دراسة تأثير بودرة حجر البازلت على خواص الخرسانة

عماد مسعود دوحه[1]، خالد محمد عمرو[2]، أمحمد علي أبودينه[3]،
عبدالله أبوالقاسم عمرو[4]

1 جامعة نالوت ، كلية الهندسة ، جادو ، ليبيا : i.doha@nu.edu.ly
2 جامعة غريان ، كلية الهندسة ، غريان ، ليبيا : khaled.emhamed@gu.edu.ly
3 جامعة نالوت ، كلية الهندسة ، جادو ، ليبيا : m.abudeena@nu.edu.ly
4 المعهد العالي للعلوم و التقنية ، سوق الجمعة ، ليبيا : abdo84@yahoo.com

الملخص

تعتبر الإضافات الخرسانية من العلوم المهمة في مجال هندسة التشييد والبناء، ومن المعروف أن من أحد مميزات الإضافات الزيادة النسبية للعمر الوظيفي للمنشآت الخرسانية بشكل عام ، ولقد سعى الإختصاصيون في قطاع التشييد في معظم الدول للوصول إلى طرق إستثمار مثلى للموارد الطبيعية، مع التطور التقني الهائل في شتى المجالات، و في هذا البحث حاولنا توجيه الأنظار إلى ضرورة الاستفادة من الموارد الطبيعية ومحاولة إستثمارها بالشكل الأمثل، نظرا للإمكانيات والمزايا العديدة التي تقدمها سواء الإقتصادية أو البيئية.

هذه الدراسة تتناول مدى إستخدام إضافة مادة حجر البازلت الذي تم طحنه لإخراجه على هيئة بودرة ناعمة بدرجة نعومة الاسمنت أو أقل بقليل ، حيث إن إعادة الإستخدام لمثل هذه المصادر لا تساعد على حفاظ الموارد الطبيعية فحسب، و أيضا في مدى الإستفادة منها في إستبدال نسبة المواد الأولية المستخدمة في الخرسانة الإسمنتية البورتلاندية العادية. أي استبدل البازلت المطحون على شكل بودرة إلى ما يصل نسبته 15% من نسبة الاسمنت ومقارنة النتائج بالخلطة المرجعية بدون إضافات، حيث تم تقييم هذه البدائل على خصائص خليط الخرسانة العادية بإجراء عدد من الاختبارات المعملية والتي تشمل قابلية التشغيل، نسبة الامتصاص، قوة الضغط ، قوة الشد غير المباشر (الانشطار) وتأثير درجة الحرارة وللوصول لنتائج مجدية و مدى الاستفادة من هذا النوع من النفايات وإمكانية إعادة استخدامها بنجاح كبديل جزئي للإسمنت في الخلطات الخرسانية و ذلك لقلة تكلفتها مقارنة بالاسمنت .

و يوجز البحث أنه كلما زادت نسبة الإحلال حتى 15% زادت مقاومة الضغط قبل وبعد تعرضها لدرجة حرارة تصل 100 درجة مئوية، وكذلك أعلى مقاومة شد غير مباشر وأقل نسبة إمتصاص للماء.

الكلمـــات المفتاحية : الإضافات الخرسانية, بودرة حجر البازلت , الخرسانة العادية , مقاومة الضغط .

1 . المقدمة

إن الإستخدام الصحيح للموارد الطبيعية يتحقق عن طريق إستغلال المنتجات الثانوية والمواد القابلة لإعادة التدوير للتوصل إلى أثر بيئي أقل يتأكد من خلال تخفيض إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون وتقليل الإستخراج الكلي للمصادر الطبيعية من المحاجر، وبدورها تمثل بعض من الإجراءات الرئيسية التي تلبي الاحتياجات لتطوير البناء المستدام، حيث أن تطوير البناء المستدام يعتبر مجدياً بالأداء المرضي من حيث سلامة وإمكانية تنفيذ الهياكل الإنشائية والمباني بتكاليف أقل ومزايا بيئية على الخرسانة العادية.[1]

