Journal of Engineering Sciences and Information Technology
Volume (4), Issue (4): 30 Dec 2020
P: 18 - 30

ISSN: 2522-3321

مجلة العلوم الهندسية وتكنولوجيا المعلومات
المجلد (4)، العدد (4): 30 ديسمبر 2020م
ص: 18 - 30

An experimental study of the effect adding locally manufactured shear studs on raising the punching of the flat slabs

Alaa Ali Saadat

Abd Alhamed Kikhea

Faculty of Civil Engineering || Damascus University || Syria

Abstract: The slabs are one of the important structural elements in the buildings and constitute approximately 60% of the concrete size used. The flat slabs are an ideal solution that guarantees the speed and ease of implementation, especially in multi-storey buildings. The phenomenon of punching is a fundamental defect in these slabs, and the Syrian code addressed it to treat it in traditional ways such as making crowns for columns or falls of beams, which creates architectural and technological defects.

The research includes conducting laboratory experiments on reinforced concrete slabs and analyzing the results with the aim of strengthening the flat slabs punching within the same thickness of the approved slab by linking the lower and upper reinforcement steel which provides a working principle similar to the trusses. The strength was made using shear studs (distribution case, matrix or diagonal), which in turn raised the efficiency of flat concrete slabs on the punching in terms of durability, deformations, and the breakdown mechanism in this case. The importance of the research lies in the use of locally manufactured elements within the workshop without the need for ready-made shear studs, which reflects positively on the cost and time of implementation.

Keywords: flat concrete slab, punching stresses, shear studs.

دراسة تجريبية لأثر إضافة عناصر قص مصنعة محليا في رفع كفاءة البلاطات المسطحة على الثقب

علاء علي سعادات

عبد الحميد كيخيا

كلية الهندسة المدنية || جامعة دمشق || سوريا

المخلص: إن البلاطات من العناصر الإنشائية الهامة في المباني وتشكل ما يقارب 60% من حجم البيتون المستخدم وتعتبر البلاطات المسطحة حلاً مثالياً يضمن سرعة وسهولة التنفيذ وخاصة في المباني المتعددة الطوابق. تشكل ظاهرة الثقب عيباً أساسياً في هذه البلاطات وتطرق الكود السوري لمعالجته بطرق تقليدية كصنع تيجان للأعمدة أو سقوطات للجوائز مما يخلق عيوب معمارية وتكنولوجية. يتضمن البحث إجراء تجارب مخبريه على بلاطات من الخرسانة المسلحة وتحليل النتائج بهدف تقوية البلاطات المسطحة على الثقب ضمن نفس سماكة البلاطة المعتمدة وذلك بربط شبكتي التسليح السفلي والعلوي مما يؤمن مبدأ عمل مشابه للجائز الشبكي. تمت التقوية باستخدام مسامير قص (حالة توزع، مصفوفي أو قطري)، والذي أدى بدوره إلى رفع كفاءة البلاطات البيتونية المسطحة على الثقب من حيث قدرة التحمل والتشوهات وآلية الانهيار الحاصلة في هذه الحالة. تكمن أهمية البحث في استخدام عناصر مصنعة محلياً ضمن الورشة دون الحاجة لمسامير قص جاهزة مما ينعكس إيجاباً على الكلفة ووقت التنفيذ.

الكلمات المفتاحية: البلاطات البيتونية المسطحة، إجهادات الثقب، مسامير قص.

