ISSN: (3007-0384)
E-ISSN: (3007-0392)
مجلة وهج العلوم للعلوم الصرفة
المجلة متاحة على الرابط
https://uomosul.edu.iq/womeneducation/jwups/

[1] Ebtahag .Z.Sulyman
2 Muntaha .H. Yaqoob
3 Safaa M. Ibrahim
4 Razan N.Shaker
5 Ekhlass K. Hemadi

(1,2,3,4,5) Department of chemistry, college of education for girls, University of Mosul, Mosul-Iraq
*Corresponding author e-mail:
ebthalim@uomosul.edu.iq

Keywords: Glenium 51, Styrene-Acrylic, compressive strength, tensile strength, Flexrual strength.
ARTICLE INFO

Article history:
Received
Accepted
Available online

Email:
jwups@uomosul.edu.iq

Enhancing Ordinary Portland Cement Properties with Glenium 51 and Styrene Acrylic Additives

ABSTRACT

This research includes a study of the effect of adding Glenium 51 polymer and Acrylic Butadine Rubber on the mechanical and physical properties , which included compressive , flexural and tensile strength of cement mortar and comparing the results with reference cement mortar . Glenium 51 and ABR were added in different weight ratio as apercentage of the cement weight, and the results showed increase in compressive strength, flexural and tensile strength.

All experiments were conducted with different temperture of 7C°, 20C°, 55C° respectivly to demonstures the effect of different temperture on cement strength and the polymers behaviour and the results showed that the compressive ,flexural and tensile strength of the cement mortar reached its maximum value at temperture of 20 C° for the molds and there is increase in the compressive , flexural and tensile strength after adding the additives in all temperture .The values of the compressivr and tensile strength used the standard specimens at the age of (2& 28) days.

© 2025JWUPS, College of Education for Women, University of Mosul.

تحسين الخصائص الميكانيكية والحرارية للأسمنت البورتلاندي الاعتيادي باستخدام الكلينيوم 51 و الستايرين اكريلك

ابتهاج زكي سليمان[1]، منتهى حيدر[2]، صفاء محمد ابراهيم[3]، رزان ناظم شاكر[4]، اخلاص قاسم حمادي[5]
[1,2,3,4,5] قسم علوم الكيمياء /جامعة الموصل / كلية التربية للبنات

الخلاصة:

يتضمن هذا البحث دراسة تأثير إضافة الكلينيوم 51 (51Gl51) (Gl) ومطاط الستايرين أكريليك (SAR)على الخواص الميكانيكية والحرارية والتي شملت قوة الضغط ,الانحناء والشد للمونة الأسمنتية ومقارنة النتائج مع المونة الأسمنتية المرجعية. تمت إضافة الكلينيوم 51 وSAR بنسب وزنية مختلفة كنسبة مئوية من وزن الأسمنت، وأظهرت النتائج زيادة في مقاومة الانضغاط ومقاومة الانحناء والشد. أجريت جميع التجارب بدرجات حرارة مختلفة 7°م، 20°م، 55°م على التوالي لتوضيح تأثير درجات الحرارة المختلفة على قوة الأسمنت وسلوك البوليمرات وأظهرت النتائج أن مقاومة الضغط والانحناء والشد للمونة الأسمنتية وصلت إلى الحد الأقصى. القيمة عند درجة حرارة 20 درجة مئوية للقوالب ويحدث زيادة في قوة الضغط والانحناء والشد بعد إضافة المواد المضافة في جميع درجات الحرارة. تم استخدام قيم قوة الضغط والشد للعينات القياسية بعمر (2 و28) يوما.

الكلمات المفتاحية: الكلينيوم51، الستايرين- أكريليك، قوة الانضغاط، قوة الشد، قوة المرونة.

المقدمة:

تعد صناعة الاسمنت من الصناعات التحويلية المهمة وذلك لارتباطها الوثيق بقطاع الانشاءات والطرق والجسور والمطارات والموانئ وكذلك تاثيرها الواضح في عملية التنمية الاقتصادية , لقد ازدادت اهمية صناعة الاسمنت في العراق بعد تعرض البلد الى فترات صعبة مما ادى الى تدمير البنى التحتية والارتكازية وبالتالي فان هذه الصناعة تنتج العديد من السلع الوسطية التي تستخدم استخدام رئيسي في مشاريع الاعمار وتحقيق التنمية الاقتصادية ومساهمتها الكبيرة في الناتج المحلي الاجمالي[1].ويعد الاسمنت من اهم المواد المستعملة في صناعة البناء والاعمال الانشائية كالسدود والقناطر والاعمدة والمواسير الاسمنتية والبلاط والطابوق الاسمنتي [2]. يمكن التحكم في متانة وأداء الخلطات الاسمنتية عن طريق إضافة مواد مضافة حديثة كالمضافات الكيميائية أو المواد النانوية، والتي تكون على مستويات مختلفة [2]. من خواص الخلطات الاسمنتية أنها تتمتع بخصائص أداء جيدة وخاصة فيما يتعلق بالخصائص الميكانيكية، وتقليل نسبة الماء، و مقاومة اختراق أيونات الكلوريد وثاني أوكسيد الكاربون الضارة [3] مع ظهور أنظمة الخلط الكيميائي الجديدة أصبح من الممكن الآن تصميم وتعديل الأسمنت والخرسانة على المستوى الجزيئي، وتسمى هذه الخلطات الكيميائية (بالمعدلات)

يمكن تحسين أو زيادة أداء الخلطات الاسمنتية من خلال استخدام مكونات نانوية ، مثل الرماد المتطاير، وسيليكا النانو، وأبخرة السيليكا، وغيرها من الحشوات الدقيقة الهيدروليكية [4]. يتم إجراء هذه التعديلات لتعديل تفاعل أو تعديل عدم تفاعل أسمنت مع جزيئات السائل المحيطة، والتي تعتبر من الاساسيات في تحديد سلوك الأسمنت الصلب المسامي المحمل بالماء والذي يحتوي على شقوق دقيقة واسعة النطاق[5] ومع ذلك، فمن الأهمية أن تكون هناك حاجة إلى رسم خطوط توجيهية حاسمة من أجل المجموعة المرغوبة من المواد والتقنيات التي من شأنها أن تجعل المواد التحديثية طويلة الأمد [6]. في ضوء مما سبق، تهدف الدراسة الحالية إلى دراسة تأثير مزيج الملدن الفائق الحديث في وجود الكلنيوم 51 مع الملدن أكريليك ستايرين بوليمري في مونة الأسمنت .

الجزء العملي :

أ- المواد المستخدمة :

1- السمنت البورتلاندي الاعتيادي

استعمل الاسمنت البورتلاندي العادي Portland Cement Ordinary من إنتاج معمل بادوش التوسيع وخُزن في علب بلاستيكية محكمة الغلق لغرض منع امتصاص الرطوبة بشرط أن لا تتفاعل مادة العلب مع الاسمنت أو تؤثر على خصائصه ،(في حال تعرض الاسمنت الى الهواء لمدة 24 ساعة يجب تجفيفه في المجفف قبل استخدامه في التحليل) وأجريت عليه كافة الفحوصات الكيميائية والفيزيائية وحسب المواصفة العراقية رقم (5) لسنة 2019[7] وعلى النحو الموضح في الجدول (1) و(2).

