Journal of Alasmarya University: Basic and Applied Sciences
Vol. 6, No. 5, December 2021, Special Issue for Forth Conference on Engineering Science and Technology (CEST-2021)
مجلة الجامعة الأسمرية: العلوم الأساسية والتطبيقية
المجلد 6 ،العدد 5، ديسمبر 2021، عدد خاص بالمؤتمر الرابع للعلوم الهندسية والتقنية (CEST-2021)

تأثير إضافة الميكرو والنانو سيليكا على خواص المونة الإسمنتية

رمضان محمد البتي[1,*]، مختار معمر أبوراوي[2]، الأمين صالح اسريح[3]

[1,*] قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة، الجامعة الأسمرية، زليتن، ليبيا، *eng90ramadan@gmail.com*

[2] قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة، جامعة المرقب، الخمس، ليبيا، *aburawi2050@yahoo.com*

[3] قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة، جامعة المرقب، الخمس، ليبيا، *lssryh@elmergib.edu.ly*

الملخص

النانو سيليكا مادة ناعمة جدا وعالية التفاعل وهي من المواد البوزلانية، ويمكن استخدامها كمادة مضافة للإسمنت البورتلاندي العادي لصناعة المونة الإسمنتية ودلك لغرض تحسين بعض الخصائص حيث تم استيراد مادة النانو سيليكا والميكرو سيليكا وذلك لإجراء الاختبارات عليها، وتمت إضافة النانو سيليكا إلي الإسمنت بعدة طرق منها على سبيل المثال: طريقة الخلط العادي والخلط مع الماء والخلط بالطحن، تم إجراء الاختبارات بالطرق السابقة وكانت أفضل طريقة هي الخلط بالطحن، هناك طرق احدث للخلط ولكن لقلة وجود الاجهزة الحديثة استخدمنا طريقة الخلط بالطحن، في هذه الدراسة تمت إضافة النانو سيليكا بنسب 1 و3 و5% والميكرو سيليكا بنسب 3 و6 و10% من وزن الإسمنت البورتلاندي العادي للإعداد وخلط وصب عينات من المونة الإسمنتية لاختبار زمني الشك الابتدائي والنهائي ومقاومة الضغط بعد معالجة 7 و28 و90 يوم من الصب، تمت معالجة كل العينات بالغمر بالماء، حيت أظهرت النتائج أن إضافة النانو سيليكا يحسن من خواص المونة الإسمنتية وله تأثير إيجابي علي مقاومة الضغط المبكرة مقارنة بالإسمنت البورتلاندي العادي، بينت النتائج أن أفضل نسبة إضافة كانت 3% من مادة النانو سيليكا والتي حققت مقاومة اعلي من العينة المرجعية بزيادة نسبتها 52%، كما لوحظ أن إضافة النانو سيليكا كان له تأثير علي زمني الشك الابتدائي والنهائي وذلك يحدث بوضوح مع زيادة نسبة الإضافة حيث يقل زمن الشك، هذا يعنى أن إضافة النانو سيليكا تعمل على تعجيل زمني الشك الابتدائي والنهائي ومن الممكن أن تكون إحدى الطرق للحصول على المقاومة المبكرة.

الكلمات الدالة:

المونة الإسمنتية.

الميكرو سيليكا.

النانو سيليكا.

زمن الشك.

مقاومة الضغط.

**البريد الإلكتروني للباحث المراسل:* eng90ramadan@gmail.com

1. المقدمة

صناعة الخرسانة باستخدام الإضافات شهدت تطوراً كبيراً وأصبحت تحظى باهتمام عدد كبير من الباحثين في مجال تكنولوجيا الخرسانة الأمر الذي أدى إلى تحسن الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للخرسانة، ضمن مكونات الخرسانة التقليدية مادة السيليكا كبديل إسمنتي، ومع استخدام جزيئات السيليكا بمقاس النانو، سيكون الخليط أكثر فعالية لتحقيق خرسانة ذات متانة ومقاومة عالية والأقل نفاذية وبالتالي

ISSN: 2706-9524 (Print) ISSN: 2706-9532 (Online)

تكون أفضل للعزل المائي، في هذا الفصل سيتم تناول بعض النتائج التي تم نشرها فيما يتعلق بإضافة النانو والميكرو سيليكا وتصنيف المواد النانونية وفقا لمصدرها وفاعليتها، واهم الدارسات التي أجريت عليها في مختلف مجالات استخدامها.

دراسة بعنوان "مقارنة لخصائص نانو السيليكا وغبار السيليكا والرماد المتطاير المضاف على المونة الإسمنتية"، تبحث في خصائص البنية الإنشائية للمونة الإسمنتية المخلوطة مع نانو السيليكا (NS)، وغبار السيليكا (SF) والرماد المتطاير (FA)، دراسة للمقارنة باستخدام تقنية طيف الأشعة تحت الحمراء وطريقة التحليل الحراري التفاضلي وتقنية المسح الضوئي بالمجهر الإلكتروني، تم تحديد المقاومة الميكانيكية للعينات قبل نهاية الأسبوع الأول وعند 28 يوم، مقاومة الضغط والانحناء تحسنت في عينات المونة التي تحتوي على نانو سيليكا، حيث وجد أنها أعلى بالمقارنة مع العينات التي تحتوي على غبار السيليكا والرماد المتطاير علاوة على أن هذا التحسن كان في فترتي اختبار العينات 7 و28 يوم، كانت نتائج التحاليل باستخدام كل الطرق كانت متناغمة ومتقاربة مع الزيادة الملحوظة في المقاومة الميكانيكية بالنسبة للعينات التي تحتوي نانو سيليكا، تعزى هذه الزيادة إلي نعومة وزيادة المساحة السطحية للنانو سيليكا، تعمل جزيئات نانو سيليكا على تنشيط الإماهة لكل من C_3S وC_2S وعلى تكوين سيليكات الكالسيوم المميهه (C-S-H)، الكثير من المواضع على سطح جزيئات النانو سيليكا تحدث تفاعل بوزولاني وتزيد من نطاق الترابط بين النانو سيليكا و هيدروكسيد الكالسيوم [1].

يتركز البحث في الوقت الحاضر أساسا على العلوم الأساسية للمواد الإسمنتية على مستوى النانو/الذرة، حيث أن بعض الباحثون استخدموا نانو سيليكا في الإسمنت كمادة أساسية للعمل على تحسين متانة واستدامة الخرسانة وحققوا زيادة كبيرة في الخواص الميكانيكية للمواد الإسمنتية من خلال دمج النانو سيليكا، وتتلخص هذه الدراسة على استعراض تأثير إضافة النانو سيليكا على الخصائص الميكانيكية والمتانة والبنية الإنشائية للعجينة والمونة والخرسانة، وأخيرا، تناقش الدراسة الاتجاهات المستقبلية والمحتملة والآثار المترتبة على استخدام النانو سيليكا في المواد القائمة على الإسمنت [2].

