LJAST
Libyan Journal of Applied Science and Technology
مجلة ليبيا للعلوم التطبيقية والتقنية

Volume 12 Issue 02
December 2024
ISSN 2958-6119

دراسة تأثير درجة حرارة الماء على خواص المونة الإسمنتية الطرية والصلبة في المناطق ذات المناخ الحار

حمزة محمد المدني[1*] ، عبدالرؤوف محمد أبوذينة[2*]، عبدالمطلب عبدالعزيز يخلف[3*]
* قسم الهندسة المدنية، جامعة الزيتونة، ترهونة، ليبيا
h.eesa@azu.edu.ly[1], raouf36@gmail.com[2], aayali@azu.edu.ly[3]

الملخص

الماء هو أحد أهم مكونات المونة الأسمنتية وله تأثير مباشر على أداء المونة الأسمنتية، بالإضافة إلى دوره المهم في تفاعلات الإماهة مع المركبات الرئيسية للأسمنت. يهدف هذا البحث إلى تقييم تأثير درجة حرارة الماء على أداء المونة الإسمنتية الطرية والمتصلبة في المناطق ذات المناخ الحار. لهذا الغرض، تم إعداد أربع خلطات مختلفة من المونة الأسمنتية باستخدام أربع درجات حرارة لمياه الخلط وهي (30 درجة مئوية، 42 درجة مئوية، 49 درجة مئوية، و67.2 درجة مئوية). تضمنت الاختبارات التي أجريت على المونة الإسمنتية الطرية قياس درجة حرارة الخليط وتحديد القوام باستخدام جهاز الانسيابية وقياس قوة الضغط لمكعبات المونة الأسمنتية المتصلبة (50 مم) بعد 7 و28 يومًا من المعالجة بالماء. أظهرت النتائج تأثيرًا كبيرًا لدرجة حرارة الماء على أداء المونة الأسمنتية الطرية، حيث تأثر القوام بشكل ملحوظ بزيادة درجة حرارة الماء، كما أن المونة الإسمنتية المتصلبة لوحظ عليها تذبذب في مقدار مقاومتها للضغط مع زيادة درجة حرارة الخلطة.

الكلمات المفتاحية: الإسمنت، ماء الخلط، المونة الإسمنتية، مقاومة الضغط

Abstract

Water is one of the most important components in cement mortar and has a direct influence on the performance of cement mortar, in addition to its significant role in the hydration reactions with the main compounds of cement. This research aims to evaluate the effect of water temperature on fresh and hardened mortar in hot climate regions. For this purpose, four different cement mortar mixes were prepared using four mixing water temperatures namely (30°C, 42°C, 49°C, and 67.2°C). Tests conducted on fresh cement mortar included measuring the mixture temperature, determining the consistency using a Rheology device, and measuring the compressive strength of hardened cement mortar cubes(50mm) after 7 and 28 days of water curing. The results demonstrated a significant impact of water temperature on the performance of fresh cement mortar, with consistency notably affected by increasing water temperature, and fluctuation in the compressive strength of hardened cement mortar were observed as mixture temperature increased.

‹**Keywords**: Cement, mixing water, cement mortar, compressive strength

1. المقدمة:

المونة الإسمنتية تتكون من الركام الناعم والإسمنت والماء، وهي من أكثر مواد البناء استخداما، حيث تدخل في عمليات الربط بين وحدات البناء واللياسة والتكسية، وكذلك تستخدم في عمليات الترميم مثل إغلاق الفواصل والتشققات الخرسانية. العجينة الإسمنتية الناتجة من خلط الماء مع الإسمنت هي المسؤولة عن صلابة المونة الإسمنتية، وللحصول على خلطة اقتصادية يتم إدخال الركام الناعم أثناء عملية الخلط وظيفته ملء الفراغات بين جزيئات العجينة الإسمنتية. عند إضافة الماء إلى الخلطة الإسمنتية يتفاعل مع مركبات الإسمنت الرئيسية الأربعة، وهي سيليكات ثلاثي الكالسيوم (C3S)، سيليكات ثنائي الكالسيوم (C2S)، ألومينات ثلاثي الكالسيوم (C3A)، وألومنيات رباعي حديد الكالسيوم(C4AF) في عملية كيميائية معقدة تسمى الإماهة، والتي ينتج عنها جل متصلب بالإضافة إلى انبعاث حراري كناتج من نواتج هذا التفاعل الكيميائي. حرارة الخلطة الإسمنتية تشير إلى قوة وسرعة التفاعل الكيميائي، الأمر الذي يؤدي إلى مونة إسمنتية متصلبة تمتاز بالمتانة والقدرة على مقاومة الضغط. وتجدر الإشارة إلى أن عملية الخلط في الأجواء الباردة ينتج عنها انخفاض في درجة حرارة الخلطة مما يؤثر سلباً على ناتج المونة الإسمنتية المتصلبة، ولهذا نلجأ

