مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية – سلسلة العلوم الهندسية المجلد (22) العدد (9) 2000
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research –Engineering Science Series Vol. (22) No (9) 2000

تأثير نوع التسليح وتوزعه في المقطع العرضي على العزم المسبب للتشقق والسهوم الحاصلة في العناصر الخرسانية المسلحة المعرضة للانحناء

الدكتور غاندي علي جحجاح*

(قبل للنشر في 2000/8/7)

❐ الملخّص ❐

يرتبط ظهور التشققات، وحصول السهوم في العناصر الخرسانية المسلحة المعرضة للانحناء بعوامل كثيرة منها: عوامل متعلقة بالخواص الهندسية للمقطع العرضي للعنصر، وأخرى بنوعية الحمولات المؤثرة وطريقة التحميل، إضافة إلى العوامل المتعلقة المستخدمة في هذه العناصر، والمواصفات الميكانيكية لهذه المواد، وأهمها تأثيراً مقاومة الخرسانة المستخدمة على الشد بالانحناء.

تؤثر نوعية التسليح المستخدمة وكيفية توزعه في المقطع العرضي في قيمة العزم المسبب للتشقق، وفي السهوم الحاصلة في العناصر الخرسانية المسلحة المعرضة للانحناء.

يقدم هذا البحث دراسة تجريبية لتأثير نوعية التسليح وتوزعه في المقطع العرضي في قيمة العزم المسبب للتشقق، والسهوم الحاصلة في العناصر الخرسانية المسلحة المعرضة للانحناء، ومقارنة القيم التجريبية بالقيم الحسابية الحاصلة باستخدام العلاقات المعتمدة في الكودات.

* أستاذ مساعد في قسم الهندسة الإنشائية – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.

مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية - سلسلة العلوم الهندسية المجلد (22) العدد (9) 2000
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research –Engineering Science Series Vol. (22) No (9) 2000

The Influence of the Kind and Distribution of Reinforcement on the Cracking Moment and Deflections in R/C Flexural Members

Dr. Ghandi Ali JAHJAH*

(Accepted 7/8/2000)

❐ ABSTRACT ❐

The appearance of cracks and the existence of deflections in R/C flexural members depend on many factors such as geometric characters of the section, type of loads, method of loading and mechanical characters of mixed materials such as modulus of the rupture, which has the most important effect.

The kind of reinforcement and their distribution in the section, may influence the cracking moment and deflections in R/C flexural members.

In this research an experimental and theoretical investigation has been carried out to find out the influence of kind and distribution of reinforcement in section, on the cracking moment and deflections in such members.

* Associate Professor at the of Department of Structural Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, SYRIA

مقدمـــــة:

يؤثر ظهور التشققات واستمرار اتساعها بشكل كبير على قدرة تحمل العناصر الخرسانية المسلحة المعرضة للإنحناء، بالتالي على الإستثمار السليم لهذه العناصر [1,2,3,4]، كما أن حصول السهوم وتزايدها يعيقان استثمار هذه العناصر.

لذلك، تعتبر دراسة ظاهرة التشقق والسهوم مسألة ذات أهمية كبيرة، وتحتاج إلى المزيد من الدراسات المتأنية رغم ما تم من دراسات في هذا المجال [5,6,7,8,9]؛ وغيرهم كثير.

يتعرض هذا البحث إلى دراسة مدى تأثير نوع التسليح المستخدم، وتوزيع أسياخ التسليح في المقطع العرضي للعناصر الخرسانية المسلحة المعرضة للإنحناء على قيمة العزم المسبب للتشقق، والسهوم الحاصلة، ومقارنة القيم التجريبية بالقيم الحسابية.

II – الدراسة التجريبية:

II-1. تحضير العينات وإختبارها:

بهدف دراسة تأثير نوعية التسليح المستخدم وتوزعه في المقطع العرضي في قيمة العزم المسبب للتشقق، وفي السهوم الحاصلة في العناصر الخرسانية المسلحة المعرضة للانحناء، تم تحضير كمرات من الخرسانة المسلحة، قسمت إلى مجموعتين مختلفتين بنوع تسليح المستخدم.

قُسِّم كل من المجموعتين إلى عدة مجموعات جزئية، اختلف بعضها عن بعض في كيفية توزيع التسليح في المقطع العرضي، وتراوحت نسبة التسليح في العينات المختبرة ضمن المجال ($\mu = \frac{As}{b.d} \approx 0.30\% - 1.3\%$)، وقطر أسياخ التسليح السفلي 12^{mm} والعلوي 10^{mm}، ويوضح الجدولان (1,2) الخواص الهندسية للعينات المختبرة.

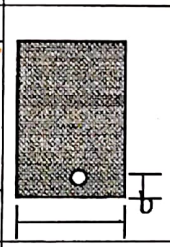
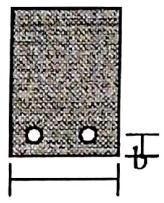
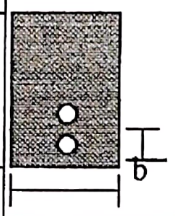
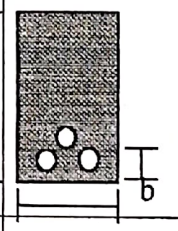
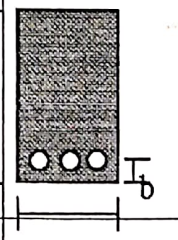
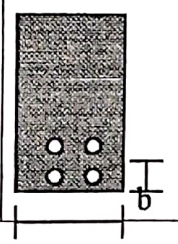
استخدم في تحضير الكمرات بيتون، هو عبارة عن خليط من الحصويات ذات المقياس الأعظمي 20^{mm} مع رمل ناعم وأسمنت بورتلاندي عادي، وكانت نسب الخلط كما يلي:

الرمل الناعم $366\ kg/m^3$ ، الركام الخشن $1360\ kg/m^3$ ، الأسمنت $414\ kg/m^3$،

