The Iraqi Journal For Mechanical And Material Engineering, Vol.8, No.3, 2008

سلوك تشققات الانكماش المقيدة من النهايات لمونة أنواع مختلفة من السمنت

Abbass Salim Abbass
College of Engineering / University of Babylon

الخلاصة

يتناول البحث سلوك تشققات انكماش الجفاف لمونة سمنت بنوعية سمنت بورتلاندي اعتيادي ومقاوم للأملاح الكبريتية وسمنت ابيض كلا على حدة،وبنسبة خلط (2.5:1) سمنت : رمل على التوالي ونسبة ماء/سمنت (0.5)، تم استخدام قوالب حديدية على شكل (I) توفر التقييد اللازم من الجانبين لمقاومة التغيرات الحجمية (الانكماش والزحف) لمونه السمنت عند تغير محتوى الرطوبة فيه نتيجة(الترطيب والتجفيف) ، كذلك معرفة مقاومة الانضغاط ومعاير الكسر لمونة لمختلف أنواع السمنت موضوعة البحث .

وتشير النتائج إن مقاومة انضغاط مونه السمنت البورتلاندي الاعتيادي اكبر من مقاومة انضغاط مونه السمنت البورتلاندي المقاوم للأملاح الكبريتية والسمنت الأبيض بـ(23%17%16%) و(23%29%28%)على التوالي وبالأعمار (3،7،28) يوم على التوالي ، كذلك ارتفاع معاير الكسر لنماذج مونه السمنت البورتلاندي الاعتيادي على نماذج مونة السمنت البورتلاندي المقاوم والأبيض بـ(23%،25%) على التوالي بعمر (28يوم) .كما تشير النتائج حدوث تشققات انكماش الجفاف بالأعمار (21،24،28) يوم في نماذج مونة السمنت البورتلاندي الاعتيادي و المقاوم للأملاح الكبريتية والسمنت الأبيض على التوالي.وان تطور عرض التشققات بنماذج مونة السمنت البورتلاندي الاعتيادي كانت اكبر من عرض التشققات لنماذج مونة السمنت البورتلاندي المقاوم للأملاح الكبريتية لحد عمر (66) يوم وبعدها انخفضت ، إما عرض التشققات بنماذج مونة السمنت الأبيض كان الأقل من باقي نماذج مونة السمنت البورتلاندي الاعتيادي والمقاوم للأملاح الكبريتية ولكافة الأعمار .

الكلمات الرئيسية
الانكماش ، تشققات انكماش الجفاف، مقاومة الخرسانة للشد ،سعة انفعال الشد المرن ، مونة السمنت،عرض الشق

BEHAVIOR OF END-RESTRAINED SHRINKAGE CRACKS OF CEMENT MORTAR WITH DIFFERENT TYPES OF CEMENT

ABSTRACT

The aim of study is to understand the behavior of shrinkage cracks of cement mortar, using different types of cement (O.P.C), (S.R.P.C) & (W.P.C) with mix proportion (1:2.5) cement: sand by weight, and water /cement ratio (0.5) for all series. The samples were cast in (I) shape steel moulds and had lateral restraint to resist volume changes (shrinkage & creep) in cement mortar under wetting and drying cycles (moisture content changes), the study consisted also determining compressive strength and modulus of rapture for the cement mortar.

Experimental results showed that compressive strength of mortar of (O.P.C) was greater than of mortar with (S.R.P.C)&(W.P.C)by (23%,17%,16%) ,(35%,29%,28%) at age (3,7,28) days respectively. The modulus of rapture of mortar with (O.P.C)was greater than of mortar with (S.R.P.C)&(W.P.C) at age (28)days by (23%,25%) respectively. The results showed that shrinkage cracks in samples occurred in mortar with (O.P.C), (S.R.P.C) & (W.P.C) at age (21,24,28)days after casting respectively. The crack width development of the sample with (O.P.C) was higher than the crack width development of the sample with (S.R.P.C) until age of (66) days , and after that decreased , but the crack width development of the sample with (W.P.C)stayed lower than the crack width development of the sample with (O.P.C)& (S.R.P.C) at all ages .

المقدمة

تعتمد صناعة السمنت بشكل رئيسي على مادة حجر الكلس (كاربونات الكالسيوم) والطين (سليكات الومينا المائية) بالإضافة إلى اكاسيد الحديد ، وهذه المواد باختلاف نسبه استخدامها وطبيعة تركيبها باحتوائها على الشوائب بالإضافة إلى طريقة تصنيع السمنت ، كل هذه الأسباب تودي إلى الحصول على أنواع مختلفة من السمنت البورتلاندي ، وتبعا للحاجة العملية فمنها السمنت البورتلاندي الاعتيادي ، السمنت المقاوم للأملاح الكبريتية، والسمنت الأبيض وغيرها من هذه الأنواع ، وهي الأنواع الأكثر شيوعا واستخداما بإعمال التشييد ، وقد يتجاوز إلى حد إن مواصفات النوع الواحد من السمنت متغير بالخواص الكيميائية والفيزيائية من حالة إلى الأخرى تبعا للأسباب أعلاه. علية فان أي تغير بالتركيب الكيميائي للسمنت يعني التأثير سلبا أو إيجابا على الخواص الفيزيائية فيه ومنها (زمن التصلب ، الثبات،الانكماش ومقاومة الضغط والشد). وعلى هذا الأساس نسعى لدراسة تأثير أنواع السمنت على ظاهرة الانكماش ، والتي بدورها نستدل منها على تأثير تشققات انكماش الجفاف ، من اجل الاستدلال على مقاومة إجهاد الشد لكل نوع من السمنت موضوعة البحث.

