

تغيرات الخواص الميكانيكية للترب الإنتفاخية تحت تأثير دورات الترطيب التام - التجفيف الجزئي

أ.د.م. نزيه عبود⁽¹⁾

د. م. محمد عماد مشلح⁽²⁾

م. ردينة داود⁽³⁾

ملخص

يعتبر السلوك المزدوج للغضار (انتفاخ_تقلص) من أخطر المشاكل التي نصادفها عند التأسيس على الترب الغضارية وخاصة الإنتفاخية منها، وهو ما شكّل لدينا حافزاً لدراستها والتعرف على التغيرات التي قد تطرأ على خواصها الميكانيكية (التشوه المحوري، التماسك، زاوية الاحتكاك الداخلي) نتيجة تعرضها للدورات المتكررة. قمنا في هذا البحث بإخضاع عينات سليمة من الترب الإنتفاخية لدورات ترطيب تام وتجفيف جزئي، وذلك بعد تحديد الزمن اللازم لحدوث الانتفاخ التام وكذلك الزمن اللازم لحدوث الانكماش الجزئي لكل نوع من أنواع الترب الثلاثة المستخدمة في الدراسة. تُبين نتائج التجارب المنفذة تناقص قيمة التشوه المحوري مع تزايد عدد الدورات وذلك حتى الوصول الى وضع التوازن عند الدورة الرابعة، كما تُبين تناقص معامل المسامية المأخوذ في نهاية الدورات وذلك كلما ازداد عدد الدورات المطبقة على التربة. بالنسبة لعوامل مقاومة القص في التربة فقد أظهرت التجارب تناقص في قيم كل من التماسك وزاوية الاحتكاك الداخلي، وكان التغير واضح في قيمة التماسك، بينما كان أقل بالنسبة لزاوية الاحتكاك الداخلي، وهذا يبين أهمية اعتبار تأثير تعدد الدورات عند تعيين الخواص الميكانيكية للترب الغضارية الإنتفاخية.

الكلمات المفتاحية: دورات، ترطيب تام، انكماش جزئي، ترب انتفاخية، التشوه المحوري، التماسك، الاحتكاك.

(1) أستاذ - قسم الهندسة الجيوتكنيكية - كلية الهندسة المدنية - جامعة دمشق.

(2) أستاذ مساعد - قسم الهندسة الجيوتكنيكية - كلية الهندسة المدنية - جامعة دمشق.

(3) قائمة بالأعمال - قسم الهندسة الجيوتكنيكية - كلية الهندسة المدنية - جامعة دمشق.

Changes in the mechanical properties of expansive soils under the effect of full wetting-partial drying cycles

Nazih Abboud⁽¹⁾
Mohamad Imad Machlah⁽²⁾
Rodina Daod⁽³⁾

Abstract

The double behavior of clays (swelling - shrinking) is one of the most serious problems that we encounter when building on expansive clay soils. Thus it is very important in order to study them to identify changes that may occur in their mechanical properties (axial deformation, cohesion, internal friction angle) as a result of their exposure to repeated cycles. Undisturbed samples of expansive soils were subjected to cycles of full wetting and partial drying. The required time for complete swelling was defined as well as the required time for partial shrinkage for each of the three types of soils used in the study. The results showed that the axial deformation value decreases with the number of cycles. The equilibrium was reached at the end of fourth cycle, and the void ratio decreases at the end of the cycle with the number of cycles. Experiments also have shown a decrease in the values of both cohesion and internal friction angle. The change was clear in the cohesion value, while it was less for the internal friction angle, Therefore, it is necessary to take the effect of multiple cycles into consideration when determining the mechanical properties of expansive soils.

Key words: cycles, full wetting, partial shrinkage, expansive soils, axial deformation, cohesion, friction

⁽¹⁾N. Abboud, Professor Department of Geotechnical Engineering, Faculty of Civil Engineering, Damascus University, Syria.

⁽²⁾M. Machlah, Associated Professor Department of Geotechnical Engineering, Faculty of Civil Engineering, Damascus University, Syria.

⁽³⁾R. Daod., Department of Geotechnical Engineering, Faculty of Civil Engineering, Damascus University.

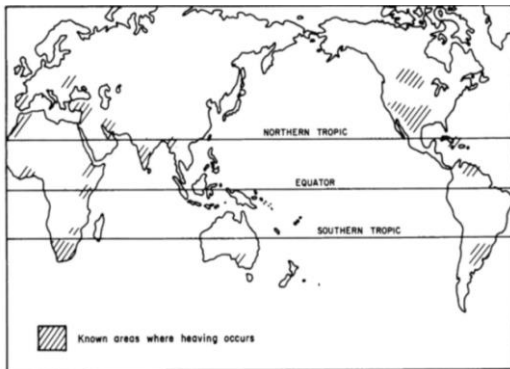
المقدمة والدراسة المرجعية:

تتعرض الترب في الطبيعة لعدة دورات من الترطيب والتجفيف، سواء نتيجة التغيرات المناخية الموسمية أو تغير منسوب المياه المحجوزة خلف السدود الترابية أو تغير منسوب المياه الجوفية أو لأسباب أخرى. ونعلم أن التجارب المخبرية القياسية الحالية المجراة على الترب تعطي فكرة عن الخصائص الميكانيكية لها إلا أنها لا تأخذ بعين الاعتبار التأثيرات بعيدة المدى على الترب نتيجة دورات الترطيب والتجفيف. انطلاقاً من أهمية تحديد هذه التأثيرات تم اعتماد برنامج مخبري عملي يطبق على عينات من الترب الإنتفاخية، بالإضافة الى القيام بتحليل رياضي لنتائج هذه الاختبارات بغية تقييم آثار الترطيب- التجفيف المتتالي على الخصائص الميكانيكية للترب الإنتفاخية وبشكل خاص التشوه المحوري والتماسك وزاوية الاحتكاك الداخلي.

تتميز التربة الغضارية بأنها تربة ذات حبات ناعمة، توجد على شكل بلورات قياسها لا يتجاوز (2 ميكرون). حبات الغضار تمتلك شوارد شاغرة تجعلها تتمتع بقدرة توتر سطحي تكتسب من خلالها صفة الامتصاص الشديد للماء أو حتى تعتبر شرهة لامتصاص الماء حيث أن جزيء الماء يرتبط مع حبات الغضار بهذه الرابطة الشاغرة ويتغلغل بين حبات الغضار. وبما أن جزيء الماء أكبر من المسامات بين حبات الغضار لذا فإن امتصاص الماء من قبل الغضار يؤدي به إلى الانتفاخ الذي يولد قوة كبيرة نسبياً، ولذلك عندما تزيد كمية الماء على العينة الغضارية الموضوعة في إناء ماء، فإن حبات الغضار تتباعد تدريجياً عن بعضها البعض حتى تنفصل نهائياً، (د. بنانه، 1981) وتم ربط مقدار الضرر الذي يمكن أن تتسبب فيه التربة الإنتفاخية في البنية التحتية بنوع وكمية المينرالات الغضارية الموجودة فيها مثل (كاولينيت، ايليت، مونتموريلونيت، هالوزيت، غلوكونيت، كلوريت) فالكاولينيت ينتفخ بوجود الماء

بشكل قليل جداً إذ إن التفاعل الشاردي في حبيبات الكاولينيت تحدث فقط على السطح الخارجي للبلورات وتكون سعة الامتصاص للكاولينيت حوالي 3-15 ملغ تكافؤي على 100 غ تربة، أما المونتموريلونيت المتساوي الشكل والتبلور فقيمة التبادل الشاردي فيه كبيرة فهي تبلغ 80-150 ملغ تكافؤي على 100 غ من التربة الجافة. (د. نجم، د. عبود، 1989) يعود سلوك الانتفاخ في الترب المكونة من مينرالات غضارية إلى مساحة سطحها النوعي الكبيرة (السطح النوعي هو السطح الكلي للجزيئات في وحدة الحجم من التربة) وكذلك الشحنة الكهربائية السلبية الصافية على وجه ذرة الغضار هذه الشحنة الكهربائية السلبية تقوم بجذب جزيئات الماء وبشكل أكبر بكثير مقارنة مع جزيئات التربة الأخرى التي لا تحتوي على شحنة سلبية صافية على سطحها. (Rosenbalm, 2018)

تنتشر الترب الغضارية الإنتفاخية على مساحات واسعة من اليابسة في العالم، وتغطي حوالي (3.16) مليون كيلومتر مربع أي ما يعادل (2.42%) من اليابسة. إذ تغطي هذه التربة مساحات شاسعة في استراليا والسودان وحوالي (30%) من المساحة المأهولة بالسكان في الهند والولايات المتحدة الأمريكية. (Sweden 2006)



الشكل (1) مناطق تواجد الترب الغضارية الإنتفاخية في العالم (A, Elarabi 2004)

في سوريا تغطي هذه التربة حوالي (10.54%) من مساحة الجمهورية العربية السورية، حيث تتوزع في محافظات حماه، السويداء، درعا، القامشلي، القنيطرة،

انخفاض قيم كل من زاوية الاحتكاك الداخلي وكذلك التماسك للترب الغضارية مع ازداد عدد الدورات التي تتعرض له هذه الترب (Laura E. Rogers 1986)، وهذا ما أكده (Sayem Hossain Md 2016).

