

المساهمة في تحسين الترب الضعيفة لاستخدامها في الأساسات الطرقية

د. بسام سلطان*

د. رامي حنا**

رغداء معيظه***

(تاريخ الإيداع 30 / 10 / 2011. قُبِلَ للنشر في 27 / 12 / 2011)

□ ملخّص □

تهدف دراستنا هذه لتحديد إمكانية استخدام مواد مثبّطة كيميائية (المستخدمة في الكثير من البلدان) بوصفها مادة محسنة وللتربة الطرقية ثلاثم بيتننا الساحلية. لتحقيق هذا الهدف تم اختيار نوعين من التربة من موقعين مختلفين في محافظة طرطوس (البلاطة الغربية - الكراجات في بانياس) وتم إجراء التجارب المخبرية اللازمة لتحديد خواصها (التركيب الحبي - حدود إتربرغ - بروكتور المعدلة - تجربة التحمل الكاليفورينية) وذلك لتصنيفها ودراسة سلوكها عند استثمارها كأساسات طرقية تبين بالتجريب أن قدرة تحمل تربة موقع البلاطة الغربية في طرطوس بوضعها الحام (17.9%) أما بعد إضافة المادة الكيميائية (Super pave Base Stabilizer EN1) بنسبة 300/1 + 7% إسمنت (أي لتر مادة محسنة لكل 300 لتر ماء + 7% إسمنت) من وزن التربة المستخدمة أساساً للطريق حصلنا على أعلى نسبة تحسين للتربة حيث تضاعفت قدرة التحمل سبعة أضعاف تقريباً وأصبحت 120.8%، أما النسب الإضافية الاقتصادية للخلط فكانت 300\1 من المادة المحسنة + 2% إسمنت حيث بلغت قدرة التحمل (45.7%) أي أربعة أضعاف قدرة التحمل الأولية للتربة الأم بدون إضافات. أما بالنسبة لتربة موقع كراجات بانياس فقد كانت قدرة تحملها بدون إضافات (5.0%) وبعد إضافة نسبة 300/1 مادة كيميائية و7% إسمنت أصبحت قدرة تحملها 35.43% أما الإضافة الاقتصادية كانت 2% إسمنت و300/1 مادة محسنة حيث أصبحت قدرة تحمل التربة 13.0%. تضمن البحث تأثير الزمن في المعالجة، ولاحظنا أن قدرة التحمل تضاعفت سبعة أضعاف بعد سبعة أيام تقريباً وبعد 28 يوماً تضاعفت 10 أضعاف وذلك لنوعي التربة المدروستين، وهذا يدل على أن التفاعلات بين المادة الكيميائية والإسمنت من جهة وشوارد التربة من جهة أخرى تستمر مع الزمن فتزداد قدرة التحمل، ونحصل على تربة أكثر ثباتاً وفاعلية وهذا التثبيت الجديد هو ما نحتاج إليه من أجل ديمومة الطريق والمحافظة على أساسه عبر الزمن.

الكلمات المفتاحية: المادة الكيميائية، التربة، التحسين، التثبيت، طبقة الأساس، الإسمنت.

* أستاذ مساعد - رئيس قسم المواصلات والنقل - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

** أستاذ مساعد - قسم المواصلات والنقل - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

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

Improving Weak Soils for Road Base Use

Dr. Bassam Sultan^{*}
Dr. Rami Hanna^{**}
Raghda'a Maaita^{***}

(Received 30 / 10 / 2011. Accepted 27 / 12 / 2011)

□ ABSTRACT □

This study aims to examine the possibility of using stabilizing chemical materials in weak soils (commonly used in many countries) for developing their system-plexus-reticulation in our coastal ambience where various soils which we have studied and stabilized with cement and EN1 using many samples of which from two sites (Blata Gharbia – Baniyas Garage). By laboratory testing which distributes the soils and shows their behavior when used as a road base (Eterbarg –Broktor –dry density- CBR), natural CBR was 17.9 with 7% cement, and by using 1/200 EN1 the cbr, it became %120.8, that is 7 times bigger. When we used 2% cement and 1/300 EN1, the CBR became 45.7 %. Natural CBR of Baniyas Garage was 5.1, and with 7% cement and 1/300 EN1 it became 35.4%. This means En1 has supported the reactions between soil and cement so the CBR will improve the soil to serve as a road base. After 7 days, the CBR became 7 times bigger than the first time tested; and after 28 days, it became 10 times bigger. This indicates that the CBR has increased with cement and EN1 many times because the chemical activities continue between cement, EN1, and soil, so soil will be more stabilizing and convenient; this new stabilization maintains roadworthiness timewise.

Keywords: chemical material, soil, stabilizing, improving, road base, cement, EN1.

* Associate Professor, Department of Transportation Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

** Associate Professor, Department of Transportation Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

*** Postgraduate Student, Department of Transportation Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة:

نصادف عند إنشاء الطرق أنواعاً معينة من الترب الضعيفة غير المناسبة للتأسيس، وهذا قد يتطلب استبدالها فنياً بترب محسنة وترحيلها مما يؤدي إلى زيادة كبيرة في كلفة الإنشاء، ومن هنا تأتي أهمية إيجاد مصادر للمواد اللازمة لبناء الطرق وهي مسألة ليست سهلة بسبب وجود صعوبة في تأمين هذه المواد حيث إنها من المشاكل الأساسية التي تواجه مصممي ومنفذي طرق المواصلات المحلية والرئيسية بين المدن.

والجدير بالذكر أن كلفة إنشاء طبقات الرصف وبشكل خاص كلفة إنشاء طبقة الغطاء وطبقة الأساس في طبقات الرصف تشكل حوالي (50-60%) من كلفة إنشاء الطريق كله. [1]

إن المواد المستخدمة في طبقات الرصف تختلف طبيعتها وسماكتها ومكوناتها باختلاف حجم المرور وتكوينه ودرجته وبالنسبة لمصممي الطريق فهم في أغلب الأحيان يستخدمون المواد القريبة من المشروع.