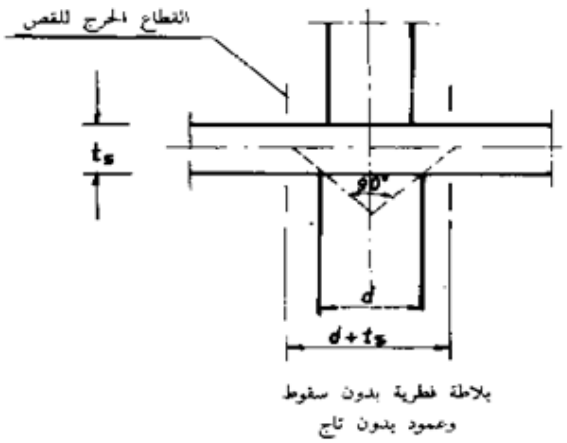
المقدمة

تعتبر البلاطات من أهم العناصر الإنشائية في الأبنية، حيث تشكل الجزء الإنشائي الأكبر الظاهر للعيان، وهي العنصر الإنشائي الأول الذي يخضع للحمولات والتأثيرات الخارجية، لذلك فإن وظيفتها هي مقاومة هذه الحمولات والتأثيرات الخارجية ونقلها إلى العناصر الإنشائية الأخرى. وبالتالي البلاطات من أكثر العناصر الإنشائية عرضة للتصدعات والتشوهات التي يمكن ملاحظتها بالعين المجردة، مما يؤثر على الناحية الوظيفية والجمالية للمنشأ بشكل عام. كما هو معلوم فإن البلاطات تشكل بحدود 60% من حجم البيتون المسلح الإجمالي للبناء، وإن حمولات الزلازل تتعلق بشكلٍ رئيسي بالوزن الذاتي للبناء فالبلاطات تلعب الدور الرئيس في تصميم العناصر الإنشائية الأخرى (الجوائز، الأعمدة، جدران القص، القواعد) للبناء. إن اختيار التصميم المناسب للبلاطات يعتبر من المسائل الأساسية التي يجب أخذها بعين الاعتبار عند تصميم الأبنية. تعتبر البلاطات المسطحة من أكثر أنواع البلاطات استخداماً في الأبنية متعددة الطوابق وذلك لميزاتها في إعطاء شكل معماري جميل لاستواء سطحها وتوزيع أفضل الضوء. كما أن غياب الجوائز الساقطة يقلل من الارتفاع الكلي للمبنى ويعطي ارتفاع صافي أكبر. مع التقليل من مخاطر دمار الحريق نظرا لعدم وجود زوايا بين البلاطة والكمرات الساقطة. بحيث يكون تثبيت رشاشات المياه الأتوماتيكية لمقاومة الحريق أسهل وابسط وكذلك لا يوجد في هذه الحالة أي اعتراض لمسار رش من الكمرات الساقطة. التهوية والتكييف أسهل لعدم وجود سقوطات للجوائز. في المنشآت العالية يكون نظام الشدات هو أهم عامل في التكلفة الاقتصادية لذلك فإن نظام البلاطات المسطحة غالبا هو أحسن نظام للأبنية العالية. وكما تعطي أقل ارتفاع للمبنى عن طريق تقليل الارتفاع الطابقي.

إن نقطة الضعف الرئيسية في هذا النوع من البلاطات هو إجهادات القص الكبيرة (قوى الثقب) التي تتولد في جوار منطقة ارتكاز البلاطة على الأعمدة. لقد تم تفادي هذه الإجهادات بوضع حديد تسليح عرضي في هذه المنطقة كما وضح الكود السوري في الفقرة (7-3-6) البلاطات الفطرية (اللاكمرية):

- دلالات:

يقصد عموماً بالبلاطات الفطرية (اللاكمرية) البلاطات المسطحة المصمتة غالباً، من الخرسانة المسلحة (إما بسقوط أو بدونه) والتي ترتكز مباشرة على أعمدة كما هو موضح بالشكل (1) إما بتيجان أو بدونها،



L_1 طول الباكية (مقاساً من محاور الأعمدة)

L_2 عرض الباكية (مقاساً من محاور الأعمدة)

L المتوسط الحسابي للمقاسين L_1 وL_2 أي:

D قطر تاج العمود أو قطر أكبر دائرة يمكن رسمها داخل قطاعه.

w الحمل الكلي لوحدة المساحة من الباكية تؤخذ w_u في حالة الحساب وفق حالة حد الانهيار

t_s السمك الكلي للبلاطة.

الشكل رقم (1). بلاطة فطرية بدون سقوط وعمود بدون تاج

الاشتراطات البعدية

يجب ألا يقل أدنى سمك كلي ts للبلاطة بأي حال عن أكبر القيم التالية:

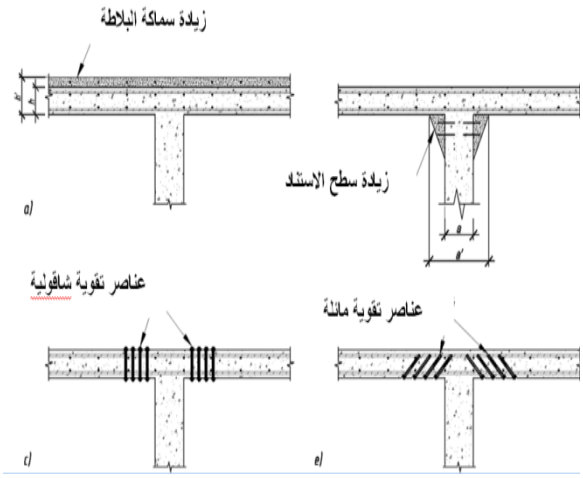
L/35 للبواكي الداخلية المستمرة بالكامل بدون سقوط.

ترتيب التسليح في البلاطات الفطرية في حالة البلاطات الفطرية المرتكزة على أعمدة بدون تيجان، أو عندما يكون قطر التاج أقل من نصف العرض المتوسط لنهاية العمود العلوية، يجب تجميع 3/2 كمية التسليح اللازمة لمقاومة العزوم السالبة للشريحة المسندية في عرض يساوي ½ عرض هذه الشريحة، على أن تكون متمركزة مع العمود، ويوزع باقي التسليح على العرض المتبقي من الشريحة المسندية

الطريقة الأساسية للتقوية:

الثقب يسبب انهيار البلاطات المسطحة عند التعرض لإجهاد مركز من الأعمدة وذلك ضمن مساحة محددة تحيط بالعمود، يمكن تحديد الثقب تصميماً بما يسمى منطقة الثقب وهو بشكل هرم مقطوع. ويعتمد التصميم على تقوية منطقة الثقب الموضح بالشكل (2) والتي تصنف للطرق التالية :

1. زيادة سماكة البلاطة الفعالة(a)
2. زيادة مساحة تحمل البلاطة(b)
3. تقوية تسليح القص (c , e)



الشكل (2) طرق التقوية الأساسية في البلاطات المسطحة

من الأشكال الأكثر شيوعاً المستخدمة في التقوية هي التسليح التقليدي أو مسامير قص إضافة لمشابك لربط تسليح البلاطة كما هو موضح بالشكل (3)

