



## تطوير إنتاج البلاطات الخرسانية (الشتاير) (الشتاير)

المهندس الاستشاري علاء مهدي الخطيب  
قسم هندسة البناء والانشاءات  
الجامعة التكنولوجية

د. طارق صالح آل عطار  
قسم هندسة البناء والانشاءات  
الجامعة التكنولوجية

أ. د. شاكر أحمد المشهداني  
قسم هندسة البناء والانشاءات  
الجامعة التكنولوجية

### الخلاصة:

تضمن البحث إجراء دراسته شامله لواقع حال وأفاق تطوير منتوج بلاطات التسطیح الخرسانية (الشتاير) الشائع الإستخدام والإنتاج في العراق. تَبَيَّنَ إن أغلب , إن لم يكن كل , المنتوج يفشل في تحقيق متطلبات المواصفه القياسية العراقيه 1107 لسنة 1988. تم إعداد نماذج تتضمن مكعبات وإسطوانات ومواسير ومن ثم قطع شتاير لمحاكاة الأساليب المتبعه محلياً وجرى فحصها لمعرفة مقاومتها للإنضغاط والإنشطار والإنتناء ومن ثم تحملها للحمل المستعرض وقياس قابليتها للإمتصاص , وقد إتضح من خلال الفحص بأنها دون المستوى القياسي المطلوب. من خلال معرفة قوة التحمل المستعرض المطلوبه تم حساب مقاومة الإنتناء الدنيا المستهدفه ومن ثم جرى تصميم خلطه خرسانية تُلَبِّي ذلك وقد أُطلق عليها إسم الخلطه الجديد. تم تكرار إعداد النماذج (التي بلغ مجموع عيناتها الكلي 60 عينه) ولكن بإستخدام الخلطه الجديده مع الإهتمام بتدرج الركام وإسلوب المعالجه. أثبتت الفحوصات بأن نماذج الشتاير تفوق متطلبات المواصفه.

رغم نجاح النماذج الجديده مختبرياً , لازال الاعتقاد قائماً بوجود إمكانيه لفشل بعض النماذج عندما يستمر الإنتاج النمطي وتضعف مراقبه والسيطره النوعيه, وعليه تم تجريب طريقه جديده لتعزيز بلاطات الخلطه الجديده بمشبيكات سلكيه. أدت هذه الطريقه الى زيادة قوة التحمل المستعرض بمقدار 21%.

كلمات رئيسية: بلاطات التسطیح, مقاومة الانضغاط, مقاومة الشد بالانشطار, مقاومة الانتناء, مشبك سلكي.

## DEVELOPING OF CONCRETE TILES

Prof. Dr. Shakier A. Al-Mashhadani<sup>1</sup> Dr. Tariq S. Al-Attar<sup>1</sup> Cons. Eng. Alaa M. Al-Khateeb<sup>1</sup>

### Abstract

A case study had been made to investigate the reasons of the repetitive failure during concrete tiles testing. Cubes, cylinders, and prisms in addition to full-scale concrete tiles had been prepared. Half of

these samples were made using the same popular concrete mix. Test results indicated that, these samples were below standard requirements. The second half of the test samples was prepared using a newly designed concrete mix. Based upon the recommended breaking load, the required flexural strength of the tiles was calculated. This mix was designed to comply a flexural strength that was recommended by specifications. Care had been also concentrated on aggregate grading and concrete curing. Tests showed positive results.

In spite of this success it is still believed that there is a possibility of some failures may be due to mass production or due to bad quality control. A new proposed model had been prepared and tested. Finally these newly proposed tiles had shown that it was more resistant to breaking loads by +21% in comparison with the previous samples. This result might insure the production of safe concrete tiles.

1: Building & Construction Engineering Department, University of Technology.

## تطوير إنتاج البلاطات الخرسانية (الشتايكر)

### المقدمة:

تتسجم فكرة هذا البحث التطبيقي مع التطلعات الخاصه بتطوير المواد الإنشائية عن طريق الإستخدام الأمثل للموارد والإمكانيات المتاحة في القطر. لُوْحِظَ بأن البلاطات الخرسانية (المستخدمة للتسطيح والمعروفة تجارياً بالشتايكر) المُنتَجَه في شركات القطاع العام ومعامل القطاع الخاص تُعاني بإستمرار من فشلها في الفحوصات المختبريه ولا تُلبّي متطلبات المواصفه القياسيه العراقيه المُعْتَمَدَه (م ق ع 1107 - 1988). إن تَرَدِي نوعيه الشتاكر المُنتَج وإنخفاض جودته عن الحدود القياسيه المطلوبه يُعَرِضَه للتلف إثناء الخزن والمناقله ويكون سَهْل الكَسْر إثناء تنفيذها في موقعه النهائي. كل ذلك يُشكّل هدرًا إقتصاديًا كبيرًا , خصوصاً إن هذا المنتج شائع الإستخدام في العراق.

من خلال التشخيص الدقيق للمشكله وبعد إجراء العديد من ألقاءات مع المُنتِجِين تأكَّدَ لنا بأن هناك عدم عناية في كافة خطوات سير العمليه الإنتاجيه إبتداءً من إنتقاء المواد الأولية وفحوصاتها وإنتهاءً بإسلوب الخزن والمداوله. كل ذلك يؤدي إلى تَرَدِي نوعيه المنتج وفشله في فحوصات السيطره النوعيه خصوصاً في فحص قوة التحمل المُستَعرَض.

