جامعة بوليتكنك فلسطين

كلية الهندسة والتكنولوجيا

دائرة الهندسة المدنية والمعمارية

مشروع تخرج بعنوان

"أثر التجمد و الذوبان على خصائص الخرسانة المتصلبة و التربة "

فريق المشروع

ميساء يوسف محرم **وفيقه إبراهيم سمامرة**

مشرف المشروع

د. نبيل الجولاني

فلسطين- الخليل

2009

جامعة بوليتكنك فلسطين

كلية الهندسة والتكنولوجيا

دائرة الهندسة المدنية والمعمارية

"أثر التجمد و الذوبان على خصائص الخرسانة المتصلبة و التربة"

إعداد

ميساء يوسف محرم **وفيقه إبراهيم سمامرة**

بناء على توجيهات الدكتور المشرف على مشروع التخرج و موافقة أعضاء اللجنة الممتحنة ، تم تقديم هذا المشروع إلى دائرة الهندسة المدنية و المعمارية في كلية الهندسة و التكنولوجيا للوفاء الجزئي بمتطلبات الدائرة لدرجة البكالوريوس في هندسة المباني.

مشرف المشروع	رئيس الدائرة
د.نبيل الجولاني	**د.هيثم عيّاد**

الإهداء

إلى الأيادي التي تعمل صباح مساء... إلى القلوب التي تنبض بالحب والوفاء...إلى خيوط الأمل التي نسجت طريق العلم والعلماء....إلى كل من ساهم في بناء مجتمع سليم خالي من إي وباء...ودعمنا بكلمات وإرشادات وعطاء...إلى أمهاتنا وآباءنا الأعزاء الكرماء...لهم منا كل التقدير والشكر والوفاء ...إلى من كانوا شمعة تذوب لكي تضيء لنا الطريق و الحرية والعلم والهناء.

إلى كل من نحبه من البشر والشرفاء... إلى كل المظلومين والسجناء ...إلى أهلنا وشعبنا وأبناء وطننا الأعزاء داخل الوطن وخارجه...

إلى فلذات أكبادنا التي تمشي على الأرض ولا تدري ما يخبأ لها الغد من مشقه وعناء.

إلى الجميع

نهدي هذا البحث المتواضع

مع أملنا أن ينال الرضا والإعجاب والتقدير.

الباحثتان

الشكر والتقدير

لله الحمد والشكر أولا وأخيرا الذي أعاننا ومنحنا القوة والعزم على إتمام دراستنا الجامعية وعلى انجاز هذا المشروع رغم كثرة التحديات والصعوبات التي واجهتنا خلال إجراء البحث .

كما نتقدم بجزيل الشكر إلى جامعة بوليتكنك فلسطين ، وكلية الهندسة والتكنولوجيا ودائرة الهندسة المدنية والمعمارية ، على توفير فرصة الدراسة وتحصيل العلم خلال السنوات الماضية كما نتقدم بالشكر إلى موظفي دائرة الاستشارات وخدمة المجتمع و خاصة الأستاذ المربي الفاضل جبريل الشويكي ، على تفانيه و صبره.

كما نتقدم بجزيل الشكر والتقدير والعرفان إلى الدكتور نبيل الجولاني الذي اشرف على هذا البحث، وقام بإرشادنا وتوجيهنا حيث منحنا من وقته وفترات راحته في سبيل انجاز هذا البحث بالصورة المناسبة واللائقة، فله منا كل الامتنان والتقدير والمحبة.

وأخيرا نشكر جزيل الشكر كل من قدم لنا المساعدة والمشورة من أساتذة وزميلات وزملاء جزاهم الله عنا خير الجزاء.

قائمة الاختصارات

C: معامل تماسك التربة

Φ: زاوية الاحتكاك الداخلي

tan Ø: معامل الاحتكاك

LL: حد السيولة

SL : حد الانكماش

PL : حد اللدونة

Wi : المحتوى المائي

Wc: المحتوى الرطوبي

Ww: وزن الماء في التربة

Ws: وزن التربة الصلبة الجافة

Wt: وزن التربة الرطبة

±n: الضغط العمودي

: ^{2} مقاومة القص

Ph: الحمل الأفقي

Cc: معامل الانحناء

Cu: معامل الانتظام

D_{10}: الحجم الحبيبي المقابل ل 10% مار من الوزن الكلي

D_{30}: الحجم الحبيبي المقابل ل 30% مار من الوزن الكلي

D_{60}: الحجم الحبيبي المقابل ل 60% مار من الوزن الكلي

q: حجم الماء النافذ عبر التربة خلال وحدة الزمن

A: مساحة المقطع العرضي لعينة التربة

K: معامل النفاذية

i : الميل الهيدروليكي

V: سرعة سريان الماء

a : مساحة مقطع الأنبوب

L: طول ارتفاع العينة

H_1 : القراءة الأولية لارتفاع الماء عند زمن =٠

H_2: القراءة النهائية لارتفاع الماء عند زمن = t

t : الزمن الذي تم تحديده

n: المسامية

e: نسبة الفراغات

Vv: حجم الفراغات

Vs: حجم المادة الصلبة لعينة التربة

VT: الحجم الكلي لعينة التربة

γ_{sat} : كثافة التربة المشبعة

γ_{dry} : كثافة التربة الجافة

γ_w : كثافة الماء

Gs : الوزن النوعي للتربة

فهرس المحتويات

الموضوع	رقم الصفحة
صفحة المصادقة على البحث	**i**
الإهداء	**ii**
الشكر و التقدير	**iii**
قائمة الاختصارات	**iv**
فهرس المحتويات	**vi**
فهرس الأشكال	**ix**
فهرس الصور	**x**
فهرس الجداول	**xi**
ملخص البحث	**xiii**
Abstract	**xiv**
الفصل الأول : المقدمة	
١.١ تمهيد	**١**
١.٢ الأهداف و الأهمية	**١**
١.٣ متغيرات البحث والفروض	**٢**
١.٤ أدوات البحث	**٣**
١.٥ طريقة البحث	**٣**
١.٦ هيكلية البحث	**٤**
الفصل الثاني : الدراسات السابقة	
٢.١ تمهيد	**٥**
٢.٢ دراسات تتعلق بأثر التجمد و الذوبان على الخرسانة المتصلبة	**٦**
٢.٢.١ دراسة تتعلق بكشف اثر التجمد والذوبان على الخرسانة المتصلبة باستخدام إشارات الطاقة .	**٦**
٢.٢.٢ دراسة تتعلق بكشف اثر التجمد والذوبان على مقاومة الخرسانة.	**٦**

٢.٣ دراسات تتعلق بأثر التجمد و الذوبان على خصائص التربة . 7
٢.٣.١ دراسة تتعلق باثر التجمد والذوبان على التغير في الحجم والنفاذية بالتربة. **٧**
٢.٣.٢ دراسة تتعلق باثر التجمد والذوبان على مقاومة التربة. **٧**

الفصل الثالث : المواد المستخدمة و الفحوصات المخبرية
٣.١ الخلطة الخرسانية **٨**
٣.١.١ الاسمنت **٨**
٣.١.٢ ماء الخلط **٩**
٣.١.٣ الركام **١٠**
٣.١.٤ معالجة الخرسانة **١٤**
٣.٢ التربة المستخدمة **١٥**
٣.٣ وصف عام للفحوصات المخبرية **١٦**
٣.٣.١ اختبار مقاومة الخرسانة المتصلبة للضغط **١٦**
٣.٣.٢ اختبار الامتصاص **١٧**
٣.٣.٣ المحتوى المائي **٢٠**
٣.٣.٤ حد السيولة **٢٠**
٣.٣.٥ حد اللدونة **٢٢**
٣.٣.٦ حد الانكماش **٢٢**
٣.٣.٧ التدرج الحبيبي بالتنخيل **٢٣**
٣.٣.٨ فحص القص المباشر **٢٦**
٣.٣.٩ اختبار النفاذية **٢٨**
٣.٣.١٠ اختبار الوزن النوعي **٣٢**

الفصل الرابع: النتائج العملية المخبرية
٤.١ اثر التجمد والذوبان على خصائص الخرسانة المتصلبة **٣٥**
٤.١.١ أثر التجمد و الذوبان على مقاومة الخرسانة المتصلبة **٣٥**
٤.١.٢ أثر التجمد و الذوبان على نسبة الامتصاص في الخرسانة **٣٨**

المتصلبة
٤.٢ اثر التجمد والذوبان على خصائص التربة **٤٠**
٤.٢.١ اثر التجمد والذوبان على التحليل بالمناخل **٤٠**
٤.٢.٢ اثر التجمد والذوبان على حد السيولة **٤١**
٤.٢.٣ اثر التجمد والذوبان على حد اللدونة **٤٢**
٤.٢.٤ اثر التجمد والذوبان على حد الانكماش **٤٣**
٤.٢.٥ نتائج الفحوصات المخبرية الخاصة باجهاد القص **٤٤**
٤.٢.٦ نتائج الفحوصات المخبرية الخاصة بالنفاذية **٥١**
٤.٢.٧ نتائج الفحوصات المخبرية الخاصة بالوزن النوعي **٥٣**

الفصل الخامس : تحليل ومناقشة النتائج
٥.١ النتائج المستخلصة من اختبار مقاومة الخرسانة للضغط **٥٦**
٥.٢النتائج المستخلصة من اختبار الامتصاص على الخرسانة للضغط **٥٧**
٥.٣ النتائج المستخلصة من اختبار التحليل بالمناخل **٥٧**
٥.٤ النتائج المستخلصة من اختبار حد السيولة **٥٧**
٥.٥ النتائج المستخلصة من اختبار حد اللدونة **٥٧**
٥.٦ النتائج المستخلصة من اختبار حد الانكماش **٥٨**
٥.٧ النتائج المستخلصة من اختبار اجهاد القص **٥٨**
٥.٨ النتائج المستخلصة من اختبار النفاذية **٥٨**
٥.٩ النتائج المستخلصة من اختبار الوزن النوعي **٥٨**

الفصل السادس : التوصيات **٥٩**

قائمة المصادر والمراجع **٦٠**

الملحقات **٦١**

فهرس الأشكال

الشكل	رقم الصفحة
شكل (٣-١): أنواع منحنيات التدرج الحبيبي حسب درجة انتظامها	**٢٥**
شكل (٤-١): مقاومة الضغط (B200) المعالج مدة ٧ ايام قبل وبعد التجمد والذوبان	**٣٦**
شكل (٤-٢): مقاومة الضغط (B200) المعالج مدة ٢٨يوم قبل وبعد التجمد والذوبان	**٣٦**
شكل (٤-٣): مقاومة الضغط (B300) المعالج مدة ٧ ايام قبل وبعد التجمد والذوبان	**٣٧**
شكل (٤-٤): مقاومة الضغط (B300) المعالج مدة ٢٨ يوم قبل وبعد التجمد والذوبان	**٣٧**
شكل (٤-٥):نسبة الامتصاص (B200) معالج ٧ أيام و ٢٨ يوم	**٣٩**
شكل (٤-٦):نسبة الامتصاص (B300) معالج ٧ أيام و ٢٨ يوم	**٣٩**
شكل (٤-٧): مقارنة بين فتحة المنخل و نسبة المار للتربة الغير مفرزة و المفرزة على فترات مختلفة	**٤١**
شكل (٤-٨): العلاقة ما بين زمن التفريز (باليوم) وحد السيولة	**٤٢**
شكل (٤-٩): العلاقة ما بين زمن التفريز وحد الانكماش	**٤٣**
شكل (٤-١٠): العلاقة ما بين (τ & σn) للتربة الغير مفرزة	**٤٤**
شكل (٤-١١): العلاقة ما بين τ & σn للتربة المفرزة لمدة يوم	**٤٥**
شكل (٤-١٢): العلاقة مابين τ & σn للتربة المفرزة لمدة يومين	**٤٦**
شكل (٤-١٣): العلاقة بين τ& σn للتربة المفرزة لمدة ثلاثة أيام	**٤٧**
شكل (٤-14) : العلاقة بين τ & σn لدورات مختلفة من التفريز.	**٤٨**
شكل (٤-15) : العلاقة بين Φ &C للتربة لدورات مختلفة من التجمد والذوبان.	**٤٩**
شكل (٤-16) : عدد الدورات و مقاومة التربة (τ) بدون تفريز والتربة المفرزة عند(σ_n=3.0 kg/cm^2)	**٥٠**
شكل (٤-17) : العلاقة بين معامل النفاذية (k) للتربة و زمن التفريز	**٥٢**
شكل (٤-18) : علاقة بين الوزن النوعي و دورات التفريز	**٥٤**
شكل (٤-19) : علاقة (γsat) &(γdry) مع تغير عدد دورات التفريز	**50**

شكل (٤-20) : علاقة المسامية ونسبة الفراغات مع تغير دورات التفريز **٥٥**

فهرس الصور

الصورة	رقم الصفحة
صورة (١): الرمل المستخدم في الخلطة الخرسانية	**١١**
صورة (٢):الركام الناعم	**١١**
صورة (٣): الركام الخشن	**١٢**
صورة (٤): الخلطة الخرسانية	**١٣**
صورة (٥): المكعبات الخرسانية في المعالجة	**١٤**
صورة (٦): التربة المستخدمة	**١٥**
صورة (٧): مكعب خرسانة	**١٦**
صورة (٨): جهاز الضغط المستخدم في كسر مكعبات الخرسانة	**١٧**
صورة (٩): جهاز كازاغراندي المستخدم في تجربة حد السيولة	**٢١**
صورة (١٠): قالب حد الانكماش	**٢٣**
صورة (١١): مجموعة المناخل القياسية	**٢٤**
صورة (١٢): جهاز القص المباشر	**٢٧**
صورة (١٣):القالب المستخدم في تجربة القص المباشر	**٢٧**
صورة (١٤):عينات التربة بعد اجراء الاختبار	**٢٨**
صورة (١٥):جهاز النفاذية	**٣٠**
صورة (١٦):قالب جهاز النفاذية	**٣٠**
صورة (١٧):الوزن النوعي	**٣٢**

فهرس الجداول

الجدول **رقم الصفحة**

جدول (١-١): الاختبارات التي تم إجراؤها **٢**

جدول (٣-١): أوزان الخلطات الخرسانية المستخدمة **١٣**

جدول (٤-١): مقارنة بين مقاومة الضغط لعينات مفرزة وغير مفرزة **٣٥**

جدول (٤-٢): مقارنة بين نسبة الامتصاص لعينات مفرزة وغير مفرزة **٣٨**

جدول(٤-٣) : مقارنة بين نسبة المار من المناخل المختلفة ودورات التفريز **٤٠**

جدول (٤-٤): مقارنة بين متغيرات التحليل بالمناخل قبل وبعد التفريز **٤١**

جدول (٤-٥): يوضح قيم حد السيولة على فترات مختلفة من التفريز **٤٢**

جدول (٤-٦): يوضح قيم حد اللدونة على فترات مختلفة من التفريز **٤٢**

جدول (٤-٧):تغير مؤشر اللدونة P_I مع تغير زمن التفريز **٤٣**

جدول (٤-٨): يوضح قيم حد الانكماش على فترات مختلفة من التفريز **٤٣**

جدول (٤-٩): إجهاد القص للتربة الغير مفرزة **٤٤**

جدول (٤-١٠): إجهاد القص للتربة المفرزة لمدة يوم **٤٥**

جدول (٤-١١): إجهاد القص للتربة المفرزة لمدة يومين **٤٦**

جدول (٤-١٢): إجهاد القص للتربة المفرزة لمدة ثلاثة أيام **٤٧**

جدول (٤-١٣): مقارنة بين C &Φ لدورات مختلفة للتربة **٤٨**

جدول (٤-١٤): مقارنة مقاومة التربة (τ) بدون تفريز والتربة المفرزة **٥٠**

جدول (٤-١٥): معامل النفادية (K) لتربة المفرزة والغير مفرزة لدورات مختلفة من التفريز **٥١**

جدول (٤-١٦): مقارنة بين متغيرات التربة للعينات المختلفة **٥٣**

جدول (A1) : نتائج التحليل بالمناخل للتربة قبل التفريز **63**

جدول (A2) : نتائج التحليل بالمناخل للتربة بعد التفريز مدة يوم **63**

جدول (A3) : نتائج التحليل بالمناخل للتربة بعد التفريز مدة أربعة أيام **64**

جدول (A4) : نتائج التحليل بالمناخل للتربة بعد التفريز مدة سبعة أيام **65**

جدول (B1) : نتائج حد السيولة للتربة قبل التفريز **67**

جدول (B2) : نتائج حد السيولة للتربة بعد التفريز مدة يوم **67**

جدول (B3) : نتائج حد السيولة للتربة بعد تفريز أربعة أيام **67**
جدول (B4) : نتائج حد السيولة للتربة بعد التفريز مدة سبعة أيام **٦٨**
جدول (C1) : نتائج حد اللدونة للتربة قبل التفريز **٧٠**
جدول (C2) : نتائج حد اللدونة للتربة بعد التفريز مدة يوم **٧٠**
جدول (C3) : نتائج حد اللدونة للتربة بعد التفريز مدة أربعة أيام **٧٠**
جدول (C4) : نتائج حد اللدونة للتربة بعد التفريز مدة سبعة أيام **٧٠**
جدول (D1) : نتائج حد الانكماش للتربة قبل التفريز **٧٢**
جدول (D2) : نتائج حد الانكماش للتربة بعد التفريز مدة يوم **٧٢**
جدول (D3) : نتائج حد الانكماش للتربة بعد التفريز مدة أربعة أيام **٧٢**
جدول (D4) : نتائج حد الانكماش للتربة بعد التفريز مدة سبعة أيام **٧٣**

ملخص البحث

تعتبر ظاهرة التجمد والذوبان من الظواهر الطبيعية الخطيرة والتي تؤثر على خصائص الخرسانة المتصلبة والتربة المستخدمة في أعمال الطرق والسدود والحوائط الاستنادية وغيرها .

وتتخلص ظاهرة التجمد والذوبان في أن وجود المياه في الفراغات البينية سوف يؤدي إلى تجمدها، و زيادة حجمها في فصل الشتاء وفترات الصقيع عندما تنخفض الحرارة تحت الصفر و بالتالي زيادة حجم الفراغات ، و عند الذوبان في فصل الصيف سوف تبقى الفراغات على حجمها ، و في فصل الشتاء التالي سوف تمتلئ هذه الفراغات مرة أخرى بالماء ، وسوف يتجمد في فترات الصقيع مما يؤدي إلى زيادة اكبر في حجم الفراغات بشكل اكبر . وتستمر هذه العملية بشكل دوري مع فترات الصيف والشتاء ، وهذه العملية سوف تؤدي إلى زيادة الاجهادات على التربة والخرسانة، والتي قد تؤدي في لحظة من اللحظات إلى انهيار إنشائي في الخرسانة أو في التربة . و في هذا البحث تم دراسة اثر التجمد والذوبان على بعض خصائص الخرسانة والتربة واهم هذه الخصائص هي ، مقاومة الضغط والامتصاص للخرسانة ، ومقاومة القص والنفاذية والتدرج الحبيبي للتربة .

Abstract

Freezing and thawing is a serious natural phenomenon that affects the characteristics of reinforced concrete and foundation soils.

