# الحمل الإنشائية

# الجمل الإنشائية :

**أول عمل يتم تحديد فواصل المبنى :**

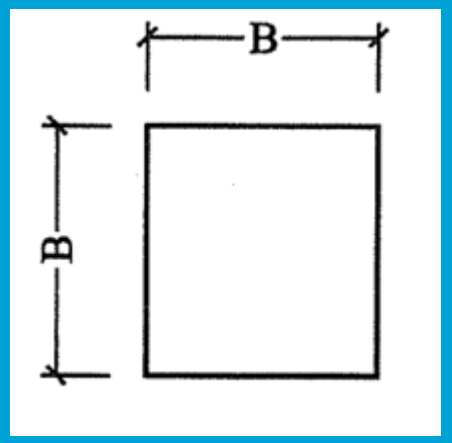
**- فاصل هبوط**

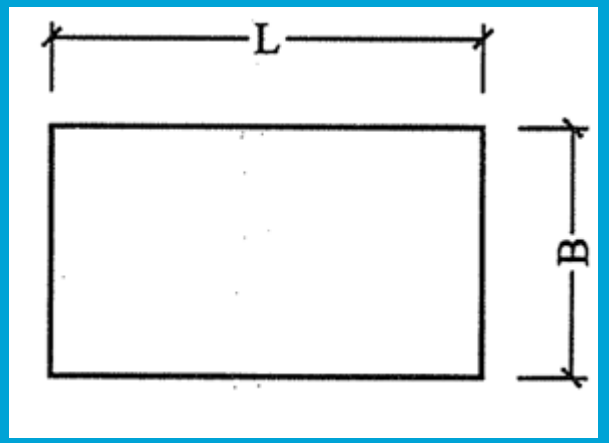
**- فاصل تمدد**

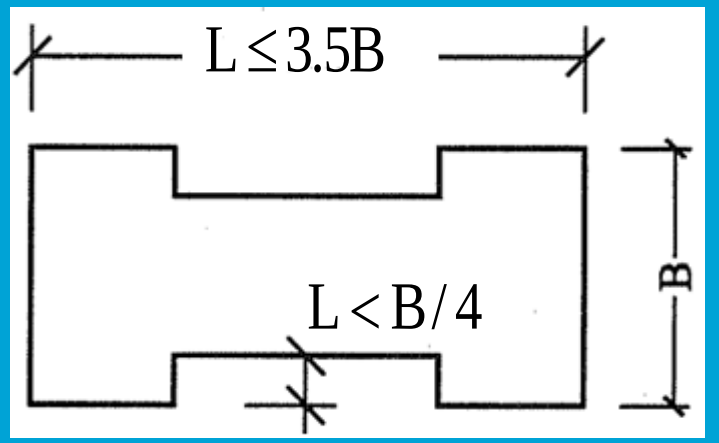
**- فاصل زلزالي**

# الجمل الإنشائية :

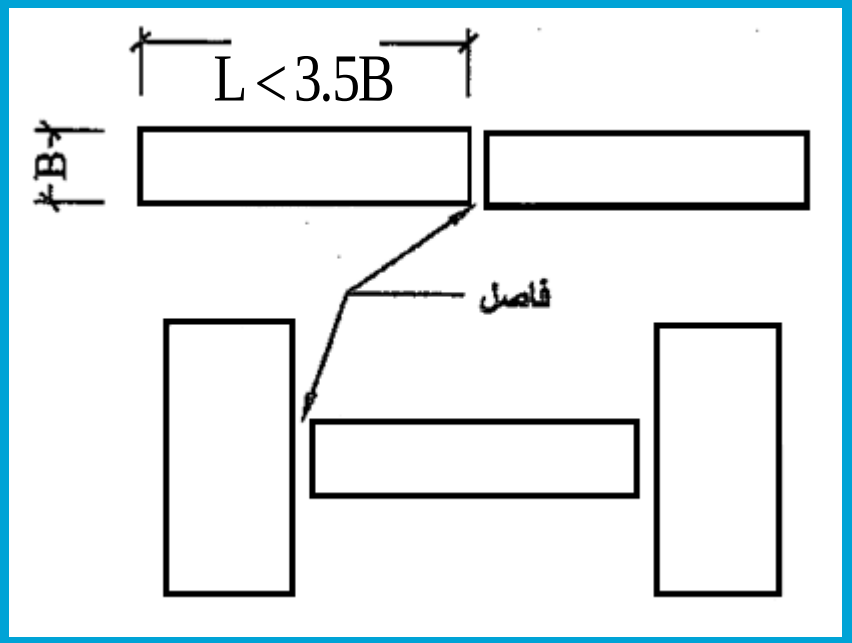
مساقط أفقية مقبولة إنشائياً دون فواصل

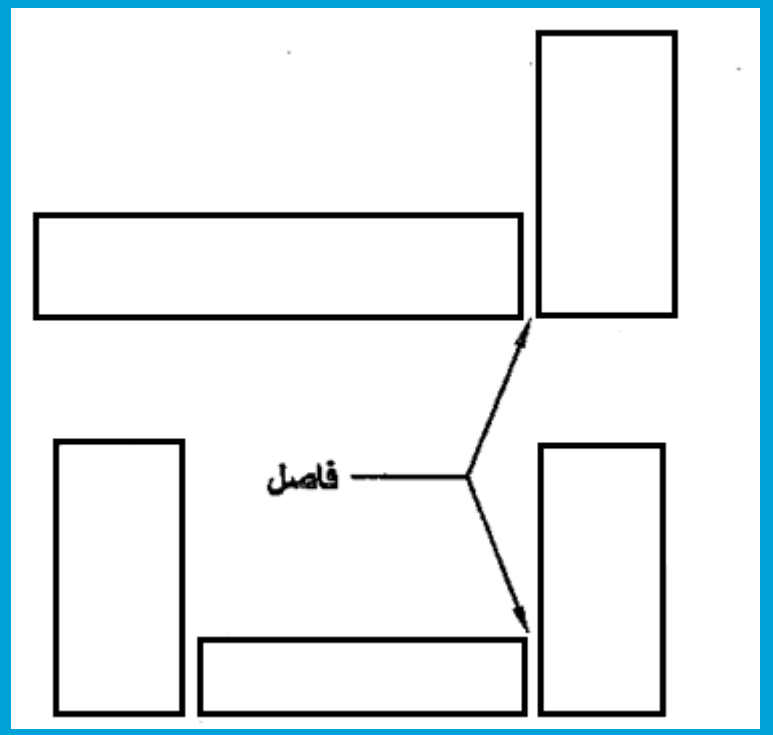


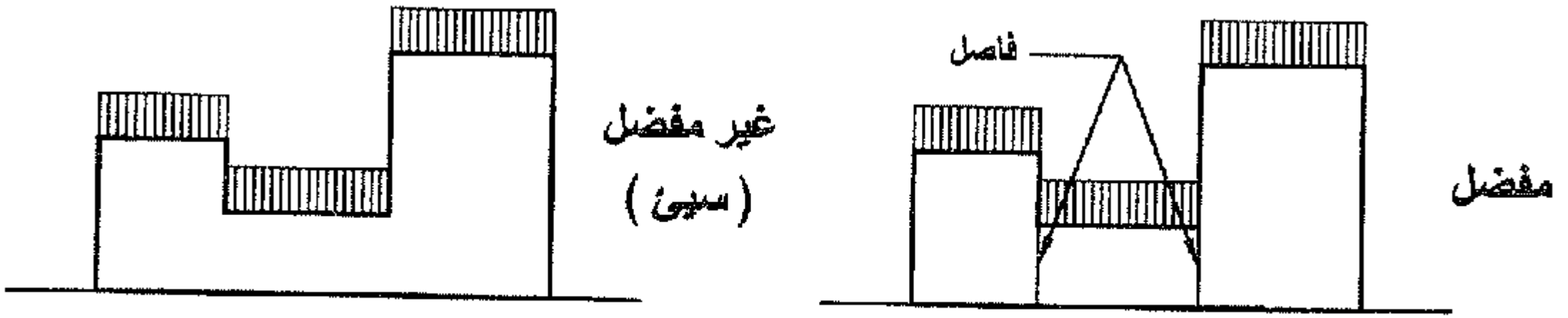



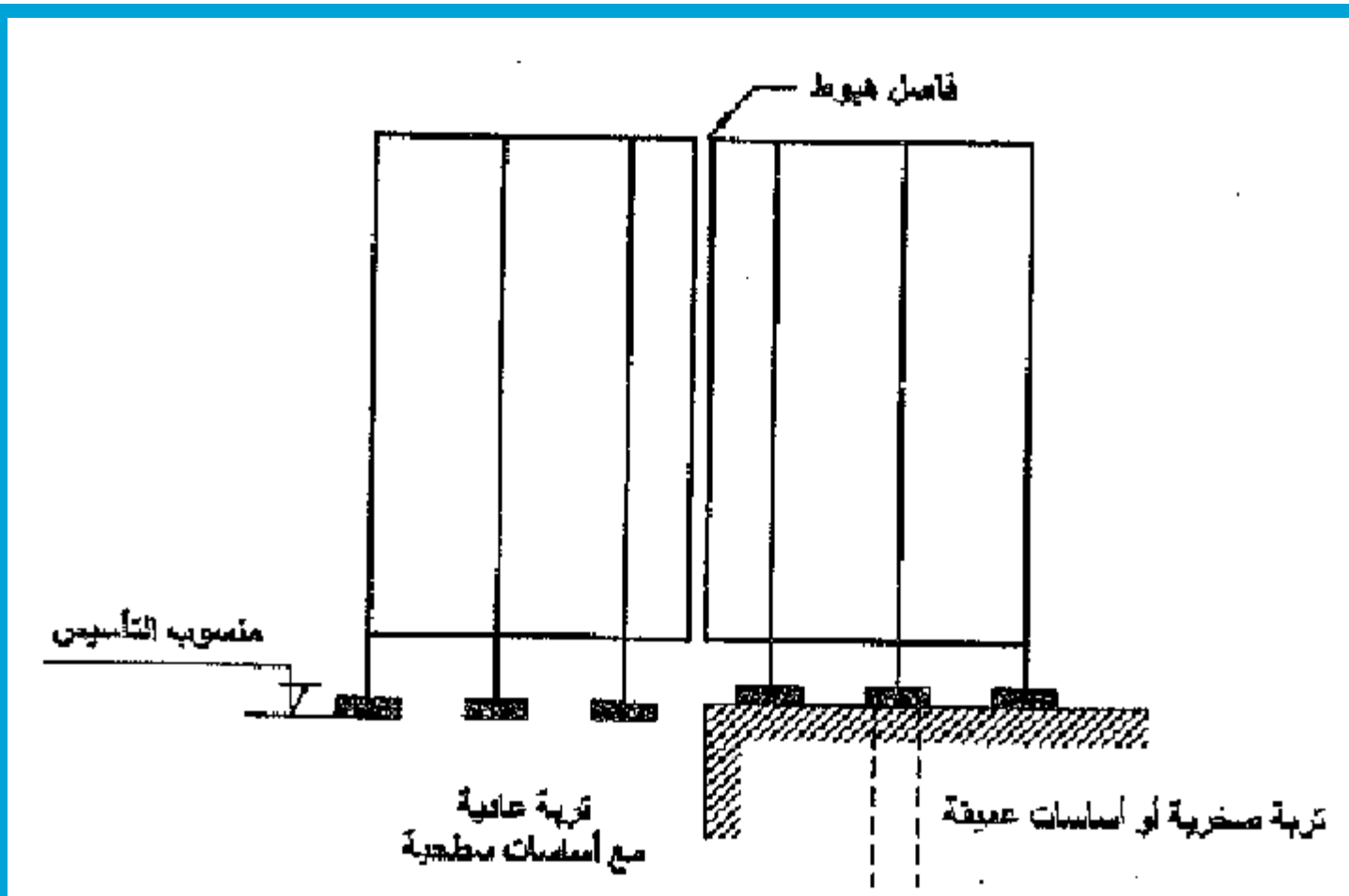

وضع فواصل زلزالية بسبب عدم انتظام الشكل



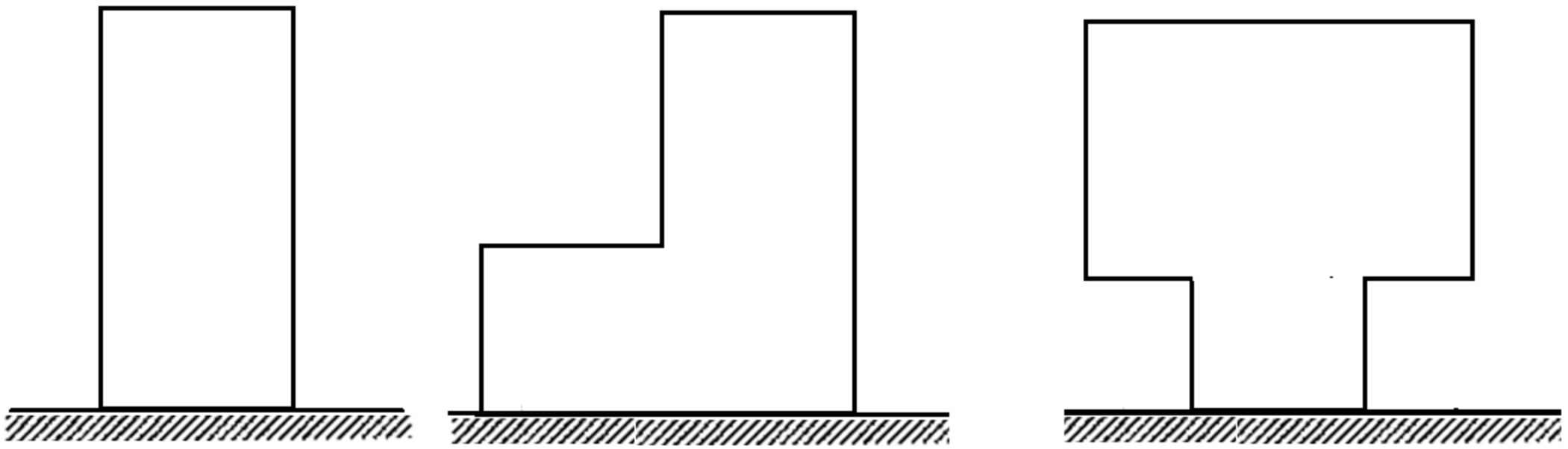






وضع فواصل هبوط بسبب اختلاف ارتفاعات المباني




وضع فواصل هبوط بسبب اختلاف نوعية التربة



آ

غير مفضل

ب

سيئ

ج

جيد

ملاحظة: كلما ورد وصف غير مفضل أو سيئ فلا يعني عدم إمكانية استعماله، وإنما قد يحتاج لتحليل ديناميكي.

# الجمل الإنشائية :

يتم اختيار الجملة الإنشائية المناسبة بحيث تكون اقتصادية وتأمين الصلابة الكافية لتوفر الراحة النفسية للمستثمرين عندما يتعرض المنشأ لتأثير القوى الأفقية وأن تجعل المنشأ مستقرا بشكل كاف إضافة لمقاومتها للجهود المتولدة في عناصر الجملة الإنشائية ويعتمد الاختيار الأنسب للجملة الإنشائية بشكل أساسي على خبرة المصمم ولكن يمكن إعطاء بشكل عام أنواع الجمل الإنشائية الأكثر انتشارا ومجال استخدام كل منها كما في الجدول

