

Stabilization of Expansive Soils by Using Olive Residue Ashes

Reem KAZZI¹, Mohammed TAKLA¹, Ibrahim Abdullah Eidaan^{2*}

1 Department of Geo-Technique Engineering, College of Civil Engineering, AlBaath University, Syria

2 Department of Civil Engineering, AlMaarif University College, Iraq

* ibraheemaidan@yahoo.com

ABSTRACT:

The diminishing nature of our natural resources highlights the need for the development of procedures and designs that will maintain a sustainable future. For this reason; the current study investigates the effect of industrial by-products as stabilizer of a local expansive clayey soil. The ash from the burning of the olive oil industry wastes was mixed with two types of expansive soils in different proportions [1%, 3%, 5%, 7%] depending on the dry weight of the soil, and the samples were kept for treatment [14, 28, 90] days. The performance of this ash as a non-conventional stabilizer of expansive soils was tested by the following tests: Atterberg Limits, Modified Proctor Compaction, and Particle Size Distribution by hydrometer, Free Relative Swelling and Swelling Pressure, and California Bearing Ratio C.B.R. At the same time, the PH of the samples was recorded to evaluate the effect of the additive on the alkalinity of the soil. The additive has proven successful in improving the physical and mechanical properties of the tested expansive soils by reducing both plasticity and swelling properties and increasing the values of C.B.R. for the two soils, and It has been noted that the pH of the samples have increased significantly after treatment, which may have contributed to modification of the mineral composition of the improved soil.

Keywords: Expansive Soil; Olive Residue Ashes; Plasticity; PH; Swelling Properties; C.B.R.

تحسين الترب الانتفاخية باستخدام رماد مخلفات الزيتون

م. ريم قزي^١، أ.د. محمد تقلا^٢، د. إبراهيم عبدالله عيدان^{٢*}

١ قسم الهندسة الجيوتكنيكية، كلية الهندسة المدنية، جامعة البعث - سوريا

٢ قسم الهندسة المدنية، كلية المعارف الجامعة - العراق

* ibraheemaidan@yahoo.com

ملخص البحث

إن الطبيعة المتضائلة لمصادرنا الطبيعية تُبرز الحاجة إلى تطوير إجراءات وتصاميم تساهم في الحفاظ على مستقبل مستدام، ولهذا السبب فإن الدراسة الحالية تبحث في استخدام ناتج ثانوي صناعي كمحسن للترب الغضارية الانتفاخية المحلية. تم خلط الرماد الناتج عن حرق مخلفات صناعة زيت الزيتون مع نوعين من الترب الانتفاخية وبنسب مختلفة [1%، 3%، 5%، 7%] تبعاً للوزن الجاف للتربة، وحُفظت العينات للمعالجة [14، 28، 90] يوماً. اختُبر أداء هذا الرماد كمحسن غير تقليدي للترب الانتفاخية من خلال مجموعة التجارب التالية: حدود القوام، الرص وفقاً لبروكتور المعدلة، التركيب الحبي باستخدام الهايدرومتر، الانتفاخ النسبي الحر وضغط الانتفاخ، قرينة التحمل الكاليفورنية C.B.R. وفي الوقت ذاته؛ كان يتم قياس PH عينات التربة مع المحسن لتقييم أثر المادة على قلوية التربة. لقد أثبتت المادة المضافة نجاحها في تحسين الخواص الفيزيائية والميكانيكية للترب الانتفاخية المُختبرة بشكل عام من خلال تخفيض كلاً من خواص اللدونة والخصائص الانتفاخية وارتفاع قيم C.B.R. للتربتين، كما لوحظ أن PH العينات قد ارتفع بشكل ملحوظ بعد المعالجة؛ الأمر الذي قد يكون ساهم في تعديل التركيب المنرالي للترب المحسنة.

الكلمات المفتاحية: التربة الانتفاخية، رماد مخلفات عصر الزيتون، تحسين التربة، خواص اللدونة، PH، الخصائص الانتفاخية، C.B.R.

المقدمة

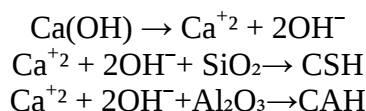
اكتسب مفهوم تحسين التربة اهتماماً متزايداً في السنوات الأخيرة في مجال البناء والإنشاء، على اعتبار أن تحسين التربة الصعبة (Problematic Soils) في موقعها الأصلي يقلل من الحاجة إلى التخلص من أحجام كبيرة من التربة في أماكن دفن النفايات، وفي الوقت ذاته فإن استخدام المواد المحلية يمكن أن يُخفّض من الكلف البيئية والاقتصادية للإنشاء بشكل عام [1] ، وتُعتبر التربة الانتفاخية نموذجاً من التربة الصعبة الأكثر انتشاراً في العالم، ويمكن أن يتسبب السلوك الانتفاخي لهذه التربة ولاسيما في المناطق الجافة وشبه الجافة بأضرارٍ بالغة الأهمية وبشكلٍ رئيسيٍّ للمنشآت الطرقية وذلك عندما تكون طبقة ماتحت أساس الطريق (sub-grades) هي تربة غضارية بنتيجة الدعم المنخفض لهذه الطبقات والتشوهات الحجمية (انتفاخ-تقلص) التي قد تنتج بتغير الرطوبة والمرتبطة بمنحدرات الغضار الانتفاخية، حيث يمكن أن تظهر العيوب والتشققات في الطرقات المشيدة خلالها والتي تمتد بشكلٍ واسع وتصبح هذه الطرقات فيما بعد بحاجة إلى الإصلاح وإعادة التأهيل، وبنتيجة النمو السكاني السريع واتساع المدن ؛ أصبح من الصعب تجنب المساحات الواسعة المغطاة بالتربة الانتفاخية واعتمدت تقنيات مختلفة لمعالجة المشاكل المرتبطة بها ، إما من خلال إزالة التربة الصعبة واستبدالها بأخرى ذات مواصفات جيدة مما يزيد من كلفة إنشاء الطريق ، أو من خلال اللجوء إلى التحسين الميكانيكي ، أو التحسين الكيميائي باستخدام المواد الرابطة ، [2].

إن تحسين التربة باستخدام المواد الرابطة التقليدية كالكلس والاسمنت والرّماد المتطاير من الفحم قد تمت دراسته بشكلٍ كبيرٍ في الماضي ، وهي موادٌ غالباً باهظة الثمن ولا تُعتبر صديقةً للبيئة ، ولهذا يُبذل جهدٌ كبيرٌ في السنوات الحالية لدراسة إمكانية الاستفادة من الإضافات غير التقليدية (Non-Conventional Additives) كبديلٍ في تحسين التربة [1] .

هناك تنوعٌ واسعٌ من الإضافات غير التقليدية مع مصادرٍ مختلفة جداً ، بعضها نواتج ثانوية صناعية مثل الفوسفوجيبسوم المُعاد تدويره [3] ، ونفايات الصّواني البلاستيكية [4] ، أو غبار أفران الاسمنت [5] ، وهناك

التفائيات الزراعية كرماد قشر الأرز [6] ، أو بقايا كعكة الزيتون [7] [8] ، إضافة إلى المصادر الطبيعية كماء البحر مثلاً [9].

