_i \dots\dots\dots(6.3)$$

其中 a_i 及 b_i (Dutjinh, 2014) 為第 i 個樣本之權重； x_i 為排序後第 i 個樣本； $n=27$ 或 54。

再採用 KS-test 檢核以 Type I 極值分布擬合 5 分鐘極值之適當性，當顯著性水平(significance level)採用 0.05 時，若經驗分布(empirical CDF)的最大誤差值小於規定值 0.2544($n=27$)或 0.1814($n=54$)時，即表示五分鐘極值之分布符合 Type I。

其次，從 5 分鐘(300 秒)極值對應之 Type I 分布參數推求 1 小時(3600 秒)極值所對應之 Type I 分布參數如下：

$$\alpha_{3600} = \alpha_{300} \dots\dots\dots(6.4)$$

$$u_{3600} = u_{300} + \ln\left(\frac{3600}{300}\right) \times \alpha_{300} \dots \dots \dots (6.5)$$

其中 α_{3600} 和 u_{3600} 為 1 小時極值之 Type I 參數。再進一步找出 1 小時極值分布之 78%百分位數(percentile value)。

台灣規範公式(3.4)計算所得為 1 小時最大風壓，其中所需之風速壓及陣風反應因子是以 10 分鐘為平均時間，而淨風壓係數是以 3 秒鐘為平均時間。根據 Durst curve(Durst,1960)，1 小時平均風速(風洞實驗)為 3 秒鐘平均風速除以 1.52，故將上段中推求得到之風壓係數值除以 $1.52^2 (= 2.3104)$ (Duthinh,Main,Gierson and Phillips,2017)，即可作為台灣規範淨風壓係數之參考。

舉例而言，當風向角 0 度下，將測點 1 之風壓歷時分為 54 段，每段延時為 5 分鐘，取出每段最大正值及最大負值。利用 BLUE 估計法可得到其最大正值分佈參數 $u_{300}=1.4063$ 和 $\alpha_{300}=0.1634$ ；最大負值分佈參數為 $u_{300}=1.6475$ 和 $\alpha_{300} = 0.1292$ 。再使用 KS-test 檢核 Type I 分布之適當性，最大正值及最大負值之經驗分布(empirical CDF)最大誤差值分別為 0.0910 和 0.0870，皆小於規定值 0.1814。利用(6.4)式及(6.5)式計算 1 小時最大正值之分布參數為 $u_{3600}=1.8123$ 、 $\alpha_{3600}=0.1634$ ；1 小時最大正值極值分布之 78%百分位數(percentile value)為 2.0396，而 1 小時最大負值極值分布之 78%百分位數(percentile value)為-1.9685；最後，將 2.0396 及-1.9685 除以 1.52^2 ，可得對應於台灣規範之淨風壓係數 0.8828 及-0.8520。

當風向角為 0 度時，圖 6-8 及圖 6-9 分別為根據各測點正(負)極值淨風壓係數所繪之等值圖。當包絡各風向之極值後，圖 6-10 及圖 6-11 分別為最大正(負)淨風壓係數之等值圖，可以看出面板角落及邊緣區風壓值變化較劇烈，其面板中央風壓值較小且變化平緩。

參、不同風向、區域及受風面積對應之淨風壓係數歷時之求取

不同風向、區域及受風面積對應之淨風壓係數歷時之求取方式均相同。根據台灣規範(「建築物耐風設計規範及解說」(2015)圖 3.3(a)定義之面板分區及面積)。本例由於實驗限制，在區域 3 及區域 2 中無法涵蓋大受風面積之分析。由於大面積($A \geq 4a^2$)在區域 2、3 受限於長寬比(aspect ratio)之因素，

無法進行大受風面積分析；全部區域皆無法涵蓋小受風面積之分析。

將某一區域(1、2 或 3)、某一有效受風面積內之各測點淨風壓係數歷時，根據各測點在區域內之附屬面積作加權平均，可得對應該區域及有效受風面積之淨風壓係數歷時。舉例而言，在風向角 0 度下，參考圖 6-1，面板左下角區塊之受風面積=0.81m²，其中只位於測點 1 內，所以等同於測點 1 之淨風壓歷時，圖 6-12 為面積作加權平均之淨風壓係數歷時。

若根據圖 6-12 之數據，取 1 秒移動平均可得圖 6-13。比較圖 6-12 和圖 6-13 可知，取 1 秒鐘移動平均後，淨風壓係數歷時會明顯變小。

肆、不同區域及受風面積對應之最大正(負)淨風壓係數之求取

根據第參小節所得不同風向、區域及受風面積之淨風壓係數歷時，採用第貳小節相同之極值分析方式，可分別求取其對應之極值。圖 6-14 至圖 6-16 為 0 度風向角下，區域 1、2、3 極值淨風壓係數與受風面積之關係圖；圖 6-17 至圖 6-19 為 180 度風向角下，區域 1、2、3 極值淨風壓係數與受風面積之關係圖。

將不同風向之極值取包絡值，即為該區域及受風面積對應之最大正(負)淨風壓係數。圖 6-20 至圖 6-22 分別為區域 3、2、1 之最大正(負)淨風壓係數與受風面積之關係圖。

若將原始量測風壓歷時作 1 秒移動平均後，重新執行前述所有分析，可得圖 6-23~圖 6-25。將圖 6-20 至圖 6-22 與圖 6-23 至圖 6-25 做比較，可發現兩種作法所得風壓係數隨受風面積變化之趨勢類似；在相同受風面積下，以 1 秒移動平均歷時所得最大正(負)淨風壓係數之平均值與原始歷時所得之結果類似，但標準差及包絡線會稍微變小。在後續各 Case 中，皆採用 1 秒移動平均之歷時來進行分析及探討。

圖 6-23 至圖 6-25 中可發現淨風壓係數皆隨著有效受風面積變大而下降，為了訂定相關規範值並符合現有規範相同之精神，採用 $A=a^2$ 對應之係數當作有效受風面積之規範係數值， $A=4a^2$ 對應之係數當作大有效受風面積之規範係數值；由於無法直接得到小受風面積之係數值，後面訂定係數值將根據現有實驗及規範之趨勢推導得出。區域 3 中 $A=a^2$ 對應之係數值為 0.67 和 -2.16， $A=4a^2$ 對應之係數值為 0.56 和 -1.69；區域 2 中 $A=a^2$ 對應之係數值為 0.66 和

-1.56， $A=4a^2$ 對應之係數值為 0.55 和-1.23；區域 1 中 $A=a^2$ 對應之係數值為 0.66 和-0.90， $A=4a^2$ 對應之係數值為 0.64 和-0.75。

第二節 Case R₂₀A₁C 之極值分析

圖 6-26 為 Case R₂₀A₁C 之各測分佈點及測點附屬面積圖。

壹、不同風向、測點對應之淨風壓係數歷時之求取

利用第一節之第壹小節敘述之作法可求得不同風向、測點對應之淨風壓 1 秒移動平均歷時。

貳、不同風向、測點對應之最大正(負)淨風壓係數之求取

利用第一節之第貳小節敘述之作法分析前一小節所得各測點淨風壓係數歷時，可分別求取其極值。

當包絡各風向之極值後，圖 6-27 為最大正淨風壓係數之等值圖，圖 6-28 為最大負淨風壓係數之等值圖。圖 6-27 可以看出面板整體風壓值變化平緩，其面板角落及邊緣區風壓值稍微較大；圖 6-28 可以看出面板角落及邊緣區風壓值變化較劇烈，其面板中央風壓值較小且變化平緩。

參、不同風向、區域及有效受風面積對應之淨風壓係數歷時之求取

利用第一節之第參小節敘述之作法求取不同風向、區域及有效受風面積對應之淨風壓係數歷時。本例由於實驗限制，在所有區域中皆無法涵蓋小有效受風面積之分析。

肆、不同區域及有效受風面積對應之最大正(負)淨風壓係數之求取

利用第一節之第肆小節敘述之作法分析前一小節所得不同風向、區域及有效受風面積之淨風壓係數歷時，可分別求取其極值。

當包絡各風向之極值後，即為該區域及有效受風面積對應之最大正(負)淨風壓係數。圖 6-29 為區域 3 之最大正(負)淨風壓係數與有效受風面積之關係圖，圖 6-30 為區域 2 之最大正(負)淨風壓係數與有效受風面積之關係圖，圖 6-31 為區域 1 之最大正(負)淨風壓係數與有效受風面積之關係圖。

圖 6-29 顯示在區域 3 中，淨風壓係數接隨著有效受風面積變大而下降， $A=a^2$ 對應之係數值為 1.22 和 -2.47， $A=4a^2$ 對應之係數值為 0.99 和 -1.93；圖 6-30 顯示在區域 2 中，淨風壓係數接隨著有效受風面積變大而下降， $A=a^2$ 對

應之係數值為 1.07 和-1.83， $A=4a^2$ 對應之係數值為 0.87 和-1.93；圖 6-31 顯示在區域 1 中，淨風壓係數接隨著有效受風面積變大而下降， $A=a^2$ 對應之係數值為 0.83 和-1.09， $A=4a^2$ 對應之係數值為 0.72 和-0.99。

第三節 Case R₂₀A₁C 之極值分析

圖 6-32 為 Case R₂₀A₁C 之各測分佈點及測點附屬面積圖。

壹、不同風向、測點對應之淨風壓係數歷時之求取

利用第一節之第壹小節敘述之作法可求得不同風向、測點對應之淨風壓 1 秒移動平均歷時。

貳、不同風向、測點對應之最大正(負)淨風壓係數之求取

利用第一節之第貳小節敘述之作法分析前一小節所得各測點淨風壓係數歷時，可分別求取其極值。

當包絡各風向之極值後，圖 6-33 為最大正淨風壓係數之等值圖，圖 6-34 為最大負淨風壓係數之等值圖。圖 6-33 可以看出面板整體風壓值變化平緩，其面板角落及邊緣區風壓值稍微較大；圖 6-34 可以看出面板角落及邊緣區風壓值變化較劇烈，其面板中央風壓值較小且變化平緩。

參、不同風向、區域及有效受風面積對應之淨風壓係數歷時之求取

利用第一節之第參小節敘述之作法求取不同風向、區域及有效受風面積對應之淨風壓係數歷時。本例由於實驗限制，在所有區域中皆無法涵蓋小有效受風面積之分析。

肆、不同區域及有效受風面積對應之最大正(負)淨風壓係數之求取

利用第一節之第肆小節敘述之作法分析前一小節所得不同風向、區域及有效受風面積之淨風壓係數歷時，可分別求取其極值。

當包絡各風向之極值後，即為該區域及有效受風面積對應之最大正(負)淨風壓係數。圖 6-35 為區域 3 之最大正(負)淨風壓係數與有效受風面積之關係圖，圖 6-36 為區域 2 之最大正(負)淨風壓係數與有效受風面積之關係圖，圖 6-37 為區域 1 之最大正(負)淨風壓係數與有效受風面積之關係圖。

圖 6-35 顯示在區域 3 中，淨風壓係數接隨著有效受風面積變大而下降， $A=a^2$ 對應之係數值為 1.58 和 -2.50， $A=4a^2$ 對應之係數值為 1.21 和 -2.00；圖 6-36 顯示在區域 2 中，淨風壓係數接隨著有效受風面積變大而下降， $A=a^2$ 對

應之係數值為 1.37 和-1.89， $A=4a^2$ 對應之係數值為 1.07 和-1.57；圖 6-37 顯示在區域 1 中，淨風壓係數接隨著有效受風面積變大而下降， $A=a^2$ 對應之係數值為 1.06 和-1.30， $A=4a^2$ 對應之係數值為 0.81 和-1.23。

第四節 Case R₂₅A₁C 之極值分析

圖 6-38 為 Case R₂₅A₁C 之各測分佈點及測點附屬面積圖。

壹、不同風向、測點對應之淨風壓係數歷時之求取

利用第一節之第壹小節敘述之作法可求得不同風向、測點對應之淨風壓 1 秒移動平均歷時。

貳、不同風向、測點對應之最大正(負)淨風壓係數之求取

利用第一節之第貳小節敘述之作法分析前一小節所得各測點淨風壓係數歷時，可分別求取其極值。

當包絡各風向之極值後，圖 6-39 為最大正淨風壓係數之等值圖，圖 6-40 為最大負淨風壓係數之等值圖。圖 6-39 可以看出面板整體風壓值變化平緩，其面板角落及邊緣區風壓值稍微較大；圖 6-40 可以看出面板角落及邊緣區風壓值變化較劇烈，其面板中央風壓值較小且變化平緩。

參、不同風向、區域及有效受風面積對應之淨風壓係數歷時之求取

利用第一節之第參小節敘述之作法求取不同風向、區域及有效受風面積對應之淨風壓係數歷時。本例由於實驗限制，在所有區域中皆無法涵蓋小有效受風面積之分析。

肆、不同區域及有效受風面積對應之最大正(負)淨風壓係數之求取

利用第一節之第肆小節敘述之作法分析前一小節所得不同風向、區域及有效受風面積之淨風壓係數歷時，可分別求取其極值。

當包絡各風向之極值後，即為該區域及有效受風面積對應之最大正(負)淨風壓係數。圖 6-41 為區域 3 之最大正(負)淨風壓係數與有效受風面積之關係圖，圖 6-42 為區域 2 之最大正(負)淨風壓係數與有效受風面積之關係圖，圖 6-43 為區域 1 之最大正(負)淨風壓係數與有效受風面積之關係圖。

圖 6-41 顯示在區域 3 中，淨風壓係數接隨著有效受風面積變大而下降， $A=a^2$ 對應之係數值為 1.82 和 -2.80， $A=4a^2$ 對應之係數值為 1.31 和 -2.26；圖 6-42 顯示在區域 2 中，淨風壓係數接隨著有效受風面積變大而下降， $A=a^2$ 對

應之係數值為 1.59 和-2.19， $A=4a^2$ 對應之係數值為 1.18 和-1.84；圖 6-43 顯示在區域 1 中，淨風壓係數接隨著有效受風面積變大而下降， $A=a^2$ 對應之係數值為 1.20 和-1.61， $A=4a^2$ 對應之係數值為 0.87 和-1.48。

第五節 Case R₁₀A₂C 之極值分析

圖 6-44 為 Case R₁₀A₂C 之各測分佈點及測點附屬面積圖。

壹、不同風向、測點對應之淨風壓係數歷時之求取

利用第一節之第壹小節敘述之作法可求得不同風向、測點對應之淨風壓 1 秒移動平均歷時。

貳、不同風向、測點對應之最大正(負)淨風壓係數之求取

利用第一節之第貳小節敘述之作法分析前一小節所得各測點淨風壓係數歷時，可分別求取其極值。

當包絡各風向之極值後，圖 6-45 為最大正淨風壓係數之等值圖，圖 6-46 為最大負淨風壓係數之等值圖。圖 6-45 可以看出面板整體風壓值變化平緩，其面板角落及邊緣區風壓值稍微較大；圖 6-46 可以看出面板角落及邊緣區風壓值變化較劇烈，其面板中央風壓值較小且變化平緩。

參、不同風向、區域及有效受風面積對應之淨風壓係數歷時之求取

利用第一節之第參小節敘述之作法求取不同風向、區域及有效受風面積對應之淨風壓係數歷時。本例由於實驗限制，在所有區域中皆無法涵蓋小有效受風面積之分析。

肆、不同區域及有效受風面積對應之最大正(負)淨風壓係數之求取

利用第一節之第肆小節敘述之作法分析前一小節所得不同風向、區域及有效受風面積之淨風壓係數歷時，可分別求取其極值。

當包絡各風向之極值後，即為該區域及有效受風面積對應之最大正(負)淨風壓係數。圖 6-47 為區域 3 之最大正(負)淨風壓係數與有效受風面積之關係圖，圖 6-48 為區域 2 之最大正(負)淨風壓係數與有效受風面積之關係圖，圖 6-49 為區域 1 之最大正(負)淨風壓係數與有效受風面積之關係圖。

圖 6-47 顯示在區域 3 中，淨風壓係數接隨著有效受風面積變大而下降， $A=a^2$ 對應之係數值為 0.59 和 -1.73， $A=4a^2$ 對應之係數值為 0.47 和 -1.36；圖 6-48 顯示在區域 2 中，淨風壓係數接隨著有效受風面積變大而下降， $A=a^2$ 對

應之係數值為 0.45 和-1.25， $A=4a^2$ 對應之係數值為 0.34 和-0.98；圖 6-49 顯示在區域 1 中，淨風壓係數接隨著有效受風面積變大而下降， $A=a^2$ 對應之係數值為 0.48 和-0.62， $A=4a^2$ 對應之係數值為 0.30 和-0.52。

第六節 Case R₁₅A₂C 之極值分析

圖 6-50 為 Case R₁₅A₂C 之各測分佈點及測點附屬面積圖。

壹、不同風向、測點對應之淨風壓係數歷時之求取

利用第一節之第壹小節敘述之作法可求得不同風向、測點對應之淨風壓 1 秒移動平均歷時。

貳、不同風向、測點對應之最大正(負)淨風壓係數之求取

利用第一節之第貳小節敘述之作法分析前一小節所得各測點淨風壓係數歷時，可分別求取其極值。

當包絡各風向之極值後，圖 6-51 為最大正淨風壓係數之等值圖，圖 6-52 為最大負淨風壓係數之等值圖。圖 6-51 可以看出面板整體風壓值變化平緩，其面板角落及邊緣區風壓值稍微較大；圖 6-52 可以看出面板角落及邊緣區風壓值變化較劇烈，其面板中央風壓值較小且變化平緩。

參、不同風向、區域及有效受風面積對應之淨風壓係數歷時之求取

利用第一節之第參小節敘述之作法求取不同風向、區域及有效受風面積對應之淨風壓係數歷時。本例由於實驗限制，在所有區域中皆無法涵蓋小有效受風面積之分析。

肆、不同區域及有效受風面積對應之最大正(負)淨風壓係數之求取

利用第一節之第肆小節敘述之作法分析前一小節所得不同風向、區域及有效受風面積之淨風壓係數歷時，可分別求取其極值。

當包絡各風向之極值後，即為該區域及有效受風面積對應之最大正(負)淨風壓係數。圖 6-53 為區域 3 之最大正(負)淨風壓係數與有效受風面積之關係圖，圖 6-54 為區域 2 之最大正(負)淨風壓係數與有效受風面積之關係圖，圖 6-55 為區域 1 之最大正(負)淨風壓係數與有效受風面積之關係圖。

圖 6-53 顯示在區域 3 中，淨風壓係數接隨著有效受風面積變大而下降， $A=a^2$ 對應之係數值為 1.01 和 -1.89， $A=4a^2$ 對應之係數值為 0.77 和 -1.51；圖 6-54 顯示在區域 2 中，淨風壓係數接隨著有效受風面積變大而下降， $A=a^2$ 對

應之係數值為 0.66 和-1.38， $A=4a^2$ 對應之係數值為 0.53 和-1.11；圖 6-55 顯示在區域 1 中，淨風壓係數接隨著有效受風面積變大而下降， $A=a^2$ 對應之係數值為 0.65 和-0.68， $A=4a^2$ 對應之係數值為 0.45 和-0.56。

第七節 Case R₂₀A₂C 之極值分析

圖 6-56 為 Case R₂₀A₂C 之各測分佈點及測點附屬面積圖。

壹、不同風向、測點對應之淨風壓係數歷時之求取

利用第一節之第壹小節敘述之作法可求得不同風向、測點對應之淨風壓 1 秒移動平均歷時。

貳、不同風向、測點對應之最大正(負)淨風壓係數之求取

利用第一節之第貳小節敘述之作法分析前一小節所得各測點淨風壓係數歷時，可分別求取其極值。

當包絡各風向之極值後，圖 6-57 為最大正淨風壓係數之等值圖，圖 6-58 為最大負淨風壓係數之等值圖。圖 6-57 可以看出面板整體風壓值變化平緩，其面板角落及邊緣區風壓值稍微較大；圖 6-58 可以看出面板角落及邊緣區風壓值變化較劇烈，其面板中央風壓值較小且變化平緩。

參、不同風向、區域及有效受風面積對應之淨風壓係數歷時之求取

利用第一節之第參小節敘述之作法求取不同風向、區域及有效受風面積對應之淨風壓係數歷時。本例由於實驗限制，在所有區域中皆無法涵蓋小有效受風面積之分析。

肆、不同區域及有效受風面積對應之最大正(負)淨風壓係數之求取

利用第一節之第肆小節敘述之作法分析前一小節所得不同風向、區域及有效受風面積之淨風壓係數歷時，可分別求取其極值。

當包絡各風向之極值後，即為該區域及有效受風面積對應之最大正(負)淨風壓係數。圖 6-59 為區域 3 之最大正(負)淨風壓係數與有效受風面積之關係圖，圖 6-60 為區域 2 之最大正(負)淨風壓係數與有效受風面積之關係圖，圖 6-61 為區域 1 之最大正(負)淨風壓係數與有效受風面積之關係圖。

圖 6-59 顯示在區域 3 中，淨風壓係數接隨著有效受風面積變大而下降， $A=a^2$ 對應之係數值為 1.09 和 -2.05， $A=4a^2$ 對應之係數值為 0.92 和 -1.58；圖 6-60 顯示在區域 2 中，淨風壓係數接隨著有效受風面積變大而下降， $A=a^2$ 對

應之係數值為 0.83 和-1.51， $A=4a^2$ 對應之係數值為 0.72 和-1.21；圖 6-61 顯示在區域 1 中，淨風壓係數接隨著有效受風面積變大而下降， $A=a^2$ 對應之係數值為 0.71 和-0.77， $A=4a^2$ 對應之係數值為 0.55 和-0.63。

第八節 Case R₂₅A₂C 之極值分析

圖 6-62 為 Case R₂₅A₂C 之各測分佈點及測點附屬面積圖。

壹、不同風向、測點對應之淨風壓係數歷時之求取

利用第一節之第壹小節敘述之作法可求得不同風向、測點對應之淨風壓 1 秒移動平均歷時。

貳、不同風向、測點對應之最大正(負)淨風壓係數之求取

利用第一節之第貳小節敘述之作法分析前一小節所得各測點淨風壓係數歷時，可分別求取其極值。

當包絡各風向之極值後，圖 6-63 為最大正淨風壓係數之等值圖，圖 6-64 為最大負淨風壓係數之等值圖。圖 6-63 可以看出面板整體風壓值變化平緩，其面板角落及邊緣區風壓值稍微較大；圖 6-64 可以看出面板角落及邊緣區風壓值變化較劇烈，其面板中央風壓值較小且變化平緩。

參、不同風向、區域及有效受風面積對應之淨風壓係數歷時之求取

利用第一節之第參小節敘述之作法求取不同風向、區域及有效受風面積對應之淨風壓係數歷時。本例由於實驗限制，在所有區域中皆無法涵蓋小有效受風面積之分析。

肆、不同區域及有效受風面積對應之最大正(負)淨風壓係數之求取

利用第一節之第肆小節敘述之作法分析前一小節所得不同風向、區域及有效受風面積之淨風壓係數歷時，可分別求取其極值。

當包絡各風向之極值後，即為該區域及有效受風面積對應之最大正(負)淨風壓係數。圖 6-65 為區域 3 之最大正(負)淨風壓係數與有效受風面積之關係圖，圖 6-66 為區域 2 之最大正(負)淨風壓係數與有效受風面積之關係圖，圖 6-67 為區域 1 之最大正(負)淨風壓係數與有效受風面積之關係圖。

圖 6-65 顯示在區域 3 中，淨風壓係數接隨著有效受風面積變大而下降， $A=a^2$ 對應之係數值為 1.42 和 -1.95， $A=4a^2$ 對應之係數值為 1.10 和 -1.61；圖 6-66 顯示在區域 2 中，淨風壓係數接隨著有效受風面積變大而下降， $A=a^2$ 對

應之係數值為 0.99 和-1.45， $A=4a^2$ 對應之係數值為 0.86 和-1.27；圖 6-67 顯示在區域 1 中，淨風壓係數接隨著有效受風面積變大而下降， $A=a^2$ 對應之係數值為 0.72 和-0.95， $A=4a^2$ 對應之係數值為 0.65 和-0.72。

第九節 Case R₁₀A_{0.5}C 之極值分析

圖 6-68 為 Case R₁₀A_{0.5}C 之各測分佈點及測點附屬面積圖。

壹、不同風向、測點對應之淨風壓係數歷時之求取

利用第一節之第壹小節敘述之作法可求得不同風向、測點對應之淨風壓 1 秒移動平均歷時。

貳、不同風向、測點對應之最大正(負)淨風壓係數之求取

利用第一節之第貳小節敘述之作法分析前一小節所得各測點淨風壓係數歷時，可分別求取其極值。

當包絡各風向之極值後，圖 6-69 為最大正淨風壓係數之等值圖，圖 6-70 為最大負淨風壓係數之等值圖。圖 6-69 可以看出面板整體風壓值變化平緩，其面板角落及邊緣區風壓值稍微較大；圖 6-70 可以看出面板角落及邊緣區風壓值變化較劇烈，其面板中央風壓值較小且變化平緩。

參、不同風向、區域及有效受風面積對應之淨風壓係數歷時之求取

利用第一節之第參小節敘述之作法求取不同風向、區域及有效受風面積對應之淨風壓係數歷時。本例由於實驗限制，在所有區域中皆無法涵蓋小有效受風面積之分析。

肆、不同區域及有效受風面積對應之最大正(負)淨風壓係數之求取

利用第一節之第肆小節敘述之作法分析前一小節所得不同風向、區域及有效受風面積之淨風壓係數歷時，可分別求取其極值。

當包絡各風向之極值後，即為該區域及有效受風面積對應之最大正(負)淨風壓係數。圖 6-71 為區域 3 之最大正(負)淨風壓係數與有效受風面積之關係圖，圖 6-72 為區域 2 之最大正(負)淨風壓係數與有效受風面積之關係圖，圖 6-73 為區域 1 之最大正(負)淨風壓係數與有效受風面積之關係圖。

圖 6-71 顯示在區域 3 中，淨風壓係數接隨著有效受風面積變大而下降， $A=a^2$ 對應之係數值為 0.55 和 -2.44， $A=4a^2$ 對應之係數值為 0.46 和 -2.00；圖 6-72 顯示在區域 2 中，淨風壓係數接隨著有效受風面積變大而下降， $A=a^2$ 對

應之係數值為 0.52 和-1.73， $A=4a^2$ 對應之係數值為 0.46 和-1.45；圖 6-73 顯示在區域 1 中，淨風壓係數接隨著有效受風面積變大而下降， $A=a^2$ 對應之係數值為 0.72 和-1.09， $A=4a^2$ 對應之係數值為 0.67 和-1.06。

第十節 Case R₁₅A_{0.5}C 之極值分析

圖 6-74 為 Case R₁₅A_{0.5}C 之各測分佈點及測點附屬面積圖。

壹、不同風向、測點對應之淨風壓係數歷時之求取

利用第一節之第壹小節敘述之作法可求得不同風向、測點對應之淨風壓 1 秒移動平均歷時。

貳、不同風向、測點對應之最大正(負)淨風壓係數之求取

利用第一節之第貳小節敘述之作法分析前一小節所得各測點淨風壓係數歷時，可分別求取其極值。

當包絡各風向之極值後，圖 6-75 為最大正淨風壓係數之等值圖，圖 6-76 為最大負淨風壓係數之等值圖。圖 6-75 可以看出面板整體風壓值變化平緩，其面板角落及邊緣區風壓值稍微較大；圖 6-76 可以看出面板角落及邊緣區風壓值變化較劇烈，其面板中央風壓值較小且變化平緩。

參、不同風向、區域及有效受風面積對應之淨風壓係數歷時之求取

利用第一節之第參小節敘述之作法求取不同風向、區域及有效受風面積對應之淨風壓係數歷時。本例由於實驗限制，在所有區域中皆無法涵蓋小有效受風面積之分析。

肆、不同區域及有效受風面積對應之最大正(負)淨風壓係數之求取

利用第一節之第肆小節敘述之作法分析前一小節所得不同風向、區域及有效受風面積之淨風壓係數歷時，可分別求取其極值。

當包絡各風向之極值後，即為該區域及有效受風面積對應之最大正(負)淨風壓係數。圖 6-77 為區域 3 之最大正(負)淨風壓係數與有效受風面積之關係圖，圖 6-78 為區域 2 之最大正(負)淨風壓係數與有效受風面積之關係圖，圖 6-79 為區域 1 之最大正(負)淨風壓係數與有效受風面積之關係圖。

圖 6-77 顯示在區域 3 中，淨風壓係數接隨著有效受風面積變大而下降， $A=a^2$ 對應之係數值為 1.23 和 -2.74， $A=4a^2$ 對應之係數值為 0.98 和 -2.34；圖 6-78 顯示在區域 2 中，淨風壓係數接隨著有效受風面積變大而下降， $A=a^2$ 對

應之係數值為 1.06 和-1.96， $A=4a^2$ 對應之係數值為 0.84 和-1.70；圖 6-79 顯示在區域 1 中，淨風壓係數接隨著有效受風面積變大而下降， $A=a^2$ 對應之係數值為 0.80 和-1.45， $A=4a^2$ 對應之係數值為 0.72 和-1.29。

第十一節 Case R₂₀A_{0.5}C 之極值分析

圖 6-80 為 Case R₂₀A_{0.5}C 之各測分佈點及測點附屬面積圖。

壹、不同風向、測點對應之淨風壓係數歷時之求取

利用第一節之第壹小節敘述之作法可求得不同風向、測點對應之淨風壓 1 秒移動平均歷時。

貳、不同風向、測點對應之最大正(負)淨風壓係數之求取

利用第一節之第貳小節敘述之作法分析前一小節所得各測點淨風壓係數歷時，可分別求取其極值。

當包絡各風向之極值後，圖 6-81 為最大正淨風壓係數之等值圖，圖 6-82 為最大負淨風壓係數之等值圖。圖 6-81 可以看出面板整體風壓值變化平緩，其面板角落及邊緣區風壓值稍微較大；圖 6-82 可以看出面板角落及邊緣區風壓值變化較劇烈，其面板中央風壓值較小且變化平緩。

參、不同風向、區域及有效受風面積對應之淨風壓係數歷時之求取

利用第一節之第參小節敘述之作法求取不同風向、區域及有效受風面積對應之淨風壓係數歷時。本例由於實驗限制，在所有區域中皆無法涵蓋小有效受風面積之分析。

肆、不同區域及有效受風面積對應之最大正(負)淨風壓係數之求取

利用第一節之第肆小節敘述之作法分析前一小節所得不同風向、區域及有效受風面積之淨風壓係數歷時，可分別求取其極值。

當包絡各風向之極值後，即為該區域及有效受風面積對應之最大正(負)淨風壓係數。圖 6-83 為區域 3 之最大正(負)淨風壓係數與有效受風面積之關係圖，圖 6-84 為區域 2 之最大正(負)淨風壓係數與有效受風面積之關係圖，圖 6-85 為區域 1 之最大正(負)淨風壓係數與有效受風面積之關係圖。

圖 6-83 顯示在區域 3 中，淨風壓係數接隨著有效受風面積變大而下降， $A=a^2$ 對應之係數值為 1.44 和 -2.95， $A=4a^2$ 對應之係數值為 1.09 和 -2.41；圖 6-84 顯示在區域 2 中，淨風壓係數接隨著有效受風面積變大而下降， $A=a^2$ 對

應之係數值為 1.26 和-2.16， $A=4a^2$ 對應之係數值為 0.98 和-1.86；圖 6-85 顯示在區域 1 中，淨風壓係數接隨著有效受風面積變大而下降， $A=a^2$ 對應之係數值為 1.01 和-1.61， $A=4a^2$ 對應之係數值為 0.82 和-1.46。

第十二節 Case R₂₅A_{0.5}C 之極值分析

圖 6-86 為 Case R₂₅A_{0.5}C 之各測分佈點及測點附屬面積圖。

壹、不同風向、測點對應之淨風壓係數歷時之求取

利用第一節之第壹小節敘述之作法可求得不同風向、測點對應之淨風壓 1 秒移動平均歷時。

貳、不同風向、測點對應之最大正(負)淨風壓係數之求取

利用第一節之第貳小節敘述之作法分析前一小節所得各測點淨風壓係數歷時，可分別求取其極值。

當包絡各風向之極值後，圖 6-87 為最大正淨風壓係數之等值圖，圖 6-88 為最大負淨風壓係數之等值圖。圖 6-87 可以看出面板整體風壓值變化平緩，其面板角落及邊緣區風壓值稍微較大；圖 6-88 可以看出面板角落及邊緣區風壓值變化較劇烈，其面板中央風壓值較小且變化平緩。

參、不同風向、區域及有效受風面積對應之淨風壓係數歷時之求取

利用第一節之第參小節敘述之作法求取不同風向、區域及有效受風面積對應之淨風壓係數歷時。本例由於實驗限制，在所有區域中皆無法涵蓋小有效受風面積之分析。

肆、不同區域及有效受風面積對應之最大正(負)淨風壓係數之求取

利用第一節之第肆小節敘述之作法分析前一小節所得不同風向、區域及有效受風面積之淨風壓係數歷時，可分別求取其極值。

當包絡各風向之極值後，即為該區域及有效受風面積對應之最大正(負)淨風壓係數。圖 6-89 為區域 3 之最大正(負)淨風壓係數與有效受風面積之關係圖，圖 6-90 為區域 2 之最大正(負)淨風壓係數與有效受風面積之關係圖，圖 6-91 為區域 1 之最大正(負)淨風壓係數與有效受風面積之關係圖。

圖 6-89 顯示在區域 3 中，淨風壓係數接隨著有效受風面積變大而下降， $A=a^2$ 對應之係數值為 1.77 和 -3.02， $A=4a^2$ 對應之係數值為 1.27 和 -2.59；圖 6-90 顯示在區域 2 中，淨風壓係數接隨著有效受風面積變大而下降， $A=a^2$ 對

應之係數值為 1.51 和-2.31， $A=4a^2$ 對應之係數值為 1.14 和-2.07；圖 6-91 顯示在區域 1 中，淨風壓係數接隨著有效受風面積變大而下降， $A=a^2$ 對應之係數值為 1.09 和-1.77， $A=4a^2$ 對應之係數值為 0.85 和-1.67。

第十三節 Case R₁₀A_{0.5}O 之極值分析

圖 6-92 為 Case R₁₀A_{0.5}O 之各測分佈點及測點附屬面積圖。

壹、不同風向、測點對應之淨風壓係數歷時之求取

利用第一節之第壹小節敘述之作法可求得不同風向、測點對應之淨風壓 1 秒移動平均歷時。

貳、不同風向、測點對應之最大正(負)淨風壓係數之求取

利用第一節之第貳小節敘述之作法分析前一小節所得各測點淨風壓係數歷時，可分別求取其極值。

當包絡各風向之極值後，圖 6-93 為最大正淨風壓係數之等值圖，圖 6-94 為最大負淨風壓係數之等值圖。圖 6-93 可以看出面板整體風壓值變化平緩，其面板角落及邊緣區風壓值稍微較大；圖 6-94 可以看出面板角落及邊緣區風壓值變化較劇烈，其面板中央風壓值較小且變化平緩。

參、不同風向、區域及有效受風面積對應之淨風壓係數歷時之求取

利用第一節之第參小節敘述之作法求取不同風向、區域及有效受風面積對應之淨風壓係數歷時。本例由於實驗限制，在所有區域中皆無法涵蓋小有效受風面積之分析。

肆、不同區域及有效受風面積對應之最大正(負)淨風壓係數之求取

利用第一節之第肆小節敘述之作法分析前一小節所得不同風向、區域及有效受風面積之淨風壓係數歷時，可分別求取其極值。

當包絡各風向之極值後，即為該區域及有效受風面積對應之最大正(負)淨風壓係數。圖 6-95 為區域 3 之最大正(負)淨風壓係數與有效受風面積之關係圖，圖 6-96 為區域 2 之最大正(負)淨風壓係數與有效受風面積之關係圖，圖 6-97 為區域 1 之最大正(負)淨風壓係數與有效受風面積之關係圖。

圖 6-95 顯示在區域 3 中，淨風壓係數接隨著有效受風面積變大而下降， $A=a^2$ 對應之係數值為 0.48 和 -2.75， $A=4a^2$ 對應之係數值為 0.42 和 -2.24；圖 6-96 顯示在區域 2 中，淨風壓係數接隨著有效受風面積變大而下降， $A=a^2$ 對

應之係數值為 0.54 和-1.94， $A=4a^2$ 對應之係數值為 0.44 和-1.62；圖 6-97 顯示在區域 1 中，淨風壓係數接隨著有效受風面積變大而下降， $A=a^2$ 對應之係數值為 0.76 和-1.41， $A=4a^2$ 對應之係數值為 0.67 和-1.22。

第十四節 Case R₁₀A_{0.5}CP 之極值分析

圖 6-98 為 Case R₁₀A_{0.5}CP 之各測分佈點及測點附屬面積圖。

壹、不同風向、測點對應之淨風壓係數歷時之求取

利用第一節之第壹小節敘述之作法可求得不同風向、測點對應之淨風壓 1 秒移動平均歷時。

貳、不同風向、測點對應之最大正(負)淨風壓係數之求取

利用第一節之第貳小節敘述之作法分析前一小節所得各測點淨風壓係數歷時，可分別求取其極值。

當包絡各風向之極值後，圖 6-99 為最大正淨風壓係數之等值圖，圖 6-100 為最大負淨風壓係數之等值圖。圖 6-99 可以看出面板整體風壓值變化平緩，其面板角落及邊緣區風壓值稍微較大；圖 6-100 可以看出面板角落及邊緣區風壓值變化較劇烈，其面板中央風壓值較小且變化平緩。

參、不同風向、區域及有效受風面積對應之淨風壓係數歷時之求取

利用第一節之第參小節敘述之作法求取不同風向、區域及有效受風面積對應之淨風壓係數歷時。本例由於實驗限制，在所有區域中皆無法涵蓋小有效受風面積之分析。

肆、不同區域及有效受風面積對應之最大正(負)淨風壓係數之求取

利用第一節之第肆小節敘述之作法分析前一小節所得不同風向、區域及有效受風面積之淨風壓係數歷時，可分別求取其極值。

當包絡各風向之極值後，即為該區域及有效受風面積對應之最大正(負)淨風壓係數。圖 6-101 為區域 3 之最大正(負)淨風壓係數與有效受風面積之關係圖，圖 6-102 為區域 2 之最大正(負)淨風壓係數與有效受風面積之關係圖，圖 6-103 為區域 1 之最大正(負)淨風壓係數與有效受風面積之關係圖。

圖 6-101 顯示在區域 3 中，淨風壓係數接隨著有效受風面積變大而下降， $A=a^2$ 對應之係數值為 0.38 和 -2.56， $A=4a^2$ 對應之係數值為 0.33 和 -2.07；圖 6-102 顯示在區域 2 中，淨風壓係數接隨著有效受風面積變大而下降， $A=a^2$ 對

應之係數值為 0.51 和-1.77， $A=4a^2$ 對應之係數值為 0.34 和-1.45；圖 6-103 顯示在區域 1 中，淨風壓係數接隨著有效受風面積變大而下降， $A=a^2$ 對應之係數值為 0.64 和-1.19， $A=4a^2$ 對應之係數值為 0.56 和-1.07。

第十五節 Case R₁₀A_{0.5}CV 之極值分析

圖 6-104 為 Case R₁₀A_{0.5}CV 之各測分佈點及測點附屬面積圖。

壹、不同風向、測點對應之淨風壓係數歷時之求取

利用第一節之第壹小節敘述之作法可求得不同風向、測點對應之淨風壓 1 秒移動平均歷時。

貳、不同風向、測點對應之最大正(負)淨風壓係數之求取

利用第一節之第貳小節敘述之作法分析前一小節所得各測點淨風壓係數歷時，可分別求取其極值。

當包絡各風向之極值後，圖 6-105 為最大正淨風壓係數之等值圖，圖 6-106 為最大負淨風壓係數之等值圖。圖 6-105 可以看出面板整體風壓值變化平緩，其面板角落及邊緣區風壓值稍微較大；圖 6-106 可以看出面板角落及邊緣區風壓值變化較劇烈，其面板中央風壓值較小且變化平緩。

參、不同風向、區域及有效受風面積對應之淨風壓係數歷時之求取

利用第一節之第參小節敘述之作法求取不同風向、區域及有效受風面積對應之淨風壓係數歷時。本例由於實驗限制，在所有區域中皆無法涵蓋小有效受風面積之分析。

肆、不同區域及有效受風面積對應之最大正(負)淨風壓係數之求取

利用第一節之第肆小節敘述之作法分析前一小節所得不同風向、區域及有效受風面積之淨風壓係數歷時，可分別求取其極值。

當包絡各風向之極值後，即為該區域及有效受風面積對應之最大正(負)淨風壓係數。圖 6-107 為區域 3 之最大正(負)淨風壓係數與有效受風面積之關係圖，圖 6-108 為區域 2 之最大正(負)淨風壓係數與有效受風面積之關係圖，圖 6-109 為區域 1 之最大正(負)淨風壓係數與有效受風面積之關係圖。

圖 6-107 顯示在區域 3 中，淨風壓係數接隨著有效受風面積變大而下降， $A=a^2$ 對應之係數值為 0.47 和 -2.44， $A=4a^2$ 對應之係數值為 0.36 和 -2.03；圖 6-108 顯示在區域 2 中，淨風壓係數接隨著有效受風面積變大而下降， $A=a^2$ 對

應之係數值為 0.53 和-1.71， $A=4a^2$ 對應之係數值為 0.35 和-1.42；圖 6-109 顯示在區域 1 中，淨風壓係數接隨著有效受風面積變大而下降， $A=a^2$ 對應之係數值為 0.69 和-1.20， $A=4a^2$ 對應之係數值為 0.64 和-1.05。

第七章 平屋頂單斜式棚架型耐風規範條文之擬議

第一節 平屋頂單斜式棚架型極值分析結果之統整

壹、面板傾角之影響

觀察長寬比為 1 之實驗結果(Case R₁₀A₁C、Case R₁₅A₁C、Case R₂₀A₁C 及 Case R₂₅A₁C)、長寬比為 2 之實驗結果(Case R₁₀A₂C、Case R₁₅A₂C、Case R₂₀A₂C 及 Case R₂₅A₂C)及長寬比 0.5 之實驗結果(Case R₁₀A_{0.5}C、Case R₁₅A_{0.5}C、Case R₂₀A_{0.5}C 及 Case R₂₅A_{0.5}C)，可發現當面板長寬比固定而傾角變大(傾角 10 度至 25 度)時，最大正淨風壓係數及最大負淨風壓係數會變大。但 Case R₂₅A₂C 之最大負淨風壓係數和 Case R₂₀A₂C 差異不大。

貳、面板下有無阻擋之影響

觀察 Case R₁₀A_{0.5}C 和 Case R₁₀A_{0.5}O，對長寬比為 0.5、傾角 10 度之面板而言，面板下有阻擋一般會小幅改變最大正淨風壓係數，但最大負淨風壓係數會變大。唯一的例外是區域 3 之最大正淨風壓係數會變小。

參、長寬比之影響

觀察面板傾角 10 度之實驗結果(Case R₁₀A₁C 和 Case R₁₀A₂C)、面板傾角 15 度之實驗結果(Case R₁₅A₁C 和 Case R₁₅A₂C)、面板傾角 20 度之實驗結果(Case R₂₀A₁C 和 Case R₂₀A₂C)及面板傾角 25 度之實驗結果(Case R₂₅A₁C 和 Case R₂₅A₂C)，可得長寬比為 1 之最大正淨風壓係數比長寬比為 2 之最大正淨風壓係數大，長寬比為 1 之最大負淨風壓係數比長寬比為 2 之最大負淨風壓係數大。

觀察面板傾角 10 度之實驗結果(Case R₁₀A₁C 和 Case R₁₀A_{0.5}C)、面板傾角 15 度之實驗結果(Case R₁₅A₁C 和 Case R₁₅A_{0.5}C)、面板傾角 20 度之實驗結果(Case R₂₀A₁C 和 Case R₂₀A_{0.5}C)及面板傾角 25 度之實驗結果(Case R₂₅A₁C 和 Case R₂₅A₂C)，可得長寬比為 1 之最大正淨風壓係數比長寬比為 0.5 之最大正淨風壓係數大，長寬比為 1 之最大負淨風壓係數比長寬比為 0.5 之最大負淨風壓係數小。

綜合三種長寬比，可得長寬比為 1 之最大正淨風壓係數為最大值，長寬比為 0.5 之最大負淨風壓係數為最大值。

肆、女兒牆之影響

觀察 Case R₁₀A_{0.5}C 和 Case R₁₀A_{0.5}CP，對長寬比為 0.5、傾角 10 度之面板而言，有女兒牆一般會小幅降低最大正淨風壓係數，但最大負淨風壓係數差異不大。

伍、面板突出之影響

觀察 Case R₁₀A_{0.5}C 和 Case R₁₀A_{0.5}CV，對長寬比為 0.5、傾角 10 度之面板而言，當面板矮邊突出外牆面時，大部分最大正(負)淨風壓係數不變，但區域 3、2 對應大有效受風面積之最大正淨風壓係數會變小。由於實驗面板僅矮邊突出外牆面，圖 6-75 和圖 6-105 顯示面板矮邊區之測點最大正淨風壓係數會下降，導致區域 3 和區域 2 對應大有效受風面積之最大正淨風壓係數會變小。圖 6-76 和圖 6-106 中顯示面板高邊區之測點最大負淨風壓係數幾乎不變，導致面板矮邊突出幾乎不會影響最大負淨風壓係數。

第二節 其他最大正(負)淨風壓係數之估計

壹、對應小有效受風面積最大正(負)淨風壓係數之估計

表 7-1 為面板傾角 10 度、面板下無阻擋之地面單斜式棚架型和平屋頂單斜式棚架型之最大正(負)淨風壓係數，其中由於平屋頂單斜式棚架型之實驗限制，其對應小有效受風面積之最大正(負)淨風壓係數無法直接由實驗求得。

觀察區域 3 中，地面單斜式棚架型對應中有效受風面積之正(負)風壓係數除以對應大有效受風面積之正(負)風壓係數分別為 1.04(正)和 1.20(負)，而面板長寬比為 1、2 及 0.5 平屋頂單斜式棚架型對應中有效受風面積之正(負)風壓係數除以對應大有效受風面積之正(負)風壓係數，分別為 1.20(正)和 1.28(負)、1.26(正)和 1.27(負)及 1.20(正)和 1.22(負)，可見平屋頂單斜式棚架型最大正(負)淨風壓係數隨有效受風面積變化之趨勢與地面單斜式棚架型類似。故可據此推估平屋頂單斜式棚架型區域 3、2 及 1 對應小有效受風面積之正(負)風壓係數，分別列於表 7-3(長寬比 1)、表 7-4(長寬比 2)及表 7-5(長寬比 0.5)。將包絡不同長寬比之結果列於表 7-6。

另外分析結果顯示當面板下無阻擋、有效受風面積相同時，平屋頂單斜式棚架型最大正(負)淨風壓係數隨面板傾角變化之趨勢類似，故可推估面板

傾角 15 度、20 度及 25 度對應小有效受風面積之正(負)風壓，分別列於表 7-3(長寬比 1)、表 7-4(長寬比 2)及表 7-5(長寬比 0.5)。將包絡不同長寬比之結果列於表 7-6。

貳、10 度傾角面板下有阻擋時最大正(負)淨風壓係數之估計

表 7-2 為長寬比 0.5、傾角 10 度之面板、面板下無阻擋和有阻擋之平屋頂單斜式棚架型之最大正(負)淨風壓係數。觀察表中針對同一區域，有阻擋與無阻擋最大正(負)淨風壓係數之比例在不同有效受風面積下皆類似。故根據前一小節面板下無阻擋、對應小有效受風面積之最大正(負)淨風壓係數，依上述比例可推求平屋頂單斜式棚架型有阻擋、對應小有效受風面積之最大正(負)淨風壓係數，列於表 7-5。

綜合觀察表 7-3、表 7-4 及表 7-5，發現面板下無阻擋時，長寬比 0.5(表 7-5)之分析結果大致控制最終包絡後之淨風壓係數(表 7-6)，故假設面板下有阻擋時有同樣趨勢，將上述結果列於表 7-6。

第三節 平屋頂單斜式棚架型之擬議耐風規定

統整以上分析結果，以地面單斜式棚架型設計風壓為基礎，建立平屋頂單斜式棚架型之耐風規範擬議草案如下：

壹、適用範圍

本節提供之風壓計算公式適用於同時滿足下列條件之屋頂棚架型子系統：

- (a) 建築物為『建築物耐風設計規範與解說』所定義之封閉式或部分封閉式建築物，且建築物橫風向或扭轉向風力不顯著。
- (b) 支撐架具支撐柱，獨立設置於建築物屋頂。
- (c) 棚架至少有兩個側面各有 80%以上面積為開口。
- (d) 棚架面之水平投影未超出屋頂面邊緣。

貳、設計風壓之決定

屋頂棚架型之設計風壓依下式計算：

$$P = q(h_c) \times G \times (C_{pn})_r \times \gamma_{pc}$$

其中 $q(h_c)$ 為面板形心高 h_c 處之風速壓； G 為『建築物耐風設計規範與解說』第 2.7 節之陣風反應因子； $(C_{pn})_r$ 為屋頂棚架淨風壓係數； γ_{pc} 為女兒牆修正因子。

參、面板形心處風速壓 $q(h_c)$ 之決定

風速壓 $q(h_c)$ 依『建築物耐風設計規範與解說』第 2.6 節之規定計算，其中 h_c 為面板形心距地面之高度。

肆、女兒牆修正因子 γ_{pc} 之決定

當決定正設計風壓時， γ_{pc} 取 0.9；當決定負設計風壓時， γ_{pc} 取 1。

伍、建築物屋頂之強度檢核

建築物屋頂本身之強度需能同時承受(1)太陽光電系統支撐架傳遞至屋頂之風載重及(2)非太陽光電板覆蓋之屋頂區域所受風載重。其中(1)之風載重依本節之規定決定，而(2)之風載重依『建築物耐風設計規範與

解說』第三章之規定決定。

支撐柱本身之設計風力，依據『建築物耐風設計規範與解說』第 2.2 節中開放式建築物之公式決定。

第八章 各系統耐風規範相關條文之擬議

根據本報告第二章、第五章及第七章之結論，參考耐風規範之格式，草擬各系統之耐風規範條文及相關圖表，詳列於附錄一。再根據 ASCE7-16 之最新規定，將規範中高度小於 18 公尺之屋頂外風壓係數(GC_p)修正列於附錄二。將相關之符號說明及專有名詞定義分別列於附錄三及附錄四。於附錄五列出擬議新規範與 104 年版規範本文內容修訂對照表。最後於附錄六列出擬議新規範與 104 年版規範解說內容修訂對照表。

第九章 結論與建議

第一節 結論

- 1、參考 ASCE7-16 之規定，並將相關淨風壓係數圖公式化，分別擬訂斜屋頂平貼型及平屋頂距置型子系統之耐風規範條文。
- 2、根據 SEAOC PV2-2012 及加拿大學者 Kopp 實驗結果，推估地面距置型與平屋頂距置型極值風壓係數之關係，再以平屋頂距置型之擬議規範草案為基礎，擬訂地面距置型之耐風規範條文。
- 3、依據本計畫地面單斜式棚架型之風洞實驗極值分析結果，檢討「建築物耐風設計規範及解說」(2015)「圖 3.3(a)開放式建築物之單斜屋頂局部構件及外部被覆物淨風壓係數」之適用性。結果發現現有規範數值可包絡大部分實驗所得最大正(負)淨風壓係數，但實驗結果顯示有下列例外：(1)面板傾角 10 度、面板下有阻擋之地面單斜式棚架型子系統區域三之最大正淨風壓係數中約有兩成比規範值大；(2)面板傾角 30 度、面板下無阻擋之地面單斜式棚架型子系統區域二之最大正(負)淨風壓係數均遠小於規範值，但區域三之最大負淨風壓係數有少數比規範值大；(3)面板傾角 30 度、面板下有阻擋之地面單斜式棚架型子系統區域三之最大正(負)淨風壓係數中有少數比規範值大。建議未來修訂規範時將上述觀察納入考量。
- 4、依據本計畫平屋頂單斜式棚架型之風洞實驗極值分析結果，配合對地面單斜式棚架型設計風壓變化趨勢之觀察，擬訂平屋頂單斜式棚架型子系統之耐風規範條文。
- 5、根據 ASCE7-16 之最新規定，擬議修正「建築物耐風設計規範及解說」(2015)「圖 3.1(b)(c)(d)(e)屋頂外風壓係數 ($h \leq 18$ m 封閉式或部分封閉式建築物之局部構件及外部被覆物)」。

第二節 建議

【建議一】

本案太陽能系統風壓係數研究成果提供相關學會團體參採：立即可行建議
主辦機關：社團法人中華民國風工程學會

目前政府積極推動太陽能發電，各地設置於建築物屋頂或地面的太陽光電系統日漸增多，但我國「建築物耐風設計規範及解說」，並無太陽光電系統耐風設計相關專章可供業界參用，部份使用者執行太陽光電系統耐風設計時，為節省經費不進行風洞試驗，卻又以節省材料原則，選擇性引用規範，致有設計安生疑慮。短期內為確保國內地面或建築物屋頂上太陽光電系統之耐風安全性，建議提供太陽能系統風壓係數研究成果給相關學會團體參考。

表 2-1 斜屋頂平貼型國外規範比較

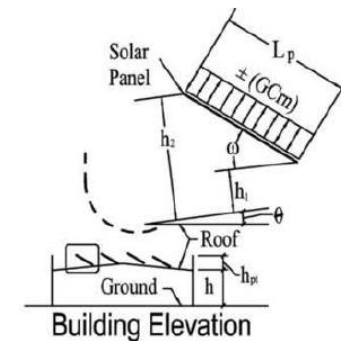
	JIS C 8955:2017	ASCE7-16
各規範中章節	Ch5.3	Ch29.4-4
適用範圍	<p>1. 安裝離地高度 60 公尺以內</p> <p>2. 面板與屋頂面的最大垂直距離</p> <p>(1)Gable roof:無特殊規定</p> <p>(2)Hip roof:面板與斜屋頂距離若超過 50mm 時，風壓係數計算公式需修正</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>Gable roof</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Hip roof</p> </div> </div>	<p>1. 無離地高度限制</p> <p>2. 面板需與屋頂平行，但容許有兩度的偏差。</p> <p>3. 面板與屋頂面的最大垂直距離(h_2)不可超過 10in。</p> <p>4. 模組間隙需大於 0.25in，面板長(或寬)需小於 6.7ft。</p>
考慮之風向	分為迎風、背風兩類(皆為垂直屋脊的來風)	已包絡各風向所產生之最大正負風壓
屋頂邊緣淨空規定	屋頂邊緣 30cm 內不得設置太陽能光電板	屋頂邊緣 $2h_2$ (h_2 為面板與屋頂面之最大垂直距離)內不得設置太陽能光電板
屋頂及系統之風壓分區	屋頂無分區 系統無分區	<p>屋頂有分區： 屋頂分為中央、邊緣、角隅(上風及下風)，建議不同的 (GC_p)</p> <p>系統有分區： 分為中央區與邊緣區，邊緣區需乘上 1.5 之放大係數。</p>
風壓平衡因子	無	有
屋頂傾斜角對風壓係數之影	風壓係數為傾斜角 θ 之函數	依傾斜角範圍分別圖示風壓係數(GC_p)，但較國內現行規範詳細。

響		
支撐架構件直接接受風之風壓係數	對不同的型鋼斷面及風向建議風壓係數	可參考 ASCE7-16 其他章節。

(資料來源:本研究整理)

表 2-2 平屋頂距置型國外規範比較

	JIS C 8955:2017	SEAOC(2012)	ASCE7-16
各規範中的章節	Ch5.3		29.4.3
適用範圍	<ol style="list-style-type: none"> 1. 自屋頂面算起，最大高度小於 9 公尺 2. 太陽光電板最高處之離地距離小於 60 公尺 	<ol style="list-style-type: none"> 1. $L_p \leq 2.04\text{m}$ 2. $\omega \leq 35^\circ$ & $\theta \leq 7^\circ$ 3. $h_1 \leq 0.6096\text{m}$ & $h_2 \leq 1.2192\text{m}$ 4. 模組間隙需大於 12.7mm，列與列之間的最小間距為 25.4mm。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 面板弦長 $L_p \leq 2.04\text{m}$ 2. $\omega \leq 35^\circ$ & $\theta \leq 7^\circ$ 3. $h_1 \leq 0.6096\text{m}$ & $h_2 \leq 1.2192\text{m}$ 4. 模組間隙需大於 6.4mm，模組長(或寬)需小於 2.04m。
風向規定	分為迎風、背風兩類	(GC _{rn})已包絡各風向所產生之最大正負風壓	(GC _{rn})已包絡各風向所產生之最大正負風壓
屋頂邊緣淨空規定	屋頂邊緣至建築物邊長的 10%(不需大於 2m)內不得設置太陽能板	距離屋頂邊緣 s(m)內不得設置面板，其中 $s = \max(2(h_2 - h_{pt}), 1.2)\text{m}$	距離屋頂邊緣 s(m)內不得設置面板，其中 $s = \max(2(h_2 - h_{pt}), 1.2)\text{m}$



(資料來源:本研究整理)

表 2-3 當 $0^\circ \leq \omega \leq 5^\circ$ 時， $(GC_{rn})_{nom}$ 之計算公式

屋頂分區	A_n	$(GC_{rn})_{nom}$ 之計算公式
①	$A_n \leq 500$	$-0.89 \log A_n + 3.12$
	$A_n > 500$	$-0.52 \log A_n + 2.14$
②	$A_n \leq 500$	$-1.12 \log A_n + 4.17$
	$A_n > 500$	$-0.62 \log A_n + 2.61$
③	$A_n \leq 500$	$-1.39 \log A_n + 4.79$
	$A_n > 500$	$-0.73 \log A_n + 3.01$

(資料來源:本研究整理)

表 2-4 當 $15^\circ \leq \omega \leq 35^\circ$ 時， $(GC_{rn})_{nom}$ 之計算公式

屋頂分區	A_n	$(GC_{rn})_{nom}$ 之計算公式
①	$A_n \leq 500$	$-1.11 \log A_n + 4.17$
	$A_n > 500$	$-0.54 \log A_n + 2.62$
②	$A_n \leq 500$	$-1.74 \log A_n + 6.04$
	$A_n > 500$	$-0.52 \log A_n + 2.75$
③	$A_n \leq 500$	$-2.08 \log A_n + 7.29$
	$A_n > 500$	$-0.62 \log A_n + 3.33$

(資料來源:本研究整理)

表 2-5 地面距置型國外規範比較

	JIS C 8955:2017
各規範中的章節	Ch5. 3
適用範圍	自地面算起，最大高度小於9公尺
風向規定	分為迎風、背風兩類
中央角隅分類	系統之中央區域風壓係數可折減為角隅區域的0.6倍
面板風壓係數計算式	淨風壓係數為面板傾角 θ 的函數
支撐架構件直接受風之風壓係數	對不同的型鋼斷面及風向建議風壓係數

(資料來源:本研究整理)

表 2-6 當 $0^\circ \leq \omega \leq 5^\circ$ 時， $(GC_{rn})_a$ 之計算公式

$A(m^2)$	$(GC_{rn})_a$ 之計算公式
$A \leq 46.45 (m^2)$	$-0.59 \log(10.76A) + 2.08$
$A > 46.45 (m^2)$	$-0.35 \log(10.76A) + 1.43$

(資料來源:本研究整理)