جدول (1) التحليل الكيمياوي للاسمنت البورتلاندي الاعتيادي

التحاليل الكيميائية	المواصفة القياسية العر اقية	النتائج
In.R	أقل من 1.5 %	0.85
MgO	أقل من 5 %	4.04
SO3	الحد الأعلى 2.8 % (العادي)	
الحد الأعلى 2.5% (المقاوم)	2.40	
CaO		62.47
SiO2		20.68
Al2O3		5.96
Fe2O3		2.34
L.O.I	4% حداً أعلى	1.35
Fr.L		1.48
L.S.F		91.29
C3S		40.75
C2S		28.55
C4AF		7.18

جدول (2) التحليل الفيزيائي للاسمنت البورتلاندي الاعتيادي

التحاليل الفيزيائية	المواصفة القياسية العر اقية	النتائج
النعومة سم^2/غم	أعلى من 2500 (العادي)	
أعلى من 0280 (المقاوم)	3135	
الكثافة غم/سم^3		3.12
وقت التماسك البدائي دقيقة	أعلى من 45 دقيقة	145
وقت التماسك النهائي ساعة	أقل من 10 ساعات	3:05
التمدد: اوتوكليف	أقل من 0.8	0.06
التمدد: ليه شاتلية	10≤	-

2- الركام الناعم (الرمل) Fine Aggregate Sand :

يسمى بالرمل الكوارتزي ويتألف من حبيبات مكورة يحتوي(98%) أوكسيد السليكا حداً أدنى, وأسُتخدِم الرمل التركي المستورد وحسب المواصفة الأوربية[7] EN 196-1)) من انتاج سنة 2016[8] من شركة Limak Limak التركية وبأكياس بلاستيكية ذات اوزان 1350±شركة (Limak) وبأكياس بلاستيكية ذات أوزان (± 1350) غم على أن لا تتفاعل المادة المستخدمة للأكياس مع الرمل وتؤثرعلى النتائج، أما نسبة الرطوبة فأقل من (0.2 %) وتُحدَّد الرطوبة من نقصان الكتلة للعينة بعد وضع الرمل في مجفف حرارته (105-110)°م ولمدة ساعتين معبرا عنها بنسبة مئوية من الكتلة الجافة

(14) ، والجدول (3) يوضح تدرج حبيبات الرمل ، علماً أن مواصفات الرمل مشابه جداً للرمل المنتج في هيئة المسح الجيولوجي.

جدول (3) تدرج حبيبات الرمل

المتبقي (غم)	حجم المنخل مم
0	2.0
7±5	1.6
33±5	1.0
67±5	0.5
87±5	0.16
99±1	0.008

3- الماء المستعمل في مونة الاسمنت : Water Used in Cement Mortar

يستخدم ماء الاسالة العادي في تحضير العينات ويفضل عدم استخدام ماء الحنفية مباشرة إذا كانت أنابيب شبكة المياه مكشوفة ودرجة حرارتها غير ثابتة على مدى أيام السنة لأن استخدام الماء الدافئ يؤدي إلى تسريع عملية تصلب الاسمنت أما استخدام الماء البارد فيؤدي إلى إعاقة عملية تصلب الاسمنت[9].

وفُحِصت الحامضية والقاعدية للماء ونسبة العناصر والأكاسيد في مختبرات جامعة الموصل، كلية الهندسة، قسم البيئة على النحو الموضح في الجدول (4).

جدول(4) نتائج تحليل نموذج الماء المستخدم في تحضير القوالب

ت	العوامل المقاسة Parameters	الرمز Symbols	وحدة القياس Units	النتائج Results
1	الدالة الحامضية	PH	Unitless	7.7
2	التوصيلية الكهربائية	E.C	µHos/cm	435
3	المواد الصلبة الكلية	T.S	mg/l	361
4	المواد الصلبة الذائبة	T.D.S	mg/l	349
5	المواد العالقة	S.S	mg/l	12
6	أيون الكبريتات	SO_4^{-2}	mg/l	70
7	النترات	NO_3^{-1}	mg/l	0.5
8	ايون الكلوريدات	CL^{-1}	mg/l	16
9	العسرة الكلية	T.H	mg/l	180
10	عسرة الكالسيوم	CaH	mg/l	100
11	عسرة الصوديوم	Na	mg/l	13.4
12	عسرة البوتاسيوم	K	mg/l	4.3

4- الكلينيوم 51:

تم تجهيز المادة من شركة (BASF)، يعد الكلينيوم 51 مناسبا لصنع الخرسانة ذاتية الرص حيث تحتاج الى نسبة ماء منخفضة [10]. .والجدول (5) يوضح خواص البوليمر الكلينيوم 51.

جدول (5) خواص الكلينيوم 51

Properties	Datum
Chemical Structure	poly carboxylic ether
Color	Brown Liquid
Specific gravity at 20 C°	1.10±0.03 g/cm^3
PH- value	7.0±1
Alkali content %	≤ 3.00
Chloride content %	≤ 0.10
Corrosion behavior	Contains only components according to BS EN 934-1:2008 ,Annex A.1
Compatibility	It is suitable for use with all types of cement, Silicafume,Fly-ash,slag
Water reduction	≥ 112% of Reference mix
Increase in consistence	Increase of ≥ 120mm from initial slump or ≥ 160mm from intial flow
Retention of consistence	At 30 mins ≥ Reference mix at initial

الخواص في درجة حرارة 20° م والرطوبة النسبية 50%.

5- - البوليمر المشترك الستايرين- اكريلك: Styrene- Acrylic Copolymer

أُدخِلت بوليمرات الاكريلك لتعديل مركبات الاسمنت البورتلاندي لأكثر من 40 عام [11] يشير مصطلح الاكريلك الى مجموعة من المواد التي لها بنية كيميائية متشابهة ولكن لها نطاق واسع من الخواص يلعب البوليمر المشترك الستايرين -اكريلك دوراً رئيساً في عائلة بوليمرات الاكريلك المستخدمة في مونة الاسمنت [12] ,عند إضافة البوليمر إلى الاسمنت يتناقص معامل المرونة الديناميكي مع زيادة نسبة البوليمر[13] والجدول (6) يوضح خصائص البوليمرالستايرين – اكريلك.

جدول (6) خصائص البوليمر المشترك الستايرين - اكريلك

1	Chemical structure	Styrene-Acrylic copolymer
2	Characterristics	Good film forming and binding properties
		Plasticizer free
+		Solvent free
3	Specification	Solid content :56.5±1.0 (%)
	PH	%7-8
	Max. Viscosity	1000 mPa.s
4	Dispersion properties	
	Appearance	Glossy and transparent
	Surface	Little tacky

ب- الخلطات المستعملة : Mixtures Used :

1- مكونات المونة Mortar Ingredients :

تحتوي العجينة الاسمنتية على النسب الوزنية (1 : 3 : 0.5) من الاسمنت والرمل المختبري القياسي والماء على التوالي .

جميع المواد المستخدمة من اسمنت وماء ورمل جهزت بدرجة حرارة المختبر20°م وتحدد الكميات بميزان يعمل بدقة ±0.01 غم.

وتم حساب النسب المئوية للمضافات حسب المعادلة التالية:

$$Wt\% = (Wa / Wtotal) * 100 \quad (3)$$

وأن Wtotal تعطى من المعادلة التالية :

$$Wtotal = Wc + Wa \quad (4)$$

Wa : وزن المضاف

Wc : وزن الاسمنت

2- الخلطة المستعملة في فحص مقاومة الانضغاط والانحناء والشد لمونة الاسمنت

اعتمدت نسبة المزج (3:1:0.5) وزنا (ماء : اسمنت : رمل) في فحوصات قوة الانضغاط والانحناء أما في فحص الشد فأعتُمدت نسبة المزج (3:1:0.5) وزنا (ماء : اسمنت : رمل) في فحوصات قوة الانضغاط والانحناء أما في فحص الشد فأعتُمدت النسبة (0.45 :3 :1) وزنا (ماء :اسمنت : رمل).

