

## 5- السهوم في العناصر البيتونية المسلحة الخاضعة لانعطاف

### (حالة الحد من السهم المعيب)

#### 1-5 مقدمة - عموميات

تعتبر دراسة السهوم ذات أهمية كبيرة فيما يخص المبني العادي، إذ إنه لاعتبارات معمارية هناك ميول لأخذ ارتفاعات صغيرة للجوائز في بعض الأحيان، كما أن تلك الجوائز تحمل القواطع والإكساءات (عناصر غير إنسانية)، وبالتالي تؤدي زيادة السهوم عن الحدود المسموحة، ليس فقط إلى تشويه الشكل العام أمام الناظرين، وإنما أيضاً إلى تشقق هذه العناصر غير الإنسانية وبالتالي يجب أن تكون العناصر الإنسانية المعرضة لعزوم انعطاف ذات صلابة كافية لمنع حدوث السهوم الضارة التي تؤثر على مقاومة هذه العناصر غير الإنسانية أو على صلاحيتها للاستثمار.

في الواقع، إن هذه السهوم والتشوهات المفرطة في البلاطات والجوائز، كثيراً ما تسبب العيوب التالية:

- تشقات العناصر الإنسانية ذاتها (المناطق المشدودة).
- تشقات القواطع وطبقات الإكساء المحمولة.
- تخريب إكساءات السقوف والأرضيات.

عند تصميم عناصر المنشآت البيتونية المسلحة بطريقة المرونة، تكون المقاطع الناتجة عن التصميم ذات صلابة عالية نسبياً لأن البيتون والفولاذ يعملان في المرحلة المرنة مما يؤدي إلى حدوث سهوم صغيرة يمكن إهمال أثرها، أما عند التصميم بطريقة الحد الأقصى فإن البيتون والفولاذ يعملان في مرحلة اللدونة ومع استخدام بيتون وفولاذ بمقاييس عالية تصبح المقاطع أصغر وبالتالي يتزايد أثر السهوم الناتجة عن التشوهات في مرحلة الاستثمار.

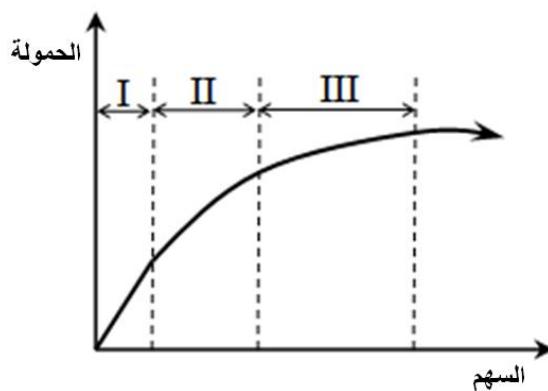
إذا وصلت المنشأة أو العنصر الإنسائي إلى وضعية حدية تتجاوز السهوم فيه قيمة معينة تحددها الكودات الخاصة (السوري مثلاً)، فإنه يخرج بعدها عن العمل ويصبح غير قابل للاستثمار. ولذلك في خطر تجاوز السهوم لتلك الحدود تفرض الأنظمة التحقق من السهوم، وهذا ما يسمى حالة الحد من السهم المعيب. وليس من الضروري تحديد قيم السهوم في جميع العناصر وإنما يكتفى فقط بتحقيقها وحساب تأثيرها على العناصر الرئيسية الحاملة والتي يمكن أن تتأثر بالسهوم الكبيرة الناتجة عن الأحمال اللحظية أو طولية الأمد.

يؤثر على قيم السهوم عدة عوامل أهمها طبيعة المنشأ وتوسيع العناصر الإنسائية ومدى تأثر المنشأ بالاهتزازات وفترة تواجد الحمولات الحية.

وبشكل عام، نلاحظ أن أي عنصر يضم ضمن الحدود الاقتصادية ستكون السهم فيه محققة، إلا أنه في بعض الحالات التي نضطر فيها إلى اختيار أبعاداً صغيرة للمقاطع أو عندما تكون الحمولات المطبقة كبيرة جداً فلا بد من حساب السهم للتحقق منها.

#### 5-2- مراحل تطور السهم في الجوائز البetonية المسلحة

تبين الدراسات والأبحاث وجود ثلاث مناطق لعلاقة الحمولة - السهم، لجائز بيتوني مسلح، كما هو موضح في الشكل (1-5).



