



جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة بابل
كلية العلوم
قسم علم الأرض التطبيقي

معالجة ظاهرة الانتفاخ لترب طينية انتفاخية مختارة في محافظة بابل

رسالة مقدمة

إلى مجلس كلية العلوم / جامعة بابل

وهي جزء من متطلبات نيل درجة الدبلوم العالي في العلوم/علم الأرض التطبيقي

من قبل

محمد سعيد اسماعيل فاضل

بكالوريوس علوم جيولوجيا/علم الأرض التطبيقي/ كلية العلوم/ جامعة بابل

(٢٠١٥)

بإشراف

أ.م. محسن عبيد خلف الخيكاني

إقرار المشرف

أقرّ أن إعداد هذه الرسالة الموسومة " معالجة ظاهرة الانتفاخ لترب طينية انتفاخية مختارة في محافظة بابل" جرى تحت إشرافي في قسم علم الأرض التطبيقي/ كلية العلوم / جامعة بابل، وهي جزء من متطلبات نيل درجة الدبلوم العالي في العلوم / علم الأرض التطبيقي ، تخصص (الجيولوجيا).

التوقيع :

الاسم : محسن عبيد خلف الخيكاني

المرتبة العلمية : أستاذ مساعد

العنوان : كلية العلوم / جامعة بابل

التاريخ: ٢٠٢١/٨/٢٦

توصية رئيس قسم علم الأرض

بناءً على التوصيات أعلاه المقدمة من المشرف أُحيلت هذه الرسالة للمناقشة .

التوقيع :

الاسم: الدكتور جعفر حسين علي الزبيدي

المرتبة العلمية: أستاذ

العنوان : قسم علم الأرض التطبيقي/ كلية العلوم / جامعة بابل

التاريخ : ٢٠٢١/٨/٢٦

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

"الَّذِي جَعَلَ لَكُمُ الْأَرْضَ فِرَاشًا وَالسَّمَاءَ بِنَاءً وَأَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجَ بِهِ
مِنَ الشَّجَرَاتِ رِزْقًا لَكُمْ فَلَا تَجْعَلُوا لِلَّهِ أَنْدَادًا وَأَنْتُمْ تَعْلَمُونَ"

صدق الله العلي العظيم سورة البقرة آية (٢٢)

الإهداء

إلى صاحب الفضل الأول والآخر... إلى هادي سواء السبيل... الله جل جلاله

إلى من تشقت يداه وغرس الغرس ورعاه ورحل ..أبي الصبور رحمه الله

إلى من كانت دعواتها سببا في نجاحي واستمرارى...أمى العزيزة

إلى رفيقة دري ..وحيبة عمري...وسندي الابدي...زوجتي الغالية

إلى طائر الجنة...والروح الخالدة ..فرحتي الأولى...ابني الحبيب.(عبد الله).رحمه الله

إلى فلذة كبدي .وثمره فؤادي .صديقة قلبي وحيبة روعي...ابنتي الغالية(تالين)

إلى سندي وعزوتي وافتخاري...اخوتي الأحبة ..واخواتي العزيزات

إلى من شجعني ونصحتني والد زوجتي...ممتاز شاكر

إلى امي الثانية والدة زوجتي ...وفاء صادق

إلى كل من كان سندنا وعونا ...إلى جميع معارفي الكرام

شكر وتقدير

أول مشكور هو الله عز وجل، ثم والداي على كل مجهوداتهم منذ ولادتي إلى هذه اللحظات، أنتم كل شيء أحبكم في الله أشد الحب.

يسرني أن أوجه شكري لكل من نصحتني أو أرشدني أو وجهني أو ساهم معي في إعداد هذا البحث بإيصالي للمراجع والمصادر المطلوبة في أي مرحلة من مراحلها، وأشكر على وجه الخصوص أستاذي الفاضل الدكتور (الاستاذ محسن عبيد خلف) على مساندي وإرشادي بالنصح والتصحيح وعلى اختيار العنوان والموضوع، كما أن شكري موجه لإدارة عمادة كلية العلوم بجامعة ولقسم علم الارض التطبيقي.

*الى الاخ والزميل (بلال محمد علي عيسى) لمساعدتي في النصح والتوجيه.

*الى زوجتي الغالية لمساعدتي في التنسيق.

*الى جميع الاخوة والاخوات في الدراسة لمساعدتهم في التوجيه والنصح.

الباحث

المستخلص

تضمن البحث إجراء دراسة لثلاث نماذج من التربة الطينية ، في محافظة بابل وهي تهدف إلى معالجة التربة الطينية التي تظهر فيها ظاهرة الانتفاخ بوجود الرطوبة . وبإحدى طرق المعالجة المعروفة ، وقد أقتصرت البحث على إضافة الرمل النهري للترب الثلاث .

وقد تضمن العمل الحقلية إجراء مشاهدة ميدانية ومن ثم تم اختيار ثلاث مواقع توزعت في مناطق القاسم والشوملي والطيعة ضمن محافظة بابل . وقد تم إجراء الحفر وأخذ نماذج وجلبها لأغراض الفحوصات المختبرية .

أما مرحلة العمل المختبري فقد تضمنت فحوصات الانتفاخ الحر للتربة الأصلية للتأكد من انتفاختها والتوزيع الحجمي الحبيبي وحدي السيولة واللدونة ومن ثم الحصول على مؤشر اللدونة وفعالية التربة . وقد تم إجراؤها على مرحلتين ، الأولى على التربة قبل الإضافة والثانية بعد إضافة نسبة ١٠ % من الرمل النهري إلى النموذج الأول و إضافة ٢٠ % من الرمل النهري للنموذج الثاني و ٣٠ % للنموذج الثالث للتربة الأصلية .

تبين من خلال النتائج المستحصلة من الفحوصات المختبرية بأن نسبة الانتفاخ الحر تراوحت بين (٢٥) الى (٢٦) . والنسبة المئوية للطين تراوحت بين (٥٠-٥٥%) والغرين بين (٣٧-٣٨%) ، والرمل بين (٨-١٢) للتربة الاصلية وما بعد الإضافة تراوحت نسب الطين بين (٣٩-٤٧%) ، والنسبة المئوية للغرين بين (٢٥-٤١%) ، والرمل (٢٠-٣٢%) . وبذلك بلغت اللدونة القيم بين (٢٣-٢٧%) ، للتربة الأصلية وما بعد الإضافة تراوحت اللدونة بين (٢٠-٢٥%) . أما فعالية التربة فقد تراوحت بين (٠,٤٦-٠,٤٩) للتربة الأصلية وللتربة بعد الإضافة بين (٠,٤٦-٠,٤٧) .

ومن خلال هذه النتائج تبين أن نسبة الرمل المضافة للنماذج المدروسة قد أدت إلى التقليل من اللدونة وبالتالي تقليل الانتفاخ الحر أكثر فأكثر وصولاً إلى النموذج الثالث حيث يمكن تحقيق المعالجة لهذه الظاهرة .

قائمة المحتويات

| الصفحة | الموضوع | التسلسل |
|--------|------------------------------------|---------|
| ١ | الفصل الاول المقدمة | |
| ١ | تمهيد | ١-١ |
| ١ | الهدف من البحث | ٢-١ |
| ١ | أهمية البحث | ٣-١ |
| ٢ | الدراسات السابقة | ٤-١ |
| ٣ | منطقة الدراسة | ٥-١ |
| ٤ | جيولوجية منطقة الدراسة | ٦-١ |
| ٥ | ترسبات الانسياب السطحي | ١-٦-١ |
| ٥ | ترسبات السهل الفيضي | ٢-٦-١ |
| ٥ | الترسبات المائلة للمنخفضات | ٣-٦-١ |
| ٥ | الترسبات الريحية | ٤-٦-١ |
| ٦ | ترسبات السبخة | ٥-٦-١ |
| ٦ | الترسبات الجبسية | ٦-٦-١ |
| ٦ | طباقية منطقة الدراسة | ٧-١ |
| ٧ | جيومورفولوجية منطقة الدراسة | ٨-١ |
| ٧ | مناخ منطقة الدراسة | ٩-١ |
| الصفحة | الموضوع | التسلسل |
| ٩ | الفصل الثاني : الإطار النظري | |
| ٩ | مقدمة | ١-٢ |
| ١٠ | خصائص طبيعة المادة الطينية | ٢-٢ |
| ١٠ | تكون الأطيان والرواسب الطينية | ٣-٢ |
| ١١ | تصنيف المعادن الطينية | ٤-٢ |
| ١٢ | المونتموريلونيات | ١-٤-٢ |
| ١٣ | الانتفاخ في أطيان المونتموريلونيات | ٢-٤-٢ |
| ١٤ | الكاؤولينايت | ٣-٤-٢ |
| ١٤ | الإلايت | ٤-٤-٢ |

| | | |
|---------------|---|----------------|
| ١٥ | الكلورايت | ٥-٤-٢ |
| ١٦ | أساليب تصنيف الترب المنتقخة | ٥-٢ |
| ١٦ | الاسلوب غير المباشر | ١-٥-٢ |
| ١٨ | الاسلوب المباشر | ٢-٥-٢ |
| ١٨ | فحص ضغط الانتفاخ | ١-٢-٥-٢ |
| ١٨ | فحص الانتفاخ الحر البسيط | ٢-٢-٥-٢ |
| الصفحة | الموضوع | التسلسل |
| ٢٠ | الفصل الثالث : النتائج والمناقشة | |
| ٢٠ | العمل الحقل | ١-٣ |
| ٢٠ | الجولات الاستطلاعية | ١-١-٣ |
| ٢٠ | أعمال الحفر والنمذجة | ٢-١-٣ |
| ٢٠ | الوصف الحقل للنماذج | ٣-١-٣ |
| ٢١ | منسوب الماء الجوفي | ٤-١-٣ |
| ٢١ | العمل المختبري | ٢-٣ |
| ٢١ | الفحوصات الفيزيائية | ١-٢-٣ |
| ٢١ | فحص المحتوى الرطوبي | ١-١-٢-٣ |
| ٢٢ | فحص التحليل الحجمي الحبيبي | ٢-١-٢-٣ |
| ٢٤ | فحص حدود أتربيرغ | ٣-١-٢-٣ |
| ٢٨ | فعالية التربة | ٤-١-٢-٣ |
| ٣٠ | فحص الانتفاخ الحر البسيط | ٥-١-٢-٣ |
| ٣٢ | الفصل الرابع : الاستنتاجات والتوصيات | |
| ٣٢ | الاستنتاجات | ١-٤ |
| ٣٢ | التوصيات | ٢-٤ |
| ٧٠ | المصادر | |

قائمة الأشكال

| الصفحة | الموضوع | التسلسل |
|--------|---|---------|
| ٣ | الخارطة الإدارية لمحافظة بابل موضح عليها منطقة الدراسة ومواقع الحفر المدروسة | ١-١ |
| ٤ | الخارطة الجيولوجية لمحافظة بابل مبين عليها مواقع حفر الدراسة | ٢-١ |
| ٧ | الخارطة الطبوغرافية لمنطقة الدراسة مبين عليها مواقع حفر الدراسة | ٣-١ |
| ١١ | البناء الذري الداخلي للمعادن الطينية . | ١-٢ |
| ١٢ | التركيب الرمزي لمعدن المونتموريلونايت | ٢-٢ |
| ١٣ | التغيرات الحجمية لأطيان المونتمورلونايت والكاؤولينايت خلال عملية امتصاص الماء | ٣-٢ |
| ١٤ | التركيب الرمزي لمعدن الكاؤولينايت | ٤-٢ |
| ١٤ | التركيب الرمزي لمعدن الإلايت | ٥-٢ |
| ١٥ | التركيب الرمزي لمعدن الكلورايت | ٦-٢ |
| ١٥ | فحص الانتفاخ الحر البسيط للتربة | ٧-٢ |
| ٢٢ | التحليل الجاف باستعمال المناخل والتحليل الرطب باستعمال الهيدروميتر . | ١-٣ |
| ٢٣ | منحنيات التوزيع الحجمي الحبيبي للنماذج المدروسة قبل الإضافة | ٢-٣ |
| ٢٣ | منحنيات التوزيع الحجمي الحبيبي للنماذج المدروسة بعد الإضافة | ٣-٣ |
| ٢٥ | مخطط اللدونة | ٤-٣ |
| ٢٦ | مخطط اللدونة موضح عليه النماذج المدروسة قبل الإضافة | ٥-٣ |
| ٢٦ | مخطط اللدونة موضح عليه النماذج المدروسة بعد الإضافة | ٦-٣ |
| ٢٩ | مخطط فعالية التربة حسب سكمبتون موضح عليه نماذج التربة المدروسة قبل الإضافة | ٧-٣ |
| ٢٩ | مخطط فعالية التربة حسب سكمبتون موضح عليه نماذج التربة المدروسة بعد الإضافة | ٨-٣ |
| ٣١ | مخطط فحص اختبار الانتفاخ الحر البسيط للنماذج المدروسة | ٩-٣ |

قائمة الجداول

| الصفحة | الموضوع | التسلسل |
|--------|--|---------|
| ٣ | مواقع وإحداثيات المحطات التي جرت عليها الدراسة | ١-١ |
| ١٧ | اعتماد دليل اللدونة (PI) في تصنيف التربة المتماسكة | ١-٢ |
| ١٩ | درجات الانتفاخ الحر للترب الطينية | ٢-٢ |
| ٢١ | مستويات الماء الجوفي لمحطات منطقة الدراسة | ١-٣ |
| ٢٢ | نتائج المحتوى الرطوبي لنماذج منطقة الدراسة | ٢-٣ |
| ٢٣ | نتائج فحص التدرج الحجمي الحبيبي للنماذج المدروسة قبل وبعد الإضافة | ٣-٣ |
| ٢٧ | نتائج فحص اختبار حدود اتريبرغ للنماذج المدروسة قبل وبعد الإضافة | ٤-٣ |
| ٢٨ | تصنيف فعالية الترب الطينية حسب | ٥-٣ |
| ٢٨ | تصنيف فعالية الترب الطينية للنماذج المدروسة قبل وبعد الإضافة | ٦-٣ |
| ٣٠ | يمثل نتائج فحص اختبار الانتفاخ الحر البسيط للنماذج المدروسة | ٧-٣ |
| ٣١ | يمثل نتائج فحص اختبار الانتفاخ الحر باستخدام المعادلة للنماذج المدروسة | ٨-٣ |

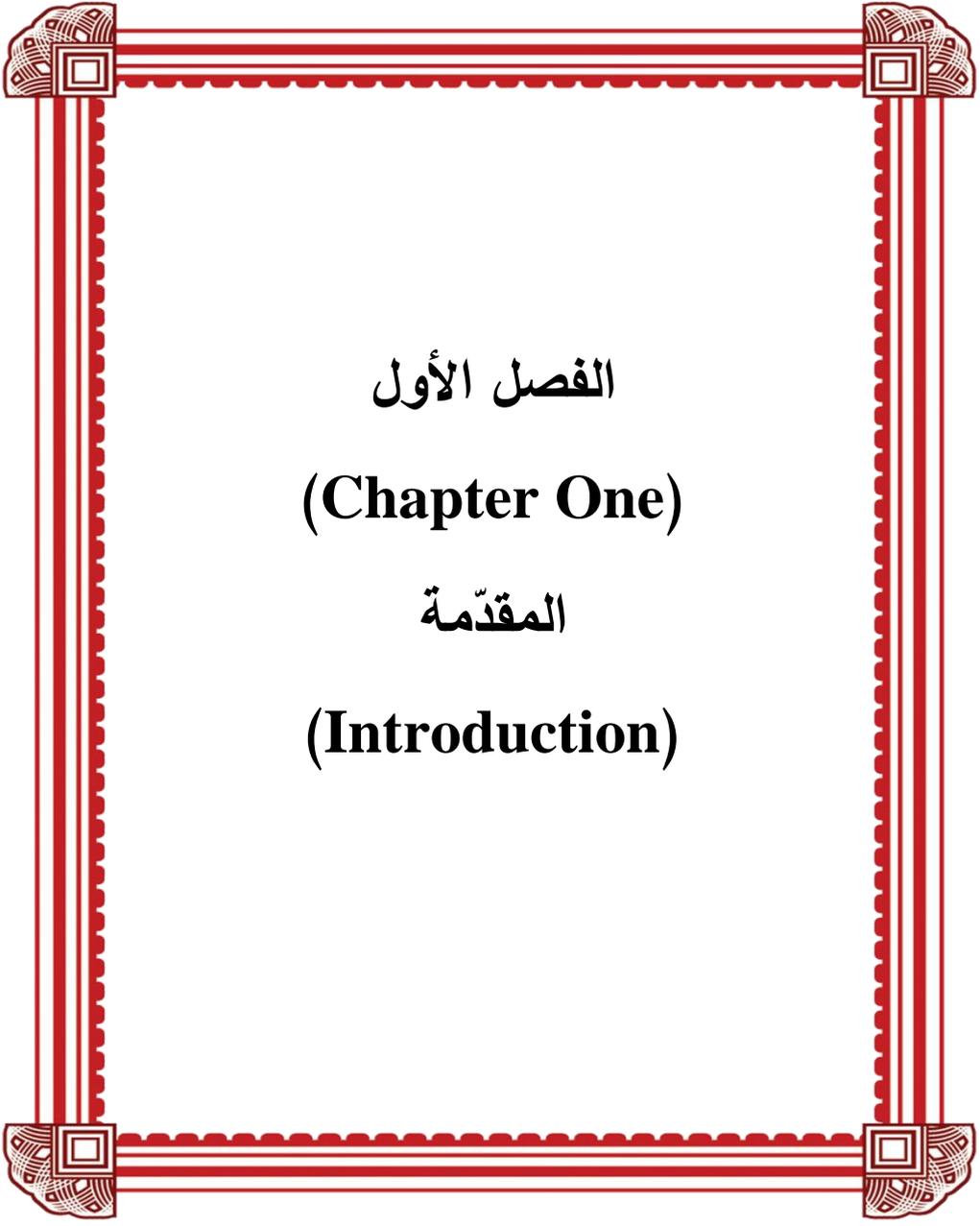
قائمة اللوحات

| الصفحة | الموضوع | التسلسل |
|--------|--|---------|
| ٢٥ | تجربة حدود أتريبرغ وجهاز كاساغراندي في مختبرالتربة لقسم علم الأرض التطبيقي / جامعة بابل. | ١-٣ |

قائمة الرموز

| الرمز | المعنى | التسلسل |
|-------|-------------------------------------|---------|
| St1 | النموذج الأول : ناحية الشوملي | ١ |
| St2 | النموذج الثاني : ناحية القاسم | ٢ |
| St3 | النموذج الثالث : ناحية الطليعة | ٣ |
| P.L. | حد اللدونة | ٤ |
| L.L. | حد السيولة | ٥ |
| P.I | مؤشر اللدونة | ٦ |
| GPS | جهاز لأخذ إحداثيات المحطات المدروسة | ٧ |
| W/C | المحتوى الرطوبي | ٨ |
| ASTM | الجمعية الأمريكية للفحص والمواد | ٩ |

| | | |
|----|------------------------------|-------|
| ١٠ | نظام التصنيف الموحد للترب | USCS |
| ١١ | أطيان واطئة اللدونة | CL |
| ١٢ | أطيان عالية اللدونة | CH |
| ١٣ | الانتفاخ الحر للتربة الطينية | S |
| ١٤ | ثوابت | K,B,A |
| ١٥ | أساس اللوغارتم الطبيعي | e |



الفصل الأول
(Chapter One)
المقدّمة
(Introduction)

الفصل الأول

(Chapter One)

المقدمة

(Introduction)

١-١ تمهيد (Preface)

تعاني الترب الطينية من مشكلة ظاهرة الانتفاخ والتي تحصل للترب التي يطغى على تركيبها المعدني معدن المونتموريلونايت. باختصار إن هذه الترب تتمدد عندما تكون رطبة ، أي ان لها القابلية على امتصاص الماء وبالتالي و بالتالي يحدث تغيرات كبيرة في الحجم نتيجة لهذا الامتصاص وهذا ما يسمى بالانتفاخ الحر . وهي تولد ضغط يسمى ضغط الانتفاخ يكون معاكساً للضغط المتولد من الأحمال المقامة على مثل هكذا ترب ، فمثل هذه الترب تشكل خطراً كبيراً على المهندسين الانشائيين في جميع أنحاء العالم وتهدد أساسات البنى والمشاريع الكبيرة حيث تكون تكلفة تخفيف ضررها بمبالغ ضخمة فهي مشكلة في غاية الأهمية لدراستها .

