

# Structural Steel Design-2

Prof. Mohammad Al-Samara

## LECTURE # 12 (Loads on Structures)

### 12 - 1 الأحمال الميتة Dead loads

يشتمل هذا النوع من الأحمال على الوزن الذاتي للعناصر وعلى الوزن الذاتي لكل الأجزاء الثابتة من المنشأ مثل طبقات التغطية للأسقف والجدران والإنهاءات والقواطع الثابتة ....  
وتحسب هذه الأوزان إما اعتماداً على الوزن الحجمي للمواد المكونة لها أو تؤخذ من نشرات الشركات المصنعة لها، ويبين الجدول التالي الوزن الحجمي لبعض مواد البناء الأساسية:

الوزن الحجمي ( $\text{kg/m}^3$ )	الوزن الحجمي ( $\text{kN/m}^3$ )	المادة
7850	77	الفولاذ
2420	23.7	الخرسانة المسلحة
2300 – 2000	23 – 20	أعمال الأجر
1400-1800	14-18	أعمال البلوك
900 – 500	9 – 5	الخشب

## 12-2 الأحمال الإضافية (الحية) Imposed loads

تشتمل الأحمال الحية على أوزان الثلج على الأسقف النهائية وعلى أوزان الأشخاص والأثاث وعلى التجهيزات والآلات وعلى أوزان القواطع القابلة للحركة. يعتمد تقدير هذه الأحمال على دراسات إحصائية في مجال هندسة البناء انطلاقاً من الوظيفة المرجوة من البناء. ويبين الجدول التالي الأحمال الحية لبعض أنواع الأبنية:

نوع البناء	الحمل الحي ( $kN/m^2$ )
أبنية سكنية	2.0
أبنية مكاتب (حسب الاستخدام)	5 – 2.5
أبنية تعليمية	3.0
أبنية مسارح (ذات مقاعد ثابتة)	4.0
أبنية مستودعات	لكل متر ارتفاع تخزين 2.4
أبنية صناعية	5

ولتفصيل أكثر في الأحمال الحية لا بد من الرجوع إلى المواصفة البريطانية- الأوروبية BS EN 1991-1-1:2002

3

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

March 19, 2024

أما حمولات الأسطح النهائية فلا تتبع نوعية المنشأ وإنما تتبع لطريقة استخدامها وميلها:

□ تقدر الحمولة الحية للأسطح الأفقية أو المائلة حتى ( $10^\circ$ ) والتي يمكن الوصول إليها (المنشآت المجهزة بأدراج حتى سقفها) بـ  $1.5kN/m^2$  غير متضمنة وزن الثلج مقاسة على المسقط الأفقي للسطح، أو بحمولة مقدارها  $1.8kN$  مركزة على مساحة مربعة ضلعها (300 mm) متوضعة في الأمكنة التي تعطي أسوأ حالات التحميل. تؤخذ في الحساب إحدى الحمولتين (الموزعة أو المركزة) والتي تعطي أسوأ حالة في الإجهادات على العناصر الحاملة.

□ تقدر الحمولة الحية على الأسطح الأفقية أو المائلة حتى ( $30^\circ$ ) والتي لا يمكن الصعود إليها إلا لحالات الإصلاح والتنظيف بـ  $0.6kN/m^2$  غير متضمنة وزن الثلج مقاسة على المسقط الأفقي، أو بحمولة مركزة مقدارها  $0.9kN$  على مساحة مربعة ضلعها (300 mm) متوضعة في الأمكنة التي تعطي أسوأ حالات التحميل. تؤخذ في الحساب إحدى الحمولتين والتي تعطي أسوأ حالة في الإجهادات على العناصر الحاملة.

4

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

March 19, 2024

□ لا حاجة لاعتبار أية حمولة حية للأسطح التي تميل على الأفق بزاوية أكبر من  $(75^\circ)$ ، أما للأسطح التي تكون زاوية ميلها بين  $(30^\circ$  و  $75^\circ)$  فيمكن إيجاد مقدار حمولتها الحية بواسطة الاستقراء الخطي بين قيمتي  $0.6kN/m^2$  والـ  $0.9kN/m^2$  للمحولات المركزة بين  $0.9kN/m^2$  والـ  $0.6kN/m^2$ .

### 12-3 أحمال الرياح Wind loads

لأغراض تصميمية يتم استبدال أحمال الرياح الديناميكية بأحمال ستاتيكية مكافئة. تبدأ عملية إيجاد هذه الأحمال المكافئة بتحديد سرعة رياح أساسية ( $V_b$ ) للمنطقة قيد الدراسة ومن ثم تحويل هذه السرعة إلى ضغط على سطوح المنشأ  $V_b$  تعتمد على طقس الرياح وعلى خشونة الموقع وتضاريسه. وتحدد بالعلاقة التالية

$$V_b = C_{dir} \cdot C_{season} \cdot V_{b,0} \quad (12-1)$$

$C_{dir}$  معامل الاتجاه ويؤخذ مساوياً للواحد  
 $C_{season}$  المعامل الموسمي ويؤخذ مساوياً للواحد  
 $V_{b,0}$  القيمة الأولية لسرعة الرياح الأساسية وهي القيمة المميزة لسرعة الرياح المتوسطة خلال مدة 10 دقائق احتمالية تجاوزها 2% سنوياً، وذلك بغض النظر عن اتجاه الرياح والوقت من العام، مقاسة على ارتفاع 10 أمتار فوق مستوى سطح الأرض في ارياف مفتوحة ذات غطاء نباتي منخفض مثل العشب والعوائق المعزولة عن بعضها البعض بمسافة لا تقل عن 20 ضعف ارتفاع العائق

وتحدد سرعة الرياح المتوسطة  $V_m$  بالعلاقة التالية:

$$V_m(z) = C_r(z) \cdot C_o(z) \cdot V_b \quad (12-2)$$

$C_o(z)$  معامل التضاريس ويؤخذ مساوياً للواحد

$C_r(z)$  معامل خشونة الموقع ويأخذ بالحسبان تغير سرعة الرياح المتوسطة في موقع المنشأ بناءً على الارتفاع فوق سطح الأرض  $z$  وخشونة الموقع باتجاه الرياح التي يتعرض لها المنشأ ويحدد بالعلاقة التالية:

$$C_r(z) = k_r \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \quad \text{for } z_{min} \leq z \leq z_{max} \quad (12-3)$$

$$C_r(z) = C_r(z_{min}) \quad \text{for } z \leq z_{min} \quad (12-4)$$

$z_0$  طول خشونة ويحدد من الجدول (12-1) بناءً على تصنيف الموقع

$z_{min}$  الارتفاع الأدنى ويحدد من الجدول (12-1) بناءً على تصنيف الموقع

$$z_{max} = 200 \text{ m}$$

7

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

March 19, 2024

$k_r$  معامل يعتمد على طول الخشونة ويحدد من العلاقة التالية:

$$k_r = 0.19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0.07} \quad (12-5)$$

$z_{0,II} = 0.05 \text{ m}$  (الموقع ذو الصنف II في الجدول 12-1)

8

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

March 19, 2024

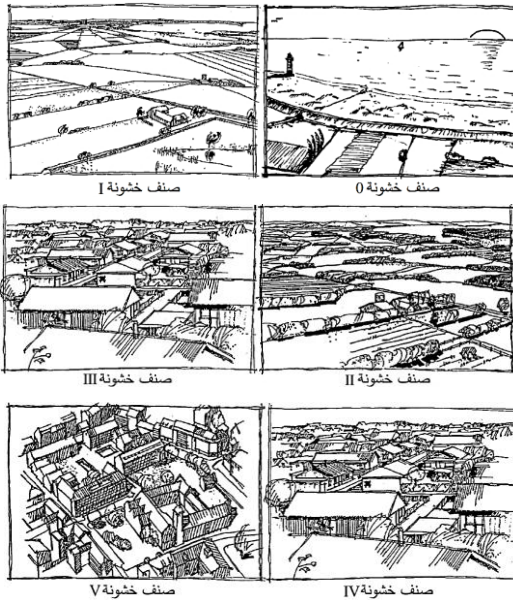
الجدول (12-1)