وجدير بالذكر فإن استخدام هذه الإضافات يجب أن يقنن وكذلك أن تكون الخلطة الخرسانية مصممة ومحسوبة ومعايرة، حيث للإضافات الخرسانية استخدامات عديدة سواء كانت أثناء عمليات الخلط بالموقع أو بمحطات الخلط المركزية أو عند مصانع الخرسانة الجاهزة والخرسانة السابقة الإجهاد. وإن إستخدام الإضافات تطورت ودخلت في صناعة مواد البناء كمصانع الطوب والبلاط لتقليل الفاقد أو للحصول على نوعيات ذات اجهادات عالية أو للإيفاء بالمتطلبات السريعة، وفي بعض الحالات تستخدم الإضافات الخاصة للحصول على اجهادات مبكرة لهذه العناصر.[2]

استخدم في هده الدراسة اضافة مادة حجر البازلت الذي تم إعادة تدويره لإخراجه على هيئة بودرة ، حيث إن إعادة التدوير لمثل هذه المواد لا تساعد على حفاظ الموارد الطبيعية فحسب، بل تساعد أيضاً في حل أزمة التخلص منها. وكما نوه مسبقاً فإن حجر البازلت المطحون المستخدم على شكل بودرة ناعمة لاستبدال ما يصل نسبته 15٪ من نسبة الاسمنت في الخلطات الخرسانية لتقييم هذه البدائل على خصائص الخلطة الخرسانية بإجراء عدد من الاختبارات المعملية.

حيث تتوفر أحجار البازلت بشكل واسع في المنطقة الغربية من القطر الليبي وتتكشف على سطح الأرض وتتدرج أحجامها بمناطق جنوب شرق مدينة غريان بأبعاد من (10 – 100م) وتستخدم هذه الصخور حالياً عن طريق تكسير الحجر البازلتي ذو الأحجام الكبيرة أبعادها (1 – 10م) من مقالع كبيرة وطحنها بهدف إنتاج الزلط والرمل لاستخدامها في كافة أعمال البناء والردم وفرش الطرق وغيرها. وللحجر البازلتي مواصفات عالية حيث لا يزيد وزنه الحجمي عما هو للصخور الرسوبية والمكافئ الرملي للرمل البازلتي تقريباً (85%) وهو يحقق مؤشرات أفضل من حيت النفادية ومقاومة الحريق والأحماض مما أدى إلى استخدامه في السيراميك المزجج كماأن المقاومة علي الشد تضاعفت في البلوك البازلتي حتى 81 كغ/سم 2، وان الخرسانة البازلتية لقابلية تشغيل مقبولة عند تأمين التدرج الحبيبي المناسب.ومن هذه المزايا على سبيل المثال إمكانية تحقيق وفر اقتصادي غير مباشر عبر الحصول على خواص أداء يمكن أن تكون أفضل عند استعمال الحصويات البازلتية في تصنيع الخرسانة كبديل عن الحصويات الكلسية و استصلاح

الأراضي بعد استخراج البازلت، مما يؤدي إلى زيادة مساحة الأراضي القابلة للزراعة مما يساهم في تنمية وتنشيط القطاع الوطني.

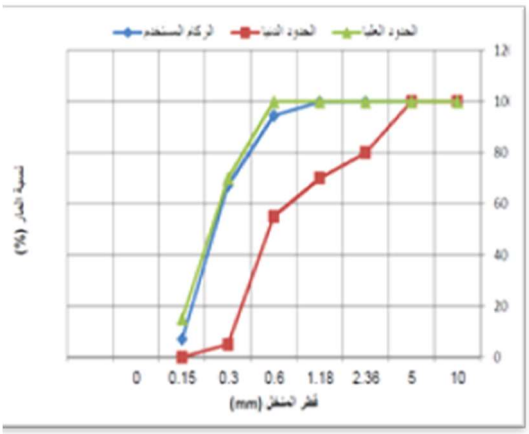
حيث يقدر إنتاج الخرسانة في أمريكيا الشمالية التي تحتوي على نوع أو أكثر من الإضافات بحوالي 80% وأن كل الإضافات المستعملة في البناء الخرساني يلزم إن تكون ضمن المواصفات المطلوبة ويجب اختبارها لتقييم تأثيرها على الخواص الخرسانية وتحت الشروط البيئية وعمليات البناء المتوقعة[3].

