دراسة تحليلية لتصميم الجيزان المستمرة الخرسانية المسلحة بين الطريقة الدقيقة والتقريبية المتوافقة مع الكود العربي السوري

د. م. سفانه حموية*

*قسم مدني عام، **مدرس في** كلية الهندسة المدنية بالحسكة، جامعة الفرات

الملخص

تسمح معظم الكودات بحساب العزوم للجيزان بطرائق تقريبية بالإضافة للطرائق الدقيقة، ومنها الكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة.

تدعى الطريقة التقريبية المسموح بها في سوريا "طريقة عوامل الكود"، وهي منبثقة من الكود الأمريكي ACI 318، ولكن أضاف عليها الكود العربي السوري استعمال طول المجاز الأكبر من المجازين المتجاورين عند حساب عزم المسند الداخلي (الفقرة 8-3-4-1، [3])، في حين يؤخذ متوسط المجازين لدى حساب عزم المسند للبلاطات المستمرة التي تعمل باتجاه وحيد (الفقرة 8-4-1، [3])، سواء كان ذلك وفق الكود الأمريكي أو العربي السوري، تم تحليل أكثر 75 مثال لبيان أحقية هذا الشرط في الجيزان. سابقاً قُيمت الطريقة التقريبية مقارنة مع الطرائق التحليلية الدقيقة [2] (كطريقة كلايبرون)، واعتُمد على تخفيض العزم السالب بنسبة 15% لإدخال أثر جريان الخرسانة بالحسبان [3]، لاحقاً عُدلت هذه النسبة وأصبحت أكبر من ذلك، لذا كان من الضروري إعادة تقييم شروط صلاحية الطريقة التقريبية وفق التعديل الأخير، سواء من حيث اختلاف أطوال المجازات المتجاورة، أو من ناحية قيمة الحمولة الإضافية مقارنة مع الحمولة الدائمة، وقد تبين عدم ضرورة استعمال طول المجاز الأكبر عند حساب عزم المسند الداخلي في الجيزان ولا مانع من أخذ متوسط المجازين كما في البلاطات، بالإضافة لإمكانية استعمال طريقة عوامل الكود مع اختلاف بين المجازات المتجاورة أكبر مما ذُكر بالكود، الأمر ذاته بما يخص النسبة المسموحة بين الحمولة الإضافية والحمولة الدائمة.

كلمات مفتاحية: عزم المسند الداخلي، طريقة عوامل الكود، طريقة كلابيرون، الكود العربي السوري.

1- مقدمة:

تسمح جميع الكودات باستعمال طرائق تقريبية إضافةً للطرائق الدقيقة، ذات الأمر للكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية المسلحة، إذ يسمح بطريقة تقريبية خاصة وحدد لها مجال الاستعمال (مجال الصلاحية) تدعى طريقة عوامل الكود لحساب العزوم والجهود القاطعة، وهي أصلاً موجودة في الكود الأمريكي منذ فترات طويلة، ولكن عند حساب العزم السالب للمسند الداخلي للجيزان حدد الكود السوري شرطاً إضافياً في حال اختلاف طول المجازين يمين ويسار المسند، وهو استعمال المجاز الأكبر بينهما، بينما حافظ على استعمال متوسط المجازين المجاورين للمسند عند حساب العزوم للبلاطات المستمرة التي تعمل باتجاه وحيد.

بالعودة للكود الأمريكي لم يُذكر هذا الشرط أصلاً، وعلى الأغلب وضع في الكود العربي السوري كنوعٍ من الأمان الإضافي، لذا كان ضرورياً بيان أحقية هذا الشرط من عدمه، بالإضافة إلى مجموعة أخرى من الأهداف مبينة أدناه.

2- الغاية من البحث وأهدافه:

للبحث أهداف عدة يُذكر منها:

- بيان مدى واقعية الشرط الموضوع وفق الطريقة التقريبية، وهو "استعمال الطول الأكبر من المجازين المتجاورين عند حساب العزم للمسند الداخلي"، وهل العزوم الناتجة عند استعمال متوسط الطولين هي لصالح الأمان، أم نقيض ذلك.
- دراسة تأثير نسبة الحمولة الدائمة إلى الحمولة الإضافية على قيم العزوم الناتجة وفق الطريقة التقريبية، ومدى أهمية الالتزام بالشرط بألاَّ تتجاوز الحمولة الإضافية ضعفي الحمولة الدائمة.
- تحليل تأثير مقدار الفرق بين أطوال المجازات المتجاورة على قيم العزوم مقارنة مع الناتجة عن الطريقة الدقيقة، وهل النتائج لصالح الأمان في حال عدم الالتزام بالشرط $\Delta_1 = \frac{\max L - \min L}{\max L} \le 0{,}25$ (أحد شروط الطريقة التقريبية)،[3].
- دراسة تأثير نسبة التعديل المقترحة للعزوم السالبة (تخفيضاً) بسبب جريان الخرسانة عند استعمال الطريقة الدقيقة مقارنة مع طريقة عوامل الكود التقريبية.

3- حساب العزم عند المسند الداخلي باستعمال طريقة كلايبرون (الطريقة الدقيقة):

وهي طريقة معروفة في حساب الانشاءات تستعمل لحساب الجهود في الجيزان غير المقررة باختلاف أنواعها، وما يهمنا هنا الجيزان من الخرسانة المسلحة، والتي لها خصوصية لأن الخرسانة المسلحة مادة غير متجانسة ولا تخضع تماماً لعلوم الرياضيات، بالإضافة إلى خضوعها تحت تأثير الحمولات الدائمة لما يدعى الجريان، الذي يؤدي إلى تعديل العزوم، مسبباً انخفاض في قيم العزوم السالبة وزيادة متوافقة في قيم العزوم الموجبة.

وقد اعتُمد بدايةً على تخفيض العزم للمسند بنسبة 15% لفترات طويلة، ولاحقاً ربط الكود العربي السوري (الفقرة 8-2-5، [3])، هذا التعديل بالعلاقة الآتية:

$$\Delta\% = 30\% \cdot \left(1 - \frac{A_S - A_S^{'}}{A_S}\right)$$

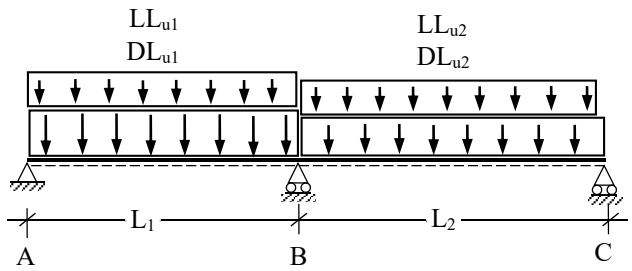
ولكن بما أنَّ مساحة التسليح لا تكون معلومة فاعتاد المهندسون لاحقاً على تعديل العزوم بنسبة 20%، وهي تحقق العلاقة أعلاه، ولكن يُسمح بتعديل العزم السالب بأي نسبة تحقق العلاقة المذكورة أعلاه. في الواقع لحالة المقطع أحادي التسليح وعند استعمال مساحة التسليح القصوى ينتج من العلاقة أعلاه أن النسبة المسموحة للتعديل هي:

$$\Delta\% = 30\% \cdot \left(1 - \frac{\max A_S - 0}{2 \cdot \max A_S}\right) = 15\%$$

أما عند استعمال مساحة تسليح مقدارها ثلثي مساحة التسليح القصوى فتصبح نسبة التعديل المسموح بها 20%، وعليه فإنَّ نسبة تعديل العزوم السالبة ليست ثابتة، وتزداد كلما كانت مساحة التسليح المستعملة أصغر، وتصل إلى 25% في حال استُعملت مساحة تسليح مقدارها ثلث مساحة التسليح القصوى. لهذا السبب سيُعتمد على عدة نسب من تعديل العزوم السالبة لأخذ تأثير جريان الخرسانة بالحسبان.

