

## رفع كفاءة البلاطات البيتونية المسلحة المصبوبة بالمكان باستخدام تقنيات تنفيذية في الظروف المحلية

عبد الحميد كيخيا

قسم الهندسة الإنشائية \_ كلية الهندسة المدنية \_ جامعة دمشق .

### المخلص:

تعتبر البلاطات من أكثر العناصر الإنشائية عرضة للتصدعات والتشوهات التي يمكن ملاحظتها بالعين المجردة. أن هذه التشوهات تنعكس بتشكيل سهوم وعيوب، وخصوصاً في البلاطات البيتونية ذات المجازات الكبيرة. لذلك فإن الاهتمام بتصميم وتنفيذ البلاطات بشكل سليم وصحيح، يعتبر من المسائل الإنشائية المهمة التي يجب أخذها بعين الاعتبار. من هنا فإن هدف هذا البحث هو السعي للوصول إلى تصميم أفضل للبلاطات البيتونية المسلحة لرفع كفاءتها لتحمل الحمولات الخارجية المطبقة، وتلافي أي احتمال لظهور تشوهات قد تحدث خلال عملية استثمار المبنى، تؤثر سلباً في الناحية الوظيفية والجمالية للمبنى. يتضمن البحث إجراء دراسة تجريبية على بلاطات حقيقية تنفذ بإشرافنا، ودراسة نظرية عن السهوم المتشكلة في البلاطات مع الأخذ بعين الاعتبار الخواص اللدنة للبيتون وتشكل الشقوق. فكرة البحث هي إنشاء سهوم معاكسة في البلاطات في مرحلة الإنشاء، وقياس التشوهات الفعلية المتشكلة ومراقبتها مع الزمن ومقارنتها مع التشوهات النظرية المتوقعة. ان النتائج والتوصيات التي تم الحصول عليها في نهاية البحث يمكن أن تساهم في اختيار التصميم الأفضل للبلاطات البيتونية المسلحة، واختيار أفضل قيمة للسهم المعاكس الممكن تنفيذه في البلاطة لتحسين أدائها ورفع كفاءتها لمقاومة الحمولات الخارجية المطبقة، وكذلك بداية الطريق لمزيد من الأبحاث في هذا المجال.

كلمات مفتاحية: البلاطات، السهوم، التشوهات، البيتون.

### 1- المقدمة

تعتبر 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 هي مقاومة هذه الحمولات والتأثيرات الخارجية ونقلها إلى العناصر الإنشائية الأخرى. من هنا يمكننا أن نعتبر إن البلاطات من أكثر العناصر الإنشائية عرضة للتصدعات والتشوهات التي يمكن ملاحظتها بالعين المجردة، وبالتالي تأثيرها على الناحية الوظيفية والجمالية للمنشأ بشكل عام. من ناحية أخرى فإن البلاطات تشكل بحدود 50% أو أكثر (بحسب نوع الجمل الإنشائية) من حجم الجملة الإنشائية. لذلك فإن الاهتمام بتصميم وتنفيذ البلاطات بشكل سليم وصحيح، يعتبر من المسائل الإنشائية المهمة التي يجب أخذها بعين الاعتبار.

هدف هذا البحث هو السعي للوصول إلى تصميم أفضل للبلاطات البيتونية المسلحة لرفع كفاءتها لتحمل الحمولات الخارجية المطبقة، وتلافي أي احتمال لظهور تشوهات قد تحدث خلال عملية استثمار المبنى، تؤثر سلباً في الناحية الوظيفية والجمالية للمبنى.

كما هو معلوم فإن البلاطات عبارة عن عناصر إنشائية ذات بعد صغير جداً بالنسبة للبعدين الآخرين، وإن الحمولات الخارجية عادة تطبق بشكل موازي للبعد الصغير، وبالتالي فإن احتمال ظهور التشوهات في البلاطات البيتونية المسلحة كبيراً جداً، وخصوصاً بالأخذ بعين الاعتبار الخواص اللدنة للبيتون وتأثير الزحف والتقلص التي تتمتع بها مادة البيتون. إن هذه التشوهات تبقى بعد رفع الحمولات المطبقة، وهذا ما نلاحظه بتشكيل سهوم (تقعر) في الكثير من البلاطات.

من جهة أخرى فإن طبيعة وقيمة الحمولات الحية المطبقة على البلاطات في المنشآت تكون متغيرة باستمرار وذات قيمة صغيرة بالمقارنة مع الحمولات التصميمية. فالحمولات الدائمة (وزن ذاتي، تغطية

، قواطع ) تشكل بحدود 70% للبلاطات السكنية من الحمولة التصميمية ، و بحدود 60 % للأبنية الحكومية أو الإدارية . فإذا اعتبرنا بأن التشوهات اللدنة تبدأ عندما تكون الإجهادات في البيتون تبلغ حدود 25 % من مقاومة البيتون ، يمكن استنتاج بأن التشوهات المحتملة بتأثير حمولات الاستثمار ، تكون كبيرة ومتزايدة مع الزمن .

## 2- الحساب النظري للتشوهات الناتجة في البلاطات البيتونية المسلحة

ان الكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت البيتونية المسلحة [1] لم يتطرق إلى حساب التشوهات الناتجة في البلاطات البيتونية المسلحة إلا بشكل بسيط جداً، حيث ذكر بأن حساب السهوم المتشكلة في العناصر المعرضة لعزوم انعطاف يتم وفق نظرية المرونة مع الأخذ بعين الاعتبار معامل المرونة اللحظي الأولي للبيتون  $E_{co}$  كأساس للحساب ، ثم يحسب السهم النهائي حسب معامل المرونة للبيتون  $E_c$  من أجل الأحمال الدائمة ، بالأخذ بعين الاعتبار تأثير الزحف . كما ورد في الكود علاقة لحساب عزم القصور الذاتي الفعال للمقطع بالأخذ بعين الاعتبار الشقوق المتشكلة في المقطع البيتوني . وهذا برأينا غير كافي لحساب السهوم الفعلية المتشكلة ، ولا يعكس الحالة الفعلية للتشوهات والإجهادات في العناصر البيتونية المسلحة المعرضة لحمولات الاستثمار ، وخصوصاً في البلاطات . باعتبار أن البيتون المسلح مادة مرنة - لدنة فإن حساب التشوهات الحاصلة في البلاطات البيتونية المسلحة يتم على مرحلتين :

المرحلة الأولى قبل تشكل الشقوق ( المرحلة المرنة ) .

المرحلة الثانية بعد تشكل الشقوق ( المرحلة اللدنة ) .

في المرحلة الأولى يتم حساب التشوهات وفق قواعد حساب الإنشاءات، وذلك بتطبيق نظرية المرونة وباستخدام المعادلة التفاضلية لانحناء مستوي سطح البلاطة التالية [2] :

$$D \left( \frac{d^4 f}{dx^4} + \frac{d^4 f}{dx^2 dy^2} + \frac{d^4 f}{dy^4} \right) = p(x, y) \quad (1)$$

والمعادلات التي تربط بين العزوم المطبقة في البلاطة والسهوم الناتجة التالية :

$$M_x = -D \left( \frac{d^2 f}{dx^2} + \nu \frac{d^2 f}{dy^2} \right) \quad (2)$$

$$M_y = -D \left( \frac{d^2 f}{dy^2} + \nu \frac{d^2 f}{dx^2} \right) \quad (3)$$

$$M_{xy} = -D (1-\nu) \left( \frac{d^2 f}{dy dx} \right) \quad (4)$$

حيث : D - الصلابة الإسطوانية للبلاطة وتحدد بالعلاقة التالية :

- في حالة كون المقطع مستطيل :

$$D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)} \quad (5)$$

- في حالة كون المقطع بشكل حرف T :

$$D = \frac{Eh^3.S}{12 \left[ S - t + t \cdot \left( \frac{h}{H} \right) \right] (1 - \nu^2)} \quad (5'')$$

حيث : s - المسافة بين الأعصاب ، t - عرض العصب ، h - الأرتفاع الكلي للبلاطة، وارتفاع الجسد .

$$\begin{aligned} & f(x,y) - \text{السهم الناتج في البلاطة في الإحداثيات } x,y \\ & p(x,y) - \text{شدة القوة الموزعة بانتظام في النقطة } x,y \\ & M_x - M_y - M_{xy} - \text{عزوم الإنعطاف بالإتجاه } X,Y \text{ وعزم القتل في} \\ & \text{النقطة المدروسة .} \\ & E - \nu - \text{معامل بواسون ومعامل المرونة لمادة البلاطة .} \end{aligned}$$

h - ارتفاع مقطع البلاطة .

