الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة قاصدي مرباح ورقلة

كلية العلوم التطبيقية

قسم الهندسة المدنية والري

مذكرة تخرج

ماستر أكاديمي

الميدان: علوم و تكنولوجيا
الفرع: أشغال عمومية
تخصص: طرق و منشآت فنية

الموضوع:

تشخيص جهاز القص ثلاثي المحاور لقسم الهندسة المدنية و الري/ جامعة قاصدي مرباح (ورقلة) تطبيق التجارب على مركب رمل - جيونسيج

من إعداد:
بن شعاعة مصطفى
حمدي إكـــــرام

تاريخ المناقشة: 14 / 06 / 2023

أمـــام اللجنة المكونة من السادة:

شاهد علي حيدر	أستاذ محاضر قسم "ب"	رئيسا
قبائلي نبيل	أستاذ محاضر قسم "أ"	مناقشا
ڤوجيل إسحاق	أستاذ معيـــــد/ باحث	مؤطرا
قبائلي مصطفى	أستاذ محاضر قسم "أ"	مساعد مؤطر

السنة الجامعية 2023/2022

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة قاصدي مرباح ورقلة

كلية العلوم التطبيقية

قسم الهندسة المدنية والري

مذكرة تخرج

ماستر أكاديمي

الميدان: علوم و تكنولوجيا
الفرع: أشغال عمومية
تخصص: طرق و منشآت فنية

الموضوع:

تشخيص جهاز القص ثلاثي المحاور لقسم الهندسة المدنية و الري/ جامعة قاصدي مرباح (ورقلة) تطبيق التجارب على مركب رمل - جيونسيج

من إعداد:
بن شعاعة مصطفى
حمدي إكـــــرام

تاريخ المناقشة: 14 / 06 / 2023

أمـــام اللجنة المكونة من السادة:

شاهد علي حيدر	أستاذ محاضر قسم "ب"	رئيسا
قبائلي نبيل	أستاذ محاضر قسم "أ"	مناقشا
ڤوجيل إسحاق	أستاذ معيـــــد/ باحث	مؤطرا
قبائلي مصطفى	أستاذ محاضر قسم "أ"	مساعد مؤطر

السنة الجامعية 2023/2022

الإهـداء

..... إلى ملاكي في الحياة إلى معنى الحب، إلى معنى الحنان والتفاني إلى كل من كان دعائها سر نجاحي وحنانها بلسم جراحي...إلى أغلى الحبايب أمي الحبيبة.

أطال الله في عمرها وبارك في صحتها إلى من أحمل اسمه بكل افتخار...إلى من كلله الله بالهيبة والوقار.... أبي الغالي.

أغلى وأعظم أب في الكون أمد الله في عمره وصحته إلى من تعجز الكلمات على وصفهم أخلي الذي ساهم في دراستي و وصولي الى ما انا فيه وأخواتي جميعاوالى جميع أفراد عائلتي كل بإسمه والى جميع أصدقائي.

بن شعاعـه مصطفى

الإهـداء

اهدي تخرجي إلى من أحمل إسمه بكل فخر إلى من حصد

الأشواك عن دربي ليمهد لي طريق العلم إلى " أبي الغالي"

إلى اليد الخفية التي أزالت عن طريقي الأشواك

و من تحملت كل لحظة ألم مررت بها و ساندتني عند

ضعفي و هزلي " أمي الحبيبة"

إلى إخوتي و أخواتي الذين هم ملاذي و رمز فخري و اعتزازي

لرفاق السنين و لكل من كان عونا و سندا في هذا الطريق

كما لا أنسى أبناء أختي فراس، أفنان، لخضر

ممتنة لكم جميعا، ما كنت لأصل لولا فضلكم من بعد الله

حمدي إكـــرام

شـــــكر وعـــرفان

قال الله تعالي﴿ وَقُلِ اعْمَلُوا فَسَيَرَى اللَّهُ عَمَلَكُمْ وَرَسُولُهُ وَالْمُؤْمِنُونَ ﴾

(سورة التوبة – الآية: 105)

أشكر الله عز وجل على توفيقه لانجاز هذا العمل

الحمدالله الذي أنار لنا درب العلم والمعرفة و أعاننا

نوجه شكرنا لكل من ساعدنا من قريب أو بعيد لإتمام هذه المذكرة وفي ظل ما واجهنا من صعوبات نشكر الاساتذة المؤطرين **مصطفى قبائلي وإسحاق ڤـوجيل** الذين أفادانا بتوجيهاتهم ونصائحهم التي كانت عونا لنا في اتمام المذكرة

كما لا يفوتني أن أوجه عبارات الاحترام والتقدير إلى أعضاء لجنة المناقشة وآرائهم القيمة.