ويعطى العزم عند المسند الداخلي لجائز بفتحتين بعد ترتيب المبين في الشكل (1) وفق العلاقة الآتية، [2]:

$$M_B = \frac{1}{8} \cdot \left(\frac{W_{u1} \cdot L_1^3 + W_{u2} \cdot L_2^3}{L_1 + L_2}\right)$$



الشكل (1): النظام والحمولات المطبقة على الجائز

أما من أجل حساب العزوم الموجبة في الفتحات، فيُحسب عزم المسند بداية مع الأخذ بالحسبان موضوع التحميل الشطرنجي، حيث تُطبّق الحمولة الكلية على المجاز المراد حساب العزم الموجب له، في حين تطبق على الفتحة المجاورة الحمولة الدائمة فقط، كما في العلاقة الآتية: $$2\cdot M_B\cdot(L_1+L_2)=6\cdot\left(\frac{W_{u1}\cdot L_1^3}{24}+\frac{DL_{u2}\cdot L_2^3}{24}\right)$$

بعد الحصول على العزم يُخفض بالنسبة المذكورة سابقاً، ثم تُحسب ردود الأفعال في الفتحة المراد حساب العزم الموجب الأعظمي ضمنها.

الشكل (2): حساب رد الفعل المسند الطرفي لمعرفة موقع العزم الأعظمي

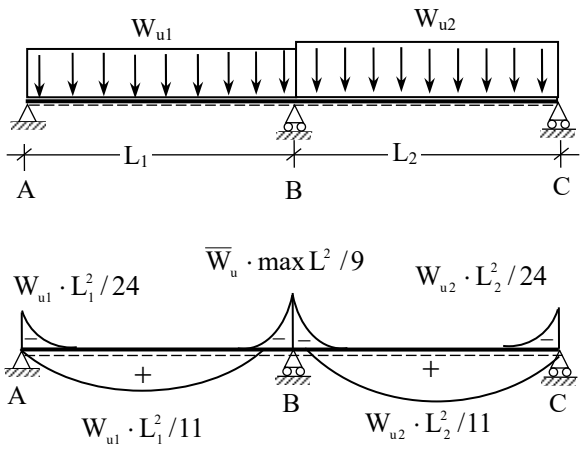
للحصول على فاصلة العزم الأعظمي، تُحسب بدايةً فاصلة انعدام القص وفق العلاقة: $$R_u-W_u\cdot x=0\ \rightarrow\ x=\frac{R_u}{W_u}$$

ثم تُحسب قيمة العزم الأعظمي في الفتحة AB: $$\max M_{u,AB}=R_{u,AB}\cdot x-\frac{W_{u1}\cdot x^2}{2}$$

4- التحليل باستعمال الطريقة التقريبية [3]:

وفق الفقرة 8-3-4-1 من الكود يمكن الاعتماد على الطرائق التقريبية في حساب عزوم الانعطاف وقوى القص، إذا كانت الحمولات موزعة بانتظام على كل من الفتحتين، وكانت المجازات متقاربة (الفرق بين كل فتحتين متجاورتين لا يزيد عن 25% من طول

الفتحة الأكبر)، وأنَّ الحمولات الإضافية المصعدة لا تزيد عن ضعفي الحمولات الدائمة، عندها تعطى قيم العزوم كما في الشكل (3) أدناه.



الشكل (3): العزوم وفق الطريقة التقريبية (طريقة عوامل الكود)

5- متحولات الدراسة:

نُفذت على مرحلتين، في **المرحلة الأولى** كانت الغاية إجراء المقارنة بين النتائج للطريقتين وذلك ضمن المجال المسموح به استعمال الطريقة التقريبية، حيث الفرق بين كل فتحتين متجاورتين لا يزيد عن 25% من طول الفتحة الأكبر.

وبما أن الطريقة الدقيقة تعتمد على التحميل الشطرنجي فتم دراسة تأثير اختلاف قيمة الحمولة الحية مقارنة مع الحمولة الدائمة، واعتمدت خمس متحولات كالآتي:

$$DL=0,25\ LL,\ DL=0,5\ LL,\ DL=LL,\ DL=2LL,\ DL=3LL$$

علماً أنَّ القيمة $DL=0,25\ LL$، لا تحقق شرط الكود الذي ينص على عدم تجاوز الحمولة الإضافية ضعفي الحمولة الدائمة، ستُعتمد تسمية نسبة الحمولة الميتة للحية: $\Delta_2 = DL/LL$

وبخصوص اختلاف الأطوال بين المجازين أجريت الحسابات باستعمال ثلاث نسب مختلفة: $\Delta_1 = (\max L - \min L)/\max L = 25\%;\ 15\%;\ 0\%$

أما بخصوص نسبة تخفيض العزم السالب فقد اعتمد على ثلاثة نسب تخفيض:

$$\Delta_3=15\%,\ 20\%,\ 25\%$$

في **المرحلة الثانية** استُعملت مجازات تتجاوز النسبة المسموح بها بالكود، حيث اعتُمد على النسب الآتية: $\Delta_1 = 50\%;37,5\%$، وذلك لتقييم إن كان الأمر لصالح

الأمان، أم غير ذلك، مع استعمال ذات المتحولات الأخرى كما في المرحلة الأولى، ويبين الجدول الآتي أطوال الفتحات المعتمدة في الدراسة من أجل تغير نسب الفرق بين فتحتي الجائز المدروس.

المرحلة	Δ_1	ℓ_1(m)	ℓ_2(m)
الأولى	0%	4	4
	15%	4	4,7
	25%	4	5,3
الثانية	37,5%	5,5	8,85
	50%	4	8

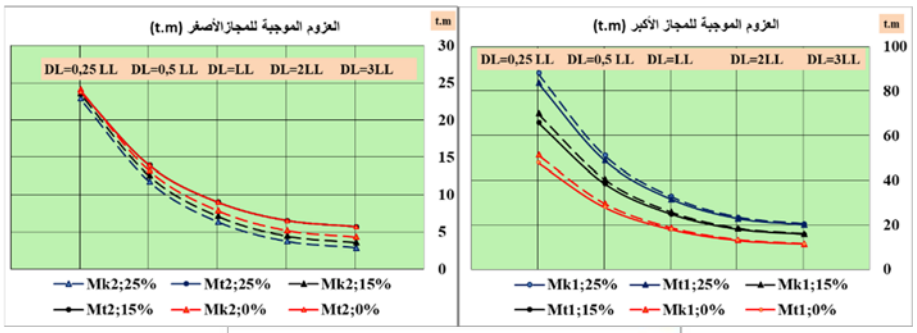
6- النتائج:

6-1 نتائج المرحلة الأولى من الدراسة، حالة الالتزام بشرط الفرق بين المجازات:

6-1-1 حالة استعمال نسبة تخفيض العزوم السالبة مقدارها Δ_3=15%:

إن استعمال متوسط طول المجازين المتجاورين يعطي عزوماً للمسند الداخلي B وفق الطريقة التقريبية $M_{Bt,avrL}$ أصغر من تلك الناتجة عن كلابيرون M_{BK} **بنسبة قصوى تصل إلى 13% وذلك لحالة فروقات بين المجازيين تساوي 25% من الأكبر،** ولكن يترافق معها عزوم موجبة كبيرة جداً للمجاز الأصغر M_{2t} قياساً مع العزوم الناتجة عن كلابيرون M_{2k} ، كما في الشكل 4، أما العزوم الموجبة للمجاز الأكبر M_{1t} فتساوي بالمتوسط 0,97 من العزوم الناتجة عن كلابيرون M_{1k}، حيث ظهر أكبر فرق وهو 7% لحالة فتحات متساوية ومقدار الحمولات DL=0,25 LL ، كما في الجدول 3، علماً أن هذه الحالة من التحميل غير مسموح باستعمالها وفق الطريقة التقريبية، ولكن لا يختلف الفرق كثيراً عند الحمولات المسموحة Δ_2=0,5، حيث يبلغ 6%.

