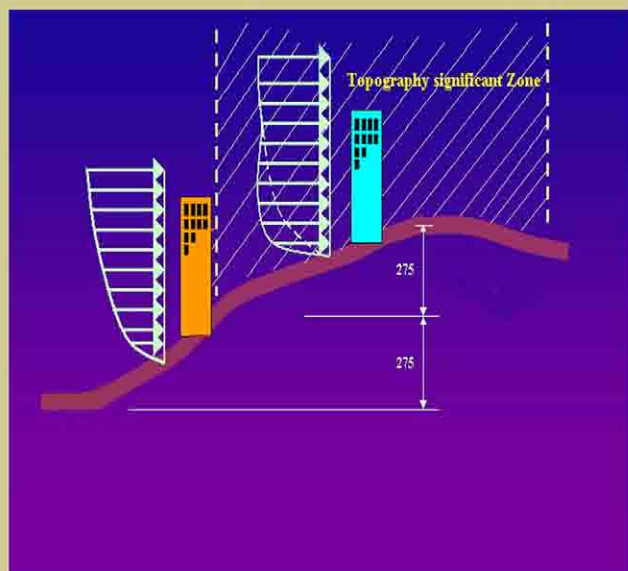
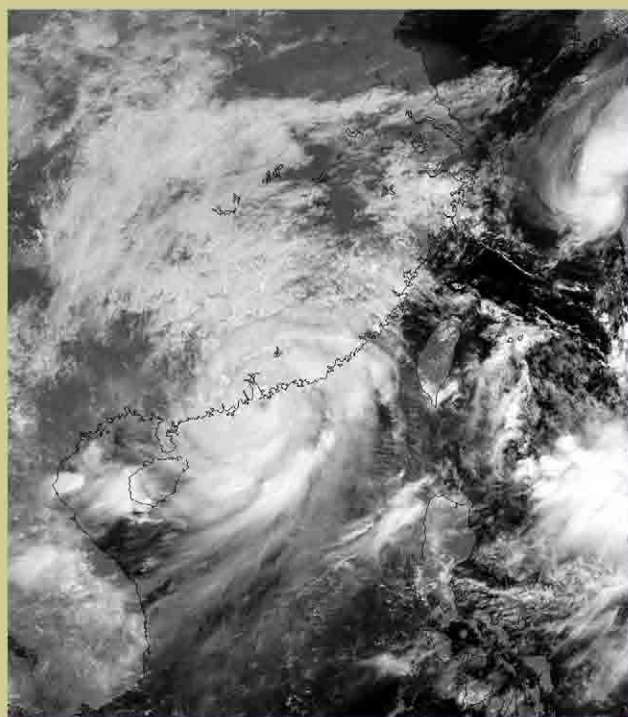


香港風力效應作業守則

2004年



香港風力效應作業守則

2004 年



初版：2004年12月

撰寫：屋宇署
香港九龍旺角
彌敦道750號
始創中心12-18樓

如要購買本刊物，可親臨或致函：

香港中環花園道
美利大廈4樓402室
政府新聞處
刊物銷售小組
傳真：(852)25237195

或：

- 致電政府新聞處刊物銷售小組：(852)25371910
- 瀏覽香港特別行政區政府網上書店：<http://bookstore.esdlife.com>
- 從政府新聞處網頁 <http://www.isd.gov.hk> 下載訂購表格，並在網上或透過傳真（(852) 25237195）訂購
- 以電郵向政府新聞處訂購：puborder@isd.gov.hk

前 言

《香港風力效應作業守則 - 2004 年》(以下簡稱為《守則》)是在檢討風力效應專責委員會指導下完成的，以取代《香港風力效應作業守則 - 1983 年》。

本《守則》引入若干新概念，這些概念與了解構築物對風力反應的發展，以及本港量度所得的新風速記錄一致。

本《守則》作出的主要改動，是因為我們認識到風活動隨時間而變動的本質。因此，本《守則》相應加入了共振動力反應的評估，並對評估風力的平均值及湍流風特性提供指引。

關於評估共振動力反應，本《守則》提供一個指標，以衡量應否考慮共振動力效應。如需要考慮該效應，本《守則》載有若干新評估元素，使估計動力反應可以更加準確。這些元素包括估計湍流強度、阻尼、自然頻率及其他風能參數描述符。如共振動力反應並不顯著，風力效應的評估大致與《香港風力效應作業守則 - 1983 年》相若。

《香港風力效應作業守則 - 1983 年》所採用的兩類地勢，在本《守則》已改為一個單一的概括地勢。本《守則》並就地形對局部受風範圍的影響提供新的指引。

本《守則》亦就風洞測試作出新指引，有關指引是參照多個國家的研究結果和其他國際風力守則訂定的。

鳴 謝

本《守則》得以完成，全賴 林傑明博士、Professor Alan Jeary、Ir. J. MacArthur、盧家龍工程師、黃傑生工程師、李炳均工程師、王志超工程師和 徐憶中工程師，以及檢討風力效應專責委員會主席 張國明工程師在百忙中抽出時間和付出努力，審閱書稿，謹此致謝。