وبإجراء التكامل على العلاقة رقم (1) وبالأخذ بعين الاعتبار العلاقات (2،3،4) نحصل على التشوهات (السهم الحاصل) في البلاطة .

ان حل المعادلات السابقة في الحالة العامة صعب جداً ومعقد ، لأنه يتعلق بشروط الاستناد وشكل البلاطة وطبيعة وشكل الحمولات المطبقة . لذلك فأن مراجع حساب الإنشاءات تحتوي على جداول لبعض الحالات الخاصة التي من خلالها يمكن حساب القوى والتشوهات الحاصلة في بعض مقاطع البلاطة الرئيسية . كما انه يوجد برامج هندسية عديدة يمكن بواسطتها حساب القوى والتشوهات الناتجة في البلاطة .

من جهة أخرى فان العلاقات السابقة يمكن كتابتها بالشكل التالي [3] :

$$\frac{d^2 f}{dx^2} + \nu \frac{df^2}{dy^2} = \frac{M_x}{D} = \frac{1}{r_x} \quad (6)$$

$$\frac{d^2 f}{dy^2} + \nu \frac{df^2}{dx^2} = \frac{M_y}{D} = \frac{1}{r_y} \quad (7)$$

وبإجراء التكامل نحصل على قيمة السهم :

$$f = \iint \left( \frac{1}{r_x} \right) \cdot dx + cx + z \quad (8)$$

حيث : f - الانحناء الحاصل ( السهم )

C.z - ثوابت التكامل ، تتعلق بشروط الاستناد والحمولات المطبقة .

من هنا نلاحظ بان حساب السهم الحاصل في البلاطة باتجاه ما يتم بتعيين معادلة انحناء محور البلاطة بهذا الاتجاه .

من جهة أخرى يمكننا أن نكتب قيمة الانحناء الناتج في البلاطات البيتونية المسلحة في الحالة المرنة هو نتيجة جمع حدين [4] :

$$\frac{1}{r} = \left( \frac{1}{r} \right)_1 + \left( \frac{1}{r} \right)_2 \quad (9)$$

حيث :  $\left( \frac{1}{r} \right)_1, \dots, \left( \frac{1}{r} \right)_2$  - الانحناء الناتج عن الحمولات الحية المؤقتة والانحناء

الناتج عن الحمولات الدائمة وتحسب كما يلي :

$$\left(\frac{1}{r}\right)_1 = \frac{M_p}{\varphi_{b1} D} \quad (10)$$

$$\left(\frac{1}{r}\right)_2 = \frac{\varphi_{b2} \cdot M_G}{\varphi_{b1} D} \quad (11)$$

حيث :  $M_p \dots M_G$  - عزوم الإنعطاف الناتجة عن الحمولات الدائمة G وعن الحمولات الحية المؤقتة P .

$\varphi_{b1}$  - عامل يأخذ بعين الاعتبار انخفاض صلابة المقطع البيتوني نتيجة الزحف

المؤقت للبيتون تحت تأثير الحمولات المؤقتة ، ويساوي 0,7.....0,85 للبيتون العادي .

$\varphi_{b2}$  - عامل يأخذ بعين الاعتبار انخفاض صلابة المقطع البيتوني الغير متشقق نتيجة

زحف البيتون مع الزمن تحت تأثير الحمولات الدائمة ويتعلق برطوبة الوسط

المحيط ، ويساوي 2 في حالة كون الرطوبة 40....70 % ويساوي 3 في حالة

كون الرطوبة أقل من 40 % [4] .

D - الصلابة الأسطوانية لمقطع البلاطة في الحالة المرنة وتحسب وفق العلاقة ( 5 ) .

بعد تشكل الشقوق في منطقة الشد في البيتون يكون مخطط التشوه مختلف تماماً على كامل طول العنصر البيتوني ، فهو يتعلق بمواصفات الحمولات المطبقة والحالة الإجهادية للمقطع البيتوني على كامل طول العنصر .

إن الحساب الدقيق لتشوه العنصر البيتوني بعد تشكل الشقوق يعتبر عملية صعبة جداً ومعقدة لأنها تتعلق بعوامل كثيرة ومترابطة مع بعضها ، إذ إن صلابة المقطع تتغير على طول العنصر البيتوني بعد تشكل الشقوق وأتساعها وبالتالي تتغير الحالة الإجهادية والتشوهات الناتجة عنها .

حساب الانحناء في العناصر البيتونية المسلحة ، بعد تشكل الشقوق في منطقة إجهادات الشد ، يتم بحساب التشوهات الحاصلة في حديد تسليح منطقة الشد والتشوهات الناتجة في أقصى الليف العلوي في منطقة البيتون المضغوط . لو فرضنا أن المسافة بين الشقوق  $l_{crc}$  ، فإن التشوه الحاصل في حديد التسليح يكون

$$\Delta_s = \varepsilon_s \cdot l_{crc} \text{ والتشوه الحاصل في أقصى ليف علوي في البيتون } \Delta_c = \varepsilon_c \cdot l_{crc} .$$

وبالتالي يمكننا أن نكتب [4] :

$$\frac{l_{crc}}{r} = \frac{(\Delta_s + \Delta_c)}{h_0} = \frac{[(\varepsilon_s + \varepsilon_c) l_{crc}]}{h_0} \quad (12)$$

بتقسيم العلاقة (12) على  $l_{crc}$  نحصل على معادلة أنحناء السطح الوسطي للعنصر البيتوني المسلح المتشقق :

$$\frac{1}{r} = \frac{(\varepsilon_s + \varepsilon_c)}{h_0} \quad (13)$$

إذا اعتبرنا بان مادة العنصر مرنة فإن العلاقة (13) تأخذ الشكل العام التالي :

$$\left(\frac{1}{r} = \frac{M}{E.I}\right) \quad (14)$$

بعد تشكل الشقوق فإن العلاقة (13) تأخذ الشكل التالي :

$$\frac{1}{r} = \frac{M}{B} \quad (15)$$

حيث :  $B$  - صلابة المقطع البيتوني المسلح المتشقق ويساوي :

$$B = \frac{h_0 z}{\psi_s / (E_s \cdot A_s) + \psi_c / (A_{redc} \cdot \beta \cdot E_c)} \quad (16)$$

$A_{redc}$  - مساحة المقطع المكافئ لمنطقة البيتون المضغوطة .

$z$  - زراع مزدوجة القوى الداخلية في منطقة الشق ( المسافة بين محور قضبان

التسليح ونقطة تطبيق محصلة قوى الضغط في البيتون ) .

$\psi_c$  - عامل يأخذ بعين الاعتبار عدم انتظام توزيع الإجهادات والتشوهات في منطقة

البيتون المنضغطة بين الشقوق ، ويساوي 0,9 للبيتون العادي و0,7 للبيتون الخفيف ، ويساوي 1 في حال كون الحملات المطبقة مكررة ومتغير باستمرار .

$\psi_s$  - عامل يأخذ بعين الاعتبار عدم انتظام توزيع التشوهات والإجهادات في حديد

التسليح في المنطقة بين الشقوق ، تتعلق قيمته بنوعية البيتون وشكل قضبان

التسليح ، طبيعة وشدة الحملات المطبقة .

$\beta = \frac{\epsilon_e}{\epsilon}$  - عامل يأخذ بعين الاعتبار نسبة التشوهات المرنة لأقصى ليف مضغوط

على التشوهات الكلية ، ويساوي 0,45 في حال كون الحملات مكررة ومتغيرة

باستمرار ، ويساوي 0,15 في حالة كون الحملات دائمة ونسبة الرطوبة في

الوسط المحيط أعلى من 40% ويساوي 0,1 في حالة كون الرطوبة اقل من 40% .

$\epsilon = \epsilon_e + \epsilon_{cr}$  - التشوهات الكلية وتساوي مجموع التشوهات المرنة مع التشوهات الناتجة عن

الزحف .

حساب السهم الأعظمي الحاصل في البلاطات المسلحة والناتج عن العزوم يتم وفق العلاقة رقم (8) وذلك بعد الأخذ بعين الاعتبار تأثير تشكل الشقوق على الانحناء الناتج وفق ما ورد أعلاه .