表 2-7 當 $15^\circ \leq \omega \leq 35^\circ$ 時， $(GC_{rn})_a$ 之計算公式

$A(m^2)$	$(GC_{rn})_a$ 之計算公式
$A \leq 46.45 (m^2)$	$-0.74 \log(10.76A) + 2.78$
$A > 46.45 (m^2)$	$-0.36 \log(10.76A) + 1.75$

(資料來源:本研究整理)

表 2-8 開放式建築物之單斜屋頂局部構件及外部披覆物淨風壓係數

θ	有效受風面積	C_{pn}											
		屋頂下無阻擋						屋頂下有阻擋					
		區域 3		區域 2		區域 1		區域 3		區域 2		區域 1	
0°	$<a^2$	2.4	-3.3	1.8	-1.7	1.2	-1.1	1	-3.6	0.8	-1.8	0.5	-1.2
	$>a^2, \leq 4.0a^2$	1.8	-1.7	1.8	-1.7	1.2	-1.1	0.8	-1.8	0.8	-1.8	0.5	-1.2
	$>4.0a^2$	1.2	-1.1	1.2	-1.1	1.2	-1.1	0.5	-1.2	0.5	-1.2	0.5	-1.2
7.5°	$<a^2$	3.2	-4.2	2.4	-2.1	1.6	-1.4	1.6	-5.1	1.2	-2.6	0.8	-1.7
	$>a^2, \leq 4.0a^2$	2.4	-2.1	2.4	-2.1	1.6	-1.4	1.2	-2.6	1.2	-2.6	0.8	-1.7
	$>4.0a^2$	1.6	-1.4	1.6	-1.4	1.6	-1.4	0.8	-1.7	0.8	-1.7	0.8	-1.7
15°	$<a^2$	3.6	-3.8	2.7	-2.9	1.8	-1.9	2.4	-4.2	1.8	-3.2	1.2	-2.1
	$>a^2, \leq 4.0a^2$	2.7	-2.9	2.7	-2.9	1.8	-1.9	1.8	-3.2	1.8	-3.2	1.2	-2.1
	$>4.0a^2$	1.8	-1.9	1.8	-1.9	1.8	-1.9	1.2	-2.1	1.2	-2.1	1.2	-2.1
30°	$<a^2$	5.2	-5	3.9	-3.8	2.6	-2.5	3.2	-4.6	2.4	-3.5	1.6	-2.3
	$>a^2, \leq 4.0a^2$	3.9	-3.8	3.9	-3.8	2.6	-2.5	2.4	-3.5	2.4	-3.5	1.6	-2.3
	$>4.0a^2$	2.6	-2.5	2.6	-2.5	2.6	-2.5	1.6	-2.3	1.6	-2.3	1.6	-2.3
45°	$<a^2$	5.2	-4.6	3.9	-3.5	2.6	-2.3	4.2	-3.8	3.2	-2.9	2.1	-1.9
	$>a^2, \leq 4.0a^2$	3.9	-3.5	3.9	-3.5	2.6	-2.3	3.2	-2.9	3.2	-2.9	2.1	-1.9
	$>4.0a^2$	2.6	-2.3	2.6	-2.3	2.6	-2.3	2.1	-1.9	2.1	-1.9	2.1	-1.9

(資料來源:本研究整理)

表 3-1 地面單斜式棚架型各 Case 之實場參數比較表

	面板傾角	阻塞比	長寬比	實驗場地	備註
Case (G ₁₀ C)*	10°	< 50%	0.538	建研所風洞	在 8 個區域佈有大量測點，其他區域則為均勻少量佈點
Case (G ₁₀ O)*	10°	> 50%	0.538	建研所風洞	在 8 個區域佈有大量測點，其他區域則為均勻少量佈點
Case G ₁₀ C	10°	< 50%	0.538	建研所風洞	在 8 個區域佈有大量測點；檢核 Case (G ₁₀ C)*
Case G ₁₀ O	10°	> 50%	0.538	建研所風洞	在 8 個區域佈有大量測點；檢核 Case (G ₁₀ O)*
Case G ₃₀ C	30°	< 50%	0.538	建研所風洞	探討面板傾角及阻塞比對於地面單斜式棚架型風壓值之影響
Case G ₃₀ O	30°	> 50%	0.538	建研所風洞	

(資料來源:本研究整理)

表 3-2 平屋頂單斜式棚架型各 Case 之實場參數比較表

	面板傾角	阻塞比	長寬比	女兒牆	面板突出	實驗場地	備註
Case R ₁₀ A ₁ C	10°	< 50%	1	無	無	淡江大學風洞	探討面板傾角及長寬比對於平屋頂單斜式棚架型風壓值之影響
Case R ₁₅ A ₁ C	15°	< 50%	1	無	無	淡江大學風洞	
Case R ₂₀ A ₁ C	20°	< 50%	1	無	無	淡江大學風洞	
Case R ₂₅ A ₁ C	25°	< 50%	1	無	無	淡江大學風洞	
Case R ₁₀ A ₂ C	10°	< 50%	2	無	無	淡江大學風洞	
Case R ₁₅ A ₂ C	15°	< 50%	2	無	無	淡江大學風洞	
Case R ₂₀ A ₂ C	20°	< 50%	2	無	無	淡江大學風洞	
Case R ₂₅ A ₂ C	25°	< 50%	2	無	無	淡江大學風洞	
Case R ₁₀ A _{0.5} C	10°	< 50%	0.5	無	無	淡江大學風洞	
Case R ₁₅ A _{0.5} C	15°	< 50%	0.5	無	無	淡江大學風洞	
Case R ₂₀ A _{0.5} C	20°	< 50%	0.5	無	無	淡江大學風洞	
Case R ₂₅ A _{0.5} C	25°	< 50%	0.5	無	無	淡江大學風洞	
Case R ₁₀ A _{0.5} O	10°	> 50%	0.5	無	無	淡江大學風洞	探討阻塞比對於平屋頂單斜式棚架型風壓值之影響
Case R ₁₀ A _{0.5} CP	10°	< 50%	0.5	有	無	淡江大學風洞	探討女兒牆對於平屋頂單斜式棚架型風壓值之影響
Case R ₁₀ A _{0.5} CV	10°	< 50%	0.5	無	有	淡江大學風洞	探討面板突出對於平屋頂單斜式棚架型風壓值之影響

(資料來源:本研究整理)

表 5-1 地面單斜式棚架型面板傾角 10 度下實驗值與規範值之比較

	有效受風面積	區域 3		區域 2		區域 1	
實驗值	$<a^2$	2.457	-4.896	1.223	-2.221	0.7871	-1.448
	$>a^2, \leq 4.0a^2$	2.151	-2.427	--	--	0.4426	-1.102
規範值	$<a^2$	1.87	-4.8	1.4	-2.8	0.93	-1.83
	$>a^2, \leq 4.0a^2$	1.4	-2.8	1.4	-2.8	0.93	-1.83

(資料來源:本研究整理)

表 5-2 地面單斜式棚架型面板傾角 30 度下實驗值與規範值之比較

	有效受風面積	區域 3		區域 2		區域 1	
實驗值	$<a^2$	4.044	-6.732	1.931	-3.153	1.460316	-2.143
	$>a^2, \leq 4.0a^2$	2.553	-3.73	--	--	0.825285	-1.874
規範值	$<a^2$	3.2	-4.6	2.4	-3.5	1.6	-2.3
	$>a^2, \leq 4.0a^2$	2.4	-3.5	2.4	-3.5	1.6	-2.3

(資料來源:本研究整理)

表 5-3 修改後開放式建築物之單斜式屋頂局部構件及外部披覆物淨風壓係數

θ	有效受風面積	C_{pn}											
		屋頂下無阻擋						屋頂下有阻擋					
		區域 3		區域 2		區域 1		區域 3		區域 2		區域 1	
0°	$<a^2$	2.40	-3.30	1.80	-1.70	1.20	-1.10	1.00	-3.60	0.80	-1.80	0.50	-1.20
	$>a^2, \leq 4.0a^2$	1.80	-1.70	1.80	-1.70	1.20	-1.10	0.80	-1.80	0.80	-1.80	0.50	-1.20
	$>4.0a^2$	1.20	-1.10	1.20	-1.10	1.20	-1.10	0.50	-1.20	0.50	-1.20	0.50	-1.20
7.5°	$<a^2$	3.20	-4.20	2.40	-2.10	1.60	-1.40	2.10	-5.20	1.20	-2.60	0.80	-1.70
	$>a^2, \leq 4.0a^2$	2.40	-2.10	2.40	-2.10	1.60	-1.40	1.84	-2.60	1.20	-2.60	0.80	-1.70
	$>4.0a^2$	1.60	-1.40	1.60	-1.40	1.60	-1.40	0.80	-1.70	0.80	-1.70	0.80	-1.70
15°	$<a^2$	3.60	-3.80	2.70	-2.90	1.80	-1.90	3.15	-4.28	1.80	-3.20	1.20	-2.10
	$>a^2, \leq 4.0a^2$	2.70	-2.90	2.70	-2.90	1.80	-1.90	2.77	-3.20	1.80	-3.20	1.20	-2.10
	$>4.0a^2$	1.80	-1.90	1.80	-1.90	1.80	-1.90	1.20	-2.10	1.20	-2.10	1.20	-2.10
30°	$<a^2$	5.20	-6.74	3.90	-3.80	2.60	-2.50	4.04	-6.73	2.40	-3.50	1.60	-2.30
	$>a^2, \leq 4.0a^2$	3.90	-3.80	3.90	-3.80	2.60	-2.50	2.55	-3.73	2.40	-3.50	1.60	-2.30
	$>4.0a^2$	2.60	-2.50	2.60	-2.50	2.60	-2.50	1.60	-2.30	1.60	-2.30	1.60	-2.30
45°	$<a^2$	5.20	-4.60	3.90	-3.50	2.60	-2.30	4.20	-3.80	3.20	-2.90	2.10	-1.90
	$>a^2, \leq 4.0a^2$	3.90	-3.50	3.90	-3.50	2.60	-2.30	3.20	-2.90	3.20	-2.90	2.10	-1.90
	$>4.0a^2$	2.60	-2.30	2.60	-2.30	2.60	-2.30	2.10	-1.90	2.10	-1.90	2.10	-1.90

(資料來源:本研究整理)

表 7-1 地面單斜式棚架型與平屋頂單斜式棚架型面板傾角 10 度下實驗值之比較表

	有效受風面積	淨風壓係數					
		區域 3		區域 2		區域 1	
Case (G ₁₀ C) *	<a ²	2.19	-3.176	1.10	-1.36	0.66	-1.14
	>a ² , ≤4.0a ²	1.45	-2.01	0.98	-1.23	0.65	-1.05
	>4.0a ²	1.39	-1.67	0.95	-1.17	0.60	-1.01
Case G ₁₀ C	<a ²	3.01	-3.65	1.46	-1.69	0.91	-1.09
	>a ² , ≤4.0a ²	1.88	-2.20	--	--	0.45	-0.75
	>4.0a ²	--	--	--	--	--	--
Case R ₁₀ A ₁ C	<a ²	--	--	--	--	--	--
	>a ² , ≤4.0a ²	0.67	-2.16	0.66	-1.56	0.66	-0.90
	>4.0a ²	0.56	-1.69	0.55	-1.23	0.64	-0.75
Case R ₁₀ A ₂ C	<a ²	--	--	--	--	--	--
	>a ² , ≤4.0a ²	0.59	-1.73	0.45	-1.25	0.48	-0.62
	>4.0a ²	0.47	-1.36	0.34	-0.98	0.30	-0.52
Case R ₁₀ A _{0.5} C	<a ²	--	--	--	--	--	--
	>a ² , ≤4.0a ²	0.55	-2.44	0.52	-1.73	0.72	-1.18
	>4.0a ²	0.46	-2.00	0.46	-1.45	0.67	-1.06

(資料來源:本研究整理)

表 7-2 平屋頂單斜式棚架型有無阻擋比較表

	有效受風面積	無阻擋淨風壓係數						有阻擋淨風壓係數					
		區域 3		區域 2		區域 1		區域 3		區域 2		區域 1	
屋頂型實驗	$<a^2$	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	$>a^2, \leq 4.0a^2$	0.55	-2.44	0.51	-1.72	0.72	-1.18	0.48	-2.75	0.54	-1.94	0.76	-1.41
	$>4.0a^2$	0.46	-1.99	0.46	-1.44	0.67	-1.05	0.42	-2.24	0.44	-1.62	0.67	-1.22

(資料來源:本研究整理)

表 7-3 長寬比為 1 之平屋頂單斜式棚架型淨風壓係數

θ	有效受風面積	$(C_{pm})_r$					
		屋頂下無阻擋					
		區域 3		區域 2		區域 1	
10°	$<a^2$	1.01	-3.41	0.74	-1.72	0.67	-0.98
	$>a^2, \leq 4.0a^2$	0.67	-2.16	0.66	-1.56	0.66	-0.90
	$>4.0a^2$	0.56	-1.69	0.55	-1.23	0.64	-0.75
15°	$<a^2$	1.84	-3.90	1.20	-2.05	0.84	-1.29
	$>a^2, \leq 4.0a^2$	1.22	-2.47	1.07	-1.83	0.83	-1.09
	$>4.0a^2$	0.99	-1.93	0.87	-1.46	0.72	-0.99
20°	$<a^2$	2.39	-4.04	1.54	-2.20	1.08	-1.60
	$>a^2, \leq 4.0a^2$	1.58	-2.50	1.37	-1.89	1.06	-1.30
	$>4.0a^2$	1.21	-2.00	1.07	-1.57	0.81	-1.23
25°	$<a^2$	2.75	-4.57	1.78	-2.58	1.22	-1.98
	$>a^2, \leq 4.0a^2$	1.82	-2.80	1.59	-2.19	1.20	-1.61
	$>4.0a^2$	1.31	-2.26	1.18	-1.84	0.87	-1.48

(資料來源:本研究整理)

表 7-4 長寬比為 2 之平屋頂單斜式棚架型淨風壓係數

θ	有效受風面積	$(C_{pm})_r$					
		屋頂下無阻擋					
		區域 3		區域 2		區域 1	
10°	$<a^2$	0.89	-2.73	0.51	-1.38	0.49	-0.67
	$>a^2, \leq 4.0a^2$	0.59	-1.73	0.45	-1.25	0.48	-0.62
	$>4.0a^2$	0.47	-1.36	0.34	-0.98	0.30	-0.52
15°	$<a^2$	1.53	-3.04	0.79	-1.57	0.73	-0.74
	$>a^2, \leq 4.0a^2$	1.01	-1.89	0.66	-1.38	0.65	-0.68
	$>4.0a^2$	0.77	-1.51	0.53	-1.11	0.45	-0.56
20°	$<a^2$	1.82	-3.29	1.07	-1.71	0.89	-0.84
	$>a^2, \leq 4.0a^2$	1.09	-2.05	0.83	-1.51	0.71	-0.77
	$>4.0a^2$	0.92	-1.58	0.72	-1.21	0.55	-0.63
25°	$<a^2$	2.37	-3.35	1.28	-1.80	1.06	-1.03
	$>a^2, \leq 4.0a^2$	1.42	-1.95	0.99	-1.45	0.72	-0.95
	$>4.0a^2$	1.10	-1.61	0.86	-1.27	0.65	-0.72

(資料來源:本研究整理)

表 7-5 長寬比為 0.5 之平屋頂單斜式棚架型淨風壓係數

θ	有效受風面積	$(C_{pn})_r$											
		屋頂下無阻擋						屋頂下有阻擋					
		區域 3		區域 2		區域 1		區域 3		區域 2		區域 1	
10°	$<a^2$	0.83	-3.86	0.58	-1.91	0.73	-1.28	0.74	-4.33	0.58	-2.14	0.75	-1.50
	$>a^2, \leq 4.0a^2$	0.55	-2.44	0.52	-1.73	0.72	-1.18	0.48	-2.75	0.54	-1.94	0.76	-1.41
	$>4.0a^2$	0.46	-2.00	0.46	-1.45	0.67	-1.06	0.42	-2.24	0.44	-1.62	0.67	-1.22
15°	$<a^2$	1.86	-4.51	1.19	-2.24	0.81	-1.57	--	--	--	--	--	--
	$>a^2, \leq 4.0a^2$	1.23	-2.74	1.06	-1.96	0.80	-1.45	--	--	--	--	--	--
	$>4.0a^2$	0.98	-2.34	0.84	-1.70	0.72	-1.29	--	--	--	--	--	--
20°	$<a^2$	2.17	-4.86	1.41	-2.47	1.03	-1.78	--	--	--	--	--	--
	$>a^2, \leq 4.0a^2$	1.44	-2.95	1.26	-2.16	1.01	-1.61	--	--	--	--	--	--
	$>4.0a^2$	1.09	-2.41	0.98	-1.86	0.82	-1.46	--	--	--	--	--	--
25°	$<a^2$	2.67	-5.22	1.69	-2.75	1.11	-2.04	--	--	--	--	--	--
	$>a^2, \leq 4.0a^2$	1.77	-3.02	1.51	-2.31	1.09	-1.77	--	--	--	--	--	--
	$>4.0a^2$	1.27	-2.59	1.14	-2.07	0.85	-1.67	--	--	--	--	--	--

(資料來源:本研究整理)

表 7-6 包絡後之平屋頂單斜式棚架型淨風壓係數

θ	有效受風面積	$(C_{pn})_r$											
		屋頂下無阻擋						屋頂下有阻擋					
		區域 3		區域 2		區域 1		區域 3		區域 2		區域 1	
10°	$<a^2$	1.01	-3.86	0.74	-1.91	0.73	-1.28	0.74	-4.33	0.58	-2.14	0.75	-1.50
	$>a^2, \leq 4.0a^2$	0.67	-2.44	0.66	-1.73	0.72	-1.18	0.48	-2.75	0.54	-1.94	0.76	-1.41
	$>4.0a^2$	0.56	-2.00	0.55	-1.45	0.67	-1.06	0.42	-2.24	0.44	-1.62	0.67	-1.22
15°	$<a^2$	1.86	-4.51	1.20	-2.24	0.84	-1.57	--	--	--	--	--	--
	$>a^2, \leq 4.0a^2$	1.23	-2.74	1.07	-1.96	0.83	-1.45	--	--	--	--	--	--
	$>4.0a^2$	0.99	-2.34	0.87	-1.70	0.72	-1.29	--	--	--	--	--	--
20°	$<a^2$	2.39	-4.86	1.54	-2.47	1.08	-1.78	--	--	--	--	--	--
	$>a^2, \leq 4.0a^2$	1.58	-2.95	1.37	-2.16	1.06	-1.61	--	--	--	--	--	--
	$>4.0a^2$	1.21	-2.41	1.07	-1.86	0.82	-1.46	--	--	--	--	--	--
25°	$<a^2$	2.75	-5.22	1.78	-2.75	1.22	-2.04	--	--	--	--	--	--
	$>a^2, \leq 4.0a^2$	1.82	-3.02	1.59	-2.31	1.20	-1.77	--	--	--	--	--	--
	$>4.0a^2$	1.31	-2.59	1.18	-2.07	0.87	-1.67	--	--	--	--	--	--

(資料來源:本研究整理)



圖 2-1 斜屋頂平貼型之示意圖

(資料來源: <https://www.energytrend.com.tw/news/20180316-14309029.html>)



圖 2-2 地面距置型之示意圖

(資料來源: <https://www.initialsolar.com/solar-energy-system-ground>)



圖 2-3 平屋頂距置型之示意圖

(資料來源: <https://www.peoplenews.tw/news/45004da2-2c0e-4b05-9c9b-e5f42c3771a9>)



圖 2-4 地面單斜式棚架型之示意圖

(資料來源:<https://www.pinterest.com/pin/715016878312630714/>)



圖 2-5 平屋頂單斜式棚架型之示意圖

(資料來源:<https://www.share-en.com/3852520809370963385326684/5459874>)



圖 2-6 支撐架與屋頂面接合處之破壞

(資料來源:<http://solar543.blogspot.com/2015/10/12.html>)



圖 2-7 面板框架處之破壞

(資料來源:技師報「太陽光電發電設備鋁合金框架及支撐架設計的建議」,何象鏞 技師,2014)



圖 2-8 面板框架與支撐架接合處之破壞

(資料來源:技師報「太陽光電發電設備鋁合金框架及支撐架設計的建議」,何象鏞 技師,2014)

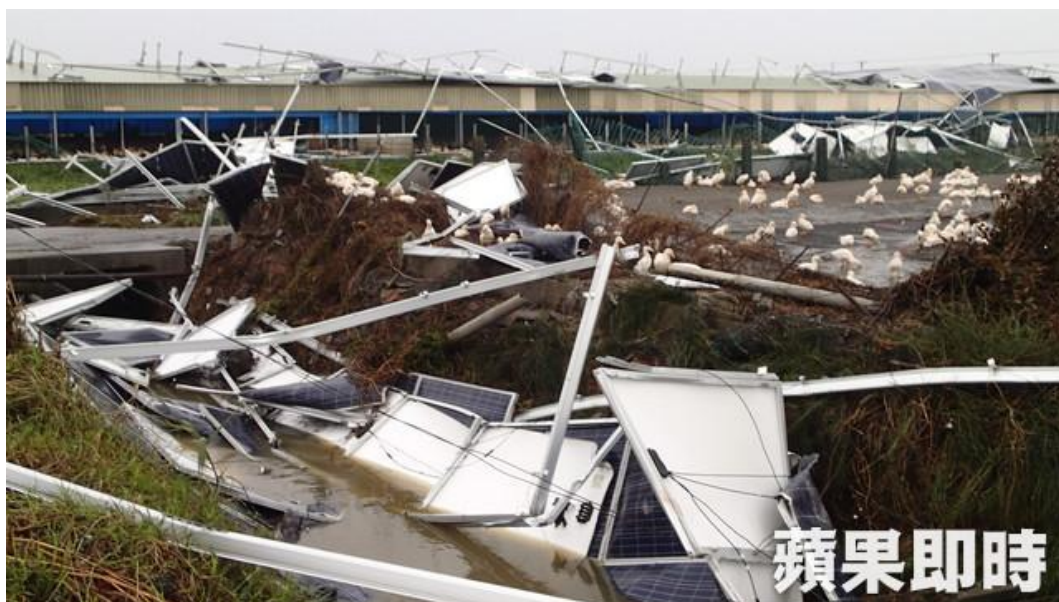


圖 2-9 蘇迪勒颱風對彰化太陽光電系統造成之破壞

(資料來源:蘋果即時新聞網「太陽能板種電才啟用 蘇迪勒刮走3千萬」)

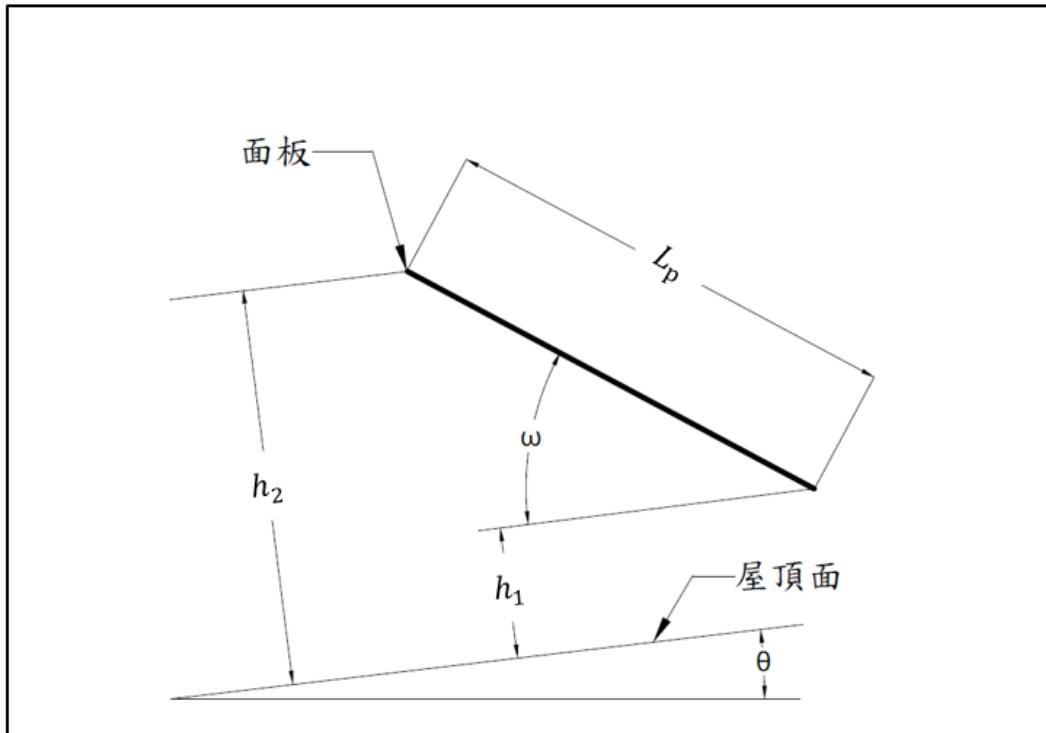


圖 2-10 斜屋頂平貼型或平屋頂距置型之符號示意圖

(資料來源:本研究整理)

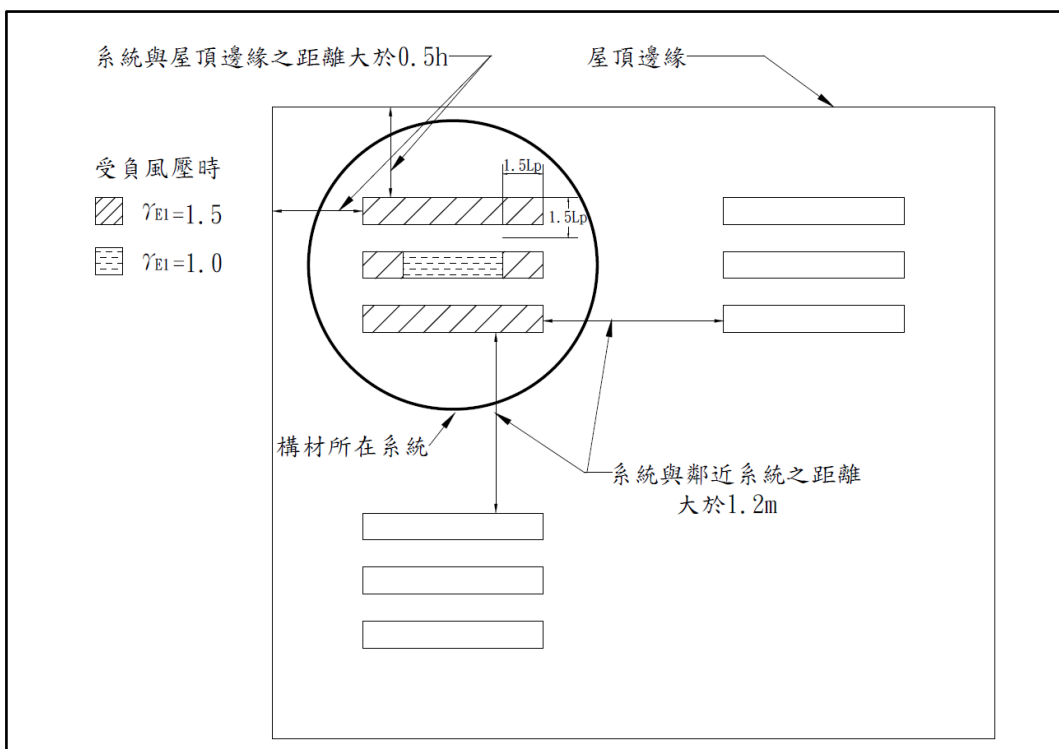


圖 2-11 產生 $r_{E1}=1.5$ 之可能情況 1

(資料來源:本研究整理)

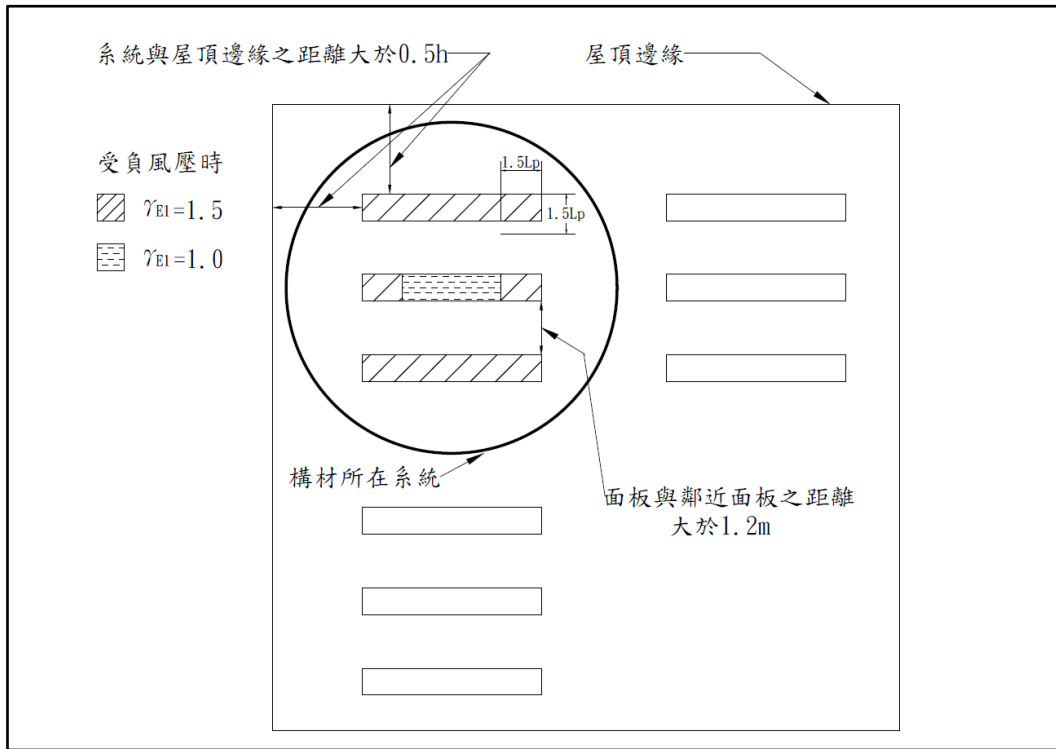


圖 2-12 產生 $\gamma_{E1}=1.5$ 之可能情況 2

(資料來源:本研究整理)

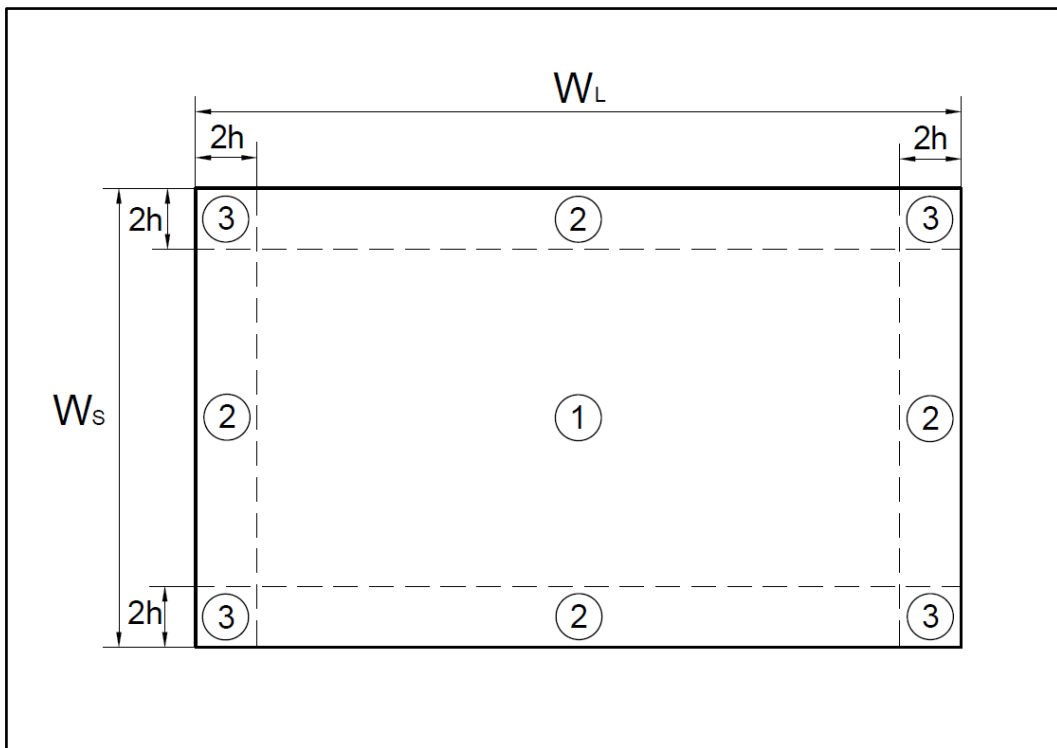


圖 2-13 平屋頂距置型之屋頂分區圖

(資料來源:本研究整理)

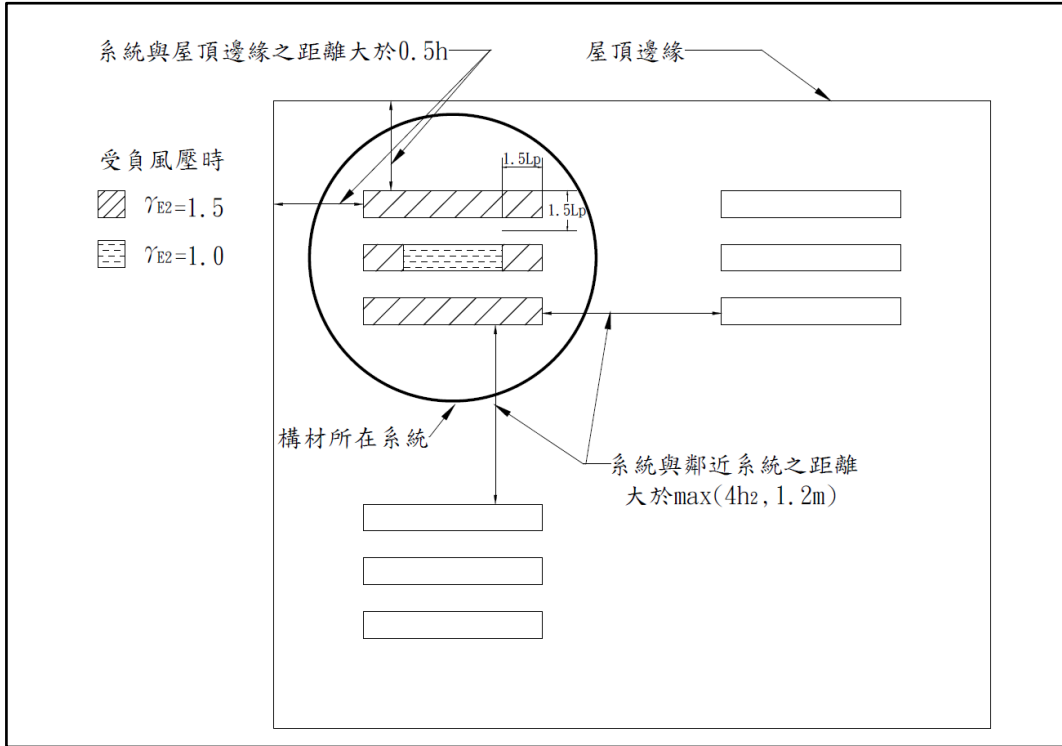


圖 2-14 產生 $r_{E2}=1.5$ 之可能情況 1

(資料來源:本研究整理)

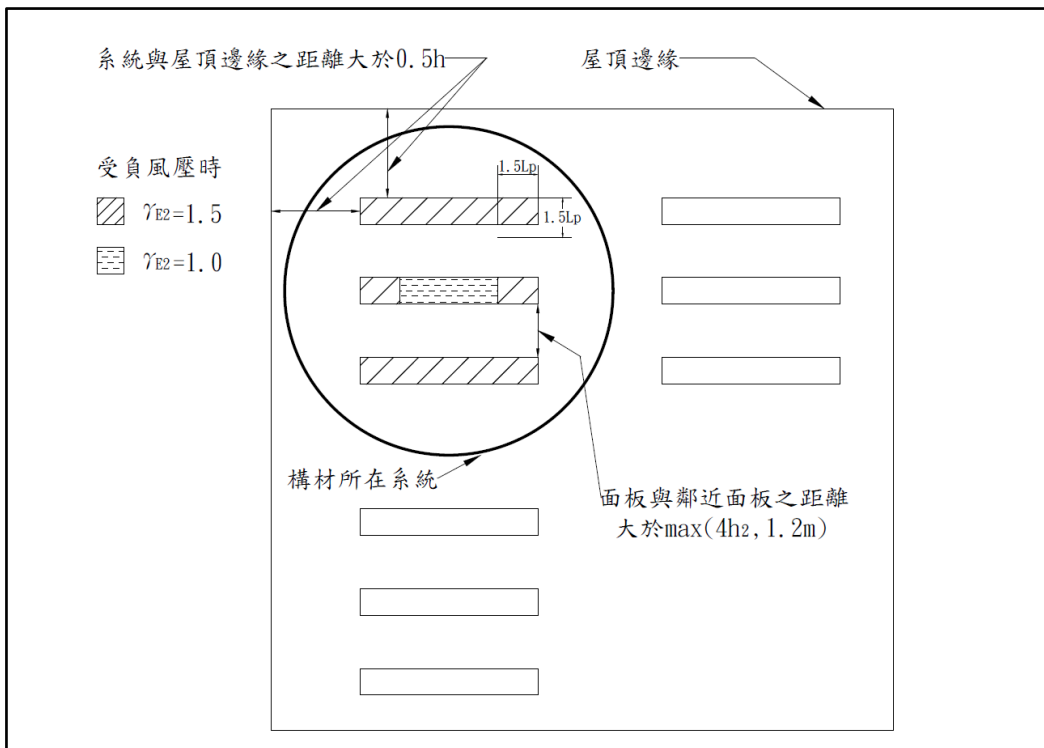


圖 2-15 產生 $r_{E2}=1.5$ 之可能情況 2

(資料來源:本研究整理)

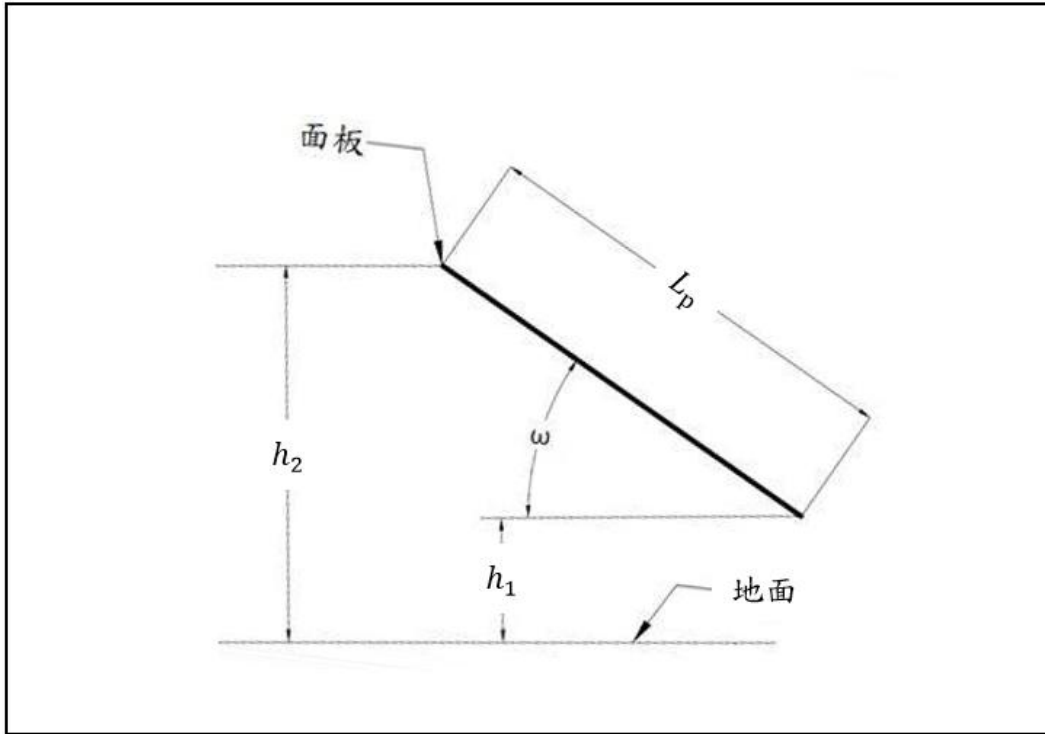


圖 2-16 地面距置型之符號示意圖

(資料來源:本研究整理)

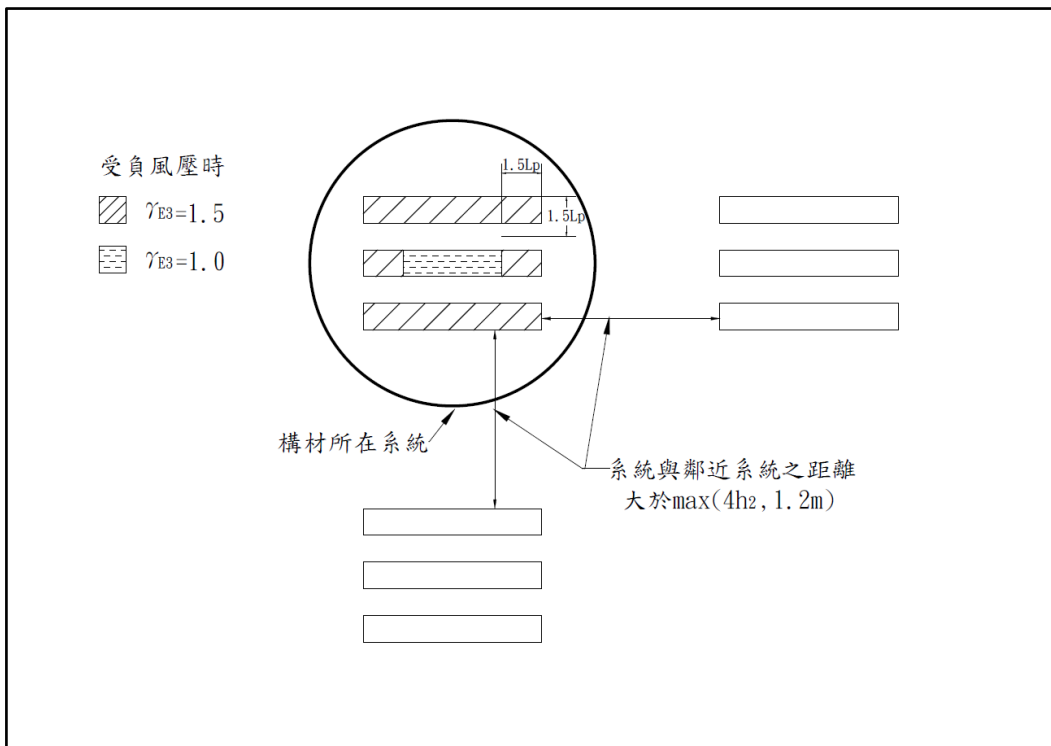


圖 2-17 產生 $\gamma_{E3}=1.5$ 之可能情況 1

(資料來源:本研究整理)

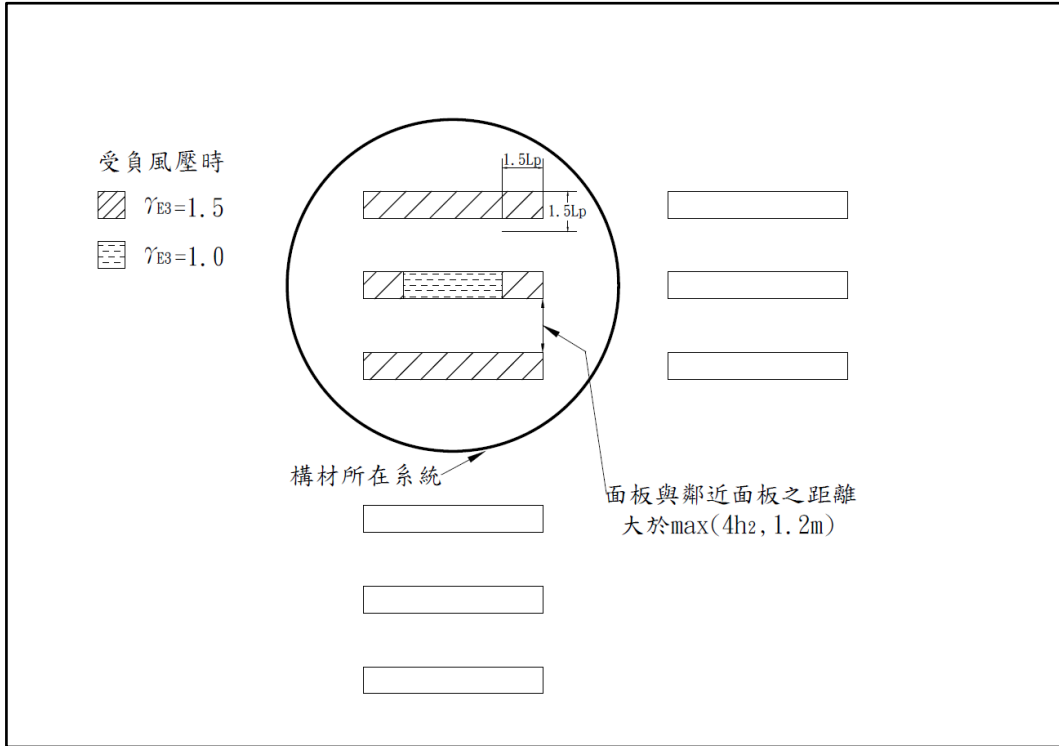


圖 2-18 產生 $\gamma_{E3}=1.5$ 之可能情況 2

(資料來源:本研究整理)

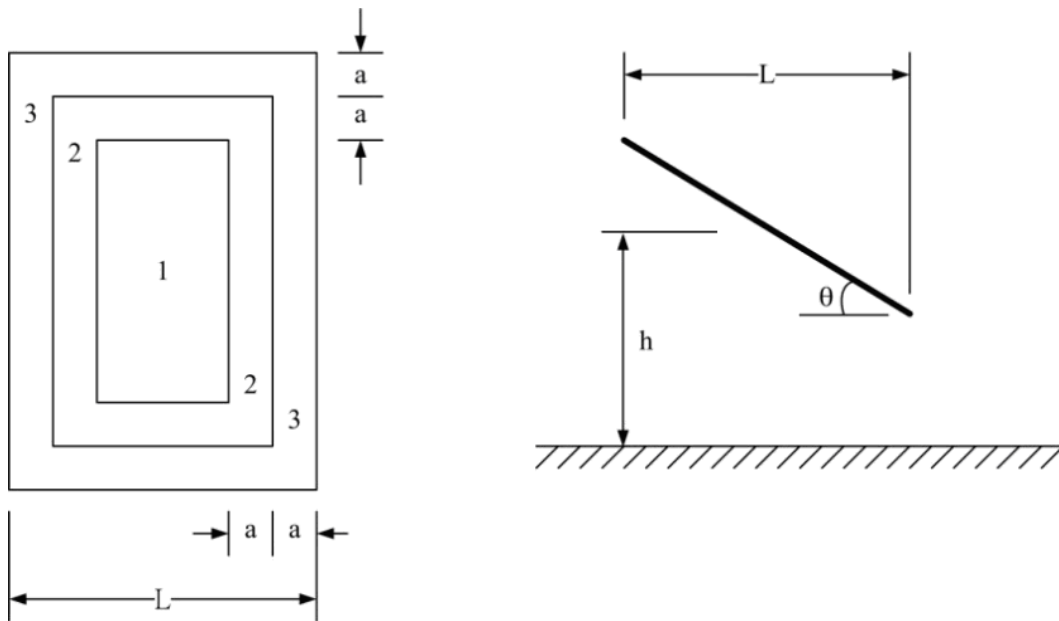


圖 2-19 開放式建築物之單斜屋頂局部構件及外部披覆物區域劃分示意圖

(資料來源:本研究整理)

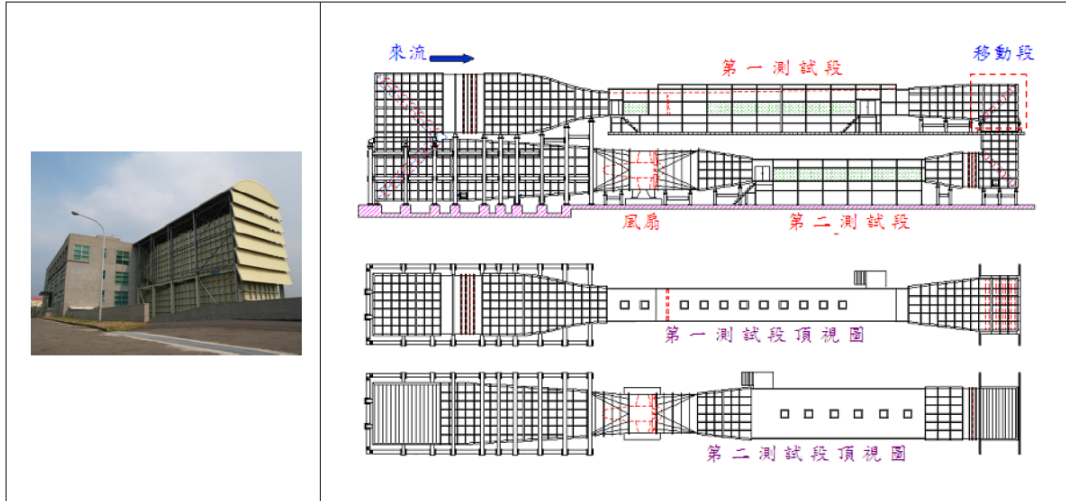


圖 3-1 內政部建築研究所風洞示意圖

(資料來源:內政部建築研究所風雨風洞實驗室網站)

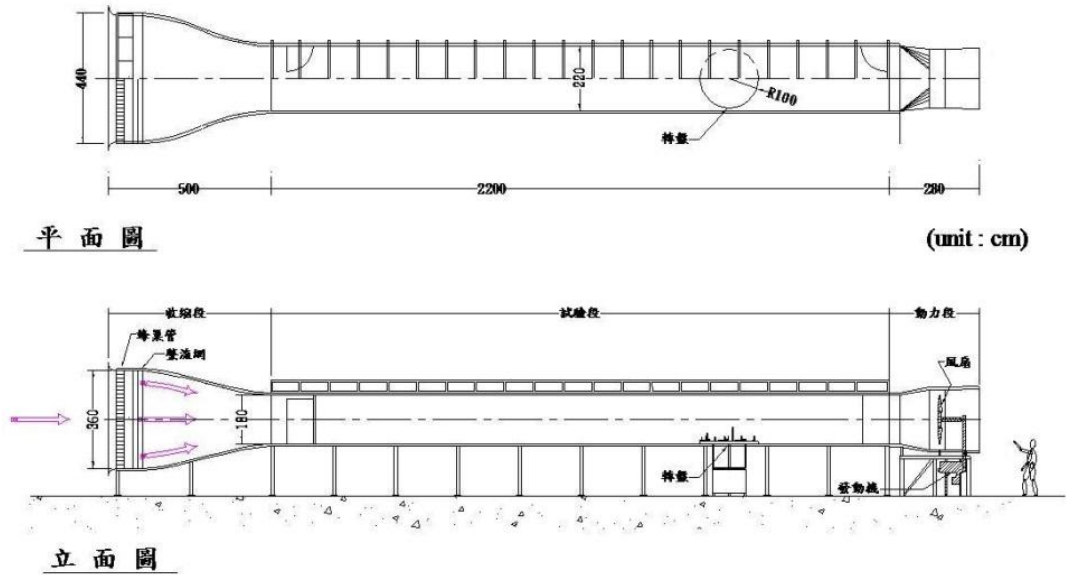


圖 3-2 淡江大學風洞示意圖

(資料來源:淡江大學風工程研究中心網頁資訊)

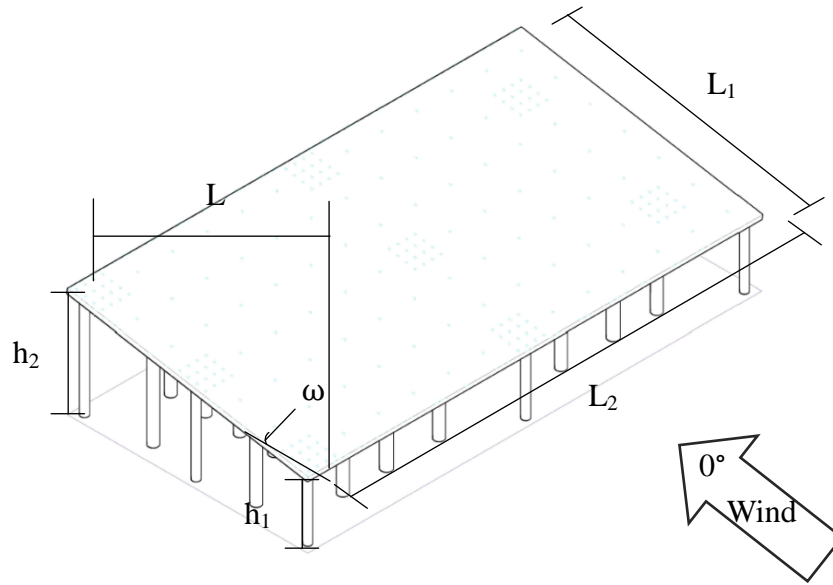


圖 3-3 地面單斜式棚架型子系統示意圖(無阻擋)

(資料來源:本研究整理)

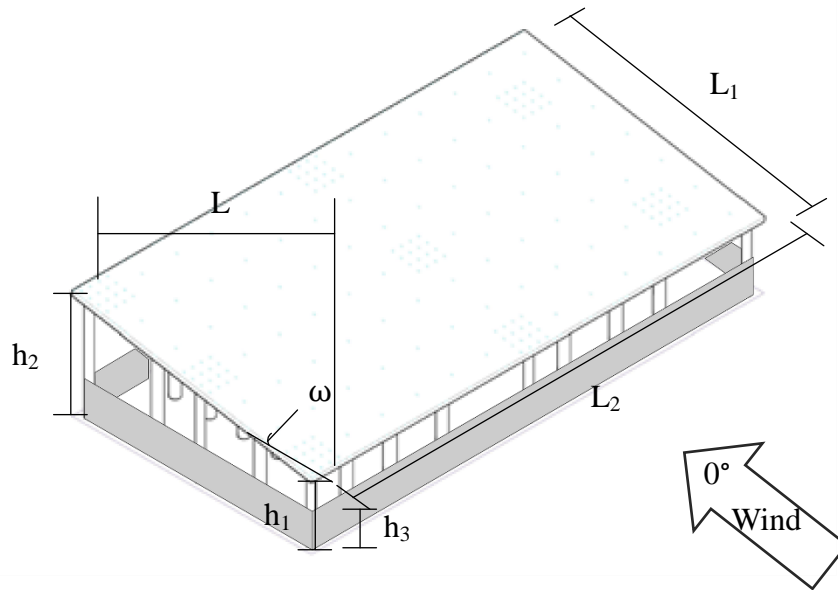


圖 3-4 地面單斜式棚架型子系統示意圖(有阻擋，阻塞比大於 50%)

(資料來源:本研究整理)

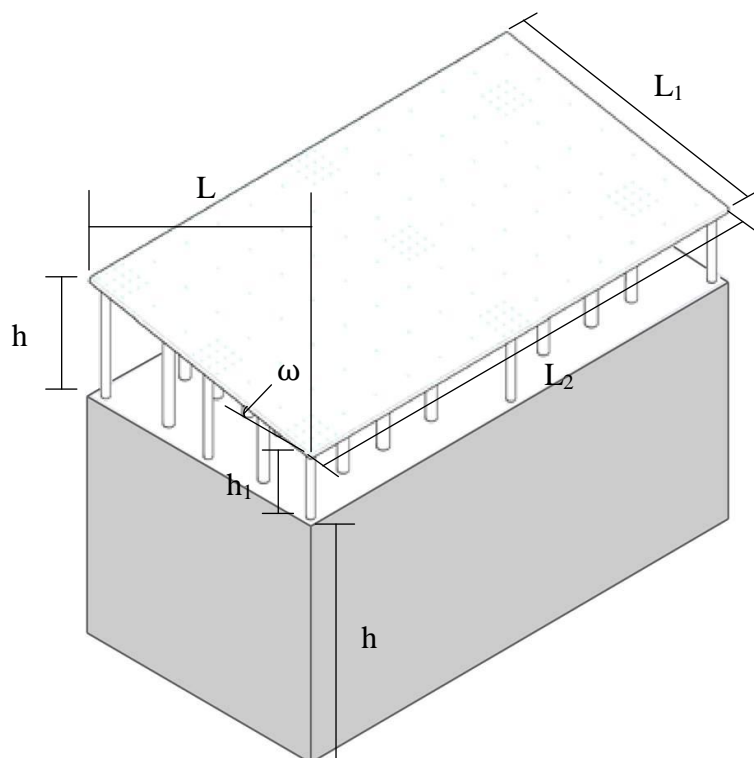


圖 3-5 屋頂棚架型子系統示意圖(無阻擋)

(資料來源:本研究整理)

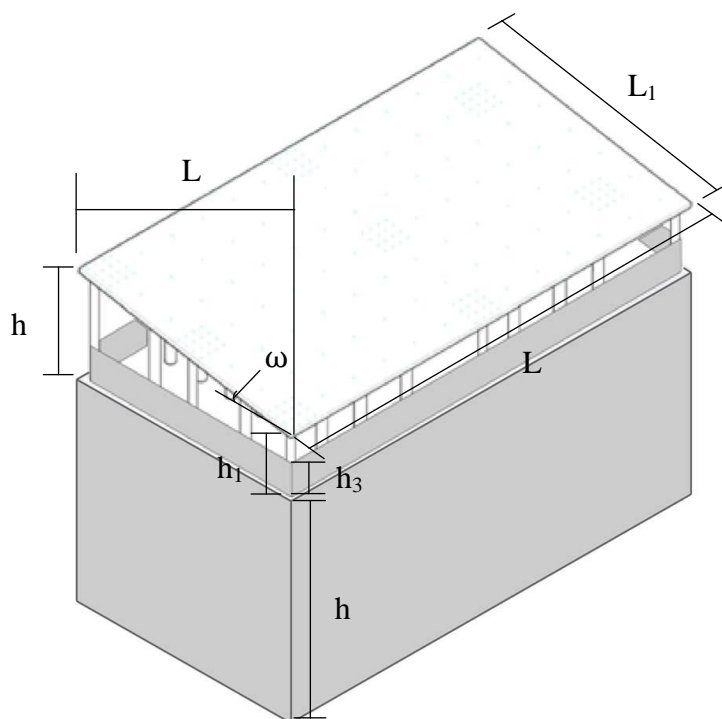


圖 3-6 屋頂棚架型子系統示意圖(有阻擋，阻塞比大於 50%)

(資料來源:本研究整理)



圖 3-7 內政部建研所粗糙元及三角錐形渦流產生器

(資料來源:本研究整理)

