التصميم الرأسي للمنشأ البيتوني

التصميم الرأسي للمبنى :

تصميم المنشأ ليقاوم الاحمال الميتة والأحمال الحية وهذا ما يم دراسته سابقًا

التصميم الأفقي للمنشأ البيتوني

التصميم الأفقي للمبنى :

دراسة تحقيق اتزانه الداخلي واتزانه الخارجي تحت تأثير قوى الرياح والزلازل (الأكبر منهما)

الاتزان الداخلي للمنشأ :

تحقيق كفاية المقاومة الداخلية للقطاعات البيتونية للمنشأ للقوى الداخلية من عزم انعطاف وقوى قص وقوى ناظمية على كل عقدة وكل عنصر نتيجة تأثير قوى الرياح والزلازل

الاتزان الخارجي للمنشأ :

تحقيق اتزان المبنى تحت تأثير عزم الفتل وعزم الانقلاب وكذلك تأثير إجهادات تحمل التربة تحت الاساسات نتيجة تأثير القوى الافقية للرياح والزلازل

حساب القوى الأفقية الناتجة عن الرياح

القوى الأفقية

ناتجة عن الرياح

ناتجة عن الزلازل

1. القوى الأفقية الناتجة عن الرياح

- **ضغط الرياح** :

إن الرياح إحدى الظواهر المناخية التي لا يمكن التحكم بها مما يجعل التقييم الدقيق للأحمال الناتجة عنها غير ممكن ، لذلك لابد من الاعتماد على فرضيات أساسية تقريبية لمعرفة تأثير الرياح على المنشآت.

- من أهم الفرضيات اعتبار الرياح ذات سرعة ثابتة وتؤثر بالاتجاه الأفقي

- وأن الطاقة الحركية الناتجة عن سرعة الرياح تتحول إلى طاقة ضغط ديناميكي مكافئ بمجرد اصطدام الرياح بحاجز ثابت ولا نهائي.
- تتغير قيمة الضغط الناتج بعدة عوامل أهمها سرعة الرياح و أبعاد المنشأ الهندسية وموقعه.

يحسب الضغط الديناميكي المكافئ المتولد على سطح نتيجة لرياح سرعتها V

$$W_d = \rho \frac{V^2}{2 \cdot g} \qquad (1)$$

حيث : ρ =0.012 kN/m^3 الوزن النوعي للهواء الخالي من أكسيد الكربون في ضغط نظامي ودرجة حرارة 15°c

g=9.8 m/sec^2 تسارع الجاذبية الأرضية

تصبح المعادلة (1-1) بعد التعويض :

$$W_d = \frac{V^2}{1630} \quad (2)$$

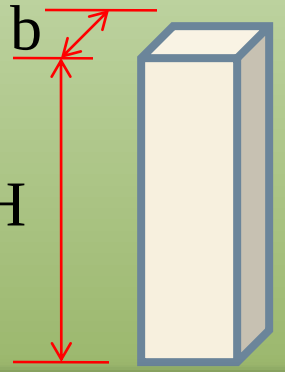
حيث واحدة الضغط هي kN/m^2 **و السرعة بـ** m/sec. .

يتم تقدير سرعة الرياح المستخدمة في التصميم اعتماداً على السرعة الناتجة عن التسجيلات الإحصائية لسرعات هبة الرياح خلال عدة سنوات من قبل دوائر الارصاد الجوية في المنطقة

(سرعة الرياح المميزة) V_k **ومنها سرعة الرياح التصميمية لكل اتجاه على حدة وفق ما يلي :**

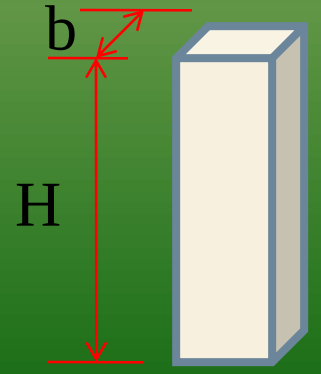
أ-من أجل المنشآت التي يقل كل من بعدي واجهتها المدروسة عن 10m أو يساويه

$$b \,\&\, H \le 10m \Rightarrow V = V_k$$



ب- من أجل المنشآت التي يزيد احد بعدي واجهتها المدروسة عن 10m ويقل عن 20m

$$20m > b.و.H > 10m \Rightarrow V = \frac{V_k}{1.35}$$



هذه السرعة تقابل القيم المعطاة في الأرصاد الجوية تحت تسمية الرياح العظمى

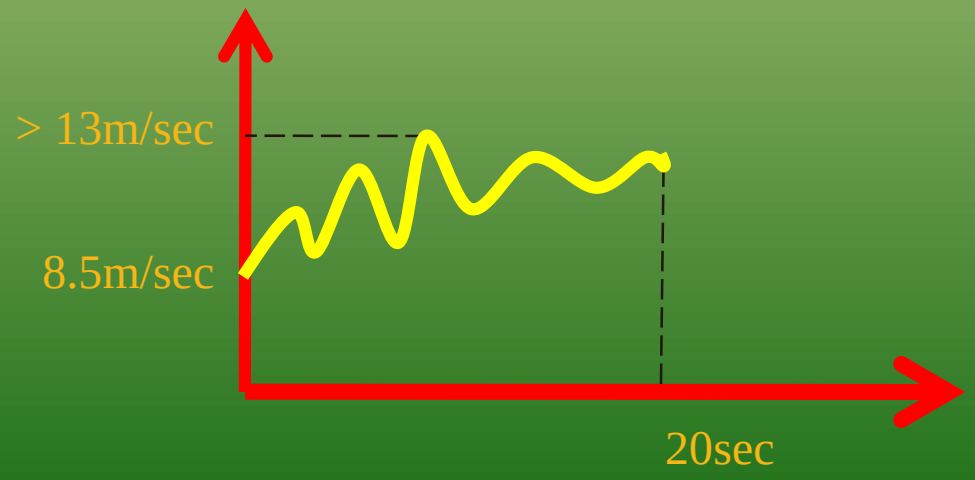
ج- من أجل المنشآت التي يزيد أحد بعدي واجهتها المدروسة عن 20m أو يساويه

$$b.و.H \geq 20m \Rightarrow V = \frac{V_k}{1.45}$$

- تعطي الأرصاد الجوية عادة قيمة سرعة هبة الرياح القصوى السنوية لمنطقة ما وكذلك سرعات هبات الرياح السنوية القصوى للسنيين التي تم تسجيل فعلي لحركة الرياح في منطقة ما

اعتماداً على القيم المعتمدة لسرعات هبة الريا ح السنوية القصوى لمنطقة ما يتم تحديد سرعة الرياح المميزة المعتمدة في التصميم من خلال تحديد سرعة هبة الرياح التي لا يمكن تجاوزها لأكثر من مرة واحدة خلال خمسين عاماً متتالية ويرمز بـ V_k

حيث تعرف **هبة الرياح** بأنها ريح تستمر لمدة أكثر من عشرين ثانية سرعتها أكثر من 8.5m/sec. على أن يكون الفرق في سرعة الريح بين بداية الهبة وأعظم سرعة فيها أكثر من 4.5m/sec. .



يمكن أن نستخدم الجدول (1) في حالة عدم توفر إحصائيات دقيقة عن سرعات هبة الرياح القصوى يمكن اعتماد التقسيمات التالية

الجدول (1) تقسيم المناطق تبعا لسرعة هبة الريح

المنطقة	السرعة المميزة V_k		متر/ثانية	الضغط الستاتيكي المكافئ kN/m^2 W_d
	درجة الرياح	كم/سا		
الأولى	قوية جدا	175	48.6	1.48
الثانية	قوية	150	41.6	1.08
الثالثة	معتدلة	125	34.7	0.75
الرابعة	ضعيفة	100	27.8	0.48

الجدول (2) الهبات القصوى للرياح التي تحدث مرة كل 50 سنة

المحطة	سرعة الهبة m/sec
حلب	40
حماه	46
دير الزور	42
الرقة	35
السويداء	40
قطينة (حمص)	50
القنيطرة	42
اللاذقية	42
المزه (دمشق)	48

القوى الناتجة عن الرياح :

تؤثر الرياح على المنشآت بقوى أفقية تتغير قيمتها مع

تغير ارتفاع

خواص المنشأ الهندسية

إضافة إلى سرعة الرياح المتوقعة خلال العمر التصميمي للمنشأ والذي غالبا يقدر بين 50 و 100 عام أو أكثر حسب وظيفة المنشأ الاستثمارية

- إن الأحمال الناتجة عن الرياح هي أحمال ديناميكية

- لكن دلت الدراسات على أن التأثيرات الديناميكية لأحمال الرياح على المنشآت العادية أو الأبنية التي

لا تزيد فيها النسبة بين ارتفاعها وعرض واجهتها المواجهة للرياح عن 4 صغيرة نسبيا

- يمكن أخذ مفعول الرياح الكلي كضغط أفقي منتظم موزع على كامل عرض الواجهة المعرضة للرياح ويؤثر بشكل ستاتيكي .

