

## دراسة تجريبية وتحليلية لرفع كفاءة البلاطات البيتونية المسلحة المستخدمة في الظروف المحلية

الدكتور عبد الحميد كيخيا\*

(تاريخ الإيداع 12 / 3 / 2015. قُبل للنشر في 27 / 5 / 2015)

### □ ملخص □

تعتبر البلاطات من أهم العناصر في الجملة الإنشائية ، إذ إنها تشكل بحدود 60% من حجم البيتون المسلح الإجمالي للبناء [1]. من هنا فإن اختيار التصميم المناسب للبلاطات يعتبر من المسائل الأساسية التي يجب أخذها بعين الاعتبار عند تصميم الأبنية . من جهة أخرى فإن حمولات الزلازل تتعلق بشكل رئيسي بالوزن الذاتي للبناء ، وبالتالي فإن حجم البلاطات يلعب الدور الرئيس في تصميم العناصر الإنشائية الأخرى ( الجوائز ، الأعمدة ، جدران القص ، القواعد ) للبناء .

هدف هذا البحث هو السعي للوصول إلى تصميم أفضل ( اختيار الأبعاد المناسبة ) للبلاطات البيتونية المسلحة لرفع كفاءتها لتقاوم الحمولات الخارجية المطبقة ، وتحقيق أكبر رعية اقتصادية في استخدام المواد ، 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 ، ودراسة نظرية على السهوم المتشكلة في البلاطات مع الأخذ بعين الاعتبار الخواص اللدنة للبيتون .

فكرة البحث هي تنفيذ 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 الأبعاد المناسبة ( السماكة ) لتحسين أدائها ورفع كفاءتها لمقاومة الحمولات الخارجية المطبقة ،وكذلك بداية الطريق لمزيد من الأبحاث في هذا المجال .

**الكلمات المفتاحية :** البلاطات، السهوم، التشوهات، البيتون .

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

## Experimental and analytical study to boosting efficiency of concrete slabs used in local conditions

Dr. Abd ALhamid Kikhia \*

(Received 21 / 6 / 2015. Accepted 21 / 1 / 2015)

### □ 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 big slabs. So, here comes the importance of applying and designing accurate slabs.

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. When deformities happen, they have bad effect on the beauty and main function (purpose) of the building.

This research includes an experimental study for the real applicable slabs under our supervision, in addition to a theoretical study about the deflection appearing 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 mandate 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 to increase its ability to resist the outside applied weights. We hope this is just a start for more research in this field.

**Key words** : slabs , deflection , deformation , concrete .

---

\* Associate Professor, Dep. of Structural Engineering. Civil Eng-Faculty-Damascus University, Syria.

## مقدمة :

تعتبر البلاطات من أهم العناصر في الجملة الإنشائية ، إذ إنها تشكل حدود 60% من حجم البيتون المسلح الإجمالي للبناء [1] . من هنا فإن اختيار التصميم المناسب للبلاطات يعتبر من المسائل الأساسية التي يجب أخذها بعين الاعتبار عند تصميم الأبنية . من جهة أخرى فإن حمولات الزلازل تتعلق بشكل رئيسي بالوزن الذاتي للبناء ، وبالتالي فإن حجم البلاطات تلعب الدور الرئيس في تصميم العناصر الإنشائية الأخرى ( الجوائز ، الأعمدة ، جدران القص ، القواعد ) للبناء .

هدف هذا البحث هو السعي للوصول إلى تصميم أفضل ( اختيار الأبعاد المناسبة ) للبلاطات البيتونية المسلحة لرفع كفاءتها لتحمل الحمولات الخارجية المطبقة وتحقيق أكبر ربحية اقتصادية في استخدام المواد ، وتلافي أي احتمال لظهور تشوهات قد تحدث خلال عملية استثمار المبنى ، تؤثر سلباً في الناحية الوظيفية والجمالية للمبنى .

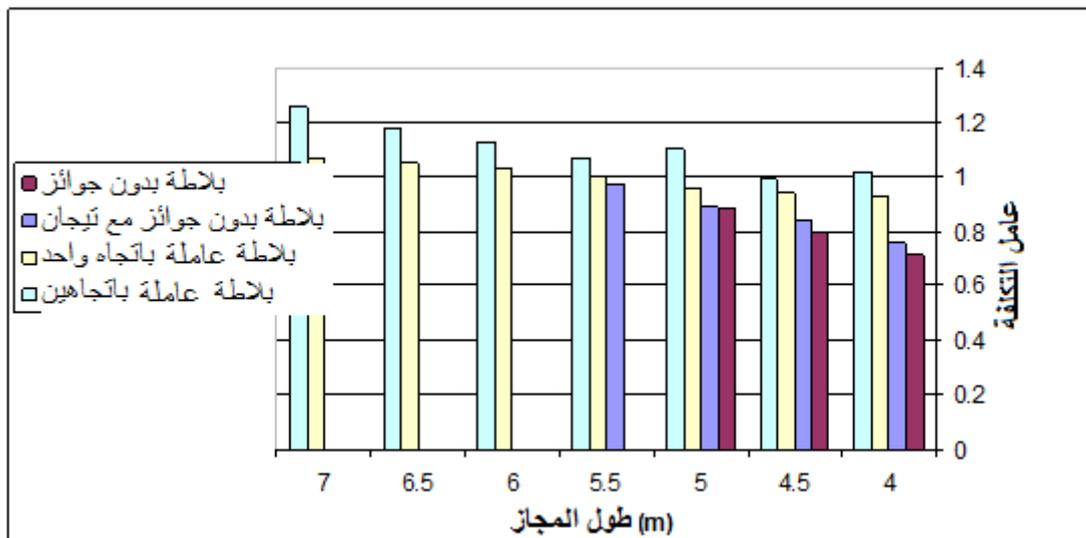
## 1 - أنواع البلاطات المستخدمة في الأبنية :

أنتجت الخبرة العالمية أنواعاً كثيرة من البلاطات المستخدمة في إنشاء الأبنية . إن اختيار نوعية البلاطات في بناء ما يخضع لمجموعة من الاعتبارات من أهمها : - وظيفة البناء ، - قيمة وطبيعة الحمولات ، - مدة التنفيذ المطلوبة ، - مجازات البلاطة ، - الظروف المحلية .

يبين الشكل ( 1 ) مبرين مقارنة بين تكلفة بعض أنواع البلاطات بالعلاقة مع المبراز ، وذلك في حالة كون

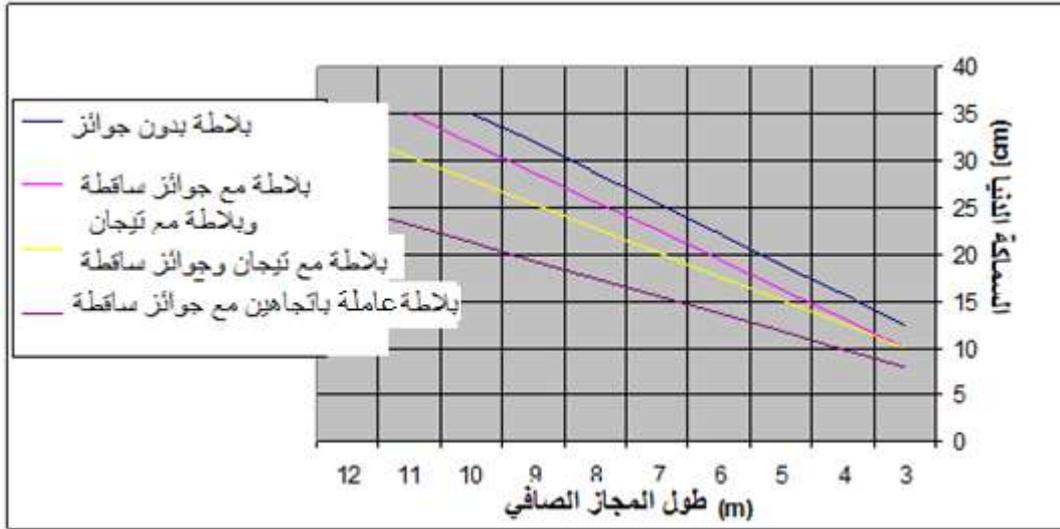
الحمولات الحية المطبقة لا تزيد على  $LL=5KN/m^2$  [ 2 ] .