| الجملة الإنشائية | العدد الأقصى للطوابق | |
|---|---|---|
| | أبنية سكنية وفنادق | أبنية مكاتب |
| إطارات | 15-20 | 10-15 |
| جدران قص | 20-30 | 15-20 |
| إطارات + جدران قص | 45 | 30 |
| أنبوب إطاري | 45-60 | 40 |
| أنبوب ضمن أنبوب | 60-100 | 80 |

## الجمل الإنشائية المؤلفة من جدران القص :

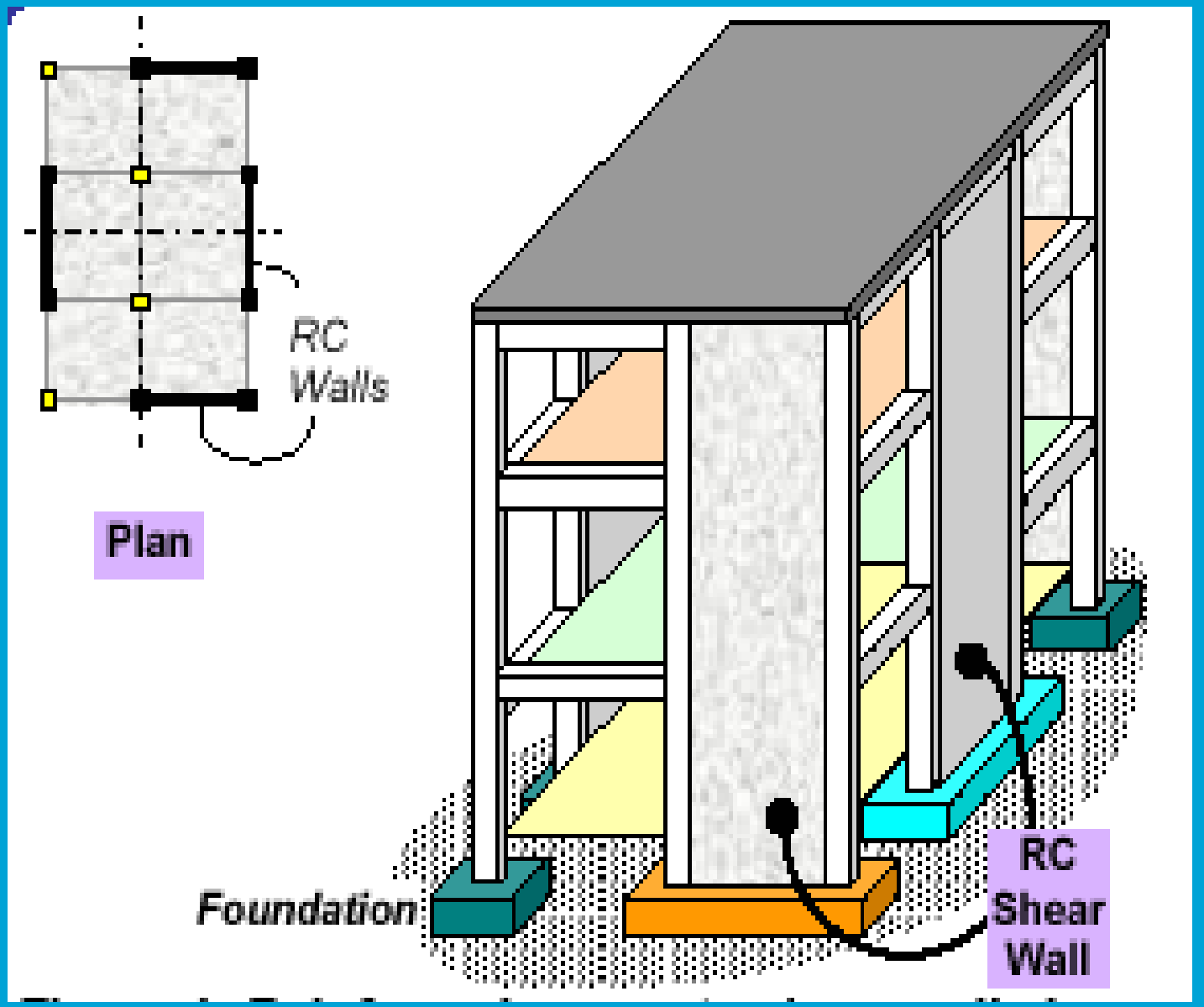
تزود المباني بمجوعة من الجدران ، حيث توزع في المسقط الأفقي للمبنى بشكل متناظر ما أمكن وذلك لتجنب عزوم الفتل المتولدة عن القوى الأفقية لعدم انطباق مركز ثقل المسقط الأفقي للطابق مع مركز صلابته .

تمتاز جدران القص بقدرة كبيرة على امتصاص الطاقة المتولدة عن الاهتزاز من خلال لدونتها ومطاوعتها فتقاوم الأحمال الأفقية من خلال صلابتها ومرونتها.

وقد تكون ثخانة ثابتة على كامل ارتفاع المبنى أو ثابتة على الأقل ضمن الطابق الواحد أو أكثر كما أنها قد تستمر من الأساس وحتى أعلى نقطة في المبنى أو إلى ارتفاع معين وذلك حسب متطلبات التصميم.

يمكن تميز نوعين من جدران القص ، جدران مصمتة و جدران محتوية على فتحات .

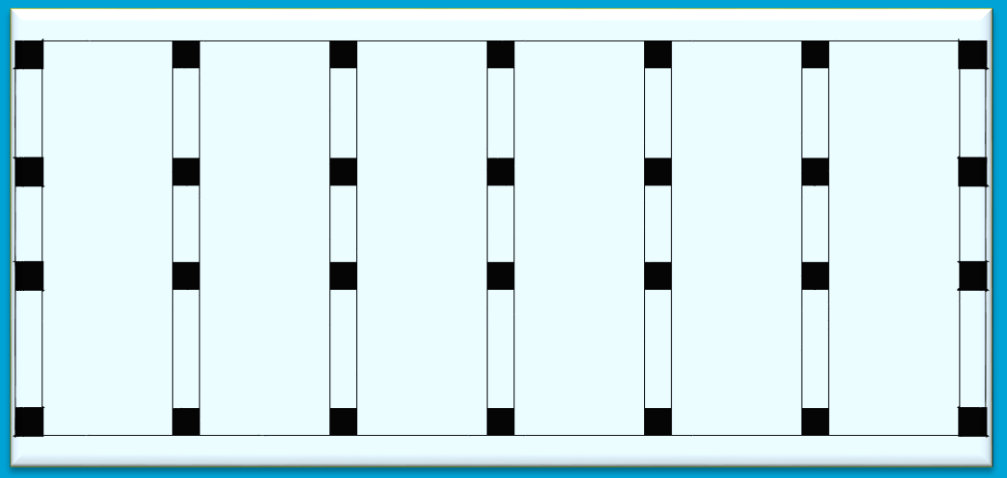
# الجمل الإنشائية المؤلفة من جدران القص :