أما عندما تزيد النسبة عن 4 لا بد من أخذ الأثر الديناميكي للرياح.

الحساب الستاتيكي لأحمال الرياح :

إن الضغط المحسوب من العلاقة (2) يمثل ضغط الرياح عندما تؤثر على حاجز في شروط مخبرية أما الضغط المتولد على واجهة المنشأ المعرضة للرياح فيؤخذ من العلاقة التالية :

$$W_e = \alpha_o \cdot K_s \cdot K_h \cdot W_d \qquad (3)$$

حيث : W_e الضغط الستاتيكي للرياح المكافئ مقدرا بـ kN/m^2

α_o معامل السطح ويتعلق بخشونة السطوح وعددها ويؤخذ من الجدول (3)

الجدول (3) قيم معامل السطح

شكل المسقط	عدد أضلاع المسقط n	α_o
مثلث أو مستطيل	$3 \leq n \leq 4$	1.3
مخمس	$n = 5$	1.05
مضلع منتظم	$5 < n \leq 20$	$1.05 - 0.02\,n$
مضلع أو دائرة	$n > 20$	0.65

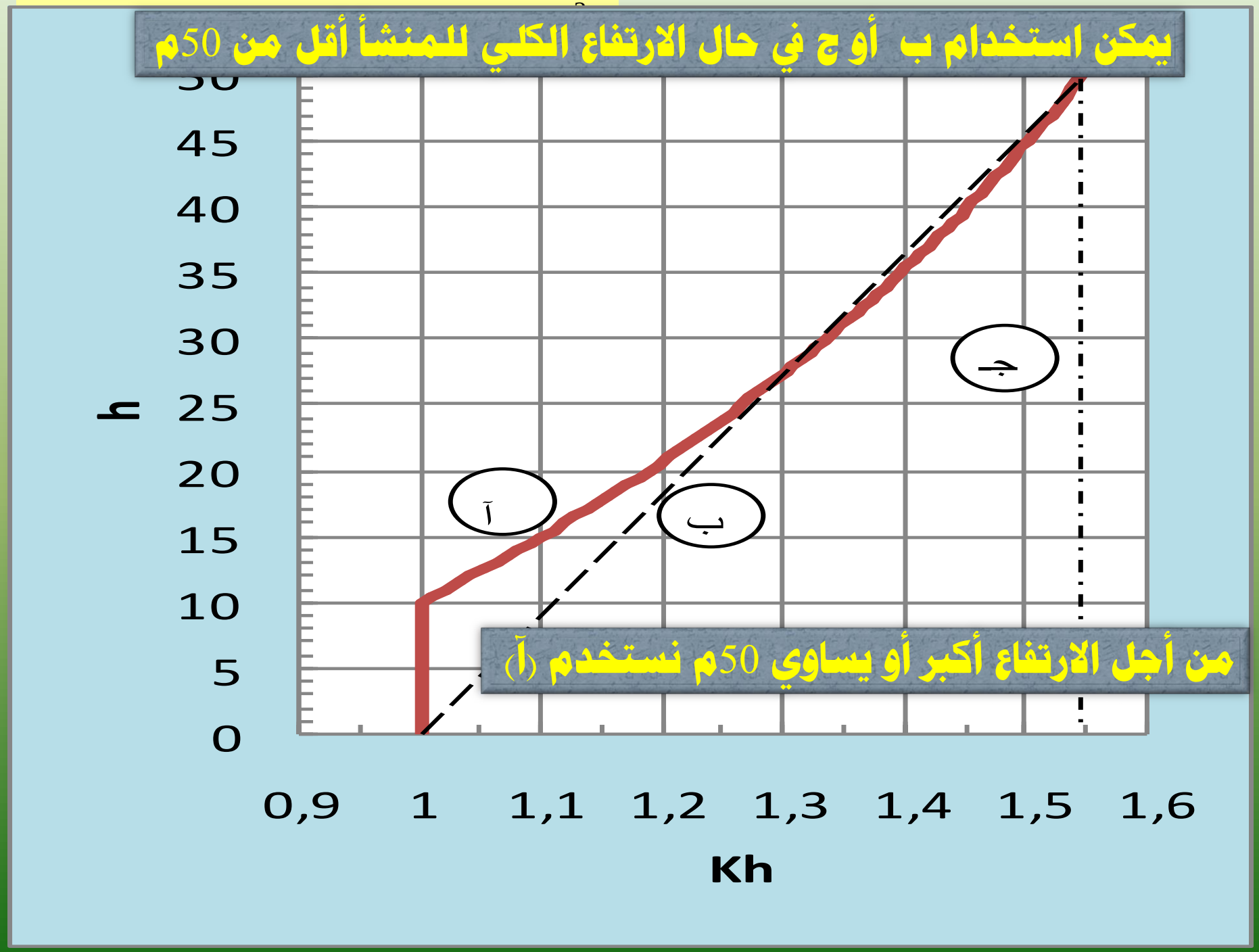
الجدول (4) قيم معامل الموقع

الحالة	وصف الحالة	قيمة عامل الموقع
1	الموقع المعرض للعواصف (البحار- رؤوس التلال – الجزر) شواطئ	1.30
2	الموقع عادي التعرض (السهول)	1.00
3	الموقع المحمي من العواصف سواء بالتلال أو بغيرها	0.80

K_h معامل علو المنشأ و يحسب بدلالة h ، ارتفاع النقطة المدروسة عن سطح الأرض من العلاقة (4) .

$$K_h = 2.5 \cdot \left(1 - \frac{42}{Z + 60}\right) \geq 1 \qquad (4)$$

وبالتالي تكون قيمة الضغط المكافئ لمنشأ ما ثابتة من أجل الارتفاع Z أصغر أو يساوي (10m)

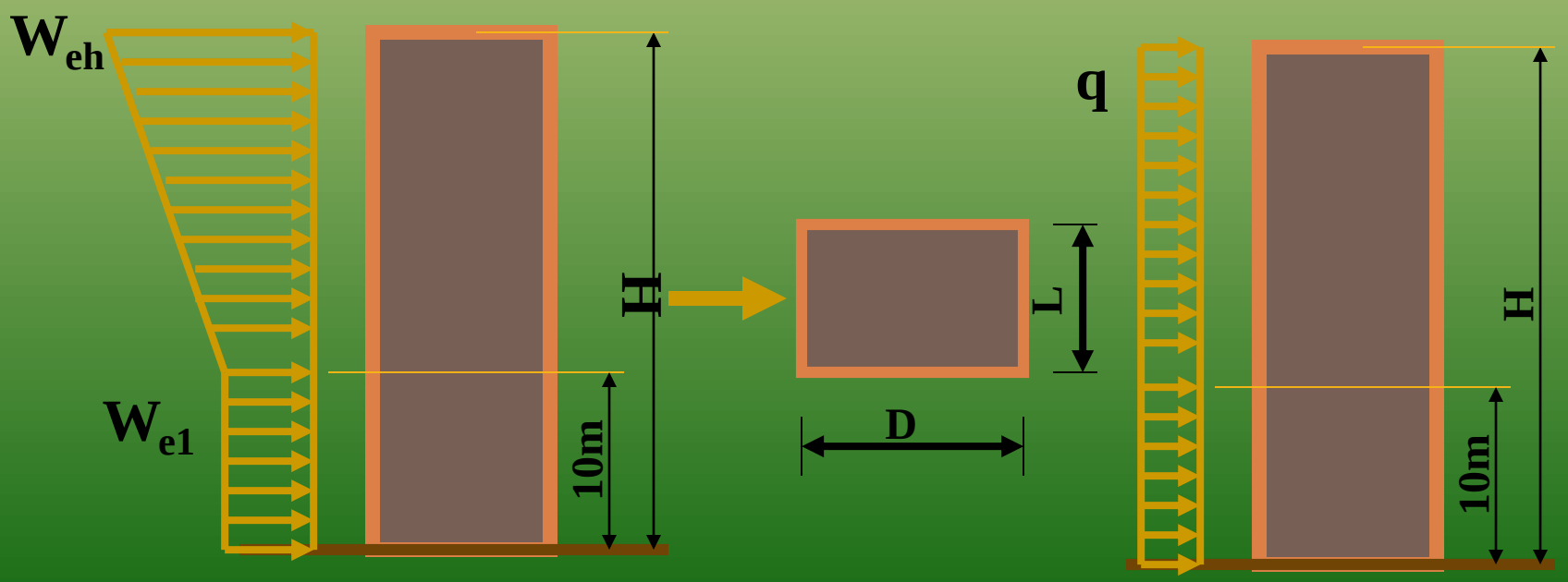

يمكن استخدام ب أو ج في حال الارتفاع الكلي للمنشأ أقل من 50م
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
h
آ
ب
ج
من أجل الارتفاع أكبر أو يساوي 50م نستخدم (آ)
0,9
1
1,1
1,2
1,3
1,4
1,5
1,6
Kh

K_s : معامل الموقع وإمكانية تعرضه للرياح وتؤخذ قيمته من الجدول (4)

W_d: ضغط الرياح على حاجز ثابت يحسب من العلاقة (2).