٢-١ الهدف من البحث (The Aim of The Research)

استخدام أحد المعالجات لتحسين ترب طينية معينة بعد تحديد الانتفاخ الحر لها.

٣-١ أهمية البحث (Importance of Research)

تعتبر ظاهرة الانتفاخ من المشاكل الكبيرة التي تحصل في الترب الطينية والتي تظهر آثارها على المنشآت الهندسية التي تقام عليها مستقبلاً . لذلك توجب دراسة هذه الظاهرة إن وجدت ومعالجة هذه الترب قبل الشروع في الانشاء. وهذا يعني انها من الدراسات التطبيقية المهمة في مجال الجيولوجيا الهندسية .

١-٤ الدراسات السابقة (Previous Studies)

- دراسة سبيغ (١٩٨٧)

تم في هذه الدراسة توزيع الترب المنتفخة وبيان درجة انتفاخها لثمان محافظات في وسط العراق، وتم الاعتماد على المعلومات المتوفرة لتقارير تحريات التربة التي قام بها المركز القومي للمختبرات الانشائية، فضلا عن ما قام به الباحث من فحوصات للانتفاخ الحر وضغط الانتفاخ بأساليب مختلفة وعلى نماذج مخلخلة وغير مخلخلة. (سبيغ، ١٩٨٧).

- دراسة وتوت (٢٠٠١)

تم الاعتماد على تحريات المركز القومي للمختبرات الانشائية وشملت كل المحافظات العراقية. وقد بينت نتائج الدراسة وجود اختلاف واسع للضغط الانتفاخي من خلال عدة مواقع. فكان اقصاه في محافظة التأميم (٦٠٠ كيلو نيوتن/م) وادناه في محافظة بغداد وديالى (٢٧ كيلو نيوتن/م). أما درجة التمدد فقد تراوحت بين الواطئ إلى العالي جداً. وقد نوقشت طرائق عدة لمعالجة الأضرار التي تسببها الترب المنتفخة، (Witwit, 2001).

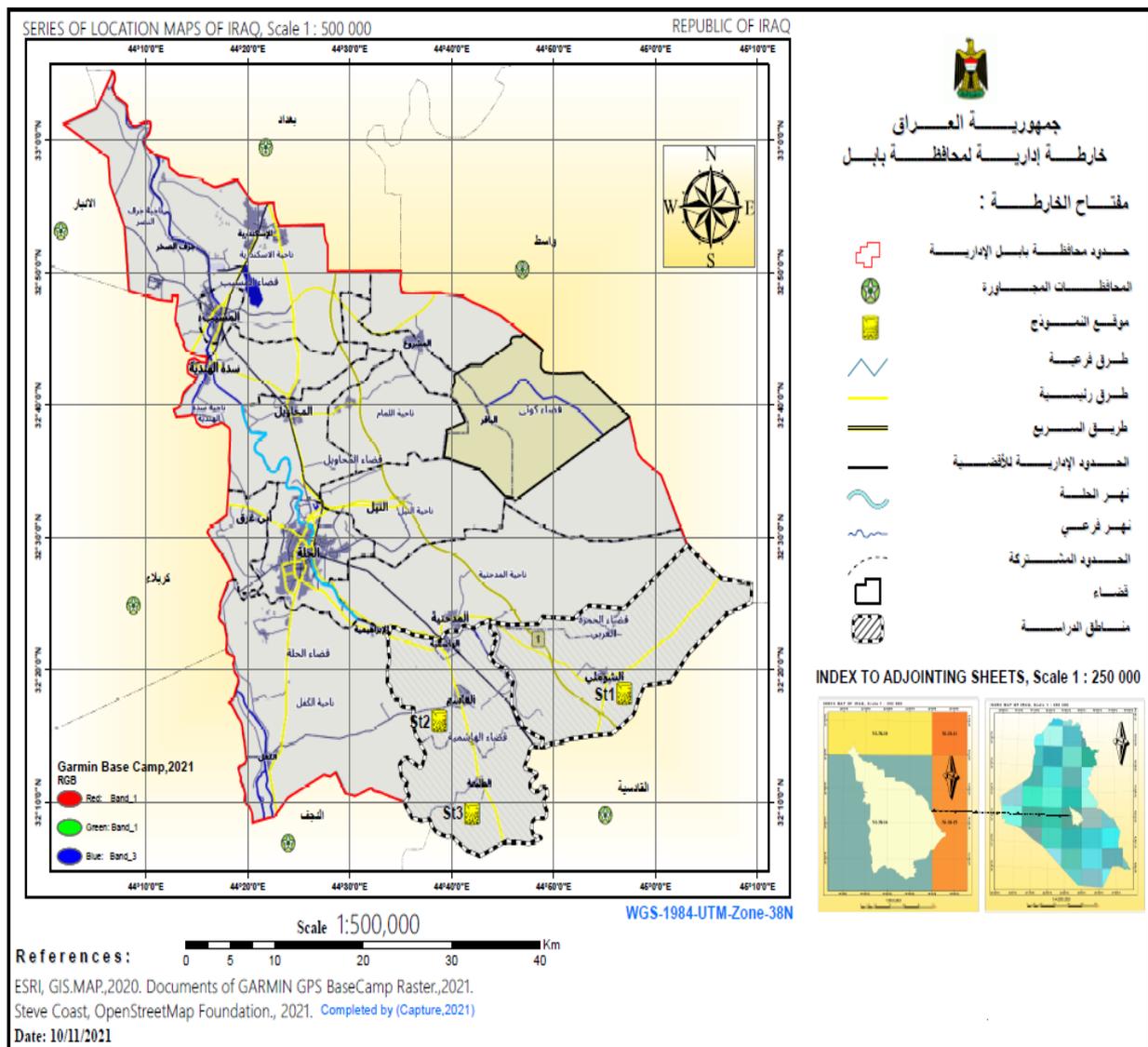
- دراسة خلف (٢٠٠٦)

تم دراسة وتقويم ظاهرة الانتفاخ للترب الطينية في مدينة الحلة حيث تم تقويم الانتفاخ لهذه الترب بالاعتماد على استنتاج معادلة رياضية خاصة وعلى نتائج الخواص الفيزيائية من خلال ربط فعالية التربة بكمية الطين وظهر أن التربة ذات درجة انتفاخ (واطئة - عالية) كما وتم الاعتماد على فحص اختبار الانتفاخ الحر البسيط بوصفه طريقة عملية في التقويم .

١-٥ منطقة الدراسة (Study Area)

تقع منطقة الدراسة وسط العراق ضمن منطقة السهل الرسوبي وتتمثل بمحافظة بابل حيث تتحصر بين دائرتي عرض (32°10'0" و 33°0'0") وتشريق ، وخطي طول (44°15'0" و 45°0'0") تشمل ، وتقع في نطاق (UTM Zone 38N) وإحداثيات جميع حفر الدراسة مدرجة في الجدول (١-١).

يخترق منطقة الدراسة نهر الفرات الذي يتفرع إلى شط الحلة ويمتد من نقطة تفرعه من نهر الفرات باتجاه جنوبي شرقي بشكل يتماشى مع الانحدار العام للسطح في محافظة بابل ، كما ويظهر على الخارطة بعض المسطحات المائية مثل هور أبو نجم ، الشكل (١-١).



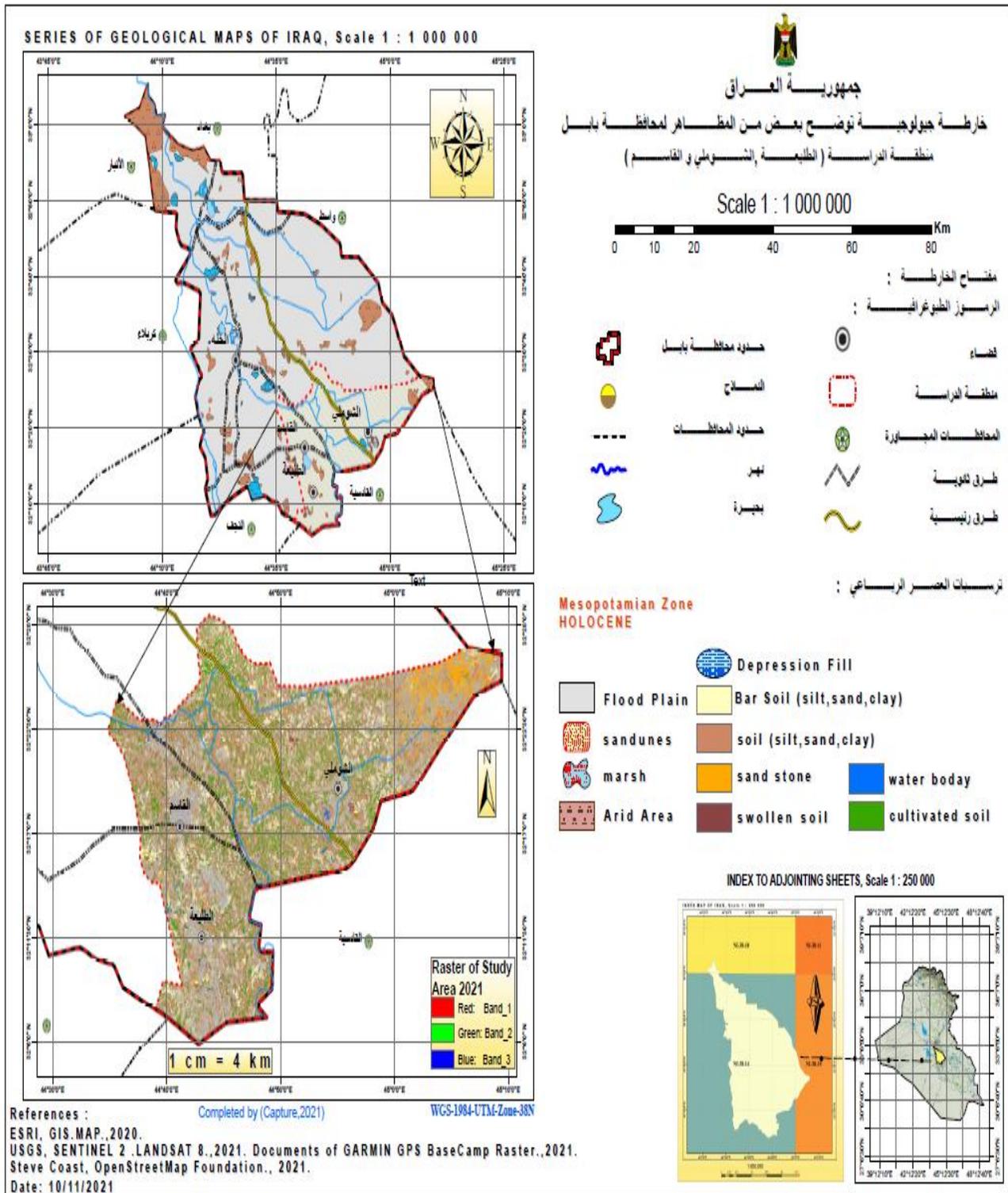
الشكل (١-١) الخارطة الإدارية لمحافظة بابل موضح عليها منطقة الدراسة ومواقع الحفر المدروسة، (Capture,2021).

جدول (١-١) مواقع وإحداثيات المحطات التي جرت عليها الدراسة.

| الإحداثيات | | الموقع | الرمز | |
|--------------|--------------|---------------|-----------|-----|
| خط طول | دائرة عرض | | | |
| 32°18'3.60" | 44°56'38.40" | ناحية الشمولى | Station 1 | St1 |
| 32°15'50.40" | 44°38'2.40" | ناحية القاسم | Station 2 | St2 |
| 32° 9'3.60" | 44°42'0.00" | ناحية الطليعة | Station 3 | St3 |
| | | | | |

٦-١ جيولوجية منطقة الدراسة (Geology of The Study Area)

تعود الترسبات التي تغطي منطقة الدراسة إلى العصر الرباعي (Quaternary) والتي تكونت بفعل الأنهار، حيث تقيم منطقة الدراسة ضمن السهل الرسوبي الذي يمتاز بتعرضه إلى تتابعات دورية من الترسيب والتجوية نتيجة للتغيرات المناخية خلال فترة البلايستوسين، (Buday, 1980). تتميز المنطقة بشكل عام بوصفها أرضاً منبسطةً توجد فيها بعض العوارض الطبيعية ذات الارتفاعات القليلة، ومغطاة بالترسبات النهرية الحديثة التكوين. ومن وجهة نظر الجغرافية القديمة يظهر لنا إنّ هذه المنطقة كانت تشكل ضفاف الأنهار في الوقت الذي كانت عملية التكوين والترسيب مستمرة في المنطقة المحصورة بين دجلة والفرات (المسماة بالجزيرة)، (Jassim and Goff, 2006)، شكل (٢-١).



الشكل (٢-١) الخارطة الجيولوجية لمحافظة بابل مبين عليها مواقع الحفر الدراسة (Sissakian, 2012).

حيث تتكون الرواسب التابعة للعصر الرباعي من العديد من الوحدات الجيولوجية ذات الأصول

المختلفة ، على النحو التالي:

١-٦-١ ترسبات الانسياب السطحي (Sheet Run-off Deposits)

تتكون هذه الترسبات من طين غريني، ذي لون بني محمر مع وجود دقائق من الرمل والغرين فيها.

وهي مشابهة لترسبات السهل الفيضي المجاورة لها وفي الغالب تكون متداخلة معها في المنطقة، الشكل (١-١)

(٢) ، إلا أنّ هذه الترسبات يمكن تمييزها من ترسبات السهل الفيضي بواسطة لونها البني المحمر مع وجود

نسبة عالية من الاملاح الذائبة فيها ،(Jassim and Karim, 1984).

٢-٦-١ ترسبات السهل الفيضي (Flood Plain Deposits)

تمثل ترسبات السهل الفيضي غالبية ترسبات الهولوسين العائدة لحوض السهل الرسوبي وتغطي أكثر

ترسبات منطقة الدراسة. تكونت هذه الترسبات بصورة رئيسة بفعل ثلاثة أنهار وهي: الفرات ، ودجلة، وديالى

وجزئياً من قبل نهر العظيم. تتكون ترسبات السهل الفيضي من: الطين الغريني، والغرين الطيني مع وجود

عدسات وطبقات رقيقة من الرمل والذي يبين تأثير القنوات الصغيرة ،، شكل (١-٢) ، تتعاقب هذه السحنات

النهرية وتحل بعضها محل بعض في الاتجاهين الجانبي والعمودي مما يشكل تتابعا معقدا ومتداخلا من الرمال

والغرين والاطيان (Deikran and Yacoub,1993).

٣-٦-١ الترسبات المائلة للمنخفضات (Depression Fill Deposits)

تتكون من أحواض فيضية أو منخفضات صغيرة على شكل بحيرات ملحية صغيرة والتي تملأ بالمياه

بشكل موسمي. تغطي عادة بترسبات الطين الغريني والغرين الطيني والرمل وتتميز بلونها الرصاصي مع

وجود مواد عضوية مثل بقايا الاصداف مع بقايا من النباتات المتفسخة. ونتيجة للتربيط المستمر يؤدي إلى

تكوين تشققات طينية (Cracks) في هذه المنخفضات،(Buday,1980) شكل (١-٢).

٤-٦-١ الترسبات الريحية (Aeolion Deposits)

تتألف الترسبات الريحية من رمال ناعمة إلى متوسطة الحجم مع قليل من الغرين والطين، ويتألف الرمل

بشكل عام من: الكوارتز، وحجر الصوان، والكربونات مع قليل من المعادن الثقيلة،(Al-Jeafir,2020) ومن

التراكيب الترسبية الشائعة الموجودة في مثل هذه الترسبات كالصفائحية، والتطبيق المتداخل. إنّ المصدر

الرئيس لهذه الترسبات هي ترسبات البليوسين المتكشفة على الجناح الجنوبي الغربي لطية حمريين وللترسبات

الحديثة في المنطقة. (Sissakian,2012) ،شكل (١-٢).

إما بالنسبة لترسبات منطقة الدراسة التي تقع ضمن السهل الرسوبي (Mesopotamian Plain) وهي ترسبات نهريّة حديثة التكوين تعود إلى العصر الرباعي. تتمثل الترسبات ب:-

١- ترسبات طينية، ذات لون قهوائي داكن، صلبة ومتماسكة.

٢- ترسبات طينية غرينية أحياناً غرينية، بنية اللون وهشة.

٣- ترسبات رملية وأحياناً رملية غرينية، رمادية اللون إلى لون داكن.

