

الجزء  
الخامس

الدليل  
الإنشائي  
المبسط

تصميم

# الأبنية العالية

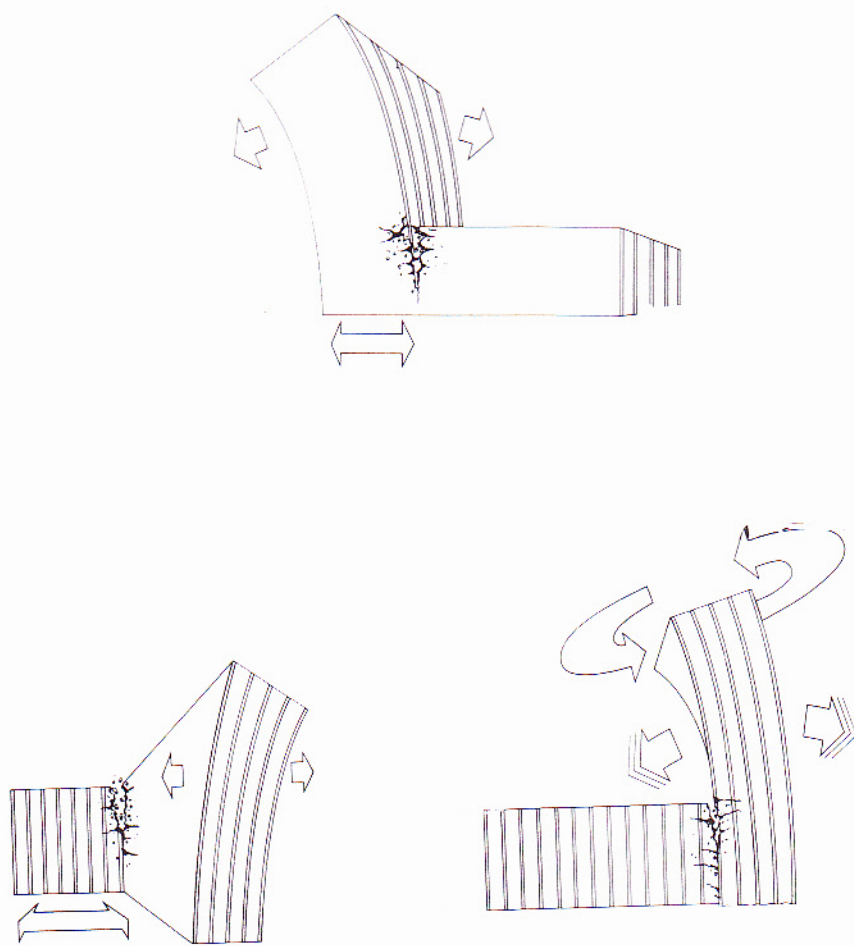
لمقاومة الرياح

٥

المهندس

عماد درويش





# تصميم الأنبنة العالية لمقاومة الرياح





الدليل  
الإنشائي  
المبسط

الجزء  
الخامس

تصميم  
الأبنية العالية  
لمقاومة الزلازل

٥

المهندس  
عماد درويش





حقوق الطبع محفوظة لدار دمشق  
للطباعة والنشر والتوزيع

طبعة أولى ١٩٩١  
طبعة ثانية ١٩٩٧

الكتاب: تصميم الأبنية العالية لمقاومة الرياح  
تأليف: المهندس عماد درويش  
الناشر: دار دمشق للطباعة والنشر والتوزيع  
دمشق - شارع بور سعيد هاتف: ٢١١٠٤٨  
فاكس: ٢٢١١٠٢٢  
ص.ب: ٥٣٧٢

## بسم الله الرَّحْمَن الرَّحِيم

### تمهيد

إن ظهور التجمعات السكنية والخدمية في المدن الكبيرة المزدهمة ، ليس إلا نتاجاً لأساليب وطرق المعيشة الحديثة في المجتمعات المتحضرة . . . .

لقد لجأ الإنسان إلى حل بعض مشكلاته الناجمة عن معطيات الحضارات القائمة إلى صناعة الأبنية والمنشآت الشاهقة ، محاولاً بذلك الاستفادة من أكبر قدر ممكن من مساحة الأرض في تلك المدن .

ولعل أكثر الأمور أهمية بالنسبة للمهندسين ، هو تحقيق شروط ومتطلبات الأمان في تصاميمهم لهذه المنشآت ، آخذين بعين الاعتبار النواحي الانشائية والجمالية والاقتصادية والاستثمارية . . . .

ومن المعروف عند إجراء الحسابات الانشائية للأبنية بأن متانة تلك المنشآت تكمن وراء الإلمام بكافة القوى والجهود التي يتوقع أن تطبق على المبنى المدروس . وبالتالي وراء أسلوب معالجتها .

إن الحمولات التي تصمم عليها الأبنية العادية تكون شاقولية الاتجاه عادةً . وقد أصبح ذلك عرفاً علمياً عاماً ، لكونه حصيلة دراسات وتطبيقات وتجارب طويلة وعديدة . وتتأتى هذه الحمولات الشاقولية من مصادر مختلفة ، تشكل مجملها مجموعتين أساسيتين ، فهي إما حمولات دائمة (كالأوزان الذاتية للعناصر) أو حمولات مؤقتة كتلك الناجمة عن استثمار البناء .

وبصورة ثانية يمكن أن يمثل أي من الحمولات الدائمة أو المؤقتة سمة التوضع على الأبنية بشكل ساكن (ستاتيكي) أو متحرك (ديناميكي) .



إلا أنه هناك مجموعة أخرى من الأحمال التي لا تؤخذ بالاعتبار في حسابات الأبنية العادية . . . . وهي الحمولات الأفقية الفعل ، والتي من أهمها ضغط الرياح ، والزلازل والهزات الأرضية ، والضغط الناجم عن الانفجارات أو الموجات الصوتية . . .

يزداد تأثير الحمولات التي تسببها حركة الرياح ، أو الهزات الأرضية بازدياد نسبة نحافة المنشآت (أو نسبة ارتفاعها إلى أصغر بعد في مسقطها الأفقي) ، إضافة الى أن هذا التأثير يتعلق بطبيعة ونوع المنشأ ، وموقع إنشائه ، والطبيعة الجيولوجية المحيطة به ، ونوع الجملة الانشائية فيه . وعلاوة على تلك الحمولات ، فهناك تأثير الحرارة والبرودة التي تخلق نوعاً جديداً من الأحمال في الأبنية ، وكذلك هبوط تربة الاستناد أو ميلان البناء بسبب فروق الهبوطات بين الأساسات أو غير ذلك . . .

كل هذه الحمولات يجب أن تدرس بدقة وعناية عند القيام بحسابات الأبنية العالية خصوصاً . بسبب أهمية تلك المنشآت من جهة ، وبسبب الجهود الكبيرة التي تخلفها هذه الحمولات في عناصر هذه المنشآت من جهة ثانية .

إن الرياح والزلازل تؤثر بشكل ديناميكي على المباني ، وباتجاه أفقي هو أضعف عملياً في تلقي ومقاومة الحمولات من الاتجاه الشاقولي ، إضافة لتأثير هاتين الظاهرتين بالشكل الشاقولي أيضاً .

لقد كان عام 1940 بداية للأخذ بالاعتبار تأثير الرياح الديناميكي على المنشآت الهامة ، كالمباني العالية والجسور وغيرها ، وذلك بعد أن شهدت بعض البلدان كوارث انهيارٍ نجمت عن هذا التأثير .

وتبين كحصيله للدراسات والبحوث والتجارب الطويلة أن الخطورة التي تتعرض لها الأبنية العالية من التأثير الديناميكي للرياح تكمن وراء فقدان المباني لتوازنها ضد الانقلاب الناتج عن الدفع الأفقي . أو في فقدان العناصر الانشائية الحاملة قدراتها على تحمل الإجهادات العالية ، أو في ازدياد مقدار استجابة المنشأ للحركات الاهتزازية التي قد تسبب حالة التجاوب (الطنين) في المبنى .

وبعد التاريخ المذكور بدأت الاشتراطات الخاصة بالحساب الانشائي للمباني العالية تدخل ضمن الكودات العالمية ، متضمنة القيم والأرقام والعلاقات

الرياضية التي تنظم هذا العمل ، وموضحة الحدود المسموحة للتصميم الإنشائي .  
ونظراً لهذا البحث من أهمية في حقل الهندسة الإنشائية ، فقد تم تخصيص  
الجزء الخامس من الدليل الإنشائي المبسط لدراسة تأثير الرياح على الأبنية العالية .  
وتحليل الحمل الإنشائية فيها بصورة مبسطة وبطرق تقريبية ، بشكل يصلح معه  
استخدام الطرق المعروضة ، للدراسات الأولية للحلول المقترحة لهذه المنشآت ،  
قبل اعتماد التصميم النهائي ، الذي يفضل أن يجري باستخدام الحاسب من خلال  
استعمال الطرق الدقيقة .

وعما يجدر ذكره هنا ، أن كافة طرق التحليل الإنشائي لحساب المنشآت على  
حمولات الرياح ، هي نفسها الطرق التي تستخدم للحساب على الحمولات الأفقية  
الديناميكية المشابهة ، كحمولات الزلازل والهزات الأرضية وغيرها ، والاختلاف  
فقط هو الطريقة التي تعتبر فيها أشكال تطبيق الحمولات ، مما يؤدي الى اختلاف  
بعض المعاملات التي تدخل في العلاقات الرياضية .

تصلح الطرق التقريبية للاستخدام اليدوي لحل المسائل المتعلقة بالأبنية  
العالية (الخاضعة لمثل الحمولات المذكورة) ذات الارتفاعات الصغيرة أو  
المتوسطة ، أو لإجراءات التدقيق التقريبي والأولي للحلول المقدمة لهذه المنشآت .  
ويجيء هذا الكتاب محاولة لتبسيط هذا الموضوع ما أمكن ، بحيث يحقق  
التناول العلمي للمعلومات بصورة سريعة . وليضيف إلى المكتبة العربية موضوعاً  
جديداً في عالم الهندسة الإنشائية .

وإني لأرجو الله أن أكون بذلك قد استطعت تقديم ما يفيد المهندس العربي  
في هذا المجال .

المهندس عماد درويش  
كانون الأول ١٩٨٩  
دمشق





## **الفصل الأول**

### **مقدمة حول عوامل الأمان**

#### **في منشآت الأبنية**

- ١ - ١ دقة عوامل الأمان في التصميم .
- ١ - ٢ تقدير عوامل الأمان .
- ١ - ٣ عناصر الأمان والكلفة الاقتصادية .





## الفصل الأول

### مقدمة حول

### عوامل الأمان في منشآت الأبنية

إن الغاية الأساسية من التصميم الانشائي هو تحقيق الأمان الكافي للمنشآت المدروسة ، دون الإخلال بمتطلبات الاستثمار أو المتطلبات المعمارية والجمالية . وذلك ضمن الحدود المعقولة للتكاليف .

إن عامل الأمان ليأخذ مفهوماً اقتصادياً علاوةً على مفهومه الأساسي من حيث ديمومة المنشآت دون حدوث خلل أو خطر فيها . ويتجلى المفهوم الاقتصادي لعامل الأمان في أن تتحقق شروط الضمان لسلامة المنشأ المدروس بالكلفة الأصغرية له .

ومن هذا المفهوم تبرز أهمية الدراسة الموجزة لهذا العامل الذي يدخل ضمناً في كافة العلاقات الرياضية التي يجري من خلالها حساب الأبعاد والتسليح في العناصر الانشائية لجمل الأبنية .

فانطلاقاً من هذا الموضوع ، كان لا بد من الاستعراض الموجز لمسألة عوامل الأمان في منشآت الأبنية ، قبل تقديم المعلومات الخاصة بدراسة تأثير الرياح على الأبنية العالية .

هنالك جملة من العلاقات الرياضية أو غير الرياضية ، مرتبطة ببعضها بتناسب طردي بين تحقيق أمان المنشأ وتكاليف الانشاء ، ويفترض حين التصميم ، الإلمام الأولي بمدى تحقيق الأمان الكافي بأقل ما يمكن من النفقات .

## ١-١ دقة عوامل الأمان في التصميم :

من التعريفات الدارجة لعامل الأمان : بأنه نسبة الاجهاد التصميمي المسموح اعتماده لمواد الإنشاء ، إلى إجهاد الانهيار (الأعظمي) لهذه المواد . كما يمكن القول إن هذا العامل هو نسبة الحمولات المسموح تطبيقها على المنشأ إلى الحمولات التي تؤدي إلى انهياره أو تصدعه . . . . . وهذان التعريفان صحيحان ، حيث يؤديان إلى نتيجة واحدة .

إن عوامل الأمان التي تتعلق بها سلامة المنشآت بشكل عام ، كثيرة جداً ، لدرجة أن احصائها وتحديدتها بدقة ، قد يكون عملاً في غاية الصعوبة . فتصميم منشآت البيوت المسلح عموماً ، ومنشآت الأبنية على وجه الخصوص ، تتطلب من المصمم ، معرفة النواحي التالية ، بقدر معقول من الدقة :

- ١ - مدى مطابقة كل من النظريات والفرضيات والعلاقات الرياضية وطرق الحساب للسلوك الفعلي للمنشأ تحت تأثير الحمولات المختلفة .
- ٢ - مدى مطابقة التنفيذ ودقته لأسس الحساب الإنشائي المعتمد .
- ٣ - مدى مطابقة خواص المواد المستعملة في الإنشاء ، للخواص المفترضة حين إجراء الحسابات الإنشائية ، من مقاومات وأوزان وخواص أخرى .
- ٤ - مدى تأثير التقريبات العددية والرياضية التي يجريها المصمم في سياق عمله الحسابي على نتائج التصميم .
- ٥ - مدى الدقة المتبعة في تقدير الحمولات الحية الستاتيكية والديناميكية ، المفترض تطبيقها على المنشآت المدروسة حين الاستئثار .
- ٦ - مدى الدقة في دراسة تربة الموقع وخصائصها ، وامتصاص الحمولات فيها . . . . . وإلى غير ذلك من عوامل أخرى . . .

وبقدر ما تتقارب التقديرات للعوامل المذكورة ، بين الافتراض والواقع الفعلي ، تكون دقة التصميم أعلى ، وعوامل الأمان المعتمدة أقرب للصحة . إلا أنه من شبه المستحيل الوصول إلى الدقة التامة في ذلك ، بسبب تعاملنا أثناء التصميم الإنشائي مع ظواهر فيزيائية لا تحكمها علاقات رياضية دقيقة تماماً . إضافة إلى أن الأسباب التالية تتحكم في عمليات ونتائج التصميم :



أ- إن الشك في النواحي التي ذكرت بنودها أعلاه ، يلعب دوراً حاسماً في الوصول إلى دقة تحديد عوامل الأمان .

ب- إن تغير القيم الفعلية لعوامل الأمان بين لحظةٍ وأخرى أثناء الاستثمار للمنشأ المدروس ، يلعب دوراً هاماً في عدم إمكانية الوصول إلى القيم الدقيقة لتلك العوامل . إذ أن تلك القيم تتغير آنياً بتغير تطبيق الحملات الستاتيكية أو الديناميكية على المنشآت ، كما تتغير مواصفات المواد ومقاوماتها مع الزمن (كظاهرة سيلان الببتون أو انضغاط التربة مع الزمن . . . أو تأثير التمدد والتقلص . . . ) إضافة إلى تحكم الظروف المحيطة بالمنشأ من حرارة ورطوبة أو غيرها .  
ومما يجدر ذكره هنا ، هو نوع العنصر المدروس في المنشأ ، وكذلك نوع الحملات الحية المطبقة للذات يلعبان دوراً بالغ الأهمية في تغير قيم عوامل الأمان .

ج- إن تحديد أسباب الإنهيار ، وزمنه الذي يحدث فيه ، وكذلك كيفية حدوثه ، بدقة عالية ، يشكل أهم العوامل غير الواضحة التي تحكم سلوك المنشآت . وبالتالي تتدخل بصورة غير مباشرة في التصميم .

د- إن المنفذين للمنشآت ، هم عناصر بشرية قابلة للوقوع بالأخطاء لأسباب عديدة ، وبأشكال عديدة . ولا يمكن ترجمة الأخطاء البشرية إجمالاً إلى نماذج (موديلات) رياضية قريبة من الواقع لدرجة كافية . كما يصعب إدخال هذه الأخطاء البشرية من خلال دراسات احتمالية أو إحصائية ضمن عوامل الأمان .

- إلا أنه ، ورغم ذلك ، يتسنى لنا تقدير واعتماد قيم مقبولة لعوامل الأمان إما بطرق تجريبية ، أو بالاستناد إلى فرضيات ونظريات الانشاءات ومقاومة المواد . وتستند صحة التنبؤ بهذه العوامل إلى مقدار دقة تلك الفرضيات ومدى صحة الحملات المطبقة وتبعاً لجودة التنفيذ .

## ١- ٢ تقدير عوامل الأمان :

يحصل الانهيار في المنشأ أو في جزء منه (أحد العناصر) بسبب عاملين أساسيين هما ازدياد الحملات المطبقة أو انخفاض مقاومة المواد .

إن اختيار وتقدير قيمة عامل الأمان للعناصر المدروسة يجري تبعاً لنوعية وطبيعة المنشأ ووظيفته أثناء الاستشمار . ففي المنشآت المائية مثلاً (كالخزانات وأقنية الري ، والسيفونات وغيرها) تعتبر التشققات التي تؤدي إلى حدوث تسرب المياه من الظواهر الأساسية التي تعبر عن خروج هذه المنشآت عن حالة أو عن وضع الاستشمار ، في حين أن هذه التشققات تعتبر من عيوب منشآت الأبنية ، ولا تعبر بالضرورة عن انهيارها أو عن خروجها من مرحلة العمل .

واضافة لذلك يجري تقدير عوامل الأمان بطرائق عديدة ، بشكل نظري أو تجريبي ، كما سبق وذكرنا . وتعتمد الطرق التجريبية في ذلك على نتائج التجارب العملية التي تجرى على العناصر المدروسة ، حيث تجمع النتائج بشكل جدولي أو بياني ، وتعالج من خلال دساتير علم الاحصاء والاحتمالات .

- نسوق في هذا الصدد المثال التالي الذي يوضح كيفية تحديد واختيار عوامل الأمان في بعض العناصر الانشائية\* (١) .

«لنفترض أنه قد طلب إلينا إجراء دراسة اقتصادية مفصلة لبلاطات مسبقة الصنع تعمل باتجاه واحد ، والغاية من ذلك استخدام عدد كبير منها في أبنية تجمع سكني . وهناك مصنع ينتج نماذج من هذه العناصر ، مختلفة السماكة والتسليح ونوعية البيتون . . . وبالتالي نماذج مختلفة الأسعار .

هنا نؤول مسألتنا إلى اختيار السماكة المثلى بالاعتماد على افتراضات عديدة .

وبغية التبسيط ، سنفترض في مثالنا أن كافة الحمولات التي ستطبق على البلاطات المطلوبة ، موزعة بانتظام سواء أكانت حمولات دائمة أو مؤقتة . كما أن هذه العناصر ، تصنع بشكل لا يتطلب أية تغطية أو بلاط . لذا فإنها لان تحمل من الحمولات الدائمة سوى أوزانها فقط .

- يعرض المصنع في هذه الحالات معلومات تحتوي طريقة التصميم ، ومجالات الاستخدام لهذه البلاطات ، ومقاوماتها التجريبية ، وهذه الأخيرة ، أي المقاومات التجريبية لأية فئة من هذه العناصر ، يمكن تقديمها بشكل بياني أو جدولي أو بواسطة عوامل إحصائية .

- لقد قام المصنع (على سبيل المثال) بإجراء تجارب تحميل على بلاطات سماكتها (12 cm) بعد أن اختار عدداً مقبولاً من ناحية إحصائية كعينات ممثلة لتلك

الفئة ، وقدم لنا الجدول التالي كنتائج حول طاقة التحمل الأعظمية :

| عدد البلاطات<br>المجربة (100)                          | 2       | 14      | 34      | 34      | 14      | 2       |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| المقاومة الحدية بدون<br>الوزن الذاتي Kg/m <sup>2</sup> | 240-259 | 260-279 | 280-299 | 300-319 | 320-339 | 340-359 |

تُظهر لنا قيم الجدول توزعاً متناظراً حول القيمة الوسطية ( $300 \text{ kg/m}^2$ ) .  
وهذا يوافق العديد من الظواهر الطبيعية التي يصفها قانون التوزيع الطبيعي ،  
والذي يمثله منحني (غاوس) الجرسى ، بما في ذلك مقاومة عينات البيتون على  
الضغط ، أو تجارب شد عينات الفولاذ أو غيرها .

كما يشير الجدول السابق إلى أن حدي المقاومة الأدنى والأعلى هما  
 $(360, 240) \text{ kg/m}^2$  على التوالي ، كما يبين أن مقدار الانحراف المعياري هو  
 $20 \text{ kg/m}^2$  .

ونذكر هنا بأن الانحراف المعياري لمجموعة (n) من القياسات  
( $x_1, x_2, \dots, x_n$ ) هو :

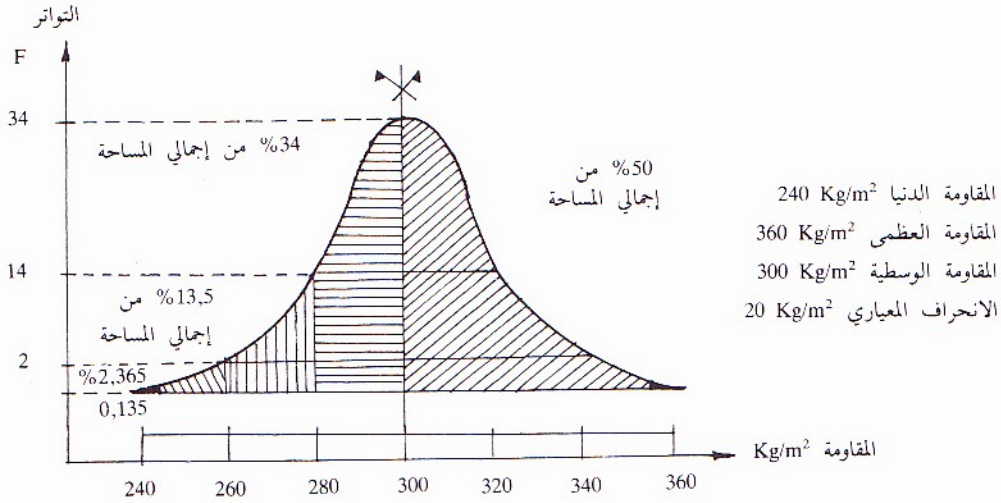
$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}} \quad (1-1)$$

عدد القياسات = n

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad \text{متوسط القياسات}$$

- إن دراسة المنحني البياني (1-1) والذي يمثل منحني المقاومة ، يُبين لنا أن  
هناك احتمالاً قدره (0,135%) في أن تزيد مقاومة أية بلاطة عن المقاومة الوسطية ،  
بثلاث مرات أو أن تنقص عن قيمة الانحراف المعياري بنفس القدر ، أي إلى أكثر  
من ( $360 \text{ kg/m}^2$ ) أو أقل من ( $240 \text{ kg/m}^2$ ) .





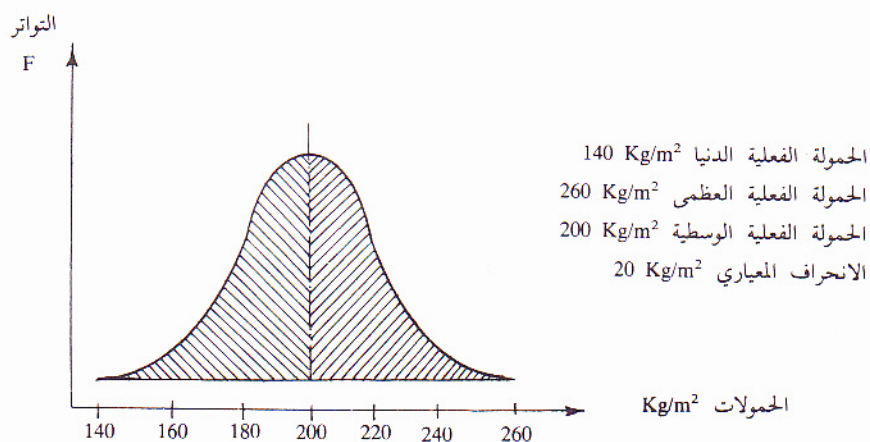
الشكل (١ - ١) منحني المقاومة

وبما أن هذا الاحتمال ضئيل جداً ، يمكن إذن إهماله ، وبالتالي يمكن اعتبار منحني غاوس يمتد إلى ستة مرات الانحراف المعياري . كما تعتبر المقاومة العظمى مساوية إلى «المقاومة الوسطية + ثلاث مرات الانحراف المعياري» وكذلك المقاومة الدنيا مساوية إلى «المقاومة الوسطية - ثلاث مرات الانحراف المعياري» .

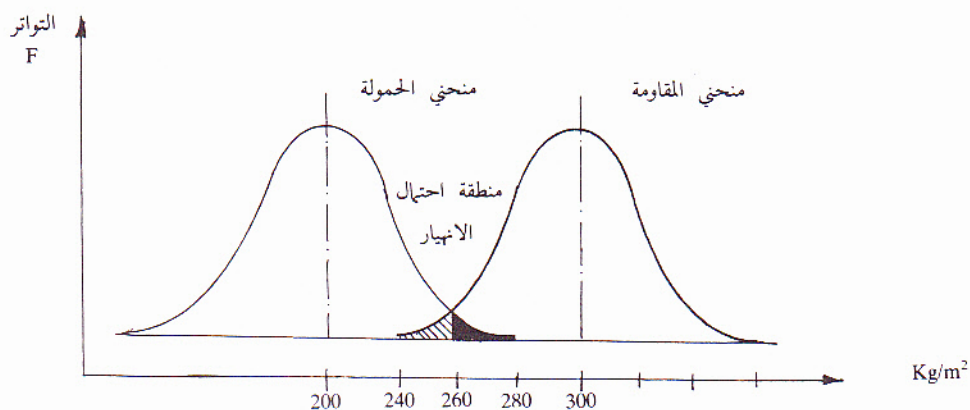
من جهة أخرى لو اعتمدنا القياسات التجريبية لتحديد الحمولات الحية المتوقعة ، وذلك بإجراء قياسات عملية على تلك الحمولات لفترة كافية من الزمن ، طبقت في بلاطات مشابهة ، فإننا سنحصل بالنتيجة على جدول يشابه الجدول السابق ، وبالتالي على منحني مشابه أيضاً . كما هو في الشكل (١ - ٢) .

من خلال رسم كل من منحني المقاومة ومنحني الحمولات على مخطط واحد ، يمكن لنا دراسة احتمالات الانهيار في المنطقة التي يتقاطع فيها هذان المنحنيات (المنطقة المهيّسة) في الشكل (١ - ٣) . إذ أنه عند هذه المنطقة يحدث ازدياداً في الحمولات وانخفاضاً في المقاومات بأن واحد .

وباستخدام دساتير ونظريات الاحتمالات يتسنى لنا دراسة ما إذا كان احتمال الانهيار ضمن الحدود المقبولة أم لا .



الشكل (١ - ٢) منحنى الحمولات



الشكل (١ - ٣) منحنى المقاومة والحمولات

- في المجالات التي تكون فيها احتمالات الانهيار مرفوضة ، يمكن اتخاذ حلول عدة للتقليل من نسبة هذا الاحتمال ، بناءً على المخطط السابق . فمن هذه الاجراءات يمكن زيادة سماكة البلاطة . وبالتالي زيادة المقاومة . التي تؤدي بدورها

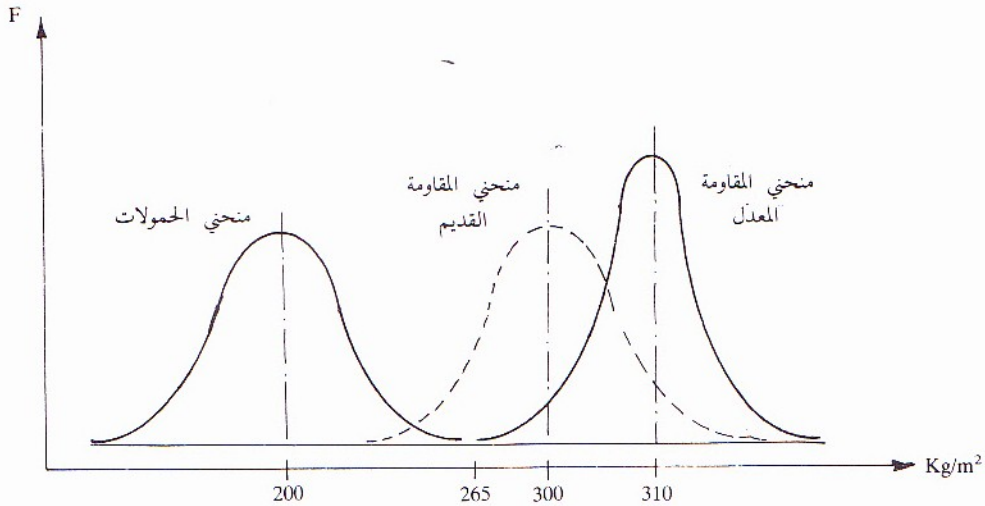


الى رفع التكاليف . إلا أننا لو رغبنا بالإبقاء على سماكة (12 cm) ثابتة للعناصر المدروسة ، يلزم حينئذٍ دراسة تخفيض احتمال الانهيار على النحو التالي :

أولاً - يمكن رفع القيمة الوسطية لمنحني المقاومة ، دون تغيير الشكل العام له . كما يبدو في الرسم (١ - ٤) . ويتم ذلك من خلال إنقاص قيم التساهل والتسامح بمواصفات تصنيع البلاطات . كالسيطرة على التدرج الحبي ، ونسبة الماء إلى الاسمنت النظامية ، والتشديد على جودة مواصفات المواد . . . وغيرها . إن رفع القيمة الوسطية لمنحني المقاومة ، يعني تخفيض قيمة الانحراف المعياري .

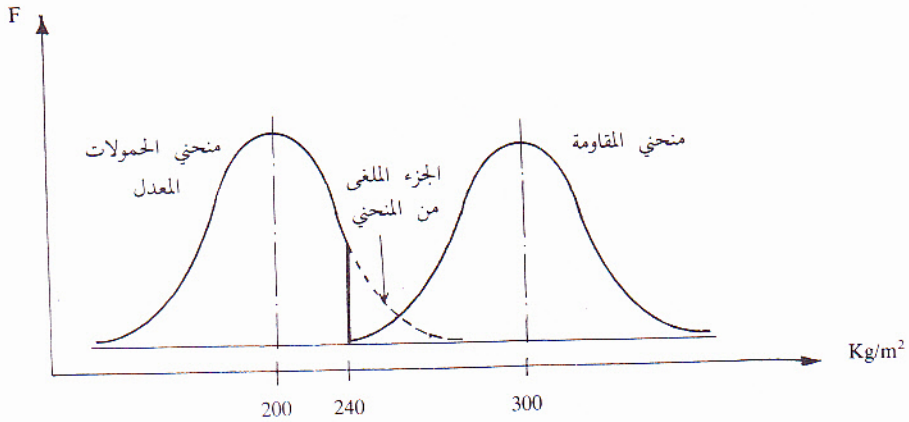
لنفترض أنه أمكن رفع هذه القيمة الى  $(310 \text{ kg/m}^2)$  ؛ وتخفيض الانحراف المعياري إلى  $(15 \text{ kg/m}^2)$  ، مما يؤدي إلى زيادة القيمة الدنيا للمقاومة إلى  $(265 \text{ kg/m}^2)$  ، بحيث تصبح أكبر من القيمة العظمى المحتملة للحمولة ، وبالغة  $(260 \text{ kg/m}^2)$  .

في هذه الحالة يصبح احتمال الانهيار معدوماً ، كما هو مبين في الشكل (١ - ٤) .



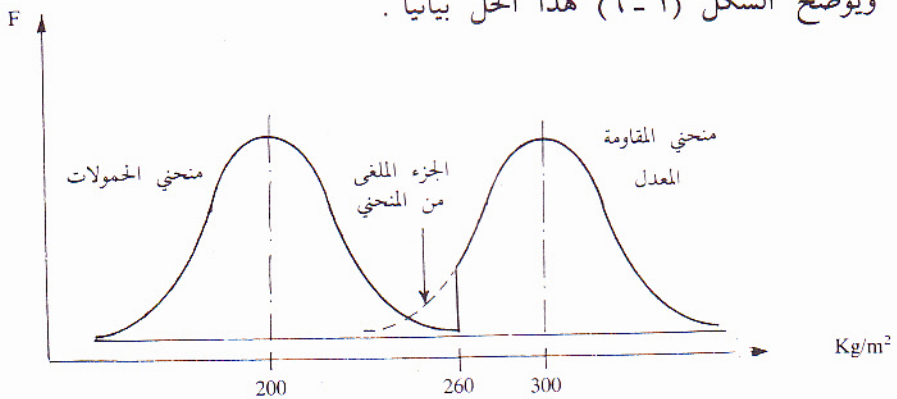
الشكل (١ - ٤) - زيادة القيمة الوسطية لمنحني المقاومة

ثانياً - إلغاء الجزء الأيمن من منحنى الحمولات الذي يتقاطع مع منحنى المقاومة . ويجري ذلك بإعلام مستثمري البناء وتحذيرهم من تطبيق حمولات تزيد قيمتها عن  $(240 \text{ kg/m}^2)$  . كما يُظهر لنا الشكل (١ - ٦) .



الشكل (١ - ٥)

ثالثاً - إلغاء الجزء الأيسر من منحنى المقاومة ، عن طريق رفض أية بلاطة تقل مقاومتها الفعلية عن  $(260 \text{ kg/m}^2)$  . ويتم ذلك بفحص كافة البلاطات المؤرّدة من المصنع إلى الورشة ، من خلال تجارب تحميل فعلية تجرى على كافة العناصر . وقد يؤدي ذلك إلى استبعاد ما يعادل (2,5%) من مجمل البلاطات . ويوضح الشكل (١ - ٦) هذا الحل بيانياً .



الشكل (١ - ٦)

يعتمد اختيار القيمة المثلث لعامل الأمان على التقدير الرياضي المنطقي للمقترحات آنفة الذكر . وما يجدر ذكره هنا أن التوصيات الدولية لتصميم وتنفيذ إنشاءات البيتون (F-I-P) نصت في توصياتها بمؤتمر (براغ) المنعقد في حزيران (1970) . على أن تحديد عامل الأمان ، يجب أن يعتمد على كل من المقاومة المميزة ، والحمولة المميزة . مع التذكير في هذا الصدد بأن المقاومة المميزة هي (الحمولة الوسطية - جزء امتداد منحني المقاومة) وكذلك الحملولة المميزة هي (الحمولة الوسطية + جزء امتداد منحني الحملولة) .

انطلاقاً مما ذكر أعلاه يمكن القول إن كل عامل أمان ، يوافق امتداداً معيناً (أو مساحة) يتقاطع عنده الجزء الأيسر من منحنى المقاومة مع الجزء الأيمن من منحنى الحملولة . وبالتالي فكل عامل أمان يوافق احتمالاً معيناً للانهار . إن ذلك يدل على أن جعل احتمالات الانهيار معدومة ، يعني الوصول إلى قيم عظمى لعوامل الأمان . إلا أن ذلك يعكس تكاليف كبيرة جداً على المنشآت . لذلك فإن القبول بعامل أمان ذي قيمة محددة ، لا ينفي دوماً احتمالات الانهيار .

ويتم غالباً التوفيق بين قيمة مقبولة لذاك العامل مترافقة مع قيمة ما محتملة ومقبولة أيضاً لحدوث الانهيار ، وذلك تبعاً لأهمية المنشأ المدروس وطبيعته والشروط والعوامل المحيطة به .

### ١ - ٣ عناصر الأمان والكلفة الاقتصادية :

إضافة للحمولات الدائمة والمؤقتة الستاتيكية التي تتعرض لها الأبنية عموماً هناك مجموعة من الحملات الديناميكية المفاجئة والطارئة التأثير ، كحملات الزلازل والهزات الأرضية ، والضغوط الناجمة عن الانفجارات ، وتأثيرات ضغط الرياح ... وغيرها .

وهذه الأخيرة أي حملات الرياح . والتي هي موضوع بحثنا ، تكون شديدة التأثير على منشآت الأبنية الشاهقة . كونها تطبق بصورة طارئة ومفاجئة فتخلق في المنحى الأفقي ضغوطاً على كتلة البناء ، تؤدي بدورها إلى حدوث انزياحات جانبية فيها . ونتيجة لهذا الوضع تنشأ في أعضاء المبنى جملة من القوى والاجهادات ذات تركيب معقد من الوجهة الرياضية .

و غالباً ما تحمّل هذه الاجهادات على عناصر تصمّم خصيصاً لهذه الغاية ، بحيث تتولى زيادة صلابة المنشأ العرضية . وبالتالي تساهم في تخفيف الانزياح الجانبي الناجم عن ضغط الريح الى الحدود المسموحة .

يعتبر الحساب العالي الدقة لقيم القوى والاجهادات المؤثرة على عناصر التقوية الخاصة بمقاومة الرياح ، من المسائل المعقدة في حساب الانشاءات . وقد يكتفى عند استخدام بعض طرق الحساب التقريبية والمبسطة ، بتحديد وإيجاد طرق وأساليب ، اقتصادية الكلفة ، وممكنة التنفيذ ، تؤدي بالنهاية إلى الاطمئنان بأن المنشأ المدروس يحمل أماناً كافياً لمقاومة التأثيرات الناجمة عن قوى الدفع الأفقية .

وتؤول مسألتنا هنا ، إلى إيجاد جمل انشائية ، بسيطة التركيب ، وسهلة الحل ، وقليلة التكاليف قدر المستطاع ، تحقق الهدف المنشود . ومن المعروف أن عناصر الأمان ، أو عناصر التقوية ، ليست إلا جملاً إنشائية من الجدران أو الإطارات المنفذة من البيتون المسلح (هذا باستثناء العناصر المعدنية) .

ونظراً لكون الاجهادات الشادة ، (التي كثيراً ما نصادفها في تأثير الرياح على الأبنية العالية) تقاوم من قبل فولاذ التسليح فقط ، بسبب ضعف تحمل البيتون للشد . كما أنه نظراً لارتفاع تكاليف هذه المادة في السنوات الأخيرة . أصبح لزماً على المهندس الانشائي ، القيام بدراسات اقتصادية ، تخفف قدر الامكان من التكاليف ، تكون مترافقة مع الدراسات الانشائية التي يقوم بها ، وخاصةً إذا علمنا أن سوريا كانت تستهلك خلال العشرين سنة الماضية ما معدله (500 000) خمسمائة ألف طن من حديد التسليح في كل سنة كمتعدل وسطي .

وعلى الرغم من معرفتنا كمهندسين بقوانين حساب الانشاءات ، ومقاومة المواد ، وبسلوك منشآت البيتون المسلح . إلا أنه يبقى هناك مجال واسع لهدر تلك المادة الثمينة أثناء قيامنا بعمليات الدراسة والتنفيذ .

من المفيد إذن الاستعراض السريع ، لبعض الأسباب الرئيسية التي قد تؤدي الى التوفير من استهلاك فولاذ التسليح في مجالي الدراسة والتنفيذ :



## \* في مجال الدراسة :

- ١ - يفضل اختيار المواقع المناسبة لإقامة الأبنية العالية بيئياً وجيولوجياً ، بحيث يوفر لنا هذا الاختيار الحدود الدنيا لتأثير الرياح ، والقيم العظمى لمقاومة التربة ، وبحيث تسمح معها الطبيعة الجيولوجية للموقع باختيار الحلول الاقتصادية لأنواع الأساسات .  
وعلى سبيل المثال نجد أن الترب الصخرية التشكيل أو تربة الكونغلوميرا القاسية قد تختزل أعمال الأساسات وزمن تنفيذها إلى النصف أو أقل أحياناً ، فيما لو قورنت بأنواع أخرى من التربة .
- ٢ - اختيار الحلول والمقاطع المعمارية البسيطة من خلال تضافر جهود الممارين المصممين ، والانشائيين الدارسين . والابتعاد عن النماذج المعمارية التي ليس لها ما يبررها ، وقد يزيد الشكل المعماري في بعض الأحيان ضعف أو ثلاثة أمثال التكاليف ، مقارنة بحلول أخرى تحقق نفس الغاية .
- ٣ - اعتماد طريقة انشائية للحل والحساب تناسب مواكبة التوفير والاقتصاد بشكل يخفف من التكاليف نسبة لا بأس بها . وعدم المبالغة في تقدير الحمولات أو التخفيف من مقاومات المواد .  
أي بشكل عام ، اعتماد هامش الأمان بصورة اقتصادية بعيدة عن المبالغة .
- ٤ - إن الكود المعتمد في عمليات التصميم يؤثر بشكل فعال على قضية ارتفاع الكلفة أو انخفاضها . وفي هذا المجال تذكر بعض الدراسات التي أجريت على الكود العربي بأن هذا الكود يأخذ بعوامل أمان كبيرة باعتداده شروط التنفيذ السيئة أو المتدنية . فهو يعتبر أن المواد ذات مقاومات دنيا . وأن ظروف الصب والرج والعناية بالبيتون ليست بالشكل المفروض . كما أن التقنيات والخبرات تحت المستوى المتوسط .  
واعتماداً على ذلك يصل الكود العربي إلى معطيات في التصميم مفادها أن الحمولات تزيد بحوالي (30 %) عما تعطيه الكودات العالمية . وأن السماكات في البلاطات مثلاً تزيد بما يقارب (25 %) عن بعض الكودات الأخرى .
- ٥ - اعتماد سماكات وأبعاد المقاطع للعناصر الانشائية المحسوبة ، دون زيادة أو مبالغة ، تؤدي إلى زيادة نسبة التسليح ، وبالتالي رفع تكاليف التنفيذ الأخرى .



٦ - إعطاء الأهمية لتوضع التسليح تبعاً لمغلفات العزوم ما أمكن . وعدم السماح بمد القضبان إلى مسافات ومناطق لا تؤدي الفعالية المطلوبة . والانتباه كذلك إلى مسافات تراكب القضبان ، وأطوال التماسك والتثبيت فيها .

٧ - استخدام الحديد عالي المقاومة ، قد يوفر من الكمية بما يعادل (25 %) عن تلك الحالة التي يستخدم فيها الفولاذي العادي المقاومة .

وهناك اعتبارات عديدة أخرى ، يجب على المهندس أخذها بالحسبان حين إجراء الدراسات ، تؤدي بمجمّلها إلى خفض التكاليف بنسب لا بأس بها .

#### \* في مجال التنفيذ :

١ - استخدام الأقطار الواردة في المخططات دون تعديلها ، يؤدي إلى استخدام نسب معقولة من فولاذ التسليح . ويحافظ على ذلك توريد الحديد إلى الورشة تبعاً للأقطار والكميات والأوقات المحددة . إذ أن تعديل الأقطار الصغيرة بأقطار أكبر ، يزيد من هدر هذه المادة .

٢ - التقيد بتعليمات المصمم من حيث التكسيح ، والعكفات ، ومسافات التماسك ومواضع القضبان . . يخفف من هدر كميات قد تذهب سدى أثناء التنفيذ . هذا بالإضافة إلى محاولة الاستفادة من أطوال القضبان الأصلية ما أمكن .

إن ما تم استعراضه من دراسة موجزة لعوامل الأمان ، وربط التكاليف بها ليست إلا مقدمة بسيطة ، لا بد أنها ضرورة قبل الشروع ببحث حساب العناصر المقاومة لحمولات الرياح في الأبنية العالية ، رغم عدم الارتباط المباشر بين الموضوعين .



## الفصل الثاني

### حركة الرياح وتأثيرها على الأبنية

- ٢ - ١ دراسة وتوصيف حركة الرياح .
- ٢ - ٢ حركة الرياح حول الأبنية العالية .
- ٢ - ٣ ضغط الرياح على الأبنية العالية .
- ٢ - ٤ حمولات الرياح في الكود العربي .
- ٢ - ٥ حمولات الرياح في بعض الكودات الأخرى .
- ٢ - ٥ - ١ حمولات الرياح وفق التوصيات البريطانية .
- ٢ - ٥ - ٢ حمولات الرياح وفق التوصيات الفرنسية .
- ٢ - ٦ حمولات الرياح العظمى في سوريا .
- ٢ - ٧ التأثير الديناميكي لضغط الرياح .
- ٢ - ٨ تطبيق عددي
- ٢ - ٩ مقاومة الأبنية للزلازل والهزات الأرضية .



## الفصل الثاني

### حركة الرياح وتأثيرها على المنشآت

#### ٢ - ١ دراسة وتوصيف حركة الرياح :

- توصف حركات الرياح من خلال مقاييس عديدة ، وضعها العلماء والباحثون بأشكال ونماذج مختلفة ، خدمةً لدراسة كل ما يتعلق بالرياح ، إن كان ذلك من حيث تأثيرها على المنشآت ، أو من حيث دراسة المناخ ، وحالات الطقس ، أو من أجل الملاحة البحرية والجوية . . .  
من هذه المقاييس ، نجد هناك سلماً قياسياً ، يدعى بسلم بوفور\* (Beaufort Scale) ، يصف طبقاً لثابت يسمى بعدد بوفور حال الرياح بناءً على سرعتها .

يتراوح عدد بوفور بين (0) و (11) كما يبينه الجدول (٢ - ١)

يجري جمع المعلومات حول الرياح وحركاتها وسرعاتها من خلال قياسات عملية ، بواسطة أجهزة خاصة توضع في محطات الرصد وتسجل المعلومات لسنوات طويلة . ويقوم المختصون بالأرصاد الجوية بتحليل ودراسة نتائج الرصد تلك ، ومعالجتها بطرق إحصائية احتمالية ، وفق القوانين والعلاقات الرياضية ، لإيجاد احتمال وقوع السرعات الأعظمية للرياح . وكذلك الهبات الأعظمية .

---

\* انظر الملحق في آخر الكتاب .



ويقصد بتعبير (الهبة) - تلك الرياح التي تستمر لفترة معينة من الزمن بسرعة أكبر من سرعة الرياح المعتادة .

| عدد بوفور | سرعة الرياح Km/h | وصف الرياح     |
|-----------|------------------|----------------|
| 0         | أقل من 1         | سكون وهدوء     |
| 1         | 1 - 5            | نسيم خفيف جداً |
| 2         | 6 - 11           | نسيم خفيف      |
| 3         | 12 - 15          | نسيم متوسط     |
| 4         | 16 - 38          | نسيم قوي       |
| 5         | 39 - 49          | هواء عادي      |
| 6         | 50 - 51          | هواء قوي       |
| 7         | 52 - 74          | عاصفة خفيفة    |
| 8         | 75 - 88          | عاصفة متوسطة   |
| 9         | 89 - 102         | عاصفة شديدة    |
| 10        | 103 - 117        | عاصفة هائجة    |
| 11        | أكبر من 118      | أعاصير         |

الجدول (٢ - ١)

هذا ويوضح الشكل (٢ - ١) نموذج لقياس هبات الرياح التي سجلت في مدينة اللاذقية في سوريا<sup>(٣)</sup> . حيث تم تعريف الهبة في هذا الشكل بأنه الرياح التي تستمر لفترة تساوي أو تزيد عن (20) ثانية ، بسرعة أكبر من (8.3) متر في الثانية . على أن يكون الفارق في سرعة الرياح بين بدء الهبة وقمتها أكثر من (4.5) متر في الثانية .

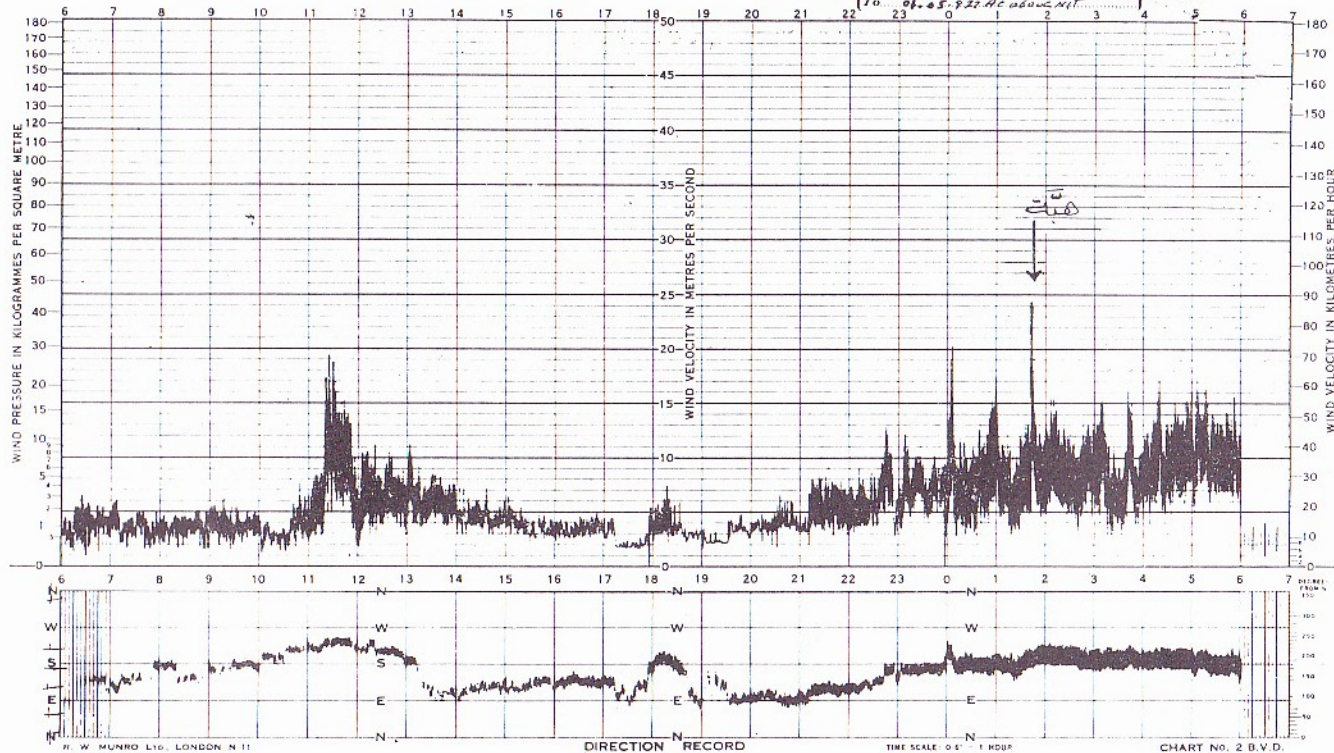
من الطرق التي يمكن استخدامها في حساب احتمالات الرياح الأعظمية والهبات الأعظمية ، طريقة غامبل (Gumble) الاحصائية .

# PRESSURE TUBE ANEMOGRAM LATAKIA

Observatory

day 7a month 06 year 1972  
From 20-06-72 0600G MT  
To 01-07-72 0600G MT

1972



H. W. MUNRO LTD. LONDON N 11

DIRECTION RECORD

TIME SCALE: 0.5 - 1 HOUR

CHART NO. 2 B.V.D.

(1-7) 1972

توضح هذه الطريقة أنه إذا توفرت لدينا المعلومات التي تعطي الهبات الأعظمية للرياح خلال (N) سنة ، فإنه يمكن رسم منحني بياني خاص ، كالموضح في الشكل (٢ - ٢) ، على محوري إحداثيات (P , X) وذلك بعد ترتيب المعلومات المذكورة تصاعدياً كما في الجدول (٢ - ٢) . حيث تمثل (X) - أعظم هبة خلال سنة ما . ويكون :

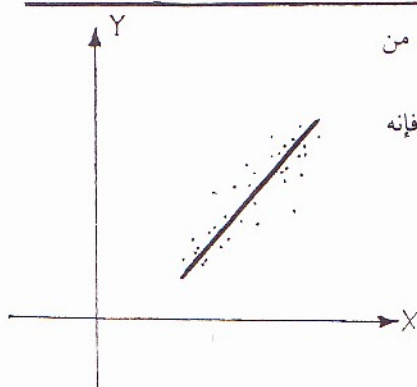
احتمال التكرار :

$$(١ - ٢) \quad \frac{M}{N + 1}$$

$$M = 1, 2, 3, \dots, N.$$

| مرتبة هبة<br>الرياح (m)            | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     | 11     | 12     |
|------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| سرعة الرياح<br>الأعظمية<br>(m/sec) | 20     | 20     | 20     | 21     | 21     | 23     | 23     | 23     | 27     | 27     | 28     | 28     |
| عام الهبة                          | 1966   | 1970   | 1972   | 1962   | 1964   | 1968   | 1969   | 1971   | 1965   | 1967   | 1961   | 1963   |
| $P = \frac{M}{N+1}$                | 0,0796 | 0,1538 | 0,2307 | 0,3076 | 0,3845 | 0,4614 | 0,5383 | 0,6152 | 0,6921 | 0,7690 | 0,8469 | 0,9228 |

فلو تم رسم هذه النقاط على المخطط البياني في الشكل (٢ - ٢) . ورسم من خلالها المستقيم الذي يقارب أكبر عدد منها\* . فإننا سنحصل بعد تمديد هذا

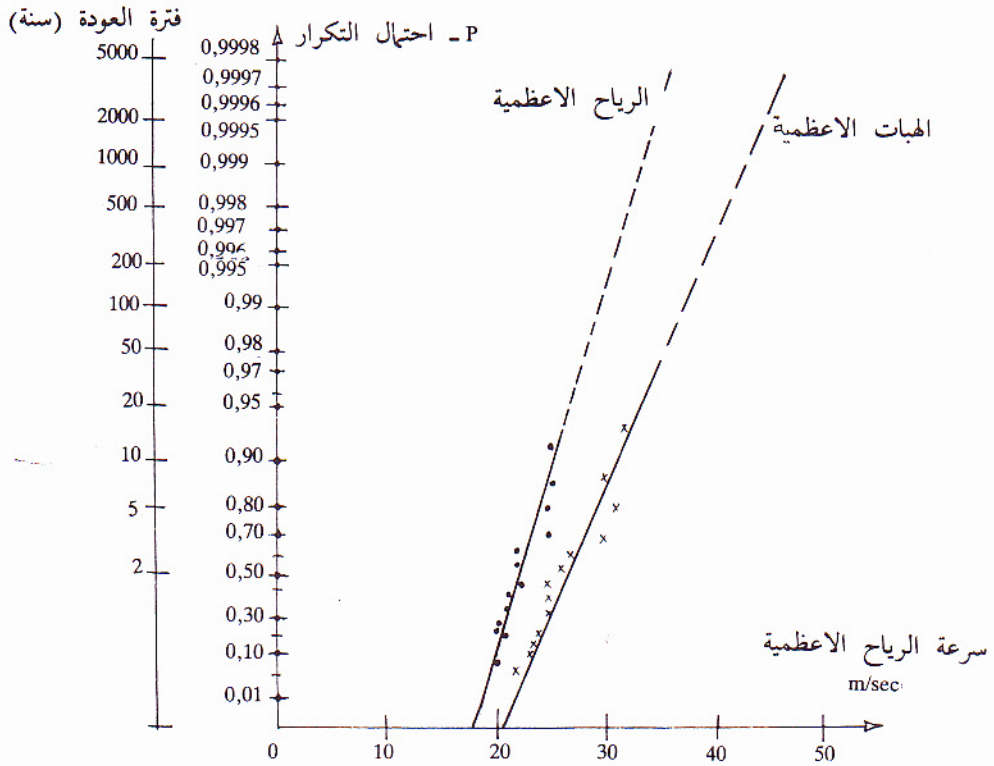


\* يتم الحصول رياضياً على أفضل مستقيم يمر من مجموعة من النقاط كما يلي :

إذا أردنا الحصول على المستقيم  $Y = aX + b$  . فإنه يتم تحديد القيمتين (a , b) كما يلي :

$$a = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum (x_i - \bar{x})^2}$$

$$b = \bar{y} - a\bar{x}$$



الشكل (٢-٢) مخطط غامبل الاحصائي

المستقيم على احتمالات الرياح الأعظمية ، والهبات الأعظمية التي يمكن أن تتكرر مرة كل (50 - 100) سنة أو أقل أو أكثر من ذلك .

حيث :

(i)  $x_i, y_i$  = إحداثيات نقطة ما

$\bar{x}, \bar{y}$  = متوسط قيم إحداثيات النقاط على المحورين (X, Y) .

ويكون وضع المستقيم المطلوب أفضل ما يمكن ، كلما اقتربت قيمة معامل الارتباط بين المتحولين (r) من الواحد .

$$r = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{[(\sum (x_i - \bar{x})^2)(\sum (y_i - \bar{y})^2)]^{1/2}}$$

حيث (r) يعطى بالعلاقة :

وكلما نقصت (r) عن الواحد . انخفضت العلاقة بين المتحولين .



## \* تغير الرياح مع الارتفاع :

تدعى الطبقة الواقعة بين سطح الأرض ، والارتفاع الواقع بين ( 1000 - 2000 متر ، بالطبقة الحدية (Boundary Layer) . والارتفاع المنوه عنه هو منسوب الانقلاب الحراري في الجو .

تتأثر الرياح في هذه الطبقة بعاملين أساسيين هما :

تدرج الضغط

قوة كاريوليس • .

---

● شرح موجز عن قوة كاريوليس ، التي اكتشفها العالم الفرنسي كاريوليس عام ١٨٣٥ .

من المعروف أن القوة النابذة تنشأ على جسم ساكن ، يقع على جملة دوارة . ولو افترضنا أن هذا الجسم الساكن تحرك على هذه الجملة الدائرة بحركة مستقيمة ، فإن هناك قوة أخرى ستؤثر عليه ، هي قوة كاريوليس ، وهي تتعلق بقيمة السرعة المستقيمة للجسم عددياً ، وشعاعياً ، أي باتجاه تلك السرعة .

تساوي قوة كاريوليس الصفر إذا كان اتجاه الحركة المستقيمة موازاً لمحور دوران الجملة . وتكون أعظمية في الاتجاه المتعامد مع محور الدوران المذكور . وتقدر قيمتها رياضياً بالعلاقة :

$$(F_x = 4\pi \cdot n \cdot v_1 \cdot m)$$

حيث (m) كتلة الجسم . و (n) عدد دورات الجملة في وحدة الزمن . و (V<sub>1</sub>) مركبة سرعة الجسم المستقيمة على الاتجاه المتعامد مع محور الدوران . تفسر لنا قوة كاريوليس ، كيف تبدو الاجسام التي تتحرك بحركة مستقيمة . وكأنها تتحرك بحركة منحنية بالنسبة لمراقب ساكن ، ينظر لتلك الأجسام من خلال جملة تدور .

كما تفسر هذه الفقرة لماذا أن الأجسام التي تسقط على الأرض سقوطاً حراً ، لا تسقط بشكل معامد تماماً إلا عند نقطة القطب . ويزداد انحراف الوضع العمودي للجسم الساقط كلما اتجهنا نحو خط الاستواء ، حيث يصبح الانحراف أعظماً .

تؤثر هذه القوة بشكل كبير على حركة الرياح والكتل الهوائية في الجو ، بسبب قلة كثافة الهواء ، وقلة قوى الاحتكاك . فتخلق في الهواء حركات دورانية (زوايج) في مناطق الضغط المنخفض بسبب استمرارية تأثيرها .

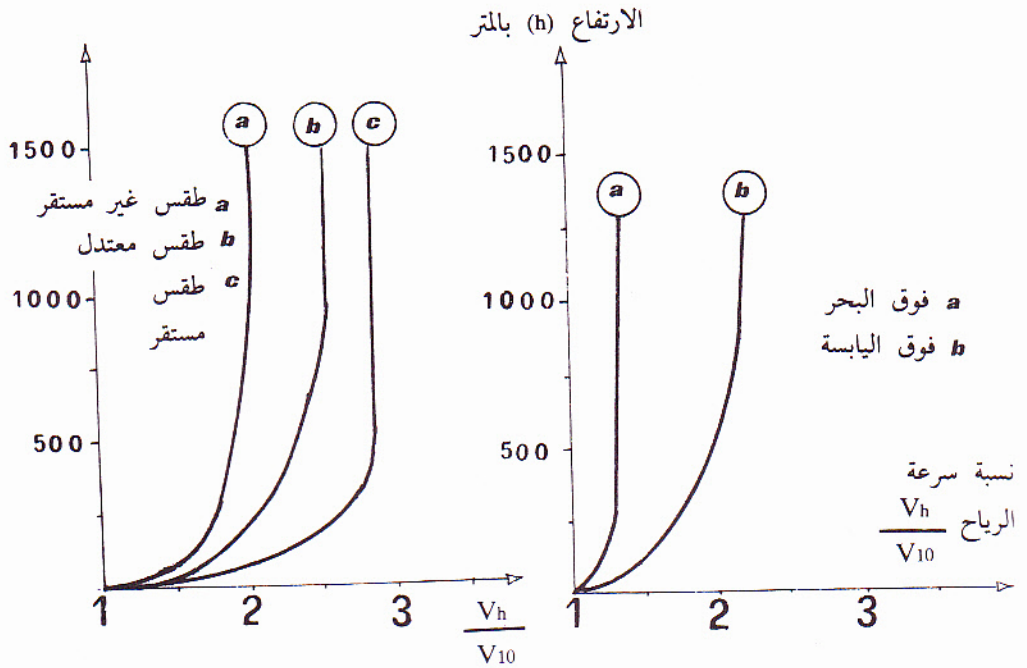
إضافة لذلك تسبب قوة كاريوليس تآكل ضفاف الانهار والسكك الحديدية من الجهة اليمنى في نصف الكرة الأرض الشمالي ، بشكل أكبر من الجهة اليسرى ، بسبب اتجاه دوران الأرض . ويحدث العكس في نصف الكرة الجنوبي . أي تتآكل الجوانب اليسرى أكثر من اليمنى .



وهناك عاملاً ثالثاً ، هو تناقص قوى الاحتكاك مع سطح الأرض ، إلا أنه يصبح أقل أهمية كلما ابتعدنا عن سطح الأرض ، حيث يزول معه الانقلاب الحراري .

لاحظت الدراسات المجراة على الرياح وحركات الكتل الهوائية ، أن نسبة سرعة الرياح على ارتفاع معين ، إلى سرعة الرياح على ارتفاع (10 m) ،  $\left( \frac{V_h}{V_{10}} \right)$  تزداد بشكل كبير خلال الـ (500) متر الأولى من سطح الأرض . ثم ينخفض هذا الازدياد تدريجياً مع ازدياد الارتفاع . وهذا ما يوضحه الشكل (٢ - ٣) ، حيث تصبح النسبة المذكورة ثابتة مع الوصول الى منسوب الانقلاب الحراري .

ويوضح الشكل (٢ - ٣) كذلك أن نسبة ازدياد سرعة الرياح مع ازدياد الارتفاع ، تتعلق بحالة الاستقرار في الجو ، في الحالات التي تكون معها الرياح خفيفة أو متوسطة الشدة .



الشكل (٢ - ٣)

تغير نسبة سرعة الرياح مع الارتفاع في طبقة الجو الحدية

أما في حالات الرياح الشديدة ، فإن حال الجو تصبح معتدلة بسبب الاختلاط شبه التام للهواء .

لذلك يمكن القول إن ازدياد نسبة سرعة الرياح مع ازدياد الارتفاع ، تعتمد فقط على طبيعة الأرض في حال كون الرياح شديدة .

لقد دلت الدراسات المجراة على حركة الرياح ، من الجهتين النظرية والعملية ، على أنه في الطبقة الواقعة بين سطح الأرض ، وارتفاع (500) متر . يمكن تقدير سرعة الرياح ، وكذلك سرعة الهبات ، باستخدام علاقة لوغاريتمية ، تدعى بدستور «هيلمان» ، وذلك بعد معرفة سرعة الرياح ( $V_{10}$ ) على ارتفاع قدره (10 m) من سطح الأرض ، كما يلي :

$$\begin{array}{ll} \text{للرياح} & \frac{V_h}{V_{10}} = \left( \frac{h}{10} \right)^\alpha \quad (2-2) \\ \text{للهبّات} & \frac{V_h}{V_{10}} = \left( \frac{h}{10} \right)^\beta \quad (2-3) \end{array}$$

( $V_h$ ) = سرعة الرياح المطلوبة على ارتفاع (h)m من سطح الأرض - م/ثانية

$$500 > h > 0$$

$\alpha, \beta$  = عاملان يتعلقان بطبيعة الأرض عند الارتفاع المدروس .

ويمكن اعتبار :  $\beta = 0.085$

أما ( $\alpha$ ) فقد حسبت في بريطانيا ( $\alpha = 0.13$ ) .

- يحدد الجدول (2-3) قيمة النسبة  $\left( \frac{V_h}{V_{10}} \right)$  بالاعتماد على طبيعة

الأرض . ويفضل استخدامه فقط في الحالات التي تكون معها الرياح شديدة .

يسمح لنا دستور (هيلمان) المذكور في العلاقة (2-2) بحساب سرعة الرياح على

قمم الجبال بخطأ لا يتجاوز ( $\pm 10\%$ ) .

| قيم النسبة $(V_h/V_{10})$ بحسب تغير الارتفاع $(h)$ ومعامل الخشونة للأرض $(Z_0)$ * |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $Z_0$<br>(Cm)   | 0,05 | 0,50 | 2,00 | 6,00 | 15   | 50   | 100  | 200  |
| $h$ (m)   | 10   | 20   | 30   | 50   | 70   | 100  | 150  | 200  |
| 1,00  | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| 1,40  | 1,06 | 1,70 | 1,10 | 1,14 | 1,19 | 1,22 | 1,27 | 1,32 |
| 1,66  | 1,10 | 1,14 | 1,17 | 1,25 | 1,28 | 1,36 | 1,47 | 1,66 |
| 1,94  | 1,16 | 1,20 | 1,25 | 1,34 | 1,37 | 1,51 | 1,67 | 1,94 |
| 2,20  | 1,19 | 1,25 | 1,30 | 1,37 | 1,44 | 1,62 | 1,81 | 2,20 |
| 2,58  | 1,22 | 1,30 | 1,36 | 1,45 | 1,55 | 1,80 | 2,08 | 2,58 |
| 3,15  | 1,27 | 1,36 | 1,46 | 1,58 | 1,73 | 2,05 | 2,46 | 3,15 |
| 3,65  | 1,32 | 1,44 | 1,54 | 1,69 | 1,88 | 2,29 | 2,76 | 3,65 |
| 4,52  | 1,39 | 1,55 | 1,69 | 1,89 | 2,15 | 2,70 | 3,37 | 4,52 |

\* معامل الخشونة ، يتعلق بطبيعة الأرض ويقدر بالسنتيمتر حسبما يلي :

| $Z_0$ Cm | طبيعة الأرض                           | $Z_0$ Cm | طبيعة الأرض                  |
|----------|---------------------------------------|----------|------------------------------|
| 1,0      | أرض مزروعة-ارتفاع الزرع 3-0 سم        | 0,001    | سطح مستو (جليدي)             |
| 2,0      | أرض مزروعة-ارتفاع الزرع 4-5 سم        | 0,05     | غطاء ثلجي بعمق أكبر من 20 سم |
| 3,0      | أرض مزروعة-ارتفاع الزرع 6-10 سم       | 0,1-0,2  | غطاء ثلجي فوق الأعشاب        |
| 4,0      | أرض مزروعة-ارتفاع الزرع 11-20 سم      | 0,3      | أرض شبه صحراوية              |
| 5,0      | أرض مزروعة-ارتفاع الزرع 21-30 سم      | 1,0      | أرض حجرية                    |
| 9,0      | $V_{10}=2,3\text{m/Sec}$ أرض مزروعة   | 2,0      | أرض محروثة                   |
| 6,0      | $V_{10}=5,0\text{m/Sec}$ ارتفاع الزرع | 100      | بلدة صغيرة                   |
| 3,7      | $V_{10}=8,7\text{m/Sec}$ 70-60 سم     | 200      | مدينة                        |

الجدول (٢ - ٣)

- إن تأثير هبات الرياح الشديدة ، والقصيرة الأمد على المنشآت عموماً ، لم يُعط الاهتمام الكافي في الدراسات ، بسبب نقص المعلومات الفيزيائية للاضطرابات الجوية ، غير أنه من المعروف ان سرعة الهبات تزداد طردياً مع الارتفاع ، ولكن بنسبة أقل من نسبة سرعة الرياح العادية ذاتها .

هذا ويوضح الجدول (٢ - ٤) نسبة سرعة الرياح على ارتفاعات مختلفة قياساً الى سرعاتها على ارتفاع (10 m) .

| الارتفاع<br>h (m) | معامل الارتفاع للرياح<br>$V_h/V_{10}$ | معامل الارتفاع للهبات<br>$V_h/V_{10}$ |
|-------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 20                | 1,10                                  | 1,06                                  |
| 40                | 1,19                                  | 1,13                                  |
| 60                | 1,27                                  | 1,16                                  |
| 80                | 1,31                                  | 1,20                                  |
| 100               | 1,35                                  | 1,22                                  |
| 120               | 1,39                                  | 1,24                                  |
| 140               | 1,41                                  | 1,25                                  |
| 160               | 1,44                                  | 1,27                                  |
| 180               | 1,46                                  | 1,28                                  |
| 200               | 1,48                                  | 1,29                                  |
| 300               | 1,56                                  | 1,34                                  |
| 400               | 1,61                                  | 1,37                                  |
| ≥ 500             | 1,66                                  | 1,41                                  |

الجدول (٢ - ٤)

## ٢-٢ حركة الرياح حول الأبنية العالية :

إن حركة كتل الهواء وتياراته على ارتفاعات عالية من سطح الأرض تتحكم بنماذج الطقس عموماً . في حين أن تلك الحركة على ارتفاعات قليلة تؤثر على الأجسام والسطوح التي تلامسها تلك الكتل ، بسبب كل من ظاهرة الدفع وظاهرة الاحتكاك . فازدياد سرعات الكتل الهوائية يؤثر بشكل كبير على الانسان وعلى ما يحيط به من منشآت .

لقد بينت دراسات مخبرية أجريت في بريطانيا على نماذج مصغرة من الأبنية العالية ، أن هذه المنشآت تحول جزءاً من الرياح التي تصطدم بها ، باتجاه الأسفل نحو الأرض . مما يتسبب في خلق تيارات هوائية مزعجة وخطرة أحياناً ، على



أرصفت المشاة وقرب المباني المنخفضة المجاورة للأبنية العالية (كالمحلات التجارية وأبنية الخدمات وغيرها) .

لقد تم تعريض تلك النماذج إلى تيارات مخبرية من الرياح ، تشابه في فعلها تماماً التيارات الفعلية التي قد تؤثر على المنشآت . فأظهرت هذه الدراسات النواحي التالية :

١ - عند القيام بأعمال التخطيط العمراني ، وتنظيم المدن ، يلزم دراسة مواقع الأبنية العالية بدقة ، بشكل تتم معه المحافظة على سرعات للرياح في أسفل هذه المنشآت وعلى محيطها بما لا تتجاوز (5m/sec) في معظم أوقات السنة . لأن سرعة الرياح التي تفوق هذه القيمة ، تصبح شديدة الازعاج حول تلك الأبنية .

٢ - شكلت الأبنية ذات الارتفاعات الصغيرة ، والمحيطه بالأبنية العالية ، سور حماية من تأثيرات الرياح .

٣ - تتأثر حركة الرياح بجوار السطوح التي تلامسها ، بمقدار خشونة السطوح ، وبالتالي بقيمة الاحتكاك معها . إضافة إلى أبعاد السطح .

٤ - عندما تصطدم الرياح بالمبان المنخفضة الارتفاع ، فإن سرعة الرياح حول المبنى ، أو في مناطق المشاة تكون :

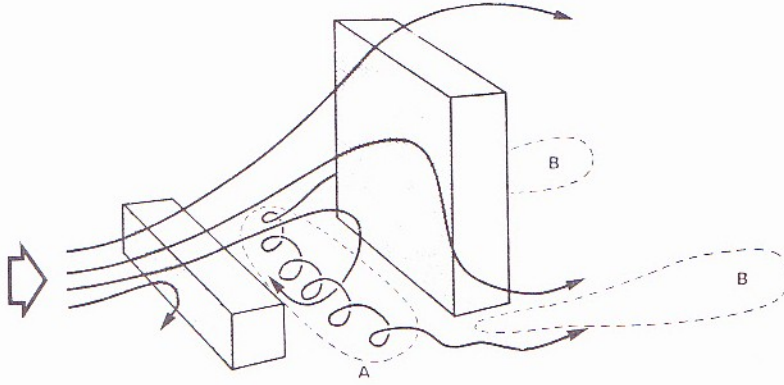
$$V = (0,5 - 0,7) R \quad (2 - 4)$$

حيث

$$R = \frac{\text{سرعة الرياح عند منسوب ارتفاع المشاة حول المبنى}}{\text{سرعة الرياح عند نفس المنسوب بدون وجود المبنى}}$$

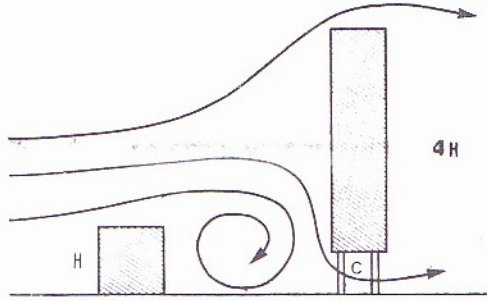
ويتغير نموذج حركة الرياح عند تلاقيها مع مبنى أعلى . إذ قد تصل السرعات إلى  $R (2 - 1.5)$  في المناطق (A و B) الموضحة في الشكل (2 - 4) . وهي المناطق التي يتم عندها تشكيل دوامات هوائية .





الشكل (٢ - ٤)

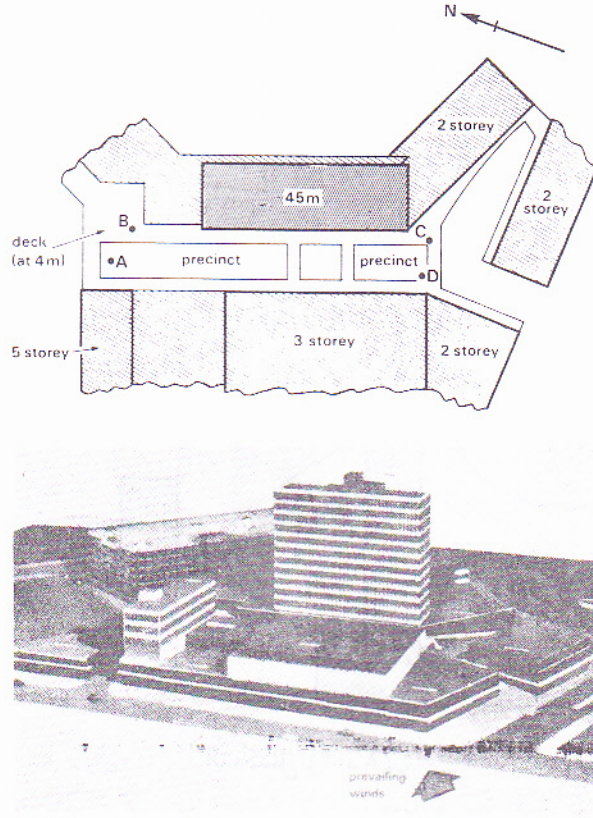
٥ - بينت الدراسات على نموذج ارتفاعه مساوٍ إلى ضعف عرض واجهته ، وهو مرفوع على أعمدة ، أن سرعة الرياح قد تصل إلى  $(3 R)$  . مع العلم بأن ارتفاع النموذج المدروس يزيد بأربع مرات عن ارتفاع المباني المجاورة ، كما يبينه الشكل (٢ - ٥) .



الشكل (٢ - ٥)

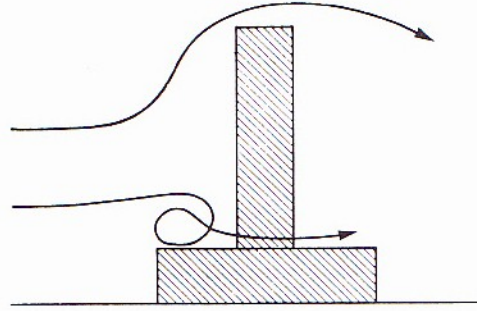
٦ - هناك حلول عديدة للتخفيف من أضرار الرياح ، يجب الأخذ بها عند التصميم . فعلى سبيل المثال ، يوضح الشكل (٢ - ٦) نموذجاً لمبنى ارتفاعه  $(45 \text{ m})$  يجاور منطقة تجارية . أجريت عليه تجارب عديدة ، حيث استخدمت الرياح المخبرية بسرعة  $(5 \text{ m/sec})$  خلال خمس زمن التجربة . فبين من ذلك أن سرعة الرياح في المناطق  $(A, B, C, D)$  تصل إلى  $(2, 2 R)$  .

ومن خلال هذه النتيجة ، تم اقتراح إنشاء فناء فوق النموذج المدروس بغية منع الرياح من الوصول إلى منطقة المشاة في السوق .  
ومن خلال التجارب على النموذج الجديد المقترح تبين نجاح هذا الحل .

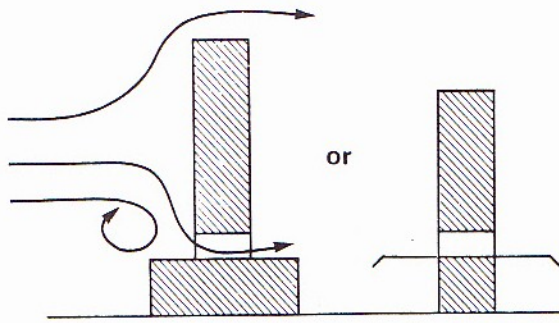


الشكل (٢ - ٦)

إضافةً إلى ما سبق ، يمكن استخدام حلول عديدة للحالات المختلفة .  
فلو كنا بصدد دراسة مبنى ، القسم السفلي منه ذي ارتفاع منخفض وممتد المساحة كما في الشكل (٢ - ٧) . فيمكن حينئذ التخفيف من سرعات الرياح في القسم الأسفل باتباع أحد الحلين الواردين في الشكل (٢ - ٨) . أي إما بترك طابق سفلي دون قواطع يستخدم كممر للتيارات الهابطة ، أو برفع الطابق الأول فوق القسم السفلي على أعمدة .

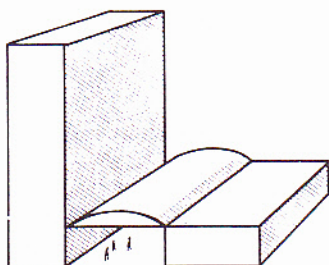
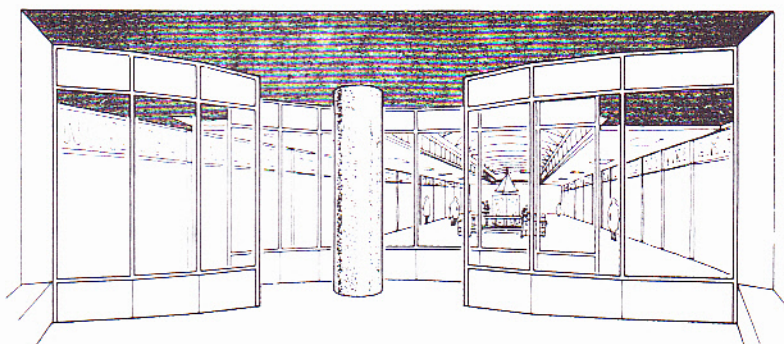


الشكل (٢ - ٧)



الشكل (٢ - ٨)

٧ - يصبح تأثير الرياح في مناطق المدن المزدحمة ، التي تتجاور فيها الأبنية العالية بارتفاعات تزيد عن (25-30 m) . فإن تأثيرات الرياح الهابطة تصبح بصورة أكثر تعقيداً ، وبالتالي تحتاج لدراسات أكثر دقة .  
أما في الحالات التي تكون فيها هذه المنشآت مقامة مسبقاً ، وتأثيرات الرياح الهابطة بحاجة إلى معالجة على الواقع ، فإن الشكل (٢ - ٩) يمثل أحد الحلول التي يمكن اتخاذها في مثل هذه الحالات .



الشكل (٢ - ٩)

### ٢ - ٣ ضغط الرياح على الأبنية العالية :

يقصد بتعبير البناء العالي ، تلك المنشآت من الأبنية ، التي تشكل فيها الحمولات الأفقية (كضغط الرياح أو الزلازل والهزات الأرضية) عاملاً هاماً في الحساب الإنشائي . وتتمتاز هذه المنشآت بأن نسبة ارتفاعها إلى البعد الأصغري في قاعدتها كبيراً .

ويؤثر ضغط الرياح على هذه المنشآت تأثيراً واضحاً ، فهو يسبب إجهادات وقوى إضافية في عناصرها الإنشائية .

إن الحمولات المتأتية بفعل دفع الرياح ، التي تصنف ضمن فئة الحمولات الحية الديناميكية ، تخضع إلى اعتبارات وعوامل لا يمكن للإنسان التحكم بها ، ومن هذا المنطلق ، تجيء خطورة هذا النوع من الأحوال ، مما يحتم دراسة الوقاية من آثارها ما أمكن .



يعتمد تقدير قوى دفع الريح ، الممكن حدوثها على منشأ ما ، في منطقة معينة ، على عوامل عديدة ، تتجلى في إحصاءات واحتمالات تقدر بناءً على قياسات وأرصاد كثيرة ، ولسنوات طويلة ، تجري على حركات الرياح وجريانها ، وسرعاتها في المنطقة المعنية . إضافةً إلى التجارب المخبرية التي يمكن القيام بها في نفق الرياح (المخبري) على نماذج مصغرة للأبنية التي يطلب إشادتها .

تبسيطاً للحسابات ، يعتبر ضغط الرياح مؤثراً على الأبنية في الاتجاه الأفقي ، أو بشكل متعامدٍ مع السطوح الخارجية للبناء . وتخضع شدة القوى المؤثرة ، إلى عوامل متعددة نذكر منها :

- ١ - طبيعة البناء وارتفاعه ونسب أبعاده الأخرى .
- ٢ - الطبيعة المناخية التي سيقام عليها المنشأ .
- ٣ - سرعة الرياح وكثافة الهواء واتجاه حركة الريح .
- ٤ - نوع العنصر المدروس وطبيعته ، وموقعه في البناء .

تسمى سرعة الرياح التي يتم على أساسها حساب الضغوط المتولدة على واجهات الأبنية بالسرعة الحسابية . وهي بالتعريف السرعة المتوسطة لهبة الرياح اللحظية التي يمكن استمرارها لمدة عشر دقائق ، واحتمال حدوثها مرة واحدة كل عام على الأقل .

ويتم تحديد هذه السرعة ، وخاصة في المنشآت كبيرة الأهمية ، بالاعتماد على القياسات الفعلية ، والاحصاءات الدورية لسنواتٍ خلت .

تعتبر فترة حياة المنشأ في الأبنية عموماً تتراوح بين (50-100) سنة . وقد يحدث أن يتعرض البناء خلال فترة حياته هذه ، إلى عاصفة قوية ، تهب لمرة واحدة فقط . فلو تجاوز الضغط الناجم عن سرعة هذه العاصفة (1,75) مرة ، الضغط الناجم عن السرعة الحسابية ( $\bar{V}$ ) الأنفة الذكر ، ولمدة (2 إلى 5) ثانية فقط ، لوجب دراسة الأبنية العالية المهمة على تلك السرعة . وتسمى هذه السرعة حينئذٍ بالسرعة الحدية .

إذن ، نعرف هنا السرعة الحدية بأنها السرعة التي تُنتج ضغطاً ( $W_u$ ) يساوي أو يزيد بمقدار (1,75) مرة عن الضغط الناتج عن السرعة الحسابية ( $\bar{W}$ )



(٢ - ٥)

$$W_u \geq 1,75 \overline{W}$$

وبما أن الضغط الناتج عن الرياح يتناسب طردياً مع مربع سرعتها ، نجد أن :

$$V_u \geq \sqrt{1,75} \overline{V} \quad \text{سرعة الرياح الحدية .}$$

إن الدراسات الرياضية التي أجريت على خصائص جريان وتدفق الرياح في المناطق المختلفة من العالم ، قدمت لنا بالنتيجة القيم والاشتراطات التي تملئها الكودات ، بغية حساب المنشآت ضد دفع الرياح .

كما بيّنت الدراسات التجريبية والقياسات العملية ، أن سرعات الرياح العالية ، والمضطربة الجريان . والتي تنشأ عن هبات متتالية للرياح ، تؤثر بشكل خطر على منشآت الأبنية العالية .

وتزداد خطورة هذا النوع من الحملات كلما اقتربت هبات الرياح من التردد بأدوار منتظمة . إذ تُخلق عندئذٍ حالات تجاوب (طنين) بين دور حركة الرياح ودور الاهتزاز المرن للبناء ، تؤدي بالنهاية إلى كوارث كبيرة .

كما بينت تلك الدراسات ، أن السرعة الصغيرة للرياح ، خفيفة الضرر فيما لو قورنت بالسرعات العالية . إذ أنه في الحالة الأولى يمكن اعتبار الضغط المطبق على المنشأ ، ذي تأثير ستاتيكي . في حين يصبح التأثير ديناميكياً مع السرعات العالية .

تصبح سرعة الرياح الحدية ( $V_u$ ) ، والمعرفة سابقاً . شديدة الخطورة كلما ازداد ارتفاع المنشأ . إذ لوحظ من الدراسات المجراة على الأبراج العالية جداً ، أن ازدياد ضغط الرياح بنسبة ( $x\%$ ) فوق الضغط الحدي ، يزيد من قيم الاجهادات الشادة الناجمة في العناصر نتيجةً لذلك بنسبة  $x(4-5)$  . هذا إضافةً إلى أن السرعة الحاصلة عند المرحلة الحدية ( $V_u$ ) ، قد تؤدي الى تغيير إشارة الاجهادات في بعض العناصر ، حيث تصبح المقاطع المضغوطة ، معرضة إلى حالات شد . مما يتسبب في حدوث الانهيارات . لذلك يجب إيلاء هذا الموضوع الاهتمام الكافي عند الحساب .