Copyright © LJAST
حقوق الطبع محفوظة
لمجلة ليبيا للعلوم التطبيقية والتقنية

في بعض الأحيان لرفع درجة حرارة مواد الخلطة حتى يتم تعويض الفاقد في حرارة الخليط. وعلى العكس من ذلك فإن ارتفاع درجة حرارة مواد الخلطة بسبب الأجواء الحارة تسبب في زيادة التبخر وامتصاص الركام لجزء من ماء الخلط وبالتالي عدم اكتمال عملية الإماهة مما يؤدي إلى انخفاض في قوام الخلطة الطرية وظهور تشققات على سطح المونة الصلبة ونقص ملحوظ في مقاومتها للضغط، وبناءً على ذلك يتم اللجوء أحياناً إلى تبريد مواد الخلطة الإسمنتية للتقليل من عملية التبخر بخليط منخفض الحرارة [14,12].

على الرغم من تنوع الدراسات التي أجريت في مجال المونة الإسمنتية، إلا أن مدى تأثير درجة حرارة الماء على أداء المونة الإسمنتية الطرية والمتصلبة في المناطق ذات المناخ الحار لم يتم التحقيق فيه بشكل شامل وبالتالي فإن الغرض الرئيسي من هذه الدراسة هو الحصول على فهم أفضل لتأثير درجة حرارة الماء على أداء المونة الإسمنتية الطرية والمتصلبة في المناطق ذات الطقس الحار مثل دولة ليبيا. حيث أن درجة حرارة المياه في الخزانات المصنوعة من الحديد خلال منتصف النهار في أشهر الصيف تصل إلى ما يزيد عن 45ºم، ولذلك من الضروري مراعاة أنه من الصعب الحصول على مياه بدرجة حرارة منخفضة إلا من خلال محطة خلط مركزية للخرسانة تحتوي على مبرد لمياه الخلط.

2.الدراسات السابقة

المناخ الحار هو مجموعة من الظروف البيئية مثل ارتفاع درجة الحرارة وانخفاض الرطوبة النسبية وسرعة الرياح العالية بالإضافة إلى الإشعاع الشمسي. حيث أن المناخ الحار يؤثر على جودة الخرسانة الطرية والمتصلبة من خلال تعزيز معدل الإماهة للإسمنت وفقدان الرطوبة [8]. ستيفن واخرون في دراستهم وجدوا أن أفضل درجة حرارة ملائمة للخرسانة الطرية تتراوح بين (10ºم و15ºم) [10]. وعلاوة على ذلك، من أجل الأخذ في الاعتبار الطقس الحار وتأثيره على المونة الأسمنتية، توصي المعايير والمواصفات الأمريكية (ASTM: C109M-23) بالحفاظ على درجة حرارة الهواء في محيط الخلط ووعاء الخلط عند (23ºم±3ºم) ويجب ضبط درجة حرارة ماء الخلط عند (23ºم±2ºم) [2].

العديد من الدراسات السابقة بحثت في تأثير رفع درجة حرارة الماء على خواص الخرسانة الطرية والمتصلبة، وتشير أغلب النتائج إلى أن رفع درجة حرارة الخلطة بسبب ارتفاع درجة حرارة الماء يكسب الخرسانة قوة مبكرة عالية إلا أن مقاومتها للضغط بعد 28 يوماً تتأثر بشكل كبير. درس مادي مجدي وآخرون "تأثير درجة حرارة الماء على جودة خرسانة الإسمنت البورتلاندي" (2017) [9]، وقد استنتجوا أنه عند إضافة الماء الساخن بدرجة حرارة 45ºم إلى مكونات الخلطة الخرسانية في أجواء بدرجة حرارة 23ºم يؤدي إلى مقاومة مبكرة في الأسبوع الأول بمقدار 6 ميغابسكال زيادةً عن الخلطة التي تحتوي على ماء بدرجة حرارة 5ºم. وعلى العكس من ذلك فقد أظهرت النتائج أن مقاومة الضغط المتأخرة بعد 28 يوماً سجلت ارتفاع بمقدار 4 ميغابسكال للخرسانة المحتوية على ماء بدرجة حرارة 5ºم عن الخرسانة المحتوية على ماء بدرجة حرارة 45ºم. وفي دراسة أخرى قدم شاهين إسكندر (2018) [7] نتائج بحث تجريبي أجري لتحديد تأثير حرارة ماء الخلط على خواص خرسانة الإسمنت عالي الأداء، وخلص إلى أن درجة حرارة الماء المثالية التي تعطي أعلى مقاومة ضغط بعد 7 أيام تصل إلى 23 ميغابسكال هي في حدود من 45 إلى 55ºم، بينما أدت درجات الحرارة التي تزيد عن هذه الحدود إلى انخفاض في مقاومة الضغط وزيادة في مقدار الهبوط ونزيف أكبر وانفصال حبيبي.

