

# دراسة لانتاج مادة تستخدم لإعادة تأهيل الهياكل الخرسانية باستخدام مواد بناء محلية

د. محمد عاشور عيواز \ الأكاديمية الليبية / جنزور

Dr, Mohamed Ashour Ewaze \ Libyan Academy \ Janzour

[mewaze559@gmail.com](mailto:mewaze559@gmail.com)

م. أحمد علي إشتوي \ مصلحة الطرق والجسور

Eng. Ahmed Ali Eshtewi \ Roads and Bridges Management

[Ahmedalgmtaty90@gmail.com](mailto:Ahmedalgmtaty90@gmail.com)

## الملخص:

تواجه معظم المباني الخرسانية العديد من الظروف المختلفة التي تسمح بتنامي التشققات في العناصر الإنشائية الخرسانية مما يسبب في إنتاج انحرافات في الإجهادات الرئيسية للقطاعات التصميمية التي تؤثر سلباً على عمر هذه المنشآت. لذلك وجب التركيز على عمليات الترميم والتعزيز والإصلاح والتقوية وإعادة التأهيل لهذه المباني الخرسانية المتضررة لما تمثله هذه الهياكل الخرسانية من قيمة تاريخية أو ثقافية أو وظيفية تلبي احتياجات البنية التحتية المعاصرة للمجتمع وإيجاد حلولاً مناسبة لضمان سلامتها وقابليتها للخدمة بالإضافة إلى زيادة قوتها وصلابتها وإطالة عمرها. وتضمنت هذه الدراسة تطوير مادة اسمنتية تستخدم فيها مكونات ذات مصادر محلية بالإضافة إلى الألياف الفولاذية وبعض الإضافات الكيميائية لانتاج مادة تقلل من التحديات المتنوعة المرتبطة بهذه المهمة فكانت النتائج ناجحة إضافة إلى أن الدراسة فتحت آفاق بحثية أخرى في هذا الجانب لزيادة البحث على أفضل وأنسب حلول فعالة ومستدامة. وتم في هذه الدراسة إجراء مجموعة من الاختبارات المعملية التي تم الاعتماد عليها في البحث وشملت اختبار المواد الأساسية كالإسمنت والرمل الناعم وإجراء اختبار مقاومة الضغط على العينات الخرسانة العادية وعينات الخلطات الاسمنتية المحسنة بإضافة أنواع من الألياف الفولاذية والملدن الفائق وغيار السليكا، وبالاعتماد على النتائج المتحصل عليها تقدم الدراسة إمكانية الحصول على خلطة اسمنتية محسنة يمكن استخدامها في تأهيل الهياكل والمنشآت الخرسانية. كما تضمنت الدراسة بعض التوصيات يمكن استخدامها لزيادة تطوير الخلطة الاسمنتية المحسنة باستخدام مجموعة من الإضافات الأخرى الموجود داخل الدولة الليبية.

# Study to Produce a Material for Rehabilitation of Concrete Structures Using Local Building Material

## Abstract

Most concrete buildings face many different conditions that allow cracks to grow in concrete structural elements, causing deviations in the main stresses of the design sections that negatively affect the life of these structures. Therefore, it is necessary to focus on the restoration, strengthening, repair, strengthening and rehabilitation of these damaged concrete buildings because of the historical, cultural or functional value that these concrete structures represent that meet the needs of the contemporary infrastructure of society and to find appropriate solutions to ensure their safety and serviceability in addition to increasing their strength and solidity and extending their life.

This study included the development of a cement material that uses locally sourced components in addition to steel fibers and some chemical additives to produce a material that reduces the various challenges associated with this task. The results were successful, in addition to the fact that the study opened other research horizons in this aspect to increase research on the best and most appropriate effective and sustainable solutions.

In this study, a set of laboratory tests were conducted that were relied upon for the research, and included testing the basic materials: cement, fine sand, water, super plasticizer additives, and silica dust, and performing a compressive strength test on regular concrete samples and samples of cement mixtures improved by adding steel fibers, the super plasticizer, and silica dust. Based on the results obtained, the study presents the possibility of obtaining an improved cement mixture that can be used in rehabilitating concrete structures and structures. The study also included some recommendations that can be used to further develop the improved cement mixture using a group of additives present within the Libyan state.