《守則》的初稿已傳閱於選定的執業工程師、建築界專業人士和政府部門，並徵求意見。擬備本《守則》的定稿時，我們已考慮各界人士所表達的意見。

封面的雲層影像原為日本氣象廳以地球同步氣象衛星（GMS-5）攝得的雲圖。感謝香港天文台提供此幀照片。

	頁 數
1. 範圍	1
2. 定義	1
3. 風荷載計算	2
4. 設計風壓	2
5. 建築物承受風力	3
6. 建築物構件承受風力	4
7. 動力效應	4

附 錄

A. 風洞測試的必要規定	6
B. 重現期多於 50 年的倍增因數	8
C. 地形因數	9
D. 力系數	13
E. 個別構件總壓力系數 C_p	16
F. 動力分析	18

1. 範圍

- 1.1 本《守則》就如何計算風荷載提供一般方法，俾能在建築物或建築物某些部分的結構設計中使用。本《守則》並不適用於形狀獨特的建築物或所在地點因複雜地形對風力狀況有不利影響的建築物。如能獲得參照建築物附近環境而建立的風洞測試數據，這些數據則可用以替代本《守則》所載的數值。風洞測試的必要規定載於附錄 A。
- 1.2 本《守則》的設計風壓是根據重現期為 50 年的時均風速及最高陣風風速釐定的。如建築物須有較長的受風期，其設計風壓須根據 50 年以上重現期的風速釐定。附錄 B 載有重現期多於 50 年設計風壓的倍增因數。
- 1.3 除第 4.3 及第 7.4 條款所述建築物外，建築物的設計風壓不得根據重現期少於 50 年的風速釐定。

2. 定義

以下定義在本《守則》內適用：

“建築物”（building）指《建築物條例》第 2 條所界定的建築物。

“寬度”（breadth）指與風向成直角的建築物水平尺寸。

“深度”（depth）指與風向平行的建築物水平尺寸。

“正面投影面積”（frontal projected area）指與風向成直角平面上投影的建築物面積。

“高度”（height）指由貼鄰建築物的地面水平之上至建築物頂部的高度。建築物頂部的柱杆或其他附建物不應計算在內。

3. 風荷載計算

- 3.1 除非建築物有明顯共振動力反應，否則建築物或建築物某些部分的設計風力應按第 4、5、6 部分計算。
- 3.2 有明顯共振動力反應的建築物較那些表現基本屬靜態的建築物需要更詳盡分析。
- 3.3 就本《守則》而言，建築物如具備以下其中一項特性，可視作有明顯共振動力反應；如能證明建築物的基本固有頻率高於 1 Hz ，則作別論：-
- (a) 高度多於最小水平尺寸的五倍。
 - (b) 建築物的高度多於 100 m。

這裡所指的最小水平尺寸應為包圍建築物主要垂直結構構件矩形範圍的最小尺寸。

- 3.4 有明顯共振動力反應的建築物，其順風力應按第 7 部分予以評估。

4. 設計風壓

- 4.1 除第 4.3 條款的規定外，在高度 z 的設計風壓 q_z 須為表 1 所載的數值。
- 4.2 如果地形有明顯起伏，設計風壓應乘以地形因數，該地形因數乃按附錄 C 評估。
- 4.3 如屬臨時建築物或某些存在不超逾一年時間的建築物，則可選取設計風壓為不少於表 1 所列風壓的百分之七十。
- 4.4 不可將其他構築物或天然特徵所形成的一般或特殊遮護計算在內。

表1：設計風壓

地盤地面水平以上的高度	設計風壓 q_z (kPa)
≤ 5m	1.82
10 m	2.01
20 m	2.23
30 m	2.37
50 m	2.57
75 m	2.73
100 m	2.86
150 m	3.05
200 m	3.20
250 m	3.31
300 m	3.41
400 m	3.58
≥ 500 m	3.72

