

علاقات وجداول مفيدة لمقرر تصميم المنشآت معدنية 2

(يُسمح بادخالها للإمتحان)



أ.د. محمد السمارة

PARTIAL FACTORS FOR RESISTANCE

Structural steel

$$\gamma_{M0} = 1.0$$

$$\gamma_{M1} = 1.0$$

$$\gamma_{M2} = 1.1$$

Parts in connections

$$\gamma_{M2} = 1.25 \text{ (bolts, welds, plates in bearing)}$$

Table 3.1. Values for yield strength f_y and ultimate tensile strength f_u from product standards (EN 10025-2 and EN 10210-1)

Steel grade	Thickness range (mm)	Yield strength, f_y (N/mm ²)	Thickness range (mm)	Ultimate tensile strength, f_u (N/mm ²)
S235	$t \leq 16$	235	$t < 3$	360
	$16 < t \leq 40$	225		
	$40 < t \leq 63$	215	$3 \leq t \leq 100$	360
	$63 < t \leq 80$	215		
	$80 < t \leq 100$	215		
S275	$t \leq 16$	275	$t < 3$	430
	$16 < t \leq 40$	265		
	$40 < t \leq 63$	255	$3 \leq t \leq 100$	410
	$63 < t \leq 80$	245		
	$80 < t \leq 100$	235		
S355	$t \leq 16$	355	$t < 3$	510
	$16 < t \leq 40$	345		
	$40 < t \leq 63$	335	$3 \leq t \leq 100$	470
	$63 < t \leq 80$	325		
	$80 < t \leq 100$	315		

أ.د. محمد السمارة

التراكيب الأساسية للأحمال

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} "+" \gamma_P P "+" \gamma_{Q,1} Q_{k,1} "+" \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

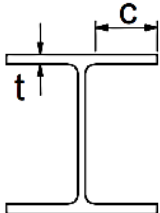
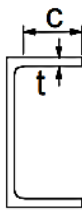
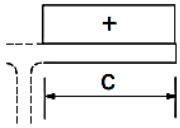
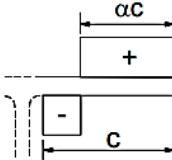
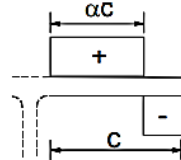
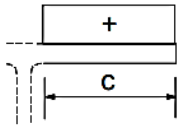
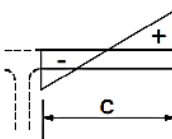
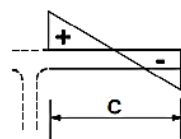
$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} "+" \gamma_P P "+" \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} "+" \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

$$\sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} "+" \gamma_P P "+" \gamma_{Q,1} Q_{k,1} "+" \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Table NA.A1.1 — Values of ψ factors for buildings to EN 1990

Action أفعال الأحمال	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Imposed loads in buildings, category (see EN 1991-1-1) الأحمال الحية في الأبنية حسب أصنافها			
Category A: domestic, residential areas أبنية سكنية	0.7	0.5	0.3
Category B: office areas أبنية مكاتب	0.7	0.5	0.3
Category C: congregation areas أبنية عبادة أو احتفالات	0.7	0.7	0.6
Category D: shopping areas مناطق تسوق	0.7	0.7	0.6
Category E: storage areas مناطق مستودعات	1.0	0.9	0.8
Category F: traffic area, vehicle weight $\leq 30\text{kN}$ كراجات $\leq 30\text{kN}$ وزن العرببة	0.7	0.7	0.6
Category G: traffic area, $30\text{kN} < \text{vehicle weight} \leq 160\text{kN}$ كراجات $30\text{kN} < \text{وزن العرببة} \leq 160\text{kN}$	0.7	0.5	0.3
Category H: roofs ^a أسقف	0.7	0	0
Snow loads on buildings (see EN 1991-1-3) أحمال الثلج			
For sites located at altitude – $H > 1000\text{ m a.s.l.}$ مواقع ارتفاعها عن سطح البحر يزيد على 1000 متر	0.7	0.5	0.2
For sites located at altitude – $H \leq 1000\text{ m a.s.l.}$ مواقع ارتفاعها عن سطح البحر لا يزيد من 1000 متر	0.5	0.2	0
Wind loads on buildings (see EN 1991-1-4) أحمال الرياح	0.5	0.2	0
Temperature (non-fire) in buildings (see EN 1991-1-5) أحمال الحرارة عدا الحريق	0.6	0.5	0
^a See EN1991-1-1: Clause 3.3.2 (1): On roofs, imposed loads need not be applied in combination with either snow loads and/or wind loads لا يجوز تركيب الأحمال الحية مع أحمال الثلج أو مع أحمال الرياح			

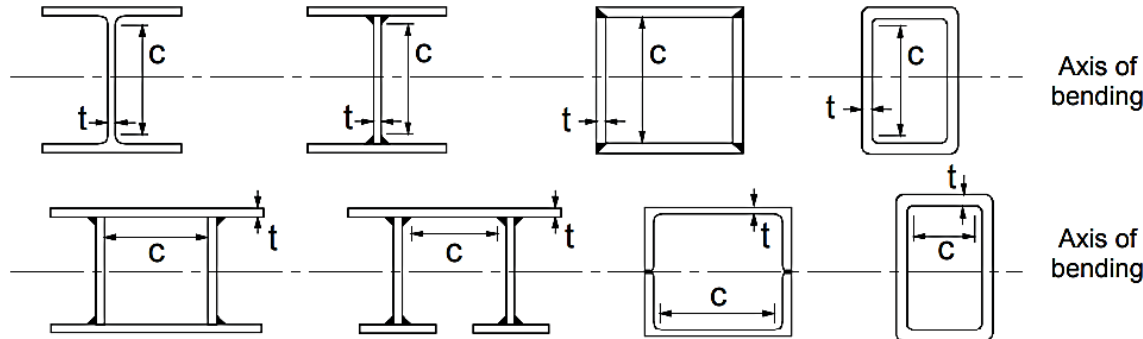
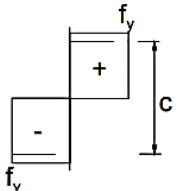
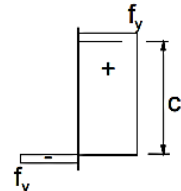
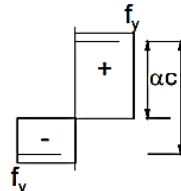
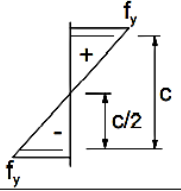
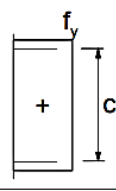
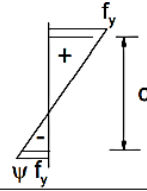
Classification of cross sections

Outstand flanges			
			
Rolled sections		Welded sections	
Class	Part subject to compression	Part subject to bending and compression	
		Tip in compression	Tip in tension
Stress distribution in parts (compression positive)			
1	$c/t \leq 9\epsilon$	$c/t \leq \frac{9\epsilon}{\alpha}$	$c/t \leq \frac{9\epsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$
2	$c/t \leq 10\epsilon$	$c/t \leq \frac{10\epsilon}{\alpha}$	$c/t \leq \frac{10\epsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$
Stress distribution in parts (compression positive)			
3	$c/t \leq 14\epsilon$	$c/t \leq 21\epsilon\sqrt{k_\sigma}$ For k_σ see EN 1993-1-5	

$$\epsilon = \sqrt{235/f_y}$$

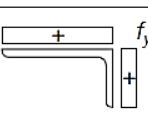
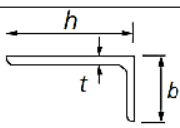
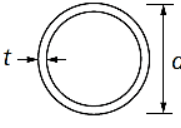


أ.د. محمد السمارة

Internal compression parts			
			
Class	Part subject to bending	Part subject to compression	Part subject to bending and compression
Stress distribution in parts (compression positive)			
1	$c/t \leq 72\varepsilon$	$c/t \leq 33\varepsilon$	when $\alpha > 0,5$: $c/t \leq \frac{396\varepsilon}{13\alpha - 1}$ when $\alpha \leq 0,5$: $c/t \leq \frac{36\varepsilon}{\alpha}$
2	$c/t \leq 83\varepsilon$	$c/t \leq 38\varepsilon$	when $\alpha > 0,5$: $c/t \leq \frac{456\varepsilon}{13\alpha - 1}$ when $\alpha \leq 0,5$: $c/t \leq \frac{41,5\varepsilon}{\alpha}$
Stress distribution in parts (compression positive)			
3	$c/t \leq 124\varepsilon$	$c/t \leq 42\varepsilon$	when $\psi > -1$: $c/t \leq \frac{42\varepsilon}{0,67 + 0,33\psi}$ when $\psi \leq -1^*)$: $c/t \leq 62\varepsilon(1 - \psi)\sqrt{(-\psi)}$
*) $\psi \leq -1$ applies where either the compression stress $\sigma \leq f_y$ or the tensile strain $\varepsilon_y > f_y/E$			



أ.د. محمد السمارة

Class	Section in compression
Stress distribution across section (compression positive)	  Angles
3	$h/t \leq 15\epsilon: \frac{b+h}{2t} \leq 11.5\epsilon$
 Tubular sections	
Class	Section in bending and/or compression
1	$d/t \leq 50\epsilon^2$
2	$d/t \leq 70\epsilon^2$
3	$d/t \leq 90\epsilon^2$
	NOTE For $d/t > 90\epsilon^2$ see EN 1993-1-6

Tension Member Design

The Eurocode 3 design expression for yielding of the gross cross-section (plastic resistance) is therefore given as

$$N_{pl,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} \quad (6.6)$$

And for the ultimate resistance of the net cross-section (defined in *clause 6.2.2.2*), the Eurocode 3 design expression is

$$N_{u,Rd} = \frac{0.9 A_{net} f_u}{\gamma_{M2}} \quad (6.7)$$



أ.د. محمد السمارة

The tension resistance for angle sections connected through one leg must take into account the eccentricity between cross-section centroid where tension is applied and the centroid of the leg where it is resisted. Accordingly, the cross-section should be checked for tension and bending. This check may be avoided if the resistance to tension is determined from:

- for connection with one bolt (Fig. 3.4a):

$$N_{u,Rd} = \frac{2.0 \cdot (e_2 - 0.5d_0) \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{M2}} \quad (3.9)$$

- for connection with two bolts (Fig. 3.4b):

$$N_{u,Rd} = \frac{\beta_2 \cdot A_{\text{net}} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} \quad (3.10)$$

- for connection with three or more bolts (Fig. 3.4c):

$$N_{u,Rd} = \frac{\beta_3 \cdot A_{\text{net}} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} \quad (3.11)$$

where

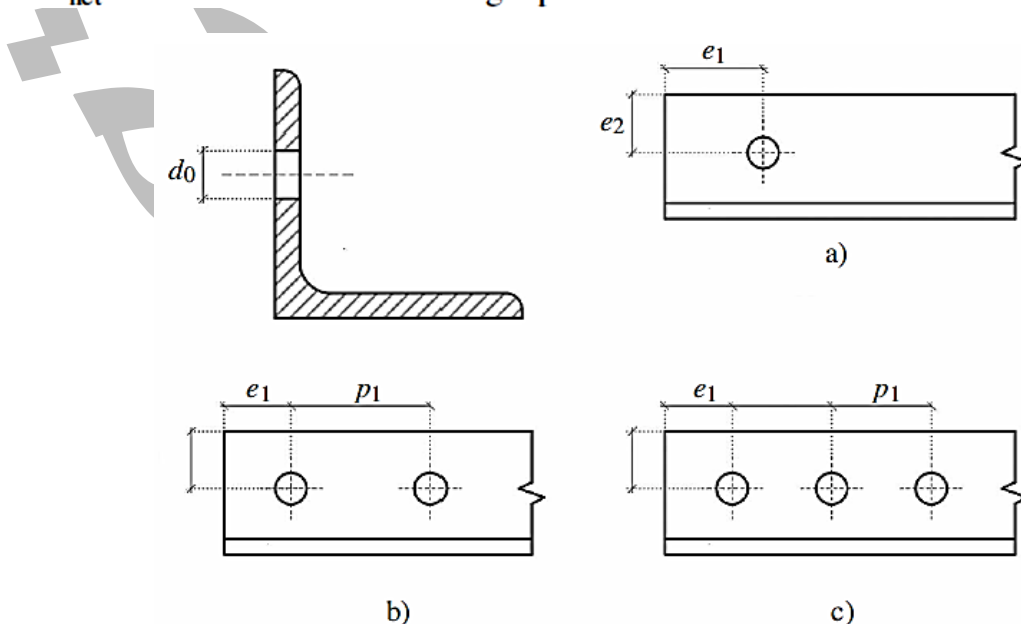
$$\beta_2 = 0.4 \text{ if } p_1 \leq 2.5d_0$$

$$\beta_2 = 0.7 \text{ if } p_1 \geq 5.0d_0$$

$$\beta_3 = 0.5 \text{ if } p_1 \leq 2.5d_0$$

$$\beta_3 = 0.7 \text{ if } p_1 \geq 5.0d_0 \text{ and}$$

A_{net} is the net section of the angle profile.



