مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (39) العدد (1) 2017
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (39) No. (1) 2017

تأثير تغير طاقة الرص على نفاذية التربة الرملية المعالجة بالشمع لاستخدامها في تبطين أرضية المطامر(حالة مطمر البصة باللاذقية)

د. وائل حرفوش*

د. رامي أسطه**

ديمه نبهان سلامه***

(تاريخ الإيداع 15 / 12 / 2016. قُبِل للنشر في 27/ 2 / 2017)

□ ملخّص □

يشكل وجود المطامر غير النظامية مصدرا خطيرا لتلوث التربة والمياه الجوفية بالرشاحات الناتجة عن النفايات المتزايدة. هناك العديد من الأبحاث التي تدرس فعالية مواد مختلفة كالاسمنت و البنتونايت و البوليميرات وحديثا" الشمع في تكتيم المطامر الصحية ، وقد أظهر استخدام الشمع كفاءة عالية مقارنة ببقية المواد فهو يتمتع بمقاومة كيميائية عالية فلا يتحلل مع الوقت ولا يتأثر بالعصارة الناتجة عن النفايات ويمكنه تخفيض نفاذية التربة لدرجة تصل أحيانا" حتى الكتامة التامة. تتعلق نفاذية التربة المعالجة بالشمع بشكل أساسي بطاقة رص التربة و بنسبة الشمع المضافة إلى التربة . يهدف البحث إلى دراسة تأثير تغير طاقة الرص على نفاذية التربة الرملية المعالجة بنسب من الشمع والوصول إلى تحديد النسبة المثلى للإضافة الموافقة لطاقة الرص المحققة للنفاذية المطلوبة في المطامر. تم اختيار مطمر البصة كون تربة الموقع رملية نفوذة ومنسوب المياه الجوفية مرتفع وهناك خطورة من تسرب العصارة السائلة ضمن التربة وتلوث المياه الجوفية.

الكلمات المفتاحية: الشمع، ترب التأسيس الرملية، طاقة الرص ، النفاذية ، المطامر الصحية

* أستاذ، قسم الهندسة الجيوتكنيكية، كلية الهندسة المدنية، جامعة تشرين، سورية.

**مدرس، قسم الهندسة الجيوتكنيكية، كلية الهندسة المدنية، جامعة تشرين، سورية.

***طالبة دراسات عليا(دكتوراه) ، قسم الهندسة الجيوتكنيكية، كلية الهندسة المدنية ، جامعة تشرين، سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (39) العدد (1) 2017
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (39) No. (1) 2017

Effect of compaction effort variation on permeability of sandy soil treated with wax used as bottom barriers in landfill (Al Bassa landfill in Latakia)

Dr. Wael Harfoush [*]
Dr. Ramy Ousta [**]
Dima Nabhan Salameh [***]

(Received 15 / 12 / 2016. Accepted 27 / 2 / 2017)

□ ABSTRACT □

The presence of unregulated landfills provides a dangerous source of soil and groundwater contamination because of leachates resulting from ever-increasing waste. Prior research has been undertaken to study the effectiveness of impermeability of materials such as cement, bentonite, polymers and recently wax. The use of wax proved high efficiency, this is because it possesses high chemical resistance ,does not degrade with time ,and is not affected by waste leachates. furthermore, wax was capable of reducing the permeability of soil to the point of complete impermeability. The permeability of soil treated with wax depends mainly on the soil compaction effort and the percentage of wax content added to the soil. This research aims to study the effect of compaction energy variation on permeability of sandy soil treated with wax and determine the optimum ratio for the addition of wax to achieve the required impermeability in landfills. Al Bassa landfill was selected because of its sandy permeable soil and its high water table level where there is a risk of contamination by leakage of leachate into the soil and groundwater.

Key words: wax, sandy soil ,compaction effort, permeability, landfills

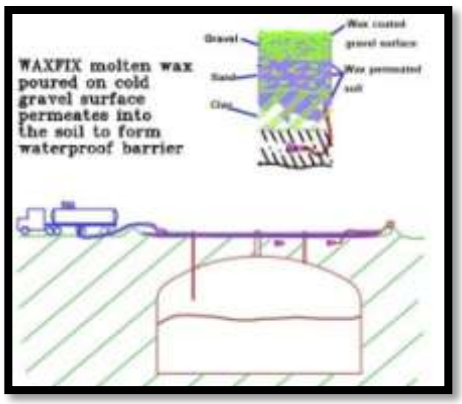
[*]**Professor, department of Geotechnical engineering, Faculty of civil engineering, Tishreen University, Syria.**
**** Assistant Professor , department of Geotechnical engineering, Faculty of civil engineering, Tishreen University, Syria.**
*****Postgraduate student, department of Geotechnical engineering, Faculty of civil engineering, Tishreen University, Syria.**

