دراسة تأثير الحرارة العالية على بعض الخواص الميكانيكية للخرسانة ومونة الأسمنت المضاف إليهما غبار السليكا والخرسانة المدعمة بالألياف الزجاجية

سامر سامي مجيد
مدرس مساعد
جامعة الموصل / كلية الهندسة
قسم هندسة الموارد المائية

منى مبارك
مدرس
جامعةالموصل / كليةالهندسة
قسم الهندسة المدنية

إيمان خالد
مدرس مساعد
جامعةالموصل / كليةالهندسة
قسم الهندسة المدنية

الخلاصة

يشتمل البحث على دراسة عملية لتاثير الحرارة العالية على بعض الخصائص الميكانيكية والتي تضمنت كل من مقاومة الإنضغاط والشد الإنشطاري للخرسانة المضاف اليها غبار السليكا والخرسانة المدعمة بالألياف الزجاجية ومقارنة النتائج مع الخرسانة الاعتيادية. تم إضافة غبار السليكا بنسب (0%,5%,10%,15%,20%) من وزن الأسمنت والألياف الزجاجية بنسب حجمية (0%,0.75%,1%,1.5%,1.75%) .كذلك تم دراسة مقاومة الإنضغاط والشد لمونة الأسمنت بإضافة غبار السليكا والألياف الزجاجية كل على حدى ولنفس النسب المذكورة ومقارنة النتائج مع المونة الإعتيادية.أظهرت النتائج زيادة في مقاومة الإنضغاط للخرسانة مع زيادة نسب غبار السليكا المضافة لحد نسبة (15%) بينما قلت مقاومة الإنضغاط للنسبة (20%) في كلا الحالتين أي النماذج الإعتيادية والنماذج المعرضة للحرارة،كما أظهرت النتائج زيادة مقاومة الإنضغاط للخرسانة مع زيادة نسب الألياف الزجاجية المضافة لحد (1%) بينما قلت مقاومة الإنضغاط للنسبتين (1.5%,1.75%) في كلا الحالتين أي النماذج الاعتيادية والنماذج المعرضة للحرارة.

A Study on the Effect of High Temperature on Some Mechanical Properties of Concrete and Cement Paste with Added Silica Fume and Reinforced with Glass Fiber

Samer Sami Majeed
Assist. Lecturer
Water resources Engineering Department

Mona Mobarak
Lecturer
Civil Engineering Department
Mosul Univ. / Engg. College

Eman Khalid
Assist. Lecturer
Civil Engineering

Abstract

In this research an experimental study was conducted to explore the effect of high temperature on the some mechanical properties such as compressive strength and splitting tensile strength of concrete with added silica fume and reinforced with glass fiber and it as compared with normal concrete. Mixes were prepared by adding silica fume of (0%,5%,10%,15%,20%) by weight and glass fiber of (0%,0.75%,1%,1.5%,1.75%) by volume . Compressive strength and tensile strength of mortar with the same percentage of silica fume and glass fiber was also studied. The result shown increased concrete compressive strength with increased of silica fume until (15%) and decreased at (20%) for both cases with and without heat . Also results shown increased concrete compressive strength with increased of glass fiber until (1%) and decreased at (1.5%,1.75%) for both cases with and without heat.

Keywords : Compressive and Tensile strength, Glass fiber, High temperature, Silica fume

أستلم: 21-11-2011 **قبل: 1-11-2012**

المقدمة :-

شهدت المنشآت الخرسانية تقدماً ملحوظاً باستخدام خرسانة ذات مواصفات عالية أغلبها منتجة بإستخدام مضافات خاصة تضاف أثناء مزج الخرسانة، كالخرسانة عالية المقاومة وشاع إستخدام هذه الأنواع من الخرسانة على الخرسانة التقليدية لما عرف عنها من المزايا المتعددة كالمقاومة والديمومة العالية والتي أتاحت للمصمم تقليل أبعاد العناصر الإنشائية في المنشات الخرسانية المستخدمة فيها، لهذا شاع إستخدامها في المباني ذات الإرتفاع العالي والفضاءات الواسعة، وغالبا مايتم تعزيز هذه الخرسانة بالألياف كالألياف الزجاجية والألياف الفولاذية للتغلب على الخواص القصفية للخرسانة خاصة في مناطق الشد، إلا أن هذه المنشات قد تتعرض للحريق مسببا لها أحيانا الإقصاء عن الخدمة لأن الحرارة لها التأثير الكبير في تقليل ديمومة المنشآت ومقاومتها، لهذا فإن عامل الأمان والخدمة للمنشات الخرسانية لايتحقق إلا بالمعرفة الشاملة للخصائص الأساسية للخرسانة المكونة لها تحت مختلف الظروف، وأقساها هو التعرض للحرارة العالية ومن أشكاله الحريق [1]. من المواد التي تعطي مقاومة عالية للخرسانة هي مادة غبار السليكا وهي عبارة عن ناتج عرضي لصناعة الفيروسليكون وهو مسحوق ناعم جدا قطر حبيباته بحدود (100/1) من قطر حبيبات سمنت بورتلاند بل ويمكن إعتباره أنعم مادة على الأطلاق تعمل كأسمنت يضاف هذا المسحوق إلى الأسمنت لتحسين الخواص الميكانيكية والمتانة والديمومة وزيادة مقاومة الضغط والشد للخرسانة وكذلك تحسين مقاومة الخرسانة للمواد الكيميائية من خلال تأثيره في تكثيف بنية أو تركيبة المادة الخرسانية [2]. من الممكن إضافة هذه المادة مباشرة للخرسانة كعنصر منفرد أو كمزيج من غبار السليكا والأسمنت [2][3]. عندما يستعمل لتحسين أداء الخرسانة يضاف عادةً بنسبة (4% - 15%) من وزن الأسمنت [3]. بدأت البحوث المتعلقة بالاسمنت البورتلاندي من قبل (Aspdin Joseph) عام (1924) وأستمرت خلال القرن العشرين للإستفادة من النواتج الصناعية العرضية ولتدوير النفايات الصناعية والإستفادة منها في أعمال الإنشاءات ومن هذه المواد غبار السليكا إذ أستخدم لأول مرة مطلع عام (1950) ولكن تأثيره على الخرسانة ومواصفاته لم تتضح حتى عام (1970) عندما أصبح إستعماله شائعاً وبكثرة في أعمال إنشائية ضخمة وخصوصاً في الولايات المتحدة الأمريكية. المكون الرئيسي لغبار السليكا هو ثاني أوكسيد السليكون (SiO_2) والذي يشكل بحدود (95.3%) كما في الجدول (1) الذي يوضح مركبات غبار السليكا الأساسية [4] :-