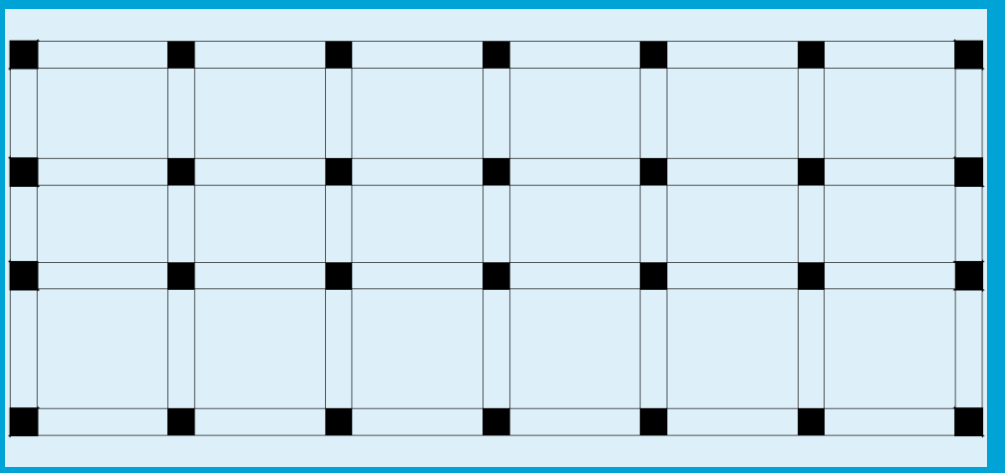


## الجمل الإطارية :

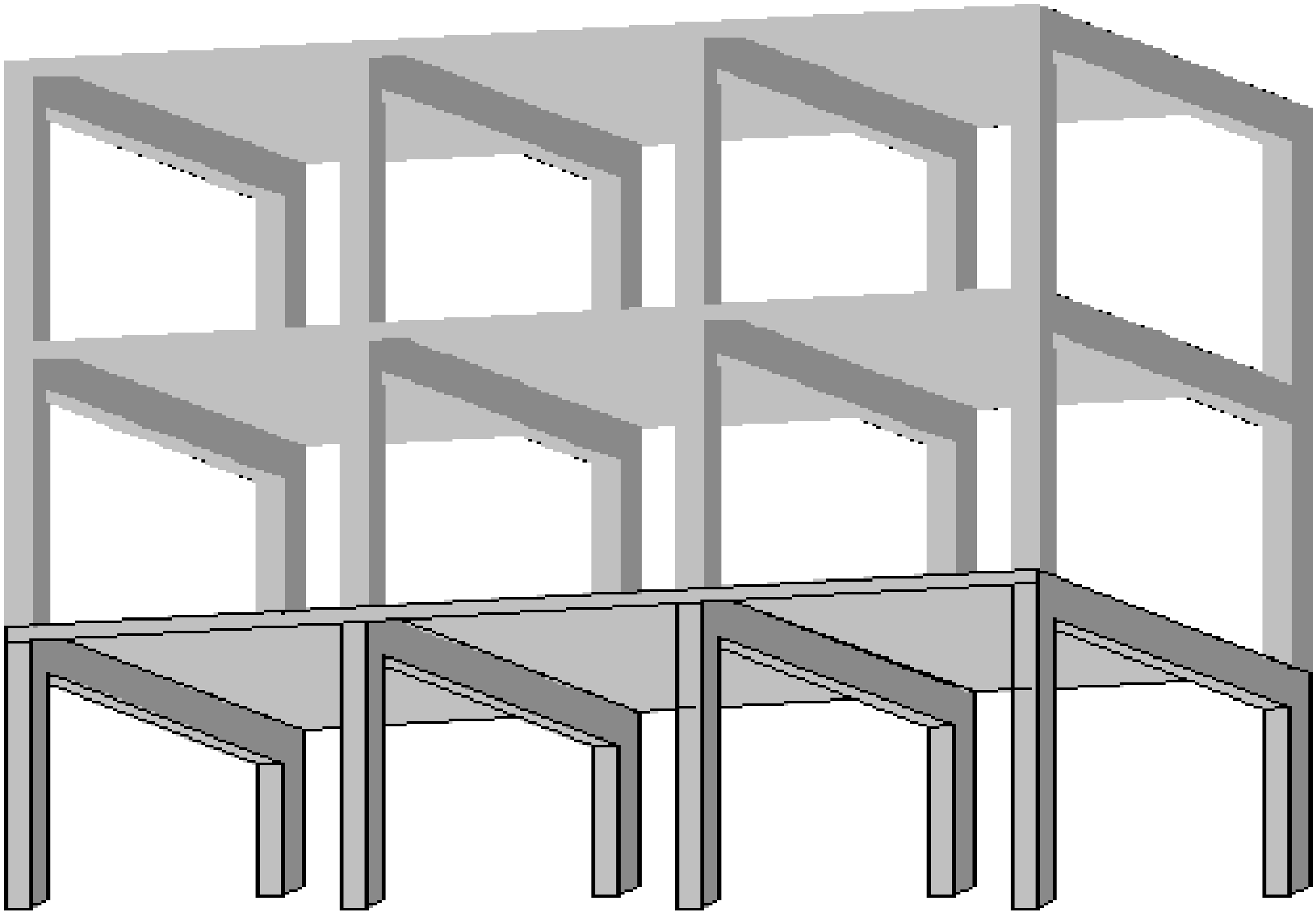
تتألف الجمل الإطارية من أعمدة وجوائز تشكل إطارات صلبة ، تقاوم القوى الأفقية بواسطة العزوم وقوى القص المتولدة في العقد الصلبة لمختلف عناصر المبنى.

تعتبر هذه الجمل حلا مناسبا للأبنية المؤلفة من عشرين طابقا وما دون .ويتم تحليل الجمل الاطارية إما باعتبارها مستوية في الاتجاهين أو فراغية

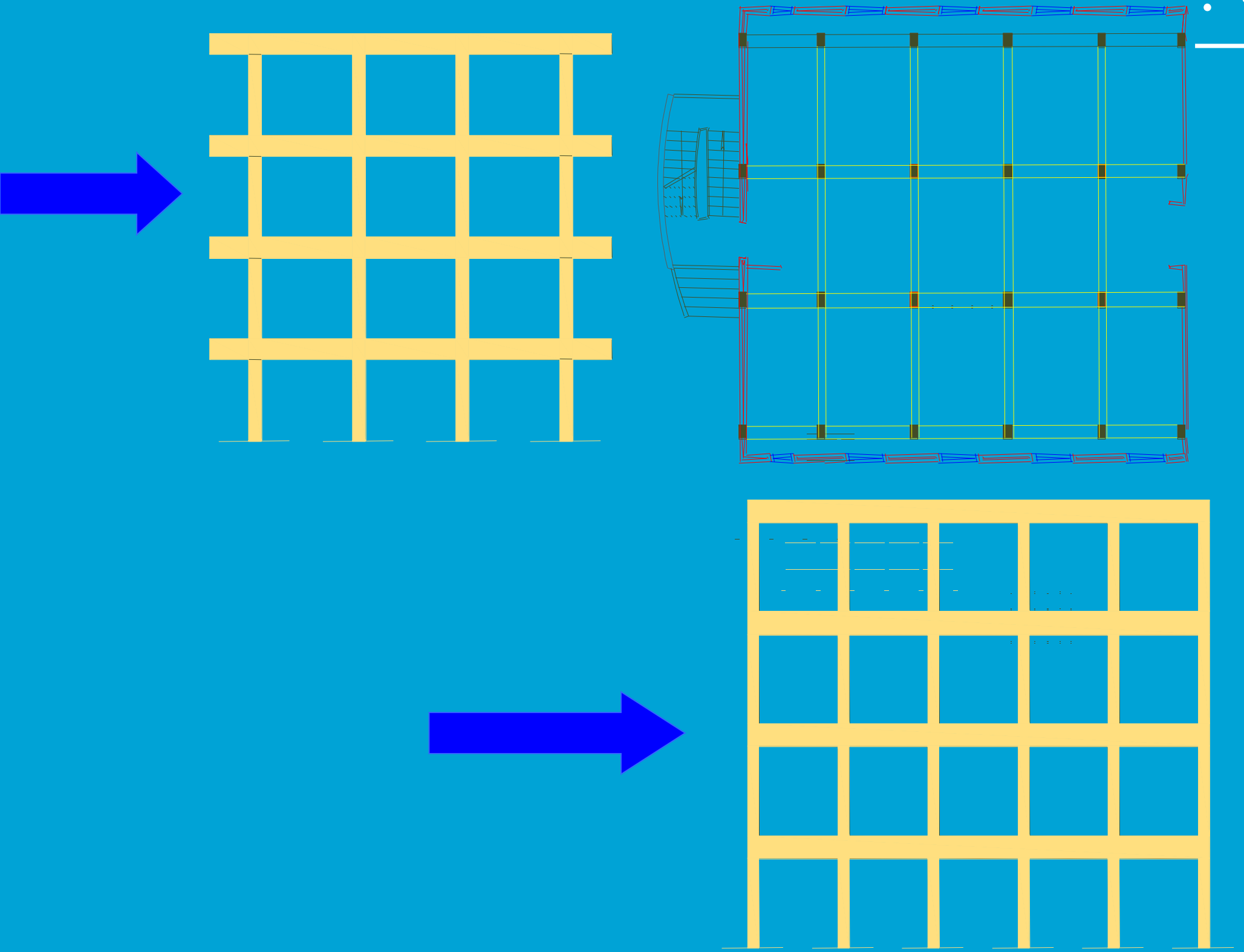




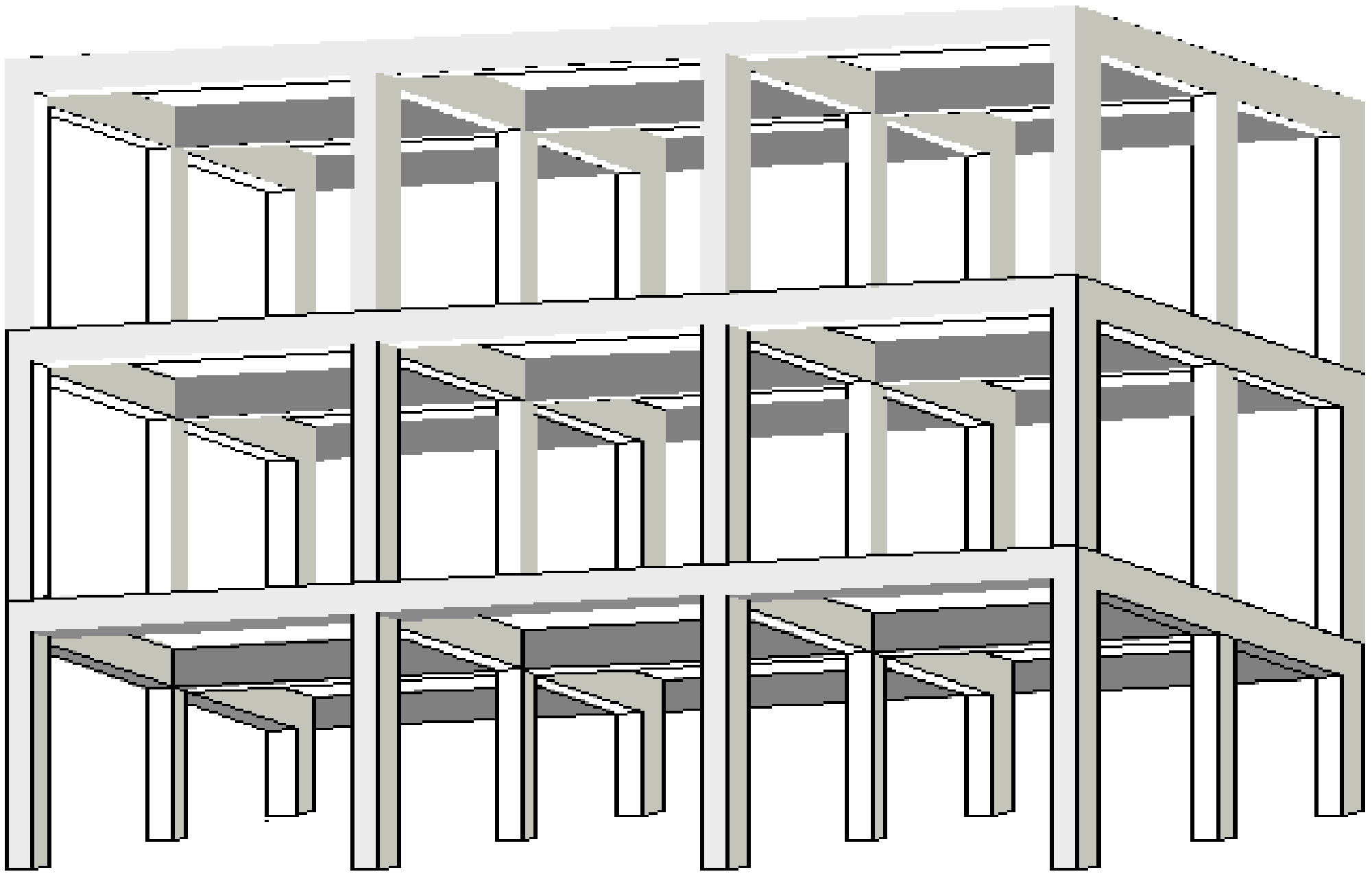
# الجمل الإطارية :