الشكل (3) بعض عناصر التقوية الأساسية في البلاطات المسطحة

مراجعة بحثية

الأبحاث النظرية: على الرغم من سنوات عديدة من العمل البحثي فإن حساب الثقب في البلاطات البيتونية المسطحة يبقى غير تام. والسبب الرئيسي لهذه الحالة التعقيد في الفرضيات النظرية للعوامل المؤثرة على الثقب. تعتمد الطريقة الأساسية لحساب الثقب بشكل عام على الوصول إلى الإجهادات الحدية في منطقة قوى القص التي تحدد من التوازن في مقطع مائل بين القوى الخارجية والإجهادات الداخلية. وتطورت في البحث [Fisherova MF]: الفكرة الأساسية لهذه الطريقةحيث تفرض أن الثقب يحصل على السطح الجانبي للهرم كما في الشكل (4) في نفس

الوقت الذي نفترض فيه حصول الثقب تكون إجهادات الشد على سطح منطقة الثقب أعلى من مقاومة الشد في البيتون.وفق الصيغة الحسابية ل Gvozdeva نجد أن:

$$P \leq k \cdot R_p \cdot b_{cp} \cdot h_0 \ (1.1)$$

K: معامل يأخذ بعين الاعتبار التوزع غير المنتظم للإجهادات0.75

R_p: مقاومة الشد في البيتون

b_{cp}: الوسطي بين المحيط الأدنى والأعلى لمنطقة الثقب

h_0: الارتفاع الفعال

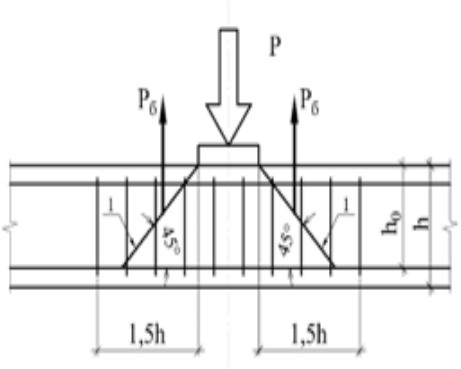
قامت في وقت لاحق الأبحاث التجريبية [**ACI 318-08**] بزيادة k إلى (1 – 0.8) واعتمدت الصيغة (1-1) في SNIP II-21-75 وفي هذه الحالة عند حساب التسليح العرضي للبلاطة المثقوبة ينتج كما يلي:

$$P \leq 1.4 \cdot k \cdot Rp \cdot bcp \cdot h0 \ (1.2)$$

F_x $P \leq R_{ax} \cdot F_x \ (1.3)$: مساحة المقطع العرضي الإجمالي لتسليح القص المقاوم للقوى الجانبية لهرم الثقب.

R_{ax}: مقاومة الشد في التسليح.

وفقاً لقواعد SNIP II-21-75 لهذه الحالة من التسليح العرضي يجب أن لا يتجاوز مقدار الحمل المركز الخارجي عن 1.4 من قدرة تحمل البيتون. النتيجة: يتضح أن مقاومة المقطع للثقب تزيد باستخدام تسليح قص (عرضي). كما يوضح الشكل (4) المخطط الحسابي لهرم الثقب.

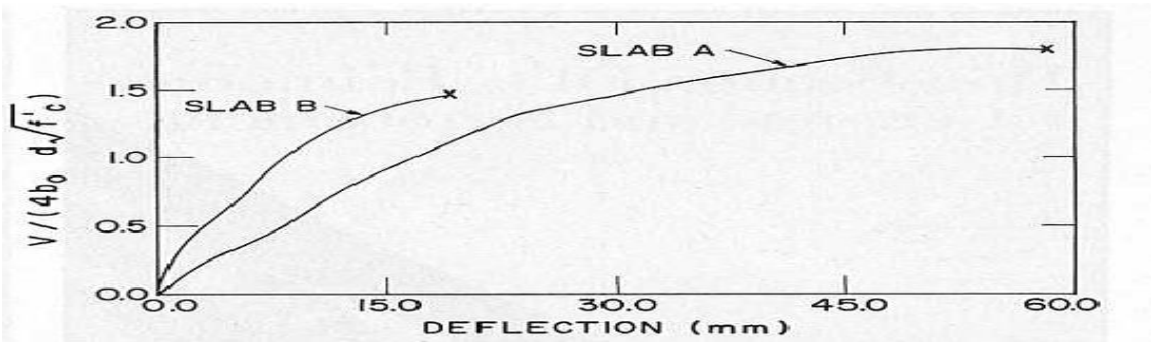


الشكل (4): المخطط الحسابي للثقب SNIP II-21-75

الدراسات التجريبية:

إن تأثير التسليح العرضي يكون فعالاً بإحكام الشد على سطح الثقب وهو يعمل بشكل مشابك [**Vilkov KI, Rogulev VI، AE Dorfman, Levonin LN**]وجد إن سماكة البلاطة يجب أن تكون أكبر من 10 cm وإلا سيكون عمل المشابك غير فعال في البلاطات الرقيقة. وجد أن التسليح العرضي محسوب على 100% من قوة الثقب علما أنه وفق معايير الاتحاد السوفيتي تمثل فقط 42% من القدرة الإجمالية ونتيجة التحليل تبين أن التسليح محسوب على 75-100% من الحمولة الكلية للعمود وفي الواقع قدرة التحمل على الثقب فقط 40%. النتيجة: نلاحظ أنه يجب اختيار التسليح بما يتوافق مع نسبة مساهمته لمنع الهدر وتحقيق الاقتصادية المثلى.

