كلية الهندسة المدنية ـ السنة الرابعة
مقرر المعدنية (2) :

المحاضرة (2) : الأحمال على المنشآت ـ حساب أحمال الرياح

د. لجين المحمد

الأحمال على المنشآت:

1- الأحمال الميتة:

تشمل الوزن الذاتي للعناصر والوزن الذاتي لكل الأجزاء الثابتة في المنشأ (مثل طبقات التغطية للأسقف والجدران والإنهاءات والقواطع)*

2- الأحمال الحية:

تشمل أوزان الأشخاص والثلوج والآليات ومواد التخزين وتحدد من جداول تبعاً لوظيفة وأهمية المنشأة.*

نوع البناء	الحمل الحي (kN/m^2)
أبنية سكنية	1.5
أبنية مكاتب (حسب الاستخدام)	5 – 2.5
أبنية تعليمية	3.0
أبنية مسارح (ذات مقاعد ثابتة)	4.0
أبنية مستودعات	2.4 لكل متر ارتفاع تخزين
أبنية صناعية	5

الأحمال على المنشآت:

2- الأحمال الحية:

الحمولة الحية على السقف لا تتعلق بوظيفة المنشأة بل تتبع لإمكانية الصعود إلى السطح بدرج وزاوية ميل السقف.

إمكانية الوصول للسطح	زاوية ميل السقف	الحمولات مقاسة على المتر المربع الأفقي للسقف KN/m^2
السطح يمكن الصعود إليه بدرج	سطح أفقية ومائلة α = 0 to 10°	أشخاص + ثلج 1.5
السطح لا يمكن الصعود إليه بدرج	سطح أفقية ومائلة α = 0 to 30°	ثلج 0.75
	سطح أفقية ومائلة α = 30 to 75°	ثلج بالتوسط الداخلي بين 0-0.75
	α > 75°	0

الأحمال على المنشآت:

3- **أحمال الرياح:**

هي أحمال ديناميكية يتم الاستعاضة عنها بأحمال ستاتيكية مكافئة لها أي يتم حساب ضغط الرياح المحلي والحمولة الكلية وحمولة الاحتكاك للرياح كما سندرسها بالتفصيل لاحقاً.

4- **أحمال الرافعة:**

هي أحمال متحركة وتدرس بطريقة خطوط التأثير وتنقل هذه الأحمال بشكا أفقي وشاقولي إلى الجائز الحامل للرافعة.

5- **أحمال الزلازل:** وهي أحمال ديناميكية يتم الاستعاضة عنها بأحمال ستاتيكية مكافئة لها.

6- **أحمال حرارية:** وتحسب تحت تأثير حرارة الطقس

7- **أحمال الحريق.**

وسندرس المنشا الصناعي تحت تأثير الأحمال الميتة والحية والرياح والرافعة.

تراكيب الأحمال:

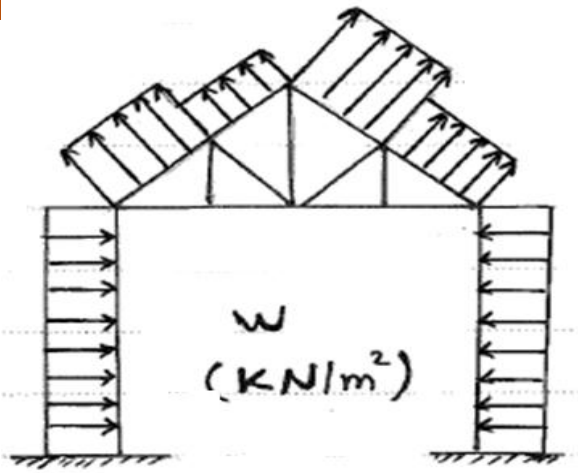
تراكيب الأحمال		
1	ميتة + حية	1.4 DL + 1.6 LL
2	ميتة + رياح	DL + 1.4 WL
3	ميتة + رافعة (شاقولي)	1.4 DL + 1.6 CL
4	ميتة + رافعة (شاقولي +أفقي)	1.4 DL + 1.4 CL
5	ميتة + حية + رافعة (شاقولي)	1.2 DL + 1.6 LL + 1.6 CL
6	ميتة + حية + رافعة (شاقولي + افقي)	1.2 DL + 1.6 LL + 1.4 CL
7	ميتة + حية + رياح	1.2 (DL + LL + WL)
8	ميتة + رياح + رافعة (شاقولي)	1.2 (DL + WL + CL)
9	ميتة + حية + رياح + رافعة (شاقولي)	1.2 (DL + LL + WL + CL)

