دراسة تأثير إضافة مخلفات PVC والإسمنت على الخواص الهندسية للتربة الرملية

ضو عمر امحمد الشيباني
قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة جـــــادو ، جامعة نـــالـــوت
dawshibani14@gmail.com
0914952126

الملخـــص

لقد أُجريت هذه الدراسة بإضافة مخلفات البلاستيك عديد كلوريد الفاينيل PVC المطحون و الإسمنت البورتلاندي العادي إلى التربة لتحسين خواصها و لقد تم توريد عينة التربة من مدينة الزهراء ، و تم إجراءل بعض الاختبارات عليها كالتحيل المنخلي و الكثافة الحقلية و حد السيولة و حد اللدونة و الكثافة الجافة و المحتوى المائي و تم استخدام مخلفات PVC المطحون في تحسين خواص التربة و كمساهمة في التقليل من تراكم مخلفات البلاستيك و تم الحصـــول على نتائج مرضية جداً زادت من تحسين الخواص الهندسية للتربة .

الكلمات المفتاحية : التربة ، البلاستيك ، الإسمنت ، حد السيولة ، حد اللدونة.

1.المقدمـــــــة

لا شك أنه و قبل تنفيذ أي عمل هندسي قد تجرى بعض الأعمال الهندسية لتجهيز الموقع للتأسيس لهذا العمل فمثلاً قد يتطلب الأمر زيادة قدرة التحميل بزيادة الاحتكاك ، و التماسك و الكثافة لها ، و قد يتطلب الأمر تخفيض قيمة الهبوط المحتمل بتقليل نسبة الفراغات و زيادة الكثافة و مقاومة القص ، و قد تكون الطبقة السطحية من تربة الموقع غير صالحة للتأسيس ، و يجب إزالتها و إحلال مكانها تربة أفضل . كما أن للتربة إجراءات تحسين تُجرى لها لتكون صالحة للتأسيس تجنباً لحدوث هبوط التصلب العالي و تحسين تربة الموقع باستخدام الإضافات يسمى تثبيت التربة (Stabilisition) [1] ، و في هذه الدراسة تم استخدام مخلفات عديد كلوريد الفاينيل PVC و الإسمنت البورتلاندي العادي و ذلك بإضافتهم للتربة الموردة لغرض تحسين ثبات التربة للحصول على نتائج جيدة و مرضية لخواص التربة ، و أما مشكلة الدراسة فهي فكرة لتحسين خواص التربة بإضافة PVC و الإسمنت البورتلاندي العادي لتحسين ثبات التربة (Stabilisition) .

وكانت أول مشاريع الطرق المسجلة التي كان فيها تربة وإسمنت استخدمت للبناء في جنوب داكوتا أويا كاليفورنيا تكساس بالولايات المتحدة الأمريكية ، ففي السنوات 1933 ، 1934 ، 1935 ،

قامت إدارة الطرق السريعة بمنطقة جنوب كارولينا باختبار ناتج عن خلط الإسمنت والتربة واستخدامها في أساسات الطرق ، وهذا العمل كان جديراً بالذكر لأنه أثبت من خلاله إمكانية خلط الطين بالإسمنت مع بعضه لإنتاج مادة بناء مناسبة لتعبيد الطرق [2]. هناك طرق عديدة مستخدمة في تحسين التربة وهي ترتبط ارتباطا كلياً بنوعية التربة ، ولذا سيتم إجراء مجموعة من الاختبارات المعملية عليها ودراستها، وذلك بخلط الاسمنت و PVC ومعرفة مدي تأثيرها علي حد السيولة و حد اللدونة والكثافة الجافة والمحتوي المائي، والهدف من هذه الدراسة هدفان هدف هندسي و هدف بيئي ، الهندسي و هو تثبيت التربة ببعض الإضافات و حل لمشكلة بيئة و هي التخلص من مخلفات البلاستيك عديد كلوريد الفاينيل PVC

2.المواد و المنهجية :

أستخدم في هذه الدراسة نوع واحد من التربة المحلية كما أستخدم نوعان من المضافات وهما الإسمنت البورتلاندي العادي ومخلفات البلاستيك عديد كلوريد الفاينيل (PVC) .

التربة الرملية الناعمة :

يعتبر هذا النوع من التربة هو السائد في معظم الأراضي الليبية . ولقد تم استخدام التربة الرملية فقيرة التدرج (P S) في هذه الدراسة حيث تم الحصول عليها من منطقة المعمورة المجاورة لمدينة الزهراء حيث تم الحفر بعمق نصف متر في الأرض وذلك لتجاوز الجذور النباتية السطحية ثم أخذت عينة من التربة وتم تنقيتها تماماً من المواد النباتية وبعد ذلك جففت في فرن حراري لمدة (24) ساعة لتجفيفها قبل استخدامها ، والتربة المجففة نظفت تماماً من جميع الأحجار ذات الأقطار الأكبر من(20) ملم ثم أجريت عليها التجارب المعملية لغرض تصنيفها وإيجاد الخواص الهندسية والفيزيائية لها .