جدول (1) المركبات الأساسية لغبار السليكا

Oxide	%
SiO_2	95.3
Al_2O_3	0.65
Fe_2O_3	0.28
CaO	0.27
MgO	0.41
K_2O	0.77
Na_2O	0.26
SO_3	0.15

أجريت بحوث ودراسات عديدة حول تأثير إضافة غبار السليكا إلى الخرسانة منها البحث الذي أجراه الباحثان (Chung&Yunsheng) [5] حول تأثير إضافة غبار السليكا إلى عجينة الأسمنت على الحرارة النوعية والتوصيل الحراري للأسمنت وقد لوحظ أن أفضل نسبة إضافة هي (15%) من وزن الأسمنت والتي أدت إلى زيادة في كثافة عجينة الأسمنت بحدود (4%) وزيادة في الحرارة النوعية للأسمنت بحدود (5%) وزيادة في التوصيل الحراري بحدود (38%) وهو العامل المهم لتقليل التغيرات الحرارية الحاصلة في المنشآت الهندسية وبالأخص الجسور. أجرى الباحث (Yilmaz) [6] دراسة حول تأثير إضافة مادة غبار السليكا والـ (Fly Ash) وهو ناتج عرضي يستخلص من الدخان الذي تطلقه محطات الطاقة الحرارية التي تعمل بالفحم إلى أنواع عديدة من الأسمنت المنتج في تركيا وتأثير نسب الإضافة على وقت التصلب النهائي ومقاومة الخرسانة الناتجة، إستنتج الباحث أن إستخدام مادة غبار السليكا والـ (Fly Ash) يعمل على زيادة كفاءة الخرسانة ومونة الأسمنت وخصوصاً مقاومة الإنضغاط والشد وحسب نسب الإضافة. كما أن الوزن النوعي المنخفض لكلا المادتين يؤدي إلى تقليل الوزن النوعي للأسمنت كونها مواد مضافة بديلة للأسمنت وكذلك إستنتج الباحث تحسن في قابلية التشغيل لعجينة الأسمنت وزيادة وقت التماسك وإنخفاض في كمية الحرارة الناتجة من تفاعل الأسمنت مع الماء أثناء التصلب وإنخفاض في قيمة مقاومة الإنضغاط بعمر مبكر. أما الألياف الزجاجية فتضاف إلى الخرسانة كنسب حجمية من الأسمنت لزيادة قابلية إمتصاص الطاقة وتحمل الصدمات وتحسين مقاومة الخرسانة للتكسر والتشقق. كما أن الدراسات والبحوث في هذا المجال أدت إلى تطوير ألياف مقاومة للقلويات واسعة التشتت ذات ديمومة عالية. تتوفر الألياف الزجاجية بأطوال متعددة (0.5,1,1.5,2) إنج ، ولكون مزجة الخرسانة الليفية المتجانسة التوزيع تحتاج إلى ألياف قصيرة فتفضل في هذه الحالة الألياف بطول (1) إنج أكثر من غيرها في الأعمال الإنشائية. الخرسانة المسلحة بالألياف الزجاجية (GFRC) تعطي ضعفين إلى ثلاثة أضعاف من مقاومة الإنحناء مقارنةً بالخرسانة العادية، كما أن الخرسانة المسلحة بالألياف الزجاجية لاتفشل بزيادة الحمل المسلط عليها بصورة فجائية كما هو الحال في الخرسانة الإعتيادية لكن تطاوع بصورة تدريجية، كما أن كثافة الخرسانة المسلحة بالألياف الزجاجية تقل بزيادة النسب الحجمية للألياف الزجاجية المضافة [7]. أجري عدد كبير من البحوث والدراسات في هذا المجال منها دراسة أجريت في جامعة (Andhra Pradesh) الهندية [8] بواسطة عدد من الباحثين على مزجات خرسانية بمقاومة إنضغاط (20,30,40,50) ميكاباسكال مضاف إليها ألياف

زجاجية بنسبة (0.03%) فكانت النتائج أن إضافة الألياف الزجاجية يقلل النزيف في الخرسانة الطرية ويقلل إحتمال ظهور التشققات ويزيد مقاومة الانضغاط بحدود (15%- 20%) ويزيد مقاومة الإنحناء والأنفلاق بنسبة (13% - 19%). أجرى الباحثان (Seshadri & Srinivasa) في جامعة (J.N.T) الباكستانية [9] دراسة حول بعض مواصفات خرسانة الألياف الزجاجية ذاتية الرص (GFSSC) كقابلية التشغيل ومقاومة الانضغاط ومقاومة الصدمات، والألياف المستخدمة في البحث ألياف زجاجية مقاومة للقلويات. من خلال البحث تم إستنتاج أن إضافة الألياف الزجاجية يقلل ظاهرة النزيف في الخرسانة ذاتية الرص ويزيد مقاومة الإنضغاط بحدود (15%- 20%) ويزيد مقاومة الصدمات بحدود (45% - 55%) بعمر (180) يوم مقارنة مع خرسانة ذاتية الرص إعتيادية بعمر (60) يوم كما أن التشققات التي ظهرت على الخرسانة كانت سريعة الانكسار (Brittle) وغير مستمرة. وفي عام (2004) قام الباحث (Li) وآخرون [10] بدراسة تأثير الحرارة العالية على الخواص الميكانيكية للخرسانة العالية المقاومة، إذ تضمن البحث دراسة خصائص مقاومة الإنضغاط والشد ومقاومة الإنحناء وعرضت النماذج الخرسانية لمدى حراري يتراوح بين (200 - 1000) °م ،بشكل عام إنخفضت المقاومة بإرتفاع الحرارة، فعند درجة الحرارة (1000) °م كانت النسبة المتبقية من مقاومة الإنضغاط هي (27.3%) والشد الإنشطاري (16.4%) بينما مقاومة الانحناء (7.4%).

