

# Wind Load Design Fundamental for Low-Rise Steel Structures

We  Steel Construction

Mini Course  
September 4, 2024

## Mini Course



“การคำนวณออกแบบโครงสร้างเหล็ก  
เพื่อรับแรงลมขั้นพื้นฐาน”

วันที่ 4 กันยายน 2567  
เวลา 10.00 - 12.00



Online Streaming  
with **zoom webinar**

พิเศษ **CPD**  
**x2!!**  
เมื่อผ่านการทดสอบ 60%  
**รวม 4 หน่วย**

กดเพื่อลงทะเบียน



# Wind load effect on detached houses

#WeLoveSteelConstruction



# Wind load fundamental

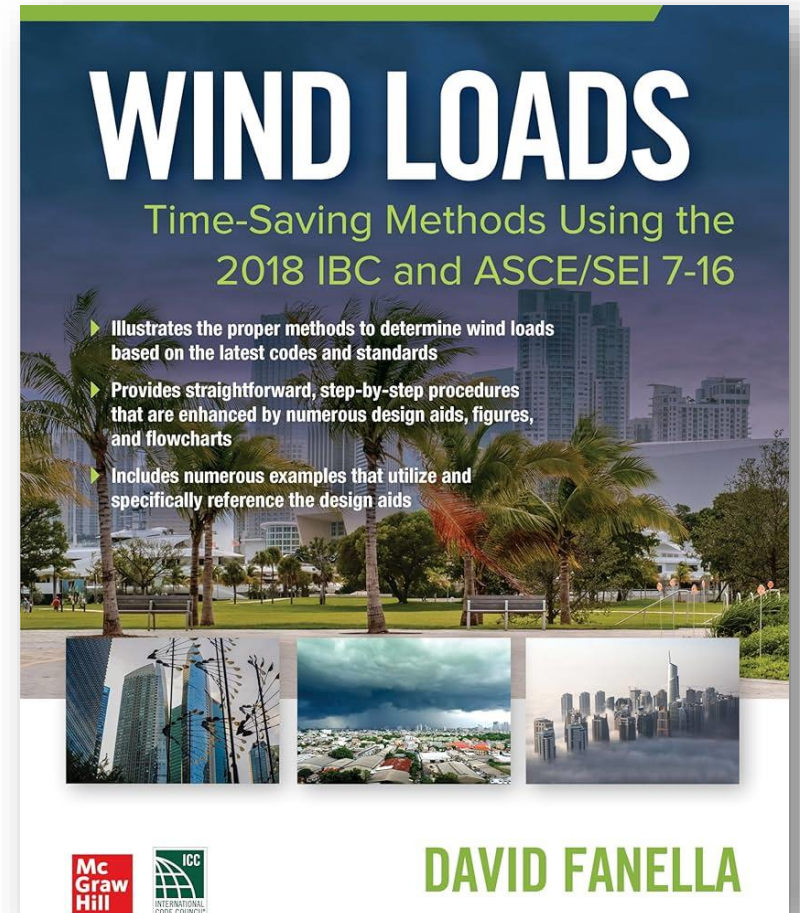
#WeLoveSteelConstruction

- Great material source by David Fanella
- ปัจจัยที่ส่งผลต่อแรงลมที่กระทำกับโครงสร้าง
  - 1) Aerodynamic effect**

ลม “ไหล” ผ่านโครงสร้าง แล้วส่งผลต่อโครงสร้างอย่างไร
  - 2) Atmospheric effect**

ลม เกิดขึ้นจากปัจจัยอะไร และอะไรส่งผลต่อความรุนแรงของลม
  - 3) Topographic effect**

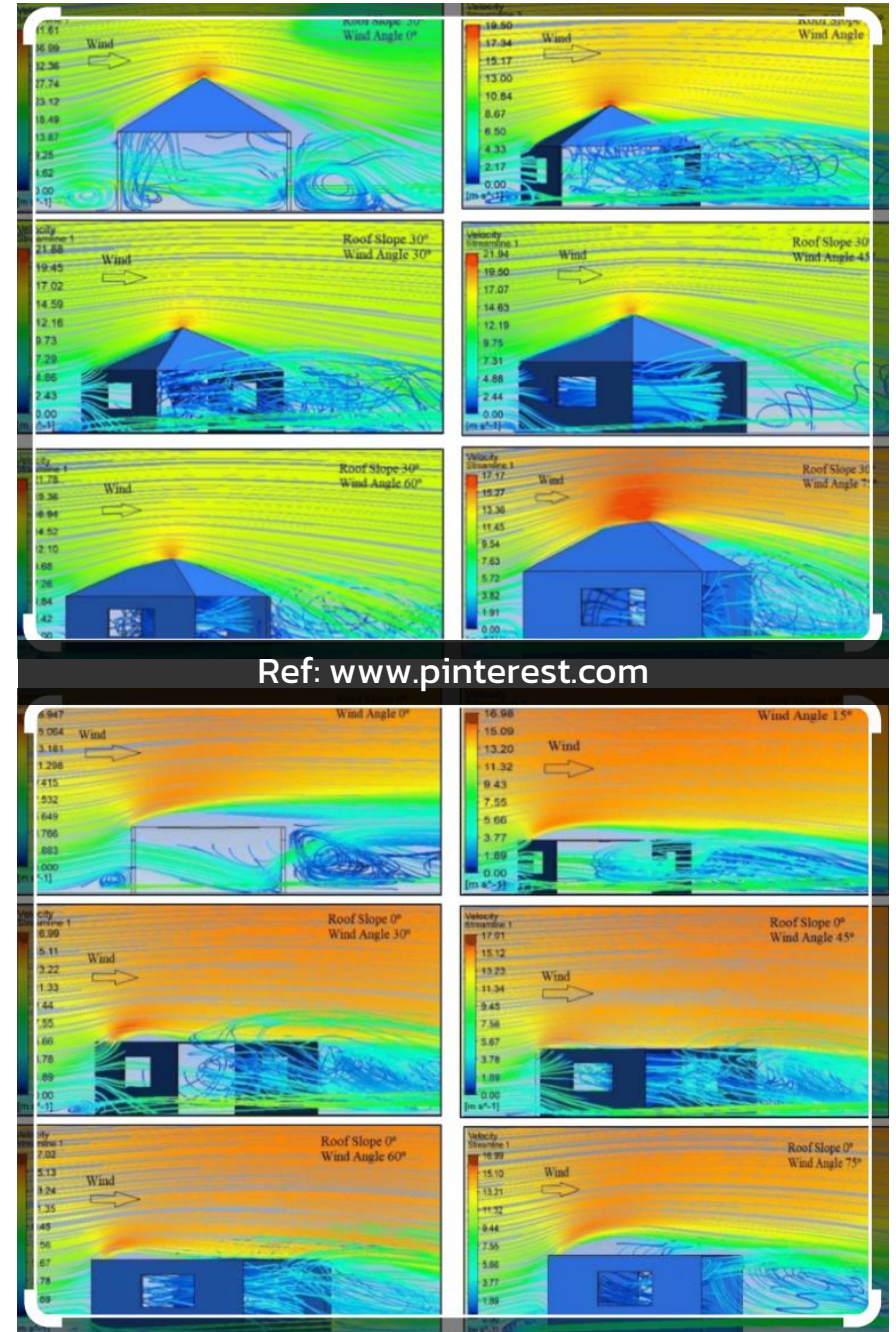
ลม มีพฤติกรรมจากลักษณะทางกายภาพโดยรอบอาคารอย่างไร



# Aerodynamic effect

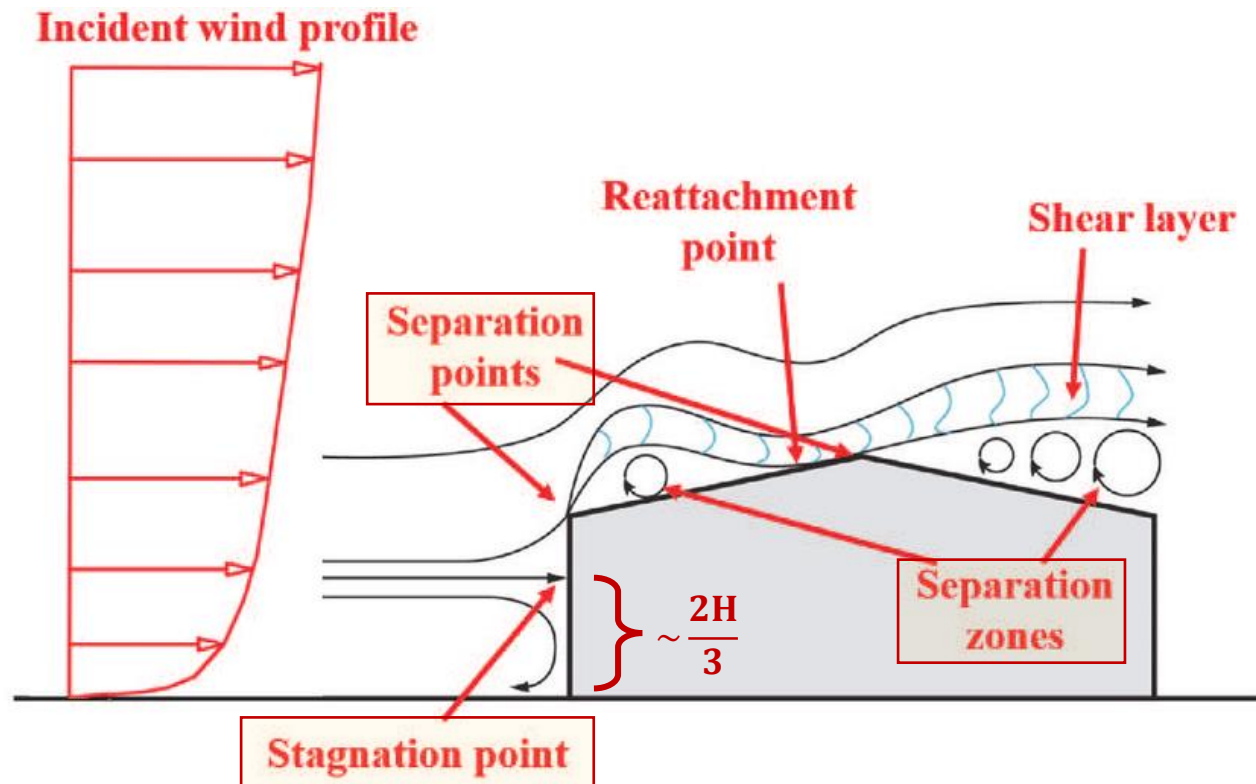
#WeLoveSteelConstruction

- อาคาร “ขวางทางลม” จึงเกิดแรงลมกระทำกับตัวอาคาร
- “ผลตอบสนอง” ทั้งขนาดและทิศทางของแรงที่กระทำ รวมถึงการสั่นไหว เป็นไปตามหลัก aerodynamic
- แรงต่อพื้นที่ที่เกิดจากการปะทะของแรงลม เรียกว่า pressure ประกอบไปด้วย
  - 1) **External pressure** เกิดจากการปะทะของแรงลม โดยตรง เข้ากับเปลือกอาคาร (building envelop)
  - 2) **Internal pressure** เกิดจากการไหลของลม ผ่านช่องเปิด (leak) เข้าสู่ตัวอาคารด้านใน
- ทั้ง External และ Internal pressure มี “ทิศทาง” ตั้งฉากกับเปลือกอาคาร เป็น บวก (+) เมื่อดัน ลบ (-) เมื่อดูด



# Aerodynamic effect

#WeLoveSteelConstruction



Ref: [www.researchgate.net](http://www.researchgate.net)

- **Stagnation point** คือจุดที่ลมปะทะแล้ว ทำให้ความเร็วกลายเป็นศูนย์ (หยุดไหล หยุดเคลื่อนที่ต่อ) จากการปะทะเข้ากับ เปลือกอาคาร
- **Separation point** [by Fanella] ตำแหน่งที่การไหลของลมเกิดการเปลี่ยน ทิศทาง จากเปลือกอาคารด้านหนึ่ง ส่งผลให้เกิด "การปั่นป่วนของอากาศ" ณ เปลือกอาคารอีกด้านหนึ่ง
- **Separation zone** [by Fanella] เป็น บริเวณที่เกิดการปั่นป่วนของอากาศ หรือ turbulence โดยบริเวณนี้ มักจะมีความ รุนแรงกว่าบริเวณอื่น

# Aerodynamic effect

#WeLoveSteelConstruction

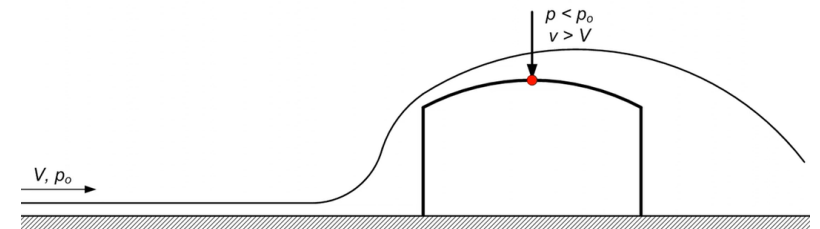
- Wind pressure at Stagnation point:  $q = \frac{1}{2} \rho V^2$   
(Bernoulli's equation) โดยที่  $\rho =$  air density (kg/m<sup>3</sup>)  
และ  $V =$  ความเร็วลม (m<sup>2</sup>/sec)
- $\rho = 1.25$  kg/m<sup>3</sup> ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง
- ถ้าปรับหน่วยเป็น lbs/ft<sup>3</sup> และ  $V$  หน่วย miles/hr จะได้ว่า  
 $q = \frac{1}{2} \rho V^2 = 0.00256V^2$
- พลังงานที่อาคารต้องรับจากผลของแรงลม มาจาก 2 ส่วน คือ (1) พลังงานจลน์ เช่นลมยัง flow แต่เปลี่ยนทิศ เช่นที่ **separation point** (2) พลังงานศักย์ ลมหยุดนิ่ง เช่นที่ **stagnation point**

$$\frac{1}{2} \rho V^2 + p_0 = \frac{1}{2} \rho v^2 + p$$

Free flow wind

Wind to building

- ความเร็วลมลดลง pressure จากแรงลมที่กระทำกับตัวอาคาร จะเพิ่มขึ้น



# Aerodynamic + Topographic effect

#WeLoveSteelConstruction

- จาก Bernoulli's equation จะได้ว่า

$$\frac{1}{2}\rho(V^2 - v^2) = p - p_0 \text{ หรือ } \frac{1}{2}\rho V^2 \left[1 - \left(\frac{v}{V}\right)^2\right] = p - p_0$$

- กำหนด  $C_p$  เป็นค่า pressure coefficient =  $1 - \left(\frac{v}{V}\right)^2$   
และ  $p_{net} = p - p_0$  จะได้ว่า

$$p_{net} = q C_p \text{ โดยที่ } q \text{ คือ } \mathbf{stagnation pressure}$$

- อ้างอิง ASCE 7-16 แสดงค่า **stagnation pressure** โดย

$$q_z = 0.00256 K_z K_{zt} K_d K_e V^2$$

$$\frac{1}{2}\rho V^2 + p_0 = \frac{1}{2}\rho v^2 + p$$

Free flow wind

Wind to building

$K_z$  = Exposure coefficient

$K_{zt}$  = Topographic factor

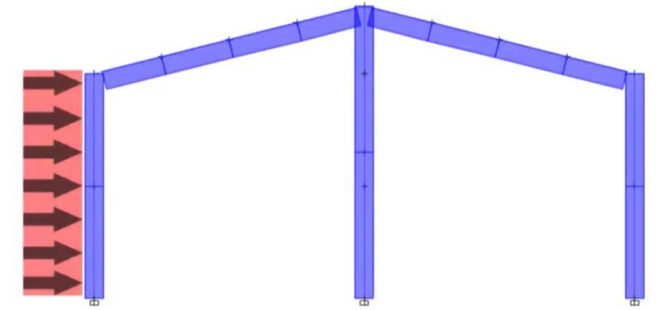
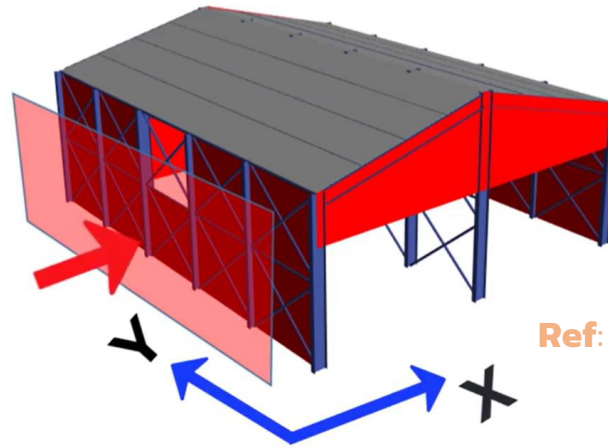
$K_d$  = Wind directionality factor

$K_e$  = Ground elevation factor

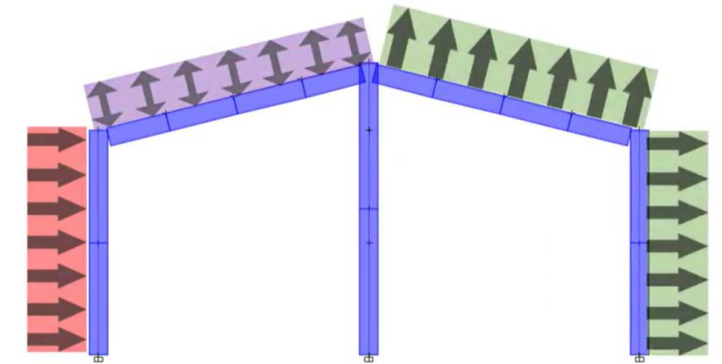
# Directionality factor

#WeLoveSteelConstruction

- ลมสามารถพัดเข้าสู่ตัวอาคารได้ทุกทิศทาง
- อาคารเตี้ย กลุ่มโกดัง คลังสินค้า ส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นทรงจั่ว ที่มีจะสมมาตร
- ทิศทางการพัดของลมจึงสามารถพัดได้ทั้งทิศทาง “ตั้งฉากกับสันหลังคา” (แกน x) และ “ขนานกับสันหลังคา” (แกน y)
- ขนาดของ pressure ขึ้นกับ aerodynamic effect
- Directionality factor เป็นปัจจัยที่ “ลดทอน” แรงลม จากการที่ลมไม่ได้พัดในทิศทาง “ตั้งฉาก” ซึ่งเป็น worst case scenario



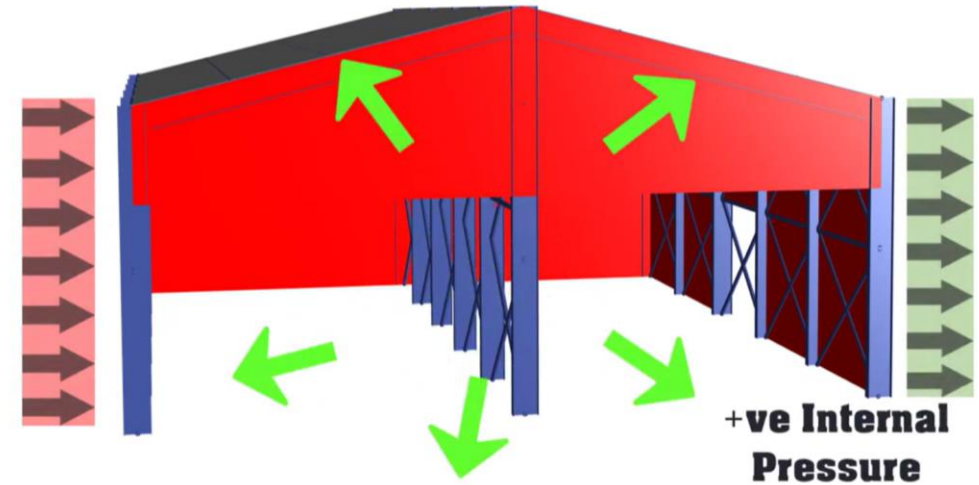
Ref: Analysis & Design Studio YouTube Channel



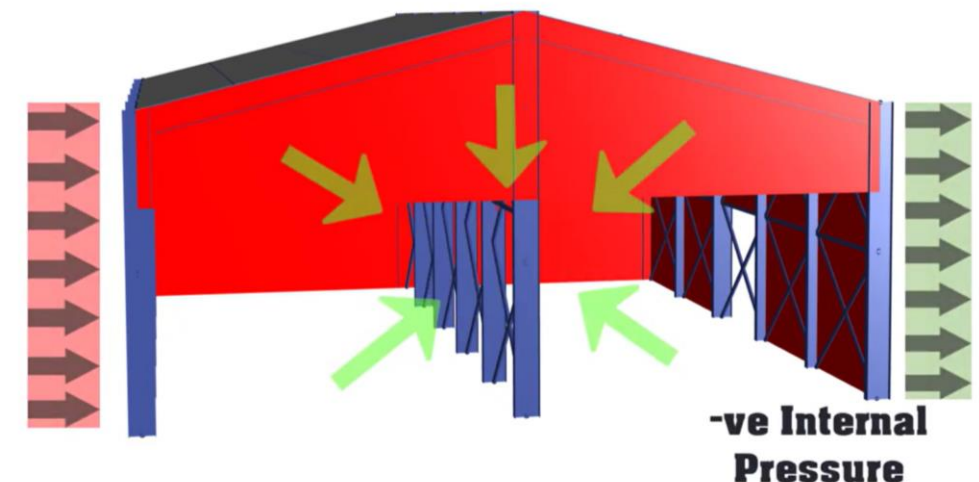
# External & Internal Pressure

#WeLoveSteelConstruction

- ลมที่ปะทะกับเปลือกอาคาร (cladding) จะเกิด **(+) pressure** (ดัน) บริเวณขอบอาคารจะเกิดการเปลี่ยนทิศของลม (ณ จุด **separation point**) อันส่งผลต่อเนื้อองทำให้ เปลือกอาคารเกิด turbulence ซึ่งอาจเกิด **(-) pressure** (ดูด) หรือ suction ได้
- ทั้งนี้หากเปลือกอาคารด้านต้นลม (windward) มีช่องเปิดขนาดใหญ่ ในขณะที่ช่องเปิดด้านท้ายลม (leeward) มีขนาดเล็ก (เทียบกับด้านต้นลม) จะส่งผลให้เกิดแรงดันลมภายในเป็น **(+) p** (ดัน) แต่ในทางกลับกันหากช่องเปิดด้านต้นลมมีขนาดเล็กกว่าด้านท้ายลม ก็จะทำให้เกิด internal pressure **(-) p** (ดูด)



Ref: Analysis & Design Studio YouTube Channel




# Atmospheric Effect

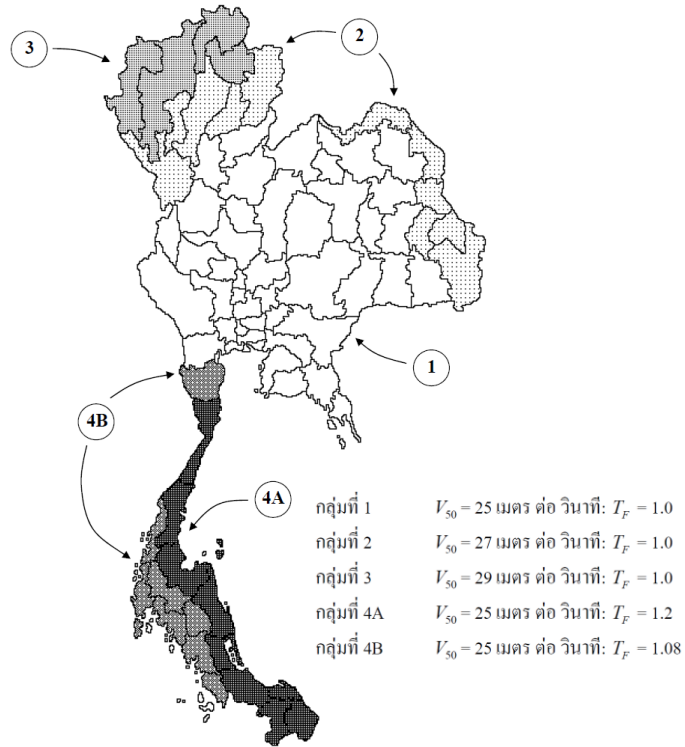
#WeLoveSteelConstruction

ม.ร.พ. 1311-50

มาตรฐานการคำนวณแรงลม  
และการตอบสนองของอาคาร



กรมโยธาธิการและผังเมือง  
กระทรวงมหาดไทย  
พ.ศ. 2550



รูปที่ ก.1 แผนที่การแบ่งกลุ่มความเร็วลมอ้างอิง ( $V$ )



เครื่องวัดความเร็วลมแบบถ้วย

Ref: [www.neonics.biz/wind-and-air-flow/cup-anemometer/](http://www.neonics.biz/wind-and-air-flow/cup-anemometer/)

ความเร็วลมวัดด้วยเครื่องมือที่เรียกว่า **anemometer** ติดตั้งที่ระดับความสูง 10 m (33 ft) เหนือพื้นดิน สำหรับประเทศไทย กรมอุตุนิยมวิทยา เป็นผู้เก็บข้อมูล โดยแสดงผลเป็น**ความเร็วลมสูงสุดเฉลี่ย 1 Hr** ในขณะที่ **สหรัฐอเมริกา** ได้นำเครื่องมือวัดที่ทันสมัยขึ้นมากทดแทน ณ ปัจจุบัน wind map ของอเมริกาแสดงเป็นค่าความเร็วลมกรรโชก (gust wind speed) เฉลี่ย 3 วินาที

# Topographic Effect

#WeLoveSteelConstruction

ตารางที่ 2-3 ค่าประกอบเนื่องจากสภาพภูมิประเทศ ( $C_p$ ) สำหรับวิธีการอย่างง่าย

ความสูงจากพื้นดิน	สภาพภูมิประเทศแบบ A	สภาพภูมิประเทศแบบ B
สูงไม่เกิน 6 เมตร	0.90	0.70
สูงเกิน 6 เมตร แต่ไม่เกิน 10 เมตร	1.00	0.70
สูงเกิน 10 เมตร แต่ไม่เกิน 20 เมตร	1.15	0.82
สูงเกิน 20 เมตร แต่ไม่เกิน 30 เมตร	1.25	0.92
สูงเกิน 30 เมตร แต่ไม่เกิน 40 เมตร	1.32	1.00
สูงเกิน 40 เมตร แต่ไม่เกิน 60 เมตร	1.43	1.13
สูงเกิน 60 เมตร แต่ไม่เกิน 80 เมตร	1.52	1.24



รูปที่ ๑.2.๑ ตัวอย่างสภาพภูมิประเทศแบบ C ซึ่งเป็นสภาพภูมิประเทศของบริเวณศูนย์กลางเมืองใหญ่ มีอาคารสูงจำนวนมาก โดยที่อาคารไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 ต้องมีความสูงเกิน 4 ชั้น



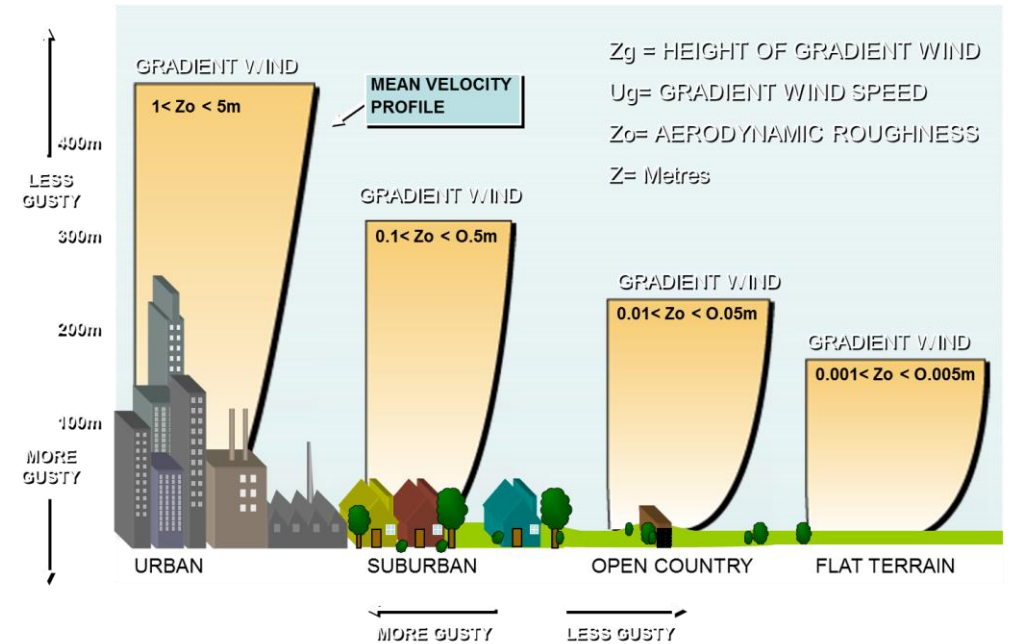
รูปที่ ๑.2.4 ตัวอย่างสภาพภูมิประเทศแบบ A ซึ่งเป็นสภาพภูมิประเทศขังโดยสิ่งกีดขวาง พื้นไม้หรือสิ่งปลูกสร้าง กระจัดกระจายอยู่ห่างๆ กัน หรือเป็นบริเวณชายฝั่งทะเล