أ.د. محمد السمارة

Compression Member Design

$$N_{Ed} \leq N_{c.Rd}$$

1. من أجل المقاطع من الصنف 1 أو 2 أو 3 (غير النحيفة): $N_{c.Rd} = \frac{Af_y}{\gamma_{M0}}$

2. من أجل المقاطع من الصنف 4 (النحيفة): $N_{c.Rd} = \frac{A_{eff}f_y}{\gamma_{M0}}$

$$N_{Ed} \leq N_{b.Rd}$$

1. للمقاطع من الصنف 1 أو 2 أو 3 : $N_{b.Rd} = \frac{\chi Af_y}{\gamma_{M1}}$

2. للمقاطع من الصنف 4 : $N_{b.Rd} = \frac{\chi A_{eff}f_y}{\gamma_{M1}}$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \leq 1$$

$$\phi = 0.5[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2]$$

• للمقاطع من الصنف 1 أو 2 أو 3 :

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{cr}}} = \frac{L_{cr}}{i} \frac{1}{\lambda_1}$$

• للمقاطع من الصنف 4 :

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff}f_y}{N_{cr}}} = \frac{L_{cr}}{i} \sqrt{\frac{A_{eff}/A}{\lambda_1}}$$

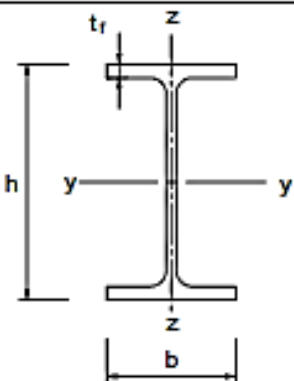
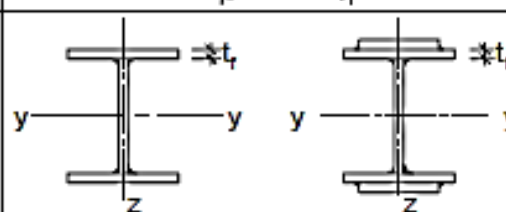
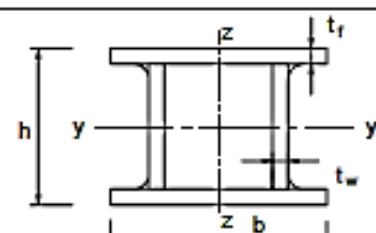
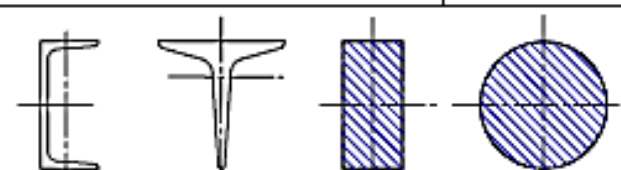
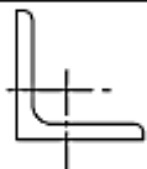
$$\lambda_1 = \pi \sqrt{E/f_y}$$

f_y (MPa)	235	275	355	460
λ_1	93.8	86.8	76.37	67.1

d	c	b	a	a_0	منحني التحنيب
0.76	0.49	0.34	0.21	0.13	معامل سوء الصنع α



أ.د. محمد السمارة

Cross section		Limits	Buckling about axis	Buckling curve	
				S 235 S 275 S 355 S 420	S 460
Rolled sections		$h/b > 1.2$	$t_f \leq 40 \text{ mm}$	y-y z-z	a a ₀
			$40 \text{ mm} < t_f \leq 100$	y-y z-z	b a
		$h/b \leq 1.2$	$t_f \leq 100 \text{ mm}$	y-y z-z	b a
			$t_f > 100 \text{ mm}$	y-y z-z	d c
Welded I-sections		$t_f \leq 40 \text{ mm}$	y-y z-z	b c	b c
		$t_f > 40 \text{ mm}$	y-y z-z	c d	c d
Hollow sections		hot finished	any	a	a ₀
		cold formed	any	c	c
Welded box sections		generally (except as below)	any	b	b
		thick welds: $a > 0.5t_f$ $b/t_f < 30$ $h/t_w < 30$	any	c	c
U-, T- and solid sections			any	c	c
L-sections			any	b	b



أ.د. محمد السمارة

Design of Beams

Shear resistance $V_{pl,Rd} = A_v \frac{f_y/\sqrt{3}}{\gamma_{M0}}$

مساحة القص الفعالة	
$A_v = A - 2bt_f + (t_w + 2r)t_f$	للمقاطع المدرفلة I و H عندما يكون الحمل موازياً للجسد
$A_v = A - 2bt_f + (t_w + r)t_f$	للمقاطع المدرفلة [(المجراية) عندما يكون الحمل موازياً للجسد
$A_v = h_w t_w$	للمقاطع الملحومة I و H والصندوقية عندما يكون الحمل موازياً للجسد
$A_v = A - h_w t_w$	للمقاطع الملحومة I و H و [(المجراية) والصندوقية عندما يكون الحمل موازياً للجناحين
$A_v = Ah/(b + h)$	للمقاطع المدرفلة المستطيلة المفرغة ذات السماكة الثابتة عندما يكون الحمل موازياً للعمق
$A_v = Ab/(b + h)$	للمقاطع المدرفلة المستطيلة المفرغة ذات السماكة الثابتة عندما يكون الحمل موازياً للعرض
$A_v = 2A/\pi$	للمقاطع الدائرية المفرغة و الأنبوبية ذات السماكة الثابتة

Moment resistance

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} f_y}{\gamma_{M0}} \quad \bullet \text{ للمقاطع من الصنف 1 و 2}$$

$$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = \frac{W_{el} f_y}{\gamma_{M0}} \quad \bullet \text{ للمقاطع من الصنف 3}$$

$$M_{c,Rd} = M_{o,Rd} = \frac{W_{eff} f_y}{\gamma_{M0}} \quad \bullet \text{ للمقاطع من الصنف 4 (النجيفة)}$$

Lateral torsional buckling resistance $M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_y \frac{f_y}{\gamma_{M1}}$

$W_y = W_{pl,y}$	للمقاطع من الصنف 1 و 2
------------------	------------------------



أ.د. محمد السمارة

$W_y = W_{el,y}$	للمقاطع من الصنف 3
$W_y = W_{eff,y}$	للمقاطع من الصنف 4 (النحيفة)

تحديد منحنى التحنيب		
نوع المقطع Cross-section	الحدود Limits	منحنى التحنيب Buckling curve
المقاطع المدرفلة المتناظرة حول محورين I و H والمقاطع المفرغة المنهية على الحامي Rolled doubly symmetric I and H-sections and hot-finished hollow sections	b	$h/b \leq 2.0$
	c	$2.0 < h/b \leq 3.1$
	d	$h/b > 3.1$
مقاطع الزوايا عندما يكون العزم مطبق في المستوي الرئيسي القوي Angles (for moments in the major principal plane)	d	
كل المقاطع المدرفلة الأخرى All other hot-rolled sections	d	
المقاطع الملحومة المتناظرة حول محورين والمقاطع المفرغة المشكلة على البارد Welded doubly symmetric sections and cold-formed hollow sections	c	$h/b \leq 2.0$
	d	$2.0 < h/b \leq 3.1$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq 1.0 \text{ and } \leq \frac{1.0}{\bar{\lambda}_{LT}^2}$$

$$\phi_{LT} = 0.5[1 + \alpha_{LT}(\bar{\lambda}_{LT} - \bar{\lambda}_{LT,0}) + \beta \bar{\lambda}_{LT}^2]$$

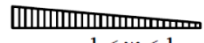
معاملات النقص α_{LT}				
منحنى التحنيب Buckling curve	a	b	c	d
معاملات النقص α_{LT} Imperfection factors	0.21	0.34	0.49	0.76

أ.د. محمد السمارة

β	$\bar{\lambda}_{LT,0}$	نوع المقطع
0.75	0.4	مدرفل أو مفرغ
1.0	0.2	مصنع باللحام

$$\chi_{LT,mod} = \frac{\chi_{LT}}{f} \leq 1.0$$

$$f = 1 - 0.5(1 - k_c)[1 - 2.0(\bar{\lambda}_{LT} - 0.8)^2] \leq 1.0$$

Moment distribution مخطط العزم	k_c
 $\psi = 1$	1.0
 $-1 \leq \psi \leq 1$	$\frac{1}{1.33 - 0.33\psi}$
	0.94
	0.90
	0.91
	0.86
	0.77
	0.82

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{W_y f_y / M_{cr}}$$

كبدل للعلاقة السابقة يمكن تحديد نسبة النحافة الالبعدية للمقاطع المتناظرة حول محورين كما يلي:

$$\bar{\lambda}_{LT} = \frac{1}{\sqrt{C_1}} UVD \bar{\lambda}_z \sqrt{\beta_w}$$

$$\bar{\lambda}_z = \lambda_z / \lambda_1$$

$$U = \sqrt{\frac{W_{pl,y} g}{A}} \sqrt{\frac{I_z}{I_w}}$$

$$g = \sqrt{1 - (I_z / I_y)}$$



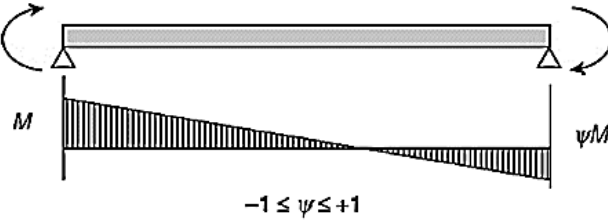
أ.د. محمد السمارة

$$V = \frac{1}{\sqrt[4]{\left(\frac{k}{k_w}\right)^2 + \frac{\lambda_z^2}{(\pi^2 E/G)(A/I_t)(I_w/I_z)} + (C_2 z_g)^2 \frac{I_z}{I_w}}}$$

يمكن تبسيط العلاقة السابقة عندما لا يساعد الحمل في عدم الاستقرار لتصبح:

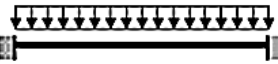
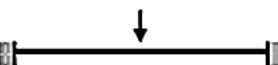
$$V = \frac{1}{\sqrt[4]{1 + \frac{1}{20} \left(\frac{\lambda_z}{h/t_f}\right)^2}}$$

$$D = \frac{1}{\sqrt{1 - +V^2 C_2 z_g \sqrt{\frac{I_z}{I_w}}}}$$

End Moment Loading	Ψ	$\frac{1}{\sqrt{C_1}}$	C_1
	+1.00	1.00	1.00
	+0.75	0.92	1.17
	+0.50	0.86	1.36
	+0.25	0.80	1.56
	0.00	0.75	1.77
	-0.25	0.71	2.00
	-0.50	0.67	2.24
	-0.75	0.63	2.49
	-1.00	0.60	2.76



أ.د. محمد السمارة

Loading and support conditions	Bending moment diagram	C_1	C_2
		1,127	0,454
		2,578	1,554
		1,348	0,630
		1,683	1,645

F.1.2 General formula for cross-sections symmetrical about the minor axis (ENV 1993-1-1:1992)

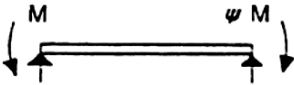
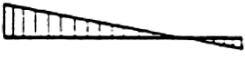
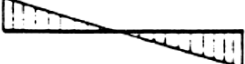
In the case of a beam of uniform cross-section which is symmetrical about the minor axis, for bending about the major axis the elastic critical moment for lateral-torsional buckling is given by the general formula:

$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 E I_z}{(kL)^2} \left\{ \left[\left(\frac{k}{k_w} \right)^2 \frac{I_w}{I_z} + \frac{(kL)^2 G I_t}{\pi^2 E I_z} + [C_2 z_g - C_3 z_j]^2 \right]^{0,5} - [C_2 z_g - C_3 z_j] \right\}$$



أ.د. محمد السمارة

Table F.1.1 — Values of factors C_1 , C_2 and C_3 corresponding to values of factor k : End moment loading

