

第四章 建築物層間變位角與最高居室樓層側向加速度之控制

4.1 通則

為避免風力作用下建築物非結構體之損害，建築物層間變位角應予以限制。建築物容許層間變位角之規定見 4.2 節。為控制風力作用下建築物引起之振動，不致引起居住者之不舒適，建築物最高居室樓層側向加速度應予以限制。建築物最高居室樓層容許側向加速度值之規定見 4.3 節，建築物最高居室樓層在風力作用下引起之側向加速度計算則見 4.4 節。

【解說】

建築物在風力作用下會產生順風向振動、橫風向振動及扭轉振動，如建築物層間變位角過大，可能會造成建築物非結構體之損害；如振動產生之加速度過大，會引起人們的不舒適，間接降低建築物的使用性，因此屋頂側向加速度應控制在容許值以內。以往規範之規定係建築物在設計風力作用下，屋頂之側向位移不得超過建築物高度之千分之一，過於嚴格。此外，也無法反映風力引起建築物振動的複雜現象，本規範將做一些較合理的規定與計算。

4.2 建築物容許層間變位角

在回歸期為 50 年的風力作用下，建築物層間變位角不得超過 5/1000。建築物層間變位角，應計及順風向振動、橫風向振動及扭轉振動所產生者，可分別計算，再依 2.12 節規定求得總層間變位角。

【解說】

建築物在風力作用下會產生順風向振動、橫風向振動及扭轉振動，如建築物層間變位角過大，可能會造成建築物非結構體之損害，故應予以適當限制。

4.3 建築物最高居室樓層角隅容許側向加速度值

在回歸期為半年的風力作用下，建築物最高居室樓層角隅之側向振動尖峰加速度值不得超過 0.05m/s^2 。

【解說】

居室係指供居住、工作、集會、娛樂、烹飪等使用之空間。振動引起的不舒適，通常與尖峰加速度值有關。根據文獻對高樓居民受風力擺動引起不舒適感的研究，振動加速度達 0.05m/s^2 時，居民開始感覺到建築物的擺動。

檢核屋頂振動加速度是否超過容許值所使用的風力回歸期，不應是一般強度設計所用的 50 年。50 年回歸期的風力平均 50 年才發生一次，如會發生不舒適也無所謂。控制屋頂振動的風力回歸期採用半年，應該是合理且經濟的。因為一年可能有二次產生不舒適感，還是可以為人們所接受的。

根據研究，50 年回歸期的風速與半年回歸期風速的比值約為 3.34。有些文獻建議屋頂振動加速度要控制在 8 年回歸期風力作用下，加速度均方根值不超過 0.1m/s^2 ；也有文獻建議在 5 年回歸期風力作用下，屋頂振動加速度均方根值不超過 0.05m/s^2 。尖峰值一般為均方根值的三倍，而 8 年回歸期風速或 5 年回歸期風速若假設為半年回歸期風速兩倍的話，則上述兩文獻在半年回歸期風力作用下，屋頂的容許尖峰加速度值分別為 0.075m/s^2 與 0.0375m/s^2 ，介於本規範建議值 0.05m/s^2 間。此外，本節之容許加速度值，適用於住宅，對辦公大樓言，其值可略予提高。針對非居室用途之建築物，可免除本節側向振動尖峰加速度值之檢核。

