مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (36) العدد (2) 2014
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (36) No. (2) 2014

دراسة مواصفات الطف البركاني (السكوريا) لاستخدامها في أعمال الردميات

الدكتور طلال عواد*
الدكتور مروان قعقع**
ردينه داود***

(تاريخ الإيداع 10 / 11 / 2013. قُبِل للنشر في 18/ 3 / 2014)

□ ملخّص □

تهدف هذه الدراسة إلى التعرف على مواصفات الطف البركاني (السكوريا) المنتشر بشكل واسع في مناطق الجنوب السوري، حيث تم إجراء مجموعة من التجارب المخبرية بهدف تحديد الخواص الفيزيائية الأساسية للسكوريا بالإضافة إلى كل من مواصفات الرص، مواصفات القص، التدرج الحبي ، ونسبة تحمل كاليفورنيا(CBR) . كما تم إجراء دراسة تحليلية لإمكانية استخدام السكوريا في أعمال الردم بمفردها أو بعد إضافتها للغضار(باعتباره يشكل الجزء الأكبر من ترب المنطقة الجنوبية) ودراسة التغيرات التي يمكن أن تطرأ على الغضار وبهدف تحقيق ذلك قمنا بتحديد مواصفات الغضار المستخدم في الدراسة ومن ثم إضافة السكوريا للغضار بنسب مختلفة :

(5% – 10% – 15% – 20% – 25% –30%)

وإعادة دراسة مواصفات الخليط عند كل نسبة من النسب مثل خواص الرص وخواص القص وكذلك تحديد نسبة تحمل كاليفورنيا لكل نسبة من نسب الخلط السابقة .

الكلمات المفتاحية: الطف البركاني، الردم حول أنابيب التصريف، الطابق الترابي، الغضار.

* أستاذ مساعد – قسم الجيوتكنيك – كلية الهندسة المدنية – جامعة دمشق– سورية.
** مدرس – قسم الجيوتكنيك – كلية الهندسة المدنية – جامعة دمشق– سورية.
***قائمة بالأعمال– قسم الجيوتكنيك – كلية الهندسة المدنية – جامعة دمشق– سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (36) العدد (2) 2014
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (36) No. (2) 2014

A Study of The Properties of Scoria For Use In Filling Work

Dr. Talal Awad*
Dr. Marwan kahkah**
Rodina Daod***

(Received 10 / 11 / 2013. Accepted 18 / 3 / 2014)

□ ABSTRACT □

The purpose of this paper is to identify the specifications of volcanic tuff (scoria) widespread in the south of Syria. Many laboratory tests have been done for determining the basic physical properties of scoria, the addition of compaction, shear resistance, particle size distribution, and California bearing ratio. Also, an analytic study has been done to state the possibility of using scoria in filling by itself or after being mixed with clay (forming the greatest part of soils in south Syria), examining the change occurring in clay. So we have determined clay specifications, adding scoria to clay using different percentages:

(5% - 10% - 15% - 20% - 25% -30%)

Then we study the specifications of each mixture, such as compaction properties, shear resistance, particle-size distribution, and California bearing ratio.

Keywords: volcanic tuff (scoria), drainage pipes, embankment, clay.

*Associate Professor, Department of Geotechnical Engineering, Faculty of Civil Engineering, Damascus University, Syria.
**Assistant Professor, Department of Geotechnical Engineering, Faculty of Civil Engineering, Damascus University, Syria.
***Academic Assistant, Department of Geotechnical Engineering, Faculty of Civil Engineering, Damascus University, Syria.

مقدمة:

في البداية لا بد من تعريف يوضح لنا معنى الطف البركاني [1] إذ يمكننا القول إنه مصطلح يشير إلى توضعات بيروكلاستية، فقاعية، زجاجية البنية، تشكلت من الماغما الغنية جداً بالغازات، والتي انبثقت من فوهات البراكين أومن تصدعات القشرة الأرضية على شكل مقذوفات هوائية، مما أدى إلى تبردها بسرعة وانطلاق الغازات منها آخذة أشكال فتاتيه غير منتظمة، تتوضع على سفوح المخاريط وذلك حسب اتجاه الرياح السائد، تكون غالبية السكوريا ذات بنية زجاجية تعطي انعكاسات بنفسجية. أبعادها تتراوح بين عدة مليمترات وعدة سنتمترات، حيث تتناقص مقاييس السكوريا كلما ابتعدنا عن مراكز المخاريط.تتميز السكوريا بلونها الداكن وهي غالباً سوداء اللون، وقد تتواجد بلون بني داكن أو أحمر داكن.أما بالنسبة لتركيبها الكيميائي فإنه يماثل تركيب الصخور البازلتية، وأهم فلزاتها هي الأوليفين والبيروكسين والبلاجيوكلاز وبعض الفلزات المعدنية. ومن أهم مواصفاتها الفنية، أن السكوريا توجد بشكل سائب عموماً، ومتكشفة على السطح، وتستخرج بمقالع مكشوفة وبكلفة بسيطة.

أهمية البحث وأهدافه:

ينتشر الطف البركاني (السكوريا) بشكل واسع في مناطق الجنوب السوري، مثل شهبا وتل شيحان وتل دكوه وموقع القلعة وموقع غراره، وكذلك بعض مناطق الشمال السوري.وفي المقابل تبين وجود صعوبة في تأمين مواد الردم اللازمة للعديد من الأعمال الهندسية في الجنوب السوري، بالإضافة إلى الكلفة العالية لإيجاد موارد ردميه جيدة، مما جعلنا نفترض إمكانية استخدام السكوريا في أعمال الردميات، إما بشكل مستقل أو بعد خلطها مع الترب المحلية، وخاصة الغضارية منها والتي تشكل القسم الأكبر من ترب الجنوب السوري ومن غير الممكن استخدامها كردميات.ومن هنا ظهرت الحاجة لدراسة مواصفات السكوريا المتوفرة محلياً، بهدف محاولة استخدامها في أعمال الردميات.فمن خلال هذه الدراسة سنقوم ببيان بعض الخصائص الميكانيكية والفيزيائية للسكوريا، وتقديم دراسة تحليلية لإمكانية استخدامها في أعمال الردم.

طرائق البحث ومواده:

من خلال هذه الدراسة قمنا بإجراء التجارب اللازمة للتعرف على مواصفات الطف البركاني ابتداءً بتجارب الخواص الفيزيائية الأساسية :

(الرطوبة الطبيعية، الوزن الحجمي، الوزن النوعي)

وكذلك تجربة التدرج الحبي للسكوريا وذلك باستخدام سلسلة المناخل ASTM.

وبهدف التعرف على خواص الرص تم إجراء تجربة بروكتور المعدل على عينات من السكوريا.

أما بالنسبة لتجارب القص المباشر فقد تم إجراؤها في كل من جهاز القص المباشر العادي وكذلك جهاز علبة القص (LARGE SHEAR BOX 30*30) الخاص بالترب الحصوية والموجود في الشركة العامة للدراسات والاستشارات الفنية.

وكذلك أجريت تجارب نسبة تحمل كاليفورنيا (CBR) على عينات من السكوريا للتعرف على المتانة وخواص الانتفاخ النسبي لهذا النوع من الترب، وكذلك بهدف تقدير إمكانية استخدامها في أعمال الردم بمفردها ومن ثم محاولة إضافتها للغضار ودراسة التغيرات التي من الممكن أن تطرأ على الغضار.