استعراض البحوث

بعد ما يتم إضافة الماء إلى الخلطات الخرسانية أو المونة فانه تحدث تفاعلات فعالة يصبح فيها السمنت نتيجة لها عاملا للالتحام في عجينة السمنت – الماء وهذا مانطلق علية بظاهرة الاماهة (Neville-1995)، وخلال هذه التفاعلات تنتج تغيرات حجميه، الغالب فيها تقلص بالحجم من مجموع حجوم الماء والسمنت وبالناتج نطلق على هذا التقلص (بالانكماش (Shrinkage)) ،وهي ظاهرة فيزو كيميائية (Physic—Chemical) تحدث من دون اجهادات خارجية مؤثرة على الخرسانة أو المونة. حيث إن الانكماش عندما تكون الخرسانة الطرية يسمى بالانكماش اللدن(Plastic Shrinkage) وإذا ماتركت الخرسانة لتتصلب فانه يحدث الانكماش الذاتي(Autogenous Shrinkage) ،أما عندما تفقد الخرسانة المتصلبة للماء فأنة يحدث انكماش الجفاف(Drying Shrinkage) بالإضافة إلى انكماش الكربنة (Carbonation Shrinkage) .(1986- Neville & Brooks) . يتأثر انكماش الخرسانة أو المونة بعوامل عدة منها نسبة الركام ، حيث يقوم الركام بتقييد عجينة السمنت حيث يصبح الركام تحت إجهاد ضغط وفي نفس الوقت تصبح عجينة السمنت في موضع شد (Hobbs-1974). كذلك محتوى الماء والسمنت ، الرطوبة النسبية ودرجة الحرارة كذلك مقاس وشكل النموذج ، حيث مع زيادة المساحة السطحية المعرضة للتأثيرات الجوية المباشرة إلى حجم النموذج فان مقدار الانكماش يزداد والعكس صحيح. (Mattok&Hansen -1966)

أن الانكماش أو التقلص بالخرسانة أو المونة عندما يكون مقيد سواء كان التقييد داخلي (كالركام بأنواعه وحديد التسليح) أو تقييد خارجي (كالترابط بالأعضاء الخرسانية مع أجزاء أخرى أو وجود قوى احتكاك مع طبقات تحت العنصر الخرساني مثل الأرضيات والطرق)(الذايدي-2005)، يولد اجهادات شد داخلية قد تتجاوز بقيمتها مقاومة الخرسانة أو المونة للشد وبالتالي تحدث التشققات فيها وكما في الشكل (1) (Neville-1995) ، وعلى ضوء ماتقدم فانه يمكن تحديد أنواع التشققات التي تحدث نتيجة الانكماش إلى:-

أولا:- تشققات الانكماش اللدن (Plastic Shrinkage Cracks) تحدث نتيجة التبخر السريع للماء من سطح الخرسانة وهي لدنه أثناء تصلدها ، وهذا التبخر السريع يتوقف على عوامل كثيرة أهمها درجة الحرارة وشدة أشعة الشمس المباشرة تجعل معدل التبخر أعلى من معدل طفو الماء على سطح الخرسانة، وتكون هذه التشققات عادة قصيرة وسطحية وتظهر في اتجاهين متعاكسين في آن واحد .

الإعمال المختبرية

المواد الأولية

أن المواد الأولية هي مواد متوفرة محليا وكمايلي :

السمنت

أ- السمنت البورتلاندي الاعتيادي :- سمنت بورتلاندي اعتيادي من إنتاج معمل الكوفة وتم إجراء الفحوصات الكيميائية حسب الدليل الاسترشادي (198 لعام 1990) الفحوصات الفيزياوية حسب الدليل الاسترشادي (472 لعام 1993) وكانت النتائج موضحة بالجدول(1) مطابقة للمواصفات القياسية العراقية (5 لعام 1984).

ب-السمنت البورتلاندي المقاوم للأملاح الكبريتية:- سمنت منتج من قبل معمل سمنت كربلاء وتم إجراء الفحوصات الكيميائية حسب الدليل الاسترشادي (198 لعام 1990) الفحوصات الفيزياوية حسب الدليل الاسترشادي(472 لعام 1993) وكانت النتائج الموضحة بالجدول(1) مطابقة للمواصفة العراقية (5 لعام 1984).

ج-السمنت الأبيض:- سمنت منتج من قبل معمل سمنت الفلوجة وتم إجراء الفحوصات الكيميائية حسب الدليل الاسترشادي(198 لعام 1990) والفحوصات الفيزياوية حسب الدليل الاسترشادي (472 لعام 1993) وكانت النتائج الموضحة بالجدول(1) مطابقة للمواصفات العراقية (5 لعام 1984).

الركام الناعم

رمل طبيعي مأخوذ من منطقة الاخيضر، تم أجراء الفحوصات الفيزياوية وفق المواصفة القياسية العراقية (30 لعام 1981) و(31 لعام 1981) ،وان نسبة الأملاح الكبريتية (SO3) تم قياسها حسب الدليل الاسترشادي (500لعام1993)، وكانت النتائج كما موضحه بالجدول (2) ،وهي مطابق للمواصفة القياسية العراقية (45 لعام 1985).

القوالب وانتخاب نوع الفحص

أ- فحص مقاومة الضغط استخدم قوالب بإبعاد (5X5X5) سم .