أجريت عملية تحضير ومزج المواد داخل مختبرات معمل سمنت بادوش التوسيع لفحص مقاومة الانضغاط والانحناء في الفترة الواقعة بين شهري أيلول - آذار , وتم تثبيت درجة حرارة المختبر عند 20°م وقيست مقاومة الانضغاط والانحناء بعمر(2, 28) يوم وقد اجريت سلسلة من التجارب تضمنت:-

السلسلة الأولى : إضافة بوليمر الكلينيوم 51 وبنسب وزنية مختلفة من وزن الاسمنت مع تقليل المحتوى المائي للحصول على مقاومة انضغاط وانحناء وشد عالية لمونة الاسمنت عند القيمة المثلى من الكلينيوم والتي بلغت عند النسبة (0.66) %من وزن الاسمنت .

السلسلة الثانية : إضافة بوليمر الستايرين- اكريلك وبنسب وزنية مختلفة من وزن الاسمنت وللحصول على القيمة المثلى التي عندها يتم الحصول على أعلى مقاومة انضغاط وانحناء وشد عند النسبة (0.11) %من وزن الاسمنت.

السلسلة الثالثة :إضافة القيمة المثلى لبوليمر الستارين – اكريلك (0.11) % من وزن الاسمنت إلى القيمة المثلى من الكلينيوم 51 (0.66) % من وزن الاسمنت ودراسة تأثيرها في خواص مونة الاسمنت.

ت- طريقة المزج Mixing Method :

1- طريقة المزج في فحص مقاومة الانضغاط والانحناء لمونة الاسمنت

أستُخدِم الخلاط الميكانيكي في عملية المزج حيث حضر كل من البوليمر والماء والرمل والاسمنت بالأوزان المطلوبة وحُدِّدت الكميات بميزان يعمل بدقة (±0.01 غم) ، إن جميع المواد المستخدمة من اسمنت وماء ورمل وتجهيزات تكون بدرجة حرارة المختبر(20° م)، وُضِع الرمل القياسي والاسمنت في بودقة الخلاط وشغل بالسرعة المخفضة لمدة (30 ثانية) ،أُضيف كل من (الماء +البوليمر) كنسبة مئوية من وزن الاسمنت بعد تقليل المحتوى المائي بقدر كمية البوليمر المضاف واضيف المحلول إلى المواد في الحالة الجافة في حوض المزج خلال(30 ثانية) ونزيد الى السرعة العالية لمدة (60 ثانية) وحسب المواصفة العراقية رقم (5) لسنة 2019، وأوقف

الخلاط لمدة(دقيقة و30 ثانية) وخلال ال (15 ثانية) الأولى نزيل كل ما علق على جدران البودقة بواسطة كاشطة مطاطية وتعاد الى داخل البودقة لغرض التجانس، وشُغِل الخلاط مرة أخرى بالسرعة العالية لمدة (60 ثانية)، ووُقِّتت جميع مراحل الخلط بدقة (± 1ثانية) [14].

2- **طريقة المزج في فحص قوة الشد لمونة الاسمنت**

استُخدِم الخلاط الميكانيكي في عملية المزج،إذ حُضِّر كل من البوليمر والماء والاسمنت والرمل بالاوزان المطلوبة، وتم وضع الرمل اولا ثم الاسمنت وتمت عملية المزج حسب المواصفة ASTM C150/2015)) ثم خلطت المواد الجافة لمدة **60** ثانية , وأضيف البوليمر كنسبة مئوية من وزن الاسمنت وقُللَ المحتوى المائي بقدر كمية البوليمر المضاف وأضيف المحلول خلال **30** ثانية وأستمر المزج لمدة **90** ثانية , ثم تقلب الخلطة وخاصة في حافات حوض الخلط كافة المواد فيما بينها , وخُلِطت مونة الاسمنت لمدة **30** ثانية أخرى.

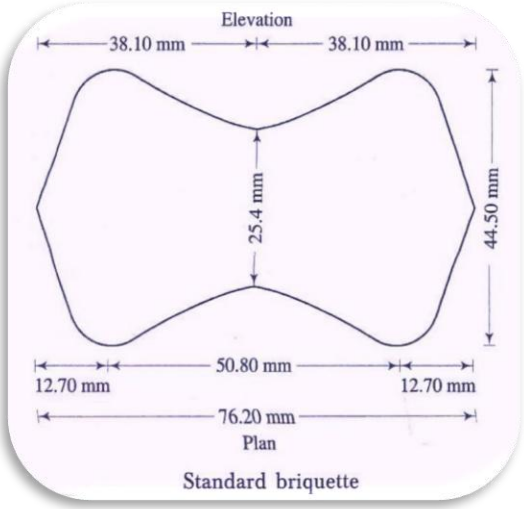
ث- **القوالب المستعملة في عملية صب النماذج :**

1- قوالب مقاومة الانضغاط والانحناء

الموشور بأبعاد (40*40*160) ملم تم تحضيرها لمقاومة الضغط والانحناء. يتم تشحيم السطح الداخلي للقوالب بعد شد أجزائها بطبقة رقيقة من الزيت المعدني لمنع الملاط الأسمنتي من الالتصاق بالقوالب، ويتم ملء القوالب بنصف كمية عجينة الأسمنت بطبقة رقيقة ويتم شفطها بواسطة الهزاز للحصول على سطح املس لمدة 60 ثانية. يوضع في حاضنة بدرجة رطوبة نسبية 95% و20±1 درجة مئوية لمدة 24 ساعة. بعد ذلك يتم فتح القوالب وتستمر معالجتها في الماء بدرجة حرارة 20 ± 1 درجة مئوية لمدة (2، 28) يوم. جميع الاختبارات تمت حسب المواصفة العراقية رقم (5) /2019 [7].

2- **القوالب المستخدمة في قوة الشد للمونة الأسمنتية:**

تم استخدام الأقواس الحديدية كما في الشكل (1) ووفقاً للمواصفة ASTM C150/2015[12]. تم تشحيم السطح الداخلي للأقواس بطبقة رقيقة من الزيوت المعدنية لمنع الملاط الأسمنتي من الالتصاق بالأقواس وملء الأقواس بطبقة واحدة من الأسمنت والضغط بواسطة الإبهام 6 مرات من الطبقة العليا ثم لف الدعامة وتكرر العملية مرة أخرى ثم تترك 24 ساعة في درجة حرارة الغرفة قبل فتح الحامل



شكل (1) قوالب الشد

ج- **طرق المعالجة** :

1- **المعالجة القياسية المستمرة بالماء.** تم غمر موشورات مقاومة الانضغاط والانحناء والشد في خزان خاص مملوء بالماء بعد فتحها من القوالب لحين اختبارها ويتم عزل نماذج كل مجموعة عن نماذج المجموعات الأخرى. تم تثبيت تركيز الملح في الماء بإضافة الماء إلى الحوض لتعويض الماء المتبخر وثبت عند درجة حرارة 20 درجة مئوية.

2- **تمت معالجة القوالب بدرجة حرارة الغرفة.** بعد فتح القوالب حتى يتم اختبارها بعد إخراجها من الثلاجة بدرجة حرارة 7 °م وفي الفرن بدرجة حرارة 55 °م.