إن تحسين خواص منتج الشتاكر من خلال تحسين خواص الخلطه الخرسانيه امر بديهى , حيث ان زيادة محتوى الإسمنت او استخدام ركام خشن مكسر او مقاس اقصى للركام غير كبير وتخفيض نسبة الماء/الاسمنت وإستخدام المضافات والرص الجيد إثناء العمل والمعالجه المستمره , سينعكس إيجابياً على كافة خواص الخرسانه المنتجه وبالتالي تأمين متطلبات المواصفات (Neville and Brooks – 1987) ,

(Neville – 1995). إن سبب الإخفاق في هذا المجال بالنسبة للخرسانه المسبقة الصب قد اشار إليه أحد الباحثين حيث أكد على ضرورة توحيد الغايات والأهداف بين المصممين والعاملين في معامl الصب المسبق وخصوصاً أن فحوصات السيطرة النوعيه في هذه المعامل تجرى على نماذج بمقاساتها الفعلية ويتم إختيارها بشكل عشوائي من أكداس متراكمه من المنتج (Newman and Choa – 2003).

إن قلة مهارة العاملين وعدم إكتراتهم بالعديد من المتطلبات إثناء عملية الإنتاج يؤدي دائماً إلى إخفاقهم في الوصول إلى الهدف المنشود ألا وهو إنتاج شتايكز ذو مواصفات عالية ، ويكون هذا أكثر وضوحاً في مقاومة الشتايكز للتحميل المستعرض بالرغم من التوصيات النظرية العديده في هذا المجال. لذلك فقد تم التركيز في هذا البحث على تحسين خواص منتج الشتايكز من خلال تصميم خلطه خرسانيه مناسبه إضافةً إلى إقتراح إستخدام مشبكات سلكيه لضمان الحصول على شتايكز مقبول بالرغم من بعض هفوات العمال إثناء عملية الإنتاج والخزن والمناقله والتنفيذ في الموقع النهائي .

تشير بعض البحوث السابقه (Shah and Key – 1972, Netlon Ltd. – 1988, Engel and Bakis – 2001) إلى أن هناك إمكانيه لتحسين خواص البلاطات الخرسانيه المسبقة الصب وخاصةً مقاومتها للإنتشاء والصدم من خلال إستخدام المشبكات سواء كانت من البوليمر أو الحديد أو الياف أخرى ، حيث أن هذه المشبكات ستساهم في:

- أ. تحسين متانه وديمومه البلاطات.
- ب. تحسين الخواص الميكانيكيه العامه للبلاطات.
- ج. زيادة قابليه البلاطات على إمتصاص الصدمات.
- د. تقليل نسبة التلف إثناء المناقله أو الإرتطامات المفاجئه.
- هـ. تقليل كمية التشققات الشعريه المتوقع حدوثها إثناء الصب والمعالجه.

كما توصل باحثون آخرون (Brooks and Kenai – 1995, Mathews et al. – 1981, Shah and Key – 1972) إلى أن نوع المشبك وعدد الطبقات المستخدمه وشكل الفتحات وأبعادها يؤثر على سلوك البلاطات الخرسانيه المسبقة الصب من حيث المقاومه ودرجة التشقق ومسار التشققات وعرض وعمق التشقق وكيفية إنتشار وتشظي الضرر. ما يهمننا في هذا البحث هو إتخاذ إجراءات بسيطه وغير مكلفه لتلافي إخفاقات شائعها في منتج الشتايكز العراقي ، وهذا ما سنتطرق له إثناء خطة البحث العمليه.

## الجانب العملي:

### المواد المستخدمة:

لجعل البحث قابل للتطبيق ، تم استخدام نفس المواد المحليه الشائعة الاستخدام من قبل معامل إنتاج الشتايكر، الا أنه تم التأكيد على مطابقتها للمواصفات ( وهذا ما لاتعتمده أغلب معامل إنتاج الشتايكر ). وعموماً تم استخدام المواد التاليه :-

- أ. الإسمنت: تم استخدام الإسمنت البورتلاندي الإعتيادي المنتج في معمل إسمنت القائم ووجد بأنه مطابق للمواصفه العراقيه (م ق ع 5 - 1984).
- ب. الركام الناعم : تم استخدام الركام الناعم المُجَهَّز من منطقة الأخيضر وكان مطابق للمواصفه العراقيه (م ق ع 45 - 1980)، تدرجه ضمن المنطقه الثانيه (zone-2) ، ووزنه النوعي يبلغ 2.65 ، في حين بلغت نسبة الأملاح الكبريتيه 0.2 في المائه. وكان نظيفاً وخالياً من الشوائب العضويه.
- ج- الركام الخشن :- تم استخدام الحصى المكسر ، المُجَهَّز من مقالع النباعي، ذو مقاس أقصى (14) ملم. وكان تدرجه مطابق للمواصفه العراقيه (م ق ع 45 - 1980)، ووزنه النوعي يبلغ 2.6 ، أما النسبة المئويه للأملاح الكبريتيه فتساوي 0.02 في المائه، وإن كثافته المرصوصه الجافه كانت بمقدار 1640 كغم/م<sup>3</sup>. وكان نظيفاً وخالياً من الشوائب العضويه المنظوره.
- د. الماء: تم استخدام الماء الصالح للشرب لخلط ومعالجه الخرسانه في كافة أعمال البحث.
- هـ. المشبك السلكي: تم استخدام مشبك سلكي حديدي ذو فتحات سداسيه ذات مقاس 19ملم من النوع المنسوج، وكان قطر السلك المستخدم في هذا النسيج يبلغ 0.80 ملم ، وذو مقاومة شد قصوى مقدارها 275 نت/ملم<sup>2</sup>.
- و. القوالب: تم إنتقاء قوالب غير متضرره ذات أبعاد قياسييه دقيقه لضمان إنتاج بلاطات بقياس (800×800×3±42) ملم. وروعي طلاء القوالب بالزيت لتسهيل عمليه نزع الشتايكر بعد تصلبه منها.