الشكل (1-5): علاقة الحمولة - السهم لجائز من البيتون المسلح

#### - المجال (I): مرحلة ما قبل التشقق

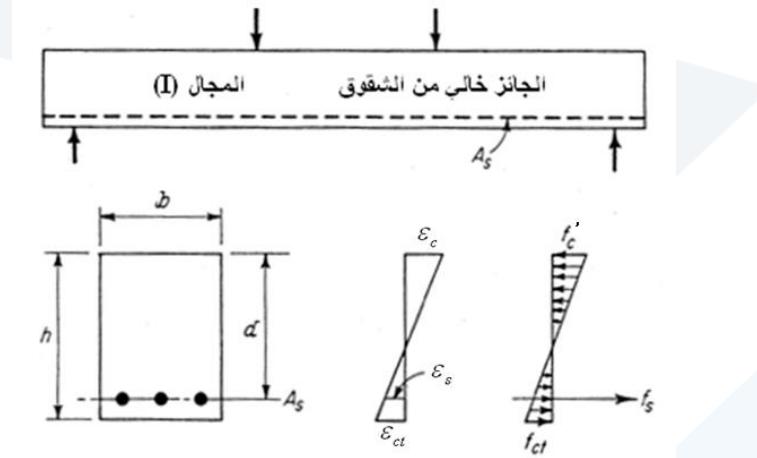
في هذا المجال، يكون الجائز فيها حالياً من الشقوف (الشكل 5-2)، ويكون المنحني حمولة - سهم مستقيم، وبالتالي يكون سلوك الجائز من بشكل كامل، أي إن إجهاد الشد الأعظمي في الجائز أقل من مقاومة البيتون على الشد بالانعطاف.

يعبر عن صلابة الجائز بالانعطاف بالقيمة  $EI$  ، حيث  $E = E_c$  يمثل عامل مرونة البيتون، و  $I_g = I$  هو عزم عطالة المقطع البetonاني غير المتشقق (يؤخذ بإهمال فولاذ التسلیح)، وفي حال حساب عزم العطالة  $I_g$  بدقة يجب إدخال عزم

عطالة فولاذ التسلیح وذلك بتحويل مقطع التسلیح  $A_s$  إلى مقطع مكافئ من البيتون بالضرب بعامل التعادل  $n = \frac{E_s}{E_c}$

$$\text{فيصبح: } \frac{E_s}{E_c} \times A_s = nA_s = A_s$$

المقطع المكافئ، حيث  $E_s$  عامل مرونة فولاذ التسلیح، نحسب مركز ثقله ثم عزم عطالته.



الشكل (5-2): جائز محمل بحمولات مركزة في مرحلة ما قبل التشقق

وعند وصول اجهادات الشد في البيتون إلى مقاومة البيتون على الشد بالانعطاف ( مقاومة الشد الأقصى للبيتون )، يظهر الشق الأول الناتج عن الانعطاف مؤدياً إلى نهاية المنطقة (I) وببداية المنطقة (II).

وتحسب مقاومة الشد الأقصى للبيتون بالانعطاف في حالة البيتون العادي كتابع للمقاومة المميزة للبيتون على الضغط :

$$f_{cb} = 0.74\sqrt{f'_c} \left( N/mm^2 \right)$$

وبالتالي يكون عزم الانعطاف الأصغرى المسبب للتشقق:

$$M_{cr} = \frac{f_{cb} I_g}{y_t}$$

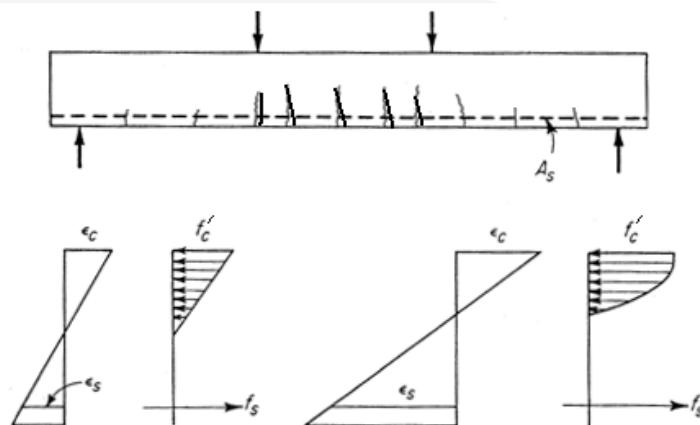
حيث  $y_t$  يمثل البعد من مركز ثقل المقطع حتى الطرف الأقصى لليف المشدود من المقطع غير المتشقق (بعد الليف

$$y_t = \frac{h}{2} .$$

الأقصى المشدود عن مركز الثقل) ويساوي في حالة المقاطع المستقيمة:

#### المجال (II): مرحلة ما بعد التشقق - حمولات الخدمة (استثمارية)

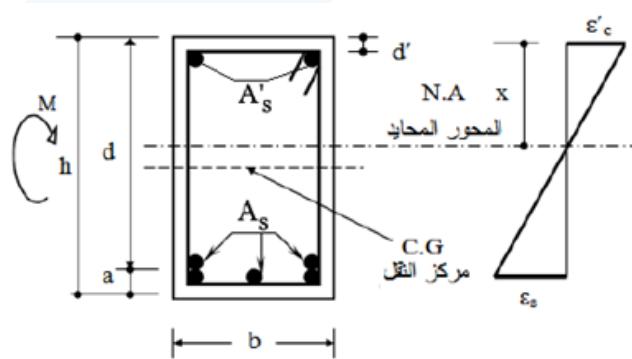
وهي المرحلة التي فيها يبدأ ظهور الشقوق في الجائز، ومن الملاحظ أن السلوك الفعلى لمعظم الجوائز في هذه المنطقة يكون عند حمولة التشغيل. ويبين الشكل (3-5) توزع الاجهادات والتشوهات في مقطع بيتوبي مستطيل مسلح بتسلیح شد فقط ومتشقق. تكون أبعاد الشقوق الناتجة عن الانعطاف متغيرة على طول المجاز وذلك تبعاً لمستوى الإجهاد في كل منطقة، إذ تكون الشقوق أطول وأوسع في منتصف الجائز حيث الإجهاد الأكبر الموافق لعزم الانعطاف الأعظمي، في حين تصبح ضيقة وثانوية بالقرب من المساند في جائز بسيط (تشققات ناجمة عن انعطاف).



الشكل (5-3): التشوّهات المرنّة وتوزُّع الإجهادات في مقطع بيتوني مسلح متشقّق

تنخفض مساحة البeton في منطقة الشد بسبب خروج البeton المتشقّق من العمل، وبالتالي تنخفض صلابة المقطع، مما يؤدي إلى انخفاض ميل المنحني حمولة - سهم في هذه المنطقة (II) عنه في المنطقة (I).

ويستمر نقصان صلابة المقطع مع تزايد الشقوق وزيادة طول التشقّق حتّى الوصول إلى المحور السليم وبالتالي خروج كامل البeton في منطقة الشد عن العمل وذلك تحت تأثير حمولة التشغيل (الشكل 5-4)، ونسمى القيمة الحدية الدنيا لعزم العطالة في هذه الحالة عزّم العطالة للمقطع الفعال المكافئ المتشقّق  $I_{cr} < I_g$  ، ويحسب من مبادئ ميكانيك الإنشاءات، فهو عبارة عن عزم عطالة البeton المضغوط وعزم عطالة فولاذ تسليح الشد وفولاذ تسليح الضغط (إن وجد) بالنسبة للمحور السليم.



الشكل (4-5)

وفي حالة المقطع المستطيل بتسلیح ضغط وتسلیح شد يعطى بالعلاقة التالية:

$$I_{cr} = \frac{bx^3}{3} + n A'_s (x - d')^2 + n A_s (d - x)^2 < I_g$$

حيث:

$b$ : عرض المقطع البيتوني.

$x$ : ارتفاع منطقة الضغط : بعد المحور المحايد عن الليف الأقصى المضغوط.

$$n = \frac{E_s}{E_c} : عامل التعادل.$$

$A'_s$ : مساحة التسلیح المضغوط.

$d'$ : بعد مركز ثقل التسلیح المضغوط عن الليف الأقصى المضغوط.

$A_s$ : مساحة التسلیح المشدود.

$a$ : بعد مركز ثقل التسلیح المشدود عن الليف الأقصى المشدود.

$d = h - a$ : الارتفاع الفعال للمقطع.

نلاحظ أنه لتحديد  $I_{cr}$  ، يجب معرفة ارتفاع منطقة الضغط.

بالاعتماد على الفرضيات التالية:

- توزيع التشوهات في المقطع العرضي خطياً.

- إهمال بيتون منطقة الشد.

- البيتون والفولاذ ضمن المجال المرن.

نجد من معادلة إسقاط القوى (إهمال مساحة الفولاذ المضغوط):

$$A_s f_s = \frac{1}{2} b x f'_c$$

حيث:

$f_s = E_s \varepsilon_s$  : الإجهاد في الفولاذ المشدود.

$f'_c = E_c \varepsilon'_c$  : الإجهاد في البيتون المضغوط.