أما العزوم الموجبة للمجاز الأصغر فتصل وفق الطريقة التقريبية M_{2t} إلى حوالي ضعفي العزوم وفق كلابيرون M_{2k}، كما في الجدول 1، وذلك لحالة ترافق اختلاف كبير بين المجازات 25% مع حالة التحميل Δ_2=3، ولكن قيمة العزم صغيرة وعليه الهدر كذلك.



الشكل (4): العزوم وفق الطريقتين، مع نسبة تعديل العزوم السالبة وفق كلابيرون 15%، الأطوال متقاربة

الجدول (1): العزوم ونسبها، نسبة تعديل العزم للمسند الداخلي 15%، اختلاف الطول بنسبة 25%

25%,DL=0,25LL	25%,DL=0,5LL	25%,DL=LL	25%,DL=2LL	25%,DL=3LL	
0,95	0,96	0,97	0,98	0,98	M_{1t}/M_{1k}
1,04	1,18	1,42	1,75	1,98	M_{2t}/M_{2k}
0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	$M_{Bt,avr\ L}/M_{Bk}$
1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	$M_{Bt,max\ L}/M_{Bk}$

الجدول (2): العزوم ونسبها، نسبة تعديل العزم للمسند الداخلي 15%، اختلاف الطول بنسبة 15%

15%,DL=0,25LL	15%,DL=0,5LL	15%,DL=LL	15%,DL=2LL	15%,DL=3LL	
0,94	0,95	0,96	0,98	0,98	M_{1t}/M_{1k}
1,01	1,11	1,26	1,46	1,59	M_{2t}/M_{2k}
0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	$M_{Bt,avr\ L}/M_{Bk}$
1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	$M_{Bt,max\ L}/M_{Bk}$

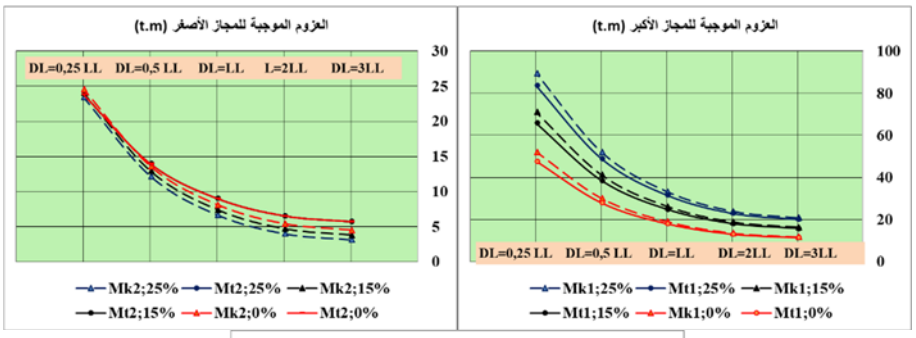
الجدول (3): العزوم ونسبها، نسبة تعديل العزم للمسند الداخلي 15%، اختلاف الطول بنسبة 0%

0%,DL=0,25LL	0%,DL=0,5LL	0%,DL=LL	0%,DL=2LL	0%,DL=3LL	
0,93	0,94	0,96	0,98	0,99	M_{1t}/M_{1k}
0,99	1,05	1,14	1,25	1,32	M_{2t}/M_{2k}
1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	$M_{Bt,avr\ L}/M_{Bk}$
1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	$M_{Bt,max\ L}/M_{Bk}$

2-1-6 حالة استعمال نسبة تخفيض العزوم السالبة مقدارها Δ_3=20%:

إن استعمال متوسط طول المجازين المتجاورين يعطي عزوماً للمسند وفق الطريقة التقريبية $M_{Bt,avr\ L}$ أكبر من تلك الناتجة عن كلابيرون M_{Bk} أو يساويها حتى فرق

15% بين المجازين المتجاورين، كما في الجدولين (6,5)، ثم تصبح العزوم أصغر بنسبة قصوى تصل إلى 7% وذلك لحالة فروقات بين المجازيين تساوي 25% من الأكبر، الجدول 4، ولكن يترافق معها عزوم موجبة كبيرة جداً للمجاز الأصغر M_{2t} قياساً مع العزوم الناتجة عن كلابيرون M_{2k} ، أما العزوم الموجبة في المجاز الأكبر M_{1t} فتتراوح بين (0,92-0,96) مما تعطيه طريقة كلابيرون M_{1k}، كما في الجدول 6، وتتقارب النتائج كلما زاد فرق الطول بين المجازات لتصل 0,95 من العزوم الناتجة عن كلابيرون لحالة اختلاف كبير بين المجازات (25%). أما العزوم الموجبة للمجاز الأصغر فتصل وفق الطريقة التقريبية إلى 1,84، الجدول 4، وبشكل عام يزداد الفرق مع ازدياد اختلاف الطول المجازين، إذ يرتفع من قيمة متوسطة مقدارها 1,12 للمجازات المتساوية، إلى قيمة 1,41، لحالة اختلاف كبير بين المجازات (25%).



الشكل (5): العزوم وفق الطريقتين، مع نسبة تعديل العزوم السالبة وفق كلابيرون 20%، الأطوال متقاربة

الجدول (4): العزوم ونسبها، نسبة تعديل العزم للمسند الداخلي 20%، اختلاف الطول بنسبة 25%

25%,DL=0,25LL	25%,DL=0,5LL	25%,DL=LL	25%,DL=2LL	25%,DL=3LL	
0,94	0,94	0,95	0,96	0,96	M_{1t}/M_{1k}
1,02	1,14	1,35	1,64	1,84	M_{2t}/M_{2k}
0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	$M_{Bt,avr\ L}/M_{Bk}$

$M_{Bt,max\ L}/M_{Bk}$	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20

الجدول (5): العزوم ونسبها، نسبة تعديل العزم للمسند الداخلي 20%، اختلاف الطول بنسبة 15%

	15%,DL=3LL	15%,DL=2LL	15%,DL=LL	15%,DL=0,5LL	15%,DL=0,25LL
M_{1t}/M_{1k}	0,96	0,96	0,95	0,93	0,93
M_{2t}/M_{2k}	1,50	1,39	1,22	1,08	0,99
$M_{Bt,avr\ L}/M_{Bk}$	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01
$M_{Bt,max\ L}/M_{Bk}$	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18

الجدول (6): العزوم ونسبها، نسبة تعديل العزم للمسند الداخلي 20%، اختلاف الطول بنسبة 0%

	0%,DL=3LL	0%,DL=2LL	0%,DL=LL	0%,DL=0,5LL	0%,DL=0,25LL
M_{1t}/M_{1k}	0,97	0,96	0,94	0,93	0,92
M_{2t}/M_{2k}	1,27	1,21	1,11	1,03	0,97
$M_{Bt,avr\ L}/M_{Bk}$	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11
$M_{Bt,max\ L}/M_{Bk}$	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11

3-1-6 حالة استعمال نسبة تخفيض العزوم السالبة مقدارها 25%:

إن استعمال متوسط طول المجازين المتجاورين يعطي عزوماً للمسند وفق الطريقة التقريبية أكبر من الناتجة عن كلابيرون أو تساويها (0,99-1,19)، كما في الجدول 7، ويزداد الفرق عند استعمال الطول الأكبر ليصبح (1,19-1,28).

