2-3- حساب عوامل عدم الاستقرار

2-3-1- فرضيـّات

إن صعوبة وتعقيد المعادلات التفاضليّة للمسألة يتطلّب منا فرض بعض الشروط على المنشأ ، والتي تمكّننا من الوصول إلى حلّ لهذه المعادلات ، ومن هذه الشروط نذكر :

1 - **مقاطع عناصر التقوية** ستدرس في إطار نظرية الفتل للجدران رقيقة المقطع للباحـث الروسـي " **فلاسوف** " ،

2 - **مقاطع عناصر التقوية** يجب أن تكون **ثابتة** على كامل ارتفاع المنشأ ،

3 - سنعتبر **البيتون كمادة مرنة متجانسة** ، وبالتالي يُسمح بتطبيق **قانون هوك** الذي يعطـي العلاقـة بـين الإجهادات والتشوّهات ،

4 - سنفترض أن **بلاطات الأسقف** تنتقل **ككتلة صلبة** في مستويها ، بينما تكون **طريّة قابلة للانعطاف** فـي المستوي العمودي على مستويها ،

5 - **مسقط البناء مستطيل الشكل** ،

6 - **الحمولات الخارجية ،** والمؤلفة من حمولات شاقولية وحمولات أفقية ، ستعتبر **موزّعة بانتظام** في المسقط وعلى كامل ارتفاع المبنى .

علماً أنّـه توجد حلول لأنواع أخرى من الحمولات لامجال لعرضها في إطار هذا البحث .

في الحالة العامّة نجد أن الفرضيّة الثالثة ، والتي تعتبر البيتون مادة مرنة متجانسة ، غيـر مطابقـة للواقع ، ولكن سيتم قبولها ضمن إطار هذه الدراسة ، بافتراض أن مقطع عنصر التقوية سيبقى ، وذلك تحـت تأثير الحمولات الشاقولية الكبيرة نسبياً ، ضمن الحدود المرنة (عدم ظهور تشقّقات في البيتون) ؛ في الحالة الأخرى تتم معالجة المسألة عن طريق إدخال مفهوم **العطالة الفعليّة** للمقطع .

2-3-2- شروط استقرار المنشأ (عوامل عدم الاستقرار)

إن عوامل عدم الاستقرار تسمح لنا بالتأكّد من استقرار المنشأ ، كما أنّها تعطينا فكرة أوليّـة عـن صلابتـه ضد القوى الأفقيـة .

يجب أن نعلم أنه عندما تحقّق عوامل عدم الاستقرار شروطاً معيّنة سنذكرها لاحقاً ، فإنه يُسمح لنـا عندها بحساب القوى والعزوم حسب نظريـّة المرتبـة الأولى ، أو ما يسمى بالخطيـّة الهندسيـّة . أما فـي حال عدم تحقق هذه الشروط ، فإنه يتوجّب علينا حساب القوى والعزوم الإضافيّة التي تنجم عن الانتقـالات الأفقية في المنشأ ، أي بمعنى آخر دراسة المنشأ باعتبار العلاقة اللاخطية بين القـوى والانتقـالات (اللاخطيـّة الهندسيـّة) .

غالباً مانكتفي بالحساب حسب النظرية الخطية الهندسية ، وهذا ما يجعلنا نحسب عوامل عدم الاستقرار للمنشأ للتأكّد من إمكانيّة إهمال القوى والعزوم الإضافيّة المذكورة سابقاً ، والناجمة عن الانتقالات الأفقية في المنشأ ، (وهذا يعني أن **الزّيادات** في القوى والعزوم تبقى أصغر من **5%** من قيمتها حسب النظرية الخطّيّة الهندسيّة) .

إن **عوامل عدم الاستقرار** تعطى بالعلاقات التالية :

$$\left\{\begin{aligned} \alpha_x &= H_{tot}\cdot\sqrt{\frac{N}{BI_y}} \\ \alpha_y &= H_{tot}\cdot\sqrt{\frac{N}{BI_x}} \\ \alpha_\Psi &= \Psi.\varphi.\sqrt{\frac{N}{DI}\cdot\left(\frac{L_{tot}^2+B_{tot}^2}{12}+C^2\right)} \end{aligned}\right\} \le \begin{cases} 0{,}2+0{,}1.n & : n \le 3 \\ 0{,}6 & : n \ge 4 \end{cases}$$

