# وجود فتحات "النوافذ والابواب" في جدران القص وتأثيرها على صلابة تشوه اللمعات تحت تأثير القوى الزلزالية

د.جلال الدبيك

كلية الهنسة، جامعة بيرزيت، فلسطين

**الملخص:** تؤثر صلابة تشوه اللمعات (Lintels) في كل من قيمة عزم القصور الذاتي المكافىء لجدران القص (او الجدران الحاملة) وفي توزيع القوى الأفقية الزلزالية على هذه الجدران، وفي حالة وجود فتحات في اطراف جدران القص فإن ذلك سيؤدي إلى اختلاف صلابة دعامات هذه الجدران (Pillars of Shear Walls) ، وبناء عليه يهدف البحث إلى تحديد مدى تأثير دعامات جدران القص على حساب قيمة صلابة تشوه اللمعات، وقد اظهرت نتائج التحليل وفقاً للعلاقة المقترحة في ورقة العمل ان صلابة تشوه اللمعات تتأثر بشكل كبير بصلابة دعامات هذه الجدران، ويزداد هذا التأثير بزيادة الفرق بين صلابة الدعامات في الجدار الواحد، ولايجاد نسبة التخفيض التي تتعرض له صلابة اللمعات تم تطوير علاقة رياضية لتحديد قيمة معامل التخفيض. وأظهرت النتائج أن هناك صعوبة كبيرة في وضع حد للنسبة بين صلابات دعامات الجدران، وبالتالي صعوبة وضع حد أدنى لطول مقطع الدعامة، وهذا يؤكد أن ما تم تحديده في العديد من الكودات لا يمكن تعميمه على جميع جدران القص، فقد يصلح هذا الحل في حالة جدران القص التي يتخللها فتحات والتي لا يزيد طول مقطعها عن 6 أمتار. وعليه يجب مراعاة هذه النتائج اثناء تصميم جدران القص، وذلك من خلال عدم المبالغة في زيادة الفرق بين ابعاد دعامات هذه الجدران، وهذا يتطلب عدم وضع فتحات النوافذ والابواب في اطراف الجدران، سواء أكانت هذه الجدران من الخرسانية المسلحة ام من الجدران الحجرية الخرسانية الدارجة محلياً.

## 1. مقدمة:

أظهرت الأحداث الزلزالية أن الأضرار والانهيارات التي تعرض لها العديد من جدران القص (shear walls) او الجدران الحاملة اثناء حصول الزلازل كان سببها في الغالب تعرض هذه المباني لعزوم التواء، وذلك كنتيجة لعدم تحقيق الانتظام والتماثل في توزيع هذه الجدران بالإضافة إلى وجود فتحات في اطرافها (انظر الشكل 1). خلال السنوات الاخيرة الماضية ازداد استخدام جدران القص في عدد من المدن الفلسطينية، وخصوصاً في بعض المنشآت المهمة، وقد كان الهدف الرئيسي لاستخدام هذه الجدران هو تزويد المباني بعناصر انشائية صلبة لمقاومة افعال الزلازل، علماً ان عملية توزيع جدران القص في بعض هذه المباني لم تُراعِ اختيار الاماكن المناسبة لهذه الجدران (لم تحقق التماثل في توزيع هذه الجدران) زد على ذلك الى اهمال تأثير