# جملة إطارية :

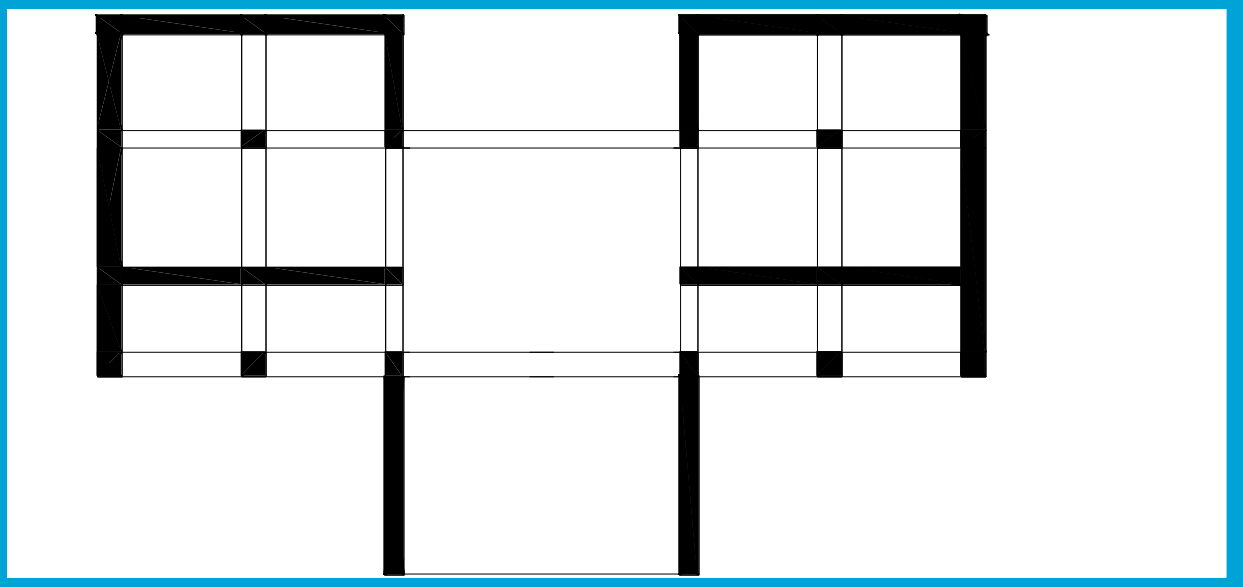


# جملة إطارية :



## الجمل الإنشائية المشتركة :

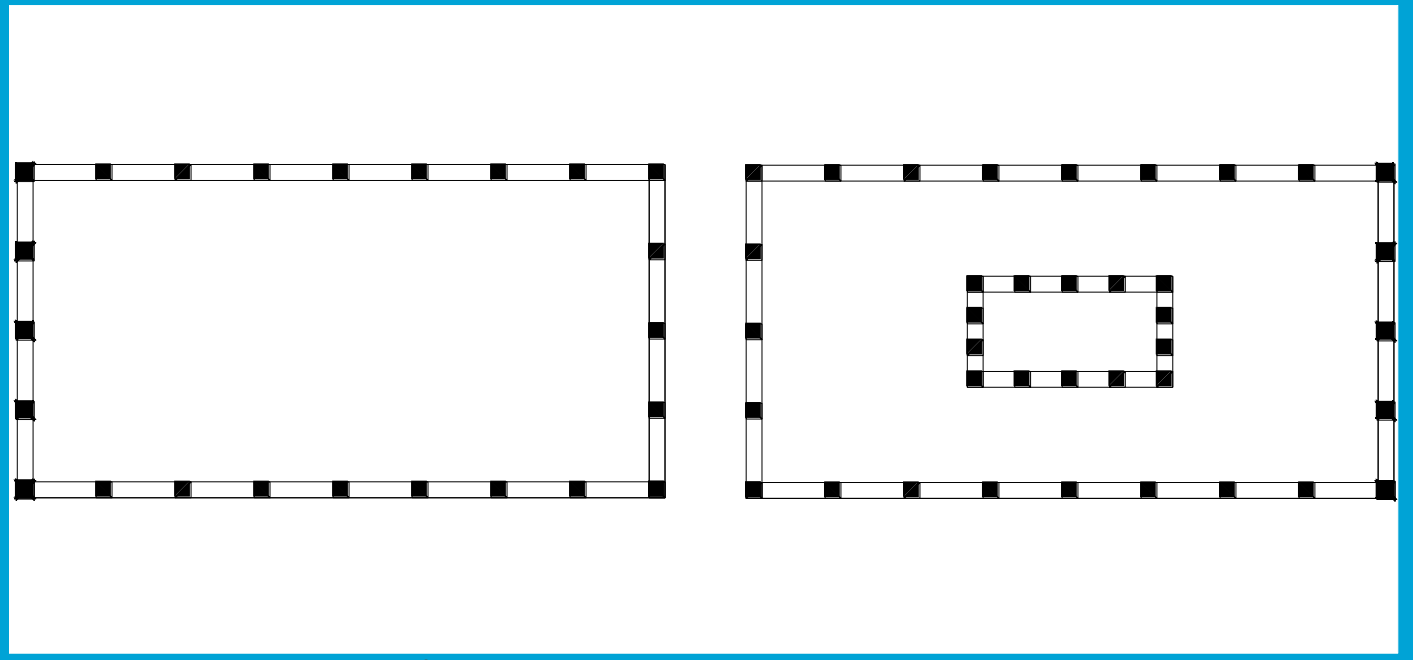
تتألف الجمل الإنشائية المشتركة من مجموعة من جدران القص التي تعمل بشكل مشترك مع مجموعة من الإطارات. يعتبر هذا الحل اقتصاديا خاصة عندما يكون ارتفاع المبنى لا يتجاوز عشرين طابقا.



جملة مؤلفة من جدران قص و إطارات

## الجمل الأنبوبية :

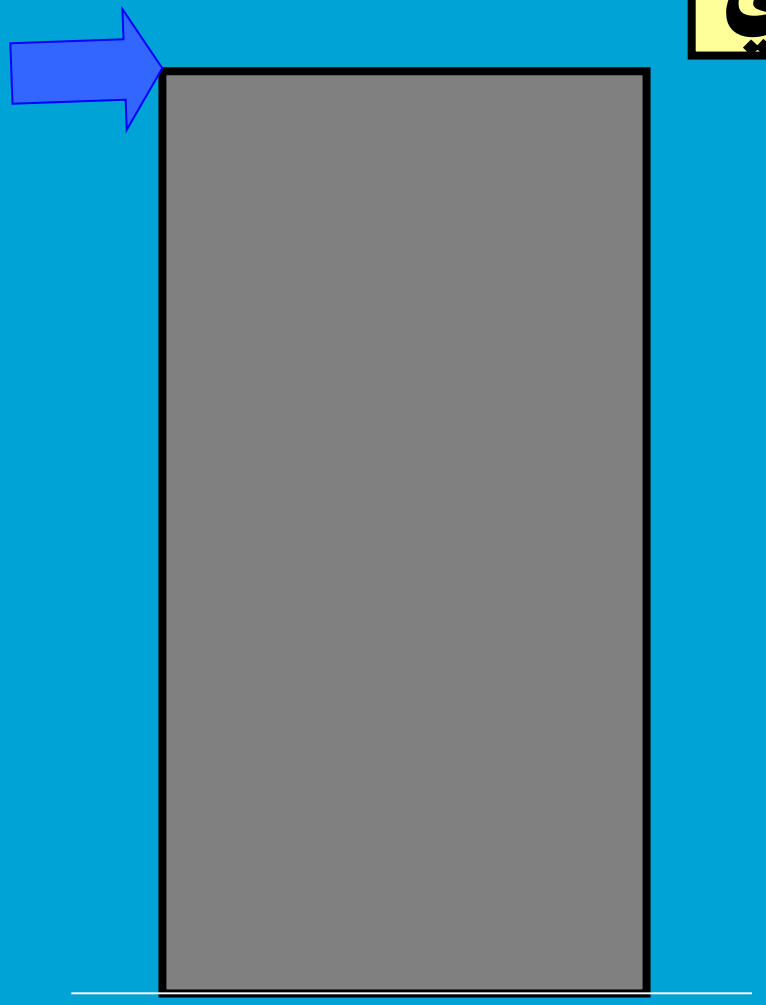
تتألف هذه الجمل من مجموعة أعمدة موزعة على كامل محيط المبنى و بتباعدات صغيرة تتراوح بين 1.25m و 3m وتربط الأعمدة في كل طابق بجائز محيطي بارتفاع يتراوح بين 0.6m و 1.2m يمكن أن تحتوي هذه الجمل على نواة مركزية عناصرها عبارة عن جوائز عميقة أو جدران بفتحات كما هو موضح في الشكل