تشكل هذه الترسبات عدسات ذات امتداد وسمك متباين من جزء إلى آخر، كما إنّ هذه العدسات متداخلة فيما بينها، وهذا التداخل إما أن يكون بصورة تدريجية أو مباشرة ومثال ذلك إنّ عدسة من الطين تتحول إلى رمل بالتدرج بعد أن تتحول إلى رمل طيني وبالعكس، (Jassim and Goff, 2006).

١-٦-٥ ترسبات السبخة (Island Sabkha Deposits)

تتكون هذه الرواسب من رواسب دقيقة (طينية، غرينية ورملية) مغطاة بقشرة مالحة رفيعة بطول ٢,٥ سم (سبخة) ونباتات متناثرة. ويكون مصدرها من عدة أودية. تتأثر هذه المنخفضات بالتبخير والمياه المالحة، (Aqrawi, 1993).

١-٦-٦ الترّسبات الجبسية (Gypcrete Deposits)

تتواجد قشرة الجبس في منطقة الدراسة على هيئة جبس ثانوي متناثر ومختلط بالرمل والغرين، وعندما يوجد الجبس في التربة تسمى هذه التربة بالترّب الجبسية. ويؤثر الجبس المتواجد في التربة على البناء والمشاريع الهندسية والزراعة كذلك. ويؤدي التبخر المتزايد للمياه الجوفية المالحة والغنية بالكبريتات إلى تكوين قشرة ثانوية غنية بالجبس، وتظهر أيضاً في منطقة الدراسة رواسب المستنقعات الجافة (Dry Marsh Deposits) وتتكون من الطين مع قشرة من الجبس الثانوي، (Al-Dabbas et al., 2010)، الشكل (١-٢).

١-٧ طباقية منطقة الدراسة (Stratigraphy of the study area)

يجري نهر الفرات عبر عدد من التكوينات الجيولوجية ذات الأصل الرسوبي من دخوله الأراضي العراقية حتى التقائه بنهر دجلة في القرنة، وكما مبين من الخارطة الجيولوجية لمنطقة الدراسة حيث تظهر مجموعة من التكوينات الجيولوجية وهي مرتبة من الأقدم إلى الأحدث كالتالي :

أ- تكوين الدمام (Dammam Fn.)

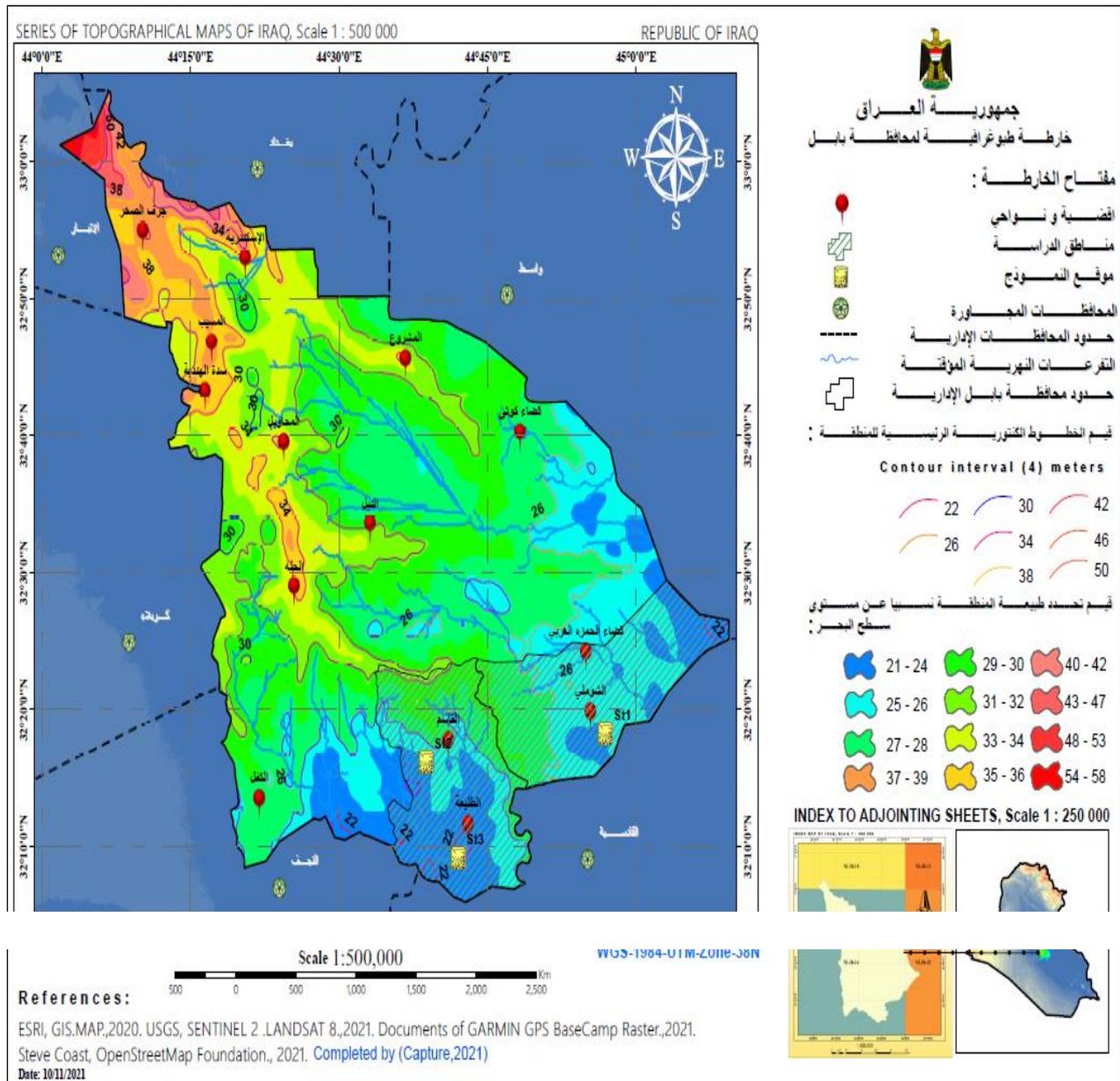
ب- تكوين الفرات (Euphrates Fn.)

ت- تكوين إنجانة (Injana Fn.)

ث- تكوين الزهرة (Zahra Fn.)

٨-١ جيومورفولوجية منطقة الدراسة (Geomorphology of the study area)

تعد منطقة الدراسة منخفضة نسبة لباقي التقسيمات الفيزيوجرافية للعراق ويكون معدل ارتفاعها من ٢١ إلى ٥٨ متراً فوق مستوى سطح البحر وتتحدر بشكل رئيس إلى الجنوب وهي ذات امتداد واسع من الوحدات الجيومورفولوجية، (USGS,2021)، الشكل (٣-١).

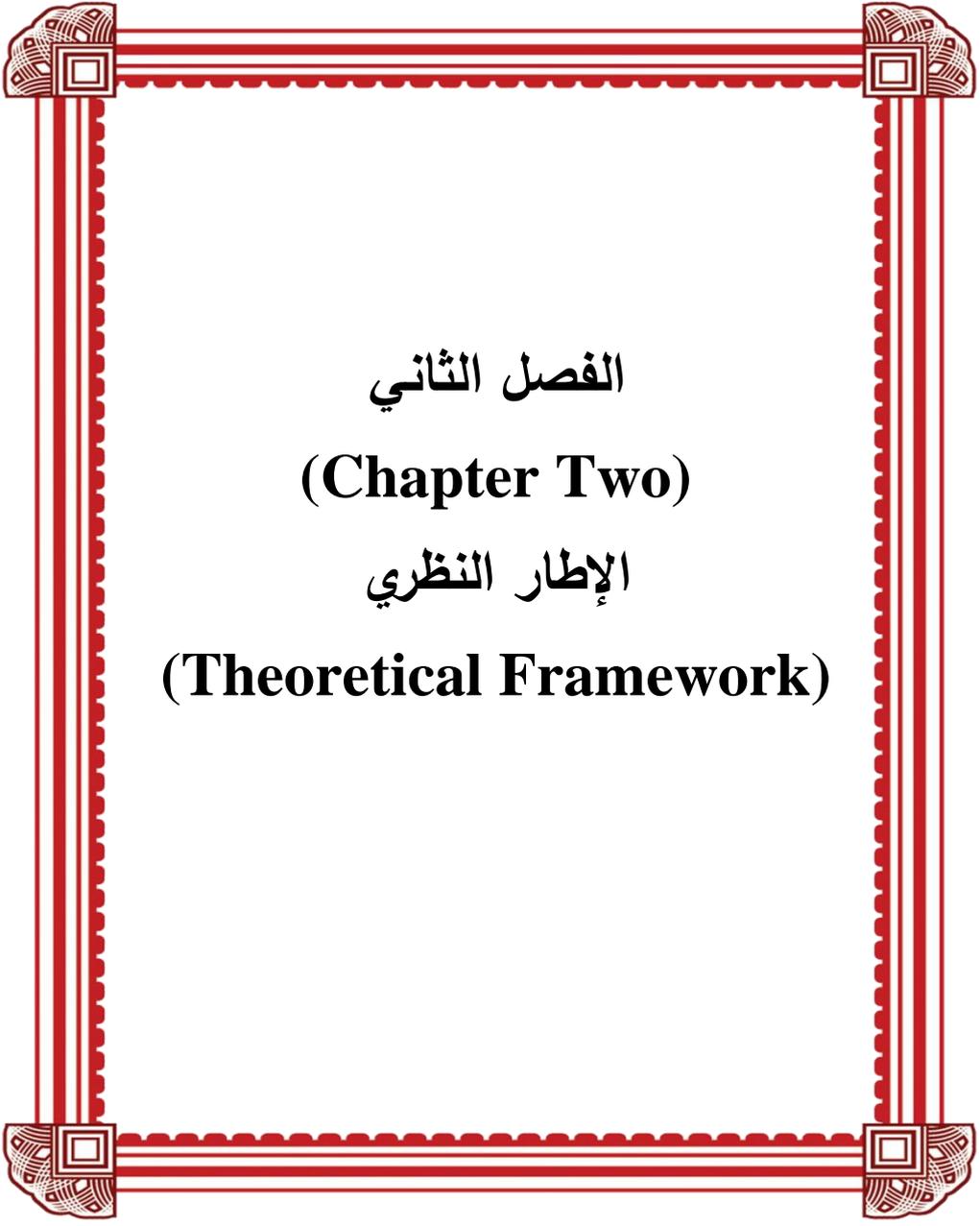


الشكل (٣-١) الخارطة الطبوغرافية لمنطقة الدراسة مبين عليها مواقع حفر الدراسة، صممت من قبل (Capture,2021).

٩-١ مناخ منطقة الدراسة (Climate of the study area)

يوصف مناخ منطقة الدراسة عموماً بالحر الجاف صيفاً البارد ممطر شتاءً مع الكثير من التقلبات في درجات الحرارة من النهار إلى الليل ومحدودية الأمطار ودرجات هطولها متفاوتة أكثر من (١٠٠٠ مم) في الشمال إلى أقل من (١٠٠ مم) في الجنوب (Al-Khafaji,2009)؛ (Al-Dabbas et al,2012).

يتحكم المناخ في تشتت وتوزيع الغطاء النباتي ووفرة الموارد المائية بما في ذلك الخصائص الفيزيائية والكيميائية ، كذلك له تأثير في تكوين التربة والرسوبيات ، ونقل هذه الرسوبيات نتيجة لعمليات التعرية. يعد عامل الحرارة والتساقط المطري الأكثر تأثيراً على مناخ منطقة الدراسة حيث درجة الحرارة الجافة والمرتفعة نسبياً في فصل الصيف ، ويكون المناخ معتدل رطب مع أمطار تقتصر على فصل الشتاء مع درجات الحرارة المنخفضة نسبياً .



الفصل الثاني
(Chapter Two)
الإطار النظري
(Theoretical Framework)

الفصل الثاني

Chapter Two

الإطار النظري

Theoretical Framework

٢-١ مقدمة

تعد التربة (Soil) من أكثر مكونات الظواهر الطبيعية المؤثرة في حياتنا، فهي من أقدم مواد التشييد التي عرفها الإنسان، فقد شيّد عليها وشيّد بها وشيّد فيها. فكان التشييد عليها كما هو الحال في أساسات المنشآت، وشيّد بها كما هو الحال في السدود الترابية، وشيّد فيها مثل الأنفاق والمناجم (Nelson et al., 2014).

والتربة هي المادة التي استطاعت أن تجمع علوم الهندسة والبيئة والجيولوجيا والكيمياء والفيزياء والنقل والإنشاء وغيرها، وذلك لأهميتها. لذا كان من الضروري المضي قدماً في دراسة علم ميكانيك التربة لمواكبة متطلبات تقنيات هذه العلوم، وحتى يمكن التصدي للمشاكل المختلفة التي قد تطرأ من استخدامات التربة المتعددة، خاصة إذا عرفنا أنها الأكثر وفرة في محتواها ولكنها الأكثر تعقيداً في خواصها (Nelson et al., 2013).

إن مادة التربة تختلف عن غيرها من مواد التشييد الأخرى ذات الصفات الثابتة مثل الإسمنت والحديد والزجاج وغيرها، فهي مادة تملك خواص طبيعية متنوعة تحتاج إلى دراسات معملية وأخرى نظرية من أجل التعرف على خواصها وسلوكياتها للحد من المشاكل الهندسية التي قد تظهر نتيجة استخدامها (Benvenga, 2005).

وعند دراسة وتحليل أي مشروع هندسي له علاقة بالتربة فإن القائم على المشروع عادة ما يتبادر إلى ذهنه عدة تساؤلات منها:

- هل تربة الموقع مناسبة لإقامة هذا المشروع؟
- هل التربة لديها القدرة على تحمل الإجهادات الناتجة عن المشروع
- هل من الممكن أن تتعرض التربة إلى مشاكل هندسية في المستقبل؟
- ما هو أفضل تصميم اقتصادي للمشروع يمكن أن يتناسب مع طبيعة التربة؟

وطريقة التعامل مع تربة المشروع تختلف باختلاف نوع وطبيعة المشروع نفسه. فالمشاريع الرئيسية القائمة على التربة، مثل المباني والطرق والجسور والأنفاق والأبراج والقنوات المائية والسدود، لها مواصفات متباينة، وبالتالي فإن أي من هذه المشاريع يحتاج إلى دراسات نظرية واختبارات معملية لتربة الموقع قد تختلف عن تلك التي يحتاجها المشروع الآخر.

٢-٢ خصائص طبيعة المادة الطينية

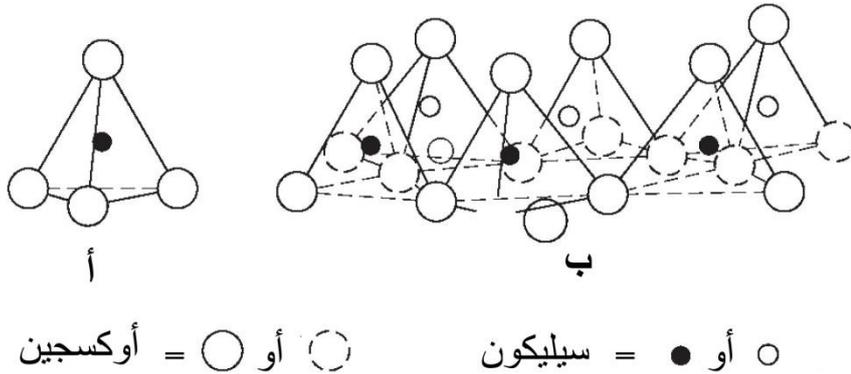
إن التركيب الكيميائي الأساسي للمعادن الطينية هو سيليكات الألمنيوم المائية والذي يحتوي بعضها على أيونات المغنيسيوم والحديد التي تحل جزئياً أو كلياً محل الألمنيوم، أما البعض الآخر فإنه يحتوي على أيونات القلويات بوصفها مكونات مهمة في تركيبه (Bell and Culshaw, 2001). ومعظم المعادن الطينية هي معادن ثانوية (مثل المعادن التي تكونت في أثناء التجوية بتأثير العوامل الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية). وتوجد معها بنسب أقل المعادن الأولية (المعادن التي تراثها التربة من الصخر الناري) مثل: الفلدسبار والكوارتز واللذان يوجدان بصورة أكثر تركيزاً في الجزء الخشن من التربة (الرمال والغرين) (Blott and Pye, 2001). فضلاً عن إلى ما ذكر من المكونات أعلاه فإن المادة الطينية تضم بين مكوناتها المواد العضوية، والأملاح القابلة للذوبان، وإيونات الكبريتات، والكلوريدات، والكربونات فضلاً عن الجبس. (Christakos, 2005). وعموماً فإن المادة الطينية مادة ناعمة متماثلة تكتسب صفات المرونة عند الابتلال. وتمتلك جسيمات الطين شحنة سالبة على سطوحها وهذه تجذب النهايات الموجبة لذرات المادة مكونة طبقة مائية محيطية بالجسيمات، ومن هنا تتولد خاصية التلاصق (اللزوجة) في التربة الطينية (Elkateb et al., 2003).

٢-٣ تكون الأطيان والرواسب الطينية

إن تجوية الصخور والتربة في الوقت الحاضر تعد الطريقة الرئيسية لتكون الطين والمعادن الطينية على سطح الأرض. وتشتمل عملية التجوية على التفكك الطبيعي والتحلل الكيميائي الذي يغير المعادن الأصلية إلى معادن طينية (Flogeac et al., 2005). إن العوامل التي تتحكم بالتجوية وتكون التربة تشتمل على نوع الصخرة الأصلية، ونسبة الماء إلى الصخور، ووجود الأحياء والمواد العضوية فضلاً عن الوقت أو المدة الزمنية، وأن أنواع المعادن الطينية الموجودة في الصخور المتجوية تسيطر بدرجة كبيرة على سلوك الصخرة المتجوية تحت ظروف مناخية مختلفة مثل (المدارية الرطبة، والمدارية الجافة، والمناطق الحارة). (Zamin et al., 2020).