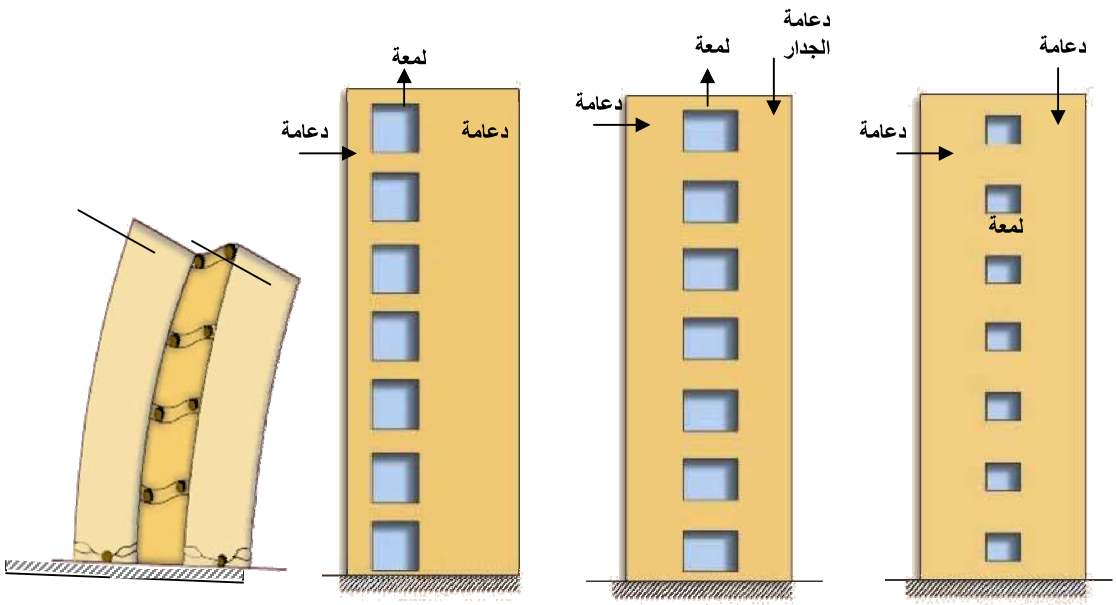
عامل وجود فتحات الابواب والنوافذ في هذه الجدران وخصوصاً في الحالات التي يتم فيها وضع هذه الفتحات في اطراف الجدران (انظر الشكل 1– ج) ، سواء أكانت هذه الجدران خرسانية أم خرسانية مسلحة او كانت جدراناً حجرية خرسانية من النمط الدارج محلياً، فالجدران الحجرية الخرسانية لها المقدرة على توفير صلابة عالية وكافية لمقاومة القوى الزلزالية الافقية حتى وان صممها البعض تحت تأثير الاحمال الرأسية على انها محمولة وليست حاملة، فمباني الجدران الحجرية الخرسانية يتوقع ان يكون سلوكها الزلزالي اقرب لمباني جدران القص او الجدران الحاملة منه من مباني الاطارات او الاطارات المكتفة، وهنا يجدر الاشارة الى ان قابلية الاصابة الزلزالية للجدران الخرسانية الحجرية تكمن بالدرجة الاولى في امكانية تساقط القطع الحجرية نتيجة لضعف الترابط بين اسطح هذه القطع وخرسانة التصفيح، اضف إلى ذلك احتمال تساقط عدد من الجدران في بعض المباني في حالة تعرض المنطقة لزلازل قوية. وهذا يتطلب – مستقبلاً – اجراء دراسات لتطوير السلوك الزلزالي لهذه الجدران و تزويدها بتفاصيل تسليح مناسبة حول الفتحات (فتحات النوافذ والابواب) وربط خرسانة التصفيح بشكل خفيف مع الاعمدة والاسقف. وفي هذا البحث سيتم التركيز – فقط – على العلاقة بين كل من صلابة اللمعات وصلابة دعامات الجدار.

## 2. هدف البحث:

تخضع فكرة التحليل الإنشائي لجدران القص التي يتخللها فتحات عند تعرضها لأحمال أفقيه (الرياح و الزلازل) في حالة استخدام طريقة الإطارات المكافئة (Equivalent frame method) لفرضيات تبسيطية، حيث يفترض أن دوران العقد/أو المفاصل (rotation of joints) في الطابق الواحد تكون متساوية، وتعتبر هذه الفرضية بشكل عام صحيحة ودقيقة في حالة جدران القص التي يتخللها صف واحد من الفتحات المتماثلة (انظر الشكل 1– أ و 1– ب) ، اما في حالة وجود الفتحات في اطراف الجدار (انظر الشكل 1– ج) ، فإن ذلك سيؤدي الى اختلاف صلابة دعامات جدران القص (Pillars of Shear Walls) ، وهذا بدوره سيؤدي الى اختلاف دوران المفاصل في الطابق الواحد، بالإضافة إلى ذلك حصول أخطاء في حساب صلابة تشوه اللمعات (Lintels) التي تصل بين هذه الدعامات.

وبازدياد الفرق بين صلابات دعامات جدار القص يزداد الفرق في دوران المفاصل، وكذلك تزداد قيم الأخطاء في حساب صلابة اللمعات، لذلك تتضمن معظم كودات التصميم العالمية ضوابط لحساب جدران القص [1] ,[2] و [3] حيث يُوصي بأن لا يقل ارتفاع مقطع دعامات جدران القص عن 1.2 m، وفي العديد من الكتب والمراجع العلمية يُوصى عادة بأن يتم إهمال الدعامات

الصغيرة عند حساب العزوم وقوى القص التي تنتج عن الأحمال الأفقية [5] ,[3] و [6] ، ولكن لم توضح الحالات التي يتم من خلالها تحديد مدى صغر هذه الدعامات. وبالاخذ بعين الاعتبار تأثير صلابة تشوه اللمعات على كل من قيمة عزم القصور الذاتي المكافيء لجدران القص وعلى توزيع القوى الأفقية على هذه الجدران، وانعكاسات ذلك على الاجهادات التي ستتعرض لها جدران القص تحت تأثير الهزات الأرضية، وعليه فسيكون الهدف الرئيسي للبحث هو تحديد مدى تأثير دعامات جدران القص على حساب قيمة صلابة تشوه اللمعات.




