تحسين مواصفات بيتون أقنية الري المسبقة الصنع المعالجة حرارياً بإعادة الرج

الدكتور عدنان نحاس
قسم الهندسه المائية ـ كلية الهندسة المدنية
جامعة دمشق

الملخص

يشكل التقدم السريع في عمليات التصنيع وخاصة في المجالات الهندسية قاعدة متينة للنهوض بالاقتصاد الوطني ، ويساهم إدخال طرائق جديدة للإنتاج ومن ضمنها أقنية الري في زيادة الإنتاج ورفع نوعيته.

ولما كانت مشاريع الري منتشرة على مساحة واسعة في أنحاء القطر فإنَّ زيادة الإنتاج ورفع مواصفات بيتون الأقنية يؤسس لمستقبل انتشارها، ويرفع كفاءة الري لمساحات واسعة.

ويعدُّ نظام المعالجة الحرارية مع إعادة الرج إحدى الوسائل الحديثة من أجل رفع مقاومة البيتون المائي المستخدم .

مواد البحث :

إن مواصفات المواد المستخدمة هي كما في الجداول ١،٢،٣ :

جدول (١) التركيب الكيميائي للأسمنت البورتلاندي المستخدم

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3
21.22	5.59	4.76	65.29	1.74	0.41

جدول (٢)التدرج الحبيبي للحصويات الكبيرة

قياس المنخل، mm	20	15	10	5	المتبقي
المحجوز الجزئي، %	-	8.0	38.9	45.1	8.0
المحجوز الكلي، %	-	8.0	46.9	92.0	100

الوزن النوعي للحصويات = $2,65t/m^3$ الوزن الحجمي = $1,65t/m^3$

جدول (٣) التدرج الحبي للرمل

قياس المنخل، mm	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	المتبقي
المحجوز الجزئي، %	4,5	11,5	7	14,5	28,5	27,5	7,5
المحجوز الكلي ، %	4,5	16,0	23	37,5	66	92,5	100

الوزن النوعي للرمل = $2,7t/m^3$ الوزن الحجمي = $1,7t/m^3$

تمت اختبارات جميع المواد حسب المواصفات الروسية غوست (60-310)
غوست(64-8269) ، وغوست(65-8735) .

دراسة نظام المعالجة الحرارية الأمثل:

يؤدي نظام المعالجة الحرارية دوراً كبيراً في الصفات الفيزيامیكانيكية (مقاومة ، بنية ، نفاذية) والتي بدورها تؤثر في ديمومة البيتون .

ولإيجاد النظام المثالي للمعالجة الحرارية والمدة الزمنية اللازمة لتحقيق المقاومة المطلوبة تمت دراسة تغير المقاومة وعلاقتها بدرجة الاستقرار الحراري واستمراريته ، وكذلك الفترة الزمنية لحفظ البيتون قبل البدء بعملية المعالجة الحرارية ، ويساهم التأثير الإيجابي لتأخير عملية المعالجة الحرارية بعد تحضير العنصر البيتوني في رفع المقاومة للتوتر الداخلي (الإجهاد) الأمر الذي يؤدي إلى بنية متجانسة

ومتماسكة للبيتون.

إن الفترة الزمنية المثالية لانتظار العناصر للبدء بالمعالجة الحرارية تتعلق بما يلي :

نوع الأسمنت ، تركيب البيتون ، قساوة البيتون ، درجة رص البيتون ، سرعة ارتفاع درجة الحرارة .

من أجل التحقق من تأثير الفترة الزمنية للانتظار من أجل بدء المعالجة الحرارية في مقاومة البيتون النهائية تمت دراسة عدة مجموعات من العينات ولفترات انتظار مختلفة (0,2,4,6 hours) والتي ضمنها يمكن أن تطبق عملياً . يعتقد الباحث ميرنوف [3] أنه في درجات حرارة عالية للمعالجة الحرارية يتم تسريع الحصول على المقاومة المطلوبة بالمقارنة مع المعالجة بدرجة حرارة أقل حيث يمكن الحصول على مقاومة أعلى.