## 1.1 المقدمة

تتعرض غالبية المنشآت الخرسانية للعديد من الظروف السيئة المختلفة التي تسمح للشقوق بالانتشار وخلق انحرافات كبيرة للإجهادات في الهيكل الخرساني ( قواعد خرسانية – أعمدة خرسانية – أسقف خرسانية ) التي تنعكس بالسلب علي العمر الافتراضي للمباني المختلفة سواء كانت سكنية أو خدمية. لذلك وجب التركيز علي عمليات الإصلاح أو التقوية أو إعادة التأهيل لهذه الهياكل الخرسانية المتدهورة وذلك لضمان سلامتها وقابليتها للخدمة بالإضافة الي زيادة قوتها وصلابتها وإطالة عمرها.

## 2.1 عوامل فشل الهياكل الخرسانية

يعتمد فشل الهياكل الخرسانية على عدة عوامل رئيسة أهمها:

أ- التصميم الخاطئ وكذلك الافتراضات الخاطئة في معايير التحميل.

- ب- عيوب في البناء باستخدام مواد رديئة ومتدنية الجودة والإهمال في الإشراف أثناء عمليات التنفيذ.
- ت- الأضرار الناجمة عن الحرائق والفيضانات والزلازل.
- ث- التدهور الناتج عن التأثير الكيميائي والبيئي.
- ج- الأضرار الناتجة عن التآكل وتأثير المناخ والرطوبة.
- ح- حركة الخرسانة الناتجة عن استقرار الأساس والتمدد الحراري.
- خ- اضرار أخرى بسبب الأحمال الجانبية أو كنتيجة تغير في وظيفة المنشأ.

### 3.1 أنظمة التدعيم والتقوية

درج أنظمة الإصلاحات تحت عدة تصنيفات يمكن أن تقسم الى أربع فئات (فرحات. 2004) تعريف على النحو التالي:

- أ- الإصلاح: وهو إعادة الهياكل المتدهورة إلى مستواها الأصلي.
- ب- التعزيز: ينطبق هذا المصطلح على تحسين الأداء الهيكلي فوق المستوى الأصلي.
- ت- التعديل التحديثي: يتم تعريفه على أنه إضافة المكونات الهيكلية بعد البناء الأولي.

ث- إعادة التأهيل: وهو جانب من جوانب الإصلاح والتقوية. ويمكن تقييم الهياكل الخرسانية على انها غير آمنة لأسباب عدة تم ذكرها سالفًا وبالتالي فإن إصلاح الهياكل الخرسانية المتدهورة أصبح أكثر أهمية من الإزالة وإعادة البناء التي تفرض تكاليف مادية باهضة.

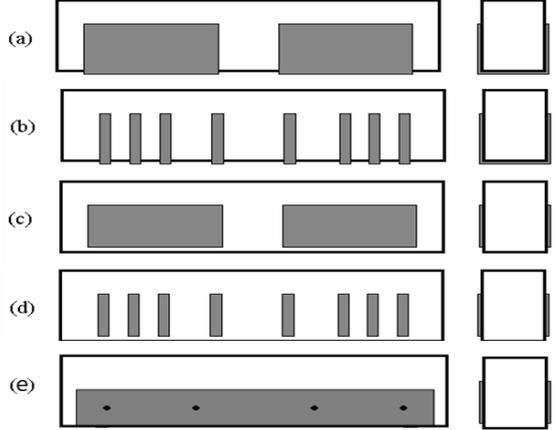
### 4.1 طرق الصيانة وتأهيل الهياكل الخرسانية

#### أ- استخدام ألواح الصلب المثبتة خارجياً

تعتمد تقوية الهياكل الخرسانية المسلحة المتضررة على استخدام الترابط الخارجي للصفائح الفولاذية بواسطة مسامير حديدية في العنصر الخرساني، حيث يستخدم هذا النظام في جميع أنحاء العالم منذ أكثر من ثلاثين عامًا حيث يمكن تلخيص مزايا هذه التقنية في انخفاض تكلفة المواد المستخدمة وكذلك عملية التثبيت، كذلك سهولة صيانة الواح الصلب والحصول على الحد الأدنى من التأثير على الارتفاع، بالإضافة الي زيادة في إمكانية الخدمة وسعة التحميل القصوى، والقدرة على تقوية جزء من الهيكل أثناء استخدامه. غير أن عيوب هذه الطريقة تظهر في تآكل الصفائح الفولاذية، وتركيب الصفائح الثقيلة، ونقل ومعالجة الصفائح الفولاذية، والحد من توريد الصفائح ذات الأطوال المطلوبة، حيث تم تأكيد (بيرنز وجفري 2004)