من هنا نلاحظ بأن تحديد التشوهات الفعلية في العناصر البيتونية المسلحة المتشقة عملية صعبة ومعقدة ، لأنها تتعلق بعوامل كثيرة ومتغيرة مع تغير الحالة الإجهادية للمقطع ، حيث يتحول العنصر ذو المقطع المنتظم إلى متغير في المسافة بين الشقوق وعلى كامل طول العنصر وذلك حسب الحالة الإجهادية للمقطع البيتوني المسلح .

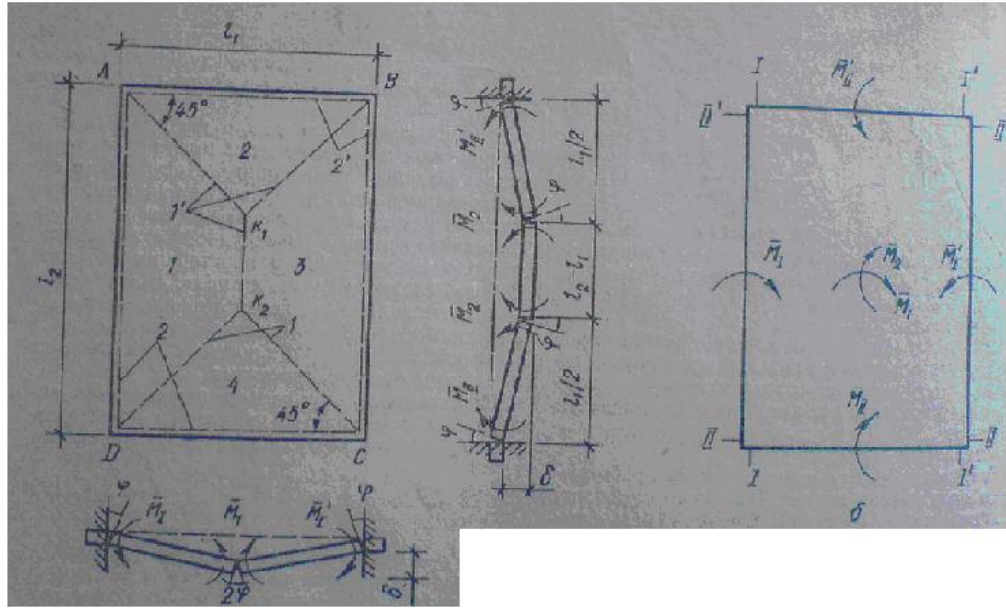
كما نلاحظ بأن حساب العناصر البيتونية المسلحة (وخصوصاً البلاطات) وفق الطريقة المرنة عملية غير دقيقة، ويمكن أن تؤدي إلى نتائج غير صحيحة ، لذلك ينصح بأن يتم الحساب بالأخذ بعين الاعتبار جميع مراحل عمل البلاطات وحتى مرحلة الانهيار . إن الطريقة المعبرة عن ذلك هي طريقة التوازن الحدي .

نفترض إن البلاطة في مرحلة الانهيار تنقسم الى عدد أجزاء متصلة مع بعضها بواسطة مفاصل لدنة وفق خطوط الانكسار . ان شكل مخطط انهيار البلاطة يتعلق بطبيعة وشكل الحملات المطبقة وظروف وشكل المساند الطرفية للبلاطة .

إن حساب البلاطة وفق طريقة التوازن الحدي يتم من معادلة التوازن الحدي بين عمل القوى الداخلية وعمل القوى الخارجية وذلك بالأخذ بعين الاعتبار التشوهات الحاصلة كما يلي [3] : (أنظر الشكل (1) .

$$\sum p_i y_i + \int_A pydA = \sum M_U \cdot \varphi_U \cdot \cos \theta_U \quad (17)$$

حيث :  $p_i$  ،  $y_i$  - الحمولة المركزة الخارجية المطبقة والانتقال في النقطة  $i$  .  
 $P$  ،  $y$  - الحمولة الخارجية الموزعة والانتقالات الحاصلة في مجال تطبيقها .  
 $A$  - مساحة تطبيق القوة الموزعة .  
 $M_U$  - عزم الانعطاف الأقصى الذي يتحمله المفصل اللدن المتشكل .  
 $\varphi_U$  - زاوية الدوران المتبادلة بين أجزاء البلاطة المتشكلة من خطوط الانكسار .  
 $\theta_U$  - الزاوية بين مستوي تطبيق العزم الأقصى والعمود على خط الانكسار ( الزاوية بين شعاع الدوران والعزم ) .



الشكل ( 1 ) : مخطط تشوه البلاطة في حالة التوازن الحدي

أن حل المعادلة (17) في حالة تطبيق قوى موزعة بانتظام فقط تأخذ الشكل التالي:

$$PV = \sum M_U \cdot \varphi_U \cdot \cos \theta_U \quad (18)$$

حيث :  $V$  - الحجم المتشكل من انتقال البلاطة في منطقة تطبيق القوة الموزعة بانتظام .  
 في حالة كون البلاطة مستطيلة وموثوقة على كامل أطرافها ( انظر الشكل 1 ) فان العلاقة ( 18 ) تصبح كما يلي :

$$\frac{P \cdot l_1^2}{12} \cdot (3l_2 - l_1) = \overline{2M_1} + \overline{2M_2} + \overline{M_1} + \overline{M_1} + \overline{M_{II}} + \overline{M_{II}} \quad (19)$$

حيث :  $l_1, \dots, l_2$  - الطول الحسابي الصغير والكبير للبلاطة .

$$\overline{M_i} = A_{Si} R_S Z_{Si} \quad (20)$$

$A_{Si}$  - مجموع مساحة مقاطع قضبان التسليح في منطقة تشكل المفصل اللدن .

$Z_{Si}$  - زراع مزدوجة القوى الداخلية في المفصل اللدن المتشكل .

$R_S$  - مقاومة حديد التسليح للشد عند الحمل الأقصى .

العلاقة ( 19 ) يمكن ان نحصل عليها من العلاقة ( 18 ) باعتبار ان :

$$V = \frac{\delta l_1 (3l_2 - l_1)}{6} \quad (21)$$

$$\varphi = \text{tg} \frac{2\delta}{l_1} \approx \frac{2\delta}{l_1} \quad (22)$$

التشوهات تسبب استئالة السطح الوسطي للبلاطة ، مما يؤدي إلى إعادة توزيع القوى الداخلية بين مقاطع البلاطة ، وهذا بدوره يؤدي إلى زيادة مقدرة البلاطة لتحمل الحملات الخارجية ، والذي ينتج بسبب زيادة عزم الانعطاف الذي يتحملة المفصل اللدن المتشكل في مجاز البلاطة (في منطقة الانتقالات الأعظمية) . حساب الزيادة في عزم الانعطاف الذي يتحملة المفصل اللدن بسبب إعادة توزيع القوى الناتج عن الانتقالات يتم وفق ما يلي :

$$\Delta M = R_c b x_t (h_c - x_t - f_u) \quad (23)$$

حيث :  $R_c$  - المقاومة العظمى للبيتون على الضغط ،  $x_t$  - زيادة ارتفاع منطقة الضغط للبيتون الناتجة عن إعادة توزيع القوى ،  $f_u$  - الانتقالات الحديدية في البلاطة ،  $h_c$  - قيمة تتعلق بارتفاع مقطع البلاطة وارتفاع منطقة الضغط في المقطع عند المسند  $x_{sup}$  وفي المقطع في المجاز  $x_{sp}$  والتي تحسب بدون الأخذ بعين الاعتبار إعادة توزيع القوى ، وتساوي :

$$h_c = 0.85h_0 - x_{sup} - x_{sp} \quad (24)$$

زيادة ارتفاع منطقة الضغط ، تتعلق بمرونة وظروف الاستناد على محيط البلاطة والانتقالات الحديدية ، وتساوي :

$$x_t = 0.5 (h_c - 0.5 f_u') (1 - \lambda) \quad (25)$$

حيث :  $f_u'$  - الانتقالات الحديدية للبلاطة بدون الأخذ بعين الاعتبار إعادة توزيع القوى .  
 $\lambda$  - عامل صلابة محيط الاستناد ويساوي :

$$\lambda = \frac{0.125 (h_c - 0.5 f_u') R_c l^2 b}{f_u' (h_c - f_u') E_c A_c} \quad (26)$$

حيث :  $E_c A_c$  - صلابة مقطع محيط البلاطة على الشد .  $f_u'$  - الانتقال الحدي للبلاطة في حالة إعادة التوزيع الأعظمي للقوى وذلك باعتبار المحيط صلب جداً ، أي ( $\lambda = 0$ ) .

$l$  - طول مجاز البلاطة باتجاه إعادة توزيع القوى .