الهدف من البحث:-

إن الهدف من هذا البحث هو حساب بعض الخواص الميكانيكية كمقاومة الإنضغاط والإنفلاق للخرسانة ومقاومة الإنضغاط والشد لمونة الأسمنت مع المضافات والتي تشمل غبار السليكا والألياف الزجاجية وإيجاد تأثير الحرارة العالية على هذه الخواص وإيجاد النسب المثلى لكل من المواد المضافة.

المواد المستخدمة وطريقة الصب :-

المواد المستخدمة :-

إن المواد المستخدمة في هذا البحث كانت كما يلي :

1- الأسمنت :- الأسمنت المستخدم أسمنت تركي عادي من نوع ماردين. الجداول (2) و(3) توضح الخواص الفيزيائية والكيميائية على التوالي لهذا النوع من الأسمنت .

2- الركام الناعم (الرمل) :- تم استخدام رمل نهري ومن خلال التحليل المنخلي له وجد انه يقع ضمن الحد العام للمواصفة البريطانية (B.S 882:1992) [11] .إذ تبين انه من نوع الرمل المتوسط وبمعامل نعومة (2.74) ونسبة المواد الطينية فيه (2%) وهي ضمن الحد المسموح به في المواصفة البريطانية التي يجب أن لاتتجاوز كميتها (4%) ونتائج التحليل المنخلي له مبينة في جدول (4).

3- الركام الخشن (الحصى) :- الحصى المستخدم في البحث هو حصى نهري والمسمى محلياً(البحص) ذو شكل مكور والمقاس الأقصى له هو (14) ملم ومن خلال التحليل المنخلي وجد أنه مطابق للمواصفة البريطانية (B.S.882: 1992) [11] ونتائج التحليل المنخلي له مبينة في جدول (5) .

4- الماء :- تم إستخدام ماء الشرب الإعتيادي لمدينة الموصل في الخلطة الخرسانية ومعالجة النماذج.

5- الألياف الزجاجية :- تم إستخدام الألياف الزجاجية بنسب حجمية (0.75,1,1.5,1.75)% على التوالي، والخواص موضحة في جدول (6) :-

6- غبار السليكا :- تم إضافة غبار السليكا بنسب وزنية (0,5,10,15,20)% على التوالي، والخواص الفيزيائية والكيميائية له موضحة في جدول (7) :-

7- نسب الخلطة الخرسانية :- للحصول على الخرسانة بالمقاومة المطلوبة تم صب عدة خلطات خرسانية تجريبية لإسطوانات قياسية وبأبعاد (100×200) ملم وبنسب مواد مختلفة حسب التصميم وبهطول يتراوح بين (75-100) ملم أختيرت الخلطة الخرسانية ذات النسب الوزنية (الأسمنت:الرمل:الحصى:الماء) مساوية الى (1:2:3/0.4) .

جدول (2) المواصفات الفيزيائية للأسمنت

Test	Result	IQS:5/1984
Consistency	0.29	0.24 - 0.32
(min) Initial setting time	210	45 min (Min)
(min) Final setting time	330	600 min (Min)
(%) Fineness B.S sieve 170	5	10 % (Max)
Compressive Strength (MPa)		
days 3	21	15 MPa (Min)
days 7	28.5	23 MPa (Min)

جدول (3) المواصفات الكيميائية للأسمنت

Chemical Composition	% Value	% Limits	Chemical Composition	% Value	% Limits
SiO_2	20.30	----	CaO	62.00	----
AL_2O_3	3.82	----	MgO	2.45	6
Fe_2O_3	4.49	----	SO_3	0.68	2.3
C_3S	64.10	----	C_4AF	13.66	----
C_2S	9.84	----	C_3A	2.53	----

جدول (4) نتائج التحليل المنخلي للرمل

Sieves (mm)	% Passing	Specification Limit (B.S 882-1992)	Additional limits B.S 882-1992		
			Coarse	Medium	Fine
5.0	100	89-100	-----	------	-----
2.36	86	60-100	60-100	65-100	80-100
1.18	70	30-100	30-100	45-100	70-100
0.6	49	15-100	15-54	25-80	55-100
0.3	17	5-70	5-40	5-48	5-70
0.15	4	0-15	------	------	------

جدول (5) نتائج التحليل المنخلي للحصى

(Sieve size) (mm)	% Passing	Specification Limit (B.S 882-1992)
(14 mm)	97.4	90 – 100
(10 mm)	57.4	50 – 85
(5 mm)	2.1	0 – 10
(2.36 mm)	1	----

جدول (6) خواص الألياف الزجاجية

Cross section	Fiber length	Tensile strength	Young modules	Specific density
rectangular	6 mm	400 N/mm^2	2600 N/mm^2	0.91

جدول (7) الخواص الفيزيائية والكيميائية لغبار السليكا

Physical properties of silica fume	Chemical properties of silica fume
Particle size (typical) <1 micron	Amorphous
Bulk density = 130 to 430 kg/m^3 Densified = 480 to 720 kg/m^3	Silicon dioxide >85%
Specific gravity = 2.2	Trace elements depending upon type of fume
Specific surface 15000 to 30000 m^2/kg	----------

طريقة صب النماذج الخرسانية :-

تم إعتماد الخلطة الخرسانية ذات النسب الوزنية (1:2:3/0.4) في عملية الصب .إن عملية صب النماذج تبدأ بعد تنظيف قوالب الصب جيداً ومن ثم تدهن القوالب من الداخل بطبقة خفيفة من الزيت لتسهيل تفكيكها وإخراج القوالب منها ومنع التصاق النماذج بالقوالب المعدنية ثم التحضير للخلطة الخرسانية حيث تحسب كميات المواد المطلوبة للخليط وذلك باستخدام الميزان الالكتروني و تشمل المواد كل من الأسمنت والرمل والحصى والماء إضافة إلى غبار السليكا بنسبه الوزنية المختلفة (5,10,15,20) % والألياف الزجاجية بالنسب الحجمية المختلفة (0,0.75,1,1.5,1.75) % . في البداية يوضع الحصى والرمل داخل المازجة ثم يضاف الأسمنت والمواد المضافة سواء كانت غبار السليكا أو الألياف الزجاجية كل على حدى وتخلط المواد وهي جافة بعد ذلك يضاف الماء بشكل تدريجي مع إستمرار المزج لحين الحصول على خليط متجانس ثم تملأ القوالب بالخرسانة وعلى طبقة واحدة ويتم رصها لمدة (10) ثانية بإستخدام هزاز منضدي تبلغ سرعته 3000 هزة /دقيقة. تترك النماذج في جو المختبر لمدة (24) ساعة بعدها يتم إستخراج القوالب بفتح النماذج وتوضع في أحواض الماء لمدة (28) يوم لكي تكون جاهزة للفحص.