مقدمة :

أثر تطور نمط الحياة البشرية و الصناعية بشكل كبير في كمية ونوعية النفايات ، وأوجد ضرورة لإنشاء المزيد من المطامر الصحية لتصريف النفايات المتزايدة . تم في السنوات السابقة دراسة وتنفيذ طرق هندسية عديدة لتبطين المطامر استخدمت فيها مواد مختلفة مثل : الإسفلت،الإسمنت، البنتونايت ،البنتونايت مع البوليمير، بطانات الغضار الاصطناعية (GCLs)... وهي جميعا" جيدة و فعالة مع بعض التحفظ بسبب بعض العيوب الناتجة عند استخدامها مثل الانكماش، التشقق مع تغير الرطوبة، التعرض للأكسدة ، التأثر بالميكروبات، الذوبان مع الوقت، والتصدع بسبب هبوط القاعدة.. [3,2,1]. لذلك بدأ مؤخرا" استخدام الشمع كحواجز في المطامر الصحية لما يمتلك من مزايا عديدة جعلته يتفوق على أي مادة حقن كيميائية معروفة فهو أكثر تكتيما من الغضار والاسمنت، لا يتشقق ، يمتلك مقاومة كيميائية عالية تجعله لا يتأثر بالحموض والقلويات والمؤكسدات، لا يتحلل مع الوقت، لا يتأثر بتغير رطوبة التربة، بالإضافة إلى فعاليته في تخفيض نفاذية التربة الرملية إلى 10^{-10} m/s [5,4].

ومن أهم طرق تكتيم المطامر بالشمع :

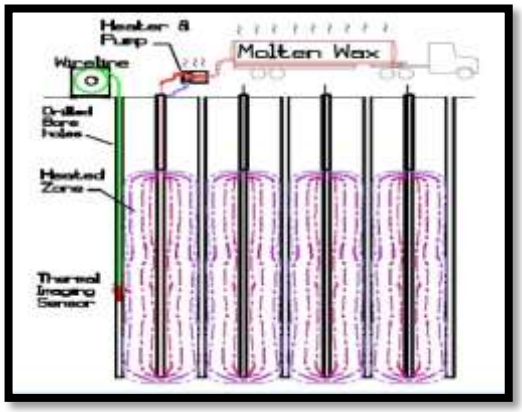
- التكتيم السطحي: ويتم كما في الشكل (1) بصب الشمع المنصهر ببطء على سطح التربة المجهزة .



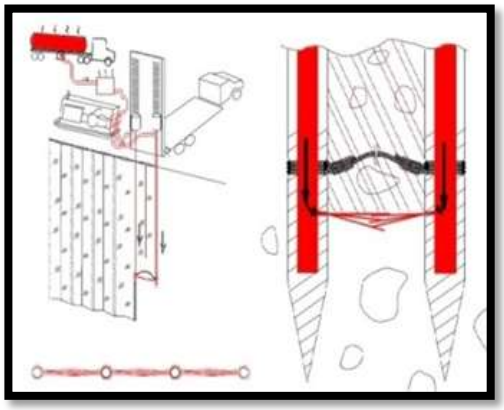
الشكل 1: التكتيم السطحي [4]

- التكتيم العميق بالحقن : وتتم آلية الحقن بإحدى الطريقتين التاليتين:

1. التكتيم العميق بالحقن مع التسخين كما هو موضح في الشكل (2).
2. التكتيم العميق بالحقن مع الضغط كما هو موضح في الشكل (3).



الشكل2: التكتيم بالحقن مع التسخين [4]



الشكل 3: التكتيم بالحقن مع الضغط [4]

أهمية البحث وأهدافه:

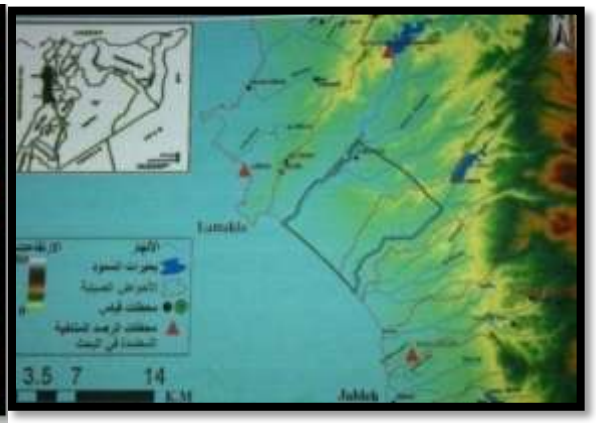
يعتبر تسرب الرشاحات الملوثة الناتجة عن النفايات وخاصة في الترب النفوذة مشكلة كبيرة وسببا" لتلوث التربة والمياه الجوفية. تم اختيار مطمر البصة في مدينة اللاذقية كتطبيق للدراسة و ذلك بسبب تربة موقعه الرملية النفوذة ومنسوب المياه الجوفية المرتفع وبالتالي فهناك خطر من تلوث المياه الجوفية بالرشاحة الناتجة عن النفايات [6]. لقد أظهرت الأبحاث كفاءة عالية للشمع في تكتيم بطانات المطامر الصحية. تتعلق درجة التكتيم بنسبة الشمع المضافة إلى التربة وبطاقة رص مزيج التربة و الشمع ، ويعتبر تحديد نسبة الشمع وطاقة الرص المناسبة العامل الأساسي في كفاءة واقتصادية التكتيم بالشمع. من هنا تأتي **أهمية البحث** في تحسين ترب التأسيس الرملية للمطامر بطريقة فعالة تؤمن التكتيم اللازم لحماية التربة والمياه الجوفية من التلوث عوضا"عن استبدال التربة.

يهدف البحث إلى :

1. دراسة تأثير طاقة الرص على نفاذية التربة الرملية المعالجة بنسب مختلفة من الشمع
2. تحديد النسبة المثلى للشمع الموافقة لطاقة الرص المناسبة والحصول على درجة التكتيم المطلوبة في المطامر الصحية.

منطقة الدراسة :

تقع منطقة الدراسة على بعد 15 كم جنوب شرق مدينة اللاذقية، يعتبر مطمر البصة المطمر الرئيس في محافظة اللاذقية و يستوعب نفايات كل من مدينة اللاذقية ، جبلة ، الحفة و القرداحة، يمتد على طول 3 كم على شاطئ البحر الأبيض المتوسط بين نهري الكبير الشمالي والصنوبر.الشكل 4. تتوضع فيه النفايات على سطح الأرض مباشرة فوق الرمال. يظهر في الصورة الفضائية لمطمر البصة في الشكل 5 : المطمر القديم الذي جمعت فيه النفايات وتم إغلاقه عام 2006 بعد أن استكمل استيعابه الكامل ، و المطمر الحديث ويبعد عن المطمر القديم مسافة 1 كم والذي لا يزال مستمر العمل به حتى الآن مع أنه صمم للعمل حتى عام 2009 مما يشير إلى مدى خطورة التلوث الحاصل في التربة و المياه الجوفية بمنطقة المطمر[6].



الشكل 4 : الموقع العام لمنطقة الدراسة

الشكل 5 : صورة فضائية لمطمر البصة

طرائق البحث ومواده :

يعتمد هذا البحث المنهج التجريبي وقد تم ذلك وفق ثلاث مراحل :

1. تحديد خواص كل من التربة الرملية الطبيعية المستخدمة و الشمع المستخدم كإضافة
2. تشكيل عينات التربة المعالجة بنسب مختلفة من الشمع وإجراء التجارب اللازمة عليها
3. تحليل ومناقشة النتائج

خواص التربة الطبيعية :

استخدم في هذا البحث تربة رملية تم إحضارها من موقع مطمر البصة في مدينة اللاذقية . أخذت العينات بتاريخ 2015/11/15 من ثلاث نقاط B_1، B_2 و B_3 في الموقع من أعماق تتراوح بين (0.5 – 2.5) m بسبب ارتفاع منسوب المياه الجوفية في الموقع فتشمل بذلك العينات العمق المطلوب معرفة نفاذيته وحمايته من تسرب الرشاحة. أماكن أخذ العينات مبينة على الشكل رقم (6). جمعت العينات في أكياس كبيرة الحجم ونقلت إلى مخبر ميكانيك التربة في كلية الهندسة المدنية بجامعة تشرين لإجراء التجارب المخبرية اللازمة.

الشكل 6 : نقاط أخذ العينات من منطقة الدراسة

تتألف البنية الجيولوجية لمنطقة الدراسة من الرمل الناعم إلى الخشن مع وجود بعض الحصويات صغيرة الحجم كما هو مبين في الشكل (7)

الشكل 7 : العمود الطبقي للبئر 303(قطر البئر = 108mm) [7]

تجارب تحديد المواصفات الفيزيائية للتربة الطبيعية:

- تجربة الرطوبة الطبيعية وفق المواصفة(ASTM D 2216) : الرطوبة 6%
- تجربة الوزن النوعي وفق المواصفة (ASTM D854) : $G_S = 2.7$
- تجربة التحليل الحبي المنخلي بالغسيل وفق المواصفة (ASTM D 422)

القطر mm	نسبة المار %		
	B_1	B_2	B_3
2	99.93	99.37	100
0.85	99.71	95.83	99.83
0.425	69.3	66.42	73.44
0.25	42	30.35	38.56
0.15	2.96	3.31	3.4
0.075	1.28	1.81	1.77

الشكل 8: منحني التدرج الحبي للتربة الطبيعية

معامل التجانس Cu = 0.686

معامل الانحناء CZ = 1.084

تصنيف التربة حسب التصنيف الموحد (USCS D2487) : تربة رملية سيئة التدرج الحبي (SP) .