### الخطات الخرسانية:

لضمان الحصول على خرسانه ذات مقاومه تؤدي إلى إكساب قطع الشتايكر قوة تحمل مستعرض أعلى من المطلوب في المواصفه العراقيه القياسييه رقم 1107 لسنة 1988 تم إعتداد الطريقيه البريطانيه (Neville - 1995) لتصميم خلطه خرسانيه بحيث تؤمن مقاومه إنضغاط دنيا لاتقل عن 30 نت/ملم<sup>2</sup> بعمر 28 يوم ومقاومه إنشاء لاتقل عن 4 نت/ملم<sup>2</sup> بعمر 28 يوم . هذا بحد ذاته سيكون كافياً لزيادة الحمل المستعرض المطلوب لكسر قطعة الشتايكر أثناء الفحص عن القيمه القياسييه البالغه 5.4 كيلونيوتن حيث ان:

$$f_r = \frac{Mc}{I} \quad (1)$$

أو:

$$f_r = \frac{\left(\frac{Pl}{4}\right)\left(\frac{h}{2}\right)}{\left(\frac{bh^3}{12}\right)} = 4N/mm^2$$

$$\therefore P = 5.4kN$$

بناءً على ذلك وبعد إجراء خلطات تجريبية موقعيه مُصَغَرَه لمراعاة نوعية وظروف الركام المستعمل فعلياً في الخلط , وتصحيح النسب فقد كانت الخلطة الخرسانية المقترحة ذات نسب خلط وزنيه بمقدار 1 : 1.5 : 2.85 ونسبة ماء/ إسمنت مقدارها 0.5 بذلك يكون محتوى الإسمنت المستخدم في هذه الخلطة يساوي 410 كغم/ م<sup>3</sup> (وهذا أول جانب من الإختلاف بين التصميم والواقع إذ أن المعامل لاتستعمل هذه الكميات من الإسمنت لعوامل إقتصاديته معروفه لديهم). وقد تم تسمية هذه الخلطة بالخلطة الجديد  $M_{new}$ .

لإغراض المقارنه تم استخدام نفس الخلطة الشائعه المستخدمه من قبل معامل إنتاج الشتاير دون أي تدخل حيث كانت الخرسانه تُحضر بمقادير حجميه وقد تم تحويلها إلى نسبة خلط وزنيه تقريبيه تساوي 1 : 1.75 : 3.25 ونسبة ماء / أسمنت مقدارها 0.65 بذلك يكون محتوى الإسمنت المستخدم في هذه الخلطة حوالي 360 كغم/ م<sup>3</sup> تقريباً. وكان غالبية الركام الخشن المستعمل غير مكسر وبمقاس أقصى يبلغ 25 ملم تقريباً ( على أي حال لم نلاحظ سيطره نوعيه معتمده على المواد الداخلة في صناعة الخرسانه أصلاً). و تم تسمية هذه الخلطة بالخلطة القديمه  $M_{old}$ .

#### النماذج وفحوصاتها:

لغرض إستكمال جوانب البحث فقد تم تهيئة نماذج لإجراء فحوصات مرجعيه إضافةً إلى إنتاج نماذج شتايرك بالقياس الكامل ، و تم تحضير النماذج التاليه لإجراء الفحوصات المؤشره إزائها:

أ. مكعبات  $150 \times 150 \times 150$  ملم لفحص مقاومة الإنضغاط بعمر (7, 28, 60) يوم وبمعدل ثلاثة مكعبات لكل عمر.

ب. إسطوانات  $300 \times 150$  ملم لفحص مقاومة الشد بالإشطار بعمر (7, 28, 60) يوم وبمعدل ثلاثة إسطوانات لكل عمر.

ج. مواشير بأبعاد  $500 \times 100 \times 100$  ملم لفحص مقاومة الإنثناء بنفس الأعمار آنفة الذكر وبتسليط حملين مُركّزين يؤثران على نقاط تتليث الفضاء البالغ 450 ملم. وتم إعداد موشوران لكل عمر.

د. شتايكر بأبعاد  $\{42 \pm 3 \times 800 \times 800\}$  ملم. لإجراء الفحوصات القياسية بعمر 28 يوم. و تم إعداد ثلاثة عينات لكل نموذج.

هـ. شتايكر حاوي على مشبك سلكي موضوع بالطريقة الموضحة تفصيلها في الشكل (1). لإجراء الفحوصات القياسية بعمر 28 يوم. و تم إعداد ثلاثة عينات لكل نموذج.