تسخين النماذج الخرسانية الى درجات الحرارة العالية وتبريدها :-

في هذا البحث تم تسخين النماذج الخرسانية إلى درجة حرارة (400°C) بإستخدام فرن كهربائي ذو حجرة واسعة مهواة .إن الآلية المعتمدة للتسخين في هذا البحث وعند وصول عمر النماذج الخرسانية للعمر المحدد (28) يوم يتم وضعها في الفرن وترفع درجة الحرارة لحين الوصول إلى المستوى الحراري المطلوب وتثبت لمدة ساعة واحدة عند ذلك المستوى، بعد إنتهاء المدة يتم إطفاء الفرن وفتح فتحة التهوية ويسمح للنماذج أن تبرد داخل الفرن المغلق لمدة ساعة ثم يفتح باب الفرن لتبرد النماذج إلى درجة حرارة المختبر ثم أخذها للفحص. [12]

النتائج والمناقشة:-

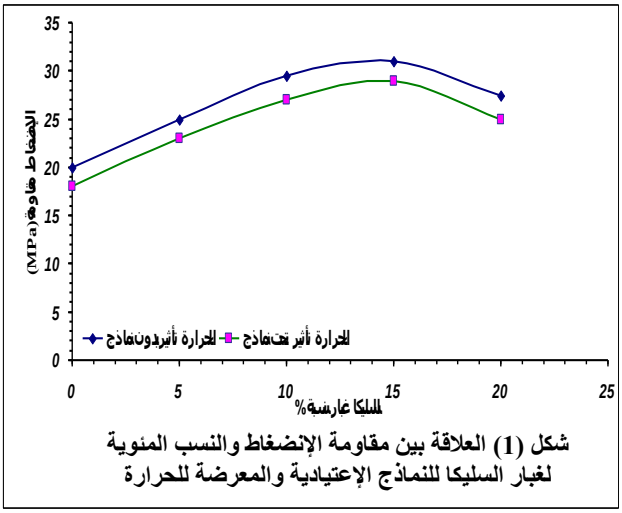
1.إضافة غبار السليكا :-

a. الخرسانة :-

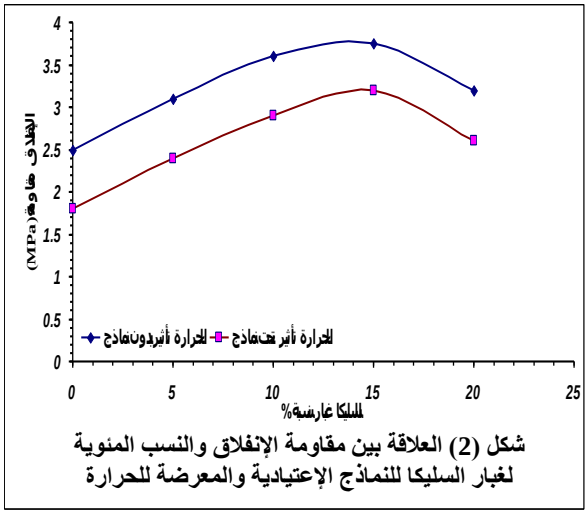
تم حساب مقاومة الانضغاط من فحص مكعبات بأبعاد (100×100×100) ملم للخرسانة الحاوية على مادة غبار السليكا وبنسب (0,5,10,15,20)% لنماذج اعتيادية وأخرى معرضة للحرارة ولنفس النسب والنتائج موضحة في الجدول (8) والشكل (1) .

من الشكل (1) لوحظ زيادة مقاومة الإنضغاط للخرسانة مع زيادة نسب غبار السليكا المضافة لحد (15%) بينما قلت مقاومة الإنضغاط للنسبة (20%) في كلا الحالتين أي النماذج الإعتيادية والنماذج المعرضة للحرارة. كما إنه بسبب التعرض للحرارة فقد قلت مقاومة الإنضغاط بمعدل (9%) مقارنة مع النماذج التي لم تتعرض للحرارة فعليه من خلال النتائج أعلاه يتبين أن الحد الأمثل لنسب إضافة غبار السليكا هو عند النسبة (15%).

تم حساب مقاومة الانفلاق من فحص أسطوانات بأبعاد (100×200) ملم للخرسانة الحاوية على مادة غبار السليكا وبنسب (0,5,10,15,20) % لنماذج اعتيادية وأخرى معرضة للحرارة والنتائج موضحة في الجدول (8) والشكل (2) .من خلال النتائج يتبين أن الحد الأمثل لنسب إضافة غبار السليكا عند (15%).

