

第二章 建築物設計風力之計算

2.1 適用範圍

規則性封閉式、部分封閉式與開放式建築物或地上獨立結構物主要風力抵抗系統所應承受之設計風力，依本章規定的方法計算之。若有可靠之試驗結果或文獻提供證明，在計算時可考慮由其他鄰近建築物或障礙物之遮蔽所造成之風速壓折減，或考慮透氣性外牆之風壓折減。

【解說】

封閉式或部分封閉式建築物使用各面不同的風壓係數，來計算主要風力抵抗系統所受的風力。開放式建築物使用風力係數及投影面積，來計算設計風力。本章所規定之風力，使用於建築物整體抵抗風力結構系統之分析與設計，至於局部構材及外部被覆物之設計風力，應考慮局部風壓之提高及內風壓效應，不得以本章規定之風力設計，應依照第三章之規定設計之。

2.2 設計風力計算式

封閉式、部分封閉式或開放式建築物或地上獨立結構物之主要風力抵抗系統所應承受之設計風壓 p 、屋頂女兒牆設計風壓 p_p 及設計風力 F ，應依本節規定之公式計算，相關公式整理列於表 2.1。

封閉式或部分封閉式普通建築物或地上獨立結構物之主要風力抵抗系統所應承受之設計風壓 p ，依下式計算：

$$p = qGC_p - q_i(GC_{pi}) \dots\dots\dots (2.1)$$

式中對迎風面牆，外風速壓 q 採 $q(z)$ ；對背風面牆、側牆與屋頂，外風速壓 q 採 $q(h)$ ； $q(z)$ 與 $q(h)$ 依 2.6 節之規定計算。對封閉式建築物或內風壓取負值之部分封閉式建築物，內風速壓 q_i 採 $q(h)$ ；對內風壓取正值之部分封閉式建築物，內風速壓 q_i 可採 $q(z_{h_0})$ 或 $q(h)$ ，其中， z_{h_0} 為會影響正值內風壓之最高開口高度。 G 為普通建築物之陣風反應因子，依 2.7 節之規定計算。 C_p 為外風壓係數，依 2.8 節之規定計算。 (GC_{pi}) 為內風壓係數，依 2.9 節

之規定計算。

封閉式或部分封閉式柔性建築物或地上獨立結構物之主要風力抵抗系統所應承受之設計風壓 p ，依下式計算：

$$p = qG_f C_p - q_i(GC_{pi}) \dots\dots\dots (2.2)$$

式中， G_f 為柔性建築物之陣風反應因子，依 2.7 節之規定計算。

設計建築物主要風力抵抗系統時，屋頂女兒牆之設計風壓 p_p ，依下式計算：

$$p_p = q_p(GC_{pn}) \dots\dots\dots (2.3)$$

式中， q_p 為屋頂女兒牆頂端之風速壓，依 2.6 節之規定計算； (GC_{pn}) 為屋頂女兒牆淨風壓係數，迎風面女兒牆取 +1.8，背風面女兒牆取 -1.1。

開放式建築物或地上獨立結構物所應承受之設計風力 F ，依下式計算：

$$F = q(z_{Ac})GC_f A_c \dots\dots\dots (2.4)$$

式中， C_f 為風力係數，依 2.8 節之規定計算； A_c 為開放式建築物受風作用特徵面積； $q(z_{Ac})$ 為面積 A_c 形心高度 z_{Ac} 處之風速壓。

同時滿足以下各條件：(1)高度(h)小於 18 公尺、(2) $h/\sqrt{BL} < 3$ 且 $0.2 \leq L/B \leq 5$ 、(3)近似矩形斷面、(4)封閉式或部分封閉式剛性樓版建築物，可依本章 2.13 節規定的方法計算主要風力抵抗系統所應承受之設計風力。

【解說】

本規範設計風力計算式，主要係參照美國 ASCE 7-02 之規定。其中，風速壓 q 係表示風速受阻而完全靜止時，作用在建築物表面上之風壓力。由於建築物並非無窮大，風可從四面八方流過，因此作用在建築物表面上的風壓，應乘以風壓係數 C_p 。上述之風壓係數並沒有計及動態行為，因此應考慮風壓係以平均風壓為中心，有忽大忽小的變化。此外，也應計及其對建築物的動態效應。上述兩種效應，以陣風反應因子表示之。

封閉式或部分封閉式建築物在求得設計風壓 p 後，要乘以作用在建築物的表面積，才可得該處的設計風力。開放式建築物不使用風壓係數而用風力係數，但要乘上建築物受風作用的特徵面積才得設計風力。開放式建築物受風作用的特徵面積依其類型可分為實際表面面積及與風向垂直面上投影面積兩種，其選用方式請參閱表 2.9 至表 2.16 所列各類型開放式建築物設計風力係數之備註說明。

同時滿足高度(h)小於 18 公尺、 $h/\sqrt{BL} < 3$ 且 $0.2 \leq L/B \leq 5$ 、近似矩形斷面、封閉式和部分封閉式剛性樓版建築物，若其外牆、斜屋頂和女兒牆之個別迎風面面積和對應之背風面面積相近，其主要風力抵抗系統所應承受之順風向、橫風向和扭轉向設計風力，可依本章 2.13 節規定的方式計算之。

屋頂突出物之設計風壓與風力設計風力依照本節規定計算之。

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

(1) 封閉式或部分封閉式普通建築物或地上獨立結構物之主要風力抵抗系統外牆、屋頂及屋頂女兒牆所應承受之設計風力，分別計算如下：

i. 外牆高度 z 處承受之順風向風力 W_{Dz} ，依下式計算：

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

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

ii. (a) 若為平屋頂時，屋頂處承受之水平向風力為零，鉛直向風力 W_{RP} 計算如下：

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

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

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

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

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

式中，依表 2.5 中風向垂直於屋脊之迎風面外風壓係數決定 C_p 。 θ 為屋頂與水平面所夾的角度。若計算出的 W_{RHP} 為正，表示 W_{RHP} 作用方向與風向相同。若計算出的 W_{RVP} 為正，表示 W_{RVP} 作用方向為鉛直往下。

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

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

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

iii. 屋頂女兒牆之設計風力 F_p ，依下式計算：

$$F_p = 2.9q_p A_p$$

式中， A_p 為屋頂女兒牆迎風面面積。

(2) 封閉式或部分封閉式柔性建築物或地上獨立結構物之主要風力抵抗系統外牆、屋頂及屋頂女兒牆所應承受之設計風力，分別計算如下：

- i. 外牆高度 z 處承受之順風向風力以 G_f 取代前述(1)(i)中之 G ，計算得之。 G_f ，依 2.7 節解說之規定計算。
- ii. (a) 若為平屋頂時，屋頂處承受之水平向風力為零，鉛直向風力以 G_f 取代前述(1)(ii)(a)中之 G ，計算得之。
 (b) 若為斜屋頂時，當風向垂直於屋脊，屋頂處承受之水平向風力及鉛直向風力以 G_f 取代前述(1)(ii)(b)中之 G ，計算得之。
 (c) 若為斜屋頂時，當風向平行於屋脊，屋頂處承受之水平向風力為零，鉛直向風力以 G_f 取代前述(1)(ii)(c)中之 G ，計算得之。
- iii. 屋頂女兒牆之設計風力，與前述(1)(iii)相同。

2.3 風速之垂直分布

風速隨距地面高度增加而遞增，與地況種類有關，依下列指數律公式計算之：

$$\frac{V_z}{V_{10}} = \left(\frac{z}{10}\right)^\alpha \quad 0 \leq z \leq z_g \quad \dots\dots\dots(2.5)$$

其中，

- V_z : 高度 z 處之風速(m/sec)。
- V_{10} : 10 公尺高之風速(m/sec)。
- α : 相對於 10 分鐘平均風速之垂直分布法則的指數，與地況種類有關，見表 2.2。
- z_g : 梯度高度(m)，與地況種類有關，見表 2.2。

地況種類依建築物所在位置及其附近地表特性而定，分成以下三類：

- (1)地況 A：大城市市中心區，至少有 50%之建築物高度大於 20 公尺者。建築物迎風向之前方至少 800 公尺或建築物高度 10 倍的範圍(兩者取大值)係屬此種條件下，才可使用地況 A。
- (2)地況 B：大城市市郊、小市鎮或有許多像民舍高度(10~20 公尺)，或較民舍為高之障礙物分布其間之地區者。建築物迎風向之前方至少 500 公尺或建築物高度 10 倍的範圍(兩者取大值)係屬此種條件下，方可使用地況 B。
- (3)地況 C：平坦開闊之地面或草原或海岸或湖岸地區，其零星座落之障礙物高度小於 10 公尺者。