وتبين نتائج البحوث أنه من أجل شروط معطاة (قساوة ، تركيب الخلطة ، نوع الأسمنت) تتأثر الصفات الفيزيائية والميكانيكية (معامل نفاذية ، مقاومة على الشد) بالانتقال إلى درجة الحرارة (100ºc) أما فترة الانتظار للعينات البيتونية فتزيد من مقاومة البيتون ، ومن مقاومة ومعامل المرونة الحركي مع تخفيف النفاذية أي زيادة كتلة البيتون . وللحصول على النظام الأمثل للمعالجة الحرارية تمت دراسة النظم التالية :

- معالجة حرارية ودرجة الاستقرار الحراري 70˚c وزمن انتظار 6,4,2 ساعة
- معالجة حرارية ودرجة الاستقرار الحراري 80˚c وزمن انتظار 6,4,2 ساعة
- معالجة حرارية ودرجة الاستقرار الحراري 90˚c وزمن انتظار 6,4,2 ساعة

وجميع هذه المجموعات تمت مقارنتها مع نظام المعالجة الحرارية للعينات دون فترة الانتظار قبل المعالجة الحرارية، أي أن المعالجة الحرارية تمت مباشرة بعد صب العينات، وذلك وفق ثلاث مجموعات أيضاً .

١- درجة الاستقرار الحراري 70˚c.
٢- درجة الاستقرار الحراري 80˚c.
٣- درجة الاستقرار الحراري 90˚c.

وسرعة ارتفاع درجة الحرارة /20˚c في الساعة /، وطول فترة الاستقرار الحراري / 15ساعة /، وعملية التبريد تتم بسرعة /30˚c في الساعة / ، ولقد تم اختيار هذا النظام عينه بالنسبة لمدة الاستقرار الحراري لأن أغلب مصانع البيتون المسبق الصنع وخاصة لإعداد الأقنية المرفوعة تتبع هذا النظام من المعالجة الحرارية .

في الوقت نفسه يعد هذا الوقت طويلاً وكافياً من أجل تتبع انخفاض وارتفاع المقاومة على حساب تسريع العمليات الفيزيائية والكيميائية والتي تستدعي انخفاض المقاومة أحياناً ، حيث تنشأ الإجهادات الداخلية في فترة النمو و تشكل الشبكة الكريستالية .

ولإنجاز هذه المسألة المطروحة تم تحضير عدة مجموعات من العينات المخبرية مكعبية الشكل (10×10×10cm) من خلطة بيتونية بالمواصفات التالية :

نسب المواد C:S:G هي 1:1.13:3 ؛ وكمية الأسمنت 430Kg/m3 ؛ W/C=0.43

تمت عملية الرج على طاولة الرج لمدة 90 sec ، بعد ذلك تم تعريض العينات للمعالجة الحرارية وفق النظم المقترحة سابقاً .

تم اختيار نماذج من العينات على مراحل كل ساعتين في وضعها الساخن .

أظهر تحليل اختبار العينات طابعاً خاصاً لسلوك مقاومة البيتون خلال عملية المعالجة الحرارية لتسريع عملية التصلب .

في المرحلة الأولى يلاحظ تزايد المقاومة إلى قيمة معينة ، وفي المرحلة الثانية تنخفض هذه المقاومة وبعد ذلك تزداد . وبعد معالجة البيانات إحصائياً تم الحصول على معادلات تبين تغير المقاومة مع الفترة الزمنية للمعالجة الحرارية وهذه المعادلات هي كالآتي:

أ) حالة درجة الاستقرار الحراري 80°c:

١- دون فترة انتظار (المعالجة مباشرة) : $R= -13.8+102.7t-6.40t^2$

٢- فترة الانتظار قبل المعالجة ٢ ساعة : $R=-28+50t-2.5t^2$

٣- فترة الانتظار قبل المعالجة ٤ ساعة : $R=-100+56t-2.35t^2$

٤- فترة الانتظار قبل المعاجة ٦ ساعة : $R= 150-57t-2t^2$

ب) حالة درجة الاستقرار الحراري 90°c :

١- دون فترة انتظار : $R= -320+102t-5.1t^2$

٢- فترة الانتظار قبل المعالجة ٢ ساعة : $R= -708+228t-143t^2$

٣- فترة الانتظار قبل المعالجة ٤ ساعة : $R= -56+61t-3.4t^2$

٤- فترة الانتظار قبل المعالجة ٦ ساعة : $R= -342+114.3t+5.7t^2$

حيث إنَّ:

t : الفترة الزمنية للاستقرار الحراري .