وجود العديد من العيوب في نظام التدعيم بصفائح الحديد والشكل (1) واللوحة (1) يوضحان شكل الصفائح الفولاذية المستخدمة شكل (1) أوضاع ألواح الصلب المثبتة خارجياً (ببرنز وجفري 2004).

اللوحة (1) ألواح الصلب المثبتة على الكمره (ببرنز وجفري 2004).



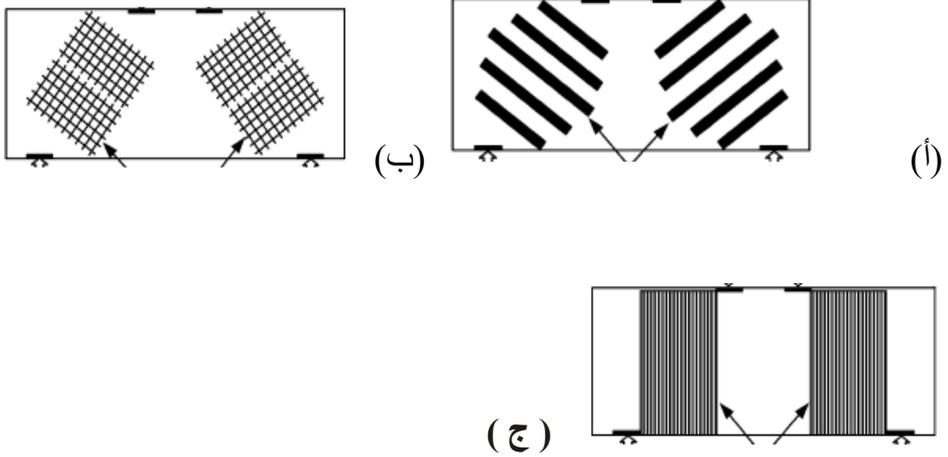
## ب- استخدام ألواح البلاستيك المقوى بالألياف (FRP)

يوفر استخدام البلاستيك المقوى بالألياف (FRP) العديد من المزايا لمعالجة مشاكل الهياكل الخرسانية في الأماكن التي تفشل فيها المواد الأخرى. وتتميز رقائق (FRP) الرقيقة بأنها متينة وذات قوة عالية وصلابة نسبة الى الوزن وهي خاملة كيميائياً وفعالة من حيث التكلفة وتوفر إمكانيات كبيرة بسبب وزنها الخفيف (كوفمان وهيسي ليارت 2007). ففي العقود الماضية تم استخدام ألواح و صفائح (FRP) على نطاق واسع حيث تفوقت تقنياً واقتصادياً على تقنية ألواح الصلب في العديد من المواضع ويمكن أن تؤدي إلى أعمال تعديل تتطلب أقل عمالة ومعدات (الجابري والمقبلي 2019). والشكل (2) واللوحة (2) يوضح البوليمر المقوى بالألياف أوضح نجاعة هذا النوع من المواد حيث تمت دراسة هذا التطبيق (FRP) للتقوية الخارجية للهياكل الخرسانية (ساندراجا وراجاموهان 2007)؛ ومع ذلك فقد أدخلت العديد من الدراسات أيضاً أنظمة إصلاح وتقوية جديدة باستخدام مواد (FRP) التي تعمل على تحسين خصائص هذا النوع.

ويمكن حصر أنظمة (FRP) المختلفة المستخدمة للإصلاح والتقوية في الآتي:

- 1- تقوية مع البوليمر المقوى بألياف الكربون.
- 2- تقوية بالبوليمر المقوى بالألياف الزجاجية.
- 3- التقوية باستخدام البوليمر المقوى بالألياف الهجينة.
- 4- الإصلاح والتقوية بمركبات البوليمر المقوى بالألياف المرشوشة.