These phenomena occurred if the void spaces between solid particles of concrete and compacted soils are filled partially with water. During cooled weathers, when the temperatures went below zero centigrade the void water will freeze and therefore increase in size. The increase in size will impose stresses on particles and will cause disintegration of concrete and soils. During summer, the frozen water between voids will start to melt and escape out of the concrete and soil voids causing leaching of fine contents which has been disintegrated due to stresses from ice lenses. In the next cooled season the same process will repeat it self but with larger void spaces , bigger ice lenses and more stresses on solid particle.

The cyclic freezing and thawing between summer and winter seasons will cause continuous disintegration of concrete and soils particles and eventually complete failure of the structural system.

This research is an attempt to investigate the actual effect of cyclic freezing and thawing on some characteristics of hardened concrete (compressive strength and absorption), and foundations soils (such as soil gradation, shear strength, permeability, liquid limit, plastic limit and shrinkage limit).

الفصل الأول

مقدمة

1.1 تمهيد

على مدى العصور المختلفة تتعرض بلادنا للكثير من التقلبات الجوية،أهمها تقلبات الحرارة ،**سواء أكانت المنخفضة أو المرتفعة**. هذا بدوره يؤثر على **المواد** الإنشائية **وخاصة التربة والخرسانة المتصلبة، فمثلا** التربة قد تصبح غير صالحة للاستخدامات من الناحية الهندسية، سواء في المنشآت أو الطرق وبالتالي يجب **إجراء الفحوصات الخاصة قبل البدء بأي مشروع**. أما الخرسانة المتصلبة فهي تتأثر أيضا بالتقلبات الجوية وقد يؤدي تأثرها بهذه العوامل إلى تشققها وعدم تحملها وبالتالي انهيارها. وفي هذا **البحث تم دراسة أثر التجمد والذوبان على خصائص التربة** ، والخرسانة المتصلبة وفحص مدى تأثرهما في الظروف الجوية.

1.2الأهداف و الأهمية:

الهدف الرئيسي : هو دراسة اثر التجمد والذوبان على بعض خصائص الخرسانة المتصلبة ،**مثل مقاومة الضغط والامتصاص**، وتأثير التجمد والذوبان على بعض خصائص التربة مثل التدرج الحبيبي ، **وحد** السيولة واللدونة ، **والانكماش** ، والنفاذية ، **ومقاومة القص** .

الهدف الفرعي : التعمق في فهم ميكانيكا التربة ،**والخرسانة** ، وتصرفها تحت الظروف البيئية المختلفة وخاصة ظاهرة التجمد والذوبان حيث أن هذه الظاهرة هي إحدى أهم الظواهر التي تؤثر في ديمومة الخرسانة والتربة في جميع المشاريع الإنشائية ومشاريع **الطرق** .

1.3 متغيرات البحث والفروض:

المتغيرات هي:

١. نوع من التربة (التربة الطينية الرملية) .

٢. نوعين من الخرسانة المتصلبة (B200-B300).

٣. فترة المعالجة (٧ أيام ، ٢٨ يوم) .

٤. فحصين للخرسانة (اختبار مقاومة الضغط واختبار الامتصاص).

٥. ستة فحوصات للتربة (انظر الجدول (١-١)).

٦. دورات التجمد والذوبان (٣,٥,٧ دورة) .

جدول (١-١) : الاختبارات التي تم إجراؤها.

التربة الطينية الرملية	الخرسانة المتصلبة (B200) و(B300)
1.التحليل بالمناخل	1.مقاومة الخرسانة للضغط بعد(٧ و ٢٨) يوما
2.حد السيولة	
3.حد اللدونة	
4.حد الانكماش	2.الامتصاص بعد(٧ و ٢٨) يوما
5.النفاذية	
6.اختبار مقاومة القص المباشر	

يفترض هذا البحث أن جميع عينات التربة للفحوص المختلفة ,لها نفس الكثافة والمسامية ونسبة الفراغات وعينات الخرسانة لها نفس الخصائص وخاصة طريقة التحضير والمعالجة .

1.4 أدوات البحث:

تم استخدام التجربة كأداة بحث وتم إتباع المنهج التجريبي الاستقرائي الاستدلالي الذي يقوم على إجراء التجربة واخذ الملاحظات ومن ثم تحليل النتائج ومناقشتها.

1.5 طريقة البحث:

تم إجراء بعض التجارب القياسية على التربة المستخدمة في البحث ,وعلى الخرسانة المتصلبة بدون تفريز وذلك من اجل إجراء المقارنات اللازمة معها ومن ثم تم إجراء فحوصات مخبرية على عينات من التربة والخرسانة بعد تفريزها وتذويبها لفترات مختلفة.

خطوات إجراء البحث :

١. تحضير عينات التربة والخرسانة اللازمة للتفريز لفترات ٣,٥,٧ دورات ، وقد تمت عملية التفريز عن طريق وضع العينات في الفريزر لمدة ٢٤ ساعة ومن ثم إخراجها من الفريزر ووضعها في الهواء لمدة ٢٤ ساعة ، وهذه هي دورة التفريز المستخدمة في هذا البحث .

٢. تم إجراء الفحوصات الهندسية اللازمة الموضحة في الجدول (١-١) على كل من التربة الطينية الرملية والخلطة الخرسانية المتصلبة لتحديد خصائصها الأساسية .

٣. تحليل نتائج الفحوصات المخبرية للتربة.

٤. مقارنة النتائج، وترتيبها بصورتها النهائية.

٥. كتابة تقرير البحث.

1.6 هيكلية البحث

- الفصل الأول

تم الحديث في هذا الفصل عن ظاهرة التجمد والذوبان ، وعن أسباب اختيار موضوع البحث ، وأهدافه وأهميته ، كذلك توضيح الظروف العامة لبيئة البحث والمتغيرات ، وأدوات البحث وطريقته بالإضافة إلى خطوات إجراء البحث .

- الفصل الثاني

تم الحديث فيه عن الدراسات والأبحاث السابقة التي ناقشت موضوع أثر التجمد و الذوبان على خصائص الخرسانة المتصلبة و التربة .

- الفصل الثالث

تناول وصف علم للمواد المستخدمة في البحث ، كذلك وصف الاختبارات التي تم إجراؤها في البحث.

- الفصل الرابع

تم فيه عرض النتائج العملية المخبرية التي تم التوصل إليها بعد تحليلها.

- الفصل الخامس

تم فيه تحليل و مناقشة النتائج كما تم عرض أهم الملاحظات التي سجلت أثناء التجارب العملية.

- الفصل السادس

عرض لأهم التوصيات المنبثقة عن هذه الدراسة.

الفصل الثاني

الدراسات السابقة

2.1 تمهيد

تعتبر الدراسات السابقة من الخطوات الأساسية للقيام بأي بحث ، وهو ما يسعى إليه الباحثون قبل البدء بدراستهم لمعرفة ما تم التوصل إليه سابقا والتعرف على الأمور التي يتم التطرق إليها ،وقد دمج موضوع هذا البحث بين الخرسانة والتربة ،والذي يبحث في اثر التجمد والذوبان على خصائصهما.

تعتبر الخرسانة من المواضيع التي خضعت لدراسات عديدة ومتنوعة ، لكونها العنصر الرئيسي في عملية البناء أيا كان نوعه ، وبما أن فلسطين من البلدان التي تتعرض إلى درجات حرارة منخفضة في فصل الشتاء فمن الضروري معرفة ما هو أثر التجمد على الخرسانة المتصلبة شتاء ثم ذوبانها صيفا ، ومن هنا جاء الاهتمام بدراسة هذه المشكلة.

أما الجزء الأخر من البحث فهو دراسة اثر التجمد والذوبان على التربة ، وهذا مما يزيد من أهمية التربة قبل تنفيذ المنشات أهم ما يؤثر على خصائص التربة هو التجمد والذوبان حيث يؤثر على التربة الطينية وبشكل سلبي يؤدي إلى حدوث الهبوط والذي يعد من أهم المشاكل التي تواجه المنشات ، حيث أن التربة هي المكون الرئيسي لأساسات المنشات وأساسات وطبقات الطرق.

2.2 دراسات تتعلق بأثر التجمد والذوبان على الخرسانة المتصلبة.

2.2.1 دراسة تتعلق بكشف اثر التجمد والذوبان على الخرسانة المتصلبة باستخدام إشارات الطاقة [1].

تتلخص هذه الدراسة في : بيان اثر التجمد والذوبان على تدمير خصائص الاسمنت البورتلاندي المستخدم في الخلطات الخرسانية وذلك باستخدام الموجات الفوق صوتية ، حيث تبين في هذه الدراسة أن إشارات الطاقة للموجات الفوق صوتية تكون أكثر حساسية من سرعة الموجات الفوق صوتية في المراحل الأولى من التجمد والذوبان ، وناقشت هذه الدراسة الأثر السلبي الذي تقوم به ظاهرة التجمد والذوبان ، على الاسمنت البورتلاندي المستخدم في الخلطات الخرسانية باستخدام 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 ، كما بينت هذه الدراسة التلف الخرساني المصاحب لعملية التجمد والذوبان ، ويعتبر التنبؤ لأثر التجمد والذوبان على الاسمنت المستخدم في الخلطة الخرسانية مفيد جدا من الناحية الاقتصادية والتقليل من عمليات الصيانة واخذ الاحتياطات اللازمة .

2.2.2 دراسة تتعلق بكشف اثر التجمد والذوبان على مقاومة الخرسانة المتصلبة[٢].

وجد في هذه الدراسة : أن التجمد والذوبان يؤثران وبشكل سلبي على مقاومة الخرسانة والتي تعتبر من أهم صفات الخرسانة المطلوبة لسلامة المنشأة ،أي أن مقاومة الخرسانة تقل كلما زادت عدد دورات التجمد والذوبان. الخرسانة عندما تتعرض لدورات التجمد والذوبان يمكن أن تتدهور بسرعة، ما لم تكن مصممة على النحو الصحيح لهذه الظروف ، وتستخدم الاختبارات القياسية لتحديد مدى ملاءمتها للخدمة المطلوبة في إطار دورات التجمد والذوبان للجليد.

2.3 دراسات تتعلق بأثر التجمد والذوبان على التربة.

2.3.1 دراسة تتعلق بأثر دورات التجمد والذوبان على التغير في الحجم والنفاذية في التربة[3] .

وتتلخص هذه الدراسة في انه : عندما تتعرض حبيبات التربة إلى دورات التجمد والذوبان ، فان هذا يؤثر على التغيرات الحجمية للتربة ،إلى حد يصل من % (٣٠- ١٠) اعتمادا على مستوى الرطوبة الأولية في التربة وحد اللدونة لها ومعدل الجليد ، وهناك علاقة خطية بين صافي حجم التغيرات الذي يحصل نتيجة التجمد والذوبان وبين مؤشر السيولة للتربة هذه العلاقة تعتمد في الدرجة الأولى على معدل التجمد .كما تؤثر هذه الظاهرة على الخصائص الهندسية المختلفة للتربة ، مثل النفاذية والانضغاطية وقلة مقاومة التربة وخاصة تلك التي تكون على أعماق سطحية (طرق ، مطارات ، مدرجات ،خزانات،وغيرها) . ومعرفة اثر التجمد والذوبان مهم جدا لتحسين خصائص التربة وبالتالي استخدامها في الناحية الهندسية وخاصة المنشات السطحية والتي تقام على التربة الطينية. إن هبوط التربة يزداد بازدياد ظاهرة التجمد والذوبان ،إذا كان بالإمكان توفير ظروف مشابه للظروف الجوية داخل المختبر يمكن التنبؤ بمقدار الهبوط الذي قد يحصل في التربة الحقلية ، وهذه العلاقة مفيدة جدا في عملية تصميم المنشات التي تقام على تربة طينية ، وخاصة الطرق وتصميم الأساسات السطحية.

2.3.2 دراسة تتعلق بأثر دورات التجمد والذوبان على مقاومة التربة [4] .

أظهرت هذه الدراسة أن : مقاومة التربة تتأثر بالتجمد والذوبان ،حيث أن التجمد والذوبان يتسبب بعدم استقرار حبيباتها، وزيادة المادة الناعمة فيها، وتكسر حبيباتها ،هذا يؤدي إلى نقصان في مقاومة التربة والتسبب في الهبوط والذي يعتبر من أهم المشاكل التي تواجه المنشات ،وكلما زاد عدد دورات التجمد والذوبان كلما ضعفت المقاومة وقلت ،وخاصة التربة الطينية، كما أن النقصان في مقاومة التربة يظهر ومن الدورة الأولى وكذلك حد الليونة وحد اللدونة، أي أن هنالك علاقة عكسية ما بين عدد دورات التجمد والذوبان ومقاومة التربة وتحملها للأحمال....

الفصل الثالث

المواد المستخدمة و الفحوصات المخبرية

3.1 الخلطة الخرسانية

الخرسانة : هي عبارة عن خليط غير متجانس من الركام (**الحصمة**) **و الأسمنت والماء مع بعض الفراغات** و **يمكن إضافة بعض المواد الأخرى (المضافات)** للحصول على خواص معينة. يتم اختيار نسب هذه المواد في الخلطة الخرسانية **حسب نوع العمل المطلوب والمواد المتوفرة**. ومع خلط هذه المواد مع بعضها يتم **الحصول على الخرسانة** ، التي تبدأ بالتصلب التدريجي مع الوقت حتى تصبح صلبة وقوية ، وتتفاوت قوتها حسب المكونات الأساسية وكذلك حسب طريقة الرج أثناء الصب ونوعية المعالجة.

مكونات الخلطة الخرسانية:-

3.1.1 الاسمنت

هو تلك المادة الناعمة الداكنة اللون التي تمتلك خواص تماسكية وتلاصقية بوجود الماء، مما يجعله قادرا على ربط مكونات الخرسانة بعضها ببعض وتماسكها مع حديد التسليح، ويتكون الاسمنت من 3 مواد خام أساسية هي كربونات الكالسيوم الموجودة في الحجر الكلسي ، والسيليكا الموجودة في الطين والرمل ، والالومنيا (أكسيد الألمنيوم) ، واكاسيد الحديد.

هنالك عدة أنواع من الاسمنت تاخد اسمها من الغرض منها ولزوم استعمالها، **ولكن تبقى المكونات الأساسية واحدة ولن** اختلفت نسبتها من نوع لأخر، ومن أهم هذه الأنواع:

الاسمنت البورتلاندي العادي، الاسمنت البورتلاندي سريع التصلد ، **والاسمنت البورتلاندي المنخفض الحرارة**، والاسمنت المقاوم لأملاح والكبريتات ، والاسمنت الالوميني ، وفي هذا البحث تم استخدام الاسمنت البورتلاندي.

3.1.2 ماء الخلط

الماء المناسب للخلط هو الماء الصالح للشرب ،ولستخدام ماء ملوث في الخليط لن يؤثر فقط على قوة الخرسانة ، لكنه من الممكن أن يؤدي إلى صدأ حديد التسليح وتغير دائم في حجم الخرسانة وتقليل متانة الخرسانة ، وتنص المواصفات عادة على أن الماء يجب أن يكون خالي من الكلوريد والكبريتات والأملاح وخاليا أيضا من المواد الضارة مثل الزيوت والشحوم والأحماض والقلويات والمواد العضوية والفلين والمواد الناعمة سواء كانت هذه المواد ذائبة أو معلقة و غيرها من المواد التي يكون لها تأثير عكسي على الخرسانة من حيث قوة الكسر والمتانة .

أما نسبة الماء - الاسمنت فهي نسبة بين وزن الماء المخصص للتفاعل (عدا المياه التي تمتصها الحصمة) إلى وزن الاسمنت في الخلطة ، والخرسانة ذات الجودة العالية يجب أن تحتوي على اقل نسبة ماء إلى الاسمنت بدون تأثير على قابلية التشغيل الخاصة بالخرسانة الطازجة.

وفي المقابل فان كثرة الماء تضعف الخرسانة وتسبب الانفصال والمسامية ، حيث أن كثرة الماء تزيد من مسامية الخرسانة ، والاهتراء وقلة التماسك والضعف والتقشر والانكماش والتشقق.

أهمية الماء في الخرسانة :-

1. هو عنصر أساسي في التفاعل الكيماوي مع المادة الأسمنتية ، وهو ضروري أيضا لكي تمتصه الحصمة المستعملة في الخرسانة.

٢. إن الماء ضروري لعمليات ايناع الخرسانة أثناء تصلبها.

3. يعطي الماء الخليط المؤلف من الركام الخشن والناعم والاسمنت درجة مناسبة من الليونة تساعده على التشغيل والتشكيل .

4 . إن الماء يعطي حجماً للخرسانة يتراوح ما بين(١٥-٢٠%) .

5. يضيع جزء من الماء الموجود في خلطة الخرسانة أثناء عملية التبخر.

3.1.3 الركام

يعتبر الركام من المكونات الأساسية في الخرسانة حيث انه يشكل نسبة (60 -70) %من حجم الخرسانة ويتكون الركام بصورة عامة من حبيبات صخرية متدرجة في الحجم منها حبيبات صغيرة كالرمل والأخرى حبيبات كبيرة كالحصى. إن نوعية و خواص الركام تؤثر ثاثيرا كبيرا على خواص الخرسانة ونوعيتها وباعتباره يشكل الجزء الأكبر من هيكل الخرسانة ، الذي يؤمن استقرارها وثباتها ومقاومتها لتأثير القوة الخارجية والعوامل الجوية المختلفة من الحرارة والرطوبة والتجمد ، فان وجودها بهذه النسبة في الخلطة يقلل التغيرات الحجمية الناتجة عن عمليات التجمد والتصلب للعجينة الإسمنتية ، وبالتالي يكسب الركام متانة إضافة للخرسانة الإسمنتية.ومن اجل الحصول على خرسانة متينة يجب أن يتميز ركامها بعدم التاثربفعل العوامل الجوية المختلفة كالحرارة والبرودة والانجماد، والتي تؤدي إلى تفكك الركام كما ويجب أن لا يحصل التفاعل الضار بين معادن الركام ومركبات الاسمنت ، إضافة إلى ضرورة خلو الركام من الطين ومن المواد الغير النقية ، ويجب أن يكون الركام نظيفا قويا، ومقاوما للسحق والصدم ومناسبا من حيث الامتصاص(قليل الامتصاص) ذا شكل وملمس مناسبين وغير قابل للانحلال .

الاشتراطات الخاصة بالركام :

1. يجب أن تكون حبيبات الركام شبه كروية وغير مفلطحة .
2. يجب أن لا تزيد نسبة الامتصاص عن % 5 .
3. يجب أن لا يقل الوزن النوعي عن 2.35 .
4. يجب أن يخضع الركام للغسيل قبل استخدامه وذلك لضمان خلوه من المواد العضوية والأملاح .

وأنواع الركام هي الرمل ، سمسمية ، عدسية ، فولية .

