Research the Possibility of Stabilization some Weak using Soils Tile Waste

Dr. Rami Hanna*
Seba Hasson**

(Received 25 / 4 / 2023. Accepted 26 / 6 / 2023)

□ ABSTRACT □

The researchers treated the stabilization of weak soils with additions, the most important of which are the fixation with all kinds of lime and Portland cement. And with the end of the last century, application and research began using various industrial waste and construction material waste of all kinds (waste from tile, marble and granite factories). In this research, we chose two types of waste from tile and granite factories, which we used to stabilize highly plastic soils. The fixation results were good, as the plasticity specifications improved, and the plasticity index became less than 6%. As for the mechanical properties of the soil, it improved significantly when adding each type of waste. The relative endurance properties of the C.B. R for soils with high plasticity increased by seven times when adding 9% granite waste and by 12 times when adding 9% waste from marble and tile factories. The stabilization mechanism proved the improvement of the resistances on the simple pressure of all mixtures and with time from the age of one week to two weeks to four weeks.

Keywords: Soil Stabilization, Granite and Tile waste, Weak soils, Unconfined compressive conduction, California bearing ratio test.

Copyright **:**Tishreen University journal-Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

* **Professor- Tishreen University- Dep. Of Transport& Traffic Engineering- Lattakia- Syria. ramihanna@tishreen.edu.sy**
** **Master Student - Tishreen University- Dep. Of Transport& Traffic Engineering- Lattakia- Syria seba.hasson@tishreen.edu.sy**

البحث في إمكانية تثبيت الترب الضعيفة باستخدام نفايات البلاط

د. رامي حنا *

صبا حسون**

(تاريخ الإيداع 25 / 4 / 2023. قُبِل للنشر في 26/ 6 / 2023)

□ ملخّص □

عالج الباحثون تثبيت الترب الضعيفة بالإضافات، أهمها التثبيت بالكلس بأنواعه والإسمنت البورتلاندي. ومع نهاية القرن الماضي بدأ التطبيق والبحث باستخدام النفايات الصناعية المتنوعة ونفايات مواد الإنشاء بكافة أنواعها (نفايات معامل البلاط والرخام والغرانيت). في بحثنا هذا وقع الاختيار على نوعين من نفايات معامل البلاط والغرانيت، استخدمناها في تثبيت التربة عالية اللدونة. كانت نتائج التثبيت جيدة حيث حسنت مواصفات اللدونة وأصبحت قرينة اللدونة أقل من 6%. أما فيما يتعلق بالخواص الميكانيكية للتربة فقد تحسنت بشكل ملحوظ عند إضافة كل نوع من أنواع النفايات. فخواص قدرة التحمل النسبية ال C.B. R للتربة عالية اللدونة فقد تضاعفت بمقدار سبعة أضعاف عند إضافة 9% نفايات الغرانيت وبمقدار 12 ضعف عند إضافة نسبة 9% نفاية معامل الرخام والبلاط. أثبتت آلية التثبيت تحسن المقاومات على الضغط البسيط لكافة الخلائط ومع الزمن من عمر أسبوع إلى أسبوعين إلى أربعة أسابيع.

الكلمات المفتاحية: تثبيت الترب – نفايات البلاط والغرانيت – الترب الضعيفة – المقاومة على الضغط البسيط، الC.B.R .

حقوق النشر : مجلة جامعة تشرين- سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY-NC-SA 04

* أستاذ – قسم المواصلات والنقل- كلية الهندسة المدنية- جامعة تشرين- اللاذقية- سورية.ramihanna@tishreen.edu.sy

**طالبة ماجستير – قسم المواصلات والنقل- كلية الهندسة المدنية- جامعة تشرين- اللاذقية- سورية.

مقدمة:

استقرار طبقات الرصف لأي طريق من استقرار تربة تأسيسها، وغالباً ما تكون ترب تأسيس طبقات الرصف ضعيفة وتحتاج أما للاستبدال أو التثبيت، لكن الاستبدال كان له تبعات اقتصادية وبيئية خاصة عند صعوبة التخلص من نواتج الاستبدال، لذلك ركزت الأبحاث العديدة على مستوى العالم على مفهوم التثبيت (التقوية بالإضافات المائية واللامائية التفاعل) للترب الضعيفة بدلاً من استبدالها بترب قوية تحقق مواصفات فنية معينة،

تربة المسار أو ما تسمى تربة تأسيس طبقات الرصف(Subgrade) هي طبقة مهمة في كل من الأرصفة المرنة والصلبة حيث أنها تعمل بشكل أساسي كطبقة هيكلية تساعد على توزيع أحمال العجلات بحيث لا تتعرض الطبقات السفلية للإجهاد المفرط، كما أنها تلعب دوراً مفيداً باعتبارها رهاناً كطبقة فصل، اختيار المواد وتصميم طبقة تربة المسار سيعتمد على وظيفة التصميم الخاصة للطبقة وكذلك الرطوبة المتوقعة في الموقع على المدى الطويل لعمر الرصف إن كان رصف مرن أو رصف صلب أو نصف صلب. ركزت الأبحاث العديدة على مستوى العالم على مفهوم التثبيت للترب الضعيفة بدلاً من استبدالها بترب قوية، تمت دراسة الكثير من طرق التثبيت من قبل العديد من الباحثين مثل الجير والإسمنت والرماد المتطاير ومع ذلك ، هناك اتجاه ناشئ حالياً لاستخدام النفايات الصناعية في تثبيت التربة قيد التشغيل في جميع أنحاء العالم في الأيام الحالية، حيث أن السبب الرئيسي وراء هذا الاتجاه هو الإنتاج المفرط للنفايات مثل الرماد المتطاير ،ونفايات البلاستيك ونفايات البلاط والذي هو أحد نفايات (D&C)[1,,2,5,6,9] الذي لا يمثل فقط المخاطر البيئية والصحية ولكنه يخلق أيضاً مشاكل الترسب في الأوساط كافة، لكن كل تلك النفايات يمكن استخدامها كمادة مضافة في التربة ذات المشاكل الهندسية والجيوتكنيكية، تستند النتائج المستخلصة من التثبيت إلى التحقق من خصائص الضغط ومقاومة الانضغاط غير المحصورة لمزيج التربة والنفايات بالإضافة لتبدل خصائص اللدونة وقدرة التحمل النسبية ال C.B.R بالتفصيل. في بحثنا هذا وقع اختيارنا على مواد من ناتج عمليات صناعية ألا وهي نفايات معامل البلاط باعتبارها تتشابه هيدروليكياً مع مادة الكلس، سنركز هدفنا الرئيسي في هذا البحث على استخدام بعض نفايات معامل البلاط في تثبيت بعض نوع من أنواع الترب المحلية. ففي بحثنا هذا تطرقنا إلى تثبيت التربة السيئة الخواص فيزيائياً وميكانيكياً بوضعها الخام بنفايات تصنيع البلاط الغرانيت والرخام (الكمخة) طبقنا مخطط التثبيت للتربة بتلك النفايات وذلك لتبيان التبدلات الجوهرية والتغيرات في الخواص الفيزيائية والميكانيكية للتربة المثبتة (اي للتربة الخام والضعيفة جيوتكنيكياً وهندسياً)[2,6,7].

