

EFFECT OF SOIL DEPTHS AND SOME DYNAMIC AND MECHANICAL PROPERTIES ON OPERATION CREEPING OF RAZAZA DRAINAGE

تأثير أعماق التربة وبعض الصفات الميكانيكية والديناميكية لها في عملية زحف
بزل الرزازة

مرتضى جليل إبراهيم
أستاذ مساعد/ كلية الزراعة / جامعة كربلاء

محمد مسلم عويد
رئيس مهندسين اقدم
مديرية الموارد المائية – كربلاء

Abstract الخلاصة

في ضوء عملية تحري فحوصات التربة العائدة لبزل الرزازة على طول امتداده البالغ ٢٥ كم تقريبا ولعمق سبعة أمتار، تم دراسة بعض الصفات الميكانيكية والديناميكية لها، مثل المحتوى الرطوبي والكثافة الظاهرية وحد السيولة، وحد اللدونة ومؤشر اللدانة. لغرض معرفة اسباب جريان التربة التي تعمل بدورها على تقليل العمق التصميمي للبزل وبالتالي عدم تصريف المياه الواصلة اليه مما يعمل على ارتفاع المياه الجوفية في عموم الاراضي الزراعية العائدة لمحافظة كربلاء. استخدم تصميم القطاعات العشوائية الكاملة Randomized Complete Block Design (RCBD) حيث مثلت القطاعات أعماق التربة الأربعة مقياسا بالمتر :-
 $R_1(0-2.0\text{ m})$, $R_2(2.0-3.5\text{m})$, $R_3(3.5-5.5\text{m})$, $R_4(5.5-7.0\text{m})$ أما المعاملات فقد مثلت الصفات الميكانيكية والديناميكية هنا وعلى الترتيب الآتي:
 t_1 (حد السيولة Liquid limit)، t_2 (حد اللدونة Plastic limit)، t_3 (مؤشر اللدانة Plastic index)، t_4 (محتوى الرطوبة Water content)، t_5 (الكثافة الظاهرية Bulk Density). وبعد تحليل البيانات إحصائيا تبين الآتي :
الأعماق أعطت فرق معنوي لمستوى ٠.٠١ ما بين العمقين الاول والثالث تحديدا ، ولمستوى ٠.٠٥ فيما بينها بشكل عام . في حين أعطت المعاملات فروق معنوي لمستوى 0.01 بين المعاملتين t_1 (حد السيولة) و t_5 (الكثافة الظاهرية)، و لمستوى ٠.٠٥ ما بين بقية المعاملات .
وباستخدام البرنامج الإحصائي SPSS تم التوصل الى المعادلات الخطية التخمينية التي توضح علاقة التأثيرات المتغيرة بالتأثيرات المستقلة و المعرفة بدلالة حد السيولة او بدلالة الكثافة الظاهرية . والتي من خلالها اختيرت المعادلات التي تسهم في منع عملية الزحف عن طريق خفض قيمة حد السيولة المسؤول عن هذه الحالة .

ABSTRAC

Through operations of investigation on soil test along Razaza drainage which is about 25km. the surface and for seven –meter –depth for some mechanical and dynamic properties (i.e. mechanical such as moisture content, bulk density and other dynamic properties such as liquid limit ,plastic limit and plastic index). Were studied to know the reasons which make drainage soil creeping resulting in reducing the drainage depth and this in turn raise will the level of ground water higher all over Karbala cultivated area .Randomized Complete Block Design (R.C.B.D.) was used. Four soil depths were tested {i.e. $R_1(0-2.0\text{m})$, $R_2(2.0-3.5\text{m})$, $R_3(3.0-5.5\text{m})$, and $R_4(5.5-7.0\text{m})$. Five treatments were adopted (i.e. liquid limit, plastic limit, plastic index, moisture content and bulk density) representing here after by t_1 , t_2 , t_3 , t_4 , and t_5 respectively. Results could be summarized as follows:-

A significant effect was found due to soil depth especially for those taken from 1st and 3rd depths at 0.01 level when between the rest depth significant at 0.05 .A marked influence for treatment at P 0.01 was found especially between liquid limit and bulk density. On the other hand, there was significant effect at 0.05 between other treatments. Linear regression equation was calculated between dependent and independent variable, by using SPSS program to explain two properties i.e. liquid limit and bulk density only .Using these two properties, better linear equation could be obtained, preventing the liquefaction behavior of creeping by reducing liquid limit values.

1-المقدمة Introduction

لاشك أن مكونات المواد تعكس الصفات العامة لها سواء كانت الفيزيائية ام الكيمايائية. والتربة واحدة من تلك المواد التي توصف بهاتين الصفتين فضلا عن الجانب البيولوجي، وكل من هذه الصفات لها تأثيرات يمكن ان تظهر فيما بعد على الوضع العام للتربة ومن ثم تظهر تلك التأثيرات بشكل بارز كما هو الحال في عملية الزحف التي تعرضت لها (١). ومن الصفات التي تدخل في ضمن موضوع دراستنا هي الصفات الميكانيكية والديناميكية فمن الصفات الميكانيكية كل من المحتوى الرطوبي والكثافة الظاهرية اللذان يشكلان جزءا من صفات ميكانيكية أخرى مثل ،بناء التربة ،المسامية ،الكثافة الحقيقية ،علما بأن هذه الصفات يمكن ان يعكس بعضها على البعض الآخر ، فمثلا الكثافة الظاهرية تعكس بناء و معادن التربة الموجودة فيها وبالوقت نفسه تكون قيمة تلك الكثافة الظاهرية مرتبطة ارتباطا عكسيما مع زيادة نسبة المحتوى لرطوبي للتربة (٢). و من قيم المحتوى الرطوبي يمكن ان نعرف ايضا على صفة ميكانيكية اخرى وهي المسامية التي تؤثر على مقدار التغير في قيم الكثافة الظاهرية نتيجة اختلاف قيم ونسب ذلك المحتوى الرطوبي داخل التربة (٣).

اما الصفات الديناميكية والتي تعرف أيضا بالصفات السلوكية Behavior Properties فليها يتوقف حساب مقدار الجهود التي تتعرض لها التربة (٤). كما لها تأثيرات اخرى عند دراسة كل من تلك الصفات على حدا فمثلا حد السيولة وحد اللدونة ومؤشر اللدانة تلعب ا دورا كبيرا في تشكيل بناء التربة (٣). في حين معامل القص shear modulus ونسبة الترتيب damping ratio بواسطتهما يمكن التنبؤ بمدى تحسس الأبنية الهندسية بالصفات الجيوتكنيكية geotechnical (٥). علما بأن كل من الصفات الميكانيكية والديناميكية تتداخل فيما بينها باعتبارها صفات فيزيائية واحدة لتعطي قابلية تشكيل التربة سواء كانت في الحقل من جراء عمليات الزراعة أم في المختبر تحت عوامل الدراسة. فمثلا قيمة حد السيولة ودليل اللدانة يرتبطان مع عدد الأغلفة المائية المحيطة بدقائق التربة او الغرويات سواء كانت المعدنية منها أم العضوية ،أي إن هذا يشير الى وجود ارتباط واضح ما بينهما وبين المحتوى الرطوبي (٣). كما ان المحتوى الرطوبي له الاثر على صفتي البلاستيكية وحد السيولة اللذان يتحكمان ببناء وتشكيلات التربة التي بمجرد ما يختلف بناءها يتغير فيها المحتوى الرطوبي والمسامية وكذلك النفاذية ومن ثم على الصفة العامة للتربة لان هاتين الصفتين وهما البلاستيكية وحد السيولة يعتبران من الثوابت التي يمكن بواسطتهما التعرف على ديناميكية للتربة (٦).

ومن المعلوم ان الصفات المتعددة مثلما تتباين في مقدار قيمها بالعمق الواحد. فان الاعماق المتعددة قد تتباين فيها ايضا قيمة الصفة الواحدة وذلك اعتمادا على مؤشرين مهمين هما اختلاف قيم تلك الصفات وتعدد السلوكيات الكثيرة التي تحصل لها في التربة بصورة مستمرة ما هو كيميائي أم فيزيائي أم بيولوجي والتي تختلف من مكان إلى آخر (٧). لذا فان الهدف من هذا البحث هو لدراسة مقدار التغير في قيم المعاملات الفيزيائية الخاضعة للدراسة (الميكانيكية والديناميكية) في التربة سواء كان مظهرها ام عمقها وانعكاس تغيرات تلك القيم على طبيعة التربة العام لأجل الخروج بنتيجة ميدانية يمكن اعتمادها لإغراض الحد من زحف البزل .

2 – المواد وطرائق العمل Materials and Methods

قدرت الصفات الفيزيائية بحسب الطرائق المذكورة عند (٨):

Rafidian Engineering Laboratory Baghdad (1978)

أ- المحتوى الرطوبي (W.C) Water Content

عن طريق تجفيف نموذج التربة على درجة حرارة ١٠٥ م وحتى استقرار الوزن بعد التجفيف وبطريقة النسبة المئوية بعد اعتماد كتلة الرطوبة وكذلك كتلة التربة الجافة.

ب-الكثافة الظاهرية (B.D) Bulk Density

تم تقديرها بأخذ كتلة من التربة الجافة وترتبط بخيط رفيع وتوزن بالهواء بعد ذلك تغمر في براقين منصهر بدرجة حرارة حوالي ٦٠ م وتوزن مع البراقين في الهواء ثم توزن في الماء ومن الفرق بين الاثنتين تستخرج الكثافة علما بأن طريقة اخذ العينات استخدمت طريقة Core method.

ج-حد السيولة (L.L) Liquid Limit

تم قياسها بواسطة الآلة التي صممها Gass grand وهي عبارة عن إناء دائري توضع فيها عجينة التربة ثم يقطع فيها قطع طولي على (شكل رقم ٧) وتدق بواسطة آلة خاصة مرتبطة بالإناء ويستمر الطرق حتى يغلق القطع بعدد معين من الضربات، عندها تقدر النسبة المئوية للرطوبة في نموذج التربة لتمثل حد السيولة ،فإذا انغلق الشق بعدد اقل أو أكثر من الضربات وجب إضافة التربة أو الماء حتى يصل حد السيولة .

د-حد البلاستيكية (حد اللدونة) (P.L) Plastic Limit

ويعني النسبة المئوية للرطوبة على أساس الوزن الجاف والتي عندها يمكن قتل التربة على شكل قضيب رفيع بقطر حوالي (٣ ملم) وعند الاستمرار بالفتل ينكسر القضيب ويتم تعيين هذا الحد بواسطة عمل عجينة من التربة والماء ثم تعجن باليد حتى تصبح في حالة لدنة ثم يعمل منها قضيب بقطر حوالي (٣ ملم) فعندما يبدأ هذا القضيب بالتكسر إلى قطع بأطوال تتراوح ما بين (٦-١٠) ملم عندها تقدر النسبة المئوية للرطوبة في مثل هذه التربة لتمثل حد اللدونة .

هـ مؤشر اللدانة (P.I) Plasticity Index

وهو الفرق بين نسبة الرطوبة في حد السيولة ونسبة الرطوبة في حد اللدونة، كلما زادت قيمة هذا الرقم كانت لدونة التربة اكبر وطبقا للعالم Atterberg فإن الترب التي حدود مرونتها اكبر من ١٧ تسمى بالترب اللدنة كما هو الحال في الترب الطينية، أما التي عدد اللدونة فيها بين (٧-١٧) تسمى بالترب المتوسطة اللدونة كما هو الحال في الترب الغرينية الطينية والتي عدد اللدونة لها اقل من ٧ يطلق عليها منخفضة اللدونة كما هو الحال في الترب الغرينية إما الترب التي عدد لدونتها صفر فهي الترب العديمة اللدونة مثل الترب الرملية .

استخدم تصميم التحليل الاحصائي Randomized Complete Block Design (RCBD) . بحيث مثلت القطاعات Blocking الاعمق الاربعة وهي:

R₁ (0-2.0m), R₂ (2.0-3.5m), R₃ (3.5-5.5m), R₄ (5.5-7.0m) أما المعاملات Treatment فقد مثلت الصفات الميكانيكية والديناميكية وعلى الترتيب الآتي:

t₁ (حد السيولة Liquid limit)، t₂ (حد اللدونة Plastic limit)، t₃ (مؤشر اللدانة Plastic index)، t₄ (محتوى الرطوبة Water content)، و t₅ (الكثافة الظاهرية Bulk Density).

وبعد جمع البيانات حلت احصائيا بالطريقة الموضحة عند (٩) و(١٠) و(١١). ثم استخدم برنامج SPSS لايجاد المعادلات التخمينية التي توضح العلاقة ما بين القيم الثابتة X والقيم المتغيرة Y.

3- النتائج والمناقشة Results and Discussion

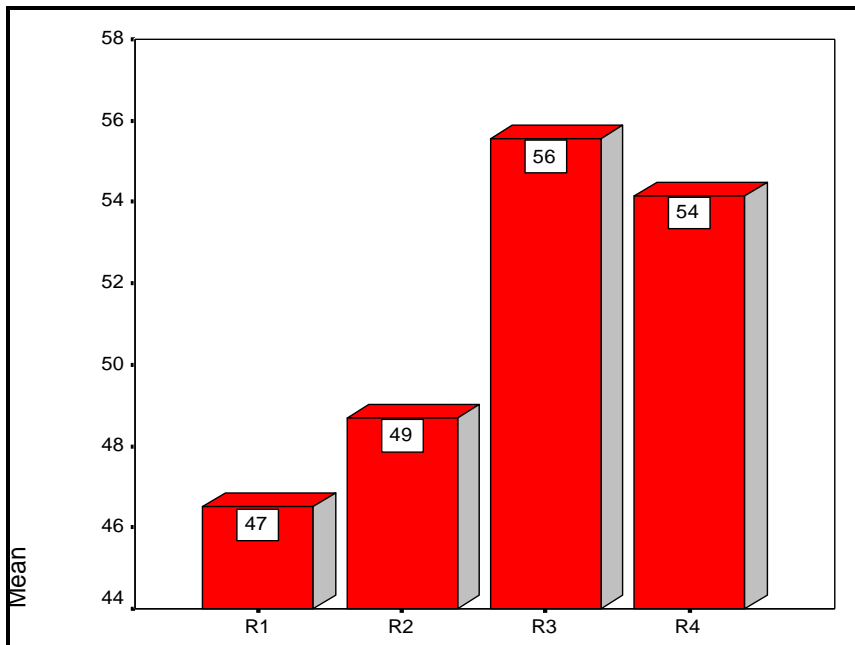
٣-١ تأثير أعماق التربة Effect of soil depths

من (ملحق جدول ١) نلاحظ إن أعماق التربة أعطت تأثيرا معنويا عند مستوى احتمال 0.05 على كل المعاملات المدروسة. وللتعرف على توزيع هذه المعنوية ما بين أعماق التربة أجرينا اختبار دنكن، الذي أوضح أن الاختلاف المعنوي كان ما بين العمقين الأول والثالث (ملحق جدول ٢) وهذا قد يرجع إلى:

- ١- اختلاف مقدار الرطوبة أو متوسط قيم الصفات الفيزيائية فيها .
- ٢- مقدار قيمة تداخل المعاملات المدروسة في العمق الثالث اكبر من قيمتها في العمق الأول، وان هذا الفرق ما بينهما هو الذي أدى إلى خلق حالة التمدد والتقلص ومن ثم ظهور ظاهرة الزحف التي تعرض لها البزل كما هو عليه في الواقع . ولأجل تحديد أي من المعاملات الخمسة التي كانت وراء هذا الزحف التجأنا إلى دراسة كل معاملة على حدا وكما يأتي:

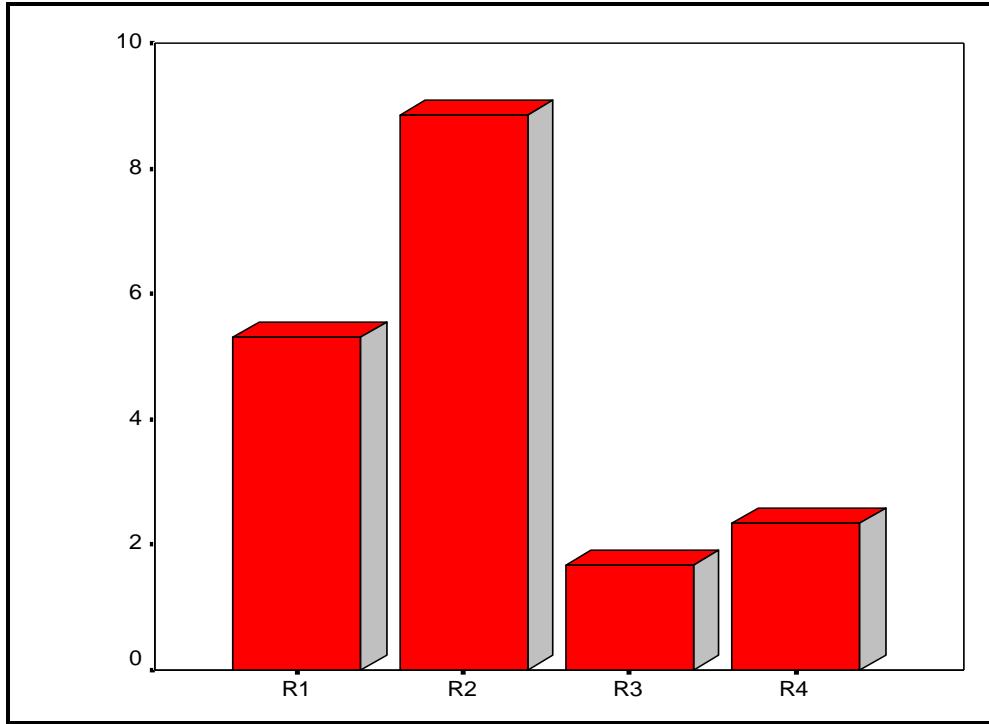
١- أ- ٣- حد السيولة Liquid limit

من (ملحق جدول ٣) نلاحظ إن حد السيولة له تأثير معنوي متباين في الأعماق إذ بلغ أعلى متوسط لها عند العمق الثالث ثم تلتها الأعماق الأخرى وهي الرابع والثاني وأخيرا العمق الأول (شكل ١). وهذا الاختلاف في قيمة حد السيولة ساعد على حصول عملية الزحف بين الأعماق الذي ابتداء من الموقع الثالث وذلك بسبب حصول عملية الانتفاخ Swelling أو عملية جريان التربة للذان يرتبطان معا بشكل ايجابي مع محتوى ا لطين فيها (٦). كما إن العمق الثالث أعطى فرق معنوي لمستوى تأثير 0.01 مع كل من العمقين العلويين هما الأول والثاني في حين مع العمق الذي يقع الى الاسفل منه وهو العمق الرابع كان له تأثيرا معنويا عند مستوى ٠.٠٥، وقد يرجع سبب ذلك إلى ارتفاع قيمة متوسط التأثير العام له (شكل ١) .



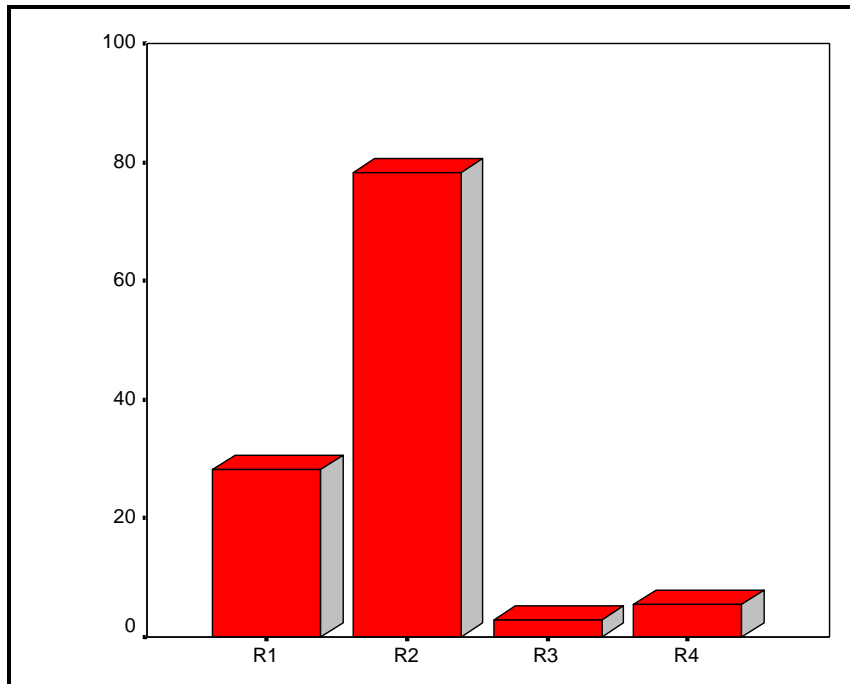
شكل ١: يوضح متوسط حد السيولة في الأعماق الأربعة (R₄, R₃, R₂, R₁) مقاسة بوحدات المتر

والى انخفاض كل من متوسط قيمتي التباين والتشتت القياسي داخل العمق الثالث (الشكلان ٢ و ٣). أما تأثيرات حد السيولة في العمق الرابع كان احدهما 0.01 مع العمق الأول و 0.05 مع العمق الثاني في حين لم تكن معنوية ما بين العمقين الأول والثاني.



شكل ٢: يوضح التشتت القياسي في مقدار حد السيولة في لأعمق الأربعة (R_4, R_3, R_2, R_1) مقاسة بوحدات المتر

وفي ضوء هذا التباين لتوزيع حد السيولة سننتبأ كذاك في مقدار الانتفاخ للتربة لان قيم حد السيولة مرتبطة بمحتوى الطين الذي يتحكم بدوره في ظاهرة الانتفاخ الحاصل في التربة (٦). وإن الانخفاض في مقدار حد السيولة دليل على انخفاض نسبة المحتوى الطيني الذي يعطي مؤشراً آخر عن انخفاض مقاييس صفات التربة الأخرى (١٢).

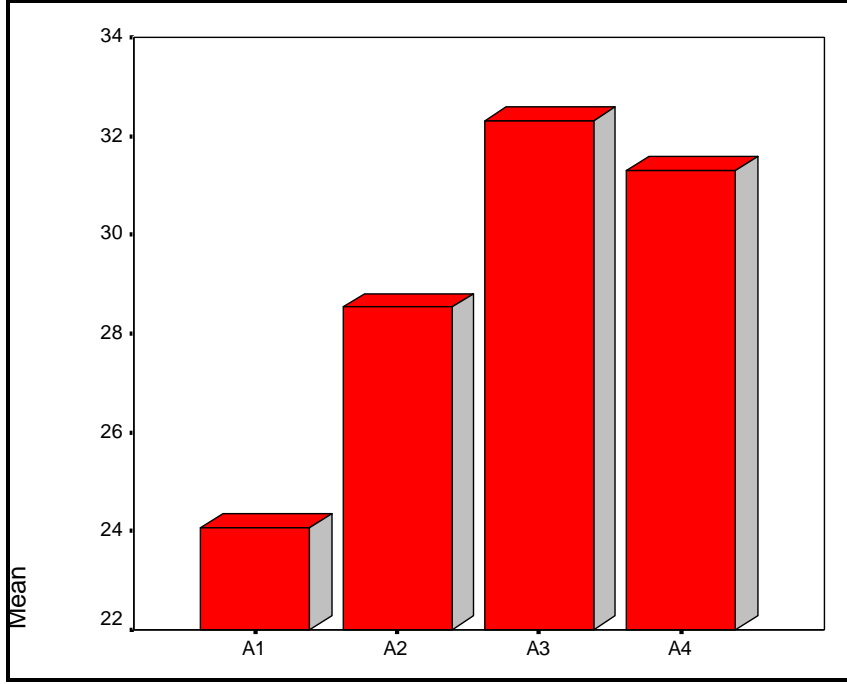


شكل ٣: يوضح التباين بمقدار حد السيولة في لأعمق الأربعة (R_4, R_3, R_2, R_1) مقاسة بوحدات المتر.

قد جاءت النتائج متففة مع ماتوصل اليه (13). كما توصلنا إلى وجود معامل ارتباط جيد ما بين المحتوالبوطبي و حد السيولة عن طريق تطبيقات سرعة موجة بيئا.

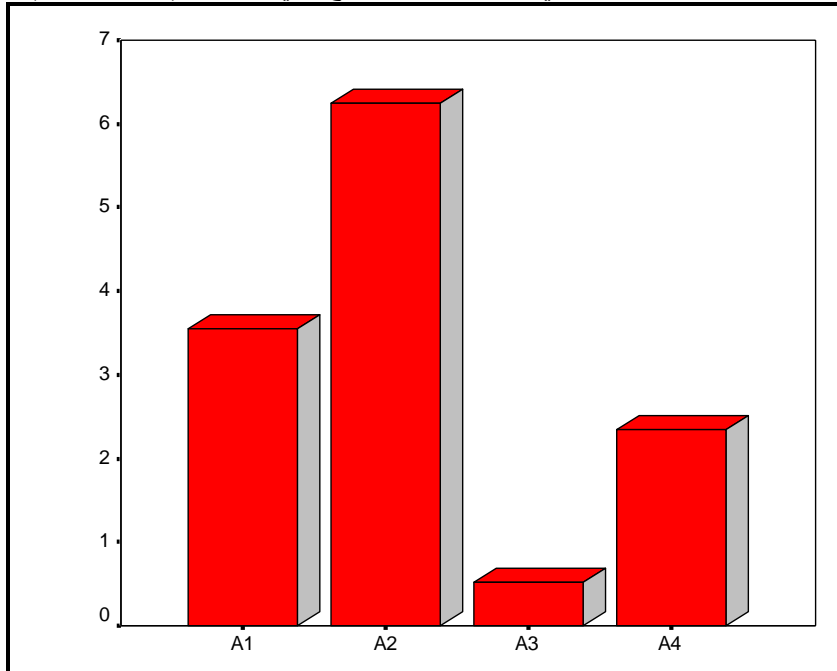
٢-٣ حد البلاستيكية (حد اللدونة) Plastic limit

نلاحظ (ملحق جدول ٤) بأن هنالك تأثير معنوي في الأعماق عند مستوى 0.01 و 0.05 راجعة إلى حد اللدونة ويمكن إيضاها كما ياتي: العمق الثالث (5.5-3.5 متر) أعطى أعلى متوسط مقارنة مع الاعماق الاخرى وهذا ينسجم مع ما وجد كذلك في حد السيولة انفة الذكر لهذا العمق نفسه، ثم تتالت بعده، العمق الرابع، العمق الثاني وأخيرا العمق الأول الذي حضي بأقل متوسط أسوة بحالة السيولة انفة الذكر أيضا. وقد يرجع تفوق العمق الثالث الى ارتفاع قيمة متوسط حد البلاستيكية مثلما واضح من (شكل ٤).



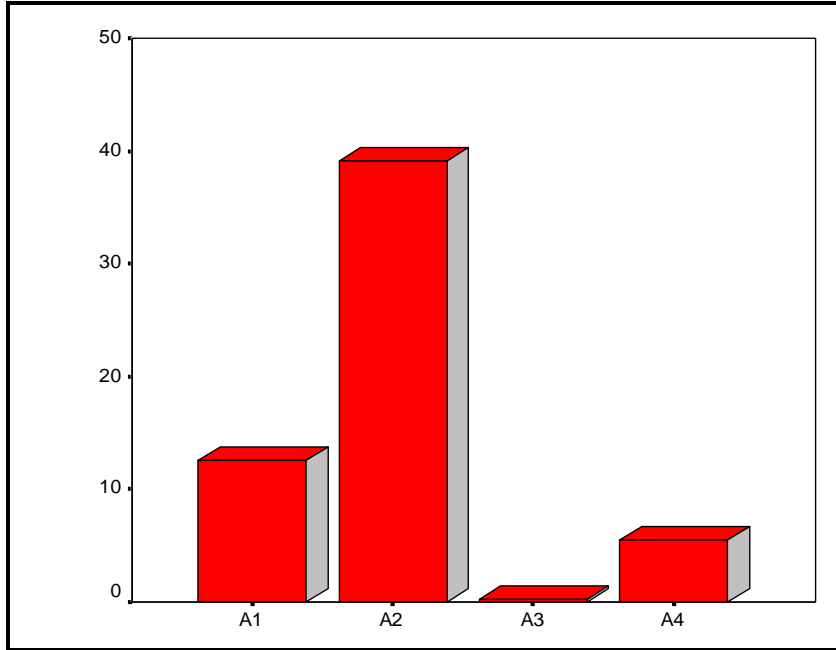
شكل ٤: يوضح مقدار متوسط حد البلاستيكية في الأعماق الأربعة (A₄, A₃, A₂, A₁) مقاسة بوحدات المتر.

في حين لم تظهر تلك الفروقات ما بينه وبين العمق الرابع بسبب تقارب قيمة متوسطي حد اللدونة للعمقين الثالث والرابع وكذلك تقارب قيمة متوسطي كل من التباين والتشتت القياسي لهما أيضا مقارنة مع باقي الاعماق (الشكلان ٥ و ٦).



شكل ٥: يوضح مقدار التشتت القياسي في الأعماق الأربعة (A₄, A₃, A₂, A₁) مقاسة بوحدات المتر.

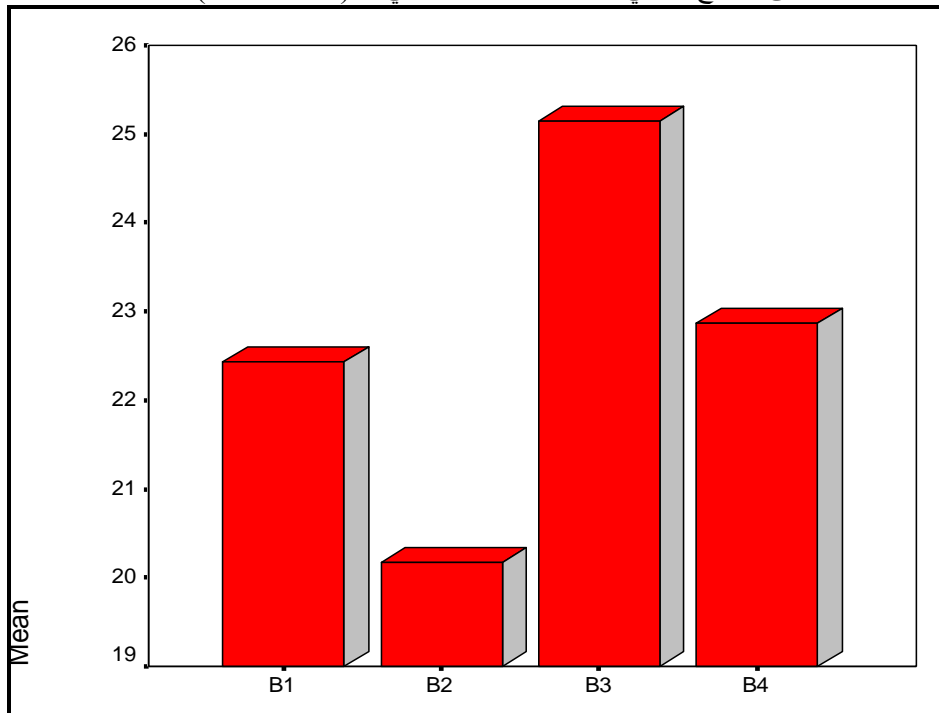
أما تأثير حد اللدونة في الاعماق الأخرى كانت معنوية لمستوى احتمال 0.01 ما بين العمقين الرابع و الأول من جهة ومابين العمق الثاني و كل من العمقين الأول والثالث لمستوى ٠.٠٥ من جهة أخرى. وقد يرجع هذا التباين في قيم حد اللدونة إلى وجود تراكيز الأملاح في التربة، إذ وجد إن قيمة حد اللدونة تزداد مع زيادة املاح التربة (١٤). وهذا ما حصل لتربة موقع الدراسة التي تملحت بفعل مياه قناة البزل. وقد جاءت النتائج متفقة مع ما توصل إليه (13).



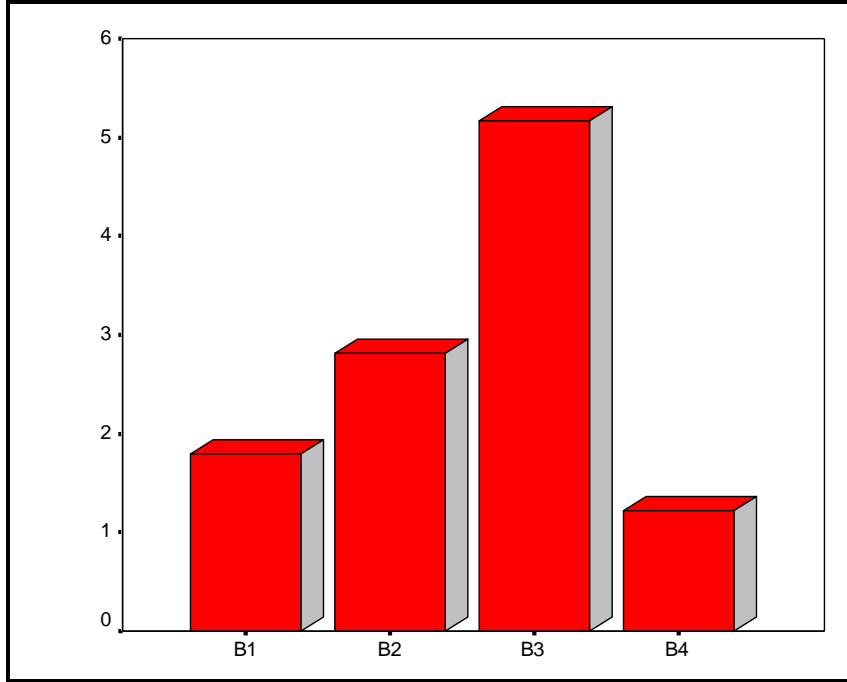
شكل ٦: يوضح مقدار التباين في حد البلاستيكية في الأعماق الأربعة (A₄, A₃, A₂, A₁) مقاسة بوحدات المتر

٣-٣ مؤشر اللدونة Plastic index

يعد مؤشر اللدونة فضلاً عن مؤشرات أخرى من أدوات التشخيص التي تستعمل للتعرف على كيفية معالجة تردي صفات التربة الفيزيائية تحت ظروف الغدق من جراء ارتفاع محتواها الرطوبي (14). أما تأثيرات مؤشر اللدانة هنا فقد تلاشت تقريباً باستثناء الفرق الوحيد الذي افرزه عند مستوى ٠.٠١ ما بين العمقين الثاني والثالث كما هو واضح (شكل ٧). وقد يعود غياب المعنوية ما بين الاعماق الأخرى إلى ارتفاع قيمتي التباين والتشتت القياسي له (الشكلان ٩ و٨).

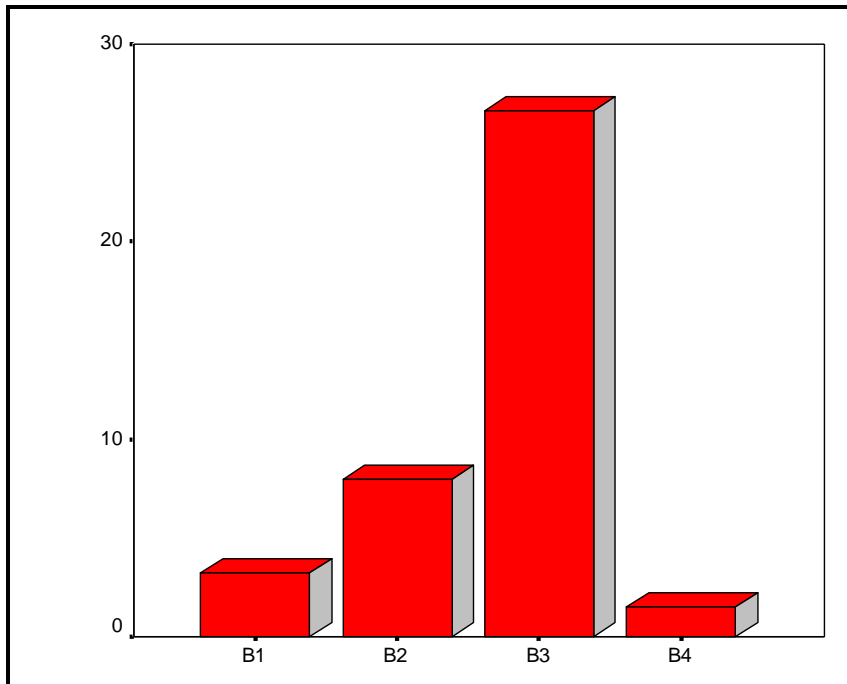


شكل ٧: يوضح متوسط مؤشر اللدانة في الأعماق الأربعة (B₄, B₃, B₂, B₁) مقاسة بوحدات المتر



شكل ٨: يوضح مقدار التثنت القياسي في مؤشر اللدانة في الأعماق الأربعة (B₄, B₃, B₂, B₁) مقاسة بوحدات المتر

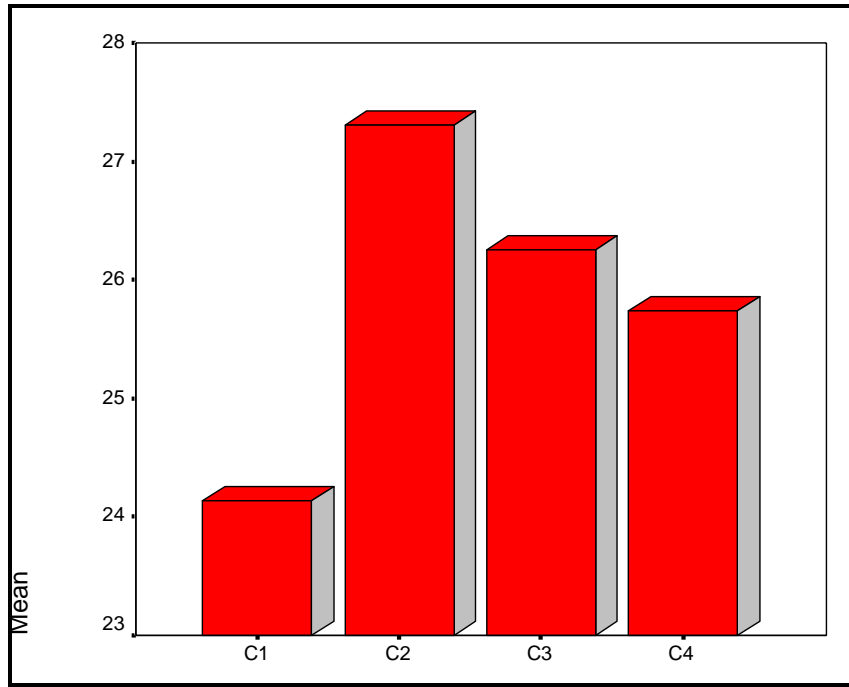
ويعني هذا إن العمقين الثالث والرابع هما اللذان يتحكمان بانتفاخ وانكماش التربة shrink and swelling بسبب ارتفاع قيمة مؤشر اللدانة فيهما مقارنة مع العمقين الباقيين وهذا يعطي انطباع عن وضع التربة في تحمل Stress التي تتعرض لها في الحقل. وان التنبؤ بهذه الجهود يعطي تحذير مسبق عن مقدار التدهور الذي تتعرض له الترب قبل استعمالها (6). وقد اتفقت هذه النتائج مع ماتوصل إليه (13).



شكل ٩: يوضح مقدار التباين في مؤشر اللدانة في أعماق الأربعة (B₄, B₃, B₂, B₁) مقاسة بوحدات المتر

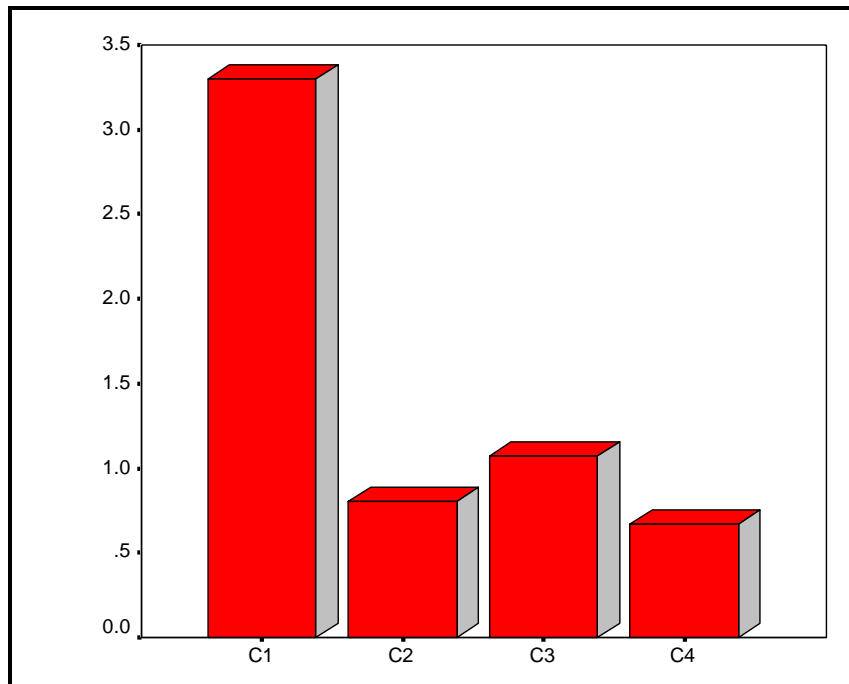
٣-٤ المحتوى الرطوبي Moisture Content

لم يسجل المحتوى الرطوبي فرقا معنويا ما بين تلك الأعماق على الإطلاق (ملحق جدول ٦). وقد يكون من بين أهم تلك الأسباب هو تقارب متوسط قيمها لاسيما في الأعماق الثلاثة الأخيرة (شكل ١٠).



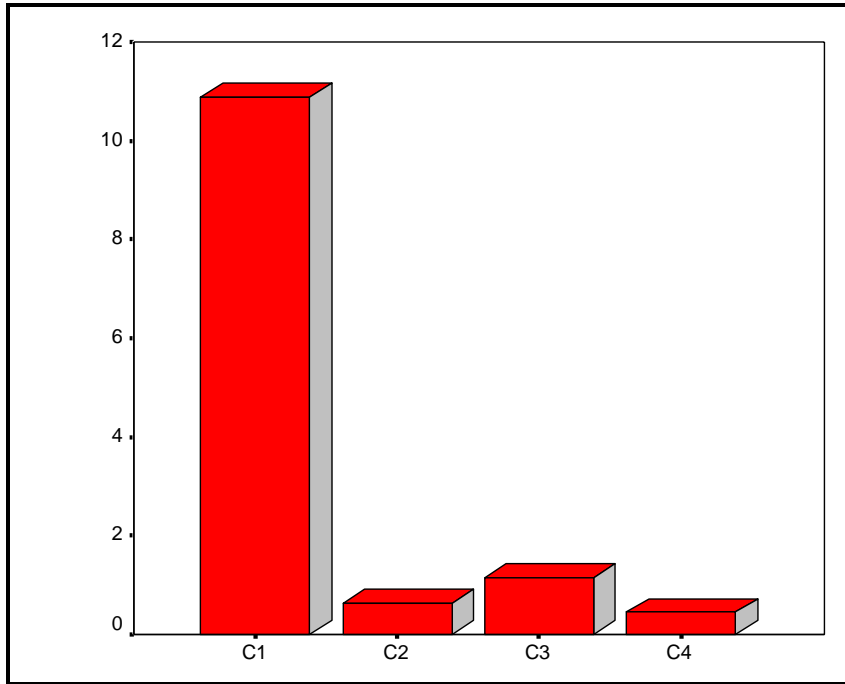
شكل ١٠: يوضح متوسط المحتوى الرطوبي في الأعماق الأربعة (C₄, C₃, C₂, C₁) مقاسة بوحدات المتر.

وكذلك الى انخفاض قيمتي التشتت القياسي والتباين كما هو واضح من (الشكلان ١١ و١٢)



شكل ١١: يوضح مقدار التشتت القياسي في المحتوى الرطوبي في الأعماق الأربعة (C₄, C₃, C₂, C₁) مقاسة بوحدات المتر

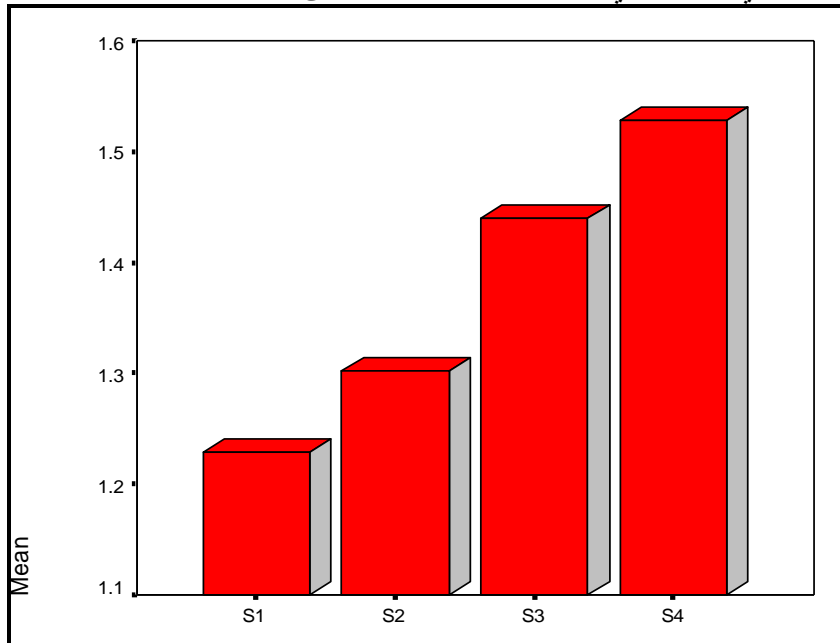
أو قد يرجع إلى اسباب اعم من ذلك مثل حجوم دقائق تربة الموقع او حجم مساماتها التي تخزن رطوبة متساوية فيها تقريبا (15). ونلاحظ ايضا تاخر قيمة المحتوى الرطوبي عند العمق الثالث من بين قيم المتوسطات الاخرى بحيث اصبح تسلسلها بالدرجة الثانية اي بعد قيمة العمق الثاني وهذا خلاف ما اعطى عند المؤشرين حد السيولة وحد اللدونة (شكل ١٠). ولحصول العمق الأول على اقل القيم يجعله قليل المقاومة للتأثيرات الميكانيكية والديناميكية سواء كانت ناتجة بشكل مباشر من المعاملات التي هي تحت الدراسة ام من تأثيرات غير المباشرة راجعة لطبيعة الموقع لان المحتوى الرطوبي القليل للتربة يضعف من تماسك دقائقها وبالتالي نقل قيمة حد اللدونة المسؤل عن التماسك كما ان المحتوى الرطوبي العالي يزيد من قيمة حد السيولة التي تسهم في جريان التربة (16). وتفتت هذه النتائج مع التي وجدت عند (13). اللذان توصلا بواسطة استعمال موجة اشعة بيتا الى وجود ترابط واضح ما بين المحتوى الرطوبي و الكثافة الظاهرية و اشارا ايضا الى ان الكثافة الظاهرية كانت افضل مؤشر للتعرف بواسطتها على قيمتي حد اللدونة وحد السيولة .



شكل ١٢ : يوضح مقدار التباين في المحتوى الرطوبي في لأعماق الأربعة (C₄, C₃, C₂, C₁) مقاسة بوحدات المتر

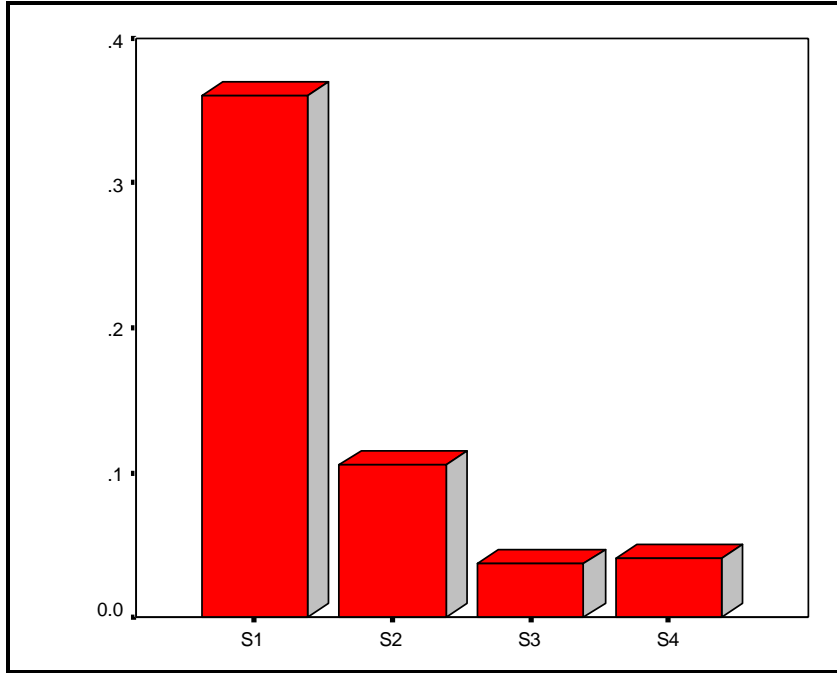
٣-٥-٣ الكثافة الظاهرية Bulk Density

لم تعط قيم الكثافة الظاهرية أي تأثير معنوي عند الاعماق وهذا قد يعود الى تقارب متوسطات قيمها من جهة (شكل ١٣) .



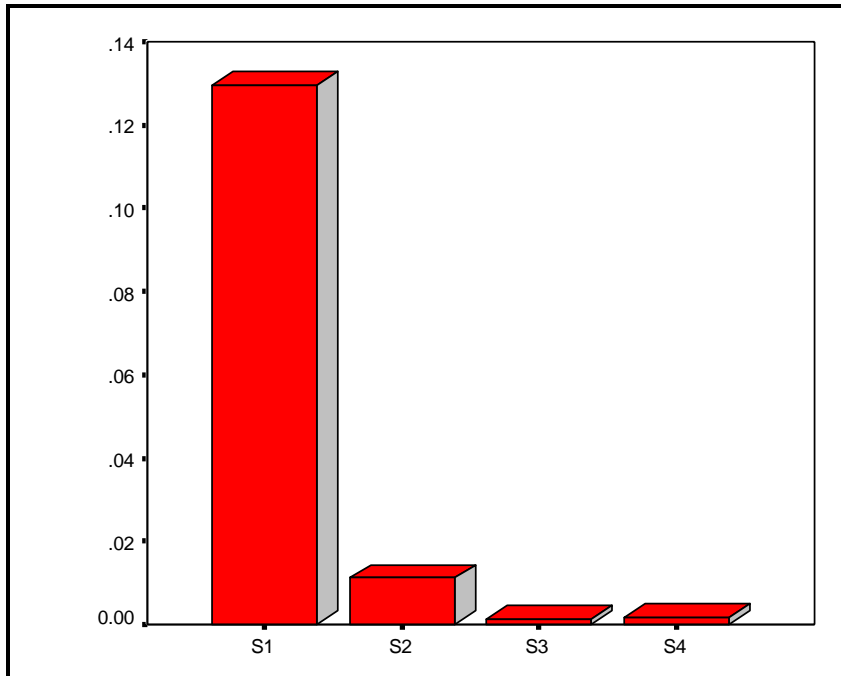
شكل ١٣ : يوضح متوسط الكثافة الظاهرية في الأعماق الأربعة (S₄, S₃, S₂, S₁) مقاسة بوحدات المتر

وإلى انخفاض قيمى التباين والتشتت القياسى كذلك من جهة ثانية لاسيما عند الأعماق الثلاثة الأخيرة (الشكلان ٤ و ١٥).



شكل ٤: يوضح مقدار التشتت القياسى للكثافة الظاهرية في الأعماق الأربعة (S₄, S₃, S₂, S₁) مقاسة بوحدات المتر

كما لوحظ إن قيم متوسط الكثافة الظاهرية تزداد بمشكل عام مع زيادة العمق كما هو واضح من (ملحق جدول ١٣).



شكل ١٥: يوضح مقدار التباين للكثافة الظاهرية في أعماق الأربعة (S₄, S₃, S₂, S₁) مقاسة بوحدات المتر

ب- 3 الصفات الميكانيكية والديناميكية *Dynamic & Mechanical properties*

من (ملحق جدول ١) توضح هنالك فرق معنوي عال جدا بسبب ارتفاع قيمة F المحسوبة إضعافا مضاعفا على قيمة F الجدولية والتي بلغت 344.29 و 6.93 على التوالي . ولأجل معرفة كيفية توزيع هذه المعنوية بين متوسطات المعاملات أجرينا لها اختبار دنكن وكانت نتائجه كالاتي :كل من معاملتي الكثافة الظاهرية وحد السيولة سجلتا فروقا معنوية مع المعاملات الأخرى لمستوى 0.01 كما إن الفرق ما بينهما كان عند 0.01 أيضا واعني الكثافة الظاهرية وحد السيولة. ولم تسجل بقية المعاملات الأخرى أي فرق معنوي بينها وهي حد اللدونة ، ومؤشر اللدونة ،المحتوى الرطوبي (ملحق جدول ٨) . وهذا قد يعود إلى تماثل نسبة المحتوى الطيني وتكوينات معادن الطين لاسيما عند الأعماق الثلاثة الأخيرة (15).بعدها أجرينا اختبارات إحصائية أخرى منها :معاملات الارتباط التي تبين من خلالها أن حالة السيولة قد سجلت فيها ارتباطات معنوية عالية لمستوى ٠.٠١ . ثم جاءت معاملة حد اللدونة في المرتبة الثانية التي سجلت ثلاث ارتباطات عند ٠.٠١ ماعدا واحدة كانت عند 0.05 . اما المرتبة الثالثة فكانت للكثافة الظاهرية التي سجلت قيمتين لمستوى 0.01 بينما قلت الارتباطات الأخرى ما بين مؤشر اللدونة والمحتوى الرطوبي (ملحق جدول ٩).

و ارتأينا كذلك ان ندرس علاقة كل من الكثافة الظاهرية وحد السيولة مع المعاملات الباقية الأخرى بشكل تأثر التابع *depended* بالمستقل *in depended* لكون هاتين المعادلتين كان لهما فروقات معنوي ما بينهما و ما بين المعاملات الأخرى من جهة ولوجود معاملات ارتباط جيدة ومتقدمة على المعاملات الأخرى من جهة ثانية ولذلك وقع عليهما الاختيار. وان الغرض من هذه الدراسة هو لتحديد أقوى هذه العلاقات والتي يعبر عنها بمعادلة خطية (17). حتى يمكن في ضوئها التعرف على نوع المعالجة التي تسهم في حد وإيقاف الزحف الذي تسبب من الزيادة العالية لقيم حد السيولة (14) .

١-ب-٣ حد السيولة (L.L) *Liquid Limit*

وهي من الفحوصات التي يمكن الاعتماد عليها في معرفة جريان التربة لاسيما عند عمليات الترتيب والغسيل لها(14).وللدور الذي يلعبه حد السيولة في التأثير على صفات التربة اعتمد اخيرا مع حجم دقائق التربة في التصنيف الحديث للاراضي لاهميتها في ذلك كما في الأبحاث الحديثة (18) ولأجل التعرف على صياغة المعادلات علينا ان نحدد العامل المستقل *in depended* والعامل التابع *depended* لذي يتأثر به . فعند اعتبار حد السيولة متغيرا تابعا ونرمز لها (Y) تكون المعاملات الأربعة الباقية متغيرات مستقلة نرمز لها (x) ينتج في ضوء هذا الفرض معادلات عديدة مبينة في (ملحق جدول 10) يمكن أن نستعرضها كما يأتي :

معادلة ١ تتميز بالاتي : معامل الارتباط لها بلغ 0.890^{**} لمستوى احتمال ٠.٠١ . مستوى التمثيل R^2 بلغ 0.793 وهذا يعني ان حوالي ٨٠% من أصل كل الاحتمالات المتوقعة تحت ظرف الدراسة هي المسببة للتغيرات الحاصلة في صفات التربة راجعة اليها. ويعني إن هذه المعادلة تعطي تمثيلا حقيقيا لكل العوامل المدروسة إذ يمكن في ضوء تطبيقها والتعويض عن قيم المتغيرات المستقلة X ان نتعرف على قيمة حد السيولة y . وعند رفع حد اللدونة من (المعادلة ١) والإبقاء على ثلاثة منها مؤشر اللدونة المحتوى الرطوبي ، الكثافة الظاهرية تعطي:

المعادلة ٢ :معامل الارتباط لها بلغ 0.890^{**} .قيمة مؤشر اللدونة بلغت ٨.٥٦٤ وهذه قيمة جيدة وعالية مما يدل على دور اللدونة الكبير في التأثيرات المدروسة .مستوى تمثيل المعادلة كان R^2 ٠.٧٩٢ وقد يرجع هذا الارتفاع الى مؤشر اللدونة العالي فيها وهذه القيمة تقترب من قيمة معامل التمثيل R^2 0.71 الذي وجد ما بين لدونة التربة و زيادة نسبة الطين المئوية (١٧). كما ان تأثير لدونة التربة يرتقي الى نفس تأثير حجم دقائق التربة على صفات التربة العامة (18) . وعند مقارنة قيم المعادلتين الباقية نلاحظ تقارب كبير فيما بينهما الى حد التشابه ، مع فرق بسيط أضافته (المعادلة ٢) وهو انخفاض في قيمة الخطأ القياسي ، وارتفاع لقيمة t العائدة لمؤشر اللدونة من $t=7.074$ في (المعادلة ١) وأصبحت $t=8.564$ في (المعادلة ٢) ، بينما تساوت قيم لمحتوى الرطوبي في المعادلتين تقريبا وكانتا 1.325 في (المعادلة ١) و 1.373 في (المعادلة ٢). بالوقت الذي كانت الكثافة الظاهرية تأثيرها متباين في المعادلتين . ونستنتج على العموم من هذه المقارنة: المعادلة ١ أفضل للتمثيل من المعادلة ٢ .

معادلة ٣ تحتوي على ثلاثة من المتغيرات المستقلة وهي حد اللدونة ، المحتوى الرطوبي ، الكثافة الظاهرية .وفي ضوء مقارنتها مع المعادلتين السابقتين يمكن إن نوجزها كالاتي :معامل الارتباط كان 0.627^{**} لمستوى 0.01 الا انه اقل من معامل ارتباط المعادلتين السابقتين الذي كان 0.890^{**} لكل منهما .مستوى التمثيل كان قليلا بحيث بلغ R^2 0.394 بينما كانت قيمة R^2 مرتفعة للمعادلتين السابقتين وقد بلغتا R^2 0.792 و R^2 0.793 للأولى والثانية على التوالي. ظهور دور كل من حد اللدونة والمحتوى الرطوبي بنسبة اكبر من دورهما في (معادلة ١)، وذلك بسبب ارتفاع قيمة t لهما وقد بلغتا 2.714 و 2.634 على التوالي بقيمة الخطأ القياسي كان 4.929 وهذا المقدار يفوق حوالي ضعفي قيمة الخطأ القياسي لكل من 2.937 (المعادلة ١) و 2.884 (المعادلة ٢) . هذه المعادلة اقل اهمية من المعادلتين الأولىيتين للأسباب المذكورة اعلاه.

المعادلة ٤ مكونة من : حد اللدونة ، مؤشر اللدونة والكثافة الظاهرية عند مقارنتها مع المعادلات الثلاثة التي سبقتها: معامل الارتباط بلغ 0.882^{**} وهذه تقترب من قيمة معامل ارتباط المعادلتين الأوليتين وتتفوق على قيمة معامل الارتباط (المعادلة ٣). مستوى التمثيل لها بلغ $R^2 0.78$ ألا أنه اقل من مستوى تمثيل المعادلتين الأوليتين بينما أكبر من مستوى تمثيل (المعادلة ٣). الخطأ القياسي بلغ 2.977 وهذا يقارب الخطأ القياسي ٢.937 2.884 العائد للمعادلتين الأوليتين على التوالي ولكنه اقل من القيمة ٤.٩٢٩ العائدة للمعادلة ٣ (ملحق جدول ٩) يمكن اعتمادها بعد المعادلتين الأوليتين وهي اكفا من المعادلة ٣. **معادلة ٥** تحتوي على حد اللدونة ، مؤشر اللدونة والمحتوى الرطوبي. ويمكن وصفها كالآتي : معامل الارتباط بلغ ٠.٨٤٨ وهذا اعلى من قيمة معامل ارتباط المعادلة ٣ واقل بقليل من قيمتي معامل الارتباط للمعادلتين الأوليتين بينما مساوي تقريبا لمعامل ارتباط المعادلة ٤. مستوى التمثيل بلغ $R^2 0.770$ وهذا منخفض عند مقارنته مع مستوى تمثيل المعادلتين الأوليتين ، بينما ارتفع على مستوى تمثيل المعادلة ٣ ، وتساوى تقريبا مع مستوى التمثيل للمعادلة ٤. مقدار الخطأ القياسي كان ٣.٠٣٣ وهذا تقارب نسبي مع الخطأ القياسي العائد للمعادلات (١ و٢ و٣) في حين يعد اقل من قيمة الخطأ القياسي للمعادلة ٣. قد يرجع ضعف هذه المعادلة الى ضعف الروابط ما بين دقائق التربة وبالتالي خفض قوة التماسك فيها (Lebron 1994 et al). تسلسل اعتمادها يأتي بعد (المعادلات ١ و٢ و٤).

معادلة ٦ تمثل هذه كل من حد اللدونة ومؤشر اللدونة نستنتج منها: معامل الارتباط 0.863^{**} وهذا مقارب لمعاملات الارتباط التي وجدت عند المعادلات (١ و٢ و٤ و٥). مستوى تمثيل العينة $R^2 0.745$ ومنخفض نسبيا مقارنة مع ما موجود عند المعادلات سابقة الذكر. قيمة الخطأ القياسي ٣.١٣٦ وهو أكبر بقليل من قيم الخطأ القياسي للمعادلات (١ و٢ و٤). يمكن اعتماد هذه المعادلة في حالة تعذر الحصول على المعادلتين الأوليتين ١ و٢.

معادلة ٧ يمكن ترجمة مفرداتها كما يأتي :انخفاض قيمة معامل الارتباط إلى مقدار 0.625^{**} عند مقارنته مع المعاملات السابقة (١ و٢ و٤ و٥ و٦). مستوى تمثيل العينة انخفض إلى $R^2 0.391$. ارتفاع قيمة الخطأ القياسي الى 4.850 وهذه أكبر من قيم المعادلات (١ و٢ و٤ و٥ و٦). هذه المعادلة متوسطة المستوى ولكن يمكن الاعتماد عليها في حالة تعذر المعادلتين الأوليتين ١ و٢.

معادلة ٨ وهي المعادلة التي مثلت كل من حد اللدونة والكثافة الظاهرية يمكن إيضاحها :معامل الارتباط انخفضت كثيرا وبلغ قدرها 0.488^{**} . مستوى تمثيل العينة انخفض كان قدره $R^2 0.238$. قيمة الخطأ القياسي ارتفع حتى بلغ قدرها 5.426. من مجمل النقاط أعلاه معادلة ضعيفة لا يمكن اعتمادها.

المعادلة ٩ : تمثل كل من مؤشر اللدونة والمحتوى الرطوبي ويمكن ترجمتها: قيمة معامل الارتباط عالية ومعنوية 0.878^{**} . مستوى تمثيل العينة مقبول أيضا $R^2 0.770$. انخفاض ملحوظ في قيمة الخطأ القياسي حيث كان ٢.٩٧٩ مقارنة بالمعادلتين السابقتين ٧ و٨ ومتقاربة مع قيمة الخطأ القياسي للمعادلتين الأوليتين. يمكن اعتمادها في حالة الاقتصار على مستقلين فقط .

المعادلة ١٠ والتي تشكلت من مؤشر اللدونة والكثافة الظاهرية وهي كما يأتي: قيمة معامل الارتباط 0.882^{**} . مستوى تمثيل العينة بلغ $R^2 0.778$. قيمة الخطأ القياسي 2.929 وهي منخفضة عن قيم الخطأ القياسي للمعادلات كلها باستثناء المعادلة ٢. يمكن اعتمادها لأن قيم نتائجها منطقية ومعقولة .

المعادلة ١١ : وفيها حد اللدونة مع حالة السيولة وصفاتها: معامل الارتباط منخفض مقارنة مع المعاملات السابقة 0.488^{**} . مستوى تمثيل العينة منخفض أيضا $R^2 0.238$. الخطأ القياسي ٥.٣٣٢ مرتفع نسبيا عند مقارنته مع قيم الخطأ القياسي للمعادلات الاخرى. معادلة ضعيفة بسبب ضعف قيمها من جهة ولكونها تعبر عن متغير واحد فقط من جهة ثانية .

المعادلة ١٢ : تربط ما بين حد اللدونة مع حالة السيولة والتي تبين منها مايلي :معامل الارتباط مرتفع 0.863^{**} . مستوى تمثيل العينة $R^2 0.745$ مرتفع أيضا. قيمة الخطأ القياسي ٣.٠٨٥ وهو أكثر نسبي من سابقتها. عموماً هذه المعادلة التي تاتي اهميتها بعد المعدلة ١١.

المعادلة ١٣ : تجمع بين المحتوى الرطوبي وحد السيولة ويمكن وصفها كما يأتي: انخفاض قيمة معامل الارتباط إلى 0.461^{**} . انخفاض مستوى تمثيل العينة حتى بلغ $R^2 0.212$. قيمة الخطأ القياسي 5.420 وهي مرتفعة عند مقارنتها مع بقية القيم للمعادلات. هذه من المعادلات التي المستبعدة لأن القيم الناتجة منها ضعيفة .

المعادلة ١٤ تجمع ما بين الكثافة الظاهرية وحالة السيولة والتي تمتاز :انخفاض كبير في قيمة معامل الارتباط الذي بلغ 0.078 . انخفاض كبير ايضا لمستوى تمثيل العينة $R^2 0.06$. ارتفاع قيمة الخطأ القياسي إذ بلغ ٦.٠٨٨. كذلك تدرج هذه المعادلة مع المعادلات المستبعدة بسبب انخفاض قيم نتائجها .

وتبين في ضوء مراجعة المعادلات كلها إن قيمة مؤشر اللدانة يعد من العوامل الرئيسية المؤثرة في قيم مستوى التمثيل R^2 حيث انه يتحكم بارتفاعها وانخفاضها وهذا يتفق مع ما وجدته (15) ومع (19) اللذان أشارا إلى إمكانية استعمال مؤشر اللدانة بوصفه دليلاً يمكن التنبؤ به عن كل من: الضغط الموجود في التربة، الضغط الناجم عن التباين الحاصل في حدود البلاستيكية فضلاً عن التعرف بواسطته على مقدار المسامية Void Ratio. ولأجل الاعتماد على معادلة منها لا بد ان تكون فيها قيم كل من معامل الارتباط ومستوى تمثيل عاليين في حين قيمة الخطأ القياسي منخفضة وبالنتيجة: استبعاد المعادلة التي تحتوي على مستقل واحد بل حتى اثنين ولا يرجع الى هاتين المعادلتين الا عند الضرورة القصوى. اعتماد المعادلات ذات مستوى التمثيل ومعامل الارتباط العاليين وبهذا وقع الخيار على: المعادلة ١ لأنها تجمع كل الصفات المدروسة وتمتاز بصفات جيدة وعالية. المعادلة ٢ عند غياب المعادلة ١ لان قيم المستقلات المدروسة فيها مقاربة لما موجود في المعادلة ١. في حالة غياب المعادلتين اعلاه نختار معاملة أخرى تكون حاوية على أكثر من متغير وفيها قيمة الخطأ القياسي قليلة على عكس قيم معامل الارتباط ومستوى التمثيل فيب ان يكونا عاليين. اما عند دراسة العامل الثاني وهو الكثافة الظاهرية أجرينا مجموعة من الاحتمالات الإحصائية التوافقية لتحديد أفضل تلك المعادلات، بدلالة الكثافة الظاهرية التي تلعب دورا كبيرا في عملية التنبؤ بنفوذ الماء في التربة الذي يسهم عند زيادته في حركة وجريان التربة بناء على ارتفاع نسب كل من الحصى، الرمل، و الطين (15).

٢-٣ الكثافة الظاهرية Bulk Density

لها دور بارز ومهم في التأثير على صفات التربة لاسيما الفيزيائية منها فضلا عن مساهمتها في نقل جهود التفاعلات الأخرى خلال التربة (١٦). كما ان زيادة قيمة كثافة التربة يعني زيادة القوة والمتانة لها إذ تعمل على تقليل قابليتها للتعرض إلى الميوعة Liquefaction (٣). وفيما يلي نستعرض المعادلات المينة في (جدول ١١):

معادلة ١: تشمل كل من، حد السيولة، حد اللدونة، مؤشر اللدونة، المحتوى الرطوبي لمعرفة تأثيرها على قيمة الكثافة الظاهرية Y (ملحق رقم 1١) يتبين من مايلي: قيمة معامل الارتباط $R^2 = 0.595$. مستوى تمثيل العينة $R^2 = 0.354$ قيمة الخطأ القياسي قليل بلغ قدره 0.202 . تقع ضمن المدى المقبول نسبياً.

المعادلة ٢: وفيها كل من حد اللدونة و مؤشر اللدونة و المحتوى الرطوبي ويمكن ايضاحها كما يأتي: قيمة معامل الارتباط بلغت 0.594 مستوى تمثيل العينة $R^2 = 0.353$ مقدار الخطأ القياسي منخفض وبلغ 0.1980 . تقع ضمن المدى المقبول نسبياً.

المعادلة ٣: التي تتشكل من حد السيولة ومؤشر اللدونة و المحتوى الرطوبي مع قيمة Y التي تمثل الكثافة الظاهرية. قيمة معامل الارتباط 0.507 مستوى تمثيل العينة $R^2 = 0.257$ قيمة الخطأ القياسي لها والبالغ 0.2125 . وهذه دون المستوى المطلوب تحقيقه وعليه فان هذه المعادلة سوف لا يمكن الاعتماد عليها.

المعادلة ٤: وهذه تجمع المتغيرات المستقلة حد السيولة وحد اللدونة و (المحتوى الرطوبي مع المتغير التابع الكثافة الظاهرية y ويمكن ايضاح كما ياتي: قيمة معامل الارتباط $R^2 = 0.592$ مستوى تمثيل العينة $R^2 = 0.350$ انخفاض قيمة الخطأ القياسي إلى 0.1987 والذي يفضل ان يكون في المعادلات دائما منخفضا. تقع ضمن المدى المقبول نسبياً.

المعادلة ٥: وهذه تجمع المتغيرات المستقلة: حد السيولة وحد اللدونة ومؤشر اللدونة مع الكثافة الظاهرية Y : قيمة معامل الارتباط 0.594 مستوى تمثيل العينة 0.353 . ارتفاع نسبي في قيمة الخطأ القياسي 1.571 مقارنة مع قيمه في المعادلات اعلاه وبذلك تكون هذه المعادلة مستبعدة لهذا السبب. اما عند استبعاد مستقل آخر من المعادلة للاقتصار على متغيرين مستقلين X و المتغير التابع هو الكثافة الظاهرية Y فتنتج لنا المعادلات التالية:

المعادلة ٦: تجمع حد السيولة وحد اللدونة نستنتج منها ماياتي: معامل ارتباطها 0.591 مستوى تمثيل العينة $R^2 = 0.35$ تقريبا. قيمة الخطأ القياسي 0.1952 . ومن ثم تكون متقاربة من حيث القيم للمعادلات التي سبقتها، ولكن يمكن اعتمادها عندما تكون هي الوحيدة من بين المعادلات الأخرى بسبب ارتفاع نسب قيم t للمعادلة.

المعادلة ٧: وهذه خاصة لكل من حد السيولة ومؤشر اللدونة مع الكثافة الظاهرية. نستنتج منها ماياتي: معامل ارتباطها 0.495 مستوى تمثيل العينة $R^2 = 0.245$ وهما ضعيفان مقارنة مع القيم السابقة للمعادلات. الخطأ القياسي 0.2104 . المعادلة هذه لا يمكن ان نعتمد عليها لضعف قيمتي معامل الارتباط و مستوى التمثيل على الرغم من انخفاض قيمة الخطأ القياسي لها.

المعادلة ٨: تشمل على: حد السيولة وحد اللدونة بوصفهما متغيرين مستقلين مع الكثافة الظاهرية يمكن وصفها كما يأتي: معامل ارتباطها 0.591 مستوى تمثيل العينة $R^2 = 0.349$ قيمة الخطأ القياسي بلغ 0.1952 . وهذه القيم مقبولة نسبياً إذا ما أضيفت إليها قيم t المبنية مع أصل المعادلة إلا ان مقدارها اقل بكثير في حال مقارنتها مع مقادير القيم الموجودة في المعادلات السابقة والمعرفة بدلالة حد السيولة لاسيما التي اشتملت على المتغيرات الأربعة أو الثلاثة يمكن لهذه المعادلة ان تعطي لنا تصورا معقولا إلى حد ما.

المعادلة ٩: وهذه تمثل كل من: حد السيولة ومؤشر اللدونة مع الكثافة الظاهرية. ويمكن ان نقرأ قيمها كالاتي: انخفاض قيمتي معامل الارتباط 0.495 مستوى تمثيل العينة و $R^2 = 0.245$. قيمة الخطأ القياسي 0.210 . قيمة t عاى الرغم من كونها معنوية لكل المتغيرات، لكن لا يمكن الاعتماد عليها لانخفاض قيم خلاصتها.

المعادلة ١٠: وهذه تشمل: حد السيولة المحتوى الرطوبي و الكثافة الظاهرية. وايضاحها كما ماياتي: معامل الارتباط 0.503 مستوى التمثيل $R^2 = 0.253$ هذه القيم قليلة على الرغم من كون قيمة الخطأ القياسي منخفضة 0.202 ، الا انها توضع في خانة المعادلات التي لايعول عليها.

المعادلة ١١: وتشمل كل من حد اللدونة ومؤشر اللدونة مع الكثافة الظاهرية وفيها: معامل الارتباط $R^2 = 0.593$. مستوى التمثيل $R^2 = 0.352$. الخطأ القياسي كان على اقله 0.1984. وقيم t المعنوية لا باس بها وهذه ترتقي الى مستوى قيم المعادلات (١ و٢ و٤ و٨). وبذلك تكون من بين المعادلات التي يمكن ان يعول عليها.

المعادلة ١٢: وهذه المعادلة تحتوي على حد اللدونة والمحتوى الرطوبي بوصفهما متغيرين مستقلين مع الكثافة الظاهرية باعتبارها متغيراً تابعاً يمكن ان توصف كالاتي: معامل الارتباط $R^2 = 0.590$. مستوى التمثيل $R^2 = 0.348$. قيمة الخطأ القياسي 0.1955. من ملاحظة قيمها يمكن ان نعتبرها من المعادلات التي تؤخذ بنظر الاعتبار.

معادلة ١٣: وهذه تشمل على متغيرين مستقلين هما مؤشر اللدانة والمحتوى الرطوبي مع المتغير التابع الذي يمثل الكثافة الظاهرية. وترجمتها كالاتي: انخفاض معامل الارتباط الى $R^2 = 0.233$. مستوى تمثيل العينة كان منخفض أيضاً بلغ $R^2 = 0.054$. انخفاض قيم t لكل رموز المعادلة. وعليه تنتظم هذه المعادلة في صف المعادلات المستبعدة والتي لا يمكن الاعتماد عليها إما عند استبعاد متغير مستقل آخر والإبقاء على متغير مستقل واحد X مع المتغير التابع Y تنتج لنا معادلات يمكن إيضاحها كالاتي:

معادلة ١٤: تجمعت كل من حد السيولة والكثافة الظاهرية. معامل الارتباط لها $R^2 = 0.488$. مستوى تمثيل العينة 0.238. الخطأ القياسي لها ٠.٢٠٧. وعموماً هذه مبعدة أيضاً لان مستوى تمثيلها منخفض وكذلك حاوية على متغير واحد.

معادلة ١٥: وهذه تربط بين حد اللدونة المتغير المستقل وبين قيمة الكثافة الظاهرية المتغير التابع وترجمة قيمها كالاتي: ارتفاع قيمة معامل الارتباط $R^2 = 0.590$. مستوى تمثيل العينة $R^2 = 0.348$. ارتفاع قيم t لها يجعلها معول عليها في حال اقتصار التحريات للتربة على هذين المتغيرين.

معادلة ١٦: وهذه توضح لنا مدى تأثير الكثافة الظاهرية بالتغيرات الحاصلة في قيمة مؤشر اللدانة ويمكن إيضاحها كالاتي: انخفاض في كل من قيم معامل الارتباط الى ٠.١٥٢. ومستوى التمثيل إلى $R^2 = 0.023$. وارتفاع نسبي في قيمة الخطأ القياسي الى ٠.٢٣٥. مقارنة مع قيم الخطأ القياسي للمعادلات التي سبقت. يجعلها من المعادلات غير المعول عليها.

معادلة ١٧: وتوضح هذه المعادلة العلاقة الموجودة بين المتغير المستقل المحتوى الرطوبي وبين المتغير التابع الكثافة الظاهرية. ويمكن ان نوضحها كما يأتي:

انخفاض قيمة معامل الارتباط ومستوى التمثيل 0.161 و $R^2 = 0.026$ على التوالي فضلاً عن ان قيمة الخطأ القياسي ارتفعت نسبياً الى ٠.٢٣٤. على العموم لا يمكن الاعتماد عليها.

في ضوء ماتم عرضه لكل المعادلات المعرفة بالكثافة الظاهرية يمكن ان نستنتج ماياتي: ان اكير قيمة لمستوى التمثيل وجدت في المعادلات الحاوية على ثلاثة أو اكثر من المتغيرات المستقلة كما هو واضح في (المعادلتين ٢, ١) إذ بلغتا قيم مستوى التمثيل 0.354 و 0.353 على التوالي فضلاً عن ان حد اللدونة وحد السيولة هما العاملان المؤثران في قيمة مستوى التمثيل لكل المعادلات تقريباً، حيث ترتفع قيمة مستوى التمثيل عند وجودهما في المعادلات وهذا يتفق مع ماتوصل إليه (١٨) الذي أشار إلى إنه من خلال معرفة قيم حد السيولة يمكن ان نتعرف على كل من مميزات التربة مثل تصنيف الأراضي ومقاومتها للجهود وكذلك مقدار المحتوى الرطوبي فيها اضافة الى نوع المعادن الطينية فيها سواء كانت هذه ١:١م٢:١، وحتى التعرف على نسبة الطين بالنسبة إلى مفضولات التربة الأخرى مثل الرمل أو الحصى. لذا نرى ان إضافة مواد تسهم في خفض الكثافة الحقيقية وزيادة مقدار الكثافة الظاهرية تلعب دوراً في عملية الحد من التفاعلات المسؤلة عن عملية الزحف وهذا يتفق مع ماتوصل إليه (١٦).

٤- الاستنتاجات Conclusions

١- اظهرت المعاملات مع تأثيراتها المتداخلة حالة زحف تربة البزل بفعل حالي الانتفاخ والتمدد التي افرزتها ومن ثم انخفاض العمق التصميمي الفعلي للبزل والمحسوب على اساسه تصريف المياه المطلوب التخلص منها، مما أدى الى ارتفاع مستوى المياه الارضية في الاراضي الزراعية نتيجة عدم امكانية وصول تلك المياه الى البزل بفعل عدم سعته لها وذلك لامتلاؤه. مما عمل على قلة كفاءة البزل في تصريف تلك المياه.

٢- معاملتي حد السيولة والكثافة الظاهرية هما الاكثر من بين المعاملات معنوية وقد سجلتا فروقا معنوية مع بقية المعاملات الاخرى وكذلك فيما بينها.

٣- المعادلات المكتوبة بصيغة حد السيولة هي الاكثر تعبيراً من المعادلات التي صيغت على أساس الكثافة الظاهرية.

٤- من خلال عملية الاستبدال التي اجريت للمعاملات وبشكل فردي تبين ان معاملة حد اللدونة هي الأكثر من بين المعاملات البقية عند استبدالها في التأثير على مستوى تمثيل تلك المعادلات وبالتالي هي المسؤلة تقريبا عن مقدار هذا التغير في مستوى تمثيل المعادلة.

٥- التوصيات Recommendations

تحسين بناء تربة البزل والعمل على زيادة تماسكها وتقليل انتفاخها او تمددها وذلك عن طريق معالجتها بواسطة المعاملات التي اعطت اكثر معنوية وهما حد السيولة والكثافة الظاهرية بأتباع الطرق الآتية:

أ- إضافة مادة عضوية تعمل على تقليل قيمة حد السيولة والتي هي المسؤلة عن جريان التربة نتيجة زيادة الرطوبة وقلة قوة التماسك ما بين دقائق التربة بفعل هذا الفرط الزائد من الرطوبة السارية داخلها حيث تعمل المادة العضوية في تحسين صفات التربة الفيزيائية وحسن بنائها وتغير قيمة الكثافة الظاهرية لها. وتقليل الرطوبة الموجودة عن طريق امتصاصها او تصريفها الى مكانات ابعد نتيجة زيادة التهوية والمسامية.

ب- إضافة مواد أخرى مثل الحصى أو الرمل اللذان يعملان على تغيير التوزيع الحجمي لدقائق التربة فضلاً عن تغيير قيمة الكثافة الظاهرية لها و تحسين بنائها ومن ثم يزيدا من مساميتها وتهويتها لاسيما التي تكون فيها قيم حد السيولة عالية.

هذا يعني التقليل من قيم حد السيولة لان الرطوبة الموجودة فيها سيتم تسربها عن طريق هذه المسامات الى اعماق ابعدها .
ج- إضافة خليط من أية مواد أخرى مثل، أوراق ، سيقان النباتات ، وحتى نشارة الخشب، بل أية مادة يمكنها العمل على تقليل قيمة حد سيولة التربة والتأثير في قيمة الكثافة الظاهرية والتي بدورها تعمل على بناء جيد للتربة .

٦-المصادر References

- ١- إبراهيم ، مرتضى جليل ومحمد مسلم عويد (2006) . بعض صفات التربة الفيزيائية والكيميائية المؤثرة في فشل التطين بالكايون ليزل الرزازة وعلى مستوى أداؤه . مجلة جامعة كربلاء. المجلد الرابع/العدد الرابع/كانون الثاني /ص ١١٨-١٣٤
 - ٢-العاني ، عبد الفتاح (1984) . أساسيات علم التربة . وزارة التعليم العالي والبحث العلمي /مؤسسة المعاهد الفنية /مطبوعة مؤسسة المعاهد الفنية/زعفرانية/بغداد /ص 358.
 - ٣- حسن ، هشام محمود (1999) . فيزياء التربة . وزارة التعليم العالي والبحث العلمي /جامعة الموصل /دار الكتب للطباعة والنشر /ص 296.
 - 4-itharam,T.G.,L.GovindaRaju,and,A. Sridharan,(2004). Dynamic Properties and Potential of Soil. current Science ,vol.87,no.10,25, nov.Pp1370-1378
 - 5-Dinesh,S. V.,T.G.Sitharam,and,J.S.Vinod(2004).Dynamic Properties and Liquefaction Behavior of Granular Material Using Discrete Element Method RENTSCINENCE,VOL.87,NO.10,25,NOV.Pp1379-1387.
 - 6-Thomas ,P.J.,J.C.,Baker and L,W.Zelazny(2000).An Expansive Soil Index for Predicting Shrink Swell Potential .Soil Science
 - ٧-العاني،عبد الله نجم (١٩٨٠)-مبادئ علم التربة-وزارة التعليم العالي والبحث العلمي/جامعة بغداد/كلية الزراعة.
 - 8-Rafidaia Engineering Laboratory Baghdad (1978.)Soil Investigation for Hussainiya ,Beni Hassan Project Razaza main drain /Baghdad .
 - ٩- الراوي ،خاشع محمود (1980) . المدخل إلى الإحصاء.وزارة التعليم العالي والبحث العلمي /جامعة الموصل /مؤسسة دار الكتب للطباعة والنشر /الموصل.
 - ١٠ - الراوي ، خاشع محمود وعبد العزيز محمد خلف الله (1980) . تصميم وتحليل التجارب الزراعية . وزارة التعليم العالي والبحث العلمي /جامعة الموصل /مؤسسة دار الكتب للطباعة والنشر /الموصل /ص 488
 - 11-Steel, R. G. D.,and J. H. Torrie(1960) Principal Procedures of Statistics with Special Reference to the Biological - Mc Graw Hill Book Company Inc ,Pp 142 ,232
 - 12-Thomas,P.J., J.D.R.Hatch(2002).Relationship of Map Unit Variability to Shrink Swell Indicators .Soil Science Society of America 64:Pp.262- ٢٦٨
 - 13-Sawanguriya,A.and,Farra,D.(2006) Correlation Between p-wave Velocity and Atterberg Limit of Cohesive Soil. Can Geotech.J.43:653-655
 - 14-Lebron,I.D.L.Suares,and F.Alberto(1994).Stability of a Calcareous Saline_Sodic Soil During Reclamation. Soil Science Society of America Journal.58:no.6Nov._Dec.Pp1753_1762
 - 15-Boroumand,A.and M.H.Baziar(2005).Determination of Compacted Technology Conferens,IWTC9 2005.sheikh.Egypt.Pp515_526.
 - 16 - Oelze ,M.L. ,Willim ,D.O.Jr and R.G.Darmody(2002).Measurement of Attenuation and Speed of Sound in Soils. Soil Science Society of A Merica.66;778_796 .
 - 17-Post,D.F.,R.Papp and ,L.Ferreira(2001).Sustaining the Global Farm .D.E.stott,R.H.Mohtar and G.C.steinhardt(ed).Pp896_902
 - 18-Stavridakis,I.Evangelos (2005)).A proposed Classification of Anisotropic Engineering Behavior of Cement Treated Clayey Mixtures Related to Their Strength and Durability. EngineeringGeotechnical Engineering Division.EJGE
 - 19-Nath,A. and S.S.Dedalal(2004).The Role of Plasticity Index in Predicting Compression Behaviors of Clays .EJGE.
- [http:// www.ejge.com/2004Ppr0466/Ppr0466.htm](http://www.ejge.com/2004Ppr0466/Ppr0466.htm)

ملحق جدول ١ : تحليل التباين

S.O.V	df	SS	Ms	F	الجدولية F	
Block	3	40.782	13.594	3.679	0.05	0.01
Treat	4	5088.619	1272.155	344.290	3.49	6.93
Error	12	44.339	3.695			
Total	19					

ملحق جدول ٢ : اختبار دنكن لمتوسط الأعماق الأربعة بعد تثبيت متوسط قيم المعاملات الخمسة المدروسة فيها وهي: د السيولة، حد اللدونة، مؤشر اللدونة، المحتوى الرطوبي، الكثافة الظاهرية

العمق الثالث 7.5---٥.٥ متر	العمق الرابع 5.5-----5.٥ متر	العمق الثاني 3.5---2.0 متر	العمق الأول 2-0 متر	الأعماق
28.8	26.51	25.21	24.3	المتوسط العام
A	Aa	Aa	a	الفروقات المعنوية

اختبار دنكن لمتوسط حد السيولة في الأعماق الأربعة :ملحق جدول ٣

العمق الثالث متر(3.5-5.0)	العمق الرابع متر(5.5-7.0)	العمق الثاني متر(2.0-3.0)	العمق الأول متر(0-1.5)	الأعماق
٥٢.٨٤	٥٦.٢٠	٤٨.٧٠	٤٧.٥٢	المتوسط العام
A	aC	B c	B	الفروقات المعنوية

: اختبار دنكن لمتوسطات حد اللدونة في الأعماق الأربعة ملحق جدول ٤

العمق الثالث 5.5—7.5	العمق الرابع 3.5—5.5	العمق الثاني 2.0—3.5	العمق الأول 0—2.0	الأعماق
٣٢.١١٤	٣٠.٦٦١	٢٨.٥٣٠	٢٥.٢٥٦	المتوسط العام
A	Aa	Aab	B	الفرقات المعنوية

ملحق جدول ٥: اختبار دنكن لمتوسطات مؤشر اللدونة في الاعماق الرابعة

العمق الثالث 3.5-5.5	العمق الأول ٠0-2.	العمق الرابع 5.5-7.5	العمق الثاني 2.0-3.5	الأعماق
٢٤.١٥٧	٢٢.٢٥٩	٢٢.١٧٦	٢٠.١٦٨	المتوسط العام
a	ab	ab	ab	الفرقات المعنوية

ملحق جدول رقم ٦: اختبار دنكن لمتوسطات المحتوى الرطوبي في الاعماق الأربعة

العمق الثاني 25.5-7.5	العمق الثالث 3.5-5.5	العمق الرابع 2.0-3.5	العمق الأول 0-2.0	الأعماق
٢٧.٣٠٦	٢٦.٥٠٨	٢٥.٣٦٨	١٤٢ 25.	المتوسط العام
n.s	n.s	n.s	n.s	الفرقات المعنوية

ملحق جدول ٧ : اختبار دنكن لمتوسطات الكثافة الظاهرية في الأعماق الأربعة

العمق الرابع 5.5-7.5	العمق الثالث 3.5-5.5	العمق الثاني 2.0-3.5	العمق الأول 0-2.0	الأعماق
١.٤٩٨	١.٤١١	١.٣٠٢	١.٢٤٤	المتوسط العام
n.s	n.s	n.s	n.s	الفرقات المعنوية

ملحق جدول ٨ : اختبار دنكن لمتوسطات المعاملات المدروسة

المعاملات	الكثافة الظاهرية	مؤشر اللدونة	المحتوى الرطوبي	حد اللدونة	حد السيولة
المتوسط العام	١.٣٦٣	٢٢.١٩١	٢٦.٠٨١	٢٩.١٤٢	٥١.٣١٥
الفروقات المعنوية	B	C	C	C	A

معاملات الارتباط مابين صفات التربة الديناميكية والميكانيكية يوضح ملحق جدول ٩ :

	حد السيولة	حد اللدونة	مؤشر اللدانة	المحتوى الرطوبي	الكثافة الظاهرية
Pearson Correlation	١.٠٠٠	0.863**	0.461**	0.078	0.488**
Sig. (2-tailed)	.	0.000	0.009	0.676	0.005
N حد السيولة	31	31	31	31	31
Pearson Correlation	0.863**	١.٠٠٠	0.36*	0.289	.0589**
Sig. (2-tailed)	0.000	.	0.045	0.115	0.000
N حد اللدونة	31	31	31	31	31
Pearson Correlation	0.461**	0.36*	١.٠٠٠	-0.102	0.152
Sig. (2-tailed)	0.009	0.045	.	0.586	0.415
N مؤشر اللدانة	31	31	31	31	31
Pearson Correlation	0.078	0.289	-0.102	١.٠٠٠	0.161
Sig. (2-tailed)	0.676	0.115	0.586	.	0.388
N المحتوى الرطوبي	31	31	31	31	31
Pearson Correlation	0.488**	.0589**	0.152	0.161	١.٠٠٠
Sig. (2-tailed)	0.005	0.000	0.415	0.388	.
N الكثافة الظاهرية	31	31	31	31	31

ملحق جدول ١٠: يوضح المعادلات التخمينية المعرفة بدلالة حد السيولة مع مميزات كل معادلة من مستوى التمثيل، معامل الارتباط، الخطأ القياسي، كما مبينة في الجدول المرفق

$$(1) \text{-----} \text{ (الكثافة الظاهرية) } -0.505 \text{ (المحتوى الرطوبي) } + 0.280 \text{ (مؤشر اللدونة) } + 1.220 \text{ (حد اللدونة) } - 0.591 \text{ حد السيولة} = 23.678$$

t=2.620 t=-0.207 t= 7.074 t=1.325 t=-1.673

$$(2) \text{-----} \text{ (الكثافة الظاهرية) } -0.503 \text{ (المحتوى الرطوبي) } + 0.280 \text{ (مؤشر اللدونة) } + 1.200 \text{ حد السيولة} = 23.312$$

t=2.687 t=8.564 t= 1.373 t=-0.160

$$(3) \text{-----} \text{ (الكثافة الظاهرية) } + 0.163 \text{ (المحتوى الرطوبي) } + 0.860 \text{ (حد اللدونة) } + 10.739 \text{ حد السيولة} = 13.153$$

t=0.839 t=2.714 t= 2.634 t=0.339

$$(4) \text{-----} \text{ (الكثافة الظاهرية) } - 0.599 \text{ (مؤشر اللدونة) } + 1.309 \text{ (حد اللدونة) } - 0.903 \text{ حد السيولة} = 30.250$$

t=3.950 t=-0.321 t= 8.123 t=-2.012

$$(5) \text{-----} \text{ (المحتوى الرطوبي) } + 0.363 \text{ (مؤشر اللدونة) } + 1.130 \text{ (حد اللدونة) } - 0.423 \text{ حد السيولة} = 11.137$$

t=2.138 t=-0.144 t= 6.679 t=1.711

$$(6) \text{-----} \text{ (مؤشر اللدونة) } + 1.229 \text{ (حد اللدونة) } - 0.836 \text{ حد السيولة} = 16.953$$

t=4.155 t=-0.276 t= 7.473

$$(7) \text{-----} \text{ (المحتوى الرطوبي) } + 0.846 \text{ (حد اللدونة) } + 10.979 \text{ حد السيولة} = 17.366$$

t=2.119 t=2.866 t= 2.654

رقم المعادلة	معامل الارتباط	مستوى التمثيل	الخطأ القياسي
معادلة ١	0.890**	0.793	2.937
معادلة ٢	0.890**	0.792	2.884
معادلة ٣	0.627**	0.394	4.929
معادلة ٤	0.882**	0.779	2.977
معادلة ٥	0.848**	0.770	3.033
معادلة ٦	0.863**	0.745	3.136
معادلة ٧	0.625**	0.391	4.850

ملحق جدول ١٠: يوضح المعادلات التخمينية المعرفة بدلالة حد السيولة مع مميزات كل معادلة من مستوى التمثيل، معامل الارتباط، الخطأ القياسي، كما مبينة في الجدول المرفق

$$(8) \text{-----} (\text{الكثافة الظاهرية}) -0.00066 (\text{حد اللدونة}) + 12.523 + 34.171 = \text{حد السيولة}$$

$$t = -0.01 \quad t = 2.918 \quad t = 2.453$$

$$(9) \text{-----} (\text{المحتوى الرطوبي}) + 0.365 (\text{مؤشر اللدونة}) + 1.116 + 10.913 = \text{حد السيولة}$$

$$t = 1.760 \quad t = 8.224 \quad t = 2.235$$

$$(10) \text{-----} (\text{الكثافة الظاهرية}) - 0.597 (\text{مؤشر اللدونة}) + 1.280 + 29.815 = \text{حد السيولة}$$

$$t = -2.041 \quad t = 9.862 \quad t = 4.020$$

$$(11) \text{-----} (\text{حد اللدونة}) + 12.522 + 34.155 = \text{حد السيولة}$$

$$t = 5.963 \quad t = 3.008$$

$$(12) \text{-----} (\text{مؤشر اللدونة}) + 1.202 + 16.588 = \text{حد السيولة}$$

$$t = 0.131 \quad t = 3.685$$

$$(13) \text{-----} (\text{المحتوى الرطوبي}) + 0.964 + 29.169 = \text{حد السيولة}$$

$$t = 2.797 \quad t = 3.685$$

$$(14) \text{-----} (\text{الكثافة الظاهرية}) + 0.246 + 44.792 = \text{حد السيولة}$$

$$t = 0.422 \quad t = 2.969$$

رقم المعادلة	مستوى التمثيل	معامل الارتباط	الخطأ القياسي
معادلة ٨	0.238	0.488*	5.4261
معادلة ٩	0.770	0.878*	2.979
معادلة ١٠	0.778	0.882*	2.929
معادلة ١١	0.238	0.488*	5.332
معادلة ١٢	0.745	0.863*	3.085
معادلة ١٣	0.212	0.461*	5.٤٢٠
معادلة ١٤	0.006	0.078	6.088

ملحق جدول ١١: يوضح المعادلات التخمينية المعرفة بدلالة الكثافة الظاهرية مع مميزات كل معادلة من مستوى التمثيل، معامل الارتباط، الخطأ القياسي، كما مبينة في الجدول المرفق

(1)---- (المحتوى الرطوبي) $0-0.00512$ (مؤشر اللدونة) -0.00572 (حد اللدونة) $+0.034$ (حد السيولة) $0.686-0.0028$ = الكثافة الظاهرية

(2)---- (المحتوى الرطوبي) -0.00372 (مؤشر اللدونة) $+0.0060$ (حد اللدونة) $+0.0340$ (حد السيولة) $0.621+0.0340$ = الكثافة الظاهرية
 $t=1.00$ $t=-0.207$ $t=1.975$ $t=0.382$ $t=0.235$
 $t=1.037$ $t=3.530$ $t=-0.458$ $t=-0.183$

(3)----- (المحتوى الرطوبي) $0+0.040$ (مؤشر اللدونة) -0.0061 (حد اللدونة) $+0.020$ (حد السيولة) $0.113+0.020$ = الكثافة الظاهرية

(4)----- (المحتوى الرطوبي) -0.0040 (حد اللدونة) $+0.0374$ (حد السيولة) $0.594-0.0041$ = الكثافة الظاهرية
 $t=0.173$ $t=0.724$ $t=-0.386$ $t=0.672$

$t=0.940$ $t=-0.321$ $t=2.012$ $t=-0.188$

(5)----- (مؤشر اللدونة) -0.0052 (حد اللدونة) $+0.0354$ (حد السيولة) $0.549-0.0081$ = الكثافة الظاهرية

(6)----- (حد اللدونة) $+0.036$ (حد السيولة) $0.491-0.0032$ = الكثافة الظاهرية
 $t=1.555$ $t=-0.144$ $t=2.122$ $t=-0.360$

(7)----- (مؤشر اللدونة) -0.0077 (حد السيولة) $0.472+0.020$ = الكثافة الظاهرية
 $t=1.00687$ $t=-0.276$ $t=2.192$

(8)----- (حد اللدونة) $+0.0360$ (حد السيولة) $0.491-0.00324$ = الكثافة الظاهرية
 $t=1.269$ $t=2.866$ $t=-0.501$

$t=1.00587$ $t=-0.276$ $t=2.192$

٢٦

رقم المعادلة	معامل الارتباط	مستوى التمثيل	الخطأ القياسي
معادلة ١	0.595**	0.354	0.2019
معادلة ٢	0.594**	0.353	0.1980
معادلة ٣	0.507**	0.257	0.2125
معادلة ٤	0.592	0.350	0.1987
معادلة ٥	0.594**	0.350	1.571
معادلة ٦	0.591**	0.349	0.1952
معادلة ٧	0.495**	0.245	0.2104
معادلة ٨	0.591**	0.349	0.1952

ملحق جدول ١١: يوضح المعادلات التخمينية المعرفة بدلالة الكثافة الظاهرية مع مميزات كل معادلة من مستوى التمثيل، معامل الارتباط، الخطأ القياسي، كما مبينة في الجدول المرفق

(9)----- (مؤشر اللدونة) -0.0077 (حد السيولة) $+0.472+0.021$ = الكثافة الظاهرية
 $t=1.269$ $t=2.866$ $t=0.501$

(10)----- (المحتوى الرطوبي) $+0.0151$ (حد السيولة) $+0.0142+0.0186$ = الكثافة الظاهرية

(11)----- (مؤشر اللدونة) -0.00590 (حد اللدونة) $+0.529 +0.0334$ = الكثافة الظاهرية
 $t=0.024$ $t=2.918$ $t=0.752$

(12)----- (المحتوى الرطوبي) -0.00154 (حد اللدونة) $+0.471 +0.0322$ = الكثافة الظاهرية
 $t=1.656$ $t=3.771$ $t=-0.435$

(13)----- (المحتوى الرطوبي) $+0.0220$ (مؤشر اللدونة) $+0.478+0.0141$ = الكثافة الظاهرية
 $t=0.953$ $t=3.719$ $t=-0.79$

(14)----- (حد السيولة) $+0.385+0.090$ = الكثافة الظاهرية
 $t=0.675$ $t=0.919$ $t=0.963$

(15)----- (حد اللدونة) $+0.437+0.0326$ = الكثافة الظاهرية
 $t=1.185$ $t=3.008$

(16)----- (مؤشر اللدونة) $+1.075+0.012$ = الكثافة الظاهرية
 $t=1.849$ $t=3.932$

(17)----- (المحتوى الرطوبي) $+0.848+0.0206$ = الكثافة الظاهرية
 $t=3.131$ $t=0.826$

(المحتوى الرطوبي) $+0.848+0.0206$ = الكثافة الظاهرية
 $t=1.458$ $t=0.876$

(المحتوى الرطوبي) $+0.848+0.0206$ = الكثافة الظاهرية
 $t=0.876$ $t=1.458$

رقم المعادلة	معامل الارتباط	مستوى التمثيل	الخطأ القياسي
معادلة ٩	0.495**	0.245	0.2104
معادلة ١٠	0.503**	0.253	0.2092
معادلة ١١	0.593**	0.352	0.1948
معادلة ١٢	0.590**	0.348	0.1955
معادلة ١٣	0.233	0.054	0.2354
معادلة ١٤	0.488**	0.238	0.2076
معادلة ١٥	0.590**	0.348	0.1921
معادلة ١٦	٠.152	0.023	0.2351
معادلة ١٧	0.161	0.026	0.2346