من خلال الخبرة العملية المكتسبة ، وإجراء العديد من الدراسات تبين بأن حجم البيتون المسلح المستخدم في البلاطات يشكل حدود 60% من الحجم الكلي للبيتون المسلح للبناء ، بينما نفقات اليد العاملة اللازمة لتنفيذ البلاطات تشكل فقط 30% من النفقات اللازمة لليد العاملة للبناء ككل [ 5 ] . من هنا فإن السعي لتخفيض سماكة البلاطات وبالتالي حجم البيتون المستخدم فيها يعتبر مسألة مهمة جداً .

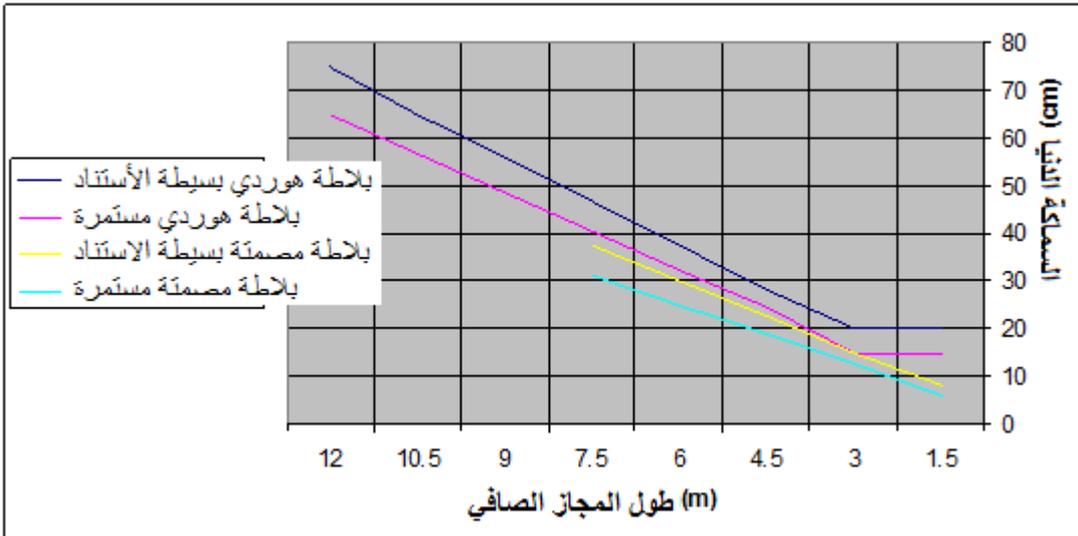


الشكل ( 1 ) عامل التكلفة لبعض أنواع البلاطات [2]

تتضمن أغلب الكودات العالمية لتنفيذ الأبنية القيمة الدنيا لسماكة البلاطات والتي ترتبط بعدد من المتحولات الأساسية من أهمها : قيمة السهم الحدي المسموح به ، أبعاد البلاطات ، قيمة الحمولات وطبيعتها ، مقاومة الحريق ، عازلية الصوت .... الخ . الأشكال (2-3) تبين السماكة الدنيا المسموحة لبعض أنواع من البلاطات وفق [2] .



الشكل (2) : يبين السماكة الدنيا لبعض أنواع البلاطات العاملة بالاتجاهين الأكثر انتشاراً [2].



الشكل (3) : يبين السماكة الدنيا لبعض أنواع البلاطات العاملة باتجاه واحد الأكثر انتشاراً [2].

## 2 - فكرة البحث والغاية منه .

تعتبر بلاطات الهوردي الأكثر استخداماً في إنشاء الأبنية في القطر العربي السوري لما تتمتع به من مزايا ولسهولة تنفيذها . من هنا أتت فكرة البحث ، التي تتلخص بالسعي لتحسين إداء وكفاءة هذا النوع من البلاطات وذلك بإجراء تجربة فعلية على بلاطات هوردي في إحدى المشاريع الهندسية في مرحلة تنفيذها .

لو فرضنا بأننا أحدثنا سهم معاكس في مرحلة إنشاء البلاطة بمقدار  $f$  ، بحيث أنه عند تطبيق الحملات الاستثنائية تصبح البلاطة بشكل أفقي تماماً ، وبفرض أن البلاطة محاطة من جميع أطرافها بجوائز ذات صلابة كبيرة نسبياً ، وبفرض أنها ثابتة لا تتحرك ، في هذه الحالة تتعرض مقاطع البلاطة إلى قوة ضغط  $N$  تحسب كما يلي : من الشكل ( 4 ) نلاحظ بأن :

$$f^2 + \frac{l^2}{4} = \frac{S^2}{4} \quad (1)$$

حيث :  $S, L$  - طول قوس ومجاز البلاطة بعد التشوه ،  $f$  - السهم المعاكس المنفذ في البلاطة .  
من جهة أخرى لدينا مقدار انضغاطية (تشوه) البلاطة  $\Delta = S - L$  ، وببديله في العلاقة (1) نحصل :

$$f^2 = \frac{2 \cdot \Delta \cdot L + \Delta^2}{4} \quad (2)$$

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

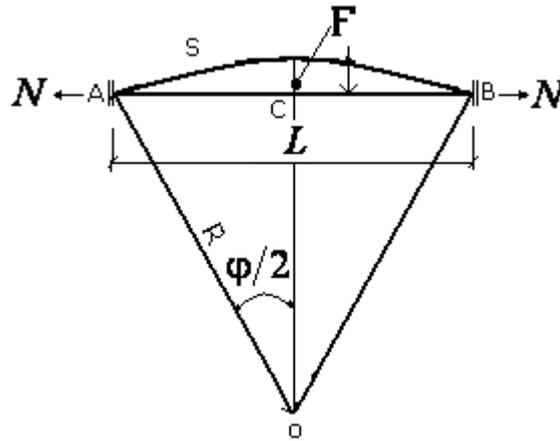
$$\Delta = \varepsilon \cdot l \quad (3)$$

$\varepsilon$  - معامل التشوه الكلي للبلاطة بالأخذ بعين الاعتبار تأثير الزحف والنقلص ونسبة التسليح والظروف

المحيطة للبيتون .

أن العلاقة (2) يمكن ان يعبر عنها بالشكل التالي :

$$\frac{f^2}{L^2} = \frac{\Delta}{2L} + \frac{\Delta^2}{4L^2} \quad (4)$$



الشكل (4) : رسم توضيحي لحساب تشوه البلاطة بتنفيذ سهم معاكس .