ب- فحص الانثناء استخدم قوالب بإبعاد (28X2.5X2.5) سم .

ج- قياس عرض الشق تم استخدام قوالب حديدية ذات مقطع ساقية على شكل(I)(AL- Rawi-1985) وبإبعاد موضح بالشكل (2)، حيث إن جميع القوالب من الحديد ويتم طلاءه بالزيت قبل الصب ،ماعدا قوالب فحص عرض الشق فانه تم وضع طبقة من البولي اثلين (النايلون) للتخلص التقييد الناتج من الاحتكاك بالقوالب مع المونة وتركيز التقييد ليكون عند النهايتين فقط، وبعدها يتم صب المونة وبطبقتين مع الرص، فيه يتم إبقاءهم طول فترة الإنضاج لجميع النماذج لحين إجراء الفحص ،إما النماذج لقياس عرض الشق فانه تترك حتى تصل إلى الجفاف وان الذراعين الجانبيين للقالب ستقومان بتقيد مونه السمنت، وبذلك تتولد اجهادات تؤدي إلى تشققها في اضعف منطقة مابين الذراعين الجانبين في المنطقة الداخلية من النموذج ومن خلال يتم تحديد زمن حدوث الشق بعد الصب مع قياس تطور عرض الشق بمونة السمنت مع الزمن بعد حدوثه لفترات زمنية متغيرة لحد مدة قدرها (75يوم).

نسب الخلط

تم استخدام مونة السمنت بدلا من الخرسانة وذلك لان مونة السمنت تتصف بانكماش جفافها العالي مقارنة بالخرسانة ، بالإضافة وضوح السلوك لنوعية السمنت بخلطات المونة أكثر من خلطات الخرسانة ، وتم استخدام مونة السمنت بنسبة خلط (2.5:1) سمنت:رمل على التوالي لصب النماذج، وكانت نسبة الماء/السمنت (0.5) تم انتخاب نسبة الخلط هذه لتعطي انكماش عالي وذلك لان معظم التجارب أجريت خلال فصل الشتاء حيث الحرارة واطئة والرطوبة عالية .

مناقشة النتائج

تأثير نوع السمنت على مقاومة المونة للانضغاط والشد

الجدول (3) والشكل (3) يوضحان تأثير مقاومة الانضغاط لمونة مع تغيير نوع السمنت ، حيث أظهرت النتائج إن مقاومة الانضغاط لمونة السمنت البورتلاندي الاعتيادي اكبر من مقاومة الانضغاط لمونة السمنت المقاوم والسمنت الأبيض بكافة الأعمار ، حيث بلغت الزيادة بـ(23%،17%،16%) بالأعمار (3،7،28) يوم على التوالي بالمقارنة مع مقاومة السمنت المقاوم ، كما بلغت الزيادة بـ(35%،29%،28%) بالأعمار (3،7،28)يوم على التوالي بالمقارنة مع مقاومة السمنت الأبيض . إن هذه الزيادة بالمقاومة تأتي من التركيب الكيميائي للسمنت،وخصوصا إلى زيادة مركب(C3S)بالسمنت البورتلاندي الاعتيادي ، حيث هذا المركب يسهم في تطور مقاومة الانضغاط بالأعمار الأولى ، يعني زيادة نسبته تولد زيادة بالمقاومة الانضغاط للمونة والخرسانة، إما انخفاض مقاومة مونة السمنت المقاوم والأبيض بسبب زيادة نسبة مركب (C3A) أو (C4AF+C3A) (Neville-1995)(Neville & Brooks- 1986).

أما الجدول (4) والشكل (4) يبينان معاير الكسر للمونة وهي مقياس لمقاومة الشد بالطريقة غير مباشرة ، مع تعيير نوع السمنت حيث أعطت النتائج أن مقاومة الشد للسمنت البورتلاندي الاعتيادي بعمر (28)يوم أعلى من مقاومة السمنت البورتلاندي المقاوم والأبيض بمقدار (23%،25%) على التوالي ، إن مقاومة الشد للمونة أعطت نفس الانطباع لمقاومة الانضغاط للملاط،وهذا تأكيد على إن كلا المقاومتين (الانضغاط والشد) يتناسبان طرديا. (Neville-1995)و(1986 - Neville & Brooks)

تأثير نوع السمنت على زمن حدوث التشققات وزيادة عرضها

الجدول (5) والشكل (5) يوضحان إن نموذج مونة السمنت البورتلاندي الاعتيادي ظهرت التشققات فيه بعمر (21) يوم فيحين ظهرت بالسمنت البورتلاندي المقاوم والأبيض بعمر(24،28) يوم على التوالي، ويأتي تأخير ظهور التشققات بالسمنت الأبيض من زيادة نسبة الكبريتات (SO3) مع زيادة نسبة مركب (C3A) حيث يتم التفاعل بينهما مولدا زيادة حجميه داخلية(تمدد) تعطي تأثيرا معاكسا لظاهرة الانكماش الذي يولد بدوره التشققات (Alexander elal - 1979)(ألمشهدي وآخرون -2002) وقد استمر هذا التأثير الايجابي من ناحية زيادة عرض التشقق حيث بلغ مقدار انخفاض بعرض التشقق بالسمنت الأبيض بالمقارنة مع السمنت البورتلاندي الاعتيادي بـ(50%،32%،23%،12%) بالأعمار (28،45،66،75) يوم على التوالي وهي نسب متناقصة مما يدلل على انخفاض تأثير هذا التفاعل، نتيجة استهلاك (SO3) ومركب (C3A) (Neville-1995)(Neville & Brooks- 1986) .