若附近地況為介於地況 A 與地況 B 間或地況 B 與地況 C 間之過渡地況，原則上應採用會產生較大風力之地況，但也可利用可信賴之合理分析法，決定此一過渡地況之風速垂直分布。

【解說】

風速隨距地面高度增加而遞增。因作用在建築物上之風壓力與風速之平方成正比，故風速之垂直分布情形甚為重要。風因受地表糙度的影響而形成邊界層，風速隨高度增加至梯度高(gradient height) z_g 後，保持均勻分布，其速度稱為梯度風速(gradient velocity)。風速與高度 z 之關係通常以下式表示：

$$\frac{V_z}{V_{10}} = \left(\frac{z}{10}\right)^\alpha \quad 0 \leq z \leq z_g \quad (C2.1)$$

事實上，參考高度不一定取 10 公尺，取任何高度時，指數律風速分布照樣成立。

α 值與 z_g 值隨地況種類而異。 α 值尚與風速平均時間有關，平均時間愈長， α 值愈大，地況 A、B 與 C，相對於 10 分鐘平均風速之 α 值分別取為 0.32、0.25 與 0.15。

2.4 基本設計風速

任一地點之基本設計風速 $V_{10}(C)$ ，係假設該地點之地況種類為 C 類，離地面 10 公尺高，相對於 50 年回歸期之 10 分鐘平均

風速，其單位為 m/s。

臺灣地區各地之基本設計風速，分為下列各區：

一、臺灣本島地區：

(一) 每秒 47.5 公尺區：

花蓮縣：花蓮市、吉安鄉。

屏東縣：恆春鎮、滿州鄉。

(二) 每秒 42.5 公尺區：

基隆市。

新北市：貢寮區、雙溪區、坪林區、瑞芳區、平溪區、石碇區、深坑區、汐止區、萬里區、金山區、石門區、三芝區、淡水區。

臺北市。

屏東縣：車城鄉、牡丹鄉、枋山鄉、獅子鄉、枋寮鄉、春日鄉。

宜蘭縣：南澳鄉、蘇澳鎮、冬山鄉、五結鄉、壯圍鄉、頭城鎮。

花蓮縣：玉里鎮、瑞穗鄉、豐濱鄉、光復鄉、鳳林鎮、壽豐鄉、新城鄉、秀林鄉。

臺東縣：達仁鄉、大武鄉、太麻里鄉、長濱鄉。

(三) 每秒 37.5 公尺區：

新北市：烏來區、新店區、三峽區、五股區、蘆洲區、三重區、泰山區、新莊區、板橋區、中和區、永和區、土城區、樹林區、鶯歌區、林口區、八里區。

桃園縣：各鄉、鎮、市。

新竹縣：新豐鄉、湖口鄉、新埔鎮、關西鎮、橫山鄉、尖石鄉。

臺中市：和平區。

南投縣：信義鄉。

臺南市：七股區、中西區、東區、南區、北區、安平區、安南區。

高雄市：林園區、大寮區、大樹區、燕巢區、大社區、仁武區、鳥松區、鳳山區、橋頭區、岡山區、梓官區、彌陀區、永安區、茄萣區、路竹區、湖內區、桃源區、新興區、前金區、苓雅區、鹽埕區、鼓山區、旗津區、前鎮區、三民區、楠梓區、小港區、左營區。

屏東縣：佳冬鄉、林邊鄉、東港鎮、新埤鄉、來義鄉、泰武鄉、萬巒鄉、潮州鎮、竹田鄉、崁頂鄉、南州鄉、萬丹鄉、新園鄉、麟洛鄉、瑪家鄉、內埔鄉、長治鄉、屏東市、九如鄉、鹽埔鄉、里港鄉、高樹鄉、三地門鄉、霧臺鄉。

宜蘭縣：大同鄉、三星鄉、員山鄉、羅東鎮、宜蘭市、礁溪鄉。

花蓮縣：富里鄉、卓溪鄉、萬榮鄉。

臺東縣：金峰鄉、卑南鄉、臺東市、東河鄉、鹿野鄉、延平鄉、關山鎮、池上鄉、海端鄉、成功鎮。

(四) 每秒 32.5 公尺區：

新竹縣：五峰鄉、北埔鄉、峨眉鄉、竹東鎮、寶山鄉、芎林鄉、竹北市。

新竹市。

苗栗縣：各鄉、鎮、市。

臺中市：東勢區、新社區、太平區、石岡區、豐原區、潭子區、神岡區、大雅區、大肚區、龍井區、沙鹿區、梧棲區、清水區、后里區、外埔區、大安區、大甲區、中區、東區、南區、西區、北區、北屯區、西屯區、南屯區。

彰化縣：伸港鄉、線西鄉、和美鎮。

南投縣：仁愛鄉。

雲林縣：口湖鄉、水林鄉、四湖鄉。

嘉義縣：布袋鎮、義竹鄉、鹿草鄉、太保市、六腳鄉、朴子市、東石鄉。

臺南市：永康區、歸仁區、新化區、左鎮區、玉井區、楠西區、南化區、仁德區、關廟區、龍崎區、官田區、麻豆區、佳里區、西港區、將軍區、學甲區、北門區、新營區、後壁區、東山區、六甲區、下營區、柳營區、鹽水區、善化區、大內區、山上區、新市區、安定區。

高雄市：阿蓮區、田寮區、旗山區、美濃區、內門區、杉林區、六龜區、茂林區、甲仙區、那瑪夏區。

(五) 每秒 27.5 公尺區：

臺中市：烏日區、霧峰區、大里區。

彰化縣：鹿港鎮、福興鄉、芳苑鄉、大城鄉、二林鎮、埔鹽鄉、竹塘鄉、埤頭鄉、溪湖鎮、溪州鄉、二水

鄉、彰化市、花壇鄉、芬園鄉、秀水鄉、大村鄉、員林鎮、社頭鄉、埔心鄉、永靖鄉、田尾鄉、北斗鎮、田中鎮。

南投縣：草屯鎮、南投市、名間鄉、中寮鄉、國姓鄉、埔里鎮、魚池鄉。

雲林縣：麥寮鄉、臺西鄉、東勢鄉、崙背鄉、褒忠鄉、元長鄉、北港鎮、土庫鎮、二崙鎮、西螺鎮、虎尾鎮、大埤鄉、荊桐鄉、斗六市、斗南鎮、古坑鄉、林內鄉。

嘉義縣：新港鄉、水上鄉、溪口鄉、民雄鄉、大林鎮、梅山鄉、竹崎鄉、中埔鄉、番路鄉、大埔鄉、阿里山鄉。

嘉義市。

臺南市：白河區。

(六) 每秒 22.5 公尺區：

南投縣：竹山鎮、水里鄉、集集鎮、鹿谷鄉。

二、外島地區：

金門：每秒 35 公尺。

馬祖：每秒 42 公尺。

彭佳嶼：每秒 57 公尺。

澎湖縣（各鄉、鎮）：每秒 33 公尺。

東吉島：每秒 45 公尺。

蘭嶼：每秒 65 公尺。

綠島：每秒 65 公尺。

琉球：每秒 40 公尺。

【解說】

本規範採用之原始資料，係依據中央氣象局所屬 24 個測站 1947 年至 1991 年間，所發生之 128 個侵臺颱風最大十分鐘平均風速資料。由於原始風速資料並不完整，且各個測站之設立年代，位置變遷及風速計高度更新，皆會影響資料之一致性與連續性，因此在作統計分析前，須先對資料作合理的更正與補齊。基本上考慮了測站位置與地況之改變，及風速計高度之改變，使資料具有一致性；而以「相關係數法」補齊部分測站資料。