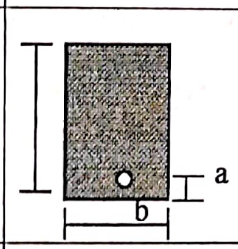
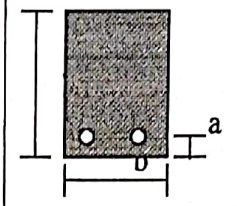
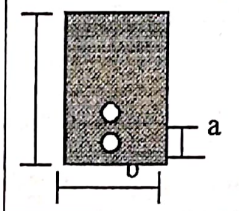
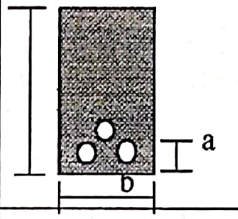
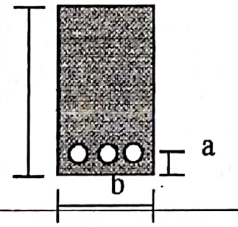
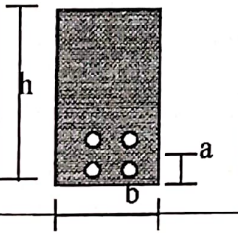
الماء $230\ kg/m^3\ kg/m^3$ ، الماء / الاسمنت = 0.49.

وقد تم الخلط في خلاطة ذات دوران حول محور رأسي، وجرى صب ودمك البيتون يدوياً في قوالب معدنية صممت خصيصاً لهذه الغاية ، إضافة إلى ذلك تم صب مجموعة مكعبات ومواشير نظامية، بهدف تحديد مقاومة الخرسانة على الضغط وعلى الشد بالانحناء وحفظت جميع العينات في ظروف متشابهة إلى حين اختبارها.

جدول (1) ــ الخواص الهندسية للكمرات المختبرة ذات التسليح الأملس.

f_{rt} Mpa	f'_c Mpa	E'_c Mpa	E_s Mpa	f_y Mpa	As mm^2	a mm	h mm	b mm	المقطع العرضي	رمـــــز العينة
2.87	19,8	$2,25\times10^4$	$2,1\times10^5$	381	113	35	280 300	141 140		BS1 BS2
					226	35	300 300	140 140		BS3 BS4
					226	58,5	300 300	141 141		BS5 BS6
					339	50,67	300 300	141 140		BS7 BS8
					339	35	297 300	142 141		BS9 BS10
					452	58,5	300 295	140 142		BS11 BS12

جدول (2) ــ الخواص الهندسية للكمرات المختبرة ذات التسليح المحلزن.

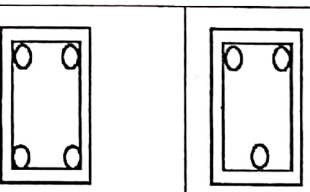
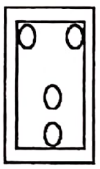
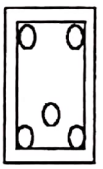
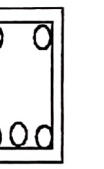
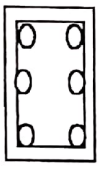
f_{rt} Mpa	f'_c Mpa	E'_c Mpa	E_s Mpa	f_y Mpa	As mm^2	a mm	h mm	b mm	المقطع العرضي	رمز العينة
2.87	19,8	$2,25\times10^4$	$2,1\times10^5$	400	113	35	297 –	141 –		BD1 BD2
					226	35	300 300	140 141		BD3 BD4
					226	58,5	300 290	141 141		BD5 BD6
					339	50,67	301 301	141 143		BD7 BD8
					339	35	300 301	144 141		BD9 BD10
					452	58,5	299 297	142 142		BD11 BD12

العينات المختبرة عبارة عن كمرات مقطعها العرضي 150×300^{mm}، واستنادها بسيط، مجازها ثابت ($L \approx 22700^{mm}$)، وتم اختبارها بتطبيق قوتين مركزيتين في ثلث المجاز من كل طرف، متزايدتين على مراحل من الصفر حتى الانهيار، مع التوقف بعد كل مرحلة تحميل، لأخذ قراءات الأجهزة الموزعة على طول مجاز العينة (وسط المجاز، عند تطبيق الحمل المركز، وعند المساند)، ومراقبة ظهور التشققات بواسطة جهاز خاص مع عدسة مكبرة مدرجة [10] ومن خلال هذه التجارب تم تحديد قيمة العزم المسبب للتشقق، وقيمة السهوم الحاصلة خلال المراحل المختلفة لعمل العنصر حتى حصول الانهيار.

III- مناقشة نتائج التجارب:

يوضح الجدول (3) القيم التجريبية للعزم المسبب للتشقق للعينات المختبرة، في حالة استخدام تسليح عادي أملس (العينات BS)، وفي حالة استخدام تسليح محلزن (العينات BD)، ومن خلال مقارنة النتائج للعينات ذات كمية التسليح نفسها والتوزيع نفسه في المقطع العرضي، ولكن نوعية التسليح مختلفة، نلاحظ أن استخدام التسليح المحلزن ساهم في زيادة قيمة العزم المسبب للتشقق.

جدول 3. مقارنة بين القيم التجريبية للعزم المسبب للتشقق عند استخدام تسليح عادي أملس $M_c{}^S{}_r$، وفي حالة استخدام تسليح محلزن $M_c{}^D{}_r$