註：如高度介乎兩個數值之間，可以按直線插值法計算。

5. 建築物承受風力

5.1 建築物承受的總風力 F 須設定為對建築物有效投影面積施加的壓力總和，並以下列方程式釐定：

$$F = C_f \sum q_z A_z \dots\dots\dots (1)$$

其中 C_f 代表建築物的力系數，按照附錄 D 釐定；

q_z 代表在高度 z 的設計風壓，按照第 4 部分釐定；及

A_z 代表與 q_z 對應的建築物部分的有效投影面積。

5.2 一幢圍封式建築物的有效投影面積應為正面投影面積。至於開敞式構架建築物如招牌構架和格子形搭架的有效投影面積，應為與風向成直角的平面上所有構件的總投影面積。

5.3 每幢建築物均須設計每個關鍵方向的風壓效應。

6. 建築物構件承受風力

6.1 個別構件，如牆壁、屋頂、覆蓋層或開敞式構架構築物的構件，所承受與構件成直角的總風力 F_p 該以下列方程式釐定：

$$F_p = C_p q_z A_m \dots\dots\dots (2)$$

其中 C_p 代表個別構件的總壓力系數，按照附錄 E 釐定；

q_z 代表與構件高度 z 對應的設計風壓，按照第 4 部分釐定；及

A_m 代表構件的表面面積。

6.2 除開敞式構架構築物構件外，建築物底部的設計風壓 q_z 須為一個固定數值。這固定數值出現的高度範圍相等於建築物的寬度或建築物的實際高度，以較小者為準。該固定數值應視作在這高度的設計風壓。

7. 動力效應

7.1 有明顯共振動力反應的圍封式建築物，其承受的總順風力 F 該以下列方程式釐定：

$$F = G C_f \overline{q}_z A_z \dots\dots\dots (3)$$

其中 G 代表動力放大因數，按照附錄 F 釐定；

C_f 代表構築物的力系數，按照附錄 D 釐定；

\overline{q}_z 代表於表 2 高度 z 的設計時均風壓；及

A_z 代表有關建築物部分的有效投影面積，該部分與 \overline{q}_z 對應。

- 7.2 有明顯共振動力反應的建築物的個別構件，如牆壁、屋頂、覆蓋層或開敞式構架構築物的組件所承受的力度和壓力須按第 6 部分釐定。

表 2：設計時均風壓

地盤地面水平以上的高度	設計時均風壓 $\overline{q_z}$ (kPa)
≤ 5 m	0.77
10 m	0.90
20 m	1.05
30 m	1.15
50 m	1.28
75 m	1.40
100 m	1.49
150 m	1.63
200 m	1.74
250 m	1.83
300 m	1.90
400 m	2.03
≥ 500 m	2.13

註：如高度介乎兩個數值之間，可以按直線插值法計算。

- 7.3 如地形有明顯起伏，設計時均風壓便應乘以地形因數，該地形因數乃按附錄 C 評估。
- 7.4 如屬臨時建築物或某些存在不超逾一年時間的建築物，則可選取設計時均風壓為不少於表 2 所列風壓的百分之七十。
- 7.5 不可將其他構築物或天然地勢所形成的一般或特殊遮護計算在內。
- 7.6 有明顯共振動力反應的開敞式構架建築物或基本固有頻率少於 0.2 Hz 的建築物、或有明顯側風共振反應／扭力共振反應的建築物，其共振動力效應須根據已發表文獻的建議及／或透過進行動力風洞模型研究予以測定。這類建築物的總反應通常會以三個基本震動模式的反應組合計算。

附錄 A：風洞測試的必要規定

A1. 靜態構築物

- (a) 模擬天然風的時均風速和湍流強度須考慮隨高度出現的變化，並適合該地盤。
- (b) 量度儀器及其反應特徵須切合所規定的荷載。
- (c) 量度必須能釐定最高風荷載，並同時符合本《守則》的原意。

A2. 動態構築物

如有明顯共振動力反應，除須符合有關靜態構築物的規定外，還須按照公認的尺寸比例原則，準確標示（實質上或數學上的）質量分布和剛度，以及恰當反映結構的阻尼作用。

A3. 地形模擬

如建築物的荷載會受局部地形的顯著影響，可進行小型風洞測試或根據已發布的可靠數據來評定風力特性的效應。

A4. 鄰近景物模型

如建築物的荷載顯著地受到周圍建築物或地形特徵的影響，則必須在風洞測試中加入該等鄰近景物的模型。如因局部地形太大而未能在模型中合理顯示，則應如第 A3 條款所述計算其效應。如建築物明顯被某幢毗鄰建築物或周圍建築物遮擋，則應同時考慮這些建築物移除後的效果。

A5. 模型比例限制

風洞測試採用的幾何比例和速度比例應符合最小雷諾數的規定。就帶有尖角的建築物模型而言，根據建築物寬度計算的雷諾數不得少於 1×10^4 。一般的準則是建築物模型比例通常不可少於 1:500，而測試風速必須高於實際風速的百分之十。

就易受雷諾數效應影響的圓形建築物而言，這些條件可能並不足夠，或須取得進一步資料，以證明測試條件的合適性。

除非使用有耐阻塞的風洞，否則風洞的阻塞通常應少於百分之十。如阻塞超逾百分之十，則須使用特別的方式來修正阻塞。

A6. 風剖面 and 設計風壓

在風洞內，在移除鄰近景物及測試模型後，風洞內的時均風速和湍流強度隨高度出現的變化應近似（根據合適的幾何比例和速度比例按比例增大後）附錄 F 所列的實比時均風速和湍流強度。