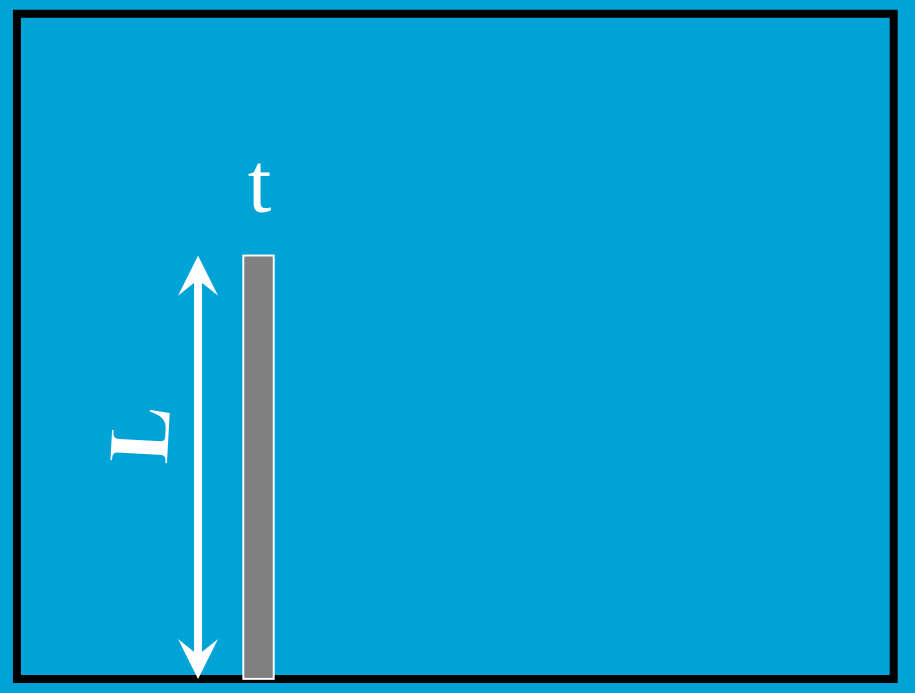
الشكل (3-5) الجمل الأنبوبية

## جدران القص :

**جدران قص مصمتة خطي**



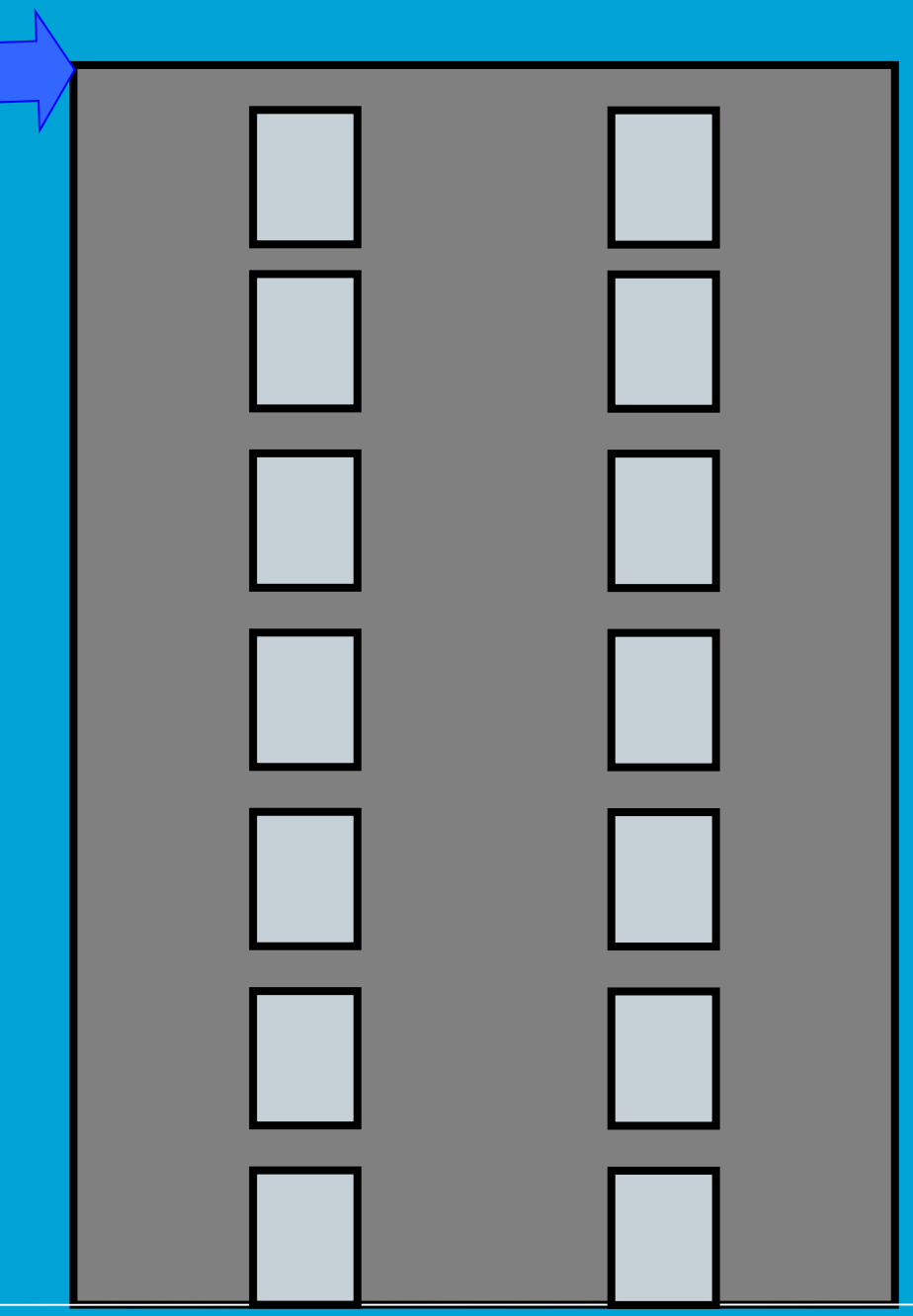
**مقطع شاقولي في الجدار**



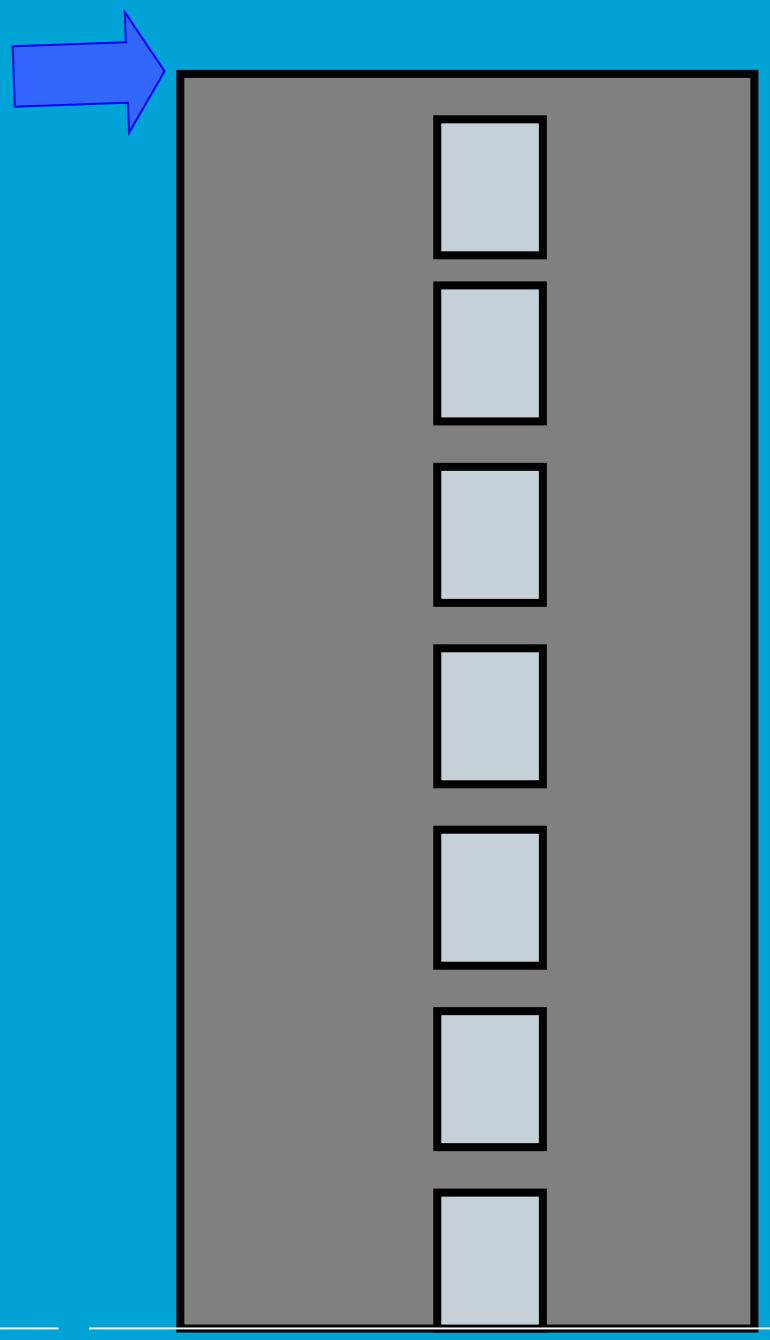

**يعمل فقط باتجاه واحد**

**مسقط أفقي للمبنى**

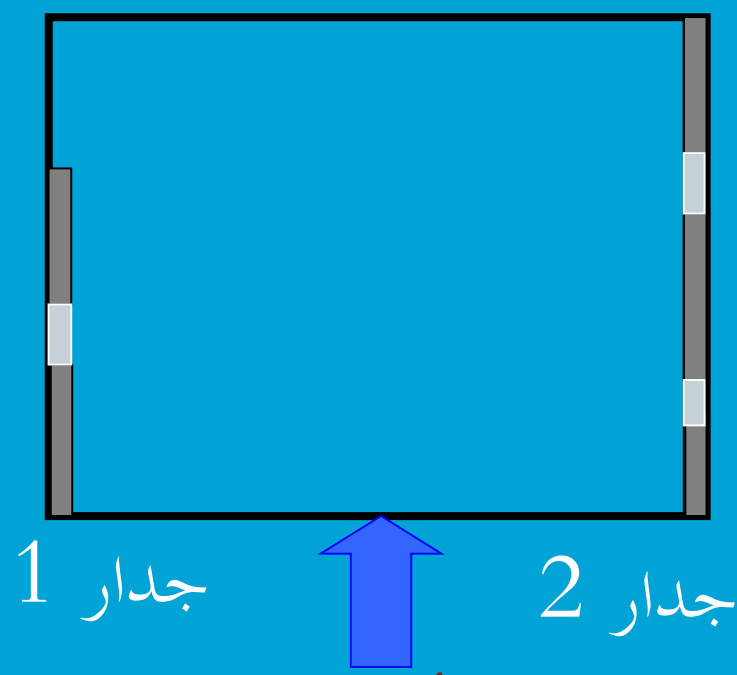
# جدران قص خطي بوجود فتحات



جدار 2 بفتحتين



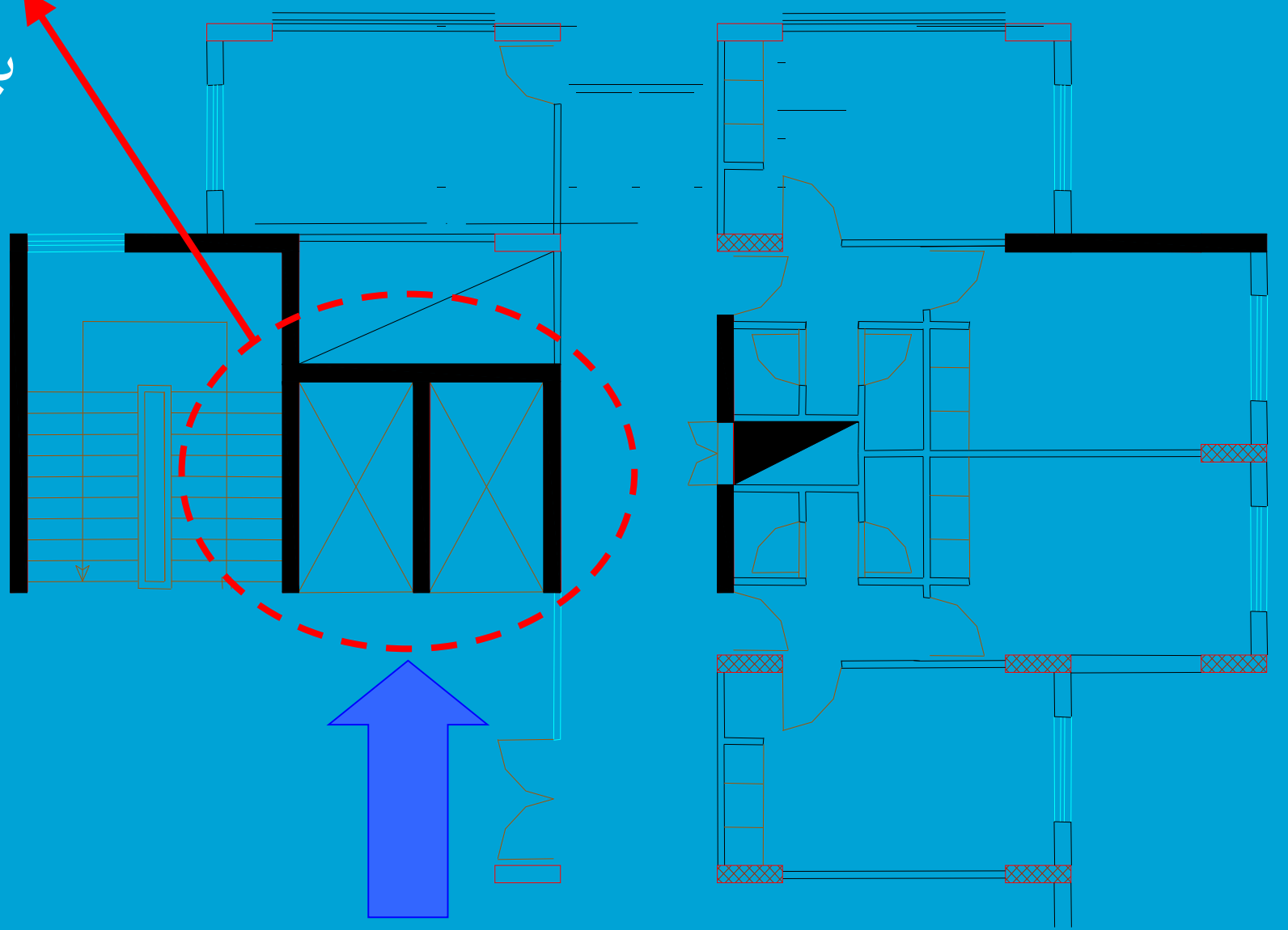
جدار 1 فتحة واحدة

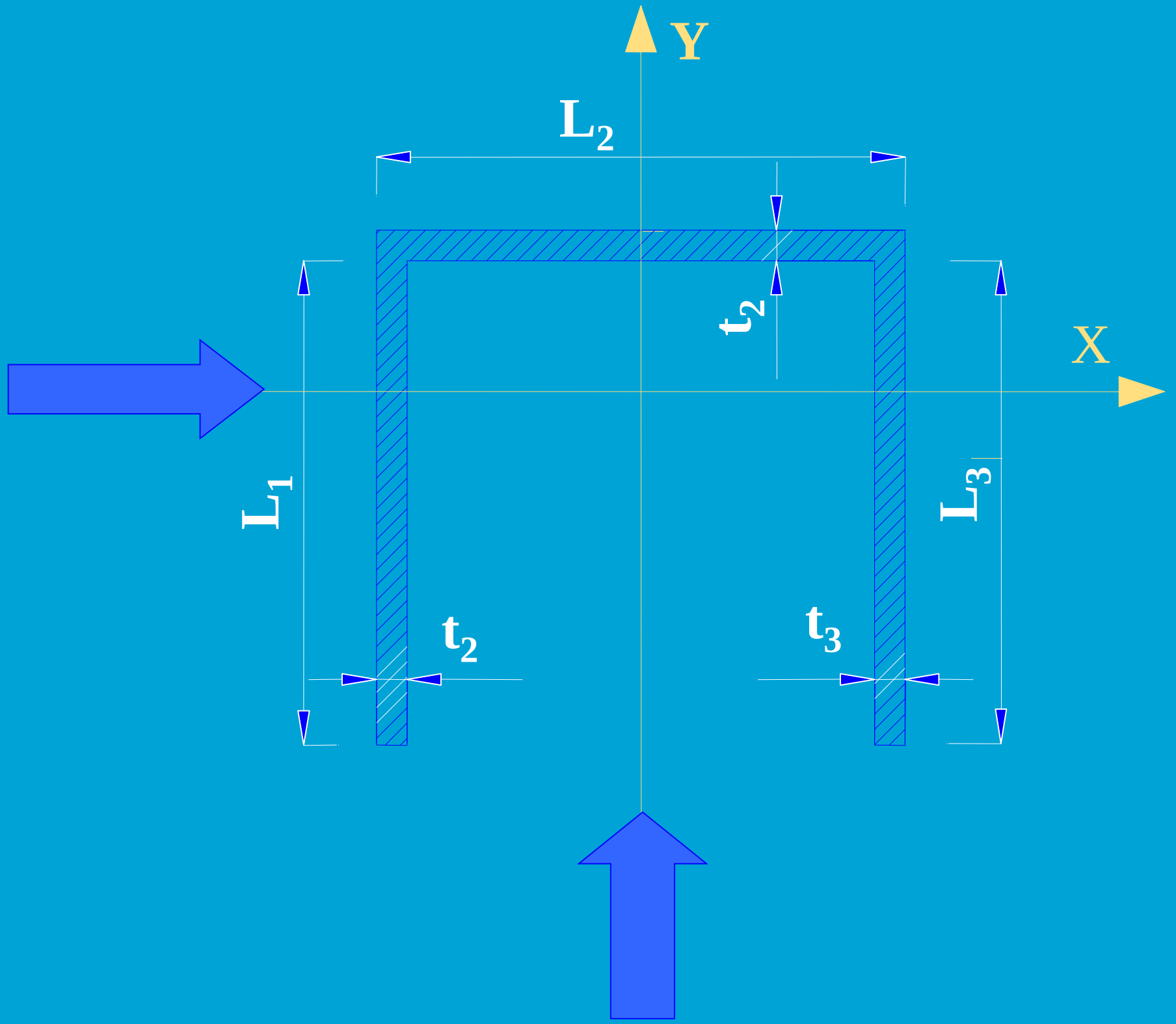



مسقط أفقي للمبنى

# جدران قص غير خطية ( نواة )

النواة تقاوم القوى بالاتجاهين




Y
X
$L_2$
$t_2$
$L_1$
$L_3$
$t_2$
$t_3$

## توزع جدران القص :

**توزع جدران القص بحيث تحقق الشروط التالية :**

1. يفضل ألا يقل عدد الجدران بالاتجاه الواحد عن جدارين غير واقعين على استقامة واحدة ويكونان متناظرين ما أمكن

2. يكون طول جدار القص المناسب لمقاومة القوى الأفقية من مرتبة لا تقل عن القيم الدنيا المسموحة

3. أول جدران مفضلة للعمل كجدران قص هي جدران بيت الدرج وجدران المصعد . وفي حالة كون هذه الجدران غير مركزية فسينتج عن وضعها عدم تناظر مما يستتبع ضرورة وضع جدران تعيد التناظر ما أمكن لجملة المبنى

4 تخفيف حدوث فتل في المسقط الأفقي

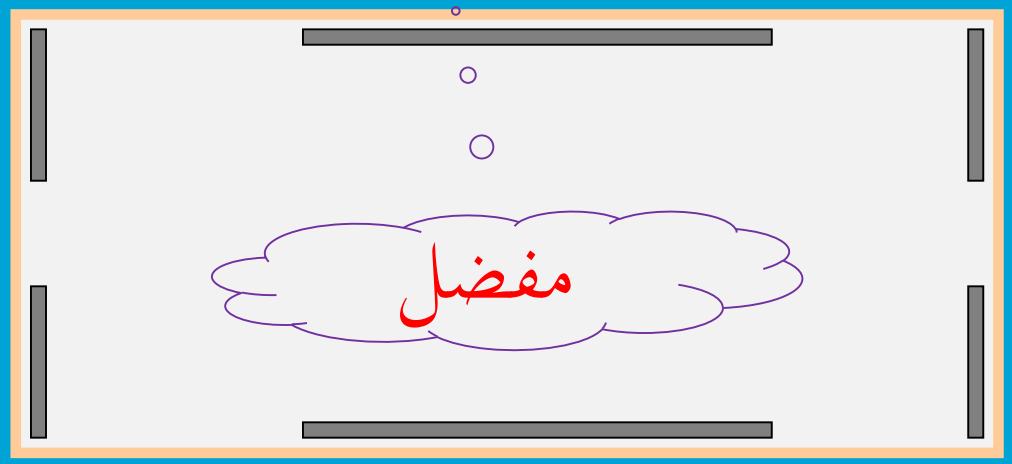
5 تجنب حدوث قوى حرارية كبيرة نتيجة لمنع الأسقف من التمدد والتقلص

