تأثير دورات التجمد والذوبان على الخواص الميكانيكية للخرسانة

أ. ادم الصديق مسعود عبدالقادر , م.باسم عبدالهادي جمعة الشيباني , م.فاطمة عياد محمد الفيتوري
e.gadrana@gmail.com Basimabdulhadi999@gmail.com hlalehlale30@gmail.com
قسم الهندسة المدنية، المعهد العالي للعلوم والتقنية ترهونة، ليبيا

الملخص

تناول هذا البحث المقارنة بين ثلاث مجموعات من الخلطات الخرسانية التي تم خلطها جميعا بنفس نسب الخلط. وقد ركز هذا البحث علي معالجة المجموعة الأولي في الماء واعتبارها مرجعية، والمجموعة الثانية تمت معالجتها بتفريزها طيلة فترات المعالجة وهذه المجموعة تمثل سلوك الخرسانة في المناطق الباردة طوال فصول السنة، والمجموعة الثالثة هي المجموعة التي تمثل تأثير دورات التجمد والذوبان خلال فصلي الشتاء والصيف وذلك بتعريضها لدورات تجمد وذوبان طوال فترة المعالجة بتفريزها لمدة 12ساعة ومن ثم وضعها في الهواء الجوي لمدة 12 ساعة في درجة حرارة تتراوح ما بين 32–41 درجة مئوية، كل فترات المعالجة كانت 7 ، 28 يوم. ولتحقيق النتائج تم صب وإعداد وتجهيز العينات بعدد 18 مكعب مقاس150×150×150 مم لقياس مقاومة الضغط ونسبة الإمتصاص والمسامية. نتائج إختبار مقاومة الضغط للعينات بعد 28 يوم من المعالجة أظهرت أن الخلطة الاولي أعطت أعلي قيمة لمقاومة الضغط ، حيث زادت فيها قيمة مقاومة الضغط بنسبة 44.45% عن الخلطة الثانية وبنسبة 22.14% عن الخلطة الثالثة. كما أظهرت نتائج إختبار نسبة الامتصاص أن الخلطة الأولي كانت نسبة الإمتصاص فيها أكبر من الخلطة الثانية وأقل من الخلطة الثالثة بنسب مختلفة. وكذلك بالنسبة لإختبار معدل المسامية والذي نستنتج منه أن معدل المسامية للخلطة الأولي أكبر من الخلطة الثانية بنسبة 8.27% وأقل من الخلطة الثالثة بنسبة 9.96%.

الكلمات المفتاحية

التجمد والذوبان، مقاومة الضغط، نسبة الامتصاص، معدل المسامية.

1–مقدمة

تتعرض مناطق عديدة من ليبيا علي مر السنين والقرون الماضية لتقلبات جوية مختلفة ولعل أهم هذه التقلبات هي تقلبات الحرارة، سواء كانت ارتفاع أو إنخفاض في درجات الحرارة. والتي تؤثر بدورها علي الخرسانة المتصلبة وقد يؤدي تأثرها بهذه العوامل إلي الانهيار الكلي وتوقف أداؤها