والجدير ذكره أن مدى ملائمة التربة في بناء أساس الطريق يتم عن طريق تقييم التربة من حيث خصائصها الفيزيائية والميكانيكية، وتتطلب معظم المواصفات أن تكون مكونات التربة المستخدمة قوية وقدرة تحملها جيدة وذلك لمنع هبوطها وبالتالي حدوث هبوطات وتشققات في سطح الطريق عند استثماره. وتحلل التربة مرتبة مهمة بين المواد التي يتعامل معها المهندسون بسبب تنوع أشكالها وخصائصها الفيزيائية والكيميائية والميكانيكية، ولأنها الجزء الذي تنتقل إليه أحمال المرور مما يستدعي الدراسة الوافية لها، تلافياً للمشاكل التي قد تنجم عن إنشاء الطريق على تربة غير ضعيفة. فالهبوطات غير المسموح بها أو غير المتكافئة لسطح الطريق وما ينتج عنهما من هبوطات تفاضلية، وغير ذلك من العيوب، كلها أمور يمكن تلافيتها من خلال الدراسة المسبقة لخصائص التربة في موقع الإنشاء. وتجدر الإشارة هنا إلى أن التجربة الإنشائية في أكثر بلدان العالم قد أثبتت أن المبالغ الباهظة التي يتم إنفاقها لمعالجة العيوب الإنشائية المذكورة تفوق كثيراً تلك المبالغ التي تُتفق مقابل إجراء الدراسة اللازمة للتربة الأساسات الطرقية في الوقت المناسب، أي قبل الإنشاء. لذلك تتركز الجهود حالياً على تحسين المواصفات الفنية للترب الضعيفة بمعالجتها بالنفائات الصناعية أو المواد الكيميائية التي تم إنتاجها في الآونة الأخيرة لتحويل تلك الترب إلى ترب جيدة جيوتكنيكياً. في بحثنا هذا تم اختيار مادة كيميائية مجربة في العديد من الدول super basestabilizer EN1 سوف نعمل على تجربتها على ترب محلية في الساحل السوري ومعرفة مدى تأثيرها في تحسين مقاومتها وقدرة تحملها [1].

أهمية البحث وأهدافه:

يهدف البحث إلى إيجاد آلية مناسبة لتحسين المواصفات الجيوتكنيكية الهندسية لبعض أنواع الترب الضعيفة من خلال إضافة مادة كيميائية مناسبة (superpave (Base Stabilizer EN1 بمفردها وكذلك هذه المادة مع نسبة إسمنت، للحصول في النهاية على خليط (تربة+مواد محسنة) يصلح للاستخدام في أعمال الردم وإنشاء الطرق. وتتطلب أهمية البحث من افتقار معظم المشاريع الحيوية إلى استخدام تقنيات تثبيت التربة بالمواد الكيميائية حيث إنه عند تنفيذ الطرق قد تصادفنا في كثير من الأحيان وجود ترب ضعيفة أو ذات انضغاطية عالية وهذا يضطرنا إلى زيادة سماكات الرصف أو استبدال الترب التحتية بترب أخرى أكثر ثباتاً وقدرة على تحمل الحمولات وهذا يؤثر سلباً في البيئة (استنفاد مواردها الطبيعية كالصخور الصلبة) مما شجع على دراسة تحسين التربة الضعيفة بدل ترحيلها.

وفي هذا البحث نقدم:

- 1- دراسة إمكانية استخدام مادة EN1 superpave base stabilizer لتثبيت التربة الضعيفة المستخدمة كأساس طريق في الساحل السوري بنسب مختلفة.
- 2- المقارنة بين نتائج تقوية التربة بالنسب السابقة واختيار النسبة المثالية.
- 3- استخدام الإسمنت بنسب منخفضة مع المادة الكيميائية بالنسب المجربة السابقة ومقارنة النتائج مع التحسين بالمادة بمفردها.
- 4- دراسة تأثير الزمن في زيادة المقاومات للعينات المحسنة بالإسمنت والمادة الكيميائية معاً.
- 5- جدولة النتائج واختيار أفضل نسبة للإسمنت والمادة المحسنة EN1.

حالة المعرفة :

قام عدد من الباحثين بمجموعة من الأبحاث حول تحسين تربة أساس الطريق بعدد من المواد الكيميائية والعضوية والحيوية ومنها :

- تثبيت التربة بالطرق الحيوية: أي عن طريق بكتريا تتفاعل مع المواد العضوية المشكلة للتربة في موقعها الأصلي قام كل من Charles E Turick and all في كارولينا الجنوبية عام 2007 بإنتاج ميكروبي tyrosine-pyomelanin وتم تعديلها من حيث الحموضة والقلوية الخاصين لكل تربة وتم معالجة التربة بهما لمدة 13 شهراً وبعدها أخضعت التربة للاختبارات الحقلية ف لوحظ زيادة قدرة تحملها وتماسكها ومقاومتها للحمولات ثلاثة أضعاف بعد أن قام الباحثون بصنع قوالب لعينات محسنة بالميكروبين المضبوطين المعدلين.(1)
- كما قام كل من حسام ورمزي طه وعامر الرواس من جامعة السلطان قابوس في سلطنة عُمان في عام 2005 بدراسة لاستخدام الترب الملوثة بالنفط في بناء الطريق السريع باستعمال الحاسوب الشخصي، ودراسة الخاصة السمية والتحليل الكيميائي للمعادن والمركبات العضوية ، ودراسة مستوى التلوث والفراغات الهوائية، قادت هذه الدراسات مع نظام ال(pcs) إلى معرفة نسبة استخدام الإسمنت مع الحجر اللازمة في أساسات الطرق للترب الملوثة بوصفها بديلاً عن المجدول الأسفلتي الحار وذلك بحسب نسبة التلوث المقيسة. (2)
- كما قام كل من (WeiguoShen, Mingkai Zhou, Qinglin Zhao) في تشرين الثاني 2005 -تموز 2006 في مختبر علم مادة السيليكا في جامعة Wuhan في الصين بدراسة لتثبيت تربة أساس الطريق برابط مكون من (الجبس والفوسفور) وبوجود الرماد والكلس عن طريق التجريب بقوالب حيث وجد أن مسحوق الكلس المعدل كان أفضل منشط قلوي في الرابط الذي شمل 8-12% كلساً و18-23% رابط جيبس مفسر و65-74% رماد متطاير فوجد أن قوة الرابط الجبسي أعلى من الكلس والإسمنت لترب الطرق ذات التركيب الحبيبي حيث وجد أن تركيب مسام الرابط الجبسي أدق من الكلس لذا زادت قوة وأداء تربة قاعدة الطريق بوجود الجيبس. (3)
- تم في منطقة اتنا في إيطاليا عام 2003 معالجة الترب الطينية باستخدام الرماد البركاني أي تعديل الأيونات الموجبة الأساسية (تعديل كيميائي) وإنتاج تربة معدنية حيث أسموها Imogolite أبدت جزئيات التربة الطينية فيها ترابطاً جيداً مع الخبث البركاني بوجود ماء المطر. كما تم في الصين إنتاج عامل استقرار كيميائي للترب الطينية من الرماد البركاني أسموه (2-U-A-S) تم إنتاجه لتحسين الأداء الميكانيكي بإضافة