$k_r$	$z_{\min}$ (m)	$z_0$ (m)	صنف خشونة الموقع
0.156	1	0.003	0 مناطق ساحلية مفتوحة على البحر (الشكل 12-2a)
0.17	1	0.01	I بحيرات أو مناطق منبسطة أفقية مع مزرعات مهملّة بدون عوائق (الشكل 12-2a)
0.19	2	0.05	II مناطق ذات مزرعات منخفضة مثل الأعشاب وعوائق معزولة (أشجار، أبنية) متباعدة بمسافات لا تقل عن 20 ضعف ارتفاع العائق (الشكل 12-2b)
0.215	5	0.3	III مناطق مغطاة بمزرعات منتظمة أو أبنية أو بعوائق متفرقة متباعدة بمسافات لا تزيد على 20 ضعف ارتفاع العائق (مثل القرى والضواحي والغابات الدائمة) (الشكل 12-2b)
0.234	10	1.0	IV مناطق لا يقل عن 15% من مساحتها مغطاة بأبنية متوسط ارتفاعها يزيد على 15 m (الشكل 12-2c)

9

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

March 19, 2024



10

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

March 19, 2024

يحدد ضغط السرعة الأساسي  $q_b$  بالعلاقة التالية:

$$q_b = \frac{1}{2} \rho V_b^2 \quad (12-9)$$

$\rho$  كتلة وحدة الحجم من الهواء حرارتها  $15^\circ\text{C}$  تحت ضغط جوي قدره 76 cm زئبق وتقدر بـ  $1.25 \text{ kg/m}^3$

يحدد ضغط السرعة الأعظمي  $q_b(z)$  عند ارتفاع  $z$  الذي يشتمل متوسط سرعة الرياح وتذبذبها قصير الأمد بالعلاقة التالية:

$$q_b(z) = C_e(z) \cdot q_b \quad (12-10)$$

يُسمى  $C_e(z)$  بمعامل التعرض exposure factor ويُحدد بالعلاقة التالية:

$$C_e(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot C_r^2(z) \cdot C_0^2(z)$$

$$I_v(z) = \frac{k_1}{C_0(z) \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} \quad \text{for } z_{min} \leq z \leq z_{max}$$

$$I_v(z) = I_v(z_{min}) \quad \text{for } z \leq z_{min}$$

ويحتوي الجدول (12-2) قيم معامل التعرض  $C_e(z)$  كتابع للارتفاع فوق سطح الأرض والتصنيف الموقع وذلك لأرض منبسطة

11

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

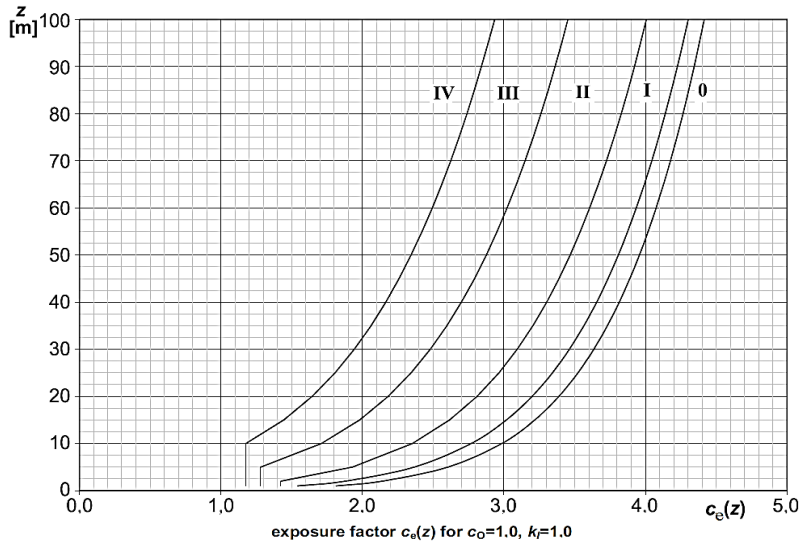
الجدول (12-2): معامل التعرض  $C_e(z)$

Z (m)	Zone 0	Zone I	Zone II	Zone III	Zone IV	Z (m)	Zone 0	Zone I	Zone II	Zone III	Zone IV
2	2.14	1.88	1.42	1.27	1.17	52	3.98	3.83	3.50	2.90	2.37
4	2.49	2.24	1.80	1.27	1.17	54	4.01	3.86	3.53	2.93	2.40
6	2.70	2.47	2.04	1.38	1.17	56	4.03	3.88	3.55	2.96	2.43
8	2.86	2.63	2.21	1.56	1.17	58	4.05	3.91	3.58	2.98	2.46
10	2.98	2.77	2.35	1.70	1.17	60	4.07	3.93	3.61	3.01	2.49
12	3.09	2.88	2.47	1.82	1.29	62	4.10	3.96	3.63	3.04	2.51
14	3.18	2.97	2.57	1.93	1.39	64	4.12	3.98	3.66	3.06	2.54
16	3.25	3.05	2.66	2.02	1.48	66	4.14	4.00	3.68	3.09	2.57
18	3.32	3.13	2.74	2.10	1.57	68	4.16	4.02	3.70	3.11	2.59
20	3.39	3.20	2.81	2.17	1.64	70	4.18	4.04	3.73	3.14	2.62
22	3.44	3.26	2.88	2.24	1.71	72	4.19	4.06	3.75	3.16	2.64
24	3.50	3.31	2.94	2.31	1.77	74	4.21	4.08	3.77	3.18	2.66
26	3.55	3.37	2.99	2.36	1.83	76	4.23	4.10	3.79	3.21	2.69
28	3.59	3.41	3.04	2.42	1.89	78	4.25	4.12	3.81	3.23	2.71
30	3.63	3.46	3.09	2.47	1.94	80	4.26	4.14	3.83	3.25	2.73
32	3.67	3.50	3.14	2.52	1.99	82	4.28	4.16	3.85	3.27	2.75
34	3.71	3.54	3.18	2.56	2.03	84	4.30	4.17	3.87	3.29	2.77
36	3.75	3.58	3.23	2.61	2.08	86	4.31	4.19	3.89	3.31	2.79
38	3.78	3.62	3.26	2.65	2.12	88	4.33	4.21	3.90	3.33	2.81
40	3.81	3.65	3.30	2.69	2.16	90	4.34	4.22	3.92	3.35	2.83
42	3.84	3.69	3.34	2.73	2.20	92	4.36	4.24	3.94	3.37	2.85
44	3.87	3.72	3.37	2.76	2.23	94	4.37	4.25	3.96	3.39	2.87
46	3.90	3.75	3.41	2.80	2.27	96	4.39	4.27	3.97	3.40	2.89
48	3.93	3.78	3.44	2.83	2.30	98	4.40	4.28	3.99	3.42	2.91
50	3.96	3.81	3.47	2.87	2.34	100	4.41	4.30	4.01	3.44	2.93

12

SSD2:

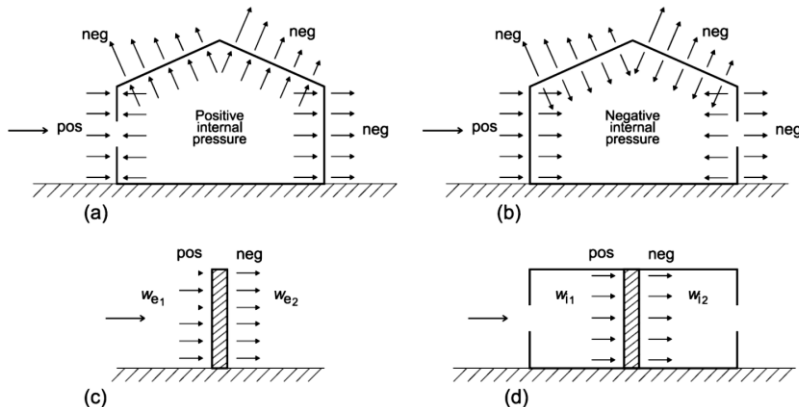
, 2024



الشكل (12-3) معامل التعرض  $C_e(z)$

### 12-3-2 أفعال الرياح Wind actions

يحدد تأثير الرياح على المنشآت والعناصر الإنشائية مع الأخذ بالحسبان ضغوط الرياح الخارجية والداخلية. فالضغط الصافي يساوي التراكم بين الضغطين على وجهي السطح مع مراعاة إشارتيهما. حيث يُعد الضغط الموجه نحو السطح موجباً، ويعد الضغط الموجه بعيداً عن السطح (شفط) سالباً.



### 12-3-2-1 ضغط الرياح على السطوح الخارجية

يُحدد ضغط الرياح  $w_e$  على السطوح الخارجية للمنشأ باستخدام العلاقة الآتية:

$$w_e = q_b(z_e) \times c_{pe} \quad (12-12)$$

$q_b$  ضغط السرعة الأعظمي

$z_e$  الارتفاع المرجعي للضغط الخارجي وسيتم شرحه في الفقرة الآتية

$c_{pe}$  معامل الضغط الخارجي وهو يعتمد على مساحة السطح  $A$  الخاضع لتأثير الرياح. ويحد من الجداول (12-3,4,5,6,7) لمساحة  $1 \text{ m}^2$  ويسمى  $c_{pe,1}$  ولمساحة  $10 \text{ m}^2$  ويدعى  $c_{pe,10}$  وذلك من أجل زوايا ورود للرياح  $0^\circ$  ،  $90^\circ$  ،  $180^\circ$ .

ويُستخدم  $c_{pe,1}$  لمساحات محلية محدودة لا تزيد عن  $1 \text{ m}^2$  مثل العناصر الصغيرة في الأسقف وفي طبقات التغطية أو عناصر التثبيت أما  $c_{pe,10}$  فيستخدم في تصميم العناصر الإنشائية الحاملة الرئيسية. ومن أجل مساحات تراوح بين  $1 \text{ m}^2$  و  $10 \text{ m}^2$  فيمكن حساب  $c_{pe}$  باستخدام العلاقة التالية:

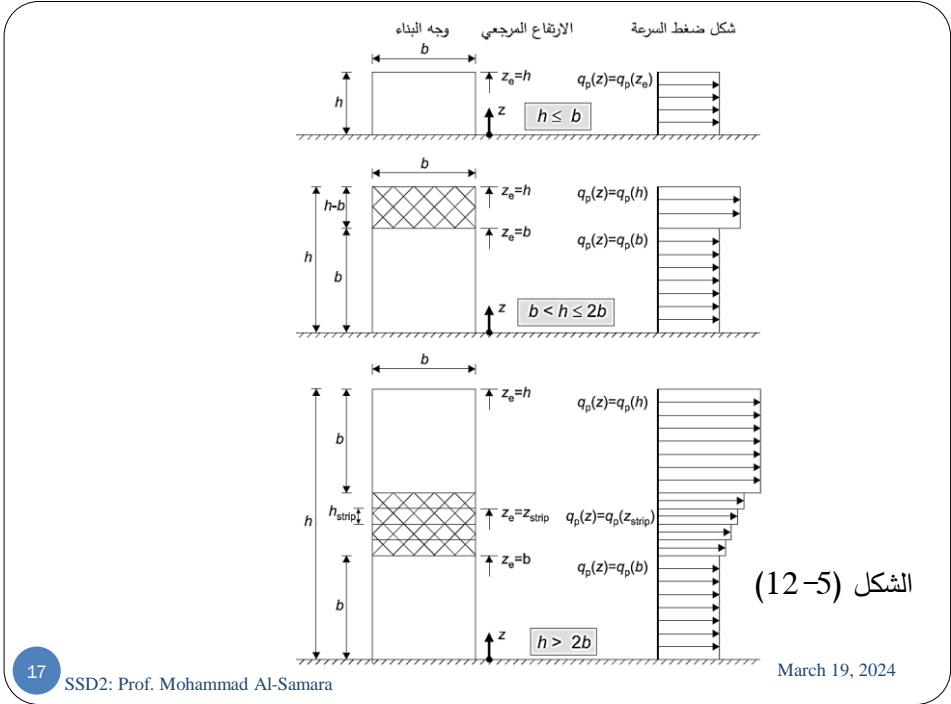
$$c_{pe} = c_{pe,1} - (c_{pe,1} - c_{pe,10}) \log_{10} A \quad \text{for } 1 \text{ m}^2 < A < 10 \text{ m}^2$$

### أولاً: الجدران الشاقولي للأبنية ذات المسقط المستطيل

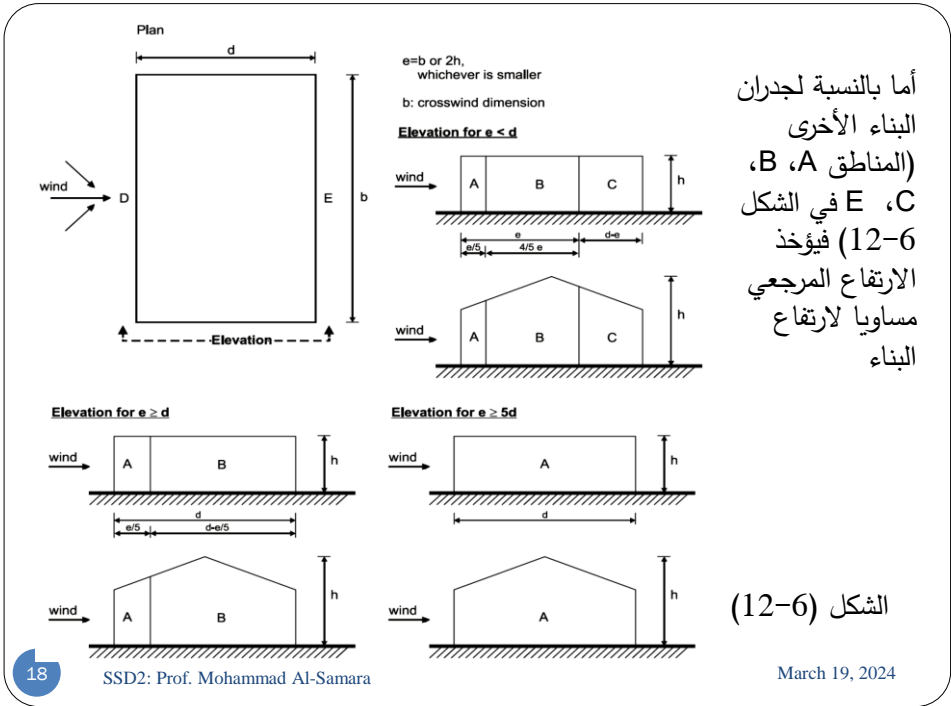
يعتمد الارتفاع المرجعي  $z_e$  للجدران المواجهة للرياح على نسبة البعدين  $h/b$  ويؤخذ دائماً مساوياً لارتفاع أعلى أجزاء الجدار كما هو موضح في الشكل (12-5) حيث تميز ثلاث حالات:

- يعتبر المبنى جزءاً واحداً عندما  $h \leq b$
- يعتبر المبنى جزئيين عندما  $b < h \leq 2b$ : الجزء الأول يمتد من الأرض حتى ارتفاع يساوي  $b$  والجزء الثاني يمتد على المتبقي من ارتفاع المبنى.
- يعتبر المبنى عدة أجزاء عندما  $h > 2b$ : جزء سفلي يمتد من الأرض حتى ارتفاع يساوي  $b$  وجزء علوي يمتد من أعلى المبنى باتجاه الأسفل مسافة تساوي  $b$  وجزء وسطي يقع بين الجزئين السابقين، يمكن تقسيم هذا الجزء إلى شرائح أفقية ارتفاع كل منها كما هو مبين في الشكل (12-5)





الشكل (12-5)



أما بالنسبة لجدران  
البناء الأخرى  
(المناطق A، B،  
C، E في الشكل  
12-6) فيؤخذ  
الارتفاع المرجعي  
مساوياً لارتفاع  
البناء

الشكل (12-6)

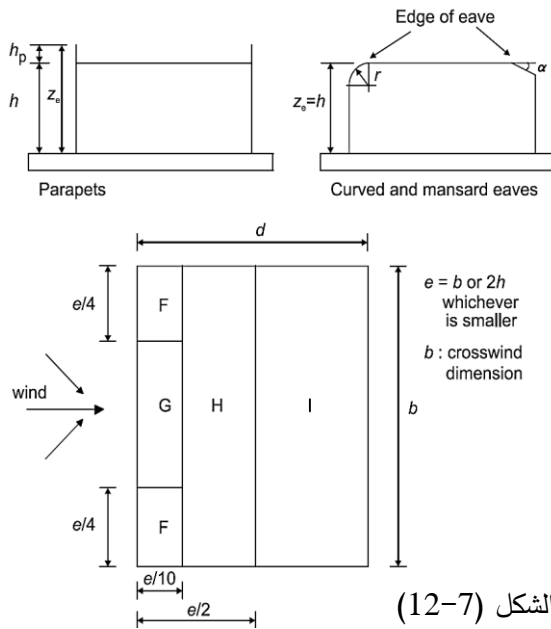
يُستخدم الجدول (12-3) لتحديد معاملي الضغط الخارجي  $C_{pe,10}$  و  $C_{pe,1}$  للمناطق A, B, C, D, E المحددة في الشكل (12-6)

الجدول (12-3): معاملي الضغط الخارجي على الجدران										
Zone	A		B		C		D		E	
h/d	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
5	-1.2	-1.4	-0.8	-1.1	-0.5	-0.5	+0.8	+1.0	-0.7	-0.7
1	-1.2	-1.4	-0.8	-1.1	-0.5	-0.5	+0.8	+1.0	-0.5	-0.5
$\leq 1/4$	-1.2	-1.4	-0.8	-1.1	-0.5	-0.5	+0.7	+1.0	-0.3	-0.3

19

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

March 19, 2024



ثانياً: الأسقف المستوية  
 يعد السطح مستويًا إذا كانت  
 زاوية ميله  $\alpha$  على الأفق  
 $-5^\circ < \alpha < 5^\circ$   
 يتم تقسيم السطح إلى مناطق  
 كما في الشكل (12-7)  
 وتحدد معاملات الضغط  
 الخارجي من الجدول (12-3)  
 (4) بحيث يعتبر الارتفاع  
 المرجعي مساوياً  $h$

الشكل (12-7)

20

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

March 19, 2024

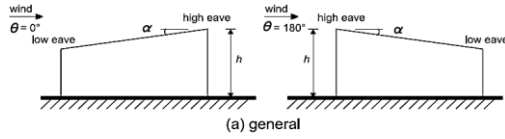
الجدول (4-12): معاملي الضغط الخارجي على الأسطح المستوية

Roof type		Zone							
		F		G		H		I	
		$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
Sharp eaves		-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2
With Parapets	$h_p/h=0,025$	-1,6	-2,2	-1,1	-1,8	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2
	$h_p/h=0,05$	-1,4	-2,0	-0,9	-1,6	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2
	$h_p/h=0,10$	-1,2	-1,8	-0,8	-1,4	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2
Curved Eaves	$r/h = 0,05$	-1,0	-1,5	-1,2	-1,8	-0,4		+0,2	-0,2
	$r/h = 0,10$	-0,7	-1,2	-0,8	-1,4	-0,3		+0,2	-0,2
	$r/h = 0,20$	-0,5	-0,8	-0,5	-0,8	-0,3		+0,2	-0,2
Mansard Eaves	$\alpha = 30^\circ$	-1,0	-1,5	-1,0	-1,5	-0,3		+0,2	-0,2
	$\alpha = 45^\circ$	-1,2	-1,8	-1,3	-1,9	-0,4		+0,2	-0,2
	$\alpha = 60^\circ$	-1,3	-1,9	-1,3	-1,9	-0,5		+0,2	-0,2

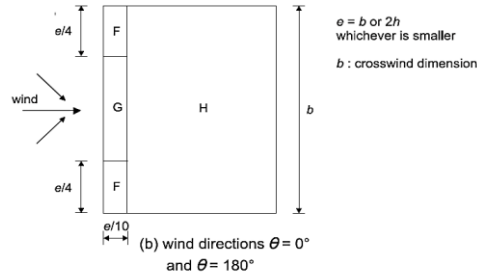
21

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

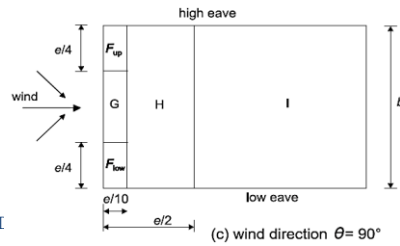
March 19, 2024



(a) general



(b) wind directions  $\theta = 0^\circ$  and  $\theta = 180^\circ$



(c) wind direction  $\theta = 90^\circ$

### الأسقف بميل واحد Monopitch roofs

يقسم السطح إلى مناطق بما فيه بروزات السقف إن وجدت ويعتبر الارتفاع المرجعي مساوياً  $h$  وتحدد معاملات الضغط الخارجي من الجدول (12-5)

الشكل (12-8)

22

SSI

March 19, 2024

الجدول (12-5a) معاملات الضغط الخارجي للأسقف بميل واحد

Pitch Angle $\alpha$	Zone for wind direction $\theta = 0^\circ$						Zone for wind direction $\theta = 180^\circ$					
	F		G		H		F		G		H	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
5°	-1.7	-2.5	-1.2	-2.0	-0.6	-1.2	-2.3	-2.5	-1.3	-2.0	-0.8	-1.2
	+0.0		+0.0		+0.0							
15°	-0.9	-2.0	-0.8	-1.5	-0.3		-2.5	-2.8	-1.3	-2.0	-0.9	-1.2
	+0.2		+0.2		+0.2							
30°	-0.5	-1.5	-0.5	-1.5	-0.2		-1.1	-2.3	-0.8	-1.5	-0.8	
	+0.7		+0.7		+0.4							
45°	-0.0		-0.0		-0.0		-0.6	-1.3	-0.5		-0.7	
	+0.7		+0.7		+0.6							
60°	+0.7		+0.7		+0.7		-0.5	-1.0	-0.5		-0.5	
75°	+0.8		+0.8		+0.8		-0.5	-1.0	-0.5		-0.5	

