دراسة مدى تحسين مقاومة تربة (الهشوم) للقص بإضافة نسب مختلفة من الإسمنت باستخدام جهاز (القص المباشر)

مسعود علي الشيباني
كلية الهندسة , قسم الهندسة المدنية
مصراتة , ليبيا
uchiha.madara.233@gmail.com

سراج بشير صيدون
كلية الهندسة , قسم الهندسة المدنية
مصراتة , ليبيا
se1995.sidoun@gmail.com

محمود موسى شنينة
كلية الهندسة , قسم الهندسة المدنية
مصراتة , ليبيا
Mahmoud.shanina@yahoo.com

الملـخص—**تمتد الكثبان الرملية الشاطئية المعروفة محليا باسم (الهشوم) على طول الساحل الليبي ونظرا لكثرة استغلالها في السنوات الأخيرة في عمليات الردم والتأسيس عليها جاءت أهمية هذه الدراسة.**
استكشاف للموقع وعمل الدراسات اللازمة لتحديد نوعية طبقات التربة لغرض تحديد العمق الصالح للتأسيس وفترة تحمل التربة وكثير من المعلومات التي تهم كلا من المهندس الإنشائي المصمم للمشروع بالموقع وخواصها المختلفة،ودراسة التربة والصخور والمياه الجوفية (مناطق السبخة) أو بالإنشاء على هذه الكثبان مباشرة, كما تتميز هذه الكثبان بالمظهر الجميل والإطلالة المميزة على البحر مما يؤهلها لتكون أماكن سياحية حاوية على الفنادق والمقاهي والمصايف, ومن هنا جاءت أهمية دراسة خواص هذه التربة.
اهتمت هذه الدراسة بالتعرف على مقاومة هذه التربة للقص نظرا لأهميتها في حساب قدرة التحمل لها، كما تم في هذه الدراسة إجراء تحسين مقاومة تربة (الهشوم) للقص بإضافة نسب مختلفة من الاسمنت باستخدام جهاز القص المباشر، واشتملت الدراسة اختبارات معملية لتحديد خواص هذه التربة (الهشوم) في المرحلة الأولى من حيث المحتوى المائي الطبيعي لها ووزنها النوعي وكثافتها الحقلية وبعض الاختبارات الأخرى، وكذلك بواسطة اختبار التحليل المنخلي تم تصنيف هذه التربة حسب نظامي التصنيف الموحد و الآشتو أما المرحلة الثانية كانت اختبار مقاومة تربة (الهشوم) للقص باستخدام جهاز القص المباشر وذلك في حالتها الطبيعية (قبل التحسين) ومن ثم اختبار مقاومتها للقص وذلك بإضافة نسب مختلفة من الاسمنت لها (5%، 7%، 10%، 12%). وأوضحت نتائج هذه الدراسة أن مقاومة القص لهذه التربة تزداد بزيادة نسب الاسمنت المضافة إلى أن تصل لأقصى قيمة لها عند النسبة (10%) وبالتالي تصبح بالتناقص ، كما تم تصنيف هذه التربة حسب نظام الآشتو على أنها تربة رملية ناعمة غير لدنة، وتبين أن الوزن النوعي لها 2.7 كما أوضحت باقي الاختبارات بعض الخصائص الأخرى لهذه التربة.

الكلمات المفتاحية: **تربة الهشوم، مقاومة القص، القص المباشر، تحسين التربة, الاسمنت**

1. المقدمة

من المعروف أن التربة لفظ يطلق على الحبيبات المتراكمة المختلفة الأحجام الغير مرتبطة ببعضها أو ضعيفة الارتباط وتعرف بأنها تجمع من الترسبات المفككة التي تنتج عن تأثير عوامل التجوية على الصخور.[1]

وتختلف التربة أو الصخور عن أغلب مواد البناء الهندسية الأخرى في كونها مادة ذات خصائص غير ثابتة ولا تخضع لنظريات أو قوانين مثل تلك التي تطبق على مواد الانشاء المختلفة مثل الخشب والحديد والبلاستيك والخرسانة.. إلخ, وهي مواد يسهل معرفة خواصها مسبقا, وبذلك فإن التربة يلزم للتعرف على خواصها استخلاص عينات منها ثم إجراء مختلف أنواع التجارب عليها طبقا لما يتطلبه التصميم.[2]