إن القوة  $N$  يمكن أن تحسب وفق العلاقة المعروفة في مقاومة المواد التالية :

$$N = \frac{\Delta}{L} \cdot A_b \cdot E_b \cdot \frac{\lambda}{a} \quad (5)$$

حيث :  $A_b = b \cdot h$  - أبعاد المقطع البيتوني للبلاطة ،  $E_b$  - معامل المرونة للبيتون ،  $\Delta$  - مقدار انضغاطية البلاطة وتحسب من العلاقة (4) بدلالة السهم المعاكس  $F$  المنفذ ،  $\alpha$  - عامل يأخذ بعين الاعتبار انخفاض صلابة المقطع البيتوني الغير متشقق نتيجة زحف البيتون مع الزمن تحت تأثير الحملات الدائمة ويتعلق برطوبة الوسط المحيط ، ويساوي 2 في حالة كون الرطوبة 40...70% ويساوي 3 في حالة كون الرطوبة أقل من 40

% [4]. في الكود العربي السوري  $\alpha = 2$ .  $\lambda$  - معامل صلابة محيط الإستناد الطرفية للبلاطة ويساوي  $\lambda = 1$  في حالة كانت البلاطة موثوقة بشكل كامل على محيطها ،  $\lambda = 0$  في حال كون البلاطة مستندة بشكل حر على أطرافها ،  $\lambda = 0,5$  في حالة كون البلاطة وسطية ومستمرة من جميع أطرافها أو كانت محاطة بجوائز ساقطة من جميع أطرافها. بشكل دقيق يحسب العامل  $\lambda$  وفق العلاقة التالية [4]:

$$\lambda = \frac{0.125 (h_b - 0.5f_u^o) R_b l^2 b}{f_u^o (h_b - f_u^o) E_b A_b} \quad (6)$$

حيث :  $f_u^o$  - الانتقالات الحديدية للبلاطة بدون الأخذ بعين الاعتبار إعادة توزيع القوى ،  $E_b A_b$  - صلابة المقطع البيتوني محيط البلاطة على الشد .  $f_u^o$  - الانتقال الحدي للبلاطة في حالة إعادة التوزيع الأعظمي للقوى وذلك باعتبار المحيط صلب جداً، أي (  $\lambda = 1$  ) ،  $L$  - طول مجاز البلاطة باتجاه إعادة توزيع القوى ،  $b$  - طول مجاز البلاطة بالاتجاه العمودي . إذا كانت البلاطة محاطة بجوائز من اربعة اتجاهات ، أو كانت مستمرة فإنه يجب إجراء الحساب مرتين وذلك باعتبار  $l = l_1 \dots b = l_2$  و  $l = l_2 \dots b = l_1$  .  
كذلك فإن التشوهات في مقاطع البلاطة تحسب كما يلي :

$$\varepsilon_{s1} = \frac{M_s \cdot \psi_s}{A_s \cdot E_s \cdot Z} - \frac{N \cdot \psi_s}{A_s \cdot E_s} \quad (7)$$

$$\varepsilon_{b1} = \left( \frac{M_s \cdot \psi_b}{A_{bc} \cdot \beta \cdot E_b \cdot Z} \right) \quad (8)$$

$$M_s = A_{bc} \cdot \sigma_b \cdot Z \quad (9)$$

حيث :  $\varepsilon_{s1} \dots \varepsilon_{b1}$  - التشوهات في الليف العلوي للبيتون ، وحديد التسليح المشدود ، وذلك باعتبار ان البلاطة في وضع أفقي ،  $A_{bc}$  - المساحة المكافئة لمنطقة الضغط في المقطع ،  $Z$  - ذراع مزدوجة القوى الداخلية في منطقة الشق ( المسافة بين محور قضبان التسليح ونقطة تطبيق محصلة قوى الضغط في البيتون ) ،  $\psi_b$  - عامل يأخذ بعين الاعتبار عدم انتظام توزع الإجهادات والتشوهات في منطقة البيتون المنضغطة بين الشقوق ، ويساوي 0,9 للبيتون العادي و 0,7 للبيتون الخفيف ، ويساوي 1 في حال كون الحملات المطبقة مكررة ومتغيرة باستمرار ،  $\psi_s$  - عامل يأخذ بعين الاعتبار عدم انتظام توزع التشوهات والاجهادات في حديد التسليح في المنطقة بين الشقوق ، تتعلق قيمته بنوعية البيتون وشكل قضبان التسليح ، طبيعة وشدة الحملات المطبقة ،  $\beta = \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon}$  - 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 أقل من 40% [4].  
الإجهادات في حديد التسليح المشدود والبيتون المضغوط في هذه الحالة :

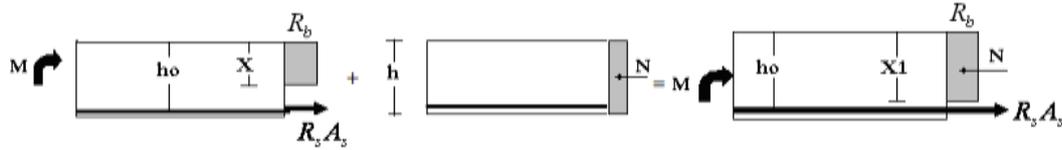
$$\sigma_s = \varepsilon_{s1} \cdot E_s \quad (10)$$

$$\sigma_b = \varepsilon_{b1} \cdot E_b = \varepsilon_{b1} \cdot \beta E_b \quad (11)$$

بهذا الشكل نلاحظ بان تشكيل سهم معاكس في البلاطة نحو الأعلى يؤدي الى تغير الحالة الإجهادية للمقطع تحت تأثير الحملات ، 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 .

تحسب القيمة  $Z$  من مخطط الإجهادات المبين على الشكل ( 5 ) ، والذي هو عبارة عن مخطط الإجهادات في المقطع المعرض لعزم إنعطاف مضافاً إليه الإجهادات والتشوهات الناتجة عن القوة  $N$  بسبب السهم المعاكس .



الشكل ( 5 ) مخطط الإجهادات والتشوهات لمقطع البلاطة نتيجة السهم المعاكس مع عزم الإنعطاف .

$$R_b \cdot b \cdot x(h_0 - 0,5x) = M \quad (12)$$

$$R_b \cdot b \cdot x_1(h_0 - 0,5X_1) = M_1 \quad (13)$$

لتحديد  $X_1$  ارتفاع منطقة الضغط ، مع وجود القوة  $N$  وبدونها ، لدينا :

$$R_s \cdot A_s = x \cdot R_b \cdot b \rightarrow X = \frac{R_s \cdot A_s}{R_b \cdot b} \quad (14)$$

لتحديد  $X_1$  لدينا :

$$\xi \leq \xi_R \rightarrow R_b \cdot b \cdot X_1 = A_s \cdot R_s + N \quad (15)$$

$$\xi > \xi_R \rightarrow R_b \cdot b \cdot X_1 = A_s \cdot \sigma_s + N \quad (16)$$

حيث  $\sigma_s$  - الإجهادات في حديد التسليح وتساوي [ 5 ] :

$$\sigma_s = \left( \frac{1 - \frac{x}{h_0}}{1 - \xi_R} - 1 \right) R_s \quad (17)$$

$\xi_R$  - تحسب من العلاقة التالية :

$$\xi_R = \frac{x_R}{h_0} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_s}{R_s} \left( 1 - \frac{\omega}{1,1} \right)} \quad (18)$$

$$\omega = \alpha - 0,008R_b \quad (19)$$

حيث:  $\alpha$  - عامل يساوي 0,850 للبيتون العادي .