- تجربة المكافئ الرملي (SE) وفق المواصفة (ASTM D 2419)

الجدول رقم (1) : المكافئ الرملي للتربة الطبيعية

B_3	B_2	B_1	
97.74	97.62	98.4	SE (%)
رمل نظيف غياب تام للجزيئات الغضارية			نوع التربة

- تجربة الكثافة النسبية وفق المواصفة (ASTM D 4253; γ_{dmax} , ASTM D 4254 ; γ_{dmin})
- $\gamma = 17.3\ KN/m^3$, $\gamma_d = 16.3\ KN/m^3$, $\gamma_{dmin} = 15\ KN/m^3$, $\gamma_{dmax} = 17.3\ KN/m^3$

قرينة التراص : $I_D = 0.61$ والتربة رملية متوسطة التراص

تجارب تحديد المواصفات الميكانيكية للتربة الطبيعية:

- **تجربة بروكتور:**

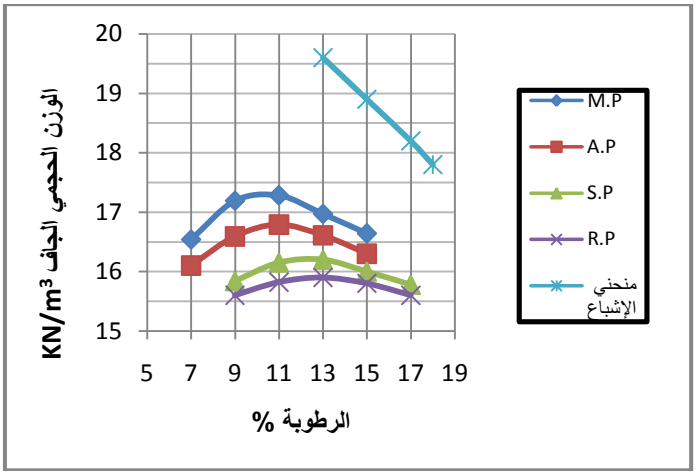
جهزت عينات اختبار بروكتور للتربة الرملية الطبيعية في قالب بروكتور النظامي (4 in) بقطر 10.1cm وارتفاع 11.7cm. استخدمت في البحث أربع طاقات رص تحاكي طاقات الرص الممكن تطبيقها في الموقع وهي:

- بروكتور المعدلة (MP) : 2700 KN.m/m3
- بروكتور متوسطة (AP) بين (MP – SP) : 1650 $KN.m/m^3$
- بروكتور النظامية (SP) : 600 $KN.m/m^3$

-بروكتور المخفضة (RP) : $360\ KN.m/m^3$.

رصت التربة على 5 طبقات من أجل طاقة رص بروكتور المعدلة (MP) و بروكتور المتوسطة (AP) ، و رصت على 3 طبقات من أجل طاقة رص بروكتور النظامية (SP) و بروكتور المخفضة (RP) .

نتائج التجارب موضحة في الشكل (9) و الجدول المرفق



W_{opt} %	$\gamma_{d\max}$ KN/m^3	طاقة الرص $KN.m/m^3$
10.3	17.3	MP-2700
11.2	16.8	AP-1650
12.2	16.2	SP- 600
12.8	15.9	RP-360

الشكل 9: منحنيات بروكتور للتربة الطبيعية بطاقات الرص المدروسة

يلاحظ من المنحنيات في الشكل (9) أنه مع ازدياد طاقة الرص يصبح منحني بروكتور أكثر انحناء ، وتزداد قيمة الوزن الحجمي الجاف الأعظمي وتنخفض قيمة الرطوبة المثلى وتأخذ القيم الموضحة بالجدول المرفق مع الشكل9.