以密合度試驗(Goodness-of-fit)的統計方法證明，各測站由每個颱風所造成之最大十分鐘平均風速，可用 Type I 極值分佈來描述，其累積分佈函數可表示如下：

$$F_V(v) = \exp(-\exp(-\alpha(v-u))) \quad (C2.2)$$

其中，

$$\alpha = \frac{\pi}{\sqrt{6}\sigma_V} \quad (C2.3)$$

$$u = \bar{V} - \frac{0.5772}{\alpha} \quad (C2.4)$$

其中， \bar{V} 及 σ_V 為颱風風速之平均值與標準差。

由於颱風可能發生在任何時間，若假設各颱風間並無任何的相關性，且在小區間 Δt 裡，颱風發生的機率與 Δt 成正比，則可將颱風之發生模擬成包生過程(Poisson Process)，故每年最大風速 V_1 大於某一風速 v^* 的機率可表為：

$$P(V_1 > v^*) = 1 - \exp\{-[1 - F_V(v^*)] \lambda\} \quad (C2.5)$$

其中，颱風發生率 λ 為 2.884 次/年。欲求 n 年回歸期風速，即為求解 v_n ，使得

$$P(V_1 > v_n) = 1/n。$$

若將其中各測站 50 年回歸期風速修正為平坦開闊地況，且高度離地 10 公尺之風速，即得各測站基本設計風速。利用電腦繪圖，可繪出臺灣地區基本風速分佈圖。再按行政區域劃分成各級風速區。

地況 C、離地面 10 公尺高之 n 年回歸期風速 $V_n (n \leq 100)$ ，可以下式估計：

$$V_n = V_{10}(C) \times \left[0.36 - 0.13 \ln \left(- \ln \left(1 + 4.22 \ln \left(\frac{n \times 12 - 1}{n \times 12} \right) \right) \right) \right], n \leq 100 \quad (C2.6)$$

n 年回歸期風速 $V_n (n \leq 100)$ 與基本設計風速之比值， $V_n = \gamma_n V_{10}(C)$

回歸期 年數 n	0.5	1	5	10	25	50	100
γ_n	0.30	0.46	0.70	0.79	0.90	1.00	1.10

2.5 用途係數

一般建築物之基本設計風速係對應於 50 年回歸期，為提高重要建築物之基本設計風速為 100 年回歸期，並降低重要性較低

建築物之基本設計風速為 25 年回歸期，訂定用途係數 I 。

第一類建築物

風災發生後，必需維持機能以救濟大眾之重要建築物與相關之附屬或獨立結構物， $I = 1.1$ 。

- (1) 中央、直轄市及縣（市）政府、鄉鎮市（區）公所之辦公廳舍。
- (2) 消防、警務及電信單位執行公務之建築物。
- (3) 國中、國小學校之校舍。
- (4) 教學醫院、區域醫院、署市立醫院或政府指定醫院。
- (5) 發電廠、自來水廠與供電、供水直接有關之廠房與建築物。
- (6) 其他經中央主管機關認定之建築物。

第二類建築物

儲存多量具有毒性、爆炸性等危險物品之建築物與相關之附屬或獨立結構物， $I = 1.1$ 。

第三類建築物

下列供公眾使用之建築物與相關之附屬或獨立結構物， $I = 1.1$ 。

- (1) 教育文化類：幼稚園；各級學校之校舍(第一類建築物之外)；集會堂、活動中心；圖書館、資料館；博物館、美術館、展覽館；寺廟、教堂；補習班；體育館。
- (2) 衛生及社會福利類：醫院、診所（第一類建築物之外）；安養、療養、扶養、教養場所；殯儀館。
- (3) 營業類：餐廳；百貨公司、商場、超級市場、零售市場；批發量販營業場所；展售場、觀覽場。
- (4) 娛樂類：電影院、演藝場所、歌廳；舞廳、舞場、夜總會；錄影節目播映、視聽歌唱營業場所；保齡球館。
- (5) 工作類：金融證券營業交易場所之營業廳。
- (6) 遊覽交通類：車站、航運站。
- (7) 其他經中央主管機關指定之建築物。

一棟建築物如係混合使用，上述供公眾使用場所累計樓地板面積超過三千平方公尺或總樓地板面積百分之二十以上時，用途係數才需用 1.1。如一棟建築物單種用途使用時，必需總樓地板面積超過一千平方公尺，用途係數才需用 1.1。

第四類建築物

建築物破壞時，對人類之生命危害度小，如臨時性設施及非

居住性儲藏設施等， $I = 0.9$ 。

第五類建築物

其他一般建築物與相關之附屬或獨立結構物， $I = 1.0$ 。

【解說】

建築物應依其重要性不同，採用 100 年、50 年及 25 年回歸期風速為其設計風速。本節建築物之分類，大致按照耐震設計規範的相關規定，以求兩者統一。

消防、警務及電信單位之建築物必須係執行公務者，用途係數才用 1.1。醫院也必須具有急救用途及手術設備者才屬第一類建築物。發電廠、自來水廠也必須直接與供電、供水相關的廠房、建築物才屬第一類建築物。

對於大樓中只有部分面積做為公眾使用場地時，是否必須使用 $I = 1.1$ ，本規範規定供公眾使用場所累計樓地板面積超過三千平方公尺或總樓地板面積百分之二十以上時才適用。如一棟建築物僅供單種用途使用時，必需總樓地板面積超過一千平方公尺，用途係數才需用 1.1。

利用前節解說中之方式，可求得各測站 25 年、50 年與 100 年回歸期風速，經統計分析，24 個測站 100 年與 25 年風速和 50 年風速之比值平均值分別為 1.098 與 0.901，標準差分別為 0.006 與 0.007。為保守起見，可定義用途係數為平均值加上一倍標準差，亦即一般結構的用途係數為 1；較重要結構之用途係數為 1.1；而重要性較低之結構其用途係數為 0.9。

2.6 風速壓

各種不同用途係數之建築物在不同地況下，離地面 z 公尺高之風速壓 $q(z)$ 依下式計算，其單位為 kgf/m^2 。

$$q(z) = 0.06 K(z) K_{zt} [I V_{10}(C)]^2 \dots\dots\dots(2.6)$$

式中， $K(z)$ 稱為風速壓地況係數，此值為離地面 z 公尺之風速壓與標準風速壓（地況 C，離地面 10 公尺處）之比值，依下式計算：

$$\begin{aligned} K(z) &= 2.774 \left(\frac{z}{z_g} \right)^{2\alpha} ; z > 5\text{m} \\ &= 2.774 \left(\frac{5}{z_g} \right)^{2\alpha} ; z \leq 5\text{m} \dots\dots\dots(2.7) \end{aligned}$$

各種地況種類之 α 值及梯度高度 z_g ，照 2.3 節規定，見表 2.2。

K_{zt} 稱為地形係數，代表在獨立山丘或山脊之上半部或懸崖近頂端處之風速局部加速效應。若此獨立山丘、山脊或懸崖高度 H 較上風側 3.22 公里內地形高度超過兩倍以上，且 H 大於 4.5 公尺（地況 C）或 18 公尺（地況 A 或 B），且此獨立山丘、山脊或懸崖在上風側 $100H$ 或 3.22 公里（兩者取小值）內沒有類似高度之障礙物，且 $\frac{H}{L_h} \geq 0.2$ （見表 2.3(a)），則 K_{zt} 可依下式計算：

$$K_{zt} = (1 + K_1 K_2 K_3)^2 \dots\dots\dots (2.8)$$

式中， K_1 、 K_2 與 K_3 分別依表 2.3(a)、2.3(b) 與 2.3(c) 決定。

若當地地形並不符合上述要求，可作合理假設後，再依式 (2.8) 計算，或根據可信賴之試驗或文獻結果計算 K_{zt} 。

【解說】

風吹至建築物上而完全靜止時，對建築物產生之壓力稱為風速壓(velocity pressure)，其與風速的關係如下： $q = \frac{1}{2} \rho V^2$ 。其中， ρ 為空氣的密度，取溫度 25°C 及一大氣壓力下之條件，上式右邊變為 $0.06V^2$ 。

高空中之梯度風速是不隨地面糙度而變化的，因此已知某地況種類某高度之風速，即可推求任一地況下任一高度之風速。譬如假設地況 C 高度 10 公尺處的風速為 $V_{10}(C)$ ，則高度 300 公尺處之梯度風速由式(2.5)為 $V_{10}(C) \left(\frac{300}{10} \right)^{0.15}$ ，即為 $1.666V_{10}(C)$ 。故任一地況，高度 z 處之風速可由 $V_z/V_{z_g} = (z/z_g)^\alpha$ 求得為 $1.666V_{10}(C)(z/z_g)^\alpha$ 。

由以上說明，在未考慮特殊地形情況下，任一地況、任一高度之設計風速壓 $q(z)$ 如下：

$$\begin{aligned} q(z) &= 0.06(1.666)^2 \left(\frac{z}{z_g} \right)^{2\alpha} [IV_{10}(C)]^2 \\ &= 0.06K(z)[IV_{10}(C)]^2 \end{aligned} \quad (C2.7)$$