風洞數值 and 實比數值應予調校，使風洞測試中參考高度的最高陣風風壓與表 1 所載的設計風壓相符。所採用的參考高度通常須是 90 m（實比的）或相當於建築物高度的三分之二，以較大者為準。

如按第 A3 條款模擬地形的影響，建築物模型測試應採用由小型地形模型所釐定的風剖面。

為方便對照，風洞的最高陣風風壓應計算如下：

$$q = 1/2 \rho \bar{v}^2 (1+3.7 I)^2$$

$$\rho = \text{空氣密度} = 1.2 \text{ kg/m}^3$$

$$\bar{v} = \text{時均風速}$$

$$I = \text{湍流強度}$$

附錄 B：重現期多於 50 年的倍增因數

本《守則》所列的設計風壓乃按 50 年重現期的時均風速和最高陣風風速釐定。受風期多於 50 年的建築物，其承受的設計風壓須乘以下列因數：-

$$\left(\frac{5 + \ln(R)}{5 + \ln(50)} \right)^2$$

其中 R 為受風年期。

附錄 C：地形因數

C1. 就本《守則》而言，如地盤位於圖 C1 所界定的地形明顯起伏區內，其局部地形的起伏便屬於明顯。

C2. 有關地形尺寸的定義載於圖 C2。
有效坡度 α_e 和有效坡長 L_e 均以下列尺寸界定：

(a) 逆風緩坡， $0.05 < \alpha_u < 0.3$ ：

$$\alpha_e = \alpha_u \text{ 及 } L_e = L_u$$

(b) 逆風陡峭坡， $\alpha_u > 0.3$ ：

$$\alpha_e = 0.3 \text{ 及 } L_e = H/0.3$$

C3. 當地形有明顯起伏，在高度 z 的設計風壓須乘以該高度的地形因數 S_a 。在地盤地面水平以上高度 z 的地形因數 S_a 須以下列方程式釐定：-

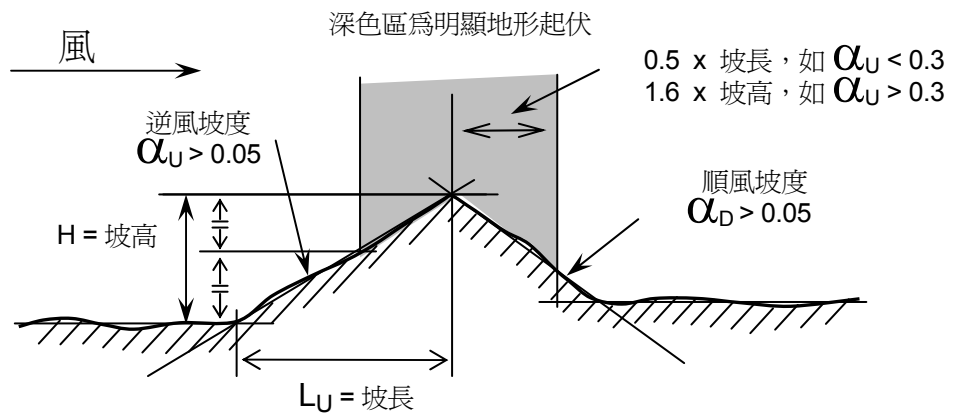
$$S_a = (1 + 1.2 \alpha_e \cdot s)^2$$

其中 α_e 為第 C2 條款所界定地形特徵的有效坡度。

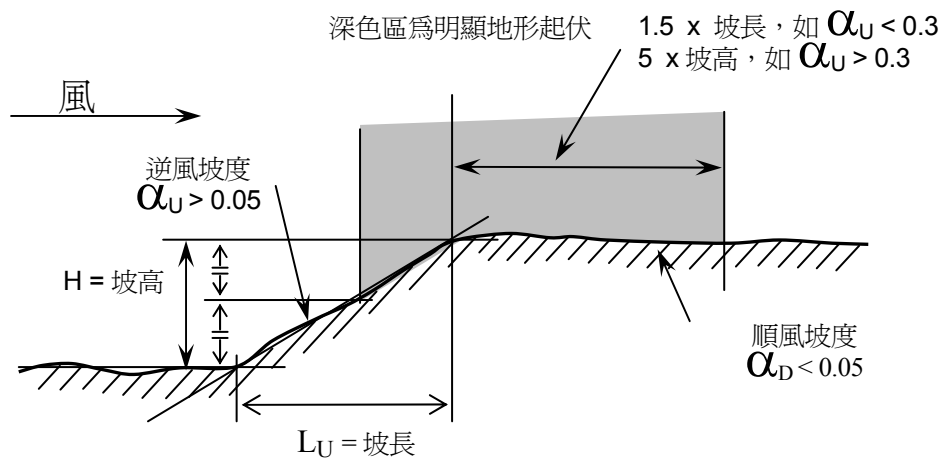
s 為地形位置因數，山丘和山脊的相關數值載於圖 C3，懸崖和陡坡的相關數值載於圖 C4。