الفهرس

المحتوى	الصفحة
الاهداء	I
شكر وعرفان	III
الفهـــــــرس	IV
قائمة الاشكال	VII
قائمة الجداول	IX
قائمة الرموز	X
مقدمة عامة	1
الفصل الأول: مقاومة التربة للقص	3
1.1- مقدمة	3
1.2- .مفهوم مقاومة التربة للقص	3
3- طرق قياس مقاومة التربة للقص	5
1.3- مدخل	5
2.3- القص المباشر	5
1.2.3- مبدأ التجربة	5
2.2.3- طريقة إجراء التجارب	6
3.2.3- التغير الحجمي والتشكلات الحادثة في الرمل خلال اختبار القص المباشر	8
4.2.3- منحنى إجهاد التشوه القصي	9
3.3- القص الدوري	10
1.3.3- الهدف من التجربة	10
2.3.3- مبدأ التجربة	10
3.3.3- طريقة إجراء التجربة	10
4.3- القص الحلقي	11
1.4.3- مبدأ التجربة	11
2.4.3- المعدات المطلوبة	11
3.4.3- طريقة إجراء التجربة	12
4.4.3- الحسابات	13
5.3- جهاز الفيكومتر	14

1.5.3- الأجهزة المستعملة	15
2.5.3- طريقة إجراء التجارب	15
6.3- اختبار القص ثلاثي المحاور	16
1.6.3- مبدأ التجربة	16
2.6.3- الهدف من التجربة	16
3.6.3- طريقة إجراء التجارب	16
الفصل الثاني: التشخيص والممارسة	20
1.2- مقدمة	20
2.2- وصف الجهاز	20
3.2- العيوب الظاهرة	23
1.3.2- العيوب المطلوب إصلاحها	23
2.3.2- ظروف العمل	24
3.3.2- المواد الإستهلاكية	25
4.2- برنامج التجارب	25
5.2- النتائج	25
الخاتمة	34
الفصل الثالث: منهجية إجراء الأعمال التطبيقية	35
1.3-مقدمة	35
2.3- المعدات اللازمة لإجراء التجارب	35
3.3- تحضير التجربة	36
4.3- التعامل و التحكم بالجهاز	37
5.3- تطبيق الإجهاد الحجمي	37
6.3- تطبيق الإجهاد الرأسي	39
7.3- تقرير النتائج	39
8.3- الحسابات	40
9.3- عرض النتائج	41
خلاصة	42
الخاتمة	44
المراجع	45