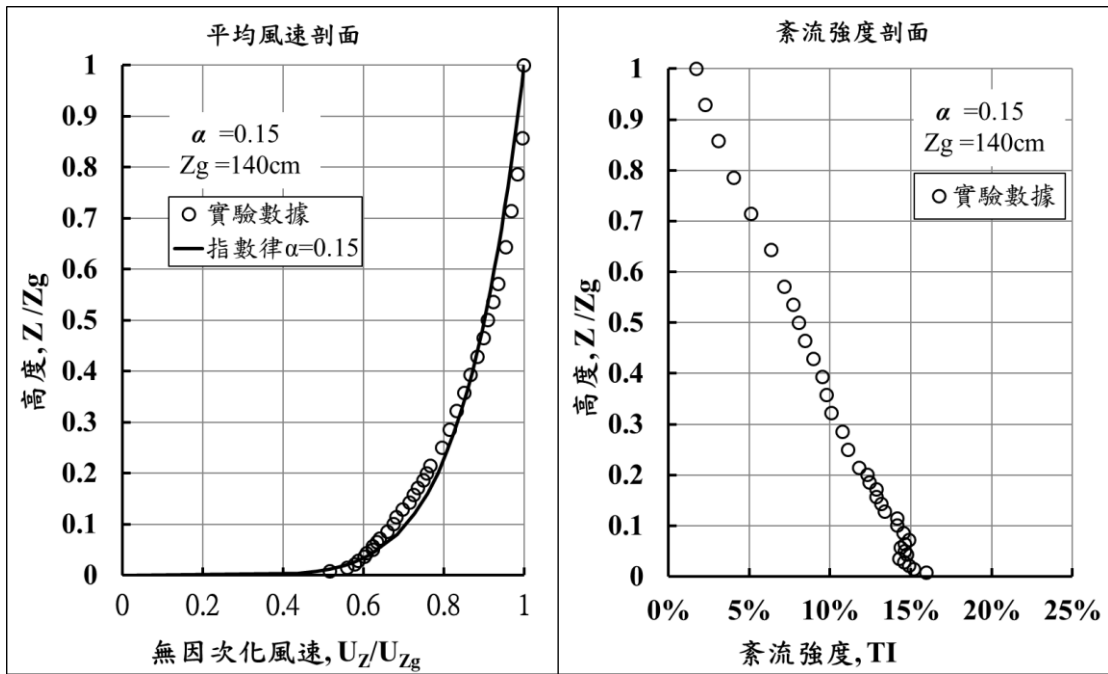


圖 3-8 內政部建研所風場測量平均風速(左)及紊流強度剖面(右)

(資料來源:本研究整理)



圖 3-9 淡江大學風工程研究中心粗糙元及三角錐形渦流產生器

(資料來源:本研究整理)

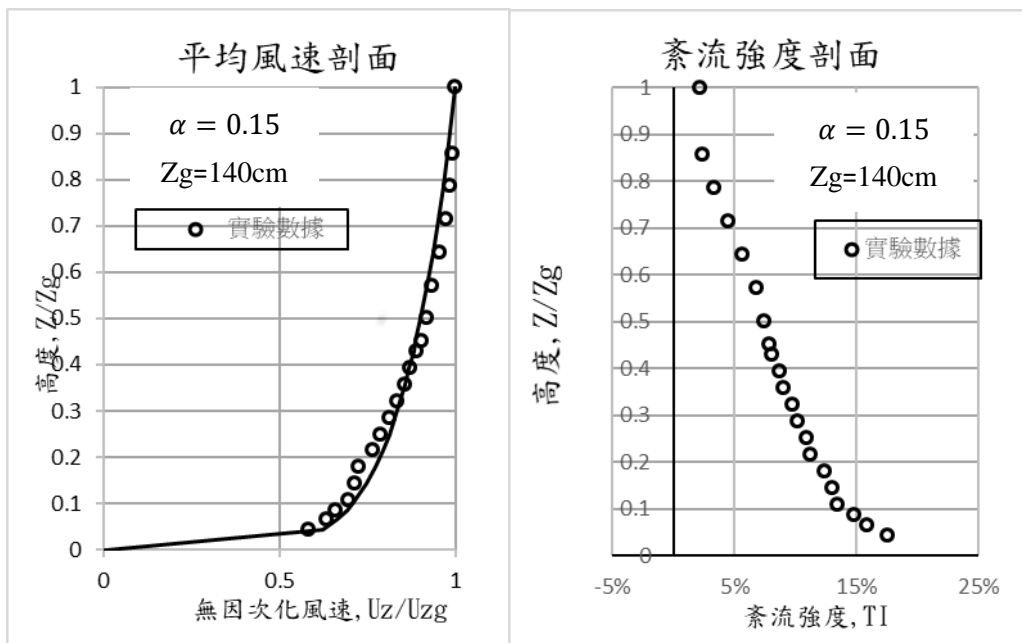


圖 3-10 淡江大學風場測量平均風速(左)及紊流強度剖面(右)

(資料來源:本研究整理)

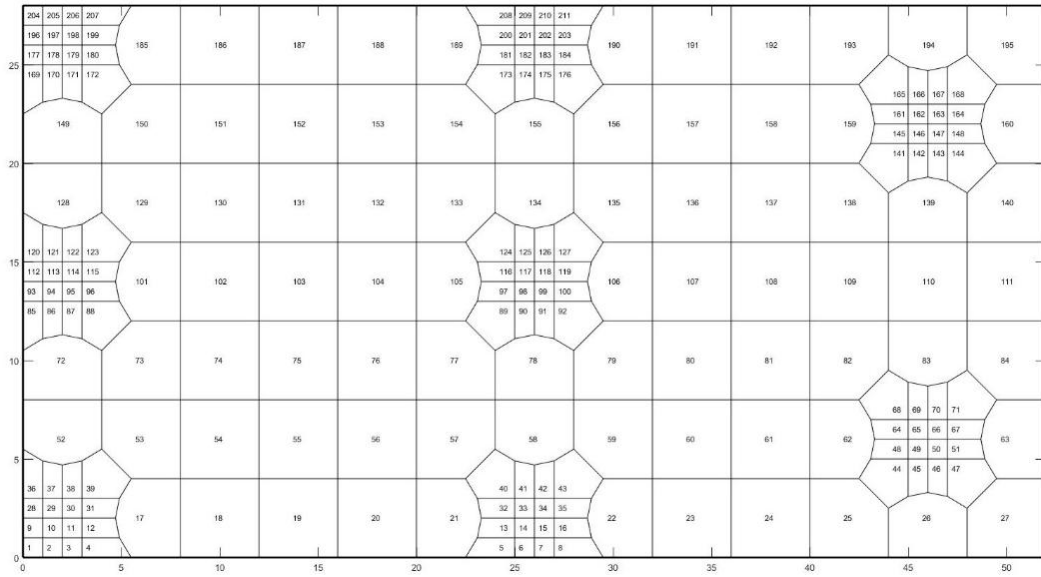


圖 4-1 Case (R₁₀C)^{*} 之各測分佈點及測點附屬面積圖

(資料來源:本研究整理)

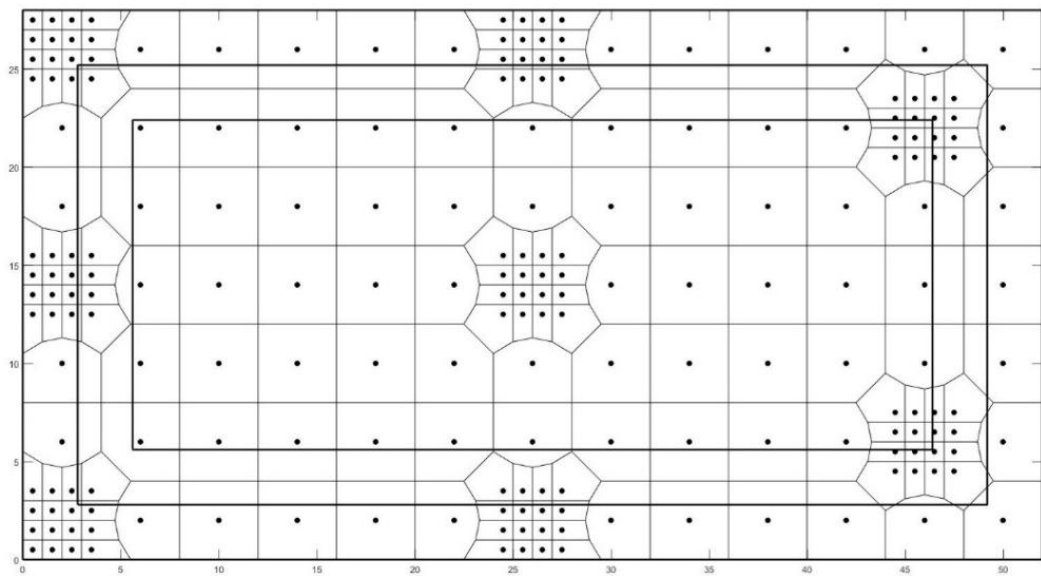


圖 4-2 Case (R₁₀C)^{*} 面板區域分佈圖

(資料來源:本研究整理)

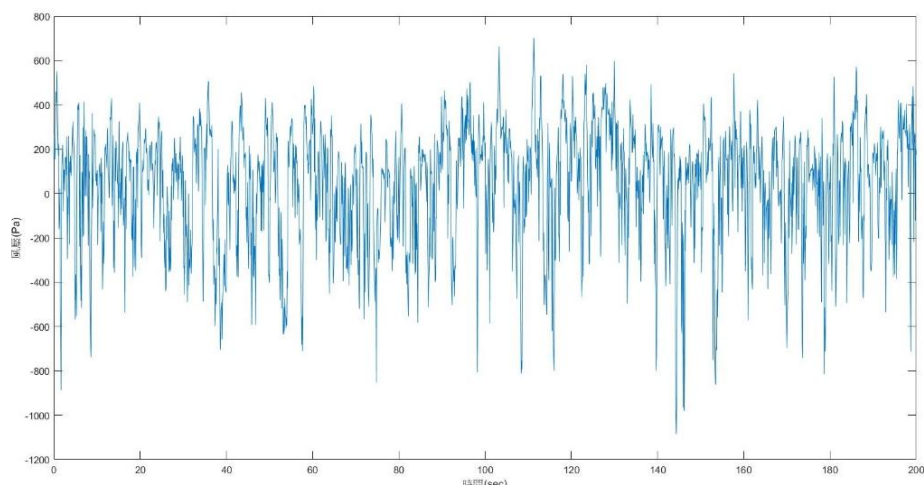


圖 4-3 Case (R₁₀C)* 測點 1 上表面風壓歷時圖(對應於實場前 200sec)

(資料來源:本研究整理)

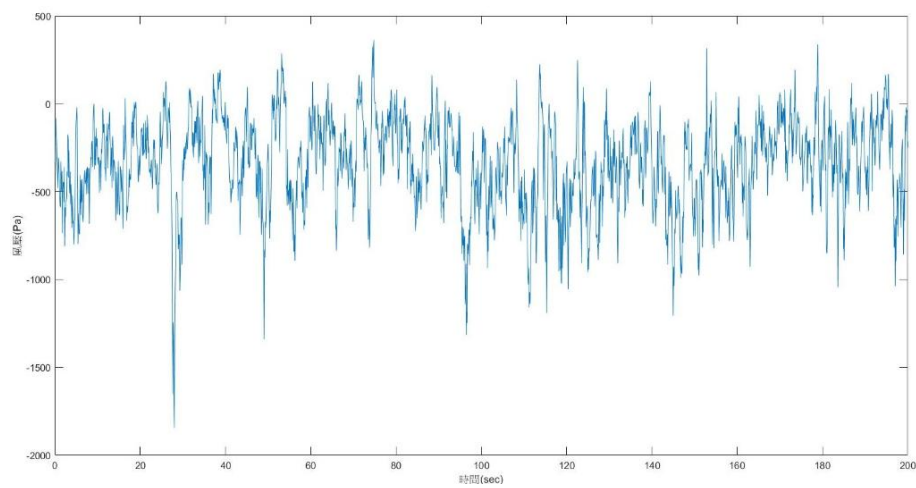


圖 4-4 Case (R₁₀C)* 測點 1 下表面風壓歷時圖(對應於實場前 200sec)

(資料來源:本研究整理)

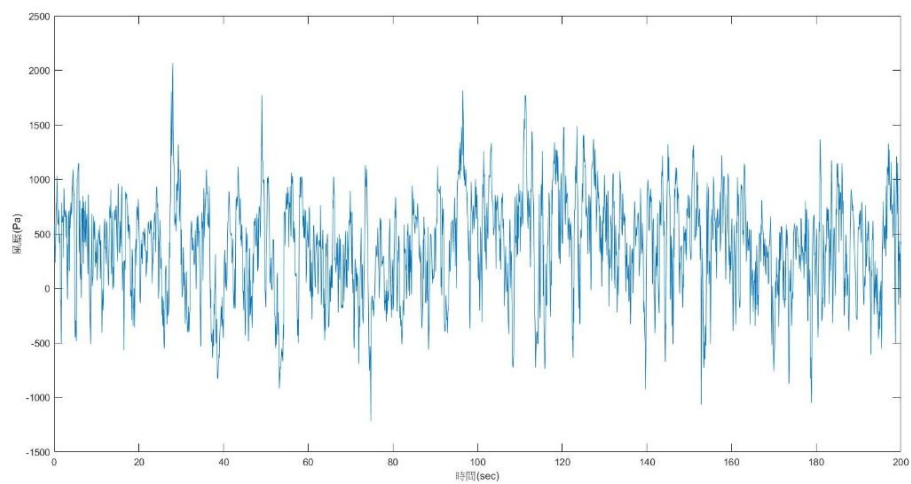


圖 4-5 Case (R₁₀C)* 測點 1 淨風壓歷時圖(對應於實場前 200sec)

(資料來源:本研究整理)

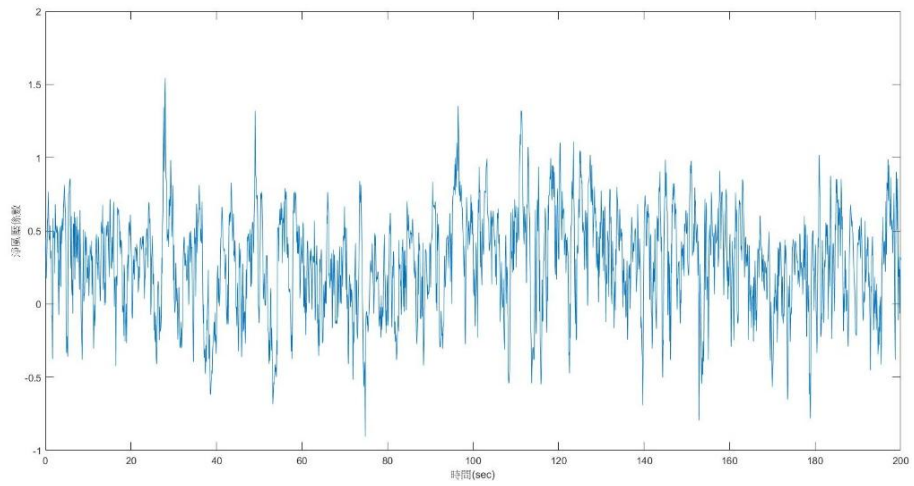


圖 4-6 Case (R₁₀C)* 測點 1 淨風壓係數歷時圖(對應於實場前 200sec)

(資料來源:本研究整理)

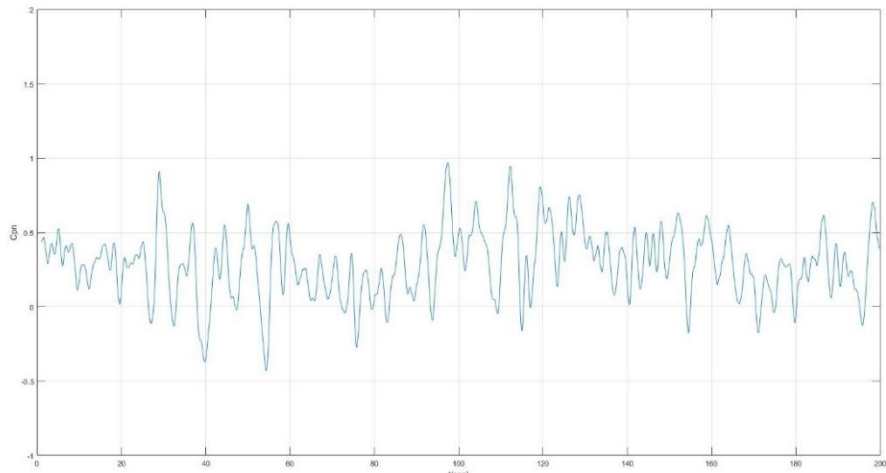


圖 4-7 Case (R₁₀C)* 1 秒移動平均之測點 1 淨風壓係數歷時圖

(資料來源:本研究整理)

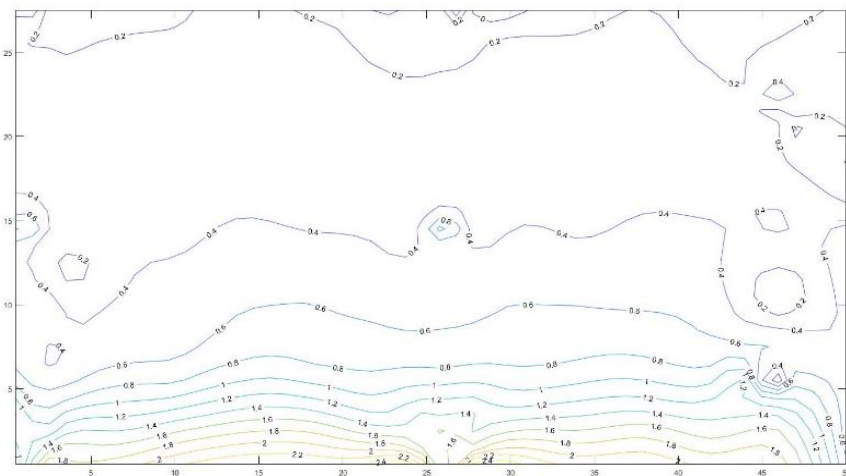


圖 4-8 Case (G₁₀C)* 0 度角各測點正極值淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

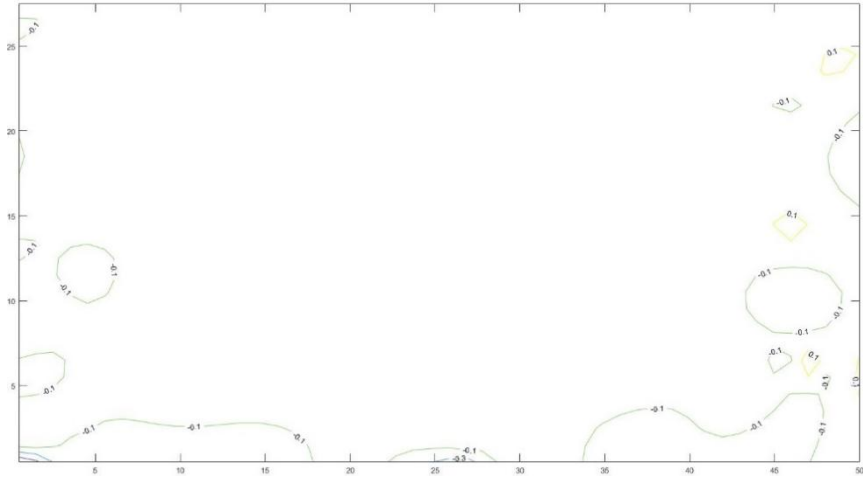


圖 4-9 Case (G₁₀C)* 0 度角下各測點負極值淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

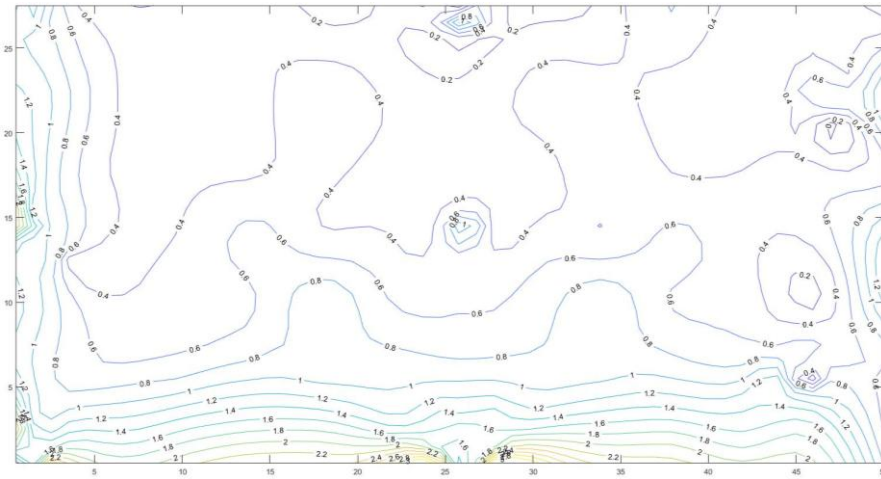


圖 4-10 Case (G₁₀C)* 各測點最大正淨風壓係數之等值圖

(資料來源:本研究整理)

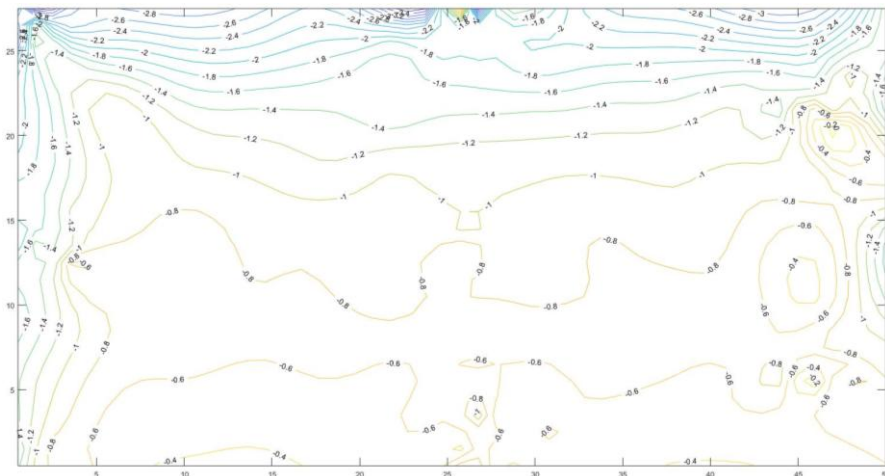


圖 4-11 Case (G₁₀C)* 各測點最大負淨風壓係數之等值圖

(資料來源:本研究整理)

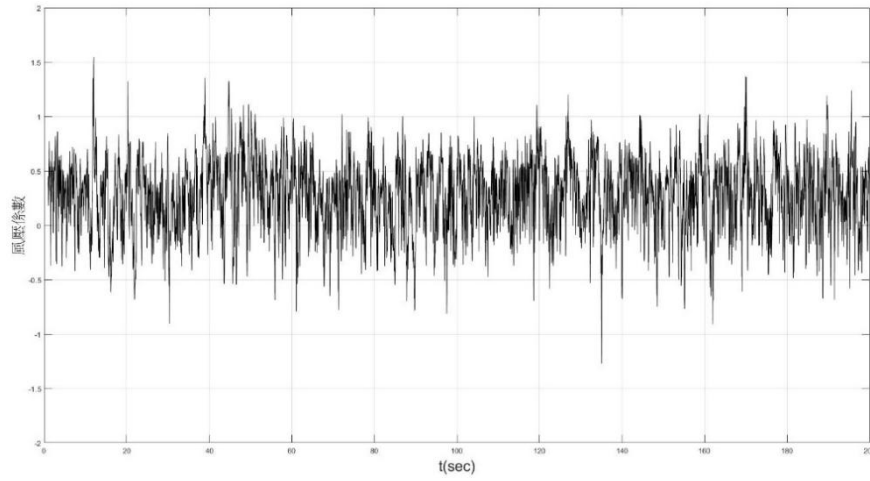


圖 4-12 Case (G₁₀C)* 有效受風面積 a=10m² 之淨風壓係數歷時圖

(資料來源:本研究整理)

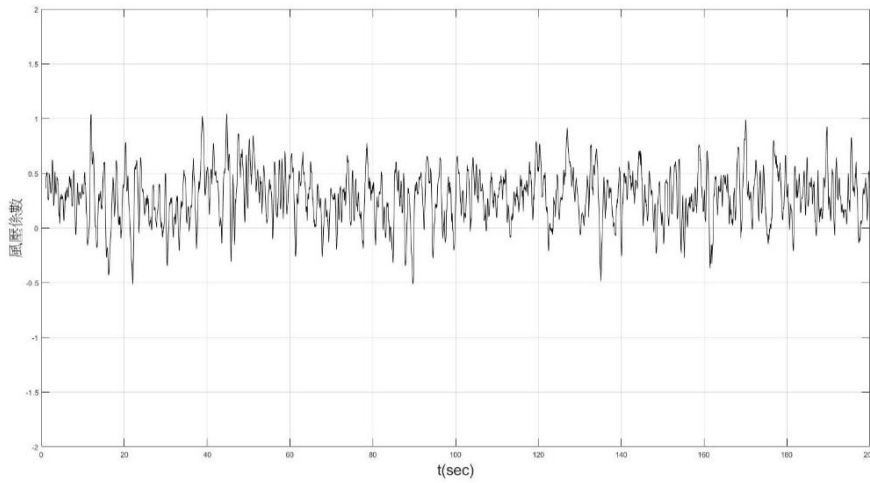


圖 4-13 Case (G₁₀C)* 有效受風面積 a=10m² 之 1 秒移動平均淨風壓係數歷時圖

(資料來源:本研究整理)

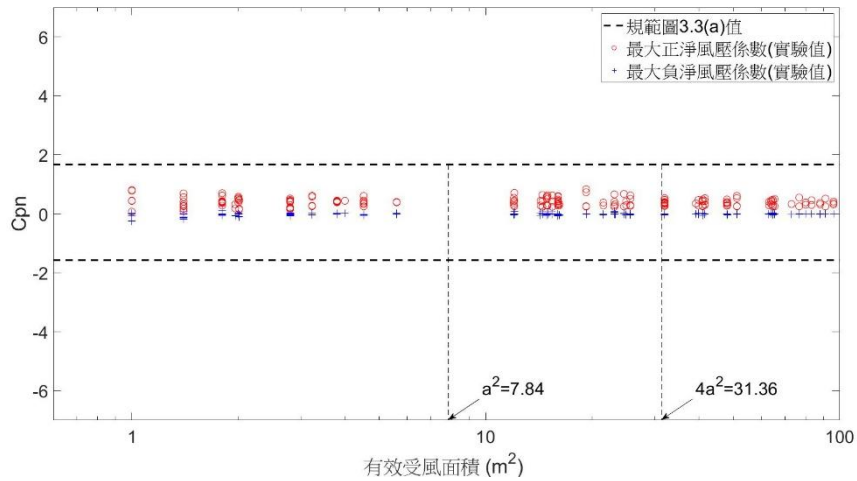


圖 4-14 Case ($G_{10}C$)^{*} 0 度風向角下區域一之極值淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

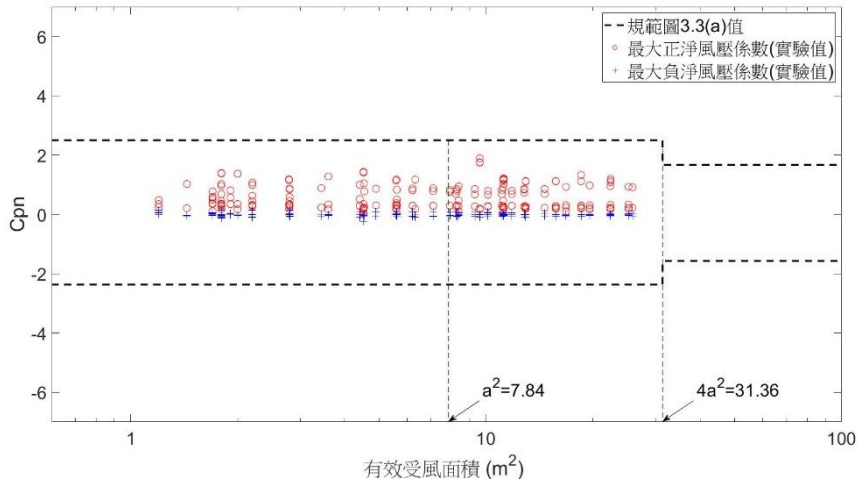


圖 4-15 Case ($G_{10}C$)^{*} 0 度風向角下區域二之極值淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

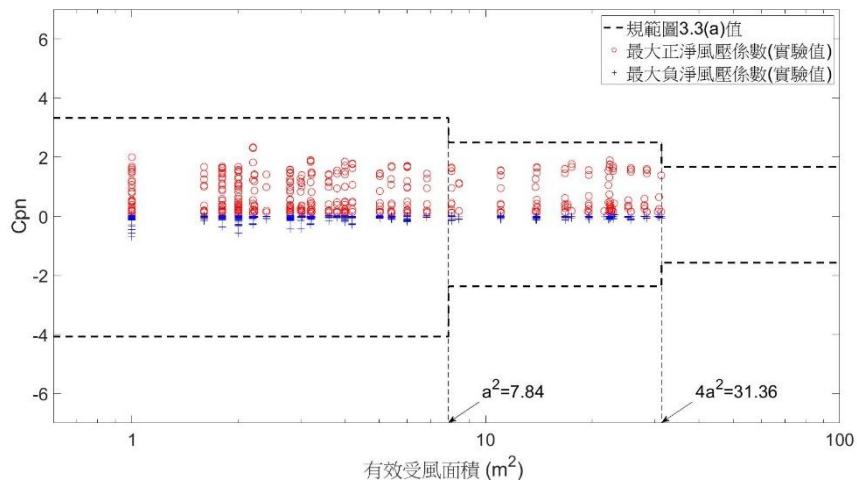


圖 4-16 Case ($G_{10}C$)^{*} 0 度風向角下區域三之極值淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

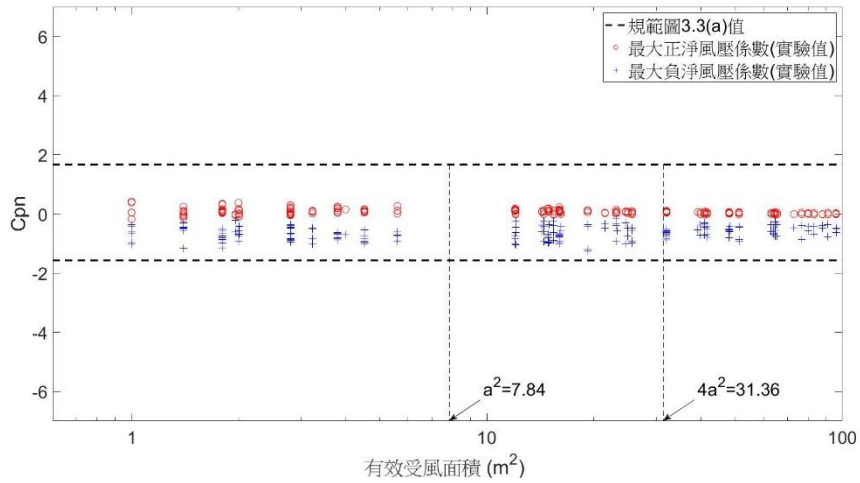


圖 4-17 Case (G_{10C})^{*} 180 度風向角下區域一之極值淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

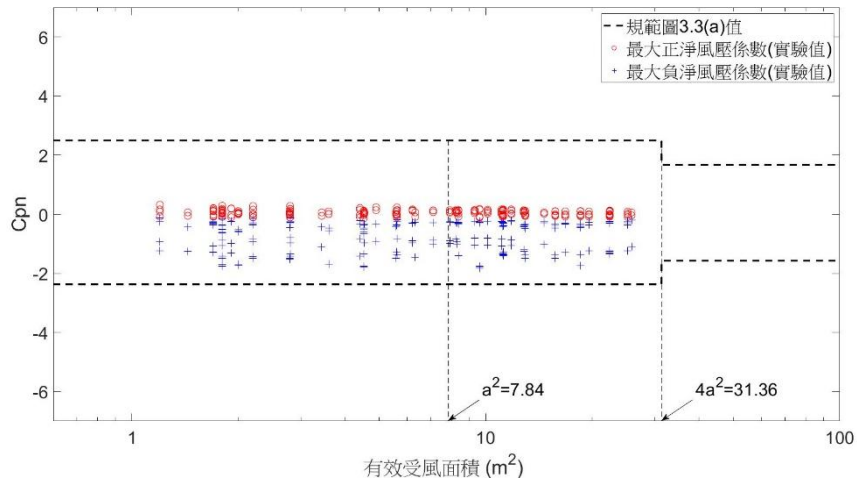


圖 4-18 Case (G_{10C})^{*} 180 度風向角下區域二之極值淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

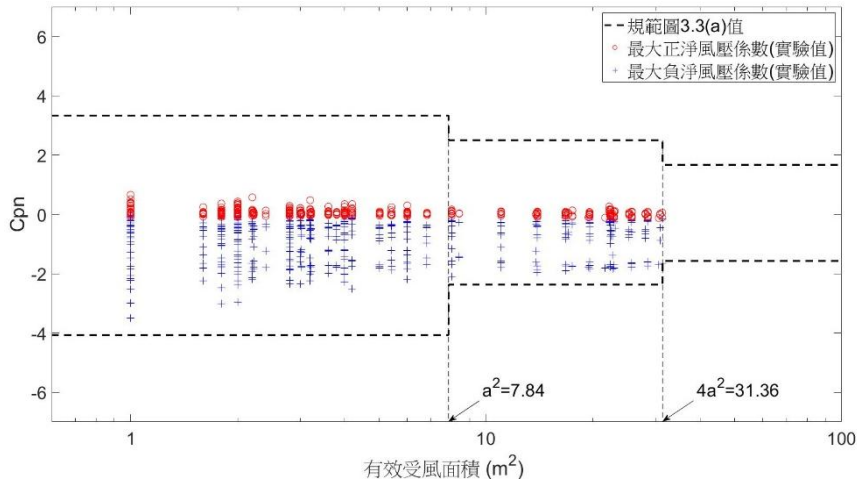


圖 4-19 Case (G_{10C})^{*} 180 度風向角下區域三之極值淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

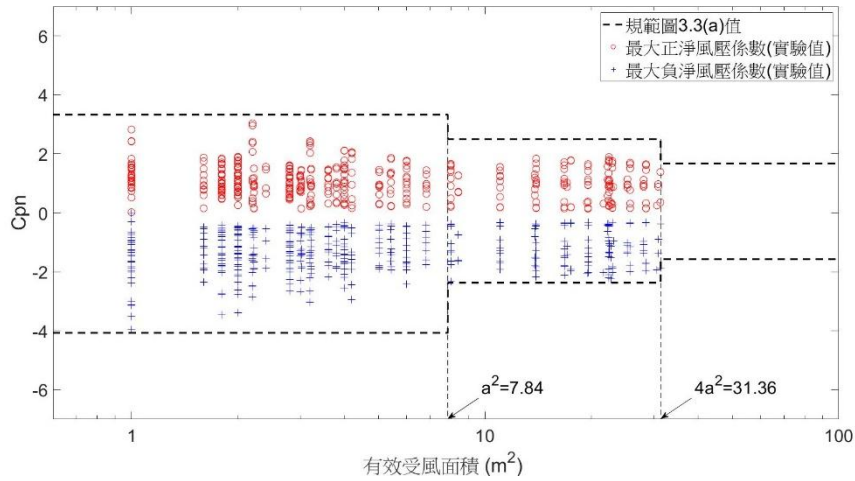


圖 4-20 Case ($G_{10}C$)* 區域三之最大正(負)淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

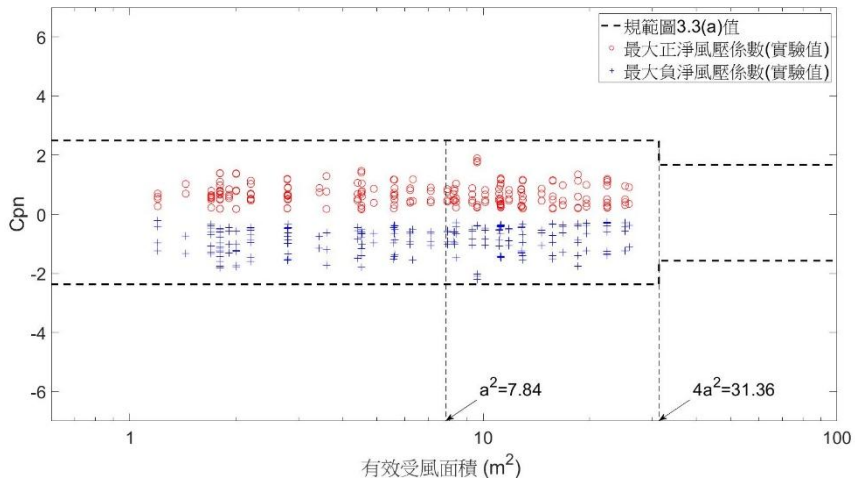


圖 4-21 Case ($G_{10}C$)* 區域二之最大正(負)淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

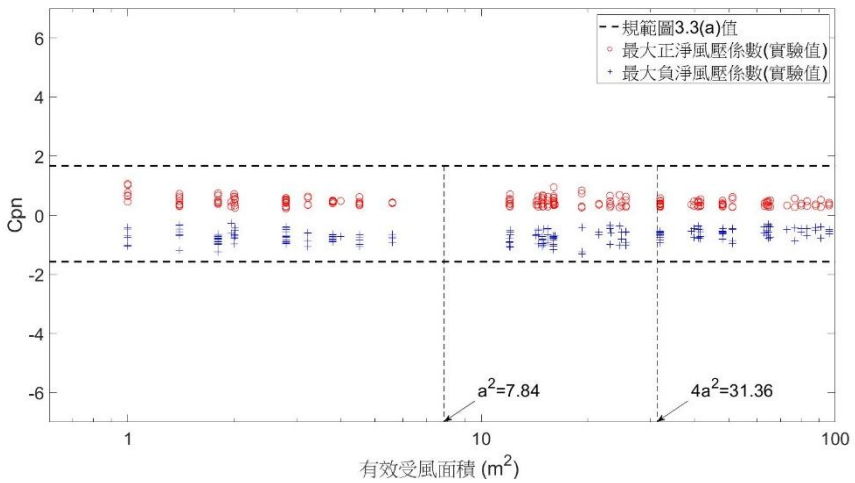


圖 4-22 Case ($G_{10}C$)* 區域一之最大正(負)淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

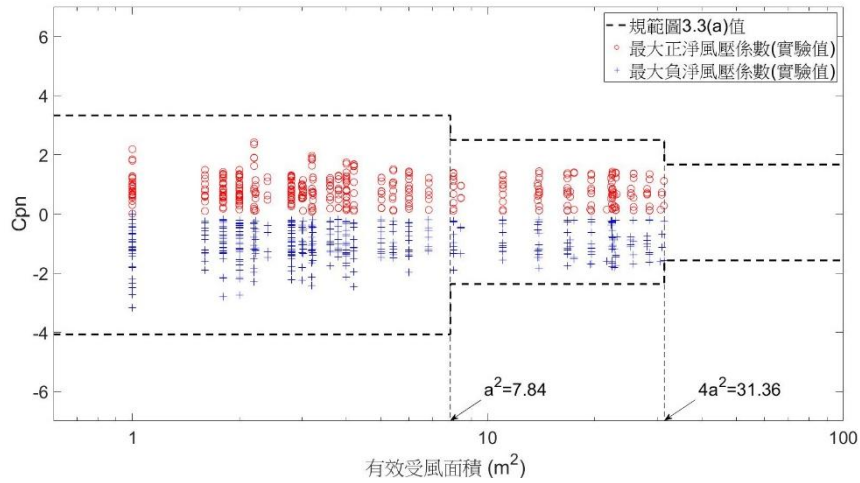


圖 4-23 Case (G₁₀C)* 區域三之 1 秒移動平均最大正(負)淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

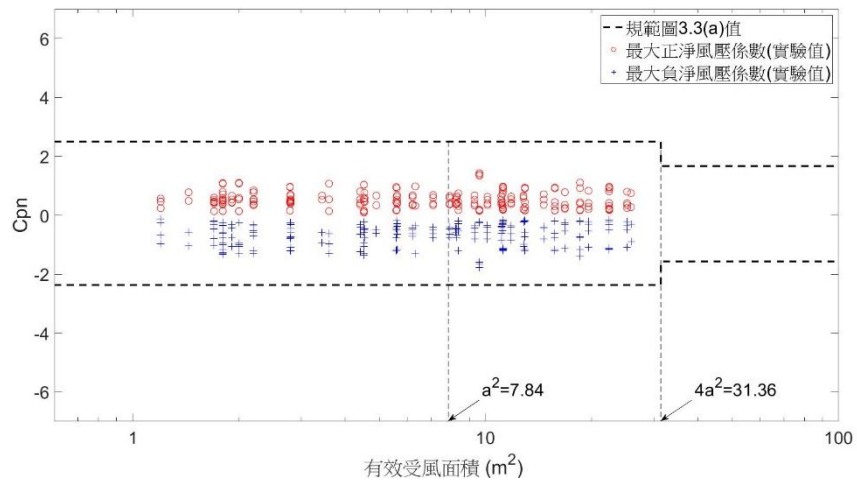


圖 4-24 Case (G₁₀C)* 區域二之 1 秒移動平均最大正(負)淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

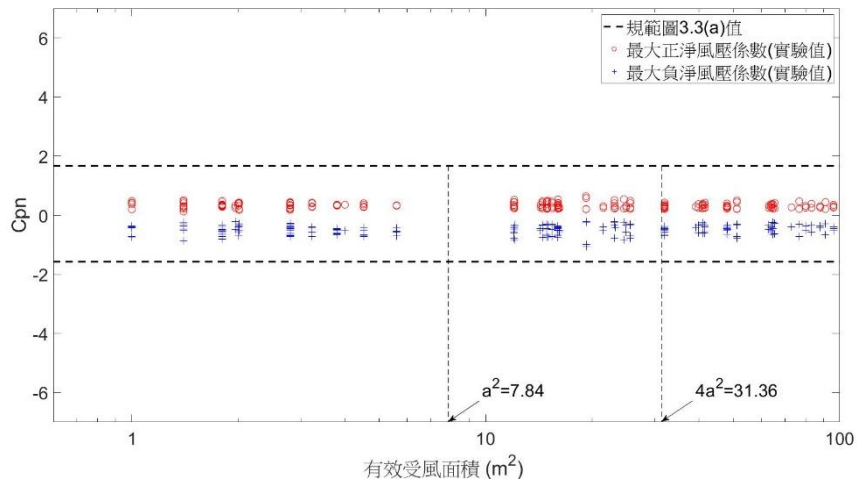


圖 4-25 Case (G₁₀C)* 區域一之 1 秒移動平均最大正(負)淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

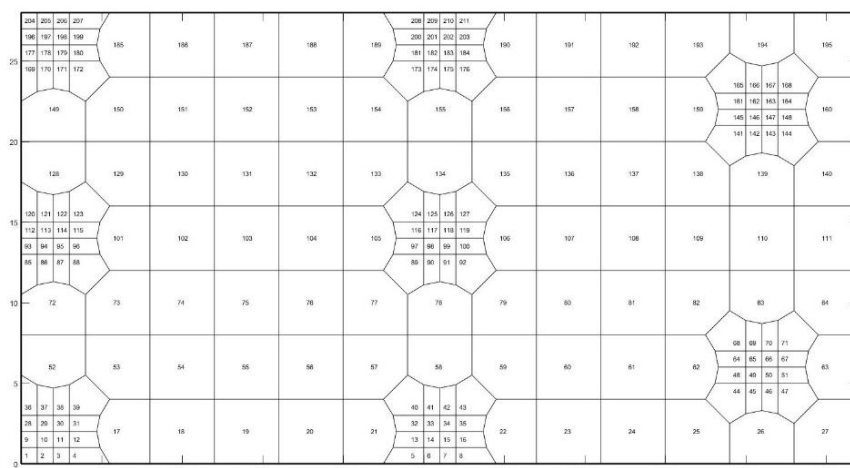


圖 4-26 Case (G₁₀O)* 之各測點分佈及測點附屬面積圖

(資料來源:本研究整理)

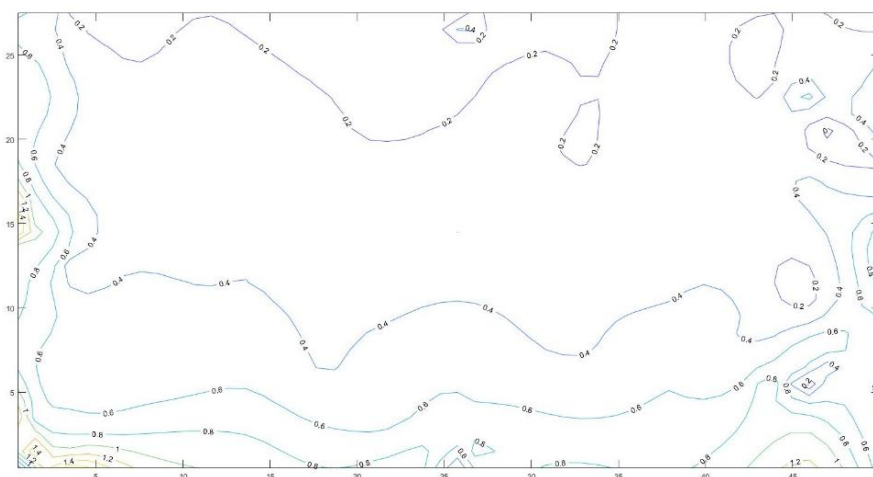


圖 4-27 Case (G₁₀O)* 之各測點最大正淨風壓係數

(資料來源:本研究整理)

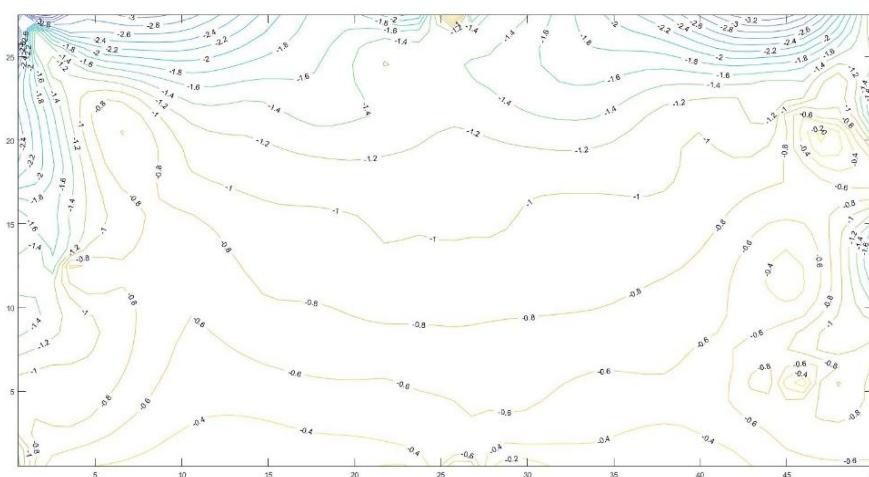


圖 4-28 Case (G₁₀O)* 之各測點最大負淨風壓係數

(資料來源:本研究整理)

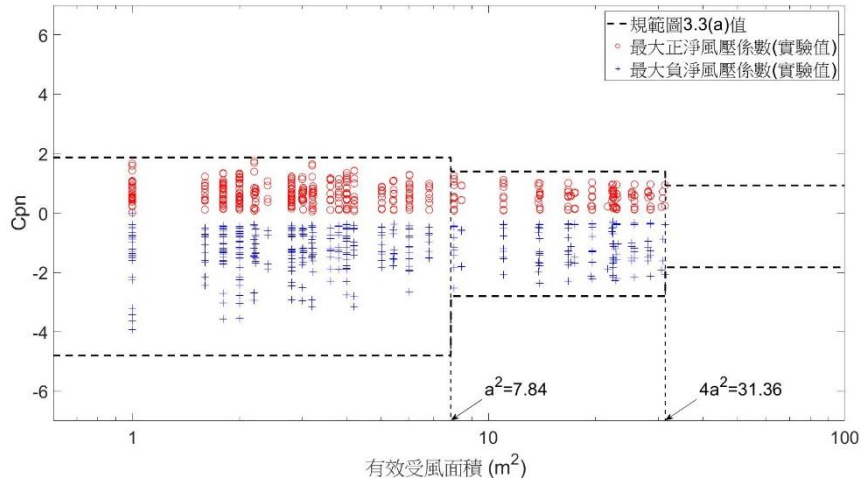


圖 4-29 Case (G₁₀O)* 區域三之最大正(負)淨風壓係數

(資料來源:本研究整理)

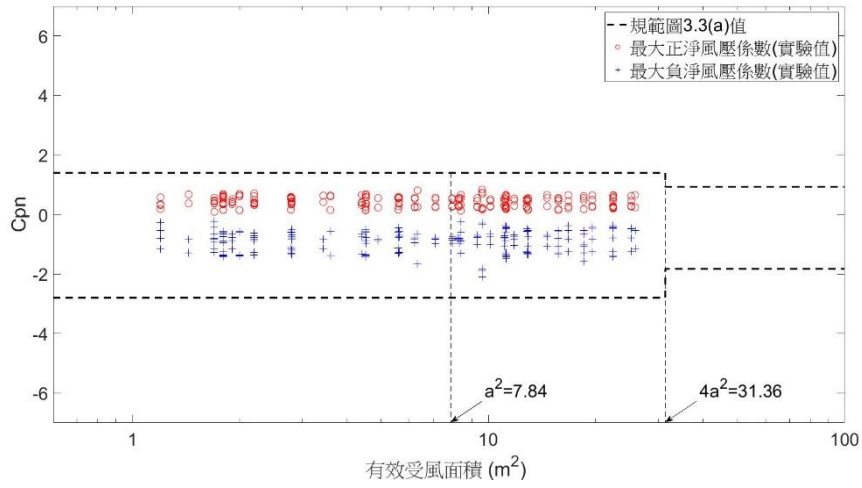


圖 4-30 Case (G₁₀O)* 區域二之最大正(負)淨風壓係數

(資料來源:本研究整理)

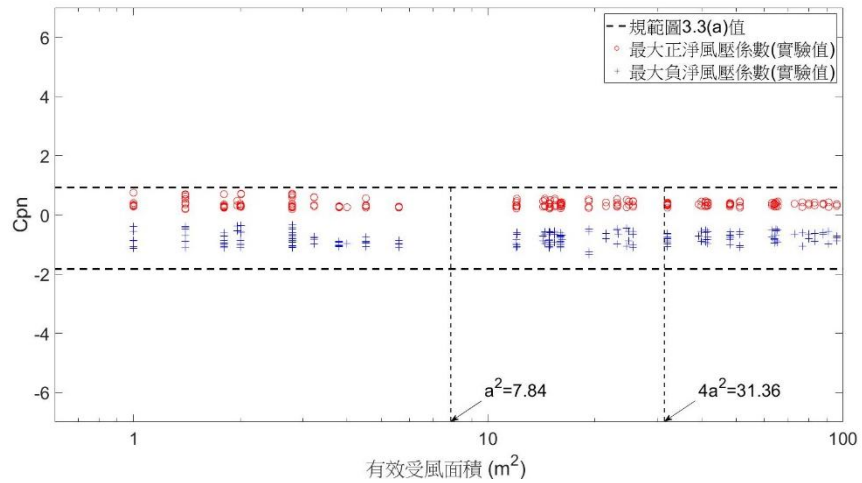


圖 4-31 Case (G₁₀O)* 區域一之最大正(負)淨風壓係數

(資料來源:本研究整理)

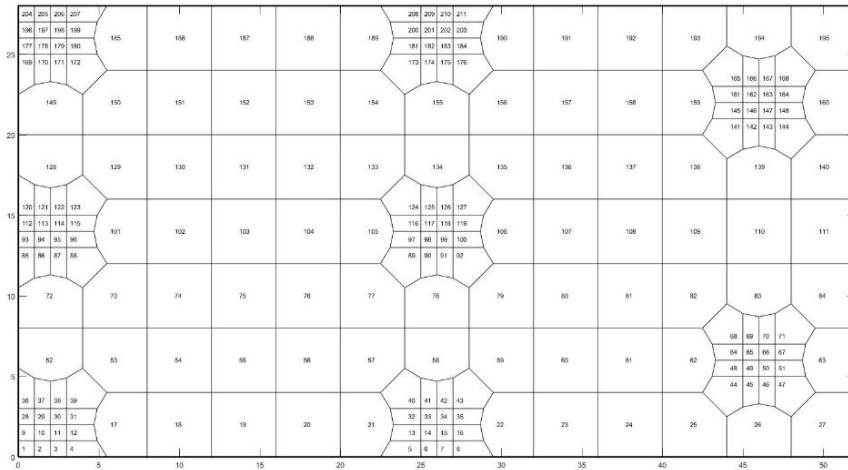


圖 4-32 Case G₁₀C 之各測點分佈及測點附屬面積圖

(資料來源:本研究整理)

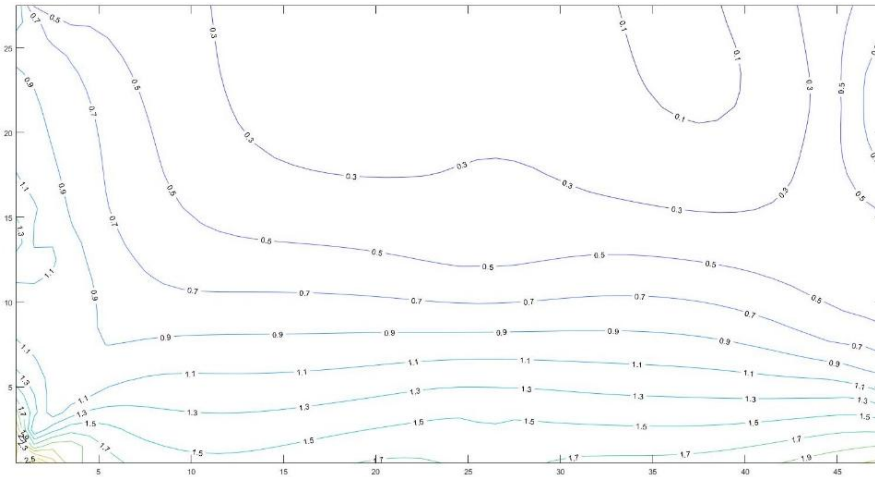


圖 4-33 Case G₁₀C 之各測點最大正淨風壓係數

(資料來源:本研究整理)

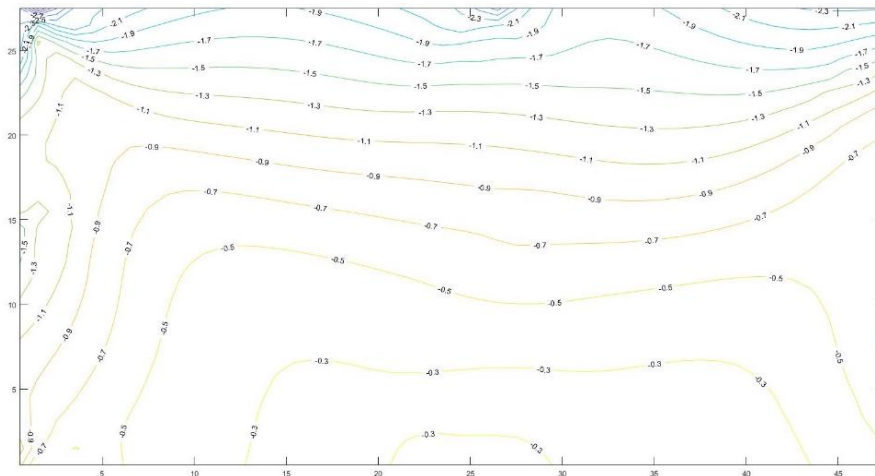


圖 4-34 Case G₁₀C 之各測點最大負淨風壓係數

(資料來源:本研究整理)

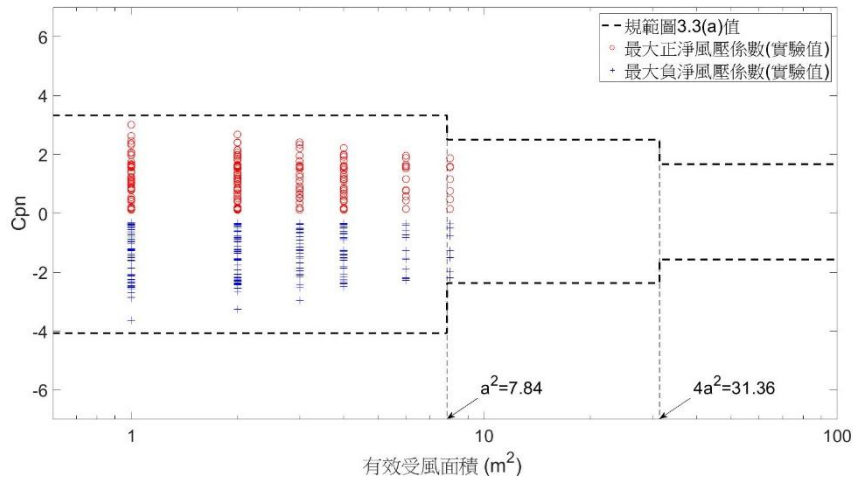


圖 4-35 Case G₁₀C 區域三之最大正(負)淨風壓係數

(資料來源:本研究整理)

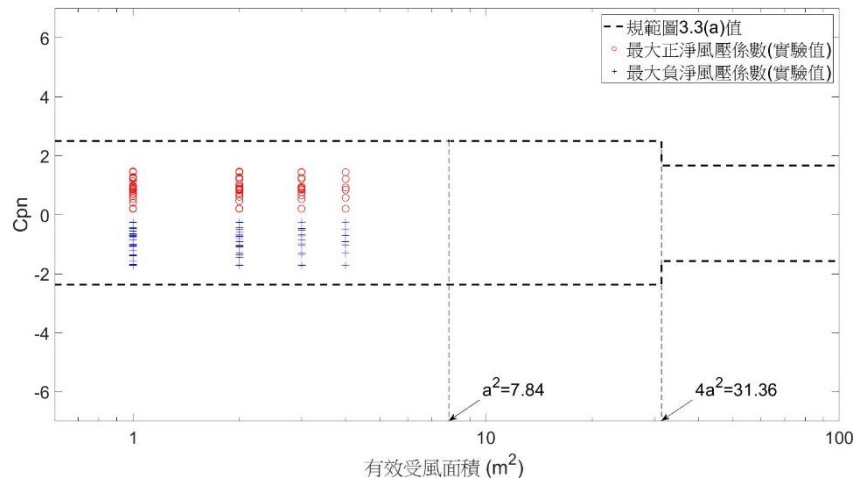


圖 4-36 Case G₁₀C 區域二之最大正(負)淨風壓係數

(資料來源:本研究整理)

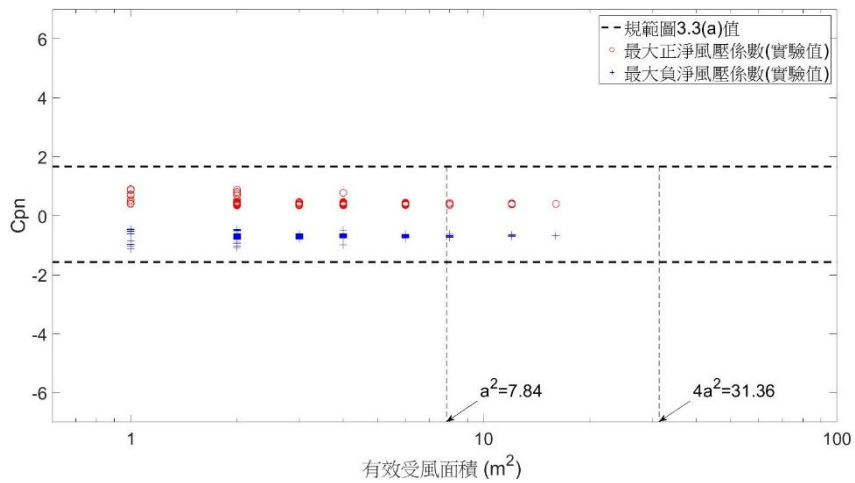


圖 4-37 Case G₁₀C 區域一之最大正(負)淨風壓係數

(資料來源:本研究整理)

