

## دراسة تجريبية لأثر استخدام المشابك في رفع كفاءة البلاطات البيتونية المسطحة على الثقب\*

المهندس علاء سعادات\*\*\*

الاستاذ الدكتور المهندس عبد الحميد كيخيا\*\*

### الملخص

إن البلاطات من العناصر الإنشائية الهامة في المباني وتشكل مايقارب 60% من حجم البيتون المستخدم وتعتبر البلاطات المسطحة حلاً مثالياً يضمن سرعة وسهولة التنفيذ وخاصة في المباني المتعددة الطوابق . تشكل ظاهرة الثقب عيباً أساسياً لهذه البلاطات و تطرق الكود السوري لمعالجته بطرق تقليدية كإضافة تيجان للأعمدة أو سقوطات للجوائز مما يخلق عيوب معمارية وتكنولوجية . يتضمن البحث إجراء تجارب مخبرية على بلاطات من الخرسانة المسلحة وتحليل النتائج بهدف رفع كفاءة البلاطات المسطحة على الثقب ضمن نفس سماكة البلاطة المعتمدة وذلك بربط شبكتي التسليح السفلي والعلوي مما يؤمن مبدأ عمل مشابه للجوائز الشبكي. تم استخدام مشابك من نفس نوع التسليح الطولي للبلاطة (مصنعة محلياً) ، والذي أدى بدوره لرفع كفاءة البلاطات البيتونية المسطحة لحدود 55% كقدرة تحمل على الثقب و خفض التشوهات لحدود 50% و تحسين آلية الإنهيار الحاصلة في هذه الحالة . تكمن أهمية البحث في استخدام عناصر مصنعة محلياً ضمن الورشة دون الحاجة للطرق التقليدية أو العناصر المصنعة مسبقاً مما ينعكس إيجاباً على الكلفة ووقت التنفيذ .

الكلمات المفتاحية: البلاطات البيتونية المسطحة ، إجهادات الثقب ، المشابك ، تسليح البلاطة .

\*بحث أعد في سياق رسالة دكتوراة للطالب علاء سعادات بإشراف الدكتور عبد الحميد كيخيا.

\*\*أستاذ - قسم الهندسة الإنشائية - كلية الهندسة المدنية - جامعة دمشق .

\*\*\*طالب دكتوراة - قسم الهندسة الإنشائية - كلية الهندسة المدنية - جامعة دمشق .

## **Experimental Study of the effect of using clasp in raising the efficiency of flat concrete slabs on punching**

### **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 in order to raise the efficiency of the flat slabs on 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 . clasp of the same type of longitudinal reinforcement were used for the slab (locally manufactured), which in turn increased the efficiency of the flat concrete slabs to 55% as a bearing capacity for punctures, reducing deformations to 50%, and improving the collapse mechanism that occurred in this case. The importance of the research lies in the use of locally manufactured elements within the workshop without the need for traditional methods or previously manufactured elements, which positively affects the cost and implementation time.

**Keywords:** flat concrete slab , punching stresses , clasp, slab reinforcement.

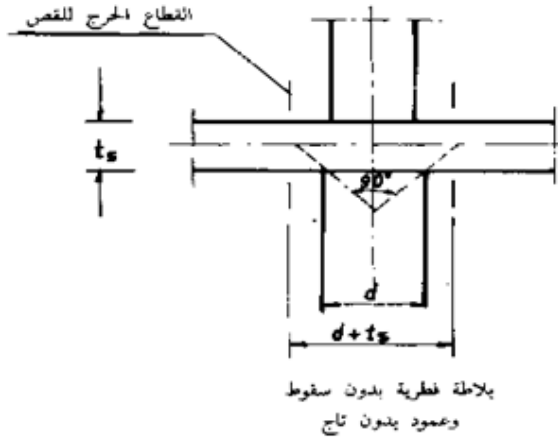
## 1- مقدمة :

تعد البلاطات من أهم العناصر الإنشائية في الأبنية، حيث إنها تشكل الجزء الإنشائي الأكبر الظاهر للعيان، كما إنها تعتبر العنصر الإنشائي الأول الذي يخضع للحمولات والتأثيرات الخارجية، وبالتالي فإن وظيفتها مقاومة الحمولات والتأثيرات الخارجية ونقلها للعناصر الإنشائية الأخرى. من هنا يمكننا أن نعتبر البلاطات من أكثر العناصر الإنشائية عرضة للتصدعات والتشوهات التي يمكن ملاحظتها بالعين المجردة، و تأثيرها 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 بشكل رئيسي بالوزن الذاتي للبناء و تلعب البلاطات الدور الرئيس في تصميم العناصر الإنشائية الأخرى ( الجوائز ، الأعمدة ، جدران القص ، القواعد ) للبناء . من هنا فإن اختيار التصميم المناسب للبلاطات يعتبر من المسائل الأساسية و يجب أخذها بعين الاعتبار عند تصميم الأبنية. تعتبر البلاطات المسطحة من أكثر أنواع البلاطات استخداماً في الأبنية متعددة الطوابق و لميزاتها في إعطاء شكل معماري جميل لاستواء سطحها وإعطاءها توزيع أفضل للضوء. غياب الجوائز الساقطة يقلل من الارتفاع الكلي للمبنى ويعطي ارتفاع صافي أكبر. التقليل من مخاطر دمار الحريق نظراً لعدم وجود زوايا بين البلاطة و الجوائز الساقطة. ويكون تثبيت رشاشات المياه الأتوماتيكية لمقاومة الحريق أسهل وأبسط وكذلك لا يوجد في هذه الحالة أي اعتراض لمسار رش من الجوائز الساقطة. التهوية والتكييف للمكان أسهل سقوطات للجوائز. في المنشآت العالية فإن نظام الشدات هو أهم عامل في التكلفة الاقتصادية لذلك فإن نظام البلاطات المسطحة غالباً 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 تقادي هذه الإجهادات بوضع فولاذ تسليح عرضي في هذه المنطقة كما وضع الكود السوري [ 1 ] في الفقرة (6-3-7) البلاطات المسطحة ( اللاجازية ) .