**أ) جدار قص يتخلله صف من الفتحات العادية المتماثلة** **ب) جدار قص يتخلله صف من الفتحات الكبيرة المتماثلة** **ج) جدار قص صلابة دعاماته غير متماثلة بسبب عدم تماثل الفتحات** **د) تشكيل المفاصل اللدنة (Plastic hinges) في جدران القص التي يتخللها فتحات**

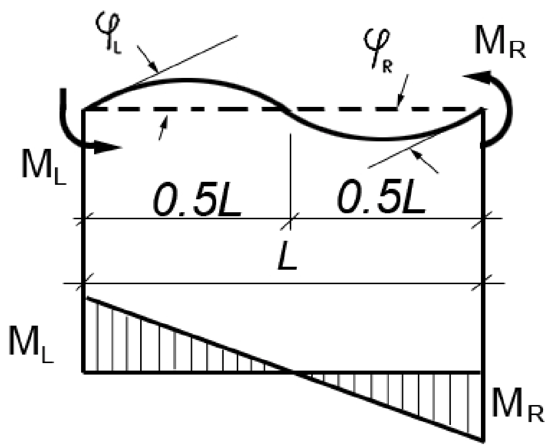
**شكل (1): جدران قص (او جدران حاملة) يتخللها فتحات**

## 3. صلابة تشوه اللمعات/الكمرات:

في حالة اللمعات / أو الكمرات التي تكون اشكال مقاطعها غير متغيرة (مثلا: كمرات الاطارات الخرسانية) ، يكون كل من الدوران والعزوم في اطراف هذة الكمرات متساوية (انظر الشكل 2) ، وتحسب قيمة الدوران النسبي لهذة المقاطع من خلال استخدام علاقة مور– ماكسويل (Mohr-Maxwell):

$$\varphi_L + \varphi_R = 2\varphi = \int_0^L \frac{M.m}{E_r.I_r} dx = \frac{2ML}{6E_r.I_r}, \qquad (1)$$

حيث $E_r$ و $I_r$ تمثل معاير المرونه وعزم القصور الذاتي للكمرة.




$\varphi_L = \varphi_R = \varphi$ and $M_L = M_R = M$

**شكل ( 2 ) : كمرة مقطعها غير متغير**

اما صلابة تشوه الكمرة ( $K_r$ ) فهي عبارة عن العزم الذي يحدث دوراناً قيمته (واحد) ، وفي حالة كانت قيمة $\varphi = 1$ ، فانه ومن خلال استخدام العلاقة ( 1 ) ينتج :

$$Kr = \frac{6E_rI_r}{L}. \qquad (2)$$

وفي حالة جدران القص التي يتخللها فتحات، تأخذ العلاقة (2) الشكل التالي:

$$K_r^0 = \frac{6E_rI_r}{L}.(\frac{L}{\ell})^3.\mu, \qquad (3)$$

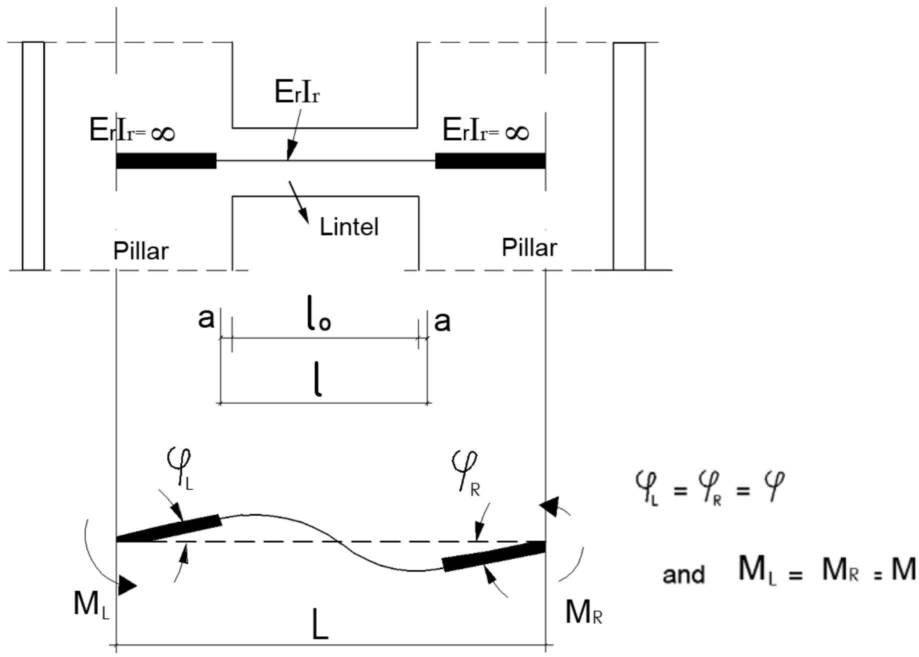
حيث النسبة $(L/l)^3$ تأخذ بعين الاعتبار ان الجزء القابل للتشوه من الكمرة هو فقط الجزء L (انظرالشكل3) ، اما المعامل $\mu$ فهو عبارة عن المعامل الذي يتم من خلاله ادخال تأثير قيمة القوى القاصة في الكمرة [6].