5- الإصلاح باستخدام الألياف الزجاجية المقوى بالأشعة فوق البنفسجية المعالجة. وبالرغم من أن هذه المواد ذات قوة عالية إلا أنها هشّة للغاية (بويكزتورك وهيرنق 1998)، وتحميل هذه المواد في الشد يُظهر علاقة إجهاد خطي حتى الفشل دون إظهار هضبة العائد أو أي مؤشر على فشل وشيك، كذلك سجل (مايرز وآخرون 2001) تأثير الكمرات المدعمة برقائق ألياف الزجاج والبولمر بالتغيرات الحرارية وخاصة في منطقة الربط.



الشكل (2) ألواح البلاستيك المقوى بالألياف (ساندرجا وراجاموهان 2007).



اللوحة (2) تركيب ألواح البلاستيك المقوى بالألياف علي الكمرات (ساندرجا وراجاموهان 2007)

ج- استخدام المركبات الإسمنتية المقوي بألياف الصلب عالية الأداء (HPFRCCs)

في الأونة الأخيرة تم إجراء دراسات مكثفة لإنتاج مواد إصلاح وتقوية بديلة لتجنب المشاكل التي تحدث نتيجة استخدام ألواح الصلب المقوي وألواح (FRP)

للتدعيم للعناصر الخرسانية، حيث يتطلب أن تكون مادة الإصلاح متينة ولها ارتباط جيد بالعنصر الانشائي في ظل ظروف الخدمة. وقد تم تقييم هذه المواد الإسمنتية المقوي بالألياف عالية الأداء ووجدت أنها مواد ممتازة للتعديل التحديتي (ناني 1995) (هادي 2003). واللوحة (3) يوضح شكل الألياف عالية الأداء في المركبات الإسمنتية.



اللوحه (3) المركبات الإسمنتية المقوي بالألياف عالية الأداء (ناني 1995)

وتمثل المركبات الإسمنتية المقوي بالألياف عالية الأداء (HPRCCs) فئة من مركبات الإسمنت التي تخضع لاستجابة الإجهاد والانفعال في التوتر لسلوك تصلب إجهاد مصحوب بتكسير متعدد، مما يؤدي إلى قدرة إجهاد عالية الفشل. بشكل عام، يتم تصنيع (HPRCCs) عن طريق إضافة كمية كبيرة من الألياف إلى المصفوفة القائمة على الإسمنت دون أي تأثير على قابلية عمل المزيج. وقد أصبح هذا ممكنا من خلال استخدام دخان السيليكا والمواد الخافضة للتوتر السطحي التي تقلل من المياه اللازمة وتزيد من كثافة المصفوفة. وتعمل الألياف على التقليل من تنامي الشقوق من خلال العمل كجسور لنقل الإجهاد، وبمجرد أن تتشكل النواة تخفف الألياف انتشارها من خلال توفير مرونة طرف الشقوق وزيادة صلابة الكسر (نبيل وآخرون 2004).

## 2. مشكلة الدراسة

تشتمل أنظمة التدعيم والتقوية وإعادة التأهيل المعمول بها في هذا المجال على عدة ميزات وعيوب تتأثر بالظروف والبيئة الخاصة بمواقع الهياكل الخرسانية التي تفرض على المراكز البحثية إنتاج مواد تتلائم مع هذه التحديات وتعتمد على مواد محلية نظر لتكلفتها العالية. ويمثل التدهور ونقاط الضعف الهيكلية للمباني الخرسانية القائمة مشكلة ملحة تتطلب حولا مبتكرة لترميمها وتدعيمها. وقد أثبتت العديد من الدراسات أن غالبا ما تكون للطرق التقليدية قيود من حيث التكلفة والاثر البيئي

والفعالية على المدى الطويل لذا فان الحاجة ماسة لتطوير مواد متطورة يمكنها معالجة هذه المشاكل وتوفير حل مستدام وفعال من حيث التكلفة ويضمن سلامة الهياكل الخرسانية بعد تنفيذ عمليات إعادة التأهيل والاصلاح.