وبالتالي يكون:

$$A_s \cdot E_s \cdot \varepsilon_s = \frac{b x}{2} E_c \cdot \varepsilon'_c$$

ومن تشابه المثلثات، يكون لدينا:

$$\begin{aligned} \frac{\varepsilon'_c}{x} &= \frac{\varepsilon_s}{d-x} \Rightarrow \varepsilon_s = \varepsilon'_c \frac{d-x}{x} \\ \Rightarrow A_s E_s \varepsilon'_c \frac{d-x}{x} &= \frac{b x}{2} E_c \varepsilon'_c \Rightarrow A_s \frac{E_s}{E_c} \frac{d-x}{x} = \frac{b x}{2} \\ A_s n \frac{d-x}{x} &= \frac{b x}{2} \Rightarrow n A_s (d-x) = \frac{b x^2}{2} \Rightarrow \frac{b x^2}{2} - n A_s (d-x) = 0 \end{aligned}$$

ويتضح لدينا أن معادلة العزم статический للمقطع المتشقق حول المحور المحايد:

$$\frac{b}{2} x^2 + n A_s x - n A_s d = 0$$

هي معادلة من الدرجة الثانية بالنسبة لـ  $x$  ، بحلها نحصل على  $x$  ، ثم نعرض في معادلة  $I_{cr}$  التي تصبح في حالة عدم وجود فولاذ مضغوط على الشكل التالي:

$$I_{cr} = \frac{bx^3}{3} + n A_s (d-x)^2 < I_g$$

حيث

عزم عطالة منطقة الضغط حول المحور المحايد (التي تمثل قاعدة مثلث الضغط) مع إهمال

البيتون المشدود المتشقق أسفل المحور المحايد.

عزم عطالة فولاذ التسلیح المشدود حول المحور المحايد مع إهمال عزم عطالته حول محور مار من مركز ثقله لأنّه صغير.

وفي هذه المرحلة، نلاحظ أن المقطع العرضي يكون متشققاً في جزء من الجائز فقط، وهو القسم الواقع تحت إجهادات الشد بالانعطاف الأعظمية (منطقة العزم الأعظمي)، أما باقي أجزاء الجائز ف تكون غير متشققة، وبالتالي ذات صلابة أكبر من صلابة القسم المتشقق تساهم بها في زيادة صلابة الجائز ككل.

وتتراوح قيمة الصلابة الفعلية لجائز بين  $E_c I_g$  و  $E_c I_{cr}$  ، وتعتمد هذه الصلابة على ما يلي:

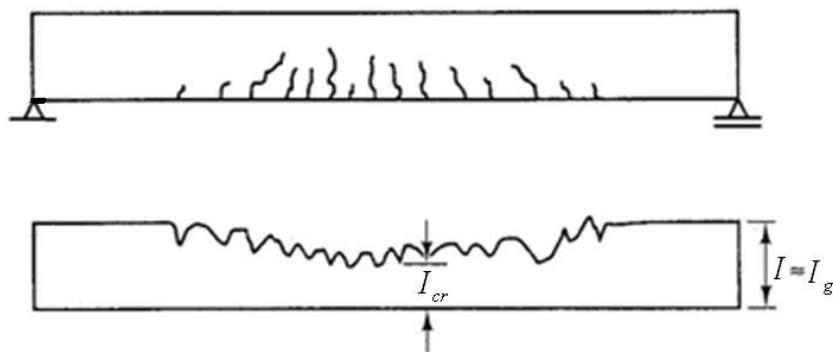
- مقدار التششقق.

- توزيع الحمولات.

- مساهمة البيرتون المتواجد بين الشقوق.

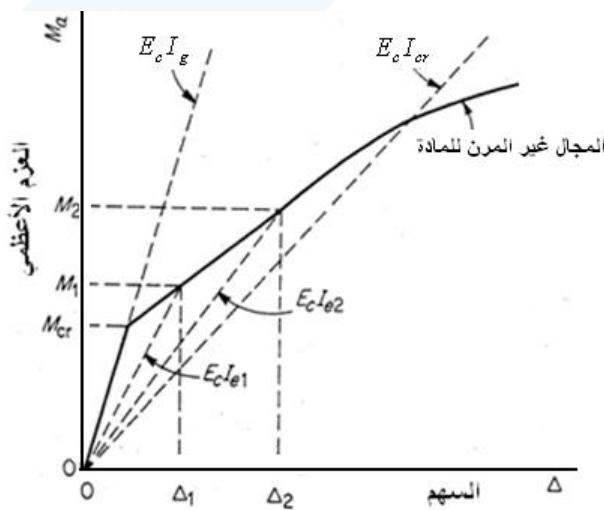
ونجد بشكل عام اقتراب قيمة الصلابة من قيمة  $E_c I_{cr}$  ، عندما تقترب الحمولة من الحمولة المسببة لوصول فولاذ التسلیح إلى حد الخضوع.