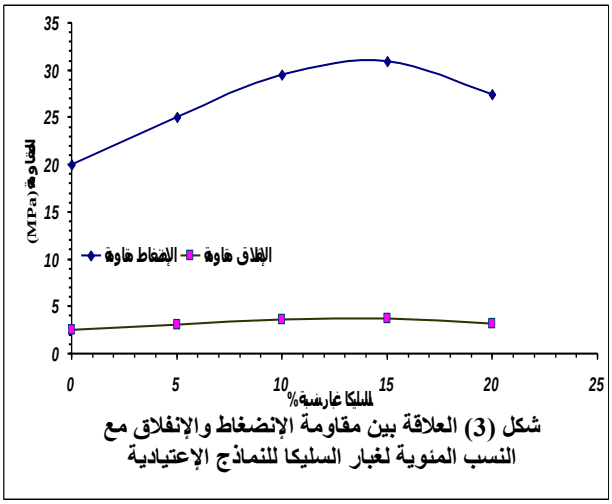


شكل (1) العلاقة بين مقاومة الإنضغاط والنسب المئوية لغبار السليكا للنماذج الإعتيادية والمعرضة للحرارة

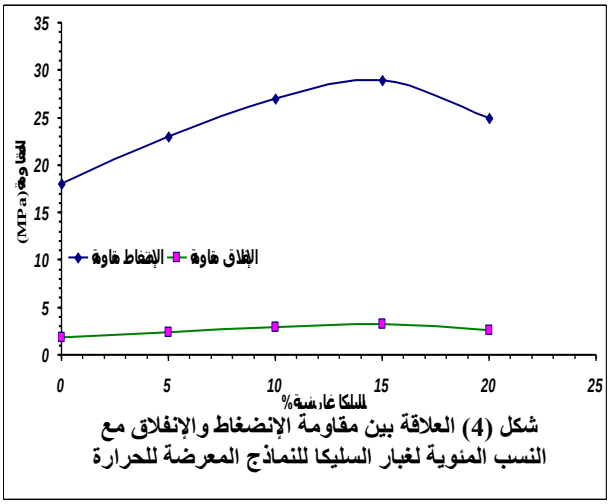


شكل (2) العلاقة بين مقاومة الإنفلاق والنسب المئوية لغبار السليكا للنماذج الإعتيادية والمعرضة للحرارة

من خلال النتائج لوحظ أن مقاومة الإنفلاق هي بمعدل (8.5) % من مقاومة الإنضغاط بالنسبة للنماذج الإعتيادية وبمعدل (10) % للنماذج المعرضة للحرارة وكما مبين في الشكلين (3) و (4).



شكل (3) العلاقة بين مقاومة الإنضغاط والإنفلاق مع النسب المئوية لغبار السليكا للنماذج الإعتيادية



شكل (4) العلاقة بين مقاومة الإنضغاط والإنفلاق مع النسب المئوية لغبار السليكا للنماذج المعرضة للحرارة

جدول (8) مقاومة الإنضغاط والإنفلاق للخرسانة الحاوية على غبار السليكا مع وبدون تأثير الحرارة

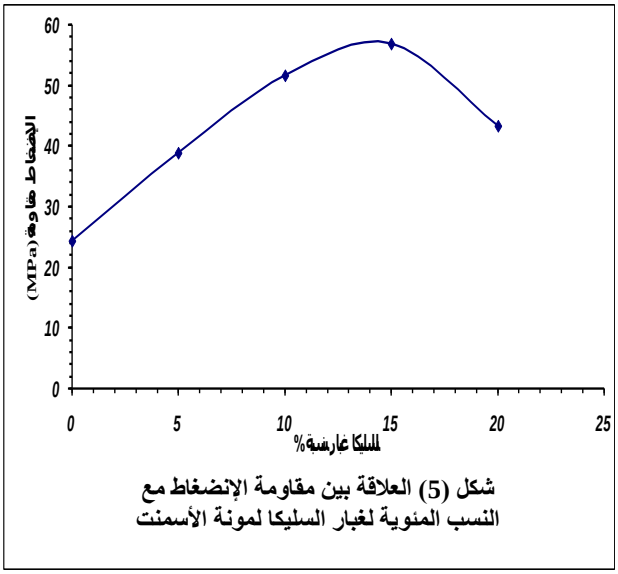
Normal concrete			Concrete subjected to heat	
Silica fume %	fc´ (MPa)	ft (MPa)	fc´ (MPa)	ft (MPa)
0	20	2.5	18	1.8
5	25	3.1	23	2.4
10	29.5	3.6	27	2.9
15	31	3.75	29	3.2
20	27.4	3.2	25	2.6

b. مونة الأسمنت :-

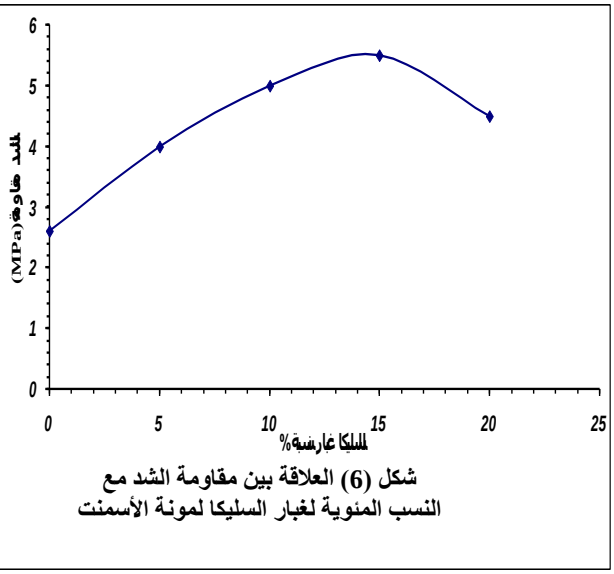
تم حساب مقاومة الانضغاط لمونة الأسمنت وبنسب خلط (1أسمنت إلى 2.75 رمل ونسبة الماء إلى الأسمنت كانت 0.4) للمكعبات بأبعاد (50×50×50) مم والحاوية على غبار السليكا بنسب (0,5,10.15,20) % والنتائج موضحة في الجدول (9) والشكل (5). من الشكل (5) لوحظ زيادة مقاومة الإنضغاط بنسبة (60,112,134,78) % لنسب غبار السليكا المضافة وقد بينت النتائج أن النسبة المثلى لغبار السليكا إلى الأسمنت بين النسبتين (15,10) % . كما تم حساب مقاومة الشد لمونة الأسمنت بأستعمال براكيتات فحص الشد والحاوية على غبار السليكا بنسب (0,5,10.15,20) % وكانت النتائج كما في الشكل (6) والذي يبين زيادة مقاومة الشد بنسبة (54,92,112,73) % لنسب السليكا المضافة وقد بينت النتائج أن النسبة المثلى لغبار السليكا إلى الأسمنت بين النسبتين (15,10) %.