C4. 如地形複雜，應徵求專家意見及／或進行風洞模型測試。

鳴謝：附錄 C 的圖 C1、C2、C3、C4 均按照節錄自英國標準的數字加以修改。有關節錄已得到英國標準協會（BSI）許可（許可證號碼：2002/SK0004）。英國標準可向英國標準協會顧客服務部（BSI Customer Services）索取（地址：389 Chiswick High Road, London W4 4AL, United Kingdom；電話：+44(0)2089969001）。

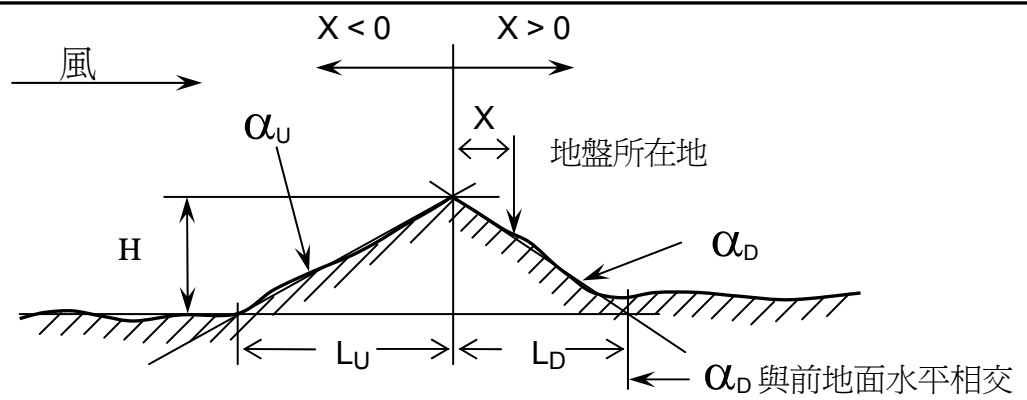


a) 山丘和山脊（逆風坡度 > 0.05 ；順風坡度 > 0.05 ）

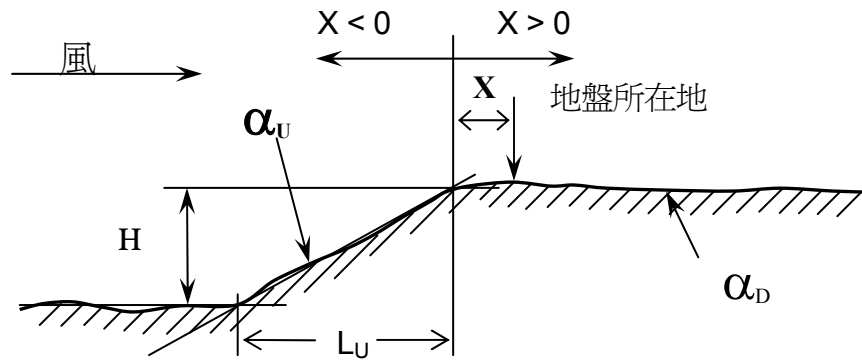


b) 陡坡（ $0.3 >$ 逆風坡度 > 0.05 ；順風坡度 < 0.05 ）和懸崖（逆風坡度 > 0.3 ；順風坡度 < 0.05 ）

圖 C1 明顯地形起伏的定義



a) 山丘和山脊 ($\alpha_U > 0.05$, $\alpha_D > 0.05$)



b) 陡坡 ($0.3 > \alpha_U > 0.05$, $\alpha_D < 0.05$) 和懸崖 ($\alpha_U > 0.3$, $\alpha_D < 0.05$)