รูปที่ ๑.2.5 ตัวอย่างสภาพภูมิประเทศแบบ B ซึ่งเป็นสภาพภูมิประเทศแบบชานเมือง หรือพื้นที่ที่มีต้นไม้ใหญ่จำนวนมาก หรือบริเวณศูนย์กลางเมืองขนาดเล็ก



รูปที่ ๑.2.7 ภาพด้านหลังเป็นตัวอย่างสภาพภูมิประเทศแบบ C ภาพด้านหน้าเป็นตัวอย่างสภาพภูมิประเทศแบบ B



Ref: <https://cppwind.com/wind-profile-characterization/>

ความเร็วลมที่พัดผ่านภูมิประเทศที่มีสิ่งกีดขวางมาก (มยพ.1311 เป็นภูมิประเทศแบบ B และ ASCE Category B) จะลดความเร็วลม สำหรับภูมิประเทศที่เปิดโล่งเช่น สิ่งปลูกสร้างริมทะเล หรือริมทะเลสาบ จะมีความเร็วลมลดลงไม่มากนัก ส่งผลให้สิ่งปลูกสร้างจะเกิด wind pressure ที่สูงขึ้น (มยพ.1311 เป็นภูมิประเทศแบบ A แต่ ASCE Category D)

## ASCE 7-16

# Topographic Effect

#WeLoveSteelConstruction

- **ASCE 7-16: stagnation pressure**

$$q_z = 0.00256K_zK_{zt}K_dK_eV^2$$

โดยที่

$K_z$  = Velocity Pressure Exposure coefficient

$K_{zt}$  = Topographic factor

$K_d$  = Wind directionality factor

$K_e$  = Ground elevation factor

- พิจารณาผลกระทบของแรงลมจากสภาพภูมิประเทศโดยรอบอาคาร

Table 26.10-1 Velocity Pressure Exposure Coefficients,  $K_h$  and  $K_z$

Height above Ground Level, $z$		Exposure		
ft	m	B	C	D
0-15	0-4.6	0.57 (0.70) <sup>a</sup>	0.85	1.03
20	6.1	0.62 (0.70) <sup>a</sup>	0.90	1.08
25	7.6	0.66 (0.70) <sup>a</sup>	0.94	1.12
30	9.1	0.70	0.98	1.16
40	12.2	0.76	1.04	1.22
50	15.2	0.81	1.09	1.27
60	18.0	0.85	1.13	1.31
70	21.3	0.89	1.17	1.34
80	24.4	0.93	1.21	1.38
90	27.4	0.96	1.24	1.40
100	30.5	0.99	1.26	1.43
120	36.6	1.04	1.31	1.48
140	42.7	1.09	1.36	1.52
160	48.8	1.13	1.39	1.55
180	54.9	1.17	1.43	1.58
200	61.0	1.20	1.46	1.61
250	76.2	1.28	1.53	1.68
300	91.4	1.35	1.59	1.73
350	106.7	1.41	1.64	1.78
400	121.9	1.47	1.69	1.82
450	137.2	1.52	1.73	1.86
500	152.4	1.56	1.77	1.89

# Topographic Effect

#WeLoveSteelConstruction

- **ASCE 7-16: stagnation pressure**

$$q_z = 0.00256K_zK_{zt}K_dK_eV^2$$

โดยที่

$K_z$  = Velocity Pressure Exposure coefficient

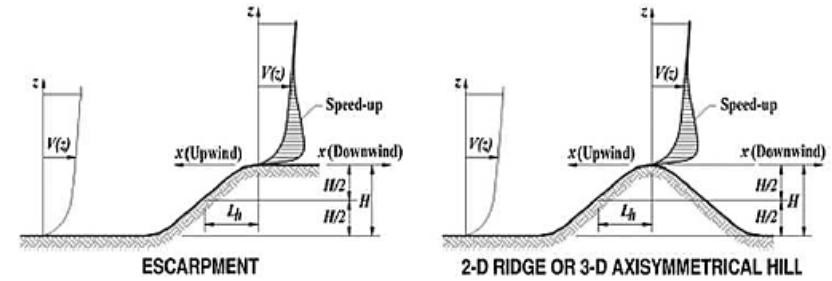
$K_{zt}$  = Topographic factor

$K_d$  = Wind directionality factor

$K_e$  = Ground elevation factor

- ความเร็วลมเพิ่มขึ้น เมื่ออาคารตั้งอยู่บนเนินจากการยกตัวของลม

Diagrams



Topographic Multipliers for Exposure  $C^{a,b,c}$

$H/L_h$	$K_1$ Multiplier			$x/L_h$	$K_2$ Multiplier		$z/L_h$	$K_3$ Multiplier		
	2D Ridge	2D Escarpment	3D Axisymmetrical Hill		2D Escarpment	All Other Cases		2D Ridge	2D Escarpment	3D Axisymmetrical Hill
0.20	0.29	0.17	0.21	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00
0.25	0.36	0.21	0.26	0.50	0.88	0.67	0.10	0.74	0.78	0.67
0.30	0.43	0.26	0.32	1.00	0.75	0.33	0.20	0.55	0.61	0.45
0.35	0.51	0.30	0.37	1.50	0.63	0.00	0.30	0.41	0.47	0.30
0.40	0.58	0.34	0.42	2.00	0.50	0.00	0.40	0.30	0.37	0.20
0.45	0.65	0.38	0.47	2.50	0.38	0.00	0.50	0.22	0.29	0.14
0.50	0.72	0.43	0.53	3.00	0.25	0.00	0.60	0.17	0.22	0.09
				3.50	0.13	0.00	0.70	0.12	0.17	0.06
				4.00	0.00	0.00	0.80	0.09	0.14	0.04
							0.90	0.07	0.11	0.03
							1.00	0.05	0.08	0.02
							0.50	0.01	0.02	0.00
							2.00	0.00	0.00	0.00

<sup>a</sup>For values of  $H/L_h$ ,  $x/L_h$ , and  $z/L_h$  other than those shown, linear interpolation is permitted.

<sup>b</sup>For  $H/L_h > 0.5$ , assume that  $H/L_h = 0.5$  for evaluating  $K_1$  and substitute  $2H$  for  $L_h$  for evaluating  $K_2$  and  $K_3$ .

<sup>c</sup>Multipliers are based on the assumption that wind approaches the hill or escarpment along the direction of maximum slope.

## Notation

$H$  = Height of hill or escarpment relative to the upwind terrain, in ft (m).

$K_1$  = Factor to account for shape of topographic feature and maximum speed-up effect.

$K_2$  = Factor to account for reduction in speed-up with distance upwind or downwind of crest.

$K_3$  = Factor to account for reduction in speed-up with height above local terrain.

$L_h$  = Distance upwind of crest to where the difference in ground elevation is half the height of hill or escarpment, in ft (m).

$x$  = Distance (upwind or downwind) from the crest to the site of the building or other structure, in ft (m).

$z$  = Height above ground surface at the site of the building or other structure, in ft (m).

$\mu$  = Horizontal attenuation factor.

$\gamma$  = Height attenuation factor.

## Equations

$$K_{zt} = (1 + K_1K_2K_3)^2$$

$K_1$  = determined from table below

$$K_2 = (1 - |x|/\mu L_h)$$

$$K_3 = e^{-\gamma z/L_h}$$

**ASCE 7-16**

# Topographic Effect

#WeLoveSteelConstruction

- **ASCE 7-16: stagnation pressure**

$$q_z = 0.00256K_zK_{zt}K_dK_eV^2$$

โดยที่

$K_z$  = Velocity Pressure Exposure coefficient

$K_{zt}$  = Topographic factor

$K_d$  = Wind directionality factor

$K_e$  = Ground elevation factor

- พิจารณาผลกระทบที่ลดลงจากการไหลของลมเข้าสู่ตัวอาคารรูปทรงต่างๆ ในทิศทางหนึ่งๆ

## ASCE 7-16

Table 26.6-1 Wind Directionality Factor,  $K_d$

Structure Type	Directionality Factor $K_d$
<b>Buildings</b>	
Main Wind Force Resisting System	0.85
Components and Cladding	0.85
<b>Arched Roofs</b>	0.85
<b>Circular Domes</b>	1.0 <sup>a</sup>
<b>Chimneys, Tanks, and Similar Structures</b>	
Square	0.90
Hexagonal	0.95
Octagonal	1.0 <sup>a</sup>
Round	1.0 <sup>a</sup>
<b>Solid Freestanding Walls, Roof Top</b>	0.85
<b>Equipment, and Solid Freestanding and</b>	
<b>Attached Signs</b>	
<b>Open Signs and Single-Plane Open Frames</b>	0.85
<b>Trussed Towers</b>	
Triangular, square, or rectangular	0.85
All other cross sections	0.95

<sup>a</sup>Directionality factor  $K_d=0.95$  shall be permitted for round or octagonal structures with nonaxisymmetric structural systems.

# Topographic Effect

#WeLoveSteelConstruction

- **ASCE 7-16: stagnation pressure**

$$q_z = 0.00256K_zK_{zt}K_dK_eV^2$$

โดยที่

$K_z$  = Velocity Pressure Exposure coefficient

$K_{zt}$  = Topographic factor

$K_d$  = Wind directionality factor

$K_e$  = Ground elevation factor

- พิจารณาผลกระทบจากความหนาแน่นของมวลอากาศที่ลดลงเมื่อระดับความสูงจากพื้นเพิ่มขึ้น

## ASCE 7-16

Table 26.9-1 Ground Elevation Factor,  $K_e$

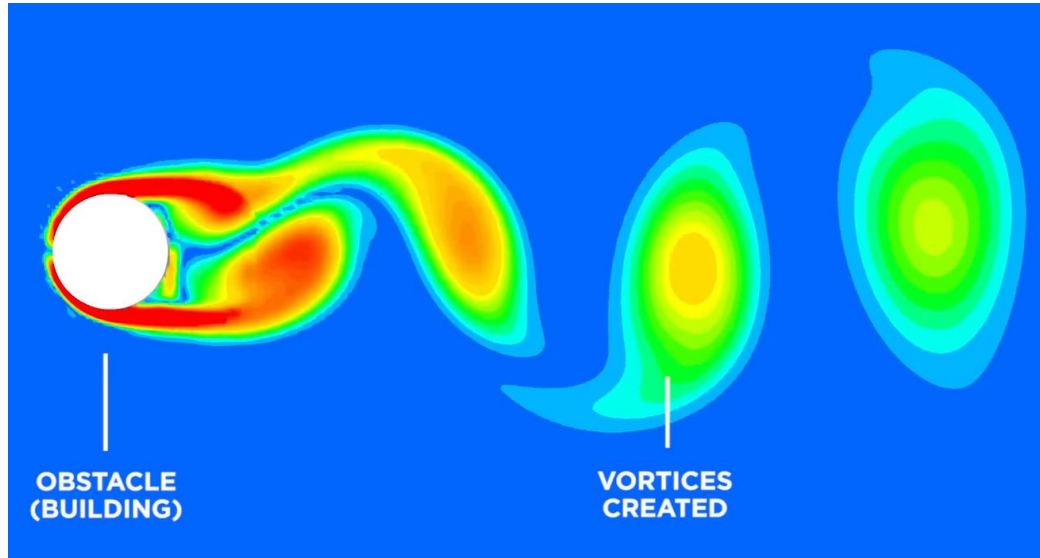
Ground Elevation above Sea Level		Ground Elevation Factor $K_e$
ft	m	
<0	<0	See note 2
0	0	1.00
1,000	305	0.96
2,000	610	0.93
3,000	914	0.90
4,000	1,219	0.86
5,000	1,524	0.83
6,000	1,829	0.80
>6,000	>1,829	See note 2

### Notes

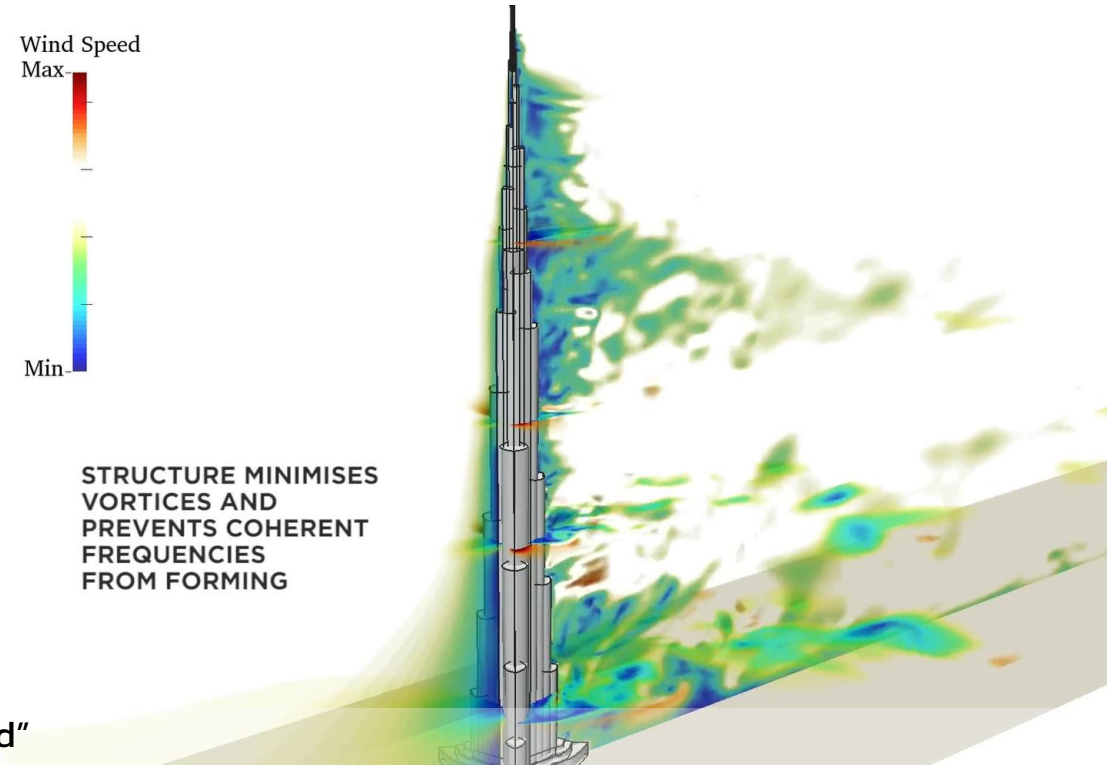
1. The conservative approximation  $K_e = 1.00$  is permitted in all cases.
2. The factor  $K_e$  shall be determined from the above table using interpolation or from the following formula for all elevations:  
 $K_e = e^{-0.0000362z_g}$  ( $z_g$  = ground elevation above sea level in ft).  
 $K_e = e^{-0.000119z_g}$  ( $z_g$  = ground elevation above sea level in m).
3.  $K_e$  is permitted to be take as 1.00 in all cases.

# Topographic Effect

#WeLoveSteelConstruction



Ref: The BIM YouTube Channel, "How Tall Buildings Tame the Wind"



- ในกรณีที่เป็นอาคารสูง หรือ slender วิศวกรอาจต้องพิจารณาปรากฏการณ์ทางพลศาสตร์ต่างๆ เพิ่มเติม ได้แก่ (1) across-wind load effect (2) vortex shedding (3) galloping or fluttering และ (4) dynamic torsional effect ซึ่งต้องใช้ผลการทดสอบอุโมงค์ลมในการพิจารณา

# ASCE 7-16 Gust Factor

#WeLoveSteelConstruction



[Wikipedia] A wind gust or just gust is a brief, sudden increase in the wind speed. It usually lasts for less than 20 seconds. Generally, winds are least gusty over large water surfaces and most gusty over rough land and near high buildings.

**26.11.4 Rigid Buildings or Other Structures.** For rigid buildings or other structures as defined in Section 26.2, the gust-effect factor shall be taken as 0.85 or calculated by this formula:

$$G = 0.925 \left( \frac{1 + 0.7g_Q I_{\bar{z}} Q}{1 + 0.7g_v I_{\bar{z}}} \right) \quad (26.11-6)$$

$$I_{\bar{z}} = c \left( \frac{33}{\bar{z}} \right)^{1/6} \quad (26.11-7)$$

$$I_{\bar{z}} = c \left( \frac{10}{\bar{z}} \right)^{1/6} \quad (26.11-7.si)$$

where  $I_{\bar{z}}$  = intensity of turbulence at height  $\bar{z}$ , where  $\bar{z}$  is the equivalent height of the building or structure defined as  $0.6h$ , but not less than  $z_{\min}$  for all building or structure heights  $h$ .  $z_{\min}$  and  $c$  are listed for each exposure in Table 26.11-1;  $g_Q$  and  $g_v$  shall be taken as 3.4. The background response  $Q$  is given by

$$Q = \sqrt{\frac{1}{1 + 0.63 \left( \frac{B+h}{L_{\bar{z}}} \right)^{0.63}}} \quad (26.11-8)$$

**26.11.5 Flexible or Dynamically Sensitive Buildings or Other Structures.** For flexible or dynamically sensitive buildings or other structures as defined in Section 26.2, the gust-effect factor shall be calculated by

$$G_f = 0.925 \left( \frac{1 + 1.7I_{\bar{z}} \sqrt{g_Q^2 Q^2 + g_R^2 R^2}}{1 + 1.7g_v I_{\bar{z}}} \right) \quad (26.11-10)$$

$g_Q$  and  $g_v$  shall be taken as 3.4, and  $g_R$  is given by

$$g_R = \sqrt{2 \ln(3,600n_1)} + \frac{0.577}{\sqrt{2 \ln(3,600n_1)}} \quad (26.11-11)$$

$R$ , the resonant response factor, is given by

$$R = \sqrt{\frac{1}{\beta} R_n R_h R_B (0.53 + 0.47R_L)} \quad (26.11-12)$$

$$R_n = \frac{7.47N_1}{(1 + 10.3N_1)^{5/3}} \quad (26.11-13)$$

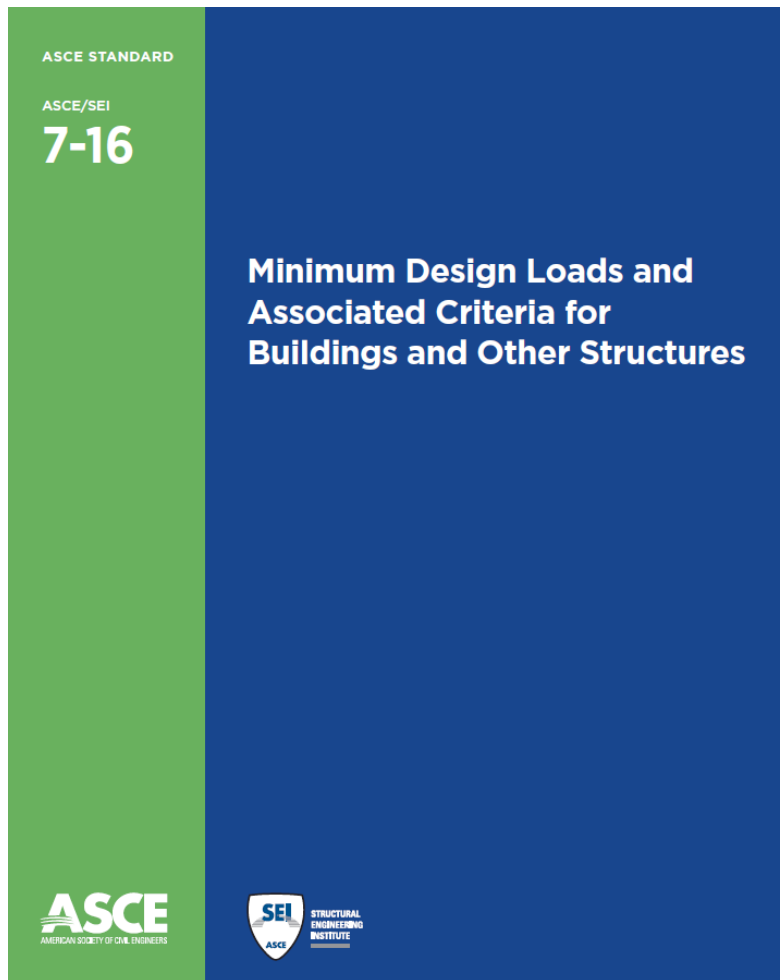
$$N_1 = \frac{n_1 L_{\bar{z}}}{\bar{V}_{\bar{z}}} \quad (26.11-14)$$

$$R_{\ell} = \frac{1}{\eta} - \frac{1}{2\eta^2} (1 - e^{-2\eta}) \quad \text{for } \eta > 0 \quad (26.11-15a)$$

$$R_{\ell} = 1 \quad \text{for } \eta = 0 \quad (26.11-15b)$$

# ASCE 7-16: Outline

#WeLoveSteelConstruction



**MWFRS**  
**Main**  
**Wind**  
**Force**  
**Resisting**  
**System**

- Chapter 26—General Requirements:** Use to determine the basic parameters for determining wind loads on both the MWFRS and C&C. These basic parameters are
- Basic wind speed,  $V$ , see Section 26.5; Figs. 26.5-1 and 26.5-2
  - Wind directionality factor,  $K_d$ , see Section 26.6
  - Exposure, see Section 26.7
  - Topographic factor,  $K_{zt}$ , see Section 26.8
  - Ground elevation factor,  $K_e$ , see Section 26.9
  - Velocity pressure, see Section 26.10
  - Gust-effect factor, see Section 26.11
  - Enclosure classification, see Section 26.12
  - Internal pressure coefficient,  $GC_{pi}$ , see Section 26.13

**C&C**  
**Components**  
**Claddings**

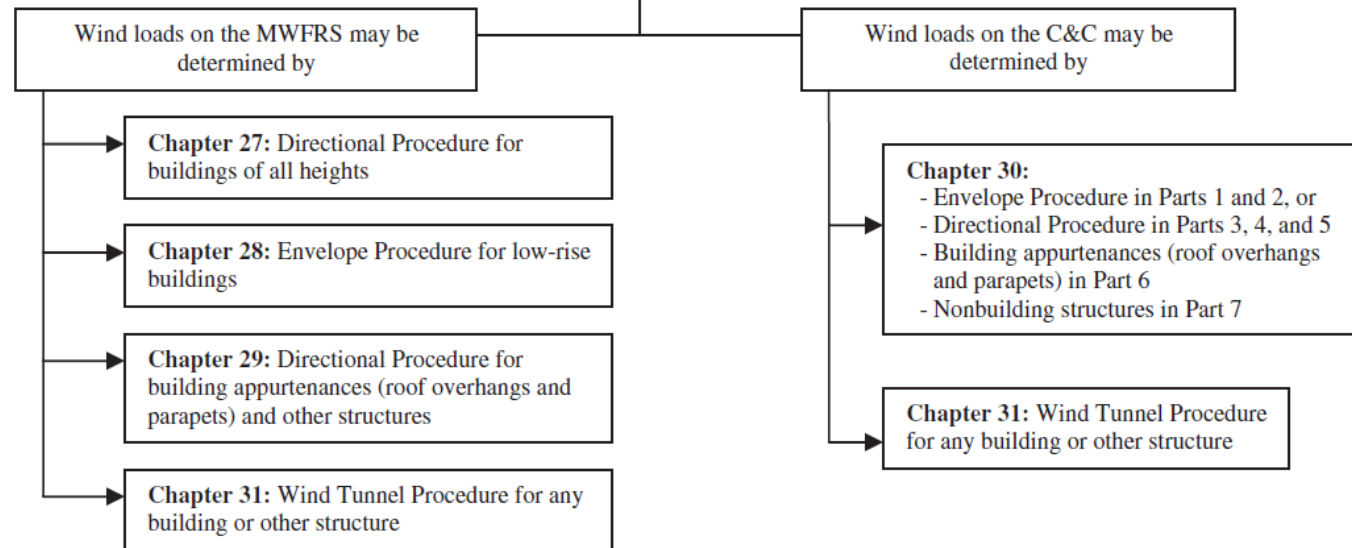


FIGURE 26.1-1 Outline of Process for Determining Wind Loads

# ASCE 7-16: Outline

#WeLoveSteelConstruction

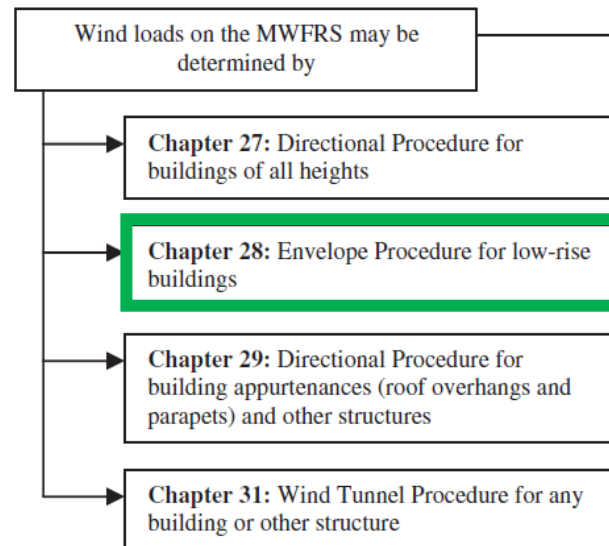
- จำแนกอาคารเป็น 3 ประเภท

**1) Open Building** อาคารที่ทุกด้านของผนังมีช่องเปิดเกินกว่า 80% ของพื้นที่ผนัง

**2) Partially Enclosed Building** มีช่องเปิดที่ลมสามารถเข้าได้มากพอ และทางออกของลมน้อยพอที่จะก่อให้เกิด internal pressure

**3) Enclosed Building** อาคารปิดที่มีลักษณะไม่เป็นไปตามเงื่อนไข Open Building และ Partially Enclosed Building

**MWFRS**  
**Main**  
**Wind**  
**Force**  
**Resisting**  
**System**



**Chapter 26—General Requirements:** Use to determine the basic parameters for determining wind loads on both the MWFRS and C&C. These basic parameters are

- Basic wind speed,  $V$ , see Section 26.5; Figs. 26.5-1 and 26.5-2
- Wind directionality factor,  $K_d$ , see Section 26.6
- Exposure, see Section 26.7
- Topographic factor,  $K_{zt}$ , see Section 26.8
- Ground elevation factor,  $K_e$ , see Section 26.9
- Velocity pressure, see Section 26.10
- Gust-effect factor, see Section 26.11
- Enclosure classification, see Section 26.12
- Internal pressure coefficient,  $GC_{pi}$ , see Section 26.13

**User Note:** Use Part 1 of Chapter 28 to determine the wind pressure on the MWFRS of enclosed, partially enclosed, or open *low-rise buildings* that have a flat, gable, or hip roof. These provisions use the Envelope Procedure by calculating wind pressures from the *specific equation* applicable to each building surface. For building shapes and heights for which these provisions are applicable, this method generally yields the lowest wind pressure of all of the analytical methods specified in this standard.

## 28.1 SCOPE

**28.1.1 Building Types.** This chapter applies to the determination of main wind force resisting system (MWFRS) wind loads on low-rise buildings using the Envelope Procedure.

Part 1 applies to all low-rise buildings where it is necessary to separate applied wind loads onto the windward, leeward, and sidewalls of the building to properly assess the internal forces in the MWFRS members.

**28.3.1 Design Wind Pressure for Low-Rise Buildings.** Design wind pressures for the MWFRS of low-rise buildings shall be determined by the following equation:

$$p = q_h [(GC_{pf}) - (GC_{pi})] (lb/ft^2) \quad (28.3-1)$$

$$p = q_h [(GC_{pf}) - (GC_{pi})] (N/m^2) \quad (28.3-1.si)$$

# ASCE 7-16: Outline

#WeLoveSteelConstruction

**User Note:** Use Part 1 of Chapter 28 to determine the wind pressure on the MWFRS of enclosed, partially enclosed, or open *low-rise buildings* that have a flat, gable, or hip roof. These provisions use the Envelope Procedure by calculating wind pressures from the *specific equation* applicable to each building surface. For building shapes and heights for which these provisions are applicable, this method generally yields the lowest wind pressure of all of the analytical methods specified in this standard.