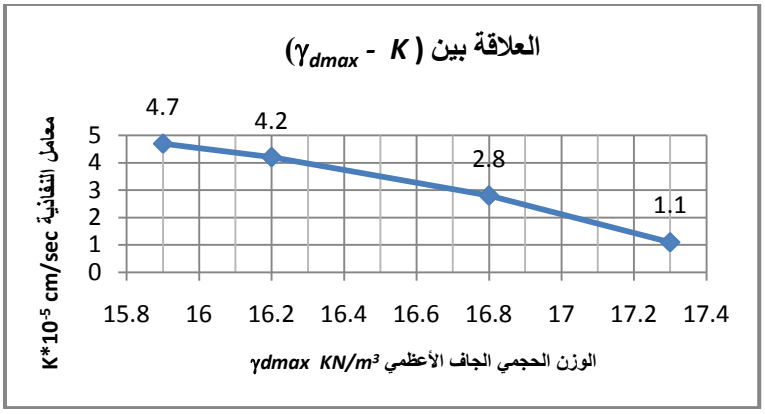
- **تجربة النفاذية :**

جهزت عينات الاختبار بالطريقة النظامية في قالب بروكتور النظامي (4 in) قطر العينة 10.1cm و ارتفاعها 10 cm.العدد الكلي للعينات 12 عينة (3 عينات لكل طاقة رص وأخذ الوسطي قيمة للنفاذية) اختبرت نفاذية العينات المشكلة باستخدام جهاز النفاذية بضاغط ثابت في مخبر ميكانيك التربة في كلية الهندسة المدنية الشكل 10 .

الشكل 10 : اختبار النفاذية للتربة الطبيعية

عرضت العينات إلى ضغط ثابت بقيمة 0.5 bar . نتائج التجارب موضحة في الشكل 11 و الجدول المرفق .

طاقة الرص $KN.m/m^3$	$\gamma_{d\max}$ KN/m^3	K cm/s
MP–2700	17.3	$1.1*10^{-5}$
AP–1650	16.8	$2.8*10^{-5}$
SP– 600	16.2	$4.2*10^{-5}$
RP–360	15.9	$4.7*10^{-5}$



الشكل 11 : تأثير تغير طاقة الرص على معامل النفاذية للتربة الرملية

نلاحظ من المنحني في الشكل السابق انخفاض ملحوظ لعامل النفاذية مع زيادة طاقة الرص.

الشمع :

استخدم في البحث شمع البرافين: (Paraffin Wax FA 569) وهو شمع نفطي صلب بشكل قوالب ، درجة انصهاره (62°C) يحتوي نسبة زيت (0.5 %). تم اختيار هذا الشمع لفعالية أداءه و توفره وانخفاض تكلفته بالمقارنة مع أنواع الشمع الأخرى.

تشكيل العينات المحسنة بالشمع :

لتشكيل عينات التربة الرملية المعالجة بالشمع تم تطبيق الطريقة التالية بناء على دراسات مرجعية [8] مع بعض التعديل والتطوير من الخبرة التجريبية في المخبر بما يتناسب مع ظروف البحث . تم خلط نسبة وزنية محددة من الرمل الجاف مع نسب وزنية من الشمع بحسب نسبة الإضافة المدروسة (5 , 7, 9 , 11 , 13 , 15)% . وضعت المواد في وعاء الخلط على سخان كهربائي وجرى تسخينها إلى درجة حرارة تفوق درجة انصهار الشمع (62°C) ، تم الخلط بخلاط آلي بمعدل 60 دورة في الدقيقة لمدة 15 دقيقة ، أزيل المصدر الحراري مع الاستمرار بالخلط بضع دقائق إضافية حتى فتر الخليط مكونا جزيئات الرمل المغلفة بالشمع. ثم بعد ذلك تم تجهيز عينات التربة الرملية المعالجة بالشمع من الخليط لإجراء تجربة بروكتور عليها حيث تم استخدام قالب بروكتور النظامي (4 in) بقطر 10.1cm و ارتفاع 11.7cm في التجارب. لدراسة تأثير تغير طاقة الرص على نفاذية العينات المحسنة بالشمع لاستخدامها في تبطين أرضية المطامر وتحقيق هدف البحث في تحديد طاقة الرص المناسبة تم اختيار طاقات الرص الأربعة التالية :

- بروكتور المعدلة (MP) : $2700\ KN.m/m^3$
- بروكتور متوسطة (AP) بين (MP – SP) : $1650\ KN.m/m^3$
- بروكتور النظامية (SP) : $600\ KN.m/m^3$
- بروكتور المخفضة (RP) : $360\ KN.m/m^3$.

رصت التربة على 5 طبقات من أجل طاقة رص بروكتور المعدلة (MP) و بروكتور المتوسطة (AP) ، و رصت على 3 طبقات من أجل طاقة رص بروكتور النظامية (SP) و بروكتور المخفضة (RP) . وتم رسم منحني بروكتور لكل طاقة رص (الشكل 12) وتحديد الوزن الحجمي الأعظمي ونسبة الشمع المثالية لكل طاقة رص.