(1)

في العلاقات **(1)** نعرّف ما يلي :

n	عدد الطوابق ،
$\alpha_x,\alpha_y,\alpha_\Psi$	عوامل عدم الاستقرار للانسحاب في الاتّجاهين y , x وللدوران حول المحور z ،
H_{tot}	الارتفاع الكلّي للمبنى ،
N	مجموع الحمولات الشاقولية (الوزن الذّاتي + الحمولات المتحرّكة) وذلك للمنشأ بكامله أي لجميع الطوابق ،
BI_x ، BI_y	مجموع صلابات عناصر التقوية الموجودة في المسقط حول المحور (x)والمحور (y) المار من مركز ثقل كل عنصرعلى حده ، **(عزوم عطالة الجائز الشامل حول المحور x والمحور y)** ،
φ	ثابتة الفتل ،
Ψ	تابع من ثابتة الفتل ،
DI	مجموع قساوات عناصر التقوية على الفتل الصافي " **سانت فنانت** " ، **(قساوة الجائز الشامل على الفتل الصافي)** ،
C	البعد بين المركز الهندسي للمسقط ومركز الفتل للمنشأ ،

L_{tot} , B_{tot} أبعاد مسقط البناء .

سنتطرّق لحساب القيم السابقـة في الفقرتيـن التاليتيـن ، حيث سيتم حساب القيم الخاصة بعناصـر التقويـة ، وبالاعتماد عليها سيتم الحصول على القيم المتعلّقة بالجائز الشامل .

2-3-3 حساب قيم المقطع لعنصر التقوية

إن مقطع عنصر التقوية في الأبنية العالية سيعتبر مؤلّفاً من عدة جدران مستقيمة رقيقـة المقطـع وسماكتها ثابتة ، ودراسته ستتم بالاعتماد على نظرية الفتل للجدران رقيقـة المقطع التـي درسـها الباحـث الروسي " **فلاسوف** " .

لحساب قيم المقطع لعنصر التقوية سنعتمد ثلاثة جمل للمحاور الإحداثية ، والموضّحة في الشكل [11] ، وفيما يلي تعريف بخصائصها :

<u>الجملة الإحداثيّة الأولى</u> (العامة) Oxyz وتتميّز بما يلي :

آ - مبدأ لا على التعيين للإحداثيات " **O** " ،

ب - نقطة لا على التعيين " B " كمركز للدوران ،

جـ - نقطة ما (M_0) على محيط المقطع كمبدأ للإحداثي ω ، أو مايسـمى بالمسـاحة المقطعيّـة ، أي $\omega(M_0) = 0$.

علماً أننا سنتطرّق لتوضيح مفهوم الإحداثي ω وطريقة حسابه فيما بعد .

انظر أيضاً الشكل [11] .

<u>الجملة الإحداثيّة الثانية</u> $S\bar{x}\bar{y}\bar{z}$ وتتميّز بما يلي :

آ - محاورها موازية لمحاور الجملة الإحداثية الأولى ،

ب - مبدأ الإحداثيات هو عبارة عن مركز ثقل المقطع " **s** " ،

جـ - نقطة الدوران الاعتباريّة $\bar{B}$ منطبقة على نقطة الدوران المعتبرة في الجملـة الإحداثيـة العامـة ، $\bar{B} \equiv B$

د - نقطة معيّنة $(\overline{M}_0)$ ، كمبدأ للإحداثي ω في الجملة الإحداثية الثانيـة وتقع على محيط المقطع .

<u>الجملة الإحداثيّة الثالثة</u> $S\tilde{x}\tilde{y}\tilde{z}$ وتتميّز بما يلي :