أحمال الرياح وفقاً للكود البريطاني:
CP3: Chapter V: Part 2

يتعرض أي منشأ في منطقة ما إلى أحمال الرياح وهي أحمال ديناميكية متغيرة الشدة .. تتغير تبعاً لعدة عوامل:

- اختلاف الموقع.
- الارتفاع عن سطح البحر.
- شكل المبنى (ارتفاعه، أبعاده، الميول،...)
- الطبيعة الطبوغرافية للمنطقة.
- جهة هبوب الرياح.

تأثير الرياح على المنشأ :



تأثير الرياح على المنشأ سوف يظهر بعدة أشكال:

1- قوة ضغط الرياح على المنشأ:

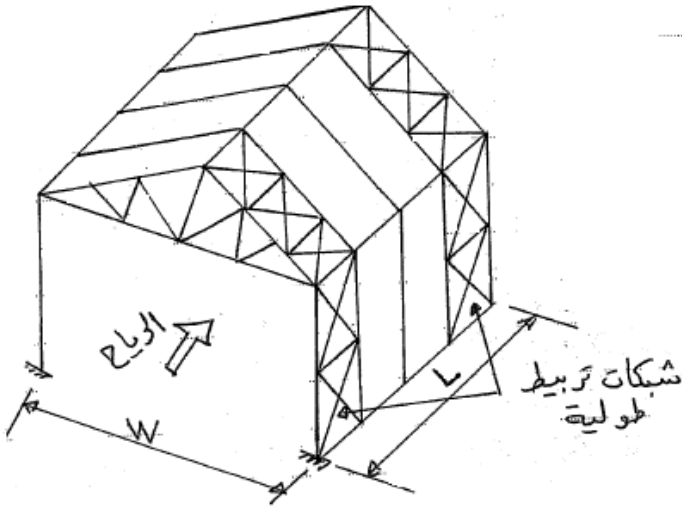
وهي حمولة متعامدة مع السطح المدروس(جدران وأسقف) ويمكن أن تكون ضاغطة على السطح أو ساحبة له.

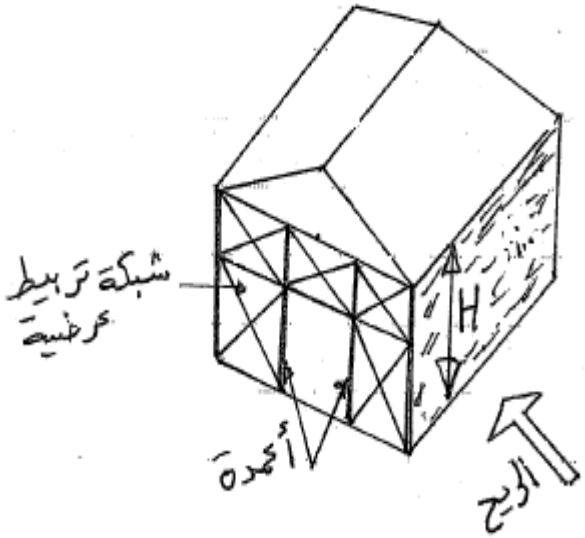
حيث تستبدل أحمال الرياح الديناميكية بأحمال ستاتيكية مكافئة تحسب على عناصر المنشأ بشكل منفصل.

2- قوة الرياح الكلية:

وتسبب انزاح كلي للمنشأ (طولي وعرضي) وبالتالي تحسب من أجل كامل المنشأ.

وتقاوم باستخدام شبكات تربيط طولية وعرضية.