圖例

- L_D 朝風向的順風坡長
- L_U 朝風向的逆風坡長
- X 地盤與坡頂的水平距離
- H 斜坡的有效高度

α_U 朝風向的逆風坡度 H/L_U

α_D 朝風向的順風坡度 H/L_D

圖 C2 地形尺寸的定義

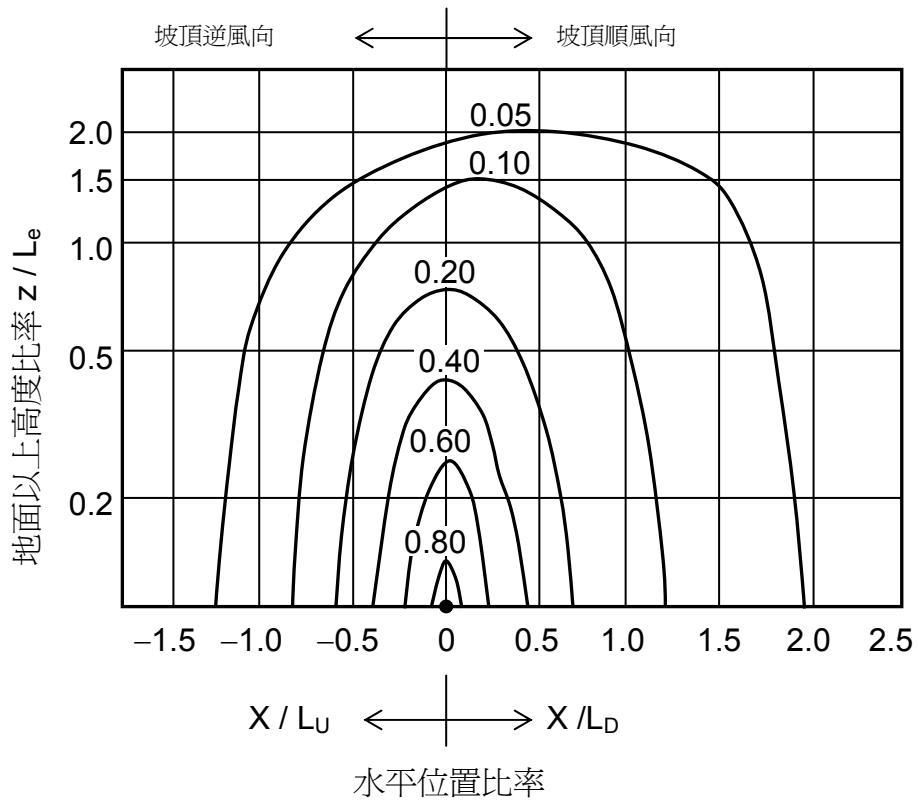


圖 C3 山丘和山脊的地形位置因數 s

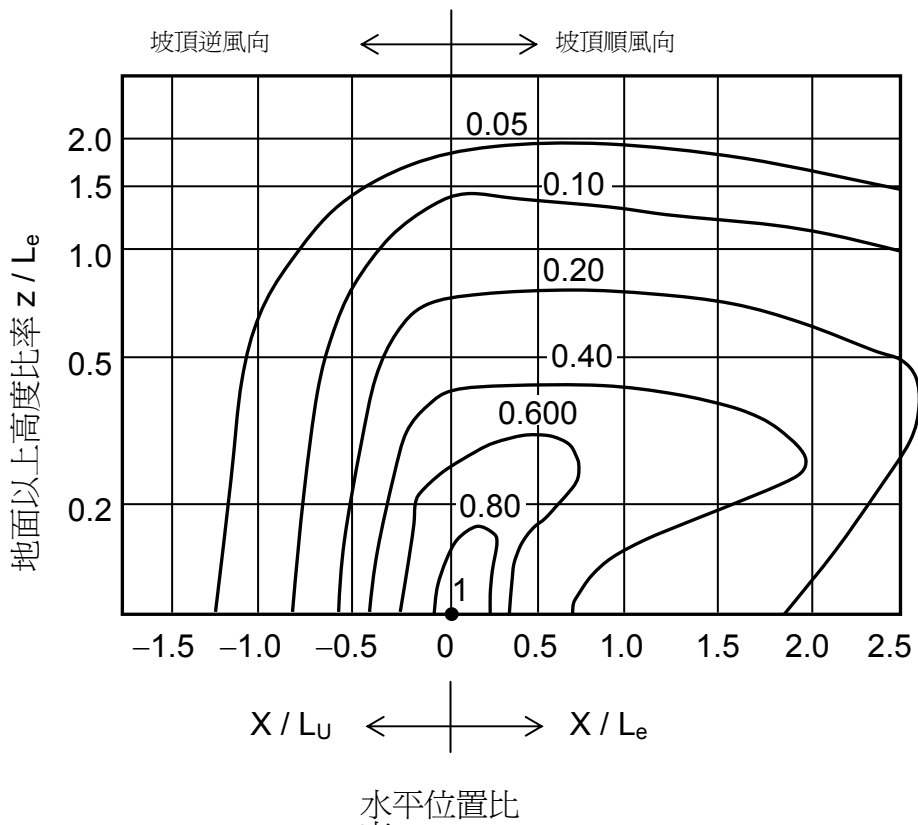


圖 C4 懸崖和陡坡的地形位置因數 s

附錄 D：力系數

D1. 圍封式建築物

D1.1 圍封式建築物的力系數 C_f 應為：-

- (a) 高度狀況因數 C_h 乘以形狀因數 C_s ，兩者分別載於表 D1 及表 D2；或
- (b) 建築事務監督接受的其他國際守則所指明的合適值。

D1.2 在下述情況，力系數應使用於整幢圍封式建築物：

- (a) 如建築物有獨立大樓伸出一般屋頂水平之上，便應採用與每座大樓高度及形狀對應的個別力系數。
- (b) 如建築物由多個以伸縮縫分隔類似的相連構築物組成，力系數便應使用於整幢建築物。