جدول (9) مقاومة الإنضغاط والشد لمونة الأسمنت الحاوية على غبار السليكا

Mortar		
Silica fume%	fc´(MPa)	ft (MPa)
0	24.4	2.6
5	39	4
10	51.73	5
15	57	5.5
20	43.4	4.5



شكل (5) العلاقة بين مقاومة الإنضغاط مع
النسب المئوية لغبار السليكا لمونة الأسمنت



شكل (6) العلاقة بين مقاومة الشد مع
النسب المئوية لغبار السليكا لمونة الأسمنت

2.إضافة الألياف الزجاجية:-

a.الخرسانة :-

تم حساب مقاومة الإنضغاط من فحص مكعبات بأبعاد (100×100×100) ملم للخرسانة الحاوية على مادة الألياف الزجاجية وبنسب (0,0.75,1,1.5,1.75) % لنماذج إعتيادية وأخرى معرضة للحرارة و النتائج موضحة في الجدول (10) والشكل (7) .

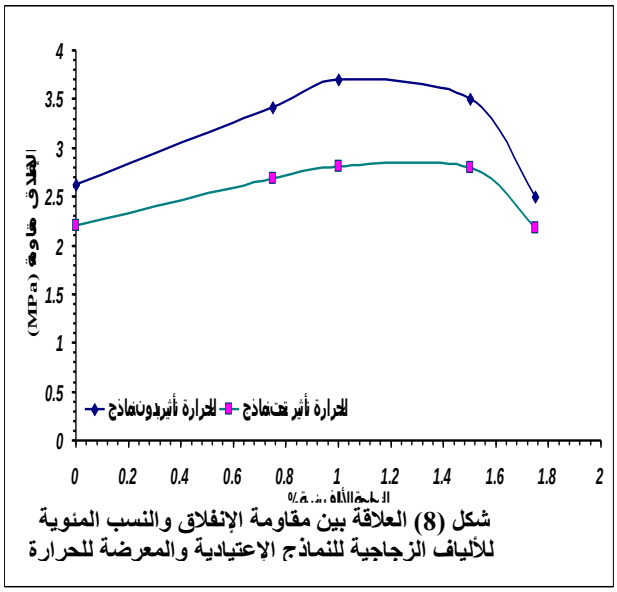
الشكل (7) يبين زيادة مقاومة الإنضغاط للخرسانة مع زيادة نسب الألياف الزجاجية المضافة لحد (1%) بينما قلت مقاومة الإنضغاط للنسبتين (1.5,1.75)% في كلا الحالتين أي النماذج الإعتيادية والنماذج المعرضة للحرارة. كما أنه بسبب التعرض للحرارة فقد قلت مقاومة الإنضغاط بمعدل (15.5%) مقارنة مع النماذج التي لم تتعرض للحرارة.

تم حساب مقاومة الإنفلاق من فحص إسطوانات بابعاد (100×200) ملم للخرسانة المدعمة بالألياف الزجاجية وبنسب (0,0.75,1,1.5,1.75) % لنماذج إعتيادية وأخرى معرضة للحرارة والنتائج موضحة في الجدول (10) والشكل (8).

الشكل (8) يبين زيادة مقاومة الإنفلاق للخرسانة مع زيادة نسب الألياف الزجاجية المضافة لحد (1%) بينما قلت مقاومة الإنفلاق للنسبتين (1.5,1.75) % في كلا الحالتين أي النماذج الإعتيادية والنماذج المعرضة للحرارة. كما أنه بسبب التعرض للحرارة فقد قلت مقاومة الإنفلاق بمعدل (20%) مقارنة مع النماذج التي لم تتعرض للحرارة.

جدول (10) مقاومة الإنضغاط والإنفلاق للخرسانة الحاوية على الألياف الزجاجية مع وبدون تأثير الحرارة

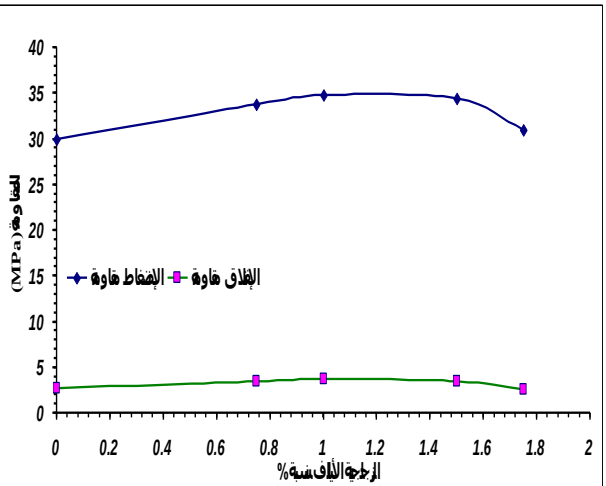
Normal concrete			Heated concrete	
Glass fiber %	fc´ (MPa)	ft (MPa)	fc´ (MPa)	ft (MPa)
0.00	30	2.62	25.3	2.2
0.75	33.8	3.42	29.47	2.69
1.00	34.8	3.7	30.5	2.81
1.50	34.35	3.5	29.56	2.8
1.75	31	2.5	24.18	2.18



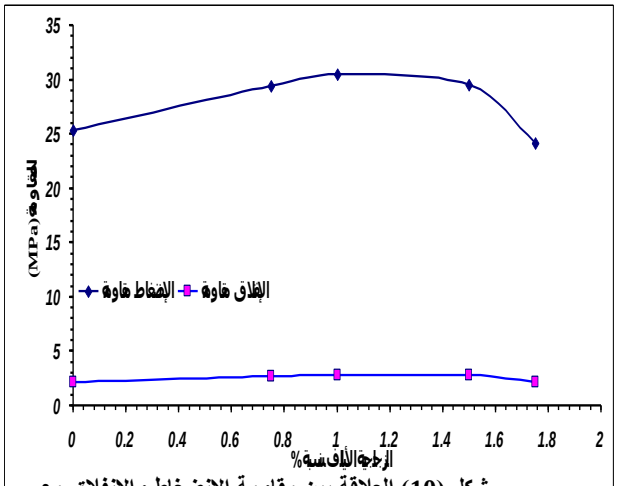
شكل (7) العلاقة بين مقاومة الإنضغاط والنسب المئوية للألياف الزجاجية للنماذج الإعتيادية والمعرضة للحرارة

شكل (8) العلاقة بين مقاومة الإنفلاق والنسب المئوية للألياف الزجاجية للنماذج الإعتيادية والمعرضة للحرارة

من خلال النتائج لوحظ ان مقاومة الشد هي بمعدل (9.5) % من مقاومة الانضغاط بالنسبة للنماذج الإعتيادية وبمعدل (11) % للنماذج المعرضة للحرارة وكما مبين في الشكلين (9) و (10).