Loading and support conditions	Bending moment diagram	Value of k	Values of factors		
			C_1	C_2	C_3
	$\psi = +1$ 	1,0 0,7 0,5	1,000 1,000 1,000	—	1,000 1,113 1,144
	$\psi = +\frac{3}{4}$ 	1,0 0,7 0,5	1,141 1,270 1,305	—	0,998 1,565 2,283
	$\psi = +\frac{1}{2}$ 	1,0 0,7 0,5	1,323 1,473 1,514	—	0,992 1,556 2,271
	$\psi = +\frac{1}{4}$ 	1,0 0,7 0,5	1,563 1,739 1,788	—	0,977 1,531 2,235
	$\psi = 0$ 	1,0 0,7 0,5	1,879 2,092 2,150	—	0,939 1,473 2,150
	$\psi = -\frac{1}{4}$ 	1,0 0,7 0,5	2,281 2,538 2,609	—	0,855 1,340 1,957
	$\psi = -\frac{1}{2}$ 	1,0 0,7 0,5	2,704 3,009 3,093	—	0,676 1,059 1,546
	$\psi = -\frac{3}{4}$ 	1,0 0,7 0,5	2,927 3,009 3,093	—	0,366 0,575 0,837
	$\psi = -1$ 	1,0 0,7 0,5	2,752 3,063 3,149	—	0,000 0,000 0,000



أ.د. محمد السمارة

Table F.1.2 — Values of factors C_1 , C_2 and C_3 corresponding to values of factor k :
Transverse loading cases

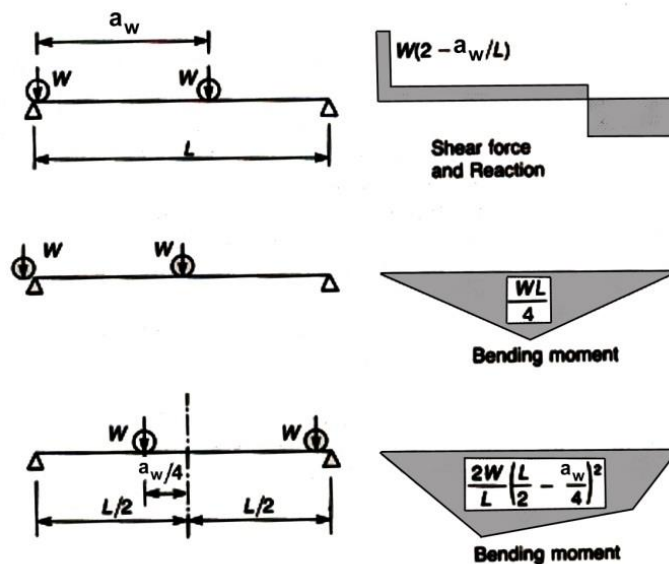
Loading and support conditions	Bending moment diagram	Values of k	Values of factors		
			C_1	C_2	C_3
		1,0 0,5	1,132 0,972	0,459 0,304	0,525 0,980
		1,0 0,5	1,285 0,712	1,562 0,652	0,753 1,070
		1,0 0,5	1,365 1,070	0,553 0,432	1,730 3,050
		1,0 0,5	1,565 0,938	1,267 0,715	2,640 4,800
		1,0 0,5	1,046 1,010	0,430 0,410	1,120 1,890

Design of Crane Girder

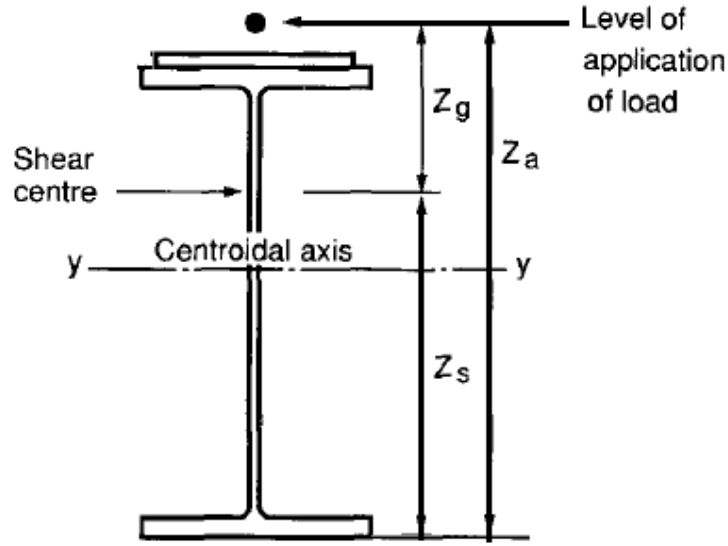
تراكيب الأحمال للحالة الحدية القصوى

$$\sum_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} \quad \text{عند حصول معظم الأحمال غير المرغوبة}$$

$$\sum_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + 0.9 \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} Q_{k,i} \quad \text{عند حصول كل الأحمال غير المرغوبة}$$



أ.د. محمد السمارة



$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{W_y f_y / M_{cr}}$$

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \frac{W_{pl,y} f_y}{\gamma_{M1}}$$

$$M_{cr} = \frac{C_1 \pi^2 E I_z}{(kL)^2} \left\{ \sqrt{\left(\frac{k}{k_w}\right)^2 \frac{I_w}{I_z} + \frac{(kL)^2 G I_t}{\pi^2 E I_z}} + (C_2 Z_g - C_3 Z_j)^2 - (C_2 Z_g - C_3 Z_j) \right\}$$

$k = 1.0$ (جناحي الجائز حرين في الدوران عند مسانده)

$k_w = 1.0$ (لا يوجد شروط خاصة على لمنع تشوه المقطع warping)

h_s المسافة بين مركزي ثقل الجناحين

$$I_w = \beta_f (1 - \beta_f) I_z h_s^2$$

$$\beta_f = \frac{I_{z,cf}}{I_{z,cf} + I_{z,tf}}$$

$$\text{When } \beta_f > 0.5 \quad Z_j = 0.4(2\beta_f - 1)h_s$$

$$Z_g = Z_a - Z_s$$

5.7.3 Crushing resistance (ENV 1993-1-1:1992)

For wheel loads from cranes, transmitted through a crane rail bearing on a flange but not welded to it, the design crushing resistance of the web $R_{y,Rd}$ should be taken as:

$$R_{y,Rd} = s_y t_w f_{yw} / \gamma_{M1}$$

أ.د. محمد السمارة

$s_y = 2(h_R + t_f) [1 - (\sigma_{f.Ed}/f_{yf})^2]^{0.5}$
 where h_R is the height of the crane rail

5.7.4 Crippling resistance (ENV 1993-1-1:1992)

(1) The design crippling resistance $R_{a,Rd}$ of the web of an I, H or U section should be obtained from:

$$R_{a,Rd} = 0,5t_w^2(Ef_{yw})^{0.5} [(t_f/t_w)^{0.5} + 3(t_w/t_f)(s_s/d)]/\gamma_{M1}$$

where s_s is the length of stiff bearing from 5.7.2(3)
 but s_s/d should not be taken as more than 0,2.

Where the member is also subject to bending moments, the following criteria should be satisfied:

$$\begin{aligned} F_{Sd} &\leq R_{a,Rd} \\ M_{Sd} &\leq M_{c,Rd} \\ \text{and } \frac{F_{Sd}}{R_{a,Rd}} + \frac{M_{Sd}}{M_{c,Rd}} &\leq 1,5 \end{aligned}$$

تحقيق السهوم

$$\delta_{max} = \frac{W_s L^3}{6 E I_y} \left[\frac{3}{8} \left(1 - \frac{a_w}{L} \right) - \left(\frac{L - a_w}{2L} \right)^3 \right]$$

W_s حمل الدولايب الواحد الساكن دون تصعيد

Beam-Column Design

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \leq 1.0$$

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} (1 - n)/(1 - 0.5a) \leq M_{pl,y,Rd}$$

$$M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} \quad \text{for } n \leq a$$

$$M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} \left[1 - \left(\frac{n - a}{1 - a} \right)^2 \right] \quad \text{for } n > a$$

$$n = N_{Ed}/N_{pl,Rd}$$

$$a = (A - 2bt_f)/A \leq 0.5$$



أ.د. محمد السمارة

$$\left[\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} \right]^\alpha + \left[\frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}} \right]^\beta \leq 1.0$$

قيم α و β		
α	β	نوع المقطع
2	$5n \geq 1$	المقطع I و H
2	2	مفرغ دائري
$\frac{1.66}{1 - 1.13n^2} \leq 6$	$\frac{1.66}{1 - 1.13n^2} \leq 6$	مفرغ مستطيل

تحقيق التحنيد الكلي وحنيد الفتل الجانبي

لتجنب حدوث تحنيد كلي و/ أو تحنيد فتل جانبي للعنصر يجب أن تحقق العزوم والقوى المحورية المطبقة علاقتي الترابط الآتيتين:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}/\gamma_{M1}} + K_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}/\gamma_{M1}} + K_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}/\gamma_{M1}} \leq 1.0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}/\gamma_{M1}} + K_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}/\gamma_{M1}} + K_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}/\gamma_{M1}} \leq 1.0$$

$N_{Rk} = f_y A_i, \quad M_{y,Rk} = f_y W_i, \quad \Delta M_{i,Ed}$				
Class	1	2	3	4
A_i	A	A	A	A_{eff}
W_y	$W_{pl,y}$	$W_{pl,y}$	$W_{el,y}$	$W_{eff,y}$
W_z	$W_{pl,z}$	$W_{pl,z}$	$W_{el,z}$	$W_{eff,z}$
$\Delta M_{y,Ed}$	0	0	0	$N_{Ed} e_{Ny}$
$\Delta M_{z,Ed}$	0	0	0	$N_{Ed} e_{Nz}$



أ.د. محمد السمارة

K_{yy} و K_{yz} و K_{zy} و K_{zz} معاملات ترابط، حدد الكود طريقتين مفصلتين لحسابهما في الملحقين A و B من الكود EN 1993-1-1: 2005 . ويمكن تحديد قيم عظمى (محافظة) لهذه المعاملات من الجدول التالي:

قيم عظمى (محافظة) لـ K_{yy} و K_{yz} و K_{zy} و K_{zz}		
معامل الترابط	Class 1 and 2	Class 3
K_{yy}	$1.8C_{my}$	$1.6C_{my}$
K_{yz}	$0.6K_{zz}$	K_{zz}
K_{zy}	1.0	1.0
K_{zz}	$2.4C_{mz}$	$1.6C_{mz}$

يتم تحديد C_{mz} و C_{my} باستخدام الجدول التالي:

Moment diagram	range		C_{my} and C_{mz} and C_{mLT}	
			uniform loading	concentrated load
 ψM	$-1 \leq \psi \leq 1$		$0,6 + 0,4\psi \geq 0,4$	
 $\alpha_s = M_s/M_h$	$0 \leq \alpha_s \leq 1$	$-1 \leq \psi \leq 1$	$0,2 + 0,8\alpha_s \geq 0,4$	$0,2 + 0,8\alpha_s \geq 0,4$
	$-1 \leq \alpha_s < 0$	$0 \leq \psi \leq 1$	$0,1 - 0,8\alpha_s \geq 0,4$	$-0,8\alpha_s \geq 0,4$
		$-1 \leq \psi < 0$	$0,1(1-\psi) - 0,8\alpha_s \geq 0,4$	$0,2(-\psi) - 0,8\alpha_s \geq 0,4$
 $\alpha_h = M_h/M_s$	$0 \leq \alpha_h \leq 1$	$-1 \leq \psi \leq 1$	$0,95 + 0,05\alpha_h$	$0,90 + 0,10\alpha_h$
	$-1 \leq \alpha_h < 0$	$0 \leq \psi \leq 1$	$0,95 + 0,05\alpha_h$	$0,90 + 0,10\alpha_h$
		$-1 \leq \psi < 0$	$0,95 + 0,05\alpha_h(1+2\psi)$	$0,90 - 0,10\alpha_h(1+2\psi)$
For members with sway buckling mode the equivalent uniform moment factor should be taken $C_{my} = 0,9$ or $C_{Mz} = 0,9$ respectively.				
C_{my} , C_{mz} and C_{mLT} should be obtained according to the bending moment diagram between the relevant braced points as follows:				
moment factor	bending axis	points braced in direction		
C_{my}	y-y	z-z		
C_{mz}	z-z	y-y		
C_{mLT}	y-y	y-y		



أ.د. محمد السمارة

الجدول (8-4): معاملات الترابط Interaction factors					
معاملات الترابط Interaction Factors	المعيار Criteria	المقطع Section	صنف المقطع		المعامل C Factor
			Class 1 and 2 cross-sections	Class 3 cross-sections	
K_{yy}	—	الكل	الشكل (8-2)	الشكل (8-3)	C_{my}
K_{yz}	—	الكل	$0.6K_{zz}$	K_{zz}	—
K_{zz}	غير عرضة لتشوّهات الفتل	المقاطع RHS	الشكل (8-7)	الشكل (8-8)	C_{mz}
	عرضة لتشوّهات الفتل	المقاطع I و H	الشكل (8-6)	الشكل (8-8)	C_{mz}
K_{zy}	غير عرضة لتشوّهات الفتل	الكل	$0.6K_{yy}$	$0.8K_{yy}$	—
	عرضة لتشوّهات الفتل	المقاطع I و H	الشكل (8-4)	الشكل (8-5)	C_{mLT}