لإستكمال متطلبات المقارنه والإستنتاج الدقيق تم تهيئة كافة النماذج أعلاه بإستخدام الخلطه القديمه  $M_{old}$  وجرى تكرارها بإستعمال الخلطه الجديده  $M_{new}$ .

#### إعداد نماذج الشتايكر:

لإنتاج نماذج فحص الشتايكر بالقياس الكامل, وفق النسبه المصممه للخلط و بإستخدام نفس المواد الأوليه والمكائن والمهارات المتيسره , تم إجراء الآتي:-

أ. إستخدام الحصى المكسر الموجود موقِعياً بعد غربلته بإستخدام غربال قياس 14ملم لإستبعاد الحصى ذو المقاسات الكبيره. أي بعباره أخرى تم إستعمال حصى مكسر ذو مقاس إسمي أقصى مقداره ( 14 ) ملم. جرى غسل الحصى على أرضيه نظيفه لمنع إختلاطه بألطيان. إن عملية الغسيل تزيل ذرات الغبار الملتصقه على سطوح حُبيبات الحصى وتساعد على زيادة ترابطها مع المونه الإسمنتيه. إن ترطيب الحصى بالماء قبل الخلط يجعله مُشَبَعاً بالماء فعندما يُخَلَط مع بقيه مكونات الخلطه الخرسانيه لايمتص أي كميّه من الماء الضروري لتفاعل الإسمنت, وإنما يُسهم في فرز الماء في اليوم الأول من الصب بإتجاه المونه الإسمنتيه بطريقه تشبّهه المعالجه الداخليه للخرسانه مما يزيد من ترابطها وبالتالي مقاومتها .

ب. تمت غربلة الرمل الموجود في الموقع باستخدام غربال قياس 5 ملم على أرضيه نظيفه لتلافي إختلاطه بأتربه الأرضيه. بذلك تم إستبعاد كُتَل الرمل المتوقع وجودها في الرمل , التي لا تتفتت خلال الخلط , والتي يُعتَقَد بأنها تُشَكِل نقاط ضعف في المنتوج النهائي.

ج. تم إختيار القوالب بأبعاد 800×800 ملم والتي لا يقل إرتفاعها عن 40 ملم للحصول على السُمك القياسي المطلوب.

د. تم خلط الخرسانه وفقاً للنسبه التجريبيه الوزنيه التي جرى تصميمها وبالغته 1 : 1.5 : 2.85 مع نسبه ماء/ إسمنت بمقدار 0.5.

هـ. تم إستخدام الخلطه الجديده  $M_{new}$  لإنتاج نوعين من النماذج A و B . كل نموذج يتألف من ثلاثة عَيَنَات بألقياس الكامل (42×800×800) ملم. النموذج الأول A يُمَثَل حاله الإعتياديه بدون مشبك سلكي . أما النموذج B فَقَد جرى إنتاجه بإستخدام الإسلوب المُبتَكِر التالي:

وُضِعَ خليط خرساني يُعادل ثلاثة أرباع الكميهِ المطلوبه لإنتاج قطعة شتاكر واحد في قالب الصب. بعد الإهتزاز والتسويه أُوقِفَ الإهتزاز لوضع التَعزِيز المُوَلَّف من قطعة نسيج سلكي مُشَبَك مُرَبَّعَه بأبعاد ( 50×50 ) سم , كما موضح في الشكل (1), بطريقه تكون أضلاعها متعامده على أقطار قالب الصب . هذه الطريقه تضمن الحصول على أكبر مساحه تعزيز ( تسليح ) في المقاطع الوسطيه لقطعه الشتاكر بإستخدام أقل ما يمكن من المشبك السلكي. ثم أُضيفت الكميهِ المتبقية من الخليط الخرساني البالغه حوالي ربع الكميهِ المطلوبه لإنتاج قطعة شتاكر واحد لتغطية المشبك السلكي بسُمك مقداره حوالي سنتمتر واحد . بعد ذلك جرى تسليط إهتزاز وعمل تسويه للسطح.

كما تم تكرار العمل ذاته بإستخدام الخلطه القديمه  $M_{old}$  لإنتاج نموذجين من الشتاكر. يتألف كل نموذج من ثلاثة عينات , هما النموذج C الإعتيادي ونموذج D الحاوي على مشبك سلكي.

### تهيئة النماذج ومعالجتها:

تم إعتناء الآتي في تهيئة ومعالجة النماذج لغاية تاريخ الفحص:

أ. النماذج المرجعيه: تم معالجة العينات المرجعيه (المكعبات , الأسطوانات, المواشير ) بالماء حيث تم الخزن في أحواض ماء لغاية تاريخ الفحص.

ب. نماذج الشتاكر  $M_{new}$ : تمت معاملة النماذج وفق الإسلوب التالي:

بعد مرور ساعتين من بدء الصب جرى الإستمرار بالترطيب وذلك برش العينات بالماء لمدة 20 ساعة وهي داخل القوالب . بعد ذلك فُتِحَت القوالب وأُخْرِجَت كافة العَيِّنات ووُضِعَت بصورة شبه عموديه. بَعْدَ 10 ساعات من فَتْح القوالب جَرى غَمَر العينات في حوض خرساني مملوء بالماء لمدة 27 يوماً , حيث أُخْرِجَت قَبْلَ يوم واحد من تاريخ الفحص المختبري بعمر 28 يوم. ج. نماذج الشتاير  $M_{old}$ : تمت معاملة العينات وفقاً للطريقه الشائع في المعامل العراقيه لغاية تاريخ الفحص.