للمهام المطلوبة منها. الدراسات السابقة تؤكد أن هناك أثر سلبي للتجمد والذوبان علي الخرسانة المتصلبة. حيث أظهرت نتائج إحدي الدراسات[1] أن مقاومة الكسر للخرسانة تقل مع زيادة دورات التجمد والذوبان، حيث كانت نسب النقصان في قيمة مقاومة الضغط مختلفة حسب عدد دورات التجمد والذوبان. والنتائج التي تم استخلاصها من اختبار الامتصاص للخرسانة المفرزة وغير المفرزة والمعالجة لمدة 7 أيام وللخرسانة المفرزة وغير المفرزة بعد 28 يوما من المعالجة، تبين أن نسبة الامتصاص تزداد بزيادة دورات التجمد والذوبان، لأن المواد الناعمة تزيد بزيادة دورات التجمد والذوبان حيث أن المواد الناعمة لها قابلية أكثر من المواد الخشنة علي امتصاص الماء، وهذا يدل علي تأثر الخرسانة بالتجمد والذوبان ومن المعروف ان استمرار امتصاص الخرسانة للماء يقلل من عمر الخرسانة لأن وصول الرطوبة إلي جسم الخرسانة يضعفها ويدمرها. وفي دراسة أخري[2] تتعلق بكشف أثر التجمد والذوبان علي الخرسانة المتصلبة بإستخدام إشارات الطاقة فقد تم بيان أثر التجمد والذوبان علي تدمير خصائص الاسمنت البورتلاندي المستخدم في الخلطات الخرسانية وذلك بإستخدام الموجات الفوق صوتية، حيث تبين في هذه الدراسة أن إشارات الطاقة للموجات الفوق صوتية تكون أكثر حساسية من سرعة الموجات الفوق صوتية في المراحل الأولي من التجمد والذوبان، وناقشت هذه الدراسة الأثر السلبي الذي تقوم به ظاهرة التجمد والذوبان علي الاسمنت البورتلاندي المستخدم في الخلطات الخرسانية بإستخدام إشارات الطاقة للموجات الفوق صوتية، حيث أن التجمد والذوبان من أهم المشاكل التي تواجهها الخلطات الخرسانية في المناطق الباردة، وهذا يظهر من خلال التشقق الذي يحدث في الخلطة. وقام الباحثون في دراسة أخري[3] بدراسة امتصاص الماء والضرر الناتج عنه نتيجة دورات التجمد والذوبان، حيث أظهر القياس المستمر أثناء دورات التجمد والذوبان ان التمدد أثناء جزء التسخين من الدورة للجليد أكبر بحوالي 6 مرات من التمدد الحراري للخرسانة. وبهذا فإن تمدد الجليد سيؤدي إلي الضغط علي الخرسانة أثناء فترات التسخين من دورات التجمد والذوبان. وقد استخلصت الدراسة أيضا أن لنسبة الماء إلي الإسمنت تأثيرا واضحا علي هذا التمدد، فكلما كانت نسبة الماء إلي الإسمنت أعلي كلما كان التمدد للجليد أكبر أثناء التبريد والتدفئة، وكذلك بالنسبة لعدد دورات التجمد والذوبان فكلما كان عدد الدورات أكبر كلما كان التمدد الناتج أكبر. وقد قام الباحثون في دراسة أخري[4] بإستخدام الهواء المحبوس داخل الخرسانة نظرا للدور المهم الذي يلعبه الهواء المحبوس داخل الخرسانة في مقاومة الخرسانة

لظاهرة التجمد والذوبان والتي تسبب في المقام الأول تكسير جزئي أو كلي لسطح الخرسانة والذي يساهم بدوره في التسريع من دخول العوامل الخارجية العدوانية مثل الكلوريدات والكبريتات إلي داخل الخرسانة عن طريق توفير مساحة إضافية لتقليل الضغط الداخلي الناتج عن التجمد للماء. تهدف هذه الدراسة إلي التحقق من مدي التغير في الخواص الميكانيكية للخرسانة المتصلدة كمقاومة الضغط ونسبة الإمتصاص ومعدل المسامية تحت تأثير دورات التجمد والذوبان الناتجة عن تغير الظروف الجوية من انخفاض وارتفاع درجات حرارة الجو المحيط بها.

2-البرنامج العملي

تم اعتماد عدد من المتغيرات المهمة في هذه الدراسة لمعرفة تأثير اختلاف درجات الحرارة من انخفاض وارتفاع خلال فصلي الشتاء والصيف علي الخواص الميكانيكية للخرسانة، وبناء علي ذلك تم تقسيم العينات الي ثلاثة مجموعات رئيسة تم تصميمها واعدادها من خلطة خرسانية موحدة من حيث مصادر المواد وكذلك نسب الخلط ومختلفة في طريقة المعالجة وكل مجموعة قسمت الي مجموعتين فرعيتين حسب فترة المعالجة 7 – 28 يوم ولتطبيق هذه المتغيرات تم تقسيم عينات الاختبار لكل نوع من انواع الخلطات كما هو موضح بالجدول رقم 1 ، والجدول رقم 2 يوضح نوع المعالجة المستخدمة في كل خلطة.