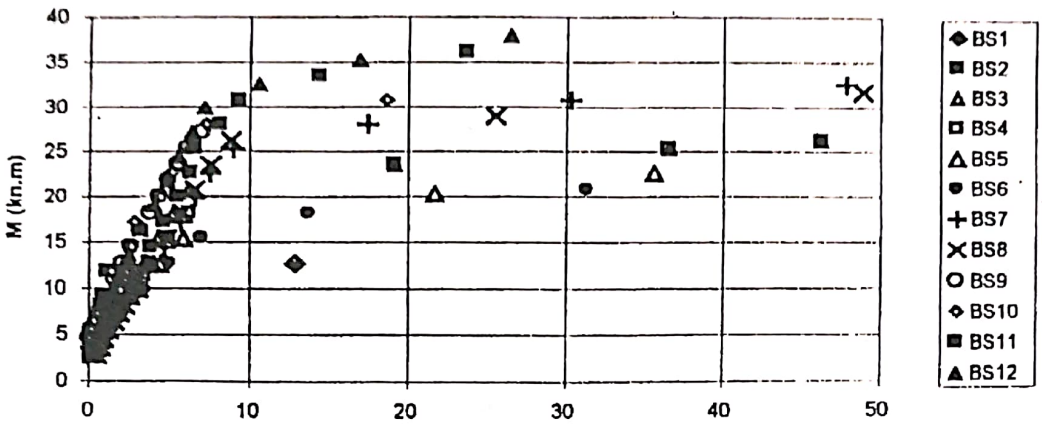
القيم التجريبية للعزم المسبب للتشقق (KN.M)											
شكل المقطع العرضي											
التسليح – رقم العينة	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
تسليح عادي أملس (المجموعةBS)	5.048	5.508	4.819	4.830	5.120	4.990	5.667	5.165	5.078	5.508	5.976	5.594
تسلح محلزن (المجموعة BD)	———	———	5.230	5.508	5.240	5.140	5.710	5.349	5.930	5.770	6.210	6.110
$\Delta = \frac{Mc^Dr - M}{Mcr}$	———	———	7.86	12.31	2.29	2.918	0.753	3.44	14.36	4.54	3.913	9.182

وفي حالة العينات المسلحة بنفس نوعية التسليح، ولكن توزيع التسليح في المقطع العرضي مختلف، حصلنا على النتائج التي يوضحها الجدول (4)، حيث يظهر من الجدول المذكور أن التفاوت بين القيم التجريبية للعزم المسبب للتشقق للعينات المتساوية في مقطع التسليح والمختلفة في التوزيع، كان أقل في حالة التوزيع الأفقي للتسليح الأملس، بينما كانت أكبر في حالة التوزيع الأفقي والتسليح المحلزن.

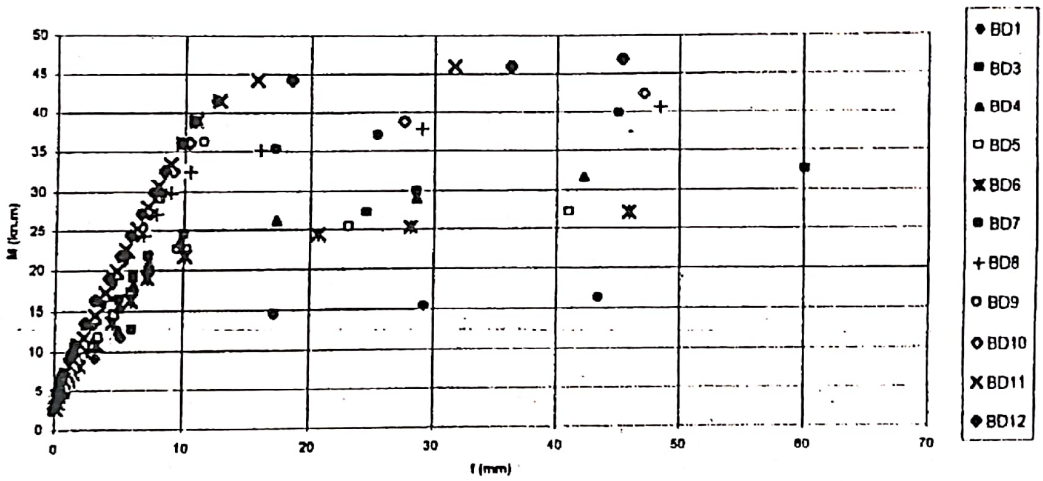
جدول 4 تأثير توزيع التسلح في المقطع العرضي في قيمة العزم المسبب للتشقق

رمز العينة	القيم التجريبية الوسطى للعزم المسبب للتشقق KN.M	Δ %
BS 3.4	4.8245	-4.780
BS 5.6	5.055	
BS 7.8	5.416	2.270
BS 9.10	5.239	
BD 3.4	5.362	3.210
BD 5.6	5.19	
BD 7.8	5.529	-5.805
BD 9.10	5.85	

معلوم أن زيادة مساحة التسليح في المقطع العرضي تؤثر في قيمة السهوم الحاصلة في الكمرات الخرسانية المعرضة للانحناء، الشكلان (1، 2). وعند مقارنة السهوم الحاصلة في العينات الحاوية كمية التسليح نفسها ولكن بنوعية مختلفة (أملس ومحلزن)، فقد تبين أن العينات ذات التسليح الأملس الشكل (3)، تحصل فيها سهوم أكبر من السهوم الحاصلة في العينات ذات التسليح المحلزن. أما تأثير توزيع التسليح في المقطع العرضي، فقد تبين ان التوزيع الأفقي للتسليح له أثر إيجابي في تقليل مقدار السهوم الحاصلة، الشكل (4).

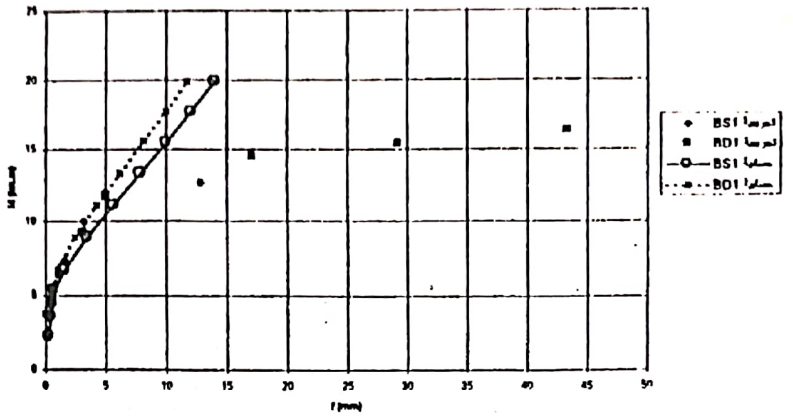


الشكل 1. تأثير مساحة التسليح في السهوم الحاصلة في الكمرات المختبرة (تسليح أملس)