23

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

March 19, 2024

الجدول (12-5b) معاملات الضغط الخارجي للأسقف بميل واحد

Pitch Angle $\alpha$	Zone for wind direction $\theta = 90^\circ$									
	F <sub>up</sub>		F <sub>low</sub>		G		H		I	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
5°	-2.1	-2.6	-2.1	-2.4	-1.8	-2.0	-0.6	-1.2	-0.5	
15°	-2.4	-2.9	-1.6	-2.4	-1.9	-2.5	-0.8	-1.2	-0.7	-1.2
30°	-2.1	-2.9	-1.3	-2.0	-1.5	-2.0	-1.0	-1.3	-0.8	-1.2
45°	-1.5	-2.4	-1.3	-2.0	-1.4	-2.0	-1.0	-1.3	-0.9	-1.2
60°	-1.2	-2.0	-1.2	-2.0	-1.2	-2.0	-1.0	-1.3	-0.7	-1.2
75°	-1.2	-2.0	-1.2	-2.0	-1.2	-2.0	-1.0	-1.3	-0.5	

NOTE 1 At  $\theta = 0^\circ$  (see table a) the pressure changes rapidly between positive and negative values around a pitch angle of  $\alpha = +5^\circ$  to  $+45^\circ$ , so both positive and negative values are given. For those roofs, two cases should be considered: one with all positive values, and one with all negative values. No mixing of positive and negative values is allowed on the same face.

NOTE 2 Linear interpolation for intermediate pitch angles may be used between values of the same sign. The values equal to 0.0 are given for interpolation purposes

24

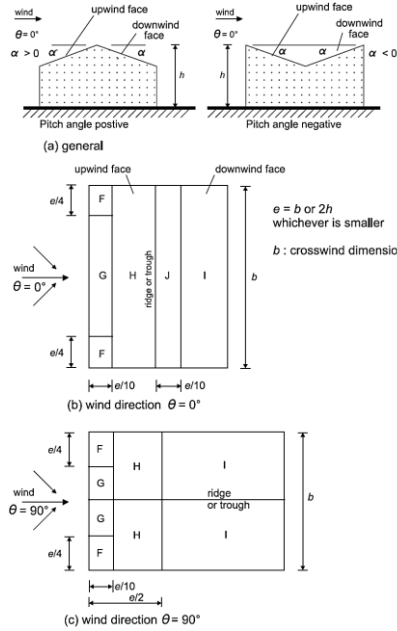
SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

March 19, 2024

## الأسقف ذات الميلين

### Duopitch roofs

يقسّم السطح إلى مناطق  
بما فيه بروزات السقف إن  
وجدت ويعتبر الارتفاع  
المرجعي مساوياً  $h$  وتحدد  
معاملات الضغط الخارجي  
من الجدول (12-6)



25

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

March 19, 2024

الجدول (12-6a) معاملات الضغط الخارجي للأسقف ذات الميلين

Pitch Angle $\alpha$	Zone for wind direction $\theta = 0^\circ$									
	F		G		H		I		J	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
-45°	-0.6		-0.6		-0.8		-0.7		-1.0	-1.5
-30°	-1.1	-2.0	-0.8	-1.5	-0.8		-0.6		-0.8	-1.4
-15°	-2.5	-2.8	-1.3	-2.0	-0.9	-1.2	-0.5		-0.7	-1.2
-5°	-2.3	-2.5	-1.2	-2.0	-0.8	-1.2	+0.2		+0.2	
							-0.6		-0.6	
5°	-1.7	-2.5	-1.2	-2.0	-0.6	-1.2			+0.2	
	+0.0		+0.0		+0.0		-0.6		-0.6	
15°	-0.9	-2.0	-0.8	-1.5	-0.3		-0.4		-1.0	-1.5
	+0.2		+0.2		+0.2		+0.0		+0.0	+0.0
30°	-0.5	-1.5	-0.5	-1.5	-0.2		-0.4		-0.5	
	+0.7		+0.7		+0.4		+0.0		+0.0	
45°	-0.0		-0.0		-0.0		-0.2		-0.3	
	+0.7		+0.7		+0.6		+0.0		+0.0	
60°	+0.7		+0.7		+0.7		-0.2		-0.3	
75°	+0.8		+0.8		+0.8		-0.2		-0.3	

NOTE 1 At  $\theta = 0^\circ$  the pressure changes rapidly between positive and negative values on the windward face around a pitch angle of  $\alpha = -5^\circ$  to  $+45^\circ$ , so both positive and negative values are given. For those roofs, four cases should be considered where the largest or smallest values of all areas F, G and H are combined with the largest or smallest values in areas I and J. No mixing of positive and negative values is allowed on the same face.

NOTE 2 Linear interpolation for intermediate pitch angles of the same sign may be used between values of the same sign. (Do not interpolate between  $\alpha = +5^\circ$  and  $\alpha = -5^\circ$ , but use the data for flat roofs in 7.2.3). The values equal to 0.0 are given for interpolation purposes

26

March 19, 2024

الجدول (12-6b) معاملات الضغط الخارجي للأسقف ذات الميلين

Pitch angle $\alpha$	Zone for wind direction $\theta = 90^\circ$							
	F		G		H		I	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
-45°	-1.4	-2.0	-1.2	-2.0	-1.0	-1.3	-0.9	-1.2
-30°	-1.5	-2.1	-1.2	-2.0	-1.0	-1.3	-0.9	-1.2
-15°	-1.9	-2.5	-1.2	-2.0	-0.8	-1.2	-0.8	-1.2
-5°	-1.8	-2.5	-1.2	-2.0	-0.7	-1.2	-0.6	-1.2
5°	-1.6	-2.2	-1.3	-2.0	-0.7	-1.2	-0.6	
15°	-1.3	-2.0	-1.3	-2.0	-0.6	-1.2	-0.5	
30°	-1.1	-1.5	-1.4	-2.0	-0.8	-1.2	-0.5	
45°	-1.1	-1.5	-1.4	-2.0	-0.9	-1.2	-0.5	
60°	-1.1	-1.5	-1.2	-2.0	-0.8	-1.0	-0.5	
75°	-1.1	-1.5	-1.2	-2.0	-0.8	-1.0	-0.5	

27

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

March 19, 2024

### 12-3-2-2 الضغط الداخلي internal pressure

: نظراً لأن البناء لا يمكن أن يكون محكم الإغلاق ويمكن أن يكون مفتوحاً جزئياً بسبب النوافذ أو الأبواب أو فتحات التهوية .... فإن السطوح الداخلية للبناء ستتعرض إلى ضغوط موجبة أو سالبة (شفط) وذلك طبقاً لوجود الفتحات على جدار البناء المواجه لاتجاه الرياح (Windward) أو على واجهة البناء الخلفية (Leeward)،

يُعد أحد أوجه المبنى مهيمناً عندما تكون مساحة الفتحات في هذا الوجه ضعف مساحة الفتحات والتسربات في الوجه المتبقية للمبنى. عندما تكون مساحة الفتحات في الوجه المهيم ضعف مساحة الفتحات في الوجه المتبقية يحدد معامل الضغط الداخلي بالعلاقة الآتية:

$$c_{pi} = 0.75 c_{pe} \quad (12-14)$$

وعندما تكون مساحة الفتحات في الوجه المهيم ثلاثة أمثال مساحة الفتحات في الوجه المتبقية يحدد معامل الضغط الداخلي بالعلاقة الآتية:

$$c_{pi} = 0.90 c_{pe} \quad (12-15)$$

28

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

March 19, 2024

عندما تكون مساحة الفتحات في الوجه المهيمن بين 2 و 3 أضعاف مساحة الفتحات في الوجوه المتبقية، يمكن استخدام الاستيفاء الخطي لحساب  $C_{pi}$  بالنسبة للمباني التي ليس لها وجه مهيمن، يمكن أخذ  $C_{pi}$  مساوية +0.2 أو -0.3 أيها تعطي الحالة الأسوأ.