$b$  - طول مجاز البلاطة بالاتجاه العمودي .

إذا كانت البلاطة محاط بجوائز من اربعة اتجاهات ، أو كانت مستمرة فإنه يجب إجراء الحساب مرتين وذلك باعتبار  $l = l_1 \dots b = l_2$  و  $l = l_2 \dots b = l_1$  .

في حالة البلاطة الوسطية المحاطة بجوائز من جميع الاتجاهات يمكن اعتبار  $\lambda = 0.5$  وذلك لسهولة الحساب .

ان القيم  $f_u' \dots f_u^o$  تتعلق بشكل البلاطة والحمولات المطبقة وتحسب من العلاقة العامة التالية :

$$f_m = \left( \frac{1}{r} \right)_m \cdot \rho_m \cdot l^2 \quad (27)$$

حيث  $\rho_m$  - تتعلق بشكل الحمولات المطبقة وطريقة استناد البلاطة على المحيط وتحسب من جداول خاصة بذلك موجودة في مراجع حساب الإنشاءات . في حالة كون الحمولة موزعة بانتظام والبلاطة موثوقة من جميع الجهات ، أو مستمرة وعاملة بالاتجاهين فإن العامل  $\rho_m$  يساوي [ 3 ] :

$$\rho_m = \frac{0,141}{1+k} \quad (28)$$

حيث :  $k$  - تساوي نسبة عزم الانعطاف في المسند على عزم الانعطاف في المجاز .  
 $k = \frac{M_{sup}}{M_{SP}}$  في حال كانت العزوم غير متساوية بالاتجاهين نأخذ المتوسط الحسابي لقيمة  $K$  .  
 إما  $f_u$  فتحسب بالعلاقة التالية:

$$f_u = \lambda (f_u' - f_u^o) + f_u^o \quad (29)$$

عند حساب  $f_u^o, \dots, f_u'$  بموجب العلاقة ( 27 ) تأخذ قيمة الإنحناء على الشكل التالي :

$$\left( \frac{1}{r} \right)' = \frac{R_s}{h_0 E_s} \left( 1 + \frac{1.8 n \mu_s}{\xi_{crc}} \right) \quad (30)$$

$$\left( \frac{1}{r} \right)^0 = \frac{2R_s}{h_0 E_s} \quad (31)$$

حيث :

$$\xi_{crc} = 0.1 + 0.5 \xi_u \quad (32)$$

$$\xi_u = \mu_s \frac{R_s}{R_c} \quad (33)$$

$n = \frac{E_s}{E_c}$  - نسبة عامل مرونة حديد التسليح على عامل مرونة البيتون.

$\mu_s = \frac{A_s}{lh}$  - نسبة التسليح على كامل مقطع البلاطة ، في حالة كون التسليح مختلف

بالاتجاهين ، نأخذ نسبة التسليح الوسطية .

بعد حساب الزيادة في العزم  $\Delta M$  الناتجة عن إعادة توزيع القوى بموجب العلاقة (23) ، نضيفها إلى الطرف الأيمن من العلاقات ( 17 ) ( 18 ) ( 19 ) فنحصل على معادلة التوازن الحدي بالأخذ بعين الاعتبار إعادة توزيع القوى نتيجة التشوهات .

في حالة كون البلاطة مستطيلة الشكل وموثوقة من جميع أطرافها ومحملة بحمولة موزعة بانتظام ومسوحة بشكل متناظر بالاتجاهين ، فإن مقدرة البلاطة القصوى (الحمولة القصوى التي تستطيع تحملها ) بالأخذ بعين الاعتبار إعادة توزيع القوى تحسب بالعلاقة التالية :

$$P_U = \frac{24 (\overline{M}_1 + \overline{M}_2 + \overline{M}_I + \overline{M}_{II} + \Delta M_1 + \Delta M_2)}{l_1^2 (3l_2 - l_1)} \quad (34)$$



### 3- فكرة البحث والغاية منه

مما ذكر أعلاه نلاحظ بأن التشوهات الحاصلة في البلاطات لها تأثير كبير على عملها . لو فرضنا بأننا أحدثنا سهم معاكس في مرحلة إنشاء البلاطة بمقدار السهم الحدي المتوقع  $f_u$  ، أي أنه عند تطبيق القوة الحدية  $p_u$  تصبح البلاطة بشكل أفقي تماماً ، في هذه الحالة تصبح الحالة الإجهادية والتشوهات للبلاطة كما يلي :

من الشكل ( 2 ) نلاحظ بأن :

$$f_u^2 + \frac{l^2}{4} = \frac{S^2}{4} \quad (35)$$

حيث :  $S$  - طول قوس ومجاز البلاطة بعد التشوه .

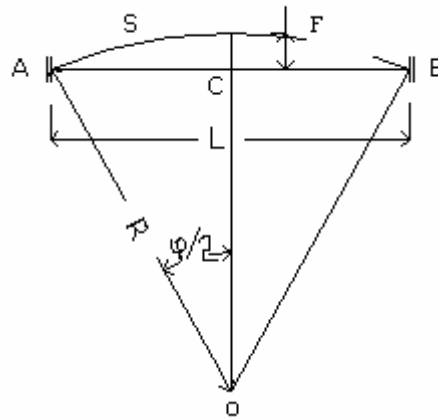
من جهة أخرى لدينا مقدار انضغاطية (تشوه) البلاطة  $\Delta = S - l$  ، وبتبديله في العلاقة (35) نحصل :

$$f_u^2 = \frac{2\Delta l + \Delta^2}{4} \quad (36)$$

ان القيمة  $\Delta$  تتعلق بشروط الإستناد الطرفية للبلاطة ونوعية البيتون ونسبة التسليح وتساوي :

$$\Delta = \varepsilon l \quad (37)$$

$\varepsilon$  - معامل التشوه الكلي للبلاطة بالأخذ بعين الإعتبار تأثير الزحف والتقلص ونسبة التسليح والظروف المحيطة للبيتون .



الشكل (2): رسم توضيحي لحساب تشوه البلاطة بتنفيذ سهم معاكس .

وباعتبار أن المساند الجانبية للبلاطة ثابتة ، فإن مقاطع البلاطة المعرضة لعزوم انعطاف خارجية تتعرض أيضاً إلى تأثير قوى ضغط محورية  $N$  ناتجة عن التشوهات تحسب كما يلي :

$$N = \varepsilon . A . E_c \quad (38)$$

وبالتالي فإن التشوهات في مقاطع البلاطة تحسب كما يلي :

$$\varepsilon_{s1} = \frac{M_s \cdot \psi_s}{A_s \cdot E_s \cdot Z} - \frac{N \cdot \psi_s}{A_s \cdot E_s} \quad (39)$$

$$\varepsilon_{C1} = \left( \frac{M_s \cdot \psi_c}{A_{bc} \cdot \beta \cdot E_c \cdot Z} \right) \quad (40)$$

$$M_s = A_{bc} \cdot \sigma_c \cdot Z \quad (41)$$

حيث :  $\varepsilon_{C1} \dots \varepsilon_{S1}$  - التشوهات في الليف العلوي للبيتون ، وحديد التسليح المشدود ، وذلك باعتبار ان البلاطة في وضع أفقي ،  $A_{bc}$  - المساحة المكافئة لمنطقة الضغط في المقطع ، بقية الرموز كما ورد أعلاه .

الإجهادات في حديد التسليح المشدود والبيتون المضغوط في هذه الحالة :

$$\sigma_s = \varepsilon_{S1} \cdot E_s \quad (42)$$

$$\sigma_c = \varepsilon_{C1} \cdot E_c = \varepsilon_{C1} \cdot \beta E_c \quad (43)$$

بهذا الشكل نلاحظ بان تشكيل سهم معاكس في البلاطة نحو الأعلى يؤدي الى تغير الحالة الإجهادية للمقطع تحت تأثير الحمولات ، اذ يتحول المقطع من مقطع معرض لعزم انعطاف فقط إلى مقطع معرض الى قوى ضغط بالإضافة لعزم إنعطاف ، مما يؤدي الى تشغيل المقطع البيتوني على الضغط بشكل أكبر، وبالتالي تقليل الإجهادات في حديد التسليح .

نلاحظ ان العلاقات السابقة مترابطة مع بعضها بشكل تبادلي ، وهي تتغير حسب الحالة الإجهادية للمقطع ، لذلك فإن حل هذه العلاقات يتم بطريقة الخطوة - خطوة ونقترح المنهجية التالية للحل :

1- نحسب السهم الأعظم الناتج في البلاطة تحت تأثير الحمولات الحسابية بموجب العلاقة ( 8 ) وذلك بعد اختيار مقطع البلاطة وحديد التسليح .