عادة يحسب الضغط المكافئ W_{e1} و W_{eH} عند الارتفاع $h \leq 10\ m$

وعند الارتفاع h=H، على التوالي حيث H الارتفاع الكلي للمنشأ أي أن الضغط يكون



$$W_{e1}\frac{H^2}{2}+\{(W_{e1}-W_{eH})(H-10)\cdot(\frac{H+5}{3})\}=\frac{qH^2}{2} \qquad (5)$$

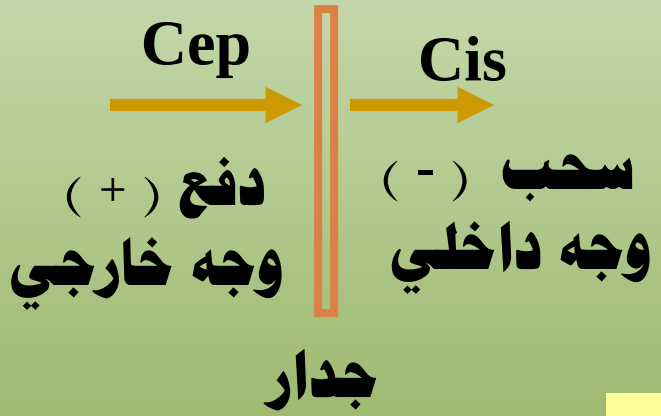
دراسة الاستقرار والحساب العام للجملة الإنشائية المقاومة للرياح وحساب عناصر الإكساء

- تؤثر الرياح خارجياً على السطوح المواجهة لها بأحمال دفع (+) موزعة ، بينما تؤثر على السطوح الأخرى بأحمال سحب (-) موزعة أيضاً.

- كما تؤثر داخلياً على الجدران بأحمال دفع (+) أو سحب (-) نتيجة الفتحات في الجدران

تدرس أجزاء المنشأ المعرضة للرياح :

الجدران غير الحاملة والإكساءات وعناصر الوجهات



أولاً : بتجميع أحمال الدفع على الوجه الخارجي للسطح مع أحمال السحب على الوجه الداخلي للسطح ذاته

$$W_e = (C_{ep} - C_{is}) K_s \cdot K_h \cdot W_d$$

ثانياً : التحقق بتجميع أحمال السحب على الوجه الخارجي للسطح مع أحمال الدفع على الوجه الداخلي للسطح ذاته

$$W_e = (C_{es} - C_{ip}) K_s \cdot K_h \cdot W_d$$

تؤخذ قيم وإشارات المعاملات Cep, Ces, Cip, Cis من الجدول التالي

الجدول(1-6) عوامل السحب أو الدفع على الوجوه المختلفة

نوع المعامل	قيمة المعامل
الدفع على الوجه الخارجي لجزء المنشأ C_{ep}	$C_{ep} = +0.80$
السحب على الوجه الخارجي لجزء المنشأ C_{es}	$C_{es} = -(1.3\ \gamma - 0.80)$
الدفع على الوجه الداخلي لجزء المنشأ C_{ip}	$C_{ip} = 0.6\ (1.80 - 1.3\ \gamma)$
السحب على الوجه الداخلي لجزء المنشأ C_{is}	$C_{is} = -0.6\ (1.3\ \gamma - 0.8)$

حيث : γ معامل يتعلق بنسبة أبعاد المنشأ المدروس ويؤخذ مساويا واحدا في الأبنية العادية ،

يصبح الجدول (6)

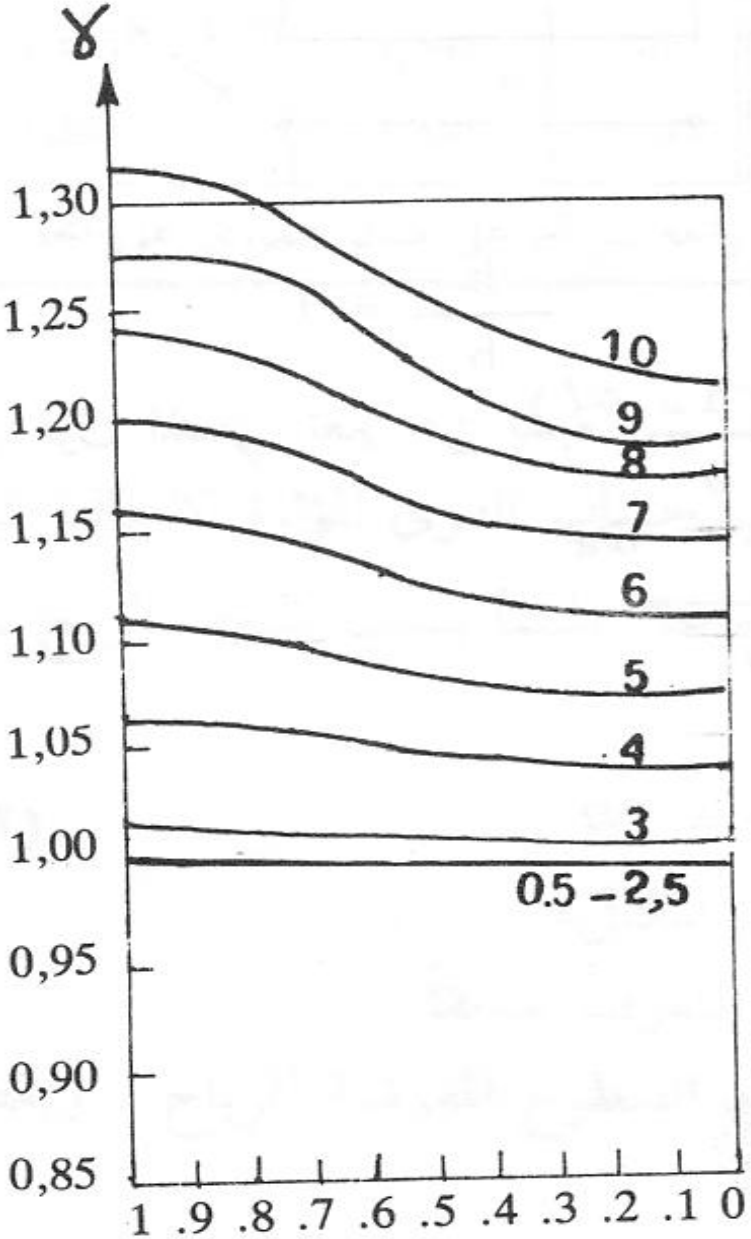
الجدول(6) عوامل السحب أو الدفع على الوجوه المختلفة

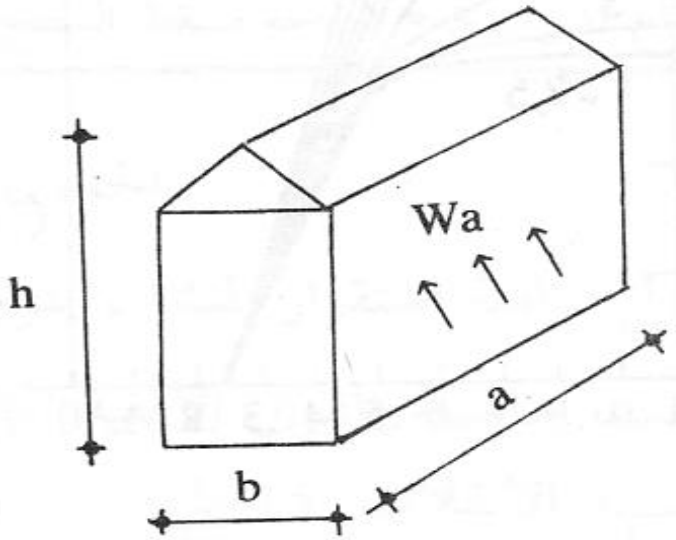
نوع المعامل	قيمة المعامل
الدفع على الوجه الخارجي لجزء المنشأ C_{ep}	$C_{ep} = +0.80$
السحب على الوجه الخارجي لجزء المنشأ C_{es}	$C_{es} = -0.5$
الدفع على الوجه الداخلي لجزء المنشأ C_{ip}	$C_{ip} = 0.3$
السحب على الوجه الداخلي لجزء المنشأ C_{is}	$C_{is} = -0.3$