其中，

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

$$= 2.774 \left(\frac{5}{z_g} \right)^{2\alpha} ; z \leq 5\text{m} \quad (\text{C2.8})$$

稱為風速壓地況係數，與地況及高度有關。為保守計，當高度小於 5 公尺時，亦採用 5 公尺處之風速壓地況係數。

此外，式(2.6)亦含有用途係數 I ，對需以 100 年或 25 年回歸期設計之建築物給予適當的 I 值，如 2.5 節之規定。

地形係數 K_{zt} 代表在獨立山丘或山脊之上半部或懸崖近頂端處，假設風沿最陡坡吹襲所造成之平均風速局部加速效應，其值由式(2.8)決定。其中參數 K_2 與加速效應之水平衰減率有關，列於表 2.3(b)中，由下式計算而得：

$$K_2 = \left(1 - \frac{|x|}{\mu L_h} \right) \quad (\text{C2.9})$$

其中， μ 為水平衰減係數，其值由下表決定。參數 K_3 與加速效應之垂直衰減率有關，列於表 2.3(c)中，由下式計算而得：

$$K_3 = e^{-\gamma z / L_h} \quad (\text{C2.10})$$

其中， γ 為高度衰減係數，其值由下表決定。參數 K_1 與地形特徵和最大頂端加速有關，列於表 2.3(a)中，由下表計算而得：

	$\frac{K_1}{(H/L_h)}$		γ	μ	
	地況			上風側	下風側
	A 或 B	C			
山脊	1.30	1.45	3	1.5	1.5
懸崖	0.75	0.85	2.5	1.5	4
山丘	0.95	1.05	4	1.5	1.5

在上述計算中，若 $\frac{H}{L_h} > 0.5$ ，則計算 K_1 時採用 $\frac{H}{L_h} = 0.5$ ，計算 K_2 和 K_3 時採用 $L_h = 2H$ 。

2.7 陣風反應因子

陣風反應因子乃考慮風速具有隨時間變動的特性，及其對建

築物之影響。此因子將順風向造成的動態風壓轉換成等值風壓處理。

普通建築物之陣風反應因子可取 1.88，或依下式計算：

$$G = 1.927 \left(\frac{(1 + 1.7g_Q I_{\bar{z}} Q)}{1 + 1.7g_V I_{\bar{z}}} \right) \dots\dots\dots (2.9)$$

式中， g_Q 與 g_V 均可取 3.4；紊流強度 $I_{\bar{z}}$ 與背景反應 Q 分別依下式計算：

$$I_{\bar{z}} = c (10/\bar{z})^{1/6} \dots\dots\dots (2.10)$$

$$Q = \sqrt{\frac{1}{1 + 0.63 \left(\frac{B+h}{L_{\bar{z}}} \right)^{0.63}}} \dots\dots\dots (2.11)$$

式中， \bar{z} 為等效結構高度，其值為 $0.6h$ ，但不可小於 z_{\min} ， z_{\min} 和式(2.10)中之 c 值列於表 2.2； $L_{\bar{z}}$ 為紊流積分尺度，由下式計算：

$$L_{\bar{z}} = \lambda (\bar{z}/10)^{\bar{\epsilon}} \dots\dots\dots (2.12)$$

式中， λ 和 $\bar{\epsilon}$ 之值列於表 2.2。

柔性建築物之陣風反應因子依下式決定：

$$G_f = 1.927 \left(\frac{1 + 1.7I_{\bar{z}} \sqrt{g_Q^2 Q^2 + g_R^2 R^2}}{1 + 1.7g_V I_{\bar{z}}} \right) \dots\dots\dots (2.13)$$

式中， g_Q 和 g_V 均可取 3.4， g_R 依下式計算：

$$g_R = \sqrt{2 \ln(3600f_n)} + \frac{0.577}{\sqrt{2 \ln(3600f_n)}} \dots\dots\dots (2.14)$$

R 為共振反應因子，其值依下式計算：

$$R = \sqrt{\frac{1}{\beta} R_n R_h R_B (0.53 + 0.47R_L)} \dots\dots\dots (2.15)$$

$$R_n = \frac{7.47 N_1}{(1 + 10.3N_1)^{5/3}} \dots\dots\dots (2.16)$$

$$N_1 = \frac{f_n L_{\bar{z}}}{V_{\bar{z}}} \dots\dots\dots (2.17)$$

$$R_j = \frac{1}{\eta} - \frac{1}{2\eta^2}(1 - e^{-2\eta}) \text{ for } \eta > 0 \dots\dots\dots(2.18a)$$

$$R_j = 1 \text{ for } \eta = 0 \dots\dots\dots(2.18b)$$

式(2.15)中， β 為結構阻尼比。式(2.18a)與式(2.18b)中，下標 j 可為 h 、 B 或 L ；當 $R_j = R_h$ 時， $\eta = 4.6f_n h / \bar{V}_z$ ；當 $R_j = R_B$ 時， $\eta = 4.6f_n B / \bar{V}_z$ ；當 $R_j = R_L$ 時， $\eta = 15.4f_n L / \bar{V}_z$ 。 \bar{V}_z 為高度 z 處每小時平均風速，依下式計算：

$$\bar{V}_z = \bar{b} \left(\frac{z}{10} \right)^\alpha V_{10}(C) \dots\dots\dots(2.19)$$

式中， \bar{b} 值列於表 2.2。

【解說】

由於紊流的緣故，風速並非定值，而係以其平均值為中心做時大時小的變化，此平均風速可視為一小時平均風速。因為建築物係振動體，故受此種風力作用而產生振動。因為動力效應，作用在建築物上的等值動態風壓大於平均風速所造成的靜態風壓。此二風壓的比值稱為陣風反應因子，其數值大於 1.0。設計時如將靜態風壓乘以此因子，則等於考慮了風的動態效應。

順風向載重大小與風速頻譜有關，由於風速頻譜在 1Hz 以上之值不大，故普通建築物（基本自然頻率大於 1Hz）可忽略共振反應。

本規範係參考 ASCE 7-02，以公式而非圖表來計算陣風因子。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，故本規範之陣風因子為 ASCE 7-02 陣風因子之 2.083 (=1.443 x 1.443)倍。

普通建築物之陣風反應因子 G 亦可依表 C2.9(a)、表 C2.9(b)或表 C2.9(c)決定。

同時滿足 $h/\sqrt{BL} = 1 \sim 6$ 和 $L/B = 1/5 \sim 5$ 之柔性建築物，可依據下式計算(2.13)

中之共振反應因子的平方 R^2 ：

$$R^2 \approx \frac{\bar{K} \eta_B^{-0.598} \eta_L^{-0.100}}{\beta}$$

式中， $\eta_B = 4.6f_n B / \bar{V}_z$ ； $\eta_L = 15.4f_n L / \bar{V}_z$ ；地況 A， $\bar{K} = 0.019$ ；地況 B， $\bar{K} = 0.021$ ；

地況 C， $\bar{K} = 0.026$ 。

建築物耐風設計建議根據動力分析求得結構物順風向、橫風向與扭轉向之基本自然頻率。針對高度(h)小於122m之建築物，其順風向基本自然頻率 f_n 、橫風向基本自然頻率 f_a 和扭轉向基本自然頻率 f_t ，亦可分別依下列經驗公式估計（ASCE 7-05）：

$$f_n, f_a = \frac{22.86}{h} \text{ (Hz)}$$

$$f_t = 1.3f_n$$

另建議鋼構造建築物之阻尼比為 $\beta = 0.01$ ；混凝土構造建築物或鋼骨鋼筋混凝土構造建築物之阻尼比為 $\beta = 0.02$ 。

表 C2.9(a) 普通建築物之陣風反應因子 (地況 A)