4% منه تم تخفيض إجهادات التقلص والتشوهات الناجمة عنها وذلك بتجريب نسب متعددة من 2-8% رماذ من وزن التربة الضعيفة وهذا أدى إلى رفع قدرة التحمل بشكل كبيرو استيفاء متطلبات الطرق.(4)

- قام الباحثان هوففر وبلانك في من شركة calfresno باستخدام مثبت قوي في كاليفورنيا 2006 يدعى (الرابط الغضاري) لتثبيت التربة وتخفيف الغبار حيث تم استخدام الصمغ الطبيعي الذي يربط بين جزيئات التربة ومكون من: hygroscopic and lignin polymer- wood sugars) وكل من البوليمير وسكر الخشب يجذب ويحتفظ بالرطوبة في سطح الطريق. قام كل من الباحثين هوففر وبلانك بتحديد قيمة سكر الخشب في التربة التي قاما بتثبيتها بمشروب كحولي. إن Lignin fraction of Calbinder هو عامل التصاق قوي يربط نفسه كيميائياً إلى المعادن الطينية في الترب وهذا يميل إلى ملء الفراغات ويعطي كثافة أعلى لنفس محتوى الرطوبة في العينات المجربة والتي تم كسرها في جهاز الكسر على الضغط البسيط. لقد استعمل Lignin لمنع انتشار الغبار في أوروبا وأمريكا منذ العشرينات من القرن الماضي حيث أخذت المادة الأولية من طواحين البذور وتم رشها على الطرق غير المعبدة لمنع الغبار واكتسبت هذه الطريقة أهميتها عندما اكتشفوا أن تلك المركبات اخترقت سطح الطريق لتجعل الجزيئات الطينية بلاستيكية في مستويات الرطوبة المنخفضة وكان أفضل معالجة مع (Calbinder) بتطبيق الرص حيث يتم توزيع الضغط بشكل صحيح وأصبحت الفراغات بين الجزيئات أقل ما يمكن وهذا يسمح بتطبيق حمل أكبر ويخفض كمية الماء وانجراف التربة بالماء أو الاحتكاك حيث زادت قيمة CBR بنسبة 25%.

طرائق البحث ومواده:

إن المواد الكيميائية المستخدمة في تثبيت الأساسات الطرقية هي عبارة عن أملاح البوتاسيوم والصوديوم والبوليميرات وقد أثبتت هذه المواد قدرتها على تغيير المواصفات الفيزيائية والكيميائية للتربة وزيادة قدرة تحملها وبالتالي إمكانية التأسيس عليها وعدم ترحيلها. كما أن للمحسنات العضوية والحيوية فعاليتها في الوقت الحاضر لتحسين الترب الضعيفة بها إما عن طريق استخدامها بشكل مباشر أو بإمرارها عبر سلسلة من التحضيرات لتصبح فعالة في الربط والتثبيت بين مكونات التربة حيث أثبتت جميعها كفاءةً في تخفيض كلفة إنشاء الطريق وسطياً بحدود 30%. [2]

تم تحديد المصدرين اللذين تم إحضار التربة منهما من مكانين في محافظة طرطوس: الأول طريق البلاطة الغربية والثاني كراجات بانياس.

أ- المصدر الأول: تربة غضارية من بيئة نهريّة تم إحضار 1500 كغ لإجراء التجارب المخبرية اللازمة لتحديد الخواص الفيزيائية والميكانيكية لهذه المواد حيث أظهرت تجربة حدود إتربرغ أن تربة البلاطة الغربية بحد سيولة 54.4 وقدرة تحمل 17.9% غير صالحة للتأسيس الطريقي عليها فقمنّا بتثبيتها مرة بالإسمنت ومرة بالمادة الكيميائية EN1 ثم بالإسمنت والمادة الكيميائية معاً.

ب- المصدر الثاني: موقع كراجات بانياس حيث تم إحضار 1800 كغ لإجراء تجارب حدود إتربرغ وتجربة التحمل الكاليفورينية فكان حد السيولة 52.3 وقدرة تحملها 5.03% وهذه النتائج لا تسمح بها المواصفات الفنية للتأسيس عليها.

التجارب التوصيفية للمواد :

تم في هذه المرحلة إجراء التجارب المخبرية التوصيفية للمواد لتحديد أهم الخواص الفيزيائية والميكانيكية للتربة المستخدمة في هذا البحث وتبين من خلال التجارب أن المواد غير مناسبة للتأسيس عليها وسنورد نتائج العمل المخبري الذي قمنا به:

1- التجارب التوصيفية على العينة الأولى طريق البلاطة الغربية في طرطوس:

تم إحضار 1500 كغ من موقع البلاطة الغربية للقيام بالتجارب المخبرية التوصيفية عليها إضافة إلى تطبيق التثبيت بالإسمنت والمادة الكيميائية EN1 ونورد فيما يلي النتائج.

1-1- تجربة التحليل الحبي المنخلي : تم إجراء تجربة التحليل الحبي على عينة البلاطة الغربية وكانت النتائج وفق الجدول التالي حسب تسلسل نسبة المار الكلي بـ %.

الجدول رقم (1) يبين نتائج التحليل الحبي للعينة الأولى من تربة البلاطة الغربية في طرطوس.

فتحة المنخل	نسبة المار %
1,5 Inch	100
1 Inch	95
1,1/2 Inch	80
3/4 Inch	-
1/2 Inch	80
3/8 Inch	78
No 4	52
No10	40
No200	30

1-2- تجربة حدود إتربرغ وتحديد الكثافة الجافة العظمى والرطوبة الأصولية لتربة المصدر الأول (البلاطة الغربية) : حيث تم تحديد الكثافة الجافة العظمى والرطوبة الأصولية وكانت وفق الجدول التالي:

الجدول رقم(2) يبين الكثافة الجافة والرطوبة الأصولية لتربة البلاطة الغربية

1.69g/cm ³	الكثافة الجافة العظمى
18.4 %	الرطوبة الأصولية

وكذلك تم تعيين حدود إتربرغ (حد السيولة وحد اللدونة ودليل القوام) للتربة الطبيعية بدون إضافات لتربة البلاطة الغربية، ثم قمنا بدراسة تلك الحدود بعد إضافة المادة المحسنة والإسمنت ولوحظ انخفاض طفيف في حد السيولة وذلك وفق الجدول التالي

الجدول رقم (3) يبين حدود إتربرغ لتربة طريق البلاطة قبل التحسين بالمادة الكيميائية وبعدها

1/500	1/300	1/200	0	ENI نسبة المحسن المضافة
50.9	49.7	48.8	54.4	حد السيولة
34.61	32.73	32.34	36.6	حد اللدونة
16.29	16.97	16.46	17.8	دليل اللدونة