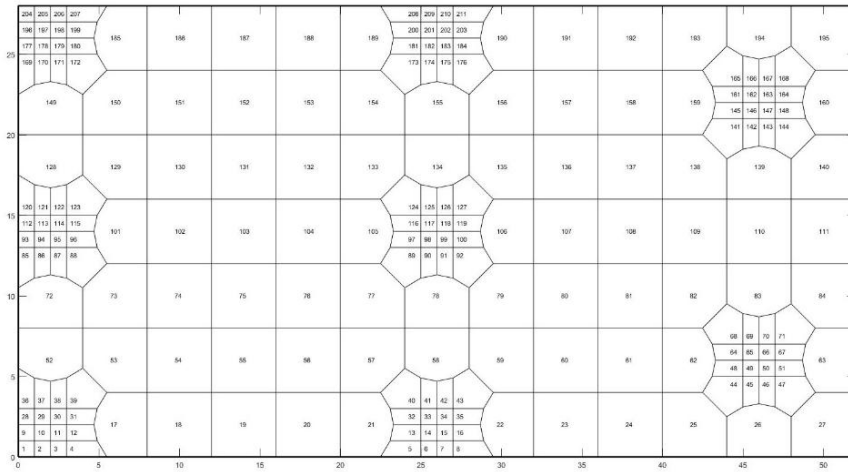


圖 4-38 Case G_{10O} 之各測點分佈及測點附屬面積圖

(資料來源:本研究整理)

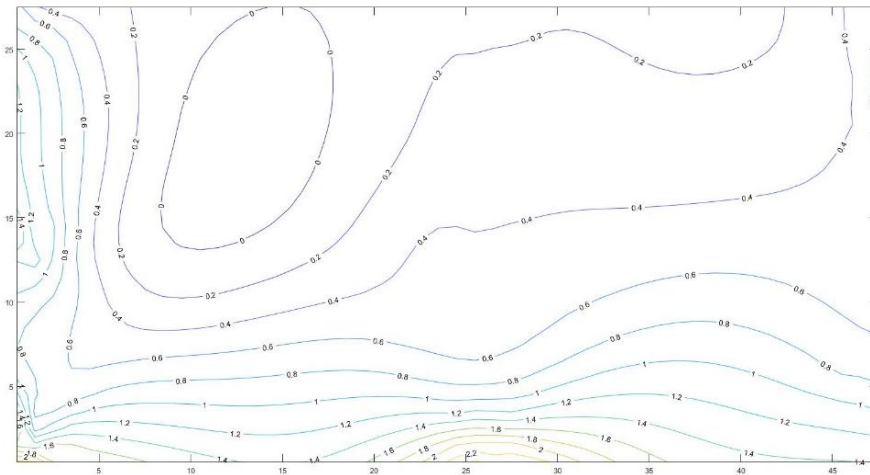


圖 4-39 Case G_{10O} 之各測點最大正淨風壓係數

(資料來源:本研究整理)

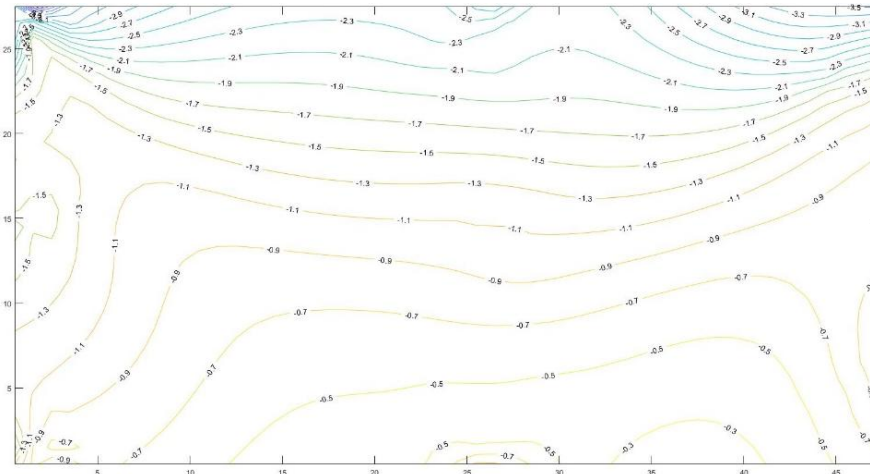


圖 4-40 Case G_{10O} 之各測點最大負淨風壓係數

(資料來源:本研究整理)

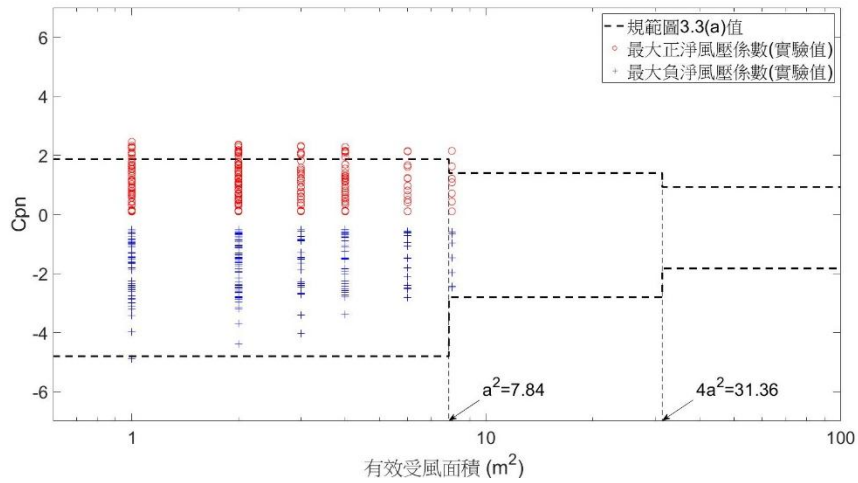


圖 4-41 Case G₁₀O 區域三之最大正(負)淨風壓係數

(資料來源:本研究整理)

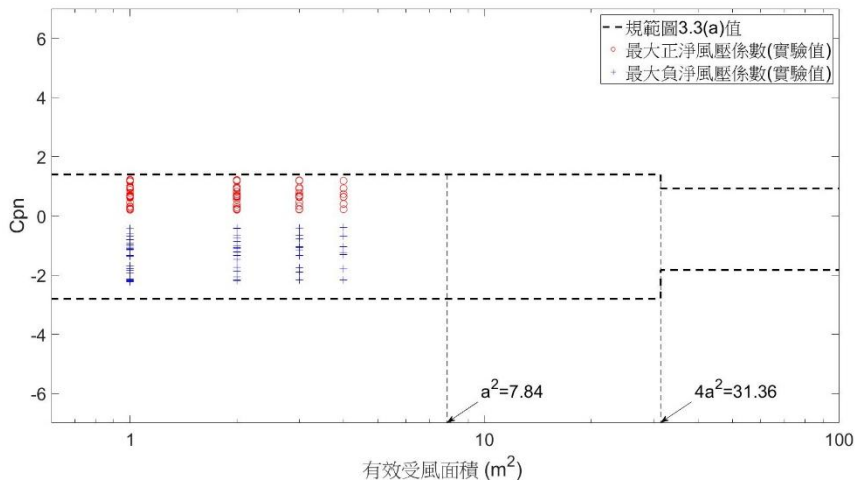


圖 4-42 Case G₁₀O 區域二之最大正(負)淨風壓係數

(資料來源:本研究整理)

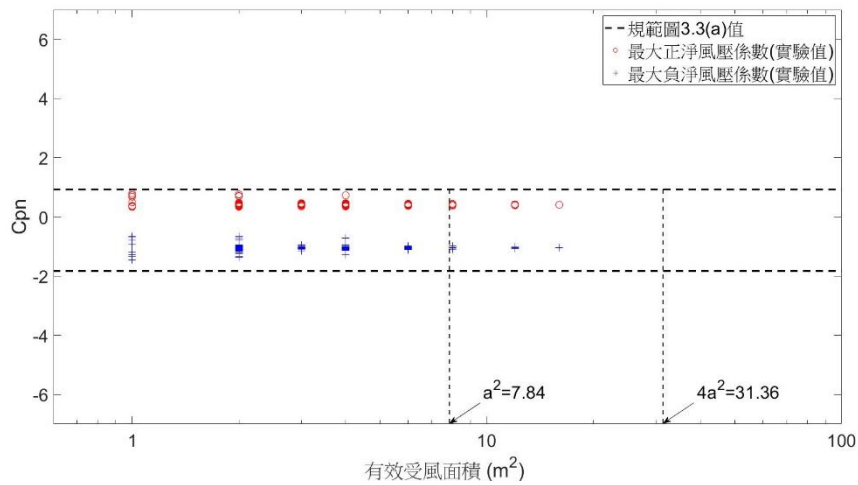


圖 4-43 Case G₁₀O 區域一之最大正(負)淨風壓係數

(資料來源:本研究整理)

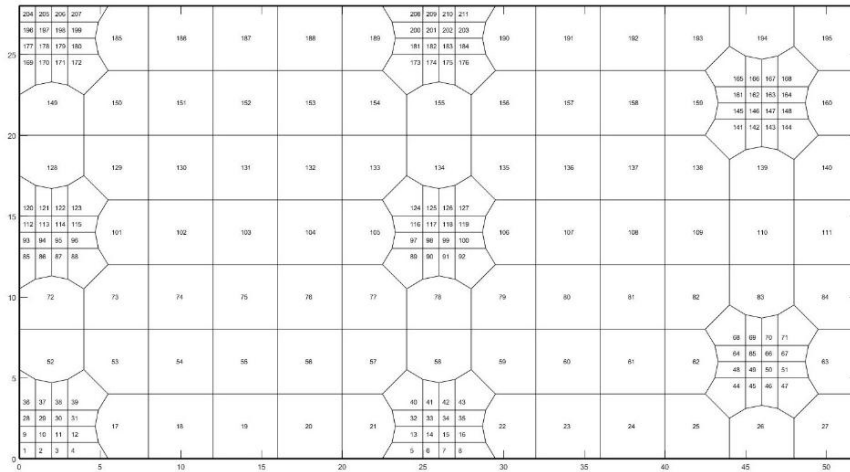


圖 4-44 Case G₃₀C 之各測點分佈及測點附屬面積圖

(資料來源:本研究整理)

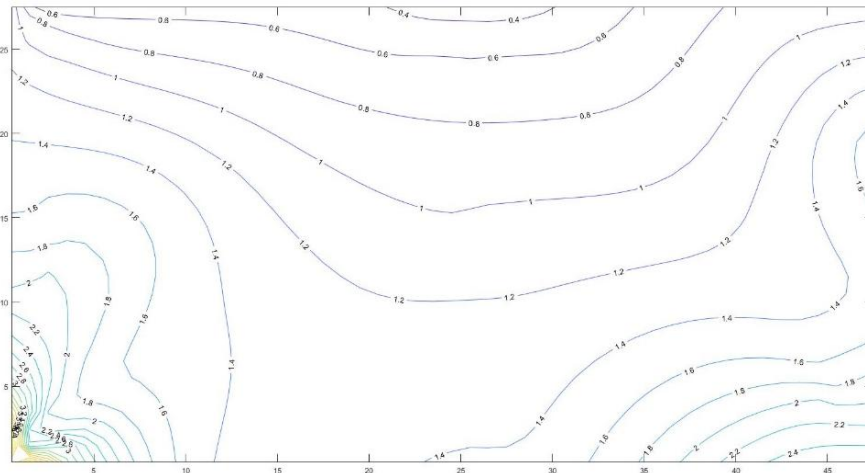


圖 4-45 Case G₃₀C 之各測點最大正淨風壓係數

(資料來源:本研究整理)

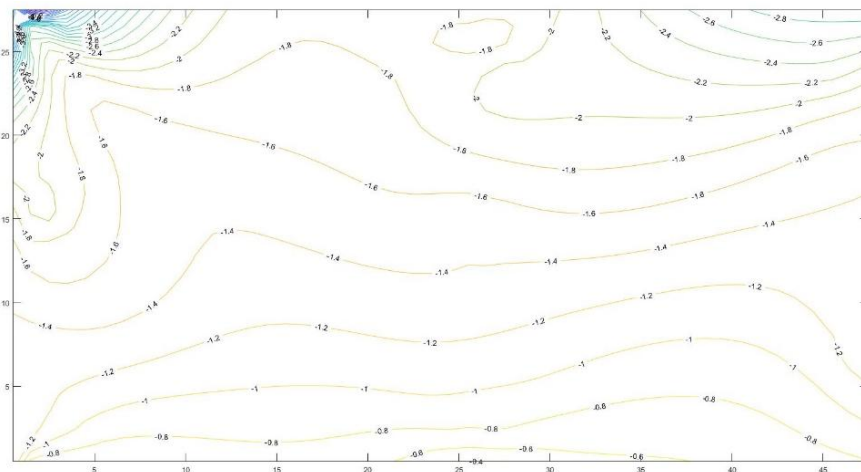


圖 4-46 Case G₃₀C 之各測點最大負淨風壓係數

(資料來源:本研究整理)

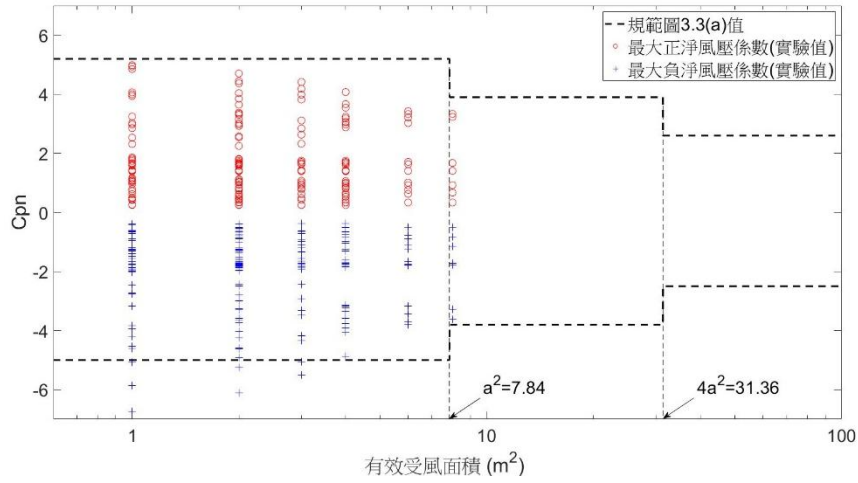


圖 4-47 Case G₃₀C 區域三之最大正(負)淨風壓係數

(資料來源:本研究整理)

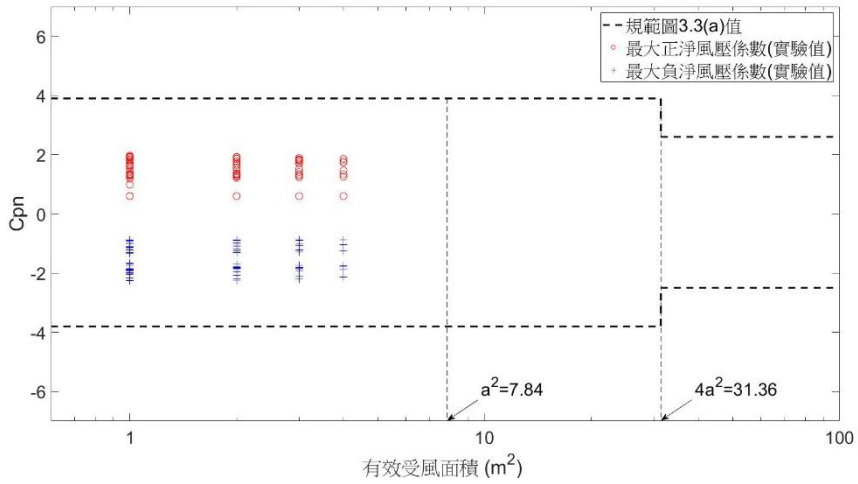


圖 4-48 Case G₃₀C 區域二之最大正(負)淨風壓係數

(資料來源:本研究整理)

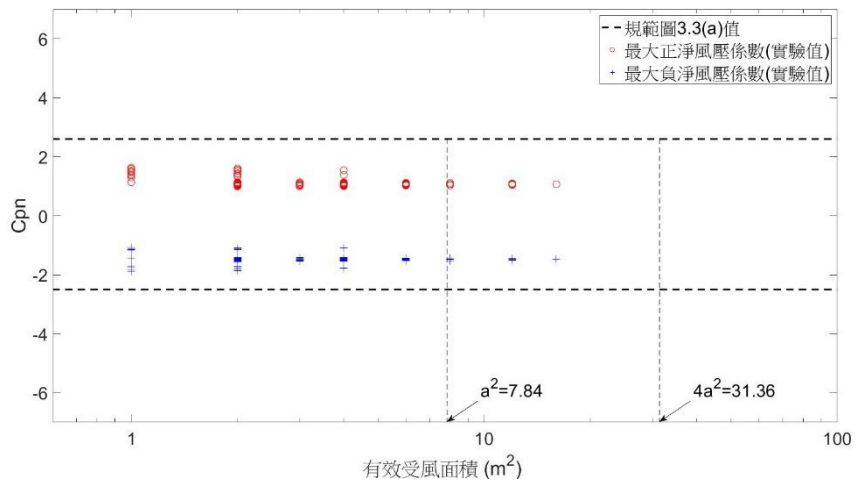


圖 4-49 Case G₃₀C 區域一之最大正(負)淨風壓係數

(資料來源:本研究整理)

太陽光電系統之耐風設計規範研擬

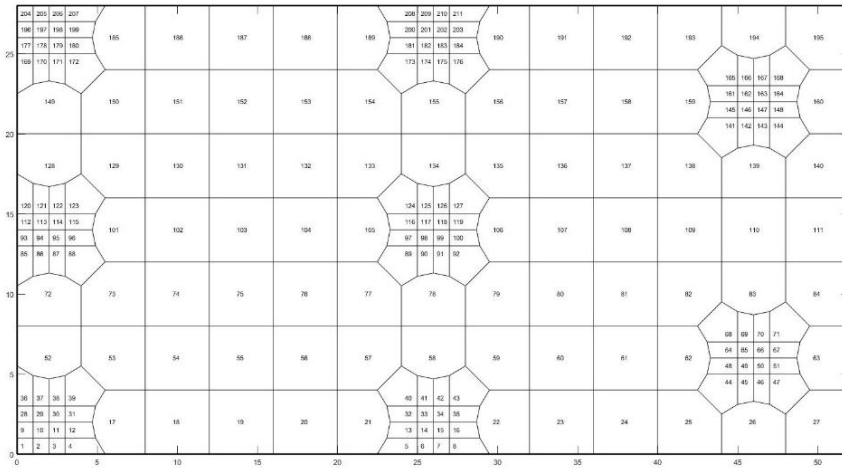


圖 4-50 Case G₃₀O 之各測點分佈及測點附屬面積圖

(資料來源:本研究整理)

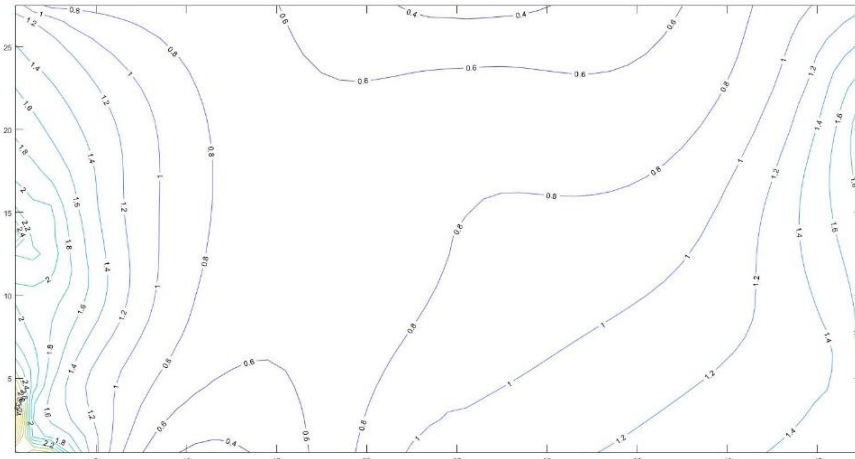


圖 4-51 Case G₃₀O 之各測點最大正淨風壓係數

(資料來源:本研究整理)

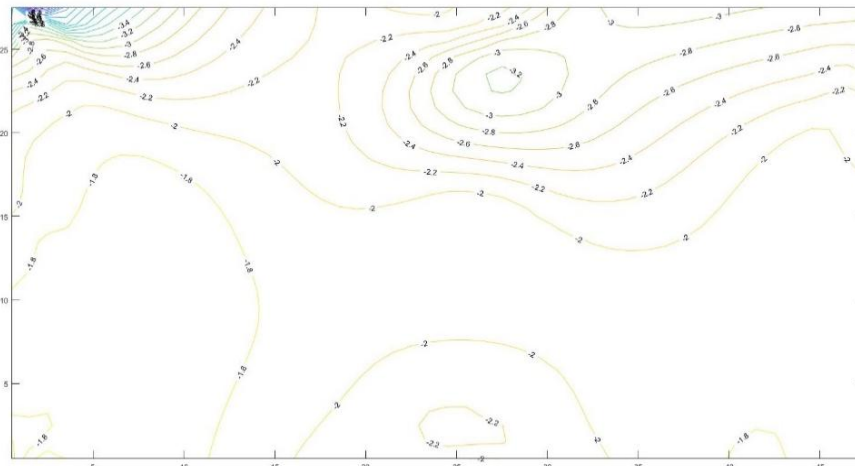


圖 4-52 Case G₃₀O 之各測點最大負淨風壓係數

(資料來源:本研究整理)

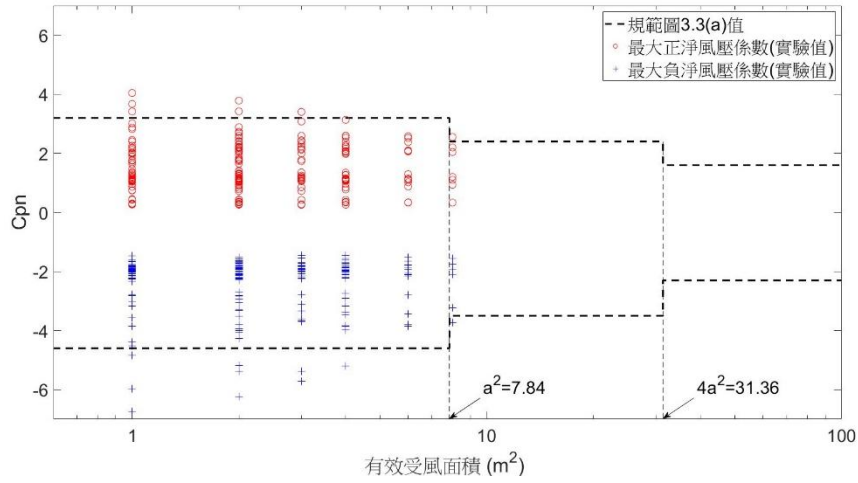


圖 4-53 Case G₃₀O 區域三之最大正(負)淨風壓係數

(資料來源:本研究整理)

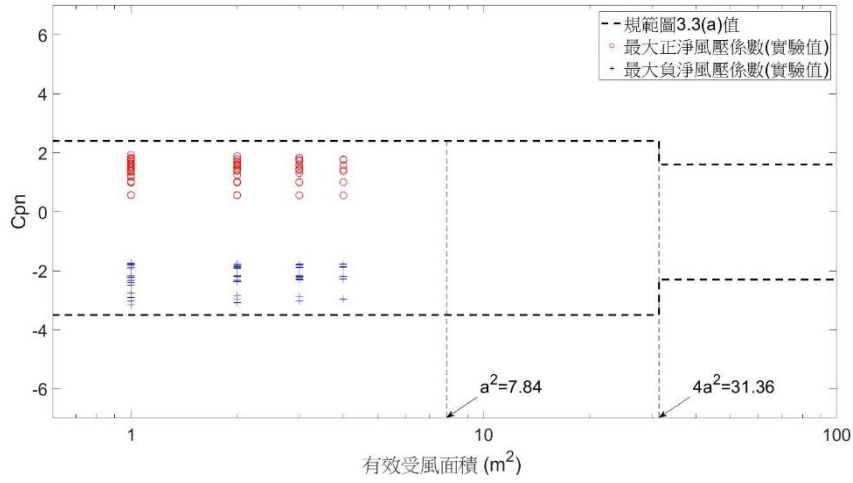


圖 4-54 Case G₃₀O 區域二之最大正(負)淨風壓係數

(資料來源:本研究整理)

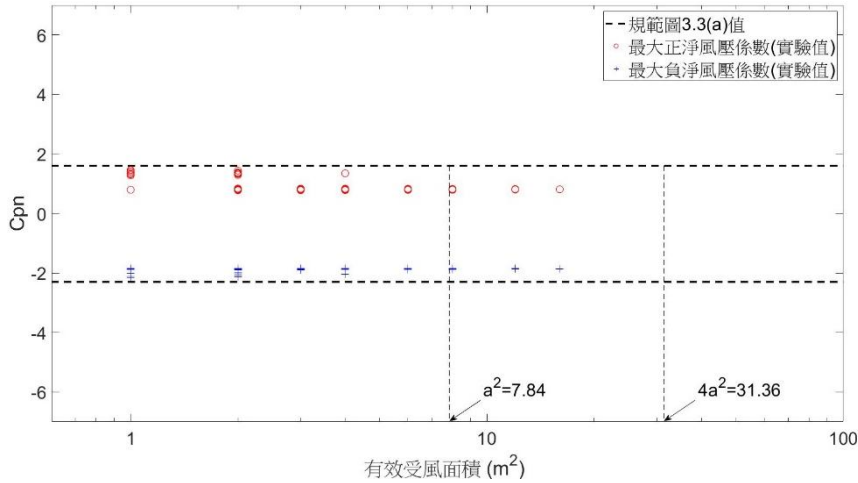


圖 4-55 Case G₃₀O 區域一之最大正(負)淨風壓係數.

(資料來源:本研究整理)

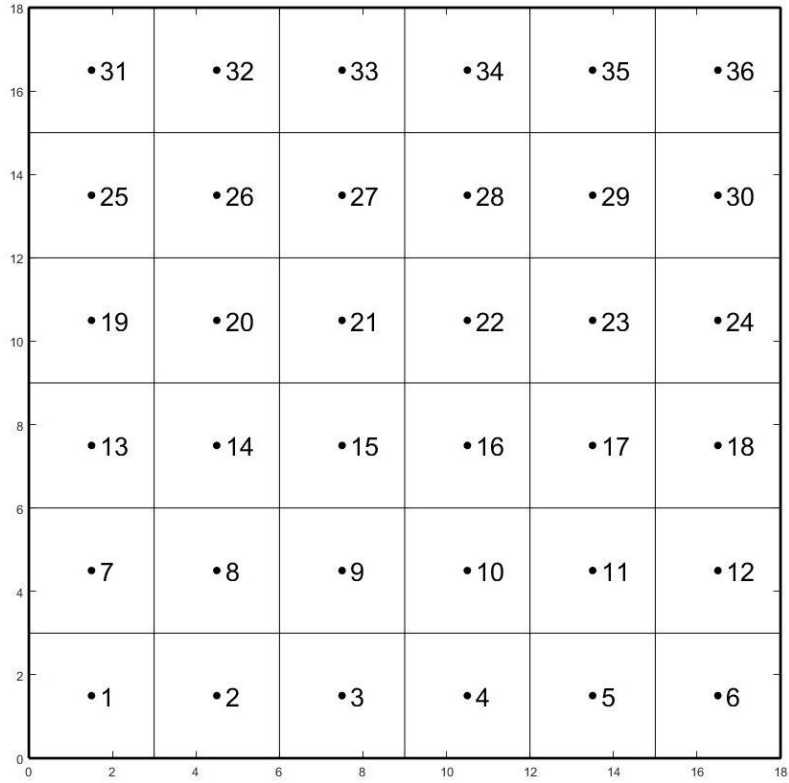


圖 6-1 Case R₁₀A₁C 之各測點分佈及測點附屬面積圖

(資料來源:本研究整理)

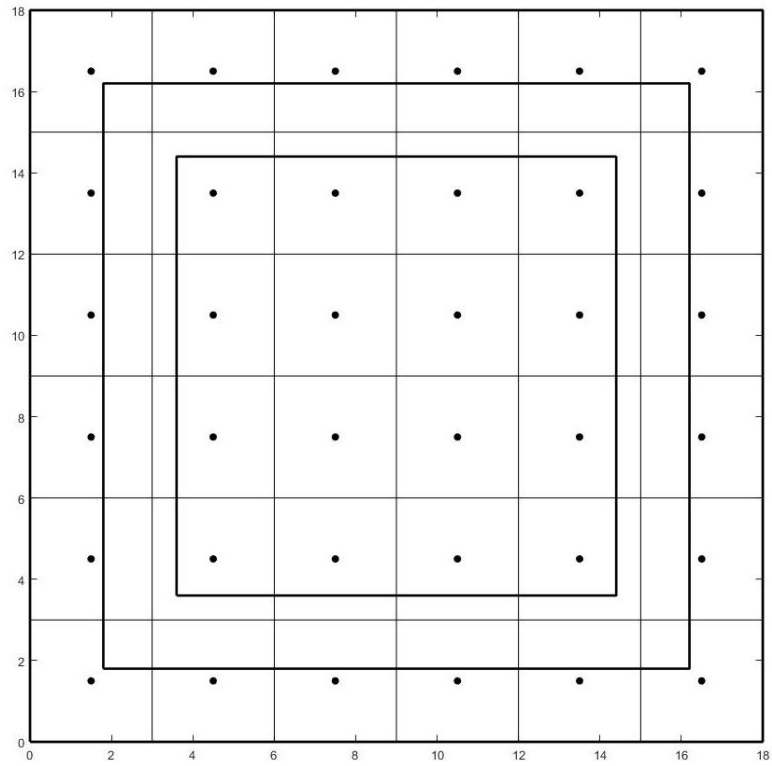


圖 6-2 Case R₁₀A₁C 面板區域分佈圖

(資料來源:本研究整理)

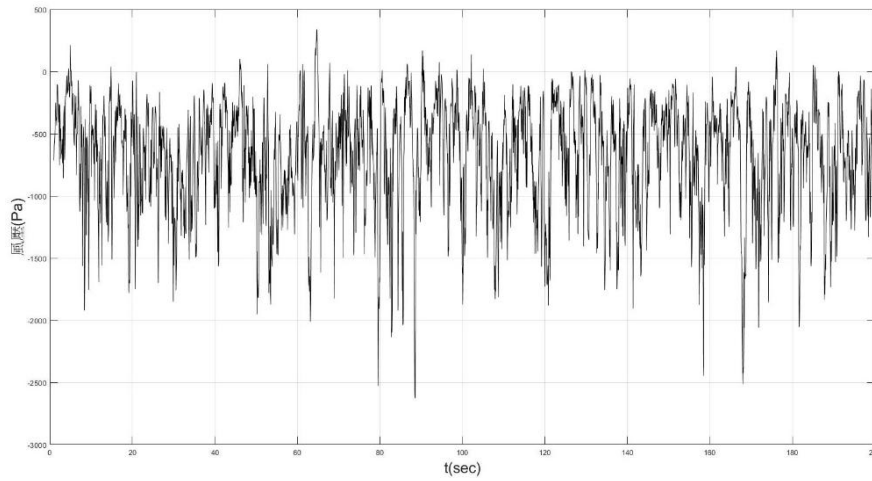


圖 6-3 Case R₁₀A₁C 測點 1 上表面風壓歷時圖(對應於實場前 200sec)

(資料來源:本研究整理)

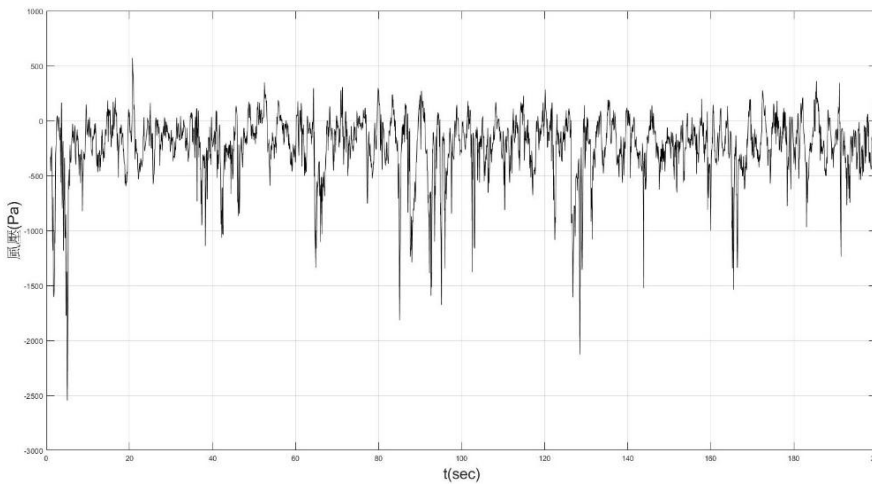


圖 6-4 Case R₁₀A₁C 測點 1 下表面風壓歷時圖(對應於實場前 200sec)

(資料來源:本研究整理)

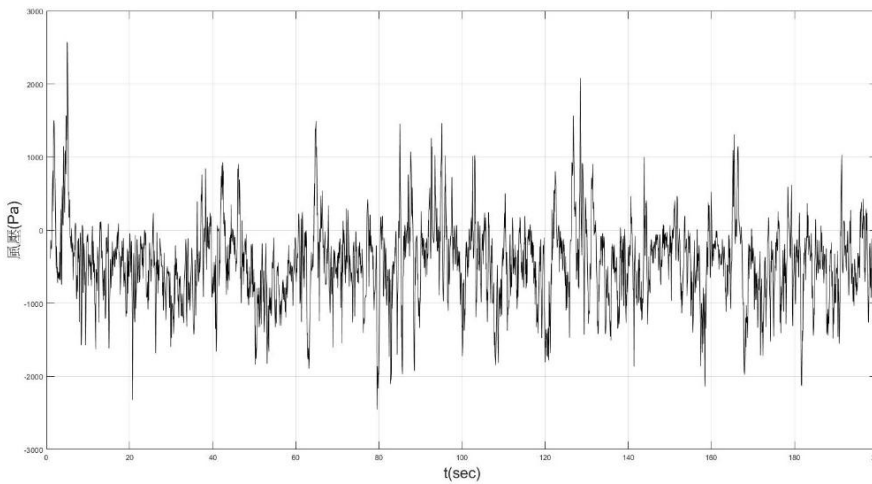


圖 6-5 Case R₁₀A₁C 測點 1 淨風壓歷時圖(對應於實場前 200sec)

(資料來源:本研究整理)

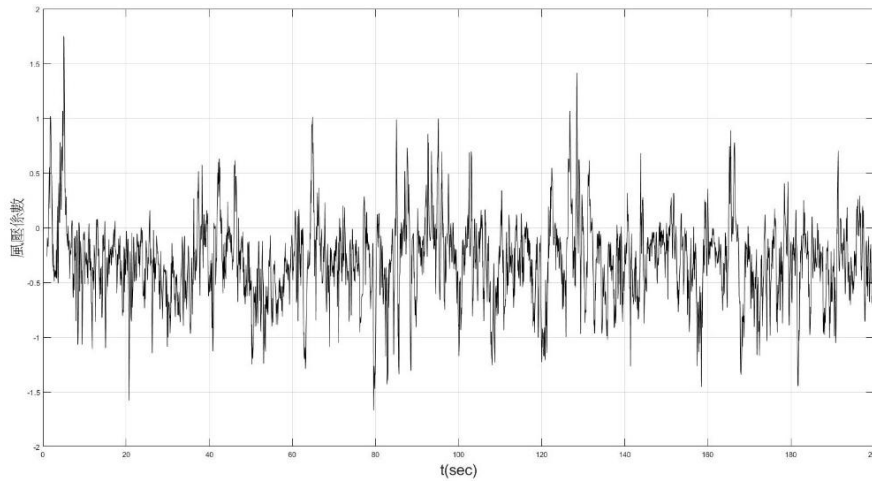


圖 6-6 Case R₁₀A₁C 測點 1 淨風壓係數歷時圖(對應於實場前 200sec)

(資料來源:本研究整理)

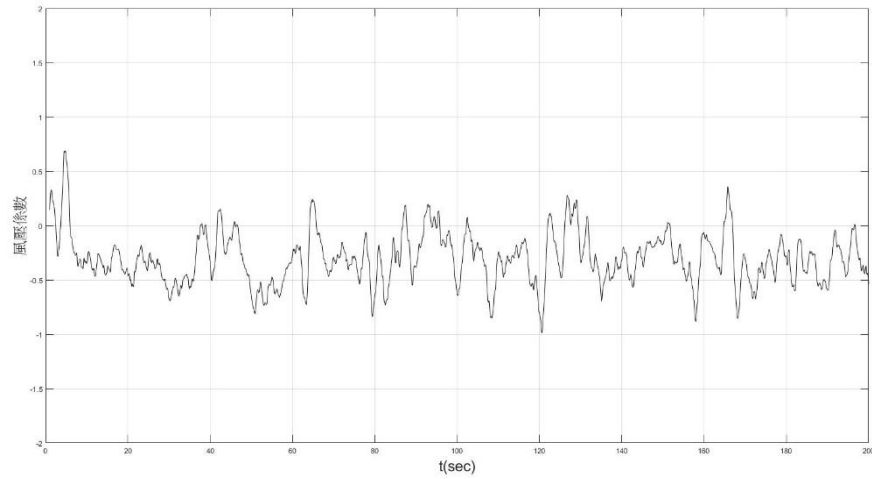


圖 6-7 Case R₁₀A₁C 1 秒移動平均之測點 1 淨風壓係數歷時圖

(資料來源:本研究整理)

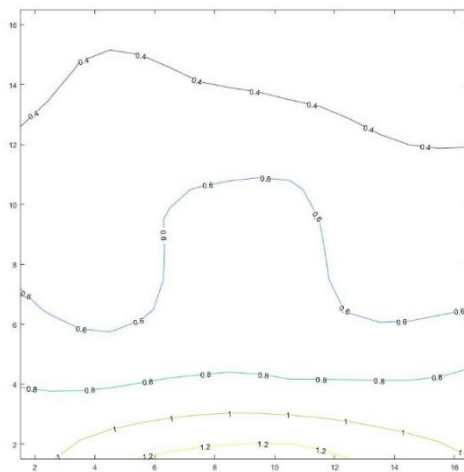


圖 6-8 Case R₁₀A₁C 0 度角各測點正淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

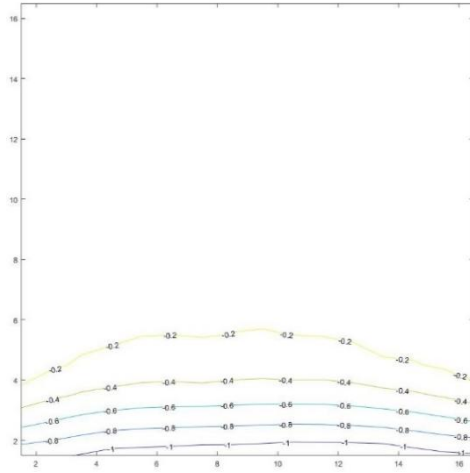


圖 6-9 Case R₁₀A₁C 0 度角下各測點負淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

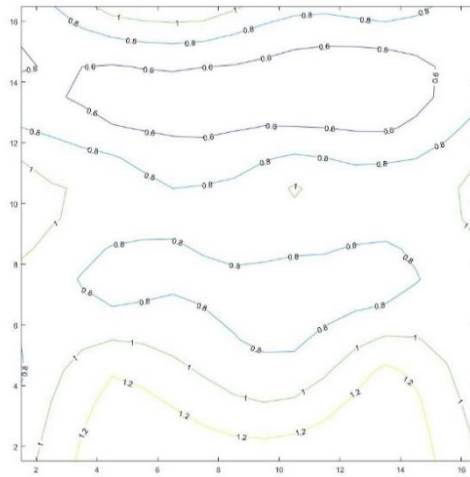


圖 6-10 Case R₁₀A₁C 各測點最大正淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

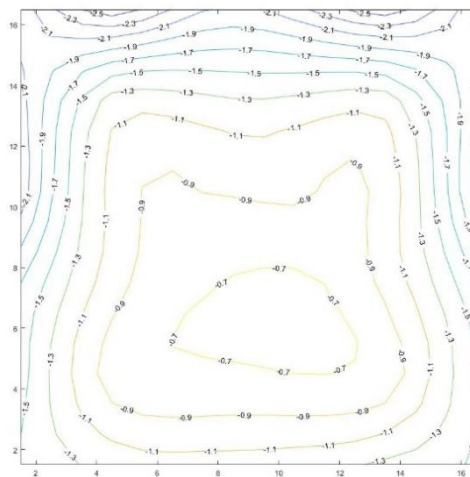


圖 6-11 Case R₁₀A₁C 各測點最大負淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

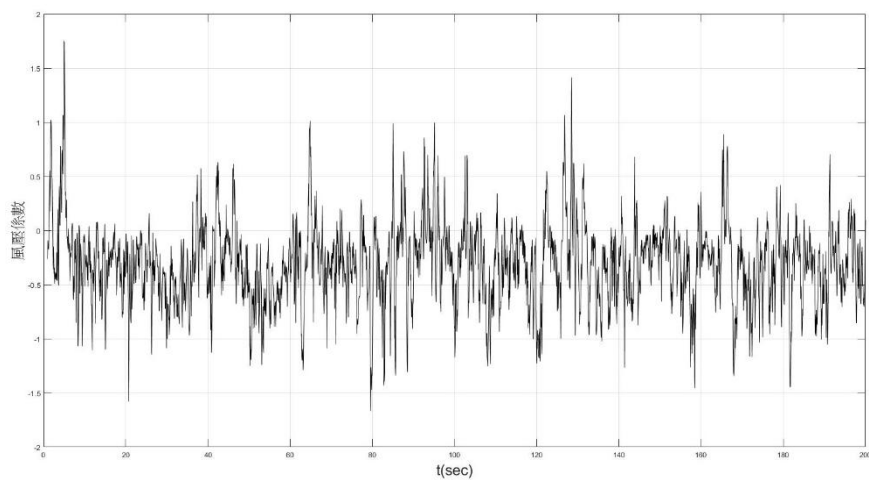


圖 6-12 Case R₁₀A₁C 有效受風面積 $a=0.81\text{m}^2$ 之淨風壓係數歷時

(資料來源:本研究整理)

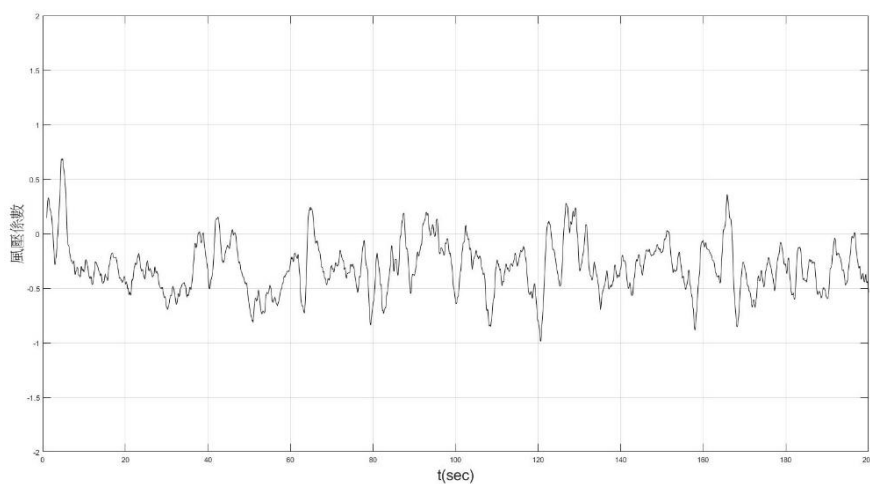


圖 6-13 Case R₁₀A₁C 有效受風面積 $a=0.18\text{m}^2$ 之 1 秒移動平均淨風壓係數歷時

(資料來源:本研究整理)

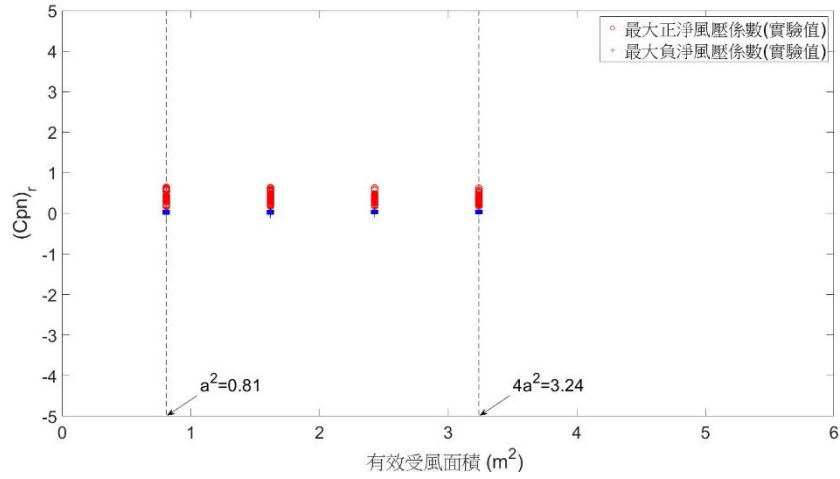


圖 6-14 Case R₁₀A₁C 0 度風向角下區域一之極值淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

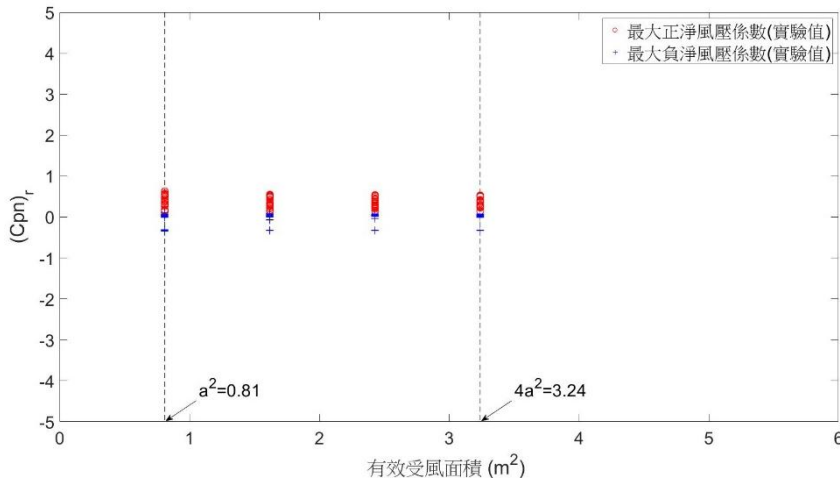


圖 6-15 Case R₁₀A₁C 0 度風向角下區域二之極值淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

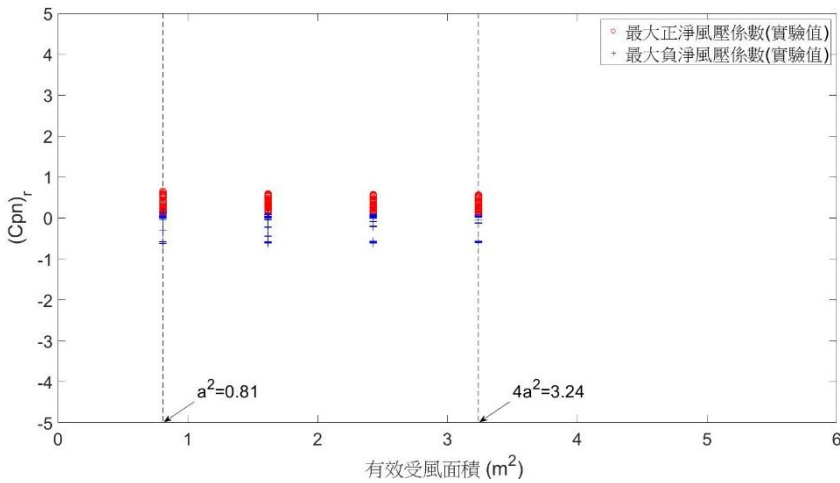


圖 6-16 Case R₁₀A₁C 0 度風向角下區域三之極值淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

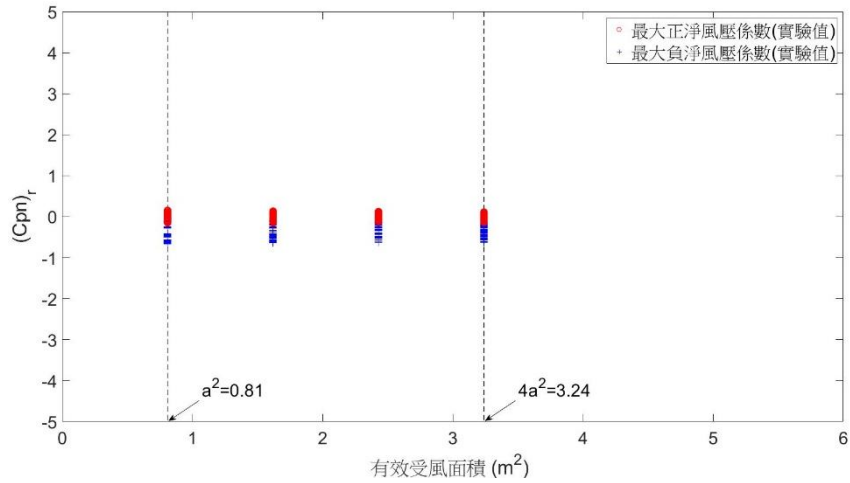


圖 6-17 Case R₁₀A₁C 180 度風向角下區域一之極值淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

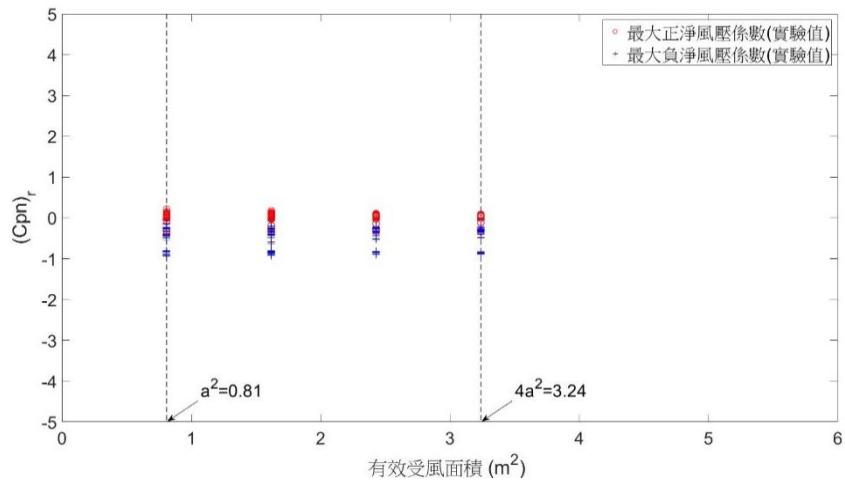


圖 6-18 Case R₁₀A₁C 180 度風向角下區域二之極值淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

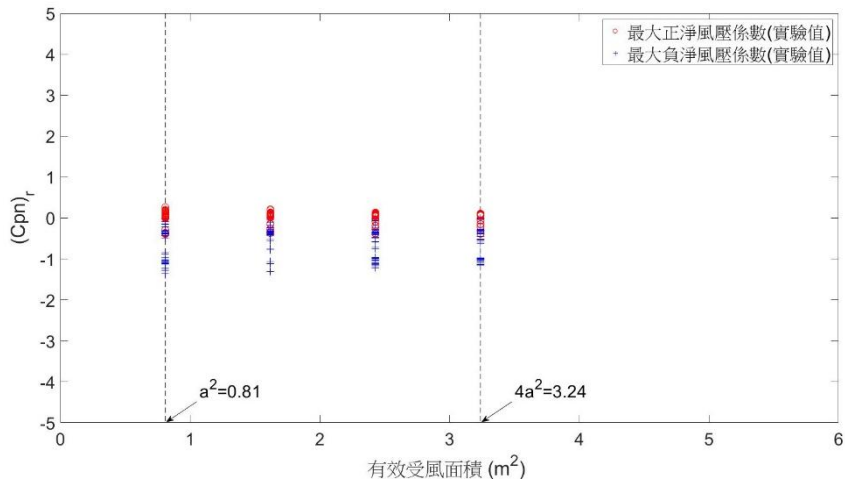


圖 6-19 Case R₁₀A₁C 180 度風向角下區域三之極值淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

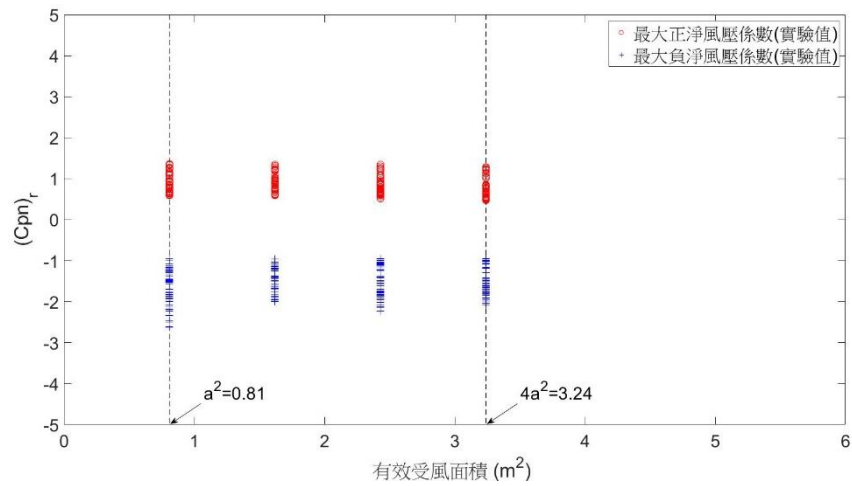


圖 6-20 Case R₁₀A₁C 區域三之最大正(負)淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

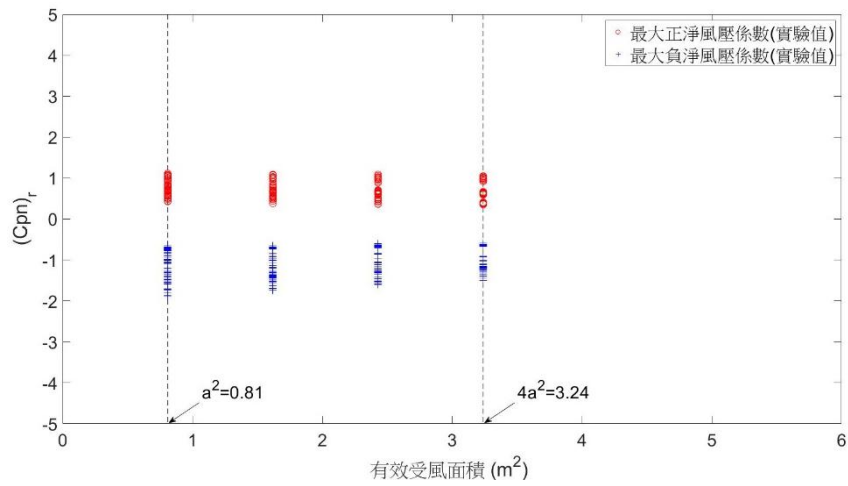


圖 6-21 Case R₁₀A₁C 區域二之最大正(負)淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

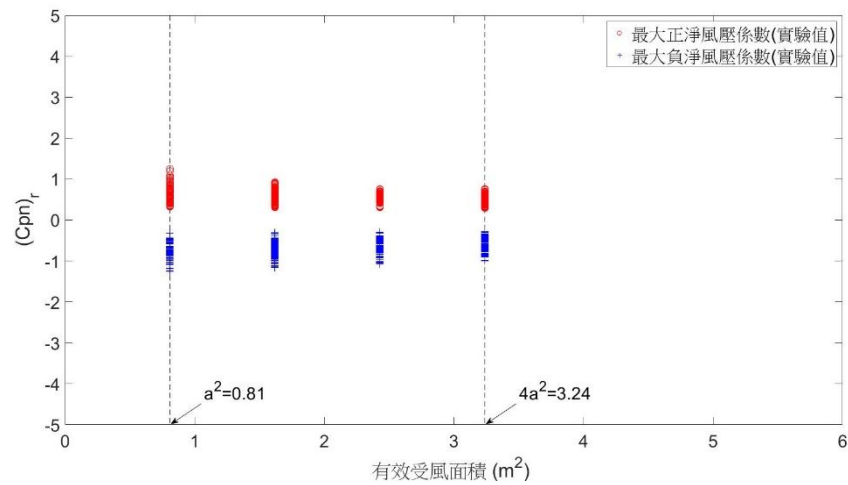


圖 6-22 Case R₁₀A₁C 區域一之最大正(負)淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

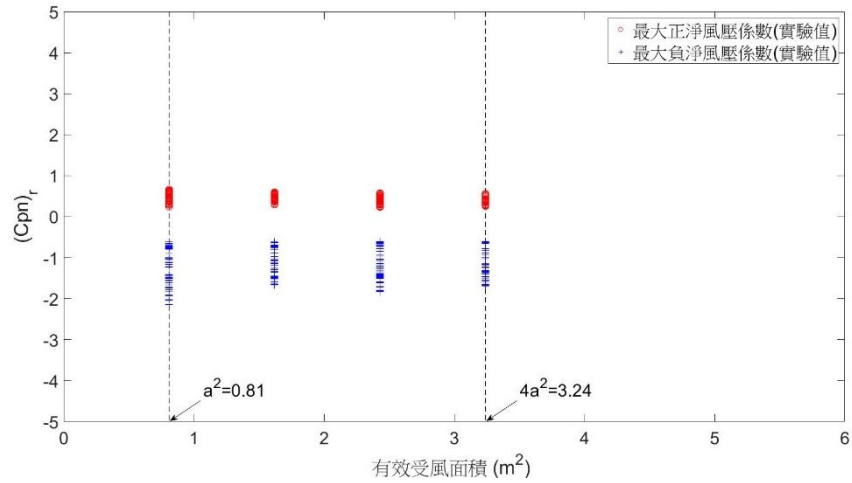


圖 6-23 Case R₁₀A₁C 區域三之 1 秒移動平均最大正(負)淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

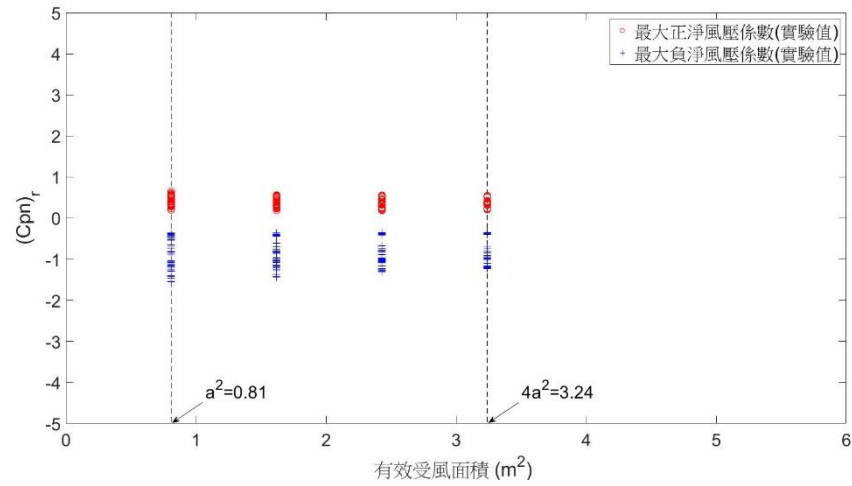


圖 6-24 Case R₁₀A₁C 區域二之 1 秒移動平均最大正(負)淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