2 . المواد المستخدمة

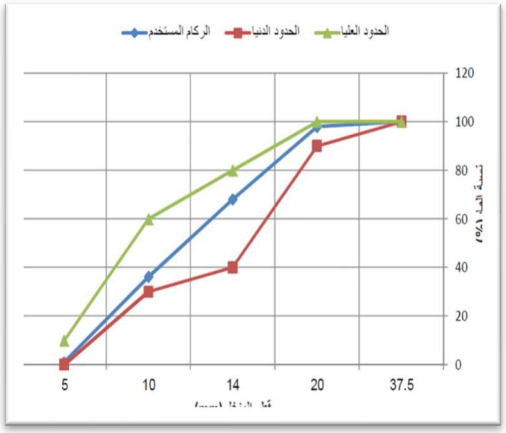
1.2 الركام :

معلوماً أن خواص الركام تؤثر بدرجة كبيرة على متانة وسلوك هيكل الخرسانة، وإثناء اختيار الركام لغرض الاستعمال في خرسانة معينة يجب الانتباه بصورة عامة إلى عدة متطلبات منها، المقاومة الكامنة للكتلة المتصلبة، اقتصادية الخليط، والمتانة المحتملة لهيكل الخرسانة. وأن تدرج حبيباتها تعتبر من الخواص المهمة لركام الخرسانة. وبالجدول رقم (2) أدناه يوضح كثافة الركام المستعمل.[4]

كما اجريت اختبارات التحليل المنخلي للتأكد من مواصفات المواد المستعملة ومطابقتها للمواصفات الليبية والعالمية والشكلين (5)، (6) يوضحان كل من تدرج الركام الناعم والخشن المستعمل في الخلطة.



شكل 1: منحني التدرج الحبيبي لعينة الركام الناعم و حدود المواصفات



شكل 2: منحني التدرج الحبيبي للركام الخشن و حدود المواصفات

2.2 الاسمنت و ماء الخلط :

توجد أنواع مختلفة من الاسمنت وتأخذ التسمية من الغرض ولزوم الاستعمال ولكن تبقى مكوناتها الأساسية واحدة وان اختلفت نسبتها من نوع لآخر وأن النوع المستخدم بالبرنامج العملي من الاسمنت البورتلاندي العادي. ويعتبر الماء مهم ليتم التفاعل الكيميائي بينه وبين الاسمنت، ولتمتصه المواد المستعملة في الخرسانة، حيت تم إستعمال الماء الصالح للشرب و الخالي من الشوائب ، وكما يمنح الخليط المؤلف من الركام الخشن والركام الناعم والاسمنت درجة مناسبة من الليونة تساعده على التشغيل والتشكيل، وبوجود الماء يمكن خلط مقدار أكبر بنفس الكمية من الاسمنت، ويعطي حجماً للخرسانة يتراوح ما بين 10–15%.

ولضبط نسبة الماء بالخلطة أهمية بالغة وعليها تتوقف قوة الخلطة ومساميتها وانفصالها ونزفها ومقدرتها على مقاومة العوامل الجوية من برودة وحرارة وتأكل حيث إن كثرة الماء تضعف الخرسانة وتسبب الانفصال والتذميع والمسامية وقلة الدوام والاهتراء وقلة التماسك والضعف والتقشر والانكماش والتشقق. [5]

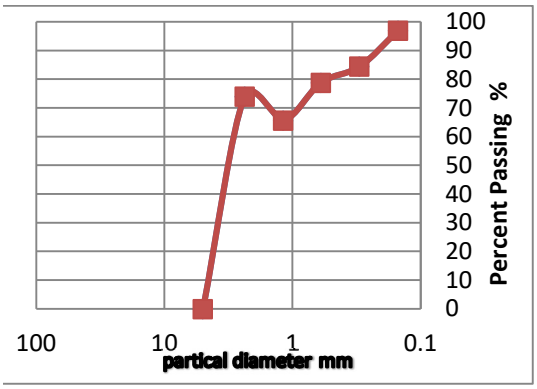
3.2 الاضافات

هي مواد أو تراكيب من عدة مواد تضاف للخرسانة أثناء الخلط لتحسين خاصية أو أثر من خواص الخلطة الخرسانية، ومن أهم أغراض استعمالاتها، تحسين قابلية التشغيل للخرسانة الطرية، تعجيل التصلب للحصول على مقاومة عالية في زمن قصير، إبطاء عملية التصلب، الشك (في الأجواء الحارة أو النقل للمسافات البعيدة)، تقليل الحرارة المتولدة وتقليل النضح أوالنزف (Bleeding)، تحسين مقاومة التآكل وتقليل التقلص الحاصل أثناء التصلب ومنع صدأ الحديد. [6]

كما أن الإضافات المستخدمة بهده الدراسة هي مسحوق البازلت كما موضحة بالشكل (3).