ح- **الفحوصات :**

1- فحص مقاومة الانضغاط للمونة الاسمنتية :

استعملت ماكنة من نوع (SERVO PLUS/EVOLUTION)ذات وزن(400) كغم وسعة (300)كيلو نيوتن وكانت سرعة التحمل (0.3) كيلو نيوتن/ملم^2 في الثانية حسب المواصفة العراقية رقم(5) لسنة 2019 بلغت دقة الجهاز(0.1) ميكاباسكال وكانت أعمار الفحص(2, 28) يوماً وبمعدل 3 مواشير لكل عمر.

2- **قوة الانحناء للمونة الأسمنتية:**

تستخدم نفس الآلة في (1) لاختبار قوة الانثناء وحسب المواصفة العراقية رقم (5) / 2019 [7] تم اختبار الموشورات لمدة (2، 28) يوم في 3 موشورات لكل خليط .

3- قوة الشد لمونةالأسمنت :

تستخدم آلة قوة الشد نوع (ULITEST) أمريكية المنشأ بقدرة 100 طن وسرعة تحميل 40 كغم / 10 ثواني لقياس قوة الشد طبقاً للمواصفة ASTM C 150 / 2015[8] في (2,28) يوم في ثلاثة أقواس لكل خليط .

النتائج والمناقشة :-

أُجريت جميع الفحوصات المختبرية الكيمياوية والفيزياوية في مختبرات معمل سمنت بادوش التوسيع. إن فحص مقاومة الانضغاط تمثل المعدل الحسابي للنماذج الموشورية المفحوصة , إذ فُحِصت 6 أنصاف مواشير لكل خلطة.

1- **مقاومة الانضغاط Compressive Strength :**

ويعتبر من الاختبارات السهلة والموثوقة لمعرفة جودة الأسمنت ومدى قوته. تم حساب قوة **الانضغاط** لمونة الأسمنت وليس للأسمنت وحده.

1.1- **تأثير إضافة الكلينيوم 51 على مقاومة الانضغاط لمونة الأسمنت عند درجات حرارة (20,7,55)°م**

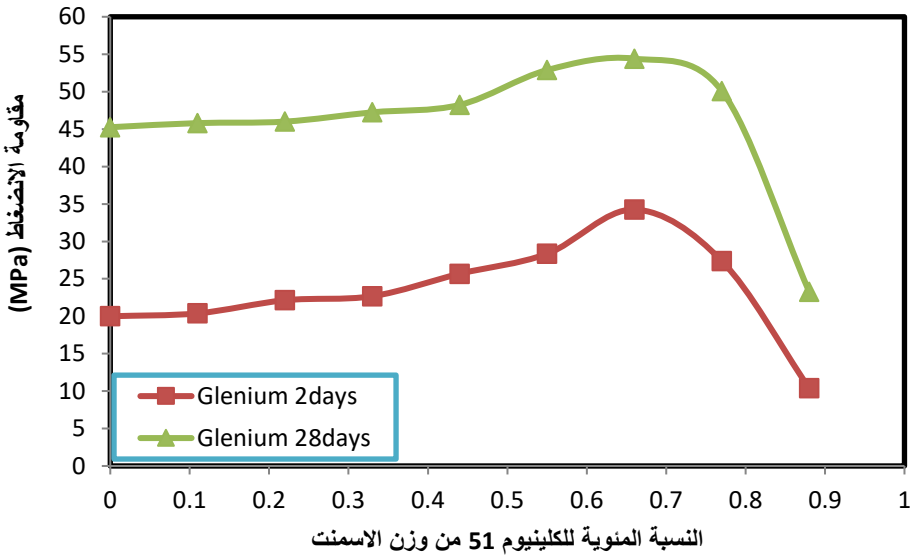
تمت إضافة الكلينيوم 51 بنسب مختلفة من وزن الأسمنت وكما هو موضح في الجدول رقم (6). أظهرت النتائج أن مقاومة الانضغاط زادت عند استخدام كلينيوم 51 بمقدار (0.66%) من وزن الأسمنت بمقدار (71.25، 24.66%) عند عمر (2، 28) يوم على التوالي، كما هو موضح في الشكل (2). حيث يتمتع الكلينيوم 51 بآلية فريدة من نوعها ويحسن بشكل كبير من كفاءة انتشار الأسمنت ويلتف حول حبيبات الأسمنت في بداية عمليات الخلط، كما تعمل مجموعات السلفونات في سلاسل البوليمر على زيادة الشحنة

السالبة لسطح جزيئات الأسمنت وتتشتت هذه الجزيئات عن طريق التنافر الكهروستاتيكي[14]، هذه الآلية الكهروستاتيكية تتسبب في انتشار العجينة الأسمنتية وتشتتها، ولها خصائص إيجابية حيث أنها تتطلب كمية أقل من مياه الخلط لتحضير الملاط. يحتوي كلينيوم 51 على بنية كيميائية مختلفة عن بقية الملدنات الفائقة حيث يتكون البوليمر من إيثر متعدد الكربوكسيل مع سلاسل جانبية طويلة. ترتبط هذه السلاسل الجانبية بالعمود. يشكل العمود الفقري للبوليمر عائقًا استاتيكيًا يؤدي إلى تشتت وفصل جزيئات الأسمنت بشكل كبير. يوفر هذا العائق الاستاتيكي حاجزًا ماديًا بين حبيبات الأسمنت، مما يقلل من استخدامات المحتوى المائي[15].

عند إضافة النسبة المثلى من كلينيوم 51 (0.66%) من وزن الأسمنت إلى المونة الأسمنتية عند درجة حرارة 7 مئوية زادت قوة **الانضغاط** بمقدار(16.63، 50.24%) عند (2، 28) يوم على التوالي مقارنة بالمرجع. الخليط كما في الجدول(7) وعند إضافة النسبة المثلى من الكلينيوم 51 0.66% إلى المونة الأسمنتية عند درجة حرارة 55 مئوية زادت قوة **الانضغاط** بمقدار (24.07، 20.06)% عند (2، 28) يوم على التوالي مقارنة بالخليط المرجعي كما في الجدول (7).

جدول (7) تأثير إضافة الكلينيوم 51 في مقاومة الانضغاط والانحناء والشد للمونة الأسمنتية عند درجات حرارة 20 درجة مئوية، 7 درجة مئوية، 55 درجة مئوية

% Glenium	Temp. C°	Compressive strength (Mpa)		Flexural strength (Mpa)		Tensile strength (Map)	
		2days	28days	2days	28days	2days	**28days**
0.00	20	20.00	45.25	10.31	22.23	1.7	3.3
	7	10.46	30.20	6.26	15.27	1.50	2.59
	55	14.00	32.15	8.11	18.36	1.59	2.62
0.11	20	20.39	45.80	11.96	22.50	1.8	3.36
0.22	20	22.14	46.00	13.30	22.55	1.86	3.40
0.33	20	22.68	47.24	14.60	22.90	1.89	3.42
0.44	20	25.68	48.24	16.86	23.28	2.07	3.45
0.55	20	28.34	52.88	17.00	23.66	2.12	4.00
0.66	20	34.25	54.41	18.10	24.80	2.97	4.60
	7	12.20	37.60	9.47	19.91	12.10	23.41
	55	17.37	38.60	12.10	23.41	2.67	2.88
0.77	20	27.02	50.09	14.30	21.66	1.79	2.12
0.88	20	10.39	23.28	10.00	15.80	1.2	1.40