### 3. أهداف الدراسة

تهدف هذه الدراسة إلى تسليط الضوء على سلوك مادة الخرسانة والمادة الاسمنتية المنتجة والمطورة لصيانة الهياكل الخرسانية تحت تأثير قوة الضغط وقدرة هذه المادة على توفر القوة والأداء الهيكلي اللازمين لترميم المباني الخرسانية

### 4. تصميم الخلطات الخرسانية والاسمنتية

#### أ- تصميم الخلطة الخرسانية

تعد الخلطة الخرسانية هي المادة الأساسية لتطويع العنصر الانشائي الذي تجري عليه عمليات التدعيم والتقوية وقد تم إختيار مكونات الخرسانة من الاسمنت والركام الخشن والركام الناعم والماء بجانب تحديد نسب هذه المواد لعمل خلطة من متر مكعب من مادة الخرسانة والأكثر شيوعا في تنفيذ المباني الخرسانية، وتحقق الحد الأدنى لخاصية القابلية التشغيلية ومقاومة الضغط والجدول (1) يبين كمية مكونات الخلطة الخرسانية باستخدام الطريقة الحجمية.

جدول (1) يوضح كمية مكونات الخلطات الخرسانية

الركام الخشن	الركام الناعم	نسبة الماء للاسمنت	الاسمنت	الخلطة الخرسانية
3	2	0.5	1	النسبة الوزنية
1186	593	198	395	الوزن (كجم/م <sup>3</sup> )

#### ب- الخلطة الاسمنتية القياسية

تم تحديد نسبة الخلط للمونة الإسمنتية باستخدام المواصفات الأمريكية (ASTM C109-92) وذلك بطريقة الاوزان الثابتة وما يقابلها لكل قالب 100×100×100مم من وزن الاسمنت والرمل والماء بنسب خلط ثابتة (1:2.75) (الاسمنت: الركام الناعم) وتم استخدام نسبة ماء الخلط إلى الاسمنت ( $w/c = 0.485$ ) والجدول رقم (2) يوضح الاوزان لكل من مكونات الخلطة الإسمنتية حيث تمت عملية الخلط بواسطة خلاط أفقي، وبعد 5 دقائق من الخلط تم صبها علي طبقتين ودمك كل طبقة بواسطة قضيب الدمك 16 مرة وتم استخدام أداة لتسوية السطح، تم تفك القوالب وتوضع في حوض المعالجة تحت درجة حرارة الغرفة.

الجدول (2) الأوزان لكل من مكونات الخلطة الإسمنتية العادية

الخلطة	الاسمنت	الرمل	نسبة الماء للاسمنت
--------	---------	-------	--------------------

0.485	2.75	1	النسبة الوزنية
242	1375	500	الوزن (جم/م <sup>3</sup> )

### ج- تصميم الخلطة الاسمنتية المحسنة

صممت الخلطة الخرسانية والخلطات الاسمنتية باستخدام الطريقة الحجمية حيث تم تثبيت نسبة كل من الملدن الفائق والماء كذلك الركام الناعم وغبار السيليكا وتم التغيير في نسب الالياف الفولاذية المختلفة الشكل والحجم كما موضح بالشكل (3) وتم تحضير الخليط وفقاً للإجراء الذي قدمتها جامعة كاردف ببريطانيا (كاريهالو وآخرون 2001) حيث تم الخلط في خلط أفقي. والجدول (3) يوضح نسب الخلط لمتر مكعب من الخرسانة.

الجدول (3) يوضح نسب الخلط لكل متر مكعب الخلطة الاسمنتية المحسنة

المكونات (كجم)	خليط I	خليط II	خليط III	خليط 4
اسمنت	855	855	855	855
غبار السيليكا	214	214	214	214
رمل ناعم: 300-600 ميكرومتر	470	470	470	470
رمل ناعم: 150-300 ميكرومتر	470	470	470	470
ماء	188	188	188	188
الملدنات الفائقة	28	28	28	28
الالياف: I	390	468	-	-
الالياف: II	-	-	468	-
الالياف: III	-	-	468	-
الالياف: IV	78	-	-	-

I)



( ألياف )



ألياف ( III )  
الشكل (3) أشكال وأحجام الألياف الفولاذية (عينات الدراسة)  
ألياف ( VI )

### 5. عرض ومناقشة نتائج الاختبارات المعملية

نفذ اختبار مقاومة الضغط على عينات الخلطة الخرسانية العادية بعد 28 يوم من المعالجة ، حيث لم يتم اضافة أي من الإضافات الخرسانية المعروفة لتحسين خصائصها، وكانت النتائج كما هي موضح بالجدول (4) ، وقد سجلت النتائج متوسط مقاومة ضغط بقيمة 27.78 MPa والتي حققت من خلالها القيمة التي يعتمد عليها المهندسين أثناء تصميم المنشأة الخرسانية.