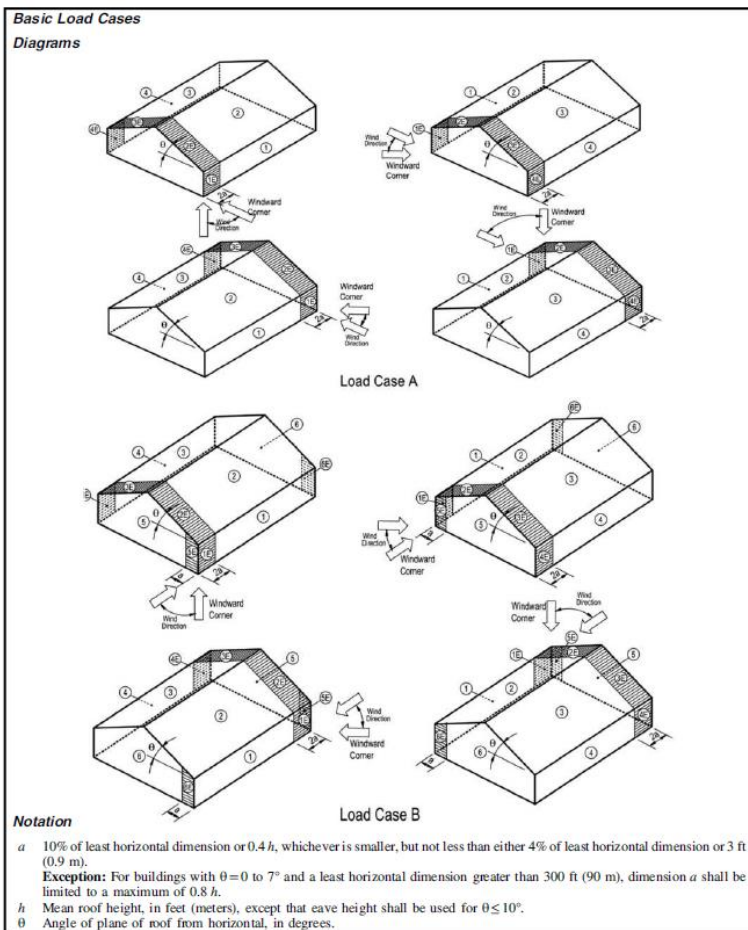


FIGURE 28.3-1 Main Wind Force Resisting System, Part 1 ( $h \leq 60$  ft ( $h \leq 18.3$  m)); External Pressure Coefficients, ( $GC_{pf}$ ), for Enclosed and Partially Enclosed Buildings—Low-Rise Walls and Roofs

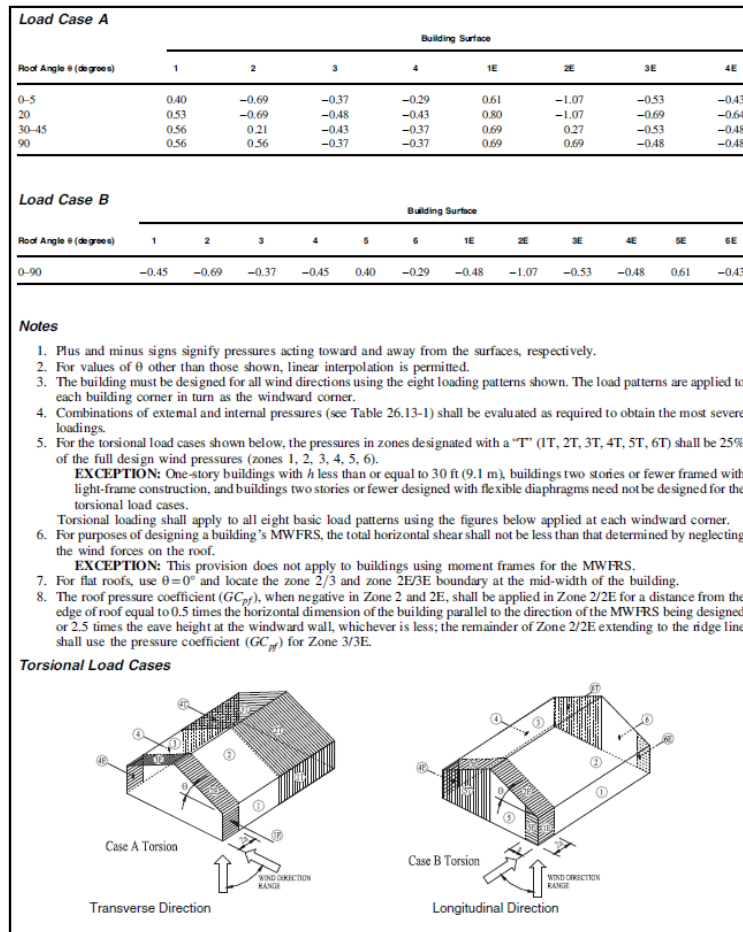


FIGURE 28.3-1 (Continued) Main Wind Force Resisting System, Part 1 ( $h \leq 60$  ft ( $h \leq 18.3$  m)); External Pressure Coefficients, ( $GC_{pr}$ ), for Enclosed and Partially Enclosed Buildings—Low-Rise Walls and Roofs

**26.10.2 Velocity Pressure.** Velocity pressure,  $q_z$ , evaluated at height  $z$  above ground shall be calculated by the following equation:

$$q_z = 0.00256K_zK_{zt}K_dK_eV^2 \text{ (lb/ft}^2\text{)}; V \text{ in mi/h} \quad (26.10-1)$$

$$q_z = 0.613K_zK_{zt}K_dK_eV^2 \text{ (N/m}^2\text{)}; V \text{ in m/s} \quad (26.10-1.si)$$

The velocity pressure at mean roof height is computed as  $q_h = q_z$  evaluated from Eq. (26.10-1) using  $K_z$  at mean roof height  $h$ .

## 28.1 SCOPE

**28.1.1 Building Types.** This chapter applies to the determination of main wind force resisting system (MWFRS) wind loads on low-rise buildings using the Envelope Procedure.

Part 1 applies to all low-rise buildings where it is necessary to separate applied wind loads onto the windward, leeward, and sidewalls of the building to properly assess the internal forces in the MWFRS members.

**28.3.1 Design Wind Pressure for Low-Rise Buildings.** Design wind pressures for the MWFRS of low-rise buildings shall be determined by the following equation:

$$p = q_h[(GC_{pf}) - (GC_{pi})] \text{ (lb/ft}^2\text{)} \quad (28.3-1)$$

$$p = q_h[(GC_{pf}) - (GC_{pi})] \text{ (N/m}^2\text{)} \quad (28.3-1.si)$$

# ASCE 7-16: Outline

#WeLoveSteelConstruction

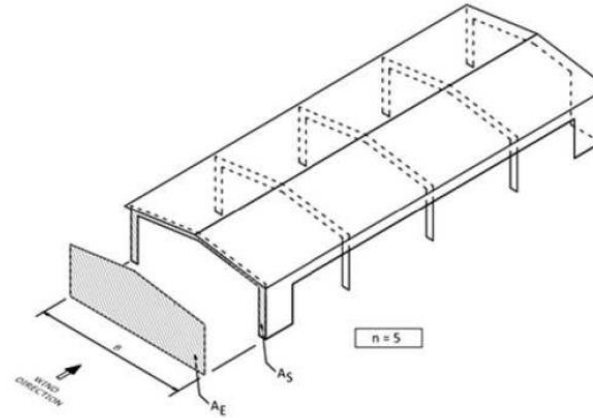


Table 26.13-1 Main Wind Force Resisting System and Components and Cladding (All Heights): Internal Pressure Coefficient, ( $GC_{pi}$ ), for Enclosed, Partially Enclosed, Partially Open, and Open Buildings (Walls and Roof)

Enclosure Classification	Criteria for Enclosure Classification	Internal Pressure	Internal Pressure Coefficient, ( $GC_{pi}$ )
Enclosed buildings	$A_o$ is less than the smaller of $0.01A_g$ or 4 sq ft (0.37 m) and $A_{oi}/A_{gi} \leq 0.2$	Moderate	+0.18
			-0.18
Partially enclosed buildings	$A_o > 1.1A_{oi}$ and $A_o >$ the lesser of $0.01A_g$ or 4 sq ft (0.37 m) and $A_{oi}/A_{gi} \leq 0.2$	High	+0.55
			-0.55
Partially open buildings	A building that does not comply with Enclosed, Partially Enclosed, or Open classifications	Moderate	+0.18
			-0.18
Open buildings	Each wall is at least 80% open	Negligible	0.00

**Notes**

1. Plus and minus signs signify pressures acting toward and away from the internal surfaces, respectively.
2. Values of ( $GC_{pi}$ ) shall be used with  $q_z$  or  $q_h$  as specified.
3. Two cases shall be considered to determine the critical load requirements for the appropriate condition:
  - a. A positive value of ( $GC_{pi}$ ) applied to all internal surfaces, or
  - b. A negative value of ( $GC_{pi}$ ) applied to all internal surfaces.

**User Note:** Use Part 1 of Chapter 28 to determine the wind pressure on the MWFRS of enclosed, partially enclosed, or open *low-rise buildings* that have a flat, gable, or hip roof. These provisions use the Envelope Procedure by calculating wind pressures from the *specific equation* applicable to each building surface. For building shapes and heights for which these provisions are applicable, this method generally yields the lowest wind pressure of all of the analytical methods specified in this standard.

**26.10.2 Velocity Pressure.** Velocity pressure,  $q_z$ , evaluated at height  $z$  above ground shall be calculated by the following equation:

$$q_z = 0.00256K_zK_{zt}K_dK_eV^2 \text{ (lb/ft}^2\text{); } V \text{ in mi/h} \quad (26.10-1)$$

$$q_z = 0.613K_zK_{zt}K_dK_eV^2 \text{ (N/m}^2\text{); } V \text{ in m/s} \quad (26.10-1.si)$$

The velocity pressure at mean roof height is computed as  $q_h = q_z$  evaluated from Eq. (26.10-1) using  $K_z$  at mean roof height  $h$ .

## 28.1 SCOPE

**28.1.1 Building Types.** This chapter applies to the determination of main wind force resisting system (MWFRS) wind loads on low-rise buildings using the Envelope Procedure.

Part 1 applies to all low-rise buildings where it is necessary to separate applied wind loads onto the windward, leeward, and sidewalls of the building to properly assess the internal forces in the MWFRS members.

**28.3.1 Design Wind Pressure for Low-Rise Buildings.** Design wind pressures for the MWFRS of low-rise buildings shall be determined by the following equation:

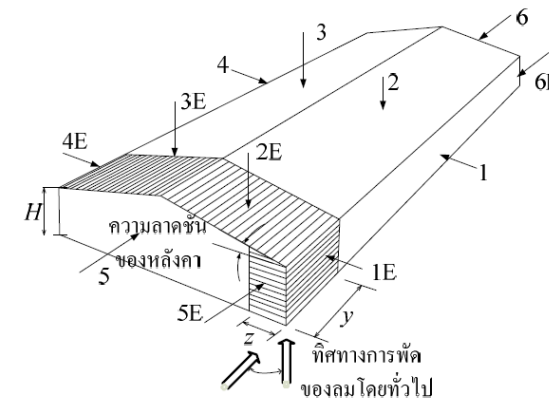
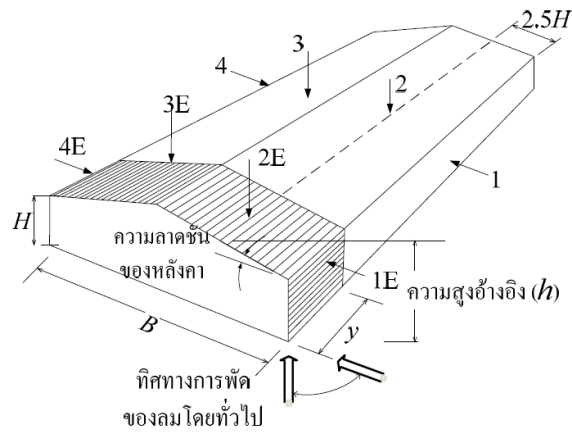
$$p = q_h [(GC_{pf}) - (GC_{pi})] \text{ (lb/ft}^2\text{)} \quad (28.3-1)$$

$$p = q_h [(GC_{pf}) - (GC_{pi})] \text{ (N/m}^2\text{)} \quad (28.3-1.si)$$

# Why ASCE 7-05 vs. 7-16

DPT 1311-50

#WeLoveSteelConstruction



ความลาดชันของหลังคา	พื้นที่ผิวของอาคาร							
	1	1E	2	2E	3	3E	4	4E
0° ถึง 5°	0.75	1.15	-1.3	-2.0	-0.7	-1.0	-0.55	-0.8
20°	1.0	1.5	-1.3	-2.0	-0.9	-1.3	-0.8	-1.2
30° ถึง 45°	1.05	1.3	0.4	0.5	-0.8	-1.0	-0.7	-0.9
90°	1.05	1.3	1.05	1.3	-0.7	-0.9	-0.7	-0.9

ความลาดชันของหลังคา	พื้นที่ผิวของอาคาร											
	1	1E	2	2E	3	3E	4	4E	5	5E	6	6E
0° ถึง 90°	-0.85	-0.9	-1.3	-2.0	-0.7	-1.0	-0.85	-0.9	0.75	1.15	-0.55	-0.8

รูปที่ ข.1 (ต่อ)

รูปที่ ข.1 ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมสูงสุดที่กระทำภายนอกอาคาร  $C_p, C_g$  สำหรับการออกแบบโครงสร้างหลักโดยคำนึงถึงผลกระทบของแรงลมที่กระทำกับพื้นที่ผิวทุกด้านของอาคารพร้อมกัน

# Why ASCE 7-05 vs. 7-16

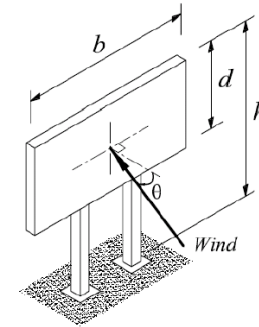
#WeLoveSteelConstruction

DPT 1311-50

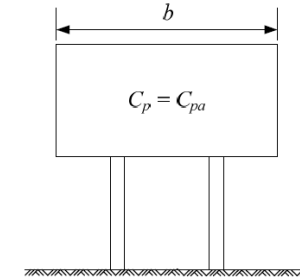
ตารางที่ ข-1 ค่าสัมประสิทธิ์หน่วยแรงลมเฉลี่ย  $C_{pa}$

อัตราส่วน $d/h$	อัตราส่วน $b/d$							
	$\leq 0.1$	0.2	0.5	1	2	3	4	$\geq 5$
$\leq 0.2$	1.65	1.60	1.60	1.55	1.55	1.55	1.60	1.60
0.3	1.65	1.60	1.55	1.55	1.50	1.50	1.55	1.55
0.5	1.65	1.55	1.50	1.50	1.45	1.45	1.45	1.45
0.7	1.60	1.50	1.45	1.40	1.35	1.35	1.35	1.30
0.9	1.60	1.45	1.35	1.30	1.25	1.25	1.25	1.25
1.0 *	1.55	1.40	1.30	1.25	1.20	1.20	1.15	1.15

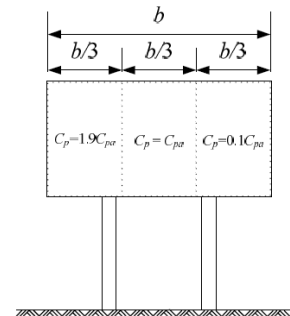
\* กรณีของกำแพง หรือป้ายที่ตั้งขึ้นมาจากพื้น



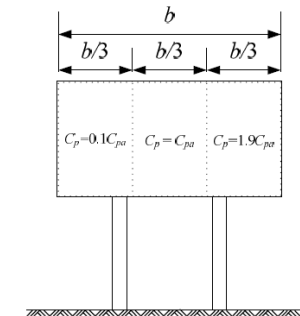
ก. สัดส่วนรูปทรงของป้าย และทิศทางลม ( $\theta$ )



ข. ค่าสัมประสิทธิ์  $C_p$  ในกรณีที่ทิศทางลมตั้งฉากกับหน้าป้าย ( $\theta = 0$ )



ค. ค่าสัมประสิทธิ์  $C_p$  ในกรณีขอบด้านซ้ายของป้ายชี้เข้าหาลม ( $\theta = +45^\circ$ )



ง. ค่าสัมประสิทธิ์  $C_p$  ในกรณีขอบด้านขวาของป้ายชี้เข้าหาลม ( $\theta = -45^\circ$ )

# Why ASCE 7-05 vs. 7-16

#WeLoveSteelConstruction

ASCE 7-05

Main Wind Force Resisting System – Method 1		h ≤ 60 ft.	
Figure 6-2	Design Wind Pressures	Walls & Roofs	
Enclosed Buildings			
<p>Notes:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Pressures shown are applied to the horizontal and vertical projections, for exposure B, at h=30 ft (9.1 m), l=1.0, and <math>K_{zt} = 1.0</math>. Adjust for other conditions using Equation 6-1.</li> <li>The load patterns shown shall be applied to each corner of the building in turn as the reference corner. (See Figure 6-10)</li> <li>For the design of the longitudinal MWFRS use <math>\theta = 0^\circ</math>, and locate the zone E/F, G/H boundary at the mid-length of the building.</li> <li>Load cases 1 and 2 must be checked for <math>25^\circ &lt; \theta \leq 45^\circ</math>. Load case 2 at <math>25^\circ</math> is provided only for interpolation between <math>25^\circ</math> to <math>30^\circ</math>.</li> <li>Plus and minus signs signify pressures acting toward and away from the projected surfaces, respectively.</li> <li>For roof slopes other than those shown, linear interpolation is permitted.</li> <li>The total horizontal load shall not be less than that determined by assuming <math>p_s = 0</math> in zones B &amp; D.</li> <li>The zone pressures represent the following:                     <ul style="list-style-type: none"> <li>Horizontal pressure zones – Sum of the windward and leeward net (sum of internal and external) pressures on vertical projection of:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>A - End zone of wall</li> <li>B - End zone of roof</li> <li>C - Interior zone of wall</li> <li>D - Interior zone of roof</li> </ul> </li> <li>Vertical pressure zones – Net (sum of internal and external) pressures on horizontal projection of:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>E - End zone of windward roof</li> <li>F - End zone of leeward roof</li> <li>G - Interior zone of windward roof</li> <li>H - Interior zone of leeward roof</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>Where zone E or G falls on a roof overhang on the windward side of the building, use <math>E_{on}</math> and <math>G_{on}</math> for the pressure on the horizontal projection of the overhang. Overhangs on the leeward and side edges shall have the basic zone pressure applied.</li> <li>Notation:                     <ul style="list-style-type: none"> <li>a: 10 percent of least horizontal dimension or 0.4h, whichever is smaller, but not less than either 4% of least horizontal dimension or 3 ft (0.9 m).</li> <li>h: Mean roof height, in feet (meters), except that eave height shall be used for roof angles <math>&lt; 10^\circ</math>.</li> <li><math>\theta</math>: Angle of plane of roof from horizontal, in degrees.</li> </ul> </li> </ol>			

Main Wind Force Resisting System – Method 1		h ≤ 60 ft.										
Figure 6-2 (cont'd)	Design Wind Pressures	Walls & Roofs										
Enclosed Buildings												
Simplified Design Wind Pressure, $p_{s30}$ (psf) (Exposure B at h = 30 ft., $K_{zt} = 1.0$ , with l = 1.0)												
Basic Wind Speed (mph)	Roof Angle (degrees)	Load Case	Zones									
			Horizontal Pressures				Vertical Pressures				Overhangs	
			A	B	C	D	E	F	G	H	EOH	GOH
85	0 to 5°	1	11.5	-5.0	7.6	-3.5	-13.8	-7.8	-8.6	-6.1	-19.3	-15.1
	10°	1	12.9	-5.4	8.6	-3.1	-13.8	-8.4	-9.6	-6.5	-19.3	-15.1
	15°	1	14.4	-4.8	9.6	-2.7	-13.8	-9.0	-8.6	-6.9	-19.3	-15.1
	20°	1	15.9	-4.2	10.6	-2.3	-13.8	-9.6	-8.6	-7.3	-19.3	-15.1
	25°	1	14.4	2.3	10.4	2.4	-6.4	-8.7	-4.6	-7.0	-11.9	-10.1
90	0 to 5°	1	12.9	8.8	10.2	7.0	1.0	-7.8	0.3	-6.7	-4.5	-5.2
	10°	1	14.4	8.8	10.2	7.0	5.0	-3.9	4.3	-2.8	-4.5	-5.2
	15°	1	12.8	-6.7	8.5	-4.0	-15.4	-8.8	-10.7	-6.8	-21.6	-16.9
	20°	1	14.5	-6.0	9.6	-3.5	-15.4	-9.4	-10.7	-7.2	-21.6	-16.9
	25°	1	16.1	-5.4	10.7	-3.0	-15.4	-10.1	-10.7	-7.7	-21.6	-16.9
100	0 to 5°	1	17.8	-4.7	11.9	-2.6	-15.4	-10.7	-10.7	-8.1	-21.6	-16.9
	10°	1	16.1	2.6	11.7	2.7	-7.2	-9.8	-5.2	-7.8	-13.3	-11.4
	15°	1	15.9	8.2	10.5	-4.9	-19.1	-10.8	-13.3	-8.4	-26.7	-20.9
	20°	1	17.9	-7.4	11.9	-4.3	-19.1	-11.6	-13.3	-8.9	-26.7	-20.9
	25°	1	19.9	-6.6	13.3	-3.8	-19.1	-12.4	-13.3	-9.5	-26.7	-20.9
105	0 to 5°	1	22.0	-5.8	14.6	-3.2	-19.1	-13.3	-13.3	-10.1	-26.7	-20.9
	10°	1	19.9	3.2	14.4	3.3	-8.8	-12.0	-6.4	-9.7	-16.5	-14.0
	15°	1	17.8	12.2	14.2	9.8	1.4	-10.8	0.5	-9.3	-6.3	-7.2
	20°	1	17.8	12.2	14.2	9.8	6.9	-5.3	5.9	-3.8	-6.3	-7.2
	25°	1	17.5	-9.0	11.6	-5.4	-21.1	-11.9	-14.7	-9.3	-29.4	-23.0
110	0 to 5°	1	19.7	-8.2	13.1	-4.7	-21.1	-12.8	-14.7	-9.8	-29.4	-23.0
	10°	1	21.9	-7.3	14.7	-4.2	-21.1	-13.7	-14.7	-10.5	-29.4	-23.0
	15°	1	24.3	8.4	16.1	3.5	21.1	-14.7	-14.7	-11.1	-29.4	-23.0
	20°	1	21.9	3.5	15.9	3.5	9.7	-13.2	-7.1	-10.7	-18.2	-15.4
	25°	1	19.6	13.5	15.7	10.8	1.5	-11.9	0.6	-10.3	-6.9	-7.9
120	0 to 5°	1	19.6	13.5	15.7	10.8	7.6	-5.8	6.5	-4.2	-6.9	-7.9
	10°	1	19.2	-10.0	12.7	-5.9	-23.1	-13.1	-16.0	-10.1	-32.3	-25.3
	15°	1	21.6	-9.0	14.4	-5.2	-23.1	-14.1	-16.0	-10.8	-32.3	-25.3
	20°	1	24.1	-8.0	16.0	-4.6	-23.1	-15.1	-16.0	-11.5	-32.3	-25.3
	25°	1	26.6	-7.0	17.7	-3.9	-23.1	-16.0	-16.0	-12.2	-32.3	-25.3
130	0 to 5°	1	24.1	3.9	17.4	4.0	-10.7	-14.6	-7.7	-11.7	-19.9	-17.0
	10°	1	21.6	14.8	17.2	11.8	1.7	-13.1	0.6	-11.3	-7.6	-8.7
	15°	1	21.6	14.8	17.2	11.8	8.3	-6.5	7.2	-4.6	-7.6	-8.7
	20°	1	22.8	-11.9	15.1	-7.0	-27.4	-15.6	-19.1	-12.1	-38.4	-30.1
	25°	1	25.8	-10.7	17.1	-6.2	-27.4	-16.8	-19.1	-12.9	-38.4	-30.1
140	0 to 5°	1	28.7	-9.5	19.1	-5.4	-27.4	-17.9	-19.1	-13.7	-38.4	-30.1
	10°	1	31.6	-8.3	21.1	-4.6	-27.4	-19.1	-19.1	-14.5	-38.4	-30.1
	15°	1	28.6	4.6	20.7	4.7	-12.7	-17.3	-9.2	-13.9	-23.7	-20.2
	20°	1	25.7	17.6	20.4	14.0	2.0	-15.6	0.7	-13.4	-9.0	-10.3
	25°	1	25.7	17.6	20.4	14.0	9.9	-7.7	8.6	-5.5	-9.0	-10.3

Unit Conversions—1.0 ft = 0.3048 m; 1.0 psf = 0.0479 kN/m<sup>2</sup>

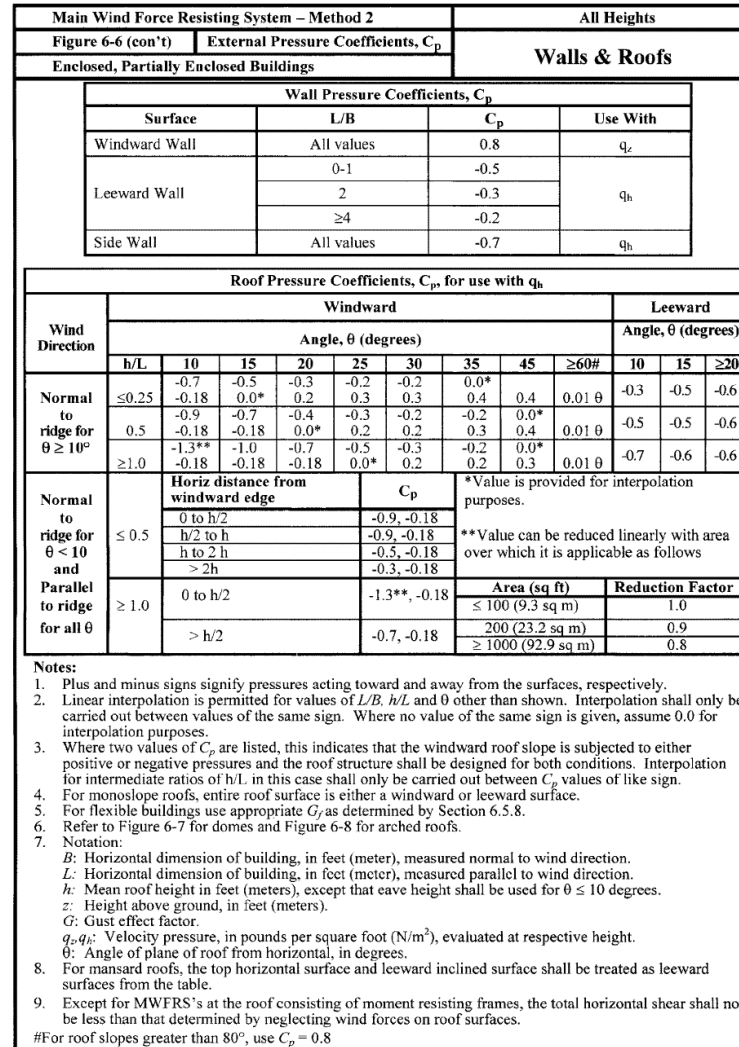
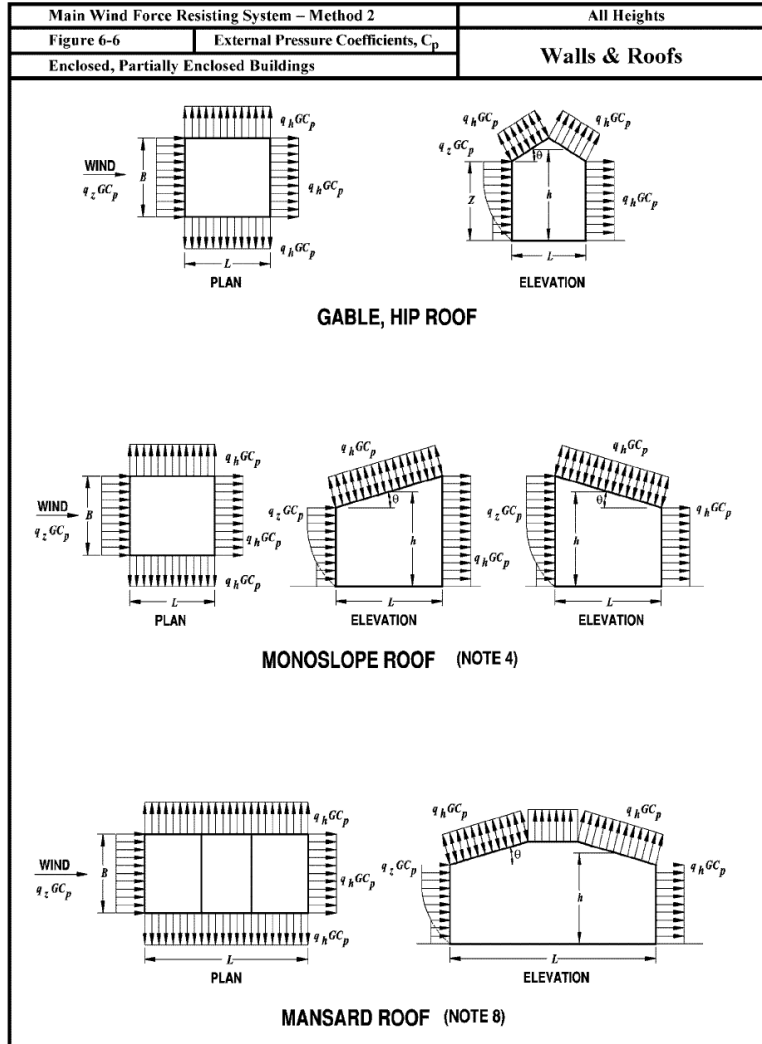
Main Wind Force Resisting System – Method 1		h ≤ 60 ft.										
Figure 6-2 (cont'd)	Design Wind Pressures	Walls & Roofs										
Enclosed Buildings												
Simplified Design Wind Pressure, $p_{s30}$ (psf) (Exposure B at h = 30 ft., $K_{zt} = 1.0$ , with l = 1.0)												
Basic Wind Speed (mph)	Roof Angle (degrees)	Load Case	Zones									
			Horizontal Pressures				Vertical Pressures				Overhangs	
			A	B	C	D	E	F	G	H	EOH	GOH
125	0 to 5°	1	24.7	-12.9	16.4	-7.6	-29.7	-16.9	-20.7	-13.1	-41.7	-32.7
	10°	1	28.0	-11.6	18.6	-6.7	-29.7	-18.2	-20.7	-14.0	-41.7	-32.7
	15°	1	31.1	-10.3	20.7	-5.9	-29.7	-19.4	-20.7	-14.9	-41.7	-32.7
	20°	1	34.3	-9.0	22.9	-5.0	-29.7	-20.7	-20.7	-15.7	-41.7	-32.7
	25°	1	31.0	5.0	22.5	5.1	-13.8	-18.8	-10.0	-15.1	-25.7	-21.9
130	0 to 5°	1	27.9	19.1	22.1	15.2	2.2	-16.2	0.8	-14.5	-9.8	-11.2
	10°	1	27.9	19.1	22.1	15.2	10.7	-8.4	9.3	-6.0	-9.8	-11.2
	15°	1	26.8	-13.9	17.8	-8.2	-32.2	-18.3	-22.4	-14.2	-45.1	-35.3
	20°	1	30.2	-12.5	20.1	-7.3	-32.2	-19.7	-22.4	-15.1	-45.1	-35.3
	25°	1	33.7	-11.2	22.4	-6.4	-32.2	-21.0	-22.4	-16.1	-45.1	-35.3
140	0 to 5°	1	37.1	-9.8	24.7	-5.4	-32.2	-22.4	-22.4	-17.0	-45.1	-35.3
	10°	1	33.6	5.4	24.3	5.5	-14.9	-20.4	-10.8	-16.4	-27.8	-23.7
	15°	1	30.1	20.6	24.0	16.5	2.3	-18.3	0.8	-15.7	-10.6	-12.1
	20°	1	30.1	20.6	24.0	16.5	11.6	-9.0	10.0	-6.4	-10.6	-12.1
	25°	1	31.1	-16.1	20.6	-9.6	-37.3	-21.2	-26.0	-16.4	-52.3	-40.9
145	0 to 5°	1	35.1	-14.5	23.3	-8.5	-37.3	-22.8	-26.0	-17.5	-52.3	-40.9
	10°	1	39.0	-12.9	26.0	-7.4	-37.3	-24.4	-26.0	-18.6	-52.3	-40.9
	15°	1	43.0	-11.4	28.7	-6.3	-37.3	-26.0	-26.0	-19.7	-52.3	-40.9
	20°	1	39.0	6.3	28.2	6.4	-17.3	-23.6	-12.5	-19.0	-32.3	-27.5
	25°	1	35.0	23.9	27.8	19.1	2.7	-21.2	0.9	-18.2	-12.3	-14.0
150	0 to 5°	1	35.0	23.9	27.8	19.1	13.4	-10.5	11.7	-7.5	-12.3	-14.0
	10°	1	33.4	-17.3	22.1	-10.3	-40.0	-22.7	-27.9	-17.6	-56.1	-43.9
	15°	1	37.7	-15.6	25.0	-9.1	-40.0	-24.5	-27.9	-18.8	-56.1	-43.9
	20°	1	41.8	-13.8	27.9	-7.9	-40.0	-26.2	-27.9	-20.0	-56.1	-43.9
	25°	1	46.1	-12.2	30.8	-6.8	-40.0	-27.9	-27.9	-21.1	-56.1	-43.9
160	0 to 5°	1	41.8	6.8	30.3	6.9	-18.6	-25.3	-13.4	-20.4	-34.6	-29.5
	10°	1	37.5	25.6	29.8	20.5	2.9	-22.7	1.0	-19.5	-13.2	-15.0
	15°	1	35.7	-18.5	23.7	-11.0	-42.9	-24.4	-29.8	-18.9	-60.0	-47.0
	20°	1	40.2	-16.7	26.8	-9.7	-42.9	-26.2	-29.8	-20.1	-60.0	-47.0
	25°	1	44.8	-14.9	29.8	-8.5	-42.9	-28.0	-29.8	-21.4	-60.0	-47.0
170	0 to 5°	1	49.4	-13.0	32.9	-7.2	-42.9	-29.8	-29.8	-22.6	-60.0	-47.0
	10°	1	44.8	7.2	32.4	7.4	-19.9	-27.1	-14.4	-21.8	-37.0	-31.6
	15°	1	40.1	27.4	31.9	22.0	3.1	-24.4	1.0	-20.9	-14.1	-16.1
	20°	1	40.1	27.4	31.9	22.0	15.4	-12.0	13.4	-8.6	-14.1	-16.1
	25°	1	45.8	-23.8	30.4	-14.1	-55.1	-31.3	-38.3	-24.2	-77.1	-60.4
180	0 to 5°	1	51.7	-21.4	34.4	-12.5	-55.1	-33.6	-38.3	-25.8	-77.1	-60.4
	10°	1	57.6	-19.1	38.3	-10.9	-55.1	-36.0	-38.3	-27.5	-77.1	-60.4
	15°	1	63.4	-16.7	42.3	-9.3	-55.1	-38.3	-38.3	-29.1	-77.1	-60.4
	20°	1	57.5	9.3	41.6	9.5	-25.6	-34.8	-18.5	-28.0	-47.6	-40.5
	25°	1	51.5	35.2	41.0	28.2	4.0	-31.3	1.3	-26.9	-18.1	-20.7

Unit Conversions—1.0 ft = 0.3048 m; 1.0 psf = 0.0479 kN/m<sup>2</sup>

# Why ASCE 7-05 vs. 7-16

ASCE 7-05

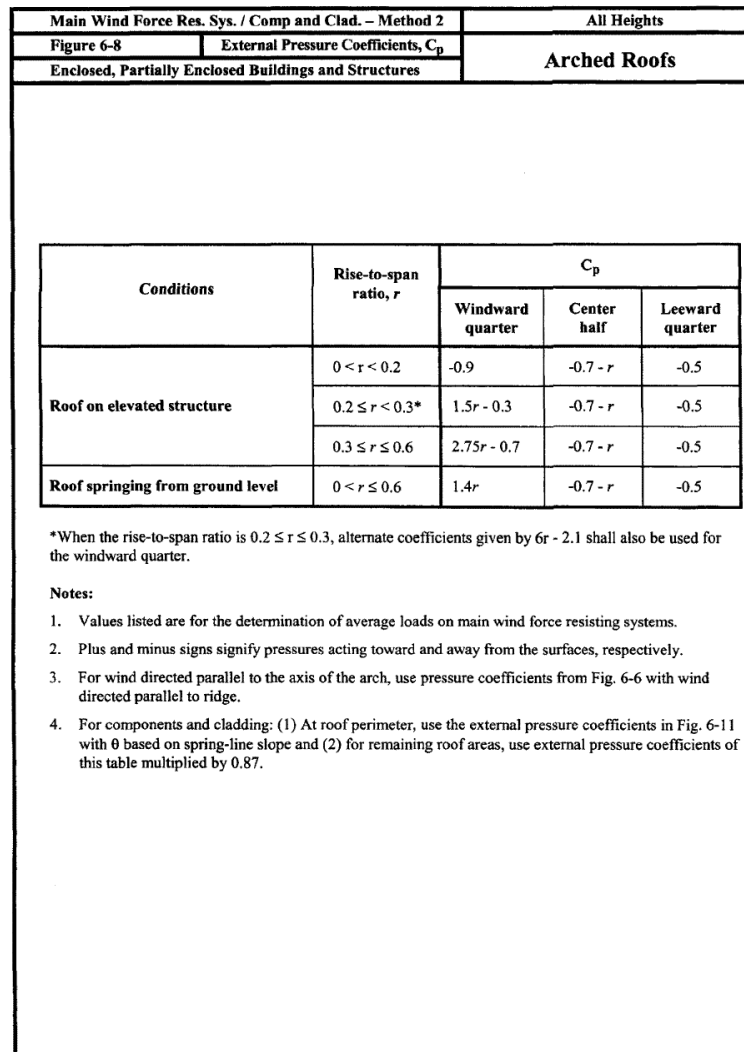
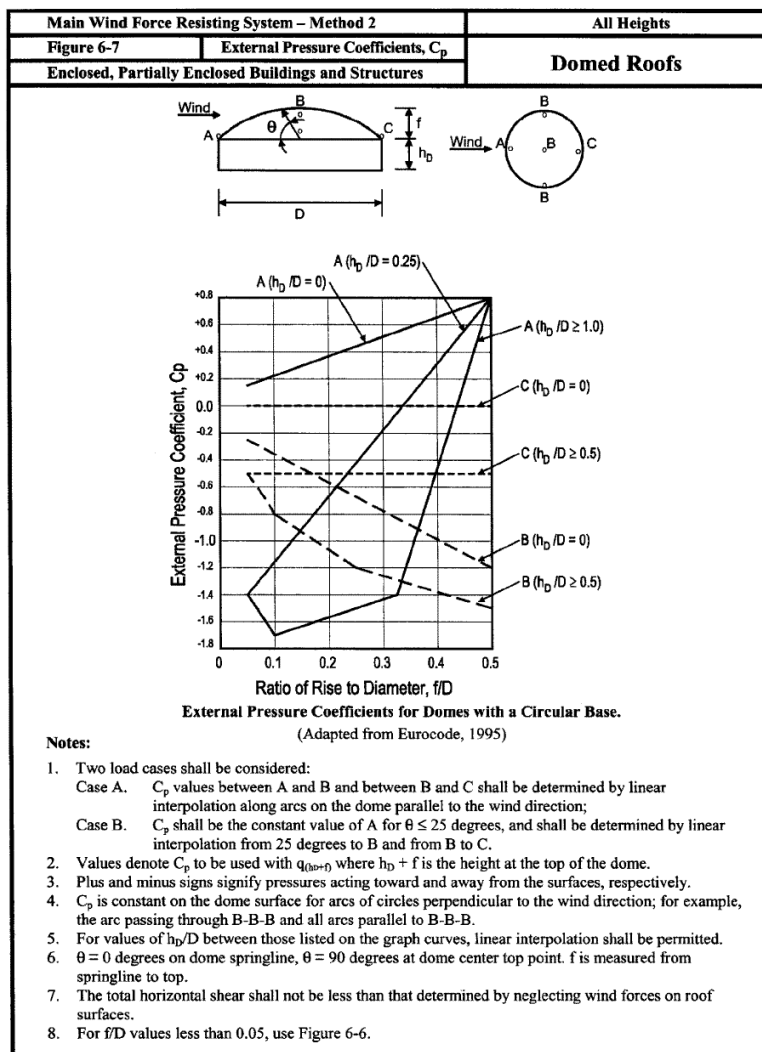
#WeLoveSteelConstruction



# Why ASCE 7-05 vs. 7-16

#WeLoveSteelConstruction

ASCE 7-05



# Why ASCE 7-05 vs. 7-16

#WeLoveSteelConstruction

ASCE 7-05

Main Wind Force Resisting System		0.25 ≤ h/L ≤ 1.0			
Figure 6-18A	Net Pressure Coefficient, C <sub>N</sub>	Monoslope Free Roofs θ ≤ 45°, γ = 0°, 180°			
Open Buildings					
Roof Angle θ	Load Case	Wind Direction, γ = 0°		Wind Direction, γ = 180°	
		Clear Wind Flow	Obstructed Wind Flow	Clear Wind Flow	Obstructed Wind Flow
		C <sub>NW</sub>	C <sub>NL</sub>	C <sub>NW</sub>	C <sub>NL</sub>
0°	A	1.2	0.3	-0.5	-1.2
	B	-1.1	-0.1	-1.1	-0.6
7.5°	A	-0.6	-1	-1	-1.5
	B	-1.4	0	-1.7	-0.8
15°	A	-0.9	-1.3	-1.1	-1.5
	B	-1.9	0	-2.1	-0.6
22.5°	A	-1.5	-1.6	-1.5	-1.7
	B	-2.4	-0.3	-2.3	-0.9
30°	A	-1.8	-1.8	-1.5	-1.8
	B	-2.5	-0.5	-2.3	-1.1
37.5°	A	-1.8	-1.8	-1.5	-1.8
	B	-2.4	-0.6	-2.2	-1.1
45°	A	-1.6	-1.8	-1.3	-1.8
	B	-2.3	-0.7	-1.9	-1.2

Notes:

- C<sub>NW</sub> and C<sub>NL</sub> denote net pressures (contributions from top and bottom surfaces) for windward and leeward half of roof surfaces, respectively.
- Clear wind flow denotes relatively unobstructed wind flow with blockage less than or equal to 50%. Obstructed wind flow denotes objects below roof inhibiting wind flow (>50% blockage).
- For values of θ between 7.5° and 45°, linear interpolation is permitted. For values of θ less than 7.5°, use load coefficients for 0°.
- Plus and minus signs signify pressures acting towards and away from the top roof surface, respectively.
- All load cases shown for each roof angle shall be investigated.

Notation:

- L : horizontal dimension of roof, measured in the along wind direction, ft. (m)
- h : mean roof height, ft. (m)
- γ : direction of wind, degrees
- θ : angle of plane of roof from horizontal, degrees

Main Wind Force Resisting System		0.25 ≤ h/L ≤ 1.0	
Figure 6-18B	Net Pressure Coefficient, C <sub>N</sub>	Pitched Free Roofs θ ≤ 45°, γ = 0°, 180°	
Open Buildings			
Roof Angle, θ	Load Case	Wind Direction, γ = 0°, 180°	
		Clear Wind Flow	Obstructed Wind Flow
		C <sub>NW</sub>	C <sub>NL</sub>
7.5°	A	1.1	-0.3
	B	0.2	-1.2
15°	A	1.1	-0.4
	B	0.1	-1.1
22.5°	A	1.1	0.1
	B	-0.1	-0.8
30°	A	1.3	0.3
	B	-0.1	-0.9
37.5°	A	1.3	0.6
	B	-0.2	-0.6
45°	A	1.1	0.9
	B	-0.3	-0.5

Notes:

- C<sub>NW</sub> and C<sub>NL</sub> denote net pressures (contributions from top and bottom surfaces) for windward and leeward half of roof surfaces, respectively.
- Clear wind flow denotes relatively unobstructed wind flow with blockage less than or equal to 50%. Obstructed wind flow denotes objects below roof inhibiting wind flow (>50% blockage).
- For values of θ between 7.5° and 45°, linear interpolation is permitted. For values of θ less than 7.5°, use monoslope roof load coefficients.
- Plus and minus signs signify pressures acting towards and away from the top roof surface, respectively.
- All load cases shown for each roof angle shall be investigated.

Notation:

- L : horizontal dimension of roof, measured in the along wind direction, ft. (m)
- h : mean roof height, ft. (m)
- γ : direction of wind, degrees
- θ : angle of plane of roof from horizontal, degrees

Main Wind Force Resisting System		0.25 ≤ h/L ≤ 1.0	
Figure 6-18C	Net Pressure Coefficient, C <sub>N</sub>	Troughed Free Roofs θ ≤ 45°, γ = 0°, 180°	
Open Buildings			
Roof Angle θ	Load Case	Wind Direction, γ = 0°, 180°	
		Clear Wind Flow	Obstructed Wind Flow
		C <sub>NW</sub>	C <sub>NL</sub>
7.5°	A	-1.1	0.3
	B	-0.2	1.2
15°	A	-1.1	0.4
	B	0.1	1.1
22.5°	A	-1.1	-0.1
	B	-0.1	0.8
30°	A	-1.3	-0.3
	B	-0.1	0.9
37.5°	A	-1.3	-0.6
	B	0.2	0.6
45°	A	-1.1	-0.9
	B	0.3	0.5

Notes:

- C<sub>NW</sub> and C<sub>NL</sub> denote net pressures (contributions from top and bottom surfaces) for windward and leeward half of roof surfaces, respectively.
- Clear wind flow denotes relatively unobstructed wind flow with blockage less than or equal to 50%. Obstructed wind flow denotes objects below roof inhibiting wind flow (>50% blockage).
- For values of θ between 7.5° and 45°, linear interpolation is permitted. For values of θ less than 7.5°, use monoslope roof load coefficients.
- Plus and minus signs signify pressures acting towards and away from the top roof surface, respectively.
- All load cases shown for each roof angle shall be investigated.

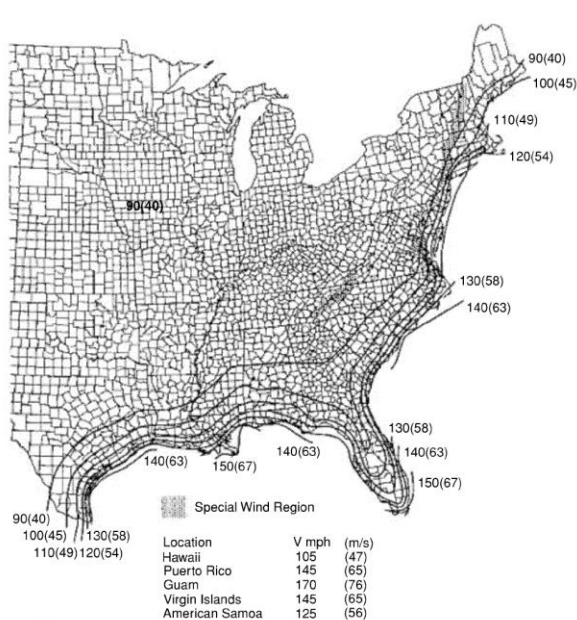
Notation:

- L : horizontal dimension of roof, measured in the along wind direction, ft. (m)
- h : mean roof height, ft. (m)
- γ : direction of wind, degrees
- θ : angle of plane of roof from horizontal, degrees

# Why ASCE 7-05 vs. 7-16

#WeLoveSteelConstruction

## ASCE 7-05



- Notes:
1. Values are nominal design 3-second gust wind speeds in miles per hour (m/s) at 33 ft (10 m) above ground for Exposure C category.
  2. Linear interpolation between wind contours is permitted.
  3. Islands and coastal areas outside the last contour shall use the last wind speed contour of the coastal area.
  4. Mountainous terrain, gorges, ocean promontories, and special wind regions shall be examined for unusual wind conditions.

FIGURE 6-1 continued  
BASIC WIND SPEED

## ASCE 7-16

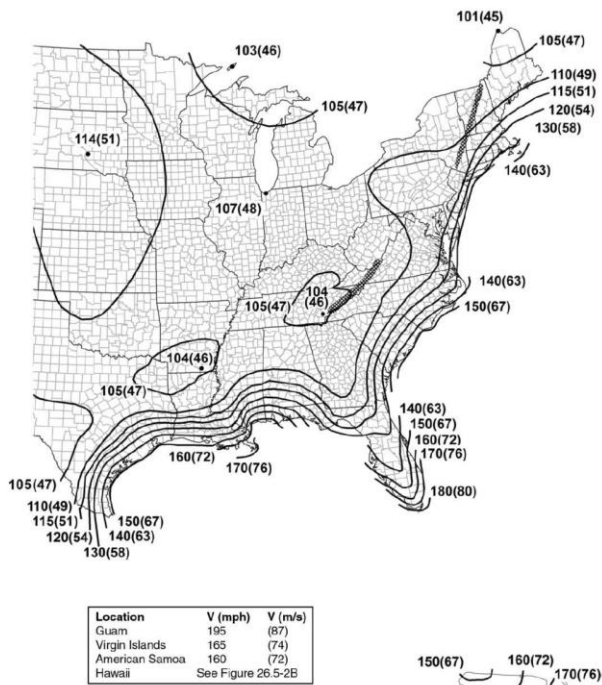


FIGURE 26.5-1B (Continued). Basic Wind Speeds for Risk Category II Buildings and Other Structures

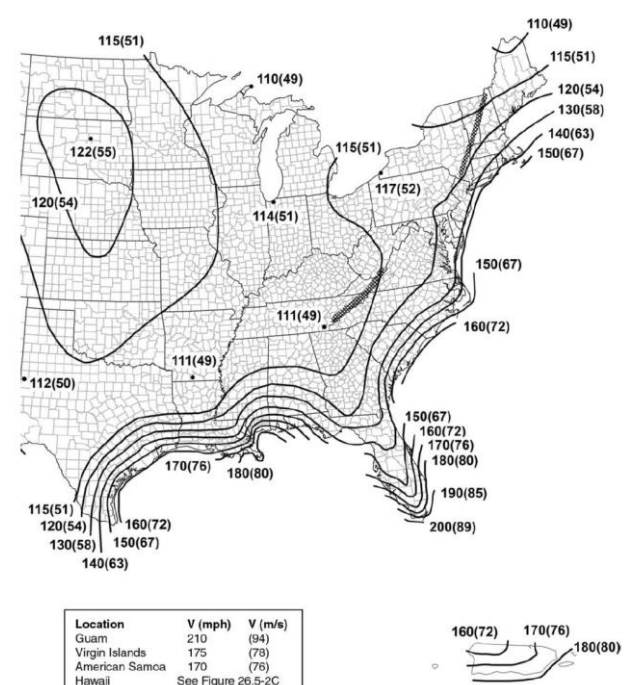


FIGURE 26.5-1C (Continued). Basic Wind Speeds for Risk Category III Buildings and Other Structures

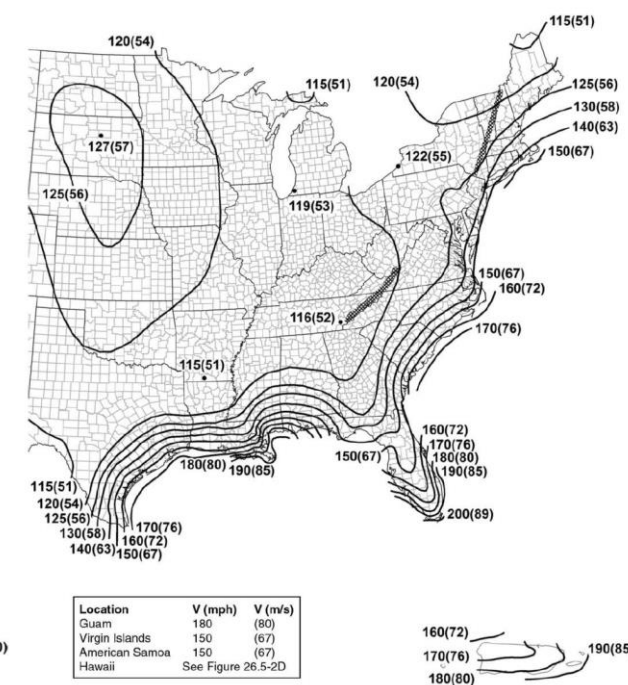


FIGURE 26.5-1D (Continued). Basic Wind Speeds for Risk Category IV Buildings and Other Structures

# Why ASCE 7-05 vs. 7-16

#WeLoveSteelConstruction

## ASCE 7-05

## ASCE 7-16

**2.3.2 Basic Combinations.** Structures, components, and foundations shall be designed so that their design strength equals or exceeds the effects of the factored loads in the following combinations:

1.  $1.4(D + F)$
2.  $1.2(D + F + T) + 1.6(L + H) + 0.5(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$
3.  $1.2D + 1.6(L_r \text{ or } S \text{ or } R) + (L \text{ or } 0.8W)$
4.  $1.2D + 1.6W + L + 0.5(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$
5.  $1.2D + 1.0E + L + 0.2S$
6.  $0.9D + 1.6W + 1.6H$
7.  $0.9D + 1.0E + 1.6H$

**2.3.1 Basic Combinations.** Structures, components, and foundations shall be designed so that their design strength equals or exceeds the effects of the factored loads in the following combinations. Effects of one or more loads not acting shall be considered. Seismic load effects shall be combined loads in accordance with Section 2.3.6. Wind and seismic loads need not be considered to act simultaneously. Refer to Sections 1.4, 2.3.6, 12.4, and 12.14.3 for the specific definition of the earthquake load effect  $E$ . Each relevant strength limit state shall be investigated.

1.  $1.4D$
2.  $1.2D + 1.6L + 0.5(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$
3.  $1.2D + 1.6(L_r \text{ or } S \text{ or } R) + (L \text{ or } 0.5W)$
4.  $1.2D + 1.0W + L + 0.5(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$
5.  $0.9D + 1.0W$

**2.3.6 Basic Combinations with Seismic Load Effects.** When a structure is subject to seismic load effects, the following load combinations shall be considered in addition to the basic combinations in Section 2.3.1. The most unfavorable effects from seismic loads shall be investigated, where appropriate, but they need not be considered to act simultaneously with wind loads.

Where the prescribed seismic load effect,  $E = f(E_v, E_h)$  (defined in Section 12.4.2 or 12.14.3.1) is combined with the effects of other loads, the following seismic load combinations shall be used:

6.  $1.2D + E_v + E_h + L + 0.2S$
7.  $0.9D - E_v + E_h$

Where the seismic load effect with overstrength,  $E_m = f(E_v, E_{mh})$ , defined in Section 12.4.3, is combined with the effects of other loads, the following seismic load combination for structures shall be used:

6.  $1.2D + E_v + E_{mh} + L + 0.2S$
7.  $0.9D - E_v + E_{mh}$

Category	Non-Hurricane Prone Regions and Hurricane Prone Regions with $V = 85\text{-}100$ mph and Alaska	Hurricane Prone Regions with $V > 100$ mph
I	0.87 MRI 15 years	0.77
II	1.00 MRI 50 years	1.00
III	1.15 MRI 200 years	1.15
IV	1.15 MRI 200 years	1.15

MRI = 300 years

**Risk  
Category 1**

MRI = 700 years

**Risk  
Category 2**

MRI = 1,700 years

**Risk  
Category 3**

MRI = 3,000 years

**Risk  
Category 4**

# Mean Recurrence Interval (MRI)

#WeLoveSteelConstruction

**ม.ช.พ. 1311-50**

**มาตรฐานการคำนวณแรงลม  
และการตอบสนองของอาคาร**



**กรมโยธาธิการและผังเมือง  
กระทรวงมหาดไทย  
พ.ศ. 2550**

Category	Non-Hurricane Prone Regions and Hurricane Prone Regions with V = 85-100 mph and Alaska	Hurricane Prone Regions with V > 100 mph
I	0.87 <b>MRI 15 years</b>	0.77
II	1.00 <b>MRI 50 years</b>	1.00
III	1.15 <b>MRI 200 years</b>	1.15
IV	1.15 <b>MRI 200 years</b>	1.15

ฟังก์ชันการกระจายตัวของความเร็วลมเนื่องจากอิทธิพลของลมปกติจะมีค่า  $\alpha$  อยู่ระหว่าง 2.5 ถึง 4.0 ค่ากำหนดการกระจายตัวนี้สื่อถึงค่าเบี่ยงเบนของความเร็วลมสูงสุดในแต่ละปี จะเห็นได้ว่าลมปกติที่เกิดขึ้นในภาคใต้มีค่า  $\alpha$  ต่ำกว่า ซึ่งสอดคล้องกับความจริงที่ว่าลมปกติที่มีอิทธิพลต่อภาคใต้คือลมมรสุมประจำปีซึ่งเป็นลมที่มีพฤติกรรมค่อนข้างแน่นอนและสม่ำเสมอ ส่วนทางตอนบนของประเทศจะได้รับอิทธิพลของพายุฤดูร้อนซึ่งมีพฤติกรรมไม่แน่นอนและเกิดขึ้นในบริเวณแคบ ผลการวิเคราะห์จึงได้ค่า  $\alpha$  ที่สูงกว่า

เมื่อพิจารณาเฉพาะความเร็วลมเนื่องจากลมปกติเพียงอย่างเดียวโดยไม่รวมอิทธิพลของได้ฝุ่น ค่าความเร็วลมเฉลี่ยสำหรับคาบเวลากลับ  $N$  ปี ( $V_N$ ) ของกลุ่มความเร็วลมอ้างอิงใดๆ สามารถคำนวณได้จากค่าความเร็วลมเฉลี่ยสำหรับคาบเวลากลับ 50 ปี ( $V_{50}$ ) ของกลุ่มความเร็วลมอ้างอิงดังกล่าวได้โดยสมการ

$$V_N = FV_{50}$$

โดยที่  $F$  = ค่าประกอบการเปลี่ยนแปลงความเร็วลมเฉลี่ยสำหรับคาบเวลากลับต่างๆ แสดงในตารางที่ 0.2-1

ขั้นตอนการคำนวณน้ำหนักของแรงลม ที่พิจารณาจากการกำหนดให้หน่วยแรงลมสำหรับสภาวะจำกัดด้านกำลังมีคาบเวลากลับที่ประมาณ 500 ปี จากการแบ่งกลุ่มจังหวัดออกเป็น 4 บริเวณตามแนวโน้มของเส้นชั้นค่ากำหนดการกระจายตัวในรูปที่ 0.2.2 ได้ค่าเฉลี่ยของค่ากำหนดการกระจายตัวของกลุ่ม ( $\hat{\alpha}$ ) และ ค่าเฉลี่ยบวกหนึ่งเท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเร็วลมที่คาบเวลากลับ 30 ปี ( $\hat{V}_{30} = \bar{V}_{30} + \sigma$ ) สามารถคำนวณหาค่ากำหนดตำแหน่ง ( $\hat{\beta}$ ) ค่าความเร็วลมที่คาบเวลากลับ 50 ปี ( $\hat{V}_{50}$ ) และ 500 ปี ( $\hat{V}_{500}$ ) และ ตัวคูณน้ำหนักของแรงลมที่เหมาะสม ( $F_W$ ) ของแต่ละกลุ่ม ดังนี้

$$\hat{\beta} = \hat{V}_{30} + \hat{\alpha} \cdot \ln \left[ -\ln \left( 1 - \frac{1}{30} \right) \right]$$

$$\hat{V}_{50} = \hat{\beta} - \hat{\alpha} \cdot \ln \left[ -\ln \left( 1 - \frac{1}{50} \right) \right]$$

$$\hat{V}_{500} = \hat{\beta} - \hat{\alpha} \cdot \ln \left[ -\ln \left( 1 - \frac{1}{500} \right) \right]$$

$$F_W = 0.5 \cdot \rho \cdot (\hat{V}_{50})^2 = 0.5 \cdot \rho \cdot (\hat{V}_{500})^2$$

$$F_W = \left( \frac{\hat{V}_{500}}{\hat{V}_{50}} \right)^2$$

	$\hat{\alpha}$	$\hat{V}_{30}$	$\hat{\beta}$	$\hat{V}_{50}$	$\hat{V}_{500}$	$F_W$
กลุ่มภาคเหนือ	3.4	26.8	15.3	28.6	36.4	1.62
กลุ่มตะวันออกเฉียงเหนือ	3.2	25.3	14.6	26.9	34.2	1.61
กลุ่มพื้นที่ตอนกลาง	2.8	23.5	14.0	24.9	31.4	1.60
กลุ่มภาคใต้	2.5	22.6	14.2	23.9	29.6	1.53

$N$ (ปี)	$F$
5	0.73
10	0.81
15	0.86
20	0.90
25	0.92
30	0.94
35	0.96
40	0.98
45	0.99
50	1.00
100	1.08
200	1.16
500	1.26
1,000	1.34

MRI = 300 years

**Risk  
Category 1**

MRI = 700 years

**Risk  
Category 2**

MRI = 1,700 years

**Risk  
Category 3**

MRI = 3,000 years

**Risk  
Category 4**

# Important Characteristics of Wind Load

#WeLoveSteelConstruction

- **ทิศทางลม** ลักษณะตามธรรมชาติของลมนั้นสามารถจะพัดมาได้จากทุกทิศทางทุกทาง แม้ว่าในแต่ละภูมิภาคจะมีข้อมูลสถิติว่า ลมพัดในทิศทางใดมากที่สุดด้วยความเร็วลมเพียงใด ในช่วงฤดูใด
- **ขนาดของความดันลม** เมื่อลมพัดเข้าสู่พื้นที่รับลม ก็จะเกิดแรงกระทำในรูปของ “ความดัน (แรงต่อพื้นที่)” โดยความดันลมนี้โดยธรรมชาติจะไม่สม่ำเสมอ (uniform) ด้วยลักษณะทางกายภาพที่ลมเป็นของไหล
- **ขนาดช่องเปิด** ช่องเปิดของอาคาร มีผลต่อความดันลมภายในอาคาร โดยหากขนาดช่องเปิดด้านต้นลม (windward) มีขนาดใหญ่ ลม (ซึ่งเป็นของไหล) ก็จะไหลเข้าสู่ช่องเปิดไปในตัวอาคารได้มาก ทั้งนี้ด้วยลมสามารถพัดได้จากทุกทิศทาง ช่องเปิดด้านต้นลมนั้นๆ อาจกลายเป็นช่องเปิดด้านท้ายลม (leeward) ได้

การพิจารณา  
ทิศทางแรงลม  
ที่กระทำกับตัว  
อาคาร

ผู้ออกแบบต้องตระหนักว่า ลมสามารถพัดมาได้จากทุกทิศทาง ทั้ง 360 องศา ซึ่งในทางปฏิบัติ การออกแบบจะพิจารณา ทิศ N-S ทิศ E-W ทิศ NE-SW และทิศ NW-SE ดังนั้น กรณีการวิเคราะห์แรงลมจึงจะมีจำนวนมาก (ใช้ commercial software ช่วยการคำนวณให้รวดเร็ว)

ขนาดของ  
ความดันลม ที่  
พื้นผิวรับลม

จะมากขึ้นบริเวณขอบมุมของพื้นที่รับลม ซึ่งขนาดเพื่อการประมาณการจะได้จากการทดสอบในอุโมงค์ลม แล้วแปรผลให้วิศวกรสามารถคำนวณออกแบบได้ง่าย ในรูปสัมประสิทธิ์ ( $C_p$ ) ซึ่งขึ้นกับรูปร่าง aerodynamic ของตัวอาคาร

ขนาดช่องเปิด  
เช่น ประตู  
หน้าต่าง

ถ้ามีน้อยมากๆ internal pressure จะน้อยมากๆ แต่ปริมาณช่องเปิดด้านต้นลมยิ่งใหญ่มาก internal pressure ก็ยังเป็นบวก (+) ผลักผนังออกมาก ในทางกลับกัน หากช่องเปิดด้านท้ายลมมีขนาดใหญ่ ก็ยังทำให้ internal pressure เป็นลบ (-) ดูดผนังเข้าสู่ตัวอาคารมาก

# Other Characteristics of Wind Load

#WeLoveSteelConstruction

- **สิ่งกีดขวางลม** ลักษณะทางกายภาพโดยรอบอาคาร ส่งผลต่อการกีดขวางทิศทางลม พื้นที่ที่เปิดโล่งย่อมมีสิ่งกีดขวางน้อย แรงลมที่กระทำต่อตัวอาคารย่อมสูง ทั้งนี้หากพิจารณาสิ่งกีดขวางในลักษณะ “ช่องลม” อาจให้ผลที่ตรงกันข้าม (เกิดแรงลมที่สูงขึ้น)
- **ลมกรรโชก** ด้วยลมมีลักษณะที่ผันแปรตลอดเวลา จากหลากหลายปัจจัย เช่น อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง หรือการเปลี่ยนทิศทางของลมในช่วงเวลาสั้นๆ อาจส่งผลให้เกิดลมกรรโชก (gust) ได้ (เกิดในช่วงสั้นๆ ประมาณ 20 วินาที)
- **ความเร็วลม** เป็นผลโดยตรงต่อความดันลมที่กระทำกับตัวอาคาร ยิ่งความเร็วลมมากความดันลมยิ่งมาก (เป็นทวิคูณ) ทั้งนี้ข้อมูลความเร็วลมอาจเป็นข้อมูลเฉลี่ยในช่วงเวลาสั้นๆ (เช่น 3 วินาที) หรืออาจเฉลี่ยช่วงเวลาที่ยาวขึ้น (เช่น 60 นาที) ขึ้นกับหน่วยงานอตุณิยมวิทยาของแต่ละประเทศ




# Wind Load per DPT 1311-50


#WeLoveSteelConstruction

- มาตรฐานการคำนวณแรงลมฯ ของไทย อ้างอิง มยพ. 1311-50 ซึ่งอ้างอิง National Building Code of Canada: NBCC 2005 เป็นหลัก
- ความเร็วลมในมาตรฐาน เป็นความเร็วลมเฉลี่ย 60 นาที พิจารณาที่คาบเวลากลับ (Return period หรือ Mean recurrence interval, MRI) 50 ปี หรือคิดเป็น  $(1/50 =) 2\%$  ของโอกาสที่จะเกินค่าดังกล่าวในแต่ละปี
  - ไม่ได้หมายความว่า จะเกิดแน่ๆ 100% ในรอบ 50 ปี เพราะโอกาส “ไม่เกิดในแต่ละปี” เท่ากับ 98% หรือ “โอกาสไม่เกิดใน 50 ปี” เท่ากับ  $(0.98)^{50} = 36.4\%$  หรือ “โอกาสเกิดใน 50 ปี” เท่ากับ  $100 - 36.4 = 63.6\%$
- ลักษณะหรือประเภทอาคารมีผลต่อขนาดแรงลมที่ใช้ในการคำนวณ เพื่อให้เกิดความปลอดภัย โดยอาคารสำคัญมากๆ เช่น อาคารที่ต้องการให้มั่นคงแข็งแรง ไม่เกิดการพังทลายเสียหายเมื่อเกิดภัยพิบัติ ก็ต้องออกแบบด้วยแรงลมที่มาก พิจารณาด้วยค่า Importance factor ( $I_w$ )
  - มาตรฐานในหลายประเทศ เช่น อเมริกา (ASCE) จะใช้การเพิ่มคาบเวลากลับ แทนการใช้  $I_w$  เช่น ใช้คาบเวลากลับ 300 หรือ 700 ปี เพื่อเป็นการเพิ่มความเร็วลม

**มยพ. 1311-50**

**มาตรฐานการคำนวณแรงลม  
และการตอบสนองของอาคาร**



 กรมโยธาธิการและผังเมือง  
กระทรวงมหาดไทย  
พ.ศ. 2550

# Wind Load per DPT 1311-50

#WeLoveSteelConstruction

กรณีที่ 1 ใช้ค่า  $C_{pi} = -0.15$  ถึง 0.0

กรณีนี้ใช้กับอาคารที่ปราศจากช่องเปิดขนาดใหญ่

กรณีที่ 2 ใช้ค่า  $C_{pi} = -0.45$  ถึง 0.3

กรณีนี้ใช้กับอาคารที่มีการรั่วซึมซึ่งกระจายไม่สม่ำเสมอ

กรณีที่ 3 ใช้ค่า  $C_{pi} = -0.7$  ถึง 0.7

กรณีนี้ใช้กับอาคารที่มีช่องเปิดขนาดใหญ่

หน่วยแรงลมที่กระทำบนพื้นผิวภายนอกของอาคาร ในทิศทางลม สามารถคำนวณได้จาก

$$p = I_w q C_e C_g C_p \quad (2-2)$$

หน่วยแรงลมสุทธิเพื่อใช้ในการคำนวณแรงลมที่กระทำต่อส่วนใดส่วนหนึ่งของด้านใด ด้านหนึ่งของอาคาร (เช่น ผนังภายนอก หรือ หลังคา) เป็นผลรวมแบบเวกเตอร์ของ หน่วยแรงลม ที่กระทำบนพื้นผิวภายนอก (ดังแสดงในหัวข้อ 2.2.1) กับหน่วยแรงลมที่กระทำบนพื้นผิวที่กระทำบนพื้นผิวภายใน โดยที่หน่วยแรงลมภายในคำนวณจาก

$$p_i = I_w q C_e C_{gi} C_{pi} \quad (2-3)$$

ตารางที่ 2-2 ค่าประกอบความสำคัญของแรงลม

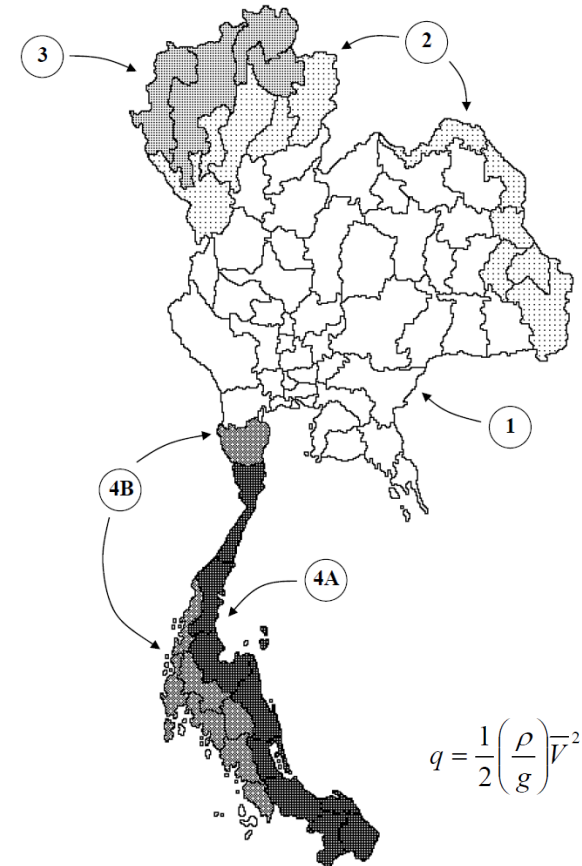
ประเภทความสำคัญ ของอาคาร	ค่าประกอบความสำคัญของแรงลม	
	สถานะจำกัดด้านกำลัง	สถานะจำกัดด้านการใช้งาน
น้อย	0.8	0.75
ปกติ	1	0.75
มาก	1.15	0.75
สูงมาก	1.15	0.75

2.5.1 ค่าประกอบเนื่องจากการกระโหลกของลม ที่กระทำกับพื้นผิวภายนอกอาคาร

ก. สำหรับหน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่าที่กระทำกับพื้นผิวภายนอกอาคาร ให้ใช้ค่า  $C_g$  เท่ากับ 2.0 ในการออกแบบโครงสร้างหลักด้านทานแรงลม ยกเว้น ป้ายและกำแพง ให้ใช้ค่า  $C_g$  เท่ากับ 2.35

ตารางที่ 2-3 ค่าประกอบเนื่องจากสภาพภูมิประเทศ ( $C_e$ ) สำหรับวิธีการอย่างง่าย

ความสูงจากพื้นดิน	สภาพภูมิประเทศแบบ A	สภาพภูมิประเทศแบบ B
สูงไม่เกิน 6 เมตร	0.90	0.70
สูงเกิน 6 เมตร แต่ไม่เกิน 10 เมตร	1.00	0.70
สูงเกิน 10 เมตร แต่ไม่เกิน 20 เมตร	1.15	0.82
สูงเกิน 20 เมตร แต่ไม่เกิน 30 เมตร	1.25	0.92
สูงเกิน 30 เมตร แต่ไม่เกิน 40 เมตร	1.32	1.00
สูงเกิน 40 เมตร แต่ไม่เกิน 60 เมตร	1.43	1.13
สูงเกิน 60 เมตร แต่ไม่เกิน 80 เมตร	1.52	1.24



$$q = \frac{1}{2} \left( \frac{\rho}{g} \right) \bar{V}^2$$

สำหรับการออกแบบที่สถานะจำกัดด้านการใช้งาน  $\bar{V} = V_{50}$

สำหรับการออกแบบที่สถานะจำกัดด้านกำลัง  $\bar{V} = T_F V_{50}$

โดยที่  $T_F$  = ค่าประกอบได้ฝุ่น แสดงในภาคผนวก ก.

กลุ่มที่ 1	$V_{50} = 25$ เมตร ต่อ วินาที: $T_F = 1.0$
กลุ่มที่ 2	$V_{50} = 27$ เมตร ต่อ วินาที: $T_F = 1.0$
กลุ่มที่ 3	$V_{50} = 29$ เมตร ต่อ วินาที: $T_F = 1.0$
กลุ่มที่ 4A	$V_{50} = 25$ เมตร ต่อ วินาที: $T_F = 1.2$
กลุ่มที่ 4B	$V_{50} = 25$ เมตร ต่อ วินาที: $T_F = 1.08$

# Wind Load per DPT 1311-50

#WeLoveSteelConstruction

- สำหรับอาคารประเภทคลังสินค้า ซึ่งเป็นอาคารเตี้ย ความดันลมภายในมีผลต่อการคำนวณออกแบบระบบต้านทานแรงลมหลัก MWFRS (Main Wind Force Resisting System) เพราะมีผลต่อ uplift ของตัวอาคารทั้งระบบ ในขณะที่ความดันลมภายในจะมีผลไม่มากกับอาคารสูง
- ลมที่พัดมาในทิศหนึ่ง จะส่งผลให้เกิดแรงลมกับตัวอาคารทั้ง แรงลมในทิศทางลม (along wind) และแรงลมในทิศทางตั้งฉากกับทิศทางลม (across wind) โดยใน มยพ. มีวิธีในการรวมแรงดังกล่าวไว้ ทั้งนี้อาคารเตี้ย อาจไม่ต้องพิจารณา (หัวข้อ 2.7)
- การคำนวณแรงลมสำหรับผนังและโครงคร่าวผนัง จะใช้แรงลมที่ต่างจากแรงลมในการคำนวณ MWFRS โดยจะมีค่าสูงกว่าเนื่องจาก localized effect จากที่ลมเป็นของไหล และผลจากลมกระโชกในบางจุด

## 4.5 การรวมผลของแรงลมเนื่องจากแรงลมในทิศทางลม แรงลมในทิศตั้งฉากกับทิศทางลม และโมเมนต์บิดสลับเทียบเท่า

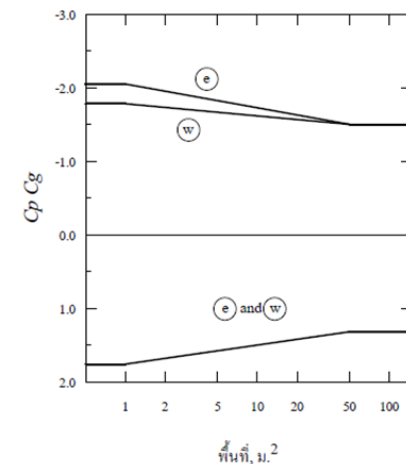
ในการออกแบบองค์อาคารที่ต่อต้านทานแรงลม ให้พิจารณาหน่วยแรงที่เกิดขึ้นสูงสุดในองค์อาคารจากการพิจารณาการรวม แรงลมสลับเทียบเท่าในทิศทางลม แรงลมสลับเทียบเท่าในทิศตั้งฉากกับทิศทางลม และ โมเมนต์บิดสลับเทียบเท่า ในกรณีดังต่อไปนี้

ก.  $(1.0 \times \text{แรงลมสลับเทียบเท่าในทิศทางลม}) + (0.4 \times \text{แรงลมสลับเทียบเท่าในทิศตั้งฉากกับทิศทางลม}) + (0.4 \times \text{โมเมนต์บิดสลับเทียบเท่า})$

ข.  $\left(0.4 + \frac{0.6}{C_g}\right) \times \text{แรงลมสลับเทียบเท่าในทิศทางลม} + (1.0 \times \text{แรงลมสลับเทียบเท่าในทิศตั้งฉากกับทิศทางลม}) + (1.0 \times \text{โมเมนต์บิดสลับเทียบเท่า})$

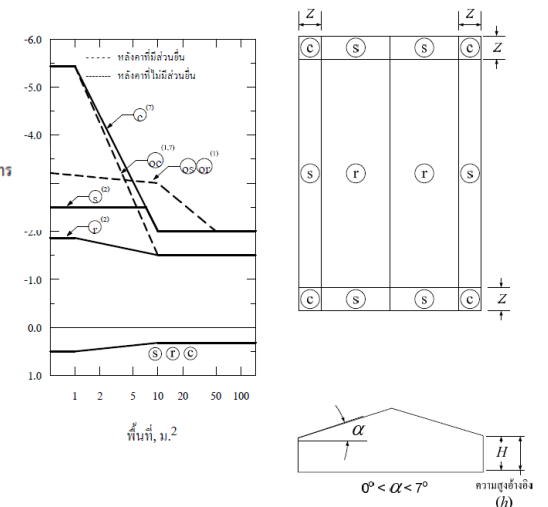
ในกรณีที่อัตราส่วน  $\frac{H}{\sqrt{WD}}$  ไม่นเกิน 3 และความสูงของอาคารมากกว่า 80 เมตร ซึ่งไม่ต้องคำนวณแรงลมในทิศตั้งฉากกับทิศทางลม และ โมเมนต์บิดสลับเทียบเท่าโดยตรง ให้ใช้การรวมผลของแรงลมในหัวข้อ 2.8

รูปที่ ๗.2 ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมสูงสุดที่กระทำภายนอกอาคาร ( $C_p, C_g$ ) สำหรับการออกแบบผนังภายนอกและชิ้นส่วนของโครงสร้างรอง (Secondary structural members)



ตารางที่ ๗-1 การพิจารณาเลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมสำหรับอาคารเตี้ยและอาคารสูง

ประเภทอาคาร	ประเภทของโครงสร้าง	ความลาดชันของหลังคา ( $\alpha$ )	ขนาดของรูป	สัมประสิทธิ์ที่กำหนด	
อาคารเตี้ย ที่มีค่า $H/D_s < 1$ และ $H \leq 23$ เมตร	โครงสร้างเหล็ก	-	ข.1	$C_p, C_g$	
		กำแพง	ข.2		
	หลังคา	(1) ทั่วไป	$\alpha \leq 7^\circ$		ข.3
		(2) หลังลาดระดับ	$\alpha = 0^\circ$		ข.4
		(3) หลังคาจั่วและปั้นทอย	$\alpha \leq 7^\circ$		ข.3
			$\alpha > 7^\circ$		ข.5
		(4) หลังคาต่อเนื่อง	$\alpha \leq 10^\circ$		ข.3
			$\alpha > 10^\circ$		ข.6
	(5) หลังคาลาดชันด้านเดียว	$\alpha \leq 3^\circ$	ข.3		
		$3^\circ < \alpha \leq 30^\circ$	ข.7		
(6) หลังคาปูราบพื้นลื่น	$\alpha \leq 10^\circ$	ข.3			
	$\alpha > 10^\circ$	ข.8			
อาคารที่มีค่า $H/D_s \geq 1$ หรือ $H > 23$ เมตร	-	-	ข.9	$C_p$ และ $C_g$	



รูปที่ ๗.3 ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมสูงสุดที่กระทำภายนอกอาคาร ( $C_p, C_g$ ) ที่กระทำบนพื้นผิวของหลังคาที่มีค่าความชันน้อยกว่า  $7^\circ$  สำหรับการออกแบบผนังและ ชิ้นส่วนของโครงสร้างรอง (Secondary structural members)

# Wind Load per DPT 1311-50

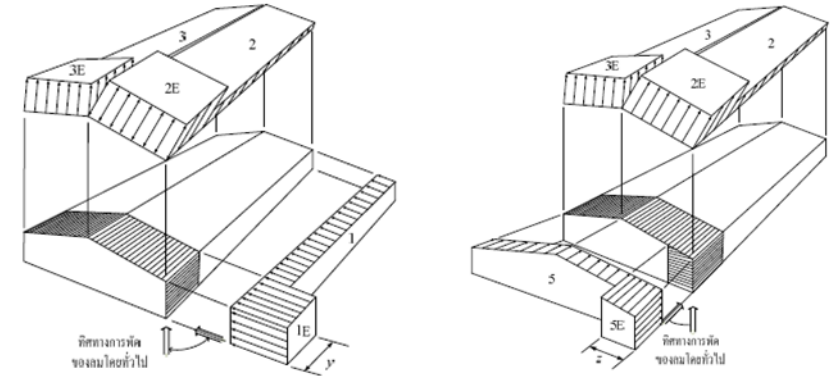
#WeLoveSteelConstruction

- ด้วยแรงลมสามารถพัดมาได้จากทุกทิศทุกทาง การพัดในทิศทางหนึ่งอาจทำให้ความดันลมภายใน ( $p_i$ ) เป็นบวกและหากกลับทิศ อาจทำให้ความดันลมภายในติดลบ ดังนั้น ผู้ออกแบบโครงสร้างจึงต้องพิจารณาความเป็นไปได้ของการกระทำจากแรงลม “ในทุกทิศ” โดยในทางปฏิบัติ จะพิจารณากรณีแรงลมกระทำ

a) ตั้งฉากกับสันหลังคา แล้วเกิด (1)  $p_{i+}$  (2)  $p_{i-}$

b) ขนานกับสันหลังคา แล้วเกิด (1)  $p_{i+}$  (2)  $p_{i-}$

- กรณีโครงสร้างไม่สมมาตร เช่น single-sloped roof การพัดของลมในทิศทางตั้งฉากกับสันหลังคา จากขวา มาซ้าย และจากซ้ายมาขวาจะทำให้เกิดแรงกระทำกับ MWFRS ไม่เท่ากัน ดังนั้น ใน computer software ต้องแยก load case เป็น ตั้งฉาก\_LR (ซ้ายมาขวา) และ ตั้งฉาก\_RF (ขวามาซ้าย)



ความลาดชันของหลังคา	พื้นที่ผิวของอาคาร											
	1	1E	2	2E	3	3E	4	4E	5	5E	6	6E
0° ถึง 90°	-0.85	-0.9	-1.3	-2.0	-0.7	-1.0	-0.85	-0.9	0.75	1.15	-0.55	-0.8

รูปที่ ข.1 (ต่อ)

ความลาดชันของหลังคา	พื้นที่ผิวของอาคาร							
	1	1E	2	2E	3	3E	4	4E
0° ถึง 5°	0.75	1.15	-1.3	-2.0	-0.7	-1.0	-0.55	-0.8
20°	1.0	1.5	-1.3	-2.0	-0.9	-1.3	-0.8	-1.2
30° ถึง 45°	1.05	1.3	0.4	0.5	-0.8	-1.0	-0.7	-0.9
90°	1.05	1.3	1.05	1.3	-0.7	-0.9	-0.7	-0.9

รูปที่ ข.1 ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมสูงสุดที่กระทำภายนอกอาคาร  $C_p, C_{e_s}$  สำหรับการออกแบบโครงสร้างหลัก โดยคำนึงถึงผลกระทบของแรงลมที่กระทำกับพื้นที่ ผิวทุกด้านของอาคารพร้อมกัน

# DPT 1311 vs. ASCE 7-05 vs. 7-16

## #WeLoveSteelConstruction

### • ความแตกต่างหลักๆ ของ มยพ. 1311 และ ASCE 7-16

- ความเร็วลมเฉลี่ย 60 นาที vs. ความเร็วลมกรรโชก 3 วินาที (3-second gust)
- คาบการกลับ (Return period หรือ MRI) 50 ปี vs. คาบการกลับ 300 ปี โอกาสเกิด  $1/300 = 0.00333$  (ส่งผลทำให้ load combination แตกต่างกันไป เพราะขนาดความเร็วลมที่ใช้คำนวณแรงไม่เท่ากัน)
- Exposure A (โล่ง) กับ B (ชานเมือง) vs. [Section 26.7] Exposure A (ในเมือง) B (เขตเมือง) C (ส่วนใหญ่โล่ง เช่น ทุ่งหญ้า) และ D (ไม่มีสิ่งกีดขวางใดๆ เช่น อยู่ริมชายฝั่ง)
- พิจารณา Importance factor :  $I_w$  vs. ไม่นำ  $I_w$  มาพิจารณา แต่ไปเพิ่ม/ลดค่าคาบการกลับ สำหรับอาคารที่มีความสำคัญต่างกัน
- การกำหนดรูปแบบประเภทอาคาร (อาคารเปิด / ปิดบางส่วน / ปิด) เพื่อพิจารณาความดันลมภายใน มีแนวคิดที่แตกต่างกัน

## ASCE 7-05

**BASIC WIND SPEED, V:** Three-second gust speed at 33 ft (10 m) above the ground in Exposure C (see Section 6.5.6.3) as determined in accordance with Section 6.5.4.

**BUILDING, ENCLOSED:** A building that does not comply with the requirements for open or partially enclosed buildings.

**BUILDING, OPEN:** A building having each wall at least 80 percent open. This condition is expressed for each wall by the equation  $A_o \geq 0.8A_g$  where

$A_o$  = total area of openings in a wall that receives positive external pressure, in  $\text{ft}^2$  ( $\text{m}^2$ )

$A_g$  = the gross area of that wall in which  $A_o$  is identified, in  $\text{ft}^2$  ( $\text{m}^2$ )

**BUILDING, PARTIALLY ENCLOSED:** A building that complies with both of the following conditions:

1. The total area of openings in a wall that receives positive external pressure exceeds the sum of the areas of openings in the balance of the building envelope (walls and roof) by more than 10 percent.
2. The total area of openings in a wall that receives positive external pressure exceeds  $4 \text{ ft}^2$  ( $0.37 \text{ m}^2$ ) or 1 percent of the area of that wall, whichever is smaller, and the percentage of openings in the balance of the building envelope does not exceed 20 percent.

These conditions are expressed by the following equations:

1.  $A_o > 1.10A_{oi}$
2.  $A_o > 4 \text{ sq ft}$  ( $0.37 \text{ m}^2$ ) or  $> 0.01A_g$ , whichever is smaller, and  $A_{oi}/A_{gi} \leq 0.20$

where

$A_o, A_g$  are as defined for Open Building

$A_{oi}$  = the sum of the areas of openings in the building envelope (walls and roof) not including  $A_o$ , in  $\text{ft}^2$  ( $\text{m}^2$ )

$A_{gi}$  = the sum of the gross surface areas of the building envelope (walls and roof) not including  $A_g$ , in  $\text{ft}^2$  ( $\text{m}^2$ )

**2.3.2 Basic Combinations.** Structures, components, and foundations shall be designed so that their design strength equals or exceeds the effects of the factored loads in the following combinations:

1.  $1.4(D + F)$
2.  $1.2(D + F + T) + 1.6(L + H) + 0.5(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$
3.  $1.2D + 1.6(L_r \text{ or } S \text{ or } R) + (L \text{ or } 0.8W)$
4.  $1.2D + 1.6W + L + 0.5(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$
5.  $1.2D + 1.0E + L + 0.2S$
6.  $0.9D + 1.6W + 1.6H$
7.  $0.9D + 1.0E + 1.6H$

**BASIC WIND SPEED, V:** Three-second gust speed at 33 ft (10 m) above the ground in Exposure C (see Section 26.7.3) as determined in accordance with Section 26.5.1.

**BUILDING, ENCLOSED:** A building that has the total area of openings in each wall, that receives positive external pressure, less than or equal to  $4 \text{ sq ft}$  ( $0.37 \text{ m}^2$ ) or 1% of the area of that wall, whichever is smaller. This condition is expressed for each wall by the following equation:

$$A_o < 0.01A_g, \text{ or } 4 \text{ sq ft } (0.37 \text{ m}^2), \text{ whichever is smaller,}$$

where  $A_o$  and  $A_g$  are as defined for Open Buildings.

**BUILDING, LOW-RISE:** Enclosed or partially enclosed building that complies with the following conditions:

1. Mean roof height  $h$  less than or equal to 60 ft (18 m).
2. Mean roof height  $h$  does not exceed least horizontal dimension.

**BUILDING, OPEN:** A building that has each wall at least 80% open. This condition is expressed for each wall by the equation  $A_o \geq 0.8A_g$ , where

$A_o$  = total area of openings in a wall that receives positive external pressure, in  $\text{ft}^2$  ( $\text{m}^2$ ); and

$A_g$  = the gross area of that wall in which  $A_o$  is identified, in  $\text{ft}^2$  ( $\text{m}^2$ ).

**BUILDING, PARTIALLY ENCLOSED:** A building that complies with both of the following conditions:

1. The total area of openings in a wall that receives positive external pressure exceeds the sum of the areas of openings in the balance of the building envelope (walls and roof) by more than 10%.
2. The total area of openings in a wall that receives positive external pressure exceeds  $4 \text{ ft}^2$  ( $0.37 \text{ m}^2$ ) or 1% of the area of that wall, whichever is smaller, and the percentage of openings in the balance of the building envelope does not exceed 20%.

These conditions are expressed by the following equations:

$$A_o > 1.10A_{oi}$$

$$A_o > 4 \text{ ft}^2 (0.37 \text{ m}^2) \text{ or}$$

$$> 0.01A_g, \text{ whichever is smaller, and } A_{oi}/A_{gi} \leq 0.20$$

where  $A_o$  and  $A_g$  are as defined for Open Building;

## 2.3 LOAD COMBINATIONS FOR STRENGTH DESIGN

**2.3.1 Basic Combinations.** Structures, components, and foundations shall be designed so that their design strength equals or exceeds the effects of the factored loads in the following combinations. Effects of one or more loads not acting shall be considered. Seismic load effects shall be combined loads in accordance with Section 2.3.6. Wind and seismic loads need not be considered to act simultaneously. Refer to Sections 1.4, 2.3.6, 12.4, and 12.14.3 for the specific definition of the earthquake load effect  $E$ . Each relevant strength limit state shall be investigated.

1.  $1.4D$
2.  $1.2D + 1.6L + 0.5(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$
3.  $1.2D + 1.6(L_r \text{ or } S \text{ or } R) + (L \text{ or } 0.5W)$
4.  $1.2D + 1.0W + L + 0.5(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$
5.  $0.9D + 1.0W$

# DPT vs. ASCE

#WeLoveSteelConstruction

ความเร็วลมเฉลี่ยในช่วงเวลา 3 วินาที จากรูปที่ อ.2.3 ได้  $V_3 / V_{3600} = 1.52$  ดังนั้น เมื่อความเร็วลมอ้างอิงในมาตรฐานนี้เท่ากับ 25 ม./วินาที จะเทียบเท่าความเร็วลมอ้างอิงในมาตรฐาน ASCE7-05 เท่ากับ  $25 \times 1.52 = 38$  ม./วินาที เป็นต้น

## DPT 1311-50

- V เฉลี่ย 1 ชั่วโมง MRI 50 ปี + Importance factor
- Load combo [LRFD] เป็นไปตามกฎกระทรวงฯ ซึ่ง "น่าจะ" อ้างอิง ACI 318-99  $0.75(1.4D+1.7L) + 1.6W$   
 $0.9D+1.6W$
- จำแนกประเภทอาคาร แตกต่างจาก แนวคิดของ ASCE ตามปริมาณ/ขนาด ช่องเปิดรอบอาคาร
- จำแนกประเภท Exposure แตกต่างจาก ASCE โดย A (โล่ง) กับ B (ชานเมือง)

## ASCE 7-05

- V เฉลี่ย 3 วินาที MRI 50 ปี + Importance factor
- Load combo ASCE 7-05  $1.2D+1.6Lr+0.8W$   
 $1.2D+L+0.5Lr+1.6W$   
 $0.9D+1.6W$
- จำแนกประเภทอาคาร ตามขนาดพื้นที่เข้าออกของลม (1) open (2) enclosed (3) partially enclosed
- Exposure A (ในเมือง) B (เขตเมือง) C (ส่วนใหญ่โล่ง เช่น ทุงหญ้า) และ D (ไม่มีสิ่งกีดขวางใดๆ เช่น อยู่ริมทะเล)

## ASCE 7-16

- V เฉลี่ย 3 วินาที MRI 700 ปี (300/ 700/ 1,700/ 3,000 ปี)
- Load combo ASCE 7-16  $1.2D+1.6Lr+0.5W$   
 $1.2D+L+0.5Lr+1.0W$   
 $0.9D+1.0W$
- จำแนกประเภทอาคาร ตามขนาดพื้นที่เข้าออกของลม (1) open (2) enclosed (3) partially enclosed
- Exposure A (ในเมือง) B (เขตเมือง) C (ส่วนใหญ่โล่ง เช่น ทุงหญ้า) และ D (ไม่มีสิ่งกีดขวางใดๆ เช่น อยู่ริมทะเล)

# DPT vs. ASCE

#WeLoveSteelConstruction

American Society of Civil Engineers

## Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures

This second edition incorporates the  
corrections as shown in the errata  
found on [www.seinstitute.org](http://www.seinstitute.org).

Revision of ASCE 7-98

SEI/ASCE 7-02  
Second Edition

### SECTION 2.4 COMBINING NOMINAL LOADS USING ALLOWABLE STRESS DESIGN

**2.4.1 Basic Combinations.** Loads listed herein shall be considered to act in the following combinations; whichever produces the most unfavorable effect in the building, foundation, or structural member being considered. Effects of one or more loads not acting shall be considered.

1.  $D + F$
2.  $D + H + F + L + T$
3.  $D + H + F + (L_r \text{ or } S \text{ or } R)$
4.  $D + H + F + 0.75(L + T) + 0.75(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$
5.  $D + H + F + (W \text{ or } 0.7E)$
6.  $D + H + F + 0.75(W \text{ or } 0.7E) + 0.75L + 0.75(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$
7.  $0.6D + W + H$
8.  $0.6D + 0.7E + H$

## กฎกระทรวง

กำหนดการออกแบบโครงสร้างอาคาร  
และลักษณะและคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในงานโครงสร้างอาคาร

พ.ศ. ๒๕๖๖

ข้อ ๖ การออกแบบและคำนวณส่วนต่างๆ ของอาคารตามวิธีหน่วยแรงที่ยอมให้ ให้ใช้  
ค่าหน่วยแรงสูงสุดที่คำนวณจากชุดตัวคูณน้ำหนักบรรทุก แล้วแต่กรณี ดังต่อไปนี้

(๑) ส่วนของอาคารที่คิดเฉพาะน้ำหนักบรรทุกคงที่และน้ำหนักบรรทุกจร

$$\text{นง.} = \text{นค.} + \text{นจ.}$$

(๒) ส่วนของอาคารที่คิดแรงลม

$$\text{นง.} = \text{นค.} + ๐.๗๕ (\text{นจ.} + \text{รล.})$$

$$\text{นง.} = ๐.๖ \text{ นค.} + \text{รล.}$$

(๓) ส่วนของอาคารที่คิดแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว

$$\text{นง.} = \text{นค.} + ๐.๗ \text{ รผ.}$$

$$\text{นง.} = \text{นค.} + ๐.๕๒๕ \text{ รผ.} + ๐.๗๕ \text{ นจ.}$$

$$\text{นง.} = ๐.๖ \text{ นค.} + ๐.๗ \text{ รผ.}$$

(๔) ส่วนของอาคารที่คิดแรงดันดิน แรงดันน้ำ แรงดันจากของเหลว และผลของอุณหภูมิ  
การหดตัว การคืบ และการทรุดตัว

$$\text{นง.} = \text{นค.} + \text{นจ.} + \text{รด.} + \text{รข.} + \text{รท.}$$

เมื่อ

$$\text{นง.} = \text{น้ำหนักบรรทุกใช้งาน}$$

$$\text{นค.} = \text{น้ำหนักบรรทุกคงที่}$$

$$\text{นจ.} = \text{น้ำหนักบรรทุกจร รวมด้วยแรงกระแทก}$$

$$\text{รล.} = \text{แรงลม}$$

$$\text{รผ.} = \text{แรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว}$$

$$\text{รด.} = \text{แรงดันดินหรือแรงดันน้ำด้านข้าง}$$

# ASCE vs. ASCE

#WeLoveSteelConstruction

American Society of Civil Engineers

## Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures

This second edition incorporates the corrections as shown in the errata found on [www.seinstitute.org](http://www.seinstitute.org).

ASCE/SEI 7-05

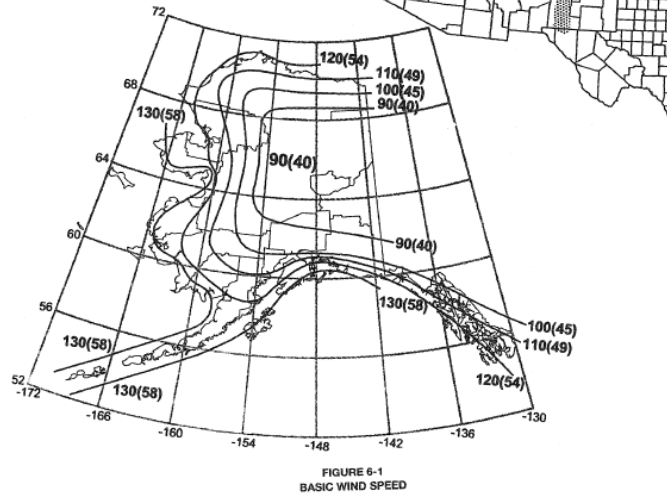
Revision of ASCE 7-98

SEI/ASCE 7-02  
Second Edition

### SECTION 2.4 COMBINING NOMINAL LOADS USING ALLOWABLE STRESS DESIGN

**2.4.1 Basic Combinations.** Loads listed herein shall be considered to act in the following combinations; whichever produces the most unfavorable effect in the building, foundation, or structural member being considered. Effects of one or more loads not acting shall be considered.

1.  $D + F$
2.  $D + H + F + L + T$
3.  $D + H + F + (L_r \text{ or } S \text{ or } R)$
4.  $D + H + F + 0.75(L + T) + 0.75(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$
5.  $D + H + F + (W \text{ or } 0.7E)$
6.  $D + H + F + 0.75(W \text{ or } 0.7E) + 0.75L + 0.75(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$
7.  $0.6D + W + H$
8.  $0.6D + 0.7E + H$

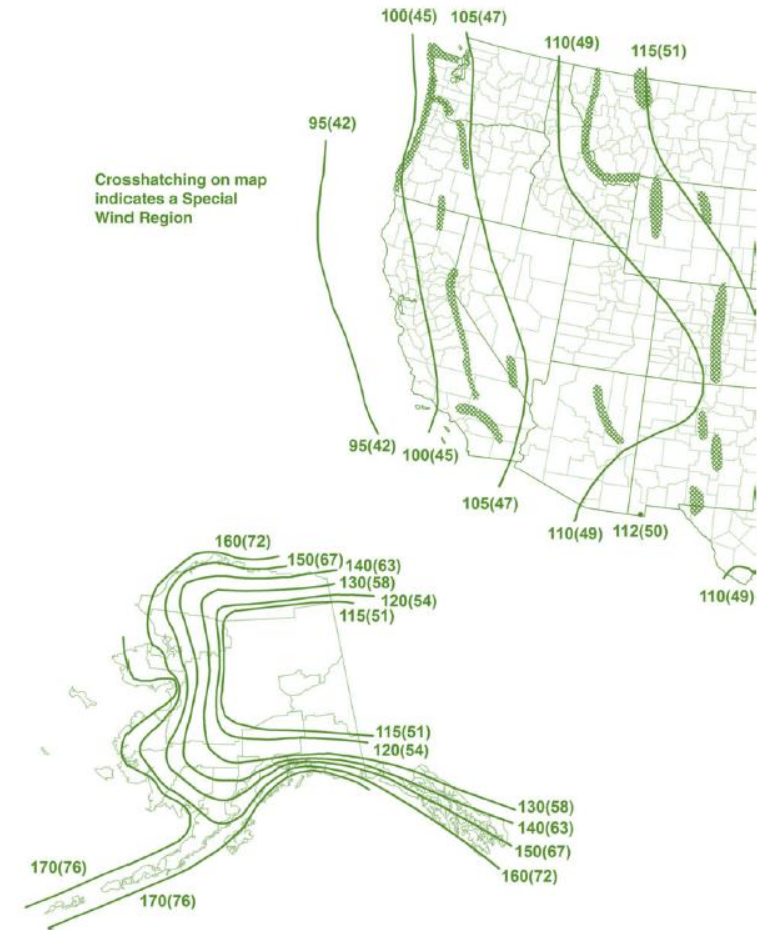


ASCE 7-02

1.  $D$
2.  $D + L$
3.  $D + (L_r \text{ or } S \text{ or } R)$
4.  $D + 0.75L + 0.75(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$
5.  $D + (0.6W \text{ or } 0.7E)$
- 6a.  $D + 0.75L + 0.75(0.6W) + 0.75(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$
- 6b.  $D + 0.75L + 0.75(0.7E) + 0.75S$
7.  $0.6D + 0.6W$
8.  $0.6D + 0.7E$



Crosshatching on map indicates a Special Wind Region



ASCE STANDARD

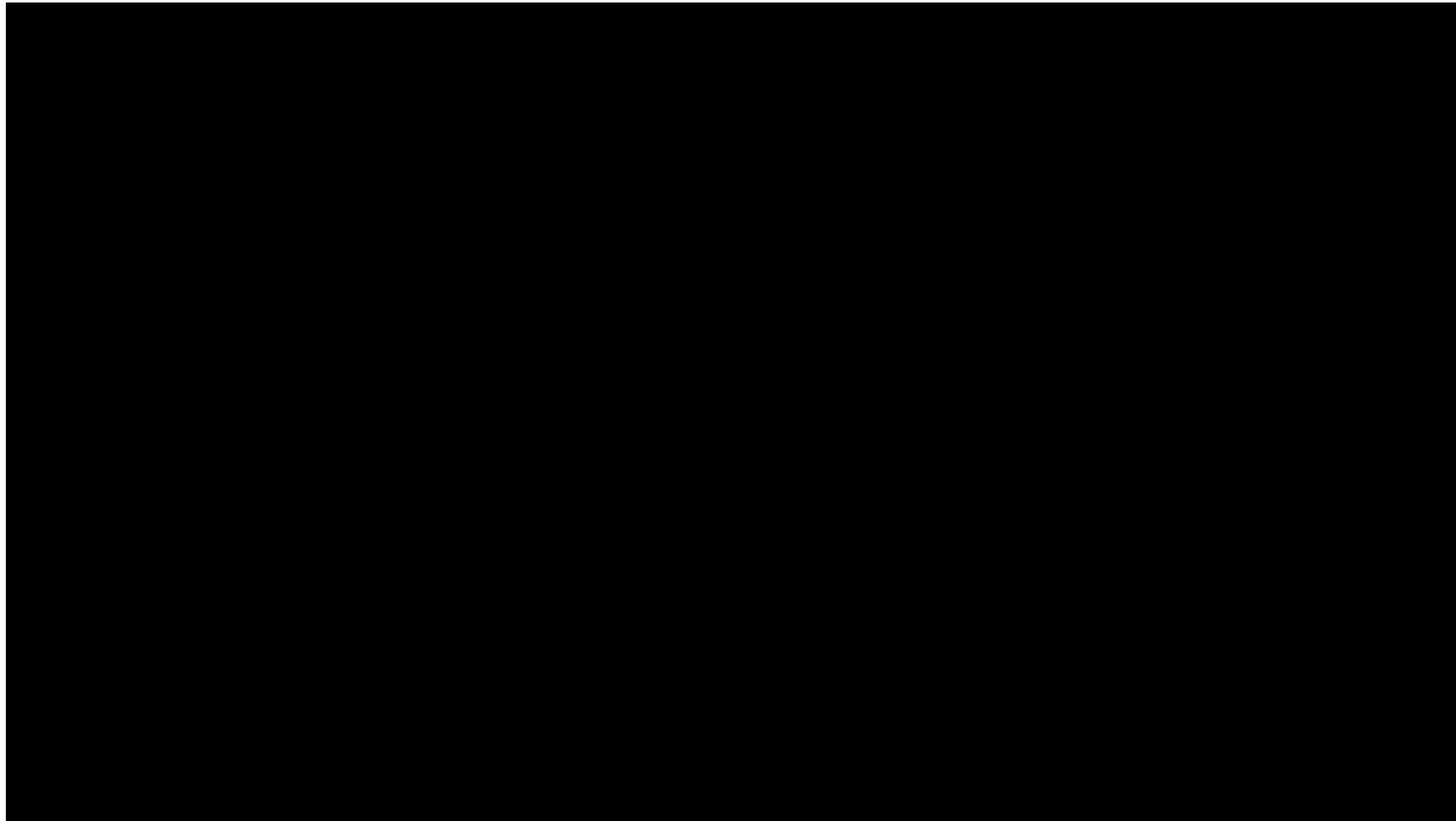
ASCE/SEI

7-16

1.  $D$
2.  $D + L$
3.  $D + (L_r \text{ or } S \text{ or } R)$
4.  $D + 0.75L + 0.75(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$
5.  $D + (0.6W)$
6.  $D + 0.75L + 0.75(0.6W) + 0.75(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$
7.  $0.6D + 0.6W$

# Wind load vs. Insurance

#WeLoveSteelConstruction




# Wind Load per DPT 1311-50

#WeLoveSteelConstruction

**มยพ. 1311-50**

**มาตรฐานการคำนวณแรงลม  
และการตอบสนองของอาคาร**



**กรมโยธาธิการและผังเมือง  
กระทรวงมหาดไทย  
พ.ศ. 2550**

## บทที่ 2

### การคำนวณแรงลมสถิตเทียบเท่า โดยวิธีการอย่างง่าย

#### 2.1 การกำหนดค่าแรงลมสถิตเทียบเท่า โดยวิธีการอย่างง่าย

#### 2.2 แรงลมออกแบบ

2.2.1 หน่วยแรงลมที่กระทำบนพื้นผิวภายนอกของอาคารในทิศทางลม สามารถคำนวณได้จาก

$$p = I_w q C_e C_g C_p \quad (2-2)$$

โดยที่  $p$  = หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า (equivalent static wind pressure) กระทำตั้งฉากกับพื้นผิวภายนอกอาคาร โดยเรียกว่า “หน่วยแรงดัน” ถ้ามีทิศเข้าหาพื้นผิว หรือ “หน่วยแรงดูด” ถ้ามีทิศพุ่งออกจากพื้นผิว

$I_w$  = ค่าประกอบความสำคัญของแรงลม ตามที่กำหนดในหัวข้อ 2.2.5

$q$  = หน่วยแรงลมอ้างอิงเนื่องจากความเร็วลม (reference velocity pressure) ตามที่กำหนดในหัวข้อ 2.3

$C_e$  = ค่าประกอบเนื่องจากสภาพภูมิประเทศ (exposure factor) ตามที่กำหนดในหัวข้อ 2.4

$C_g$  = ค่าประกอบเนื่องจากผลกระทบระลอกของลม (gust effect factor) ตามที่กำหนดในหัวข้อ 2.5

$C_p$  = ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมที่กระทำภายนอกอาคาร (external pressure coefficient) ตามที่กำหนดในหัวข้อ 2.6

ตารางที่ 2-1 การจำแนกประเภทของอาคาร ตามความสำคัญต่อสาธารณชน

ประเภทของอาคาร	ประเภทความสำคัญ
อาคารและส่วนโครงสร้างอื่นที่มีปัจจัยเสี่ยงอันตรายต่อชีวิตมนุษย์ค่อนข้างน้อยเมื่อเกิดการพังทลายของอาคารหรือส่วนโครงสร้างนั้นๆ เช่น <ul style="list-style-type: none"> <li>- อาคารที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร</li> <li>- อาคารชั่วคราว</li> <li>- อาคารเก็บของเล็กๆ ซึ่งไม่มีความสำคัญ</li> </ul>	น้อย
อาคารและส่วนโครงสร้างอื่นที่ไม่จัดอยู่ในอาคารประเภท ความสำคัญ น้อย มาก และสูงมาก	ปกติ
อาคารและส่วนโครงสร้างอื่นที่หากเกิดการพังทลาย จะเป็นอันตรายต่อชีวิตมนุษย์และสาธารณชนอย่างมาก เช่น <ul style="list-style-type: none"> <li>- อาคารที่เป็นที่ชุมนุมในพื้นที่หนึ่งๆ มากกว่า 300 คน</li> <li>- โรงเรียนประถมหรือมัธยมศึกษาที่มีความจุมากกว่า 250 คน</li> <li>- มหาวิทยาลัยหรือวิทยาลัย ที่มีความจุมากกว่า 500 คน</li> <li>- สถานรักษาพยาบาลที่มีความจุคนไข้มากกว่า 50 คน แต่ไม่สามารถทำการรักษากรณีฉุกเฉินได้</li> <li>- เรือนจำและสถานกักกันนักโทษ</li> </ul>	มาก
อาคารและส่วนโครงสร้างที่มีความจำเป็นต่อความเป็นอยู่ของสาธารณชนเป็นอย่างมาก หรืออาคารที่จำเป็นต่อการบรรเทาภัยหลังเกิดเหตุเป็นอย่างมาก เช่น <ul style="list-style-type: none"> <li>- โรงพยาบาลที่สามารถทำการรักษากรณีฉุกเฉินได้</li> <li>- สถานีตำรวจ สถานีดับเพลิง และโรงเก็บรถฉุกเฉินต่างๆ</li> <li>- โรงไฟฟ้า</li> <li>- โรงผลิตน้ำประปา ดึงเก็บน้ำ และสถานีสูบน้ำที่มีความดันสูงสำหรับการดับเพลิง</li> <li>- อาคารศูนย์สื่อสาร</li> <li>- อาคารศูนย์บรรเทาสาธารณภัย</li> <li>- ท่าอากาศยาน ศูนย์บังคับการบิน และโรงเก็บเครื่องบิน ที่ต้องใช้เมื่อเกิดกรณีฉุกเฉิน</li> <li>- อาคารศูนย์บัญชาการแห่งชาติ</li> </ul>	สูงมาก

ตารางที่ 2-2 ค่าประกอบความสำคัญของแรงลม


ประเภทความสำคัญ ของอาคาร	ค่าประกอบความสำคัญของแรงลม	
	สถานะจำกัดด้านกำลัง	สถานะจำกัดด้านการใช้งาน
น้อย	0.8	0.75
ปกติ	1	0.75
มาก	1.15	0.75
สูงมาก	1.15	0.75

# Wind Load per DPT 1311-50

#WeLoveSteelConstruction

**มยพ. 1311-50**

**มาตรฐานการคำนวณแรงลม  
และการตอบสนองของอาคาร**



**กรมโยธาธิการและผังเมือง  
กระทรวงมหาดไทย  
พ.ศ. 2550**

## บทที่ 2

### การคำนวณแรงลมสถิตเทียบเท่า โดยวิธีการอย่างง่าย

#### 2.1 การกำหนดค่าแรงลมสถิตเทียบเท่า โดยวิธีการอย่างง่าย

#### 2.2 แรงลมออกแบบ

2.2.1 หน่วยแรงลมที่กระทำบนพื้นผิวภายนอกของอาคารในทิศทางลม สามารถคำนวณได้จาก

$$p = I_w q C_e C_g C_p \quad (2-2)$$

โดยที่  $p$  = หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า (equivalent static wind pressure) กระทำตั้งฉากกับพื้นผิวภายนอกอาคาร โดยเรียกว่า “หน่วยแรงดัน” ถ้ามีทิศเข้าหาพื้นผิว หรือ “หน่วยแรงดูด” ถ้ามีทิศพุ่งออกจากพื้นผิว

$I_w$  = ค่าประกอบความสำคัญของแรงลม ตามที่กำหนดในหัวข้อ 2.2.5

$q$  = หน่วยแรงลมอ้างอิงเนื่องจากความเร็วลม (reference velocity pressure) ตามที่กำหนดในหัวข้อ 2.3

$C_e$  = ค่าประกอบเนื่องจากสภาพภูมิประเทศ (exposure factor) ตามที่กำหนดในหัวข้อ 2.4

$C_g$  = ค่าประกอบเนื่องจากผลกระทบระโชกของลม (gust effect factor) ตามที่กำหนดในหัวข้อ 2.5

$C_p$  = ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมที่กระทำภายนอกอาคาร (external pressure coefficient) ตามที่กำหนดในหัวข้อ 2.6

สำหรับการออกแบบที่สภาวะจำกัดด้านการใช้งาน

$$\bar{V} = V_{50} \quad (ก-1)$$

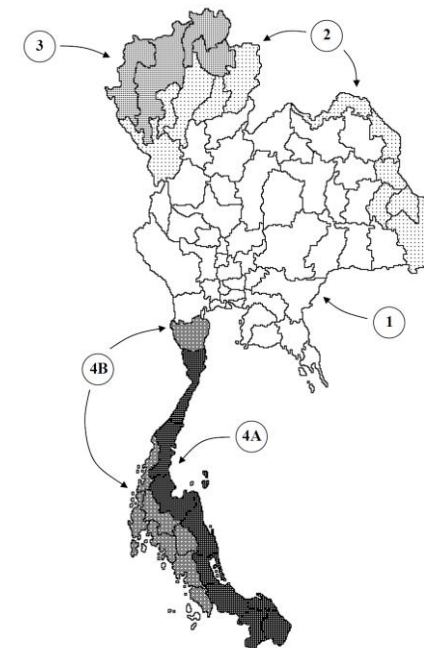
สำหรับการออกแบบที่สภาวะจำกัดด้านกำลัง

$$\bar{V} = T_F \cdot V_{50} \quad (ก-2)$$

โดย  $V_{50}$  คือค่าความเร็วลมที่ค่าเวลาถลกลับ 50 ปี และ  $T_F$  คือค่าประกอบได้ฝุ่น

การจำแนกและการแบ่งกลุ่มความเร็วลมอ้างอิงแสดงในรูป ก.1 และตาราง ก-1 กลุ่มความเร็วลมอ้างอิงมีจำนวน 5 กลุ่ม ได้แก่

กลุ่มที่	$V_{50}$ = 25 เมตร ต่อ วินาที: $T_F = 1.0$	$V_{50}$ = 27 เมตร ต่อ วินาที: $T_F = 1.0$	$V_{50}$ = 29 เมตร ต่อ วินาที: $T_F = 1.0$	$V_{50}$ = 25 เมตร ต่อ วินาที: $T_F = 1.2$	$V_{50}$ = 25 เมตร ต่อ วินาที: $T_F = 1.08$	<b>q (1-hr) (kg/m<sup>2</sup>)</b>
กลุ่มที่ 1						39.82
กลุ่มที่ 2						46.44
กลุ่มที่ 3						53.58
กลุ่มที่ 4A						47.78
กลุ่มที่ 4B						43.00



กลุ่มจังหวัดในภาคกลาง


จังหวัด	กลุ่มที่
1. กรุงเทพมหานคร	1
2. กาญจนบุรี	1
3. ฉะเชิงเทรา	1
4. ชัยนาท	1
5. นครนายก	1
6. นครปฐม	1
7. นนทบุรี	1
8. ปทุมธานี	1
9. ปทุมธานี	1
10. ประจวบคีรีขันธ์	4A
11. เพชรบุรี	4B
12. ราชบุรี	1
13. ลพบุรี	1
14. สระบุรี	1
15. สิงห์บุรี	1
16. สุพรรณบุรี	1
17. สมุทรปราการ	1
18. สมุทรสงคราม	1
19. สมุทรสาคร	1
20. สระแก้ว	1
21. อุทัย	1
22. อ่างทอง	1

# Wind Load per DPT 1311-50

#WeLoveSteelConstruction

**มยพ. 1311-50**

**มาตรฐานการคำนวณแรงลม  
และการตอบสนองของอาคาร**



**กรมโยธาธิการและผังเมือง  
กระทรวงมหาดไทย  
พ.ศ. 2550**

## บทที่ 2 การคำนวณแรงลมสถิตเทียบเท่า โดยวิธีการอย่างง่าย

2.1 การกำหนดค่าแรงลมสถิตเทียบเท่า โดยวิธีการอย่างง่าย

2.2 แรงลมออกแบบ

2.2.1 หน่วยแรงลมที่กระทำบนพื้นผิวภายนอกของอาคารในทิศทางลม สามารถคำนวณได้จาก

$$p = I_w q C_e C_g C_p \quad (2-2)$$

โดยที่  $p$  = หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า (equivalent static wind pressure) กระทำตั้งฉากกับพื้นผิวภายนอกอาคาร โดยเรียกว่า “หน่วยแรงดัน” ถ้ามีทิศเข้าหาพื้นผิว หรือ “หน่วยแรงดูด” ถ้ามีทิศพุ่งออกจากพื้นผิว

$I_w$  = ค่าประกอบความสำคัญของแรงลม ตามที่กำหนดในหัวข้อ 2.2.5

$q$  = หน่วยแรงลมอ้างอิงเนื่องจากความเร็วลม (reference velocity pressure) ตามที่กำหนดในหัวข้อ 2.3

$C_e$  = ค่าประกอบเนื่องจากสภาพภูมิประเทศ (exposure factor) ตามที่กำหนดในหัวข้อ 2.4

$C_g$  = ค่าประกอบเนื่องจากผลกระทบระโชกของลม (gust effect factor) ตามที่กำหนดในหัวข้อ 2.5

$C_p$  = ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมที่กระทำภายนอกอาคาร (external pressure coefficient) ตามที่กำหนดในหัวข้อ 2.6

ตารางที่ 2-3 ค่าประกอบเนื่องจากสภาพภูมิประเทศ ( $C_e$ ) สำหรับวิธีการอย่างง่าย

ความสูงจากพื้นดิน	สภาพภูมิประเทศแบบ A	สภาพภูมิประเทศแบบ B
สูงไม่เกิน 6 เมตร	0.90	0.70
สูงเกิน 6 เมตร แต่ไม่เกิน 10 เมตร	1.00	0.70
สูงเกิน 10 เมตร แต่ไม่เกิน 20 เมตร	1.15	0.82
สูงเกิน 20 เมตร แต่ไม่เกิน 30 เมตร	1.25	0.92
สูงเกิน 30 เมตร แต่ไม่เกิน 40 เมตร	1.32	1.00
สูงเกิน 40 เมตร แต่ไม่เกิน 60 เมตร	1.43	1.13
สูงเกิน 60 เมตร แต่ไม่เกิน 80 เมตร	1.52	1.24



รูปที่ 0.2.4 ตัวอย่างสภาพภูมิประเทศแบบ A ซึ่งเป็นสภาพภูมิประเทศแบบโล่งหรือมีอาคาร ต้นไม้ หรือสิ่งปลูกสร้าง กระจัดกระจายอยู่ห่างไกล หรือเป็นบริเวณชายฝั่งทะเล



รูปที่ 0.2.6 ตัวอย่างสภาพภูมิประเทศแบบ C ซึ่งเป็นสภาพภูมิประเทศของบริเวณศูนย์กลางเมืองใหญ่ มีอาคารสูงอยู่หนาแน่น โดยที่อาคารในนี้ต่ำกว่าร้อยละ 50 มีความสูงเกิน 4 ชั้น



รูปที่ 0.2.5 ตัวอย่างสภาพภูมิประเทศแบบ B ซึ่งเป็นสภาพภูมิประเทศแบบชานเมืองหรือพื้นที่ที่มีต้นไม้ใหญ่อยู่หนาแน่น หรือเป็นบริเวณศูนย์กลางเมืองขนาดเล็ก




รูปที่ 0.2.7 ภาพพื้นหลังเป็นตัวอย่างสภาพภูมิประเทศแบบ C ภาพด้านหน้าเป็นตัวอย่างสภาพภูมิประเทศแบบ B

# Wind Load per DPT 1311-50

#WeLoveSteelConstruction

**มยพ. 1311-50**

**มาตรฐานการคำนวณแรงลม  
และการตอบสนองของอาคาร**



**กรมโยธาธิการและผังเมือง  
กระทรวงมหาดไทย  
พ.ศ. 2550**

## บทที่ 2

### การคำนวณแรงลมสถิตเทียบเท่า โดยวิธีการอย่างง่าย

#### 2.1 การกำหนดค่าแรงลมสถิตเทียบเท่า โดยวิธีการอย่างง่าย

#### 2.2 แรงลมออกแบบ

2.2.1 หน่วยแรงลมที่กระทำบนพื้นผิวภายนอกของอาคารในทิศทางลม สามารถคำนวณได้จาก

$$p = I_w q C_e C_g C_p \quad (2-2)$$

โดยที่  $p$  = หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า (equivalent static wind pressure) กระทำตั้งฉากกับพื้นผิวภายนอกอาคาร โดยเรียกว่า “หน่วยแรงดัน” ถ้ามีทิศเข้าหาพื้นผิว หรือ “หน่วยแรงดูด” ถ้ามีทิศพุ่งออกจากพื้นผิว

$I_w$  = ค่าประกอบความสำคัญของแรงลม ตามที่กำหนดในหัวข้อ 2.2.5

$q$  = หน่วยแรงลมอ้างอิงเนื่องจากความเร็วลม (reference velocity pressure) ตามที่กำหนดในหัวข้อ 2.3

$C_e$  = ค่าประกอบเนื่องจากสภาพภูมิประเทศ (exposure factor) ตามที่กำหนดในหัวข้อ 2.4

$C_g$  = ค่าประกอบเนื่องจากผลการกระโชกของลม (gust effect factor) ตามที่กำหนดในหัวข้อ 2.5

$C_p$  = ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมที่กระทำภายนอกอาคาร (external pressure coefficient) ตามที่กำหนดในหัวข้อ 2.6

#### 2.5 ค่าประกอบเนื่องจากการกระโชกของลม ( $C_g$ )

ค่าประกอบเนื่องจากการกระโชกของลม คือ อัตราส่วนระหว่างผลของแรงลมสูงสุดต่อผลของแรงลมเฉลี่ย ค่าประกอบ  $C_g$  สำหรับวิธีการอย่างง่าย คำนวณได้ดังนี้

2.5.1 ค่าประกอบเนื่องจากการกระโชกของลม ที่กระทำกับพื้นผิวภายนอกอาคาร

ก. สำหรับหน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่าที่กระทำกับพื้นผิวภายนอกอาคาร ให้ใช้ค่า  $C_g$  เท่ากับ 2.0 ในการออกแบบโครงสร้างหลักด้านทานแรงลม ยกเว้น ฝ้าและกำแพง ให้ใช้ค่า  $C_g$  เท่ากับ 2.35

ข. สำหรับหน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่าที่กระทำกับพื้นผิวภายนอกอาคาร ให้ใช้ค่า  $C_g$  เท่ากับ 2.5 ในการออกแบบโครงสร้างรองและผนังภายนอกอาคาร (cladding) ที่มีขนาดเล็ก (ประมาณขนาดของหน้าต่าง)

2.5.2 ค่าประกอบเนื่องจากการกระโชกของลมที่กระทำภายในอาคาร

สำหรับหน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่าที่กระทำกับพื้นผิวภายในอาคาร ให้ใช้ค่า  $C_g$  เท่ากับ 2.0 หรือค่าที่คำนวณจากสมการ (2-8) ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะและปริมาณของช่องเปิด (opening) ของอาคาร ในกรณีที่อาคารมีขนาดใหญ่และไม่มีผนังกันภายในซึ่งทำให้ปริมาตรภายในของอาคารมีค่ามาก ค่าความดันลมภายในอาคารจะมีการแปรเปลี่ยนช้าเมื่อเทียบกับการแปรเปลี่ยนของความดันลมภายนอกอาคาร ซึ่งในกรณีดังกล่าว อาจใช้ค่าที่คำนวณตามสมการที่ (2-8)

$$C_g = 1 + \frac{1}{\sqrt{1 + \tau}} \quad (2-8)$$

โดยที่  $\tau$  = ตัวแปรที่บอกระยะเวลาที่ใช้ในการตอบสนองต่อการแปรเปลี่ยนของความดันภายนอกอาคาร ซึ่งสามารถคำนวณได้ตามสมการที่ (2-9)

$$\tau = \frac{V_0}{6,950 A_0} \quad (2-9)$$


โดยที่  $V_0$  = ปริมาตรภายในของอาคาร มีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตร (เมตร<sup>3</sup>)  
 $A_0$  = พื้นที่รวมทั้งหมดของช่องเปิดบนผนังภายนอกอาคาร มีหน่วยเป็น ตารางเมตร (เมตร<sup>2</sup>)

# Wind Load per DPT 1311-50

#WeLoveSteelConstruction

**มยพ. 1311-50**

**มาตรฐานการคำนวณแรงลม และการตอบสนองของอาคาร**



**กรมโยธาธิการและผังเมือง**  
**กระทรวงมหาดไทย**  
**พ.ศ. 2550**

## บทที่ 2

### การคำนวณแรงลมสถิตเทียบเท่า โดยวิธีการอย่างง่าย

#### 2.1 การกำหนดค่าแรงลมสถิตเทียบเท่า โดยวิธีการอย่างง่าย

#### 2.2 แรงลมออกแบบ

2.2.1 หน่วยแรงลมที่กระทำบนพื้นผิวภายนอกของอาคารในทิศทางลม สามารถคำนวณได้จาก

$$p = I_w q C_e C_g C_p \quad (2-2)$$

โดยที่  $p$  = หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า (equivalent static wind pressure) กระทำตั้งฉากกับพื้นผิวภายนอกอาคาร โดยเรียกว่า “หน่วยแรงดัน” ถ้ามีทิศเข้าหาพื้นผิว หรือ “หน่วยแรงดูด” ถ้ามีทิศพุ่งออกจากพื้นผิว

$I_w$  = ค่าประกอบความสำคัญของแรงลม ตามที่กำหนดในหัวข้อ 2.2.5

$q$  = หน่วยแรงลมอ้างอิงเนื่องจากความเร็วลม (reference velocity pressure) ตามที่กำหนดในหัวข้อ 2.3

$C_e$  = ค่าประกอบเนื่องจากสภาพภูมิประเทศ (exposure factor) ตามที่กำหนดในหัวข้อ 2.4

$C_g$  = ค่าประกอบเนื่องจากผลการกระโชกของลม (gust effect factor) ตามที่กำหนดในหัวข้อ 2.5

$C_p$  = ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมที่กระทำภายนอกอาคาร (external pressure coefficient) ตามที่กำหนดในหัวข้อ 2.6

#### 2.6 ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลม ( $C_p$ )

2.6.1 ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมภายนอก ขึ้นอยู่กับรูปทรงของอาคาร ทิศทางลม และลักษณะการแปรเปลี่ยนของความเร็วลมตามความสูงอาคาร ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลม ที่กระทำภายนอกอาคาร สำหรับการออกแบบผนังภายนอกอาคารและระบบโครงสร้างหลักของอาคาร แบ่งออกเป็น 3 หมวด ดังนี้

ก. ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมภายนอก สำหรับอาคารเดี่ยวที่มีความสูงต่อความกว้าง  $\left(\frac{H}{D_s}\right)$  น้อยกว่า 1 ( $D_s$  คือความกว้างของด้านที่แคบที่สุด) และมีความสูงอ้างอิง (reference height) น้อยกว่า 23 เมตร ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมได้ถูกนำมารวมกับค่าประกอบเนื่องจากผลการกระโชกของลม ดังแสดงในรูปที่ ข.1 ถึง ข.8 ในภาคผนวก ข.1

ข. ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมภายนอก สำหรับอาคารสูง ดังแสดงในรูปที่ ข.9 ในภาคผนวก ข.2

ค. ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมภายนอก สำหรับโครงสร้างพิเศษ ดังแสดงในรูปที่ ข.10 ถึง ข.18 ในภาคผนวก ข.3

2.6.2 ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมภายใน ( $C_{pi}$ ) ใช้ในการคำนวณหาหน่วยแรงลมภายในอาคาร ซึ่งมีความสำคัญต่อการออกแบบผนังภายนอกอาคาร และระบบโครงสร้างหลักด้านแรงลม ค่าสัมประสิทธิ์  $C_{pi}$  นี้ขึ้นอยู่กับการกระจายตัวและขนาดของรอยรั่วซึมตลอดจนช่องเปิดบนผนังภายนอกอาคารและหลังคา ซึ่งในการออกแบบอาคารสามารถพิจารณาแบ่งออกได้เป็น 3 กรณี ตามหัวข้อดังต่อไปนี้ โดยกำหนดให้ใช้ได้ทั้งวิธีการอย่างง่ายและวิธีการอย่างละเอียด และทุกกรณีจะต้องคำนวณหาค่า  $C_{pi}$  ตามหัวข้อ 2.5 เพื่อใช้ในการหาค่าหน่วยแรงลมภายในอาคารด้วย

กรณีที่ 1 ใช้ค่า  $C_{pi} = -0.15$  ถึง 0.0

กรณีนี้ใช้กับอาคารที่ปราศจากช่องเปิดขนาดใหญ่ แต่อาจมีช่องเปิดเล็กๆกระจายสม่ำเสมอ โดยมีพื้นที่ช่องเปิดรวมน้อยกว่า 0.1% ของพื้นที่ผิวทั้งหมด

กรณีที่ 2 ใช้ค่า  $C_{pi} = -0.45$  ถึง 0.3

กรณีนี้ใช้กับอาคารที่มีการรั่วซึมซึ่งกระจายไม่สม่ำเสมอ โดยที่อาจมีช่องเปิดขนาดใหญ่ แต่ต้องได้รับการปิดสนิท เมื่อเกิดพายุและมีความแข็งแรงเพียงพอ

กรณีที่ 3 ใช้ค่า  $C_{pi} = -0.7$  ถึง 0.7


กรณีนี้ใช้กับอาคารที่มีช่องเปิดขนาดใหญ่ โดยที่ความแปรปรวนของลมภายนอกอาคาร สามารถส่งผลเข้าไปภายในได้ ตัวอย่างได้แก่ อาคารโรงงานอุตสาหกรรมและคลังสินค้าที่ประตูอาจจะเปิดในระหว่างเกิดพายุ หรือประตูไม่สามารถปิดตายได้


# Wind Load per DPT 1311-50

#WeLoveSteelConstruction

**มยพ. 1311-50**

**มาตรฐานการคำนวณแรงลม  
และการตอบสนองของอาคาร**





**กรมโยธาธิการและผังเมือง  
กระทรวงมหาดไทย  
พ.ศ. 2550**

## บทที่ 2

การคำนวณแรงลมสถิตเทียบเท่า โดยวิธีการอย่างง่าย

### 2.1 การกำหนดค่าแรงลมสถิตเทียบเท่า โดยวิธีการอย่างง่าย

### 2.2 แรงลมออกแบบ

2.2.1 หน่วยแรงลมที่กระทำบนพื้นผิวภายนอกของอาคารในทิศทางลม สามารถคำนวณได้จาก

$$p = I_w q C_e C_g C_p \quad (2-2)$$

โดยที่  $p$  = หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า (equivalent static wind pressure) กระทำตั้งฉากกับพื้นผิวภายนอกอาคาร โดยเรียกว่า “หน่วยแรงดัน” ถ้ามีทิศเข้าหาพื้นผิว หรือ “หน่วยแรงดูด” ถ้ามีทิศพุ่งออกจากพื้นผิว

$I_w$  = ค่าประกอบความสำคัญของแรงลม ตามที่กำหนดในหัวข้อ 2.2.5

$q$  = หน่วยแรงลมอ้างอิงเนื่องจากความเร็วลม (reference velocity pressure) ตามที่กำหนดในหัวข้อ 2.3

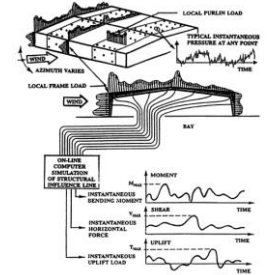
$C_e$  = ค่าประกอบเนื่องจากสภาพภูมิประเทศ (exposure factor) ตามที่กำหนดในหัวข้อ 2.4

$C_g$  = ค่าประกอบเนื่องจากผลกระทบระโชกของลม (gust effect factor) ตามที่กำหนดในหัวข้อ 2.5

$C_p$  = ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมที่กระทำภายนอกอาคาร (external pressure coefficient) ตามที่กำหนดในหัวข้อ 2.6

### 2.6 ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลม ( $C_p$ )

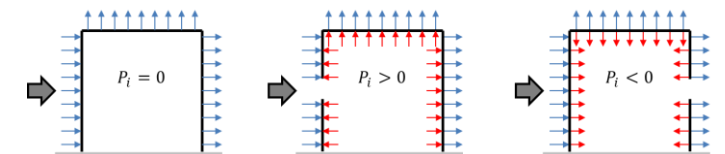
2.6.1 ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมภายนอก ขึ้นอยู่กับรูปทรงของอาคาร ทิศทางลม และลักษณะการแปรเปลี่ยนของความเร็วลมตามความสูงอาคาร ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลม ที่กระทำภายนอกอาคาร สำหรับการออกแบบผนังภายนอกอาคารและระบบโครงสร้างหลักของอาคาร แบ่งออกเป็น 3 หมวด ดังนี้



$$p_{net} = p - p_i$$

$$= I_w q C_e (C_g C_p - C_{gi} C_{pi})$$

2.6.2 ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมภายใน ( $C_{pi}$ ) ใช้ในการคำนวณหาหน่วยแรงลมภายในอาคาร ซึ่งมีความสำคัญต่อการออกแบบผนังภายนอกอาคาร และระบบโครงสร้างหลักด้านแรงลม ค่าสัมประสิทธิ์  $C_{pi}$  นี้ขึ้นอยู่กับการกระจายตัวและขนาดของรอยรั่วซึมตลอดจนช่องเปิดบนผนังภายนอกอาคารและหลังคา ซึ่งในการออกแบบอาคารสามารถพิจารณาแบ่งออกได้เป็น 3 กรณี ตามหัวข้อดังต่อไปนี้ โดยกำหนดให้ใช้ได้ทั้งวิธีการอย่างง่ายและวิธีการอย่างละเอียด และทุกกรณีจะต้องคำนวณหาค่า  $C_{pi}$  ตามหัวข้อ 2.5 เพื่อใช้ในการหาค่าหน่วยแรงลมภายในอาคารด้วย




# Wind Load per DPT 1311-50

#WeLoveSteelConstruction

**มยพ. 1311-50**

**มาตรฐานการคำนวณแรงลม  
และการตอบสนองของอาคาร**



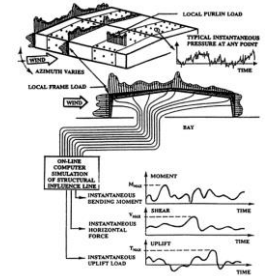
**กรมโยธาธิการและผังเมือง  
กระทรวงมหาดไทย  
พ.ศ. 2550**

ตารางที่ ข-1 การพิจารณาเลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมสำหรับอาคารเดี่ยวและอาคารสูง

ประเภทอาคาร	ประเภทของโครงสร้าง	ความลาดชันของหลังคา ( $\alpha$ )	หมายเลขของรูป	สัมประสิทธิ์ที่กำหนด
อาคารเดี่ยว ที่มีค่า $H/D_s < 1$ และ $H \leq 23$ เมตร	โครงสร้างหลัก	-	ข.1	$C_p C_g$
	กำแพง	-	ข.2	
	หลังคา (1) ทั่วไป	$\alpha \leq 7^\circ$	ข.3	
		$\alpha = 0^\circ$	ข.4	
	(3) หลังคาจั่วและปั้นหยา	$\alpha \leq 7^\circ$	ข.3	
		$\alpha > 7^\circ$	ข.5	
	(4) หลังคาต่อเนื่อง	$\alpha \leq 10^\circ$	ข.3	
		$\alpha > 10^\circ$	ข.6	
(5) หลังคาลาดชันด้านเดียว	$\alpha \leq 3^\circ$	ข.3		
	$3^\circ < \alpha \leq 30^\circ$	ข.7		
(6) หลังคารูปรางฟันเลื่อย	$\alpha \leq 10^\circ$	ข.3		
	$\alpha > 10^\circ$	ข.8		
อาคารที่มีค่า $H/D_s \geq 1$ หรือ $H > 23$ เมตร	-	-	ข.9	$C_p$ และ $C_p^*$

## 2.6 ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลม ( $C_p$ )

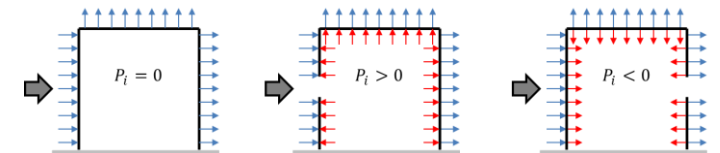
- 2.6.1 ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมภายนอก ขึ้นอยู่กับรูปทรงของอาคาร ทิศทางลม และลักษณะการแปรเปลี่ยนของความเร็วลมตามความสูงอาคาร ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลม ที่กระทำภายนอกอาคาร สำหรับการออกแบบผนังภายนอกอาคารและระบบโครงสร้างหลักของอาคาร แบ่งออกเป็น 3 หมวด ดังนี้



$$p_{net} = p - p_i$$

$$= I_w q C_e (C_g C_p - C_{gi} C_{pi})$$

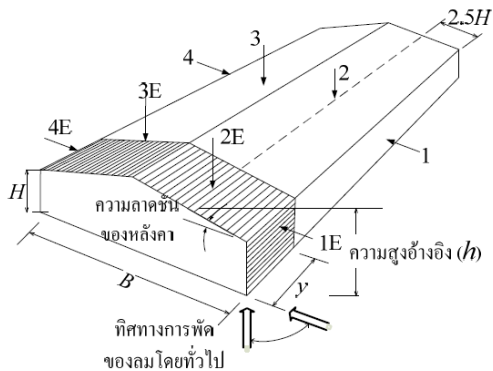
- 2.6.2 ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมภายใน ( $C_{pi}$ ) ใช้ในการคำนวณหาหน่วยแรงลมภายในอาคาร ซึ่งมีความสำคัญต่อการออกแบบผนังภายนอกอาคาร และระบบโครงสร้างหลักด้านแรงลม ค่าสัมประสิทธิ์  $C_{pi}$  นี้ขึ้นอยู่กับการกระจายตัวและขนาดของรอยรั่วซึมตลอดจนช่องเปิดบนผนังภายนอกอาคารและหลังคา ซึ่งในการออกแบบอาคารสามารถพิจารณาแบ่งออกได้เป็น 3 กรณี ตามหัวข้อดังต่อไปนี้ โดยกำหนดให้ใช้ได้ทั้งวิธีการอย่างง่ายและวิธีการอย่างละเอียด และทุกกรณีจะต้องคำนวณหา  $C_{pi}$  ตามหัวข้อ 2.5 เพื่อใช้ร่วมในการหาค่าหน่วยแรงลมภายในอาคารด้วย



# Wind Load per DPT 1311-50

#WeLoveSteelConstruction

แรงกระทำกรณีที่ 1 ทิศทางการพัดของลมโดยทั่วไป อยู่ในแนวตั้งฉากกับสันหลังคา



ความลาดชันของหลังคา	พื้นที่ผิวของอาคาร							
	1	1E	2	2E	3	3E	4	4E
0° ถึง 5°	0.75	1.15	-1.3	-2.0	-0.7	-1.0	-0.55	-0.8
20°	1.0	1.5	-1.3	-2.0	-0.9	-1.3	-0.8	-1.2
30° ถึง 45°	1.05	1.3	0.4	0.5	-0.8	-1.0	-0.7	-0.9
90°	1.05	1.3	1.05	1.3	-0.7	-0.9	-0.7	-0.9

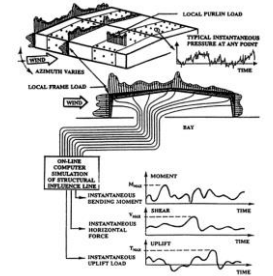
รูปที่ ข.1 ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมสูงสุดที่กระทำภายนอกอาคาร  $C_p, C_g$  สำหรับการออกแบบโครงสร้างหลัก โดยคำนึงถึงผลกระทบของแรงลมที่กระทำกับพื้นที่ผิวทุกด้านของอาคารพร้อมกัน

ตารางที่ ข-1 การพิจารณาเลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมสำหรับอาคารเดี่ยวและอาคารสูง

ประเภทอาคาร	ประเภทของโครงสร้าง	ความลาดชันของหลังคา ( $\alpha$ )	หมายเลขของรูป	สัมประสิทธิ์ที่กำหนด
อาคารเดี่ยวที่มีค่า $H/D_s < 1$ และ $H \leq 23$ เมตร	โครงสร้างหลัก	-	ข.1	$C_p C_g$
	กำแพง	-	ข.2	
	หลังคา (1) ทั่วไป	$\alpha \leq 7^\circ$	ข.3	
		$\alpha = 0^\circ$	ข.4	
	(3) หลังคาจั่วและปั้นหยา	$\alpha \leq 7^\circ$	ข.3	
		$\alpha > 7^\circ$	ข.5	
	(4) หลังคาต่อเนื่อง	$\alpha \leq 10^\circ$	ข.3	
		$\alpha > 10^\circ$	ข.6	
	(5) หลังคาลาดชันด้านเดียว	$\alpha \leq 3^\circ$	ข.3	
		$3^\circ < \alpha \leq 30^\circ$	ข.7	
(6) หลังคาโปร่งพื้นเคลือบ	$\alpha \leq 10^\circ$	ข.3		
	$\alpha > 10^\circ$	ข.8		
อาคารที่มีค่า $H/D_s \geq 1$ หรือ $H > 23$ เมตร	-	-	ข.9	$C_p$ และ $C_p^*$

## 2.6 ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลม ( $C_p$ )

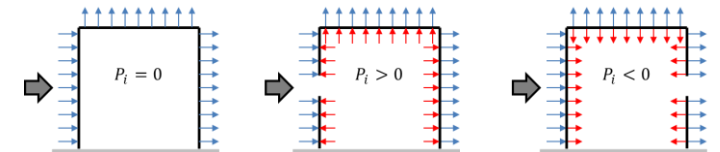
2.6.1 ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมภายนอก ขึ้นอยู่กับรูปทรงของอาคาร ทิศทางลม และลักษณะการแปรเปลี่ยนของความเร็วลมตามความสูงอาคาร ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลม ที่กระทำภายนอกอาคาร สำหรับการออกแบบผนังภายนอกอาคารและระบบโครงสร้างหลักของอาคาร แบ่งออกเป็น 3 หมวด ดังนี้



$$p_{net} = p - p_i$$

$$= I_w q C_e (C_g C_p - C_{gi} C_{pi})$$

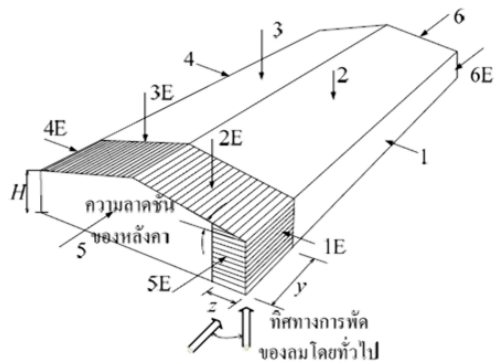
2.6.2 ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมภายใน ( $C_{pi}$ ) ใช้ในการคำนวณหาหน่วยแรงลมภายในอาคาร ซึ่งมีความสำคัญต่อการออกแบบผนังภายนอกอาคาร และระบบโครงสร้างหลักด้านแรงลม ค่าสัมประสิทธิ์  $C_{pi}$  นี้ขึ้นอยู่กับการกระจายตัวและขนาดของรอยรั่วซึมตลอดจนช่องเปิดบนผนังภายนอกอาคารและหลังคา ซึ่งในการออกแบบอาคารสามารถพิจารณาแบ่งออกได้เป็น 3 กรณี ตามหัวข้อตั้งต่อไปนี้ โดยกำหนดให้ใช้ได้ทั้งวิธีการอย่างง่ายและวิธีการอย่างละเอียด และทุกกรณีจะต้องคำนวณหาค่า  $C_{pi}$  ตามหัวข้อ 2.5 เพื่อใช้ร่วมในการหาค่าหน่วยแรงลมภายในอาคารด้วย



# Wind Load per DPT 1311-50

#WeLoveSteelConstruction

แรงกระทำกรณีที่ 2 ทิศทางการพัดของลม โดยทั่วไปอยู่ในแนวขนานกับสันหลังคา



ความลาดชันของหลังคา	พื้นที่ผิวของอาคาร											
	1	1E	2	2E	3	3E	4	4E	5	5E	6	6E
0° ถึง 90°	-0.85	-0.9	-1.3	-2.0	-0.7	-1.0	-0.85	-0.9	0.75	1.15	-0.55	-0.8

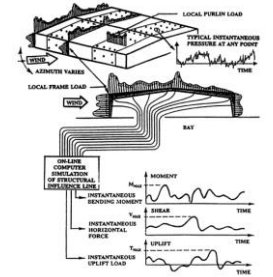
รูปที่ ข.1 (ต่อ)

ตารางที่ ข-1 การพิจารณาเลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมสำหรับอาคารเดี่ยวและอาคารสูง

ประเภทอาคาร	ประเภทของโครงสร้าง	ความลาดชันของหลังคา ( $\alpha$ )	หมายเลขของรูป	สัมประสิทธิ์ที่กำหนด
อาคารเดี่ยวที่มีค่า $H/D_s < 1$ และ $H \leq 23$ เมตร	โครงสร้างหลัก	-	ข.1	$C_p C_g$
	กำแพง	-	ข.2	
	หลังคา (1) ทั่วไป	$\alpha \leq 7^\circ$	ข.3	
		$\alpha = 0^\circ$	ข.4	
	(3) หลังคาจั่วและปั้นหยา	$\alpha \leq 7^\circ$	ข.3	
		$\alpha > 7^\circ$	ข.5	
	(4) หลังคาต่อเนื่อง	$\alpha \leq 10^\circ$	ข.3	
		$\alpha > 10^\circ$	ข.6	
	(5) หลังคาลาดชันด้านเดียว	$\alpha \leq 3^\circ$	ข.3	
		$3^\circ < \alpha \leq 30^\circ$	ข.7	
(6) หลังคาโปร่งพื้นเคลือบ	$\alpha \leq 10^\circ$	ข.3		
	$\alpha > 10^\circ$	ข.8		
อาคารที่มีค่า $H/D_s \geq 1$ หรือ $H > 23$ เมตร	-	-	ข.9	$C_p$ และ $C_p^*$

## 2.6 ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลม ( $C_p$ )

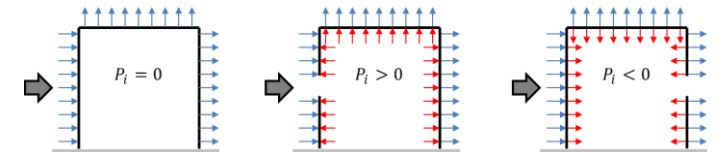
2.6.1 ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมภายนอก ขึ้นอยู่กับรูปทรงของอาคาร ทิศทางลม และลักษณะการแปรเปลี่ยนของความเร็วมตามความสูงอาคาร ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลม ที่กระทำภายนอกอาคาร สำหรับการออกแบบผนังภายนอกอาคารและระบบโครงสร้างหลักของอาคาร แบ่งออกเป็น 3 หมวด ดังนี้



$$p_{net} = p - p_i$$

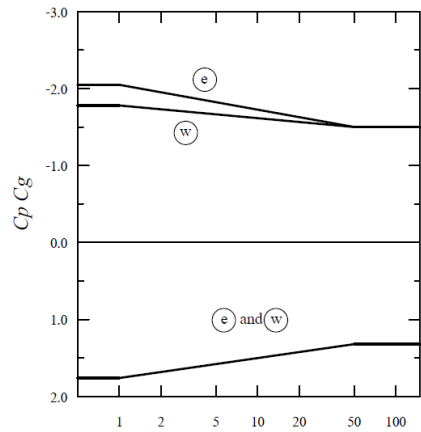
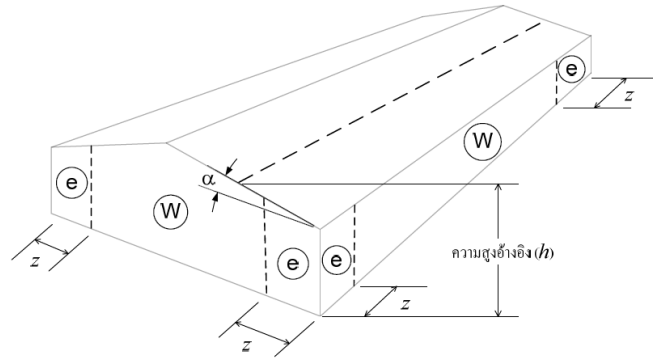
$$= I_w q C_e (C_g C_p - C_{gi} C_{pi})$$

2.6.2 ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมภายใน ( $C_{pi}$ ) ใช้ในการคำนวณหาหน่วยแรงลมภายในอาคาร ซึ่งมีความสำคัญต่อการออกแบบผนังภายนอกอาคาร และระบบโครงสร้างหลักด้านแรงลม ค่าสัมประสิทธิ์  $C_{pi}$  นี้ขึ้นอยู่กับการกระจายตัวและขนาดของรอยรั่วซึมตลอดจนช่องเปิดบนผนังภายนอกอาคารและหลังคา ซึ่งในการออกแบบอาคารสามารถพิจารณาแบ่งออกได้เป็น 3 กรณี ตามหัวข้อดังต่อไปนี้ โดยกำหนดให้ใช้ได้ทั้งวิธีการอย่างง่ายและวิธีการอย่างละเอียด และทุกกรณีจะต้องคำนวณหา  $C_{pi}$  ตามหัวข้อ 2.5 เพื่อใช้ในการหาค่าหน่วยแรงลมภายในอาคารด้วย



# Wind Load per DPT 1311-50

#WeLoveSteelConstruction



พื้นที่, ม.<sup>2</sup>

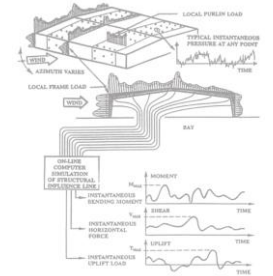
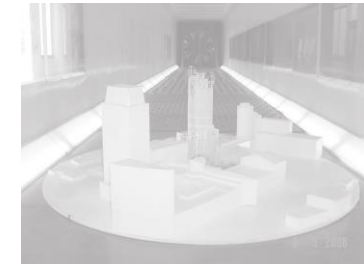
ตารางที่ ข-1 การพิจารณาเลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมสำหรับอาคารเดี่ยวและอาคารสูง

ประเภทอาคาร	ประเภทของโครงสร้าง	ความลาดชันของหลังคา ( $\alpha$ )	หมายเลขของรูป	สัมประสิทธิ์ที่กำหนด
อาคารเดี่ยว ที่มีค่า $H/D_s < 1$ และ $H \leq 23$ เมตร	โครงสร้างหลัก	-	ข.1	$C_p C_g$
	กำแพง	-	ข.2	
	หลังคา (1) ทั่วไป	$\alpha \leq 7^\circ$	ข.3	
		$\alpha = 0^\circ$	ข.4	
	(3) หลังคาจั่วและปั้นหยา	$\alpha \leq 7^\circ$	ข.3	
		$\alpha > 7^\circ$	ข.5	
	(4) หลังคาต่อเนื่อง	$\alpha \leq 10^\circ$	ข.3	
		$\alpha > 10^\circ$	ข.6	
(5) หลังคาลาดชันด้านเดียว	$\alpha \leq 3^\circ$	ข.3		
	$3^\circ < \alpha \leq 30^\circ$	ข.7		
	$\alpha > 30^\circ$	ข.8		
(6) หลังคาปูรงพื้นเอียง	$\alpha \leq 10^\circ$	ข.3		
	$\alpha > 10^\circ$	ข.8		
อาคารที่มีค่า $H/D_s \geq 1$ หรือ $H > 23$ เมตร	-	-	ข.9	$C_p$ และ $C_p^*$

รูปที่ ข.2 ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมสูงสุดที่กระทำภายนอกอาคาร ( $C_p C_g$ ) สำหรับการออกแบบผนังภายนอกและชิ้นส่วนของโครงสร้างรอง (secondary structural members)

## 2.6 ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลม ( $C_p$ )

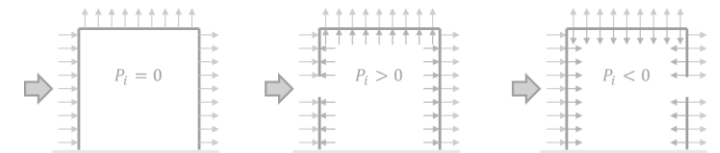
2.6.1 ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมภายนอก ขึ้นอยู่กับรูปร่างของอาคาร ทิศทางลม และลักษณะการแปรเปลี่ยนของความเร็วลมตามความสูงอาคาร ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลม ที่กระทำภายนอกอาคาร สำหรับการออกแบบผนังภายนอกอาคารและระบบโครงสร้างหลักของอาคาร แบ่งออกเป็น 3 หมวด ดังนี้



$$p_{net} = p - p_i$$

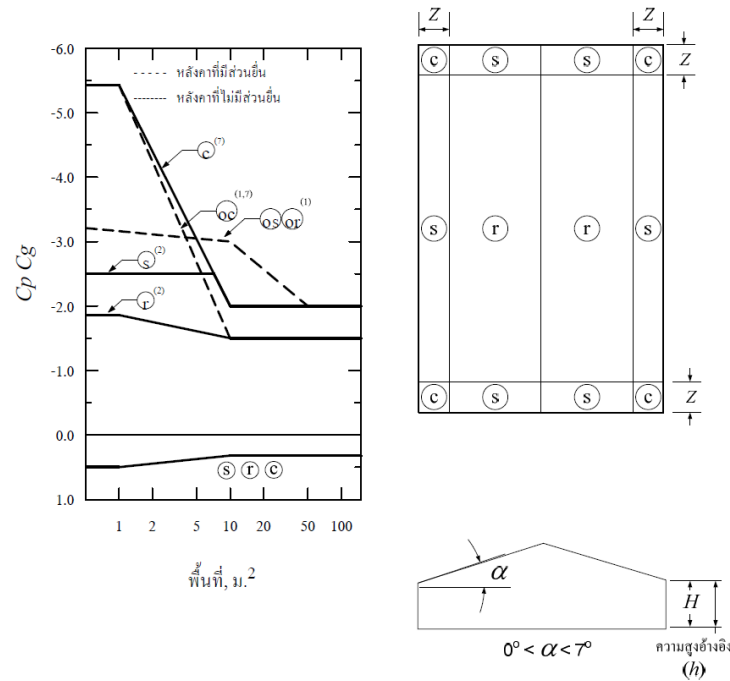
$$= I_w q C_e (C_g C_p - C_{gi} C_{pi})$$

2.6.2 ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมภายใน ( $C_{pi}$ ) ใช้ในการคำนวณหาหน่วยแรงลมภายในอาคาร ซึ่งมีความสำคัญต่อการออกแบบผนังภายนอกอาคาร และระบบโครงสร้างหลักด้านแรงลม ค่าสัมประสิทธิ์  $C_{pi}$  นี้ขึ้นอยู่กับการกระจายตัวและขนาดของรอยรั่วซึมตลอดจนช่องเปิดบนผนังภายนอกอาคารและหลังคา ซึ่งในการออกแบบอาคารสามารถพิจารณาแบ่งออกได้เป็น 3 กรณี ตามหัวข้อดังต่อไปนี้ โดยกำหนดให้ใช้ได้ทั้งวิธีการอย่างง่ายและวิธีการอย่างละเอียด และทุกกรณีจะต้องคำนวณหาค่า  $C_{pi}$  ตามหัวข้อ 2.5 เพื่อใช้ในการหาหาค่าหน่วยแรงลมภายในอาคารด้วย



# Wind Load per DPT 1311-50

#WeLoveSteelConstruction



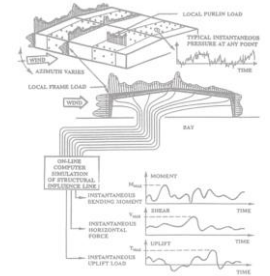
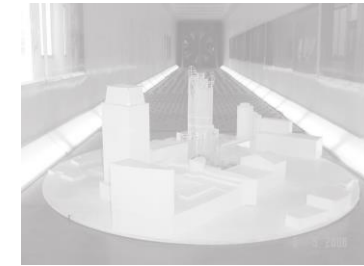
รูปที่ 3.3 ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมสูงสุดที่กระทำภายนอกอาคาร ( $C_p C_g$ ) ที่กระทำบนพื้นผิวของหลังคาที่มีความชันน้อยกว่า  $7^\circ$  สำหรับการออกแบบหลังคาและชิ้นส่วนของโครงสร้างรอง (secondary structural members)

ตารางที่ ข-1 การพิจารณาเลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมสำหรับอาคารเดี่ยวและอาคารสูง

ประเภทอาคาร	ประเภทของโครงสร้าง	ความลาดชันของหลังคา ( $\alpha$ )	หมายเลขของรูป	สัมประสิทธิ์ที่กำหนด
อาคารเดี่ยวที่มีค่า $H/D_s < 1$ และ $H \leq 23$ เมตร	โครงสร้างหลัก	-	ข.1	$C_p C_g$
	กำแพง	-	ข.2	
	หลังคา (1) ทั่วไป	$\alpha \leq 7^\circ$	ข.3	
	(2) หลังคาลาดระดับ	$\alpha = 0^\circ$	ข.4	
	(3) หลังคาจั่วและปั้นหยา	$\alpha \leq 7^\circ$	ข.3	
		$\alpha > 7^\circ$	ข.5	
	(4) หลังคาต่อเนื่อง	$\alpha \leq 10^\circ$	ข.3	
		$\alpha > 10^\circ$	ข.6	
(5) หลังคาลาดชันด้านเดียว	$\alpha \leq 3^\circ$	ข.3		
	$3^\circ < \alpha \leq 30^\circ$	ข.7		
	(6) หลังคาปูปร่างพื้นเอียง	$\alpha \leq 10^\circ$	ข.3	
$\alpha > 10^\circ$		ข.8		
อาคารที่มีค่า $H/D_s \geq 1$ หรือ $H > 23$ เมตร	-	-	ข.9	$C_p$ และ $C_p^*$

## 2.6 ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลม ( $C_p$ )

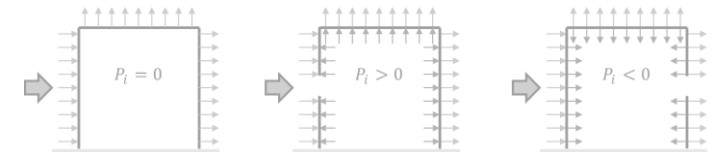
2.6.1 ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมภายนอก ขึ้นอยู่กับรูปร่างของอาคาร ทิศทางลม และลักษณะการแปรเปลี่ยนของความเร็วลมตามความสูงอาคาร ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลม ที่กระทำภายนอกอาคาร สำหรับการออกแบบผนังภายนอกอาคารและระบบโครงสร้างหลักของอาคาร แบ่งออกเป็น 3 หมวด ดังนี้



$$p_{net} = p - p_i$$

$$= I_w q C_e (C_g C_p - C_{gi} C_{pi})$$

2.6.2 ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมภายใน ( $C_{pi}$ ) ใช้ในการคำนวณหาหน่วยแรงลมภายในอาคาร ซึ่งมีความสำคัญต่อการออกแบบผนังภายนอกอาคาร และระบบโครงสร้างหลักด้านแรงลม ค่าสัมประสิทธิ์  $C_{pi}$  นี้ขึ้นอยู่กับการกระจายตัวและขนาดของรอยรั่วซึมตลอดจนช่องเปิดบนผนังภายนอกอาคารและหลังคา ซึ่งในการออกแบบอาคารสามารถพิจารณาแบ่งออกได้เป็น 3 กรณี ตามหัวข้อดังต่อไปนี้ โดยกำหนดให้ใช้ได้ทั้งวิธีการอย่างง่ายและวิธีการอย่างละเอียด และทุกกรณีจะต้องคำนวณหาค่า  $C_{pi}$  ตามหัวข้อ 2.5 เพื่อใช้ร่วมในการหาค่าหน่วยแรงลมภายในอาคารด้วย

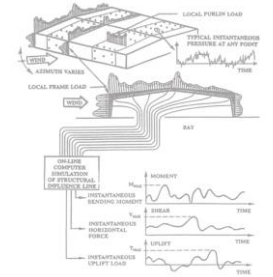
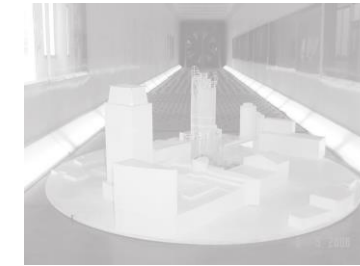


# Wind Load per DPT 1311-50

#WeLoveSteelConstruction

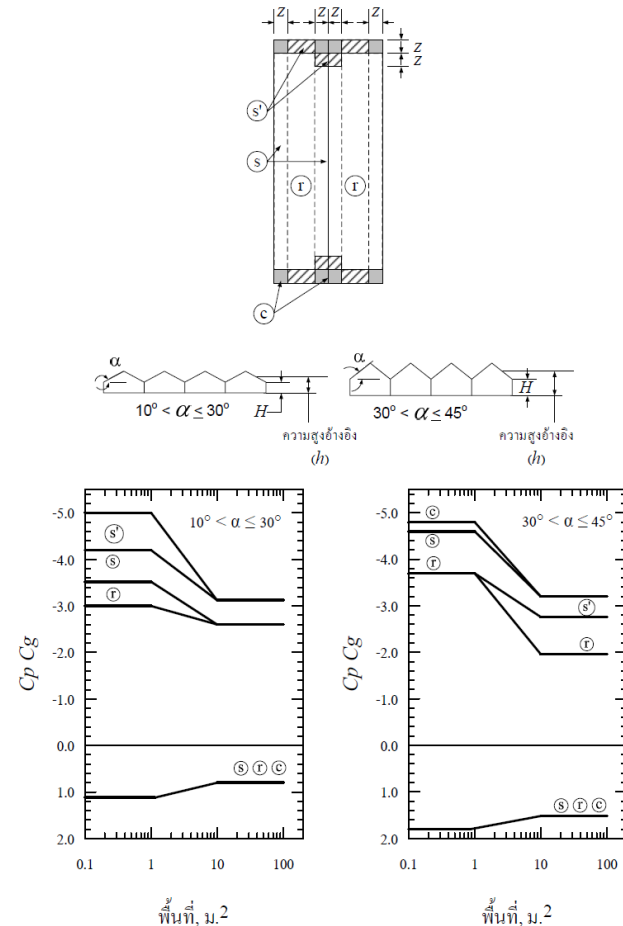
## 2.6 ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลม ( $C_p$ )

2.6.1 ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมภายนอก ขึ้นอยู่กับรูปทรงของอาคาร ทิศทางลม และลักษณะการแปรเปลี่ยนของความเร็วลมตามความสูงอาคาร ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลม ที่กระทำภายนอกอาคาร สำหรับการออกแบบผนังภายนอกอาคารและระบบโครงสร้างหลักของอาคาร แบ่งออกเป็น 3 หมวด ดังนี้



ตารางที่ ข-1 การพิจารณาเลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมสำหรับอาคารเดี่ยวและอาคารสูง

ประเภทอาคาร	ประเภทของโครงสร้าง	ความลาดชันของหลังคา ( $\alpha$ )	หมายเลขของรูป	สัมประสิทธิ์ที่กำหนด	
อาคารเดี่ยว ที่มีค่า $H/D_s < 1$ และ $H \leq 23$ เมตร	โครงสร้างหลัก	-	ข.1	$C_p C_g$	
	กำแพง	-	ข.2		
	หลังคา (1) ทั่วไป	$\alpha \leq 7^\circ$	ข.3		
		(2) หลังคาลาดระดับ	$\alpha = 0^\circ$		ข.4
		(3) หลังคาจั่วและปั้นหยา	$\alpha \leq 7^\circ$		ข.3
			$\alpha > 7^\circ$		ข.5
	(4) หลังคาต่อเนื่อง	$\alpha \leq 10^\circ$	ข.3		
		$\alpha > 10^\circ$	ข.6		
(5) หลังคาลาดชันด้านเดียว	$\alpha \leq 3^\circ$	ข.3			
(6) หลังคาโปร่งพื้นเคลือบ	$3^\circ < \alpha \leq 30^\circ$	ข.7			
	$\alpha \leq 10^\circ$	ข.3			
	$\alpha > 10^\circ$	ข.8			
อาคารที่มีค่า $H/D_s \geq 1$ หรือ $H > 23$ เมตร	-	-	ข.9	$C_p$ และ $C_p^*$	

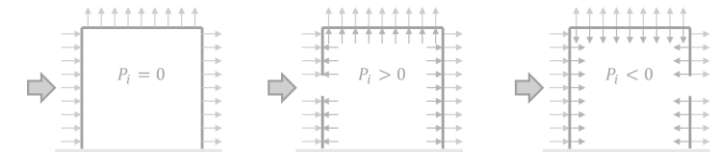


รูปที่ ข.6 ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมสูงสุดที่กระทำภายนอกอาคาร ( $C_p C_g$ ) ที่กระทำกับหลังคาที่มีความชันมากกว่า  $10^\circ$  และมีความต่อเนื่องมากกว่า 1 ช่วงสำหรับการออกแบบหลังคาและชิ้นส่วนของโครงสร้างรอง (secondary structural members)

$$p_{net} = p - p_i$$

$$= I_w q C_e (C_g C_p - C_{gi} C_{pi})$$

2.6.2 ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมภายใน ( $C_{pi}$ ) ใช้ในการคำนวณหาหน่วยแรงลมภายในอาคาร ซึ่งมีความสำคัญต่อการออกแบบผนังภายนอกอาคาร และระบบโครงสร้างหลักด้านแรงลม ค่าสัมประสิทธิ์  $C_{pi}$  นี้ขึ้นอยู่กับการกระจายตัวและขนาดของรอยรั่วซึมตลอดจนช่องเปิดบนผนังภายนอกอาคารและหลังคา ซึ่งในการออกแบบอาคารสามารถพิจารณาแบ่งออกได้เป็น 3 กรณี ตามหัวข้อตั้งต่อไปนี้ โดยกำหนดให้ใช้ได้ทั้งวิธีการอย่างง่ายและวิธีการอย่างละเอียด และทุกกรณีจะต้องคำนวณหาค่า  $C_{pi}$  ตามหัวข้อ 2.5 เพื่อใช้ร่วมในการหาค่าหน่วยแรงลมภายในอาคารด้วย

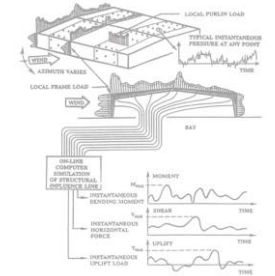
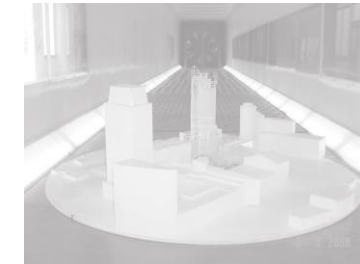


# Wind Load per DPT 1311-50

#WeLoveSteelConstruction

## 2.6 ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลม ( $C_p$ )

2.6.1 ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมภายนอก ขึ้นอยู่กับรูปร่างของอาคาร ทิศทางลม และลักษณะการแปรเปลี่ยนของความเร็วมตามความสูงอาคาร ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลม ที่กระทำภายนอกอาคาร สำหรับการออกแบบผนังภายนอกอาคารและระบบโครงสร้างหลักของอาคาร แบ่งออกเป็น 3 หมวด ดังนี้



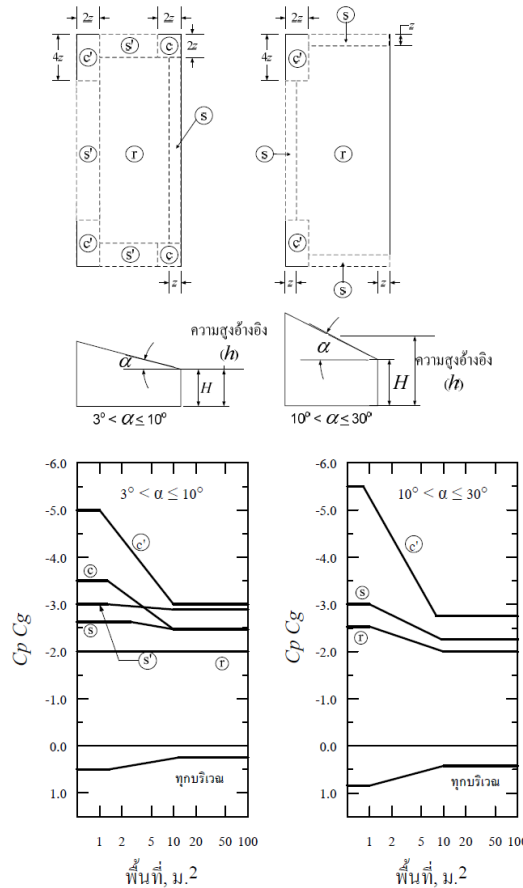
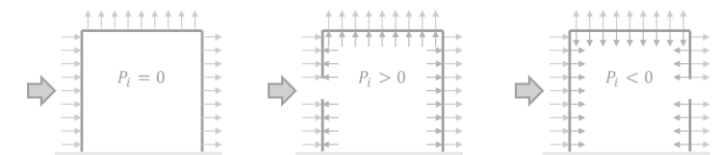
ตารางที่ ข-1 การพิจารณาเลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมสำหรับอาคารเดี่ยวและอาคารสูง

ประเภทอาคาร	ประเภทของโครงสร้าง	ความลาดชันของหลังคา ( $\alpha$ )	หมายเลขของรูป	สัมประสิทธิ์ที่กำหนด
อาคารเดี่ยวที่มีค่า $H/D_s < 1$ และ $H \leq 23$ เมตร	โครงสร้างหลัก	-	ข.1	$C_p C_g$
	กำแพง	-	ข.2	
	หลังคา (1) ทั่วไป (2) หลังคาลาดระดับ (3) หลังคาจั่วและปั้นหยา (4) หลังคาต่อเนื่อง	$\alpha \leq 7^\circ$	ข.3	
		$\alpha = 0^\circ$	ข.4	
		$\alpha \leq 7^\circ$	ข.3	
		$\alpha > 7^\circ$	ข.5	
	$\alpha \leq 10^\circ$	ข.3		
	$\alpha > 10^\circ$	ข.6		
(5) หลังคาลาดชันด้านเดียว	$\alpha \leq 3^\circ$	ข.3		
	$3^\circ < \alpha \leq 30^\circ$	ข.7		
(6) หลังคาโปร่งพื้นเคลือบ	$\alpha \leq 10^\circ$	ข.3		
	$\alpha > 10^\circ$	ข.8		
อาคารที่มีค่า $H/D_s \geq 1$ หรือ $H > 23$ เมตร	-	-	ข.9	$C_p$ และ $C_p^*$

$$p_{net} = p - p_i$$

$$= I_w q C_e (C_g C_p - C_{gi} C_{pi})$$

2.6.2 ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมภายใน ( $C_{pi}$ ) ใช้ในการคำนวณหาหน่วยแรงลมภายในอาคาร ซึ่งมีความสำคัญต่อการออกแบบผนังภายนอกอาคาร และระบบโครงสร้างหลักด้านแรงลม ค่าสัมประสิทธิ์  $C_{pi}$  นี้ขึ้นอยู่กับการกระจายตัวและขนาดของรอยรั่วซึมตลอดจนช่องเปิดบนผนังภายนอกอาคารและหลังคา ซึ่งในการออกแบบอาคารสามารถพิจารณาแบ่งออกได้เป็น 3 กรณี ตามหัวข้อดังต่อไปนี้ โดยกำหนดให้ใช้ได้ทั้งวิธีการอย่างง่ายและวิธีการอย่างละเอียด และทุกกรณีจะต้องคำนวณหาค่า  $C_{pi}$  ตามหัวข้อ 2.5 เพื่อใช้ร่วมในการหาค่าหน่วยแรงลมภายในอาคารด้วย



รูปที่ ข.7 ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมสูงสุดที่กระทำภายนอกอาคาร ( $C_p C_g$ ) ที่กระทำกับหลังคาที่มีความลาดชันด้านเดียว สำหรับการออกแบบหลังคาและชิ้นส่วนของโครงสร้างรอง (secondary structural members)