يمكن عند دراسة المنشآت على دفع الريح ، اعتبار المبنى المدروس ، كجائز ظفري موثوق من الأسفل وحر ومن الأعلى ومعرض لحملات موزعة على

كامل الارتفاع ، من الجهة المعرضة للرياح وهنا أحد أشكال النماذج الانشائية المعتمدة .

في حسابات الرياح ، يعتبر الارتفاع (10m) عن سطح الأرض الطبيعية منسوباً قياسيأ أو معيارياً لحساب الضغط الديناميكي (Wd) .  
والعلاقة العامة التي تعطي قيمة هذا الضغط على ارتفاع من سطح الأرض قدره (h) تعتبر كما يلي :

$$(W_d)_h = (2.5 \frac{h + 18}{h + 60}) (W_d)_{10} \quad \text{Kg/M}^2 \quad (2 - 6)$$

حيث :

$(W_d)_h$  = الضغط المتولد عند منسوب الارتفاع (h) من سطح الأرض .

$(W_d)_{10}$  = الضغط المتولد عند المنسوب المعياري (10m) من سطح

الأرض .

هذا وتؤخذ عادة قيمة الضغط الديناميكي (Wd) ، المطبقة على المباني التي لا يزيد ارتفاعها عن (25- 30 m) ، ثابتة على كامل ارتفاع المنشأ .

## ٢ - ٤ محولات الرياح في الكود العربي :

يعطي الكود العربي التوصيات التالية ، فيما يتعلق بالحمولات الناجمة عن دفع الرياح :

- يؤخذ تأثير الرياح في الأبنية العادية ذات الطوابق المتعددة ، والمسطح المستطيل (a × b) ، وذات الارتفاع (h) . كحمولات ضغط ستاتيكي منتظم ، موزع على كامل عرض الواجهة العرضية للرياح .  
ويعطى هذا الضغط على ارتفاع (h) كما يلي :

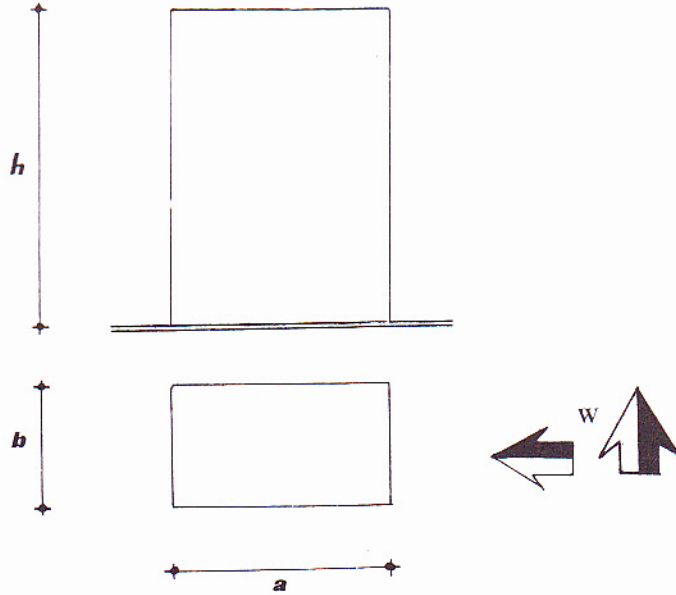
$$W_i = (1.3 K_s \cdot K_h) W_d \quad (2 - 7)$$

وذلك مع اعتبار أن أبعاد المبنى المدروس تحقق ما يلي :

$$a \geq b \geq 0,4a \quad h \leq 4a$$

حيث :

$W_i$  = حمولة ضغط الرياح (بالكيلوغرام لكل متر مربع) الناتجة على الواجهة المعرضة للرياح ، والمفروض تطبيقه بشكل ستاتيكي .



الشكل (٢ - ١٠)

$K_s$  = معامل الموقع التابع لحماية المنشأ من التعرض للرياح .  
ويقدر هذا العامل على النحو التالي :

|  |              |
|--|--------------|
| المواقع المعرضة للعواصف (شواطئ البحار - رؤوس التلال - الجزر) . | $K_s = 1,30$ |
| المواقع العادية المتوسطة التعرض (السهول) .                     | $K_s = 1,00$ |
| المواقع المحمية من العواصف ، سواءً بالتلال أو غيرها .          | $K_s = 0,80$ |

الجدول (٢ - ٥)

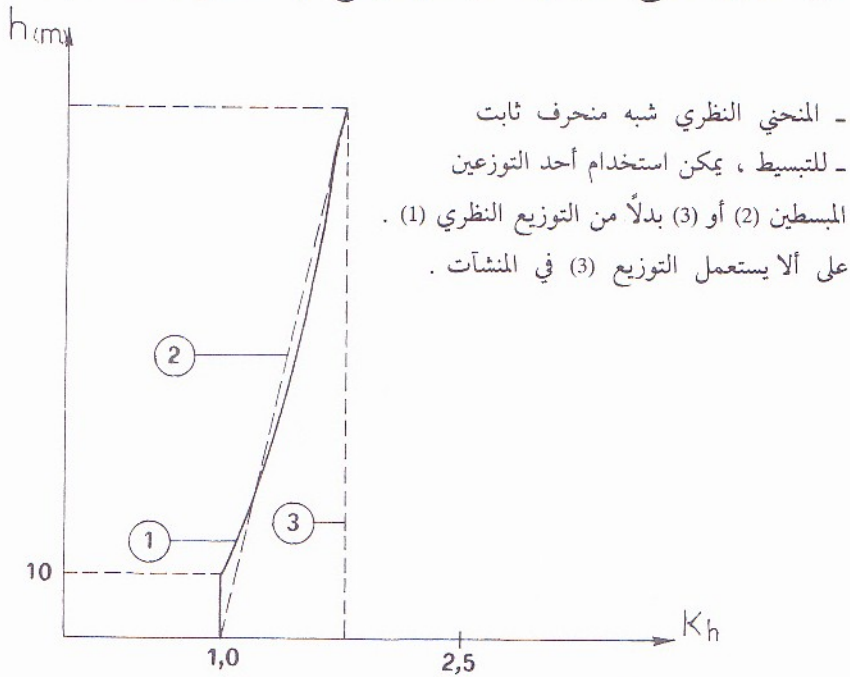
$K_h$  = معامل ارتفاع المنشأ عن سطح الأرض . ويعطى هذا العامل بالعلاقة التالية ، على اعتبار أن (h) تمثل ارتفاع المستوى الذي يحسب عنده ضغط الرياح (بالمتر) عن سطح الأرض .

$$K_h = 2,5 \left( 1 - \frac{42}{h + 60} \right) \quad (٢ - ٨)$$

«وأساس هذه العلاقة يعود إلى الدستور التالي ، وذلك من أجل ارتفاع (h) لا يتجاوز (500m) من سطح الأرض ، كحد أعظمي» .

$$\frac{W_h}{W_{10}} = 2,5 \left( \frac{h + 18}{h + 60} \right)$$

وعلى أن تؤخذ ( $K_h = 1,0$ ) بالنسبة للجزء الذي يقل ارتفاعه عن عشرة أمتار عن مستوى سطح الأرض ، كما هو موضح في الشكل (٢ - ١١) .



الشكل (٢ - ١١) تغير قيم معامل الارتفاع

$W_d$  = حمولة الضغط الديناميكي المعياري أو القياسي للرياح الناتج عن سرعتها .  
وتقدر بالكيلوغرام لكل متر مربع ، وذلك على ارتفاع قياسي قدره (10m) وهذه  
الحمولة تمثل مقدار تحويل الطاقة الديناميكية للرياح بسبب السرعة (V) إلى طاقة  
ستاتيكية ، بمجرد اصطدامها بحاجز أو سطح ثابت ولا نهائي وفقاً للصيغة :

$$W_d = \frac{V^2}{16} \text{ kg/m}^2 \quad (٢ - ٩)$$

حيث تؤخذ (V) بالتر في الثانية . و( $W_d$ ) بالكيلو غرام لكل متر مربع . هذا  
ويوضح الجدول (٢ - ٦) قيم ( $W_d$ ) تبعاً لسرعة الرياح .

| سرعة الرياح<br>Km/h                            | 50   | 75   | 100  | 125  | 150   | 175   | 200   |
|--|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| سرعة الرياح<br>m/sec                           | 13,9 | 20,8 | 27,8 | 34,7 | 41,6  | 48,6  | 55,6  |
| الضغط الديناميكي المعياري<br>Kg/m <sup>2</sup> | 12,1 | 27,0 | 48,3 | 75,3 | 108,2 | 148,0 | 193,2 |

الجدول (٢ - ٦)

- لقد استخرجت العلاقة السابقة من علاقة بيرنولي التالية :

$$W_d = \rho \frac{v^2}{2g}$$

$\rho = 1.225 \text{ kg/m}^3$  = الوزن النوعي للهواء الخالي من اكسيد الكربون بحالة الضغط  
الجوي ودرجة الحرارة  $15^\circ \text{C}$   $g$  = الجاذبية الأرضية .  $9.8 \text{ m/sec}^2$   
كما أعطى الكود العربي قيم الضغط الديناميكي تبعاً لسرعات الرياح ،  
وذلك بحسب مناطق أربعة صنفّت على النحو التالي :



| رقم المنطقة     | طبيعة الرياح<br>(الدرجة) | سرعة الرياح على ارتفاع 10m |      | قيمة الضغط<br>الديناميكي<br>Kg/m <sup>2</sup> |
|-----------------|--------------------------|----------------------------|------|---|
|                 |                          | m/sec                      | Km/h |   |
| المنطقة الأولى  | قوية جداً                | 48,6                       | 175  | 148   |
| المنطقة الثانية | قوية                     | 41,6                       | 150  | 108   |
| المنطقة الثالثة | معتدلة                   | 34,7                       | 125  | 75  |
| المنطقة الرابعة | ضعيفة                    | 27,8                       | 100  | 48  |

الجدول (٢ - ٧)

إذن :

\* يجب أخذ تأثير الرياح بالاعتبار عند حساب الأبنية العادية في الحالات التالية :

١ - إذا زاد عدد الطوابق بما فيها الأقبية عن ثمانية طوابق . أو زاد الارتفاع الكلي بما في ذلك الأقبية عن ضعفي البعد الأفقي الأدنى المعتبر في اتجاه حساب الرياح .

وتعتبر الرياح ممكنة الحدوث في كافة الاتجاهات .

٢ - إذا كان الطابق الأرضي مرفوعاً على أعمدة ، دون وجود جدران قاطعة ، وزاد عدد الطوابق فوق الأرضي عن خمسة ، وكان الارتفاع الكلي للمبنى بما فيه الأقبية عن مرة ونصف البعد الأفقي الأدنى المعتبر في اتجاه حساب الرياح .

وتعطينا مجموعة الجداول (٢ - ٨) قيم الضغط الستاتيكي المطبق على الأبنية تبعاً للدراسات آتفة الذكر .

### مجموعة الجداول (٢ - ٨)

لحساب الضغط الستاتيكي الناجم عن الريح وفق تعليمات الكود العربي

السرعة :  $V = 50 \text{ Km/h} = 13,9 \text{ m/sec}$  على ارتفاع 10 m

الضغط الديناميكي القياسي :  $W_d = \frac{V^2}{16} = 12.1 \text{ Kg/m}^2$  على ارتفاع 10 m

| الضغط الستاتيكي<br>$W_i = 1,3K_s \cdot K_h \cdot W_d$<br>$\text{Kg/m}^2$   | العامل $(K_h)$<br>$K_h = 2,5 \left(1 - \frac{42}{h+60}\right)$  | الارتفاع<br>المدرّوس<br>(h) m  | قيمة<br>العامل<br>( $K_s$ ) | طبيعة المنطقة      |
|--|---|--|-----------------------------|--------------------|
| 24.283<br>25.862<br>27.265<br>28.521<br>29.651<br>30.674<br>31.603<br>32.452<br>33.230<br>33.945<br>34.606<br>35.218<br>35.786 | 1.188<br>1.265<br>1.333<br>1.395<br>1.450<br>1.500<br>1.545<br>1.587<br>1.625<br>1.660<br>1.692<br>1.722<br>1.750 | 20<br>25<br>30<br>35<br>40<br>45<br>50<br>55<br>60<br>65<br>70<br>75<br>80 | 1.30                        | معرضة<br>إلى عواصف |
| 18.679<br>19.894<br>20.973<br>21.939<br>22.809<br>23.595<br>24.310<br>24.963<br>25.561<br>26.112<br>26.620<br>27.091<br>27.527 | 1.188<br>1.265<br>1.333<br>1.395<br>1.450<br>1.500<br>1.545<br>1.587<br>1.625<br>1.660<br>1.692<br>1.722<br>1.750 | 20<br>25<br>30<br>35<br>40<br>45<br>50<br>55<br>60<br>65<br>70<br>75<br>80 | 1.00                        | عادية<br>(سهلية)   |
| 14.943<br>15.915<br>16.779<br>17.551<br>18.247<br>18.876<br>19.448<br>19.970<br>20.449<br>20.889<br>21.296<br>21.672<br>22.022 | 1.188<br>1.265<br>1.333<br>1.395<br>1.450<br>1.500<br>1.545<br>1.587<br>1.625<br>1.660<br>1.692<br>1.722<br>1.750 | 20<br>25<br>30<br>35<br>40<br>45<br>50<br>55<br>60<br>65<br>70<br>75<br>80 | 0.80                        | محمية              |

السرعة :  $V = 75 \text{ Km/h} = 20,8 \text{ m/sec}$  على ارتفاع 10 m

الضغط الديناميكي القياسي :  $W_d = \frac{V^2}{16} = 27,0 \text{ Kg/m}^2$  على ارتفاع 10 m

| الضغط الستاتيكي<br>$W_i = 1,3K_s \cdot K_h \cdot W_d$<br>$\text{Kg/m}^2$   | العامل $(K_h)$<br>$K_h = 2,5 \left(1 - \frac{42}{h+60}\right)$  | الارتفاع<br>المدرّوس<br>(h) m  | قيمة<br>العامل<br>( $K_s$ ) | طبيعة المنطقة      |
|--|---|--|-----------------------------|--------------------|
| 54.186<br>57.709<br>60.840<br>63.642<br>66.163<br>68.445<br>70.519<br>72.413<br>74.149<br>75.746<br>77.220<br>78.585<br>79.852 | 1.188<br>1.265<br>1.333<br>1.395<br>1.450<br>1.500<br>1.545<br>1.587<br>1.625<br>1.660<br>1.692<br>1.722<br>1.750 | 20<br>25<br>30<br>35<br>40<br>45<br>50<br>55<br>60<br>65<br>70<br>75<br>80 | 1.30                        | معرضة<br>إلى عواصف |
| 41.681<br>44.391<br>46.800<br>48.955<br>50.895<br>52.650<br>54.245<br>55.702<br>57.038<br>58.266<br>59.400<br>60.450<br>61.425 | 1.188<br>1.265<br>1.333<br>1.395<br>1.450<br>1.500<br>1.545<br>1.587<br>1.625<br>1.660<br>1.692<br>1.722<br>1.750 | 20<br>25<br>30<br>35<br>40<br>45<br>50<br>55<br>60<br>65<br>70<br>75<br>80 | 1.00                        | عادية<br>(سهلية)   |
| 33.343<br>35.513<br>37.440<br>39.164<br>40.716<br>42.120<br>43.396<br>44.562<br>45.630<br>46.613<br>47.520<br>48.360<br>49.140 | 1.188<br>1.265<br>1.333<br>1.395<br>1.450<br>1.500<br>1.545<br>1.587<br>1.625<br>1.660<br>1.692<br>1.722<br>1.750 | 20<br>25<br>30<br>35<br>40<br>45<br>50<br>55<br>60<br>65<br>70<br>75<br>80 | 0.80                        | محمية              |

السرعة :  $V = 100 \text{ Km/h} = 27,8 \text{ m/sec}$  على ارتفاع 10 m

الضغط الديناميكي القياسي :  $W_d = \frac{V^2}{16} = 48,3 \text{ Kg/m}^2$  على ارتفاع 10 m

| الضغط الستاتيكي<br>$W_i = 1,3K_s \cdot K_h \cdot W_d$<br>$\text{Kg/m}^2$   | العامل ( $K_h$ )<br>$K_h = 2,5(1 - \frac{42}{h+60})$  | الارتفاع<br>المدرّوس<br>(h) m  | قيمة<br>العامل<br>( $K_s$ ) | طبيعة المنطقة      |
|--|---|--|-----------------------------|--------------------|
| 96.932<br>103.234<br>108.836<br>113.848<br>118.359<br>122.440<br>126.151<br>129.538<br>132.644<br>135.501<br>138.138<br>140.580<br>142.847 | 1.188<br>1.265<br>1.333<br>1.395<br>1.450<br>1.500<br>1.545<br>1.587<br>1.625<br>1.660<br>1.692<br>1.722<br>1.750 | 20<br>25<br>30<br>35<br>40<br>45<br>50<br>55<br>60<br>65<br>70<br>75<br>80 | 1.30                        | معرضة<br>إلى عواصف |
| 74.563<br>79.411<br>83.720<br>87.576<br>91.046<br>94.185<br>97.039<br>99.645<br>102.034<br>104.231<br>106.260<br>108.138<br>109.882        | 1.188<br>1.265<br>1.333<br>1.395<br>1.450<br>1.500<br>1.545<br>1.587<br>1.625<br>1.660<br>1.692<br>1.722<br>1.750 | 20<br>25<br>30<br>35<br>40<br>45<br>50<br>55<br>60<br>65<br>70<br>75<br>80 | 1.00                        | عادية<br>(سهلية)   |
| 59.650<br>63.529<br>66.976<br>70.060<br>72.836<br>75.348<br>77.631<br>79.716<br>81.627<br>83.385<br>85.008<br>86.511<br>87.906             | 1.188<br>1.265<br>1.333<br>1.395<br>1.450<br>1.500<br>1.545<br>1.587<br>1.625<br>1.660<br>1.692<br>1.722<br>1.750 | 20<br>25<br>30<br>35<br>40<br>45<br>50<br>55<br>60<br>65<br>70<br>75<br>80 | 0.80                        | محمية              |



السرعة :  $V = 125 \text{ Km/h} = 34,7 \text{ m/sec}$  على ارتفاع 10 m

الضغط الديناميكي القياسي :  $W_d = \frac{V^2}{16} = 75,3 \text{ Kg/m}^2$  على ارتفاع 10 m

| الضغط الستاتيكي<br>$W_i = 1,3K_s \cdot K_h \cdot W_d$<br>$\text{Kg/m}^2$  | العامل $(K_h)$<br>$K_h = 2,5(1 - \frac{42}{h+60})$  | الارتفاع<br>المدرّوس<br>(h) m  | قيمة<br>العامل<br>( $K_s$ ) | طبيعة المنطقة      |
|---|---|--|-----------------------------|--------------------|
| 151.118<br>160.943<br>169.676<br>177.490<br>184.523<br>190.886<br>196.670<br>201.951<br>206.793<br>211.247<br>215.358<br>219.165<br>222.700 | 1.188<br>1.265<br>1.333<br>1.395<br>1.450<br>1.500<br>1.545<br>1.587<br>1.625<br>1.660<br>1.692<br>1.722<br>1.750 | 20<br>25<br>30<br>35<br>40<br>45<br>50<br>55<br>60<br>65<br>70<br>75<br>80 | 1.30                        | معرضة<br>إلى عواصف |
| 116.244<br>123.802<br>130.520<br>136.531<br>141.941<br>146.835<br>151.285<br>155.347<br>159.071<br>162.497<br>165.660<br>168.588<br>171.308 | 1.188<br>1.265<br>1.333<br>1.395<br>1.450<br>1.500<br>1.545<br>1.587<br>1.625<br>1.660<br>1.692<br>1.722<br>1.750 | 20<br>25<br>30<br>35<br>40<br>45<br>50<br>55<br>60<br>65<br>70<br>75<br>80 | 1.00                        | عادية<br>(سهلية)   |
| 92.996<br>99.042<br>104.416<br>109.225<br>113.552<br>117.468<br>121.028<br>124.278<br>127.257<br>129.998<br>132.528<br>134.871<br>137.046   | 1.188<br>1.265<br>1.333<br>1.395<br>1.450<br>1.500<br>1.545<br>1.587<br>1.625<br>1.660<br>1.692<br>1.722<br>1.750 | 20<br>25<br>30<br>35<br>40<br>45<br>50<br>55<br>60<br>65<br>70<br>75<br>80 | 0.80                        | محمية              |

السرعة :  $V = 150 \text{ Km/h} = 41,6 \text{ m/sec}$  على ارتفاع 10 m

الضغط الديناميكي القياسي :  $W_d = \frac{V^2}{16} = 108,2 \text{ Kg/m}^2$  على ارتفاع 10m

| الضغط الستاتيكي<br>$W_i = 1,3K_s \cdot K_h \cdot W_d$<br>$\text{Kg/m}^2$  | العامل $(K_h)$<br>$K_h = 2,5(1 - \frac{42}{h+60})$  | الارتفاع<br>المدرّوس<br>(h) m  | قيمة<br>العامل<br>( $K_s$ ) | طبيعة المنطقة      |
|---|---|--|-----------------------------|--------------------|
| 217.144<br>231.262<br>243.811<br>255.039<br>265.144<br>274.287<br>282.599<br>290.188<br>297.144<br>303.544<br>309.452<br>314.922<br>320.001 | 1.188<br>1.265<br>1.333<br>1.395<br>1.450<br>1.500<br>1.545<br>1.587<br>1.625<br>1.660<br>1.692<br>1.722<br>1.750 | 20<br>25<br>30<br>35<br>40<br>45<br>50<br>55<br>60<br>65<br>70<br>75<br>80 | 1.30                        | معرضة<br>إلى عواصف |
| 167.034<br>177.894<br>187.547<br>196.184<br>203.957<br>210.990<br>217.384<br>223.221<br>228.572<br>233.496<br>238.040<br>242.248<br>246.155 | 1.188<br>1.265<br>1.333<br>1.395<br>1.450<br>1.500<br>1.545<br>1.587<br>1.625<br>1.660<br>1.692<br>1.722<br>1.750 | 20<br>25<br>30<br>35<br>40<br>45<br>50<br>55<br>60<br>65<br>70<br>75<br>80 | 1.00                        | عادية<br>(سهلية)   |
| 133.627<br>142.315<br>150.037<br>156.947<br>163.166<br>168.792<br>173.907<br>178.577<br>182.858<br>186.796<br>190.432<br>193.798<br>196.924 | 1.188<br>1.265<br>1.333<br>1.395<br>1.450<br>1.500<br>1.545<br>1.587<br>1.625<br>1.660<br>1.692<br>1.722<br>1.750 | 20<br>25<br>30<br>35<br>40<br>45<br>50<br>55<br>60<br>65<br>70<br>75<br>80 | 0.80                        | محمية              |

السرعة :  $V = 175 \text{ Km/h} = 48,6 \text{ m/sec}$  على ارتفاع 10 m

الضغط الديناميكي القياسي :  $W_d = \frac{V^2}{16} = 148,0 \text{ Kg/m}^2$  على ارتفاع 10m

| الضغط الستاتيكي<br>$W_i = 1,3K_s \cdot K_h \cdot W_d$<br>$\text{Kg/m}^2$  | العامل $(K_h)$<br>$K_h = 2,5(1 - \frac{42}{h+60})$  | الارتفاع<br>المدرّوس<br>(h) m  | قيمة<br>العامل<br>( $K_s$ ) | طبيعة المنطقة      |
|---|---|--|-----------------------------|--------------------|
| 297.017<br>316.328<br>333.493<br>348.852<br>362.674<br>375.180<br>386.549<br>396.930<br>406.445<br>415.199<br>423.280<br>430.762<br>437.710 | 1.188<br>1.265<br>1.333<br>1.395<br>1.450<br>1.500<br>1.545<br>1.587<br>1.625<br>1.660<br>1.692<br>1.722<br>1.750 | 20<br>25<br>30<br>35<br>40<br>45<br>50<br>55<br>60<br>65<br>70<br>75<br>80 | 1.30                        | معرضة<br>إلى عواصف |
| 228.475<br>243.329<br>256.533<br>268.347<br>278.980<br>288.600<br>297.345<br>305.330<br>312.650<br>319.384<br>325.600<br>331.356<br>336.700 | 1.188<br>1.265<br>1.333<br>1.395<br>1.450<br>1.500<br>1.545<br>1.587<br>1.625<br>1.660<br>1.692<br>1.722<br>1.750 | 20<br>25<br>30<br>35<br>40<br>45<br>50<br>55<br>60<br>65<br>70<br>75<br>80 | 1.00                        | عادية<br>(سهلية)   |
| 182.780<br>194.664<br>205.227<br>214.678<br>223.184<br>230.880<br>237.876<br>244.264<br>250.120<br>255.507<br>260.480<br>265.084<br>269.360 | 1.188<br>1.265<br>1.333<br>1.395<br>1.450<br>1.500<br>1.545<br>1.587<br>1.625<br>1.660<br>1.692<br>1.722<br>1.750 | 20<br>25<br>30<br>35<br>40<br>45<br>50<br>55<br>60<br>65<br>70<br>75<br>80 | 0.80                        | محمية              |

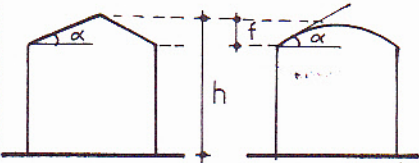

السرعة :  $V = 200 \text{ Km/h} = 55,6 \text{ m/sec}$  على ارتفاع 10 m

الضغط الديناميكي القياسي :  $W_d = \frac{V^2}{16} = 193,2 \text{ Kg/m}^2$  على ارتفاع 10m

| الضغط الستاتيكي<br>$W_i = 1,3K_s \cdot K_h \cdot W_d$<br>$\text{Kg/m}^2$  | العامل ( $K_h$ )<br>$K_h = 2,5(1 - \frac{42}{h+60})$  | الارتفاع<br>المدرّوس<br>(h) m  | قيمة<br>العامل<br>( $K_s$ ) | طبيعة المنطقة      |
|---|---|--|-----------------------------|--------------------|
| 387.728<br>412.937<br>435.344<br>455.393<br>473.437<br>489.762<br>504.603<br>518.154<br>530.575<br>542.003<br>552.552<br>562.319<br>571.389 | 1.188<br>1.265<br>1.333<br>1.395<br>1.450<br>1.500<br>1.545<br>1.587<br>1.625<br>1.660<br>1.692<br>1.722<br>1.750 | 20<br>25<br>30<br>35<br>40<br>45<br>50<br>55<br>60<br>65<br>70<br>75<br>80 | 1.30                        | معرضة<br>إلى عواصف |
| 298.252<br>317.644<br>334.880<br>350.302<br>364.182<br>376.740<br>388.156<br>398.580<br>408.135<br>416.926<br>425.040<br>432.553<br>439.530 | 1.188<br>1.265<br>1.333<br>1.395<br>1.450<br>1.500<br>1.545<br>1.587<br>1.625<br>1.660<br>1.692<br>1.722<br>1.750 | 20<br>25<br>30<br>35<br>40<br>45<br>50<br>55<br>60<br>65<br>70<br>75<br>80 | 1.00                        | عادية<br>(سهلية)   |
| 238.602<br>254.115<br>267.904<br>280.242<br>291.346<br>301.392<br>310.525<br>318.864<br>326.508<br>333.540<br>340.032<br>346.043<br>351.624 | 1.188<br>1.265<br>1.333<br>1.395<br>1.450<br>1.500<br>1.545<br>1.587<br>1.625<br>1.660<br>1.692<br>1.722<br>1.750 | 20<br>25<br>30<br>35<br>40<br>45<br>50<br>55<br>60<br>65<br>70<br>75<br>80 | 0.80                        | محمية              |



\* أما من حيث تأثير ضغط الرياح على المنشآت الأخرى المنخفضة ، أو المنشآت ذات السقوف المائلة ، والتي تتحقق فيها المتراجحة ( $h > 0,25b$ ) حيث ( $b$ ) البعد الأصغر في المقطع الأفقي . فيعتمد الجدول (٢ - ٩) التالي لحساب قيمة الضغط الديناميكي ( $W_d$ ) . مع اعتبار إشارة (+) لحالة الضغط وال (-) لحالة الشد .

|  |  |   |
|--|--|---|
| <p>قيمة الضغط الديناميكي (<math>W_d</math>)</p> <p>على الواجهتين</p> <p>وفقاً لزاوية ميل السقف (<math>\alpha</math>)</p> <p>(+) للضغط (-) للشد</p> |  |   |
| <p>المساحة غير المواجهة للرياح</p>   | <p>المساحة المواجهة للرياح</p>   | <p>(<math>\alpha</math>) زاوية ميل السقف بالدرجات</p> |
| <p>- 0,6 <math>W_d</math></p>  | <p>+ 0,7 <math>W_d</math></p>  | <p>20 أو أقل</p>                                      |
| <p>- 0,6 <math>W_d</math></p>  | <p>- (2,1-0,07<math>\alpha</math>) <math>W_d</math></p>                            | <p>20 - 30</p>  |
| <p>- 0,6 <math>W_d</math></p>  | <p>+ (0,9-0,03<math>\alpha</math>) <math>W_d</math></p>                            | <p>30 - 60</p>  |
| <p>- 0,6 <math>W_d</math></p>  | <p>+ 0,9 <math>W_d</math></p>  | <p>أكبر من 60</p>                                     |
|   |  |   |

الجدول (٢ - ٩)

- أما في المنشآت دائرية المقطع والمعرضة للرياح ، فتعتمد القيم أعلاه بعد تخفيضها بمعامل قدره ( $\frac{2}{3}$ )
- إذا كان المنشأ المدروس مفتوحاً في أعلاه ومعرضاً لسحب عمودي ، فيجب أخذ ذلك بالاعتبار ، وإضافة قيمة هذا السحب إلى قيمة الضغط .



## ٢- ٥ حملات الرياح في بعض الكودات الأخرى :

### ٢- ٥- ١ حملات الرياح وفق التوصيات البريطانية :

\* ينص الكود البريطاني (cp3) في الجزء الثاني منه على ما يلي :

١ - تحدد سرعة الرياح التي يتم على أساسها حساب الضغط على المنشآت العالية من خلال المعلومات المأخوذة عن عاصفة تهب لمدة ثلاث ثواني ، ولمرة واحدة على الأقل في كل (50) سنة . مقاسة على ارتفاع معياري قدره (10m) عن منسوب سطح الأرض الطبيعية .

وتزداد هذه السرعة طردياً مع زيادة الارتفاع (h) الواجب حساب ضغط الرياح عنده .

٢ - ترتبط سرعة الرياح المميزة (Vs) والتي تدخل في حساب الضغط الناجم على المنشأ ، بطبيعة الموقع ، وارتفاع المنشأ المدروس ، ودرجة تعرضه للرياح . على حين يرتبط الضغط المنوه عنه بشكل وأبعاد السطح المعرض للرياح . ويتناسب طردياً مع مربع سرعتها .

٣ - تعطى السرعة المميزة (Vs) بالعلاقة :

$$Vs = V \cdot S1 \cdot S2 \cdot S3 \quad \text{m/Sec} \quad (٢ - ١٠)$$

حيث :

$V$  = سرعة الرياح الأساسية (المقاسة) (متر في الثانية) . وهي تحدد في بريطانيا من خلال خارطة جغرافية وزعت عليها قيم سرعات الرياح الاحتمالية في المناطق المختلفة .

أما في سوريا ، فيمكن اعتماد الخارطة (٢ - ١٢) لمعرفة توزيع السرعات الأساسية .

$S1$  = ثابت لا بعدي يرتبط بطبيعة الموقع من النواحي الطبوغرافية .

$S1=0.9$  في المناطق المحمية والوديان المنخفضة .

$S1=1.0$  في السهول والمواقع العادية متوسطة التعرض .

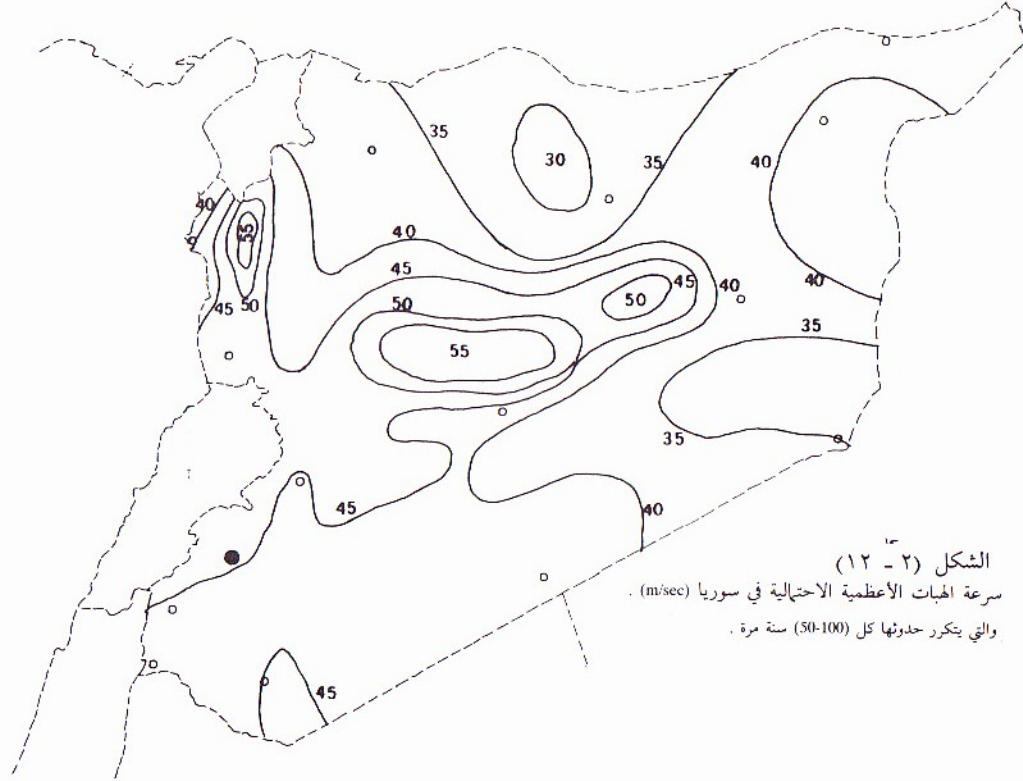
$S1=1.1$  في القمم والمرتفعات والميول المعرضة للرياح .

$S2$  = عامل يتعلق بكل من ارتفاع المنشأ وطبيعة المنطقة المقام فيها . ويؤخذ

من الجدول (٢ - ١٠) التالي :

| الملاحظات   | الارتفاع المدروس في المنشأ (متر) اعتباراً من سطح الأرض الطبيعية |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |   | طبيعة الموقع   | المنشأ                |
|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---|----------------|-----------------------|
|   | 200   | 180  | 160  | 140  | 120  | 100  | 80   | 60   | 50   | 40   | 30   | 20   | 15   | 10   | 5    |   |                |                       |
| يمثل الرمز (A) منطقة مفتوحة غير محمية .   | 1,27  | 1,26 | 1,25 | 1,24 | 1,22 | 1,20 | 1,18 | 1,15 | 1,14 | 1,12 | 1,09 | 1,06 | 1,03 | 1,00 | 0,88 | A | تغطية سقفية    |                       |
|   | 1,26  | 1,25 | 1,24 | 1,22 | 1,21 | 1,19 | 1,17 | 1,14 | 1,12 | 1,10 | 1,07 | 1,03 | 1,00 | 0,93 | 0,79 | B |                |                       |
|   | 1,24  | 1,23 | 1,21 | 1,20 | 1,18 | 1,16 | 1,13 | 1,10 | 1,08 | 1,05 | 1,01 | 0,95 | 0,80 | 0,78 | 0,70 | C |                |                       |
|   | 1,22  | 1,20 | 1,19 | 1,17 | 1,15 | 1,13 | 1,10 | 1,05 | 1,02 | 0,97 | 0,90 | 0,79 | 0,74 | 0,67 | 0,60 | D |                |                       |
| يمثل الرمز (B) منطقة مفتوحة بوجود أشجار بمواقع متفرقة مخددة للرياح                      | 1,24  | 1,23 | 1,22 | 1,20 | 1,19 | 1,17 | 1,15 | 1,12 | 1,10 | 1,08 | 1,05 | 1,01 | 0,99 | 0,95 | 0,83 | A | أقل من 50 متر  | أبعاد المنشأ الأعظمية |
|   | 1,24  | 1,22 | 1,21 | 1,19 | 1,18 | 1,16 | 1,13 | 1,10 | 0,09 | 1,06 | 1,03 | 1,98 | 0,95 | 0,88 | 0,74 | B |                |                       |
|   | 1,21  | 1,20 | 1,18 | 1,17 | 1,15 | 1,12 | 1,10 | 1,06 | 1,04 | 1,01 | 0,97 | 0,90 | 0,83 | 0,74 | 0,65 | C |                |                       |
|   | 1,21  | 1,19 | 1,17 | 1,15 | 1,13 | 1,10 | 1,07 | 1,02 | 0,98 | 0,93 | 0,85 | 0,75 | 0,69 | 0,62 | 0,55 | D |                |                       |
| يمثل الرمز (C) الضواحي الصغيرة وأطراف المدن الكبيرة مع وجود كثافة للأشجار كمصدات للرياح | 1,21  | 1,20 | 1,19 | 1,17 | 1,15 | 1,13 | 1,11 | 1,08 | 1,06 | 1,03 | 1,00 | 0,96 | 0,94 | 0,90 | 0,78 | A | أكبر من 50 متر | الأفقية أو الشاقولية  |
|   | 1,21  | 1,19 | 1,18 | 1,16 | 1,14 | 1,12 | 1,09 | 1,06 | 1,04 | 1,01 | 0,98 | 0,94 | 1,91 | 0,83 | 0,70 | B |                |                       |
|   | 1,19  | 1,17 | 1,15 | 1,13 | 1,11 | 1,09 | 1,06 | 1,02 | 1,00 | 0,96 | 0,92 | 0,85 | 0,78 | 0,69 | 0,60 | C |                |                       |
|   | 1,18  | 1,16 | 1,14 | 1,12 | 1,10 | 1,07 | 1,03 | 0,98 | 0,94 | 0,89 | 0,79 | 0,70 | 0,64 | 0,58 | 0,50 | D |                |                       |
| يمثل الرمز (D) مراكز المدن الكبيرة المحمية بشكل جيد                                     |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |   |                |                       |

الجدول (٢ - ١٠)



الشكل (٢ - ١٢)

$S_3$  = عامل إحصائي يرتبط باحتمال طول حياة المنشأ المدروس واحتمال نوعية الرياح والعواصف التي يمكن أن يتعرض لها خلال تلك الفترة .  
ويؤخذ عادةً مساوٍ للواحد ، إذا كان احتمال تجاوز سرعة الرياح التصميمية وارد لمرة واحدة كل خمسين سنة .

٤ - يعطى ضغط الرياح المميز ( $W_k$ ) الناتج عن السرعة المميزة ( $V_s$ ) بالعلاقة :

$$W_k = 0.613 V_s^2 \quad (٢ - ١١)$$

حيث تقدر ( $V_s$ ) بالتر في الثانية ، ( $W_k$ ) بالنيوتن على المتر المربع . وترجم العلاقة (٢ - ١١) عددياً كما في الجدول (٢ - ١١)

| $V_s$<br>m/sec | $W_k$<br>N/m <sup>2</sup> | $V_s$<br>m/sec | $W_k$<br>N/m <sup>2</sup> | $V_s$<br>m/sec | $W_k$<br>N/m <sup>2</sup> | $V_s$<br>m/sec | $W_k$<br>N/m <sup>2</sup> | $V_s$<br>m/sec | $W_k$<br>N/m <sup>2</sup> |
|----------------|---------------------------|----------------|---------------------------|----------------|---------------------------|----------------|---------------------------|----------------|---------------------------|
| 10             | 61                        | 22             | 297                       | 34             | 709                       | 46             | 1300                      | 58             | 2060                      |
| 12             | 81                        | 24             | 353                       | 36             | 794                       | 48             | 1410                      | 60             | 2210                      |
| 14             | 120                       | 26             | 414                       | 38             | 885                       | 50             | 1530                      | 62             | 2360                      |
| 16             | 157                       | 28             | 481                       | 40             | 981                       | 52             | 1660                      | 64             | 2510                      |
| 18             | 199                       | 30             | 552                       | 42             | 1080                      | 54             | 1790                      | 66             | 2670                      |
| 20             | 245                       | 32             | 628                       | 44             | 1190                      | 56             | 1920                      | 68             | 2830                      |
|                |                           |                |                           |                |                           |                |                           | 70             | 3000                      |

الجدول (٢ - ١١)

أما الضغط الحسابي المطبق على السطوح غير الحاوية على فتحات (جدران خارجية أو سقوف مصمتة) فيحسب من العلاقة

$$W_{u1} = W_k \cdot C_{pe} \quad (٢ - ١٢ - ١)$$

حيث :  $C_{pe}$  = معامل الضغط الخارجي للسطوح المعرضة للرياح . وكذلك يجري حساب الضغط الحسابي على السطوح الداخلية النفوذة (الحاوية على فتحات) .

$$W_{u2} = W_k \cdot C_{pi} \quad (٢ - ١٢ - ٢)$$

$C_{pi}$  = معامل الضغط الداخلي للسطوح المعرضة للرياح . وللحصول على الضغط الحسابي الاجمالي تجمع الضغوط المذكورة جمعاً جبرياً .

تؤخذ قيم معاملي الضغط الداخلي والخارجي ( $C_{pe}$ ,  $C_{pi}$ ) من الجدول رقم (٢) - (١٢) .

أما الجدول (٢- ١٣) فيعطي العامل ( $C_f$ ) الذي يدعى بمعامل القوة الاجمالية ، والذي يمكن استخدامة بدلاً من العامل ( $C_p$ ) المذكور أعلاه في الحالات الموضحة .



| قيمة معامل الضغط الخارجي ( $C_{pe}$ ) للمنشآت المستطيلة المقطع وسقف أخير أفقي |                    |  |  |  |
|---|--------------------|--|--|--|
| أبعاد المنشأ  |                    | $h \leq 0,5 b$   | $0,5b < h \leq 1,5 b$  | $1,5b < h \leq 6 b$  |
| التغطية<br>السقفية  | $b < a \leq 1,5b$  | <div style="text-align: center;">↓ W</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> +0,7      -0,5<br/>-0,5      -0,5<br/>-0,2 </div>   | <div style="text-align: center;">↓ W</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> +0,7      -0,6<br/>-0,6      -0,6<br/>-0,25 </div>  | <div style="text-align: center;">↓ W</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> +0,8      -0,8<br/>-0,8      -0,8<br/>-0,25 </div>  |
|   | $1,5b < a \leq 4b$ | <div style="text-align: center;">↓ W</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> +0,17      -0,6<br/>-0,6      -0,6<br/>-0,25 </div> | <div style="text-align: center;">↓ W</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> +0,7      -0,7<br/>-0,7      -0,7<br/>-0,3 </div>   | <div style="text-align: center;">↓ W</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> +0,7      -0,7<br/>-0,7      -0,7<br/>-0,4 </div>   |
|   | $b < a \leq 1,5b$  | <div style="text-align: center;">→ W</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> -0,5      -0,1<br/>+0,7      -0,1<br/>-0,5 </div>   | <div style="text-align: center;">→ W</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> -0,6      -0,25<br/>+0,7      -0,25<br/>-0,6 </div> | <div style="text-align: center;">→ W</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> -0,8      -0,25<br/>+0,8      -0,25<br/>-0,8 </div> |
|   | $1,5b < a \leq 4b$ | <div style="text-align: center;">→ W</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> -0,5      -0,1<br/>+0,7      -0,1<br/>-0,5 </div>   | <div style="text-align: center;">→ W</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> -0,5      -0,1<br/>+0,7      -0,1<br/>-0,5 </div>   | <div style="text-align: center;">→ W</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> -0,5      -0,1<br/>+0,8      -0,1<br/>-0,5 </div>   |
|   |                    | - 0,8  | - 1,1  | - 1,2  |
|   |                    | - 1,0  | - 1,1  | - 1,2  |
| قيمة معامل الضغط الداخلي ( $C_{pi}$ )   |                    |  |  |  |
| اتجاه الرياح  |                    | نوع السطوح<br>المعرضة  | الوجوه الأربعة<br>غير نفوذة  | وجوهان متقابلان نفوذان<br>ووجوهان متقابلان غير نفوذتين   |
| الرياح على الوجه غير النفوذ   |                    |  | - 0,3  | - 0,3  |
| الرياح على الوجه النفوذ   |                    |  | —  | + 0,2  |

$a$  = طول مسقط المبنى -  $b$  = عرض مسقط المبنى -  $h$  = ارتفاع المبنى .

الجدول (٢ - ١٢)

| معامل القوة الكلية $C_f$ للمقاطع المختلفة  |                         |     |                         |     |                         |          |
|--|-------------------------|-----|-------------------------|-----|-------------------------|----------|
| $h, b, a$ طول وعرض وارتفاع المنشأ ، $r$ نصف قطر زاوية المقطع ، $V_s$ سرعة الرياح المميزة |                         |     |                         |     |                         |          |
| شكل<br>وخصائص<br>المقطع  | شكل<br>وخصائص<br>المقطع |     | شكل<br>وخصائص<br>المقطع |     | شكل<br>وخصائص<br>المقطع |          |
| النسبة<br>$h/b$  | النسبة<br>$h/b$         |     | النسبة<br>$h/b$         |     | النسبة<br>$h/b$         |          |
| أقل من 1   | أقل من 1                |     | أقل من 1                |     | أقل من 1                |          |
| 1,2  | 0,7                     | 0,8 | 1,0                     | 0,7 | 0,5                     | 1,2      |
| 1,2  | 0,8                     | 0,8 | 1,1                     | 0,7 | 0,5                     | 5        |
| 1,4  | 0,9                     | 1,0 | 1,2                     | 0,8 | 0,5                     | 10       |
| 1,6  | 1,0                     | 1,1 | 1,2                     | 0,9 | 0,5                     | 20       |
| 1,7  | 1,1                     | 1,2 | 1,3                     | 1,0 | 0,6                     | $\infty$ |
| 2,1  | 1,3                     | 1,4 | 1,4                     | 1,2 | 0,6                     |          |
| شكل<br>وخصائص<br>المقطع  | شكل<br>وخصائص<br>المقطع |     | شكل<br>وخصائص<br>المقطع |     | شكل<br>وخصائص<br>المقطع |          |
| النسبة<br>$h/b$  | النسبة<br>$h/b$         |     | النسبة<br>$h/b$         |     | النسبة<br>$h/b$         |          |
| أقل من 1   | أقل من 1                |     | أقل من 1                |     | أقل من 1                |          |
| 1,2  | 0,5                     | 0,8 | 0,5                     | 0,5 | 0,8                     | 1,2      |
| 5  | 0,9                     | 1,0 | 0,5                     | 0,6 | 1,0                     | 5        |
| 10   | 1,0                     | 1,1 | 0,6                     | 0,6 | 1,0                     | 10       |
| 20   | 1,1                     | 1,2 | 0,6                     | 0,6 | 1,0                     | 20       |
| $\infty$   | 1,3                     | 1,4 | 0,6                     | 0,6 | 1,0                     | $\infty$ |

الجدول (٢ - ١٣)

٥ - لحساب القوة الاجمالية المطبقة على كامل المبنى بشكل أفقي ، يجري تقسيم الارتفاع الكلي إلى أقسام بارتفاعات جزئية ، وتحسب كل من  $(V_s)$  و  $(W_k)$  سرعة الرياح المميزة ، وضغط الرياح المميز في أعلى كل منسوب أو جزء معتبر . حيث تعطى القوة الأفقية مقدرة بالنيوتين في هذه الحالة :

$$F = W_u \cdot A \quad (٢ - ١٤)$$

حيث :  $A$  = مساحة السطح المعرض للرياح (متر مربع) .  
وتجمع القوى لتعین حاصلتها جمعاً شعاعياً .

٦ - تحدد قوى دفع الرياح الأفقية في منشآت الصواري والمداخن والمآذن والأبراج ، وما شابه ذلك . من حاصل جداء ضغط الرياح الأعظمي المعتبر ، بمساحة القسم البارز الشاقولي ، مع تحقيق شرط عامل الأمان ضد الانقلاب بما لا يقل عن (1,5) .

ويجوز أيضاً في مثل هذه الحالات ، تقسيم المنشأ المدروس إلى ارتفاعات جزئية كما ورد في البند (٥) أعلاه ، مع استخدام الجدول (٢ - ١٣) لتعین عامل الشكل للمقاطع المختلفة .

\* الخلاصة :

توجز خطوات الحساب الأنفة الذكر ، للحصول على القوة الكلية الناجمة عن ضغط الرياح ، والمؤثرة على كامل المنشأ ، على النحو التالي :  
يجري تقسيم المبنى المعتبر إلى ارتفاعات جزئية ، وتعين القوة المؤثرة على كل جزء على حدة حسب الترتيب التالي :

أ - يحسب ضغط الرياح المميز من العلاقة (٢ - ١١) . وذلك بالاستعانة بالشكل (٢ - ١٢) والجدول (٢ - ١٠) ، أو من الجدول (٢ - ١١) مباشرة .

$$W_k = 0.613 V_s^2$$

$$V_s = V \cdot S_1 \cdot S_2 \cdot S_3 \quad \text{حيث :}$$

ب - نوجد قيم معاملي الضغط الخارجي والداخلي  $(C_{pi}, C_{pe})$  من الجدول (٢ - ١٢) ، والموافقين للحالة المعتبرة .

ج- تحسب قوة الرياح الكلية ، والمطبقة على المساحة (A) من المنشأ من العلاقة :

$$F=W_k.A(C_{pe1} - C_{pe2})$$

$C_{pe1}$  = معامل الضغط الخارجي على الوجه الخلفي غير المقابل للرياح .

$C_{pe2}$  = معامل الضغط الخارجي على الوجه الأمامي المقابل للرياح .

د- تجمع القوى المؤثرة على الارتفاعات الجزئية جمعاً شعاعياً للحصول على القوة الاجمالية . مع ملاحظة أنه :

يمكن إلى جانب الأمان اعتبار قيمة واحدة لـ ( $W_k$ ) مطبقة في قمة المنشأ .

هـ- تحسب قوة الرياح التي تطبق على السقف الأخير من العلاقة :

$$F=W_k.A (C_{pe} - C_{pi})$$

\*\*\* ويمكن بطريقة ثانية استخدام الجدول (٢ - ١٣) اعتبار أن قوة الرياح الاجمالية والمطبقة على المساحة (A) كما يلي :

$$F=W_k.A.C_f$$

\* ملاحظة :

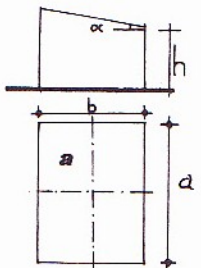
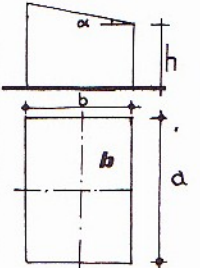
في الأبنية ذات الارتفاع المنخفض ، أو الأبنية الأخرى ، التي يميل فيها السقف الأخير عن الأفق بزوايا معينة ، نستطيع استخدام الجدول (٢ - ١٤) ، لتحديد قيمة معامل الضغط الخارجي ( $C_{pe}$ ) ، وبالتالي تحديد قوى الرياح المؤثرة على هذه السقوف .



| معامل الضغط الخارجي على السطوح المائلة بالاتجاهين (C <sub>pe</sub> ) |                          |                      |                          |                      |                          |                      |                          |                      |                          |                      |                          |                      |                          |                                   |  |              |
|--|--------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------|-----------------------------------|--|--------------|
|  |                          |                      |                          |                      |                          |                      |                          |                      |                          |                      |                          | شكل المبنى           |                          |                                   |  |              |
| طول المبنى = a<br>عرض المبنى = b<br>$h \leq 0,5 b$                   |                          |                      |                          |                      |                          |                      |                          |                      |                          |                      |                          | نسب أبعاد المبنى     |                          |                                   |  |              |
| طول المبنى = a<br>عرض المبنى = b<br>$1,5 b \geq h > 0,5 b$           |                          |                      |                          |                      |                          |                      |                          |                      |                          |                      |                          |                      |                          |                                   |  |              |
| طول المبنى = a<br>عرض المبنى = b<br>$6 b \geq h > 1,5 b$             |                          |                      |                          |                      |                          |                      |                          |                      |                          |                      |                          | نسب أبعاد المبنى     |                          |                                   |  |              |
|  |                          |                      |                          |                      |                          |                      |                          |                      |                          |                      |                          |                      |                          |                                   |  |              |
| عمودية على المبنى  |                          |                      |                          | موازية للمبنى        |                          |                      |                          | عمودية على المبنى    |                          |                      |                          | موازية للمبنى        |                          |                                   |  | اتجاه الرياح |
| عمودية على المبنى  |                          |                      |                          | موازية للمبنى        |                          |                      |                          | عمودية على المبنى    |                          |                      |                          | موازية للمبنى        |                          |                                   |  |              |
| الميل المواجه للرياح   | الميل غير المواجه للرياح | الميل المواجه للرياح | الميل غير المواجه للرياح | الميل المواجه للرياح | الميل غير المواجه للرياح | الميل المواجه للرياح | الميل غير المواجه للرياح | الميل المواجه للرياح | الميل غير المواجه للرياح | الميل المواجه للرياح | الميل غير المواجه للرياح | الميل المواجه للرياح | الميل غير المواجه للرياح | السطح المزدروس α الميلان بالدرجات |  |              |
| المواجه للرياح   | غير المواجه للرياح       | المواجه للرياح       | غير المواجه للرياح       | المواجه للرياح       | غير المواجه للرياح       | المواجه للرياح       | غير المواجه للرياح       | المواجه للرياح       | غير المواجه للرياح       | المواجه للرياح       | غير المواجه للرياح       | المواجه للرياح       | غير المواجه للرياح       |                                   |  |              |
| -0,8   | -0,4                     | -0,8                 | -0,4                     | -0,8                 | -0,6                     | -1,0                 | -0,6                     | -0,7                 | -0,6                     | -0,9                 | -0,7                     | 0                    |                          |                                   |  |              |
| -0,9   | -0,4                     | -0,8                 | -0,4                     | -0,9                 | -0,6                     | -0,9                 | -0,6                     | -0,7                 | -0,6                     | -0,8                 | -0,8                     | 5                    |                          |                                   |  |              |
| -1,2   | -0,4                     | -0,8                 | -0,6                     | -1,1                 | -0,6                     | -0,8                 | -0,6                     | -0,7                 | -0,6                     | -0,8                 | -0,8                     | 10                   |                          |                                   |  |              |
| -0,4   | -0,4                     | -0,7                 | -0,6                     | -0,7                 | -0,5                     | -0,8                 | -0,6                     | -0,8                 | -0,6                     | -0,8                 | -0,8                     | 20                   |                          |                                   |  |              |
| 0  | -0,4                     | -0,7                 | -0,6                     | -0,2                 | -0,5                     | -1,8                 | -1,8                     | -1,0                 | -0,5                     | -0,8                 | -0,7                     | 30                   |                          |                                   |  |              |
| -  | -                        | -                    | -                        | -                    | -                        | -                    | -                        | -0,2                 | -0,5                     | -0,8                 | -0,7                     | 40                   |                          |                                   |  |              |
| +0,3   | -0,5                     | -0,7                 | +0,6                     | +0,2                 | -0,5                     | -0,8                 | -0,8                     | -                    | -                        | -                    | -                        | 45                   |                          |                                   |  |              |
| -  | -                        | -                    | -                        | -                    | -                        | -                    | -                        | +0,2                 | -0,5                     | -0,8                 | -0,7                     | 50                   |                          |                                   |  |              |
| -  | -                        | -                    | -0,6                     | +0,6                 | -0,5                     | -0,8                 | -0,8                     | +0,5                 | -0,5                     | -0,8                 | -0,7                     | 60                   |                          |                                   |  |              |

الجدول (٢ - ١٤) - الحالة الأولى



| معامل الضغط الخارجي على السطوح المائلة باتجاه واحد ( $C_{pe}$ )  |      |             |      |      |   |      |             |      |      |   |
|--|------|-------------|------|------|---|------|-------------|------|------|---|
|   |      |             |      |      |  |      |             |      |      | شكل<br>المبنى<br>وأبعاده  |
| المنطقة (a)  |      |             |      |      | المنطقة (b)   |      |             |      |      | المنطقة   |
| 180  | 135  | 90*         | 45   | 0    | 180   | 135  | 90*         | 45   | 0    | <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <span>(<math>\theta</math>) درجة</span> <span>(<math>\alpha</math>) درجة</span> </div> |
| -0,5   | -0,9 | -1,0 (-0,5) | -1,0 | -1,0 | -1,0  | -1,0 | -1,0 (-0,5) | -0,9 | -0,5 | 5   |
| -0,4   | -0,8 | -1,0 (-0,5) | -1,0 | -1,0 | -1,0  | -1,0 | -1,0 (-0,5) | -0,8 | -0,5 | 10  |
| -0,3   | -0,6 | -1,0 (-0,5) | -1,0 | -0,9 | -1,0  | -1,0 | -1,0 (-0,5) | -0,7 | -0,5 | 15  |
| -0,2   | -0,5 | -0,9 (-0,5) | -1,0 | -0,8 | -1,0  | -1,0 | -0,9 (-0,5) | -0,6 | -0,5 | 20  |
| -0,1   | -0,3 | -0,8 (-0,5) | -1,0 | -0,7 | -0,9  | -0,9 | -0,8 (-0,5) | -0,6 | -0,5 | 25  |
| 0  | -0,1 | -0,8 (-0,5) | -1,0 | -0,5 | -0,6  | -0,6 | -0,8 (-0,5) | -0,6 | -0,5 | 30  |
| ★ تعتمد القيم خارج الأقواس على طول $b/2$ من نهاية الجزء المواجه للرياح . أما القيم<br>الموضوعة داخل الأقواس فتعتمد للجزء المتبقي . |      |             |      |      |   |      |             |      |      |   |

## الجدول (٢ - ١٤) الحالة الثانية

### ٢-٥-٢ محولات الرياح في المواصفات الفرنسية :

- تعطي المواصفات الفرنسية (Nv-65-67) العلاقة المعروفة التالية لحساب

الضغط المتولد عن سرعة الرياح ( $V$ ) :

$$W_d = \frac{V^2}{16}$$

إن قيمة (V) الواردة في هذه العلاقة ، تعبر عن سرعة الرياح المعيارية المقاسة بطرق الرصد الجوي على الارتفاع (10m) ، من سطح الأرض .  
ويعتبر الضغط من منسوب الصفر وحتى الارتفاع المذكور ثابتاً .  
هذا وتعتمد القيم الوارد في الجدول (٢ - ٧) ، من أجل السرعات المعيارية المختلفة . أما الضغط الستاتيكي المعتبر على المنشآت لارتفاعات أكبر من (10m) فتؤخذ كما يلي :

$$W_i = (\alpha \cdot K_s \cdot K_h) W_d \quad (٢ - ١٥)$$

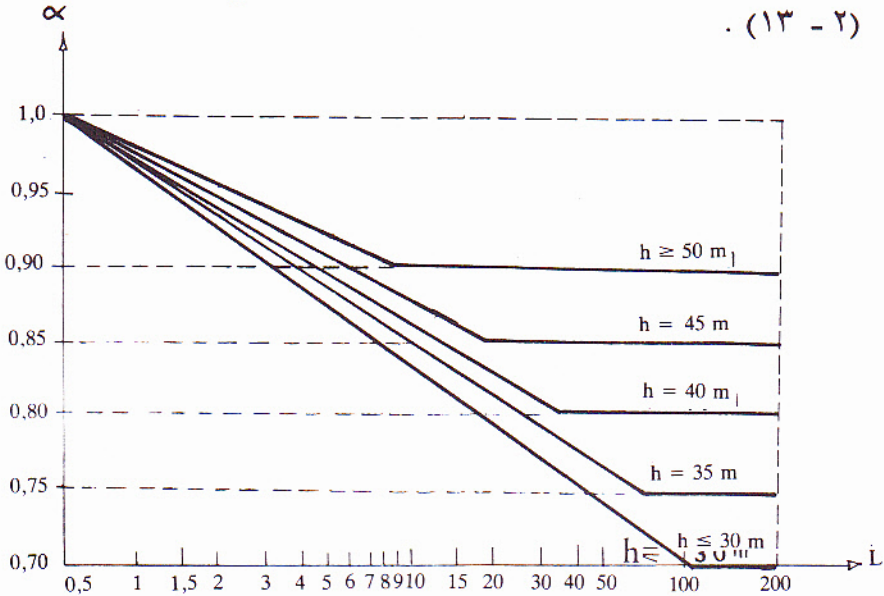
انظر العلاقة (٢ - ٧)

حيث :  $K_s$  = معامل الموقع التابع لحماية المنشأ من التعرض للرياح حسب الجدول (٢ - ٥) .

$K_h$  = معامل الارتفاع المعطى بالعلاقة التالية :

$$K_h = 2,5 \left( \frac{h+18}{h+60} \right) \geq 1 \quad (٢ - ١٥ - ١)$$

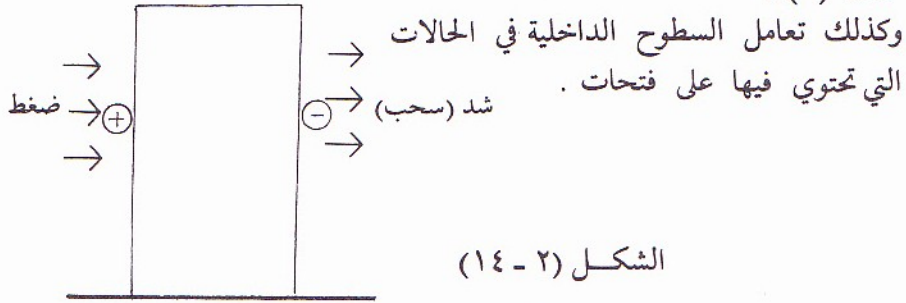
$\alpha$  معامل تخفيض يرتبط بأبعاد الواجهة المعرضة للرياح . ويؤخذ من الشكل (٢ - ١٣) .



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

الشكل (٢ - ١٣)

- يؤخذ تأثير الرياح على السطوح الخارجية المواجهة للرياح ، باعتبار القوى ضاغطة (+) ، وعلى السطوح الخارجية المخالفة باعتبار القوى شادة (-) .



وعند تصميم العناصر على العزوم أو على القص يجب الأخذ بالاعتبار تأثير الحالتين آنفتي الذكر ، حيث تجمع حالي الشد والضغط للوجوه الخارجية والداخلية معاً ، وتعتمد القيم الأعظمية للحمولات ، والتي يتم حسابها كما يلي \* :

$$W_U = \bar{W}_i \cdot C \quad (٢ - ١٦)$$

انظر العلاقة (٢ - ١٢)

حيث (C) معامل الضغط أو الشد ، ويعتبر كما يلي :  
 $C_e = 0,8$  معامل الضغط الخارجي .

$C_e = -(1,3\gamma - 0,8)$  معامل الشد الخارجي .

$C_i = 0,6(1,8 - 1,3\gamma) \geq 0,15$  معامل الضغط الداخلي . بحيث لا تقل قيمته عن (0,15) .

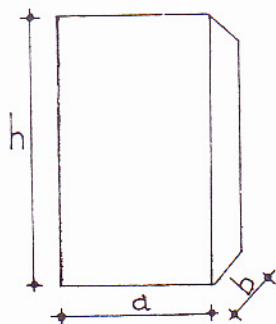
$C_i = -0,6(1,3\gamma - 0,8) \geq 0,02$  معامل الشد الداخلي . بحيث لا تقل قيمته المطلقة عن (0,20) .

$\gamma$  معامل الشكل ، وهو يتعلق بالنسب بين أبعاد المبنى المدروس ، حسبما يعطيه الشكل (٢ - ١٦) ، مع الأخذ بالاعتبار أن الواجهة المعرضة للرياح مستطيلة الشكل .

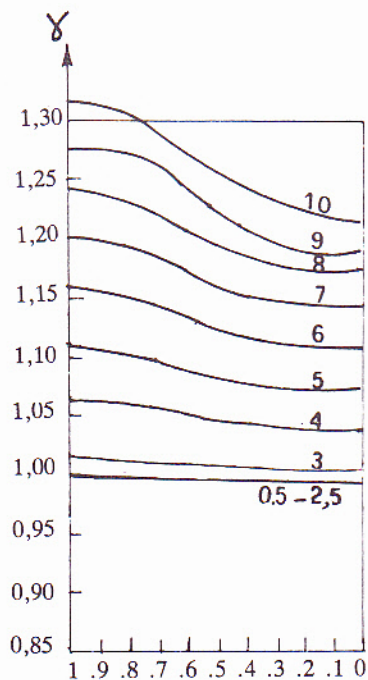
\* انظر الفقرة (٢ - ٨)

$$\overline{W_i} = \frac{\sum W_i \cdot \Delta h}{h_{\max}} \quad \text{الضغظ الوسطي المكافئ ويحسب من العلاقة}$$

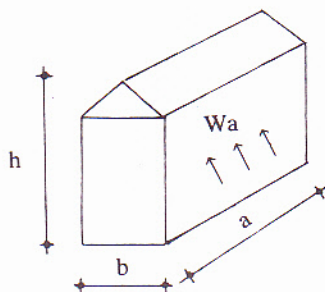
حيث  $(\Delta h)$  هو الارتفاع الجزئي الحسابي .



الشكل (٢ - ١٥)



الحالة الأولى  
السطح الكبير مواجه للرياح

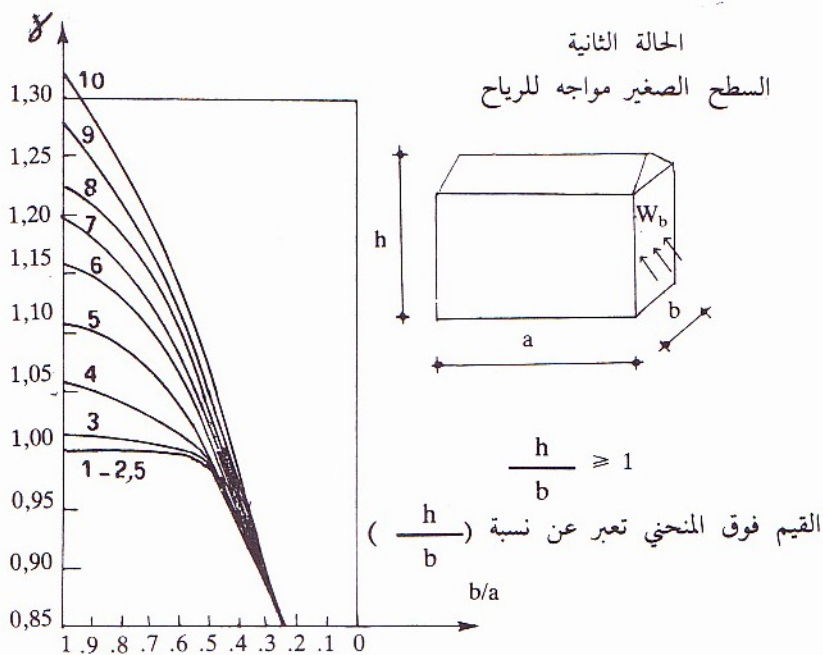


$$\frac{h}{a} \geq 0.5$$

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

←  $b/a$

الشكل (٢ - ١٦) الحالة الأولى



الشكل (٢ - ١٦) الحالة الثانية



أما الواجهات ذات الأشكال المتعددة الأضلاع المنتظمة أو الدائرية ، فيعتبر فيها معامل الشكل (٧) كما في الجدول (٢ - ١٥) التالي :

| قيمة المعامل (٧) |  | $\frac{h^2}{A}$ | قيمة المعامل (٧) |  | $\frac{h^2}{A}$ |
|------------------|--|-----------------|------------------|--|-----------------|
| اسطوانة          | موشور عدد أضلاع<br>قاعدته $10 \geq n \geq 3$ |                 | اسطوانة          | موشور عدد أضلاع<br>قاعدته $10 \geq n \geq 3$ |                 |
| 1,348            | 1,182  | 11              | 0,900            | 0,900  | $\leq 1$        |
| 1,369            | 1,195  | 12              | 0,961            | 0,959  | 1,5             |
| 1,385            | 1,204  | 13              | 0,988            | 0,985  | 2               |
| 1,401            | 1,211  | 14              | 1,015            | 1,005  | 3               |
| 1,419            | 1,220  | 15              | 1,016            | 1,030  | 4               |
| 1,477            | 1,250  | 30              | 1,111            | 1,060  | 5               |
| 1,502            | 1,269  | 25              | 1,160            | 1,090  | 6               |
| 1,510            | 1,280  | 30              | 1,204            | 1,111  | 7               |
| 1,521            | 1,290  | 40              | 1,242            | 1,133  | 8               |
| 1,530            | 1,300  | 50              | 1,279            | 1,149  | 9               |
| 1,540            | 1,330  | $\geq 60$       | 1,312            | 1,167  | 10              |

$h$  = ارتفاع المبنى -  $A$  = مساحة مسقط السطح المواجه للرياح على مستو عمودي على اتجاه الرياح

الجدول (٢ - ١٥)

- من أجل دراسة استقرار المنشأ ، يتوجب حساب القوى المؤثرة الاجمالية كما يلي :

١- "تحسب حاصلة القوى الأفقية المؤثرة على المنشأ بسبب ضغط الريح ، والتي تسبب الانقلاب كما يلي :

(٢ - ١٧)

$$W_h = \gamma \cdot r \cdot A \cdot \bar{W}_i$$

حيث :  $\bar{W}_i$  = الضغط الوسطي المكافئ .

$\gamma$  = معامل الشكل المعروف سابقاً .

$r$  = معامل يتعلق بعدد السطوح المعرضة للرياح ، ويعطى على

النحو التالي :

$r = 1.3$  للمثلث أو المستطيل ، حيث عدد الاضلاع  $n \leq 4$

$$r = 1.05 - 0.025 n \quad \text{حيث } 20 \geq n \geq 5$$

$$r = 0.55 \quad \text{للدائرة}$$

$$A = \text{مساحة الواجهة المعرضة للرياح.}$$

٢- "أما القوى الشاقولية التي تساهم برفع المنشأ فهي :

$$F_v = W_i \cdot A_h (C_e - C_i) \quad (٢ - ١٧ - ١)$$

حيث :  $A_h$  = مساحة السقف والتي تساوي (المسقط الأفقي للبناء)  
 $W_i$  = ضغط الرياح عند منسوب السقف والمعطى بالعلاقة  
 (٢ - ٥) .

$$C_e, C_i = \text{تُحسب من العلاقة (٢ - ١٦) .}$$

- توصي هذه المواصفات بأن تعتبر القيمة  $(1.75 W_d)$  هي قيمة الضغط الحدي الذي تحسب على أساسه حمولات الرياح على المنشآت . وبناءً عليه يجري التحقق من استقرار وتوازن المنشأ . إضافةً للتحقق من عدم تجاوز أي من العناصر الانشائية الحاملة لأي نوع من الاجهادات المطبقة .

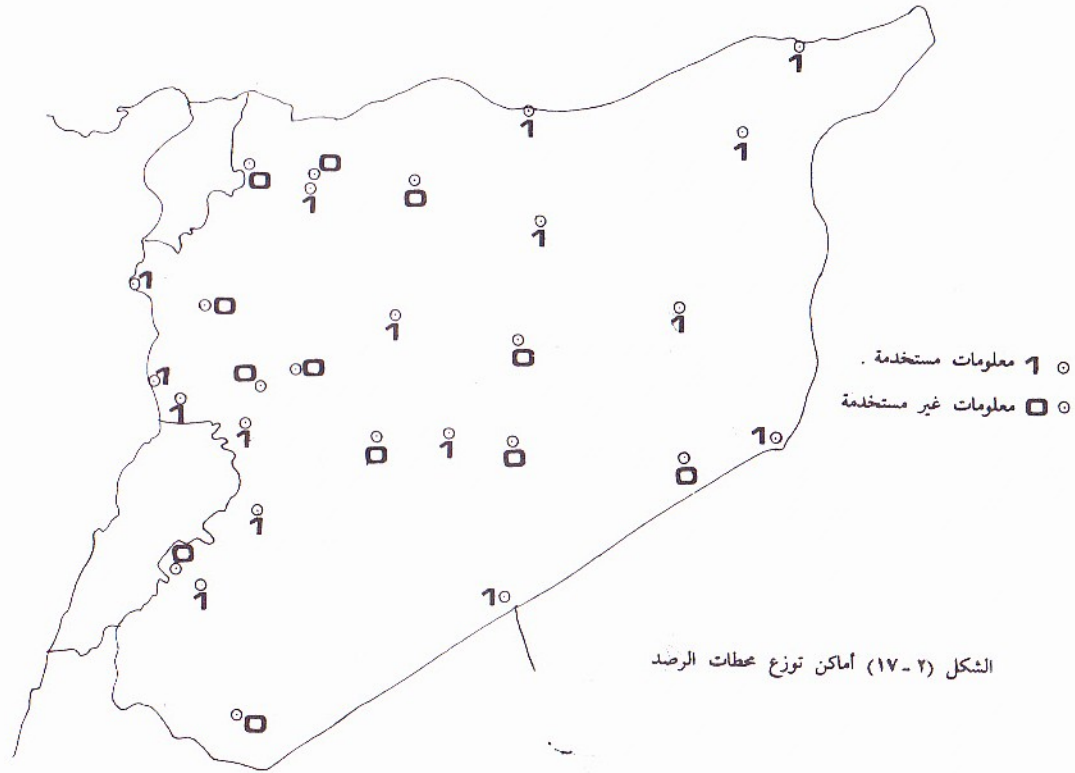
## ٢-٦ حمولات الرياح العظمى في سوريا :

أُجريت في الجمهورية العربية السورية ، دراسات عديدة ، لتحديد احتمالات حدوث سرعات وهبات الرياح العظمى . وتعتمد جميعها على طرق قياسات علمية وإحصائية ، وعلى دراسات رياضية . ومن هذه البحوث الدراسة التالية\* (٣) :

- وزعت أجهزة خاصة لرصد حركات الرياح في المناطق الموضحة على الشكل (٢ - ١٧) من طرازات مختلفة ، منها أجهزة (Fuess Z90, Dines) و (Lambrecht) . وقد تم تركيب هذه الأجهزة على ارتفاع (10 m) من سطح المحطات المذكورة . وهو المنسوب المعياري لحساب سرعة الرياح عادةً .

---

★ انظر الفقرة (٢ - ١) .



الشكل (٢-١٧)

- استخدمت في هذه الدراسة المعلومات الواردة من المراصد ، والمشار إليها بالرمز (1) في الشكل المنوه عنه . أما معلومات المراصد المشار إليها بالرمز (0) ، فلم تستخدم لأسباب عديدة ، منها انقطاع المعلومات عن المحطة خلال فترات معينة . أو أن فترة الرصد كانت غير كافية (أقل من عشر سنوات) ، أو أن المكان الذي وضعت فيه تلك الأجهزة لم يكن مناسباً لأخذ المعلومات التجريبية .

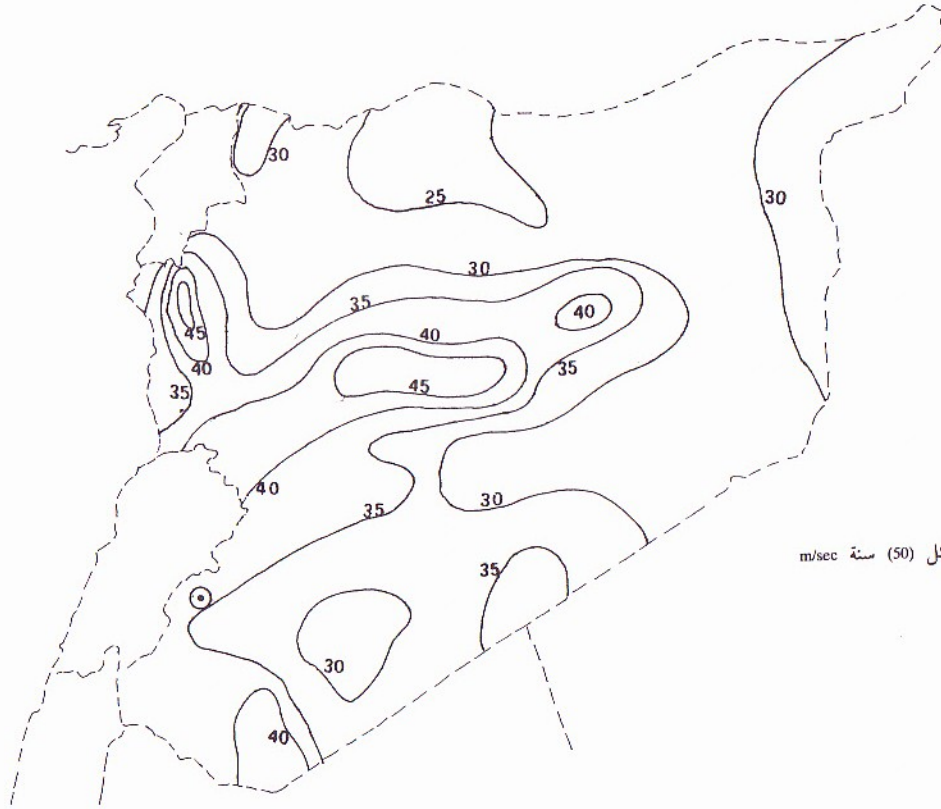
- سجلت المعلومات من محطات الرصد لفترات تتراوح بين (10 إلى 23) سنة . واستخدم الباحث نظرية غامبل (Gumble) الاحصائية لحساب هبات الرياح الأعظمية التي يتوقع تكرار حدوثها كل (50 إلى 100) سنة . وهي الفترات المطلوبة لحساب تأثير الرياح على المنشآت . ونذكر هنا بأن تعريف هبة الرياح الواردة في الدراسة هو تلك الرياح التي تستمر لفترة تزيد عن عشرين ثانية بسرعة أكبر من (8,5) متر في الثانية ، بحيث يكون الفارق في سرعة الرياح بين بداية الهبة وسرعتها العظمى أكثر من (4,5) متر/ثانية . (انظر الشكل (٢ - ١) ) .

- بعد معرفة سرعات الرياح على ارتفاع (10 m) . واستخدام معلومات الجدول (٢ - ٤) ، تم تسجيل سرعات الهبات العظمى التي تتكرر كل (10 و 20 و 50 و 100) سنة ، حسب الجدول التالي وذلك بالاعتماد على علاقة هيلمان (٢ - ٢) و (٢ - ٣) . وتحليل السرعات الأعظمية كما في الشكلين (٢ - ١٨) و (٢ - ١٩) .

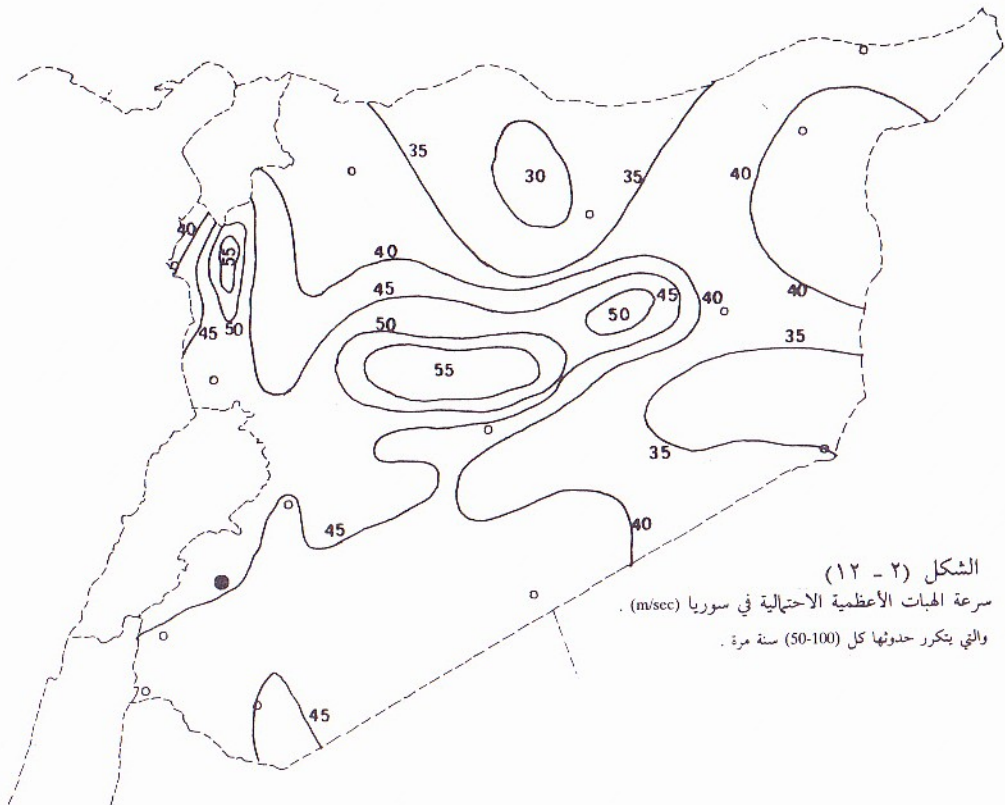
| هبات الرياح الأعظمية التي تتكرر كل m/sec |        |        |          | اسم المحطة  |
|--|--------|--------|----------|-------------|
| 100 سنة                                  | 50 سنة | 20 سنة | 10 سنوات |             |
| 49                                       | 46     | 42     | 39       | المزة       |
| 39                                       | 37     | 34     | 32       | القامشلي    |
| 41                                       | 39     | 30     | 33       | حلب         |
| 47                                       | 42     | 38     | 35       | حماه        |
| 37                                       | 35     | 32     | 32       | البوكمال    |
| 44                                       | 41     | 39     | 37       | النبك       |
| 44                                       | 41     | 37     | 34       | تدمر        |
| 43                                       | 41     | 37     | 34       | الحسكة      |
| 44                                       | 42     | 39     | 36       | صافيتا      |
| 44                                       | 41     | 38     | 35       | التنف       |
| 34                                       | 32     | 30     | 28       | تل أبيض     |
| 42                                       | 40     | 37     | 36       | اللاذقية    |
| 46                                       | 41     | 39     | 36       | وادي الغريب |
| 42                                       | 36     | 36     | 34       | القنيطرة    |
| 44                                       | 39     | 37     | 33       | دير الزور   |
| 59                                       | 56     | 52     | 50       | صلنفة       |

الجدول (٢ - ١٦)





الشكل (٢-١٨)  
سرعات الرياح الأعظمية التي يتكرر حدوثها مرة كل (50) سنة m/sec



الشكل (٢ - ١٢)

سرعة الهبات الأعظمية التي يتكرر حدوثها مرة كل (50) سنة m/sec



علاقة بيرنولي :

$$P = \alpha \cdot \rho \cdot \frac{V^2}{2g} \quad (2 - 20)$$

حيث :

$V$  = سرعة الرياح m/sec .

$g$  = تسارع الجاذبية الأرضية .

$\rho$  = كثافة الهواء kg/m<sup>3</sup> .

$\alpha$  = عامل المقاومة الأيروديناميكي . وهو عامل يتعلق بشكل السطح المعرض للرياح .