R : المقاومة على الضغط .

أما العينات البيتونية التي عولجت وفق الاستقرار الحراري 70°c فلم تحصل على 70% من R28 للفترات المقترحة ، لذلك ولهذه الحالة من المعالجة الحرارية لم تتم دراسة النظام الأمثل للمعالجة الحرارية .

أما للفترات الأخرى في الحالتين درجة الاستقرار الحراري 90°c,80°c فقد تم الوصول إلى الزمن الذي نحصل فيه على المقاومة الأعظمية لكل حالة من الحالات السابقة، ومن ثَمَّ الحصول على معطيات الجدول (٤) .

أظهر البحث أن النظام الأمثل للمعالجة الحرارية للفترات المختارة هو الذي يأخذ فترة انتظار قبل البدء بالمعالجة ، بالمعالجة الحرارية بمقدار ٦ ساعات دون النظر إلى فترة الاستقرار الحراري وفي هذا النظام بلغت المقاومة :

252 kgf/cm² في حال T= 90°c و 231 kgf/cm² في حال T = 80°c

إن حصولنا على المقاومة الأعظمية في حال ترك العينات بعد إعدادها لمدة ٦ ساعات قبل المعالجة الحرارية يمكن أن نفسره إذا ربطنا عملية بنية العجينة الأسمنتية مع بداية المعالجة الحرارية .

استخدم الأسمنت بحسب التعليمات الآتية:

- بداية الأخذ حسب جهاز فيكا كانت ٢,٥ساعة ،

- نهاية الأخذ ٤,٧٥ ساعة .

جدول ٤ يبين قيمة مقاومة عينات البيتون وطول الفترة الزمنية للحصول على المقاومة الأعظمية تبعاً لنظام المعالجة

فترة الانتظار، ساعة	المقاومة، Kg/cm^2	زمن الوصول إلى المقاومة الأعظمية ، ساعة	نظام المعالجة الحرارية للوصول إلى مقاومة 70% من R28 ، ساعة
درجة الاستقرار الحراري T= 80°c			
0	197	8	0+2+15+3
2	222	10	2+2+6+3
4	240	12	4+2+7+3
6	252	14	6+2+8+3
درجة الاستقرار الحراري T= 90°c			
0	190	10	0+2+15+3
2	200	8	2+2+14+3
4	218	9	4+2+6+3
6	231	10	6+2+6.5+3

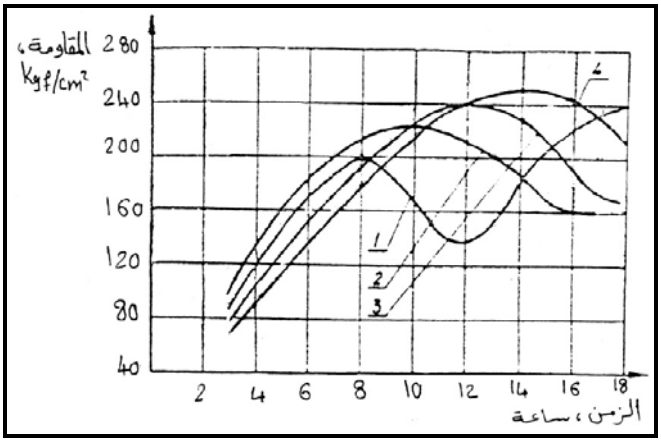
أي أن بداية المعالجة تترافق مع اكتساب الهلام الأسمنتي البنية الكريستالية و التي بدورها تتحمل القوى الداخلية الناتجة ، وقد تم اختيار النظام المثالي الذي يحقق الحصول على مقاومة تعادل 70%من R28 أي 210 kgf/cm^2 . وبمساعدة المعادلات التي تم الحصول عليها حددت الفترة الزمنية التي تحقق 70% من R28 وبذلك تكون الفترة الزمنية التي تحقق70% من R28 وبدرجة حرارة 80°c هي حسب فترة الانتظار 2,4,6 هي على التوالي 8,9,10 ساعات ، انظر الشكل (١) .