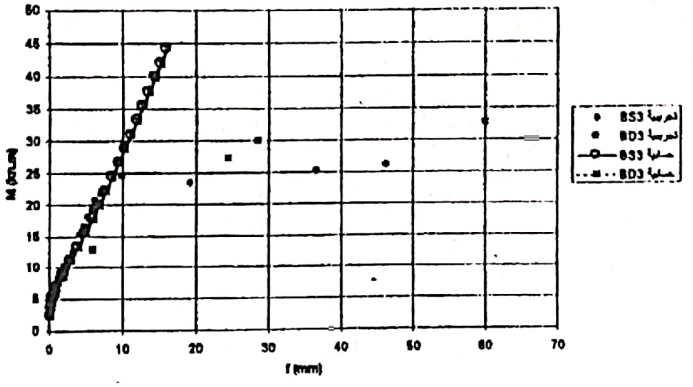


الشكل 2. تأثير مساحة التسليح في السهوم الحاصلة في الكمرات المختبرة (تسليح محلزن)

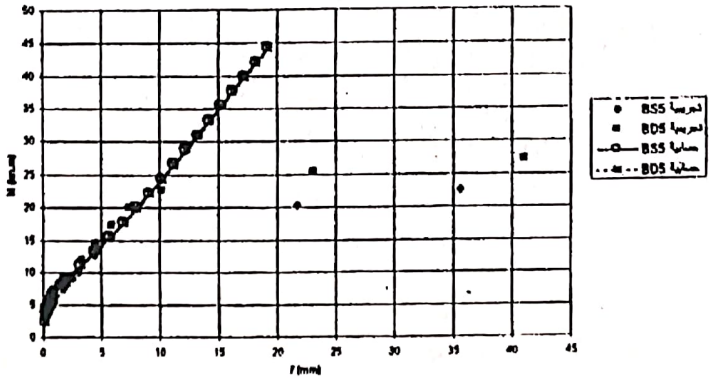
a)


BS1 تجريبية
BD1 تجريبية
BS1 حسابية
BD1 حسابية
M (kn.m)
f (mm)

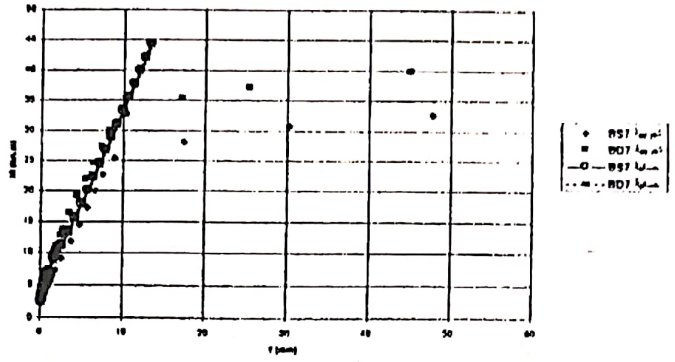
b)


BS3 تجريبية
BD3 تجريبية
BS3 حسابية
BD3 حسابية
M (kn.m)
f (mm)

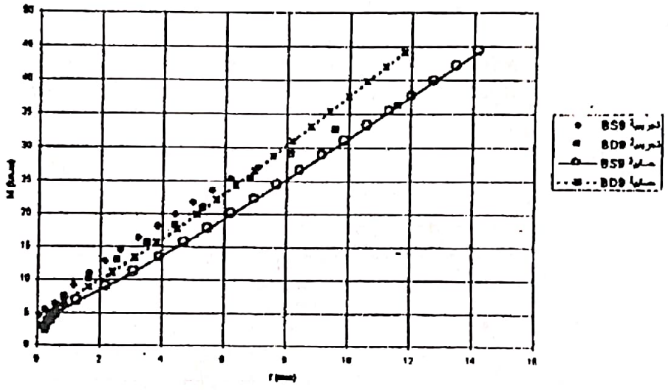
c)


BS5 تجريبية
BD5 تجريبية
BS5 حسابية
BD5 حسابية
M (kn.m)
f (mm)

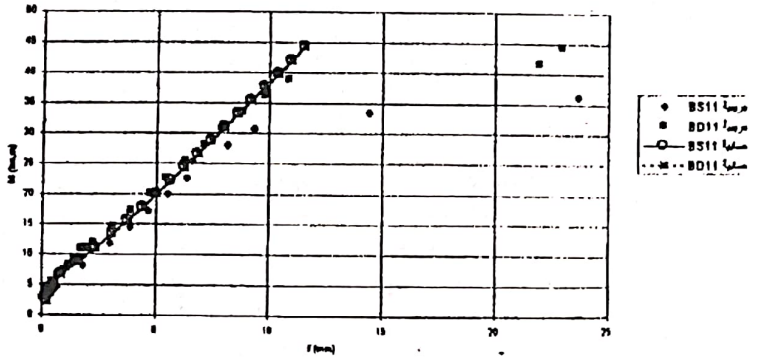
d)



e)

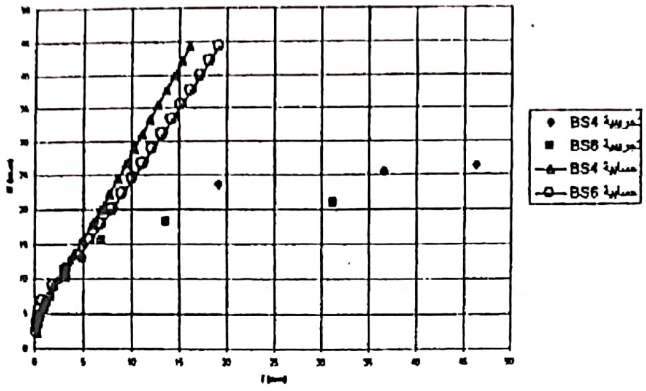


f)