وبهدف تحقيق ذلك قمنا أولاً بتحديد مواصفات الغضار المستخدم في الدراسة ومن ثم إضافة السكوريا للغضار بنسب وزنيه مختلفة:

(5% – 10% – 15% – 20% – 25% –30%)

((5% = 5 kg scoria + 95 kg clay))

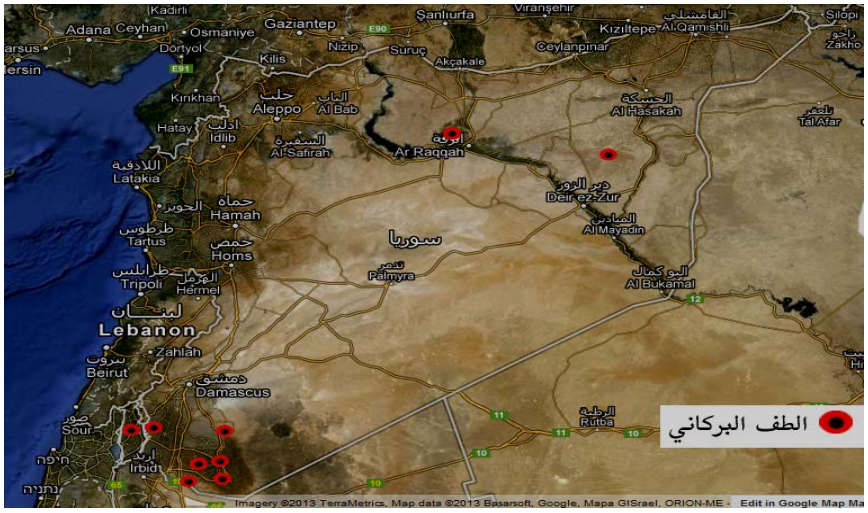
وإعادة دراسة مواصفات الخليط لكل نسبة من النسب مثل خواص الرص وخواص القص وكذلك تحديد نسبة تحمل كاليفورنيا لكل نسبة خلط من النسب السابقة . وقد تم إجراء هذا البحث في كلية الهندسة المدنية في جامعة دمشق بالإضافة إلى إجراء بعض التجارب في الشركة العامة للدراسات والاستشارات الفنية في دمشق، ولقد تم تنفيذ البحث خلال فترة زمنية مقدارها عامين.

انتشار السكوريا[2]:

تغطي الترب البركانية 1% من سطح الأرض أي أكثر من 124 مليون هكتار وكذلك 10%من المناطق المأهولة في العالم، وهي عادة تعطي صفة الخصوبة العالية لطبيعة هذه الأرض. المناطق الرئيسية لانتشار الترب البركانية في العالم هي : تشيلي – البيرو –

الإكوادور – كولومبيا – الولايات المتحدة – اليابان – الفلبين – اندونيسيا – نيوزيلندا بالإضافة لمعظم جذر غرب الهند، حيث تشكل الترب البركانية المصدر الطبيعي الرئيسي للاقتصاد .

أما في سوريا تنتشر السكوريا في المناطق الجنوبية حيث تأخذ الأهمية الأولى من حيث خصائصها الجيدة، كما تتواجد هذه المادة في المنطقة الشرقية والشمالية الشرقية للقطر السوري كما هو واضح في الشكل (1) ، وتعتبر مكامن السكوريا في المنطقة الجنوبية من أهم المكامن في سورية وبالتحديد في منطقة شهبا من حيث النوعية والكمية والمواصفات الفيزيائية والميكانيكية وظروف الاستثمار المناسبة وخاصة تل " شيحان" حيث يوجد عشرات المخاريط البركانية بنوعيات مختلفة . وبالإضافة إلى وجود السكوريا في تل" شيحان"باحتياطي يقدر ب(20) مليون طن يتواجد أيضاً في موقع تل دكوه باحتياطي(26) مليون طن وموقع القلعة باحتياطي حوالي(25.7) مليون متر مكعب وموقع غراره باحتياطي(18) مليون متر مكعب وهي أماكن محاذية لمدينة شهبا من الغرب فهي على نسق واحد بطول أكثر من كيلو متر، تبدأ من تل "شيحان"،ثم تل "الغرارة" الشمالية التي تأتي في النسق بعد تل شيحان، ثم تل "الجمل" ثم تل "الغرارة" الجنوبية، والشيء الغريب أن تل شيحان والغرارتين من الرمل الأسود الداكن بذرات متساوية تقريباً، أما تل الجمل بين الغرارتين، فهو يشبه الجمل في تكوينه ويبرك باتجاه الغرب ويختلف عن التلال الثلاثة لأنه كتلة صخرية كبيرة لا يمكن الاستفادة منها اقتصادياً إلا كاحتياطي بازلتي في المنطقة.



الشكل (1): التوزع الجغرافي للسكوريا في سوريا[2]

دراسة مرجعية:

نظراً للنفاذية العالية التي تتميز بها السكوريا فقد استخدمت بشكل واسع كمواد ردم حول أنابيب التصريف وخاصة خلف الجدران الاستنادية وكذلك حول أنابيب التصريف المستخدمة لتخفيض منسوب المياه الجوفية بغية تثبيت المنحدرات الموجودة في مناطق تحوي مستويات عالية للمياه الجوفية وهذا ما أشارت إليه دراسة أجريت من قبل N.R.Fitch [6]

أجريت دراسة للخصائص الجيوتكنيكية للترب ذات المشاكل في منطقة داكار[7] وذلك بهدف التعرف على ميكانيكية انهيار الأساسات والأسباب المؤدية إلى عدم استقرار المنحدرات .التربة في المنطقة المدروسة عبارة عن صخور رسوبية ومواد بركانية (الطف والبازلت).الطف البركاني في المنطقة المدروسة وحسب نتائج الحفر يقسم إلى ثلاثة أنواع: طف ناعم الحبيبات،طف خشن الحبيبات بلون أخضر غامق،طف بركاني أسود رمادي خشن الحبيبات. وزن حجمي kN/m^3 (18–21)، زاوية الاحتكاك للطف الناعم الحبيبات21°، بينما زاوية الاحتكاك للطف الخشن الحبيبات 28° ، هذا الاختلاف في زاوية الاحتكاك بين نوعي الطف يعود إلى الاختلاف في خصائص مينرالات الغضار الانتفاخي، حيث إن الطف الناعم يحوي نسبة من المونتموريلونيت أكثر منها في الطف الخشن. أجريت في عام 2009 دراسة حول بعض الخصائص الجيوتكنيكية للترب الانتفاخية المعدلة باستعمال مخلفات البايروكلاستيك[8]، هذه الدراسة تبحث في تأثير البايروكلاستيك على بعض الخصائص الجيوتكنيكية للترب الانتفاخية مثل حدود اتربرغ، الرص، نسبة تحمل كاليفورنيا، مقاومة القص. يستعمل في التجارب المخبرية عينات البايروكلاستيك المارة من المنخل 63µm، وتخلط التربة الانتفاخية بشكل جيد مع نسب من البايروكلاستيك هي : – 4% – 8% – 12%تظهر النتائج زيادة في كل من قيم الكثافة الجافة العظمى والرطوبة المثالية مع زيادة نسبة البايروكلاستيك وذلك حتى نسبة 8% ثم تبدأ هذه القيم بالتناقص مع زيادة نسبة البايروكلاستيك في الخليط. تبين نتائج اختبار الCBR على عينات منقوعة وذلك استناداً إلى كل من نظام الBS والAASHTO المعياري للرص، مع نسب مختلفة من الPRD ولأيام معالجة مختلفة، أن النسبة المثالية من PRD هي 8% مع معالجة العينات لمدة 7 أيام، أما نتائج اختبارات مقاومة الضغط غير المحصور تبين زيادة في مقاومة التربة الغضارية مع زيادة

المحتوى من PRD. في عام 2006 [9] أعدت دراسة من قبلMehmet Saltan, F. Selcan Fındık حول تثبيت مواد طبقة الأساس باستخدام مخلفات الخفان في الرصف المرن، الخليط الذي أعطى أفضل النتائج هو 70% مواد رصف مع 30% خفان.