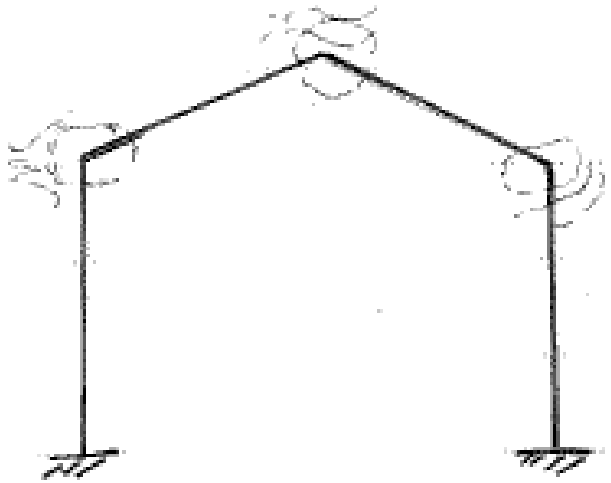




تأثير الرياح على المنشأ :

3- قوة الاحتكاك:

وهي القوة التي تنتج عن احتكاك الهواء مع الجدران والأسقف وتقاوم باستخدام شبكات التربيط



4- ضغط الرياح المحلي:

ينشأ في نقاط معينة من المنشأ مثل نقطة السنم أو نقاط التقاء السقف بالجدار ويسبب ذلك دوامات هوائية في تلك النقاط وهذا الضغط يستخدم في تصميم الوصلات التي تثبت السقف بالجدار وكذلك في وصلات الإكساء.

حساب أحمال الرياح : 1- تحديد سرعة الرياح التصميمية:

تسبب الرياح أحمالاً ديناميكية، ولأغراض تصميمية تستبدل هذه الاحمال بأحمال ستاتيكية مكافئة، ويتم حساب احمال الرياح وفق الخطوات التالية:

1. تحديد سرعة الرياح التصميمية: $V_s = V.S_1.S_2.S_3$

V_s **سرعة الرياح** (m/sec) المقاسة في منطقة تواجد المبنى وهي ثاني سرعة عاصفة للرياح مدتها ثلاث ثوان يتعرض لها المنشأ خلال 50 عاماً.

S_1 **المعامل الطبوغرافي** ويعكس التغيرات المحلية الكبيرة في طبوغرافية سطح الأرض.

الجدول (1) العامل الطبوغرافي S1	
الوضع الطبوغرافي	قيمة S1
سفوح الهضاب المكشوفة حيث تتسارع الرياح والاودية التي يحدث فيها دوامات هوائية	1.1
الأودية المغلقة والتي تعتبر محمية من الرياح	0.9
كل الحالات غير السابقة (أو في حال عدم ذكر الوضع)	1

حساب أحمال الرياح : 1- تحديد سرعة الرياح التصميمية:

S_2 **معامل الخشونة** ويحدد وفقاً لخشونة سطح الأرض وتغير سرعة الرياح مع الارتفاع فوق سطح الأرض وحجم البناء وجزء البناء قيد الدراسة.
يتم تحديد قيمة هذا المعامل من جدوله الخاص بعد تحديد **فئة المنطقة** التي يتواجد فيها المبنى **وتحديد الصنف** الذي ينتمي إليه البناء.
ويتم حسابه للجدران حسب ارتفاع الجدار والذي يمثل ارتفاع أعلى نقطة في الجدار ابتداء من سطح الأرض الطبيعية.
ويتم حسابه للسقف حسب ارتفاع السقف والذي يمثل ارتفاع أعلى نقطة في السقف ابتداء من سطح الأرض الطبيعية.

S_3 **معامل إحصائي** ويتعلق بدرجة الأمان المطلوبة والمدة الزمنية التي يتعرض لها المنشأ للرياح، وعادة نعتبر S3=0 من أجل عمر 50 عاماً.