جهزت عينات اختبار نفاذية الرمل المعالج بالشمع في قالب خاص من البلاستك قطره 11 cm وارتفاعه 12 cm (ارتفاع العينة 10 cm) بالوزن الحجمي الأعظمي وبنسبة الشمع المثالية الموافقتين لكل طاقة رص ، تم رص عينة الرمل المعالج بالشمع في القالب على طبقات كل طبقة بطاقة الرص المطلوبة (5 طبقات من أجل طاقتي الرص AP, MP و 3 طبقات من أجل طاقتي الرص SP , RP مع تعديل عدد الطرقات بما يتناسب مع حجم القالب المستخدم) ، تم وزن العينة وقياس ارتفاعها للتأكد من الحصول على الكثافة المطلوبة.

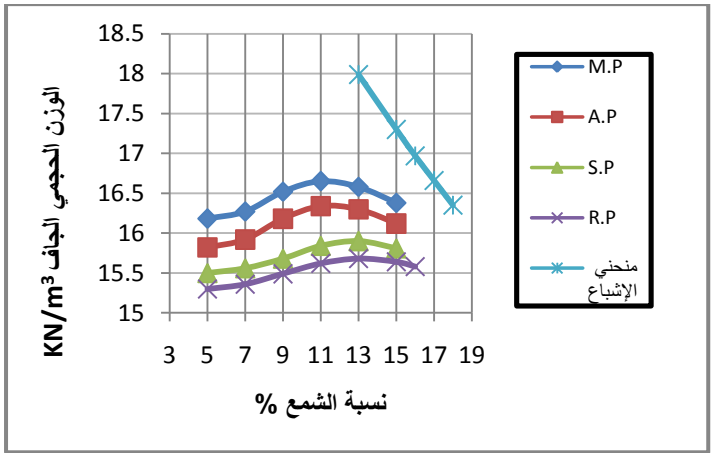
تجارب بروكتور للتربة الرملية المعالجة بالشمع:

حضرت عينات الرمل المعالج بنسب الشمع المدروسة والمراد اختبارها بالطريقة التي ورد ذكرها في تشكيل عينات الرمل المعالج بالشمع. تم استخدام طاقات الرص الأربعة المعتمدة في البحث. شكلت 25 عينة : 6 عينات لكل نسبة شمع و عينة إضافية لنسبة شمع 16% بطاقة الرص المخفضة (RP) .

نتائج التجارب في الجدول رقم (2) وموضحة في الشكل 12 مع الجدول المرفق.

الجدول رقم (2) : الوزن الحجمي الجاف للتربة المعالجة بالشمع(KN/m^3)

نسبة الشمع % / طاقة الرص	5	7	9	11	13	15	16
MP	16.18	16.27	16.52	16.65	16.58	16.38	-
AP	15.82	15.92	16.18	16.34	16.3	16.12	-
SP	15.5	15.56	15.68	15.84	15.9	15.81	-
RP	15.3	15.36	15.49	15.62	15.68	15.64	15.58



الشكل 12 : منحنيات بروكتور للتربة الرملية المعالجة بالشمع بطاقات الرص المدروسة

طاقة الرص $KN.m/m^3$	نسبة الشمع المثالية p_{opt} %
MP-2700	11.4
AP-1650	11.8
SP- 600	13
RP-360	13.5

الجدول رقم (3) : مواصفات الرص للتربة الطبيعية والتربة المعالجة بالشمع

التربة المعالجة بالشمع		التربة الطبيعية		طاقة الرص
p_{opt} %	$\gamma_{d\max}$ KN/m^3	w_{opt} %	$\gamma_{d\max}$ KN/m^3	$KN.m/m^3$
11.4	16.7	10.3	17.3	MP-2700
11.8	16.3	11.2	16.8	AP-1650
13	15.9	12.2	16.2	SP- 600
13.5	15.7	12.8	15.9	RP-360

تجارب تحديد النفاذية للتربة الرملية المعالجة بالشمع:

جهزت عينات الرمل المعالج بنسب الشمع المدروسة والمراد اختبار نفاذيتها بالطريقة التي ورد ذكرها في تشكيل عينات الرمل المعالج بالشمع : قطر العينة 11 cm وارتفاعها 10 cm. تم تجهيز ثلاث عينات لكل نسبة شمع ولكل طاقة رص من الطاقات الأربعة المعتمدة في البحث .