أما في غير ذلك فيؤخذ من الشكل (4) و (5) للواجهات ذوات الشكل المستطيل

الحالة الاولى

السطح الكبير مواجه للرياح





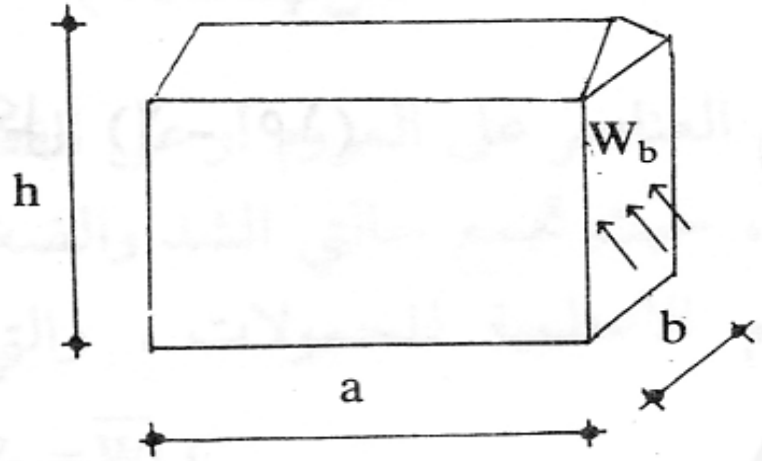
$$\frac{h}{a} \geqslant 0.5$$

القيم فوق المنحني تعبر عن نسبة ($\frac{h}{a}$)

b/a

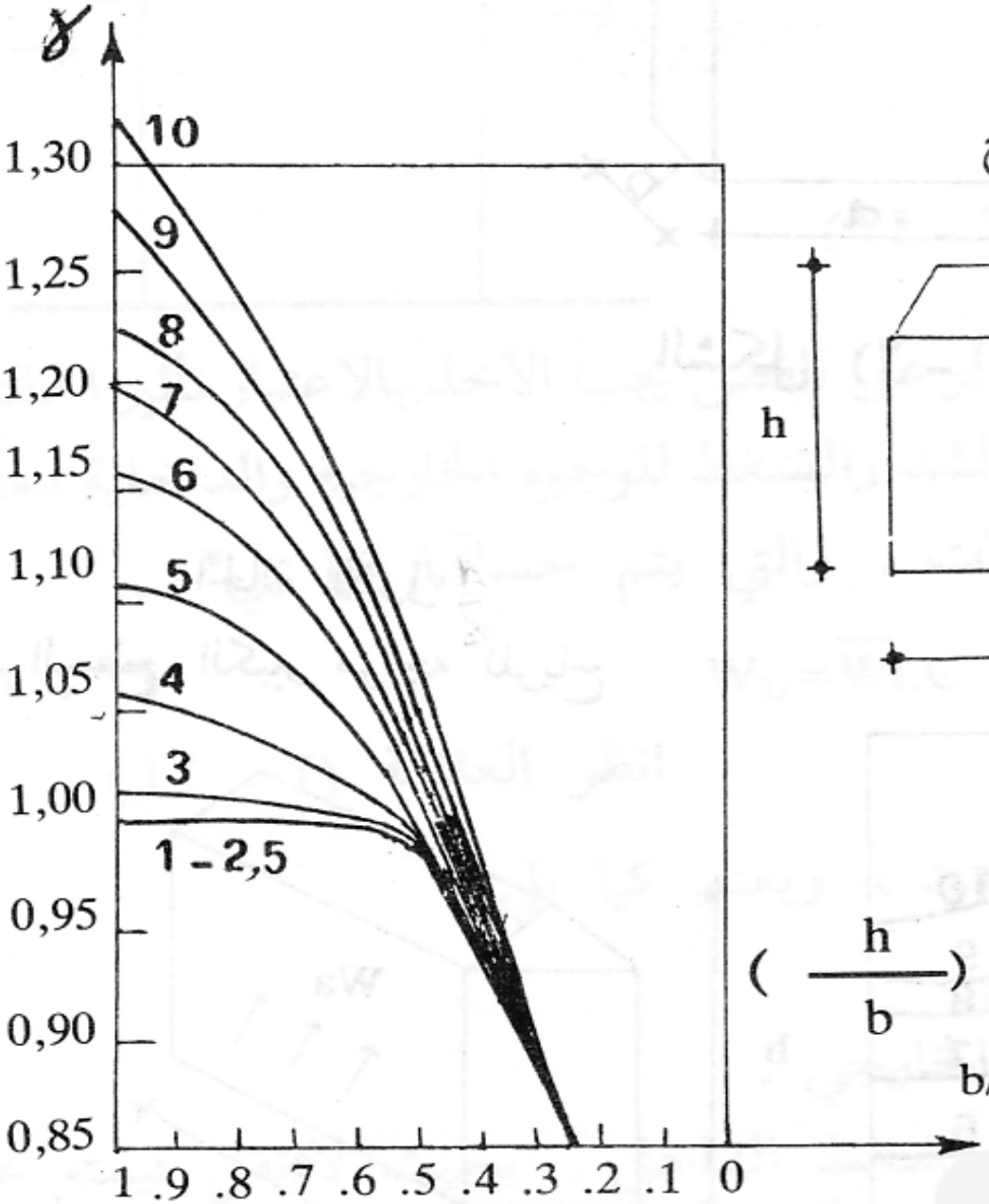
الحالة الثانية

السطح الصغير مواجه للرياح



$$\frac{h}{b} \geqslant 1$$

القيم فوق المنحني تعبر عن نسبة ($\frac{h}{b}$)



الجدول(1-7) قيم المعامل γ بدلالة n النسبة بين H و A

H/A	قيمة المعامل γ			قيمة المعامل γ	
	أسطواني	10 ≥ n ≥ 3		أسطواني	
<=	0.90	0.900	11	1.182	1.348
1.5	0.959	0.961	12	1.195	1.369
2	0.985	0.988	13	1.204	1.385
3	1.005	1.015	14	1.211	1.401
4	1.030	1.016	15	1.220	1.419
5	1.060	1.111	20	1.250	1.477
6	1.090	1.160	25	1.269	1.502
7	1.111	1.204	30	1.280	1.510
8	1.133	1.242	40	1.290	1.520
9	1.49	1.279	50	1.300	1.530
10	1.167	1.312		1.330	1.540

n عدد أضلاع قاعدة الموشور ، H الارتفاع الكلي و A مساحة مسقط السطح المواجه للرياح على مستو عمودي على اتجاه الرياح .

أ- يوصي الكود العربي السوري عند دراسة المنشأ (مهما كان شكله) على أحمال الرياح يؤخذ حمل ضغط الرياح المكافئ وفق العلاقة (3) وتعتبر مطبقة على المسقط الشاقولي للسطح المواجه للرياح ولا تطبق أحمال على الوجوه الأخرى.