في دراسة [**Ghali A., Hammill N**]أجريت مقارنة نتائج نوعين من بلاطات الثقب مع نظامين مختلفين من التقوية: A) مسامير قصB) مشابك البلاطات بمسامير قص أظهرت قيم أعلى على الثقب كما هو موضح بالشكل (5). تثبيت المشبك غير كافي لإيصال العنصر لإجهاد السيلان. مسامير القص أظهرت قيم إجهادية أعلى ووصلت لإجهاد السيلان. مسامير القص لا تحتاج لتثبيت إضافي خارجي. مسامير القص تملك تثبيت ميكانيكي يؤمن نقطة السيلان للقضيب.



الشكل (5): مقارنة قدرة تحمل البلاطات على الثقب Aمسامير قصBمشابك

مجموعة من الأبحاث[**Herzog M**], [**Kordina K., No1ting D**]

تقترح أن تكون مساهمة التسليح العرضي بالأخذ بعين الاعتبار الظروف المحلية (ظروف العمل) من: - 0.25 0.8وفق الكود الروسي.

مع معامل الظروف المحلية: 0.8 - 0.5وفق Ec2 &Aci 318-08

مشكلة البحث

المشكلة الأساسية لهذا النوع من البلاطات في الثقب الحاصل في منطقة اتصال البلاطة بالعمود وإن الطرق التقليدية لمقاومة إجهادات الثقب سواءً كانت بخلق تيجان للأعمدة أم سقوطات للجوائز فإنها تعطي عيوب معمارية من حيث تشويه الفراغ المعماري وإنقاص الارتفاع الطابقي الصافي وتكنولوجية حيث تؤخر زمن التنفيذ وتزيد كلفة الإنشاء. وفي حالة التقوية المختارة يمكن رفع كفاءة البلاطة على الثقب ضمن نفس سماكة البلاطة المعتمدة وذلك بربط شبكتي التسليح السفلي والعلوي للبلاطة بمسامير قص (حالتي توزع مصفوفي أو قطري) أو باستخدام المشابك بحيث تؤمن مبدأ عمل مشابه للجائز الشبكي بين شبكتي التسليح مما ينعكس على رفع كفاءة البلاطات البيتونية المسطحة على الثقب من حيث قدرة التحمل والتشوهات وآلية الانهيار الحاصلة في هذه الحالة.

أهداف البحث

تحديد مساهمة التسليح العرضي المستخدم في رفع كفاءة البلاطات المسطحة على الثقب ضمن الظروف المحلية.

أهمية البحث

تصميم بلاطة مسطحة من البيتون المسلح مع عناصر تقوية ما زال غير كاملاً وإن اختيار نوع التقوية يسمح بتحسين عمل البلاطة من الناحية التكنولوجية وناحية توفير المواد. إضافة إلى عدم وجود منهجية واضحة لحساب تسليح البلاطة والتسليح العرضي المقوى.

هذا سمح لنا في التفكير بمحاولة دراسة طرق لتقوية البلاطات المسطحة باستخدام عناصر مصنعة محلياً (مسامير) وضمن ظروف العمل المحلية لعدم دقة استخدام العوامل من الكودات العالمية والتي تختلف فيها ظروف العمل بشكل يجعل في كثير من الأحيان الحالة المدروسة إما غير آمنة وإما غير اقتصادية.

منهجية البحث

الفكرة الأساسية للبحث تكمن في تحديد معامل رفع قدرة التحمل على الثقب للبلاطات المسطحة وفق الظروف المحلية حيث تم تصنيع مسامير كما هو موضح بالشكل (6). الأبعاد بال(cm)

ملحوم من طرفين **ملحوم من طرف**

الشكل (6) مسامير القص المستخدمة

حيث استخدمنا نفس قطر تسليح البلاطة (12 مم) في تقوية الثقب للبلاطات لِما في ذلك من ميزات تكنولوجية من حيث توفير الوقت والكلفة بدلاً من استخدام مسامير مصنعة جاهزة.

الدراسة التجريبية:

شكل وأبعاد العينة: 130 * 130 * 12 cm

آلية تطبيق الحمل: يوضح الشكل (7) في الأسفل طريقة تطبيق الحمل حيث يتم تثبيت العينة المدروسة من الأعلى والأسفل بواسطة ملازم وسيتم إجراء بعد التعديلات على الجهاز الموضح (مخبر البيتون – كلية الهندسة المدنية – جامعة دمشق) بحيث نضمن توزيع متساوي للحمل على كامل العينة لنوجد حالة أقرب ما يكون للواقع بحيث الحمل على البلاطة.

نسبة التسليح ثابتة ليسهل إجراء المقارنة بين عناصر التقوية.

تحليل النتائج: القوة المسببة للثقب، التشوهات الحاصلة، الدوران، آلية الانهيار.

المقارنة: إجراء المقارنة بين المجموعات الثلاثة في حالة العمود الوسطي. ويوضح الجدول رقم (1) أبعاد وتسليح العينات. تم تطبيق الحمل ستاتيكياً لحدود 100 KN ثم نترك فترة راحة ونعاود بعدها التحميل.