في دراسات سابقة قام بها العديد من الباحثين في مراكز بحثية مختلفة يظهر معامل المرونة للمونة الإسمنتية انخفاضاً عند ارتفاع درجات الحرارة، ويكون أكثر حساسية للحرارة من قوة الضغط ويفقد أكثر من 50% من قيمته الأصلية عند 500 درجة مئوية -10] [8. بجانب الحد الأقصى لدرجة الحرارة، تدخل عوامل أخرى في الاعتبار، مثل الصدمة الحرارية، في كل من مرحلتي التسخين والتبريد، ومعدل التسخين ومدته. ومع ذلك، فإن معدل التسخين له تأثيرات لا تذكر على قوة الضغط المتبقية ومعامل المرونة للمونة الإسمنتية[7] .

3. منهجية العمل

لتحقيق أهداف الدراسة تم تحضير أربعة خلطات مونة أسمنتية باستخدام درجات حرارة مختلفة لمياه الخلط وهي: 30، 42، 49 و67.2 درجة مئوية، جميع الخلطات كانت بكميات خلط ثابتة وفق المواصفات الأمريكية (ASTM: C109M–23) [2]. يغطي مخطط البرنامج العملي في هذه الدراسة العديد من الاختبارات الخاصة بمواد الخلط والمونة الإسمنتية الطرية والمتصلبة بهدف تقديم

Copyright © LJAST
حقوق الطبع محفوظة
لمجلة ليبيا للعلوم التطبيقية والتقنية

توصيات في صناعة المونة الإسمنتية والتحكم في درجة حرارة ماء الخلط للوصول إلى أفضل أداء للمونة الإسمنتية سواء الطرية أو المتصلبة.