ب - في حالة المنشآت ذوات المسا قط الأفقية المستطيلة ذوات السطوح المستوية يمكن اعتبار أن المنشأ معرض لحمل دفع على الوجه الخارجي المواجه للرياح Wep وحمل سحب على الوجه الخارجي الآخر المقابل Wes

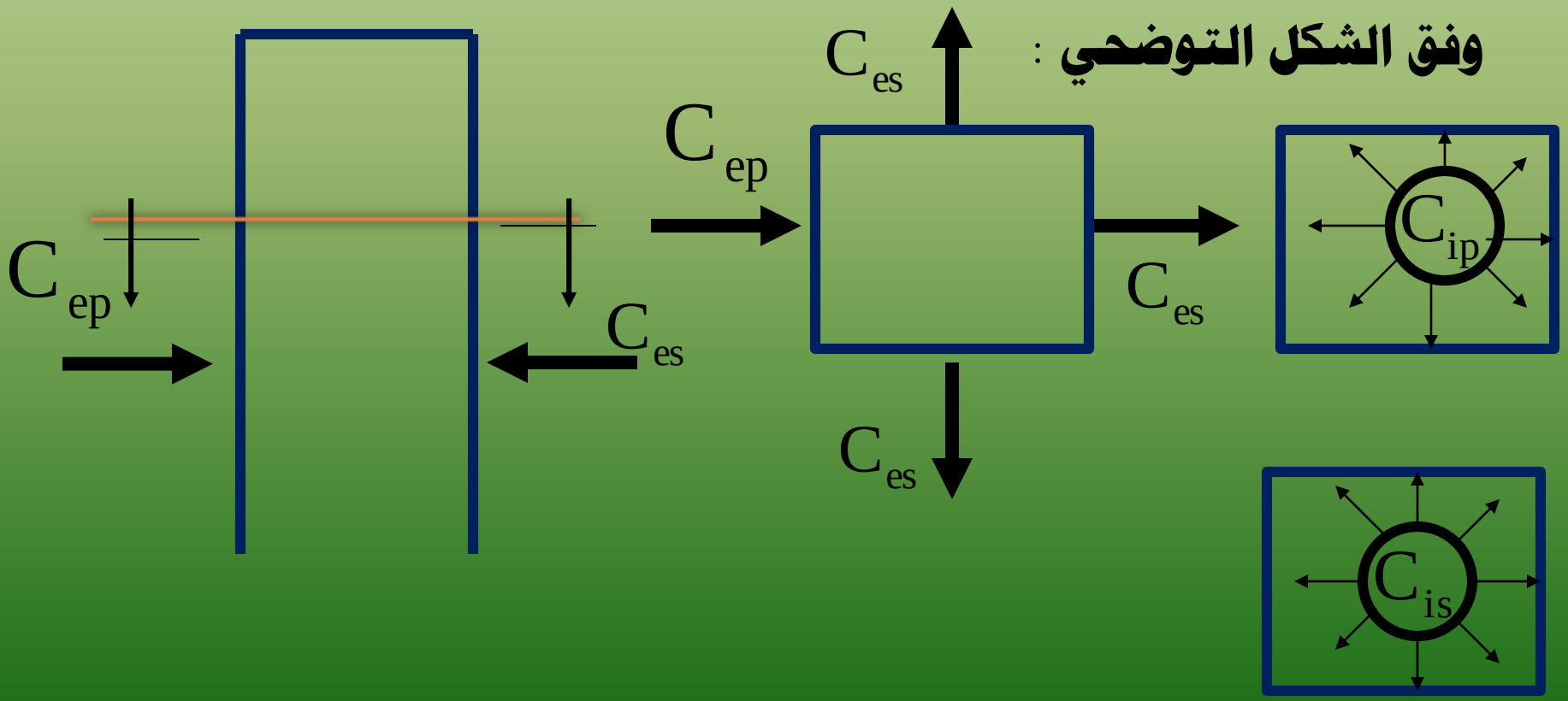
حيث تعطى قيم Wep **و** Wes **بالعلاقات التالية** :

$$W_{ep} = C_{ep} \cdot K_h \cdot K_s \cdot W_d \qquad (6)$$

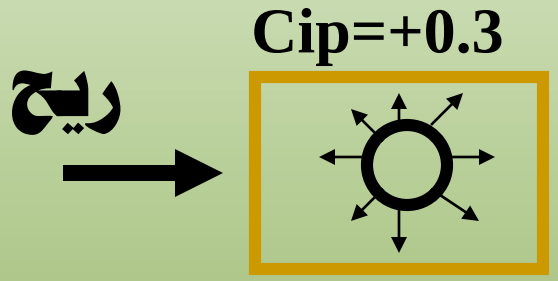
$$W_{es} = -C_{es} \cdot K_h \cdot K_s \cdot W_d \qquad (7)$$

تؤخذ قيم وإشارات المعاملات Cep, Ces, Cip, Cis **من الجدول** (6)

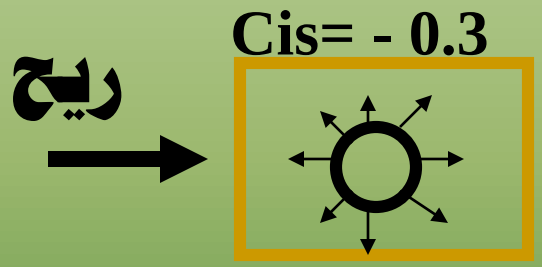
وفق الشكل التوضحي :



وتحدد شدة حمل ضغط الرياح (دفع أو سحب) على الوجوه الداخلية للمنشآت كما يلي وفق الشكل



1) **المنشآت المغلقة** :

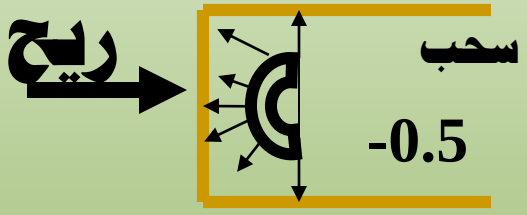


$$W_i = \pm 0.3 \cdot K_h \cdot K_s \cdot W_d$$

2) **المنشآت المفتوحة الأسطحة المواجهة للرياح** :

$$W_i = +0.8 \cdot K_h \cdot K_s \cdot W_d$$

3) **المنشآت المفتوحة الأسطحة المعاكسة للرياح** :



$$W_i = -0.5 \cdot K_h \cdot K_s \cdot W_d$$

أما في حالة المنشآت ذات الطابق الواحد كالمستودعات أو المعامل ذات الأسقف المائلة أو المثلثية أو القوسية الشكل والتي فيها الارتفاع الكلي أكبر من ربع الضلع الأصغر $h > 0.25L$ **تحدد أحمال ضغط الرياح كالآتي** :

1- **تعد المنشأة معرضة لحمل دفع على الوجه الخارجي للجدار المواجه للرياح Wep والى حمل سحب Wes على الوجه الخارجي للجدار الأخر المقابل**

$$W_{es} = -0.5 \cdot K_h \cdot K_s \cdot W_d$$

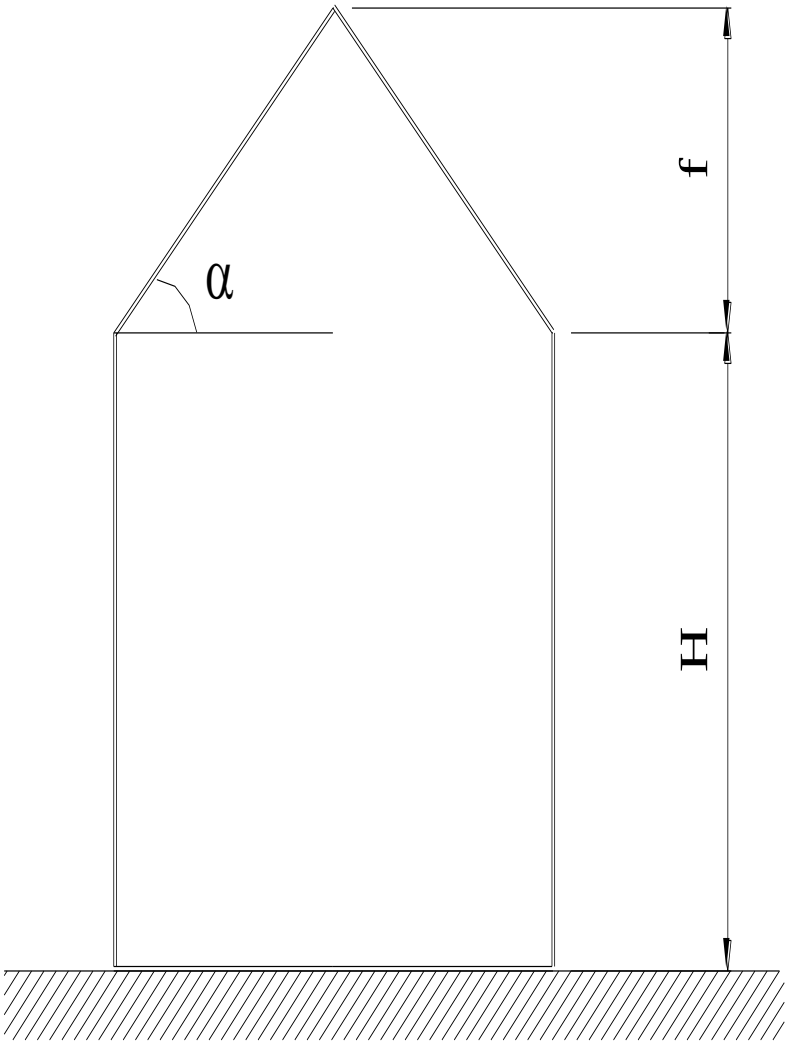
$$W_{ep} = +0.8 \cdot K_h \cdot K_s \cdot W_d$$