6 أن الجدران بقساوات مناسبة لمقاومة القوى الأفقية بالاتجاهين

يتحقق الشرط رقم 6 بوضع عدد كاف من الجدران وبأطوال مناسبة وفي الاتجاهين

يتحقق الشرط الرابع بوضع الجدران بمكان قريب من المحيط وبصورة متناظرة

يتحقق الشرط الخامس بعدم وضع جدران رأسية ذات قساوة كبيرة في طرفي المبنى تمنع تقلص أو تمدد أسقف المبنى أفقياً لذلك توضع الجدران بطرفي طول المبنى موازية للضلع القصير أما الجدران الموازية للضلع الطويل فتوضع بمنطقة وسط المبنى



**يفضل ألا يقل طول جدار القص في المسقط الأفقي عن 1/10 من الارتفاع الكلي ويعتمد الجدول التالي كدليل مع ضرورة زيادة الطول في حال وجود فتحات**

| الارتفاع H من ظهر الأساسات حتى منسوب السقف الأخير | الطول الأفقي لجدار القص |
|---|---|
| حتى 10m | H/4 |
| أكبر من 10m وحتى 20m | H/5.5 |
| أكبر من 20m وحتى 30m | H/7 |
| أكبر من 30m وحتى 50m | H/8.5 |
| أكبر من 50m | H/10 |

# توزيع القوى الأفقية في حالة الإطارات :

يتم توزيع القوة الأفقية الجانبية على الإطارات حسب نسب قساواتها.
حيث يتم إيجاد قساوة الإطار المدروس بالنمذجة المستوية لهذا الإطار باستخدام أحد برامج التحليل الإنشائي التي تعتمد على طريقة (FEM)

وتكون قساوة هذا الإطار كقيمة عددية هي مقلوب قيمة الانتقال الناتج عن تطبيق واحدة القوى في أعلى هذا الإطار.