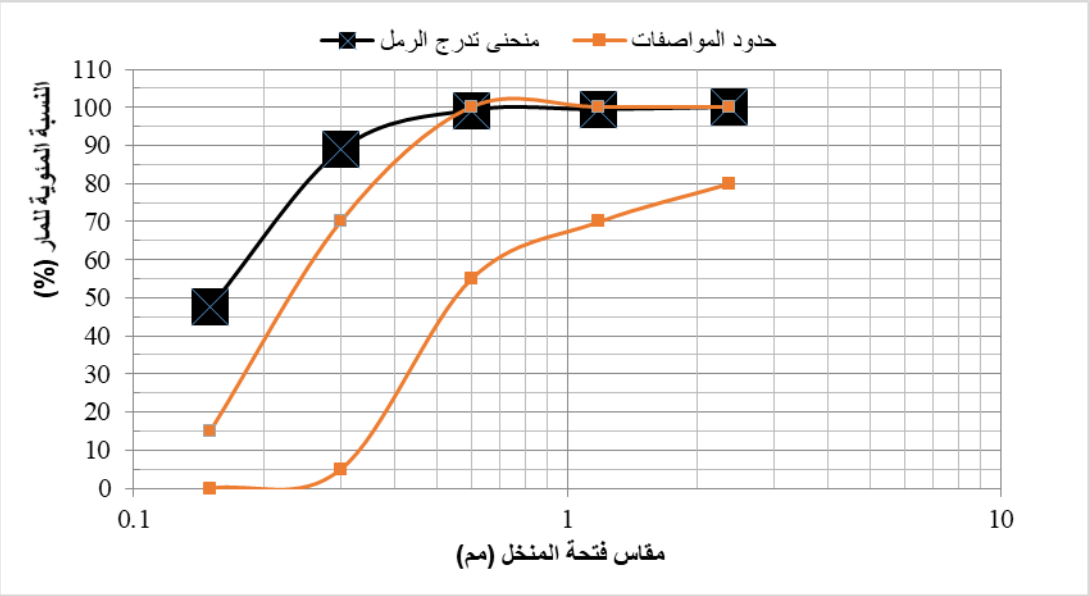
1.3 خواص المواد

الأسمنت المستخدم في هذه الدراسة هو أسمنت بورتلاندي عادي (Type I) مطابق للمواصفات القياسية الليبية رقم (340/1997م) [16]، والأسمنت من إنتاج مصنع سوق الخميس التابع للشركة الأهلية للإسمنت، مقدار فقد الوزن عند الحرق (L.O.I) سجل 2.56%، الجدول رقم (1) يوضح التركيب الكيميائي لمسحوق الإسمنت. تم توريد الركام الناعم من محاجر مدينة زليتن حيث يتميز بخلوه من الشوائب والمواد العضوية، وأجري عليه اختبار التحليل المنخلي، حيث كان ناقصاً من حيث التدرج الحبيبي للمناخل (0.15 و0.3مم) طبقاً للمواصفات البريطانية رقم (BS882-92) [6]، يوضح الشكل رقم (1) منحنى التدرج الحبيبي للركام الناعم. الماء المستخدم في الخلط صالح للشرب تم توريده من أحد معامل تحلية مياه الشرب (مصنع الواحة)، أظهرت الاختبارات الكيميائية أنه ضمن حدود المواصفات الليبية رقم (L.S 294/88) [15] الخاصة بالمياه المستخدمة في الخلطات الإسمنتية، الجدول رقم (2) يوضح نتائج التحليل الكيميائي للماء المستخدم في هذه الدراسة.

جدول 1: التركيب الكيميائي للإسمنت

مركبات الأكاسيد للإسمنت	(%)	المواصفات الليبية رقم (340 لسنة 1997م)
الكالسيوم (CaO)	63.95	-
السيليكا (SiO2)	20.07	-
الألمونيوم (AL2O3)	3.05	-
الحديد (Fe2O3)	3.2	-
الماغنيسوم (MgO)	3	%5.0<
الكبريتات (SO3)	2.21	%2.5<
مركبات الاسمنت الأساسية	**(%)**	
سيليكات ثلاثي الكالسيوم (C3S)	72.98	
سيليكات ثنائي الكالسيوم (C2S)	2.48	
ألومينات ثلاثي الكالسيوم (C3A)	2.67	
ألومنيات حديدي رباعي الكالسيوم(C4AF)	9.74	

Copyright © LJAST
حقوق الطبع محفوظة
لمجلة ليبيا للعلوم التطبيقية والتقنية



شكل 1: منحنى التدرج الحبيبي للرمل

جدول 2: التركيب الكيميائي للماء المستخدم في هذه الدراسة

اسم الاختبار	الكمية داخل الماء (مليجرام/لتر)	الحد الأقصى المسموح به (مليجرام/لتر)- حسب المواصفات القياسية الليبية (294-1988م)
الأملاح الذائبة عند درجة (105م°) (T.D.S)	100	2000
الكلوريدات(CL)	12.7	500
الأس الهيدروجيني(PH)	7.3	6-8

مجلة ليبيا للعلوم التطبيقية والتقنية

2.3 تجهيز العينات:

عملية خلط العينات وصبها داخل القوالب الحديدية تمت وفق المواصفات الأمريكية الخاصة بطريقة اختبار مقاومة الضغط للمونة الإسمنتية (ASTM: C109M–23) [2]. نسب الخلط ثابتة لجميع العينات (1:0.73:2.75) لوزن الإسمنت، الرمل والماء على الترتيب. سجلت درجة حرارة الغرفة أثناء تجهيز العينات 29ºم. تم تجهيز أربع خلطات من المونة الإسمنتية بعد عملية خلط مواد الإسمنت والرمل لمدة دقيقتين خلطاً جافاً باستخدام خلاط كهربائي، يلي ذلك إضافة الماء الساخن بدرجات حرارة مختلفة 30، 42، 49 و67.2 درجة مئوية ومن ثم تخلط مكونات المونة الطرية لمدة دقيقتين. سجلت درجة حرارة الخلطة لجميع عينات المونة الإسمنتية الطازجة قبل صبها ودمكها على طبقتين داخل مكعبات مقاس (50×50×50 ملم). يوضح الجدول رقم (3) تفاصيل خلطات المونة الإسمنتية. بعد مرور 24 ساعة على تسوية سطح عينات المونة الإسمنتية الطرية تم الاحتفاظ بعدد 6 مكعبات من المونة الأسمنتية الصلبة لكل خلطة داخل حوض ماء بدرجة حرارة تتراوح ما بين 18 إلى 24ºم ولمدة فترتين من المعالجة وهي 7 أيام و28 يوماً.