في دراسة أخرى استخدمت نسب مختلفة من الماء للإسمنت، تأثير إضافة نسب مختلفة للنانو سيليكا (0.5% و1% و1.5%) من الاسمنت على خواص المتانة ومقاومة الخرسانة للضغط مع نسبة مختلفة للماء0.65 و0.55 و0.50 من المادة الرابطة، في هذه الدراسة تم قياس امتصاص الماء ومعامل انتشار الكلوريدات الظاهر والمقاومة الكهربائية ومعامل الكربنة للخرسانة، وأظهرت النتائج أن مقاومة الضغط تتحسن بشكل كبير في حالة نسبة الماء للمادة الرابطة 0.65، بينما نسبة الماء للمادة الرابطة 0.50 لا يوجد أي تغير، إضافة الى ذلك فان زيادة محتوى النانو سيليكا، وجد أن امتصاص الماء ينخفض فقط عندما تكون نسبة الماء للمادة الرابطة 0.55، إضافة النانو سيليكا بنسبة0.5% ينخفض معامل انتشار الكلوريدات الظاهر بالنسبة لنسبة الماء للمادة الرابطة 0.65 و0.55؛ ومع ذلك، أعلى نسبة من النانو سيليكا لم تسجل أي انخفاض بالمقارنة بالعينات المرجعية، سجلت زيادة في المقاومة لكل العينات التي تحتوي على نانو سيليكا بنسبة 0.5%، أما العينات التي تحتوي على نانو سيليكا بنسبة 1.5% فقط للعينات التي تحتوي على نسبة للماء للمادة الرابطة 0.50،كما لوحظ ان معامل الكربنة كان له تأثير سلبي مع زيادة نسبة النانو سيليكا والنتيجة العكسية لوحظت للعينات التي تحتوي على نسبة 0.65 من الماء للمادة الرابطة [3].

تناول عدد كبير من الدراسات في جميع أنحاء العالم إنتاج مواد لديها خصائص تعمل على تحسين الخرسانة التقليدية، استخدام النانو سيليكا هو أحد التطبيقات التي لإنتاج خرسانة عالية المقاومة، تبين إحدى الدراسات أن تأثير إضافة ألياف النانو سيليكا وألياف الحديد على الخواص الميكانيكية للخرسانة، نتائج هذه الدراسة تمت مقارنتها مع نتائج الخرسانة بدون إضافة، تمت إضافة 2% نانو سيليكا مع خلطات التي تحتوي على 0 و2 و4% من ألياف الحديد، تم اختبار العينات لقياس مقاومة الضغط في عمر 7 و28

يوم، وسرعة الموجات فوق الصوتية ومعامل المرونة للخلطات الخرسانية، نتائج هذه الدراسة بالنسبة للعينات التي تحتوي على النانو سيليكا وألياف الحديد حققت زيادة في مقاومة الضغط بنسبة 3% بالمقارنة مع نتائج الخلطات الخرسانية التي تحتوي على ألياف الحديد وبدون إضافة النانو سيليكا، ومن ناحية أخري لوحظ ان زيادة كمية ألياف الحديد إلى حوالي 4% تزداد مقاومة الخرسانة للضغط إلى حوالي 20% بالمقارنة مع العينات التي لا تحتوي على النانو سيليكا ولا على ألياف حديد، سرعة الموجات فوق الصوتية ومعامل المرونة للخرسانة سواء التي تحتوي على النانو سيليكا أو لا تحتوي كان لها نفس التأثير، غير انه لوحظ ان سرعة الموجات فوق الصوتية تقل بزيادة نسبة ألياف الحديد، ومن ناحية أخري وجد أن ألياف الحديد سجلت زيادة في معامل المرونة [4].

تأثير النانو سيليكا على الخصائص المختلفة للخرسانة كان هدف لدراسة سابقة بعنوان "الفحص المعملي على سلوك خرسانة النانو"، باستبدال الإسمنت بنسب مختلفة من النانو سيليكا، النانو سيليكا استخدم في هذه الدراسة كبديل جزئي للإسمنت في حدود 2.5% و3.0% و3.5% لخلطة خرسانية تم تصميمها على أساس مقاومة ضغط 25MPa، أجريت الاختبارات المعملية لتحديد مقاومة الضغط ومقاومة الشد غير المباشر ومقاومة الانحناء لخرسانة تحتوي على النانو سيليكا في عمر 7 و28 يوما، وتشير النتائج إلى أن الخرسانة التي تحتوي على مسحوق النانو سيليكا حققت زيادة في مقاومة الضغط على الرغم من انخفاض كثافتها بالمقارنة مع قيم العينات المرجعية للخرسانة التي لا تحتوي على النانو سيليكا، استخدام النانو سيليكا بنسبة 3% من الإسمنت كإحلال جزئي نتج عنه زيادة في المقاومة وانخفاض في النفاذية بالمقارنة مع الخرسانة المرجعية، ومن ناحية أخري استخدام النانو سيليكا بنسبة أكثر من 3% من الإسمنت كان لها نتائج عكسية وسلبية بسبب إضافة النانو سيليكا للخرسانة، وجد الباحث من خلالها تطبيق تكنولوجيا المواد النانوميترية على نطاق واسع؛ حيث أنها تعد أحد أبرز تكنولوجيات القرن الحادي والعشرين، وهي تقنية فريدة من نوعها، ومن المجالات التي يمكن تطبق بها تقنية النانو مجال إنتاج مواد البناء مثل الإسمنت، حيث أن استخدام المواد النانوية يحسن خواص الإسمنت ويخفض الطاقة المستهلكة في تصنيعه، ويسهم في إنتاج منخفض التكاليف، أكدت الدراسة أن إضافة المواد النانومترية تؤدي إلى زيادة التصلب وقوة التحمل الميكانيكية وذلك بسبب زيادة قوى التجاذب الإلكتروستاتيكية وزيادة مساحة السطح لهذه المواد [5]

2. البرنامج العملي

1.2 مكونات المونة الاسمنتية:

استخدم الإسمنت البورتلاندي العادي من إنتاج مصنع البرج للإسمنت التابع لشركة الاتحاد العربي للمقاولات والمطابق للمواصفات القياسية الليبية (م.ق.ل 340 /1997) [6]، وتم قياس النعومة للإسمنت بواسطة جهاز بلين طبقا للموصفات الأمريكية(ASTM C204-11) [7] وكانت النتائج كما هي موضحة بالجدول رقم1، أيضا أجري اختبار التركيب الكيميائي للإسمنت بواسطة جهاز (XRF) بمعمل مراقبة الجودة بمصنع البرج زليتن، يعتبر هذا الجهاز من التقنيات المتطورة ويعرف بمصطلح (X-Ray Fluorescence) أو بمعنى طيف الأشعة السينية، من خلال هذا الجهاز تم تعيين نسبة أكاسيد العناصر للعينات،والجدول رقم 2 يوضح نتائج التركيب الكيميائي للإسمنت المستخدم.