الشكل (7) جهاز الاختبار المستخدم

الجدول (1) أبعاد وتسليح العينات المستخدمة

اسم مجموعة العينات	أبعاد العينة (cm)	سماكة العينة (cm)	التسليح العادي	التسليح المقوى
A	130*130	12	Ø شبكة سفلية 12 / 10cm Ø شبكة علوية 12 / 20cm	لا يوجد
B	130*130	12	Ø شبكة سفلية 12 / 10cm Ø شبكة علوية 12 / 20cm	مسامير قص توزع مصفوفي ملحوم من طرف واحد
C	130*130	12	Ø شبكة سفلية 12 / 10cm Ø شبكة علوية 12 / 20cm	مسامير قص توزع مصفوفي ملحوم من طرفين
D	130*130	12	Ø شبكة سفلية 12 / 10cm Ø شبكة علوية 12 / 20cm	مسامير قص توزع قطري ملحوم من طرفين

كما يوضح الجدول (2) مواصفات المواد المستخدمة

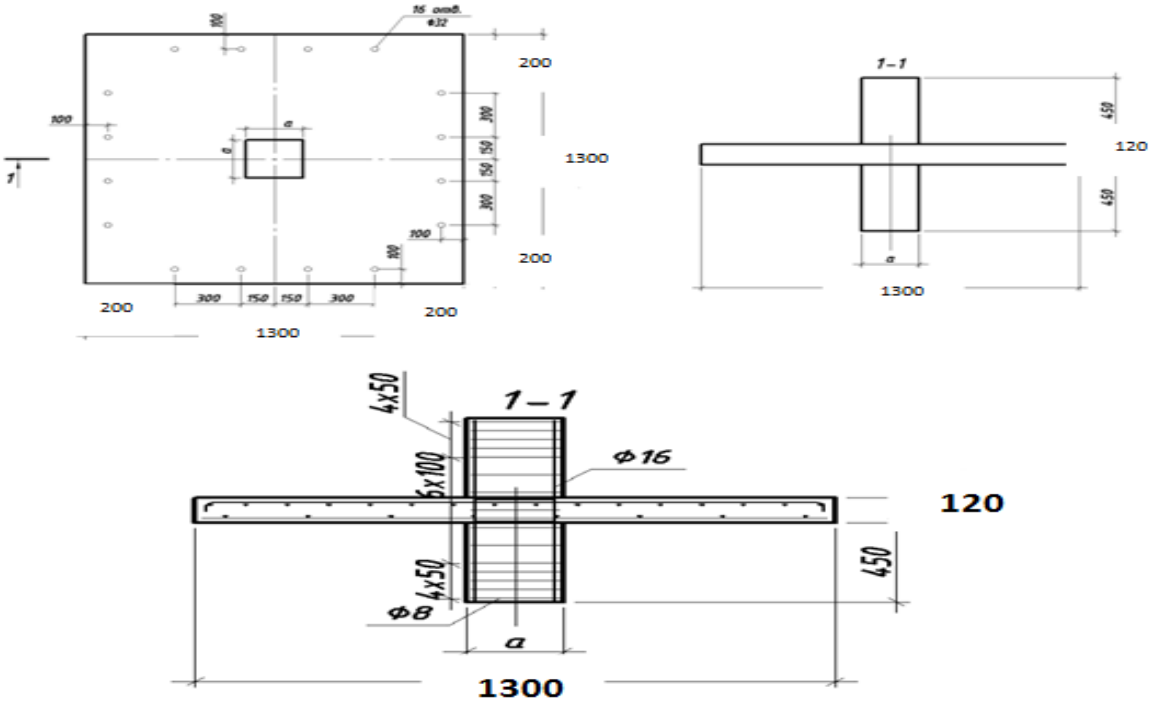
الجدول (2): مواصفات المواد المستخدمة

الإسمنت kg/m^3	الماء l/m^3	الحصويات kg/m^3	W / C	إضافات kg/m^3
350	150	1800	0.45	2.2

البيتون		التسليح	
$f_c^{'}$ (Mpa)	Ec (Mpa)	f_y (Mpa)	Es (Mpa)
20	28500	400	$2.1*10^5$

كما يوضح الشكل (8) أبعاد وتسليح العينات المستخدمة في التجارب.

توضح الصور أشكال وتسليح وألية انهيار العينات وكما تبين الجداول قيم الانتقالات والتشوهات والحمولات المسببة للانهيار على الثقب للعينات العادية والمقواة على التتالي.



الشكل (8): أبعاد وتسليح العينات

(A) العينة:

A			
			تسليح العينات
			آلية الانهيار

الجدول (3): نتائج كسر العينات الغير مقواة

	P_{cr} (KN)	δ_1(mm)	δ_2(mm)	δ_3(mm)	Ψ_{max}(rad)
A1	370	6.3	12.6	21	**0.042**
A2	377	8.4	16.8	28	**0.056**
A	373.5	7.35	14.7	24.5	**0.049**

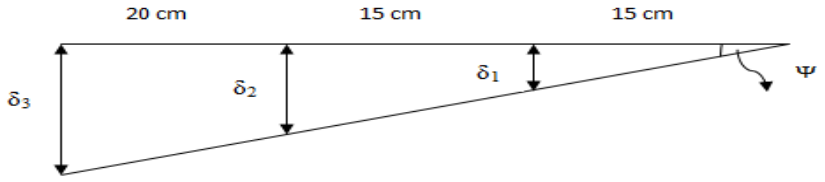
P(KN)	100	200	300	350	373.5
δ_3(mm)	5.2	9.8	14.7	22.8	**24.5**
$\varepsilon * 10^{-5}$	2.08	3.92	5.88	9.12	**9.8**