عند تصميم أي منشأ وقبل تنفيذ أي مشروع يتطلب الأمر ضرورة عمل وتحليل المعلومات وللتنبؤ بطريقة سلوك التربة عند البناء عليها, والمقاول الذي يقوم بالتنفيذ. [3]

استلمت الورقة بالكامل في 30 نوفمبر 2018 وروجعت في 23 ديسمبر 2018 وقبلت للنشر في 29 ديسمبر 2018

ونشرت ومتاحة على الشبكة العنكبوتية في 30 ديسمبر 2018

تهتم هذه الدراسة بدراسة خواص تربة الكثبان الرملية المتحجرة المعروفة محليا باسم "الهشوم" و المتواجدة على الساحل والقريبة من شاطئ البحر, و ذلك بإجراء مجموعة من الاختبارات لها, كما سيتم الاهتمام بخاصية مقاومة التربة للقص بشكل أكبر وأوسع من باقي خواصها.

تتواجد تربة الكثبان الرملية الشاطئية والمعروفة باسم "الهشوم" على طول ساحل مدينة مصراتة, ونظرا للثورة العمرانية الحادثة في المدينة تم استعمال تربة هذه الكثبان إما في عمليات الردم (خاصة في (مناطق السبخة) أو بالإنشاء على هذه الكثبان مباشرة, كما تتميز هذه الكثبان بالمظهر الجميل والإطلالة المميزة على البحر مما يؤهلها لتكون أماكن سياحية حاوية على الفنادق والمقاهي والمصايف, ومن هنا جاءت أهمية دراسة خواص هذه التربة.

2. أهداف الدراسة

تهدف هذه الدراسة إلى:

1. دراسة تربة الكثبان الرملية المتحجرة (الهشوم) وتصنيفها حسب نظامي الأشتو والموحّد.
2. التعرف على الخصائص الطبيعية والميكانيكية لهذه التربة.
3. دراسة مدى مقاومة القص لهذه التربة في حالتها الطبيعية باستخدام جهاز القص المباشر.
4. دراسة مدى تحسين مقاومة القص لهذه التربة بإضافة نسب مختلفة من الاسمنت باستخدام جهاز القص المباشر.

3. أهمية الدراسة

تتمثل أهمية الدراسة في:

1. استخدامها من قبل المواطنين في عمليات الحفر أو الردم (خاصة في مناطق الأسباخ).
2. التأسيس على هذه الكثبان مباشرة من دون أي دراية بها من الناحية الانشائية.

4. موقع الدراسة

يمتد موقع الدراسة من منطقة زريق غربا إلى منطقة صور سعود شرقا، بواجهة بحرية تقدر بحوالي 29 كيلومتر.

صورة جوية لمدينة مصراته

5. تحسين التربة بالإسمنت

يستخدم الاسمنت في تقوية وتحسين التربة الرملية والطينية تحت الطرق والسدود الترابية، والاسمنت يقلل حد السيولة ويزيد معامل اللدونة والتشغيل للتربة الطينية، كما يزيد الاسمنت من مقاومة القص للتربة وتزداد القيم بزيادة مدة المعالجة ويكون للإسمنت أفضل تأثير إذا كان حد السيولة أقل من 45-50 ومعامل اللدونة أقل من 25، وقد يحقن على صورة محلول (إسمنت مستحلب) في التربة التي مساحاتها أكبر من حجم ذرات الاسمنت ثلاث أو أربع مرات، ولذلك فالحقن فعال في التربة الرملية الخشنة والمتوسطة الخشونة، كما تستخدم في سد شقوق الصخر، ويحقن المستحلب الاسمنتي بواسطة إبر الحقن تحت ضغط 0.25-1 ضغط جوي، وتحقن التربة بالماء قبل الحقن بالإسمنت لتنظيف مساحات التربة ولترطيبها حتى لا تمتص الماء من المستحلب، والمستحلب الاسمنتي يتكون من أسمنت – ماء بنسبة 0.5 إلى 5 .