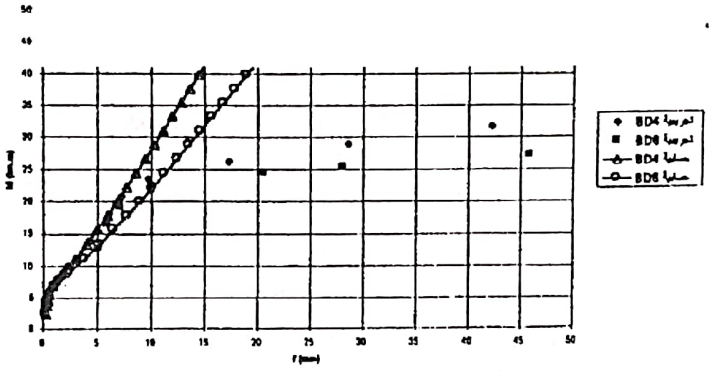


الشكل 3. تأثير نوع التسليح المستخدم في السهوم الحاصلة في الكمرات المختبرة.(الأشكال a , b , c ,d , e, ,f)

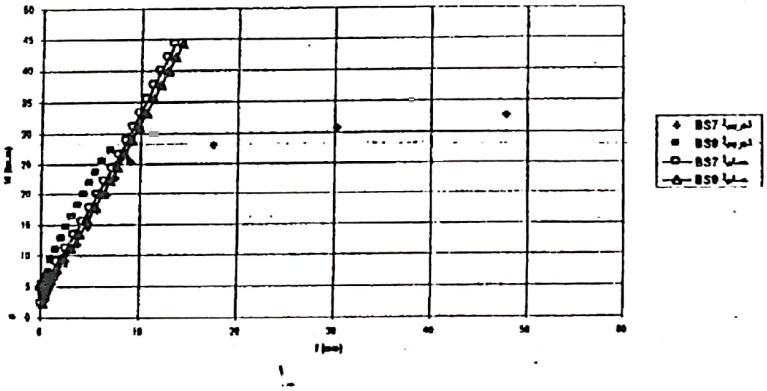
a)



b)



c)



الشكل 4– تأثير توزيع التسليح في المقطع العرضي في السهوم الحاصلة في الكمرات المختبرة (الأشكال a,b,c)

IV - المقارنة بين القيم التجريبية والحسابات النظرية

تستخدم علاقات مختلفة لتقييم العزم المسبب للتشقق وتحديد السهوم الحاصلة في العناصر الخرسانية المعرضة للانحناء، فالكود الأمريكي [11] يقترح علاقات للحساب هي نفسها التي اعتمدها الكود العربي [12]، والعربي السوري [13]. بينما تختلف العلاقة التي يعتمدها الكود الروسي [14]، حيث تأخذ العلاقة المعتمدة في الكود الروسي عدة عوامل أهملت من اعتبار الكودات المذكورة [10].

من خلال حساب قيمة العزم المسبب للتشقق وفق الكود الأمريكي [11]، والكود الروسي [14] باستخدام العلاقات المقترحة فيها [10]، ومقارنة نتائج الحساب بالقيم التجريبية للعينات، حصلنا على النتائج الموضحة في الجدول (5)؛ حيث نلاحظ وجود تفاوت بين القيم التجريبية والحسابية بمقادير مختلفة، تصل إلى 20 % في بعض الحالات، عند الحساب باستخدام العلاقة المعتمدة بالكود الأمريكي، وإلى 60 % كحد أقصى في بعض الحالات، عند إعتماد علاقة الكود الروسي.

بهدف مقارنة القيم الحسابية بالقيم التجريبية للسهوم الحاصلة في الكمرات الخرسانية المسلحة المختبرة، فقد تم حساب قيمة هذه السهوم باعتماد العلاقة المعروفة في حساب الإنشاءات [7]

$$\Delta = \beta \frac{ML^2}{EI} \qquad (1)$$

حيث:

β-معامل يعتمد على نوع وطبيعة الاستناد للعنصر المدروس،

M- العزم المؤثر.

L- مجاز العنصر.

E- معامل مرونة مادة العنصر.

I- عزم العطالة الفعال لمقطع العنصر.

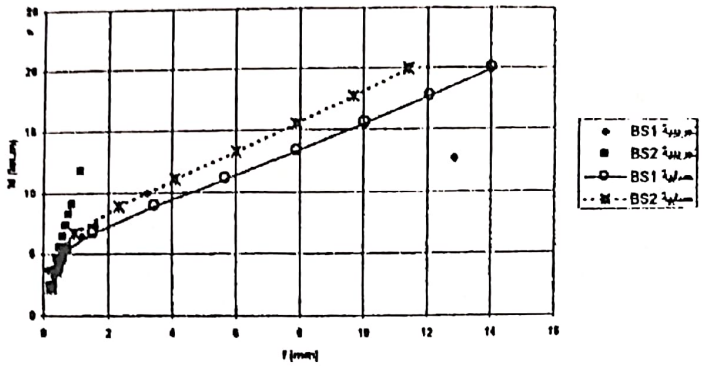
وتم تحديد I بالعلاقات المقترحة في الكود الأمريكي [11]، والتي يعتمدها -أيضا- كل من الكود العربي [12]، والعربي السوري [13] أيضا، وتوضح الشكلان (5,6) القيم التجريبية والمنحنيات الحسابية للسهوم الحاصلة في العينات المدروسة، من خلال هذه المنحنيات، نلاحظ أن العلاقات المعتمدة في الحساب تعطي بشكل عام قيما للسهوم الحاصلة أكبر من القيم الفعلية.