نتائج التجارب المنفذة

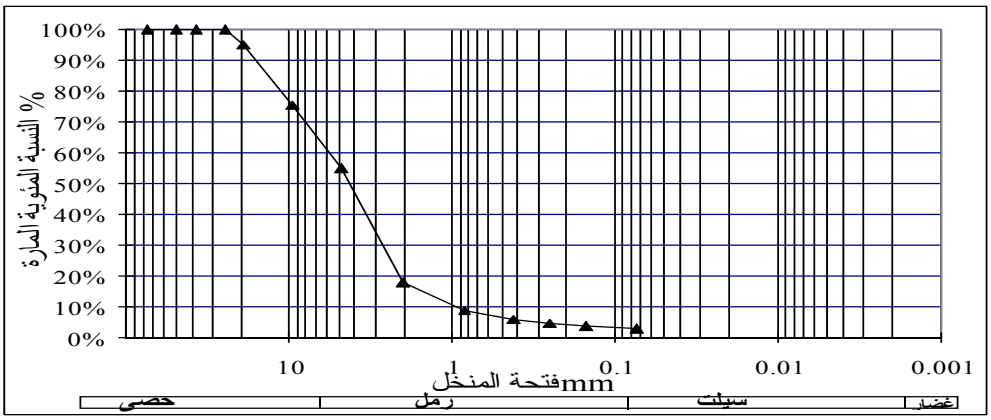
المواصفات الفيزيائية والميكانيكية للسكوريا:

رطوبة السكوريا (Moisture Content) : 0.1%

الوزن الحجمي (Unit weight) : 9.2 kN/m³

الوزن النوعي للسكوريا (Specific Gravity): 2.752

التدرج الحبي للسكوريا (Grain Size Analysis):



الشكل(2) : منحني التدرج الحبي للسكوريا

تم إجراء تجربة التدرج الحبي على السكوريا باستخدام سلسلة المناخل ASTM ، تبين التجربة أن السكوريا تصنف كتربة رملية تحوي النسب التالية:

Gravel =45% Sand =52% Fines =3%

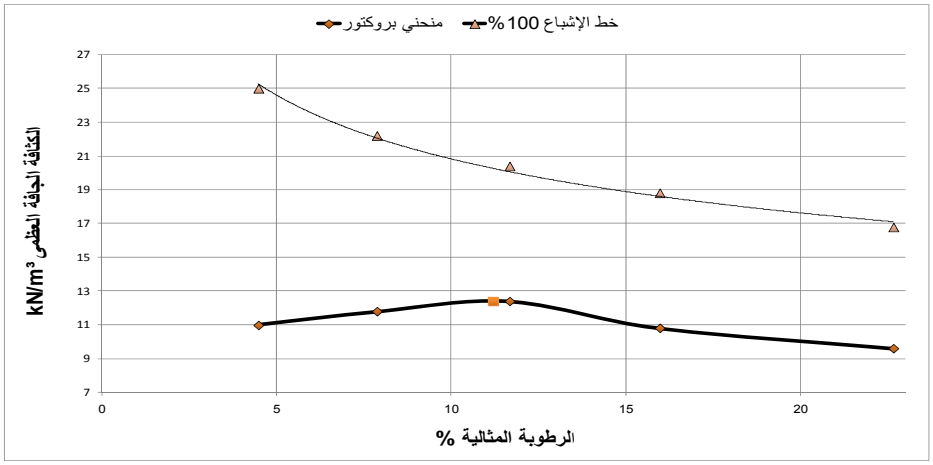
[11] وحسب المواصفات السوفيتية تعتبر تربة غير متجانسة التركيب الحبي وذلك انطلاقاً من البارامترات التالية:

معامل تجانس التركيب الحبي (Uniformity coefficient): Cu = 4.282>3

أما وفقاً لمواصفات ASTM الأمريكية فهي جيدة التدرج الحبي حيث: Cu = 4.282> 4

وكذلك معامل انحناء منحني التركيب الحبي (Coefficient of Curvature): 1< Cz = 1.597 < 3

نتائج تجربة بروكتور المعدل (Modified proctor test)على السكوريا :



الشكل (3): منحني الرص (بروكتور المعدل) على السكوريا

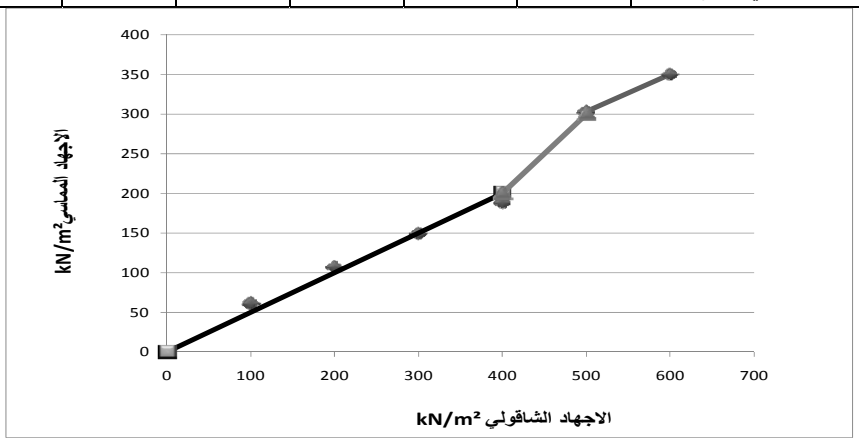
الكثافة الجافة العظمى = 12.4 kN/m³ – الرطوبة المثالية = 11.2%

نتائج تجارب القص المباشر (Direct shear) على السكوريا:

[12] تم إجراء تجارب القص على السكوريا وفق كثافة معينة ثابتة($0.74g/cm^3$)،حيث أخذت كمية معينة من السكوريا في كل تجربة بوزن ثابت يساوي(53.28g) وقسمت إلى ثلاثة أقسام وتم وضعها في علبة القص على ثلاث طبقات، الجدول (1) يبين القيم المأخوذة من تجربة القص:

الجدول (1): نتائج تجارب القص المباشر على عينات من السكوريا

الإجهاد الشاقولي kN/m²	100	200	300	400	500	600
الإجهاد المماسي kN/m²	62	108	150	188.8	303	350