عندما يكون المقطع من الصنف 1 و 2 يمكن استخدام إحدى العلاقتين التاليتين لحساب k_{zy} بدلاً من الشكل (8-4)

الذي يخص الحالة $C_{mLT} = 1.0$

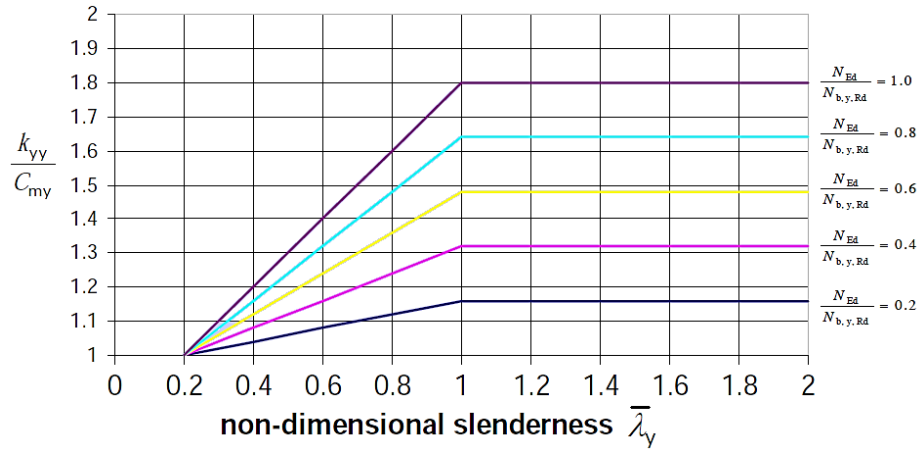
$$k_{zy} = 1 - \frac{0.1\bar{\lambda}_z}{C_{mLT} - 0.25} \times \frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} \geq 1 - \frac{0.1}{C_{mLT} - 0.25} \times \frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}}$$

$$\text{For } \bar{\lambda}_z < 0.4 : k_{zy} = 0.6 + \bar{\lambda}_z \leq 1 - \frac{0.1\bar{\lambda}_z}{C_{mLT} - 0.25} \times \frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}}$$

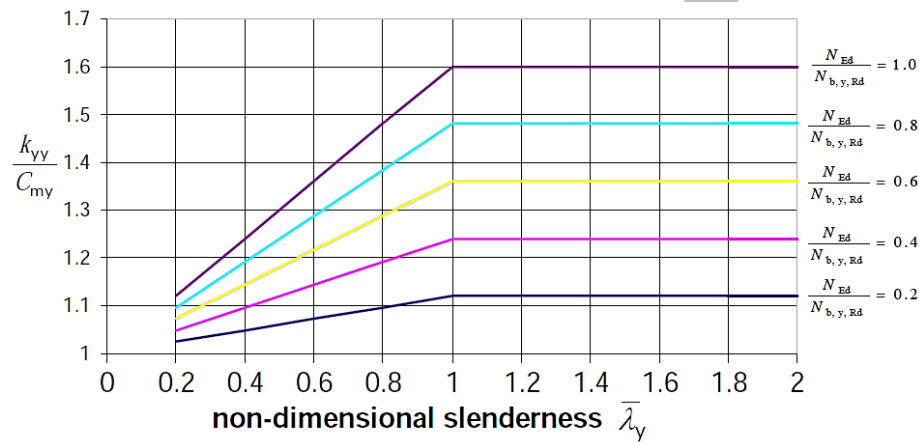
وعندما يكون المقطع من الصنف 3 أو 4 يمكن استخدام العلاقة التالية لحساب k_{zy} بدلاً من الشكل (8-5) الذي

يخص الحالة $C_{mLT} = 1.0$

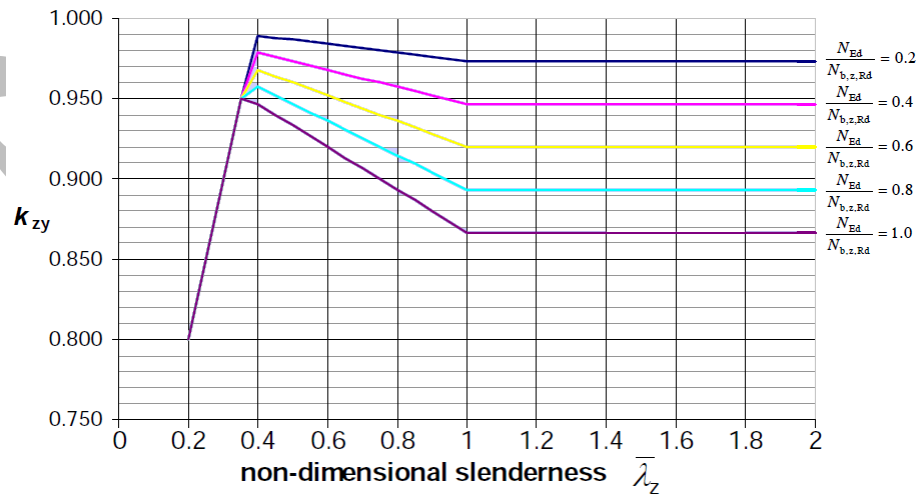
$$k_{zy} = 1 - \frac{0.05\bar{\lambda}_z}{C_{mLT} - 0.25} \times \frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}} \geq 1 - \frac{0.05}{C_{mLT} - 0.25} \times \frac{N_{Ed}}{N_{b,z,Rd}}$$



الشكل (8-2): K_{yy} للمقاطع من الصنف 1&2

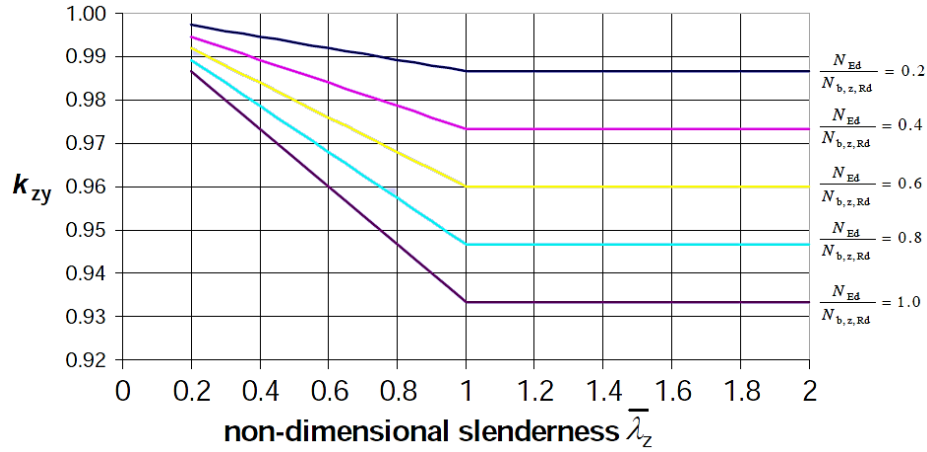


الشكل (8-3): K_{yy} للمقاطع من الصنف 3

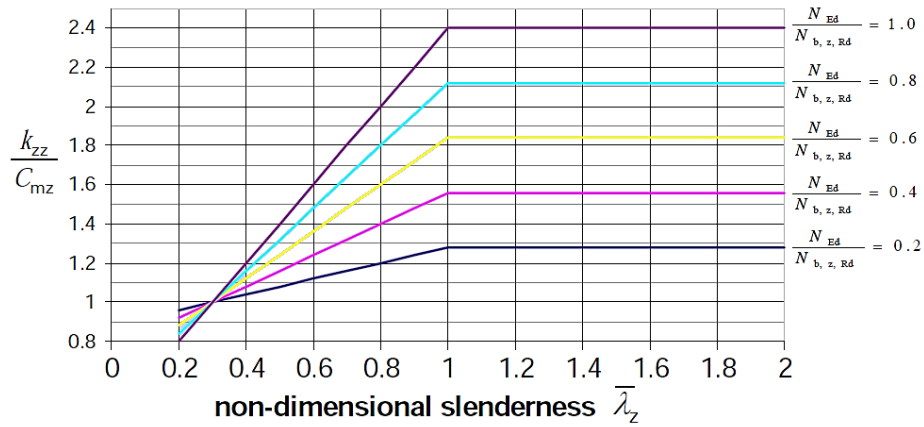


الشكل (8-4): K_{zy} للمقاطع I من الصنف 1&2 من أجل $C_{mLT} = 1.0$

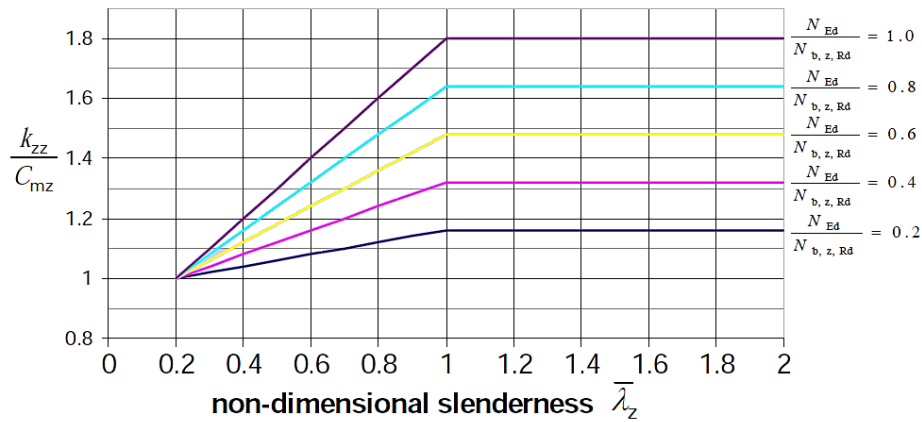
أ.د. محمد السمارة



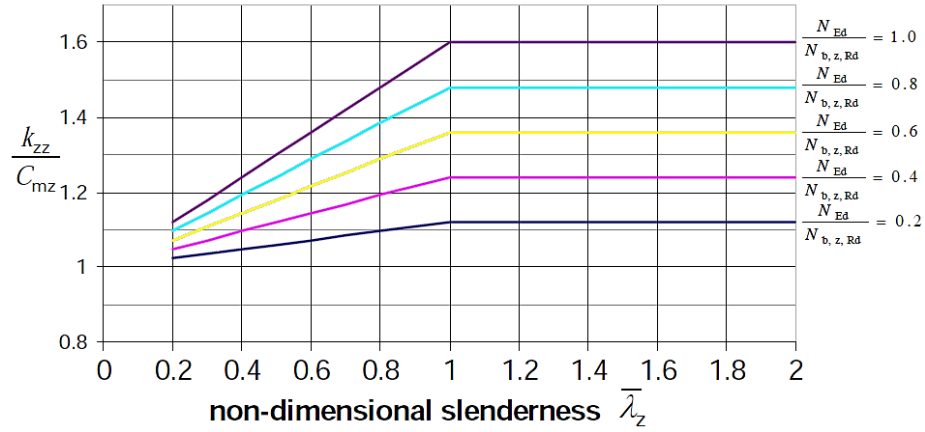
الشكل (8-5): k_{zy} للمقاطع I من الصنف 3 من أجل $C_{mLT} = 1.0$



الشكل (8-6): k_{zz} للمقاطع I من الصنف 1&2



الشكل (8-7): k_{zz} للمقاطع RHS من الصنف 1&2



الشكل (8-8): K_{zz} للمقاطع I و RHS من الصنف 3

Connection Design

أقطار ومساحات مقاطع البراغي									
36	33	30	27	24	22	20	16	12	القطر الاسمي (mm)
1020	856	706	573	453	380	314	201	113	المساحة الاسمية A (mm ²)
817	684	561	459	353	303	245	157	84.3	المساحة الصافية A_t (mm ²)

مقاومة البراغي							
10.9	8.8	6.8	5.8	5.6	4.8	4.6	ماركة البراغي
900	640	480	400	300	320	240	f_{yb} N/mm ²
1000	800	600	500	500	400	400	f_{ub} N/mm ²

أ.د. محمد السمارة

Shear resistance of bolt

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}}$$

$\alpha_v = 0.6$ للبراغي من الصنف 4.6, 5.6, 8.8 $\alpha_v = 0.5$ للبراغي من الصنف 4.8, 5.8, 6.8, 10.9	مستوي القص يمر من سن البرغي
$\alpha_v = 0.6$	مستوي القص يمر من جسد البرغي