جدول 1. الخواص الفيزيائية للإسمنت

الاختبار	النتيجة	المواصفات الليبية رقم 340لسنة 1997م
المساحة السطحية (سم^2/جم)	3101	لا تقل عن 2500سم^2/جم
الوزن النوعي	3،15	-

جدول 2. التركيب الكيميائي للإسمنت

مركبات اكاسيد للإسمنت	(%)	المواصفات الليبية رقم 340 لسنة 1997م
السيليكا (Sio_2)	22.12	-
الكالسيوم(Cao)	62.6	-
الالومنيوم (AL_2O_3)	4.88	-
الحديد (Fe_2o_3)	3.64	-
البوتاسيوم(K_2o)	0.72	-
الماغنيسيوم(Mgo)	1.72	%5.0>
الكبريتات(SO_3)	2.15	%2.5>
الكلوريدات CL)	0.02	%0.1>
الفاقد بالحرق L.O.L)	1.12	%3.0>

وتم توريد كمية كافية من مادة النانو والميكرو سيليكا لهذه الدراسة، كما تم تحديد ثلاث نسب خلط لكل منهما 1.5 و3.0 و5.0% لمادة النانو و3.0 و6.0 و10.0% لمادة الميكرو ومن خلال النتائج الأولية لوحظ أن استخدام 1.5% من النانو يعادل 3% أو اكثر من مادة الميكرو سيليكا. الرمل المستخدم في هذه الدراسة، الرمل القياسي المستخدم في معمل مراقبة الجودة بمصنع البرج زليتن التابع لشركة الاتحاد العربي للمقاولات المطابق المواصفة (ISO 679:2009EN 196-1) [8].

مواصفات الرمل القياسي المستخدم في اختبار مقاومة الضغط للمونة الإسمنتية كان مطابق للمواصفات القياسية الليبية رقم340 لسنة1997م[6]، حيث وجد أن نسبة السيليكا للرمل المستخدم لا تقل عن 90% بالوزن، ولا يزيد المار من المنخل القياسي 6.0 مم على 10% بالوزن، كما ان الفاقد بالوزن لا يزيد على 0.25%، الجدول رقم 3 يبين نتائج التحليل المنخلي للرمل القياسي.

جدول 3. التحليل المنخلي للرمل القياسي ISO 679:2009 EN 196-1 [8]

المتبقي على كل منخل (%)	مقاس فتحة المنخل (مم)
99±1	08.0
87±5	16.0
67±5	50.0
33±5	00.1
7±5	60.1
0	00.2

2.2 خلطات المونة الاسمنتية:

تم تحديد نسبة الخلط للمونة الإسمنتية وذلك باستخدام المواصفات الأمريكية-ASTM C109-C109M [9] 13 والمواصفات القياسية الليبية رقم 340 لسنة 1997م [6] وذلك باستخدام الأوزان الثابتة وما يقابله لكل قالب 40×40×160مم وقالب 70×70×70 مم من وزن الاسمنت والرمل والماء والجدول رقم 4 يوضح الأوزان لكل من مكونات المونة الإسمنتية، تمت عملية الخلط بواسطة خلاط كهربائي، وبعد 5 دقائق من الخلط تم صب القوالب علي طبقتين وباستعمال جهاز الهزاز الكهربائي تم دمك العينات وتسوية السطح، جميع العينات تم وضعها في جهاز طارد الرطوبة عند حرارة 20 درجة مئوية لمدة 24 ساعة، تم فك القوالب ووضعها في حوض المعالجة تحت درجة حرارة ثابتة20 درجة مئوية.

جدول 4. مكونات المونة الإسمنتية

عدد العينات	المقاس (مم)	وزن الإسمنت (جم)	وزن الرمل القياسي (جم)	وزن الماء من وزن الإسمنت (جم)
63	160×40×40	450	1375	225
147	70×70×70	200	600	80

كل خلطة تمت معالجة 18عينة في الماء، 9 مكعبات و9 مناشير، كل 3 مكعبات لعمر 7 و28 و90 يوم، وبالإضافة الى عمل 3 مكعبات للامتصاص والمسامية والكثافة لعمر 28 يوم في حوض المعالجة تحت درجة حرارة 21 درجة مئوية وللمحافظة على نفس درجة نقاوة الماء المستخدم تم تغير ماء المعالجة كل 15 يوم.

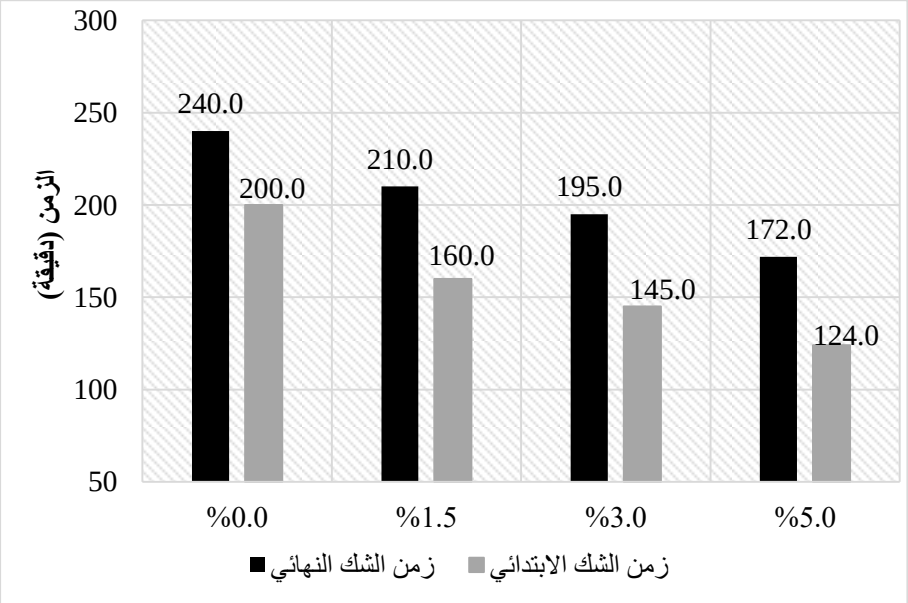
3. النتائج والمناقشة

نتائج اختبار زمن الشك وفق المواصفات البريطانية (BS EN 196-3: 2016) [10] تبين أن جميع الخلطات التي تحتوي علي مادة النانو سيليكا حدث لها تعجيل في زمن الشك الابتدائي والنهائي ودلك يرجع إلي حدوث عملية الإماهة مبكرا التي تتم نتيجة تفاعل مادة النانو والاسمنت مع الماء لإنتاج المركبين المسؤولين عن صلابة العجينة الإسمنتية وهما مركب هيدرات سيليكات الكالسيوم (CSH) ومركب هيدرات ألومينات الكالسيوم (CAH) علما بأن التعجيل في حدوث عملية الإماهة ينتج عنه صلابة مبكرة ويكون مناسب عند استخدام المونة الإسمنتية في الأماكن الباردة،ونلاحظ أنه مع زيادة نسبة إضافة النانو سيليكا للإسمنت تزداد نسبة الماء اللازمة لتحضير عجينة اسمنتية ذات قوام قياسي، من خلال نتائج إضافة النانو سيليكا فأن زمن الشك الابتدائي للعينة NS3 سجل اقل زمن شك وبنسبة 38% من العينة المرجعية، وكانت جميع عينات النانو سيليكا اقل من العينة المرجعية والجدول رقم 5 يوضح نتائج زمن الشك الابتدائي والنهائي للعجينة الإسمنتية بنسبة إضافة 1.5 و3.0 و5.0% من وزن الإسمنت بمادة النانو سيليكا.