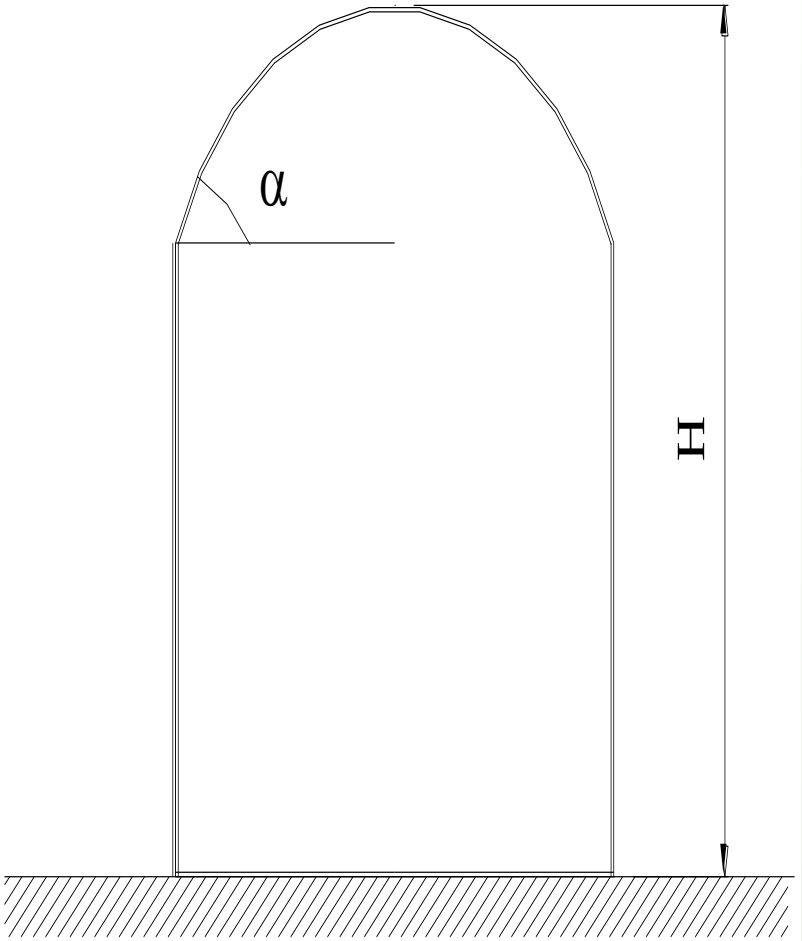
2- تحدد شد حمل ضغط الرياح على الوجه الخارجي للسقف المائل أو المثلثـي أو المقوس وفق العلاقة

$$W_{ep} = C \cdot K_h \cdot K_s \cdot W_d$$

تؤخذ قيم وإشارات المعامل C من الجدول :

	السطح المواجه للريح	السطح المعاكس للريح	زاوية ميل السقف
	C	C	
السطح المائل أو المثلـي	$-2(0.25+\frac{\lvert\alpha\rvert}{100})$	$-1.5(0.333-\frac{\lvert\alpha\rvert}{100})$	$0 \le \lvert\alpha\rvert \le 10$
	$-2(0.45-\frac{\lvert\alpha\rvert}{100})$	$-0.5(0.6+\frac{\lvert\alpha\rvert}{100})$	$10 < \lvert\alpha\rvert \le 40$
السطح المقوس	$-1.8(0.4-\frac{\lvert\alpha\rvert}{100}) \ge 0.8$	$-1.8(0.4-\frac{\lvert\alpha\rvert}{100})$	$0 \le \lvert\alpha\rvert \le 10$
	$-2(0.5-\frac{\lvert\alpha\rvert}{100})$	$-1.8(0.4-\frac{\lvert\alpha\rvert}{100})$	$10 < \lvert\alpha\rvert \le 40$


α
f
H


α
H

2-3-1 الحساب الديناميكي لأحمال الرياح :

تطبق طريقة الحساب الستاتيكي لأحمال الرياح عندما تكون النسبة بين الارتفاع وعرض الواجهة المعرضة للرياح أقل من 4 ،
أما عندما لا يتحقق هذا الشرط ينصح الكود العربي السوري باتباع طرق التحليل الديناميكي المعتمدة في أحد الكودات المختصة.

يختلف سلوك المنشآت الديناميكي عن سلوكها الستاتيكي وقد تكون القوى المتولدة في عناصر المنشأ بالتحليل الديناميكي أكبر من تلك المتولدة بالتحليل الستاتيكي وتزداد خطورة تأثير الرياح على المنشآت **عندما يتساوى دور اهتزازها مع دور اهتزاز الرياح وهذا ما يسمى بالطنين وهي ظاهرة خطيرة** تؤدي إلى انهيار المنشآت.

يعتمد السلوك الديناميكي للمنشآت على عدة عوامل أهمها كتلة المنشأ وصلابته ومقدار التخامد إضافة إلى أبعاد المنشأ الهندسية.

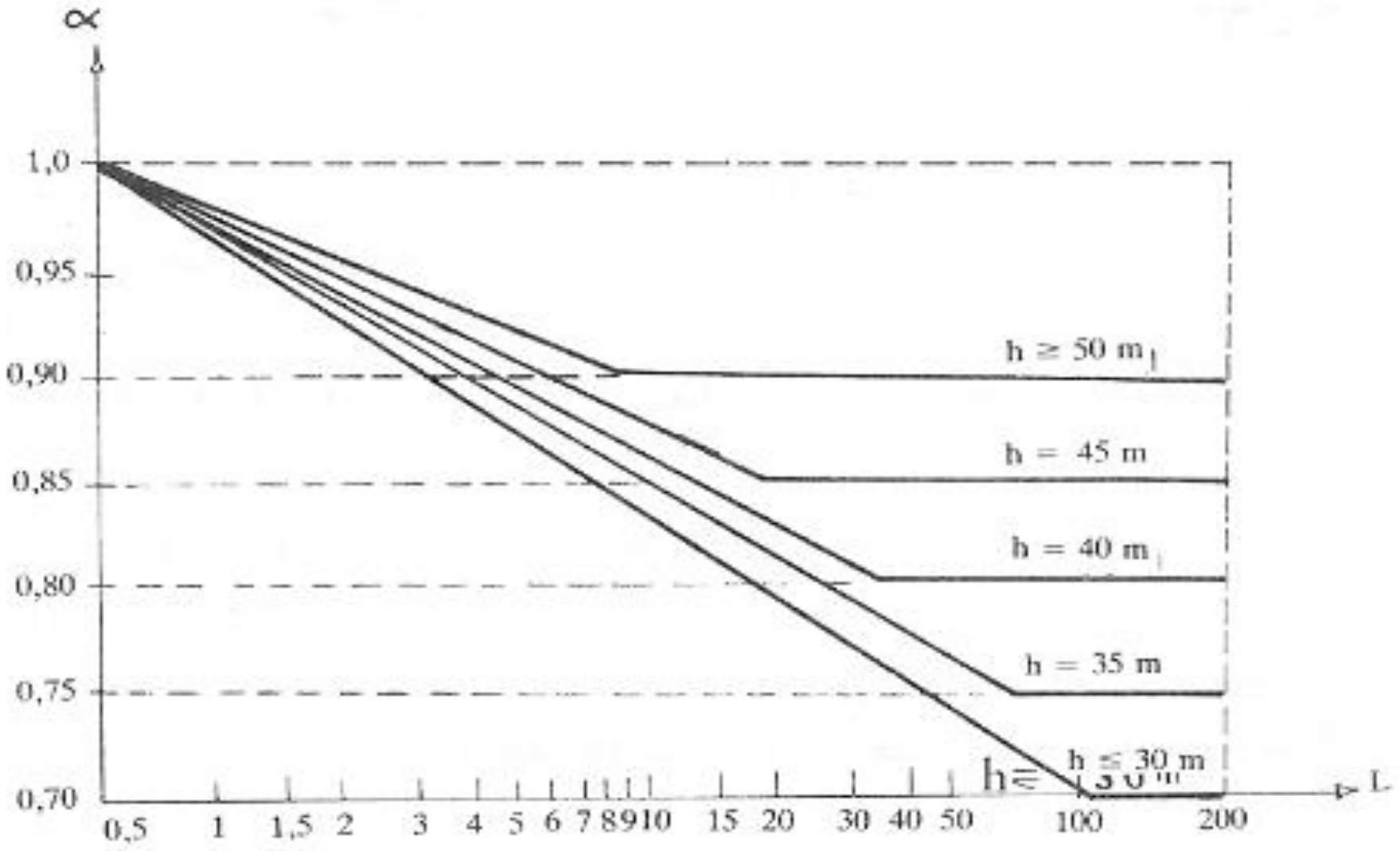
يمكن اتباع طريقة الكود الفرنسي لحساب التأثير الديناميكي للرياح والتي تعتمد على حساب الضغط الديناميكي المباشر ثم الضغط الديناميكي الحرج ومقارنة القيم الناتجة واستخدام القيم الاعظمية في تصميم المنشآت.