3-1- تجارب الـ CBR على التربة وخلائط التثبيت :

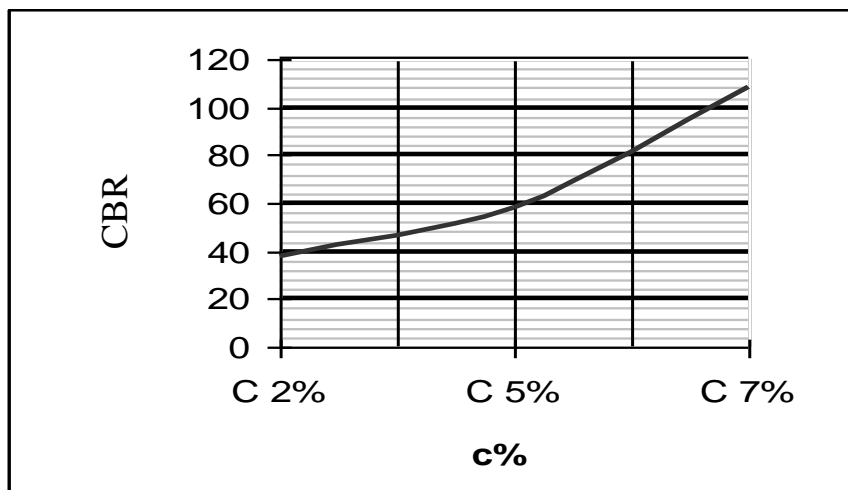
وفيما يلي نورد نتائج تجربة التحمل الكاليفورينية لعينات تربة طريق البلاطة الغربية في طرطوس حيث تم أخذ ثلاث عينات من كل موقع وتم دراسة نسبة التشرب والرطوبة والكثافة الجافة ثم قدرة التحمل وتم أخذ متوسط للعينات الثلاث CBR1 , CBR2 , CBR3 بدون إضافات ومع إضافات كيميائية وإسمنت، حيث نلاحظ التزايد الكبير على قدرة التحمل بعد التحسين بالإسمنت والمادة الكيميائية معاً حيث نلاحظ تضاعف قدرة التحمل مع إضافة EN1 فقط من أربع إلى خمس مرات بدون إسمنت ومعه تصل إلى عشر مرات وأكثر ونورد النتائج في الجدول التالي

أ- قمنا بإضافة الإسمنت لوحده على تربة المصدر الأول وأجرينا اختبار قدرة التحمل الكاليفورينية CBR على ثلاث نسب من الإسمنت 2 - 5 و 7 % ونورد في الجدول التالي 5- نتائج قدرة التحمل لطريق البلاطة عند التحسين باستخدام مادة الإسمنت فقط:

الجدول (4) يبين زيادة قدرة التحمل الطردية بزيادة الإسمنت

نسبة الإسمنت وزناً %C	2	5	7
قدرة التحمل %CBR	38.13	58	108.2

ونضع نتائج التحسين بالإسمنت لتربة المصدر الأول (البلاطة الغربية) بالشكل التالي:

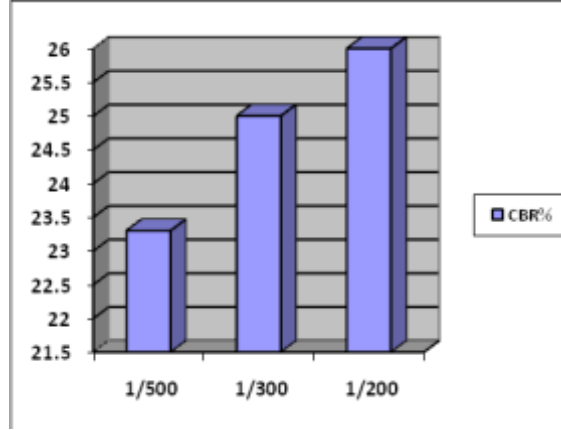


الشكل 1- دراسة تغيرات قدرة التربة بتغيرات نسبة الإسمنت

ب- ثم قمنا بإضافة المادة الكيميائية EN1 فقط إلى تربة البلاطة وكانت النتائج جيدة حيث زادت قدرة التحمل وأصبح بالإمكان استخدام هذه التربة في الطبقات العليا بالإضافة إلى طبقات الردم عند إنشاء الطريق وذلك وفق الجدول التالي :

الجدول -5- يبين زيادة قدرة التحمل بزيادة المادة الكيميائي

EN1	1/500	1/300	1/200
%CBR	23.3	25.0	26

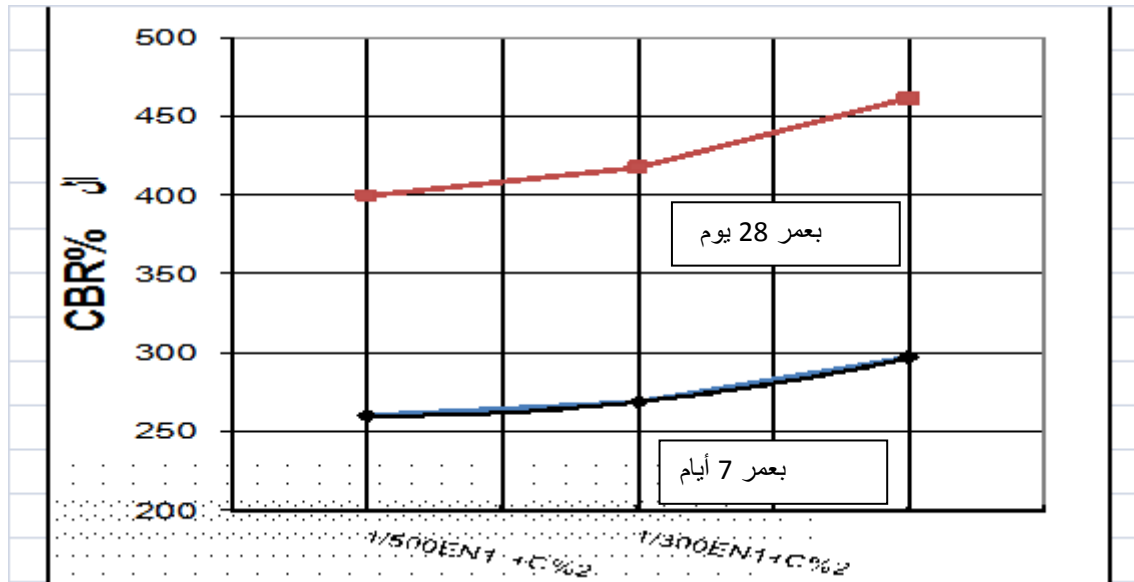


الشكل (2) تغيرات قدرة التحمل مع تغير نسب المادة الكيميائية

ج- ثم قمنا بتحسين التربة بالمادة الكيميائية مع الإسمنت بنسبة 2% وتم الكسر بعد 4-7-14 يوماً وكانت نسبة 200/1 هي الأفضل