Bearing resistance of bolt

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}}$$

$$a_b = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1.0\right) \text{ للبراغي النهائية}$$

$$a_b = \min\left(\frac{p_1}{3d_0} - 0.25; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1.0\right) \text{ للبراغي الداخلية}$$

$$k_1 = \min\left(2.8 \times \frac{e_2}{d_0} - 1.7; 2.5\right) \text{ للبراغي الطرفية}$$

$$k_1 = \min\left(1.4 \times \frac{p_2}{d_0} - 1.7; 2.5\right) \text{ للبراغي الداخلية}$$

Tension resistance of bolt

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}}$$

Combined shear and tension of bolt

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1.4 F_{t,Rd}} \leq 1.0$$

أ.د. محمد السمارة

Design of Trusses

يحدد الطول الفعال والطول الهندسي للعنصر وفقاً للملحق Annex BB للكود BS EN 1993-1-1:2005 كما في الجدول التالي:

	In-plane buckling	Out-of-plane buckling
1. General Rules		
– chord members	1.0	1.0
– web members	0.9 ¹	1.0
2. I- and H-sections		
– chord members	0.9	1.0
– web members	0.9 ¹	1.0
3. Hollow sections		
– chord members	0.9	0.9
– web members	1.0	1.0
4. Angles		
– chord members	1.0	1.0
– web members	referred to in text	referred to in text

¹ provided that adequate end restraint is provided and the end connections supply appropriate fixity (i.e. at least 2 bolts in bolted connections).

$$\bar{\lambda}_{\text{eff},v} = 0.35 + 0.7\bar{\lambda}_v \quad \text{for buckling about v-v axis}$$

$$\bar{\lambda}_{\text{eff},y} = 0.50 + 0.7\bar{\lambda}_y \quad \text{for buckling about y-y axis}$$

$$\bar{\lambda}_{\text{eff},z} = 0.50 + 0.7\bar{\lambda}_z \quad \text{for buckling about z-z axis}$$

أ.د. محمد السمارة



12-3 أحمال الرياح Wind loads

12-3-1 سرعة الرياح وضغط السرعة Wind velocity and velocity pressure

تحدد سرعة الرياح المتوسطة V_m من سرعة الرياح الأساسية V_b التي تعتمد على طقس الرياح وعلى خشونة الموقع وتضاريسه. وتحدد سرعة الرياح الأساسية V_b بالعلاقة التالية

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

حيث:

C_{dir} معامل الاتجاه ويؤخذ مساوياً للواحد

C_{season} المعامل الموسمي ويؤخذ مساوياً للواحد

$V_{b,0}$ القيمة الأولية لسرعة الرياح الأساسية

وتحدد سرعة الرياح المتوسطة V_m بالعلاقة التالية:

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

حيث:

$C_o(z)$ معامل التضاريس ويؤخذ مساوياً للواحد

$C_r(z)$ معامل خشونة الموقع ويحدد بالعلاقة التالية:

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

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

حيث:

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

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

k_r معامل يعتمد على طول الخشونة ويحدد من العلاقة التالية:

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

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

ويحدد الانحراف المعياري لإضطراب الرياح σ_v بالعلاقة التالية:

$$\sigma_v = k_r \cdot V_b \cdot k_1 \quad (12-6)$$

حيث: k_1 معامل الاضطراب ويؤخذ مساوياً للواحد

وعليه تحدد شدة اضطراب الرياح $I_v(z)$ بالعلاقة التالية:

أ.د. محمد السمارة



$$I_v(z) = \frac{\sigma_v}{V_m(z)} = \frac{k_1}{C_0(z) \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} \quad \text{for } z_{\min} \leq z \leq z_{\max} \quad (12-7)$$

$$I_v(z) = I_v(z_{\min}) \quad \text{for } z \leq z_{\min} \quad (12-8)$$

يحدد ضغط السرعة الأساسي q_b بالعلاقة التالية:

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

حيث: ρ كتلة واحدة الحجم من الهواء وتقدر بـ 1.25 kg/m^3

يحدد ضغط السرعة الأعظمي $q_b(z)$ عند ارتفاع z بالعلاقة التالية:

$$q_b(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot \frac{1}{2} \rho \cdot V_m^2(z) = C_e(z) \cdot q_b \quad (12-10)$$

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

$$C_e(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot C_r^2(z) \cdot C_0^2(z) = q_b(z)/q_b \quad (12-11)$$

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

لأرض منبسطة حيث $C_0(z) = 1.0$ وتم رسم هذه القيم بيانياً في الشكل (12-3)

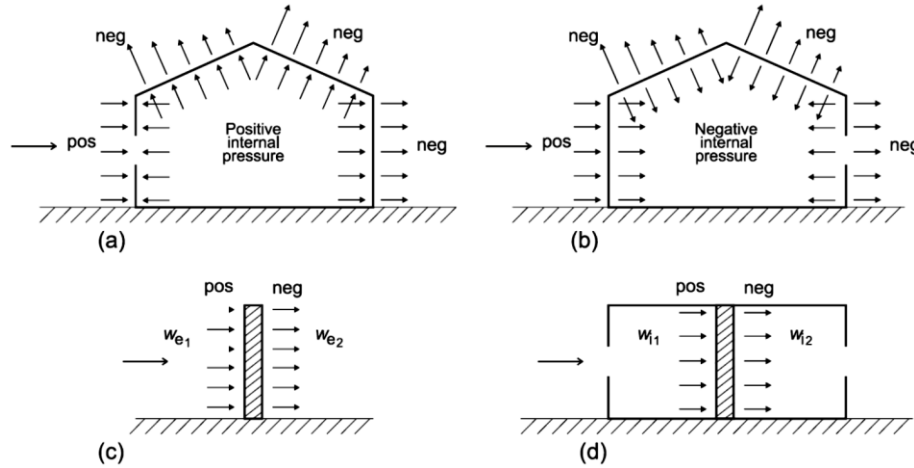
الجدول (12-1)			
k_r	$z_{\min} \text{ (m)}$	$z_0 \text{ (m)}$	صنف خشونة الموقع
0.156	1	0.003	0 مناطق ساحلية مفتوحة على البحر (الشكل 12-2a)
0.17	1	0.01	I بحيرات أو مناطق منبسطة أفقية مع مزروعات مهمة بدون عوائق (الشكل 12-2a)
0.19	2	0.05	II مناطق ذات مزروعات منخفضة مثل الأعشاب وعوائق معزولة (أشجار، أبنية) متباعدة بمسافات لا تقل عن 20 ضعف ارتفاع العائق (الشكل 12-2b)
0.215	5	0.3	III مناطق مغطاة بمزروعات 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)

الجدول (2-12): 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	0.78	0.29	52	3.98	3.83	3.50	2.90	2.37
4	2.49	2.24	1.80	1.15	0.64	54	4.01	3.86	3.53	2.93	2.40
6	2.70	2.47	2.04	1.38	0.86	56	4.03	3.88	3.55	2.96	2.43
8	2.86	2.63	2.21	1.56	1.03	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

أ.د. محمد السمارة

12-3-2 أفعال الرياح Wind actions

يحدد تأثير الرياح على المنشآت والعناصر الإنشائية مع الأخذ بالحسبان ضغوط الرياح الخارجية والداخلية. ويُعد الضغط الموجه نحو السطح موجباً، والضغط الموجه بعيداً عن السطح (شفط) سالباً. انظر الشكل (12-4)



الشكل (12-4)

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

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 m^2 ويسمى $c_{pe,1}$ ولمساحة 10 m^2 ويدعى $c_{pe,10}$ وذلك من أجل زوايا ورود للرياح 0°

90° ، 180° ،

أولاً: الجدران الشاقولية للأبنية ذات المسقط المستطيل

يعتمد الارتفاع المرجعي z_e للجدران المواجهة للرياح على نسبة البعدين h/d ويؤخذ دائماً مساوياً لارتفاع أعلى أجزاء

الجدار كما هو موضح في الشكل (12-5) حيث نميز ثلاث حالات

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

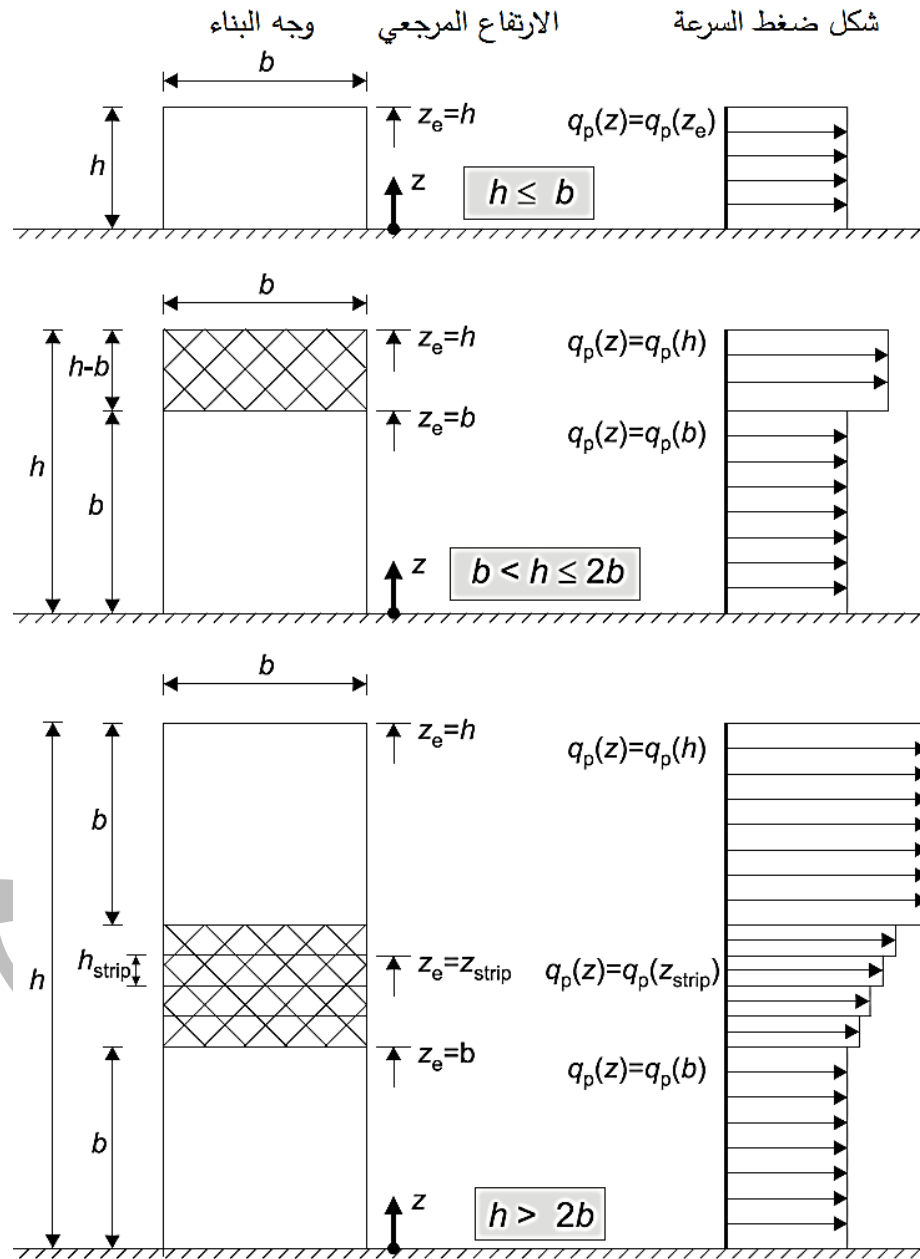
لارتفاع البناء

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

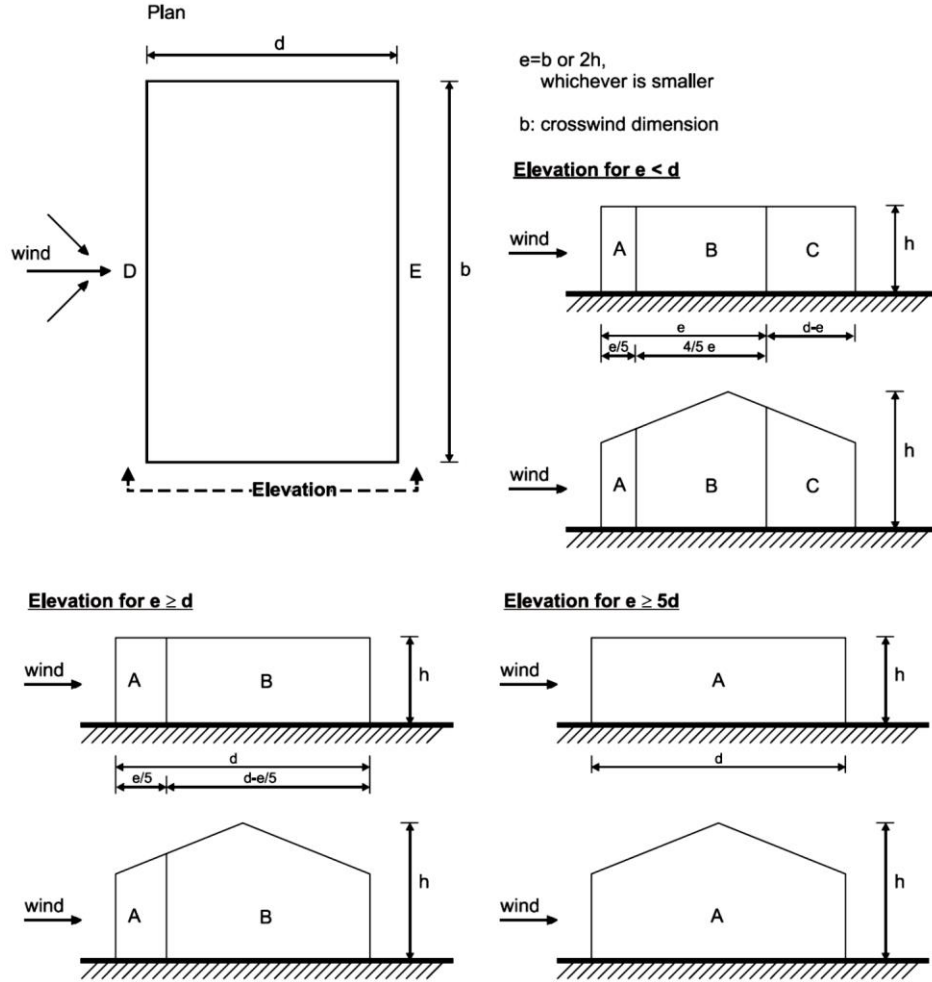
الشكل (12-6)