شكل (9) العلاقة بين مقاومة الإنضغاط والإنفلاق مع النسب المئوية للألياف الزجاجية للنماذج الإعتيادية



شكل (10) العلاقة بين مقاومة الإنضغاط والإنفلاق مع النسب المئوية للألياف الزجاجية للنماذج المعرضة للحرارة

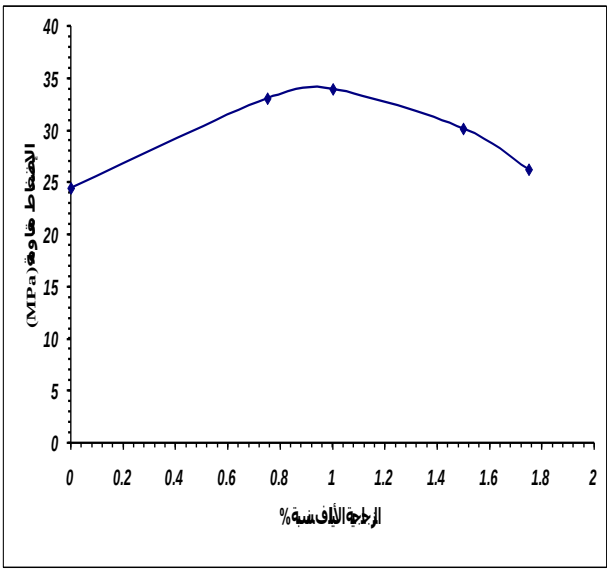
b- مونة الأسمنت :-

كما تم حساب مقاومة الإنضغاط لمونة الأسمنت وبنسب خلط (1أسمنت إلى 2.75 رمل ونسبة الماء إلى الأسمنت كانت 0.4) لمكعبات بأبعاد (50×50×50) ملم والحاوية على الألياف الزجاجية بنسب (0,0.75,1,1.5,1.75) % و النتائج موضحة في الجدول (11) والشكل (11). من الشكل (11) لوحظ زيادة مقاومة الانضغاط بنسبة (35,37,23، 8) % لنسب الألياف الزجاجية المضافة وقد بينت النتائج أن النسبة المثلى للألياف الزجاجية هي (1%).

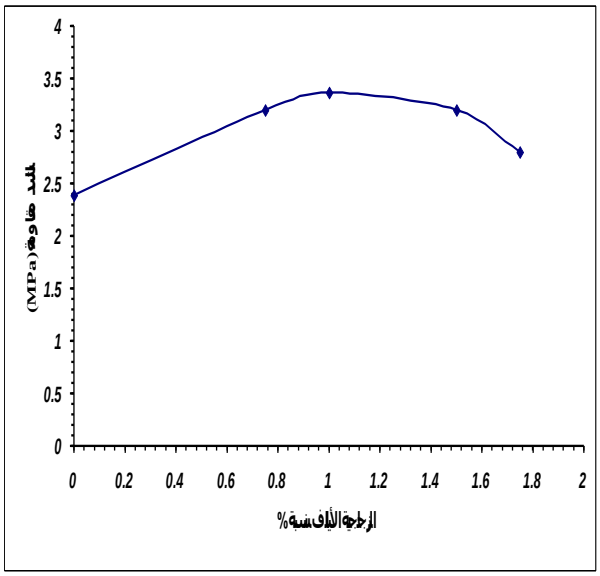
كما تم حساب مقاومة الشد لمونة الأسمنت بإستعمال براكيتات الشد والحاوية على الألياف الزجاجية بنسب (0,0.75,1,1.5,1.75) % وكانت النتائج كما في الجدول (11) والشكل (12). الشكل (12) يبين زيادة مقاومة الشد بنسبة (34,41,39,17) % لنسب الألياف المضافة وقد بينت النتائج أن النسبة المثلى للألياف الزجاجية المضافة هي (1%).

جدول (11) مقاومة الإنضغاط والشد لمونة الأسمنت الحاوية على الألياف الزجاجية

Mortar		
Glass fiber%	fc´ (MPa)	ft (MPa)
0.00	24.46	2.39
0.75	33.06	3.20
1.00	33.92	3.37
1.50	30.20	3.20
1.75	26.25	2.80



شكل (11) العلاقة بين مقاومة الإنضغاط مع النسب المئوية للألياف الزجاجية لمونة الأسمنت



شكل (12) العلاقة بين مقاومة الشد مع النسب المئوية للألياف الزجاجية لمونة الأسمنت

الإستنتاجات:-

من خلال النتائج التي تم الحصول عليها يمكن إستنتاج مايلي :-

1. زيادة مقاومة الإنضغاط للخرسانة مع زيادة نسب غبار السليكا المضافة لحد (15%) بينما قلت مقاومة الإنضغاط للنسبة (20%) للنماذج الإعتيادية والنماذج المعرضة للحرارة. كما أنه بسبب التعرض للحرارة فقد قلت مقاومة الإنضغاط بمعدل (9%) مقارنة مع النماذج التي لم تتعرض للحرارة .
2. زيادة مقاومة الإنفلاق للخرسانة مع زيادة نسب غبار السليكا المضافة لحد (15%) بينما قلت مقاومة الإنفلاق للنسبة (20%) للنماذج الإعتيادية والنماذج المعرضة للحرارة. كما أنه بسبب التعرض للحرارة فقد قلت مقاومة الإنفلاق بمعدل (21%) مقارنة مع النماذج التي لم تتعرض للحرارة.
3. إن مقاومة الإنفلاق للخرسانة المضاف إليها غبار السليكا هي بمعدل (8.5%) من مقاومة الإنضغاط بالنسبة للنماذج الخرسانية الإعتيادية وبمعدل (10%) للنماذج الخرسانية المعرضة للحرارة.
4. بالنسبة لمونة الأسمنت فقد زادت مقاومة الانضغاط بنسبة (60,112,134,78) % لنسب السليكا المضافة كما بينت النتائج ان النسبة المثلى لغبار السليكا المضافة هي بين (10,15) %.