- دلالات :

يقصد عموماً بالبلاطات الفطرية (اللاجازية) البلاطات المسطحة المصمتة غالباً، من الخرسانة المسلحة (إما بسقوط أو بدونه) والتي تتركز 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  $L_1$  و  $L_2$  أي :

قطر تاج العمود أو قطر أكبر  $D$

دائرة يمكن رسمها داخل قطاعه . الشكل رقم (1). بلاطة فطرية بدون سقوط و عمود بدون تاج

بدون تاج

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

$t_s$  السمك الكلي للبلاطة.

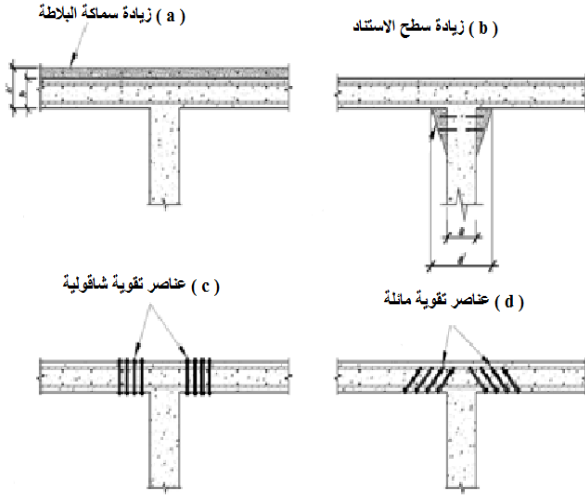
الاشتراطات البعدية

يجب ألا يقل أدنى سمك كلي  $t_s$  للبلطة بأي حال عن أكبر القيم التالية :  
L/35 للبواري 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 1/2 عرض يساوي 1/2 عرض هذه الشريحة ، على أن تكون متمركزة مع العمود ، ويوزع باقي التسليح على العرض المتبقي من الشريحة المسندية

**الطريقة الأساسية للتقوية :**

الثقب يسبب إهيار البلاطات المسطحة عند التعرض لإجهاد مركز من الأعمدة وذلك



ضمن مساحة محددة تحيط

بالعمود، يمكن تحديد الثقب

تصميمياً بما يسمى منطقة الثقب

وهو بشكل هرم مقطوع. ويعتمد

التصميم على تقوية منطقة

الثقب الموضح بالشكل (2)

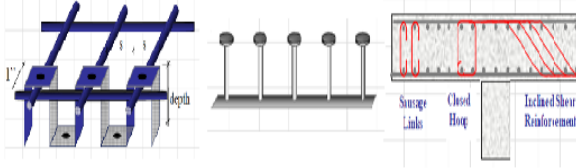
الشكل (2) طرق التقوية الأساسية

والتي تصنف للطرق التالية

زيادة سماكة البلاطة الفعالة (a) زيادة مساحة تحمل البلاطة (b)

تقوية تسليح القص (c , d) في البلاطات المسطحة

من الأشكال الأكثر شيوعاً المستخدمة في التقوية هي التسليح التقليدي ومسامير قص



إضافة لمشابك لربط تسليح

البلاطة كما هو موضح

بالشكل (3)

الشكل (3) بعض عناصر التقوية الأساسية في البلاطات المسطحة

2 - هدف البحث :

تحديد مساهمة التسليح العرضي ( مشابك ) المستخدم في رفع كفاءة البلاطات المسطحة على الثقب ضمن الظروف المحلية من حيث المقاومة و التشوهات و شكل الإنهيار.

3 -مراجعة بحثية :

1-3 الأبحاث النظرية :

إن [7] SG Katchanovski يقترح الصيغة (1.4) لحساب الثقب مع تسليح قص الذي تبناه لاحقاً SNIP 2.03.01-84:

$$P \leq P_{\sigma} + P_x (1.4)$$

بشرط ألا يزيد عن  $2P_{\sigma}$

$P_{\sigma}$  : القوة الفعلية للبيتون في المقطع العرضي المعرف بالعلاقة (1.5)

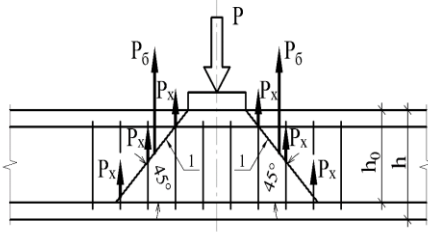
$P_x$  : القوة الفعلية للتسليح العرضي المتقاطع مع الوجه الجانبي لهرم