إن عزم العطالة لقطع بيتوبي مسلح لا يمكن أن يبقى ثابتاً على طول المجاز. حيث إن ارتفاع المنطقة المعرضة لإجهادات ضغط وبالتالي ارتفاع الجزء المتشقق من المقطع يتأثر باختلاف قيم عزوم الانعطاف على طول المجاز مما يؤدي إلى اختلاف المقطع المكافئ وعزم العطالة للمقطع، وكذلك فإن مساحات التسلیح المستخدم تتغير في معظم الحالات على طول المجاز مما يؤدي أيضاً إلى تغيير الخواص الهندسية للمقطع المكافئ بما فيها عزم العطالة، كما هو مبين في الشكل (5-5).



الشكل (5-5): تغير عزم العطالة في جائز متشقق

ونستنتج من ذلك، أن السهوم في العنصر الإنشائي تتأثر بتغيرات عزم عطالة المقطع المتشقق، فعندما تكون الحمولات أقل من الحمولات المؤدية للتشققات فإن السهوم تناسب مع عزم عطالة المقطع الكلي  $I$  (غير المتشقق)، وبزيادة الحمولات تصبح السهوم متناسبة مع عزم عطالة المقطع المتشقق المكافئ، وبالتالي تكون العلاقة بين الحمولات (أو العزوم) المطبقة على العنصر وبين السهوم الفعلية الناتجة كما هو مبين في الشكل (6-5):



الشكل (6-5): العلاقة بين العزم المطبق والسهوم في جائز بيتوبي مسلح

نلاحظ من الشكل السابق أن السهم المحسوبة باعتبار عزم عطالة المقطع غير المتشقق أصغر من القيم الفعلية، كما أن السهم المحسوبة باعتبار عزم عطالة المقطع المكافئ المتشقق أكبر من القيم الفعلية إلا أن الفروق الناتجة تتناقص كلما اقتربنا من الحمولة (العزم) المسببة للتشقق أو حمولة الاستثمار (التشغيل).

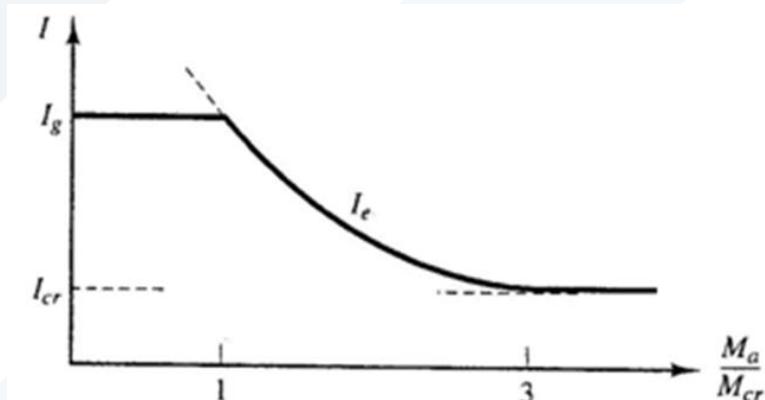
وتبين الدراسات المقاممة حول هذا الموضوع أنه يمكن الحصول على قيم السهم حسابياً بدرجة كافية من الدقة إذا اعتبرنا في الحساب عزم العطالة الفعال للمقطع المعرض لعزم انعطاف  $M_a$ ، وذلك وفق العلاقة التالية:

$$I_e = \left( \frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 I_g + \left[ 1 - \left( \frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 \right] I_{cr} \leq I_g$$

ويمكن أن تكتب هذه المعادلة أيضاً بالشكل التالي:

$$I_e = I_{cr} + \left( \frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 (I_g - I_{cr}) \leq I_g$$

ويوضح الشكل (7-5) العلاقة بين عزم العطالة الفعال  $I_e$  والنسبة  $\left( \frac{M_a}{M_{cr}} \right)$ .