وتعطي الكميات الآتية من الاسمنت للتربة المختلفة نتائج مؤثرة:
5-10% من الحجم للزلط.
7-12% من الحجم للرمل.
12-15% من الحجم للطمي.
12-20 % من الحجم للطين.[3]

6. الاختبارات المعملية

تم إجراء بعض الاختبارات على هذه التربة بهدف تصنيفها والتعرف على خصائصها, أجريت كل هذه الاختبارات في معمل التربة بكلية الهندسة مصراتة, وهذه الاختبارات هي اختبار المحتوى المائي (W_C) (Water Content) [4] , اختبار الوزن النوعي (G_S) (Specific Gravity) [5] , اختبار التدرج الحبيبي (Sieve Analysis) [6], اختبار حد السيولة (LL) (Liquid Limit) [7], اختبار حد اللدونة (PL) (Plastic Limit) [8], اختبار حد الانكماش الطولي (SL) (Linear Shrinkage) [7], اختبار بروكتور المعدل للدمك (Modified Proctor Compaction) [9], اختبار تحديد الكثافة الحقلية (γ_f) (Field Density) [10], اختبار القص المباشر (Direct Shear) [11].

7. الأدوات المستخدمة

تم استخدام عدة أدوات في الاختبارات مثل:
أ. المعدات يدوية (شكل 1), وهي عبارة عن أدوات تستخدم لمناولة عينات التربة وتفتيتها مثل الملاعق والأوعية والمدق المطاطي.

شكل 1. يبين المعدات اليدوية.

ب. فرن التجفيف (شكل 2), ويستخدم لتجفيف عينات التربة المبللة.

شكل 2. يبين فرن التجفيف.

ج. الدوارق قياسية والترمومتر (شكل 3), وتستخدم لتحديد الوزن النوعي للتربة.

شكل 3. يبين الدوارق والترمومتر

د. الميزان (شكل 4), تستخدم الموازين في كل الاختبارات وذلك لتحديد كتل عينات التربة.

شكل 4. يبين موازين إلكترونية

هـ. المناخل وهزاز المناخل (شكل 5), وتستخدم في نخل عينات التربة بهدف التعرف على تدرجها الحبيبي.

شكل 5 . يبين هزاز مناخل

و. جهاز مخروط الاختراق (شكل 6), ويستخدم لتحديد حد السيولة للتربة الرملية.

شكل 6. يبين جهاز مخروط الاختراق.

ز. القالب القياسي (شكل 7), يستخدم لتحديد حد الانكماش الطولي للتربة.

شكل 7. يبين القالب القياسي لاختبار حد الانكماش الطولي.

ح. مطرقة الدمك ووعاء الدمك (شكل 8), وتستخدم في اختبار بروكتور للدمك بهدف تحديد الكثافة الجافة القصوى والمحتوى المائي الأمثل.

شكل 8. يبين مطرقة الدمك ووعاء الدمك

ط. جهاز المخروط الرملي (شكل 9), يستخدم لتحديد الكثافة الحقلية.

شكل 9. يبين جهاز المخروط الرملي.

ك. جهاز القص المباشر (شكل 10), ويستخدم لتحديد معاملات القص لعينات التربة

شكل 10. يبين جهاز القص المباشر.

5. النتائج

تم الحصول على نتائج الاختبارات المعملية وهي كالتالي:

أ. المحتوى المائي الطبيعي للتربة.

يعرف المحتوى المائي للتربة على أنه النسبة المئوية بين كتلة الماء الحر في فراغات التربة وكتلة حبيباتها الصلبة.[2]
بإجراء اختبار المحتوى المائي على ثلاث عينات من هذه التربة "تربة الهشوم" تم الحصول على النتائج المبينة بالجدول (1).