أما بشان تأخر ظهور التشققات وتطور عرضها بنموذج مونة السمنت البورتلاندي المقاوم لنفس السبب أعلاه ،بلغ الانخفاض بعرض الشق بالمقارنة مع السمنت البورتلاندي الاعتيادي لحد عمر (66) يوم بـ(28%،10%،14%) بالأعمار (28،45،66)يوم على التوالي، مع زيادة بعرض الشق بالمقارنة مع السمنت البورتلاندي الاعتيادي بالأعمار (70،75) يوم بـ(2%،2%) على التوالي ، هذا ما يدلل استنفاذ نواتج تفاعل (SO3) ومركب (C3A) بعمر(66) يوم، وهنا لابد إن نشير

من النتائج العملية أن التفاعلات الناتجة من اماهة السمنت وحدوث ظاهرة الانكماش (انكماش الجفاف) أحدثت تشققات نتيجة التقييد بالنموذج المفحوص حيث إن ظهور وزيادة عرض الشق بالنموذج ،كان على العكس تطور المقاومة للضغط ومعاير الكسر.

الاستنتاجات

من خلال النتائج العملية لمقاومة الضغط ومعاير الكسر وزمن حدوث التشققات وتطور عرضها فان نستنتج مايلي؛-

1- إن مونة السمنت البورتلاندي الاعتيادي أعطى اكبر مقاومة للضغط من السمنت المقاوم بـ(23%،17%،16%) بالأعمار (3،7،28)يوم على التوالي ، كما بلغت الزيادة بـ(35%،29%،28%) بالأعمار (3،7،28)يوم على التوالي بالمقارنة مع مقاومة السمنت الأبيض.
2- إن معاير الكسر لمونة السمنت البورتلاندي الاعتيادي أعطى زيادة مقدارها (23%،25%)على معاير الكسر لمونة السمنت البورتلاندي المقاوم والأبيض على التوالي .
3- ظهور التشققات بنموذج السمنت البورتلاندي الاعتيادي بعمر (21) يوم و تأخر ظهورها بالسمنت البورتلاندي المقاوم والأبيض وكانت بالأعمار (24،28) يوم على التوالي .

4- تطور عرض الشق بنموذج السمنت البورتلاندي الاعتيادي كان اكبر من السمنت الأبيض بكل الأعمار حيث بلغت الزيادة بعرض التشقق بـ(50%،32%،23%،12%) بالأعمار (28،45،66،75) يوم على التوالي أما بالمقارنة مع السمنت البورتلاندي المقاوم تطور عرض التشقق اقل من عرض الشق بنموذج السمنت البورتلاندي الاعتيادي بلغ (28%،10%،14%) بالأعمار (28،45،66)يوم على التوالي، وقد ازداد العرض بمقدار (2%،2%) بالأعمار (70،75) يوم .

5- إن التاثير الكيميائي والفيزيائي كان واضحا على ظاهرة الانكماش والتشققات وتطور عرضها ، في حين لم يكن واضح تأثير مقاومة الانضغاط ومعاير الكسر على عرض التشققات.

جدول(1) نتائج الفحوصات الكيميائية الفيزياوية للإسمنت البورتلاندي الاعتيادي،المقاوم للأملاح الكبريتية والأبيض

الاكاسيد	نوع السمنت (%)			حدود م. ق.ع (5) لعام 1984
	O.P.C	S.R.P.C	W.P.C	
CaO	63	62.7	60.3	------
SiO2	20.3	20.8	22.42	------
MgO	3.74	1.8	1.5	لايزيد عن 5%
Fe2O3	2.98	5	0.56	------
Al2O3	4.36	4.3	4.44	------
SO3	2.55	2.17	2.73	لايزيد عن 2.5% إذا كان C3A اقل من 5% لايزيد عن 2.8% إذا كانC3Aاكبر من 5%
الفقدان بالحرق	1.59	2.5	3.6	لايزيد عن 4%
مواد غير ذائبة	0.79	0.81	1.1	لايزيد عن 1.5%
عامل الإشباع الجيري	0.96	0.91	0.84	1.02 -0.66
مركبات السمنت حسب معادلات(R.H و Bogue)				
المركب	%	%	%	حدود م. ق.ع (5) لعام 1984
C3S	62.16	52.95	32.64	غير محدد
C2S	11.22	19.68	39.65	غير محدد
C3A	6.5	2.94	10.82	غير محدد
C4AF	9.06	15.22	1.7	غير محدد

الفحص		نوع السمنت (النتيجة)			حدود م. ق.ع (5) لعام 1984
		O.P.C	S.R.P.C	W.P.C	
النعومة بطريقة Blain (م2/كغم)		337	288	325	=< 230 (W.P.C& O.P.C) =< 250 (S.R.P.C)
الثبات بطريقة المحمم (%)		0.1	0.2	0.2	=< 0.8 %
التماسك الابتدائي(دقيقة)		117	130	125	=< 45 دقيقة
التماسك النهائي(دقيقة)		200	125	220	=> 600 دقيقة
مقاومة الانضغاط بالأعمار (نيوتن/مم2)	(3) يوم	23	17	15	=< 15 نيوتن/ملم 2
	(7) يوم	32.6	25	23.3	=< 23 نيوتن/ملم 2
	(28) يوم	42	35	30	غير محدد

جدول (2)خواص الركام الناعم(الرمل)