في عام 2018 في جامعة Newcastle University درس Oboho Okon Eminue (Emin,O 2018) سلوك تشققات التربة في السدود الغضارية المعرضة للترطيب الدوري والتجفيف، وبين أن ترطيب التربة يضعف الترابط بين الجزيئات، كما بين أن مواقع الشقوق القديمة في التربة تكون أضعف نسبياً من حيث الترابط وتصبح أكثر عرضة للتشقق من جديد.

مواد البحث وطرائقه

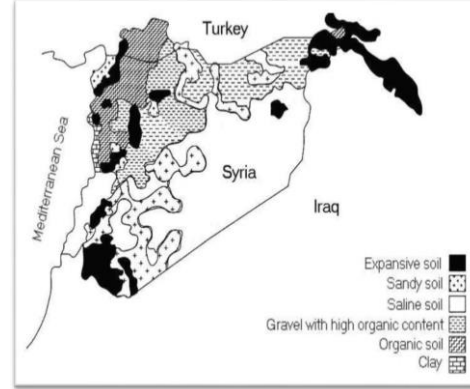
في هذا البحث تم دراسة ثلاثة انواع من الترب الغضارية (AB1, AB2, AB3) ولكل نوع من الترب الثلاثة:

- تم اجراء التجارب المخبرية اللازمة لتحديد الخواص الفيزيائية الأساسية والمصنفة بهدف تصنيف التربة ومعرفة مواصفاتها، بعدها تم إجراء اختبار الاشعة السينية التفريقية XRD لمعرفة التركيب الكيميائي للعينات الغضارية المدروسة وذلك في المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجية.

- تم تطبيق دورات الترطيب والتجفيف على عينات سليمة من التربة، بطريقة الترطيب التام - الانكماش الجزئي (أي ترطيب العينات حتى الوصول إلى قيمة الانتفاخ الحر الأعظمي ومن ثم تجفيفها حتى الرجوع إلى رطوبتها الطبيعية).

- ويهدف تحديد الزمن اللازم لحدوث الانكماش الجزئي، تم أخذ عينات معيارية بحجم حلقة الأومتر وعينات أخرى بحجم حلقة القص، وتم تجفيفها في فرن درجة حرارته 40° (كونها متوسط أعلى درجات حرارة في الظروف الجوية في سوريا في فصل الصيف) ومراقبة تغيرات الرطوبة مع الزمن، حيث تم من خلالها تحديد الزمن اللازم لعودة كل من عينات الانضغاطية

لواء اسكندرون المغتصب، كما تتواجد في مدينة اللاذقية وحمص ودير الزور .



الشكل (2) توزع الترب الغضارية الإنتفاخية في سوريا (Abed. 2008)

إن السلوك المميز لهذه الترب وانتشارها الواسع والأضرار البالغة للمنشآت المقامة عليها كونت حافزاً للباحثين في مختلف أنحاء العالم للاهتمام بدراساتها ودراسة سلوكها تحت تأثير دورات الترطيب والتجفيف فبعض الباحثين مثل (Chen. 1985, Subba Rao and Satydas 1987, Dif and Bluemel 1991) قاموا بتطبيق دورات من الترطيب ثم التجفيف على أنواع مختلفة من الغضار فتوصلوا الى نتيجة مفادها أنه عندما تتعرض الترب الغضارية للدورات، تظهر انخفاضاً في نسبة الانتفاخ وضغط الانتفاخ مع تعدد الدورات. من ناحية أخرى أشار باحثون آخرون منهم (Popesco(1980),Osipov(1987),Day(1994) إلى زيادة نسبة الانتفاخ للترب الغضارية مع زيادة عدد الدورات. وفي كلا الحالتين وصل الانتفاخ الى وضع التوازن بعد 4 أو 5 دورات، من الممكن أن يكون الاختلاف في النتائج ناتج عن كون الدراسات الأولى تسمح للتربة بالجفاف حتى رطوبتها الابتدائية (انكماش جزئي)، في الدراسات الأخرى تجفف العينات حتى حدوث انكماش تام (أي حتى تصل العينة إلى ارتفاع أقل من ارتفاعها الأولي ورطوبة أقل من رطوبة حد الانكماش)(Al-Homoud et al. 1995) أما بالنسبة لتأثير الدورات على خصائص المتانة للتربة، فقد بين (Stephen G. Wright1986,Laura E. Roge)

تعدد الدورات على نسبة الانتفاخ وذلك تحت تأثير
اجهاد (setting load) 7Kpa .
• أجريت تجارب القص المباشر على العينات
الغضارية بعد كل دورة ترطيب وتجفيف بهدف معرفة
مدى تأثير تعدد الدورات على تماسك التربة وعلى
زاوية الاحتكاك الداخلي لها (عوامل متانة التربة).

المشعبة وعينات القص المشعبة الى رطوبتها
الطبيعية. (Al-Homoud et al. 1995)

• كذلك الأمر بالنسبة لتحديد الزمن اللازم
للوصول إلى الانتفاخ الحر الأعظمي، إذ تم اخذ
عينات معيارية من كل تربة واشباعها بالماء ومراقبة
انتفاخها من خلال قراءة مؤشر جهاز الادومتر وتحديد
الزمن اللازم لثبات قيمة انتفاخ العينة.

• أجريت تجارب الانتفاخ في جهاز الأدمتر
على العينات المعرضة للدورات لمعرفة مدى تأثير

الجدول (1) الخواص الفيزيائية للترب المستخدمة

الرمز	المرجع	AB1	AB2	AB3
الرطوبة %	ASTM D2216	15%	22.6	20
الوزن الحجمي γ kN/m ³	ASTM D854	17.5	20	19.7
الوزن النوعي النسبي	ASTM D854	2.68	2.65	2.65
نسبة الرمل %	ASTM D422	20	1.76	30
نسبة السيلت %	ASTM D422	30	35.7	30
نسبة الغضار %	ASTM D422	50	62.55	40
حد السيولة %	ASTM D4318	60	70.2	55
حد اللدونة %	ASTM D4318	21	35	27
حد الإنكماش %	ASTM D4318	13	18	18
قرينة اللدونة	ASTM D4318	38	35.2	28
قرينة الانتفاخ		0.07	0.084	0.063

الجدول (2) تصنيف التربة من حيث إمكانية الانتفاخ وفق

[10] kay(1990)

Site Classification	LL Range
S (slightly expansive)	< 20
M (moderately expansive)	20 – 40
H (highly expansive)	40 – 70
E (extremely expansive)	>70

التربة AB1: العينات مأخوذة من مدينة طفس في
محافظة درعا.

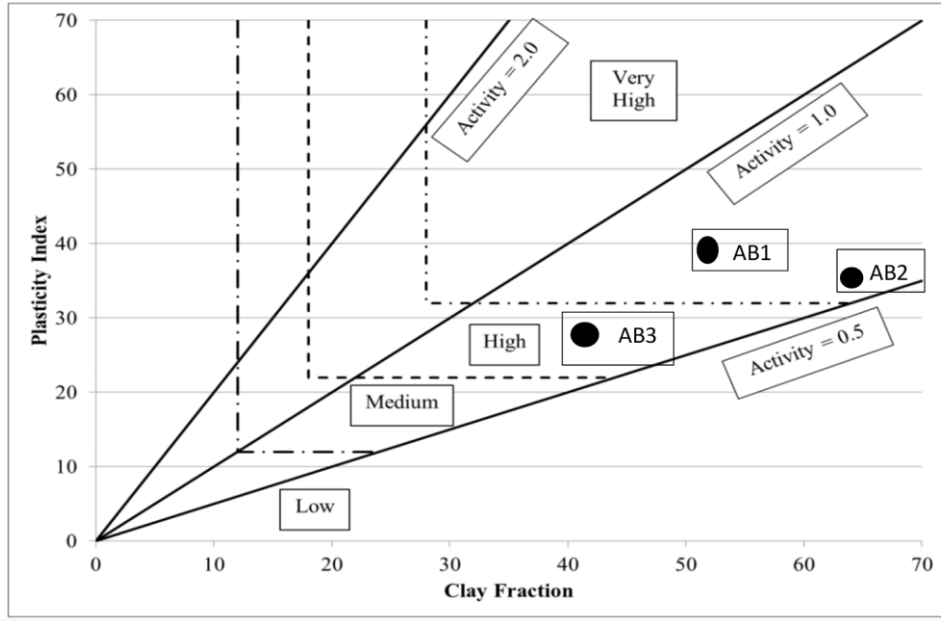
التربة AB2: العينات مأخوذة من مدينة خان الشيخ
في ريف دمشق الغربي.

التربة AB3: العينات مأخوذة من مدينة المليحة في
ريف دمشق الشرقي.