قائمة الأشكال

الشكل	الصفحة
الشكل 1.1: التشوه القصي.	4
الشكل2.1: خط كولون المسمى كذلك خط الإنهيار.	5
الشكل3.1: علبة القص المباشر (المسمات كذلك كازاڤراند).	6
الشكل4.1: أجزاء علبة كازاڤراند للقص.	7
الشكل 5.1: الإجهاد القصي(τ) بدلالة الإجهاد الناظمي (σ).	8
الشكل 6.1: العلاقة بين إجهاد القص و الإجهاد العمودي.	9
الشكل 7.1: العلاقة بين نسبة الفراغات والتشوه القصي.	9
الشكل 8.1: العلاقة بين مقدار التشوه و حجم العينة.	9
الشكل 9.1: الإجهاد القصي بدلالة التشوه القصي المباشر.	10
الشكل 10.1: العلاقة بين اجهاد القص والانفعال الدوري.	11
الشكل 11.1: منظر جانبي لخلية القص الحلقي.	12
الشكل 12.1: منظر علوي لخلية القص الحلقي.	12
الشكل13.1: جهاز الفيكومتر.	15
الشكل14.1: العلاقة بين الإجهاد القصي والضغط الشعاعي لدى تجربة الفيكومتر.	16
الشكل15.1: جهاز التحكم بالضاغط.	17
الشكل 16.1: خلية القص ثلاثي المحاور.	17
الشكل17.1: ملحقات خلية القص.	17
الشكل 18.1: دائرة مور وخط كولون.	18
الشكل 19.1: دوائر مور و خط الانهيار	19
الشكل1.2: خلايا القص ثلاثي المحاور (100مم،50 مم).	21
الشكل 2.2: أحجام الحجر المسامي.	21
الشكل 3.2: أنواع الحلقات المطاطية بمختلف الأبعاد.	21
الشكل 4.2: قاعدة علوية بأحجام مختلفة.(100مم،50مم).	21
الشكل 5.2: غشاء مطاطي بأحجام مختلفة (100مم،50مم).	21
الشكل 6.2: ورق الترشيح.	21
الشكل 7.2: جهاز الضغط لخلية القص ثلاثي المحاور.	22
الشكل 8.2: جهازالضاغط الهوائي.	22

الشكل 9.2 : خلية تحويل الضغط هواء/ماء. 22

الشكل10.2: لوحة التحكم بالضغط الحجمي و الضغط المعاكس 22

الشكل11.2: لوحة قراءة الضغط 22

الشكل 12.2:أداة تساعد في وضع الحلقات المطاطية. 23

الشكل 13.2: أداة تستحدم لوضع الغشاء المطاطي. 23

الشكل14.2: $\Delta\sigma$ بدلالة ΔH الرمل بمفرده. 26

الشكل15.2: $\Delta\sigma$ بدلالة ΔH الرمل والجيونسيج بزاوية $0°$ 26

الشكل16.2: $\Delta\sigma$ بدلالة ΔH الرمل والجيونسيج بزاوية $15°$ 27

الشكل17.2: $\Delta\sigma$ بدلالة ΔH الرمل والجيونسيج بزاوية $30°$ 27

الشكل18.2: $\Delta\sigma$ بدلالة ΔH الرمل والجيونسيج بزاوية $45°$. 28

الشكل19.2: $\Delta\sigma$ بدلالة ΔH الرمل والجيونسيج بزاوية $60°$. 28

الشكل20.2: $\Delta\sigma$ بدلالة ΔH الرمل والجيونسيج بزاوية $75°$. 29

الشكل21.2: $\Delta\sigma$ بدلالة ΔH الرمل والجيونسيج بزاوية $90°$. 29

الشكل22.2: دوائر مور المتعلقة (للرمل بمفرده). 31

الشكل23.2: دوائر مور المتعلقة بالرمل مع إضافة الجيونسيج بزاوية $0°$. 31

الشكل24.2: دوائر مور المتعلقة بالرمل مع إضافة الجيونسيج بزاوية $15°$. 32

الشكل25.2: دوائر مور المتعلقة بالرمل مع إضافة الجيونسيج بزاوية $30°$. 32

الشكل26.2: دوائر مور المتعلقة بالرمل مع إضافة الجيونسيج بزاوية $45°$. 32

الشكل27.2: دوائر مور المتعلقة بالرمل مع إضافة الجيونسيج بزاوية $60°$. 33

الشكل28.2: دوائر مور المتعلقة بالرمل مع إضافة الجيونسيج بزاوية $75°$. 33

الشكل29.2: دوائر مور المتعلقة بالرمل مع إضافة الجيونسيج بزاوية $90°$. 33

الشكل30.2: منحنى تغير قيم التماسك وزاوية الاحتكاك الداخلي بدلالة تغير زوايا وضع الجيونسيج. 34

الشكل 1.3 : كيفية تطبيق الإجهاد الحجمي على العينة. 38

الشكل2.3: دوائر مور وخط كولون. 42

قائمة الجداول

الجدول	الصفحة
الجدول رقم 1.1 :نتائج إختبار سرعة قص عينة تربة.	7
الجدول2.1: الإجهاد المحوري (σ_1) و ضغط الحصر (σ_3).	18
الجدول1.2: الإجهاداتσ_1 على الرمل بمفرده و المركب رمل – الجيونسيج.	30
الجدول 1.3: نموذج لنتائج تجربة القص ثلاثي المحاور.	40
الجدول2.3: قيم ال K و القراءات المقابلة لها على المقران.	41

قائمة الرموز

σ_3: الضغط الحصري (كيلوباسكال).