إنّ الهدف من استخدام الإضافات بشكل عام هو تعزيز تكتّل الحبات كمرحلة أولية ومن ثمّ التأسيس لتفاعلات بوزولانية (pozzolanic reactions) كمرحلة ثانية، وعند استخدام المواد المحسنة ؛ فإنّه من الضروري أن ترتفع قيمة PH التربة حتى تحدث فيها التفاعلات البوزولانية المرتبطة بالتحسين [10] ، ويمكن تعريف التفاعل البوزولاني على أنّه تفاعلٌ بين أكسيد الكالسيوم (CaO) المتواجد في الإضافات من جهة وبين السيليكا (SiO₂) والألومينا (Al₂O₃) الموجودان في الغضار من جهة ثانية لتشكيل مركبات رابطة (cementitious compounds) في بيئة قلوية [11] ، حيث تتم إمالة CaO في هذه العملية ، وتحرر أيونات OH⁻ والتي تسهم في رفع قيمة PH التربة ، وضمن هذه الشروط تصبح أكاسيد الألمنيوم والسيليس - (المتواجدة في التربة الغضارية وبشكل طبيعي) - مُنحلة ومتوافرة لحدوث التفاعلات البوزولانية ، ويتحد Si و Al مع Ca المتوافر لتتجّ مركبات رابطة تدعى هيدرات سيليكات الكالسيوم CSH وهيدرات ألومينات الكالسيوم CAH من خلال التفاعلات المبسّطة التالية [11] :



وتعتبر هذه المركبات مسؤولة عن تحسين الخواص الميكانيكية للتربة بنتيجة التطور المتزايد والمستمر للتفاعلات البوزولانية مع الزمن ، والذي يتم على مدى سنوات بحسب العديد من الباحثين [11] .

إنّ تشكيل الجل الرّابط (cementation gels) يُصبح أكثر ترجيحاً بوجود إضافات غنية بالكالسيوم ، إلا أنّ زيادة PH التربة هو الأثر المرغوب به دائماً عند استخدام الإضافات لأنّه يقود إلى تعديل في بنية منرالات الغضار الانتفاخية ، وقد وصلت العديد من الأبحاث إلى أنّه يمكن تدمير أو هدم بنية منرالات الغضار الانتفاخية في البيئات القلوية [12] ، وأبعد من ذلك فإن عملية انتقال السميكتات وهو المنرال الغضاريّ الأعظم انتفاخية إلى الطّور غير الانتفاخيّ هو أمرٌ محكومٌ بإمكانية الوصول إلى البوتاسيوم وبدرجة الحرارة وال PH [13] .

2- نفايات عصر الزيتون في سوريا :

على الرغم من أن أشجار الزيتون تتوزع على كافة قارات العالم ؛ إلا أن 97٪ من الإنتاج العالمي لزيت الزيتون يتركز في دول حوض المتوسط ، ومن سخرية القدر أنه بينما يؤمن زيت الزيتون الصحة أثناء استهلاكه ؛ إلا أن صناعة استخراج زيت الزيتون باتت تمثل تهديداً بيئياً جدياً من خلال النواتج الثانوية عن عمليات معالجة وتصنيع الزيتون ، فهي تُنتج بكميات كبيرة جداً وخلال فترة زمنية قصيرة ، ولهذا فإن التخلص الآمن من هذه النفايات بات أمراً ملحاً لتلافي آثارها الملوثة للمياه والتربة وأصبح من الأولويات تطوير أنظمة متكاملة لمعالجة هذه النفايات [8] .

لقد ارتفع معدل الاهتمام مؤخراً ببقايا كعكة الزيتون Olive Cake Residue - (وهو الاسم الذي يطلق عادة على مخلفات عصر الزيتون بعد كبسها بمكابس خاصة) - من قبل محطات الطاقة بنتيجة الكلفة العالية عادة لإنتاج الطاقة من جهة والحرارة المرتفعة المتولدة عن حرق نفايات الزيتون وبنسبة رماد أقل من جهة أخرى ، ولهذا فإن دولاً مثل (اليونان ، إيطاليا ، تونس وتركيا) تخطط حالياً لتطوير استعمالات نفايات الزيتون في إنتاج الطاقة ، حتى إن بعضاً من محطات الكهرباء الصغيرة والتي كانت تعتمد الفحم وقوداً ؛ قد أعيد تأهيلها وتشغيلها باعتماد حرق نفايات الزيتون بديلاً عن الفحم [8] .

أما في سورية ؛ والتي تُصنّف الرابعة عالمياً والأولى عربياً بالإنتاج فإن هناك ما يقارب المليون طن سنوياً من مخلفات عصر الزيتون تُشكل كعكة الزيتون نصفها تقريباً وتُعرف محلياً باسم التيمز أو البيرين ويُتوقع أن ترتفع هذه الكمية لتقارب مليوني طن سنوياً مع التوسع في زراعة الزيتون [22] .

وبهدف إيجاد أفضل السبل الاقتصادية والبيئية لمعالجة مشاكل النفايات لاسيما الصلبة منها ؛ انعقد في دمشق 2006 "الأسبوع الأول الألماني - السوري للبيئة" بحضور عدد كبير من الاختصاصيين ، وبغية الاستفادة من التجربة الألمانية في مجال حرق النفايات ؛ بدأ التعاون بين جامعة البعث السورية وجامعة روستوك الألمانية في إطار مشروع للاستفادة من مخلفات معاصر الزيتون في أنحاء مختلفة من سورية ، وفي هذا الإطار تم إخضاع هذه المخلفات لتجارب عدة أدت إلى إنتاج Sludge يمكن حرقها والاستفادة من طاقتها لأغراض

صناعية بدلاً من التخلص من مكوثاتها دون فائدة وعلى ضوء ذلك كان من المفترض أن تتم الاستفادة من هذه السلاسل في تشغيل محطة حرارية تُبنى قرب مصفاة البترول في حمص ، حيث يمكن لهذه المحطة أن تولّد طاقة كهربائية باستطاعة ١٢٠ ميغا واط [14] ، ولكن الظروف التي مرّت بها البلاد لاحقاً قد حالت دون إتمام هذه التجربة التي عوّل الكثيرون في بلدان عربية أخرى على نجاحها .

3-هدف البحث :

يطرح هذا البحث مساهمة في إيجاد الحلول الآمنة للتخلص من مشاكل تراكم نفايات عصر الزيتون في سورية من خلال دراسة إمكانية الاستفادة من الرماد الناتج عن حرقها - وهو مادة نفايات غنية بالبوتاسيوم - كمادة مضافة غير تقليدية في تحسين التربة الغضارية الانتفاخية المحلية، وذلك من خلال دراسة أثره على الخواص الفيزيائية والميكانيكية للتربة المختبرة.

4-الدراسة المرجعية:

أظهرت التحريات النظرية حول استخدام هذه المادة ؛ أن أبحاثاً محدودة جداً قد تناولت استخدام مخلفات عصر الزيتون في تحسين التربة الانتفاخية ومن ناحية أخرى فإنّ هذه الأبحاث قد تباينت في نتائجها حول فعالية المادة والنسب المثالية لاستخدامها في تحسين التربة بشكل عام .

(Attom et al.1998) [7] ومن خلال معالجة التربة بالرماد الناتج عن حرق نفايات عصر الزيتون بدرجة حرارة 550°C؛ وجدوا أنّ إضافة الرماد بنسبة حتى 7.5٪ من الوزن الجاف للتربة ستخفض من ضغط الانتفاخ ، أمّا أبحاث (Nalbantoglu et al. 2006) [8] فقد بيّنت أن نسبة 3٪ فقط من الرماد تكفي للتقليل من اللدونة والتشوهات الحجمية في التربة وتسهم في زيادة مقاومة الضغط الحر، بينما أي زيادة عن النسبة 3٪ ستزداد معها قابلية الانضغاط للتربة وتضعف مقاومة الضغط الحر.

(Utkan M., 2013) [15] توصّل إلى أنّه بإضافة رماد نفايات الزيتون لغضار البتوناييت بنسبة 1٪ يزداد الوزن النوعي إلى قيمة أعظمية وأي إضافة أعلى ستؤدّي إلى نقصانه ، كما أنّ مقاومة الضغط الحر لعينات معالجة بفترات زمنية مختلفة (0،1،7) يوماً- قد ارتفعت بالنسبة لجميع العينات عند نسبة رماد 1٪ لكنّها من أجل نسب أعلى وعند فترة معالجة 28 يوماً قد انخفضت بقوة ، في حين أنّ استخدام رماد نفايات الزيتون- المستخدمة في معامل توليد الطاقة- في اسبانيا قد أعطى نتائج ايجابية في تحسين تربة المارل الغضارية وفقاً لأبحاث (UREÑA et al., 2016) [1] ، فقد أظهرت نتائج اختبارات الأدومتر وعلبة القص تحسناً ملحوظاً في الخواص الميكانيكية ومقاومة القص للعينات المعالجة مقارنة مع عينات المارل الطبيعية وازداد هذا التحسن مع ارتفاع نسبة الرماد في الخليط ، مترافقاً مع انخفاض حاد في دليل اللدونة للتربة الطبيعية .