حساب الثقب من العلاقة (1.6)

$$P_{\sigma} = k * R_p * b_{cp} * h_0 (1.5)$$

F : قوة الثقب

K : معامل يتعلق بنوع البيتون ( ثقيل 1 ، خفيف 0.8 )



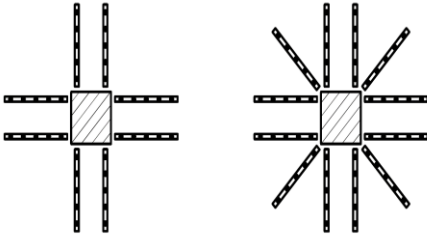
$$P_x = k_1 * R_{ax} * F_x (1.6)$$

(0.8) : معامل يؤخذ  $K_1$

الشكل (4): مخطط حسابي لبلاطة الثقب وفقاً لـ SNIP 2.03.01-84

يجب الأخذ بعين الاعتبار أن قيمة  $P_x$  التسليح العرضي لا تتجاوز  $0.5P\sigma$   
 النتيجة : يتضح من العلاقات السابقة أن مقاومة المقطع للثقب تزيد باستخدام تسليح قص  
 ( عرضي ) .

2-3 الدراسات التجريبية :



الشكل (5)

جامعة Calgary (Calgary, USA)

اقترحوا لحل هذه المشكلة استخدام مسامير

قص كما هو مبين الشكل (5)

كلا النوعين نفس الفعالية و لكن المعامل

الأساسي هو الخطوة الأولى  $S_0$

في دراسة لـ Dilger W.H. et al. [3] بين أن موقع أول خطوة  $S_0 \geq 0.5 h_0$  و من  
 ناحية أخرى لافائدة لتقريبها أكثر من ذلك لأن الشق يحصل على بعد من وجه العمود  
 موافق لـ  $0.5 h_0$  تقريباً .

Van der Voet A.F., Dilger W.H., Ghali A,[11]

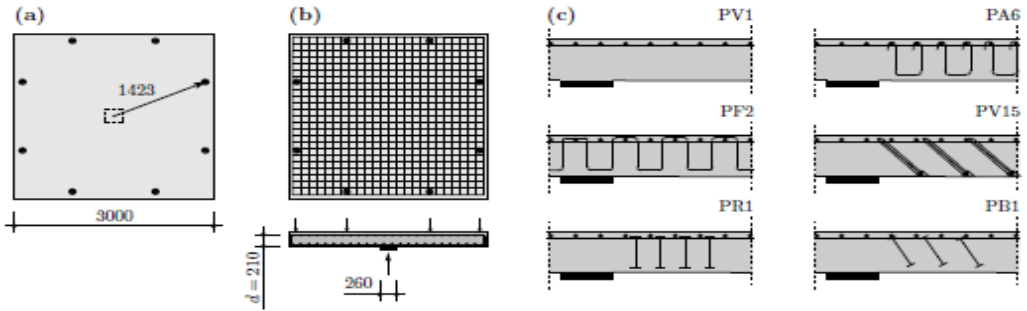
وجد أنه لنحصل على استفادة مثلى يجب أن يكون  $S_0 \leq 0.75 h_0$

النتيجة : إن S (المسافة بين المسامير) من شأنها رفع الكفاءة و التحكم بآلية الإنهيار .

[10](Muttoni, 2010) : أجرى اختبار ل 6 بلاطات لها نفس المواصفات و تختلف

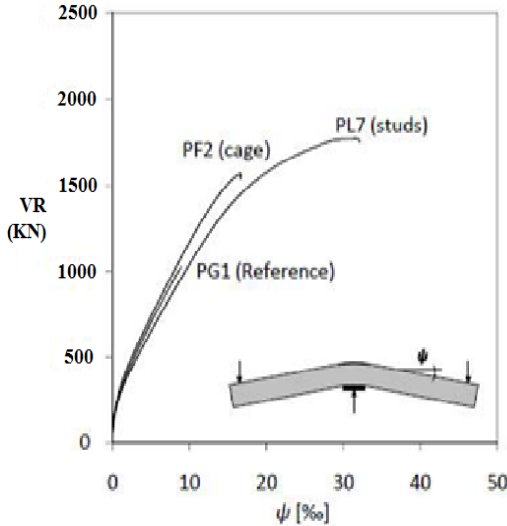
بأنواع التسليح العرضي و كانت النتائج على الشكل التالي :

- النظام الذي أعطى أعلى قيم لمقاومة الثقب هو مسامير القص PR1.
- عمل جيد للمشابك PF2.
- أقل فعالية للمشابك المفتوحة PA6 .