حجم المنخل (ملم)	النسبة المئوية العابرة	حدود م.ق.ع (45)لعام (1984) منطقة تدرج رقم 2
10	100	100
4.75	94	100-90
2.36	81	100-75
1.18	68	90-55
0.6	53	59-35
0.3	27	30-8
0.15	7	10-0
معامل النعومة	%2.7	-----
نسبة الأملاح الكبريتية SO3 (%)	0.41	%0.5
المواد العابرة من منخل رقم 200 (%)	4	%5

جدول(3) تطور مقاومة الانضغاط لمونه مع الزمن لأنواع السمنت البورتلاندي الاعتيادي والمقاوم والسمنت الأبيض

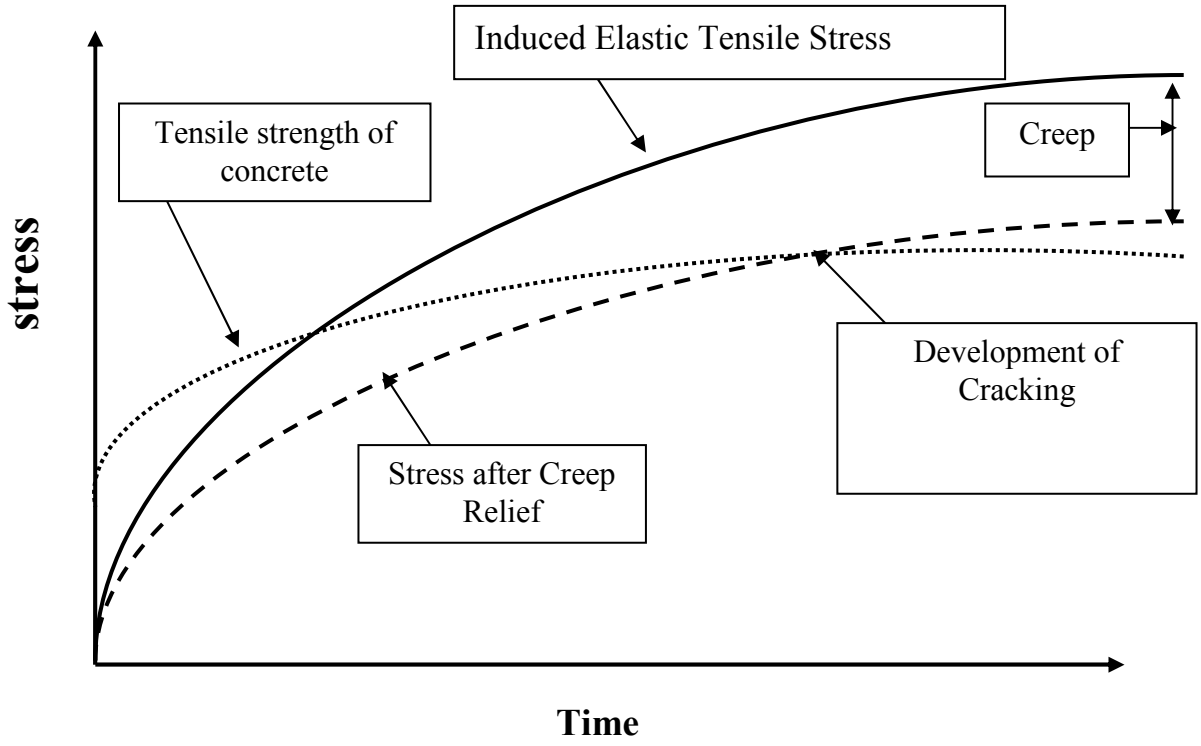
العمر (يوم)	مقاومة الانضغاط (نيوتن/ملم2)		
	السمنت البورتلاندي الاعتيادي	السمنت البورتلاندي المقاوم	السمنت الأبيض
3	23	17.8	15
7	32.6	27	23.3
28	42	35	30

جدول(4) معاير الكسر لأنواع السمنت البورتلاندي الاعتيادي والمقاوم والسمنت الأبيض بعمر(28) يوم بأسلوب التحميل بنقطة واحدة

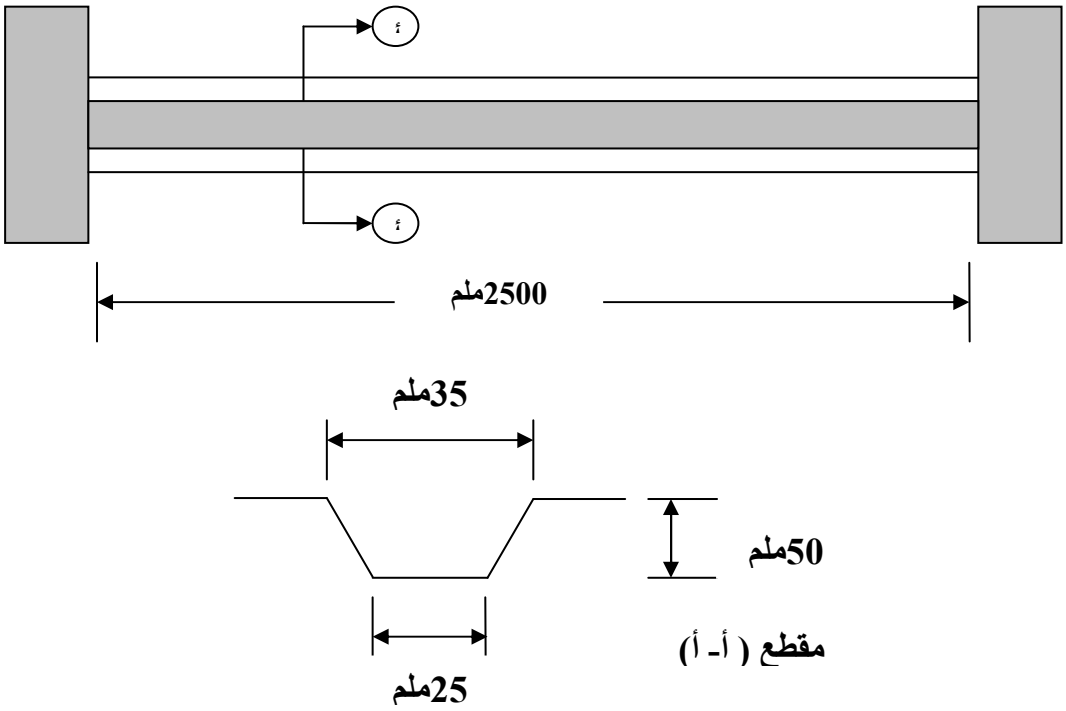
العمر (يوم)	معاير الكسر (نيـــوتـــن/مـــلـــم2)		
	السمنت البورتلاندي الاعتيادي	السمنت البورتلاندي المقاوم	السمنت الأبيض
28	6	4.6	4.5