5- المواد المستخدمة في البحث :

تم اختيار نوعين من الترب الانتفاخية المحلية في هذا البحث :

-التربة (1) : هي تربة غضارية حمراء اللون مستخرجة بالحفر اليدوي من حفرة مجاورة لأحد الطرقات الريفية الفرعية من قرية الفحيلة التابعة لمحافظة حمص حيث أخذت عينات مخربة من عمق حدود (0.5-1)m تقريباً تحت سطح الأرض الطبيعية .

-التربة (2) : تربة غضارية ذات لون بني مخضر مستخرجة من حفرة كانت مجهزة لاستثمارها هندسياً كقاعدة لمحطة وقود في قرية الناصرة التابعة لمحافظة حمص أيضاً، وقد أخذت عينات مخربة بالحفر اليدوي من عمق (1.5-2)m تقريباً تحت سطح الأرض الطبيعية .

نُبيّن في الجدولين (1)+(2) الخواص الجيوتكنيكية للتربتين الطبيعيّتين المدروستين بحسب المواصفات القياسية لـ ASTM(1993) وقد صنّفت الترب تبعاً لنظام التصنيف الموحد U.S.C.S، [16] .

وبحسب تصنيف (Dakshanamanthy and Raman)، (1973) واعتماداً على قيم (LL،IP) ؛ فإن التربة 1 هي تربة ذات انتفاخ عالٍ والتربة 2 ذات انتفاخ عالٍ جداً [17] .

الغضار	السيلت	الزمل	البحص	G	التربة
< 0.002 mm	(0.075-0.002) mm	(4.75-0.075) mm	(76.2-4.75) mm		
55%	20%	24.5%	0.5%	2.68	1
73%	23.3%	3.7%	0%	2.9	2

- الجدول (1) -

ω _{opt} (%)	γ _{max·d} (gr/cm ³)	فعالية الغضار	التصنيف	I _P (%)	P _L (%)	L _L (%)	التربة
20	1.62	0.62	CH	34	30	64	1
24	1.63	0.78	CH	57	35	92	2

- الجدول (2) -

- الجدول (1) + الجدول (2) : الخواص الجيوتكنيكية للتربتين المستخدمتين في البحث .

رماد نفايات عصر الزيتون :

تمّ جمعه بعد حرق نفايات الزيتون المستحضرة من إحدى معاصر الزيتون في محافظة حمص أيضاً وهي عبارة عن اسطوانات مضغوطة بوزن 1kg تقريباً وتُعرف محلياً باسم التيمز أو البيرين وقد تمّ حرقها باستخدام مدفأة منزلية ، ثم مُرّرت نواتج الحرق على المنخل 0.425mm ليتم خلط المار منه فيما بعد مع التربة المراد تحسينها ، وتمتاز هذه المادة بسهولة استخدامها كونها لا تحتاج للطحن وتركيبها الحبيبي يظهر أن مقاس حباتها مشابه للرمال السيلتي بحسب نظام التصنيف الموحد U.S.C.S، والجدول (3) يعرض مواصفات الرماد المستخدم .

أما الجدول (4) ؛ فيعرض التركيب الكيميائي للرماد المستخدم والمحدد باستخدام المعايير الكلاسيكية في مخبر كلية الزراعة بجامعة البعث، حيث يظهر وبوضوح أن رماد مخلفات عصر الزيتون يملك تركيباً كيميائياً مشابهاً للمواد البوزولانية بوجود نسبة مهمة من أكسيد الكالسيوم (CaO) وثاني أكسيد السيليكون (SiO₂) ، إضافة إلى غنى هذا الرماد بأكسيد البوتاسيوم (K₂O) وهي جميعاً مركبات لها علاقة بتحسين التربة [13] .

G_{ash}	2.36
التوزيع الحبي للرماد حسب قياس حباته	
(0.425-0.075) mm	72.8%
(0.075-0.002) mm	15.2%
< 0.002 mm	12%

الجدول (3) - خواص رماد مخلفات عصر الزيتون- OLIVE CAKE ASH

Oxides (%)	OLIVE CAKE ASH	Oxides (%)	OLIVE CAKE ASH
CaO	7.5	Na ₂ O	0.38
SiO ₂	18.5	P ₂ O ₅	6.2
Al ₂ O ₃	1.95	TiO	0.1
MgO	2.01	SO ₃ ⁻²	-
MnO	0.04	S	-
K ₂ O	39.6	¹ LOI _{550°C} (%)	0.0
Fe ₂ O ₃	1.21	² LOI _{1000°C} (%)	21.7

¹ LOI_{550°C} (%): Loss on ignition(550°C) الفاقد بالاحتراق عند درجة حرارة (

² LOI_{1000°C} (%): Loss on ignition(1000°C) الفاقد بالاحتراق عند درجة حرارة (

الجدول (4) - التركيب الكيميائي لرماد مخلفات عصر الزيتون باستخدام المعايرة الكلاسيكية (The Chemical composition of Olive Cake Ash)

6- تحضير العينات ومنهجية التجارب المتبعة:

حضرت خلطات من الترب المدروسة مع المادة المضافة وبنسب مختلفة محسوبة تبعاً للوزن الجاف للتربة ، حيث تم خلط التربة مع المادة المضافة بالحالة الجافة وباستخدام الخلاط الكهربائي لمدة عشر دقائق ، ثم أضيف الماء وبكمية مناسبة وأعيد الخلط لمدة تصل حتى خمس دقائق ، وبعد مضي ساعتين على الخلط بالماء وهو ما يعرف بزمان تأخير الرص (delay-time) كفترة ترطيب لمحاكاة الفترة الزمنية النموذجية بين الخلط والرص عند التنفيذ في الحقل [18] ؛ تم الرص وفقاً لبروكتور المعدلة بهدف تحديد الوزن الحجمي الجاف الأعظمي والرطوبة

المثالية الموافقة ($\max(\gamma_d, \omega_{opt})$) عند كل نسبة مختارة من المادة المضافة لاعتماد هذه القيم كأساس في تحضير العينات لبقية التجارب فيما بعد.

نعرض في الأشكال (1)، (2) نتائج اختبارات الرص لخلائط الترب المدروسة مع رماد مخلفات عصر الزيتون ويتوضح من خلالها تغير قيم الوزن الحجمي الجاف الأعظمي والرطوبة المثالية في الترب المحسنة تبعاً لنسبة المادة المضافة .

وبنفس المنهجية السابقة من حيث طريقة الخلط والترطيب وزمن الترطيب ؛ حُضرت خلائط من الترب المدروسة والرماد وتمّ ترطيبها ورصّها باستخدام طاقة الرص المعدلة عند الرطوبة المثالية والوزن الحجمي الجاف الأعظمي المحددان في الخطوة السابقة والموافقان لكل نسبة مقترحة من المادة المضافة ، حيث تمّ تحضير عينات ضمن قالب بروكتور واستخلاصها منه بالاستعانة بالمكبس الهيدروليكي وأخرى ضمن قالب C.B.R. المشطور والمصمّم خصيصاً بحيث يكون قابلاً لل فك والتركيب بسهولة لاستخلاص العينات المرصوة داخله دون أي تخريب ؛ ليُصار إلى استخدامها لاحقاً في كافة التجارب المطلوبة لتقييم فعالية المادة المضافة في تحسين الخواص الجيوتكنيكية للترب المختبرة.