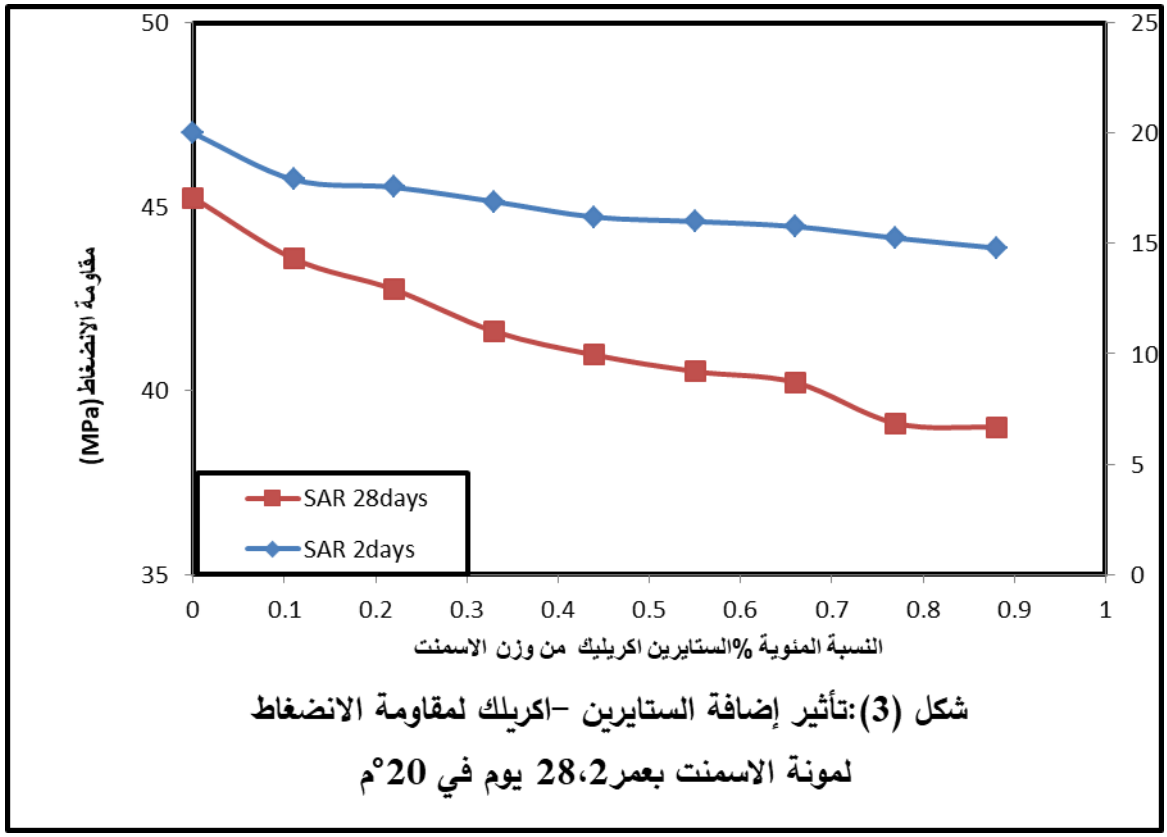
شكل (2) تأثير إضافة الكلينيوم 51 لمقاومة الانضغاط لمونة الاسمنت بعمر 2،28 يوم في 20°م

2- تأثير إضافة مطاط الستايرين- الأكريليك :

3- مقاومة الانضغاط لمونة الأسمنت عند (55,20,7) °م :

تم اضافة الستايرين - اكريليك بنسب مختلفة من الاسمنت. وأظهرت النتائج أن أعلى قيمة في مقاومة الانضغاط عند 0.11% من وزن الاسمنت كما في الشكل (3) حيث انخفضت بنسبة (3.66، 10.5)% عند (0.11%) من وزن الاسمنت .(2، 28) يوم على التوالي، قوة الانضغاط للأسمنت المحتوي على بوليمر الستايرين - اكريليك أقل من قوة الانضغاط للأسمنت بدون بوليمر. أي أنه مع زيادة محتوى الستايرين اكريلك في السمنت، تقل مقاومة **الانضغاط** تدريجيًا. وذلك لأن معامل المرونة للبوليمر أقل من معامل المرونة للستايرين اكريليك الأسمنت المتصلب. لذلك فإن مقاومة الانضغاط لمونة الأسمنت المعدلة بنفس نسبة ماء الأسمنت تكون أقل من تلك الموجودة في مونة الأسمنت بدون إضافة بوليمر ومع مرور الوقت تتبخر الرطوبة الموجودة في المستحلب وتتشكل[15].

تتكثف جزيئات البوليمر بشكل أكبر، مما يؤدي إلى تكوين أغشية ذات قوة عالية وترابط أكبر، وبالتالي تزداد متانة مع مرور الوقت. تأثير مستحلب الستايرين اكريليك على قوة الانضغاط بعد 28 يوم مع زيادة محتوى البوليمر يتناقص مقارنة بالخليط المرجعي الخالي من البوليمر ثم يزيد قليلا ولكن أقل من قوة الانضغاط للأسمنت الخالي من البوليمر. قلل الستايرين اكريليك من قوة الانضغاط والانحناء بسبب تأثير الهواء الداخلي المنطلق من الستايرين اكريليك في خليط الأسمنت. المسامية تقلل من قوة الانضغاط والشد [16].



شكل (3):تأثير إضافة الستايرين –اكريلك لمقاومة الانضغاط لمونة الاسمنت بعمر2،28 يوم في 20°م

24.66 24.66

جدول (8) تاثير المضافات على مقاومة الانضغاط بدرجات (7،20،55) °م

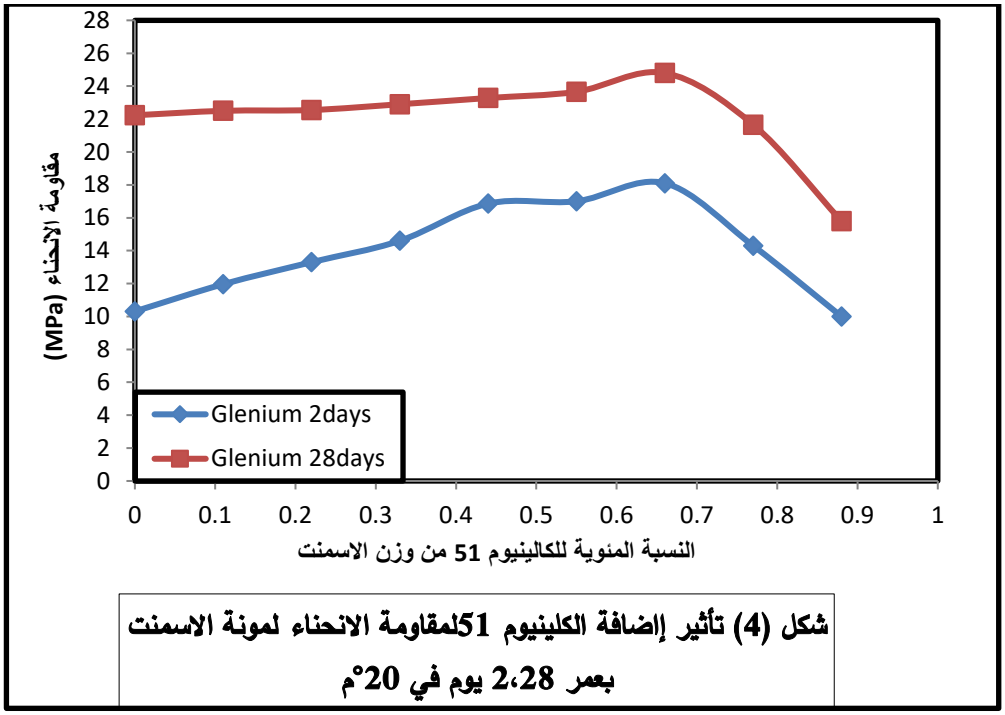
28days at 55°C (MPa)	2days at 55°C (MPa)	28days at 20°C (MPa)	2days at 20°C (MPa)	28days at 7°C (MPa)	2days at 7°C (MPa)	Optiumum Ratio%	Additives
32.15	14.00	45.25	20.00	30.20	10.46	0.00	Referance
38.60	17.37	56.41	34.25	37.60	12.20	0.66	(Gl51)
40.85	21.45	47.86	23.99	35.69	17.98	0.11	(SAR) + (Gl51)