جدول (5) الفترة الزمنية لحدوث الشق وتطور عرض الشق مع الزمن لأنواع السمنت البورتلاندي الاعتيادي والمقاوم والسمنت الأبيض

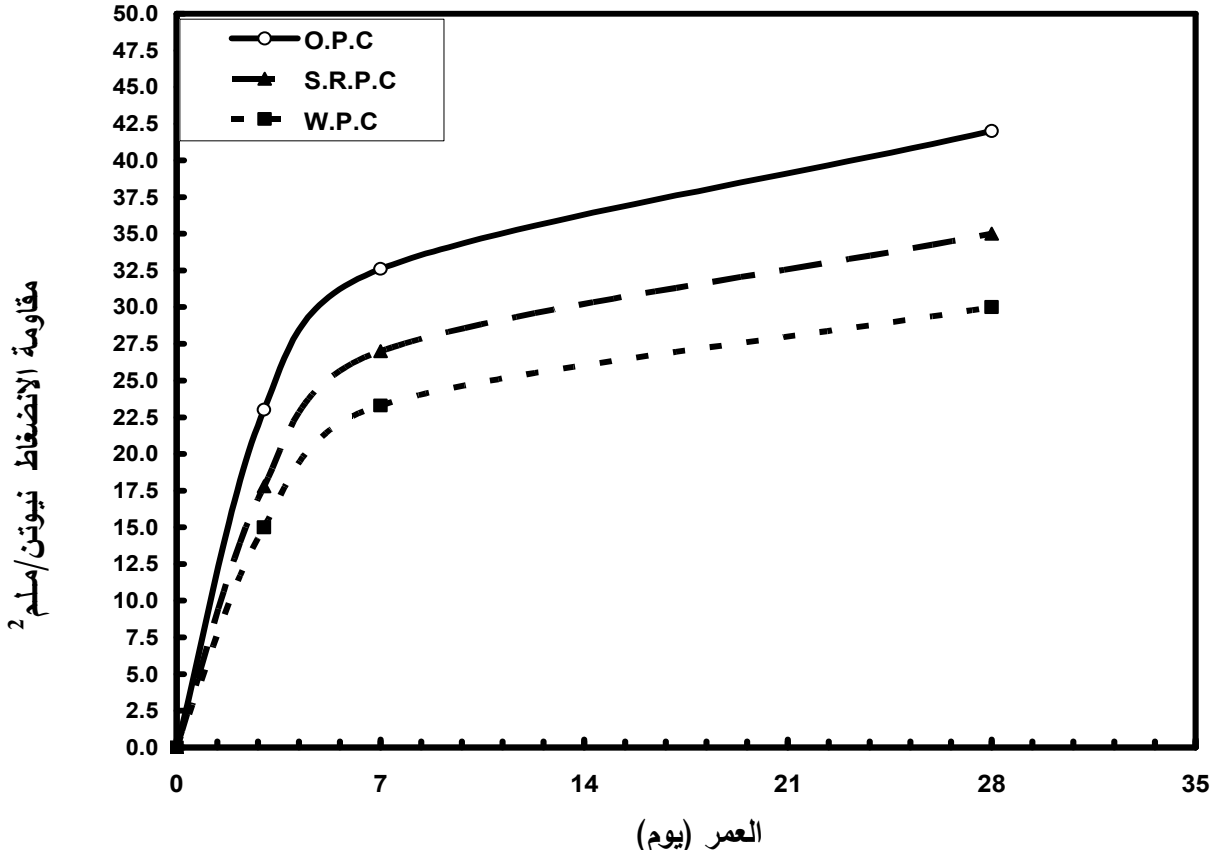
نوع السمنت	السمنت البورتلاندي الاعتيادي	السمنت البورتلاندي المقاوم للأملاح	السمنت البورتلاندي الأبيض
التفاصيل			
الفترة الزمنية لحدوث التشققات بعد الصب (يوم)	21 يوم	24 يوم	28 يوم
العمر(يوم)	عرض الشق (ملم)		
	السمنت البورتلاندي الاعتيادي	السمنت البورتلاندي المقاوم	السمنت الأبيض
21	0.1	--	--
24	0.13	0.15	--
28	0.25	0.18	0.125
31	0.375	0.25	0.25
38	0.44	0.377	0.3
45	0.5	0.45	0.34
52	0.625	0.52	0.405
59	0.6865	0.563	0.5
66	0.731	0.625	0.5625
70	0.738	0.75	0.625
75	0.74	0.752	0.65