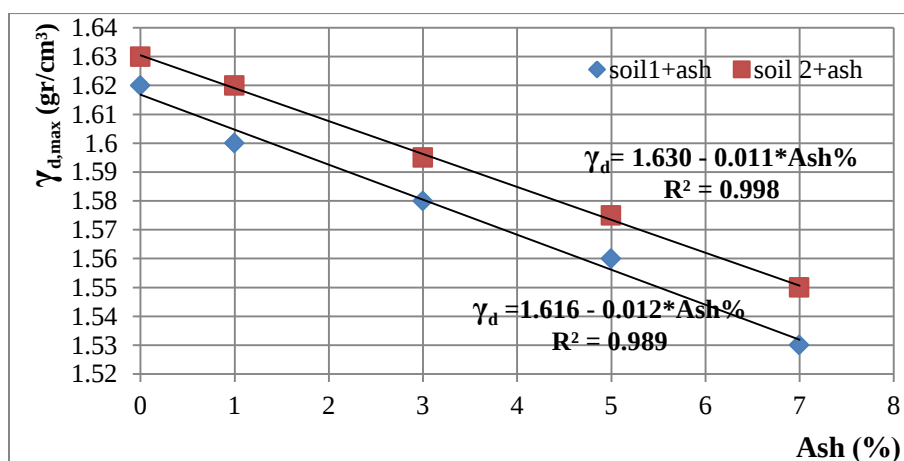
تمّ تغليف العينات المرصوة بالنيلون اللاصق بشكل جيد لحمايتها من خسارة الرطوبة، ثمّ وضعها ضمن حجرات زجاجية حافظة للرطوبة ومُحكمّة الإغلاق وضمن حرارة المخبر، وحُفظت العينات ضمن الشروط السابقة وتُركت للمعالجة لفترات زمنية مختلفة (Curing Time = 14)، 28، 90 يوماً .

بعد مضي فترة المعالجة المطلوبة وعند كل زمنٍ محدد ؛ تمّ إجراء سلسلة من التجارب على العينات المحفوظة وعند كافة النسب ، وقد شملت التجارب الخاصة بتحديد خواص اللدونة ، وتحديد نسبة الغضار في التربة المحسنة باستخدام التحليل الحبي بالهايدرومتر، قياس ال PH ، الانتفاخ النسبي الحر وضغط الانتفاخ، إضافة إلى قرينة التحمل الكاليفورنية C.B.R. .

7- النتائج ومناقشتها:

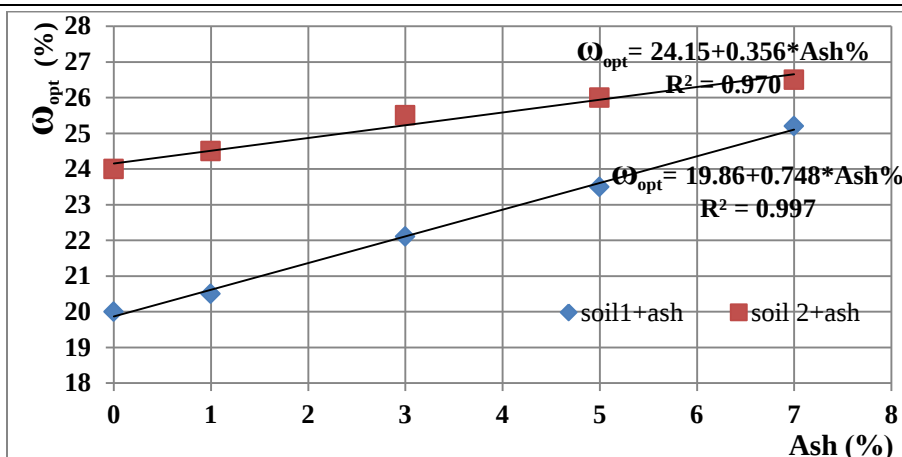
تأثير المادة المضافة على خواص الرص:

يظهر واضحاً من الشكل (1)، أنّ إضافة رماد مخلفات عصر الزيتون قد ساهم في خفض الوزن الحجمي الجاف الأعظمي للتربة المختبرة مع ارتفاع نسبة الرماد في الخليط وهو أمرٌ يعود غالباً إلى استبدال نسبة من حبات التربة بحبات الرماد الأخف وزناً مقارنة مع حبات التربة المختبرة حيث قيمة الوزن النوعي المنخفضة نسبياً للرماد ($G_{sh}=2.36$) - ستساهم في خفض كتلة التربة من أجل الحجم ذاته مما سيؤدي إلى انخفاض في قيم وزن واحدة الحجم الجاف للمادة ككل [8].



الشكل (1): تغير الوزن الحجمي الجاف الأعظمي للتربتين المحسنتين تبعاً لنسبة الرماد المضاف

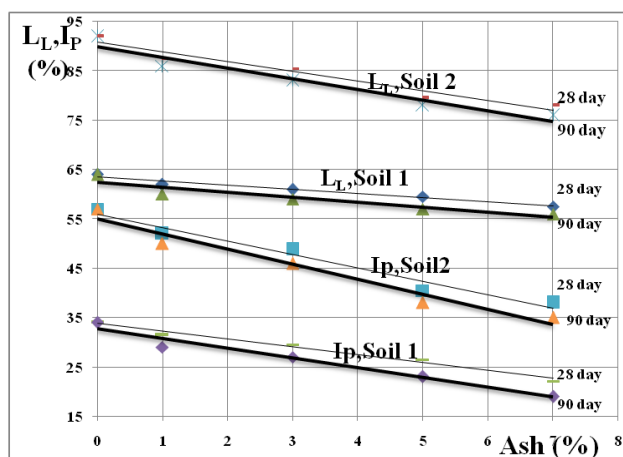
وبالمقابل فإن ارتفاعاً في قيمة الرطوبة المثالية للتربة المحسنة قد بدا واضحاً مع ارتفاع نسبة الرماد في الخليط - الشكل (2) - وهو أمرٌ يمكن أن يُعزى إلى التفاعل البوزولاني بين الرماد المضاف ومكونات التربة والذي سيتطلب ماءً إضافياً للإمالة إضافةً إلى الماء اللازم لتغليف سطح الحبات أثناء الرص [19].



الشكل (2) : تغير محتوى الرطوبة المثالية للتربتين المحسنتين تبعاً لنسبة الرماد المضاف

التأثير على خواص اللدونة:

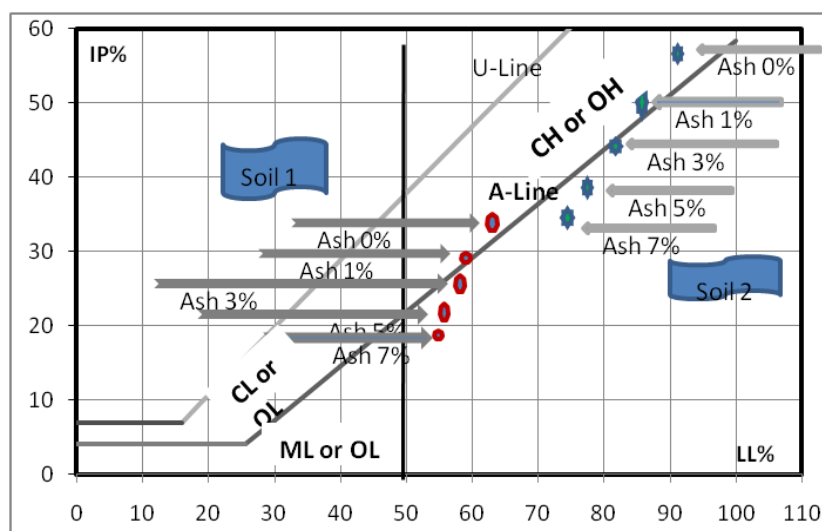
نعرض في الشكل (3) تغير خواص اللدونة في الترب المحسنة (حد السيولة LL(%) ودليل اللدونة IP(%) بتأثير إضافة رماد مخلفات الزيتون وبنسب مختلفة وعند أزمان معالجة مختلفة (28، 90 يوماً ، ويبدو واضحاً من خلال المخطط انخفاض قيم حد السيولة ودليل اللدونة مع ارتفاع نسبة الرماد المضاف في التربتين المحسنتين .