1. الرمل

الرمل : مادة طبيعية حبيباته صغيرة ومتدرجة بعض الشيء ويتفاوت حجم حبيباته ما بين الحصى والطمي ، والصورة (٢) تبين الرمل المستخدم وهو من النوع التجاري المستخدم في الأعمال التجارية وهو أكثر وأرخص المواد المتاحة للقيام بدور الركام الناعم ، كما وجد أن حبيبات الرمل لا تتفاعل كيميائياً مع الاسمنت وهذه ميزة إيجابية أخرى تؤهل الرمل للدخول في عملية تصنيع الخرسانة ، كما أن قدرة الرمل على امتصاص الماء تكاد تكون منعدمة وبالتالي فهو لا يؤثر على نسبة الماء بالخلطة والهدف من استخدام الرمل في الخلطة الخرسانية هو ملىء الفراغات الموجودة في الخلطة ،وبالتالي يتحقق

التشابك بين الحبيبات ويكون لها القدرة على نقل **الأحمال** من حبه **إلى أخرى ،ولكن مجرد التماس** والتشابك غير كاف ، **ولابد أن** يتم لصق هذه الحبيبات سويا حتى يمكن للرمل **أن** يقوم بدوره بكفاءة وهنا يأتي دور العجينة الإسمنتية وهي التي تعمل على تماسك الحبيبات مع بعضها البعض .

صورة (١):الرمل المستخدم في الخلطة الخرسانية

2. سمسمية (ركام ناعم) :

ويتراوح التدرج الحبيبي ما بين منخل رقم (4) **ومنخل رقم** (16) **والصورة** (٣) تبين الركام الناعم المستخدم في هذا **البحث**.

صورة (٢):الركام الناعم

3. عدسية (ركام خشن) :

ويتراوح حجم حبيباتها من 0.05 أنش إلى 8/3 أنش والصورة (٤) تبين الركام الخشن المستخدم في هذا البحث .

صورة (٣): الركام الخشن

في هذا البحث تم استخدام نوعين من الخلطات الخرسانية هما (B200) و (B300)، والجدول (3-1) يوضح الأوزان المكونة لكل خلطة من الرمل و الاسمنت و الحصمة و الماء.

جدول (3-1) : أوزان الخلطات الخرسانية المستخدمة.

نوع الخلطة المستخدمة	المواد المستخدمة	الوزن(gm)
B200	**حصمة**	**7810**
	سمسمية	**3340**
	رملى	**7400**
	اسمنت	**2750**
	ماء	**2007**
B300	**حصمة**	**7900**
	سمسمية	**4500**
	رملى	**6000**
	اسمنت	**4000**
	ماء	**2655**

و الصورة (٤) تبين الخلطة الخرسانية.

صورة (٤): الخلطة الخرسانية

٣.١.٤ معالجة الخرسانة:

إن قوة تحمل الخرسانة وتماسكها ومقاومتها لنفاذ الماء تزداد بمرور الوقت ما دامت الظروف مهيئة لاستمرار التفاعل الكيماوي بين الماء والاسمنت , كما تتحسن أيضا خواص الخرسانة الأخرى مثل مقاومتها للحرارة والبرودة وعوامل الجو المقلبة. والتحسن الذي يطرأ على خواص الخرسانة يكون سريعا في أول عهدها ولكنه يستمر ببطء بعد ذلك إلى أجل غير معلوم. إن المعالجة المبكرة والفعالة والمستمرة في المراحل الأولى لعمر الخرسانة أمر ضروري لتشكيل القوة والمتانة وعدم النفاذية وثبات الحجم , والشروط الأساسية التي يجب توفرها حتى يستمر التفاعل هي درجة الحرارة المناسبة , والرطوبة الملائمة . والمعروف أن الخرسانة الطرية تحوي من الماء مقدار أكثر مما يلزم لإتمام التفاعل الكيماوي للاسمنت إلا أنه في معظم الأحوال يتبخر جزء كبير من هذا الماء بفعل الحرارة , ولذلك كان لا بد من إضافة الماء باستمرار إلى الخرسانة للتعويض عن الماء الذي يتبخر , كما يمكن تغطية الخرسانة وترطيب الغطاء حتى يتم ضمان وجود رطوبة وماء التفاعل والصورة (١) تبين المكعبات الخرسانية في مرحلة المعالجة , التي تمت في هذا البحث .

صورة (0) : المكعبات الخرسانية في المعالجة

درجات الخرسانة :

تُحَدد درجات الخرسانة حسب قيمة المقاومة المميزة ، وتُحَدِّد المواصفات بشكل عام لكل درجة من الخرسانة محتوى أدنى للاسمنت حسب طبيعة التعرض للعوامل الجوية، وكذلك تحدد النسبة المائية الإسمنتية القصوى المسموحة .

3.2 التربة المستخدمة

الطين

الطين هي تربة متماسكة تتكون من حبيبات الصخور المتفتتة الدقيقة ، والجزيئات المجهرية بحيث تشبه المعجون، وهي بلاستيكية الملمس ،عندما تكون رطبة. لقد تم أخذ التربة الطينية من أرض زراعية شمال مدينة الخليل (حلحول) على عمق(30سم) .حبيباتها متماسكة ،و تم تحضير عينة تتكون من الرمل و الطين والحصمة الناعمة (السمسمية) بنسبة 1:2:1 وذلك لكون التربة الخشنة يظهر عليها تأثير التجمد والذوبان بشكل أوضح من التربة الطينية الناعمة ، والصورة (٦) تبين التربة المستخدمة.

صورة(٦):التربة المستخدمة

3.3 وصف عام للفحوصات المخبرية :

أولا :فحوصات الخرسانة المتصلبة .

3.3.1 اختبار مقاومة الخرسانة للضغط :

تعد مقاومة الضغط هي من أهم خواص الخرسانة على الإطلاق ، وهى تعبر عن درجة جودتها وصلاحيتها,ومقاومة الضغط هي المقاومة الأهم للخرسانة حيث أن معظم الخواص والمقاومات الأخرى مثل الشد و الانحناء والقص والتماسك مع حديد التسليح تتحسن وتزيد بزيادة مقاومة الضغط والعكس صحيح لذلك يجرى اختبار الضغط بغرض التحكم في جودة إنتاج الخرسانة في موقع المشروع ، كما يستخدم هذا الاختبار في أغراض التصميم الإنشائي ، لتحديد المقاومة المميزة وإجهاد التشغيل للخرسانة في الضغط الذي يؤخذ كنسبة من المقاومة القصوى للضغط. كما يفيد اختبار الضغط في تحديد صلاحية الركام وماء الخلط للتعرف على تأثير الشوائب التي قد توجد بهما على مقاومة الضغط- للخرسانة. والواقع حالياً أن مقاومة الضغط لخرسانة المنشآت التقليدية تتراوح بين 250-350 كجم/سم^2 أما بالنسبة للمنشآت الخاصة والوحدات سابقة التجهيز فمقاومة الضغط تزيد عن ذلك وتصل إلى 500 كجم/سم^2 والوحدات الخرسانية سابقة الإجهاد يجب أن تكون ذات مقاومة للضغط تزيد عن 400 كجم/سم^2 وقد تصل إلى 600 كجم/سم^2.

والصورة (٧) تبين مكعب خرساني ، والصورة (٨) تبين جهاز فحص مقاومة الضغط للخرسانة.

صورة (٧):مكعب خرسانة

صورة (٨): جهاز الضغط المستخدم في كسر مكعبات الخرسانة

3.3.2 اختبار الامتصاص:

هذا الاختبار يهدف إلى معرفة الوزن النوعي للخرسانة الصلبة كما يهدف لمعرفة نسبة الامتصاص ونسبة الفراغات في الخرسانة المتصلبة .

الامتصاص : هو قدرة الخرسانة على سحب الماء داخل فجواتها ويؤدي الامتصاص إلى انتفاخ الخرسانة كما يؤدي إلى تفتتها عند تعرضها لدورات التجمد والذوبان وهي مشبعة بالماء . ومن المعروف أن لاستمرار امتصاص الخرسانة للماء يقلل من عمر الخرسانة لان وصول الرطوبة إلى حديد التسليح يؤدي إلى الصدأ ودخول الأحماض والأملاح وبالتالي تلف الخرسانة .

إن خاصية الامتصاص للخرسانة قد تعني في بعض الأحول عدم أداء المنشأ لوظيفته، كما في حالة الخزانات المحتوية على سوائل والمنشات تحت الأرض، ففي مثل هذه المنشات تصبح عدم نفاذية الخرسانة خاصية مطلوبة وهامة كمقاومتها للأحمال وأكثر .

وقد تم هذا الاختبار عن طريق اخذ وزن العينة بعد كسرها ثم وضعها في الفرن لمدة ٢٤ ساعة ثم اخذ وزنها مرة أخرى بعد التجفيف ، فيكون الفرق في الوزن هو وزن الماء الممتص ومن خلاله يتم إيجاد نسبة الامتصاص .

المسامية : هي وجود مسام **أو** فجوات داخل المادة الصلبة قد تكون هذه المسامات أو المسارات الشعرية الدقيقة ، **متصلة أو مفصلة.**

إن التركيب الداخلي لعجينة الاسمنت يحتوي على مسام دقيقه نتيجة التفاعلات الكيميائية التي تصاحب اماهة **الاسمنت بالماء** .فالخرسانة بطبيعتها مادة مسامية ولكي تصبح الخرسانة منفذه للسوائل **آو** الهواء فلا بد من اتصال هذه المسام على هيئة أنابيب دقيقة متقاطعة وعلى ذلك فالمسام المحدودة العدد المعزولة عن بعضها **البعض لن** تؤدي إلى **نفاذ الماء أو** الهواء .

أنواع المسام في الخرسانة.

يوجد ثلاثة **أنواع** من المسام يمكن تمييزها كما يلي :-

1. المسام الهوائية:

منها الصغيرة جدا وهو عادة ما يتم تكوينه صناعيا داخل الخرسانة عن طريق **إضافة** الهواء المحبوس لزيادة القابلية للتشغيل ، وتحسين المقاومة للصقيع، ومنها المسامات الهوائية الكبيرة غير **المنتظمة** وهي تنشا عادة من عيوب الصب والدمك للخلطة الخرسانية ، والمسام الهوائية يتراوح قطرها ٠.٠١ - ٠.٢ **مم.**

2. المسام الجيلاتينية :

وهي **أدق واصغر أنواع المسام على الإطلاق** حيث يبلغ قطرها من ٥ x $١٠^{-٧}$ **م** — $١٠^{-٥}$ **م ، وتتكون بعد** عملية الاماهة حيث تتصلد العجينة الإسمنتية **مكونة جسما صلبا متجانسا** ،هذا الجسم الصلب به نسبة عالية **من** الفراغات الداخلية (جيلاتينية) .

3. المسام الشعرية:

بعد خلط الاسمنت مع الماء مباشرة يحدث تكتل لحبيبات الاسمنت والماء ، ويسمى **الماء الموجود في** الفراغات داخل هذا التكتل بالماء الشعري ، وحين يحدث له تفاعل كامل مع الاسمنت ويترك مكانه خاليا

مكونا المسام الشعرية ، والمسام الشعرية تعتبر أكثر أنواع المسام وهي التي تحدد درجة المسامية الكلية للخرسانة والمسام الشعرية ذات قطر يتراوح 10^{-5} م -10^{-2} م ، أي أنها وسط بين الجيلاتينية والهوائية .

عموما فان الخرسانة بطبيعتها تعتبر مادة مسامية ، واتصال الفجوات الداخلية هو الذي يؤدي إلى زيادة النفاذية ولزيادة تحمل الخرسانة مع الزمن لا بد من تقليل النفاذية وتقليل النفاذية ممكن عن طريق تخفيض نسبة الماء إلى الاسمنت، واستخدام (الاسمنت الناعم وركام صلد غير منفذ الخرسانة وكما هو معلوم فان استخدام مواد بوزولانية مثل غبار السيليكا يقلل من نفاذية الخرسانة .

تأثير المسامية على الخرسانة :

1. إن سريان الماء والهواء داخل الخرسانة يؤدي إلى صدا حديد التسليح وتأكله .
2. في الأجواء الباردة يتجمد الماء داخل الفراغات مسببا تمدد ينشا عنه اجهادات تؤثر على متانة الخرسانة وهو ما يعرف بظاهرة التجمد .
3. قد يحمل الماء بعض الأملاح معه داخل جسم الخرسانة ، فتتفاعل كيميائيا أو تتحول إلى بلورات مما يسبب اجهادات داخله تضعف الخرسانة.
4. قد يحمل الماء عند خروجه من الخرسانة بعض الأملاح أو المركبات المكونة للخرسانة مما يسبب زيادة الفراغات .كما أن هذا الماء يتبخر تاركا الأملاح على السطح الخارجي للخرسانة مما يضر بشكل المنشأ .

العوامل المؤثرة على مسامية ونفاذية الخرسانة :

1. نسبة الماء إلى الاسمنت (م/س) حيث تزداد النفاذية بزيادة نسبة (م/س) فزيادة كمية الماء تؤدي إلى وجود فراغات بالخرسانة عند جفافها كذلك في حالة زيادة الماء فان القوام يصبح مبتلا مما يسمح بهبوط حبيبات الركام الثقيلة إلى أسفل، ثم يخرج الماء إلى السطح خلال ممرات شعرية تظل موجودة بعد جفاف الخرسانة.
2. الركام يجب أن يكون من النوع المصمت السليم غير المسامي كما يجب أن يكون متدرجا ويجب أن يكون من النوع الذي لا يتفاعل قلويا مع الاسمنت حتى نتلافى وجود الفراغات الناتجة من هذا التفاعل .

ثانيا : الفحوصات الخاصة بالتربة :

3.3.3 المحتوى المائي:

تعتبر تجربة المحتوى المائي من التجارب الروتينية التي تحدد كمية الماء الموجودة في كمية من التربة ويمكن تعريف المحتوى الرطوبي بأنه النسبة بين وزن الماء داخل الفراغات إلى وزن المواد الصلبة لعينة التربة .

$$Wc = \frac{Ww}{Ws} \quad \text{.....(1)}$$

يعتبر وزن الماء متغيرا حيث يمكن أن يزداد أو يقل حسب فقدان العينة للرطوبة أو كسبها له، ويتم تحديد المحتوى المائي بأخذ عينة من التربة وزنها (Wt) ثم وضعها في الفرن لمدة أربع وعشرين ساعة ثم وزنها مرة أخرى (Ws).

$$Ww = Wt - Ws \text{..... (2)}$$

حيث أن:

Wc : المحتوى الرطوبي.

Ww : وزن الماء بالتربة.

Ws : وزن التربة الصلبة الجافة.

Wt : وزن التربة الرطبة.

3.3.4 حد السيولة :

هو احد **الحدود** التي افترضها العالم السويدي اتربرج وهو أقل نسبة للمحتوى المائي للتربة والذي إذا قل عنه **أصبحت التربة لدنة** ، وعند هذا المحتوى توشك التربة أن تصبح سائلاً لزجاً ، **واقترح** أتربرج تعريف حد السيولة بأنه المحتوى المائي للتربة التي عندها **تلتحم ولمسافة نصف بوصة (أنش)** جانبي شق في العينة من تأثير **٢٥** ضربة في جهاز تعيين السيولة، بحيث تسقط كل ضربة مسافة **اسم** . وهناك عدة عوامل في هذا الاختبار تؤثر على المحتوى المائي هـي :-

1 .سرعة الضربات .

2. الوقت اللازم لتحضير العينة في جهاز السيولة .

3 . الرطوبـة النسبيـة .

4 . نوع جهاز السيولة ، وفي هذا البحث كان ثابتا وهو جهاز كازاغراندي **الموضح في الصورة** (٩) .

5 . مسافة السقوط والمحددة هنا بواحد سنتيمتر .

هذا بالإضافة إلى نوع التربة وكفاءة الشخص الذي يقوم بالتجربة .

وأما أهميته فهو يستعمل بشكل كبير في تصنيف التربة وتعريفها ، ويمكن استعمال حد السيولة في تحديد التغيرات الحجمية في التربة ، ويتم إجراء التجربة عن طريق أخذ المحتوى المائي لثلاث عينات بعد وضعها في الجهاز واخذ عدد الطرقات.

لتحـديد قيمة حد السيولة بصورة دقيقة ترسم العلاقة بين عدد الضربات باستعمال المقياس اللوغاريتمي وبين المحتوى المائي باستعمال المقياس الطبيعي . وعادة ما تكون العلاقة خطاً مستقيماً ، وبذلك يصبح من السهل إيجاد المحتوى المائي بهذه الطريقة . وعليه فالمطلوب هو إيجاد ثلاث إلى ست نقاط تمثل العلاقة بين عدد **الضربات والمحتوى المائي** ، (بالطبع يجب أن يشمل مدى الضربات **٢٥ ضربة**) . يتم بعد ذلك رسم هذه النقاط على ورق نصف لوغاريثمي وتوصيلها بخط مستقيم ثم قراءة مقدار المحتوى المائي الذي يقابل **٢٥** ضربة من الرسم البياني . ويجب ملاحظة أنه كلما كانت النقاط المرسومة قريبة من الـ **٢٥ ضربة كانت النتائج أفضل.**

صورة(٩): جهاز كازاغراندي المستخدم في تجربة حد السيولة

3.3.5 حد اللدونة:

وهو من الحدود التي افترضها العالم اتربرج وقد عرفه بأنه المحتوى المائي للتربة والذي إذا قل عنه تصبح التربة غير لدنة ، وعرفه أيضا أنه المحتوى المائي الذي يمكن عنده فتل التربة إلى خيط قطره ٠.١٢٥ أنش دون أن ينقطع هذا الخيط . ويعرف مؤشر اللدونة بأنه الفرق بين حد السيولة وحد اللدونة للتربة ويحسب من المعادلة التالية .

PI=LL-PL……..(3)

يتم إجراء هذه التجربة بدحرجة عينة التربة الرطبة بأصابع اليد على لوح زجاجي مخصص لذلك على شكل خيط قطره (٣ مليمترات) و ثم يعاد خلط التربة و بسطها من جديد إلى خيط بقطر(٣ مليمترات) ، وتتكرر هذه العملية إلى أن تبدأ التشققات بالظهور، عندها يتم اعتبار أن العينة قد بلغت حد لدونتها ، ومحتوى الرطوبة لهذه العينة هو حد اللدونة لها.

3.3.6 حد الانكماش:

وهو أقل نسبة مئوية للمحتوى المائي والتي لا يحدث بعدها أي نقص في حجم التربة نتيجة لفقدان الرطوبة منها أو هو الحد الذي يتوقف عنده التغير في الحجم مهما استمر التبخر من التربة ، ويستعمل حد الانكماش في المناطق التي يتغير فيها حجم التربة نتيجة تعاقب الرطوبة والجفاف. ومما يجدر الإشارة عليه بأنه يتم عمل تجربة حدود أتربرج على التربة التي تمر من المنخل رقم (٤٠) ،و الصورة (١٠) تبين قالب حد الانكماش.

صورة(١٠) قالب حد الانكماش

3.3.7 التدرج الحبيبي بالتنخيل :

هو **احد** تجارب التربة المهمة حيث أن المعلومات المأخوذة من هذه التجربة تستخدم في تصنيف التربة كما أن هذه التجربة تعطي معلومات عن حجم حبيبات التربة ، ونسب هذه الأحجام. يتم التحليل بالمناخل عن طريق وزن العينة أوليا ثم وضعها في مجموعة المناخل القياسية، **لاحظ الصورة** (١١)، ورجها **ثم يتم** توزين المحجوز من التربة على كل منخل ثم رسم منحنى بين نسبة المار وقطر الحبيبات **ويتم الرسم** على منحنى شبه لوغاريتمي ويسمى المنحنى الناتج "بمنحنى التدرج الحبيبي".