### النتائج ومناقشتها:

يوضح **الجدول (1)** معدل نتائج الفحوصات المرجعيه للخلطه الخرسانيه القديمه المعتمده من قبل المعامل  $M_{old}$  والخلطه الخرسانيه الجديده المقترحه إثناء البحث  $M_{new}$  . كما توضح **الاشكال (2, 3, 4)** مسار تطور المقاومات المختلفه مع الزمن.

بينما يوضح **الجدول (2)** نتائج فحوصات الشتاير المنتج من الخلطين وكذلك بإستخدام المشبكات السلكيه مع كل منهما. هذا ومن الجدير بالذكر بأنه تمت الإستعانه بالمركز القومي للمختبرات الإنشائيه لإجراء الفحوصات القياسيه لكافة نماذج الشتاير.

تشير النتائج الموضحه في **الجدول (1)** إلى أن الخواص الميكانيكيه للخلطه الجديده  $M_{new}$  هي أعلى مما في الخلطه القديمه  $M_{old}$  , حيث إن نسبة الزيادة في مقاومة الإنضغاط بعمر 28 يوم تبلغ ( 45 % ) , وإن نسبة الزيادة في مقاومة الشد بالإنشطار تساوي ( 46 % ) , وكذلك الحال بالنسبه إلى مقاومة الإنثناء فقد كانت ( 3.30 ) نت/ملم<sup>2</sup> في الخلطه القديمه وأصبحت ( 5.11 ) نت/ملم<sup>2</sup> في الخلطه الجديده.

يتضح من **الشكل (2)** بأن هناك تطور جيد في مقاومة الإنضغاط لكلا الخلطين , إلا أن معدل التطور في الخلطه  $M_{new}$  أفضل مما هو في الخلطه  $M_{old}$  , ففي عمر 7 أيام كانت مقاومة الإنضغاط للخلطين  $M_{new}$  ,  $M_{old}$  هي ( 23.5 ) نت/ملم<sup>2</sup> و ( 16.8 ) نت/ملم<sup>2</sup> على التوالي. وقد إزدادت قيمتها بعمر 28 يوم إلى ( 38.4 ) نت/ملم<sup>2</sup> و ( 26.5 ) نت/ملم<sup>2</sup> , وأصبحتا بعمر 60 يوم ( 45.9 ) نت/ملم<sup>2</sup> و ( 30.7 ) نت/ملم<sup>2</sup>.

يوضح **الشكل (3)** معدل زيادة مقاومة الشد بالإنشطار مع الزمن للخلطين ويتبين بأن المقاومة للخلطه  $M_{new}$  قد إزدادت بنسبة ( 53% ) و ( 80% ) بعمر 28 يوم و 60 يوم على التوالي بالمقارنه مع المقاومه بعمر 7 أيام. في حين أن تلك الزيادة قد كانت بنسبة ( 30% ) و ( 48% ) للخلطه  $M_{old}$ .

كذلك الحال بالنسبة لمقاومة الإنتشاء وكما مبين في الشكل (4). فقد إزدادت مقاومة الإنتشاء للخلطه  $M_{new}$  بمقدار (1.36) نت/ملم<sup>2</sup> و (2.5) نت/ملم<sup>2</sup> بعمر 28 يوم و 60 يوم على التوالي بالمقارنه مع المقاومه بعمر 7 أيام. في حين أن الخلطه  $M_{old}$  قد إزدادت مقاومتها للإنتشاء بمقدار (0.93) نت/ملم<sup>2</sup> و (1.8) نت/ملم<sup>2</sup> بعمر 28 يوم و 60 يوم على التوالي عند مقارنتها بمقاومة الإنتشاء بعمر 7 أيام.

ومن الجدير بالذكر أن نسبة مقاومتي الشد بالإنتشار والإنتشاء من مقاومة الإنضغاط هي الأخرى قد تحسنت في الخلطه  $M_{new}$  بالمقارنه مع نتائج الخلطه  $M_{old}$ . إن نسبة مقاومة الشد بالإنتشار من مقاومة الإنضغاط قد كانت (8.4%) في الخلطه  $M_{old}$  في حين (8.5%) في الخلطه  $M_{new}$  وبعمر 28 يوم. وأن نسبة مقاومة الإنتشاء من مقاومة الإنضغاط قد كانت (12.5%) في الخلطه  $M_{old}$  وقد تحسنت إلى (13.3%) في الخلطه  $M_{new}$  وبعمر 28 يوم أيضاً.

إن تحسن جميع خواص الخلطه الخرسانيه المقترحه  $M_{new}$  بالمقارنه مع الخلطه الخرسانيه التقليديه  $M_{old}$  الشائعة الإستخدام في معامل إنتاج الشتاير له أسباب عديده ومشخصه مسبقاً ولكن كان لابد لنا من إجراء الفحوصات لمعرفة النتائج بشكل دقيق. إن زيادة محتوى الإسمنت وتقليل نسبة الماء/الإسمنت وإختيار ركام خشن مكسر ذو مقياس أقصى 14 ملم وإجراءات السيطرة النوعيه على المواد الداخلة في صناعة الخرسانه كل تلك العوامل قد ساهمت في تحسين خواص الخلطه الخرسانيه ، وكذلك أدت إلى زيادة نسبة مقاومتي الشد بالإنتشار والإنتشاء كنسبه من مقاومة الإنضغاط وذلك لتحسن الترابط بين عجينة الإسمنت والركام الخشن في الخلطه الجديده.