الجدول (7): العزوم ونسبها، نسبة تعديل العزم للمسند الداخلي 25%، اختلاف الطول بنسبة 25%

	25%,DL=3LL	25%,DL=2LL	25%,DL=LL	25%,DL=0,5LL	25%,DL=0,25LL
M_{1t}/M_{1k}	0,95	0,94	0,93	0,93	0,92
M_{2t}/M_{2k}	1,71	1,55	1,29	1,11	0,99
$M_{Bt,avr\ L}/M_{Bk}$	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
$M_{Bt,max\ L}/M_{Bk}$	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28

الجدول (8): العزوم ونسبها، نسبة تعديل العزم للمسند الداخلي 25%، اختلاف الطول بنسبة 15%

	15%,DL=3LL	15%,DL=2LL	15%,DL=LL	15%,DL=0,5LL	15%,DL=0,25LL
M_{1t}/M_{1k}	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91
M_{2t}/M_{2k}	1,42	1,33	1,17	1,05	0,97
$M_{Bt,avr\ L}/M_{Bk}$	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08
$M_{Bt,max\ L}/M_{Bk}$	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26

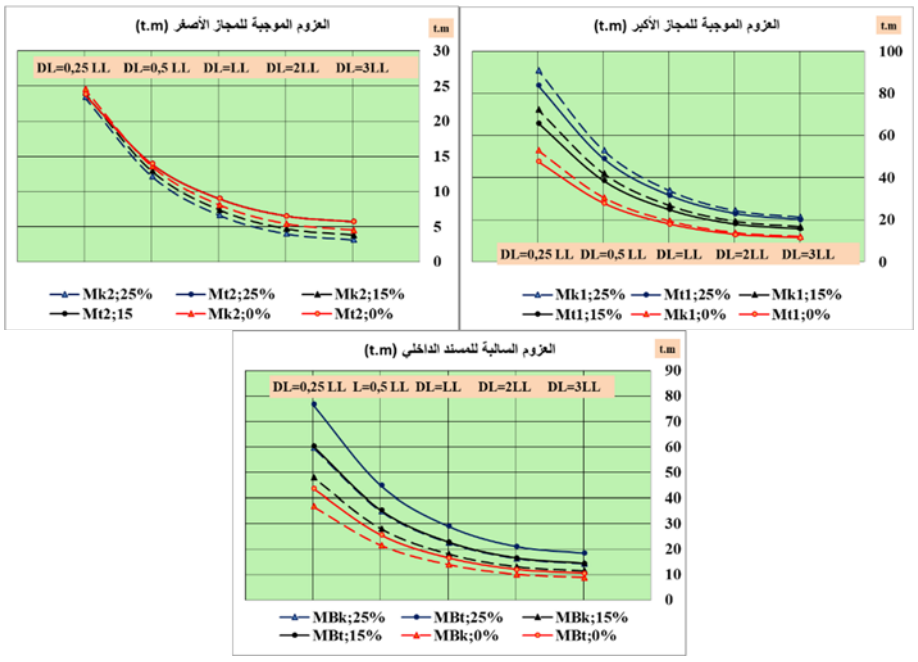
الجدول (9): العزوم ونسبها، نسبة تعديل العزم للمسند الداخلي 25%، اختلاف الطول بنسبة 0%

	0%,DL=3LL	0%,DL=2LL	0%,DL=LL	0%,DL=0,5LL	0%,DL=0,25LL
M_{1t}/M_{1k}	0,95	0,95	0,93	0,91	0,90
M_{2t}/M_{2k}	1,22	1,17	1,08	1,00	0,95
$M_{Bt,avr\ L}/M_{Bk}$	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19
$M_{Bt,max\ L}/M_{Bk}$	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19

أما العزوم الموجبة للمجاز الأكبر فهي أصغر قليلاً من تلك الناتجة عن كلابيرون فتتراوح بين (0,92-0,96) مما تعطيه طريقة كلابيرون، وتصل إلى 0,90 مع حالة

التحميل DL=0,25 LL، كما في الجدول 9، وتتقارب النتائج لتصبح 0,95 من العزوم الناتجة عن كلابيرون لحالة التحميل DL=2 LL.

أما العزوم الموجبة للمجاز الأصغر وفق الطريقة التقريبية فهي أكبر بوضوح من الناتجة عن كلابيرون، كما في الشكل 7، ما عدا للحالة DL=0,25 LL حيث تتراوح بين القيمتين (0,95-0,99) من قيم العزوم الناتجة عن كلابيرون، أي تكاد أن تتطابق معها. بشكل عام يزداد الفرق بين قيم العزوم للمجاز الأصغر كلما زاد اختلاف الطول بين المجازين.



الشكل (6): العزوم وفق الطريقتين، مع نسبة تعديل العزوم السالبة وفق كلابيرون 25%، الأطوال متقاربة

حالة التحميل	$L_1=L_2$	$(L_2-L_1)/L_2=0,15$	$(L_2-L_1)/L_2=0,25$
DL=0,5 LL	1,00	1,05	1,11
DL=LL	1,08	1,17	1,29
DL=3 LL	1,22	1,42	1,71

ملاحظات على ما ذكر أعلاه:

إن العزوم للمسند الداخلي الناتجة عن استعمال متوسط المجازين وفق الطريقة التقريبية هي أكبر من تلك الناتجة عن كلابيرون، عدا تلك الناتجة عن استعمال نسبة

تخفيض 15%، في هذه الحالة ينعكس الوضع ولكن تبقى الفروقات صغيرة ولا تزيد عن 13% بأسوأ الأحوال. أما العزوم الموجبة للمجاز الأصغر فهي دوماً أكبر من تلك الناتجة عن كلابيرون (الرجوع للأشكال 4, 5, 6)، أما بخصوص العزوم الموجبة للمجاز الأكبر فهي أصغر بقليل من تلك الناتجة عن كلابيرون والاختلاف بحدود 5%. وعليه لا يرى المؤلف ضرورة لاستعمال طول المجاز الأكبر عند حساب العزم للمسند الداخلي، خاصة يوجد فائض ما في عزوم المجاز الأصغر.

لا يفضل استعمال نسبة تعديل العزوم السالبة بـ 15% تخفيضاً عند استعمال طريقة كلابيرون، لأنه نادراً ما تستعمل نسبة التسليح الأعظمية.