2- نفترض بأننا نفذنا البلاطة بسهم معاكس مقداره القيمة المحسوبة من ( 1 ) ، ثم نحسب قيمة الإجهادات في حديد التسليح والبيتون بموجب العلاقات (42) (43) وذلك بعد حساب التشوهات بموجب العلاقات ( 39 ) ( 40 ) .

3- نحسب قيمة السهم الحاصل بالأخذ بعين الاعتبار الانحناء العكسي .

4- نختار كمية حديد تسليح جديدة وذلك بتقليل الكمية الأساسية بنسبة  $\frac{R_s}{\sigma_s}$  المحسوبة من ( 2 )

5- نعيد حساب السهم الجديد بموجب كمية حديد التسليح الجديدة وذلك بفرض تنفيذ سهم معاكس جديد بموجب ( 3 ) .

6- وهكذا إلى أن تتقارب قيمة السهم المعاكس مع القيمة الفعلية للسهم الحاصل تحت تأثير الحمولات الحسابية ، بالأخذ بعين الاعتبار الانحناء العكسي (أي تصبح البلاطة بوضع أفقي تحت تأثير الحمولات الحسابية) .

من خلال إجراء بعد الحسابات نلاحظ بأن تنفيذ البلاطة بسهم معاكس يؤدي إلى ما يلي :

1- تقليل الإجهادات في حديد التسليح المشدود ، أي رفع مقدرة البلاطة لمقاومة الحمولات الخارجية المطبقة .

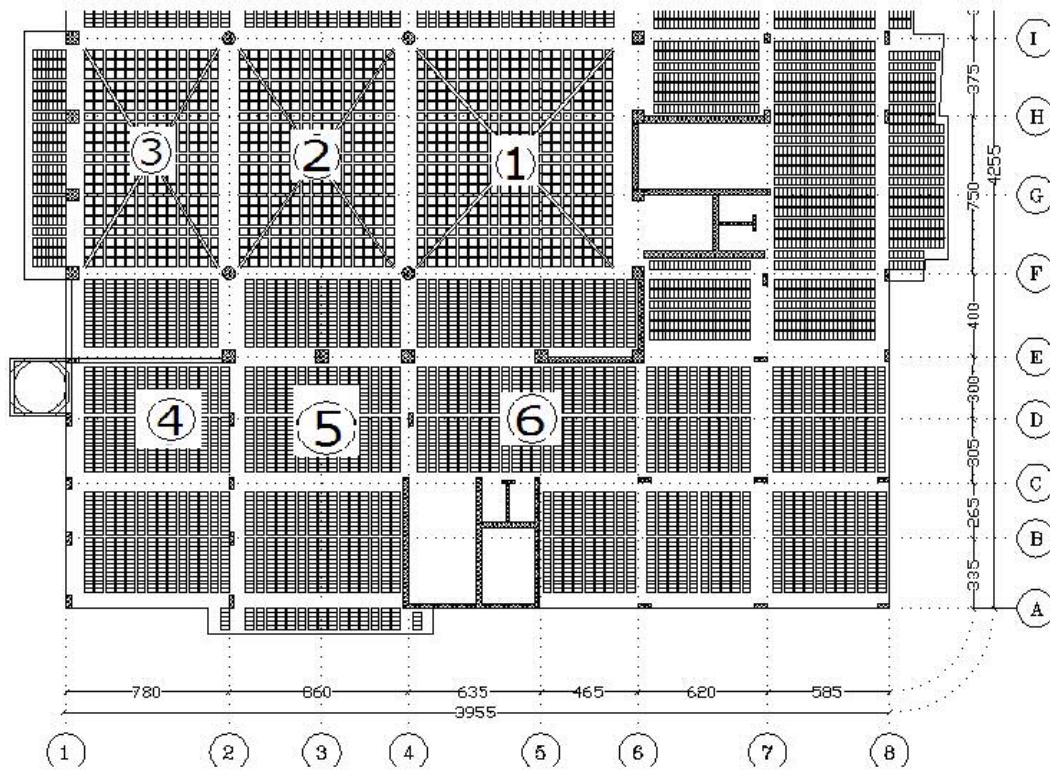
2- تقليل أو حذف السهم الحاصل بعد تطبيق الحملات الحسابية ، وبالتالي التخلص من العيوب التي قد تنشأ مع الزمن ، تحت تأثير الحمولات .

3- التقليل ما أمكن من تشكل اجهادات الشد في البيتون وبالتالي التقليل أو التخلص من احتمال تشكل الشقوق في البلاطة ، مما يؤدي إلى زيادة ديمومة حديد التسليح وبالتالي البلاطة بشكل عام .

#### 4- التجربة

للقوف على حقيقة النتائج السابقة ، وبهدف تحديد مقدار التشوهات الفعلية التي يمكن أن تحدث في البلاطات ، نتيجة تطبيق الحمولات الاستثنائية وتشوهات النقل والزحف في البيتون ، وللحد من بعض

الظواهر السلبية التي تنتج عنها، قمنا بإجراء تجارب حقلية فعلية على بعض البلاطات في احد المشاريع التي تنفذ بإشرافنا ، كما هو مبين على المسقط الموضح على الشكل رقم (3) .



الشكل (3) يبين أماكن توزيع البلاطات المجربة في مسقط كفراج السقف .

لقد تم إجراء التجارب على نموذجين :

1- النموذج الأول : ثلاث بلاطات (1-2-3) بأبعاد  $11 \times 11,25$  م -  $8,6 \times 11,25$  م -  $11,25 \times 11,25$  م - معصبة باتجاهين ، تم تنفيذ سهم معاكس في اثنتين منها ، ونفذت الأخرى بشكل أفقي للمقارنة .

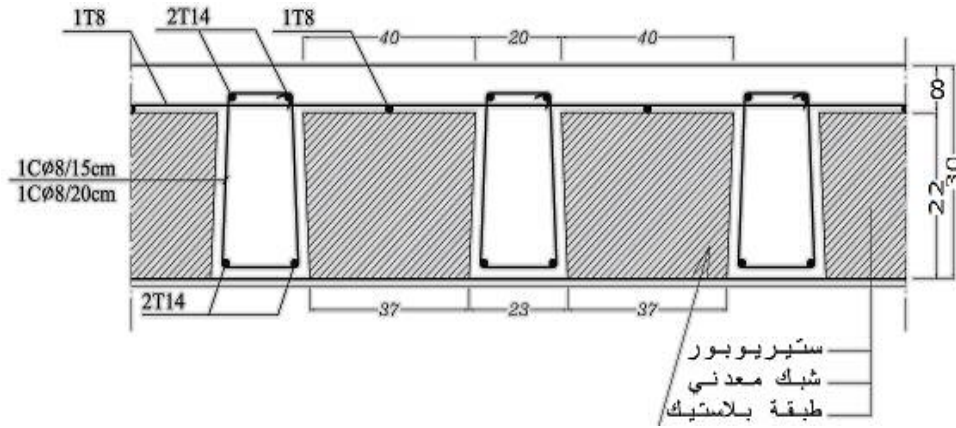
2- النموذج الثاني : ثلاث بلاطات (4-5-6) معصبة باتجاه واحد ، طول مجازها 6م ، نفذت اثنتان منها بسهم معاكس ، بينما بقيت الأخرى أفقية .

البلاطات المجربة داخلية محاطة من جميع جوانبها بجوائز ساقطة وبلاطات أخرى ، وهي عبارة عن بلاطات هوردي ذات مقطع مبيّن على الشكل (4) .