الإجهادات في حديد التسليح  $\sigma_s$  تتراوح قيمتها بين  $R_s \dots -R_s$  وتتعلق بارتفاع منطقة الضغط في البيتون

وتؤخذ كما يلي :

$$X = \xi_R \cdot h_0 \rightarrow \sigma_s = R_s$$

$$X \geq h_0 \rightarrow \sigma_s = -R_s$$

إن قيمة القوة  $N$  في العلاقات (15-16) تتعلق بعوامل كثيرة من أهمها: شروط الإستناد الطرفية للبلاطة ،

أبعاد البلاطة ، نوعية البيتون وظروف وصلبه... الخ .

بتبديل قيمة  $N$  المحسوبة وفق العلاقة (5) بالعلاقات (16-15) نجد أن قيمة  $x_1$  تحسب وفق العلاقة التالية

$$\xi \leq \xi_R \rightarrow x_1 = \frac{A_s R_s + \frac{\Delta}{L} A_c E_c \frac{\lambda}{\alpha}}{R_b b} \quad (20)$$

$$\xi > \xi_R \rightarrow x_1 = \frac{A_s \sigma_s + \frac{\Delta}{L} A_c E_c \frac{\lambda}{\alpha}}{R_b b} \quad (21)$$

نلاحظ بأن ارتفاع منطقة الضغط تزداد بزيادة السهم المعاكس وبالتالي يزداد العزم المقاوم للمقطع . كما نلاحظ بان العلاقات السابقة مرتبطة مع بعضها بشكل تبادلي ، وهي تتغير حسب الحالة الإجهادية للمقطع ، لذلك فإن حل هذه العلاقات يتم بطريقة الخطوة - خطوة ، ونقترح المنهجية التالية للحل :

1 -حسب السهم الأعظمي الناتج في البلاطة تحت تأثير الحمولات الحسابية بموجب العلاقات المعروفة لحساب الإنشاءات ، 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 (10) (11) وذلك بعد حساب التشوهات بموجب العلاقات (7) (8)

3 -حسب قيمة السهم الحاصل بالأخذ بعين الاعتبار السهم العكسي .

4 -نختار كمية حديد تسليح جديدة وذلك بتقليل الكمية الأساسية بنسبة  $\frac{R_s}{\sigma_s}$  (محسوبة من العلاقة (10)

5 -نعيد حساب السهم الجديد بموجب كمية حديد التسليح الجديدة وذلك بفرض تنفيذ سهم معاكس جديد بموجب (2) .

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 بعض 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 الحمولات الحسابية ، وبالتالي التخلص من العيوب التي قد تنشأ مع الزمن ، تحت تأثير الحمولات .

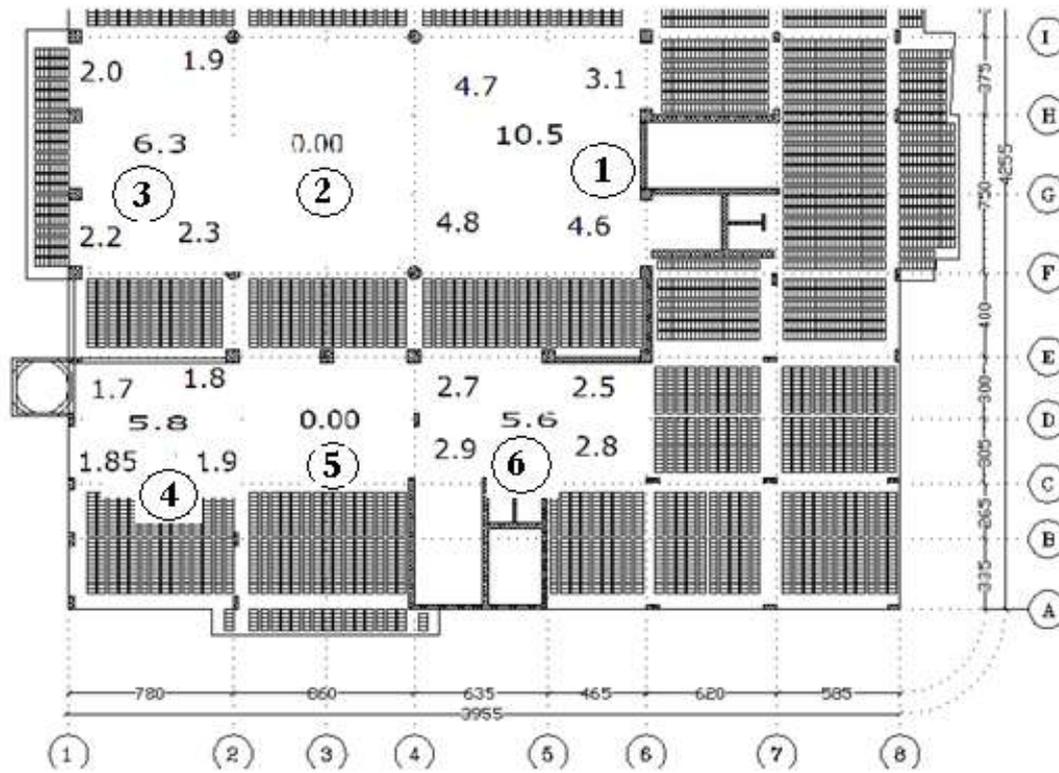
3 -التقليل ما أمكن من تشكل إجهادات الشد في البيتون وبالتالي التقليل أو التخلص من احتمال تشكل الشقوق في البلاطة ، مما يؤدي إلى زيادة ديمومة حديد التسليح وبالتالي البلاطة بشكل عام .

#### 4- التجربة

للقوف على حقيقة النتائج السابقة ، وبهدف تحديد مقدار التشوهات الفعلية التي يمكن أن تحدث في البلاطات ، نتيجة تطبيق الحمولات الاستثنائية وتشوهات التقلص والزحف في البيتون ، وللد من بعض الظواهر السلبية التي تنتج عنها ، قمنا بإجراء تجارب حقلية فعلية على بعض البلاطات في أحد المشاريع في مرحلة التنفيذ .

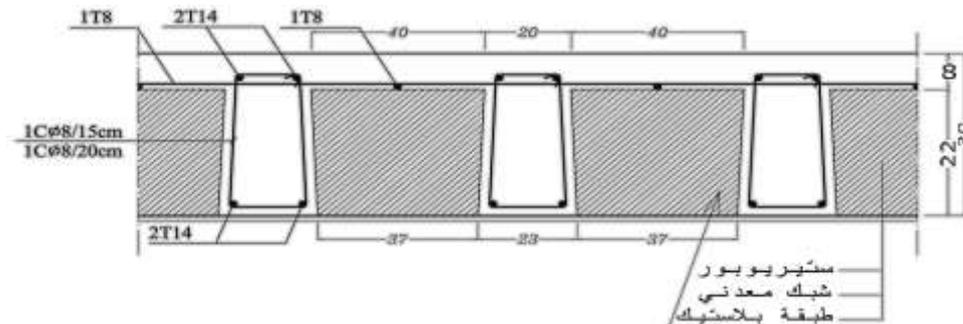
لقد تم إجراء التجارب على نموذجين أنظر الشكل (6) :

- 1 للنموذج الأول : ثلاث بلاطات ( 1-2-3 ) بأبعاد  $11 \times 11,25$  م -  $8,6 \times 11,25$  م -  $7,8 \times 11,25$  م - بلاطات هوردي معصبة باتجاهين . تم تنفيذ سهم معاكس في اثنتين منها ، ونفذت الأخرى بشكل أفقي للمقارنة .
- 2 للنموذج الثاني : ثلاث بلاطات ( 4-5-6 ) بلاطات هوردي 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 مبين في الشكل (7).