جدول (4) يوضح نتائج العينات في الخلطة الخرسانية العادية

متوسط مقاومة الضغط	مقاومة الضغط (MPa)	قوة الحمل (KN)	وزن العينة (Kg)	عدد المكعبات
27.78	29.77	670	7.870	1
	27.55	620	7.746	2
	26.01	585	8.070	3

### ب- الخلطة الإسمنتية العادية

أجريت اختبارات مقاومة الضغط على عينات الخلطة الإسمنتية العادية بعد 28 يوم من المعالجة وكانت النتائج كما موضحة بالجدول (5) وقد سجلت متوسط قيمة قراءات 43.08 MPa حيث توصلت النتائج إلى أفضل قيمة لمقاومة الضغط للخلطة الاسمنتية العادية القياسية.

جدول (5) يوضح نتائج العينات في الخلطة الاسمنتية العادية

متوسط مقاومة الضغط	مقاومة الضغط (MPa)	قوة الحمل (KN)	وزن العينة (Kg)	عدد المكعبات
43.08	40.82	408.2	2.28	1
	43.25	432.5	2.36	2
	45.17	451.7	2.24	3

### ج- الخلطة الاسمنتية المحسنة النوع (1)

نفذ اختبار مقاومة الضغط على عينات الخلطة الاسمنتية المحسنة النوع (1) بعد 28 يوم من المعالجة حيث سجلت النتائج قراءة متوسطة بقيمة 65.55 MPa كما هي موضحة بالجدول (6). وبينت القراءات أن متوسط مقاومة الضغط المسجلة للخلطة

الاسمنتية المحسنة نوع (1) سجلت زيادة تقدر بأكثر من 50% من مقاومة الضغط للخلطة الاسمنتية القياسية وأكثر من ضعف قيمة مقاومة الضغط للخرسانة العادية.

جدول (6) يوضح نتائج العينات في الخلطة الاسمنتية المحسنة النوع (I)

متوسط مقاومة الضغط	مقاومة الضغط (MPa)	قوة الحمل (kN)	وزن العينة (Kg)	عدد المكعبات
65.55	61.73	1389	8.56	1
	61.37	1381	8.52	2
	73.55	1655	8.68	3

### د- الخلطة الاسمنتية المحسنة النوع (2)

أظهرت نتائج إختبار مقاومة الضغط على عينات الخلطة الاسمنتية المحسنة للنوع (2) بعد 28 يوم من المعالجة قيمة متوسطة لمقاومة الضغط تصل الي 71.11 MPa وهي موضحة بالجدول (7)، وقد عكست الخلطة الاسمنتية نوع (2) زيادة فاقت 70% من مقاومة الضغط للخلطة الاسمنتية القياسية وأكثر من 2.5 ضعف قيمة مقاومة الضغط للخرسانة العادية.

جدول (7) يوضح نتائج العينات في الخلطة الاسمنتية المحسنة النوع (II)

متوسط مقاومة الضغط	مقاومة الضغط (MPa)	قوة الحمل (kN)	وزن العينة (Kg)	عدد المكعبات
71.11	69.52	1564	8.50	1
	69.29	1559	8.53	2
	74.54	1677	8.60	3

### هـ- الخلطة الإسمنتية المحسنة للنوع (3)

سجلت قيم مقاومة الضغط على عينات الخلطة الاسمنتية المحسنة (3) بعد انتهاء مدة المعالجة قراءة متوسطة بقيمة 76.38 MPa وهي موضحة بالجدول (8) حيث حققت نتائج هذه الخلطة الاسمنتية زيادة قاربت ضعف مقاومة الضغط للخلطة الاسمنتية القياسية وثلاثة أضعاف قيمة مقاومة الضغط للخرسانة العادية.