4- قوة الانحناء:

قوة الانحناء أعلى قليلا من قوة الشد ويستخدم نفس موشور قوة الانضغاط في قياس قوة الانحناء حسب المواصفة القياسية العراقية رقم (5) / 2019[7]. حيث يتم فتح القوالب بعد 24 ساعة وتوضع في أحواض المعالجة بزمن (2,28) يوم وتؤخذ النتيجة بمعدل 3 موشورات .

a- تأثير إضافة الكلينيوم 51 على مقاومة الانحناء للمونة الأسمنتية عند (7،20،55)°م.

تمت إضافة الكلينيوم 51 بنسب وزنية مختلفة من وزن الأسمنت كما في الجدول (7)، وكانت أعلى قيمة لمقاومة الانحناء عند 0.66%، وبلغت (13.90،76.43)% عند عمر (2، 28) يوم، على التوالي، كما في الشكل (4) عند إضافة الكلينيوم بالقيمة المثلى للمونة الأسمنتية عند درجة حرارة 7°م، زادت مقاومة الانحناء بمقدار (51.27،30.38)% عند عمر (28,2) يوم على التوالي عند إضافة النسبة المثلى للكلينيوم 0.66% إلى مونة الأسمنت عند درجة حرارة 55°م وقد زادت مقاومة الضغط بنسبة (27.50،49.19)% عند عمر (2 ، 28) يوما على التوالي.



شكل (4) تأثير إضافة الكلينيوم 51لمقاومة الانحناء لمونة الاسمنت بعمر 2،28 يوم في 20°م

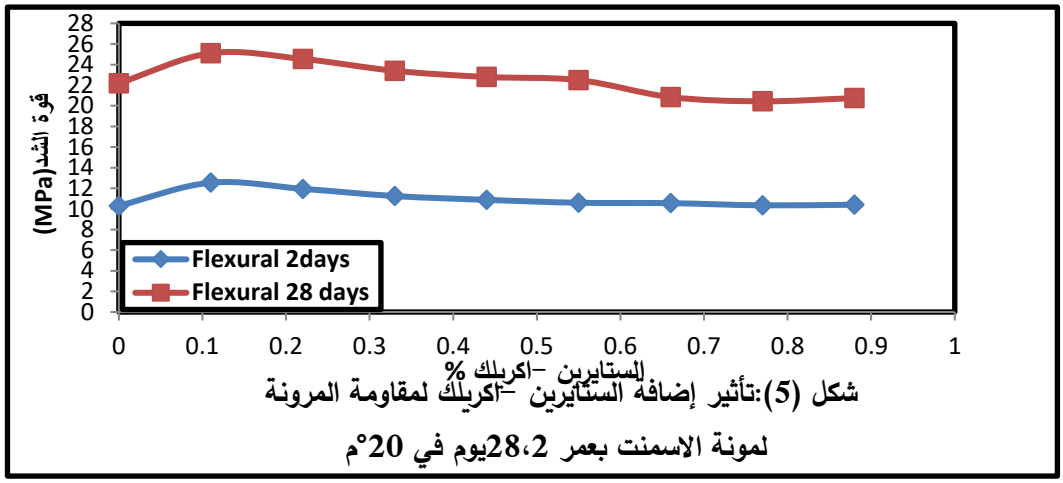
b- تأثير إضافة الستايرين - اكريليك إلى قوة المرونة لمونة الأسمنت عند (7،20،55) °م

تمت إضافة الستايرين - اكريليك بنسب مختلفة من وزن الأسمنت كما هو موضح في الجدول (7). وكانت أعلى مقاومة للمرونة عند 0.11% من وزن الأسمنت (17.72،32.98)% مع عمر (2، 28) يوم على التوالي كما هو مبين في الشكل (5) وعند إضافة النسبة المثلى من الستايرين – اكريليك 0.11 % إلى النسبة المثلى. نسبة الكلينيوم 0.66% عند 20 °م، زادت قوة المرونة بنسبة (20.10،39.76)% عند عمر (28,2) يوم كما هو مبين في الجدول (7). كما تم إضافة النسبة المثلى من الستايرين - اكريليك إلى مونة الأسمنت عند درجة حرارة 7 °م. زادت مقاومة المرونة بنسبة (16.56،37.38) % عند (2 ، 28) يوم على التوالي.

وعند إضافة النسبة المثلى للستايرين - اكريليك إلى النسبة المثلى للكلينيوم عند 7 °م، زادت قوة المرونة بنسبة (115.17،7.46)% عند عمر (2، 28) يوماً على التوالي، كما هو موضح في الجدول (7). كما تم إضافة النسبة المثلى للستايرين - اكريليك إلى مونة الأسمنت عند درجة حرارة 55 °م. كما زادت مقاومة المرونة بنسبة (13.07،9.85)% عند (2، 28) يوم على التوالي. وعند إضافة النسبة المثلى للستايرين - اكريليك إلى النسبة المثلى للكلينيوم عند درجة حرارة 55°م، زادت قوة المرونة بمقدار (38.10،10.02)% عند عمر (2،28) يوماً على التوالي.

جدول (8) تأثير المواد المضافة على قوة التميع لمونة الأسمنت (55,20,7)°م

28days at 55°C (MPa)	2days at 55°C (MPa)	28days at 20°C (MPa)	2days at 20°C (MPa)	28days at 7°C (MPa)	2days at 7°C (MPa)	Optiumum ratio%	Additives
18.36	8.11	22.23	10.31	15.27	6.26	0.00	Referance
23.41	12.10	27.60	18.19	19.91	9.47	0.66	(Gl51) 51
18.47	11.58	25.33	13.30	16.56	10.21	0.11	(SAR) + (Gl51)