جدول (5) مقارنة النتائج التجريبية لقيم العزم المسبب للتشقق بالقيم الحسابية، وفق

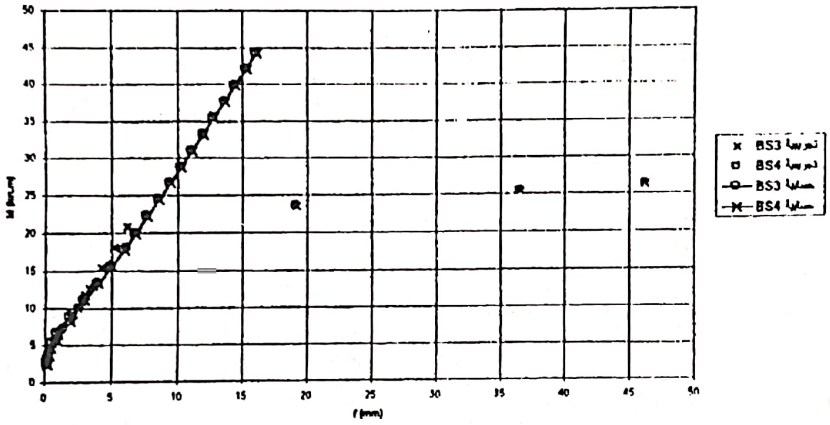
ACI Code و SNIP (مع إهمال تأثير التسليح في منطقة الضغط)

ACI 318-89		SNIP 2.03.01-84		M_{cr}^{exp} KN.M	رمز العينة
$\frac{M_{cr}^{exp}-M_{cr}^{cal}}{M_{cr}^{cal}}$ %	M_{cr}^{cal} KN.M	$\frac{M_{cr}^{exp}-M_{cr}^{cal}}{M_{cr}^{cal}}$ %	M_{cr}^{cal}		
- 4,557	5,280	- 49,2	9,938	5,048	BS1
-8,63	6,028	-51,3	11,310	5,508	BS2
-20	6,028	-59,9	12,059	4,819	BS3
-19,87	6,028	-59,9	12,059	4,830	BS4
-9,5	6,071	-56,07	11,657	5,120	BS5
-17,8	6,071	-57,3	11,687	4,990	BS6
-6,65	6,071	-54,23	12,381	5,667	BS7
-14,3	6,028	-58,03	12,306	5,165	BS8
-3,97	5,288	-54,90	11,258	5,078	BS9
-9,27	6,071	-57,21	12,873	5,508	BS10
-1,01	6,028	-53,02	12,700	5,967	BS11
-6,14	5,912	-56.7	12,356	5,549	BS12
-13,23	6,028	-56,63	12,058	5,230	BD3
-9,27	6,671	-54,46	12,134	5,508	BD4
-13,68	6,071	-55,16	11,687	5,240	BD5
-10,03	5,713	-53,22	10,989	5,140	BD6
-6,57	6,112	-54,19	12,464	5,710	BD7
-13,11	6,156	-57,34	12,540	5,349	BD8
-3,01	6,114	-54,2	12,948	5,930	BD9
-5,60	6,112	-55,46	12,956	5,776	BD10
+2,23	6,074	-51,10	12,696	6,210	BD11
+1,95	5,993	-51,22	12,526	6,110	BD12

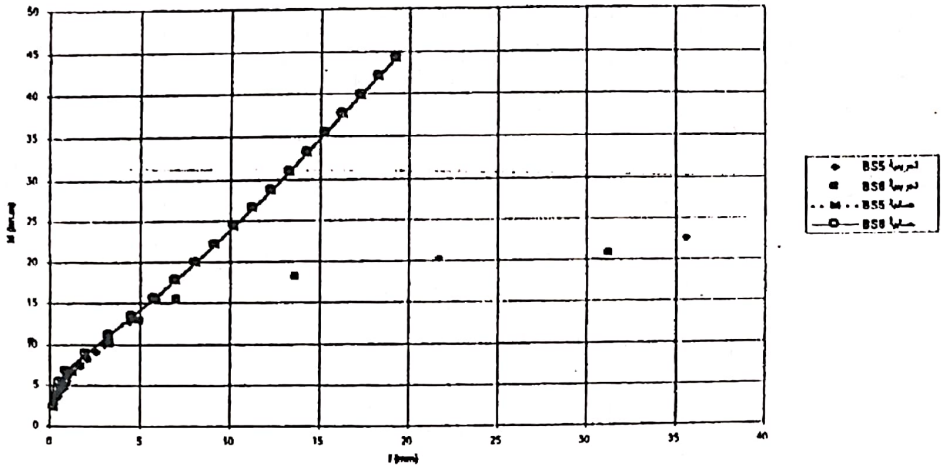
a)


BS1 تجريبية
BS2 تجريبية
BS1 حسابية
BS2 حسابية

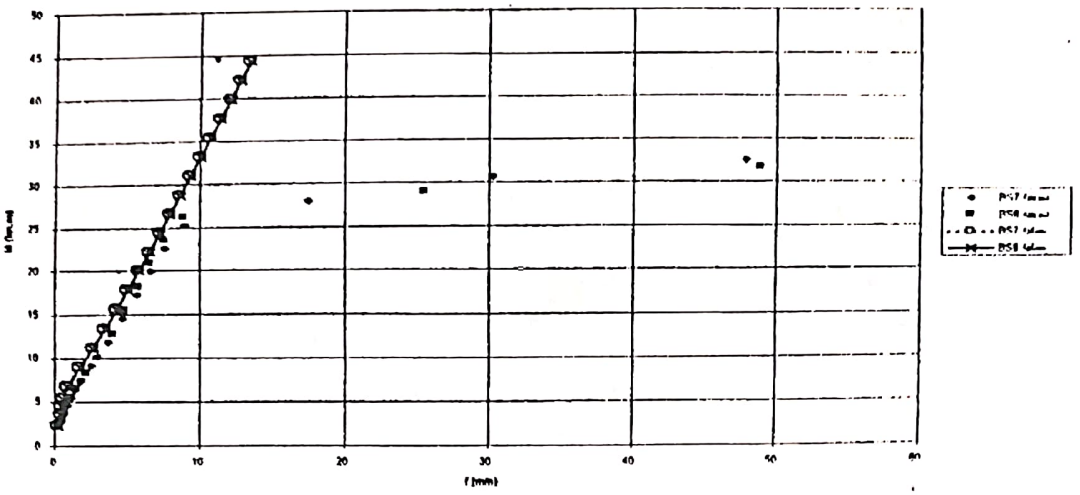
b)