جدول 1: تقسيم العينات لكل خلطة

فترة المعالجة	عدد العينات
7 ايام	3 مكعبات
28 يوم	3 مكعبات

جدول 2: نوع المعالجة المستخدم في كل خلطة

ت	اسم الخلطة الخرسانية	نوع المعالجة
1	الخلطة الاولي	الغمر في الماء لمدة 28،7 يوم
2	الخلطة الثانية	التفريز فقط لمدة 28،7 يوم
3	الخلطة الثالثة	التفريز لمدة 12 ساعة ووضعها 12 ساعة في الهواء الجوي بدرجة حرارة ما بين 32–41 درجة مئوية لمدة 28،7 يوم

3 مكونات الخلطات الخرسانية

1.3 الركام الناعم

الركام الناعم المستخدم في هذه الدراسة تم توريده من محاجر منطقة زليتن ، وقد تم اجراء بعض الاختبارات عليه وهي تقع ضمن الحدود المسموح بها في المواصفات البريطانية BS882:1992[5] والمواصفات الليبية رقم 49 لسنة 2002م.[6]

2.3 الركام الخشن

تم توريد الركام الخشن من كسارات منطقة سوق الخميس الخمس، تم إجراء إختبار التحليل المنخلي للركام الخشن ومقارنته بالحدود والمواصفات البريطانية المعتمدة1992 :BS 882[5] والمواصفات الليبية رقم 49 لسنة 2002م.[6]

3.3 الإسمنت

الاسمنت البورتلاندي العادي المستخدم في هذه الدراسة عبارة عن اسمنت بورتلاندي عادي نوع (42.5N) من انتاج مصنع سوق الخميس امسيحل. النتائج التي تم الحصول عليها من معمل مراقبة الجودة بالمصنع كانت جميعها ضمن الحدود المسموح بها في المواصفات البريطانية BS12:1996[7] والمواصفات القياسية الليبية رقم 340 لسنة 1997 م.[8]

4.3 الماء في هذه الدراسة تم استخدام ماء صالح للشرب في اعداد الخلطات الخرسانية المستهدفة.

4 تصميم الخلطة الخرسانية

اعتمدت في هذا البحث طريقة الحجم المطلق في تصميم الخلطات الخرسانية. والجدول رقم 3 يوضح مكونات ونسب الخلط لكل متر مكعب.

جدول 3: مكونات ونسب الخلطة الخرسانية المستخدمة لكل متر مكعب

الركام الخشن	الركام الناعم	الماء	الإسمنت	نسبة الماء إلي الإسمنت(W/C)
1248 كجم	624 كجم	157.5 كجم	350 كجم	0.45

5 خلط مكونات الخرسانة

تم استعمال الميزان الحساس لضبط نسب الخلط بدقة لمكونات الخرسانة، وتم الخلط باستعمال خلاطة ميكانيكية افقية ذات سعة تتناسب مع الكمية المطلوبة لصب قوالب العينات الخرسانية. تم خلط الركام الخشن والناعم في الخلاطة أولا مع نصف كمية ماء الخلط ولمدة 30 ثانية، ثم أضيفت كمية الإسمنت مع نصف كمية الماء المتبقي واستمر الخلط لمدة اضافيه قدرها 120 ثانية.