كل ما ورد آنفاً من نتائج يشير إلى أن الشتاير المنتج من الخلطه المقترحه الجديده  $M_{new}$  سيكون قطعاً أفضل بكثير من الشتاير المنتج من الخلطه التقليديه القديمه  $M_{old}$  ، وهذا ما بينه الجدول (2) حيث توضح النتائج بأن الشتاير المنتج من الخلطه القديمه غير مطابق للمواصفات من ناحية المقاومه (الحمل المستعرض) والإمتصاص ، حيث كان معدل مقاومته للحمل المستعرض بمقدار (3.3) كيلو نيوتن ونسبة الإمتصاص (3.94%) خلال 30 دقيقه و (7.90%) خلال 24 ساعه ، في حين أن تلك الخواص قد تحسنت في الشتاير المنتج من الخلطه الجديده وأصبحت مقاومته للحمل المستعرض بمقدار (6.2) كيلونيوتن وبنسبة إمتصاص ذات معدل (3.10%) خلال 30 دقيقه و (4.20%) خلال 24 ساعه.

إن إضافة المشبك السلبي بالطريقه التي تم ذكرها بالتفصيل في متن هذا البحث قد تدارك جزء من خلل الشتاير المنتج من الخلطه القديمه حيث أصبح معدل مقاومة نماذج الشتاير للحمل المستعرض بمقدار (4.40) كيلونيوتن أي إنها تحسنت بنسبة (33%) وإقتربت من الحد الأدنى المطلوب في المواصفه ، كذلك فقد تحسنت خواص الإمتصاص حين أصبحت ذات معدل (3.10%) خلال 30 دقيقه و (7.50%) خلال 24 ساعه بدلاً من (3.94%) خلال 30 دقيقه و (7.90%) خلال 24 ساعه.

أما استخدام المشبك السلبي في إنتاج الشتاكر من الخلطة الجديد فقد حسن مرةً أخرى من المنتج وأصبحت مقاومته للحمل المستعرض بمقدار (7.5) كيلونيوتن بدلاً من (6.2) كيلونيوتن ومعدل نسبة الإمتصاص (2.65%) خلال 30 دقيقة و(3.60%) خلال 24 ساعة بدلاً من (3.10%) خلال 30 دقيقة و(4.20%) خلال 24 ساعة. وهذا يعني أننا أصبحنا في مأمن بالمقارنة مع المواصفه القياسية وهذا هو ما نتوخاه لملافاة أي إخفاقات تنتج إثناء العمل من قبل كادر غير ماهر أحياناً أو بسبب عدم المراقبه الجيده والمستمره للمنتوج أو حدوث إخفاقات إثناء الخزن والمناقله.

### الإستنتاجات:

من خلال النتائج التي تم الحصول عليها من هذا البحث وضمن المحددات المتعلقة به يمكن إستنتاج الآتي :

أ. لايمكن الحصول على شتاكر جيد ومقبول وفقاً للمواصفات بإتباع الأساليب الحاليه الشائعة الإستخدم في معظم المعامل المحليه التي لا تهتم بنوعية المواد الأولية الداخلة في صناعة الشتاكر ولا بدقه نسب خلطها ومن ثم معالجتها.

ب. إن إستخدم الخلطه الخرسانيه الوزنيه المقترحه البالغه 1 : 1.5 : 2.85 مع نسبة ماء /أسمنت مقدارها 0.5 مع ركام خشن مكسر ذو مقاس أقصى مقداره 14 ملم ، وإتباع السيطره النوعيه في العمل، بما فيها إجراء خلطات موقعيه تجريبية عند حصول تغيير في مصدر تجهيز الركام او تغير محتواه الرطوبي خلال فصول السنه، سيؤدي إلى إنتاج شتاكر مستوفي لشروط المواصفه القياسيه العراقيه رقم 1107 لسنة 1988.

ج. إن إستخدم المشبكات السلبيه لتعزيز الشتاكر يؤدي إلى زيادة مقاومته لحمل الكسر بمقدار +21% مقارنةً مع الشتاكر الذي لا يحتوي على مشبكات سلبيه.

### المراجع:

Brooks, J.J. and Kenai, S.,” Impact Properties of Polymer-grid Reinforced Cement Mortar.” The International Journal of Cement Composites and Lightweight Concrete, Vol.11, No.3, 1995.

Engel, R. S. and Bakis, C.E.,” Fiber Reinforced Polymer-grids for Reinforced Concrete.” National Science Foundation Center, June, 2001.



Mathews, M.S., Rao, P.S., and Srinuasan. P., "Impact Studies on Ferrocement Slabs." International Symposium on Ferrocement, RILEM, 1981.

Netlon Ltd., "Tensor Grids in Concrete Applications." The Civil Engineering Division, Blackburn, December, 1988.