كمااجريت اختبارات التحليل المنخلي للمادة المضافة (بودرة حجر البازلت) كما موضح بالشكل (4) ادناه.

شكل 3 : مسحوق (بودرة) حجر البازلت



شكل 4 : التدرج الحبيبي لبودرة حجر البازلت

3. الاختبارات المعملية

أثناء تجهيز الخلطة الخرسانية ثبت محتوى الإسمنت بحيث كان 380 كجم/متر مكعب. وأن الخلطة الخرسانية تتكون من إسمنت بورتلاندي عادي مصنع محليا وركام خشن وناعم تم إحضاره من محاجر منطقة باطن جبل نفوسة وحدد لهما معامل نعومة متوسطة، واستخدام مياه خالية من الشوائب. ولتحديد الخلطة للمتر المكعب من الخرسانة استخدمت الطريقة الحجمية كما بالمعادلة (1):

$$Vw + Vs + Vg + Vc = 1m^3 \qquad (1)$$

حيث أن: (V_w) حجم الماء (باللتر). (V_s) حجم الركام الناعم. (V_g) حجم الركام الخشن. (V_c) حجم الخرسانة.

وبسطت المعادلة الحجمية السابقة إلى معادلة وزنيه لحساب مكونات الخلطة بالكيلوجرام بالمعادلة (2) كالتالي:

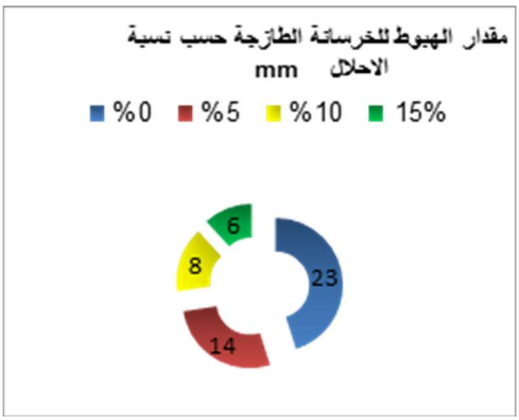
$$\frac{C(\frac{W}{C})}{\rho w} + \frac{As}{\rho s} + \frac{Ag}{\rho g} + \frac{C}{\rho c} = 1m^3 \qquad (2)$$

1.3 إختبار الهبوط

اجري الاختبار لقياس القابلية التشغيلية للخرسانة طبقا للموصفات الأمريكية (ASTM C143–78) وهي الخاصية التي تحدد الجهد اللازم لتشغيل كمية من الخرسانة الطرية، كما موضح بالشكل (5). [7]

أظهرتنتائج الاختبار حدوث هبوط بمقدار(2.3سم) للمجموعة الاولى (من غير اضافات) وبزيادة المادة المضافة يقل الهبوط مما يعطي أن قوام الخلطاتالخرسانية جاف لجميع مجموعات الإحلال بما فيها الخلطة المرجعية كما بالشكل (6).

شكل 5 : اختبار الهبوط



شكل 6 : نتائج اختبار الهبوط

2.3 اختبار زمن الشك

حيت تم في هذا الاختبار استعمال جهاز فيكات لإجراء هدا الاختبار طبقا للمواصفات الليبية (رقم 340 لسنة 1997) و الغرض من هدا الاختبار معرفة لدونه وزمن تصلد الإسمنت، ولتحديد زمن الشك عند إضافة بودرة البازلت للإسمنت وتحديد خواص العجينة الإسمنتية. ويحدد في المواصفات الليبية أن لا يقل زمن التصلب الابتدائي عن 45 دقيقة وأن لا يزيد زمن التصلب النهائي عن 10ساعات.[8]

وخلصت نتائج اختبار زمن الشك الابتدائي والنهائي الى ان نسب الاحلال للبودرة قللت من زمن الشك الابتدائي والنهائي كما موضحة في الجدول (1).