2-6 نتائج المرحلة الثانية من الدراسة، حالة اختلاف كبير في أطوال الفتحات المتجاورة يفوق 25% من المجاز الأكبر:

1-2-6 حالة استعمال نسبة تخفيض العزوم السالبة مقدارها 15%:

تعطي الطريقة التقريبية عند استعمال متوسط طولي المجازين في حساب العزم للمسند الداخلي قيماً للعزوم أصغر من تلك التي تعطيها طريقة كلابيرون، وتصل النسبة بين القيمتين إلى 0,78 بحالة الفرق بين المجازين 50% من الأكبر ، كما في الجدول 10، إلى 0,9 بحالة الفرق بين المجازين 37,5% ، كما في الجدول 11.

الجدول (10): العزوم ونسبها، نسبة تعديل العزم للمسند الداخلي 15%، اختلاف الطول بنسبة 50%

50%,DL=0,25LL	50%,DL=0,5LL	50%,DL=LL	50%,DL=2LL	50%,DL=3LL	
0,99	1,00	1,01	1,01	1,02	M_{1t}/M_{1k}
1,05	1,25	1,60	2,19	2,63	M_{2t}/M_{2k}
0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	$M_{Bt,avr\ L}/M_{Bk}$
1,39	1,39	1,39	1,39	1,39	$M_{Bt,max\ L}/M_{Bk}$

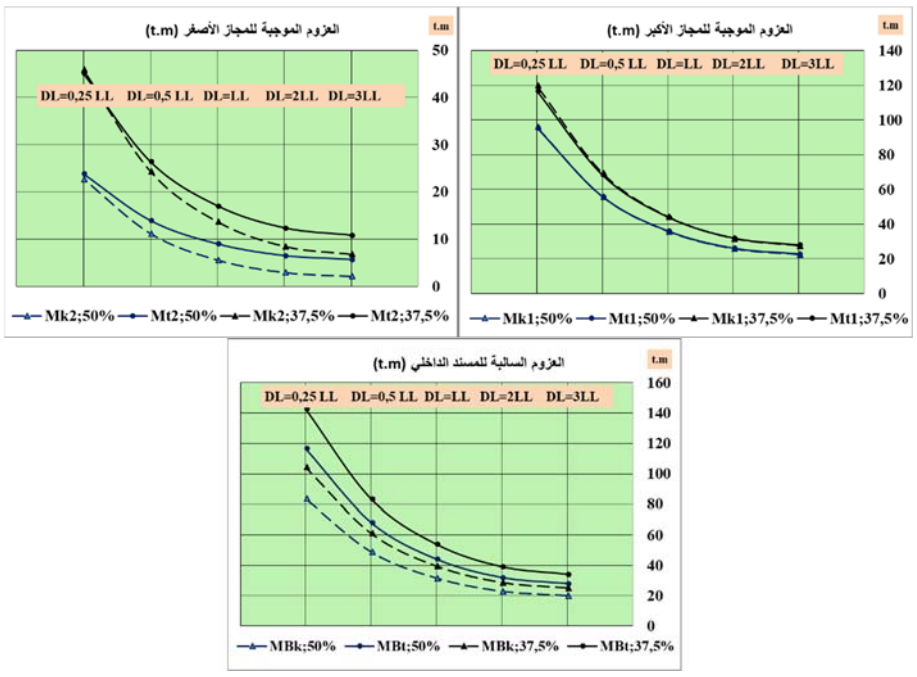
الجدول (11): العزوم ونسبها، نسبة تعديل العزم للمسند الداخلي 15%، اختلاف الطول بنسبة 37,5%

37,5%,DL=0,25LL	37,5%,DL=0,5LL	37,5%,DL=LL	37,5%,DL=2LL	37,5%,DL=3LL	
0,98	0,98	1,00	1,01	1,01	M_{1t}/M_{1k}
0,98	1,08	1,24	1,45	1,59	M_{2t}/M_{2k}
0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	$M_{Bt,avr\ L}/M_{Bk}$
1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	$M_{Bt,max\ L}/M_{Bk}$

أما العزوم الموجبة للمجاز الأكبر وفق الطريقة التقريبية فتكاد أن تتطابق مع تلك الناتجة عن كلابيرون، ولكن تزيد العزوم للمجاز الأصغر عن تلك الناتجة عن

كلابيرون بشكل كبير، وهذا الفرق يكبر كلما زاد الاختلاف بين أطوال المجازات، وكلما كان الفرق بين الحمولة الدائمة إلى الحمولة الإضافية أكبر، بحيث تصبح النسبة بين العزوم 2,63 لحالة اختلاف بالأطوال 50%، ويصبح 1,59 لحالة اختلاف بين الأطوال 37,0%، وذلك لحالة التحميل DL=3 LL.

ولكن عند استعمال الطول الأكبر في حساب العزم للمسند الداخلي تعطي الطريقة التقريبية قيماً للعزوم أكبر من تلك التي تعطيها طريقة كلابيرون، وتصل النسبة بين القيمتين إلى 1,39 بحالة الفرق بين المجازين 50%، إلى 1,37 بحالة الفرق بين المجازين 37,5% ، كما هو مبين في الجدولين (11,10).

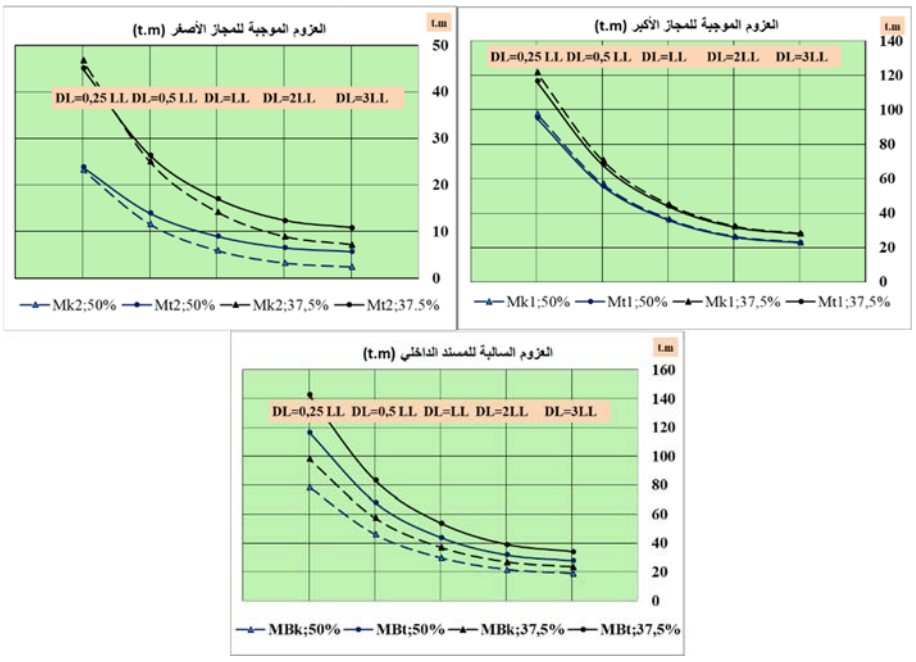


الشكل (7): العزوم وفق الطريقتين، مع نسبة تعديل العزوم السالبة وفق كلابيرون 15%، الأطوال متباعدة

6-2-2 حالة استعمال نسبة تخفيض العزوم السالبة مقدارها 20% :

تعطي الطريقة التقريبية باستعمال متوسط طولي المجازين في حساب عزم المسند الداخلي قيماً للعزوم أصغر من تلك التي تعطيها طريقة كلابيرون، وتصل النسبة بين القيمتين إلى 0,83 بحالة فرق المجازين 50%، إلى 0,95 بحالة فرق المجازين 37,5%.