الشكل (7-5)

تحدد السهم اللحظية مباشرة عند تطبيق الحمولات الدائمة أو المؤقتة، وتحسب السهم للمقاطع المرنة حسب النظريات الأساسية في مقاومة المواد وحساب الإنشاءات، وفي حالة الجوائز المستمرة ثابتة المقطع على طول المجاز، يمكن حساب السهم في منتصف المجاز حسب العلاقة التالية:

$$\delta = \frac{5L^2}{48E_c I_e} \left[ M_t - \frac{1}{10}(M_R + M_L) \right]$$

حيث:

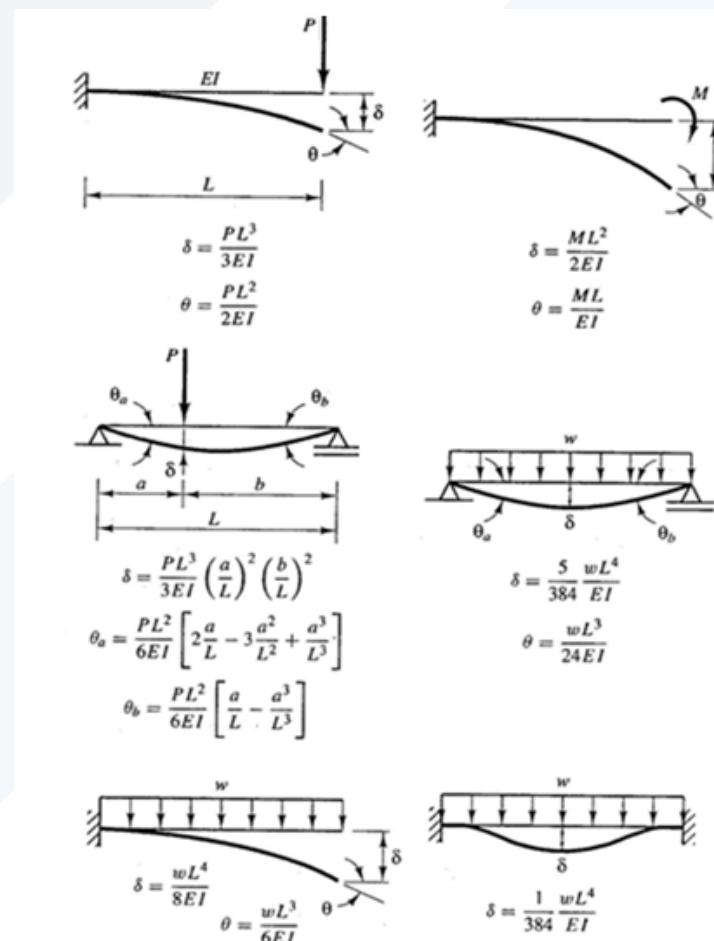
$M_t$ : العزم الموجب في منتصف الجائز.

: العزوم السالبة عند المساند وتوخذ بالقيم المطلقة.

: طول المجاز.

$$E_c = 4750\sqrt{f'_c} \text{ (MPa)}$$

ونبين في الشكل (8-5) قيم السهوم الآتية لحالات مختلفة من حيث الاستناد والتحميم، مع الإشارة إلى أن هذه العلاقات أعدت من أجل العناصر المتجانسة، لذا فهي تفرض صعوبات كثيرة عندما يراد تطبيقها على العناصر من البeton المسلح، حيث هناك صعوبة في تحديد قيمة عامل المرونة بشكل دقيق والذي يتغير كتابع للحمولة ولسرعة التحميل، وأكثر من ذلك يتغير، كما رأينا سابقاً، عزم العطالة من مقطع إلى آخر، حتى ولو بقي المقطع الهندسي ثابتاً، تبعاً لتغيير مقطع التسلیح على طول الجائز. وأخيراً لا يسلك البیتون المسلح في الأجزاء المضغوطة أو المشدودة السلوك نفسه، وبصورة خاصة إذا كان البیتون متشققاً حيث يخص تطاول الأجزاء المشدودة الفولاذ فقط وليس له أية علاقة بتطاول البیتون. نستنتج أنه يجب اعتماد قيم متغيرة لعامل المرونة تبعاً للحالة الإجهادية.



الشكل (8-5): قيم السهوم والدورانات الآتية لحالات مختلفة من حيث الاستناد والتحميم

ولتبسيط الحل يمكن أن نستخدم عند حساب السهم العلقات السابقة مع اعتماد مفهوم الصلابة الفعالة  $E_c I_e$ .  
هذا ويمكننا استخدام العلاقات التالية (الكود الفرنسي) في تحديد قيم السهم، على أن يضاف إليها قيم الانتقالات الناجمة عن دوران مقطع الوثافة إذا لم يكن هذا الدوران صغيراً بحيث يمكن إ忽اته.

$$\delta = \frac{M_a L^2}{10 E_c I_e} \quad - \text{ حالة الجوانز والأعصاب والبلاطات العاملة باتجاه واحد:}$$

$$\delta = \frac{M_a L^2}{4 E_c I_e} \quad - \text{ حالة الأظفار:}$$

حيث:

$M_a$ : عزم الانعطاف المؤثر في المقطع المدروس وفق حالة التحميل المعتمدة.