حساب أحمال الرياح : 1- تحديد سرعة الرياح التصميمية:

الفئة	اسم الفئة	أمثلة عن الفئة
1	أرياف مفتوحة دون عوائق	المطارات – المناطق الساحلية المنبسطة – المزارع غير المحاطة بصادات رياح
2	أرياف مع صادات رياح متفرقة	الأرياف والمزارع المحاطة بصادات الرياح أو الأسوار
3	أرياف مع صادات كثيرة والمدن الصغرى والضواحي	الحدائق العامة المسورة–مناطق الغابات– المدم الصغيرة وضواحيها – ضواحي المدن الكبيرة حيث ارتفاع الأسطحة حوالي m10
4	مناطق ذات عوائق كبيرة ومتعددة	مراكز المدن ذات الأبنية العالية والمتقاربة حيث ارتفاع الأسطحة اكبر أو يساوي m25

الصنف	شمول الصنف
A	أجزاء طبقات التغطية – أعمال الزجاج – عناصر التثبيت
B	الأبنية والمنشآت التي لايزيد فيه أكبر بعد أفقي عن m50
C	الأبنية والمنشآت خلاف الصنف B

حساب أحمال الرياح : 1- تحديد سرعة الرياح التصميمية:

الجدول (2): العامل S2

Ground roughness, building size and height above ground, factor S_2

H	(1) Open country with no obstructions			(2) Open country with scattered windbreaks			(3) Country with many windbreaks; small towns; outskirts of large cities			(4) Surface with large and frequent obstructions, e.g. city centres		
	Class			Class			Class			Class		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
m												
3 or less	0.83	0.78	0.73	0.72	0.67	0.63	0.64	0.60	0.55	0.56	0.52	0.47
5	0.88	0.83	0.78	0.79	0.74	0.70	0.70	0.65	0.60	0.60	0.55	0.50
10	1.00	0.95	0.90	0.93	0.88	0.83	0.78	0.74	0.69	0.67	0.62	0.58
15	1.03	0.99	0.94	1.00	0.95	0.91	0.88	0.83	0.78	0.74	0.69	0.64
20	1.06	1.01	0.96	1.03	0.98	0.94	0.95	0.90	0.85	0.79	0.75	0.70
30	1.09	1.05	1.00	1.07	1.03	0.98	1.01	0.97	0.92	0.90	0.85	0.79
40	1.12	1.08	1.03	1.10	1.06	1.01	1.05	1.01	0.96	0.97	0.93	0.89
50	1.14	1.10	1.06	1.12	1.08	1.04	1.08	1.04	1.00	1.02	0.98	0.94
60	1.15	1.12	1.08	1.14	1.10	1.06	1.10	1.06	1.02	1.05	1.02	0.98
80	1.18	1.15	1.11	1.17	1.13	1.09	1.13	1.10	1.06	1.10	1.07	1.03
100	1.20	1.17	1.13	1.19	1.16	1.12	1.16	1.12	1.09	1.13	1.10	1.07
120	1.22	1.19	1.15	1.21	1.18	1.14	1.18	1.15	1.11	1.15	1.13	1.10
140	1.24	1.20	1.17	1.22	1.19	1.16	1.20	1.17	1.13	1.17	1.15	1.12
160	1.25	1.22	1.19	1.24	1.21	1.18	1.21	1.18	1.15	1.19	1.17	1.14
180	1.26	1.23	1.20	1.25	1.22	1.19	1.23	1.20	1.17	1.20	1.19	1.16
200	1.27	1.24	1.21	1.26	1.24	1.21	1.24	1.21	1.18	1.22	1.21	1.18

أحمال الرياح : 2- حساب ضغط الرياح الديناميكي (q)

يتم تحويل السرعة التصميمية للرياح إلى ضغط ديناميكي على سطوح المنشأ باستخدام العلاقة:

$$q = \frac{1}{2}\rho V_s^{\,2}$$

$\rho = 1.226\ \ kg/m^3$: كتلة واحدة الحجوم من الهواء حرارتها $15°$ تحت ضغط جوي نظامي فيكون:

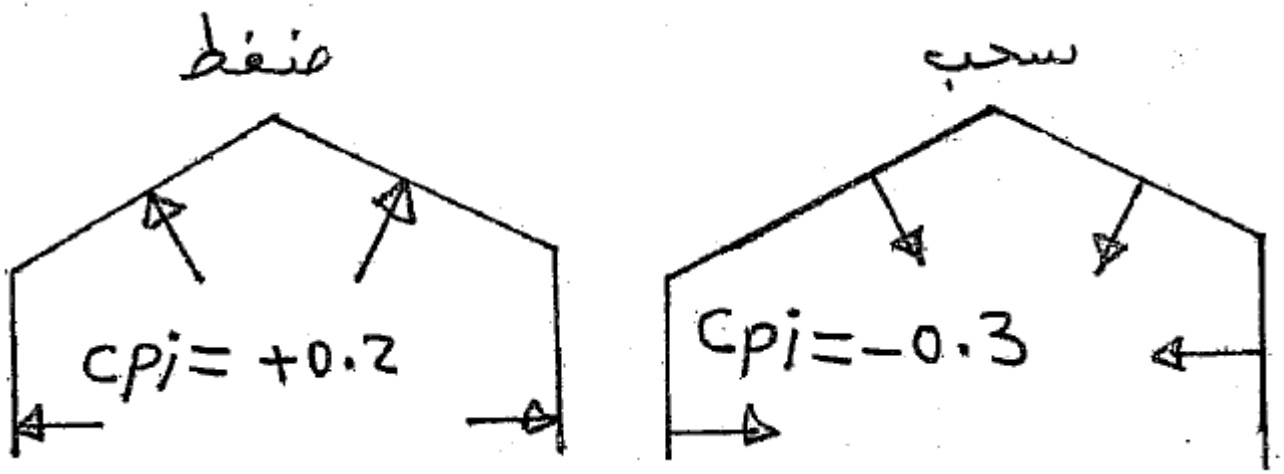
$$q = 0.613\, V_s^{\,2}\ \ ...(N/m^2)$$

أحمال الرياح : 3- حساب ضغط الرياح الكلي (P)

يعتمد ضغط الرياح الكلي (على الجدران والاسقف) على الفرق بين الضغط على الوجه الخارجي والضغط على الوجه الداخلي ويحسب من العلاقة:

$$P = (C_{pe} - C_{pi}).q$$

C_{pi} : معامل الضغط الداخلي ويأخذ إحدى القيمتين $(+0.2)$ ، (-0.3)
حيث تكون الإشارة (+) في حالة الضغط والاشارة (−) في حالة الشد (السحب)



أحمال الرياح : 3- حساب ضغط الرياح الكلي (P)

C_{pe} : معامل الضغط الخارجي

وتحدد قيمته على جدران المنشأ من الجدول(5) وعلى سقف المبنى من الجدول (6)، وذلك حسب زاوية الرياح α مع المبنى وحسب النسب: l/w ، h/w

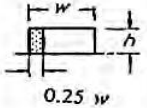
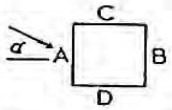
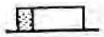
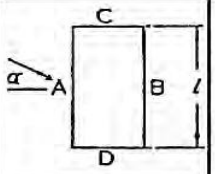
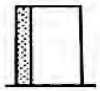
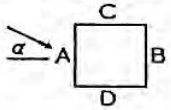
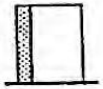
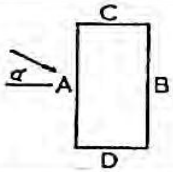
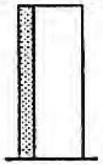
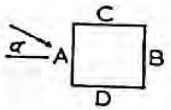
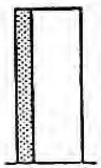
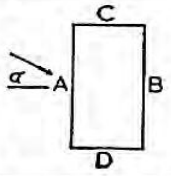
$\alpha = 0$ ← الرياح عمودية على طول المبنى

$\alpha = 90$ ← الرياح موازية لطول المبنى

l : طول المبنى w : عرض المبنى h : ارتفاع أعلى نقطة في الجدار

وكوننا لانعرف جهة الرياح لذلك نحسبه للجدران والأسقف في الحالتين (الرياح عمودية على طول المبنى والرياح موازية لطول المبنى) ونختار الحالة الأخطر للتصميم.