جدول (8) يوضح نتائج العينات في الخلطة الاسمنتية المحسنة النوع (III)

متوسط مقاومة الضغط	مقاومة الضغط (MPa)	قوة الحمل (kN)	وزن العينة (Kg)	عدد المكعبات
76.38	72.87	1640	8.60	1
	78.27	1761	8.74	2
	78.01	1755	8.73	3

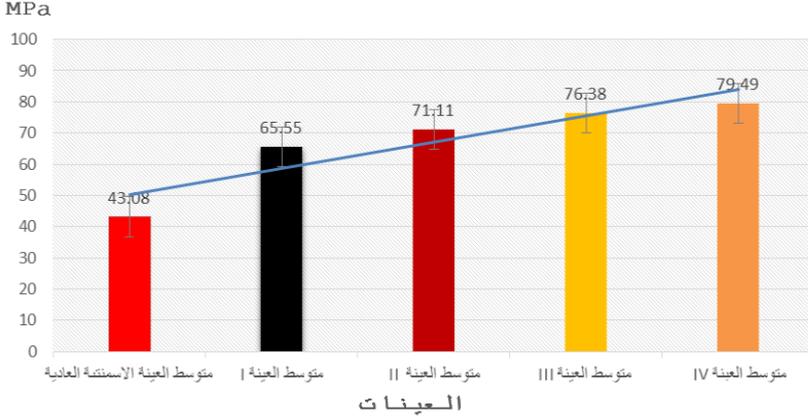
#### و- الخلطة الاسمنتية المحسنة النوع (4)

سجل اختبار مقاومة الضغط على عينات الخلطة الاسمنتية المحسنة النوع (4) بعد انتهاء مدة المعالجة حيث سجلت متوسط قيمة قراءات 79.49 MPa. وأظهرت النتائج الموضحة بالجدول (9) زيادة حققت ضعف مقاومة الضغط للخلطة الاسمنتية القياسية وثلاثة أضعاف قيمة مقاومة الضغط للخرسانة العادية.

جدول (9) يوضح نتائج العينات في الخلطة الاسمنتية المحسنة النوع (VI)

عدد المكعبات	وزن العينة (Kg)	قوة الحمل (KN)	مقاومة الضغط (MPa)	متوسط مقاومة الضغط
1	2.621	832.4	83.24	79.49
2	2.689	770.2	77.02	
3	2.613	772.2	78.22	

وقد عكست نتائج الاختبارات كافة التغير الملحوظ في مقاومة الضغط بين الخلطات الخرسانية والاسمنتية كما هو موضح في الشكل (4) والتي يمكن من خلالها اعتماد أسلوب تطوير محدد لانتاج مواد أكثر فاعلية لاستخدامها في اصلاح وتدعيم وتقوية الهياكل الخرسانية، حيث أثبتت التجارب تراكم جزيئات غبار السيليكا بإحكام على سطح الركام وتحقيق التناسب بين جزيئات الإسمنت الذي تؤدي الي تحسين التعبئة بشكل كبير وتقلل من حجم الفراغات بالقرب من سطح الركام (نيفيل 1995). كذلك يعمل غبار السيليكا علي تحسين الرابطة بين الركام ومعجون الإسمنت مما يسمح للركام بالمشاركة بشكل أفضل في نقل الإجهاد تحسن كبير في مقاومة الشد للخرسانة، إلى جانب مقاومة الانضغاط (بيهانجا وسينجوبتا 2005). كما توفر الألياف قدرة تحمل عالية في مقاومة الشد من خلال تحويل المادة الهشة إلى مادة متماسكة كذلك تعمل علي تحسين خصائص المادة المطورة وذلك من خلال توفير ليونة متزايدة وقوة سحب أكبر وسد للشقوق الأوسع نطاقاً عند استخدام الألياف الطويلة وكذلك تعمل على منع نمو التكسير الدقيق والاندماج عند استخدام الألياف القصيرة (سيوليفان 1999).



الشكل (4) مقاومة الضغط المتباينة بين الخلطات الاسمنتية القياسية والمحسنة

## 6. الخلاصة

من خلال النتائج المتحصل عليها في هذه الدراسة تم التوصل الي النقاط التالية:

- 1- أظهر الأنواع المختلفة للمادة الاسمنتية المحسنة المستخدمة في هذه الدراسة خواص ميكانيكية فائقة، مثل قوة الضغط، والمتانة، مقارنة بالخلطة الخرسانة العادية والخلطة الاسمنتية العادية المرجعية.
- 2- الزيادة في قيم مقاومة ضغط الخلطات الاسمنتية المحسنة مقارنة بقيمة مقاومة ضغط الخلطة الاسمنتية القياسية جاء نتيجة لزيادة كثافة وتماسك النسيج الاسمطي وهذا يعزي الي تأثير غبار السيليكا ومادة السوبر بلاستسيزر اضافة الي تأثير الألياف.
- 3- يشكل حجم وشكل الالياف الفولاذية المستخدمة في الخلطة الاسمنتية للاعب الرئيسي في زيادة أو نقصان مقاومة ضغط الخلطات الاسمنتية المحسنة.