أما العزوم الموجبة للمجاز الأكبر وفق الطريقة التقريبية فتكاد أن تتطابق مع تلك الناتجة عن كلابيرون، ولكن تزيد العزوم للمجاز الأصغر عن تلك الناتجة عن كلابيرون بشكل كبير، وهذا الفرق يكبر كلما زاد الاختلاف بين أطوال المجازات، وكلما كان الفرق بين الحمولة الدائمة إلى الحمولة الإضافية أكبر، بحيث تصبح النسبة بين العزوم 2,37 لحالة اختلاف بالأطوال 50% و1,50 لحالة اختلاف بين الأطوال 37,0%، وذلك لحالة التحميل DL=3 LL، نذكر بأن قيم العزوم لهذا المجاز صغيرة.



الشكل (8): العزوم وفق الطريقتين، مع نسبة تعديل العزوم السالبة وفق كلابيرون 20%، الأطوال متباعدة

الجدول (12): العزوم ونسبها، نسبة تعديل العزم للمسند الداخلي 20%، اختلاف الطول بنسبة 50%

50%,DL=0,25LL	50%,DL=0,5LL	50%,DL=LL	50%,DL=2LL	50%,DL=3LL	
0,97	0,98	0,99	0,99	1,00	M_{1t}/M_{1k}
1,03	1,20	1,52	2,01	2,37	M_{2t}/M_{2k}
0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	$M_{Bt,avr\ L}/M_{Bk}$
1,48	1,48	1,48	1,48	1,48	$M_{Bt,max\ L}/M_{Bk}$

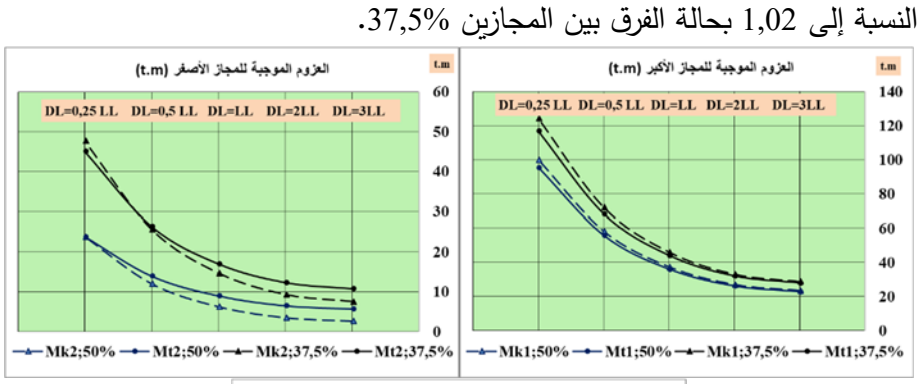
ولكن باستعمال الطول الأكبر لحساب عزم المسند الداخلي تعطي الطريقة التقريبية قيماً أكبر من تلك المحسوبة بطريقة كلابيرون، وتصل النسبة بين القيمتين إلى 1,48 بحالة الفرق بين المجازين 50%، إلى 1,45 بحالة الفرق بين المجازين 37,5%.

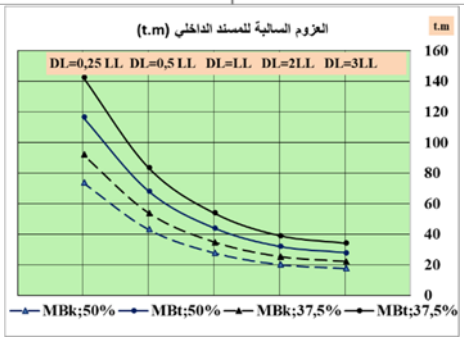
الجدول (13): العزوم ونسبها، نسبة تعديل العزم للمسند الداخلي 20%، اختلاف الطول بنسبة 37,5%

	37,5%,DL=3LL	37,5%,DL=2LL	37,5%,DL=LL	37,5%,DL=0,5LL	37,5%,DL=0,25LL
M_{1t}/M_{1k}	0,99	0,99	0,98	0,97	0,96
M_{2t}/M_{2k}	1,50	1,39	1,20	1,06	0,96
$M_{Bt,avr\ L}/M_{Bk}$	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
$M_{Bt,max\ L}/M_{Bk}$	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45

3-2-6 حالة استعمال نسبة تخفيض العزوم السالبة:

تعطي الطريقة التقريبية عند استعمال متوسط طولي المجازين في حساب العزم للمسند الداخلي قيماً للعزوم أصغر من تلك المحسوب بطريقة كلابيرون، وتصل النسبة بين القيمتين إلى 0,89 بحالة الفرق بين المجازين 50%، وتصبح أكبر قليلاً حيث تصل النسبة إلى 1,02 بحالة الفرق بين المجازين 37,5%.





الشكل (9): العزوم وفق الطريقتين، مع نسبة تعديل العزوم السالبة وفق كلابيرون، الأطوال متباعدة25%

أما العزوم الموجبة للمجاز الأكبر وفق الطريقة التقريبية فتكاد أن تتطابق مع تلك الناتجة عن كلابيرون، ولكن تزيد العزوم للمجاز الأصغر عن تلك الناتجة عن كلابيرون بشكل كبير، وهذا الفرق يكبر كلما زاد الاختلاف بين أطوال المجازات، وكلما كان الفرق بين الحمولة الدائمة إلى الحمولة الإضافية أكبر، بحيث تصبح النسبة بين

العزوم 2,15 لحالة اختلاف بالأطوال 50% و 1,42 لحالة اختلاف بين الأطوال 37,5%، وذلك لحالة التحميل Δ_2=3 (DL=3 LL).

الجدول (14): العزوم ونسبها، نسبة تعديل العزم للمسند الداخلي 25%، اختلاف الطول بنسبة 50%

50%,DL=0,25LL	50%,DL=0,5LL	50%,DL=LL	50%,DL=2LL	50%,DL=3LL	
0,96	0,96	0,97	0,97	0,97	M_{1t}/M_{1k}
1,00	1,16	1,44	1,85	2,15	M_{2t}/M_{2k}
0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	$M_{Bt,avr\ L}/M_{Bk}$
1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	$M_{Bt,max\ L}/M_{Bk}$

الجدول (15): العزوم ونسبها، نسبة تعديل العزم للمسند الداخلي 25%، اختلاف الطول بنسبة 37,5%

37,5%,DL=0,25LL	37,5%,DL=0,5LL	37,5%,DL=LL	37,5%,DL=2LL	37,5%,DL=3LL	
0,94	0,95	0,96	0,97	0,97	M_{1t}/M_{1k}
0,95	1,03	1,16	1,32	1,42	M_{2t}/M_{2k}
1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	$M_{Bt,avr\ L}/M_{Bk}$
1,55	1,55	1,55	1,55	1,55	$M_{Bt,max\ L}/M_{Bk}$

ولكن عند استعمال الطول الأكبر في حساب العزم للمسند الداخلي تعطي الطريقة التقريبية قيماً للعزوم أكبر من تلك التي تعطيها طريقة كلابيرون، وتصل النسبة بين القيمتين إلى 1,58 بحالة الفرق بين المجازين 50%، إلى 1,55 بحالة الفرق بين المجازين 37,5%.