(عدد العينات الكلي : 72 عينة = 4*(3*6))

تركت العينات المشكلة للاختبار مدة 24 ساعة ثم وضعت في جهاز اختبار النفاذية الشكل (13) . تم استخدام الماء عوضا" عن الرشاحة كون النفاذية أكبر عند استخدام الماء منها بحال استخدام الرشاحة [9].

تم اختيار مدة سبعة أيام كزمن قياسي لكل تجربة من تجارب النفاذية واعتبرت العينة كتيمة في حال لم يحصل أي تسرب للمياه ضمن العينة خلال مدة التجربة . نتائج التجارب مبينة في الجدول رقم (4) .

الشكل 13 : اختبار النفاذية للتربة الرملية المعالجة بالشمع

الجدول رقم (4) : نفاذية العينات المحسنة بالشمع

العينة	الارتفاع cm	القطر Cm	الضغط bar	النفاذية cm/s			
				RP	SP	AP	MP
رمل+ برافين 9%	10	11	0.5	$5.4*10^{-6}$	$1.6*10^{-7}$	$1.2*10^{-8}$	$4.8*10^{-9}$
رمل+ برافين11%	10	11	0.5	$1.5*10^{-7}$	$4.2*10^{-8}$	كتيمة	كتيمة
رمل+ برافين13%	10	11	0.5	$2.4*10^{-9}$	$1.3*10^{-9}$	كتيمة	كتيمة
رمل+ برافين15%	10	11	0.5	$3.5*10^{-10}$	كتيمة	كتيمة	كتيمة

مناقشة النتائج:

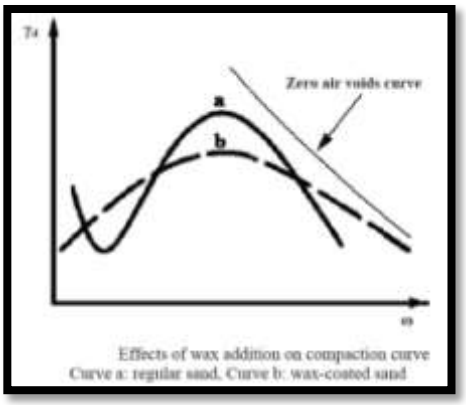
من خلال نتائج تجارب بروكتور للعينات المحسنة بالشمع السابقة و مقارنة منحنيات بروكتور للتربة الرملية الطبيعية بدون شمع و التربة الرملية المعالجة بالشمع نلاحظ ما يلي :

1 – انخفاضا" طفيفا" للوزن الحجمي الجاف الأعظمي للرمل المعالج بالشمع مقارنة" مع الوزن الحجمي الجاف الأعظمي للرمل.

2 – ازدياد طفيف بنسبة الشمع المثالية للرمل المعالج بالشمع مقارنة مع نسبة الماء المثالية لبروكتور للرمل الطبيعي .

3 – منحنيات الرص للتربة الرملية المغلفة بالشمع تصبح أقل انحناء .

وهذه النتائج متوافقة مع نتائج أبحاث [10] Bardet et al,2011 الموضحة بالشكل 14



الشكل 14 : تأثير إضافة الشمع على منحني الرص لنفس طاقة الرص [10]
a.التربة الرملية الطبيعية ، b. التربة الرملية المعالجة بالشمع

نلاحظ من نتائج تجارب النفاذية للعينات المحسنة بالشمع في الجدول رقم (4) السابق أن إضافة نسبة 11% من الشمع إلى الرمل و رص الخليط بطاقة بروكتور المعدلة قد حولت الرمل إلى جسم كتيم تماما" ، كذلك أصبح الرمل كتيما" مع نسبة شمع 11% وطاقة رص 1650 $KN.m/m^3$. أما بالنسبة لطاقة رص بروكتور النظامية 600

$KN.m/m^3$ ومن أجل نسبة شمع 15% أصبح الرمل كتيما" تماما" ، و أصبح الرمل كتيما" تقريبا" بالنسبة لطاقة الرص المخفضة $360\ KN.m/m^3$ مع نسبة شمع 15% .

وتكون النفاذية محققة للتبطين السفلي للمطمر($1*10^{-7}$ cm/s) باستخدام خليط التربة الرملية مع نسبة شمع بحدود 9% من أجل طاقة رص بروكتور المعدلة و طاقة رص $1650\ KN.m/m^3$، و نسبة شمع بحدود 11% بالنسبة لطاقة رص بروكتور النظامية $600\ KN.m/m^3$ ، ونسبة شمع 13% من أجل طاقة رص بروكتور المخفضة$360\ KN.m/m^3$.