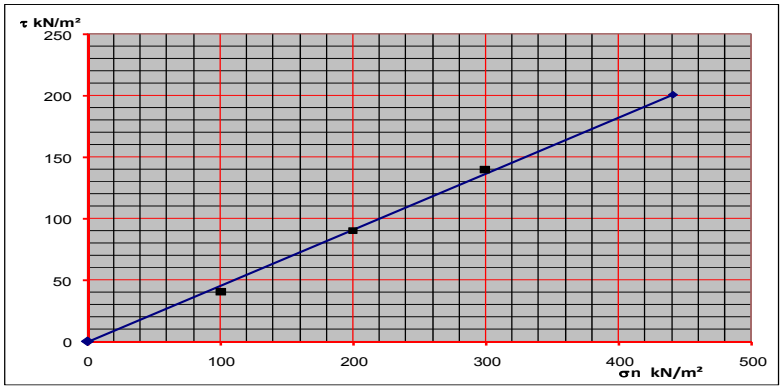


الشكل (4) : مستقيم كولومب للسكوريا

C= 0 kN/m² , φ =26.56°

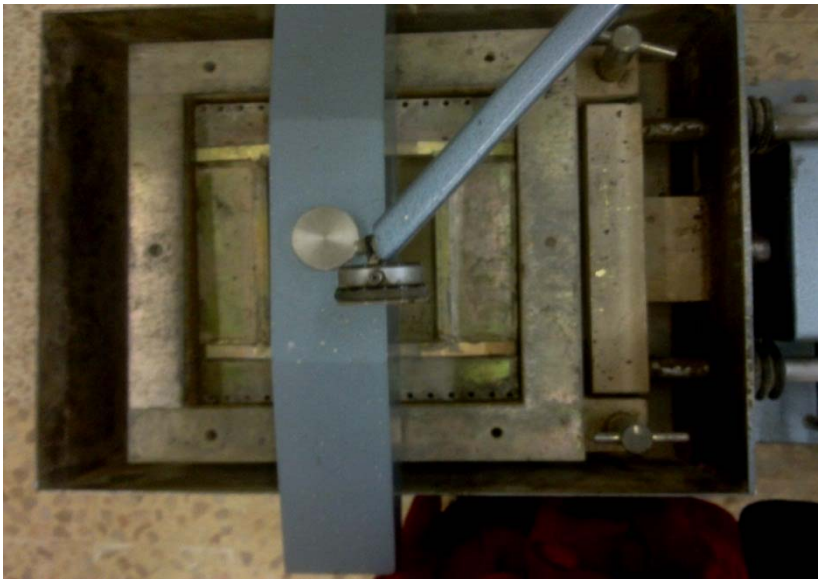
إن الوسط المدروس هو وسط مفكك، وبالتالي فإن البارامتر المدروس هو قيمة زاوية الاحتكاك الداخلي. ومن خلال الشكل نلاحظ تغير في قيمة زاوية الاحتكاك الداخلي على غير ما هي عليه الحال في معظم أنواع الترب، حيث نلاحظ وجود سلوكين مختلفين، السلوك الأول يعتبر خطياً وذلك تحت تأثير الأحمال 100–400 kN/m² حيث تزداد مقاومة القص بشكل ثابت مع زيادة الأحمال الشاقولية المطبقة، لكن الزيادة تكون أكبر اعتباراً من حمولة شاقولية مقدارها 500 kN/m² ، ونلاحظ زيادة في ميل الخط أي زيادة في قيم زاوية الاحتكاك الداخلي، ونفسر ذلك بزيادة سطوح التماس ما بين الذرات إما نتيجة تكسر حبات السكوريا تحت تأثير هذا الحمل أو انزلاق الذرات على بعضها والتي تؤدي إلى زيادة سطوح التماس بين الذرات.

نتائج تجارب القص على السكوريا في جهاز القص (large shear test 30*30)



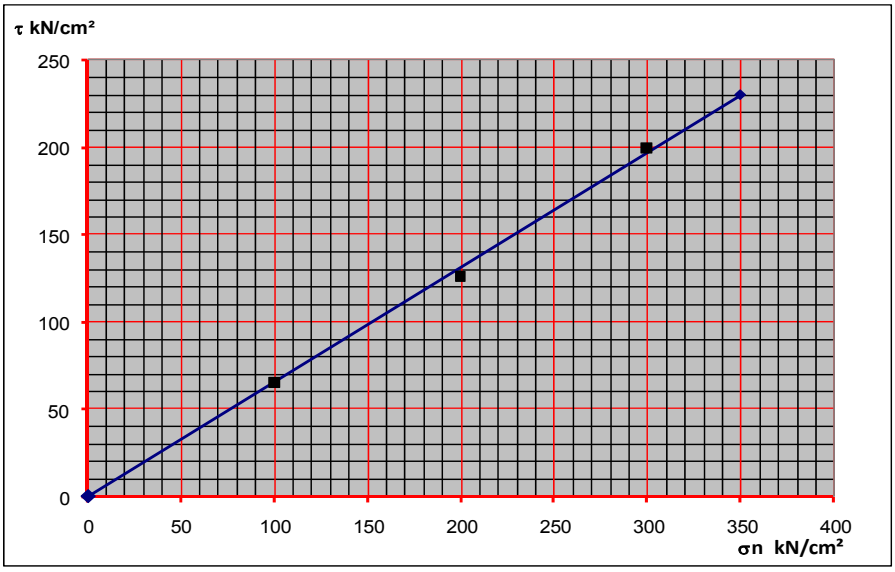
الشكل(5): مستقيم كولومب للقص

C = 0 kN/m² , Ø = 24.4° , ɣ = 7.4 kN/m³



الشكل (6) : جهاز القص (30*30 large shear test)

تجارب القص على السكوريا في جهاز القص (30*30 large shear test) وذلك على عينات مشكلة بكثافة بروكتور:



الشكل(7) : مستقيم كولومب لعينات من السكوريا مشكلة بكثافة بروكتور

$C = 0\ kN/m^2$, $\emptyset = 33.3^\circ$, $\gamma = 13.8\ kN/m^3$

نتائج تجربة نسبة تحمل كاليفورنيا CBR (California Bearing Ratio):

الجدول(2): نتائج تجارب CBR على عينات من السكوريا

C.B.R	الضغط kg/cm2	الحمولة kg	قراءة حلقة القوة	الغرز مم	الغرز انش
	0.00	0	0	0	0
	2.51	48.6	13	0.635	0.025
	5.82	112.6	33	1.27	0.05
	8.30	160.6	48	1.905	0.075
16.58%	11.61	224.6	68	2.54	0.1
	17.73	343.0	105	3.81	0.15
22.39%	23.51	455.0	140	5.08	0.2
	26.82	519.0	160	6.35	0.25
	30.13	583.0	180	7.62	0.3

0.100	الأنتقاخ الكلي (mm)
0.086	الأنتقاخ النسبي (%)

مقارنة نتائج الدراسة مع دراسات سابقة

الجدول(3): مقارنة نتائج الدراسة مع دراسات سابقة

	مواصفات السكوريا	مواصفات السكوريا استنادا" لدراسات سابقة [7] [8] [9]
الرطوبة الطبيعية	0.1%	5.1% -10.32%
الوزن الحجمي	9.2 kN/m3	7.2-15.7 kN/m3
الوزن النوعي	2.75	2.68-2.79
زاوية الاحتكاك الداخلي	26.56°	22° - 28°
التماسك	0 kN/m3	1-6.3 kN/m3
الكثافة الجافة العظمى	12.4 kN/m3	13.1 – 14.6kN/m3
الرطوبة المثالية	11.2%	7.34 – 11.02%

بعد أن قمنا بالتعرف على مواصفات السكوريا، سنقوم بتشكيل وسط جديد مكون من السكوريا مع مادة الغضار وذلك بنسب وزنيه مختلفة هي: (5 – 10 – 15 – 20 – 25 – 30 %)

وسنعتمد دوماً معياراً للمقارنة تغير السلوك سواء ضمن المواصفات الفيزيائية أو الميكانيكية ولذلك وكي تكون الدراسة دقيقة لا بد من معرفة سلوك مادة الغضار المستخدمة في الدراسة، لكي ندرس الأثر الذي ستسببه إضافة السكوريا على سلوك مادة الغضار، ولكي نقارن سلوك المادة الجديدة مع كلا المادتين المشكلتين لها، ومن هنا لا بد من دراسة الخواص الفيزيائية و الميكانيكية للغضار المستخدم في الدراسة.