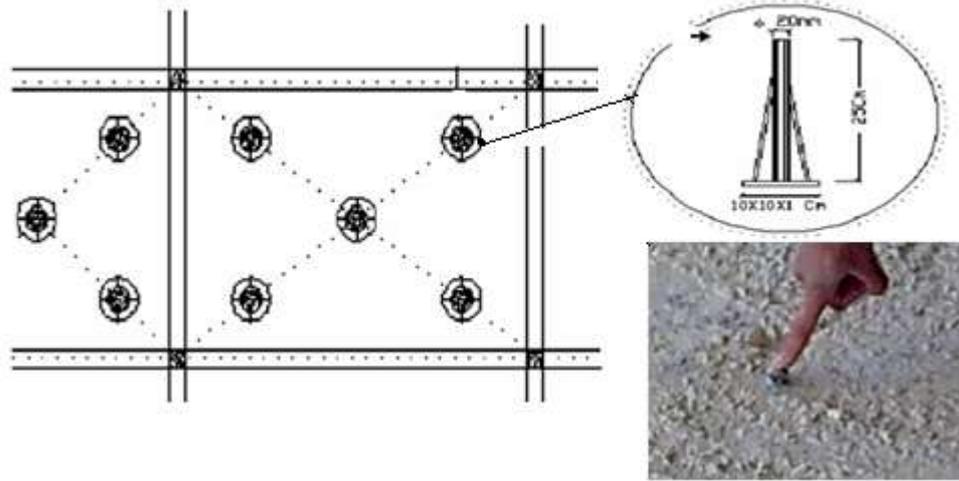


الشكل (6) يبين مقدار السهم المعاكس في البلاطات المجربة مقدره بالسهم

- أخذت عينات نظامية من حديد التسليح والبيتون أثناء الصب وأجريت عليها تجارب عديدة في مخبر البيتون في جامعة البعث لمعرفة الخواص الأساسية للبيتون وحديد التسليح . مساحة حديد التسليح والمقطع البيتوني كما مبين في الشكل (7) . لقد تم زرع بلبينات معدنية على كامل سطح البلاطات . شكل هذه البلبينات وأماكن توزيعها في البلاطة مبين في الشكل (8) .



الشكل (7) مقطع في بلاطة الهوردي



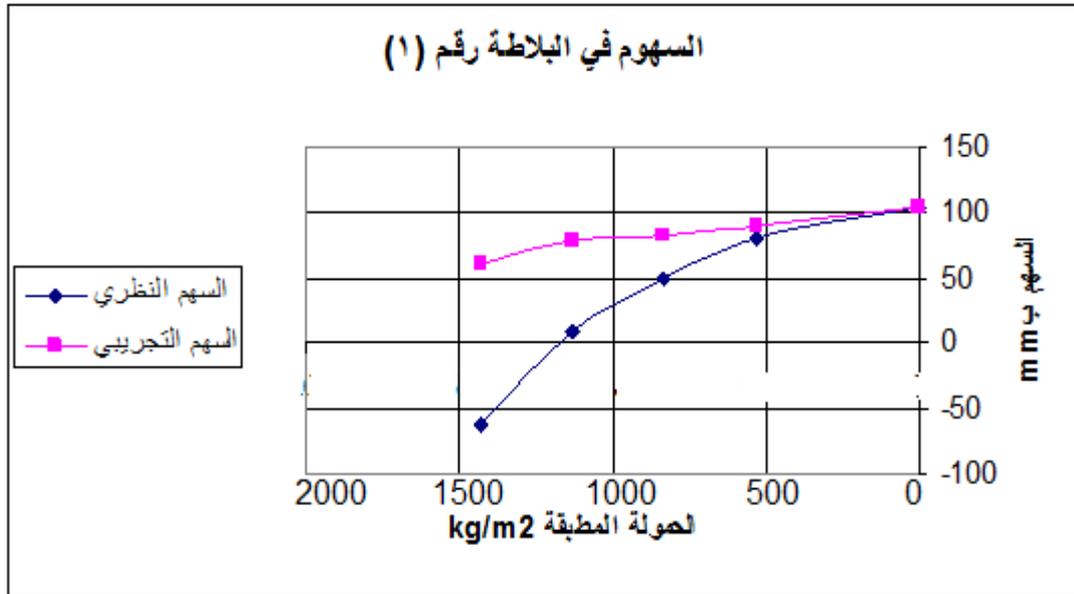
الشكل رقم ( 8 ) : يبين أماكن توزيع البليتات في البلاطة وشكلها وطريقة تثبيتها .

نفذت البلاطات رقم ( 1-3-4-6 ) بسهم معاكس ، بينما البلاطات ( 2-5 ) فنفذت بشكل أفقي للمقارنة . مقدار السهم المعاكس في أماكن البليتات مبين في الشكل ( 6 ) . تم تثبيت البليتات بواسطة قضبان معدنية تأخذ شكل الهرم تثبت بشكل محكم على قضبان التسليح والقالب ، كما مبين على الشكل . لقد تم 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 أعلى البلاطات المجربة ، بعد الانتهاء من تنفيذ البلاطة ، بعد شهرين من المرحلة السابقة ، وهكذا استمرت القياسات كل شهرين ولمدة سنتين اعتباراً من تاريخ صب البيتون .

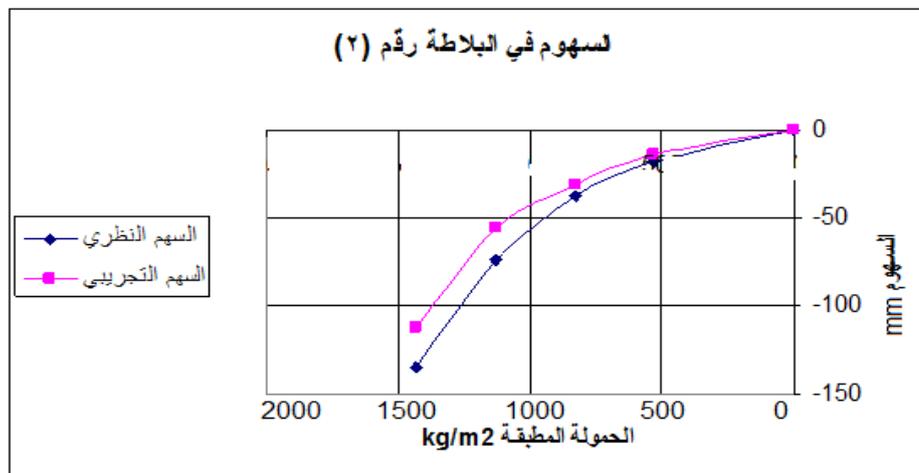
يتلخص جوهر التجربة في إنشاء كفراج البلاطة المحدد بالجوائز المحيطة والأعمدة على شكل قبة بارتفاع قليل جداً ، بعد فك الكفراج ونتيجة التشوهات الحاصلة في البلاطة نتيجة الحمولات المطبقة وتشوهات التقلص وزحف البيتون مع الزمن تتحول القبة إلى الشكل المستوي ، حيث إن مقدار ارتفاع القبة يجب أن يكون مساوياً لمقدار التشوه (السهم ) المتوقع حدوثه في البلاطة . باعتبار إن الجوائز المحيطة والأعمدة ثابتة غير متحركة تظهر في مقاطع البلاطة 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