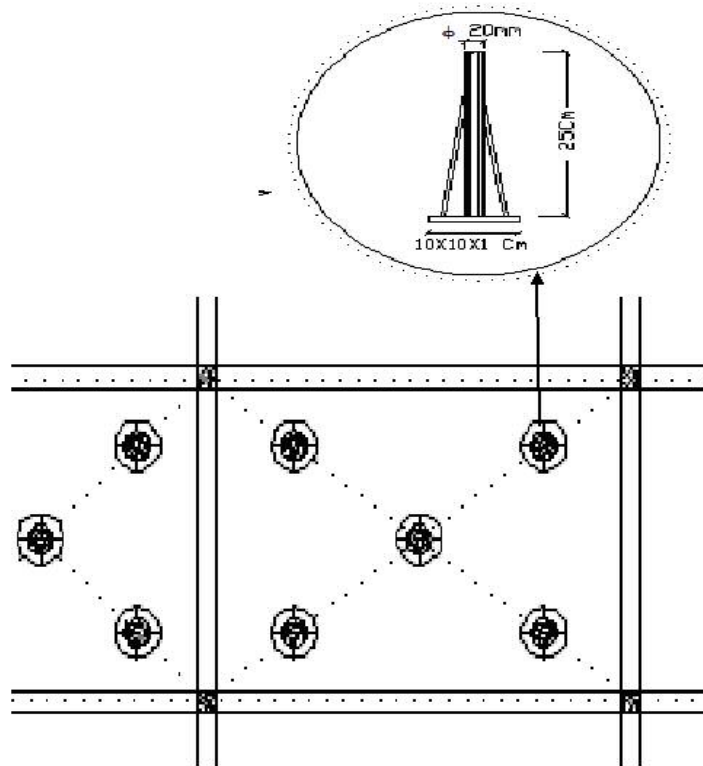
لقد تم أخذ عينات نظامية من حديد التسليح والبيتون أثناء الصب وأجريت عليها تجارب عديدة في مخبر البيتون في جامعة البعث لمعرفة الخواص الأساسية للبيتون وحديد التسليح . كانت المقاومة

المميزة للبيتون وحديد التسليح كما يلي :  $R_c = 220 \text{ kg / cm}^2$  .....  $R_s = 4000 \text{ kg / cm}^2$  ،

مساحة حديد التسليح والمقطع البيتوني كما مبيّن على الشكل (4) . لقد تم زرع بليتات معدنية على كامل سطح البلاطات بشكل هذه البليتات وأماكن توزعها في البلاطة مبيّن على الشكل (5) .

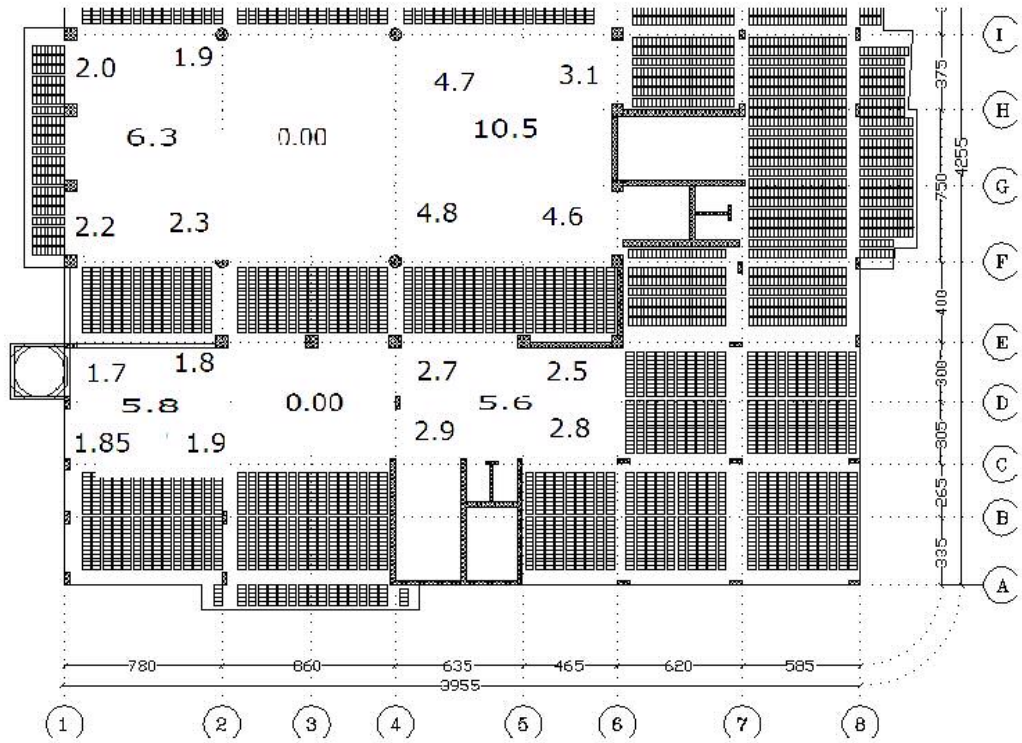


الشكل (4) مقطع في بلاطة الهوردي



الشكل رقم (5) :يبين أماكن توزيع البليتات في البلاطة وشكلها

نفذت البلاطات رقم (1-3-4-6) بسهم معاكس ، بينما البلاطات (2-5) فنفذت بشكل أفقي للمقارنة . مقدار السهم المعاكس في أماكن البليتات مبين على الشكل(6) . لقد تما استخدام أجهزة مساحية دقيقة لقياس مناسيب البليتات بدقة 0,1 مم ، أجريت القياسات في الفترات الزمنية التالية : عند تثبيت البليتات ، بعد صب البيتون ، قبل فك الكفراج ، بعد فك الكفراج مباشرة (تأثير الوزن الذاتي فقط) ، بعد شهر من تاريخ فك الكفراج ، بعد تنفيذ كفراج السقف الأعلى وصب بيتونه (تطبيق حمولة مؤقتة على البلاطات المجربة مقدارها وزن الكفراج ووزن بيتون السقف الأعلى ) ، بعد فك كفراج السقف الأعلى ( رفع الحمولة الإضافية ) ، بعد شهرين من القياس السابق، في بداية تنفيذ الإكساءات في الطابق أعل البلاطات المجربة ، بعد الانتهاء من تنفيذ البلاط ، بعد شهرين من المرحلة السابقة ، وهكذا استمرت القياسات كل شهرين ولمدة سنتين اعتباراً من تاريخ صب البيتون .