D1.3 如建築物中受 C_f 影響部分的正面投影面積大於 500 m^2 ，可將按第 D1.1 條款釐定的力系數乘以表 D3 所載的折減系數 R_A 。該折減系數不得應用於按第 7 部分計算的總風力。

D2. 開敞式構架建築物

D2.1 開敞式構架建築物的力系數 C_f 應為：

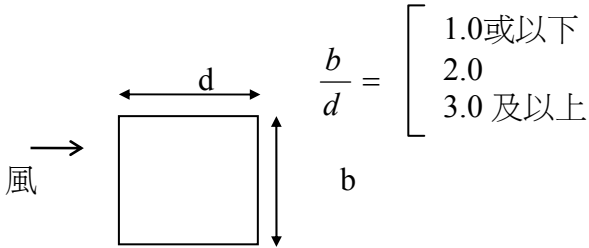
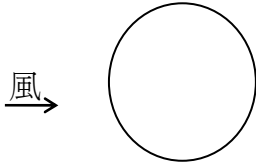
- (a) 表 D4 所載的數值；或
- (b) 建築事務監督接受的其他國際守則所指明的合適值。

表 D1：截面形狀大概一致的圍封式建築物的高度狀況因數 C_h

高度 寬度	高度狀況因數 C_h
1.0 或以下	0.95
2.0	1.0
4.0	1.05
6.0	1.1
10.0	1.2
20.0 及以上	1.4

註：可用直線插值法以求得中間值。

表 D2：截面形狀大概一致的圍封式建築物的形狀因數 C_s

一般平面形狀	形狀因數 C_s
<p>矩形</p>  <p>風 →</p> <p>$\frac{b}{d} = \begin{cases} 1.0 \text{ 或以下} \\ 2.0 \\ 3.0 \text{ 及以上} \end{cases}$</p>	<p>$\left. \begin{matrix} 1.0 \\ 1.1 \\ 1.3 \end{matrix} \right\} \text{ 用直線插值法}$</p>
<p>圓形</p>  <p>風 →</p>	0.75
其他形狀	圍封矩形在朝風向的 C_s 值

註：當建築物因其實際形狀關係，而容易受不與建築物表面成直角的風力影響，則應考慮對角風力效應和扭力風力效應。

表 D3：根據正面投影面積釐定的圍封式建築物的折減系數 R_A

正面投影面積 m^2	折減系數 R_A
500 或以下	1.00
800	0.97
1 000	0.96
3 000	0.92
5 000	0.89
8 000	0.86
10 000	0.84
15 000 及以上	0.80

註：1. 可用直線插值法以求得中間值。

表 D4：開敞式構架建築物的力系數 C_f

密實度比 ϕ	力系數 C_f
0.01	2.0
0.1	1.9
0.2	1.8
0.3	1.7
0.4	1.7
0.5	1.6
0.8	1.6
0.9	1.8
1.0	2.0

註：1. 密實度比 ϕ 等於開敞式構架建築物的有效投影面積除以與風向成直角構架邊界所圍封的面積。

2. 可用直線插值法以求得中間值。

附錄 E：個別構件總壓力系數 C_p

E1. 在一幢圍封式建築物的特定區域，其個別構件的總壓力系數 C_p ：-

- (a) 如在強烈風暴吹襲期間，而建築物出現顯著孔洞的可能性極低，便應為表 E1 所載的數值；及
- (b) 如在強烈風暴吹襲期間，而建築物有可能出現顯著孔洞，便應按建築事務監督接受的已公布資料或經風洞模型研究來釐定有關數值。

E2. 開敞式構架建築物個別構件的總壓力系數 C_p 應為：-

- (a) 2.0；或
- (b) 建築事務監督接受的其他國際守則所指明的合適值。

表 E1：只有極低可能性出現顯著孔洞的圍封式建築物的總壓力系數 C_p

牆壁及覆蓋層				
(a) 建築物的邊緣區	- 1.4 或 + 1.0			
(b) 其他表面	- 1.0 或 + 1.0			
平屋頂				
(a) 屋頂邊緣區	- 2.2			
(b) 其他表面	- 1.2			
斜尖屋頂	屋頂角度			
	10°	30°	60°	
	(a) 屋頂邊緣區	- 2.2	- 1.7	- 1.0
	(b) 屋頂屋脊區	- 1.4	- 1.3	- 1.0
	(c) 其他表面			
	(i) 吹過屋脊的風，逆風表面	- 1.4	- 1.2 或 + 0.3	+ 1.0
	(ii) 吹過屋脊的風，背風表面	- 0.8	- 0.7	-
(iii) 與屋脊平行的風	0.8			
	- 1.0	- 1.0	-	
	1.0			
	(採用直線插值法)			