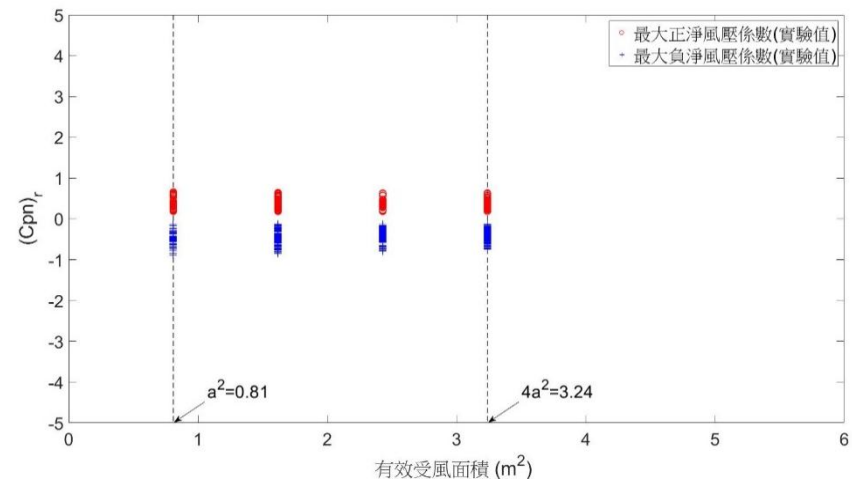


圖 6-25 Case R₁₀A₁C 區域一之 1 秒移動平均最大正(負)淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

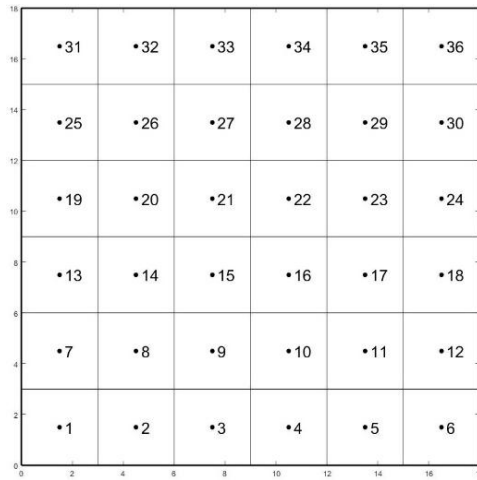


圖 6-26 Case R₁₅A₁C 之各測點分佈及測點附屬面積圖

(資料來源:本研究整理)

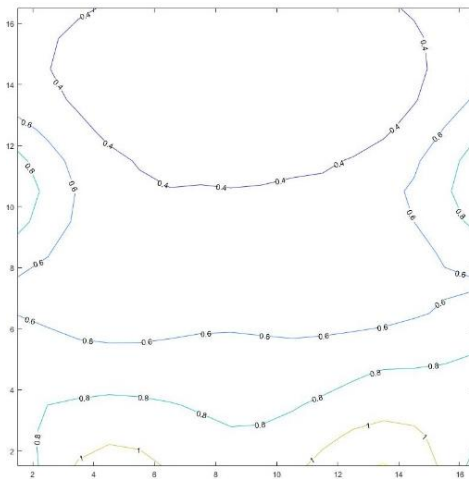


圖 6-27 Case R₁₅A₁C 之各測點最大正淨風壓係數之等值圖

(資料來源:本研究整理)

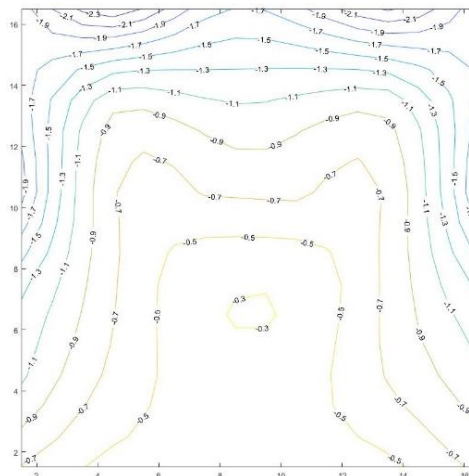


圖 6-28 Case R₁₅A₁C 之各測點最大負淨風壓係數之等值圖

(資料來源:本研究整理)

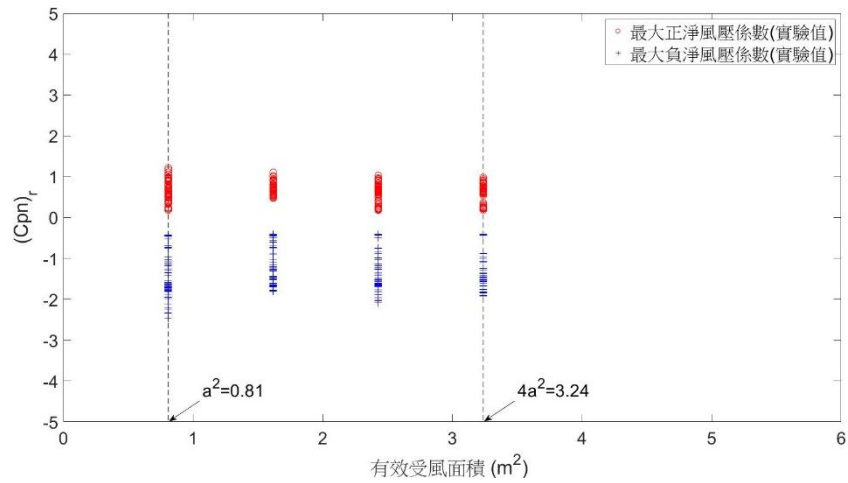


圖 6-29 Case R₁₅A₁C 區域三之最大正(負)淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

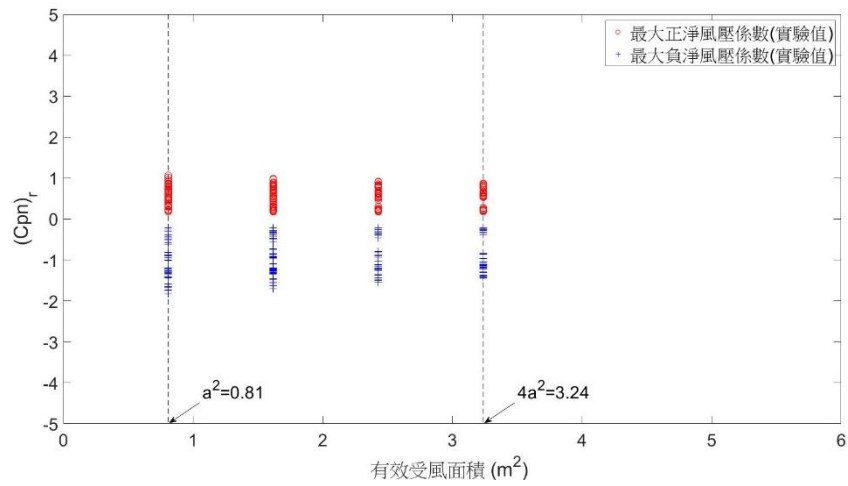


圖 6-30 Case R₁₅A₁C 區域二之最大正(負)淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

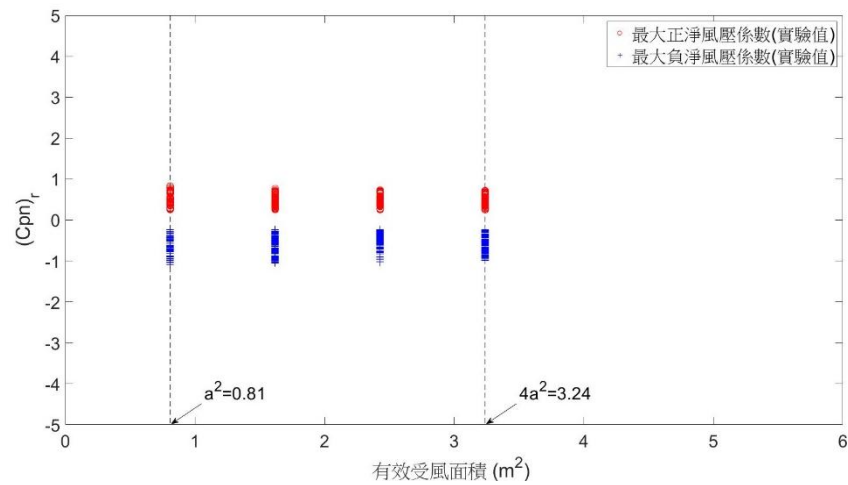


圖 6-31 Case R₁₅A₁C 區域一之最大正(負)淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

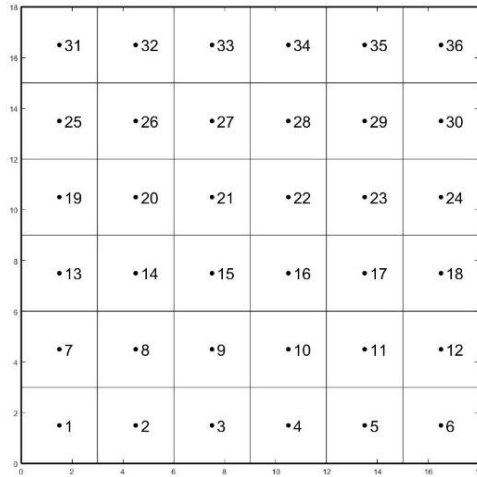


圖 6-32 Case R₂₀A₁C 之各測點分佈及測點附屬面積圖

(資料來源:本研究整理)

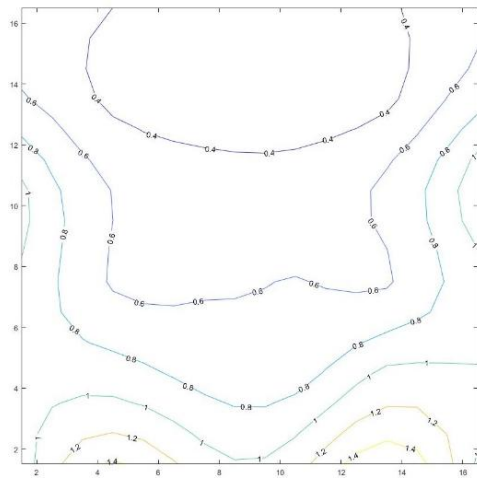


圖 6-33 Case R₂₀A₁C 之各測點最大正淨風壓係數之等值圖

(資料來源:本研究整理)

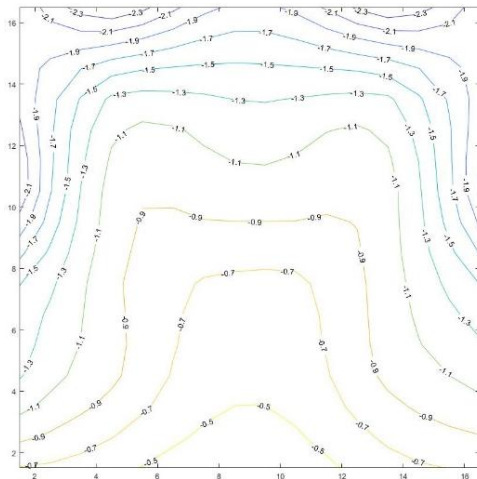


圖 6-34 Case R₂₀A₁C 之各測點最大負淨風壓係數之等值圖

(資料來源:本研究整理)

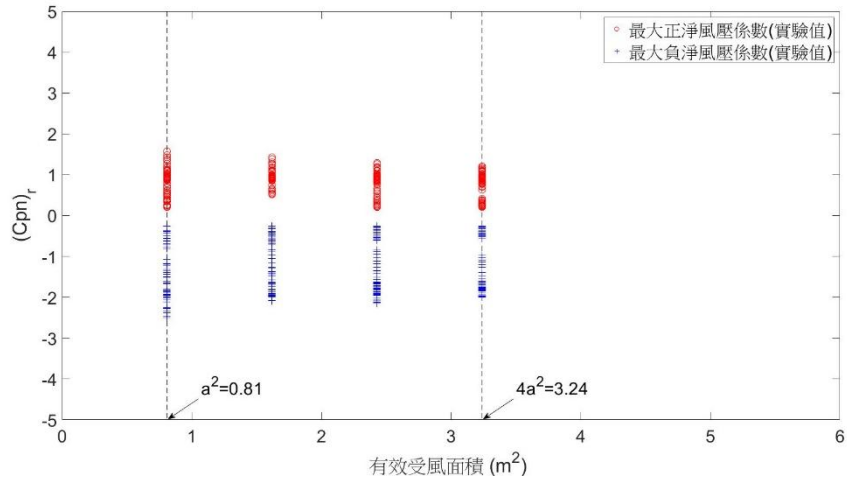


圖 6-35 Case R₂₀A₁C 區域三之最大正(負)淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

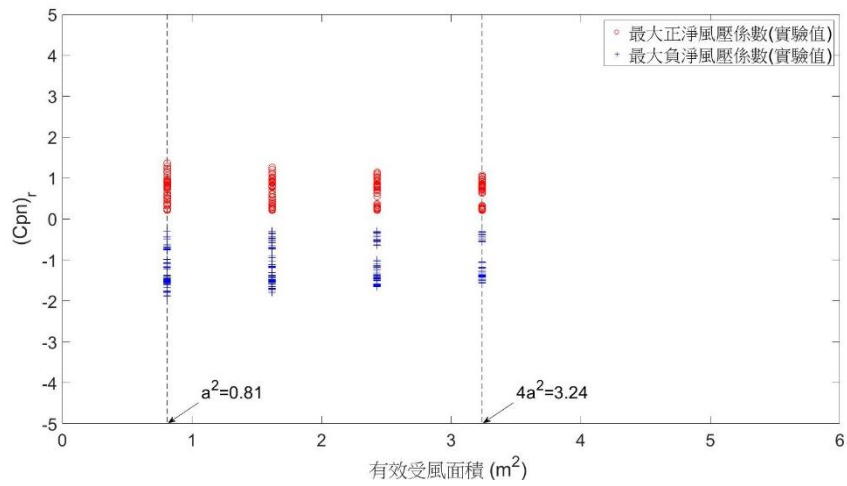


圖 6-36 Case R₂₀A₁C 區域二之最大正(負)淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

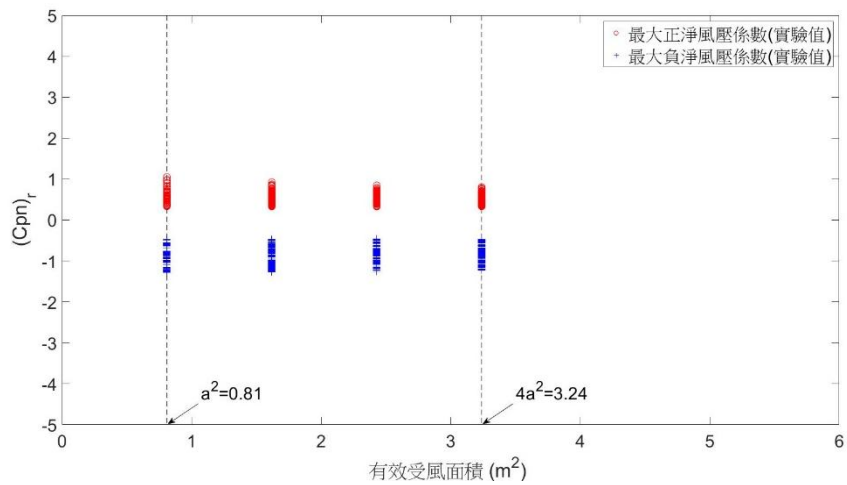


圖 6-37 Case R₂₀A₁C 區域一之最大正(負)淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

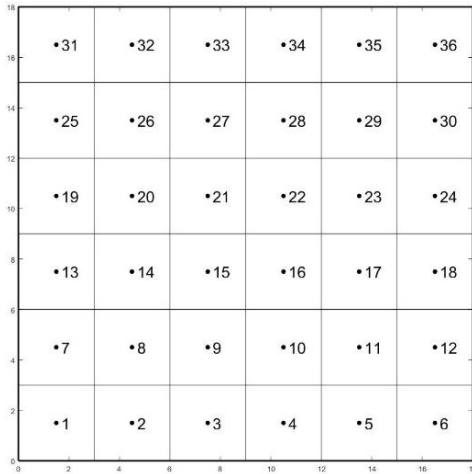


圖 6-38 Case R₂₅A₁C 之各測點分佈及測點附屬面積圖

(資料來源:本研究整理)

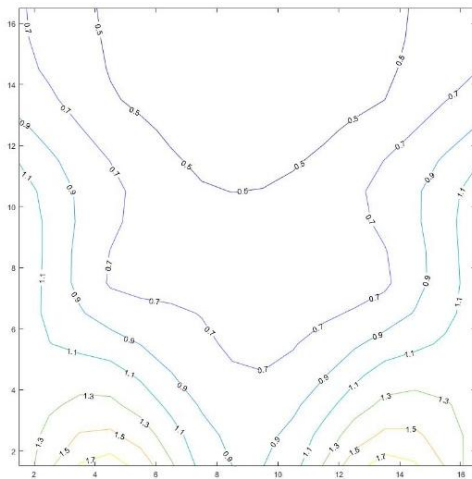


圖 6-39 Case R₂₅A₁C 之各測點最大正淨風壓係數之等值圖

(資料來源:本研究整理)

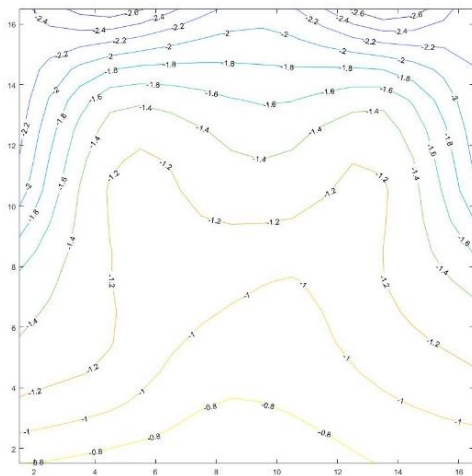


圖 6-40 Case R₂₅A₁C 之各測點最大負淨風壓係數之等值圖

(資料來源:本研究整理)

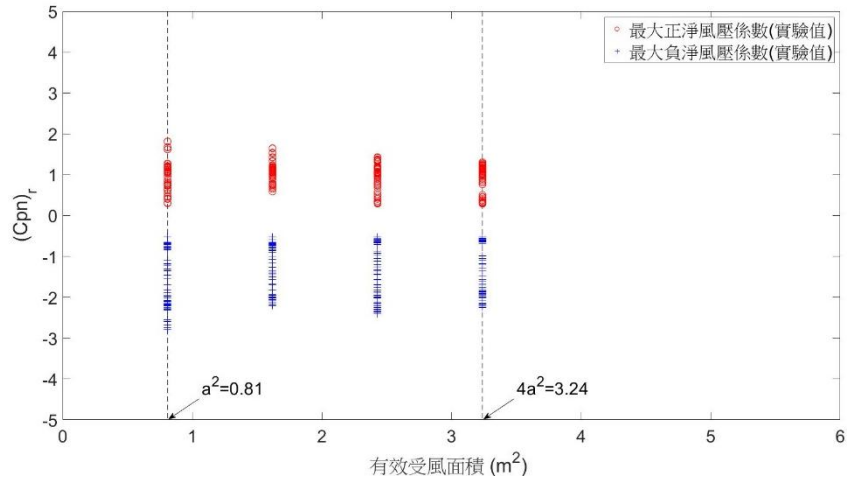


圖 6-41 Case R₂₅A₁C 區域三之最大正(負)淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

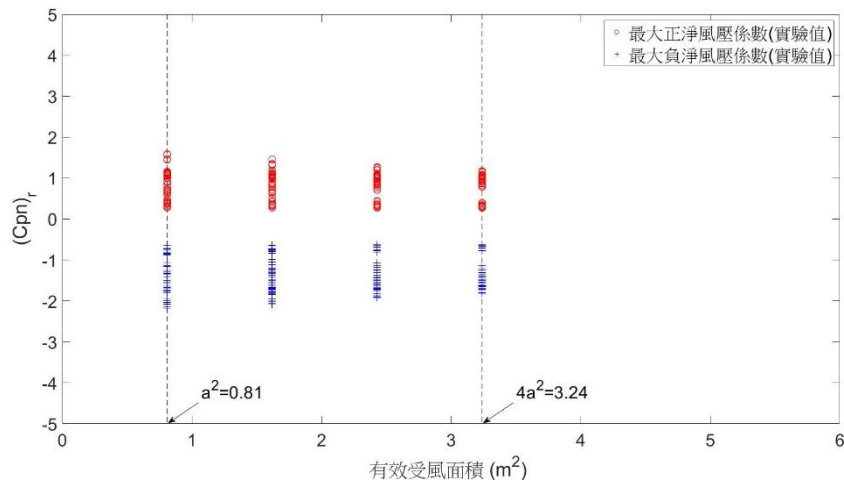


圖 6-42 Case R₂₅A₁C 區域二之最大正(負)淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

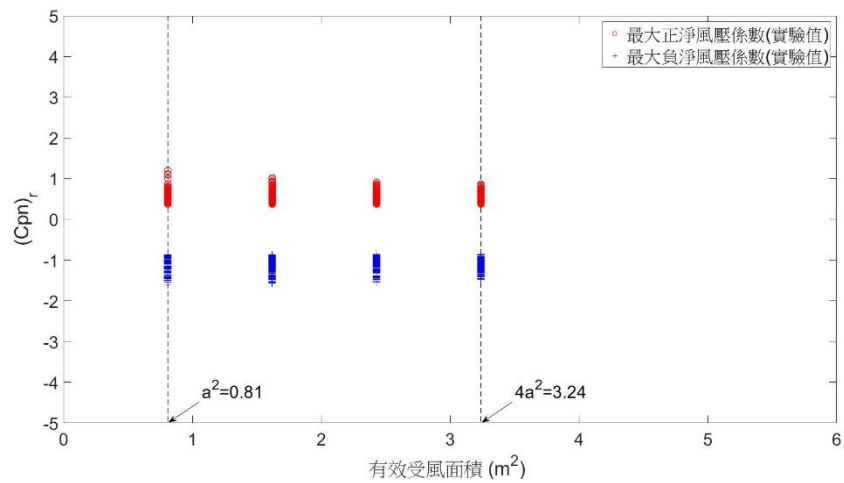


圖 6-43 Case R₂₅A₁C 區域一之最大正(負)淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

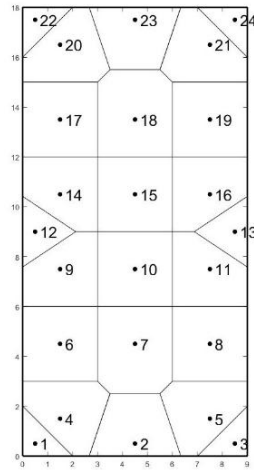


圖 6-44 Case $R_{10}A_2C$ 之各測點分佈及測點附屬面積圖

(資料來源:本研究整理)

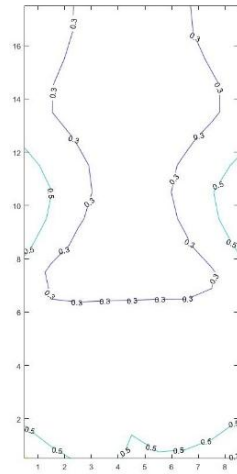


圖 6-45 Case $R_{10}A_2C$ 之各測點最大正淨風壓係數之等值圖

(資料來源:本研究整理)

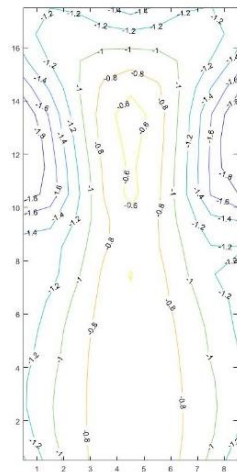


圖 6-46 Case $R_{10}A_2C$ 之各測點最大負淨風壓係數之等值圖

(資料來源:本研究整理)

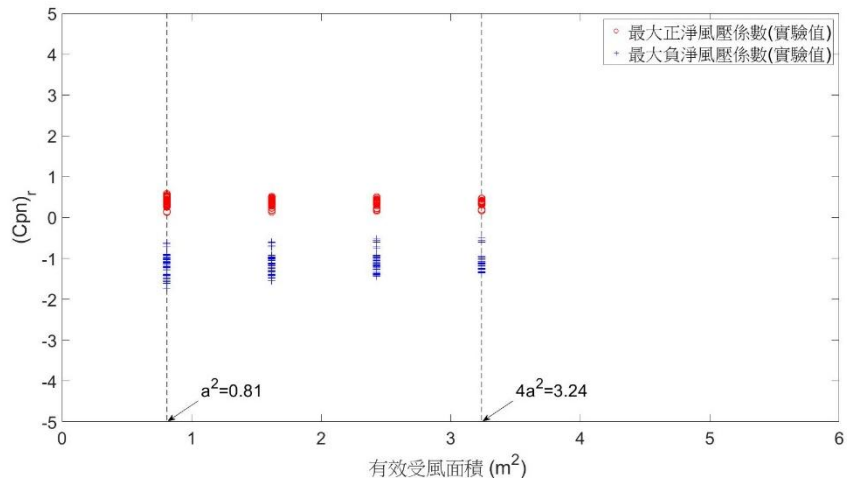


圖 6-47 Case $R_{10}A_2C$ 區域三之最大正(負)淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

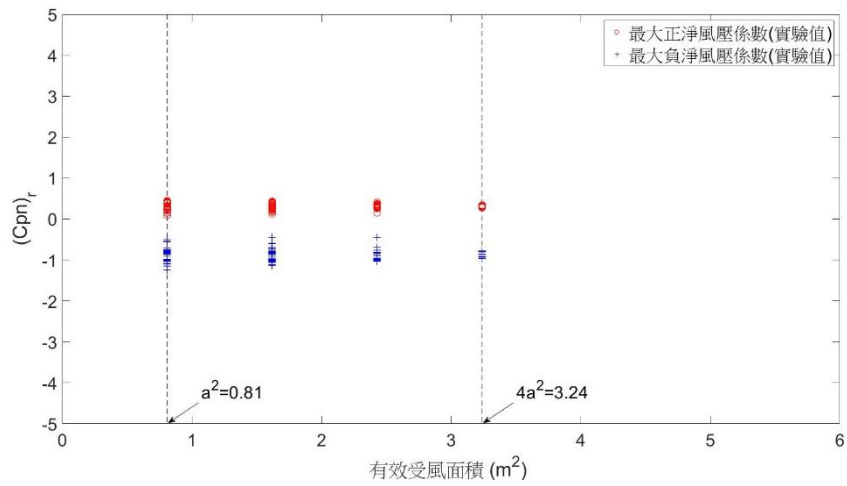


圖 6-48 Case $R_{10}A_2C$ 區域二之最大正(負)淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

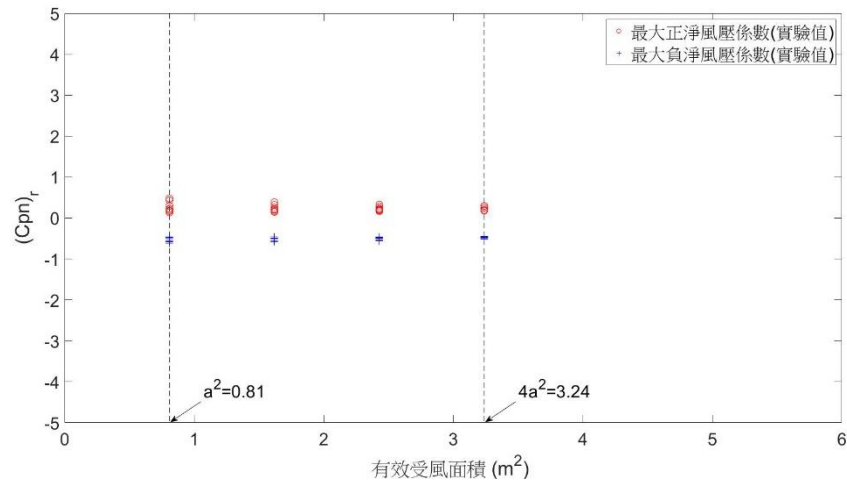


圖 6-49 Case $R_{10}A_2C$ 區域一之最大正(負)淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

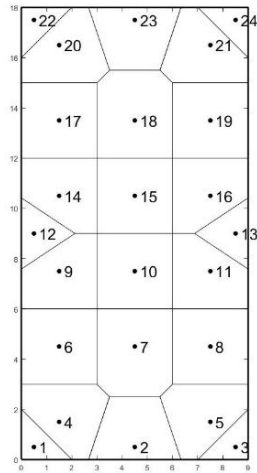


圖 6-50 Case $R_{15}A_2C$ 之各測點分佈及測點附屬面積圖

(資料來源:本研究整理)

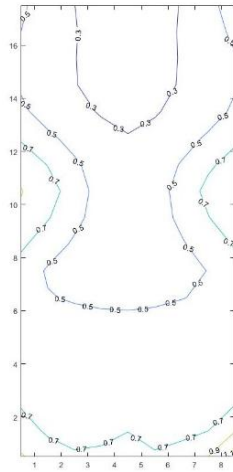


圖 6-51 Case $R_{15}A_2C$ 之各測點最大正淨風壓係數之等值圖

(資料來源:本研究整理)

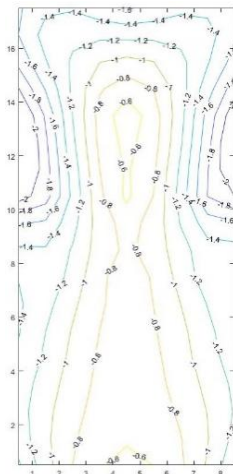


圖 6-52 Case $R_{15}A_2C$ 之各測點最大負淨風壓係數之等值圖

(資料來源:本研究整理)

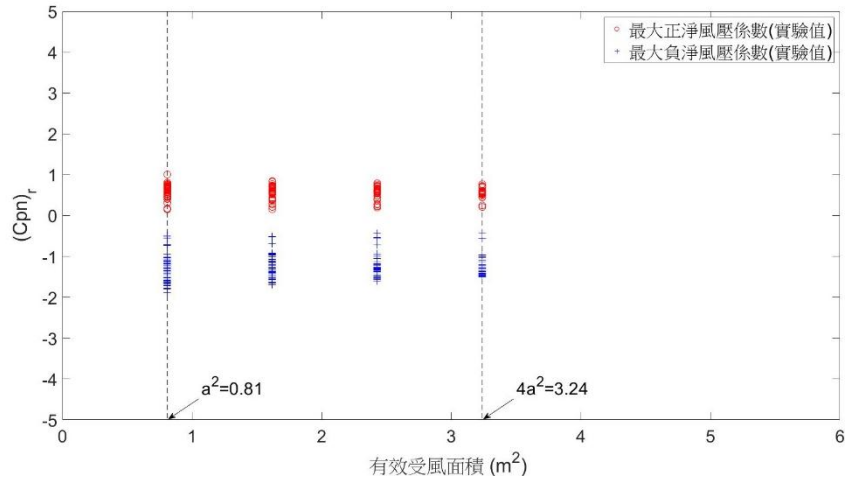


圖 6-53 Case R₁₅A₂C 區域三之最大正(負)淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

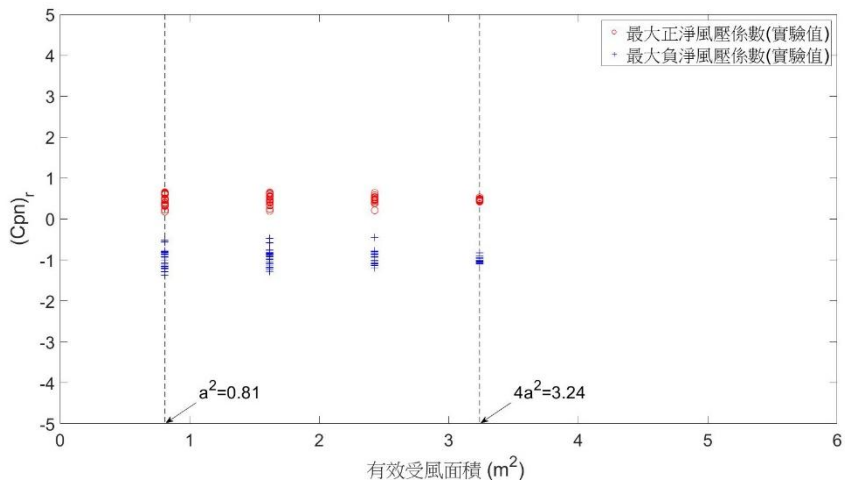


圖 6-54 Case R₁₅A₂C 區域二之最大正(負)淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

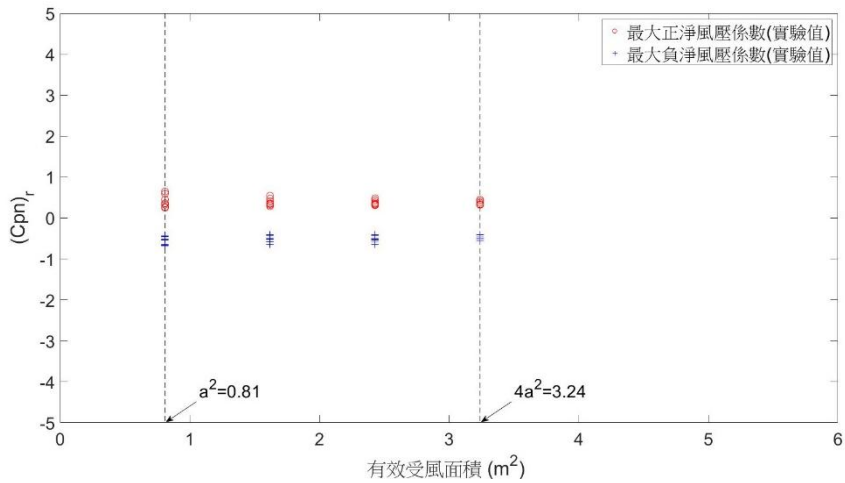


圖 6-55 Case R₁₅A₂C 區域一之最大正(負)淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

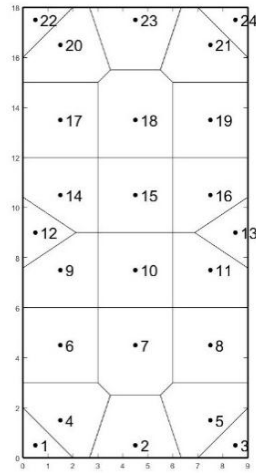


圖 6-56 Case $R_{20}A_2C$ 之各測點分佈及測點附屬面積圖

(資料來源:本研究整理)

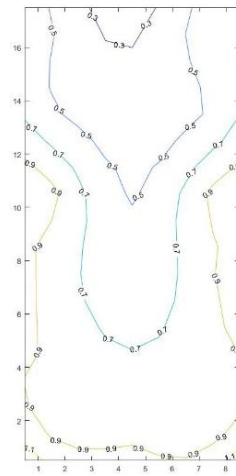


圖 6-57 Case $R_{20}A_2C$ 之各測點最大正淨風壓係數之等值圖

(資料來源:本研究整理)

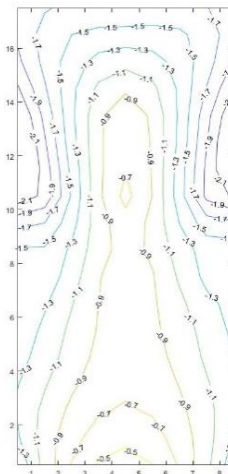


圖 6-58 Case $R_{20}A_2C$ 之各測點最大負淨風壓係數之等值圖

(資料來源:本研究整理)

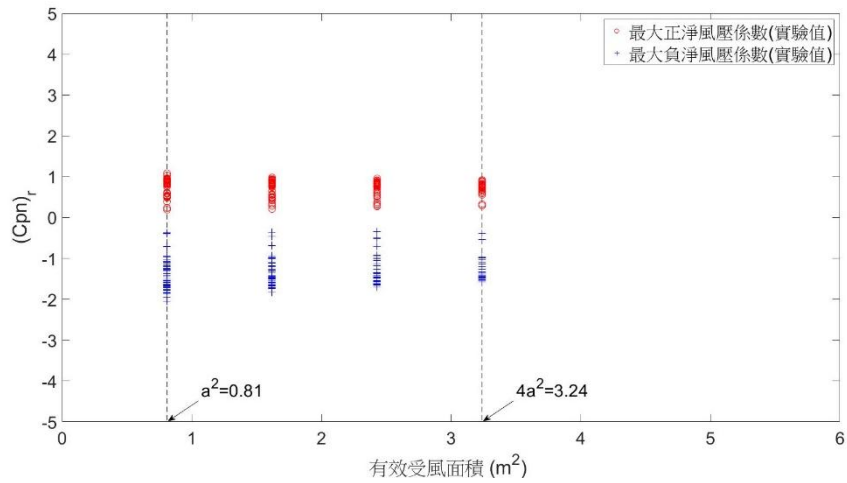


圖 6-59 Case R₂₀A₂C 區域三之最大正(負)淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

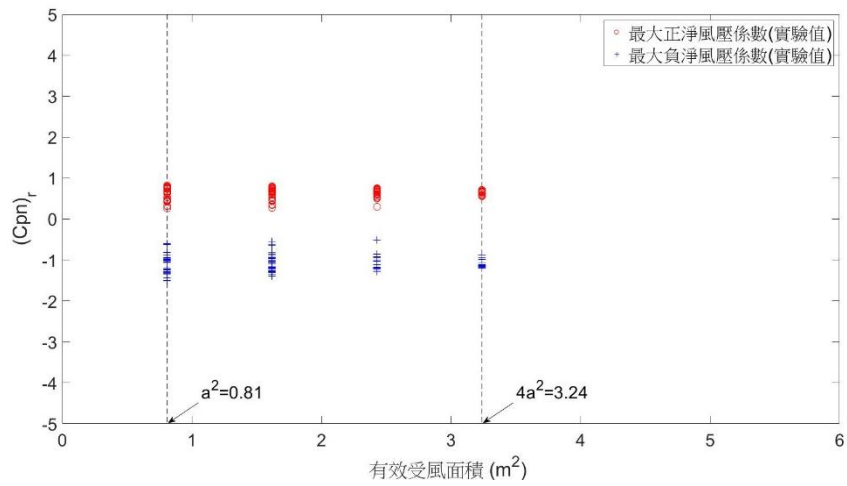


圖 6-60 Case R₂₀A₂C 區域二之最大正(負)淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

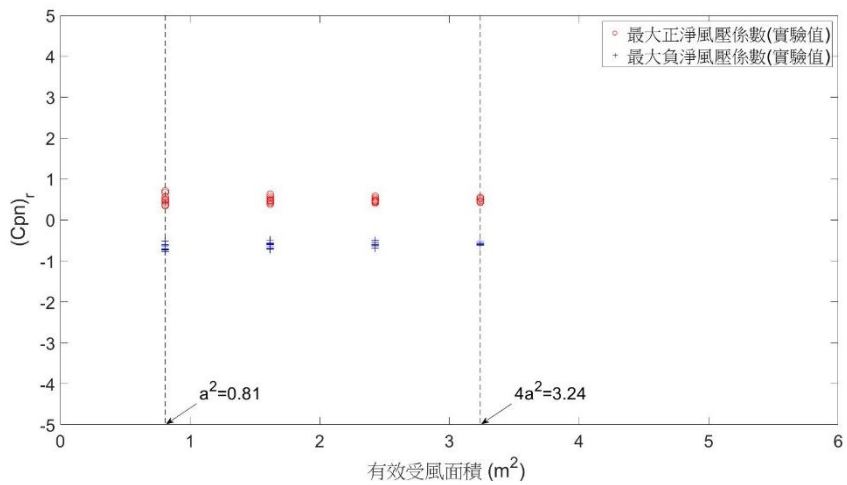


圖 6-61 Case R₂₀A₂C 區域一之最大正(負)淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

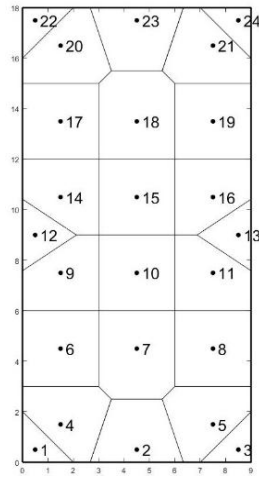


圖 6-62 Case $R_{25}A_2C$ 之各測點分佈及測點附屬面積圖

(資料來源:本研究整理)

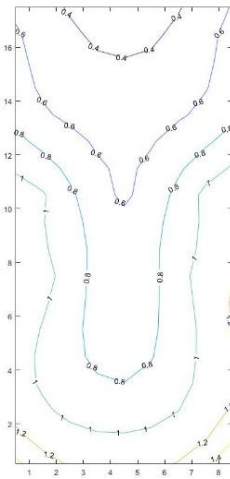


圖 6-63 Case $R_{25}A_2C$ 之各測點最大正淨風壓係數之等值圖

(資料來源:本研究整理)

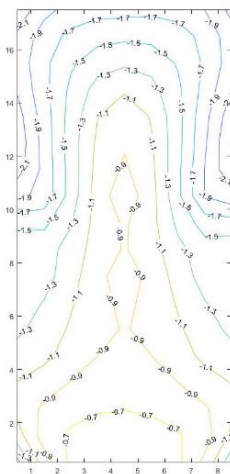


圖 6-64 Case $R_{25}A_2C$ 之各測點最大負淨風壓係數之等值圖

(資料來源:本研究整理)

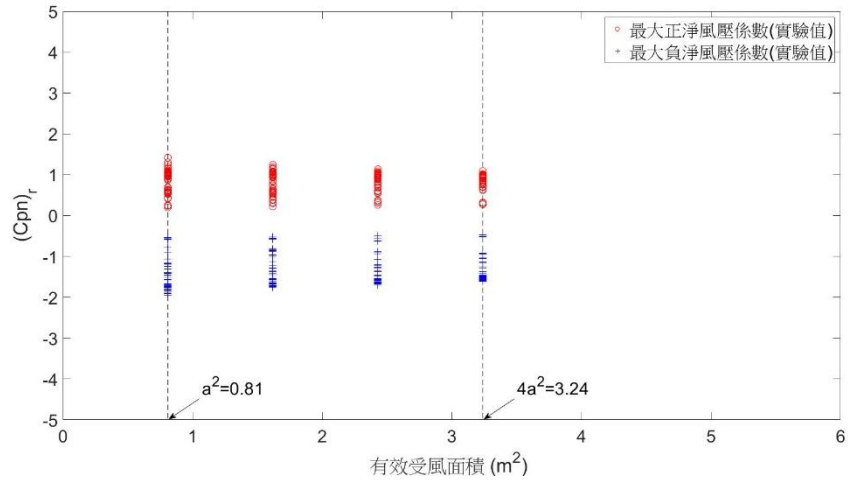


圖 6-65 Case R₂₅A₂C 區域三之最大正(負)淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

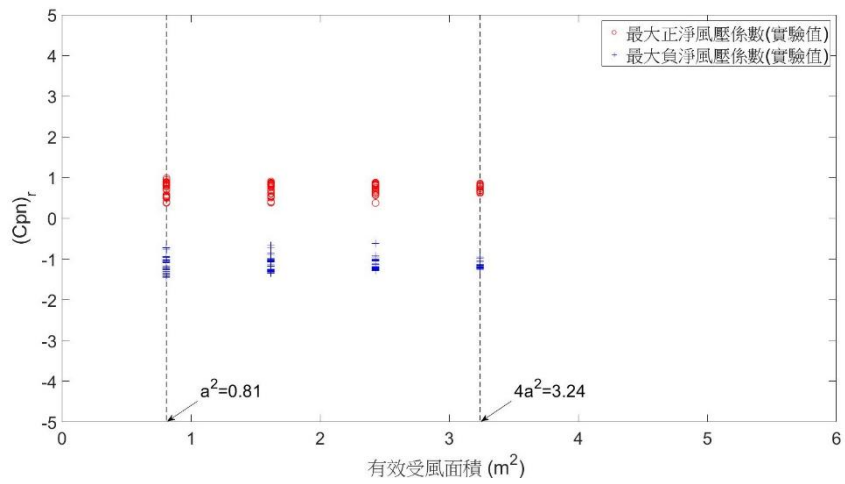


圖 6-66 Case R₂₅A₂C 區域二之最大正(負)淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

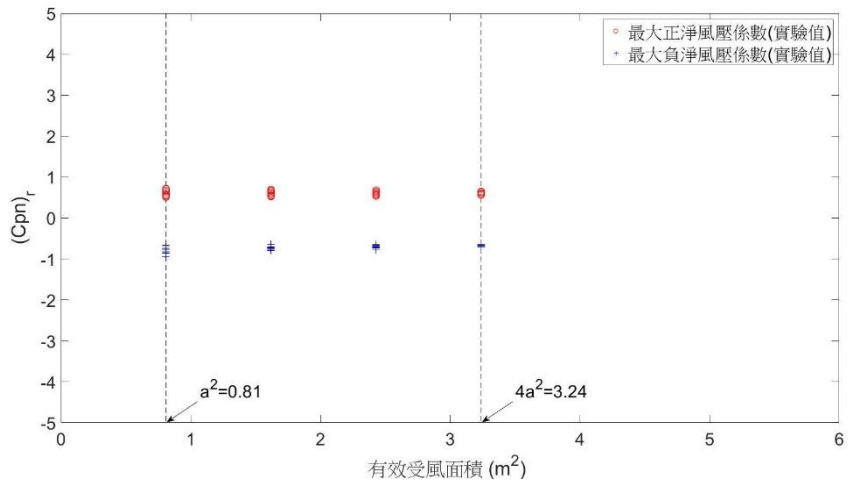


圖 6-67 Case R₂₅A₂C 區域一之最大正(負)淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

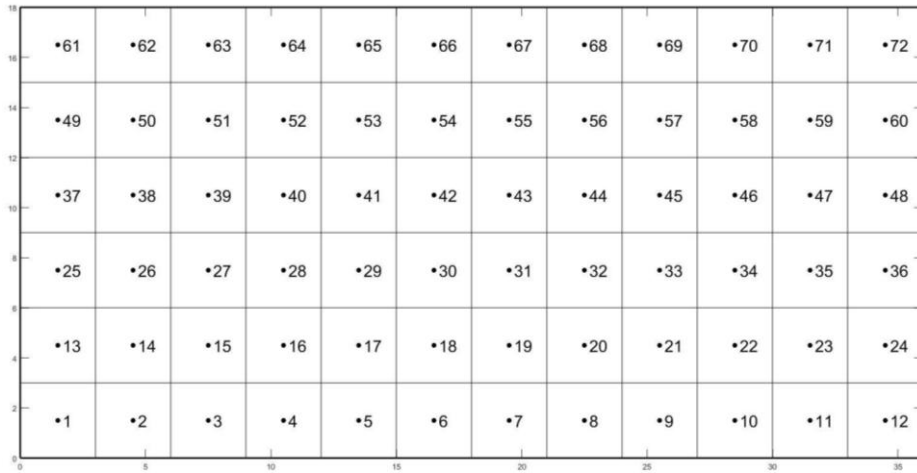


圖 6-68 Case R₁₀A_{0.5}C 之各測點分佈及測點附屬面積圖

(資料來源:本研究整理)

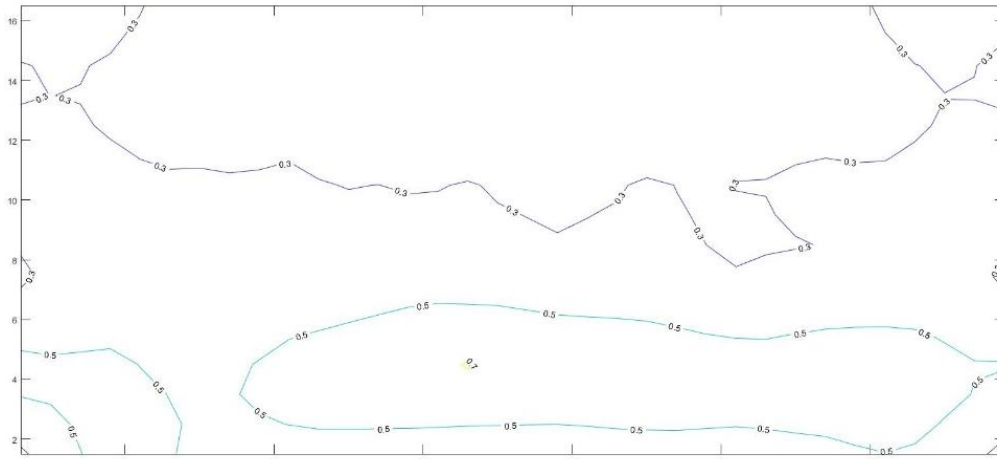


圖 6-69 Case R₁₀A_{0.5}C 之各測點最大正淨風壓係數之等值圖

(資料來源:本研究整理)

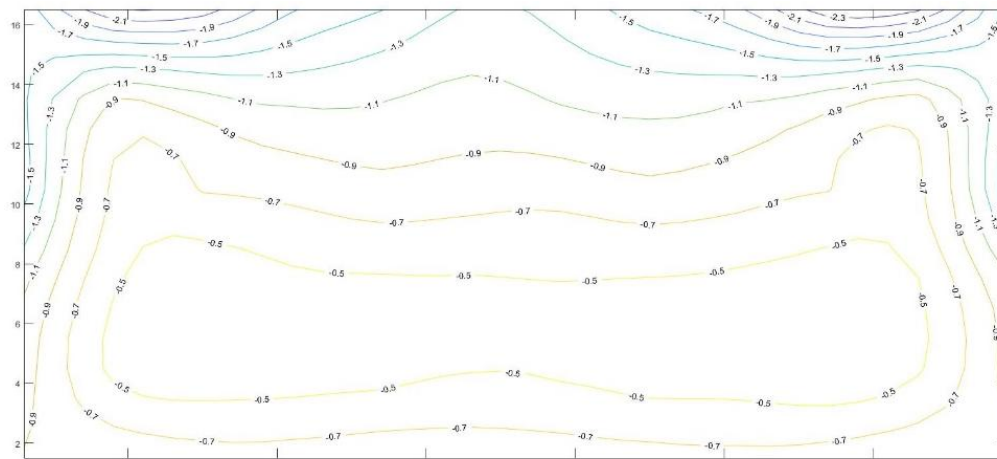


圖 6-70 Case R₁₀A_{0.5}C 之各測點最大負淨風壓係數之等值圖

(資料來源:本研究整理)

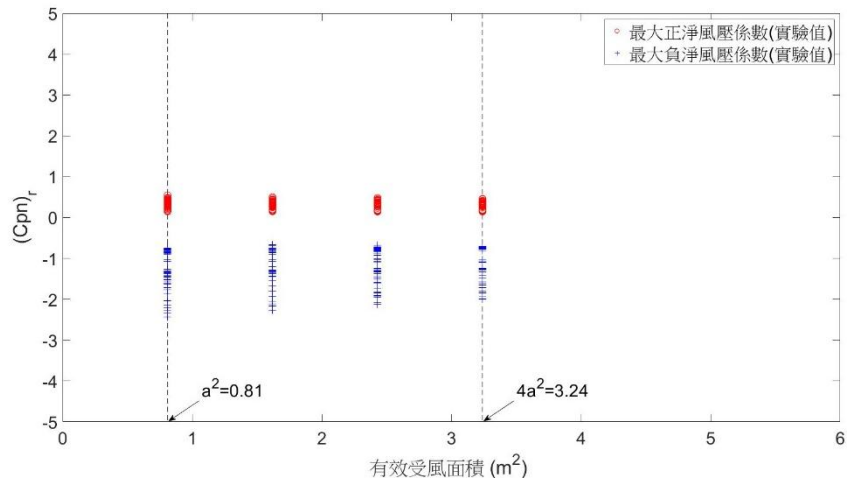


圖 6-71 Case R₁₀A_{0.5}C 區域三之最大正(負)淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

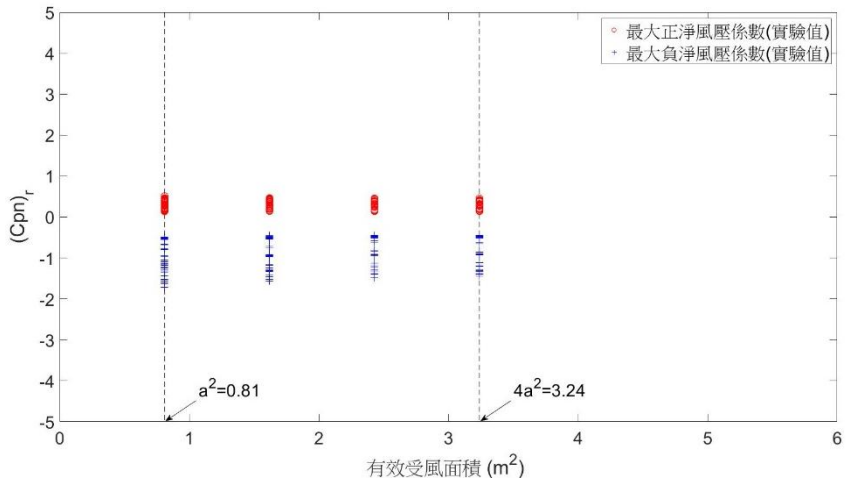


圖 6-72 Case R₁₀A_{0.5}C 區域二之最大正(負)淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

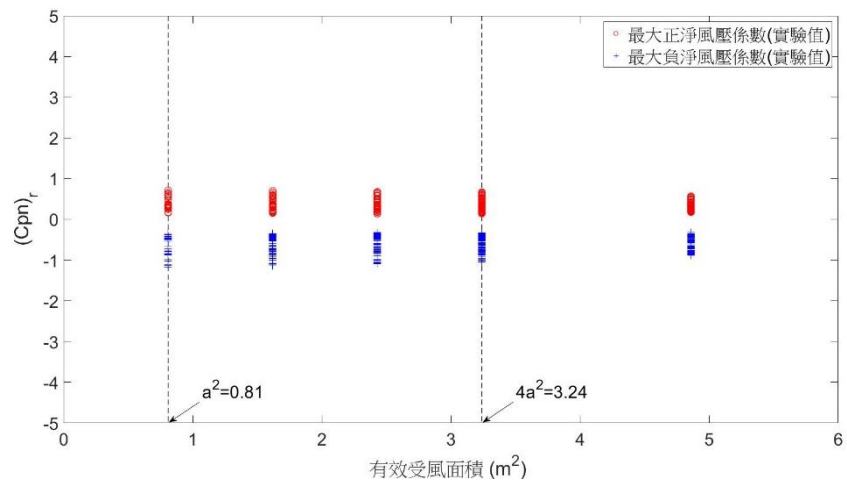


圖 6-73 Case R₁₀A_{0.5}C 區域一之最大正(負)淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

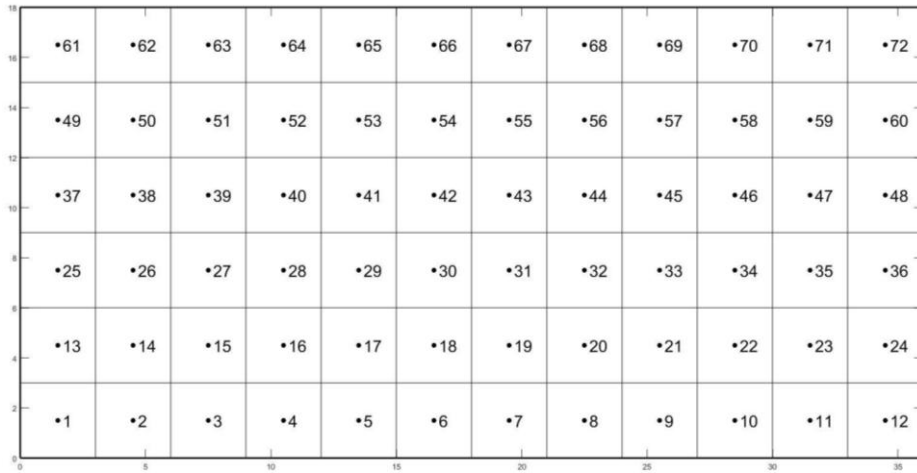


圖 6-74 Case $R_{15}A_{0.5}C$ 之各測點分佈及測點附屬面積圖

(資料來源:本研究整理)

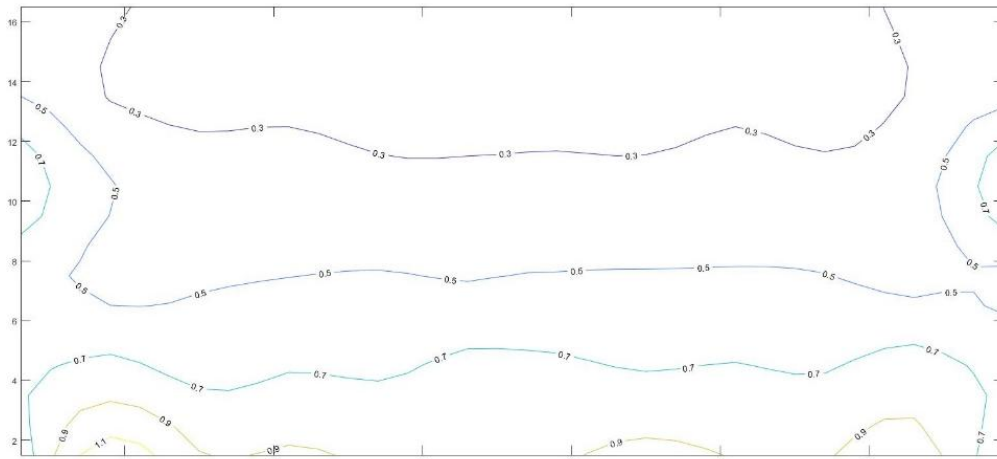


圖 6-75 Case $R_{15}A_{0.5}C$ 之各測點最大正淨風壓係數之等值圖

(資料來源:本研究整理)

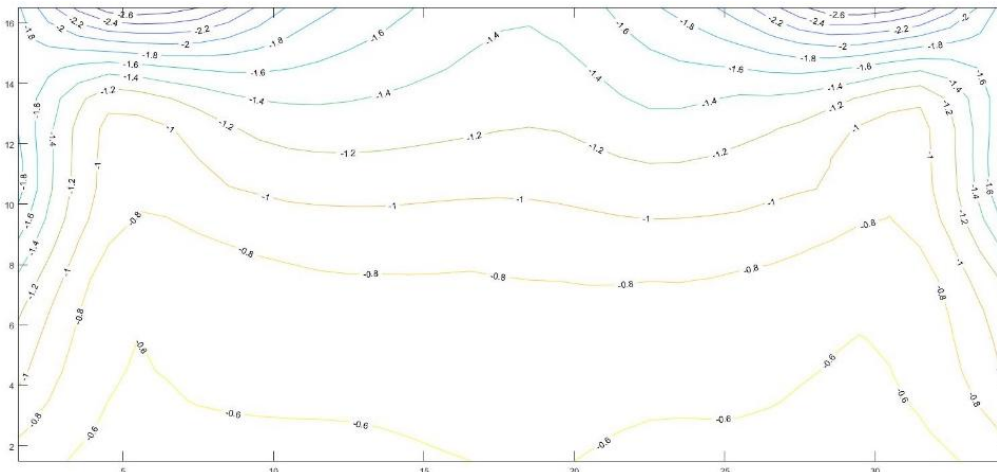


圖 6-76 Case $R_{15}A_{0.5}C$ 之各測點最大負淨風壓係數之等值圖

(資料來源:本研究整理)