ومن أجل نظام المعالجة دون فترة انتظار للعينات قبل المعالجة ، طول فترة المعالجة 14 ساعة تم تحديدها بياناً في هذا النظام حيث بلغ البيتون 70% من R28 بعد الانحدار الأول للمقاومة .

طبيعة تغير المقاومة في جميع الأنظمة يختلف كل واحد عن الآخر .

قيمة المقاومة الأعظمية لكل نظام تزداد مع زيادة فترة الانتظار للعينات قبل المعالجة .

أكثر الأنظمة اقتصادية في حال درجة الحرارة 80°c هو النظام الذي تكون فيه فترة الانتظار قبل المعالجة هي 2 ساعة ، وتبلغ طول فترة الاستقرار الحراري في هذه الحالة6 ساعات ، شكل (١) .



شكل رقم (١)

تأثير مدة المعالجة الحرارية في المقاومة في درجة الاستقرار الحراري 80°c خلال فترات الانتظار :

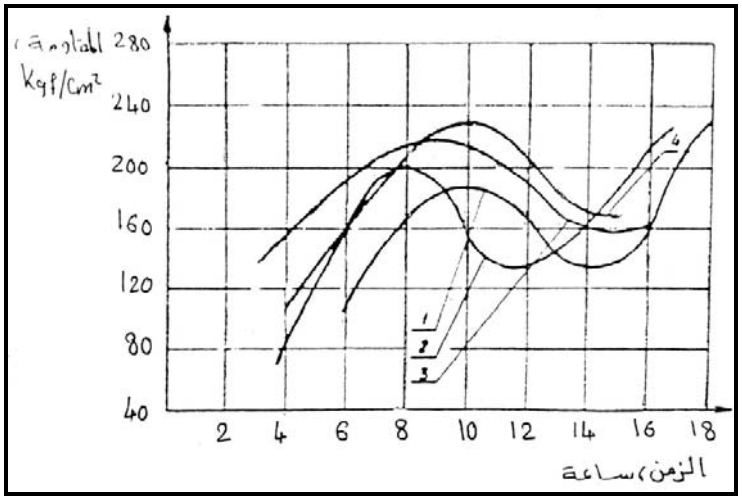
١ـ دون فترة انتظار ؛ ٢ـ ٢ ساعة ؛ ٣ ـ ٤ ساعة ؛ ٤ـ ٦ ساعة

أما في حالة المعالجة الحرارية للوصول إلى فترة استقرار حراري 90°c فنجد يأتي:

طول فترة الاستقرار الحراري من دون فترة انتظار هي /15 ساعة / ومع فترة انتظار /2 ساعة /، تبلغ فترة الاستقرار الحراري /14 ساعة / وكلا هذين النظامين هو غير اقتصادي للمعالجة الحرارية شكل (٢) ،

لم تبلغ أي من العينات البيتونية المقاومة المطلوبة في النظام الذي كانت فيه فترة الاستقرار الحراري 70°c ، حيث إنَّ المقاومة الأعظمية لهذه العينات بلغت kgf/cm² (140-150) ، شكل (٣) .