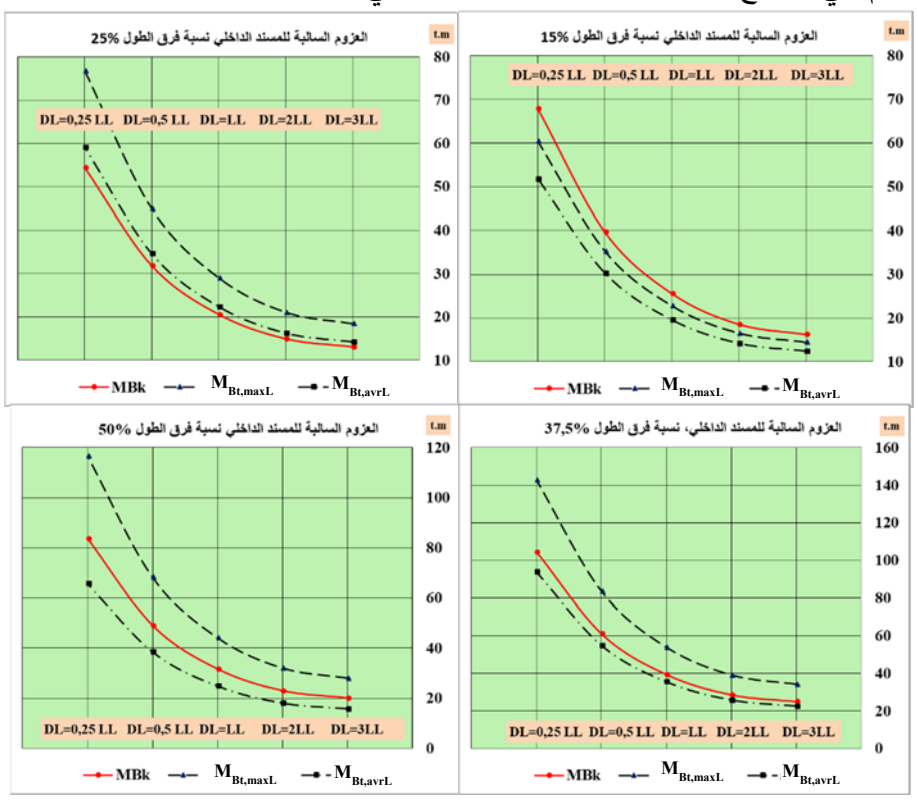
ملاحظات على ما ذكر أعلاه:

في حال اختلاف كبير بين أطوال الفتحات المتجاورة يفضل تخفيض العزم للمسند الداخلي بنسبة لا تقل عن 20% عند استعمال كلابيرون (إن كانت نسبة التسليح المستعملة تسمح بذلك)، حيث تتقارب العزوم الناتجة عن طريقة كلابيرون مع تلك الناتجة عن الطريقة التقريبية، وتكاد أن تتطابق العزوم الموجبة للمجاز الأكبر، في حين تبقى مقبولة للمجاز الأصغر وذلك من أجل حالات تحميل منطقية.

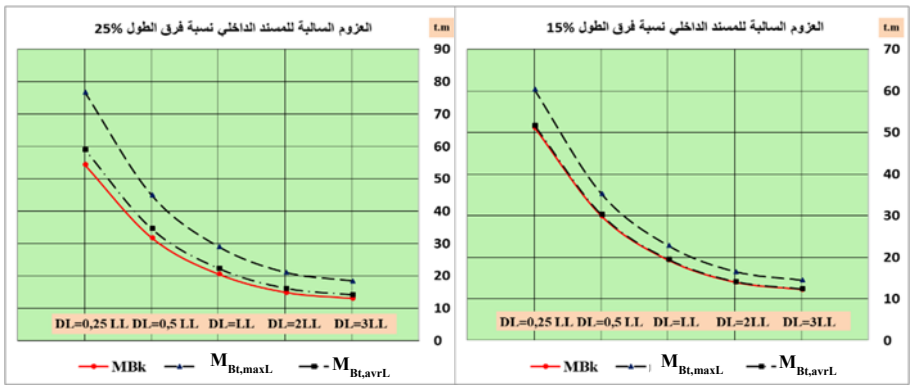
حالة التحميل	$(L_2-L_1)/L_2$=0,375	$(L_2-L_1)/L_2$=0,5
DL=0,5 LL	1,03	1,16
DL=LL	1,16	1,44

إن العزوم للمسند الداخلي الناتجة عن استعمال متوسط المجازين وفق الطريقة التقريبية هي أصغر بحدود 10% من تلك الناتجة عن كلابيرون لحالة فرق بين الأطوال مقداره 50%، وتصبح أكبر قليلاً بحدود 2% لحالة فرق بين الأطوال مقداره 37,5%، وعليه يمكن قبول استعمال الطريقة التقريبية لحالة فرق الطول بنسبة لا تزيد عن 37,5%،

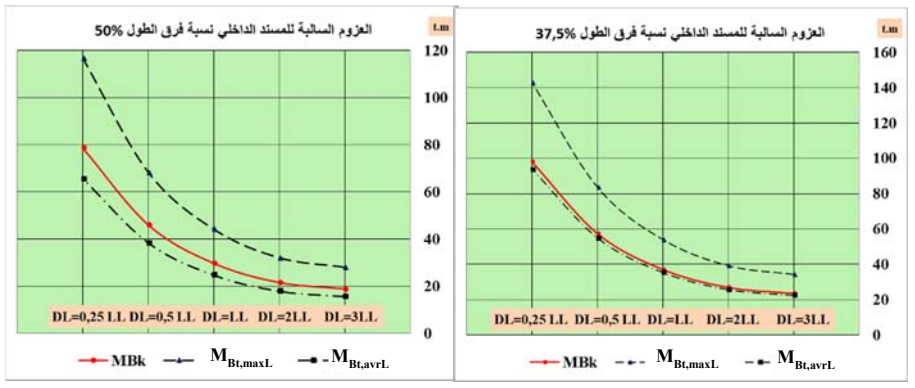
وخاصة من أجل حالات التحميل $DL = 0,5\,LL \rightarrow 2\,LL$ ، ويمكن تجاوز هذه النسبة ولكن عندما يفضل استعمال طول المجاز الأكبر عند حساب عزم المسند، علماً أن القيم هي لصالح الأمان ولكنها تسبب هدراً كبيراً في بعض الحالات.