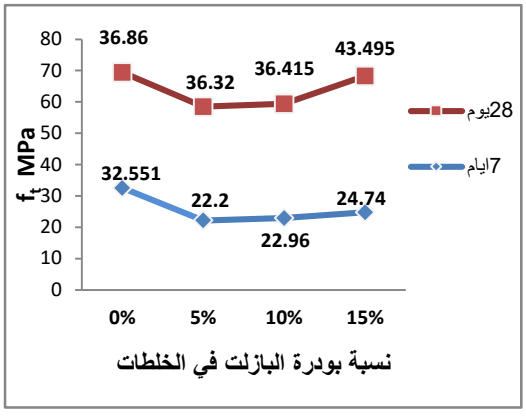
جدول 1 : نتائج اختبار زمن الشك الابتدائي و النهائي

نسبة الاضافة%	زمن الشك (ساعة)	
	الابتدائي	النهائي
0	01:40	03:45
5	01:20	03:25
10	01:15	03:00
15	00:50	02:45

3.3 اختبار مقاومة الضغط

يعد من الاختبارات المهمة لخواص الخرسانة المتصلدة حيث يعبر عن درجة جودتها وصلاحيتها، وأن مقاومة الضغط تعتبر المقاومة الرئيسية للخرسانة، حيث معظم الخواص مثل الشد والانحناء والقص تزيد بزيادة مقاومة الضغط والعكس صحيح، ولهذا اجري الاختبار بغرض التحكم في جودة الخرسانة كما موضح بالشكل (7) وأنه تم العمل وفقا للمواصفة BS 1881. [9]

شكل 7 : اختبار مقاومة الضغط



شكل 8 : نتائج اختبار مقاومة الضغط

و الشكل (8) الموضح أعلاه يبين أنه كلما زاد إحلال المادة المضافة تزداد مقاومة الضغط للخرسانة حيث اعطت نسبة الاحلال عند 15% اعلى مقاومة بقيمة (24.74) MPa بعد 7 ايام و (43.496) MPa بعد 28 يوم مقارنة بمجموعات الاحلال الاخرى (5% – 10%).

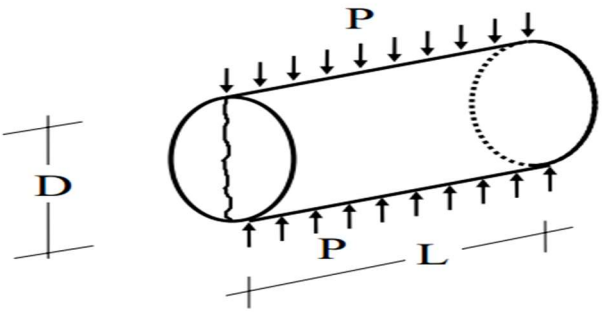
4.3 اختبار مقاومة الانشطار (الشد غير المباشر)

تكسر العينات نتيجة تأثير الشد الجانبي المصاحب لقوة الضغط المؤثرة بماكينة الاختبار والذي كان بزيادة نسبية (0.04 – 0.06) ميجا باسكال لكل ثانية وكانت عينة الاختبار اسطوانية الشكل بقطر (15 سم) وبطول (30 سم) ووضعت بين رأسي ماكنة الاختبار في وضع أفقي مع مراعاة توزيع التحميل على كامل الأسطوانة واخذ مقاومة الشد غير المباشر مساوية لنسبة 85% من قيمة الشد والشكل (9) يوضح شكل و أبعاد العينة حسب المواصفات الأمريكية (ASTM 496–04). [5]

و يمكن حساب قيمة مقاومة الشد من العلاقة (3)

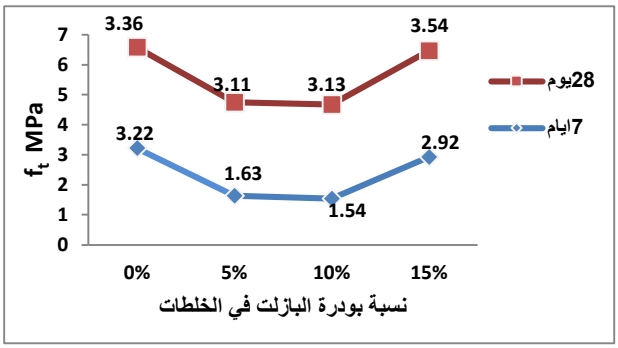
$$\frac{2P}{\pi DL} = f_{sp}^{`}$$

حيث : Pهي الحمل الاقصى ، **D** قطر الاسطوانة ، **L** طول الاسطوانة ، $f_{sp}^{`}$ مقاومة الشد .