آ - محاورها تمثل المحاور الرئيسيّة للمقطع ،

ب - مبدأ الإحداثيات هو أيضاً مركز الثقل " **s** " ،

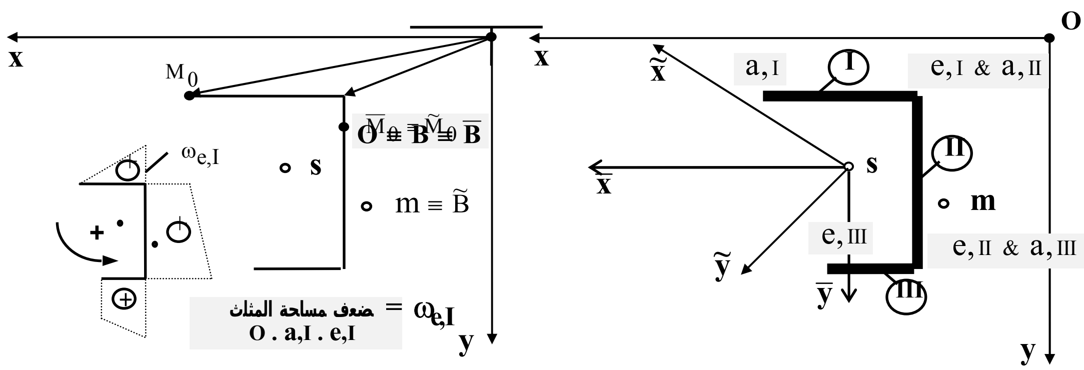
جـ - نقطة الدوران الاعتباريـة $\tilde{B}$ هي مركز الفتل للمقطع " **m** " ،

د - نقطة المبدأ للإحداثي ω على محيط المقطع ، ولتكن $(\tilde{M}_0)$ تنطبـق علـى $(\overline{M}_0)$ التابعـة للجملـة الإحداثيـة الثانيـة .

في البداية سيتم حساب قيم المقطع بالنسبة للجملة الإحداثية الأولى ، ومنها سيتم استخراج قيم المقطع منسوبة للجملـة الإحداثيـة الثانيـة والثالثـة .

إن القيم التي ستلزمنا في الحسابات المقبلـة ، (عوامل عدم الاستقرار وتوزيع القوى على عناصـر التقويـه ... الخ) ، هي :

1 - عزوم العطالة حول المحاور المارة من مركز ثقل المقطع ، أي عـزوم العطالـة المنسـوبة للجملـة الإحداثيـة الثانيـة ،
2 - مقاومة المقطع على الفتل القسري ، أي عزم العطالة المقطعي المنسوب للجملة الإحداثيـة الثالثـة ، والتي سيتم حسابها في الفقرات القادمة .



الشكل [11]

**** حساب قيم المقطع منسوبة للجملة الإحداثية الأولى (العامة)***

إن المقصود بقيم المقطع هي نتيجة التكاملات التاليـة :

$$F = \int_F dF \qquad [m^2]$$ المساحة

$$Fx = \int_F x\,dF \qquad Fy = \int_F y\,dF \qquad [m^3]$$ العزوم الستاتيكيّة

$$F_\omega = \int_F \omega\,dF \qquad [m^4]$$ المساحة التّقعريـة

أوما يسمى بالعزم الستاتيكي المقطعي .

$$F_{xx} = \int_F x^2\,dF \qquad F_{yy} = \int_F y^2\,dF \qquad [m^4] \tag{2}$$ عزوم العطالة حول المحورين **x , y**

$$F_{xy} = \int_F x\,y\,dF \qquad [m^4]$$ جداء العطالة

$$F_{x\omega} = \int_F x\,\omega\,dF \qquad F_{y\omega} = \int_F y\,\omega\,dF \qquad [m^5]$$ جداءات العطالة المقطعيـّة

$$F_{\omega\omega} = \int_F \omega^2\,dF \qquad [m^6]$$ عزم العطالة المقطعي

كما يسمّى أيضاً بمقاومة المقطع على الفتل القسري أو مقاومة المقطع على التقعّر .

لإجراء التكاملات الممثّلة بالعلاقات رقم **(2)** سنعمد إلى تقسيم المقطع إلى عدة جدران مستقيمة ذات سماكة ثابتـة ، الشكل [11] ، وسنعمل على تحديد إحداثيات نقطة البدايـة والنهايـة لكـل جـدار بالنسـبة للجملـة الإحداثيـة العامـة أي :

إحداثيات نقطة البداية للجدار رقم (i) $x_{a,i} \; , \; y_{a,i} \; , \; \omega_{a,i}$

إحداثيات نقطة النهاية للجدار رقم (i) $x_{e,i} \; , \; y_{e,i} \; , \; \omega_{e,i}$