مواصفات الغضار المستخدم في الدراسة:

1- الرطوبة الطبيعية : 27%

2- الوزن الحجمي الطبيعي : 18.3 kN/m³

3- الوزن النوعي : 2.65

4- حد السيولة : LL = 65%

5- حد اللدونة : PL =34%

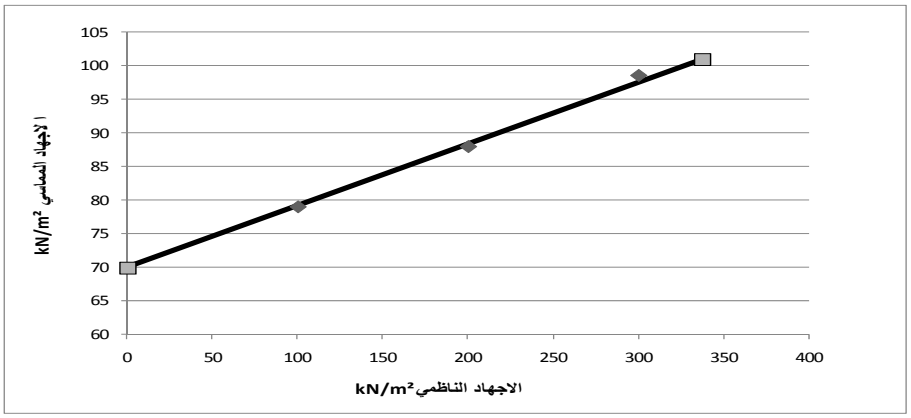
6- قرينة اللدونة : PI = 31%

أما فيما يتعلق بالسلوك الميكانيكي، فقمنا بإجراء تجربة بروكتور المعدلة، وتجارب القص لعينات تم تشكيلها وفق كثافة بروكتور، وكذلك تجارب نسبة تحمل كاليفورنيا، وكانت النتائج التالية :

7- نتائج تجارب بروكتور :

W_{opt}= 15% ، $\gamma_{d\ max}$= 16.1 kN/m³

8-نتائج تجارب القص على عينات مشكلة بكثافة بروكتور: C=70 kN/m² ، ϕ =5.3°



الشكل(8) : مستقيم كولومب لعينات من الغضار مشكلة بكثافة بروكتور

نتائج تجربة نسبة تحمل كاليفورنيا CBR على عينات من الغضار:

الجدول(4) : نتائج تجارب CBRعلى عينات من الغضار

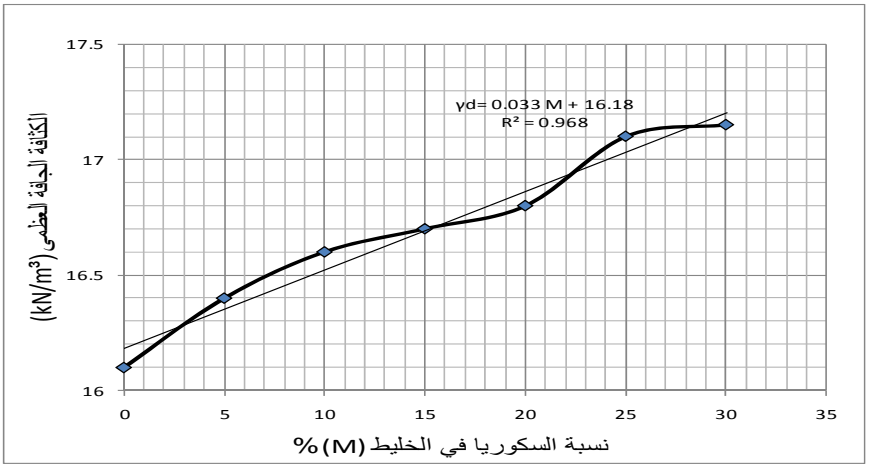
الغرز انش	الغرز مم	قراءة حلقة القوة	الحمولة kg	الضغط kg/cm2	C.B.R
0	0	0	0.00		
0.025	0.635	4	19.8	1.01	
0.05	1.27	8	32.6	1.66	
0.075	1.905	9	35.8	1.82	
0.1	2.54	11	42.2	2.15	3.07%
0.15	3.81	13	48.6	2.48	
0.2	5.08	15	55.0	2.80	2.67%
0.25	6.35	16	58.2	2.96	
0.3	7.62	18	64.6	3.29	

الأنتفاخ الكلي (mm)	8.000
الأنتفاخ النسبي (%)	6.873

في إطار دراسة تأثير إضافة السكوريا بنسبها المختلفة على مواصفات الغضار، تم إجراء تجارب بروكتور المعدل وتجارب القص ونسبة تحمل كاليفورنيا على نسب الخلط :

5% – 10% –15% – 20% – 25% –30%

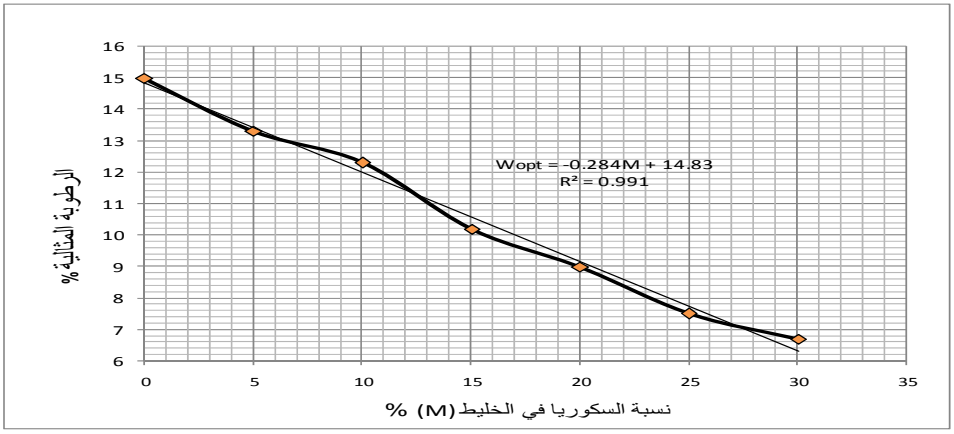
لدينا في هذه الدراسة وسطان مختلفان، وسط يمتلك الاحتكاك وآخر يمتلك التماسك مع قليل من السيولة واللدونة، ولدراسة سلوك المادة المشكلة سنبدأ بالحالة الفيزيائية من خلال دراسة العلاقة ما بين الكثافة الجافة العظمى وتغير نسب الخلط.