**قساوة الإطار بالاتجاه X تساوي**

$$K_x = \frac{1}{\delta_x}$$

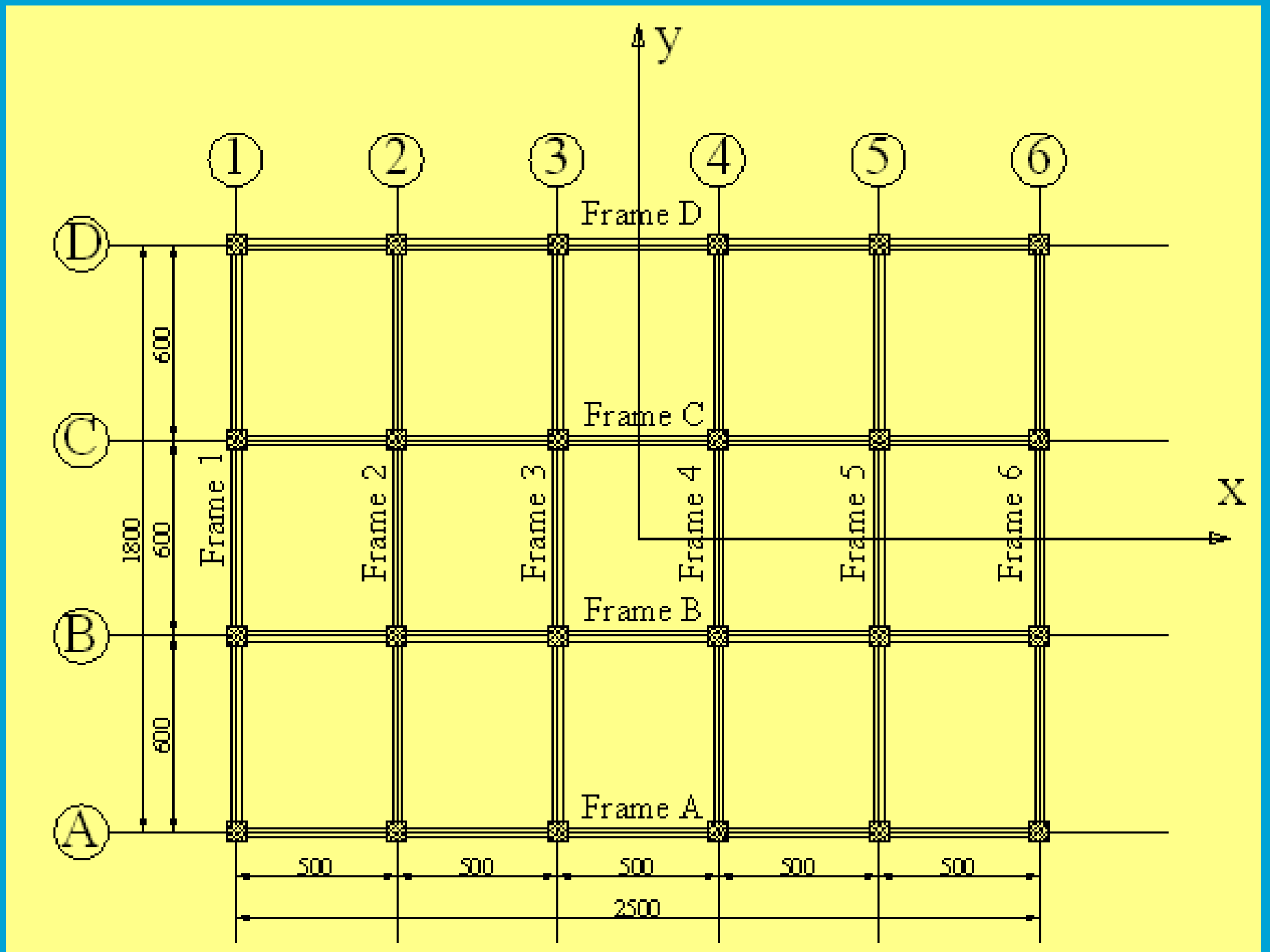
**قساوة الإطار بالاتجاه Y تساوي**

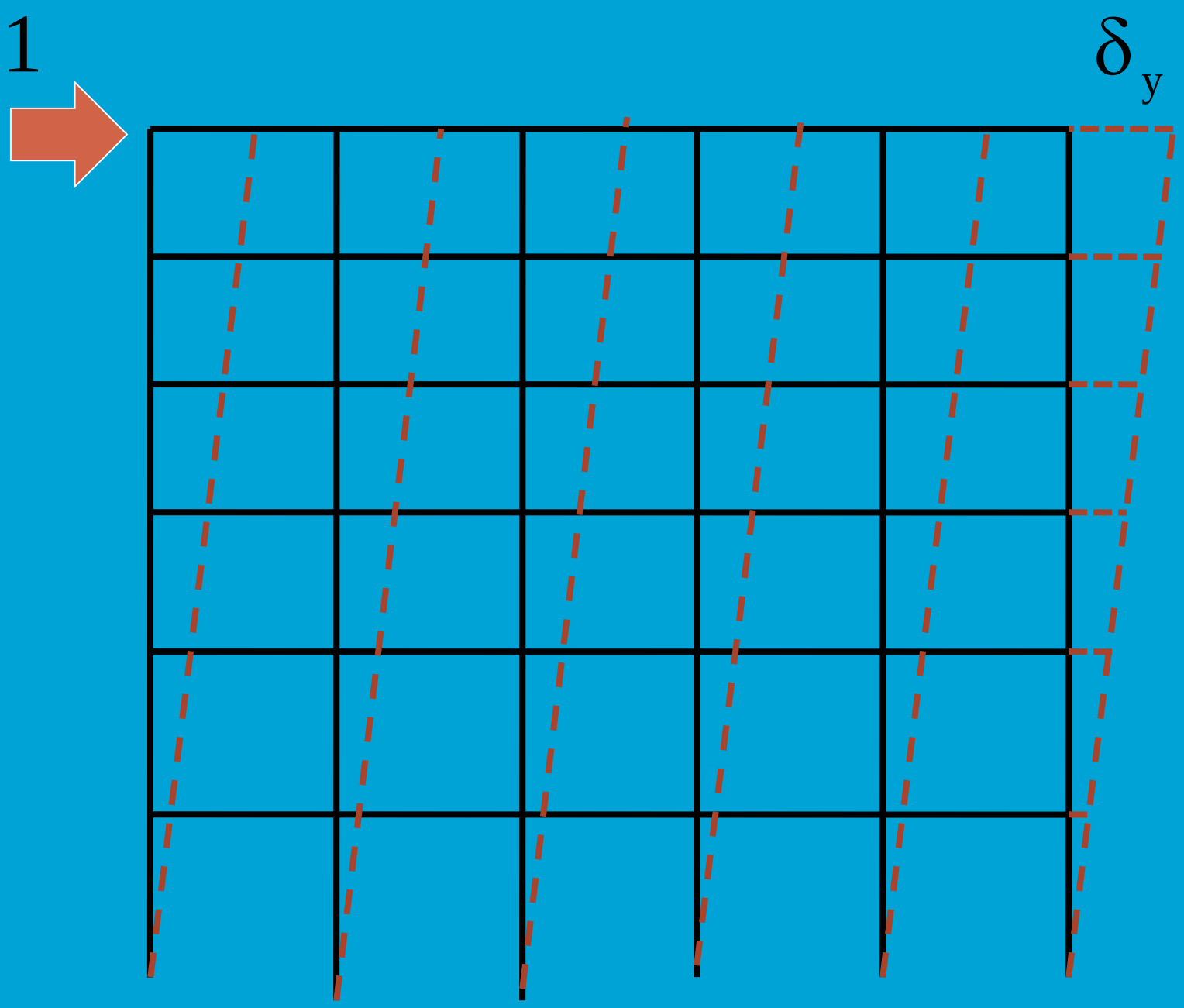
$$K_y = \frac{1}{\delta_y}$$

حيث أن :

$\delta_x$ انتقال الإطار بالاتجاه X.

$\delta_y$ انتقال الإطار بالاتجاه Y.






$$K_y = \frac{1}{\delta_y}$$

## 1- في حالة المنشأ المتناظر أي انطباق مركز الصلابة مع مركز ثقل الكتلة :

**بالاتجاه X :**

لدينا أربعة إطارات (A-B-C-D) تكون حصة الإطار الواحد من القوة الأفقية الطابقية $F_x$

$$q_{xi}^{Frame} = \frac{K_{xi}}{\sum_{i=1}^{4} K_{xi}} F_x$$

**بالاتجاه Y :**

لدينا ستة إطارات (1-2-3-4-5-6) تكون حصة الإطار الواحد من القوة الأفقية الطابقية $F_y$

$$q_{yi}^{Frame} = \frac{K_{yi}}{\sum_{i=1}^{6} K_{yi}} F_y$$

## 2- في حالة المنشأ غيرالمتناظر أي عدم انطباق مركز الصلابة مع مركز ثقل الكتلة :

**بالاتجاه X :**

$$q_{Txi} = e_y F_x \times \frac{K_{xi}\bar{y}_i}{\sum_{i=1}^{4}(K_{xi}\bar{x}_i^2 + K_{yi}\bar{y}_i^2)}$$

**بالاتجاه Y :**

$$q_{Tyi} = e_x F_y \times \frac{K_{xi}\bar{x}_i}{\sum_{i=1}^{4}(K_{xi}\bar{x}_i^2 + K_{yi}\bar{y}_i^2)}$$

$F_x$ : القوة الأفقية الطابقية بالاتجاه X.

$\bar{x}_i$ $\bar{y}_i$: البعد العمودي بين محور الإطار ومركز صلابة الطابق.

$F_y$ القوة الأفقية الطابقية بالاتجاه Y.

$e_x$ قيمة اللامركزية بالاتجاه المدروس X

$e_y$ قيمة اللامركزية بالاتجاه المدروس Y

$K_i$ : صلابة الإطار المدروس.

# حساب القوى الأفقية في جدران القص الخطية غير المتناطرة

| $q_x$ | $q_y$ |
|---|---|
| 0 | 10 |

| N | L | t | O | X | Y | $I_x$ | $I_y$ | $I_x.X$ | $I_y.Y$ | X' | Y' |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 7.5 | 0.2 | 0 | -0.25 | -4.4 | 0.000 | 7.031 | 0.000 | -30.938 | 0.801 | -3.946 |
| 2 | 7 | 0.2 | 0 | -4 | 4.4 | 0.000 | 5.717 | 0.000 | 25.153 | -2.949 | 4.854 |
| 3 | 5.5 | 0.2 | 90 | -7.4 | -1.75 | 2.773 | 0.000 | -20.520 | 0.000 | -6.349 | -1.296 |
| 4 | 5 | 0.2 | 90 | 7.4 | 2 | 2.083 | 0.000 | 15.417 | 0.000 | 8.451 | 2.454 |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| $M_{tx}$ | $M_{ty}$ | $e_x$ | $e_y$ | $X_O$ | $Y_O$ | | | -5.103 | -5.784 | | |
| 0.000 | 10.5 | 1.051 | 0.454 | -1.051 | -0.454 | | | | | | |

| J | $I_x.X'^2$ | $I_y.Y'^2$ | $q_x$ | $q_y$ | $q_{x(Mtx)}$ | $q_{y(Mtx)}$ | $q_{x(Mty)}$ | $q_{y(Mty)}$ | $q_x$ | $q_y$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.000 | 109.498 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | -0.578 | 0.000 | | | |
| 2 | 0.000 | 134.677 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.578 | 0.000 | | | |
| 3 | 111.783 | 0.000 | 0 | 5.710 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | -0.367 | | | |
| 4 | 148.783 | 0.000 | 0 | 4.290 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.367 | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | |
| J | 504.741 | | 0 | 10.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | |

**بناء مؤلف من 12 طابق الجملة المقاومة للقوى الأفقية عبارة عن جملة إطارية بالاتجاهين**

**ارتفاع الطابق 3 م**

**الحمولة الحية** 30kN/m2

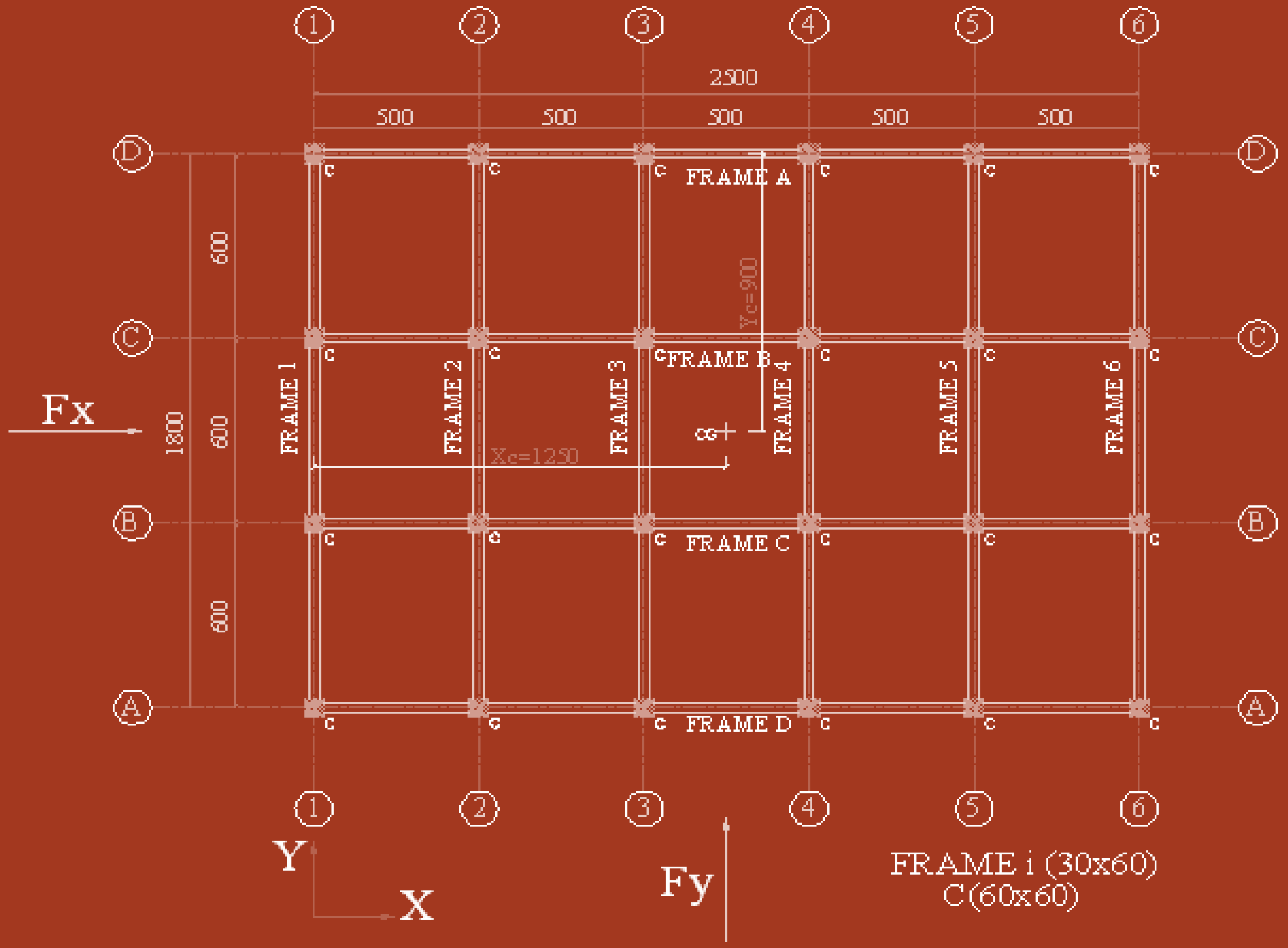
**الحمولة الميتة** 110kN/m2

**قوة القص القاعدى فى كل اتجاه** 2676.8kN

**دور الاهتزاز الأساسي** T=1.074sec

**تم تطبيق قوة واحدية (1N) على الإطار بالاتجاه x فكان الانتقال** 0.000625m

**تم تطبيق قوة واحدية (1N) على الإطار بالاتجاه y فكان الانتقال** 0.001207m


1
2
3
4
5
6
2500
500
500
500
500
500
D
C
B
A
600
600
600
1800
FRAME A
FRAME B
FRAME C
FRAME D
FRAME 1
FRAME 2
FRAME 3
FRAME 4
FRAME 5
FRAME 6
Yc=900
Xc=1250
Fx
Fy
Y
X
FRAME i (30x60)
C(60x60)