الجدول (3) تصنيف التربة من حيث إمكانية الانتفاخ وفق

Terzaghi and Peck (1967)[10]

Plasticity Index	Swell Potential
0 – 15	Low
10 – 35	Medium
20 – 55	High
55 and greater	Very High



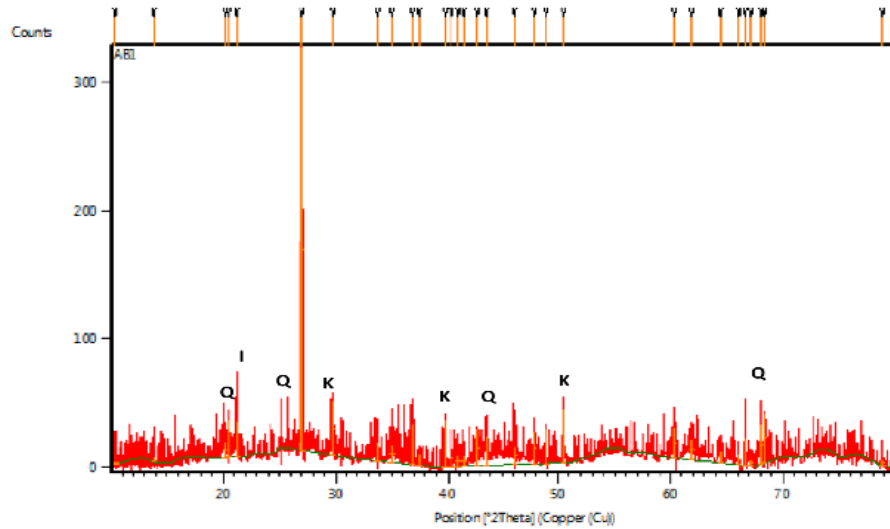
الشكل (3)

تصنيف التربة من حيث إمكانية الانتفاخ وفق [10]Skempton(1953)

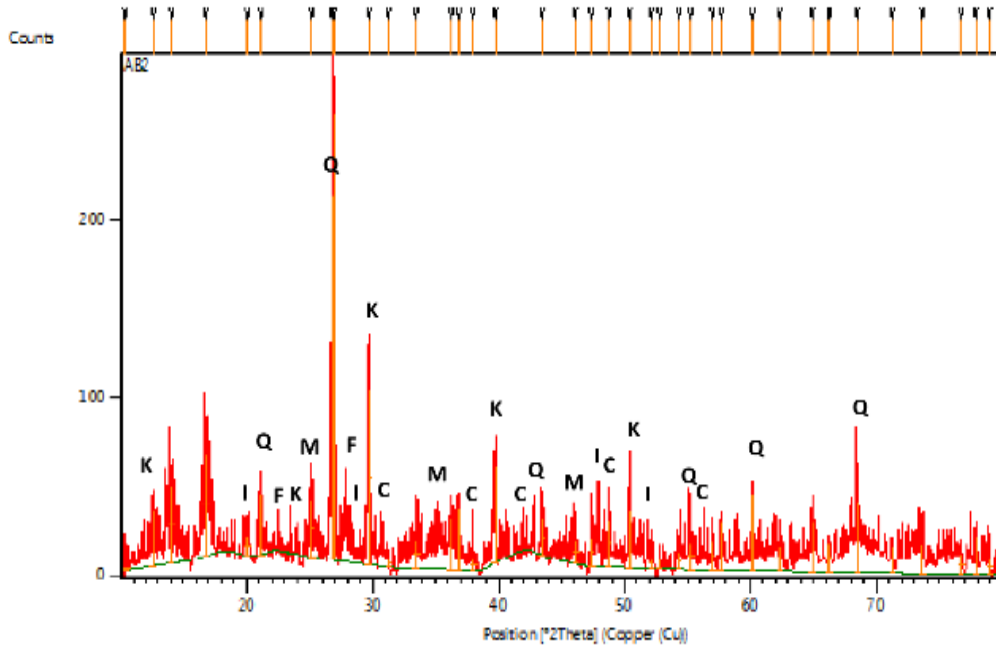
الجدول (4) تصنيف التربة AB1, AB2, AB3

[10] kay(1990)			[10] Terzaghi and Peck (1967)			[10]Skempton(1953)		
AB1	AB2	AB3	AB1	AB2	AB3	AB1	AB2	AB3
H	H	E	H	H	H	VH	VH	H

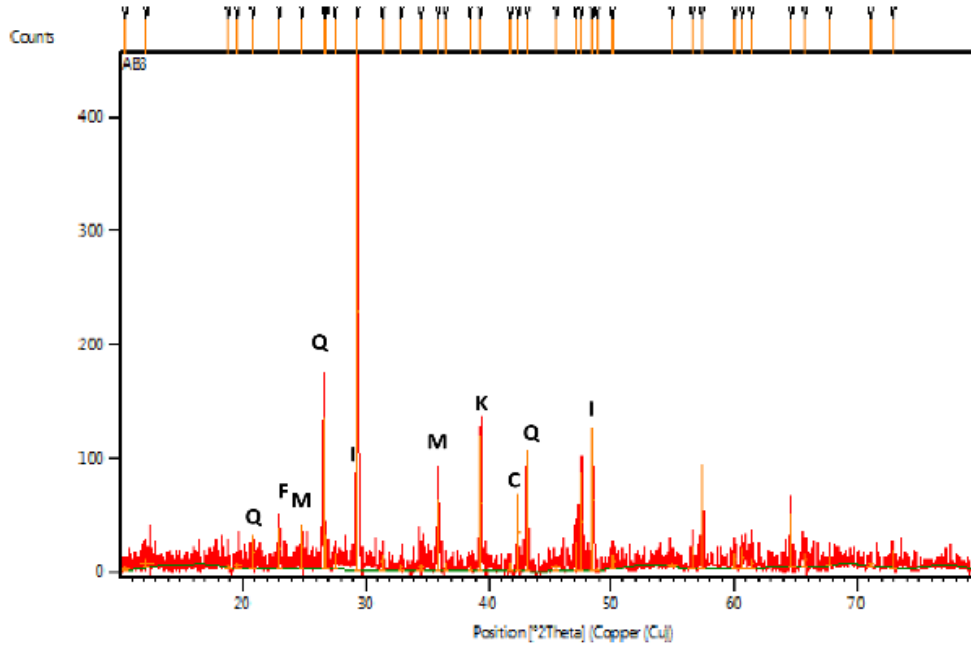
يلاحظ أن التربة الثلاثة تعتبر وحسب التصنيفات الثلاثة ذات انتفاخية عالية إلى عالية جداً



الشكل (4) نتائج اختبار XRD على التربة AB1



الشكل (5) نتائج اختبار XRD على التربة AB2



الشكل (6) نتائج اختبار XRD على التربة AB3

C: Calcite, F: Feldspar, K: Kaolinite, M: Montmorillonite, I: illite, Q: Quartz,

اشبعت العينة بالماء وذلك حتى الوصول الى

النتائج والمناقشة:

الانتفاخ الحر الاعظمي ومن خلال معرفة وزن العينة عندها تم حساب الرطوبة الموافقة للإشباع التام.

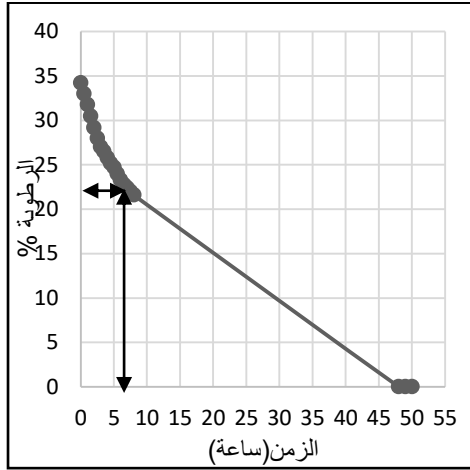
1-تقدير الزمن اللازم لتجفيف العينات:

يتم تحديد الزمن اللازم لعودة العينات المشبعة الى

التربة AB1:

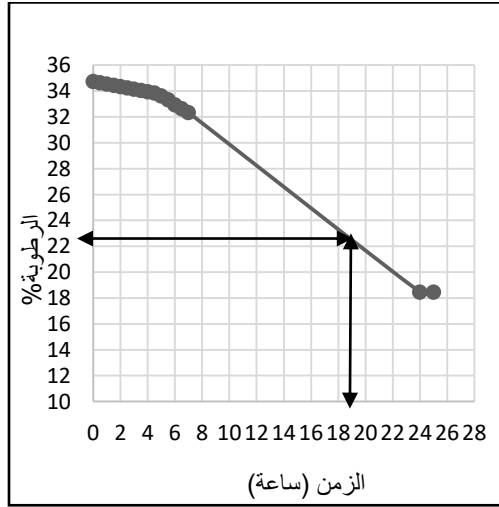
رطوبتها الطبيعية، بهدف معرفة زمن دورة التجفيف

واعتماده أثناء تنفيذ الدورات.