جدول 5. نتائج زمن الشك الابتدائي والنهائي للعجينة الاسمنتية

رقـم الخلطة	رمـز العينة	زمن الشـــك (دقيقة)	
		الابتدائي	النهائي
S1	OPC	200	240
S2	NS1	160	210
S3	NS2	145	195
S4	NS3	124	172
S5	MS1	220	255
S6	MS2	230	255
S7	MS3	235	265

الشكل رقم 1 يوضح تأثير نسبة الإضافة علي زمن الشك الابتدائي والنهائي للعينات التي تحتوي علي النانو سيليكا،(NS3) سجلت أقل زمن شك ابتدائي ونهائي بالمقارنة مع عينات النانو حيث سجل زمن الشك الابتدائي نسبة إضافة1.5% 160 دقيقة نسبة نقصان 20% عن زمن الشك الابتدائي للعينة المرجعية وعند نسبة إضافة 3% سجل زمن الشك الابتدائي 145 دقيقة نسبة نقصان 27.5% عن زمن الشك الابتدائي للعينة المرجعية وسجل زمن الشك الابتدائي 124 دقيقة عند نسبة إضافة 5% بنسبة نقصان 38% عن زمن الشك الابتدائي للعينة المرجعية، وبصورة عامة لجميع عينات النانو سيليكا يقل زمن الشك الابتدائي والنهائي بشكل ملحوظ مع زيادة نسبة الإضافة من 1.5% إلي 5%.



شكل 1 تأثير نسبة إضافة النانو سيليكا على زمن الشك الابتدائي والنهائي

من خلال نتائج اختبار زمن الشك باستعمال جهاز فيكات يتضح أن جميع الخلطات التي تحتوي علي مادة الميكرو سيليكا حدث لها تأخير في زمن الشك الابتدائي والنهائي وذلك يرجع إلي حدوث عملية الإماهة متأخرة التي تتم نتيجة تفاعل مادة النانو والاسمنت مع الماء لإنتاج المركبين المسؤولين عن صلابة العجينة الإسمنتية وهما مركب هيدرات سيليكات الكالسيوم (CSH) ومركب هيدرات الومينات الكالسيوم (CAH) وكانت جميع نتائج عينات الميكرو اعلي من العينة المرجعية وسجلت العينة MS3 اعلي نسبة زيادة بلغت 17.5% وكانت جميع العينات متقاربة وكانت اعلي زيادة للعينة MS3 بنسبة 17.5% من العينة المرجعية في زمن الشك الابتدائي وكانت اعلي زيادة في زمن الشك النهائي لنفس العينة بنسبة 10.4%، والجدول رقم 6 يوضح نتائج زمن الشك الابتدائي والنهائي للعجينة الإسمنتية بإضافة نسبة 3% و6% و10% بمادة الميكرو سيليكا.

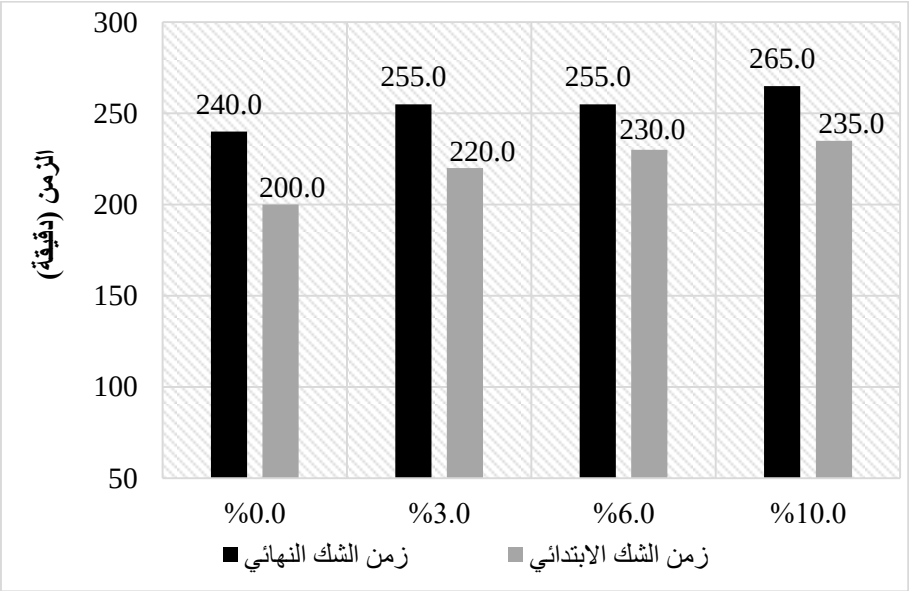
جدول 6. نتائج زمن الشك الابتدائي والنهائي للعجينة الاسمنتية

رقم الخلطة	رمز العينة	زمن الشك (دقيقة)	
		الابتدائي	النهائي
S1	OPC	200	240
S2	NS1	160	210
S3	NS2	145	195
S4	NS3	124	172
S5	MS1	220	255
S6	MS2	230	255
S7	MS3	235	265

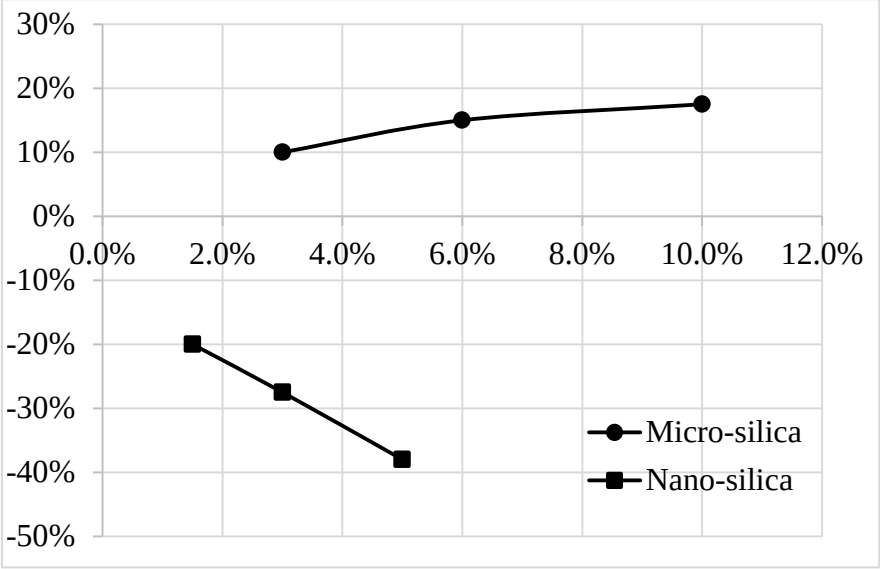
الشكل رقم 2 يوضح تأثير نسبة الإضافة علي زمن الشك الابتدائي والنهائي العينات التي تحتوي علي الميكرو سيليكا، العينة (MS3) سجلت أعلي زمن شك ابتدائي ونهائي بالمقارنة مع عينات الميكرو حيث سجل زمن الشك الابتدائي نسبة إضافة 3% 220 دقيقة نسبة زيادة 10% عن زمن الشك الابتدائي للعينة المرجعية وعند نسبة الإضافة 6% سجل زمن الشك الابتدائي 230 دقيقة نسبة زيادة 15 % عن زمن الشك الابتدائي للعينة المرجعية وسجل زمن الشك الابتدائي عند نسبة الإضافة 10% 235 دقيقة نسبة زيادة 17.5% عن زمن الشك الابتدائي للعينة المرجعية، وبصورة عامة لجميع عينات الميكرو سيليكا يزداد زمن الشك الابتدائي والنهائي بشكل بسيط مع زيادة نسبة الإضافة من 3% إلي 10%.