بعد تحليل معطيات الجدول /١/ يمكن أن نستنتج أن نظام المعالجة ذا فترة الانتظار ٢ ساعة يعد مثالياً في حال درجة الاستقرار الحراري 80°c، والنظام ذا فترة الانتظار ٤ ساعة هو الأمثل أيضاً في حال درجة الاستقرار 90°c



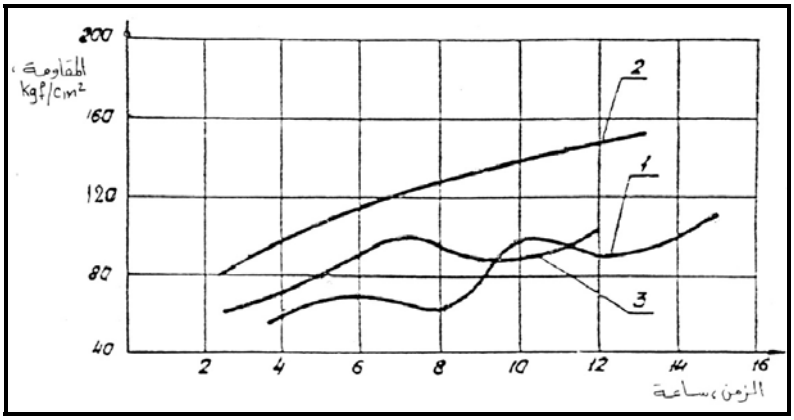
شكل (٢)

تأثير مدة المعالجة الحرارية في المقاومة في درجة الاستقرار 90°c خلال فترات الانتظار :
١ـ دون فترة انتظار ؛ ٢ـ٢ ساعة ؛ ٣ـ ٤ ساعة ؛ ٤ـ٦ ساعة

إيجاد الزمن الأمثل لإعادة الرج :

إن عملية إعادة رج البيتون تؤثر في هيكلة العجينة الأسمنتية وتقلل من عيوب بنية وتشكل الهلام الأسمنتي والبنية الكريستالية بفضل تقليل الفجوات الهوائية . بالإضافة إلى ذلك فإن إعادة الرج يمكن أن تستخدم من أجل تسريع عملية التصلب وكعامل من أجل تخفيض طول المعالجة الحرارية ونتيجة لذلك تحسّن مواصفات البيتون .

ولهذا الهدف ولإيجاد النظام الأمثل للمعالجة الحرارية للعينات البيتونية التي أعيد رجها تمت دراسة تغير المقاومة للبيتون الذي تم رجه ثانية خلال فترة المعالجة الحرارية .
لبيان طبيعة تغير المقاومة للعينات التي تم رجها ثانية مع الزمن تم إعداد عينات بيتونية (10*10*10cm), W/C=0.43 وكمية الأسمنت C=400 Kg/m³ وهبوط المخروط= 2 cm ونسب المواد 1:1.1:2,8 ، وتمت عملية رج العينات على طاولة الرج لمدة 90sec . ومن ثم تمت إعادة الرج في أثناء المعالجة الحرارية وذلك خلال: 135,120,105,90,75,60,40,20 دقيقة على طاولة الرج نفسها ولمدة 2 دقيقة .
تم تحضير مجموعات من العينات وعولجت بقوالب معدنية في درجة الاستقرار الحراري 80°c وخلال 28 ساعة ، ومن ثم إختُبرَ قسم منها كل ساعتين .



شكل (٣) تأثير مدة المعالجة الحرارية في المقاومة في درجة الاستقرار 70°c خلال فترات الانتظار

١- ٢ساعة ٢- ٤ساعة ٣- ٦ساعة

بعد تحليل المعطيات المخبرية تم الحصول على طبيعة عملية تصلب البيتون لمختلف الفترات المختارة لإعادة الرج . تميزت الفترة الأولى بازدياد المقاومة بعد ذلك انخفضت المقاومة قليلاً ومن ثم تابعت الزيادة ثانية .