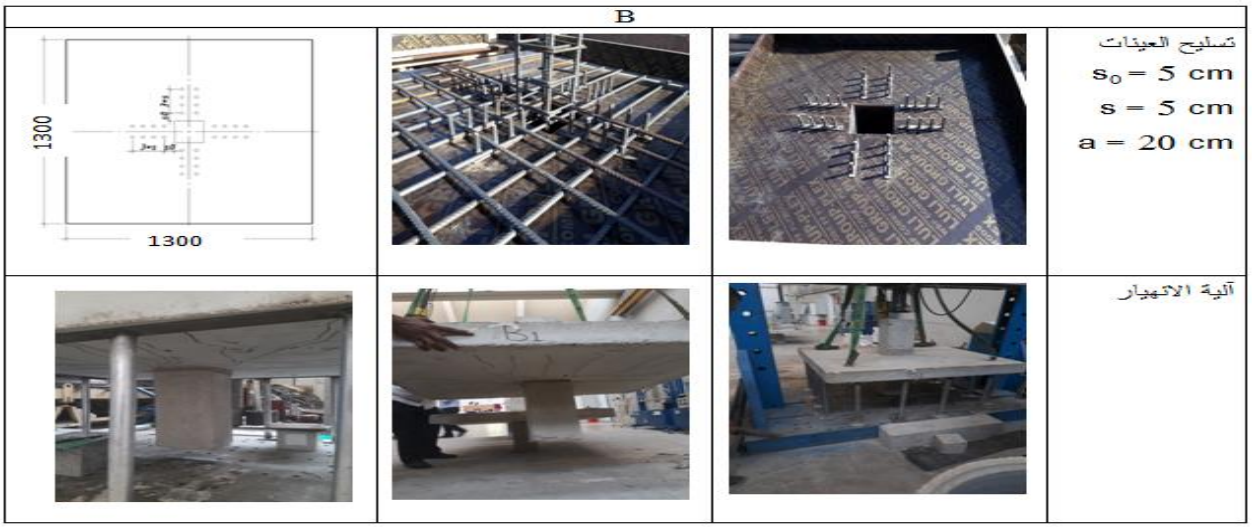
العينة (B)

الجدول (4): نتائج كسر العينات المقواة

	P_{cr} (KN)	δ_1(mm)	δ_2(mm)	δ_3(mm)	Ψ_{max}(rad)
B1	489	7.5	15	25	**0.05**
B2	495	9.3	18.6	31	**0.062**
B	492	8.4	16.8	28	**0.056**

P(KN)	100	200	300	350	373	400	450	492
δ_3(mm)	4.1	5.5	8.4	15	20	23	25	**28**
$\varepsilon * 10^{-5}$	1.64	2.2	3.36	6	8	9.2	10	**11.2**





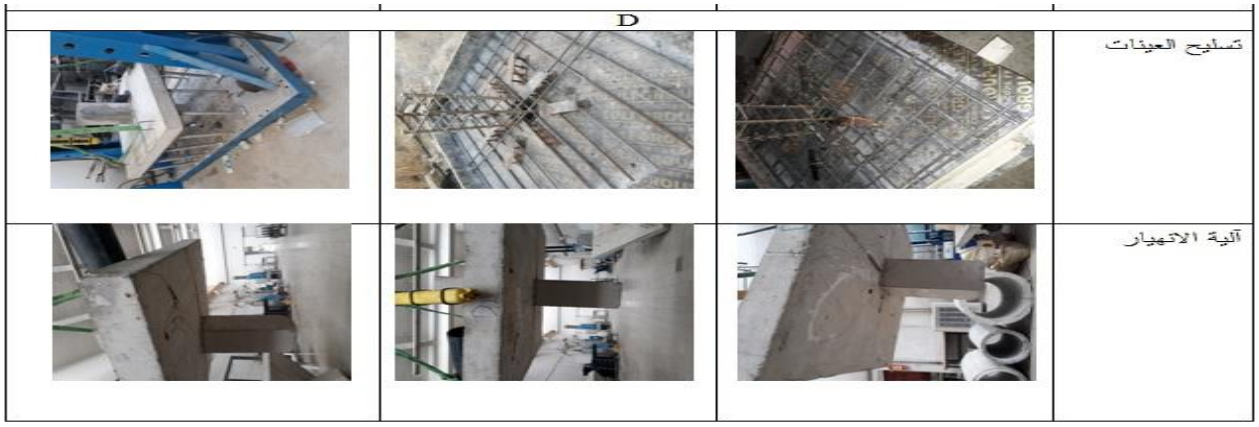
(C) العينة:

الجدول (5): نتائج كسر العينات المقواة

	P_{cr} (KN)	δ_1(mm)	δ_2(mm)	δ_3(mm)	Ψ_{max}(rad)
C1	534	9.75	19.5	32.5	**0.065**
C2	545	10.65	21.3	35.5	**0.071**
C	539.5	10.2	20.4	34	**0.068**