الشكل رقم 3 يوضح معدل الزيادة والنقصان في زمن الشك الابتدائي لعينات النانو والميكرو سيليكا ومن خلال هده النتائج نلاحظ أنه كلما زادت نسبة إضافة النانو قل زمن الشك علي العينة المرجعية وكلما زادت نسبة إضافة الميكرو زاد زمن الشك علي العينة المرجعية وكانت زيادة بسيط جدا. الشكل رقم 4 يوضح معدل الزيادة والنقصان في زمن الشك النهائي لعينات النانو والميكرو سيليكا ومن خلال هده

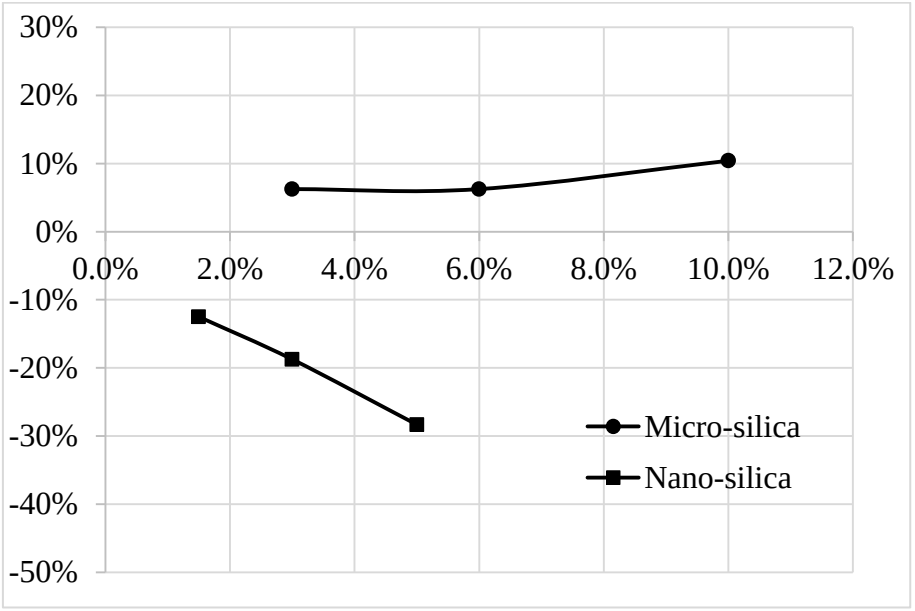
النتائج نلاحظ أنه كلما زادت نسبة إضافة النانو قل زمن الشك علي العينة المرجعية وكلما زادت نسبة إضافة الميكرو زاد زمن الشك علي العينة المرجعية وكانت زيادة بسيط جدا.



شكل 2 تأثير نسبة إضافة الميكرو سيليكا على زمن الشك الابتدائي والنهائي



شكل 3 معدل الزيادة والنقصان في زمن الشك الابتدائي لعينات النانو والميكرو سيليكا



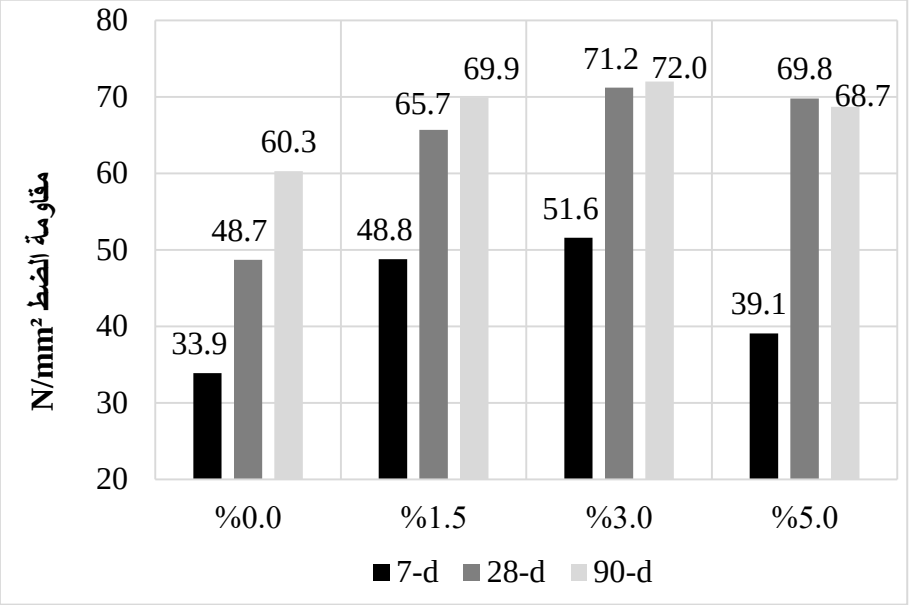
شكل 4 معدل الزيادة والنقصان في زمن الشك النهائي لعينات النانو والميكرو سيليكا

لاختبار مقاومة الضغط تم اختبار عدد 72 مكعب مقاس 70×70×70 مم ومنشور مقاس 40×40×160 مم، تم معالجة جميع العينات في حوض المعالجة الذي يحتوي على ماء مقطر بدرجة حرارة ثابتة21 درجة مئوية لمدة 7 أيام و28 يوم و90 يوم، عدد العينات لكل خلطة 9 مكعب للحصول على متوسط لعدد ثلاثة قراءات لكل زمن، والجدول رقم 7 يبين نتائج اختبار مقاومة الضغط للعينات المعالجة في الماء، من خلال نتائج العينات التي تمت معالجتها في الماء يتضح أن قيم مقاومة الضغط سجلت قيم اعلي من قيم مقاومة الضغط للعينة المرجعية التي تم معالجتها بعد 7 و28 و90 يوم.

الشكل رقم 5 يوضح نتائج مقاومة الضغط لعينات النانو سيليكا لمدة معالجة 7 و28 و90 يوم بحيث نلاحظ أن مقاومة الضغط في 7 أيام للعينة NS2 سجلت أعلي مقاومة، وكانت مدة المعالجة 7 أيام حققت أفضل معدل زيادة لمقاومة الضغط بالنسبة لي 28 يوم و90 يوم حيث كانت نسبة الزيادة لعينة النانو 52.2% للعينة NS2، وجاءت هده النتائج متوافقة مع الدراسة التي تقول أن تأثير النانو يكون ايجابي للمقاومة المبكرة للمونة الإسمنتي [11]، وعند مدة معالجة 28 يوم نلاحظ أن مقاومة الضغط للعينة NS2 سجلت أعلي مقاومة، وكانت نسبة الزيادة لعينة النانو 46.2% للعينة NS2 حيت قلت نسبة الزيادة في المقاومة عند مدة معالجة 28 يوم وهدا يدل علي أن تأثير النانو في الأيام الأولي أفضل أي أن كلما زادت مدة المعالجة قلت نسبة الزيادة في المقاومة وكانت جميع العينات أعطت نتائج أعلى من العينة المرجعية(**OPC**)، وعند مدة معالجة 90 يوم بحيث نلاحظ أن مقاومة الضغط لجميع العينات متقاربة حيث سجلت العينة NS2 أعلي مقاومة بنسبة زيادة 19.4% علي العينة المرجعية، وجميع العينات أعطت نتائج أعلى من العينة المرجعية(**OPC**).