地況 A	h (m)									
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
0.2	1.735	1.660	1.607	1.567	1.534	1.507	1.498	1.491	1.484	1.478
0.3	1.765	1.697	1.650	1.613	1.582	1.555	1.547	1.540	1.533	1.528
0.35	1.774	1.710	1.664	1.628	1.598	1.572	1.564	1.557	1.551	1.545
0.4	1.782	1.720	1.676	1.640	1.611	1.586	1.578	1.571	1.565	1.559
0.5	1.793	1.735	1.693	1.660	1.632	1.607	1.599	1.592	1.586	1.581
0.55	1.798	1.741	1.700	1.667	1.640	1.616	1.608	1.601	1.595	1.590
0.6	1.802	1.746	1.706	1.674	1.647	1.623	1.615	1.609	1.603	1.597
0.65	1.805	1.751	1.711	1.680	1.653	1.630	1.622	1.615	1.609	1.604
0.7	1.808	1.755	1.716	1.685	1.658	1.635	1.628	1.621	1.615	1.610
0.75	1.811	1.758	1.720	1.689	1.663	1.640	1.633	1.626	1.620	1.615
0.8	1.813	1.761	1.724	1.693	1.667	1.645	1.638	1.631	1.625	1.620
0.9	1.817	1.767	1.730	1.700	1.675	1.653	1.646	1.639	1.633	1.628
1	1.820	1.771	1.735	1.706	1.681	1.660	1.652	1.646	1.640	1.635
1.1	1.823	1.775	1.740	1.711	1.687	1.665	1.658	1.652	1.646	1.641
1.2	1.825	1.778	1.744	1.715	1.691	1.670	1.663	1.657	1.651	1.646
1.3	1.827	1.781	1.747	1.719	1.695	1.674	1.667	1.661	1.655	1.650
1.4	1.829	1.784	1.750	1.722	1.699	1.678	1.671	1.665	1.659	1.654
1.5	1.831	1.786	1.752	1.725	1.702	1.681	1.674	1.668	1.663	1.658
1.6	1.832	1.788	1.755	1.727	1.704	1.684	1.677	1.671	1.666	1.661
1.7	1.833	1.789	1.757	1.730	1.707	1.687	1.680	1.674	1.668	1.664
1.8	1.834	1.791	1.758	1.732	1.709	1.689	1.682	1.676	1.671	1.666
1.9	1.835	1.792	1.760	1.734	1.711	1.691	1.684	1.678	1.673	1.668
2	1.836	1.793	1.761	1.735	1.713	1.693	1.686	1.680	1.675	1.670
2.1	1.837	1.795	1.763	1.737	1.715	1.695	1.688	1.682	1.677	1.672
2.2	1.838	1.796	1.764	1.738	1.716	1.697	1.690	1.684	1.679	1.674
2.3	1.838	1.797	1.765	1.740	1.717	1.698	1.691	1.685	1.680	1.676
2.4	1.839	1.798	1.766	1.741	1.719	1.700	1.693	1.687	1.682	1.677
2.5	1.840	1.798	1.767	1.742	1.720	1.701	1.694	1.688	1.683	1.678
2.6	1.840	1.799	1.768	1.743	1.721	1.702	1.695	1.689	1.684	1.680
2.7	1.841	1.800	1.769	1.744	1.722	1.703	1.696	1.691	1.685	1.681
2.8	1.841	1.801	1.770	1.745	1.723	1.704	1.698	1.692	1.687	1.682
2.9	1.842	1.801	1.771	1.746	1.724	1.705	1.699	1.693	1.688	1.683
3	1.842	1.802	1.771	1.746	1.725	1.706	1.699	1.694	1.689	1.684
3.25	1.843	1.803	1.773	1.748	1.727	1.708	1.702	1.696	1.691	1.686
3.5	1.844	1.804	1.774	1.750	1.729	1.710	1.703	1.698	1.693	1.688
3.75	1.844	1.805	1.776	1.751	1.730	1.711	1.705	1.699	1.694	1.690
4	1.845	1.806	1.777	1.752	1.731	1.713	1.706	1.701	1.696	1.691

表 C2.9(b) 普通建築物之陣風反應因子 (地況 B)

地況 B	h (m)									
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
0.2	1.774	1.711	1.666	1.648	1.634	1.623	1.613	1.605	1.597	1.591
0.3	1.798	1.742	1.702	1.686	1.673	1.662	1.652	1.644	1.637	1.631
0.35	1.805	1.753	1.714	1.698	1.685	1.675	1.666	1.658	1.651	1.645
0.4	1.812	1.761	1.724	1.708	1.696	1.686	1.677	1.669	1.662	1.656
0.5	1.821	1.774	1.739	1.724	1.712	1.702	1.693	1.686	1.679	1.673
0.55	1.825	1.778	1.744	1.730	1.718	1.708	1.700	1.693	1.686	1.680
0.6	1.828	1.783	1.749	1.735	1.723	1.714	1.706	1.698	1.692	1.686
0.65	1.830	1.786	1.754	1.740	1.728	1.719	1.711	1.703	1.697	1.691
0.7	1.833	1.790	1.757	1.744	1.732	1.723	1.715	1.708	1.702	1.696
0.75	1.835	1.792	1.761	1.747	1.736	1.727	1.719	1.712	1.706	1.700
0.8	1.837	1.795	1.764	1.750	1.740	1.730	1.723	1.716	1.709	1.704
0.9	1.840	1.799	1.769	1.756	1.745	1.736	1.729	1.722	1.716	1.710
1	1.843	1.803	1.774	1.761	1.750	1.741	1.734	1.727	1.721	1.716
1.1	1.845	1.806	1.777	1.764	1.754	1.746	1.738	1.731	1.726	1.720
1.2	1.847	1.809	1.780	1.768	1.758	1.749	1.742	1.735	1.729	1.724
1.3	1.848	1.811	1.783	1.771	1.761	1.752	1.745	1.738	1.733	1.728
1.4	1.850	1.813	1.785	1.773	1.763	1.755	1.748	1.741	1.736	1.730
1.5	1.851	1.815	1.787	1.775	1.766	1.757	1.750	1.744	1.738	1.733
1.6	1.852	1.816	1.789	1.777	1.768	1.759	1.752	1.746	1.741	1.735
1.7	1.853	1.818	1.791	1.779	1.770	1.761	1.754	1.748	1.743	1.738
1.8	1.854	1.819	1.792	1.781	1.771	1.763	1.756	1.750	1.744	1.739
1.9	1.855	1.820	1.794	1.782	1.773	1.765	1.758	1.752	1.746	1.741
2	1.855	1.821	1.795	1.783	1.774	1.766	1.759	1.753	1.748	1.743
2.1	1.856	1.822	1.796	1.785	1.775	1.767	1.761	1.754	1.749	1.744
2.2	1.857	1.823	1.797	1.786	1.776	1.769	1.762	1.756	1.750	1.745
2.3	1.857	1.824	1.798	1.787	1.778	1.770	1.763	1.757	1.752	1.747
2.4	1.858	1.824	1.799	1.788	1.778	1.771	1.764	1.758	1.753	1.748
2.5	1.858	1.825	1.800	1.789	1.779	1.772	1.765	1.759	1.754	1.749
2.6	1.859	1.826	1.801	1.789	1.780	1.773	1.766	1.760	1.755	1.750
2.7	1.859	1.826	1.801	1.790	1.781	1.773	1.767	1.761	1.755	1.751
2.8	1.859	1.827	1.802	1.791	1.782	1.774	1.767	1.762	1.756	1.751
2.9	1.860	1.827	1.803	1.791	1.782	1.775	1.768	1.762	1.757	1.752
3	1.860	1.828	1.803	1.792	1.783	1.775	1.769	1.763	1.758	1.753
3.25	1.861	1.829	1.804	1.793	1.785	1.777	1.770	1.765	1.759	1.755
3.5	1.861	1.830	1.805	1.795	1.786	1.778	1.772	1.766	1.761	1.756
3.75	1.862	1.831	1.806	1.796	1.787	1.779	1.773	1.767	1.762	1.757
4	1.863	1.831	1.807	1.797	1.788	1.780	1.774	1.768	1.763	1.758

表 C2.9(c) 普通建築物之陣風反應因子 (地況 C)