الجدول 6- يبين زيادة قدرة التحمل بثبات الإسمنت 2% وزيادة الزمن وهو يوضح التزايد الطردي لقدرة التحمل بزيادة نسبة المادة الكيميائية وثبات نسبة إسمنت 2%

المواد المثبتة	2%C+1/500EN1	2%C+1/300EN1	2%C+1/200EN1
قدرة التحمل CBR%	40	41.4	45.7
بالغمر 7 أيام	260	269.1	297
بالغمر 28 يوماً	400	418.1	461.6

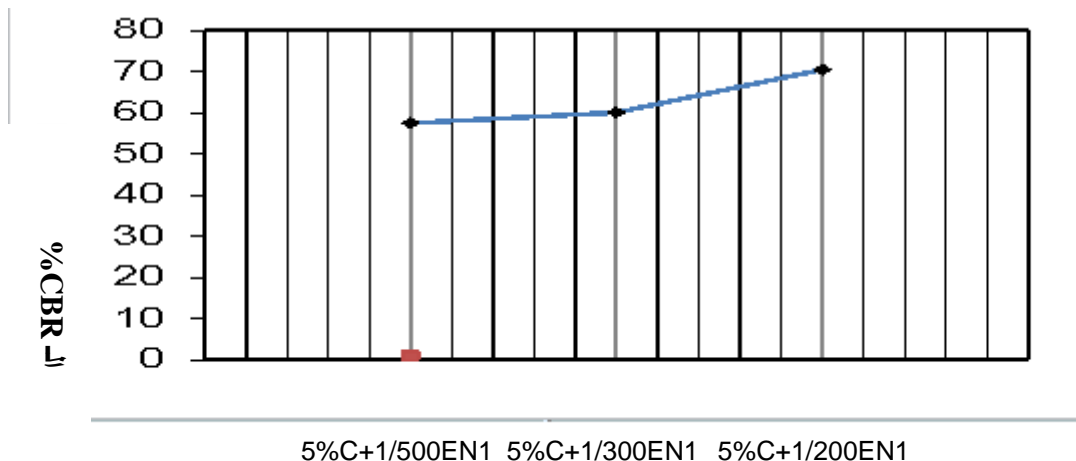


الشكل (3) يمثل تغيرات قدرة التحمل بإضافة الإسمنت 2% والمادة الكيميائية وتأثير الزمن ونلاحظ اطراد الزيادة

ثم تمت زيادة نسبة الإسمنت إلى 5% مع نسب المادة الكيميائية المختلفة بزيادة نسبتها من 1/500 إلى 1/200 أي لتر مادة محسنة إلى 500 لتر ماء ترطيب من الرطوبة الأصلية للتربة، وكذلك تحسنت قيمة قدرة التحمل وذلك وفق الجدول التالي :

الجدول (7) يبين تزايد قدرة التحمل بثبات الإسمنت 5% وتزايد المادة الكيميائية

5%C+1/200EN1	5%C+1/300EN1	5%C+1/500EN1	5%C+EN1
70.5	60.1	57.5	%CBR

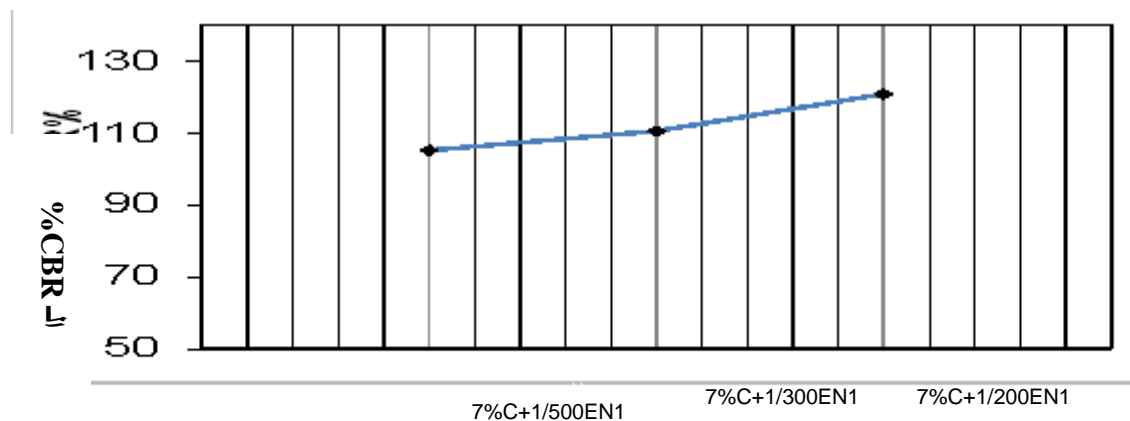


الشكل (4) يبين تغيرات قدرة التحمل مع 5% إسمنت ونسب المادة الكيميائية

وبعدها قمنا بزيادة نسبة الإسمنت إلى 7% مع نسب المادة الكيميائية الثلاث وكذلك زادت نسبة قدرة التحمل بشكل كبير ولكن هذه النسبة غير اقتصادية في أعمال الردم الكبيرة وكانت النتائج وفق الجدول التالي :

الجدول (8) يبين التغيرات مع 7% إسمنت ونسب المادة الكيميائية وقدرة التحمل الموافقة

7%C+1/200	7%C+1/300	7%C+1/500	7% c+EN1
120.8	110.5	105.1	% CBR



الشكل (5) يبين تزايد قدرة التحمل طردياً مع 7% إسمنت ونسب المادة الكيميائية

الجدول الإجمالي رقم (9) يبين قدرة التحمل لتربة المصدر 1- بدون محسنات ومعها وتلاحظ الفرق الكبير لقدرة التحمل قبل التحسين وبعده (لتربة البلاطة الغربية):

C7%+ 1/500 EN1	C7%+ 1/300 EN1	C7%+ 1/200 EN1	5%C+ 1/200 EN1	5%C+1/300 EN1	5%C+1/500EN1	5%C	2%C+ 1/200 EN1	2%C+ 1/300 EN1	2%C+ 1/500 EN1	2% C	1/200	1/300	1/500	0	EN1
120.6	110.5	104.8	70.5	62.3	59.5	58	45.9	41.4	40.0	37.9	26	25.1	23.3	17.9	CBR1
119.8	110.5	105.9	70.3	62.5	59.3	58.2	45.6	42.9	41.4	36.4	25.9	25.0	23.3	17.9	CBR2
121.9	110.5	104.5	70.4	62.4	59.1	58.4	45.5	40.0	39.6	36.1	26.1	24.9	23.3	17.9	CBR3
120.8	110.5	105.1	70	62.4	59.3	58.2	45.7	41.4	40.0	36.1	26	25.0	23.3	17.9	AVE

2- الدراسة التوصيفية لتربة المصدر 2 (كراجات بانياس):

مصدر المواد كراجات بانياس حيث تم إحضار 1800 كغ منها للقيام بالتجارب التوصيفية إضافة إلى تطبيق التحسين بالإسمنت والمادة الكيميائية.