جدول 7. نتائج اختبار مقاومة الضغط لعينات المونة الإسمنتية

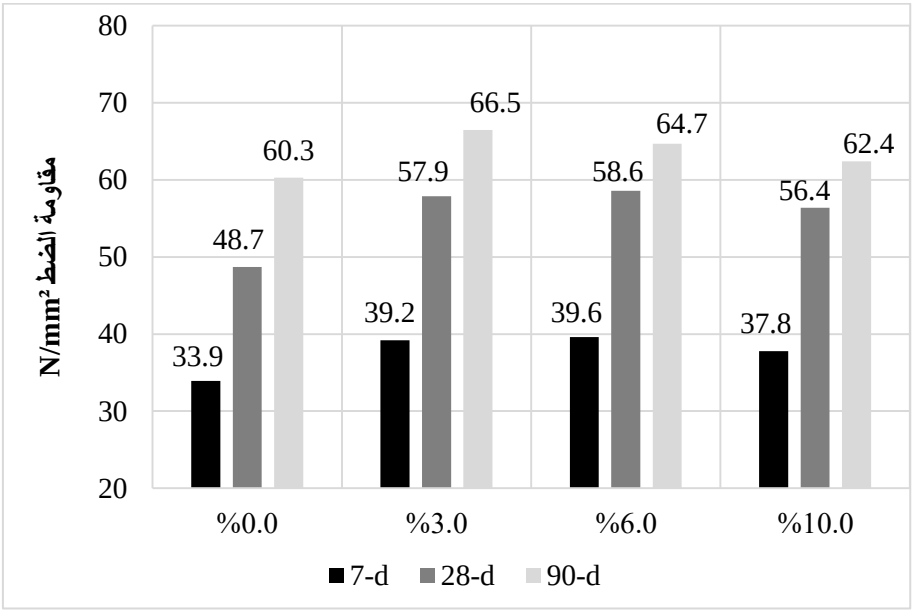
رقم الخلطة	رمز العينة	مقاومة الضغط للعينات (MPa)		
		7 أيام	28 يوم	90 يوم
S1	OPC	33.9	48.7	60.30
S2	NS1	48.8	65	69.9
S3	NS2	51.6	71	72
S4	NS3	39.1	67.3	68.7
S5	MS1	39.2	57.9	66.5
S6	MS2	36.6	58.6	64.2
S7	MS3	37.8	56.4	62.9



شكل 5 تأثير زمن المعالجة على مقاومة الضغط لعينات النانو سيليكا

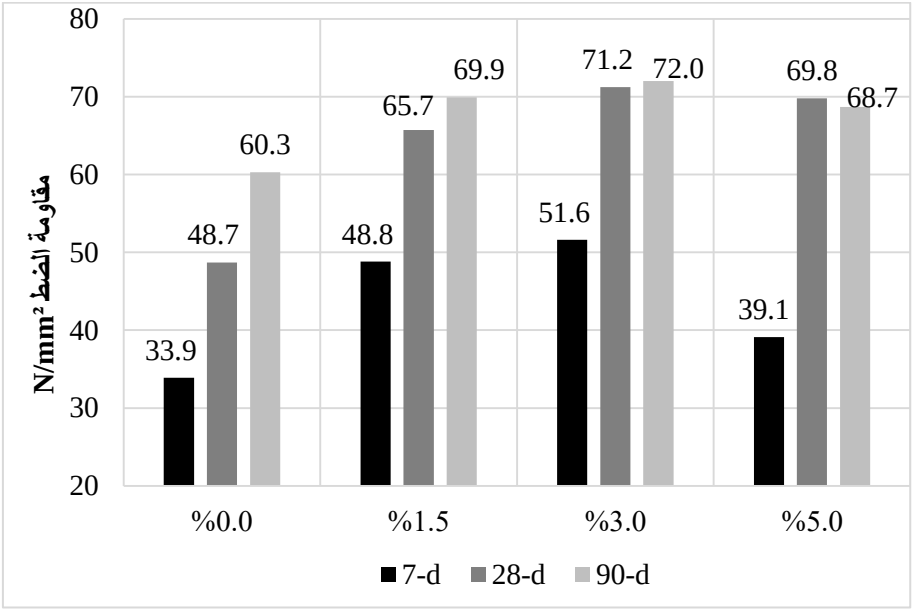
الشكل رقم 6 يوضح نتائج مقاومة الضغط لعينات الميكرو سيليكا لمدة معالجة 7 و28 و90 يوم بحيث نلاحظ أن النتائج متقاربة لجميع العينات وهدا يدل علي أن تأثير الميكرو بسيط جدا في الأيام الأولي من المعالجة وأن أعلي نسبة الزيادة كانت 16.8% للعينة MS2 وجميع العينات أعطت نتائج أعلى من العينة المرجعية(OPC)، وعند مدة معالجة 28 يوم نلاحظ أن النتائج متقاربة لجميع العينات وأن تأثير الميكرو عند مدة معالجة 28 يوم أفضل بقليل من مدة معالجة 7 أيام حيث كانت نسبة الزيادة 20.3% للعينة

MS2 وجميع العينات أعطت نتائج أعلى من العينة المرجعية (OPC)،وعند مدة معالجة 90 يوم بحيث نلاحظ أن مقاومة الضغط متقاربة وأن تأثير الميكرو بسيط وأن اعلي نسبة زيادة في المقاومة كانت8.1% للعينة MS1 وأن جميع العينات أعطت نتائج أعلى من العينة المرجعية (OPC).



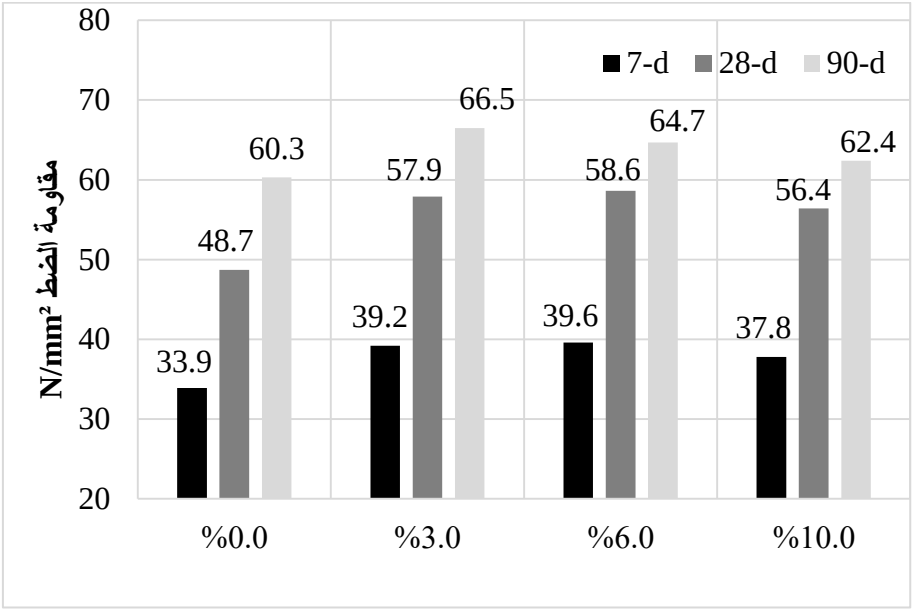
شكل 6 تأثير زمن المعالجة على مقاومة الضغط لعينات الميكرو سيليكا