الشكل ( 6 ) : أنواع التسليح العرضي (c) التسليح الطولي بنسبة 1.5% (b) الأبعاد (a)

بحث [9] Stefan Lips and Aurelio Muttoni درس 16 عينة وفق المعاملات



المتغيرة التالية :

قياس العمود ، سماكة البلاطة ، نسبة

التسليح العرضي ، نوع التسليح

العرضي ( مسامير قص ، مشابك )

حيث أخذت أبعاد البلاطة ( 3\*3 m )

و عمود مربع و نسبة التسليح  $\rho =$

1.5 %

قسمت إلى ثلاث مجموعات :

الشكل ( 7 ) : رسم بياني للأحمال مع الدوران لحالتي : رؤوس مفلطحة stud,



1- نسبة ( أبعاد العمود / ارتفاع البلاطة الفعال ) تتراوح من ( 0.62 - 2.48 )

2- سماكة البلاطة من : mm ( 250 - 400 ) و اعتمدت هنا النسبة السابقة

1.24

3- نسبة التسليح العرضي

و كانت النتائج على الشكل التالي :

- تختلف قدرة التحمل باختلاف نوع التسليح العرضي حيث القيمة العليا لمسامير القص .
- زيادة صغيرة بزيادة نسبة التسليح العرضي .
- المسامير تزيد المقاومة للثقوب مرتين و مقاومة الدوران 3 مرات .
- طريقة حساب الثقب مأخوذ من قواعد التصميم [2,5] و التي تعطي هامش أمان كبير .

النتيجة : نلاحظ قدرة المسامير على تخفيض الدوران مما ينعكس على

تخفيض التشوه في البلاطات أكثر مما هو عليه في حالة المشابك .

مجموعة من الأبحاث [8] Herzog [6], Kordina / Nölting

تقترح أن تكون مساهمة التسليح العرضي بالأخذ بعين الإعتبار الظروف

المحلية ( ظروف العمل ) من : 0.8 - 0.25 وفق الكود الروسي

أبحاث أخرى Elstner / Hognestadt [4] and Regan, تظهر

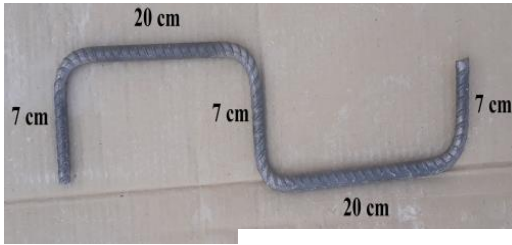
استخدام التسليح العرضي مع معامل الظروف المحلية : 0.8 - 0.5

وفق Ec2 & Aci 318-08

**4 - مواد وطرائق البحث :** الفكرة الأساسية للبحث تكمن في تحديد معامل رفع قدرة

التحمل على الثقوب للبلاطات المسطحة وفق الظروف المحلية حيث تم تصنيع مشابك

كما هو موضح بالشكل (8). (الأبعاد ب cm) حيث استخدمنا نفس قطر تسليح البلاطة



الشكل (8) العينة و المشابك المستخدمة

( 12 مم ) في تقوية الثقب للبلاطات لما في ذلك من ميزات تكنولوجية من حيث توفير الوقت والكلفة تم إجراء التجارب في جامعة دمشق\_ كلية الهندسة المدنية\_ مخبر البيتون .يوضح الجدول رقم(1) مواصفات المواد المستخدمة حيث تم حساب المواصفات بناءً على مقاومة البيتون و عيار الإسمنت المستخدم وكما يوضح الجدول رقم(2) أبعاد وتسليح العينات وعدد العينات المختبرة ( 6 عينات). تم تطبيق الحمل ستاتيكيًا لحدود 100 KN ثم نترك فترة راحة و نعاود بعدها التحميل.

الجدول (1) مواصفات المواد المستخدمة

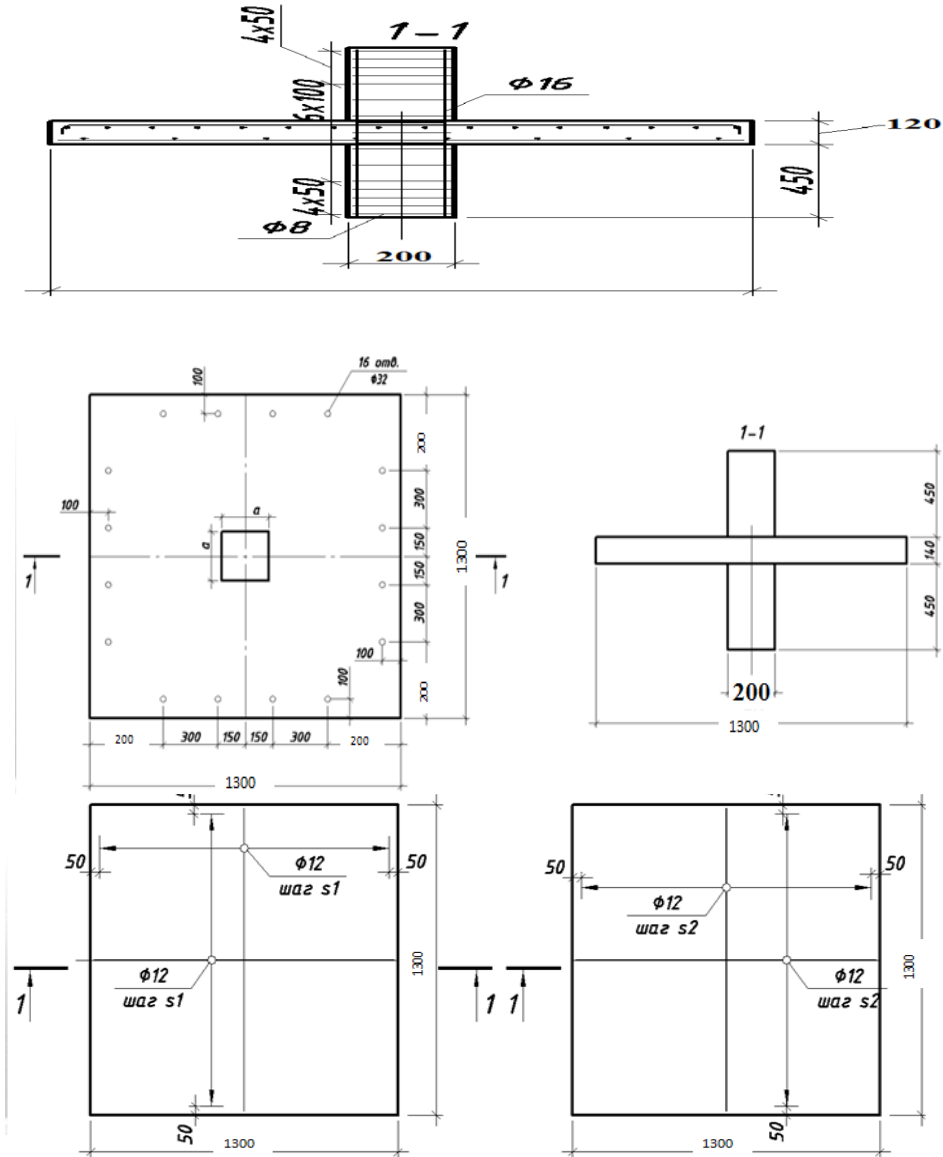
إضافات $kg/m^3$	W / C	الخصويات $kg/m^3$	الماء $l/m^3$	الأسمنت $kg/m^3$
2.2	0.45	1800	150	350
التسليح		البيتون		
Es ( Mpa )	$f_y$ ( Mpa )	Ec ( Mpa )	$f_c'$ ( Mpa )	
$2.1 \cdot 10^5$	400	28500	20	