٢-٤ تصنيف المعادن الطينية

يمكن تصنيف المعادن الطينية الى المعادن الطينية الصفائحية (Phyllosilicate) والمعادن الطينية السلسلية (Inosilicate)، وأن معظم المعادن الطينية هي من نوع الصفائحية. يتكون التركيب الداخلي للمعادن الطينية الصفائحية من وحدتين هما: الطبقة الرباعية (Tetrahedral layer)، والطبقة الثمانية Octahedral layer فالطبقة الرباعية تتكون من اتصال رباعيات الأوجه بعضها مع بعض، ويتألف رباعي الأوجه من ذرة سليكون في المركز واربع ذرات اوكسجين محاطة بها. (الشكل ٢-١-أ) وعند اتصال هذه الوحدات يكون الاشتراك بثلاث ذرات اوكسجين من كل رباعي اوجه للوحدة المجاورة لتؤلف شبكة سداسية التناظر (الشكل ٢-١-ب). اما الطبقة الثمانية فتحتوي على تركيب يتألف من هيدروكسيل الالمنيوم والمغنيسيوم لتؤلف صفيحتين (Sheets-2). ففي حالة امتلاء الفراغات بصورة كاملة بتركيب البروسايت (هيدروكسيل المغنيسيوم (Mg(OH)) فتسمى الطبقة ثمانية ثلاثية (trioctahedral layer) وفي حالة احتواء الفراغات على تركيب الجبسايت هيدروكسيد الالمنيوم، (Al₂OH) لتملأ ثلثي الفراغات فتسمى الطبقة ثمانية ثنائية (Dioctahedral layer).



الشكل (١-٢) البناء الذري الداخلي للمعادن الطينية . (Lambe and Whitman, 1969; Mitchell and Soga, 2005).

اما من ناحية احتواء المعادن الطينية فيمكن تقسيمها على معادن طينية مائية (يوجد الماء بين طبقاتها التي عند تسخينها إلى ١٠٠°م او اكثر قليلا لطرد الماء وبدون تحطيم التركيب الذري الداخلي) ، والمعادن الطينية اللامائية التي لا تحتوي على جزيئات الماء بين طبقاتها (Jones et al.,2020). وفيما يأتي شرح موجز للمعادن الطينية الشائعة المونتمورلونايت، والكاؤولينات ، والكلورايت، والألايت.

٢-٤-١ المونتمورلوناييت (Montmorillonite)

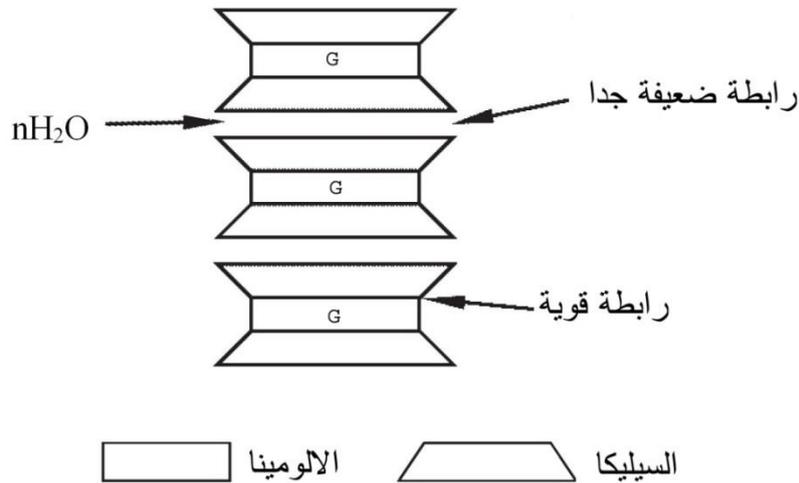
اسمه مشتق من منطقة Montmorillon في فرنسا، تركيبه الكيميائي :



وهو بذلك ينتمي الى العائلة الثلاثية المائية حسب تقسيم (Engelhardt، ١٩٧٧) للمعادن الطينية الصفائحية. لذلك يتكون من وحدتي بناء هما: السليكا الرباعية (Tetrahedron Silica) ووحدة الالمنيوم الثمانية (Octahedron Alumina). وهي مترابطة داخليا على شكل طبقات الواحدة فوق الأخرى، (Katti and Shanmugasundram، ٢٠٠١). ويمكن تمييز نوعين للمونتمورلوناييت:

المونتمورلوناييت- صوديوم الذي يدعى البنتوناييت هو الذي يملك الترابط الضعيف بين هذه الطبقات، وبذلك يسمح هذا الترابط بدخول الماء بسهولة وبمساعدة عملية طرد الاكترونات (تنافر) الناتجة من الشحنة الكلية لدقائق البنتوناييت، وبالنتيجة فان هذه الدقائق يمكن أن تنفصل إلى دقائق أصغر.

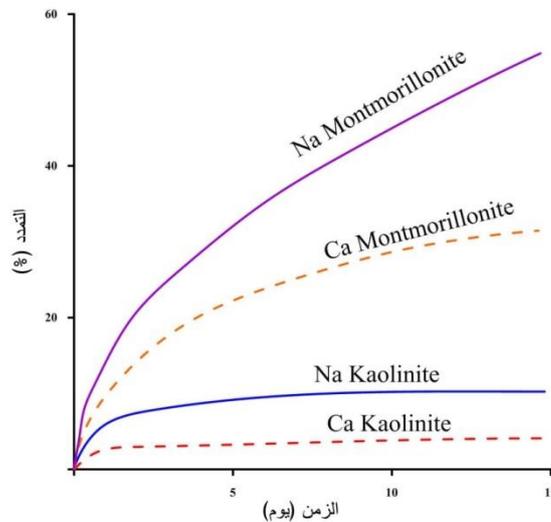
النوع الثاني مونتمورلوناييت-كالسسيوم يكون ترابطه أقوى وبذلك يكون انتفاخه محدود، ويشبه المونتمورلوناييت الى حد كبير المايكا ولكن الروابط بين طبقاته اضعف من تلك الموجودة في المايكا. أن المونتمورلوناييت أكثر تعقيدا من الناحية الكيميائية من الكاؤوليناييت وهو يوجد في الطبقات السفلى المتجوية القريبة من الصخور إذ إن العمليات الكيميائية أكثر سيطرة (Bergaya and Lagaly,2013) ، شكل (٢-٢).



الشكل (٢-٢) التركيب الرمزي لمعدن المونتمورلوناييت (Lambe and Whitman, 1969; Mitchell and Soga, 2005).

٢-٤-٢ الانتفاخ في أطيان المونتمورلونايث

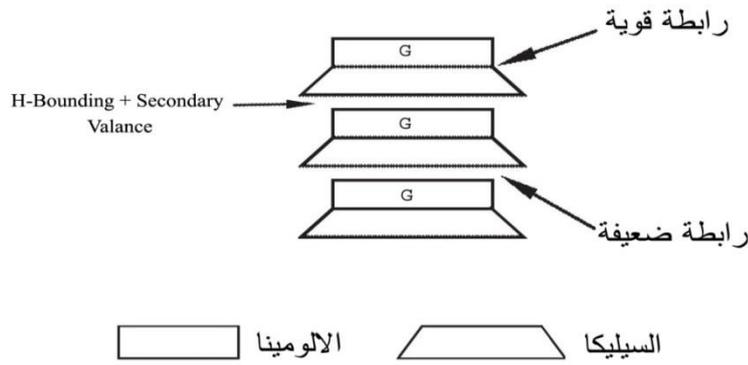
ان الاطيان المحتوية على المونتمورلونايث تنتفخ وتتقلص بعملية الترطيب والجفاف وان مقدار هذا الانتفاخ أو التقلص يتأثر بعوامل عديدة وهذه العوامل تقسم على مجموعتين: العوامل التي تعتمد على طبيعة جزيئات التربة (نوع وكمية المعادن الطينية) والعوامل التي تحددها ظروف الترسيب والبيئة وهي: الكثافة الجافة (dry density) محتوى الماء الأولي (Initial water content)، وطريقة الانضغاط (Compression method)، وتركيب التربة (Soil structure)، والظروف الحرارية (Thermal conditions)، وتركيز الالكتروليت في مياه المسامات (electrolyte concentration in the pore water) (Tehrani,2016). إن تأثير الانتفاخ ينتج من دخول جزيئات الماء و المحاليل بين طبقات التربة وبالأخص بين المعادن الممتدة. ففي حالة الانتفاخ الحر فإن الحجم يتغير بنسبة تصل الى ١٤٠٠-٢٠٠٠% في نماذج من مونتمورلونوات الصوديوم النقي الجاف المطحون والمغموس في ماء نقي، ويتغير الحجم بنسبة ٤٥-١٤٥% في نماذج المونتمورنايث كالسيوم، وكذلك في حالة السيطرة على حجم نموذج البننونايث (المونتمورلونايث - صوديوم) فإنه يؤدي الى التقليل في حجم التمدد ومن ثم تقليل الضغط الناجم عن الانتفاخ والذي يمكن قياسه بالافوميتر (مقياس الازاحة أو المسافة) أو بوساطة خلايا ثلاثية المحور (Tri axial cells) وبالنتيجة فان المسامية الفعالة والنفاذية سوف تتخفض. الشكل (٢-٣). ولابد من الإشارة الى جهد (Shrink -swell) وهو من الخواص الهندسية المهمة التي تؤخذ بنظر الاعتبار في المنشآت المقامة على الترب الطينية، حيث يتم الاعتماد على معامل يدعى (Coefficient of linear extensibility) ويرمز له COLE، وهو يعرف على انه النسبة بين طول النموذج بمحتوى الرطوبة الأولي الى طول النموذج الجاف. (Akg'un,2018).



الشكل (٢-٣) التغيرات الحجمية لأطيان المونتمورلونايث والكاؤولينايت خلال عملية امتصاص الماء (Lucian,2008).

٢-٤-٣ الكاؤولينايت (Kaolinite)

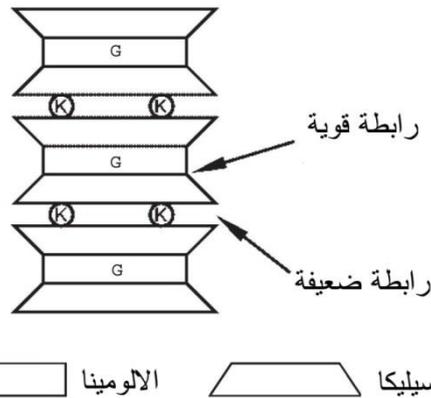
اسمه مشتق من (Kauling) وتعني الحافة العليا من التل القريب، يوجد في معظم المناطق المتجوية وفاق التربة. تركيبه الكيميائي $Al_4(OH)_8 SiO_{10}$ ينتمي إلى العائلة الثنائية إذ إن الوحدة التركيبية لهذه العائلة يتكون من اتصال الطبقة الرابعة مع الطبقة الثمانية)، وهذه العائلة تنتمي إلى المعادن الطينية الصفائحية. (صفائح متعاقبة من الألمنيوم المائي والسليكات حيث تحتوي على طبقة من المادتين السليكا و الألمنيوم) ، وهذا ما يجعلها ضعيفة إذ أنه أقل المعادن الطينية تماسك. وهو من المعادن اللامائية ولذلك فهو لا يمكن أن تحدث فيه ظاهرة الانتفاخ (Bergaya and Lagaly,2013).



الشكل (٢-٤) التركيب الرمزي لمعدن الكاؤولينايت (Lambe and Whitman, 1969; Mitchell and Soga, 2005).

٢-٤-٤ الإلايت (Illite)

تسمية الإلايت جاءت نسبة إلى مقاطعة Illinois في الولايات المتحدة، وهو يشبه في تركيبه مجموعة المايكا لكنه يحتوي على نسبة أقل من الألمنيوم والبوتاسيوم لما موجود في المايكا. وقد يستبدل بعض ايونات البوتاسيوم بالماء بعض الأحيان فيسمى في هذه الحالة بالمايكا المائية (Hydromica) ، والإلايت يمثل حالة وسط بين الكاؤولينات والمنتورلونايت من حيث اللدونة وقابلية الانتفاخ والانكماش (Tehrani,2016) . الشكل (٢-٥).

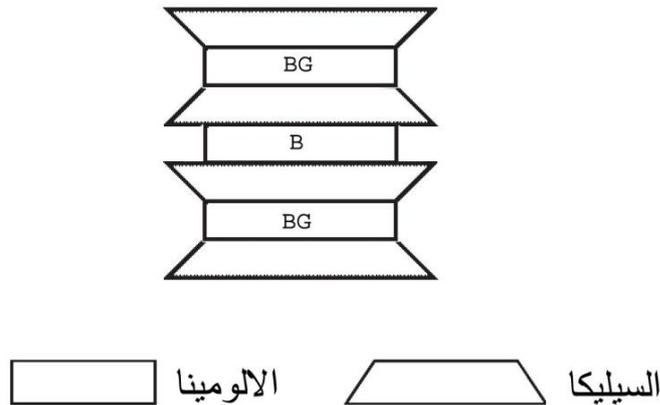


الشكل (٢-٥) التركيب الرمزي لمعدن الإلايت (Lambe and Whitman, 1969; Mitchell and Soga, 2005).

٢-٤-٥ الكلورايت (Chlorite)

الكلورايت يمثل مجموعة لعشرة معادن متكونة بعلاقة الابدال (الاحلال) للمحاليل الصلبة المعقدة. وهي ذات تركيب بلوري من نوع احادي الميل (Mono clinic) أو ثلاثي الميل (Triclinic)، الشكل (٢-٥). هذه المعادن بصورة عامة ذات حجم حبيبي ناعم Fine-grained micaceous ، وذات لون أخضر غامق (dark green). ومن هنا جاءت التسمية لتدل على المعادن الخضراء الغنية بأيون الحديدوز، ولا يمكن تمييزها بسهولة ماعدا التحليل بالأشعة السينية. وان معادن مجموعة الكلورايت تتكون بمدى واسع لبيئات تحول واطئة الدرجة ومن النوع الاول الحرمائي حيث تحصل اعادة التبلور على طول الصدوع واطئة القص، Shear zones ، (Jones et al.,2020).

وهناك نوعان من الكلورايت وهما: الكلورايت الحقيقي، والكلورايت المتمد. فالحقيقي يتألف من صفيحة من المايكا مرتبطة بصفيحة من البروسايت، اما المتمد فينتفخ عند معاملته بالكحولات المتعددة (Poly alcohols) كما هو الحال في المونتمولوناييت، أما الكلورايت المتمد فيبقى ثابتاً والسبب هو وجود صفيحة البروسايت التي تكون على شكل أعمدة غير مكتملة بين صفائح المايكا تسمح بدخول صفيحتان من الكليكول أو الجليسيرول فيها، وتقوم أعمدة البروسايت بمقاومة الانهيار عند التسخين (Zamin et al.,2020).



الشكل (٢-٦) التركيب الرمزي لمعدن الكلورايت

(Lambe and Whitman, 1969; Mitchell and Soga, 2005).

٢-٥ اساليب تصنيف الترب المنتفخة Classification Approaches of Expensive Soils

هنالك طرق مختلفة لتصنيف الترب المنتفخة ومنها:

- الأسلوب غير المباشر Indirect approach

- الأسلوب المباشر Direct approach

٢-٥-١ الأسلوب غير المباشر Indirect Approach

ويقسم على جزأين الجزء الأول يتم فيه الاعتماد على خاصية واحدة في تصنيف التربة، والجزء الآخر يتم فيه الاعتماد على أكثر من خاصية في تصنيف وتقويم قابلية الانتفاخ.

• الأسلوب غير المباشر باستخدام خاصية واحدة فقط

في هذا الأسلوب يتم الاعتماد على معرفة إحدى الخواص الآتية وهي: حد السيولة liquid limit ، وحد اللدونة plastic limit ، ومؤشر اللدونة (Plasticity Index)، وحد الانكماش Shrinkage Limit أو نسبة المواد الغروية (colloidal content) . وتستخدم هذه الخواص في تصنيف الترب المنتفخة وقابلية انتفاخها.

١- حد السيولة (Liquid limit)

وهو أقل محتوى مائي تبقى فيه التربة على الحالة السائلة. يمكن الاعتماد على حد السيولة (Liquid limit) في الحصول على الانتفاخ الحر بتطبيق المعادلة الآتية، (Seed et. al., 1962)

$$S = 3.75 \times 10^{-4} L.L.^{2.658} \dots\dots\dots(1)$$

حيث الانتفاخ الحر = S

حد السيولة = L.L.

٢- حد اللدونة (Plastic Limit)

يمكن تعريف حد اللدونة بأنه محتوى الرطوبة الذي تتحول عنده التربة من الحالة اللدنة الى الحالة شبه الصلبة.

٣- مؤشر اللدونة (Plasticity Index)

يمكن تعريف مؤشر اللدونة بأنه الفرق العددي بين حدي السيولة واللدونة أي أن:

$$PI = LL - PL \dots\dots\dots(2)$$

وهو يمثل مدى محتوى الرطوبة الذي تبقى فيه التربة بالحالة اللدنة، وأن جهد الانتفاخ Swelling potential للتربة له علاقة بصورة عامة مع دليل اللدونة (P.I)، الجدول (٢-١).

جدول (١-٢) اعتماد دليل اللدونة (PI) في تصنيف التربة المتماسكة ، (القصبي، ١٩٩٣).

| Plasticity Index | soil characteristics Plasticity | Soil Type |
|------------------|------------------------------------|---------------------------|
| 7-17 | Medium Plastic | Silty clay or clayey Silt |
| >17 | High-Plastic | Clay |

وان التربة في حالة السيولة تمتلك مقاومة قليلة جداً، بينما في حالة اللدونة تكون لينة ولها مقاومة ملحوظة ضد القوى والتشوه . وقد تم اجراء عدة بحوث ودراسات سابقة للربط بين مؤشر اللدونة والانتفاخ الحر أو ضغط الانتفاخ (Christakos,2005). وقد توصل (Seed, et al.,١٩٧٧) إلى ايجاد علاقة رياضية تربط بين مؤشر اللدونة والانتفاخ الحر وهي:

$$S = 60K (P.I)^{2.44} \dots\dots\dots(3)$$

إذ إن مقدار نسبة الانتفاخ الحر = S

مؤشر اللدونة = P.I

ثابت وقيمه K = 3.6x105

٤- محتوى التربة من المادة الغروية (Colloidal content)

المادة الغروية هي نسبة المواد التي يقل قطرها المكافئ عن (٠,٠٠١ملم) ان تأثير نسبة المادة الغروية في قابلية الانتفاخ نال اهتمام كثير من الباحثين الكبار ، وقد تم الاستدلال أن زيادة هذه المادة في التربة في زيادة الانتفاخ الحر، كما أن نوعية هذه المادة (البنتونايت) له قابلية انتفاخ اعلى بكثير من باقي - المعادن الصلبة الأخرى (Ferber et al.,2009).