وفي حالة كانت كل من الدورانات والعزوم في اطراف الكمره غير متساويه، بمعنى :

$$\varphi_L \neq \varphi_R \qquad \text{and} \qquad M_l \neq M_R$$

فإن:

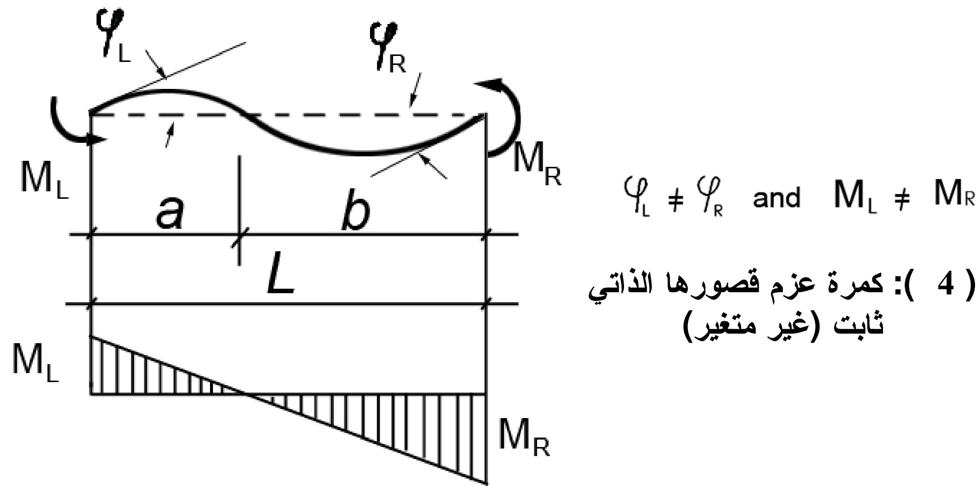
$$\varphi_L + \varphi_R = 2\varphi \qquad \text{and} \qquad M_L + M_R = 2M$$




**شكل ( 3 ): جدار قص يتخلله فتحات**

وكما هو الحال في الشكل (2) ، فإن قيمة الدوران النسبي لاطراف كمره مقطعها ثابت الابعاد يمكن حسابها استنادا للشكل (4) وذلك من خلال استخدام العلاقة التالية:

$$\varphi_L + \varphi_R = 2\varphi = \int_0^L \frac{M.m}{E_r.I_r} d_r \qquad (4)$$




**شكل ( 4 ): كمرة عزم قصورها الذاتي ثابت (غير متغير)**

ولتحديد قيمة النسبة بين العزوم $M_R$ و $M_L$، يمكن الافتراض من خلال استخدام الطرق المبسطة ان قيمة هذه العزوم تتناسب مع درجة تثبيت الكمرات في الدعامات:

$$M_l = 2M \frac{\mu_L}{\mu_L + \mu_R}, \qquad \text{and} \qquad M_R = 2M \frac{\mu_R}{\mu_L + \mu_R}, \tag{5}$$

حيث القيم $\mu_L$ و $\mu_R$ تمثل درجة تثبيت الكمره

وينتج من الشكل (4) كذلك ما يلي:

$$a = L \frac{\mu_l}{\mu_L + \mu_R}, \qquad b = L \frac{\mu_R}{\mu_L + \mu_R} \tag{6}$$

وعليه تصبح العلاقة (4) كما يلي :

$$2\varphi = \frac{2ML}{3E_r.I_r} . \frac{\mu_L^2 + \mu_R^2}{(\mu_L + \mu_R)^2}. \tag{7}$$

وحيث ان صلابة التشوه تساوي قيمة العزم الذي يحدث دوران قيمته (واحد) ، وبالتالي ينتج:

$$K_r = \frac{6E_r.I_r}{L} . \overline{\mu}, \tag{8}$$

حيث

$$\overline{\mu} = \frac{(\mu_l + \mu_R)^2}{2(\mu_L^2 + \mu_R^2)} \tag{9}$$

$\overline{\mu}$ : عبارة عن المعامل الذي يأخذ بعين الاعتبار صلابات الدعامات التي تربطها الكمره وفي حالة جدران القص التي يتخللها فتحات ينتج :

$$K_r = K_r^0 . \overline{\mu}, \tag{10}$$

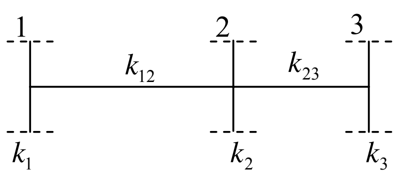
حيث قيمة $K_r^0$ يتم ايجادها من خلال استخدام العلاقة (3) .