地況 C	h (m)									
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
0.2	1.811	1.769	1.748	1.732	1.719	1.708	1.699	1.691	1.685	1.678
0.3	1.830	1.793	1.774	1.760	1.748	1.738	1.730	1.722	1.716	1.710
0.35	1.836	1.801	1.783	1.769	1.757	1.748	1.740	1.733	1.726	1.720
0.4	1.841	1.807	1.790	1.776	1.765	1.756	1.748	1.741	1.735	1.729
0.5	1.848	1.817	1.800	1.787	1.777	1.768	1.761	1.754	1.748	1.742
0.55	1.850	1.820	1.804	1.792	1.782	1.773	1.766	1.759	1.753	1.748
0.6	1.853	1.824	1.808	1.796	1.786	1.777	1.770	1.763	1.758	1.752
0.65	1.855	1.826	1.811	1.799	1.789	1.781	1.774	1.767	1.761	1.756
0.7	1.857	1.829	1.813	1.802	1.792	1.784	1.777	1.771	1.765	1.760
0.75	1.858	1.831	1.816	1.804	1.795	1.787	1.780	1.774	1.768	1.763
0.8	1.860	1.833	1.818	1.807	1.797	1.789	1.782	1.776	1.771	1.766
0.9	1.862	1.836	1.822	1.811	1.801	1.794	1.787	1.781	1.776	1.771
1	1.864	1.839	1.825	1.814	1.805	1.797	1.791	1.785	1.779	1.775
1.1	1.866	1.841	1.827	1.817	1.808	1.800	1.794	1.788	1.783	1.778
1.2	1.867	1.843	1.829	1.819	1.810	1.803	1.797	1.791	1.786	1.781
1.3	1.868	1.845	1.831	1.821	1.813	1.805	1.799	1.793	1.788	1.784
1.4	1.869	1.846	1.833	1.823	1.814	1.807	1.801	1.795	1.790	1.786
1.5	1.870	1.847	1.834	1.824	1.816	1.809	1.803	1.797	1.792	1.788
1.6	1.871	1.848	1.836	1.826	1.818	1.811	1.804	1.799	1.794	1.789
1.7	1.872	1.849	1.837	1.827	1.819	1.812	1.806	1.800	1.795	1.791
1.8	1.873	1.850	1.838	1.828	1.820	1.813	1.807	1.802	1.797	1.792
1.9	1.873	1.851	1.839	1.829	1.821	1.814	1.808	1.803	1.798	1.794
2	1.874	1.852	1.840	1.830	1.822	1.815	1.809	1.804	1.799	1.795
2.1	1.874	1.853	1.840	1.831	1.823	1.816	1.810	1.805	1.800	1.796
2.2	1.875	1.853	1.841	1.832	1.824	1.817	1.811	1.806	1.801	1.797
2.3	1.875	1.854	1.842	1.832	1.825	1.818	1.812	1.807	1.802	1.798
2.4	1.876	1.854	1.842	1.833	1.825	1.819	1.813	1.808	1.803	1.799
2.5	1.876	1.855	1.843	1.834	1.826	1.819	1.814	1.808	1.804	1.799
2.6	1.876	1.855	1.843	1.834	1.827	1.820	1.814	1.809	1.804	1.800
2.7	1.877	1.856	1.844	1.835	1.827	1.821	1.815	1.810	1.805	1.801
2.8	1.877	1.856	1.844	1.835	1.828	1.821	1.815	1.810	1.806	1.801
2.9	1.877	1.856	1.845	1.836	1.828	1.822	1.816	1.811	1.806	1.802
3	1.877	1.857	1.845	1.836	1.829	1.822	1.816	1.811	1.807	1.803
3.25	1.878	1.857	1.846	1.837	1.830	1.823	1.818	1.812	1.808	1.804
3.5	1.878	1.858	1.847	1.838	1.830	1.824	1.819	1.813	1.809	1.805
3.75	1.879	1.859	1.847	1.839	1.831	1.825	1.819	1.814	1.810	1.806
4	1.879	1.859	1.848	1.839	1.832	1.826	1.820	1.815	1.811	1.807

2.8 風壓係數與風力係數

計算建築物或地上獨立結構物主要風力抵抗系統之設計風力時，其所使用之風壓係數 C_p （封閉式或部分封閉式建築物用）及風力係數 C_f （開放式建築物用）見表 2.4 至 2.16。

【解說】

如不考慮動態效應，作用在封閉式或部分封閉式建築物上的風壓力為風速壓乘以風壓係數 C_p 。開放式建築物所受之風力則為風速壓乘以風力係數 C_f 及開放式建築物受風作用的特徵面積 A_e ， A_e 依其類型可分為實際表面面積及與風向垂直面上投影面積兩種。如考慮動態效應，則再乘以陣風反應因子。風壓係數與風力係數主要與建築物的幾何形狀有關，少數建築物則尚與風速有關，如圓形斷面之建築物或具有圓滑邊者(round edges)等。風壓係數與風力係數可由風洞試驗求得，本規範所用之 C_p 與 C_f 主要參考美國 ASCE 7 規範，同時亦參考澳洲 SAA 規範，及加拿大 NBC 規範等。利用本規範提供之風壓係數及風力係數大致可計算一般常見建築物之風力。

表 2.4 及 2.5 取自 ASCE 7-88 規範，提供設計建築物主要風力抵抗系統時，牆與屋頂所用之外風壓係數 C_p 。

表 2.6 亦取自 ASCE 7-88 規範，提供設計建築物主要風力抵抗系統時，拱形屋頂所用之外風壓係數 C_p 。

表 2.7 提供設計建築物主要風力抵抗系統時，雙斜式屋頂所用之外風壓係數 C_p 。

表 2.8 取自 SAA 規範，提供設計建築物主要風力抵抗系統時，鋸齒狀屋頂所用之外風壓係數 C_p 。

表 2.9 取自 ASCE 7-88 規範，提供開放式建築物之單斜式屋頂之風力係數 C_f 。計算設計風力所用的面積為屋頂面的面積。

表 2.10 取自 ASCE 7-88 規範，提供設計實體標示物所受風力時所用之風力係數 C_f 。說明如下：

1. 若風向垂直吹向標示物，且假設風壓均勻作用在整個標示物上，則其總風力垂直作用在幾何中心處。
2. 若風向傾斜吹向標示物，並假設風力垂直作用在面上，則其總風力垂直作用在幾何中心的高度，距迎風側邊為 0.3 倍之水平尺寸處。

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

圓形斷面構材或圓滑邊之構材、圓形斷面結構物，其風力係數 C_f 與雷諾數 Re

有關。 R_e 可表示為：

$$R_e = \frac{DV}{\nu} \quad (C2.11)$$

其中， D 為構材直徑， ν 為空氣運動粘滯係數。在 22°C ，1 大氣壓下， $\nu = 1.53 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ ，空氣密度 $1.20 \text{ kg}/\text{m}^3$ 。一旦雷諾數超過圓柱體的臨界雷諾數 R_e ，風力係數 C_f 會變小。圓柱體的臨界雷諾數 R_e 與其表面粗糙度有關， R_e 值約為 $2 \times 10^5 \sim$

4.5×10^5 。美國 ASCE 7-10 規範與加拿大 NBC 規範均以 $D\sqrt{q(z)}$ 代表 R_e ， $q(z)$

為風速壓，以 N/m^2 為單位，ASCE 7-10 規範以 $D\sqrt{q(z)} = 5.3$ 做為界分不同雷諾數下所對應的 C_f 值。當臨界雷諾數 R_e 訂為 4.5×10^5 ，本規範對應之臨界值：

$$D\sqrt{q(z)} = 1.53 \times 10^{-5} \cdot 4.5 \times 10^5 \cdot \sqrt{1.20/9.81/2} = 1.70 \quad (C2.12)$$

其中， $q(z)$ 為風速壓，以 kgf/m^2 為單位。

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

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

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

表 2.15 取自 ASCE 7-88 規範，提供設計方形高塔及三角形高塔所用之風力係數 C_f ，說明如下：

1. 對於拉固索式的高塔，其懸臂部分應以一般高塔之設計風力的 1.25 倍做為設計。
2. 選擇適當的 C_f 來決定作用在高塔附屬物，如梯子、電線、燈等之設計風力。

表 2.16 提供高塔拉固索之風力係數 C_f ，說明如下：

1. 拉固索所用的受風面積為弦長與拉固索直徑的乘積。
2. 作用在拉固索的風力在拉固索與風向形成的平面上，其中一個分量沿風向，另一力量與其垂直。

2.9 內風壓係數

內風壓係數 (GC_{pi}) 之值見表 2.17。對內含一大型無隔間區域之部分封閉式建築物而言, (GC_{pi}) 可乘上一折減係數 R_i , 其值依下式計算:

$$R_i = 0.5 \left[1 + \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{V_i}{6950A_{og}}}} \right] \leq 1.0 \dots\dots\dots(2.20)$$

式中, A_{og} 為建築表面總開口面積(m^2), V_i 為無隔間區域之內體積(m^3)。

【解說】

表 2.17 係參考 ASCE 7-02 而得, 由於內風壓與外風壓並非完全相關, 其值已作適當折減。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_{pi}) 為 ASCE 7-02 (GC_{pi}) 之 2.083 (=1.443 x 1.443) 倍。