وقد وجد تجريبياً أن :

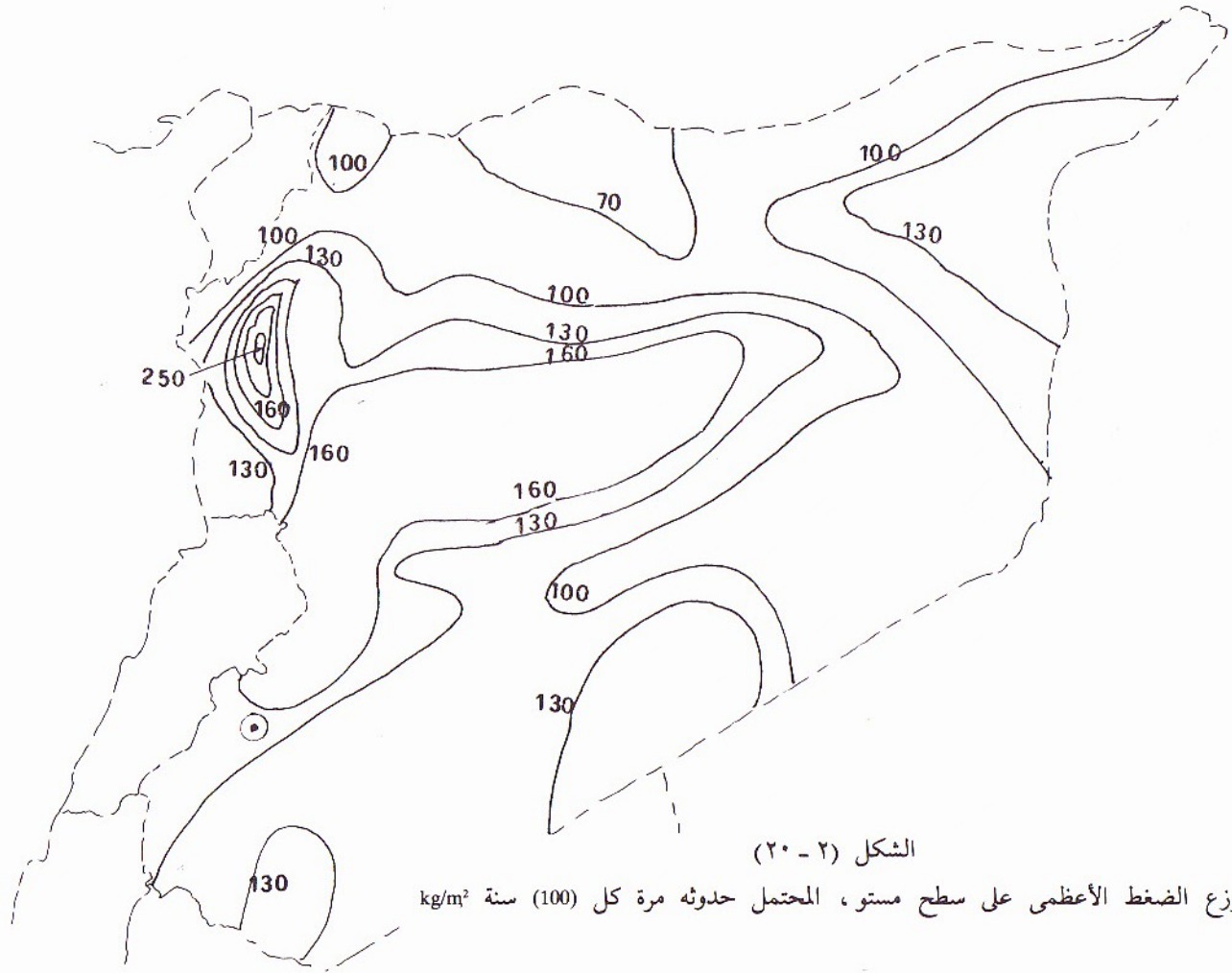
الضغط على سطح مستو :  $P_v = 0.1025 \cdot V^2$  Kg/m<sup>2</sup> (2 - 21)

الضغط على سطح اسطواني :  $P_c = 0.0635 \cdot V^2$  (2 - 22)

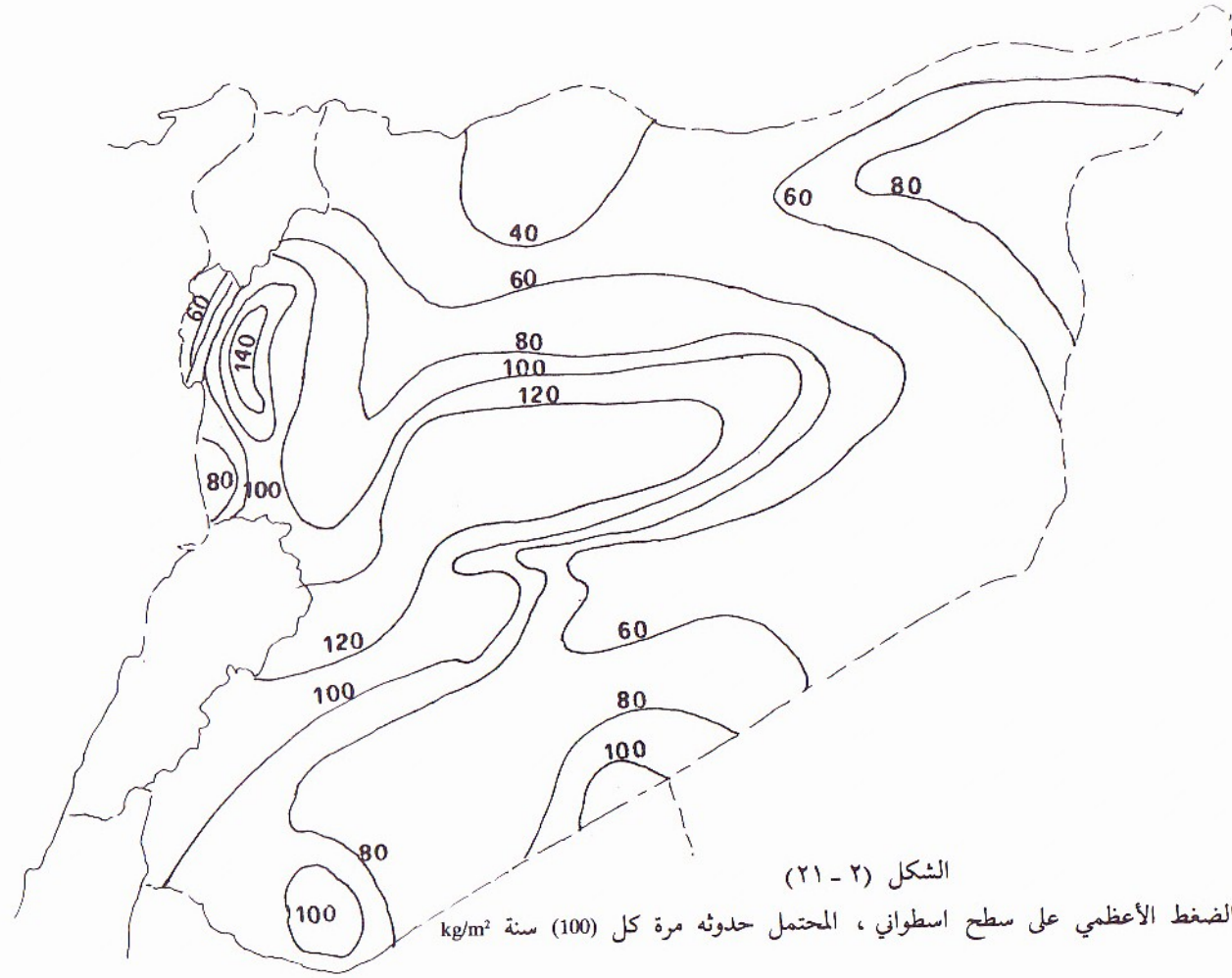
مع العلم أن معظم الكودات تعتمد للسطوح المستوية :

وهو ما يسمى بضغط الرياح القياسي على ارتفاع  $P = \frac{V^2}{16} = 0.0625 \cdot V^2$

(10 m) .







الشكل (٢ - ٢١)

توزيع الضغط الأعظمي على سطح اسطواني ، المحتمل حدوثه مرة كل (100) سنة  $\text{kg/m}^2$

| الضغط الأعظمي (كغ/م <sup>٢</sup> ) الذي يحدث مرة كل |           |             |           | المحطة    |
|---|-----------|-------------|-----------|-----------|
| ١١٠ سنة   |           | ٥٠ سنة      |           |           |
| سطح اسطوانى   | سطح مستوي | سطح اسطوانى | سطح مستوي |           |
| 84,6  | 136,6     | 80,0        | 129,2     | المزة     |
| 89,3  | 144,1     | 82,3        | 132,8     | قطينة     |
| 48,2  | 77,5      | 44,6        | 72,0      | حلب       |
| 61,0  | 98,5      | 53,4        | 86,0      | تدمر      |
| 69,2  | 111,6     | 63,0        | 101,7     | صافيتا    |
| 49,8  | 80,4      | 46,3        | 74,7      | البوكمال  |
| 101,6   | 164,0     | 84,6        | 136,6     | النبك     |
| 63,0  | 101,7     | 55,3        | 89,2      | دير الزور |
| 96,6  | 155,9     | 84,6        | 136,6     | التنف     |
| 57,2  | 92,3      | 51,6        | 82,3      | القامشلي  |
| 46,3  | 74,7      | 41,3        | 66,7      | تل أبيض   |
| 84,6  | 136,6     | 57,2        | 92,3      | الحسكة    |
| 44,6  | 72,0      | 39,7        | 64,1      | الرقعة    |
| 84,6  | 136,6     | 73,4        | 118,5     | حماء      |

الجدول (٢ - ١٨)

- لقد استخدمت في تحليل معلومات الخرائط السابقة القواعد التجريبية التالية :

١ - تكون سرعة الرياح في الوديان المفتوحة (حصص والجولان) : أكبر من سرعتها في الساحل .

٢ - تكون سرعة الرياح الأعظمية في المناطق المشجرة ، أقل منها في المناطق المفتوحة بما يقارب (4 m/sec) .

$$\gamma = \frac{G_{max}}{V_{max}} = 1.4 \text{ تين أن (٢ - ١٦) من الجدول (٣ - ١٦) } \gamma = \frac{G_{max}}{V_{max}} = 1.4$$

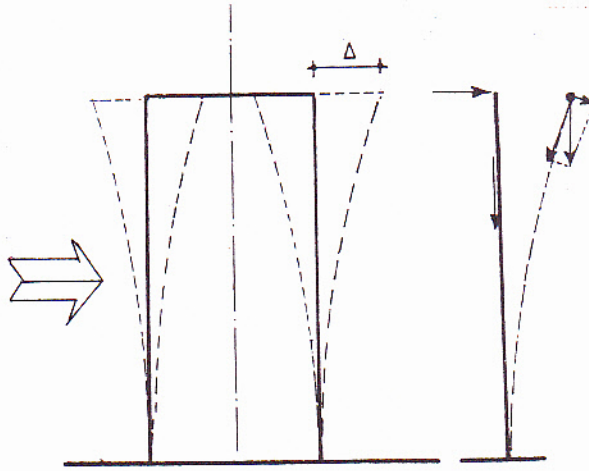
٤ - تزداد الرياح والهبات خلال الـ (500) متر الأولى من الطبقة الحدية ، تبعاً لقانون هيلمان (انظر الفقرة ٢ - ١) .

وبذلك تم التوصل إلى القيم الاحصائية المعطاة ، بشكل تصلح معه للاستخدام في سوريا بغية حساب ضغط الرياح على المنشآت عموماً .

## ٢-٧ التأثير الديناميكي لضغط الرياح :

إن غالبية طرق الحساب الانشائي لأثر الرياح على المنشآت العالية ، تُبسّط بتحويل هذا الأثر الديناميكي ، إلى ضغوط ستاتيكية ، مع تصعيد هذه الحمولات بعامل أمان مناسب .

إلا أن كثير من الكودات والمواصفات توصي بحساب التأثير الديناميكي مباشرةً . إذ أن الانزياحات الجانبية التي تسببها الرياح للمنشآت ، تؤدي بتكرار حدوثها إلى اهتزاز المنشأ . حتى ولو كانت سرعات الرياح صغيرة نسبياً .



الشكل (٢-٢٢)

بنتيجة تلك الانزياحات ، تنشأ قوى في عناصر البناء ، تزيد من قيم الجهود عن التي تفترض قيمها في حالات الحساب الستاتيكي في معظم الأحيان . وتزداد خطورة التأثير الديناميكي كلما اقترب الاهتزاز في المبنى من حالة الطنين (التجاوب) ، وهي الحالة التي يتساوى فيها تردد كل من الرياح والبناء ، حيث تزداد سعة الاهتزاز .

يقاوم الاهتزاز في البناء ثلاث قوى رئيسية ، هي قوة عطالة المنشأ والقوة الناجمة عن مرونته (وهما تتعلقان بشكل المنشأ ، وطبيعة المواد المستخدمة في بنائه) . وقوة التخماد التي تتعلق بمقدار الانزياح ، وبخصائص أو طبيعة الحركة الاهتزازية .

من أجل الحساب الانشائي ، تجرى عادة مقارنة الحالتين التاليتين :

أ - القوى الناجمة عن ضغط الرياح ، والمحسوبة على أساس ستاتيكي ومصعدة بعامل أمان ديناميكي ، وتدعى هذه الحالة ، بحالة التأثير الديناميكي المباشر .

ب - القوى الناجمة عن التأثير الديناميكي في الحالات التي يصبح فيها الطنين (التجاوب) هو الحالة السائدة في الجملة ، وتسمى بحالة التأثير الديناميكي الحرج .

وتحكم التصميم الانشائي بعدئذ أكبر القوتين في هاتين الحالتين .

\* إن دراسة الحركات الاهتزازية عملية في غاية الصعوبة والتعقيد . إلا أنه هناك بعض الطرق التي استندت الى تبسيطات معينة وعلاقات تجريبية ، فمثلاً لزيادة في الايضاحات نستعرض التوصيات الفرنسية الواردة في المواصفات (NV.65-67) بهذا الخصوص على النحو التالي :

أولاً - حمولات الرياح المطبقة بشكل ستاتيكي ، مع الاحتياط بتكبيرها بعامل أمان ديناميكي (d) . «حمولات الضغط الديناميكي المباشر» .

- تحسب هذه الحمولات بالعلاقة :

(٢٣ - ٢)

$$W_p = d \cdot W_i$$

حيث :  $(W_i)$  هي  $[W_i = (\alpha \cdot K_s \cdot K_h) W_d]$  المعرفة في العلاقة (٢ - ٧) .

$d$  = معامل ديناميكي يحسب على الشكل التالي :

(٢٤ - ٢)

$$d = \theta (1 + \zeta \cdot \tau)$$

$\tau$  = معامل تواتر الاهتزاز المعطى بالعلاقة التقريبية التالية ، والتابع

للارتفاع المدروس (h)

$$\tau = 0,36 - 0,42 \cdot \frac{h-10}{h+230} \quad (\tau_{\max} = 0,36)$$

$\zeta$  = معامل يتعلق بمدى استجابة المنشأ للاهتزاز وهو يتراوح بين :

$$0 \leq \zeta \leq 3,5$$



ويرتبط هذا المعامل بدور الحركة الاهتزازية للمنشأ ( $t_c$ ) الموضح أدناه ونسبة تخامد الحركة الاهتزازية له .

$\theta$  = معامل يتعلق بارتفاع المنشأ الاجمالي ( $h_{max}$ ) تبعاً للعلاقة :

$$\theta = \frac{h_{max} + 40}{100} \leq 1$$

على أن يكون  $\theta \leq 1$  في المنشآت المستطيلة أو المربعة  
 $0,7 \leq \theta < 1$  في المنشآت الدائرية أو متعددة الأضلاع

ثانياً : الحمولات الحرجة الناجمة عن حالات التجاوب (حساب الضغط الديناميكي الحرج) :

- تجري دراسة الحركة الاهتزازية على المنشآت من خلال موديلات أو نماذج ميكانيكية أو كهربية ، ويتم الحصول على علاقات رياضية خاصة تحكم سلوك النموذج المدروس بواسطة التجارب . إلا أنه في معظم الحالات تعاني هذه الدراسات صعوبات بالغة ولأسباب عديدة أهمها المطابقة بين الحركة الاهتزازية للنماذج ، والحركة الاهتزازية للمنشآت .

- بشكل عام تحدث حالة التجاوب عندما يتساوى دور الحركة الاهتزازية للرياح ( $t_w$ ) مع دور الاهتزاز للبناء ( $t_c$ ) . وتسبب هذه الحالة نشوء قوة مقدارها ( $w_1$ ) مائلة عن اتجاه حركة الرياح بزاوية ما . إلا أننا نستطيع تحليل هذه القوة إلى مركبتين ، إحداهما ( $w_1$ ) في الاتجاه الموازي لحركة الرياح والأخرى ( $w_2$ ) في الاتجاه المعامد لها . حيث يكون :

$$W_t^2 = W_1^2 + W_2^2$$

(٢٥ - ٢)

$$W_t = \sqrt{W_1^2 + W_2^2}$$

kg/m

ت حسب كل من  $W_1$  و  $W_2$  كما يلي :  
 أ - المركبة ( $W_1$ ) بالاتجاه الموازي لحركة الرياح :

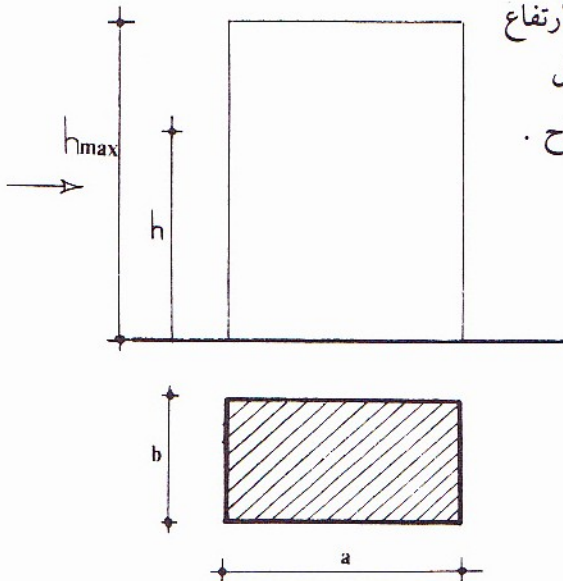
(٢٦ - ٢)

$$W_1 = \alpha \cdot \gamma \cdot r \cdot d \cdot b \cdot W_{cr}$$



- $\alpha$  = معامل معرف على الشكل (٢ - ١٣) .  
 $\gamma$  = معامل معرف على الشكل (٢ - ١٦) .  
 $r$  = عامل يتعلق بعدد السطوح المعرضة للرياح . ومعرف في العلاقة (٢ - ١٧) .  
 $d$  = عامل معرف بالعلاقة (٢ - ٢٤) .  
 $b$  = عرض المنشأ بالاتجاه العمودي على حركة الرياح . (أو نصف قطر المنشأ الدائري أو متعدد الأضلاع) .  
 $W_{cr}$  = ضغط الرياح الحرج الناجم عن السرعة الحرجة ( $V_{cr}$ ) . وهي السرعة التي تسبب حالة التجاوب  $W_{cr} = \frac{V_{cr}^2}{16}$  (٢ - ٢٧)  
 أما السرعة الحرجة التي تسبب حالة التجاوب فهي التي تعتمد عندما يكون  $t_c = t_w$   
 $t_c$  = دور الاهتزاز للرياح  
 $t_w$  = دور الاهتزاز في المنشأ .

$$t_c = \frac{9 h_{max}}{100 \sqrt{a}} \quad (٢ - ٢٨)$$



وهي علاقة تجريبية ترتبط بالارتفاع الأعظمي للبناء ( $h_{max}$ ) وبطول الواجهة بالاتجاه الموازي للرياح .

الشكل (٢ - ٢٣)

$$t_w = \frac{b}{S \cdot V_{cr}}$$

$b$  = عرض القاعدة باتجاه عمودي على حركة الرياح .

$S$  = معامل خشونة السطح ( $0,03 \geq S \geq 0,25$ )

$V_{cr}$  = السرعة الحرجة للرياح التي تسبب التجاوب .

وعندما يكون  $t_c = t_w$  نجد :

$$V_{cr} = \frac{b}{S \cdot t_c} \leq 25 \text{ m/sec} \quad (29 - 2)$$

وفي الحالات التي تزيد فيها قيمة ( $V_{cr}$ ) عن (25) : تعتبر هذه القيمة (25m/sec) .

تبدل قيمة ( $V_{cr}$ ) في العلاقة ( $W_{cr} = \frac{V_{cr}^2}{16}$ ) للحصول على الضغط الحرج .

ب - المركبة ( $W_2$ ) بالاتجاه المعامد لحركة الرياح :

$$W_2 = 1.7.b. \frac{h}{h_{max}} \cdot W_{cr} \quad (30 - 2)$$

$W_{cr}$  و  $h_{max}$  و  $b$  = معرفة سابقاً .

$h$  = ارتفاع المنسوب المدروس .

وبعد ذلك تعتمد القيمة الأكبر من القيمتين في العلاقات (23 - 2)

و(25 - 2) لاعتماد مخطط الضغط التصميمي .

## ٢ - ٨ تطبيق عددي .

يطلب حساب تأثير كل من الضغط الديناميكي المباشر والضغط الديناميكي

الحرج ، على البناء الموضحة أبعاده بالشكل (24 - 2) ، وإيجاد مخططات الضغوط

الموافقة . مع العلم أن :

١ - موقع البناء في منطقة محمية بتلال مجاورة .

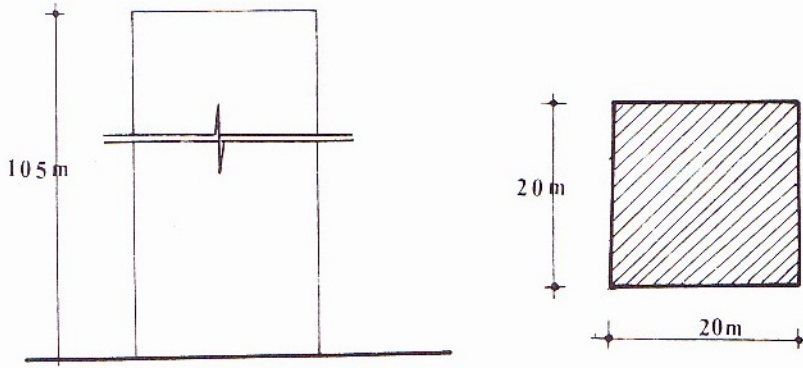
٢ - سرعة الرياح المقاسة على ارتفاع (10 m) من سطح الأرض (125 km/h)

في الحالات الأعظمية .

٣ - عدد طوابق المبنى (35) وهي متساوية الارتفاعات (3 m) ،  $a=b=20 \text{ m}$  ،

- كما يطلب حساب القوى الكلية المؤثرة على المنشأ والتي ستعتمد في دراسة

استقراره .



الشكل (٢ - ٢٤)

الحل :

أولاً : حساب حمولات الضغط الديناميكي المباشر :

$$V = 125 \text{ km/h} = 34,7 \text{ m/sec}$$

$$W_d = \frac{V^2}{16} = 75,3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \text{ (المعياري) الضغط القياسي}$$

باستخدام العلاقة (٢ - ١٥) نجد الضغط الستاتيكي :

$$W_i = (\alpha \cdot k_s \cdot k_h) 75,3$$

نحسب العامل  $(\alpha)$  من الشكل (٢ - ١٣) :

$$h \leq 30 \text{ m} \Rightarrow \alpha = 0,70$$

$$h \geq 50 \text{ m} \Rightarrow \alpha = 0,90$$

وتتغير قيمة  $(\alpha)$  بين هاتين القيمتين خطياً مع الارتفاع حسب الشكل

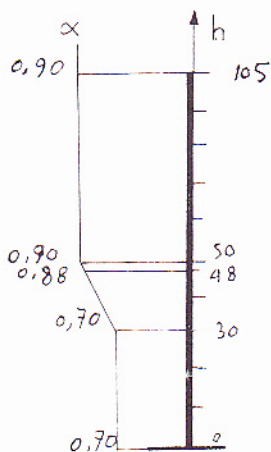
(٢ - ٢٥) أما العامل  $(k_s)$  فيؤخذ من الجدول (٢ - ٥) حيث نجد :

$$k_s = 0,80$$

ونحسب العامل  $(k_h)$  من العلاقة (٢ - ١٥ - ١) أو من العلاقة (٢ - ٨)

$$k_h = 2,5 \left( \frac{h+18}{h+60} \right)$$

وذلك من أجل ارتفاعات مختلفة عند كل طابق أو أكثر .



الشكل (٢ - ٢٥)

تغير قيمة  $(\alpha)$  مع الارتفاع

وسنعتبر في حسابنا ان  $(k_h)$  تتغير عند كل طابقين ، حيث نحصل على القيم التالية :

|      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |     |       |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-------|
| 105  | 102  | 96   | 90   | 84   | 78   | 72   | 66   | 60   | 54   | 48   | 42   | 36   | 30   | 24   | 18   | 12   | 6   | 0   | $h_m$ |
| 1.86 | 1.85 | 1.82 | 1.80 | 1.77 | 1.74 | 1.70 | 1.67 | 1.63 | 1.57 | 1.53 | 1.47 | 1.40 | 1.33 | 1.25 | 1.15 | 1.04 | 1.0 | 1.0 | $K_h$ |

ونحصل على مخطط توزيع حمولات الضغط الستاتيكي  $(W_i)$  عند كل منسوب حسابي كما في الجدول (٢ - ١٩) :

- تحسب الحمولات الناتجة عن الضغط الديناميكي المباشر من العلاقة (٢ - ٢٣) وفقاً لما يلي :

$$W_p = d \cdot W_i$$

نوجد (d) المعامل الديناميكي من العلاقة (٢ - ٢٤)

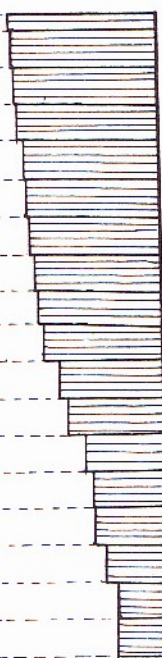
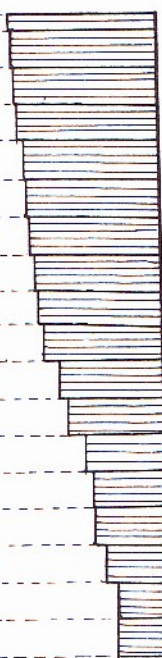
$$d = \theta (1 + \zeta \tau)$$

$$\theta = \frac{105+40}{100} = 1.45 > 1$$

اذن نعتبر  $\theta = 1$

ولو افترضنا أن  $(\zeta = 1.5)$  ، يتبقى حساب  $\tau$  كما يلي :

$$\tau = 0.36 - 0.42 \left( \frac{h-10}{h+230} \right)$$

| الارتفاع المدروس<br>h (m) | قيمة<br>العامل<br>$\alpha$ | قيمة<br>العامل<br>$K_h$ | شكل مخطط توزيع حملات<br>الضغط الستاتيكي<br>$W_s$<br>Kg/m <sup>2</sup>              | قيمة حمولة الضغط<br>الستاتيكي<br>$w_i = \alpha K_h \times 0.8 \times 75,3$ |
|---------------------------|----------------------------|-------------------------|--|--|
| 105                       | 0,90                       | 1,86                    |  | 101,0  |
| 102                       |                            | 1,85                    |  | 100,0  |
| 96                        |                            | 1,82                    |  | 98,7   |
| 90                        |                            | 1,80                    |  | 97,6   |
| 84                        |                            | 1,77                    |  | 96,0   |
| 78                        |                            | 1,74                    |  | 94,3   |
| 72                        |                            | 1,70                    |  | 92,2   |
| 66                        |                            | 1,67                    |  | 90,5   |
| 60                        |                            | 1,63                    |  | 88,4   |
| 54                        |                            | 1,57                    |  | 85,1   |
| 48                        | 0,88                       | 1,53                    |  | 81,2   |
| 42                        | 0,82                       | 1,47                    |  | 72,6   |
| 36                        | 0,76                       | 1,40                    |  | 64,1   |
| 30                        | 0,70                       | 1,33                    |  | 56,1   |
| 24                        | 0,70                       | 1,25                    |  | 52,7   |
| 18                        |                            | 1,15                    |  | 48,5   |
| 12                        |                            | 1,04                    |  | 43,9   |
| 6                         |                            | 1,00                    |  | 42,2   |
| 0                         |                            | 1,00                    |  | 42,2   |
|                           |                            |                         |  |  |

الجدول (٢ - ١٩)

و (ح) تحسب عند المناسيب المبينة في الجدول (٢ - ١٩) ، حيث نحصل على القيم التالية :

|      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 105  | 102  | 96   | 90   | 84   | 78   | 72   | 66   | 60   | 54   | 48   | 42   | 36   | 30   | 24   | 18   | 12   | 6    | 0    | $h_m$ |
| 0,24 | 0,24 | 0,25 | 0,26 | 0,26 | 0,27 | 0,27 | 0,28 | 0,29 | 0,29 | 0,30 | 0,31 | 0,32 | 0,33 | 0,34 | 0,35 | 0,36 | 0,36 | 0,36 | T     |

$$d = 1 (1 + 1.5 \tau) \quad \text{ويكون}$$

وتنظم النتائج في الجدول التالي :



| الارتفاع المدروس<br>h m | قيم<br>العامل<br>$\gamma$ | قيم<br>العامل<br>d | قيم الحمولات<br>الضغط<br>الستاتيكي<br>$w_i$ | قيم حمولات الضغط الديناميكي<br>المباشر وشكل مخططها<br>$W_p = d \cdot w_i$ |
|-------------------------|---------------------------|--------------------|---|---|
| 105                     | 0.24                      | 1.360              | 101.0                                       | 138   |
| 102                     | 0.24                      | 1.360              | 100.0                                       | 136   |
| 96                      | 0.25                      | 1.375              | 98.7  | 136   |
| 90                      | 0.26                      | 1.390              | 97.6  | 136   |
| 84                      | 0.26                      | 1.390              | 96.0  | 134   |
| 78                      | 0.27                      | 1.405              | 94.3  | 133   |
| 72                      | 0.27                      | 1.405              | 92.2  | 130   |
| 66                      | 0.28                      | 1.420              | 90.5  | 129   |
| 60                      | 0.29                      | 1.435              | 88.4  | 127   |
| 54                      | 0.29                      | 1.435              | 82.1  | 123   |
| 48                      | 0.30                      | 1.450              | 81.2  | 118   |
| 42                      | 0.31                      | 1.465              | 72.6  | 107   |
| 36                      | 0.32                      | 1.480              | 64.1  | 95  |
| 30                      | 0.33                      | 1.495              | 56.1  | 84  |
| 24                      | 0.34                      | 1.510              | 52.7  | 80  |
| 18                      | 0.35                      | 1.525              | 48.5  | 74  |
| 12                      | 0.36                      | 1.540              | 43.9  | 68  |
| 6                       | 0.36                      | 1.540              | 42.2  | 65  |
| 0                       | 0.36                      | 1.540              | 42.2  | 65  |

الجدول (٢ - ٢٠)

يبين إذن المخطط الموضح في الجدول (٢ - ٢٠) كيفية توزيع حمولات الضغط المباشر الديناميكي ( $W_p$ ) الناتجة عن جداء الضغط الستاتيكي بمعامل تصعيد ديناميكي .

ثانياً : حساب حمولات الضغط الديناميكي الحرج :

من العلاقة (٢ - ٢٥) نوجد القوى الناتجة عن حالة التجاوب :

$$W_T = \sqrt{W_1^2 + W_2^2} \quad \text{kg/m}$$

أ- حساب القوة ( $W_1$ ) في الاتجاه الموازي لحركة الرياح .  
 $W_1 = \alpha \cdot \gamma \cdot r \cdot d \cdot b \cdot W_{cr}$  من العلاقة (٢ - ٢٦)

المعامل  $\alpha$  : حسب قيمته في الحالة الأولى كما يلي :

$$h \leq 30 \text{ m} \quad \alpha = 0,70$$

$$h = 36 \text{ m} \quad \alpha = 0,76$$

$$h = 42 \text{ m} \quad \alpha = 0,82$$

$$h = 48 \text{ m} \quad \alpha = 0,88$$

$$h \geq 50 \text{ m} \quad \alpha = 0,90$$

وكذلك المعامل (d)

المعامل  $\gamma$  : من الشكل (٢ - ١٦) وبدلالة النسب :

$$\gamma = 1,11 \text{ نجد أن } \frac{h}{a} = \frac{105}{20} = 5,25 \text{ و } \frac{a}{b} = 1$$

المعامل  $r =$  من العلاقة (٢ - ١٧) نجد  $r = 1.3$

$$b = 20 \text{ m}$$

العرض

$$W_{cr} = \frac{V_{cr}^2}{16} \quad \text{الضغط الحرج}$$

وتحسب السرعة الحرجة ( $V_{cr}$ ) من العلاقة (٢ - ٢٩) . فمع افتراض أن  
 معامل خشونة السطوح  $S = 0,27$  يكون :

$$V_{cr} = \frac{20}{0,27 \cdot t_c}$$

$$t_c = \frac{9 \times 105}{100 \sqrt{20}} = 2,113 \text{ حيث } t_c = \text{دور اهتزاز المنشأ}$$

$$V_{cr} = 35 > 25 \text{ m/sec}$$

إذن نعتبر ( $V_{cr} = 25$ ) ومنه يكون :

$$W_{cr} = \frac{(25)^2}{16} = 39$$

وتصبح القوة ( $W_1$ ) :

$$W_1 = \alpha \times 1.11 \times 1.3 \times d \times 20 \times 39$$

$$W_1 = \alpha.d.1125$$

وتنظم النتائج كما في الجدول التالي :

| قيم القوة $W_1$<br>$W_1=1125\alpha.d$ | شكل مخطط توزيع القوة $w_1$<br>بالاتجاه الموازي للرياح | قيمة<br>العامل<br>$d$ | قيمة<br>العامل<br>$\alpha$ | الارتفاع المدروس<br>$h$ (m) |
|---------------------------------------|---|-----------------------|----------------------------|-----------------------------|
| 1377                                  |   | 1.360                 | 0,90                       | 105                         |
| 1377                                  |   | 1.360                 |                            | 102                         |
| 1392                                  |   | 1.375                 |                            | 96                          |
| 1408                                  |   | 1.390                 |                            | 90                          |
| 1408                                  |   | 1.390                 |                            | 84                          |
| 1423                                  |   | 1.405                 |                            | 78                          |
| 1423                                  |   | 1.405                 |                            | 72                          |
| 1438                                  |   | 1.420                 |                            | 66                          |
| 1453                                  |   | 1.435                 |                            | 60                          |
| 1453                                  |   | 1.435                 |                            | 54                          |
| 1468                                  |   | 1.450                 | 0,90                       | 48                          |
| 1450                                  |   | 1.465                 | 0,88                       | 42                          |
| 1365                                  |   | 1.480                 | 0,82                       | 36                          |
| 1278                                  |   | 1.495                 | 0,76                       | 30                          |
| 1189                                  |   | 1.510                 | 0,70                       | 24                          |
| 1201                                  |   | 1.525                 | 0,70                       | 18                          |
| 1213                                  |   | 1.540                 |                            | 12                          |
| 1213                                  |   | 1.540                 |                            | 6                           |
| 1213                                  |   | 1.540                 |                            | 0                           |

الجدول (٢ - ٢١)

ب - حساب القوة ( $W_2$ ) في الاتجاه المعامد لحركة الرياح :

من العلاقة (٢ - ٣٠) نحصل على

$$W_2 = 1.7.b. \frac{h}{h_{\max}} \cdot W_{cr}$$

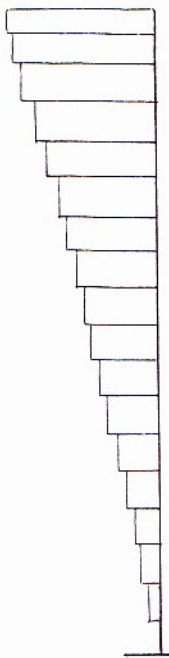
$$W_{cr} = 39 \quad W_{cr} \text{ حسب في الحالة (أ)}$$

$$b = 20 \text{ m} \quad \text{والعرض (b) هو:}$$

إذن :

$$W_2 = 1326 \cdot \frac{h}{105} = 12,63 h$$

وتنظم النتائج كما يلي :

| قيم القوة $W_2$<br>$W_2 = 12.63h$ | شكل مخطط القوة<br>$W_2 \text{ hg/m}^2$   | الارتفاع المدروس<br>$h \text{ (m)}$ |
|-----------------------------------|--|-------------------------------------|
| 1326.2                            |  | 105                                 |
| 1288.3                            |  | 102                                 |
| 1212.5                            |  | 96                                  |
| 1136.7                            |  | 90                                  |
| 1061.0                            |  | 84                                  |
| 985.1                             |  | 78                                  |
| 909.4                             |  | 72                                  |
| 833.6                             |  | 66                                  |
| 757.8                             |  | 60                                  |
| 682.0                             |  | 54                                  |
| 606.2                             |  | 48                                  |
| 530.5                             |  | 42                                  |
| 454.7                             |  | 36                                  |
| 379.0                             |  | 30                                  |
| 303.1                             |  | 24                                  |
| 227.3                             |  | 18                                  |
| 151.6                             |  | 12                                  |
| 75.8                              |  | 6                                   |
| 0                                 |  | 0                                   |

الجدول (٢-٢٢)

وبعد حساب كل من  $(W_2, W_1)$  يكون  

$$W_T = \sqrt{W_1^2 + W_2^2} \text{ kg/m}$$
وتجمع النتائج كما يلي بعد تقسيمها على العرض (b) لتصبح بـ  $(\text{kg/m}^2)$

| $\frac{W_T}{\text{kg/m}^2}$ | قيم الحمولة<br>الخرجة<br>$W_T = \sqrt{W_1^2 + W_2^2}$<br>kg/m | شكل مخطط القوة<br>$W_T$<br>kg/m <sup>2</sup> | الارتفاع المدروس<br>h (m) |
|-----------------------------|---|--|---------------------------|
| 95.6                        | 1912  |  | 105                       |
| 24.3                        | 1886  |  | 102                       |
| 92.3                        | 1846  |  | 96                        |
| 90.5                        | 1810  |  | 90                        |
| 88.2                        | 1763  |  | 84                        |
| 86.6                        | 1731  |  | 78                        |
| 84.5                        | 1689  |  | 72                        |
| 83.1                        | 1662  |  | 66                        |
| 82.0                        | 1639  |  | 60                        |
| 80.3                        | 1605  |  | 54                        |
| 79.4                        | 1588  |  | 48                        |
| 77.2                        | 1544  |  | 42                        |
| 72.0                        | 1439  |  | 36                        |
| 66.7                        | 1333  |  | 30                        |
| 61.4                        | 1227  |  | 24                        |
| 61.1                        | 1222  |  | 18                        |
| 60.7                        | 1213  |  | 12                        |
| 60.7                        | 1213  |  | 6                         |
| 60.7                        | 1213  |  | 0                         |
|                             |   |  |                           |

الجدول (٢ - ٢٣)

تجري بعد ذلك المقارنة بين قيم الجدولين (٢ - ١٩) و (٢ - ٢٣) ، للتوصل إلى الحمولات الأكبر التي يجب اعتبارها في الحسابات .



ثالثاً : حساب القوى الأفقية العظمى لدراسة التوازن والاستقرار :

١ - محصلة القوى الأفقية التي قد تتسبب بانقلاب المبنى :

باستخدام العلاقة (٢-١٧) نجد :

$$W_h = \gamma \cdot r \cdot A \cdot \bar{W}_i$$

$\gamma = 1.11$  = معامل الشكل الذي تم حسابه بناءً على الشكل (٢-١٦)

$r = 1.3$  من العلاقة (٢-١٧)

$A$  = مساحة السطح المواجه للرياح

$$A = h \cdot a = 105 \times 20 = 2100 \text{ m}^2$$

$\bar{W}_i$  = الضغط الستاتيكي الوسطي المكافئ الذي يحسب كما يلي :

$$\bar{W} = \frac{\sum W_i \cdot \Delta h}{h_{\max}}$$

حيث ( $\Delta h$ ) هو الارتفاع الذي يتغير معه المنسوب الحسابي المعتبر . وفي حالتنا

هذه يعتبر  $\Delta h = 6\text{m}$  . إذن

$$\bar{W}_i = \frac{6}{105} (101 + 100 + 98,7 + 97,6 + 96 + 94,3 \dots)$$

$$\bar{W}_i = 82,7 \text{ kg/m}^2$$

وقد أخذت قيم ( $W_i$ ) من الجدول (٢-١٩)

$$W_h = 1.11 \times 1.3 \times 2100 \times 82,7 \times 10^{-3} \quad \text{إذن}$$

$$W_h = 250,6 \text{ Tons}$$

٢ - محصلة القوى الشاقولية العظمى التي قد تسبب رفع المبنى :

من العلاقة (٢-١٧-١) نجد

$$F_v = W_i \cdot A_h (C_e - C_i)$$

$W_i$  عند منسوب القمة تؤخذ من الجدول (٢-١٩) حيث

$$W_i = 101 \text{ kg/m}^2$$

$A_h$  المسقط الأفقي للسقف

$$A_h = 20 \times 20 = 400 \text{ m}^2$$

( $C_e - C_i$ ) معرفة في العلاقة (٢-١٦) . وفي هذه الحالة نعتبر :

$C_e$  - معامل الشد الخارجي  
 $C_i$  - معامل الضغط الداخلي

$$C_e = - (1.3\gamma - 0.80) = - 1.3 \times 1.11 - 0.8 = - 0.643$$

$$C_i = 0.6 (1.8 - 1.3\gamma) = 0.6 (1.8 - 1.3 \times 1.11) = 0.214 > 0,15$$

$$C_e - C_i = - 0.643 - 0.214 = - 0,857$$

وذلك باعتبار أن إشارة الشد سالبة .  
 وتكون المحصلة ( $F_v$ ) :

$$F_v = 101 \times 400 \times 0.857 \times 10^{-3} = 34,623 \text{ Tons}$$

وأخيراً ، لحساب حمولات الضغط والشد العظمى على واجهات البناء  
 نوجد العوامل ( $C_e$ ) و ( $C_i$ ) لها .

$$C_e = 0.8 \text{ معامل الضغط الخارجي}$$

$$C_e = - (1.3\gamma - 0.8) = - 0,643 \text{ معامل الشد الخارجي}$$

$$C_i = 0.6 (1.8 - 1.3\gamma) = 0,214 \text{ معامل الضغط الداخلي}$$

$$C_i = - 0.6 (1.3\gamma - 0.8) = - 0.386 \text{ معامل الشد الداخلي}$$

وتكون القوة الضاغطة الأعظمية على الواجهة المعرضة للرياح من العلاقة

(٢ - ١٦)

$$W_u = \overline{W_i} \cdot C$$

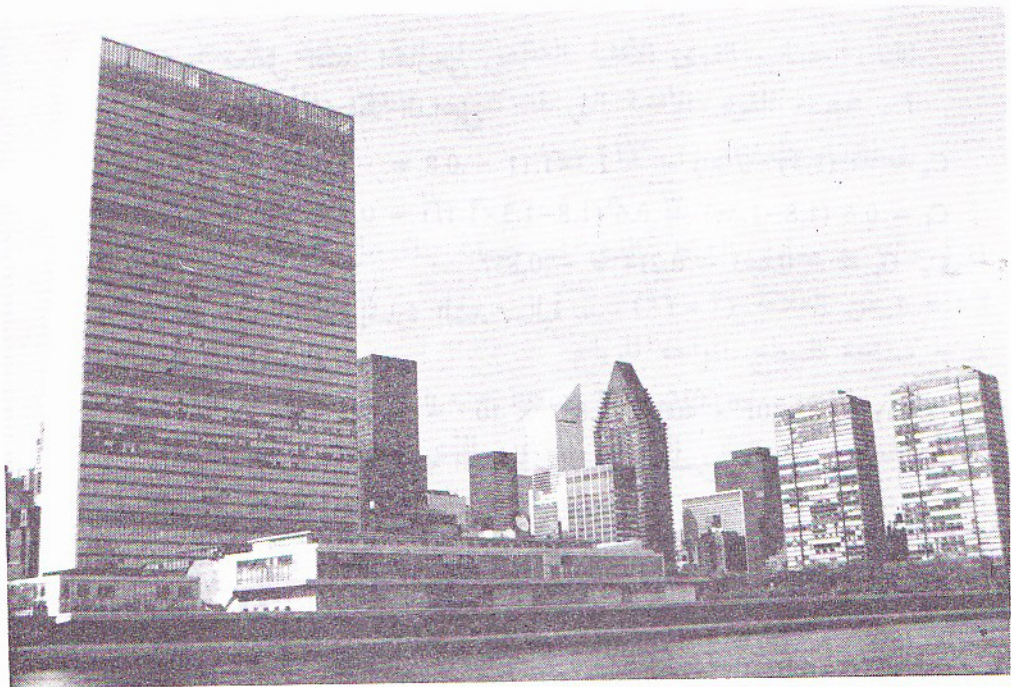
$$W_u = 82,7 (0,8 + 0.386) = 98 \text{ kg/m}^2$$

أما القوة الشادة الأعظمية على الواجهات الجانبية ، وكذلك السقف

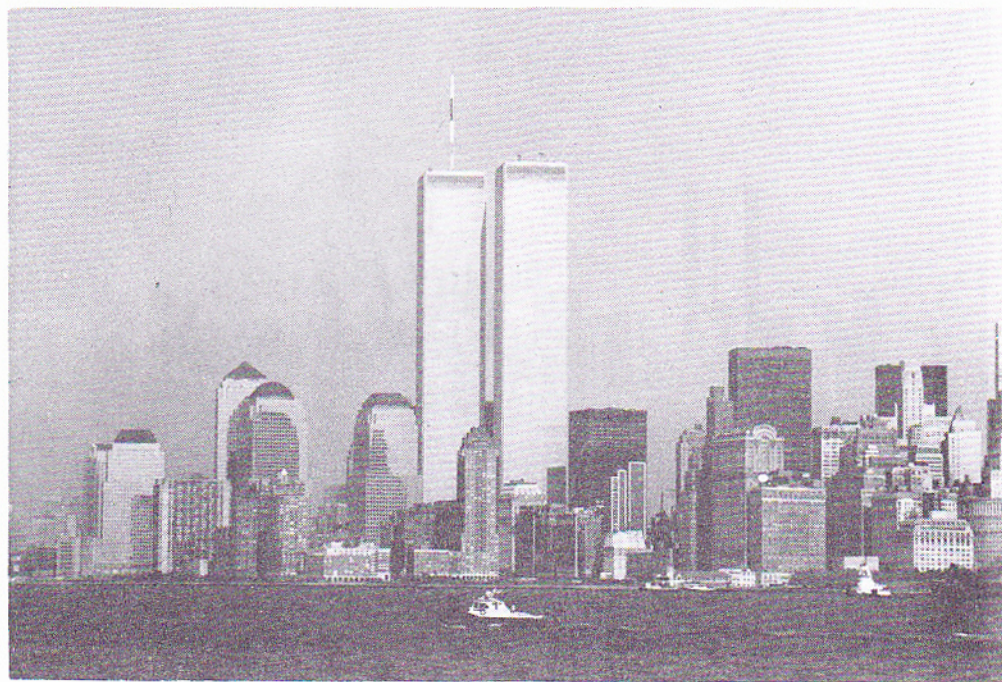
$$\overline{W}_u = 82,7 (-0.643 - 0.214) = - 71 \text{ kg/m}^2$$

\* ملاحظة :

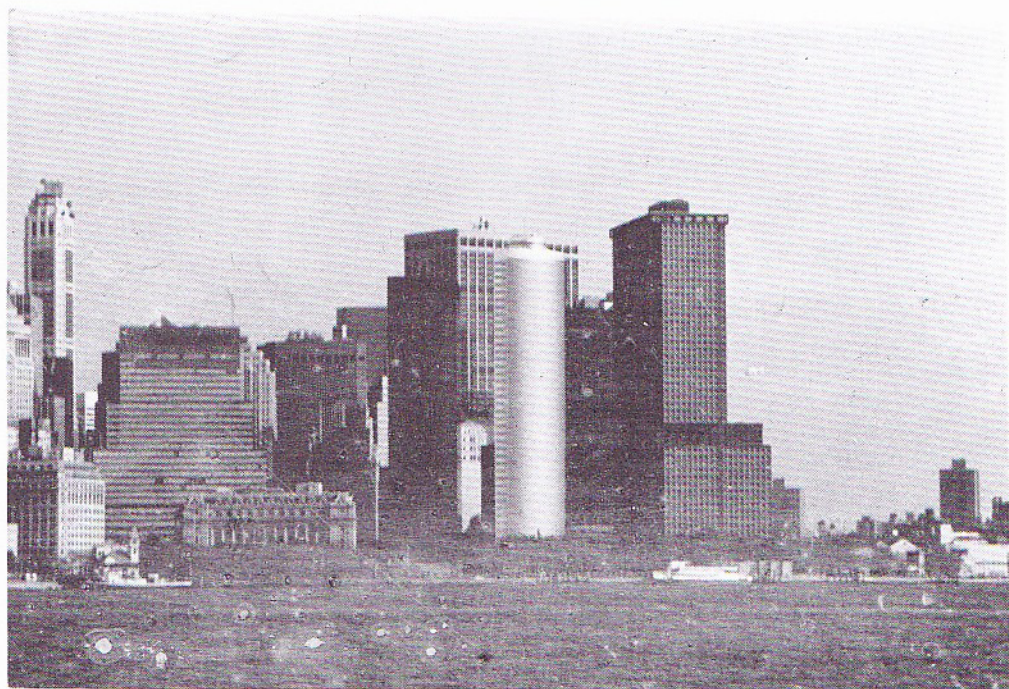
تبين الأشكال التالية بعضاً لأشكال الأبنية العالية المختلفة ، والمنفذة في  
 مدينة نيويورك .













## الفصل الثالث

### النظم الإنشائية للأبنية العالية

- ١ - ٣ الدراسات الأولية
- ٢ - ٣ تصنيف النظم الإنشائية .
- ١ - ٢ - ٣ النظم الاطارية .
- ٢ - ٢ - ٣ أنظمة جدران القص .
- ٣ - ٢ - ٣ النظم المشتركة .
- ٤ - ٢ - ٣ النظم الجانزية المتناوبة .
- ٥ - ٢ - ٣ أنظمة الأنبوب الأحادي .
- ٦ - ٢ - ٣ أنظمة الأنبوب الثنائي المتداخل .
- ٧ - ٢ - ٣ أنظمة الأنايبب المتعددة .
- ٣ - ٣ النواة المركزية في الأبنية العالية .
- ٤ - ٣ نقل الحمولات الى الأساسات .
- ٥ - ٣ مقاومة الأبنية للزلازل والهزات الأرضية .



## الفصل الثالث

### التحليل الإنشائي لهياكل الأبنية العالية بطرق تقريبية

- تعتبر منهجية الحساب الإنشائي من أهم مقومات الحصول على نتائج أقرب للدقة فخطوات الحساب يجب أن تسير وفق المراحل التسلسلية التالية .
- ١ - قبل اختيار الجملة الإنشائية التي ستعتمد كأساس للحل الإنشائي لابد من إجراء بعض الدراسات الأولية تتضمن معالجة المعلومات الخاصة بالتصميم المعماري للمنشأ وبطبيعة التربة وكذلك منطقة الانشاء . وكيفية استثمار المبنى وغيرها ، وهو ما توضحه بإيجاز الفقرة (٣ - ١) . ومن ثم يجري اعتماد الجملة أو النظام الإنشائي تبعاً لما ورد في الفقرات الأخرى من هذا الفصل .
  - ٢ - يجري حساب كافة الحمولات الأفقية والשאوقلية التي سيجري تطبيقها على المبنى المدروس ، بما في ذلك حمولات الرياح التي شرحت طريقة حسابها في الفصل الثاني .
  - ٣ - تجرى عمليات التحليل الإنشائي للنظام الذي تم اعتماده ، وفقاً لما هو موضح في الفصل الرابع ، وذلك بغية إيجاد القوى والعزوم التي تتعرض لها عناصر النظام أو الجملة المختارة .
  - ٤ - يتم حساب الجهود المطبقة على عناصر الجملة ، كما سيرد في الفصل الخامس حيث يجري بعد ذلك اختيار أبعاد المقاطع وتسليحها ، وبلي هذا العمل إعداد المخططات الإنشائية بما يتوافق مع معطيات الكود المعتمد في الحساب .

### ٣ - ١ الدراسات الأولية :

تتألف الهياكل الانشائية للأبنية العالية عموماً من مجموعات الجدران أو الأعمدة والجوائز الرابطة ، وعناصر التقوية وجمل النقل . . . وتتصل العناصر ببعضها البعض ، لتشكيل هيكل مستقراً تحت تأثير الحمولات الأفقية والשאقولية . حيث تنقل الجملة الانشائية كافة الحمولات إلى الأساسات عبر تلك العناصر . ومن المفروض في هذه المنشآت ، توفر الحد المطلوب من الصلابة الأفقية ، إضافةً للمتانة والاستقرار (التوازن) وذلك لمقاومة الدفع الجانبي للرياح . ومن أجل ذلك نلاحظ أن السقوف الطابقية ، تلعب دوراً هاماً في عمليات الربط الأفقي لعناصر المنشأ . وإن لم تحقق هذه السقوف ذلك ، فيتوجب آتخذ تقوية المنشأ بعناصر شاقولية لها نفس المهمة .

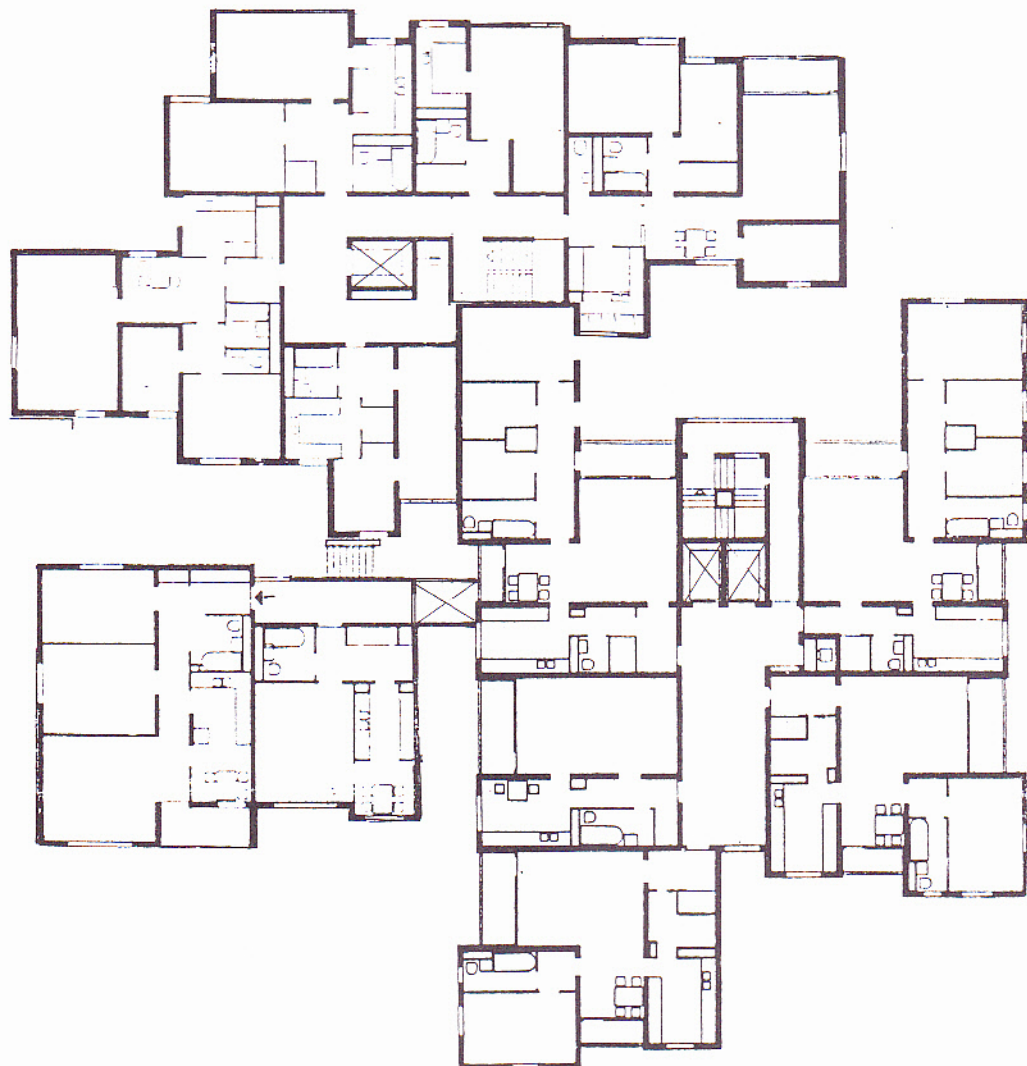
تسبق الدراسة الانشائية للأبنية العالية ، لمقاومة دفع الرياح اختيار الحمل الانشائية المناسبة ، والتي تحقق الشروط التي تليها الكودات المختصة ، وذلك لتفادي الانزياحات الأفقية الخطرة ، أو الهبوطات أو انقلاب المبنى ، أو انهياره بسبب فقدان عناصره الانشائية مقاوماتها .

كما يسبق هذا الاختيار بعض الدراسات الأولية بالاعتماد على نتائج تقرير تربة موقع التأسيس ، وعلى المخططات والمساقط المعمارية . وعلى سبيل المثال نجد كثيراً من المباني العالية تتمتع بمساحات أفقية شاسعة ، مما يجعلها لا تحقق الشروط في الأبعاد الأفقية . وفي مثل هذه الحالات يتوجب تقسيم المبنى إلى كتل إنشائية جزئية ، لتحديد أماكن فواصل الهبوط والفواصل الانشائية . . حسبما هو موضح في الشكل (٣ - ١) .

تسبب الدراسة الإنشائية للجمل المختارة كلما اقتربنا أكثر من تحقيق الاعتبارات التالية في مرحلة الدراسات الأولية :

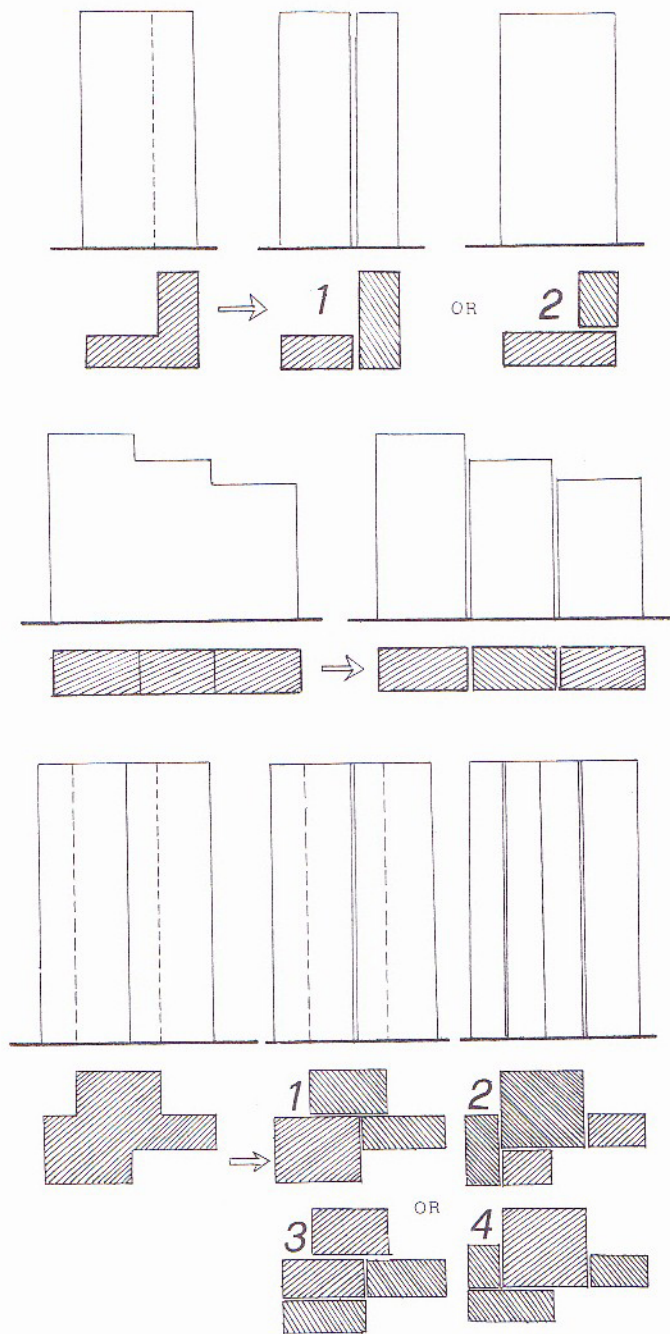
- ١ - الارتفاعات المتساوية لكافة طوابق البناء تسهل عمليات الحساب .
- ٢ - التناظر في الجمل الانشائية يؤدي إلى التخلص من إجهادات القتل .
- ٣ - تحقيق توزيع الحمولات الشاقولية بشكل متساوٍ في كافة الطوابق ما أمكن .
- ٤ - تحقيق الاستمرارية الشاقولية في كافة عناصر المبنى .

٥ - ربط الأساسات المنفردة أو المشتركة بشبكة من الشيناجات المتينة .  
وبعدئذ يجري اختيار واعتماد النظام الانشائي المناسب وفقاً لما هو معطى في  
الفقرات التالية :

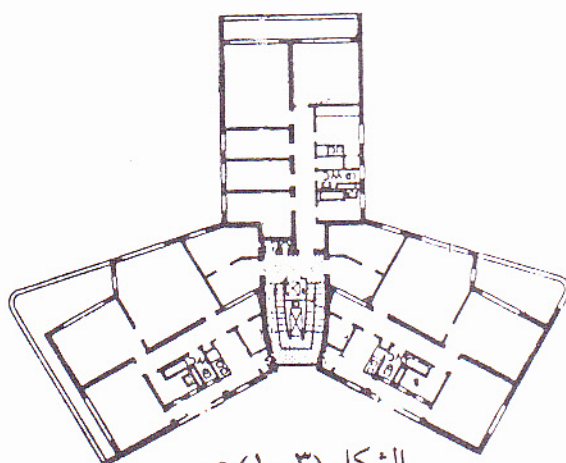
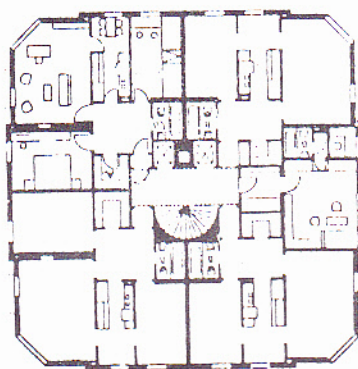
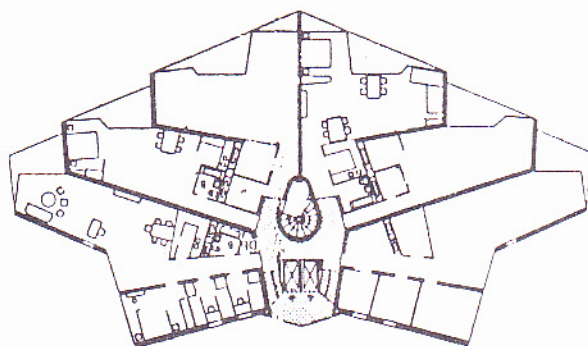


الشكل (٣ - ١) آ





الشكل (٣-١) ب



الشكل (١ - ٣) جـ

### ٣ - ٢ تصنيف النظم الانشائية :

يأخذ الشكل الهندسي للبناء ، وكذلك المواد المكوّنة له ، الدور الأساسي في تحديد مقاومة هذا البناء للدفع الأفقي الناتج عن حركة الرياح ، كما أن تلك المقاومة ترتبط بشكل مباشر بالهيكل الانشائي الذي يمتص هذه الحمولات . لا تتجاوز أنواع الهياكل الأساسية من البيتون المسلح التي تتلقى حمولات الرياح نوعين . فهي إما أن تكون مؤلفة من جدران حاملة ، أو من جملة من الأعمدة والجوائز الرابطة . وتتفرع عن هذه العناصر الرئيسية مجموعة من النظم الانشائية . . . فهناك الاطارات ، وجدران القص ، والجمل الانبوبية . . . كما سنرى .

يجري اختيار النظام الانشائي للبناء العالي تبعاً لعوامل عدة ، نذكر منها :

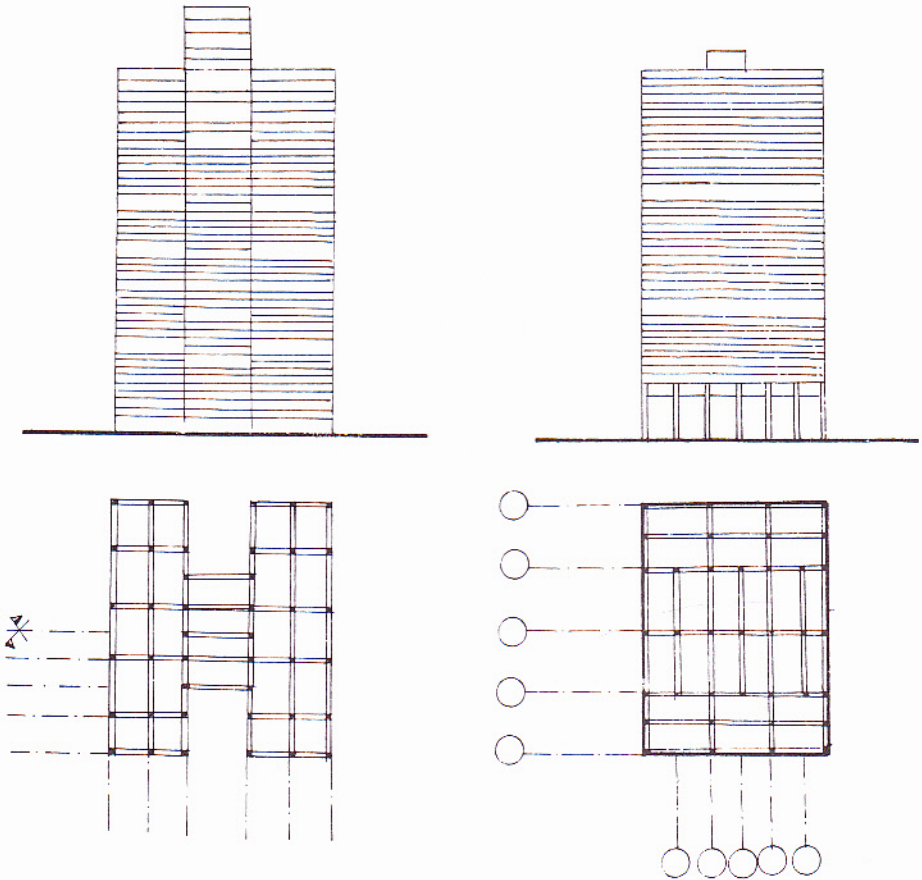
- ١ - الوظيفة الاستشارية للبناء .
  - ٢ - ارتفاع البناء ، ومسقطه المعماري .
  - ٣ - عدد الطوابق الاجمالية .
  - ٤ - شكل ومقدار الحمولات المطبقة .
  - ٥ - طبيعة التربة وطبيعة موقع الانشاء .
- وهذا مع الافتراض أن مادة البناء مختارة مسبقاً من البيتون المسلح ، موضوع بحثنا .
- وقد يجري في بعض الحالات القليلة اشتراك أكثر من جملة واحدة في حل إنشائي لمبنى واحد . إلا أن ذلك قد يزيد من تعقيد الحسابات . تستعرض الفقرات التالية النظم الانشائية المعتمدة في تلقي الحمولات الأفقية الناجمة عن الرياح (وكذلك عن الزلازل والهزات الأرضية) .

### ٣ - ٢ - ١ النظم الاطارية :

الاطار بشكله المنفرد البسيط ، ليس إلا عمودين متجاورين يربط بينهما جائر ، عبر نقاط اتصال متينة . وتزداد مقاومة هذا التشكيل الهندسي بزيادة قساوته ، وتبعاً لطرق وشكل اتصال الاطارات ببعضها البعض في الفراغ ، حينما تكون مجموعة من الاطارات جملة واحدة .

تقاوم حمل الاطارات الحمولات الأفقية والشاقولية بشكل جيد ، لذلك يمكن اعتمادها كحل إنشائي مقبول في الأبنية العالية التي لا يزيد فيها عدد الطوابق عن (20-15) في الفنادق والأبنية السكنية ، وعن (15-10) في أبنية المكاتب والأبنية الخدمية الأخرى .

يوصى عند اختيار نظام الإطارات كحل إنشائي لمقاومة دفع الرياح في الأبنية العالية ، أن تحقق هذه الجملة متانة اتصال الأعضاء عند العقد ، بشكل يتناسب مع الوصول إلى مقاطع معقولة لهذه الأعضاء لا تعيق معه أية وظيفة استثمارية للمبنى ، أو تُحدث أي خلل في الشكل المعماري له .



الشكل (٣-٢)

### ٣ - ٢ - ٢ أنظمة جدران القص :

جدران القص هي جدران من البيتون المسلح ، يجري استخدامها في الأبنية العالية لمقاومة الحمولات المتأتية من دفع الرياح أو من الحركات الزلزالية . إضافة إلى الحمولات الشاقولية الأخرى .

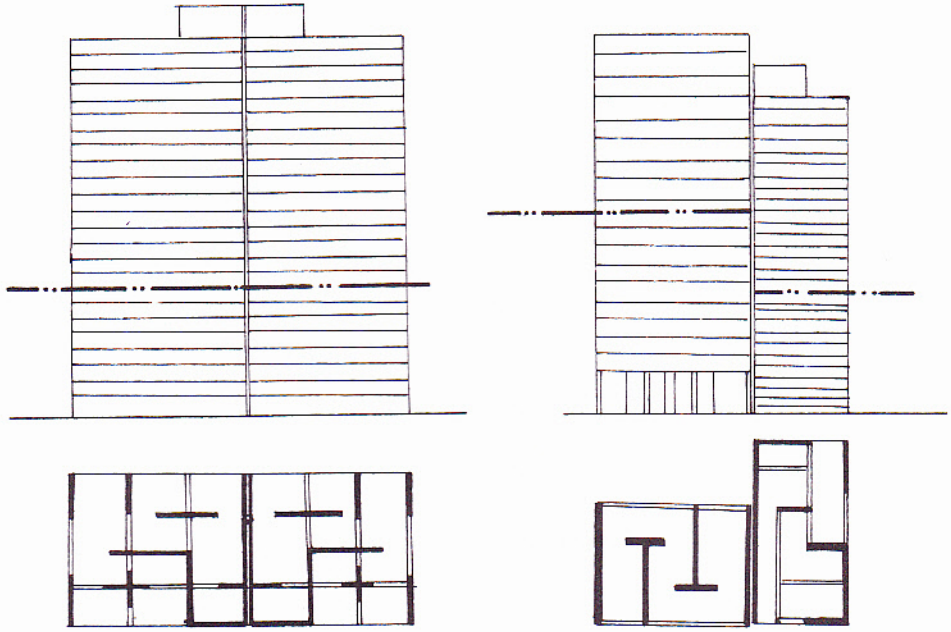
قد تكون الجدران المذكورة مصممة أو حاوية على فتحات ، وذلك بحسب الوظيفة المعمارية التي يؤديها الجدار . إلا أنه مما يذكر هنا ، أن الفتحات تزيد من تعقيد العمل الانشائي ، وخاصة في تلك الحالات التي تكون فيها هذه الفتحات غير متناظرة أو غير متكررة أو غير منتظمة . . .

مما يبسط طرق الحساب عند اختيار جدران القص ، أن تكون هذه الجدران ثابتة السهكة على كامل ارتفاع البناء المدروس ، أو على الأقل ثابتة ضمن طابق أو مجموعة من الطوابق ، بشكل لا يؤثر معه تغير السهكات على العطالات . كما يفضل أن تحقق الجدران ما أمكن التناظر في توزيعها ضمن المبنى بحيث تمنع الفتل الناجم عن القوى الأفقية .

يجري اختيار الجدران عادة بصورة تحقق المساواة في الاتجاهات الأربعة وبأطوال على المسقط الأفقي وسهكات ، تمنع معها التمدد أو التقلص الأفقي في السقف . والناجم عن إجهادات حرارية .

تستخدم جملة جدران القص في الأبنية السكنية وأبنية الفنادق التي لا يزيد عدد طوابقها عن (20-30) ، وفي أبنية المكاتب والأبنية الخدمية الأخرى التي لا يزيد عدد طوابقها عن (15-20) .



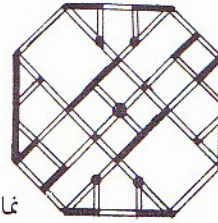
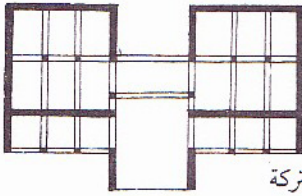
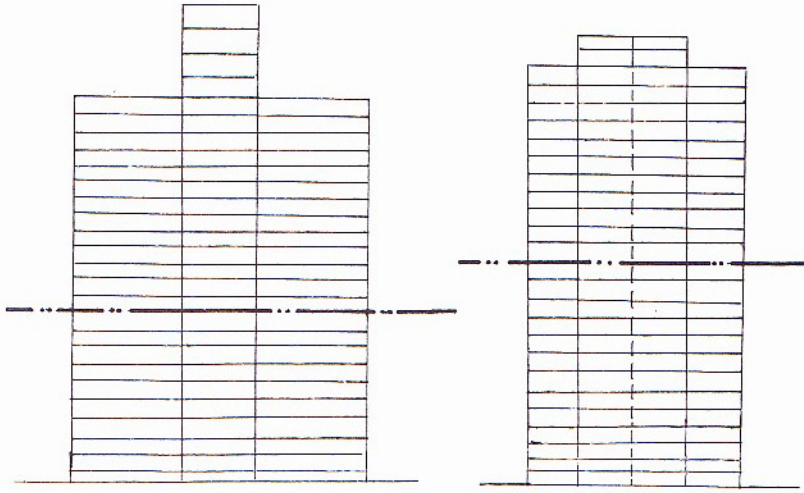


الشكل (٣-٣)

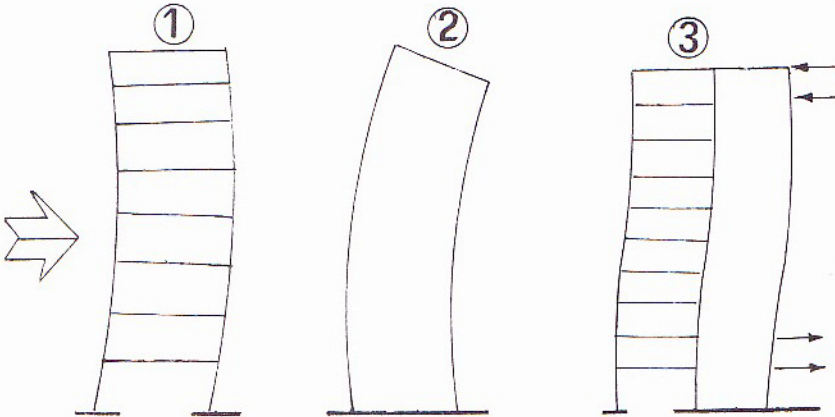
### ٣ - ٢ - ٣ النظم المشتركة :

وهي أنظمة الانشائية المكونة من جدران قص وإطارات معاً . ويؤدي هذا النظام حلاً اقتصادياً في الأبنية السكنية والفنادق التي لا يزيد ارتفاعها عن (30-60) طابقاً . في حين يعتبر عدد الطوابق الأعظمي في أبنية الخدمات الأخرى والمكاتب (20-35) .

يعود سبب اقتصادية مثل هذه الحلول إلى العمل المشترك الذي تقوم به كل من الاطارات والجدران في تحمل القوى الأفقية ، وبالتالي شكل التشوهات الناجمة عنها . إذا أن قساوة الجمل المختلطة يكون عموماً أكبر من قساوة أي من الجدران أو الاطارات بشكل منفرد ، مما يخفف من قيم التشوهات الحاصلة في الجمل المشتركة . والشكل (٣ - ٤) يوضح نماذج عن الجمل المختلطة ، كما يبين الكيفية التي تشوه فيها كل من الاطارات ، وجدران القص ، والجمل المختلطة بسبب القوى الأفقية .



نماذج للنظم المشتركة



أشكال التشوه

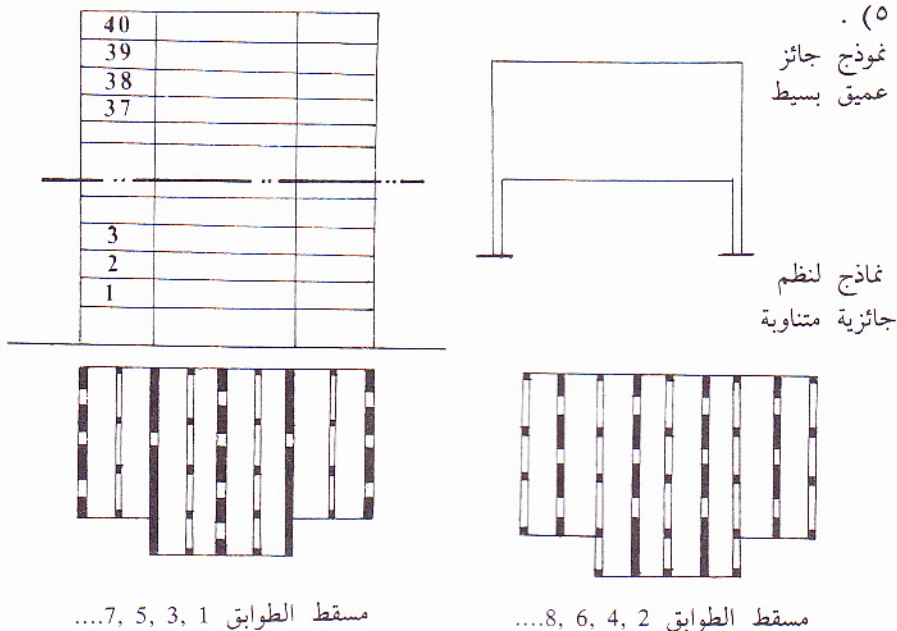
- 1- إطار منفرد
- 2- جدار منفرد
- 3- هيكل مشترك (إطار + جدار)

الشكل (٣-٤)

إن دراسة نماذج التشوهات للنظم الموضحة في الشكل (٣ - ٤) توضح لنا الكيفية التي من خلالها تخفف تشوهات الجملعة المشتركة ، حيث تم ذلك بأن تساهم الإطارات بشد الجدران باتجاه الدفع الأفقي في القسم السفلي من البناء ، على حين يحدث العكس تماماً في القسم العلوي منه ، وتجري هذه العملية بسبب الاختلاف الأساسي في شكل التشوه بين الجدران كجملعة . مستقلة ، والإطارات كجملعة مستقلة أيضاً .

### ٣ - ٢ - ٤ النظم الجائزية المتناوبة :

يعبر هذا النظام عن جملة من الجوائز العميقة (الجوائز الجدارية) الموزعة ضمن المبنى بشكل متناوب ، «كأن يتكرر بعض الجدران في الطوابق ذات الأرقام الفردية ، والبعض الآخر في الطوابق ذات الأرقام الزوجية» كما في الشكل (٣ - ٥) .



الشكل (٣ - ٥)

ويساوي ارتفاع كل جائز من الجوائز إلى ارتفاع الطابق الذي يحويه .  
 لوحظ من خلال الدراسات أن تشوهات الجوائز العميقة أقرب إلى تشوهات الجدران ، منها إلى تشوهات الاطارات ، لكون هذه الجوائز عناصر عالية

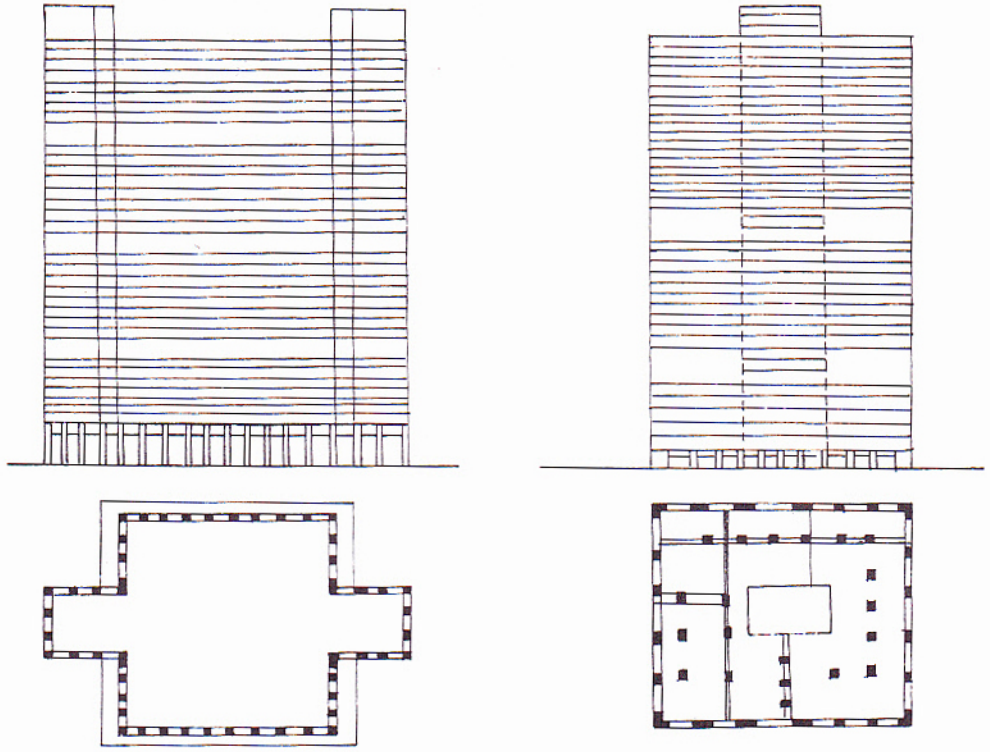
الصلابة . وقد نصادف بعض الجمل المختلطة الحاوية على إطارات ، وجوائز عميقة . أو جدران وجوائز عميقة .  
تصلح الجمل الجائزية للاستخدام في الابنية السكنية التي لا تزيد عن (40) طابق .

### ٣ - ٢ - ٥ أنظمة الأنبوب الأحادي :

الأنظمة الأنبوبية الأحادية هي نظام إنشائي مكون من أعمدة موزعة على محيط المبنى ككل بصورة تكون معها المسافات بين الأعمدة متقاربة ولا تتجاوز (3m) كحد أعظمي ،  
تستمر هذه الأعمدة على كافة طويق المبنى ، وتربط في كل طابق بجوائز محيطي يكون ارتفاعه كبير نسبياً ، بحيث تكون الوصلات (العقد) قادرة على تحمل القوى والعزوم المطبقة ، لذلك تدعى أيضاً بنظام الأنبوب الاطاري ، ويمثل هذا التشكيل أنبوب انشائي منفرد ومستمر .  
يُشبه هذا النظام بالجملة السابقة ، كما يمكن تشبيهه بجدران القص المفرغة .  
ويستخدم في الأبنية السكنية المؤلفة من (45-60) طابق ، وأبنية المكاتب التي لا يزيد عدد طوابقها عن (40-30) .

ومما يجدر ذكره في هذه الجملة ، أن بعضاً من الأعمدة الداخلية أو الجدران الموزعة والمستمرة داخل طوابق البناء المتكررة ، غالباً ما ينقطع استمرارها في الطابق الأرضي ، وذلك نتيجة لاستعمال هذا الطابق كمساحة خدمية للبناء (مرآب سيارات ، أو محلات تجارية ، أو صالات متعددة الاستعمال . . .) الأمر الذي يتطلب بأن يكون الجوائز الرابط أو المحيط بالأعمدة المحيطة في الطابق الأرضي كبير جداً ، فقد يصل في بعض الحالات إلى ارتفاعات تزيد عن (6m) بعرض يزيد عن (1m) .



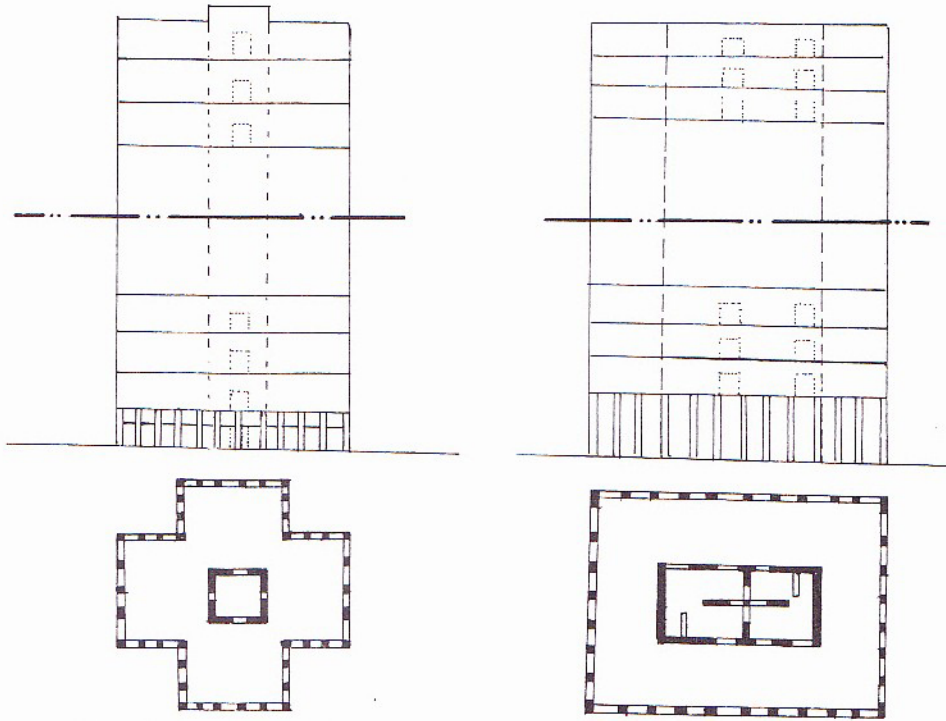


نماذج لنظام الأنبوب الأحادي  
الشكل (٦-٣)

٣ - ٢ - ٦ أنظمة الأنبوب الثنائي المتداخل :  
يشابه هذا النظام الجملة السابقة تماماً ، مع فارق واحد ، هو وجود أنبوب أو جملة داخلية تكون على الأغلب مركزية «في وسط البناء» ، بحيث تستخدم لتوزيع الخدمات في الطوابق .  
إذن فنظام الأنبوب الثنائي المتداخل ، ليس إلا جملة من الأعمدة المستمرة والمحيطه بالبناء ، ومربوطة بجوائز محيطية ذات صلابة كافية تشترك معها في تلقي الحمولات جملة داخلية أشبه بالنواة المركزية تكون عناصرها على الأغلب من الجوائز العميقة (أو الجدران المفرغة) .