BS3 تجريبية
BS4 تجريبية
BS3 حسابية
BS4 حسابية

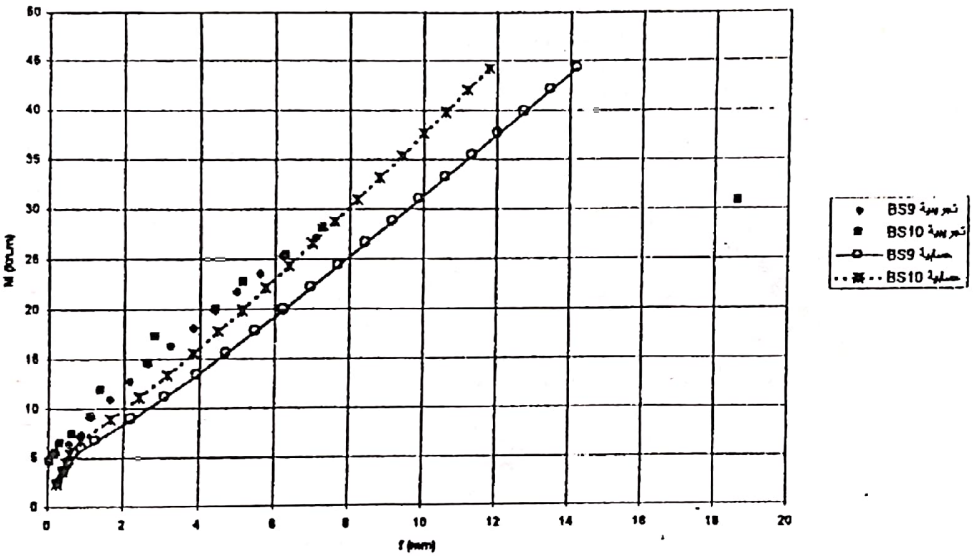
c)


BS5 تجريبية
BS6 تجريبية
BS5 حسابية
BS6 حسابية

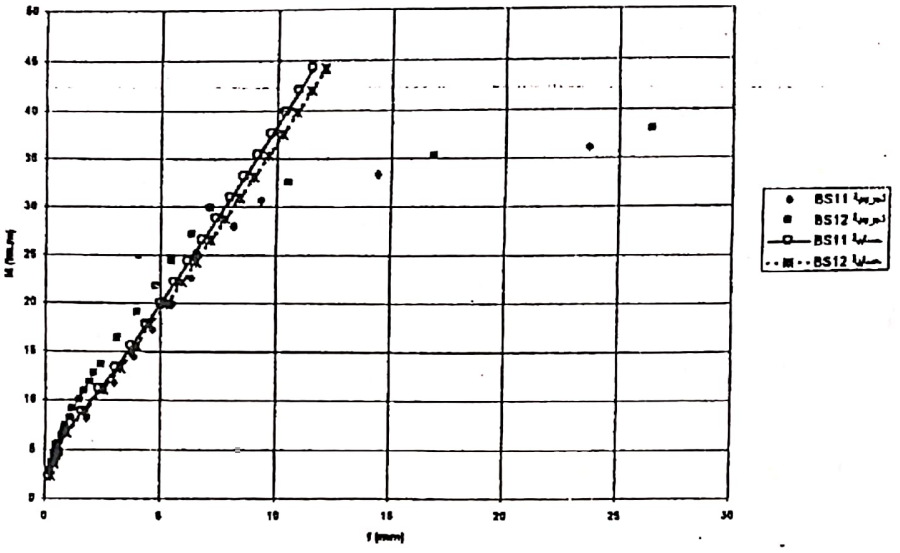
d)



e)

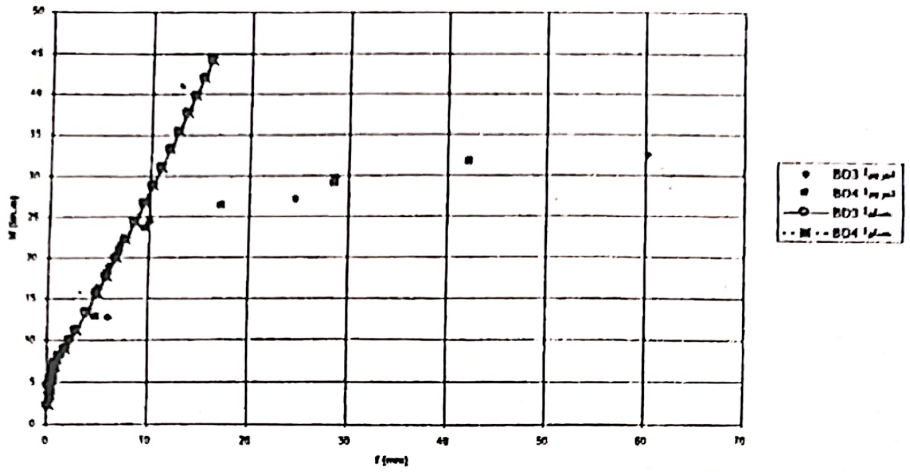


f)