جدول 1. يبين نتائج اختبار المحتوى المائي

رقم الاختبار	1	2	3
رمز العلبة	A	B	C
كتلة العلبة فارغة (g) M1	20.6	21.2	21.0
كتلة العلبة والعينة الرطبة M2 (g)	121.4	87.8	87.0
كتلة العلبة والعينة الجافة M3 (g)	121.2	86.2	85.4
كتلة الماء Mw (g)	0.2	1.6	1.6
كتلة المواد الصلبة Ms (g)	100.6	65	64.4
المحتوى المائي%	0.20	2.46	2.48

ب. الوزن النوعي للتربة

الوزن النوعي لحبيبات التربة على أنه النسبة بين كتلة الحبيبات الصلبة إلى كتلة كمية من الماء تشغل نفس الحجم عند درجة 4 $^{\circ}$ مئوية.[2]

تم إجراء اختبار الوزن النوعي على عينيتين من تربة الهشوم وتم الحصول على النتائج المبينة ب(الجدول 2).

جدول 2 . يبين نتائج اختبار الوزن النوعي

البند	الرمز	الوحدة	تجربة 1	تجربة 2
درجة الحرارة	_	C^{o}	18	18
الكثافة النسبية	p	_	0.998	0.998
كتلة البكنوميتر والماء عند T	Mt1	g	344.4	344.6
كتلة البكنوميتر والماء والتربة عندT	Mt2	g	406.6	406.8
معامل التصحيح	K	_	1.00	1.00
كتلة العينة الصلبة	Ms	g	100	100
الوزن النوعي	Gs	_	2.64	2.65

ج. *التحليل المنخلي للتربة*

تكمن أهمية معرفة التدرج الحبيبي للتربة في أن التدرج الحبيبي للتربة هو المفتاح الأول والأساسي لتصنيف التربة, حيث تقسم التربة إلى أشكال مختلفة بحسب مقاسات الحبيبات التي تحتويها التربة, ويساعد منحنى التدرج الحبيبي للتربة في تحديد نسب المواد المكونة للتربة.[2]
تم إجراء الاختبار على سبع عينات تم أخذها من أماكن مختلفة على طول ساحل مدينة مصراتة, ولكل عينة تم الحصول على النتائج المبينة بالجدول (3)

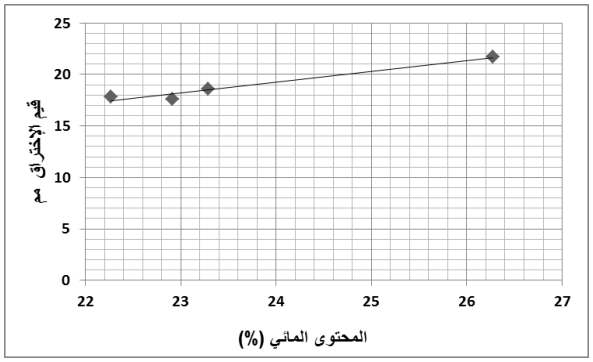
جدول 3 . يبين نتائج اختبار التحليل المنخلي.

العينة	معامل الانتظام (Cu)	معامل التقعر (Cc)
1	1.941	1.114
2	1.889	1.281
3	1.750	0.893
4	1.727	1.076
5	1.823	1.004
6	1.882	1.148
7	2.117	1.191

د. *حدود أتربرج للتربة*

حدود أتربرج هي الحدود الفاصلة بين حالات التربة الصلبة واللدنة والسائلة, ويستخدم هذا الاختبار لتحديد حدود التماسك للتربة الناعمة وهي حد السيولة وحد اللدونة وحد الانكماش, وبعد تحديد هذه الحدود يتم إيجاد دليل اللدونة للتربة والذي يساعد على معرفة تصرف التربة, وكذلك في معرفة ما إذا كانت التربة انهياريه أم انتفاخية.[1]
تم إجراء اختبارات حدود أتربرج للتربة وتم الحصول على النتائج التالية:

1. بإجراء اختبار مخروط الاختراق لعينة من هذه التربة وجد أن حد السيولة للتربة يساوي 24.8%, (الشكل 11) يبين منحنى حد السيولة لعينة التربة.