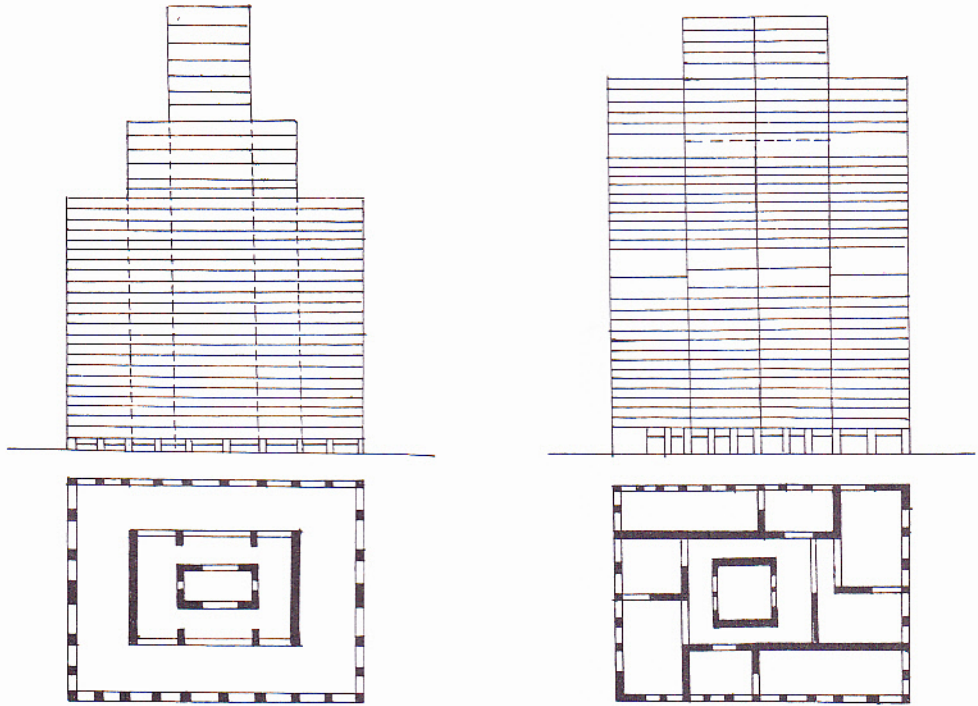
تستخدم هذه الجمل في المباني السكنية المؤلفة من (60-80) طابق ، أو في أبنية المكاتب التي يصل عدد الطوابق فيها إلى (50-60) .  
يوضح الشكل (٣ - ٧) بعض نماذج هذا النظام .



الشكل (٣ - ٧)  
نماذج لأنظمة الأنبوب الثنائي المتداخل

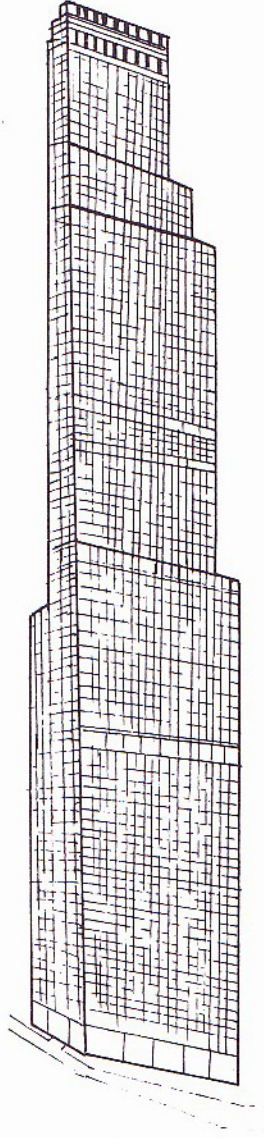
٣ - ٢ - ٧ أنظمة الأنابيب المتعددة :  
تستخدم في هذا النظام عدة جمل من الأنابيب الإطارية بشكل متداخل ، لتعطي هيكلًا انشائيًا يصلح لارتفاعات تصل إلى (120) طابق .

ويمثل الشكل التوضيحي (٣ - ٨) بعضاً لهذه النماذج . كما يبين الشكل (٣ - ٩) الشكل العام لبرج سيزر (Sears Tower) الواقع في ولاية شيكاغو بأمريكا ، والذي يعتبر أعلى بناء في العالم . إذ يبلغ ارتفاعه (442 m) وعدد طوابق (110) طابق . وهو مبني بجمل إنشائية متعددة الأنابيب .



الشكل (٣ - ٨) آ  
نماذج للأنظمة متعددة الأنابيب

\* إضافة للنظم الانشائية آنفة الذكر ، هناك كما ذكرنا جملاً أخرى . فقد يشترك نظام أو أكثر ليشكل جملة مختلطة .  
في المباني التي يزيد طوابقها عن (80 - 60) يصبح استخدام الهيكل المعدني ضرورة اقتصادية .  
الشكل (٣ - ٩)



من خلال إلقاء الضوء الموجز على الجمل  
أو النظم الانشائية السابقة. نستطيع اختيار  
إحداها بالاستعانة بالجدول (٣ - ١) بعد  
انجاز مرحلة الدراسات الأولية .

الشكل (٣-٨) ب

| النظام الانشائي المناسب وفقاً لنوع المبنى |             |        |             |          |             |             |             |              |             |             |             |             |             |
|---|-------------|--------|-------------|----------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| اسم النظام                                |             | اطارات |             | جدران قص |             | حزمة مشتركة |             | حزمة متناوبة |             | أنبوب أحادي |             | أنبوب ثنائي |             |
| عدد الطوابق في المبنى                     | ابنية سكنية | 15-20  | ابنية سكنية | 20-30    | ابنية سكنية | 30-60       | ابنية سكنية | 35-50        | ابنية سكنية | 45-65       | ابنية سكنية | 60-80       | ابنية سكنية |
| 100                                       |             |        |             |          |             |             |             |              |             |             |             |             |             |
| 90  |             |        |             |          |             |             |             |              |             |             |             |             |             |
| 80  |             |        |             |          |             |             |             |              |             |             |             |             |             |
| 70  |             |        |             |          |             |             |             |              |             |             |             |             |             |
| 60  |             |        |             |          |             |             |             |              |             |             |             |             |             |
| 50  |             |        |             |          |             |             |             |              |             |             |             |             |             |
| 40  |             |        |             |          |             |             |             |              |             |             |             |             |             |
| 30  |             |        |             |          |             |             |             |              |             |             |             |             |             |
| 20  |             |        |             |          |             |             |             |              |             |             |             |             |             |
| 10  |             |        |             |          |             |             |             |              |             |             |             |             |             |

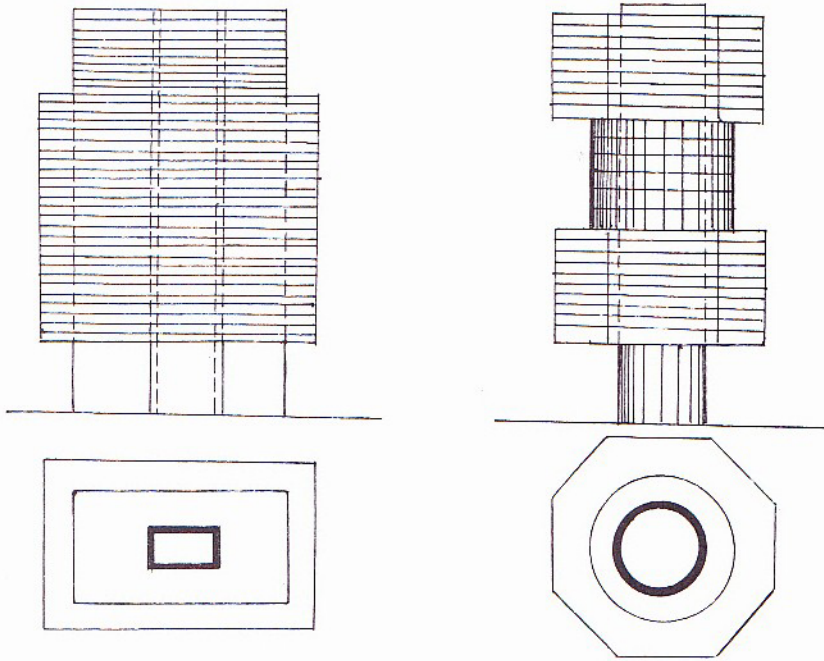
الجدول (٣ - ١)

### ٣ - ٣ النواة المركزية في الأبنية العالية :

في الحالات التي لا تسمح فيها الشروط المعمارية بإغلاق محيط المبنى (لسبب جمالي أو لسبب آخر) في الطابق الأول أو في الطابقين الأولين منه إغلاقاً كاملاً ، يلجأ الإنشائيون إلى رفع البناء ، وتحميله على عناصر إنشائية من الجدران المسلحة أو



غيرها ، بحيث تقع هذه العناصر داخل البناء ، لتشغل مساحة أصغر عند منسوب الأرض الطبيعية . تدعى مجموعة هذه العناصر الانشائية بالنواة المركزية . وإضافةً للدور الذي تلعبه هذه الجملة بإعطاء حجوم كبيرة من الفراغ المحيط بالبناء في أسفله ، فهي تساهم في منح شيء من الجمال المعماري لهذه المنشآت . يعتبر هذا النظام الانشائي من حيث التكاليف غير اقتصادي ، ويعود ذلك إلى الكيفية التي يتم من خلالها انتقال الحمولات الأفقية والشاقولية إلى الأساسات .



الشكل (٣ - ٩)

فالحمولات الأفقية ، والحمولات الشاقولية العائدة للجزء المعلق ، تنقل إلى العناصر الحاملة «الجدران» في النواة المركزية عن طريق جملة من العناصر الانشائية المساعدة كالشدادات . أما الحمولات الشاقولية المطبقة على المساحات المحدودة بمحيط النواة فتنتقل مباشرة إلى جدرانها ، لكون هذه العناصر تساهم باستناد البلاطات عليها .

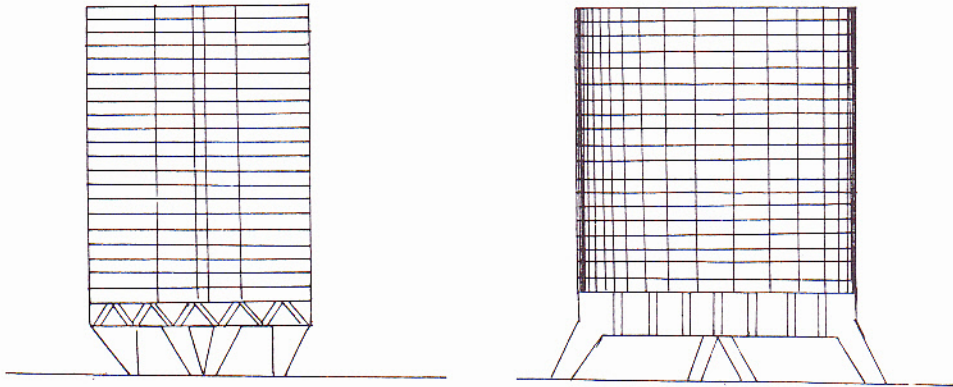


### ٣ - ٤ نقل الحمولات إلى الأساسات :

في المباني التي تتكرر فيها الجمل الإنشائية من الطابق الأرضي الأخير ، بحيث تستمر كافة الأعمدة وكذلك الجدران على كامل البناء ، لا يعاني الإنشائيون من قضايا نقل الحمولات إلى الأساسات ، فالاستمرار ييسر عمليات الحساب . أما ما يحدث في الأبنية العالية عموماً ، من حيث استخدام الطابق الأرضي بشكل مُغاير لاستخدام الطوابق الأخرى ، فقد يفرض بأن يتم رفع المبنى على أعمدة أو قد يلغى من الطابق الأرضي بعض الأعمدة أو بعض الجدران التي يستمر وجودها في بقية الطوابق . وهذا ما تتطلبه أيضاً حلول أنظمة الأنبوب الأحادي (راجع الفقرة ٣ - ٢ - ٥) ، الأمر الذي يؤدي إلى تعقيد طرق نقل الحمولات إلى الأساسات .

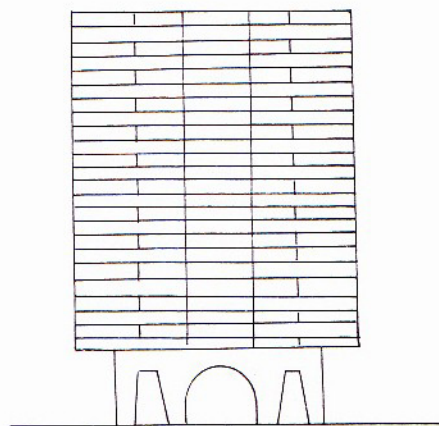
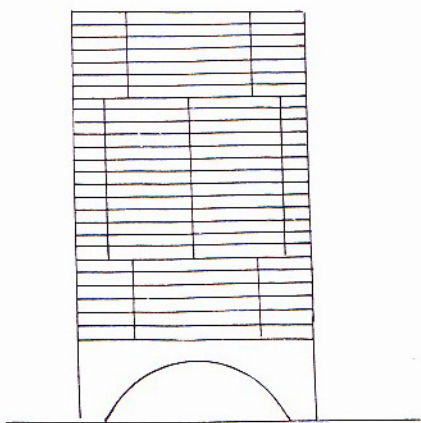
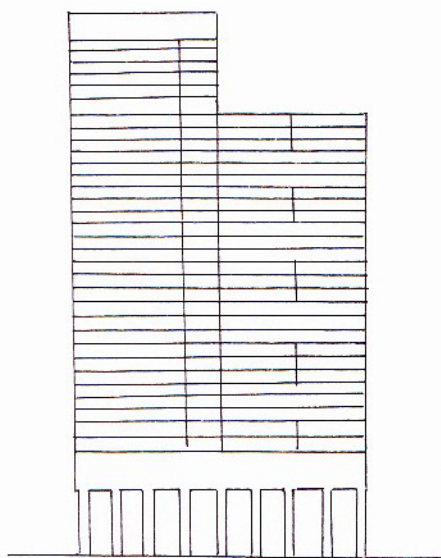
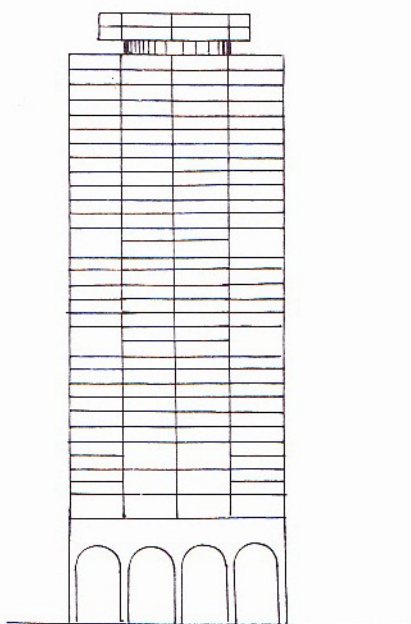
يتم تجاوز هذه القضية باستخدام جمل أو مجموعات إنشائية تساعد على عمليات النقل تلك تدعى بجمل النقل أو جمل التحويل ، يجري استخدامها في الطابق الأرضي من البناء .

تبعاً للمتطلبات المعمارية والاستثمارية ، فقد تكون جمل النقل من حيث عملها الإنشائي فراغية ، كالإطارات الفراغية ، أو مستوية ، كالأقواس والاطارات العادية ، أو الجدران أو خطية كمجموعات الأعمدة والجوائز المحيطية ، والشكل (٣ - ١٠) يبين نماذج عن جمل التحويل والنقل .



نماذج لأنظمة نقل الحمولات إلى الأساسات

الشكل (٣ - ١٠)



الشكل (٣ - ١٠)

### ٣- ٥ مقاومة الأبنية للزلازل والهزات الأرضية :

دلت الخبرات الناتجة عن مراقبة الأبنية التي سلكت سلوكاً مرضياً تحت تأثير الزلازل والهزات الأرضية ، على أن تلك المنشآت تتمتع بالخصائص التالية :

- ١ - إن الجدران غير الحاملة (القواطع) تتشقق .
- ٢ - المقاطع الحرجة لها قدرة كبيرة على المرونة ، وهذا يزيد من قدرتها على تحمل الطاقة الناجمة عن الاهتزاز .

٣ - هناك استجابات غير متوقعة من الاساسات للهزات الأرضية .  
ومن خلال ذلك فرضت الشروط الخاصة بتصميم المنشآت لمقاومة الزلازل . أو حتى الرياح أن تربط جميع عناصر المبنى بما فيها القواطع والواجهات والتزيينات بالهيكل الحامل (إطارات أو جدران) ، بحيث لا تنهار بشكل مستقل حين حدوث الهزات . وكذلك بالنسبة لربط الأساسات المنفردة بشبكة من الشبائن أو الشدادات ، بحيث تقاوم هذه العناصر قوى ضاغطة أو شادة محورية تساوي إلى (١٠٪) من حمولة الأساس الشاقولية .

تباين الآراء بشأن تصميم المنشآت لمقاومة الزلازل ، فالبعض يعتبر المنشآت صلبة والآخر يعتبرها مرنة . . . وهناك من يعتبرها حالة متوسطة بين الحالتين المذكورتين . إلا أن أبسط الحلول هو الذي ينطلق من التصميم المرن ، فالكود البريطاني (CP110) مثلاً يعتبر ما يلي :

١ - تصعد الحمولات الحية والميتة بنسبة (20%) لتلافي الحركة الشاقولية المتوقعة . أما الرفع الأفقي فيعتمد على تسارع الهزة الأرضية الذي يتراوح بين (1m/sec<sup>2</sup>) إلى (4m/sec<sup>2</sup>) تبعاً لنوع التربة .

٢ - للتخلص من الصدمات الناتجة عن الهزات ، يفترض أن هناك دفعاً أفقياً مقداره (10%) من كتلة البناء الذي لا يزيد ارتفاعه عن (16m) و(8%) من كتلة البناء للارتفاعات الأعلى ، وذلك بما فيها الحمولات الحية . وبذلك تعتبر قوة القص عند أي منسوب (8% أو 10%) من كتلة (وزن) البناء فوق هذا المنسوب .

٣ - تحسب عزوم الانعطاف في أعمدة الاطارات الحاملة كما في الفصل الرابع (حالات الرياح) . (114)

- يمكن حين الحاجة العودة إلى الكودات المختصة بحساب المنشآت لمقاومة الزلازل ، والتي نذكر منها مثلاً الكود الأمريكي (28 - 318). (ACI) .



## الفصل الرابع

### التحليل الإنشائي لهياكل الابنية العالية بطرق تقريبية

- ٤ - ١ مقدمة
- ٤ - ٢ توزيع حمولات الرياح على عناصر الهيكل الإنشائي
  - ٤ - ٢ - ١ طريقة مركز المرونة التقريبية .
  - ٤ - ٢ - ٢ طريقة القساوة .
- ٤ - ٣ تحليل النظم الاطارية الخاضعة للحمولات الشاقولية .
  - ٤ - ٣ - ١ الطريقة الاولى .
  - ٤ - ٣ - ٢ الطريقة الثانية .
  - ٤ - ٣ - ٣ الطريقة الثالثة .
- ٤ - ٤ تحليل النظم الاطارية الخاضعة للحمولات الأفقية .
  - ٤ - ٤ - ١ طريقة الاطارات التقريبية .
  - ٤ - ٤ - ٢ الطريقة الظرفية .
  - ٤ - ٤ - ٣ طريقة الظفر المعدلة .
  - ٤ - ٤ - ٤ الانتقال الأفقي الناجم عن الرياح .
- ٤ - ٥ التحليل الإنشائي لجدران القص الخاضعة للحمولات الأفقية :
  - ٤ - ٥ - ١ تصنيف جدران القص .
  - ٤ - ٥ - ٢ حساب جدران القص الحاوية على فتحات بطريقة الوسط المستمر .
- ٤ - ٦ التحليل الإنشائي للنظم المشتركة .





## الفصل الرابع

### التحليل الانشائي لهياكل الأبنية العالية بالطرق التقريبية

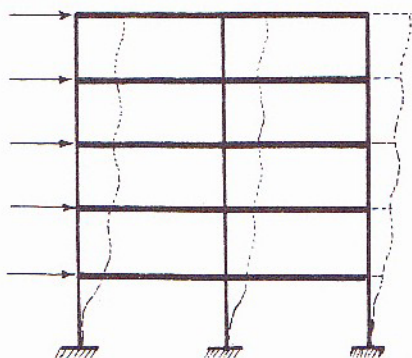
#### ٤ - ١ مقدمة :

من المعروف أن أشكال الحمولات التي تتعرض لها الأبنية العالية عديدة ومتنوعة ، فهناك الأوزان الشاقولية الدائمة والمؤقتة ، وكذلك الدفع الأفقي الناتج عن الزلازل أو الرياح ، إضافةً للحمولات الناتجة عن تغيرات الحرارة أو عن هبوط المساند . . . . . وإلى غير ذلك .

تتسبب هذه الحمولات بخلق حالات إجهادية مختلفة في عناصر الهيكل الانشائي تتجلى في عزوم الانعطاف أو عزوم الفتل أو قوى القص أو القوى المحورية . . . . . كما ويمكن أن تكون هذه الاجهادات بسيطة أو مركبة ، وفقاً لطبيعة عناصر الهيكل ولطرق ترابطها .

تهدف عملية التحليل الانشائي إلى إيجاد الاجهادات الداخلية في كل عنصر من الهيكل الانشائي وتحديد أشكال التشوهات والانزاحات والهبوطات من خلال حل المسائل المتعلقة بسلوك ذاك الهيكل تحت تأثير الحمولات المختلفة .

إن أي منشأ من الناحية الهندسية عبارة عن آلية مركبة تدعم مجموعة القوى المطبقة عليها في وضع معين متوازن ومستقر ، وبصورة عامة يعتبر المنشأ مستقراً إن أمكن له تأمين مقاومة تعاكس أية حركة وشيكة فيه . ويفترض أن التصميم الانشائي يجب أن يحقق هذا الاستقرار ، تحت تأثير كافة الحمولات . كما يجب بالضرورة أن يحقق المتانة والمقاومة الكافيتين لمقاطع عناصر الهيكل .



الشكل (٤ - ١)  
أحد أشكال تشوه الاطارات تحت تأثير  
الدفق الأفقي

تعتبر صفة الاستمرار في عناصر البيتون المسلح صفة مميزة لمنشآته ، فهي من أكثر العوامل تعقيداً ، إذ أنها تجعل من مجموعات تلك العناصر جملاً إنشائية غير مقررّة . الأمر الذي يؤدي إلى تعقيد طرق الحل والحساب ، والاضطرار إلى استخدام علاقات تفاضلية وتكاملات رياضية ، قد لا تتمكن الأعمال اليدوية من حلها في بعض الأحيان ، دون الاستعانة بالحاسب . فعمليات التحليل الانشائي في مثل هذه الحالات ، تحتاج لحسابات مطولة ومعقدة ، علاوة عن تكاليفها المرتفعة .

ومن ناحية أخرى ، لا تعتبر قوى الرياح فيما لو قورنت بالحمولات الشاقولية التي تتلقاها المنشآت ، ذات آثار كبيرة . لذلك يمكن القول بأنه يجوز الاستغناء عن طرق التحليل الدقيقة ، في تحليل قوى الرياح واعتماد الطرق التقريبية بحدٍ معقول ، وضمن شروط معينة .

نلاحظ على سبيل المثال أن قساوة العناصر المختلفة ، تشكل عاملاً هاماً في الحساب الانشائي . وقد نصادف بعضاً من الأبنية العالية الحاوية على جدران داخلية تزيد قساوتها بمقدار (300 %) أو أكثر عن قساوة المنشأ ككل ، من أجل مقاومة الرياح .

في حالاتٍ مشابهة للوضع المذكور ، تُهمل الطرق النظرية ، والحسابات التقريبية تأثير قساوات تلك الجدران بسبب صعوبة إجراءات الحل . ويبقى الطريق الوحيد لتعيين القساوات هو التجارب المخبرية التي تجرى على نموذج مصغر للبناء يجري اختباره في النفق الهوائي ، مما يرتب تكاليف باهظة على العمل .

مع هذه المعطيات نستنتج أن الطرق الكلاسيكية والطرق التقريبية تحافظ على أهميتها بشكل كبير في حساب تأثير الدفع الأفقي الناجم عن الرياح في الأبنية العالية .

إن الطرق التقريبية تعتمد على افتراضات تبسيطة كثيرة تساعد في الوصول الى نتائج مقبولة . فإهمال العمل الفراغي للجمل الانشائية واعتماد الجمل الخطية أو المستوية ، هو أحد الافتراضات التي تقترب من الدقة كلما اقتربت الجملة المدروسة من وضع التناظر هندسياً ورياضياً .

هذا وتقترب الطرق التقريبية من الدقة كلما كان السلوك الفعلي للمنشآت أقرب إلى الافتراضات التي تعتمد عليها تلك الطرق .

يساعد تناظر المنشأ حول محاور هندسية ومحاور مرونة (EI) في الحصول على نتائج أكثر دقة حين استخدام الطرق التقريبية للتحليل الانشائي . إذ يسمح هذا التناظر بأن نعتبر توزيع القوى الجانبية ، والاجهادات الناجمة عنها مسألة مستوية ، ويكون حينئذ السلوك الفعلي للهيكل ، قريب إلى حد لا بأس به من الافتراضات التي استندنا عليها عند الحساب بهذه الطرق .

#### ٤-٢ توزيع حمولات الرياح على عناصر الهيكل الانشائي :

عندما تؤثر حمولات الرياح على بناء ما ، فإن ردود الأفعال التي تقاوم بواسطتها عناصر الهيكل تلك الحمولات ، لا تكون متساوية القيمة عادة . ويعود ذلك إلى الاختلاف في أبعاد تلك العناصر ، ومرونتها أو قساوتها ، ويرجع هذا المفهوم رياضياً على النحو التالي :

إذا افترضنا أن الحمولة الأفقية المطبقة على مجموعة ما من العناصر عددها  $(1-2-3...i..n)$  هي  $(W)$  ، فإن أي عنصر مثل  $(i)$  سيقاوم نسبة من هذه الحمولة مقدارها  $(f_i \cdot w)$  . ونسمي  $(f_i)$  عندها بمعامل الصلابة النسبية لهذا العنصر . أي المعامل الذي يتبع قدرة العنصر  $(i)$  على مقاومة الحمولات المطبقة عليه ، بشكل يتوافق معه الانتقال الحاصل في هذا العنصر مع الانتقال في الهيكل كله ، الناتج عن تطبيق  $(W)$  عليه . لذلك نعرف الصلابة النسبية لعنصر كما يلي :

الصلابة النسبية للعنصر على القص ، هي مقدار القوة الأفقية التي تسمح بأن يتحرك هذا العنصر بحركة انتقال خطي بنفس منحى واتجاه القوة مقدارها  $(\Delta_0)$  . حيث  $(\Delta_0)$  هي واحدة الانتقالات .

الصلابة النسبية للعنصر على الانعطاف ، هي مقدار القوة الأفقية في مزدوجة تسمح بأن يدور هذا العنصر بزاوية مقدارها  $(\phi_0)$  . حيث  $(\phi_0)$  هي واحدة الدورانات .

إذن يمكن القول بشكل عام بأن صلابة العنصر النسبية ، هي مقدار القوة الأفقية التي تؤدي إلى انتقال أفقي أو دوران في العنصر مقداره (1) . نستطيع عند دراسة مجموعة من العناصر الانشائية الواقعة في منسوب أفقي واحد (طابق واحد) استبدال الصلابات النسبية للعناصر بعزوم عطالاتها شريطة تحقق ما يلي :

- ١ - أن تمتلك كافة العناصر في الطابق المدروس معامل مرونة واحد (E) .
- ٢ - لجميع العناصر نفس شروط الاستناد في الأعلى والأسفل .
- ٣ - تمتلك كافة العناصر نفس الارتفاع في الطابق المدروس . وتبعاً لافتراض تحقق هذه الشروط في الأبنية المدروسة ، ندرس الطريقة التالية في توزيع الحمولات الأفقية .

#### ٤-٢-١ طريقة مركز المرونة التقريبية :

وتسمى أيضاً بطريقة مركز الفتل أو مركز الدوران ، وتعتمد هذه الطريقة التقريبية على الأساسيات التالية :

- ١ - الشروط الثلاث المذكورة أعلاه محققة .
- ٢ - تعتبر مقاومات الجدران (العناصر الخطية) في الاتجاه القصير لمقاطعها معدومة . والحمولات الأفقية تطبق عليها في الاتجاه الطويل فقط .
- ٣ - لا تتشوه السقوف المستوية في الطوابق ، بسبب القوى الأفقية المطبقة عليها .
- قبل استعراض كيفية استخدام طريقة المرونة لا بد من التذكير بعزوم العطالة للأشكال المستوية :

أولاً : عزوم العطالة للأشكال المستوية :

- ١ - يعطى عزم العطالة لشكل مستو بالنسبة إلى محورين (x,y) واقعين في مستوي

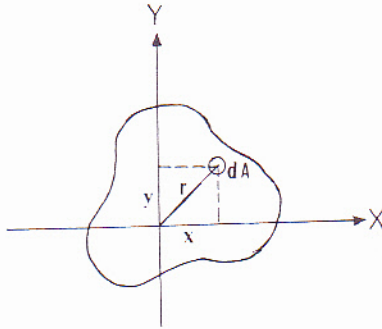


كما يلي :

$$(١ - \xi) \quad I_x = y^2 \cdot A$$

$$(٢ - \xi) \quad I_y = x^2 \cdot A$$

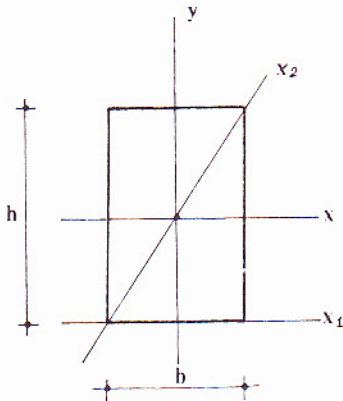
حيث (A) مساحة الشكل .



الشكل (٢ - ٤)

ومن أجل مستطيل أبعاده (b×h) يصبح عزم العطالة حول المحاور المارة

بمركز ثقله (الشكل ٢ - ٤)



الشكل (٣ - ٤)

$$(٣ - \xi) \quad I_x = \frac{bh^3}{12}$$

$$(٤ - \xi) \quad I_y = \frac{hb^3}{12}$$

- عزم عطالة المستطيل بالنسبة إلى قاعدته

$$(٥ - \xi) \quad I_{x1} = \frac{b \cdot h^3}{3}$$

- عزم عطالة المستطيل بالنسبة إلى قطره

$$(٦ - \xi) \quad I_{x2} = \frac{b^3 \cdot h^3}{6(b^2 + h^2)}$$

- عزم عطالة متوازي الأضلاع (ضلعاه b×h) بالنسبة إلى قاعدته

$$(٧ - \xi) \quad I_{x1} = \frac{bh^3}{3}$$

ويمكن الحصول على عزم عطالة أي شكل مستو بالنسبة إلى محور ما ،  
بتقسيم سطحه إلى شرائح . وضرب مساحة كل شريحة بمربع بعد مركز ثقلها على  
المحور المفروض .

٢ - يعطى نصف قطر العطالة لشكل ما بالعلاقة :

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} \quad (٨ - ٤)$$

حيث  $I$  = عزم العطالة و  $A$  = مساحة الشكل .

٣ - عزم العطالة القطبي :

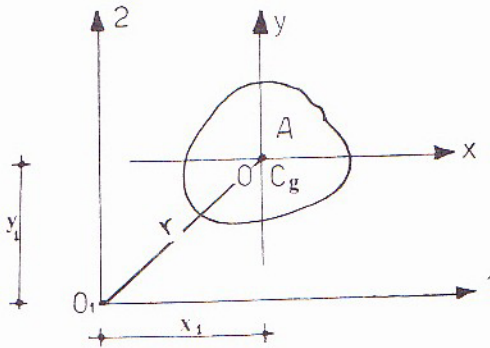
يسمى عزم عطالة شكل ما بالنسبة إلى محور متعامد مع مستويه بعزم العطالة

القطبي (J)

$$J = r^2.A = I_x + I_y \quad (٩ - ٤)$$

انظر الشكل (٢ - ٤)

٤ - عزم عطالة شكل ما حول محورين (1 و 2) موازيين للمحورين (x,y) المارين بمركز ثقله هو :



$$I_1 = I_x + A.y_1^2 \quad (١٠ - ٤)$$

$$I_2 = I_y + A.x_1^2 \quad (١١ - ٤)$$

حيث (A) مساحة الشكل :

(x1,y1) إحداثي مركز الثقل بالنسبة للمحورين (1,2) .

الشكل (٤ - ٤)

٥ - عزم العطالة حول محور عمودي على الشكل ومار من النقطة (O1) (أي حول محور موازي للمحور المار من مركز الثقل المتعامد مع مستو

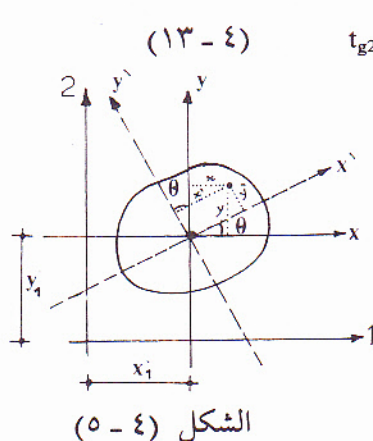
الشكل)

$$J_{O1} = J_0 + A.r^2 \quad (١٢ - ٤)$$

٦ - محورا العطالة الرئيسيين :

هما بالتعريف المحوران اللذان يكون عندهما عزمي العطالة (Iy,Ix)

بحدودهما الدنيا أو العظمى ، ويحددان بالعلاقة التي تعطي الزاوية ( $\theta$ ) كما يلي :



$$\tan 2\theta = \frac{2I_{xy}}{I_y - I_x}$$

حيث ( $I_{xy}$ ) جداء العطالة للسطح المدروس

$$(14-4) \quad I_{xy} = x \cdot y \cdot A$$

وفي الشكل (5-4) يعطى جداء العطالة حول المحورين (1,2) كما يلي :

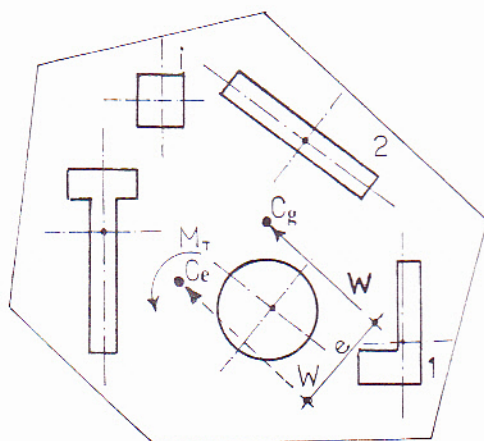
(14-4)

$$I_{12} = I_{xy} + x_1 \cdot y_1 \cdot A$$

١-٢-٤ طريقة مركز المرونة التقريبية في الحالة العامة :

يمثل الشكل (٦-٤) مجموعة من العناصر المختلفة التي تحقق الافتراضات الأساسية التي تعتمد عليها هذه الطريقة .

تتعرض هذه العناصر التي عددها (n) إلى قوة أفقية (W) مطبقة في مركز ما ( $C_g$ ) .



الشكل (٦-٤)

ونظراً لاختلاف عزوم عطالات هذه العناصر حول محاورها في الاتجاه القصير ، والمارة من مراكز ثقلها . فإن الحمولة (W) ستؤدي إلى دوران هذه الجملة حول محور واحد عمودي على الشكل المبين ( $C_e$ ) إضافة إلى انتقال أفقي ( $\Delta$ ) . وتسمى النقطة ( $C_e$ ) المار منها المحور المذكور بمركز دوران المجموعة . أو بمركز المرونة لها .

إن دوران هذه الجملة يسبب عزم فتل مقداره :

$$M_r = W.e \quad (٤ - ١٥)$$

يؤثر على كافة العناصر بسبب عدم تطابق مركز تطبيق الحمولة ( $C_g$ ) مع المركز المذكور ( $C_e$ ) . حيث (e) هي المسافة العمودية بين النقطة ( $C_e$ ) وامتداد منحنى القوة (W) .

بإمكاننا إذن اعتبار أن الحمولة (W) مطبقة في المركز ( $C_e$ ) . ويرافقها عزم الفتل ( $M_T$ ) . وعندئذ سيؤثر وضع التحميل هذا على كافة عناصر المجموعة كما يلي :

\* إذا اعتبرنا مستويًا (كالطابق الأسفل عن الطابق المدرس) منسوب للمقارنة ، فإن الجملة ستتحرك بانتقال نسبي (نسبة لمستوى المقارنة) مقداره ( $\Delta$ ) بسبب تطبيق (W) في ( $C_e$ ) . وستدور بزاوية ( $\phi$ ) ، باتجاه تأثير العزم ( $M_T$ ) المطبق في ( $C_e$ ) .

ونتيجة لذلك ، فإن أي عنصر مثل (i) من عناصر المجموعة ، سيتلقى أو سيقاوم نسبة من الحمولة (W) المطبقة أصلاً في ( $C_g$ ) مقدارها ( $W_i = f_i \cdot W$ ) ، حيث سنسمي ( $f_i$ ) هنا بمعامل توزيع الحمولة .

\* ملاحظة هامة : تعتبر العناصر المدروسة مصممة ولا تحتوي على فتحات .

حينما يعتبر تطبيق الحمولة (W) في المركز ( $C_e$ ) بمرافقة عزم الفعل ( $M_T$ ) ، يبسط مفهوم معامل توزيع الحمولة ( $f_i$ ) ، حيث يمكن أن نكتب :

$$f_i = \alpha_i + \beta_i$$

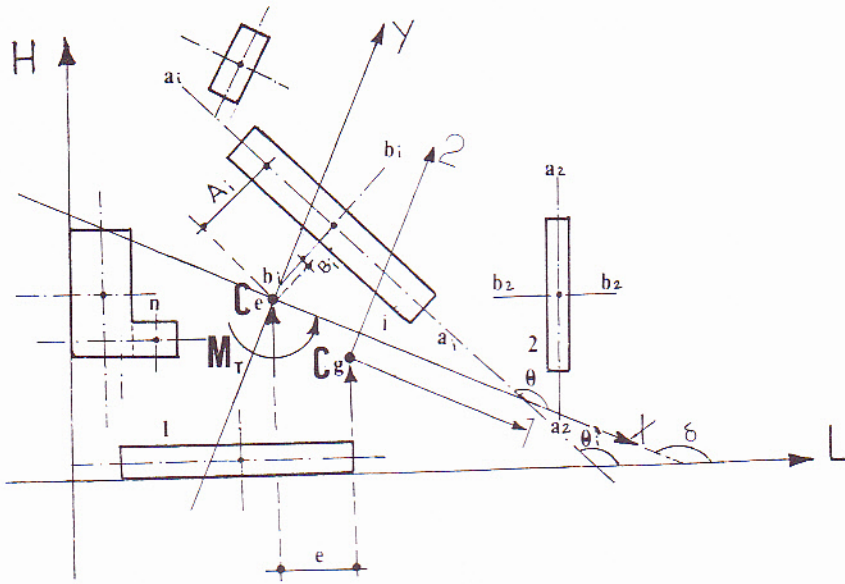
$\alpha_i$  = معامل توزيع الحمولة الناتج عن انسحاب الجملة بسبب تطبيق (W) في ( $C_e$ ) .

$\beta_i$  = معامل توزيع الحمولة الناتج عن دوران الجملة بسبب تطبيق ( $M_T$ ) في ( $C_e$ ).

وبالتالي يكون نصيب العنصر المدروس (i) من الحمولة الكلية ( $W$ ) المطبقة على الجملة كاملة :

$$W_i = \alpha_i \cdot W + \beta_i \cdot W \quad (٤ - ١٦)$$

\* توجز خطوات العمل بطريقة مركز المرونة لتوزيع الحملات الأفقية على العناصر الشاقولية للجملة الانشائية كما يلي : (انظر الشكل ٤ - ٧) .



الشكل (٤ - ٧)

١ - يجري حساب عزوم العطالات (المستبدلة بالصلابات النسبية) لكل عنصر على حدة حول محوري العطالة الرئيسيين (aa-bb) لهذا العنصر ، ( $I_a-I_b$ ) .

٢ - نختار جملة محاور إحداثية اعتباطية لمجموعة العناصر بغية تسهيل عمليات الحساب (ولتكن (LL-HH) .

٣ - نحسب عزوم العطالات المائلة لعناصر الجملة بالنسبة للمحاور الاعتباطية (LL-HH) ، فمن أجل عنصر (i) يكون :



$$(١٧ - \epsilon) \quad I_{Li} = I_{ai} \cdot \cos^2 \theta_i + I_{bi} \sin^2 \theta_i$$

$$(١٨ - \epsilon) \quad I_{Hi} = I_{ai} \cdot \sin^2 \theta_i + I_{bi} \cdot \cos^2 \theta_i$$

حيث  $(\theta_i)$  الزاوية التي يصنعها المحور الرئيسي  $(a_i, b_i)$  للعنصر مع المحور (LL).

ولهذه العطالات مركبات حول كل من (HH و LL) تعطى كما يلي :

$$(١٩ - \epsilon) \quad (I_{LH})_i = (I_{ai} - I_{bi}) \sin \theta_i \cdot \cos \theta_i$$

وهي تساوي الصفر في الحالات التي تكون فيها المقاطع العرضية للعناصر متناظرة حول محورها الأساسيين (aa-bb) ، أو في الحالات التي ينطبق فيها المحورين المذكورين مع محوري العطالة الرئيسيين للجملة . كما أنه في العناصر الخطية نستطيع إهمال قيمة  $(I_{bi})$  وبالتالي تصبح كافة حدود العلاقات الحاوية على عزم العطالة هذا مساوية للصفر .

ويكون مجموع هذه القيم للجملة المدروسة ككل :

$$(١ - ١٧ - \epsilon) \quad I_L = \sum_{i=1}^n I_{Li}$$

$$(١ - ١٨ - \epsilon) \quad I_H = \sum_{i=1}^n I_{Hi}$$

$$(١ - ١٩ - \epsilon) \quad I_{LH} = \sum_{i=1}^n (I_{LH})_i$$

٤ - تعيين إحداثيات مركز مرونة الجملة في الحالة العامة كما يلي :

$$(٢٠ - \epsilon) \quad L_c = \frac{I_{LH} \sum_{i=1}^n I_{Li} \cdot H_i - I_{Li} \sum_{i=1}^n I_{Hi} \cdot L_i}{I_L \cdot I_H - I_{LH}^2}$$

$$(٢١ - \epsilon) \quad H_c = \frac{I_{Hi} \sum_{i=1}^n I_{Li} \cdot H_i - I_{LH} \sum_{i=1}^n I_{Hi} \cdot L_i}{I_L \cdot I_H - I_{LH}^2}$$

وتحدد بعد ذلك جملة محاور العطالة الرئيسية (xx-yy) لمجموعة العناصر ككل.

٥ - تحسب الصلايات المائلة بالنسبة لهذه المحاور الجديدة كما في العلاقات (١٧ - ٤) و (١٨ - ٤) و (١٨ - ٤) مع الانتباه بأن الزاوية  $(\theta_i)$  تستبدل  $(\theta_i)$  وهي الزاوية التي يشكلها المحور الرئيسي (a-a) للعنصر المدروس مع المحور (x-x) .

٦ - تحسب القوى الجزئية التي يتحملها كل عنصر كما يلي :

$$\begin{aligned} W_{ia} &= (W_{wi} + W_{MTi})a \\ W_{ib} &= (W_{wi} + W_{MTi})b \end{aligned}$$

حيث :

$(W_{wi})a$  = النسبة من القوة الكلية التي يتحملها عنصر (i) بالاتجاه  $(a_i - a_i)$  بسبب تطبيق الحمولة الكلية (W) في المركز  $(C_e)$  .  
 $(W_{wi})b$  = النسبة من القوة الكلية (W) التي يتحملها العنصر (i) في الاتجاه  $(b_i - b_i)$  بسبب تطبيق الحمولة (W) في  $(C_e)$  .  
 $(W_{MTi})a$  = النسبة من القوة الكلية (W) التي يتحملها العنصر (i) في الاتجاه  $(a_i - a_i)$  بسبب تطبيق العزم  $(M_T)$  في  $(C_e)$  .  
 $(W_{MTi})b$  = النسبة من القوة الكلية (W) التي يتحملها العنصر (i) في الاتجاه  $(b_i - b_i)$  بسبب تطبيق العزم  $(M_T)$  في  $(C_e)$  .

وتبسيطاً للحساب فإن هذه القوة الأربعة تعطى بالعلاقات التالية في الحالة العامة ، من أجل عنصر (i) :

$$(W_{wi})a = \frac{I_{ai}}{I_x} W_x \cdot \cos \theta_i + \frac{I_{ai}}{I_y} W_y \cdot \sin \theta_i \quad (٢٣ - ٤)$$

$$(W_{wi})b = \frac{I_{bi}}{I_x} W_x \cdot \sin \theta_i + \frac{I_{bi}}{I_y} W_y \cdot \cos \theta_i \quad (٢٤ - ٤)$$

$$(W_{MTi})a = \frac{I_{ai}}{J} A_i \cdot M_T \quad (٢٥ - ٤)$$

$$(W_{MTi})b = \frac{I_{bi}}{J} B_i \cdot M_T \quad (٢٦ - ٤)$$

وبشكل نهائي تصبح بالتالي العلاقتان (٢١ - ٤) و (٢٢ - ٤) كما يلي :

$$W_{wia} = \left( \frac{I_{ai}}{I_x} W_x \cdot \cos \theta_i + \frac{I_{ai}}{I_y} W_y \cdot \sin \theta_i \right) + \left( \frac{I_{ai}}{J} A_i \cdot M_T \right) \quad (٢٧ - ٤)$$

$$W_{wib} = \left( \frac{I_{bi}}{I_x} \cdot W_x \cdot \sin \theta_i + \frac{I_{by}}{I_y} \cdot W_y \cdot \cos \theta_i \right) + \left( \frac{I_{by}}{J} \cdot B_i \cdot M_T \right) \quad (28 - \epsilon)$$

حيث :

$I_{ai}$  = عزم عطالة العنصر (i) حول المحور (ai-ai)  
 $I_x$  = عزم عطالة مجموعة العناصر حول المحور الرئيسي (x-x) (عطالة مائلة)  
 $W_x$  = مركبة الحمولة (W) على المحور (X - X) .  
 $\theta_i$  = الزاوية الحاصلة بين المحور الرئيسي (X-X) والمحور (ai-ai) للعنصر المعتبر (i) .  
 $I_y$  = عزم عطالة مجموعة العناصر حول المحور الرئيسي (y-y) .  
 $J$  = عزم العطالة القطبي لمجموعة العناصر حول المحور العمود على المستوي المدروس والمار من مركز الدوران ( $C_e$ ) . والمعطى بالعلاقة التالية :

$$J = \sum_{i=1}^n (I_{ai} \cdot A^2 + I_{bi} \cdot B^2) \quad (29 - \epsilon)$$

انظر العلاقة (4 - 12) .

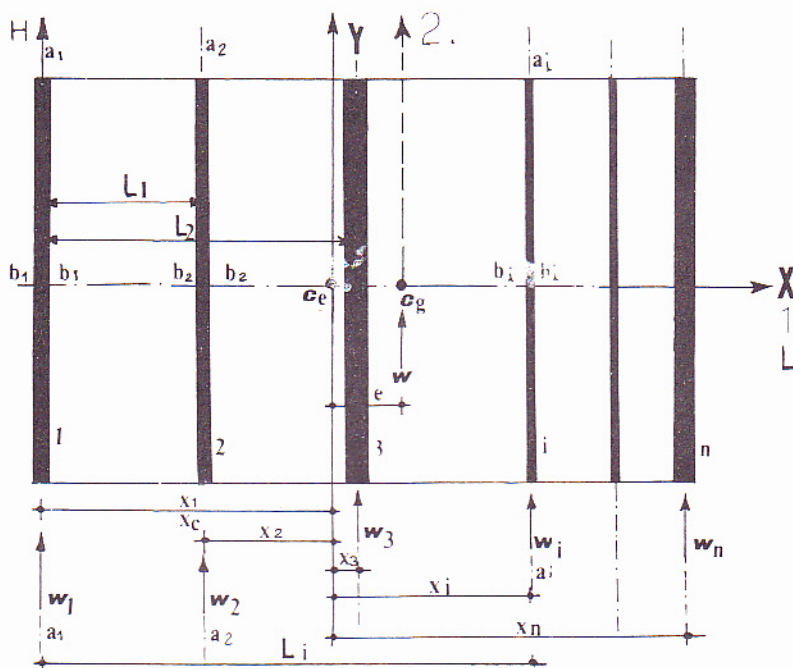
$A_i$  = المسافة العمودية بين المركز ( $C_e$ ) ، وامتداد المحور (ai-ai) للعنصر المدروس .  
 $I_{bi}$  = عزم عطالة العنصر (i) حول المحور (bi-bi) .  
 $B_i$  = المسافة العمودية بين المركز ( $C_e$ ) وامتداد المحور (bi-bi) للعنصر المدروس .  
 $W_y$  = مركبة الحمولة (W) على المحور (Y-Y) .  
 $n$  = عدد العناصر الشاقولية في المستوي المدروس .  
 مع ملاحظة أن عزم الفتل ( $M_T=0$ ) عندما ينطبق المركزان ( $C_g, C_e$ ) .

\* تعتبر الحالات السائدة ، والأكثر وروداً في معظم الأبنية ، هي تلك التي تكون فيها محاور العطالة الرئيسية لكافة العناصر (aa-bb) متوازية فيما بينها . ورغم أن هذه الحالات ، تعتبر حالات خاصة من الحالة العامة ، غير أنها توضح طرق تطبيق هذه الطريقة بالشكل المبسط لها . لذلك نستعرض بعض الحالات الخاصة :

٤-٢-١-٢ طريقة مركز المرونة في الحالات الخاصة :

\* الحالة الأولى - جدران مستقلة متوازية :

يبين الشكل (٤ - ٨) إحدى الحالات الخاصة لجملة إنشائية لطابق في بناء عالٍ تمر مراكز ثقل جميع العناصر فيها بالمحور الأفقي (X - X) .  
طبقت على هذا الطابق الحاوي لمجموعة العناصر حمولة أفقية قدرها (W) في مركز الطابق (C<sub>g</sub>) .  
والمطلوب إيجاد كيفية توزيع هذه القوة على عناصر المجموعة .



الشكل (٤ - ٨) .

- إذا اعتبرنا الآن أن (C<sub>e</sub>) هو مركز دوران المجموعة ، واعتبرنا أن (LL- HH) جملة محاور إحداثية اعتبارية ، فإن إحداثيات هذا المركز بالنسبة لهذه المحاور يحسب كما يلي :

$$L_{ce} = \frac{\sum_{i=1}^n I_{ai} \cdot L_i}{\sum_{i=1}^n I_{ai}}$$

(٣٠ - ٤)

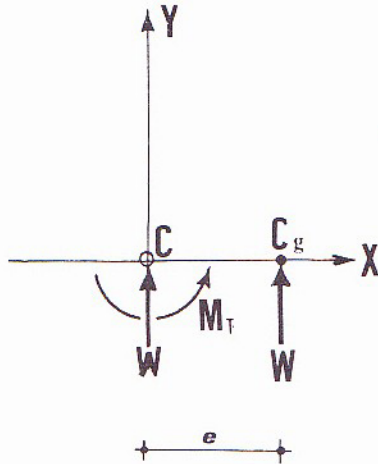
$$H_{ce}=O$$

حيث ( $I_{ai}$ ) عزم عطالة العنصر (i) حول المحور (b-b) (أو في الاتجاه a-a) .

$$I_{ai} = \frac{b_i \cdot h_i^3}{12}$$

حيث ( $b_i$ ) عرض الجدار (i) و ( $h_i$ ) طول الجدار (i) .  
 $L_i =$  إحداثي الجدار (i) بالنسبة للمحور (H-H) .

تعتبر جملة المحاور (XX-YY) جملة محاور عطالة رئيسية للجملة كاملة .  
 فإذا اعتبرنا جملة محاور إحداثية جديدة مساعدة (11-22) ، مارة من ( $C_g$ ) ،  
 فيمكننا حينئذ تعيين المسافة ( $e$ ) بين ( $C_e, C_a$ ) .  
 نفترض بعد ذلك أن الحمولة ( $W$ ) مطبقة في مركز مرونة المجموعة ( $C_e$ ) ويرافقها  
 عزم فتل قدره  $M_T = W \cdot e$



- تحسب قيمة الحمولة الجزئية التي يتحملها  
 جدار مثل (i) من العلاقتين (٢٧ - ٤)  
 و (٢٨ - ٤) أو من العلاقة (١٦ - ٤) :

$$W_i = W_{wi} + W_{MTi}$$

والتي تؤول في هذه الحالة الى الصيغة  
 التالية :

$$W_i = \left( \frac{I_{xi}}{\sum_{i=1}^n I_{xi}} \cdot W \right) + \frac{I_{xi} \cdot X_i}{J} \cdot e \cdot W$$

(٣١ - ٤)

الشكل (٩ - ٤)

$$(٣٢ - ٤) \quad W_i = \alpha_{iW} + \beta_i W$$

ومما يجدر ذكره أن قيمة معامل التوزيع ( $\beta$ ) قد يأخذ إشارة موجبة أو سالبة  
 وذلك تبعاً لاتجاه المزدوجة ( $M_T$ ) .



حيث :

$$e.w = M_T$$

$J =$  عزم العطالة القطبي لمجموعة العناصر حول المحور العمودي على (Ce) :

$$J = \sum_{i=1}^n I_{xi} \cdot Xi^2 \quad (٣٣ - ٤)$$

\* تطبيق عددي :

- توضيح الجملة المبينة في الشكل (٤ - ١٠) مسقطاً لطابق في بناء عالٍ ، يتلقى حمولة أفقية مقدارها (W=140 Tons) ، مطبقة في مركز ثقل الطابق (Cg) .  
يطلب حساب نصيب كل جدار من هذه الحمولة ، علماً بأن أطوال الجدران ثابتة ومتساوية (h=8m) . وعرضها كما يلي :

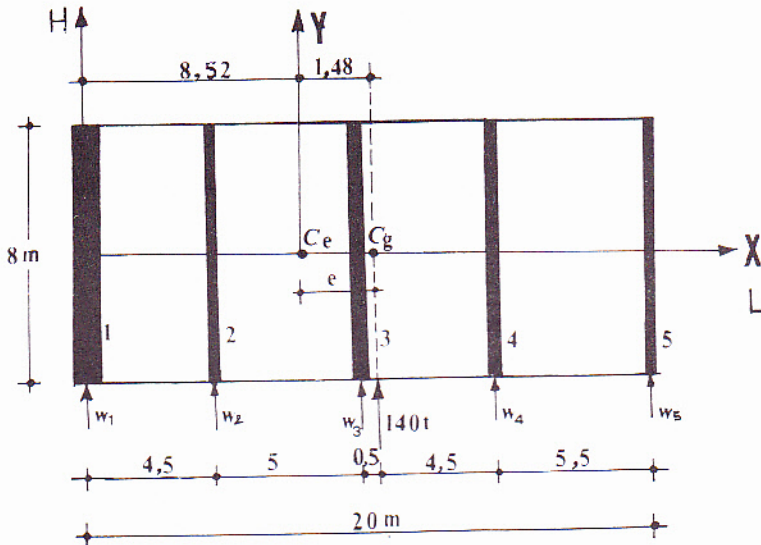
$$b_1=0,30 \text{ m}$$

$$b_2=0,15 \text{ m}$$

$$b_3=0,25 \text{ m}$$

$$b_4=0,20 \text{ m}$$

$$b_5=0,15 \text{ m}$$



الشكل (٤ - ١٠)

- الحل :  
يُعتبر أولاً أن الجدران في الاتجاه (b-b) لا تأخذ أية حولة . أما من أجل الاتجاه الآخر ، فنعين موقع مركز دوران المجموعة (C<sub>c</sub>) من العلاقة (٤ - ٩) .  
وقبل ذلك نحسب عزوم عطالات الجدران حول المحور (b-b) (أي باتجاه a-a) :

$$I_{ai} = \frac{b_i \cdot h_i^3}{12}$$

$$I_{a1} = 0,3 \cdot \frac{(8)^3}{12} = 12,8 \text{ m}^4$$

$$I_{a2} = 6,4 \text{ m}^4$$

$$I_{a3} = 10,7 \text{ m}^4$$

$$I_{a4} = 8,5 \text{ m}^4$$

$$I_{a5} = 6,4 \text{ m}^4$$

$$\sum_{i=1}^5 I_{ai} = 44,8 \text{ m}^4$$

$$L_{ce} = \frac{\sum_{i=1}^5 I_{ai} \cdot L_i}{\sum_{i=1}^5 I_{ai}}$$

$$L_{ce} = \frac{1}{44,8} (0 + 6,4 \times 4,5 + 10,7 \times 9,5 + 8,5 \times 14,5 + 6,4 \times 20)$$

$$L_{ce} = \frac{381,7}{44,8} = 8,52 \text{ m}$$

- نحسب قيمة (e) كما يلي :

$$e = 10 - 8,52 = 1,48 \text{ m}$$

- نحسب عزم العطالة القطبي :

$$J = \sum_{i=1}^5 I_{xi} \cdot X_i^2 = 12,8(-8,52)^2 + 6,4(-4,02)^2 + 10,7(0,98)^2 + 8,5(5,98)^2 + 6,4(11,48)^2 = 2190 \text{ m}^6$$

وتكون حصة كل جدار من القوى الأفقية كما يلي :

$$W_{wi} = \frac{I_{xi}}{\sum_{i=1}^5 I_{xi}} \cdot W : \text{ (ce) في المركز}$$

$$W_{w1} = \frac{12,8}{44,8} \times 140 = 0,286 \times 140 = 40 \text{ T}$$

$$W_{w2} = \frac{6,4}{44,8} \times 140 = 0,143 \times 140 = 20 \text{ T}$$

$$W_{w3} = \frac{10,7}{44,8} \times 140 = 0,239 \times 140 = 33 \text{ T}$$

$$W_{w4} = \frac{8,5}{44,8} \times 140 = 0,189 \times 140 = 27 \text{ T}$$

$$W_{w5} = \frac{6,4}{44,8} \times 140 = 0,143 \times 140 = 20 \text{ T}$$

ومن الملاحظ أن  $W = \sum W_{wi}$  ، ذلك لأن :

$$\sum \alpha = 0,286 + 0,143 + 0,239 + 0,189 + 0,143 = 1,000$$

٢ - بسبب تطبيق  $(M_T)$  في المركز (Ce) :

$$(W_{MT})_i = \frac{I_{xi} \cdot X_i}{J} \cdot M_T$$

$$M_T = 140 \times 8,52 = 1193 \text{ m.T} \Rightarrow$$

$$(W_{MT})_1 = -59 \text{ T}$$

$$(W_{MT})_2 = -14 \text{ T}$$

$$(W_{MT})_3 = +6 \text{ T}$$

$$(W_{MT})_4 = +27 \text{ T}$$

$$(W_{MT})_5 = +40 \text{ T}$$

٣- تكون القوى الاجمالية الموزعة على الجدران كما يلي :

$$W_1 = 40 - 59 = -19 \text{ T}$$

$$W_2 = 20 - 14 = +6 \text{ T}$$

$$W_3 = 33 + 6 = +39 \text{ T}$$

$$W_4 = 27 + 27 = +54 \text{ T}$$

$$W_5 = 20 + 40 = +60 \text{ T}$$

$$\sum W_i = 140 \text{ T}$$

- القوة ( $W_1$ ) سالبة ، لذلك يُعتبر إتجاهها بعكس اتجاه ( $W$ ) .

\* الحالة الثانية : الجدران مستقلة وبعضها مائل :

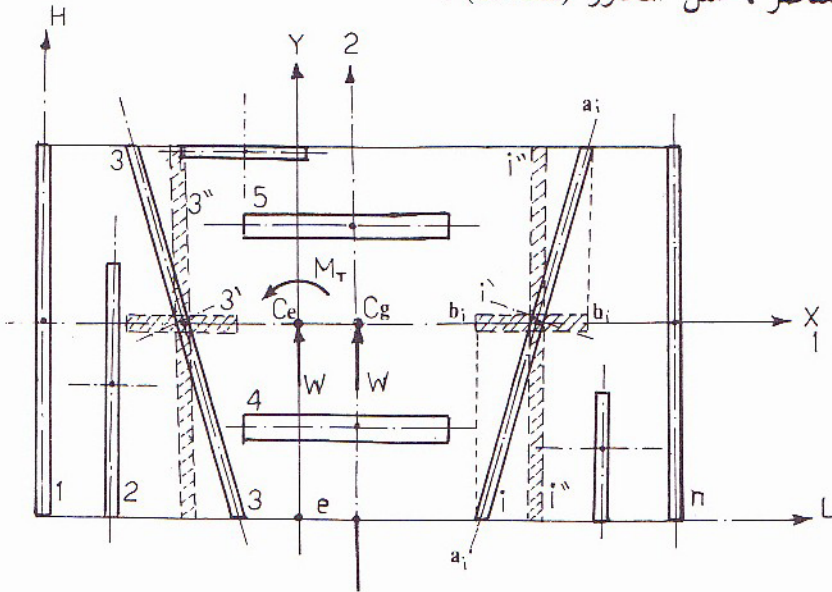
الشكل (٤ - ١١) يبين مسقطاً لبناء عالٍ ، يضم جدران أفقية وشاقولية ومائلة

ويتعرض لحمولة أفقية مقدارها ( $W$ ) . مطبقة في مركز الطابق ( $C_g$ ) .

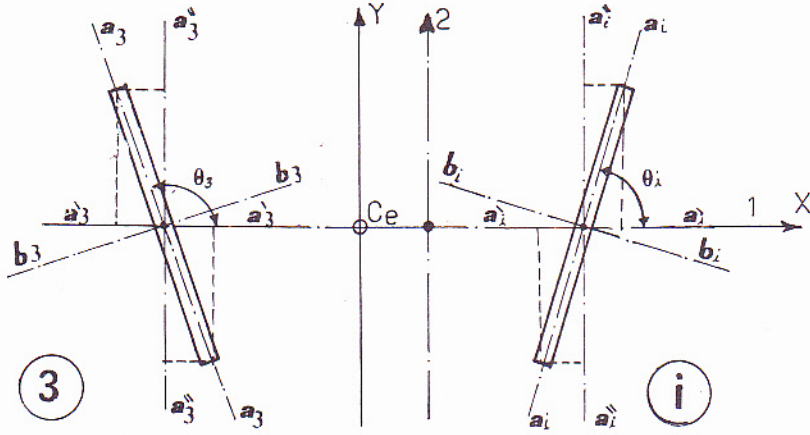
توزع الحمولة ( $W$ ) على عناصر المجموعة وفقاً لما يلي :

١ - نعتد جملة محاور إحداثية اعتباطية موازية لأكبر عدد من محاور العطالة الرئيسية

للعناصر ، مثل المحاور (LL-HH) .



الشكل (٤ - ١١) آ



الشكل (٤ - ١١) ب

٢ - تستبدل العناصر المائلة بمساقطها الأفقية والشاقولية ، بصورة يبقى معها لكل جدار مائل أو لمسقطه الأفقي أو الشاقولي مركز الثقل نفسه . وبحيث تصبح جميع عناصر الجملة أفقية أو شاقولية . مما يجعل كافة المحاور الأساسية لعطالات جميع العناصر متوازية فيما بينها وموازية لجملة الاحداثيات الاعتبارية .  
مع الإشارة إلى أن هذا قد يؤدي إلى حدوث أخطاء في النتائج النهائية لا تزيد عن (10%) .

٣ - تحسب بعدئذ عزوم عطالات الجدران ، مع الانتباه بأنه بالنسبة للجدران المائلة يكون :

$$(Li')_X = I_a \cos^2 \theta_i + I_b \sin^2 \theta_i \quad (٤ - ٣٤)$$

$$(Li'')_Y = I_a \sin^2 \theta_i + I_b \cos^2 \theta_i \quad (٤ - ٣٥)$$

- على أن تهمل الصلاطات بالاتجاهات الصغيرة للجدران الخطية .
- ٤ - تحدد إحداثيات مركز المرونة (Ce) بالنسبة للمحاور الاعتبارية (HH-LL) .  
حيث تعين بعدها المحاور الرئيسية لمجموعة العناصر .
- ٥ - تطبق العلاقتان (٤ - ٢٧) و (٤ - ٢٨) لإيجاد الحمولة الجزئية على كل عنصر .
- \* تطبيق عددي :



يطلب حساب الحمولات التي يتلقاها كل جدار من الجدران الموضحة في الشكل (٤-١٢) ، والتي تتعرض إلى حمولة أفقية إجمالية مقدارها  $(W = 150T)$  مع العلم بأن أبعاد الجدران هي :

$$b_1 = b'_1 = 0,20 \text{ m}$$

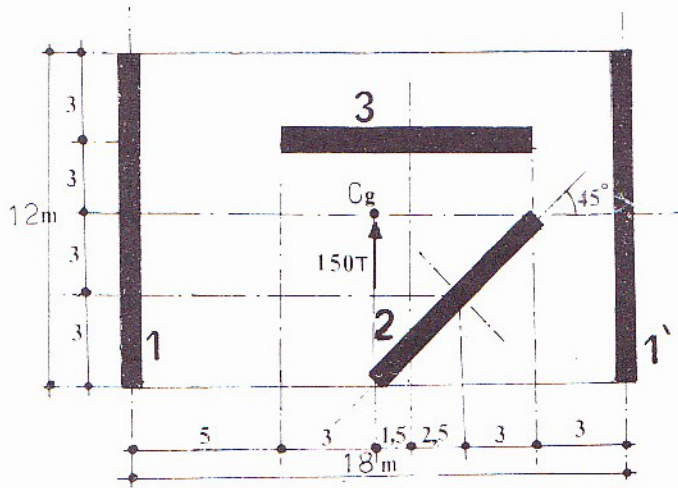
$$h_1 = 12,0 \text{ m}$$

$$b_2 = 0,20 \text{ m}$$

$$h_2 = 8,49 \text{ m} \approx 8,5$$

$$b_3 = 0,25 \text{ m}$$

$$h_3 = 10 \text{ m}$$

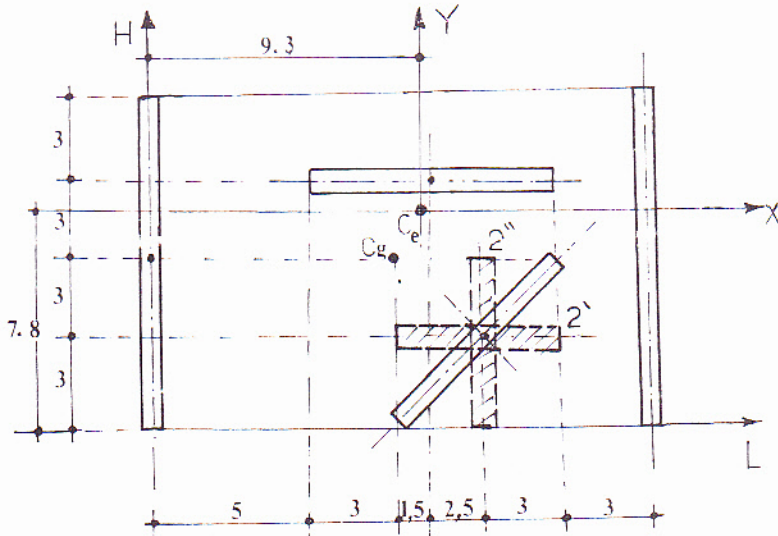


الشكل (٤-١٢)

الحل :

- نعتبر الصلابات النسبية لكافة العناصر بالاتجاه الصغير لمحاور عطالاتها الرئيسية مهملة .

- نحسب عزوم العطالات لهذه العناصر بالاتجاه الآخر مع افتراض جدارين وهميين (2'' و 2') بدلاً من الجدار (2) لهما مركز ثقل هذا الجدار نفسه .  
وتختار جملة محاور إحداثية مساعدة (LL-HH) ، حسب الشكل (٤-١٣) .  
- نحسب عزوم عطالات العناصر حول محاورها القصيرة :



الشكل (٤- ١٣)

$$I_1 = I_1' = 0,2 \cdot \frac{12^3}{12} = 28,8 \text{ m}^4$$

$$I_3 = 0,25 \cdot \frac{10^3}{12} = 20,8 \text{ m}^4$$

$$I_2 = 10 \cdot 2 \text{ m}^4 \Rightarrow I_{2'} = I_{2''} = I_2 \left( \frac{\sqrt{2}}{2} \right)^2 = 5 \cdot 1 \text{ m}^4$$

ويكون :

$$\sum I_x = 25,9 \text{ m}^4$$

$$\sum I_y = 62,7 \text{ m}^4$$

$$L_{ce} = \frac{\sum I_{yi} \cdot L_i}{\sum I_{yi}} = \frac{579,6}{62,7} = 9,3 \text{ m}$$

$$H_{ce} = \frac{\sum I_{xi} \cdot H_i}{\sum I_{xi}} = \frac{202,5}{25,9} = 7,8 \text{ m}$$

وذلك مع اعتبار أن :

$$L_1 = 0 \quad , L_2 = 12 \text{ m} \quad L_3 = 18 \text{ m}$$

$$H_2 = 3 \text{ m} \quad , H_3 = 9 \text{ m}$$

ويكون بعدئذ :

$$X_1 = - 9.3 \text{ m} \quad Y_1 = - 1.8 \text{ m}$$

$$X_2 = + 2.7 \text{ m} \quad Y_2 = - 4.8 \text{ m}$$

$$X_3 = + 0.2 \text{ m} \quad Y_3 = + 1.2 \text{ m}$$

$$X_1' = + 8.7 \text{ m} \quad Y_1' = - 1.8 \text{ m}$$

$$\sum I_y \cdot X^2 = 4708 \text{ m}^6$$

$$\sum I_x \cdot Y^2 = 148 \text{ m}^6$$

$$J = 4856$$

$$e = 9.3 - 8 = 1.3 \text{ m}$$

$$M_T = 150 \times 1.3 = 195 \text{ T.M}$$

ويجري توزيع الحملات على الجدران كما يلي :

$$(W_1)_{WY} = (W_1')_{WY} = \frac{28.8}{62.7} \times 150 = 68.9 \text{ T}$$

$$(W_2)_{WY} = \frac{5.1}{62.7} \times 150 = 12.2 \text{ T}$$

$$\sum (W_i)_{WY} = 68.9 \times 2 + 12.2 = 150 \text{ T}$$

$$\sum (W_i)_{WX} = 0$$

$$(W_2)_{MTX} = \frac{5.1 (-4.8)}{4856} (195) = - 1 \text{ T}$$

$$(W_3)_{MTX} = \frac{20.8 (1.2)}{4856} .(195) = + 1 \text{ T}$$

$$\sum (W_i)_{MTX} = 0$$

$$(W_1)_{MTY} = \frac{28.8 \times (-9.3)}{4856} (-195) = + 10.9 \text{ T}$$

$$(W_1')_{MTY} = \frac{28.8 (8.7)}{4856} (195) = - 10.0 \text{ T}$$

$$(W_2)_{MTY} = \frac{5 \cdot 1 \cdot (-4,8)}{4856} (195) = -0,9 \text{ T}$$

$$\sum (W_i)_{MTY} = 0$$

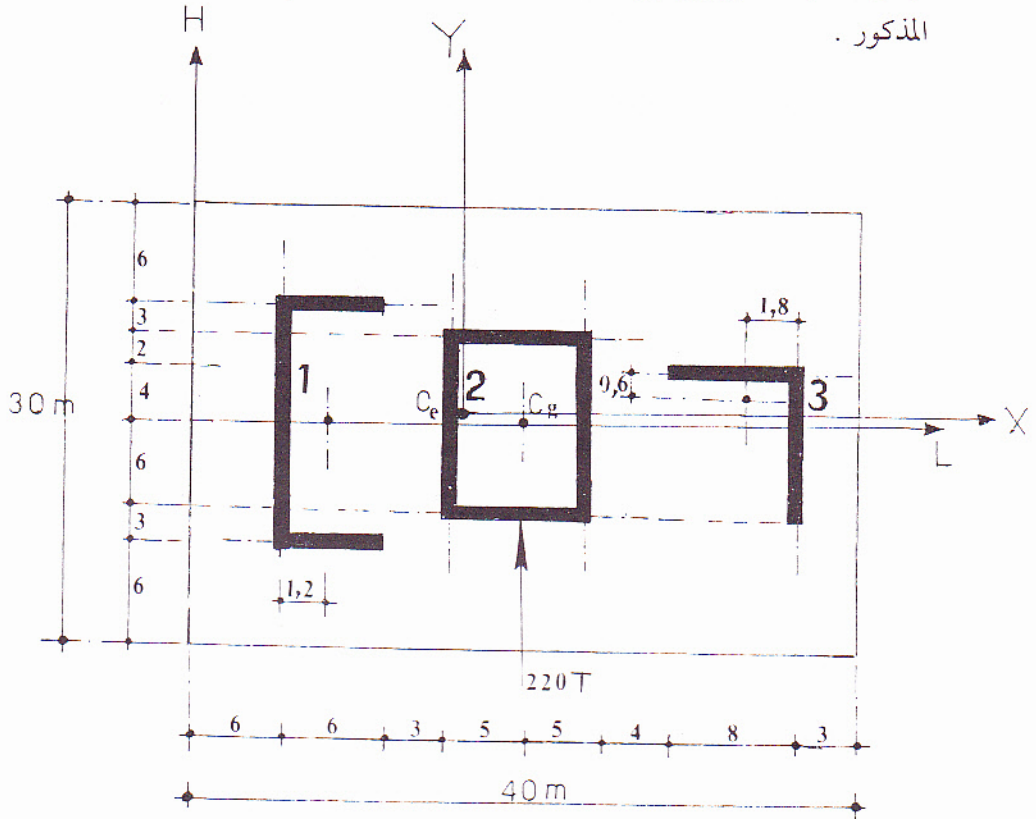
$$\sum W_{ix} = 0$$

وبالتالي يكون :

$$\sum W_{iy} = 150 \text{ T}$$

\* الحالة الثالثة : الجدران مترابطة و (مصمتة) :

يوضح المثال التالي نموذج الحل لمثل هذه الحالات ، ففي الشكل (٤ - ١٤) جملة من الجدران المترابطة ، والتي تؤثر فيها حمولة أفقية (W = 200 T) . والمطلوب توزيع هذه الحمولة على عناصر الجملة علماً بأن عرض جميع الجدران ثابت ، ويأوي إلى 0,25 m . وأطولها كما هي موضحة في الشكل المذكور .



الشكل (٤ - ١٤)

الحل :

- نحسب عزوم عطالات العناصر حول المحاور الرئيسية لها ، والمار من مراكز ثقلها :

$$I_{1a} = 285 \text{ m}^4$$

$$I_{1b} = 15 \text{ m}^4$$

$$I_{2a} = 202 \text{ m}^4$$

$$I_{2b} = 154 \text{ m}^4$$

$$I_{3a} = 65 \text{ m}^4$$

$$I_{3b} = 21 \text{ m}^4$$

- إحداثيات مركز المرونة للجملة :

$$L_{ce} = \frac{\sum I_{ai} \cdot L_i}{\sum I_{ai}} = \frac{8380}{552} = + 15,2 \text{ m}$$

$$H_{ce} = \frac{\sum I_{bi} \cdot H_i}{\sum I_{bi}} = \frac{71.4}{190} = + 0,4 \text{ m}$$

نحدد محوري العطالة الرئيسية للجملة (xx-yy) فتكون إحداثيات مراكز ثقل العناصر بالنسبة لهذين المحورين كما يلي :

$$x_1 = 8 \text{ m}$$

$$y_1 = 0,4 \text{ m}$$

$$x_2 = 4,8 \text{ m}$$

$$y_2 = 0,4 \text{ m}$$

$$x_3 = 20 \text{ m}$$

$$y_3 = 3 \text{ m}$$

$$e = 20 - 15,2 = 4,8 \text{ m}$$

- عزم العطالة القطبي للمجموعة : من العلاقة (٢٩+٤) نجد :

$$J = \frac{0.2}{12} [(18^3 (0.4)^2 + 2 \times 12^3 (0.4)^2 + 10^3 (1.4)^2 + 2 \times 6^3 (9.4^2 + 8.6^2) + 2 \times 12^3 (6.4^2 + 5.6^2) + 8^3 (3.6)^2]$$

$$J = 5500 \text{ m}^6$$



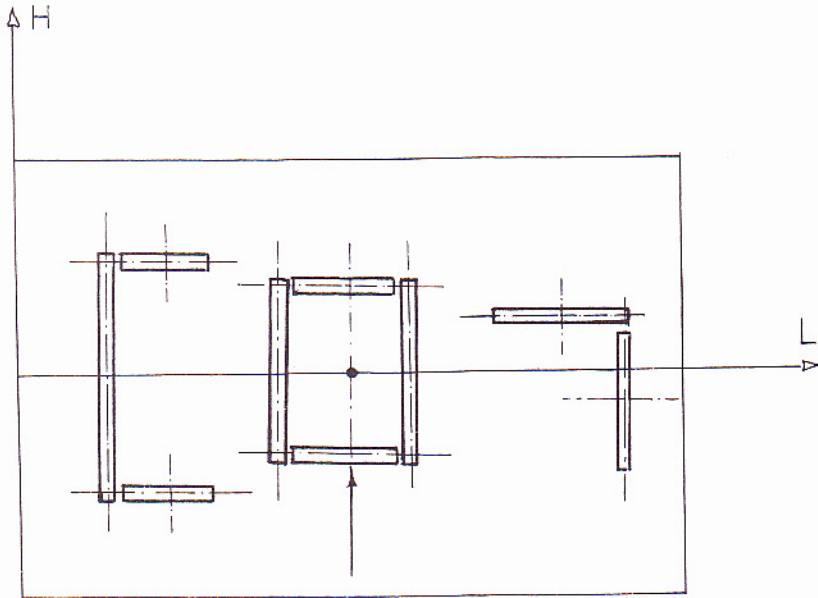
ثم توزع الحمولات تبعاً للعلاقات التي مرت معنا سابقاً ، حيث نحسب لكل عنصر  $(W_{wi})_x$  و  $(W_{wi})_y$  و  $(W_{MTi})_x$  و  $(W_{MTi})_y$  ويكون لأي عنصر :

$$(W_i)_x = (W_{wi})_x + (W_{MTi})_x$$

$$(W_i)_y = (W_{wi})_y + (W_{MT})_y$$

\* ملاحظة :

يمكن حل المسألة السابقة مع اعتبار أن الجدران منفصلة كما في الشكل (٤ - ١٥) وإهمال مقاومة الأجزاء الأفقية من العناصر . واعتبار أن الجدران التي تتحمل (W) هي فقط التي توازي أطوالها المحور (H) . حيث يتغير في هذه الحالة عزم العطالة القطبي للجملة .

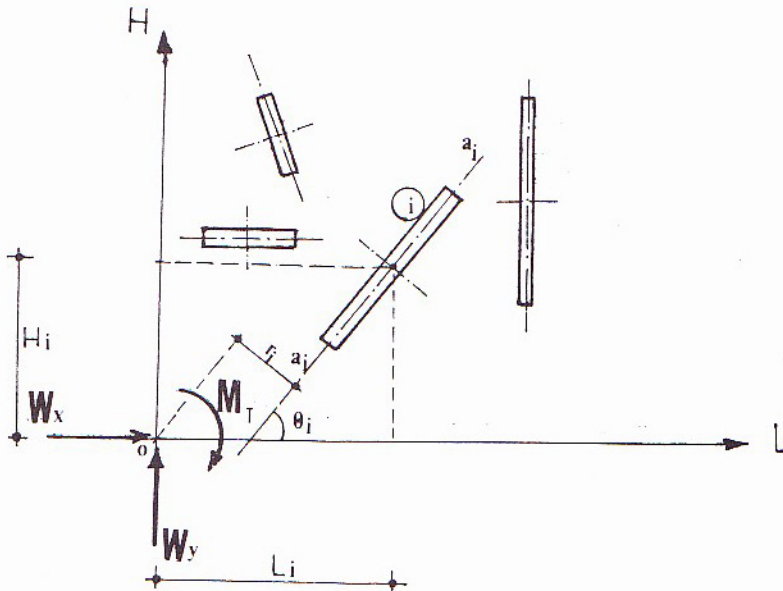


الشكل (٤ - ١٥)

٤-٢-٢ طريقة المساواة لتوزيع الحمولات على عناصر الهيكل الإنشائي :  
 تسمح هذه الطريقة التي تسمى أيضاً بطريقة الصلابة والتي تعتبر من أكثر الطرق استخداماً ، بحساب القوى المؤثرة على أي جدار في جملة إنشائية معرضة لقوة دفع أفقي (W) . ويكون استخدامها أبسط من استخدام طريقة مركز المرونة في الحالات التي يكون فيها توزيع الجدران في الطابق بشكل غير متناظر .

وتعتمد على المفاهيم الأساسية التالية :

١ - يمكن تحليل أي قوة أفقية خارجية (W) إلى مركبات  $(W_L, W_H)$  ، وذلك على أي محورين اختياريين (LL, HH) وإضافةً إلى عزم قتل  $(M_T)$  حول النقطة (O) المعبر عن مبدأ جملة الاحداثيات المختارة ، «ويفضل أن تكون O نقطة مركز دوران المجموعة» .



الشكل (٤ - ١٦)

٢ - نُحدث القوى ( $W_L, W_H, M_T$ ) في الجملة انتقالاً أفقياً في المستوى المدرّوس مقداره ( $\Delta$ ) . ومركباته بالنسبة لأي عنصر مثل (i) هي ( $\Delta_L, \Delta_H, \Delta_T$ ) . ونتيجة لهذا الوضع تنشأ في أي عنصر من العناصر جملة من القوى الداخلية تتناسب مع قساواتها النسبية المائلة . وهذه القوى هي :

أ -  $(I_i \cos \theta_i) \cos \theta_i$  - القوة في الاتجاه (LL) للعنصر (i) نتيجة مركبة الانتقال ( $\Delta_L$ ) .

ب -  $(I_i \cos \theta_i) \sin \theta_i$  - القوة في الاتجاه (HH) للعنصر (i) نتيجة مركبة الانتقال ( $\Delta_H$ ) .

ج -  $(I_i \cdot r_i)$  - العزم حول (O) للعنصر (i) نتيجة مركبة الانتقال ( $\Delta_T$ ) .

حيث :  $r_i = L_i \cdot \sin \theta_i - H_i \cos \theta_i$  (٣٦ - ٤)

٣ - بما أن الجملة المدرّوسة متوازنة ، فإن معادلات التوازن تكون كما يلي :

$$W_L = \sum W_i \cdot \cos \theta_i \quad (٣٧ - ٤)$$

$$W_H = \sum W_i \cdot \sin \theta_i \quad (٣٨ - ٤)$$

$$M_T = \sum W_i \cdot r_i \quad (٣٩ - ٤)$$

والتي يمكن أن تكتب على الشكل :

$$[W] = [I] \cdot [\Delta] \quad \Rightarrow$$

$$W_L = \sum I_L \cdot \Delta_L + \sum I_{LH} \cdot \Delta_H + \sum I_{LT} \cdot \Delta_T \quad (٤٠ - ٤)$$

$$W_H = \sum I_{LH} \cdot \Delta_L + \sum I_H \cdot \Delta_H + \sum I_{HT} \cdot \Delta_T \quad (٤١ - ٤)$$

$$M_T = \sum I_{LT} \cdot \Delta_L + \sum I_{HT} \cdot \Delta_H + \sum I_T \cdot \Delta_T \quad (٤٢ - ٤)$$

وبحل هذه المعادلات الثلاث نحصل على ( $\Delta_L, \Delta_H, \Delta_T$ ) ، وذلك بعد

اعتبار أن :

$$\sum I_L = \sum I_i \cdot \cos^2 \theta_i$$

$$\sum I_H = \sum I_i \cdot \sin^2 \theta_i$$

$$\sum I_T = \sum I_i \cdot r_i^2$$

$$\sum I_{LH} = \sum I_i \cdot \sin \theta_i \cdot \cos \theta_i$$

$$\sum I_{LT} = \sum I_i \cdot r_i \cdot \cos \theta_i$$

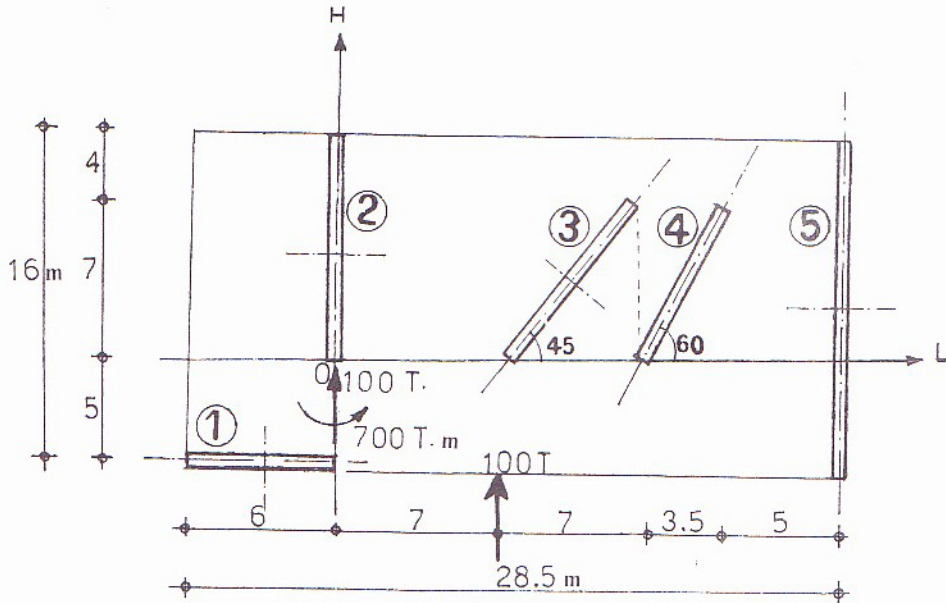
$$\sum I_{HT} = \sum I_i \cdot r_i \cdot \sin \theta_i$$

٤ - تحسب بعدئذ القوة المؤثرة على العنصر (i) في الاتجاه  $(a_i a_i)$  من العلاقة :

$$(٤٣ - ٤) \quad W_i = (\Delta L \cdot \cos \theta_i + \Delta H \cdot \sin \theta_i + \Delta T \cdot r_i) I_i$$

\* تطبيق عددي :

الجملة الموضحة في الشكل (٤ - ١٧) تتعرض لحمولة أفقية  $(W=100T)$  .  
يطلب حساب الحمولات على الجدران المبينة ذات السماكة الثابتة  $(t=20 \text{ cm})$   
بطريقة القساوة .  
الحل : نختار جملة الاحداثيات (LOH) الموضحة .