建築物滿足下列條件，其頂樓振動加速度應無超過舒適度容許值之慮，可免除最高居室樓層角隅振動尖峰加速度值之檢核：

(1) 鋼筋混凝土或鋼骨鋼筋混凝土建築物

建築物高寬比小於 3 ($h/\sqrt{BL} < 3$)，且高度在 70 公尺以下者；

(2) 鋼骨建築物

建築物高寬比小於 3 ($h/\sqrt{BL} < 3$)，且高度在 70 公尺以下，位於地況 A 或 B 者；

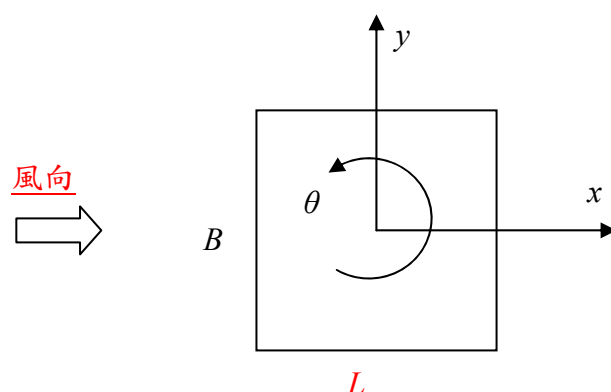
或是高寬比小於 2 ($h/\sqrt{BL} < 2$)，且高度在 40 公尺以下，位於地況 C 者。

4.4 建築物最高居室樓層角隅側向加速度之計算

建築物最高居室樓層角隅之振動尖峰加速度值，應計及順風向振動、橫風向振動及扭轉振動所產生者，可分別計算，再依合宜的方法求得總加速度，亦可採用風洞試驗結果。

【解說】

下圖為高層建築斷面及順風向、橫風向、扭轉向座標示意圖。



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

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

$$A_L = (2\pi f_a)^2 L^* \quad (C4.1)$$

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

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

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

(a) 順風向共振部分風力依 2.2 節之規定計算，但其中陣風反應因子應使用僅包含

共振部分之 \bar{G} 如下：

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

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

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

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

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

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

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

(b) 橫風向共振部分風力依式(C4.5)計算， W_{Lz} 為回歸期半年風速作用下，依據式(2.21)所得之 z 處高度橫風向風力。

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

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

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

建築物角隅處之順風向、橫風向與扭轉向振動加速度之組合

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

假設順風向振動與扭轉向振動之間為不相關，則建築物角隅處之順風向振動加速度為：

$$\text{瞬時加速度： } a_{xc}(t) = a_x(t) + \theta(t) \frac{B}{2}$$

$$\text{加速度變異數： } \sigma_{xc}^2 = \sigma_x^2 + \sigma_\theta^2 \left(\frac{B}{2} \right)^2$$

假設橫風向振動與扭轉向振動之間為完全相關，則建築物角隅處之橫風向振動加速度為：

$$\text{瞬時加速度： } a_{yc}(t) = a_y(t) + \theta(t) \left(\frac{L}{2} \right)$$

$$\text{加速度變異數： } \sigma_{yc}^2 = \sigma_y^2 + \sigma_\theta^2 \left(\frac{L}{2} \right)^2 + \sigma_y \sigma_\theta L$$

建築物角隅處之水平方向振動加速度均方根值， σ_A ，可寫為：

$$\sigma_A = \sqrt{\sigma_{xc}^2 + \sigma_{yc}^2} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_\theta^2 \left(\frac{B^2}{4} + \frac{D^2}{4} \right) + \sigma_y \sigma_\theta L}$$

建築物角隅處之水平方向振動尖峰加速度， \tilde{A} ，為：

$$\tilde{A} = \tilde{g} \sigma_A$$

其中 \tilde{g} 為對應角隅處之水平方向振動的尖峰因子，

\tilde{A} 亦可用下式計算之：

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

4.5 降低建築物最高居室樓層側向加速度裝置之使用

建築物得採用降低最高居室樓層振動加速度的裝置，惟應提出詳細設計資料，證明在回歸期半年的風力作用下，建築物最高居室樓層角隅振動尖峰加速度值在容許值以內。

【解說】

可以降低屋頂振動加速度的裝置很多，有被動裝置如粘彈性阻尼器、調諧質量阻尼器等。也有主動裝置，如主動調諧質量阻尼器等。本節之規定，得使此些新技術可應用於耐風設計中，惟設計人應提出可信的詳細設計資料，證明確實可控制屋頂加速度至容許值以下。