شكل 9 : تأثير الاحمال و ابعاد الاسطوانة

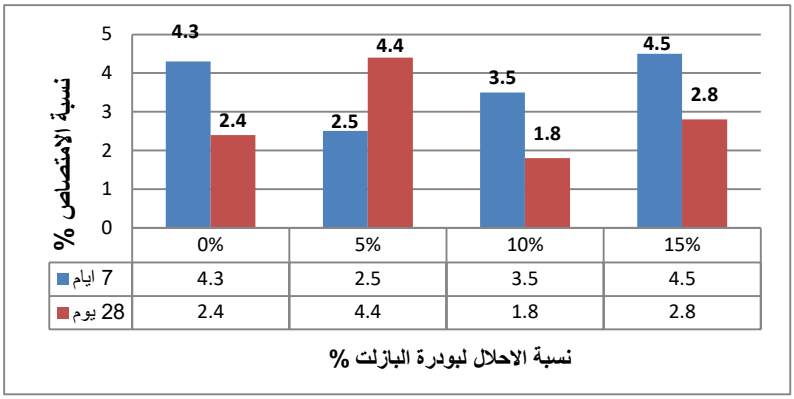
و من الشكل (10) نلاحظ انه عند نسبة الاحلال 15% أعطت أعلي مقاومة شد غير مباشر سواء بعد 7 ايام او بعد 28 يوم بقيمة (2.92 و 3.54 MPa) على التوالي مقارنة بخلطات الاحلال الاخرى.



شكل 10 : نتائج اختبار مقاومة الشد غير المباشر

5.3 تأثير الاضافات على نسبة الامتصاص

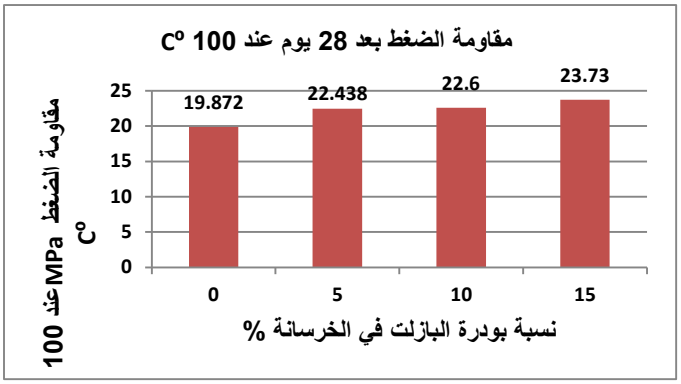
نلاحظ من الشكل أدناه أن للمواد المضافة تأثير على نسبة الامتصاص سواء بعد 7 ايام أو 28 يوم حيث يبين الشكل (11) عند نسبة إحلال 5% بعد 7 أيام كانت نسبة الامتصاص في حدود 2.5% ، بينما عندما زادت نسبة الإحلال بنسبة 15% كانت نسبة الامتصاص 4.5% ، هدا ما يدل على أنه كلما زادت نسبة الاحلال لبودرة البازلت بدل الاسمنت زادت نسبة الامتصاص .



شكل 11 : نتائج نسبة الامتصاص

6.3 اختبار تأثير درجة الحرارة

يجري الاختبار لمعرفة قوة تحمل مقاومة الخرسانة للضغط بعد تعريضها لدرجة حرارة 100°C ولمدة 24 ساعة ، نلاحظ من الشكل (12) الموضح ادناه نلاحظ أنه كلما زادت نسبة الاحلال لمادة بودرة البازلت محل الاسمنت تزداد مقاومة الخرسانة للضغط ، حيث أنه عند الخلطة المرجعية 0% كانت مقاومة الضغط في حدود 19.87 Mpa بينما عند احلال البودرة بنسبة 15 % نلاحظ زيادة مقاومة الضغط حيت اصبحت 23.73 Mpa ، هدا ما يدل على انه كلما زادت نسبة احلال البودرة زادت مقاومة الضغط و تعتبر مادة بودرة البازلت مادة مقاومة للحرارة و عامل مساعد لتأخير فشل الخرسانة نتيجة الحرائق .