$L$ : طول المجاز المقاس بين وجبي الفتحة المدرosa، أو طول مجذب الظفر.

### المجال (III): مرحلة التشقق بعد صلاحية الجائز للاستثمار والحالة الحدية للسهم

#### عند الانهيار

يصل إجهاد فولاذ الشد في هذه المرحلة إلى حد الخصوع، حيث أصبح مخطط الحمولة – السهم، أقل ميلاً مقارنة مع المراحل السابقة (II & I)، ويعود ذلك لانخفاض الفعل في صلابة المقطع الناتج عن زيادة التشقق واتساع الشقوق على طول المجاز، حيث يستمر التشوه في قضبان التسلیح بالتزايد إلى ما بعد تشوّه الخصوع<sup>٤</sup>، وذلك مع تزايد الحمولة وبدون أي تزايد في الإجهادات. وفي هذه الحالة نعتبر أن الجائز قد انهار إنسانياً عن طريق الخصوع الأولي لفولاذ تسلیح الشد. ويستمر الجائز بالتقوس دون أي تحميل إضافي وتستمر الشقوق بالاتساع، ويستمر المحور المحايد بالارتفاع نحو الألياف الخارجية المضغوطة. وأخيراً يبدأ انهيار ثانوي بالضغط مسبباً تحطم كامل البيتون في منطقة العزم الأعظمي يتبعه انهيار الجائز.

وفي جائز بسيط الاستناد يتراوح التزايد في حمولة الجائز من أول خصوع لفولاذ تسلیح الشد إلى حمولة الانهيار بين (4-10)%.

ويمكن أن تكون قيمة السهم قبل الانهيار مساوية لعدة مرات قيمته عند الحمولة المسببة لخصوص الفولاذ المشدود، حيث تم من خلال الاختبارات العلمية تسجيل قيمة للسهم الأقصى تساوي (12-8) مرة قيمة السهم الموفق لأول خصوع، وذلك اعتماداً على نسبة (مجاز الجائز / الارتفاع)، والنسبة المئوية للتسلیح، ونوع التحميل ودرجة تحديد مقطع الجائز الفعال. ولن نتوسع أكثر في مناقشة السهم ما بعد الخصوع وكذلك السهم الحدي عند الانهيار لأنه ليس لهما أهمية كبيرة في التصميم.

على كل حال من المهم أن ندرك أن السهم الاحتياطي (أو سعة احتياطي السهم) هو معيار مهم للمطابقة في المنشآت الموجودة في المناطق الزلزالية وفي مناطق أخرى حيث يكون فيها احتمال تزايد الحمولة كبيراً.

### 3-5- حساب السهم في العناصر الخاضعة لانعطاف

#### أ- متطلبات الاستغناء عن حساب السهم:

يمكن الاستغناء عن حسابات السهم في المقاطع الخاضعة لعزوم انعطاف في كل من الحالات التالية:

- عندما تتحقق الحدود الدنيا، المتعلقة بنسبة الارتفاع الكلي للمقطع إلى طول مجازه.

$$\mu_s = \frac{A_s}{b_w d} \leq 0.18 \frac{f_c'}{f_y}$$

ب - وعندما يكون العنصر المدروس غير محقق لأي من الاشتراطات السابقة، يجب دراسة السهم والتحقق من أنه أصغر من السهم المسموح المحدد من قبل الكود، بمعنى دراسة حالة الحد من السهم المعيب. وفي كل الأحوال يجب التتحقق من السهم للجوائز التي يزيد مجازها الفعال عن ( $L > 8m$ ) ، حتى وإن تم تحقيق شرط الارتفاع.

#### ج - السهم النهائية المفيدة عند المقارنة مع السهم المسموحة:

$\delta_{pi}$ : السهم الآني الناجم عن الحمولات الإضافية ( $P$ ) ، حيث مدة تطبيق الحمولة  $t \leq 24\text{hours}$ .

$\delta_{max} = \delta_{gi} + \delta_{gf} + \delta_{pi}$  ✓

$\delta'_{max} = \delta_{max} - \delta_{g0i}$  ✓

حيث:

$\delta_{g0i}$ : السهم الآني الناجم عن الوزن الذاتي والحمولات الدائمة قبل الانكساء إن وجدت.