<p>簷篷</p> <p>(a) 邊緣區</p> <p>(b) 其他區域</p>	<p>+2.0 及 -2.0</p> <p>+1.2 及 -1.2</p>
<p>註：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. C_p 的負數值顯示合成力是向外或向上的。 2. 如有多個可供選擇的系數，應把構件設計至符合所有荷載狀況。 3. 建築物的邊緣區是指建築物邊緣一段距離內的區域，該距離相等於 0.25 乘以建築物的較小水平尺寸。 4. 屋頂邊緣區是指屋頂邊緣一段距離內的區域，該距離相等於 0.15 乘以屋頂的較小水平尺寸。 5. 屋脊區是指屋脊一段距離內的區域，該距離相等於 0.15 乘以斜尖屋頂跨距。 6. 簷篷是指任何由建築物牆壁伸出超過 500 mm，並且高度不高於地面 7.5 m 的構築物，其作用為遮擋雨水或陽光。 7. 簷篷的邊緣區是指簷篷邊緣一段距離內的區域，該距離相等於 0.2 乘以簷篷的跨距。 	

附錄 F：動力分析

F1. 建築物的順風動力反應須採用陣風反應因數法來評定。這方法涉及動力放大因數的評估，該因數代表時均風力應倍大的數額，以顧及動力變化。動力放大因數 G 可用相等於表 F1 或表 F2 的數值，或以下列方程式釐定：-

$$G = 1 + 2 I_h \sqrt{g_v^2 B + \frac{g_f^2 SE}{\zeta}}$$

其中 I_h 為建築物頂部的湍流強度，相等於 $0.1055(h/90)^{-0.11}$ ，其中 h 等於建築物以 m 為單位的高度。

g_v 為背景反應的峰值因數，相等於 3.7。

g_f 為共振反應的峰值因數，相等於 $\sqrt{2 \log_e (3600 n_a)}$ ，其中 n_a 為建築物以 H_z 為單位的基本固有頻率，可當為相等於 $46/h$ ，或由更詳盡的分析釐定。

B 為背景因數，是量度波動反應的緩慢變動背景部分，該波動反應乃由較低頻率風速變化造成，數值相等於

$$\frac{1}{1 + \frac{\sqrt{36h^2 + 64b^2}}{L_h}}$$

其中 h = 建築物以 m 為單位的高度

b = 建築物以 m 為單位的寬度

$$L_h = \text{有效湍流長度比例} = 1000 \left(\frac{h}{10} \right)^{0.25}$$

E 為風能譜，等於 $\frac{0.47N}{(2 + N^2)^{5/6}}$

$$\text{其中 } N = \text{有效折減頻率} = \frac{n_a L_h}{V_h}$$

S 為尺寸大小因數，以顧及建築物所受的相關壓力，並等於

$$\frac{1}{\left[1 + \frac{3.5 n_a h}{\bar{V}_h}\right] \left[1 + \frac{4 n_a b}{\bar{V}_h}\right]}$$

其中 n_a = 建築物基本固有頻率（以 H_z 為單位）

= $46/h$ ，或由更詳盡的分析釐定

\bar{V}_h = 在高度 h 的設計時均風速，相當於表 F3 的數值。

ζ 是基本模式的阻尼比率。通常鋼結構的數值為 1.5%，鋼筋混凝土構築物的數值為 2%。某些窄長的建築物，較小數值或會較適合，應徵求專家意見。低矮建築物的阻尼值或會較高。

表 F1：當 $\zeta = 1.5\%$ 時的動力放大因數 G

寬度 (m) \ 高度 (m)	20	30	40
200	1.994	1.955	1.922
180	1.983	1.943	1.909
160	1.972	1.930	1.896
140	1.959	1.916	1.882
120	1.945	1.902	1.868
100	1.929	1.886	1.853

註：可用直線插值法，以求得中間值。

表 F2：當 $\zeta = 2.0\%$ 時的動力放大因數 G

寬度 (m) \ 高度 (m)	20	30	40
200	1.907	1.874	1.847
180	1.900	1.867	1.840
160	1.894	1.859	1.832
140	1.886	1.851	1.824
120	1.879	1.843	1.816
100	1.871	1.836	1.808

註：可用直線插值法，以求得中間值。

表 F3：設計時均風速

地盤地面水平以上的高度	設計時均風速 \bar{V} (m/s)
≤ 5 m	35.8
10 m	38.7
20 m	41.7
30 m	43.6
50 m	46.2
75 m	48.3
100 m	49.8
150 m	52.1
200m	53.8
250m	55.1
300m	56.2
400m	58.0
>500m	59.5

註：如高度介乎兩個數值之間，可以按直線插值法計算。