الجدول (2) أبعاد و تسليح العينات المستخدمة

اسم العينة	أبعاد العينة ( cm )	سماكة العينة ( cm )	التسليح العادي	التسليح المقوى
A1	130 * 130	12	شبكة 12 / 10cm	لا يوجد
A2			سفلية	
A3			شبكة 12 / 20cm	
			علوية	
E1	130 * 130	12	شبكة 12 / 10cm	مشابك
E2			سفلية	
E3			شبكة 12 / 20cm	
			علوية	

### العينات $A_1$ , $A_2$ , $A_3$

يوضح الشكل رقم(9) أبعاد العينات غير المقواة



الشكل (9) أبعاد العينات العادية

كما توضح الأشكال (10،11) العينات غير المقواة وآلية الإنهيار الحاصل



الشكل (10) تسليح العينات العادية



الشكل (11) آلية إنهيار العينات العادية

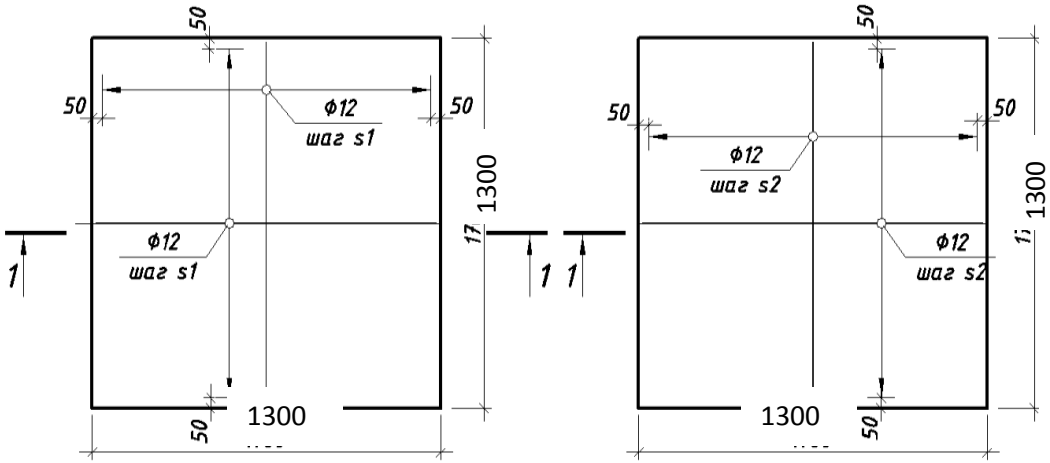
و يوضح الجدول رقم (3) نتائج التشوهات و قدرة التحمل للعينات غير المقواة

الجدول (3) نتائج كسر العينات العادية

	$P_{cr}$ (KN)	$\delta_1$ (mm)	$\delta_2$ (mm)	$\delta_3$ (mm)	$\Psi_{max}$ (rad)
A1	383.5	7	14	25.5	<b>0.051</b>
A2	377	6	14	28.0	<b>0.056</b>
A3	360	5.5	11	20.0	<b>0.04</b>
A	373.5	6	13	24.5	<b>0.049</b>

P (KN)	100	200	300	350	373.5
$\delta_3$ (mm)	5.2	9.8	14.7	22.8	<b>24.5</b>
$\xi * 10^{-4}$	2.08	3.92	5.88	9.12	<b>9.8</b>