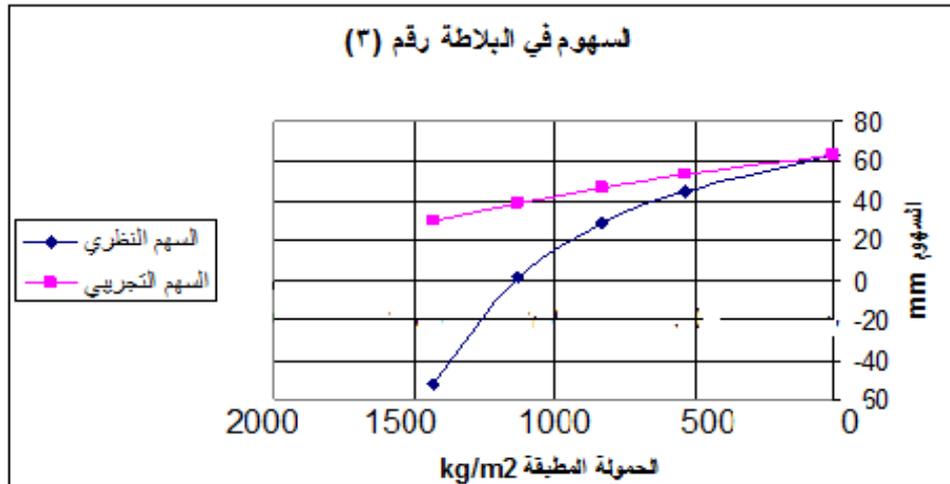
من جهة اخرى فقد لاحظنا تشكل شقوق تقلص في البلاطات رقم ( 2-5 ) (البلاطات المنفذة بشكل أفقي ) ، وخصوصاً عند الاطرف والزوايا ، وقد تزايدت مباشرة بعد فك القالب . أما في البلاطات ( 1-3-4-6 ) فلم تلاحظ هذه الشقوق ، مع مرور الزمن لاحظنا تشكل بعض الشقوق الصغيرة جداً ، والغير مرئية بالعين المجردة .  
 إن الأشكال ( 9-10-11 ) تبين التشوهات ( السهوم ) التجريبية والنظرية في منتصف البلاطات ( 1-2-3 ) الأشكال ( 12-13-14 ) تبين التشوهات ( السهوم ) التجريبية والنظرية في منتصف البلاطات ( 4-5-6 ) ، وذلك تحت تأثير حالات التحميل المختلفة مع مرور الزمن .



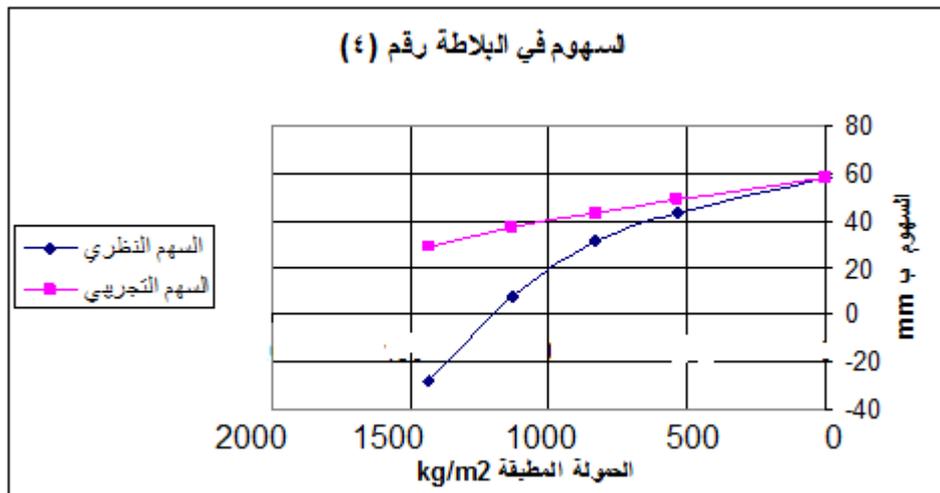
الشكل (9) : السهوم النظري والتجريبي في البلاطة (1)



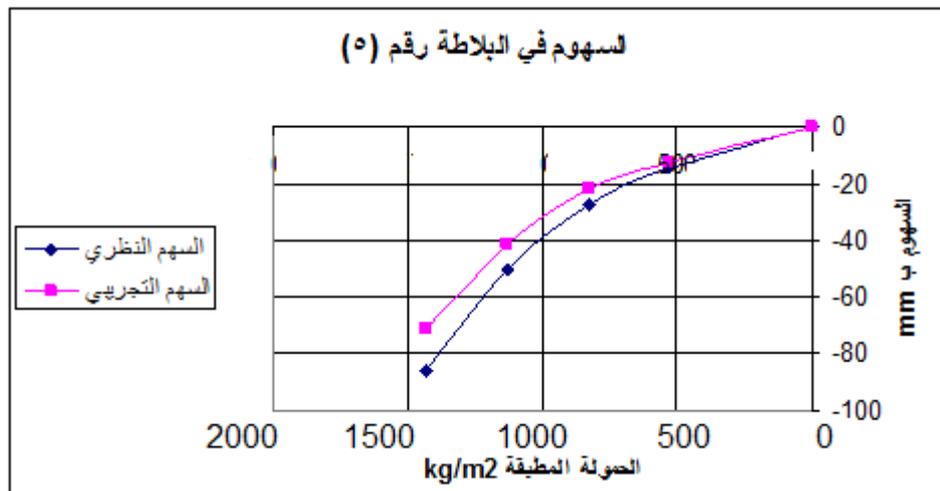
الشكل (10) : السهوم النظري والتجريبي في البلاطة (2)



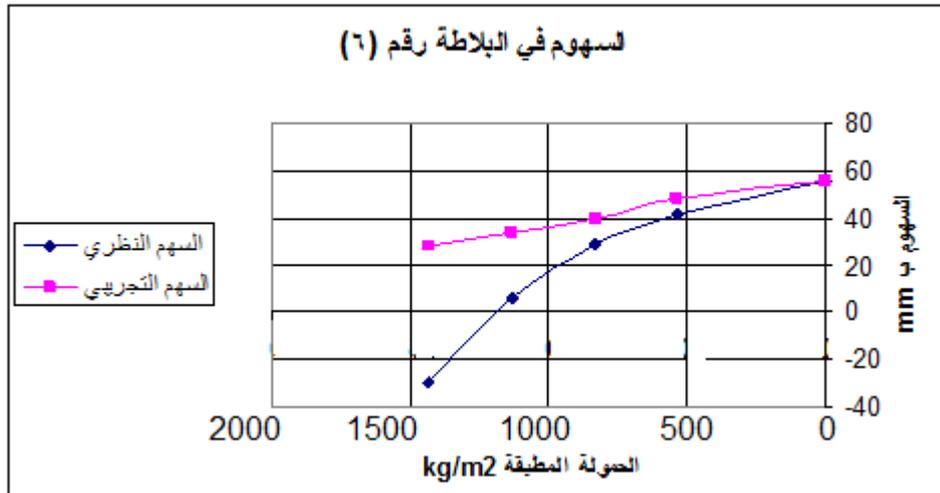
الشكل (11) : السهم النظري والتجريبي في البلاطة (3)