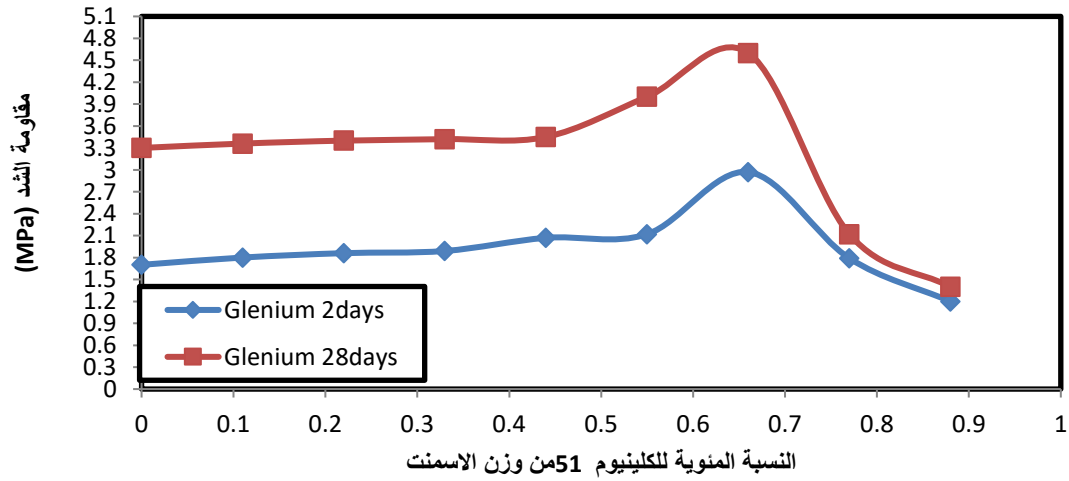
شكل (5):تأثير إضافة الستايرين –اكريلك لمقاومة المرونة لمونة الاسمنت بعمر 2،28يوم في 20°م

5- قوة الشد لمونة الأسمنت :

هو قياس مقدار الإجهاد الذي تتعرض له المادة عند وصولها إلى درجة الانهيار، ويستخدم اختبار قوة الشد المباشر على نطاق واسع، ولكنه من الاختبارات التي تعطي نتائج متذبذبة ومتفرقة ولا يمكن الاعتماد عليه وهو مؤشر دقيق وليس مؤشراً دقيقاً لمدى قوة الأسمنت، لذلك يعتمد على قوة الانضغاط عند اختبار الأسمنت أكثر من اعتماده على اختبار الشد.

1- تأثير إضافة الكلينيوم 51 على مقاومة الشد للمونة الأسمنتية عند درجة حرارة (55,20,7) °م.

تمت إضافة الكلينيوم 51 بنسب مختلفة من وزن الأسمنت عند 20 °مكما في الجدول (7) حيث زادت قوة الشد عند 0.66% من وزن الأسمنت بمقدار (74.70، 39.39%) عند عمر (2، 28) يوم كما هو موضح في الشكل (6) على التوالي. عند إضافة كلينيوم 51 بنسبة 0.66% من وزن الأسمنت إلى مونة الأسمنت عند درجة حرارة 7°م زادت مقاومة الشد بنسبة (63.33، 22)% بعمر (28,2) يوم على التوالي. عند إضافة الكلينيوم 51 عند درجة حرارة 55°م زادت قوة الشد بنسبة (22،63.33)% بنسبة (9.92،67.92)% عند عمر (2، 28) يوم على التوالي.

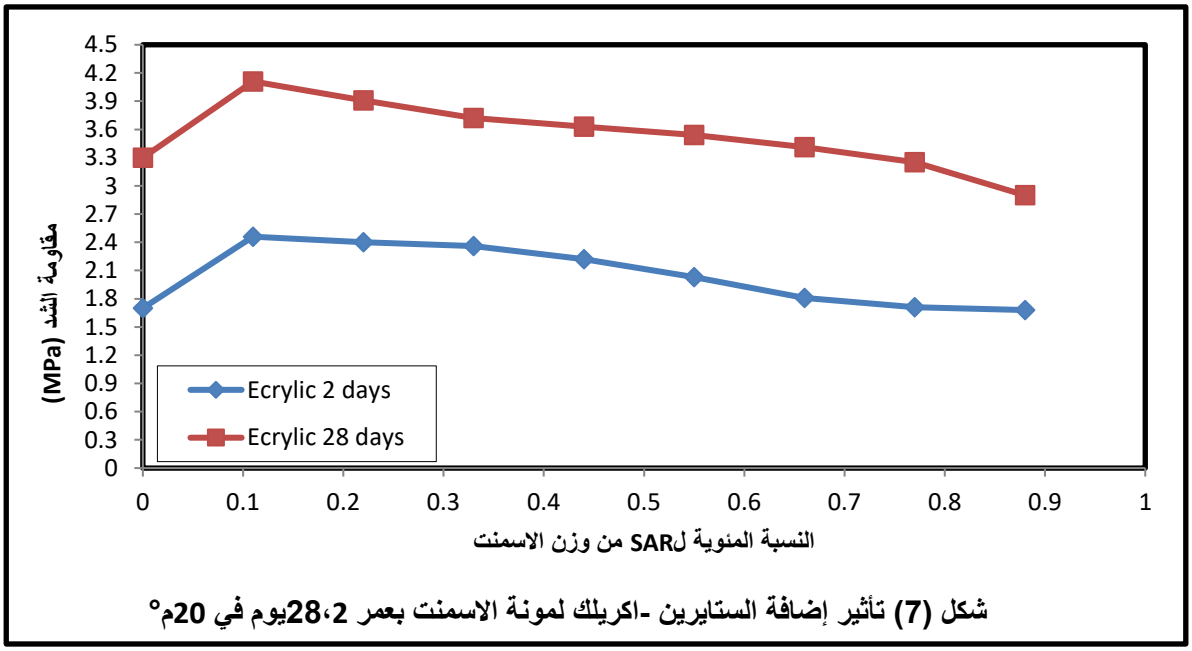


شكل(6) تأثير إضافة الكلينيوم 51لمقاومة الشد لمونة الاسمنت بعمر 28&2يوم في20°م

2- - تأثير إضافة **SAR** إلى قوة الشد للمونة الأسمنتية عند (20,7,55) °م.

عند إضافة SAR بنسب مختلفة من وزن الأسمنت عند درجة حرارة 20 °م زادت قوة الشد بنسبة 0.11% بمقدار (77.64، 17.57)% عند عمر (2، 28) يوم على التوالي، كما هو موضح في الشكل (7).

عند إضافة النسبة المثلى لـــ SAR إلى النسبة المثلى للكلينيوم-51 عند درجة حرارة 20م°، زادت قوة الشد مقارنة بالخليط المرجعي بمقدار (12.35،7.27) عند عمر (2، 28) يوماً على التوالي. أضيفت النسبة المثلى من SBR إلى مونة الأسمنت عند درجة حرارة 7مْ وازدادت قوة الشد بمقدار (26.66,5.01)% عند عمر (2, 28) يوم على التوالي. أضيفت النسبة المثلى للكلينيوم 0.66% إلى النسبة المثلى 0.11% SAR من وزن الأسمنت عند درجة 7م. كما زادت قوة الشد بمقدار (25.33، 24.71)% عند عمر (2,28) يوم على التوالي. كما تم إضافة النسبة المثلى SAR بنسبة 0.11% من وزن الأسمنت إلى مونة الأسمنت عند درجة حرارة 55مْ، كما زادت مقاومة الشد (8.8، 12.21)% عند عمر (2.28) يوم على التوالي. عند إضافة القيمة المثلى لـــ SBR بنسبة 0.11% إلى القيمة المثلى للكلينيوم 0.66% عند درجة حرارة 55 درجة مئوية، زادت قوة الشد (16.35، 8.39%) مع عمر (2.28) على التوالي.