العينات  $E_1$  ,  $E_2$  ,  $E_3$ : يوضح الشكل رقم (12) أبعاد العينات المقواة



الشكل (12) أبعاد العينات المقواة بمشابك

كما توضح الأشكال (13،14) العينات المقواة وآلية الإنهيار الحاصل



الشكل (13) تسليح العينات المقواة



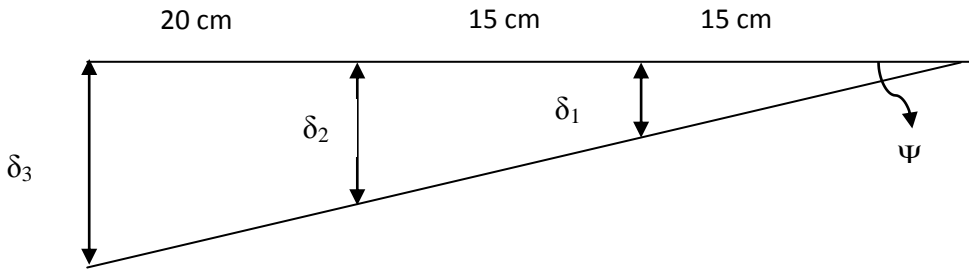
الشكل (14) آلية إنهيار العينات المقواة

و يوضح الجدول رقم(4) نتائج التشوهات وقدرة التحمل للعينات المقواة

الجدول (4) نتائج كسر العينات المقواة

	$P_{cr}$ ( KN )	$\delta_1$ ( mm )	$\delta_2$ ( mm )	$\delta_3$ ( mm )	$\Psi_{max}$ ( rad )
E1	585	5.00	10.20	17.20	<b>0.0344</b>
E2	565	4.80	9.00	15.30	<b>0.0306</b>
E3	590	5.50	11.20	18.50	<b>0.037</b>
E	580	5.1	10.2	17	<b>0.034</b>

$P$ ( KN )	100	200	300	350	373.5	580
$\delta_3$ ( mm )	3	4.9	7.3	11.4	12.5	17
$\chi * 10^{-4}$	1.2	1.96	2.92	4.56	5	6.8



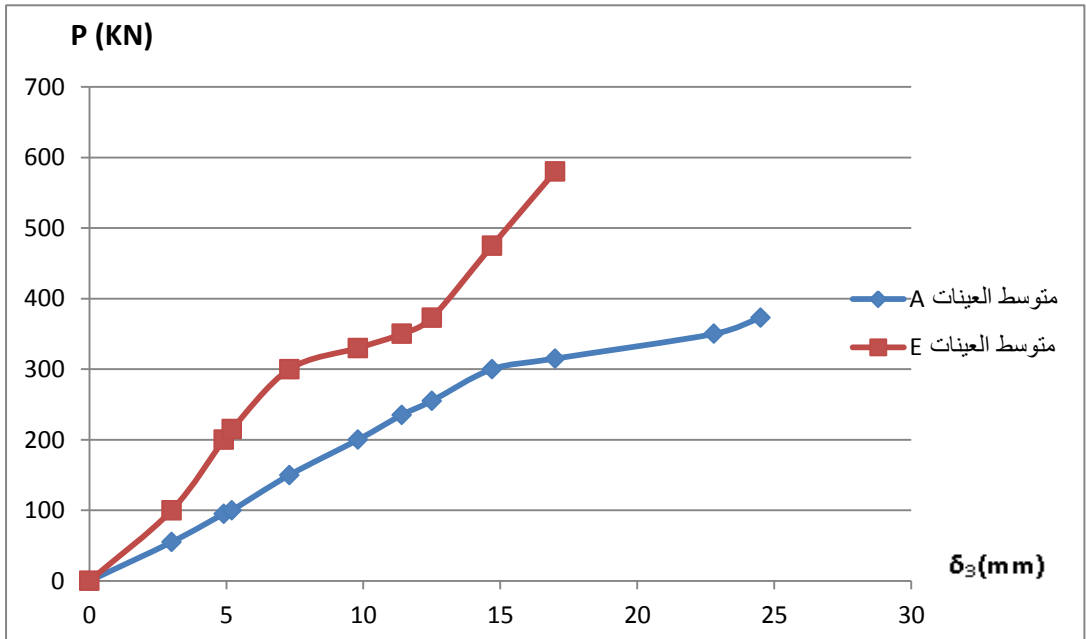
## 5 - النتائج و مناقشتها :

توضح الأشكال (15,16,17,18) مقارنة بين العينات العادية والعينات المقواة بمسامير

قص من حيث :