P(KN)	100	200	300	350	373	400	450	492	500	539.5
δ_3(mm)	4	4.5	7	14	18	20	21	24	29	**34**
$\varepsilon * 10^{-4}$	1.6	1.8	2.8	5.6	7.2	8	8.4	9.6	11.6	**13.6**

(D) العينة:



الجدول (6): نتائج كسر العينات المقواة

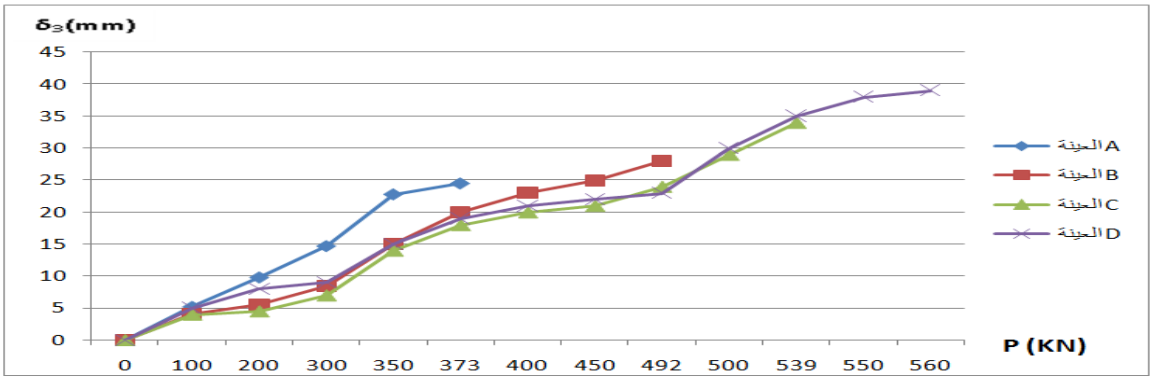
	P_{cr} (KN)	δ_1(mm)	δ_2(mm)	δ_3(mm)	Ψ_{max}(rad)
D1	573	12.7	25	42	**0.084**
D2	547	10.7	21.8	36	**0.072**
D	560	11.7	23.4	39	**0.078**

P(KN)	100	200	300	350	373	400	450	492	500	539.5	550	560
δ_3(mm)	5	8	9	15	19	21	22	23	30	35	38	**39**
$\varepsilon * 10^{-4}$	2	3.2	3.6	6	7.6	8.4	8.8	9.2	12	14	15.2	**15.6**

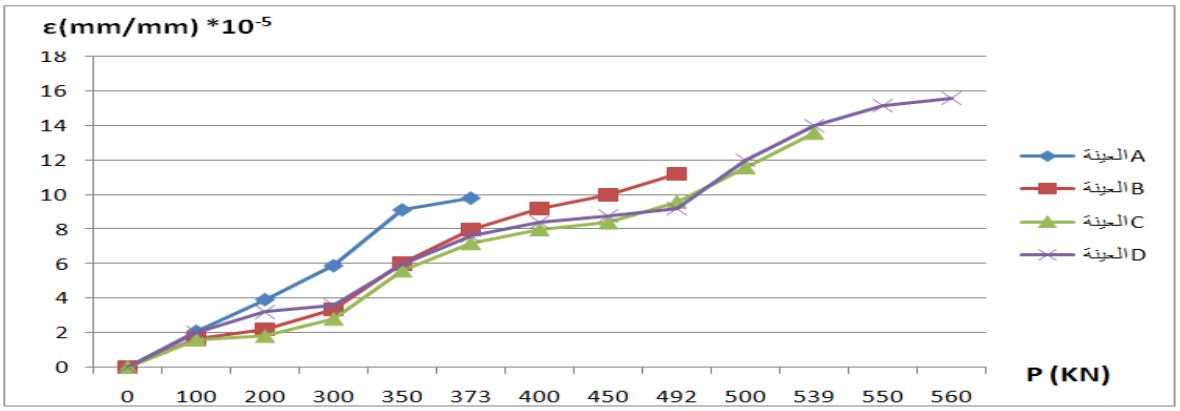
مناقشة النتائج

توضح الجداول التالية مقارنة بين العينات العادية والعينات المقواة بمسامير قص من حيث:

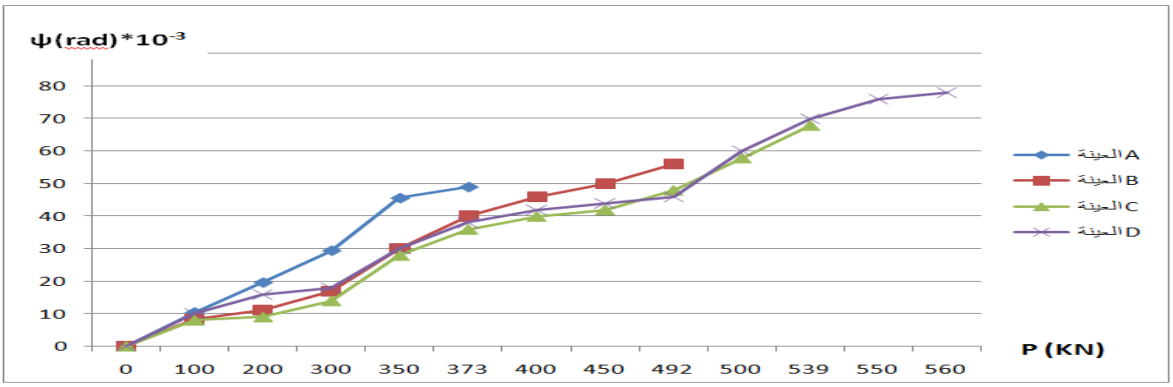
(القوة، الانتقال)، (القوة، التشوه)، (القوة، زاوية الدوران)، (الإجهاد، التشوه) على الترتيب