وبعد المعالجة الإحصائية للنتائج تم الوصول إلى معادلات تبين علاقة المقاومة مع زمن المعالجة الحرارية حسب الفترات الزمنية وكانت كالآتي:

١) دون إعادة الرج: $R = -65+70t-4.8t^2$

٢) إعادة الرج بعد ٢٠ دقيقة : $R = -30+27t-1.35t^2$

٣) إعادة الرج بعد ٤٠ دقيقة : $R = 34.5+28t-1.06t^2$

٤) إعادة الرج بعد ٦٠ دقيقة : $R = -93+49.7t-1.77t^2$

٥) إعادة الرج بعد ٧٥ دقيقة : $R = -45+43t-1.4t^2$

٦) إعادة الرج بعد ٩٠ دقيقة : $R = -18+31t-1.2t^2$

٧) إعادة الرج بعد ١٠٥ دقائق : $R = -56+35t+1.8t^2$

٨) إعادة الرج بعد ١٢٠ دقيقة : $R = -70+70t-5t^2$

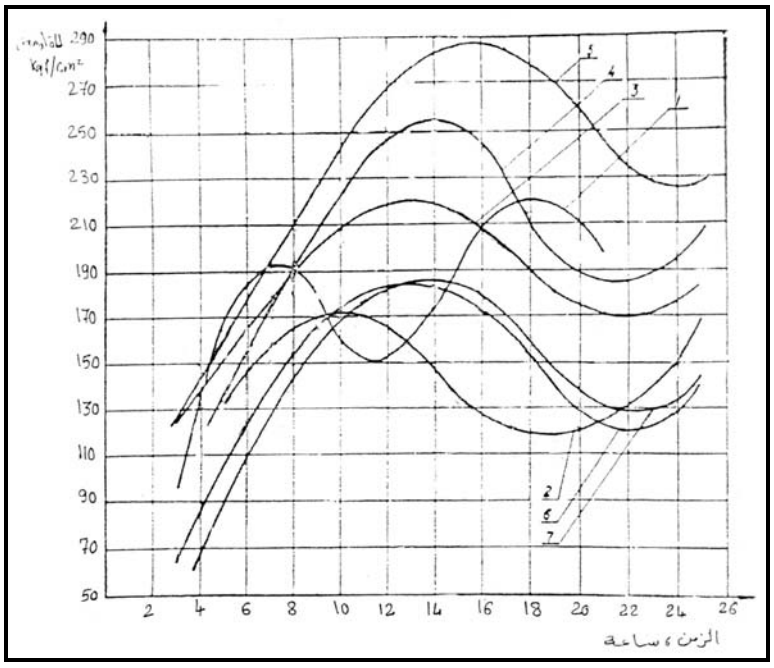
ويبين الشكل (٤) تأثير فترة المعالجة الحرارية في مقاومة العينات، وذلك حسب فترات إعادة الرج .

إن تحليل هذه المنحنيات يبين أنها تقترب من المعطيات المخبرية ، الأمر الذي يبرهن وجود مثل هذا النظام للتصلب حيث إنَّه يتبع تزايدَ المقاومة هبوطٌ . يتعلق تزايد المقاومة وهبوطها في عملية المعالجة الحرارية بفترة إعادة الرج ، شكل (٤) ، يعدُّ تزداد المقاومة انسيابياً خلال فترة طويلة . بينت المجموعات

التي أعيد رجها خلال الفترات 40,60,75 أن أكبر مقاومة كانت في حدود / 285 kgf/cm2/ تعود إلى المجموعة التي أعيد رجها بعد 75 دقيقة من بدء المعالجة الحرارية .

هذه الحالة يمكن اعتبارها النظام الأمثل , حيث إنَّه تم الحصول على المقاومة العظمى , أما في متابعة الرج بفترات حتى 20 دقيقة فيكون نظام تغير المقاومة هو كما في حال عدم الرج الثاني ، وهذا يتم تفسيره بأن المنظومة الكريستالية التي تم تشكيلها قبل هذه الفترات هي ثابتة إلى حد كافٍ، وإن عملية إعادة الرج في هذه الفترات تقود إلى عملية هدم المنظومة الكريستالية للعجينة الأسمنتية ومن ثَمَّ إلى خفض المقاومة .

إن ميزة تغير المقاومة عند إعادة الرج بعد 20 دقيقة أي بفترة قصيرة بعد بدء المعالجة الحرارية تؤثر سلباً في صفات البيتون ، حيث تؤدي إلى فصل البيتون إلى طبقات ، وكذلك فإن إعادة الرج في الفترة المثالية بعد (60 أو 75 دقيقة) فإنه خلال فترة 24 ساعة يحدث ارتفاع المقاومة ومن ثم انخفاضها . ولقد تبين بأننا نحصل على المقاومة العظمى خلال الفترة (14– 16) ساعة .