## Vertical Distribution in X- Direction

| LEVEL | Wi (ton) | hi (m) | Wi.hi (ton.m) | Fx (ton) | TOTAL SHEAR AT LEVEL i (ton) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 528.75 | 3 | 1586.25 | 3.17 | 267.68 |
| 2 | 528.75 | 6 | 3172.5 | 6.35 | 264.51 |
| 3 | 528.75 | 9 | 4758.75 | 9.52 | 258.16 |
| 4 | 528.75 | 12 | 6345 | 12.70 | 248.64 |
| 5 | 528.75 | 15 | 7931.25 | 15.87 | 235.94 |
| 6 | 528.75 | 18 | 9517.5 | 19.04 | 220.07 |
| 7 | 528.75 | 21 | 11103.8 | 22.22 | 201.03 |
| 8 | 528.75 | 24 | 12690 | 25.39 | 178.81 |
| 9 | 528.75 | 27 | 14276.3 | 28.56 | 153.42 |
| 10 | 528.75 | 30 | 15862.5 | 31.74 | 124.86 |
| 11 | 528.75 | 33 | 17448.8 | 34.91 | 93.12 |
| 12 | 528.75 | 36 | 19035 | 58.21 | 58.21 |
| | Total | | **123728** | **267.68** | |

## Vertical Distribution in Y- Direction

| LEVEL | Wi (ton) | hi (m) | Wi.hi (ton.m) | Fy (ton) | TOTAL SHEAR AT LEVEL i (ton) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 528.75 | 3 | 1586.25 | 3.17 | 267.68 |
| 2 | 528.75 | 6 | 3172.5 | 6.35 | 264.51 |
| 3 | 528.75 | 9 | 4758.75 | 9.52 | 258.16 |
| 4 | 528.75 | 12 | 6345 | 12.70 | 248.64 |
| 5 | 528.75 | 15 | 7931.25 | 15.87 | 235.94 |
| 6 | 528.75 | 18 | 9517.5 | 19.04 | 220.07 |
| 7 | 528.75 | 21 | 11103.8 | 22.22 | 201.03 |
| 8 | 528.75 | 24 | 12690 | 25.39 | 178.81 |
| 9 | 528.75 | 27 | 14276.3 | 28.56 | 153.42 |
| 10 | 528.75 | 30 | 15862.5 | 31.74 | 124.86 |
| 11 | 528.75 | 33 | 17448.8 | 34.91 | 93.12 |
| 12 | 528.75 | 36 | 19035 | 58.21 | 58.21 |
| | **Total** | | **123728** | **267.68** | |

## توزيع القوى على الإطارات في الطابق الواحد

صلابة الإطار في الاتجاه x

$$K_x = \frac{1}{0.000625}$$

صلابة الإطار في الاتجاه y

$$K_y = \frac{1}{0.001207}$$

لسهولة الحل نجد

$$K_y = 0.52K_x$$

| Distribution Of Story Shear To Longitudinal and Transverse Frames, Seismic Zone 2C due to Fx | | | |
|---|---|---|---|
| COLUMN LINE FRAME | ٪OF DIRECT SEISMIC STORY SHEAR | ٪OF TORSIONAL STORY SHEAR | REVISED ٪OF STORY SHEAR , ACCOUNTING FOR TORION |
| A | 25٪ | + 1.97٪ | 26.97% |
| B | 25٪ | + .66٪ | + 25.66٪ |
| C | 25٪ | - 0.66٪ | + 24.34٪ |
| D | 25٪ | - 1.97٪ | + 23.03٪ |
| | ∑ = 100٪ | ∑ = 0٪ | ∑ = 100٪ |
| 1 | 0٪ | + 1.44٪ | + 1.44٪ |
| 2 | 0٪ | + 0.86٪ | + 0.86٪ |
| 3 | 0٪ | + 0.29٪ | + 0.29٪ |
| 4 | 0٪ | - 0.29٪ | - 0.29٪ |
| 5 | 0٪ | - 0.86٪ | - 0.86٪ |
| 6 | 0٪ | - 1.44٪ | - 1.44٪ |
| | ∑ = 0٪ | ∑ = 0٪ | ∑ = 0٪ |

وعليه تكون قيمة القوى الناشئة في الاطارات حسب النسب السابقة والناتجة عن توزيع القوى الافقية $F_{xi}$ معطاة حسب الجدول التالي:

| Values of Shear Force due to Fx in Longitudinal and Transverse Frames | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| LEVEL | Q IN FRAME m | | | | | | | | | |
| | Longitudinal Frames | | | | Transverse Frames | | | | | |
| | A | B | C | D | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 0.86 | 0.81 | 0.77 | 0.73 | 0.05 | 0.03 | 0.01 | -0.01 | -0.03 | -0.05 |
| 2 | 1.71 | 1.63 | 1.55 | 1.46 | 0.09 | 0.05 | 0.02 | -0.02 | -0.05 | -0.09 |
| 3 | 2.57 | 2.44 | 2.32 | 2.19 | 0.14 | 0.08 | 0.03 | -0.03 | -0.08 | -0.14 |
| 4 | 3.42 | 3.26 | 3.09 | 2.92 | 0.18 | 0.11 | 0.04 | -0.04 | -0.11 | -0.18 |
| 5 | 4.28 | 4.07 | 3.86 | 3.65 | 0.23 | 0.14 | 0.05 | -0.05 | -0.14 | -0.23 |
| 6 | 5.14 | 4.89 | 4.64 | 4.39 | 0.27 | 0.16 | 0.06 | -0.06 | -0.16 | -0.27 |
| 7 | 5.99 | 5.70 | 5.41 | 5.12 | 0.32 | 0.19 | 0.06 | -0.06 | -0.19 | -0.32 |
| 8 | 6.85 | 6.52 | 6.18 | 5.85 | 0.37 | 0.22 | 0.07 | -0.07 | -0.22 | -0.37 |
| 9 | 7.70 | 7.33 | 6.95 | 6.58 | 0.41 | 0.25 | 0.08 | -0.08 | -0.25 | -0.41 |
| 10 | 8.56 | 8.14 | 7.73 | 7.31 | 0.46 | 0.27 | 0.09 | -0.09 | -0.27 | -0.46 |
| 11 | 9.42 | 8.96 | 8.50 | 8.04 | 0.50 | 0.30 | 0.10 | -0.10 | -0.30 | -0.50 |
| 12 | 15.70 | 14.94 | 14.17 | 13.41 | 0.84 | 0.50 | 0.17 | -0.17 | -0.50 | -0.84 |

| Distribution Of Story Shear To Transverse Frames, Seismic Zone 2C due to Fy | | | |
|---|---|---|---|
| COLUMN LINE FRAME | ٪OF DIRECT SEISMIC STORY SHEAR | ٪OF TORSIONAL STORY SHEAR | REVISED ٪OF STORY SHEAR , ACCOUNTING FOR TORION |
| 1 | 16.67٪ | +1.99٪ | + 18.66٪ |
| 2 | 16.67٪ | + 1.2٪ | +17.87٪ |
| 3 | 16.67٪ | + 0.4٪ | + 17.07٪ |
| 4 | 16.67٪ | - 0.4٪ | + 16.27٪ |
| 5 | 16.67٪ | - 1.2٪ | + 15.47٪ |
| 6 | 16.67٪ | - 1.99٪ | + 14.68٪ |
| | ∑ = 100٪ | ∑ = 0٪ | ∑ = 100٪ |
| A | 0٪ | + 2.76٪ | + 2.76٪ |
| B | 0٪ | + 0.92٪ | +0.92٪ |
| C | 0٪ | - 0.92٪ | - 0.92٪ |
| D | 0٪ | - 2.76٪ | - 2.76٪ |
| | ∑ = 0٪ | ∑ = 0٪ | ∑ = 0٪ |

وعليه تكون قيمة القوى الناشئة في الاطارات حسب النسب السابقة والناتجة عن توزيع القوى الافقية $F_{xi}$ معطاة حسب الجدول التالي:

| Values of Shear Force due to Fy in Longitudinal and Transverse Frames | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| LEVEL | Q IN FRAME m | | | | | | | | | |
| | Longitudinal Frames | | | | Transverse Frames | | | | | |
| | A | B | C | D | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 0.09 | 0.03 | -0.03 | -0.09 | 0.59 | 0.57 | 0.54 | 0.52 | 0.49 | 0.47 |
| 2 | 0.18 | 0.06 | -0.06 | -0.18 | 1.18 | 1.13 | 1.08 | 1.03 | 0.98 | 0.93 |
| 3 | 0.26 | 0.09 | -0.09 | -0.26 | 1.78 | 1.70 | 1.63 | 1.55 | 1.47 | 1.40 |
| 4 | 0.35 | 0.12 | -0.12 | -0.35 | 2.37 | 2.27 | 2.17 | 2.07 | 1.96 | 1.86 |
| 5 | 0.44 | 0.15 | -0.15 | -0.44 | 2.96 | 2.84 | 2.71 | 2.58 | 2.45 | 2.33 |
| 6 | 0.53 | 0.18 | -0.18 | -0.53 | 3.55 | 3.40 | 3.25 | 3.10 | 2.95 | 2.80 |
| 7 | 0.61 | 0.20 | -0.20 | -0.61 | 4.15 | 3.97 | 3.79 | 3.61 | 3.44 | 3.26 |
| 8 | 0.70 | 0.23 | -0.23 | -0.70 | 4.74 | 4.54 | 4.33 | 4.13 | 3.93 | 3.73 |
| 9 | 0.79 | 0.26 | -0.26 | -0.79 | 5.33 | 5.10 | 4.88 | 4.65 | 4.42 | 4.19 |
| 10 | 0.88 | 0.29 | -0.29 | -0.88 | 5.92 | 5.67 | 5.42 | 5.16 | 4.91 | 4.66 |
| 11 | 0.96 | 0.32 | -0.32 | -0.96 | 6.51 | 6.24 | 5.96 | 5.68 | 5.40 | 5.13 |
| 12 | 1.61 | 0.54 | -0.54 | -1.61 | 10.86 | 10.40 | 9.94 | 9.47 | 9.01 | 8.55 |