• الاسلوب غير المباشر باستخدام اكثر من خاصية

ان الاعتماد على خاصية واحدة من خصائص التربة لا يعطي نتائج دقيقة في بيان قابلية التربة على الانتفاخ. ولغرض تلافي هذه المسألة فقد اجريت عدة محاولات لجمع اكثر من خاصية من خصائص التربة في اسلوب تصنيف موحد. من هذه المحاولات نذكر ما قام به (Zamin et al.,2020) حيث توصل الى المعادلة الاتية:

$$S = Be^{A(P.I)} \dots\dots\dots(4)$$

حيث ان:

B,A ثوابت

$$A=0.0838 \quad B= 0.2558$$

ومؤشر اللدونة PI ، واساس اللوغاريتم الطبيعي (e)

ومقدار الانتفاخ الحر S=

وتم الاعتماد في هذه المعادلة على فحوصات آلاف النماذج لعدة سنوات ولترب مختلفة، وهي قريبة إلى الواقع لكونها مشتقة من فحوصات اجريت على ترب غير مخلخلة.

٢-٥-٢ الأسلوب المباشر

١-٢-٥-٢ فحص ضغط الانتفاخ (Swelling Pressure Test)

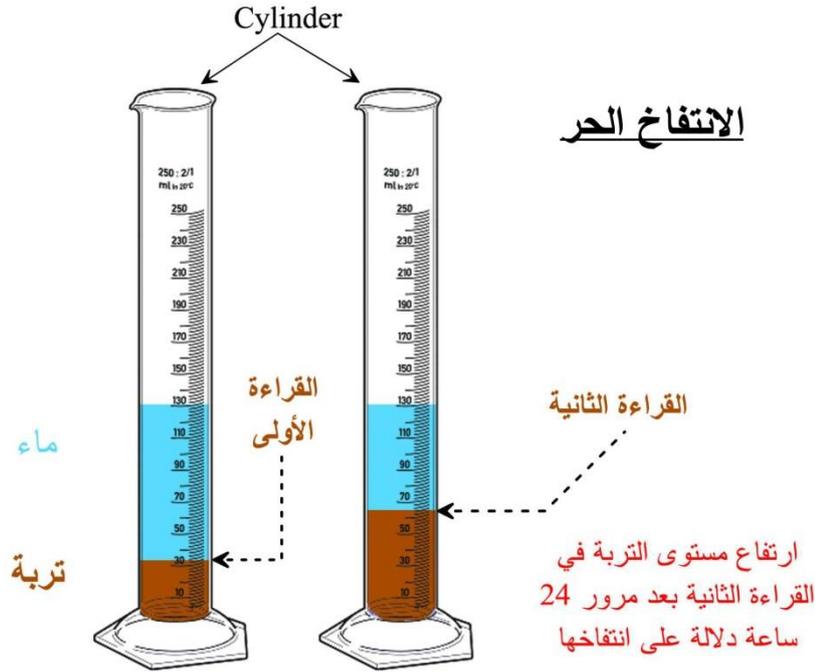
إن هذا الأسلوب يعتمد على الفحص المختبري لنماذج التربة باستخدام جهاز فحص الانضمام القياسي Odometer test ، حيث يوضع نموذج التربة في حلقة جهاز الفحص والذي يتراوح قطره من (٥٠-١٠٠ ملم) بسمك يتراوح من (٧،١٢-٨،٣١) ملم (Jones et al.,2020)، وفي هذا الفحص يتم الاعتماد على اسلوبين للفحص: الأول: يغمر النموذج بالماء والسماح له بالانتفاخ في الاتجاه الشاقولي إلى أن يصل إلى اعلى قيمة انتفاخ وهذا يمثل الانتفاخ الحر، بعدها يبدأ بتحميل النموذج تدريجيا إلى أن يرجع النموذج الى حجمه الاصلي ويمثل الحمل على النموذج ضغط الانتفاخ. الثاني: (اسلوب الحجم الثابت) ويتم فيه زيادة الحمل على النموذج تدريجيا بعد غمره بالماء مباشرة لكي يبقى حجم النموذج ثابت ويعد اعلى حمل يسلط على النموذج وهو ما يعادل ضغط الانتفاخ تحت حجم ثابت. ويعد الاسلوب المباشر هو افضل و احسن الاساليب في تقويم الانتفاخ واكثر فعالية والذي عن طريقه نستطيع الحصول على ضغط الانتفاخ الذي لا يمكن الحصول عليه من الأساليب الأخرى (Lucian et al.,2007) .

٢-٢-٥-٢ فحص الانتفاخ الحر البسيط (Free Swelling Test)

هذه الطريقة تتمثل بسكب (١٠ سم^٣) ببطء من التربة الجافة العابرة من منخل رقم (٤٠) في انبوبة مدرجة مملوءة بالماء، فيعد أن تستقر التربة في قعر الاناء يتم حساب حجمها الجديد، الشكل (٢-٧) وان مقدار الانتفاخ الحر البسيط يتم حسابه من المعادلة الآتية:

$$\text{الانتفاخ الحر البسيط} = (\text{حجم التربة المغمورة} - \text{حجم التربة الجافة}) / \text{حجم التربة الجافة} \times 100$$

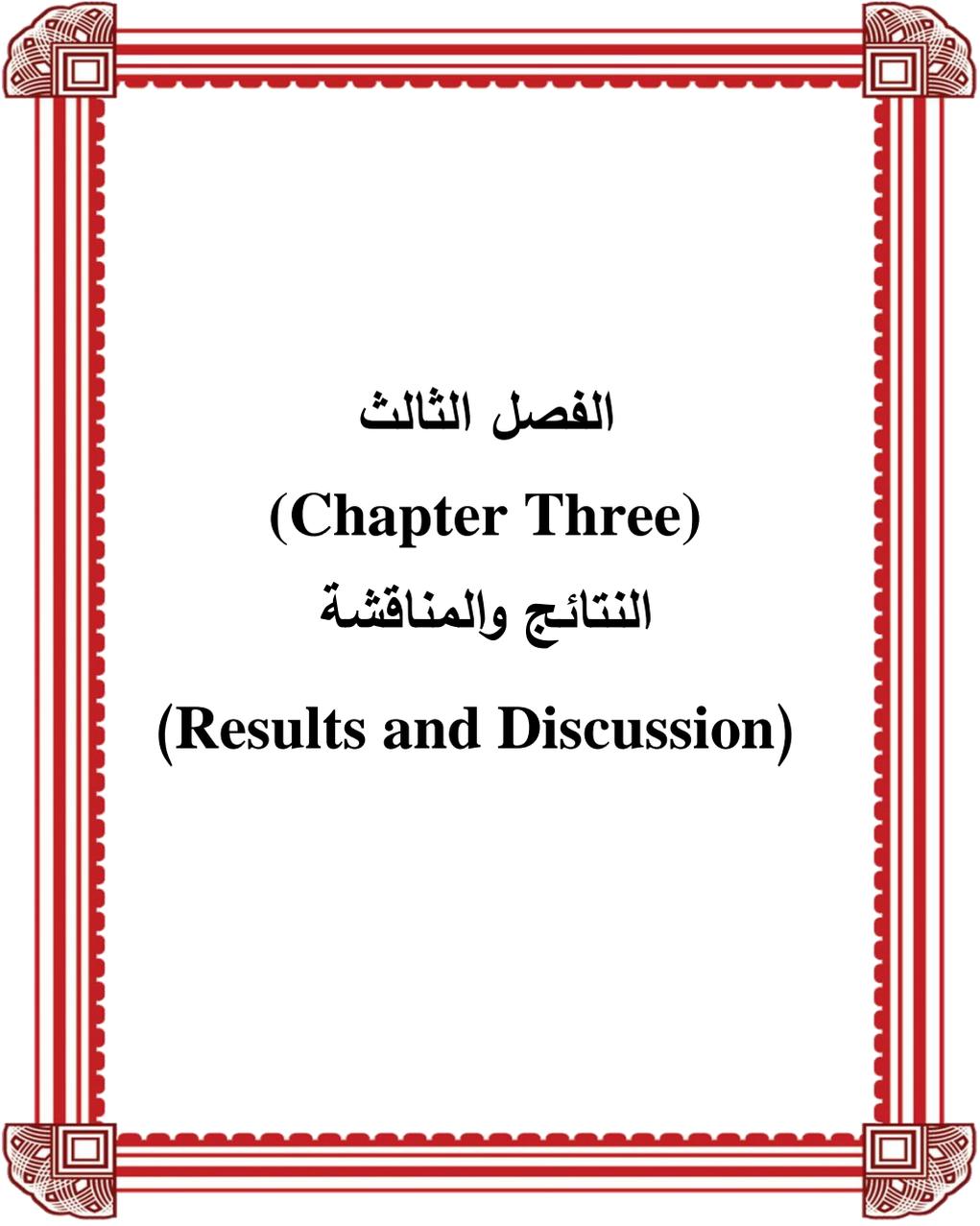
وقد استنبط الباحثان (Holtz and Gibbs، ١٩٦٨) من نتائج هذه التجربة أن قابلية الانتفاخ الحر يمكن أن تصنف الى ثلاث مراحل وهي: الواطئة، والمتوسطة، والعالية . الجدول (٢-٢) وقد تم اعتماد هذه الطريقة لحساب نسبة الانتفاخ الحر (S%) لتربة منطقة الدراسة.



الشكل (٢-٧) فحص الانتفاخ الحر البسيط للتربة .

جدول(٢-٢) درجات الانتفاخ الحر للترب الطينية (الواتلي، ٢٠١٨).

| درجة الانتفاخ | الانتفاخ الحر (S%) |
|---------------|--------------------|
| واطئة | أقل من ٥٠ |
| متوسطة | ١٠٠-٥٠ |
| عالية | أكبر من ١٠٠ |



الفصل الثالث
(Chapter Three)
النتائج والمناقشة
(Results and Discussion)

الفصل الثالث

Chapter Three

النتائج والمناقشة

(Results and Discussion)

يتناول هذا الفصل الطرائق المتبعة في هذه الدراسة والنمذجة وعدد النماذج ونتائج فحوصات الخواص الجيوتكنيكية للتربة (الفيزيائية والهندسية) لجميع العينات ، لبيان مدى نسبة الانتفاخ لكل منها ومناقشة النتائج وتفسيرها .

٣-١ العمل الحقلّي (Field Work)

أجري العمل الحقلّي على النحو التالي :

٣-١-١ الجولات الاستطلاعية (Site Exploration)

حيث تم عمل جولات ميدانية لاستطلاع مواقع الحفر والمناطق المحيطة بها وتسجيل إحداثياتها وذلك باستعمال جهاز (GPS) ، ومدى الملائمة البيئية لهذه المناطق وبعدها عن المساحات العمرانية وكذلك الأراضي الزراعية ومجاري الأنهار والمبازل والجداول ومشاريع الري وغيرها ومدى سهولة الوصول إليها ، حيث تم اختيار ٣ محطات للدراسة مبيّنة في الجدول (١-١).

٣-١-٢ أعمال الحفر والنمذجة (Drilling and Sampling Works)

تم استخدام حفارة يدوية (Auger) في جميع المحطات مع توصيلات حديدية بطول (٤) أمتار وقد تم استخراج النماذج وعمل خلط لها على أعماق مختلفة . حيث تم أخذ النماذج ووضعها في أكياس النمذجة وتأشيرها وربطها بإحكام لمنع فقدان الرطوبة ، لاستعمالها في إجراء الفحوصات المختبرية عليها.

٣-١-٣ الوصف الحقلّي لنماذج التربة (Field Description of Soil Samples)

وصفت نماذج التربة موقعياً وذلك من خلال المعاينة الحقلية المستمرة بالفحص النظري وسلسلة من الاختبارات اليدوي منها : (الملمس ، الصلابة ، اللبونة ، قوة الجفاف ، السلوك في الماء ، السلوك في الهواء والتماسك) ، حيث تؤخذ كمية صغيرة من عينة التربة باليد وترطب إذا دعت الحاجة لذلك وتعمل بالأصابع لغرض التحسس ، فإذا كانت التربة طينية فإن الملمس سيكون شبيهاً بالصابون وإذا كانت التربة رملية فستظهر بعض الخشونة وإذا كانت التربة غرينية وعصرت بالأصابع فستظهر الرطوبة ، إضافة إلى هذا فإن التربة الطينية تلتصق بالأصابع وتجف ببطء في حين يجف الغرين بسرعة ويترك ما يشبه البقعة stain إذا ما نفخ الغبار عن الاصبع. وبفقد هذا الفحص في معرفة خصائص التربة الغالبة أي فيما إذا كانت التربة طينية ، رملية ، أو غرينية، (Norbury, 2016).

٣-١-٤ منسوب الماء الجوفي (Groundwater Level)

بعد إتمام عملية الحفر تم الرجوع للموقع بعد مرور ٢٤ ساعة لقياس منسوب الماء الجوفي لكل حفرة وذلك باستعمال شريط قياس معدني، الجدول (٣-١) .

جدول (٣-١) مستويات الماء الجوفي لمحطات منطقة الدراسة.

| المحطة | عمق الماء الجوفي (متر) |
|-----------|------------------------|
| Station 1 | ٢,٧٠ |
| Station 2 | ٣,١٥ |
| Station 3 | ١,٩٢ |

٣-٢ العمل المختبري (Laboratory work)

أجري الفحص المختبري على النماذج الترابية الملتقطة من الحفر والتي كان عددها (٣) معبرةً عن خلطات الحفر بشكل كامل أي هي عبارة عن مزج للأعماق المختلفة بنسب متساوية ، حيث شمل العمل المختبري على ما يلي :

- مرحلة أولية على النماذج دون إضافة .
- مرحلة الإضافة فقد تم في هذه المرحلة إضافة نسب مختلفة من الرمل لكل نموذج وإعادة نفس التجارب والفحوصات لمعرفة نسب الفرق بينها ، فقد تم إضافة رمل بنسبة ١٠% للنموذج رقم (١) ونسبة ٢٠% للنموذج رقم (٢) ونسبة ٣٠% للنموذج رقم (٣) ، فسيتم ذكر نفس الفحوصات لكن بذكر كلمة (قبل الإضافة وبعد الإضافة) على الفحوصات والجدول والأشكال .

٣-٢-١ الفحوصات الفيزيائية (Physical Tests)

٣-٢-١-١ فحص المحتوى الرطوبي (Water Content Test)

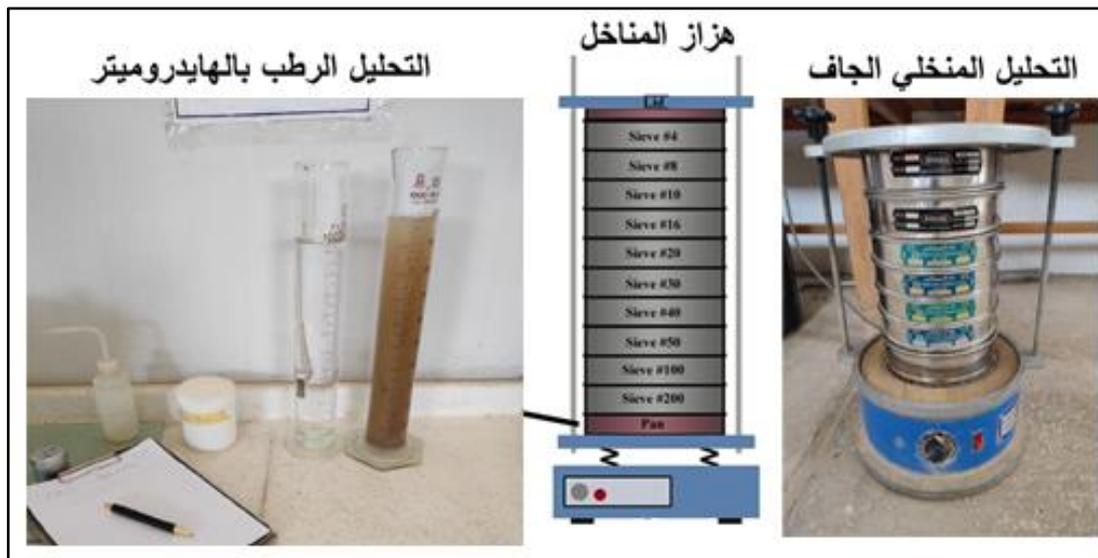
المحتوى الرطوبي هو عبارة عن نسبة وزن الماء إلى وزن المواد الصلبة في كتلة التربة ويعبر عنه بنسبة مئوية وقد تتراوح قيمه بين الصفر وقد تتجاوز ١٠٠% وذلك عندما يكون وزن الماء في التربة أكثر من وزن المادة الصلبة، (الوائلي، ٢٠١٨). الجدول (٣-٢) وبالإعتماد على المواصفة الأمريكية (ASTM D2216-19). الغاية من هذا الفحص هو إيجاد المحتوى الرطوبي لنماذج تربة منطقة الدراسة الواردة من الحقل إلى المختبر وبدقة حيث تم عزل عينة من كل نموذج مستخرج لإجراء هذا الفحص ، حيث يستفاد من المحتوى الرطوبي للتربة بإعطاء فكرة عن قوام التربة ودرجة تشبعها بالماء وقوة تحملها ، كما أنه يدخل في الكثير من الحسابات الهندسية الخاصة بمسائل ميكانيك التربة، (Younas, 2017).