### 12-3-2-3 ضغط الرياح الكلي

يجب الأخذ بالحسبان أن الضغوط الداخلية والخارجية يمكن أن تحدث في نفس الوقت لذا يجب أن يراعى أسوأ حالة تراكب بينها من أجل مجاميع الفتحات المحتملة ومسارات التسرب الأخرى. وعليه يُحدد ضغط الرياح الكلي على الجدران أو الأسقف كتراكيب بين الضغط على الوجه الخارجي والضغط على الوجه الداخلي ليعطي الحالة الأخطر للعنصر قيد الدراسة من المنشأ. وعليه يمكن تحديد ضغط الرياح الكلي وفق العلاقة (12-16) مع التأكيد أن إشارة الجمع تعني التراكب بين الضغطين للحصول على حالة التحميل الأخطر.

$$p = (c_{pe} + c_{pi}) q_p(z_e) \quad (12-16)$$

29

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

March 19, 2024

### 12-3-2-5 قوى السحب الناتجة عن احتكاك الرياح

تضاف إلى القوى الناتجة عن الرياح المحسوبة وفق الفقرات السابقة قوة سحب ناتجة عن احتكاك الرياح بالبناء وتُحدد بالعلاقة الآتية:

$$F_{fr} = c_{fr} \cdot q_p(z_e) \cdot A_{fr}$$

$c_{fr}$  معامل الاحتكاك للجدران والأسطح ويحدد من الجدول (12-9).  
 $A_{fr}$  مساحة السطح الخارجي المرجعي الموازي للرياح الواقع على بعد  $2b$  أو  $4h$  من حافة البناء المواجهة للرياح أيها أصغر، انظر الشكل (12-12)

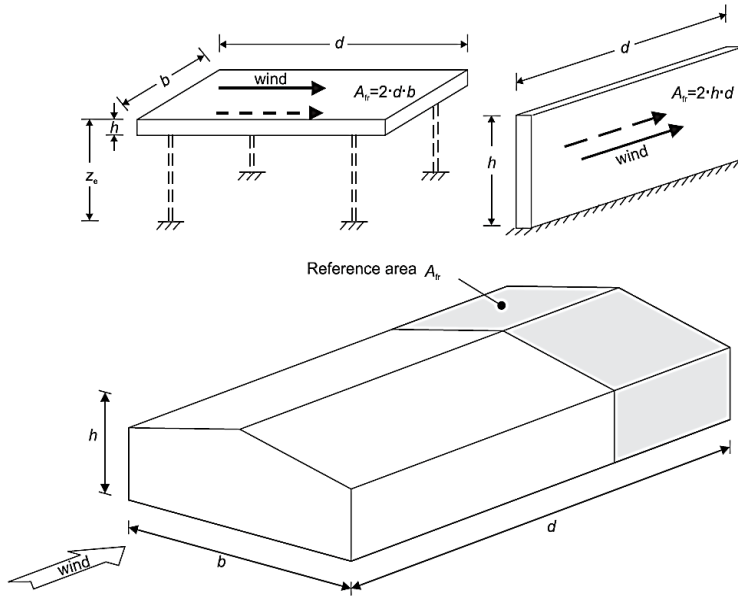
الجدول (12-9) معاملات الاحتكاك للجدران والأسقف والتساوين

$c_{fr}$	خشونة طبقات التغطية
0.01	سطوح لمساء (معدنية أو خرسانية ناعمة) بدون تمويج أو تضليع أو أعصاب متعامدة مع اتجاه الرياح
0.02	سطوح خشنة (خرسانة خشنة، ألواح خشبية، ...)
0.04	سطوح خشنة جداً (ذات تمويج أو أضلاع أو أعصاب متعامدة مع اتجاه الرياح)

30

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

March 19, 2024



31

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

March 19, 2024

#### 12-4 أحمال الثلج Snow loads

تُقدر أحمال الثلج،  $s$ ، بناءً على الحمولة المميزة،  $s_k$ ، الناتجة عن سماكة موحدة من الثلج المتراكم في ظروف هادئة على أرض مستوية. ثم تعدل لمراعاة شكل السقف وتأثير الرياح على توزيع الثلج

$$s = \mu_i C_e C_t s_k$$

$C_e$  معامل التعرض يأخذ بالحسبان ظروف الرياح الأكثر شدة ويأخذ قيم 0.8 و 1.0 و 1.2 عموماً يتم أخذه مساوياً 1.0.

$C_t$  معامل حراري يأخذ بالحسبان ظروف العزل الحراري للسقف ويأخذ قيمة أقل من الواحد إذا كان السقف مدفأً

32

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

March 19, 2024



$S_k$  الحمولة المميزة وتُستخرج من خرائط الثلج للدولة، وترتبط مباشرة بالموقع الجغرافي. ومن أجل سورية حيث لا تتوفر حالياً مثل هذه الخرائط فيمكن اعتماد القيم الناتجة عن تطبيق المعادلة التالية التي تخص احدى الدول الأوروبية المتوسطة ذات المناخ المشابه لمناخ سورية

$$s_k = (0.498 \times Z - 0.209) \left[ 1 + \left( \frac{A}{524} \right)^2 \right] \text{ kN/m}^2 \quad (12-18)$$

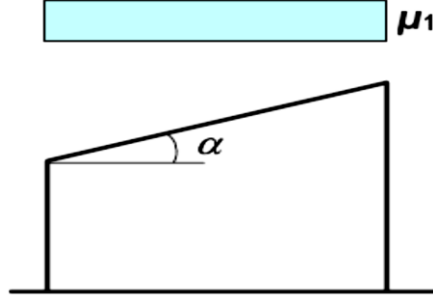
$A$  ارتفاع المنطقة فوق سطح البحر مقدراً بالمتراً

$Z$  رقم المنطقة على خريطة الثلج ويمكن اعتماد  $Z=1.0$  للمدن الداخلية الرئيسية

$\mu_i$  معامل شكل حمل الثلج ويتعلق بشكل السقف وميله ويبين الجدول (12-10) قيم هذا المعامل وموضحة أيضاً في الشكل (12-13). تجدر الملاحظة أن القيم المأخوذة من الجدول صحيحة عندما لا يتم منع الثلج من الانزلاق عن السطح، وفي حالة وجود عوائق كوجود تصوينه عند الحافة السفلية للسقف، فيجب ألا يقل معامل شكل حمل الثلج عن 0.8.