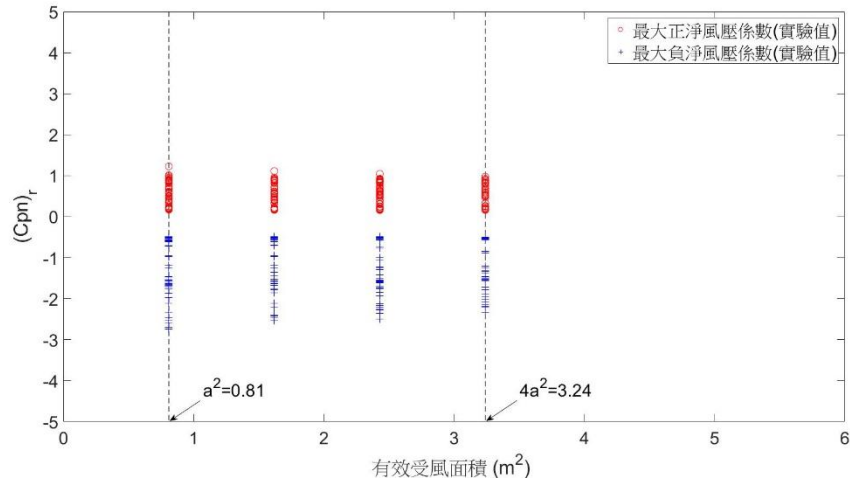


圖 6-77 Case R₁₅A_{0.5}C 區域三之最大正(負)淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

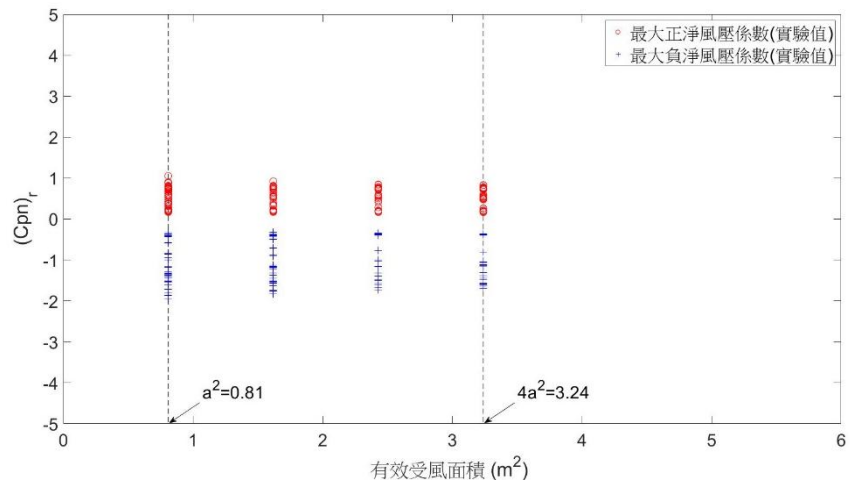


圖 6-78 Case R₁₅A_{0.5}C 區域二之最大正(負)淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

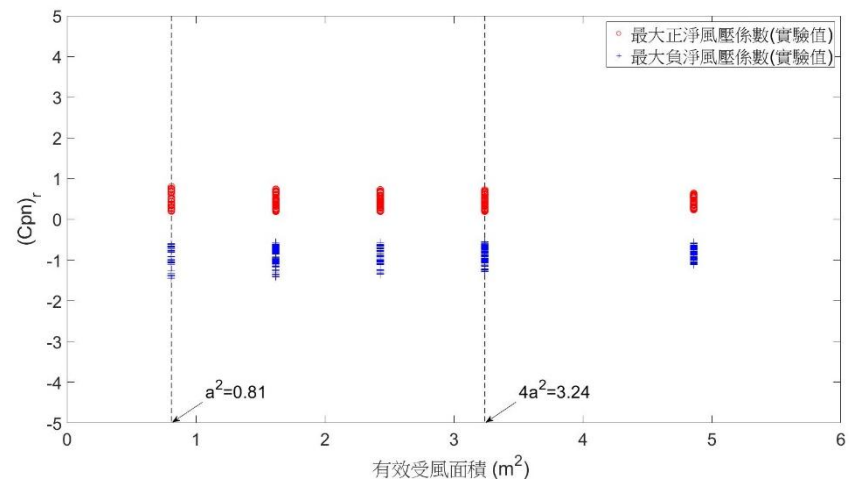


圖 6-79 Case R₁₅A_{0.5}C 區域一之最大正(負)淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

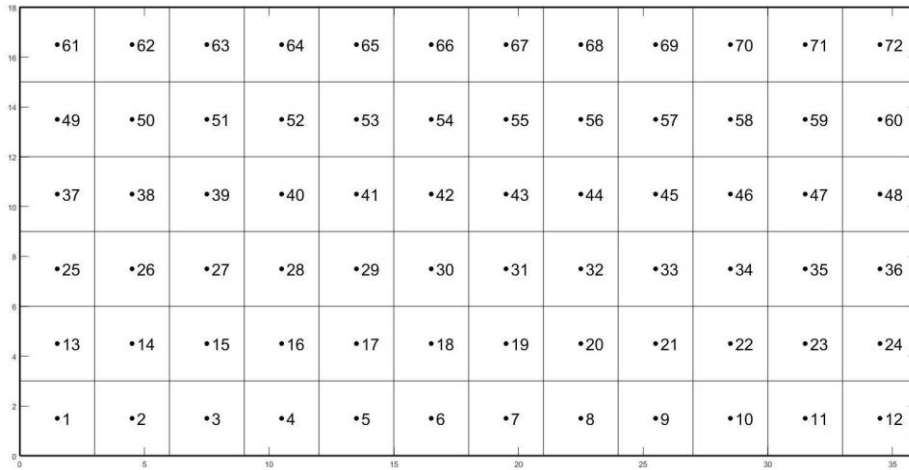


圖 6-80 Case R₂₀A_{0.5}C 之各測點分佈及測點附屬面積圖

(資料來源:本研究整理)

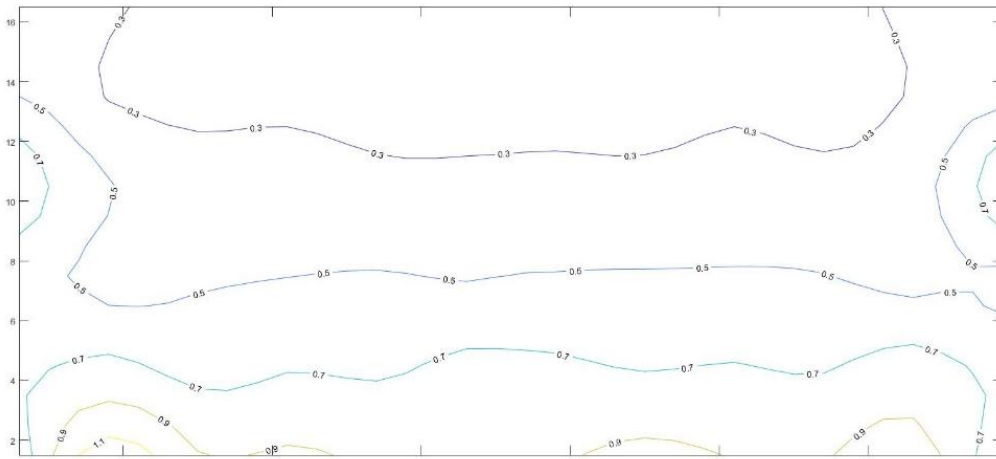


圖 6-81 Case R₂₀A_{0.5}C 之各測點最大正淨風壓係數之等值圖

(資料來源:本研究整理)

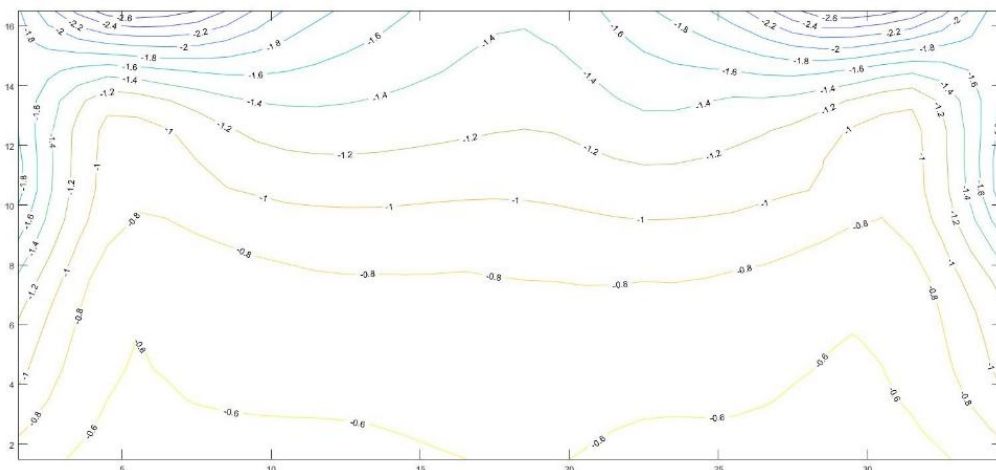


圖 6-82 Case R₂₀A_{0.5}C 之各測點最大負淨風壓係數之等值圖

(資料來源:本研究整理)

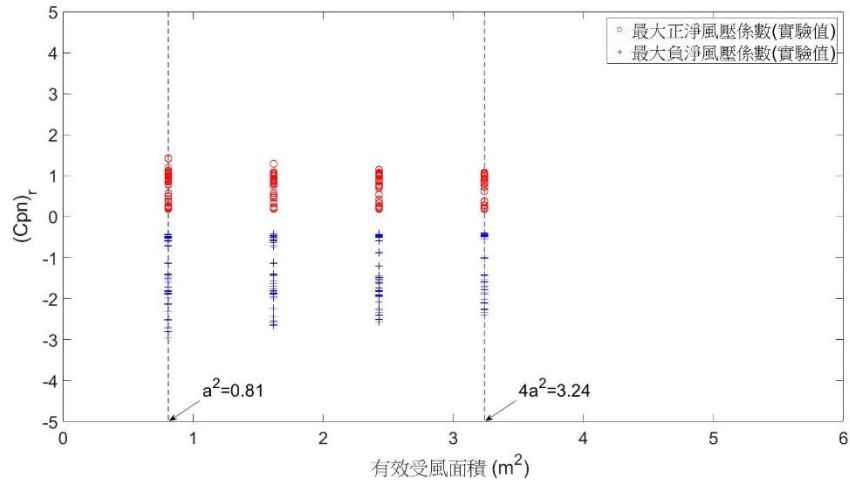


圖 6-83 Case R₂₀A_{0.5}C 區域三之最大正(負)淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

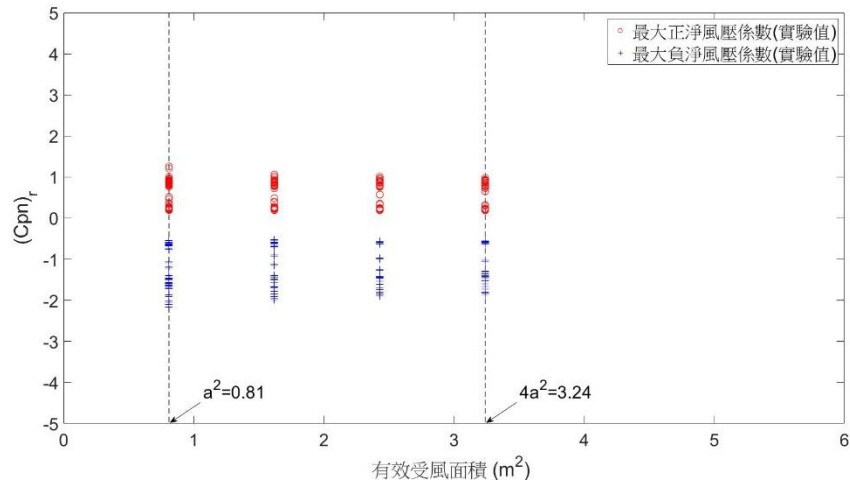


圖 6-84 Case R₂₀A_{0.5}C 區域二之最大正(負)淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

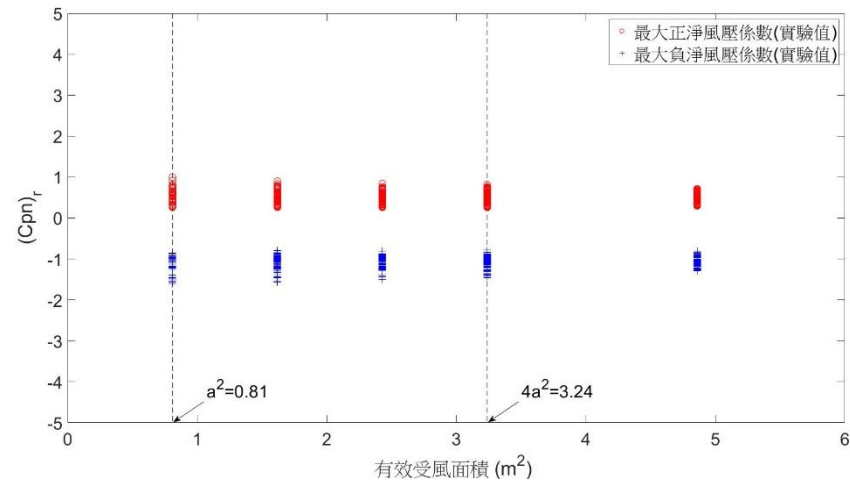


圖 6-85 Case R₂₀A_{0.5}C 區域一之最大正(負)淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

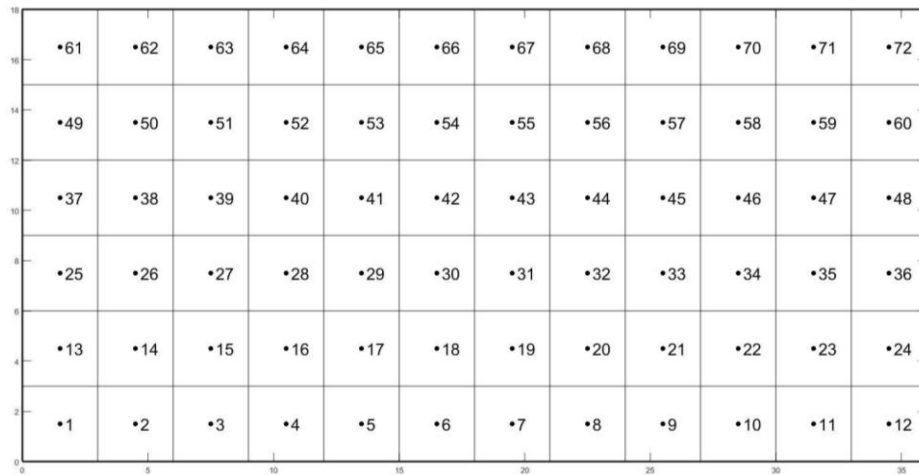


圖 6-86 Case R₂₅A_{0.5}C 之各測點分佈及測點附屬面積圖

(資料來源:本研究整理)

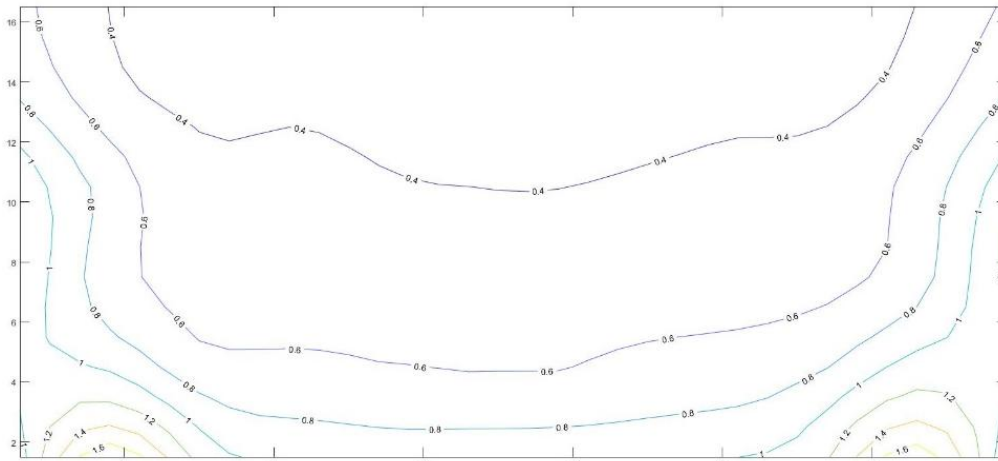


圖 6-87 Case R₂₅A_{0.5}C 之各測點最大正淨風壓係數之等值圖

(資料來源:本研究整理)

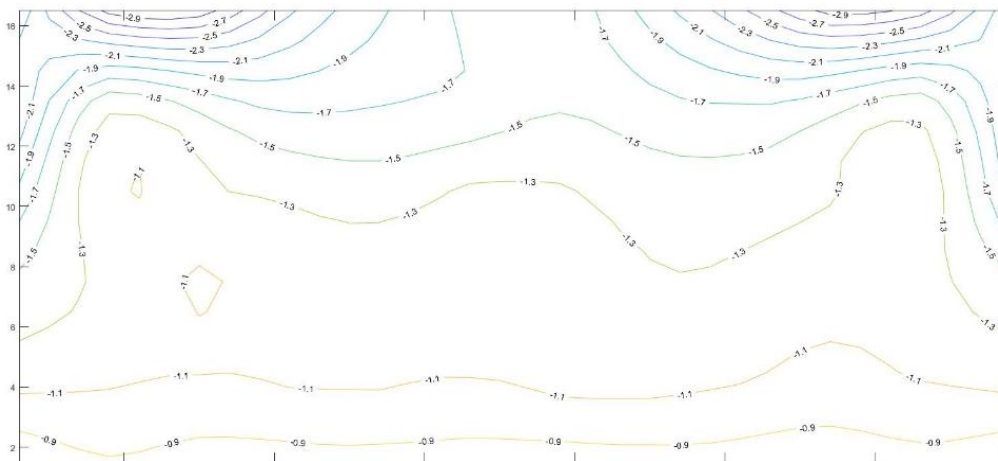


圖 6-88 Case R₂₅A_{0.5}C 之各測點最大負淨風壓係數之等值圖

(資料來源:本研究整理)

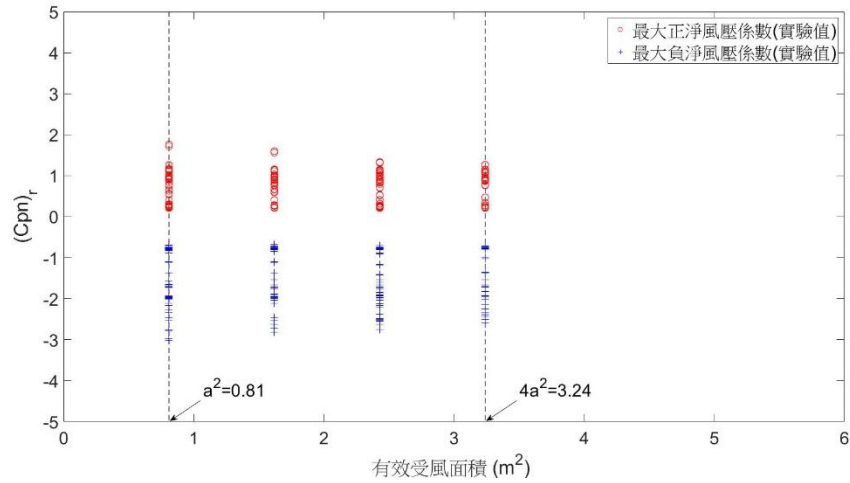


圖 6-89 Case R₂₅A_{0.5}C 區域三之最大正(負)淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

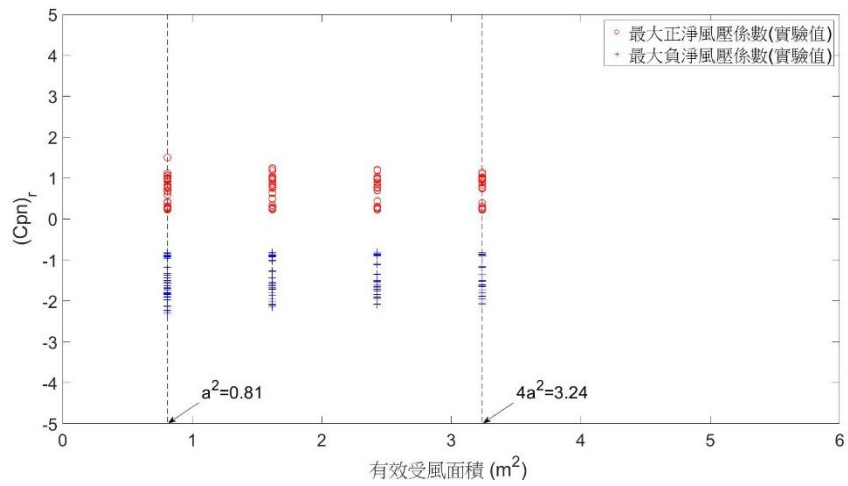


圖 6-90 Case R₂₅A_{0.5}C 區域二之最大正(負)淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

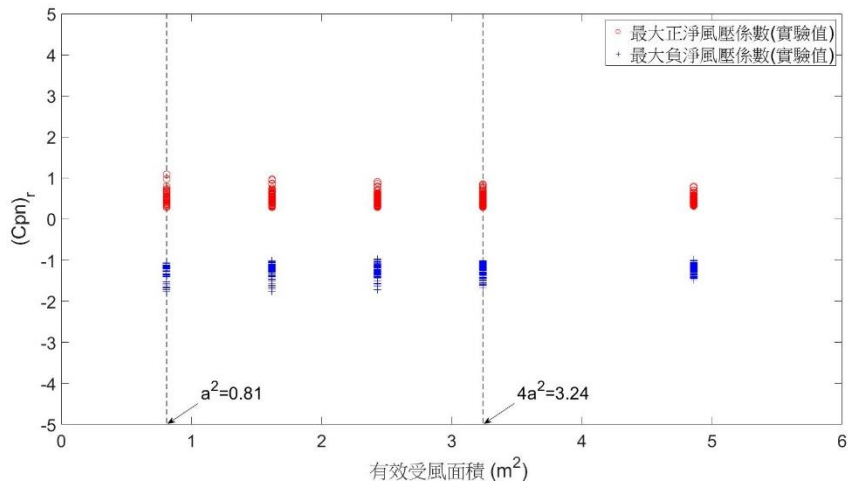


圖 6-91 Case R₂₅A_{0.5}C 區域一之最大正(負)淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

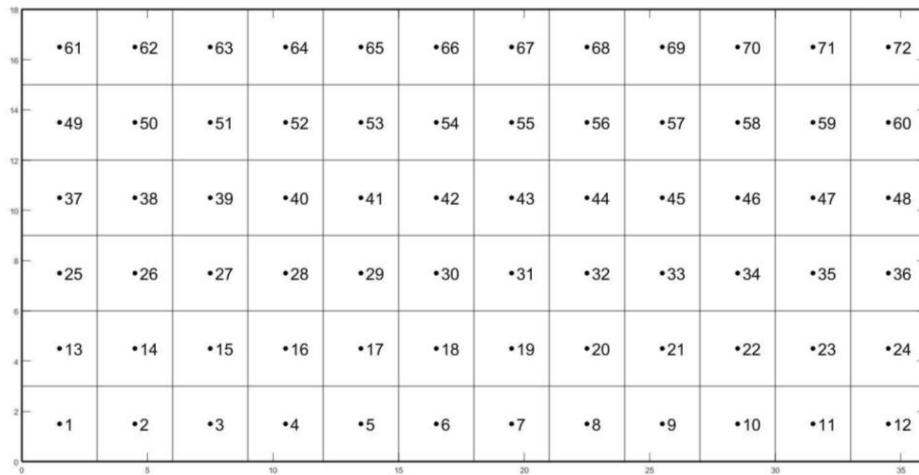


圖 6-92 Case R₁₀A_{0.5}O 之各測點分佈及測點附屬面積圖

(資料來源:本研究整理)

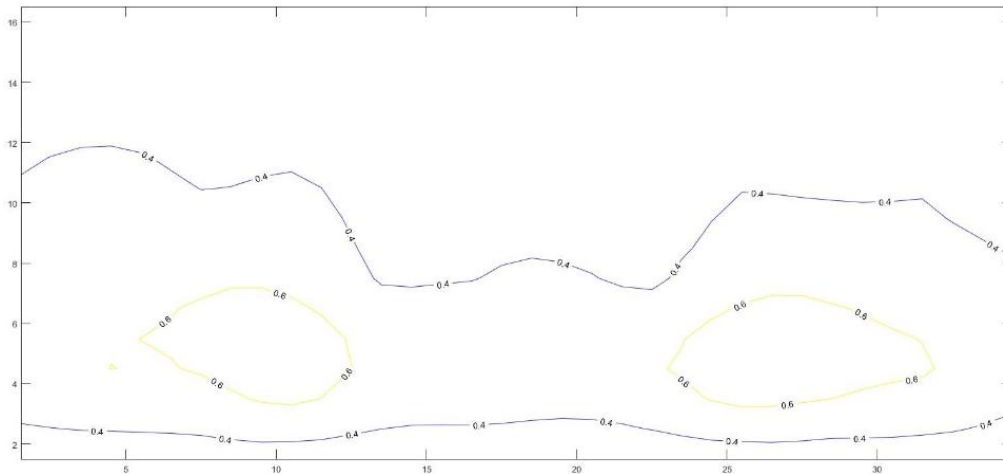


圖 6-93 Case R₁₀A_{0.5}O 之各測點最大正淨風壓係數之等值圖

(資料來源:本研究整理)

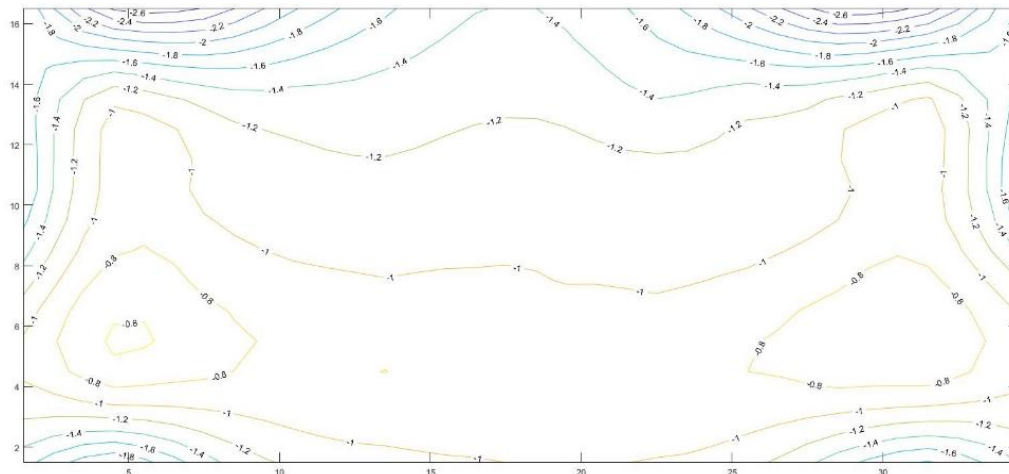


圖 6-94 Case R₁₀A_{0.5}O 之各測點最大負淨風壓係數之等值圖

(資料來源:本研究整理)

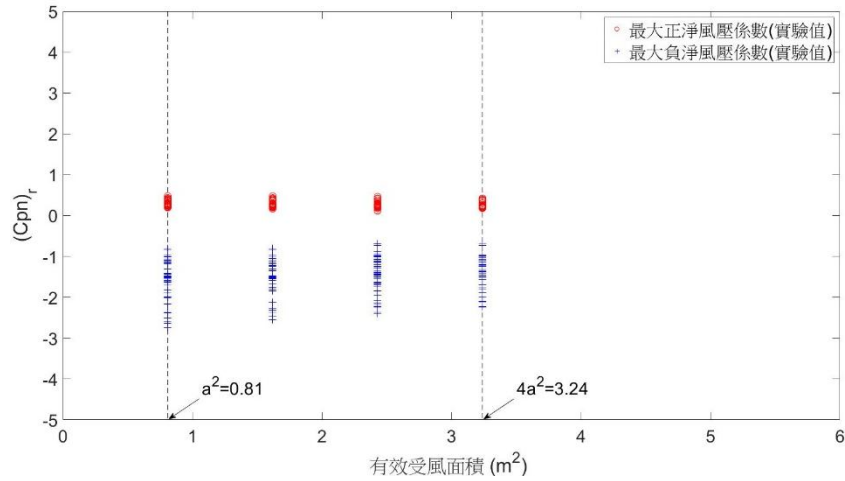


圖 6-95 Case R₁₀A_{0.5}O 區域三之最大正(負)淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

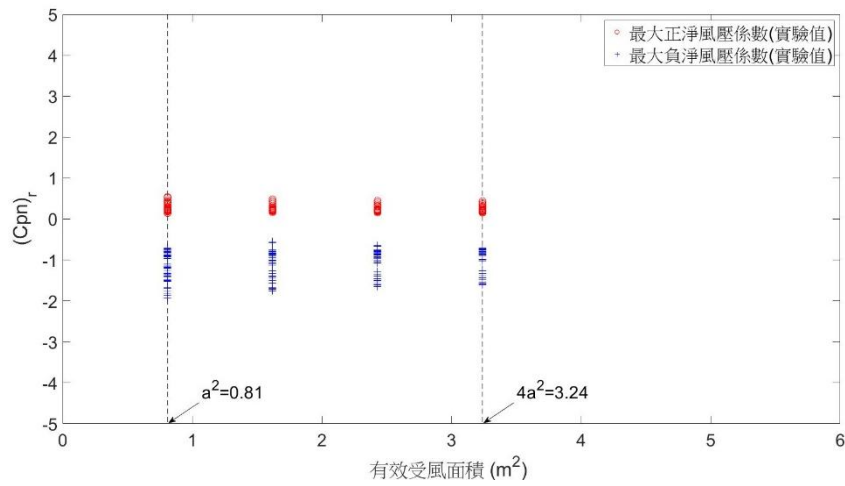


圖 6-96 Case R₁₀A_{0.5}O 區域二之最大正(負)淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

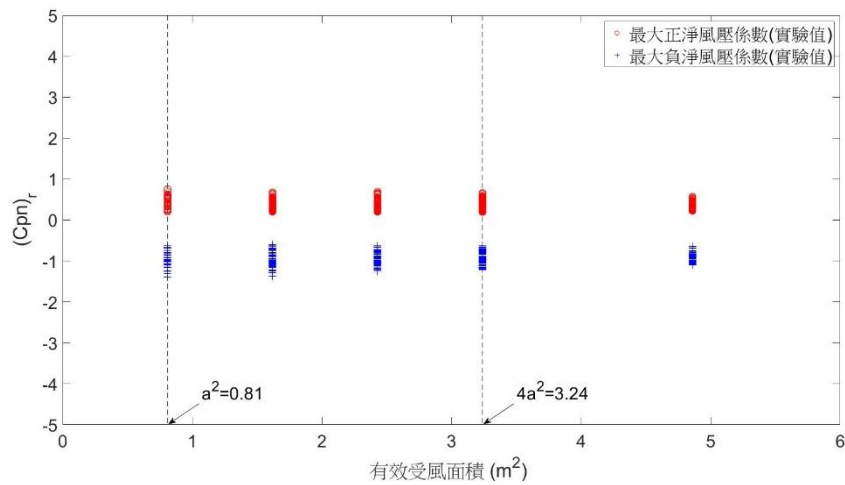


圖 6-97 Case R₁₀A_{0.5}O 區域一之最大正(負)淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

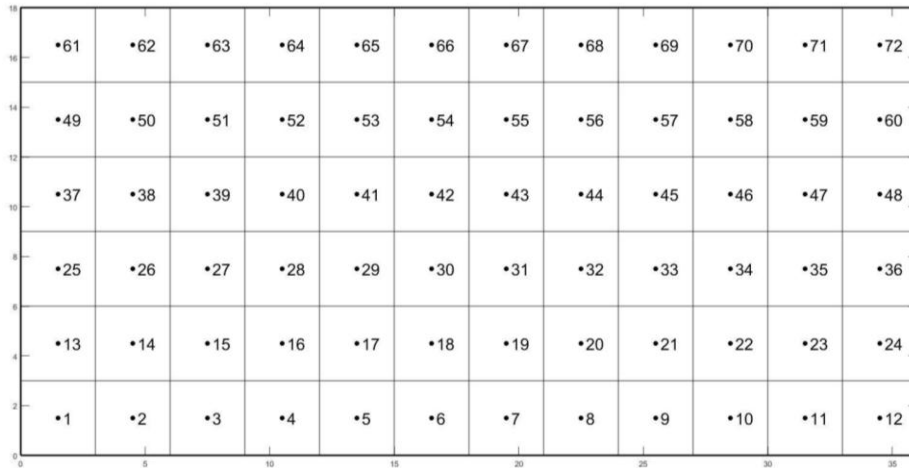


圖 6-98 Case $R_{10}A_{0.5}CP$ 之各測點分佈及測點附屬面積圖

(資料來源:本研究整理)

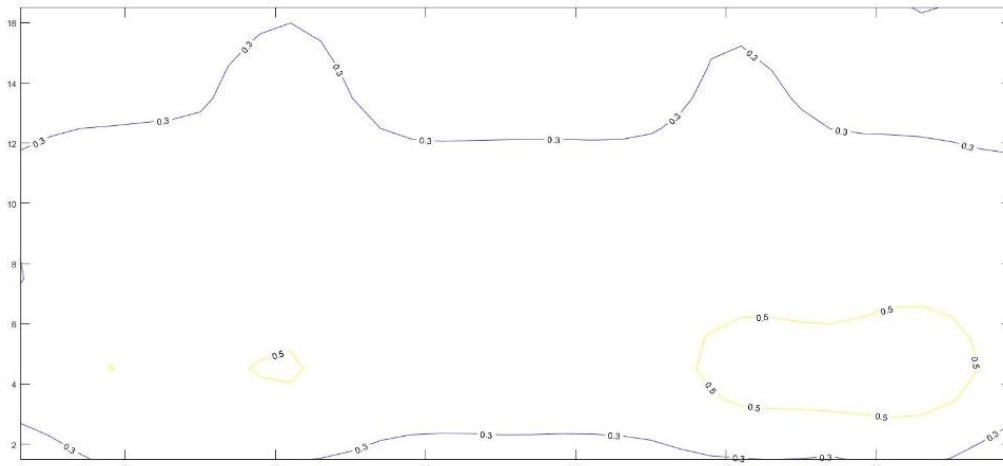


圖 6-99 Case $R_{10}A_{0.5}CP$ 之各測點最大正淨風壓係數之等值圖

(資料來源:本研究整理)

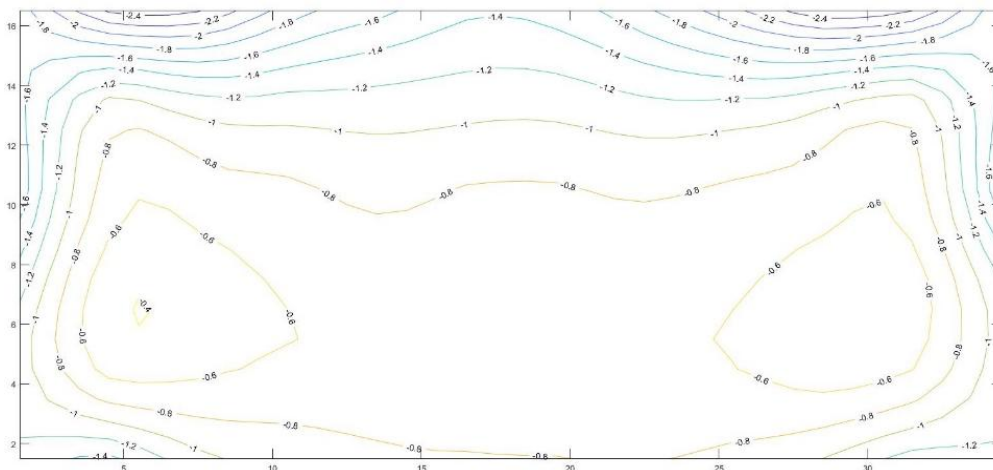


圖 6-100 Case $R_{10}A_{0.5}CP$ 之各測點最大負淨風壓係數之等值圖

(資料來源:本研究整理)

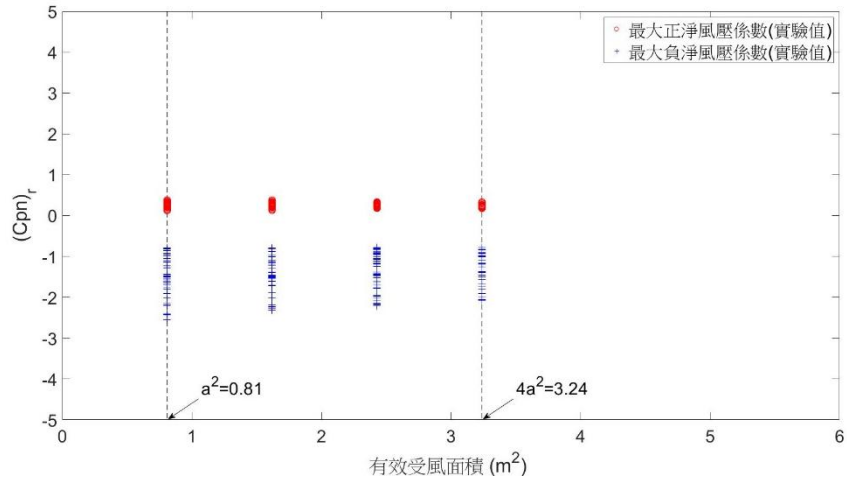


圖 6-101 Case R₁₀A_{0.5}CP 區域三之最大正(負)淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

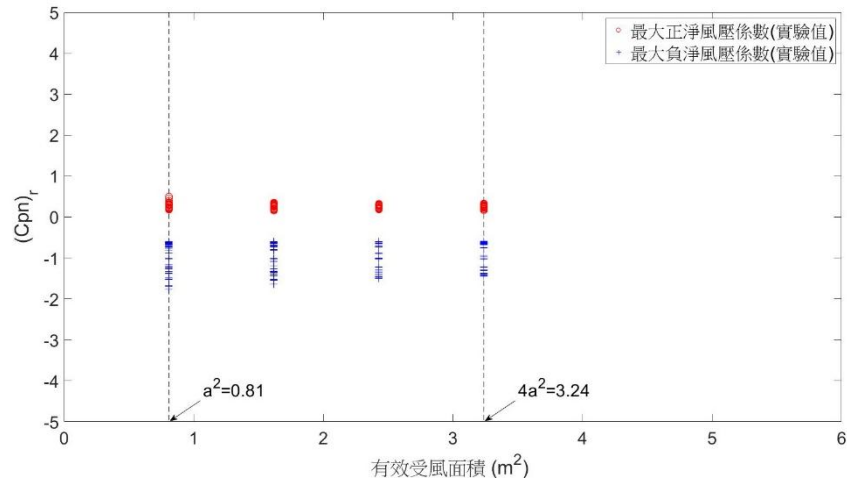


圖 6-102 Case R₁₀A_{0.5}CP 區域二之最大正(負)淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

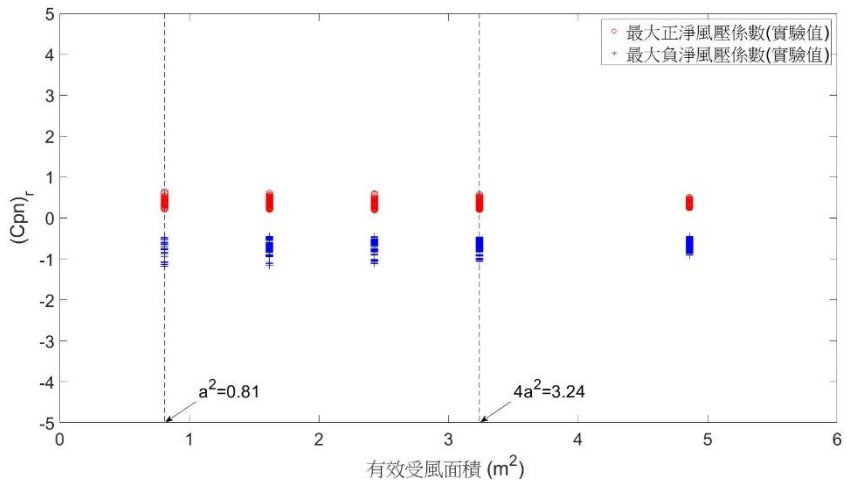


圖 6-103 Case R₁₀A_{0.5}CP 區域一之最大正(負)淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

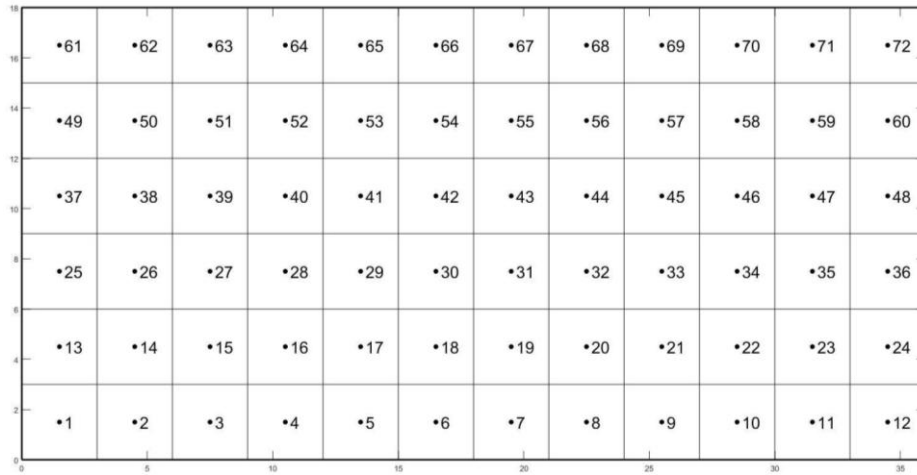


圖 6-104 Case R₁₀A_{0.5}CV 之各測點分佈及測點附屬面積圖

(資料來源:本研究整理)

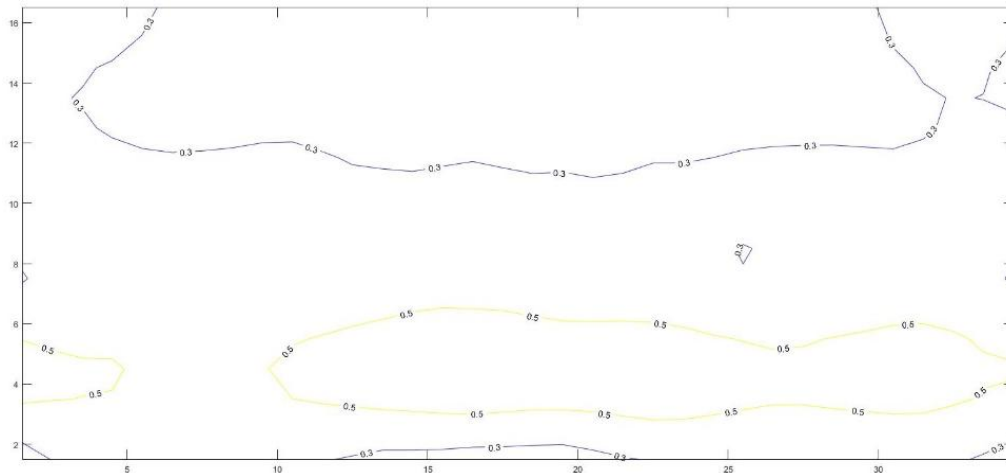


圖 6-105 Case R₁₀A_{0.5}CV 之各測點最大正淨風壓係數之等值圖

(資料來源:本研究整理)

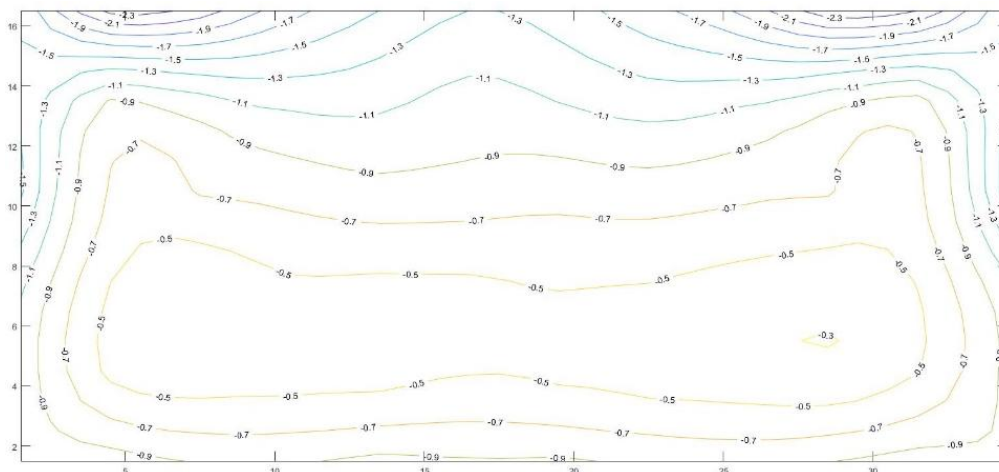


圖 6-106 Case R₁₀A_{0.5}CV 之各測點最大負淨風壓係數之等值圖

(資料來源:本研究整理)

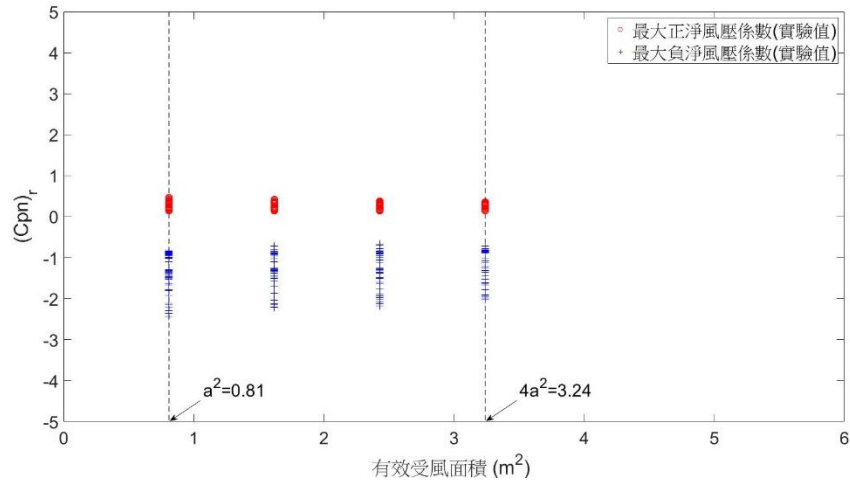


圖 6-107 Case R₁₀A_{0.5}CV 區域三之最大正(負)淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

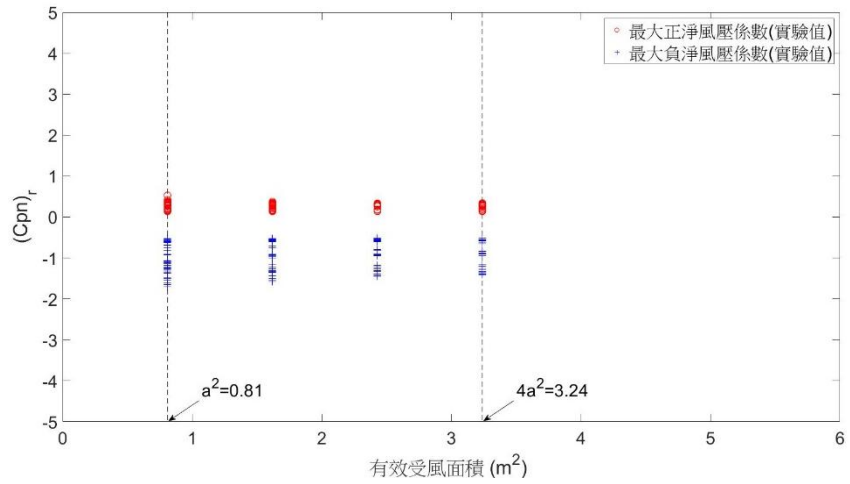


圖 6-108 Case R₁₀A_{0.5}CV 區域二之最大正(負)淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

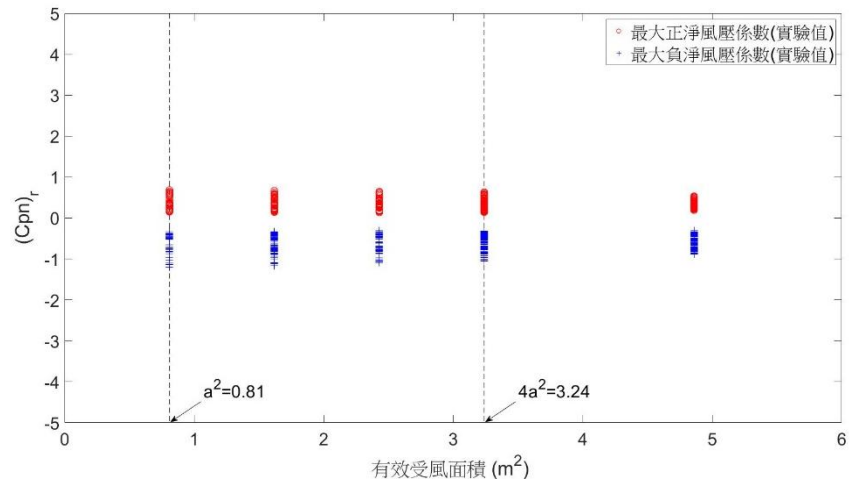


圖 6-109 Case R₁₀A_{0.5}CV 區域一之最大正(負)淨風壓係數圖

(資料來源:本研究整理)

附錄一 規範中擬議新增第七章「太陽光電系統之設計風壓」

7.1 適用範圍

本章規定斜屋頂平貼型、地面距置型、屋頂距置型、地面單斜式棚架型及屋頂棚架型太陽光電子系統面版及支撐架所應承受之風載重，設計者亦可根據第五章之規定執行風洞試驗，並以可信賴之極值分析方法估計風載重。

【解說】

太陽光電系統配置形式及安裝位置可概分為斜屋頂平貼型、平屋頂距置型、地面距置型、地面單斜式棚架型及平屋頂單斜式棚架型等。擬定之規範內容不僅針對太陽光電系統本身所受設計風壓，也將提及如何決定檢核原建築屋頂強度之設計風壓。

7.2 斜屋頂平貼型子系統之設計風壓

參考圖 7.1，若斜屋頂平貼型子系統同時滿足(1)建築物為封閉式或部分封閉式，且建築物橫風向或扭轉向風力不顯著、(2)面板與屋頂面之夾角 ω 小或等於 2 度、(3)面板與屋頂面之最大距離 h_2 小或等於 0.25m、(4)模組間隙大或等於 6.4mm，模組長(或寬)小或等於 2m、(5)屋頂邊緣 $2h_2$ 內及屋脊任一側 $2h_2$ 內未設置面板，其設計風壓依下式計算：

$$P = q(h)(GC_p)\gamma_{E_1}\gamma_a \dots\dots\dots (7.1)$$

其中 $q(h)$ 為平均屋頂高度 h 處之風速壓，依 2.6 節之規定計算； (GC_p) 為外風壓係數，依 3.3 節之規定計算； γ_{E_1} 為平貼型之系統邊緣修正因子； γ_a 為風壓平衡因子。

若同時滿足(1)構材所在系統之邊緣與鄰近屋頂邊緣之距離大於 $0.5h$ 、(2)構材所在系統與鄰近系統之距離大於 1.2m(如圖 7.2 所示)或構材所在面板與鄰近面板之距離大於 1.2m(如圖 7.3

所示)、(3)構材位於系統邊緣 $1.5L_p$ 範圍內，其中 L_p 為面板弦長、
(4)構材承受負風壓時，則 $\gamma_{E_1}=1.5$ 。在其他情況下， $\gamma_{E_1}=1.0$ 。

風壓平衡因子 γ_a 與有效受風面積 A 有關，依下式決定：

$$\gamma_a = \begin{cases} 0.8 & A \leq 1m^2 \\ -0.4 \log(A) + 0.8 & 1m^2 < A \leq 10m^2 \\ 0.4 & A > 10m^2 \end{cases} \dots\dots\dots (7.2)$$

另需檢核建築物屋頂本身之強度能同時承受(1)太陽光電系統支撐架傳遞至屋頂之風載重及(2)非太陽光電板覆蓋之屋頂區域所受風載重；其中(1)之風載重依本節之規定決定，而(2)之風載重依第三章之規定決定。

【解說】

參考 ASCE7-16 之平貼型系統角隅修正因子及風壓平衡因子，同時將 ASCE7-16 之風壓平衡因子 γ_a 與有效受風面積 A 之關係圖公式化。另外，規定在屋頂邊緣與近屋脊處不得設置太陽光電系統。

7.3 地面距置型子系統之設計風壓

參考圖 7.7，若地面距置型子系統同時滿足、(1)面板弦長 L_p 小或等於 2m、(2)面板傾角 ω 小或等於 35 度、(3)面板與地面最小距離 h_1 小或等於 0.6m，面板與地面最大距離 h_2 小或等於 1.2m、(4)模組間隙大或等於 6.4mm，模組長(或寬)小或等於 2m，其設計正負風壓依下式計算：

$$P = \pm q(h_c)(GC_{rn})_g \dots\dots\dots (7.3)$$

其中 $q(h_c)$ 為面板形心高 h_c 處之風速壓，依第 2.6 節之規定計算； $(GC_{rn})_g$ 為地面距置型總淨風壓係數；正號表示淨風壓指向面板上表面，負號表示淨風壓遠離面板上表面。

$(GC_{rn})_g$ 依下式計算：

$$(GC_{rn})_g = (GC_{rn})_a \gamma_c \gamma_{E_3} \dots\dots\dots (7.4)$$

其中 $(GC_{rn})_a$ 為對應於有效受風面積 A 之淨風壓係數； γ_c 為面板弦長修正因子； γ_{E_3} 為地面距置型之系統邊緣修正因子。

當 $0^\circ \leq \omega \leq 5^\circ$ 時，利用表 7.1 計算得到 $(GC_{rn})_a$ ；當 $15^\circ \leq \omega \leq 35^\circ$ 時，利用表 7.2 計算得到 $(GC_{rn})_a$ ；當 $5^\circ < \omega < 15^\circ$ 時，可以使用內插計算得到 $(GC_{rn})_a$ 。

γ_c 依下式決定

$$\gamma_c = \max(0.6 + 0.2L_p, 0.8) \dots\dots\dots(7.5)$$

其中 L_p 為面板弦長(m)。

若同時滿足(1)構材所在系統與鄰近系統之距離大於 $\max(4h_2, 1.2\text{m})$ (如圖 7.5 所示)，或構材所在面板與鄰近面板之距離大於 $\max(4h_2, 1.2\text{m})$ (如圖 7.6 所示)、(2)構材位於系統邊緣 $1.5L_p$ 範圍內，其中 L_p 為面板弦長，則 $\gamma_{E_3}=1.5$ 。在其他情況下， $\gamma_{E_3}=1.0$ 。

【解說】

根據 SEAOC 之解說及 Kopp 之實驗結果，推估地面距置型與平屋頂距置型極值風壓係數之關係，再以平屋頂距置型之規範為基礎，建立地面距置型之規範，但不需要考慮女兒牆修正因子，在計算系統角隅修正因子時不需考慮系統與屋頂邊緣之距離，在計算淨風壓係數時不需考慮屋頂分區。

7.4 平屋頂距置型子系統之設計風壓

參考圖 7.1，若平屋頂距置型子系統同時滿足(1)建築物為封閉式或部分封閉式，且建築物橫風向或扭轉向風力不顯著、(2)面板弦長 L_p 小或等於 2m、(2)面板傾角 ω 小或等於 35 度、(3)屋頂傾角 θ 小或等於 7 度、(4)面板與屋頂面最小距離 h_1 小或等於 0.6m，面板與屋頂面最大距離 h_2 小或等於 1.2m、(5)模組間隙大或等於 6.4mm，模組長(或寬)小或等於 2m、(6)距離屋頂邊緣 $\max(2(h_2 - h_{pt}), 1.2)$ (m)內未設置面板，其中 h_{pt} 為女兒牆高度(m)，其設計正負風壓依下式計算：

$$P = \pm q(h)(GC_{rn})_r \dots\dots\dots(7.6)$$

其中 $q(h)$ 為建築物平均屋頂高度 h 處之風速壓，依 2.6 節之規

定計算； $(GC_{rn})_r$ 為平屋頂距置型總淨風壓係數；正號表示淨風壓指向面板上表面，負號表示淨風壓遠離面板上表面。

$(GC_{rn})_r$ 依下式計算：

$$(GC_{rn})_r = (GC_{rn})_{nom} \gamma_p \gamma_c \gamma_{E_2} \dots\dots\dots (7.7)$$

其中 $(GC_{rn})_{nom}$ 為對應於標稱有效受風面積 A_n 之淨風壓係數； γ_p 為女兒牆修正因子； γ_c 為面板弦長修正因子； γ_{E_2} 為平屋頂距置型系統之系統邊緣修正因子。

當 $0^\circ \leq \omega \leq 5^\circ$ 時，利用表 7.3 計算得到 $(GC_{rn})_{nom}$ ；當 $15^\circ \leq \omega \leq 35^\circ$ 時，利用表 7.4 計算得到 $(GC_{rn})_{nom}$ ；當 $5^\circ < \omega < 15^\circ$ 時，可以使用內插計算得到 $(GC_{rn})_{nom}$ 。其中根據圖 7.4 判斷構材所在區域， W_L 為建築物長邊尺寸， W_S 為建築物短邊尺寸；標稱有效受風面積 A_n 依下式決定：

$$A_n = \frac{1000}{[\max(4.6, L_b)]^2} A \dots\dots\dots (7.8)$$

其中， $L_b = \min(0.4\sqrt{hW_L}, h, W_S)(m)$ 。

γ_p 依下式決定

$$\gamma_p = \min(1.2, 0.9 + \frac{h_{pt}}{h}) \dots\dots\dots (7.9)$$

其中 h_{pt} 為女兒牆高度。

γ_c 依下式決定

$$\gamma_c = \max(0.6 + 0.2L_p, 0.8) \dots\dots\dots (7.10)$$

若同時滿足(1)構材所在系統之邊緣與鄰近屋頂邊緣之距離大於 $0.5h$ 、(2)構材所在系統與鄰近系統之距離大於 $\max(4h_2, 1.2m)$ (如圖 7.8 所示)，或構材所在面板與鄰近面板之距離大於 $\max(4h_2, 1.2m)$ (如圖 7.9 所示)、(3)構材位於系統邊緣 $1.5L_p$ 範圍內，其中 L_p 為面板弦長、(4)構材承受負風壓時，則 $\gamma_{E_2}=1.5$ 。在其他情況下 $\gamma_{E_2}=1.0$ 。

另需檢核建築物屋頂本身之強度能同時承受(1)太陽光電

系統支撐架傳遞至屋頂之風載重及(2)非太陽光電板覆蓋之屋頂區域所受風載重；其中(1)之風載重依本節之規定決定，而(2)之風載重第三章之規定決定。

【解說】

參考 ASCE7-16 之淨風壓係數 $(GC_{rn})_{nom}$ 、女兒牆修正因子 γ_p 、面板弦長修正因子 γ_c 及平屋頂距置型角隅修正因子 γ_{E2} ，建立平屋頂距置型之規範，但將 ASCE7-16 之淨風壓係數與標稱有效受風面積 A_n 之關係圖公式化，同時乘以 2.083，以反應國內風速平均時間為 10 分鐘。