شكل 12 : نتائج اختبار مقاومة الضغط عند درجة حرارة 100°C

4 . الاستنتاجات و التوصيات

من خلال النتائج التي تم عرضها ومناقشتها أعلاه تم التوصل إلى الاستنتاجات و التوصيات الآتية :

- لا يمكن زيادة قابلية التشغيل للخرسانة باستخدام إضافاتبودرة حجر البازلت، حيث وضحت الزيادات من نسب الإضافات (الاحلال) حتى 15% لا تؤدي الى تغير قوام الخلطة الخرسانية.
- لا يمكن التحكم بزيادة زمن شك الخرسانة بوضع إضافات بودر حجر البازلت، حيث لوحظ أن زمن الشك يقل في حالة إضافة البودرة.
- تزداد مقاومة الضغط للخرسانة المحتوية على إضافات (بودرة البازلت) تدريجياً سواء بعد مضي 7 أو 28 يوم مما يعطي مؤشر على أن إضافة هده المادة تعتبر جيدة في زيادة مقاومة الضغط للخرسانة.
- كلما زادت نسبة الإضافات قلت قابلية الخرسانة للامتصاص مما يدل على أنه للبودرة القدرة على جعل المسام و نسبة الفراغات اقل في الخرسانة .
- تزداد مقاومة الضغط للخرسانة المحتوية على اضافات في اختبار الشد غير المباشر (الانشطار).
- أعطت نسبة 15% من مادة الاضافة (بودر حجر البازلت) اعلى مقاومة في الضغط بعد تعرضها لدرجة حرارة 100 درجة مئوية ولوحظ ان زيادة مقاومة الضغط تزداد تدريجياً.
- يوصى بإستخدام الإضافات بنسبة إحلال معينة للعناصر الإنشائية وخاصة المدفونة والمعرضة للمياه بسبب مقاومتها العالية للضغط والشد غير المباشر وكذلك لانخفاض نسبة امتصاصها للمياه.
- إجراء المزيد من البحوث لبيان تأثير إضافة مادة حجر البازلت سواء المطحون أو المحبب سواء المستخرج من الصخور او البازلت السطحي والتركيز على نسب الإضافة (الإحلال) في حدود اكثر من 15% والتأكد من النتائج حيت كانت أعلى نسبة في هدا البحت 15 % و كانت جيدة خاصة في مقاومة الضغط و الامتصاص و مقاومة الحرارة .

- إجراء المزيد من البحوث لدراسة تأثير إضافة البازلت على خصائص الخرسانة باستخدام نسب متغيرة للركام وكذلك كمية مياه الخلط و تأتير الاملاح في التربة عليها .
- دراسة بعض الخواص الأخرى للخرسانة الطرية بعد إضافة بودرة البازلت اليها .

5 . المراجع

[1] American Society for Testing and Materials, ASTM C1585-04, Standard Test Method for Measurement of Rate of Absorption of Concrete.

[2] Poon C. S., Ann T. W. and Jaillon L., (2004), 'Reducing Building Waste at Construction Sites in Hong Kong' Construction Management & Economics, vol. 22, issue 5, pp 461-470.

[3] Shen, L. Y, Tam, V. W, Tam, C. M, and Drew, D, (2004), 'Mapping Approach for Examining Waste Management on Construction Sites', Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 130, No. 4, July/August 2004, pp. 472-481.

[4] المركزالوطني الليبي للمواصفات والمعايير القياسية، المواصفة الليبيةالقياسية رقم" 49 ركام الخرسانة من المصادرالطبيعية .

[5] الادارة العامة لتصميم وتطوير المناهج 'خواص وأختبارات مواد البناء 'الموسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني – المملكة العربية السعودية –,أصدار (1429 هجري).

[6] محمودإمام" (2002) تقنيةالخرسانةالخواص،الجودةوالاختيارات " جامعة المنصورة، مصر .ISBN 977-5069-50-5

[7] سلسلة تاريخ الهندسة أتر العلماء الاوائل في تطوير العلوم الهندسية د.سامح توفيق عبدالفتاح.

[8] المواصفات القياسية الليبية رقم (340\97), الاسمنت البورتلاندي, المركز الوطني للمواصفات و المعايير القياسية, طرابلس, 1997.

[9] أبراهيم علي الدرويش الخرسانة موادها وصناعتها وضبط جودتها وترميمها شركة الجلال للطباعة اصدار (2000).