الشكل (٤ - ١٧)

ولدينا :

$$W_L = 0$$

$$W_H = 100 \text{ T}$$

$$M_T = 700 \text{ T.m}$$

١ - نحسب عزوم عطالات العناصر حول محاورها  $(a_i a_i)$  ، ثم قيم  $(r_i)$  ، والنسب المثلثية للزوايا  $(\theta_i)$  :

|                           |                         |
|---------------------------|-------------------------|
| $I_1 = 3,60 \text{ m}^4$  | $r_1 = 5 \text{ m}$     |
| $I_2 = 22,18 \text{ m}^4$ | $r_2 = 0$               |
| $I_3 = 16,17 \text{ m}^4$ | $r_3 = 4,95 \text{ m}$  |
| $I_4 = 7,99 \text{ m}^4$  | $r_4 = 12,12 \text{ m}$ |
| $I_5 = 68,27 \text{ m}^4$ | $r_5 = 22,5 \text{ m}$  |

|                       |                                      |                                      |
|-----------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| $\theta_1 = 0$        | $\sin \theta_1 = 0$                  | $\cos \theta_1 = 1$                  |
| $\theta_2 = 90^\circ$ | $\sin \theta_2 = 1$                  | $\cos \theta_2 = 0$                  |
| $\theta_3 = 45^\circ$ | $\sin \theta_3 = \frac{\sqrt{2}}{2}$ | $\cos \theta_3 = \frac{\sqrt{2}}{2}$ |
| $\theta_4 = 60^\circ$ | $\sin \theta_4 = \frac{\sqrt{3}}{2}$ | $\cos \theta_4 = \frac{1}{2}$        |
| $\theta_5 = 90^\circ$ | $\sin \theta_5 = 1$                  | $\cos \theta_5 = 0$                  |

٢ - نحسب قيم  $(I_i \cdot \sin \theta_i)$  و  $(I_i \cdot \cos \theta_i)$  و  $(I_i \cdot r_i)$  :

|                                   |                                   |                    |
|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|
| $I_1 \cdot \sin \theta_1 = 0,0$   | $I_1 \cdot \cos \theta_1 = 3,6$   | $I_1 r_1 = 18,0$   |
| $I_2 \cdot \sin \theta_2 = 22,18$ | $I_2 \cdot \cos \theta_2 = 0,0$   | $I_2 r_2 = 0,0$    |
| $I_3 \cdot \sin \theta_3 = 11,43$ | $I_3 \cdot \cos \theta_3 = 11,43$ | $I_3 r_3 = 80,0$   |
| $I_4 \cdot \sin \theta_4 = 6,92$  | $I_4 \cdot \cos \theta_4 = 4,0$   | $I_4 r_4 = 96,84$  |
| $I_5 \cdot \sin \theta_5 = 68,27$ | $I_5 \cdot \cos \theta_5 = 0,0$   | $I_5 r_5 = 1536,0$ |



٣ - وتكون القوى الناجمة عن ( $W_L$ ) كما يلي :

$$I_{Li} = I_i \cos^2 \theta_i = (\text{LL في الاتجاه})$$

$$\left. \begin{array}{l} I_1. \cos^2 \theta_1 = 3,6 \\ I_2. \cos^2 \theta_2 = 0,0 \\ I_3. \cos^2 \theta_3 = 8,1 \\ I_4. \cos^2 \theta_4 = 2,0 \\ I_5. \cos^2 \theta_5 = 0 \end{array} \right\} \quad \Sigma I_{Li} = 13,7 \approx 14$$

ب - في الاتجاه ( $HH$ )  $I_{LHi} = I_i \cos \theta_i. \sin \theta_i$

$$\left. \begin{array}{l} I_{LH1} = 0,0 \\ I_{LH2} = 0,0 \\ I_{LH3} = 8,1 \\ I_{LH4} = 3,5 \\ I_{LH5} = 0 \end{array} \right\} \quad \Sigma I_{LHi} = 11,6 \approx 12$$

ج - حول المحور المعامد للمستور والمار من (0) وفق

$$\left. \begin{array}{l} I_{LTi} = I_i. r_i. \cos \theta_i = (L) \\ I_{LT1} = 18,0 \\ I_{LT2} = 0,0 \\ I_{LT3} = 56,6 \\ I_{LT4} = 48,48 \\ I_{LT5} = 0,0 \end{array} \right\} \quad \Sigma I_{LTi} = 123,1 \approx 123$$

٤ - القوى الناجمة عن ( $W_H$ ) :

$$I_{HLi} = I_i. \sin \theta_i. \cos \theta_i = (\text{LL في الاتجاه})$$

$$\left. \begin{array}{l} I_{HL1} = 0,0 \\ I_{HL2} = 0,0 \\ I_{HL3} = 8,1 \\ I_{HL4} = 3,5 \\ I_{HL5} = 0 \end{array} \right\} \Sigma I_{HLi} = 11,6 \approx 12$$

ب - في الاتجاه (HH)  $I_{Hi} = I_i \cdot \sin^2 \theta_i$

$$\left. \begin{array}{l} I_{H1} = 0 \\ I_{H2} = 22,18 \\ I_{H3} = 8,1 \\ I_{H4} = 6,0 \\ I_{H5} = 63,27 \end{array} \right\} \Sigma I_{Hi} = 104,6 \approx 105$$

ح - حول المحور المار من (0) وفق (H)  $I_{HTi} = I_i \cdot r_i \cdot \sin \theta_i$

$$\left. \begin{array}{l} I_{HT1} = 0,0 \\ I_{HT2} = 0,0 \\ I_{HT3} = 56,6 \\ I_{HT4} = 83,9 \\ I_{HT5} = 1536 \end{array} \right\} \Sigma I_{HTi} = 1676,5 \approx 1677$$

د - القوى الناجمة عن  $(M_T)$  :

أ - في الاتجاه (LL)  $I_{TLi} = I_i \cdot r_i \cdot \cos \theta_i$

$$\left. \begin{array}{l} I_{TL1} = 18,0 \\ I_{TL2} = 0 \\ I_{TL3} = 56,6 \\ I_{TL4} = 48,50 \\ I_{TL5} = 0 \end{array} \right\} \Sigma I_{TLi} = 123,1 \approx 123$$

$$I_{THi} = I_i \cdot r_i \cdot \sin \theta_i = (HH) \text{ في الاتجاه}$$

$$I_{TH1} = 0,0$$

$$I_{TH2} = 0,0$$

$$I_{TH3} = 56,6$$

$$I_{TH4} = 83,9$$

$$I_{TH5} = 1536$$

$$\Sigma I_{THi} = 1675,5 \approx 1677$$

$$I_{Ti} = I_i \cdot r_i^2 = (O) \text{ حول المحور المار من}$$

$$I_{T1} = 225,0$$

$$I_{T2} = 0$$

$$I_{T3} = 396,2$$

$$I_{T4} = 1173,7$$

$$I_{T5} = 34561,7$$

$$\Sigma I_{Ti} = 36356,6 \approx 36357$$

وتصبح المعادلات (٤ - ٤٠) - (٤١ - ٤) - (٤٢ - ٤) كما يلي :

$$14 \Delta_L + 12 \Delta_H + 123 \Delta_T = 0$$

$$12 \Delta_L + 105 \Delta_H + 1677 \Delta_T = 100$$

$$123 \Delta_L + 1677 \Delta_H + 36357 \Delta_T = 700$$

ويحل هذه المعادلات نحصل على :

$$\Delta_L = - 1,472$$

$$\Delta_H = + 2,786$$

$$\Delta_T = - 0,1043$$

٦ - وتكون القوى على الجدران باتجاه محاورها الطويلة كما يلي :

$$W_{Li} = I_i \cdot \cos \theta_i \cdot \Delta_L : (W_L) \text{ بسبب القوة}$$

$$W_{L1} = 3,6 (-1,472) = -5,3$$

$$W_{L2} = 0 (-1,472) = 0$$

$$W_{L3} = 11,43 (-1,472) = -16,8$$

$$W_{L4} = 4 (-1,472) = -5,9$$

$$W_{L5} = 0 (-1,472) = 0$$

$$W_{Hi} = I_i \cdot \sin \theta_i \cdot \Delta_H \quad : (W_H) \text{ بسبب القوة}$$

$$W_{H1} = 0 (2,786) = 0$$

$$W_{H2} = 22,18 (2,786) = 66,8$$

$$W_{H3} = 11,43 (2,786) = 31,8$$

$$W_{H4} = 6,92 (2,786) = 19,3$$

$$W_{H5} = 68,27 (2,786) = 190,2$$

$$W_{MTi} = I_i \cdot r_i \cdot \Delta_T \quad : (M_T) \text{ بسبب}$$

$$W_{MT1} = 18 \cdot (-0,1043) = - 1,9$$

$$W_{MT2} = 0 (-0,1034) = 0$$

$$W_{MT3} = 80 (-0,1043) = - 10,1$$

$$W_{MT4} = 96,84 (-0,1043) = - 10,1$$

$$W_{MT5} = 1536 (-0,1043) = - 160,2$$

٧ - القوى الاجمالية على الجدران باتجاه محاورها الطويلة :

$$W_1 = -5,3 - 1,9 = - 7,2 \text{ T}$$

$$W_2 = 66,8 + 0 + 0 = + 66,8 \text{ T}$$

$$W_3 = - 16,8 + 31,8 - 8,3 = + 6,7 \text{ T}$$

$$W_4 = - 5,9 + 19,3 - 10,1 = + 3,3 \text{ T}$$

$$W_5 = 190,2 - 160,2 = + 30 \text{ T}$$

#### ٤-٣- تحليل النظم الإطارية الخاضعة للحمولات الشاقولية :

بالرغم من أن هذا البحث يتعلق بشكل رئيسي بتحليل الهياكل الانشائية بتأثير الحمولات الأفقية ، غير أنه لا بد من إلقاء الضوء على بعض الطرق التقريبية لتحليل الاطارات الخاضعة لحمولات شاقولية ، لكونها الحالة السائدة دوماً في جميع منشآت الأبنية .

- ندرج فيما يلي الطرق الثلاثة التالية بشكل موجز ، لحساب العزوم في الاطارات بصورة تقريبية . وهي حالة التحميل الرئيسية في الاطارات التابعة لمنشآت الأبنية . إذ يصبح إيجاد بقية القوى بعد هذه المرحلة عملية بسيطة من خلال علاقات التوازن .

#### ٤-٣-١ الطريقة الأولى : \*

- وهي طريقة كاكو المدرجة في الكود الفرنسي (CCBA-68) والتي تصلح للاستخدام في هياكل الإطارات من البيتون المسلح ، التي لا تتعرض إلى حمولات متحركة (كالجسور) . مع الافتراض بأن العناصر الأفقية والشاقولية مترابطة في عقد وموثوقة الاتصال .

\* الرموز والمصطلحات :

- $L_1$  = المجاز الصافي للجائز (العنصر الأفقي) على يسار العقدة المدروسة .
- $L_2$  = المجاز الصافي للجائز (العنصر الأفقي) على يمين العقدة المدروسة .
- $L_1' = 0,8 L_1$  (  $L_1$  ) المجاز الحسابي للعنصر الأفقي
- $L_2' = 0,8 L_2$  (  $L_2$  ) المجاز الحسابي للعنصر الأفقي
- $h_1$  = الارتفاع الصافي للعمود (العنصر الشاقولي) فوق العقدة المدروسة .
- $h_2$  = الارتفاع الصافي للعمود (العنصر الشاقولي) تحت العقدة المدروسة .
- $h_1' = 0,8 h_1$  (العنصر الشاقولي) الارتفاع الحسابي للعمود
- $h_2' = 0,8 h_2$  (العنصر الشاقولي) الارتفاع الحسابي للعمود
- عدا العقدة التابعة للطابق الأخير ، والتي يعتبر فيها  $(h_f = 0,9 h_2)$  .
- $q_1$  = الحمولة الموزعة بانتظام على يسار العقدة (على الجائز  $L_1$ ) .

---

\* الدليل الانشائي المبسط - الجزء الثاني - الفقرة (٦-٣-٤) .



$$\begin{aligned}
q_2 &= \text{الحمولة الموزعة بانتظام على يمين العقدة (على الجائز } L_2 \text{)} . \\
Q_1 &= \text{الحمولة المركزة على الجائز } L_1 \text{ وعلى بعد } (a_1) \text{ من العقدة} . \\
Q_2 &= \text{الحمولة المركزة على الجائز } L_2 \text{ وعلى بعد } (a_2) \text{ من العقدة} . \\
C_1 &= \text{معامل القوة المركزة } Q_1 \text{ ويؤخذ من الجدول (٤ - ١) بدلالة النسبة } \frac{a_1}{L_1} \\
C_2 &= \text{معامل القوة المركزة } Q_2 \text{ ويؤخذ من الجدول (٤ - ١) بدلالة النسبة } \frac{a_2}{L_2}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
I_1 &= \text{عزم عطالة الجائز } (L_1) . \\
I_2 &= \text{عزم عطالة الجائز } (L_2) . \\
\Gamma_1 &= \text{عزم عطالة العمود } (h_1) . \\
\Gamma_2 &= \text{عزم عطالة العمود } (h_2) . \\
K_1 &= \text{الصلابة النسبية الحسابية للجائز } (L_1) . \\
K_2 &= \text{الصلابة النسبية الحسابية للجائز } (L_2) . \\
K_1' &= \text{الصلابة النسبية الحسابية للعمود } (h_1) . \\
K_2' &= \text{الصلابة النسبية الحسابية للعمود } (h_2) .
\end{aligned}$$

$$K_1 = \frac{I_1}{L_1} \quad K_2 = \frac{I_2}{L_2} \quad K_1' = \frac{\Gamma_1}{h_1} \quad K_2' = \frac{\Gamma_2}{h_2}$$

$$\begin{aligned}
K &= \text{مجموع الصلابات النسبية الحسابية :} \\
(٤ - ٤٤) \quad K &= K_1 + K_2 + K_1' + K_2' \\
M_1' &= \text{العزم المساعد على يسار العقدة المدروسة} . \\
M_2' &= \text{العزم المساعد على يمين العقدة المدروسة} .
\end{aligned}$$

$$(٤ - ٤٥) \quad M_1' = \frac{1}{8,5} (q_1 \cdot L_1^2) + L_1 \Sigma Q_1 \cdot C_1$$

$$(٤ - ٤٦) \quad M_2' = \frac{1}{8,5} (q_2 \cdot L_2^2) + L_2 \Sigma Q_2 \cdot C_2$$

- تعطى العزوم الحرجة بالقيم المطلقة حول العقدة المدروسة كما يلي :

$M_1 = \text{العزم الحرج على يسار الوجه الداخلي للعقدة} :$

$$(٤٧ - \xi) \quad |M_1| = M_1 \left(1 - \frac{K_1}{K}\right) + M_2 \cdot \frac{K_1}{K}$$

$M_2$  = العزم الخارج على يمين الوجه الداخلي للعقدة :

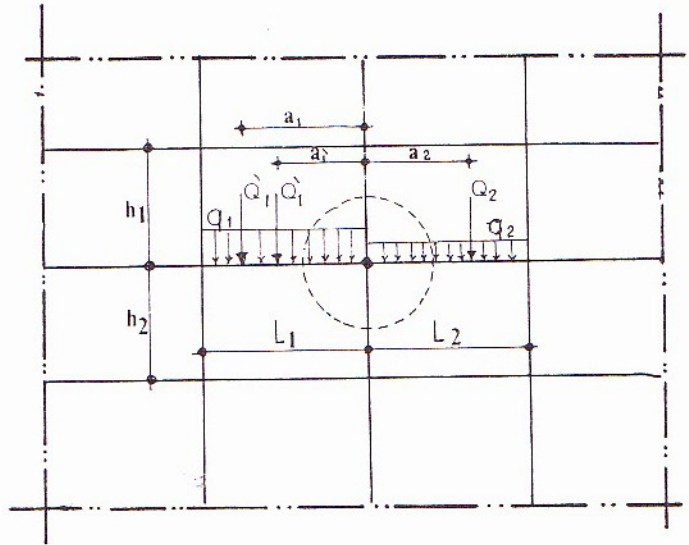
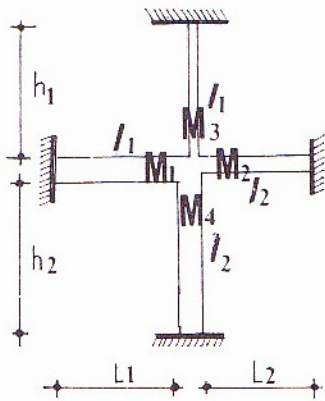
$$(٤٨ - \xi) \quad |M_2| = M_2 \left(1 - \frac{K_2}{K}\right) + M_1 \cdot \frac{K_2}{K}$$

$M_3$  = العزم الخارج في أعلى الوجه الداخلي للعقدة :

$$(٤٩ - \xi) \quad |M_3| = \frac{K_1}{K} (M_2 - M_1)$$

$M_4$  = العزم الخارج في أسفل الوجه الداخلي للعقدة :

$$(٥٠ - \xi) \quad |M_3| = \frac{K_2}{K} (M_2 - M_1)$$



الشكل (٤ - ١٨)

| a/L   | C      | a/L   | C      | a/L   | C      | a/L   | C      |
|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| 0.010 | 0.0086 | 0.268 | 0.1591 | 0.475 | 0.1791 | 0.734 | 0.1155 |
| 0.020 | 0.0172 | 0.271 | 0.1600 | 0.485 | 0.1781 | 0.744 | 0.1121 |
| 0.030 | 0.0259 | 0.281 | 0.1624 | 0.495 | 0.1772 | 0.754 | 0.1086 |
| 0.040 | 0.0345 | 0.291 | 0.1649 | 0.505 | 0.1762 | 0.764 | 0.1052 |
| 0.050 | 0.0431 | 0.301 | 0.1673 | 0.515 | 0.1753 | 0.774 | 0.1017 |
| 0.058 | 0.500  | 0.311 | 0.1698 | 0.518 | 0.1750 | 0.779 | 0.1000 |
| 0.068 | 0.0568 | 0.312 | 0.1700 | 0.528 | 0.1731 | 0.789 | 0.0957 |
| 0.078 | 0.0635 | 0.322 | 0.1725 | 0.538 | 0.1713 | 0.799 | 0.0914 |
| 0.088 | 0.0703 | 0.332 | 0.1750 | 0.545 | 0.1700 | 0.809 | 0.0871 |
| 0.098 | 0.0770 | 0.332 | 0.1750 | 0.555 | 0.1680 | 0.819 | 0.0828 |
| 0.108 | 0.0838 | 0.342 | 0.1764 | 0.565 | 0.1660 | 0.829 | 0.0784 |
| 0.118 | 0.0905 | 0.352 | 0.1778 | 0.575 | 0.1640 | 0.839 | 0.0741 |
| 0.128 | 0.0973 | 0.362 | 0.1792 | 0.585 | 0.1620 | 0.849 | 0.0698 |
| 0.132 | 0.1000 | 0.368 | 0.1800 | 0.595 | 0.1600 | 0.859 | 0.0655 |
| 0.142 | 0.1047 | 0.378 | 0.1802 | 0.595 | 0.1600 | 0.869 | 0.0612 |
| 0.152 | 0.1094 | 0.388 | 0.1804 | 0.605 | 0.1574 | 0.879 | 0.0569 |
| 0.162 | 0.1142 | 0.398 | 0.1805 | 0.615 | 0.1549 | 0.889 | 0.0526 |
| 0.172 | 0.1189 | 0.408 | 0.1807 | 0.625 | 0.1523 | 0.895 | 0.0500 |
| 0.182 | 0.1236 | 0.418 | 0.1809 | 0.634 | 0.1500 | 0.905 | 0.0452 |
| 0.192 | 0.1283 | 0.423 | 0.1810 | 0.644 | 0.1466 | 0.915 | 0.0405 |
| 0.202 | 0.1330 | 0.433 | 0.1808 | 0.654 | 0.1431 | 0.925 | 0.0357 |
| 0.212 | 0.1377 | 0.443 | 0.1805 | 0.664 | 0.1397 | 0.935 | 0.0310 |
| 0.222 | 0.1425 | 0.453 | 0.1803 | 0.674 | 0.1362 | 0.945 | 0.0262 |
| 0.232 | 0.1472 | 0.463 | 0.1800 | 0.684 | 0.1328 | 0.955 | 0.0214 |
| 0.238 | 0.1500 | 0.465 | 0.1800 | 0.694 | 0.1293 | 0.965 | 0.0167 |
| 0.248 | 0.1530 |       |        | 0.704 | 0.1259 | 0.975 | 0.0119 |
| 0.258 | 0.1561 |       |        | 0.714 | 0.1224 | 0.985 | 0.0071 |
|       |        |       |        | 0.724 | 0.1190 | 0.995 | 0.0024 |

الجدول (٤ - ١)

\* إشارات العزوم :

يمكن اعتبار إشارات العزوم الحرجة  $|M|$  كما يلي :

$(M_2, M_1)$  سالبة في العناصر الأفقية  $(L_2, L_1)$

$(M_4, M_3)$  الوجه المعرض للشد في أعلى العقدة ، هو من الجهة التي تقابل أكبر

قيمة مطلقة من  $(M_1, M_2)$  . وعكس ذلك في أسفل العقدة .

\* حالة خاصة - إطار وحيد الفتحة :

$L$  = المجاز المدروس بطوله الصافي . ويعتبر المجاز الحسابي في هذه الحالة

$(L' = L)$  .

$q$  = الحمولة الموزعة على العنصر الأفقي (الجائز) .

$Q$  = الحمولة المركزة على بعد  $(a)$  من العقدة المدروسة . ومعامل هذه القوة

$$C = \frac{Q}{L}$$

$I_1$  = عزم عطالة الجائز . ويعتبر ثابتاً على طوله .

$I'_1$  = عزم عطالة العمود فوق العقدة المدروسة .

$I'_2$  = عزم عطالة العمود تحت العقدة المدروسة .

$$K_1 = \frac{I_2}{L} \quad K'_1 = \frac{I'_1}{h'_1} \quad K'_2 = \frac{I'_2}{h'_2}$$

وتصبح العلاقات السابقة كما يلي مع اعتبار أن العزم المساعد

$$M' = \frac{qL^2}{8,5} + L\Sigma Q.C$$

$M_1$  = العزم عند الوجه الداخلي للمسند المدروس :

$$(٥١ - ٤) \quad M_1 = M' \frac{K'_1 + K'_2}{K_1 + 1,56 (K'_1 + K'_2)}$$

$M_3$  = العزم عند الوجه السفلي للجائز في العمود السفلي :

$$(٥٢ - ٤) \quad M_3 = M^* \frac{K_1}{K + 1,56 (K_1 + K_2)}$$

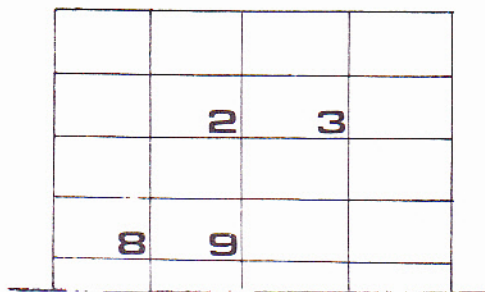
$M_4$  = العزم عند الوجه العلوي للسقف في العمود العلوي :

$$(٥٣ - ٤) \quad M_4 = M^* \frac{K_2}{K + 1,56 (K_1 + K_2)}$$

#### ٤ - ٣ - ٢ الطريقة الثانية .

- وهي الطريقة الواردة في الكود البريطاني (CP 110) . والتي تعطي تبسيطات كبيرة لتحليل الإطارات في منشآت الأبنية . ففي الحالات التي يتعرض فيها إطار كالموضح في الشكل (٤ - ١٩) إلى حمولات أفقية وشاقولية معاً .

تجري أولاً دراسة الاطار تحت تأثير الحمولات الشاقولية كما سنرى ، ثم يدرس الإطار بتأثير الحمولات الأفقية ، وبعدئذٍ تجمع العزوم الناتجة عن الحالتين ، وتقارن مع حالة الحمولات الشاقولية بغية اختيار العزوم الأعظمية التي يجري التصميم بموجبها .



الشكل (٤ - ١٩)

\* في الحالات التي تتعرض لها الإطارات إلى حمولات شاقولية : يمكن اختيار أحد الأساليب الثلاث الموضحة أدناه ، والتي بنيت على الافتراضات التالية :



١ - العناصر الأفقية والشاقولية للإطار تعتبر موثوقة في نهاياتها البعيدة عن العقدة المدروسة .

٢ - تعتبر صلابة الجائزين الطرفيين الخارجيين مساوية لنصف صلابتهما الفعلية .

٣ - يجري تحليل الإطار تحت تأثير الحمولات الحدية الدنيا (g) والحمولات الحدية العظمى  $(1,4p + 1,6g)$  .

$g$  = الحمولات الميتة و  $p$  = الحمولات الحية .

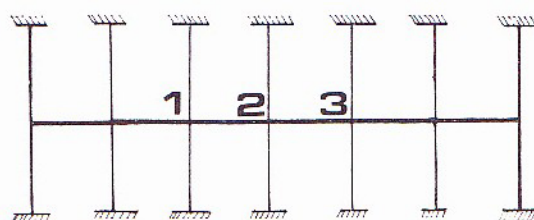
\* الحالة الأولى :

- يجري تقسيم الإطار إلى وحدات كما هو موضح في الشكل (٤ - ٢٠) .

١ - يعطى العزم الأعظمي الموجب في المجاز (3 - 2) من الحالة التي تتوضع فيها حمولات قدرها  $(1,4p+1,6g)$  على المجاز المذكور . مع توضع حمولة قدرها (g) على بقية المجازات .

٢ - يعطى العزم الأعظمي السالب عند المسند (2) من الحالة التي تُحمّل فيها المجازات (3-2 و 2-1) بحمولة  $(1,4p+1,6g)$  وبقية المجازات بـ (g) .

٣ - يعطى العزم الأعظمي في الأعمدة المتصلة بالعقدة (2) من حالة تحميل أحد المجازين المتتبعين بالعقدة (2) بالحمولة  $(1,4p+1,6g)$  وتحميل المجاز الآخر بـ (g) ويمكن الاستعانة بالجدول (٤ - ٢) لتحديد هذه العزوم بدلالة حالات التحميل المختلفة .

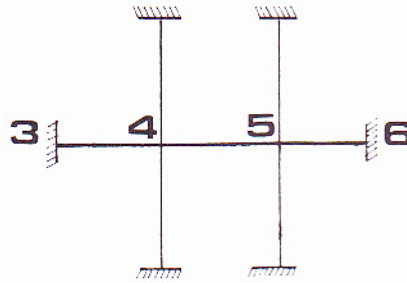


الشكل (٤ - ٢٠)

\* الحالة الثانية :

- يجرى الإطار إلى وحدات ، كما هو موضح في الشكل (٤ - ٢١) ، مع افتراض أن الجوائز الخارجية (3-4 و 4-5) تمتلك نصف قساواتها الفعلية .

- ١ - يعطى العزم الموجب الأعظمي في المجاز (4-5) من حالة تحميل المجاز المذكور بالحمولة  $(1,4p+1,6g)$  والمجازين (3-4) و (5-6) بالحمولة (g) .
- ٢ - يعطى العزم السالب الأعظمي عند المسند (4) من حالة تحميل المجازين المجاورين له (3-4) و (4-5) بالحمولة  $(1,4p+1,6g)$  وتحميل المجاز الثالث (5-6) بالحمولة (g) .
- ٣ - يعطى العزم الأعظمي في الأعمدة المتصلة بالعقدة (4) بتحميل المجاز (4-5) بالحمولة  $(1,4p+1,6g)$  وتحميل المجازين (3-4) و (5-6) بالحمولة (g) ، وهذا في الحالة التي يزيد فيها طول المجاز (4-5) عن طول المجاز (3-4) هذا وتؤخذ قيم هذه العزوم بمساعدة الجدول (٤ - ٢) .

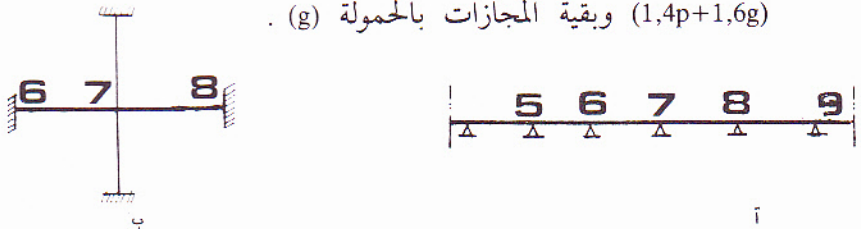


الشكل (٤ - ٢١)

\* الحالة الثالثة :

- يجزأ الإطار كما هو مبين في الشكل (٤ - ٢٢ - أ) مع افتراض أن الجوائز تمتلك نصف قساواتها الفعلية .

١ - العزم الموجب الأعظمي في المجاز (7-8) ينتج عن تحميل هذا المجاز بالحمولة  $(1,4p+1,6g)$  وبقية المجازات بالحمولة (g) .

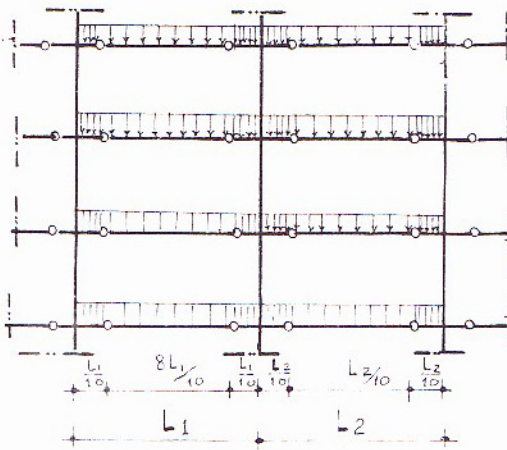


الشكل (٤ - ٢٢)

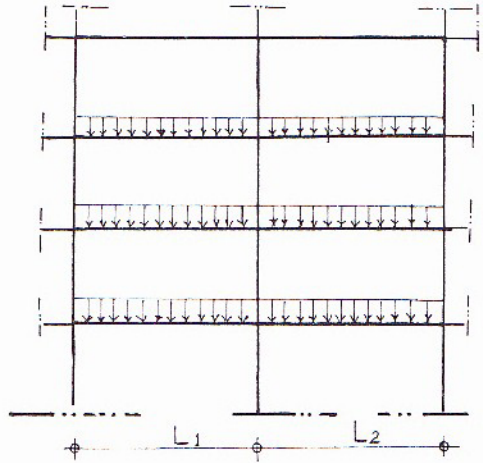
- ٢ - العزم السالب الأعظمي عند المسند (7) ينتج عن تحميل المجازين (6-7 و 7-8) بالحمولة  $(1,4p+1,6g)$  وبقيّة المجازات بالحمولة (g) .
- ٣ - العزم الأعظمي في الأعمدة المتصلة مع العقدة (7) ينتج عن تحميل أحد المجازين المجاورين لها بالحمولة  $(1,4p+1,6g)$  والمجاز الآخر بالحمولة (g) كما في الشكل (٤ - ٢٢ - ب) .

#### ٤ - ٣ - الطريقة الثالثة :

- تعتمد هذه الطريقة على تقرير جوائز الاطار المدروس بافتراض توزيع مفاصل وهمية فيها على مسافات تبعد عن العقد بمقدار  $(\frac{L}{10})$  حيث (L) مجاز الجائز المدروس . ويصبح بعد ذلك الاطار مقررًا .
- تحسب عزوم المجازات الأعظمية وعزوم المساند وقوى القص من خلال معادلات التوازن كما يوضح الشكلين (٤ - ٢٣) ، (٤ - ٢٤) .



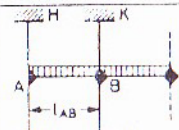
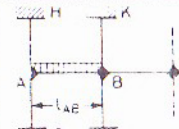
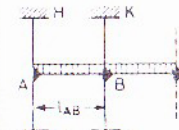
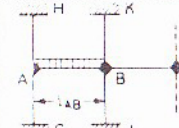
الشكل (٤ - ٢٤)



الشكل (٤ - ٢٣)

- يوزع العزم السالب في كل مسند من مساند الاطار على الواقعين في أعلى المسند وفي أسفله ، بحسب نسبة القساوة .

- تحسب القوى المحورية التي تتعرض لها الأعمدة بتحميل الجازرين المجاورين للمود (على يمينه وعلى يساره) بالحمولات المطبقة بحيث يكون إجمالي القوة الناعظية في عمود يقع بطابق معين مساوياً إلى مجموع القوى الناعظية للطوابق التي تعلوه

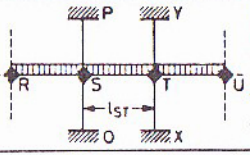
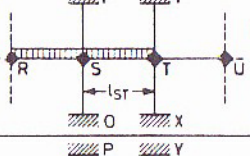
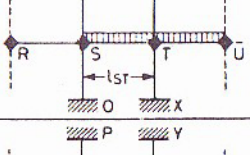
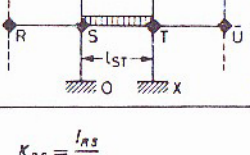
|   |                    |                |  |
|---|--------------------|----------------|--|
|  $M_{AB} = -F_{AB} + \frac{D_{AB}}{4 - D_{AB}D_{BA}} [2D_{BA} \left( \frac{1}{D_{AB}} - 1 \right) (F_{GC} - F_{BA}) + (4 - D_{BA})F_{AB}]$ $M_{BA} = -F_{BA} - \frac{D_{BA}}{4 - D_{AB}D_{BA}} [2D_{AB} \left( \frac{1}{D_{BA}} - 1 \right) F_{AB} + (4 - D_{AB})(F_{GC} - F_{BA})]$ | الاجزاء القريبة من | العمود الاصلية | كافة المحاور عملة  |
|  $M_{AB} = -F_{AB} + \frac{D_{AB}}{4 - D_{AB}D_{BA}} [-2D_{BA} \left( \frac{1}{D_{AB}} - 1 \right) F_{BA} + (4 - D_{BA})F_{AB}]$ $M_{BA} = -F_{BA} - \frac{D_{BA}}{4 - D_{AB}D_{BA}} [2D_{AB} \left( \frac{1}{D_{BA}} - 1 \right) F_{AB} - (4 - D_{AB})F_{BA}]$                      |                    |                | عزم الانعطاف الاعظمي عند المسد الأيسر                              |
|  <p>تتائل العلاقات المرافقة حالة كافة المحاور عملة</p> $\begin{Bmatrix} M_{AB} \\ M_{BA} \end{Bmatrix}$  |                    |                | عزم الانعطاف الاعظمي عند المسد الأيسر                              |
|  <p>تتائل العلاقات المرافقة حالة عزم الانعطاف الاعظمي عند المسد الأيسر</p> $\begin{Bmatrix} M_{AB} \\ M_{BA} \end{Bmatrix}$  |                    |                | عزم الانعطاف عند المسد لتعطي عروماً اعظمية في المحاور وعند الأعمدة |
| $K_{AB} = \frac{I_{AB}}{l_{AB}} \quad K_{AG} = \frac{I_{AG}}{l_{AG}} \quad K_{AH} = \frac{I_{AH}}{l_{AH}} \quad D_{AB} = \frac{K_{AB}}{K_{AB} + K_{AG} + K_{AH}}$ $K_{BC} = \frac{I_{BC}}{l_{BC}} \quad K_{BJ} = \frac{I_{BJ}}{l_{BJ}} \quad K_{BK} = \frac{I_{BK}}{l_{BK}} \quad D_{BA} = \frac{K_{AB}}{K_{AB} + K_{BC} + K_{BJ} + K_{BK}}$                          |                    |                | (K) عامل الضلابة   |
|   |                    |                | (D) عامل التوزيع   |

جدول (٤ - ٢) (١)



|                  |   |                     |
|------------------|---|---------------------|
| المجاز الوسطي ST | الحمولة المبدئية  | كافة المجازات محملة |
|                  | عزم الانعطاف الأعظمي عند المسند الأيسر                              |                     |
|                  | عزم الانعطاف الأعظمي عند المسند الأيمن                              |                     |
|                  | عزوم الانعطاف عند المساند لتمطي عزوما أعظمية في المجاز وعند الأعمدة |                     |
|                  | (K) عامل الصلابة<br>(D) عامل التوزيع                                |                     |

|  |  |
|--|--|
|  $M_{ST} = -F_{ST} + \frac{D_{ST}}{4 - D_{ST}D_{TS}} [2D_{TS}(\frac{1}{D_{ST}} - 1)(F_{TU} - F_{TS}) + (4 - D_{TS})(F_{ST} - F_{SR})]$ $M_{TS} = -F_{TS} - \frac{D_{TS}}{4 - D_{ST}D_{TS}} [2D_{ST}(\frac{1}{D_{TS}} - 1)(F_{ST} - F_{SR}) + (4 - D_{ST})(F_{TU} - F_{TS})]$  |  $M_{ST} = -F_{ST} + \frac{D_{ST}}{4 - D_{ST}D_{TS}} [-2D_{TS}(\frac{1}{D_{ST}} - 1)F_{TS} + (4 - D_{TS})(F_{ST} - F_{SR})]$ $M_{TS} = -F_{TS} - \frac{D_{TS}}{4 - D_{ST}D_{TS}} [2D_{ST}(\frac{1}{D_{TS}} - 1)(F_{ST} - F_{SR}) - (4 - D_{ST})F_{TS}]$ |
|  $M_{ST} = -F_{ST} + \frac{D_{ST}}{4 - D_{ST}D_{TS}} [2D_{TS}(\frac{1}{D_{ST}} - 1)(F_{TU} - F_{TS}) + (4 - D_{TS})F_{ST}]$ $M_{TS} = -F_{TS} - \frac{D_{TS}}{4 - D_{ST}D_{TS}} [2D_{ST}(\frac{1}{D_{TS}} - 1)F_{ST} + (4 - D_{ST})(F_{TU} - F_{TS})]$  |  $M_{ST} = -F_{ST} + \frac{D_{ST}}{4 - D_{ST}D_{TS}} [-2D_{TS}(\frac{1}{D_{ST}} - 1)F_{TS} + (4 - D_{TS})F_{ST}]$ $M_{TS} = -F_{TS} - \frac{D_{TS}}{4 - D_{ST}D_{TS}} [2D_{ST}(\frac{1}{D_{TS}} - 1)F_{ST} - (4 - D_{ST})F_{TS}]$                       |
| $K_{RS} = \frac{I_{RS}}{l_{RS}} \quad K_{ST} = \frac{I_{ST}}{l_{ST}} \quad K_{SO} = \frac{I_{SO}}{l_{SO}} \quad K_{SP} = \frac{I_{SP}}{l_{SP}} \quad D_{ST} = \frac{K_{ST}}{\zeta K_{RS} + K_{ST} + K_{SO} + K_{SP}}$ $K_{TU} = \frac{I_{TU}}{l_{TU}} \quad K_{TX} = \frac{I_{TX}}{l_{TX}} \quad K_{TY} = \frac{I_{TY}}{l_{TY}} \quad D_{TS} = \frac{K_{ST}}{K_{ST} + \zeta K_{TU} + K_{TX} + K_{TY}}$ |  |

تمتة جدول (٤-٢) (٢)

ملاحظة : النطاق مع الاشتراطات المبسطة في تحليل الاطارات المعرضة لحمولات شاذية المحملة في CP110 اعتبر

القيمة العددية لنرم النهاية الموثوقة ...  $F_{AB}, \text{etc.} = \dots$  طول الناصر AB ...  $I_{AB}, \text{etc.} = \dots$  عزم عتالة مقطع الناصر AB وهي سالبة عند A بفعل الحمولة على AB

٢



مضافاً إليها قوى القص في الجائزين المحيطين به (أي إجمالي قوى القص في الجوائز الواقعة في الطابق المدروس وحتى أعلى البناء) .

#### ٤-٤ تحليل النظم الإطارية الخاضعة للحمولات الأفقية :

إن الطرق التقريبية لحساب الإجهادات الناجمة عن الرياح في روابط الإطارات الصلبة عديدة وكثيرة . وتعتمد هذه الطرق بشكل عام على التحليل الستاتيكي المبني على أسس تبسيط الافتراضات في توزيع قوى القص على الطوابق . مع اعتبار القساوات غير المحسوبة التي يمكن إضافتها للمنشأ بواسطة أرضياته ، وجدرانه وقواطعه .

وفي الحالات التي تكون فيها الأرضيات والجدران والقواطع ذات قساوات ضعيفة ، أو في الحالات التي تكون فيها ارتفاع المبنى كبيراً ، فإن ملائمة أية طريقة تقريبية في التحليل لا تكون قابلة للتطبيق إلا في روابط الرياح للإطارات الصلبة .

إن الطرق التقريبية الصحيحة لمعالجة إجهادات الرياح في الإطارات ، تتبع بشكل منطقي حساب الخصائص الهندسية وعزوم العطالات لأعمدة وجوائز الإطارات أولاً . ولكن بما أن تحديد الأبعاد الصحيحة للعناصر ، نادراً ما يكون ممكناً في الخطوات الأولى للتصميم ، بسبب المتطلبات المعمارية والميكانيكية ، فليس من العملي محاولة إجراء تحليل دقيق بصورة مباشرة . لذلك فلا بد من إجراء جملة من التقريبات الأولية .

يمكن بالنتيجة القول إنه من خلال مراقبة سلوك وأشكال تشوه الاطارات تحت تأثير الحمولات الأفقية ميزت الدراسات بين نوعين من الطرق التقريبية للتحليل الانشائي للإطارات ذات الدرجات العالية من عدم التقرير .

##### النوع الأول :

يتبنى مفهوم تبسيط الحل بجعل الإطار مقررأ ، من خلال افتراض توزيع مفصل وهمية في نقاط معينة منه . ويستخدم بذلك معادلات التوازن لحساب القوى الداخلية .

## النوع الثاني :

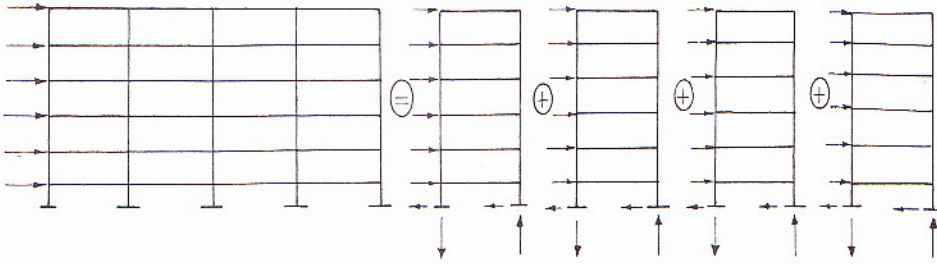
يعتمد طرق تحويل الإطار إلى منشأ مكافئ من حيث الخواص ، ويجري تحليله بعد ذلك بطرق حل المعادلات التفاضلية الخاصة لهذه الحالة ، أو باستخدام الطرق العددية في التقريب المتتالي ، آخذين بعين الاعتبار في كلتا الحالتين شروط توافق الانتقالات بقدر معقول .

نذكر من النوع الأول الطريقة التالية :

### ٤ - ٤ - ١ - طريقة الإطارات التقريبية :

تعتبر هذه الطريقة من أبسط الطرق التقريبية لتحليل الإطارات . وهي تعتمد على افتراض أساسي مفاده أن الهيكل المدروس ، والمشكل من إطارات غير مقررة من درجة عالية ، يتألف من فتحات منفردة . ويتكون كل إطار منفرد بدورة من عمودين متجاورين يصل بينهما جائر .

تتوضع حمولات الرياح أو الحمولات الأفقية الأخرى بشكل مركز عند كل طابق .



الشكل (٤ - ٢٥)

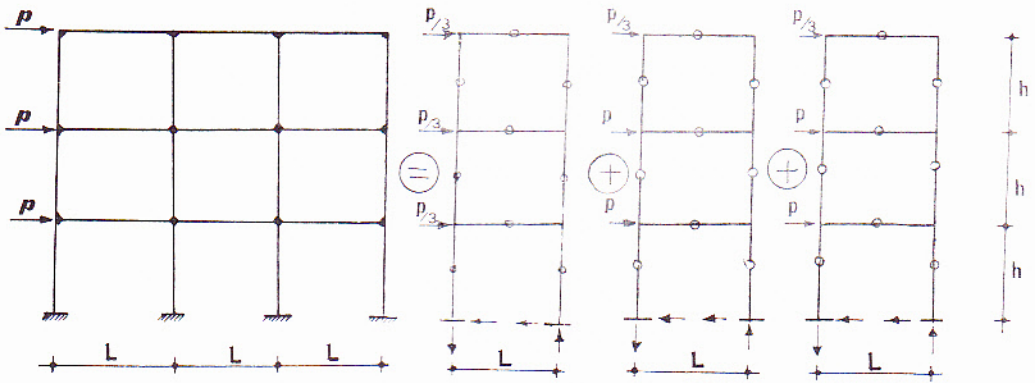
تطبق هذه الطريقة على الإطارات ذات الأبعاد المتقاربة (من حيث المجازات والارتفاعات) . مع الأخذ بعين الاعتبار الافتراضات التالية :

١ - تعتبر نقاط كل من منتصفات ارتفاعات الأعمدة ، ومنتصفات فتحات الجوائز مفاصل وهمية . فهي إذن نقاط لتبادل إشارات العزوم .

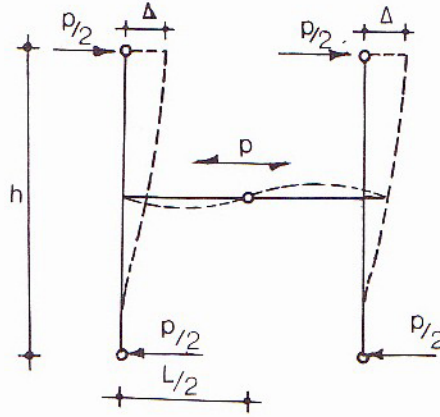
٢ - تعتبر قوى القص في الأعمدة الداخلية متساوية . ويتحمل كل عمود خارجي من قوى القص نصف ما يتحمله العمود الداخلي .

«يزداد مع هذا الاعتبار فرق التشوه المحوري بين الأعمدة الخارجية كلما كان ارتفاع العمود أكبر ، مما يتسبب في حدوث إجهادات مرتفعة لا تأخذ بالحسبان .

كما تزداد قيم وكميات الأخطاء بازدياد الفروق بين أبعاد الفتحات في الاطار فكلما كانت الفتحات أقرب للتساوي قلت أخطاء الحسابات الناجمة عن فرضيات الطريقة . ويمكن تدارك ذلك بإعادة توزيع قوى القص بشكل يتناسب مع أبعاد الفتحات .



الشكل (٤ - ٢٦) (١)



الشكل (٤ - ٢٦) (٢)

ينتج عن استخدام هذه الطريقة عزوم متساوية لجميع العناصر الأفقية في الاطار الأساسي وقوى قص على الأعمدة الداخلية تساوي ضعف قوى القص على الأعمدة الخارجية حسب الفرضية (٢) أعلاه .

أما القوى النازمية على الأعمدة الداخلية فهي معدومة . وهناك أيضاً قوتي رد فعل العمودين الخارجيين باتجاهين متعاكسين ، مما يشكل مزدوجة . تعاكس في اتجاهها العزم الناجم عن الحمولات الأفقية التي تسبب انقلاب المبنى .

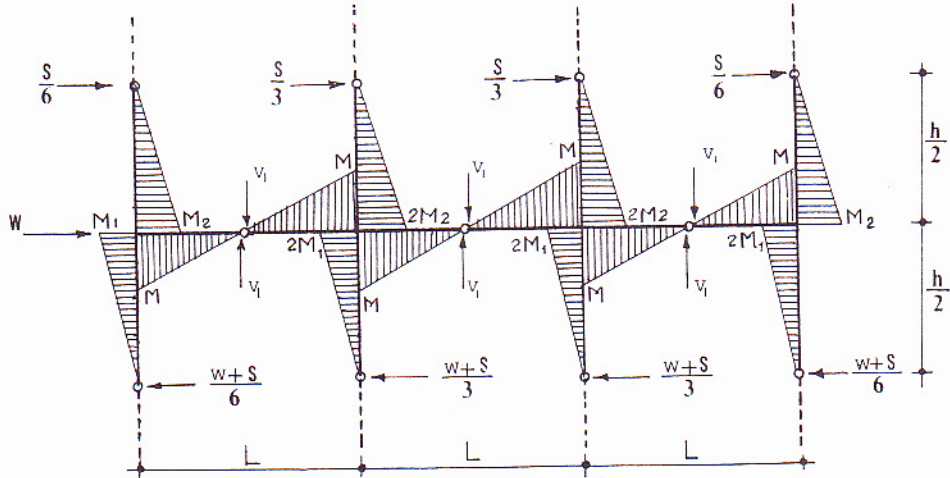
لا يوصى باستخدام هذه الطريقة إلا في الأبنية ذات النظم الاطارية التي تتساوى فيها أبعاد الإطارات ، وبحيث لا يزيد عدد الطوابق فيها عن (20) ولا تزيد نسبة ارتفاع البناء إلى عرض قاعدته عن (5) .

يوضح الشكلان (٤ - ٢٧) و (٤ - ٢٨) خطوات الحساب بهذه الطريقة ، مع العلم أن :

- $S =$  قوة القص الكلية في الطابق .
- $M_1 =$  عزم الانعطاف الأدنى على الأعمدة الخارجية .
- $M_2 =$  عزم الانعطاف الأعظمي على الأعمدة الخارجية .
- $2M_1 =$  عزم الانعطاف الأدنى على الأعمدة الداخلية .
- $2M_2 =$  عزم الانعطاف الأعظمي على الأعمدة الداخلية .

$M = M_1 + M_2$  عزم الانعطاف على كل طرف من الجائز .

$$V_1 = \frac{2M}{L} \text{ قوة القص على الجائز .}$$



الشكل (٤ - ٢٧)

\* الاجهادات المباشرة على الأعمدة :

$V$  = الاجهاد المباشر على العمود من الأعلى .

$V_1$  = الاجهاد الاضافي المباشر على العمود ، وقوة القص على الجائز .

$S$  = قوة القص الكلية في الطابق من الأعلى .

$W$  = قوة الرياح الاضافية عند المنسوب المدروس .

\* ملاحظة : إذا كانت فتحات الإطار المتجاورة غير متساوية ، فإن القص في الجوائز المتجاورة لا يكون متساوٍ . وبالتالي يصبح الإجهاد الإضافي المباشر على العمود المشترك كما يلي :

$$\pm (V_{1L} - V_{1R})$$

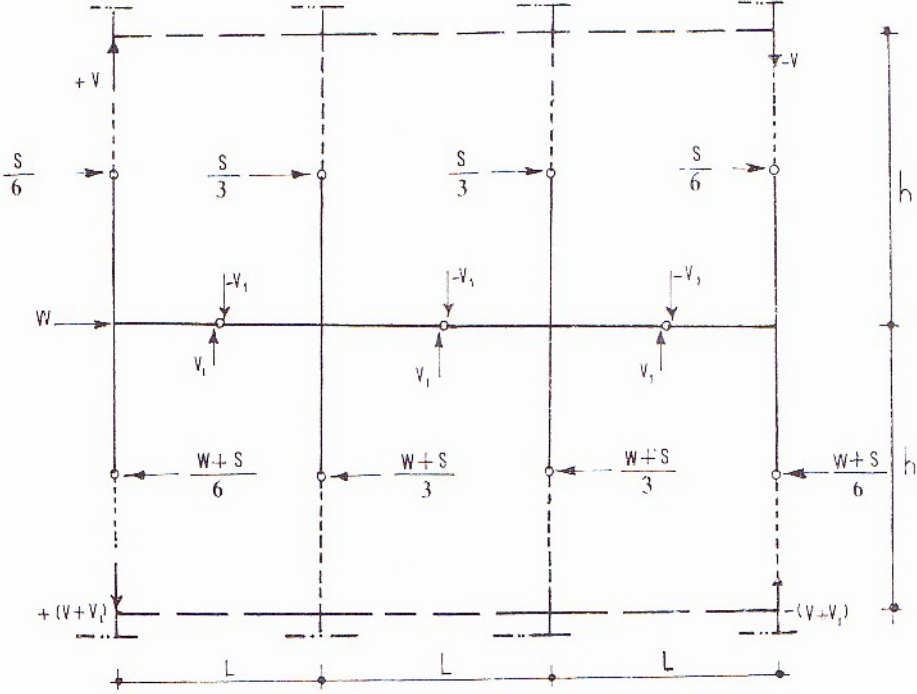
$V_{1R}$  = من اليمين

$V_{1L}$  = من اليسار .

$M_1, M_3$  = العزوم في الأعمدة الخارجية محسوبة كنسبة (من القص في الطابق الأعلى) ونسبة (من القص في الطابق الأدنى) .



$M_2, M_4$  = العزوم في الأعمدة الداخلية محسوبة كنسبة (من القص في الطابق الأعلى) ونسبة (من القص في الطابق الأدنى) .  
 $V_1, V_2, V_3, V_4$  = القص في عمود هذه الطوابق ، محسوباً من عزوم الانعطاف على العمود .



الشكل (٤ - ٢٨)

وبذلك تكون خطوات الحساب حسب التسلسل التالي :

- ١ - تعيين قيم قوى القص الأفقية في أعمدة الطابق الأخير للإطار من خلال حمولة الرياح المطبقة عند هذا الطابق ، وذلك في نقاط أو (أماكن) نوضع المفاصل .
- ٢ - تحسب القوى النازمية في الطابق الأخير من الإطار بدراسة توازنه الستاتيكي .
- ٣ - تحسب العزوم وقوى القص في العناصر الأفقية لهذا الطابق .
- ٤ - تكرر العملية المذكورة من الأعلى إلى الأسفل لتشمل كافة طوابق الإطار .

\* بشكل آخر نستعرض ما يعطيه الكود البريطاني (CP110) بخصوص هذه الطريقة على النحو التالي :

- توزع قوة القص بشكل يتحمل معه كل عمود داخلي ضعف حمولة العمود الخارجي .

- إذا كان عدد الأعمدة في طابق ما (n) ، فإن عدد قوى القص المتساوية في هذا الطابق هو (n - 1) . باعتبار أن العمودين الخارجيين يأخذان قوة قص معادلة لعمود داخلي واحد . وتكون بالتالي قوة القص في أسفل أي عمود من الطابق (i) «باعتبار الترتيب للطوابق يبدأ من الأعلى» مساوية إلى :

$$V_i = ( \sum F + 0,5 F_i ) ( n-1 ) \quad (٤ - ٥٤)$$

$$\sum F = F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_{n-1} \quad \text{حيث :}$$

$$F_1 = \text{القوة الأفقية عند منسوب الطابق 1 .}$$

$$F_2 = \text{القوة الأفقية عند منسوب الطابق 2 .}$$

أما عزم الانعطاف فيساوي جداء قوة القص بنصف ارتفاع العمود .

- يوضح الشكل (٤ - ٢٩) إطاراً مؤلفاً من أربعة طوابق وأربع فتحات فباستبار أن  $(F_{1,2,3,4})$  القوة الأفقية عند الطوابق (1, 2, 3, 4) على التوالي يكون :

$$M_i = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} F + 0,5 F_i}{n - 1} \cdot \frac{h_i}{2} \quad \text{العزوم على الأعمدة :} \quad (٤ - ٥٥)$$

$$M_{bi} = 0,5 (M_i + M_{i+1}) \quad \text{العزوم على الجوائز} \quad (٤ - ٥٦)$$

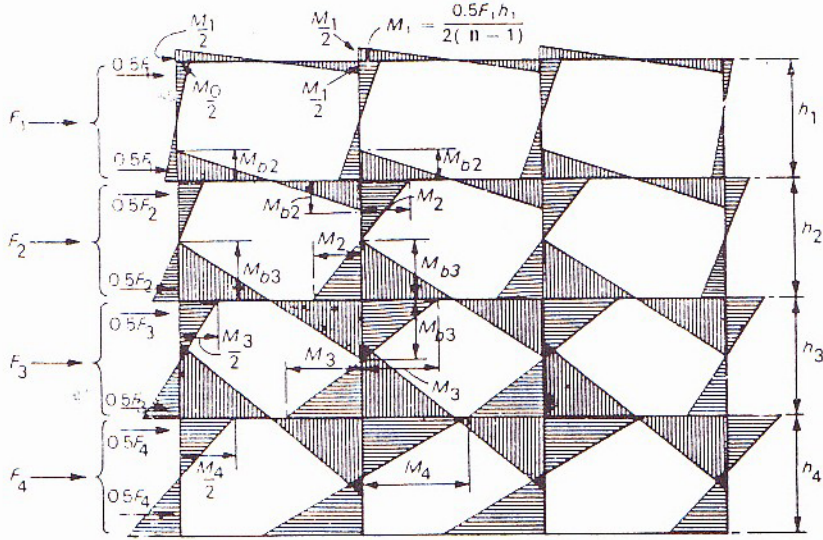
وبما أن (n=4) تصبح العزوم

$$M_1 = \frac{F_1 \cdot h_1}{12} \quad (٤ - ٥٧)$$

$$M_2 = (F_1 + 0,5 F_2) \frac{h_2}{6} \quad (٤ - ٥٨)$$

$$M_3 = (F_1 + F_2 + 0,5 F_3) \frac{h_3}{6} \quad (٤ - ٥٩)$$

$$\begin{aligned}
(٦٠ - \text{ع}) \quad M_4 &= (F_1 + F_2 + F_3 + 0,5F_4) \frac{h_4}{6} \\
(٦١ - \text{ع}) \quad M_{b1} &= 0,5M_1 \\
(٦٢ - \text{ع}) \quad M_{b2} &= 0,5 (M_1 + M_2) \\
(٦٣ - \text{ع}) \quad M_{b3} &= 0,5 (M_2 + M_3) \\
(٦٤ - \text{ع}) \quad M_{b4} &= 0,5 (M_3 + M_4)
\end{aligned}$$



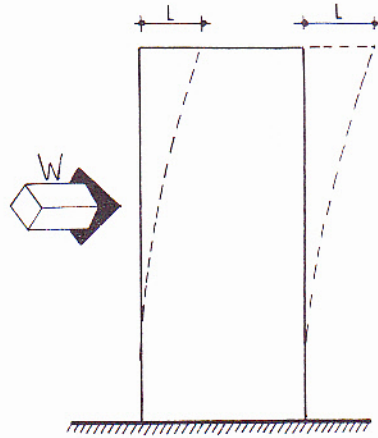
الشكل (٢٩ - ع)

\* ملاحظة : ليست هناك طرق تقريبية لتحليل الاطارات غير المنتظمة الأبعاد ، لذلك تستخدم في كثير من الحالات مقاطع تجريبية من أجل حلول أكثر دقة ، بطرق تكون قابلة للحل بواسطة الحاسب .

#### ٤ - ٤ - ٢ الطريقة الظرفية :

تعتبر هذه الطريقة من النوع الذي يعتمد على تحويل الاطار إلى منشأ مكافئ من حيث الخواص ، وهي تأخذ بالاعتبار شروط توافق الانقالات والدورانات في عناصر الإطار ، وبالتالي تدخل تأثير التشوهات والقوى المحورية بصورة مقبولة .

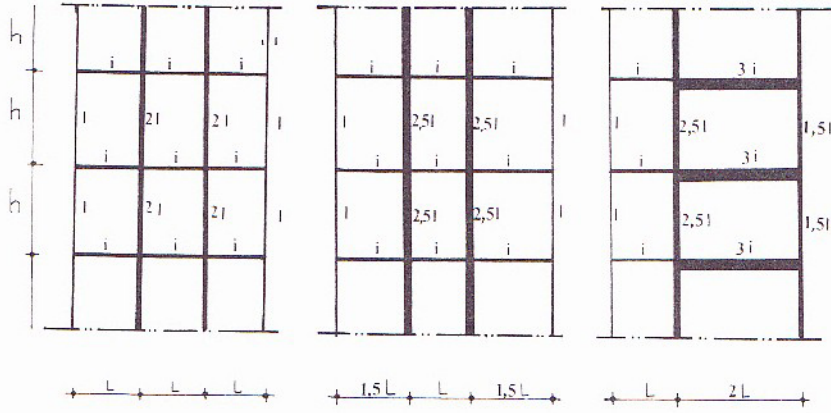
يعتبر البناء المدروس بهذه الطريقة بأنه يعمل كجائز ظفري موثوق من الأسفل .  
وتحسب الاجهادات على هذا الأساس ، طبقاً لقوانين الجوائز الظفرية ، ونظريات  
المرونة .



الشكل (٤ - ٣٠)

تعتمد الطريقة الظفرية على نظرية الاطارات المتناسبة (كالنماذج الموضحة في  
الشكل «٤ - ٣١») والقائلة بأنه إذا كانت زوايا الدوران في عناصر الاطار متساوية  
عند منسوب معين ، فإن قيم القساوة في العناصر المذكورة تكون متناسبة .

ومن خلال هذه النظرية نجد أن تحويل الإطار إلى ظفر مكافئ من حيث  
خراض القساوة ، (وخاضع لعزوم انعطاف عند مناسيب الطوابق تمثل مجموع  
عزوم الاطار) ، يعطي نتائج أكثر واقعية من طريقة الاطارات التقريبية .



الشكل (٤ - ٣١)

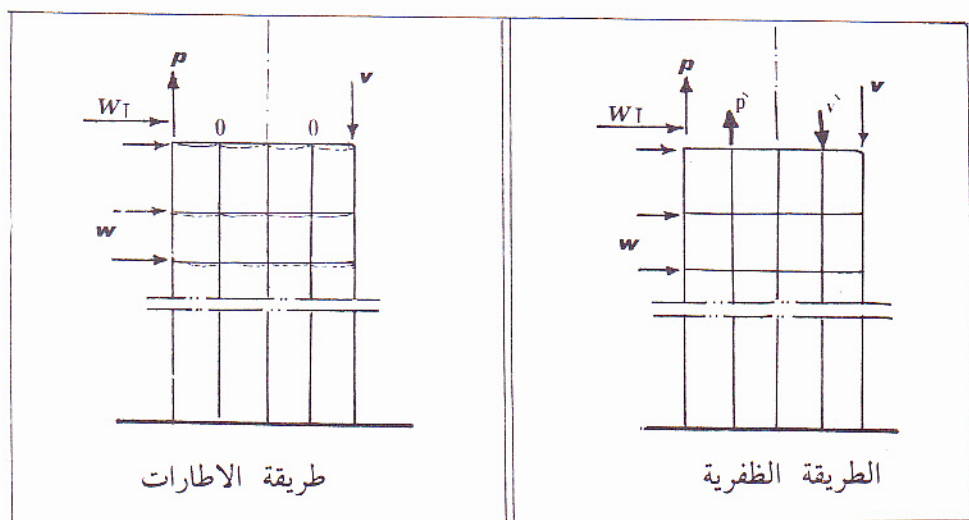
إن اختلاف مقاطع العناصر ، يؤخذ بالاعتبار في هذه الطريقة ، من خلال الاعتماد على أن عزم عطالة تلك العناصر تابع لمساحتها ، وللمسافات بين الأعمدة . لذلك نجد أن الفرضيات الأساسية للطريقة الظرفية هي :

١- إن الاجهادات المحورية التي يتعرض لها أي عمود في طابق ما ، تتناسب طردياً مع البعد عن المحور السليم لمجموعة أعمدة ذاك الطابق (مركز ثقل مجموعة أعمدة الطابق) .

٢- تعتبر نقاط منتصفات كل من الأعمدة والجوائز ، مفاصل وهمية ، أو نقاط تغير إشارات عزوم الانعطاف فيها .

وكطريقة الاطارات التقريبية ، تطبق هذه الطريقة في الأبنية العالية ذات النظم الإطارية والتي تحقق شرط نسبة الارتفاع إلى عرض القاعدة . إلا أنه يمكن بشكل عام استخدام الطريقة الظرفية للحالات التي تكون فيها ارتفاعات الطوابق غير متساوية ، أو حالات اختلاف خواص الاطار عن التناسبي ، وذلك بإيجاد خواص القساوة المكافئة .





الشكل (٤- ٣٢)

توضح الأشكال (٤- ٣٣) و (٤- ٣٤) و (٤- ٣٥) سير العمل في هذه الطريقة ، مع العلم أن :

\* الاجهادات المباشرة على الأعمدة تحسب كما يلي : الشكل (٤- ٣٣)

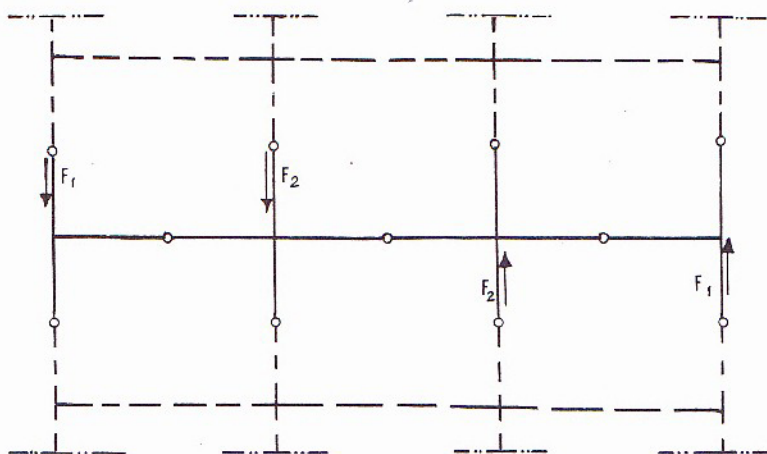
١ - عزم الطابق يساوي عزم حمولة الرياح الكلية عند المنسوب المدرس ويساوي إلى :

$$(٤- ٦٥) \quad M = F_2 \cdot L + 3 F_1 \cdot L$$

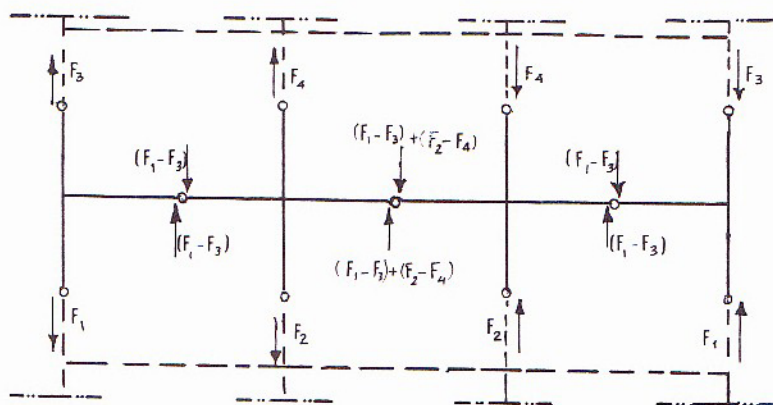
$$(٤- ٦٦) \quad F_1 = 3 F_2$$

$$(٤- ٦٧) \quad M = 10 F_2 \cdot L$$

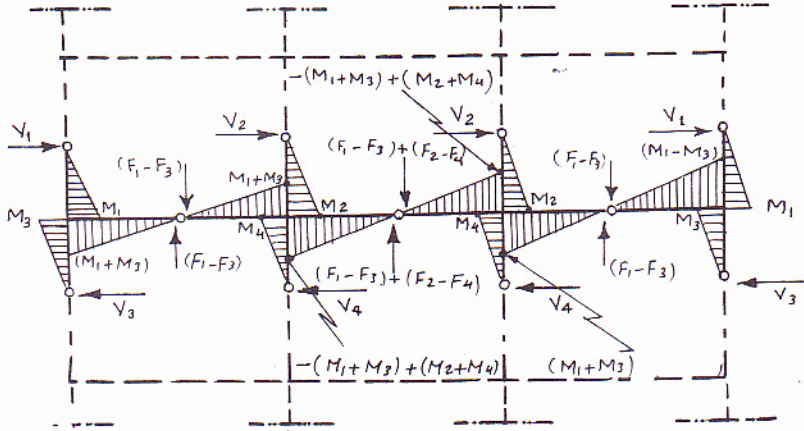
$$(٤- ٦٨) \quad F_2 = \frac{M}{10L}$$



الشكل (٣٣ - ٤)



الشكل (٣٤ - ٤)



الشكل (٤ - ٣٥)

\* القص على الجزائر كما في الشكل (٤ - ٣٤)

\* العزوم على الأعمدة والجوائز كما في الشكل (٤ - ٣٥)

وبذلك تكون خطوات الحساب العامة قد تمت وفقاً للتسلسل التالي :

١ - نفترض أماكن المفاصل الوهمية حسب الفرضيات لهذه الطريقة ، وتوزع الحمولات الأفقية على مستويات الطوابق (كما في طريقة الاطارات التقريبية) .

٢ - يتم حساب عزوم الانعطاف في الطابق المدروس من خلال معرفة الحمولات الأفقية المطبقة عليه ، وعلى الطوابق التي تعلوه .

٣ - تحدد قيم القوى المحورية الشادة والضاغطة على الأعمدة في الطابق المدروس من خلال دراسة توازن العزوم ، التي حسبت في البند (٢) ، ومن خلال تناسب الاجهادات المحورية (المباشرة) على أي عمود مع المسافة عن مركز ثقل مجموعة الأعمدة في هذا الطابق .

٤ - ٤ - ٣ طريقة الظفر المعدلة :

في الطريقتين آنفتي الذكر ، تم افتراض أن منتصفات فتحات الجوائز وارتفاعات الأعمدة هي نقاط تبدل الانعطاف . وهذا الاعتبار لا يعطي نتائج

قريبة من الصحة إلى حدٍ معقول إلا في الطوابق العليا . إذ أن الأعمدة في الطوابق السفلى غالباً ما تكون موثوقة مع الأساسات . وهذا ما يمنع تلك النقاط من الدوران ، على حين أن العقد عند تقاطع الجوائز مع الأعمدة ، تكون حرة الدوران بزوايا مختلفة تتبع قيمها نسب القساوة لعناصر العقدة . ويستنتج من ذلك أن نقاط تبدل الانعطاف في أعمدة الطوابق السفلى ، تقع في مناطق أعلى من منتصفات هذه الأعمدة .

- لقد تم حل هذا الأمر بأن أوصت بعض الكودات باعتبار أن نقاط تبدل الانعطاف في الطابق الأول فوق الأساسات ، تقع على ارتفاع ( 60% إلى 70% ) من طولها الاجمالي . وتبقى هذه النقاط في الطوابق الأخرى في منتصفات ارتفاعات الأعمدة .

كما أوصى البعض الآخر باعتبار أن الـ (10%) الأولى من عدد الطوابق الإجمالي في المبنى هي طوابق انتقالية تتدرج فيها نقاط تبدل الانعطاف شيئاً فشيئاً لتقترب من منتصفات الأعمدة في الطوابق الأخرى .

تم تعديل الطريقة الظرفية ، بغية استخدامها في الأبنية التي تزيد فيها نسبة الارتفاع إلى العرض عن (4) . حيث افترض من خلال الطريقة الظرفية المعدلة أن البلاطات المستوية قبل تشوه الأعمدة ، تبقى كذلك بعده . مع بقاء اعتبار أن المبنى ككل ، يعمل كجائز ظفري تحت تأثير قوى دفع الرياح الجانبية .

تتلخص الطريقة المعدلة هذه في اعتبار أن عزم عطالة الجوائز المتجاورة يتناسب طردياً مع قوى القص المطبقة عليها .

وتستعمل الطرق المعروفة مثل (توزيع العزوم)\* أو (الميل والانحراف) أو غيرها لإيجاد العلاقات التي تربط بين قساوات الجوائز الجانبية وقساوات الجوائز الداخلية .

ومعادلات الميل والانحراف مثلاً تعطي في هذه الحالة :

---

\* انظر الفصل الخامس .

(٦٩ - ٤)

$$\frac{K_1}{K_2} = \frac{V_1 \cdot L_1}{V_2 \cdot L_2}$$

حيث :

$$K_i = \frac{I_i}{L_i} = \text{قساوة الجائزة ذي الطول } (L_i) \text{ ، والعتالة } (I_i) .$$
$$V_1 , V_2 = \text{قوى القص في الجائزين الجانبي والداخلي .}$$

#### ٤ - ٤ - ٤ الانتقال الأفقي الناجم عن الرياح :

تمثل قوى القص الأفقية الناجمة عن الرياح ، قدرة تحريك الطوابق بشكل أفقي بالنسبة إلى بعضها ، أي أن قوة القص المطبقة على طابق معين ، تحرك هذا الطابق بصورة أكبر من الطابق الأدنى . وتدعى هذه الانتقالات الأفقية بالسهم في الطوابق .

عندما يكون البناء مرناً ، فإن تأثير الرياح على تلك المنشآت يؤدي إلى إزعاجات للمستثمرين من خلال الصرير الذي يحدث في الجدران الفاصلة أو الجدران التزيينية ، بسبب اهتزازها . لذلك لا بد من أن يكون هناك مقياساً يُحدد الانتقالات الأفقية المسموحة .

ولا يقل اختيار هذا المقياس والذي يدعى أيضاً بدليل الانحراف ، أهمية عن اختيار حمولات الرياح المناسبة في التصميم .

إن معظم كودات الأبنية تعتبر قوى الرياح في التصميم ، ونادراً ما يكون دليل الانحراف غير محقق عند تحقيق متطلبات الأمان .

إذا تم اختيار قيم منخفضة لدليل الانحراف ، فإن الجملة الانشائية لمقاومة الرياح تصبح مكلفة بشكل أكبر . لذلك فالعوامل الواجب اعتبارها عند اختيار تلك القيم هي :

- ١ - نمط البناء ووظيفته .
- ٢ - تأثير قساوات الجدران الداخلية والخارجية والبلاطات .
- ٣ - مصدات الرياح الخارجية .
- ٤ - شدة الرياح المعتبرة في الكود .



- يعطي الجدول التالي والمسمى بجدول (Weiskopf and Pickworth) للدليل الانحراف قيم نسبة الانتقال الأفقي إلى الارتفاع للمبنى  $(\frac{\Delta}{h})$  .

| نوع البناء  | نمط البناء  |                     | التعرض | متطلبات كود الرياح | دليل الانحراف |
|-------------|-------------|---------------------|--------|--------------------|---------------|
|             | جدران       | أرضيات              |        |                    |               |
| أبنية مكاتب | جدران فاصلة | أسقف حماية فولاذية  | أدنى   | متوسط              | 0,0025        |
| أبنية فنادق | بناء        | بيتون               | أعظمي  | حدي                | 0,0025        |
| أبنية مكاتب | بناء        | فولاذ وتغليف بيتوني | وسطي   | متوسط              | 0,0030        |
| أبنية سكنية | بناء        | بيتون               | أدنى   | حدي                | 0,0025        |
| أبنية مكاتب | جدران فاصلة | فولاذ مع تغطية      | أعظمي  | أدنى               | 0,0015        |

على الرغم من أن الاختيار الهندسي للانتقال الأفقي ، يميز موضوع الكلفة الاقتصادية للمنشأ ، بما لا يتعارض مع متطلبات المتانة والاستقرار . إلا أنه يجب زيادة القساوة لتحقيق الحركات المسببة للإزعاج ، أو للتشققات الخفيفة ، وخاصة في المشافي والفنادق والمساكن التي تتطلب اعتبارات خاصة ، لأن تلك الحركات تصبح عرضة للزيادة والتوسع مع الزمن .

لقد لوحظ في الأبنية العالية أن بعضاً من أنواع الأكساعات والاضافات كالقواطع والطينة المضافة على الأعمدة والجوائز لمقاومة الحريق . وكذلك جدران أبراج الدرج وغيرها تزيد من قساوة الهيكل الحامل لمقاومة قوى القص . في حين أن الأنواع الأخرى كالزجاج والسقوف المستعارة وما شابهها ، لا تؤدي هذه المهمة .

إن الأبنية المقامة في مراكز المدن ، وكذلك الأبنية متوسطة الارتفاع ، تكون في الغالب أقل تعرضاً للضغوط التصميمية الكاملة على الرياح ، لذلك فإن معايير الانتقال الأفقي فيها لا تصل إلى الحالات الحدية .

تدلنا الفكرتان آنفنا الذكر على أنه في الحالات التي تعتمد فيها كودات ذات مواصفات عالية للمتانة والاستقرار ، يمكن تعديل دليل الانتقال الأفقي بما يتلاءم مع كافة المعطيات المذكورة .

هذا وتشير الاحصاءات إلى أن العديد من الأبنية العالية في مدينة نيويورك قد صممت على دليل للانتقال مساوٍ إلى (0.003-0.002) . أما الأبنية المتوسطة الارتفاع ذات الجدران القاطعة على دليل مقداره (0.002 - 0.0015) .

#### ٤ - ٥ التحليل الإنشائي لجدران القص الخاضعة للحمولات الأفقية :

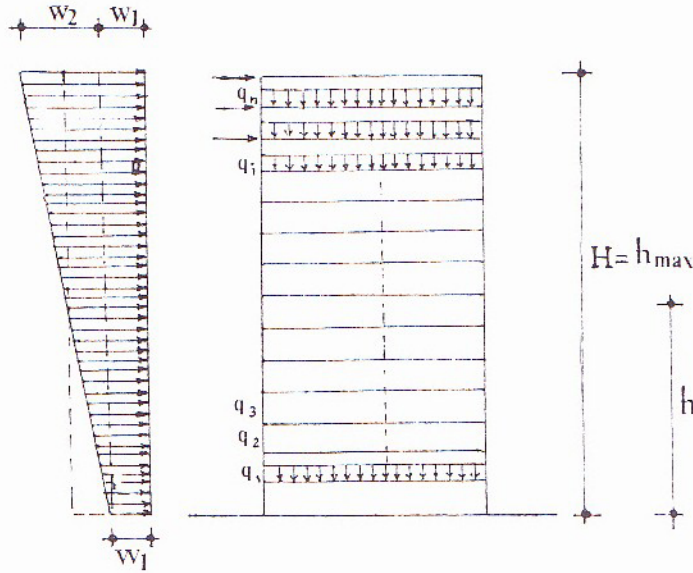
لا تقتصر النظم الإنشائية التي تعتمد على جدران القص لمقاومة القوى الأفقية على تحمل هذا النوع من الحمولات فقط ، فالجدران في هذه الجمل تتلقى أيضاً الحمولات الشاقولية المطبقة عليها عند مناسيب الطوابق\* ، والناجمة عن الأوزان الذاتية لعناصر السقوف ، وعن الحمولات الحية فوقها . . . وعن غير ذلك .

لذلك تحسب هذه العناصر تحت تأثير حمولات أفقية (W) وحمولات شاقولية (V) وعزوم انعطاف (M) .

يمثل الشكل (٤ - ٣٦) توزيع ضغط الرياح على خط ارتفاع المبنى ، أو على جدار قص فيه . ويبسط الحساب باعتبار أن هذا الضغط يمكن أن يأخذ توزيعاً منتظماً مكافئاً بدلاً من التوزيع شبه المنحرف . أو توزيعاً منتظماً مضافاً إليه توزيعاً مثلثياً ، بحيث يكافئ مجموعهما الضغط الاجمالي .

---

\* من أجل حساب الجدران الخاضعة للحمولات الشاقولية ، انظر الجزء الرابع من الدليل (الأعمدة والجدران الحاملة) .



الشكل (٤ - ٣٦)

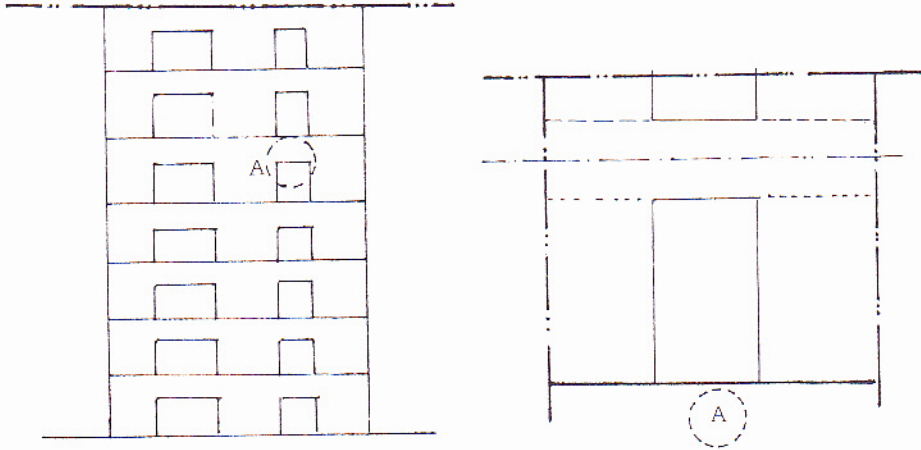
#### ٤ - ٥ - ١ تصنيف جدران القص :

يمكن تصنيف جدران القص ضمن فئتين أساسيتين ، فهناك الجدران المصمتة ، والجدران الحاوية على فتحات (المفرغة) . وهذه الأخيرة يمكن تصنيفها تبعاً لأبعاد ومساحات الفتحات إلى فتحات صغيرة ومتوسطة وكبيرة .

وغالباً ما تحتوي جدران القص على فتحات موزعة على ارتفاع المبنى عند منسوب كل طابق ، ويكون تأثير ذلك على هذه الجمل بأن ترتبط هذه الجدران عند مناسيب الطوابق ببعضها البعض عن طريق عناصر إنشائية أخرى ، هي جوائز الربط (الروابط الأفقية) . وعندئذٍ تؤول صعوبة حل الجدار تحت تأثير مختلف الحمولات ، إلى كيفية حساب هذه العناصر ، ونقل الاجهادات منها إلى الجدران الموصولة بها .

تبسط طرق حساب الجدران المفرغة أو المشتلمة على فتحات ، بالاستعاضة حسابياً عن تلك الروابط ، بعناصر وهمية مكافئة ، بشكل يُصبح معه سلوك

الجدار وكأنه مصمت . وبذلك يمتلك الجدار المكافئ نفس خواص قساوة الجدار الأصلي (الحاوي على الفتحات) وبالتالي يسلك نفس السلوك المرن تحت تأثير دفع الحمولات الأفقية .



الشكل (٤ - ٣٧)

عند حساب جوائز الربط ، يجري تخفيف معامل مرونتها حيث يؤخذ عادة .

$$E_p = (0.3 - 0.5) E_w$$

$E_p$  = معامل مرونة الربط .

$E_w$  = معامل مرونة الجدار .

هذا ويفضل اعتماد معامل المرونة المذكور لمنع تشققات مناطق الشد في المقطع العرضي بسبب الانعطاف أو التقلص .

\* الجدران المصمتة :

يعتبر حساب جدران القص المصمتة (غير الحاوية على فتحات) أكثر سهولة فيما لو قورن بالحالة المعاكسة (حالة وجود الفتحات) .



فمن أجل تحديد مقاطع هذه الجدران وحساب التسليح فيها عند أي منسوب مدروس يجري حساب قيم الحمولات الشاقولية المطبقة عليها بالطرق المعتادة ، وكذلك القوى الأفقية المؤثرة ، تبعاً لما ورد في الفقرة (٤ - ٢) . ويجري بناءً على ذلك تحديد قوى القص وعزوم الانعطاف في المقطع المدروس .

أما الانزياح الأفقي الناجم عن القوى الأفقية في جدار مصمت ، فيمكن إيجاده من العلاقة التالية . وذلك تحت تأثير حمولة موزعة بانتظام شدتها (W) أو تحت تأثير حمولة مثلثية شدتها العظمى في الأعلى (W) .

فمن أجل حمولة موزعة بانتظام يكون الانتقال الأفقي عند منسوب مدروس (٤) :

$$X_h = \frac{W.H^4}{EI} (0.042 \xi^4 - 0.17 \xi^3 + 0.25 \xi^2) + \frac{W.H^2}{GA} . K (\xi^2 - 0.5 \xi^3)$$

(٤ - ٦٩)

حيث :

H = الارتفاع الكلي للبناء المدروس ، أو للجدار باعتباره مستمراً على كامل البناء .

E = معامل مرونة البتون للجدار المدروس على الشد أو الضغط .

I = عزم عطالة مقطع الجدار .

ξ = نسبة الارتفاع المدروس إلى الارتفاع الكلي .

G = معامل مرونة بيتون الجدار على القص . والذي يعبر عن مقاومة مادته للتشوه الانزلاقي (الزاوي) \* .

A = مساحة المقطع العرضي للجدار المدروس .

\* دلت التجارب على أن العلاقة بين قوة القص (W) والتشوه الحاصل بتأثيرها تكون خطية في مرحلة المرونة لذلك يمكن أن تكتب  $\frac{\gamma}{\tau} = G . 0.004$  - حيث (γ) الانزلاق النسبي الذي يساوي إلى نسبة الانزلاق المطلق لنقطة ما إلى بعدها عن منطقة الوثاقة ؛ وبالتالي فالانزلاق النسبي هو ظل زاوية الانزياح الحاصلة بتأثير القص . ويمكن اعتبار (γ = τg) .

$$\tau = \frac{W}{A} = \text{إجهاد القص المطبق}$$



$K$  = معامل يتعلق بالمساحة المكافئة للقص ، ويعطى كما يلي :

$K = 1.0$  للمقاطع ذات الشكل (I) .

$K = 101$  للمقاطع ذات الشكل (T) .

$K = 1.2$  للمقاطع ذات الشكل المستطيل .

أما من أجل حمولات مثلثية شدتها العظمى (W) في الأعلى ، فيكون الانتقال الأفقي عند أي منسوب في الجدار المصمت كما يلي :

$$X_h = \frac{W.H^4}{EI} (0.0083 \xi^5 - 0.833 \xi^3 + 0.17\xi^2) + \frac{W.H^2}{G.H} \cdot K (0.5 \xi^3 - 0.17\xi^4)$$

(٧٠ - ٤)

هذا ويعتبر  $X_h = (X_h)_{\max}$  في الحالتين المذكورتين عندما يكون

$$\xi = \frac{h}{H} = 0.8 \text{ حيث } (h) \text{ ارتفاع المنسوب المدروس .}$$

٤ - ٥ - ٢ حساب جدران القص الحاوية على فتحات بطريقة الوسط المستمر :  
تختلف الطرق التي تحسب من خلالها جدران القص التي تحتوي على فتحات فيها ، عن تلك التي تحسب من خلالها الجدران المصمتة . ويعود ذلك إلى اختلاف سلوك المنشأ تحت الحمولات الأفقية بين الحالتين المذكورتين .

يتم تصنيف سلوك العناصر الحاوية على فتحات من خلال معامل يتعلق بارتفاع المنشأ أو الجدار (H) كما سنرى هو  $(\alpha H)$  . حيث  $(\alpha)$  ثابت يتعلق بالخصائص الهندسية للجدران .

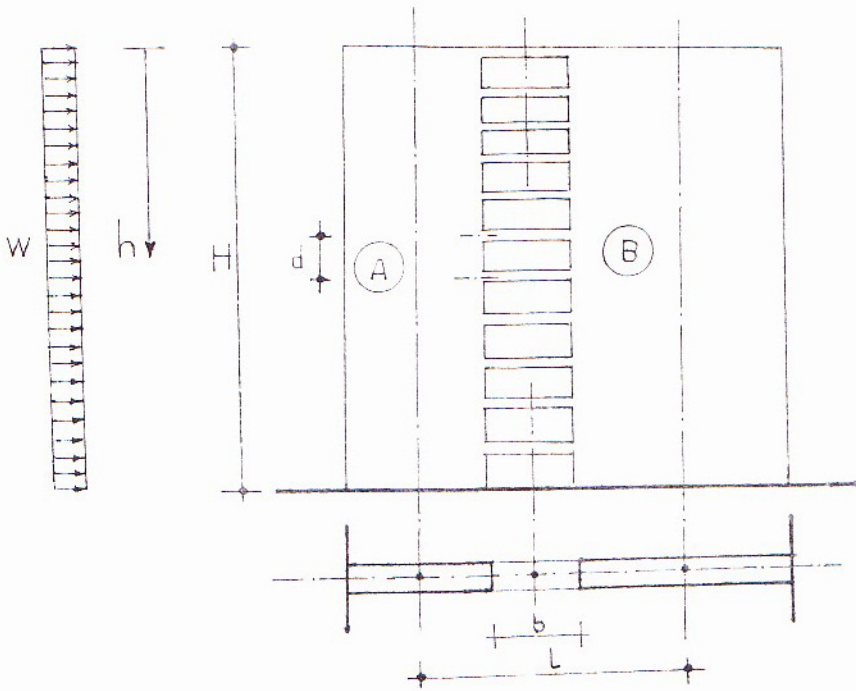
إن عدد فتحات الجدار في الصف الواحد ، وكذلك أبعاد الفتحة ، يؤثران بشكل ملحوظ على سلوك الجدران المفرغة .

فعرض الفتحة يؤثر على كيفية توزيع قوى القص في الجوائز التي تربط الجدران ببعضها البعض (الروابط) . ففي الجدران ذات الفتحات الصغيرة ، والتي يميل سلوكها نحو سلوك الجدران المصمتة ، وجد أن تأثير الفتحات لا يغير كثيراً من قيم الاجتهادات الناعمية في الجدران . (من قيم القوى القاصة) .

في حين تهمل الأخيرة في الجدران التي تضم فتحات كبيرة ، حيث تصبح الجدران بين الفتحات وكأنها إطارات من حيث العمل الإنشائي .

لإيضاح هذا المفهوم ، نعرف المعامل ( $\alpha$ ) الذي يتعلق بتوصيف سلوك المنشأ أو الجدار الحاوي على فتحات ، بالعلاقة التالية :

$$(٧١ - \epsilon) \quad \alpha = \sqrt{\frac{12I_p}{d \cdot b^3} \left( \frac{A}{A_A + A_B} + \frac{L^2}{I} \right)}$$



الشكل (٣٨ - ٤)

حيث :

- $A_A, A_B$  = مساحة مقطعي الجدارين (A,B) الموضحان في الشكل (٣٨ - ٤) .
- $d$  = ارتفاع الطابق (المسافة الشاقولية بين الروابط) .
- $b$  = طول الرابط .

$L$  = المسافة بين مركزي ثقل الجدارين المرتبطين .  
 $I$  = تعرف كما يلي :

$$(٧٢ - ٤) \quad I = \frac{I_{P0}}{1 + K \frac{E}{G} \left( \frac{t}{b} \right)^2}$$

$E$  = معامل مرونة جائز الربط (الرابط) .

$G$  = معامل مرونة القص .

$K$  = ثابت يتعلق بالمساحة المكافئة للقص (معرف بالعلاقة ٤ - ٦٩) .

$t$  = ارتفاع الرابط .

$I_{P0}$  = عزم عطالة الرابط .

من خلال قيمة  $(\alpha H)$  هذه ، أو من خلال  $(\alpha H)$  تصنف الجدران الحاوية على فتحات تبعاً لما يلي : حيث  $(H)$  هو الارتفاع الكلي للجدار .

- $\alpha H > 8$  الفتحات صغيرة . وسلوك الجدار مشابه للجدار المصمت .
- $\alpha H < 4$  الفتحات كبيرة . تعمل الجدران بشكل مشابه للإطارات .
- $8 > \alpha H > 4$  الفتحات متوسطة . عمل مشتركة للجدران المترابطة .

أولاً : الجدران ذات الفتحات الصغيرة ( $\alpha H > 8$ ) :

عندما لا تزيد مساحة الفتحات عن ربع مساحة الجدران (تقريباً) . أو عندما تتحقق المتراجحة أعلاه ، تكون الفتحات حينئذٍ صغيرة ، وتصبح قليلة التأثير على الجدران ، حيث يصمم عندها الجدار وكأنه مصمت مع الأخذ بالاعتبار قوى القص التي تتعرض لها منتصفات الروابط ، والتي تحدد بالعلاقة التالية ، وذلك من أجل رابطة (i) يقع على ارتفاع مقداره  $(h)$  مقاساً من أعلى البناء باتجاه الأسفل :

$$(٧٣ - ٤) \quad Q_i = \frac{Q_o \cdot d}{I'} \cdot S$$

حيث :

$Q_0$  = قوة القص الكلية الناجمة في أسفل الجدار (الظفري) بسبب الحمولات الأفقية الخارجية (W) .

$d$  = طول الرابط .

$I'$  = عزم عطالة الجدار الكلي باعتباره مصمت حول مركز ثقله .

$S$  = العزم الستاتيكي للجدار باعتباره مصمت حول مركز ثقله .

تكون القوى الناعمية على الجدار في أي مقطع مساوية إلى مجموع قوى القص على طرفي الرابط اعتباراً من المنسوب المدروس وحتى أعلى البناء .

$$N_i = \sum Q_i \quad (٧٤ - \text{ع})$$

تعين قيم عزوم الانعطاف في طرفي الرابط الموثوقين في مثل هذه الحالات بالعلاقة :

$$M_i = Q_i \cdot \frac{b}{2} \quad (٧٥ - \text{ع})$$

حيث  $b$  = عرض جائر الربط .

إذا تحققت المتراجحتين التاليتين في جدار يحتوي على فتحات صغيرة ، فيمكن بشكل تقريبي اعتبار الجدار وكأنه مصمت ، ويحسب عندها كظفر واحد موثوق في الأسفل :

$$t \geq 0.2.d \quad (٧٦ - \text{ع})$$

$$\sum b \geq 0.15 \sum L \quad (٧٧ - \text{ع})$$

حيث (t) ارتفاع الرابط .

(d) ارتفاع الطابق .

$(\sum b)$  مجموع أطوال الروابط (الفتحات) .

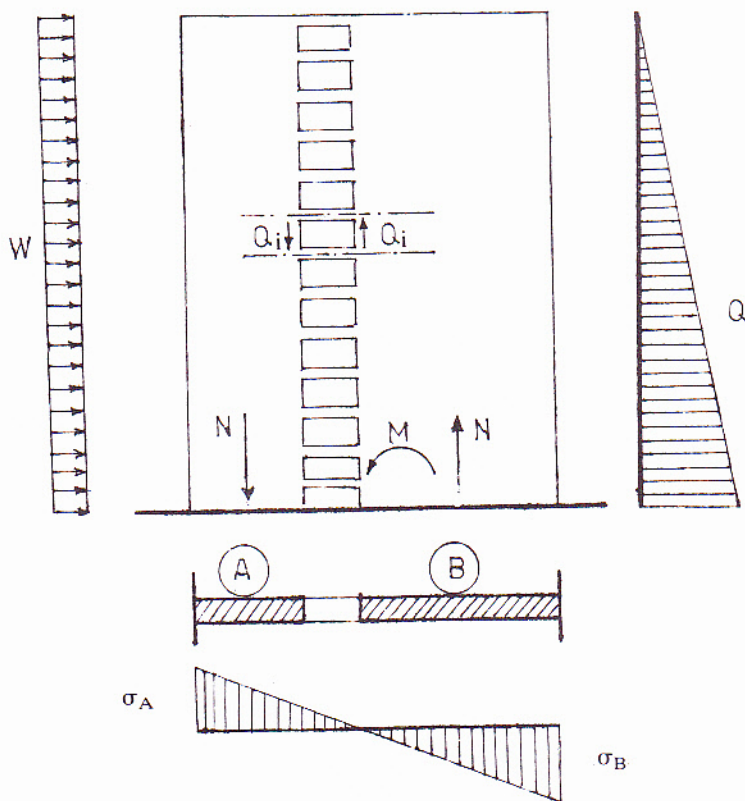
$(\sum L)$  مجموع أطوال الجدار بين الفتحات .

يجوز بصورة تقريبية اعتبار الانزياح الأفقي الحاصل في مثل هذه العناصر مساوٍ إلى :

$$X_{hi} = (1.25 - 1.40) (X_{hi})_F \quad (٧٨ - ٤)$$

حيث  $(X_{hi})_F$  = الانزياح الأفقي للجدر المصمت بتأثير الحمولات الأفقية نفسها المطبقة على الجدار الحاوي على فتحات صغيرة .

يوضح الشكل (٤ - ٣٩) كيفية توزيع الاجهادات على جدار يضم فتحات صغيرة .



الشكل (٤ - ٣٩)

توزيع الاجهادات الناعمية على جدار يحتوي على فتحات صغيرة



ثانياً : الجدران ذات الفتحات الكبيرة -  $(\alpha H < 4)$  :

عندما تكون الفتحات في الجدران كبيرة نسبياً ، تكون قساوات الروابط صغيرة ، وبالتالي تصبح غير قادرة على تحمل العزوم الناجمة عن الدفع الأفقي . ويعتبر الجداران المتصلان بتلك الروابط في هذه الحالة ، بأنهما مرتبطان بعناصر أفقية متمفصلة الطرفين تؤدي مهمة تساوي الانتقالات الأفقية للجدران .

يسلك الجدران الحاوية على فتحات كبيرة سلوكاً شبيهاً بعمل الاطارات الخاضعة لتأثير الحملات الأفقية ، مع بعض التعديلات البسيطة . وفي حالة جدارين مرتبطين بروابط أفقية كبيرة الأبعاد تحسب عزوم الانعطاف على النحو التالي :

$$(٧٩ - \text{ع}) \quad M_A = \frac{I_A}{I} \cdot M_0 \quad \text{للجدار (A) :}$$

$$(٨٠ - \text{ع}) \quad M_B = \frac{I_B}{I} \cdot M_0 \quad \text{للجدار (B) :}$$

حيث  $(I = I_A + I_B)$

$M_0$  = عزوم الانعطاف الناجم عن الحمولة الأفقية الخارجية .

تحسب الانتقالات الأفقية لهذه الجدران كما في حالة الجدران المصمتة مع استبدال الصلابة (K) للجدار المصمت بالصلابة المكافئة ( $K_S$ ) للجدار المشتمل على فتحات :

حيث يكون من أجل جدارين (A,B) :

$$(٨١ - \text{ع}) \quad K = \frac{3EI}{H^3}$$

$$(٨٢ - \text{ع}) \quad K_S = \frac{3E(I_A + I_B)}{\gamma \cdot H^3}$$

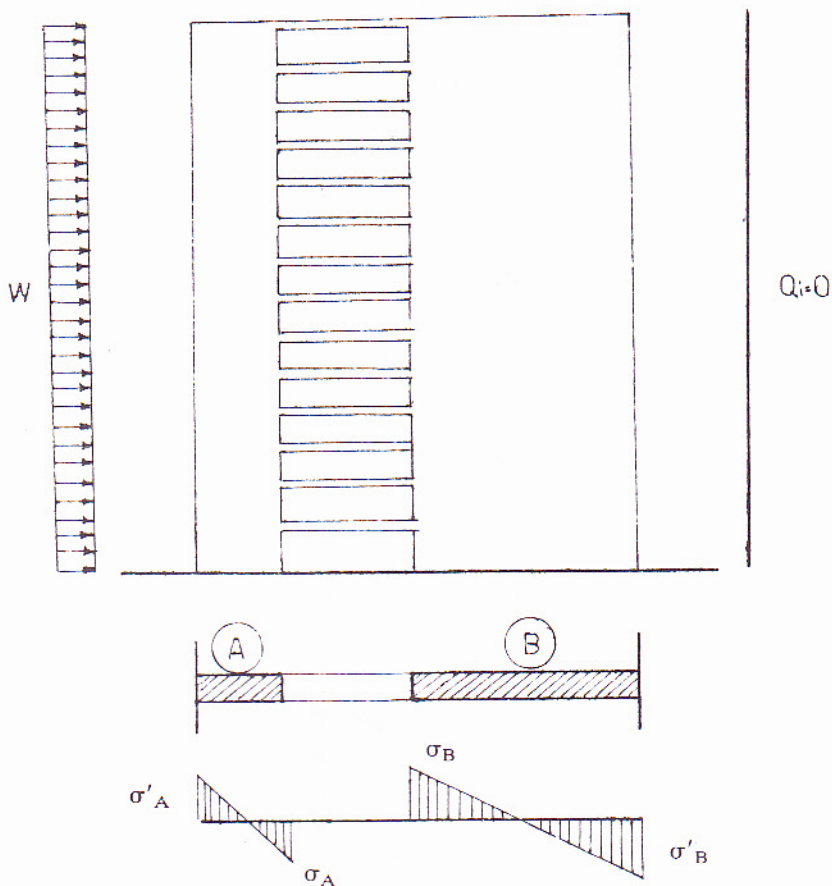
حيث  $\gamma$  = معامل يعطى بالعلاقة :

(٨٣ - ٤)

$$\gamma = 1 + \frac{A(I_A + I_B)}{A_A \cdot A_B \cdot b^3}$$

$$A = A_A + A_B$$

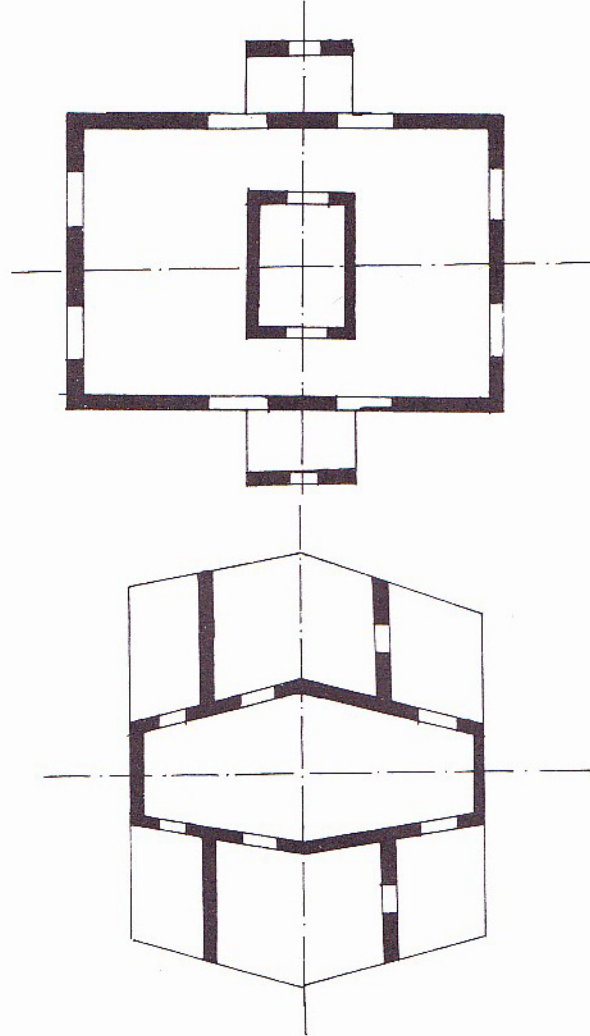
في هذه الحالة تعتبر ( $Q_i = 0$ ) . ويمثل الشكل (٤٠ - ٤) توزيع الاجهادات على جدار يحتوي على فتحات كبيرة .



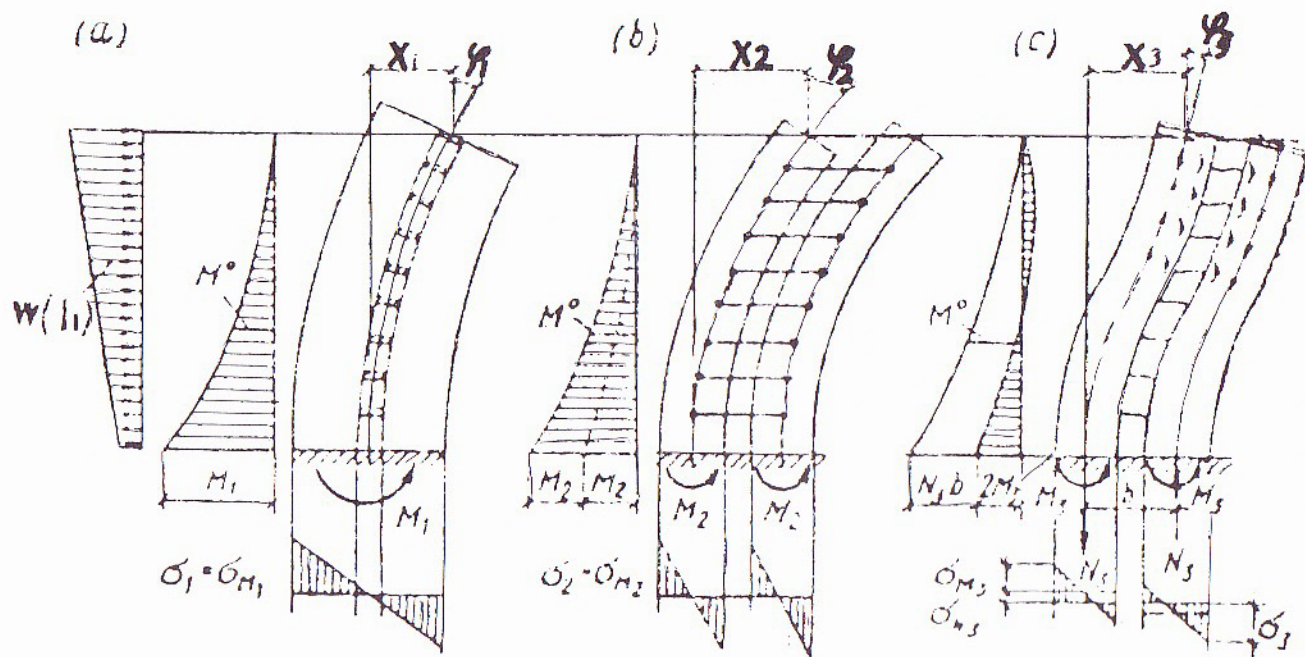
الشكل (٤٠ - ٤)

توزيع الاجهادات على جدار يحتوي على فتحات كبيرة

ثالثاً : الجدران ذات الفتحات المتوسطة (الحالة العامة) :  
 يمكن تعميم طريقة الوسط المكافئ المستمر على المباني التي تكون فيها  
 مجموعات الروابط متصلة بشكل متناظر وفراغي ، كالحالات الشبيهة بالشكل  
 (٤ - ٤١) .



الشكل (٤ - ٤١)



شكل (٤-٤١-١)

نماذج توزيع الاجهادات في جداري قص مرتبطين في الحالة العامة .

### \* الفرضيات الأساسية :

تعتمد طريقة الوسط المكافئ المستمر في الحالة العامة على الافتراضات التبسيطية التالية .

١ - تعتبر كافة الجدران المدروسة أظفاراً موثوقة في الأسفل ، وحرّة في الأعلى وتعرض عند أي منسوب إلى انتقال أفقي واحد بسبب الدفع الأفقي الناجم عن قوى الرياح أو ما شابهها .

٢ - تهمل جميع تشوهات جدران القص .  
ويعتبر هذا الافتراض مقبولاً إلى حد كبير كونه لا يغير من النتائج النهائية للحساب .

٣ - تهمل التشوهات النازمية للروابط الأفقية (التي قد يأخذ مقطعها الشكل المستطيل أو (T) أو (L) أو (I)) وذلك بسبب القساوات النسبية الكبيرة للبلاطات في مستوياتها ولكون القوى النازمية التي تتعرض لها هذه العناصر (الروابط) تعتبر صغيرة بالمقارنة مع عزوم الانعطاف .

٤ - تعتبر منتصفات أطوال الروابط الأفقية ، نقاطاً لتغير الخط المرن لها ، وبالتالي فعزوم الانعطاف بسبب القوى الأفقية تكون مساوية للصفر في تلك النقاط .

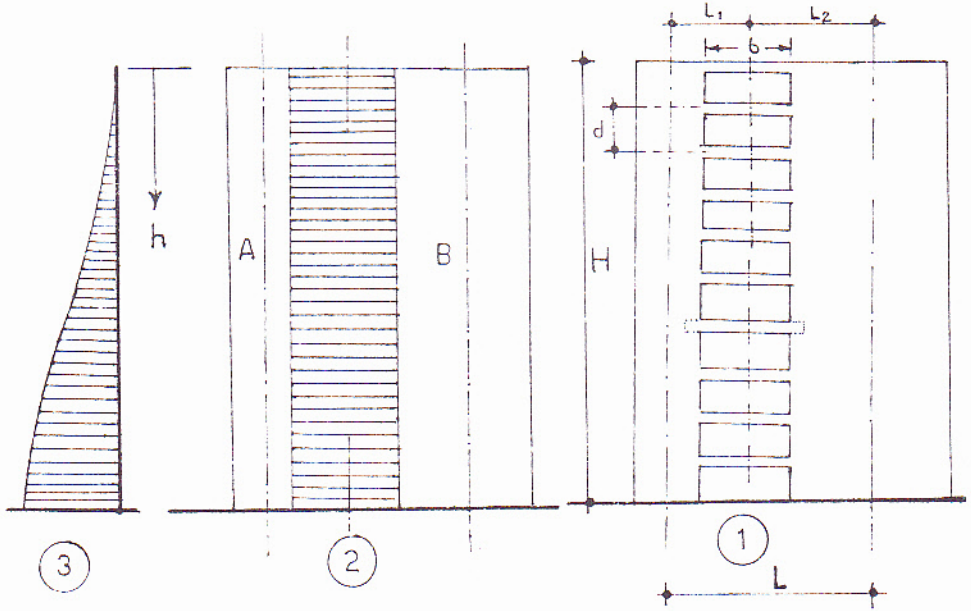
تستخدم هذه الطريقة لحساب الجهود في عناصر جدران القص التي تحتوي على فتحات فيها . وبالتالي التي تتصل عند منسوب معين ببعضها عبر روابط أفقية ، وتخضع إلى حمولات أفقية .

وتدعى هذه الطريقة أيضاً بطريقة الوسط المكافئ أو بطريقة الوسط المرن .  
يقترّب عمل الجدران ذات الفتحات الصغيرة من عمل الجدران المصمتة ، في حين يقترّب سلوك تلك التي تضم فتحات كبيرة من سلوك الاطارات .

يفترض في هذه الطريقة أن الروابط الأفقية بين الجدران تستمر على كامل ارتفاع البناء المدروس . وأن الاستمرار بين الجدران يحقق رياضياً نتيجة لاعتبار الوسط المكافئ المستمر عند منطقة الروابط .



إن قوة القص (Q) عند أي منسوب ، والمطبقة على الأوساط المستمرة ، بسبب الحمولات الأفقية ، تكون مجهولة القيمة ، ويتم إيجادها وفقاً لطريقة الحل المشروحة أدناه .



الشكل (٤ - ٤٢)

- (١) - العنصر الحائطي على فتحات
- (٢) - العنصر المكافئ المستمر
- (٣) - كيفية توزيع قوة القص (Q) في الروابط المكافئة كنائب للارتفاع (h) .

وتقترب هذه الفرضية من السلوك الفعلي للعناصر كلما ازدادت نسبة عرض الجدار إلى ارتفاع الرابط الأفقي (الجائز أو البلاطة) .

- ٤ - تعتبر ارتفاعات جميع الطوابق ثابتة على كامل ارتفاع المبنى .
- ٥ - تحول الروابط الأفقية (التي يفترض بأنها تمتلك نفس الخصائص الهندسية في أي طابق) ذات الصلابة الثابتة ( $EI_{po}$ ) إلى شريحة مكافئة قساوتها

$\left( \frac{EI_{po}}{d} \right)$  . حيث  $(I_{po})$  عزم عطالة الرابط (الجائز والبلاطة) ،  $(d)$  ارتفاع الطابق .

٦ - يعتبر المجاز الحسابي للرابط ، مساوٍ إلى المسافة الصافية بين الجدارين المرتبطين (مسافة الضوء) مضافاً إليها ارتفاع الرابط .

في الحالة العامة نلاحظ أن أية قوى أفقية تؤثر على المبنى المدروس ، تؤدي إلى إحداث انتقالات نسبية شاقولية في الروابط ، وذلك عند نقاط المستوي الوسطي المار من منتصفات هذه الروابط . وتنتج هذه الانتقالات عن الاسباب التالية :

- الانتقال ذي القيمة  $\Delta_1$  ، يحدث بسبب انعطاف الجدران .
- الانتقال ذي القيمة  $\Delta_2$  ، يحدث بسبب التشوهات النازمية للجدران .
- الانتقال ذي القيمة  $\Delta_3$  ، يحدث بسبب انعطاف الروابط .
- الانتقال ذي القيمة  $\Delta_4$  ، يحدث بسبب تشوهات القص للروابط .

وشروط توافق الانتقالات تفرض بأن يكون

$$(\sum \Delta_i = \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 + \Delta_4 = 0)$$

وباستبدال قيم كل انتقال بدلالة أبعاد المنشأ وعناصره ، وخصائصهم الهندسية تنتج مجموعة من المعادلات التفاضلية ، بحلها يتم الحصول على الجهود التي تتعرض لها الروابط وبالتالي الجدران .

إلا أن العمل بموجب تلك المعادلات طويل جداً ويحتاج إلى حسابات تستغرق زمناً طويلاً . لذلك يمكن اعتماد أسلوب أبسط للحل يعتمد على مجموعة من المنحنيات البيانية السهلة الاستخدام المستخرجة من المعادلات المبني عنها أعلاه .

- نستعرض طريقة الحل بالبيانات كما يلي :

#### ٤-٥-١-١ النموذج الأول :

أولاً : حالة جداري قص مرتبطين يتعرضان إلى حمولة موزعة بانتظام :  
يمثل الشكل (٤-٤٣) الجدارين (A , B) المرتبطين بعناصر أفقية .  
ويتعرضان إلى حمولة موزعة أفقية شدتها (W) منتظمة على كامل الارتفاع . ويوضح  
هذا الشكل توزيع الاجهادات الناعمية الإجمالية على الجدارين ، والناجمة عن  
الانعطاف المركب الذي تسببه كل من قوة القص في الرابط (Q) وعزم الانعطاف  
(M) . واللذان يتعرض لهما الجداران من خلال حالة التحميل الموضحة .

تعبّر الحالة (1) في الشكل (٤-٤٣) عن توزيع الإجهادات الناعمية على  
الجدارين عندما يعملان كظفرين مستقلين موثوقين في الأسفل . أما الحالة (2) .  
فتمثل توزيع تلك الاجهادات عندما يعمل الجداران كظفر واحد . في حين أن  
الحالة (3) تبين كيفية توزيع الاجهادات نتيجة وجود الرابط بينهما . وهي تنتج عن  
جمع الحالتين (1+2) .

١ - حساب الاجهادات العظمى والصغرى في الجدران : من أجل ذلك  
نجزئ المخطط (3) إلى المخططين (1+2) .

أ - المخطط رقم (3) :

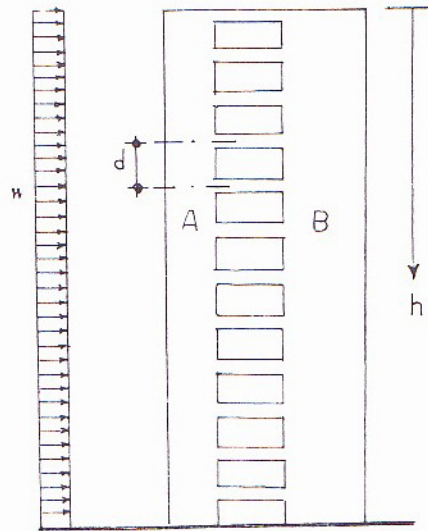
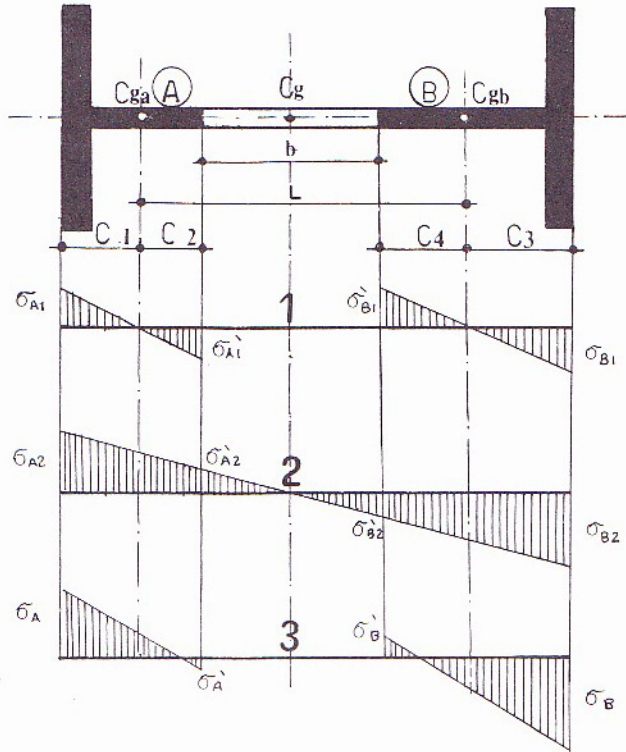
يعطى توزيع الاجهادات الناعمية الإجمالية على الجدار (A) بالعلاقتين :

$$\sigma_A = \frac{M_A \cdot C_1}{I_A} + \frac{Q}{A_A} = \left( \frac{W \cdot h^2}{2} - Q \cdot L \right) \frac{C_1}{I} + \frac{Q}{A_A} \quad (٤ - ٨٤)$$

$$\sigma'_A = \frac{-M_A \cdot C_2}{I_A} + \frac{Q}{A_A} = - \left( \frac{W \cdot h^2}{2} - Q \cdot L \right) \frac{C_2}{I} + \frac{Q}{A_A} \quad (٤ - ٨٥)$$

حيث :

$M_A$  = عزم الانعطاف الناتج عن القوى الخارجية ، والمطبق على الجدار (A) عند  
المنسوب المدروس (h) مقاساً اعتباراً من الأعلى .



الشكل (٤٣-٤)

$C_1, L, C_2$  = معرفين على الشكل (٤ - ٢٣)

$I_A$  = عزم عطالة الجدار (A) .

$Q$  = قوة القص على الجائز الرابط (عند الطرف) .

$A_A$  = مساحة مقطع الجدار (A) .

$I = I_A + I_B$  = مجموع عزمي عطالة الجدارين . .

وعلى الجدار (B) يكون :

$$\sigma_B = \frac{M_B \cdot C_3}{I_B} + \frac{Q}{A_B} = \left( \frac{W \cdot h^2}{2} - Q \cdot L \right) \frac{C_3}{I} + \frac{Q}{A_B}$$

(٤ - ٨٦)

$$\sigma'_B = \frac{-M_B \cdot C_4}{I_B} + \frac{Q}{A_B} = - \left( \frac{W \cdot h^2}{2} - Q \cdot L \right) \frac{C_4}{I} + \frac{Q}{A_B}$$

(٤ - ٨٧)

حيث :

$A_B$  = مساحة مقطع الجدار B .

ب - المخطط رقم (2) :

عندما يعمل الجدارين كظفر واحد مشترك ، فإن الاجهادات الناعمية التي يتحملها الجدار (A) تحسب كما يلي :

$$\sigma_{A2} = \frac{W \cdot h^2}{2I} \left( \frac{A_B \cdot L}{A} + C_1 \right) \left( \frac{K_2}{100} \right) \quad (٤ - ٨٨)$$

$$\sigma'_{A2} = \frac{W \cdot h^2}{2I} \left( \frac{A_B \cdot L}{A} - C_2 \right) \left( \frac{K_2}{100} \right) \quad (٤ - ٨٩)$$

حيث :  $A = A_A + A_B$

$I = A_A + A_B + \frac{A_A \cdot A_B}{A} L^2$  = عزم عطالة المقطع الكلي حول مركز ثقله .



$K_2$  = النسبة المئوية من العزم الخارجي الذي يقاومه الجداران باعتبارهما كظفر واحد .

ومن أجل الجدار (B) يكون

$$(٩٠ - \epsilon) \quad \sigma_{B2} = \frac{-W.h^2}{2I} \left( \frac{A_A.L}{A} + C_3 \right) \left( \frac{K_2}{100} \right)$$

$$(٩١ - \epsilon) \quad \sigma'_{B2} = \frac{-W.h^2}{2I} \left( \frac{A_A.L}{A} - C_4 \right) \left( \frac{K_2}{100} \right)$$

جـ - المخطط رقم (1) :

عندما يعمل الجداران كظفرين مستقلين يصبح لدينا :

$$(٩٢ - \epsilon) \quad \sigma_{A1} = \frac{W.h^2}{2} \cdot \frac{C_1}{I} \cdot \frac{K_1}{100}$$

$$(٩٣ - \epsilon) \quad \sigma'_{A1} = \frac{-W.h^2}{2} \cdot \frac{C_2}{I} \cdot \frac{K_1}{100}$$

حيث  $(K_1)$  النسبة المئوية من العزم الخارجي الذي يقاومه الجداران باعتبارهما كظفرين مستقلين . حيث :

$$K_1 = 100 - K_2$$

ومن أجل الجدار (B) نجد :

$$(٩٤ - \epsilon) \quad \sigma_{B1} = \frac{-W.h^2}{2} \cdot \frac{C_3}{I} \cdot \frac{K_1}{100}$$

$$(٩٥ - \epsilon) \quad \sigma'_{B1} = \frac{+W.h^2}{2} \cdot \frac{C_4}{I} \cdot \frac{K_1}{100}$$

- وعند طرفي كل جدار نستطيع أن نكتب :

$$(٩٦ - \epsilon) \quad \sigma_A = \sigma_{A1} + \sigma_{A2}$$

$$(٩٧ - \epsilon) \quad \sigma'_A = \sigma'_{A1} + \sigma'_{A2}$$

$$(٩٨ - \xi) \quad \sigma_B = \sigma_{B1} + \sigma_{B2}$$

$$(٩٩ - \xi) \quad \sigma_B = \sigma_{B1} + \sigma_{B2}$$

بإستبدال هذه القيم بما يعادلها في العلاقات السابقة ، نحصل على قيمة  $(K_2)$  بدلالة  $(Q)$  .

» قبل إعطاء قيمة  $K_2$  ، نتوه بأنه أثناء إجراء الجمع والمساواة لقيم الاجهادات في أطراف الجدار للحالات المذكورة ، تم تبديل  $(Q)$  بقيمتها التي حسبت من اشتقاق المعادلة التفاضلية للحالة العامة لهذه الطريقة . وهذه القيمة هي :

$$Q = \frac{W\beta_0}{\alpha^4} \left[ 1 - \sinh \cdot \alpha \cdot h \left( \frac{\sinh \cdot \alpha \cdot H - \alpha \cdot H}{\cosh \cdot \alpha \cdot h} \right) - \cosh \cdot \alpha \cdot h + \frac{(\alpha \cdot h)^2}{2} \right]$$

حيث  $\beta_0$  = عامل يعطى كما يلي :

$$\beta_0 = \frac{12 I_p}{d \cdot b^3} \cdot \frac{L}{H}$$

وكذلك  $I_p$  :

$$I_p = \frac{I_{p0}}{1 + K \cdot \frac{E}{G} \left( \frac{t}{b} \right)^2}$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{12 I_p}{d \cdot b^4} \left( \frac{A}{A_A \cdot A_B} + \frac{L^2}{I} \right)}$$

حيث :  $I_{p0}$  = عزم عطالة الجائز الرابط .

$d$  = ارتفاع الطابق .

$b$  = طول الجائز الرابط .

$h$  = المسوب المدروس مقاساً اعتباراً من أعلى البناء .

$E$  = معامل المرونة للرابط .

$G$  = معامل مرونة القص . ويؤخذ في البيتون عادة  $G = 0,425E$  .

$K$  = معامل يتعلق بالمساحة المكافئة للقص . (معرف في بداية هذه الفقرة) .

$t$  = ارتفاع الرابط .

$A = A_A + A_B$  = مساحة مقطع الجدارين المرتبطين

- وبذلك نحصل على قيمة  $(K_2)$  كما يلي :

$$K_2 = \frac{200}{(\alpha H)^2 \left( \frac{h}{H} \right)} \left[ 1 + \left( \frac{\sinh \alpha h \cdot hH}{\cosh \alpha h} \right) \sinh (\alpha h) \right]$$

$$(100 - \xi) = \cosh (\alpha h) + \frac{1}{2} (\alpha h)^2 \left( \frac{h}{H} \right)^2$$

حيث  $K_1 = (100 - K_2)$

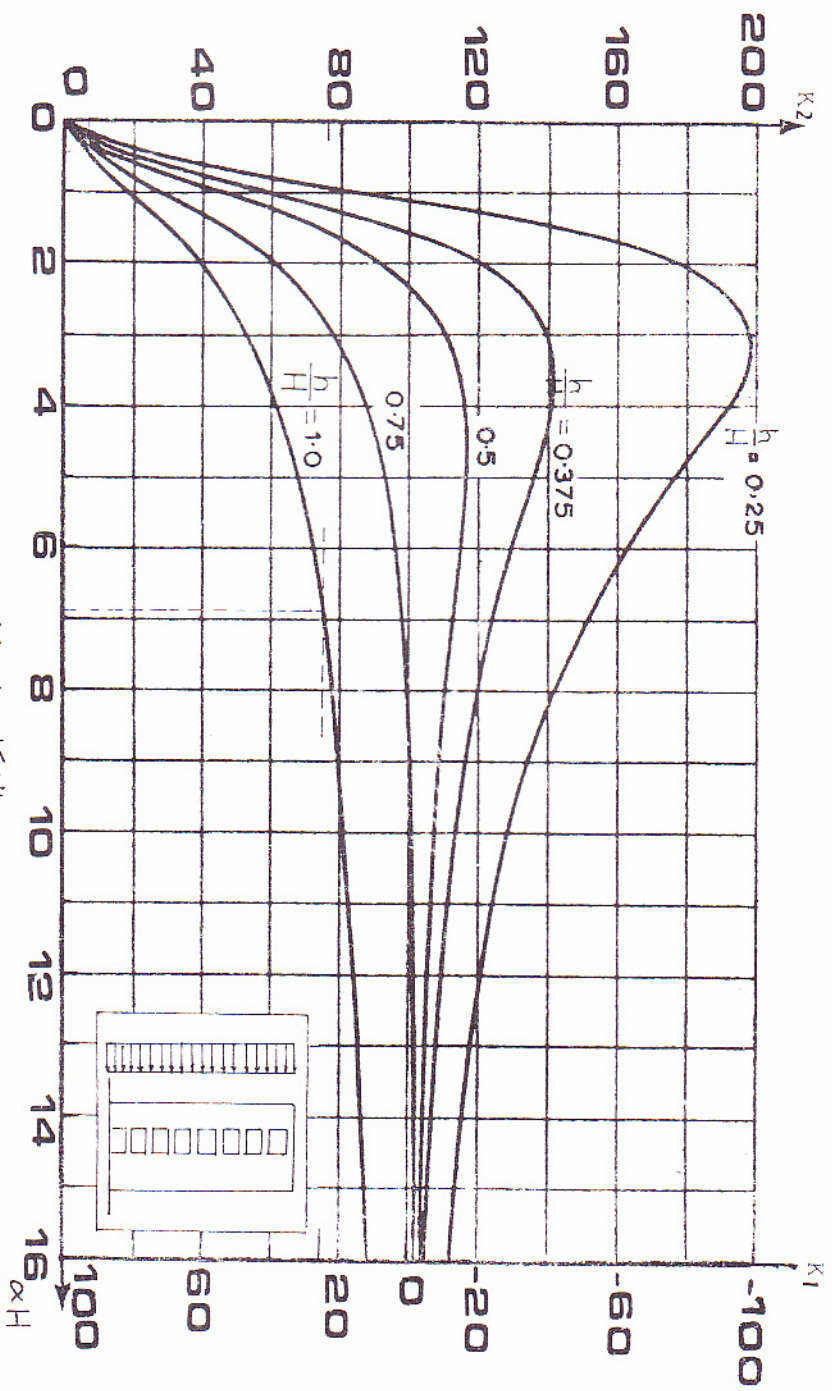
- إن قيمة  $(K_2)$  تتعلق فقط بالعامل  $(\alpha)$  ونسبة الارتفاع  $\left( \frac{h}{H} \right)$ .

حيث :

$$\alpha = \sqrt{\frac{12 I_p}{d \cdot b^3} \left( \frac{A_A + A_B}{A_A \cdot A_B} + \frac{L^2}{I} \right)}$$

\* تعطى قيم  $(K_1, K_2)$  في الشكل (٤ - ٤٤) وذلك من أجل الحمولات الموزعة بانتظام بدلالة  $(\alpha H)$  و  $\left( \frac{h}{H} \right)$ .

بعد حساب قيم هذين العاملين ، يتسنى لنا حساب قيم الاجهادات العظمى والصغرى للجدران المدروسة .



الشكل (٤-٤٤)  
قيم المعاملين ( $K_1$  و  $K_2$ ) من أجل الحمولات الموزعة بانتظام

٢ - حساب قوى القص في الروابط :  
تعطى قوى القص (q) الموزعة على وحدة الارتفاع بالعلاقة التالية :

$$(١٠١ - \text{ع}) \quad q = \frac{W.H}{L} \cdot \frac{K_3}{\mu}$$

حيث  $\mu$  معامل يتعلق بشكل المنشأ ، ويعطى بالعلاقة :

$$(١٠٢ - \text{ع}) \quad \mu = 1 + \frac{A.I}{A_A \cdot A_B \cdot L^2}$$

$K_3$  = معامل اجهاد القص ، يؤخذ من الشكل (٤ - ٤٥) . وهو محدد بالعلاقة :

$$(١٠٣ - \text{ع}) \quad K_3 = \frac{\sinh \alpha H - \alpha H}{\alpha H \cdot \cosh \alpha H} \cdot \cosh (\alpha h) + \frac{\sinh \alpha h}{\alpha H} + h$$

- تكون قيمة القص أعظمية عندما يكون :

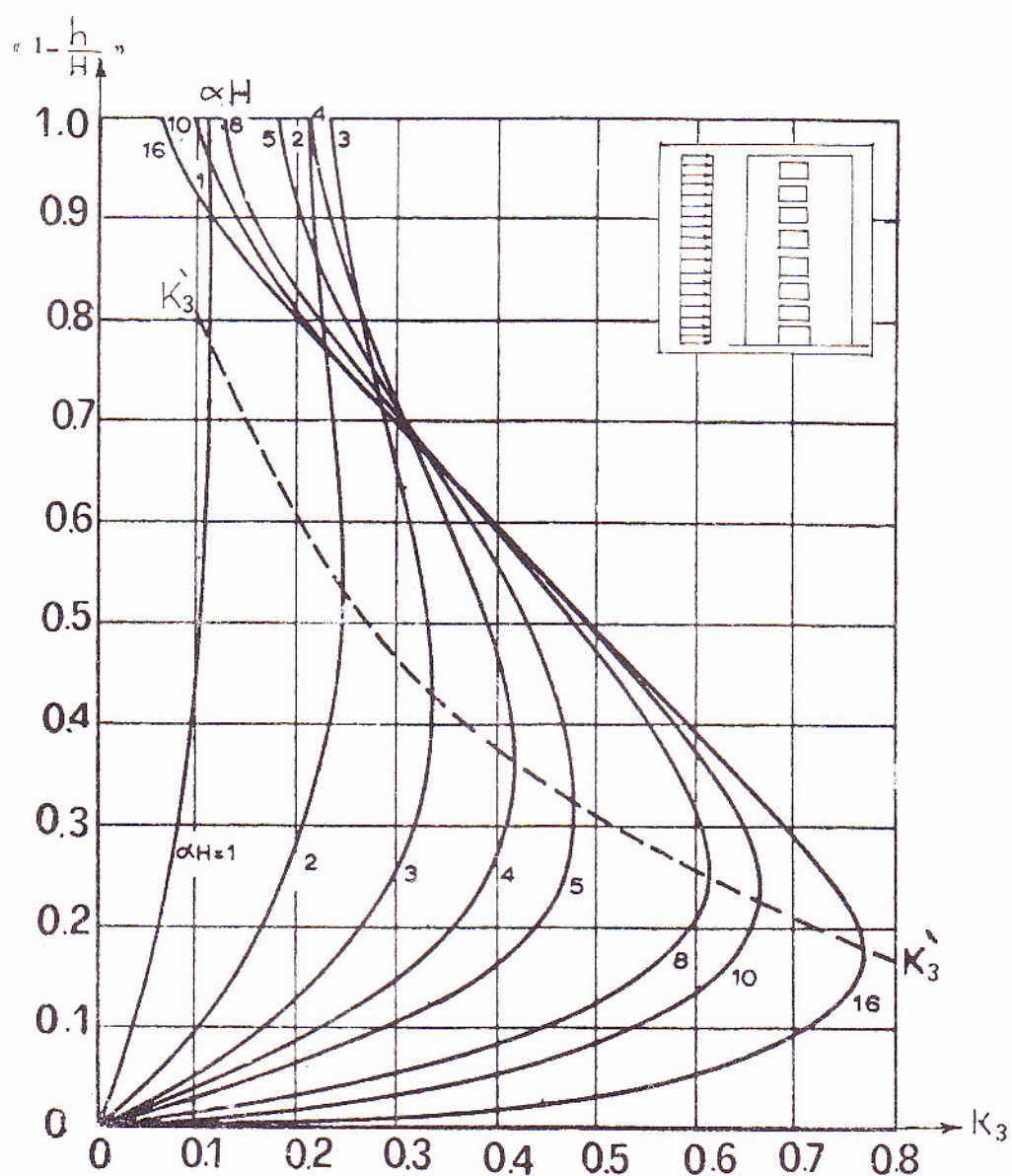
$$(١٠٤ - \text{ع}) \quad q_{\max} = \frac{W.H}{L} \cdot \frac{K'_3}{\mu}$$

حيث ( $K'_3$ ) معامل موضح في الشكل (٤ - ٤٥) . ويُقابل هذه القيمة العظمى

نسبة ( $\zeta = \frac{h}{H}$ ) تعطى رياضياً بالعلاقة التالية :

$$(١٠٥ - \text{ع}) \quad \zeta = \frac{1}{\alpha H} \log_e \left[ \frac{\sinh \alpha H + \cosh \alpha H - \alpha H}{\cosh \alpha H - \sinh \alpha H + \alpha H} \right] = \frac{h}{H}$$





الشكل (٤ - ٤٥)

قيمة المعامل ( $K_3$ ) من أجل الحمولات الموزعة بانتظام

٣ - حساب عزم الانعطاف في الروابط :

بعد تحديد قيم ( $K_3$ ) من الشكل السابق تحسب ( $q$ ) عند أي ارتفاع ، أما قوة القص ( $Q$ ) لجائز ما فتحسب من خلال تكامل ( $q$ ) بين مستويين (من أسفل الجائز المدروس بنصف ارتفاع الطابق إلى أعلى الجائز بنصف ارتفاع الطابق) . وبعد ذلك نستطيع حساب العزم من العلاقة :

$$M = \frac{1}{2} Q.b \quad (١٠٦ - ٤)$$

ويمكن من خلال إيجاد ( $q_{max}$ ) وبالتالي ( $Q_{max}$ ) حساب ( $M_{max}$ ) .

٤ - حساب الانتقالات الأفقية للجدران :

يحسب الانتقال الأفقي الأعظمي من العلاقة :

$$\max X_h = \frac{WH^4}{8 EI} \cdot K_4 \quad (١٠٧ - ٤)$$

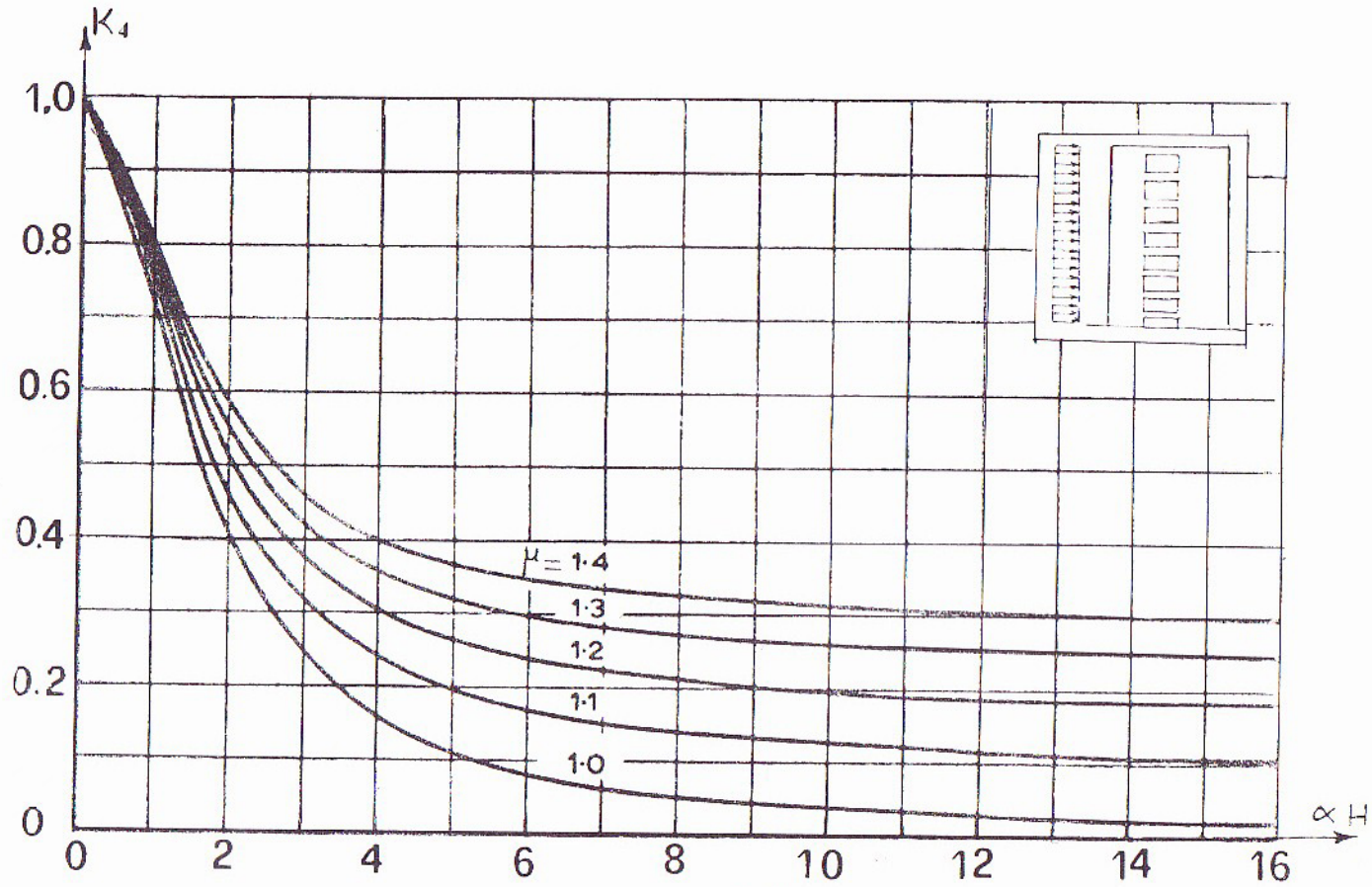
$K_4$  = معامل الانتقال ، ويؤخذ من الشكل (٤ - ٤٦) بدلالة ( $\alpha H, \mu$ ) أما رياضياً

فيعبر عنه كما يلي :

$$K_4 = \frac{M-1}{M} - \frac{8}{M} \left[ \frac{\alpha H \sinh \alpha H - \cosh \alpha H + 1}{(\alpha H)^4 \cosh \alpha H} - \frac{1}{2(\alpha H)^2} \right]$$

(١٠٨ - ٤)

ونلاحظ أن الانتقال يقترب من القيمة العظمى عندما تقترب ( $K_4$ ) من الواحد وبالتالي عندما تتناقص قيمة ( $\alpha$ ) إلى الصفر .



الشكل (٤-٤٦)

قيم معامل ( $K_4$ ) من أجل الحمولات الموزعة بانتظام

\* تطبيق عددي :

البناء الموضح في الشكل (٤ - ٤٧) يخضع لحمولة أفقية موزعة بانتظام مقدارها  $1800 \text{ kg/m}$  يطلب حساب الاجهادات عند قاعدة البناء أي عندما  $(\xi = \frac{h}{H} = 1)$  . وحساب قوة القص العظمى في جوائز الربط ، وكذلك

الانتقال الأفقي الأعظمي للجدران ، علماً بأن :

ارتفاع جائر الربط  $t = 0.6 \text{ m}$  ،  $E = 2.1 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$   
ويعتبر جائر الربط بمقطع (T) عرض جناحه  $G = 0.9 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$   
والأبعاد كما هي في الشكل المذكور .  $b + t = 3 + 0.6 = 3.6 \text{ m}$

الحل :

١ - نوجد الخصائص الهندسية للجدران :

عزوم العطالات للجدران والجائر الرباط :

$$I_A = 0,25 \cdot \frac{5^3}{12} = 2.60 \text{ m}^4$$

$$I_B = 0,25 \cdot \frac{7^3}{12} = 7,15 \text{ m}^4$$

$$I_{Po} = 0,25 \cdot \frac{0.6^3}{12} = 0,0045 \text{ m}^4$$

$$I = I_A + I_B = 9,75 \text{ m}^4$$

$$A_A = 0,25 \times 5 = 1,25 \text{ m}^2$$

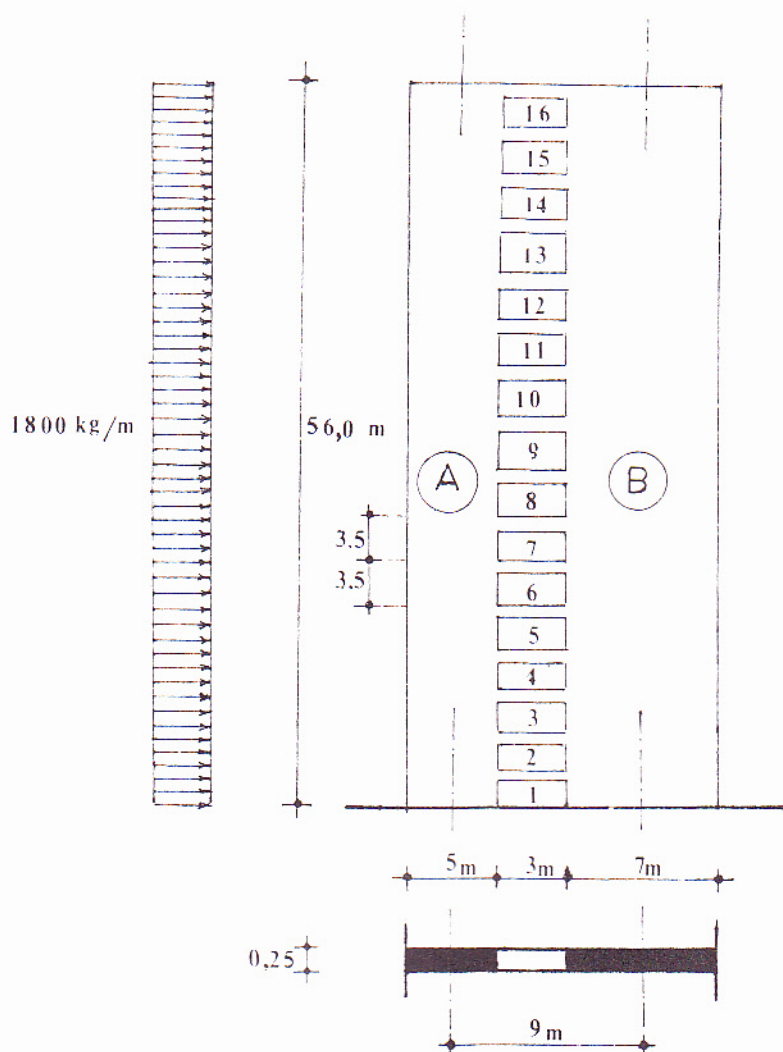
$$A_B = 0,25 \times 7 = 1,75 \text{ m}^2$$

$$A = A_A + A_B = 3 \text{ m}^2$$

$$I_P = \frac{I_{Po}}{1 + K \frac{G}{E} \left( \frac{t}{b} \right)^2}$$

- المعاملات :

$$I_P = \frac{0,0045}{1 + 1.1 \frac{2,1}{0,9} \left( \frac{0.6}{3} \right)^2} = 0,00408$$



الشكل (٤ - ٤٧)

$$\alpha = \sqrt{\frac{12I_p}{d \cdot b^3} \left( \frac{A}{A_A \cdot A_B} + \frac{L^2}{I} \right)}$$

$$\alpha = \left[ \frac{12 \times 0,00408}{3,5 (3)^3} \left( \frac{3}{1,25 \times 1,75} + \frac{(9)^2}{9,75} \right) \right]^{1/2} = 0.123$$

$$\alpha H = 0.123 \times 56 = 6,9$$



$$\Gamma = I + \frac{A_A \cdot A_B}{A} \cdot L^2$$

$$\Gamma = 9,75 + \frac{1,25 \times 1,75}{3} (9)^2 = 68,81 \text{ m}^4$$

٢ - حساب الإجهادات الأعظمية في الجدران عند أسفل البناء :  
 نوجد قيم  $(K_1, K_2)$  بدلالة  $(\alpha H)$  من الشكل (٤ - ٤٤) مع اعتبار أن  
 $\left(\zeta = \frac{h}{H} = 1\right)$  . فنجد  $K_1 = 25$  و  $K_2 = 75$  حيث  $K_1 + K_2 = 100 \%$  .

ويكون عزم القوى الخارجية عند هذا المنسوب :

$$M_0 = \frac{W.H^2}{2} = \frac{1800 (56)^2}{2} \times 10^{-3} = 2822 \text{ m.T}$$

\* الاجهادات على الجدار الأول (A) :

أ - عندما يعمل الجداران كظفر مشترك يكون :

$$\sigma_{A2} = \frac{M_0}{\Gamma} \left( \frac{A_B.L}{A} + C_1 \right) \frac{K_2}{100}$$

$$\sigma_{A2} = \frac{2822}{68,81} \left( \frac{1,75 \times 9}{3} + 2,5 \right) 0,75 \times 10^{-1} = + 23,84 \text{ kg/cm}^2$$

وهي إجهادات شادة .

$$\sigma'_{A2} = \frac{M_0}{\Gamma} \left( \frac{A_B.L}{A} - C_2 \right) \frac{K_2}{100}$$

$$\sigma'_{A2} = \frac{2822}{68,81} \left( \frac{1,75 \times 9}{3} - 2,5 \right) \times 0,75 \times 10^{-1} = + 8,46 \text{ kg/cm}^2$$

وهي اجهادات شادة أيضاً .

ب - عندما يعمل الجدران كظفرين مستقلين :

$$\sigma_{A1} = + M_0 \frac{C_1}{I} \cdot \frac{K_1}{100}$$

$$\sigma_{A1} = + 2822 \frac{2,5}{9,75} \times 0,25 \times 10^{-1} = + 18,10 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{A1} = - M_0 \frac{C_1}{I} \cdot \frac{K_1}{100} = - 18,10 \text{ kg/cm}^2$$

إجهادات ضغط .

وتكون الاجهادات الكلية على الجدار (A) :

$$\sigma_A = \sigma_{A1} + \sigma_{A2} = +18,10 + 23,84 = +41,94 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma'_A = \sigma'_{A1} + \sigma'_{A2} = -18,10 + 8,46 = -9,64 \text{ kg/cm}^2$$

ب - الاجهادات على الجدار الثاني (B) :

$$\sigma_{B2} = - \frac{M_0}{I} \left( \frac{A_A.L}{A} - C_4 \right) \frac{K_2}{100}$$

$$\sigma_{B2} = - \frac{2822}{68,81} \left( \frac{1.25 \times 9}{3} - 3,5 \right) \times 0,75 \times 10^{-1} = - 0,77 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{B2} = - \frac{M_0}{I} \left( \frac{A_A.L}{A} + C_3 \right) \frac{K_2}{100} = - 22,30 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma'_{B1} = + M_0 \frac{C_4}{I} \cdot \frac{K_1}{100} = + 25,33 \text{ kg/cm}^2$$

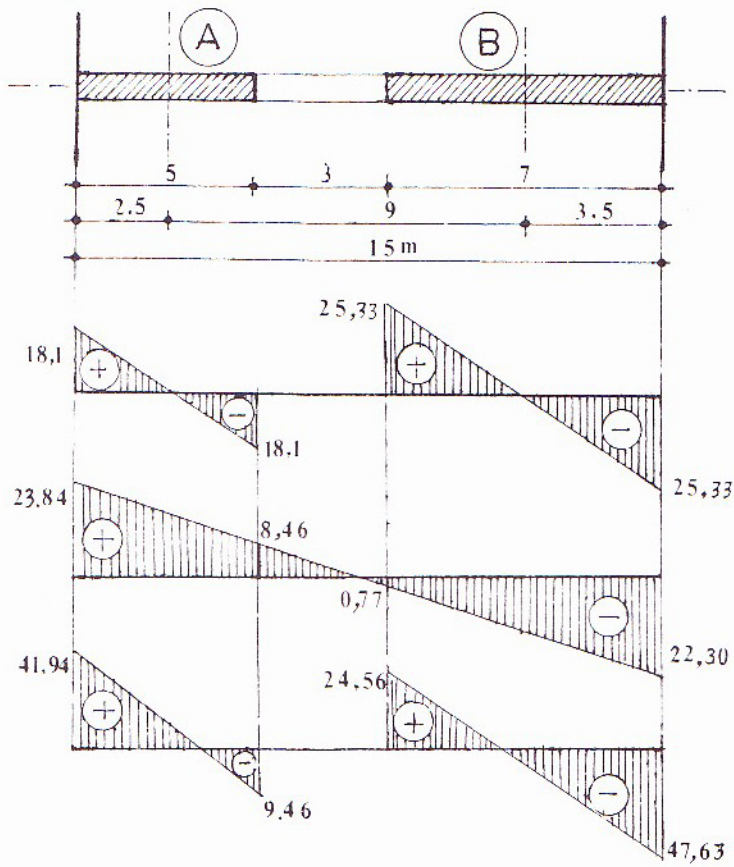
$$\sigma_{B1} = - M_0 \frac{C_3}{I} \cdot \frac{K_1}{100} = - 25,33 \text{ kg/cm}^2$$

الاجهادات الكلية على الجدار (B) :

$$\sigma_B = \sigma_{B1} + \sigma_{B2} = -25,33 - 22,30 = - 47,63 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma'_B = \sigma'_{B1} + \sigma'_{B2} = -25,33 - 0,77 = + 24,56 \text{ kg/cm}^2$$

ويوضح الشكل (٤-٢٨) توزيع هذه الاجهادات .



الشكل (٤ - ٤٨)

٣ - حساب قوة القص الأعظمية في الروابط :

$$q = \frac{W.H}{L} \cdot \frac{K_3}{\mu} : \text{نوجد } (q) \text{ قوة القص في وحدة الارتفاع} :$$

وعندما يكون  $(K_3 = K'_3)$  نجد أن  $(q = q_{\max})$

نحسب  $(\mu)$  كما يلي :

$$\mu = 1 + \frac{A.I}{A_A.A_B.L^2} = 1 + \frac{3 \times 9.75}{1.25 \times 1.75 (9)^2} = 1.17$$

إذن :

$$q_{\max} = \frac{1800 \times 56}{9} \cdot \frac{K_3}{1,17}$$

$$q_{\max} = 9573.k_3$$

ولدينا ( $\alpha H = 6.9$ ) .

ومن الشكل (٤ - ٤٥) نحصل بدلالة هذه القيمة على ( $K_3$ ) كما يلي :  $K_3 = 0,57$  وهي تقابل ( $1 - \frac{h}{H} = 0,28$ ) في الشكل المذكور . وبالتالي تقابل ارتفاعاً مقداره

$$h = (1 - 0,28) 56 = 40,3 \text{ m}$$

إذن :

$$q_{\max} = 5457 \text{ kg/m}$$

وتكون قوة القص العظمى :

$$Q_{\max} = q_{\max} \cdot d = 5457 \times 3.5$$

$$Q_{\max} = 19100 \text{ kg}$$

ونلاحظ أنه لو أجرينا التكامل لقيمة ( $q$ ) بين الطابقين (11 و 12) لحصلنا على قيمة مقاربة .

٤ - حساب الانتقال الأفقي الأعظمي في الجدران :

نوجد المعامل ( $K_4$ ) من الشكل (٤ - ٤٦) بدلالة ( $\alpha H = 6.9$  و  $\mu = 1.17$ ) حيث

$$K_4 = 0,22$$

ويكون الانزياح الأعظمي :

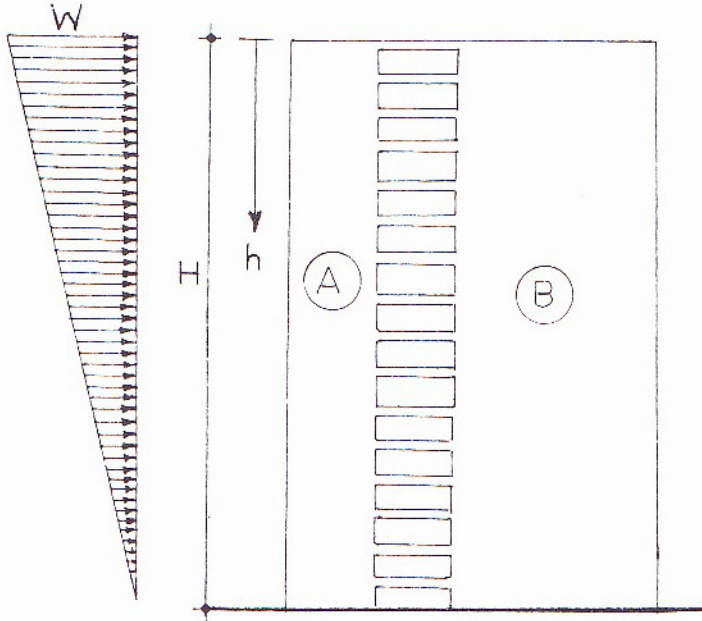
$$\max X_H = \frac{W.H^4}{8EI} \cdot K_4$$

وبتبديل القيم الرقمية نجد  $\max X_H = 0,24 \text{ cm}$

ثانياً : حالة جداري قص مرتبطان يتعرضان الى حمولة أفقية مثلثية :  
تعطى قيمة عزم الانعطاف للقوى الخارجية في الحالة الموضحة في الشكل  
(٤ - ٤٩) كما يلي :

$$M_0 = W.h^2 \left( \frac{1}{2} - \frac{h}{6H} \right) \quad (٤ - ١٠٩)$$

حيث (h) الارتفاع عند المنسوب المدرس مقاساً من الأعلى .  
(W) الشدة العظمى للحمولة المثلثية .



الشكل (٤ - ٤٩)



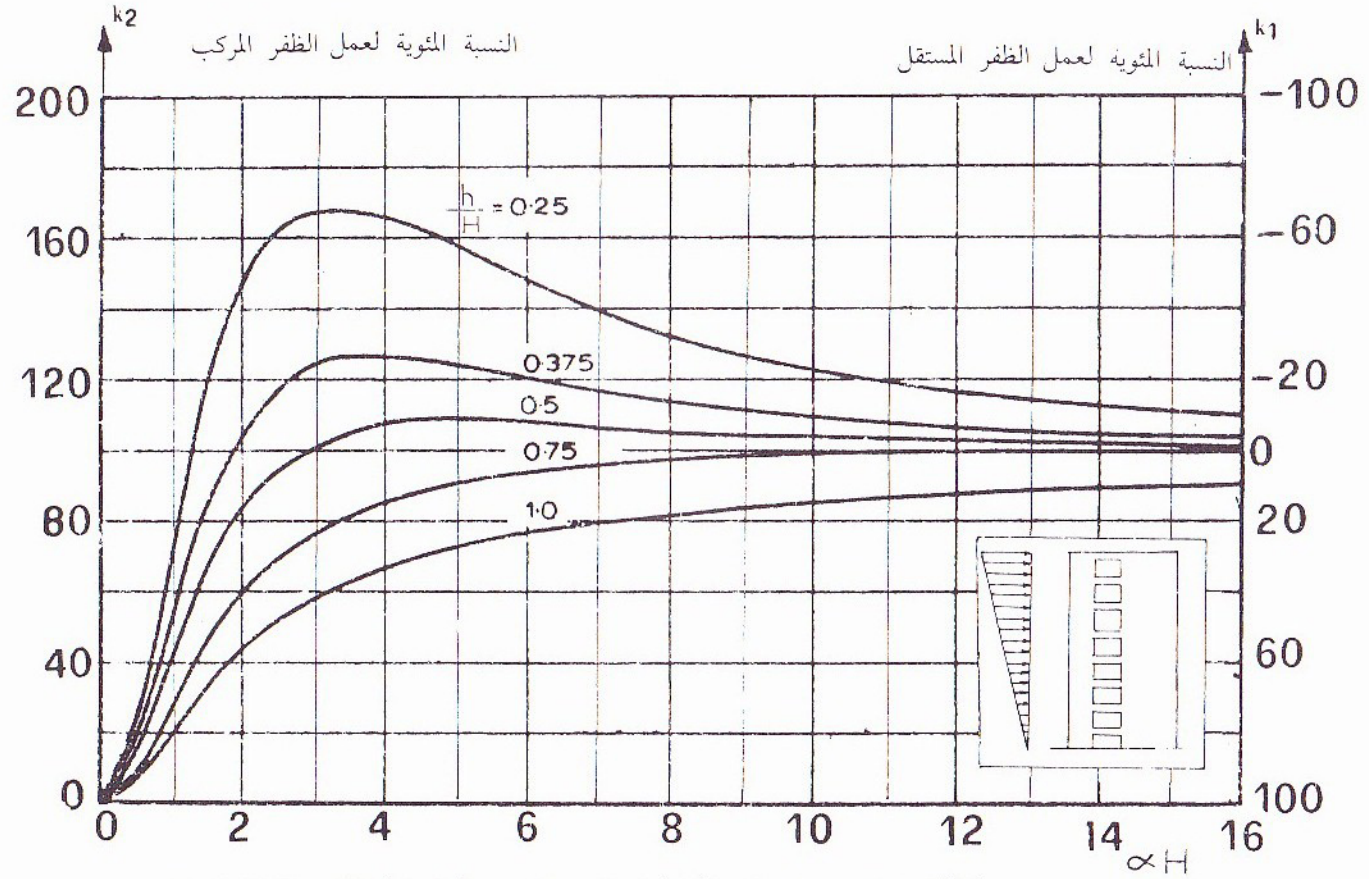
١ - الاجهادات الناعمية في الجدران :

\* لحساب الإجهادات الناعمية في الجدران تستخدم العلاقات الواردة في حالة الحمولات الموزعة بانتظام نفسها . وهي العلاقات ذوات الأرقام [من (٤ - ٨٦) وحتى (٤ - ٩٩)] مع اختلاف في قيم المعاملين  $(K_1, K_2)$  ، حيث يؤخذان في حالة الحمولات المثلثية التوزيع من الشكل (٤ - ٥٠) .

هذا وقد استخرج  $(K_2)$  في هذه الحالة من العلاقة التالية :

$$K_2 = \frac{100}{(\alpha h)^2 \left( \frac{1}{2} - \frac{h}{6H} \right)} \left[ 1 - \frac{h}{H} + \frac{(\alpha h)^2}{2} - \frac{(\alpha h)^2}{6} - \cosh \alpha h + \frac{\sinh \alpha H - \frac{1}{2} \alpha H + \frac{1}{\alpha H}}{\cosh \alpha H} \right]$$

أما  $(K_1)$  فهو :  $K_1 = 100 - K_2$



الشكل (٤ - ٥٠) قيم المعاملين ( $K_1$  و  $K_2$ ) من أجل الحمولات المثلثية التوزيع

٢ - قوى القص في الروابط :

بنفس الطريقة الواردة في الحمولات الموزعة بانتظام تكون قوة القص في وحدة الارتفاع :

$$q = \frac{WH}{L} \cdot \frac{K_3}{\mu}$$

حيث  $\mu = 1 + \frac{A.I}{A_A.A_B.L^2}$  و  $K_3$  معامل يؤخذ من الشكل (٤ - ٥١) . وهو

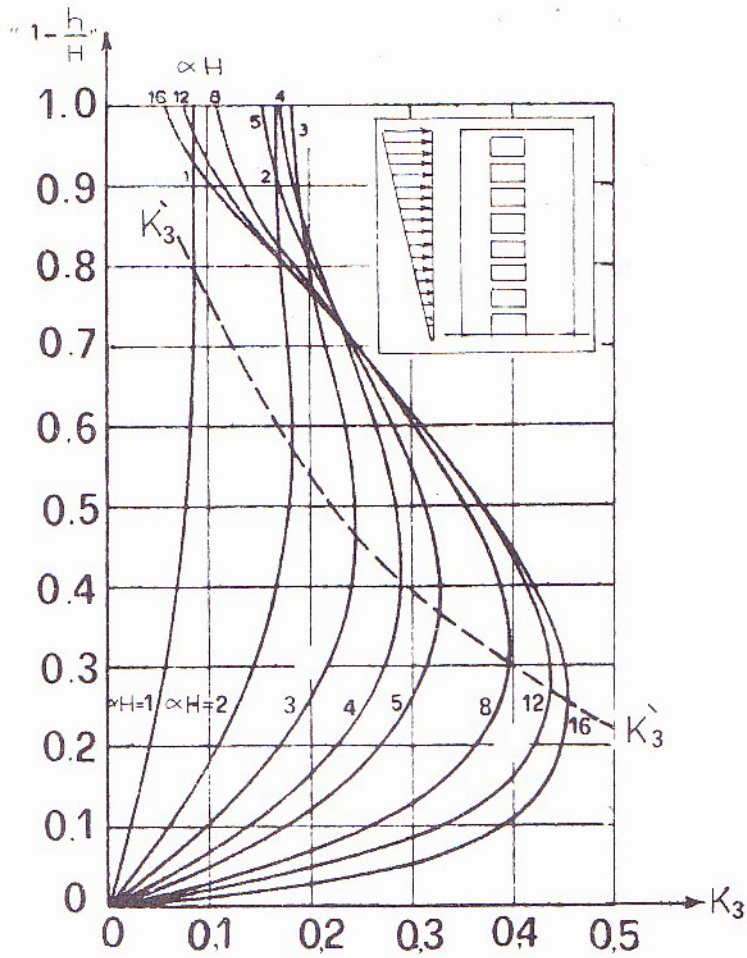
مستخرج من العلاقة الرياضية التالية :

$$K_3 = \frac{\sinh \alpha H - \frac{1}{2} \alpha H + \frac{1}{\alpha H}}{\alpha H \cosh \alpha h} \cdot \cosh \alpha h \quad (٤ - ١١١)$$

$$+ \frac{\sinh \alpha h}{\alpha H} + \frac{h}{H} - \frac{1}{2} \left( \frac{h}{H} \right)^2 - \frac{1}{(\alpha H)^2}$$

وتعطى  $(K_3)$  في الشكل المذكور من أجل  $(q_{max})$  .

يتم الحصول على قيم  $(Q)$  من تكامل  $(q)$  بين الطابقين المدروس بينهما جائز الربط كما في الحالة السابقة .



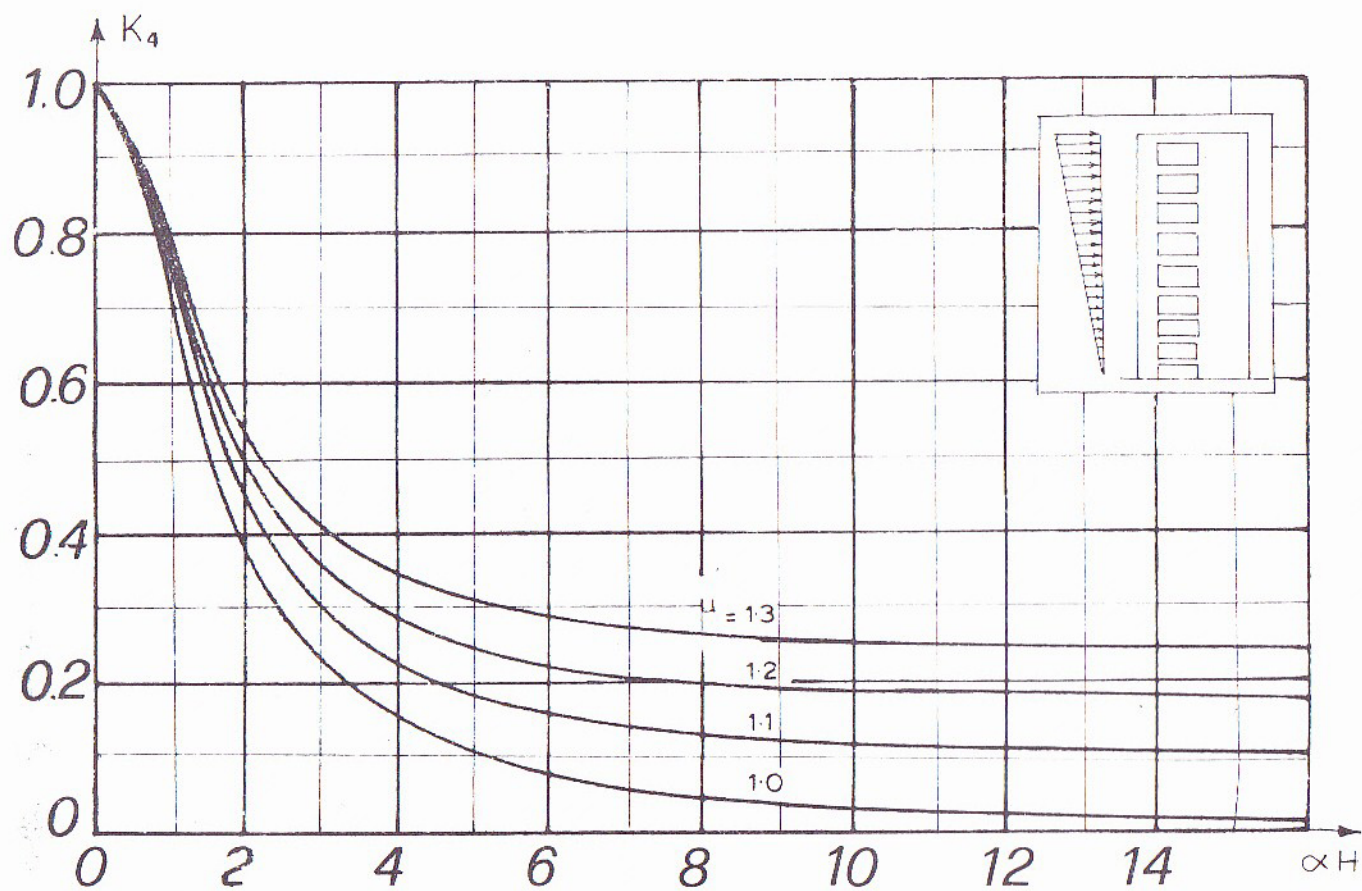
الشكل (٤ - ٥١)

يتم المعامل ( $K_3$ ) من أجل الحمولات المثلثية التوزيع

٣ - الانتقالات الأفقية في الجدران :

يعطى الانتقال الأفقي الأعظمي في هذه الحالة بالعلاقة :

$$(٤ - ١١٢) \quad \max X_h = \frac{11}{120} \cdot \frac{W \cdot H^4}{EI} \cdot K_4$$



الشكل (٤-٥٢)  
قيم المعامل ( $K_q$ ) من الحمولات المثلية التوزيع :

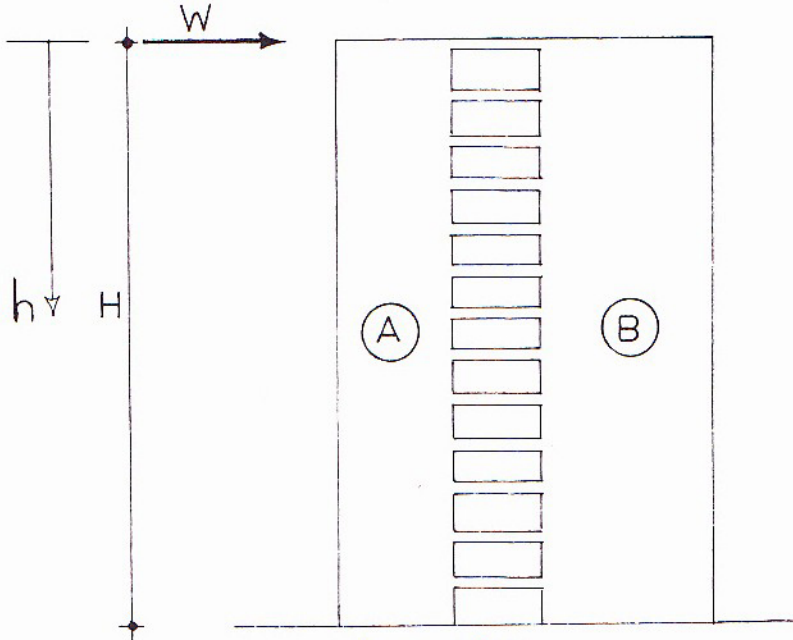


حيث  $(K_4)$  معامل يؤخذ من الشكل (٤ - ٥٢) . وهو مستخرج من العلاقة التالية :

$$(K_4) = 1 - \frac{1}{\mu} + \frac{120}{11} \cdot \frac{1}{\mu(\alpha H)^2} \left[ \frac{1}{3} - \frac{1 + \left( \frac{\alpha H}{2} - \frac{1}{\alpha H} \right) \sinh \alpha H}{(\alpha H)^2 \cosh \alpha H} \right]$$

ثالثاً : حالة جداري قص مرتبطان يتعرضان إلى حمولة مركزة في الأعلى :  
لحساب الاجهادات الناعمية المطبقة على الجدران في هذه الحالة تتبع نفس الخطوات الواردة في حالة الحمولات الموزعة بانتظام . مع اعتبار أن عزم القوى الخارجية يعطى هذه الحالة بالعلاقة :

$$M_0 = W.h$$



الشكل (٤ - ٥٣)

- يؤخذ العاملان ( $K_1$  و  $K_2$ ) لحالة الحمولة المركزة في الأعلى ( $W$ ) من الشكل (٥٤ - ٤) مع العلم بأن العامل ( $K_2$ ) مستخرج من العلاقة التالية :

$$(١١٤ - ٤) \quad K_2 = 100 \left( 1 - \frac{\sinh \alpha h}{\alpha h \cosh \alpha H} \right)$$

$$K_1 = 100 - K_2$$

أما قوى القص في وحدة الارتفاع فتعطى كما يلي :

$$(١١٥ - ٤) \quad q = \frac{W}{L} \cdot \frac{K_3}{\mu}$$

$K_3$  - معامل القص الموضح في الشكل (٥٥ - ٤) . وهو مستخرج من العلاقة

$$(١١٦ - ٤) \quad K_3 = 1 - \frac{\cosh \alpha h}{\cosh \alpha H}$$

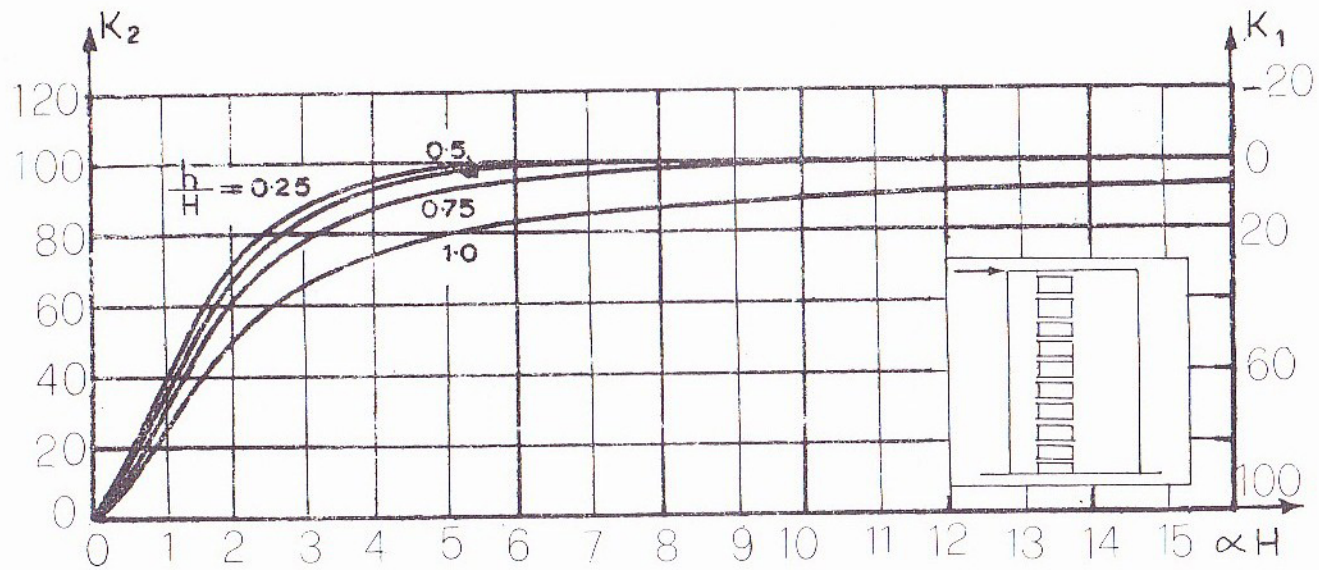
والقص الأعظمي يحدث دوماً في أعلى البناء .