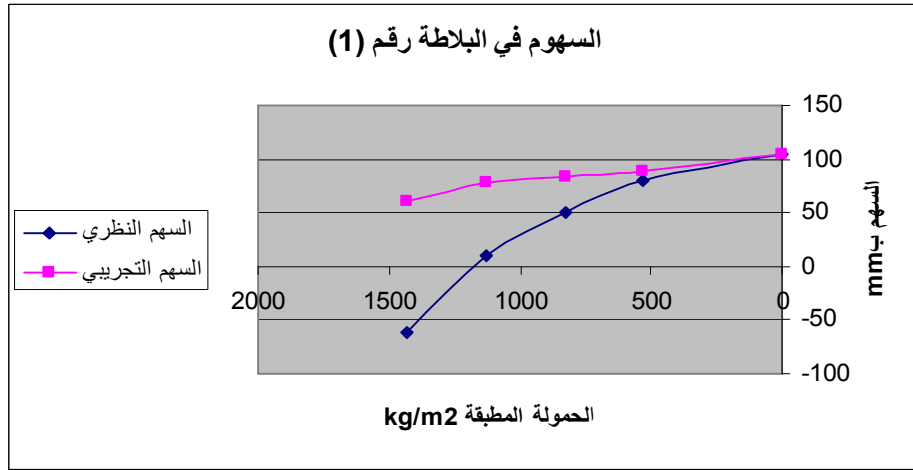


الشكل (6) يبين مقدار السهم المعاكس في البلاطات المجربة مقدرة بسم

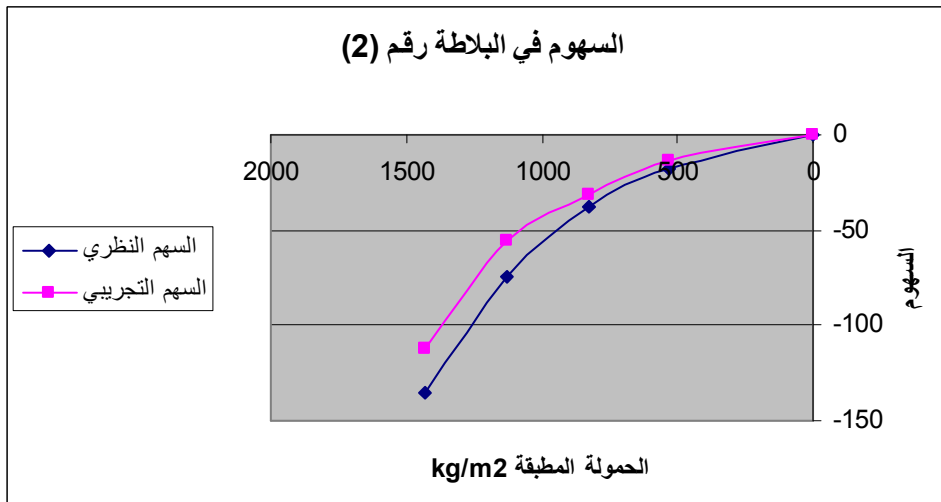
جوهر التجربة يتلخص في إنشاء كفراج البلاطة المحدد بالجوائز المحيطة والأعمدة على شكل قبة بارتفاع قليل جداً ، بعد فك الكفراج ونتيجة التشوهات الحاصلة في البلاطة نتيجة الحمولات المطبقة وتشوهات التقلص وزحف البيتون مع الزمن تتحول القبة إلى الشكل المستوي ، حيث إن مقدار ارتفاع القبة يجب أن يكون مساوياً لمقدار التشوه (السهم) المتوقع حدوثه في البلاطة . باعتبار إن الجوائز المحيطة والأعمدة ثابتة غير متحركة تظهر في مقاطع البلاط إجهادات ضغط تعاكس الإجهادات الناتجة عن تقلص وزحف البيتون ، ويمكن أن تنفيها ، وبالتالي الحد أو عدم ظهور شقوق التقلص، كذلك فإن إجهادات الضغط هذه ، تعاكس الإجهادات الناتجة في بعض مقاطع البلاطة عن الحمولات الخارجية المطبقة ، وبالتالي تحد من التشوهات الحاصلة في البلاطة نتيجة إعادة توزيع القوى في مقاطع البلاطة . بسبب تعذر تحميل البلاطات بالحمولات التصميمية ، فقد تم تقدير التشوهات (السهم) الفعلية المتوقعة نتيجة الحمولات التصميمية بالقياس إلى نتائج التشوهات الفعلية التي تمت تحت تأثير الحمولات الفعلية المطبقة ، مع الأخذ بعين الاعتبار الخواص اللدنة للبيتون وتغيراتها مع الزمن .

من جهة أخرى فقد لاحظنا تشكل شقوق تقلص في البلاطات رقم (2-5) (البلاطات المنفذة بشكل أفقي) ، وخصوصاً عند الأطراف والزوايا ، وقد تزايدت مباشرة بعد فك القالب . أما في البلاطات (1-3-4-6) فلم تلاحظ هذه الشقوق ، مع مرور الزمن لاحظنا تشكل بعض الشقوق الصغيرة جداً ، والغير مرئية بالعين المجردة .

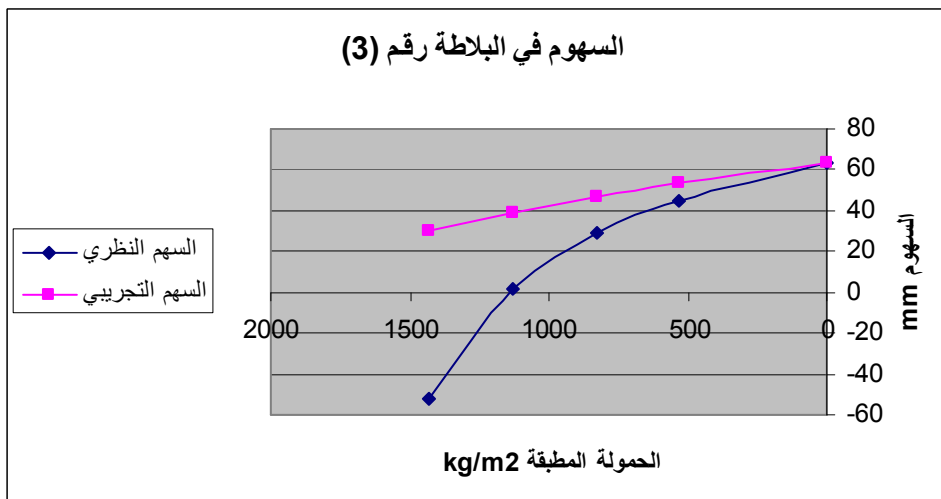
إن الأشكال (7-8-9) تبين التشوهات ( السهم) التجريبية والنظرية في منتصف البلاطات (1-2-3) الأشكال (10-11-12) تبين التشوهات ( السهم) التجريبية والنظرية في منتصف البلاطات (4-5-6) ، وذلك تحت تأثير حالات التحميل المختلفة مع مرور الزمن .



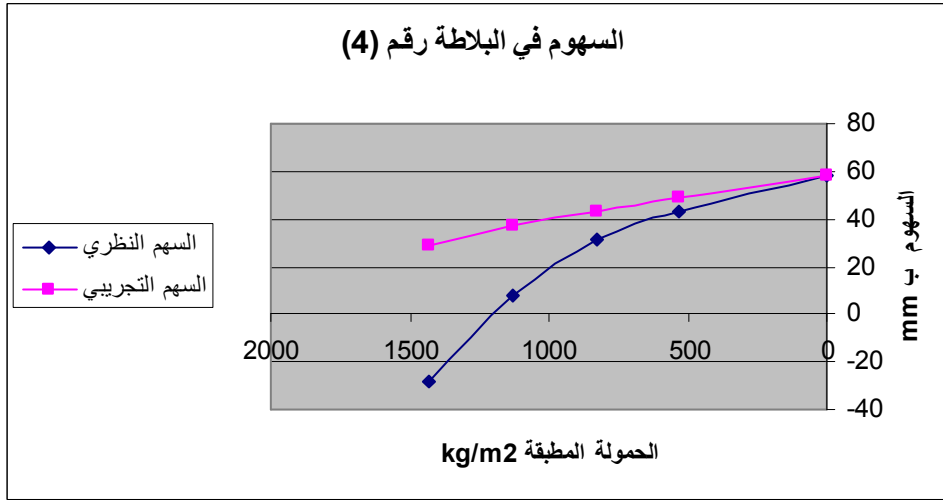
الشكل (7) : السهم النظري والتجريبي في البلاطة (1)



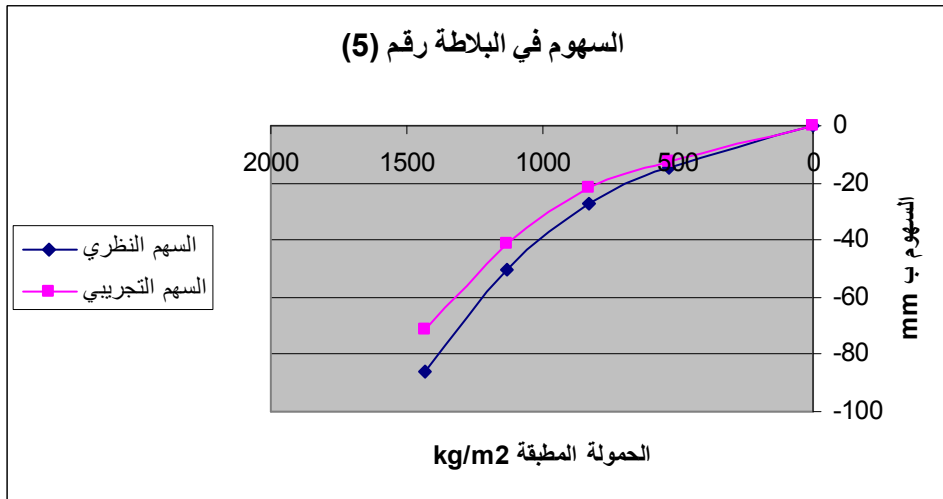
الشكل (8) : السهم النظري والتجريبي في البلاطة (2)



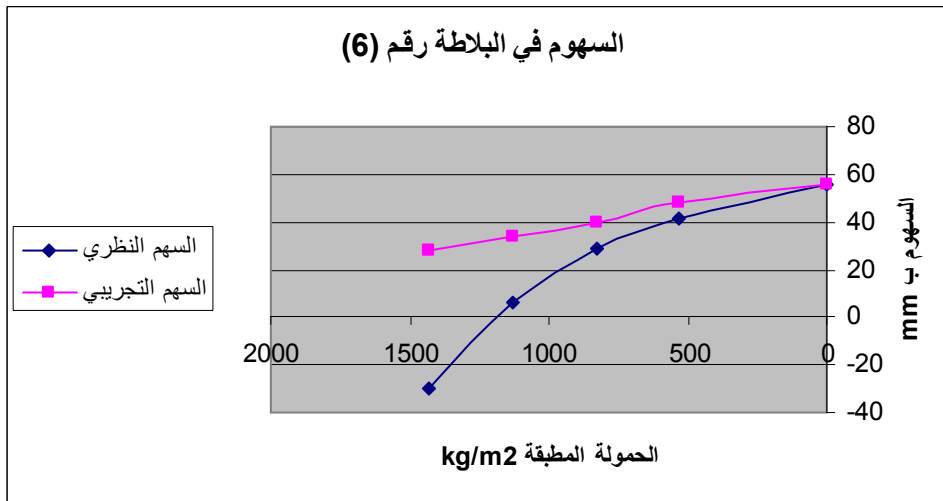
الشكل (9) : السهم النظري والتجريبي في البلاطة (3)