الشكل (3) : تغير خواص اللدونة (حد السيولة LL(%) ودليل اللدونة IP(%) للتربتين المحسنتين تبعاً لنسبة الرماد Ash(%) وزمن المعالجة (Curing Time) .

كما يمكن أن نلاحظ من النتائج الموصوفة بالمخطط السابق ؛ تأثير زمن المعالجة على خواص اللدونة ، حيث استمر انخفاض حد السيولة ودليل اللدونة مع ازدياد زمن معالجة التربة ، وهذه التغيرات في خواص اللدونة يمكن أن تُعزى إلى دور الرماد في تعزيز اندماج وتكتل حبات التربة بفعل التفاعلات البوزولانية وهي تفاعلات بطيئة لكن تستمر طويلة الأمد [1] .

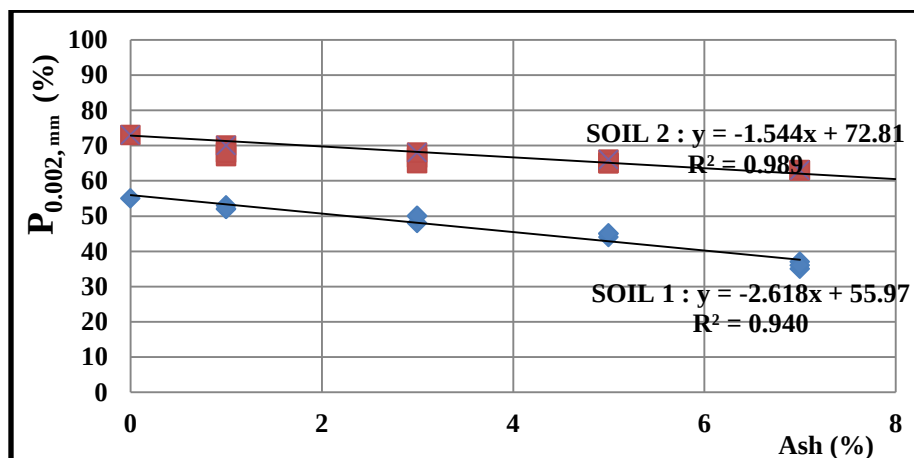
إنّ إضافة رماد مخلفات الزيتون إلى الترب الطبيعية المختبرة قد ساهم - وكنتيجة لدوره في تعزيز الروابط بين الحبات وزيادة حجم الحبات - في تعديل تصنيف الترب المختبرة من غضار لاعضوي عالي اللدونة (CH) إلى سيلت لاعضوي (MH) وفقاً لنظام التصنيف الموحد (U.S.C.S.) ومخطط اللدونة ، الشكل (4) .



الشكل (4) : تصنيف التربتين المحستين بنسب مختلفة من الرماد وعند زمن معالجة 90 يوماً وفقاً لمخطط اللدونة - نظام التصنيف الموحد (U.S.C.S.).

التأثير على التركيب الحبي/نسبة الغضار في التربة:

يعرض الشكل (5) تأثير إضافة رماد مخلفات عصر الزيتون على التوزيع الحبي للتربة من خلال دراسة تغير نسبة الغضار المحددة بالاستعانة بالهايدرومتر مع تغير نسبة الرماد المضاف وبعد معالجة فترة زمنية حتى 90 يوماً ، ويبدو واضحاً من خلاله انخفاض نسبة الغضار في التربتين وبشكلٍ يتناسب مع نسبة الرماد المضاف ، حيث انخفضت نسبة الغضار في التربة بشكلٍ أكبر مع ازدياد نسبة الرماد المضاف .



الشكل (5) : تغير نسبة الغضار (P0.002mm)، (التربتين المحستتين تبعا لنسبة الرماد

وبالتالي يمكن القول بأن الرماد المضاف قد ساهم في تعديل مهم في التوزيع الحبي للتربتين من خلال تعزيز الروابط بين الحبات وتجميعها لتصبح بمقاس حبي أكبر وهو أمرٌ بالغ الأهمية لأن آثاره ستنعكس تحسناً في خواص هندسية أخرى للتربة المعالجة .

فعالية الغضار:

هي مؤشر على سرعة تأثر الغضار بالماء وإمكانية انتفاخه أو تقلصه [20] ، وتُحسب بنسبة دليل لدونة التربة إلى نسبة الغضار فيها ، أي بالعلاقة التالية :

$$\text{Clay Activity} = I_p(\%) / P_{0.002\text{mm}}(\%)$$

يُعرض في الجدول (5) قيم فعالية الغضار لكافة العينات المعالجة برماد مخلفات الزيتون ، ويبدو من خلال النتائج وبشكل واضح نقصان الفعالية لكافة العينات المعالجة، مما يجعلنا نتوقع سلوكية أكثر ثباتاً للغضار المحسّن وتغيرات حجمية أقل بتأثير الترطيب والتجفيف [21]، ويُعتبر هذا تحسناً ملحوظاً في الأداء الهندسي للتربة .

التأثير على PH التربة:

تمت مراقبة وقياس ال PH لعينات التربة المعالجة بهدف تقييم أثر إضافة الرماد وبنسب مختلفة على التربة الطبيعية ، والجدول (5) يعرض النتائج بعد معالجة 28 يوماً ، ويبدو من خلالها أن إضافة الرماد للتربة قد ساهم في رفع قيمة ال PH ، وارتفعت قلوية الوسط أكثر مع زيادة نسبة الرماد المضاف ، ووفقاً لأبحاث [11] ؛ فإن قيمة ال PH يجب أن تزيد عن 10 حتى تسمح بتفاعلات بوزولانية هامة قادرة على هدم منارات الغضار ، وهي قيمة وصلت إليها الترب المحسنة بعمر 28 يوماً عند نسبة رماد 5٪ وتجاوزتها عند نسب الرماد الأعلى كما هو موضح في الجدول (5) .

التربة - soil	زمن المعالجة Curing- time (days)	نسبة الغضار P _{0.002mm} (%)	دليل اللدونة I _p (%)	الفعالية	PH _{28days}
التربة الطبيعية SOIL 1	-	55	34	0.62	8.2
SOIL1+ASH1%	28	52	31.5	0.61	8.35
	90		29	0.56	
SOIL1+ASH3%	28	50	29.5	0.59	8.8
	90		27	0.54	
SOIL1+ASH5%	28	45	26.5	0.59	9.5
	90		23	0.51	
SOIL1+ASH7%	28	37	22.1	0.59	10.2
	90		19	0.51	
التربة الطبيعية SOIL 2	-	73	57	0.78	8.7
SOIL2+ASH1%	28	70	52	0.74	8.9
	90		50	0.71	
SOIL2+ASH3%	28	68	48.5	0.71	9.5
	90		46	0.67	
SOIL2+ASH5%	28	66	40.5	0.61	10.3
	90		38	0.57	
SOIL2+ASH7%	28	63	38	0.6	10.7
	90		35	0.56	

الجدول (5) : فعالية الغضار وقيم ال PH للتربتين المحستتين تبعاً لنسبة الرماد

التأثير على الانتفاخ النسبي الحر وضغط الانتفاخ في التربة:

أُجريت تجارب قياس الانتفاخ باستخدام جهاز الأدومتر ذو الحلقة الثابتة وفقاً لمواصفات (ASTM-D4546 methodA [16] على عينات من الترب الغضارية غير المعالجة والمعالجة بنسب مختلفة من رماد مخلفات الزيتون وعند أزمنة معالجة مختلفة ، والنتائج موضحة في الأشكال (1-6)، (2-6)، (3-6)، (4-6) .