شكل (7) تأثير إضافة الستايرين -اكريلك لمونة الاسمنت بعمر 2،28يوم في 20م°

جدول (9) تأثير الإضافات على قوة الشد للمونة الأسمنتية عند (7,20,55) درجة مئوية

(MPa) 28days at 55C	(MPa) 2days at 55C	(MPa) 28days at 20C	(MPa) 2days at 20C	(MPa) 28days at 7C	(MPa) 2days at 7C	Optiumum ratio%	Additives
2.62	1.59	3.30	1.70	2.59	1.50	0.00	Referance
2.88	2.67	4.60	2.97	3.16	2.45	0.66	(Gl51)
2.90	1.78	3.71	2.13	2.64	1.72	0.11	(SAR) + (Gl51)

3. **تأثير درجة الحرارة على قوة الضغط والانحناء والشد للمونة الأسمنتية:**

بينت الدراسة الحالية أن مقاومة الانضغاط للقوالب المعالجة بدرجة حرارة 20م° كانت أعلى من مقاومة الانضغاط للقوالب المعالجة بدرجة حرارة 55م° وبدورها كانت أعلى من مقاومة الانضغاط للنماذج التي عولجت

بدرجة حرارة 7م°. كما هو مبين في الشكل (9، 8) حيث كانت قوة الضغط للقوالب المحتوية على الكلينيوم-51 عند درجة حرارة 20 مئوية (34.25، 56.41) ميكاباسكال عند عمر (2،28) يوم على التوالي [18] بينما كانت القوالب التي عولجت عند درجة حرارة 55°م مقاومة انضغاط (17.37، 38.60) ميكا باسكال، وكانت القوالب المعالجة عند درجة حرارة 7م (12.20، 37.6) ميكا باسكال مقارنة بالخليط المرجعي الذي تم معالجته عند درجة حرارة. نفس درجة الحرارة [19]. وينطبق نفس التفسير على قوة المرونة والشد لكل قالب من القوالب عند إضافة SAR إلى الكلينيوم 51، وكذلك عند إضافة SAR إلى مونة الأسمنت وحدها أو إضافة كلينيوم إلى مونة أسمنت أيضا، وكما في الشكل (9، 10)، نلاحظ أنه مع ارتفاع درجة الحرارة تنخفض قوة الضغط للأعمار المبكرة للأسمنت المحتوي على البوليمر SAR بين 2 – 28 يوم [20]، ويعتمد هذا التأثير على التفاعلات بين جزيئات البوليمر مع حبيبات الأسمنت والتي تشمل التأثير الفيزيائي والكيميائي [21]. تذوب جزيئات SAR بسرعة في المحلول ثم تمتص على حبيبات الأسمنت وتشكل طبقة بوليمر كثيفة يمكن أن تمنع أيونات الكالسيوم من الدخول والذوبان من سطح حبيبات الأسمنت.[22] تأثير درجة الحرارة على قوة المرونة والشد لمونة الأسمنت هي نفسها على قوة الانضغاط.

References:

[1] A. Al Rashid, S. A. Khan, S. G. Al-Ghamdi, and M. Koç, "Additive manufacturing: Technology, applications, markets, and opportunities for the built environment," Autom. Constr., vol. 118, p. 103268, 2020.

[2] M. S. Hossain, V. Panov, S. Choi, and K. K. Yun, "Durability performance of cement mortar incorporating water-repellent admixtures," Constr. Build. Mater., vol. 440, p. 137262, 2024.

[3] X. Zhang, M. Du, H. Fang, M. Shi, C. Zhang, and F. Wang, "Polymer-modified cement mortars: Their enhanced properties, applications, prospects, and challenges," Constr. Build. Mater., vol. 299, p. 124290, 2021.

[4] Y. Fang, J. Wang, X. Qian, L. Wang, P. Chen, and P. Qiao, "A renewable admixture to enhance the performance of cement mortars through a pre-hydration method," J. Clean. Prod., vol. 332, p. 130095, 2022.

[5] C. Liang, Q. Zheng, J. Jiang, P. J. M. Monteiro, and S. Li, "Calcium silicate hydrate colloid at different humidities: Microstructure, deformation mechanism, and mechanical properties," Acta Mater., vol. 228, p. 117740, 2022.

[6] L. Zhao, X. Guo, L. Song, Y. Song, G. Dai, and J. Liu, "An intensive review on the role of graphene oxide in cement-based materials," Constr. Build. Mater., vol. 241, p. 117939, 2020.

[7] Iraqi Standard No. (5) IQS NO. 5/2019

[8] ASTM EN 196-1' American standard test material'for chemical and physical properties for cement

[9] The training course for lab.work according to the requirements of the standard European standard EN-196,2008, Raw materials used in the production of Portland cement,General corporation for cement and building materials.

[10] ASTM EN 934-2: American standard test material ;materal&Glenium

[11] S. Deng, J. Fan, G. Li, M. Zhang, and M. Li, "Influence of styrene-acrylic emulsion additions on

the electrical and self-sensing properties of CNT cementitious composites," Constr. Build. Mater., vol. 403, p. 133172, 2023.

[12] J.-B. Lena et al., "Degradable Poly (alkyl acrylates) with Uniform Insertion of Ester Bonds, Comparing Batch and Semibatch Copolymerizations," Macromolecules, vol. 53, no. 10, pp. 3994–4011, 2020.

[13] W. Song et al., "Versatile hyper-cross-linked polymers derived from waste polystyrene: Synthesis, properties, and intentional recycling," Langmuir, vol. 40, no. 32, pp. 16670–16689, 2024.

[14] L. Lei, T. Hirata, and J. Plank, "40 years of PCE superplasticizers-History, current state-of-the-art and an outlook," Cem. Concr. Res., vol. 157, p. 106826, 2022.

[15] M. Afaque, R. A. Khan, S. Roy, and M. A. Khan, "Mechanical and Microstructural Analysis of Jarosite-Enhanced Concrete for Sustainable Construction," in E3S Web of Conferences, EDP Sciences, 2024, p. 1020.

[16] ASTM C150-2015. Standard Test Method for Tensile of Hydrolic cement mortar , American Society for Tensile &material

[17] J. Mo et al., "Experimental study on damping properties of rubber powder modified styrene-acrylic emulsion concrete beam," J. Build. Eng., vol. 32, p. 101728, 2020.

[18] T. Bualuang, P. Jitsangiam, K. Nusit, U. Rattanasak, and P. Chindaprasirt, "Enhancing lateritic soil for sustainable pavement subbase with polymer-modified cement: A comparative study of styrene butadiene rubber and styrene acrylic latex applications," Case Stud. Constr. Mater., vol. 21, p. e03760, 2024.

[19] H. Berkak, M. Bederina, and Z. Makhloufi, "Physico-mechanical and microstructural properties of an eco-friendly limestone mortar modified with styrene-polyacrylic latex," J. Build. Eng., vol. 32, p. 101463, 2020.

[20] J. Segura, D. Aponte, L. Pelà, and P. Roca, "Influence of recycled limestone filler additions on the mechanical behaviour of commercial premixed hydraulic lime based mortars," Constr. Build. Mater., vol. 238, p. 117722, 2020.

[21] S. H. Yeo, K. H. Mo, and H. Bin Mahmud, "Hybrid Nucleation Acceleration Method with Calcium Carbonate and Calcium Silicate Hydrate for Fast-Track Construction," Buildings, vol. 13, no. 12, p. 2975, 2023.

[22] S. R. Ferreira, A. R. S. Neto, F. de Andrade Silva, F. G. de Souza Jr, and R. D. Toledo Filho, "The influence of carboxylated styrene butadiene rubber coating on the mechanical performance of vegetable fibers and on their interface with a cement matrix," Constr. Build. Mater., vol. 262, p. 120770, 2020.