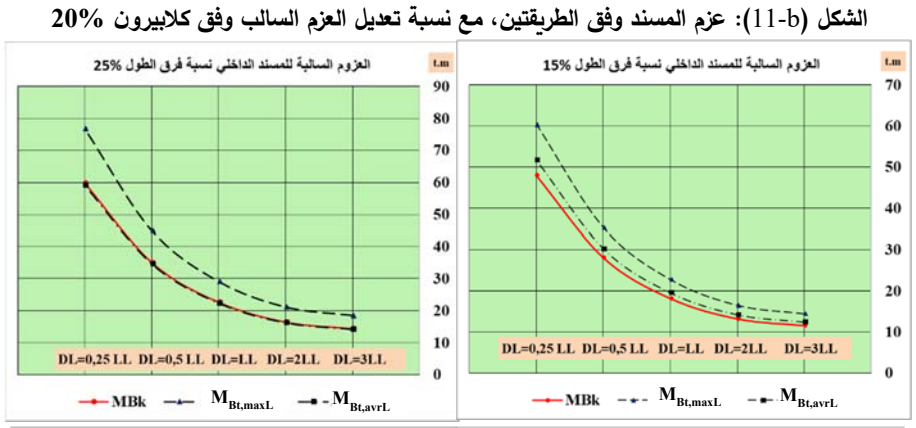
الشكل (10): عزم المسند وفق الطريقتين، مع نسبة تعديل العزم السالب وفق كلابيرون 15%

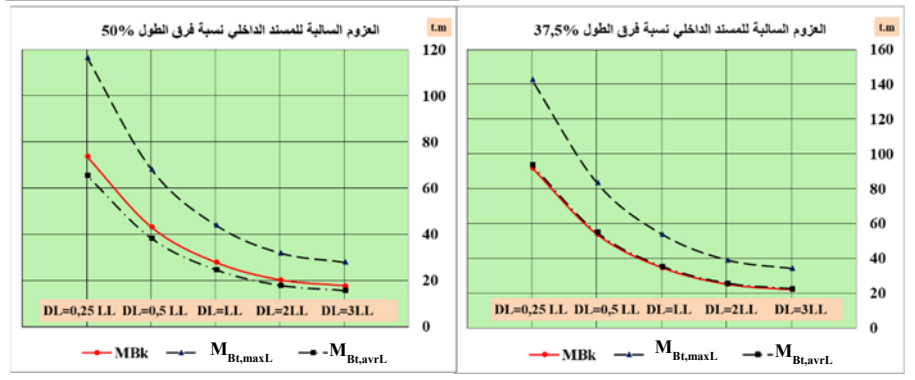


الشكل (11-a): عزم المسند وفق الطريقتين، مع نسبة تعديل العزم السالب وفق كلابيرون 20%



الشكل (b-11): عزم المسند وفق الطريقتين، مع نسبة تعديل العزم السالب وفق كلابيرون 20%





الشكل (12): عزم المسند وفق الطريقتين، مع نسبة تعديل العزم السالب وفق كلابيرون 25%

7- الخاتمة والتوصيات:

تعتمد نتائج المقارنة بين الطريقتين على نسبة تعديل العزم السالب للمسند حيث استعملت النسبة 15% سابقاً، أما حالياً فيُنصح استعمال نسبة أعلى من ذلك، 20% على سبيل المثال، وفي الواقع تعتمد هذه النسبة على مساحة التسليح

المستعملة مقارنة مع مساحة التسليح الأعظمية، ويمكن أن تستعمل نسب أعلى من المذكورة أعلاه كلما كانت مساحة التسليح المستعملة صغيرة قياساً مع المساحة الأعظمية.

- إنَّ استعمال متوسط طول المجازين المجاورين للمسند الداخلي في الطريقة التقريبية أعطى قيماً للعزوم في المسند، أكبر من تلك المحسوبة بالطريقة الدقيقة، **وبالتالي لا ضرورة للتقيد بشرط الكود العربي السوري واستعمال المجاز الأكبر بين المجازين المجاورين للمسند،** وحتى من أجل استعمال نسبة تخفيض 15% كانت نتائج الطريقة التقريبية لا تبتعد كثيراً عن نتائج الطريقة الدقيقة، بل تترافق مع قيم كبيرة للعزوم الموجبة بالمجاز الأصغر مقارنة مع تلك الناتجة بالطريقة الدقيقة، أما فيما يتعلق بالعزوم الموجبة للمجاز الأكبر فقد كانت أدنى بقليل من مثيلاتها بالطريقة الدقيقة وبفرق حوالي 5% وهي نسبة صغيرة.
- إنَّ زيادة الفرق بين طولي المجازين المجاورين للمسند الداخلي ليصل لنسبة 37,50% من المجاز الأكبر، أعطى أيضاً نتيجة مفادها أنَّه يمكن استعمال متوسط طول المجازين بالطريقة التقريبية حيث كانت قيم العزوم السالبة في المسند الداخلي أكبر قليلاً وبحوالي 2% عن تلك الناتجة بالطريقة الدقيقة، وأكبر بحدود 16% للعزوم الموجبة في المجاز الأصغر، وتطابقت العزوم الموجبة للمجاز الأكبر.

  وبالتالي يمكن القول أنه **يمكن استعمال متوسط طول المجازين عند حساب العزوم السالبة للمساند الداخلية وفق الطريقة التقريبية حتى من أجل فرق الطول بنسبة لا تزيد عن** 37,50% **وخاصة من أجل حالات التحميل** $DL = 0{,}5\,LL \rightarrow 2\,LL$.
- إن استعمال حالة التحميل $DL=0{,}25\,LL$ **التي هي غير مسموح بها وفق الطريقة التقريبية حسب الكود العربي السوري،** لم يعطي نتائج سيئة مقارنة مع الطريقة الدقيقة، حيث أن هذه الحالة لا تؤثر على عزم المسند، وتأثيرها على العزم الموجب للمجاز الأكبر لا يتعدى 2% انخفاضاً مقارنة مع حالة التحميل $DL=0{,}5\,LL$، أما العزم الموجب للمجاز الأصغر الناتج عن الطريقة التقريبية فقد كان أكبر بوضوح

من ذلك الناتج عن الطريقة الدقيقة بشكل عام، ولكن الفرق يتناقص مع حالة التحميل DL=0,25 LL، وتتقارب العزوم في هذه الحالة.

8- المراجع:

1- ACI Committee 318: **Building Code Requirements for Reinforced Concrete**, ACI Standard 318-2019, American Concrete Institute, Detroit, 2019, United States of America.

2- Structural analysis. Kassimali, Aslam, Cengage Learning, 2018.

3- الكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة. 2022- نقابة المهندسين، الطبعة الخامسة المطورة، الجمهورية العربية السورية.

An analytical study of the design of continuous reinforced concrete beams between the exact and approximate method compatible with the Syrian Arab Code

[*]Dr. Eng. Sufana Hamwieh

[*]Dept. of General Civil Engineering, Faculty of Civil Engineering in Al-Hasakah, Al-Furat University

Abstract

Most of the codes allow calculating the moments of beams by approximate methods in addition to the exact methods, including the Syrian Arab Code for the design and implementation of reinforced concrete structures.

The approximate method allowed in Syria is called the "code factors method", and it is derived from the American code ACI-318, but the Syrian Arabic code added to it the use of the length of the greater span of the two adjacent spans when calculating the moment of the internal support (8-3-4-1 ،[3]), While the average of the spans is taken when calculating the support moment for continuous one way slabs, whether it is according to the ACI-318 or the Syrian Arab (8-4-1 ،[3]).

More than 75 examples were analyzed to show the eligibility of this condition. Previously, the approximate method was evaluated compared with the exact methods [2], the three-moment method "Clapeyron", and it was based on reducing the negative moment by 15% to take into account the effect of concrete creep, later this percentage was modified and became greater than that.

Therefore, it was necessary to re-evaluate the validity conditions of the approximate method according to the last amendment, whether in terms of the difference in the lengths of the adjacent spans, or in terms of the value of the live load compared to the dead load, and it was found that it is not necessary to use the length of the greater span than

calculating the moment of the support. In addition to the possibility of using the method of the code factors with a difference between the adjacent spans greater than what is mentioned in the code, the same applies to the permissible ratio between the live load and the dead load.
Key Words: Internal support moment, code factors method, Clapeyron method, Syrian Arabic code