هنالك استعمال مهم جدا للتدرج الحبيبي للتربة في الهندسة الجيوتقنية وأعمال الإنشاءات :-

١. اختيار مواد الردميات أو المواد المالئة ، حيث تحدد المواصفات المختلفة حدودا معينة للتدرج الحبيبي للمواد المستعملة للأغراض الردميات في أعمال السدود والمباني وغيرها .
٢. اختيار مواد الطبقات الترابية لأعمال الطرق مثل**طبقة ما تحت الأساس والأساس** .
٣. اختيار المواد المناسبة للعمل كمرشحات حيث يلزم أن يكون للمواد المستخدمة لهذا الغرض تدرج حبيبي محدد .

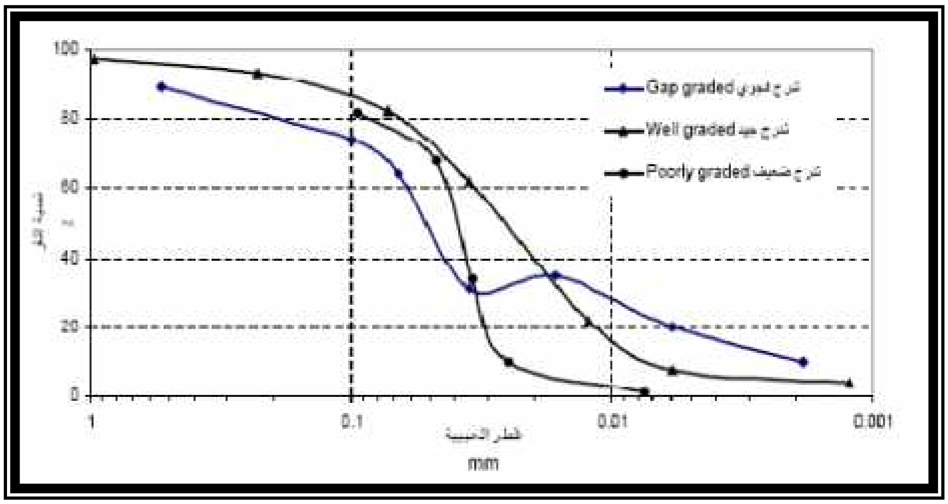
٤. اختيار المواد المناسبة للاستعمال في الخلطات الخرسانية كالرمل ، والركام ، التي تحدد المواصفات مجالات التدرج الحبيبي المناسبة للخلطة الخرسانية المطلوبة .

٥. اختيار الطريقة الأنسب لأعمال التقوية والحقن الكيميائي للتربة ، حيث يعتمد اختيار المواد ومدة الحقن على التدرج الحبيبي .

٦. تساعد معرفة التدرج الحبيبي للتربة في تقرير فاعلية تحسين خصائصها بواسطة الدمك ، حيث تعتمد نسبة الدمك التي من الممكن بلوغها لنوع معين من التربة على التدرج الحبيبي لهذه التربة إلى حد كبير .

صورة (١١):مجموعة المناخل القياسية

يتم الحكم في تدرج الحبيبات من خلال الوصف النظري بالعين للمنحنى فإذا كان المنحنى على شكل حرف (S) يكون التدرج (well graded) ، وأما إذا كان شكله عموديا يكون التدرج منتظما (uniform graded)، وأما إذا كان المنحنى أفقيا يكون التدرج (gab graded) ويعتبر كل من التدرج المنتظم والتدرج الناقص تدرجاسيئا (poorly graded). والشكل رقم (3-1) يبين أنواع التدرج الحبيبي المختلفة لأنواع التربة .



شكل(3-1):أنواع منحنيات التدرج الحبيبي حسب درجة انتظامها.

القيم العددية التي يتم أخذها من المنحنى الحبيبي هي:

معامل الانتظام أو التشابه (Cu) :

$$Cu=D_{60}/D_{10} \quad .... (4)$$

حيث أن:

D_{60} : الحجم الحبيبي المقابل ل % 60 مار من الوزن الكلي للعينة.

D_{10}:الحجم الحبيبي المقابل ل % 10 مار من الوزن الكلي للعينة.

معامل الانحناء (Cc) :

$$Cc= (D_{30})^2/ (D_{10}*D_{60}) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5)$$

حيث أن:

D_{30} : الحجم الحبيبي المقابل ل % 30 مار من الوزن الكلي للعينة

3.3.8فحص القص المباشر:

يستعمل لهذا الاختبارجهازالقص المباشر الموضح في الصورة (١٢)، ويتألف من قالب أبعاده الأفقية هي ٦×٦سم وارتفاعه ٣سم وهذا القالب نصفين، ويتباعد النصفان مسافة صغيرة والصورة (١٣) تبين القالب المستخدم ، ويطبق الإجهاد العمودي عن طريق حامل (hanger) ويطبق إجهاد القص، ليسبب انهيار العينة على سطح أفقي ، و يستعمل هذا الاختبار لإيجاد تماسك التربة (C) وزاوية الاحتكاك الداخلي (Φ) ومن هذين الوسيطين وباستعمال عدد من العلاقات الهندسية المعروفة (تيرزاكي مثلا أو مايرهوف) يمكننا حساب قدرة تحمل التربة.ويتم هذا الاختبار عن طريق دمك التربة على كثافة معروفة وهي ($1.80\ gm/cm^3$) على ثلاث طبقات ,ثم توضع العينة في القالب ، وتعرض إلى حمل أفقي (P_h) ، وحمل عمودي (P_v) ،ثم يتم رسم العلاقة بين إجهاد القص ، والحمل العمودي حيث يكون ميل الخط هو زاوية الاحتكاك الداخلي (Φ) ، ونقطة التقاطع مع المحور العمودي هي قيمة التماسك (C) .

يحسب الإجهاد العمودي (σn) من المعادلة:

$$\pm n = Pv/A \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (6)$$

حيث أن:

Pv : الحمل العمودي. (Kg).

A : مساحة مقطع العينة. (cm^2).

ويحسب إجهاد القص (τ) من المعادلة (Kg/cm^2):

$$^2 = Ph/A \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (7)$$

حيث أن:

Ph : الحمل الأفقي. (Kg).

و الصورة (١٤) تبين عينات التربة بعد إجراء الاختبار عليها .

صورة (12):جهاز القص المباشر

صورة (13):القالب المستخدم في تجربة القص المباشر

صورة (١٤):عينات التربة بعد إجراء فحص القص المباشر

3.3.9 اختبار النفاذية :

نفاذية التربة : يمكن تعريف نفاذية التربة على أنها قدرة التربة على السماح للسوائل بالمرور خلال فراغاتها ويقصد بالسوائل هنا الماء أوهي الخاصية التي بواسطتها يمكن تسرب أي سائل من خلال مسلم التربة .

وقد كان العالم الفرنسي داريسي، أول من درس خاصية جريان الماء خلال الأوساط المنفذة ، وذلك سنة (١٨٥٦) وكان القانون الرياضي المعروف باسم هذا العالم من النتائج المهمة لابحاثة في هذا المجال وينص قانون داريسي على "أن سرعة جريان الماء (V)عبر التربة تتناسب طرديا مع الميل الهيدروليكي(i)"

q = Aki ..... (٨)

V= q/A = Ki ..... (٩)

حيث أن:

q = حجم الماء النافذ عبر التربة خلال وحدة الزمن(cm^3).

A = مساحة المقطع العرضي لعينة التربة (cm^2)

K = معامل النفاذية (cm/sec)

i = الميل الهيدروليكي .

V = سرعة جريان الماء (cm / sec).

ويلاحظ من القانون **أن** وحدات القياس لمعامل النفاذية (k) هي نفس وحدات قياس السرعة أي (cm/sec) (m/h)، ويعتبر معامل النفاذية (k) القيمة الكمية التي يجرى تحديدها للحكم على نفاذية التربة **سواء من** خلال الفحوصات المخبرية أو الحقلية،**أما** الفحوصات التي يتم إجراؤها في المختبر لتحديد نفاذية التربة فتنحصر في شكلين أساسين هما :

أولا : الفحص بطريقة ضغط الماء المتغير (falling head test) ويستعمل لدراسة نفاذية المواد الناعمة **كالطمي** .

ثانيا : الفحص بطريقة ضغط الماء الثابت (constant head test) ويستعمل لدراسة نفاذية التربة الرملية الحصوية .

وتتأثر نفاذية التربة للماء بالعوامل التالية :

1.التدرج الحبيبي للتربة وتقل النفاذية كلما صغر حجم التربة .

2.نسبة فراغات التربة .

3.درجة تشبع التربة بالماء .

4.نوع السائل .

٥.درجة حرارة الوسط .

٦.التركيب المعدني للتربة .

وتم حساب النفاذية في هذا البحث حسب قانون (ضغط الماء المتغير) **كالتالي**:

$$K = \{(2.13 \times a \times L) \times log(\frac{H2}{H1})\}/(A \times t) \quad \text{.....(10)}$$

a = **مساحة مقطع الأنبوب** ($٢.١٤\ cm^2$).

L = ارتفاع العينة ($١٠.٦\ cm$).

A = ($\frac{\pi}{4} D^2$).

D = (10.1cm).

H_1 = **القراءة** الأولية **لارتفاع الماء عند زمن** = ٠ .

H_2 = القراءة النهائية لارتفاع الماء عند زمن = t .

t =الزمن الذي تم تحديده وكان **مقداره** = sec ١٢٠

حيث تم في هذا الاختبار استخدام الجهاز المبين في الصورة (١٥) **والصورة** (١٦) تبين قالب تجهيز عينة نفاذية **التربة**.

صورة (10) : جهاز النفاذية

صورة (١٦)قالب جهاز النفاذية

أما الأهمية العلمية لدراسة نفاذية التربة :

1.تحديد سرعة ترشح الماء (seepage) **عبر التربة.**

2.تحديد ضغط الترشح (seepage pressure) .

3. تفادي حصول ظواهر غير مستحبة بل خطيرة مثل ظاهرة غليان الرمل (sand boiling) والتي يظهر فيها الرمل وكأنه يغلي ،وبسبب تجاوز الميل الهيدروليكي (i) لما يسمى بالميل الهيدروليكي الحرج (i_c) وتعرف الظاهرة كذلك باسم (Quick sand) .

4. حساب مخزون المياه الجوفية.

٥. حساب كمية الماء المفقود من مستودعات تخزين المياه.

٦. المساعدة في تصميم نظم التصريف حول أساسات المباني.

تجدر الإشارة إلى أن جميع خصائص التربة التي **تتأثر** بظاهرة التجمد والذوبان تعتمد بالدرجة **الأولى على** المسامية (n) ، وينبغي عدم الخلط بين المسامية **ونسبة الفراغات** (e) .

كما ينبغي عدم الخلط بين ظاهرة الامتصاص (Absorption) ، والنفاذية (permeability) ، حيث **أن** النفاذية **تعتمد على نسبة الفراغات** (المسارات بين الحبيبات) والامتصاص يعتمد على المسامية **والمعادلات** التالية تستخدم لحساب نسبة الفراغات والمسامية .

$$\mathbf{e} = \frac{Vv}{Vs} = \frac{n}{1-n} \quad \text{.....(11)}$$

$$\mathbf{n} = \frac{Vv}{VT} = \frac{e}{1+e} \quad \text{.....(12)}$$

حيث **أن** :

n = المسامية .

e = **نسبة الفراغات** .

Vv = **حجم الفراغات** .

Vs = حجم المادة الصلبة لعينة التربة .

V_T = الحجم الكلي لعينة التربة .

3.3.10 اختبار الوزن النوعي :

الوزن النوعي للتربة هو: النسبة بين كتلة الحبيبات الصلبة إلى وزن كمية من الماء تشغل نفس الحجم ، ولا يشكل إيجاد الوزن أدنى صعوبة لو كانت التربة تتكون من حبيبات متشابهه متجانسة ، كالرمل النقي الذي يتكون من حبيبات الكوارتز مثلا ، ولكن التربة تتكون في الواقع من عدة أشكال من الحبيبات المعدنية ولكل منها وزنها النوعي ومن هنا فان الذي تهدف إليه تجربة إيجاد الوزن النوعي للتربة ، هو الوزن النوعي لهذا الخليط من الحبيبات ككل لا يتجزأ والصورة (١٧) توضح تجربة الوزن النوعي ، وقد تم في هذا البحث إيجاد الوزن النوعي ، قبل التجمد والذوبان وبعده لدورات مختلفة .

صورة (١٧):تجربة الوزن النوعي

الفائدة العلمية لمعرفة الوزن النوعي لحبيبات التربة ، فتكمن في استعمال قيمته في حساب نسبة الفراغات في التربة (e) ، والمسامية (n) وكذلك في تجربة التدرج الحبيبي للتربة ، وتتراوح القيمة العددية للوزن النوعي للتربة المتملسكة (غير العضوية) بين (٢.٦٨-٢.٧٢) ، وتبلغ حوالي ٢.٦٧ للتربة الرملية غير المتملسكة . ومن خلال المعادلات التالية يمكن إيجاد نسبة الفراغات والمسامية ، لمعرفة الكثافة الجافة والمشبعة للتربة .

$$\gamma_{sat} = \frac{(Gs+e)}{(1+e)}\gamma w \quad \text{.....(13)}$$

$$\gamma_{dry} = \frac{Gs}{(1+e)}\gamma w \quad \text{..... (14)}$$

$$\gamma = \frac{W}{V} \quad \text{.....(10)}$$

$\gamma\, sat$ = كثافة التربة الرطبة

$\gamma\, dry$ = كثافة التربة الجافة

Gs = الوزن النوعي للتربة

W= وزن التربة

γw = كثافة الماء = (1 gm/cm^3)

ثالثا :فحص التجمد و الذوبان

تعتبر ظاهرة التجمد و الذوبان من الظواهر الطبيعية المرتبطة بتغير الفصول بين الشتاء و الصيف و مرتبطة كذلك بالتغير المناخي و اختلاف درجات الحرارة . هذه الظاهرة لها تأثير سلبي على خصائص الخرسانة في الأبنية و المنشآت، و كذلك على التربة المعرضة للأجواء الحارة و الباردة ، وخاصة طبقات التربة في الطرق. ظاهرة التجمد و الذوبان لها علاقة مباشرة كذلك بمسامية الخرسانة و التربة، و نسبة الفراغات التي تم الحديث عنها سابقا، فكلما زادت مسامية الخرسانة زادت قدرتها على إنفاذ الماء و الاحتفاظ بجزء منه داخل المسلم حتى فترة الشتاء ، و عندما تهبط درجات الحرارة دون الصفر فان الماء المسامي يتجمد و يكبر حجمه و يسبب ضغطا داخليا في الخرسانة مما يؤدي إلى إضعافها . أما في فصول الصيف و عندما ترتفع درجة الحرارة فان الماء المسامي المتجمد يذوب و يخرج من الخرسانة مع التبخر، مما يؤدي إلى كبر و توسع المسام الداخلية للخرسانة و التربة في طبقات الرصفات. بسبب تكرار هذه العملية بين فصول الصيف و الشتاء و لكون هذه العملية مستمرة ولا تتوقف فان ظاهرة التجمد و الذوبان قد تؤدي إلى انهيار الخرسانة و التربة تماما ، وتوقف أداؤهما للمهمة الإنشائية المطلوبة.

في هذا البحث تم تمثيل ظاهرة التجمد و الذوبان عن طريق تفريز عينات من الخرسانة ووضعها جافة بدرجات مقاومة ($٢٠٠Kg/cm^2$) و($٣٠٠ Kg/cm^2$)، و كذلك عينات من التربة عند درجات حرارة منخفضة (-١٠ مئوية) و تم إخراج العينات من الفريزر لكي يذوب الماء المسامي ، و ثم تكرار هذه العملية لعدة دورات لكل مجموعة من العينات من اجل إجراء الفحوصات المختلفة المذكورة سابقا على الخرسانة و التربة من أجل تحديد مدى تأثير دورات التجمد و الذوبان على خصائص الخرسانة و التربة.

الفصل الرابع

النتائج العملية المخبرية

4.1 اثر التجمد والذوبان على خصائص الخرسانة المتصلبة :

4.1.1 اثر التجمد والذوبان على مقاومة الخرسانة المتصلبة :

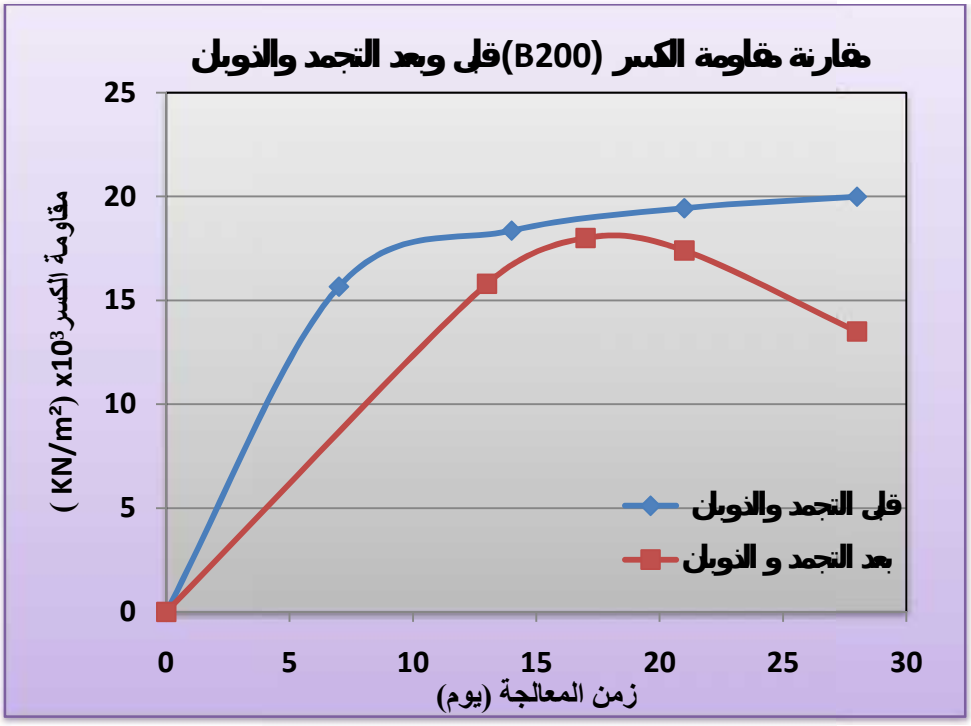
النتائج التالية تبين اثر التجمد والذوبان على الخرسانة المتصلبة (B200 –B300) بعد أسبوع وبعد ثمانية وعشرون يوما من المعالجة ، حيث أظهرت النتائج أن هنالك اثر سلبي للتجمد والذوبان على اكتساب الخرسانة للمقاومة مع الزمن ، وذلك بسبب تعرضها لدورات من التجمد والذوبان.

جدول (4-1) : مقارنة بين مقاومة الضغط لعينات مفرزة وغير مفرزة .