الشكل (10) : النسهم النظري والتجريبي في البلاطة (4)



الشكل (11) : النسهم النظري والتجريبي في البلاطة (5)



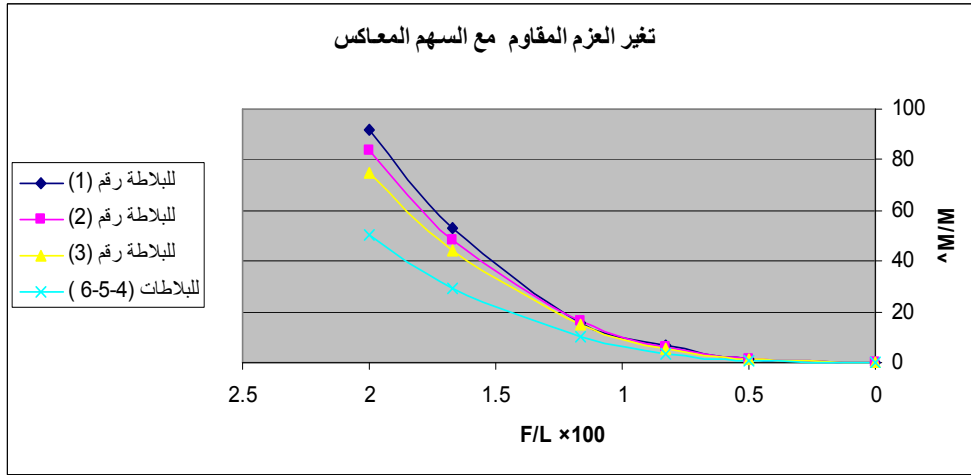
الشكل (12) : النسهم النظري والتجريبي في البلاطة (6)



من هذه الأشكال يمكن أن نستنتج مايلي :

- 1- إن مقدار السهم الفعلية الحاصلة في البلاطات المنفذة بسهم معاكس لم تتجاوز قيمتها (25)--- (35)% من قيمتها النظرية فيما لو نفذت البلاطات بشكل أفقي .
- 2- إن السهم الفعلية الحاصلة في البلاطات المنفذة بشكل أفقي وصلت إلى حدود 85% من القيمة النظرية المتوقعة .

لدراسة مقدار زيادة مقدرة البلاطة نتيجة السهم المعاكس (زيادة العزم المقاوم) قمنا بدراسة تحليلية على البلاطات (1-2-3-4) وذلك بموجب العلاقات الواردة أعلاه ووفق البيانات الفعلية للبلاطات ، فكانت النتائج كما هو مبين على الشكل (13) :



الشكل (13) زيادة العزم المقاوم للبلاطات بالعلاقة مع نسبة السهم المعاكس الى المجاز من هذا الشكل نلاحظ :

- 1- ان تنفيذ البلاطات بسهم معاكس يؤدي الى زيادة مقاومتها للحمولات الخارجية المطبقة ، وذلك نتيجة تغير الحالة الإجهادية وإعادة توزيع القوى في مقاطع البلاطة وبالتالي رفع كفاءة البلاطة لمقاومة الحمولات الخارجية .
- 2- ان مقدار زيادة مقاومة البلاطة للحمولات الخارجية نتيجة السهم المعاكس يتناسب طرأً مع مقدار هذا السهم ، لكن هناك حدود عملية لهذا السهم تتعلق بوظيفة البلاطة ، مكانها ، علاقتها مع مواد الإكساء، علاقتها مع العناصر الإنشائية الأخرى ..... الخ .
- 3- تزداد مقدرة البلاطات نتيجة السهم المعاكس بزيادة طول مجاز البلاطة .
- 4- بشكل عملي فإن تنفيذ سهم معاكس بمقدار 1 سم لكل متر طول من مجاز البلاطة المحاطة بجوائز ساقطة على أطرافها (البلاطات التي لهل ظروف مماثلة للبلاطات المجربة) يؤدي الى زيادة مقدرة البلاطة بمقدار 7-13% على التوالي حسب مجاز البلاطة.

## 5- الاستنتاجات

مما ورد أعلاه ومن خلال نتائج التجربة يمكننا أن نلاحظ بأن إنشاء البلاطات البيتونية المسلحة بسهم معاكس يؤدي إلى النتائج التالية:

- 1- التخلص من تشوهات وتشققات التقلص أو الحد منها بشكل كبير جداً.
- 2- التخلص من تشوهات الانعطاف الطبيعية التي تظهر بشكل انحناءات في السطوح المستوية والنتيجة عن الحمولات الخارجية المطبقة على البلاطات وخصوصاً ذات المجازات الكبيرة التي تزيد عن 5 م .
- 3- إن الطريقة المقترحة الواردة أعلاه في البحث يمكن أن تساعد في حساب مقدار السهم المعاكس الأمثل الممكن تنفيذه في البلاطة وذلك بحسب ظروف عمل البلاطة ووظيفتها وارتباطها مع العناصر الإنشائية الأخرى.



- 4- في حالة عدم السماح بتشكيل سهم معاكس كبير نسبياً (لموس)، نتيجة ظروف الإستثمار (البلاطة بوضع أفقي) فإننا نقترح تنفيذ سهم معاكس بحدود 30% من السهم الحسابي المتوقع وذلك باعتبار إن البلاطة منفذة بشكل أفقي وتخضع للحمولات التصميمية .
- 5- أن مقدار الزيادة في مقدرة البلاطات نتيجة السهم المعاكس تتعلق بشكل أساسي بمقدار هذا السهم ، ظروف الاستناد الطرفية للبلاطة، مجاز البلاطة.

## 6- التوصيات

ان النتائج السابقة تخص فقط البلاطات التي لها ظروف عمل مشابه لظروف عمل البلاطات المجرات عليه الاختبارات. للحصول على نتائج أكثر دقة ولأنواع أخرى من البلاطات لابد من إجراء المزيد من الاختبارات والتجارب العملية والدراسات النظرية لاستكمال البحث في هذا الموضوع .

## 7- المراجع المستخدمة :

- 1- الكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية المسلحة- دمشق 2004 .
- 2-Reddy j.N.,Theory and Analysis of Elastic Plates and Shells  
U.A.S., 2007, .
- 3- Гольшев.А.Б. и других. Проектирование железобетонных конструкций. Киев Будвельник - 1985.-495с.
- 4- Железобетонные и каменные конструкций.Под редакцей В.М.Бойдаренко. Москва – Высшая школа.2007г.886с.
- 5- Мурашкин.Г.В.и других.Проектирование плиты перекрытия монолитного без балочного каркаса с предварительным строительным подъемом.Актуальные проблемы в строительстве и архитектура. Материалы во-й юбилейной, научно – технической конференции по итогам НИР. Сом ГАС. Часть 2 –Самара- 2003г.

## Boosting Efficiency of Monolit Slabs by Using Technology in Local conditions

Abdul Hamid Kikhia

Dep.of Structural Engineering.Civil Eng.Faculty.Dm.University.

### Abstract

Slabs are considered one of the most exposed elements to disasters and deformities that can be clear to the viewer. These deformities are reflected as sign of defects that appear clearly on the big slabs. So, here comes the importance of applying and designing accurate slabs.

Then the purpose of this research is stating the need for persistent efforts to get a better form of the slabs in order to increase their ability to be able to carry any outside (extra weights) without the appearance of any deformities that might take place during the period of investing the building, that, if it happened, they have bad effect on the beauty and main function (purpose) of this building.

This research includes an experimental study for the real applicable slabs under our supervision, in addition to a theoretical study about the deflection appeared on the slabs by taking into consideration the plastic specifications of the concrete and the formation of cracks.

This research aims at constructing reflexive deflections in the slabs during the construction period and measuring the actual deformities and watching them through a period of time, then comparing them with the theoretical expected deformities.

The findings that we could get at the end of our research are supposed to play a main role in choosing the best design for the mandit slabs and at the same time getting the best value for the reflexive deflection that can be used in the slab to make it better functionally and increase its ability to resist the outside applied weights.

We hope this is just a start for more research in this felid.

**Keywords:** slabs , deflection , deformation , concrete