I – الضغط الديناميكي المباشر :

يتم حساب الضغط الديناميكي المباشر W_{pi} من ضرب الضغط الستاتيكي المكافئ W_{ei} بمعامل تصعيد β_i أي

$$W_{pi} = \beta_i \, W_{ei} \qquad (14)$$

على أن تؤخذ α عند حساب W_{ei} من الشكل (7) بدلالة الأرتفاع وأكبر بعد في الواجهة المعرضة للرياح أي أرتفاع المنشأ، تحسب β_i من



L = أكبر بعد في الواجهة المعرضة للرياح (وتعبر عن h في الابنية العالية) .

الشكـــل ( )

الشكل (7)

$$\beta_i = \theta(1 + \zeta\ f_i) \qquad (15)$$

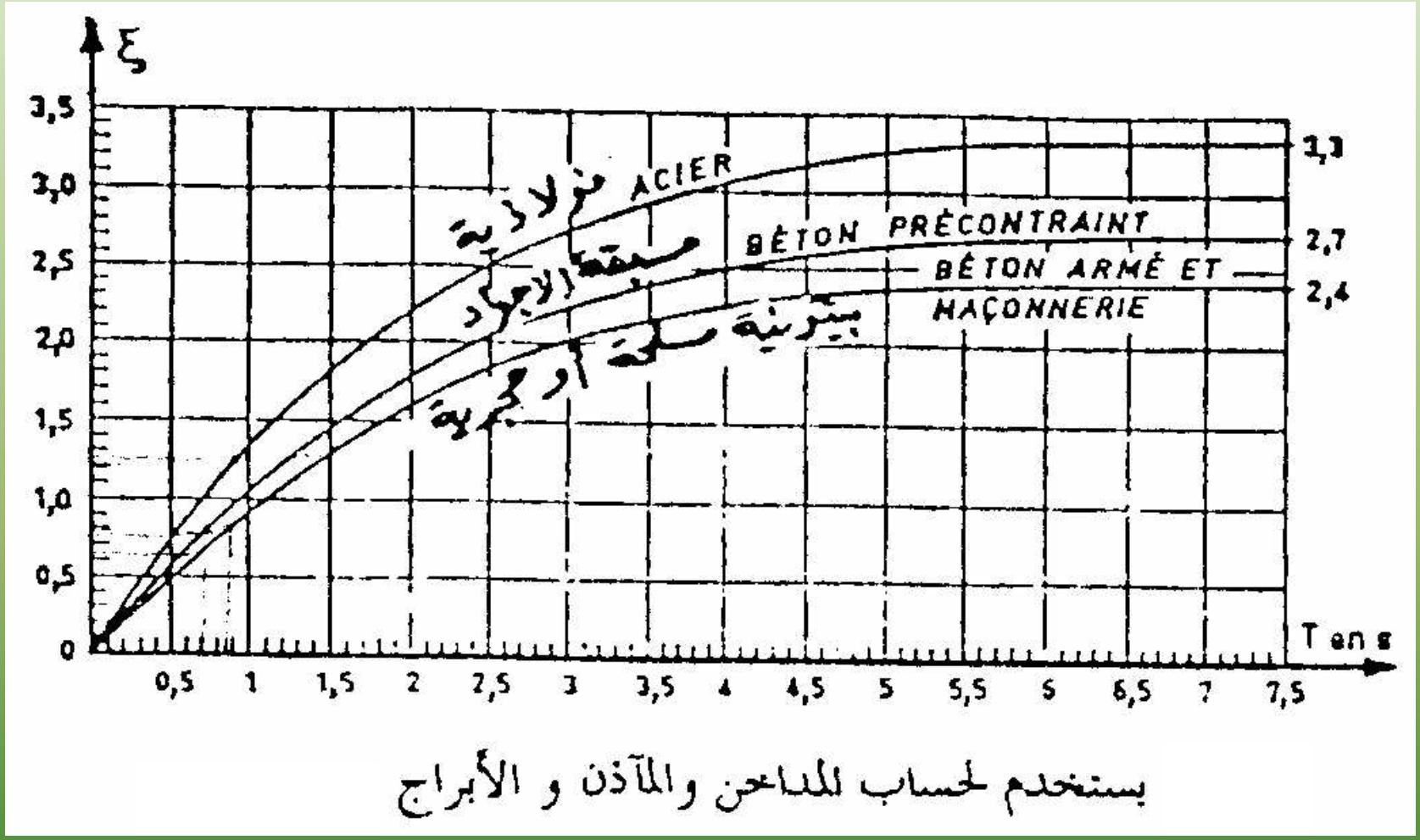
حيث : θ معامل يتعلق بشكل و ارتفاع المنشأ H ويحسب من العلاقة

$$\theta = 0.4 + 0.01\ H \leq 1 \qquad (16)$$

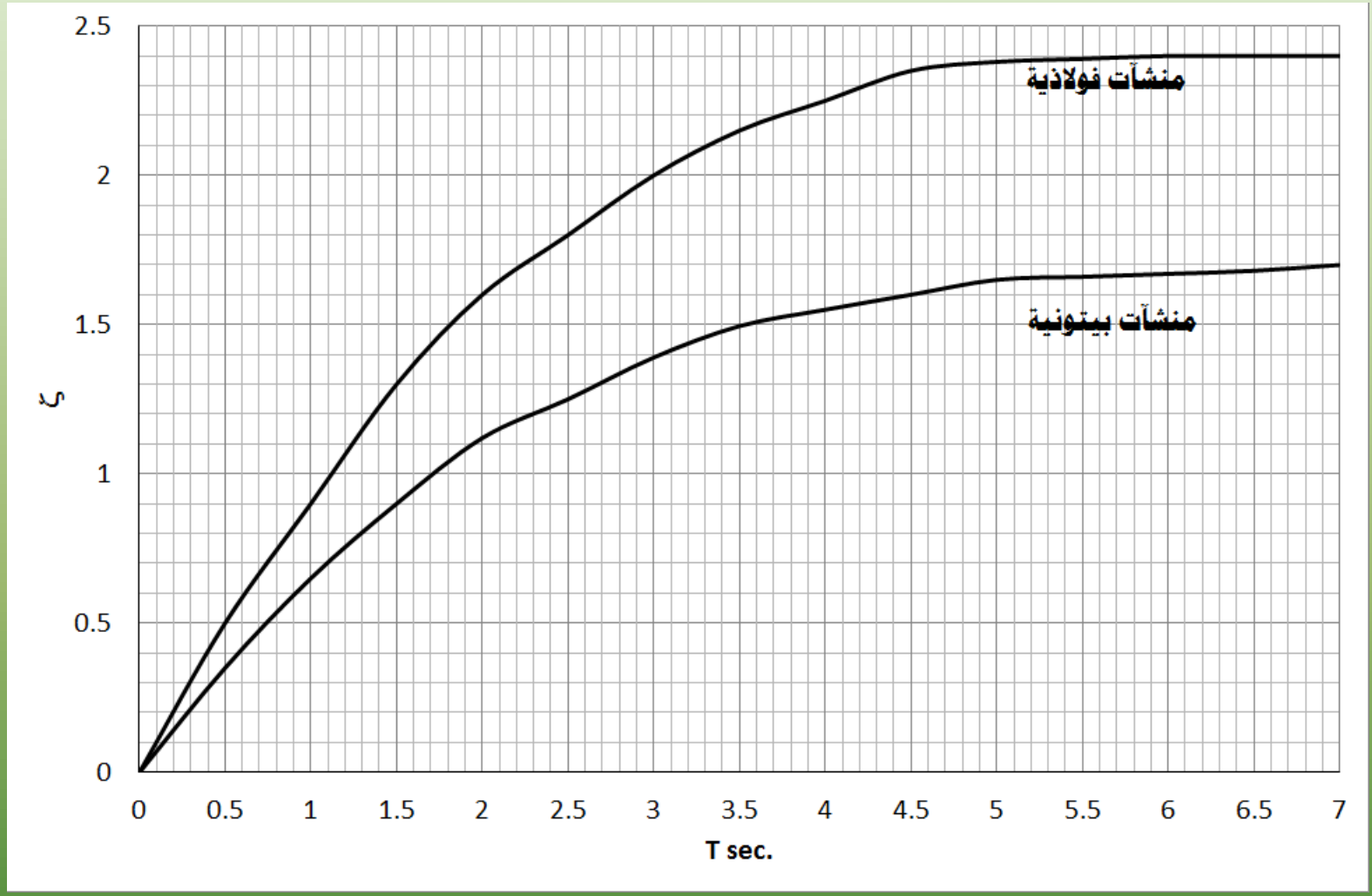
يجب أن لا تقل قيمة θ عن 0.7 للمنشآت الدائرية أو متعددة الأضلاع.