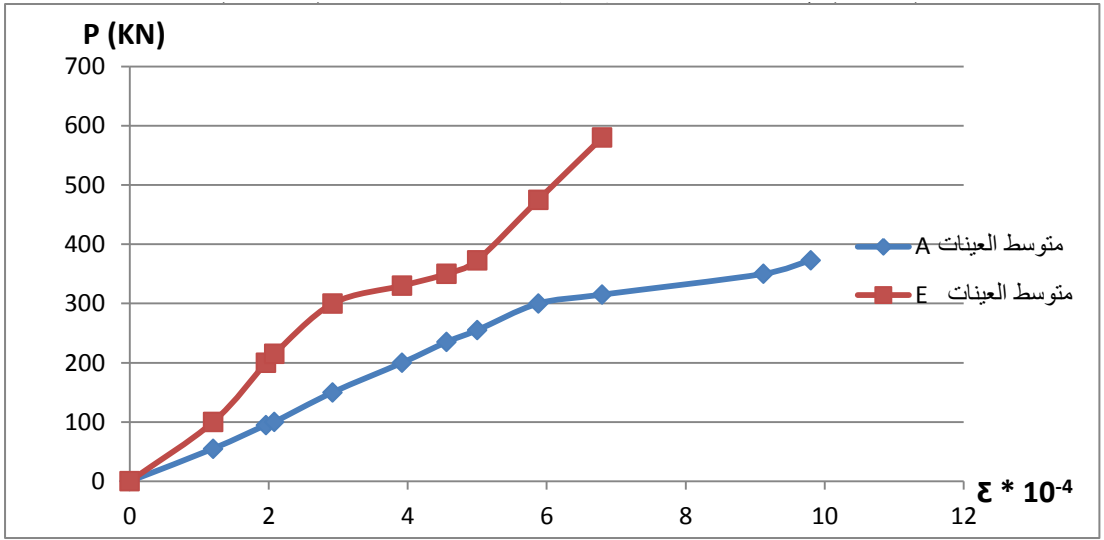
( القوة ، الانتقال ) ، ( القوة ، التشوه ) ، ( القوة ، زاوية الدوران ) ، ( الإجهاد ، التشوه )

على الترتيب



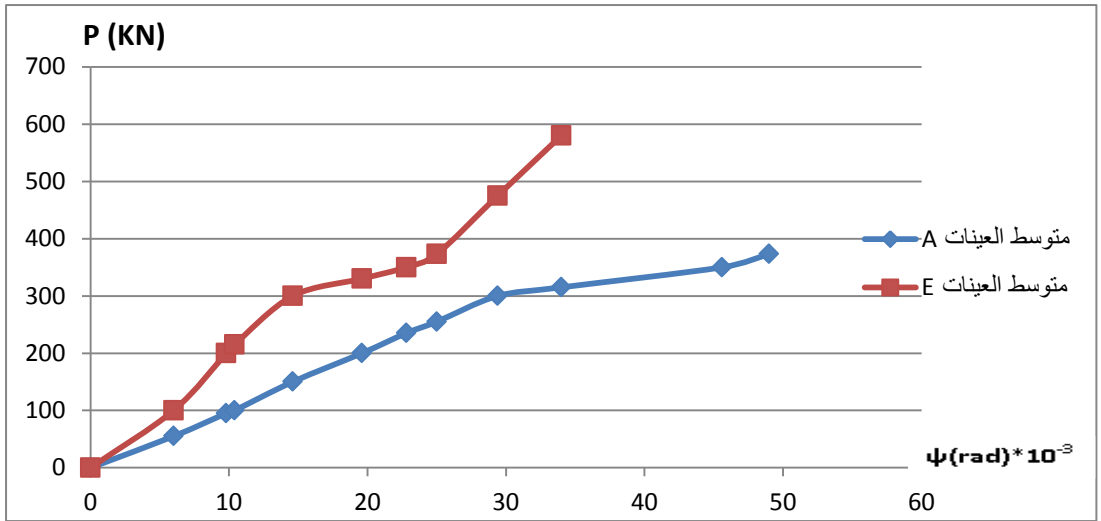
الشكل (15) مخطط ( P ,  $\delta$  )

نلاحظ من الشكل السابق عند مقارنة القوة المطبقة على الجهاز مع الإنتقال الشاقولي الحاصل في البلاطة ارتفاع قدرة التحمل للعينات المقواة مقارنة بالعينات العادية إضافة لانخفاض قيم الإنتقال الحاصل وذلك بسبب رفع صلابة المنطقة المعرضة للثقب المباشر.



الشكل (16) مخطط ( P , ε )

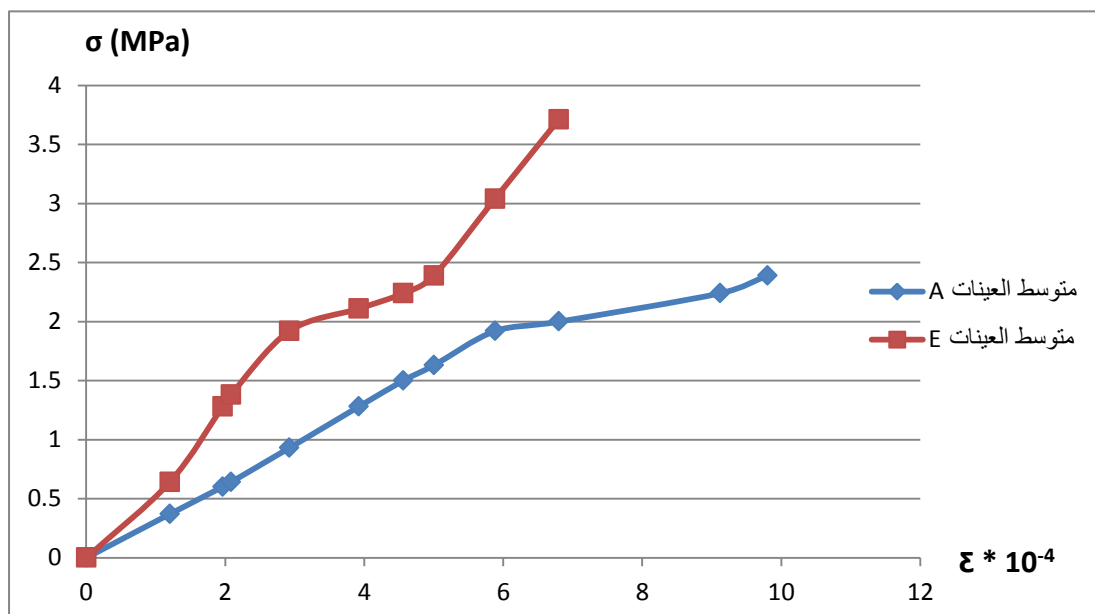
نلاحظ من الشكل السابق عند مقارنة القوة المطبقة على الجهاز مع قيمة التشوه الحاصل في البلاطة ( حالة مستوية ) ويفرض معامل بوسون للبيتون (0.2) انخفاض قيم التشوه للعينات المقواة مقارنة بالعينات العادية وذلك بسبب انخفاض التشوه المطلق الحاصل.