جدول (٢-٣) نتائج المحتوى الرطوبي لنماذج منطقة الدراسة.

| المحتوى الرطوبي (W/C %) | رقم النموذج |
|-------------------------|-------------|
| ٢٩,٦٦ | ١ |
| ٣١,٧٠ | ٢ |
| ٢٥,٥٠ | ٣ |

٢-١-٢-٣ فحص التحليل الحجمي الحبيبي (Grain Size Analysis Test)

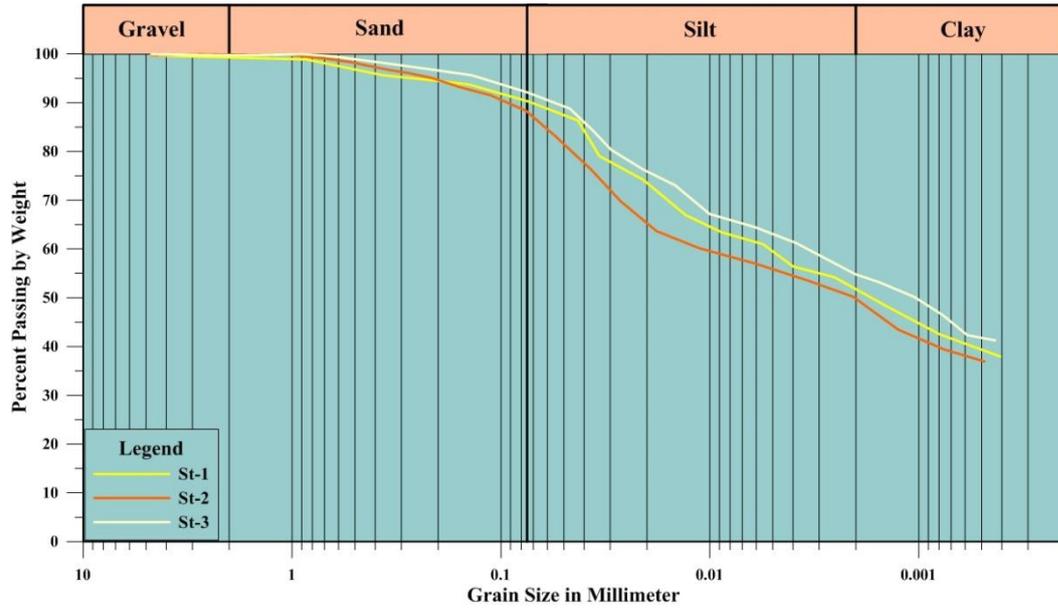
فحص التدرج الحجمي لأجزاء الطين والغرين والرمل باستعمال التحليل الجاف باستعمال المناخل والتحليل الرطب بـ(الهيدروميتر H1٥١) ، ويقصد بالتحليل الحجمي الحبيبي هو توزيع الحبيبات اعتماداً على حجمها (العشو، ١٩٩١). قبل الشروع للتحليل المنخلي الجاف يتم غسل عينات التربة بجميع مكوناتها على غربال ٧٥ ميكرون (رقم ٢٠٠) وذلك لفصل الحبيبات الخشنة (الرمل) عن الحبيبات الناعمة (الغرين والطين) حيث تحدد لنا هذه الطريقة الكمية الدقيقة وتفصل مكونات التربة الخشنة والناعمة ،حيث تعتمد الطريقة المستعملة في هذه المواصفة الأمريكية القياسية (ASTM D1140-17) على استخدام الماء أو المشنت لفصل وإزالة المواد الدقيقة من الغربال ٧٥ ميكرون (رقم ٢٠٠)، أيضاً وخلال هذه العملية يمكن إزالة المواد القابلة للذوبان مثل الأملاح والمعادن الأخرى، (Younas, 2017). بعد فصل مكونات التربة الخشنة (رمل) والناعمة (غرين وطين) وتجفيفها يتم استعمال طريقة التحليل الجاف بالمناخل على العينات الخشنة والتحليل الرطب بـ(الهيدروميتر) ، الشكل (١-٣) وحسب المواصفة الأمريكية (ASTM D7928-17). جدول (٣-٣) والشكل (٢-٣)(٣-٣) يوضح منحنيات التوزيع الحجمي الحبيبي للنماذج المدروسة قبل وبعد الإضافة على التوالي.



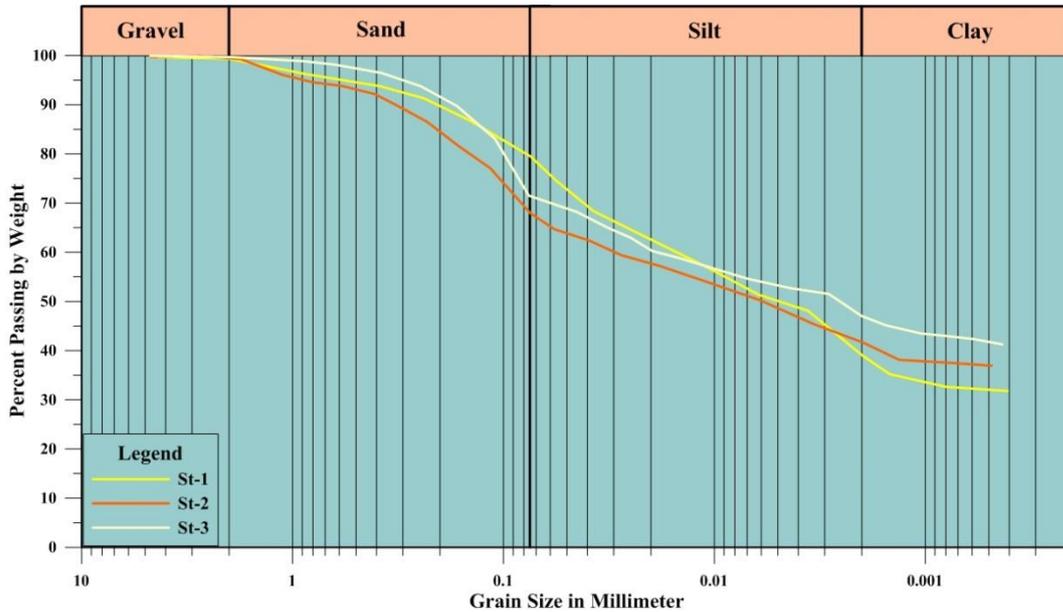
الشكل (١-٣) التحليل الجاف باستعمال المناخل والتحليل الرطب باستعمال الهيدروميتر .

جدول (٣-٣) نتائج فحص التدرج الحجمي الحبيبي للنماذج المدروسة قبل وبعد الإضافة .

| بعد الإضافة | | | قبل الإضافة | | | رقم النموذج |
|-------------|--------|-------|-------------|--------|-------|-------------|
| طين % | غرين % | رمل % | طين % | غرين % | رمل % | |
| ٣٩ | ٤١ | ٢٠ | ٥٢ | ٣٨ | ١٠ | ١ |
| ٤٢ | ٢٦ | ٣٢ | ٥٠ | ٣٨ | ١٢ | ٢ |
| ٤٧ | ٢٥ | ٢٨ | ٥٥ | ٣٧ | ٨ | ٣ |



الشكل (٢-٣) منحنيات التوزيع الحجمي الحبيبي للنماذج المدروسة قبل الإضافة .



الشكل (٣-٣) منحنيات التوزيع الحجمي الحبيبي للنماذج المدروسة بعد الإضافة .

٣-٢-١-٣ فحص حدود أتربيرغ (Atterberg Limits Test)

تم إجراء فحص حدود أتربيرغ ، حد السيولة ("L.L. liquid limit") في مختبرات قسم علم الأرض التطبيقي جامعة بابل باستعمال جهاز (Gassagrandi) وهو عبارة عن وعاء نحاسي يمكن تحريكه كهربائياً وتسجيل عدد ضرباته بواسطة عداد مرتبط بالجهاز ، اللوحة (٣-١) ، وحد اللدونة ("P.L. Plastic Limit") ويتم تعيين ذلك بدرجة قطعة كروية من التربة على لوح زجاجي كي يقل المحتوى المائي لها إلى أن يصل الحد المطلوب ويتم ذلك خلال عدة محاولات إلى أن تأخذ فتيلة التربة بالتفتت عندها يكون قطرها (٣ ملم) فيحسب المحتوى الرطوبي لها والذي يمثل حد اللدونة. و معامل اللدونة ("P.I. Plasticity Index") هو مدى المحتوى الرطوبي الذي تبقى فيه التربة في الحالة (اللدنة) أي انه الفرق بين اعلى وأوطأ نسبة للماء تبقى ضمنها التربة في حالة اللدونة وعليه فان معامل اللدونة يساوي عددياً الفرق بين حد السيولة وحد اللدونة .

$$P.I = L.L. - P.L.$$

تمت التجربة وفق المواصفة القياسية (ASTM-D4318:17) . وبالاعتماد على مخطط اللدونة الشكل (٣-٤) يمكن تحديد اسم التربة ناعمة الحبيبات من المخطط البياني الخاص باللدونة والذي ينقسم إلى نطاقين من حد السيولة (L.L.)، الأول يكون اقل من ٥٠% ويدعى بقليل اللدونة أو اختصاراً (L) والثاني يكون أكبر من ٥٠% ويدعى بعالي اللدونة أو اختصاراً (H). وان الخط (A) الذي يفصل بين جزء الطين وجزء الغرين مع المواد العضوية .

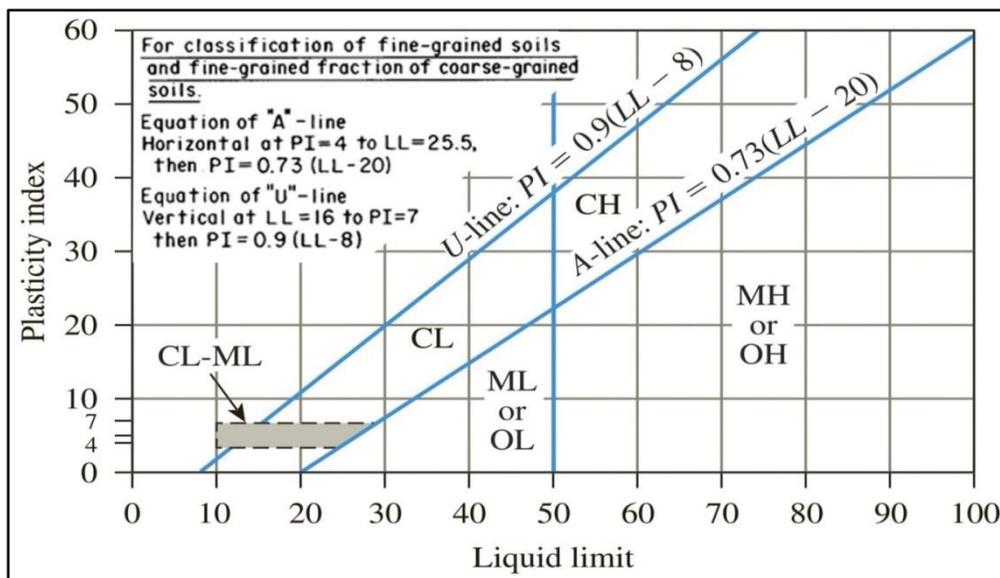
نظام التصنيف الموحد للتربة يستعمل للأغراض الهندسية طبقاً للمواصفة الأمريكية ٢٤٧٨-ASTM D. ونلاحظ أن النظام استعمل رمز واسم واحد لمجموعة التصنيف ما عدا حالتين إحداهما عندما تحتوي التربة على نسبة (من ٥% إلى ١٢%) من التربة الناعمة الحبيبات والأخرى عندما تقع التربة في داخل المنطقة المهشمة (Cross - Hatched Area) من مخطط اللدونة (Plasticity Chart) الشكل (٣-٤) و في هاتين الحالتين يستعمل رمزاً مزدوجاً، وعلى سبيل المثال يستعمل الرمز، GP - GM (لوصف الحصى ضعيف التدرج مع بعض الغرين)، أو الرمز CL-ML (لوصف الطين مع الغرين قليلي اللدونة).

اما بالنسبة للتربة الرملية (Sandy Soil) فإنها تكون جيدة التدرج وتأخذ الرمز (SW) اذا كان معامل الانتظام (Cu) أكبر من ٦ (أي $Cu > 6$) وتكون قيمة معامل التدرج (Cc) تتراوح بين الواحد والثلاثة (أي $1 \leq Cc \leq 3$).

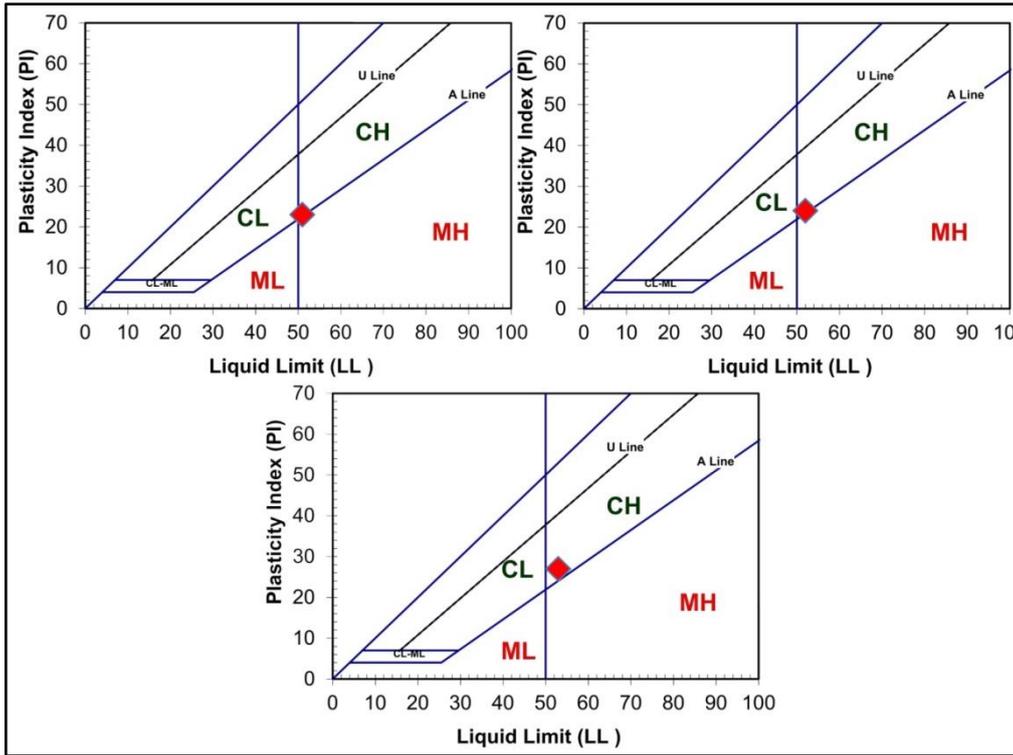
تم تسقيط نسب العينات المدروسة واستنتاج الصنف المحدد لها ، نتائج حدود أتربيرغ للعينات المدروسة مبينة في الجدول (٣-٤). أما بالنسبة للشكل (٣-٥) و (٣-٦) فهو يوضح تسقيط النماذج المدروسة على المخطط وملاحظة الفرق في النسب الحاصلة واختلاف تصنيف التربة قبل وبعد الإضافة.



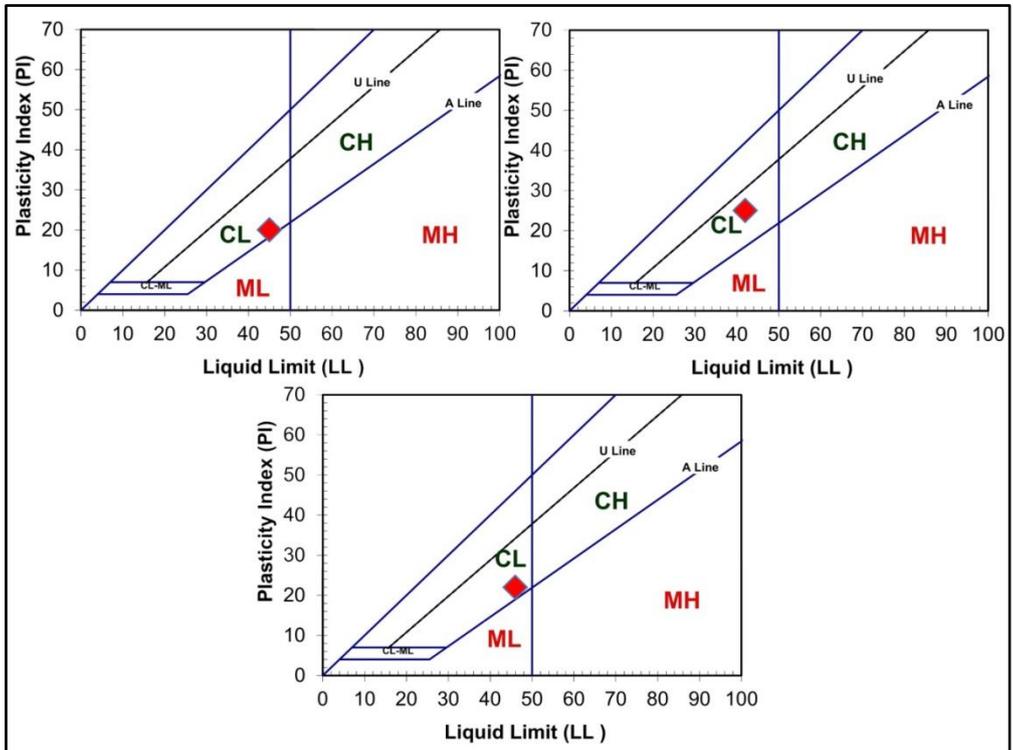
اللوحة (٣-١) تجربة حدود أتربيرغ وجهاز كاساغراندي في المختبر البحثي لقسم علم الأرض التطبيقي / جامعة بابل.



الشكل (٣-٤) مخطط اللدونة.



الشكل (٣-٥) مخطط اللدونة موضح عليه النماذج المدروسة قبل الإضافة.



الشكل (٣-٦) مخطط اللدونة موضح عليه النماذج المدروسة بعد الإضافة.

جدول (٣-٤) نتائج فحص اختبار حدود اتريبرغ للنماذج المدروسة قبل وبعد الإضافة .

| بعد الإضافة | | | | قبل الإضافة | | | | رقم النموذج |
|-------------|-------|-------|------|-------------|-------|-------|------|-------------|
| USCS | P.I.% | P.L.% | L.L% | USCS | P.I.% | P.L.% | L.L% | |
| CL | ٢٥ | ١٧ | ٤٢ | CH | ٢٤ | ٢٨ | ٥٢ | ١ |
| CL | ٢٠ | ٢٥ | ٤٥ | CH | ٢٣ | ٢٨ | ٥١ | ٢ |
| CL | ٢٢ | ٢٤ | ٤٦ | CH | ٢٧ | ٢٦ | ٥٣ | ٣ |

تتأثر حدود أتربرغ بكمية وطبيعة محتوى المعادن الطينية (Clay Minerals) الموجودة ضمن التربة ، حيث تعتبر اللدونة من العوامل الهامة في تحديد قابلية تشغيل الأتبان أو الخليط الطيني وتطبيقه على الكثير من المجالات الهندسية الإنشائية والتصنيعية وهو أيضاً مؤشراً جيداً للأطوار المعادن الطينية الرئيسية في التربة (Yongue et al,2016) .

من خلال نتائج فحص المحتوى الرطوبي لجميع نماذج منطقة الدراسة اتضح ومن معاينة الجدول (٢-٣) أن نسب المحتوى الرطوبي تتراوح بين (٢٥,٥٠%-٣١,٧٠%) ، وإن منسوب الماء الجوفي في الجدول (٣-١) تراوح بين عمق (١,٩٢م-٣,١٥م) وهو يعطينا مؤشراً واضحاً بوجود تذبذب ملحوظ بين طبقات الترب المدروسة حيث نلاحظ بأن الترب ناعمة الحبيبات تكون ذات محتوى عالٍ من الرطوبة وعلى عكسها الترب ذات الحبيبات الخشنة.