الشكل(9) : تغير الكثافة الجافة العظمى بتغير نسبة السكوريا في الخليط

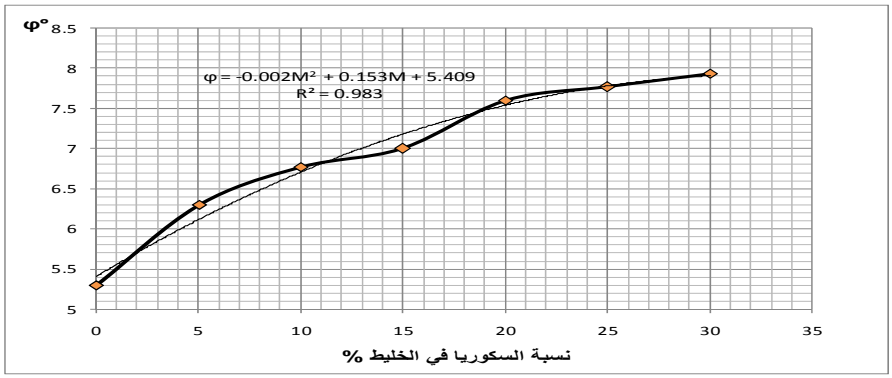
تزداد الكثافة الجافة العظمى للخليط المكون من السكوريا والغضار مع زيادة النسبة الوزنية للسكوريا المضافة إلى الغضار، هذا يظهر من الشكل السابق حيث نلاحظ زيادة في قيم الكثافة الجافة العظمى لكن تتناقص قيمة هذه الزيادة في كل مجال وذلك حتى نسبة خلط 20%، لترتفع بعدها حتى نسبة خلط 25%، وبعد هذه النسبة تكون مساهمة السكوريا في زيادة الكثافة الجافة العظمى بسيطة ويصبح سلوك السكوريا أكثر تأثيراً ووضوحاً، فكونها مادة مسامية خفيفة وذات وزن حجمي قليل لا تعطي زيادة واضحة في الكثافة الجافة العظمى بعد هذه النسبة.

ولو قمنا بدراسة تغير الرطوبة المثالية الموافقة للكثافة الجافة العظمى مع نسب خلط متعددة، لوجدنا سلوكاً مختلفاً، حيث تتناقص قيم الرطوبة المثالية للخليط (سكوريا،غضار) مع زيادة النسبة الوزنية للسكوريا المضافة للغضار،حيث يختلف سلوك السكوريا عن سلوك الغضار اتجاه الماء، وهذا ما يجعل تغير الرطوبة المثالية بعد نسبة خلط (25%) من السكوريا بسيط مقارنة مع نسب الخلط الأخرى، ونلاحظ سيطرة سلوك السكوريا على الخليط بشكل واضح بعد نسبة (25%) حيث ينخفض تغير الرطوبة المثالية بعد هذه النسبة.



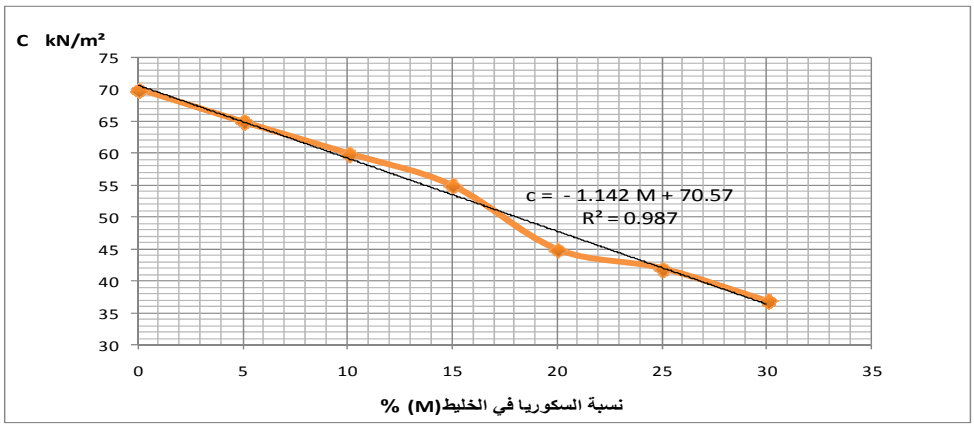
الشكل(10): تغير الرطوبة المثالية بتغير نسبة السكوريا في الخليط

أما فيما يتعلق بالسلوك الميكانيكي للمزيج، ومن خلال تجربة القص المباشر، نلاحظ وكما هو موضح في الشكل (11) أن قيم زاوية الاحتكاك الداخلي للخليط تتزايد مع تزايد نسب الخلط وذلك بسبب الطبيعة الخشنة لسطح حبات السكوريا. يكون التغير في زاوية الاحتكاك واضح حتى نسبة خلط 20% وبعد هذه النسبة نلاحظ أن تغير زاوية الاحتكاك ينخفض.



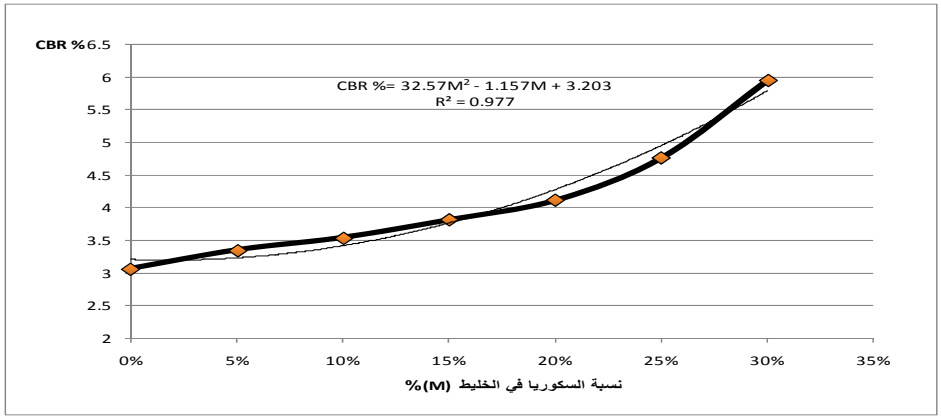
الشكل (11) : تغير زاوية الاحتكاك الداخلي بتغير نسبة السكوريا في الخليط

ويتضح تغير السلوك للمادة المشكلة من خلال تغير التماسك، فبما أن السكوريا وسط مفكك وخلطه بالغضار أنتج لدينا وسطاً جديداً، هذا الوسط سيكون أقل تماسكاً كلما زادت كمية السكوريا فيه والتي تلعب دوراً في تخفيض الترابط ما بين ذرات الغضار، وهذا واضح من الشكل (12) حيث أن تناقص التماسك يزداد مع تزايد نسبة السكوريا في الخليط، حيث يظهر أنه ضمن مجال الخلط (15–20%) نلاحظ نقصاناً متزايداً في قيم التماسك وبميل أكبر من المجال (0–15%) والذي يبدو خطياً، وهذا يفسر بتباعد ذرات الغضار وظهور سلوك السكوريا بشكل أكثر وضوحاً ،أي أصبح الوسط المدروس وسط حبيبي مفكك.