1-2- تجربة التحليل المنخلي:

قمنا بإجراء تجربة التدرج الحبي على عينة من تربة المصدر 2 (كراجات بانياس) وكانت نسب المار الكلي المئوية كما في الجدول التالي

الجدول رقم (10) نتائج التحليل الحبي لتربة كراجات بانياس

المار الكلي (%)	رقم المنخل
100	1.5"
90	1"
81	3/4"
-	1/2"
78	3/8"
73	NO.4
55	10
41	40
27	200

2-2- وبعدها قمنا بإجراء تجربة حدود التبرغ على عينات تربة مصدر 2 لتحديد الكثافة الجافة العظمى والرطوبة الأصولية ونبين النتائج في الجدول التالي

الجدول (11) يبين الكثافة الجافة والرطوبة الأصولية لتربة لكراجات بانياس

1.830	الكثافة الجافة العظمى g/cm^3
13.2	الرطوبة الأصولية %

الجدول (12) يبين حدود إتربرغ ويبين تناقص حد السيولة باستعمال المادة الكيميائية وكذلك حد اللدونة ودليل القوام لترية كراجات بانياس.

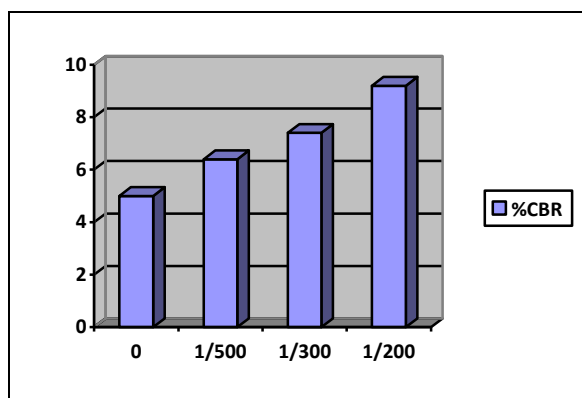
نسبة المادة المضافة % وزنا EN1	0	1/200	1/300	1/500
حد السيولة	52.3	46.3	46.5	49.4
حد اللدونة	35.8	29.53	30.75	33.52
دليل القوام	16.5	16.77	15.75	15.88

ولقد تم بعد ذلك تحسين تربة كراجات بانياس بالمادة الكيميائية لوحدها ومن ثم بالإسمنت لوحده ثم بالاثنتين معاً وذلك وفق الجدول التالي الذي نلاحظ فيه أن النسبة 300/1 % وزناً مع 7% إسمنت أعطت قدرة التحمل ونفصل فيما يلي نتائج التثبيت كلا على حدة بدون تثبيت ومع المادة الكيميائية لوحدها والتربة مع المادة الكيميائية والإسمنت بنسب متزايدة حتى 7%

أ- قمنا بإضافة المادة الكيميائية EN1 للتربة فقط إلى تربة المصدر الثاني (كراجات بانياس) وأعطت تزايداً ملحوظاً في قدرة التحمل وذلك وفق الجدول التالي:

الجدول 13- يبين التزايد الطردي لقدرة التحمل للتربة بزيادة المادة الكيميائية حتى 200/1

En1	0	1/500	1/300	1/200
% CBR	5.0	6.4	7.4	9.2

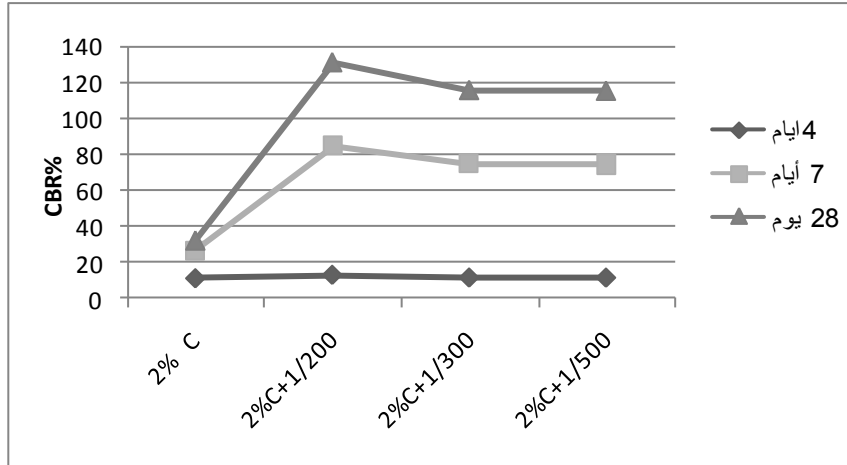


الشكل (6) يبين تزايد قدرة التحمل لتربة كراجات بانياس بزيادة المادة الكيميائية

ب- تثبيت تربة المصدر 2 بالمادة الكيميائية ونسب متزايدة من الإسمنت بمرور الزمن: وتم بعدها تحسين التربة بالمادة الكيميائية EN1 لوحدها بنسب متزايدة (1/200، 1/300، 1/500) مع نسبة ثابتة 2% إسمنت وكانت أيضاً النسبة 200/1 هي الأفضل وذلك وفق الجدول التالي:

الجدول 14- يبين تغيرات قدرة التحمل لتربة كراجات بانياس بزيادة المادة الكيميائية وثبات الإسمنت بنسبة 2%

2% C+	2% C+	2% C+	2% C	% CBR
1/200 EN1	1/300 EN1	1/500 EN1		
13.03	11.5	11.46	11.1	4 أيام
84.7	74.75	74.5	26.4	7 أيام
131.6	116.15	115.75	39.6	28 يوم