جدول 3: تفاصيل كميات الخلط للمونة الإسمنتية

رقم الخلطة	درجة حرارة الماء	درجة حرارة الخلطة	وزن الإسمنت (جم)	وزن الماء (جم)	وزن الركام (جم)
M1	30ºم	32ºم	740	540	2035

Copyright © LJAST
حقوق الطبع محفوظة
لمجلة ليبيا للعلوم التطبيقية والتقنية

M2	42م°	37م°	740	540	2035
M3	49م°	40م°	740	540	2035
M4	67.2م°	47م°	740	540	2035

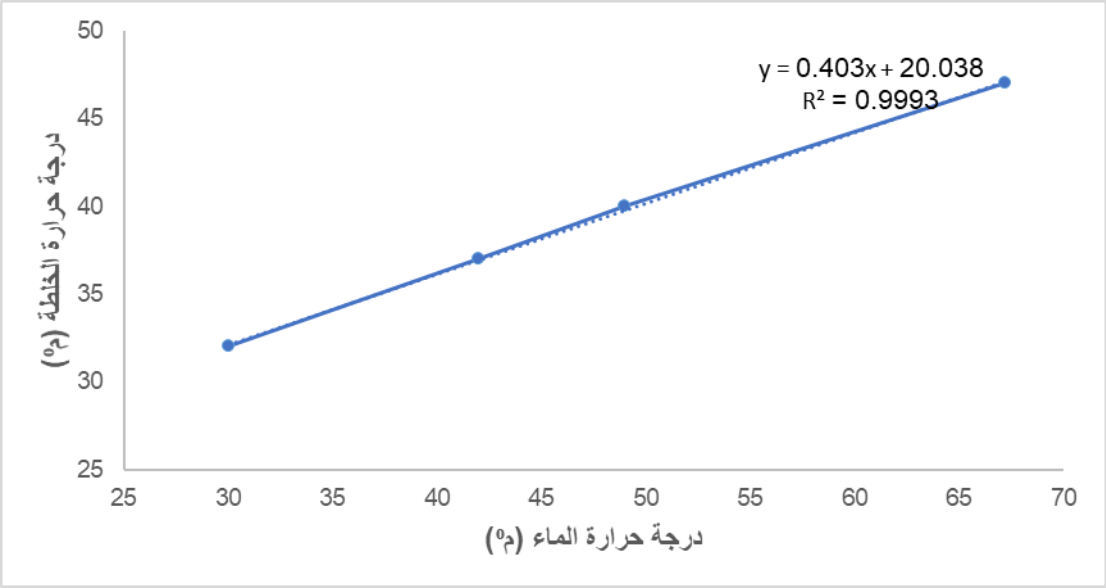
3.3 الاختبارات:

اختبار درجة الحرارة تم باستخدام مقياس حرارة إلكتروني، وقد سجلت درجة حرارة الماء بعد التسخين مباشرة، أما درجة حرارة الخلطة المسجلة فهي بعد دقيقة من انتهاء خلط المونة الطازجة. قوام المونة الإسمنتية الطرية تم قياسه باستخدام جهاز الانسياب عن طريق حساب نسبة قطر انسياب المونة الطازجة بعد تعرضها لاهتزاز ترددي على قطر قالب المونة الطازجة قبل الاهتزاز، علماً بأن قطر الانسياب يأخذ من متوسط أربع قراءات وذلك وفق طريقة المواصفات الأمريكية (ASTM: C109M–23) [2]. في اختبار مقاومة الضغط للمونة الإسمنتية الصلبة تم تكسير عدد ثلاث مكعبات لكل عينة اختبار وأخذ المتوسط لجميع فترات المعالجة المذكورة سابقاً، حيث انهارت جميع العينات عند أقصى حمل في مدة زمنية تتراوح ما بين 20 إلى 80 ثانية وكانت سرعة التحميل ثابتة قدرها (2.4 كيلونيوتن/الثانية) وذلك وفق المواصفات الأمريكية (ASTM: C109M–23) [5].

4. النتائج:

1.4 تأثير حرارة الماء على حرارة الخلطة:

الزيادة في درجة حرارة الماء إلى غاية 32م° يؤدي إلى رفع درجة حرارة الخلطة بمقدار أعلى من مقدار حرارة الماء، وخلافاً لذلك فإن زيادة حرارة الماء بدرجات حرارة أعلى من 33م° تؤدي إلى انخفاض في حرارة الخلطة بمعدل ثابت تقريباً لكل 10 درجات ارتفاع في حرارة الماء يقابله ارتفاع 4 درجات في حرارة الخلطة، وهذا ما يفسر بوضوح أن العلاقة بين حرارة الماء وحرارة الخلطة هي علاقة طردية قوية حيث بلغ معامل التحديد (R^2) 99.9%، حيث يمكن تقدير درجة حرارة الخلطة بمعلومية درجة حرارة الماء عن طريق استخدام معادلة الخط المستقيم الموضحة بالشكل رقم (2).