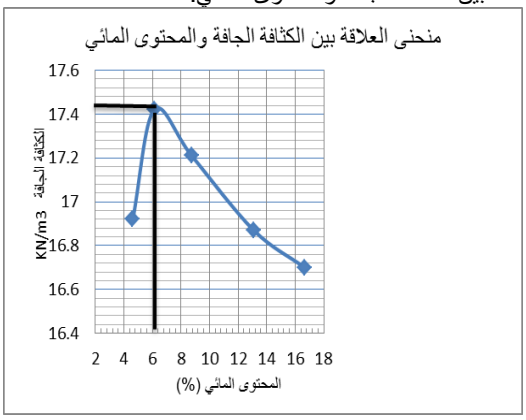


شكل 11. يبين منحنى حد السيولة للعينة.

2. بإجراء اختباري حد اللدونة وحد الانكماش وجد أن هذه التربة عديمة اللدونة والانكماش.

هـ. *الكثافة الجافة القصوى والمحتوى المائي الأمثل للتربة*

يعرف دمك التربة بأنه إعادة ترتيب حبيبات التربة, بحيث تتقارب الحبيبات بعضها إلى بعض فيحدث انضغاط لحجم التربة نتيجة طرد الهواء منها.[3]
تم إجراء اختبار بروكتور المعدل للدمك على عينة من تربة الهشوم ومن هذا الاختبار تم الحصول على الكثافة الجافة القصوى والمحتوى المائي الأمثل لهذه التربة كما ب(الجدول 4), و(الشكل 12) يبين منحنى العلاقة بين الكثافة الجافة والمحتوى المائي.



شكل 12. يبين منحنى العلاقة بين الكثافة الجافة والمحتوى المائي.

جدول 4 . يبين نتيجة اختبار بروكتور للدمك

الكثافة الجافة القصوى kN/m^3	المحتوى المائي الأمثل
17.4	%6.5

و. الكثافة الحقلية للتربة

تم اجراء اختبار الكثافة الحقلية, وهو يبين الكثافة الحقلية لحقل تم ردمه بتربة الهشوم بدون إجراء عملية دمك له, و(الجدول 5) يبين النتائج المتحصل عليها.

جدول 5 . يبين نتائج اختبار الكثافة الحقلية

حساب الكثافة الحقلية			
الكثافة الرطبة	g /cm³	Pt	1.77
الكثافة الجافة	g / cm³	Pd	1.74
نسبة الدمك	%	R.C	98.30
التعليق	-	-	جيدة

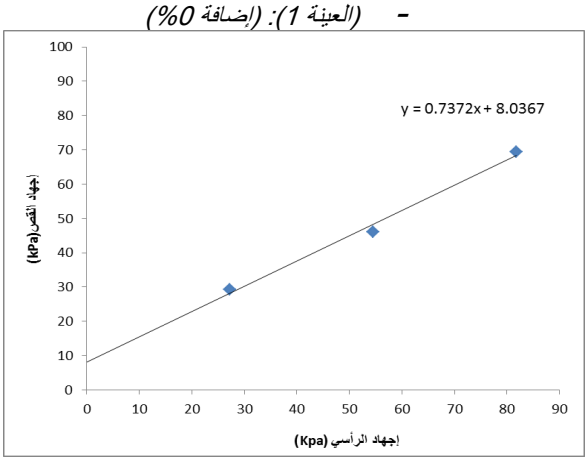
ز. مقاومة القص للتربة

تجرى تجربة القص المباشر بتحديد قيمة الإجهاد الأقصى للقص (Ultimate Shear Stress) المقابل لإجهاد عمودي على مستوى القص (Forced Shear Pl) والمحدد مسبقا.

وفي هذه التجربة يمكن رسم العلاقة بين إجهاد القص والإجهاد العمودي, ومن هذه العلاقة يمكن حساب أو استنتاج زاوية الاحتكاك الداخلي للتربة ومعامل تماسكها.[1]