وباعتبار طول الجدار رقم (i) هو $\mathbf{b_i}$ وسماكته $\mathbf{h_i}$ يمكن كتابة العلاقات التي تعطي قيم المقطـع بدلالـة إحداثيات البدايـة والنهايـة لكل جدار كما يلي :

$$\begin{cases} F = \sum_i b_i \cdot h_i \\ F_x = \frac{1}{2} \cdot \sum_i \left(x_{a,i} + x_{e,i} \right) . F_i \\ F_y = \frac{1}{2} \cdot \sum_i \left(y_{a,i} + y_{e,i} \right) . F_i \\ F_\omega = \frac{1}{2} \cdot \sum_i \left(\omega_{a,i} + \omega_{e,i} \right) . F_i \\ F_{xx} = \frac{1}{3} \cdot \sum_i \left(x_{a,i}^2 + x_{e,i}^2 + x_{a,i} \cdot x_{e,i} \right) . F_i \\ F_{yy} = \frac{1}{3} \cdot \sum_i \left(y_{a,i}^2 + y_{e,i}^2 + y_{a,i} \cdot y_{e,i} \right) . F_i \\ F_{xy} = \frac{1}{6} \cdot \sum_i \left(2x_{a,i} \cdot y_{a,i} + 2x_{e,i} \cdot y_{e,i} + x_{a,i} \cdot y_{e,i} + x_{e,i} \cdot y_{a,i} \right) . F_i \\ F_{x\omega} = \frac{1}{6} \cdot \sum_i \left(2x_{a,i} . \omega_{a,i} + 2x_{e,i} . \omega_{e,i} + x_{a,i} . \omega_{e,i} + x_{e,i} . \omega_{a,i} \right) . F_i \\ F_{y\omega} = \frac{1}{6} \cdot \sum_i \left(2y_{a,i} \cdot \omega_{a,i} + 2y_{e,i} \cdot \omega_{e,i} + y_{a,i} \cdot \omega_{e,i} + y_{e,i} \cdot \omega_{a,i} \right) . F_i \\ F_{\omega\omega} = \frac{1}{3} \cdot \sum_i \left(\omega_{a,i}^2 + \omega_{e,i}^2 + \omega_{a,i} \cdot \omega_{e,i} \right) . F_i \end{cases}$$

**** حساب قيم المقطع بالنسبة للجملة الإحداثية الثانية***

إن مبدأ الجملة الإحداثيـة الثانيـة هو **مركز ثقل مقطع عنصر التقوية** والذي يحدّد بواسطة العلاقات التالية :

$$x_S = \frac{F_x}{F} \quad , \quad y_S = \frac{F_y}{F} \qquad \textbf{(4)}$$

y_S , x_S إحداثيات مركز ثقل المقطع بالنسبة للجملة الإحداثية العامة ،

الإحداثي ω لنقطة مبدأ الإحداثيات $(\overline{\omega})$ للجملة الإحداثية الثانية ، أي الإحداثي ω للنقطـة $\overline{M}_0$ نحصل عليه من العلاقة :

$$\omega_0 = \frac{F_\omega}{F} \qquad \textbf{(5)}$$

أما قيم المقطع بالنسبة للجملة الإحداثية الثانية ، فستعطى بالاعتماد على العلاقات **(3)** كما يلي :

$$
(6)\quad
\begin{cases}
F_{\overline{xx}} = F_{xx} - \dfrac{F_x \cdot F_x}{F} \\
F_{\overline{yy}} = F_{yy} - \dfrac{F_y \cdot F_y}{F} \\
F_{\overline{xy}} = F_{xy} - \dfrac{F_x \cdot F_y}{F} \\
F_{\overline{x\omega}} = F_{x\omega} - \dfrac{F_x \cdot F_\omega}{F} \\
F_{\overline{y\omega}} = F_{y\omega} - \dfrac{F_y \cdot F_\omega}{F} \\
F_{\overline{\omega\omega}} = F_{\omega\omega} - \dfrac{F_\omega \cdot F_\omega}{F}
\end{cases}
$$

*** حساب قيم المقطع بالنسبة للجملة الإحداثية الثالثة**

إن ما يلزمنا في الدراسة القادمة هو مقاومة المقطع على الفتل القسري ، أو ما سـمّيناه بعـزم العطالة المقطعي ، ويلزمنا كذلك موقع مركز الفتل للمقطع .