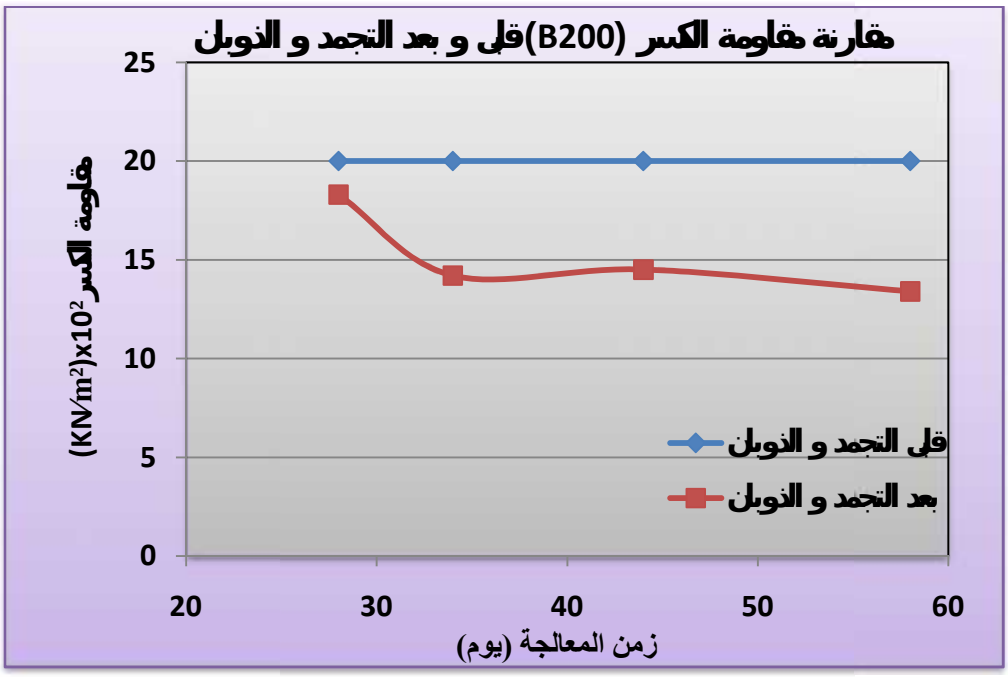
نوع الخرسانة	زمن المعالجة (يوم)	* دورات التفريز	مقاومة الخرسانة بدون تفريز $(KN/m^2)\ x10^3$	مقاومة الخرسانة المفرزة $(KN/m^2)\ x10^3$
B200	7	٠	15.67	14.7
		٣	17.84	15.8
		٥	18.91	16.0
		٧	19.45	١٧.٤
B200	28	٠	20.0	١٨.٣
		٣	20.0	١٤.٢
		٥	20.0	١٤.٥
		٧	20.0	١٣.٥
B300	7	٠	23.1	21.7
		٣	26.31	22.8
		٥	27.9	24.0
		٧	28.7	25.2
B300	28	٠	٣٠	٢٨.٦
		٣	٣٠	٢٥.٧
		٥	٣٠	٢٤.٦
		٧	٣٠	٢٣.٣

* دورات التفريز هي يومين (تفريز لمدة يوم و ذوبان لمدة يوم)

والشكل (4-1) يبين مقارنة مقاومة الكسر (B200) قبل وبعد التجمد والذوبان المعالج مدة ٧ أيام حيث يظهرا ثر التجمد والذوبان بالنقصان في مقاومة الكسر وهذا واضح ايضا في شكل (4-2) الذي يبين مقارنة مقاومة الكسر (B200) قبل و بعد التجمد و الذوبان المعالج مدة ٢٨ يوم .

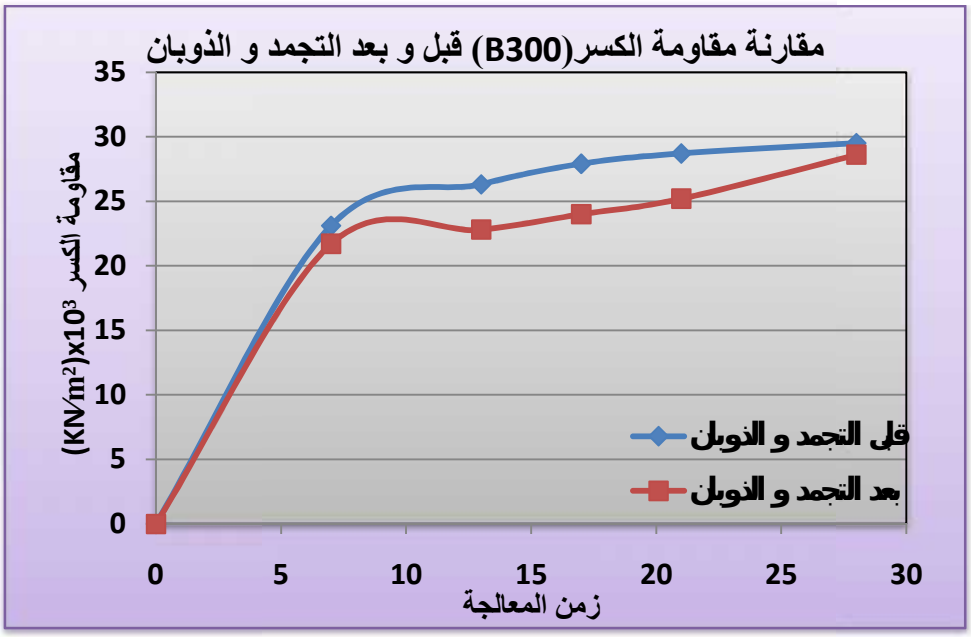


شكل (4-1) :مقاومة الضغط (B200) المعالج مدة ٧ أيام قبل وبعد التجمد والذوبان

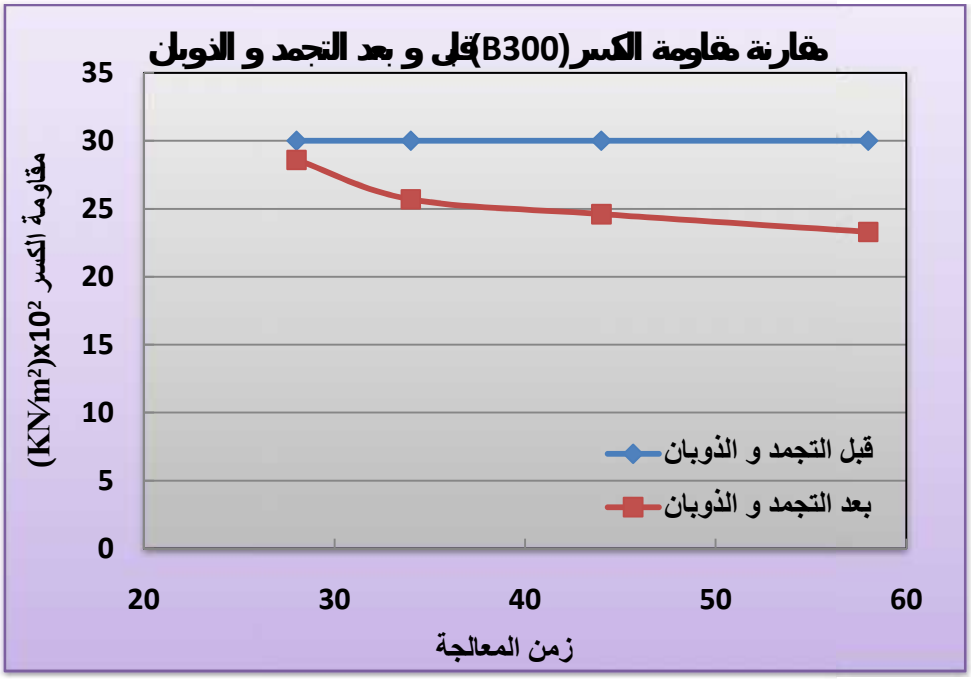


شكل (4-2) :مقاومة الضغط (B200) المعالج مدة ٢٨ يوم قبل وبعد التجمد والذوبان

و الشكل (4-3) يبين مقارنة مقاومة الكسر (B300) قبل و بعد التجمد و الذوبان المعالج مدة ٧ أيام حيث يظهر اثر التجمد و الذوبان بالنقصان في مقاومة الكسر و هذا واضح ايضا في الشكل (4-4) الذي يبين مقارنة مقاومة الكسر (B300) قبل و بعد التجمد و الذوبان المعالج مدة ٢٨ يوم.



شكل (4-3) : مقاومة الضغط (B300) المعالج مدة ٧ أيام قبل وبعد التجمد والذوبان



شكل (4-4) : مقاومة الضغط (B300) المعالج مدة ٢٨ يوم قبل وبعد التجمد والذوبان

4.1.2 اثر التجمد والذوبان على نسبة الامتصاص في الخرسانة المتصلبة :

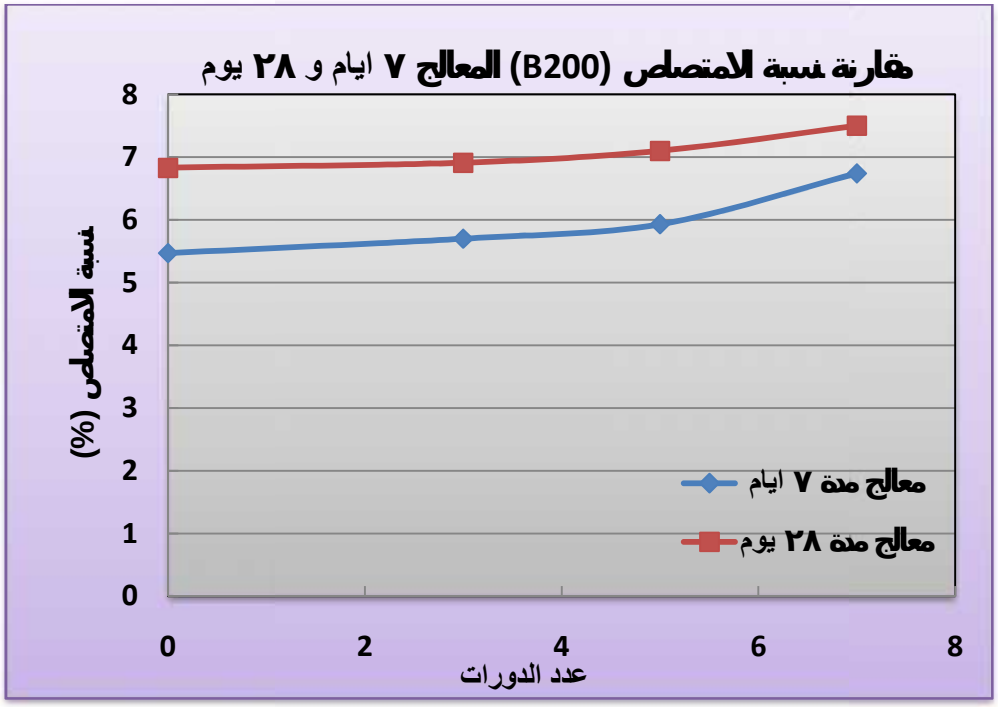
النتائج التالية تبين اثر التجمد والذوبان على الخرسانة المتصلبة (B200 –B300) بعد أسبوع وبعد ثمانية وعشرون يوما من المعالجة ،حيث ان نسبة الامتصاص تزداد بزيادة دورات التجمد والذوبان ، لان المواد الناعمة تزيد بزيادة دورات التجمد والذوبان حيث أن المواد الناعمة لها قابلية أكثر من المواد الخشنة على امتصاص الماء ، وكذلك فان حجم الفراغات البينية في الخرسانة ، يزيد بسبب تجمد الماء وزيادة حجمها ،وبالتالي زادت قابلية الامتصاص للماء، وهذا يدل على تأثر الخرسانة بالتجمد والذوبان ومن المعروف أن استمرار امتصاص الخرسانة للماء يقلل من عمر الخرسانة لان وصول الرطوبة إلى جسم الخرسانة يضعفها ويدمرها

والجدول (٤-٢) يبين نتائج الامتصاص.

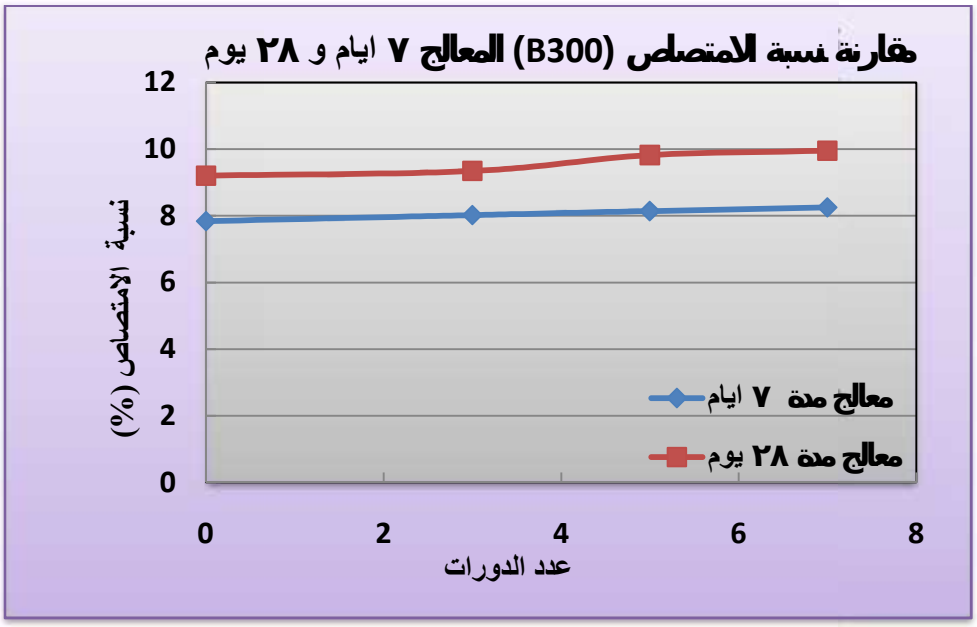
جدول (4-٢) : مقارنة بين نسبة الامتصاص لعينات مفرزة وغير مفرزة

نوع الخرسانة	زمن المعالجة (يوم)	عدد الدورات	نسبة الامتصاص(%)
B200	7	٠	٥.٤٧
		٣	٥.٧
		٥	٥.٩٣
		٧	٦.٧٤
B200	28	٠	٦.٨٣
		٣	٦.٩١
		٥	٧.١
		٧	٧.٥
B300	7	٠	٧.٨٤
		٣	٨.٠٢
		٥	٨.١٤
		٧	٨.٢٥
B300	28	٠	٩.٢
		٣	٩.٣٤
		٥	٩.٨٢
		٧	٩.٩٥

الأشكال (٤-٥) و (٤-٦) تبين علاقة بين نسبة الامتصاص للخرسانة قبل التفريز وبعده لدورات مختلفة بعد زمن معالجة لمدة ٧ أيام و ٢٨ يوم .



شكل (4-5) : نسبة الامتصاص (B200) المعالج مدة ٧ أيام 28 يوم



شكل (4-6) : نسبة الامتصاص (B300) المعالج مدة ٧ أيام 28 يوم

4.2 اثر التجمد والذوبان على خصائص التربة:

4.2.1 اثر التجمد والذوبان على التحليل بالمناخل:

الجدول (4-٣) يبين مقارنة بين فتحة المنخل ونسبة المار من كل منخل ، ومن خلال هذا الجدول يظهر اثر التجمد والذوبان على التربة المستخدمة، حيث أظهرت النتائج أن نسبة المار من منخل (#٢٠٠) وهو منخل المواد الناعمة ، تزداد بازدياد دورات التفريز وهذا دليل على تأثر التربة المستخدمة بظاهرة التجمد والذوبان .

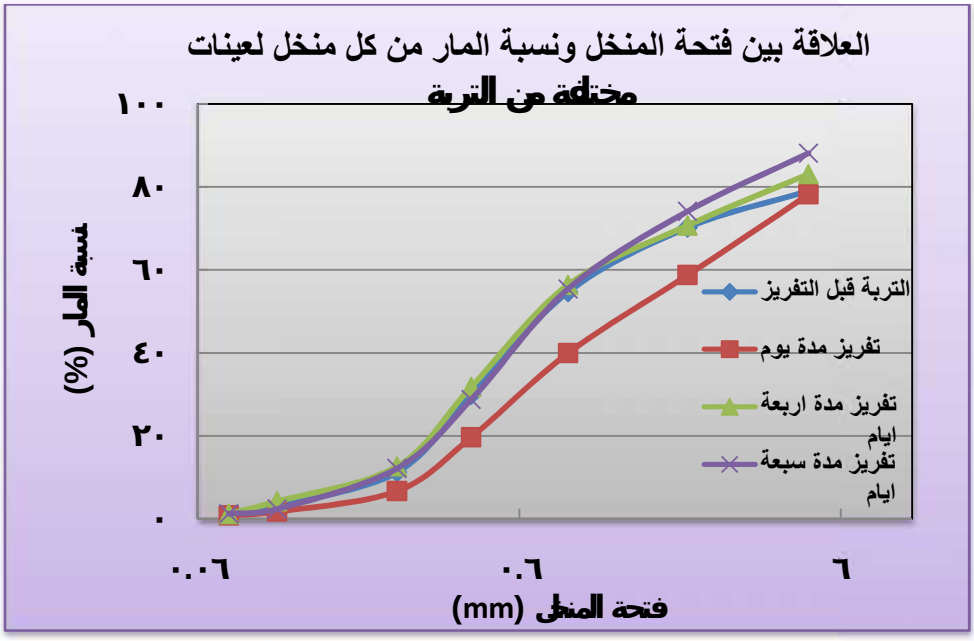
جدول (4-3) : مقارنة بين نسبة المار من المناخل المختلفة ودورات التفريز.

رقم المنخل	فتحة المنخل (mm)	نسبة المار من كل منخل			
		تربة غير مفرزة	تفريز مدة يوم	تفريز مدة أربعة أيام	تفريز مدة سبعة أيام
٤	٤.٧٥٠	٧٨.١٧	٧٨.٩٧	٨٣.٠٩	83.30
١٠	٢.٠	٥٨.٧٥	٧٠.١٧	٧٤.٧٠	78.07
٢٠	٠.٨٥٠	٣٩.٩٧	٥٤.٦٦	٥٦.٤	57.39
٤٠	٠.٤٢٥	١٩.٦٩	٢٩.٨٨	٣١.٨١	38.75
٦٠	٠.٢٥٠	٦.٧٣	١١.٢٤	١٢.٦٤	14.14
١٤٠	٠.١٠٦	١.٧٧	٣.١٤	٤.٢٣	6.35
٢٠٠	٠.٠٧٥٠	٠.٨٤	٠.٨٨	١.١٨	1.25

*مزيد من النتائج يمكن الرجوع لها في ملحق (A)

الجدول (4-٤) بين مقارنة بين متغيرات التحليل بالمناخل (Cu، Cc، D10، #200) قبل وبعد التفريز حيث يظهر من النتائج الواردة بالجدول أن اثر التجمد والذوبان على التربة المستخدمة كان زيادة معامل الانتظام (Cu) بزيادة زمن التفريز وهذا يدل على أن التربة اصبحت متدرجة تدرجا حسنا ، بشكل اكبر وهذا يعني ازدياد نسبة الحبيبات الناعمة ،ونقصان معامل الانحناء (Cc) بزيادة زمن التفريز ، ونقصان الحجم الحبيبي الفعال المقابل ل ١٠ % مار من الوزن الكلي للعينة بزيادة زمن التفريز .

والشكل (٤-٧) يظهر العلاقة بين فتحة المنخل وبين نسبة المار من كل منخل ، للتربة الغير مفرزة والتربة المفرزة على فترات مختلفة ، حيث يتم إيجاد كل من (D_{10}،D_{30}،D_{60}) ومن خلال هذه القيم يتم حساب كل من (Cc،Cu) ،والتي يظهرها الجدول (٤-٤) .