Neville, A.M., "Properties of Concrete." Long man Group Ltd., 4<sup>th</sup> edition, 1995.

Neville, A.M., and Brooks, J.J., "Concrete Technology." Wiley & Sons Inc., New York, 1987.

Newman, J. and Choa, B. "Advanced Concrete Technology." Butterworth-Heine Main, First Published, 2003.

Shah, S.P. and Key, W. H." Impact Resistance of Ferrocement." ASCE Proceedings, Journal of Structural Division, January 1972.

المواصفه القياسيه العراقيه رقم 5 , " السمنت البورتلاندي " , وزارة التخطيط , الجهاز المركزي للتقييس والسيطره النوعيه , بغداد , 1984 .

المواصفه القياسيه العراقيه رقم 45 , " ركام المصادر الطبيعيه المستعمل في الخرسانه والبناء " , وزارة التخطيط , الجهاز المركزي للتقييس والسيطره النوعيه , بغداد , 1984 .

المواصفه القياسيه العراقيه رقم 1107 , " البلاطات الخرسانيه السابقه الصب " , وزارة التخطيط , الجهاز المركزي للتقييس والسيطره النوعيه , بغداد , 1988 .

### الرموز:

$f_r$  : مقاومة إنثناء الخرسانه ( $N/mm^2$ ) .

$M$  : العزم المطلوب لكسر النموذج بالإنثناء ( $kN.m$ ) .

$c$  : نصف سُمك النموذج ( $mm$ ) .

$P$  : قوة التحمل المستعرض ( $kN$ ) .

- 1 : المسافه بين نقاط إسناد النموذج (mm).  
 I : عزم القصور الذاتي للمقطع العرضي للنموذج (mm<sup>4</sup>).  
 b : عرض النموذج (mm).  
 h : إرتفاع النموذج (mm).

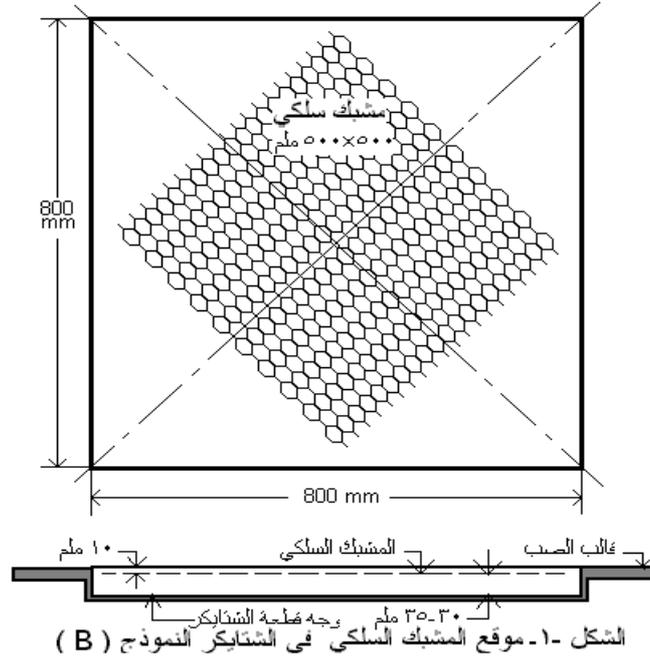
جدول (1): نتائج الفحوصات المرجعية للخلطات الخرسانية.

معدل مقاومة الإبتداء N/mm <sup>2</sup>			معدل مقاومة الشد بالإبتشار N/mm <sup>2</sup>			معدل مقاومة الإبتضاغاط N/mm <sup>2</sup>			نوع الخلطه
60 يوم	28 يوم	7 يوم	60 يوم	28 يوم	7 يوم	60 يوم	28 يوم	7 يوم	
6.25	5.11	3.75	3.82	3.25	2.12	45.9	38.4	23.5	M <sub>new</sub>
4.16	3.30	2.37	2.55	2.23	1.72	30.7	26.5	16.8	M <sub>old</sub>

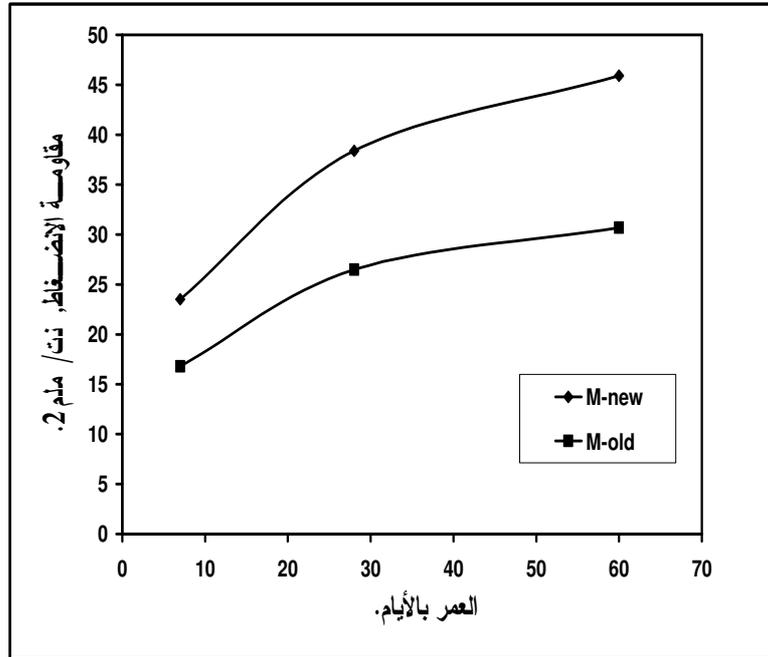


جدول (2): نتائج فحص البلاطات الخرسانية.