الجدول (5): معامل الضغط الخارجي للجدران Cpe

Building height ralio	Building plan ralio	Elevation	Plan	Wind angle α	C_{pe} for surface A	B	C	D	Local C_p
$\frac{h}{w} \leqslant \frac{1}{2}$	$1 < \frac{l}{w} \leqslant \frac{3}{2}$			degrees 0	+0.7	−0.2	−0.5	−0.5	−0.8
				90	−0.5	−0.5	+0.7	−0.2	
	$\frac{3}{2} < \frac{l}{w} < 4$			0	+0.7	−0.25	−0.6	−0.6	−1.0
				90	−0.5	−0.5	+0.7	−0.1	
$\frac{1}{2} < \frac{h}{w} \leqslant \frac{3}{2}$	$1 < \frac{l}{w} \leqslant \frac{3}{2}$			0	+0.7	−0.25	−0.6	−0.6	−1.1
				90	−0.6	−0.6	+0.7	−0.25	
	$\frac{3}{2} < \frac{l}{w} < 4$			0	+0.7	−0.3	−0.7	−0.7	−1.1
				90	−0.5	−0.5	+0.7	−0.1	
$\frac{3}{2} < \frac{h}{w} < 6$	$1 < \frac{l}{w} \leqslant \frac{3}{2}$			0	+0.8	−0.25	−0.8	−0.8	−1.2
				90	−0.8	−0.8	+0.8	−0.25	
	$\frac{3}{2} < \frac{l}{w} < 4$			0	+0.7	−0.4	−0.7	−0.7	−1.2
				90	−0.5	−0.5	+0.8	−0.1	

NOTE. h is the height to eaves or parapet, l is the greater horizontal dimension of building and w is the lesser horizontal dimension of a building

الجدول (6): معامل الضغط الخارجي Cpe للأسقف المائلة من الجانبين

Pressure coefficients C_{pe} for pitch roofs of rectangular clad buildings (12-4) الجدول

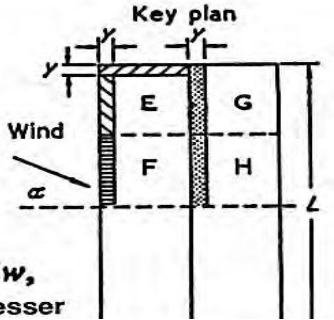
Building height ratio	Roof angle	Wind angle α 0° EF	Wind angle α 0° GH	Wind angle α 90° EG	Wind angle α 90° FH	Local coefficients			
	degrees								
$\frac{h}{w} \leq \frac{1}{2}$	0	−0.8	−0.4	−0.8	−0.4	−2.0	−2.0	−2.0	—
	5	−0.9	−0.4	−0.8	−0.4	−1.4	−1.2	−1.2	−1.0
	10	−1.2	−0.4	−0.8	−0.6	−1.4	−1.4		−1.2
	20	−0.4	−0.4	−0.7	−0.6	−1.0			−1.2
	30	0	−0.4	−0.7	−0.6	−0.8			−1.1
	45	+0.3	−0.5	−0.7	−0.6				−1.1
	60	+0.7	−0.6	−0.7	−0.6				−1.1
$\frac{1}{2} < \frac{h}{w} \leq \frac{3}{2}$	0	−0.8	−0.6	−1.0	−0.6	−2.0	−2.0	−2.0	—
	5	−0.9	−0.6	−0.9	−0.6	−2.0	−2.0	−1.5	−1.0
	10	−1.1	−0.6	−0.8	−0.6	−2.0	−2.0	−1.5	−1.2
	20	−0.7	−0.5	−0.8	−0.6	−1.5	−1.5	−1.5	−1.0
	30	−0.2	−0.5	−0.8	−0.8	−1.0			−1.0
	45	+0.2	−0.5	−0.8	−0.8				
	60	+0.6	−0.5	−0.8	−0.8				
$\frac{3}{2} < \frac{h}{w} < 6$	0	−0.7	−0.6	−0.9	−0.7	−2.0	−2.0	−2.0	—
	5	−0.7	−0.6	−0.8	−0.8	−2.0	−2.0	−1.5	−1.0
	10	−0.7	−0.6	−0.8	−0.8	−2.0	−2.0	−1.5	−1.2
	20	−0.8	−0.6	−0.8	−0.8	−1.5	−1.5	−1.5	−1.2
	30	−1.0	−0.5	−0.8	−0.7	−1.5			
	40	−0.2	−0.5	−0.8	−0.7	−1.0			
	50	+0.2	−0.5	−0.8	−0.7				
	60	+0.5	−0.5	−0.8	−0.7				