مخلفات عديد كلوريد الفاينيل (PVC) :

لقد تم استخدام مادة (PVC) في هذا الدراسة من أصل إنتاج ليبي بمصنع أبو كماش وقد تم جلبها من مصنع الشركة الوطنية لصناعة المواسير – جنزور، وهي عبارة عن مسحوق تم طحنه من نفايات البلاستيك عديد كلوريد الفاينيل

(PVC) سابقة الاستعمال .

الإسمنت البورتلاندي

إن الإسمنت المستخدم في هذه الدراسة هو إسمنت بورتلاندي عادي من إنتاج ليبي بمصنع الإسمنت بمدينة الخمس ، و يوضح الجدول رقم (1) التركيب الكيميائي للإسمنت البورتلاندي الذي تم استخدامه [3] :

جدول (1) يوضح مكونات الإسمنت البورتلاندي

المركبات الكيميائية	الرمز الكيميائي
الجير	(Cao)
السيليكا	(Sio2)
الألومنيا	(Al2o)
مغنيسيا	(mgo)
أكسيد حديد	(Fe203)
ثالث أكسيد الكبريت	(So3)
مواد غير قابلة للذوبان حوالي	(%1)
قلويات وصودا وبوتاس	(% 1.00)

3. الإختبارات و النتائج

أجريت في هذه الدراسة عدة إختبارات وهي التحليل المنخلي واختبار حد اللدونة و حد السيولة والدمك والوزن النوعي .

التحليل المنخلي

تجرى هذه التجربة لتحليل مقياس حبيبات التربة التي يزيد حجمها عن 0.074 ملم ، حيث تعتمد نتائج هذه التجربة بصورة رئيسية لتصنيف التربة من الناحية الهندسية [4].

إيجاد حد السيولة :

يعرف بأنه المحتوى المائي الذي عنده تنغرز الإبرة المخروطية القياسية بمسافة (20 ملم) في عجينة التربة الموضوعة في وعاء قياسي مصنوع من معدن الألمونيوم [5] .

إيجاد حد اللدونة : يعرف بأنه المحتوى المائي الذي عنده تبدأ التربة بالتفتت والتشقق عندما يعمل أو يشكل منها خيط قطره بحدود (3.0) ملم .

إيجاد دمك التربة بطريقة بروكتر القياسية

إيجاد العلاقة بين المحتوى المائي والكثافة الجافة لتربة معينة باستخدام جهد دمك معين من خلال إجراء فحص الدمك المعملي وإيجاد المحتوى المائي الأمثل والكثافة الجافة القصوى وفقاً للمواصفات D698 ASTM لسنة 1970 م والمواصفات T99 AASHTO لسنة 1970 م [6].

4 .مناقشة وتحليل النتائج

تأثير الإسمنت والبلاستيك على بعض الخواص الطبيعية للتربة

قوام التربة (حدود أتربرج)

Soil consistency (Atterberg limits)

ويعنى مقدرة التربة على التشكل وهذه المقدرة تعتمد على نعومة الحبيبات ونسبة المياه فيها والقوام يأخذ الحالات الآتية :

الحالة السائلة . والحالة اللدنة . والحالة شبه الصلبة . والحالة الصلبة . والحدود الفاصلة التي تبين هذه الحالات تسمى حدود أتربرج وهى [7] :

حد السيولة وحد اللدونة وحد الانكماش ، وهذه الحدود تمثل أهمية كبيرة في تصنيف التربة والتعرف على صفاتها المتعددة إضافة إلى معرفة مقدرة التربة على التشكل[8] .

تأثير إضافة الإسمنت والبلاستيك (PVC) إلى التربة على حد السيولة و حد اللدونة .

نلاحظ عند إضافة 2 % إسمنت ، 4 % إسمنت قد ارتفع حد السيولة ارتفاعا حاداً ثم تواصل ارتفاعه ارتفاعا بسيطاً عند إضافة 6% من الإسمنت ثم عاد وارتفع ارتفاعا كبيراً عند إضافة نسبة 8 % ، 12 % من نسبة الإسمنت وعموماً فإن إضافة الإسمنت إلى التربة ينتج عنه ارتفاع متواصل وكبير في حد السيولة ويكاد يكون خطياً ويتضح لنا من خلال النتائج أن ارتفاع حد السيولة المستمر للتربة عند إضافة الإسمنت بنسب متغيرة يعزى إلى سببين :