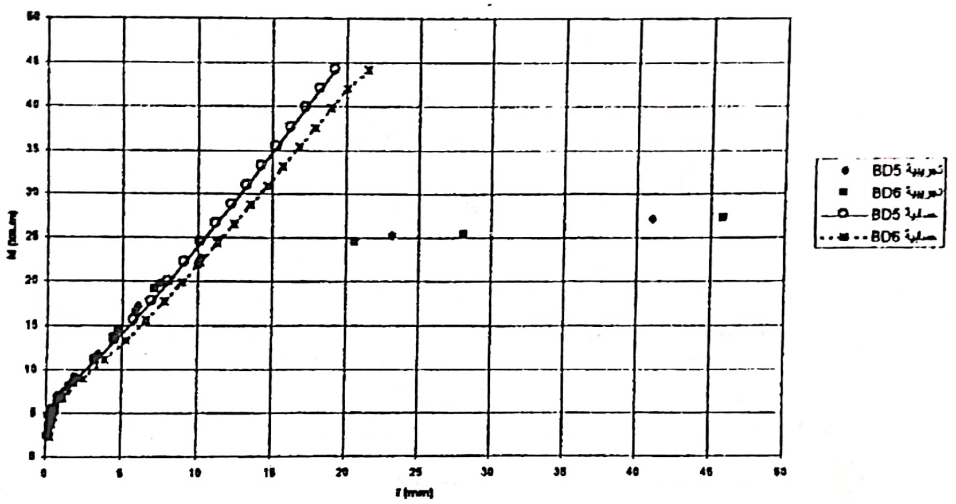


الشكل 5. مقارنة القيم التجريبية والحسابية للكمرات المختبرة (عينات بتسليح أملس).

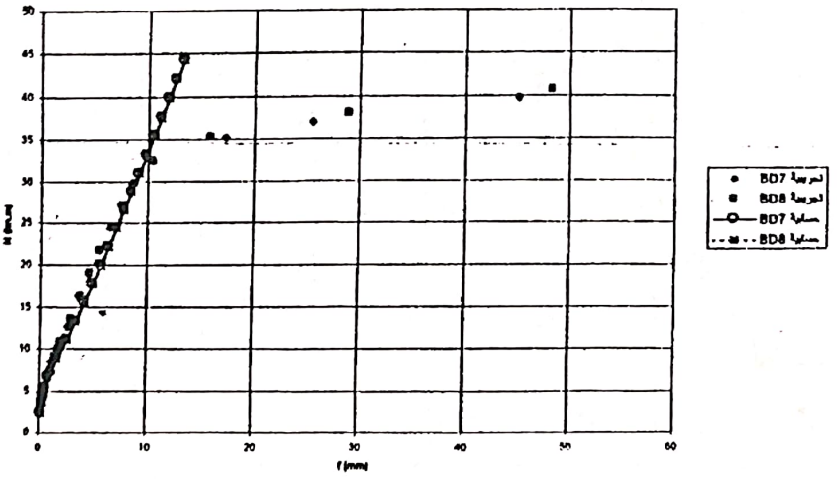
a)



b)



c)



الشكل 6. مقارنة القيم التجريبية والحسابية للكمرات المختبرة (تسليح محلزن).

V- النتائج:

من خلال ما تم عرضه، نخلص إلى مجموعة من النتائج:

1- إن تأثير نوعية التسليح في التجارب التي أجريت كانت محدودة على قيمة العزم المسبب للتشقق، وقد أعطى استخدام التسليح المحلزن نتائج أفضل.

2- يفضل توزيع التسليح أفقيا في المقطع العرضي، حيث تزداد صلابة المقطع، وتقل السهوم الحاصلة. أما قيمة العزم المسبب للتشقق، فهي متقاربة، مع زيادة بسيطة في حالة التوزيع الافقي للتسليح المحلزن عن القيم الحاصلة في حالة استخدام توزيع شاقولي للتسليح.

3- إن نتائج الحساب باستخدام العلاقات المعتمدة في الكود الأمريكي [11]، والتي تعتمد نفسها في الكودين: العربي [12]، والعربي السوري [13] أعطت نتائج قريبة من القيم التجريبية.

هذا، ولابد من الإشارة؛ إلى ضرورة إجراء تجارب إضافية تشمل مجالاً أوسع من نوعية التسليح، وتوزيعاً أكبر للتسليح في المقطع العرضي؛ الأمر الذي نضعه هدفا في أعمالنا اللاحقة.

REFERENCES المراجـــع

1. Boikov , V.N, Siglalov , E.E ' Reinforced Concrete Structures, ' stroiizdat , Moscow. 1985 (in Russian).
2. Bandarenka , V. M , and Covarken, D.K.," Reinforced Concrete and Stones Structures ", Moscow. 1987. (in Russian).
3. Dmitris, S.A., "Limit state of Reinforced Concrete" Stroiizdat ,Moscow, 1985. (in Russian).
4. Zalesov, A.S.,Kodish, E.N., Lemish, L.L., and Nikitin, I.K., "Strength Cracking Control, and Deformation of reinforced concrete ", Stroiizdat, Moscow, 1988,P.320 (in Russian).
5. Bnmokrane, B., Chaallal,O,. and Masmoudi,R., " Flexuoral, Response of Concrete Beams Rreinforced with FRP Reinforced Bars,'' ACI Structural Journal, V.93, No. 1 , 1996 ,PP.46-55.
6. Read M.Samra ., " Tim – Dependent Deflection of Reinforced Concrete Beams Revisited ,'' Journal of Structural Engineeng , vol123, No.6., june, 1997, pp.823-.830.
7. Bransan , D.E. and Trost ,H, "Application of I – Effective Method in Calculating Diflections of partially prestessed Members ,"PCI journal, V. 27, No.5,1982,pp. 62 – 77.
8. Nilson, A.H., " Desing of prestressed concrete ," Second Edition, 1987, pp.357-362
9. Harajli , M.H,. and Alameh, A.S., " Deflection of progressively Cracking partially pretaressed Concrete Flxural Members ,"PCI Journal, V. 34, No.3,1989, pp. 94 – 128.
10. JAHJAH.G.A., "Evoluation of cracking Moment in Reinforced concrete Flexural Members," Tisshreen university Jornal. 1999.
11. ACI 318-89. " Building code Requirements for reinforced concrete," American concrete Institute , Detroit , 1989.
12. الكود العربي لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية المسلحة، اتحاد المهندسين العرب، دمشق، 1977
13. الكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية المسلحة، نقابة المهندسين، 1992
14. SNIP 2.03.01- 1984., " Concrete and Reinforced concrete Structures , " SITP , Moscw , 1985 (in Russian).