對內含一大型無隔間區域之部分封閉式建築物而言, 內風壓之尖峰因子較小, 故 (GC_{pi}) 可乘上一折減係數 R_i 。

2.10 橫風向之風力

建築物或地上獨立結構物應以合理的方法考慮橫風向風力。

當建築物近似規則矩形柱體, 且 $h/\sqrt{BL} < 3$ 時, 得依式(2.21) 計算離地面高度 z 處橫風向風力 W_{Lz} 如下:

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

式中, W_{Dz} 為高度 z 處順風向風力, 依 2.2 節計算。

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

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

式中，

A_z 為離地面高度 z 處迎風面面積；

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

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

R_{LR} 為橫風向共振因子，可採用表 2.18 或依下式計算之：

$$R_{LR} = \frac{\pi S_L(n^*)}{4}$$

其中， $S_L(n^*)$ 為橫風向風力頻譜值，

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

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

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

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

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

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

$$\bar{k}_1 = 0.85 \quad ; \quad \bar{k}_2 = 0.02$$

$$\frac{L}{B} < 3 \text{ 時, } S=1 ; \quad \frac{L}{B} \geq 3 \text{ 時, } S=2$$

當建築物同時滿足以下各條件：(1) $h/\sqrt{BL} \geq 4$ 、(2) $V_h / f_a \sqrt{BL} > 8.3$ 時，應進一步檢核避免在設計風速內發生渦散頻率與建築物自然頻率接近而產生之共振及空氣動力不穩定現象，必要時應進行風洞試驗。

【解說】

幾何形狀近似規則且高寬比較大之建築物受風吹襲時，背風面會產生交替的渦散(vortex shedding)現象，致使建築物的橫向受不平衡風壓作用，產生橫向振動。渦散頻率 n ，通常由下式計算：

$$S = \frac{nB}{V} \quad (C2.15)$$

其中， V 為風速， B 為與風向垂直的建築物寬度， S 為史特赫數(Strouhal Number)。當建築物橫向之自然振動頻率 f_a 接近渦散頻率 n 時，便會發生結構共振。共振的振幅大時，會進一步產生鎖定(lock-in)現象，此時即使風速略增，但渦散頻率 n 仍會盯住 f_a ，致使建築物產生極大的簡諧振動，因此應設法避免。在不會產生共振及鎖定的情況下，建築物之橫向振動係屬隨機振動。此時應計算橫風向之風力，並與順風向風力合併作用。我國橫風向風力參考日本建築學會之設計風力相關建議條文(AIJ-2004)。橫風向風力之相關規定如下：

(1) 建築物或地上獨立結構物為矩形柱體：

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

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

(c) 矩形斷面建築物符合下列條件： $h/\sqrt{BL} \geq 4$ 且 $V_h / f_a \sqrt{BL} > 8.3$ (史特赫數 0.1，安全係數 1.2) 時，應進一步檢核避免在設計風速內發生渦散頻率與建築物自然頻率接近而產生之共振及空氣動力不穩定現象，必要時應進行風洞試驗。

(2) 建築物為圓柱體：

(a) 圓柱斷面建築物滿足 $h/D \geq 7$ 與 $V_h / f_a D > 4.2$ (史特赫數 $S=0.2$ ，安全係

數 1.2) 時，應依據式(C2.16)考慮建築物因渦散共振引起的橫風向風力。

$$W_{rz} = 0.8\rho U_r^2 C_r \frac{Z}{h} A \quad (C2.16)$$

W_{rz} ：為高度 z (m) 之橫風向風力(N)；

ρ ：為空氣密度(=1.20 kg/m³)；

$U_r = 5f_a D_m$ 為渦散共振風速；

D_m ：為 $2/3 h$ 高度處之圓柱直徑；

C_r ：為渦散共振之風力係數，如下表；

A ：為高度 z 處之投影面積。

$U_r D_m$ (m ² /s)	$\rho_f \sqrt{\beta} < 0.5$	$\rho_f \sqrt{\beta} \geq 0.5$
$U_r D_m < 3$ (亞臨界流 $Re < 2 \times 10^5$)	$\frac{1.3}{\sqrt{\beta}} + \frac{0.15}{\beta} \frac{\rho}{\rho_f}$	$\frac{1.7}{\sqrt{\beta}}$
$3.0 \leq U_r D_m < 6.9$ (臨界流 $2 \times 10^5 \leq Re < 4.5 \times 10^5$)	線性內插	線性內插
$6.9 \leq U_r D_m$ (超臨界流 $4.5 \times 10^5 \leq Re$)	$\frac{0.53}{\sqrt{\beta}} + \frac{0.02}{\beta} \frac{\rho}{\rho_f}$	$\frac{0.57}{\sqrt{\beta}}$

表中，

β ：為基本振態之阻尼比

$\rho_f = M/(hD_m D_B)$ 為建築物密度(kg/m³)；

M ：為建築物質量(kg)

D_B ：為建築物基底直徑(m)

(b) 當 $V_h L \geq 6$ (m²/s)，則圓柱斷面建築物的橫風向風力，可用式(2.22)計算，其

中 $C_L' = 0.06$ ； $S = 1$ ； $\bar{k}_1 = 0.9$ ； $n_1 = 0.15$ ； $\beta_1 = 0.2$ 。

2.11 作用在建築物上之扭矩

建築物或地上獨立結構物應以合理的方法考慮風力造成的扭矩。

當建築物近似規則矩形柱體，且 $h/\sqrt{BL} < 3$ 時，得依照式(2.23) 計算高度 z 處扭轉向風力 M_{Tz} 如下：

$$M_{Tz} = 0.28(BW_{Dz})^* \dots\dots\dots (2.23)$$

式中， $(BW_{Dz})^*$ 為各向來風高度 z 處順風向風力與迎風面寬度乘積之較大值，所得之設計扭矩適用於各向來風。

當建築物近似規則矩形柱體，同時滿足以下各條件：
 (1) $3 \leq h/\sqrt{BL} \leq 6$ 、(2) $0.2 \leq L/B \leq 5$ 、(3) $V_h/(f_t \sqrt{BL}) \leq 10$ 時，得依照式(2.24) 計算建築物離地面高度 z 處扭轉向風力 M_{Tz} ：

$$M_{Tz} = 1.8q(h)C'_T A_z B \frac{Z}{h} g_T \sqrt{1 + \frac{1}{\beta} R_{TR}} \dots\dots\dots (2.24)$$

式中， f_t 為建築物扭轉向基本自然頻率，

$$g_T = \sqrt{2 \ln(3600 f_t)} + \frac{0.577}{\sqrt{2 \ln(3600 f_t)}}$$

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

R_{TR} 為扭矩共振因子，可採用表 2.19 或依下式計算之：

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

其中，

$$K_T = \begin{cases} \frac{-1.1 \left(\frac{L}{B} \right) + 0.97}{\left(\frac{L}{B} \right)^2 + 0.85 \left(\frac{L}{B} \right) + 3.3} + 0.17 & ; U^* \leq 4.5 \\ \frac{0.077 \left(\frac{L}{B} \right) - 0.16}{\left(\frac{L}{B} \right)^2 - 0.96 \left(\frac{L}{B} \right) + 0.42} + \frac{0.35}{\left(\frac{L}{B} \right)} + 0.095 & ; 6 \leq U^* \leq 10 \end{cases}$$

$$\beta_T = \begin{cases} \frac{\left(\frac{L}{B}\right) + 3.6}{\left(\frac{L}{B}\right)^2 - 5.1\left(\frac{L}{B}\right) + 9.1} + \frac{0.14}{\left(\frac{L}{B}\right) + 0.14} + 0.14 & ; U^* \leq 4.5 \\ \frac{0.44\left(\frac{L}{B}\right)^2 - 0.0064}{\left(\frac{L}{B}\right)^4 - 0.26\left(\frac{L}{B}\right)^2 + 0.1} + 0.2 & ; 6 \leq U^* \leq 10 \end{cases}$$

$U^* = \frac{V_h}{f_t \sqrt{BL}}$ 為無因次風速， L_{BL} 為 B 與 L 中之大值。

當 $4.5 < U^* < 6$ 時， R_{TR} 值計算如下：

$$R_{TR} = R_{4.5} \exp\left(3.48 \ln\left(\frac{R_6}{R_{4.5}}\right) \ln\left(\frac{U^*}{4.5}\right)\right)$$