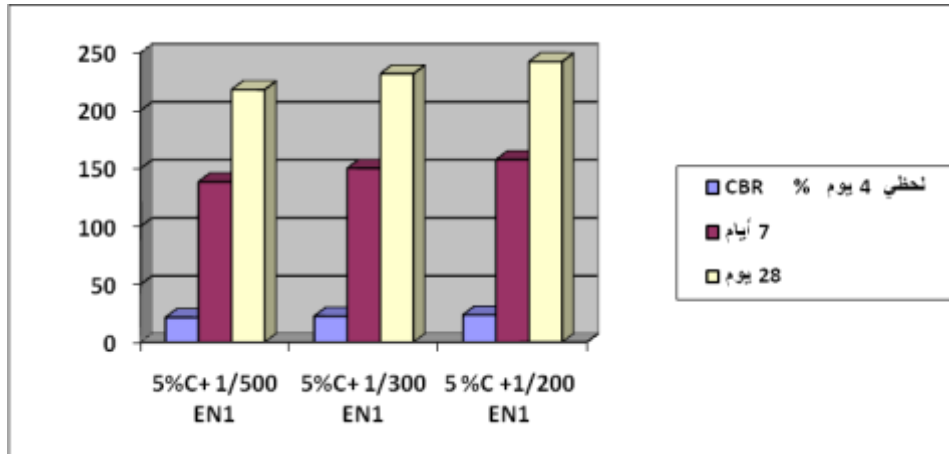


الشكل (7) يبين التزايد الطردي لقدرة التحمل مع 2% إسمنت ونسب مختلفة من المادة الكيميائية ويبين تزايد المقاومات مع الزمن.

وعند معالجة التربة بـ 5% إسمنت ونسب المادة EN1 المختلفة ومرور الزمن حيث تم اختبار مقاومة الـ CBR بعد 4-7-28 يوماً من التحسين وكانت النتائج توضح أن النسبة 200/1 مع 5% إسمنت بعد مدة 28 يوماً هي الأفضل وذلك وفق الجدول التالي:

الجدول (15) يبين معالجة التربة بـ 5% إسمنت ونسب المادة EN1 المختلفة ومرور الزمن

5 %C +1/200 EN1	5%C+1/300 EN1	5%C+1/500 EN1	5%C+EN1
23.5	22.4	21.3	CBR % لحظي
157.45	150.1	138.45	4 يوم
242.05	231.6	217.9	7 أيام
			28 يوم

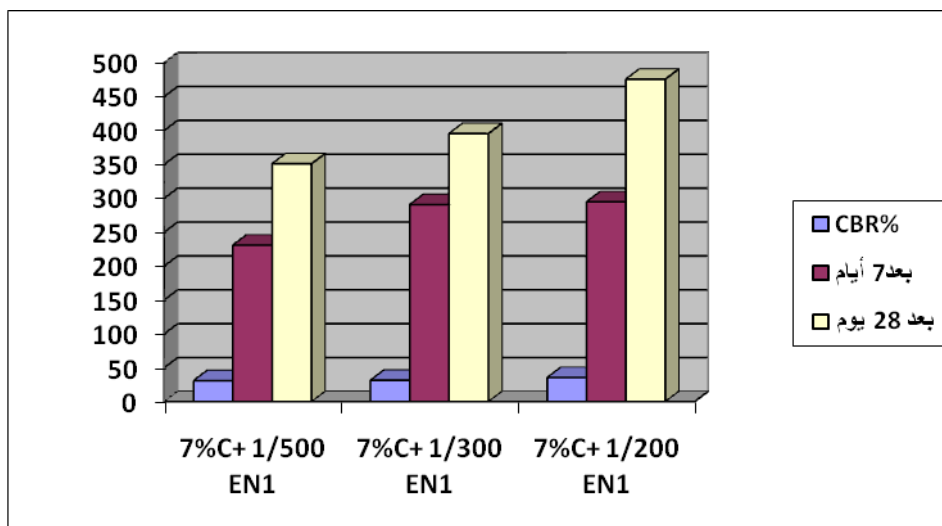


الشكل (8) يمثل تغيرات المقاومات بثبات نسبة الإسمنت 5% زتغيرات المادة الكيميائية ومرور الزمن ونلاحظ تضاعف للمقاومات مع الزمن

وقمنا بعدها بزيادة نسبة الإسمنت إلى 7% وتم تحسين تربة كراجات بانياس به مع المادة EN1 وكانت النسبة 200/1 هي الأفضل وذلك وفق الجدول التالي (النتائج بعد التثبيت بـ 4 أيام فقط):

الجدول (16) يبين تغيرات المقاوامات لتربة كراجات بانياس بثبات نسبة الإسمنت 7% ونسب مختلفة من المادة الكيميائية

7% C+ 1/200 EN1	7% C+ 1/300 EN1	7% C+ 1/500 EN1	7% C+EN1
35.43	31.4	30.83	%CBR
294.7	290.6	230.8	بعد 7 أيام
475.6	395.4	350.9	بعد 28 يوم

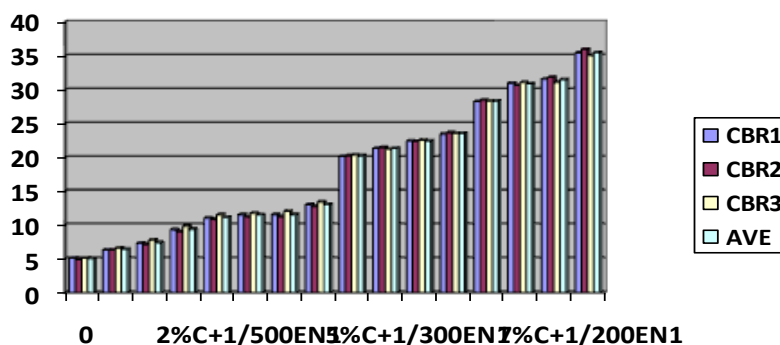


الشكل (9) يمثل تغيرات المقاوامات لتربة كراجات بانياس مع نسبة إسمنت ثابتة 7% ونسب مختلفة من المادة الكيميائية.