أ.د. محمد السمارة

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		+0.8	+1.0	-0.7	
1	-1.2	-1.4	-0.8	-1.1	-0.5		+0.8	+1.0	-0.5	
≤1/4	-1.2	-1.4	-0.8	-1.1	-0.5		+0.7	+1.0	-0.3	



الشكل (12-5)



الشكل (12-6)

ثانياً: الأسقف المستوية

يعد السطح مستويا إذا كانت زاوية ميله α على الأفق $-5^\circ < \alpha < 5^\circ$. يتم تقسيم السطح إلى مناطق كما في الشكل (12-7) وتحدد معاملات الضغط الخارجي من الجدول (12-4) بحيث يعتبر الارتفاع المرجعي مساوياً h ، أما إذا وجد تصويته للسطح فيؤخذ الارتفاع المرجعي مساوياً $h+h_p$ (انظر الشكل 12-7) ويحدد معامل الضغط على التصويته من الجدول (12-8).

ثالثاً: الأسقف المائلة

يقسم السطح إلى مناطق بما فيه بروزات السقف إن وجدت ويعتبر الارتفاع المرجعي مساوياً h وتحدد معاملات الضغط الخارجي للأسقف المائلة بالاستعانة بالجدول المفتاحي الآتي:

نوع السقف	الشكل الدليل	جدول معاملات الضغط الخارجي
الأسقف بميل واحد Monopitch roofs	الشكل (12-8)	الجدول (12-5)

الأسقف ذات الميلين Duopitch roofs	الشكل (12-9)	الجدول (12-6)
الأسقف ذات الميول الأربع Hipped roofs	الشكل (12-10)	الجدول (12-7)

12-3-2-2 الضغط الداخلي internal pressure

يعتمد معامل الضغط الداخلي c_{pi} على مساحة الفتحات الصغيرة في مغلف البناء وتوزعها وعلى التسرب الذي قد يحصل حول الأبواب والنوافذ والخدمات الأخرى. وعندما يحوي جانبيين على الأقل من جوانب البناء (واجهات أو سقف) على فتحات بمساحة اجمالية لا تقل عن 30% من مساحة ذلك الجانب فلا يجوز استخدام هذه الفقرة بل يجب العودة إلى الكود البريطاني-الأوروبي BS EN 1991-1-4 لحساب ضغط الرياح الداخلي. بالنسبة للمباني التي ليس لها وجه مهيم، يمكن أخذ c_{pi} مساوية +0.2 أو -0.3 أيها تعطي الحالة الأسوأ.

12-3-2-3 ضغط الرياح الكلي

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 التراكم بين الضغطين للحصول على حالة التحميل الأخطر.

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

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

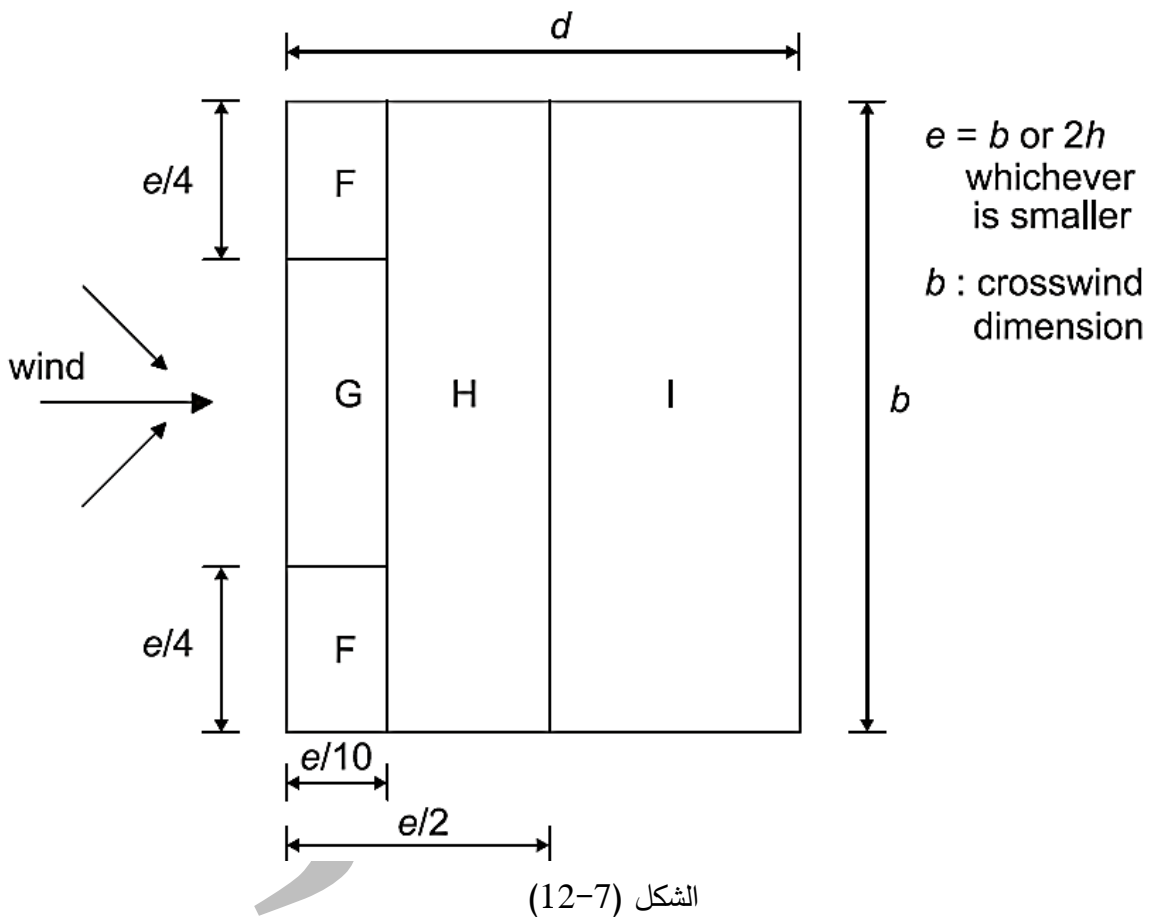
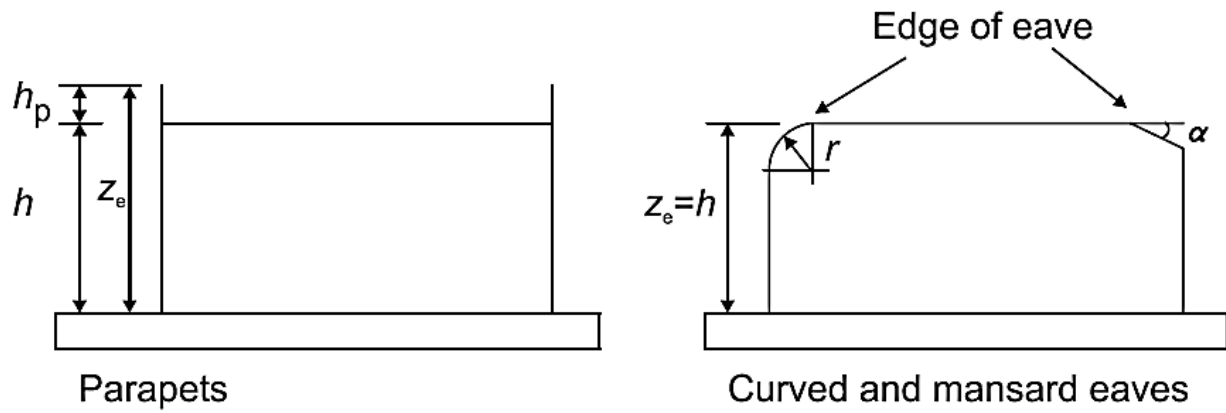
تضاف إلى القوى الناتجة عن الرياح المحسوبة وفق الفقرات السابقة قوة سحب ناتجة عن احتكاك الرياح بالبناء وتُحدد بالعلاقة الآتية:

$$F_{fr} = c_{fr} \cdot q_p(z_e) \cdot A_{fr} \quad (12-16)$$

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)

z_e الارتفاع المرجعي مساوياً ارتفاع المنشأ فوق الأرض أو ارتفاع المبنى h ، انظر الشكل (12-11)



أ.د. محمد السمارة

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
								+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
								+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
								+0,2	-0,2
Curved Eaves	r/h = 0,05	-1,0	-1,5	-1,2	-1,8	-0,4		+0,2	-0,2
								+0,2	-0,2
	r/h = 0,10	-0,7	-1,2	-0,8	-1,4	-0,3		+0,2	-0,2
								+0,2	-0,2
	r/h = 0,20	-0,5	-0,8	-0,5	-0,8	-0,3		+0,2	-0,2
								+0,2	-0,2
Mansard Eaves	α = 30°	-1,0	-1,5	-1,0	-1,5	-0,3		+0,2	-0,2
								+0,2	-0,2
	α = 45°	-1,2	-1,8	-1,3	-1,9	-0,4		+0,2	-0,2
								+0,2	-0,2
	α = 60°	-1,3	-1,9	-1,3	-1,9	-0,5		+0,2	-0,2
								+0,2	-0,2

NOTE 1 For roofs with parapets or curved eaves, linear interpolation may be used for intermediate values of h_p/h and r/h.

NOTE 2 For roofs with mansard eaves, linear interpolation between α = 30°, 45° and α = 60° may be used. For α > 60° linear interpolation between the values for α = 60° and the values for flat roofs with sharp eaves may be used.