الشكل (17) مخطط ( P , ψ )



نلاحظ من الشكل السابق عند مقارنة القوة المطبقة على الجهاز مع قيمة زاوية الدوران المتشكلة بين الوضع الأفقي قبل التحميل و الوضع عند أقصى قيمة للإنتقال الحاصل في مركز البلاطة إنخفاض قيمة هذه الزاوية في العينات المقواة عند نفس القوة المطبقة وذلك بسبب انخفاض نسبة الإنتقال في مركز البلاطة لبعد نقطة تطبيق الحمل عن المساند .



الشكل (18) مخطط ( $\sigma , \epsilon$ )

نلاحظ من الشكل السابق عند مقارنة الإجهادات مع قيمة التشوهات ( حالة إجهادات مستوية ) انخفاض التشوه لنفس الإجهاد المتشكل في العينات المقواة وذلك باعتبار ثبات القوة المسببة للإجهاد مع انخفاض الانتقال المسبب للتشوه مع الحفاظ على المواصفات الأساسية للبيتون ( عامل المرونة ، معامل بوسون ) .

## 6 - الاستنتاجات و التوصيات :

### الاستنتاجات:

- 1- نلاحظ زيادة في قدرة تحمل البلاطات على الثقب (  $P_{CR}$  ) في العينات المقواة بمسامير بمشابك بحدود ( 55 % ) ويمكننا بشكلٍ مبدئي توقع مساهمة هذا النوع من التقوية المستخدم في رفع المقاومة على الثقب للبلاطة المستوية لحدود القيمة (1.55).
- 2- نلاحظ خفض للتشوهات ( $\epsilon$ ) في العينات المقواة وصل لحدود ( 50 %).
- 3- نلاحظ خفض لزاوية التشوه ( $\psi$ ) في العينات المقواة وصل لحدود ( 50 %).
- 4- يلاحظ فعالية جيدة للعينات المقواة من حيث إظهار كفاءة أعلى لمقاومة التشوهات الظاهرة والمحافظة على تماسك العينة بشكل كامل .

### التوصيات:

- 1- التحري عن تأثير تغير قطر المشبك على رفع الكفاءة .
- 2- التحري عن مدى تأثير طول المشبك على رفع الكفاءة والخطوة الأولى المثلى.

## 7 - المراجع :

1. الكود العربي السوري لتصميم و تنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة 2004 و ملحقاته ، نقابة المهندسين السوريين ، دمشق ، سورية
2. **ACI 318-08**. Building Code Requirements for Structural Concrete. Detroit: ACI 318-08, American Concrete Institute, 2008.
3. **Dilger W.H., Ghali A.** Shear reinforcement for concrete slabs // ASCE Journal of the Structural Division. -1981.
4. **Elstner R.C., Hognestad E.** Shearing strength of reinforced concrete slabs. ACI Journal // ACI Journal. -1956 G .. -28. -1.
5. **EN 1992-1-1: 2004**. Eurocode 2 Design of concrete structures, part 1-1: General rules and rules for buildings., 2004.
6. **Herzog M.** Der Durchstandswiderstand von Stahlbetonplattennachneuausgewerteten // Ostereichische Ingenieurzeitschrift, Vol. 14 1971.
7. **Kachanovskii SG** Resistance to solid slabs with transverse reinforcement effect of concentrated loads // Diss. on soisk. Ouch. Art. cand. tehn. Sciences. - M., 1982
8. **Kordina K., Nolting D.** Shear capacity of reinforced concrete slabs subjected to punching // Deutscher Ausschuss fur Stahlbeton, Nr. 371. - Berlin, 1986..
9. **Lips S. and Muttoni A.** Experimental investigation of reinforced concrete slabs with punching shear reinforcement.
10. **Muttoni, A., Fernández Ruiz, M.** Performance and design of punching// 3<sup>rd</sup> fib International Congress – 2010.
11. **Van der Voet A.F., Dilger W.H., Ghali A.** Concrete flat plates with well-anchored shear reinforcement elements // Canadian Journal of Civil Engineering