شكل (4-7) : مقارنة بين فتحة المنخل و نسبة المار للتربة الغير مفرزة و المفرزة على فترات مختلفة

جدول (4-4) : مقارنة بين متغيرات التحليل بالمناخل قبل وبعد التفريز

المتغير	قبل التفريز	بعد التفريز		
		يوم	4 أيام	7 أيام
Cu	٤.٠	٤.٤	4.67	4.84
Cc	١.٠	٠.٦١	0.59	0.55
D10	٠.٣٠	٠.٢٥	0.21	0.19
passing #200	0.84	0.88	1.18	1.25

*مزيد من النتائج يمكن الرجوع لها في ملحق (A)

4.2.2 اثر التجمد والذوبان على حد السيولة:

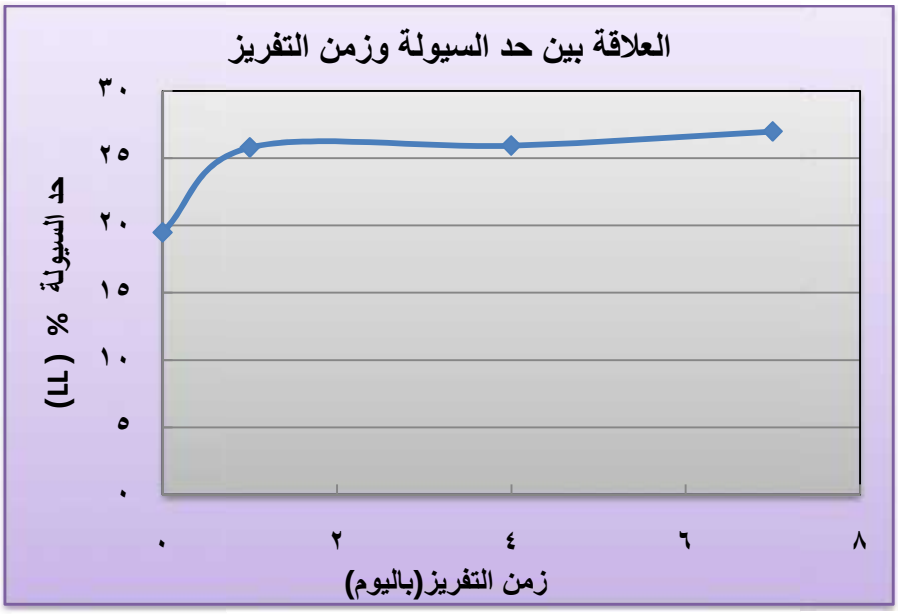
يبين جدول (٤-٥) اثر التجمد والذوبان على حد السيولة حيث أظهرت التجارب المخبرية ازدياد حد السيولة بزيادة زمن التفريز أي زيادة قدرة التربة على امتصاص الماء بسبب زيادة نسبة المادة الناعمة الناتجة من عملية التجمد والذوبان حيث كانت قبل التفريز (١٩.٥%) وبعد سبعة أيام من التفريز كانت(٢٧ %) .

جدول (٤- 5) : يوضح قيم حد السيولة على فترات مختلفة من التفريز

زمن التفريز	بدون	يوم	٤ أيام	7 أيام
حد السيولة (LL) (%)	19.5	25.81	25.95	27

*مزيد من النتائج يمكن الرجوع لها في ملحق (B)

ويبين الشكل (٤-٨) زيادة حد السيولة بزيادة زمن التفريز.



شكل (4-٨):العلاقة بين زمن التفريز وحد السيولة

4.2.3 اثر التجمد والذوبان على حد اللدونة :

جدول (4-٦) يوضح تغير حد اللدونة على فترات مختلفة من التفريز حيث يظهر زيادة حد اللدونة بازدياد عدد أيام التفريز وذلك بسبب زيادة المادة الناعمة نتيجة التفريز وبالتالي زيادة امتصاص التربة للماء والذي يعبر عن نسبة المحتوى المائي في التربة وبالتالي زيادة حد اللدونة.

جدول (4-6) : يوضح قيم حد اللدونة على فترات مختلفة من التفريز

زمن التفريز	بدون	يوم	٤ أيام	7أيام
حد اللدونة (p_L %)	15.823	18.26	19.44	21.54

*مزيد من النتائج يمكن الرجوع لها في ملحق (C)

جدول (٤-٧) يوضح تغير مؤشر اللدونة مع تغير زمن التفريز .

جدول (٤-7) : يوضح تغير مؤشر اللدونة (P_I) مع تغير زمن التفريز

زمن التفريز	بدون	يوم	٤ أيام	7أيام
حد اللدونة (p_I %)	3.68	7.55	6.5	٥.٥

*مزيد من النتائج يمكن الرجوع لها في ملحق (C)

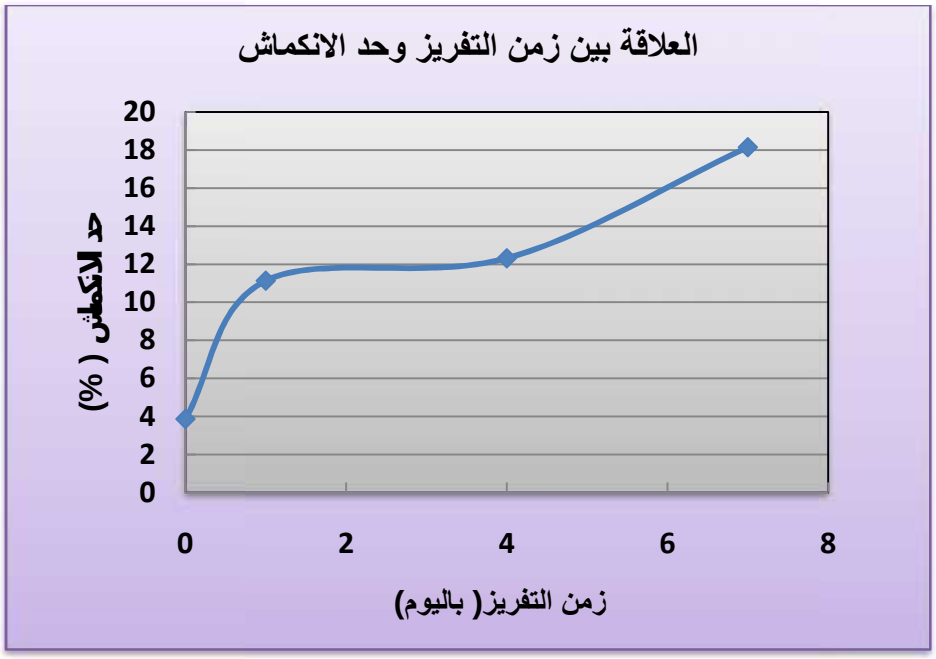
4.2.4 اثر التجمد والذوبان على حد الانكماش :

الجدول(٤-٨) يبين تغير حد الانكماش على فترات مختلفة من التفريز ،حيث أن حد الانكماش يزداد نتيجة لزيادة المادة الناعمة وزيادة امتصاص الماء ، وهذا يظهر زيادة في قابلية الانكماش للتربة بسبب التجمد والذوبان . والشكل (٤-٧) يبين تغير حد الانكماش مع زمن التفريز .

جدول (٤-8) : يوضح قيم حد الانكماش على فترات مختلفة من التفريز

زمن التفريز	بدون	يوم	٤ أيام	7 أيام
حد الانكماش(SL%)	3.87	11.13	12.31	18.14

*مزيد من النتائج يمكن الرجوع لها في ملحق (D)



شكل (4-٩):العلاقة بين زمن التفريز وحد الانكماش

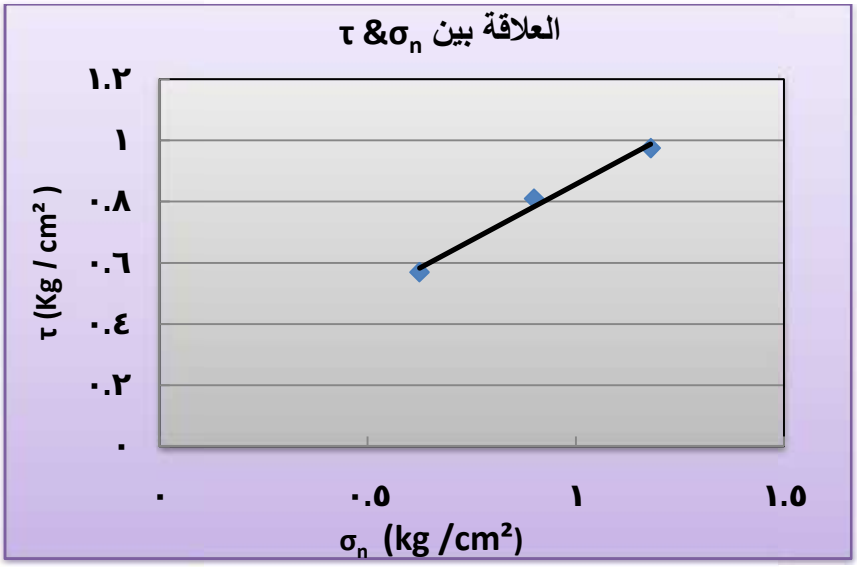
4.2.5 نتائج الفحوصات المخبرية الخاصة بإجهاد القص :

جدول (٤-٩) يبين نتائج إجهاد القص للتربة الغير مفرزة ، حيث تظهر النتائج العلاقة الطردية الخطية بين إجهاد القص (τ) والحمل العمودي (σ_n) .

جدول (٤-9) : إجهاد القص للتربة غير المفرزة.

τ (Kg / cm²)	σ_n(Kg / cm²)
0.57	**0.62**
0.81	**0.90**
0.975	**1.18**

والشكل (٤-١٠) يبين العلاقة بين إجهاد القص (τ) والحمل العمودي (σ_n) ، ومن خلال هذا الشكل تم إيجاد قيمة التماسك (C) وزاوية الاحتكاك الداخلي(Φ) كما ورد ذكره في الفصل الثالث.



شكل (٤-١٠):العلاقة ما بين τ & σ_n للتربة الغير مفرزة.

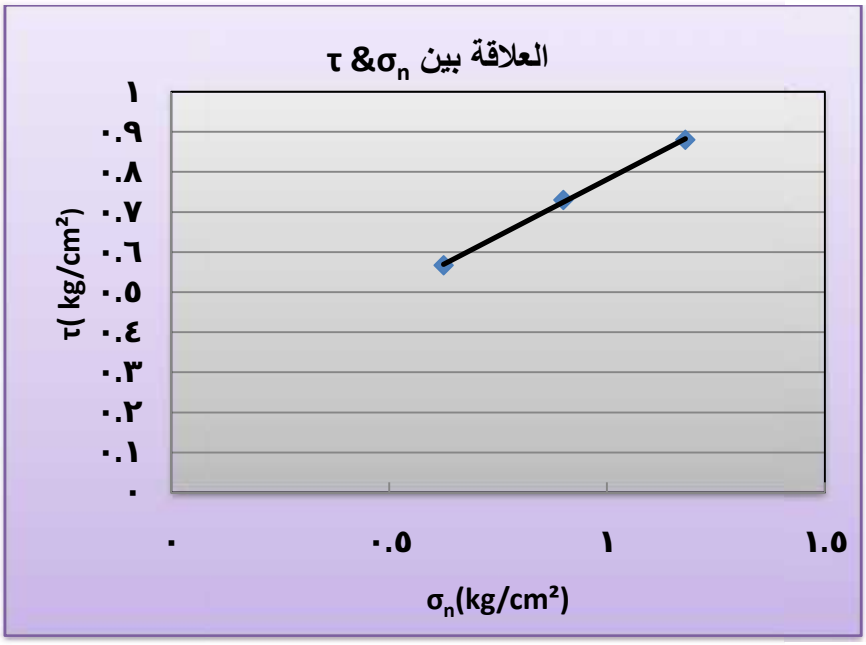
C=0.15 Kg / cm²
Φ = tan⁻ Δy /ΔX
Φ = tan⁻ { (0.975-0.57) /(1.18-0.625) } = 36º.

جدول (٤-١٠) يبين إجهاد القص للتربة المفرزة لمدة يوم ،حيث تظهر النتائج نقصان إجهاد القص للتربة المفرزة مدة يوم عنها في حالة التربة الغير مفرزة وذلك عند مقارنة (C,Φ) .

جدول (٤-١٠) : إجهاد القص للتربة المفرزة لمدة يوم

τ (Kg / cm²)	σ_n(Kg / cm²)
0.567	0.62
0.73	0.90
0.88	1.18

والشكل (٤-11) يبين علاقة اجهاد القص للتربة المفرزة لمدة يوم .



شكل(4-11): العلاقة ما بين σ_n & τ للتربة المفرزة لمدة يوم.

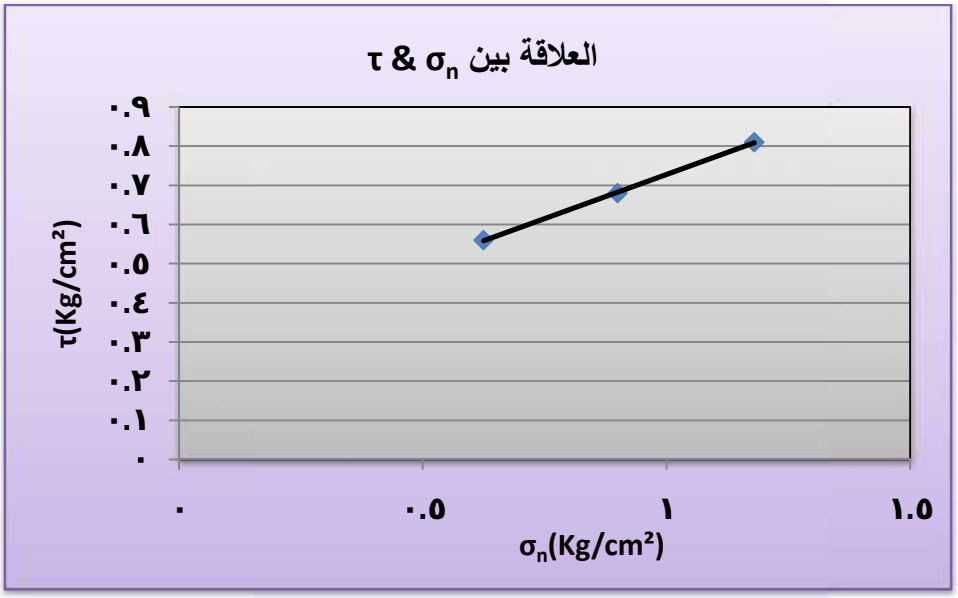
C=0.22 Kg / cm²
Φ= 29.40

جدول (٤-١١) يبين إجهاد القص للتربة المفرزة لمدة يومين ، حيث تظهر النتائج نقصان إجهاد القص للتربة المفرزة مدة يومين عنها في حالة التربة المفرزة لمدة يوم والتربة الغير مفرزة .

جدول (٤-١١):إجهاد القص للتربة المفرزة لمدة يومين

τ (Kg / cm²)	σ_n(Kg / cm²)
0.56	**0.625**
0.68	**0.90**
0.81	**1.18**

والشكل (٤-١٢) يبين علاقة إجهاد القص للتربة المفرزة لمدة يومين.



شكل (٤-12):العلاقة مابين τ & σn للتربة المفرزة لمدة يومين.

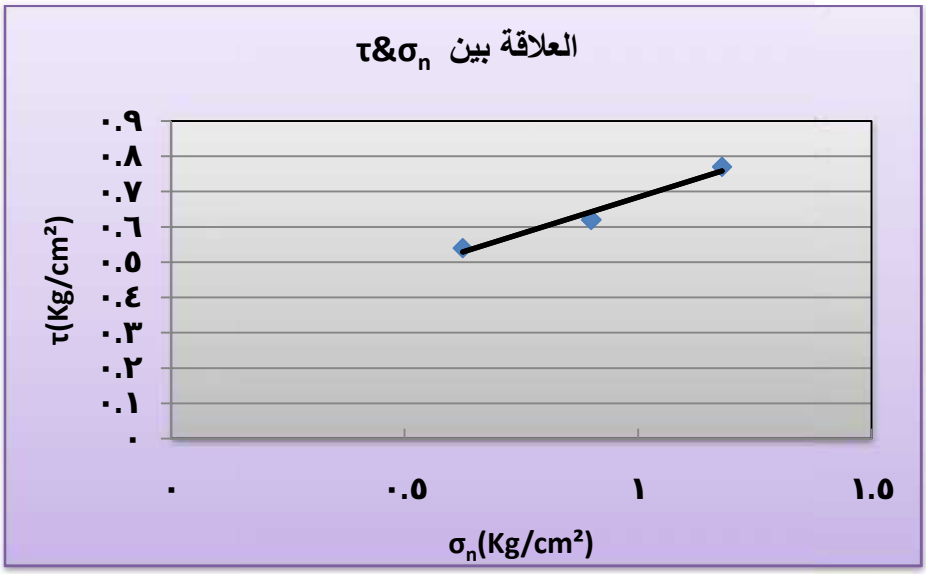
C=0.28 Kg / cm²
Φ= 24.23

جدول (٤-١٢) يبين إجهاد القص للتربة المفرزة لمدة ثلاثة أيام ، حيث تظهر النتائج العلاقة الطردية الخطية بين إجهاد القص (τ) والحمل العمودي (σ_n) ، وتظهر النتائج نقصان إجهاد القص للتربة المفرزة مدة ثلاثة أيام عنها في حالة التربة المفرزة مدة يومين .

جدول (٤-١٢):إجهاد القص للتربة المفرزة لمدة ثلاثة أيام.

τ (Kg / cm²)	σ_n(Kg / cm²)
0.54	**0.625**
0.62	**0.90**
0.77	**1.18**

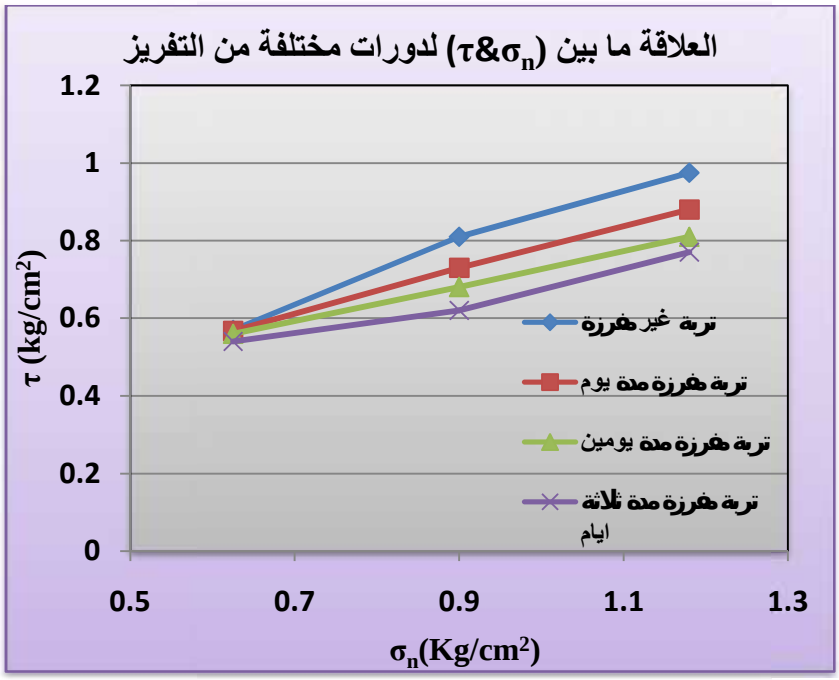
شكل (٤-١٣) يبين علاقة إجهاد القص للتربة المفرزة لمدة ثلاثة أيام .