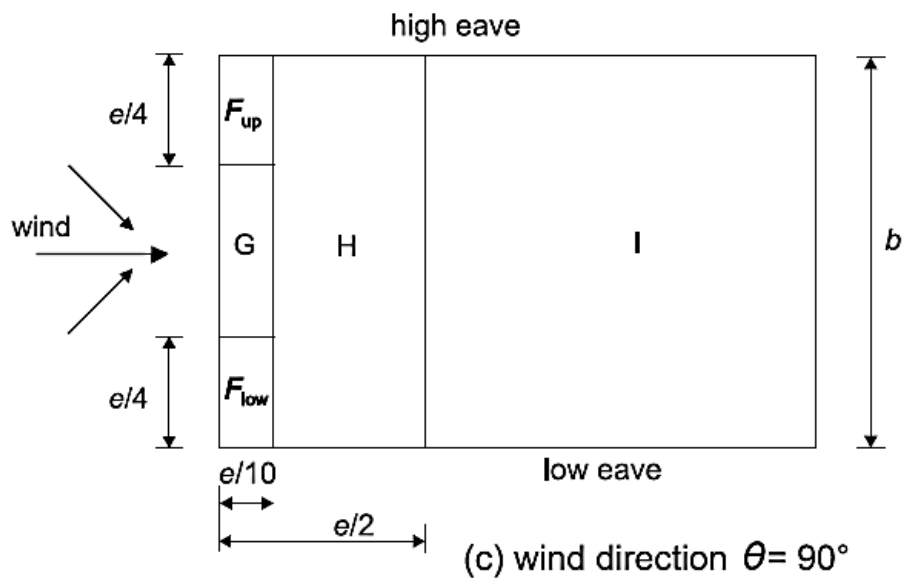
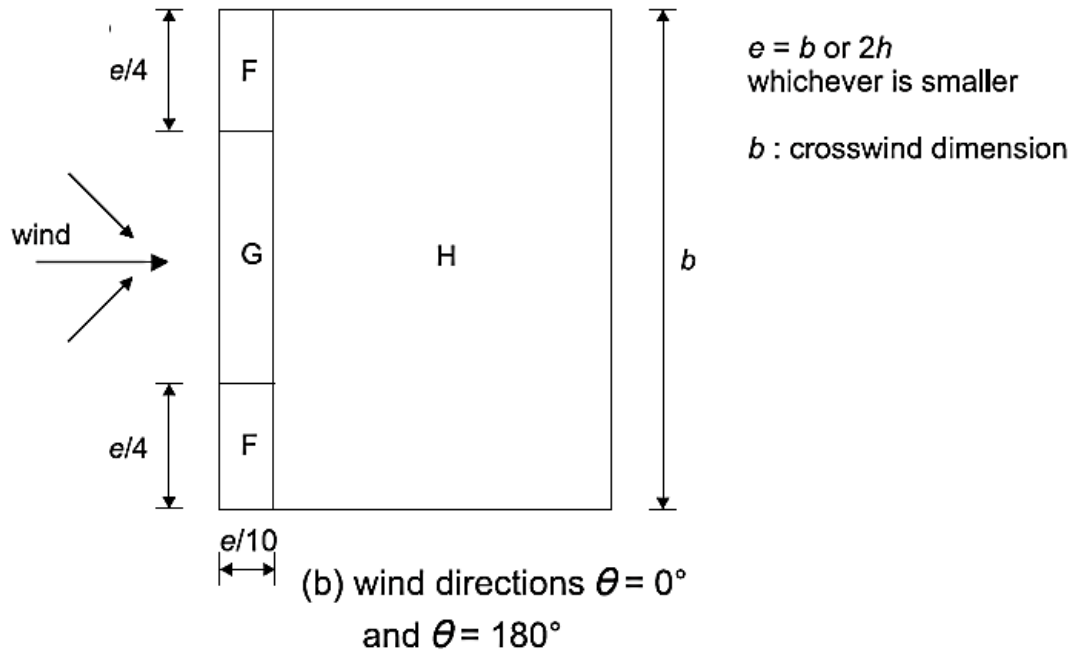
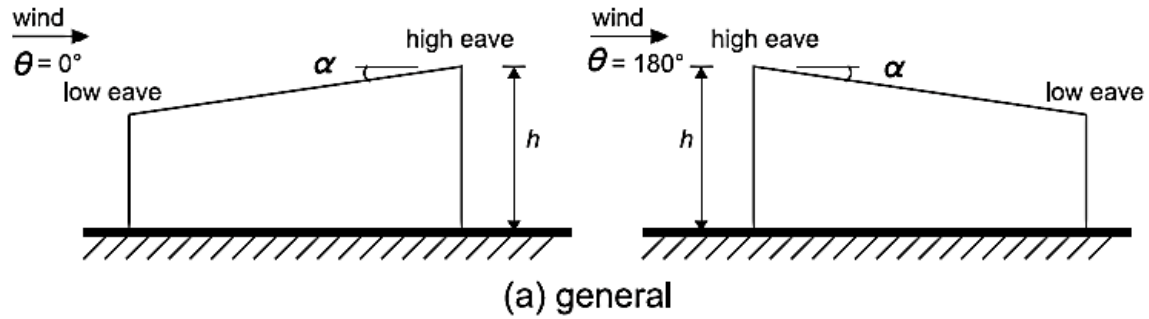
NOTE 3 In Zone I, where positive and negative values are given, both values shall be considered.

NOTE 4 For the mansard eave itself, the external pressure coefficients are given in Table 7.4a "External pressure coefficients for duopitch roofs: wind direction 0°", Zone F and G, depending on the pitch angle of the mansard eave.

NOTE 5 For the curved eave itself, the external pressure coefficients are given by linear interpolation along the curve, between values on the wall and on the roof.



أ.د. محمد السمارة



الشكل (12-8)

أ.د. محمد السمارة

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

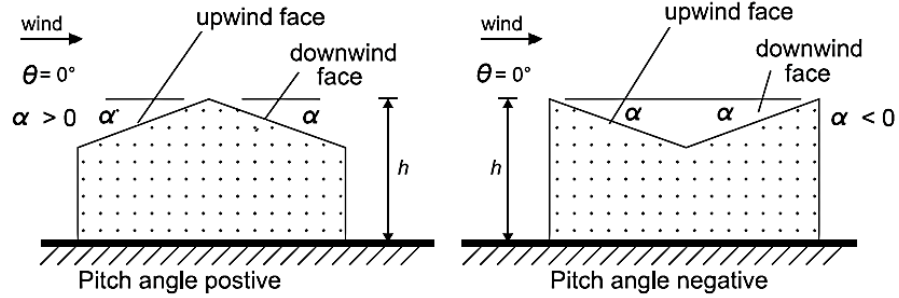
Pitch Angle α	Zone for wind direction $\theta = 0^\circ$						Zone for wind direction $\theta = 180^\circ$					
	F		G		H		F		G		H	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
5°	-1.7	-2.5	-1.2	-2.0	-0.6	-1.2	-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	

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

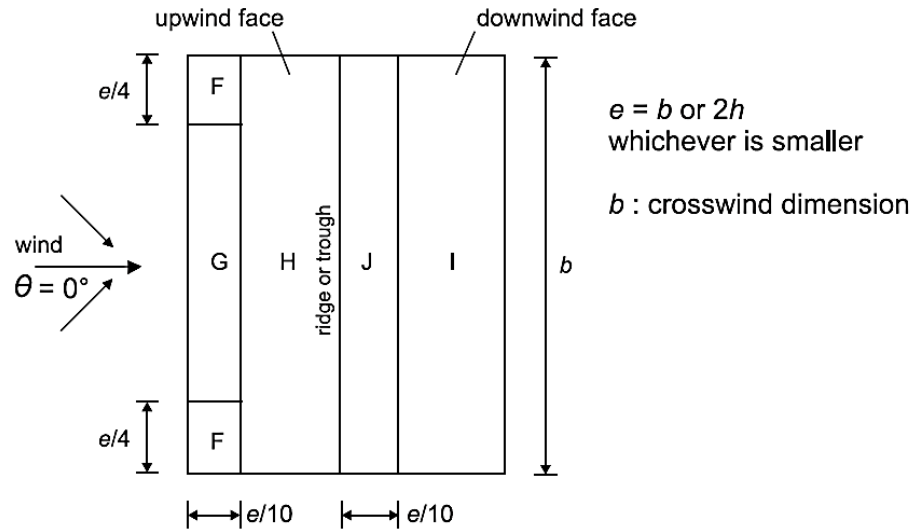
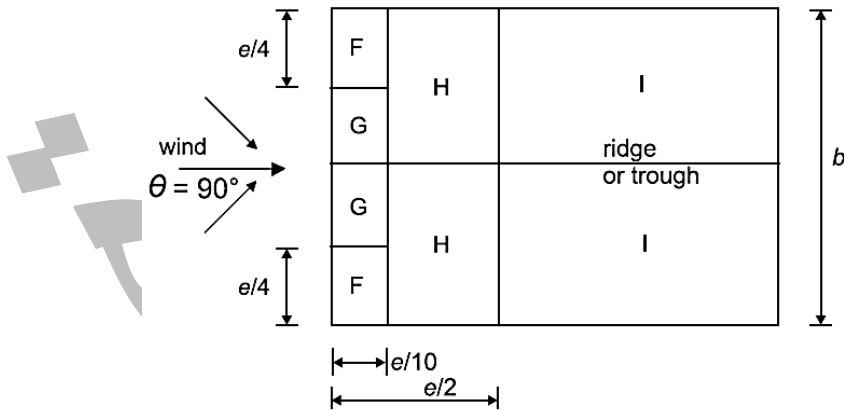
Pitch Angle α	Zone for wind direction $\theta = 90^\circ$									
	F_{up}		F_{low}		G		H		I	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
5°	-2.1	-2.6	-2.1	-2.4	-1.8	-2.0	-0.6	-1.2	-0.5	
15°	-2.4	-2.9	-1.6	-2.4	-1.9	-2.5	-0.8	-1.2	-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



(a) general

(b) wind direction $\theta = 0^\circ$ (c) wind direction $\theta = 90^\circ$

الشكل (12-9)

أ.د. محمد السمارة

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

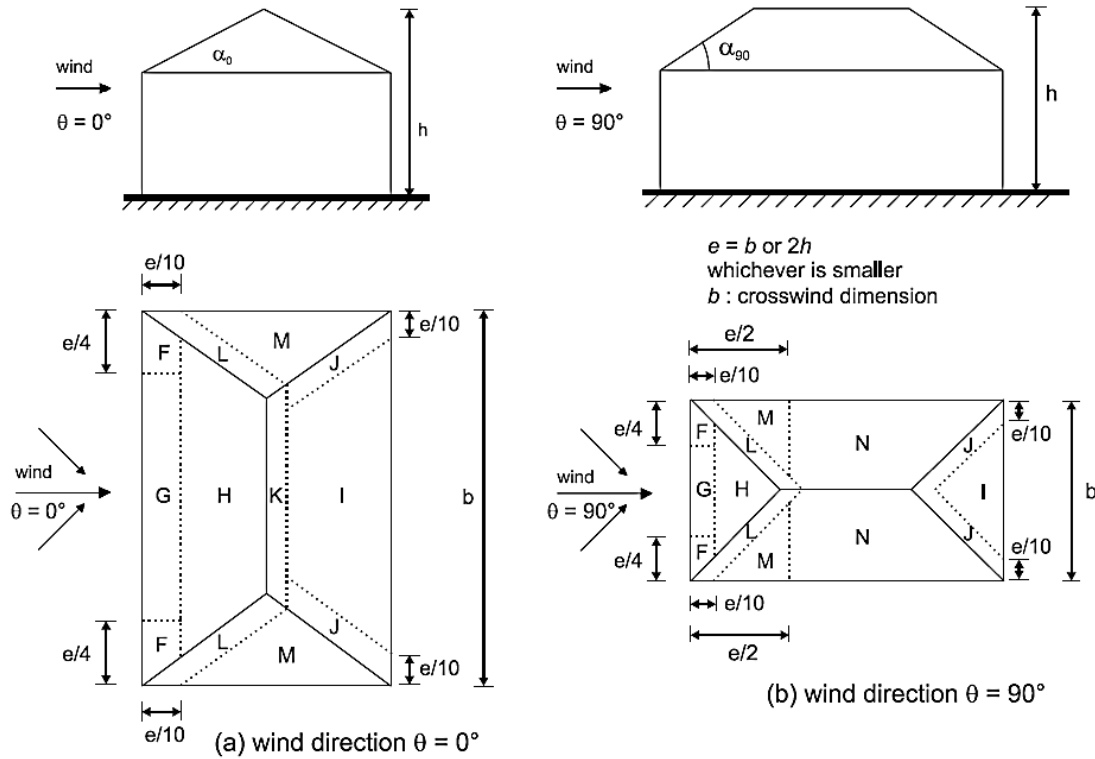
Pitch Angle α	Zone for wind direction $\theta = 0^\circ$									
	F		G		H		I		J	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
-45°	-0.6		-0.6		-0.8		-0.7		-1.0	-1.5
-30°	-1.1	-2.0	-0.8	-1.5	-0.8		-0.6		-0.8	-1.4
-15°	-2.5	-2.8	-1.3	-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	-0.6		+0.2	
	+0.0		+0.0		+0.0				-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

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

Pitch angle α	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	



الشكل (12-10)

الجدول (12-7) معاملات الضغط الخارجي للأسقف ذات الميول الأربع

Pitch angle α_0 for $\theta=0^\circ$ α_{90} for $\theta=90^\circ$	Zone for wind direction $\theta=0^\circ$ and $\theta=90^\circ$																		
	F		G		H		I		J		K		L		M		N		
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	
5°	-1.7	-2.5	-1.2	-2.0	-0.6	-1.2	-0.3	-0.6	-0.6	-1.2	-2.0	-0.6	-1.2	-0.4	-0.9	-2.0	-0.8	-1.5	-0.3
	+0.0		+0.0		+0.0														
15°	-0.9	-2.0	-0.8	-1.5	-0.3	-0.5	-1.0	-1.5	-1.2	-2.0	-1.4	-2.0	-0.6	-1.2	-0.3	-0.5	-1.0	-1.5	-0.5
	+0.2		+0.2		+0.2														
30°	-0.5	-1.5	-0.5	-1.5	-0.2	-0.4	-0.7	-1.2	-0.5	-1.4	-2.0	-0.8	-1.2	-0.2	-0.5	-1.5	-0.5	-1.5	-0.5
	+0.5		+0.7		+0.4														
45°	-0.0		-0.0		-0.0	-0.3	-0.6	-0.3	-1.3	-2.0	-0.8	-1.2	-0.2	-0.7	+0.7	+0.7	+0.6	+0.6	+0.6
	+0.7		+0.7		+0.6														
60°	+0.7		+0.7		+0.7	-0.3	-0.6	-0.3	-1.2	-2.0	-0.4	-0.2	-0.2	+0.7	+0.7	+0.7	+0.7	+0.7	+0.7
75°	+0.8		+0.8		+0.8	-0.3	-0.6	-0.3	-1.2	-2.0	-0.4	-0.2	-0.2	+0.8	+0.8	+0.8	+0.8	+0.8	+0.8