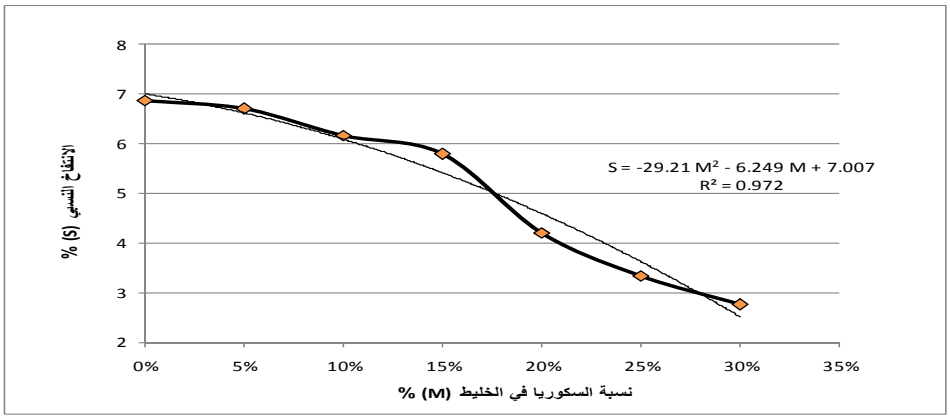


الشكل(12) : تغير التماسك بتغير نسبة السكوريا في الخليط

بالنسبة لقيم ال CBR والانتفاخ النسبي نلاحظ من الشكل (13) نقطة تحول عند 25% حيث يطغى سلوك السكوريا على سلوك الخليط بعد هذه النسبة فتصبح استجابة ال CBR لزيادة نسبة الخلط أكبر مما هي عليه قبل نسبة 25% ويفسر ذلك بتكسر ذرات السكوريا وحدوث إعادة هيكلة تشكل على أثرها مادة جديدة أكثر ارتصاصاً وأكثر مقاومة للغرز، وهذا ما يجعل الانتفاخ النسبي يتناقص بالإضافة إلى أن السكوريا مادة انتفاخها شبه معدوم، وسيطرة سلوكها على سلوك الخليط تجعل الانتفاخ يتناقص مع زيادة نسبتها في الخليط ويكون تناقص الانتفاخ النسبي أكثر وضوحاً ضمن مجال الخلط %(20-15).



الشكل (13) : تغير نسبة تحمل كاليفورنيا بتغير نسبة السكوريا في الخليط



الشكل(14): تغير الانتفاخ النسبي بتغير نسبة السكوريا في الخليط

انطلاقاً من المعطيات السابقة يمكن تحديد إمكانية استخدام الوسط المُشكّل، وذلك بحسب نوعية المنشأ ومتطلباته والبارامترات التصميمية اللازمة، نحدد أي نسبة من نسب الخلط يفضل استخدامها، سواء كانت الغاية قيم مرتفعة لنسبة تحمل كاليفورنيا،أو قيم مرتفعة لزاوية الاحتكاك الداخلي أو قيم منخفضة للرطوبة المثالية أو غيرها.

فمثلاً في أعمال الطابق الترابي في جسم الطريق، وحيث يكون الأمر الأكثر أهمية هو الانتفاخ و ال CBR يمكن استخدام السكوريا في تحسين تربة الطابق الترابي الغضارية، وذلك بإضافة السكوريا إلى الغضار بنسبة (30%) كونها تحقق قيمة لنسبة تحمل كاليفورنيا CBR >5% [5].أما فيما يتعلق باستخدام المادة المشكلة للردم خلف الجدران الاستنادية، فيمكن القول أنه من المهم تحقيق انتفاخ قليل واحتكاك كبير، لذلك نفضل نسب خلط عالية.في أعمال الردم لأنابيب الصرف الصحي فننصح دوماً باستخدام نسب خلط تزيد عن 15% لأن العامل المسيطر هو الانتفاخ .

دراسة إمكانية استخدام السكوريا في أعمال الردم:

[4] استنادا للشروط والمواصفات الفنية العامة لأعمال الطرق تبين أن المواد المستخدمة في إنشاء الطابق الترابي يجب أن تكون مطابقة للمتطلبات التالية:

-المواد المصنفة حسب الاختبار (AASHTO – M 145 -73).

-يجب أن تكون المواد المستخدمة في إنشاء الطابق الترابي في الأماكن المعرضة للفيضانات، أو التي تبقى مغمورة بالماء لمدة طويلة ما لم تكن من الصخر، من الدرجة ((a(0 – 1- A) أو من الدرجة ((b(0- 1- A) أو من الدرجة((0 4 -2- A) وذلك حسب

الاختبار(AASHTO– M145– 75).ويجب عدم استعمال أية مادة من المواد الواردة في المادة (2.2.3.2) الخاصة بحفريات الطرق – المواد غير الملائمة من المواصفات العامة لأعمال الطرق، في إنشاء أي جزء من أجزاء جسم الطريق. وتشتمل المواد غير الملائمة على ما يلي:

1– المواد المصنفة ضمن الفئة (A–6) أو (A–7) حسب طريقة الاختبار (AASHTO M 145–73).

2–المواد غير المناسبة التي لا يمكن رصها حتى الكثافة المحددة عند الحد الأمثل لمحتوى الرطوبة باستخدام طرق ومعدات الرص العادية . وقد تشمل مثل هذه المواد الرمال المفككة والسيلت الصافي والتربة شديدة الانضغاط والتربة العضوية وطبقات التربة العليا المحتوية على الأعشاب وجذور المواد النباتية.

3–المواد الرطبة جداً التي لا يمكن رصها والتي لاتسمح الأحوال الجوية لها بالجفاف بشكل مناسب في مكانها قبل إدخالها في الأعمال. وقد تشمل هذه المواد التربة الطينية من المناطق الساحلية السبخة وفي الأماكن التي يغمرها مد المياه الساحلية.

4–المواد التي تعتبر غير ملائمة للاستخدام في جسم الطريق المخطط إنشاؤه أو تحته . ويمكن أن يكون أفضل وصف لها بأنها تحتوي على قيم معدل كاليفورنيا (CBR values) بما يقل عن(3) .

بالنسبة إلى الستين (60) سنتيمتراً العليا من الطابق الترابي، فإنه بالإمكان محاولة وضع طبقة أخيرة بسماكة(30) سم بشرط التثبت من تحقيق كثافة متجانسة لكامل عمق الطبقة الأخيرة . ويراعى أن لا يسمح بوضع المواد من نوع (A –7) , (A – 6) , (A – 3) وبالنسبة إلى بقية أجزاء الطابق الترابي:

الجدول (5): أنواع المواد المسموح استخدامها في طبقات الطابق الترابي المختلفة

نوع المادة المسموح بها	سماكة الطبقة
A – 1 – a , A – 1 – b , A – 2 – 4	30 cm
A – 4 , A – 5	20 cm
A3 (O)	50 cm

أما بالنسبة للردم خلف المنشآت فإذا أظهرت المخططات أو حددت المواصفات الخاصة وجوب وضع مواد ردم نفوذة وغير متماسكة، فإنه يجب استعمال الحصويات أو الحصويات المكسرة، أو الصخور المكسرة، أو الرمال الطبيعية، أو الرمال المصنعة أو أية مجموعة منها، في الردم خلف المنشآت عندما تكون هذه المواد مطابقة لما يلي:

الجدول(6) : التدرج الحبي لمواد الردم النفوذة غير المتماسكة

قياس المنخل	النسبة المئوية للمار من المنخل
62.5 مم (2.5) inch	%100
0.30 مم رقم(50)	% 100–0
0.15 مم رقم(100)	%8–0
0.075 مم رقم(200)	%4–0

وحسب نظام تصنيف التربة لأعمال الطرق(AASHTO) [10] ، فإن السكوريا تعتبر من المواد الصالحة للاستخدام في الطابق الترابي من جسم الطريق.