شكل (٤-13) : العلاقة بين τ& σ_n للتربة المفرزة لمدة ثلاثة أيام

C=0.30 Kg / cm²
Φ= 22.5

شكل (٤-١٤) يبين العلاقة بين مقارنة بين نتائج إجهاد القص للتربة قبل التفريز وبعد التفريز لدورات مختلفة ويظهر أن هناك نقصان واضح على إجهاد القص للتربة بازدياد زمن التفريز إذا ما قورنت مع التربة غير المفرزة ، وهذا يدل على تأثر التربة بظاهرة التجمد والذوبان حيث قل إجهاد القص الذي يعبر بالدرجة الأولى على مقاومة التربة، أي أن التربة تقل مقاومتها مع ازدياد دورات التجمد والذوبان.



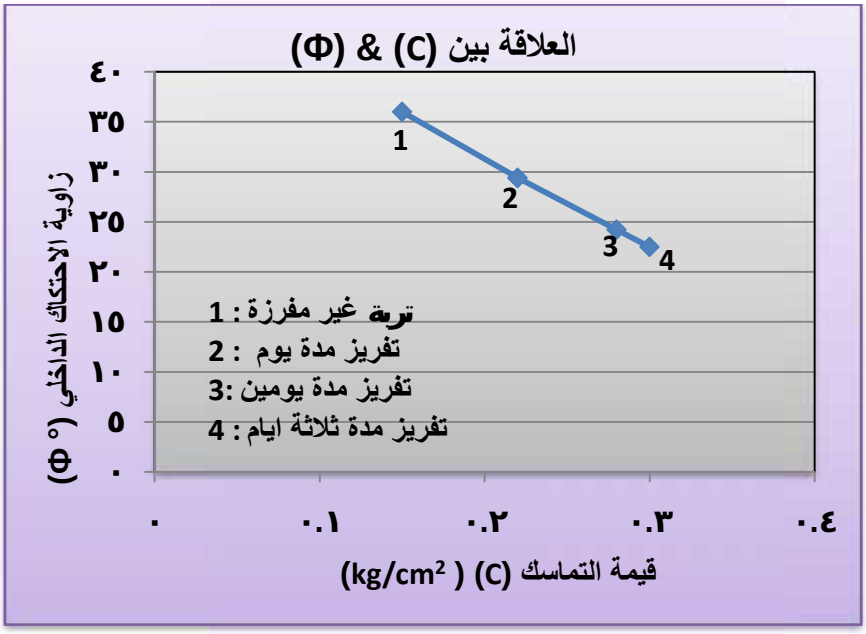
شكل (٤-14) : العلاقة بين τ & σn لدورات مختلفة من التفريز.

جدول (٤-١٣) يبين مقارنة بين زاوية الاحتكاك الداخلي (Φ) وبين قيمة التماسك (C) للتربة غير المفرزة والتربة المفرزة لدورات مختلفة ، حيث تظهر النتائج أن التجمد والذوبان يؤدي إلى زيادة قيمة التماسك (C) والى نقصان زاوية الاحتكاك الداخلي (Φ) كلما زادت دورات التجمد والذوبان، ولكن بشكل عام فان مقاومة التربة تقل بالرغم من زيادة قيمة (C) .

جدول (٤-١٣) : مقارنة بين Φ &C لدورات مختلفة للتربة .

نوع التربة	زمن الدورة (يوم)	زاوية الاحتكاك الداخلي (Φ)	قيمة التماسك (C) (Kg / cm²)
تربة غير مفرزة	0	36°	0.15
تربة مفرزة	1	29.4°	0.22
تربة مفرزة	2	24.23°	0.28
تربة مفرزة	3	22.51°	0.3

شكل (٤-١٥) يبين العلاقة بين قيمة التماسك (C) وزاوية الاحتكاك الداخلي (Φ) حيث تظهر بأنها علاقة تناقصية خطية، أي انه كلما زادت دورات التجمد والذوبان كلما زادت قيمة التماسك (C) وقلت زاوية الاحتكاك الداخلي (Φ) .



شكل (٤-15) : العلاقة بين Φ &C للتربة لدورات مختلفة من التجمد والذوبان.

أما بالنسبة إلى مقاومة التربة للقص والتي تعتمد على زاوية الاحتكاك الداخلي (Φ) وقيمة التماسك(C) فتعطى بالمعادلة (١٦) .

$$\tau = C + \sigma n \, tan\Phi \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (١٦)$$

ويمكن استخدام المعادلة لإعطاء مثال توضيحي لحساب مقاومة التربة ،عند إجهاد عمودي على التربة مثلا يساوي ($3\ Kg/cm^2$)

مثال توضيحي على طريقة الحل :

مقاومة القص للتربة عند (σ_n) بدون تفريز.

$$\tau = 0.15 + 3\ tan36° = 2.32\ kg/cm^2$$

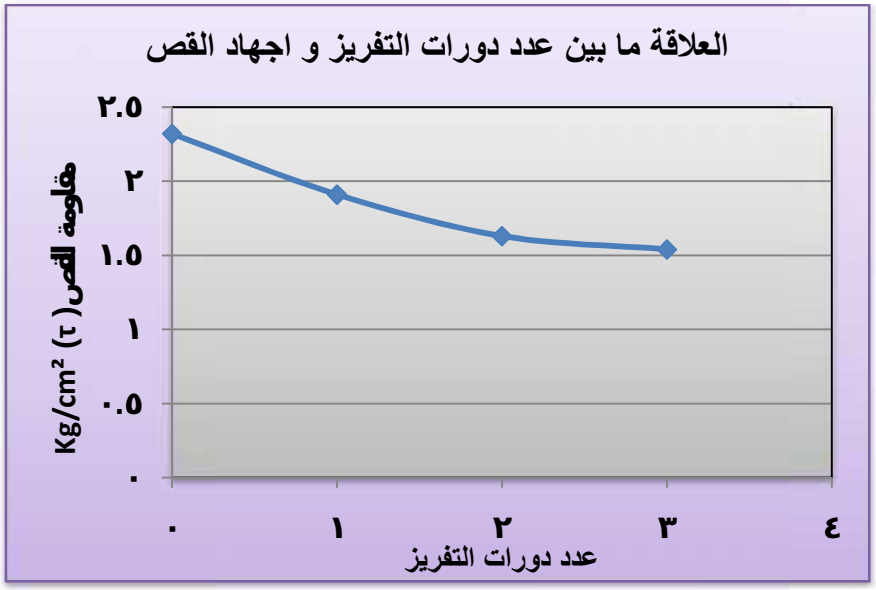
بنفس الطريقة يمكن حساب مقاومة القص للتربة بعد تفريز يوم ، ويومين، وثلاثة أيام والجدول (٤-١٤) يبين النتيجة حيث يلاحظ نقصان مقاومة القص للتربة بزيادة دورات التفريز .

جدول (٤-١٤) : مقارنة مقاومة التربة (τ) بدون تفريز والتربة المفرزة عند (σ_n=3.0 kg/cm^2)

عدد الدورات التفريز(يوم)	τ مقاومة القص (kg/cm^2)
0	2.32
1	1.91
2	1.63
3	1.54

والشكل التالي يبين العلاقة مابين عدد دورات التفريز وإجهاد القص ، وهذه العلاقة تبين نقصان إجهاد القص بزيادة دورات التفريز للتربة ومن خلال الجدول (٤-١٤) ومن الشكل (٤-١٦) يمكن ملاحظة أن مقاومة القص للتربة المفرزة لثلاثة دورات قد نقصت بمقدار ٥٠.٦٥% .

((٢.٣٢-١.٥٤) / ٢.٣٢)x100% = ٥٠.٦٥%



شكل (٤-16) : عدد الدورات و مقاومة التربة (τ) بدون تفريز والتربة المفرزة عند (σ_n=3.0 kg/cm^2)

4.2.6 نتائج الفحوصات المخبرية الخاصة بنفاذية التربة :

تم حساب معامل النفاذية (**K**) للتربة الغير مفرزة والتربة المفرزة لدورات مختلفة ، وقد تم حساب النفاذية من المعادلة (١٠) ، وقد أظهرت النتائج المخبرية لاختبار النفاذية أن معامل النفاذية (**K**) يقل كلما زادت دورات التجمد والذوبان ، وهذا يعود إلى زيادة المادة الناعمة وبالتالي نقصان نسبة الفراغات داخل التربة والذي يعني نقصان نفاذية التربة .

مثال توضيحي على طريقة الحل :-

معامل النفاذية للتربة قبل التفريز

$$K=\{ 2.303 * 2.13*10.6*\log(40/4.5)\}/ 80.12*120$$

$$K= 0.005= 5*10^{-3} \ cm/sec$$

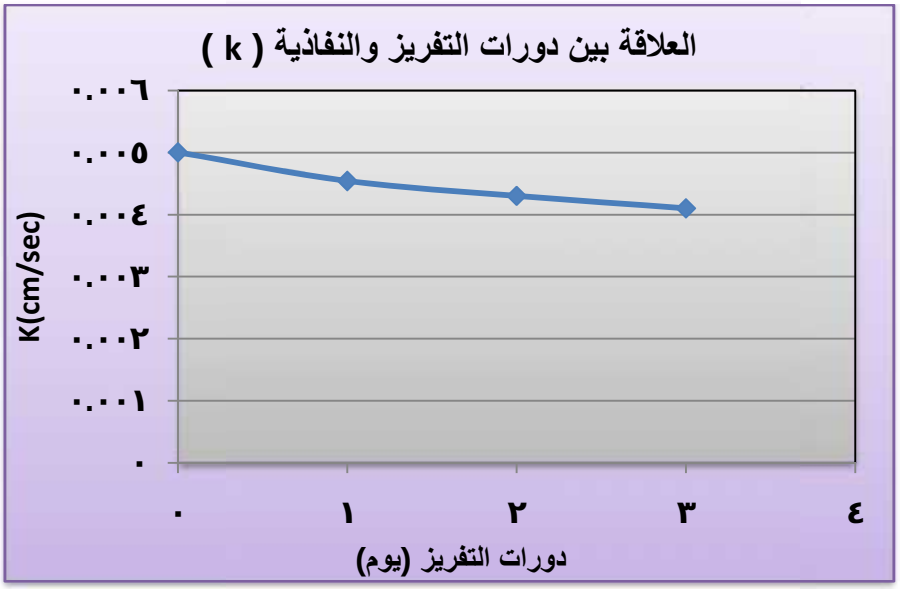
بنفس الطريقة تم حساب نفاذية التربة المفرزة لدورات مختلفة كما يظهر في الجدول (٤-١٥) .

جدول (٤-١٥) : معامل النفادية (K) للتربة المفرزة وغير المفرزة لدورات مختلفة

نوع التربة	*عدد دورات التفريز	معامل النفاذية (K) (cm/sec)
تربة عادية	0	0.005
تربة مفرزة	1	0.00454
تربة مفرزة	2	0.0043
تربة مفرزة	3	0.0041

*ملاحظة : زمن الدورة = يوم واحد

الشكل(٤-١٧) يبين العلاقة بين دورة التفريز ومعامل النفاذية (K) ، و يلاحظ ان نفاذية التربة قد نقصت بعد ثلاثة دورات تفريز حوالي ٢٢% .



شكل (٤-17) : العلاقة بين معامل النفاذية (k) للتربة و زمن التفريز.

يجب الإشارة هنا إلى أن نفاذية التربة في هذا البحث ، قد تم قياسها في المختبر في حين أن نفاذية التربة ، في الطرق أو تحت المنشات قد تزيد ، وذلك بسبب غسيل المادة الناعمة التي تنتج من عملية التجمد والذوبان بمياه الامطار ، وبالتالي فان مسامية التربة في الطرق أو مواقع المنشات قد تزيد مما يؤدي لزيادة النفاذية .

4.2.7 نتائج الفحوصات المخبرية الخاصة بالوزن النوعي :

تم حساب الوزن النوعي (**Gs**) للتربة غير المفرزة والتربة المفرزة لدورات مختلفة ، وقد أظهرت النتائج المخبرية لاختبار الوزن النوعي أن الوزن النوعي (**Gs**) يزداد كلما زادت دورات التجمد والذوبان .

وقد تم إيجاد كثافة التربة الجافة وكثافة التربة المشبعة لكل من التربة غير المفرزة والتربة المفرزة من خلال المعادلتين (١٤، ١٣) والجدول (٤-١٦) يوضح الكثافة الجافة والكثافة الرطبة لعينات التربة، ومن ثم تم حساب المسامية (n) ونسبة الفراغات (e) من خلال المعادلات (١١،١٤،١٣،١٢).

مثال توضيحي على طريقة الحل :-

$\gamma\ dry$ =1.43 (للتربة الغير مفرزة)

$$\gamma\ dry = \frac{\mathrm{Gs}}{(1+\mathrm{e})}\gamma w$$

$$1.43 = \frac{\mathbf{2.63}}{\mathbf{(1+e)}}\ \mathrm{X}\ 1$$

$$\mathrm{e} = 0.839$$

$$\mathrm{n} = \frac{e}{1+e}$$

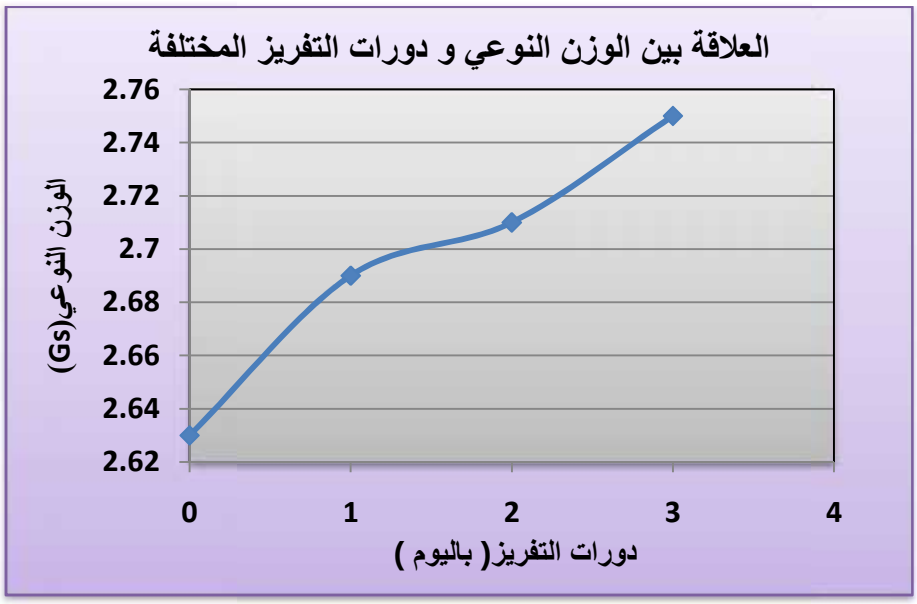
$$\mathrm{n} = \frac{0.839}{1.839} = 0.46$$

جدول (٤-١٦) : مقارنة بين متغيرات التربة للعينات المختلفة.

دورات التفريز	Gs	$\gamma_{dry}(gm/cm^3)$	$\gamma_{sat}(gm/cm^3)$	e	n
٠	٢.٦٣	١.٤٣	١.٨٠	٠.٨٣٩	٠.٤٦
١	٢.٦٩	١.٤٧	١.٩٠	٠.٨٢٩	٠.٤٥
٢	٢.٧١	١.٥	١.٨٨	٠.٨١	٠.٤٤
٣	٢.٧٥	١.٥٦	١.٩٧	٠.٧٦	٠.٤٣

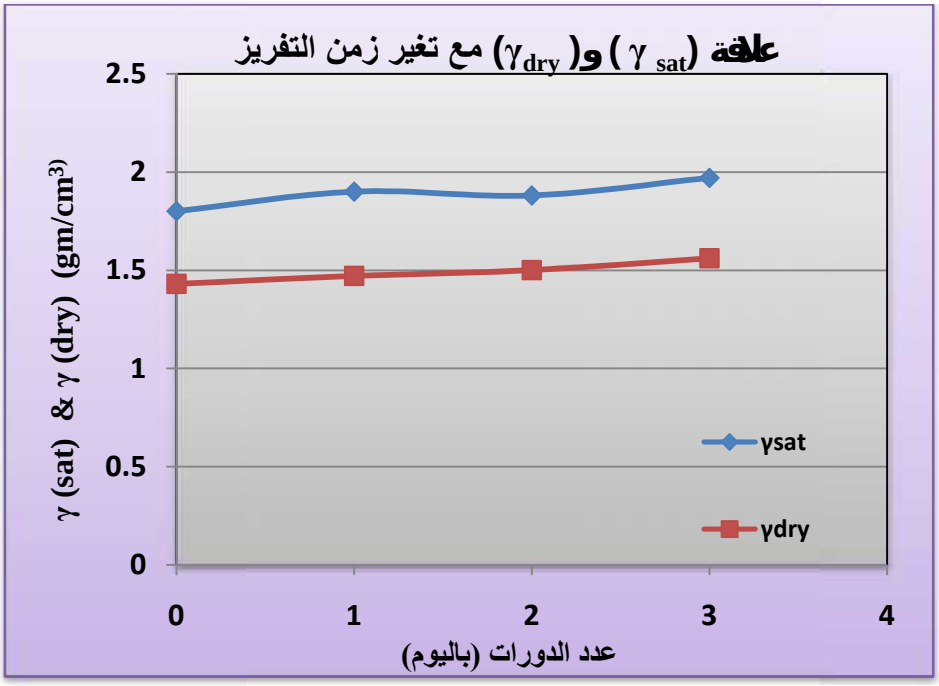
ويظهر من الجدول السابق نقصان كل من (n) & (e) وهذا يعود إلى زيادة المادة الناعمة وبالتالي تقل الفراغات ، إن المادة الناعمة تعمل على انسداد في بعض الفراغات وهذا يؤدي بالتالي إلى نقصان المسامية ونسبة الفراغات . كما يظهر الجدول زيادة (γ_{dry}) & (γ_{sat}) مع دورات التجمد والذوبان .

والشكل (٤-١٨) يبين تغير الوزن النوعي (Gs) مع تغير دورات التفريز، حيث يزداد الوزن النوعي مع زيادة التجمد والذوبان .