وبناء عليه ومن خلال الاخذ بعين الاعتبار صلابات الدعامات يمكن حساب صلابات تشوه لمعات جدار القص التي يتخللها فتحات، وذلك من خلال استخدام العلاقة (10) ، ففي حالة كانت

$\mu_L = \mu_R$ ، ينتج $\bar{\mu} = 1$ ومن خلال استخدام العلاقات (8) و(10) يتم الحصول على العلاقات الخاصة (2) و(3) ، ولكن اذا كانت قيمة $\mu_L$ (او $\mu_R$) تساوي – تقريبا – صفراً كما هو الحال في اللمعات المثبتة بشكل مفصلي في اطرافها، عندئذ تكون القيمة الدنيا لِ $\bar{\mu}$ تقترب من 0.5 ، بمعنى تنخفض قيمة صلابة التشوه للنصف بالمقارنة مع قيمتها المحسوبة وفقا للعلاقة (3).

ويوضح الجدول (1) كيفية حساب درجة تثبيت اللمعات في الدعامات، وتعتمد هذة الطريقة بشكل رئيسي على صلابة التشوه لكل من الدعامات واللمعات [4]، واستناداً إلى العلاقات التي يتضمنها الجدول (1) يتضح انه في حالة جدران القص التي يتخللها العديد من صفوف الفتحات حتى وان كانت صلابة دعامات هذه الجدران متساوية الا ان درجة تثبيت اطراف اللمعات تكون مختلفة. وباستخدام العلاقات الموجودة في الجدول (1) والعلاقة (10) يمكن ايجاد كل من درجة تثبيت اطراف اللمعات، اضافه إلى صلابة تشوه هذه اللمعات من خلال استخدام منهجية التتابع التقريبي.

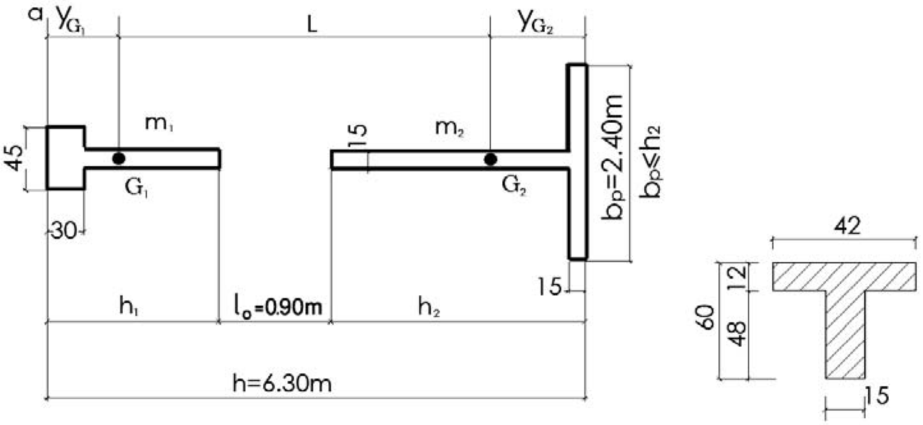
**جدول (1): درجة تثبيت اللمعة بدعامات الجدار**

| Scheme of Lintels | Lintel (beam) | Degree of fixation | |
|---|---|---|---|
| | | $\mu_L$ | $\mu_R$ |
|   | 1-2 | $\dfrac{2K_1}{2K_1 + K_{12}}$ | $\dfrac{2K_2 + K_{23}}{2K_2 + K_{12} + K_{23}}$ |
| | 2-3 | $\dfrac{2K_2 + K_{12}}{2K_2 + K_{12} + K_{23}}$ | $\dfrac{2K_3}{2K_3 + K_{23}}$ |

## 4. حالة دراسية (مثال):

لتوضيح كيفية ايجاد صلابة تشوه اللمعات من خلال استخدام الطريقة المقترحه، بالاضافه الى توضيح مدى تأثير صلابات الدعامات على سلوك اللمعات، سيتم تطبيق العلاقات التي تم ذكرها في البند(2) على جدار القص الموضح في الشكل(5) ، حيث:

- سماكة الجدار تساوي 15سم.
- ارتفاع فتحة الابواب تساوي 210سم.
- ارتفاع الطابق $H_{fl}$ يساوي 2.7 م .
- سماكة السقف (solid slab) تساوي12سم.
- ارتفاع مقطع الدعامات متغير، ويتراوح بين0.30 م و5.1 م، وذلك من خلال تغير موقع صف فتحات الابواب، بحيث ينتج 10 حالات مختلفة لابعاد مقاطع الدعامات.