بعد ضبط مؤشر قياس الانتفاخ ؛ تم إشباع العينة ورصد التشوه فيها حتى استقر، سُجِّلت قيمته (ε_{sw}^0 %) ، ثم حُمِلَت العينة بشكل متزايد لتعود إلى ارتفاعها الأوَّلي (نسبة الفراغ الأوَّلية قبل إضافة الماء) والموافقة لتشوه انتفاخ نسبي مساوٍ للصفر، وسُجِّلت قيمة الإجهاد الموافق، فكان الإجهاد اللازم لإعادة العينة إلى نسبة الفراغ الأوَّلية هو ضغط الانتفاخ σ_{sw} .

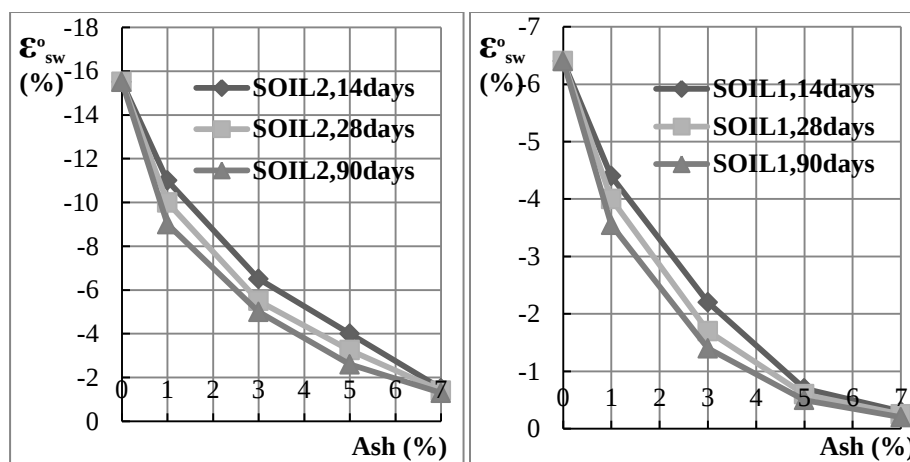
أظهرت نتائج الاختبارات دوراً مهماً للرماد المضاف في تغيير الخصائص الانتفاخية للتربتين المستخدمتين في الدراسة ، فقد انخفضت قيم كلاً من الانتفاخ النسبي الحر وضغط الانتفاخ وبشكل ملحوظ مع ارتفاع نسبة الرماد المضاف .

يُضاف إلى ذلك ظهور تأثير ملحوظ لفترة المعالجة على الخصائص الانتفاخية للترب المحسنة ، فكما هو واضح من المخططات السابقة ؛ فإن الدور الإيجابي للرماد المضاف بنسبة معينة من الوزن الجاف للتربة قد بدأ في الأزمنة الأولى للمعالجة واستمر بالتزايد مع زيادة فترة المعالجة من أجل نفس النسبة ، ومما لا شك فيه وبسبب أهمية وضرورة تخفيض إمكانية الانتفاخ في الترب الانتفاخية ؛ فإنه يمكن اعتبار هذه النتائج هي الأهم بالنسبة للدراسة الحالية .

بدايةً ؛ ومن الأشكال (1-6)، (2-6)، (3-6)، (4-6) فإن إضافة رماد مخلفات الزيتون للترب الانتفاخية المختبرة قد أنتج انخفاضاً مهماً في قيم ضغط الانتفاخ والانتفاخ النسبي الحر، حيث انخفض ضغط الانتفاخ في التربة (1) من القيمة (5kg/cm^2) من أجل التربة الطبيعية حتى (4.28kg/cm^2) أي بمعدل (15%) عند إضافة الرماد بنسبة (1%) بالنسبة للعينات المعالجة (14 يوماً)، واستمر معدل الانخفاض بالتزايد مع ارتفاع نسبة الرماد ليصل (48%) عند نسبة رماد (3%)، و (90%) من أجل الرماد المضاف بنسبة (7%) للعينات المعالجة

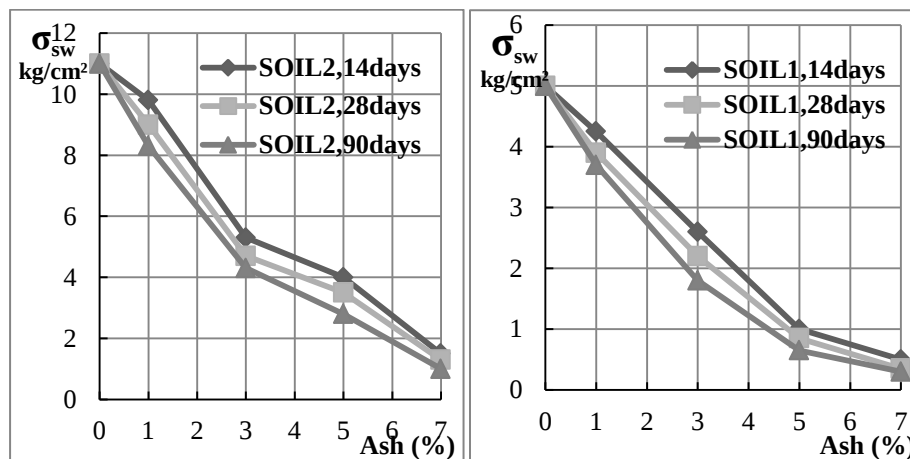
بنفس الزمن (14 يوماً) ، حيث يمكن وصف التربة هنا بأنها غير انتفاخية وقد أصبح ضغط الانتفاخ بقيمة ضعيفة جداً (0.5 kg/cm^2).

ومع المعالجة للتربة ذاتها وبنفس النسب السابقة إنّها لفترة زمنية أطول ؛ ارتفع معدل التحسن في التربة من خلال انخفاض قيم ضغط الانتفاخ وتراوح بين (26% ← 94%) عند إضافة الرماد بنسب (1% ← 7%) لعينات التربة (1) المعالجة (90 يوماً) .



(2-6)

(1-6)



(4-6)

(3-6)

الأشكال (1-6)، (2-6)، (3-6)، (4-6): تغير قيم ضغط الانتفاخ σ_{sw} والانتفاخ النسبي الحر ε_{sw}^o مع تغير نسبة الرماد المضاف وتغير زمن المعالجة