6 إعداد العينات

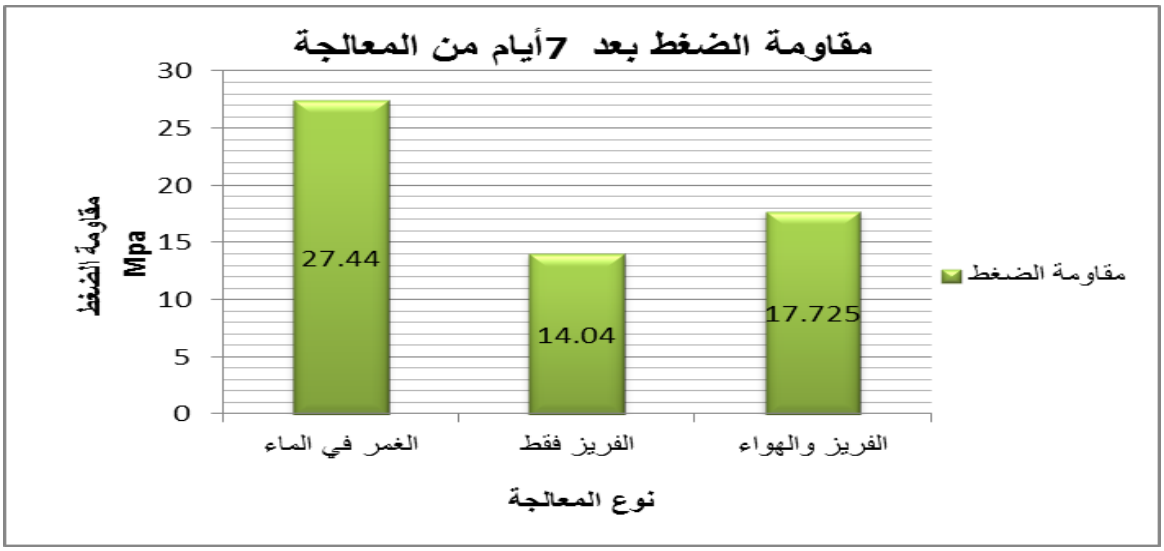
تم فك العينات من القوالب وترقيمها ووضع المجموعة الأولي منها في حوض مملوء بالماء في درجة حرارة الغرفة. والمجموعة الثانية تمت معالجتها في بالتفريز طيلة فترات المعالجة، والمجموعة الثالثة تمت معالجتها بالتفريز لمدة 12 ساعة ومن ثم وضعها في الهواء الجوي لمدة 12 ساعة في درجة حرارة ما بين 32–41 درجة مئوية لحين موعد الاختبار وهو 7 و28 يوم من تاريخ الصب. والشكل رقم 1 يوضح كيفية معالجة العينات قبل موعد الاختبار.