يبين لنا الجدول (٣-٣) بأن نسب الرمل في نماذج الترب المدروسة للمحطات الثلاثة قبل الإضافة تراوحت ما بين (٨-١٢%) وبمعدل (١٠%) ونسب الغرين تراوحت بين (٣٧-٣٨%) وبمعدل (٣٨%) ونسب الطين تراوحت بين (٥٠-٥٥%) وبمعدل (٥٢%) ، أيضاً ومن النظر إلى النتائج الموجودة في الجدول (٤-٣) نجد بأن تصنيف نماذج الترب المدروسة حسب نظام التصنيف الموحد (USCS) تأخذ جميعها قبل الإضافة تسمية واحدة في مخطط اللدونة وهي (CH) أي أنها تربة طينية مرتفعة اللدونة ، حيث تراوحت نسب حد السيولة بين (٥١-٥٣%) وبمعدل (٥٢%) أما نسب حد اللدونة فقد تراوحت ما بين (٢٦-٢٨%) وبمعدل (٢٧%) ونسب مؤشر اللدونة تراوحت بين (٢٣-٢٧%) وبمعدل (٢٥%) ، بالنسبة لما بعد الإضافة حيث تراوحت نسب حد السيولة بين (٤٢-٤٥%) وبمعدل (٤٦%) أما نسب حد اللدونة فقد تراوحت ما بين (١٧-٢٥%) وبمعدل (٢٤%) ونسب مؤشر اللدونة تراوحت بين (٢٥-٢٠%) وبمعدل (٢٢%) وتأخذ جميعها قبل وبعد الإضافة تسمية واحدة في مخطط اللدونة وهي (CL) أي أنها تربة طينية منخفضة اللدونة ، وهنا تتم الملاحظة بالتغير النوعي الحاصل لتصنيف التربة بعد إضافة رمل بنسبة (١٠%) للنموذج رقم (١) و(٢٠%) للنموذج رقم (٢) و(٣٠%) للنموذج رقم (٣) .

٣-٢-١-٤ فعالية التربة Activity of Soil

وجد أن لحدود اتريريك للتربة الناعمة علاقة بكمية المياه المختزلة على سطح حبيبات التربة الناعمة وتزداد كمية المياه المختزلة بالزيادة الكبيرة في المساحة السطحية للتربة مع النقص في حجم الحبيبات وهذا يعني إن كمية المياه المختزلة على سطح التربة تتأثر كثيرا بنسبة وجود الطين في التربة. وعلى هذا الأساس وجد (سكمتون Skimpton) العلاقة التالية والتي تعرف بفعالية التربة الطينية (Activity of Clay Soil) الفعالية :

$$\text{الفعالية (A)} = (\text{معامل اللدونة P.I.} / \text{نسبة المواد الناعمة } 0.002 \text{ ملم})$$

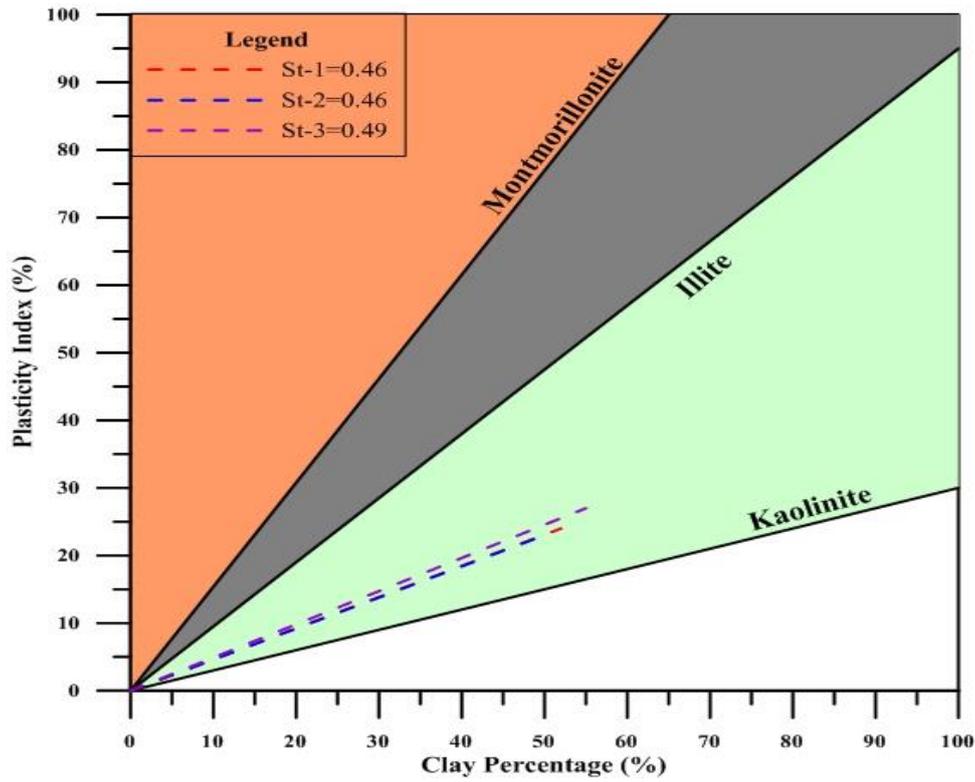
وتتراوح قيم الفعالية من (٠,٢٣) للموسكوفيات إلى حوالي (٦) للمونتوريلونايت. ويستخدم هذا المصطلح لتصنيف طبيعة مكونات الطين لمختلف أنواع التربة مثل العلاقات المتبادلة بين الفعالية مع معاملات التربة الأخرى كدخولها في المعادلة الخاصة لحساب نسب اتفاخ الترب الطينية ، بما في ذلك معامل اللدونة، وحد الانكماش، والرطوبة الحقلية ، والقدرة على امتصاص الماء لمختلف المعادن الطينية. ووجد أيضا أن هذه الخاصية تزداد كلما قلت نسبة الطين في العينة ويبين الجدول (٣-٥) تصنيفاً للفعالية حسب قيمها بالإضافة إلى القيم المفترضة لفعالية المعادن الطينية .بالنسبة للجدول (٣-٦) فقد تضمن قيم فعالية ترب النماذج المدروسة قبل وبعد الإضافة ،والشكل (٣-٧) و (٣-٨) نلاحظ من خلاله طبيعة خط الميل الذي يوضح علاقة نسبة المواد الطينية الناعمة في النموذج مع مؤشر اللدونة .

جدول (٣-٥) تصنيف فعالية الترب الطينية حسب (الوائي، ٢٠١٨).

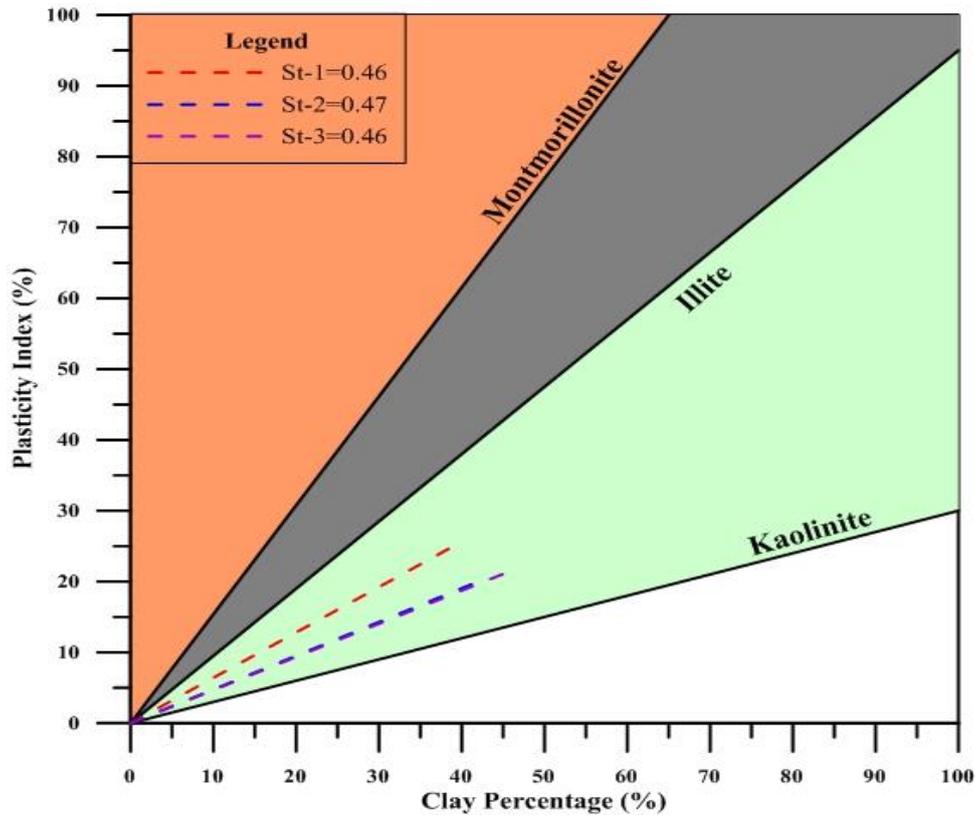
| الوصف | الفعالية |
|-------------------------------|------------------|
| غير فعال (Inactive) | أقل من ٠,٧٥ |
| طبيعي (Normal) | من ٠,٧٥ إلى ١,٢٥ |
| فعال (Active) | أكثر من ١,٢٥ |
| فعال جداً مثل المونتوريلونايت | أقل من ٦ |

جدول (٣-٦) تصنيف فعالية الترب الطينية للنماذج المدروسة قبل وبعد الإضافة.

| قبل الإضافة | | |
|---------------------|---------------|-------------|
| الوصف | قيمة الفعالية | رقم النموذج |
| غير فعال (Inactive) | ٠,٤٦ | ١ |
| غير فعال (Inactive) | ٠,٤٦ | ٢ |
| غير فعال (Inactive) | ٠,٤٩ | ٣ |
| بعد الإضافة | | |
| الوصف | قيمة الفعالية | رقم النموذج |
| غير فعال (Inactive) | ٠,٤٦ | ١ |
| غير فعال (Inactive) | ٠,٤٧ | ٢ |
| غير فعال (Inactive) | ٠,٤٦ | ٣ |



الشكل (٧-٣) مخطط فعالية التربة حسب سكمبتون موضح عليه نماذج التربة المدروسة قبل الإضافة.



الشكل (٨-٣) مخطط فعالية التربة حسب سكمبتون موضح عليه نماذج التربة المدروسة بعد الإضافة.

٣-٢-١-٥ فحص الانتفاخ الحر البسيط Free Swelling Test

تم إجراء هذه التجربة في مختبرات التربة التابعة لقسم علم الأرض التطبيقي / جامعة بابل حيث اعتمدت المواصفة القياسية (ASTM D4546 - 08) في إجراء هذه التجربة ، وقد تم ذكر طريقة العمل بها في الفصل الثاني ، وبالاعتماد على المعادلة التالية :

$$\text{الانتفاخ الحر البسيط} = (\text{حجم التربة المغمورة} - \text{حجم التربة الجافة}) / (\text{حجم التربة الجافة} \times 100)$$

تم تطبيقها عملياً على النماذج المدروسة ظهرت النتائج الموضحة من خلال الرسم في الشكل (٣-٩) الذي بين الفرق الحاصل بحجم نموذج التربة المغمور بالماء بعد مرور ٢٤ ساعة ، ومقدار هذه الزيادة يضاف لحجم التربة الجافة داخل الأنبوبة المدرجة ليمثل لنا الحجم المغمور ، حيث كانت النتائج كما مبينة في الجدول (٣-٧) .

جدول (٣-٧) يمثل نتائج فحص اختبار الانتفاخ الحر البسيط للنماذج المدروسة .

| رقم النموذج | الحجم الجاف | مقدار الزيادة | الحجم المغمور | الانتفاخ الحر البسيط |
|-------------|-------------|---------------|---------------|----------------------|
| ١ | ٣٤٣ | ٨٩ | ٤٣٢ | ٢٥,٩٤ |
| ٢ | ٣٢٧ | ٨٠ | ٤٠٧ | ٢٥ |
| ٣ | ٣٢٠ | ٨٢ | ٤٠٢ | ٢٥,٦٢ |

بمقارنة نتائج فحص اختبار الانتفاخ الحر للنماذج المدروسة بما وجد من تصنيف يُعنى بذلك في الجدول (٢-٢) نجد بأنها تقع ضمن تصنيف واطئة الانتفاخ . ولتطبيق معادلة الانتفاخ الحر التي اقترحها (خلف، ٢٠٠٦) على النماذج المدروسة والتي تنص :

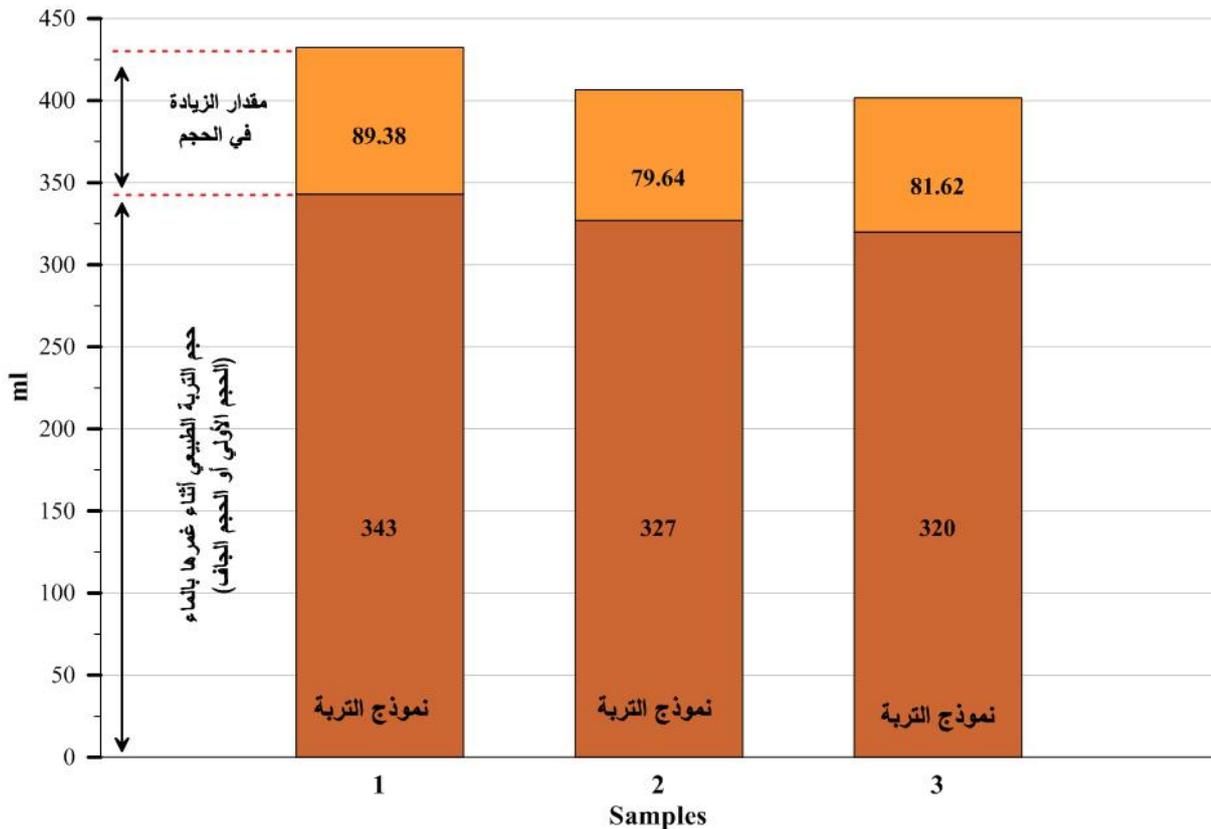
$$S = -13.47 (A)^{-0.1495} + 15.05 (C)^{0.1736} - 5.749 (A) + 4.111$$

حيث تم تطبيق هذه المعادلة على ترب النماذج المدروسة واستخدام فعالية التربة الخاصة بالنماذج حيث تم ترميزها داخل المعادلة بالرمز (A) ، ونسب الأطيان للنماذج حيث رمزت بـ (C) والانتفاخ الحر (S%) ، فكانت النتائج موضحة بالجدول (٣-٨) قبل وبعد الإضافة .