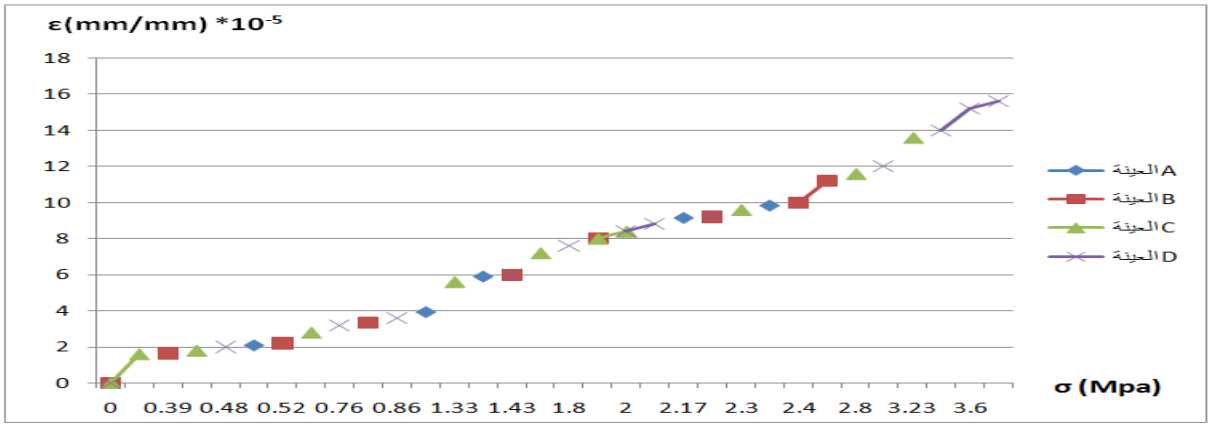
الشكل (9) مخطط (P , δ)



الشكل (10) مخطط(P , ε)



الشكل (11) مخطط(P , ψ)



الشكل (12) مخطط(σ , ε)

الخلاصة

من خلال التجارب السابقة واجراء المقارنة بين العينات المدروسة نستنتج مايلي:

1. نلاحظ زيادة في قدرة تحمل البلاطات على الثقب (P_{CR})في العينات المقواة بمسامير قص عن العينات العادية بحدود (30%) للعينات بتوزع مصفوفي وملحومة من طرف واحد وبحدود (45%)للعينات بتوزع مصفوفي وملحومة من طرفين وبحدود (50%) للعينات بتوزع قطري وملحومة من طرفين ويمكننا بشكلٍ مبدئي توقع معامل رفع المقاومة على الثقب للبلاطة المستوية بالقيم **1.3 – 1.5**
2. نلاحظ خفض للتشوهات **(ε)** في العينات المقواة وصل لحدود (40%).
3. نلاحظ خفض لزاوية التشوه **(ψ)** الحاصل في العينات المقواة وصل لحدود(40%) .
4. نلاحظ فعالية جيدة للعينات المقواة من حيث إظهار كفاءة أعلى لمقاومة التشوهات الظاهرة والمحافظة على تماسك العينة بشكل كامل.

التوصيات

التحري عن الخطوة الأولى لوضع مسامير القص بالإضافة للتباعد الأمثلي بين المسامير.

استخدام مسامير قص بتوزع قطري تماشياً مع شكل التشوهات الناتج.

إجراء اختبارات لعينات مقواة بمشابك مصنعة محليا لمحاولة تأمين ربط أمتن بين شبكتي التسليح العلوي والسفلي لتحقيق الاستفادة المثلى من العمل الشبكي.

نمذجة كافة الحالات السابقة على برنامج ABACUS ومطابقة ومن ثم تغير بعض البارامترات (قطر المسمار، خطوة البدائية، التباعد بين المسامير).

المراجع

- ACI 318-08. Building Code Requirements for Structural Concrete. Detroit: ACI 318-08, American Concrete Institute, 2008.
- AE Dorfman, Levonin LN Designing beamlessbeskapitelnyh floors.. -M.: Stroyzdat, 1975..124
- Fisherova MF Research beamless beskapitelnyhslabs erected by lifting, for multi-storey industrial buildings. // Diss. on soisk. Ouch. Art. cand. tehn. Sciences: M.: 1971 -138 p.5.

- Ghali A., Hammill N. Effectiveness of shear reinforcement in slabs //Concrete International. —1992.
- Herzog M. Der Durchstandswiderstand von Stahlbetonplattennachneuausgewerteten //Ostereichi scheIngenieurzeitschrift, Vol. 14 1971
- Kordina K., No1ting D. Shear capacity of reinforced concrete s1abs subjected to punching // DeutscherAusschuss fur Stahlbeton, Nr. 371. - Berlin, 1986..
- Vilkov KI, Rogulev VI bursting strength reinforced slabs of keramsit // Improving methods calculation and investigation of new types of reinforced concrete structures. -1977 L. -№ 2.
- الكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة 2004 وملحقاته، نقابة المهندسين السوريين، دمشق، سورية