الشكل (12) : السهم النظري والتجريبي في البلاطة (4)



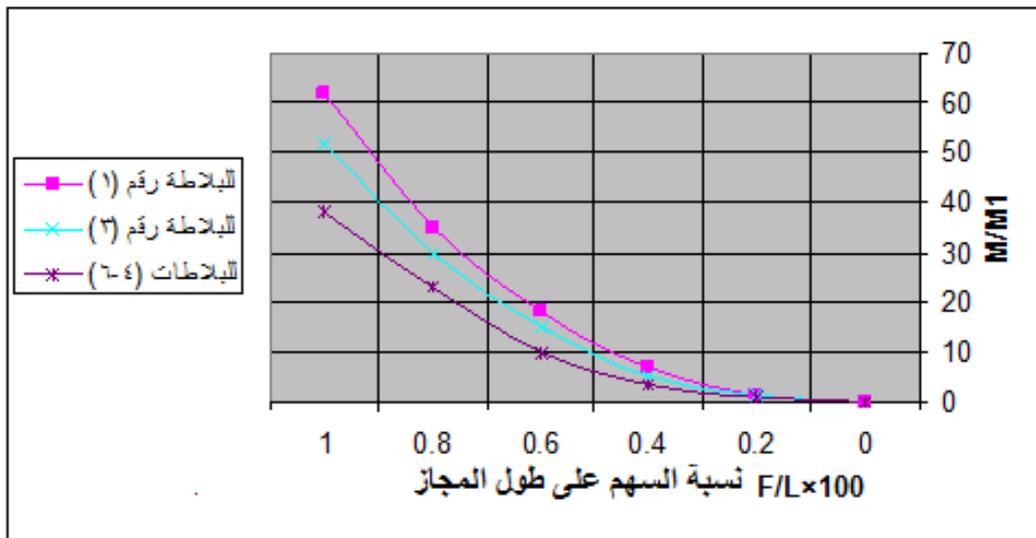
الشكل (13) : السهم النظري والتجريبي في البلاطة (5)



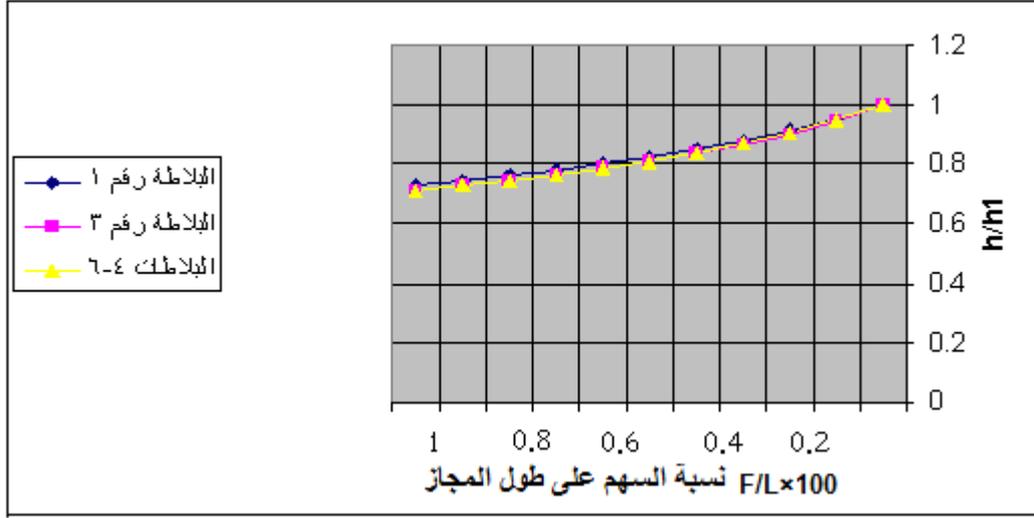
الشكل (14) : السهم النظري والتجريبي في البلاطة (6)

من خلال تحليل النتائج المبينة على الأشكال السابقة يمكن استنتاج مايلي :

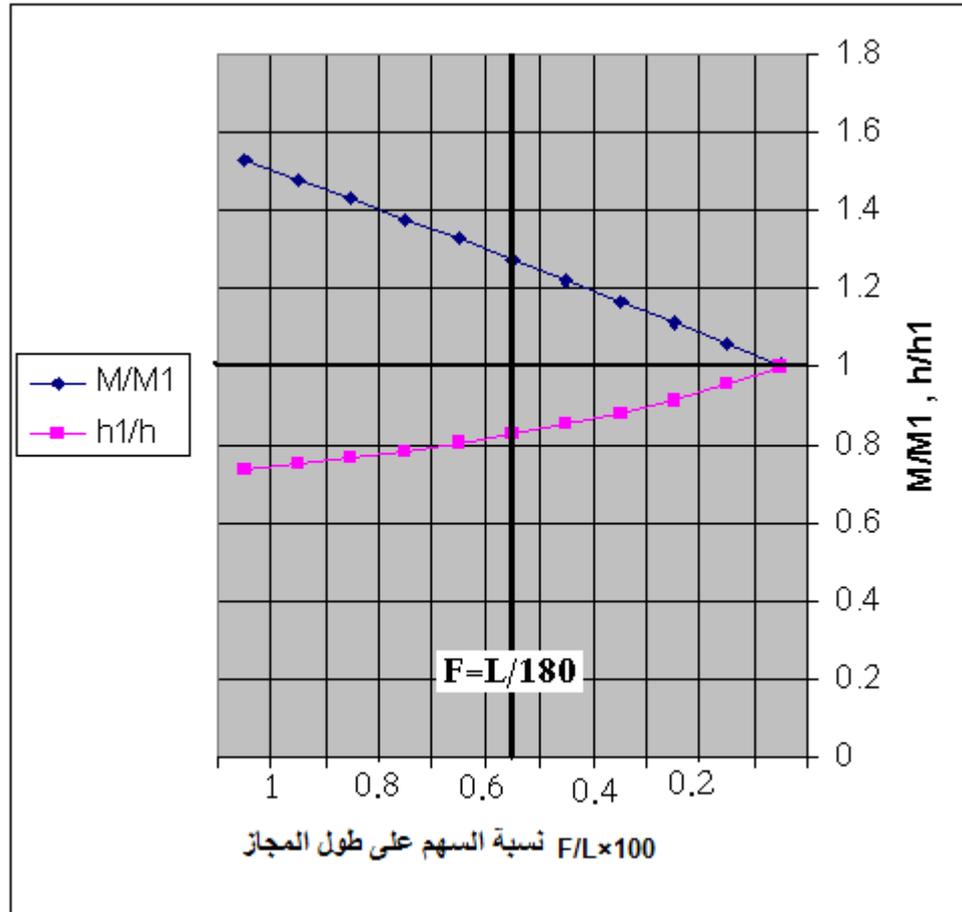
- 1 - إن مقدار السهوم الفعلية الحاصلة في البلاطات المنفذة بسهم معاكس لم تتجاوز قيمتها ( 25---% ) من قيمتها النظرية فيما لو نفذت البلاطات بشكل أفقي .
  - 2 - إن السهوم الفعلية الحاصلة في البلاطات المنفذة بشكل أفقي وصلت إلى حدود 85% من القيمة النظرية المتوقعة .
  - 3 - إن التباين بين القيم النظرية والتجريبية للسهوم المبينة على الأشكال ( 9 ، 10 ، 14... ) ناتج عن تنفيذ سهم معاكس في البلاطة ، وذلك باعتبار إن القيم النظرية هي للبلاطة بشكل أفقي .
- لدراسة مقدار زيادة مقدرة البلاطة ( زيادة العزم المقاوم ) وإمكانية تخفيض سماكتها ، نتيجة السهم المعاكس ، قمنا بدراسة تحليلية على البلاطات ( 1-3-4-6 ) وذلك بموجب العلاقات الواردة أعلاه ووفق البيانات الفعلية للبلاطات ، فكانت النتائج كما هو مبين في الشكلين (15-16)