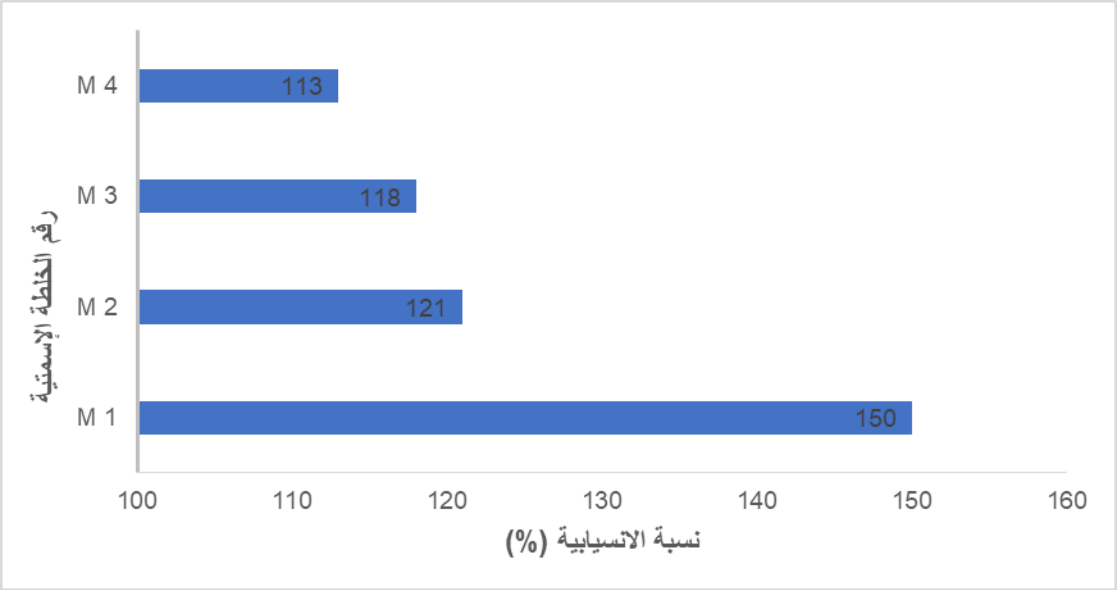
شكل 2: تأثير حرارة الماء على حرارة المونة الإسمنتية

2.4 نتائج المونة الإسمنتية الطرية:

قوام المونة الإسمنتية الطرية تم تحديده عن طريق جهاز الانسيابية، حيث تبين نتائج الاختبار أنه مع زيادة درجة حرارة ماء الخلط تنخفض درجة قوام المونة الإسمنتية بشكل ملحوظ من قوام رخو قدره 150% عند حرارة ماء 30م° إلى قوام مبتل بنسبة انسياب

Copyright © LJAST
حقوق الطبع محفوظة
لمجلة ليبيا للعلوم التطبيقية والتقنية

118% عند إضافة ماء بدرجة حرارة 49ºم، وعلى العكس من ذلك فإن نتائج دراسة سابقة تبحث في "تأثير درجة حرارة الماء على جودة خرسانة الإسمنت البورتلاندي"(2017) [9] أظهرت أن رفع درجة حرارة الماء من 30ºم إلى 45ºم غالباً لا يؤثر في درجة القوام للخلطة الإسمنتية الطرية حيث تسجل الخلطات نفس مقدار الهبوط. إن ارتفاع درجة حرارة الخلطة يؤدي إلى زيادة معدل التبخر السطحي، ونتيجة لذلك يحدث فقد جزئي لماء الخلط مسبباً انخفاض في قوام المونة الإسمنتية الطازجة.



شكل 3: تأثير حرارة الماء على قوام المونة الإسمنتية

3.4 نتائج المونة الإسمنتية الصلبة:

كمية مركب سيليكات ثلاثي الكالسيوم (C3S) الموضحة في نتائج التحليل الكيميائي للإسمنت كان لها تأثير على نواتج عملية الإماهة بين الماء ومركبات الإسمنت الرئيسية، وحيث أن المركبين المسؤولين عن الحرارة المنبعثة أثناء عملية الخلط هما ألومينات ثلاثي الكالسيوم وسيليكات ثلاثي الكالسيوم [17] وبالتالي فإن رفع درجة حرارة الخلطة بسبب رفع درجة حرارة الماء مع وجود كمية مرتفعة لمركب (C3S) سيعمل كل ذلك على زيادة معدل تفاعل الإماهة، وبالنظر إلى نتائج اختبار مقاومة الضغط فإننا نلاحظ الاتي:

1- وصول مقاومة الضغط بعد 7 أيام من المعالجة لجميع عينات المونة الإسمنتية لأكثر من 60% من مقاومتها للضغط بعد 28 يوم من المعالجة وهذا يدل على أنه عند رفع درجة حرارة الخلطة تتحصل على مقاومة ضغط مبكرة مرتفعة.