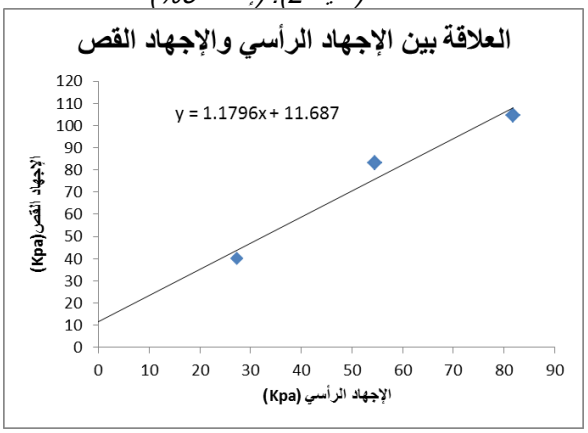
تم في هذا الاختبار دراسة مدى تأثير الاسمنت على معاملات القص لتربة "الهشوم" وذلك باختبار مجموعة من العينات ذوات نسب مختلفة من الاسمنت لكل عينة عند كثافة جافة ثابتة ومحتوى المائي ثابت أيضاباستخدام طريقة القص السريع (Quick Test). الأشكال (17,16,15,14,13) تبين خط معادلة كولومب لكل عينة.

- *(العينة 1): (إضافة 0%)*



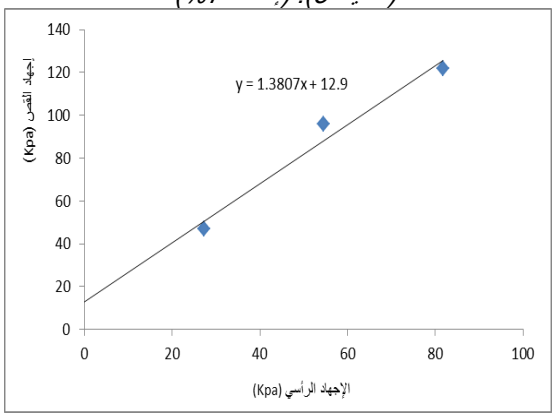
شكل 13. يبين العلاقة بين الإجهاد الرأسي وإجهاد القص (للعينة 1).

- *(العينة 2): (إضافة 5%)*



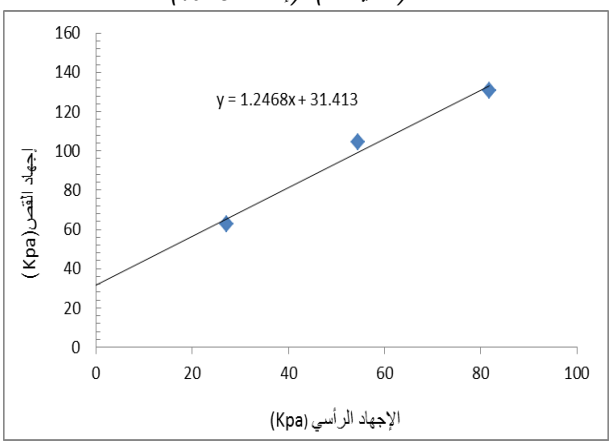
شكل 14. يبين العلاقة بين الإجهاد الرأسي وإجهاد القص (للعينة 2).

- *(العينة 3): (إضافة 7%)*



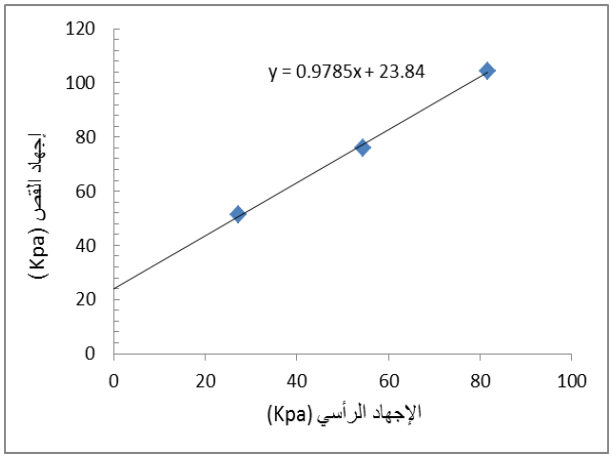
شكل 15. يبين العلاقة بين الإجهاد الرأسي وإجهاد القص (للعينة 3).

- *(العينة 4): (إضافة 10%)*



شكل 16. يبين العلاقة بين الإجهاد الرأسي وإجهاد القص (لعينة 4).