الشكل رقم7 يوضح نتائج مقاومة الضغط بعد 7 و28 و90 يوم ومن خلال النتائج تبين أن مقاومة الضغط عند 7 أيام للعينة NS1 بنسبة إضافة 1.5% زادت بنسبة 44% من العينة المرجعية، وكانت العينة NS2 بنسبة إضافة 3% قد زادت بنسبة 52.2% من العينة المرجعية، وكانت العينةNS3بنسبة إضافة 5% كانت الزيادة 15.3% من خلال هده النتائج يتضح أن زيادة المقاومة كانت بسيطة بين العينة NS1 وNS2 والعينة NS3 والتي انخفضت بنسبة 36% من مقاومة العينةNS2أي أن المقاومة القصوى كانت ما بين نسبة الاضافة1.5%و3% لعينات النانو وهده النتائج جاءت متوافقة مع الدراسة المقدمة من Sakthivel، [12]ومن خلال نتائج مقاومة الضغط بعد 28 يوم تبين تحسن في مقاومة الضغط لجميع العينات وكانت اعلي نسبة زيادة للعينة NS2 التي سجلت زيادة بنسبة 46.2% من العينة المرجعية ولوحظ انخفاض في المقاومة للعينة NS3 بنسبة 87.2% من العينة NS2، ومن خلال نتائج مقاومة الضغط بعد 90 يوم تبين تحسن في مقاومة الضغط لجميع العينات وكانت نسبة الزيادة لم تتجاوز19.4% وكانت العينة NS2 سجلت اعلي نسبة زيادة بنسبة 19.4% من العينة المرجعية.



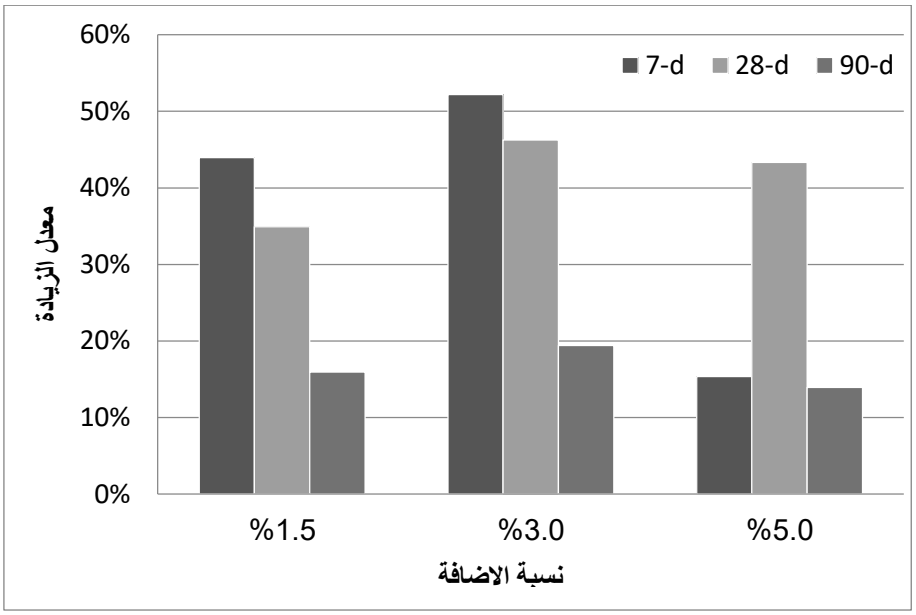
شكل 7 تأثير نسب الإضافة على مقاومة الضغط لعينات النانو سيليكا

الشكل رقم8 يوضح أن نتائج مقاومة الضغط بعد 7 و28 و90 يوم من خلال النتائج تبين أن مقاومة الضغط عند 7 أيام للعينة MS1 بنسبة إضافة3% زادت بنسبة 15.6% من العينة المرجعية، وكانت العينة MS2 بنسبة إضافة6% قد زادت بنسبة 16.8% من العينة المرجعية، وكانت العينة MS3بنسبة إضافة10% كانت الزيادة 11.5% من خلال هده النتائج يتضح أن زيادة المقاومة كانت بسيطة لجميع العينات والعينة MS3 انخفضت بنسبة 5.3% من العينة MS2، ومن خلال نتائج مقاومة الضغط بعد 28 يوم تبين أن مقاومة الضغط للعينة MS1 بنسبة إضافة3% زادت بنسبة 18.9% من العينة المرجعية وكانت العينة MS2 بنسبة إضافة6% قد زادت بنسبة 20.3% من العينة المرجعية ،وكانت العينة MS3 بنسبة إضافة10% كانت الزيادة 15.8% من خلال هذه النتائج يتضح أن زيادة المقاومة كانت بسيطة لجميع العينات والعينة MS3 انخفضت بنسبة 4.5 % من العينة MS2 وأن جميع العينات اعلي من العينة المرجعية (OPC)، ومن خلال نتائج مقاومة الضغط بعد 90 يوم تبين أن مقاومة الضغط للعينة MS1 بنسبة إضافة3% زادت بنسبة 28،10% من العينة المرجعية وكانت العينة MS2 بنسبة إضافة6% قد زادت بنسبة 29.7% من العينة المرجعية، وكانت العينة MS3 بنسبة إضافة 10% كانت الزيادة 48.3% من خلال هده النتائج يتضح أن زيادة المقاومة كانت بسيطة لجميع العينات والعينة MS1 سجلت اعلي نسبة زيادة وأن جميع العينات اعلي من العينة المرجعية (OPC).