## 7. التوصيات

بناء على نتائج الدراسة المتحصل عليها تم اقتراح جملة من المقترحات والتوصيات والمتمثلة في:

- 1- اجراء المزيد من الاختبارات المعملية للتعرف على خواص الميكانيكية اضافة للمادة مثل اختبار الشد غير المباشر.
  - 2- استخدام إضافات أخرى من نوع اخر مثل الياف زجاجية أو الياف البوليمر.
  - 3- استخدام المعالجة الحرارية للعينات لتقليل زمن المعالجة وذلك لأجراء العديد من الاختبارات في زمن قصير.
- استخدام المواد الاسمنتية المطورة لترميم المباني الخرسانية سيؤدي الي العمل به في المدى القصير بالنظر الي عدة عوامل منها توفير المواد وقلة التكاليف، تقليل الصيانة، إطالة عمر المبني، وكفاءة المادة المعالجة.

## 8. قائمة المراجع

1. Farhat A. F. (2004). Performance of concrete structures retrofitted with CARDIFRC after thermal cycling, *PhD Thesis, Cardiff University, UK*.
2. Barnes, R. A. and Geoffrey C. M. (2004). Strengthening of reinforced concrete beams in shear by the use of externally bonded steel plates: *Part 1-Experimental programme Construction and Building Materials*, 20 (2006) 396–402
3. Kaufmann, J. and Hesselbarth, D. (2007). High performance composites in spun-cast elements, *Cement & Concrete Composites*, pp. 713–722.
4. Al-Jabri, K. S., & Al-Moqbali, H. A. (2019). "Test Results and Nonlinear Analysis of RC T-beams Strengthened by Bonded Steel Plates
5. Buyukozturk O. and Hearing B. (1998). Failure behaviour of pre-cracked concrete beams retrofitted with FRP, *Journal of Composites for Construction*, 2 (3), pp. 138-144.
6. Myers J., Murthy S., and Micelli F. (2001). Effect of combined environmental cycles on the bond of FRP sheets to concrete. *Proceedings composites in construction, international conference*. Portugal, October 2001.
7. Nanni A. (1995). Concrete repair with externally bonded FRP reinforcement: examples from Japan. *Journal Concrete International*. 97. pp. 22-26.
8. Hadi, M. (2003). Retrofitting of shear failed reinforced concrete beams. *Composite Structures* 62 (2003) 1-6.
9. Nabil F., Wael F., George A. (2004). Development and Application of Innovative Triaxially Braided Ductile FRP Fabric for Strengthening Concrete Beams. *Composite Structures*. 64. (2004) 521–530.
10. Karihaloo B., Alae f. and Benson S. (2001). A new Technique for Retrofitting Damaged Concrete Structures, *Concrete Communication Conference*, pp.293-304.
11. Neville, A. M. (1995). *Properties of Concrete* 4<sup>th</sup> Edn., Longman Group, *UK and New York: John Wiley & Sons*.
12. Bhanjaa, S. and Sengupta, B., (2005). Influence of silica fume on the tensile strength of concrete, *Cement and Concrete Research*, Vol. 35 pp. 743–747.
13. Sullivan, A. P. (1999). The effect of hydrothermal curing at 90<sup>0</sup>C and the use of 12 mm steel fibres on reactive powder concrete, *MSc. Thesis, Cardiff University*.

1. (فرحات. 2004)

2. بيرنز وجفري (2004)

3. كوفمان وهيسي ليارت (2007)
4. الجابري والمقبلي (2019)
5. بويكزتورك وهيرينق (1998)
6. مايرز وأخرون (2001)
7. ناني (1995)
8. هادي (2003)
9. نبيل وأخرون 2004
10. كاريهالو وأخرون 2001
11. نيفل 1995
12. بيهانجا وسينجوبتا 2005
13. سيوليفان 1999