الإشكالية (The problem)

تنتشر في بلادنا الترب الضعيفة على نطاق واسع والتي تشكل في معظمها أساسات الطرق وخاصةً في المنطقة الساحلية، غالباً ما تحتاج الأساسات الطرقية إما لسماكات كبيرة من طبقات الرصف او الاستبدال لسماكة محددة. مواد الرصف العالية الجودة في تناقص مستمر وفقاً للمتطلبات البيئية محلياً وعالمياً، وترحيل المواد الضعيفة مشكلة بيئية، ومحليا مازالت آلية تثبيت التربة الضعيفة بالإضافات قليلة ولاسيما التثبيت بالنفايات

الصناعية ومنها التثبيت بمادة نفايات معامل البلاط، عثرنا على نفايات البلاط في عدة أشكال بما في ذلك ملاط التصنيع وغبار التصنيع والقطع الصلبة، والتي تؤثر سلباً على النظم البيئية الطبيعية فهي غير قابلة للتحلل ولها تأثير بيئي مباشر [9] يمكن أن تؤدي إلى تلوث خطير وخفض خصوبة التربة وزيادة استهلاك المساحة في مناطق التخلص منها، بالإضافة إلى الهدر في مصانع البلاط خلال عملية التصنيع، وتوجد أيضاً كميات كبيرة من النفايات تم إنشاؤها من أنشطة البناء والهدم. [9]

أهمية البحث وأهدافه:

أهداف البحث وضع منهجية سليمة لتثبيت الترب الضعيفة بنفايات صناعية (نفايات معامل البلاط) للتوصل لخلائط صالحة لأعمال إنشاء الطرق والمواصلات، أي تصميم خلائط التربة مع النفاية كي تتحمل الأحمال الثقيلة. تبرز أهمية البحث في تصميم خلائط تربة مع النفاية لتصبح التربة الغير صالحة لأعمال انشاء الطرق صالحة بعد المعالجة السليمة لها باستخدام آلية التثبيت المناسبة بالإضافة لتأمين مواد بديلة عن المواد المرتفعة التكلفة من مقالع صخرية أو بقايا موجودة بالطبيعة.

المجموعات الأساسية لتثبيت التربة[2,3,4,6]:

1-التثبيت الميكانيكي MECHANICAL STABILIZATION: وهي آلية تعتمد لإتمام عملية التثبيت على آليات الرص الستاتيكي والديناميكي استناداً إلى نتائج تجربة بروكتور.

2-التثبيت بالإسمنت CEMENT STABILIZATION : وهي آلية تعتمد على إضافة الإسمنت إلى التربة بنسب تتناسب مع المتطلبات الفنية المطلوبة من خلائط التربة مع الإسمنت.

3- التثبيت بالكلس والكلس البو زولانيlime and lime pozzolan stabilization STABILIZATION: وهي آلية تعتمد على إضافة الكلس الحي أو المطفأ الى التربة بنسب تتناسب مع المتطلبات الفنية المطلوبة من خلائط التربة مع الكلس.

4-التثبيت بالبيتومين bituminous stabilization: تضاف ماد البيتومين للتربة بنسب محددة بحيث نصل إلى خلائط أما للعزل المائي أو لإنتاج مواد بقدرة تحمل محددة.

5-تثبيت التربة بالنفايات الصناعية: وهي آلية تشبه إلى حد بعيد التثبيت بالإسمنت أو الكلس لكن تخضع لظروف محددة تتعلق بالجدوى من التثبيت بها ولكل نفاية صناعية خصائص محددة يمكن استخدامها فقط مع نوع محدد من التربة.

بهدف إعداد دراسة لتثبيت التربة بنفاية الكمخة، تم اختيار تربة تحتاج للتثبيت منتقاة من مصدر وطى البسليس بالمنطقة الصناعية الجديدة بمدينة اللاذقية (تربة رمادية غامقة غير زراعية وهذه التربة تتمتع بخواص جيوتكنيكية هندسية ضعيفة). أما وسيط التثبيت فكانت الكمخة (الملاط الناتج من جلي وقص البلاط من معامل الغرانيت والرخام والبلاط الغرانيت باللاذقية).

منهجية البحث:

سوف نستعرض هنا المواد المستخدمة في البحث_وآلية تثبيت التربة بنفايات معامل البلاط من_مصدرين مختلفين (معمل الغرانيت باللاذقية ومعامل بلاط ورخام المنطقة الصناعية والبصة باللاذقية)

طرائق البحث ومواده:

إن تثبيت التربة عملية ليست بسيطة وإنما هي عملية تتطلب البحث والتدقيق لوضع الأطر العامة لتثبيت التربة في الظروف المختلفة. فتثبيت التربة يعتمد على أسس وقوانين وعلى مبادئ اقتصادية ترتبط ارتباطاً وثيقاً بالتكنولوجيا والخبرات الفنية، فأي عمل في مجال بناء الطرق والمطارات والسكك الحديدية يتطلب البرهان الاقتصادي التكنولوجي الكافي. وإن اختيار أي نوع من أنواع التثبيت يتطلب الجهد الكافي لتحديد مكان الاستخدام المناسب، لكن في كافة الأحوال إن تثبيت التربة بالروابط يعتبر مكلفاً كونه ستضاف لأعمال الإنشاء الكلفة المتعلقة بثمن المادة الرابطة وثمن الخلط وتكنولوجيا الخلط والفرش والإنشاء النهائي.

التربة المنتخبة المستخدمة في التجريب والبحث:

اختيرت التربة من وطى البسليس (جنوب غرب مدينة اللاذقية بمحاذاة طريق اللاذقية–حلب)، كون هذه التربة تمتد على مساحات كبيرة وتشهد منطقة تواجدها العديد من المنشأت الهامة (معمل غزل اللاذقية – توسع المنطقة الصناعية)، فعلى هذه التربة تشاد حالياً الطرق والساحات ضمن المنطقة الصناعية وسوق الهال الجديد.

والتربة هذه تعتبر غضارية ناتجة عن رسوبيات بحرية ونهرية وتتميز بخواص سيئة جيوتكنيكياً وهندسياً للإنشاء الطرقي ولإنشاء المنشأت الهندسية عليها. صنفت التربة وفق AASHTO بالمجموعة(A7) وهي أسوأ أنواع الترب وفق التصنيف المذكور والمستخدمة في مجال بناء الطرق والمواصلات أما حسب التصنيف الموحد للتربة (U.S.C).

ونبين في الجدول التالي (1) نتائج التجارب المنفذة على التربة لتحديد (خواصها الفيزيائية –الميكانيكية) الأساسية.

جدول (1) نتائج اختبار وتوصيف التربة

1 –الوزن النوعي58–ASTM854		**$G_{S=27.55KN/M^3}$**
2–التركيب الحبي (63–422 ASTM		**N0200(96.8%) نسبة المار من المنخل**
3–حدود أتربرغ	**حد السيولة**	**LL=58%**
	حد اللدونة	**PL=23%**
	قرينة اللدونة	**PI=35%**
4–نتائج تجربة بروكتور المعدلة **ا–الكثافة الجافة العظمة AASHTO T–180** **ب–الرطوبة الأصولية**		**γ=17.8 kn/m^3** **w%=17.9%**
5–نسبة التحمل الكاليفورنيةC.B. R ASTM 1883–67 **الإنتفاخ النسبي للإشباع 8%**		**قبل الإشباع : C.B.R=46%** **بعد الإشباع: C.B.R=3%**
7–المقاومة على الضغط البسيط لعينات أسطوانية **H=5cm**		**قبل الإشباع p=0.72Mpa** **بعد الإشباعp=0.14Mpa**
8–نتائج القص المباشر	**قبل الإشباع**	**C=0.18Mpa Φ=21**
	بعد الإشباع	**C=0.052Mpa Φ=14**
9–تصنيف التربة وفق AASHTO **وفق (U.S.C)**		**A–7** **(CH)غضار عالي اللدونة**

<u>نفايات معامل الغرانيت والرخام والبلاط (جلي وقص وتصنيع البلاط منها):</u>

من خلال الجولات الميدانية في مدينة اللاذقية والبحث عن مواد نفايات صناعية لاحظنا انتشار مساحات واسعة عند مدخل المدينة وبجوارها وبالقرب من المناطق السياحية مغطاة بالكمخة(وهي نفاية صناعة وقص وجلي البلاط الصناعي والمنزلي والتجاري)، وهذه المساحات من خلال المشاهدات العينية خالية من الخضار والنباتات كون غطاء الكمخة قضى كلياً على الغطاء النباتي، ولو تم البحث بالتفصيل عن أثر هذه على المناخ والأمطار لظهرت نتائج قد تكون مذهلة من حيث تأثيرها على الأمطار والمناخ المحيط بمنطقة التلوث، والنفايات المذكورة هي نواتج تصنيع البلاط

في معامل البلاط المنتشرة في محيط وداخل منطقة اللاذقية ، كما أنها ناتج من جلي البلاط المنزلي داخل المدينة(جلي البلاط المنفذ في الأبنية السكنية والحكومية) ، أما الخواص الفيزيائية الميكانيكية للنفاية فكانت كما يلي :

1 – نسبة المار من المنخل 200 N O = 91.5%

2 –الوزن النوعي $2.78\ gr/CM^3$

3 – قرينة اللدونة 6 = PI

4 – الكثافة الجافة العظمى $\gamma\ dmex = 1,69\ g\ r\ /\ c\ m^3$

5 – المقاومة على الضغط البسيط للعينات الحديثة العهد والوسطية $pc = 1.2\ kg\ /\ cm^2$

أما الألوان فكانت رمادية إلى بيضاء مع رمادية إلى زهرية اللون، والعينات مأخوذة بشكل عشوائي من مصادر عدة من معامل البلاط المنتشرة في اللاذقية يقدر الاحتياطي السنوي بـ100000 طن .

نبين فيما يلي أهم المركبات الكيميائية لنفايات معامل البلاط ومعامل الغرانيت بالجدولين رقم 2 و3

جدول (2) يمثل أهم المركبات الكيميائية لنواتج جلي وقص الرخام والبلاط

المركب الكيميائي	wt % tile waste
SiO2	2.1
CaO	55.27
Fe2O3	0.35
Na_2O	0.06
MgO	0.2

جدول (3) يمثل أهم المركبات الكيميائية لنواتج جلي وقص الغرانيت

المركب الكيميائي	wt % granite waste
SiO2	42.5
CaO	12.6
Fe2O3	2.68
Na_2O	3.57
MgO	0.89

<u>أدوات البحث الأساسية:</u>

لإعداد العينات وتجريبها تم استخدام مجموعة من الأجهزة منها ما توفر محلياً ومنها ما تم تصنيعه محلياً وفقاً لمواصفات محددة بناء على مراجع مختصة. وكانت أهم وسائل البحث والتجريب:

1–أجهزة قياس الأطوال والسماكات بدقة أجزاء من اللمم وهو جهاز البياكوليس والمساطر المعدنية الدقيقة.

2–قوالب معدنية لتجهيز عينات أسطوانية D = h =5cm صنعت محلياً سماكة جدار الأسطوانة المعدنية 1cmوصنع من الفولاذ العالي المقاومة لتحمل ضغوطات تشكيل العينات الترابية المثبتة بالروابط التجريبية تصل kg/cm^2 (15Mpa) 150.وتم اعتماد هذه القوالب بناء على المواصفة رقم (pct-ussr-82-79) أبعادها الداخلية d=5.11 وارتفاع الكلي h=13cm ومزودة بطارات تباعد معدنية لكبس العينة داخل الاسطوانة للحصول على الأبعاد النهائية

للعينة H=D=5cm ، تم صقل القوالب المعدنية من الداخل بالشكل الأمثل للحصول على عينة سليمة الحواف ذات سطوح ملساء.

3-جهاز ال C.B.R :

4-قوالب الC.B. R وبروكتور النظامية والمعدلة:

5-أفران تجفيف حتى $250C^0$

6-جهاز كسر المكعبات البيتونية وذلك لتشكيل العينات الأسطوانية من الخلائط (تربة+نفاية) وفق ضغوط تصميمية عالية.

7-مواد عزل (برافين) لتشميع الأسطوانات والاحتفاظ بالرطوبات التي شكلت وفقها الأسطوانات

8-ساعات قياس التشوه أثناء تجريب العينات على الضغط البسيط بدقة $1*10^{-2}$ مم

9-ساعات قياس القوة بدقة 3.32كغ أثناء تجريب العينات الأسطوانية على الضغط البسيط.

<u>دراسة خصائص التربة والمقاومة على الضغط البسيط وال C.B. R لخلائط التربة مع النفاية من مصدرين معمل الغرانيت ومعامل البصة والمنطقة الصناعية:</u>

تم إضافة النفاية لتربة المنطقة الصناعية، من مصدرين- معمل الغرانيت لشركة الزين ومعامل البصة والمنطقة الصناعية، وكانت نتائج دراسة تبدل خواص أتربرغ وبروكتور والمقاومات على الضغط البسيط بالحالة الجافة والرطبة وخواص ال C.B.R بالحالة المشبعة بالماء.

في هذه المرحلة تم دراسة تبدل خواص حدود أتربرغ وخواص بروكتور عند كل نسبة مضافة من النفاية (عند إضافة 3و 6 و9% نفاية كل على حدة) أما دراسة تبدل خواص المقاومة على الضغط البسيط فكانت عند كل نسبة إضافة من النسب المذكورة آنفاً، ومع الزمن بعمر للعينات المحضرة من الخلائط (تربة + نسبة نفاية) أسبوع وأسبوعان وأربع أسابيع طبعاً مع نسب من نفايات الكمخة من معامل الغرانيت مقدارها (3% و6 %و9%) ومع نسب من نفايات الكمخة من معامل البصة والمنطقة الصناعية مقدارها (3% و6 %و9%). أما خواص قدرة التحمل النسبية ال **C.B.R**فقد درست لخلائط التربة مع النفاية إن كانت النفاية من معامل الغرانيت أو معامل الرخام والبلاط بإضافتها للتربة بنسب (3 و 6 و9) % وذلك من معامل الغرانيت ونفس النسب بإضافة نفايات معامل البلاط والرخام من مصدر البصة والمنطقة الصناعية.

نبين في الجدول التالي (4) نتائج التجارب والدراسات كلها.

جدول (4) يمثل نتائج تجارب حدود أتربرغ وبروكتور المعدلة والتجارب على الضغط البسيط ونتائج ال C.B.R لخلائط التربة مع نسب (3 و6 و9) % نفاية معمل الغرانيت ومعامل البصة والمنطقة الصناعية

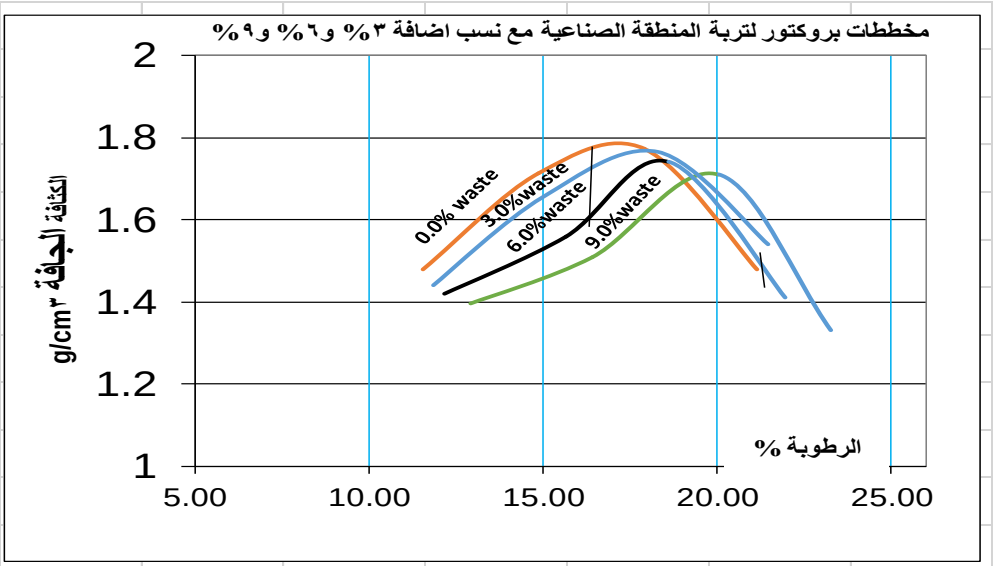
التربة	التربة مع نفايات الغرانيت				التربة مع نفايات معامل البلاط والرخام البصة والمنطقة الصناعية			
نسبة النفاية المضافة%	حدود اتربرغ				حدود اتربرغ			
		LL%	PL%	PI		LL%	PL%	PI
	0.0	58	**23**	**35**	0.0	58	**23**	**35**
	3	39.5	24.5	15.0	3	37.0	24.0	13.0
	6	30.4	22	**8.4**	6	28.0	22	**6.0**
	9	26.5	**21.5**	5	9	23.5	**20.5**	3
بة: نسد	خواص بروكتور				خواص بروكتور			

الرطوبة الأصولية W%	الكثافة الجافة العظمى γ_{dmax} kN/m^3		الرطوبة الأصولية W%	الكثافة الجافة العظمى γ_{dmax} kN/m^3		
17.93	1.76	0.0	17.93	1.76	0.0	
18.41	1.75	3	18.3	1.76	3	
18.55	1.74	6	18.61	1.73	6	
20.41	1.68	9	20.0	1.71	9	

خواص الC.B.R بالحالة المشبعة%		المقاومة على الضغط البسيط بعمر Mpa			خواص الC.B.R بالحالة المشبعة%		المقاومة على الضغط البسيط بعمر Mpa			نسبة النفاية المضافة%
C.B.R %	الانتفاخ النسبي %	أربع أسابيع	أسبوعان	أسبوع	**C.B.R** %	الانتفاخ النسبي%	أربع أسابيع	أسبوعان	أسبوع	
مشبعة	مشبعة	مشبعة	مشبعة	مشبعة	مشبعة		مشبعة	مشبعة	مشبعة	
3.0	8.0	0.14			3.0	8.0	0.14			0.0
18	2.1	**3.83**	3.55	3.18	11	3.22	2.46	2.22	2.06	3
33	1.53	6.10	**5.45**	3.56	17	1.95	4.48	4.03	3.55	**6**
39	0.9	4.29	4.86	4.29	24	1.12	3.08	3.64	3.27	**9**
ال **C.B.R** %	الانتفاخ النسبي %	4 أسابيع	أسبوعان	أسبوع	**ال** C.B.R **%**	الانتفاخ النسبي%	4أسابيع	أسبوعان	أسبوع	
جافة	جافة	جافة	جافة	جافة	جافة	جافة	جافة	جافة	جافة	
46	-	**0.72**			**46**	-	0.72			0.0
59	-	10.55	7.45	5.61	52	-	8.56	5.93	3.887	3
72	-	12.72	9.45	8.86	62	-	10.46	8.28	6.47	6
85	-	9.62	7.93	6.91	77	-	8.45	6.82	5.35	9

من الجدول (4) يمكننا تمثيل نتائج تبدل خصائص التربة بإضافة كل نوع من انواع النفايات بالأشكال التالية :

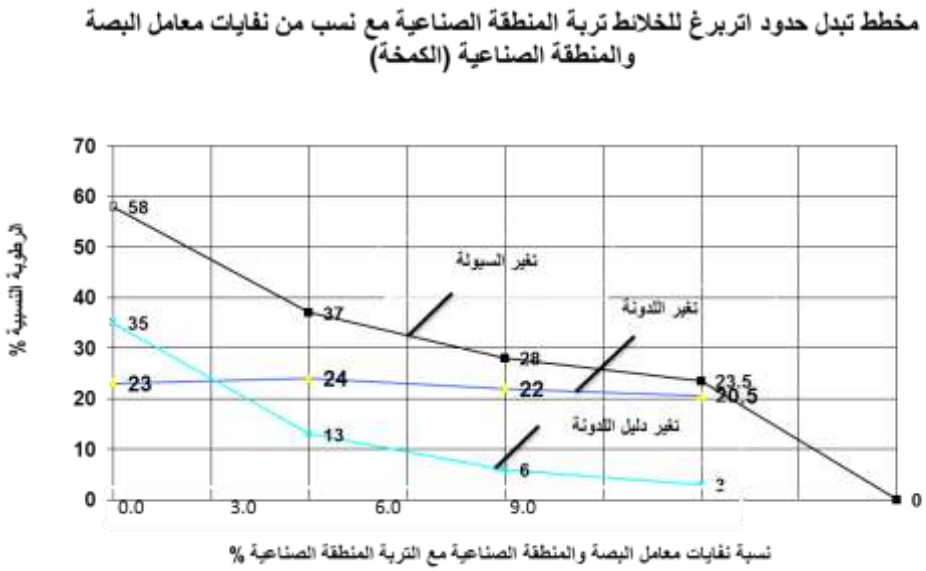
حيث نمثل تبدل خصائص بروكتور لخلائط التربة مع نسب النفايات (3 و6 و9) % ان كانت مصدرها الغرانيت او معامل **البلاط والرخام بالشكل (1)**



شكل (1) يمثل نتائج بروكتور لخلائط التربة مع نسب النفاية (3 و 6 و9)%

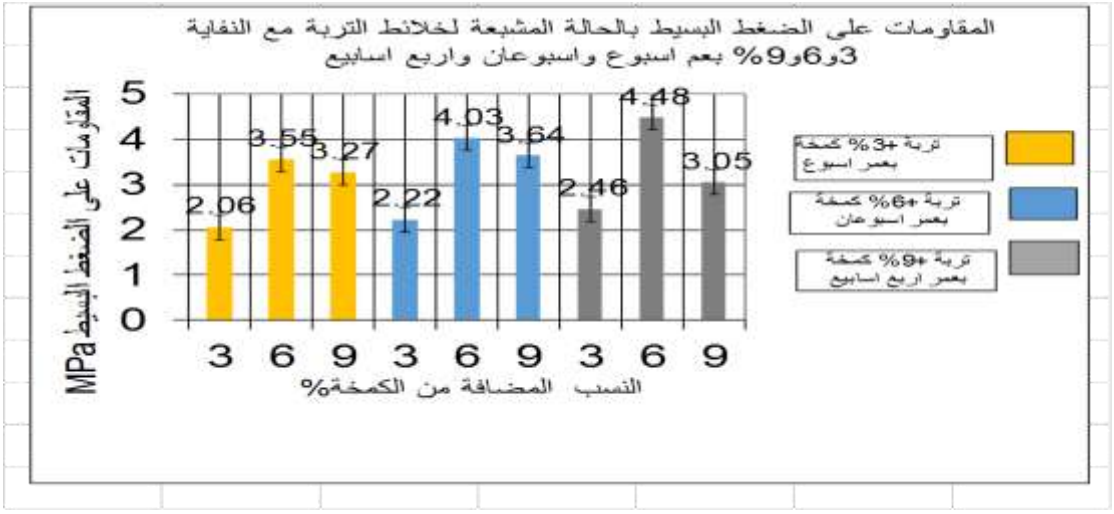
من الشكل (1) نجد تناقصاً مستمراً للكثافة الجافة مع تزايد نسبة الإضافة من النفاية، مع التنويه إن مخططات بروكتور للخلائط إن كانت بوجود نفايات الغرانيت أو معامل البصة والمنطقة الصناعية متشابهة لذلك بينا هنا مخططات تكافئ الخلائط إن كانت مع نفايات الغرانيت أو مع نفايات معامل البلاط والرخام .

أما تبدل خصائص حدود أتربرغ فنوضحها بالشكل (2)



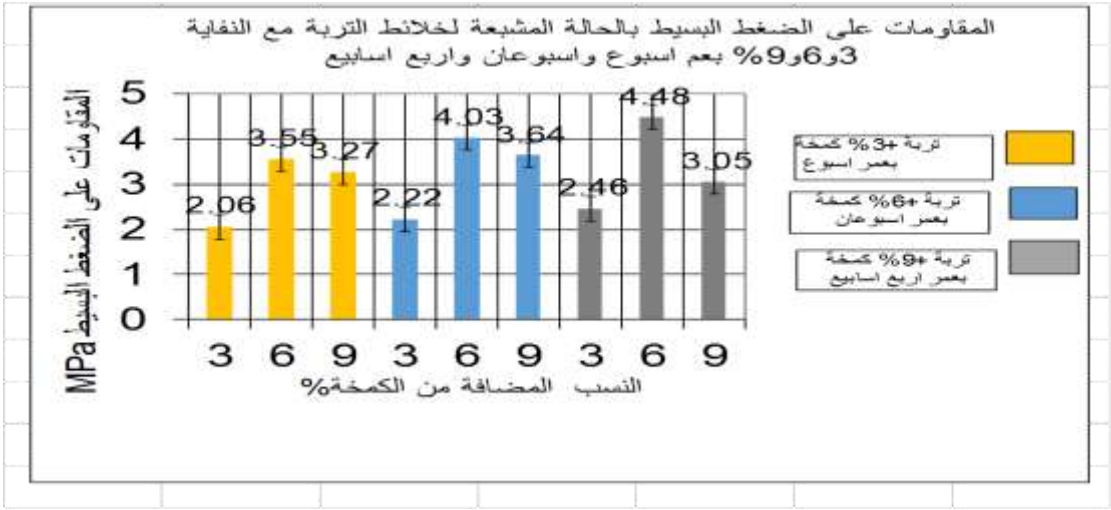
شكل (2) يمثل نتائج حدود أتربرغ لخلائط التربة مع نسب النفاية (3 و 6 و9)%

ومن الجدول (4) يمكن تمثيل نتائج المقاومات على الضغط البسيط لخلائط التربة مع نفايات معمل الغرانيت بالمخطط التالي (3):



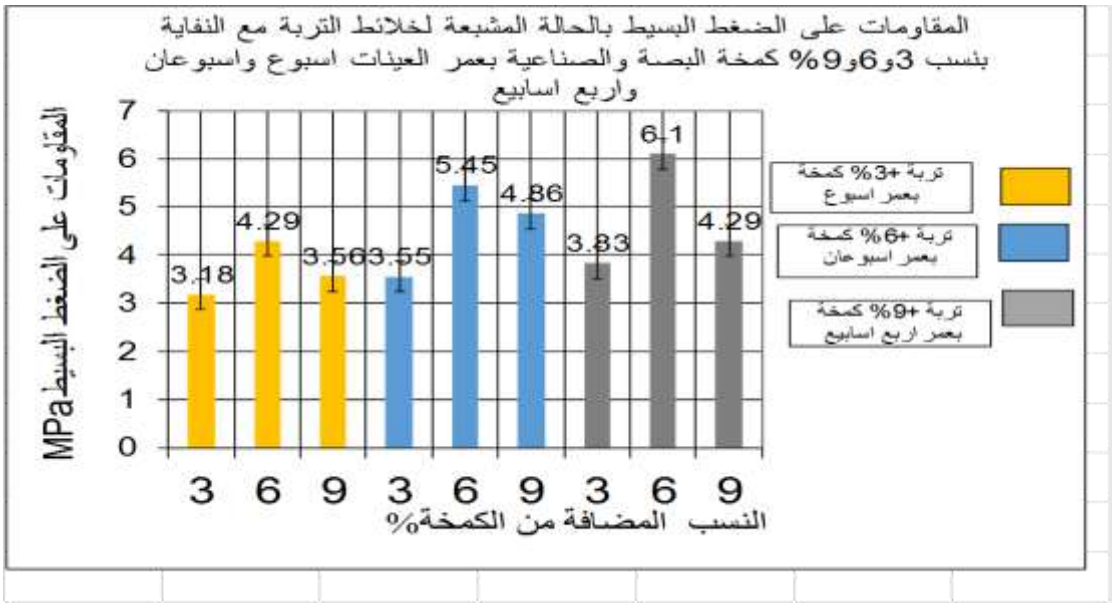
شكل (3) يمثل مخططات المقاومة على الضغط البسيط بالحالة المشبعة لعينات التربة المنطقة الصناعية مع الكمخة مصدر الغرانيت (1 –تربة + 3% كمخة – 2 –تربة +6% كمخة بلاط 3– تربة +9% كمخة)

من الجدول رقم 4 نبين مخططات تبدل **المقاومات على الضغط البسيط للتربة مصدر المنطقة الصناعية مع النسب المضافة من الكمخة (3% و6% و9%) من مصدر معمل الغرانيت بالحالة الجافة:**

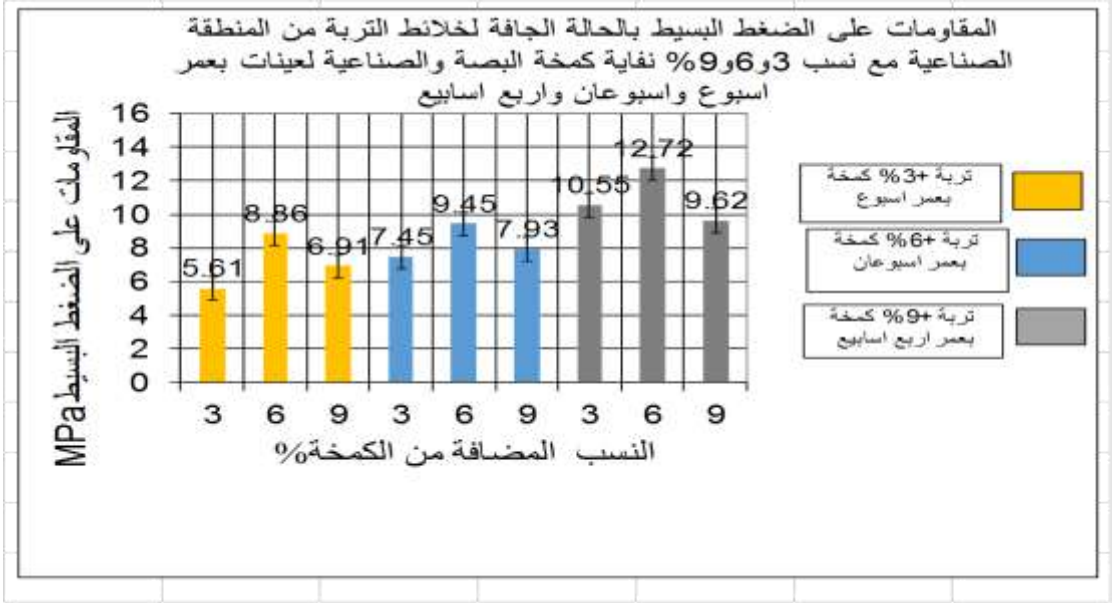


شكل (4) يمثل مخططات المقاومة على الضغط البسيط بالحالة الجافة لعينات تربة المنطقة الصناعية مع الكمخة مصدر معمل الغرانيت:
–تربة + 3% كمخة و 2 –تربة +6% كمخة بلاط 3– تربة +6% كمخة

أما نتائج دراسة تبدل خواص المقاومات على الضغط البسيط للتربة مصدر المنطقة الصناعية بالحالتين الجافة والمشبعة، مع النسب المضافة من الكمخة (3% و6% و9%) من مصدر معامل البصة والمنطقة الصناعية نبينها على الأشكال رقم 5 و6 :



شكل (5) يمثل مخططات المقاومة على الضغط البسيط 1 بالحالة المشبعة لعينات التربة المنطقة الصناعية مع الكمخة مصدر البصة ومعامل المنطقة الصناعية

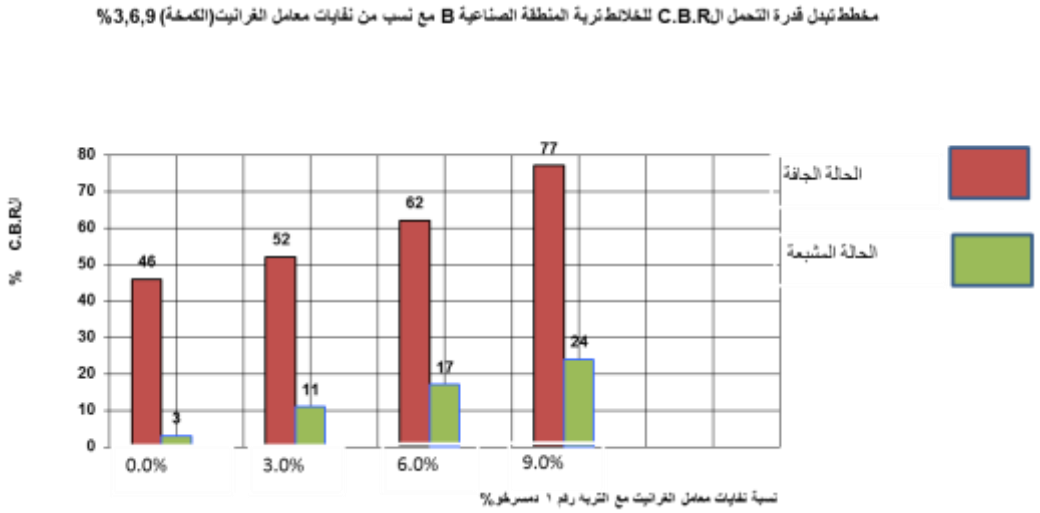


شكل (6) يمثل مخططات المقاومة على الضغط البسيط 1 بالحالة الجافة لعينات التربة المنطقة الصناعية مع الكمخة مصدر البصة ومعامل المنطقة الصناعية

لاحظنا أن المقاومة عند إضافة نفايات معامل الغرانيت كانت المقاومات على الضغط البسيط بالحالة المشبعة أقل مما هي علية عند إضافة نفايات معامل البصة والصناعية بنسبة35% عند نسبة الإضافة 3% وبنسبة 0.3%عند نسبة الإضافة6%، وبنسبة 24% عند نسبة الإضافة 9%.

كما لاحظنا أن المقاومة عند إضافة نفايات معامل الغرانيت كانت المقاومات على الضغط البسيط بالحالة الجافة أقل مما هي علية عند إضافة نفايات معامل البصة والصناعية بنسبة31%عند نسبة الإضافة 3%، وبنسبة 27% عند نسبة الإضافة 6%، وبنسبة23% عند نسبة الإضافة 9%.

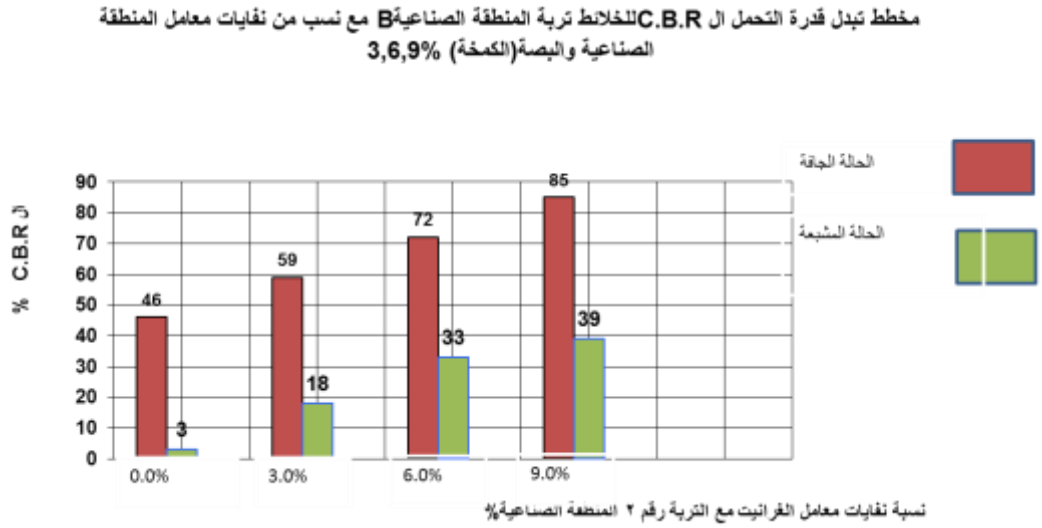
أما نتائج دراسة نتائج تجارب ال C.B.R لخلائط التربة مع مصدرين للكمخة من معمل الغرانيت ومعامل المنطقة الصناعية والبصة من الجدول رقم (4) نوضحها بالشكل (7):



شكل (7) يمثل نتائج تجارب قدرة التحمل النسبية الC/B/R لخلائط تربة المنطقة الصناعية مع مصدر للكمخة من معمل الغرانيت

لاحظنا أن قدرة التحمل عند إضافة نفايات معامل الغرانيت كانت ال CBR بالحالة المشبعة أقل مما هي عليه عند إضافة نفايات معامل البصة والصناعية بنسبة39% عند نسبة الإضافة 3%وعند نسبة الإضافة 6% كانت بنسبة 49%، وبنسبة 39% عند نسبة الإضافة 9%.

أما نتائج دراسة نتائج تجارب ال C.B.R لخلائط التربة B مع مصدرين للكمخة من معامل البصة والصناعية فنوضحها بالشكل (8)



شكل (21) يمثل نتائج تجارب قدرة التحمل النسبية لC/B/R لخلائط تربة المنطقة الصناعيةB مع مصدر للكمخة من معمل البصة والمنطقة الصناعية

لاحظنا أن قدرة التحمل عند إضافة نفايات معامل الغرانيت كانت ال CBR بالحالة الجافة أقل مما هي عليه عند إضافة نفايات معامل البصة والصناعية بنسبة12% عند نسبة الإضافة 3% وعند نسبة الإضافة 6% كانت بنسبة 14%، وبنسبة 9% عند نسبة الإضافة 9%.

النتائج والمناقشة:

إن نتائج تحسين التربة من المنطقة الصناعية بإضافة نسب كمخه (3 و6 و9) % من وزن التربة وذلك من مصدري البصة ومعامل البصة والمنطقة الصناعية كل على حدة:

<u>– فيما يخص تبدل خصائص أتربرغ:</u>

– إضافة كمخة معامل الغرانيت:

عند نسبة الإضافة 3% قد انخفض حد السيولة بمقدار 32%، وأيضا عند نسبة الإضافة 6% انخفض بمقدار 23 %، وعند نسبة الإضافة 9% انخفض بمقدار 13%.

أما بالنسبة لحد اللدونة زادت بمقدار 7 % عند نسبة الإضافة 3%، وانخفضت بمقدار 10% عند نسبة الإضافة 6%، وانخفضت بنسبة 2% عند نسبة الإضافة 9%.

وأيضاً بالنسبة لقرينة اللدونة كان الانخفاض بمقدار 57 % عند نسبة الإضافة 3%، وعند نسبة الإضافة 6% انخفضت بمقدار 44%، وانخفضت بمقدار 41% عند نسبة الإضافة 9%.

– إضافة كمخه معامل البصة والمنطقة الصناعية:

عند نسبة الإضافة 3% قد انخفض حد السيولة بمقدار 36%، وأيضا عند نسبة الإضافة 6% انخفض بمقدار 24 %، وعند نسبة الإضافة 9% انخفض بمقدار 16%.