الاستنتاجات و التوصيات:

الاستنتاجات:

تم دراسة تأثير تغير طاقة الرص على نفاذية العينات المحسنة بالشمع بالاستناد إلى سلسلة من اختبارات الرص و النفاذية . والوصول إلى تحديد النسبة المثلى للإضافة وطاقة الرص الموافقة لتحقيق النفاذية المطلوبة في المطامر .

تشير نتائج التجارب إلى أن معالجة التربة الرملية بالشمع :

- ✓ تؤمن الالتصاق بين جزيئات الرمل
- ✓ تخفض الوزن الحجمي الجاف للتربة من أجل نفس طاقة الرص
- ✓ تقلل معامل النفاذية حتى (0) بحال تطبيق :
  - ○طاقة رص$2700\ KN.m/m^3$ و نسبة شمع 11% وما فوق
  - ○طاقة رص$1650\ KN.m/m^3$ و نسبة شمع 11% وما فوق
  - ○طاقة رص$600\ KN.m/m^3$ و نسبة شمع 15% وما فوق
  - ○طاقة رص$360\ KN.m/m^3$ و نسبة شمع 15% وما فوق
- ✓ تحقق النفاذية المقبولة في البطانة السفلية للمطمر عند تطبيق :
  - ○طاقة رص$2700\ KN.m/m^3$ و نسبة شمع 9% وما فوق
  - ○طاقة رص$1650\ KN.m/m^3$ و نسبة شمع 9% وما فوق
  - ○طاقة رص$600\ KN.m/m^3$ و نسبة شمع 11% وما فوق
  - ○طاقة رص$360\ KN.m/m^3$ و نسبة شمع 13% وما فوق

خلصت الدراسة إلى أنه لتحقيق النفاذية المطلوبة في حواجز المطامر وتأمين التكتيم اللازم لحماية التربة والمياه الجوفية من التلوث يمكن استخدام نسبة شمع بحدود 9% لطاقة رص$1650\ KN.m/m^3$، أو نسبة شمع بحدود 11% لطاقة رص$600\ KN.m/m^3$ ، أو نسبة شمع بحدود 13% لطاقة رص$360\ KN.m/m^3$.

التوصيات :

القيام بأبحاث إضافية لمعرفة :

- تأثير تغير درجة الحرارة على سلوك التربة الرملية المعالجة بالشمع
- تحديد آلية الخلط للتربة الرملية مع الشمع وطريقة التنفيذ في الموقع

المراجع :

[1] REDDY, D.V; BUTUL, B..*A Comprehensive Literature Review of Liner Failures and Longevity*. Florida Center for Solid and Hazardous Waste Management, Florida University .www.epa.gov/.../cl_044, 2010

[2] HAUG, M.D. *A Review of Non-Traditional Dry Covers MEND Report 2.21.3b*, Canada Centre for Mineral and Energy Technology (CANMET). Available at http://www.mend-nedem.org/category/uncategorized/,2002

[3] VERGE, A.E. *Considerations in The Design of Barrier Systems for Landfills and Lagoons*. Thesis, Queen's University, Ontario, Canada,2012

[4] CARTER.E.E. *Construction of Flexible Subterranean Hydraulic Barriers in Soil and Rock*-8281. WM Conference ,2008

[5] CARTER, JR. *Method of Forming Subterranean Barriers with Molten Wax*, Patent N0.US 8387688 B2,2013

[6] عوض، عادل؛ جعفر، رائد؛ متوج،هاديا. *دراسة تأثير مكب البصة على جودة مصادر المياه السطحية والجوفية في محيطه*. مجلة جامعة تشرين للبحوث و الدراسات العلمية. مجلد35(8)، 2013، 297− 317

[7] راعي، كنان. *نموذج رياضي لمحاكاة الظروف الهيدروجيولوجية للحوامل المائية في المنطقة الواقعة بين نهري الكبير الشمالي والصنوبر وتقييم مواردها المتاحة* . أطروحة دكتوراه، بإشراف أ.د أحمد محمد، د.م شريف حايك . جامعة تشرين، 2015 ، 8−37

[8] SHOSHANY,H; SHOSHANI,A . *Hydrophobic sand treated with wax blend* ,Patent N0. US 7,160,379 B1, 2007.

[9] ZANON,T.V.B ;UNARDI,D ;BOSCOV,M.E.G. *Effect of Hydraulic Gradient and Permeant on the Hydraulic Conductivity of a Tropical Residual Soil for Landfill Liners*, 7th International Congress on Environmental Geotechnics, Melbourne (Australia) ,2014,pp1524-1530

[10] BARDET, J.P; JESMANI, M; JABBARI, N. *Effects of Compaction on Shear Strength of Wax-Coated Sandy Soils* , Electronic Journal of Geotechnical Engineering, 16(Bundle D), 2011,pp 451-461.