σ_1: الإجهاد الرأسي (كيلو باسكال).

ΔH: التشوه الشاقولي للعينة (مم).

A_C: المساحة المصححة (مم^2).

ΔV_S : التغير في حجم العينة (مم)

ΔH_S: التغير في ارتفاع العينة (مم).

σ: الإجهاد الناظمي (كيلوباسكال).

φ: زاوية الاحتكاك الداخلي للتربة ($^\circ$).

τ: مقاومة التربة للقص (كيلوباسكال).

ΔV : التغير الحجمي (مم^3).

Δl: التشوه القصي(مم).

مقـــــدمة عامـــــة

يعد علم ميكانيك التربة أساسيا ضمن مجال الهندسة الجيوتقنية، حيث، تشمل هذه الأخيرة كل العلوم ذات العلاقة بالأرض، تربة كانت أم صخورا، كالجيوفيزياء و الجيوكيمياء و الجيوديزيا و الجيوغرافيا و الجيولوجيا، و العلوم المنبثقة عن هذه كلها.

ترتبط الهندسة الجيوتقنية ارتباطا وثيقا بالاختصاصات الاخري في الهندسة المدنية، على سبيل المثال الهندسة الإنشائية تتعامل مع التربة والصخور كمواد بناء، وتحتاج لتعامل مع التربة عند تصميم وتنفيذ الأجزاء المتصلة بالتربة من المنشآت كالأساسات والجدران الإستنادية. ومن أهم الدرسات والتجارب التي تجري على التربة ومن بينها تجارب القص ثلاثي المحاور التي تعد من أهم التجارب وأكثر تطورا وتفصيلا في مجال ميكانيك التربة الذي يختص بدراسة التربة وطريقة تصرفها عند تعرضها للأحمال ومن المهم التعرف على إجراء تجارب القص ثلاثي المحاور و كيفية إستخدام الأجهزة لما لها من أهمية كبيرة.

حيث لوحظ وجود جهاز القص ثلاثي المحاور في قسم الهندسة المدنية والري لجامعة قاصدى مرباح ورقلة لكنه تقريبا غير مستخدم نظرا لوجود بعض الأعطال مما أدى إلى عدم إستعماله في إجراء الأعمال التطبيقية ونقص في تكوين الطلبة من ناحية إجراء هذه التجارب وكيفية استعمال الأجهزة، كأجهزة أخرى ممكنة الإستعمال لكن بدرجات متفاوتة كذلك. وهذا النقص غير مواكب للطلبة بالنسبة للجامعات الجزائرية الأخرى.

تتمثل الدراسة العلمية في تشخيص جهاز القص ثلاثي المحاور، و معرفة الأعطال الموجودة به، و كذلك إدارجها في قائمة المستلزمات الناقصة من أدوات و معدات و مواد استهلاكية حتى يمكن تشغيل الجهاز بشكل سليم في مخبر قسم الهندسة المدنية و تعلم طريقة إجراء الأعمال التطبيقية وتعلم كيفية إجراء تجارب القص ثلاثي المحاور.

طريقة إجراء تجارب القص ثلاثي المحاور والتي تتمثل في تحضير عينات أسطوانية الشكل و تغليفها بالغشاء المطاطي باستعمال الأدوات المناسبة و تطبيق قوى خارجية على العينات حتى يحدث الإنهيار ثم إخراجها لوصف شكل إنهيارها و إيجاد محتوى الرطوبة، وبالمناسبة في وقت إجراء التجارب يتم إكتشاف الأعطال الموجودة بالجهاز و تسجيلها لإصلاحها أو تغييرها و في هذا الإطار يتم الوصول إلى إصلاح الأعطال الموجودة في أجهزة القص ثلاثي المحاور لقسم الهندسة المدنية و الري لجامعة قاصدي مرباح ورقلة و تعلم كيفية إستعمالها و إجراء التجارب الخاصة بها.