الشكل (15) زيادة العزم المقاوم للبلاطات بالعلاقة مع نسبة السهم المعاكس الى المجاز ،  $M - M_1$  العزم المقاوم قبل تنفيذ السهم المعاكس ،  $M - M_1$  العزم المقاوم بعد تنفيذ السهم المعاكس ،



الشكل ( 16 ) تخفيض سماكة البلاطة نتيجة السهم المعاكس مع بقاء العزم المقاوم ثابت ،  $h$  - سماكة البلاطة المطلوبة بعد تنفيذ السهم المعاكس ،  $h_1$  - سماكة البلاطة بدون تنفيذ سهم معاكس .



الشكل ( 17 ) :متوسط التغير للعزم المقاوم لمقطع البلاطات ومتوسط قيمة التخفيض الممكن للسماكة ، بالعلاقة مع تغير نسبة السهم ،  $M$  - العزم المقاوم بعد تنفيذ السهم المعاكس ،  $M_1$  - العزم المقاوم قبل تنفيذ السهم المعاكس ،  $h$  - سماكة البلاطة المطلوبة بعد تنفيذ السهم المعاكس ،  $h_1$  - سماكة البلاطة بدون تنفيذ سهم معاكس .

من الأشكال (16، 17، 15) يمكن أن استنتاج ما يلي :

- 1 - إن تنفيذ البلاطات بسهم معاكسة يؤدي الى زيادة مقاومتها للحمولات الخارجية المطبقة وبالتالي إمكانية تخفيض سماكاتها ، وذلك نتيجة تغير الحالة الإجهادية وإعادة توزيع القوى في مقاطع البلاطة وبالتالي رفع كفاءة البلاطة لمقاومة الحمولات الخارجية .
- 2 - إن مقدار زيادة مقاومة البلاطة للحمولات الخارجية وكذلك تخفيض سماكاتها ، نتيجة السهم المعاكس يتناسب طردياً 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 - إن مقدار إمكانية تخفيض سماكة البلاطات نتيجة السهم المعاكس لا يتعلق بأبعاد البلاطات .
- 5 - إن تنفيذ سهم معاكس بمقدار 1 سم لكل متر طول من مجاز البلاطة المحاطة بجوائز ساقطة على أطرافها (البلاطات التي لها ظروف مماثلة للبلاطات المجربة) يؤدي الى زيادة مقدرة البلاطة بمقدار 40 - 60 % ، على التوالي حسب مجاز البلاطة ، وإمكانية تخفيض سماكتها بحدود 30% .
- 6 - إن إنشاء سهم معاكس بمقدار قيمة السهم الحدي المسموح به في البلاطات (  $F=L/180=0.0055$  ) يمكن أن يؤدي إلى إمكانية تخفيض سماكة البلاطة بمقدار 15-20% من سماكتها المطلوبة ، فيما لو نفذت بشكل أفقي ، بدون أن يؤدي إلى أية زيادة على كمية حديد التسليح .

### الاستنتاجات والتوصيات:

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 التقصص أو الحد منها بشكل كبير جداً.
- 2 - التخلص من تشوهات الانعطاف الطبيعية التي تظهر بشكل انحناءات في السطوح المستوية والناجمة عن الحمولات الخارجية المطبقة على البلاطات وخصوصاً ذات المجازات الكبيرة التي تزيد على 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(لملموس)، نتيجة ظروف الاستثمار(البلاطة بوضع أفقي) فإننا نقترح تنفيذ سهم معاكس بمقدار السهم الحدي المسموح (  $F=L/180=0.005L$  ) ، وذلك باعتبار إن البلاطة منفذة بشكل أفقي وتخضع للحمولات التصميمية .
- 5 -إن إنشاء سهم معاكس في البلاطات بمقدار قيمة السهم الحدي المسموح ، يمكن أن يؤدي إلى إمكانية تخفيض سماكة البلاطة بمقدار 15% من سماكتها المطلوبة ، فيما لو نفذت بشكل أفقي ، بدون أن يؤدي إلى أية زيادة على كمية حديد التسليح .
- 6 -باعتبار أن حجم البيتون للبلاطات يشكل حدود 60% من حجم البيتون الكلي في الأبنية ، لذلك فإن تخفيض سماكة البلاطات بمقدار 15% نتيجة تنفيذ سهم معاكس فيها، يؤدي إلى تخفيض 9% من حجم البيتون الكلي للبناء .

- 7- إن تخفيض وزن البلاطات بمقدار 15% يؤدي إلى تخفيض حمولة الزلازل بنفس المقدار ، مما ينعكس إيجابا على تصميم العناصر الإنشائية الأخرى في البناء ( الأعمدة، جدران القص ، الأساسات)
- 8- إن مقدار الزيادة في مقدرة البلاطات نتيجة السهم المعاكس تتعلق بشكل أساسي بمقدار هذا السهم ، ظروف الاستناد الطرفية للبلاطة ، مجاز البلاطة .

### التوصيات

ان النتائج السابقة تخص فقط البلاطات التي لها ظروف عمل مشابه لظروف عمل البلاطات المجراة عليها 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 .

### المراجع:

1. REDDY J. N. *Theory and Analysis of Elastic Plates and Shells* , USA , 2007.
2. LYAD M. *Simplified Design Reinforced Concrete Buildings of Moderate Size and Height* , Portland Cement Association 2011.
3. Кихья А.Х. *Способ повышения качества монолитных железобетонных плит перекрытий //Дороги і мости, 2010.- Вип. 10.- С.110-118.*
4. А.Б.Голышев, В.Я.Бачинский, В.П.Полищук и др. *Проектирование железобетонных конструкций: Справочное пособие* Под ред. А.Б.Голышева.- К.:Будівельник, 2005.-496с.
5. Бондаренко.В.М. *Железобетонные и каменные конструкции* ; Москва.: Высшая школа, 2007.-886 с.
6. Мурашкин Г. В. и др. *Проектирование плит перекрытия монолитного безбалочного каркаса с предварительным строительным подъемом.* Актуальные проблемы в строительстве и архитектуре. Материалы второй юбилейной научно-технической конференции по итогам НИР. Сам ГАСА. Часть – 2, Самара, 2008 г.