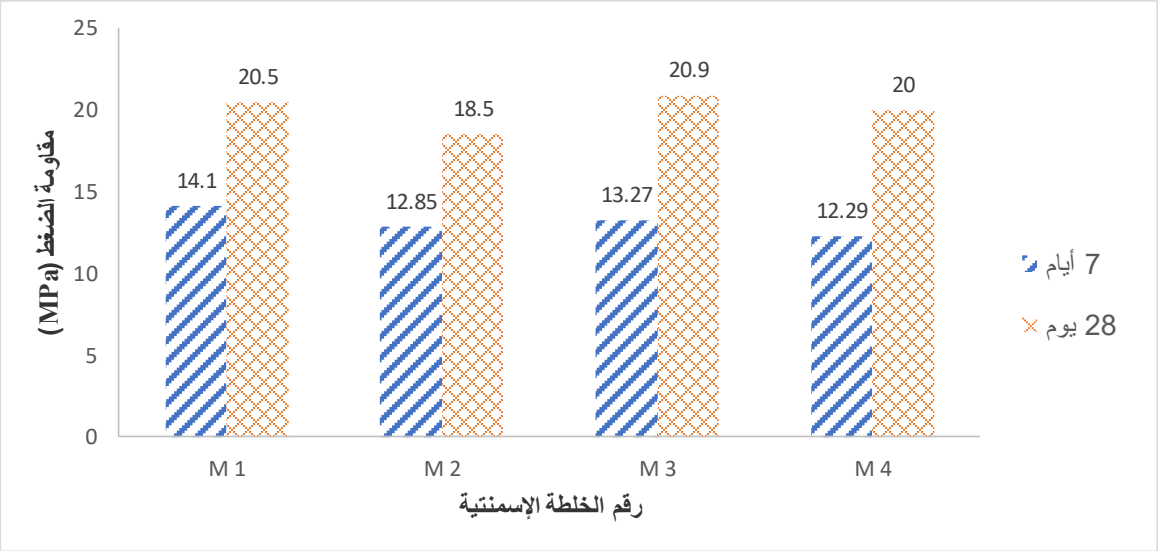
2- مقاومة الضغط المتأخرة بعد 28 يوم من المعالجة ازدادت بمعدلات 45% ، 57% و63% للخلطات ذات الحرارة 32ºم ، 40ºم و47ºم على الترتيب.

3- عند الخلطة ذات الحرارة 37ºم يلاحظ أنه لم تزد مقاومة الضغط بعد 28 يوم سوى 43% عن مقاومتها عند 7 أيام.

4- يتضح من خلال نتائج اختبار مقاومة الضغط أن جميع العينات التي تم اختبارها مع اختلاف درجات حرارتها أثناء الخلط قد حققت مقاومة ضغط متقاربة ولا يوجد بينها فارق يتجاوز 2 ميقابسكال، وذلك بعد 7 أيام و28 يوم من المعالجة.

Copyright © LJAST
حقوق الطبع محفوظة
لمجلة ليبيا للعلوم التطبيقية والتقنية

5- 14.1 ميقابسكال هي أعلى مقاومة ضغط بعد 7 أيام للخلطة الأولى (M1) بدرجة حرارة 32°م، بينما كانت أعلى مقاومة ضغط بعد 28 يوم للخلطة (M3) بدرجة حرارة 40°م والتي سجلت 20.9 ميقابسكال.



شكل 4: تأثير حرارة الخلطة على مقاومة الضغط للمونة الصلبة

5. الاستنتاجات:

من خلال النتائج التي تم الحصول عليها من اختبارات معملية دقيقة وتحليلها ومناقشتها بتوسع يمكن تلخيص الاستنتاجات كما يلي:

- تنخفض درجة حرارة الخلطة بأقل من درجة حرارة الماء عند تسخين الماء بدرجات حرارة أكبر من 33°م.
- للحصول على مونة أسمنتية بقوام رخو يُحقق انسيابية مرتفعة يجب ألا تزيد درجة حرارة ماء الخلط عن 30°م.
- رفع درجة حرارة الماء من 30°م إلى 49°م ليس له تأثير يذكر على مقاومة ضغط المونة الصلبة ولكن لوحظ نقص في المقاومة عند أدخال ماء خلط بحرارة في حدود 42°م.

6. التوصيات:

يوصي الباحثين بمواصلة البحث في النقاط التالية:

- أجراء المزيد من الاختبارات على عينات أخري من الأسمنت المتوفر في السوق الليبي وفق درجات حرارة مختلفة.
- أجراء اختبارات للمونة الأسمنتية الطرية والصلبة عند تبريد ماء الخلط بدرجات حرارة أقل من 30°م.
- فحص زمن الشك للإسمنت بعد تسخين ماء الخلط بدرجات حرارة مشابهة للدرجات المستخدمة في هذه الدراسة.
- دراسة تأثير حرارة الركام الناعم على خواص المونة الإسمنتية الطرية والمتصلبة.