**شكل ( 5 ): جدار قص مزود بصف من فتحات الابواب**

يحتوي الجدول (2) على الخصائص الهندسية لجدران القص وعلى صلابات تشوه الدعامات ( $K_1$ و $K_2$) ، حيث:

$$K_1 = \frac{E_c I_1}{H_{f1}} \qquad \text{and} \qquad K_2 = \frac{E_c I_2}{H_{f1}}$$

$E_c$**:** معايير مرونة خرسانة الدعامات.

$K_r^0$ **:** صلابة تشوه اللمعات والمحسوبة وفقا للعلاقة (3).

الصلابات $K_1$ و $K_2$ و $K_r^0$ اعتبرت مبسطة من خلال استخدام $E_c$ ، أما في العلاقة (3) فتم افتراض ان $E_r = 0.25E_c$**.**

يحتوي الجدول (3) على حساب صلابة تشوه اللمعات، وذلك من خلال استخدام منهجية التتابع التقريبي لجميع الحالات العشرة التي يتضمنها الجدول(2). وبالنسبة لدرجة التقريب الاولى تم حساب قيم $\mu_L$ و $\mu_R$ (عمود 1 و 2) من خلال استخدام العلاقات الموجودة في الجدول (1) ، وكذلك استخدم في حساب صلابة اللمعة $K_r^0$ العلاقة (3) ، انظر الجدول 2 ( العمود 10 و11) ، ومن ثم تم حساب قيمة المعامل $\overline{\mu}$ (العمود 3) من خلال استخدام العلاقة (9) اما قيمة $K_r$ (العمود4) فقد تم حسابها وفقا للعلاقه(10).

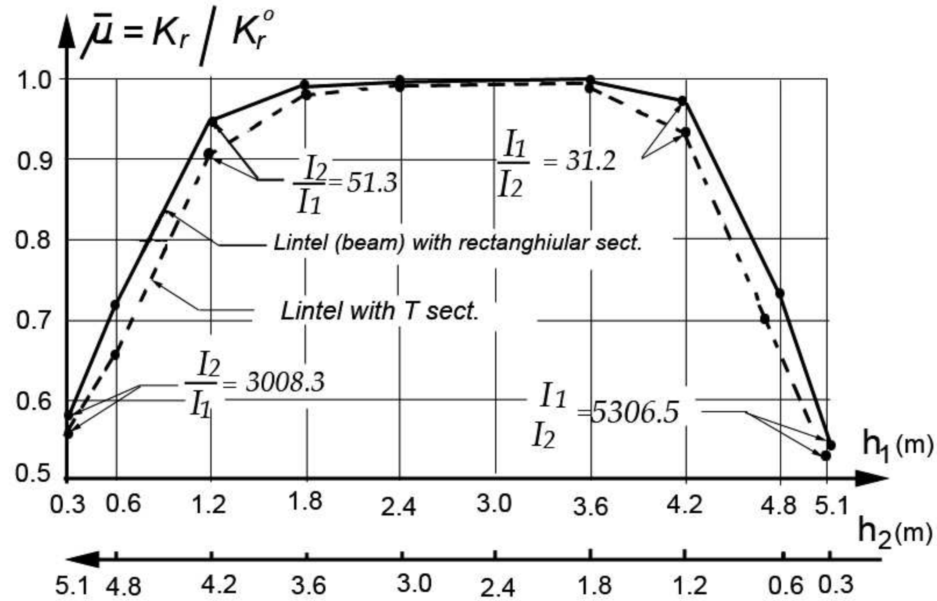
اما بالنسبة لدرجة التقريب الثانية فقد تم حساب قيم كل من $\mu_L$ و $\mu_R$ (العمود 5 و6) من خلال استخدام قيم $k_r$ الناتجة من درجة التقريب الاولى (العمود 4) ، ومن ثم تم حساب قيمة كل من المعاملات $\overline{\mu}$ (العمود7) و $K_r$ (العمود8) من خلال استخدام العلاقة (10). وبالنسبة للدعامات التي كانت قيم صلاباتها $K_1$ و $K_2$ ثابتة في جميع درجات التقريب (او مراحل التقريب) ، فإن قيمها تظهر في الجدول 2 (العمود 7 و 8) .