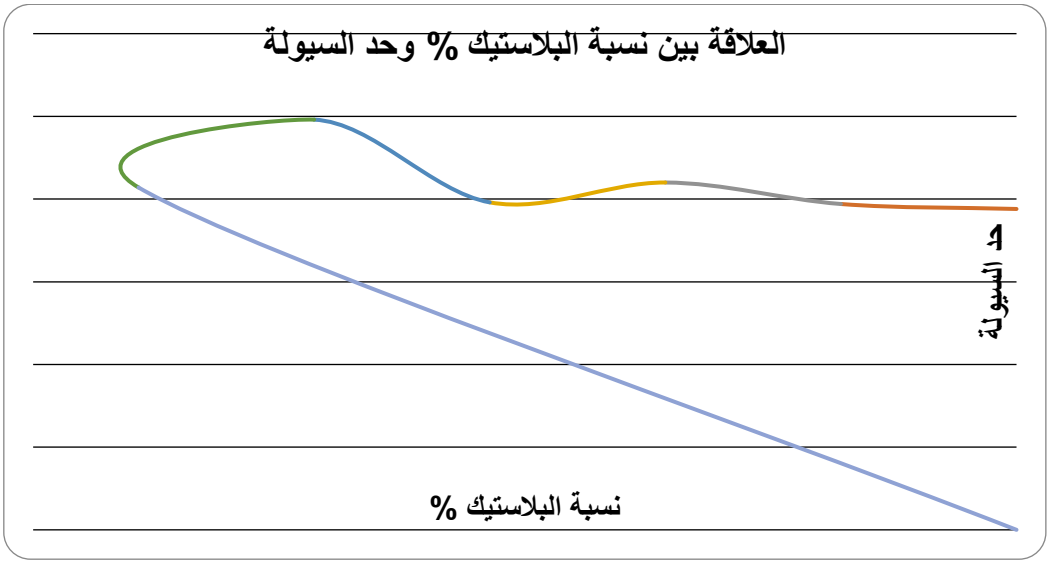
الأول : هو حاجة الإسمنت للماء لاستكمال التفاعل .

والثاني : هو الزيادة في حجم الحبيبات ومن ثم الزيادة في حجم الفراغات وذلك بسبب التلاصق الذي حدث بين الحبيبات نتيجة لتفاعل الإسمنت والماء في فترة التخزين فالزيادة في نسبة الفراغات يسبب في الزيادة في المحتوى المائي للتربة حتى تصل إلى درجة السيولة الحقيقة بعد إجراء

التجارب على التربة لإيجاد حد اللدونة تبين أنه لا يمكن الحصول على أي قيمة لحد اللدونة وذلك لأن نوعية هذه التربة حسب تصنيف آشتو AASHTO هي (A3) وهي تربة رملية ناعمة فقيرة التدرج .

تأثير إضافة البلاستيك إلى التربة على حد السيولة وحد اللدونة

بعد إضافة البلاستيك (PVC) إلى التربة كان له تأثير واضح على التربة إلا أن هذا التأثير غير مستقر ، وكما هو موضح في الشكل (2) نجد أن حد السيولة يزداد مع الزيادة في نسبة البلاستيك وأحياناً ينخفض بزيادة النسبة فعند زيادة نسبة (0.5 %) و (1 %) بلاستيك إلى التربة قد زادت السيولة من 19.40 % إلى 19.7 % ثم إلى 21 % على التوالي ، وعندما أضيفت الزيادة إلى 1.5 % انخفضت السيولة إلى 19.8 % وعندما تتابعت الزيادة في نسبة البلاستيك إلى 2 % إرتفع حد السيولة إرتفاعاً كبيراً حتى وصلت إلى أعلى قيمة لها وهي 24.8 % ثم انخفضت فجأة إلى 20.70% عندما وصلت الزيادة في نسبة البلاستيك 2.5 %



شكل (2) العلاقة بين حد السيولة ونسبة البلاستيك %

والحقيقة لو أخذ المنحنى المثالي لا اتضح أن اتجاه المنحى يرتفع بشكل تدريجي إلى الأعلى وعند مقارنة حد السيولة للتربة الطبيعية بدون أي إضافة (19.4 %) مع متوسط القيم جميعها بعد الإضافات(21.2 %) نكتشف أن إضافة البلاستيك إلى التربة يزيد في حد السيولة بشكل عام . ويرجع ذلك لأمر هام جدا لأنه من المعروف أن مادة البلاستيك (PVC) مادة غير مُحِبة للماء وبالتالي لا تكون روابط هيدروجينية مع جزيئات الماء في الخلطة وهذا هو أول الأسباب ،

أما الثاني فهو الزيادة في جزيئات الماء في الخلطة ، والناتجة عندما تم اشتراك حبيبات البلاستيك في الروابط الهيدروجينية وإنما زادت في نسبة الفراغات بين حبيبات التربة . وهذا يتطلب كمية أكبر من الماء لملأ الفراغات مما يزيد المحتوى المائي في التربة حتى تصل إلى درجة السيولة . والحقيقة إن عدم استقرار المنحنى في اتجاه واحد فمرة يرتفع ومرة ينخفض يرجع إلى التدرج الفقير لحبيبات التربة بالرغم من الزيادة في نسبة البلاستيك والتدرج الجيد لحبيباته .

أما بالنسبة لحد اللدونة لخلطة التربة والبلاستيك فبعد إجراء عدة مرات للتجربة تبين أنه لم يتم الحصول على نتيجة لقيمة اللدونة وهذا أمر يرجع سببه إلى أمرين

أولهما : أن التربة الطبيعية هي رملية وهي غير لدنة .