إحداثيات **مركز الفتل** بالنسبة للجملة الإحداثية العامّة تعطى بالعلاقات التالية :

$$
(7)\quad
\begin{cases}
y_m = \dfrac{F_{\overline{xy}} \cdot F_{\overline{y\omega}} - F_{\overline{yy}} \cdot F_{\overline{x\omega}}}{F_{\overline{xx}} \cdot F_{\overline{yy}} - F_{\overline{xy}}^2} \\[2ex]
x_m = -\dfrac{F_{\overline{xy}} \cdot F_{\overline{x\omega}} - F_{\overline{xx}} \cdot F_{\overline{y\omega}}}{F_{\overline{xx}} \cdot F_{\overline{yy}} - F_{\overline{xy}}^2}
\end{cases}
$$

في حالة **المقاطع المتناظرة** بالنسبة للمحورين **y , x** ينطبق مركز فتل المقطع على مركز ثقلـه .

إن **عزم العطالة المقطعي** (مقاومة المقطع على الفتل القسري) بالنسبة للجملة الإحداثيـة الثالثـة ، أي باعتبار مركز الفتل هو مركز الدوران ، ونقطة مبدأ الإحداثي $\tilde{\omega}$ هي $\tilde{M}_0 \equiv \overline{M}_0$ ، يمكن حسابه كما يلي :

$$
(8)\quad F_{\tilde{\omega}\tilde{\omega}} = F_{\overline{\omega\omega}} + y_m \cdot F_{\overline{x\omega}} - x_m \cdot F_{\overline{y\omega}}
$$

حيث أنّ (y_m , x_m) إحداثيات مركز فتل مقطع عنصر التقوية منسوباً للمحاور الإحداثيـة العامـة (الجملة الإحداثية الأولى) والمعطاة بالعلاقة **(7)** .

أما **مقاومة مقطع عنصر التقوية على الفتل الصافي** أو فتل " **سانت فنانت** " (I_t) فيمكن حسـابها بالعلاقـة التاليـة :

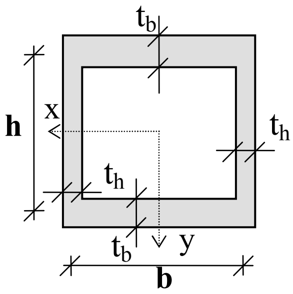
$$I_t = \frac{1}{3}\sum_{i=1}^{nt} b_i \cdot h_i^3 \qquad \textbf{(9)}$$

وهنا تعني :

n_t عددالجدران التي يتألف منها المقطع ،

b_i طول الجدار (i) ،

h_i سماكة الجدار (i) ،



الشكل [12]

بالنسبـة لعناصر التقوية ذات **المقطع المغلق الوحيد (النّواة)** والموضّح في الشكل [12] ، فإن **عطالتها المقطعيّة** تحدد بالعلاقـة :

$$F_{\tilde{\omega}\tilde{\omega}} \approx 0 \qquad \textbf{(10)}$$

ومقاومتها على الفتل الصافي (فتل سانت فنانت) تعطى بالعلاقـة التاليـة:

$$I_t = \frac{4b^2 \cdot h^2}{\frac{2b}{t_b} + \frac{2h}{t_h}} \qquad \textbf{(11)}$$

حيث أنّ القيم **b , h** تمثّل الأبعاد بين محاور جدران عنصـر التقويـة و t_b , t_h تمثّـل سماكات هذه الجدران كما في الشكل السابق .

4-3-2 حساب قيم المقطع للجائز الشّامل

صلابات الجائز الشامل حول المحاور y , x هي عبارة عن مجموع صـلابات عناصـر التقويـة الموجودة في المسقط وذلك حول المحاور x , y المارّة من مركز ثقل كل عنصر علـى حـده ، ويمكـن حسابها كما يلي :

$$BI_y = \sum_{j=1}^{ne} BI_{y,j} = \sum_{j=1}^{ne} E_{b,j} \cdot I_{y,j}$$

$$BI_x = \sum_{j=1}^{ne} BI_{x,j} = \sum_{j=1}^{ne} E_{b,j} \cdot I_{x,j} \qquad \textbf{(12)}$$

$$BI_{xy} = \sum_{j=1}^{ne} BI_{xy,j} = \sum_{j=1}^{ne} E_{b,j} \cdot I_{xy,j}$$

حيث أن : $Eb\ (kN/m^2)$ عامل المرونة للبيتون .

ne : عدد عناصر التقوية

وبالاعتماد على العلاقات **(6)** نعرف مايلي :

$$I_{y,j} = \int x^2 dF = F_{\overline{xx},j}$$

(13) $$I_{x,j} = \int y^2 dF = F_{\overline{yy},j}$$

$$I_{xy,j} = \int x.y\ dF = F_{\overline{xy},j}$$

وهنا تعني $I_{xy,j}$, $I_{x,j}$, $I_{y,j}$ عزوم عطالة عنصر التقويـة (j) حول المحاور **y , x** .