NOTE 1. h is the height to eaves or parapet and w is the lesser horizontal dimension of a building.

NOTE 2. The pressure coefficient on the underside of any roof overhang should be taken as that on the adjoining wall surface.

Where no local coefficients are given the overall coefficients apply

NOTE 3. For hipped roofs the local coefficient for the hip ridge may be conservatively taken as the appropriate ridge value.



$y = h$ or $0.15w$, whichever is the lesser

أحمال الرياح : 4- حساب قوة الرياح الكلية (F)

تحسب قوة الرياح الكلية المطبقة على المنشأ باتجاه الريح بالعلاقة:

$$F = C_f . A_e . q \quad ....(kN)$$

C_f : معامل القوة ويؤخذ من الجدول (7) بدلالة أبعاد البناء.

A_e : مساحة واجهة البناء الفعالة

q : الضغط الديناميكي.

وتقاوم قوة الرياح الكلية بجملة التربيط موازية لها.

الجدول (7): معامل القوة Cf

b بعد مسقط البناء العمودي على اتجاه الريح.

d بعد مسقط البناء الموازي لاتجاه الريح.

Force coefficients C_f for rectangular clad buildings with flat roofs (12-9) الجدول
(acting in the direction of the wind)

Plan shape	$\frac{l}{w}$	$\frac{b}{d}$	C_f for height / breadth ratio: Up to $\frac{1}{2}$	1	2	4	6
Wind	$\geqslant 4$	$\geqslant 4$	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6
		$\leqslant \frac{1}{4}$	0.7	0.7	0.75	0.75	0.75
	3	3	1.1	1.2	1.25	1.35	1.4
		$\frac{1}{3}$	0.7	0.75	0.75	0.75	0.8
	2	2	1.0	1.05	1.1	1.15	1.2
		$\frac{1}{2}$	0.75	0.75	0.8	0.85	0.9
	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	0.95	1.0	1.05	1.1	1.15
		$\frac{2}{3}$	0.8	0.85	0.9	0.95	1.0

Plan shape	$\frac{l}{w}$	$\frac{b}{d}$	C_f for height / breadth ratio: Up to $\frac{1}{2}$	1	2	4	6	10	20
	1	1	0.9	0.95	1.0	1.05	1.1	1.2	1.4

أحمال الرياح : 5- حساب قوة السحب نتيجة الاحتكاك (F`)

إذا كان $\frac{d}{h} \geq 4 \ or \ \frac{d}{b} \geq 4$ عندها توجد قوة سحب (احتكاك) تضاف إلى قيمة قوة الرياح الكلية السابقة وتقاوم بجملة تربيط و تعطى بالعلاقة:

$$h \leq b \Rightarrow F' = C'_f.q.b.(d-4h) + C'_f.q.2h.(d-4h) \ ....(kN)$$

$$h > b \Rightarrow F' = C'_f.q.b.(d-4b) + C'_f.q.2h.(d-4b) \ ....(kN)$$

C'_f : معامل الاحتكاك ويتعلق بمدى خشونة طبقات التغطية ويؤخذ من الجدول(8):

الجدول (8): معامل القوة C`f

C'_f	خشونة طبقات التغطية
0.01	سطوح ملساء بدون تمويج أو تضليع أو أعصاب متعامدة مع اتجاه الريح
0.02	سطوح ذات تمويج متعامد مع اتجاه الريح
0.04	سطوح ذات أضلاع أو أعصاب متعامدة مع اتجاه الريح

THANK YOU