ζ معامل يتعلق بمدى استجابة المنشأ للإهتزاز وهو تابع لدور الإهتزاز الأساسي ونسبة تخامد الحركة الإهتزازية ويحدد من الشكل (8) بدلالة دور الإهتزاز الذي يحدد من العلاقة

$$T = \frac{0.09\,H}{\sqrt{D}} \qquad (17)$$



الشكل (8) **قيم استجابة الاهتزاز**



الشكل (8) **قيم استجابة الاهتزاز**

حيث: D **تمثل بعد المنشأ مقدرا بالمتر بالاتجاه الموازي لجهة الرياح**

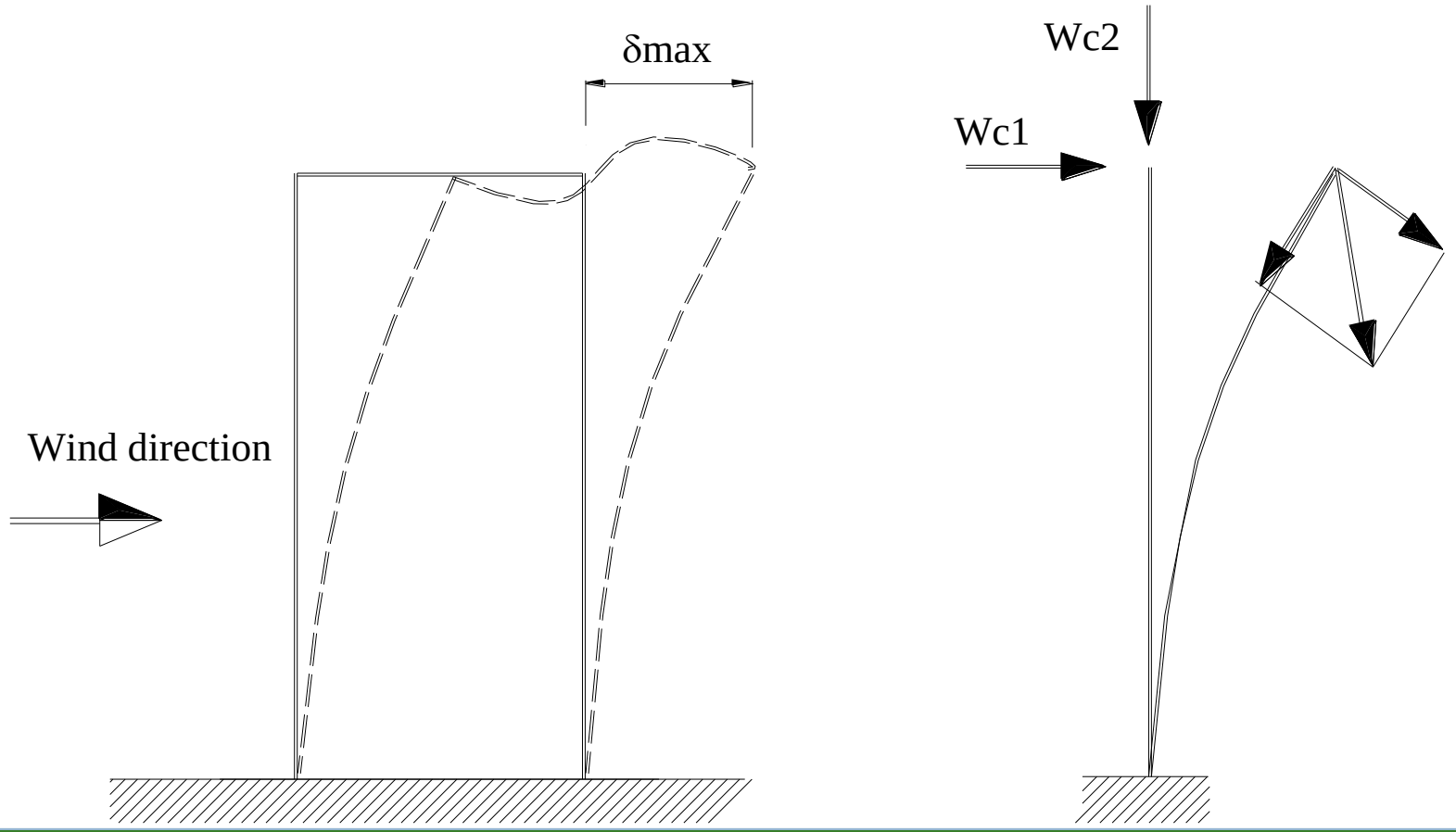
f_i : **معامل التواتر ويؤخذ بقيم مختلفة عند كل مستوي بدلالة الارتفاع** h_i **حسب العلاقة التقريبية** :

$$f_{i,} = 0.36 - 0.42\frac{h_i - 10}{h_i + 230} \quad , \quad f_i \le 0.36 \qquad \textbf{(18)}$$

II – الضغط الديناميكي الحرج :

يحسب الضغط الديناميكي الحرج عندما يصبح دور الاهتزاز لحركة الرياح τ_w مساويا لدور اهتزاز المنشأ T، عندها يخضع المنشأ لضغط مقداره W_c يميل بزاوية معينة عن اتجاه الرياح ، يمكن أن يحلل إلى مركبتين إحداهما W_{c1} تؤثر في الاتجاه الموازي لاتجاه الرياح و الأخرى W_{c2} تؤثر بالاتجاه العمودي على المركبة الأولى كما في الشكل (9)

و الأخرى W_{c2} تؤثر بالاتجاه العمودي على المركبة الأولى كما في الشكل (9) .



الشكل (9) مركبات الرياح

يمكن كتابة :

$$W_c^{\,2} = W_{c1}^{\,2} + W_{c2}^{\,2}$$

$$W_{c1} = \alpha . \gamma\, \alpha_o\, \beta_i\, b\, W_{cr} \qquad (20)$$

حيث أن :

α: معامل يؤخذ من الشكل (7) بدلالة الإرتفاع وأكبر بعد في الواجهة المعرضة للرياح أي إرتفاع المنشأ،

γ: **معامل يؤخذ من الشكل** (4) **أو** (5) **أو من الجدول** (7)

α_o : **معامل السطح يؤخذ من الجدول** (4)

β_ι : **معامل تصعيد ديناميكي ويحسب من العلاقة** (1-15)

b: **عرض المنشأ العمودي على حركة الرياح**

W_{cr} : **الضغط الحرج للرياح ويحسب من العلاقة** :

$$W_{cr} = \frac{V_{cr}^{\ 2}}{1630} \qquad \textbf{(21)}$$

V_{cr}: **سرعة الرياح المسببة لظاهرة الطنين وتحسب من العلاقة** :

$$V_{cr} = \frac{b}{T\,\mu} \leq 25\,\text{m/sec} \qquad (22)$$

حيث

μ معامل خشونة السطح وتتراوح قيمته بين 0.25 و 0.030

T : دور الاهتزاز ويحسب من العلاقة (17)

أما المركبة الثانية للمنشآت من البيتون المسلح فتحسب من

$$W_{c2} = \frac{5}{3}\,\frac{b\,h_i}{H}\,W_{cr} \qquad (23)$$

بعد حساب القيمتين ، الأولى من العلاقة (19) والثانية من العلاقة (14) تؤخذ أكبر القيمتين في التصميم.