- *(العينة 5): (إضافة 12%)*



شكل 17. يبين العلاقة بين الإجهاد الرأسي وإجهاد القص (للعينة 5).

6. التعليق عن النتائج

أ. نسب مكونات التربة.

(الجدول 6) يبين نسب مكونات التربة حسب النظام الموحد.
(الجدول 7): يبين نسب مكونات التربة حسب النظام الاشتو.

جدول 6 . يبين نسب مكونات التربة حسب النظام الموحد.

رقم العينة	نسبة المار من المناخل(%)		نسب مكونات التربة (%)		
	4	200	حصى	رمل	طين , طمي
1	100	2.72	0	97.28	2.72
2	100	2.36	0	97.64	2.36
3	100	0.76	0	99.24	0.76
4	100	0.32	0	99.68	0.32
5	100	0.40	0	99.60	0.40
6	100	0.76	0	99.24	0.76
7	100	1.00	0	99.00	1.00
المتوسط			0	98.81	1.19

جدول 7 . يبين نسب مكونات التربة حسب نظام الآشتو.

رقم العينة	نسبة المار من المناخل(%)		نسب مكونات التربة (%)		
	10	200	حصى	رمل	طين , طمي
1	100	2.72	0	97.28	2.72
2	100	2.36	0	97.64	2.36
3	100	0.76	0	99.24	0.76
4	100	0.32	0	99.68	0.32
5	100	0.40	0	99.60	0.40
6	100	0.76	0	99.24	0.76
7	100	1.00	0	99.00	1.00
المتوسط			0	98.81	1.19

ب. تصنيف التربة.

تم تصنيف سبع عينات للتربة الهشوم حسب نظام التصنيف الموحد كما ب(الجدول 8), وتم تصنيفها أيضا حسب نظام الآشتو كما هو مبين ب(الجدول9).

جدول 8. يبين التصنيف الموحد

العينة	نسبة المار من المناخل (%)		Cu	Cc	حد السيولة (%)	حد اللدونة (%)	التصنيف
	4	200					
1	100	2.72	1.941	1.114	24.8	_	SP
2	100	2.36	1.889	1.281	24.8	_	SP
3	100	0.76	1.750	0.893	24.8	_	SP
4	100	0.32	1.727	1.076	24.8	_	SP
5	100	0.40	1.823	1.004	24.8	_	SP
6	100	0.76	1.882	1.148	24.8	_	SP
7	100	1.00	2.117	1.191	24.8	_	SP

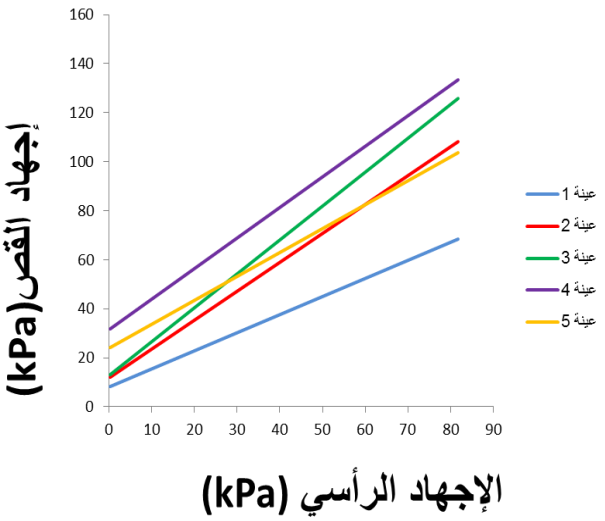
جدول 9 . يبين تصنيف الآشتو.

العينة	نسبة المار من المناخل(%)			حد السيولة (%)	حد اللدونة (%)	التصنيف
	10	40	200			
1	100	86.44	2.72	24.8	_	A - 3
2	100	93.04	2.36	24.8	_	A - 3
3	100	90.56	0.76	24.8	_	A - 3
4	100	69.96	0.32	24.8	_	A - 3
5	100	91.24	0.40	24.8	_	A - 3
6	100	86.48	0.76	24.8	_	A - 3
7	100	75.68	1.00	24.8	_	A - 3

7. مقاومة القص للتربة

تم حساب معاملات القص للعينات التي تم اختبارها ذوات نسب مختلفة من الاسمنت وذلك من خلال معادلة كولومب بإيجاد زاوية ميل الخط المستقيم والجزء المقطوع من المحور العمودي لكل عينة (شكل 18).