صلابة المنشأ على الفتل الفسري C_M أو ما يسمّى بـ " عزم العطالة المقطعي للمنشأ " ، تعطـى بالعلاقـة التاليـة :

(14) $$E_b . C_M = \sum_{j=1}^{ne} \Big(E_{b,j} \cdot I_{x,j} \cdot X^2_{Mm,j} + E_{b,j} \cdot I_{y,j} \cdot Y^2_{Mm,j} + E_{b,j} \cdot C_{M,j} - 2E_{b,j} \cdot I_{xy,j} \cdot X_{Mm,j} \cdot Y_{Mm,j} \Big)$$

$C_{M,j}$ مقاومة عنصر التقوية (j) على الفتل القسـري أو " عـزم العطالـة المقطعي لعنصر التقويـه (j) " .

وبالاعتماد على العلاقات **(8)** تكون :

(15) $$C_{M,j} = F_{\tilde{\omega}\tilde{\omega}}$$

$X_{Mm,j}$ ، $Y_{Mm,j}$ إحداثيات مركز الفتل التابع لعنصر التقوية رقم " j " بالنسبـة للمحاور المارة من مركز فتل المنشأ وتعطى بالعلاقات التاليـة :

(16)

$$X_{Mm,j} = x_{m,j} - X_M$$

$$Y_{Mm,j} = y_{m,j} - Y_M$$

حيث أنّ $\left(y_{m,j}\ ,\ x_{m,j}\right)$ إحداثيات مركز فتل مقطع عنصر التقوية (j) منسوباً للمحاور الإحداثيـّـة العامة والمعطاة سابقاً ، انظرالعلاقة **(7)** .

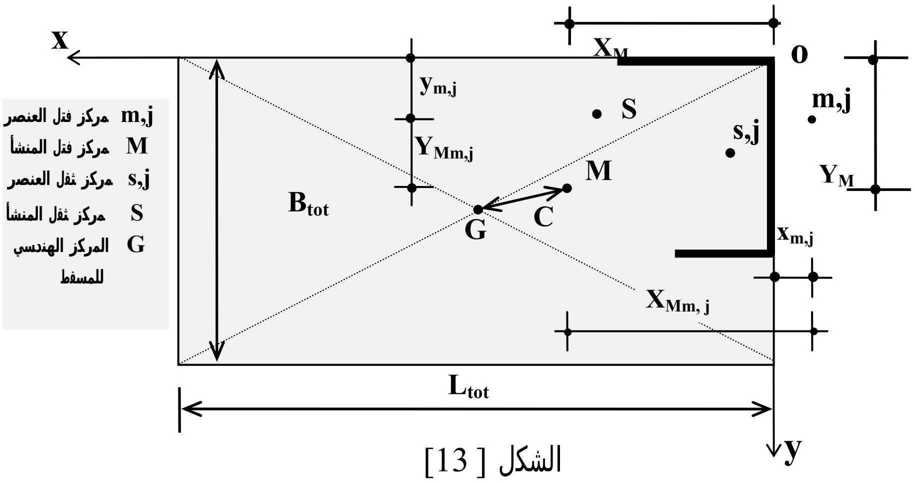
أما **إحداثيات مركز الفتل للمنشأ بالنسبة للمحاور الإحداثية العامّـة** $\left(X_M\ ,\ Y_M\right)$ فتحـدّد بالعلاقتيـ ـن التاليتيـ ن :

$$\begin{cases} Y_M = \dfrac{R_1 \cdot BI_{xy} - R_2 \cdot BI_x}{\Delta} \\ X_M = \dfrac{R_1 \cdot BI_y - R_2 \cdot BI_{xy}}{\Delta} \end{cases} \qquad \textbf{(17)}$$