الجدول (17) يبين تغيرات قدرة التحمل مع المادة الكيميائية لتربة كراجات بانياس ونلاحظ زيادة التحمل بزيادة الإسمنت وفي كل اختبار

تكون المادة بنسبة 200/1 هي الأفضل

7% C +1/20 0EN1	7% C +1/30 0EN1	7% C +1/50 0EN1	7% C	5% C +1/20 0EN1	5% C +1/30 0EN1	5% C +1/50 0EN1	5% C	2% C +1/20 0EN1	2% C +1/30 0EN1	2% C +1/50 0EN1	2% C	1/200	1/300	1/500	0	نسبة المحسن
35.4	31.5	30.9	28.2	23.4	22.4	21.3	20.1	13	11.5	11.5	11	9.3	7.3	6.3	5.1	CBR1
35.9	31.8	30.6	28.4	23.6	22.3	21.4	20.2	12.7	11.2	11.2	10.8	9	7.1	6.3	4.9	CBR2
35	31	31	28.3	23.5	22.5	21.2	20.3	13.4	12	11.7	11.5	9.8	7.8	6.6	5.1	CBR3
35.43	31.43	30.83	28.3	23.5	22.4	21.3	20.2	13.03	11.5	11.46	11.1	9.36	7.4	6.4	5.03	AVE



الشكل (10) يمثل تغيرات قدرة التحمل مع المادة الكيميائية لتربة كراجات بانياس مع زيادة نسبة الإسمنت

الجدول رقم (18) يبين قدرة التحمل لطريق البلاطة والكراجات بدون ومع محسنات ونلاحظ الفرق الكبير قبل التحسين وبعده لقدرة التحمل.

C7%+ 1/500 en1	C7%+ 1/300 en1	C7%+ 1/200 en1	C2%+ 1/500 en1	C2%+ 1/300 en1	C2%+ 1/200 en1	C 2%	1/500	1/300	1/200	تربة طبيعية	نسبة المحسن % وزنا	% CBR
104.8	110.5	120.6	41.4	45.9	40.0	37.9	23.3	25.1	26.0	17.9	CBR1	% CBR على عينات المصدر 1
105.9	110.5	119.8	42.9	45.6	41.4	36.4	23.3	25.0	25.9	17.9	CBR2	
104.5	110.5	121.9	40.0	45.5	39.6	36.1	23.3	24.9	26.1	17.9	CBR3	
105.1	110.5	120.8	41.4	45.7	40.0	36.1	23.3	25.0	26.0	17.9	avarage	% CBR على عينات المصدر 2
30.9	31.5	35.4	11.5	11.5	13	11	6.3	7.3	9.3	5.1	Cbr1	
30.6	31.8	35.9	11.2	11.2	12.7	10.8	6.3	7.1	9	4.9	Cbr2	
31	31	35	11.7	12	13.4	11.5	6.6	7.8	9.8	5.1	Cbr3	
30.83	31.43	35.43	11.46	11.5	13.03	11.1	6.4	7.4	9.36	5.03	avarage	

الاستنتاجات والتوصيات:

- 1- تبين بالتجريب إمكانية استخدام المادة الكيميائية EN1 في تثبيت الترب الضعيفة، ورفع قدرة تحمل الترب الأخرى.
- 2- تبين بالتجريب إمكانية استخدام الإسمنت لدعم المادة الكيميائية EN1 في تثبيت الترب الضعيفة، ورفع قدرة تحمل الترب إلى حدود تضاعفة فيها القيم ب4 إلى 5 أضعاف.
- 3- إن التحسين بالمادة الكيميائية أعطى نتائج جيدة ولكن التحسين بالمادة الكيميائية مع الإسمنت قد كان أفضل حيث تضاعفت قدرة التحمل مع 2 % إسمنت وزناً وEN1 200/1 عشر مرات تقريباً بعد أربعة أسابيع.و كذلك عند استخدام 5% إسمنت وEN1200/1 وذلك في المصدرين معاً.
- 4- من خلال التجارب تبين أن تأثير الغمر في الماء مع الزمن أعطى نتائج ممتازة حيث تضاعفت قدرة التحمل بعد سبعة أيام من الغمر سبعة أضعاف تقريباً وبعد 28 يوماً عشرة أضعاف، وهذا يؤكد أن التفاعلات الكيميائية بين الإسمنت والتربة والمادة الكيميائية يستمر عبر الزمن ويسهم في زيادة متانة التربة وقدرة تحملها.

ونستنتج هنا التوصيات التالية

- 1- إذا أردنا التأسيس على تربة محلية قليلة التحمل أي CBR أصغر من 7 نقترح إضافة EN1 بنسبة 1/ 200 مع 2% إسمنت، وخطها جيداً حتى تصبح متجانسة ويمكن استخدام الخلاطات الآلية في ذلك.
- 2- يجب أن تقدم دراسة اقتصادية تقنية عند القيام بتحسين أي تربة محلية.
- 3- إن الحد الأدنى لنسبة الإسمنت الفعالة هي 2% حيث أقل من ذلك المواصفات الفنية.
- 4- وضع خارطة لمحافظة طرطوس تبين أنواع الترب فيها، وتحديد أماكن الترب الضعيفة من خلال أبحاث توضع لهذا الغرض، ويبين من خلالها إمكانية وضع مجايل خاصة للمادة الكيميائية في القطاعات التي تشمل الترب الضعيفة، وتطبيق خطوات هذا البحث.
- 5- اقتراح منهجية في مواصفائنا السورية تدخل المواد الكيميائية المحسنة ونسبها الفعالة.



الصورة 1- تمثل مرحلة خلط المادة الكيميائية مع ماء الترطيب في الصهرج وإضافتها إلى خليط التربة والإسمنت (طريق البلاطة الغربية)



الصورة 2- طريق بعد إضافة المحسن والدحي



الصورة 3- طريق بعد التحسين وتنفيذ الطبقة السطحية والتخطيط

المراجع

1. موسوعة الليكوبديا.
2. د.عاصي، مروان 1991-الطرق (2)تصميم طبقات الرصف.منشورات جامعة حلب ،مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية 1990-1991.
3. Charles E .Turick' ; and all, June 2008, South Carolina "In situ uranium stabilization by microbial metabolites" Journal of Environmental Radioactivity, Volume 99, Issue 6, Pages 890-899 [http://:handle.tamu.edu/1969.1/86062]
4. Hassan, Ramzi Taha1, Amer Al Rawas2, Badr Al Shandoudi2, Khalfan Al Gheithi2 and Ahmed M. Al Barami2 accepted 9 November 2004 Sultan Qaboos University, Potential uses of petroleum -contaminated soil in highway construction Department of Civil and Architectural Engineering Sultanate of Oman Received 25 January 2004 , pages 646-652
5. WeiguoShen, Mingkai Zhou, Qinglin Zhao Volume 19 Issue 8, Pages 646-652 "July 2007 in china "Study on lime-fly ash-phosphogypsum binder Construction and Building Materials, Volume 21, Issue 7 15 غينيا .Received 19 May 2006; revised 13 December 2006; accepted 20. Available online 9 February 2007, Pages 1480-1485
6. Vito Barbera, and all- "The influence of weathering processes on labile and stable organic matter in Mediterranean volcanic soils" Geoderma, Italy. January 2008 Volume 143, Issues 1-2, 15, Pages 191-205.
7. WWW.Sciencedirect.com