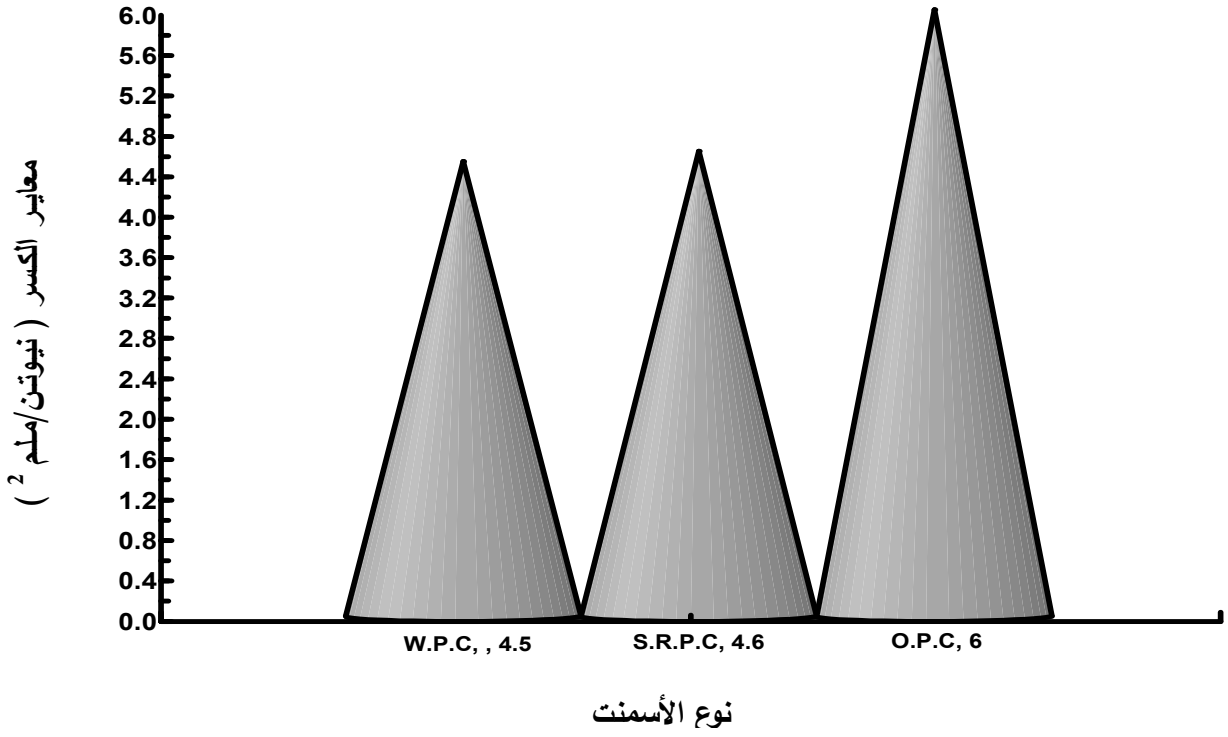
الشكل (1) النمط التخطيطي للاجهادات التي تحدث نتيجة تقييد الانكماش عند إراحة الإجهاد بواسطة الزحف



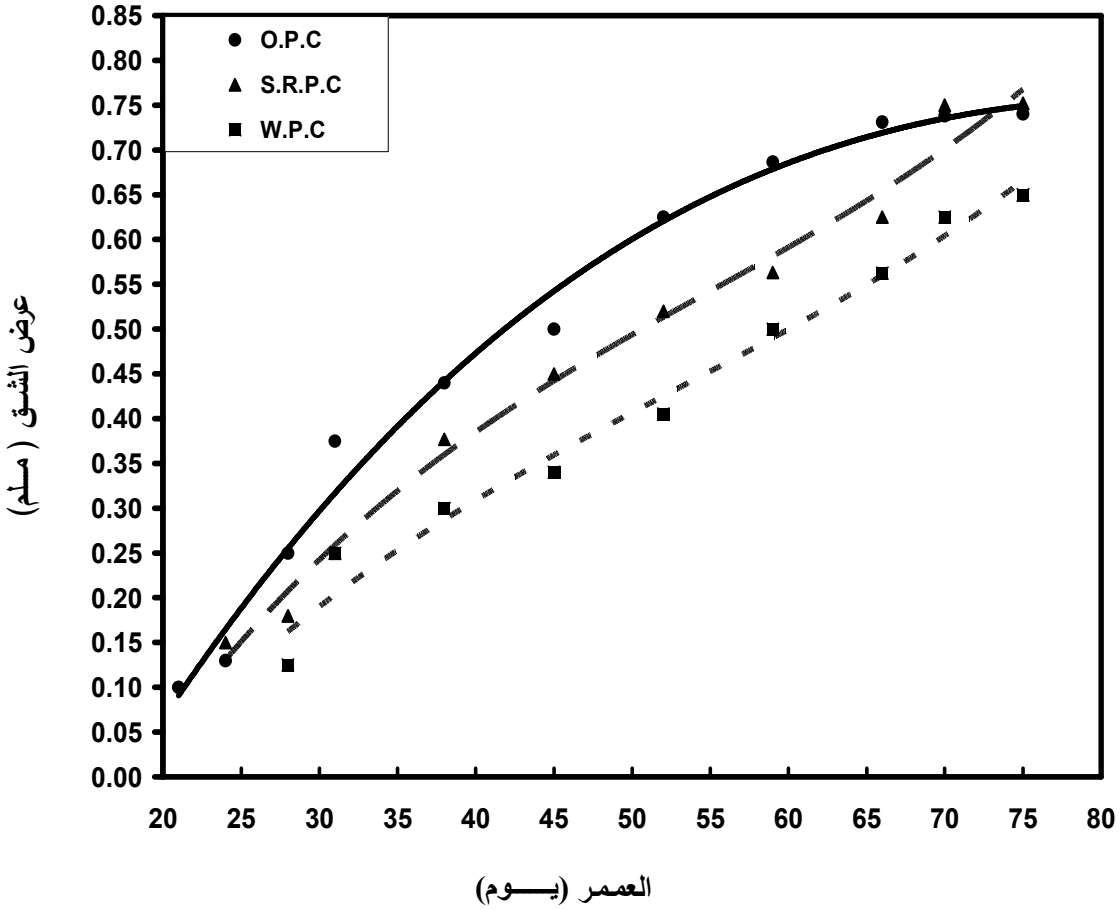
شكل (2) مخطط يوضح القوالب الحديدية المستخدمة في قياس عرض الشق