5. بالنسبة لمونة الأسمنت فقد زادت مقاومة الشد بنسبة (54,92,112,73) % لنسب غبار السليكا المضافة وقد بينت النتائج أن النسبة المثلى لغبار السليكا هي بين (10,15) %.

6. زيادة مقاومة الإنضغاط للخرسانة مع زيادة نسب الألياف الزجاجية المضافة لحد (1%) بينما قلت مقاومة الإنضغاط للنسبتين (1.5,1.75) % في كلا الحالتين أي النماذج الإعتيادية والنماذج المعرضة للحرارة. كما إنه بسبب التعرض للحرارة فقد قلت مقاومة الإنضغاط بمعدل (15.5%) مقارنة مع النماذج التي لم تتعرض للحرارة.

7. زيادة مقاومة الإنفلاق للخرسانة مع زيادة نسب الألياف الزجاجية المضافة لحد (1%) بينما قلت مقاومة الإنفلاق للنسبتين (1.5,1.75) % في كلا الحالتين أي النماذج الإعتيادية والنماذج المعرضة للحرارة. كما إنه بسبب التعرض للحرارة فقد قلت مقاومة الإنفلاق بمعدل (20%) مقارنة مع النماذج التي لم تتعرض للحرارة.

8. إن مقاومة الشد للخرسانة المدعمة بالألياف الزجاجية هي بمعدل (9.5%) من مقاومة الإنضغاط بالنسبة للنماذج الخرسانية الإعتيادية وبمعدل (11%) للنماذج الخرسانية المعرضة للحرارة.

9. بالنسبة لمونة الأسمنت فقد زادت مقاومة الإنضغاط بنسبة (35,37,23، 8) % لنسب الألياف الزجاجية المضافة وقد بينت النتائج أن النسبة المثلى للألياف الزجاجية هي (1%).

10. بالنسبة لمونة الأسمنت فقد زادت مقاومة الشد بنسبة (34,41,39,17) % لنسب الألياف المضافة وقد بينت النتائج أن النسبة المثلى للألياف الزجاجية المضافة هي (1%).

11. من خلال مقارنة نتائج البحث الحالي مع البحوث الاخرى لوحظ وجود نوع من التقارب في النتائج فمثلا ً البحث الذي أجراه الباحثان (Chung&Yunsheng) [5] حول تأثير إضافة غبار السليكا إلى عجينة الأسمنت لوحظ أن أفضل نسبة إضافة هي (15%) من وزن الأسمنت وفي البحث الحالي كانت النسبة المثلى بين (10و15)% من وزن الأسمنت، أيضا ًبالنسبة للألياف الزجاجية ففي دراسة أجريت في جامعة (Andhra Pradesh) الهندية [8] بواسطة عدد من الباحثين كانت النتائج أن إضافة الألياف الزجاجية يقلل النزيف في الخرسانة الطرية ويقلل إحتمال ظهور التشققات ويزيد مقاومة الإنضغاط وفي البحث الحالي لوحظ زيادة مقاومة الإنضغاط للخرسانة مع زيادة نسب الألياف الزجاجية المضافة ولكن لحد (1%).

المصادر :-

1. Abdul Rahman,R.B. ,"Effect of Elevated Temperature on Some Properties of Air – Entrained Steel-Fibers Reinforced Concrete", Thesis, University of Mosul ,2007.

2. ACI – Committee234, " Guide for the Use of Silica Fume in Concrete " , (ACI 234R-06) American Concrete Institute, April, 2006, pp.1-3.

3. Arnon Chaipanich, " Silica Fume: Its Role in Cement and Concrete Technology " , Department of Physics, Chiang Mai University, Thailand.

4. Malhotra, V. M. and P. K. Mehta 1996. Pozzolanic and cementitious materials. Advances in Concrete Technology, Gordon and Breach Publishers, Vol 1.

5. Yunsheng Xu and Chung , " Cement of high specific heat and thermal conductivity, obtained by using silane and silica fume as admixtures ", Department of Mechanical and Aerospace Engineering, State University of New York at Buffalo, April 2000, PP 1175-1178.

6. Yilmaz Kocak, " A study on the effecy of fly ash and silica fume substituted cement paste and mortar ", Department of Construction Education , Faculty of Technical Education, Duzce University, April 2010, pp. 990-998.

7. Wallace Neal, " Glass fiber reinforced concrete (GFRC), A new composite for construction ", Construction Specification Institute, Minneapolis University.

8. Chandramouli, Srinivasa Rao, Pannirselvam, Seshadri Sekhar, Sravana, " Study on Strength and Durability Characteristics of Glass Fiber concrete ", International Journal of Mechanics and Solids, ISSN 0973-1881 Volume 5, Number 1 (2010), pp.15-26.

9. Srinivasa Rao, Seshadri Sekhar, " Impact Strength and Workability Behaviour of Glass Fiber Self Compacting Concrete ", International Journal of Mechanics and Solids, ISSN 0973-1881 Volume 3, Number 1 (2008), pp.61-74.

10. Li,M., Qian, C and Sun, W., "Mechanical Properties of high strength concrete after fire " , Cement and Concrete Research ,Vol. 34, 2004, pp.1001-1005.

11. British Standards Institute, B.S 882-1992 " Aggregates from Natural Sources for Concrete ".

12. Mohamedbhai ,G.T.G., " Effecte of Exposure time and Rates of Heating and Cooling on Residual Strength of Heated Concrete ", Magazine of Concrete research,Vol. 8, No. 136, September 1986, pp.151-158.

تم اجراء البحث في كلية الهندسة = جامعة ألموصل