(الجدول 10) يوضح النتائج المتحصل عليها.



(شكل 18) يوضح العلاقة بين الإجهاد الرأسي وإجهاد القص لجميع العينات.

رقم العينة	نسبة الإضافة	معادلة كولومب $\tau = \sigma\, tan\emptyset + C$	مقدار التماسك (kpa)	زاوية الاحتكاك ∅(Deg)
1	%0	τ = 0.7372 σ + 8.04	8.04	°36.40
2	%5	τ = 1.1796 σ + 11.68	11.86	°49.71
3	%7	τ =1.381 σ + 12.90	12.90	°54.08
4	%10	τ = 1.2468 σ + 31. 41	31.41	°51.27
5	%12	τ = 0.9785 σ + 23.84	23.84	°44.38

8. الخلاصة

من خلال نتائج الاختبارات نستخلص أن أكثر مكونات التربة عبارة عن رمل, وصنفت التربة حسب نظام التصنيف الموحد على أنها تربة رملية فقيرة التدرج (SP) وحسب نظام الآشتو على أنها تربة رملية ناعمة غير لدنة (A-3).

بينت عملية التصنيف لعدة عينات من تربة الهشوم المأخوذة من مواقع مختلفة أن تربة الهشوم المتواجدة على طول الساحل متشابهة الخصائص.

كما أوضحت نتائج الاختبارات أن المحتوى المائي الطبيعي لهذه التربة يتراوح ما بين (0.40% - 2.6%), والوزن النوعي لهذه التربة يتراوح ما بين (2.66 –2.73).

نستخلص أيضا أن حد السيولة لهذه التربة حوالي 24.8% وأن هذه التربة عديمة اللدونة والانكماش.

بينت نتائج اختبار بر وكتور المعدل للدمك أن الكثافة الجافة القصوى تساوي ($17.4\ kN/m^3$) والمحتوى المائي الأمثل يساوي 6.5%, ومن نتائج اختبار الكثافة الحقلية تبين أن الكثافة الجافة لهذه التربة تساوي($1.74\ g/cm^3$)اختبار نسبة الدمك بمعامل دمك (R.C = 98.3%) .

تبين أيضا أن مقاومة القص لهذه التربة تزداد بزيادة إضافة نسب من الاسمنت حتى تحصلنا على أعلى نسبة تتأثر بها هذه التربة هي (10%), حيث ازداد إجهاد القص في البداية حتى وصل إلى (kPa31.41) ثم أصبح في التناقص.

(جدول 10): يبين معادلات كولومب ومعاملات القص للعينات المختبرة.

المراجع

ال مراجع العربية ومواصفات الاختبارات

1- الشريف محمد عبد العزيز، أساسيات في ميكانيكا التربة والأساسات، الطبعة الأولى، القاهرة: دار الكتب العلمية للنشر، 2007.
2- محمد أحمد عاشور، ميكانيكا التربة، الطبعة الأولى، القاهرة: دار العلوم للنشر والتوزيع، 2006.
3- السيد عبد الفتاح القصبي، هندسة الأساسات السطحية، الطبعة الثالثة، القاهرة: دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع، 2010.
4- ASTM D2216 – 10, Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass.
5- ASTM D854 – 14, Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer.
6- ASTM D422 - 63(1998), Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils.
7- BS 1377-2:1990, Methods of test for soils for civil engineering purposes. Classification tests.
8- ASTM D4318 – 17, Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils.
9- BS 1377-4:1990, Methods of test for soils for civil engineering purposes. Compaction-related tests.
10- ASTM D1556 / D1556M - 15e1, Standard Test Method for Density and Unit Weight of Soil in Place by Sand-Cone Method.
11- ASTM D3080 / D3080M – 11, Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions.