

**การคำนวณแรงลมสถิตเทียบเท่า โดยวิธีการอย่างง่าย
สำหรับอาคารเดี่ยว
และการทดสอบแบบจำลองอาคารในอุโมงค์ลม**

รศ. ดร.วิโรจน์ บุญญฤทธิญา

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

รูปแบบการคำนวณแรงลมของมาตรฐานฉบับใหม่

หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า

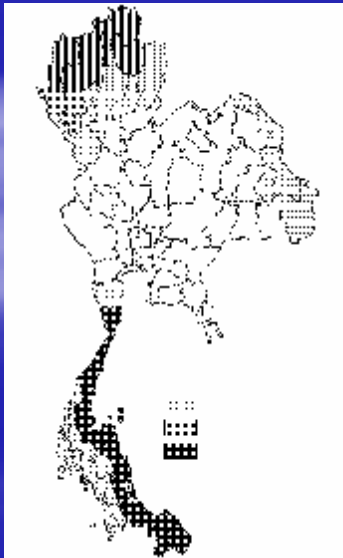
ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลม

$$p = I_w q C_e C_g C_p$$

ค่าประกอบความ
สำคัญของแรงลม

หน่วยแรงลมอ้างอิงเนื่องจาก
ความเร็วลม

$$\frac{1}{2} \rho \bar{V}^2$$



ค่าประกอบเนื่องจาก
ผลการกระโชกของลม



ค่าประกอบเนื่องจากสภาพภูมิประเทศ



แบบโล่ง (A)

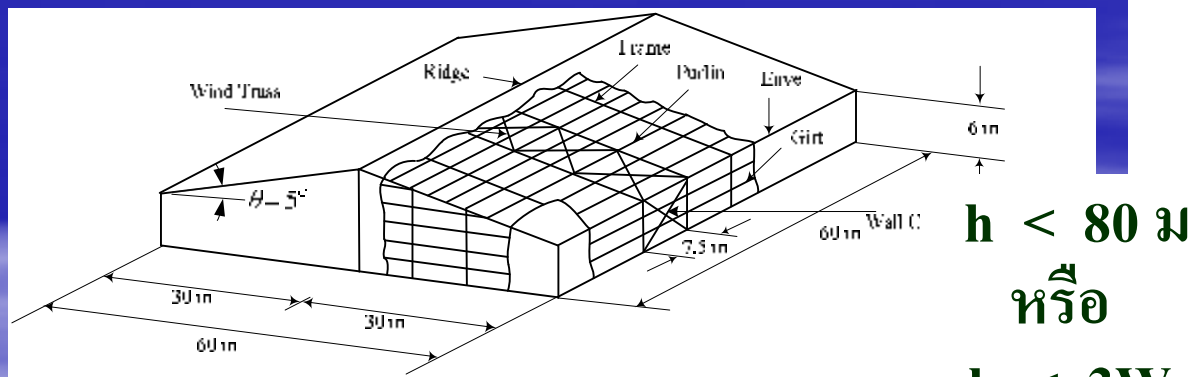


แบบชานเมือง (B)

วิธีการคำนวณแรงลม

วิธีการอย่างง่าย (Simple Procedure) ใช้สำหรับ

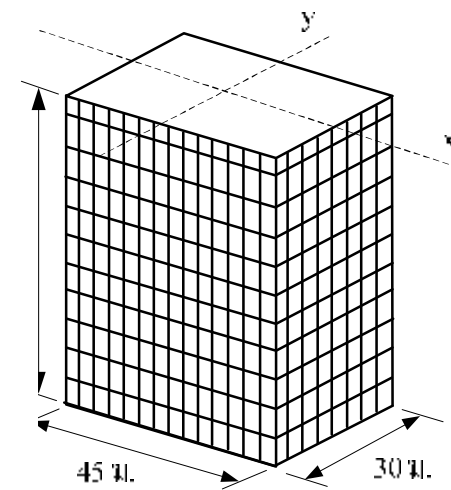
ก) ระบบโครงสร้างหลักต้านแรงลม ของอาคารเตี้ยและอาคารสูงปานกลาง
ที่มีความสูงไม่เกิน 80 ม. และมีความสูงไม่เกิน 3 เท่าของความกว้าง
ประสิทธิภาพที่น้อยที่สุด ยกเว้น อาคารที่สั้นใหว่ง่าย ได้แก่อาคารที่มีน้ำหนัก
เบา และมีความถี่ธรรมชาติต่ำ และมีคุณสมบัติความหน่วงของอาคารต่ำ



$$h < 80 \text{ m}$$

หรือ

$$h < 3W$$



ข) ผนังภายนอก (cladding) ของอาคารที่มีรูปทรงไม่ซับซ้อน ทุกประเภท

ค่าประกอบเนื่องจากการกระชอกของลม (C_g)

วิธีการอย่างง่าย

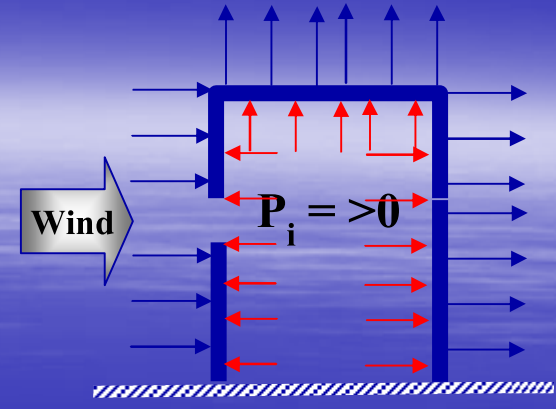
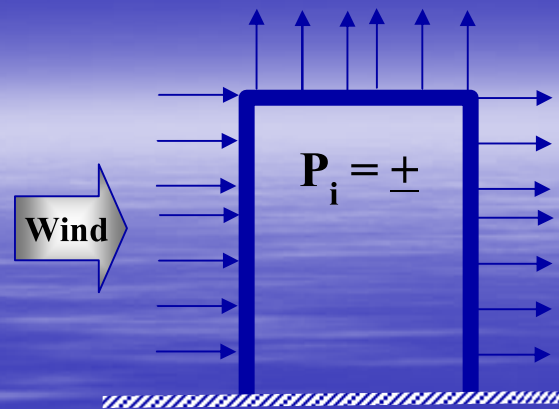
- ก. สำหรับหน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่าที่กระทำกับพื้นผิวภายนอกอาคาร ให้ใช้ค่าเท่ากับ 2.0 ในการออกแบบโครงสร้างหลัก
ต้านทานแรงลม ยกเว้นป้ายและกำแพง ให้ใช้ค่าเท่ากับ 2.35
- ข. สำหรับหน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่าที่กระทำกับพื้นผิวภายนอกอาคาร ให้ใช้ค่าเท่ากับ 2.5 ในการออกแบบผนังภายนอกอาคาร (cladding) ที่มีขนาดเล็ก (ประมาณขนาดของหน้าต่าง)
- ค. สำหรับหน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่าที่กระทำกับพื้นผิวภายในอาคาร ให้ใช้ค่าเท่ากับ 2.0 หรือค่าที่คำนวณจากสมการ

ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลม (C_p)

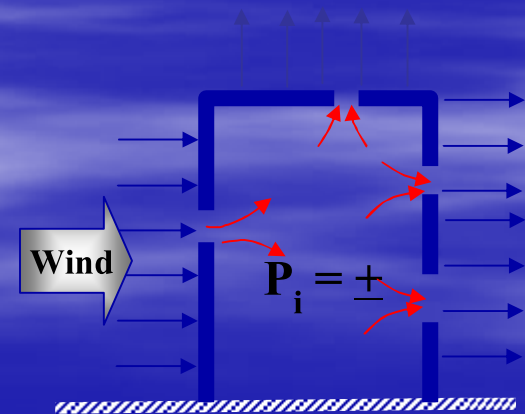
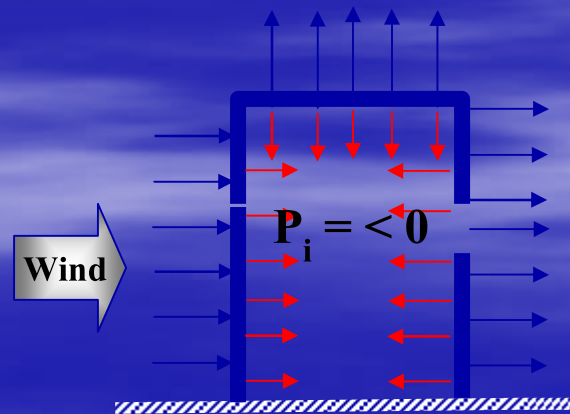
- ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมภายนอก ขึ้นอยู่กับรูปทรงของอาคาร ทิศทางลม และลักษณะการแปรเปลี่ยนของความเร็วลมตามความสูงอาคาร ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมที่กระทำภายนอกอาคาร สำหรับการออกแบบผนังภายนอกอาคารและระบบโครงสร้างหลักของอาคาร แบ่งออกเป็น 3 หมวด ดังนี้
 - ก. ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมภายนอก สำหรับอาคารเตี้ยที่มีความสูงต่อความกว้าง น้อยกว่า 1 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

ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลม (C_p) (ต่อ)

- ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมภายใน (C_{pi}) ใช้ในการคำนวณหาหน่วยแรงลมภายในอาคาร ซึ่งมีความสำคัญต่อการออกแบบผนังภายนอกอาคาร และระบบโครงสร้างหลักต้านแรงลม ค่าสัมประสิทธิ์นี้ขึ้นอยู่กับการกระจายตัวและขนาดของรอยรั่วซึม ตลอดจนช่องเปิดบนผนังภายนอกอาคารและหลังคา ซึ่งในการออกแบบอาคารสามารถพิจารณาแบ่งออกได้เป็น 3 กรณี ตามหัวข้อข้างล่าง โดยกำหนดให้ใช้ได้ทั้งวิธีการอย่างง่ายและวิธีการอย่างละเอียด และทุกกรณีจะต้องคำนวณหาค่า C_{gi} เพื่อใช้ร่วมในการหาค่าหน่วยแรงลมภายในอาคารด้วย

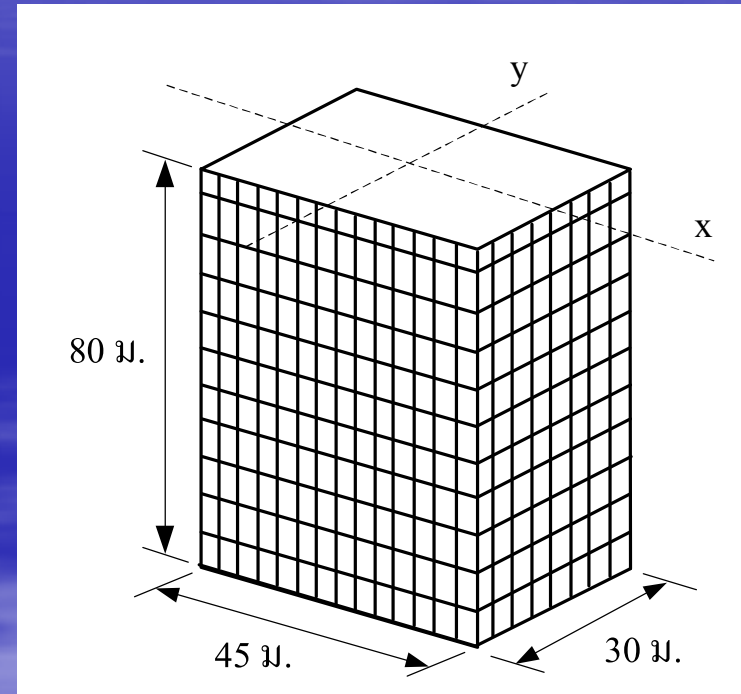


หน่วยแรงลมภายใน



ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลม (C_p) (ต่อ)

- กรณีที่ 1 ใช้ค่า $C_{pi} = -0.15$ ถึง 0.0
กรณีนี้ใช้กับอาคารที่ปราศจากช่องเปิดขนาดใหญ่ แต่อาจมีช่องเปิดเล็กๆ กระจายสม่ำเสมอ โดยมีพื้นที่ช่องเปิดรวมน้อยกว่า 0.1% ของพื้นที่ผิวทั้งหมด ตัวอย่างได้แก่ อาคารสูงทั่วไปที่มีผนังปิดล้อมทุกด้านและมีระบบระบายอากาศภายใน (เช่น อาคารสำนักงาน) รวมทั้งอาคารเดี่ยวบางประเภท เช่น คลังสินค้าที่ไม่มีหน้าต่างหรือช่องเปิด โดยที่ประตูต้องออกแบบให้สามารถต้านพายุได้ และได้รับการปิดสนิทเมื่อเกิดพายุ

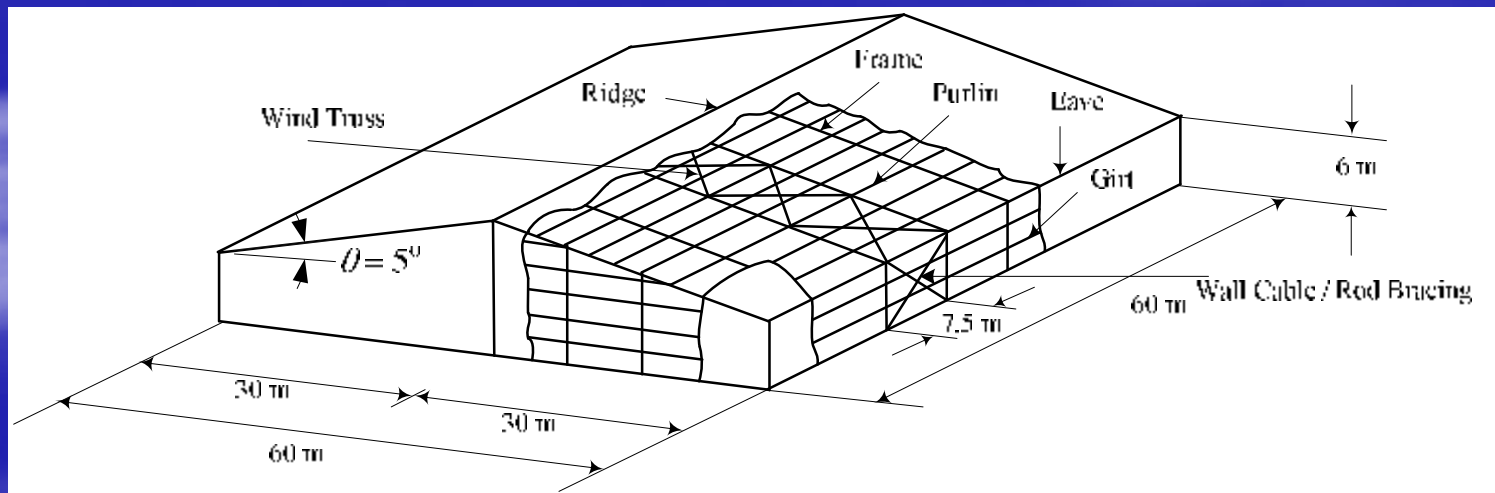


ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลม (C_p) (ต่อ)

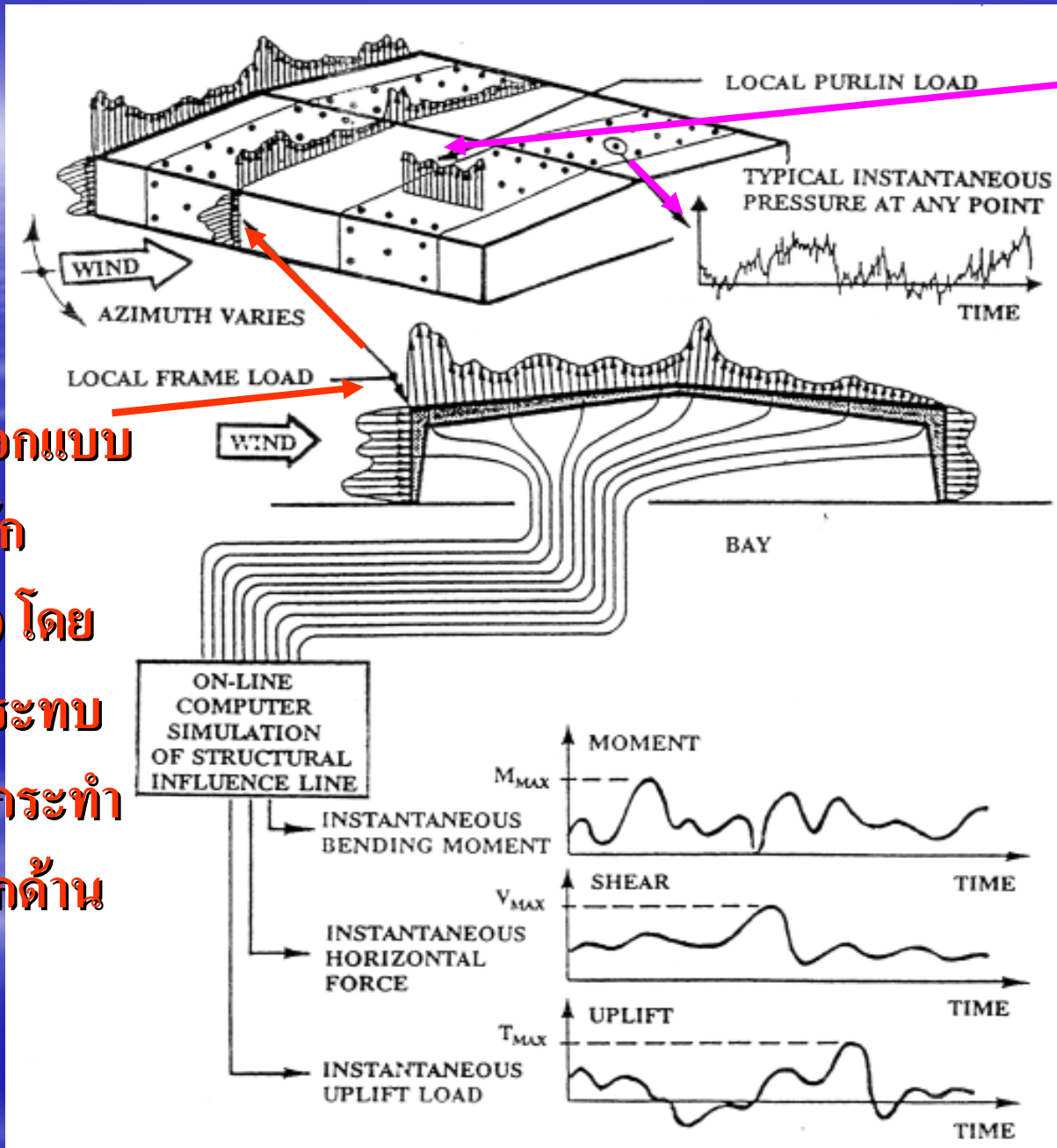
- กรณีที่ 2 ใช้ค่า $C_{pi} = -0.45$ ถึง 0.3 กรณีนี้ใช้กับอาคารที่มีการรั่วซึมซึ่งกระจายไม่สม่ำเสมอ โดยที่อาจมีช่องเปิดขนาดค่อนข้างใหญ่ แต่ต้องได้รับการปิดสนิท เมื่อเกิดพายุและมีความแข็งแรงเพียงพอ ตัวอย่าง ได้แก่ อาคารขนาดเล็กทั่วไป และอาคารสูงที่มีหน้าต่างซึ่งสามารถเปิด-ปิดได้หรือมีระเบียงซึ่งมีประตูที่สามารถเปิด-ปิดได้ (เช่นอาคารที่พักอาศัย โรงแรม)

ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลม (C_p) (ต่อ)

- กรณีที่ 3 ใช้ค่า $C_{pi} = -0.7$ ถึง 0.7 กรณีนี้ใช้กับอาคารที่มีช่องเปิดขนาดใหญ่ โดยที่ความแปรปรวนของลมภายนอกอาคาร สามารถส่งผลเข้าไปภายในได้ ตัวอย่างได้แก่ อาคารโรงงานอุตสาหกรรมและคลังสินค้าที่ประตูอาจจะเปิดในระหว่างเกิดพายุ หรือประตูไม่สามารถต้านพายุได้



สำหรับการออกแบบ
โครงสร้างหลัก
(โครงข้อแข็ง) โดย
คำนึงถึงผลกระทบ
ของแรงลมที่กระทำ
กับพื้นที่ผิวทุกด้าน
ของอาคาร

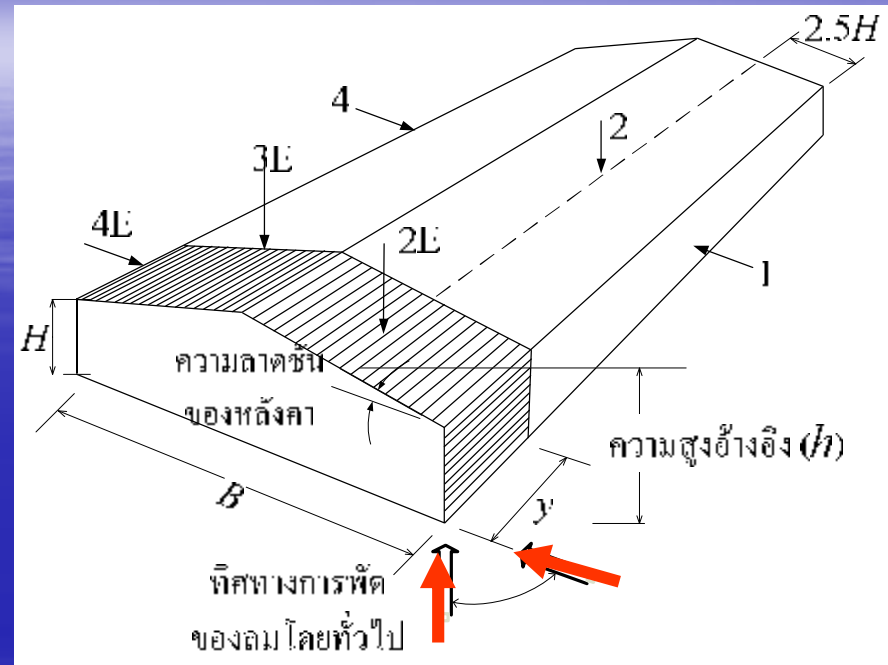


สำหรับการ
ออกแบบผนัง
ภายนอก
อาคารและ
หลังคา

ประเภทอาคาร	ประเภทของโครงสร้าง	ความลาดชันของหลังคา (α)	หมายเลขของรูป	สัมประสิทธิ์ที่กำหนด
อาคารเตี้ย 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	$\alpha \leq 0^\circ$	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^*

ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมสูงสุดที่กระทำภายนอกอาคาร

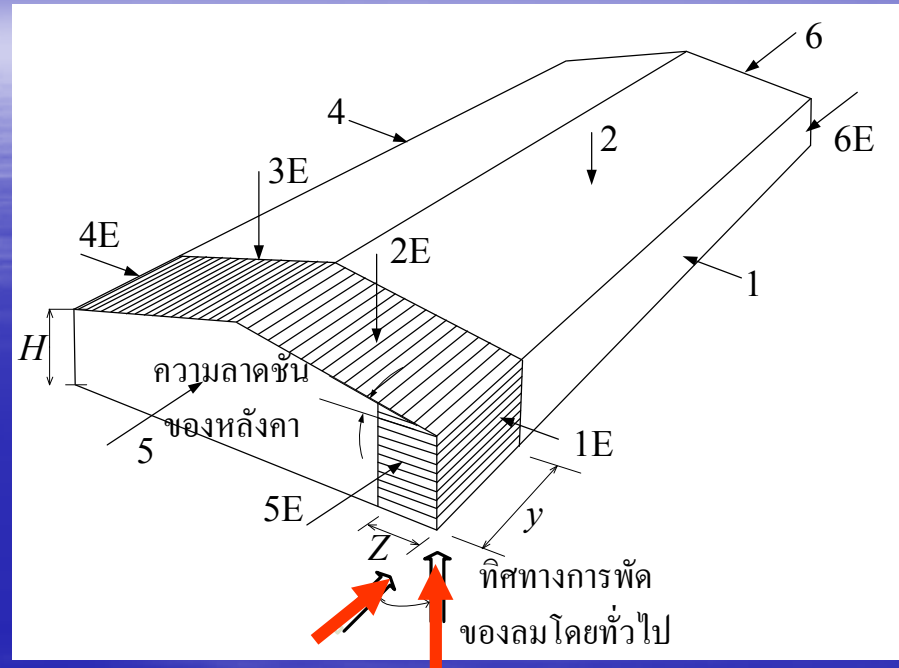
สำหรับการออกแบบโครงสร้าง
 หักโดยคำนึงถึงผลกระทบ
 ของแรงลมที่กระทำกับ
 พื้นที่ผิวทุกด้านของอาคาร
 แรงกระทำกรณีที่ 1
 ทิศทางการพัดของลมโดยทั่วไป
 อยู่ในแนวตั้งฉากกับสันหลังคา



ความลาดชันของ หลังคา	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

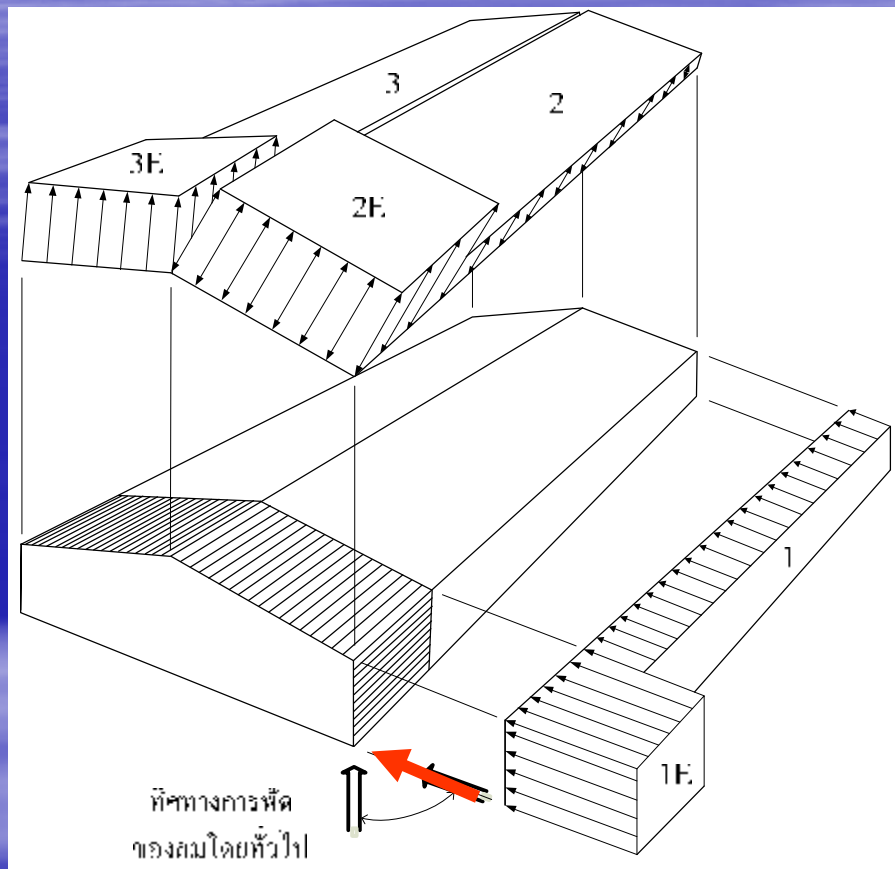
ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมสูงสุดที่กระทำภายนอกอาคาร

สำหรับการออกแบบโครงสร้าง
 หักโดยคำนึงถึงผลกระทบ
 ของแรงลมที่กระทำกับ
 พื้นที่ผิวทุกด้านของอาคาร
 แรงกระทำกรณีที่ 2
 ทิศทางการพัดของลมโดยทั่วไป
 อยู่ในแนวขนานกับสันหลังคา

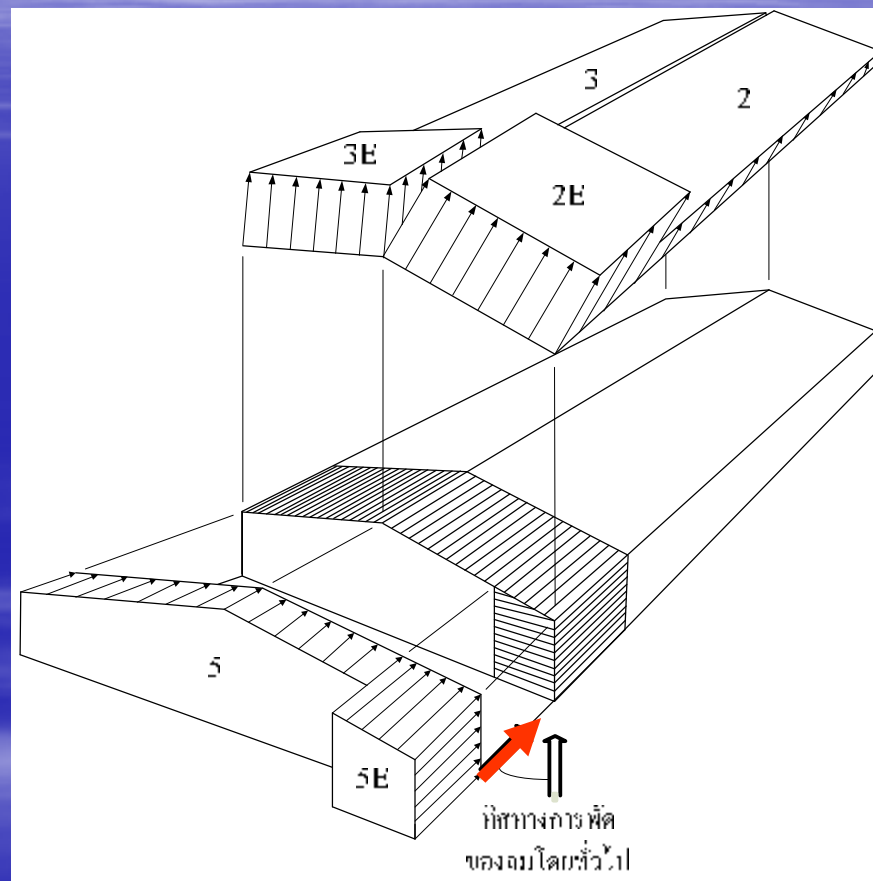


ความลาด ชันของ หลังคา	พื้นที่ผิวของอาคาร											
	1	1E	2	2E	3	3E	4	4E	5	5E	6	6E
0° ถึง 90°	-0.85	-0.9	-1.3	-2.0	-0.7	-1.0	-0.85	-0.9	0.75	1.15	-0.55	-0.8

แรงลมสถิตเทียบเท่า สำหรับการออกแบบ โครงสร้างหลักของอาคารเดี่ยว โดยใช้ตาราง



ทิศทางการพัดของลมโดยทั่วไป
อยู่ในแนว**ตั้งฉาก**กับสันหลังคา



ทิศทางการพัดของลมโดยทั่วไป
อยู่ในแนว**ขนาน**กับสันหลังคา

**ค่าหน่วยแรงลมสุทธิ
สำหรับออกแบบ
โครงสร้างหลัก
สำหรับอาคารที่ตั้งอยู่
ในสภาพภูมิประเทศ
แบบ A มีความสูง
เท่ากับ 10 เมตร และ
มีช่องเปิดกรณีที่ 1 (มี
หน่วยเป็นนิวตันต่อ
ตารางเมตร)**

ความเร็วลม อ้างอิง (เมตร/วินาที)	ความชัน หลังคา (องศา)	Load case	หน่วยแรงลมสุทธิที่กระทำกับพื้นผิวของอาคารในแต่ละโซน							
			Typical zone				End zone			
			1*	2	3	5**	1E*	2E	3E	5E**
25.0	0 to 5	1	507.8	-507.8	-273.4	-	761.7	-781.3	-390.6	-
	10		572.9	-507.8	-299.5	-	859.4	-781.3	-429.7	-
	15		638.0	-507.8	-325.5	-	957.0	-781.3	-468.8	-
	20		703.1	-507.8	-351.6	-	1054.7	-781.3	-507.8	-
	25		693.4	-175.8	-332.0	-	957.0	-175.8	-332.0	-
	30 ถึง 45	1	683.6	273.4	-195.3	-	859.4	312.5	-273.4	-
		2	683.6	156.3	-312.5	-	859.4	195.3	-390.6	-
	90	1	683.6	527.3	-156.3	-	859.4	625.0	-234.4	-
		2	683.6	410.2	-273.4	-	859.4	507.8	-351.6	-
	ความชันทุกค่า	3	-	-507.8	-273.4	507.8	-	-781.3	-390.6	761.7
27.0	0 to 5	1	592.3	-592.3	-318.9	-	888.5	-911.3	-455.6	-
	10		668.3	-592.3	-349.3	-	1002.4	-911.3	-501.2	-
	15		744.2	-592.3	-379.7	-	1116.3	-911.3	-546.8	-
	20		820.1	-592.3	-410.1	-	1230.2	-911.3	-592.3	-
	25		808.7	-205.0	-387.3	-	1116.3	-341.7	-524.0	-
	30 ถึง 45	1	797.3	318.9	-227.8	-	1002.4	364.5	-318.9	-
		2	797.3	182.3	-364.5	-	1002.4	227.8	-455.6	-
	90	1	797.3	615.1	-182.3	-	1002.4	729.0	-273.4	-
		2	797.3	478.4	-318.9	-	1002.4	592.3	-410.1	-
	ความชันทุกค่า	3	-	-592.3	-318.9	592.3	0.0	-911.3	-455.6	888.5
29.0	0 to 5	1	683.3	-683.3	-367.9	-	1025.0	-1051.3	-525.6	-
	10		770.9	-683.3	-403.0	-	1156.4	-1051.3	-578.2	-
	15		858.5	-683.3	-438.0	-	1287.8	-1051.3	-630.8	-
	20		946.1	-683.3	-473.1	-	1419.2	-1051.3	-683.3	-
	25		933.0	-236.5	-446.8	-	1287.8	-394.2	-604.5	-
	30 ถึง 45	1	919.8	367.9	-262.8	-	1156.4	420.5	-367.9	-
		2	919.8	210.3	-420.5	-	1156.4	262.8	-525.6	-
	90	1	919.8	709.6	-210.3	-	1156.4	841.0	-315.4	-
		2	919.8	551.9	-367.9	-	1156.4	683.3	-473.1	-
	ความชันทุกค่า	3	0.0	-683.3	-367.9	683.3	-	-1051.3	-525.6	1025.0
30.0	0 to 5	1	731.3	-731.3	-393.8	-	1096.9	-1125.0	-562.5	-
	10		825.0	-731.3	-431.3	-	1237.5	-1125.0	-618.8	-
	15		918.8	-731.3	-468.8	-	1378.1	-1125.0	-675.0	-
	20		1012.5	-731.3	-506.3	-	1518.8	-1125.0	-731.3	-
	25		998.4	-253.1	-478.1	-	1378.1	-421.9	-646.9	-
	30 ถึง 45	1	984.4	393.8	-281.3	-	1237.5	450.0	-393.8	-
		2	984.4	225.0	-450.0	-	1237.5	281.3	-562.5	-
	90	1	984.4	759.4	-225.0	-	1237.5	900.0	-337.5	-
		2	984.4	590.6	-393.8	-	1237.5	731.3	-506.3	-
	ความชันทุกค่า	3	0.0	-731.3	-393.8	731.3	-	-1125.0	-562.5	1096.9

* เป็นแรงลมสุทธิที่เกิดจาก หน่วยแรงลมที่กระทำบนพื้นผิวด้านต้นลมและท้ายลมคือพื้นผิว 1 และ 4 (หรือพื้นผิว 1E และ 4E สำหรับพื้นที่ End zone)

* เป็นแรงลมสุทธิที่เกิดจาก หน่วยแรงลมที่กระทำบนพื้นผิวด้านต้นลมและท้ายลมคือพื้นผิว 5 และ 6 (หรือพื้นผิว 5E และ 6E สำหรับพื้นที่ End zone)

**ค่าหน่วยแรงลมสุทธิ
สำหรับออกแบบ
โครงสร้างหลัก
สำหรับอาคารที่ตั้งอยู่
ในสภาพภูมิประเทศ
แบบ A มีความสูง
เท่ากับ 10 เมตร และ
มีช่องเปิดกรณีที่ 2 (มี
หน่วยเป็นนิวตันต่อ
ตารางเมตร)**

ความเร็วลม อ้างอิง (เมตร/วินาที)	ความชัน หลังคา (องศา)	Load case	หน่วยแรงลมสุทธิที่กระทำกับพื้นผิวของอาคารในแต่ละโซน							
			Typical zone				End zone			
			1*	2	3	5**	1E*	2E	3E	5E**
25.0	0 to 5	1	507.8	-742.2	-507.8	-	761.7	-1015.6	-625.0	-
	10		572.9	-742.2	-533.9	-	859.4	-1015.6	-664.1	-
	15		638.0	-742.2	-559.9	-	957.0	-1015.6	-703.1	-
	20		703.1	-742.2	-585.9	-	1054.7	-1015.6	-742.2	-
	25		693.4	-410.2	-566.4	-	957.0	58.6	-97.7	-
	30 ถึง 45	1	683.6	507.8	39.1	-	859.4	546.9	-39.1	-
		2	683.6	-78.1	-546.9	-	859.4	-39.1	-625.0	-
	90	1	683.6	761.7	78.1	-	859.4	859.4	0.0	-
	2	683.6	175.8	-507.8	-	859.4	273.4	-585.9	-	
	ความชันทุกค่า	3	-	-742.2	-507.8	507.8	-	-1015.6	-625.0	761.7
27.0	0 to 5	1	592.3	-865.7	-592.3	-	888.5	-1184.6	-729.0	-
	10		668.3	-865.7	-622.7	-	1002.4	-1184.6	-774.6	-
	15		744.2	-865.7	-653.1	-	1116.3	-1184.6	-820.1	-
	20		820.1	-865.7	-683.4	-	1230.2	-1184.6	-865.7	-
	25		808.7	-478.4	-660.7	-	1116.3	-615.1	-797.3	-
	30 ถึง 45	1	797.3	592.3	45.6	-	1002.4	637.9	-45.6	-
		2	797.3	-91.1	-637.9	-	1002.4	-45.6	-729.0	-
	90	1	797.3	888.5	91.1	-	1002.4	1002.4	0.0	-
	2	797.3	205.0	-592.3	-	1002.4	318.9	-683.4	-	
	ความชันทุกค่า	3	-	-865.7	-592.3	592.3	0.0	-1184.6	-729.0	888.5
29.0	0 to 5	1	683.3	-998.7	-683.3	-	1025.0	-1366.6	-841.0	-
	10		770.9	-998.7	-718.4	-	1156.4	-1366.6	-893.6	-
	15		858.5	-998.7	-753.4	-	1287.8	-1366.6	-946.1	-
	20		946.1	-998.7	-788.4	-	1419.2	-1366.6	-998.7	-
	25		933.0	-551.9	-762.2	-	1287.8	-709.6	-919.8	-
	30 ถึง 45	1	919.8	683.3	52.6	-	1156.4	735.9	-52.6	-
		2	919.8	-105.1	-735.9	-	1156.4	-52.6	-841.0	-
	90	1	919.8	1025.0	105.1	-	1156.4	1156.4	0.0	-
	2	919.8	236.5	-683.3	-	1156.4	367.9	-788.4	-	
	ความชันทุกค่า	3	0.0	-998.7	-683.3	683.3	-	-1366.6	-841.0	1025.0
30.0	0 to 5	1	731.3	-1068.8	-731.3	-	1096.9	-1462.5	-900.0	-
	10		825.0	-1068.8	-768.8	-	1237.5	-1462.5	-956.3	-
	15		918.8	-1068.8	-806.3	-	1378.1	-1462.5	-1012.5	-
	20		1012.5	-1068.8	-843.8	-	1518.8	-1462.5	-1068.8	-
	25		998.4	-590.6	-815.6	-	1378.1	-759.4	-984.4	-
	30 ถึง 45	1	984.4	731.3	56.3	-	1237.5	787.5	-56.3	-
		2	984.4	-112.5	-787.5	-	1237.5	-56.3	-900.0	-
	90	1	984.4	1096.9	112.5	-	1237.5	1237.5	0.0	-
	2	984.4	253.1	-731.3	-	1237.5	393.8	-843.8	-	
	ความชันทุกค่า	3	0.0	-1068.8	-731.3	731.3	-	-1462.5	-900.0	1096.9

* เป็นแรงลมสุทธิที่เกิดจาก หน่วยแรงลมที่กระทำบนพื้นผิวด้านต้นลมและท้ายลมคือพื้นผิว 1 และ 4 (หรือพื้นผิว 1E และ 4E สำหรับพื้นที่ End zone)
 ** เป็นแรงลมสุทธิที่เกิดจาก หน่วยแรงลมที่กระทำบนพื้นผิวด้านต้นลมและท้ายลมคือพื้นผิว 5 และ 6 (หรือพื้นผิว 5E และ 6E สำหรับพื้นที่ End zone)

ค่าหน่วยแรงลมสุทธิ

สำหรับออกแบบ

โครงสร้างหลัก

สำหรับอาคารที่ตั้งอยู่

ในสภาพภูมิประเทศ

แบบ A มีความสูง

เท่ากับ 10 เมตร และ

มีช่องเปิดกรณีที่ 3 (มี

หน่วยเป็นนิวตันต่อ

ตารางเมตร) —

กรณีแรงลมภายใน

เป็นค่าลบ

ความเร็วลม อ้างอิง (เมตร/วินาที)	ความชัน หลังคา (องศา)	Load case	หน่วยแรงลมสุทธิที่กระทำกับพื้นผิวของอาคารในแต่ละโซน (กรณีที่แรงลมภายในเป็นค่าลบ)							
			Typical zone				End zone			
			1*	2	3	5**	1E*	2E	3E	5E**
25.0	0 to 5	1	507.8	39.1	273.4	-	761.7	-234.4	156.3	-
	10		572.9	39.1	247.4	-	859.4	-234.4	117.2	-
	15		638.0	39.1	221.4	-	957.0	-234.4	78.1	-
	20		703.1	39.1	195.3	-	1054.7	-234.4	39.1	-
	25		693.4	371.1	214.8	-	957.0	253.9	97.7	-
	30 ถึง 45		683.6	703.1	234.4	-	859.4	742.2	156.3	-
	90		683.6	957.0	273.4	-	859.4	1054.7	195.3	-
	ความชันทุกค่า	2	-	39.1	273.4	507.8	-	-234.4	156.3	761.7
27.0	0 to 5	1	592.3	45.6	318.9	-	888.5	-273.4	182.3	-
	10		668.3	45.6	288.6	-	1002.4	-273.4	136.7	-
	15		744.2	45.6	258.2	-	1116.3	-273.4	91.1	-
	20		820.1	45.6	227.8	-	1230.2	-273.4	45.6	-
	25		808.7	432.8	250.6	-	1116.3	296.2	113.9	-
	30 ถึง 45		797.3	820.1	273.4	-	1002.4	865.7	182.3	-
	90		797.3	1116.3	318.9	-	1002.4	1230.2	227.8	-
	ความชันทุกค่า	2	-	45.6	318.9	592.3	0.0	-273.4	182.3	888.5
29.0	0 to 5	1	683.3	52.6	367.9	-	1025.0	-315.4	210.3	-
	10		770.9	52.6	332.9	-	1156.4	-315.4	157.7	-
	15		858.5	52.6	297.9	-	1287.8	-315.4	105.1	-
	20		946.1	52.6	262.8	-	1419.2	-315.4	52.6	-
	25		933.0	499.3	289.1	-	1287.8	341.7	131.4	-
	30 ถึง 45		919.8	946.1	315.4	-	1156.4	998.7	210.3	-
	90		919.8	1287.8	367.9	-	1156.4	1419.2	262.8	-
	ความชันทุกค่า	2	-	52.6	367.9	683.3	-	-315.4	210.3	1025.0
30.0	0 to 5	1	731.3	56.2	393.8	-	1096.9	-337.5	225.0	-
	10		825.0	56.2	356.3	-	1237.5	-337.5	168.8	-
	15		918.8	56.2	318.8	-	1378.1	-337.5	112.5	-
	20		1012.5	56.2	281.3	-	1518.8	-337.5	56.2	-
	25		998.4	534.4	309.4	-	1378.1	365.6	140.6	-
	30 ถึง 45		984.4	1012.5	337.5	-	1237.5	1068.8	225.0	-
	90		984.4	1378.1	393.8	-	1237.5	1518.8	281.3	-
	ความชันทุกค่า	2	-	56.2	393.8	731.3	-	-337.5	225.0	1096.9

* เป็นแรงลมสุทธิที่เกิดจาก หน่วยแรงลมที่กระทำบนพื้นผิวด้านต้นลมและท้ายลมคือพื้นผิว 1 และ 4 (หรือพื้นผิว 1E และ 4E สำหรับพื้นที่ End zone)

** เป็นแรงลมสุทธิที่เกิดจาก หน่วยแรงลมที่กระทำบนพื้นผิวด้านต้นลมและท้ายลมคือพื้นผิว 5 และ 6 (หรือพื้นผิว 5E และ 6E สำหรับพื้นที่ End zone)

ค่าหน่วยแรงลมสุทธิ

สำหรับออกแบบ

โครงสร้างหลัก

สำหรับอาคารที่ตั้งอยู่

ในสภาพภูมิประเทศ

แบบ A มีความสูง

เท่ากับ 10 เมตร และ

มีช่องเปิดกรณีที่มี 3 (มี

หน่วยเป็นนิวตันต่อ

ตารางเมตร) —

กรณีแรงลมภายใน

เป็นค่าบวก

ความเร็วลม อ้างอิง (เมตร/วินาที)	ความชัน หลังคา (องศา)	Load case	หน่วยแรงลมสุทธิที่กระทำกับพื้นผิวของอาคารในแต่ละโซน (กรณีที่แรงลมภายในเป็นค่าบวก)							
			Typical zone				End zone			
			1*	2	3	5**	1E*	2E	3E	5E**
25.0	0 to 5	3	507.8	-1054.7	-820.3	-	761.7	-1328.1	-937.5	-
	10		572.9	-1054.7	-846.4	-	859.4	-1328.1	-976.6	-
	15		638.0	-1054.7	-872.4	-	957.0	-1328.1	-1015.6	-
	20		703.1	-1054.7	-898.4	-	1054.7	-1328.1	-1054.7	-
	25		693.4	-722.7	-878.9	-	957.0	-839.8	-996.1	-
	30 ถึง 45		683.6	-390.6	-859.4	-	859.4	-351.6	-937.5	-
	90		683.6	-136.7	-820.3	-	859.4	-39.1	-898.4	-
	ความชันทุกค่า	4	-	-1054.7	-820.3	507.8	-	-1328.1	-937.5	761.7
27.0	0 to 5	3	592.3	-1230.2	-956.8	-	888.5	-1549.1	-1093.5	-
	10		668.3	-1230.2	-987.2	-	1002.4	-1549.1	-1139.1	-
	15		744.2	-1230.2	-1017.6	-	1116.3	-1549.1	-1184.6	-
	20		820.1	-1230.2	-1047.9	-	1230.2	-1549.1	-1230.2	-
	25		808.7	-842.9	-1025.2	-	1116.3	-979.6	-1161.8	-
	30 ถึง 45		797.3	-455.6	-1002.4	-	1002.4	-410.1	-1093.5	-
	90		797.3	-159.5	-956.8	-	1002.4	-45.6	-1047.9	-
	ความชันทุกค่า	4	-	-1230.2	-956.8	592.3	0.0	-1549.1	-1093.5	888.5
29.0	0 to 5	3	683.3	-1419.2	-1103.8	-	1025.0	-1787.1	-1261.5	-
	10		770.9	-1419.2	-1138.9	-	1156.4	-1787.1	-1314.1	-
	15		858.5	-1419.2	-1173.9	-	1287.8	-1787.1	-1366.6	-
	20		946.1	-1419.2	-1208.9	-	1419.2	-1787.1	-1419.2	-
	25		933.0	-972.4	-1182.7	-	1287.8	-1130.1	-1340.3	-
	30 ถึง 45		919.8	-525.6	-1156.4	-	1156.4	-473.1	-1261.5	-
	90		919.8	-184.0	-1103.8	-	1156.4	-52.6	-1208.9	-
	ความชันทุกค่า	4	-	-1419.2	-1103.8	683.3	-	-1787.1	-1261.5	1025.0
30.0	0 to 5	3	731.3	-1518.8	-1181.3	-	1096.9	-1912.5	-1350.0	-
	10		825.0	-1518.8	-1218.8	-	1237.5	-1912.5	-1406.3	-
	15		918.8	-1518.8	-1256.3	-	1378.1	-1912.5	-1462.5	-
	20		1012.5	-1518.8	-1293.8	-	1518.8	-1912.5	-1518.8	-
	25		998.4	-1040.6	-1265.6	-	1378.1	-1209.4	-1434.4	-
	30 ถึง 45		984.4	-562.5	-1237.5	-	1237.5	-506.3	-1350.0	-
	90		984.4	-196.9	-1181.3	-	1237.5	-56.2	-1293.8	-
	ความชันทุกค่า	4	-	-1518.8	-1181.3	731.3	-	-1912.5	-1350.0	1096.9

* เป็นแรงลมสุทธิที่เกิดจาก หน่วยแรงลมที่กระทำบนพื้นผิวด้านต้นลมและท้ายลมคือพื้นผิว 1 และ 4 (หรือพื้นผิว 1E และ 4E สำหรับพื้นที่ End zone)

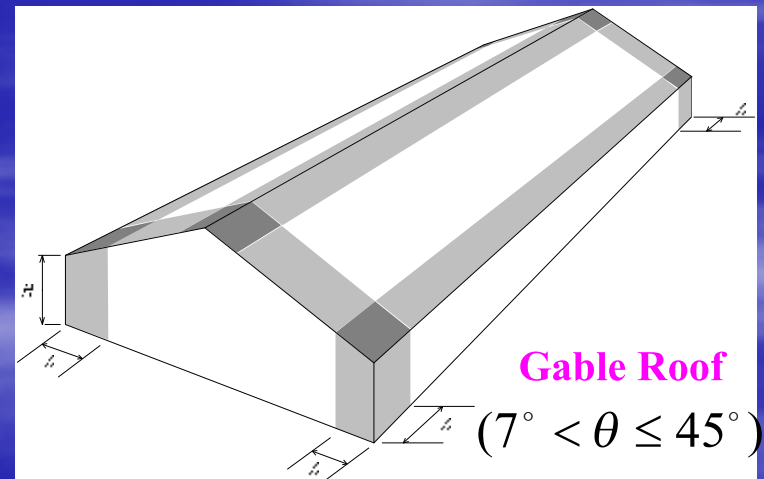
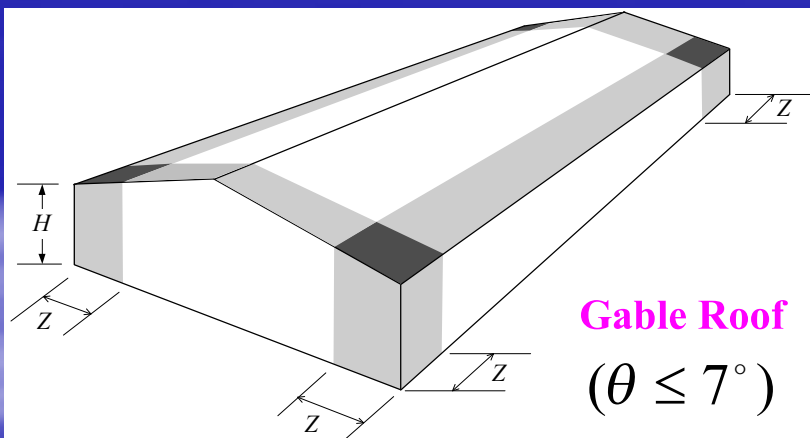
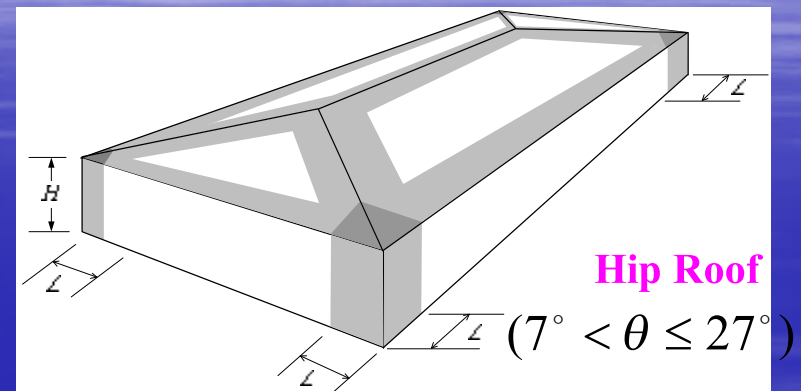
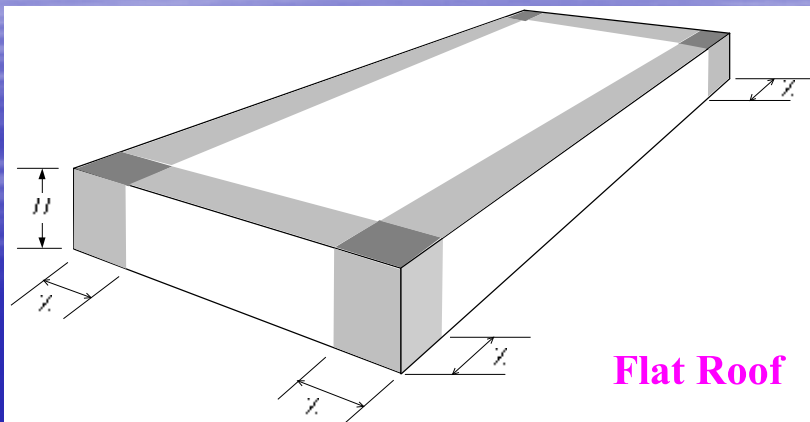
* เป็นแรงลมสุทธิที่เกิดจาก หน่วยแรงลมที่กระทำบนพื้นผิวด้านต้นลมและท้ายลมคือพื้นผิว 5 และ 6 (หรือพื้นผิว 5E และ 6E สำหรับพื้นที่ End zone)




ค่าปรับแก้สำหรับอาคารที่มีความสูงต่างๆ และอาคารที่ตั้งอยู่ในสภาพภูมิประเทศที่แตกต่างกัน

ความสูงของอาคาร, h (เมตร)	สภาพภูมิประเทศ	
	แบบ A	แบบ B
4	0.90	0.70
6	0.90	0.70
8	0.96	0.70
10	1.00	0.70
12	1.04	0.70
14	1.07	0.73
16	1.10	0.76
18	1.12	0.79
20	1.15	0.82
23	1.18	0.85

ลักษณะของอาคารและหลังคาสำหรับประกอบ

ออกแบบผนังภายนอกอาคารและหลังคา โดยใช้ตาราง



	Interior Zones Roofs – Zone 1 / Walls – Zone 4		End Zones Roofs – Zone 2 / Walls – Zone 5		Corner Zones Roofs – Zone 3
---	---	---	--	---	--------------------------------

ค่าหน่วยแรงลมสุทธิ
สำหรับออกแบบผนัง
ภายนอกอาคารและ
หลังคา สำหรับอาคารที่
ตั้งอยู่ในสภาพภูมิ
ประเทศแบบ A มีความ
สูง เท่ากับ 10 เมตร และ
มีช่องเปิดกรณีที่ 1 (มี
หน่วยเป็นนิวตันต่อ
ตารางเมตร)

หลังคา หรือ กำแพง	โซน	Effective area (m ²)	ความเร็วลมอ้างอิง (เมตรต่อวินาที)							
			25		27		29		30	
หลังคาที่มีความชัน 0 ถึง 7 องศา	1 (Interior zones)	1	312.5	-722.7	364.5	-842.9	420.5	-972.4	450.0	-1040.6
		2	296.9	-671.9	346.3	-783.7	399.5	-904.1	427.5	-967.5
		5	253.9	-617.2	296.2	-719.9	341.7	-830.5	365.6	-888.8
		10	234.4	-585.9	273.4	-683.4	315.4	-788.4	337.5	-843.8
	2 (End zones)	1	312.5	-976.6	364.5	-1139.1	420.5	-1314.1	450.0	-1406.3
		2	296.9	-976.6	346.3	-1139.1	399.5	-1314.1	427.5	-1406.3
		5	253.9	-976.6	296.2	-1139.1	341.7	-1314.1	365.6	-1406.3
		10	234.4	-781.3	273.4	-911.3	315.4	-1051.3	337.5	-1125.0
	3 (Corner zones)	1	312.5	-2109.4	364.5	-2460.4	420.5	-2838.4	450.0	-3037.5
		2	296.9	-1679.7	346.3	-1959.2	399.5	-2260.2	427.5	-2418.8
		5	253.9	-1191.4	296.2	-1389.7	341.7	-1603.2	365.6	-1715.6
		10	234.4	-781.3	273.4	-911.3	315.4	-1051.3	337.5	-1125.0
หลังคาที่มีความชันมากกว่า 7 องศา แต่ไม่เกิน 27 องศา	1 (Interior zones)	1	429.7	-976.6	501.2	-1139.1	578.2	-1314.1	618.8	-1406.3
		2	410.2	-918.0	478.4	-1070.7	551.9	-1235.2	590.6	-1321.9
		5	351.6	-859.4	410.1	-1002.4	473.1	-1156.4	506.3	-1237.5
		10	312.5	-820.3	364.5	-956.8	420.5	-1103.8	450.0	-1181.3
	2 (End zones)	1	429.7	-1621.1	501.2	-1890.8	578.2	-2181.3	618.8	-2334.4
		2	410.2	-1464.8	478.4	-1708.6	551.9	-1971.1	590.6	-2109.4
		5	351.6	-1210.9	410.1	-1412.4	473.1	-1629.4	506.3	-1743.8
		10	312.5	-1035.2	364.5	-1207.4	420.5	-1392.9	450.0	-1490.6
	3 (Corner zones)	1	429.7	-1953.1	501.2	-2278.1	578.2	-2628.1	618.8	-2812.5
		2	410.2	-1855.5	478.4	-2164.2	551.9	-2496.7	590.6	-2671.9
		5	351.6	-1699.2	410.1	-1982.0	473.1	-2286.5	506.3	-2446.9
		10	312.5	-1562.5	364.5	-1822.5	420.5	-2102.5	450.0	-2250.0
หลังคาที่มีความชันมากกว่า 27 องศา แต่ไม่เกิน 45 องศา	1 (Interior zones)	1	742.2	-703.1	865.7	-820.1	998.7	-946.1	1068.8	-1012.5
		2	722.7	-683.6	842.9	-797.3	972.4	-919.8	1040.6	-984.4
		5	703.1	-644.5	820.1	-751.8	946.1	-867.3	1012.5	-928.1
		10	683.6	-605.5	797.3	-706.2	919.8	-814.7	984.4	-871.9
	2 (End zones)	1	742.2	-820.3	865.7	-956.8	998.7	-1103.8	1068.8	-1181.3
		2	722.7	-781.3	842.9	-911.3	972.4	-1051.3	1040.6	-1125.0
		5	703.1	-761.7	820.1	-888.5	946.1	-1025.0	1012.5	-1096.9
		10	683.6	-742.2	797.3	-865.7	919.8	-998.7	984.4	-1068.8
	3 (Corner zones)	1	742.2	-820.3	865.7	-956.8	998.7	-1103.8	1068.8	-1181.3
		2	722.7	-781.3	842.9	-911.3	972.4	-1051.3	1040.6	-1125.0
		5	703.1	-761.7	820.1	-888.5	946.1	-1025.0	1012.5	-1096.9
		10	683.6	-742.2	797.3	-865.7	919.8	-998.7	984.4	-1068.8
กำแพง	4 (Interior zone)	1	800.8	-703.1	934.0	-820.1	1077.5	-946.1	1153.1	-1012.5
		2	765.6	-691.4	893.0	-806.5	1030.2	-930.4	1102.5	-995.6
		5	730.5	-652.3	852.0	-760.9	982.9	-877.8	1051.9	-939.4
		10	703.1	-636.7	820.1	-742.7	946.1	-856.8	1012.5	-916.9
		20	664.1	-609.4	774.6	-710.8	893.6	-820.0	956.3	-877.5
		50	632.8	-585.9	738.1	-683.4	851.5	-788.4	911.3	-843.8
	5 (End zone)	1	800.8	-820.3	934.0	-956.8	1077.5	-1103.8	1153.1	-1181.3
		2	765.6	-781.3	893.0	-911.3	1030.2	-1051.3	1102.5	-1125.0
		5	730.5	-718.8	852.0	-838.4	982.9	-967.2	1051.9	-1035.0
		10	664.1	-636.7	774.6	-742.7	893.6	-856.8	956.3	-916.9
		20	664.1	-636.7	774.6	-742.7	893.6	-856.8	956.3	-916.9
		50	632.8	-585.9	738.1	-683.4	851.5	-788.4	911.3	-843.8

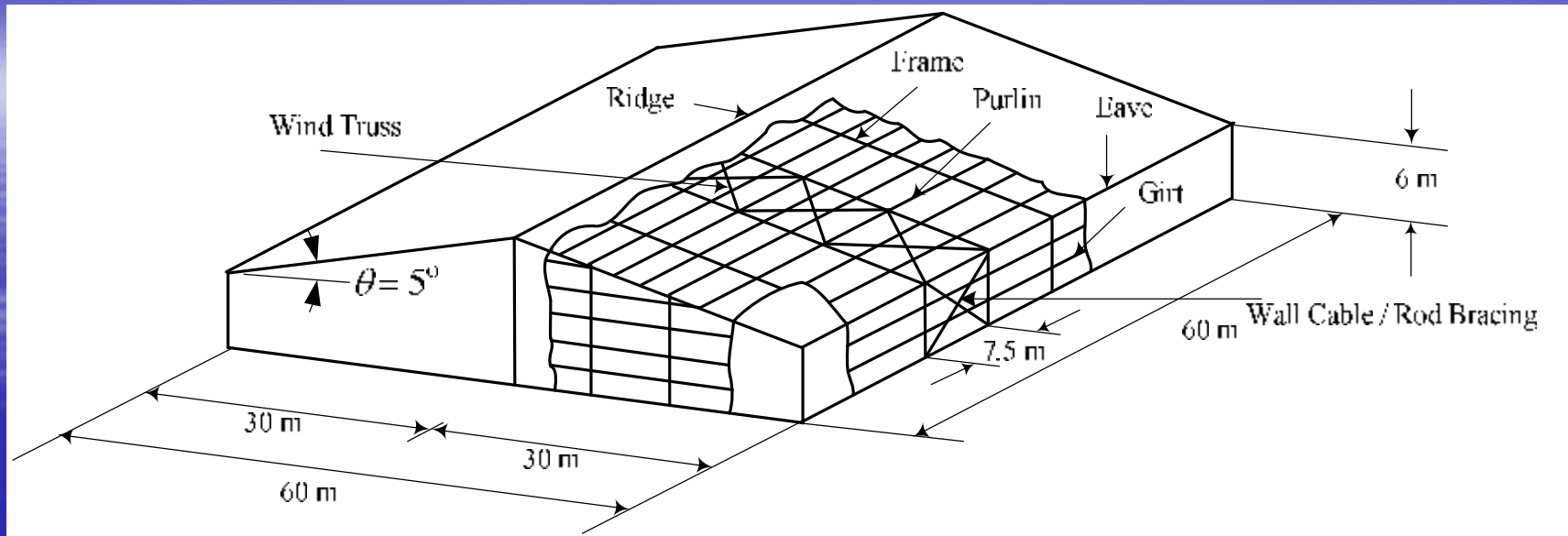
ค่าหน่วยแรงลมสุทธิ
สำหรับออกแบบผนัง
ภายนอกอาคารและ
หลังคา สำหรับอาคารที่
ตั้งอยู่ในสภาพภูมิ
ประเทศแบบ A มีความ
สูง เท่ากับ 10 เมตร และ
มีช่องเปิดกรณีที่ 2 (มี
หน่วยเป็นนิวตันต่อ
ตารางเมตร)

หลังคา หรือ กำแพง	โซน	Effective area (ม ²)	ความเร็วลมอ้างอิง (เมตรต่อวินาที)							
			25		27		29		30	
หลังคาที่มีความชัน 0 ถึง 7 องศา	1 (Interior zones)	1	546.9	-957.0	637.9	-1116.3	735.9	-1287.8	787.5	-1378.1
		2	531.3	-906.3	619.7	-1057.1	714.9	-1219.5	765.0	-1305.0
		5	488.3	-851.6	569.5	-993.3	657.0	-1145.9	703.1	-1226.3
		10	468.8	-820.3	546.8	-956.8	630.8	-1103.8	675.0	-1181.3
	2 (End zones)	1	546.9	-1210.9	637.9	-1412.4	735.9	-1629.4	787.5	-1743.8
		2	531.3	-1210.9	619.7	-1412.4	714.9	-1629.4	765.0	-1743.8
		5	488.3	-1210.9	569.5	-1412.4	657.0	-1629.4	703.1	-1743.8
		10	468.8	-1015.6	546.8	-1184.6	630.8	-1366.6	675.0	-1462.5
	3 (Corner zones)	1	546.9	-2343.8	637.9	-2733.8	735.9	-3153.8	787.5	-3375.0
		2	531.3	-1914.1	619.7	-2232.6	714.9	-2575.6	765.0	-2756.3
		5	488.3	-1425.8	569.5	-1663.0	657.0	-1918.5	703.1	-2053.1
		10	468.8	-1015.6	546.8	-1184.6	630.8	-1366.6	675.0	-1462.5
หลังคาที่มีความชันมากกว่า 7 องศา แต่ไม่เกิน 27 องศา	1 (Interior zones)	1	664.1	-1210.9	774.6	-1412.4	893.6	-1629.4	956.3	-1743.8
		2	644.5	-1152.3	751.8	-1344.1	867.3	-1550.6	928.1	-1659.4
		5	585.9	-1093.8	683.4	-1275.8	788.4	-1471.8	843.8	-1575.0
		10	546.9	-1054.7	637.9	-1230.2	735.9	-1419.2	787.5	-1518.8
	2 (End zones)	1	664.1	-1855.5	774.6	-2164.2	893.6	-2496.7	956.3	-2671.9
		2	644.5	-1699.2	751.8	-1982.0	867.3	-2286.5	928.1	-2446.9
		5	585.9	-1445.3	683.4	-1685.8	788.4	-1944.8	843.8	-2081.3
		10	546.9	-1269.5	637.9	-1480.8	735.9	-1708.3	787.5	-1828.1
	3 (Corner zones)	1	664.1	-2187.5	774.6	-2551.5	893.6	-2943.5	956.3	-3150.0
		2	644.5	-2089.8	751.8	-2437.6	867.3	-2812.1	928.1	-3009.4
		5	585.9	-1933.6	683.4	-2255.3	788.4	-2601.8	843.8	-2784.4
		10	546.9	-1796.9	637.9	-2095.9	735.9	-2417.9	787.5	-2587.5
หลังคาที่มีความชันมากกว่า 27 องศา แต่ไม่เกิน 45 องศา	1 (Interior zones)	1	976.6	-937.5	1139.1	-1093.5	1314.1	-1261.5	1406.3	-1350.0
		2	957.0	-918.0	1116.3	-1070.7	1287.8	-1235.2	1378.1	-1321.9
		5	937.5	-878.9	1093.5	-1025.2	1261.5	-1182.7	1350.0	-1265.6
		10	918.0	-839.8	1070.7	-979.6	1235.2	-1130.1	1321.9	-1209.4
	2 (End zones)	1	976.6	-1054.7	1139.1	-1230.2	1314.1	-1419.2	1406.3	-1518.8
		2	957.0	-1015.6	1116.3	-1184.6	1287.8	-1366.6	1378.1	-1462.5
		5	937.5	-996.1	1093.5	-1161.8	1261.5	-1340.3	1350.0	-1434.4
		10	918.0	-976.6	1070.7	-1139.1	1235.2	-1314.1	1321.9	-1406.3
	3 (Corner zones)	1	976.6	-1054.7	1139.1	-1230.2	1314.1	-1419.2	1406.3	-1518.8
		2	957.0	-1015.6	1116.3	-1184.6	1287.8	-1366.6	1378.1	-1462.5
		5	937.5	-996.1	1093.5	-1161.8	1261.5	-1340.3	1350.0	-1434.4
		10	918.0	-976.6	1070.7	-1139.1	1235.2	-1314.1	1321.9	-1406.3
กำแพง	4 (Interior zone)	1	1035.2	-937.5	1207.4	-1093.5	1392.9	-1261.5	1490.6	-1350.0
		2	1000.0	-925.8	1166.4	-1079.8	1345.6	-1245.7	1440.0	-1333.1
		5	964.8	-886.7	1125.4	-1034.3	1298.3	-1193.2	1389.4	-1276.9
		10	937.5	-871.1	1093.5	-1016.0	1261.5	-1172.1	1350.0	-1254.4
		20	898.4	-843.8	1047.9	-984.2	1208.9	-1135.4	1293.8	-1215.0
		50	867.2	-820.3	1011.5	-956.8	1166.9	-1103.8	1248.8	-1181.3
	5 (End zone)	1	1035.2	-1054.7	1207.4	-1230.2	1392.9	-1419.2	1490.6	-1518.8
		2	1000.0	-1015.6	1166.4	-1184.6	1345.6	-1366.6	1440.0	-1462.5
		5	964.8	-953.1	1125.4	-1111.7	1298.3	-1282.5	1389.4	-1372.5
		10	898.4	-871.1	1047.9	-1016.0	1208.9	-1172.1	1293.8	-1254.4
		20	898.4	-871.1	1047.9	-1016.0	1208.9	-1172.1	1293.8	-1254.4
		50	867.2	-820.3	1011.5	-956.8	1166.9	-1103.8	1248.8	-1181.3

ค่าหน่วยแรงลมสุทธิ
สำหรับออกแบบผนัง
ภายนอกอาคารและ
หลังคา สำหรับอาคารที่
ตั้งอยู่ในสภาพภูมิ
ประเทศแบบ A มีความ
สูง เท่ากับ 10 เมตร และ
มีช่องเปิดกรณีที่ 3 (มี
หน่วยเป็นนิวตันต่อ
ตารางเมตร)

หลังคา หรือ กำแพง	โซน	Effective area (ม ²)	ความเร็วลมอ้างอิง (เมตรต่อวินาที)							
			25		27		29		30	
หลังคาที่มีความชัน 0 ถึง 7 องศา	1 (Interior zones)	1	742.2	-1269.5	865.7	-1480.8	998.7	-1708.3	1068.8	-1828.1
		2	726.6	-1218.8	847.5	-1421.6	977.7	-1640.0	1046.3	-1755.0
		5	683.6	-1164.1	797.3	-1357.8	919.8	-1566.4	984.4	-1676.3
		10	664.1	-1132.8	774.6	-1321.3	893.6	-1524.3	956.3	-1631.3
	2 (End zones)	1	742.2	-1523.4	865.7	-1776.9	998.7	-2049.9	1068.8	-2193.8
		2	726.6	-1523.4	847.5	-1776.9	977.7	-2049.9	1046.3	-2193.8
		5	683.6	-1523.4	797.3	-1776.9	919.8	-2049.9	984.4	-2193.8
		10	664.1	-1328.1	774.6	-1549.1	893.6	-1787.1	956.3	-1912.5
	3 (Corner zones)	1	742.2	-2656.3	865.7	-3098.3	998.7	-3574.3	1068.8	-3825.0
		2	726.6	-2226.6	847.5	-2597.1	977.7	-2996.1	1046.3	-3206.3
		5	683.6	-1738.3	797.3	-2027.5	919.8	-2339.0	984.4	-2503.1
		10	664.1	-1328.1	774.6	-1549.1	893.6	-1787.1	956.3	-1912.5
หลังคาที่มีความชันมากกว่า 7 องศา แต่ไม่เกิน 27 องศา	1 (Interior zones)	1	859.4	-1523.4	1002.4	-1776.9	1156.4	-2049.9	1237.5	-2193.8
		2	839.8	-1464.8	979.6	-1708.6	1130.1	-1971.1	1209.4	-2109.4
		5	781.3	-1406.3	911.3	-1640.3	1051.3	-1892.3	1125.0	-2025.0
		10	742.2	-1367.2	865.7	-1594.7	998.7	-1839.7	1068.8	-1968.8
	2 (End zones)	1	859.4	-2168.0	1002.4	-2528.7	1156.4	-2917.2	1237.5	-3121.9
		2	839.8	-2011.7	979.6	-2346.5	1130.1	-2707.0	1209.4	-2896.9
		5	781.3	-1757.8	911.3	-2050.3	1051.3	-2365.3	1125.0	-2531.3
		10	742.2	-1582.0	865.7	-1845.3	998.7	-2128.8	1068.8	-2278.1
	3 (Corner zones)	1	859.4	-2500.0	1002.4	-2916.0	1156.4	-3364.0	1237.5	-3600.0
		2	839.8	-2402.3	979.6	-2802.1	1130.1	-3232.6	1209.4	-3459.4
		5	781.3	-2246.1	911.3	-2619.8	1051.3	-3022.3	1125.0	-3234.4
		10	742.2	-2109.4	865.7	-2460.4	998.7	-2838.4	1068.8	-3037.5
หลังคาที่มีความชันมากกว่า 27 องศา แต่ไม่เกิน 45 องศา	1 (Interior zones)	1	1171.9	-1250.0	1366.9	-1458.0	1576.9	-1682.0	1687.5	-1800.0
		2	1152.3	-1230.5	1344.1	-1435.2	1550.6	-1655.7	1659.4	-1771.9
		5	1132.8	-1191.4	1321.3	-1389.7	1524.3	-1603.2	1631.3	-1715.6
		10	1113.3	-1152.3	1298.5	-1344.1	1498.0	-1550.6	1603.1	-1659.4
	2 (End zones)	1	1171.9	-1367.2	1366.9	-1594.7	1576.9	-1839.7	1687.5	-1968.8
		2	1152.3	-1328.1	1344.1	-1549.1	1550.6	-1787.1	1659.4	-1912.5
		5	1132.8	-1308.6	1321.3	-1526.3	1524.3	-1760.8	1631.3	-1884.4
		10	1113.3	-1289.1	1298.5	-1503.6	1498.0	-1734.6	1603.1	-1856.3
	3 (Corner zones)	1	1171.9	-1367.2	1366.9	-1594.7	1576.9	-1839.7	1687.5	-1968.8
		2	1152.3	-1328.1	1344.1	-1549.1	1550.6	-1787.1	1659.4	-1912.5
		5	1132.8	-1308.6	1321.3	-1526.3	1524.3	-1760.8	1631.3	-1884.4
		10	1113.3	-1289.1	1298.5	-1503.6	1498.0	-1734.6	1603.1	-1856.3
กำแพง	4 (Interior zone)	1	1230.5	-1250.0	1435.2	-1458.0	1655.7	-1682.0	1771.9	-1800.0
		2	1195.3	-1238.3	1394.2	-1444.3	1608.4	-1666.2	1721.3	-1783.1
		5	1160.2	-1199.2	1353.2	-1398.8	1561.1	-1613.7	1670.6	-1726.9
		10	1132.8	-1183.6	1321.3	-1380.5	1524.3	-1592.6	1631.3	-1704.4
		20	1093.8	-1156.3	1275.8	-1348.7	1471.8	-1555.9	1575.0	-1665.0
		50	1062.5	-1132.8	1239.3	-1321.3	1429.7	-1524.3	1530.0	-1631.3
	5 (End zone)	1	1230.5	-1367.2	1435.2	-1594.7	1655.7	-1839.7	1771.9	-1968.8
		2	1195.3	-1328.1	1394.2	-1549.1	1608.4	-1787.1	1721.3	-1912.5
		5	1160.2	-1265.6	1353.2	-1476.2	1561.1	-1703.0	1670.6	-1822.5
		10	1093.8	-1183.6	1275.8	-1380.5	1471.8	-1592.6	1575.0	-1704.4
		20	1093.8	-1183.6	1275.8	-1380.5	1471.8	-1592.6	1575.0	-1704.4
		50	1062.5	-1132.8	1239.3	-1321.3	1429.7	-1524.3	1530.0	-1631.3

ตัวอย่างการคำนวณ



ให้คำนวณแรงลมสำหรับออกแบบโครงสร้างหลักและโครงสร้างรองของอาคารเตี้ย ลักษณะโดยทั่วไปและขนาดขององค์อาคารสำหรับโครงสร้างหลักและโครงสร้างรองมีดังต่อไปนี้ อาคารตั้งอยู่ในสภาพภูมิประเทศแบบโล่ง และความเร็วลมอ้างอิงเท่ากับ 25 เมตรต่อวินาที ความสูงเฉลี่ยของหลังคา = 7.31 เมตร (ในกรณีที่ค่าความชันของหลังคา < 10 อาจจะใช้ความสูงของชายคา แทนความสูงเฉลี่ยของหลังคาในการคำนวณได้ แต่สำหรับกรณีของตัวอย่างนี้ ใช้ค่าความสูงเฉลี่ยของหลังคาเนื่องจากอาคารมีความกว้างมาก)

- อาคารมีประตู หน้าต่าง และช่องเปิดเพื่อระบายอากาศ รวมทั้งหมดคิดเป็นสัดส่วนเท่ากับ 5% ของพื้นที่ผิวทั้งหมดของอาคาร และช่องเปิดมีลักษณะกระจายอย่างไม่สม่ำเสมอโดยรอบอาคาร
- โครงสร้างต้านแรงลมของอาคาร มีลักษณะดังต่อไปนี้
 - ระยะห่างระหว่างโครงข้อแข็งแต่ละตัว เท่ากับ 7.5 เมตร
 - ความยาวของโครงคร่าวของผนังอาคาร (girt) และ แปของหลังคา (purlin) ซึ่งเชื่อมต่อระหว่างโครงข้อแข็ง มีค่าเท่ากับ 7.5 เมตร
 - ระยะห่างของโครงคร่าวของผนัง (girt spacing) เท่ากับ 2 เมตร
 - ระยะห่างของแปหลังคา (purlin spacing) เท่ากับ 1.5 เมตร
- โครงสร้างของหลังคา ลักษณะดังต่อไปนี้
 - แผ่นเหล็กมุงหลังคา มีความกว้างเท่ากับ 60 เซนติเมตร
 - ระยะห่างของตัวยึดแผ่นเหล็กมุงหลังคาบนแป (roof fastener spacing) เท่ากับ 30 เซนติเมตร
- ผนังอาคาร
 - ขนาดของแผ่นเหล็กมุงผนัง (façade wall) มีความกว้าง= 60 เซนติเมตร และมีความยาวเท่ากับ 600 ซม.
 - ระยะห่างของตัวยึดแผ่นเหล็กมุงผนังบนโครงคร่าว (façade wall fastener spacing) = 30 ซม.

หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่าภายนอก

$$p = I_w q C_e C_g C_p$$

ค่าประกอบความสำคัญ
ของแรงลม = 1 (อาคารทั่วไป)

หน่วยแรงลมอ้างอิง
เนื่องจากความเร็วลม

$$\frac{1}{2} \rho \bar{V}^2$$

$$\bar{V} = 25 \text{ ม./วินาที}$$

หาค่าจากกราฟ

- โครงสร้างหลัก
- โครงสร้างรองขึ้นกับพื้นที่รับลมขององค์อาคารที่ออกแบบ (design tributary area)

ค่าประกอบเนื่อง

จากสภาพภูมิประเทศแบบ B

$$C_e = \left(\frac{z}{10} \right)^{0.2} = 0.94 \geq 0.9 \text{ ใช้ได้}$$

หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่าภายใน

$$p_i = I_W q C_e C_{gi} C_{pi}$$

ค่าประกอบความสำคัญ
ของแรงลม = 1 (อาคารทั่วไป)

หน่วยแรงลมอ้างอิง
เนื่องจากความเร็วลม

$$\frac{1}{2} \rho \bar{V}^2$$

$$\bar{V} = 25 \text{ ม./วินาที}$$

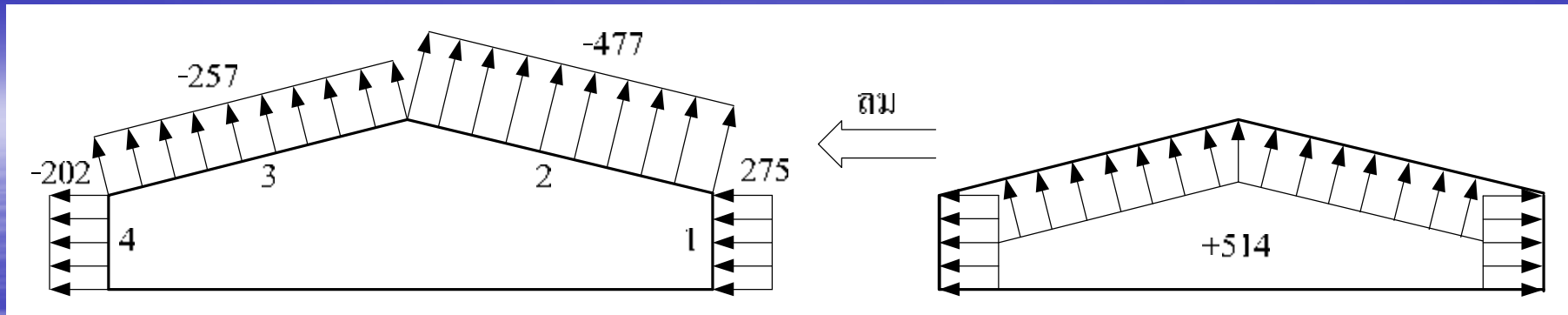
ช่องเปิดกรณีที่ 3

$$C_{gi} C_{pi} = 2 * (\pm 0.7)$$

ค่าประกอบเนื่อง

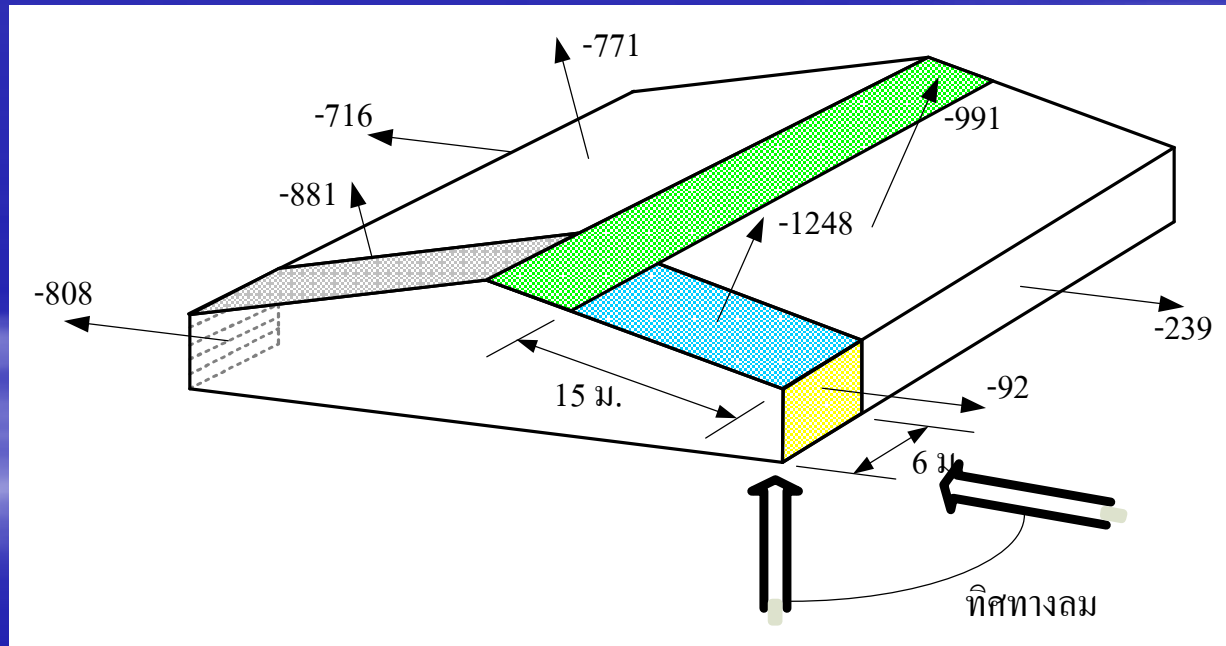
จากสภาพภูมิประเทศแบบ B

$$C_e = \left(\frac{z}{10} \right)^{0.2} = 0.94 \geq 0.9 \text{ ใช้ได้}$$



ก. หน่วยแรงลมภายนอก

ข. หน่วยแรงลมภายในเป็นบวก



ค. หน่วยแรงลมสุทธิ เมื่อหน่วยแรงลมภายในเป็นบวก (นิวตัน / ตารางเมตร)

ค่าหน่วยแรงลมสุทธิ

สำหรับออกแบบ

โครงสร้างหลัก

สำหรับอาคารที่ตั้งอยู่

ในสภาพภูมิประเทศ

แบบ A มีความสูง

เท่ากับ 10 เมตร และ

มีช่องเปิดกรณีที่ 3 (มี

หน่วยเป็นนิวตันต่อ

ตารางเมตร) —

กรณีแรงลมภายใน

เป็นค่าบวก

คูณกับค่าปรับแก้ จากตาราง = 0.94 (สำหรับอาคารที่
มีความสูง = 7.31 ม สภาพภูมิประเทศ A)

ความเร็วลม อ้างอิง (เมตร/วินาที)	ความชัน หลังคา (องศา)	Load case	หน่วยแรงลมสุทธิที่กระทำกับพื้นผิวของอาคารในแต่ละโซน (กรณีที่แรงลมภายในเป็นค่าบวก)							
			Typical zone				End zone			
			1*	2	3	5**	1E*	2E	3E	5E**
25.0	0 to 5	3	607.8	-1054.7	820.3	-	761.7	-1328.1	-937.5	-
	10		572.9	-1054.7	-846.4	-	859.4	-1328.1	-976.6	-
	15		638.0	-1054.7	-872.4	-	957.0	-1328.1	-1015.6	-
	20		703.1	-1054.7	-898.4	-	1054.7	-1328.1	-1054.7	-
	25		693.4	-722.7	-878.9	-	957.0	-839.8	-996.1	-
	30 ถึง 45		683.6	-390.6	-859.4	-	859.4	-351.6	-937.5	-
	90		683.6	-136.7	-820.3	-	859.4	-39.1	-898.4	-
ความชันทุกค่า	4	-	-1054.7	-820.3	507.8	-	-1328.1	-937.5	761.7	
27.0	0 to 5	3	592.3	-1230.2	-956.8	-	888.5	-1549.1	-1093.5	-
	10		668.3	-1230.2	-987.2	-	1002.4	-1549.1	-1139.1	-
	15		744.2	-1230.2	-1017.6	-	1116.3	-1549.1	-1184.6	-
	20		820.1	-1230.2	-1047.9	-	1230.2	-1549.1	-1230.2	-
	25		808.7	-842.9	-1025.2	-	1116.3	-979.6	-1161.8	-
	30 ถึง 45		797.3	-455.6	-1002.4	-	1002.4	-410.1	-1093.5	-
	90		797.3	-159.5	-956.8	-	1002.4	-45.6	-1047.9	-
ความชันทุกค่า	4	-	-1230.2	-956.8	592.3	0.0	-1549.1	-1093.5	888.5	
29.0	0 to 5	3	683.3	-1419.2	-1103.8	-	1025.0	-1787.1	-1261.5	-
	10		770.9	-1419.2	-1138.9	-	1156.4	-1787.1	-1314.1	-
	15		858.5	-1419.2	-1173.9	-	1287.8	-1787.1	-1366.6	-
	20		946.1	-1419.2	-1208.9	-	1419.2	-1787.1	-1419.2	-
	25		933.0	-972.4	-1182.7	-	1287.8	-1130.1	-1340.3	-
	30 ถึง 45		919.8	-525.6	-1156.4	-	1156.4	-473.1	-1261.5	-
	90		919.8	-184.0	-1103.8	-	1156.4	-52.6	-1208.9	-
ความชันทุกค่า	4	-	-1419.2	-1103.8	683.3	-	-1787.1	-1261.5	1025.0	
30.0	0 to 5	3	731.3	-1518.8	-1181.3	-	1096.9	-1912.5	-1350.0	-
	10		825.0	-1518.8	-1218.8	-	1237.5	-1912.5	-1406.3	-
	15		918.8	-1518.8	-1256.3	-	1378.1	-1912.5	-1462.5	-
	20		1012.5	-1518.8	-1293.8	-	1518.8	-1912.5	-1518.8	-
	25		998.4	-1040.6	-1265.6	-	1378.1	-1209.4	-1434.4	-
	30 ถึง 45		984.4	-562.5	-1237.5	-	1237.5	-506.3	-1350.0	-
	90		984.4	-196.9	-1181.3	-	1237.5	-56.2	-1293.8	-
ความชันทุกค่า	4	-	-1518.8	-1181.3	731.3	-	-1912.5	-1350.0	1096.9	

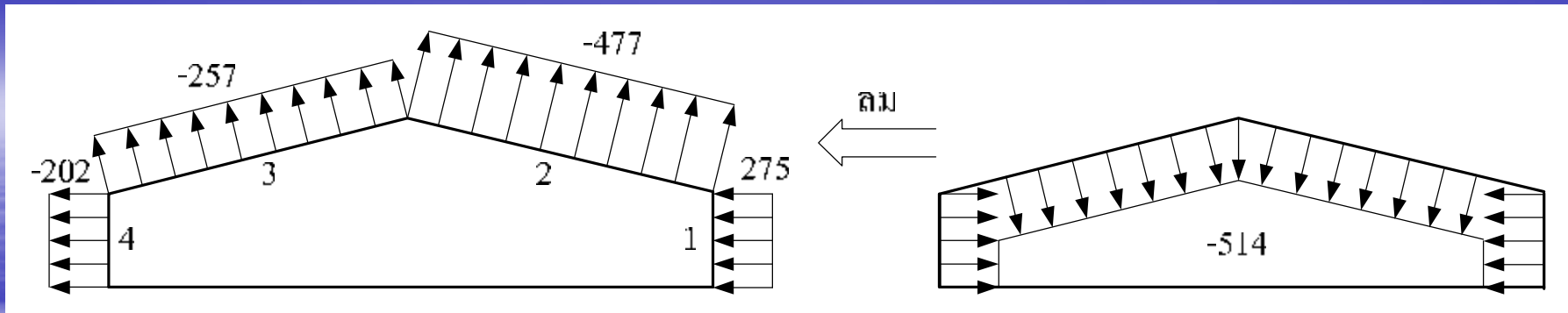
* เป็นแรงลมสุทธิที่เกิดจาก หน่วยแรงลมที่กระทำบนพื้นผิวด้านต้นลมและท้ายลมคือพื้นผิว 1 และ 4 (หรือพื้นผิว 1E และ 4E สำหรับพื้นที่ End zone)

** เป็นแรงลมสุทธิที่เกิดจาก หน่วยแรงลมที่กระทำบนพื้นผิวด้านต้นลมและท้ายลมคือพื้นผิว 5 และ 6 (หรือพื้นผิว 5E และ 6E สำหรับพื้นที่ End zone)

ค่าปรับแก้สำหรับอาคารที่มีความสูงต่างๆ และอาคารที่ตั้งอยู่ในสภาพภูมิประเทศที่แตกต่างกัน

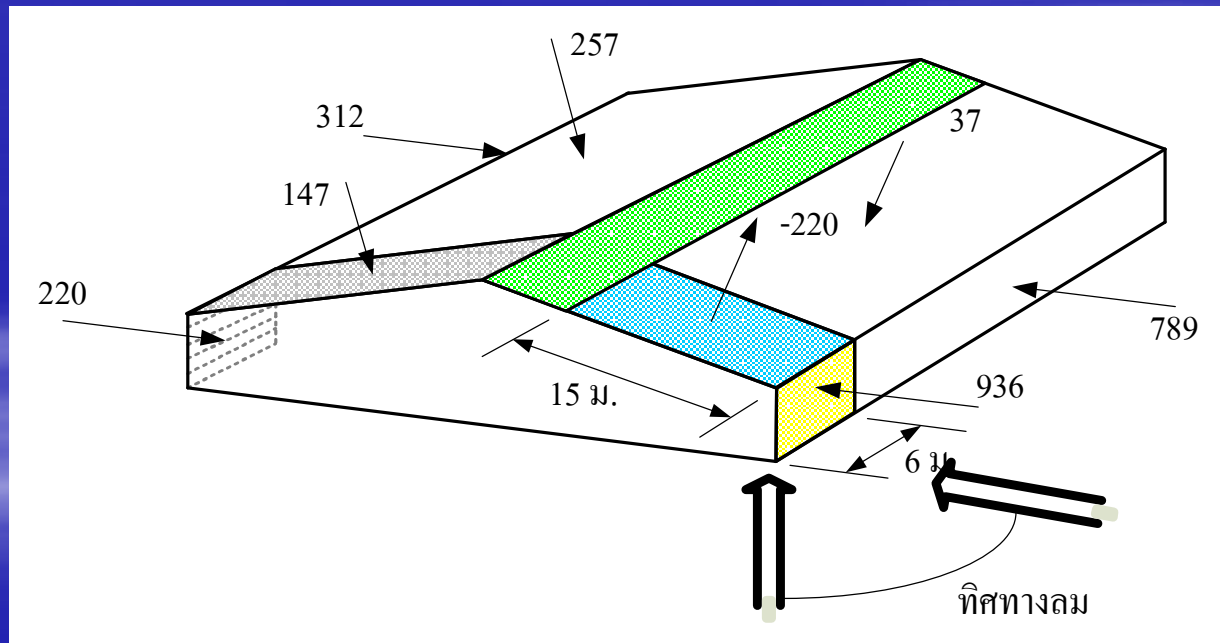
$$C_e = \left(\frac{z}{10} \right)^{0.2} = \left(\frac{7.31}{10} \right)^{0.2} = 0.94$$

ความสูงของอาคาร, h (เมตร)	สภาพภูมิประเทศ	
	แบบ A	แบบ B
4	0.90	0.70
6	0.90	0.70
8	0.96	0.70
10	1.00	0.70
12	1.04	0.70
14	1.07	0.73
16	1.10	0.76
18	1.12	0.79
20	1.15	0.82
23	1.18	0.85



ก. หน่วยแรงลมภายนอก

ข. หน่วยแรงลมภายในเป็นลบ



ค. หน่วยแรงลมสุทธิ เมื่อหน่วยแรงลมภายในเป็นลบ (นิวตัน / ตารางเมตร)

หน่วยแรงลมสุทธิสำหรับออกแบบโครงสร้างผนังอาคาร

ชั้นส่วนโครงสร้างรอง	หน่วยแรงลมสุทธิ (นิวตันต่อตารางเมตร)			
	Zone e		Zone w	
โครงเคร่าผนัง (Girt)	+1046	-1138	+1046	-1011
แผ่นเหล็กมุงผนัง (Wall panel)	+1148	-1273	+1148	-1163
ตัวยึดแผ่นเหล็กมุงผนังบนโครงเคร่า (Wall panel fastener)	+1156	-1284	+1156	-1174

**ค่าหน่วยแรงลมสุทธิ
สำหรับออกแบบผนัง
ภายนอกอาคารและหลังคา
สำหรับอาคารที่ตั้งอยู่ใน
สภาพภูมิประเทศแบบ A มี
ความสูง เท่ากับ 10 เมตร
และมีช่องเปิดกรณีที่ 3 (มี
หน่วยเป็นนิวตันต่อตาราง
เมตร)**

**คูณกับค่าปรับแก้ จากตาราง
= 0.94 (สำหรับอาคารที่มี
ความสูง = 7.31 ม สภาพภูมิ
ประเทศ A)**

หลังคา หรือ กำแพง	โซน	Effective area (m ²)	ความเร็วลมอ้างอิง (เมตรต่อวินาที)							
			25		27		29		30	
หลังคาที่มีความชัน 0 ถึง 7 องศา	1 (Interior zones)	1	742.2	-1269.5	865.7	-1480.8	998.7	-1708.3	1068.8	-1828.1
		2	726.6	-1218.8	847.5	-1421.6	977.7	-1640.0	1046.3	-1755.0
		5	683.6	-1164.1	797.3	-1357.8	919.8	-1566.4	984.4	-1676.3
		10	664.1	-1132.8	774.6	-1321.3	893.6	-1524.3	956.3	-1631.3
	2 (End zones)	1	742.2	-1523.4	865.7	-1776.9	998.7	-2049.9	1068.8	-2193.8
		2	726.6	-1523.4	847.5	-1776.9	977.7	-2049.9	1046.3	-2193.8
		5	683.6	-1523.4	797.3	-1776.9	919.8	-2049.9	984.4	-2193.8
		10	664.1	-1328.1	774.6	-1549.1	893.6	-1787.1	956.3	-1912.5
	3 (Corner zones)	1	742.2	-2656.3	865.7	-3098.3	998.7	-3574.3	1068.8	-3825.0
		2	726.6	-2226.6	847.5	-2597.1	977.7	-2996.1	1046.3	-3206.3
		5	683.6	-1738.3	797.3	-2027.5	919.8	-2339.0	984.4	-2503.1
		10	664.1	-1328.1	774.6	-1549.1	893.6	-1787.1	956.3	-1912.5
หลังคาที่มีความชันมากกว่า 7 องศา แต่ไม่เกิน 27 องศา	1 (Interior zones)	1	859.4	-1523.4	1002.4	-1776.9	1156.4	-2049.9	1237.5	-2193.8
		2	839.8	-1464.8	979.6	-1708.6	1130.1	-1971.1	1209.4	-2109.4
		5	781.3	-1406.3	911.3	-1640.3	1051.3	-1892.3	1125.0	-2025.0
		10	742.2	-1367.2	865.7	-1594.7	998.7	-1839.7	1068.8	-1968.8
	2 (End zones)	1	859.4	-2168.0	1002.4	-2528.7	1156.4	-2917.2	1237.5	-3121.9
		2	839.8	-2011.7	979.6	-2346.5	1130.1	-2707.0	1209.4	-2896.9
		5	781.3	-1757.8	911.3	-2050.3	1051.3	-2365.3	1125.0	-2531.3
		10	742.2	-1582.0	865.7	-1845.3	998.7	-2128.8	1068.8	-2278.1
	3 (Corner zones)	1	859.4	-2500.0	1002.4	-2916.0	1156.4	-3364.0	1237.5	-3600.0
		2	839.8	-2402.3	979.6	-2802.1	1130.1	-3232.6	1209.4	-3459.4
		5	781.3	-2246.1	911.3	-2619.8	1051.3	-3022.3	1125.0	-3234.4
		10	742.2	-2109.4	865.7	-2460.4	998.7	-2838.4	1068.8	-3037.5
หลังคาที่มีความชันมากกว่า 27 องศา แต่ไม่เกิน 45 องศา	1 (Interior zones)	1	1171.9	-1250.0	1366.9	-1458.0	1576.9	-1682.0	1687.5	-1800.0
		2	1152.3	-1230.5	1344.1	-1435.2	1550.6	-1655.7	1659.4	-1771.9
		5	1132.8	-1191.4	1321.3	-1389.7	1524.3	-1603.2	1631.3	-1715.6
		10	1113.3	-1152.3	1298.5	-1344.1	1498.0	-1550.6	1603.1	-1659.4
	2 (End zones)	1	1171.9	-1367.2	1366.9	-1594.7	1576.9	-1839.7	1687.5	-1968.8
		2	1152.3	-1328.1	1344.1	-1549.1	1550.6	-1787.1	1659.4	-1912.5
		5	1132.8	-1308.6	1321.3	-1526.3	1524.3	-1760.8	1631.3	-1884.4
		10	1113.3	-1289.1	1298.5	-1503.6	1498.0	-1734.6	1603.1	-1856.3
	3 (Corner zones)	1	1171.9	-1367.2	1366.9	-1594.7	1576.9	-1839.7	1687.5	-1968.8
		2	1152.3	-1328.1	1344.1	-1549.1	1550.6	-1787.1	1659.4	-1912.5
		5	1132.8	-1308.6	1321.3	-1526.3	1524.3	-1760.8	1631.3	-1884.4
		10	1113.3	-1289.1	1298.5	-1503.6	1498.0	-1734.6	1603.1	-1856.3
กำแพง	4 (Interior zone)	1	1230.5	-1250.0	1435.2	-1458.0	1655.7	-1682.0	1771.9	-1800.0
		2	1195.3	-1238.3	1394.2	-1444.3	1608.4	-1666.2	1721.3	-1783.1
		5	1160.2	-1199.2	1353.2	-1398.8	1561.1	-1613.7	1670.6	-1726.9
		10	1132.8	-1183.6	1321.3	-1380.5	1524.3	-1592.6	1631.3	-1704.4
		20	1093.8	-1156.3	1275.8	-1348.7	1471.8	-1555.9	1575.0	-1665.0
		50	1062.5	-1132.8	1239.3	-1321.3	1429.7	-1524.3	1530.0	-1631.3
	5 (End zone)	1	1230.5	-1367.2	1435.2	-1594.7	1655.7	-1839.7	1771.9	-1968.8
		2	1195.3	-1328.1	1394.2	-1549.1	1608.4	-1787.1	1721.3	-1912.5
		5	1160.2	-1265.6	1353.2	-1476.2	1561.1	-1703.0	1670.6	-1822.5
		10	1093.8	-1183.6	1275.8	-1380.5	1471.8	-1592.6	1575.0	-1704.4
		20	1093.8	-1183.6	1275.8	-1380.5	1471.8	-1592.6	1575.0	-1704.4
		50	1062.5	-1132.8	1239.3	-1321.3	1429.7	-1524.3	1530.0	-1631.3

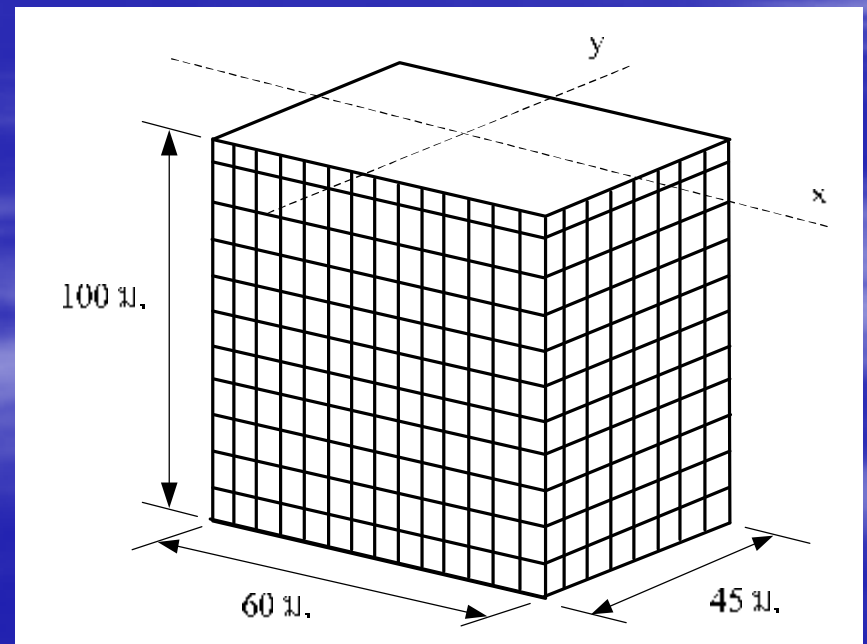
หน่วยแรงลมสุทธิสำหรับออกแบบโครงสร้างหลังคาของอาคาร

ชั้นส่วนโครงสร้างรอง	หน่วยแรงลมสุทธิ (นิวตันต่อตารางเมตร)					
	Zone s		Zone r		Zone c	
แป (Purlin)	+624	-1248	+624	-1034	+624	-1247
แผ่นเหล็กมุงหลังคา (Roof panel)	+697	-1431	+697	-1192	+697	-2488
ตัวยึดแผ่นเหล็กมุง หลังคาบนแป (Roof panel fastener)	+697	-1431	+697	-1192	+697	-2488

ตัวอย่างการคำนวณ

ให้คำนวณหน่วยแรงลมสำหรับ**บ่ออกแบบผนังภายนอกอาคาร**
และหลังคาของอาคารสำนักงานที่มีขนาด 45×60 เมตร
และมีความสูง 100 เมตร

อาคารมีผนังปิดล้อมรอบทุกด้านและมีระบบระบายอากาศภายใน
มีช่องเปิดเล็ก ๆ กระจายสม่ำเสมอ
โดยมีพื้นที่ช่องเปิดรวมน้อยกว่า
0.1% ของพื้นที่ผิวทั้งหมด
อาคารตั้งอยู่ในกรุงเทพมหานคร
บริเวณที่มีสภาพภูมิประเทศแบบ B



หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่าภายนอก

$$p = I_w q C_e C_g C_p$$

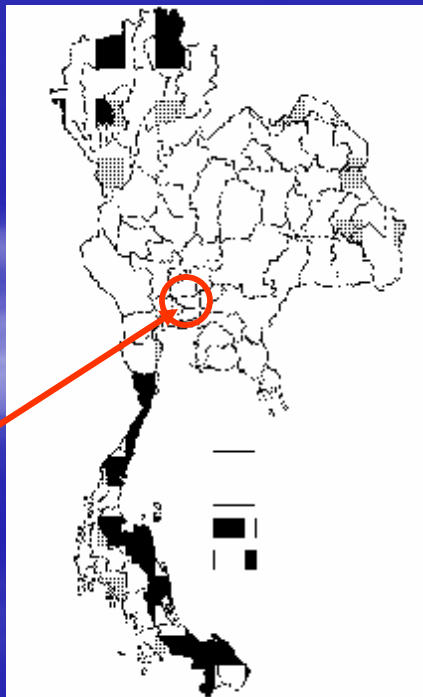
ค่าประกอบความสำคัญ
ของแรงลม = 1 (อาคารสำนักงาน)

หน่วยแรงลมอ้างอิง
เนื่องจากความเร็วลม

$$\frac{1}{2} \rho \bar{V}^2$$

จังหวัดกรุงเทพฯ

$$\bar{V} = 25 \text{ ม./วินาที}$$



ค่าประกอบเนื่องจากสภาพภูมิประเทศ

$$C_e \text{ ด้านต้นลม} = 0.7 \left(\frac{z}{12} \right)^{0.3} = 0.33 z^{0.3}$$

$$C_e \text{ ด้านข้าง} = 0.7 \left(\frac{H}{12} \right)^{0.3} = 1.32$$

$$C_e \text{ ด้านท้ายลม} = 0.7 \left(\frac{H/2}{12} \right)^{0.3} = 1.07$$

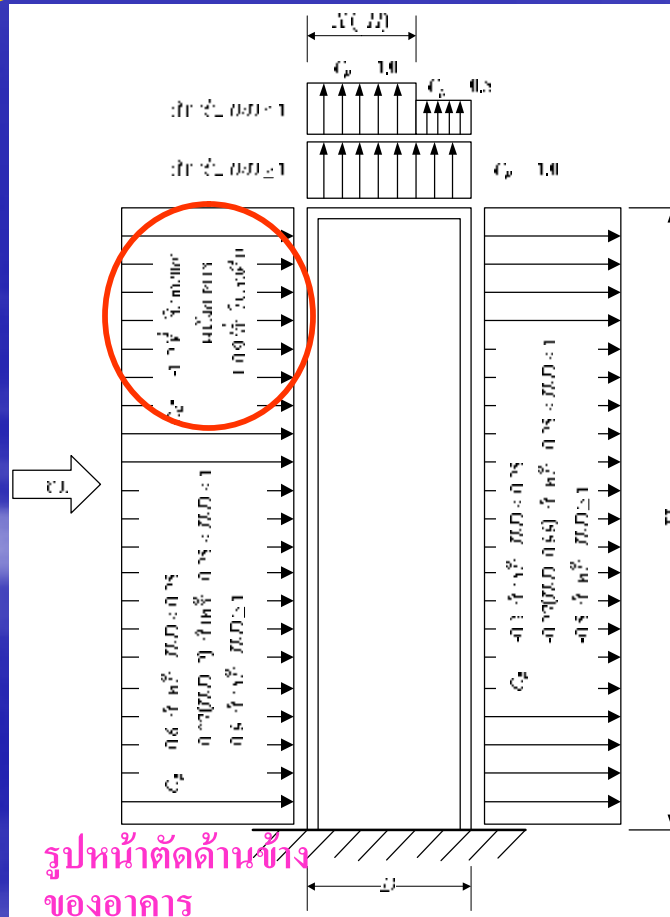
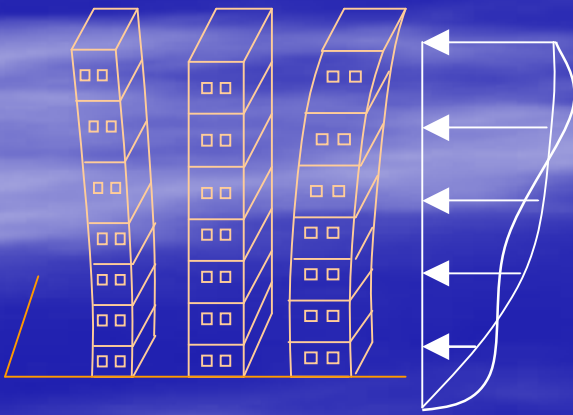
สภาพภูมิ
ประเทศ
แบบ B



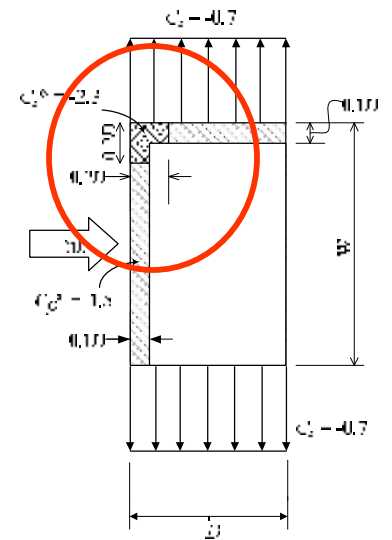
หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่าภายนอก

$$p = I_w q C_e C_g C_p$$

ค่าประกอบเนื่องจาก
ผลการกระชอกของลม = 2.5
(สำหรับผนังภายนอก)



รูปหน้าตัดด้านข้าง
ของอาคาร



รูปด้านบนของอาคาร

หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่าภายใน

$$p_i = I_W q C_e C_{gi} C_{pi}$$

ค่าประกอบความสำคัญ
ของแรงลม = 1 (อาคารสำนักงาน)

หน่วยแรงลมอ้างอิง
เนื่องจากความเร็วลม

$$\frac{1}{2} \rho \bar{V}^2$$

$$\bar{V} = 25 \text{ ม./วินาที}$$

ช่องเปิดกรณีที่ 1

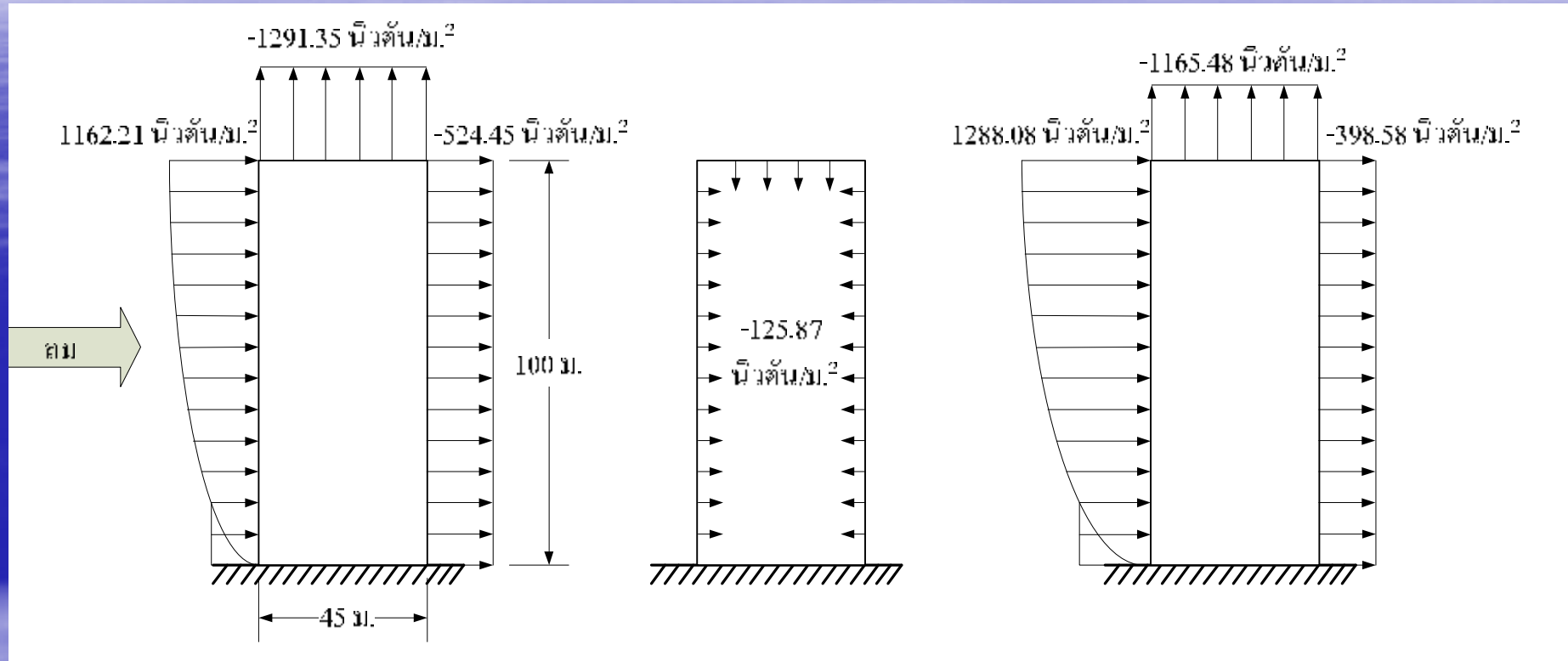
$$C_{gi} C_{pi} = 2 * (-0.5)$$

$$C_{gi} C_{pi} = 2 * (0)$$

ค่าประกอบเนื่อง

จากสภาพภูมิประเทศแบบ B

$$C_e = 0.7 \left(\frac{H/2}{12} \right)^{0.3} = 1.07$$



ก. หน่วยแรงลม
ภายนอก

ข. หน่วยแรงลม
ภายในเป็นลบ

ค. หน่วยแรงลมสุทธิ
เมื่อหน่วยแรงลม
ภายในเป็นลบ

หน่วยแรงลมสุทธิสำหรับการออกแบบผนังภายนอกอาคาร

ความสูงจากพื้นดิน (ม.)	หน่วยแรงลมสุทธิสูงสุด (นิวตัน/ม. ²)		
	หน่วยแรงดันลม	หน่วยแรงดูด	
		กลางผนัง	ขอบผนัง
0 - 10	741.10	-1162.21	-1549.62
10 - 20	842.99	-1162.21	-1549.62
20 - 30	935.75	-1162.21	-1549.62
30 - 40	1008.75	-1162.21	-1549.62
40 - 60	1122.95	-1162.21	-1549.62
60 - 80	1212.83	-1162.21	-1549.62
80 - 100	1288.08	-1162.21	-1549.62

หน่วยแรงลมสุทธิสำหรับการออกแบบหลังคา

ตำแหน่งบนหลังคา	หน่วยแรงลมสุทธิสูงสุด (นิวตัน/ม. ²)
มุมหลังคา	-2970.10
ขอบหลังคา	-1937.02
กลางหลังคา	-1291.35

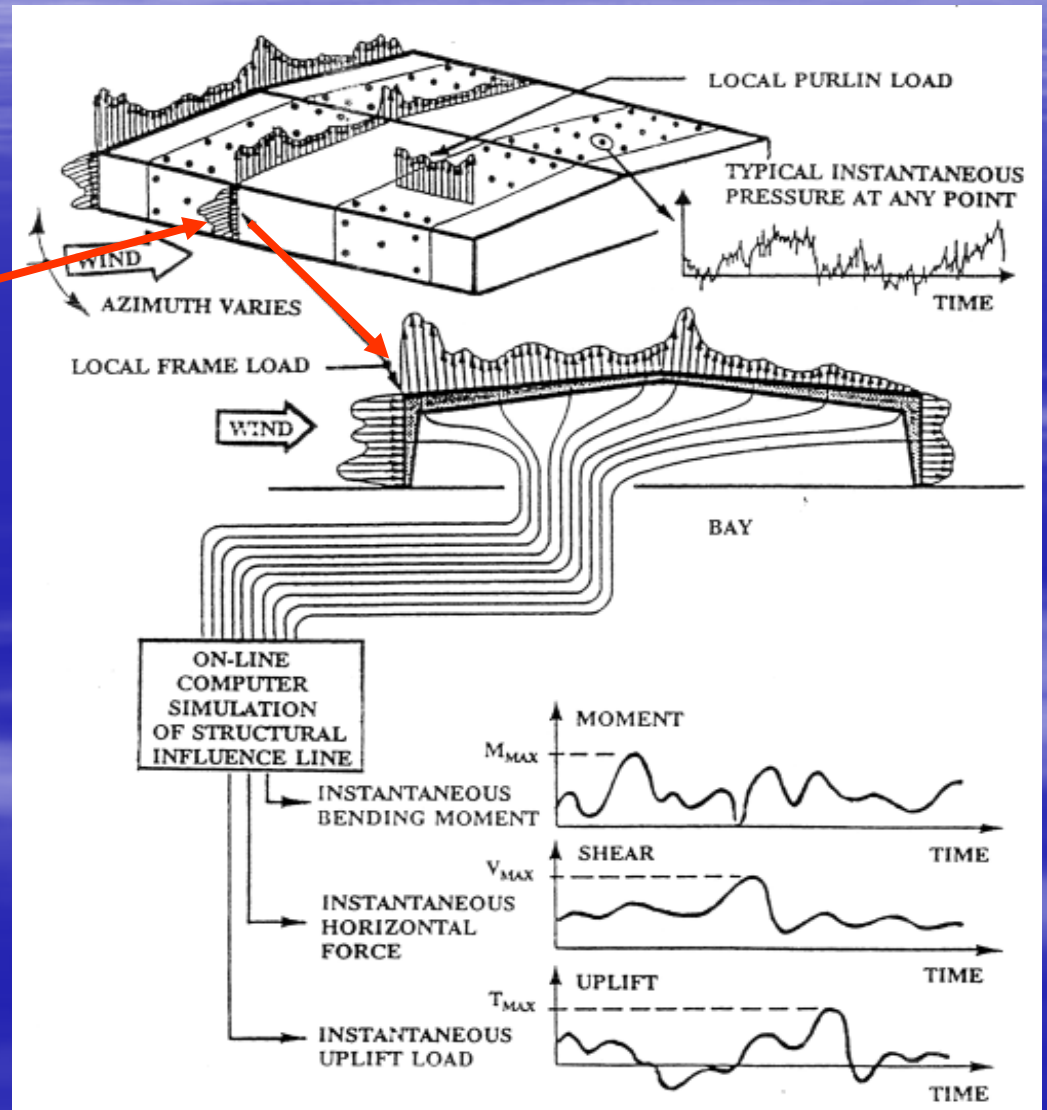


การทดสอบแบบจำลองโครงสร้างภายในอุโมงค์ลม
Structural Model Test in Wind Tunnel

ชนิดของการทดสอบแบบจำลองโครงสร้าง ภายในอุโมงค์ลมและข้อมูลที่ได้

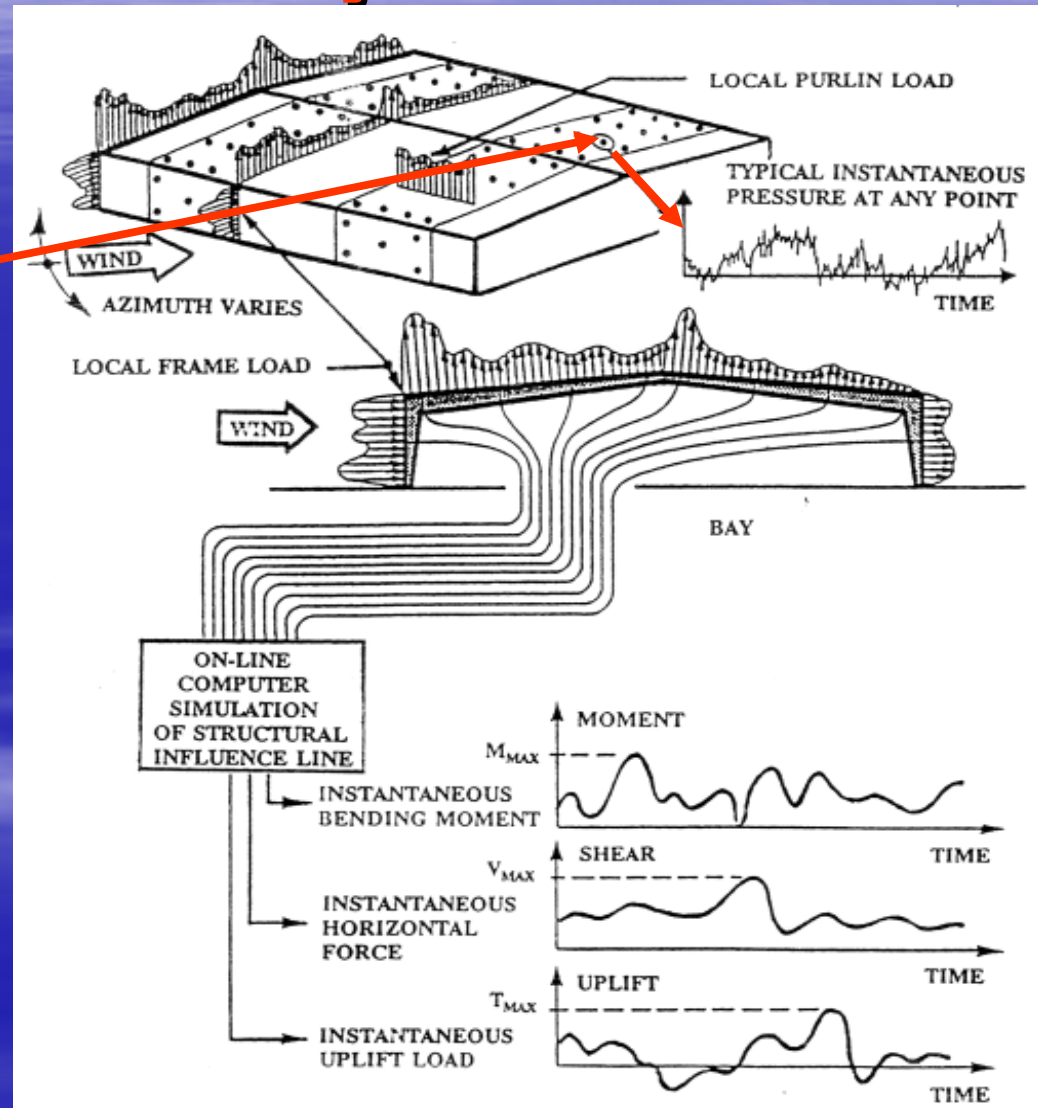
การทดลองในอุโมงค์ลมสามารถศึกษาปัญหาหลักได้ดังต่อไปนี้

- การประมาณค่าแรงที่กระทำต่อโครงสร้าง เช่น แรงเฉือนหรือ โมเมนต์พลิกคว่ำ เพื่อการออกแบบ โครงสร้าง
- การประมาณค่าอัตราเร่งของอาคารเนื่องจากลม เพื่อตรวจสอบกับระดับที่ยอมรับได้สำหรับผู้ที่อยู่ในอาคาร



ชนิดของการทดสอบแบบจำลองโครงสร้าง ภายในอุโมงค์ลมและข้อมูลที่ได้ (ต่อ)

- การศึกษาความดันลมบริเวณ
ผนังโดยรอบของอาคาร เพื่อ
การออกแบบผนังกระจก หรือ
ส่วนตบแต่งภายนอก



TU – AIT Boundary Layer Wind Tunnel



- Under collaboration between Thammasat University (TU) and Asian Institute of Technology (AIT) located at TU



Test Section

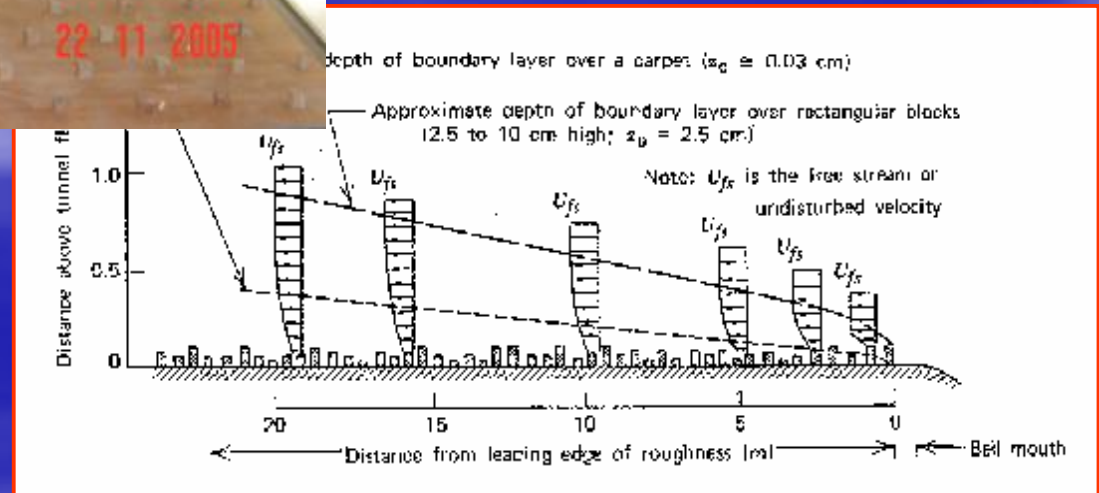
- Length 25.5 m.
- Width 2.5 m. and height 2.5 m.
- Wind speed 0.5 - 20 m/s

Natural Wind Simulation in Wind Tunnel

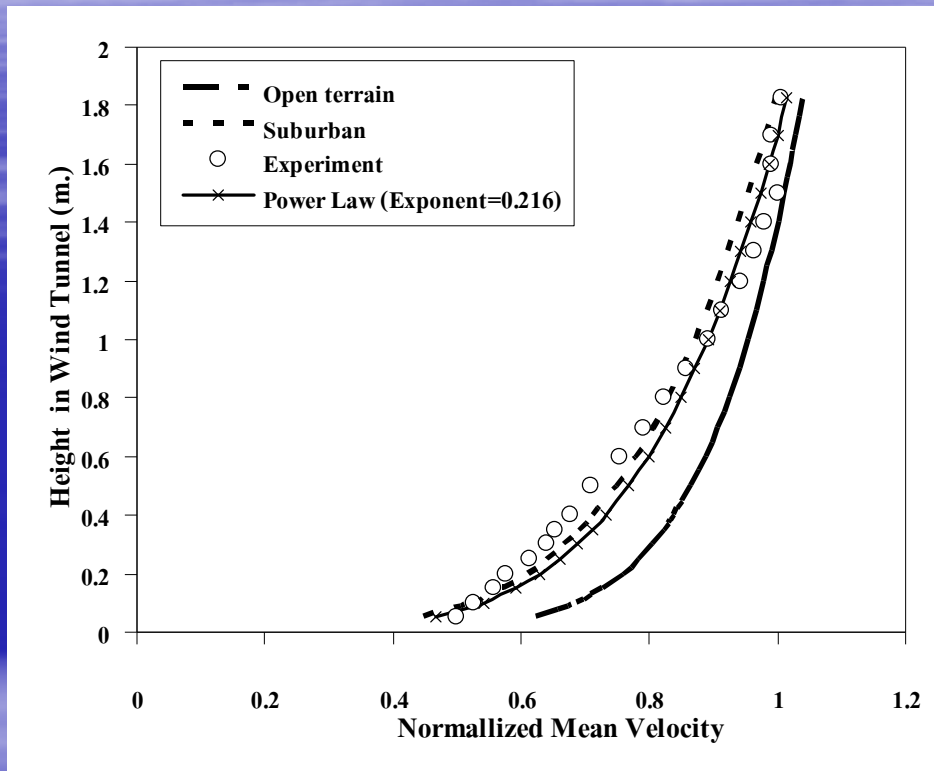


Spire

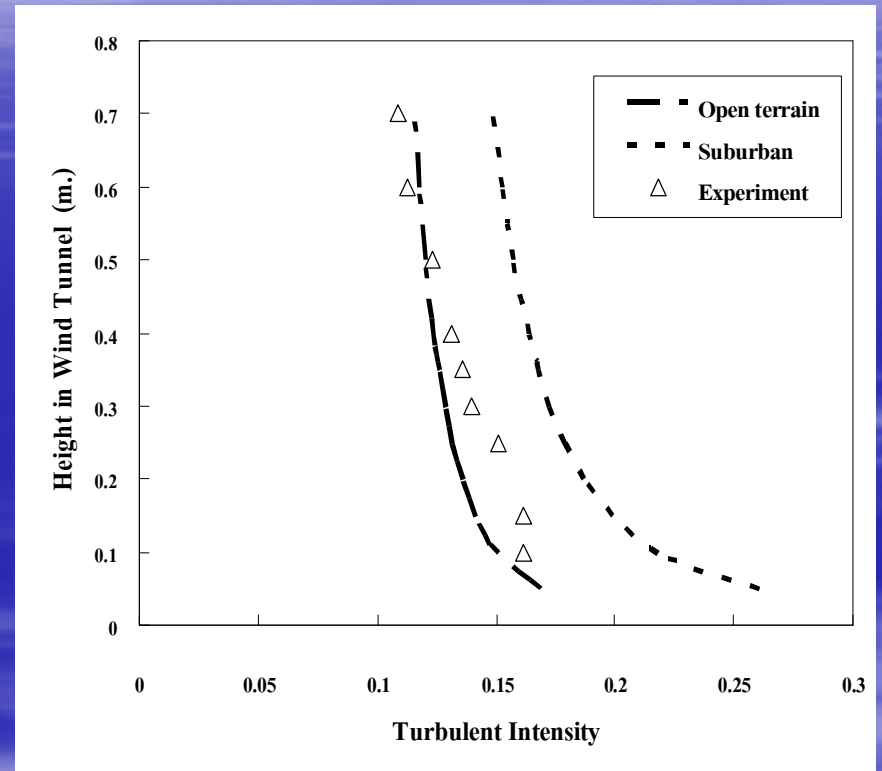
A boundary layer develops naturally over a rough floor



Natural Wind Simulation in Wind Tunnel (Cont.)

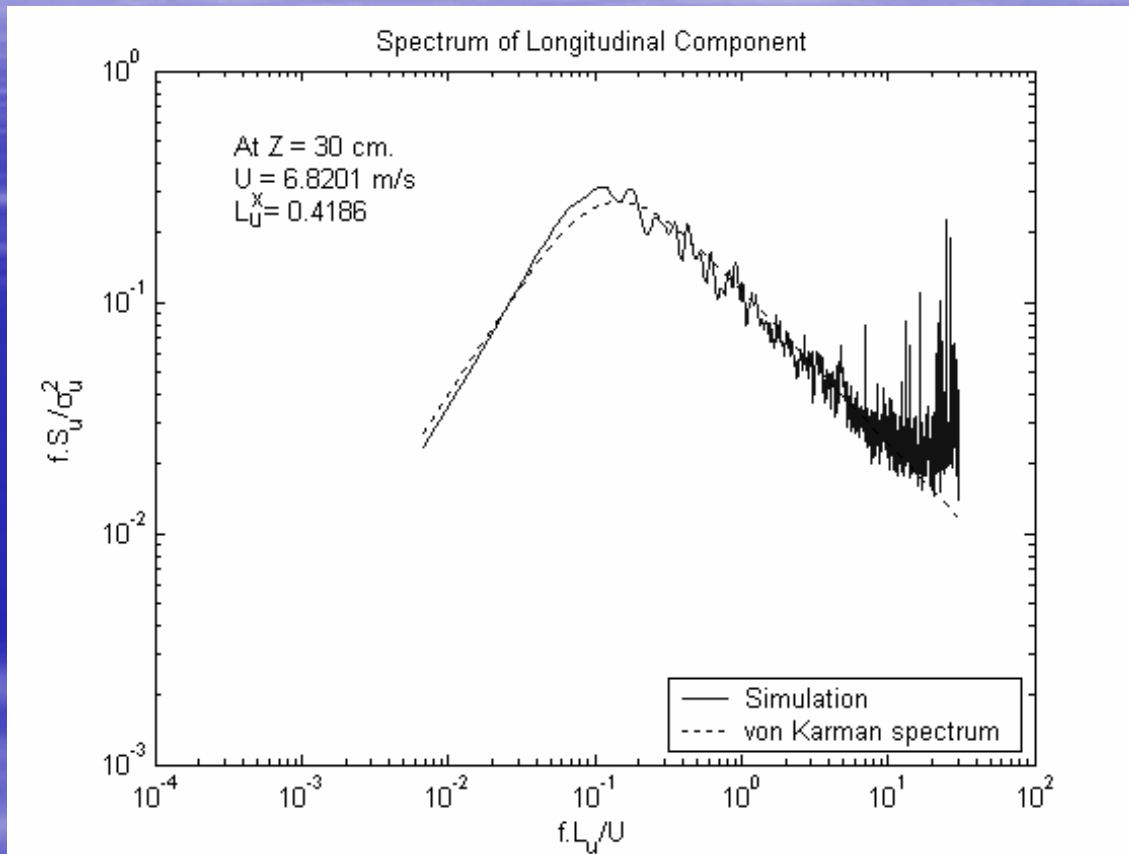


Mean wind velocity profile



Longitudinal turbulence intensity

Natural Wind Simulation in Wind Tunnel (Cont.)



**Spectrum of longitudinal
turbulent wind at 30 cm. height**

Pressure Measurement in TU-AIT Wind Tunnel

Central World Hotel



- Two-circle shape building with 184.45 m. mean height and nearby high-rise building

Pressure Measurement in TU-AIT Wind Tunnel

NATIONAL ENERGY COMPLEX



- Tower A : the two-oil-drip shape building, 145.35 m. mean height
- Tower B : the rectangular with rounded corner, 101.65 m. height
- Tower C : the podium, 36.85 m height



- Uncommon shape of building - Wind loading is not specified in code
- Effect of complex surroundings
 - Local channeling
 - Wake buffeting

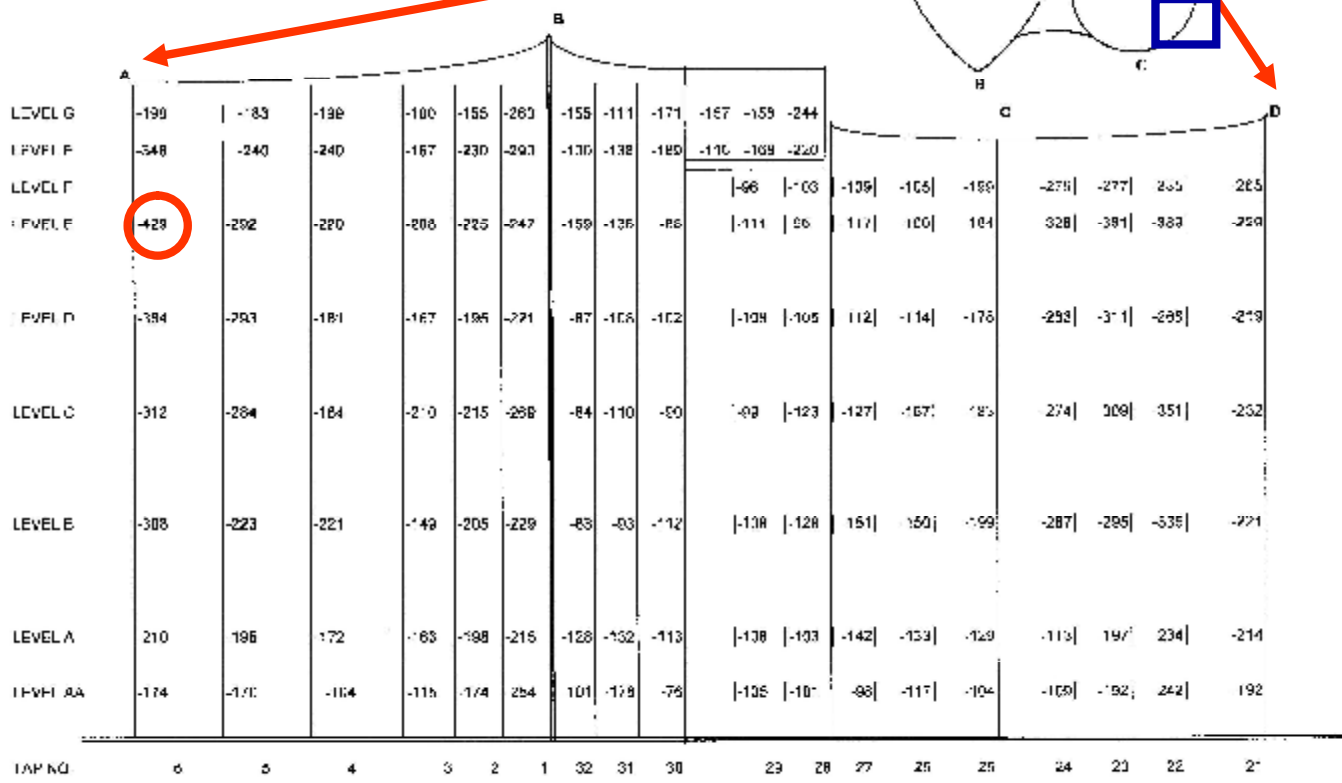
Predicted Peak Pressure and Suction

Peak Suction

Peak suction zone

for Front Side of Tower A

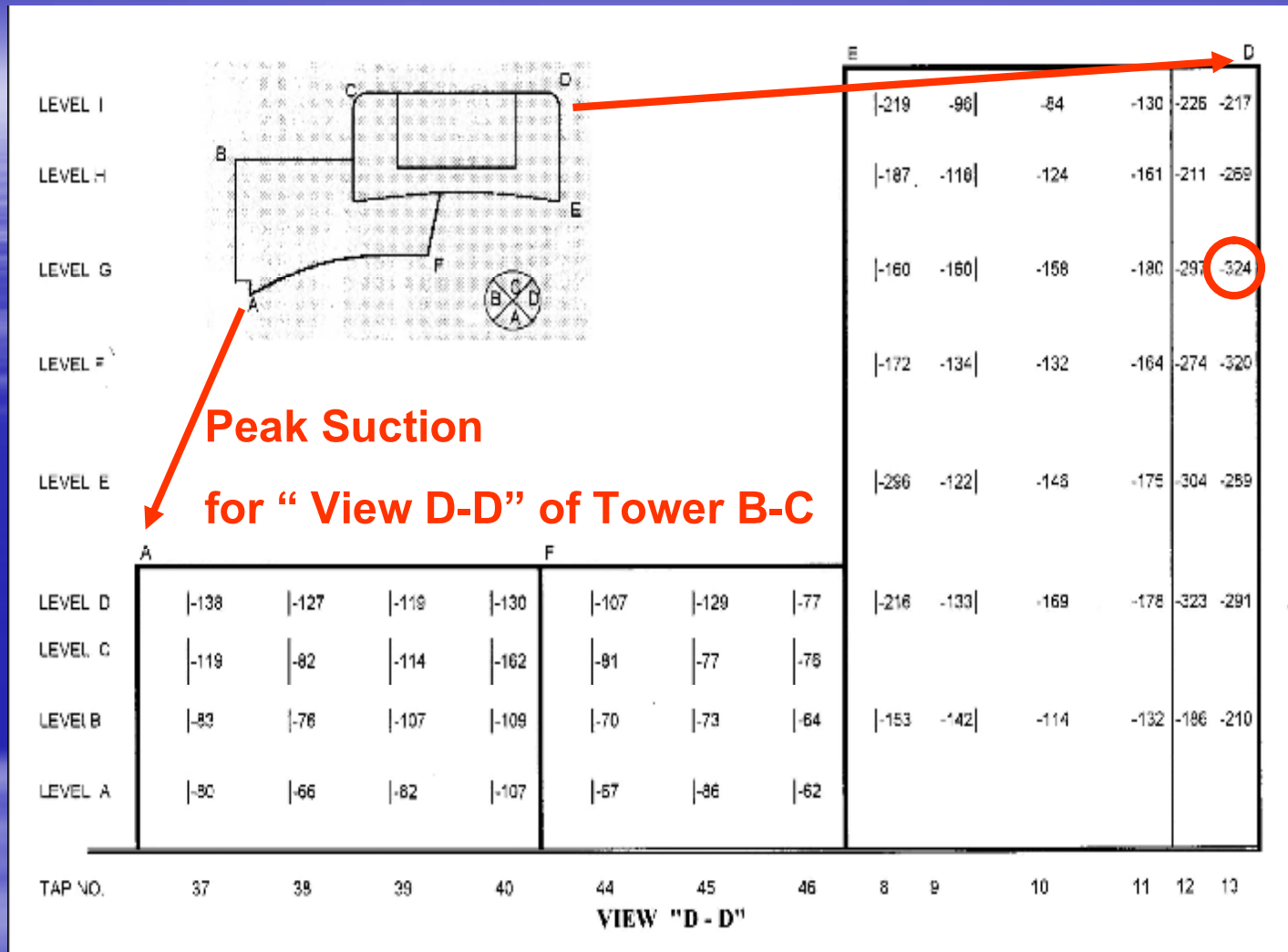
Peak suction zone



For return period of 50 years, $V = 26.5$ m/s

- The peak pressure is in the range of 80 to 110 kg/m²
- The peak suction is in the range of 140 to 340 kg/m² in most part
- The largest peak pressure and peak suction are 119 and 429 kg/m²

Predicted Peak Pressure and Suction

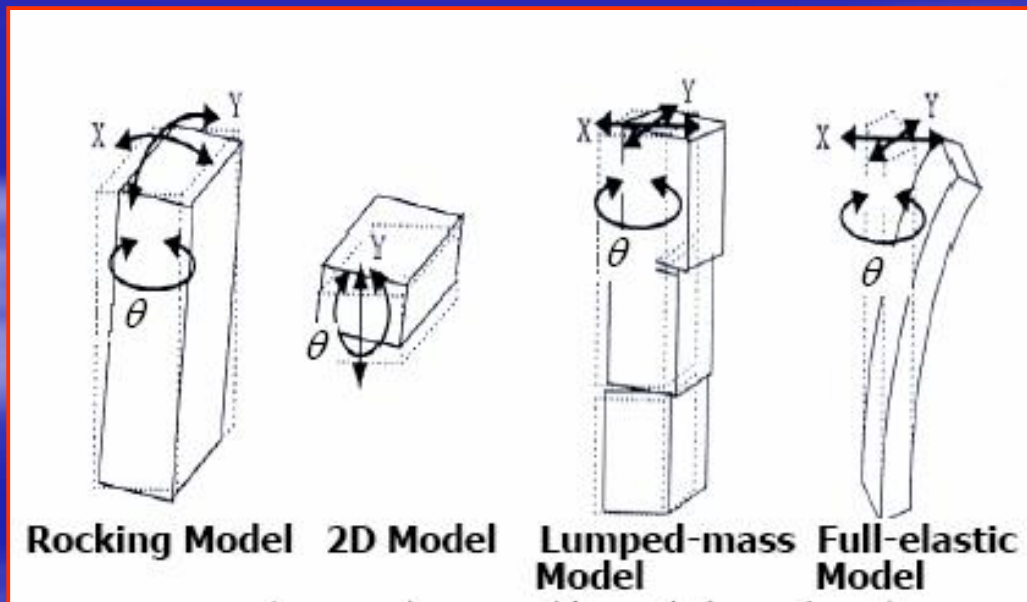


For return period of 50 years, $V = 26.5$ m/s

- The peak pressure is in the range of 50 to 100 kg/m²
- The peak suction is in the range of 100 to 300 kg/m² in most part
- The largest peak pressure and peak suction are **108** and **324** kg/m²

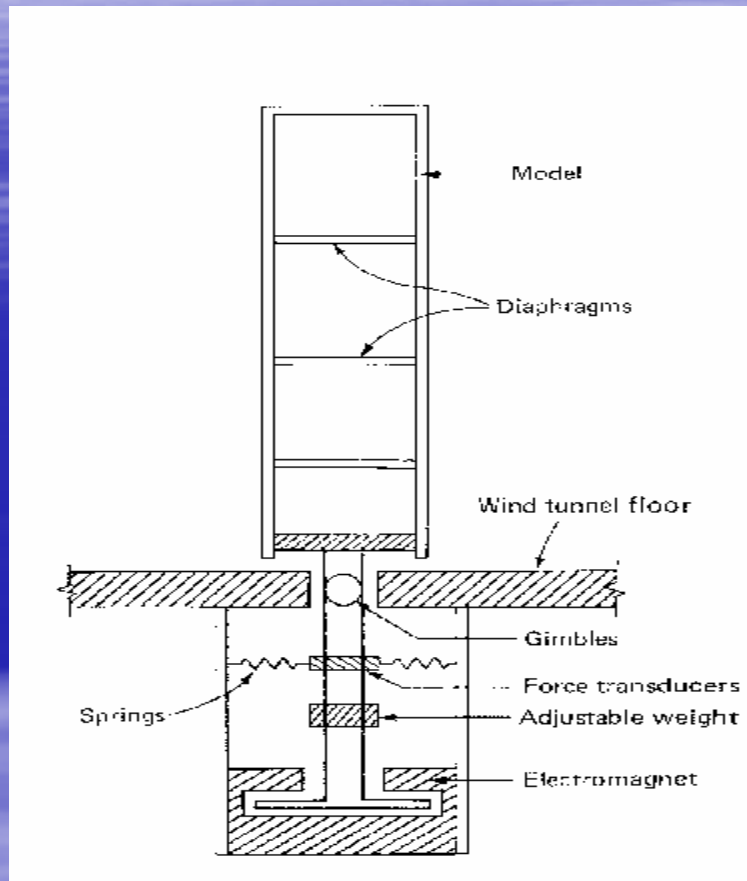
การทดสอบด้วยแบบจำลองยืดหยุ่น (Aeroelastic Model)

- ศึกษาโครงสร้างที่มีการตอบสนองต่อแรงพลศาสตร์สูง เช่น อาคารสูง สะพานช่วงยาว โครงสร้างที่มีความชะลูดสูง ซึ่งการตอบสนองต่อแรงลมของโครงสร้างเหล่านี้ทำให้เกิดแรงที่เกิดขึ้นจากการกระตุ้นของโครงสร้างเองด้วย (self-excited force)
- การทดสอบจะต้องจำลองย่อขนาดของโครงสร้าง และคำนึงถึงสัดส่วนของ มวล ความถี่ธรรมชาติ และอัตราความหน่วงของแบบจำลองเทียบกับโครงสร้างจริงด้วย



ชนิดของแบบจำลอง
ยืดหยุ่นสำหรับอาคาร

การทดสอบด้วยแบบจำลองยึดหยุ่น (ต่อ)



แบบจำลองยึดหยุ่นชนิด rocking model

การทดสอบด้วยแบบจำลองยืดหยุ่น (ต่อ)



ก.) แบบจำลองยืดหยุ่น
ของสะพานในอุโมงค์ลม



ข.) การสั่นไหวของสะพาน
จริงภายใต้แรงลม

สะพาน Tacoma Narrow

การทดสอบด้วยแบบจำลองยืดหยุ่น (ต่อ)



ก.) แบบจำลองยืดหยุ่น
ของสะพานในอุโมงค์ลม

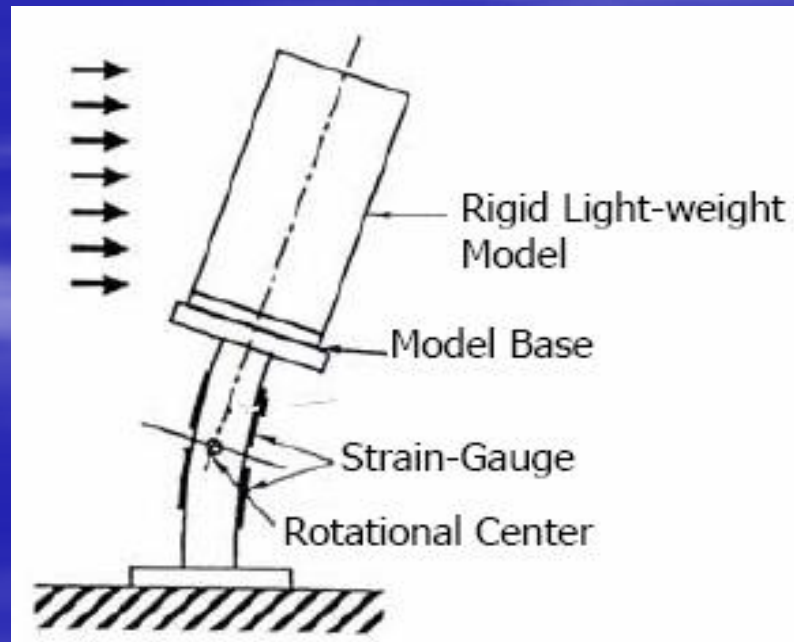


ข.) การโค้งตัวต้านข้างของ
สะพานภายในอุโมงค์ลม

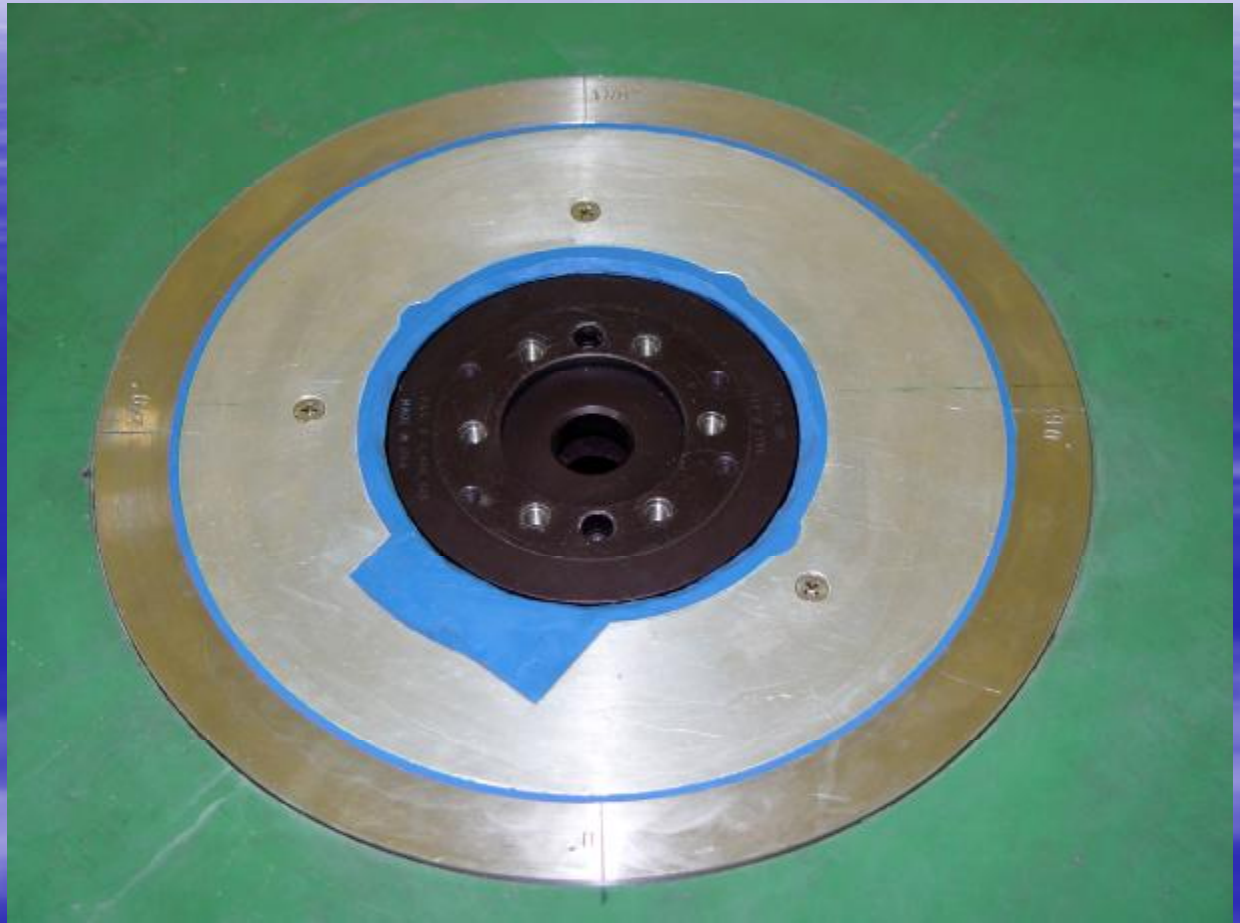
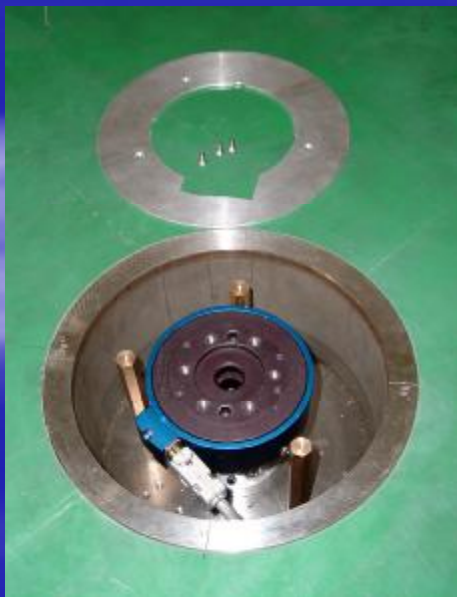
สะพาน Akashi Kaikyo

การทดสอบด้วยวิธี High-Frequency Force Balance

- เป็นวิธีที่ใช้เพียงแบบจำลองที่มีรูปร่างลักษณะเหมือนโครงสร้าง แต่ไม่ต้องจำลองคุณสมบัติด้าน มวล ความถี่ธรรมชาติ และอัตราความหน่วง
- การทดสอบวัดแรงที่กระทำที่ฐานของแบบจำลองเพื่อนำไปประมาณค่าแรง และการตอบสนองที่เกิดขึ้นของโครงสร้างจริงตามสมมุติฐานของรูปแบบการสั่นไหวพื้นฐาน
- ระบบของแบบจำลองและฐานที่ใช้ต้องสร้างให้มีความถี่ธรรมชาติสูงอย่างน้อย 100 Hz เพื่อไม่ให้มีผลของการตอบสนองแบบกำทอน (resonance)



การทดสอบด้วยวิธี High-Frequency Force Balance (ต่อ)



เครื่องมือวัดแรง ติดตั้งที่ฐานอาคาร

ชนิดของการทดสอบแบบจำลองโครงสร้าง (ต่อ)



- ตัวอย่างแบบจำลองแบบ sectional model test

สรุป การคำนวณแรงลมสถิตเทียบเท่า โดยวิธีการอย่างง่ายสำหรับอาคารเดี่ยว

- การคำนวณแรงลมสำหรับระบบโครงสร้างหลักต้านแรงลม โครงสร้างรอง และผนังภายนอกอาคาร ของอาคารเดี่ยว มี 2 วิธี คือ การคำนวณโดยตรง หรือใช้ค่าจากตาราง
- การใช้ค่าจากตารางเป็นวิธีที่ง่าย และมีความถูกต้องและเหมาะสมกว่ากฎกระทรวงฯ ฉบับที่ 6 เนื่องจากได้พิจารณาถึงความเร็วลมอ้างอิง สภาพภูมิประเทศของตำแหน่งที่ตั้งอาคาร และระบบโครงสร้างหลักต้านแรงลม หรือโครงสร้างรอง
- มาตรฐานนี้สามารถนำไปใช้ในการออกแบบอาคารอาคารเดี่ยว แบบต่างๆ และออกแบบโครงสร้างพิเศษแบบต่าง ๆ

สรุป การทดสอบแบบจำลองอาคารในอุโมงค์ลม

- **วิธีการทดสอบในอุโมงค์ลม** ใช้สำหรับอาคารสูง อาคารรูปทรงซับซ้อน อาคารที่ตั้งอยู่ในสภาพภูมิประเทศที่มีอาคารสูงอยู่หนาแน่น สะพานช่วงยาว(สะพานขึง, สะพานแขวน) และหลังคาขนาดใหญ่ เป็นต้น ซึ่งวิธีการอย่างละเอียดในมาตรฐานไม่สามารถใช้ได้ หรือในกรณีที่ต้องการความถูกต้องสูง

Thank You