其中， $R_{4.5}$ 與 R_6 分別為 U^* 為 4.5 與 6.0 時之 R_{TR} 值。

【解說】

一個具有對稱斷面，無偏心距的建築物，也會由於非對稱風壓而引起扭轉振動。我國風力規範之扭矩相關規定係參考日本建築學會之設計風力相關建議條文(AIJ-2004)而訂定。一個矩形柱體且無偏心的建築物之設計扭矩相關規定如下：

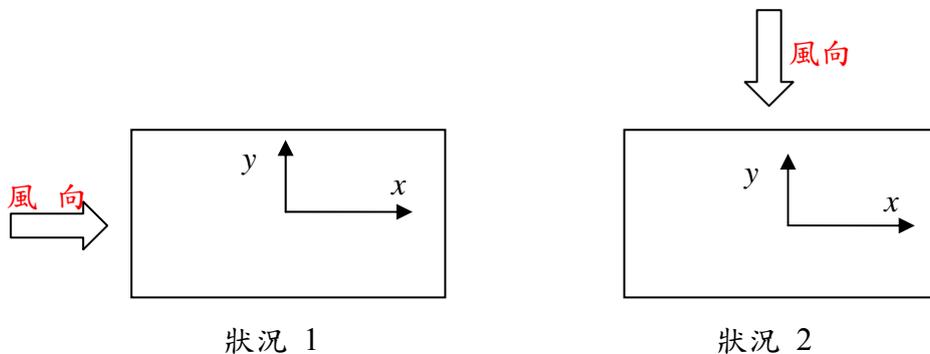
- (a) 矩形斷面建築物之高寬比小於 3 ($h/\sqrt{BL} < 3$)，其設計扭矩受到來風紊流的影響很大，渦散特性較不明顯，與高寬比較大之建築物有明顯差異，設計扭矩依規範 2.11 節式(2.23)計算之。
- (b) 矩形斷面建築物滿足高寬比介於 3 至 6 之間 ($3 \leq h/\sqrt{BL} \leq 6$)，斷面深寬比介於 0.2 至 5 之間 ($0.2 \leq L/B \leq 5$)，無因次風速小於 10 ($V_h/(f_o \sqrt{BL}) \leq 10$) 時，其設計扭矩依規範 2.11 節式(2.24)計算之。

2.12 建築物設計風力之組合

建築物同時受到順風向風力、橫風向風力與扭轉向風力的作用，但三種作用風力的最大值並不一定同時發生。設計時應對考量的來風方向，分別計算並組合其所對應的順風向、橫風向以及扭轉向設計風力，作為該來風方向的設計風力組合。

【解說】

建築物所受的最大順風向、橫風向與扭轉向風力並不會在相同風向發生，應分別考慮不同風向的影響。以下圖中矩形斷面建築結構為例，若各風向下之地況與地形相同，應分別將 x 風向與 y 風向所產生的順風向、橫風向與扭轉向風力組合為二個載重組合，進行結構分析。設計時以二個載重組合計算結果之較大值為設計依據，為了考慮順風向與橫風向載重對於某些構件具有相同方向效應，如邊角柱的軸向力，可將三個風向的動態部分結構效應以平方和開根號 (SRSS) 方式組合。本規範之設計風載重不包含建築物質量中心與勁度中心不一致的偏心效應，施加载重時，順風向與橫風向之合力應通過建築物斷面之幾何中心為原則。



(一) 載重組合 1：{ W_{Dx} , W_{Lx} , W_{Tx} }

W_{Dx} ：x 風向之順風向設計風力

W_{Lx} ：x 風向之橫風向設計風力

W_{Tx} ：x 風向之扭轉向設計風力

(二) 載重組合 2：{ W_{Dy} , W_{Ly} , W_{Ty} }

W_{Dy} ：y 風向之順風向設計風力

W_{Ly} ：y 風向之橫風向設計風力

W_{Ty} ：y 風向之扭轉向設計風力

構件設計效應：

$$W = \max\{W_1, W_2\}$$

W_1 為載重組合 1 之結構效應， W_2 為載重組合 2 之結構效應。

$$W_{1,2} = \bar{W}_D + \sqrt{(\hat{W}_D - \bar{W}_D)^2 + (|\hat{W}_L| + |\hat{W}_T|)^2}$$

\hat{W}_D 為順風向設計風力所造成的結構效應， \bar{W}_D 為順風向平均風力所造成的

結構效應， \hat{W}_L 為橫風向設計風力所造成的結構效應， \hat{W}_T 為扭轉向設計風力所造成的結構效應。

如考慮設計程式進行載重組合時難以處理開根號的問題，上述風力組合在順風向動態風力效應與橫風向風力及扭轉向風力動力效應之和大小相近時，可處理如下：

$$W_{1,2} = \hat{W}_D \left\{ \left(\frac{1}{1.128\bar{G}} \right) + 0.7 \left(\frac{1.128\bar{G} - 1}{1.128\bar{G}} \right) \right\} + 0.7(\hat{W}_L + \hat{W}_T)$$

式中，普通建築物 $\bar{G} = G$ ，柔性建築物 $\bar{G} = G_f$ 。

順風向動態風力效應與橫風向風力及扭轉向風力動力效應之和大小相差較大時，設計人應考慮適當之係數將其線性化。

2.13 低矮建築物設計風力計算式

同時滿足以下各條件：（1）高度(h)小於 18 公尺、（2） $h/\sqrt{BL} < 3$ 、（3） $0.2 \leq L/B \leq 5$ 之近似矩形斷面、封閉式或部分封閉式剛性樓版建築物，若其外牆、斜屋頂和屋頂女兒牆之個別迎風面面積和對應之背風面面積相近，得依本節規定，分別計算外牆、斜屋頂及屋頂女兒牆所應承受之順風向、橫風向及扭轉向設計風力。

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

2.13.1 順風向設計風力計算式

(1) 離地面高度 z 處外牆承受之順風向風力 S_{Dz} 依下式計算：

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

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

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

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

(3)若為斜屋頂，其承受之水平向風力及鉛直向風力依下式計算：

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

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

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

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

(4)屋頂女兒牆之設計風力 S_{pL} 依下式計算：

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

式中， $K_{zt}(h_p)$ 為屋頂女兒牆頂端 $z = h_p$ 處之地形係數，若無特殊地形， $K_{zt}(h_p) = 1$ ；若有特殊地形，依 2.6 節之規定計算。 A_p 為屋頂女兒牆迎風面面積。

2.13.2 橫風向設計風力計算式

建築物離地面高度 z 處之橫風向風力 S_{Lz} ，計算如下：

$$S_{Lz} = \left(0.6 \frac{L}{B} + 0.05\right) S_{Dz} \dots\dots\dots (2.29)$$

2.13.3 扭轉向設計風力計算式

建築物離地面高度 z 處之扭轉向風力 S_{Tz} ，計算如下：

$$S_{Tz} = 0.21(BS_{Dz})^* \dots\dots\dots (2.30)$$

其中， $(BS_{D_z})^*$ 為各向來風高度 z 處順風向風力 S_{D_z} 與迎風面寬度乘積之較大值，所得之 S_{T_z} 適用於各向來風。

【解說】

本節低矮建築物順風向設計風力計算式，主要以式(2.1)和式(2.3)為基礎，針對高度小於 18m、 $h/\sqrt{BL} < 3$ 且 $0.2 \leq L/B \leq 5$ 之近似矩形斷面、封閉式或部分封閉式剛性樓版建築物，若其外牆、斜屋頂和屋頂女兒牆之個別迎風面面積和對應之背風面面積相近，考慮 G 的保守值，合成迎風面風力和背風面風力，可得式(2.25)。

橫風向設計風力計算式，主要以式(2.21)和式(2.25)為基礎，針對高度小於 18m、 $h/\sqrt{BL} < 3$ 且 $0.2 \leq L/B \leq 5$ 近似矩形斷面建築物，計算橫風向風力和順風向風力之比值，再以回歸分析求得式(2.29)。

扭轉向設計風力計算式，主要以式(2.23)和式(2.25)為基礎，針對高度小於 18m、 $h/\sqrt{BL} < 3$ 且 $0.2 \leq L/B \leq 5$ 近似矩形斷面建築物，來計算扭轉向風力和順風向風力之比值，以求得式(2.30)。