أما الانتقالات الأفقية في الجدران فهي :

$$(١١٧ - ٤) \quad \max X_h = \frac{W.H^3}{3EI} \cdot K_4$$

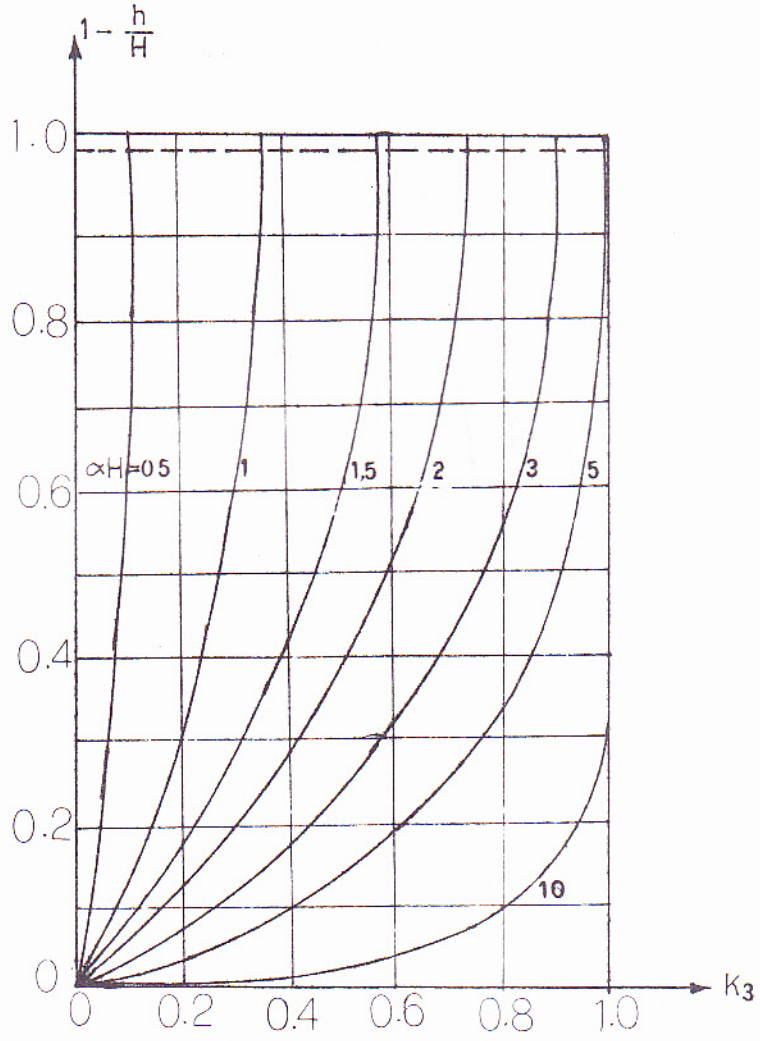
( $K_4$ ) معامل الانتقال المبين في الشكل (٣٦ - ٤) وهو مستخرج من العلاقة :

$$(١١٨ - ٤) \quad K_4 = 1 - \frac{3}{\mu} \left[ \frac{1}{3} + \frac{\sinh \alpha H}{(\alpha H)^3 \cdot \cosh \alpha H} - \frac{1}{(\alpha H)^2} \right]$$

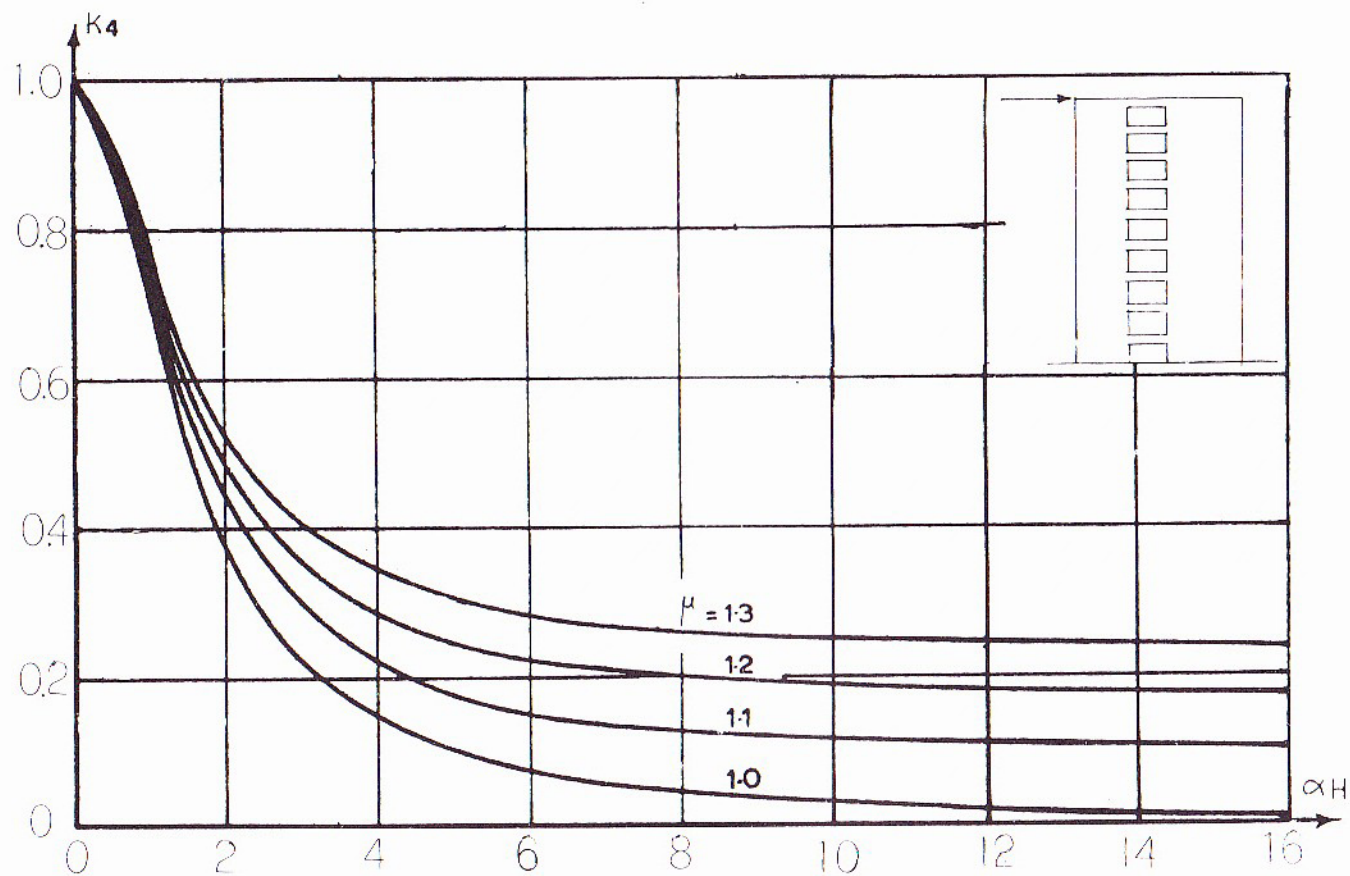


الشكل (٤ - ٥٤)

قيم المعاملين ( $K_1$  و  $K_2$ ) من أجل الحمولة المركزة في الأعلى



الشكل (٤ - ٥٥)  
قيم المعامل ( $K_3$ ) من أجل الحمولة المركزة في الأعلى



الشكل (٤ - ٥٦)

قيم المعامل ( $K_4$ ) من أجل الحمولة المركزة في الأعلى



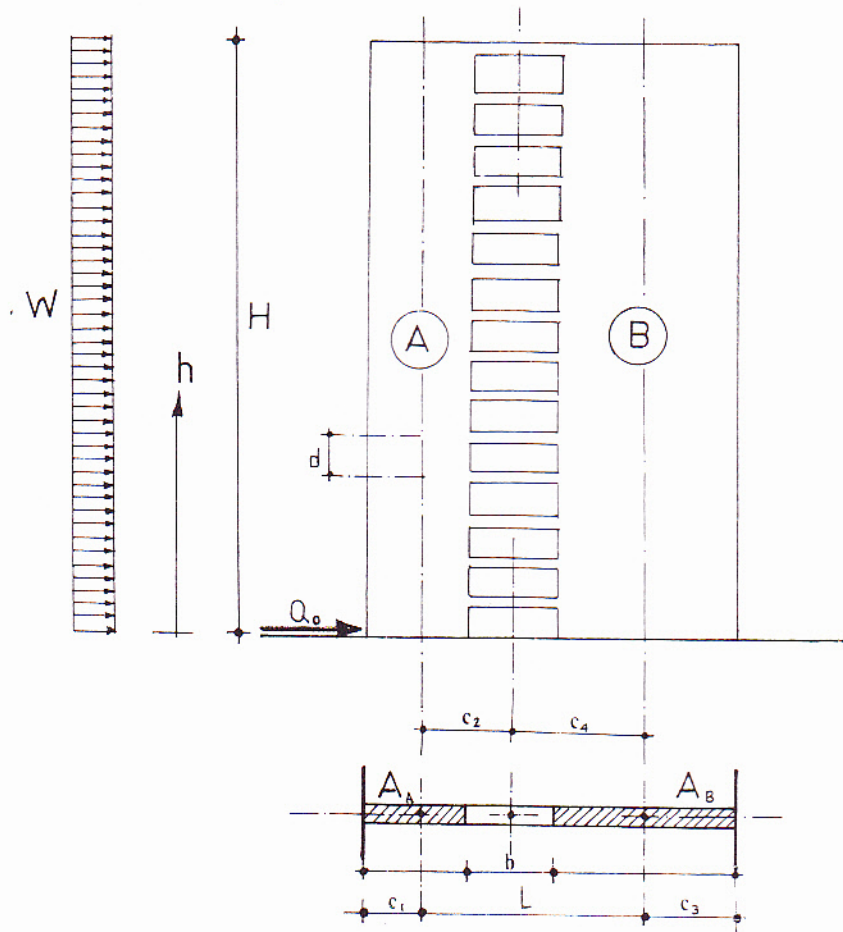
#### ٤ - ٥ - ١ - ٢ النموذج الثاني :

- توصلنا الجداول التالية ، المشابهة للجداول التي وردت في النموذج الأول ، إلى دقة مقبولة ، من أجل الحسابات التقريبية لجدران القص .

أولاً - حالة جدارين مرتبطين يتعرضان إلى حمولة موزعة بانتظام .

#### ١ - الروابط (جوائز الربط) :

تنجم عن الحمولات الأفقية (W) المطبقة على الجدارين المرتبطين (A, B) الموضحين في الشكل (٤ - ٥٦) ، قوى قص وعزوم انعطاف في الروابط .



الشكل (٤ - ٥٦)

تصمم الروابط الموضحة في الشكل المذكور على العزوم والقوى القاصصة الناجمة عن حالة التحميل المبينة ، إضافةً إلى الحمولات الشاقولية المطبقة عليها من خلال الحمولات الحية والميتة المنقولة من السقوف . ويجري ذلك باعتبار هذه الروابط جوائز موثوقة الطرفين .

تعطى قوى القص الناجمة عن (W) والمطبقة في طرفي روابط ما مثل (i) بالعلاقة :

$$Q_i = \frac{Q_0 \cdot L \cdot d}{I \cdot A} (A_A \cdot A_B) \phi_i \quad (١١٩ - ٤)$$

حيث

$Q_0$  = قوة القص الخارجية في أسفل البناء .

$$Q_0 = W \cdot H$$

$L, d$  = موضحة على الشكل (٥٦ - ٤) .

$H$  = ارتفاع الجدار المدروس (والمستمر على كامل المبنى) .

$\hat{I}$  = عزم عطالة المقطع الكلي للجدارين مع الرابط حول مركز ثقل المجموعة ،

ويُحسب كما يلي :

$$\hat{I} = I + \frac{A_A \cdot A_B \cdot L^2}{A} \quad (١٢٠ - ٤)$$

حيث  $A$  = مساحة مقطع الجدارين وتساوي  $(A_A + A_B)$  .

$\phi_i$  = معامل قوة القص ، الذي يحدد من الشكل (٥٧ - ٤) بدلالة

$(\alpha \text{ و } \zeta = \frac{h}{x})$  حيث  $(h)$  = الارتفاع المدروس عنده الرابط (i) مقاساً اعتباراً من الأسفل .

$$(١٢١ - \xi) \quad \alpha = H. \sqrt{\frac{3I_{P0} \cdot I'}{2 I} \cdot \frac{A}{d \left( \frac{b}{2} \right)^3 \cdot A_A \cdot A_B}}$$

$I_{P0}$  = عزم عطالة جائر الربط حول مركز ثقله .

$I$  = مجموع عزمي عطالة الجدارين (A, B)

$$I = I_A + I_B$$

$d$  = ارتفاع الطابق .

$b$  = طول الرابط .

\* ملاحظة :

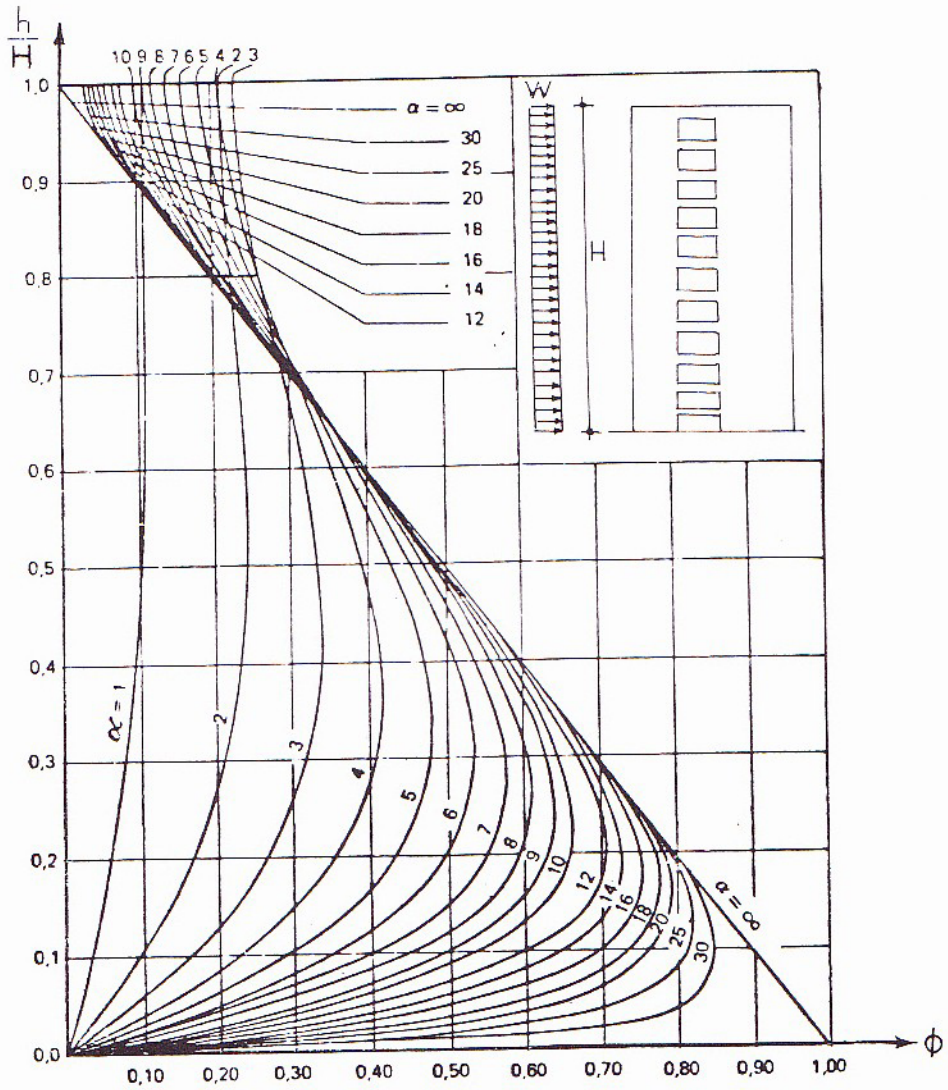
في الحالات التي يختلف فيها معامل مرونة الرابط ( $E_{P0}$ ) عن معامل مرونة الجدارين (A, B) تصبح قيمة ( $\alpha$ ) كما يلي :

$$(١٢٢ - \xi) \quad \alpha' = \alpha \sqrt{\frac{E_{P0}}{E}}$$

حيث ( $\alpha$ ) هي القيمة المعطاة في العلاقة (١٢١ - \xi)

- يحسب عزم الانعطاف الناتج عن (Q) بالعلاقة .

$$(١٢٣ - \xi) \quad M_i = \frac{1}{2} Q_i \cdot b$$



الشكل (٤ - ٥٧) - قيم معامل القص ( $\phi$ ) من أجل الحمولة الموزعة بانتظام

## ٢ - الجدران :

لايجاد الاجهادات المطبقة على الجدران ، تحسب العزوم والقوى الناعمية الناجمة عن تأثير الحمولات الأفقية الموزعة بانتظام .

فالقوة الناعمية في أي طابق تساوي قوة القص في الرابط (Q) عند هذا الطابق ، مضافاً إليها مجموع قوى القص في الروابط الواقعة في الطوابق التي تعلو الطابق المدروس أي أن :

$$N_i = Q_i + \sum Q_h \quad (١٢٤ - ٤)$$

حيث :  $N_i$  = القوة الناعمية للجدار في طابق معين (i) .

$Q_i$  = قوة القص في الرابط الواقع في الطابق (i) .

$\sum Q_h$  = مجموع قوى القص في الطوابق التي تعلو الطابق (i) ، وحتى أعلى البناء .

أما عزوم الانعطاف في الجدران ، فتؤخذ من العلاقات التالية :

$$M_A = \frac{I_A}{I} \cdot Q_0 \cdot H \left[ \frac{(1-\zeta)^2}{2} - \frac{L^2 \cdot A_A \cdot A_B}{\Gamma \cdot A} \right] \cdot \psi \quad (١٢٥ - ٤)$$

$$M_B = \frac{I_B}{I_A} \cdot M_A \quad (١٢٦ - ٤)$$

حيث ( $\psi$ ) : معامل الانعطاف الموضح في الشكل (٤ - ٥٨) بدلالة

$$\left( \zeta = \frac{h}{H}, \alpha \right)$$

\* ملاحظة :

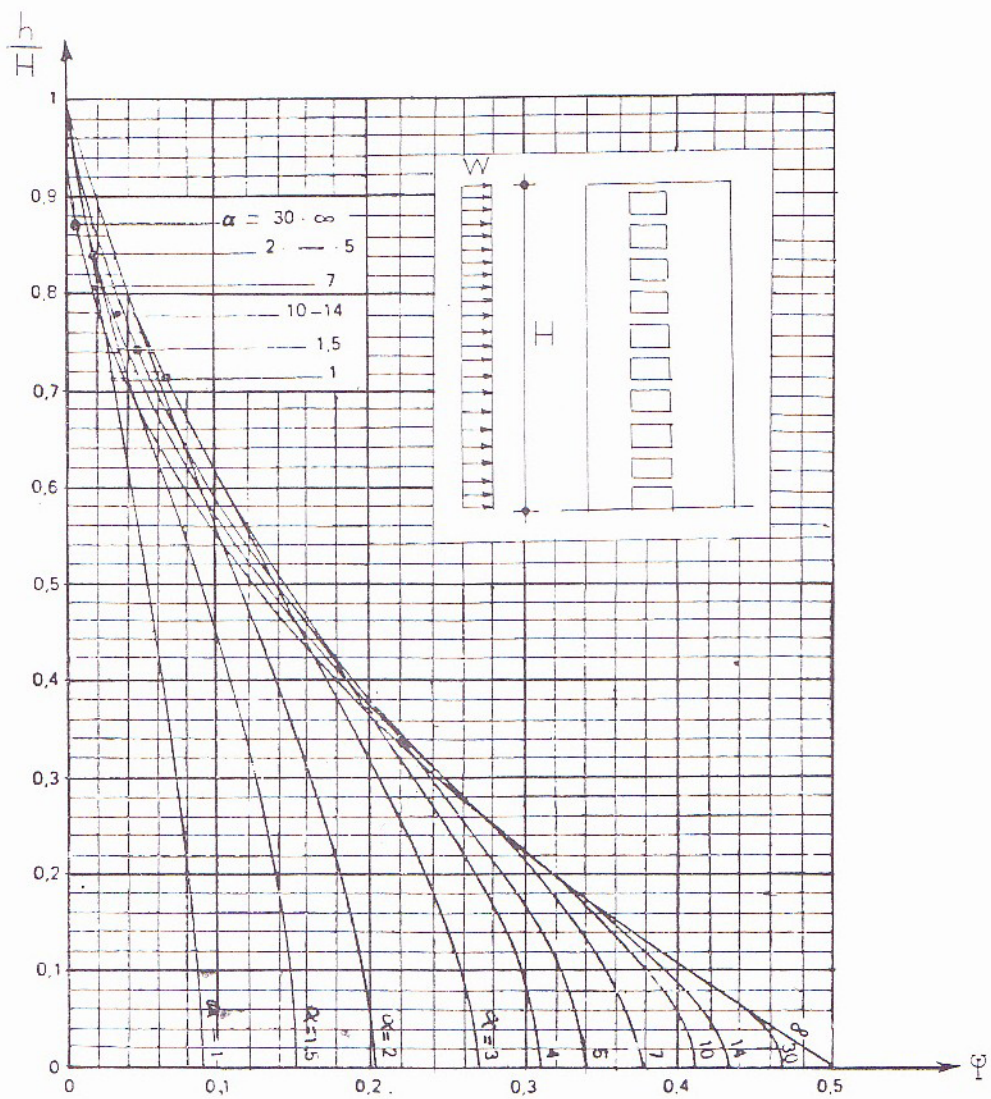
للتحقق من توازن الجدران يجب أن تتحقق العلاقة التالية عند أسفل البناء

اي عندما ( $\zeta = 1_2$ )

$$M_0 = M_A + M_B + N \cdot L \quad (١٢٧ - ٤)$$

$$M_0 = \frac{WH^2}{2} = \text{عزم القوى الخارجية}$$





الشكل (٤ - ٥٨)  
قيم المعامل ( $\alpha$ ) من أجل الحمولات الموزعة بانتظام

يحسب الانتقال الأفقي الأعظمي في الجدران من العلاقة :

$$(١٢٨ - ٤) \max X_h = \frac{Q_0 \cdot H^3}{8 EI} \left( 1 + \frac{8L^2 \cdot A_A \cdot A_B}{A \cdot I} \cdot \frac{\psi_0}{\alpha^2} \right)$$

حيث  $\psi_0 = \psi$  عند الطرف (0) . وتؤخذ من الشكل (٤ - ٥٨) .

\* تطبيق عددي :

يطلب حساب قوى القص في كافة روابط المبنى الموضح في الشكل (٤ - ٥٩) . وكذلك عزوم الانعطاف فيها . كما يطلب حساب القوى الناعمية وعزوم الانعطاف والانتقال الأعظمي في الجدران .

مع العلم أن :

$E = 2.1 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$  للروابط والجدران .

$t = 60 \text{ cm}$  ارتفاع جائر الربط .

الحل :

- الخصائص الهندسية للمقطع :

$$I_A = 2.6 \text{ m}^4$$

$$I_B = 7.15 \text{ m}^4$$

$$I = I_A + I_B = 9.75 \text{ m}^4$$

$$I_{P0} = 0.0045 \text{ m}^4$$

$$A_A = 1.25 \text{ m}^2$$

$$A_B = 1.75 \text{ m}^2$$

$$A = A_A + A_B = 3 \text{ m}^2$$

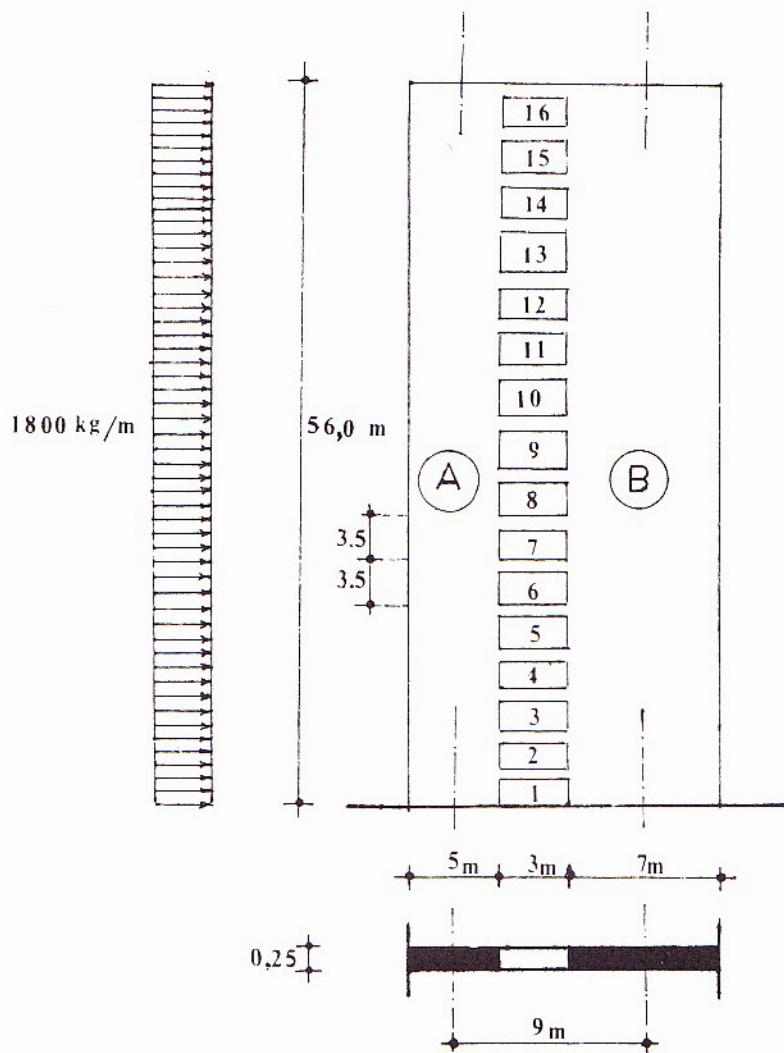
$$\Gamma = I + \frac{L^2 \cdot A_A \cdot A_B}{A} = 68.81 \text{ m}^4$$

$$\alpha = H \sqrt{\frac{3I_{P0} \cdot \Gamma \cdot A}{2I \cdot A_A \cdot A_B \cdot d \left( \frac{b}{2} \right)^2}} = 4.7$$

- قوى القص وعزوم الانعطاف في الروابط :

$$Q = \frac{W.L.d.H}{\Gamma.A} (A_A + A_B) \phi_i = 33652 \phi_i \quad \text{kg}$$

$$M_{Pi} = \frac{1}{2} Q.b = 1.5 Q \quad \text{kg.m}$$



الشكل (٤ - ٥٩)

نوجد قيم  $\phi_i$  من الشكل (٤ - ٣٧). وننظم النتائج في الجدول التالي :

| الطابق                | 16   | 15     | 14     | 13     | 12     | 11     | 10     | 9      | 8      | 7      | 6      | 5      | 4      | 3      | 2      | 1      |
|-----------------------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $\xi = h/H$           | 1,00 | 0,9375 | 0,8750 | 0,8125 | 0,7500 | 0,6875 | 0,6250 | 0,5625 | 0,5000 | 0,4375 | 0,3750 | 0,3125 | 0,2500 | 0,1875 | 0,1250 | 0,0625 |
| $\Phi_i$              | 0,18 | 0,20   | 0,23   | 0,26   | 0,27   | 0,34   | 0,37   | 0,39   | 0,42   | 0,46   | 0,47   | 0,48   | 0,43   | 0,39   | 0,33   | 0,18   |
| $Q_i \text{ kg}$      | 6057 | 6712   | 7719   | 8726   | 9062   | 11411  | 12418  | 13089  | 14096  | 15439  | 15774  | 16110  | 14432  | 13089  | 11089  | 6057   |
| $M_{Pi} \text{ kg.m}$ | 9086 | 10068  | 11579  | 13089  | 13593  | 17117  | 18627  | 19634  | 21144  | 23159  | 23661  | 24165  | 21648  | 19634  | 16613  | 9086   |

ويفضل إضافة الطابق الأرضي في حسابات الجدول لإجراء التحقيق النهائي .  
فعند منسوب الصفر يكون

$$\frac{h}{H} = 0 \quad \Rightarrow \quad \Phi = 0 \quad Q = 0 \quad M = 0$$

- القوى الناعمة وعزوم الانعطاف في الجدران .  
القوى الناعمة كما في الجدول التالي (مقدرة بالطن) .

| الطابق       | 16  | 15   | 14   | 13   | 12   | 11   | 10   | 9    | 8    | 7     | 6     | 5     | 4     | 3     | 2     | 1     |
|--------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $N_i$<br>$T$ | 6,1 | 12,8 | 20,5 | 29,2 | 38,3 | 49,7 | 62,1 | 75,2 | 89,9 | 104,7 | 120,5 | 136,6 | 151,0 | 164,1 | 175,2 | 181,3 |

- عند منسوب الصفر يكون  $N = 181.3 T$

عزوم الانعطاف على الجدران :

$$M_A = \frac{I_A}{I} \cdot W \cdot H^2 \left[ \frac{(1-\xi)^2}{2} - \frac{A_A \cdot A_B}{A \Gamma} \cdot L^2 \cdot \psi \right]$$

$$M_A = 752,64 [(1-\xi)^2 - 1.65\psi] \quad T.m$$

$$M_B = \frac{I_B}{I_A} \cdot M_A = 2.75 M_A \quad T.m$$

وتنظم النتائج في الجدول التالي :

| الطابق       | 16   | 15     | 14     | 13     | 12     | 11     | 10     | 9      | 8      | 7      | 6      | 5      | 4      | 3      | 2      | 1      |
|--------------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $\xi = h/H$  | 1,00 | 0,9375 | 0,8750 | 0,8125 | 0,7500 | 0,6875 | 0,6250 | 0,5625 | 0,5000 | 0,4375 | 0,3750 | 0,3125 | 0,2500 | 0,1875 | 0,1250 | 0,0625 |
| $(1-\xi)^2$  | 0,0  | 0,004  | 0,0156 | 0,0352 | 0,0625 | 0,0977 | 0,1406 | 0,1914 | 0,2500 | 0,3164 | 0,3901 | 0,4727 | 0,5625 | 0,6602 | 0,7656 | 0,8789 |
| $\psi$       | 0,0  | 0,004  | 0,015  | 0,027  | 0,050  | 0,070  | 0,095  | 0,115  | 0,130  | 0,180  | 0,200  | 0,230  | 0,270  | 0,290  | 0,310  | 0,330  |
| $M_A$<br>T.m | 0,0  | 1,9    | 6,9    | 7,0    | 15,1   | 14,4   | 12,2   | 1,2    | 26,7   | 14,6   | 45,2   | 70,1   | 88,1   | 136,6  | 191,2  | 251,7  |
| $M_B$<br>T.m | 0,0  | 5,4    | 18,9   | 19,4   | 41,5   | 36,8   | 3,5    | 3,3    | 73,4   | 40,2   | 124,3  | 192,8  | 242,3  | 375,7  | 525,8  | 692,2  |

وعند منسوب الصفر يكون :

$$\xi = \frac{h}{H} = 0 \Rightarrow \psi = 0,345 \Rightarrow M_A = + 313 \text{ T.m}$$

$$M_B = 1861 \text{ T.m}$$

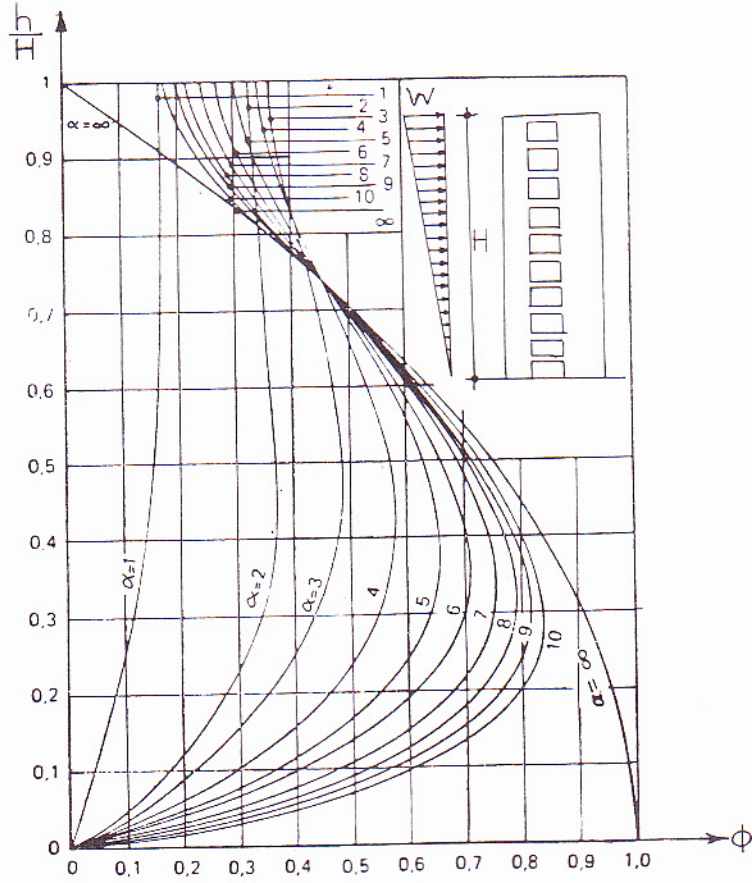
$$313 + 861 + 9 \times 181,3 = \frac{WH^2}{2} \approx 2822$$

وفي الحالات التي تكون فيها الفروقات طفيفة يفضل مراجعة تقدير العاملين  $(\phi, \psi)$ .

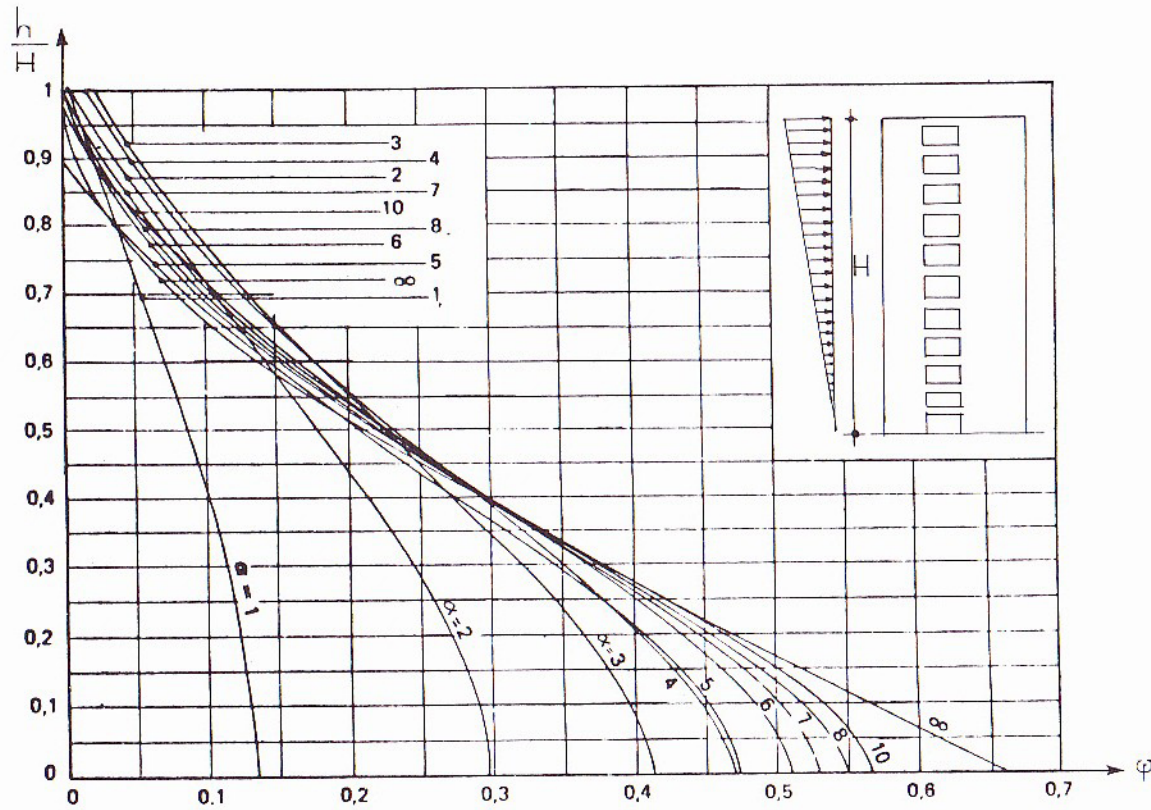
ثانياً : جداراً قص مرتبطان يتعرضان لحمولة مثلثية شدتها العظمى في الأعلى :  
تستخدم لحساب الاجهادات في هذه الحالة العلاقات السابقة (لحالة  
الحمولات الموزعة بانتظام) مع استبدال قيمة  $(Q_0 = WH)$  بـ  
 $Q_0 = \frac{1}{2} WH$  لحالة الحمولات المثلثية) في كافة الاشكال .

كما تستخدم الأشكال (٤ - ٦٠) و(٤ - ٦١) لحساب المعاملان  $(\psi, \phi)$ .





الشكل (٤ - ٦٠)  
قيم المعامل ( $\Phi$ ) من أجل الحمولات المثلثية التوزيع .



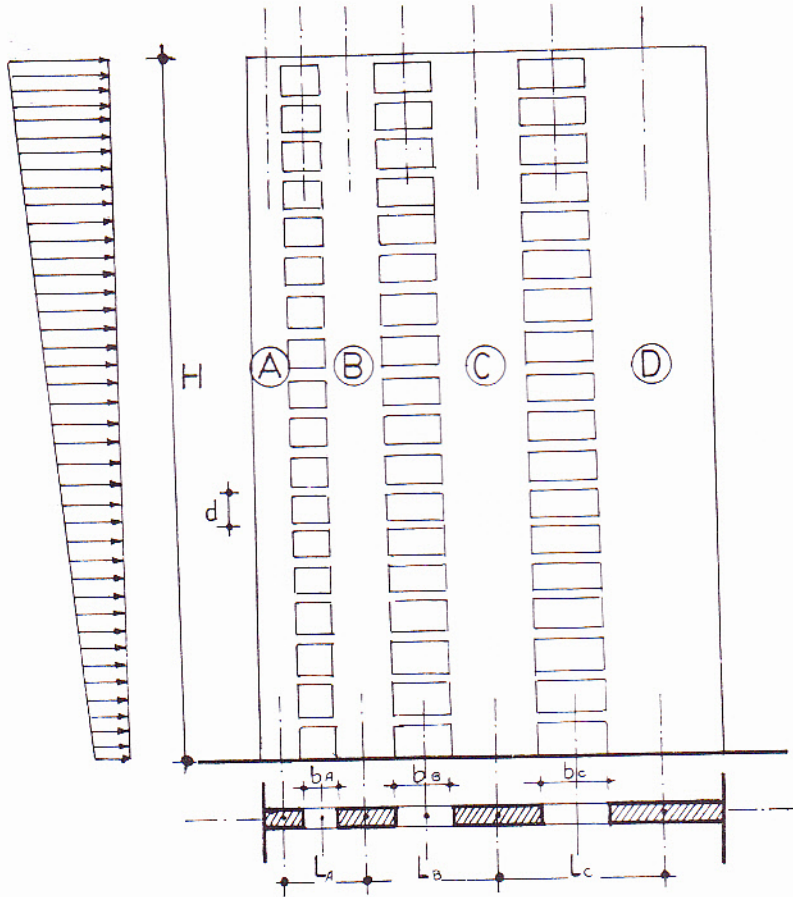
الشكل (٤ - ٦١)

قيم المعامل (٦١) من أجل الحمولة المثلثية التوزيع .

\* ملاحظة :

تطبق الطريقة السابقة لحساب عدة جدران متصلة مع بعضها بواسطة مجموعة من الروابط في منسوب واحد . (حالة جدار قص يحتوي على فتحات متعددة) كالحالة الموضحة في الشكل (٤-٦٢) أدناه .

تستخدم لهذه الحالة نفس المنحنيات البيانية لحالي التحميل (الموزعة بانتظام والمثلثية التوزيع) المذكورتين ، مع إجراء التعديلات التالية أثناء الحساب .



الشكل (٤-٦٢)

$$(١٢٩ - \epsilon) \quad \alpha = H \sqrt{\frac{6m}{d \sum I_i}}$$

حيث :

$$m = \sum \frac{2I_{Poi} \cdot L_i^2}{b_i^3}$$

.  $i = A, B, C \dots$  عند أي منسوب مدروس (h).

وتكون القوى النازمية في المستوى (h) هي :

$$(١٣٠ - \epsilon) \quad Q_A = Q_0 \cdot d \cdot \frac{I_{POA} \cdot L_A^2}{4b_A^3 \cdot m} \cdot \phi$$

$$(١٣١ - \epsilon) \quad Q_B = Q_0 \cdot d \cdot \frac{I_{POA} \cdot L_B^2}{4b_A^3 \cdot m} \cdot \phi$$

$$\vdots$$

وهكذا .

أما العزوم في كل جدار :

$$(١٣٢ - \epsilon) \quad M_A = \eta I_A$$

$$(١٣٣ - \epsilon) \quad M_B = \eta \cdot I_B$$

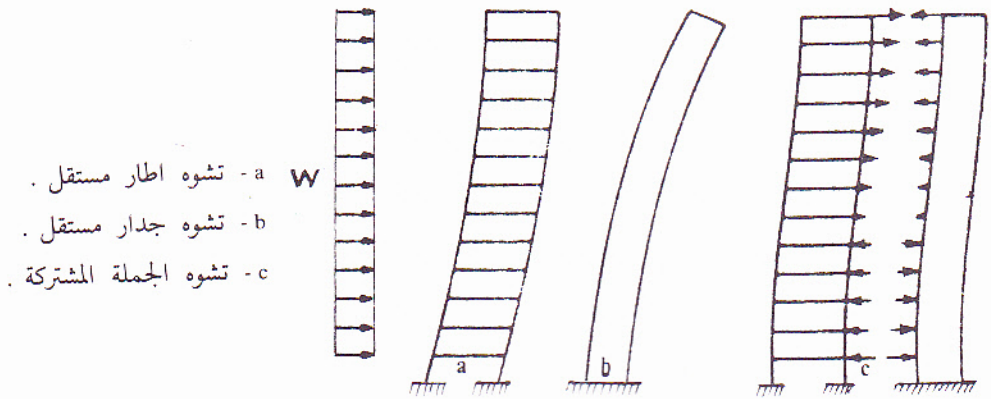
$$(١٣٤ - \epsilon) \quad \eta = \frac{Q_0 \cdot H}{\sum I_i} \left[ \frac{1}{2} (1-\zeta)^2 - \psi \right] \quad \text{حيث :}$$

وتكون معادلة توازن الجملة :

$$(١٣٥ - \epsilon) \quad M_0 = \sum M_i + \sum (N_i \cdot \sum c_i)$$

#### ٤ - ٦ التحليل الإنشائي للنظم المشتركة :

عندما ترتبط كل من الجدران والإطارات معاً لتشكيل جملة إنشائية واحدة ، فإن سلوك الجملة المشتركة هذه يختلف عن سلوك كل عنصر من العناصر المذكورين على حدة . وذلك بسبب اختلاف القساوات النسبية ، وبالتالي شكل التشوهات تحت تأثير الأحمال الأفقية . ويمثل الشكل (٤ - ٦٣) تشوهات هذه الجملة .



الشكل (٤ - ٦٣)

لوحظ في الجمل المشتركة أن الاطارات تعمل على امتصاص كافة القوى القاصة في الطابق الأخير منها أي في قمة المبنى . في حين تعمل الجدران على امتصاص تلك القوى جميعها في أسفلها . أما في المناطق الأخرى فتتوزع قدرة تلقي قوى القص بنسب مختلفة تبعاً لقساوات العناصر النسبية . إلا أنه غالباً ما تتحمل الجدران النصيب الأكبر .

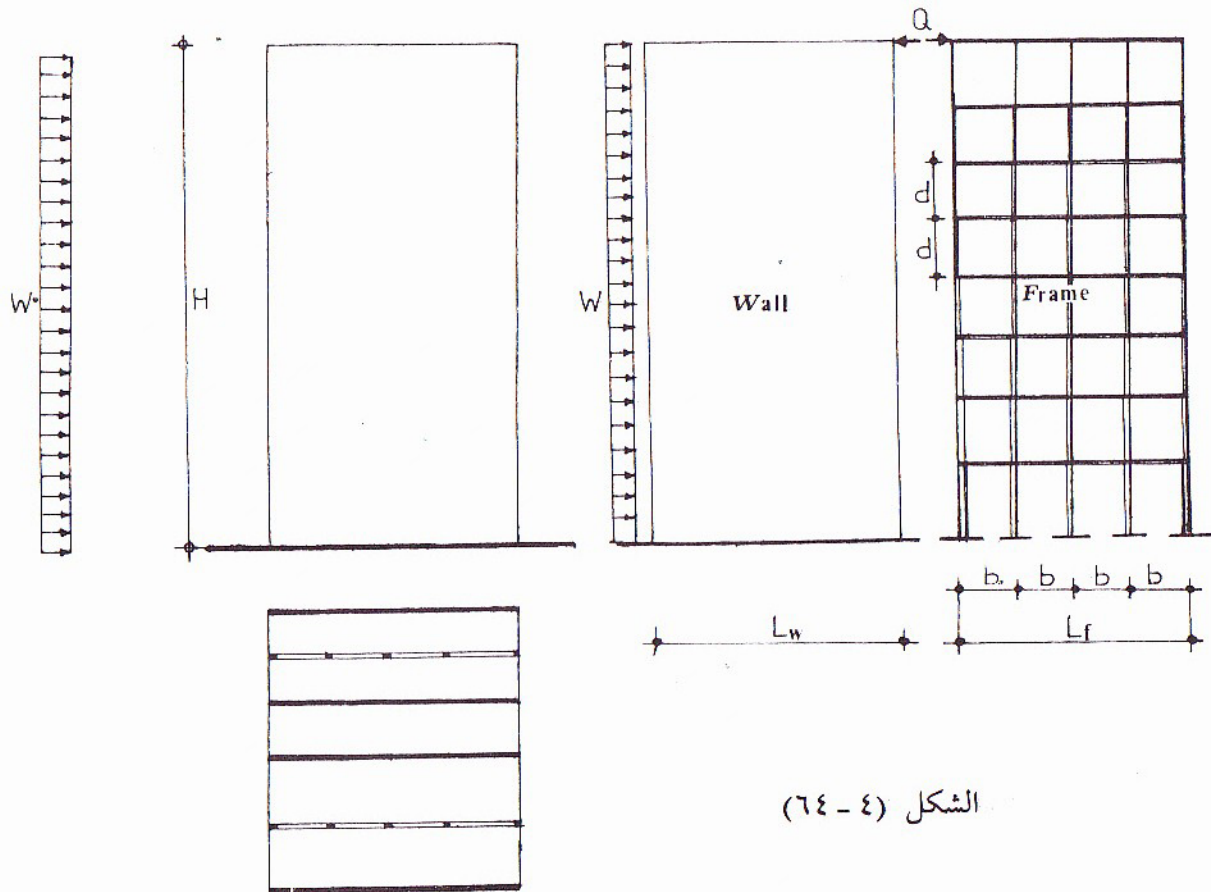
نستعرض الطريقة التقريبية التالية بشكل موجز لحساب القوى والاجهادات في العناصر الإنشائية المكونة لهذه الجمل . على الرغم من أنه يفضل استخدام الطرق الدقيقة واستخدام الحاسب لدراسة النظم المشتركة .

تدعى هذه الطريقة بطريقة القساوة المرغبة ، والتي يتلخص الحساب فيها بإيجاد قوة القص المشتركة ، والتي يخضع لها كل من الجدران والإطارات نتيجة الدفع الأفقي . وكذلك إيجاد عزوم الانعطاف والانتقالات الأفقية في المنشأ .

ندرس في هذه الطريقة الحالة الخاصة التي يكون فيها المنشأ متناظر من حيث توزع العناصر الإنشائية والحمولات ، بشكل تكون معه عزوم الفتل معدومة .

يوضح الشكل (٤ - ٦٤) نموذجاً لهذه الحالة ، حيث تحسب قوة القص (Q) في قمة البناء ، والتي تعتبر ثابتة عند هذا المنسوب بالعلاقة :





الشكل (٤ - ٦٤)

$$\frac{Q}{W} = \frac{m}{1 + \frac{\sum K_w}{\sum K_f}} \quad (٤ - ٦٦)$$

حيث :  $m = 0,375$  إذا كانت الحمولة (W) موزعة بانتظام .  
 $m = 0,550$  إذا كانت الحمولة (W) مثلثية شدتها العظمى في الأعلى .  
 $m = 1,00$  إذا كانت الحمولة (W) مركزة في الأعلى .

توزع (Q) بين جدران وإطارات المنشأ المدروس تبعاً لقساواتها ( $K_w, K_f$ ) فلو اشتمل البناء على ( $n_f$ ) إطار وعلى ( $n_w$ ) جدار ، لكان نصيب كل إطار من (Q) هو : ( $Q/n_f$ ) . ونصيب كل جدار هو ( $Q/n_w$ ) . وهي مطبقة في قمة هذه العناصر كما في الشكل السابق .

تحسب القساوات ( $K_w, K_f$ ) على النحو التالي :

- تعطى قيمة القساوة لجدار ما في الجملة بالعلاقة :

$$(١٣٧ - ٤) \quad K_w = \frac{3.E.I_w}{H^3}$$

وهي تمثل (كما ورد في الفصل الثالث) مقدار القوة الأفقية التي لو طبقت على الجدار لأحدثت فيه انزياحاً أفقياً مقداره واحدة الانزياحات . حيث :

$E$  = معامل مرونة الجدار .

$I_w$  = عزم عطالة الجدار المدروس .

$H$  = ارتفاع الجدار (المستمر على كامل ارتفاع المبنى) .

- تحسب قساوات العناصر لإطار ما في الجملة من العلاقة :

$$(١٣٨ - ٤) \quad K_f = \frac{T}{\Delta_f + \Delta_w} \Rightarrow K_f = \frac{1}{\frac{\Delta_f}{T} + \frac{\Delta_w}{T}}$$

وهي تمثل مقدار القوة الأفقية التي لو طبقت على الإطار لأحدثت فيه انزياحاً أفقياً مقداره واحدة الانزياحات . حيث :

$T$  = قوة القص الخارجية عند المنسوب المدروس .

$\Delta_f$  = الانزياح الأفقي الحاصل في قمة الاطار .

$\Delta_w$  = الانزياح الأفقي الحاصل في قمة الجدار .

ويعطى هذين الانتقالين كما يلي :

$$\Delta_f = \frac{T.H^3.F}{E.A_{CA} L_f^2} \quad (١٣٩ - ٤)$$

$$\frac{\Delta_f}{T} = \frac{H^3 . F}{E.A_{CA}.L_f^2} \quad (١٤٠ - ٤)$$

حيث (F) معامل يؤخذ من الجدول (٣ - ٤) بدلالة ( $\alpha$ ) التي تمثل نسبة مساحة مقاطع الأعمدة الخارجية في الطابق الأخير للإطار المدروس ، إلى مساحتها في الطابق الأرضي له وذلك من أجل الحمولات الموزعة بانتظام ، والمثلثية والمركزة .

| نوع التحميل                | قيمة $\alpha$ | 0,0   | 0,1   | 0,2   | 0,3   | 0,4   | 0,5   | 0,6   | 0,7   | 0,8   | 0,9   | 1,0   |
|----------------------------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| موزعة بانتظام (W)          |               | 0,333 | 0,320 | 0,300 | 0,295 | 0,288 | 0,270 | 0,262 | 0,262 | 0,254 | 0,254 | 0,250 |
| مثلثية شدتها في الأعلى (W) |               | 0,500 | 0,480 | 0,430 | 0,430 | 0,420 | 0,407 | 0,400 | 0,400 | 0,384 | 0,384 | 0,367 |
| مركزة في الأعلى (W)        |               | 1,00  | 0,935 | 0,849 | 0,849 | 0,800 | 0,770 | 0,750 | 0,725 | 0,700 | 0,695 | 0,667 |

الجدول (٣ - ٤)

قيم المعامل (F).

E = معامل مرونة الاطار .

$A_{CA}$  = مساحة مقاطع أعمدة الاطار المدروس الخارجية عند منسوب الطابق الأرضي له .

$L_f$  = فتحة الاطار .

- الانزياح  $\Delta_w$  =

$$\Delta_w = \frac{T.H.d^2.P}{12\Sigma EI_{AC}} \quad (١٤١ - ٤)$$

$$(١٤٢ - ٤) \quad \frac{\Delta_w}{T} = \frac{H.d^2.\rho}{12 \sum E I_{AC}}$$

$d$  = الارتفاع الطائقي

$\rho$  = تعطى بالعلاقة التالية :

$$(١٤٣ - ٤) \quad \rho = 2 \eta.F_b (1-r_b)^3 + F_c (1-r_c)^3$$

حيث :

$F_b$  = معامل يتعلق بالنسبة (b) ، التي تمثل نسبة عزوم عطالة جوائز الاطار في الطابق العلوي له ، إلى عزوم عطالتها في الطابق السفلي له .

وكذلك ( $F_c$ ) التي تتعلق بقيمة (c) التي تمثل النسبة السابقة لكن لجوائز الاطار . وهذان المعاملان يؤخذان من الجدول التالي :

| نوع التحميل<br>(b) أو (c) | قيمة النسبة |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---------------------------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                           | 0,0<br>0,03 | 0,1   | 0,2   | 0,3   | 0,4   | 0,5   | 0,6   | 0,7   | 0,8   | 0,9   | 1,0   |
| حولة موزعة بانتظام        | 0,900       | 0,800 | 0,750 | 0,700 | 0,650 | 0,605 | 0,595 | 0,580 | 0,565 | 0,530 | 0,500 |
| حولة مثلثية               | 1,510       | 1,295 | 1,035 | 0,895 | 0,820 | 0,820 | 0,800 | 0,790 | 0,750 | 0,690 | 0,667 |
| حولة مركزة في الأعلى      | 0,0<br>3,40 | 2,605 | 2,600 | 1,780 | 1,600 | 1,390 | 1,225 | 1,190 | 1,100 | 1,050 | 1,000 |

الجدول (٤ - ٤)

قيم المعامل ( $F_b$ ) أو المعامل ( $F_c$ )

$\eta$  = تمثل النسبة التالية في الطابق الأرضي للإطار :

$$(١٤٤ - ٤) \quad \eta = \frac{\sum I_{CA}/d}{2 \sum I_{bA}/b}$$

$$\begin{aligned}
I_{CA} &= \text{عزوم أعمدة الاطار في الطابق الأرضي} . \\
I_{bA} &= \text{عزوم جوائز الاطار في الطابق الأرضي} . \\
d &= \text{الارتفاع الطائقي للإطار في الطابق الأرضي} . \\
b &= \text{المسافة بين أعمدة الاطار في الطابق الأرضي} . \\
r_b &= \text{تمثل النسبة} \quad r_b = \frac{b_c}{b} \quad b_c = \text{عرض الأعمدة في الاطار} . \\
r_c &= \text{تمثل النسبة} \quad r_c = \frac{t}{d} \quad t = \text{سمائة الجوائز في الاطار} .
\end{aligned}$$

- بعد حساب قوة القص الكلية (Q) ، يتحمل كل إطار (i) من إطارات الجملة جزءاً من هذه الحمولة مقداره  $(Q_{fi})$  :

$$Q_{fi} = \frac{Q}{n_f} \quad (١٤٥ - ٤)$$

$n_f$  = عدد الإطارات في المنشأ المدروس .  
ويتحمل كل جدار (i) :

$$Q_{wi} = \frac{Q}{n_w} \quad (١٤٦ - ٤)$$

$n_w$  = عدد الجدران في الجملة .  
مع التذكير بأن الجملة متناظرة في الخواص والتحميل .  
- يحسب الانتقال الأفقي في أي إطار بالعلاقة :

$$X_f = \frac{Q}{K_f} \quad (١٤٧ - ٤)$$

- وفي الأعمدة الداخلية للإطار تكون قوى القص :

$$(Q_{fi})_e = \frac{Q_{fi}}{(n_f)_e} \quad (١٤٨ - ٤)$$

حيث :

$(n_f)_e$  = عدد الأعمدة الداخلية للإطار .



## الفصل الخامس

### موجز طريقة توزيع العزوم لحساب الإطارات

- ١.٥ حساب اطارات ذات الطاقة الثابتة بطريقة توزيع العزوم .
- ١.١.٥ اطارات غير الخاضعة الانزياح الجانبي .
- ٢.١.٥ تصحيح الانزياح الجانبي لطارات بطريقة توزيع العزوم .



## الفصل الخامس

### موجز طريقة توزيع العزوم لحساب الاطارات

نظراً للحاجة الدائمة لاستخدام إحدى الطرق لحساب الاطارات وذلك حين الحساب الإنشائي بالطرق التقريبية لعناصر الأبنية العالية . فقد تم تخصيص هذا الفصل للتذكير بشكل موجز بإحدى هذه الطرق . وقد تم اختيار طريقة توزيع العزوم من أجل ذلك .

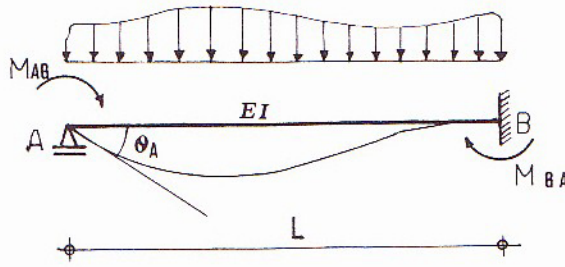
٥ - ١ حساب الاطارات ذات العطالة الثابتة بطريقة توزيع العزوم :

٥ - ١ - ١ الاطارات

من المعروف أن طريقة هاردي كروس (لتوزيع العزوم) هي طريقة حسابية تقوم على أسس التقريب المتتالي لحساب العزوم في الهياكل الإنشائية . أو يمكن وصفها بأنها طريقة عددية أيضاً .

تطبق هذه الطريقة على كافة أنواع المنشآت الصلدة بتأثير أي من أنواع الحمولات «الأوزان والضغط وهبوط المساند والتغير الحراري . . . .»

١ - إن معامل القساوة بتعريفه العام ، هو القوة اللازمة لإحداث واحدة انتقال في العنصر ، أو العزم اللازم لإحداث وحدة دوران فيه . وهو مقياس لصلابة أي عنصر إنشائي ، فمعامل القساوة للعنصر (AB) الموضح في الشكل (٥ - ١) هو  $(\frac{M_{AB}}{EI})$  .



الشكل (٥ - ١)

٢ - يعتبر أي عنصر في أي إطار جائز مستنداً في طرفيه ، بطريقة تتبع نوع المسند فيها . وتحسب عزوم الوثاقات التي تسببها الحمولات الخارجية على هذا العنصر . ويمكن الاستعانة بالجدول (٥ - ١) ، لإيجاد عزوم الوثاقات في عناصر الإطار المدروس .

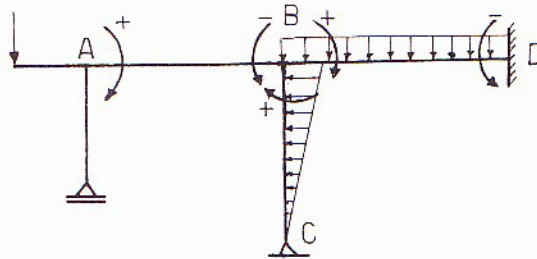
٣ - اصطلاح الإشارة :

في الاصطلاح العادي تكون الإشارة سالبة دوماً عند العقد ، ولكن عند تطبيق طريقة توزيع العزوم نصطلح ما يلي :

آ - نرسم دائرة محيطية بالعقدة .

ب - نجزئ الدائرة إلى أقواس باتجاهها باتجاه الحمولة ، ومركزها العقدة .

ج - نصطلح على الإشارة الموجبة باتجاه عقارب الساعة ، والسالبة بعكسها .



الشكل (٥ - ٢)

٤ - تحسب القساوات النسبية لكافة العناصر ، (للعنصر الموثوق الطرفين  $\frac{I}{L}$  ، وللمتمفصل  $\frac{3}{4} \frac{I}{L}$  ) . فمن أجل عقدة مامثل (B) الموضحة في الشكل (٥ - ٢) يكون :

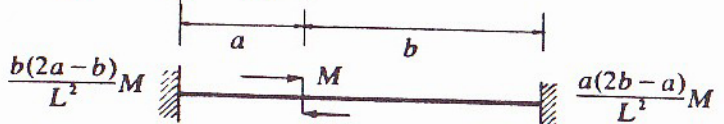
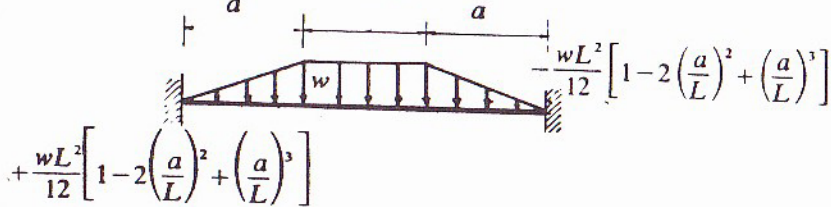
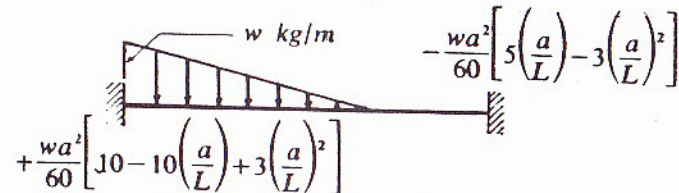
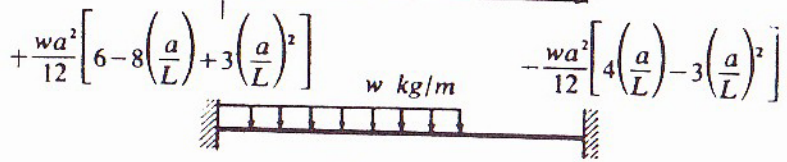
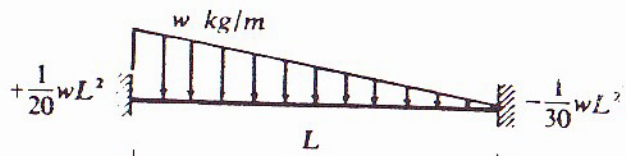
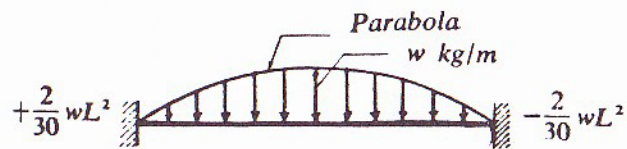
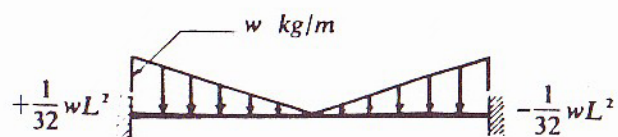
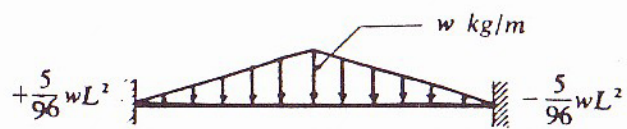
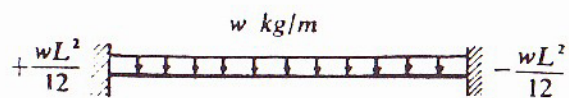
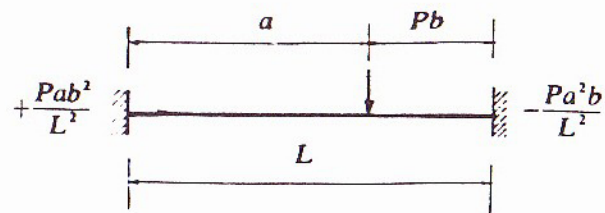
$$K_{BA} = \left( \frac{I}{L} \right)_{BA}$$

$$K_{BD} = \left( \frac{I}{L} \right)_{BD}$$

$$K_{BC} = \left( \frac{3I}{4L} \right)_{BC}$$

ويكون  $\alpha_B = K_{BA} : K_{BD} : K_{BC}$





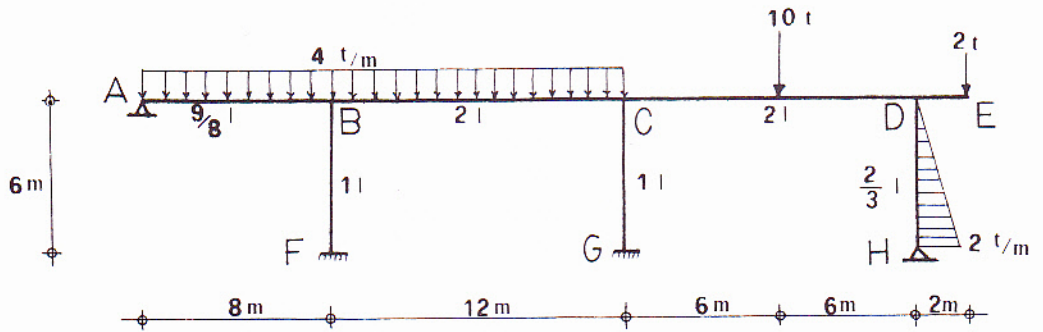
٥ - ينقل كل عنصر نصف عزمه إلى الطرف الآخر وبنفس الإشارة ، أي أن معاملات النقل تساوي (0,5) للحالة التي تكون فيها العطالات ثابتة .

٦ - تجري عملية توزيع العزوم بين العناصر وفقاً لما هو مبين بالتطبيق أدناه :

\* ملاحظة :

في الحالات التي لا توجد فيها انزياحات جانبية في المنشآت المدروسة ، يمكن الاستغناء في جدول توزيع العزوم عن حقول العناصر الموثوقة الأطراف ، والتي لا تحمل قوى خارجية ، لأن قيم العزوم فيها تكون معروفة ، ومساوية إلى نصف العزم في الطرف الآخر .

\* تطبيق عددي : حل الاطار المبين في الشكل (٥ - ٣) بطريقة توزيع العزوم .



الشكل (٥ - ٣)

الحل :

لا يخضع هذا الاطار إلى انزياح جانبي ، والعطالة ثابتة في كافة العناصر ، أي ليس هناك تغيرات في المقاطع على كامل أطوالها .

١ - توجد عزوم الوثاقات :

$$M_{BA} = - \frac{4 \times 8^2}{8} = -32 \text{ T.m}$$

$$M_{BC} = + \frac{4 \times 12^2}{12} = +48 \text{ T.m}$$

$$M_{CB} = -M_{BC} = -48 \text{ T.m}$$

$$M_{CD} = \frac{10 \times 12}{8} = +15 \text{ T.m}$$

$$M_{DE} = 2 \times 2 + 2 \frac{2^2}{2} = 8 \text{ T.m}$$

$$M_{DH} = \frac{2 \times 6^2}{30} + \frac{1}{2} \frac{2 \times 6^2}{20} = 4.2 \text{ T.m}$$

٢ - القساوات النسبية ومعاملات التوزيع :

- العقدة (B) :

$$K_{BA} = \frac{3}{4} \frac{I}{L} = 0.75 \frac{819}{8} = \frac{1}{12}$$

$$K_{BC} = \frac{2}{12} = \frac{1}{6}$$

$$K_{BF} = \frac{2}{12} = \frac{1}{6}$$

$$\alpha_B = K_{BA} : K_{BC} : K_{BF} = \frac{1}{12} : \frac{2}{12} : \frac{2}{12}$$

$$\alpha_B = 0.2 : 0.4 : 0.4$$

- العقدة (C) :

بنفس الطريقة نجد :

$$\alpha_C = 0.333 : 0.333 : 0.333$$

- العقدة (D) :

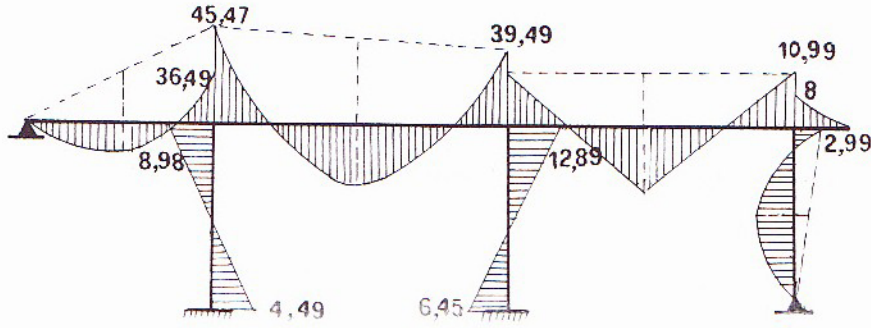
$$\alpha_D = 0.667 : 0.333$$

٣ - جميع معاملات النقل تساوي (0,5) لأن العطالة ثابتة .

٤ - جدول توزيع العزوم .

| D   |       |       | C                |       |       | B              |       |       | العقدة                            |
|-----|-------|-------|------------------|-------|-------|----------------|-------|-------|-----------------------------------|
| DE  | DH    | DC    | CD               | CG    | CB    | BC             | BF    | BA    | المنصر                            |
| 0,0 | 0,333 | 0,667 | <del>0,333</del> | 0,333 | 0,333 | <del>0,4</del> | 0,4   | 0,2   | معاملات التوزيع<br>D.F            |
| +   | +     | -     | +                | 0     | -     | +              | 0     | -     | عزوم النهايات الموثوقة<br>F.E.M   |
| 8   | 4,2   | 15    | 15               |       | 48    | 48             |       | 32    |                                   |
| -   | -     | + ←   | + →              | +     | +     | + →            | -     | -     | توزيع العزوم<br>دورة (1) للعقدة C |
|     |       | 5,5   | 11               | 11    | 11    | 5,5            |       |       |                                   |
| -   | -     | - →   | - ←              | -     | - ←   | -              | -     | -     | دورة (2)<br>للعقد D, B            |
|     | 0,9   | 1,8   | 0,9              |       | 4,3   | 8,6            | 8,6   | 4,3   |                                   |
| -   | -     | + ←   | + →              | +     | +     | + →            | -     | -     | دورة (3)<br>للعقدة C              |
|     |       | 0,866 | 1,733            | 1,733 | 1,733 | 0,866          |       |       |                                   |
| -   | -     | - →   | - ←              | -     | - ←   | -              | -     | -     | دورة (4)<br>للعقد D, B            |
|     | 0,289 | 0,577 | 0,289            |       | 0,173 | 0,346          | 0,346 | 0,173 |                                   |
| -   | -     | + ←   | + →              | +     | +     | + →            | -     | -     | دورة (5)<br>للعقدة C              |
|     |       | 0,077 | 0,154            | 0,154 | 0,154 | 0,077          |       |       |                                   |
| -   | -     | -     | -                | -     | -     | +              | +     | -     | دورة (6)<br>للعقد D, B            |
|     | 0,026 | 0,051 |                  |       |       | 0,031          | 0,031 | 0,015 |                                   |
| +   | +     | -     | +                | +     | -     | +              | -     | -     | العزوم النهائية<br>FM             |
| 8,0 | 2,99  | 10,99 | 26,69            | 12,89 | 39,59 | 45,47          | 8,98  | 36,49 |                                   |

وتكون العزوم النهائية كما في الشكل أدناه :



(الشكل (٥ - ٤))

### \* التناظر والتناظر العكسي في توزيع العزوم :

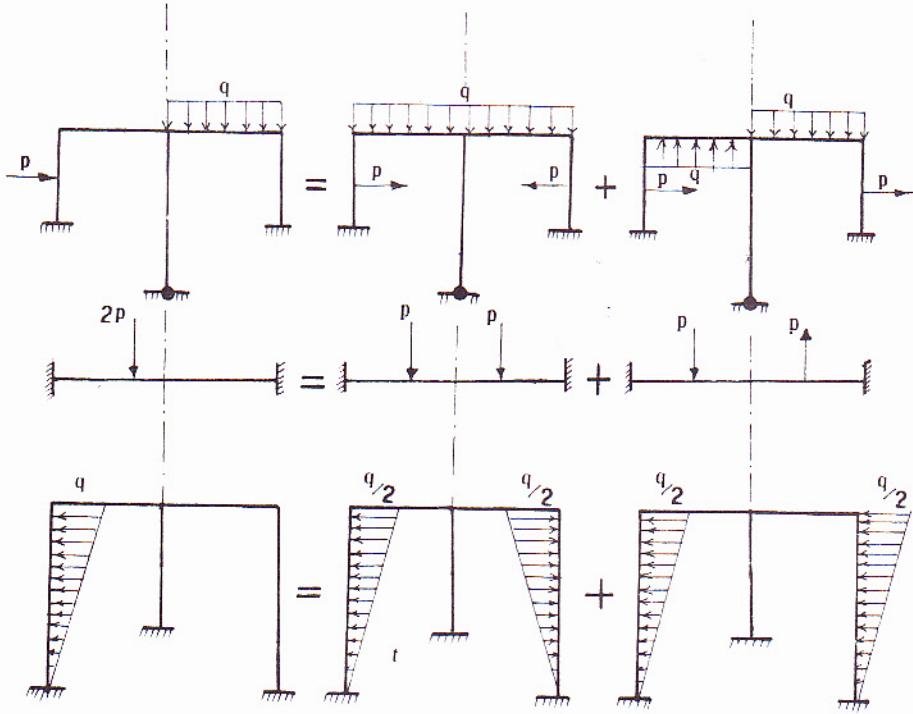
إن التناظر على نوعين . فإما أن يكون في شكل المنشأ ، أو في الحمولات المطبقة . وتناظر المنشأ يجب أن يحقق الشروط التالية :

- ١ - تناظر أبعاد المنشأ (الشكل الهندسي) .
- ٢ - تناظر العطالات (المقاطع) .
- ٣ - تناظر المساند (حالات الاستناد) .

فلو حقق المنشأ الشروط السابقة ، نستطيع حينئذٍ تقسيم الحمولات المطبقة في الحالة العامة ، ومهما كان شكلها إلى قسمين . أي إلى حالتي تحميل . الأولى متناظرة ، والثانية متناظرة عكسياً ، وذلك حول محور التناظر . كما في الشكل (٥ - ٥) .

ولإيجاد العزوم النهائية في منشأ خاضع لحالتي تحميل متناظرة ومتناظرة عكسياً ، نلاحظ أن العزوم النهائية في نصف المنشأ الذي تجري عليه عمليات توزيع العزوم في الحالتين ، تنتج ببساطة من جمع الحالتين إلى بعضهما . أما العزوم النهائية للنصف الآخر التي لم تجر عليه خطوات التوزيع ، فتنتج من تغيير إشارات العزوم في النصف الأول . وبذلك تتبسط طريقة الحل بالاستفادة من هذه الخواص للمنشآت .





الشكل (٥ - ٥)

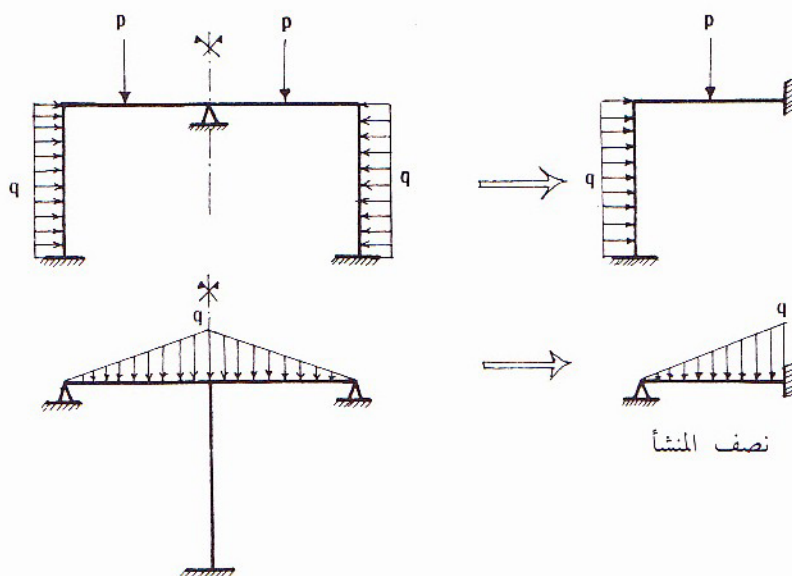
أولاً : التناظر :

يمكن في الحالات التي تكون فيها الحمولات متناظرة ، تقسيمها أيضاً إلى قسمين ، بحيث يكون تأثير التناظر العكسي فيها معدوماً .

- في الحالة العامة نلاحظ حالتي تحميل في هذه المنشآت :

الحالة الأولى : إذا كان محور التناظر يمر من عقده :

يمكن في هذه الحالة تحميل نصف المنشأ ، واعتبار العقدة التي يمر فيها محور التناظر وثيقة ، وذلك لأن الانتقال الأفقي فيها مساوٍ للصفر بسبب طبيعة الاستناد والانتقال الشاقولي كذلك بسبب تناظر الشكل . وكذلك الدوران معدوم لأن الحمولات متناظرة . وبالتالي فالمسند يعمل كوثيقة - كما في الشكل (٥ - ٦) .



الشكل (٥ - ٦)

الحالة الثانية : إذا كان محور التناظر يمر من منتصف أحد العناصر :  
في هذه الحالة يمكن حل نصف المنشأ ، ولكن مع استعمال قساوة مخفضة للعناصر  
التي يمر محور التناظر من منتصفاتها . تدعى بالقساوة التناظرية . وتأخذ هذه  
القساوة المخفضة بعين الاعتبار عزوم النقل من الطرف الآخر .

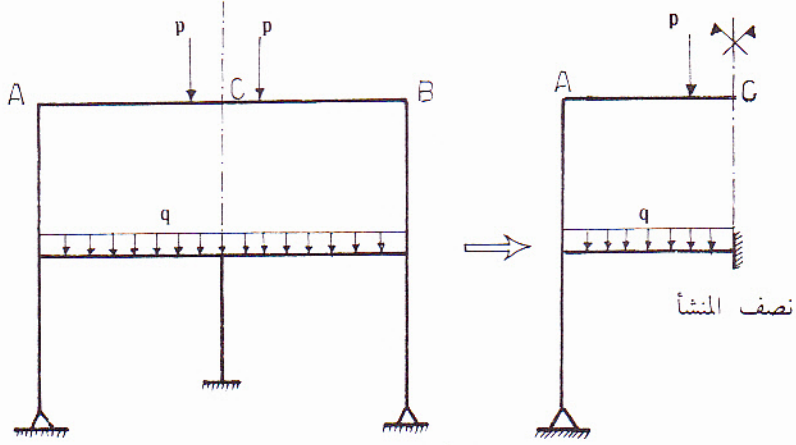
تعطى القساوة التناظرية لعنصر (i) ، مبنياً في الشكل (٥ - ٧)

$$K_{BA} = C_{BA} \text{ حيث } K_{\Delta i} = K_{AB} (1 - C_{BA}) < K_i$$

وتعرف إذن القساوة التناظرية بأنها القساوة المخفضة الواجب استعمالها  
للعنصر الذي يمر محور التناظر من منتصفه ، حين حل المنشأ المتناظر شكلاً وتحميلاً  
بطريقة توزيع العزوم . وفي حال العطالة الثابتة يكون  $K_{\Delta i} = \frac{K_i}{2}$

$$C_i = \frac{1}{2} \text{ حيث}$$

- ملاحظة : في حل مثل هذه العناصر تحسب عزوم الوثاقة باعتبار الطول (AB) وليس (AC) كما في الشكل التالي :

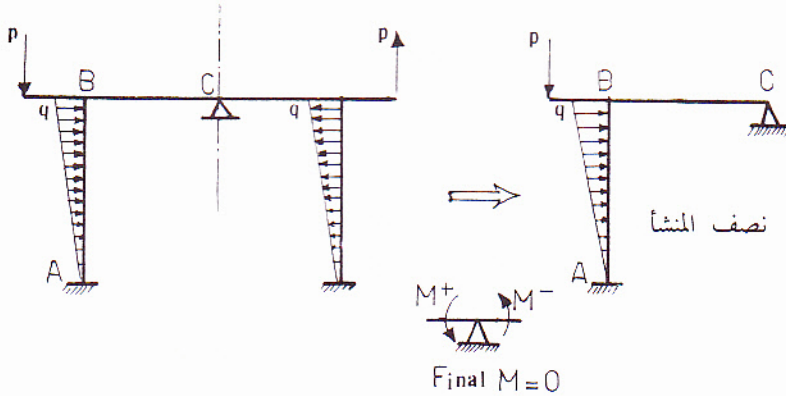


الشكل (٧ - ٥)

ثانياً : التناظر العكسي :

الحالة الأولى : محور التناظر يمر من عقدة :

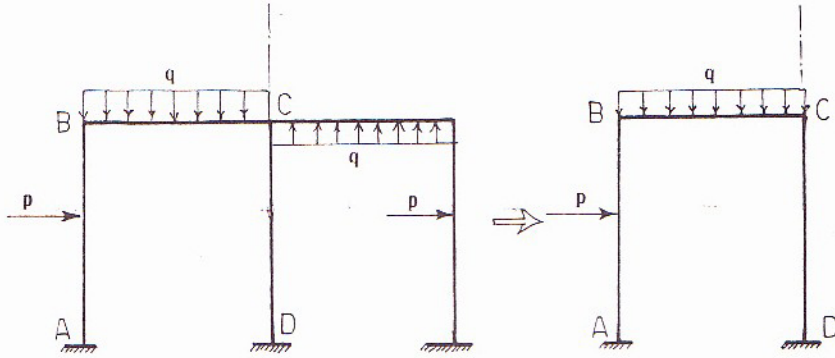
تعتبر العقدة في هذه الحالة بمثابة مفصل ، ويجري حل نصف المنشأ كما في الشكل (٨ - ٥) .



الشكل (٨ - ٥)

الحالة الثانية : محور التناظر يمر من ضلع شاقولي :

يتم حل نصف المنشأ مع اعتبار أن قساوة الضلع الشاقولي تساوي إلى قساوته الأساسية .



- الشكل (٩ - ٥)

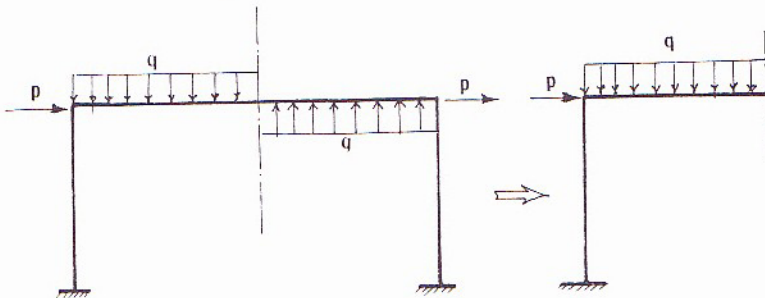
الحالة الثالثة :

محور التناظر يمر من منتصف أحد العناصر :

يجري حل نصف المنشأ ، مع اعتبار أن العناصر التي يمر فيها محور التناظر ذات قساوة مرتفعة تسمى بالقساوة التناظرية العكسية .

$$K_{\Delta i} = K (1 + C)$$

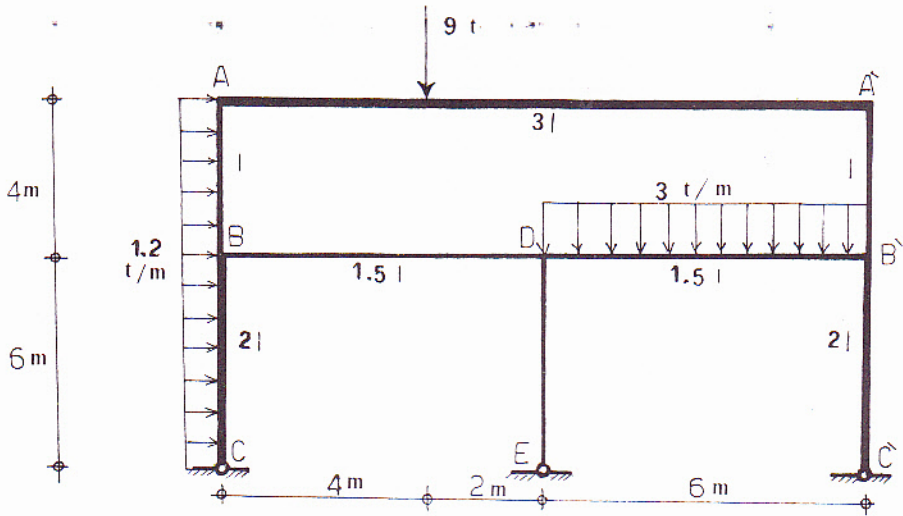
$$K_{\Delta i} = \frac{3}{2} K \text{ وفي حالة العطالة الثابتة يكون}$$



الشكل (١٠ - ٥)

\*ملاحظة : إذا طبقت قوى مركزة عند العقد ، فعزوم الوثاقعة عندئذ تكون معدومة . وبالتالي فتأثير هذه القوى يدخل فقط في حسابات القص ، وتوازن القوى للانزياح الجانبي في حال وجوده .