شكل 1: معالجة العينات في الفريز والغمر بالماء

7 مناقشة النتائج

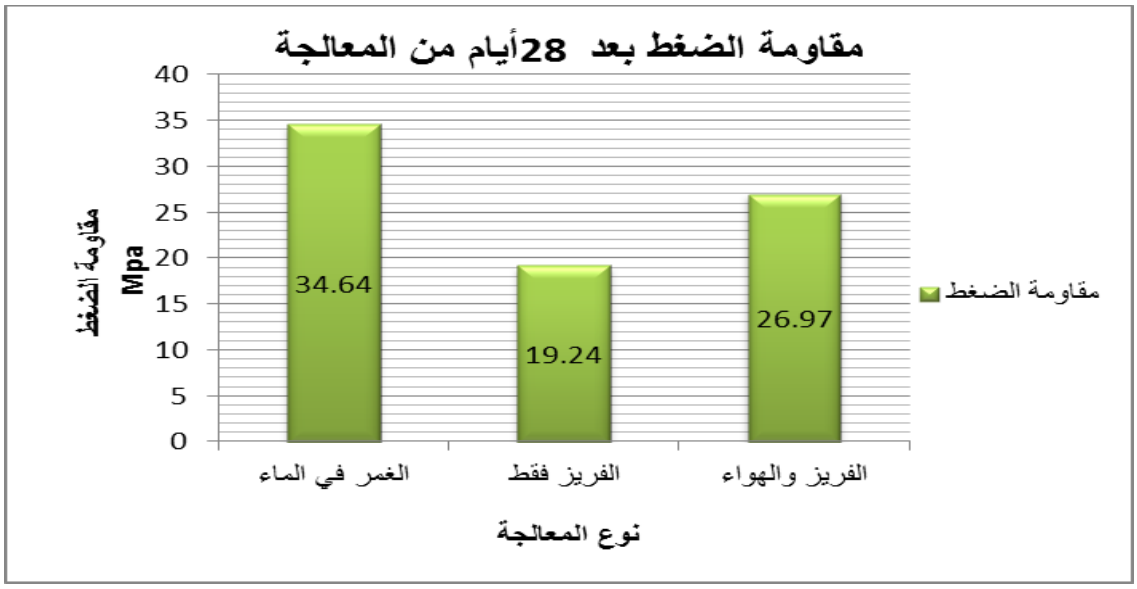
1.7 نتائج اختبار مقاومة الخرسانة للضغط

نتائج اختبار مقاومة الخرسانة للضغط لجميع الخلطات بعد معالجتها لمدة 7 أيام توضح أن الخلطة الاولي التي تمت معالجتها بالغمر في الماء أعطت أعلي قيمة لمقاومة الضغط للخرسانة والتي كانت (27.44Mpa)، حيث زادت فيها قيمة مقاومة الضغط بنسبة 48.83% عن الخلطة الثانية التي تمت معالجتها بالتفريز فقط، وعن الخلطة الثالثة التي تمت معالجتها بتعريضها لدورات تجمد وذوبان مستمرة بالتفريز والتعرض الهواء الجوي لمدة 12 ساعة علي التوالي طوال فترة المعالجة بنسبة 35.40%. والشكل رقم 2 يوضح نتائج اختبار مقاومة الخرسانة للضغط للخلطات الثلاثة بعد 7 أيام من المعالجة.



شكل 2: نتائج اختبار مقاومة الضغط لجميع الخلطات بعد 7 أيام من المعالجة

الشكل رقم 3 يوضح نتائج اختبار مقاومة الخرسانة للضغط للعينات بعد 28 يوم من المعالجة ،حيث نلاحظ منه أن الخلطة الاولي التي تمت معالجتها بالغمر في الماء أعطت أعلي قيمة لمقاومة الضغط للخرسانة بقيمة وصلت (34.64Mpa)، حيث زادت فيها قيمة مقاومة الضغط بنسبة 44.45% عن الخلطة الثانية التي تمت معالجتها بالفريز فقط وبنسبة 22.14% عن الخلطة الثالثة التي تمت معالجتها بتعريضها لدورات تجمد وذوبان مستمرة في الفريز والهواء الجوي لمدة 12 ساعة علي التوالي طوال فترة المعالجة. والجدول رقم 4 يبين التزايد في قيمة مقاومة الضغط لجميع الخلطات خلال فترات المعالجة.



شكل 3: نتائج إختبار مقاومة الضغط لجميع الخلطات بعد 28 يوم من المعالجة

جدول 4 التزايد في قيمة مقاومة الضغط لجميع الخلطات خلال فترات المعالجة

رقم الخلطة	نوع المعالجة	مقاومة الضغط للعينات (Mpa)		التزايد في قيمة مقاومة الضغط من7 الى28 يوم (%)
		7 أيام	28 يوم	
الخلطة الاولي	الغمر في الماء بدرجة حرارة الغرفة	27.44	34.64	20.78
الخلطة الثانية	التفريز فقط	14.04	19.24	27.02
الخلطة الثالثة	12ساعة تفريز و12ساعة في الهواء الجوي	17.725	26.97	34.27

2.7 نتائج اختبار تحديد نسبة الإمتصاص

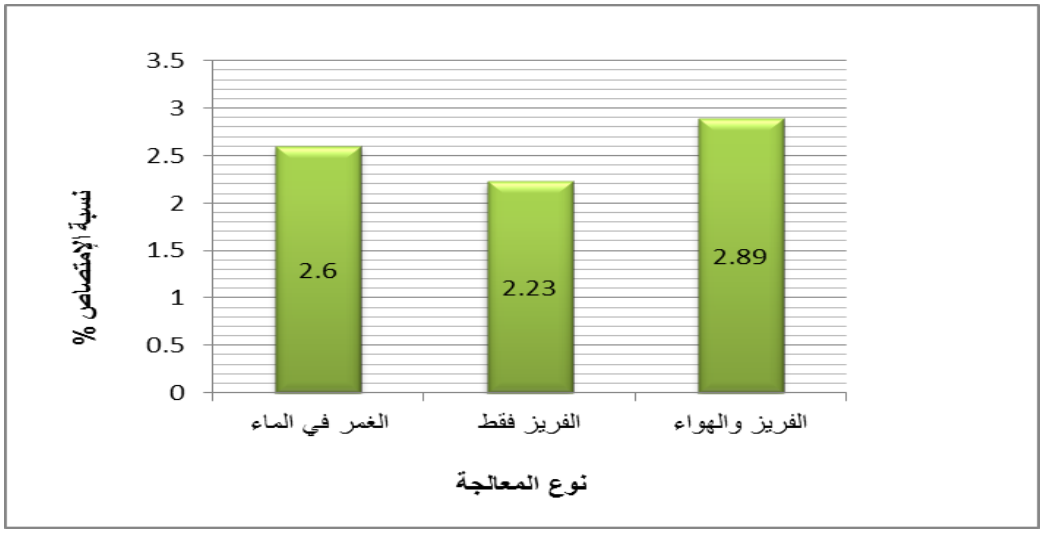
تم تحديد نسبة الإمتصاص لجميع العينات المعتمدة في هذه الدراسة ومقارنة النتائج والتغيرات التي طرأت عليها، الجدول رقم 5 يوضح نتائج معدل الامتصاص لكل المجموعات المعالجة لمدة 28 يوم والذي نستنتج منه أن نسبة الامتصاص للخلطة الأولي أكبر من الخلطة الثانية وأقل من الخلطة الثالثة بنسب مختلفة. والجدول رقم 6 يبين نسب النقصان والزيادة في معدل الامتصاص للخرسانة لنفس الخلطات، والشكل رقم 4 يوضح نتائج معدل الامتصاص لكل المجموعات المستهدفة في هذا البحث.