7.5 地面單斜式棚架型之設計風壓

若地面單斜式棚架型子系統同時滿足(1)支撐架具支撐柱，獨立設置於地面、(2)棚架至少有兩個側面各有 80%以上面積為開口。其設計風壓依 3.4 節計算。

支撐柱本身側面之設計風力，應依據第 2.2 節中開放式建築物之公式決定。

【解說】

面板本身可被視為外部被覆物，其設計風壓應依據規範第 3.4 節決定。支撐架構材中可被視為局部構材者，其設計風壓應依據規範第 3.4 節決定；支撐架構材中可被視為主要風力抵抗系統者，其設計風力原可依據規範第 2.2 節中開放式建築物之公式決定，但在規範 2.2 節公式未修正前，建議仍依規範第 3.4 節決定其設計風壓。支撐柱可被視為主要風力抵抗系統者，由面板傳遞至支撐柱之設計風力原可依據規範第 2.2 節中開放式建築物之公式決定，但在規範 2.2 節公式未修正前，建議仍依規範第 3.4 節決定其設計風壓。至於支撐柱本身側面之設計風力，可依據規範第 2.2 節中開放式建築物之公式決定。

7.6 平屋頂單斜式棚架型之設計風壓

若平屋頂單斜式棚架型子系統同時滿足(1)建築物為封閉式或部分封閉式，且建築物橫風向或扭轉向風力不顯著、(2)支撐架具支撐柱，設置於建築物屋頂、(3)棚架至少有兩個側面各有 80%以上面積為開口、(4)棚架面之水平投影未超出屋頂面

邊緣，其設計風壓依下式計算：

$$P = q(h_c) \times G \times (C_{pn})_r \times (\gamma_p)_c \dots\dots\dots (7.11)$$

其中 $q(h_c)$ 為面板形心高 h_c 處之風速壓，依 2.6 節之規定計算； G 為陣風反應因子，依 2.7 節之規定計算； $(C_{pn})_r$ 為平屋頂單斜式棚架淨風壓係數，其值見表 7.5； $(\gamma_p)_c$ 為女兒牆修正因子。

支撐柱本身側面之設計風力，應依據 2.2 節中開放式建築物之公式決定。

另需檢核建築物屋頂本身之強度能同時承受(1)太陽光電系統支撐架傳遞至屋頂之風載重及(2)非太陽光電板覆蓋之屋頂區域所受風載重；其中(1)之風載重依本節之規定決定，而(2)之風載重第三章之規定決定。

【解說】

依據不同參數組合(面板傾角、長寬比、面板有無突出、面板下有無阻擋、有無女兒牆等)執行一系列風洞實驗；針對某一參數組合下之實驗數據進行極值分析，求取不同風向、風壓分區及受風面積對應之最大正(負)淨風壓係數之包絡值。同時再參考地面單斜式棚架型之規範及設計風壓之變化趨勢，建立平屋頂單斜式棚架型之規範。

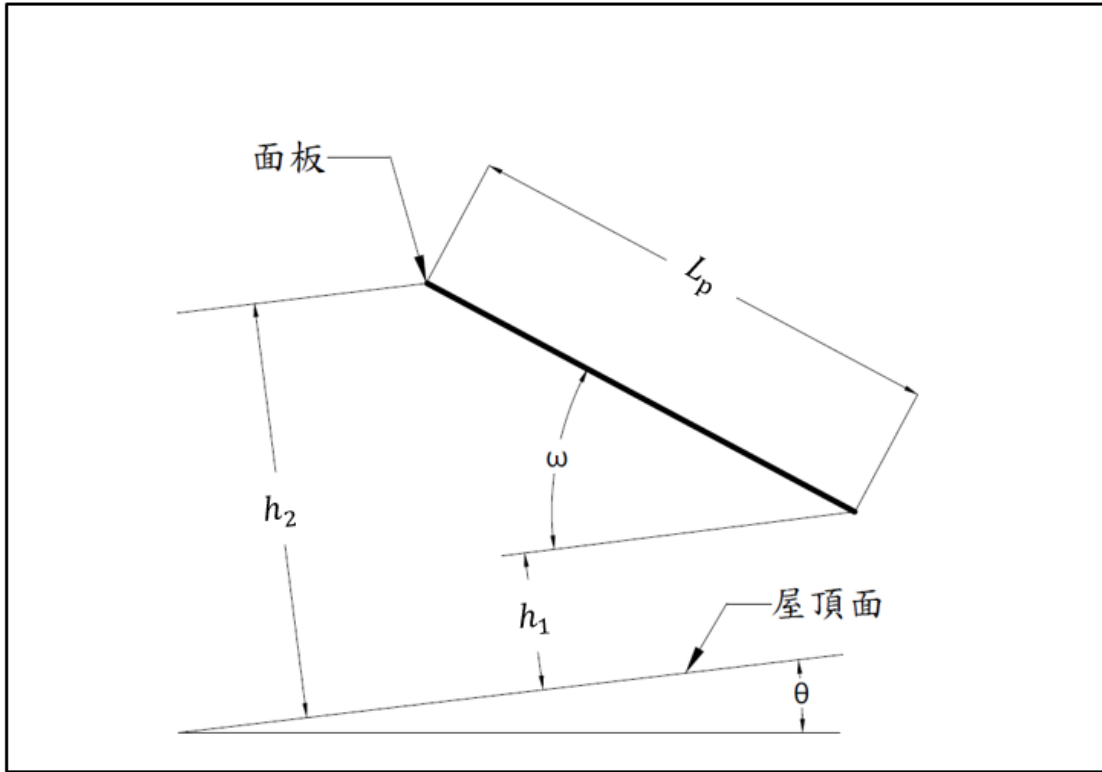


圖 7.1 斜屋頂平貼型或平屋頂距置型之符號示意圖

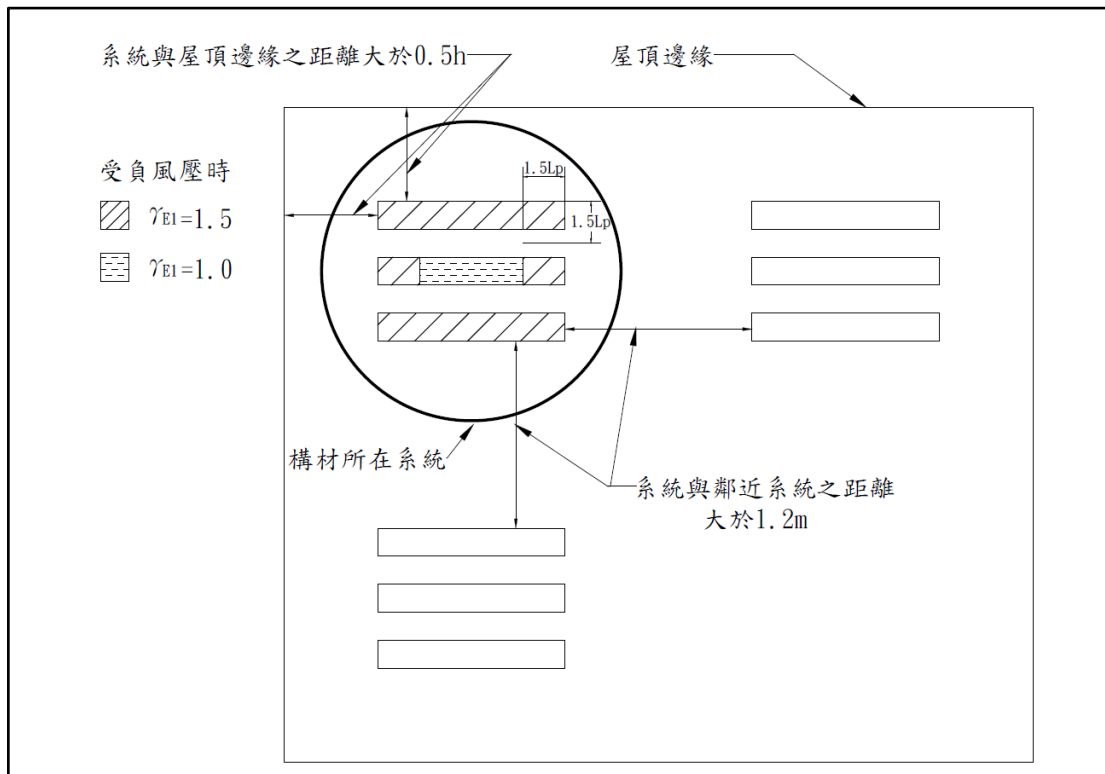


圖 7.2 產生 $r_{E1}=1.5$ 之可能情況 1

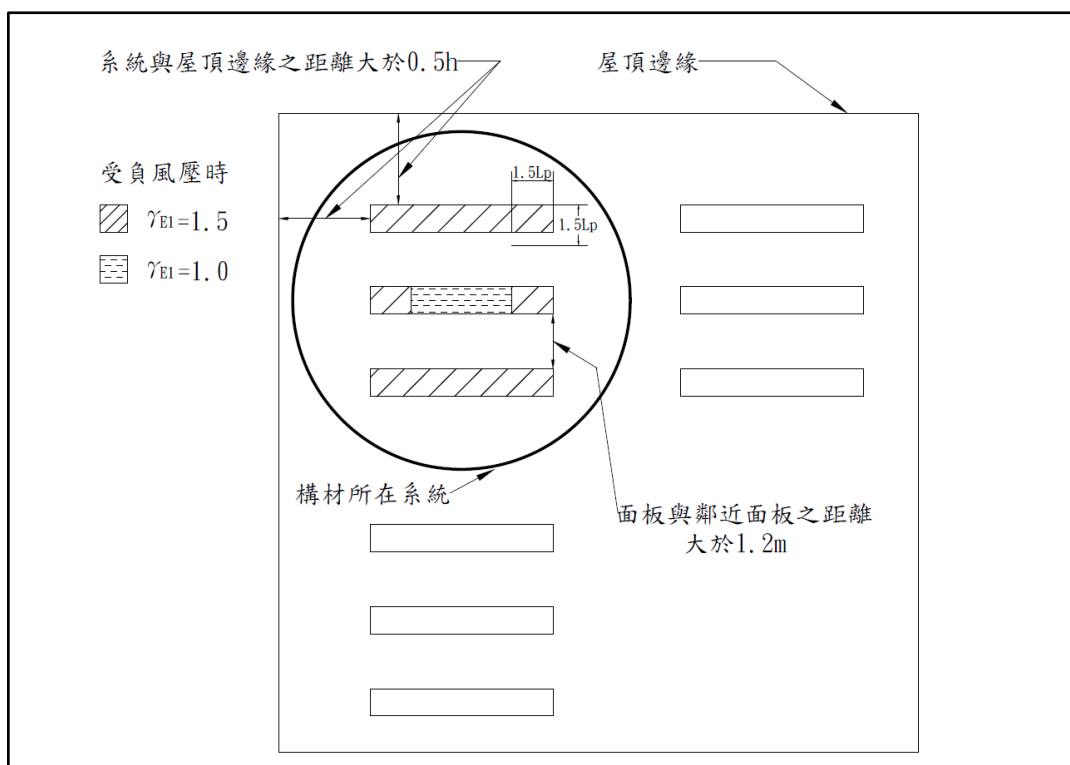


圖 7.3 產生 $r_{E1}=1.5$ 之可能情況 2

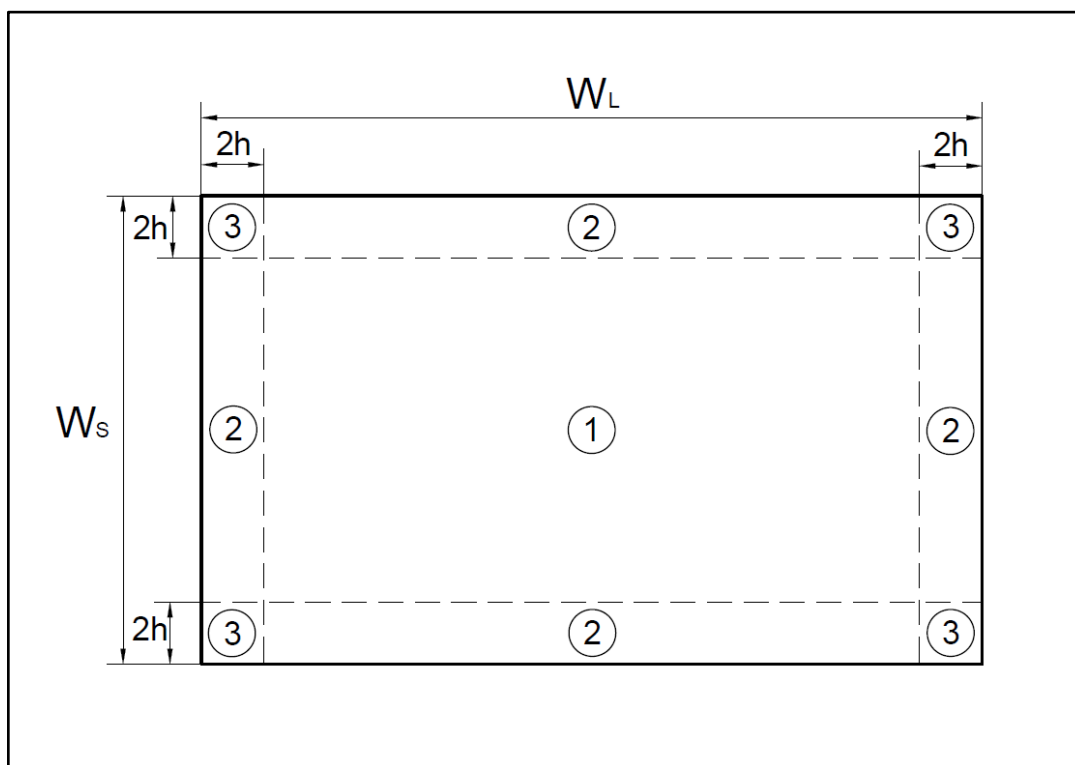


圖 7.4 平屋頂距置型之屋頂分區圖

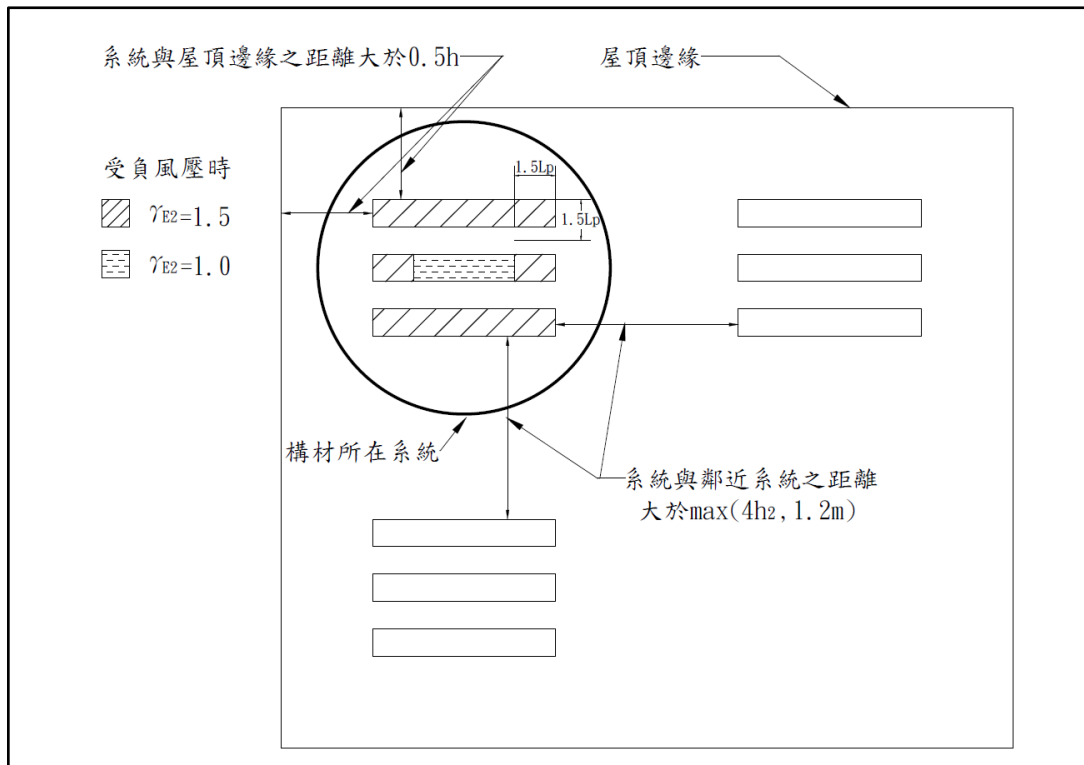


圖 7.5 產生 $r_{E2}=1.5$ 之可能情況 1

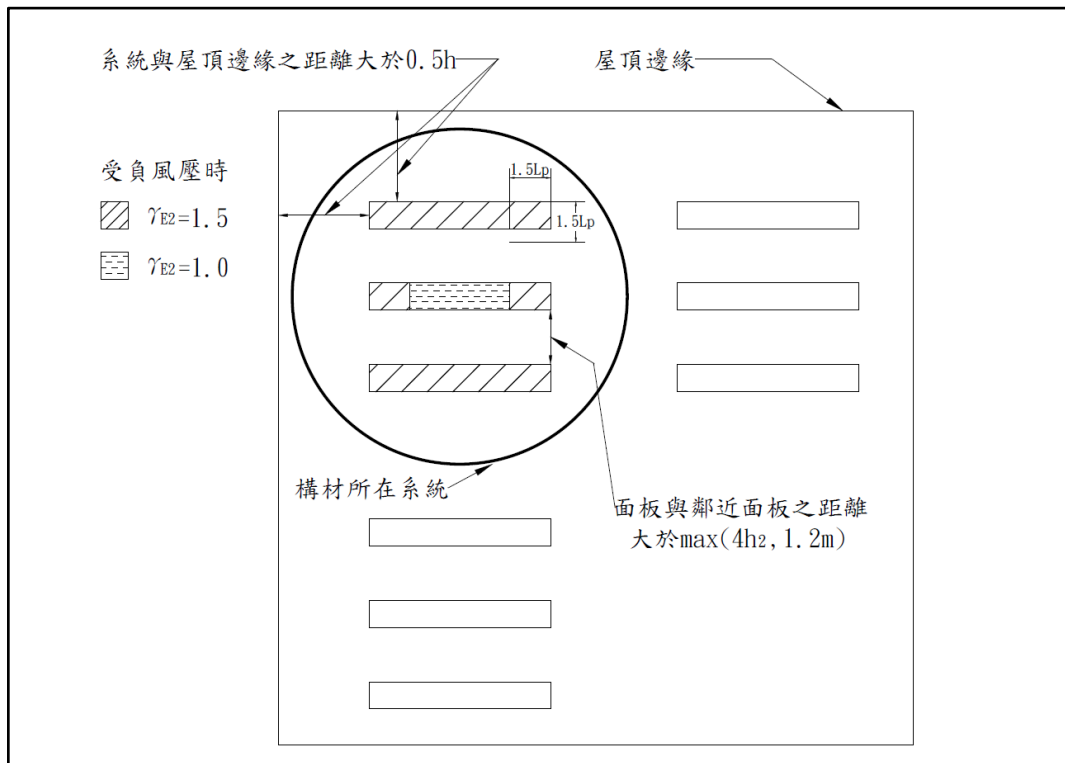


圖 7.6 產生 $r_{E2}=1.5$ 之可能情況 2

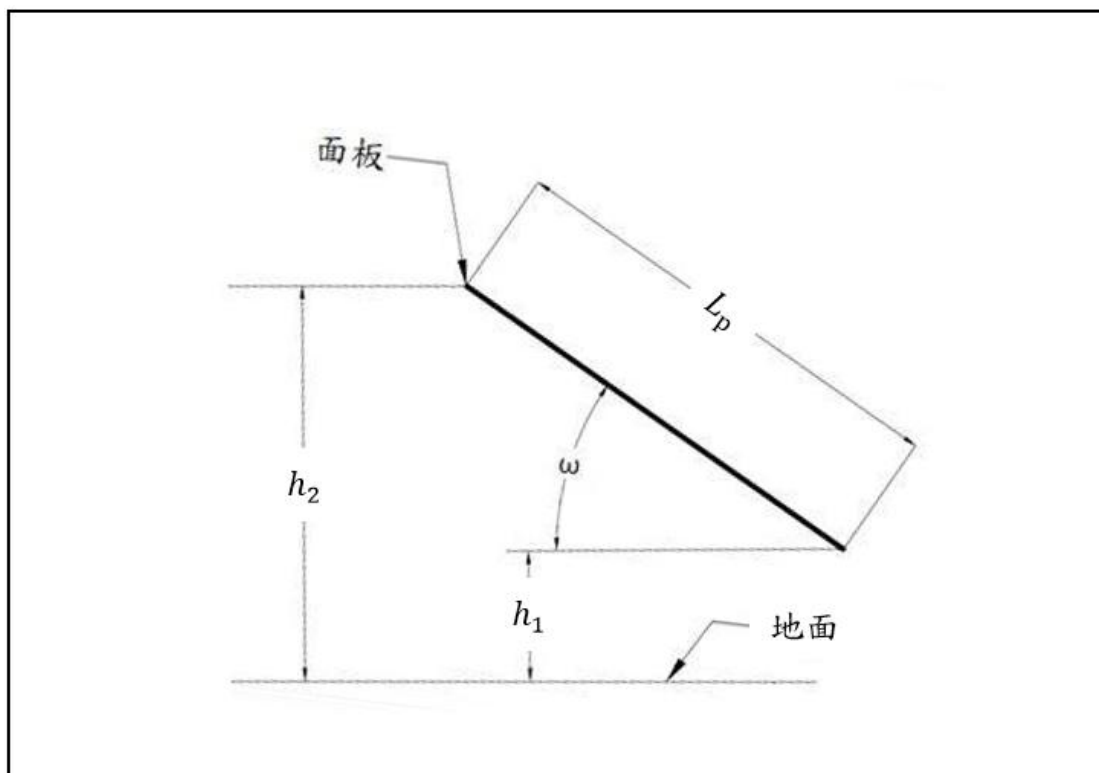


圖 7.7 地面距置型之符號示意圖

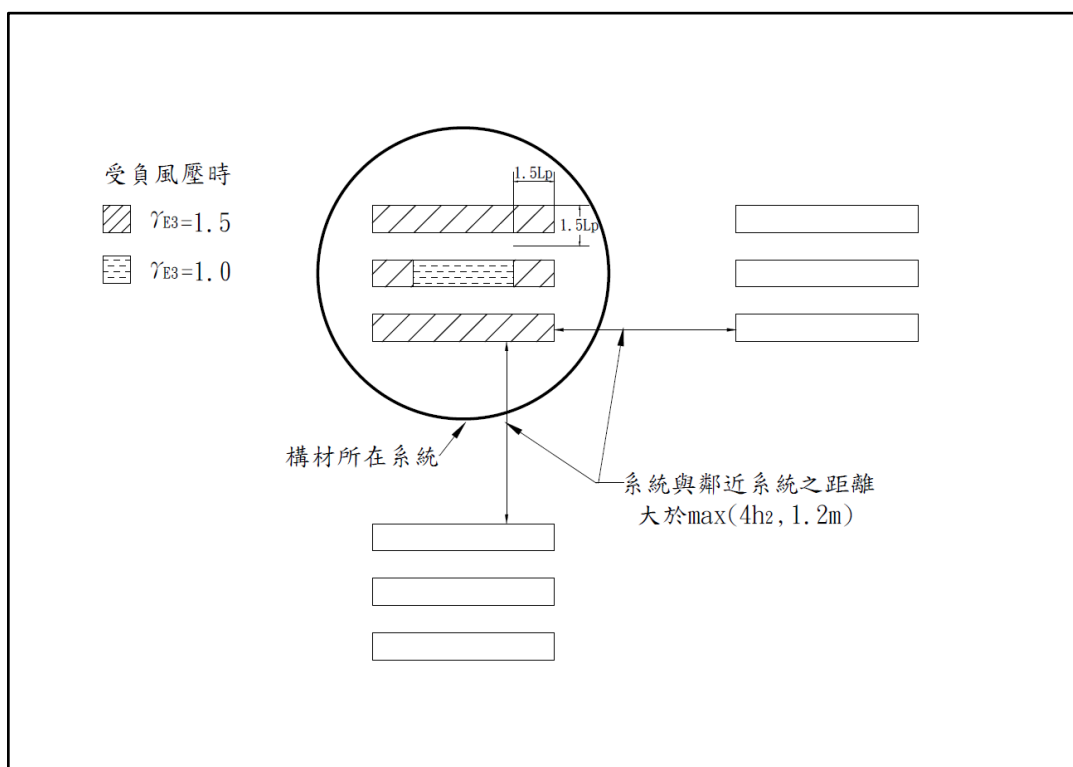


圖 7.8 產生 $\gamma_{E3}=1.5$ 之可能情況 1

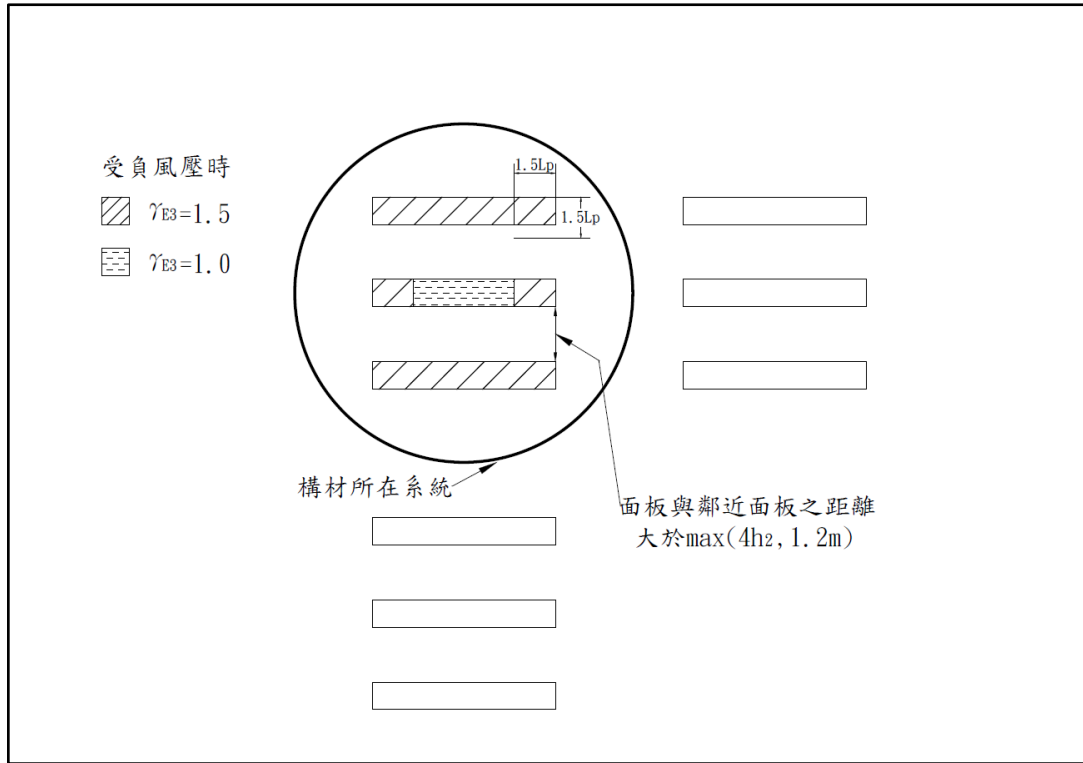


圖 7.9 產生 $\gamma_{E3}=1.5$ 之可能情況 2

表 7.1 當 $0^\circ \leq \omega \leq 5^\circ$ 時， $(GC_{rn})_a$ 之計算公式

$A(m^2)$	$(GC_{rn})_a$ 之計算公式
$A \leq 46.45 (m^2)$	$-0.59 \log(10.76A) + 2.08$
$A > 46.45 (m^2)$	$-0.35 \log(10.76A) + 1.43$

表 7.2 當 $15^\circ \leq \omega \leq 35^\circ$ 時， $(GC_{rn})_a$ 之計算公式

$A(m^2)$	$(GC_{rn})_a$ 之計算公式
$A \leq 46.45 (m^2)$	$-0.74 \log(10.76A) + 2.78$
$A > 46.45 (m^2)$	$-0.36 \log(10.76A) + 1.75$

表 7.3 當 $0^\circ \leq \omega \leq 5^\circ$ 時， $(GC_{rn})_{nom}$ 之計算公式

屋頂分區	A_n	$(GC_{rn})_{nom}$ 之計算公式
①	$A_n \leq 500$	$-0.89 \log A_n + 3.12$
	$A_n > 500$	$-0.52 \log A_n + 2.14$
②	$A_n \leq 500$	$-1.12 \log A_n + 4.17$
	$A_n > 500$	$-0.62 \log A_n + 2.61$
③	$A_n \leq 500$	$-1.39 \log A_n + 4.79$
	$A_n > 500$	$-0.73 \log A_n + 3.01$

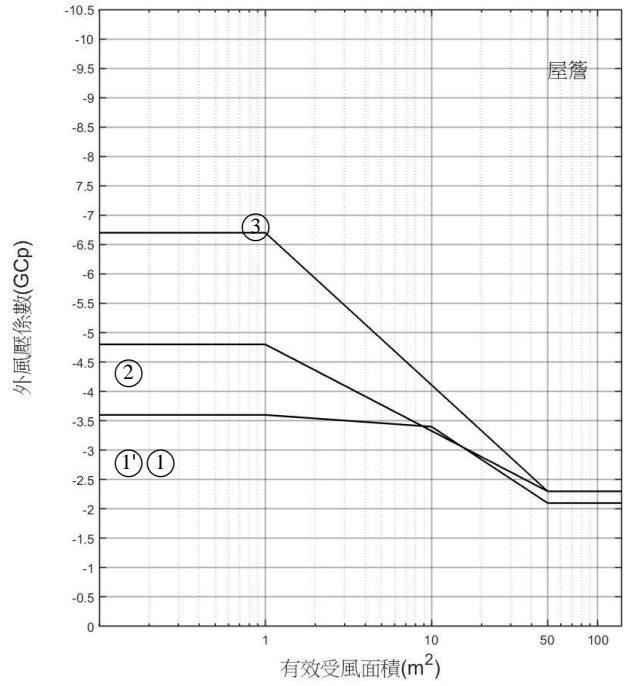
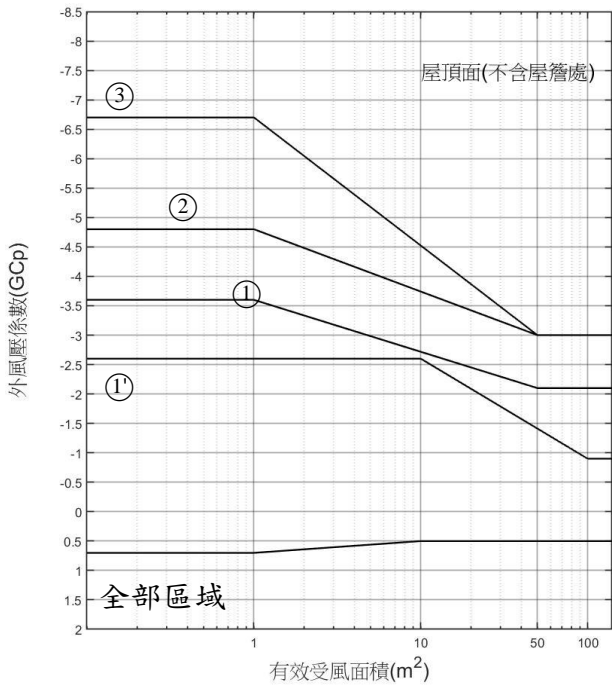
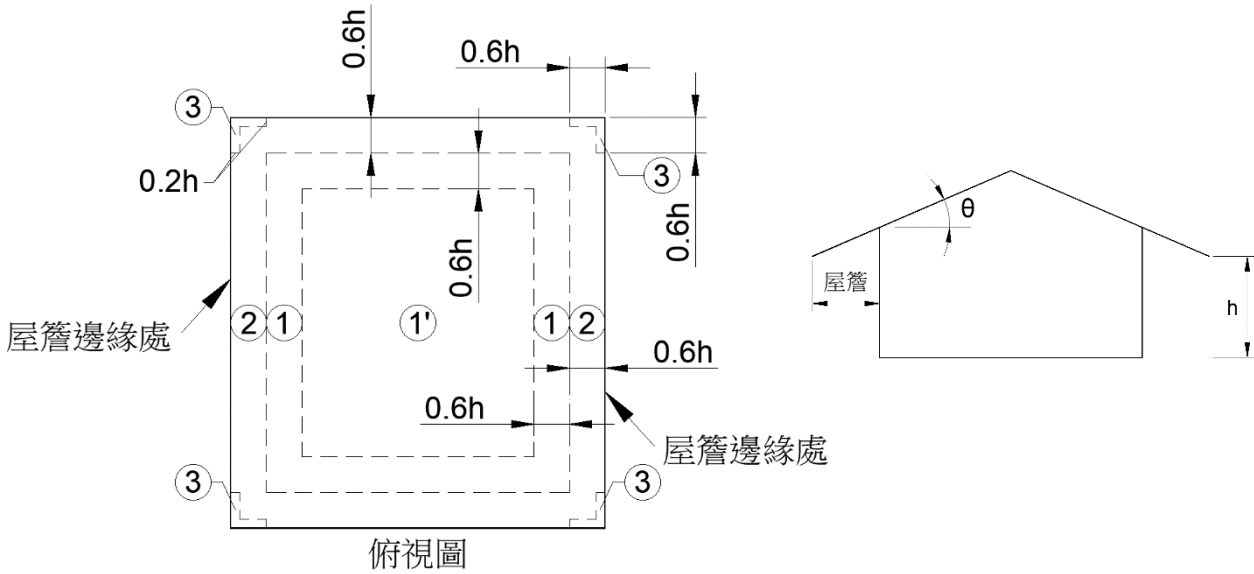
表 7.4 當 $15^\circ \leq \omega \leq 35^\circ$ 時， $(GC_{rn})_{nom}$ 之計算公式

屋頂分區	A_n	$(GC_{rn})_{nom}$ 之計算公式
①	$A_n \leq 500$	$-1.11 \log A_n + 4.17$
	$A_n > 500$	$-0.54 \log A_n + 2.62$
②	$A_n \leq 500$	$-1.74 \log A_n + 6.04$
	$A_n > 500$	$-0.52 \log A_n + 2.75$
③	$A_n \leq 500$	$-2.08 \log A_n + 7.29$
	$A_n > 500$	$-0.62 \log A_n + 3.33$

表 7.5 平屋頂單斜式棚架型之淨風壓係數表

	有效受風面積	$(C_{pn})_r$											
		屋頂下無阻擋						屋頂下有阻擋					
		區域 3		區域 2		區域 1		區域 3		區域 2		區域 1	
10°	$<a^2$	1.01	-3.86	0.74	-1.91	0.73	-1.28	0.74	-4.33	0.58	-2.14	0.75	-1.50
	$>a^2, \leq 4.0a^2$	0.67	-2.44	0.66	-1.73	0.72	-1.18	0.48	-2.75	0.54	-1.94	0.76	-1.41
	$>4.0a^2$	0.56	-2.00	0.55	-1.45	0.67	-1.06	0.42	-2.24	0.44	-1.62	0.67	-1.22
15°	$<a^2$	1.86	-4.51	1.20	-2.24	0.84	-1.57	--	--	--	--	--	--
	$>a^2, \leq 4.0a^2$	1.23	-2.74	1.07	-1.96	0.83	-1.45	--	--	--	--	--	--
	$>4.0a^2$	0.99	-2.34	0.87	-1.70	0.72	-1.29	--	--	--	--	--	--
20°	$<a^2$	2.39	-4.86	1.54	-2.47	1.08	-1.78	--	--	--	--	--	--
	$>a^2, \leq 4.0a^2$	1.58	-2.95	1.37	-2.16	1.06	-1.61	--	--	--	--	--	--
	$>4.0a^2$	1.21	-2.41	1.07	-1.86	0.82	-1.46	--	--	--	--	--	--
25°	$<a^2$	2.75	-5.22	1.78	-2.75	1.22	-2.04	--	--	--	--	--	--
	$>a^2, \leq 4.0a^2$	1.82	-3.02	1.59	-2.31	1.20	-1.77	--	--	--	--	--	--
	$>4.0a^2$	1.31	-2.59	1.18	-2.07	0.87	-1.67	--	--	--	--	--	--

附錄二 規範中擬議修訂之圖 3.1(b)(c)(d)(e)



註：1. $\theta \leq 10^\circ$ 時， h 為屋簷高。

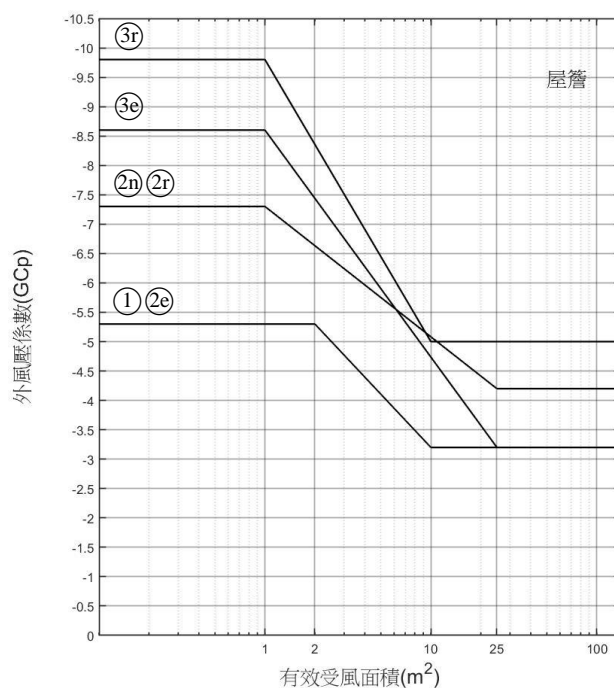
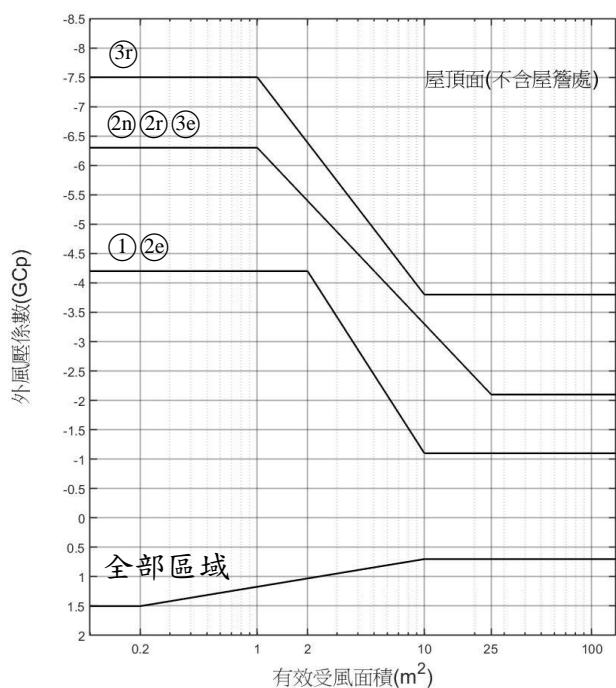
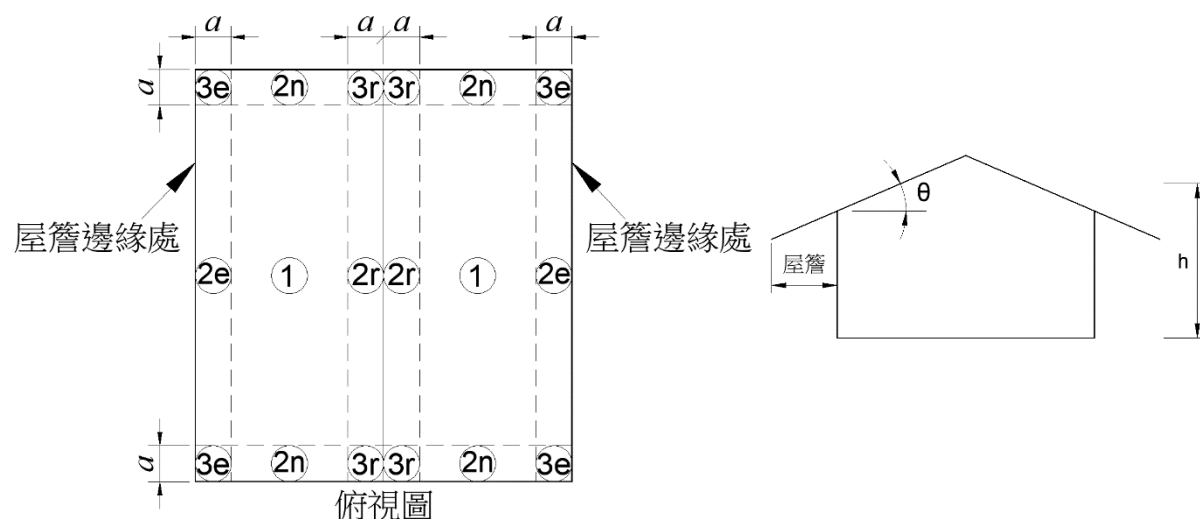
2. 正值表示壓力指向表面作用；負號則表示壓力遠離表面作用。

3. 若屋頂四周有高度 ≥ 0.9 m 之女兒牆，負值的③區可以當②區處理；正值的②區及③區可以當圖 3.1(a)的④區及⑤區處理。

4. 屋頂面(不含屋簷處)各桿件應依最大正負壓力設計之。

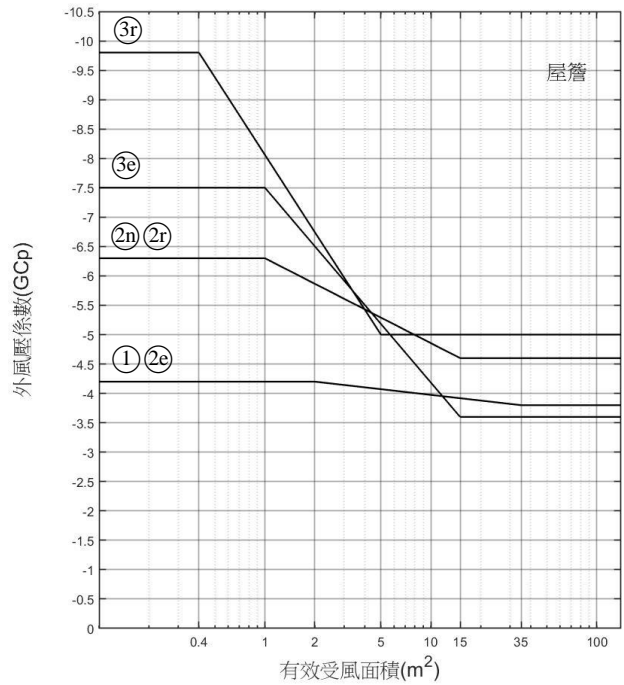
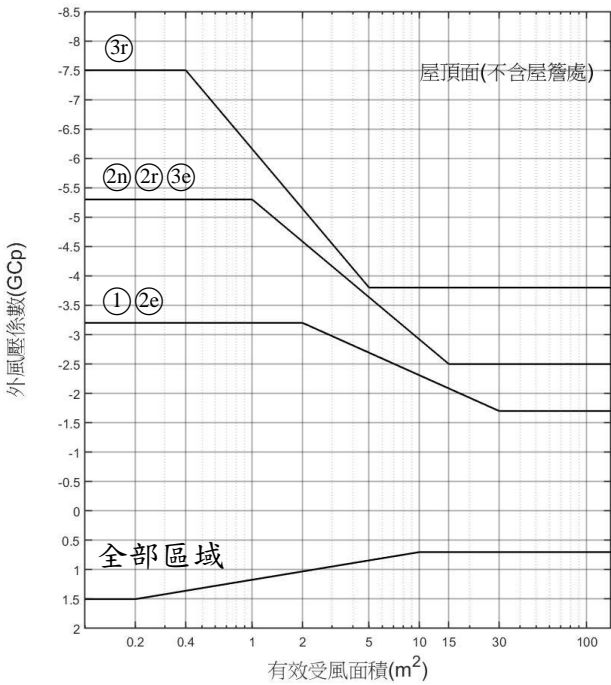
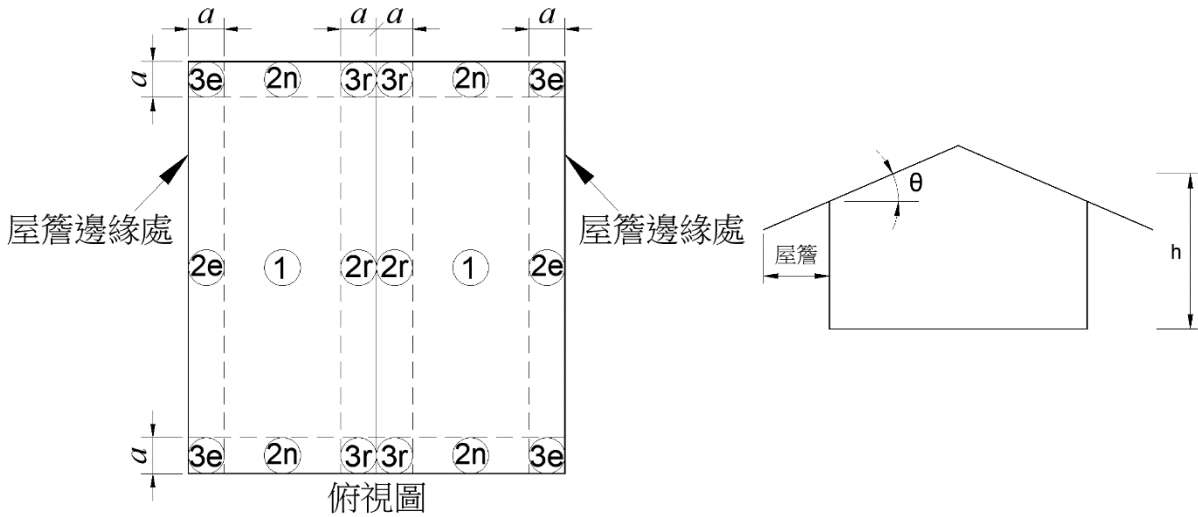
5. 屋簷處的外風壓係數為結合其上、下表面風壓之淨風壓係數。

圖 3.1(b) $\theta \leq 7^\circ$ 屋頂外風壓係數 ($h \leq 18\text{m}$ 封閉式或部分封閉式建築物之局部構件及外部被覆物)



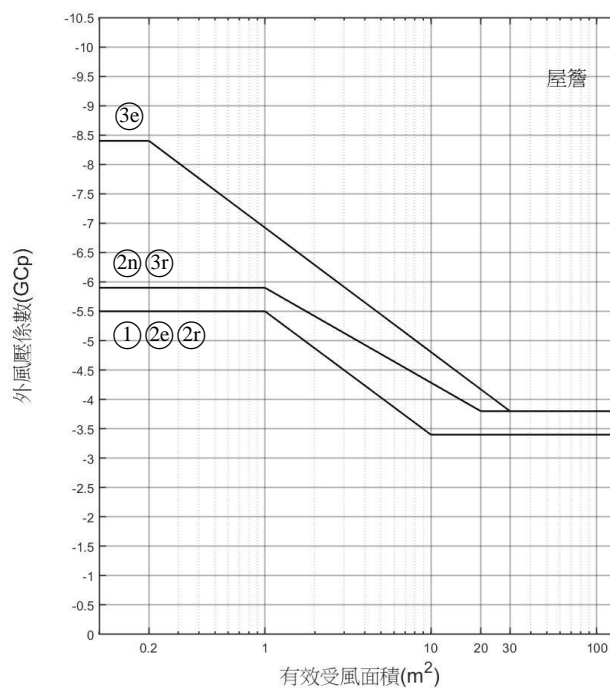
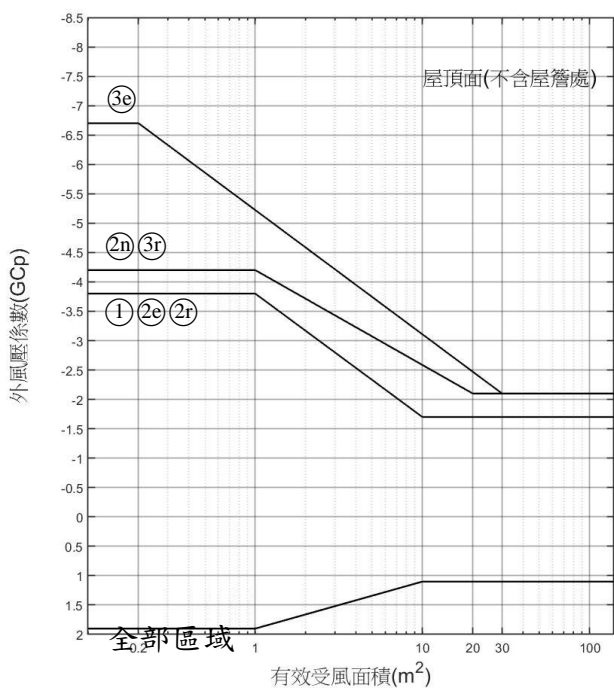
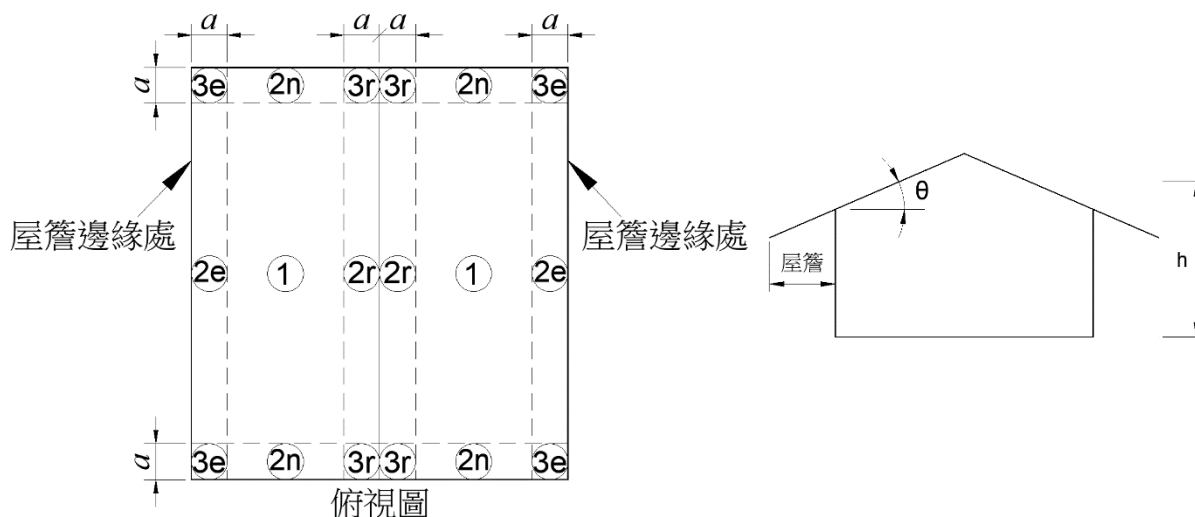
- 註：1. $\theta \leq 10^\circ$ 時， h 為屋簷高。 $\theta \geq 10^\circ$ 時， h 為平均屋頂高。
 2. 正值表示壓力指向表面作用；負號則表示壓力遠離表面作用。
 3. 屋頂面(不含屋簷處)各桿件應依最大正負壓力設計之。
 4. 屋簷處的外風壓係數為結合其上、下表面風壓之淨風壓係數。
 5. a : 取 $0.4h$ 或最小水平寬度的 10%，兩者中較小者，但 a 不能小於 $0.9m$ 或最小水平寬度的 4%；計算最小水平寬度不需考慮屋簷。

圖 3.1(c) $7^\circ < \theta \leq 20^\circ$ 屋頂外風壓係數 ($h \leq 18 m$ 封閉式或部分封閉式建築物之局部構件及外部被覆物)



- 註：1. 正值表示壓力指向表面作用；負號則表示壓力遠離表面作用。
 2. 屋頂面(不含屋簷處)各桿件應依最大正負壓力設計之。
 3. 屋簷處的外風壓係數為結合其上、下表面風壓之淨風壓係數。
 4. a :取 $0.4h$ 或最小水平寬度的 10%，兩者中較小者，但 a 不能小於 0.9m 或最小水平寬度的 4%；計算最小水平寬度不需考慮屋簷。

圖 3.1(d) $20^\circ < \theta \leq 27^\circ$ 屋頂外風壓係數 ($h \leq 18$ m 封閉式或部分封閉式建築物之局部構件及外部被覆物)



- 註：1. 正值表示壓力指向表面作用；負號則表示壓力遠離表面作用。
 2. 屋頂面(不含屋簷處)各桿件應依最大正負壓力設計之。
 3. 屋簷處的外風壓係數為結合其上、下表面風壓之淨風壓係數。
 4. a :取 $0.4h$ 或最小水平寬度的 10%，兩者中較小者，但 a 不能小於 $0.9m$ 或最小水平寬度的 4%；計算最小水平寬度不需考慮屋簷。

圖 3.1(e) $27^\circ < \theta \leq 45^\circ$ 屋頂外風壓係數 ($h \leq 18 m$ 封閉式或部分封閉式建築物之局部構件及外部被覆物)

附錄三 規範中擬議新增之符號說明

1.2 符號說明(新增部分)

本規範條文及圖表中所用之符號，其意義及單位如下所述：

- $(C_{pn})_r$: 平屋頂單斜式棚架型子系統之淨風壓係數。
- (GC_p) : 計算封閉式或部分封閉式建築物局部構材及外部被覆物所受風壓所用之外風壓係數。
- (GC_{pi}) : 計算封閉式或部分封閉式建築物所受風壓所用之內風壓係數。
- (GC_{pn}) : 屋頂女兒牆淨風壓係數。
- $(GC_m)_r$: 屋頂距置型子系統之總淨風壓係數。
- $(GC_m)_{nom}$: 屋頂距置型子系統，對應於 A_n 之淨風壓係數。
- $(GC_m)_g$: 地面距置型子系統之總淨風壓係數。
- $(GC_m)_a$: 地面距置型子系統，對應於 A 之淨風壓係數。
- h_1 : 面板與支承面(屋頂面或地面)之最大距離。
- h_2 : 面板與支承面(屋頂面或地面)之最小距離。
- h_{pt} : 屋頂女兒牆頂端離屋頂面高度。
- h_c : 面板離地形心高度。
- L_p : 面板弦長；m。
- $q(h_c)$: 離地面 $z=h_c$ 公尺高之風速壓； kgf/m^2 。
- W_S : 建築物長邊尺寸。
- W_L : 建築物短邊尺寸。
- γ_a : 斜屋頂平貼型之風壓平衡因子。
- γ_p : 女兒牆修正因子。
- γ_c : 面板弦長修正因子。
- γ_{E_1} : 斜屋頂平貼型之系統角隅修正因子。
- γ_{E_2} : 屋頂距置型之系統角隅修正因子。
- γ_{E_3} : 地面距置型之系統角隅修正因子。

附錄四 規範中擬議新增之專有名詞定義

1.3 專有名詞定義(新增部分)

本規範專有名詞之定義如下所述：

模組。經預先組合、有完全環境保護之光電板。

面板。一群模組之組合，以支撐架固定於支承(屋頂面或地面)上。

支撐架。連接面板與支承(屋頂面或地面)之結構系統。

子系統。由面板與支撐架組合形成之單元。

系統。由多個子系統所形成之陣列。

附錄五 擬議新規範與 104 年版規範本文內容修訂對照表

	擬議新規範本文修訂內容	104 年版規範本文內容	說明
1.2 符號 說明	$(C_{pn})_r$ ：平屋頂單斜式棚架型子系統之淨風壓係數。		因應新增第七章「太陽光電系統之設計風壓」而新增之符號說明
	$(GC_{rm})_r$ ：屋頂距置型子系統之總淨風壓係數。		
	$(GC_{rm})_{nom}$ ：屋頂距置型子系統，對應於 A_n 之淨風壓係數。		
	$(GC_{rm})_g$ ：地面距置型子系統之總淨風壓係數。		
	$(GC_{rm})_a$ ：地面距置型子系統，對應於 A 之淨風壓係數。		
	h_1 ：面板與支承面(屋頂面或地面)之最大距離。		
	h_2 ：面板與支承面(屋頂面或地面)之最小距離。		
	h_{pt} ：屋頂女兒牆頂端離屋頂面高度。		
	h_c ：面板離地形心高度。		
	L_p ：面板弦長；m。		
	$q(h_c)$ ：離地面 $z=h_c$ 公尺高之風速壓； kgf/m^2 。		
	W_S ：建築物長邊尺寸。		
	W_L ：建築物短邊尺寸。		
	γ_a ：斜屋頂平貼型之風壓平衡因子。		
	γ_p ：女兒牆修正因子。		
	γ_c ：面板弦長修正因子。		
	γ_{E_1} ：斜屋頂平貼型之系統角隅修正因子。		
γ_{E_2} ：屋頂距置型之系統角隅修正因子。			
γ_{E_3} ：地面距置型之系統角隅修正因子。			

<p>1.3 專有名詞 定義</p>	<p>模組。經預先組合、有完全環境保護之光電板。 面板。一群模組之組合，以支撐架固定於支承(屋頂面或地面)上。 支撐架。連接面板與支承(屋頂面或地面)之結構系統。 子系統。由面板與支撐架組合形成之單元。 系統。由一個或多個子系統所形成。</p>		<p>因應新增第七章「太陽光電系統之設計風壓」而新增之專有名詞定義</p>
<p>圖 3.1 (b)</p>			<p>根據 ASCE7-16，將面板分區改變，同時新增屋簷區</p>

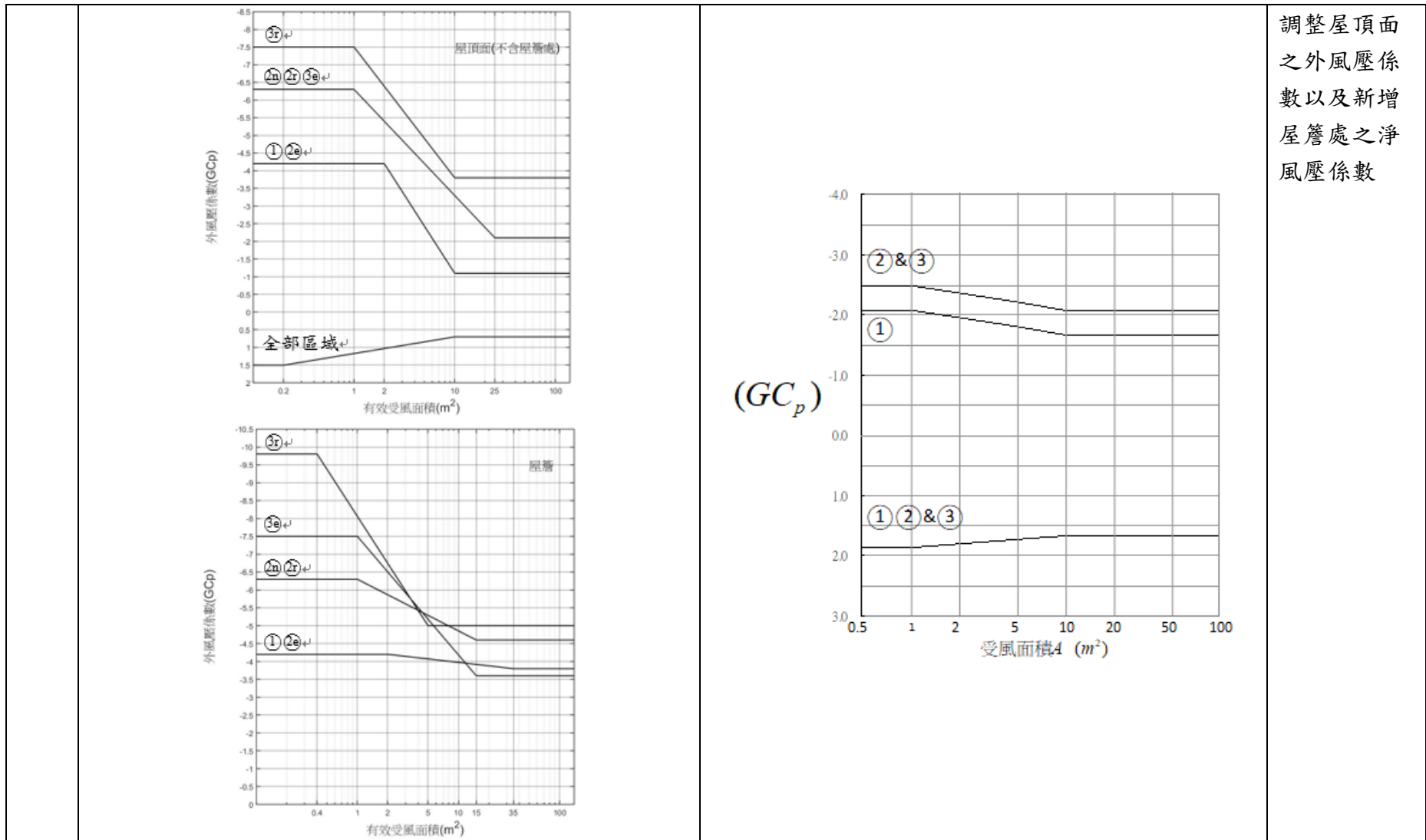
	<p>屋頂面(不含屋簷處)</p> <p>全部區域</p> <p>屋簷</p>	<p>(GC_p)</p> <p>受風面積 A (m^2)</p>	<p>調整屋頂面 之外風壓係 數以及新增 屋簷處之淨 風壓係數</p>
--	---	--	---