الجدول (12-10) معامل شكل حمل الثلج			
زاوية ميل السقف	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
معامل الشكل $\mu_1$	0.8	$0.8(60 - \alpha)/30$	0.0
معامل الشكل $\mu_2$	$0.8 + 0.8\alpha/30$	1.6	0.0

يوضح الشكل (12-14) مخططاً نموذجياً لأحمال الثلج على سطح وحيد الميل



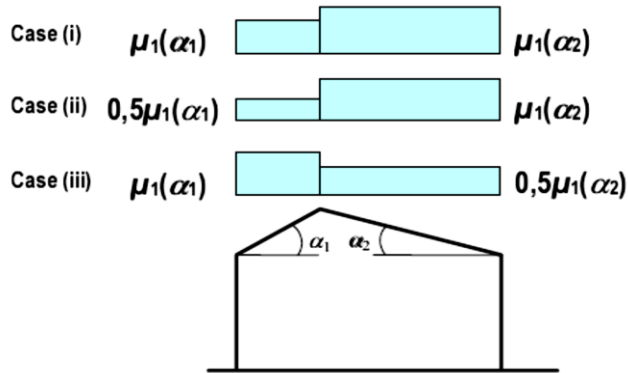
الشكل (12-14): مخطط نموذجي لأحمال الثلج على سطح أحادي الميل

35

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

March 19, 2024

يبين الشكل (12-15) مخططاً نموذجياً لأحمال الثلج على سطح ثنائي الميل. ويجب الرجوع إلى الكود الأوروبي EN 1991-1-3:2003 من أجل أشكال أخرى من الأسطح

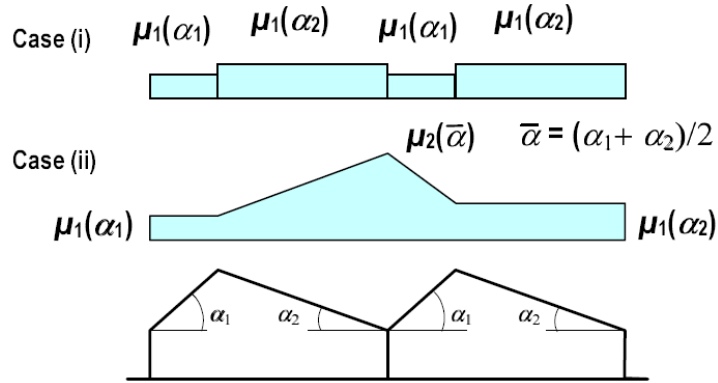


الشكل (12-15): مخطط نموذجي لأحمال الثلج على سطح ثنائي الميل

36

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

March 19, 2024



الشكل (12-16) مخططاً نموذجياً لأحمال الثلج على سطح متعدد الفتحات

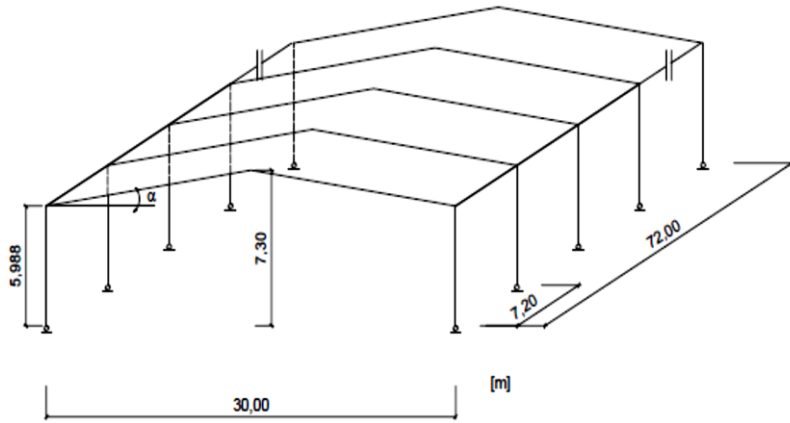
### مثال (12-1)

احسب أحمال الرياح وأحمال الثلج على اطار داخلي من المبنى الصناعي ذي الجملة الإنشائية المبينة في الشكل أدناه علماً أن:

الطول الكلي:  $b=72.0$  m ، المجاز:  $d=30.0$  m ، التباعد بين الإطارات:  $s=7.2$  m

الارتفاع الأعظمي:  $h=7.3$  m ، زاوية ميل السقف:  $\alpha=5^\circ$  ، الارتفاع حتى الكتف:  $h_1=5.988$  m

وأن المنشأ سيثاد في منطقة ذات قيمة أولية لسرعة الرياح الأساسية:  $V_{b,0}=26$  m/s وتصنيف خشونة موقعها II ويرتفع 700 m عن سطح البحر



39

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

March 19, 2024

### أولاً: أحمال الرياح:

تحدد سرعة الرياح الأساسية  $V_b$  كما يلي

$$V_b = C_{dir} \cdot C_{season} \cdot V_{b,0} = 1.0 \times 1.0 \times 26 = 26 \text{ m/s}$$

بما أن صنف خشونة الموقع II وبالعودة للجدول (12-1) نجد أن:

$$z_0 = 0.05, \quad z_{min} = 2 \text{ m} \leq z = 7.5 \text{ m} \leq z_{max} = 200 \text{ m}$$

وتحدد سرعة الرياح المتوسطة  $V_m$  كما يلي:

$$C_o(z) = 1.0$$

$$k_r = 0.19 \cdot \left( \frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0.07} = 0.19 \cdot \left( \frac{0.05}{0.05} \right)^{0.07} = 0.19$$

$$C_r(z) = k_r \ln \left( \frac{z}{z_0} \right) = 0.19 \times \ln \left( \frac{7.5}{0.05} \right) = 0.952$$

$$V_m(z) = C_r(z) \cdot C_o(z) \cdot V_b = 0.952 \times 1.0 \times 26 = 24.75 \text{ m/s}$$

40

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

March 19, 2024

تحدد شدة اضطراب الرياح بالعلاقة التالية:

$$I_v(z) = \frac{k_1}{C_0(z) \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = \frac{1.0}{1.0 \cdot \ln\left(\frac{7.5}{0.05}\right)} = 0.2$$

ويُحدد معامل التعرض كما يلي:

$$C_e(7.5) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot C_r^2(z) \cdot C_0^2(z) \\ = [1 + 7 \times 0.2] \times 0.952^2 \times 1.0 = 2.175$$

يحدد ضغط السرعة الأساسي  $q_b$  كما يلي:

$$q_b = \frac{1}{2} \rho V_b^2 = \frac{1}{2} \times 1.25 \times 26^2 = 422.5 \text{ N/m}^2$$

يحدد ضغط السرعة الأعظمي عند ارتفاع  $z=7.5 \text{ m}$

$$q_b(z = 7.5) = C_e(z) \cdot q_b = 2.175 \times 422.5 = 917 \text{ N/m}^2$$

بما أن مساحة المنطقة المدروسة أكبر من  $10 \text{ m}^2$  فإن  $c_{pe} = c_{pe,10}$

41

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

March 19, 2024

• عندما تهب الرياح عمودية على البناء

لتحديد معاملات الضغط الخارجي على الجدران الشاقولية انظر الشكل (12-5) واستخدم الجدول (12-3)

$$\frac{h}{d} = \frac{7.3}{30} = 0.24 < 0.25 \Rightarrow$$

$$c_{pe} = 0.7 \text{ for wall D}$$

$$c_{pe} = -0.3 \text{ for wall E}$$

لتحديد معاملات الضغط الخارجي على السقف انظر الشكل (12-9) واستخدم

الجدول (12-6) علماً أن للسقف ميلين وأن كل منهما يميل بزاوية  $\alpha=5^\circ$

$$\theta = 0^\circ \text{ (wind direction)}$$

$$e = \min(b; 2h) = \min(72.0; 14.6) = 14.6 \text{ m}$$

$$c_{pe} = -1.2 \text{ for roof G}$$

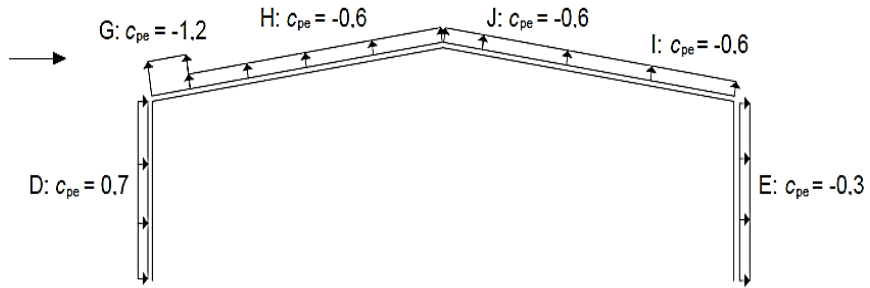
$$c_{pe} = -0.6 \text{ for roof s H, I, J}$$