$\delta_{gi}$ : السهم الآني الناجم عن الحمولات الدائمة ( $G$ ).

$\delta_{gf} = \alpha \delta_{gi}$  : السهم طويل الأمد الناجم عن الحمولات الدائمة ( $G$ ) (جريان:  $t > 24\text{hours}$ )

$$\alpha = \frac{\sum A'_s}{1 + 50 \frac{A'_s}{b_w d}} \geq 0.8$$

$A'_s$  : مساحة تسليح الضغط في المقطع، عند منتصف المجاز للجوائز البسيطة أو المستمرة، وعند المسند

للجائز الظفرى.

$f(t, \dots)$  : عامل تجاري يتعلق بمدة التحميل للحمولات الدائمة المطبقة، التي انقضت وقت حساب

السهم. ويؤخذ من الجدول (1-5).

مدة التحميل ( $t$ )	شهر واحد	ستة أشهر	سنة واحدة	ثلاث سنوات أو أكثر
٣	1	1.2	1.4	2

(1-5) الجدول

ملاحظة: في حالة البلاطات العاملة باتجاهين نعتمد  $3 = \infty$  ، عندما يكون ( $t \geq 5 \text{ years}$ ) .

د - السهم المسموحة وفق الكود السوري:  
لا يجوز أن تتجاوز قيمة السهم المحسوب (السهم الكلي أو الآني)، القيم المسموحة الواردة في الجدول (2-5).

الحد الأعلى للسهم بدلاً لـ L	قيمة السهم المدروس	نوع الغنصر
$\frac{L}{180}$	السهم الآني الناتج عن الأحمال الحية فقط.	السطوح الأخيرة غير المرتبطة بعناصر غير إنسانية يمكن أن تتأثر بالسهم الكبير.
$\frac{L}{360}$	السهم الآني الناتج عن الأحمال الحية فقط.	السقوف غير المرتبطة بعناصر غير إنسانية يمكن أن تتأثر بالسهم الكبير.
$\frac{L}{240}$	السهم الكلي من الأحمال الميتة والجوية والأفعال غير المباشرة مطروحاً منه السهم الآني الناتج عن الوزن الذاتي. كما يمكن أن يطرح منه السهم الآني الناتج عن الجزء من الأحمال الثابتة التي يكون مؤكداً أنها ستطبق على المنشأة قبل تحديدها بالعناصر غير الإنسانية أو الإكساءات.	السقوف أو السطوح الأخيرة المرتبطة أو الحاملة لعناصر غير إنسانية أو إكساءات عادية لا تتأثر كثيراً بالسهم الكبير.
$\frac{L}{480}$	السهم الكلي ( ويمكن أن يطرح منه السهم المعاكس على أن يطلب تنفيذ هذا السهم المعاكس صراحة على المخططات ).	السقوف أو السطوح الأخيرة المرتبطة أو الحاملة لعناصر غير إنسانية أو تجهيزات دقيقة يمكن أن تتأثر إلى حد بالغ بالسهم الكبير (**)
$\frac{L}{180}$	جميع العناصر (***) على أن يدرس تأثيره على العناصر الإنسانية وغير الإنسانية أيضاً.	
$\frac{L}{600}$	السهم الكلي من وزن الرافعة والحمل الحي	الجازر الحامل للرافعة في المنشآت الصناعية

الجدول (2-5): السهم المسموحة وفق الكود السوري

ملاحظات:

- \* تؤخذ قيمة  $L$  مساوية إلى مجاز العنصر الحر، للعناصر المستندة على أعمدة وجدران، ومجاز العنصر من المحور إلى المحور، بالنسبة للعناصر المستندة على عناصر أخرى محرضة للانعطاف. أما بالنسبة للظفر فتؤخذ  $L$  مساوية لضعف مجاز الظفر.
- \*\* لا يُطبق هذا الشرط، إلا في الحالات الاستثنائية للعناصر المرتبطة أو الحاملة لتجهيزات أو إيهاءات دقيقة، يمكن أن تتضرر نتيجة السهم التي تزيد على الحد المعين، ويمكن أن يُخضن هذا الحد إذا أخذنا بالحسبان قيمة التسامح في الحركة، التي يمكن أن تسمح بها العناصر أو التجهيزات المتأثرة بالسهم.
- \*\*\* هذا الشرط يُطبق على الدوام، بالإضافة إلى ما يتوجب تطبيقه من الشروط الأخرى.