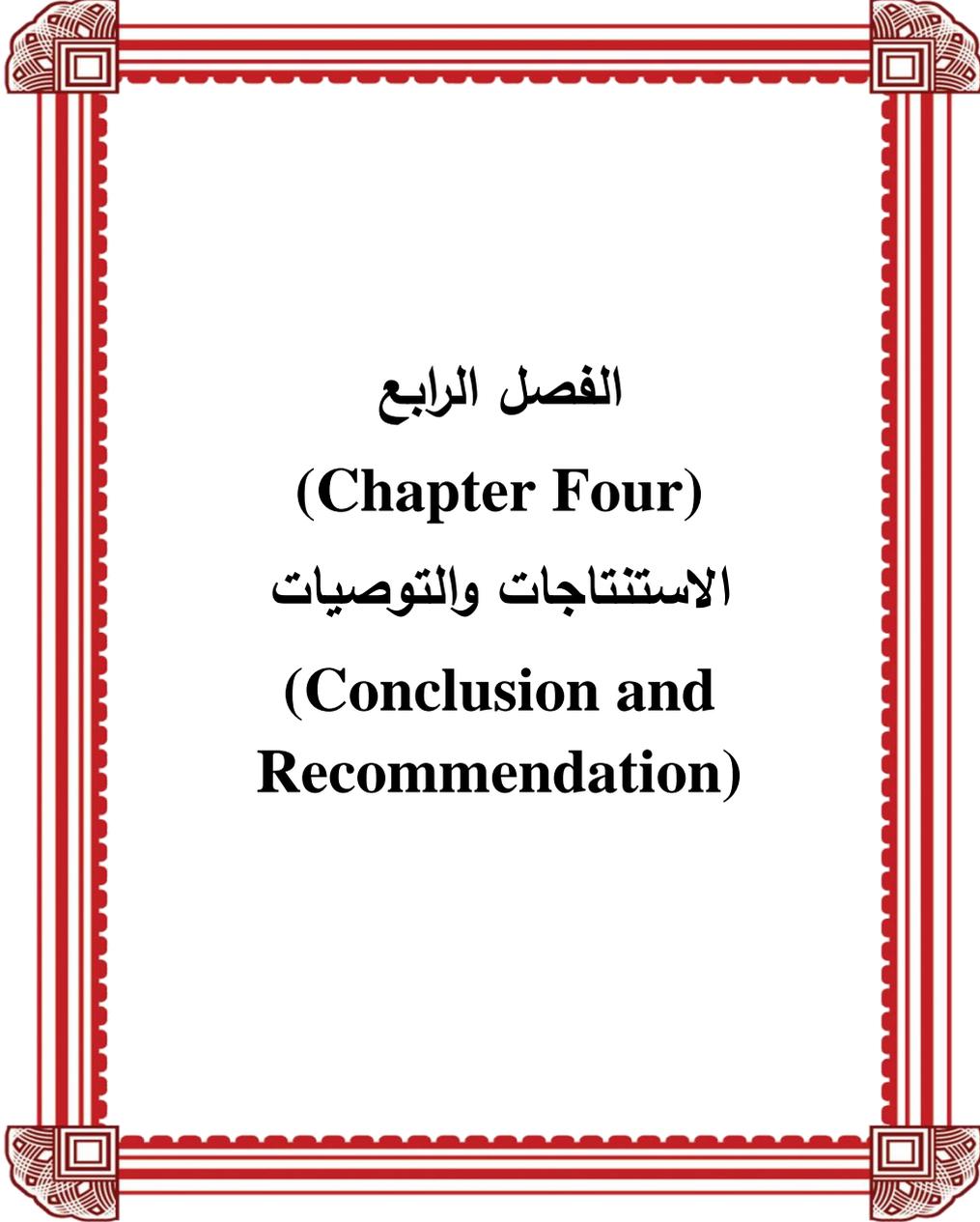
جدول (٨-٣) يمثل نتائج فحص اختبار الانتفاخ الحر باستخدام المعادلة للنماذج المدروسة .

| قبل الإضافة | | | |
|-------------|---------------|-----------------|------------------|
| رقم النموذج | نسبة الطين %C | فعالية التربة A | الانتفاخ الحر %S |
| ١ | ٥٢ | ٠,٤٦ | ١٦,٢٧ |
| ٢ | ٥٠ | ٠,٤٦ | ١٦,٠٢٧ |
| ٣ | ٥٥ | ٠,٤٩ | ١٦,٤٨ |
| بعد الإضافة | | | |
| رقم النموذج | نسبة الطين %C | فعالية التربة A | الانتفاخ الحر %S |
| ١ | ٣٩ | ٠,٤٦ | ١٣,٧٣٣ |
| ٢ | ٤٢ | ٠,٤٧ | ١٥,١٢٢ |
| ٣ | ٤٧ | ٠,٤٦ | ١٥,٣٥١ |

بمقارنة نتائج فحص اختبار الانتفاخ الحر البسيط للنماذج المدروسة مع نتائج الانتفاخ الحر باستخدام المعادلة قبل الإضافة نجد تقارب ملحوظ بقيمة الانتفاخ الحر دليل على صحة النتائج لهذه التجربة ونلاحظ بعد إضافة نسب الرمل للنماذج المدروسة أن هناك انخفاض ملحوظ بنسبة انتفاخ التربة .



الشكل (٩-٣) مخطط فحص اختبار الانتفاخ الحر البسيط للنماذج المدروسة .



الفصل الرابع
(Chapter Four)
الاستنتاجات والتوصيات
(Conclusion and
Recommendation)

الفصل الرابع

Chapter Four

الاستنتاجات والتوصيات

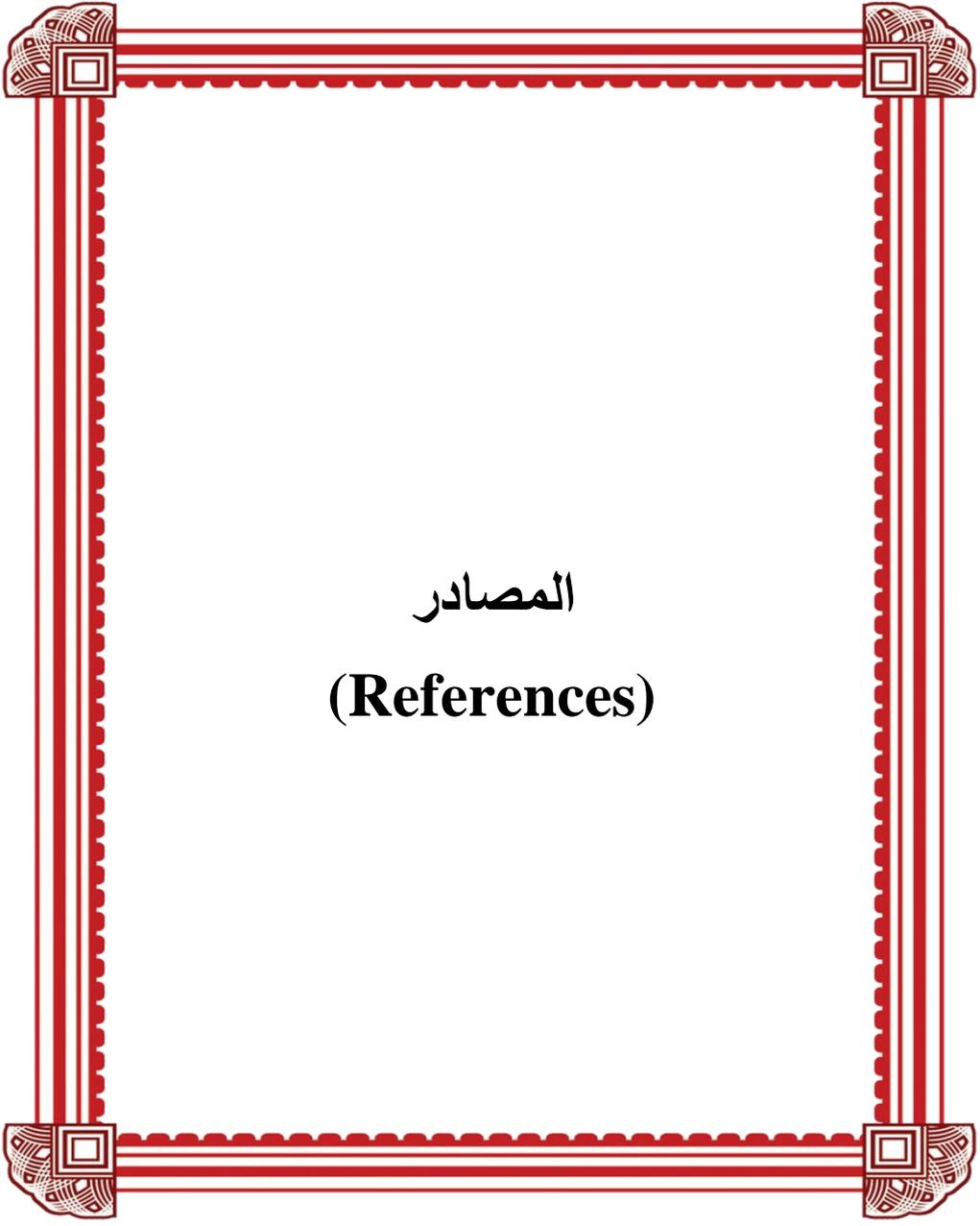
Conclusion and Recommendation

٤-١ الاستنتاجات

- ١- تعاني الترب الطينية من عدة مشاكل عند إقامة المشاة الهندسية عليها، ومن أهمها ظاهرة الانتفاخ (Swelling) والانضمام (Consolidation) .
- ٢- تعد ظاهرة الانتفاخ والتي تقابلها ظاهرة الانكماش (Shrinkage) عند التغير بالمحتوى الرطوبي للتربة من المشاكل التي تؤدي إلى تبدل حجمي وبالتالي حدوث التشوية لأساسات الأبنية المقامة عليها.
- ٣- يؤثر الانتفاخ للتربة بضغط الانتفاخ والذي يعمل باتجاه معاكس للضغط العمودي للأحمال المقامة عليها .
- ٤- يتحدد الانتفاخ للترب الطينية بمعدنيتهما ، أي بوجود معدن المنتمورلونايت .
- ٥- من خلال هذه الدراسة وجد أن الانتفاخ ذو درجة انتفاخ عالية بالاعتماد على تصانيف درجة الانتفاخ.
- ٦- إن المعالجة للترب الانتفاخية يمكن إجراؤها بعدة مضافات للتربة بعد الإنشاء مثل الرمل النهري والسمنت والنورة .
- ٧- إن المعالجة بالرمل النهري تكون أكثر اقتصادية من غيرها .
- ٨- إن المعالجة بالرمل النهري يأتي تأثيرها الهندسي من خلال تقليل اللدونة وفعالية التربة .

٤-٢ التوصيات

- ١- إجراء دراسة لمعالجة الانتفاخ بعدة مضافات للتعرف على أيهما الأنسب في المعالجة .
- ٢- عند إجراء الدراسات الجيوتكنيكية وأعداد التقارير الانشائية للترب لأغراض إقامة المنشآت الهندسية المختلفة ، لابد من إعطاء أهمية في التحري والدراسة لظاهرة الانتفاخ ، لغرض إجراء المعالجة قبل الإنشاء لتلافي الأضرار بعد الإنشاء .



المصادر
(References)

المصادر العربية

- الوائلي مكي جعفر محمد ، ٢٠١٨ ، " أساسيات ميكانيك التربة وتطبيقاته الهندسية "، مكتبة دجلة ، بغداد ، دار الواضح للنشر ،الأردن.

References

- ASTM D2216-19, Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass.
- ASTM D1140 – 17, Standard Test Methods for Determining the Amount of Material Finer than 75- μ m (No. 200) Sieve in Soils by Washing
- ASTM D7928 – 17, Standard Test Method for Particle-Size Distribution (Gradation) of Fine-Grained Soils Using the Sedimentation (Hydrometer) Analysis.
- ASTM D4318 – 17, Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils.
- ASTM D4546 .2008 "Standard Test Methods for One-Dimensional Swell or Collapse of Cohesive Soils".
- Al-Jeafir ,M. L. Hussian, (2020). " Sedimentological, Mineralogical and Environmental Study of the Euphrates River from Babylon to Basrah, Iraq". Unpublished PhD. Thesis, univ. of Basrah, Basrah ,Iraq. 238p.
- Aqrawi, A.A.M. 1993a. Recent sediments of the Tigris-Euphrates Delta: the southern marshland (Ahwar). Unpublished PhD Thesis, University of London, Imperial College of Science, Technology and Medicine. UK.
- Al-Dabbas ,M. A., Mohammed ,A., A. and Raad M. Al-Khafaji, 2012, " Dust storms loads analyses—Iraq". Arabian Journal of Geosciences volume 5, pages121–131.
- Al-Khafaji ,M. R., 2009, effects of dust storms on some Iraqi territories, Ph.D., thesis, College of Science, University of Baghdad.
- Akgün, H. , A. Günal Türkmenoğlu, A. Arslan Kalam. K. Yousefi-Bavil, G. Öner, and M. K. Koçkar, 2018. "Assessment of the effect of mineralogy on the geotechnical parameters of clayey soils: a case study for the Orta County, Çankırı, Turkey," Applied Clay Science, vol. 164, pp. 44–53, 2018.

- Benvenga, M. M. 2005. "Pier-Soil Adhesion Factor for Drilled Shaft Piers in Expansive Soil." Master's thesis, Colorado State University, Fort Collins, CO.
- Blott, S. J. and Pye, K. (2001). GRADISTAT: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surface Processes and Landforms*, vol .26, pp. 1237-1248.
- Bell, F. G. and Culshaw, M. G. (2001). Problem soils: a review from a British perspective. In *Problematic Soils* edited by Jefferson, I., Murray, E. J., Faragher, E. and Fleming, P .R.; Thomas Telford, London, pp. 1 – 36.
- Bergaya F. and Lagaly G. "General introduction,2013" in *Developments in Clay Science*, Elsevier, Amsterdam, Netherlands.
- Buday, T.,(1980). The regional geology of Iraq, (Stratigraphy and Paleogeography, D.G of Geol. Surv. And Min,Inv.publi.,Baghdad,Vol.1 ,p445.
- Capture, B.A., 2021.A group that provides scientific services for research such as aerial photographs, digital maps, satellite images, and others through, Babylon Governorates, the following link: <https://www.facebook.com/BA-Capture-112764060851552/>
- Christakos, G. (2005). A stochastic approach in modelling and estimating geotechnical data .*International Journal for Numerical and Analytical methods in Geomechanics*, vol. 11 ,Issue 1, pp. 79 – 102.
- Deikran D.B.and Yacoub S.Y.,1993."The Geology of Baghdad Quadrangle,sheet No.N1-3810.Scale 1:250000,Int.Rep.Geosurv, Baghdad, Iraq, 21P.
- Elkateb, T., Chalaturnyk, R. and Robertson, P. K. (2003). An overview of soil heterogeneity :quantification and implications on geotechnical field problems. *Canadian Geotechnical Journal*, vol. 40, pp. 1 – 15.
- Engelhardt, W.V., 1977. "The origin of sediments and sedimentary rocks". E. Schweizerbart scherverlags buchradlungen (Nagleu. Obcrmiller) Stuttyart 354pp.
- Flogeac, K., Guillon, E., Aplincourt, M., Marceau, E., Stievano, L., Beaunier, P. and Frapart, Y .M. (2005). Characterization of soil particles by X-ray diffraction (XRD), X-ray photoelectron spectroscopy (XPS), electron paramagnetic resonance (EPR) and

- transmission electron microscopy (TEM). *Agronomy for Sustainable Development*, vol. 25, pp. 345 – 353.
- Ferber, V., Auriol, J.C., Cui, Y.J., Magnan, J.P., 2009. On the swelling potential of compacted high plasticity clays. *Engineering Geology* 104, 200–210.
 - Jones, L. ,V. Banks, and I. Jefferson.2020." Chapter 8 Swelling and SS,"Geological Society", London, Engineering Geology Special Publications, London, UK.
 - Jassim, S. Z. and Goff, Jeremy. C., (2006). *Geology of Iraq*. First ed, Czech Republic, p341.
 - Jassim, S. Z. and Karim, S. A., 1984. Final report on the regional geological survey of Iraq. Vol.4. Paleogeography. Manuscript report, Geological Survey of Iraq.
 - Katti, R. K., D. R. Katti, and A. R. Katti. 2002. *Behaviour of Saturated Expansive Soil and Control Methods*, Revised and enlarged edition, The Netherlands: Balkema.
 - Lambe, T. W., and R. V. Whitman. 1969. *Soil Mechanics*. New York: John Wiley and Sons.
 - Lucian, C. 2008." *Geotechnical Aspects of Buildings on Expansive Soils in Kibaha, Tanzania* "Doctoral Thesis, Division of Soil and Rock Mechanics Department of Civil and Architectural Engineering Royal Institute of Technology Stockholm, Sweden.
 - Lucian, C., Hintze, S. and Stille, H. (2007). Geotechnical characteristics of swell-shrink soils in Kibaha, Tanzania. *Global Journal of Engineering Research*, vol. 6, No. 1, pp. 25-30.
 - Nelson, J. D., Z. P. Fox, and E. J. Nelson. 2014. "In Situ Measurement of Steel Push-Piles and Helical Piers in Expansive Soils." *Proceedings of the UNSAT2014 Conference on Unsaturated Soils*, Sydney, Australia.
 - Nelson, J. D., K. C. Chao, Z. P. Fox, and J. S. Dunham-Friel. 2013. "Grouted Micropiles for Foundation Remediation in Expansive Soil." *Proceedings of the Center for Innovative Grouting Materials and Technology (CIGMAT) Conference*, Houston, TX, 20–42.
 - Norbury, D.,(2016)." *Soil and Rock Description in Engineering Practice*". Honorary Professor in Engineering Geology, University of Sussex, UK.321p.

- Tehrani, K. 2016 “Developing a new-instrumented soil column to study climate-induced ground movement in expansive soil”, Doctoral Dissertation, Queensland University of Technology, Brisbane, Australia.
- Younas, M. J. (2017). "Advanced Soil Mechanics Laboratory Manual (Ge-501)". Pakistan: University Of Engineering & Technology .
- Yongue F., R.; Ndimukong, F.; Njoya, A.; Kunyukubundo, F.; Mbih, P.K. 2016" Mineralogical, geochemical, physical characteristics and properties of their fired products". J. Asian Ceram. Soc.
- Zamin, B. H. Nasir, K. Mehmood, and Q. Iqbal. 2020. “Field-obtained soil-water characteristic curves of KPK expansive soil and their prediction correlations,” Advances in Civil Engineering, vol. 2020, Article ID 4039134, 13 pages.

Summary

The research included conducting a study of three samples of clay soil, in the province of Babylon Governorates, which aims to treat the clay soil in which the phenomenon of swelling appears in the presence of moisture. By one of the well-known treatment methods, the research was limited to adding river sand to the three soils.

The field work included conducting a field observation, and then three sites were selected, distributed in the areas of Al-Qasim, Al-Shumali and Al-Tali'a within the province of Babylon Governorates. Excavations were carried out and samples were taken and brought for laboratory testing purposes.

As for the stage of laboratory work, it included tests for free swelling of the original soil to ensure its swelling, granular volume distribution, fluidity and plasticity, and then obtaining the plasticity index and soil effectiveness. It was conducted in two stages, the first on the soil before adding and the second after adding 10% of river sand, to the first sample and adding 20% of the river sand to the second sample and 30% to the third sample of the original soil.

It was found through the results obtained from laboratory tests that the percentage of free swelling ranged between (25%) to (25.94%). The percentage of clay ranged between (50-55%), silt between (37-38%), and sand between (8-12%) for the original soil, and after addition, the percentages of clay ranged between (39-47%), and the percentage of silt ranged between (25-41%)., sand (20-32%). Thus, the plasticity values ranged between (23-27%), for the original soil and after addition, the plasticity ranged between (20-25%). As for the activity of the soil, it ranged between (0.46-0.49) for the original soil and for the soil after addition between (0.46-0.47).

Through these results, it was found that the percentage of sand added to the studied models led to a reduction in plasticity and thus reduced free swelling more and more, up to the third model, where the treatment of this phenomenon can be succeeded.

**Republic of Iraq
Ministry of Higher Education and
Scientific Research
University of Babylon
College of Science
Department of Applied Geoscience**



**Treatment of Swelling Phenomenon for Selected
Swollen Clay Soils in Babylon Governorate**

A Thesis

Submitted to the Council of
the College of Science/University of Babylon In Partial
Fulfillment of The Requirements for The Degree of Higher
Diploma in science / applied geology

by

Mohamed Saeed Ismaeel Fadel

B.Sc. Applied Geology / College of Science / University of
Babylon (2015)

Supervised by

Asst. Prof.:

Muhsen Obaed Khalaf Al-Khakani

2021 A.D

1442 A.H