جدول 5: نتائج اختبار نسبة الامتصاص

رقم الخلطة	نوع المعالجة	النسبة المئوية للامتصاص (%)
الخلطة الاولي	الغمر في الماء بدرجة حرارة الغرفة	02.60
الخلطة الثانية	التفريز فقط	02.23
الخلطة الثالثة	12ساعة تفريز و12ساعة في الهواء الجوي	02.89

جدول 6: نسب النقصان لمعدل الإمتصاص مقارنة بالخلطة الاولي

رقم الخلطة	نوع المعالجة	نسبة النقصان والزيادة(%)
الخلطة الاولي	الغمر في الماء بدرجة حرارة الغرفة	00.00
الخلطة الثانية	التفريز فقط	14.23(-)
الخلطة الثالثة	12ساعة تفريز و12ساعة في الهواء الجوي	11.15(+)



شكل4: نتائج اختبار نسبة الامتصاص

3.7 نتائج اختبار تحديد المسامية

تم تحديد معدل المسامية عينة من العينات المعتمدة في هذه الدراسة ومقارنة النتائج والتغيرات التي طرأت عليها، الجدول رقم 7 يوضح نتائج معدل المسامية لكل المجموعات المعالجة لمدة 28 يوم والذي نستنتج منه أن معدل المسامية للخلطة الأولي أكبر من الخلطة الثانية وأقل من الخلطة

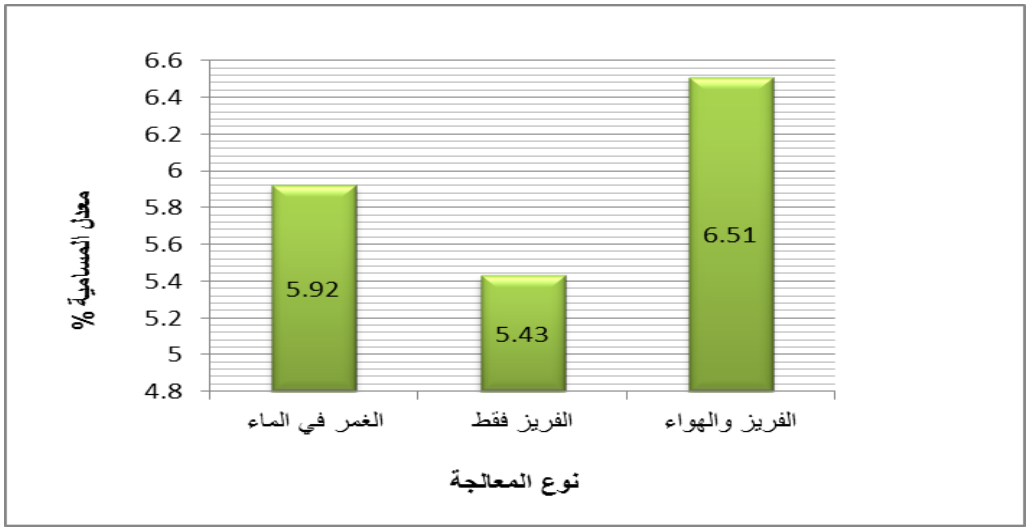
الثالثة بنسب مختلفة. والجدول رقم 8 يبين نسب النقصان والزيادة في معدل المسامية للخرسانة لنفس الخلطات، والشكل رقم 5 يوضح نتائج معدل المسامية لكل المجموعات المستهدفة في هذا البحث.