حيث أن :

$$\begin{cases} R_1 = \sum\limits_{j=1}^{ne} E_{b,j} \cdot I_{x,j} \cdot x_{m,j} - \sum E_{b,j} \cdot I_{xy,j} \cdot y_{m,j} \\ R_2 = \sum\limits_{j=1}^{ne} E_{b,j} \cdot I_{xy,j} \cdot x_{m,j} - \sum E_{b,j} \cdot I_{y,j} \cdot y_{m,j} \\ \Delta = BI_x \cdot BI_y - BI_{xy}^2 \end{cases} \qquad \textbf{(18)}$$

وهنا تعبّـر القيـم $y_{m,j}\ ,\ x_{m,j}$ ، كما ذُكر سابقاً ، عن إحداثيات مركز فتل العنصر (j) بالنسـبة للمحاور الإحداثيـة العامـة ، الشكل [13] .



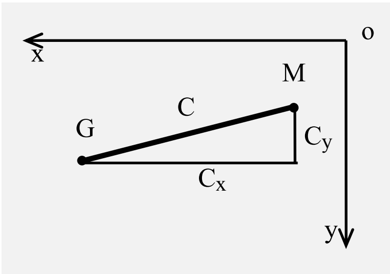
الشكل [13]

البعد C بين مركز فتل المنشأ M والمركز الهندسي للمسقط G

يمكن حسابـه ، بالاستعانـة بالشكليـن [13] و [14] ، كما يلي :

(19) $$C = \sqrt{C_x^2 + C_y^2}$$

حيث أنّ :



$$\ldots t - X_M$$

الشكل [14]

$$C_y = \frac{B_{tot}}{2} - Y_M$$

وإحداثيّات مركز ثقل المنشأ S ، والتي لن تلزم في دراستنا هذه تعطى بالعلاقات التاليـة :

(21)
$$\begin{cases} X_S = \dfrac{\sum F_{,j} \cdot x_{s,j}}{\sum F_{,j}} \\ Y_S = \dfrac{\sum F_{,j} \cdot y_{s,j}}{\sum F_{,j}} \end{cases}$$

وهنا تعني :

$F_{,j}$ مساحة عنصر التقوية رقم j ،

$x_{s,j}$, $y_{s,j}$ إحداثيات مركز ثقل عنصر التقوية رقم j .

صلابة الجائز الشّامل على الفتل الصّافي DI تساوي مجموع صلابات عناصر التقوية على الفتـل الصافي أو ما يسمى فتل " سانت فنانت " ، وتعطى بالعلاقة :

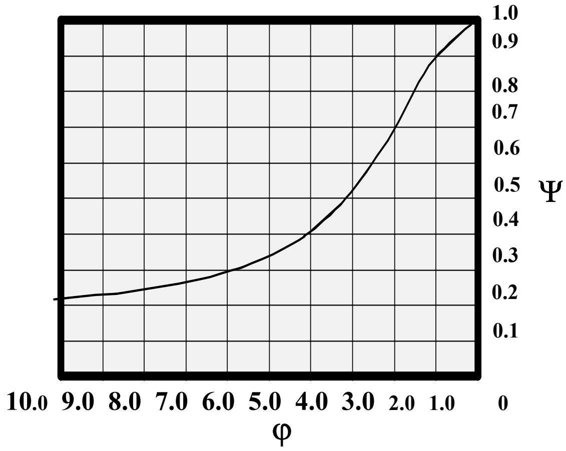
(22) $$DI = \sum_{j=1}^{ne} G_{,j} \, I_{t,j}$$

حيث أنّ : $G\ (kN/m^2)$ عامل المرونة العرضاني للبيتون ،

(23) $$\varphi = H_{tot} \cdot \sqrt{\frac{DI}{E_b \cdot C_M}}$$ ثابتة الفتل ،

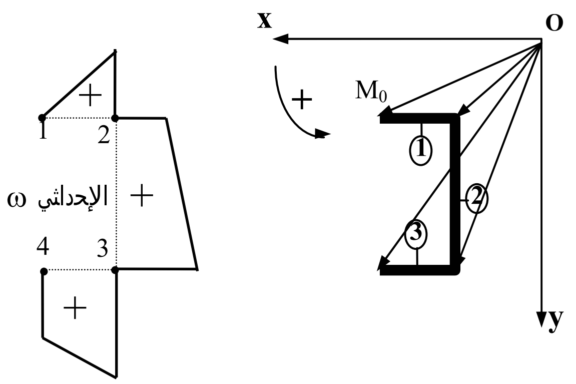
$$\Psi = f(\varphi) = \frac{1 + 0.03\varphi^2}{1 + 0.165\varphi^2}$$ تابع من ثابتة الفتل ، **(24)**