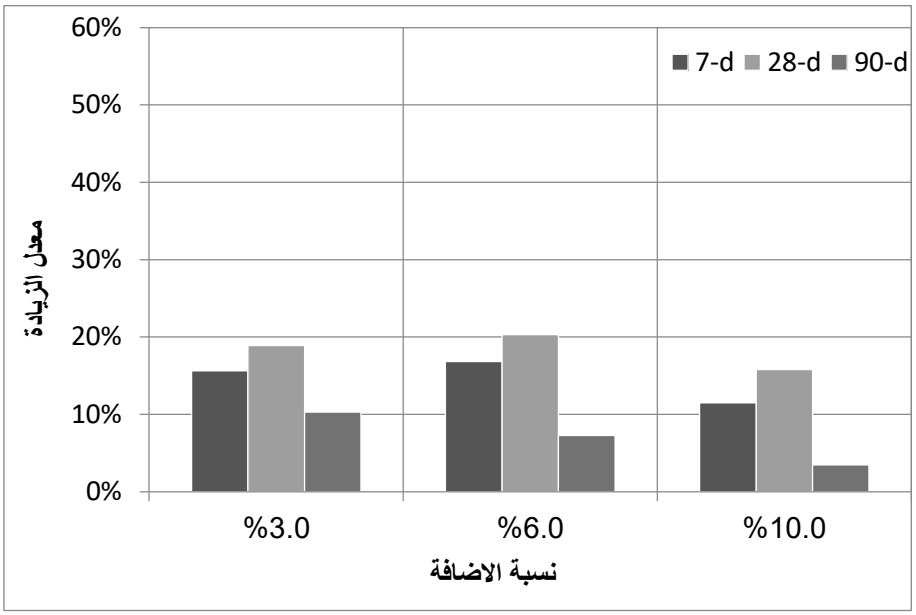


شكل 8 تأثير نسب الإضافة على مقاومة الضغط لعينات الميكرو سيليكا

الشكلين رقم 9 و10 يوضحان معدل الزيادة في مقاومة الضغط لمدة معالجة 7 و28 و90 يوم ومقارنة عينات النانو سيليكا والميكرو سيليكا، بالنسبة لعينات النانو نلاحظ أن معدل الزيادة يقل كلما زادت مدة المعالجة أي أن تأثير النانو سيليكا يكون في الأيام الأولي، أما عن عينات الميكرو سيليكا فيتضح أن معدل الزيادة في مقاومة الضغط متقاربة في جميع أعمار المعالجة وأن معدل الزيادة في 28 يوم كانت الأفضل في جميع العينات وكأن معدل الزيادة بسيط لا يتجاوز17% كحد اعلي للعينات.



شكل 9 معدل الزيادة في مقاومة الضغط لعينات النانو سيليكا



شكل 10 معدل الزيادة في مقاومة الضغط لعينات الميكرو سيليكا

4. الاستنتاجات

استنادًا على النتائج التي تم التوصل إليها في هذه الدراسة اتضح أن المونة الإسمنتية التي تحتوي على النانو سيليكا وعلى وجه الخصوص العينة NS2 حققت نسبة زيادة 52% في مقاومة ضغط عند 7 أيام مقارنة بالعينة المرجعية التي تحتوي فقط على الاسمنت البورتلاندي، ويرجع ذلك لتأثير النانو سيليكا في زيادة الإماهة وانخفاض زمني الشك الابتدائي والنهائي. هذا التطور في مقاومة الضغط المبكر لم يكن ملحوظ فيما بعد 7 أيام من المعالجة. إضافة إلى ذلك مع زيادة نسبة النانو سيليكا في المونة الإسمنتية يقل زمني الشك الابتدائي والنهائي، غير انه في هذه الدراسة وجد أن إضافة النانو سيليكا للمونة الإسمنتية بأكثر من 3% كان له الأثر السلبي على مقاومة الضغط.

المراجع

[1] Hasan Biricik, and NihalSarier, "*Comparative study of the characteristics of nano silica, silica fume and fly ash incorporated cement mortars*", Mat. Res. vol.17, no.3, São Carlos May/June 2014 Epub May 09, 2014

[2] Paratibha Aggarwal, Rahul Pratap Singh and Yogesh Aggarwal" Use *of nano-silica in cement-based materials—A Review*", *Cogent Engineering* (2015), 2: 1078018.

[3] Forood Torabian Isfahani, Elena Redaelli, Federica Lollini, Weiwen Li, and Luca Bertolini, "*Effects of Nanosilica on Compressive Strength and Durability Properties of Concrete with Different Water to Binder Ratios*", Advances in Materials Science and Engineering, Volume 2016 (2016), Article ID 8453567, 16 pages.

[4] KsenijaJanković, Marko Stojanović, Dragan Bojović, LjiljanaLončar, Lana Antić, "*The Influence of Nanosilca on Mechanical Properties of High Strength Concrete*", 4th International Conference in civil engineering 22. April 2016. Subotica, SERBIA, PP. 391-396, 2016.

[5] R. Sakthivel, N. Balasundaram, "*Experimental Investigation on Behaviour of Nano Concrete*", International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET), Volume 7, Issue 2, March-April 2016, pp. 315–320.

[6] المواصفات القياسية الليبية رقم 340 لسنة 1997 فالخاصة بالإسمنت البورتلاندي ،المركز الوطني للمواصفات والمعايير القياسية، طرابلس.

[7] ASTM C204 – 11, "*Standard Test Methods for Fineness of Hydraulic Cement by Air-Permeability Apparatus*" 2011.

[8] ISO 679:2009, "*Cement — Test methods — Determination of strength*", 2009.

[9] ASTM C109-C109M – 13, "*Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars*", 2013.

[10] BS EN 196-3: 2016, "*Methods of Testing Cement Part 3: Determination of Setting Times and Soundness*", 2016.

[11] Min-Hong ZhangJahidul Islam, "*Use of nano-silica to reduce setting time and increase early strength of concretes with high volumes of fly ash or slag*", Construction and Building Materials, Volume 29, April 2012, Pages 573-580.

[12] R. Sakthivel and N. Balasundaram, "*Experimental Investigation on Behaviour of Nano Concrete*", International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET) Volume 7, Issue 2, March-April 2016, pp. 315–320, 2016.

EFFECT OF ADDING MICRO AND NANO SILICA ON THE PROPERTIES OF CEMENT MORTAR

Ramadan M. Albtti[1,*], Mukhtar M. Aburawi[2], Lamen S. Sryh[3]

[1]Faculty of Engineering, Al asamarya Islamic University, eng90ramadan@gmail.com
[2]Faculty of Engineering, Elmergib University, aburawi2050@yahoo.com
[3]Faculty of Engineering, Elmergib University, lssryh@elmergib.edu.ly

ABSTRACT

Nano Silica is a very soft and highly reactive substance, it is a pozzolanic material and can be used as an additive to Ordinary Portland Cement for the manufacture of cement mortar in order to improve some properties. Nano Silica and Micro Silica were imported for this investigation. Nano Silica was added to cement in several ways including; the method of normal mixing, mixing with water, and mixing with grinding. Tests were carried out to assess these different methods and the results showed that the best method is mixing with grinding. In this study, Nano Silica was added in substitution of 1, 3 and 5%, and Micro Silica in substitution of 3, 6 and 10% of the weight of ordinary Portland cement. The experimental program of this study included the mixing and pouring the samples of cement mortar to test the initial and final setting times and pressure resistance after 7, 28 and 90 days of curing. All samples were cured by immersion in water, where the results showed that the addition of Nano Silica improves the properties of cement mortar and has a positive effect on the early compressive strength compared to the Ordinary Portland Cement. It was noted that the best addition ratio was 3% which achieved a higher strength than the reference sample with an increase of 52%. Moreover, the addition of Nano Silica influenced the initial and final setting times, and this clearly occurs with the increase in the percentage of the addition where the setting times decreased. This effect can be attributed to the role of Nano Silica in accelerating the initial and final times which lead to get early resistance.

***Keywords**:*
Cement Mortar.
Nano and Micro Silica.
Setting time.
Compressive Strength.

**Corresponding Author Email:* eng90ramadan@gmail.com