الشكل (9) تقدير الزمن اللازم لتجفيف عينة الأدمتر للتربة AB2

في حين أن الزمن اللازم لعودة عينات القص الى رطوبتها الطبيعية المحددة بقيمة 22.6% هو 19 ساعة كما يبين الشكل (10)



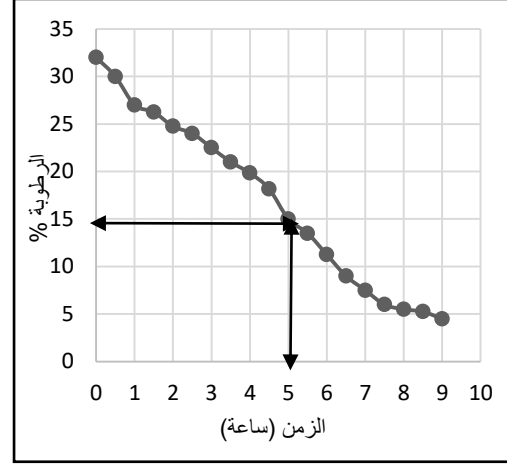
الشكل (10) تقدير الزمن اللازم لتجفيف عينة القص للتربة AB2

التربة AB3:

وجد أن الزمن اللازم لعودة عينات الأدمتر الى رطوبتها الطبيعية المحددة بقيمة 20% هو 3.7 ساعات (3 ساعات و 42 دقيقة) كما يبين الشكل (11)

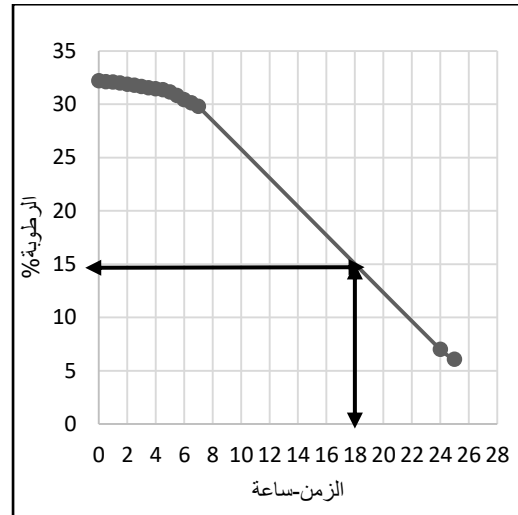
الزمن اللازم لعودة عينات الأدمتر الى رطوبتها الطبيعية والمحددة بقيمة 15% هو 5 ساعات في فرن حرارته 40°

كما يبين الشكل (7)



الشكل (7) تقدير الزمن اللازم لتجفيف عينة الأدمتر للتربة AB1

أما الزمن اللازم لعودة عينات القص الى رطوبتها الطبيعية المحددة بقيمة 15% هو 18 ساعة في فرن حرارته 40° كما يبين الشكل (8)



الشكل (8) تقدير الزمن اللازم لتجفيف عينة القص للتربة AB1

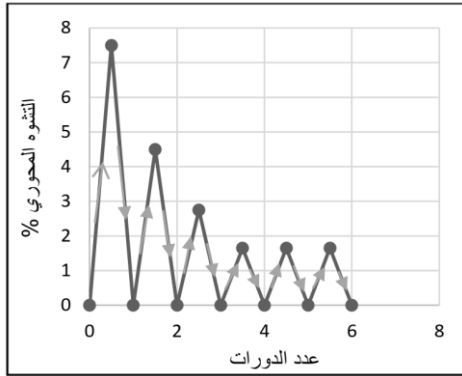
التربة AB2:

تم ملاحظة أن الزمن اللازم لعودة عينات الأدمتر الى رطوبتها الطبيعية المحددة بقيمة 22.6% هو 7 ساعات كما يبين الشكل (9)

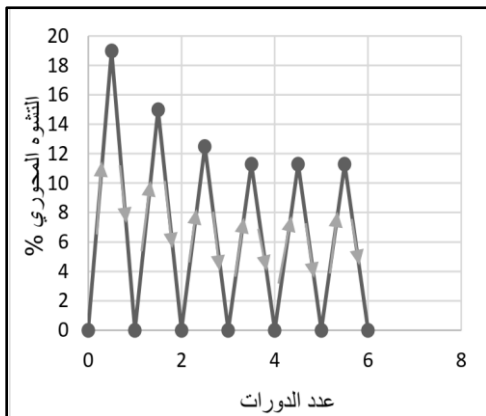
2- تغيرات التشوه المحوري للتربة مع عدد

الدورات:

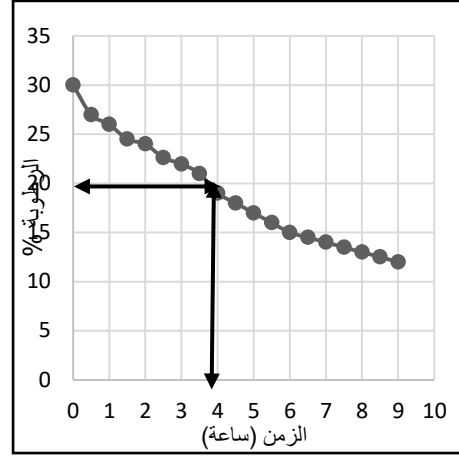
يعبر عن التشوهات الحجمية الحاصلة للتربة بالانتفاخ الحر كون الانتفاخ الجانبي محصور بالحلقة. تم البدء بإجراء دورة الترتيب وذلك بترطيب العينة لمدة ثلاث أيام يسجل خلالها الانتفاخ الحاصل، لتبدأ بعدها دورة التجفيف في فرن درجة حرارته 40° وذلك لمدة تتوافق مع ما تم استنتاجه سابقاً والمبينة في الجدول (5) لكل نوع من أنواع الترب الثلاث. تم تكرار الدورات بهذه الطريقة وصولاً لوضع التوازن (أي ثبات الانتفاخ الحر مع الدورات)، فأعطت النتائج المبينة في الأشكال (13)، (14)، (15) حيث يمثل المستقيم المتجه للأعلى مرحلة الانتفاخ بينما يمثل المستقيم المتجه للأسفل مرحلة الانكماش:



الشكل (13) التشوه المحوري مع عدد الدورات للتربة AB1

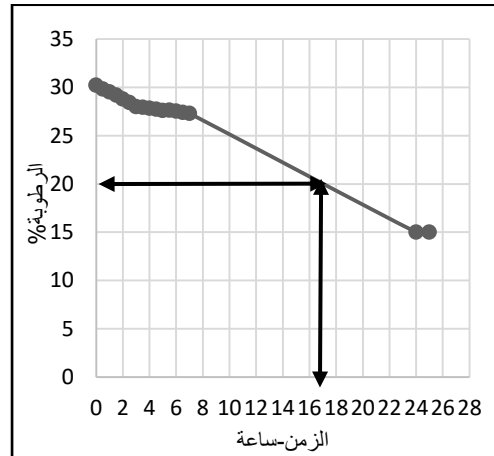


الشكل (14) التشوه المحوري مع عدد الدورات للتربة AB2



الشكل (11) تقدير الزمن اللازم لتجفيف عينة الأدمتر للتربة AB3

أما الزمن اللازم لعودة عينات القص إلى رطوبتها الطبيعية 20% هو 16.8 ساعة أي (16 ساعة و 48 دقيقة) كما يبين الشكل (12)

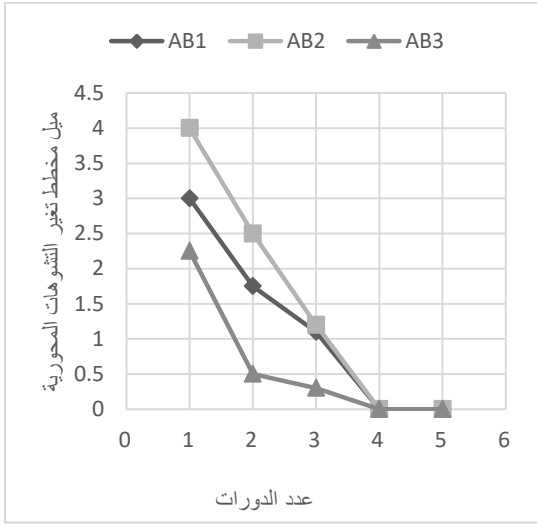


الشكل (12) تقدير الزمن اللازم لتجفيف عينة القص للتربة AB3

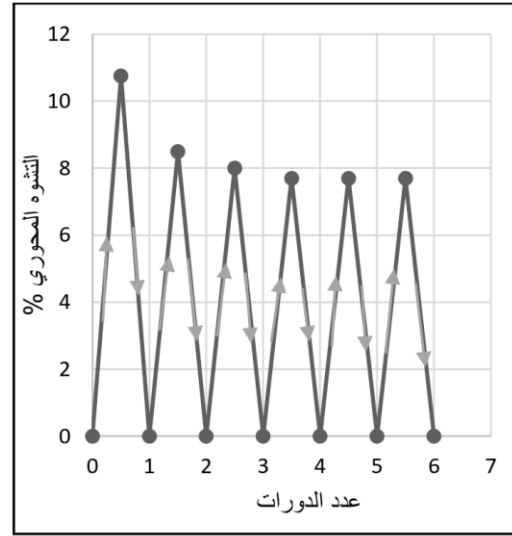
كما تم تحديد الزمن اللازم لترطيب العينات (الزمن الموافق لثبات التشوهات المحورية) وتبين أنه 3 أيام.

الجدول (5) الزمن اللازم لدورة التجفيف

نوع العينة	العينة	الزمن (ساعة)
عينات الانضغاطية	AB1	5
	AB2	7
	AB3	3.7
عينات القص	AB1	18
	AB2	19
	AB3	16.8

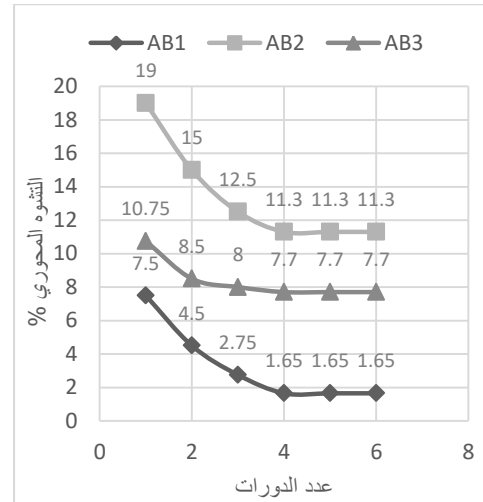


الشكل (17) ميل مخطط تغير التشوهات المحورية مع عدد الدورات



الشكل (15) التشوه المحوري مع عدد الدورات للتربة AB3

وبتحليل نتائج التشوه المحوري من خلال حساب تغير ميل مخطط التشوهات المحورية مع تغير عدد دورات الترطيب والتجفيف وجدنا النتائج المبينة في الشكل (17) هذا الشكل يظهر لنا أن الميل يتناقص مع ازدياد عدد الدورات وهذا أمر مهم من حيث السلوك ويعطي عامل أمان جيد لفكرة البحث. وبتحليل أعمق لتغير ميل مخطط التشوهات مع دورات الترطيب والتجفيف وعلاقته بمكونات الترب لتم ملاحظة أن التربة الثالثة والمحتوية على أكبر نسبة من الرمل، وأقل نسبة من الغضار مقارنة مع باقي الترب، تعطي أقل قيم لتغير الميل.

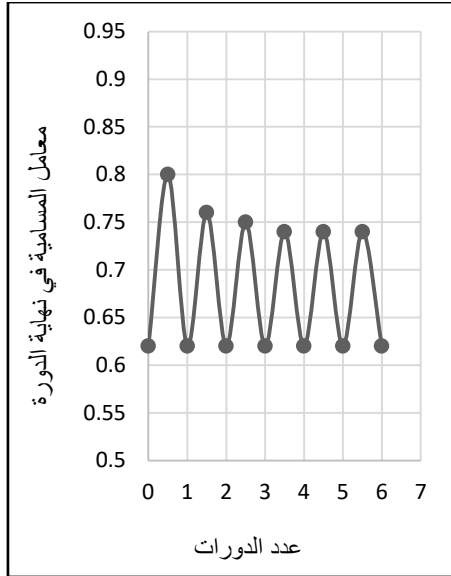
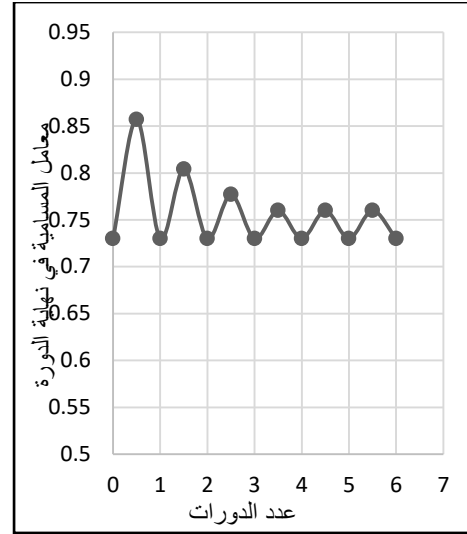


الشكل (16) التشوه المحوري مع عدد الدورات للترب الثالث

نلاحظ أن الانتفاخ الحر للتربة الأولى قليل مقارنة مع باقي الترب وذلك لعدم احتوائها على فلز المونتموريلونيت كما يبين تحليل الأشعة السينية التقريبية. لكن تأثير تعدد الدورات عليها كان واضحاً

3-تغيرات معامل مسامية التربة مع عدد

الدورات:

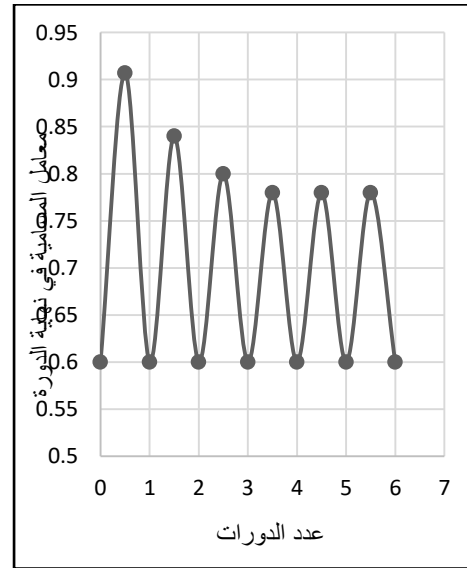
الشكل (20) تغير معامل المسامية مع عدد الدورات
للتربة AB3الشكل (18) تغير معامل المسامية مع عدد الدورات
للتربة AB1

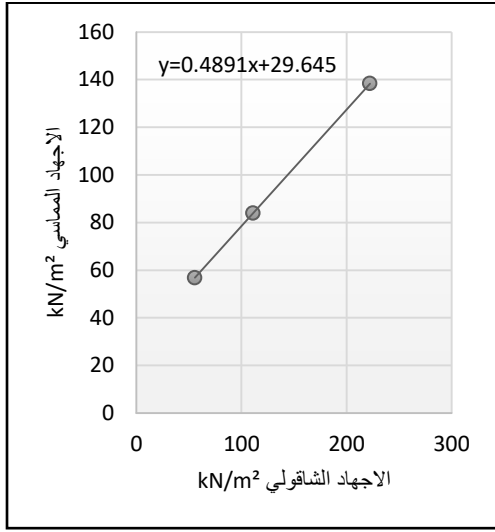
في الأشكال (18)، (19)، (20) تم حساب قيم معامل المسامية في نهاية كل دورة ترطيب وتجفيف وذلك بالاعتماد على رطوبة التربة والوزن النوعي النسبي لها وذلك لكل تربة من الترب المدروسة، هذه الأشكال توضح أن قيم معامل المسامية المأخوذ في نهاية الدورات تتناقص وذلك كلما ازداد عدد الدورات المطبقة على التربة، حتى تصل إلى التوازن عند الدورة الرابعة.

الجدول (6) تغير معامل المسامية مع عدد الدورات

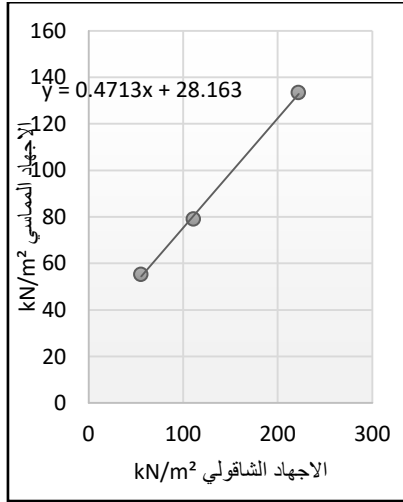
	AB1	AB2	AB3
الدورة الأولى	0.86	0.92	0.8
الدورة الثانية	0.8	0.84	0.76
الدورة الثالثة	0.77	0.8	0.75
الدورة الرابعة	0.76	0.78	0.74
الدورة الخامسة	0.76	0.78	0.74
الدورة السادسة	0.76	0.78	0.74

حيث كان مقدار التناقص في قيمة معامل المسامية للتربة الأولى 11.6% وللتربة الثانية 15.2% أما للتربة الثالثة فكان 7.5% وهذا الأمر يفسر سلوك تغير ميل مخطط التشوهات المحورية أيضاً الموضحة في الشكل (17)

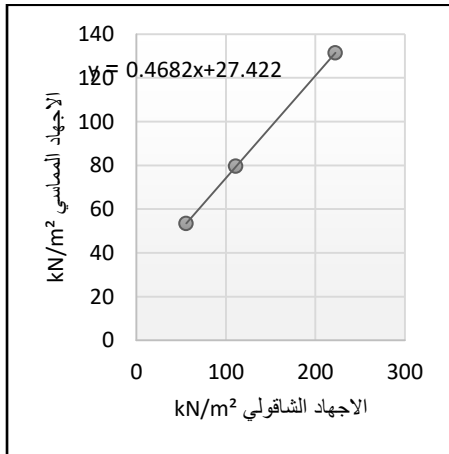
الشكل (19) تغير معامل المسامية مع عدد الدورات
للتربة AB2



الشكل (22) مغلف مور كولومب بعد الدورة الأولى



الشكل (23) مغلف مور كولومب بعد الدورة الثانية



الشكل (24) مغلف مور كولومب بعد الدورة الثالثة

الجدول (7) التناقص الحاصل في معامل المسامية في كل

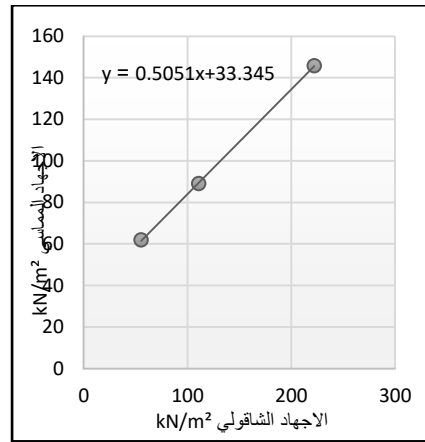
دورة

AB1	AB2	AB3
0	0	0
%7	%8.7	%5
%10.4	%13	%6.3
%11.6	%15.2	%7.5
%11.6	%15.2	%7.5
%11.6	%15.2	%7.5

4- تغير بارامترات القص مع عدد الدورات

هنا سنقوم بعرض نتائج تجارب القص المباشر بالطريقة المفتوحة السريعة على الترب المدروسة من خلال تغير العلاقة ما بين الاجهاد الناظمي والاجهاد العمودي وذلك قبل البدء بدورات الترتيب والتجفيف وخلال الدورات وصولاً للدورة الخامسة وسنقوم بعرض تغير قيم C و ϕ لكل تربة

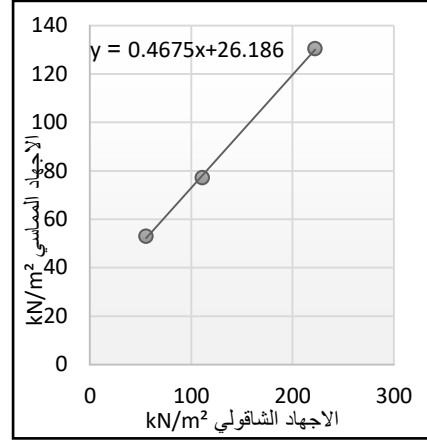
التربة AB1:



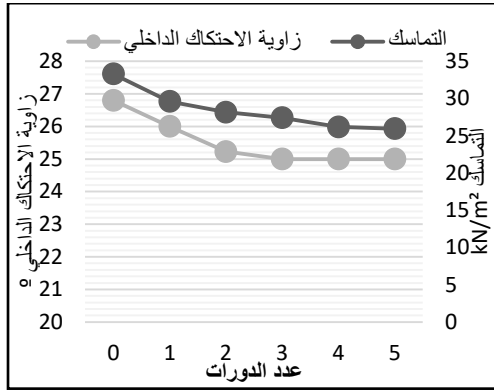
الشكل (21) مغلف مور كولومب قبل البدء بالدورات

المرحلة	التماسك (kN/m ²)	تغير التماسك %	زاوية الاحتكاك	تغير زاوية الاحتكاك %
0	33.3	0	26.8	0
1	29.6	11	26	3
2	28.16	15	25.23	5.8
3	27.42	17.6	25	6.7
4	26.18	21.4	25	6.7
5	25.94	22.2	25	6.7

يبين الجدول (8) تناقص في قيمة التماسك للتربة الأولى بمقدار 22.2% ونقصان في قيمة زاوية الاحتكاك الداخلي بمقدار 6.7%

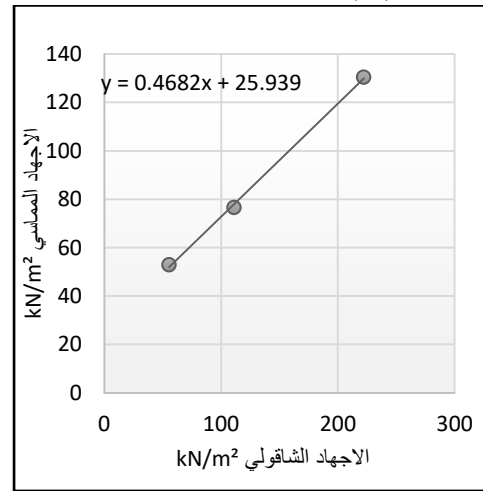


الشكل (25) مغلف مور كولومب بعد الدورة الرابعة

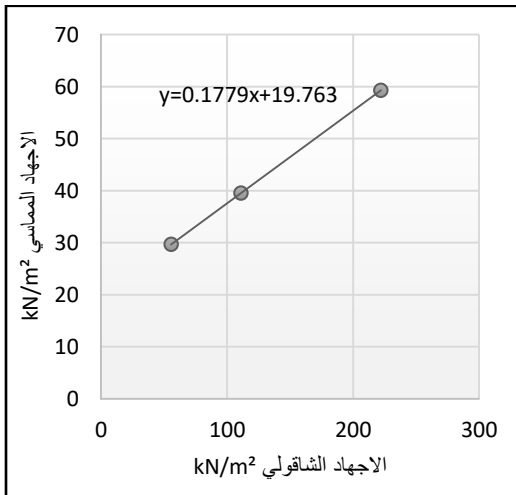


الشكل (28) تغيرات بارامترات القص للتربة AB1

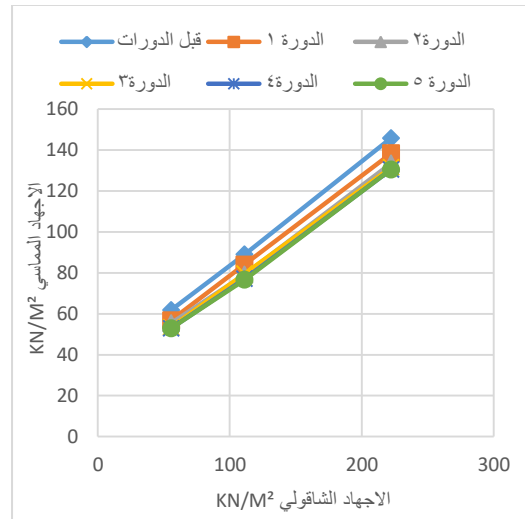
التربة AB2:



الشكل (26) مغلف مور كولومب بعد الدورة الخامسة

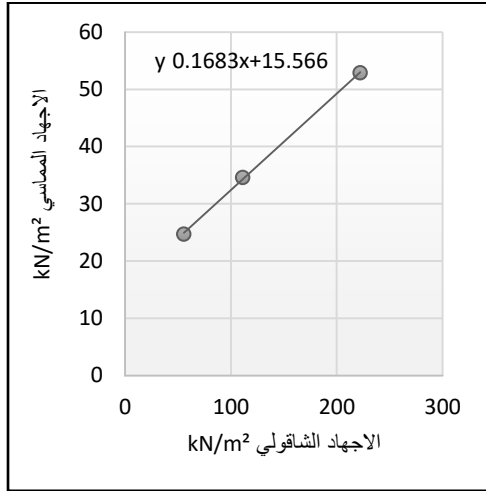


الشكل (29) مغلف مور كولومب قبل البدء بالدورات

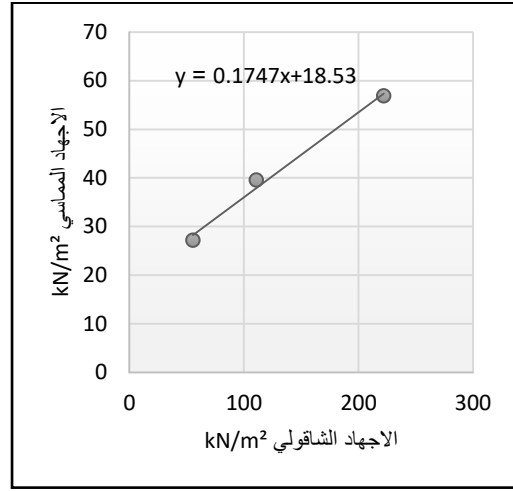


الشكل (27) تغيرات مغلف مور كولومب مع الدورات للتربة الأولى

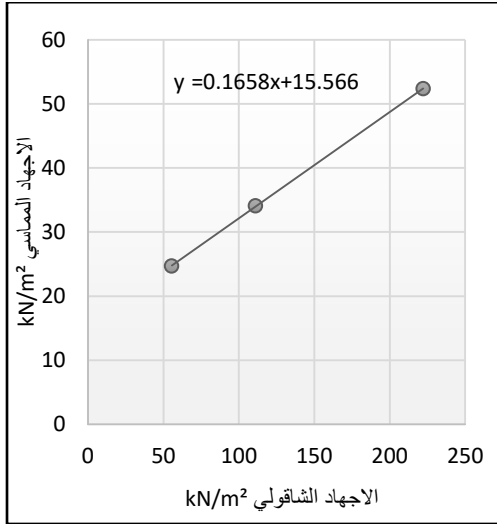
الجدول (8) تغيرات بارامترات القص للتربة AB1 مع عدد الدورات



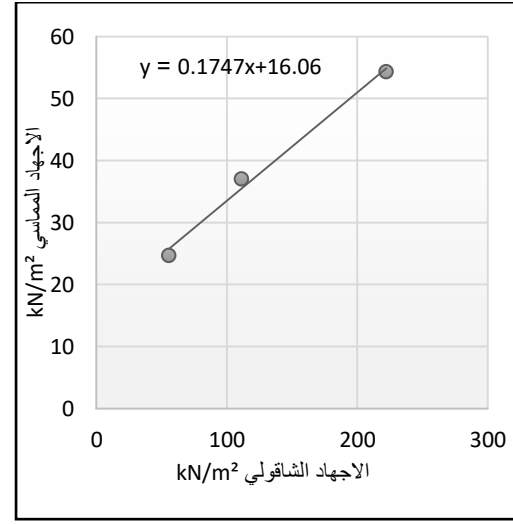
الشكل (33) مغلف مور كولومب بعد الدورة الرابعة



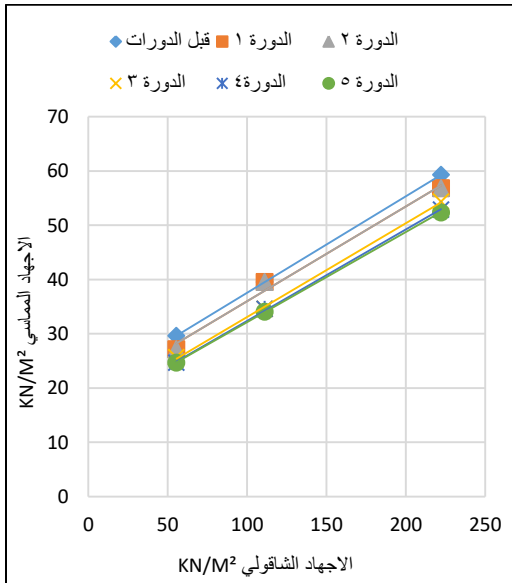
الشكل (30) مغلف مور كولومب بعد الدورة الأولى



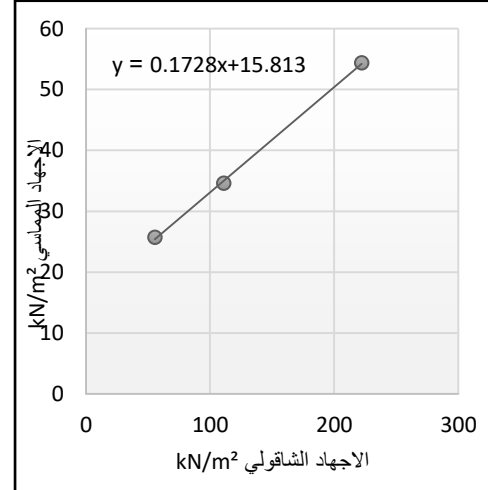
الشكل (34) مغلف مور كولومب بعد الدورة الخامسة



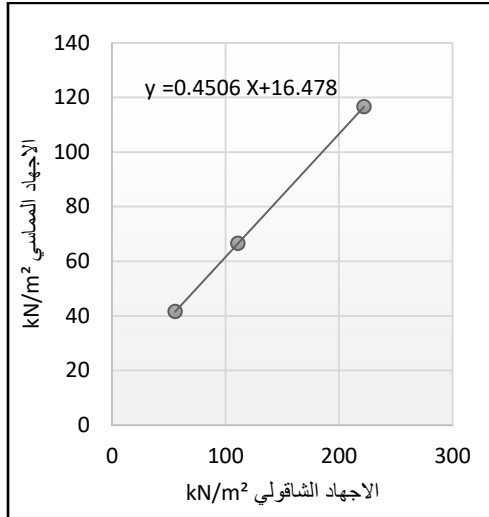
الشكل (31) مغلف مور كولومب بعد الدورة الثانية



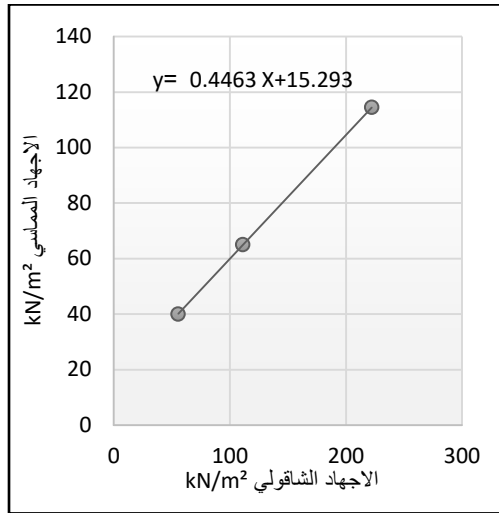
الشكل (35) تغيرات مغلف مور كولومب مع الدورات للتربة الثانية



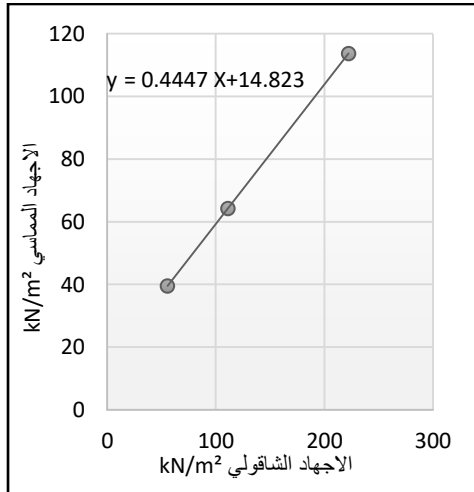
الشكل (32) مغلف مور كولومب بعد الدورة الثالثة



الشكل (38) مغلف مور كولومب بعد الدورة الاولى



الشكل (39) مغلف مور كولومب بعد الدورة الثانية

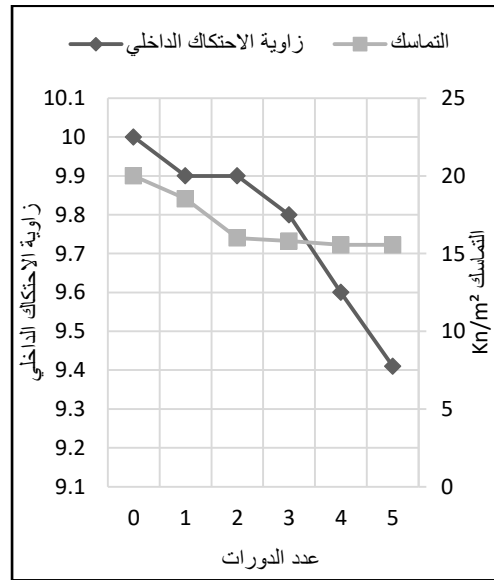


الشكل (40) مغلف مور كولومب بعد الدورة الثالثة

الجدول (9) تغيرات بارامترات القص للتربة AB2 مع عدد الدورات

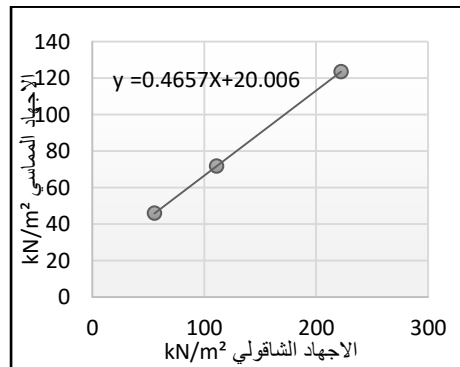
عدد الدورات	التماسك (kN/m²)	تغير التماسك %	زاوية الاحتكاك	تغير زاوية الاحتكاك %
0	20	0	10	0
1	18.53	7.35	9.9	1
2	16	20	9.9	1
3	15.81	20.95	9.8	2
4	15.56	22.2	9.6	4
5	15.56	22.2	9.41	5.9

يبين الجدول (9) أن مقدار التماسك في قيمة التماسك 22.2% بينما كان لزاوية الاحتكاك بمقدار 5.9%



الشكل (36) تغيرات بارامترات القص للتربة AB2 مع عدد الدورات

التربة AB3:

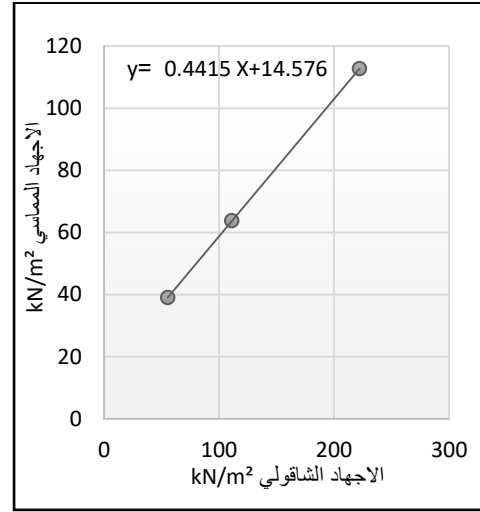


الشكل (37) مغلف مور كولومب قبل البدء بالدورات

الجدول (10) تغيرات بارامترات القص للتربة AB3 مع

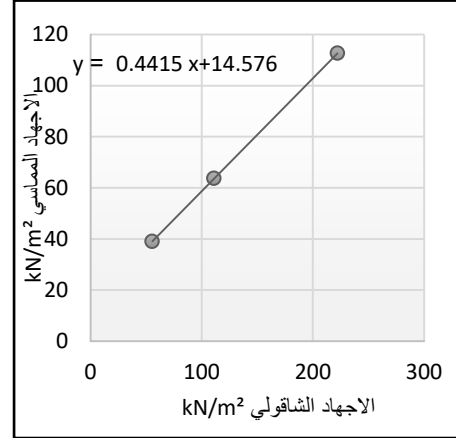
عدد الدورات

عدد الدورات	التماسك (kN/m ²)	تغير التماسك %	زاوية الاحتكاك	تغير الاحتكاك %
0	20	0	25	0
1	16.48	17.6	24.23	3
2	15.3	23.5	24	4
3	14.82	25.9	23.94	4
4	14.57	27.15	23.75	5
5	14.57	27.15	23.75	5

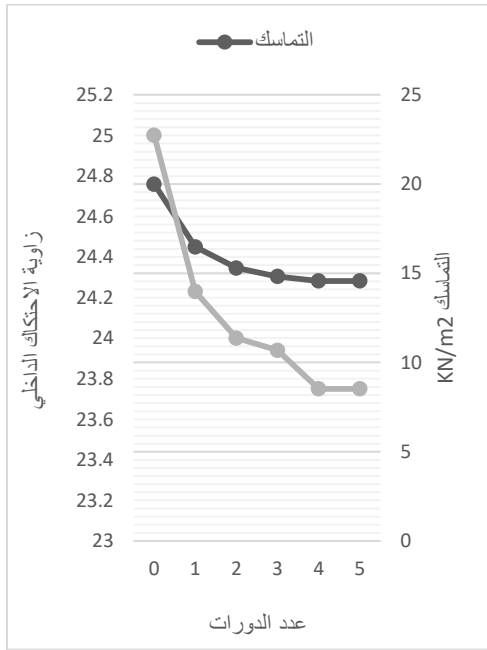


الشكل (41) مغلف مور كولومب بعد الدورة الرابعة

يبين الجدول (10) أن مقدار التناقص الحاصل في قيمة التماسك هو 27.15% أما في قيمة زاوية الاحتكاك الداخلي فكان التناقص بمقدار 5%



الشكل (42) مغلف مور كولومب بعد الدورة الخامسة



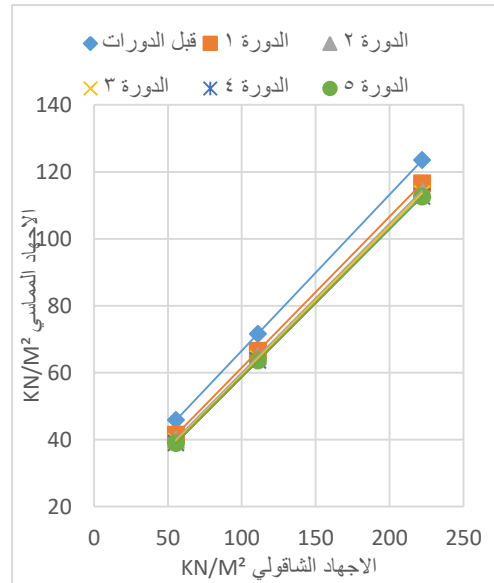
الشكل (44) تغيرات بارامترات القص للتربة AB3 مع

عدد الدورات

قيم زاوية الاحتكاك الداخلي للتربة مرتفعة نسبياً، يمكن ان يعزى ذلك لاحتواء التربة على 30% رمل و30% سيلت.

النتائج:

1- نلاحظ تناقص قيمة التشوه المحوري لكل من الترب الثلاث مع تزايد عدد الدورات وذلك حتى



الشكل (43) تغيرات مغلفات مور كولومب مع الدورات للتربة الثالثة

للتربة الأولى 11.6% وللتربة الثانية 15.2% أما للتربة الثالثة فكان 7.5 %، وذلك بسبب تناقص رطوبة الاشباع وحجم الفراغات مع ثبات حجم الجزء الصلب.

5- تبين حدوث تناقص في قيمة التماسك للتربة الأولى بمقدار 22.2% ونقصان في قيمة زاوية الاحتكاك الداخلي بمقدار 6.7%، وكان التناقص في قيمة التماسك للتربة الثانية بمقدار 22.2% وفي قيمة زاوية الاحتكاك الداخلي بمقدار 5.9%، أما للتربة الثالثة فكان التناقص في قيمة التماسك بمقدار 27.15% وفي زاوية الاحتكاك الداخلي كان التناقص بمقدار 5%، هذه التربة أعطت أكبر تغير في قيمة التماسك وأقل تغير في قيمة الاحتكاك، وهذا يعود الى احتوائها على أعلى نسبة من الرمل. تلخص نتائج التغيرات التي طرأت على قيم التماسك وقيم زاوية الاحتكاك الداخلي في الجدول (11)

6- التغيرات التي طرأت على عوامل متانة التربة أثبتت أنه لا بد من أخذ تأثير تعدد الدورات بعين الاعتبار عند تعيين الخواص الميكانيكية للتربة الغضارية الانتفاخية، وهذا ما أكدت عليه الدراسات المرجعية.

الوصول الى وضع التوازن عند الدورة الرابعة. وهذا مرتبط حسب النتائج بنسبة الغضار في كل عينة وقيم حد السيولة لها، حيث كان التناقص الأكبر للتربة الثانية التي تحتوي أعلى نسبة من الغضار وتمتلك أعلى حد سيولة بين الترب الثلاث، بينما كان التناقص الأقل للتربة الثالثة التي تحوي أقل نسبة من الغضار وأقل قيمة لحد للسيولة.

2- بالنسبة لميل منحنى تغير التشوهات المحورية مع عدد الدورات، فقد أظهرت التربة الثالثة والمحتوية على أكبر نسبة من الرمل، وأقل نسبة من الغضار مقارنة مع باقي الترب، أقل قيم لميل منحنى تغير التشوهات المحورية، بينما أظهرت التربة الثانية أعلى قيم لميل هذا المنحنى.

3- نلاحظ أن انتقال التربة الأولى قليل وذلك لعدم احتوائها على فلز المونتموريلونيت كما يبين تحليل الأشعة السينية التفريقية. لكن تأثير تعدد الدورات عليها كان واضحاً.

4- نلاحظ تناقص معامل المسامية المأخوذ في نهاية الدورات وذلك كلما ازداد عدد الدورات المطبقة على التربة، حتى يصل الى التوازن عند الدورة الرابعة، حيث كان مقدار التناقص في قيمة معامل المسامية

الجدول (11) تغير الاحتكاك والتماسك مع الدورات

		الدورة 1	الدورة 2	الدورة 3	الدورة 4	الدورة 5
AB1	تغير التماسك %	11	15	17.6	21.4	22.2
	تغير الاحتكاك %	3	5.8	6.7	6.7	6.7
AB2	تغير التماسك %	7.35	20	20.95	22.2	22.2
	تغير الاحتكاك %	1	1	2	4	5.9
AB3	تغير التماسك %	17.6	23.5	25.9	27.15	27.15
	تغير الاحتكاك %	3	4	4	5	5

المراجع المستخدمة في الدراسة:

[1] د. بنانه، محي الدين (1981) الجيولوجيا الهندسية،

ص103-101

[2] د. نجم، عبد المنير، د. عبود، نزيه. (1989).

الجيولوجيا الهندسية ص 134-135

long- term shear strength parameters for compacted beaumont clay. Austin, Texas 78763-5051

[9] Sayem Hossain, KongLing - wei, Yin Song, Effect of drying – wetting cycles on saturated shear strength of undisturbed residual soils, American Journal of Civil Engineering. Vol.4.2016, pp.156-166.

[10] Oboho Okon Emin (2018) "Environmental and Material Controls Engineered Clay on Desiccation Cracking in embankments.

[11] Mitchell, J.K, and Soga, K. (2005). Fundamentals of Soil behaviour Mechanics 3rd Edition. New York: John-Wiley and Sons. ,Tanzania, Preliminary Study

[3] Rosenbalm, Daniel2018 "Volume Change Behavior of Expansive Soils due to Wetting and Drying Cycles" pp5,6

[4] Charles Lucian Sweden 2006- Geotechnical Aspect of Building On Expensive Soils in

Kibaha

[5] Hussein,A,Elarabi.(2004). Factors influencing swelling Behavior of expansive soils.Brrj.Vol.6. pp21

[6] Abed. A, (2008). Numerical modeling of expansive soil behaviour.pp 2 PhD Thesis. Stuttgart, Germany: Universität Stuttgart;

[7] Al-Homoud A.S. et al. (1995). Cyclic swelling behavior of clays. J. Geotech. Eng. ASCE. 121: 562-565

[8] Laura E. Rogers, Stephen G. Wright (1986) The effects of wetting and drying on the