الشكل (3) تطور مقاومة الانضغاط مع الزمن للإسمنت البورتلاندي الاعتيادي والمقاوم والسمنت الأبيض



شكل (4) معايير الكسر لنماذج من مونة السمنت البورتلاندي الاعتيادي والمقاوم والسمنت الأبيض بأسلوب الحمل بنقطة واحدة وبعمر (28) يوم



الشكل (5) تطور عرض التشققات مع الزمن في السمنت البورتلاندي الاعتيادي والمقاوم والسمنت الأبيض

المصادر

Alexander , K.M. , Wardlaw , J., and Ivanusec,I., 1979, "The Influence of SO3 Content of Portland Cement on The Creep and Other Physical Properties of Concrete ", Cement and Concrete Research , V.9 ,PP.451-459.

AL- Rawi,R.S, 1985, "A New method for determination of tensile strain capacity and related concrete properties ",ACI symp. Singapore Chapter, Aug.,1985, Our World concrete and structures

AL- Rawi,R.S, and Qassab,F.F,1986, "Control of shrinkage cracking in continuously reinforced concrete pavement ", ACI international conference on concrete in transportation ,sept.,Vancouver ,Canada.

Hansen, T.C., and Mattok , A., H.,1966, "Influence of Size and Shape of Member on The Shrinkage and Creep of Concrete ", ACI Proc . , V.63, No.2 Feb.1966,pp.267-288.

Houk,I.E, Paxton ,J.A and Houghton,D.L,1970, "Predication of thermal stress and strain capacity of concrete by tests on small beam ",ACI journal, proceeding ,Vol. 67,No.3, MARCH,1970,PP.253-261

Neville , A.M.,2000 "Properties of Concrete " Fifth Edition , Pitman Press ., London PP.12, 42-44,595-598.

Neville , A.M. , and Brooks , J.J., 1987 "Concrete Technology " 1st Edition , Longman Scientific and Technical, London,PP.13-22,237-241.

Neville , A.M. , and Brooks , J.J., 1977 "A comparison of creep, elasticity and strength of concrete in tension and compression ",Magazine of Concrete Research,Vol,29,No.100,SEPT.1977, PP.131-141.

الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية، الدليل الاسترشادي المرجعي /198 /1990 " الفحوصات الفيزياوية لسمنت بورتلاند "

الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية، الدليل الاسترشادي المرجعي /1993/472 " طرق التحاليل الكيميائية لسمنت بورتلاند "

الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية ،الدليل الاسترشادي المرجعي /1993/500 " طرق فحص المواد الضارة في الركام "

الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية ،الدليل الاسترشادي المرجعي /1993/500 " طرق فحص المواد الضارة في الركام "

الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية ،الدليل الاسترشادي المرجعي /1993/500 " طرق فحص المواد الضارة في الركام "

الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية ،م ق ع /5/ 1984 " السمنت البورتلاندي "

الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية، م ق ع /1984/30" تعيين مقاسات و شكل و جسيمات الركام"

الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية، م ق ع /1981/31" تعيين الكثافة و الكثافة النسبية و الوزن النوعي و امتصاص الماء و الفجوات في الركام "

الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية ، م ق ع /1980/45 " ركام المصادر الطبيعية المستعمل في الخرسانة و البناء "

الذايدي، بدر ، 2005 ،" الشروخ الخرسانية أسبابها وعلاجها" ، منتدى مستشارك للبناء ،الكويت .

ألمشهدي ، سامر عبدالامير،1999،" تشققات الانكماش في مونة السمنت الحاوية على رماد قشور الرز" مجلة جامعة بابل ،العلوم الصرفة ، المجلد4، العدد 5، ص 1075-1082 .

ألمشهدي ، سامر عبدالامير&داود،مصطفى بلاسم&عيسى،مهدي صالح،2002" تأثير أملاح لكبريتات على تشققات الانكماش في مونة السمنت" ،مجلة جامعة بابل ،العلوم الصرفة ، المجلد7 العدد 5،ص1414-1422