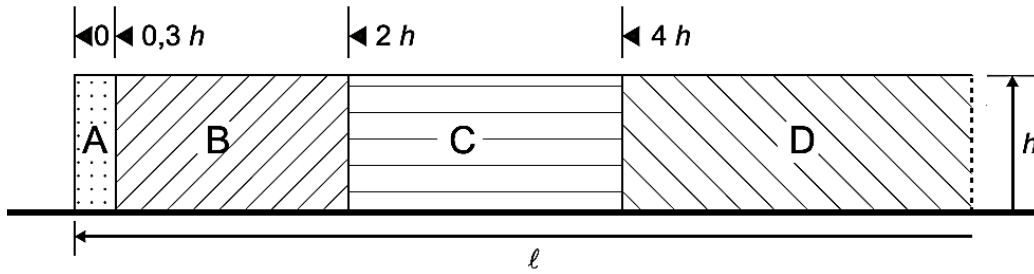
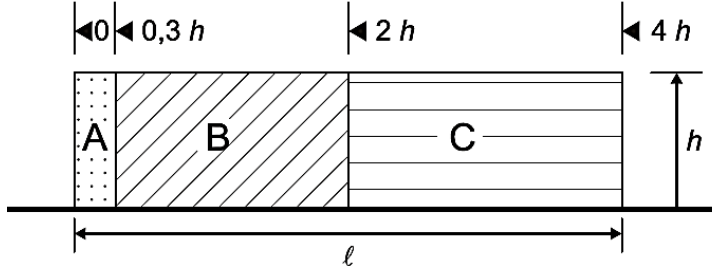
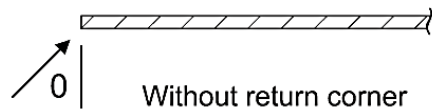
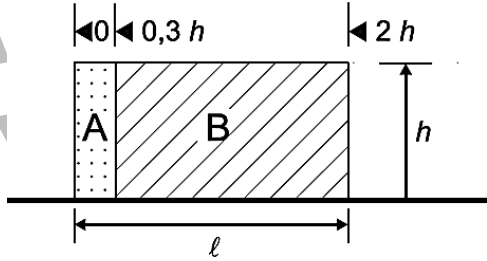
NOTE 1 At $\theta=0^\circ$ the pressures changes rapidly between positive and negative values on the windward face at pitch angle of $\alpha = +5^\circ$ to $+45^\circ$, so both positive and negative values are given. For those roofs, two cases should be considered: one with all positive values, and one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

NOTE 2 Linear interpolation for intermediate pitch angles of the same sign may be used between values of the same sign. The values equal to 0,0 are given for interpolation purposes

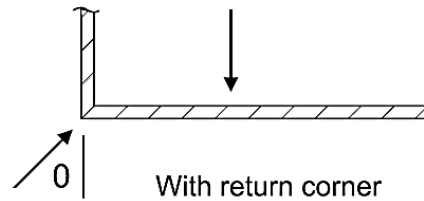
NOTE 3 The pitch angle of the windward face always will govern the pressure coefficients.

الجدول (12-8) معاملات الضغط الصافي للجدران المعزولة وتصاوين الاسطح

Solidity	Zone	A	B	C	D
$\phi = 1$	Without return corners	$\ell/h \leq 3$	2,3	1,4	1,2
		$\ell/h = 5$	2,9	1,8	1,2
		$\ell/h \geq 10$	3,4	2,1	1,7
	with return corners of length $\geq h$ *	2,1	1,8	1,4	1,2
$\phi = 0,8$		1,2	1,2	1,2	1,2

* Linear interpolation may be used for return corner lengths between 0,0 and h for $\ell > 4h$ for $\ell \leq 4h$ for $\ell \leq 2h$ 

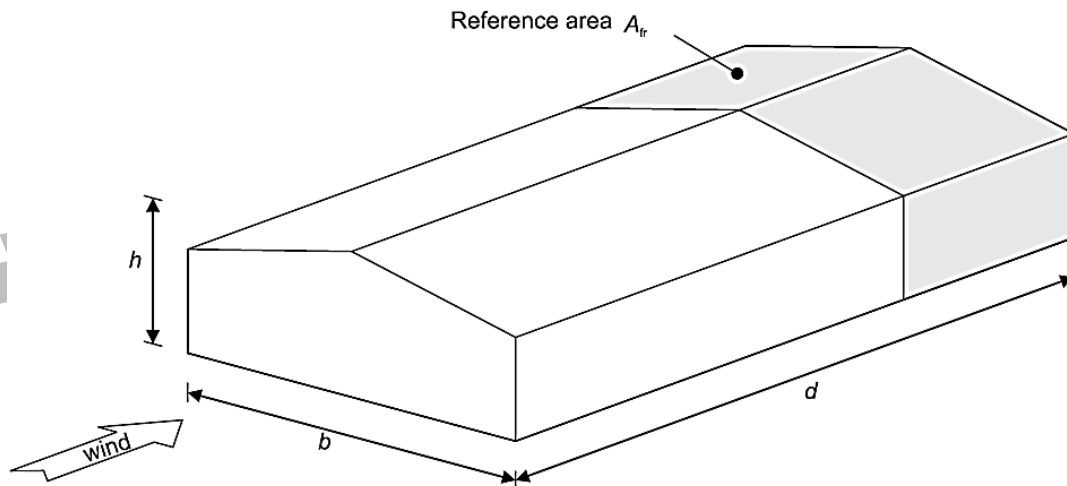
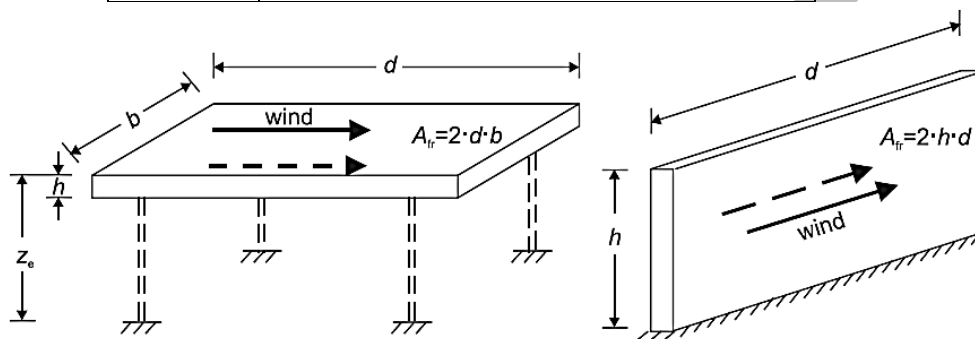
Without return corner



With return corner

الشكل (12-11)

الجدول (12-9) معاملات الاحتكاك للجدران والأسقف والتصاوين	
c_{fr}	خشونة طبقات التغطية
0.01	سطوح ملساء (معدنية أو خرسانية ناعمة) بدون تمويج أو تضليع أو أعصاب متعامدة مع اتجاه الريح
0.02	سطوح خشنة (خرسانة خشنة، ألواح خشبية،)
0.04	سطوح خشنة جداً (ذات تمويج أو أضلاع أو أعصاب متعامدة مع اتجاه الريح)



الشكل (12-12)

أ.د. محمد السمارة

أحمال الثلج Snow loads

تُقدر أحمال الثلج، s ، بناءً على الحمولة المميزة، s_k ، المقابلة لسماكة موحدة من الثلج المتراكم في ظروف هادئة على أرض مستوية. وتعتبر أحمال الثلج على الأسطح على أنها أحمال متغيرة موزعة بانتظام وتحدد بالعلاقة التالية على أن لا يزيد ارتفاع المنطقة فوق سطح البحر على 1500 m

$$s = \mu_i C_e C_t s_k \quad (12-17)$$

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 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

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

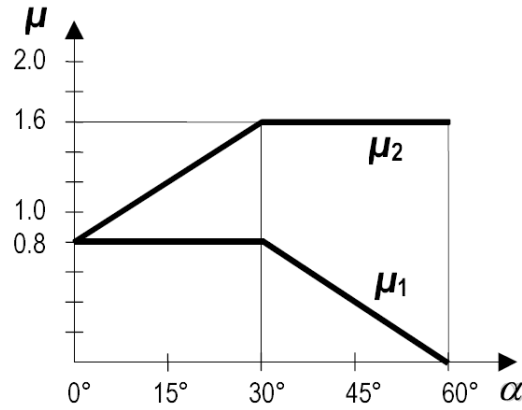
A ارتفاع المنطقة فوق سطح البحر مقدراً بالمتر

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

μ_i معامل شكل حمل الثلج ويتعلق بشكل السقف وميله ويبين الجدول التالي قيم هذا المعامل وموضحة أيضاً في الشكل (12-13).

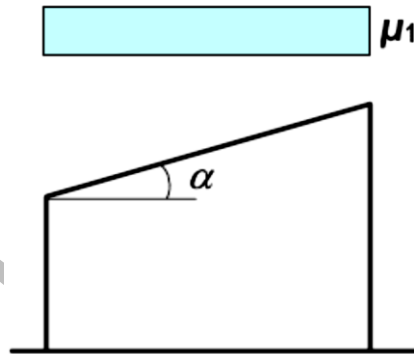
معامل شكل حمل الثلج			
زاوية ميل السقف	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
معامل الشكل μ_1	0.8	$0.8(60 - \alpha)/30$	0.0
معامل الشكل μ_2	$0.8 + 0.8\alpha/30$	1.6	0.0





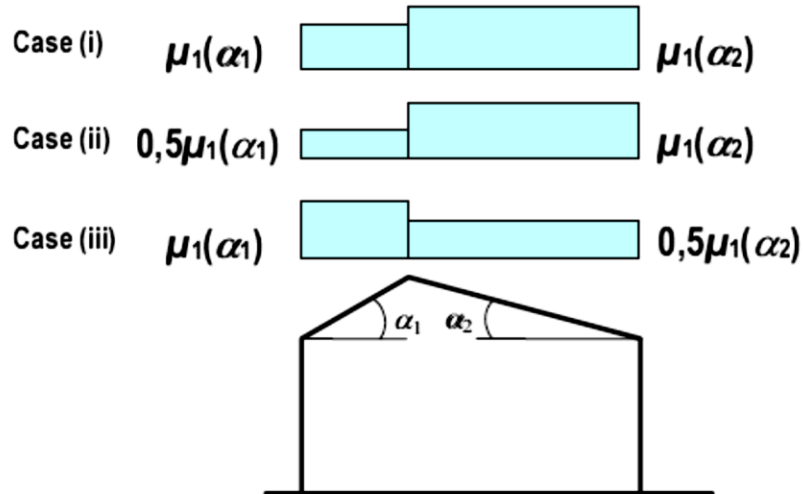
الشكل (12-13) معامل شكل حمل الثلج

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

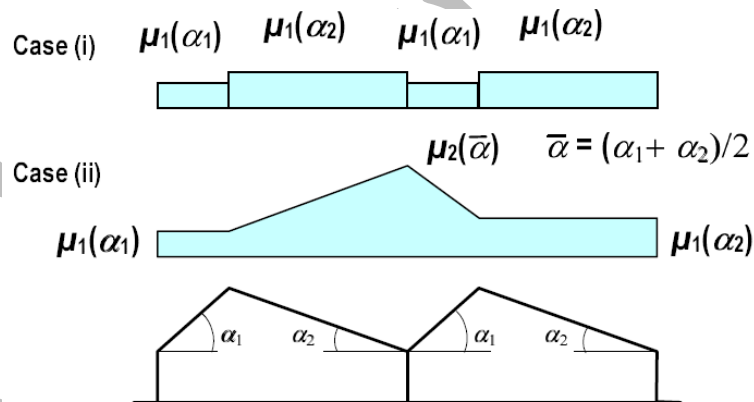


الشكل (12-14): مخطط نموذجي لأحمال الثلج على سطح أحادي الميل

أ.د. محمد السمارة



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



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



أ.د. محمد السمارة