جدول 2

**جدول (3): حساب الصلابه $K_r$ باستخدام طريقة التتابع التقريبي**

| Case | steps | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | I | | | | II | | | | III |
| | $\mu_L$ | $\mu_R$ | $\overline{\mu}$ | $K_r$ | $\mu_L$ | $\mu_R$ | $\overline{\mu}$ | $K_r$ | $K_r$ |
| **0** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** |
| **Lintel with rectangular section** | | | | | | | | | |
| 1 | 0,04900 | 0,99360 | 0,54919 | 0,00789 | 0,08575 | 0,99647 | 0,58542 | 0,00841 | 0,00834 |
| 2 | 0,18101 | 0,99224 | 0,67655 | 0,00998 | 0,24622 | 0,99474 | 0,73323 | 0,01081 | 0,01064 |
| 3 | 0,68855 | 0,98864 | 0,95276 | 0,01430 | 0,63980 | 0,98917 | 0,95602 | 0,10435 | 0,01434 |
| 4 | 0,84640 | 0,98271 | 0,99448 | 0,01491 | 0,84709 | 0,98280 | 0,99453 | 0,10491 | 0,01491 |
| 5 | 0,92682 | 0,97191 | 0,99944 | 0,10477 | 0,92687 | 0,97193 | 0,99944 | 0,01477 | 0,01477 |
| 6 | 0,96057 | 0,94952 | 0,99997 | 0,01443 | 0,96058 | 0,94952 | 0,99997 | 0,01443 | 0,01443 |
| 7 | 0,97749 | 0,88914 | 0,99776 | 0,01350 | 0,97918 | 0,88943 | 0,99770 | 0,01351 | 0,01351 |
| 8 | 0,98627 | 0,69644 | 0,97119 | 0,01228 | 0,98666 | 0,70252 | 0,97248 | 0.01230 | 0,01229 |
| 9 | 0,99120 | 0,19217 | 0,68685 | 0,00808 | 0,99394 | 0,25735 | 0,74265 | 0,00874 | 0,00860 |
| 10 | 0,99282 | 0,02571 | 0,52588 | 0,00394 | 0,99750 | 0,07075 | 0.57057 | 0,00649 | 0,00619 |
| **Lintel with T section** | | | | | | | | | |
| 1 | 0,02640 | 0,98790 | 0,52670 | 0,01437 | 0,04897 | 0,99359 | 0,54917 | 0,01499 | 0,01493 |
| 2 | 0,10415 | 0,98535 | 0,60453 | 0,01695 | 0,16131 | 0,99109 | 0,65856 | 0,01847 | 0,01817 |
| 3 | 0,47098 | 0,97862 | 0.89076 | 0,02541 | 0,49990 | 0,98091 | 0,90456 | 0,02581 | 0,02576 |
| 4 | 0,74361 | 0,96765 | 0,98315 | 0,02800 | 0,74684 | 0,96817 | 0,98362 | 0,02801 | 0,02801 |
| 5 | 0,86952 | 0,94793 | 0,99814 | 0,02804 | 0,86973 | 0,94802 | 0,99815 | 0,02804 | 0,02804 |
| 6 | 0,92763 | 0,90821 | 0,99814 | 0,02738 | 0,92775 | 0,90836 | 0,99989 | 0,02743 | 0,02743 |
| 7 | 0,95808 | 80846 | 0,99288 | 0,02555 | 0,95836 | 0,80954 | 0,99269 | 0,02555 | 0,02555 |
| 8 | 0,97422 | 0,54686 | 0,92684 | 0,02227 | 0,97606 | 0,56563 | 0,93382 | 0,02244 | 0,02242 |
| 9 | 0,98338 | 0,11120 | 0,61165 | 0,01369 | 0,98977 | 0,16980 | 0,66665 | 0,01429 | 0,01438 |
| 10 | 0,98644 | 0,01369 | 0,51387 | 0,01110 | 0,99299 | 0,02632 | 0,52649 | 0,01138 | 0,01136 |

يمثل الشكل (6) العلاقة بين المعامل $\overline{\mu}$ و $K_r$ حيث $K_r$ يمثل قيمة صلابة تشوه اللمعة وفقاً لدرجة التقريب الثالثه، اما قيمة $K_r^0$ فتم إيجادها وفقاً للعلاقة (3) وبالإطلاع على النتائج التي




**شكل ( 6 ): منحنى تغير العلاقة بين معامل تخفيض الصلابة $\bar{\mu}$ واطوال مقاطع دعامات جدار القص ($h_1$ and $h_2$)**

تمثلها منحنيات العلاقة الموضحة في الشكل (6) ، يمكن استنتاج ما يلي:

- بالنسبة لصلابة الدعامات نفسها تنخفض قيمة المعامل $\bar{\mu}$ كلما ازدادت صلابة الكمرة (اللمعة) ، وفي الوقت نفسه في حالة اللمعات التي يكون مقطعها على شكل حرف T تكون قيمة المعامل $\bar{\mu}$ أقل من تلك التي تكون مقاطعها مربعة الشكل.
- تأثير الدعامات على صلابة تشوه اللمعات تصبح مهمة، – فقط – عندما يكون هناك فرق كبير في قيم صلابة هذه الدعامات، وحسب الحالة قيد الدراسة يلاحظ أنه اذا كانت نسبة عزوم القصور الذاتي (النسبة بين الصلابات) للدعامات أكبر من 50، فإن قمية المعامل $\bar{\mu}$ تنخفض بواقع 0.9 للمعات التي مقطعها على شكل حرف T وأقل من 0.95 في حالة اللمعات التي تكون مقاطعها مربعة الشكل، اي انها تنخفض بشكل كبير جداً.
- يمكن الحصول على دقة عالية لقيمة صلابة تشوه اللمعة $K_r$ من خلال الاكتفاء – فقط – بدرجة التقريب الأول.

## 5. النتائج:

تتأثر صلابة تشوه اللمعات في جدران القص التي يتخللها فتحات، بشكل كبير بصلابة دعامات هذه الجدران، ويكون تأثير ذلك واضحاً وكبيراً عندما يكون هناك فرق كبير بين صلابات هذه الدعامات، ولايجاد قيمة الانخفاض التي تتعرض له اللمعات تقترح ورقة العمل استخدام العلاقة

(10) ، فمن خلال قيمة معامل التخفيض (قيمة المعامل دائما أقل من 1) يمكن تخفيض قيمة صلابة تشوه اللمعات والتي يتم عادة ايجادها من خلال استخدام العلاقة ($\beta$).

وتتأثر كذلك صلابة تشوه اللمعات بخصائص شكلها وأبعاد مقطعها وطولها، و تؤثر صلابة تـشوه اللمعات بشكل واضح في عزم القصور الذاتي المكافىء لجدران القص، بالاضافة الى تأثيرها فـي قيم الاجهادات التي تتعرض لها هذه الجدران.

وأظهرت النتائج أن هناك صعوبة كبيرة في وضع حد للنسبة بين صـلابات دعامـات الجـدران، وبالتالي صعوبة وضع حد أدنى لطول مقطع الدعامة، وهذا يؤكد أن ما تم تحديده في العديـد مـن الكودات لا يمكن تعميمه على جميع جدران القص، فقد يصلح هذا الحل في حالة جـدران القـص التي يتخللها فتحات، والتي لا يزيد طول مقطعها عن 6 أمتار.

وعليه يجب مراعاة هذه النتائج اثناء تصميم جدران القص، وذلك من خلال عدم المبالغة في زيادة الفرق بين ابعاد دعامات هذه الجدران، وهذا يتطلب عدم وضع فتحات النوافذ والابواب في اطراف الجدران سواء أكانت هذه الجدران من الخرسانية المسلحة او من الجدران الحجرية الخرسانية الدارجة محلياً.

**المراجع:**


1. ACI Committee 318,. ACI "Building Code Requirements for Structural Concrete." American Concrete Institutee, Detroit, 1992.

2. Comite Euro-International du Beton (CEB). Seismic Design of Reinforced Structures for Controlled Inelastic Response, Bulletin d’ Information No 236, ISSN 0378-9489, March 1997, Switzerland.

3. Eurocode No. 8, "Structures in Seismic Regions (Design). Part 1, general and building. Commission of the European Communities, Brussels, 1989.

4. Jack C., McCormac, "Structural Analysis," Fourth Edition, Harper Collins publishers, 1984.

5. Kenneth Leet, "Reinforced Concrete Design," 2nd Edition. McGraw-Hill, New York,1991.

6. Negoita, A., and others, “Application for Earthquake Engineering”, Editura Tehnica, Bucuresti, 1988.

7. Smith K. N., and Fereig S. M., "Effect of Loading and Supporting Conditions on the Shear Strength of Deep Beams," Shear in Reinforced Concrete, Vol. 2 (SP-42). Detriot: American Concrete Insitute, 1974 (pp. 441-460).

8. Smith K. N., and Vantsiotis. "Shear Strength of Deep Beams," ACI Journal, Proceedings, 79, May-June 1982, 201-213.

9. Wang C.K., and Salamon, C.G., "Reinforced Concrete Design," 5th Edition, Wesley Educational Pablishers, New York, 1992.