وحسب الشكل [15] يمكن اعتبار $\Psi = 0.228$ عندما تكون $\varphi \geq 10$



الشكل [15]

أمّا الإحداثي ω او مايسمى بالمساحة التقعّرية ، فيتم تحديده بالنسبة لمركز الدوران الافتراضي (**O**) ونقطة المبدأ $\mathbf{M_0}$ كما يلي ، الشكل [16] :



الشكل [16]

الإحداثي ω للنقطة $\mathbf{M_0}$ يساوي الصفر.
الإحداثي ω للنقطة **2** يساوي ضعف المساحة التي يرسمها الشعاع $\mathbf{OM_0}$ عندما تتحرك نهايته من النقطة **1** إلى **2** ، وإشارته موجبة عندما يدور الشعاع عكس عقارب الساعة ، ويساوي حاصل جداء طول الجدار **1** مع البعد العمودي بين النقطة **O** والجدار **1** .

3 - استنتاجات ومقترحات

تكتفي أنظمة القياسات العربية ، فيما يتعلّق بالأبنية متعدّدة الطوابق ، بتحقيق السهم النّاجم عن تـأثير القوى الأفقيـة عند قمّـة البناء ، وبتحقيق الإجهادات الناجمة عن تأثير القوى الأفقية والشـاقولية المطبّقـة على المنشأ وذلك عند مقطع الوثاقة ، دون التطرّق الى الشروط اللازمة لاستقرار المنشأ تحت تأثير الحمولات الشاقولية .

إن دراسة استقرار المنشأ لا تتم إلاّ بأخذ التأثير المشترك للقوى الأفقية والشاقولية المؤثّرة على المبنى بعين الاعتبار ؛ غالباً ما تكون هذه الدراسة معقّدة ولا يمكن إجراءها إلا باستخدام العقل الإلكتروني .

فيما تقدّم تم شرح طريقة مبسّطة لتقييم استقرار الأبنيـة العاليـة باسـتخدام عوامـل عـدم الاستقرار . هذه العوامل تسمح لنا بالتأكّد من استقرار المنشأ وتعطينا فكرة أوليّـة عن صلابتـه ضد القـوى الأفقيـة ، بالإضافة الى ذلك فإنها تؤمّن للمصمم الحدود والمجالات التي يحقّ له ضمنها إجـراء الدراسـة حسب النظرية الخطّية الهندسيّـة ، أي بإهمال القوى والعزوم الإضافيّـة النّاجمة عن الانتقالات الأفقيـة في المنشأ .

إن أهم العوامل التي تؤثّر على استقرار المنشأ والتي يجب مراعاتها في المراحل الأولى للتصـميم ، هي :

1- أبعاد مسقط البناء ،

2- الارتفاع الكلّي للمبنى ،

3- أبعاد عناصر التقوية ونوعيّة مادّة البناء ،

4- بعد مركز فتل المنشأ عن المركز الهندسي للمسقط ،

5- الحمولات الشاقولية الكلّية المؤثّرة على المبنى ،

6- توزّع عناصر التقوية في المسقط .

وبناءً على دراسـات وأبحـاث متعـدّدة في هذا المجال ، يمكن إعطاء النصائح التاليـة لتأميــن استقرار أكبـر للمنشأ :

1- أن يكون البعد بين عنصر التقوية ومركز فتل المنشأ كبيراً ،

2- أن يكون موقع نواة المصعد في مركز مسقط البناء ،

3- أن تكون نقطة تأثير محصّلة القوى الشاقولية قريبة من مركز فتل المنشأ .

من الجدير بالذكر أن دراسة استقرار الأبنية العالية تزداد تعقيداً في الجمل الإنشائية المؤلّفة من إطارات أو جدران قص حاوية على فتحات ، والتي تحوي على عناصر تقوية غير ثابتة المقطع على كامل ارتفاع المنشأ . تتم معالجة هذا النوع من الأبنية العالية باستخدام البرامج الإنشائية المتطوّرة .