ثانيهما : عند إضافة مادة البلاستيك إليها لم تنتج أي قيمة لحد اللدونة قطعياً وذلك بسبب أن حبيبات البلاستيك غير محبة للماء وعدم اشتراكها في الروابط الهيدروجينية عند إضافة الماء إلى الخلطة وهذا يرجع إلى الشحنات الضعيفة جداً على سطح حبيبة البلاستيك (PVC) وبالتالي لا يكون هناك أي تجاذب بينها وبين جزيئات الماء .

الدمـــــك

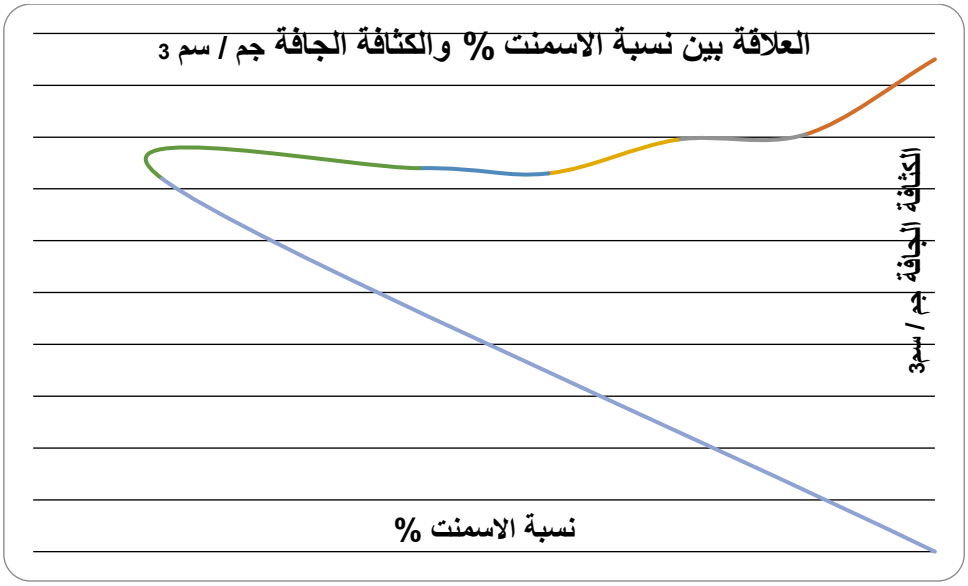
قدم العالم بركتور Proctor أبحاثه عام 1933 [9] فأدخل الأسلوب العلمي في هذا المجال . ويعرف الدمك بأنه إعادة ترتيب حبيبات التربة بطرد الهواء فقط من فراغات التربة ويتم ذلك بإستخدام وسائل ميكانيكية وينتج عن ذلك نقص في حجم فراغات الهواء وزيادة في كثافة التربة .

هناك عدة عوامل تؤثر على الدمك وهي (المحتوى المائي – كمية الدمك – نوع التربة – طريقة الدمك – الإضافات) . كما أن الدمك له تأثيرات على خواص التربة مثل (يزيد من مقاومة القص للتربة – يزيد من قدرة تحمل التربة – يخفض من قدرة التربة على الانضغاط و الهبوط – يقلل من نفاذية التربة وبالتالي تنخفض قدرتها على تسرب المياه) [10] .

تأثير إضافة الإسمنت إلى التربة على الكثافة

الشكل (3) يوضح العلاقة بين إضافة نسب الإسمنت إلى التربة لإيجاد الكثافة الجافة ، فمن خلال الشكل نجد أن تأثير زيادة نسبة الإسمنت واضح حيث أنه كلما زدنا نسبة الإسمنت في خلطة التربة تنخفض الكثافة الجافة بالرغم من أن نسبة الانخفاض مندرجة وبطيئة والنتائج كما في الجدول تبين أن الفروقات صغيرة بين القيم ، فمن خلال النتائج نلاحظ أن الكثافة الجافة لعينة

التربة وهي طبيعية 1.90 جم/ سم^3 ، فعند إضافة 2 % نسبة إسمنت نجد أن الكثافة قد انخفضت إلى 1.611 جم / سم^3 ، وهكذا كلما زدنا نسبة الإسمنت في الخلطة تنخفض قيمة الكثافة الجافة حتى تبلغ 1.44 جم / سم3 عند إضافة 12 % إسمنت . و نلاحظ أيضاً من خلال النتائج ان أكبر فارق في قيمة الكثافة هو ما بين كثافة التربة بدون أي إضافة وبين إضافة أول نسبة وهي 2 % إسمنت ويصل إلى 0.29 جم / سم^3 ، بينما نجد أن الفروقات بين النتائج لأي نسبة أخرى والنسبة التي قبلها أقل من ذلك بكثير .



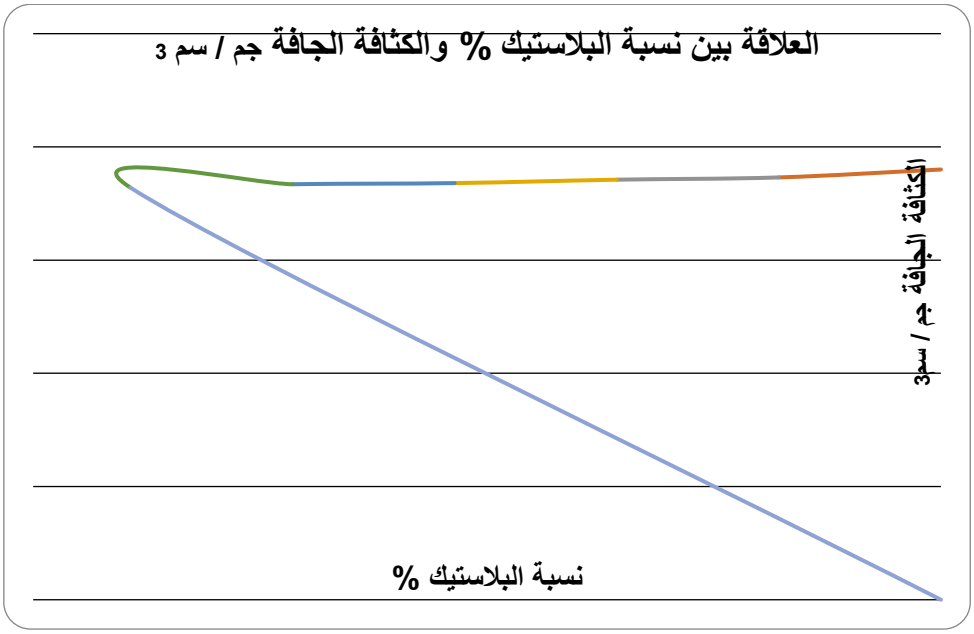
شكل (3) العلاقة بين الكثافة الجافة ونسبة الاسمنت %

ولربما تزيد الكثافة الجافة عند زيادة الإسمنت لأكثر من نسبة 12 % إلا أن هذه الزيادة تعتبر غير إقتصادية وذلك بسبب قيمة ثمن الإسمنت العالية نسبياً .

تأثير إضافة البلاستيك للتربة على الكثافة الجافة

بالنظر إلى الشكل رقم (4) والذي يوضح العلاقة بين النسبة المضافة من البلاستيك PVC للتربة والكثافة الجافة نجد أن كلما زادت نسبة البلاستيك في التربة انخفضت الكثافة الجافة ، فنلاحظ أنه عندما أُضيفت أول نسبة وهي 0.25 % بلاستيك انخفضت الكثافة وعندما ضوعفت النسبة 0.50 % زادت في الانخفاض وهكذا كلما أُضيفت نسبة البلاستيك بنسبة ثابتة وهي 0.25 % إلى ما قبلها نجد أن الكثافة تنخفض حتى إلى أن تصل النسبة إلى 1.25% بلاستيك تقابلها الكثافة الجافة 1.820 جم / سم^3 ، ومقارنة هذه القيمة مع قيمة الكثافة الجافة للتربة الطبيعية بدون أي إضافة وهي 1.90 % أن الفارق صغير جداً وهو 0.12 جم / سم^3 وعموماً فإن انخفاض

الكثافة الجافة للتربة عند إضافة البلاستيك يعتبر انخفاضا بطيئاً جداً ويعزوا انخفاض الكثافة هذا للتربة بعد إضافة البلاستيك إلى أن كثافة البلاستيك والوزن النوعي أقل بكثير من الكثافة والوزن النوعي للتربة وربما يكاد يصل إلى حد الضعف . كما أن انخفاض الكثافة الجافة المتدرج يرجع إلى حجم حبيبات البلاستيك المتدرجة والمنتظمة مما جعلها تدخل بين حبيبات التربة وتحسن من تدرجها وعند مقارنة الكثافة الجافة للتربة والإسمنت مع الكثافة الجافة للتربة والبلاستيك نجد أن الانخفاض في الكثافة الجافة للتربة والإسمنت أكبر من الكثافة الجافة للتربة والبلاستيك والسبب يعود إلى أن وجود الفراغات الكبيرة بين مجموعات حبيبات التربة والتي سببها الإسمنت بعد تفاعله مع الماء وتصلبه بينما في حالة إضافة البلاستيك إلى التربة فإنه لا يوجد أي تفاعل بالرغم من وجود الماء والسبب يرجع إلى أن البلاستيك مادة غير مُحِبة للماء وليس لها نشاط أو أي تفاعل كيميائي مع الماء وبالتالي لا تُكَوِن أي رابطة هيدروجينية مع جزيئات الماء في الخلطة فعند ذلك تكون حبيبات البلاستيك مادة مالئة للفراغات بين حبيبات التربة ومكملة للتدرج الحبيبي لها وحسب .

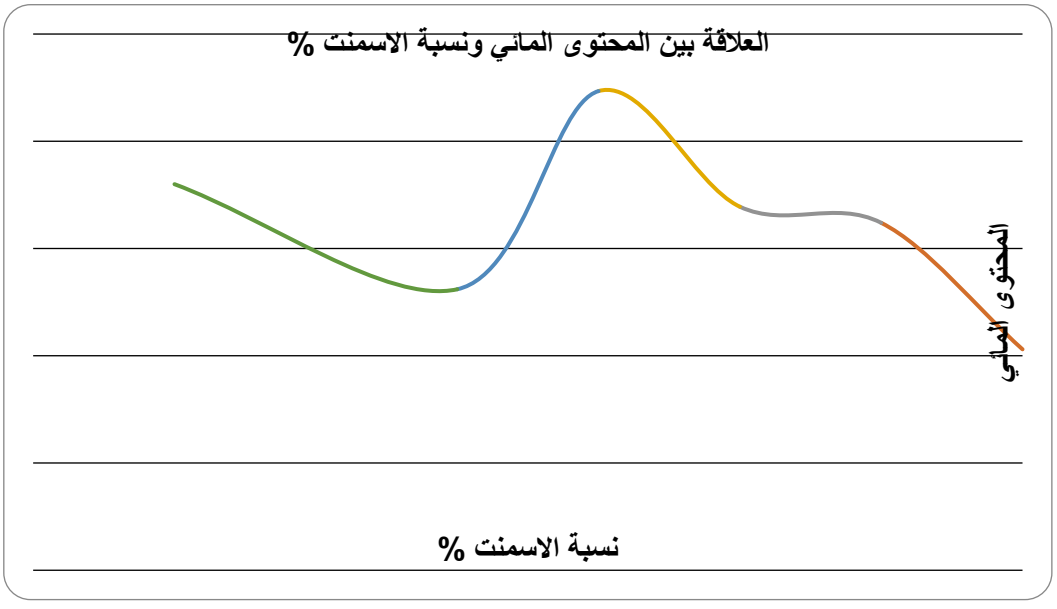


شكل (4) العلاقة بين الكثافة الجافة ونسبة البلاستيك %

تأثير إضافة الإسمنت على المحتوى المائي في التربة

يلاحظ من الشكل رقم (5) عند إضافة 2% إسمنت إلى التربة قد ارتفع المحتوى المائي ارتفاعا حاداً وذلك من 10.3% إلى 16.2% وعند الزيادة في نسبة الإسمنت حتى تصل إلى

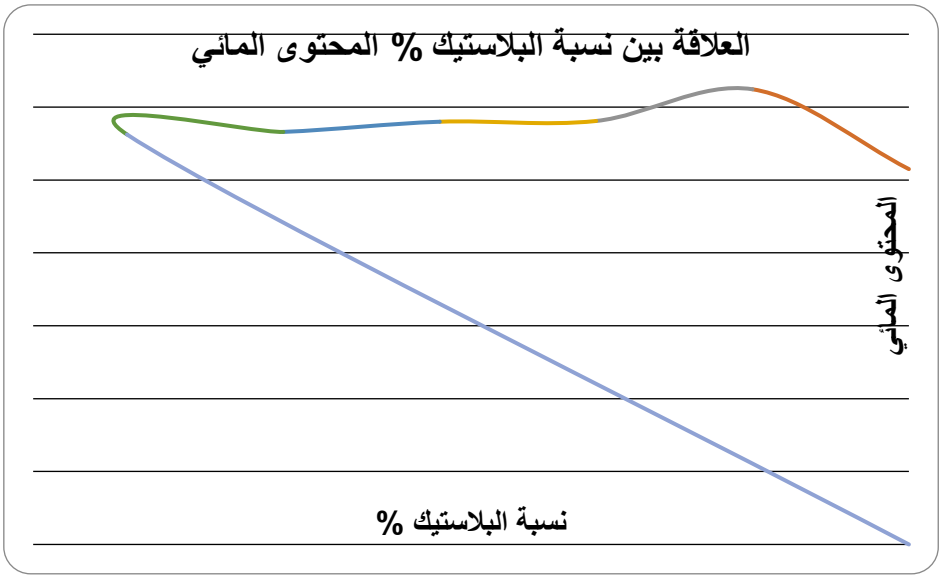
4% نلاحظ أن المحتوى المائي قد ارتفع ارتفاعا بسيطاً ثم عاد وإرتفع إرتفاعاً حاداً بعد إضافة نسبة 6% من الإسمنت حتى وصل إلى 22.34 % وعند تتابع الزيادة في نسبة الاسمنت في الخلطة إلى 8% ، 12% نجد أنه بشكل عام قد إنخفضت قيمة المحتوى المائي حتى وصلت في المتوسط مابين القيمتين 13.1%، 18% إلى 15.55% وهذا ربما يدل على أن الزيادة في نسبة الإسمنت بعد 6% يظل المحتوى في الإنخفاض التدريجي . فمن خلال هذه النتائج نستنتج أن الزيادة في إرتفاع المحتوى المائي عند إضافة 2% ، 4% ، 6% إسمنت إلى التربة ربما كان السبب الذي يعزو إلى أن هذه الإضافات تعتبر كمية قليلة مقارنة إلى كمية التربة فلذلك لم يكن لها فاعلية كبيرة في التفاعل في جميع الحبيبات مع بعضها البعض لذلك إضافة الإسمنت قد سبب في زيادة المساحة السطحية في الخلطة مما زاد في كمية المحتوى المائي المطلوبة هذا بالإضافة إلى الكمية المطلوبة للتفاعل . وعند إضافة نسبة الإسمنت 8 % و 12 % نستنتج من الشكل رقم (5) الانخفاض في المحتوى المائي وهذا مؤشر على أن هذه الكمية من الإسمنت بدأت تأثر تأثيراً واضحاً في تجميع حبيبات التربة بعد تفاعلها مع الماء وهذا بالتالي أدّى إلى الإنخفاض في المساحة السطحية للحبيبات مما أدّى إلى إنخفاض في قيمة المحتوى المائي عند زيادة نسبة الإسمنت بعد نسبة 6 % .



شكل (5) العلاقة بين المحتوى المائي ونسبة الاسمنت

تأثير إضافة البلاستيك (PVC) على المحتوى المائي في التربة

نلاحظ من الشكل رقم (6) أن إضافة البلاستيك (pvc) عند أول نسبة وهي 0.25% قد زاد في نسبة المحتوى المائي زيادة مفاجئة وحادة من 10.3 % إلى 12.49 % وعند الزيادة في نسبة الـ pvc في الخلطة إلى 0.50 % نجد أن قيمة المحتوى المائي إنخفضت بحدة إلى 11.62 % ومن الشكل نلاحـــــظ أنه عند التتابع في زيادة نسبة pvc إلى 0.75 % ، 1 % ، 1.25 % أن المحتوى المائي بدأ ينخفض إنخفاضاً تدريجياً مستمراً وبقيم متقاربة جداً .



شكل (6) العلاقة بين المحتوى المائي ونسبة البلاستيك %

الخـــلاصـــة

حد اللدونة والسيولة

1- إن إضافة الإسمنت إلى التربة قد زاد من حد السيولة فنستنتج أنه كلما زادت نسبة الإسمنت زاد حد السيولة للتربة فيتضح لنا من خلال النتائج أن إضافة نسبة 2 % ثم 4 % من الإسمنت قد زادت في قيمة حد السيولة بشكل حاد وسريع (24 % ، 29.25 % على التوالي) ثم ارتفع ببطء شديد عند إضـافة 6% فكان (30.70%) ثم عاد وارتفع ارتفاعا حاداً وسريعاً عند إضافة 8 % ، 12 % نسبة إسمنت فكان (35.2% ، 40.38 %) على التوالي. 2- عند إضافة البلاستيك (PVC) إلى التربة وبنسب مختلفة تبدأ من 0.25 % وبزيادة منتظمة وهي 0.25 % إلى النسبة التي قبلها حتى تصل إلى 1.25 % أي أن النسب كانت (0.25% ، 0.50 % ، 0.75 % ، 1.0 % ، 1.25 %)، وهذه تمثل نسبة وزنية حيث كانت نسبة 0.25 % تساوي

7.5 جم وهكذا هو الحال لبقية النسب . ونستنتج من خلال قيم التجارب والأشكال أن إضافة البلاستيك إلى التربة لم يكن له تأثير كبير على حد السيولة وغير مستقر ومتدرج فنجد عند إضافة 0.25 % ، 0.50 % بلاستيك إلى التربة أن حد السيولة قد زاد زيادة بطيئة فكانت (19.7% ، 21 %)على التوالي ، وعند إضافة 0.75 % من البلاستيك انخفضت إلى (19.8 %) ثم عاد وارتفع بشكل واضح عند زيادة 1% حيث بلغ (24.8 %) ثم انخفض فجأة إلى (20.7 %) عند إضافة 1.25 % بلاستيك وعموماً فإن متوسط الزيادة بين النسب جميعها كان (21.2 %) مقارنة بالتربة الأصلية (19.4 %) نجد أن حد السيولة قد تحسن بشكل واضح . أما بالنسبة لحد اللدونة فلم تظهر النتائج أي قيمة فكانت جميعها غير لدنة بجميع إضافة نسب البلاستيك إلى التربة .

3- عند إضافة 6 % إسمنت مع 1.25% بلاستيك إلى التربة نجد أن حد السيولة كان(25.40 %) وهذه النتيجة تشير إلى أنها قيمة المتوسط مابين حد السيولة عند 6 % إسمنت و 1.2% بلاستيك منفصلين مع التربة وهذه النتيجة تزيد من تأكيد ودعم النتائج من صحتها .

الكثافة الجافة

من خلال النتائج نستنتج أن إضافة كل من الإسمنت والبلاستيك بصورة منفصلة إلى التربة قد خفض من قيمة الكثافة الجافة فنلاحظ أنه كلما زدنا في نسبة الإسمنت أو البلاستيك على حد سواء انخفضت الكثافة الجافة بصورة مستمرة ، كما نلاحظ أن تأثير الإسمنت على الكثافة الجافة كان أكبر من تأثير البلاستيك فنلاحظ أن أكبر نسبة للإسمنت أضيفت هي 12 % فأعطت كثافة (1.44 جم / سم^3) بينما أكبر نسبة للبلاستيك وهي 1.25 % أعطت (1.82 جم / سم^3) علماً بأن الكثافة الجافة للتربة الطبيعية هي (1.90 جم / سم3) كذلك إن إختيار إضافة نسبة إسمنت 6 % و 1.25 % من البلاستيك وخلطهما مع التربة تبين أن الكثافة الجافة كانت (1.459 جم / سم^3) وهي تعتبر قيمة متوسطة ما بين أقل قيمة عند البلاستيك وأقل قيمة عند الإسمنت وهذه تعتبر نتائج جيدة هندسيا وهي في المدى المتوسط .

المحتوى المائي

نلاحظ من خلال النتائج أن المحتوى المائي عند إضافة الإسمنت يرتفع كلما زدنا نسبة الإسمنت حتى تصل النسبة إلى 6 % ثم بعد ذلك يبدأ في الانخفاض بشكل عام بينما عند إضافة البلاستيك

نستنتج أن المحتوى المائي قد زاد عند أول نسبة أضيفت وهي 0.25 % ثم بعدها بدأ المحتوى المائي ينخفض انخفاضا مستمراً دون توقف حتى إلى أن وصل أعلى نسبة من البلاستيك.

وعند إضافة الإسمنت والبلاستيك مجتمعين في خلطة واحدة مع التربة (6 % إسمنت + 1.25 % بلاستيك) نستنتج أن المحتوى المائي يعطي نفس المتوسط تقريباً ما بين النسبتين عند إضافتهما منفصلتين في التربة فنجده يعطي (16.50%) والمتوسط بين الإضافتين هو (16.795 %) .

التوصـــيات

توصي هذه الدراسة بأنه يجب إجراء الاختبارات الأخرى الضرورية والمهمة في زيادة معرفة الخواص الهندسية للتربة المحسنة والتي لها علاقة بالطرق والمنشآت وغيرها مثل قياس الضغط المحاط وغير المحاط وقوى القص والتحمل والتصلب والتشوه والزحف وغيرها و التوسع في هذا النوع من الدراسات في استخدامها لإنتاج القوالب الاقتصادية و استخدام الطاقة الحرارية والنارية لإنتاج مثل هذه المواد .

الشكر و التقدير

إن من كان سببا في كتابتي لهذه الورقة و عرضها و نشرها هو الأن تحت التراب توارى جثمانه و بقى وجدانه معنا نسأل الله أن يغفر له و أن يرحمه و أن يجمعنا به و إياكم في الجنة هو الدكتور امحمد عبدالرحمن الباشا كان أستاذي و مشرفي في المرحلة الجامعية و كان من أكثر المشجعين لي على البحث العلمي كما أتقدم بالشكر إلى كل من ساعدني في هذه الورقة من ناصحين و محكمين و مراجعين و زملاء و أصدقاء .

المراجع

1- Pat Costner, 2000, Dionxin Elimination Published by Greenpeace International Amsterdam, The Netherlands .

2- Auchter J.F., M. Jacckel and Y. Sakuma, 1993, Polyvinyl Chloride (PVC) Resins. CEH Marketing Research Report, Chemical Economics Handbook_ SRI International.

3-A comparative study on Chemical composition of Portland cement ENG .Zinab Hasan
December 2015.

4- Soil & Soil Mechanics collected by Eng. Jaafar MOHAMMED 2014.

5- Bhandere P.S., Lee B.K., and Krishnan K., 1997, Study of Pyrolysis and International of Disposable Plastics Using Combined TG/FT_IR Technique, Journal of Thermal Analysis 49, 361_366.

6- Brown K.A., Holland M.R., Boyd R.A., Thresh S., Jones H., and Ogilvie S.M., 2000, Economic Evaluation of pvc Waste Management,(report produced for European Commission Environment Directorate) Aeatechnology.
7- European Environmental Agency, Environment in European Union at the turn of the century, 1999 , Environmental assessment report No.2.ISBN 92_9157_202_0. Copenhagen.

8-Lahl U. and B. Zeschmar_ Lahl, 1997, on: PVC_ Recycling in Deutschland 1977_ Anspruch und Wirkichkeit, Greenpeace, Hamburg, Germany.

9-Loay Saeed, 2004, Experimental Assessment of Two Stage Combustion of High pvc solid waste with HCl Recovery, PHD. Dissertation, Helsinki University of Technology, Finland.

10- Metcalf and Eddy, 1991, Wasewater engineering: treatment disposal reuse, 3rd Ed., McGraw-Hill Inc., New York, USA .