	<p>1. $\theta \leq 10^\circ$ 時，h 為屋簷高。</p> <p>2. 正值表示壓力指向表面作用；負號則表示壓力遠離表面作用。</p> <p>3. 若屋頂四周有高度 ≥ 0.9 m 之女兒牆，負值的③區可以當②區處理；正值的②區及③區可以當圖 3.1(a) 的④區及⑤區處理。</p> <p>4. 屋頂面(不含屋簷處)各桿件應依最大正負壓力設計之。</p> <p>5. 屋簷處的外風壓係數為結合其上、下表面風壓之淨風壓係數。</p>	<p>1. $\theta \leq 7^\circ$ 時，若屋頂四周有高度 ≥ 0.9 m 之女兒牆，③區可以當②區處理。</p> <p>2. 正值，表示壓力指向表面作用；負號則表示壓力遠離表面作用。</p> <p>3. 每個部分應依最大正負壓力設計之。</p> <p>4. a：取 $0.4h$ 或最小寬度的 10%，兩者中較小者。但 a 不能小於 0.9 m 或最小寬度的 4%。</p>	
<p>圖 3.1 (c)</p>	<p>俯視圖</p>		<p>根據 ASCE7-16，將面板分區改變，同時新增屋簷區</p>

	<p>屋頂面(不含屋簷處)</p> <p>全部區域</p> <p>屋簷</p>	<p>(GC_p)</p> <p>受風面積 A (m^2)</p>	<p>調整屋頂面 之外風壓係 數以及新增 屋簷處之淨 風壓係數</p>
--	---	--	---

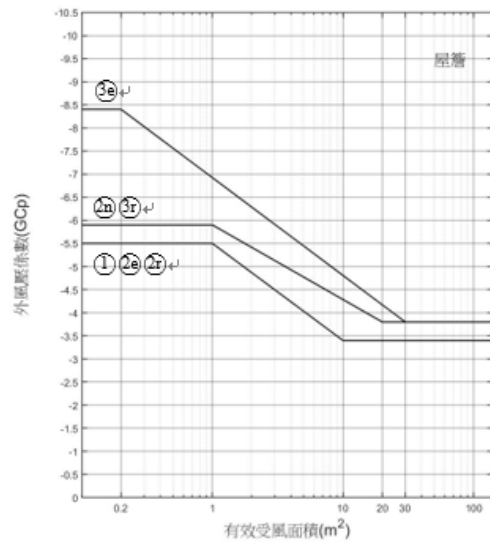
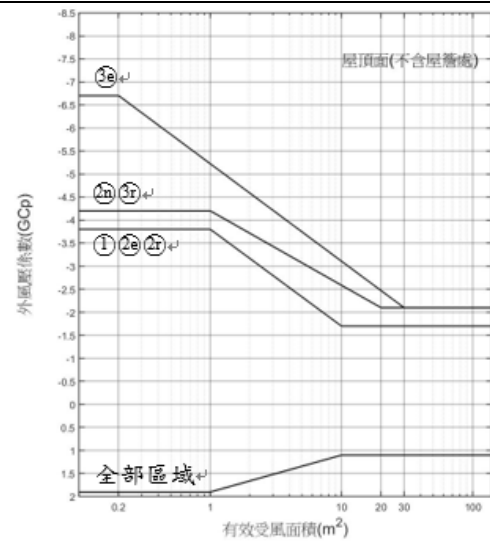
	<p>1. $\theta \leq 10^\circ$ 時，h 為屋簷高。$\theta \geq 10^\circ$ 時，h 為平均屋頂高。</p> <p>2. 正值表示壓力指向表面作用；負號則表示壓力遠離表面作用。</p> <p>3. 屋頂面(不含屋簷處)各桿件應依最大正負壓力設計之。</p> <p>4. 屋簷處的外風壓係數為結合其上、下表面風壓之淨風壓係數。</p> <p>5. a: 取 $0.4h$ 或最小水平寬度的 10%，兩者中較小者，但 a 不能小於 0.9m 或最小水平寬度的 4%；計算最小水平寬度不需考慮屋簷。</p>	<p>1. 正值，表示壓力指向表面作用；負號則表示壓力遠離表面作用。</p> <p>2. 每個部分應依最大正負壓力設計之。</p> <p>3. a：取 $0.4 h$ 或最小寬度的 10%，兩者中較小者。但 a 不能小於 0.9 m 或最小寬度的 4%。</p>	
	<p>圖 3.1(c) $7^\circ < \theta \leq 20^\circ$ 屋頂外風壓係數 ($h \leq 18$ m 封閉式或部分封閉式建築物之局部構件及外部被覆物)</p>	<p>圖 3.1(c) $7^\circ < \theta \leq 27^\circ$ 屋頂外風壓係數 ($h \leq 18$ m 封閉式或部分封閉式建築物之局部構件及外部被覆物)</p>	<p>修改角度範圍</p>

<p>圖 3.1 (d)</p>			<p>根據 ASCE7-16， 將面板分區 改變，同時新 增屋簷區</p>
--------------------------	--	--	---



調整屋頂面
 之外風壓係
 數以及新增
 屋簷處之淨
 風壓係數

	<p>1. 正值表示壓力指向表面作用；負號則表示壓力遠離表面作用。</p> <p>2. 屋頂面(不含屋簷處)各桿件應依最大正負壓力設計之。</p> <p>3. 屋簷處的外風壓係數為結合其上、下表面風壓之淨風壓係數。</p> <p>4. a: 取 $0.4h$ 或最小水平寬度的 10%，兩者中較小者，但 a 不能小於 0.9 m 或最小水平寬度的 4%；計算最小水平寬度不需考慮屋簷。</p>	<p>1. 正值，表示壓力指向表面作用；負號則表示壓力遠離表面作用。</p> <p>2. 每個部分應依最大正負壓力設計之。</p> <p>3. a: 取 $0.4 h$ 或最小寬度的 10%，兩者中較小者。但 a 不能小於 0.9 m 或最小寬度的 4%。</p>	
	<p>圖 3.1(d) $20^\circ < \theta \leq 27^\circ$ 屋頂外風壓係數 ($h \leq 18\text{ m}$ 封閉式或部分封閉式建築物之局部構件及外部被覆物)</p>	<p>圖 3.1(d) $27^\circ < \theta \leq 45^\circ$ 屋頂外風壓係數 ($h \leq 18\text{ m}$ 封閉式或部分封閉式建築物之局部構件及外部被覆物)</p>	<p>修改角度範圍</p>
<p>圖 3.1 (e)</p>	<p>俯視圖</p>		<p>根據 ASCE7-16，新增面板分區改變，同時新增屋簷區</p>



	<p>1. 正值表示壓力指向表面作用；負號則表示壓力遠離表面作用。</p> <p>2. 屋頂面(不含屋簷處)各桿件應依最大正負壓力設計之。</p> <p>3. 屋簷處的外風壓係數為結合其上、下表面風壓之淨風壓係數。</p> <p>4. a:取 $0.4h$ 或最小水平寬度的 10%，兩者中較小者，但 a 不能小於 $0.9m$ 或最小水平寬度的 4%；計算最小水平寬度不需考慮屋簷。</p>		
	<p>圖 3.1(e)$27^\circ < \theta \leq 45^\circ$屋頂外風壓係數 ($h \leq 18$ m 封閉式或部分封閉式建築物之局部構件及外部被覆物)</p>		
<p>7.1 適用 範圍</p>	<p>本章規定斜屋頂平貼型、地面距置型、屋頂距置型、地面單斜式棚架型及屋頂棚架型太陽光電子系統面版及支撐架所應承受之風載重，設計者亦可根據第五章之規定執行風洞試驗，並以可信賴之極值分析方法估計風載重。</p>		<p>新增</p>
<p>7.2 斜屋 頂平 貼行 子系 統之</p>	<p>參考圖 7.1，若斜屋頂平貼型子系統同時滿足(1)建築物為封閉式或部分封閉式，且建築物橫風向或扭轉向風力不顯著、(2)面板與屋頂面之夾角 ω 小或等於 2 度、(3)面板與屋頂面之最大距離 h_2 小或等於 $0.25m$、(4)模組間隙大或等於</p>		<p>新增</p>

<p>設計風壓</p>	<p>6.4mm，模組長(或寬)小或等於 2m、(5)屋頂邊緣 2h₂內及屋脊任一側 2h₂內未設置面板，其設計風壓依下式計算：</p> $P = q(h)(GC_p)\gamma_{E_1}\gamma_a \dots\dots\dots$ <p>其中q(h)為平均屋頂高度 h 處之風速壓，依 2.6 節之規定計算；(GC_p)為外風壓係數，依 3.3 節之規定計算；γ_{E₁}為平貼型之系統邊緣修正因子；γ_a為風壓平衡因子。</p> <p>若同時滿足(1)構材所在系統之邊緣與鄰近屋頂邊緣之距離大於 0.5h、(2)構材所在系統與鄰近系統之距離大於 1.2m(如圖 7.2 所示)或構材所在面板與鄰近面板之距離大於 1.2m(如圖 7.3 所示)、(3)構材位於系統邊緣 1.5L_p範圍內，其中 L_p為面板弦長、(4)構材承受負風壓時，則 γ_{E₁}=1.5。在其他情況下，γ_{E₁}=1.0。</p> <p>風壓平衡因子γ_a與有效受風面積 A 有關，依下式決定：</p>		
-------------	---	--	--

	$\gamma_a = \begin{cases} 0.8 & A \leq 1m^2 \\ -0.4 \log(A) + 0.8 & 1m^2 < A \leq 10m^2 \\ 0.4 & A > 10m^2 \end{cases} \dots\dots\dots$ <p>另需檢核建築物屋頂本身之強度能同時承受(1)太陽光電系統支撐架傳遞至屋頂之風載重及(2)非太陽光電板覆蓋之屋頂區域所受風載重；其中(1)之風載重依本節之規定決定，而(2)之風載重依第三章之規定決定。</p>		
<p>7.3 地面 距置 型子 系統 之設 計風 壓</p>	<p>參考圖 7.7，若地面距置型子系統同時滿足、(1)面板弦長L_p小或等於 2m、(2)面板傾角 ω 小或等於 35 度、(3)面板與地面最小距離h_1小或等於 0.6m，面板與地面最大距離h_2小或等於 1.2m、(4)模組間隙大或等於 6.4mm，模組長(或寬)小或等於 2m，其設計正負風壓依下式計算：</p> $P = \pm q(h_c)(GC_{rn})_g \dots\dots\dots$ <p>其中$q(h_c)$為面板形心高h_c處之風速壓，依第 2.6 節之規定計算；$(GC_{rn})_g$為地面距置型總淨風壓係數；正號表示淨風壓指向面板上表面，負號表示淨風壓遠離面板上表面。</p>		<p>新增</p>

<p>$(GC_{rn})_g$ 依下式計算：</p> $(GC_{rn})_g = (GC_{rn})_a \gamma_c \gamma_{E_3} \dots\dots\dots$ <p>其中 $(GC_{rn})_a$ 為對應於有效受風面積 A 之淨風壓係數；γ_c 為面板弦長修正因子；γ_{E_3} 為地面距置型之系統邊緣修正因子。</p> <p>當 $0^\circ \leq \omega \leq 5^\circ$ 時，利用表 7.1 計算得到 $(GC_{rn})_a$；當 $15^\circ \leq \omega \leq 35^\circ$ 時，利用表 7.2 計算得到 $(GC_{rn})_a$；當 $5^\circ < \omega < 15^\circ$ 時，可以使用內插計算得到 $(GC_{rn})_a$。</p> <p>γ_c 依下式決定</p> $\gamma_c = \max(0.6 + 0.2L_p, 0.8) \dots\dots\dots$ <p>其中 L_p 為面板弦長(m)。</p> <p>若同時滿足(1)構材所在系統與鄰近系統之距離大於 $\max(4h_2, 1.2\text{m})$ (如圖 7.5 所示)，或構材所在面板與鄰近面板之距離大於 $\max(4h_2, 1.2\text{m})$ (如圖 7.6 所示)、(2)構材位於系</p>	
--	--

	<p>統邊緣 $1.5L_p$ 範圍內，其中 L_p 為面板弦長，則 $\gamma_{E_3}=1.5$。在其他情況下，$\gamma_{E_3}=1.0$。</p>		
<p>7.4 平屋頂距置型子系統之設計風壓</p>	<p>參考圖 7.1，若平屋頂距置型子系統同時滿足(1)建築物為封閉式或部分封閉式，且建築物橫風向或扭轉向風力不顯著、(2)面板弦長 L_p 小或等於 2m、(2)面板傾角 ω 小或等於 35 度、(3)屋頂傾角 θ 小或等於 7 度、(4)面板與屋頂面最小距離 h_1 小或等於 0.6m，面板與屋頂面最大距離 h_2 小或等於 1.2m、(5)模組間隙大或等於 6.4mm，模組長(或寬)小或等於 2m、(6)距離屋頂邊緣 $\max(2(h_2 - h_{pt}), 1.2)$(m)內未設置面板，其中 h_{pt} 為女兒牆高度(m)，其設計正負風壓依下式計算：</p> $P = \pm q(h)(GC_{rn})_r \dots\dots\dots$ <p>其中 $q(h)$ 為建築物平均屋頂高度 h 處之風速壓，依 2.6 節之規定計算；$(GC_{rn})_r$ 為平屋頂距置型總淨風壓係數；正號表示淨風壓指向面板上表面，負號表示淨風壓遠離面板上表面。</p> <p>$(GC_{rn})_r$ 依下式計算：</p>		<p>新增</p>

<p> $(GC_{rn})_r = (GC_{rn})_{nom} \gamma_p \gamma_c \gamma_{E_2}$ </p> <p> 其中 $(GC_{rn})_{nom}$ 為對應於標稱有效受風面積 A_n 之淨風壓係數；γ_p 為女兒牆修正因子；γ_c 為面板弦長修正因子；γ_{E_2} 為平屋頂距置型系統之系統邊緣修正因子。 </p> <p> 當 $0^\circ \leq \omega \leq 5^\circ$ 時，利用表 7.3 計算得到 $(GC_{rn})_{nom}$；當 $15^\circ \leq \omega \leq 35^\circ$ 時，利用表 7.4 計算得到 $(GC_{rn})_{nom}$；當 $5^\circ < \omega < 15^\circ$ 時，可以使用內插計算得到 $(GC_{rn})_{nom}$。其中根據圖 7.4 判斷構材所在區域，W_L 為建築物長邊尺寸，W_S 為建築物短邊尺寸；標稱有效受風面積 A_n 依下式決定： </p> $A_n = \frac{1000}{[\max(4.6, L_b)]^2} A$ <p> 其中，$L_b = \min(0.4\sqrt{hW_L}, h, W_S)(m)$。 </p> <p> γ_p 依下式決定 </p>		
--	--	--

<p> $\gamma_p = \min \left(1.2, 0.9 + \frac{h_{pt}}{h} \right) \dots\dots\dots$ </p> <p>其中 h_{pt} 為女兒牆高度。</p> <p>γ_c 依下式決定</p> <p> $\gamma_c = \max (0.6 + 0.2L_p, 0.8) \dots\dots\dots$ </p> <p>若同時滿足(1)構材所在系統之邊緣與鄰近屋頂邊緣之距離大於 $0.5h$、(2)構材所在系統與鄰近系統之距離大於 $\max(4h_2, 1.2m)$(如圖 7.8 所示)，或構材所在面板與鄰近面板之距離大於 $\max(4h_2, 1.2m)$(如圖 7.9 所示)、(3)構材位於系統邊緣 $1.5L_p$ 範圍內，其中 L_p 為面板弦長、(4)構材承受負風壓時，則 $\gamma_{E_2}=1.5$。在其他情況下 $\gamma_{E_2}=1.0$。</p> <p>另需檢核建築物屋頂本身之強度能同時承受(1)太陽光電系統支撐架傳遞至屋頂之風載重及(2)非太陽光電板覆蓋之屋頂區域所受風載重；其中(1)之風載重依本節之規定決定，而(2)之風載重第三章之規定決定。</p>		
--	--	--

<p>7.5 地面 單斜 式棚 架型 子系 統之 設計 風壓</p>	<p>若地面單斜式棚架型子系統同時滿足(1)支撐架具支撐柱，獨立設置於地面、(2)棚架至少有兩個側面各有 80%以上面積為開口。其設計風壓依 3.4 節計算。</p> <p>支撐柱本身側面之設計風力，應依據第 2.2 節中開放式建築物之公式決定。</p>		<p>新增</p>
<p>7.6 平屋 頂單 斜式 棚架 型子 系統 之設 計風 壓</p>	<p>若平屋頂單斜式棚架型子系統同時滿足(1)建築物為封閉式或部分封閉式，且建築物橫風向或扭轉向風力不顯著、(2)支撐架具支撐柱，設置於建築物屋頂、(3)棚架至少有兩個側面各有 80%以上面積為開口、(4)棚架面之水平投影未超出屋頂面邊緣，其設計風壓依下式計算：</p> $P = q(h_c) \times G \times (C_{pn})_r \times (\gamma_p)_c \dots\dots\dots$ <p>其中$q(h_c)$為面板形心高h_c處之風速壓，依 2.6 節之規定計算；G 為陣風反應因子，依 2.7 節之規定計算；$(C_{pn})_r$為平屋頂單斜式棚架淨風壓係數，其值見表 7.5；$(\gamma_p)_c$為女兒牆修正因子。</p>		<p>新增</p>

支撐柱本身側面之設計風力，應依據 2.2 節中開放式建築物之公式決定。

另需檢核建築物屋頂本身之強度能同時承受(1)太陽光電系統支撐架傳遞至屋頂之風載重及(2)非太陽光電板覆蓋之屋頂區域所受風載重；其中(1)之風載重依本節之規定決定，而(2)之風載重第三章之規定決定。

圖
7.1
圖
7.2
圖
7.3
圖
7.4
圖
7.5
圖
7.6
圖

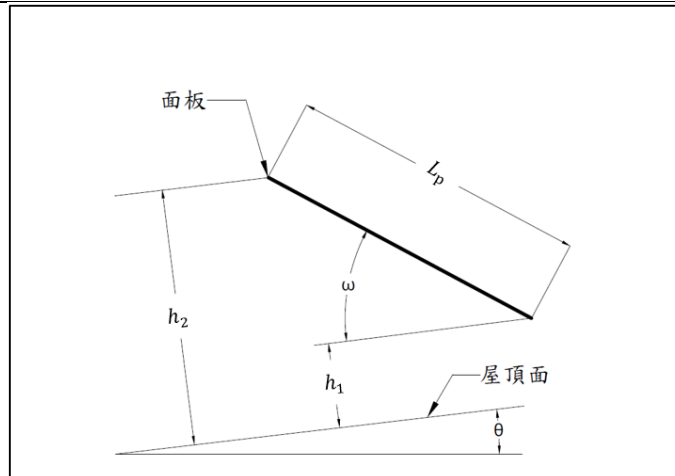


圖 7.10 斜屋頂平貼型或平屋頂距置型之符號示意圖

新增第七章
之相關圖示

7.7
圖
7.8
圖
7.9

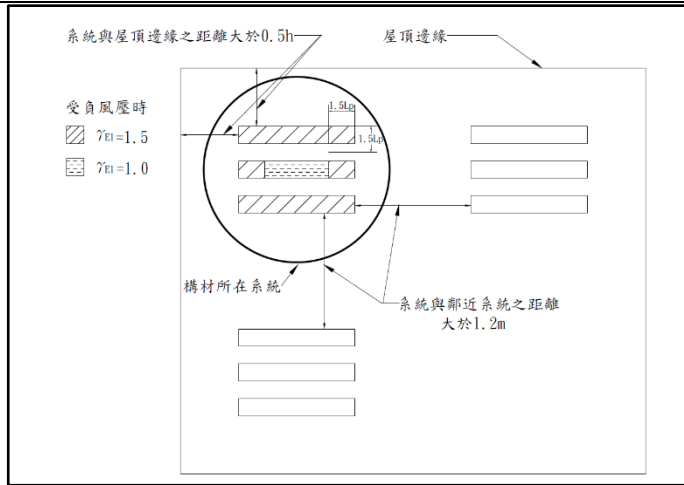


圖 7.11 產生 $r_{E1}=1.5$ 之可能情況 1

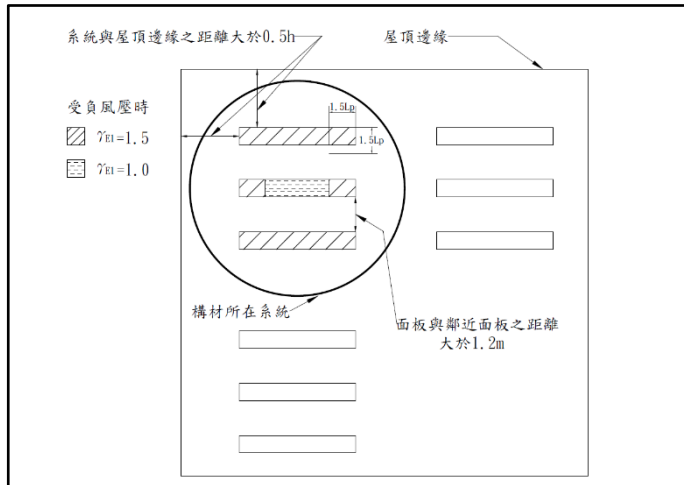


圖 7.12 產生 $r_{E1}=1.5$ 之可能情況 2

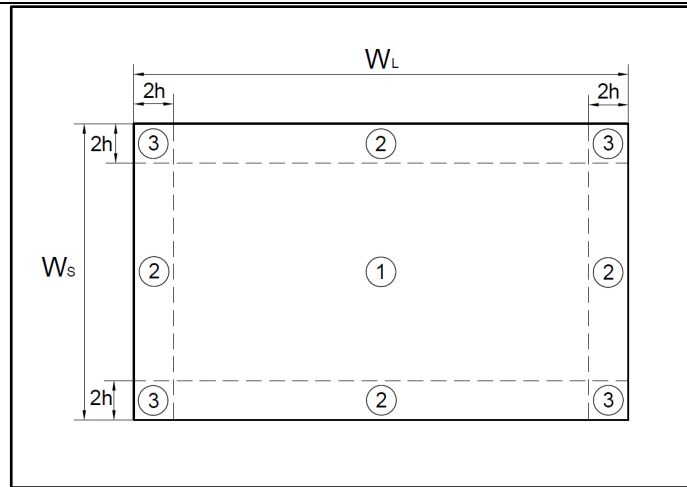


圖 7.13 平屋頂距置型之屋頂分區圖

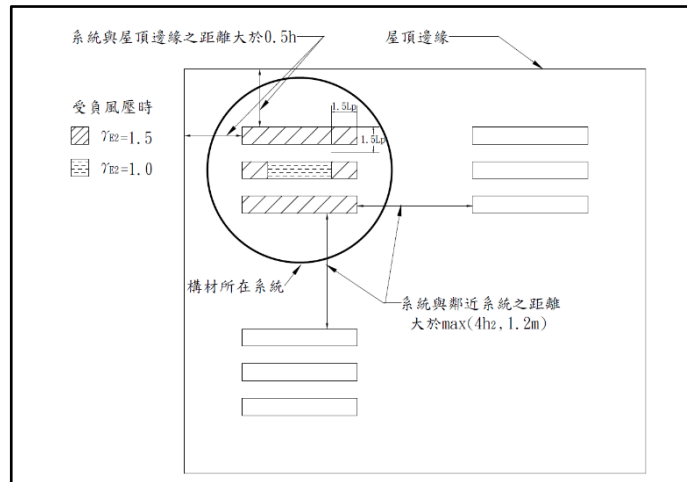


圖 7.14 產生 $r_{E2}=1.5$ 之可能情況 1

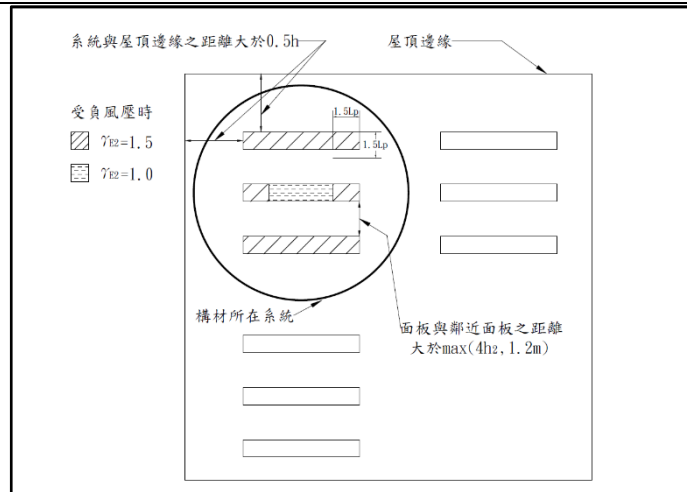


圖 7.15 產生 $r_{E2}=1.5$ 之可能情況 2

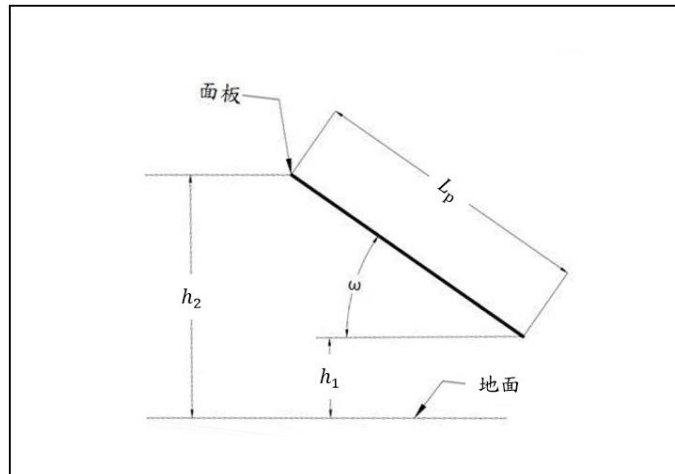


圖 7.16 地面距置型之符號示意圖

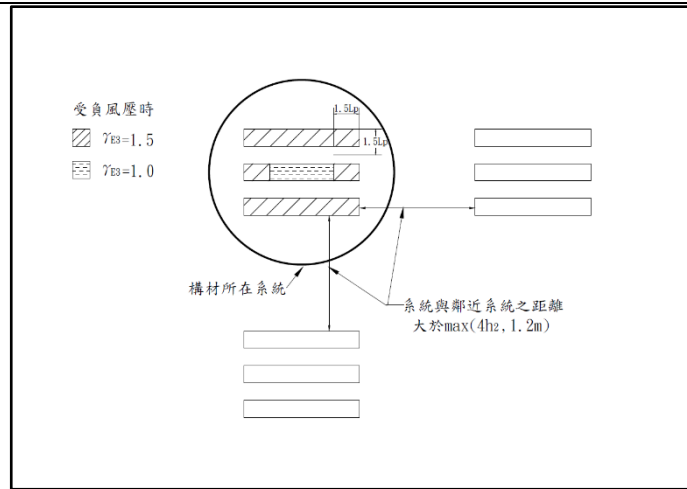


圖 7.17 產生 $\gamma_{E3}=1.5$ 之可能情況 1

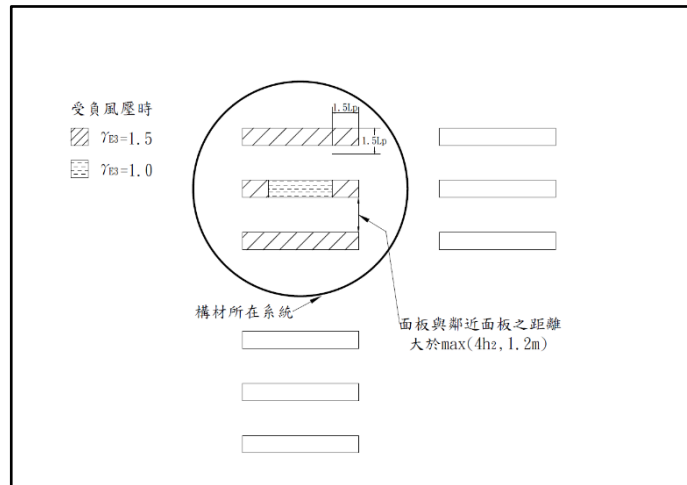


圖 7.18 產生 $\gamma_{E3}=1.5$ 之可能情況 2

表	表 7.6 當 $0^\circ \leq \omega \leq 5^\circ$ 時, $(GC_{rn})_a$ 之計算公式		新增第七章 之相關表
7.1	$A(m^2)$	$(GC_{rn})_a$ 之計算公式	
表	$A \leq 46.45 (m^2)$	$-0.59 \log(10.76A) + 2.08$	
7.2	$A > 46.45 (m^2)$	$-0.35 \log(10.76A) + 1.43$	
表	表 7.7 當 $15^\circ \leq \omega \leq 35^\circ$ 時, $(GC_{rn})_a$ 之計算公式		
7.3	$A(m^2)$	$(GC_{rn})_a$ 之計算公式	
表	$A \leq 46.45 (m^2)$	$-0.74 \log(10.76A) + 2.78$	
7.4	$A > 46.45 (m^2)$	$-0.36 \log(10.76A) + 1.75$	
表	表 7.8 當 $0^\circ \leq \omega \leq 5^\circ$ 時, $(GC_{rn})_{nom}$ 之計算公式		
7.5	屋頂分區	$(GC_{rn})_{nom}$ 之計算公式	
	①	$A_n \leq 500$	$-0.89 \log A_n + 3.12$
		$A_n > 500$	$-0.52 \log A_n + 2.14$
	②	$A_n \leq 500$	$-1.12 \log A_n + 4.17$
		$A_n > 500$	$-0.62 \log A_n + 2.61$
	③	$A_n \leq 500$	$-1.39 \log A_n + 4.79$
		$A_n > 500$	$-0.73 \log A_n + 3.01$

表 7.9 當 $15^\circ \leq \omega \leq 35^\circ$ 時， $(GC_{rn})_{nom}$ 之計算公式		
屋頂分區	A_n	$(GC_{rn})_{nom}$ 之計算公式
①	$A_n \leq 500$	$-1.11 \log A_n + 4.17$
	$A_n > 500$	$-0.54 \log A_n + 2.62$
②	$A_n \leq 500$	$-1.74 \log A_n + 6.04$
	$A_n > 500$	$-0.52 \log A_n + 2.75$
③	$A_n \leq 500$	$-2.08 \log A_n + 7.29$
	$A_n > 500$	$-0.62 \log A_n + 3.33$

表 7.5 平屋頂單斜式棚架型之淨風壓係數表

	有效受風面積	(C _{pe})											
		屋頂下無阻擋						屋頂下有阻擋					
		區域 3		區域 2		區域 1		區域 3		區域 2		區域 1	
10°	<a ²	1.01	-3.86	0.74	-1.91	0.73	-1.28	0.74	-4.33	0.58	-2.14	0.75	-1.50
	>a ² , ≤4.0a ²	0.67	-2.44	0.66	-1.73	0.72	-1.18	0.48	-2.75	0.54	-1.94	0.76	-1.41
	>4.0a ²	0.56	-2.00	0.55	-1.45	0.67	-1.06	0.42	-2.24	0.44	-1.62	0.67	-1.22
15°	<a ²	1.86	-4.51	1.20	-2.24	0.84	-1.57	--	--	--	--	--	--
	>a ² , ≤4.0a ²	1.23	-2.74	1.07	-1.96	0.83	-1.45	--	--	--	--	--	--
	>4.0a ²	0.99	-2.34	0.87	-1.70	0.72	-1.29	--	--	--	--	--	--
20°	<a ²	2.39	-4.86	1.54	-2.47	1.08	-1.78	--	--	--	--	--	--
	>a ² , ≤4.0a ²	1.58	-2.95	1.37	-2.16	1.06	-1.61	--	--	--	--	--	--
	>4.0a ²	1.21	-2.41	1.07	-1.86	0.82	-1.46	--	--	--	--	--	--
25°	<a ²	2.75	-5.22	1.78	-2.75	1.22	-2.04	--	--	--	--	--	--
	>a ² , ≤4.0a ²	1.82	-3.02	1.59	-2.31	1.20	-1.77	--	--	--	--	--	--
	>4.0a ²	1.31	-2.59	1.18	-2.07	0.87	-1.67	--	--	--	--	--	--

附錄六 擬議新規範與 104 年版規範解說內容修訂對照表

	擬議新規範解說修訂內容	104 年版規範解說內容	說明
<p>3.3 封閉式或部分封閉式建築物局部構材及外部被覆物之外風壓係數</p>	<p>【解說】</p> <p>圖 3.1 與圖 3.2 係參考 ASCE7-16 規範，分別提供建築物平均屋頂高度小於或等於 18 公尺及大於 18 公尺時，設計其牆與屋頂的局部構件或外部被覆物所用之外風壓係數(GC_p)。</p> <p>本規範風速之平均時間為 10 分鐘，但 ASCE 7 風速之平均時間為 3 秒鐘，根據 Durst Curve，ASCE 7 之風速為本規範風速之 1.443 (=1.53/1.06)倍，故本規範之(GC_p)為 ASCE 7(GC_p)之 2.083 (=1.443 x 1.443)倍。</p>	<p>【解說】</p> <p>圖 3.1 與圖 3.2 係參考 ASCE 7 規範，分別提供建築物平均屋頂高度小於或等於 18 公尺及大於 18 公尺時，設計其牆與屋頂的局部構件或外部被覆物所用之外風壓係數(GC_p)。</p> <p>本規範風速之平均時間為 10 分鐘，但 ASCE 7-02 風速之平均時間為 3 秒鐘，根據 Durst Curve，ASCE 7-02 之風速為本規範風速之 1.443 (=1.53/1.06)倍，故本規範之(GC_p)為 ASCE 7-02(GC_p)之 2.083 (=1.443 x 1.443)倍。</p>	<p>更改 ASCE 7 年份</p>
<p>7.1 適用範圍</p>	<p>【解說】</p> <p>太陽光電系統配置形式及安裝位置可概分為斜屋頂平貼型、平屋頂距置型、地面距置型、地面單斜</p>		<p>新增</p>

	式棚架型及平屋頂單斜式棚架型等。本章內容不僅提供太陽光電系統本身所受設計風壓，也提及如何決定檢核原建築屋頂強度之設計風壓。		
7.2 斜屋 頂平 貼行 子系 統之 設計 風壓	<p>【解說】</p> <p>參考 ASCE7-16 對平貼型系統定義之角隅修正因子及風壓平衡因子，但將 ASCE7-16 之風壓平衡因子 γ_a 與有效受風面積 A 之關係圖公式化。另外，規定在屋頂邊緣與近屋脊處不得設置太陽光電系統。</p>		新增
7.3 地面 距置 型子 系統 之設 計風 壓	<p>【解說】</p> <p>根據 SEAOC 之解說及 Kopp 之實驗結果，推估地面距置型與平屋頂距置型極值風壓係數之關係，再以平屋頂距置型之規範為基礎，建立地面距置型之規範，但不需要考慮女兒牆修正因子，在計算系統角隅修正因子時不需考慮系統與屋頂邊緣之距離，在計算淨風壓係數時不需考慮屋頂分區。</p>		新增
7.4 平屋 頂距	<p>【解說】</p> <p>參考 ASCE7-16 之淨風壓係數 $(GC_{rn})_{nom}$、女兒</p>		新增

<p>置型 子系 統之 設計 風壓</p>	<p>牆修正因子γ_p、面板弦長修正因子γ_c及平屋頂距置型角隅修正因子γ_{E_2}，建立平屋頂距置型之規範，但將 ASCE7-16 之淨風壓係數與標稱有效受風面積A_n之關係圖公式化，同時乘以 2.083，以反應國內風速平均時間為 10 分鐘。</p>		
<p>7.5 地面 單斜 式棚 架型 子系 統之 設計 風壓</p>	<p>【解說】</p> <p>面板本身可被視為外部被覆物，其設計風壓應依據規範第 3.4 節決定。支撐架構材中可被視為局部構材者，其設計風壓應依據規範第 3.4 節決定；支撐架構材中可被視為主要風力抵抗系統者，其設計風力原可依據規範第 2.2 節中開放式建築物之公式決定，但在規範 2.2 節公式未修正前，建議仍依規範第 3.4 節決定其設計風壓。支撐柱可被視為主要風力抵抗系統者，由面板傳遞至支撐柱之設計風力原可依據規範第 2.2 節中開放式建築物之公式決定，但在規範 2.2 節公式未修正前，建議仍依規範第 3.4 節決定其設計風壓。至於支撐柱本身側面之設計風力，可依據規範第 2.2 節中開放式建築物之公式決定。</p>		<p>新增</p>

7.6 平屋 頂單 斜式 棚架 型子 系統 之設 計風 壓	<p>【解說】</p> <p>依據不同參數組合(面板傾角、長寬比、面板有無突出、面板下有無阻擋、有無女兒牆等)執行一系列風洞實驗；針對某一參數組合下之實驗數據進行極值分析，求取不同風向、風壓分區及受風面積對應之最大正(負)淨風壓係數之包絡值。同時再參考地面單斜式棚架型之規範及設計風壓之變化趨勢，建立平屋頂單斜式棚架型之規範。</p>		新增
--	--	--	----

附錄七 期初審查意見及回應一覽表

內政部建築研究所 108 年度 「太陽光電系統之耐風設計規範研擬」委託研究計畫案審 查意見及廠商回應一覽表

項次	審查委員意見	廠商回應
1	太陽能光電系統依內政部訂定函令，多屬(全屬)不必請領雜項執照，卻要納入耐風設計規範，其適法性如何處理。	根據”設置再生能源設施免請領雜項執照標準”，仍需技師出具結構安全證明書(非特定情況)或太陽光電發電設備結構計算說明書(特定情況)，本計畫擬議之規範可提供技師作結構安全檢核。
2	太陽能光電系統設置於建築物頂樓層，設置時與原結構物會產生拉拔、漏水或破壞等問題。	本計畫預計擬定之規範內容不僅針對太陽光電系統本身所受設計風壓，也將提及如何決定檢核原建築屋頂強度之設計風壓。
3	研究內應作妥適安排風洞實驗時程。	遵照辦理
4	本所已有屋頂設置太陽能光電系統之風壓風力研究，請檢視相關成果降低研究負擔。	遵照辦理
5	在既有違章建築下三種類型(結構分立、共構及設備安裝型)太陽光電系統之耐風設計，宜於案內列入考量。	本計畫將參酌辦理
6	ASCE-16 適用斜率小於7度，惟	ASCE-16 針對平平屋頂距

	國內業界為確保雨水自潔效果，常以 8~12 度為主，因此該規範引用時須加以修正。	置型系統，規定平屋頂之斜率小於 7 度，但太陽能板與屋頂之夾角小於 35 度即可。至於本計畫對平屋頂單斜式棚架型之風洞試驗將會參考國內情況。
7	經濟部能源局已出版太陽能光電系統結構設計手冊，請研究團隊參考。	遵照辦理
8	建議本計畫納入國內外太陽能光電系統風害破壞案例資料搜集，並檢討破壞原因。	遵照辦理
9	本計畫除提出光電系統設計風壓建議外，建議針對支撐架構及錨錠之設計，提出建議，供設計者參考。	本計畫主要決定設計風壓之規範，未來再由技師自行檢核所設計桿件及扣件是否能抵抗設計風壓。
10	建議提出耐風規範三段式修正條文對照表。	遵照辦理
11	太陽能板之固定方式除了屋頂設置外，尚有掛於牆面或湖泊搭架等方式，建議這部分有些建議處理方式。	由於湖泊之特性與本案考慮之地面或建築不同，建議未來另案辦理
12	依照先前太陽能板陣列研究之最外側結構架風壓最大，屋頂之女兒牆對陣列之影響，亦請加以考量。	本計畫於平屋頂單斜式棚架型之風洞試驗中將考慮女兒牆之影響。
13	太陽能板、構架之耐風係數受支撐構架型鋼、角鋼、槽型鋼、圓形管等之風阻係數不同，請提供建議，另構架之底座錨錠強度，亦請建議處理措施。	構件之風力係數可參考現有規範；底座錨錠須以本計畫擬議之設計風壓檢核。
14	太陽光電板設置影響既有房屋之安全，目前之處理方法係以結構專業設計簽證辦理，建議仍以	建議未來主管機關檢討相關法令。

	現行辦法處理為宜。	
15	光電系統之構造物與一般類似大型廣告招牌構造系統對於受風抗風、耐風結構系統有何不同?	不同系統有不同之配置、形狀及角度，所受風壓不同。
16	光電系統如果架構在既有構造物上，則分光電系統及既有構造物系統，而光電系統受風力增加之額外應力，對既有構造物系統之影響檢核及補強將如何納入此規範？往後建議如何執行。	本計畫預計擬定之規範內容不僅針對太陽光電系統本身所受設計風壓，也將提及如何決定檢核原建築屋頂強度之設計風壓。
17	依據建研所需求說明，於 108 年 10 月 15 日前提出期末報告，然服務建議書之期末報告撰擬安排於第 10 個月起至第 12 個月，請說明如何達到目標。	將修改甘氏圖。
18	風洞實驗模型數是否能涵蓋各種光電系統的設置型式，例如高低、長寬等是否都可包含?	根據研究團隊初步評估結果，本計畫風洞試驗的重點為平平屋頂單斜式棚架型系統，將考慮國內現況，妥慎決定各設計參數之組合及風洞試驗之配置。
19	請納入 NEN7250:2014 參考分析比較。	由於荷蘭規範與國內現行規範差距較大，故不納入考慮。
20	依據建築法第 13 條規定，辦理相關建築執照以確保建築物相容性及安全性。	建議未來主管機關檢討相關法令。
21	流程圖加入(1)各國比較(2)與本國之相容性(3)表列時間、時程。	將修改甘氏圖。
22	人力配置有專業人員為宜。	本計畫之主持人、共同主持人及各研究助理皆具備相關專業。

23	風洞試驗次數 8 組模型宜增加以利分析。	本計畫將根據時間及經費參酌辦理。
24	研究進度表應納入期中、期末、成果報告等期程。	遵照辦理

附錄八 期中審查意見及回應一覽表

內政部建築研究所 108 年度 「太陽光電系統之耐風設計規範研擬」委託研究計畫案審查意見及廠商回應一覽表

項次	審查委員意見	廠商回應
1	近地面模擬時宜將地表粗糙度參數納入進行風壓模擬才能反映真正的風壓反應。	本計畫所執行之風洞實驗皆有模擬平均風速及紊流強度隨高度之變化。
2	颱風期間產生強風造成太陽能板之風壓如何執行及因應，比較中未見探討。	本計畫之目標為求取太陽能板之極值風壓，極值風壓為風速壓與極值風壓係數之乘積。但在比較同類型、同形心高度太陽能板(有不同幾何參數)之極值風壓時，因為風速壓相同，故可直接比較極值風壓係數。
3	太陽能光電系統為我國重要發展政策，因此本計畫所擬定規範對產業發展必也很大助益。	感謝委員肯定。
4	建議未來規範中可加入基座固定方式的設計規範，以及所搭配區域性屋頂型式，結構狀況之建議。	本計畫將提供不同太陽光電系統支撐架及屋頂連接處所應承受之設計風壓，未來其他計畫可發展相關設計手冊。
5	破壞型式能否增加案例資料可做為國內各界參考。	遵照辦理。
6	BIPV 相關研究已相當成	本計畫即朝此方向發展。

	熟，確實應朝向法規化發展。	
7	依太陽能產業現況，已走到毛利(低利)的境界，因此耐風設計規範宜考慮如何降低裝設成本，如 Lean structure (極限構造設計)。	耐風設計規範只提供設計風壓，建議未來在相關結構設計規範中訂定適合之設計公式。
8	本案規劃完善，研究成果確實是國內及須建構的抗風規範，目前進度合理，期待能順利完成。	感謝委員肯定。
9	研究報告中式(2.1)與式(2.2)分別引進了 γ_{E1} 與 γ_a 等兩個參數，請就其背景原因稍做說明。	遵照辦理。
10	研究報告第二章提出擬議草案，第三、四章式風洞實驗建議第二章只到文獻回顧，擬議草案移到第五章。(或許可考慮將參數得條文完整至於附錄)。	遵照辦理。
11	P.9 採用標稱有效受風面積(無單位)，物理意義不明確，對各種長度的敏感性不清楚，未來很難以自有數據加以改進。	期末報告中將解釋相關名詞之物理意義。
12	紙本資料第三章第二節的格式有誤；同樣，第四章第一節也是。	將於期末報告中修正。
13	第四章風洞實驗的結果圖不甚清楚，應修正。	將於期末報告中修正。
14	圖 4-11、4-12 是否跟 ASCE7-16 比較更有意義，未來規範第二、三章是否建議	根據目前資料，將建議未來規範修改 2.8 節、3.3 節、3.4 節及相關圖表。

	修改。	
15	模型 CASE1 的底面有許多管線通路，是否造成淨壓係數評估有偏差。	Case3 與 Case1 之設定類似，但是底面之管線較少，將用以檢核 Case1 之淨風壓係數是否有偏差。
16	此類光電板裝置，大多落在不用請領執照，宜請主政單位，能源局、工研院多提供資料，及對本成果多應用。	將請工研院提供資料。
17	連申請雜照都不用的光電系統，將來是誰來訂規範，似乎是經濟部，但其時程需要為何。	根據”設置再生能源設施免請領雜項執照標準”，仍需技師出具結構安全證明書(非特定情況)或太陽光電發電設備結構計算說明書(特定情況)，本計畫擬議之規範可提供技師作結構安全檢核。
18	陣列式的光電單元本所以往已有研究。	將列入文獻回顧。
19	建議對於系統之基座設置，既有建築物之基座不傷及既有防水層之設計方式，新建建築物於後續增設光電系統之基座設計建議。	擬議規範中將提供既有建築物屋頂之設計風壓，供技師檢核既有建築物之安全性與防水性。
20	屋頂平貼型面板與屋面間隙之大小會影響受風力，但平衡因子 γ_a 中並無間隙大小的影響參數。	將嘗試搜尋相關文獻中之實驗數據作討論。
21	期中報告第 6 頁「構材所在系統」中之「構材」是否指面板。	構材是指面板或下方支撐架之桿件或扣件。
22	面板框架常於颱風下先行撕裂毀壞，應納入設計規範。	本計畫所提供之設計風壓可供面板框架之耐風檢核。

23	<p>在太陽光電系統型式的定義上應更明確，才能含括不同的太陽光電設置方式，以及風洞實驗之類別，例如地面單斜式棚架型的型式，在圖式說明上與地面距置型只是高度之差異但在風場的風力、風壓係數是否相同，還是不同？</p>	<p>將於期末報告中更明確定義各太陽光電系統。</p>
24	<p>然而以平屋頂單斜式棚架型之圖式及風洞模型看來與地面單斜式棚架型之圖示又不相同，綜合此 2 點意見所以應該先明確訂定何為棚架型的樣式。</p>	<p>本計畫只考慮單一棚架之極值風壓係數，將於期末報告中修改地面單斜式棚架型之圖示。</p>
25	<p>若地面單斜式棚架型與地面距置型在風壓上有所不同，那應該新增平屋頂單斜式棚架型的樣式，一為本研究所列的單棚式，另一為多棚排列式。</p>	<p>本計畫限於時間，未考慮多棚排列式之系統。</p>
26	<p>另外一常有斜屋頂距置式是否可增加此類型之研究。</p>	<p>本計畫限於時間，未考慮斜屋頂距置型。</p>
27	<p>簡報 P.19 斜屋頂平貼型的圖式，似乎不是平貼而是逆向貼，宜修改為平貼圖示較佳。</p>	<p>遵照辦理。</p>
28	<p>簡報 P.20.24.31 針對三種形式都有設計高度，模組間距等之限制，但目前太陽光電系統之設置很難符合此規定，請問若不符合本研究鎖定的限制規定是否可適用本規範，若不適用，則如何設計。</p>	<p>若不符合擬議規範的限制規定，將無法使用相關公式。將回顧相關文獻之實驗數據，檢討是否放寬上述限制。</p>

附錄八 期中審查意見及回應一覽表

附錄九 專家座談會議

專家座談(10月7日) 會議紀錄

- 一、時間：108年10月7日(星期一)下午14時30分
- 二、地點：內政部建研所13樓簡報室
- 三、主持人：陳教授瑞華
紀錄：沈朝斌、蔡宇勛
- 四、出席人員：

太陽光電系統之耐風設計規範研擬

108/10/07 專家座談簽到單

姓名	簽到
陳建忠	陳建忠
郭建源	郭建源
傅仲麟	傅仲麟
詹麒璋	詹麒璋
黃朝揚	黃朝揚
林明勝	林明勝
邱智佑	邱智佑
詹清峰	詹清峰
卓士淵	卓士淵
周恆維	周恆維
陳若華	陳若華
陳瑞華	陳瑞華
沈朝斌	沈朝斌
蔡宇勛	蔡宇勛

太陽光電系統之耐風設計規範研擬

五、主席致詞：(略)

六、執行單位簡報：(略)

七、綜合討論意見及回應：

項次	專家建議	廠商回應
1	<p>規範第七章名稱用「子系統」似乎較為不妥，因為一個太陽光電發電系統很可能是由很多子系統組合而成，而設計時應該不會只針對一座子系統(單位)做設計，因為一座子系統與多座子系統之設計風壓應該不同，所以用「太陽光電系統之設計風壓」作為章節名稱，應較適合。</p>	<p>遵照辦理。</p>
2	<p>本規範初稿中之類別定義一更明確訂定，例如「單斜式斜屋頂平貼型」、「平屋頂單斜式棚架型」等，類型名稱宜全部明確寫出。</p>	<p>遵照辦理。</p>
3	<p>棚架型還是要清楚定義為「單斜式單一棚架」，而與架高式的距置型有所區隔，否則目前所訂之規範無法適用於高度大於1.2m的平屋頂距置型及地面距置型。</p>	<p>若不符合研擬規範的限制規定，將無法使用相關公式。若考慮放寬參數限制，必須執行更多之風洞實驗。</p>
4	<p>依「設置再生能源設施免請領雜項執照標準」之相關規定，將太陽光電系統支撐架耐風設計規定增訂法「建築物耐風設計規範」內，應屬符合法規邏輯。</p>	<p>感謝委員看法。</p>
5	<p>第七章名稱建議為「太陽光電系統之設計風壓」，刪除「子」字。</p>	<p>遵照辦理。</p>

6	各類之子系統如訂有適用範圍，建議對於未符合所列條件之系統佈設增加說明強調設計人員應依專業研判詳加檢討結構行為及強度。	一般技師應無專業決定未符合所列條件之系統之設計風壓。
7	建議讓業界當見的尺寸規格能適用於本規範或敘明若不符合相關條件時該如何處理。	建議進行風洞實驗。
8	本研究內容針對太陽光電系統的設計風壓進行建議值得探討將系統分為多種形式，分別建議設計風壓，內容詳實，非常具有實用價值。	感謝委員肯定。
9	系統分為不同安裝形式，建議可搭配合置圖說。	建議於其他計畫中考慮。
10	本研究針對太陽光電板所受風力進行建議，可增加我國耐風設計規範之內容，未來可就更多構造物之建議設計風壓做增加，提高規範價值。	感謝委員意見。
11	水上太陽光電系統形式及安裝方式與屋頂或陸地不同，未來可比較其差異進一步研究。	建議於其他計畫中考慮。
12	依名詞定義子系統為面板與支撐架之組合，本研究之設計風壓應主要是指面板之設計風壓。	本研究主要決定面板以及下部支撐架之設計風壓。
13	建議水面型的設計也能納入規範內。	建議於其他計畫中考慮。
14	建議跟蹤式的太陽能也能納入規範。	建議於其他計畫中考慮。

太陽光電系統之耐風設計規範研擬

15	適用範圍中提及可信賴之極值分析，是否可在規範中定義。	可信賴之極值分析是指文獻中被驗證過之分析方法。
16	斜屋頂平貼型是否可適用單斜或雙斜屋頂。	本計畫僅考慮雙斜屋頂。
17	追日和水面行是否也會納入?	建議於其他計畫中考慮。
18	北面架高是否也依據此規範?	是。
19	山坡地是否也會納入?	建築物耐風設計規範中所考慮之特殊地形包括山坡地。
20	未來材質、材料是否有手冊依據?	建議在未來相關結構設計規範中訂定。
21	建議可以納入追日型及水上型的參考依據。	建議於其他計畫中考慮。
22	整個案場加入擋風牆可明顯讓中間降低風力係數，是否也可以一同考慮進去。	本計畫除屋頂女兒牆外，未考慮其他形式之擋風牆。

附錄十 期末審查意見及回應一覽表

內政部建築研究所 108 年度 「太陽光電系統之耐風設計規範研擬」委託研究計畫案審查意見及廠商回應一覽表

項次	審查委員意見	廠商回應
1	如訂成建築規範，光電板有許多不必請領執照，則規範下的光電板是誰來管理，行政審查？	根據”設置再生能源設施免請領雜項執照標準”，仍需技師出具結構安全證明書(非特定情況)或太陽光電發電設備結構計算說明書(特定情況)，本計畫擬議之規範可提供技師作結構安全檢核。
2	針對平屋頂單斜式棚架型，面板與屋頂距離 4.5 米的效應為何，可補充說明。	根據”設置再生能源設施免請領雜項執照標準”面板與屋頂距離 4.5 米為免申請雜項執照條件之一，以及當面板距屋頂面越高時風壓會越大，因此面板與屋頂距離採保守值 4.5 米。
3	管線修訂(p.14-p.15)，請提供參考文獻	遵照辦理。
4	請在確認簡報 18 頁與 22 頁示意圖是否表示正確	簡報 18 頁與 22 頁之示意圖為面板之側視圖，但忽略面板下之支撐架。
5	針對不同屋頂風壓之決定及參數值設定，均有很嚴謹的探討，唯太陽能光電系統因應節能效果置於屋頂上受風壓造成損壞是另一重要課	本計畫擬議之耐風規定已考慮 50 年回歸期颱風所造成之風壓。

	題。尤其當颱風或是龍捲風的極端風速所造成的風壓對太陽能光電系統之影響甚大，應列入考量。	
6	針對太陽光電系統耐風設計規範及詳說，有關條文及圖表應納入台灣地區因地貌地形及建築物分布狀態，加以探討更適合業者規劃設計時參考使用。	地形地貌之考慮已於建築物耐風設計規範及解說中有規定。
7	太陽光電系統耐風設計除屋頂及地貌考量其風壓所造成之影響外，宜增加極端風速或近地層風切效應產生之影響。	本計畫擬議之耐風規定已考慮 50 年回歸期颱風所造成之風壓。
8	建議加入現有太陽光電系統之維護，規劃相關探討，及討論未來加入於法規之可能性。	建議於其他研究計畫中考慮相關議題。
9	浮動式太陽光電系統之耐風設計規範。	建議於其他研究計畫中考慮相關議題。
10	平貼型之面板與屋頂面之最大距離 h_2 小於或等於 0.25m，可能與目前實際有差異。	若不符合研擬規範的限制規定，將無法使用相關公式。將回顧相關文獻之實驗數據，檢討是否放寬限制。
11	本研究成果與目前業界設計條件是否差異大，會不會影響設置成本。	根據本計畫擬議規範做耐風設計可確保系統內各桿件之安全性，也必須付出相應之成本。
12	本成果是否可發文給能源局，太陽光電系統公會、協會結構技師公會、土木技師公會、建築師公會等與太陽光電設置之相關單位參考。	遵照辦理。

13	本計畫參考 ASCE7-16 研擬我國之太陽能光電系統設置之耐風設計規範，將相關圖表公式化，簡化相關係數本土化，對未來產業發展有很大幫助。	感謝委員肯定。
14	建議針對 3 個例外 CASE，可以提供保守估計值，以供使用參考。	當平屋頂單斜式棚架型子系統面板下有阻擋時，預期最大正(負)淨風壓係數隨面板傾角改變而有不規則變化，建議未來有更多實驗資料後再決定相關設計值。
15	報告書附錄五缺內文。	將於成果報告中修正。
16	報告書附錄八，專家座談會議記錄沒有記錄回應問題。	將於成果報告中修正。
17	希望舊有建築增設時，如何設計光版基礎與既有建築結構關係，及屋頂版破壞。	本計畫擬議之耐風規定已提供檢核原建築屋頂強度所需之設計風壓。
18	極惡化氣候，颱風+冰雹影響。	本計畫擬議之耐風規定已考慮 50 年回歸期颱風所造成之風壓。

參考書目

中文部分

- 1、內政部營建署，「建築物耐風設計規範及解說」，2015。
- 2、內政部建築研究所風雨風洞實驗室網頁資訊
<https://wind.abri.gov.tw/art.php?no=10>，2019年6月
- 3、陳瑞華(主編)，建築物耐風設計技術手冊，2017年7月
- 4、淡江大學風工程研究中心網頁資訊
<http://www.wind.tku.edu.tw/Equipment1.php>，2019年6月

英文部分

- 5、ASCE7, "Minimum Design Loads And Associated Criteria For Buildings And Other Structures", 2016 (ASCE 7-16)
- 6、SEAOC, Solar Photovoltaic Systems Committee, "Wind Design For Low-Profile Solar Photovoltaic Arrays On Flat Roofs", 2012 (SEAOC PV2-2012)
- 7、JIS, "JIS-C8955 Loading Design Guide on Structures For Photovoltaic Array, Japanese Standard Association", 2017
- 8、Kopp, G.A. " Aerodynamic Mechanisms For Wind Loads On Tilted, Roof-Mounted, Solar Arrays", Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 2012
- 9、Kopp, G.A. " Wind Loads On Low Profile, Tilted, Solar Arrays Placed On Large, Flat, Low-rise Building Roofs", Journal of Structural Engineering, ASCE, 2013
- 10、Gavanski, Eri, " Uncertainties in the Estimation of Local Peak Pressures on Low-Rise Buildings by Using the Gumbel Distribution Fitting Approach", Journal of Structural Engineering, ASCE, 2016
- 11、Durst. C. S., "Wind Speeds Over Short Periods of Time." The Meteorological Magazine 89.1056: 181-187, 1960

日文部分

- 12、日本建築センタ，実務者のための建築物風洞実験ガイドブック，2008年10月

太陽光電系統之耐風設計規範研擬

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、傅仲麟、沈朝斌、蔡宇勛、林逸崧

出版年月：108年12月

版次：第1版

ISBN：978-986-5448-33-2 (平裝)