جدول 7: نتائج اختبار معدل المسامية

رقم الخلطة	نوع المعالجة	معدل المسامية (%)
الخلطة الاولي	الغمر في الماء بدرجة حرارة الغرفة	05.92
الخلطة الثانية	التفريز فقط	05.43
الخلطة الثالثة	12ساعة تفريز و12ساعة في الهواء الجوي	06.51

جدول 8: نسب النقصان والزيادة لمعدل المسامية مقارنة بالخلطة الأولي

رقم الخلطة	نوع المعالجة	نسبة النقصان والزيادة(%)
الخلطة الاولي	الغمر في الماء بدرجة حرارة الغرفة	00.00
الخلطة الثانية	التفريز فقط	08.27(−)
الخلطة الثالثة	12ساعة تفريز و12ساعة في الهواء الجوي	09.96(+)



شكل5: نتائج اختبار معدل المسامية

الخلاصة

من خلال النتائج المتحصل عليها من إجراء اختبار مقاومة الخرسانة للضغط تم التأكد من مدي التأثير السلبي لدورات التجمد والذوبان للخرسانة علي إضعاف قوة الخرسانة وخفض قدرتها علي مقاومة الضغط بشكل ملحوظ، وهذا ما تم التأكد منه أيضا من خلال نتائج اختبار نسبة الامتصاص ومعدل المسامية حيث زادت نسبة الامتصاص ومعدل المسامية للخلطة الثالثة عن باقي الخلطات نتيجة الزيادة في عدد دورات التجمد والذوبان والذي يسبب في زيادة حجم الفراغات البينية في الخرسانة بسبب تجمد الماء وزيادة حجمها في فترات تفريزها عندما تنخفض درجة الحرارة ما دون الصفر ، وعند الذوبان بفعل الحرارة أثناء وضعها في الهواء الجوي في الجو الساخن سوف تبقي الفراغات علي حجمها الجديد، وإستمرار هذه الدورات سوف يؤدي إلي زيادة أكبر في حجم الفراغات والتي ستؤدي بدورها إلي زيادة الإجهادات علي الخرسانة نتيجة وصول الرطوبة داخلها وهذه الزيادة يمكن ان تقلل من أداء الخرسانة وديمومتها.

التوصيات

من خلال الدراسة المعملية والنتائج التي تم الحصول عليها نوصي بمواصلة البحث بإجراء دراسة مشابهة بإستخدام إضافات الهواء المحبوس والتأكد من مدي فعاليتها للتقليل أو الحد من حجم الفراغات الناتجة عن دورات التجمد والذوبان أو استخدام أي إضافات أخري، وكذلك دراسة إستبدال جزء من الإسمنت في الخلطة الخرسانية بمواد بوزولانية وتأثيرها علي التقليل من الضرر الناتج نتيجة دورات التجمد والذوبان.

المراجع

1- د.نبيل الجولاني، م.ميساء محرم، م.وفيقه سمامرة. أثر التجمد والذوبان علي خصائص الخرسانة المتصلبة والتربة، جامعة بوليتكنك فلسطين، (2009).

2- N.M.AKhras: detecting freezing and thawing damage in concrete using signal energy, cement and concrete researrch, 1998.

3- NORDIC MINISEMINAR : FREEZE-THAW TESTING OF CONCRETE, MARCH 2010.

4- Baoshan Huang, Z. John Ma, Yanhai Wang, Hang Lu, Pawel Polaczyk : Enhancing Freeze-Thaw Resistance of Tennessee Concrete Mixes through Improved Air Void Testing, May 2022.

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

6- المواصفات القياسية الليبية رقم 49 لركام الخرسانة من المصادر الطبيعية. المركز الوطني للمواصفات والمعايير القياسية. سنة 2002ف.

7 - BS 12:1996 Specification for Portland Cement, British Standards Institution, 389 Chiswik high road, London, W4 4AL, UK, 1996.

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