الشكر والتقدير

يتقدم الباحثون بجزيل الشكر إلى المهندس محمد عوض أبوظاهر مدير معمل ضبط الجودة بالشركة المغاربية للصناعات الخرسانية على تعاونه المثمر، وكذلك الشكر موصول إلى مهندسي مراقبة الجودة داخل معمل الاختبارات بمصنع المرقب للإسمنت حسن معاملتهم، ولا يفوتنا أن نتقدم بجزيل الشكر والعرفان إلى رئيس قسم الهندسة المدنية بكلية الهندسة/ بجامعة المرقب الدكتور عماد الغويل على تعاونه معنا.

Copyright © LJAST
حقوق الطبع محفوظة
لمجلة ليبيا للعلوم التطبيقية والتقنية

المراجع:

1- Al-Sibahy, A, Edwards, R (2013) Behavior of masonry wallets made from a new concrete formulation under combination of axial compression load and heat exposure: experimental approach, Engineering Structures, 48, pp. 193-204.

2- American Society for Testing and Materials. Committee C109 on Cement. (2021). Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (using 2-in. Or [50 mm] Cube Specimens). ASTM International.

3- Andreini, M, De Falco, A, Sassu, M (2014), Stress-strain curves for masonry materials exposed to fire action, Fire Safety Journal, 69, pp. 43-56.

4- ASTM C150-07, (2007): "Standard Specification for Portland Cement". ASTM, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428-2959, USA

5- ASTM C305-91, (1991): "Standard practice for mechanical mixing of hydraulic cement pastes and mortars of plastic consistency". ASTM, 1916 Race St., Philadelphia, PA 19103, USA.

6- BS 882, (1992) "Specification for aggregates from natural sources for concrete". British Standards Institution, 389 Chiswik high road, London, W4 4AL, UK.

7- Cülfik, MS, Özturan T (2002) Effect of elevated temperatures on the residual mechanical properties of high-performance mortar, Cement and Concrete Research, 32(5), pp. 809-816.

8- Farmington Hills, F., 2010. Guide to Hot Weather Concreting. American Concreting Institute, ACI Committee 305R-10, MI, 23

9- M. Magdi, R. Norhan, N. Ahmed, Z. Fady, M. maha, A. Sherif, H. Ahmed, E. Elnahas and Abou-zeid Mohamed "The impact of mixing water temperature on Portland cement concrete quality", Canadian Society for Civil Engineering (CSCE) (2017), PP.552-1 to 552-9.

10- Mindess, S., Young, J.F., 1981. Concrete, Cement and Concrete Research, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, NJ 07632, 11(4), 671

Copyright © LJAST

حقوق الطبع محفوظة
لمجلة ليبيا للعلوم التطبيقية والتقنية

11- Nguyen, ThD, Meftah, F (2013) Behaviour of hollow clay brick masonry walls during fire. Part 2: 3D finite element modeling and spalling assessment, Fire Safety Journal, 66, pp. 35-45.

12- Saeed Masoumi, Davoud Ebrahimi, Hamid Valipour, Mohammad Javad Abdolhosseini Qomi, Nanolayered attributes of calcium-silicate-hydrate gels, J. Am. Ceram. Soc. 103 (1) (2020) 541–557, https://doi.org/ 10.1111/jace:v103.110.1111/jace:16750

13- Shahin Eskandarsefat "Investigation on the effects of mix water temperature on High-Early Strength cement concrete properties – An experimental work and a case study", ELSEVIER, Journal of Building Engineering 20 (2018) PP.208-212.

14- S. Rahimi-Aghdam, Z.P. Baz˘ant, M.J. Abdolhosseini Qomi, Cement hydration from hours to centuries controlled by diffusion through barrier shells of C-SH, J. Mech. Phys. Solids. 99 (2017) 211–224, https://doi.org/10.1016/j. Jmps.2016.10.010

15- المواصفات القياسية الليبية رقم 294 لسنة (1988 ف) الخاصة بالمياه المستعملة في الخرسانة، المركز الوطني للمواصفات والمعايير القياسية- طرابلس.

16- المواصفات القياسية الليبية رقم 340 لسنة (1997 ف) الخاصة بالإسمنت البورتلاندي، المركز الوطني للمواصفات والمعايير القياسية- طرابلس.

17- محمود إمام، محمد أمين (2007)، "خواص المواد واختبارها" دار الكتب-القاهرة.

مجلة ليبيا للعلوم التطبيقية والتقنية

Copyright © LJAST
حقوق الطبع محفوظة
لمجلة ليبيا للعلوم التطبيقية والتقنية