شكل (٤) تأثير مدة المعالجة الحرارية في مقاومة البيتون مع إعادة الرج خلال فترات مختلفة

١ـإعادة الرج مباشرة (0 دقيقة) وبعد 120 دقيقة ٢ـ بعد 20 دقيقة

٣ـ بعد40 دقيقة ٤ـ بعد 60 دقيقة ٥ـ بعد 75 دقيقة

٦- بعد 90 دقيقة ٧- 105 دقيقة .

في الجدول (5) تم عرض زمن الوصول إلى المقاومة العظمى لمختلف الحالات المدروسة .

إن نظام المعالجة الحرارية لمختلف الفترات لإعادة الرج تم تحديدها بشرط الحصول على 70% من R28 .

ولقد توصلنا إلى أن فترة الاستقرار الحراري للمعالجة الحرارية هي كالآتي: في حال إعادة الرج بعد 75 دقيقة من بدء المعالجة الحرارية وللحصول على70% من R28 وماركة البيتون 300 هي 6 ساعات ؛ وفي حال إعادة الرج بعد 60 دقيقة هي 7 ساعات .

جدول (٥) زمن الوصول إلى المقاومة الأعظمية للحالات المدروسة

نظام المعالجة ساعة	زمن الوصول إلى المقاومة العظمى، ساعة	المقاومة، Kgf/cm^2	الفترة لإعادة الرج، دقيقة
2+14+3	7,3	194	0
-	10,0	172	20
2+8+3	13,2	220	40
2+7+2	14,0	225	60
-	13	184	90
-	14	186	105
-	7	172	120

إن نتائج كسر العينات البيتونية لعمر 28day بالحفظ في الظروف الطبيعية بالمخبر تؤكد صحة النظام الحراري المختار إذ إنَّه تم الحصول على النتائج الآتية:

- عند إعادة الرج بعد40 دقيقة $R28 = 290\ kgf/cm^2$
- عند إعادة الرج بعد60 دقيقة $R28 = 300\ kgf/cm^2$
- عند إعادة الرج بعد75 دقيقة $R28 = 350\ kgf/cm^2$

نتائج البحث :

١- تبين الدراسة بعد الاختبارات المخبرية أن نظام المعالجة الحرارية الأمثل هو :

آ- حالة الاستقرار الحراري 80ºc (2+6+2+2) :

(ساعتان فترة انتظار + ساعتان ارتفاع درجة الحرارة +6 ساعات استقرار+ساعتان هبوط)

ب- حالة الاستقرار الحراري 90ºc (4+2+6,5+2) .

٢- من أجل إعادة الرج في حال الاستقرار الحراري 80ºc يكون النظام المتبع :

- إعادة الرج بعد40 دقيقة :

ساعتان ارتفاع الحرارة +8 ساعات استقرار+ساعتان هبوط

- إعادة الرج بعد60 دقيقة:

ساعتان ارتفاع الحرارة +7 ساعات استقرار+ساعتان هبوط

- إعادة الرج بعد 75 دقيقة:

ساعتان ارتفاع الحرارة +6 ساعات استقرار+ساعتان هبوط

ملاحظة : أجريت جميع التجارب المخبرية المذكورة في البحث في مخبر المنشآت المائية في معهد موسكو للري في عام ١٩٩٢، وذلك أثناء فترة تحضير شهادة الدكتوراه.

المراجع

1- Davidovits J. /Ancient and modern concretes: what is the real difference?/concrete Inter national . 1987 ,v.9._N12.

2-Davis K.E./ Over vibration and revibration of concrete Amer . concr . Institute . vol .35 September 1988

3-Mernov C.A ./ Methods of heat treatment concrete / Moscow – 1984.

تاريخ ورود البحث إلى مجلة جامعة دمشق: ٢٠٠٠/١/١١.