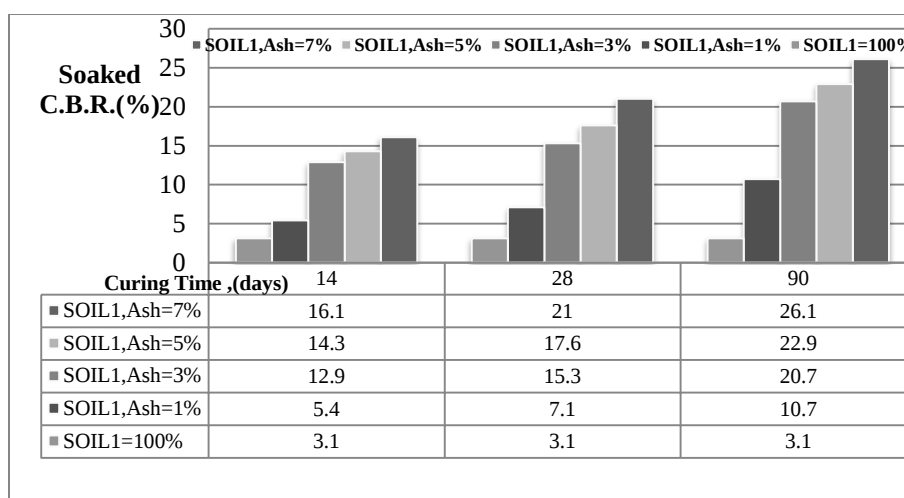
والأمر ذاته يمكن ملاحظته مع إضافة الرماد للتربة (2)، حيث انخفض ضغط الانتفاخ من القيمة (11 kg/cm^2) في التربة الطبيعية ليصل القيم $1.5-4-5.3-9.8 \text{ kg/cm}^2$ - أي بمعدل انخفاض ($11\%-52\%-63\%-86\%$) لرماد مضاف بنسبة ($1\%-3\%-5\%-7\%$) على التوالي عند زمن معالجة (14 يوماً)، وارتفع معدل الانخفاض في ضغط الانتفاخ ليصل ($24\%-60\%-74\%-90\%$) لرماد مضاف بنفس النسب السابقة على التوالي لكن عند زمن معالجة (90 يوماً)، وهذا يدل على استمرار تفاعلات التحسين في التربة الانتفاخية بنتيجة الرماد المضاف . إن النتائج السابقة لتأثير إضافة رماد مخلفات عصر الزيتون على الخصائص الانتفاخية للترب المحسنة ؛ تأتي منسجمة مع الدور الذي لعبه الرماد في تخفيض خواص اللدونة للتربة ونسبة الغضار فيها ومن ثم انخفاض فعالية الغضار المدروس ، إضافة إلى دوره الهام جداً في رفع قلوية الوسط والذي ظهر من خلال نتائج قياس PH التربة .

وبحسب نتائج هذه الدراسة ووفقاً لنتائج الدراسات المذكورة سابقاً [10]، [11]، [13]؛ فإنه يمكن القول بأن رماد مخلفات عصر الزيتون المستخدم في تحسين الترب الانتفاخية المختبرة قد ساهم في إنتاج تغييرات هامة في التركيب المنرالي للغضار الانتفاخي بنتيجة غناه بالبوتاسيوم ($\text{K}_2\text{O}=39.6\%$) ومساهمته في رفع قلوية التربة- (PH) وبالتالي امتلاكه للبارامترات الأساسية اللازمة لهدم المنرالات الانتفاخية وانتقالها للطور اللانتفاخي، مما يمكن أن يفسر الانخفاض الهام جداً في الخصائص الانتفاخية للترب المختبرة .

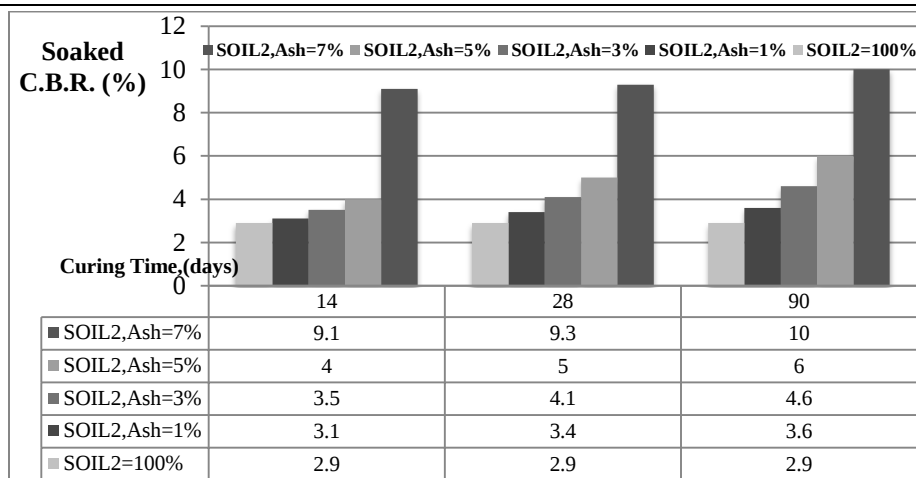
التأثير على مقاومة C.B.R. للتربة:

تُعمد قيم ال C.B.R. عادةً كمعيار في تقييم متانة التربة المستخدمة في أعمال رصف الطرق وصلاحيه استخدامها من جهة، وفي تقييم فعالة المادة المضافة في تحسين خواص التربة المختبرة من جهة أخرى ، وتعرض الأشكال (7)+(8) نتائج اختبارات ال C.B.R. بعد الغمر مدة أربعة أيام للتربتين المحسنتين بنسب مختلفة من الرماد وعند أزمته معالجة مختلفة، ويبدو واضحاً من خلال تلك النتائج الدور الايجابي للرماد المضاف في تحسين مقاومة ال C.B.R. للتربتين الانتفاختين منذ مراحل المعالجة الأولى .

لقد ارتفعت قيمة مقاومة ال C.B.R. للتربة 1 -الشكل (7)- من 3.1 للتربة الطبيعية إلى 5.4 أي بمعدل زيادة 74٪ بإضافة الرماد بنسبة 1٪ فقط واستمرت بالارتفاع بزيادة نسبة الرماد فوصلت 16.1 بمعدل زيادة 419٪ مع نسبة رماد 7٪ وذلك عند زمن معالجة 14 يوماً فقط ، ومع المعالجة لفترة زمنية أطول أي حتى 90 يوماً وصلت قيم ال C.B.R. حتى 20.7 عند نسبة رماد 3٪ (3٪) ووصلت 26.1 عند نسبة رماد 7٪ (7٪) بمعدل زيادة 742٪ عن القيمة الأولية للتربة الطبيعية.



الشكل (7): تغير قيم مقاومة ال C.B.R. للتربة 1 مع تغير نسبة الرماد المضاف وتغير زمن المعالجة الأمر ذاته قد لوحظ في التربة 2 -الشكل (8)- ؛ حيث ارتفعت قيمة مقاومة ال C.B.R. من 2.9 للتربة الطبيعية إلى 3.1 أي بمعدل زيادة 24٪ بإضافة الرماد بنسبة 1٪ واستمرت بالارتفاع بزيادة نسبة الرماد فوصلت 9.1 بمعدل زيادة 214٪ مع نسبة رماد 7٪ وذلك عند زمن معالجة 14 يوماً فقط ، واستمر التحسن في المقاومة مع فترات المعالجة الأطول وكان أكثر وضوحاً في التربة 2 من أجل النسب الأعلى للرماد ، فوصلت قيمة C.B.R. إلى 6 عند نسبة رماد 5٪ (5٪) بمعدل زيادة 107٪ ووصلت إلى 10 عند نسبة رماد 7٪ (7٪) بمعدل زيادة 245٪ عن القيمة الأولية للتربة الطبيعية وذلك عند معالجة مدة 90 يوماً.



الشكل (8): تغير قيم مقاومة ال C.B.R. للتربة 2 مع تغير نسبة الرماد المضاف وتغير زمن المعالجة

إنّ تعديل الخواص الفيزيائية للتربة كالقوام والقياس الحبي بفعل اندماج وتكتل الحبات والذي ساهم فيه الرماد المضاف بفعل التفاعلات البوزولانية ؛ قد أدّى إلى تحسن في مقاومة الترب الانتفاخية المختبرة وبشكل ملحوظ بدءاً من مراحل المعالجة الأولى ، واستمرار التلبد بفعل استمرار التفاعلات البوزولانية مع الزمن قد ساهم في إعادة ضبط الحبات مع فترات معالجة أطول، مما أنتج بنية أكثر تراصاً وبالتالي ذات قدرة تحمل أعلى . هذا التحسن في قيمة مقاومة ال C.B.R؛ كان كافياً لتعديل تصنيف الترب المحسنة بحسب قيمة ال C.B.R وفقاً لنظام التصنيف الموحد من ضعيفة إلى مقبولة بالنسبة للتربة 2 وإلى جيدة بالنسبة للتربة 1 مع نسبة رماد 7٪ وزمن معالجة 90 يوماً .