\* تطبيق عددي : حل المنشأ الموضح في الشكل (٥ - ١١) بالتناظر والتناظر العكسي .



الشكل (٥ - ١١)

الحل :

نظر لعدم خضوع الاطار لانزياح جانبي نجزيء الحل إلى قسمين :

١ - الحالة المتناظرة :

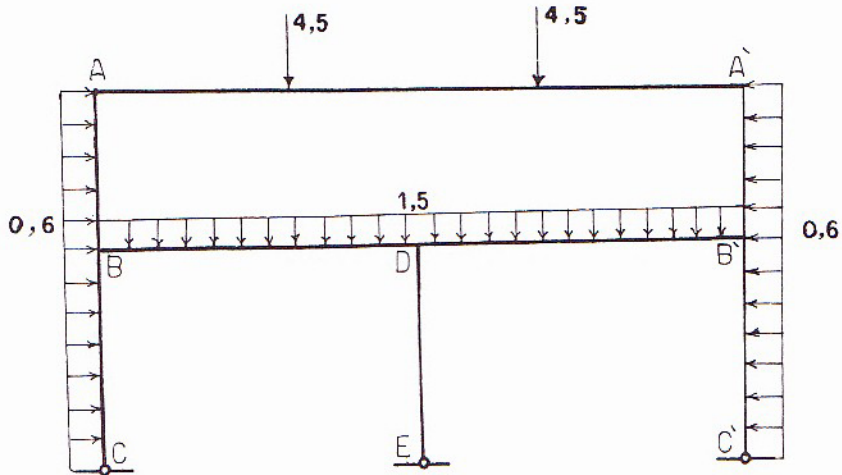
$$M_{AA'} = 4.5 \left( \frac{4 \times 8^2}{12^2} + \frac{8 \times 4^2}{12^2} \right) = 12 \text{ T.m} \quad \text{- عزوم الوثاقات :}$$

$$M_{AB} = \frac{0.6 \times 4^2}{12} = 0.8 \text{ T.m}$$

$$M_{BC} = \frac{0.6 \times 6^2}{12} = 2.7 \text{ T.m}$$



$$M_{BB'} = \frac{1.5 \times 6^2}{12} = 4.5 \text{ T.m}$$



الشكل (٥-١٢)

معاملات التوزيع لنصف المنشأ :  
العقدة (B) :

$$K_{BA} : K_{BC} : K_{BD} = \frac{1}{4} : 0.75 : \frac{2}{6} : \frac{1.5}{6}$$

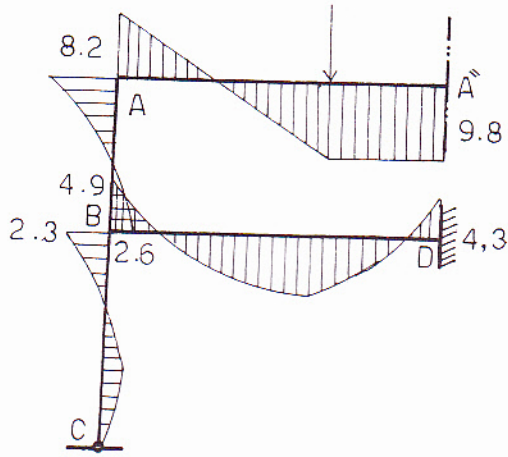
$$\alpha_B = \frac{1}{3} : \frac{1}{3} : \frac{1}{3}$$

العقدة (A) :

$$(تناظرية) K_{AA'} : K_{AB} = \frac{1}{3} \left( \frac{3}{12} \right) : \frac{1}{4}$$

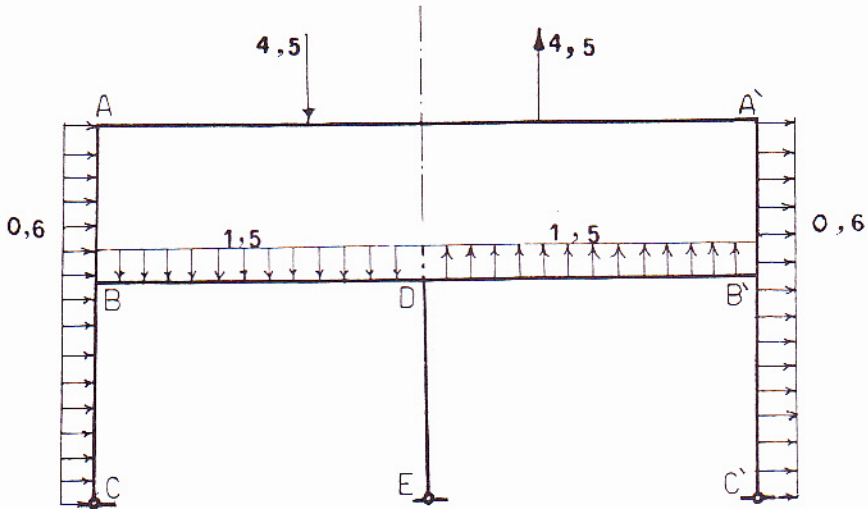
$$\alpha_A = \frac{2}{3} : \frac{1}{3}$$

ويحل نصف المنشأ نحصل على العزوم النهائية التالية ،



حل نصف المنشأ في حالة التناظر  
الشكل (٥ - ١٣)

٢ - الحالة المتناظرة عكسياً :



الشكل (٥ - ١٤)

عزوم الوثاقات :

$$M_{AA'} = 4.5 \left( \frac{4 \times 8^2}{12^2} - \frac{8 \times 4^2}{12^2} \right) = 4 \text{ T.m}$$

$$M_{AB} = 0.8 \text{ T.m}$$

$$M_{BC} = 2.7 \text{ T.m}$$

$$M_{BD} = - 4.5 \text{ T.m}$$

$$M_{DB} = 4.5 \text{ T.m}$$

القساوات ومعاملات التوزيع :

العقدة (B) - كما في حالة التناظر

$$\alpha_B = \frac{1}{3} : \frac{1}{3} : \frac{1}{3}$$

العقدة (A) :

$$K_{AA'} : K_{AB} = \frac{3}{2} \left( \frac{3}{12} \right) : \frac{1}{4}$$

$$\alpha_A = 0.6 : 0.4$$

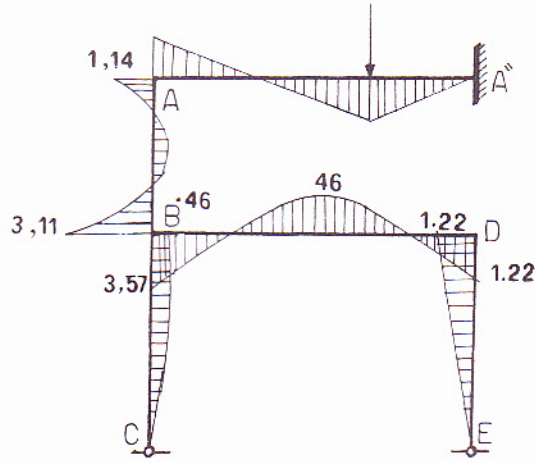
العقدة (D) :

$$K_{DB} : K_{DE} = \frac{1.5}{6} : \left( \frac{3}{4} \times \frac{1}{6} \right) \frac{1}{2}$$

تؤخذ لـ (DE) نصف القساوة الأصلية .

$$\alpha_D = 0.8 : 0.2$$

وبحل نصف المنشأ نحصل على العزوم التالية ، مع ملاحظة أن العزم الناتج على محور التناظر في هذه الحالة مساوٍ للصفر .



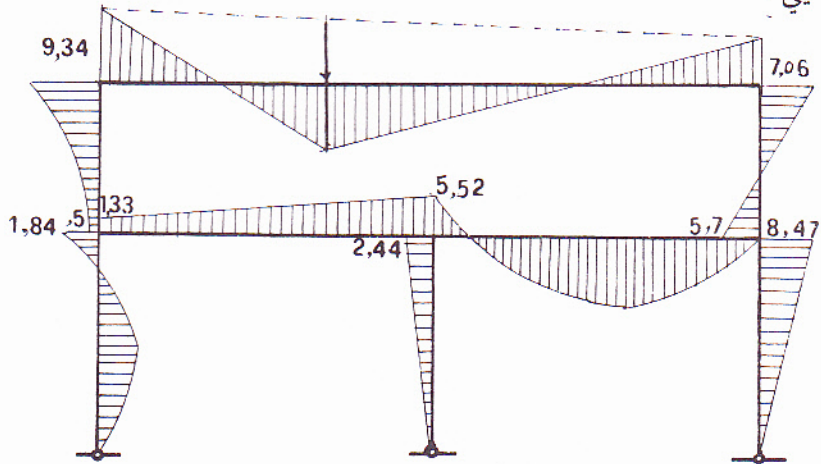
الشكل (٥ - ١٥) حل نصف المنشأ في حالة التناظر العكسي

العزوم النهائية الاجمالية للمنشأ :

١ - بالنسبة للنصف الأيسر من المنشأ ، والذي جرى حله ، تجمع قيمتي العزوم في حالتي التناظر والتناظر العكسي .

٢ - بالنسبة لنصف الأيمن الذي لم يحل حله ، تطرح قيم التناظر من قيم التناظر العكسي .

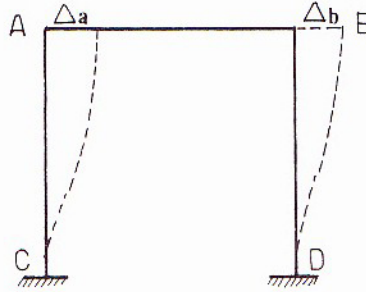
٣ - تضرب قيم العزوم على العنصر (DE) بـ (2) . وتكون العزوم بشكلها النهائي كما يلي :



الشكل (٥ - ١٦)

## ٥-١-٢ تصحيح الانزياح الجانبي للإطارات بطريقة توزيع العزوم :

إن ما يحدث غالباً في المنشآت ، أنه يحصل انزياحات جانبية بسبب تطبيق حمولات غير متناظرة أو ارتفاع درجات الحرارة أو لأسباب أخرى ، حيث تنتقل العقد بالنسبة إلى بعضها بصورة تبقى معها أطوال الأضلاع المتصلة معها ثابتة .



الشكل (٥ - ١٧)

إذن فالانتقال النسبي الحاصل بالنسبة للنقاط الثابتة (C , D) الموضحة في الشكل (٥ - ١٧) مثلاً يدعى بالانزياح الجانبي . ويجب عدم الخلط بين الانزياحات الجانبية أو بين التشوهات المرنة في عناصر المنشآت ، إذ أن الانزياح الجانبي يحدث دوماً في العقد فقط . لذلك فتعريف الانتقال أو الانزياح الجانبي هو حركة عقدة أو أكثر في منشأ ما ، وذلك في مستو واحد بالنسبة إلى العقد الثانية الأخرى .

تحلل انتقالات العقد هذه إلى مركبات عمودية على العناصر الملتقية فيها ، وتسبب هذه المركبات عزوم وثاقة في تلك العناصر ، تتناسب مع قساواتها الانتقالية  $(K_t)$  .

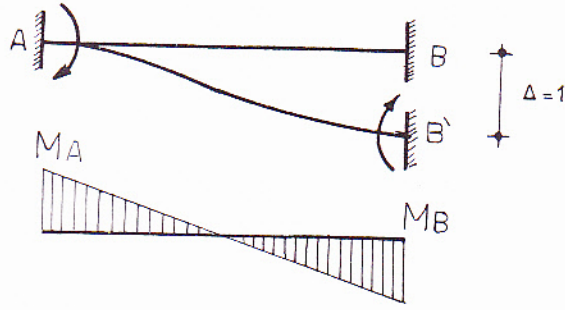
تعرف القساوة الانتقالية بأنها العزم المتولد عند نهاية موثوقة في جائز غير مقرر نتيجة انتقال نسبي قدره  $(\Delta)$  عمودي على محور الجائز .

ففي الشكل (٥ - ١٨) يكون :

$$(K_t)_{AB} = M_A \text{ عندما } \Delta = 1 \text{ بشكل عمودي على } AB .$$

$$(K_t)_{BA} = M_B \text{ عندما } \Delta = 1 \text{ بشكل عمودي على } BA .$$





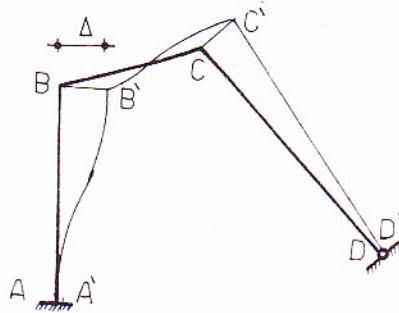
الشكل (٥ - ١٨)

ومن أجل جوائز موثوق الطرفين كالمبين أعلاه تكون العزوم ، إذا كانت (I) ثابتة كما يلي :

$$M_A = - \frac{6EI}{L}$$

$$M_B = + \frac{6EI}{L} \text{ حيث } (L) \text{ طول الجائز .}$$

إذن في الحالات التي يكون فيها الانزياح غير عمودي على محور العنصر ، يجري تحليله إلى مركبتين إحداها باتجاه محور العنصر ، وهي لا تُحدث عزوم في الوثاقات ، والأخرى عمودية عليه ، وهي التي تسبب عزوم الوثاقات .



الشكل (٥ - ١٩)

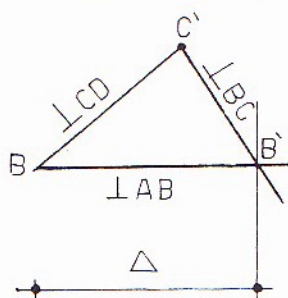
يوضح الشكل (٥ - ١٩) الانزياح الجانبي للإطار بسبب حركات ما .

إن النقطة (B) ستنتقل على قوس من دائرة مركزها (A) ونصف قطرها (AB) ، ويمكن في هذه الحالة اعتبار أن (B) تنتقل أفقياً . أما النقطة (C) ، فنجدها من الشرطين التاليين :

أ- تتحرك (C) على دائرة مركزها (D) ونصف قطرها (CD) ثابتاً .  
 ب- تتحرك (C) على دائرة مركزها (B) ونصف قطرها (CB) ثابتاً .

ويبين ذلك الشكل (٥ - ٢٠)

إن الضلع ( $C^*B^*$ ) يمثل المركبة العمودية لانتقال (C) على الضلع (BC) ،  
حيث يتناسب العزم الناتج عن ذلك مع القساوة الانتقالية لـ (BC) .



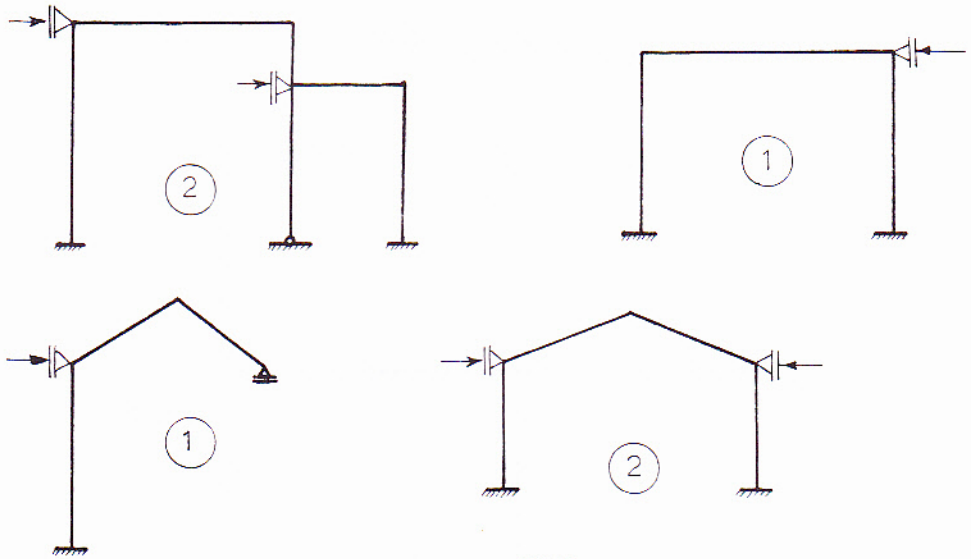
الشكل (٥ - ٢٠)

أما الضلع (BC) ، فيمثل المركبة العمودية لانتقال (C) على الضلع (CD) ، حيث ينشأ عن ذلك عزم يتناسب مع القساوة الانتقالية لهذا الضلع .

\* درجات الحرية للانتقال الجانبي :

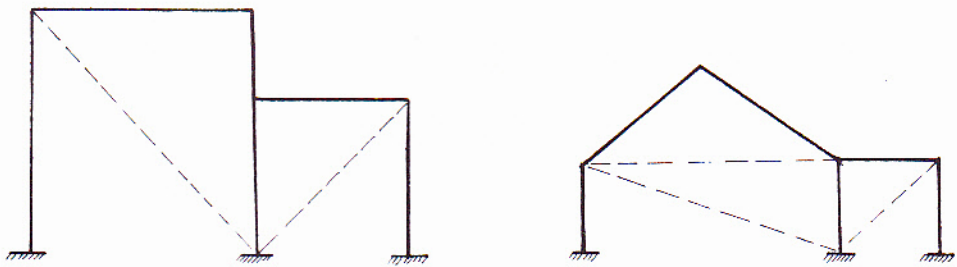
يعرف عدد درجات الحرية للانتقال الجانبي بأنه عدد القوى أو المساند التي يجب وضعها عند عقد المنشأ لمنع الانزياح الجانبي له .

وتبين لنا الأشكال (٥ - ٢١) عدداً من الأمثلة .



الشكل (٥ - ٢١)

بشكل عام يمكن معرفة عدد درجات الحرية من نموذج المنشأ ، إذ أنه لو ثبتت عقدتان من كل ثلاث عقد تشكل مثلث ، أو من ضلعين متلاقين ، فإن العقدة الثالثة تصبح ثابتة ، وهكذا يمكن أن نعرف بشكل عام عدد درجات الحرية ، بأنه عدد العناصر التي يجب إضافتها للمنشأ لتحويله إلى جاذز شبكي كما في الشكل (٥ - ٢٢) .

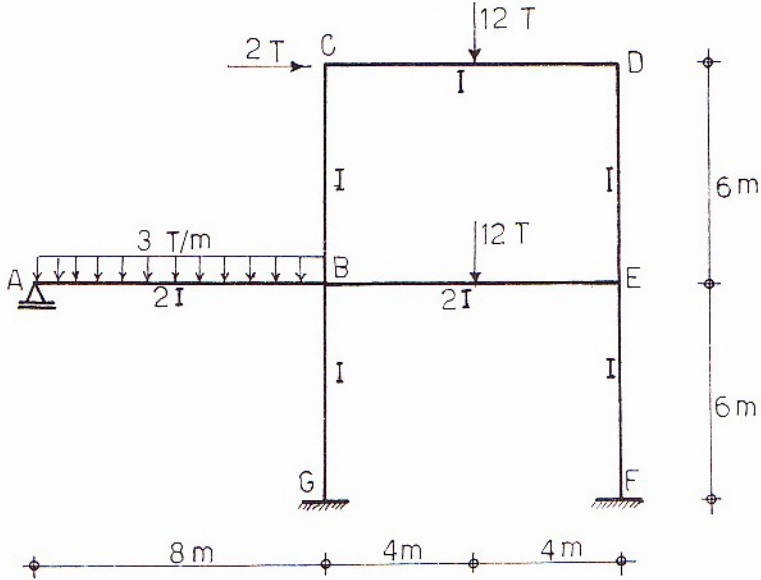


الشكل (٥ - ٢٢) .

هذا وتخفف حالات تناظر الحمولات والأشكال من عدد درجات الحرية .

\* تطبيق عددي :

حل الاطار الموضح في الشكل (٥ - ٢٣) بطريقة توزيع العزوم .



الشكل (٥ - ٢٣)

الحل :

يملك المنشأ درجتى حرية للانتقال الجانبي ، وذلك في المستويين (BE) و (CD) نحل الإطار مع كلا الانزياحين وذلك باعتبار وجود مسندين في (E , D) نستنتج من الأول القوة ( $F_1$ ) التي تمنع الانزياح في المستوي الأول ومن الثاني ( $F_2$ ) .

أولاً : الحل : بدون انزياح جانبي :

- عزوم الوثاقات :

$$M_{BA} = - 24 \text{ T.m}$$

$$M_{BC} = M_{CD} = 12 \text{ T.m}$$

- القساوات النسبية ومعاملات التوزيع :

في العقدة (B) :

$$K_{BA} : K_{BE} : K_{BC} : \frac{3}{4} \times \frac{2}{8} : \frac{2}{8} : \frac{1}{6} : \frac{1}{6}$$

$$\alpha_B = 0,243 : 0,325 : 0,216 : 0,216$$

العقدة (E) :

$$K_{EB} : K_{ED} : K_{EF} = \frac{2}{8} : \frac{1}{6} : \frac{1}{6}$$

$$\alpha_E = 0,224 : 0,286 : 0,286$$

العقدتين (D , C) :

$$K_{CB} : K_{CD} = K_{DC} : K_{DE} = \frac{1}{6} : \frac{2}{8}$$

$$\alpha_C = \alpha_D = 0,4 : 0,6$$

ونجري عمليات توزيع العزوم مع اعتبار وجود العقدتين (G , F) في الجدول ، فتكون العزوم النهائية كما يلي :

$$M_{GB} = 1,55 \text{ T.m}$$

$$M_{BG} = +3,10$$

$$M_{BA} = - 20,51$$

$$M_{BE} = + 18,03$$

$$M_{BC} = - 0,61$$

$$M_{CB} = - 5,87$$

$$M_{CD} = + 5,87$$

$$M_{DC} = + 7,59$$

$$M_{DE} = + 7,59$$

$$M_{ED} = + 5,14$$

$$M_{EB} = - 6,95$$

$$M_{EF} = + 1,81$$

$$M_{FE} = + 0,91$$

ثانياً : الحل مع اعتبار الانزياح الجانبي .

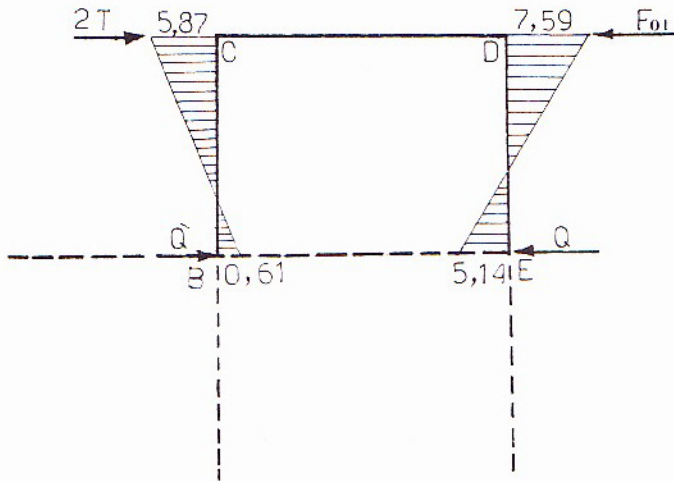
تحسب القوى ( $F_{01}$  و  $F_{02}$ ) التي تمنع الانزياح الجانبي كما يلي :



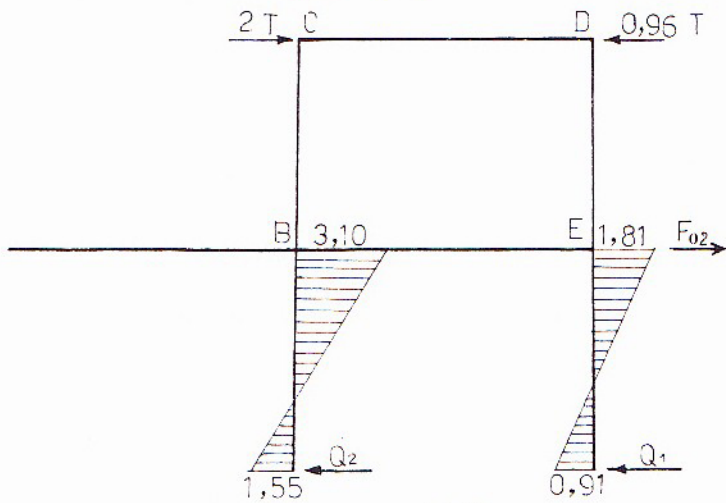
$$F_{01} = 2 + Q' - Q \Rightarrow$$

$$F_{01} = 2 + \frac{5,87+0,61}{6} - \frac{5,14+7,59}{6}$$

$$F_{01} = 0,96 \text{ T} \leftarrow$$



الشكل (٥ - ٢٤)



الشكل (٥ - ٢٥)

$$F_{02} = 0,96 - 2 + Q_1 + Q_2$$

$$F_{02} = 0,96 - 2 + \frac{1,81+0,91}{6} + \frac{3,10+1,55}{6}$$

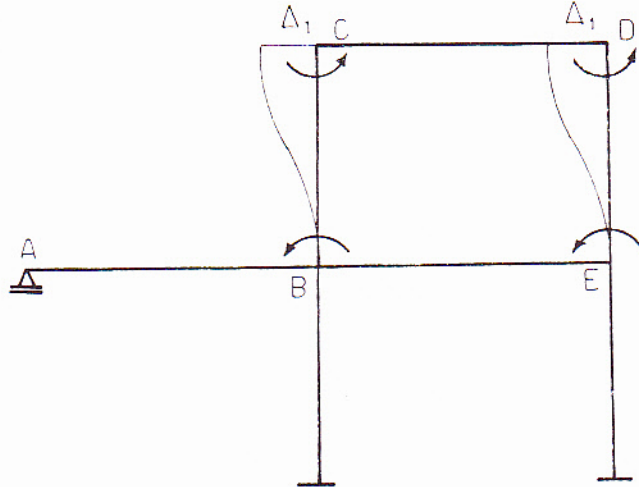
$$F_{02} = 0,91 \text{ T} \leftarrow$$

\* حالة الانزياح ( $\Delta_1$ ) :

نحسب العزوم الناجمة عن انزياح جانبي قدره  $\Delta = 1$  على المستوي (CD) .  
من الشكل (٥ - ٢٩) نجد أن جميع العزوم سالبة (بعكس عقارب الساعة) . وبما  
أن العطالة ثابتة هنا ، فجميع العزوم متساوية (مع ملاحظة أن اتجاه الانزياح  
الجانبي هو اتجاه اعتباره ، نحو اليسار أو اليمين) .

$$M_{BC} = M_{CB} = M_{DE} = M_{ED} = - 30 \text{ T.m}$$

ونوزع هذه العزوم في جدول توزيع العزوم مع العلم بأن معاملات التوزيع  
والنقل كما في الحالة الأولى (بدون انزياح جانبي) . فنحصل على :



الشكل (٥ - ٢٦)

$$M_{GB} = + 2,26 \quad M_{BG} = + 4,51$$

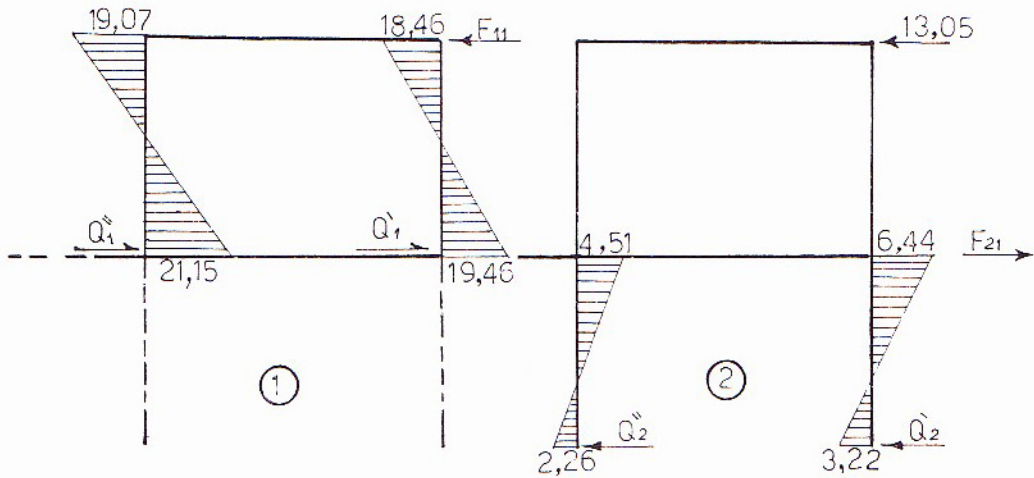
$$M_{BA} = + 5,08 \quad M_{BE} = 11,63$$

$$M_{BC} = - 21,15 \quad M_{CB} = - 19,07 \quad M_{CD} = + 19,07 \quad M_{DC} = + 18,64$$

$$M_{DE} = - 18,64 \quad M_{ED} = - 19,46 \quad M_{EB} = + 12,98 \quad M_{EF} = + 6,44$$

$$M_{FE} = + 3,22$$

بعد أن حسبنا العزوم الناجمة عن  $(\Delta_1)$  في المستوى (CD) ، نوجد القوى  $(F_{21} , F_{11})$  التي تمنع الانزياح الجانبي الناتج عن  $(\Delta_1)$  ، وذلك بالطريقة نفسها التي حسبت فيها  $(F_{02} , F_{01})$  مع إهمال القوى الخارجية .



الشكل (٥ - ٢٧)

$$F_{11} = Q'_1 + Q''_1 = \frac{18,46+19,46}{6} + \frac{19,07+21,15}{6}$$

$$F_{11} = 13,05 \text{ T} \leftarrow$$

$$F_{21} = F_{11} + Q'_2 + Q''_2 = 13,05 + \frac{4,51+2,26}{6} + \frac{6,44+3,22}{6}$$

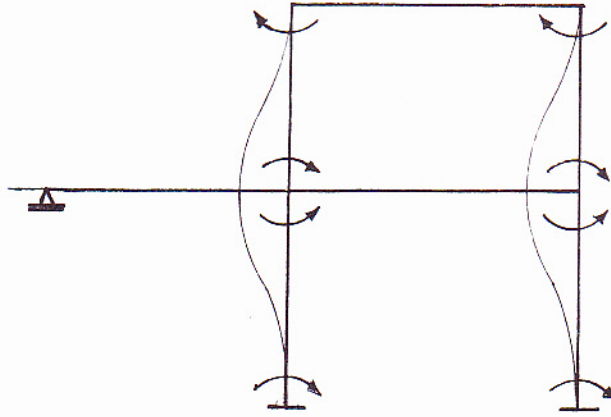
$$F_{21} = 15,79 \text{ T} \rightarrow$$

\* حالة الانزياح  $(\Delta_2)$  :

وذلك في المستوى (EB) .

نعتبر الانزياح نحو اليسار ، ونوجد عزوم الوثاقات :

$$M_{BC} = M_{CB} = M_{CD} = M_{DC} = -M_{EF} = -M_{FE} = -M_{GB} = -M_{BG} = 30 \text{ T.m}$$



الشكل (٥ - ٢٨)

وبالقيام بعمليات توزيع العزوم نحصل على :

$$\begin{aligned} M_{GB} &= -29.56 & M_{BG} &= -29.18 & M_{BA} &= 0.87 & M_{BE} &= 2.08 \\ M_{BC} &= +26.16 & M_{CB} &= 21.06 & M_{CD} &= -21.06 & M_{DC} &= -21.15 \\ M_{FE} &= +21.15 & M_{ED} &= 26.46 & M_{EB} &= 2.35 & M_{EF} &= -28.81 \\ M_{FE} &= -29.41 \end{aligned}$$

نحسب  $(F_{22}, F_{12})$  اللتان تمنعان الانزياح الجانبي الناتج عن الانتقال  $(\Delta_2)$  بنفس طريقة إيجاد  $(F_{21}, F_{11})$  فنحصل على :

$$F_{12} = 15.79 \text{ T} \rightarrow$$

$$F_{22} = 35.28 \text{ T} \leftarrow$$

- من معادلات توازن القص نحصل على  $(a_2, a_1)$  اللتان تحققان التوازن

$$\Sigma F_1 = 0 \Rightarrow$$

$$F_{01} + a_1 F_{11} + a_2 F_{12} = 0$$

$$0.96 + 13.05 a_1 - 15.79 a_2 = 0 \quad (I)$$

$$\Sigma F_2 = 0 \Rightarrow$$

$$F_{20} + a_1 F_{21} + a_2 F_{22} = 0$$

$$- 0.19 - 15.79 a_1 + 35.28 a_2 = 0 \quad (II)$$

وبحل المعادلتين (II , I) حلاً مشتركاً نحصل على

$$a_1 = - 0.146$$

$$a_2 = - 0.06$$

ويكون مخطط العزم النهائي :

$$M_F = M_0 + a_1.M_{\Delta 1} + a_2 M_{\Delta 2}$$



## ملحق الكتاب

\* معلومات عامة عن الرياض

\* النظم الدولي لواحدات القياس



## معلومات عامة عن الرياح

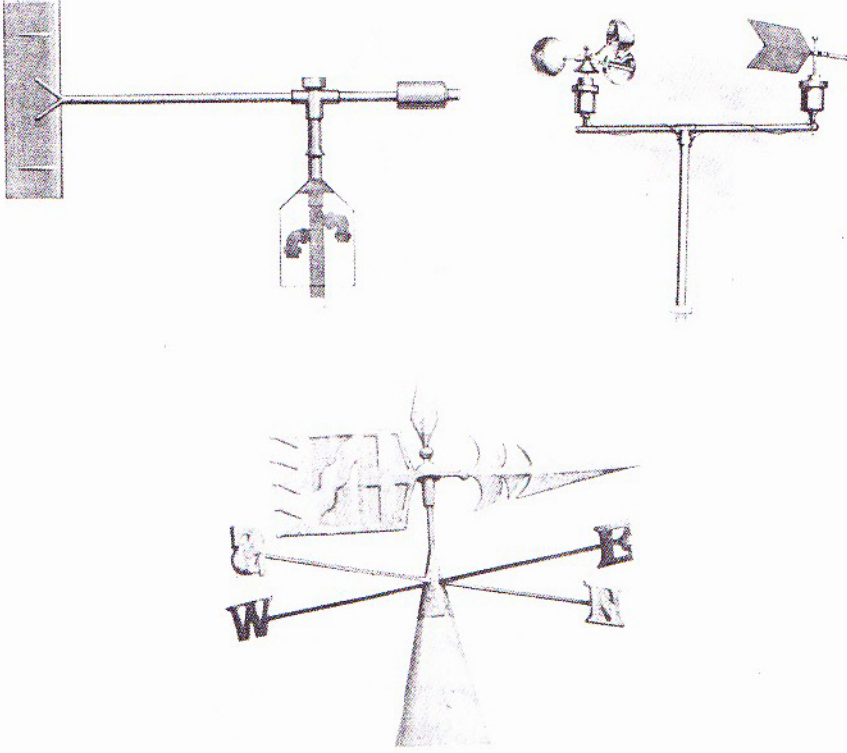
تستطيع الطبيعة في لحظات أن تكتسح المنشآت التي يبنها الانسان بآلاف السنين . فكوارث الطبيعة كثيرة ومتعددة ، والأضرار التي تلحقها الرياح بالمنشآت واحدة منها .

تشير الاحصاءات إلى أن ما يزيد عن (60000) ستين ألف شخص كانوا ضحايا هيجان الرياح منذ عام (1900) وحتى الآن . فممنهم من قتلته أنقاض المنشآت ، ومنهم من مات غرقاً بسبب الأعاصير والرياح العاتية حينها اقتحمت البحار شواطئ المدن .

عندما تهب الرياح بسرعة تعتبر متوسطة أي بحوالي (130 km/h) تسبب ارتفاعاً في موج البحر مقداره حوالي (13 m) . وقد تصل الأمواج إلى حدود عظمت من الارتفاع فتصل في حالات قليلة إلى (33 m) . وهذه القيم هي إحصاءات رقمية تبين مدى قدرة الرياح على التأثير بالاجسام الموجودة على سطح الأرض . هذا وقد سجلت أعلى سرعات للرياح في العالم (380 k/h) في واشنطن بالولايات المتحدة و(310 k/h) في جان ماين .

إن كلمة الرياح ، تطلق كما هو معروف عل حركات الكتل الهوائية التي تنتقل بصورة أفقية أو شاقولية في المحيط المنخفض للغلاف الجوي . أي في المنطقة السفلى من طبقة (التروبوسفير) التي تبلغ سماكتها (8-16) كم .

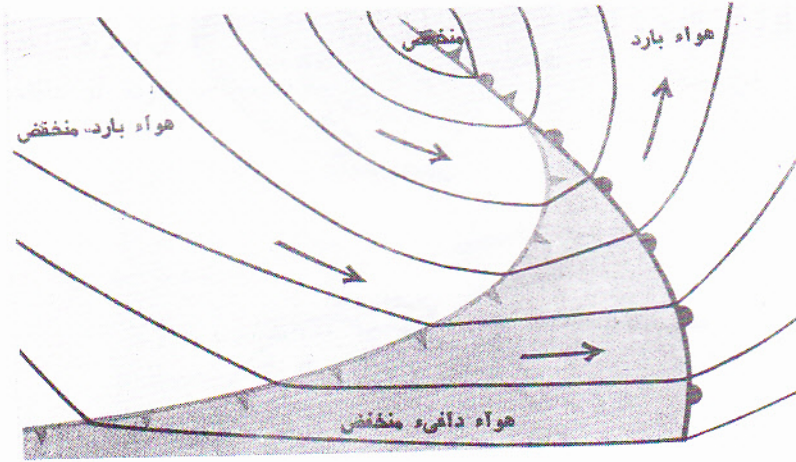
تتأثر الرياح أثناء تحركها بقوى رئيسية ثلاثة هي :



الشكل (١ - ١ م) المقاييس البسيطة لسرعة واتجاه الرياح

١ - مقدار تفاوت الضغط الجوي في مناطق الحركة . وفروقات الضغط في الجو تنجم عن درجات الحرارة المختلفة على سطح الأرض ، لذلك نلاحظ أن الهواء الاستوائي الحار أقل كثافة من الهواء القطبي البارد . وهذه الظاهرة تسبب تفاوتاً في درجات الضغط بين المنطقتين . إن الغلاف الجوي أشبه بمحرك حراري كبير ، لأن فروقات الحرارة بين القطبين وخط الاستواء توفر الطاقة الحرارية اللازمة لجريان الهواء في الاتجاهين الأفقي والشافولي . فالهواء الحار فوق خط الاستواء يرتفع إلى مستويات عالية ، ويجري من خلالها باتجاه القطبين على حين أن الهواء البارد يجري باتجاه خط الاستواء على مستويات منخفضة ليحل محل الأول . وتلك

من الظواهر التي تجعل حركة الرياح على سطح الأرض معقدة إلى حد بعيد .  
تتناسب شدة حركة الهواء المنطلق من مناطق الضغط المرتفع إلى مناطق الضغط المنخفض مع الفروق الرقمية للضغط بينهما .

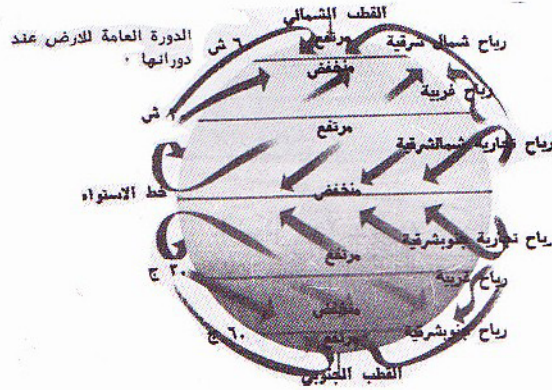
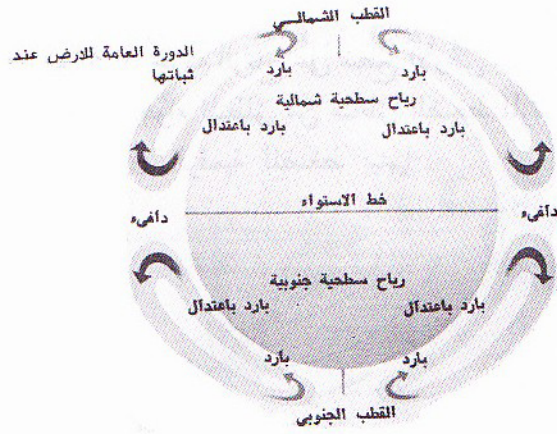


الشكل ( ٢ - ١ م )

٢ - القوة الثانية المؤثرة على حركة الرياح هي قوة كاريوليس . (والتي وردت معنا في الفقرة ٢ - ١ من الفصل الثاني) ، وهي تنشأ بسبب حركة دوران الأرض حول محورها ، مما يجعل حركة الرياح تنحرف نحو اليمين في نصف الكرة الشمالي ، وإلى اليسار في نصفها الجنوبي .

وعلى طول خط الاستواء ، هناك منطقة تسمى بالمنطقة الساكنة ، ترتفع فيها حرارة أشعة الشمس وبالتالي حرارة الهواء ، الذي يبدأ بالانتشار شمالاً وجنوباً ، إلى أن يركد على مقربة من خط عرض (30° شمالاً) و(30° جنوباً) حيث يشكل أحزمة شبه مدارية من الضغط المرتفع .



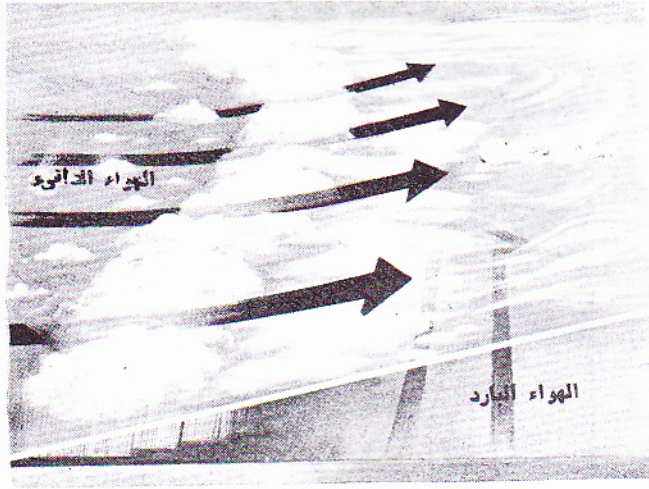


الشكل (٣ - ١ م)

٣ - إن القوة الأساسية الثالثة التي تؤثر على حركة الرياح هي قوى الاحتكاك فيما بين الكتل الهوائية من جهة ، وبينها وبين سطح الأرض وتضاريسها من جهة ثانية .

## \* الكتل والجبهات الهوائية :

تسمى كمية الهواء المنتشرة على مساحة واسعة بالكتلة الهوائية . وتكتسب كل كتلة هوائية من النواحي الحرارية سمات خاصة بها ، وذلك من خلال بقائها عدة أيام فوق منطقة ذات خصائص معينة ، كالمناطق الصحراوية أو المدارية أو الاستوائية أو القطبية . . . . كما يمكن أن توصف بأنها قارية أو بحرية . حيث تكتسب من خلال ذلك تجانس في حرارتها ، فتصبح إما باردة أو دافئة .



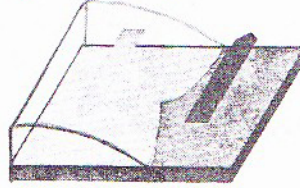
الشكل ( ٤ - ١ م )

أما الجبهة الهوائية ، فهي المنطقة الحدودية الفاصلة بين الكتل الهوائية المختلفة الحرارة ، حيث تظهر في تلك المناطق تغيرات حادة ، تسبب غالباً تواجد السحب وهطول الأمطار ، وهي تنجم عن التفاعل بين الكتل حول بعضها البعض . لا تكون السطوح بين الكتل الهوائية عمودية . بل على الأغلب مائلة بحيث تحمل فوقها الهواء الدافئ وتحتها يبقى الهواء البارد . كما هو موضح في الشكل ( ٤ - ١ م ) .

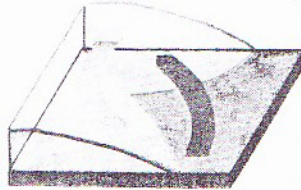
وبلغ طول الجبهات مئات الكيلومترات عادة .



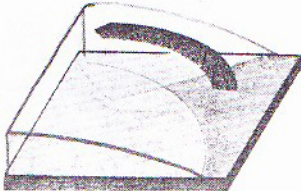
تتكوّن الجبهات في المناطق المعتدلة حيث يلتقي الهواء الحارّ بالهواء البارد .



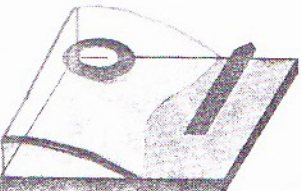
تلتفّ الكتل الهوائية وتكون جبهة باردة وجبهة حارة .



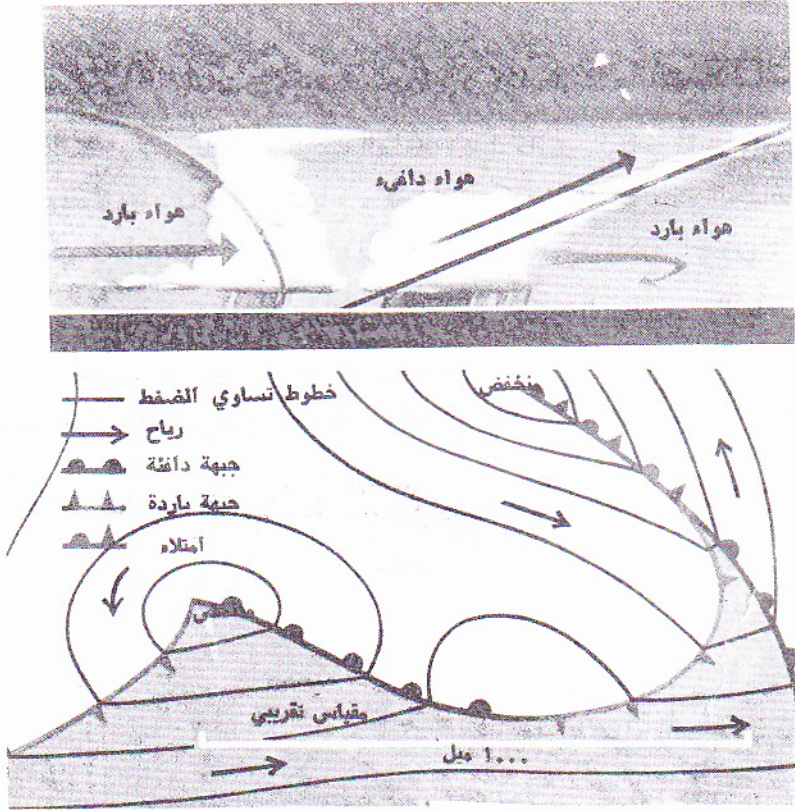
يميل الهواء الحارّ إلى المرور فوق الهواء البارد ويميل الهواء البارد إلى التسلل تحت الهواء الحارّ .



عندما تلتقي الجبهتان يرتفع الهواء الحارّ أو يخبس .







الشكل (٥ - ١ م)

\* الرياح وخطوط تساوي الضغط :

كما ذكرنا بأن الهواء ينتقل من المناطق ذات الضغط المرتفع باتجاه مناطق الضغط المنخفض ، لذلك يمكن القول بأن الرياح تهب موازية لخطوط تساوي الضغط .

ويلعب دوران الأرض دوراً لا بأس به في هذه الجريانات .

لقد استنتج عالم الأرصاد الجوية (باي بالوت) الذي عاش بالقرن التاسع عشر ، القوانين التالية :

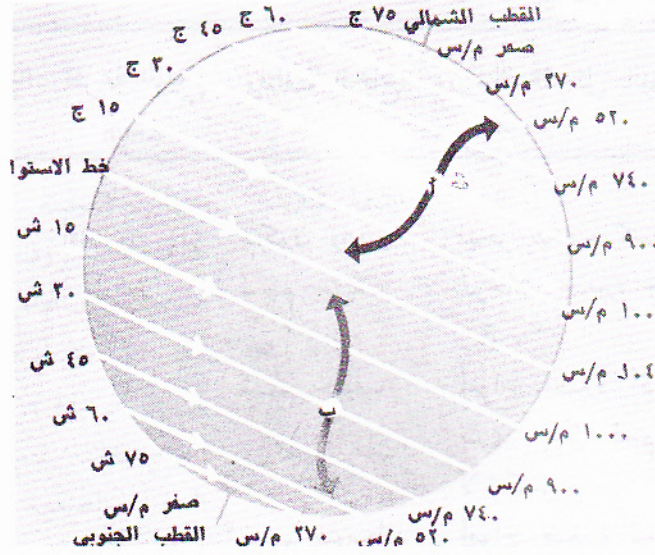
- ١ - الرياح تجري بشكل شبه مواز لخطوط الضغط ، بحيث تتقاطع معها بزوايا صغيرة ، وتسير من الضغط المرتفع إلى المنخفض .
  - ٢ - كلما تقاربت خطوط تساوي الضغط كلما كانت الرياح أشد وأقوى .
  - ٣ - إذا وقفت وظهرك مواجه للرياح ، فعندئذ سيكون الضغط الأكثر انخفاضاً إلى يسارك في نصف الكرة الشمالي وإلى يمينك في نصف الكرة الجنوبي .
- وقد استنتج من القانون الثالث أنه في نصف الكرة الشمالي تهب الرياح باتجاه معاكس لدوران عقارب الساعة حول منطقة انخفاض الضغط وباتجاه عقارب الساعة حول منطقة ارتفاع الضغط . ويحدث العكس في نصف الكرة الجنوبي .



— الشكل (٦ - ١ م)

يمثل الشكل (٧ - ١ م) سرعة الحركة الشرقية الاتجاه لسطح الأرض في خطوط العرض المختلفة نتيجة الدوران اليومي . وتؤدي تغيرات السرعة إلى نشوء تيارات هواء مختلفة ، تتأرجح باتجاه اليمين في نصف الكرة الشمالي ، وباتجاه اليسار في نصف الكرة الجنوبي .





الشكل (٧ - ١ م)

\* سلم بوفور لوصف الرياح :

يصف هذا المقياس من خلال أرقام تتدرج من (0 إلى 12) شدة حركة الرياح وتأثيرها على البحار على النحو التالي وعلى حركة الاجسام الصلبة المتطايرة على الأرض .

























وضع هذا المقياس تاجر بريطاني يدعى الأميرال سير فرانس بوفور في القرن التاسع عشر

| عدد بوفور | سرعة الرياح<br>Km/h | وصف الرياح     | تأثيرها على البحار   |
|-----------|---------------------|----------------|--|
| 0         | أقل من (1)          | سكون وهدوء     | بحر هادئ كسطح المرآة   |
| 1         | 1-5                 | نسيم خفيف      | تموجات صغيرة جداً وبدون زبد .  |
| 2         | 6-11                | نسيم خفيف جداً | أمواج قصيرة أكثر وضوحاً يرى لها قمم ، ولكن لا تتكسر .                                |
| 3         | 12-15               | نسيم متوسط     | أمواج صغيرة تبدأ بالتكسر ونادراً ما تعطي زبداً أبيض .                                |
| 4         | 16-38               | نسيم قوي       | أمواج معتدلة لها شكل أكثر تحديداً وأطول وتعطي زبداً أبيض واضح .                      |
| 5         | 39-49               | هواء عادي      | أمواج تتكسر بوضوح ، ولها قمم بيضاء. وتحدث رذاذاً يتطاير .                            |
| 6         | 50-51               | هواء قوي       | سلاسل طويلة من الأمواج المتكسرة تتجه باتجاه الريح .                                  |
| 7         | 52-74               | عاصفة خفيفة    | تكسر متوسط ، ورذاذ كثير وزبد ملحوظ تتجه باتجاه الرياح .                              |
| 8         | 75-88               | عاصفة متوسطة   | أمواج واسعة وسلاسل من الزبد ، حيث تتكسر قمم الأمواج بشكل عكر ويقلل الزبد من الرؤية . |

| عدد بوفور | سرعة الرياح              | وصف الرياح  | تأثيرها على البحار  |
|-----------|--------------------------|-------------|---|
|           | Km/h                     |             |   |
| 9         | 89-102                   | عاصفة شديدة | أمواج ضخمة ذات قمم طويلة ، وجروف من الزبد متوضعة باتجاه الرياح ، تكسرات متدحرجة عنيفة ، ورؤية ضعيفة . |
| 10        | 103-117                  | عاصفة هوجاء | أمواج هائلة تسبب فقدان السفن الصغيرة والمتوسطة الوزن ، يغطي البحر كلياً بالرذاذ باتجاه الرياح .       |
| 11        | أكبر من 118              | أعاصير      | الهواء مشبع بالرذاذ والزبد والبحر بكامله أبيض والرؤية معدومة .  |
| 12        | الحالة (12) نادرة الحدوث |             |   |

أما من حيث تأثير عدد بوفور على اليابسة ، فيوصف كما يلي :

| عدد بوفور | وصف الرياح على اليابسة   |
|-----------|--|
| 0         | يرتفع الدخان عمودياً   |
| 1         | انحراف الدخان باتجاه الرياح  |
| 2         | دون التأثير على دليل اختبار حركة الرياح (الريشة)                               |
| 3         | احساس بشرة الوجه بالرياح + حفيف اوراق الشجر + الرياح تحرك دليل الرياح باتجاهها |
| 3         | حركة دائمة لأوراق الشجر واغصانها الصغيرة                                       |

| عدد<br>بوفور  | 0   | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   |
|---|---|---|---|---|---|---|
| تأثير<br>الرياح<br>على<br>اليابسة   |    |    |    |    |    |    |
| رمز<br>الطقس  |    |    |    |    |    |    |
| 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  |
|   |   |   |   |   |   |   |
|  |  |  |  |  |  |  |

الشكل (٨ - ١ م)



| عدد بوفور | وصف الرياح على اليابسة                     |
|-----------|--|
| 4         | إثارة الغبار وانتشار الاوراق المبعثرة      |
| 5         | تمایل الأشجار المورقة الصغيرة              |
| 6         | تحرك الأغصان الكبيرة في الاشجار            |
| 7         | تحرك الأشجار بكاملها مع جذوعها             |
| 8         | تكسر غصينات الاشجار الصغيرة                |
| 9         | أضرار في المباني والهيكل                   |
| 10        | اقتلاع الاشجار من جذورها وأضرار في المباني |
| 11        | أضرار واسعة (كوارث)                        |
| 12        | الحالات النادرة الحدوث .                   |

#### \* أنظمة الرياح السائدة والأنظمة الخاصة :

تجري الرياح العالمية في شهري يوليو ويناير وفق أنماط معينة ، فنظام الرياح السائد فوق مستوى منخفض الضغط يتأثر بهذا الانخفاض ، مما يجعل الرياح باتجاهها . في حين تغادر الرياح مناطق الضغط العالي . ولولم تكن حركة دوران الأرض موجودة لجرت الرياح وفق خطوط مستقيمة من مناطق الضغط المرتفع إلى المنخفض ، وهو ما يوضحه الشكل (٣ - ١ م) .

وكما سبق ورأينا أن قوة كاريوليس تجعل الرياح تميل نحو اليمين في شمال خط الاستواء ويجري العكس في جنوبه .

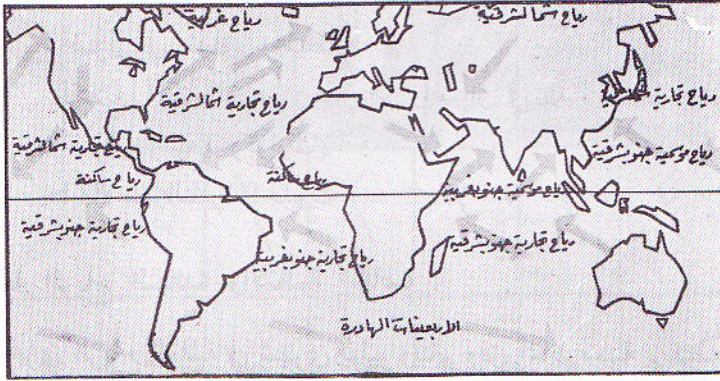
وهكذا يبقى نظام حركة الرياح ثابتاً تقريباً صيفاً وشتاءً .

إن التقلبات التي تشهدها الأرض في حركة الرياح ، ناجمة عن الرياح الموسمية التي تعكس خلالها حركة الهواء اتجاهاتها بسبب فروق الحرارة بين البحر واليابسة . ومن الأمثلة على ذلك هي انطلاق الرياح الجافة في الشتاء من الأجواء الباردة ذات الضغط العالي السائدة فوق سيبيريا ، والتي تتجه إلى الجنوب عبر الهند .

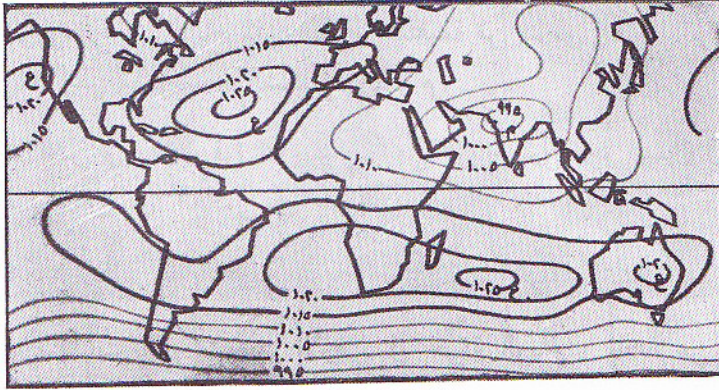


أما في الصيف ، فإن ارتفاع درجة حرارة اليابسة بسرعة يجعل من شمال غرب الهند مناطق للضغط المنخفض ، فتتجه إليها ما يدعى بالرياح التجارية الرطبة ، وهي أشهر الرياح الموسمية في العالم .

تنجم الرياح الموسمية عموماً عن تغيرات الضغط الهائلة التي تحدث بين الصيف والشتاء فوق اليابسة في قارة آسيا . ويبين الشكل أدناه اتجاهاتها خلال شهر يوليو .

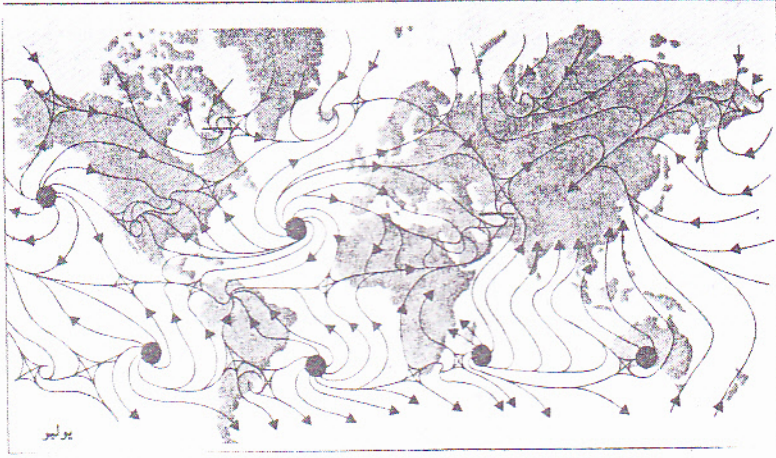


الشكل (٩ - ١ م)



الشكل (١٠ - ١ م)

توزيع معدلات الضغط الشهري في العالم خلال شهر يوليو



تشير الدوائر السوداء إلى مناطق الضغط المرتفع

أما أنظمة الرياح الخاصة ، فيقصد بها مجموعات العواصف والزوابع والأعاصير وغيرها من الرياح الخاصة .

#### ١ - الزوابع :

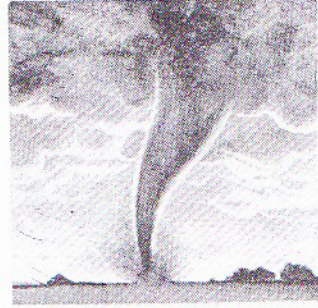
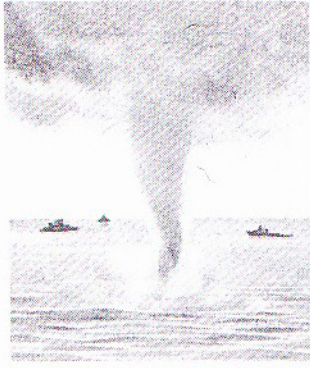
وهي الأعمدة الصغيرة الضيقة من الغيوم والسحب ، المعلقة ظاهرياً بسحابة كثيفة قائمة .

تعتبر هذه الظاهرة من أعنف الاضطرابات الجوية ، وأكثر تسبباً للخراب والدمار . إلا أنه ومن حسن الحظ ، تبقى مساحات تأثيرها ضيقة وتكرر حدوثها قليلاً .

تستطيع الزوابع اقتلاع المنشآت الصغيرة وتحطيمها ببساطة ، وكذلك فعلها على الأشجار وعلى الأشياء المشابهة .

تقاس سرعات الرياح عادة حول مناطق الزوابع . إلا أن قياس تلك الرياح ضمن عمودها يكون متعذراً على الأغلب .

تحدث الزوابع عند الجبهات الباردة عندما يكون الهواء الدافئ رطباً جداً وغير مستقر . وعندما تحدث فوق مناطق البحار تدعى بأعصار عمود الماء كما في الشكل أدناه .

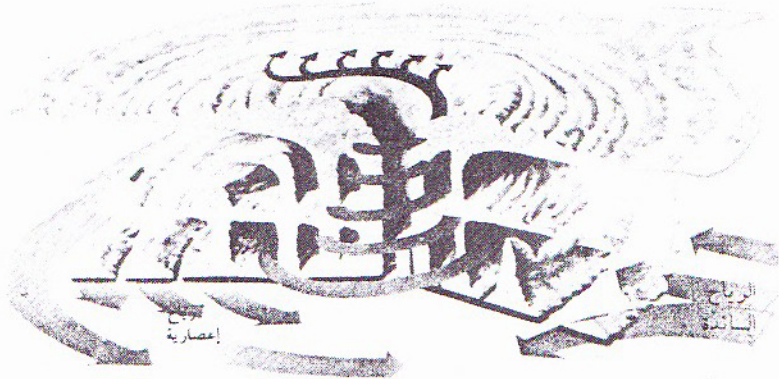


— الشكل (١١ - ١ م)

## ٢ - الأعاصير :

هي دوامات ضخمة من الرياح ، تؤدي بالسحب إلى الدوران حول مركز هادى يسمى (العين) ، يُسحب منه الهواء الحار إلى الأسفل .  
قد يبلغ قطر الأعصار حوالي (400 km) يمتد ارتفاعاً على كامل طبقة التروبوسفير .

وقد يصل قطر عين الأعصار إلى (10 km) .



الشكل (١٢ - ١ م)



عندما تلتقي الرياح الحارة الغربية بالرياح القطبية الشمالية ، على طول الجبهة القطبية في نصف الكرة الشمالي . تنشأ موجات واضطرابات وانفخات ، تحاول معها الكتل الهوائية الحارة الجريان نحو القطب مروراً فوق الهواء القطبي ، في حين يحاول الهواء القطبي الجريان نحو خط الاستواء ماراً تحت الهواء الحار .

وبدوران الهواء الحار حول الهواء البارد تنشأ هذه الظاهرة .

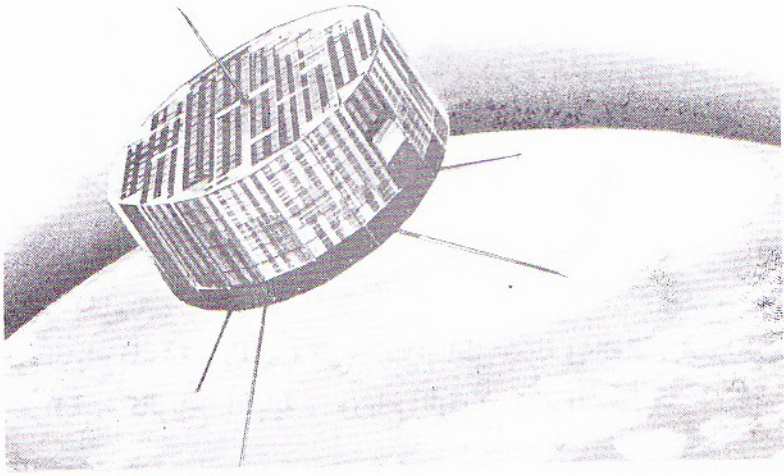
تعتبر الأعاصير من أقوى الرياح التي تهب على سطح الأرض ، حيث قد تصل سرعاتها إلى (320 km/h) .

تضرب الأعاصير المنشآت المدنية من أبنية وخطوط هاتف وكهرباء . وكذلك تؤدي إلى اقتلاع الأشجار وتخطيم كل ما تحيط به . من أشهر البلدان التي تتكرر فيها الأعاصير بكثرة ، الولايات المتحدة وأستراليا .

### 3 - الرياح الخاصة :

وهي الرياح المحلية والاقليمية التي تخص مناطق معينة في العالم ، تبعاً لطبيعتها الجغرافية ، كالرياح الجبلية ، ورياح الوديان وغيرها ...

\* تقاس سرعات الرياح عادة بمقاييس بسيطة كالموضحة في الشكل (4 - 1 م) وقد أصبحت الأقمار الصناعية حالياً من أفضل وأدق أجهزة الرصد . أما السرعات التي تصمم عليها المنشآت . فهي سرعات إحصائية احتمالية تعتمد تسجيلات القياسات لفترات طويلة من الزمن ، يستنتج من خلالها رياضياً ، احتمالات تكرار الرياح ذات السرعات العالية .



الشكل (١٣ - ١٠)

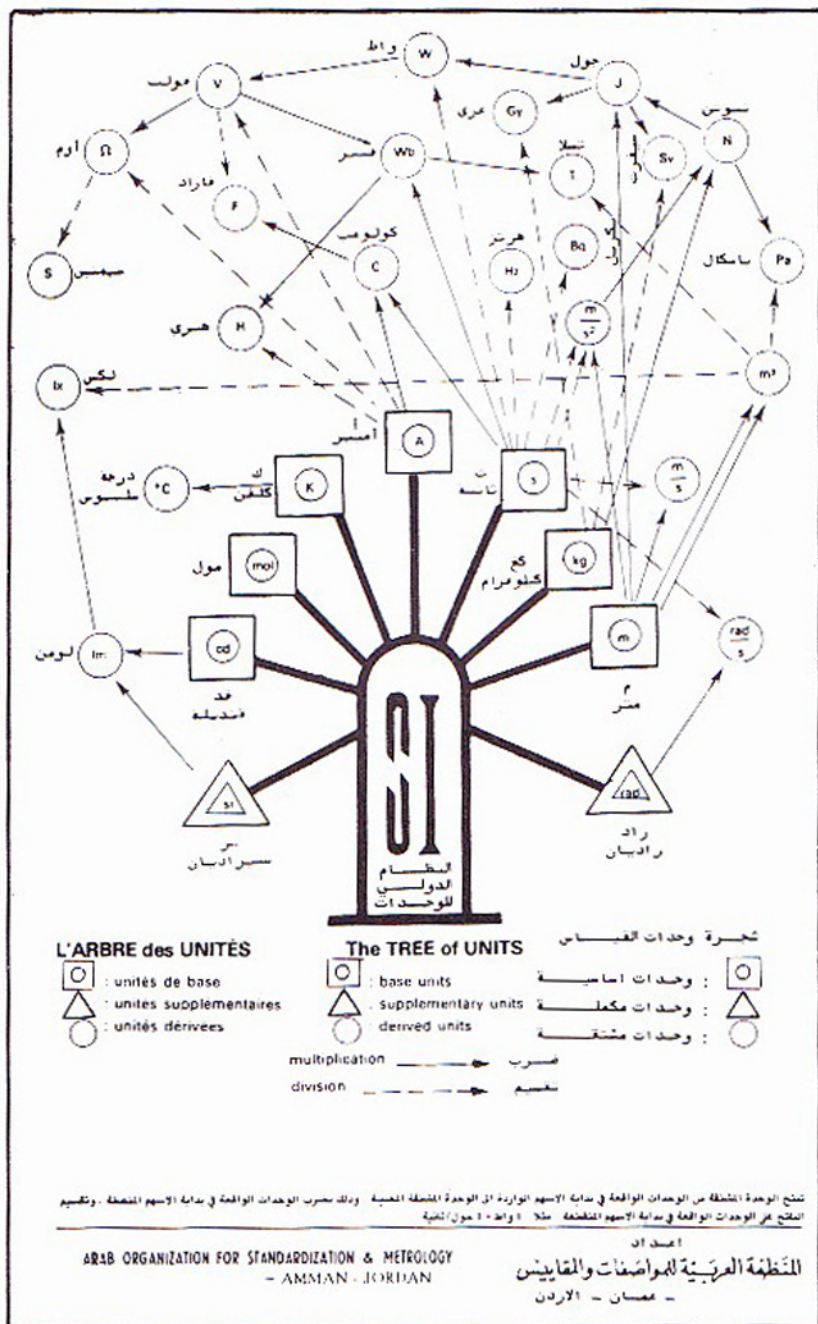


## النظام الدولي لوحدات القياس

يعتبر النظام الدولي لوحدات القياس (SI) هو الصيغة المطورة للنظام المتري القديم الموضوع عام 1791 . ويسمى هذا النظام أيضاً بالنظام المتري الحديث .

يعتبر هذا النظام هو الرسمي في الدول العربية ، رغم أن تطبيقه لم يصبح كاملاً إلى الآن لأسباب عديدة .

عم استخدام هذا النظام في معظم بلدان العالم . وتسعى حالياً كل من الولايات المتحدة وبريطانيا لتطبيقه . والشكل التالي والجداول المرفقة تبين بعض وحداته .



| بعض وحدات القياس الشائعة وأهم مضاعفاتها وأجزائها العشرية |   |                           |  |                                 |                      |                  |                          |                      |                  |
|--|---|---------------------------|--|---------------------------------|----------------------|------------------|--------------------------|----------------------|------------------|
| الكمية   | الوحدة                                  |                           |  | المضاعف العشري للوحدة           |                      |                  | الجزء العشري للوحدة      |                      |                  |
|  | الاسم                                   | الرمز                     |  | الاسم                           | الرمز                |                  | الاسم                    | الرمز                |                  |
| الزاوية<br>المستوية                                      | راديان                                  | راد                       |  |                                 |                      |                  | ملياديان                 | مرا                  | mrاد             |
| الطول  | متر                                     | م                         |  | كيلومتر                         | كم                   | km               | سنتيمتر                  | سم                   | cm               |
|  |   |                           |  |                                 |                      |                  | مليمتر                   | مم                   | mm               |
|  |   |                           |  |                                 |                      |                  | ميكرومتر                 | مكم                  | μm               |
|  |   |                           |  |                                 |                      |                  | نانومتر                  | نم                   | nm               |
|  |   |                           |  |                                 |                      |                  | بيكومتر                  | بم                   | pm               |
|  |   |                           |  |                                 |                      |                  | فمتومتر                  | فم                   | fm               |
| المساحة  | متر مربع                                | م <sup>2</sup>            |  | كيلومتر مربع                    | كم <sup>2</sup>      | km <sup>2</sup>  | سنتيمتر مربع             | سم <sup>2</sup>      | cm <sup>2</sup>  |
|  |   |                           |  |                                 |                      |                  | مليمتر مربع              | مم <sup>2</sup>      | mm <sup>2</sup>  |
| الحجم  | متر مكعب                                | م <sup>3</sup>            |  |                                 |                      |                  | ديسيمتر مكعب             | دم <sup>3</sup>      | dm <sup>3</sup>  |
|  |   |                           |  |                                 |                      |                  | سنتيمتر مكعب             | سم <sup>3</sup>      | Cm <sup>3</sup>  |
|  |   |                           |  |                                 |                      |                  | مليمتر مكعب              | مم <sup>3</sup>      | mm <sup>3</sup>  |
|  | لتر                                     | ل                         |  | هكتولتر                         | هـل                  | hL               | ملييلتر                  | مل                   | ml               |
| الزمن  | ثانية                                   | ث                         |  | كيلو ثانية                      | كث                   | ks               | مليثانية                 | مث                   | ms               |
|  |   |                           |  |                                 |                      |                  | ميكرو ثانية              | مكث                  | μs               |
|  |   |                           |  |                                 |                      |                  | نانو ثانية               | نث                   | ns               |
| السرعة   | متر لكل ثانية                           | م / ث                     |  |                                 |                      |                  |                          |                      |                  |
|  | كيلومتر لكل ساعة                        | كم / س                    |  |                                 |                      |                  |                          |                      |                  |
|  |   |                           |  |                                 |                      |                  |                          |                      |                  |
| التردد   | هرتز                                    | هز                        |  | تيراهرتز                        | تهز                  | THz              | غيجاهرتز                 | غهز                  | GHz              |
|  |   |                           |  | ميجاهرتز                        | مهز                  | MHz              | كيجاهرتز                 | كهز                  | kHz              |
| الاجهاد<br>العمودي                                       | باسكال<br>أو :<br>نيوتن لكل<br>متر مربع | با<br>ن<br>م <sup>2</sup> |  | غيجاباسكال                      | غبا                  | GPa              | ميجاباسكال               | مغا                  | MPa              |
|  |   |                           |  | أو :<br>نيوتن لكل<br>ملمتر مربع | ن<br>مم <sup>2</sup> | $\frac{N}{mm^2}$ | كيلوباسكال               | كبا                  | KPa              |
| اللزوجة<br>(النحريكية)                                   | باسكال<br>ثانية                         | با . ث                    |  |                                 |                      |                  | مليباسكال<br>ثانية       | مبا . ث              | mPa.s            |
| اللزوجة<br>الحركية                                       | متر مربع<br>لكل ثانية                   | م <sup>2</sup><br>ث       |  |                                 |                      |                  | مليمتر مربع<br>لكل ثانية | مم <sup>2</sup><br>ث | $\frac{mm^2}{s}$ |
| التوتر<br>السطحي   | نيوتن لكل<br>متر                        | ن<br>م                    |  |                                 |                      |                  | مليونيوتن لكل<br>متر     | من<br>م              | $\frac{mN}{m}$   |

| بعض وحدات القياس الشائعة وأهم مضاعفاتها وأجزائها العشرية |                  |                   |                   |                       |                    |                              |                              |                    |  |
|--|------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|--------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------|--|
| الكمية   |                  | الوحدة            |                   | المضاعف العشري للوحدة |                    | الجزء العشري للوحدة          |                              |                    |  |
| الاسم  | الرمز            | الاسم             | الرمز             | الاسم                 | الرمز              | الاسم                        | الرمز                        |                    |  |
| السعة  | فاراد            | فر                | F                 |                       |                    | مليفاراد                     | مفر                          | mF                 |  |
|  |                  |                   |                   |                       |                    | ميكروفاراد                   | مكفر                         | $\mu$ F            |  |
|  |                  |                   |                   |                       |                    | نانوفاراد                    | نفر                          | nF                 |  |
|  |                  |                   |                   |                       |                    | بيكوفاراد                    | بفر                          | pF                 |  |
| كثافة التدفق المغنطيسي                                   | تسلا             | ت                 | T                 |                       |                    | مليتسلا                      | مت                           | mT                 |  |
| الحث المغنطيسي   |                  |                   |                   |                       |                    | ميكروتسلا                    | مكت                          | $\mu$ T            |  |
| التدفق المغنطيسي   | فيبر             | فب                | Wb                |                       |                    | نانوتسلا                     | نت                           | nT                 |  |
| المحالة  | هنري             | هـ                | H                 |                       |                    | مليفيبر                      | مفب                          | mWb                |  |
|  |                  |                   |                   |                       |                    | ميكروهنري                    | مكه                          | $\mu$ H            |  |
|  |                  |                   |                   |                       |                    | نانوهنري                     | نه                           | nH                 |  |
|  |                  |                   |                   |                       |                    | بيكوهنري                     | به                           | pH                 |  |
| المقاومة   | أوم              | Ω                 | Ω                 | غيغاأوم               | غؤ                 | مليأوم                       | مز                           | mΩ                 |  |
|  |                  |                   |                   | ميغاأوم               | مغؤ                | ميكروأوم                     | مكؤ                          | $\mu$ Ω            |  |
|  |                  |                   |                   | كيلوأوم               | كؤ                 |                              |                              |                    |  |
| الموصلة  | سيمنس            | سن                | S                 | كيلوسيمنس             | كسن                | مليسيمنس                     | مسن                          | mS                 |  |
|  |                  |                   |                   |                       |                    | ميكروسيمنس                   | مكسن                         | $\mu$ S            |  |
| كمية المادة  | مول              | مول               | mol               | كيلومول               | كمول               | مليمول                       | عمول                         | mmol               |  |
|  |                  |                   |                   |                       |                    | ميكرومول                     | مكمول                        | $\mu$ mol          |  |
| الكتلة المولية   | كيلوغرام لكل مول | كغ/مول            | $\frac{Kg}{mol}$  |                       |                    | غرام لكل مول                 | غ/مول                        | $\frac{g}{mol}$    |  |
| الحجم المولي   | متر مكعب لكل مول | $\frac{m^3}{mol}$ | $\frac{m^3}{mol}$ |                       |                    | ديسمتر مكعب لكل مول          | $\frac{dm^3}{mol}$           | $\frac{dm^3}{mol}$ |  |
|  |                  |                   |                   |                       |                    | ستيمتر مكعب لكل مول          | $\frac{cm^3}{mol}$           | $\frac{cm^3}{mol}$ |  |
| تركيز المادة B   | مول لكل متر مكعب | $\frac{mol}{m^3}$ | $\frac{mol}{m^3}$ | مول لكل ديسيمتر مكعب  | $\frac{mol}{dm^3}$ | مول لكل كيلومول لكل متر مكعب | $\frac{mol}{Kmol \cdot m^3}$ |                    |  |
|  |                  |                   |                   |                       |                    |                              |                              |                    |  |
|  | مول لكل لتر      | $\frac{mol}{L}$   | $\frac{mol}{L}$   |                       |                    |                              |                              |                    |  |
| التركيز المولي   | مول لكل كيلوغرام | $\frac{mol}{Kg}$  | $\frac{mol}{Kg}$  |                       |                    | مليمول لكل كيلوغرام          | مول/كغ                       | $\frac{mmol}{kg}$  |  |

## الهوامش

- 1 - مجلة المهندس العربي العدد / 52 / .
- 2 - مجلة المهندس العربي العدد / 78 / .
- 3 - مجلة المهندس العربي العدد / 50 / - دراسة للأستاذ زهير الهاشمي .



## من المراجع الأجنبية

- 1- The estimation of design wind speed shellard, H.C 1970.
- 2- The design of Tell Building under wind load Hong kong university press 1963.
- 3- Structural Engineering Hand Book Edited By Edwin. H. Gaylord.J chales. N Gaylord.
- 4- Building Research station Digest. No 141- May. 1972.
- 5- Wind Forces on structures. A.S.C.E. Part II 1961.
- 6- Analysis of coupled shear walls. J.of ACT. 1967.
- 7- Reinforced concret Designe'S Hand Book charles. E.Reynolds Jemes steedman.
- 8- Building cod Requirements for Rienforced concrete A.C.I - 318 - 71.
- 9- Structural Design Guide to the Second Edition Paul Rice and Edward. S.Hoffman.  
\* \* \*
- 10- «Traité de Beton armé» A.Guerrin - France G..Daniel.  
\* \* \*
- 11- Beton Kalender (I-1975 \* II - 1975).

## من المراجع العربية

- 1 - الدليل الانشائي المبسط - الأجزاء 1 - 2 - 4 .
- 2 - المراجع المستخدمة في الجزء (1) .
- 3 - محاضرات في حساب الأبنية العالية - الدكتور المهندس كرامة بدورة .
- 4 - دورة تخصصية في المباني العالية . إصدار نقابة المهندسين - فرع محافظة ريف دمشق .
- 5 - حساب الأبنية العالية من الببتون المسلح - الدكتور المهندس حسن عمقّة - جامعة تشرين .
- 6 - نشرات إحصائية خاصة لقياس سرعات الرياح في سوريا .
- 7 - المرجع في الرياضيات العالية - فيجودسكي - درامير - موسكو .
- 8 - الموسوعة العلمية الميسرة + موسوعة بهجة المعروفة .
- 9 - مجلة العلوم الأمريكية .

## الفهرس

### الفصل الأول - مقدمة حول عوامل الأمان في منشآت الأبنية . . ٩

- ١ - ١ دقة عوامل الأمان في التصميم . . . . . ١٢
- ١ - ٢ تقدير عوامل الأمان . . . . . ١٣
- ١ - ٣ عناصر الأمان والكلفة الاقتصادية . . . . . ٢٠

### الفصل الثاني - حركة الرياح وتأثيرها على الأبنية . . . . . ٢٥

- ٢ - ١ دراسة وتوصيف حركة الرياح . . . . . ٢٧
- ٢ - ٢ حركة الرياح حول الأبنية العالية . . . . . ٣٦
- ٢ - ٣ ضغط الرياح على الأبنية العالية . . . . . ٤٠
- ٢ - ٤ هملات الرياح في الكود العربي . . . . . ٤٤
- ٢ - ٥ هملات الرياح في بعض الكودات الأخرى . . . . . ٥٨
- ٢ - ٥ - ١ هملات الرياح وفق التوصيات البريطانية . . . . . ٥٨
- ٢ - ٥ - ٢ هملات الرياح وفق التوصيات الفرنسية . . . . . ٦٨
- ٢ - ٦ هملات الرياح العظمى في سورية . . . . . ٧٤
- ٢ - ٧ التأثير الديناميكي لضغط الرياح . . . . . ٨٤
- ٢ - ٨ تطبيق عددي . . . . . ٨٩

|     |  |
|-----|--|
| ١٠٣ | ..... الفصل الثالث - النظم الانشائية للأبنية العالية |
| ١٠٦ | ..... ٣- ١ الدراسات الأولية                          |
| ١١٠ | ..... ٣- ٢ تصنيف النظم الانشائية                     |
| ١١٠ | ..... ٣- ٢- ١ النظم الاطارية                         |
| ١١٢ | ..... ٣- ٢- ٢ أنظمة جدران القص                       |
| ١١٣ | ..... ٣- ٢- ٣ النظم المشتركة                         |
| ١١٥ | ..... ٣- ٢- ٤ النظم الجائزية المتناوبة               |
| ١١٦ | ..... ٣- ٢- ٥ أنظمة الانبوب الأحادي                  |
| ١١٧ | ..... ٣- ٢- ٦ أنظمة الانبوب الثنائي المتداخل         |
| ١١٨ | ..... ٣- ٢- ٧ أنظمة الأنابيب المتعددة                |
| ١٢١ | ..... ٣- ٣ النواة المركزية في الأبنية العالية        |
| ١٢٣ | ..... ٣- ٤ نقل الحمولات إلى الأساسات                 |
| ١٢٥ | ..... ٣- ٥ مقاومة الأبنية للزلازل والهزات الأرضية    |

## الفصل الرابع التحليل الانشائي لهياكل الأبنية العالية

|     |  |
|-----|--|
| ١٢٧ | ..... بطرق تقريبية   |
| ١٢٩ | ..... ٤- ١ مقدمة   |
| ١٣١ | ..... ٤- ٢ توزيع حمولات الرياح على عناصر الهيكل الانشائي   |
| ١٣٢ | ..... ٤- ٢- ١ طريقة مركز المرونة التقريبية                 |
| ١٥٤ | ..... ٤- ٢- ٢ طريقة القساوة                                |
| ١٦٢ | ..... ٤- ٣ تحليل النظم الاطارية الخاضعة للحمولات الشاقولية |
| ١٦٢ | ..... ٤- ٣- ١ الطريقة الأولى                               |
| ١٦٧ | ..... ٤- ٣- ٢ الطريقة الثانية                              |
| ١٧١ | ..... ٤- ٣- ٣ الطريقة الثالثة                              |
| ١٧٣ | ..... ٤- ٤ تحليل النظم الاطارية الخاضعة للحمولات الأفقية   |
| ١٧٤ | ..... ٤- ٤- ١ طريقة الاطارات التقريبية                     |
| ١٨٠ | ..... ٤- ٤- ٢ الطريقة الظرفية                              |

|     |   |
|-----|---|
| ١٨٥ | ٤ - ٤ - ٣ طريقة الظفر المعدلة                       |
| ١٨٧ | ٤ - ٤ - ٤ الانتقال الافقي الناجم عن الرياح          |
|     | ٤ - ٥ التحليل الانشائي لجدران القص الخاضعة للحمولات |
| ١٨٩ | الأفقية   |
| ١٩٠ | ٤ - ٥ - ١ تصنيف جدران القص                          |
|     | ٤ - ٥ - ٢ حساب جدران القص الحاوية على فتحات بطريقة  |
| ١٩٣ | الوسط المستمر                                       |
| ٢٤٦ | ٤ - ٦ التحليل الانشائي للنظم المشتركة               |

## الفصل الخامس - موجز طريقة توزيع العزوم لحساب الاطارات ٢٥٣

|     |   |
|-----|---|
| ٤٥٥ | ٥ - ١ حساب الاطارات ذات العطالة الثابتة بطريقة توزيع العزوم |
| ٢٥٥ | ٥ - ١ - ١ الاطارات غير الخاضعة للانزياح الجانبي             |
|     | ٥ - ١ - ٢ تصحيح الانزياح الجانبي للاطارات بطريقة توزيع      |
| ٢٧٢ | العزوم  |

## ملحق الكتاب ٢٨٣

|     |                               |
|-----|-------------------------------|
| ٢٨٥ | ★ معلومات عامة عن الرياح      |
| ٣٠٣ | ★ النظام الدولي لوحدات القياس |

## الهوامش ٣٠٢

## المراجع ٣٠٩





- \* دليل خاص بالحساب الانشائي لعناصر الابنية
- \* الطرق العملية والتقريبية المبسطة للتصميم
- \* التعليمات والاشتراطات العامة والخاصة