كما يجوز استخدام المواد المستخرجة من حفريات الطرق أو من حفر الاستعارة أو من تربة التأسيس أو الخنادق أو التي تنتج بالمعالجة، يجوز استخدامها في أعمال إعداد الفرشة للأنابيب أو في ردم الخنادق عندما تكون مطابقة للمتطلبات التالية: المواد المصنفة وفقاً للمواصفة (A ASHTO– M–145) على أنها من الصنف ((0) A–1–a) أو (A – 1 – b) ((0 أو((0)4–2 – A) والتي لا يوجد فيها قطع صخرية أكبر من 6 سم.

الاستنتاجات والتوصيات:

من نتائج التجارب المخبرية المنفذة وفق الخطوات المبينة سابقاً وبعد دراسة النتائج التي تم الحصول عليها من هذه التجارب تبين ما يلي:

1. السكوريا تربة رملية جيدة التدرج الحبي تمتلك المواصفات التالية:

a. الكثافة الجافة العظمى $12.4\ kN/m^3$ – الرطوبة المثالية % 11.2

b. التماسك معدوم و زاوية الاحتكاك الداخلي $\varphi = 24.4^{\circ}$ وذلك في حالة الكثافة الصغرى، بينما في حالة الكثافة العظمى تزداد زاوية الاحتكاك الداخلي إلى $\varphi = 33.3^{\circ}$

c. نسبة تحمل كاليفورنيا % CBR=22.39 .

2. إن دراسة المادة المُشّكلة من خليط السكوريا و الغضار تبين ما يلي:

a. ترتفع قيمة الكثافة الجافة العظمى وتتناقص قيم الرطوبة المثالية مع زيادة نسبة السكوريا في الخليط وفق العلاقات التجريبية التالية:

$$\gamma_d = 0.033\ M + 16.18 \quad ،\quad R^2 = 0.968$$
$$W_{opt} = -0.284M + 14.83 \quad ،\quad R^2 = 0.991$$

حيث M : نسبة السكوريا في الخليط.

حيث تتراوح الكثافة الجافة العظمى بينkN/m^3 (16.1 – 17.15) وذلك مع رطوبة مثالية تتراوح بين (15 %– 6.7%)

b. تزداد قيم زاوية الاحتكاك الداخلي ويتناقص التماسك مع زيادة نسبة السكوريا في الخليط وفق العلاقات التجريبية التالية:

$$\varphi = -0.002M^2 + 0.153M + 5.409 \quad ,\quad R^2 = 0.983$$
$$c = -1.142\ M + 7 \quad ,\quad R^2 = 0.987$$

تتراوح قيم زاوية الاحتكاك الداخلي بين (7.94°ـ 5.3°)

وقيم التماسك بين kN/m^2 (70 – 37)

تزداد قيم (CBR) ويتناقص الانتفاخ النسبي مع زيادة السكوريا في الخليط، حيث يمكن اعتماد العلاقات التجريبية التالية:

$$CBR\ \% = 32.57M^2 - 1.157M + 3.203 \quad ،\quad R^2 = 0.977$$
$$S = -29.21\ M^2 - 6.249\ M + 7.00 \quad ،\quad R^2 = 0.97$$

تتراوح قيم نسبة تحمل كاليفورنيا بين(5.95– 3.07)

أما قيم الانتفاخ النسبي فتتراوح بين (6.87% – 2.76%)

3. إن دراسة إمكانية استخدام السكوريا في أعمال الردم تبين ما يلي:

a. يمكن استخدامها في تحسين التربة الغضارية في الطابق الترابي وذلك بإضافة السكوريا إلى الغضار بنسبة 30% .

كما أن التدرج الحبي للسكوريا يحقق المتطلبات المطلوبة لاستخدامها كمادة ردم نفوذة وغير متماسكة خلف المنشآت. ويمكن اعتبار السكوريا مادة صالحة لأعمال فرشة الأنابيب، بالإضافة إلى إمكانية استخدامها كمادة ردم لخنادق التصريف.

- تعتبر السكوريا من المواد الصالحة للاستخدام في الطابق الترابي من جسم الطريق، باعتبارها تحقق المواصفات المطلوبة في الشروط العامة للطرق و ذلك حسب نظام (AASHTO – M–145).
- كما يمكن استخدامها في تحسين تربة الطابق الترابي الغضارية، وذلك بإضافة السكوريا إلى الغضار بنسبة 30%.
- التدرج الحبي للسكوريا يحقق المتطلبات الواردة في الجدول(5) وبالتالي من الممكن استخدامها كمادة ردم نفوذة وغير متماسكة خلف المنشآت.
- السكوريا مادة صالحة لأعمال فرشة الأنابيب و كذلك ردم خنادق التصريف.

المراجع:

[1] الدبيسي ، نواف. *مشروع استغلال و تصنيع خامات الطف البركاني* . المؤسسة العامة للجيولوجيا، (2010).

[2] العمادي ، فاروق . *خريطة سورية الجيولوجية ،المذكرة الإيضاحية لرقعة شهبا* .المؤسسة العامة للجيولوجيا، دمشق (2006).

[3] *الشروط و المواصفات الفنية العامة للطرق و الجسور*. وزارة المواصلات، دمشق(2002).

[4] مشلح ، محمد عماد . *استخدام الخبث البركاني (TUFF) في أعمال الردم كقاعدة للتأسيس* .مجلة باسل الأسد للعلوم الهندسية ،(1999)

[5] عيسى، ميشيل . *الدراسات الجيوتكنيكية لمشاريع الطرق*. جامعة دمشق،(1985).

[6] Fitch ,N,R. *Ground stabilization with counter fort drains-design*, Proceeding NZ Geomechanics society , Volume 16 Issue 1 (G)

[7] FALL, M; AZZAM, R ; SARR, M. *Characterization of problematic soils for slope and foundation stability: case study from Dakar*. ,University of Quebec in Abitibi-Témiscamingue; Rouyn-Noranda (Quebec), Canada, RWTH-Aachen University; (Germany)Gifu University, Japan , IAEG (2006) .

[8] Ezekwesili, E , Celestine Okagbue ,"Some basic geotechnical properties of expansive soil modified using pyroclastic dust" ,Department of Geology, University of Nigeria, Nsukka, Nigeria ,Engineering Geology 107 (2009)

[9] Mehmet Saltan, F. Selcan Fındık, *Stabilization of subbase layer materials with waste pumic in flexible pavement*, Isparta, Turkey, Building and Environment (2008).

[10] *Stabilization of sub grade soils and base materials*, AASHTO designation: R Draft (2008).

[11] Head, K. *Soil Classification and Compaction Tests*. Soil Laboratory Testing.Volume-1,1982.

[12] Head, K. *Permeability Quick shear strength and Compressibility Tests*. Soil Laboratory Testing.Volume-2,1982.