42

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

March 19, 2024

يبين الشكل أدناه معاملات الضغط الخارجي على المناطق D, E, G, H, I, J

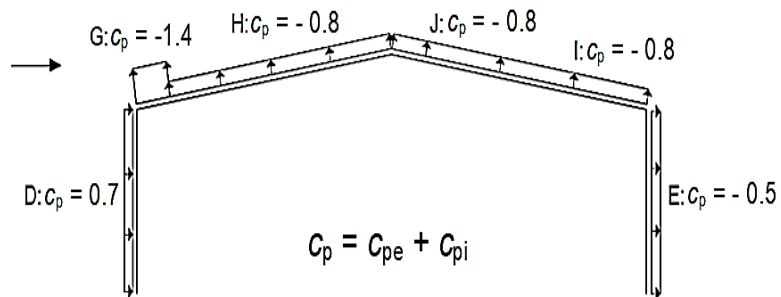


43

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

March 19, 2024

ويبين الشكل أدناه التركيب الأسوأ بين معاملي الضغط الخارجي والداخلي حيث تم أخذ  $C_{pi} = +0.2$  الذي يؤدي إلى حالة التحميل الأسوأ .



44

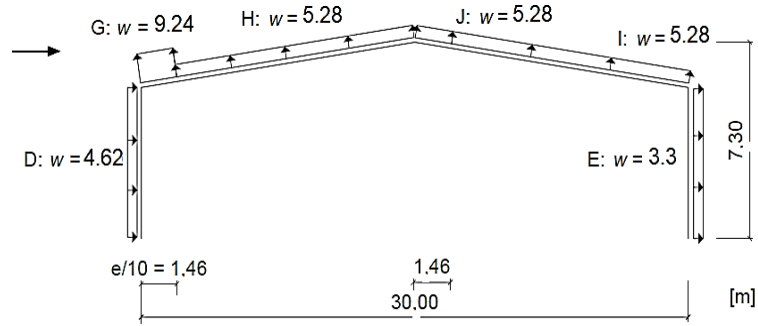
SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

March 19, 2024

تحدد أحمال الرياح على اطار داخلي من البناء آخذين بالحسبان أن المسافة بين الإطارات  $s=7.2$  m بالعلاقة الآتية:

$$w = (c_{pe} + c_{pi}) \times q_p \times s$$

يبين الشكل أدناه أحمال الرياح على الاطار مقدره بـ kN/m



45

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

March 19, 2024

• عندما تهب الرياح موازية للبناء

لتحديد معاملات الضغط الخارجي على الجدران الشاقولية انظر الشكل (12-5) واستخدم الجدول (12-3)

$$e = \min(b: 2h) = \min(30.0: 14.6) = 14.6 \text{ m}$$

$$\frac{h}{d} = \frac{7.3}{72.0} = 0.1 < 0.25 \Rightarrow$$

$$c_{pe} = -0.5 \text{ for wall C (0.8e away from end of building)}$$

لتحديد معاملات الضغط الخارجي على السقف انظر الشكل (12-9) واستخدم

الجدول (12-6) علماً أن للسقف ميلين وأن كل منهما يميل بزاوية  $\alpha=50^\circ$

$$\theta = 90^\circ \text{ (wind direction)}$$

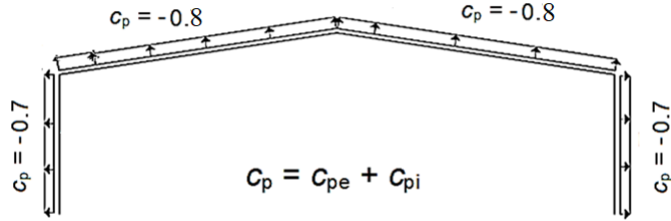
$$c_{pe} = -0.6 \text{ for roof zone I}$$

46

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

March 19, 2024

ويبين الشكل أدناه التركيب الأسوأ بين معاملي الضغط الخارجي والداخلي حيث تم أخذ  $c_{pi}=+0.2$  الذي يؤدي إلى حالة التحميل الأسوأ



47

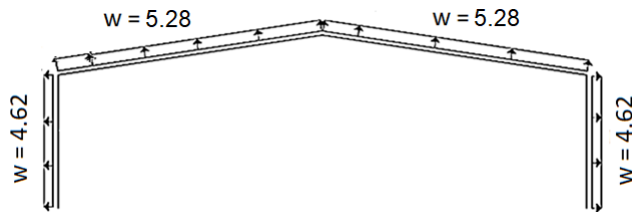
SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

March 19, 2024

تحدد أحمال الرياح على اطار داخلي من البناء آخذين بالحسبان أن المسافة بين الإطارات  $s=7.2$  m بالعلاقة الآتية:

$$w = (c_{pe} + c_{pi}) \times q_p \times s$$

يبين الشكل أدناه أحمال الرياح على الاطار مقدره بـ kN/m



48

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

March 19, 2024



### ثانياً: أحمال الثلج

تُحدد حمولة الثلج المميزة على الأرض بتطبيق العلاقة التالية:

$$s_k = (0.498 \times Z - 0.209) \left[ 1 + \left( \frac{A}{524} \right)^2 \right]$$
$$s_k = (0.498 \times 1.0 - 0.209) \left[ 1 + \left( \frac{700}{524} \right)^2 \right] = 0.805 \text{ kN/m}^2$$

لتحديد حمل الثلج على السطح لا بد من تحديد معاملات الشكل  $\mu_1$  لتعديل حمل الثلج على الأرض. وبالعودة إلى الجدول (10-12) آخذين بالحسبان زاوية ميل السقف نجد:  
 $0^\circ < \alpha = 5^\circ < 30^\circ \Rightarrow \mu_1 = 0.8$

وعليه تُحدد حمولة الثلج على السطح بتطبيق العلاقة التالية:

$$s = \mu_i C_e C_t s_k = 0.8 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.805 = 0.65 \text{ kN/m}^2$$

49

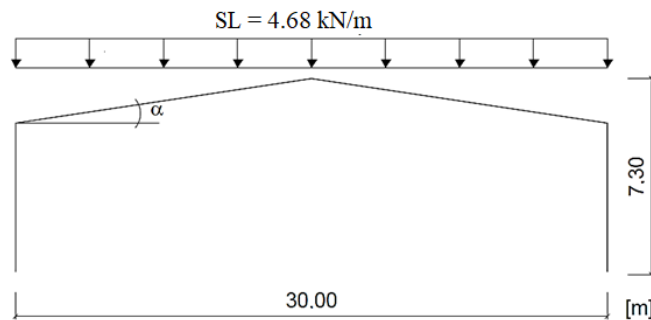
SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

March 19, 2024

وباعتبار أن المسافة بين الإطارات 7.2 m فيكون حمل الإطار الداخلي مساوياً:

$$SL = 0.64 \times 7.2 = 4.68 \text{ kN/m}$$

ويبين الشكل التالي أحمال الثلج على الإطار



50

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

March 19, 2024

THANK YOU

51

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

March 19, 2024