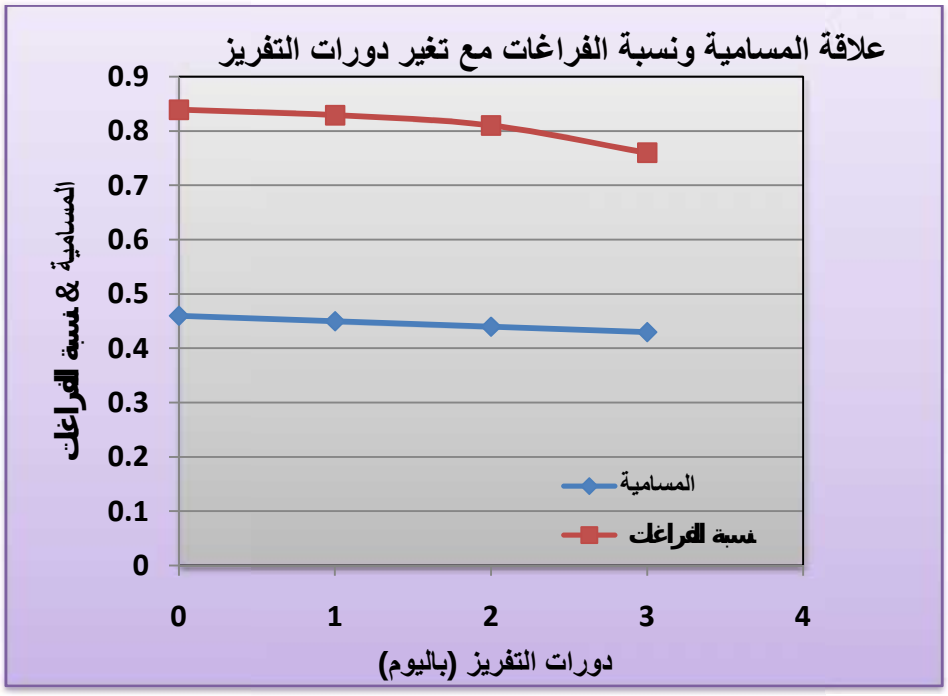
شكل (٤-18) : علاقة بين الوزن النوعي و دورات التفريز

والشكل رقم (٤-١٩) يبين العلاقة بين (γ_{dry}) & (γ_{sat}) لدورات مختلفة من التفريز حيث تزداد كل من الكثافة الجافة والرطبة مع زيادة التجمد والذوبان.



شكل (٤-19) : علاقة (γsat) &(γdry) مع تغير عدد دورات التفريز

والشكل رقم (٤-٢٠) يبين علاقة المسامية ونسبة الفراغات لدورات مختلفة من التفريز.



شكل (٤-20) : علاقة المسامية ونسبة الفراغات مع تغير دورات التفريز

الفصل الخامس

تحليل ومناقشة النتائج

في هذا البحث تم إجراء الاختبار الأساسي لفحص الخرسانة وهو اختبار مقاومة الخرسانة للضغط و الاختبارات الأساسية لفحص التربة وهي المحتوى المائي، حد السيولة، حد اللدونة، التدرج الحبيبي بالتنخيل، فحص القص المباشر، والنفاذية .

وقد كانت الآلية التي اتبعت في إجراء هذه الاختبارات، بأن يجري الاختبار على كل من الخرسانة (B200,B300) ، والتربة العادية بدون تفريز ، بعد ذلك تم إجراء التجارب على الخرسانة والتربة المفرزة ومقارنة نتائج الخرسانه والتربة غير المفرزة ، وفيما يلي بيان للنتائج التي تم التوصل إليها

5.1 النتائج المستخلصة من اختبار مقاومة الخرسانة للضغط:

أظهرت النتائج للخرسانة المتصلبة (B200 –B300) بعد أسبوع وبعد ثمانية وعشرون يوما من المعالجة ، أن هنالك اثر سلبي للتجمد والذوبان على الخرسانة المتصلبة ، كما أظهرت أن مقاومة الكسر للخرسانة تقل مع زيادة دورات التجمد والذوبان ، حيث كانت نسب النقصان في المقاومة كالتالي :

(B200) المعالج لمدة ٧ أيام والمفرز ل٥ دورات= % ١٥.٥

(B300) المعالج لمدة ٧ أيام والمفرز ل٥ دورات= % ١٤.٠

(B200) المعالج لمدة ٧ أيام والمفرز ل٧ دورات= % ١١.٠

(B300) المعالج لمدة ٧ أيام والمفرز ل٧ دورات= % 12.2

(B200) المعالج لمدة 28 أيام والمفرز ل٥ دورات= % 27.5

(B300) المعالج لمدة ٢٨ أيام والمفرز ل٥ دورات= %١٨

(B200) المعالج لمدة 28 أيام والمفرز ل7 دورات= %32.5

(B300) المعالج لمدة ٢٨ أيام والمفرز ل7 دورات= %٢٢

5.2 النتائج المستخلصة من اختبار الامتصاص على الخرسانة :

النتائج التي تم استخلاصها من اختبار الامتصاص للخرسانة المفرزة وغير المفرزة والمعالجة مدة ٧ أيام وللخرسانة المفرزة وغير المفرزة بعد ثمانية وعشرون يوما من المعالجة ، أن نسبة الامتصاص تزداد بزيادة دورات التجمد والذوبان ، لان المواد الناعمة تزيد بزيادة دورات التجمد والذوبان حيث أن المواد الناعمة لها قابلية أكثر من المواد الخشنة على امتصاص الماء ، وهذا يدل على تأثر الخرسانة بالتجمد والذوبان ومن المعروف أن استمرار امتصاص الخرسانة للماء يقلل من عمر الخرسانة لان وصول الرطوبة إلى جسم الخرسانة يضعفها ويدمرها .

5.3 النتائج المستخلصة من اختبار التحليل بالمناخل :

من خلال تجارب التحليل بالمناخل تم استخلاص النتائج التالية :

- زيادة نسبة المار من منخل (٢٠٠#) وهو منخل المواد الناعمة، وهذا يدل على تكسر حبيبات التربة وتفتتها .
- زيادة معامل الانتظام (Cu) .
- نقصان معامل الانحناء (Cc).
- نقصان الحجم الحبيبي المقابل ل ١٠% مار من الوزن الكلي للعينة .

5.4 النتائج المستخلصة من اختبار حد السيولة :

من خلال تجارب حد السيولة تم استخلاص النتيجة التالية :

õ يزداد حد السيولة بزيادة مدة التفريز وهذا يدل على زيادة قابلية التربة على امتصاص الماء ، للوصول إلى حد سيولة أعلى نتيجة ازدياد نسبة الحبيبات الناعمة في التربة .

٥.٥ النتائج المستخلصة من اختبار حد اللدونة :

من خلال تجارب حد اللدونة تم استخلاص النتيجة التالية :

õ يزداد حد اللدونة بزيادة مدة التفريز وهذا بسبب زيادة نسبة المواد الناعمة داخل عينة التربة .

5.6 النتائج المستخلصة من اختبار حد الانكماش :

من خلال تجارب حد الانكماش تم استخلاص النتيجة التالية :

- يزداد حد الانكماش بزيادة مدة التفريز لان نسبة المادة الناعمة تزداد وبالتالي تزداد نسبة امتصاص العينة للماء وبالتالي زيادة حد الانكماش .

5.7 النتائج المستخلصة من اختبار إجهاد القص :

- قيمة التماسك (C) زادت بعد ثلاث دورات من التفريز حوالي ضعف القيمة بدون تفريز
- قيمة زاوية الاحتكاك الداخلي (ϕ) قلت بعد ثلاث دورات من التفريز .
- عند حساب إجهاد القص لقيمة ثابتة من الإجهاد العمودي على التربة ، وجد أن مقاومة التربة بشكل عام تقل بزيادة عدد دورات التفريز .
- تنقص قيمة مقاومة القص بحوالي (٥٠%) بعد ثلاثة دورات من التجمد والذوبان .

5.8 النتائج المستخلصة من اختبار النفاذية :

بعد ثلاث دورات من التفريز وجد أن نفاذية التربة تقل من (٠.٠٠٤١-٠.٠٠٥) أي أنها تقل بنسبة (٢٢%) وهذه ايجابية ،في حين أن نقصان المقاومة وهي العامل الرئيسي يعتبر سلبي .

5.9 النتائج المستخلصة من اختبار الوزن النوعي :

- يزداد الوزن النوعي بزيادة دورات التجمد والذوبان .
- تزداد كثافة التربة الجافة وكثافة التربة الرطبة بزيادة دورات التجمد والذوبان .
- نقصان قيمة المسامية (n) ونسبة الفراغات (e) مع زيادة دورات التجمد والذوبان ، وهذا يدل على تأثر التربة بالتجمد والذوبان (زيادة المادة الناعمة التي عملت على انسداد في بعض الفراغات وبالتالي نقصان كل من المسامية ونسبة الفراغات) .

يجب الملاحظة أن بعض النتائج الخاصة بالتربة هي للتربة المدموكة ، في المختبر وليست للتربة الموقعية في الطرق أو تحت المنشات ، والتي قد تتأثر بشكل مختلف بسبب ظاهرة التجمد والذوبان عن العينات المخبرية .

الفصل السادس

التوصيات

١. إجراء دراسة تتعلق بكيفية التقليل من اثر ظاهرة التجمد والذوبان على كل من الخرسانة المتصلبة والتربة الطينية الرملية ، باستخدام تكنولوجيا خاصة أو إضافات معينة .

٢. في المناطق الباردة آو المناطق التي تتعرض للتقلبات الجوية الشديدة ، ينصح باخد الإجراءات اللازمة المتمثلة باجراء فحوصات مخبرية مختلفة على كل من الخرسانة المتصلبة والتربة المقترح إقامة منشأ عليها لتقليل اثر التجمد والذوبان عليها واخذ الاحتياطات اللازمة لتلافي التكاليف العالية في عملية الإنشاء وعدم اللجوء إلى عمليات صيانة متواصلة بعد إقامة المنشأ.

٣. في حالة إنشاء منشات سطحية مثل (الطرق ، والمطارات) يجب أولا القيام بدراسة نوعية التربة والطبقات المكونة لها وعمل الاختبارات اللازمة ، لمعرفة مدى قابلية تأثر التربة المستخدمة بالتجمد والذوبان

٤. في جميع الأحوال ينصح بوضع الأجزاء الخرسانية من المنشاة مثل الأساسات ، تحت خط تجمد التربة ، والذي تحدده معظم كودات الإنشاءات في البلدان المختلفة .

٥. عند استعمال التربة يجب الحرص على دمكها بشكل جيد ،لتقليل وجود فراغات بينية بين الحبيبات وتقليل فرصة تشكل جيوب مائية ، تتجمد في فترات الصقيع .

٦. يجب الحرص على استخدام حبيبات ركام قاسية ، سواء في الخرسانة أو في التربة ، لان ذلك يقلل من تأثرهما بدورات التجمد والذوبان .

قائمة المصادر و المراجع

1. N.M.AKhras ، detecting freezing and thawing damage in concrete using signal energy ، cement and concrete research ، (1998).
2. Peter. Viklander ، effect of freezing and thawing on strength of concrete ، Canadian geotechnical journal،1972 .
3. K.D.Eigenbrod ، effect of cyclic freezing and thawing on volume changes and permeabilities of soft fine grained soils Can.Geotech.J.33:529-537(1996)، printed in Canada .
4. Knutsson Leraleil ، effect of cyclic freezing and thawing on strength of soil ، (eg chamberlain and Gow) ، 1970.
5. Braja Das ،Soil mechanics laboratory manual ، printed in USA ، 1970 .

٦.الدكتور إبراهيم علي الدرويش ، " تكنولوجيا الخرسانة "، منشأة معارف إسكندرية ،ط (٤) ١٩٨٢م.

٧. الدكتور المهندس سامي احمد حجاوي ، فحوصات التربة للأغراض الإنشائية ،ط (١) ٢٠٠٣م .

٨. د. محمود إمام ، متانة الخرسانة ، الباب الحادي عشر ، جامعة عين شمس ، ط(٢) ١٩٩٦م.

الملحق

الملحق A

نتائج اختبار التحليل بالمناخل

جدول (A1) : نتائج التحليل بالمناخل للعينة التربة قبل التفريز.

Seive#	Seive Size (mm)	Weight retained on each sieve (gr)	% of Weight retained on each sieve (gr)	Cumulative percent retained	percent finer (%)
4	4.750	150.3	15.03	15.03	78.17
10	2.000	148	14.88	29.83	58.75
20	0.850	155.11	15.511	45.341	39.97
40	0.425	247.83	24.783	70.124	19.69
60	0.250	186.4	18.64	88.764	6.73
140	0.106	80.99	8.099	96.863	1.77
200	0.075	23	2.3	99.163	0.84
pan		7.36			

D10= 0.30mm
D30= 0.60mm
D60= 1.2mm
Cu= 4.0
Cc=1

جدول (A2) : نتائج التحليل بالمناخل للعينة التربة بعد التفريز لمدة يوم .

Seive#	Seive Size (mm)	Weight retained on each sieve (gr)	% of Weight retained on each sieve (gr)	Cumulative percent retained	percent finer %
4	4.750	218.27	21.827	21.827	78.97
10	2.000	194.28	19.4428	41.255	70.17
20	0.850	187.74	18.774	60.034	54.66
40	0.425	202.8	20.28	80.314	29.88
60	0.250	129.6	12.96	93.274	11.24
140	0.106	49.58	4.958	98.232	3.14
200	0.075	8.85	0.885	99.117	0.88
pan		7.86			

D10= 0.25mm
D30= 0.41mm
D60= 1.1mm
Cu= 4.4
Cc=0.61

جدول (A3) : نتائج التحليل بالمناخل للعينة التربة بعد التفريز لمدة أربعة أيام .

Seive#	Seive Size (mm)	Weight retained on each sieve (gr)	% of Weight retained on each sieve (gr)	Cumulative percent retained	percent finer %
4	4.750	169.11	16. 911	16.911	83.09
10	2.000	123.86	12.386	29.297	74.70
20	0.850	143.05	14.305	43.602	56.40
40	0.425	245.86	24.586	68.188	31.81
60	0.250	191.23	19.123	87.311	12.64
140	0.106	84.6	8.46	95.771	4.23
200	0.075	30.45	3.045	98.816	1.18
Pan		11.4			

D10= 0.21mm
D30= 0.35mm
D60= 0.98mm
Cu= 4.67
Cc=0.59

جدول (A4) : نتائج التحليل بالمناخل للعينة التربة بعد التفريز لمدة سبعة أيام

Use Seive#	Seive Size (mm)	Weight retained on each sieve (gr)	% of Weight retained on each sieve (gr)	Cumulative percent retained	percent finer
4	4.750	169.44	16.944	16.944	83.30
10	2.000	129.85	12.985	29.929	78.07
20	0.850	146.48	14.648	44.613	57.39
40	0.425	266.38	26.638	71.251	38.75
60	0.250	166.06	16.606	87.857	14.14
140	0.106	97.96	9.796	97.653	6.35
200	0.075	11.01	1.101	98.754	1.25
pan		10.25			

D10= 0.19 mm
D30= 0.31 mm
D60= 0.92 mm
Cu= 4.84
Cc=0.55

الملحق B

نتائج اختبار حد السيولة

جدول (B1) : نتائج حد السيولة للعينة قبل التفريز .

Can NO	Weight of can W1(gm)	Weight of can+wet soil W2(gm)	Weight of can+dry soil W3(gm)	Moisture content Wi%	NO. of bolws
A11	29.16	56.2	50.60	16.119	12
E11	31.7	57.3	52.10	25.49	38
E17	32.82	57.9	52.9	24.9	55

وحد السيولة يكون المحتوى الرطوبي المقابل ل 25 طرقة = 19.5

جدول (B٢) : نتائج حد السيولة للعينة بعد التفريز لمدة يوم واحد

Can NO	Weight of can W1(gm)	Weight of can+wet soil W2(gm)	Weight of can+dry soil W3(gm)	Moisture content Wi%	NO. of bolws
E11	31.7	57.70	55.80	١٨.٤	33
E17	32.82	60	59.30	24.1	20
A7	31.50	71.40	64.80	26.8	27

وحد السيولة يكون المحتوى الرطوبي المقابل ل 25 طرقة = 25.81

جدول (B3) : نتائج حد السيولة للعينة الجديدة بعد التفريز لمدة أربعة أيام .

Can NO	Weight of can W1(gm)	Weight of can+wet soil W2(gm)	Weight of can+dry soil W3(gm)	Moisture content Wi%	NO.of bolws
E11	31.7	55.80	50.90	25.52	33
E17	32.82	59.30	53.80	26.22	30
A11	29.16	47.40	43.70	25.95	25

وحد السيولة يكون المحتوى الرطوبي المقابل ل 25 طرقة = 25.95

جدول (B4) :نتائج حد السيولة للعينة بعد التفريز لمدة سبعة أيام

Can NO	Weight of can W1(gm)	Weight of can+wet soil W2(gm)	Weight of can+dry soil W3(gm)	Moisture content Wi%	NO. of bolws
E11	**31.7**	**59.37**	**53.60**	**26**	**50**
E17	**32.82**	**68.25**	**60.40**	**28**	**30**
A11	**29.16**	**60.40**	**53.30**	**29**	**10**

وحد السيولة يكون المحتوى الرطوبي المقابل ل 25 طرقة = 27

الملحق C

نتائج اختبار حد اللدونة

جدول (C1) : نتائج حد اللدونة للعينة قبل التفريز

Can No.	Weight of can W1(gm)	Weight of can+wet soil W2(gm)	Weight of can+dry soil W3(gm)	PL
E7	**31.40**	**49.70**	**47.20**	**15.823**

PL=15.823
PI=19.5 – 15.823 = 3.68

جدول (C2) : نتائج حد اللدونة للعينة بعد التفريز لمدة يوم واحد

Can No.	Weight of can W1(gm)	Weight of can+wet soil W2(gm)	Weight of can+dry soil W3(gm)	PL
A8	**20.1**	**33.7**	**31.6**	**18.26**

PL=18.26
PI=7.55

جدول (C3) : نتائج حد اللدونة للعينة بعد التفريز لمدة أربعة أيام

Can No.	Weight of can W1(gm)	Weight of can+wet soil W2(gm)	Weight of can+dry soil W3(gm)	PL
A8	**20.10**	**51.50**	**47.30**	**19.44**

PL=19.44
PI= 6.50

جدول (C4) : نتائج حد اللدونة للعينة بعد التفريز لمدة سبعة أيام

Can No.	Weight of can W1(gm)	Weight of can+wet soil W2(gm)	Weight of can+dry soil W3(gm)	PL
A8	**20.10**	**33.5**	**31.50**	**21.54**

pL =21.54
PI= 27 – 21.54 = 5.5

الملحق D

نتائج اختبار حد الانكماش

جدول (D1) : نتائج الانكماش للعينة قبل التفريز

No of dish	Weight of dish W1(gm)	W1 + wet soil W2(gm)	W1 + dry soil W3(gm)	Wi %
3	8.33	41.51	38.4	10.37

W4=253.60 gm

W5=227.02 gm

SL=3.87

جدول (D2): حد الانكماش للعينة بعد التفريز لمدة يوم واحد

No of dish	Weight of dish W1(gm)	W1 + wet soil W2(gm)	W1 + dry soil W3(gm)	Wi %
4	8.1	40.50	32.60	32.13

W4=253.90 gm

W5=182.40 gm

SL= 11.13 %

جدول (D3): حد الانكماش للعينة بعد التفريز لمدة أربعة أيام

No of dish	Weight of dish W1(gm)	W1 + wet soil W2(gm)	W1 + dry soil W3(gm)	Wi %
4	8.10	43.30	35.10	30.31

W4=256.20 gm

W5=189.90 gm

SL=12.31 %

جدول (D4): حد الانكماش للعينة بعد التفريز لمدة سبعة أيام

No of dish	Weight of dish W1(gm)	W1 + wet soil W2(gm)	W1 + dry soil W3(gm)	Wi %
4	**8.10**	**46.10**	**34.3**	**45**

W4=264.70 gm

W5=170.30 gm

SL= 18.14%