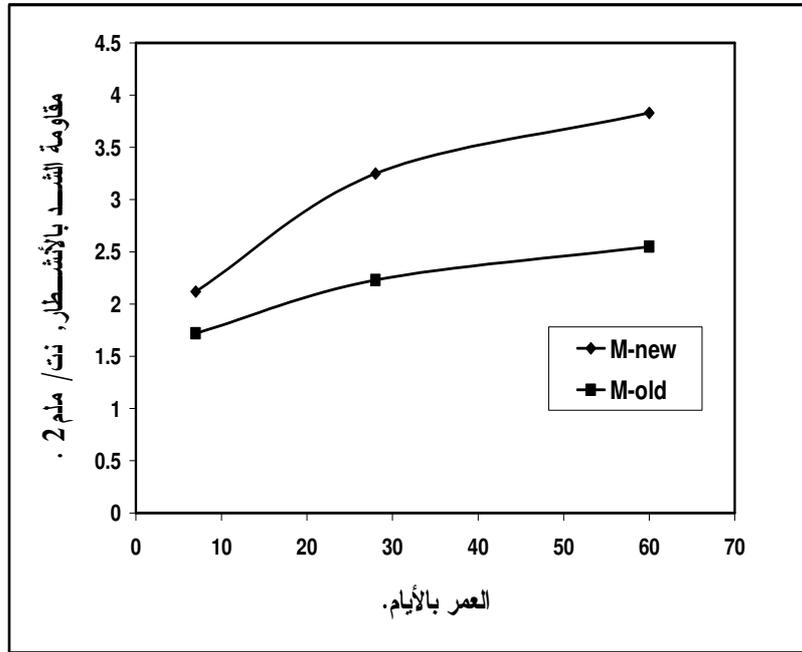
الإمتصاص %				قوة التحمل المستعرض kN			نوع الخلطة
حدود المواصفه		نتيجة الفحص		حدود المواصفه	المعدل	نتيجة الفحص	
24 ساعه	30 دقيقه	24 ساعه	30 دقيقه				
10 حد أعلى	4 حد أعلى	4.30 4.05 4.20	3.20 3.00 3.10	5.4	6.2	5.6 6.4 6.6	M <sub>new</sub> بدون مشبك
كذلك	كذلك	3.80 3.40 3.60	2.85 2.50 2.60	كذلك	7.5	8.5 7.2 7.0	M <sub>new</sub> مع المشبك
كذلك	كذلك	9.50 6.00 8.20	4.33 3.67 3.82	كذلك	3.3	3.7 3.3 2.8	M <sub>old</sub> بدون مشبك
كذلك	كذلك	7.20 7.50 7.80	3.50 3.00 2.80	كذلك	4.4	4.8 3.9 4.5	M <sub>old</sub> مع المشبك



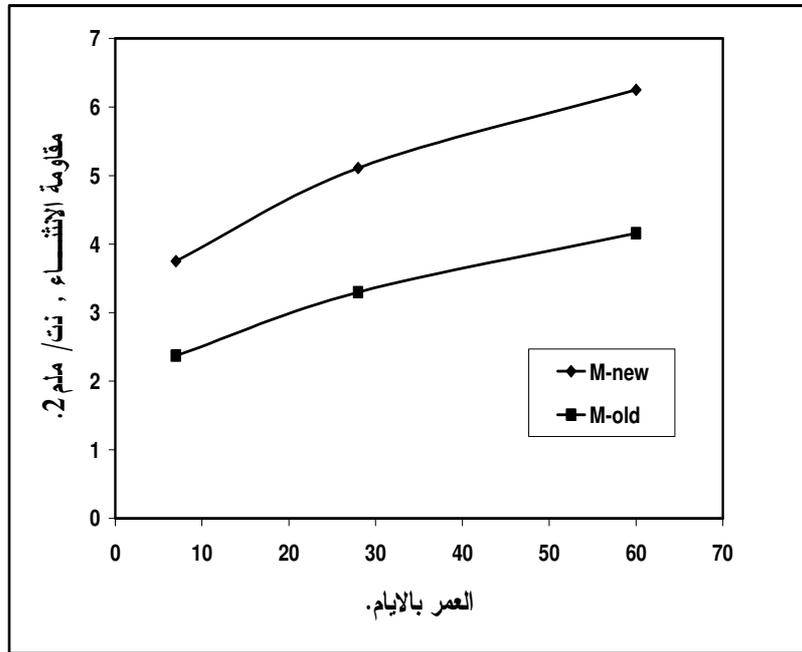
الشكل (1): موقع المشبك السلكي في بلاطات النموذج B.



الشكل (2): تطور مقاومة الانضغاط مع العمر للخلطات الخرسانية.



الشكل (3): تطور مقاومة الشد بالانشطار مع العمر للخلطات الخرسانية.



الشكل (4): تطور مقاومة الانثناء مع العمر للخلطات الخرسانية.