أما بالنسبة لحد اللدونة زادت بمقدار 4 % عند نسبة الإضافة 3%، وانخفضت بمقدار 8% عند نسبة الاضافة 6%، وانخفضت بنسبة 7% عند نسبة الاضافة 9%.

وايضا بالنسبة لقرينة اللدونة كان الانخفاض بمقدار 63 % عند نسبة الإضافة 3%، وعند نسبة الإضافة 6% انخفضت بمقدار 54%، وانخفضت بمقدار 50% عند نسبة الإضافة 9%.

– فيما يخص تبدل خصائص بروكتور:

من الجدول (4) نستنتج إن خصائص بروكتور للتربة كانت متشابهة عند إضافة الكمخة من مصدري الغرانيت ومعامل البصة والمنطقة الصناعية.

– فيما يخص تبدل خصائص المقاومة على الضغط البسيط:

– لاحظنا أن المقاومة عند إضافة نفايات معامل الغرانيت كانت المقاومات على الضغط البسيط بالحالة المشبعة أقل مما هي علية عند إضافة نفايات معامل البصة والصناعية بنسبة35% عند نسبة الإضافة 3%وبنسبة 0.3%عند نسبة الإضافة6%، وبنسبة 24% عند نسبة الإضافة 9%.

كما لاحظنا أن المقاومة عند اضافة نفايات معامل الغرانيت كانت المقاومات على الضغط البسيط بالحالة الجافة أقل مما هي علية عند إضافة نفايات معامل البصة والصناعية بنسبة31%عند نسبة الإضافة 3%، وبنسبة 27% عند نسبة الإضافة 6%، وبنسبة23% عند نسبة الإضافة 9%.

– فيما يخص تبدل خصائص الCBR (قدرة التحمل):

3-2-4-1- فيمل يخص تبدل خصائص ال CBR(قدرة التحمل) بالحالة المشبعة للعينات:

لاحظنا أن قدرة التحمل عند إضافة نفايات معامل الغرانيت كانت ال CBR بالحالة المشبعة أقل مما هي علية عند إضافة نفايات معامل البصة والصناعية بنسبة39% عند نسبة الإضافة 3%وعند نسبة الإضافة 6% كانت بنسبة 49%، وبنسبة 39% عند نسبة الإضافة 9%.

– لاحظنا أن قدرة التحمل عند إضافة نفايات معامل الغرانيت كانت ال CBR بالحالة الجافة أقل مما هي علية عند إضافة نفايات معامل البصة والصناعية بنسبة12% عند نسبة الإضافة 3% وعند نسبة الإضافة 6% كانت بنسبة 14%، وبنسبة 9% عند نسبة الإضافة 9%.

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

1- بالنسبة للتربة من المنطقة الصناعية والبصة نستنتج أنَ الكثافة الجافة تتناقص مع ازدياد نسب الإضافة، والسبب إلى أنَ مادة الكمخة وزنها النوعي أقل من الوزن النوعي للتربة.

2- نستنتج أنَ المقاومة على الضغط البسيط تزداد مع الزمن مع كل نسبة إضافة، لكن عندما تزيد نسبة الإضافة عن حد ال 6% تناقصت المقاومة على الضغط البسيط وذلك بالنسبة للتربة من المنطقة الصناعية والبصة.

3- المقاومات على الضغط البسيط عند إضافة نفايات معامل الغرانيت أقل ممَا هي عليه عند إضافة نفايات معامل المنطقة الصناعية والبصة، وذلك بالنسبة للتربة من المنطقة الصناعية والبصة بالحالتين الجافة والمشبعة.

4- بالنسبة لقدرة التحمل الكاليفورنية عند إضافة نفايات معامل الغرانيت أقل ممَا هي عليه عند إضافة نفايات معامل المنطقة الصناعية والبصة، وذلك بالنسبة للتربة من المنطقة الصناعية والبصة بالحالتين الجافة والمشبعة.

التوصيات:

وفقاً لكل النتائج السابقة والتي أظهرت جدوى إضافة نفايات الغرانيت ونفايات معامل الرخام والبلاط للترب الضعيفة الخواص جيوتكنيكياً وهندسياً يمكن أن نقترح ما يلي:

1"–يمكن تثبيت الترب الضعيفة جيوتكنيكياً وهندسياً بإضافة نسب من النفايات من الوزن الجاف للتربة، على أن تكون النسب المضافة بمقدار لا يقل عن 3% من الوزن الجاف للتربة حتى تتحقق القيمة المتوقعة من التثبيت.

2"– إن نفايات معامل البلاط والرخام تحقق شروطاً أفضل للتثبيت منها باستخدام نفايات معامل الغرانيت لذلك ننصح بإضافة نسب من الإسمنت البورتلاندي العادي لا تقل عن 2% من وزن التربة الجاف مع نفاية الغرانيت للحصول على مقاومات ومواصفات أفضل لخلائط التربة مع النفاية.

3"– ننصح بمعالجة النفاية مهما كان نوعها بالتجفيف الكامل قبل استخدامها في تثبيت التربة ويفضل تعبئتها بأكياس نايلون محكمة الإغلاق.

4"– في حال تثبيت الترب العالية اللدونة يجب طحن المواد المتجمعة منها بحيث لا يزيد قطر الحبيبات المتشكلة منها عن 5 مم وذلك حتى نحقق شروط مزج مثالية.

References:

1- OGLESBY. C& HICKS.R. 1982 Highway Engineering fourth Edition. John Wiley &Sons. New York. U.S.A

2- ISTVAN.C. Comportment geotechniq des sables argileux: Influence du traitemen a la chaux. Th eses doct. E.M. Pavec INSA Rennes 1990-174p.

3- The AASHTO Road Test 1962. Highway Research Special reports 61A to 61E Washington.d.s.

4- The AASHTO 1978, Standard Spcification for Materials 1989. Moscow.

5- The Russian Specifications for material 1989. Moscow.

6- Akshaya Kumar Sabat. "Stabilization of expansive soil using industrial solid wastes" Vol. 19 [2014], Bund

7- D ivya Devarajan , Aswathy Sasikumar (Evaluation of geotechnical properties of marble dust treated clayey soil) (November 2014)

8- M. ADAMS JOE1, A. MARIA RAJESH2, (July 2015) (SOIL STABILIZATION USING INDUSTRIAL WASTE AND LIME)

9- Mohammed Ali Mohammed Al-Bared, Aminaton Marto, and Nima (2018) {Utilization of Recycled Tiles and Tyres in Stabilization of Soils and Production of Construction Materials – A. (Latifi State-of-the-Art Review).