8-الاستنتاجات:

بناء على ما سبق ؛ يمكن أن نسجل الاستنتاجات التالية :

- إنّ إضافة رماد مخلفات عصر الزيتون قد ساهمت في خفض الوزن الحجمي الجاف الأعظمي مقابل ارتفاع الرطوبة المثالية للترب المختبرة مع ارتفاع نسبة الرماد في الخليط .

- ساهم الرماد المضاف في تحسين الخواص الهندسية للتربة الانتفاخية بشكلٍ مهمٍ من خلال انخفاض خواص اللدونة مع ارتفاع نسبة الرماد المضاف للتربة ومع ازدياد زمن معالجة التربة ، بالإضافة إلى انخفاض نسبة الغضار في الترتين وأيضاً بشكلٍ يتناسب مع ارتفاع نسبة الرماد المضاف.
- إنَّ إضافة رماد مخلفات الزيتون إلى الترب الطبيعية المختبرة قد ساهم في تعديل تصنيف الترب المختبرة من غضارٍ لاعضوي عالي اللدونة (CH) إلى سيلت لاعضوي (MH) وفقاً لنظام التصنيف الموحد (U.S.C.S.) ومخطط اللدونة.
- إنَّ إضافة الرماد قد ساهم في رفع قيمة الـ PH للتربة ، وقد ارتفعت قلوية الوسط أكثر مع زيادة نسبة الرماد المضاف ، وهذه البيئة القلوية سمحت باستمرارية التفاعل البوزولاني المسؤول عن تشكيل المركبات الرابطة بالإضافة إلى دورها الهام في تفكيك المنرالات الانتفاخية .
- أظهرت نتائج الاختبارات دوراً مهماً للرماد المضاف في تغيير الخصائص الانتفاخية للترب المختبرة ، فقد انخفضت قيم كلاً من الانتفاخ النسبي الحر وضغط الانتفاخ وبشكلٍ ملحوظ مع ارتفاع نسبة الرماد المضاف ، يُضاف إلى ذلك ظهور تأثيرٍ ملحوظٍ لفترة المعالجة على الخصائص الانتفاخية للترب المحسّنة .
- إنَّ إضافة رماد مخلفات الزيتون إلى الترب الطبيعية المختبرة قد ساهم في تحسين قدرة تحمل التربة من خلال ارتفاع قيمة مقاومة الـ C.B.R. للترب المحسنة مع ازدياد نسبة الرماد المضاف وبشكلٍ ملحوظ أكثر مع زيادة فترة المعالجة .
- إنَّ رماد مخلفات عصر الزيتون المستخدم في هذه الدراسة ؛ قد أعطى نتائج واعدة -كمادةٍ مضافةٍ غير تقليديّة- في تحسين الترب الانتفاخية من خلال تحسين قدرة تحملها وخواصها الانتفاخية ، مما يطرح مساهمةً في إيجاد الحلول الآمنة للتخلص من مشاكل تراكم نفايات عصر الزيتون من جهة وفي خفض الكلف الاقتصادية المرتبطة بتحسين الترب الانتفاخية المحلية وإمكانية استخدامها في طبقات رصف الطرق من جهة ثانية ، وهو أمر مهم من الناحية الاقتصادية ويمكن من خلال إجراء اختبارات أوسع لتأثير هذه المادة على خواص

هندسية أخرى للترب المحسنة كالفاداة وقابلية الانضغاط مثلاً ؛ تقييم إمكانية استخدامه في تطبيقات جيوتكنيكية إضافية أخرى .

9-المراجع:

- [1] UREÑA C., DIMITRIADI M., FENTON C., SIM W., CHEESEMAN C. and AZAÑON J.M., (2016) _"Sustainable improvement of an expansive soil using recycled materials", TA NEA THΣ EEEETM – Ap. 87 – ΦEBΠOYAPIOΣ 2016.
- [2] ATAHU M.K., SAATHOFF F., GEBISSA A., (2019)-Strength And Compressibility Behaviors Of Expansive Soil Treated With Coffee Husk Ash, Journal Of Rock Mechanics And Geotechnical Engineering 11(2019):337-348.
- [3] DEGIRMENCI N., (2008)_ The using of waste phosphogypsum and natural gypsum in adobe stabilization, Constr Build Mater 2008;22:1220–4.
- [4] AHMED A., UGAI K., KAMEI T., (2011)_ Investigation of recycled gypsum in conjunction with waste plastic trays for ground improvement, Constr Build Mater 2011;25:208–17.
- [5] PEETHAMPARAN S., OLEK J., DIAMOND S., (2009)_ Mechanism of stabilization of Na-montmorillonite clay with cement kiln dust, Cement Concrete Res 2009;39:580–9.
- [6] BASHA EA., HASHIM R., MAHMUD HB., MUNTOHAR AS., (2005)_ Stabilization of residual soil with rice husk ash and cement, Constr Build Mater 2005;19:448–53.
- [7] ATTOM M. F. and AL-SHARIF M. M., (1998)_ Soil stabilization with burned olive waste, Applied Clay Science, vol. 13, no. 3, pp. 219–230.
- [8] NALBANTOGLU Z. and TAWFIQ S., (2006)_ "Evaluation of the effectiveness of olive cake residue as an expansive soil stabilizer," Environmental Geology, vol. 50, no. 6, pp. 803–807.
- [9] SINGH G., DAS BM., (1999)_ Soil stabilization with sodium chloride, Transport Res Rec 1999;1673:46–55.
- [10] SOLANKI P., ZAMAN M., (2012)_ Microstructural and mineralogical characterization of clay stabilized using calcium-based stabilizers, Kazmiruk V., editor, Scanning electron microscopy, Rijeka: Intech, p. 771–98.
- [11] SECO A., RAMIREZ F., MIQUELEIZ L., URMENETA P., GARCIA B., PRIETO E., (2012)_ Types of waste for the production of pozzolanic materials—a review, In: Show KY, editor, Industrial waste, Shanghai: Intech; 2012. p. 141–50.
- [12]] ELERT K., SEBASTIAN E., VALVERDE I., RODRIGUEZ-NAVARRO C., (2008)_ Alkaline treatment of clay minerals from the Alhambra Formation, Implications for the conservation of earthen architecture, Appl Clay Sci 2008;39:122–32.
- [13] DRIEF A., MARTINEZ-RUIZ F., NIETO F., VELILLA SANCHEZ N., (2002)_ Transmission electron microscopy evidence for experimental illitization of smectite in K-enriched seawater solution at 50C and basic pH, Clay Clay Miner 2002;50(6):746–56.
- [14] DW.com (www.dw-akademie.com). 27.11.2006
- [15] UTKAN M., (2013)- Clay Improvement with Burned Olive Waste Ash. The Scientific World Journal Volume 2013, Article ID 127031, 4 pages.
- [16] ASTM, (1993)_ Annual Book of ASTM Standards, (Soil and Rock) USA, Vol.04-08.
- [17] DAKSHANAMANTHY V. and RAMAN V., (1973)_ A Simple Method of Identifying an Expansive Soil , Soils and Foundations , 13, No. 1, 97-104.
- [18] ŞENOL A., BIN-SHAFIQUE, EDIL T.B., & BENSON C.H., (2002)_ Use of class C fly ash for stabilization of soft subgrade, Fifth International Congress on Advances in Civil Engineering, 25-27 September 2002, Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey.
- [19] HOSSAIN, K.; MOL, L., (2011)_ Some engineering properties of stabilized clayey soils incorporating natural pozzolans and industrial wastes, Constr. Mater., 25, 3495–3501.

-
- [20] HEAD, K.H. (1992)_ Manual of Soil Laboratory Testing, Vol.1, Soil Classification and Compaction Tests. Pentech Press, London, 1992. Second Edition, ISBN 0727313185.
- [21] SKEMPTON A., (1953)_The Colloidal “Activity” of Clays, Proceedings of Third International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering , Switzerland, Aug, pp 57-61.
- [22] 2007-2015 وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي في سورية ، المجموعة الإحصائية الزراعية خلال الفترة [22].