تتكون المذكرة الحالية من ثلاثة فصول. الفصل الأول هو عموميات حول مفهوم وطرق قياس مقاومة التربة للقص. الفصل الثاني هو وصف جهاز القص ثلاثي المحاور ومعرفة العيوب فيه وكفية إجراء التجارب وإظهار نتائج التجارب التي تم إجرؤها علي الرمل والجيونسيج. الفصل الثالث هو عبارة عن تعلم كيفية تحضير التجربة وكيفية التعامل مع الجهاز وإعطاء منهجية إجراء الأعمال التطبيقية داخل المخبر.

مقاومة التربة للقص

الفصل الأول: مقاومة التربة للقص

1.1 مقدمة

إن معرفة مقاومة التربة للقص أمر مهم و أساسي في مختلف مسائل ميكانيكا التربة كتصميم المنشآت الترابية و توازن المنحدرات و تصميم الجدران الساندة و حساب حاملية التربة، و تختلف مقاومة التربة للقص بحسب نوع التربة بحيث إذا كانت التربة خشنة يكون بها الإحتكاك قويا والتلاصق ضعيف إلى مهمل. أما التربة الدقيقة فهي بالعكس من ذلك إحتكاكها ضعيف وتلاصقها ملفت للإنتباه. و تستمد التربة مقاومتها للقص من المقاومة الداخلية لهيكلها الحبيبي (خصوصا شكل وحروشة الحبيبات، و تشابك هذه الأخيرة). تتوقف مقاومة التربة للقص أساسا على خاصيتين قاعديتين هما:

- الاحتكاك الداخلي (المعبر عنه بالزاوية φ) بين حبيبات التربة.
- التماسك (التلاصق) الحاصل بين حبيبات التربة. يعبر عنه بالرمز C.

وهاتين الركيزتين قد تكون مجتمعة أو منفردة لتشكل نوع التربة. في حالة الترب الخشنة، كالحصى والرمل، تكون الخاصية الأولى (الإحتكاك) كبيرة القيمة وملحوظة الدلالة، أما في حالة الترب الدقيقة (الغبار و الغضار)، فهي على العكس من ذلك:

- احتكاك ضعيف وتلاصق ملفت للإنتباه.

تقاس هاتين الخاصيتين وفق عدة طرق، منها:

القص المباشر(أحادي الإتجاه)، القص الدوري (المتواتر ذهابا وإيابا)، القص الحلقي، القص ثلاثي المحاور.

يحوي هذا الفصل على مجموع المعلومات والمعارف الموضحة للطرق العامة لإجراء تحارب القص على الترب.

2.1 مفهوم مقاومة التربة للقص

مقاومة التربة للقص هي من الخصائص الهامة الدالة على القيمة الميكانيكية للتربة، ومنها تقتبس كل أنواع المقاومات الأخرى (الضم، الإنكماش، التحدب، التشقق، ...). عمليا، ينظر إلى مقاومة التربة للقص بقدر إسقاطها كحاملية للتربة للقوى الآتية من قبل المنشآت المنجزة. تستعمل الخاصيتين المركبتين لمقاومة التربة للقص (التلاصق و الإحتكاك) كثيرا في المسائل العامة للهندسة الجيوتقنية كالجدران الساندة، وتوازن المنحدرات الترابية والاساسات، والبنايات التحتية، والركامات والسدود.

يتم التعرف على مقاومة التربة للقص بغرض تفادي تحميل التربة بأكثر مما تطيق. يحرص التقنيون على الإبقاء على هامش سلامة (معامل أمان) بين القوى المطبقة على التربة و مقاومة هذه الأخيرة للقص. الشكل (1-1) يظهر صورة التشوه القصي للتربة، الشكل (2.1) خط كولون المسمى كذالك خط الإنهيار.

الشكل 1.1: التشوه القصي.

يعبر عن مقاومة التربة للقص بمعادلة كولون التالية:

$$\tau = c + \sigma.tg(\varphi)$$

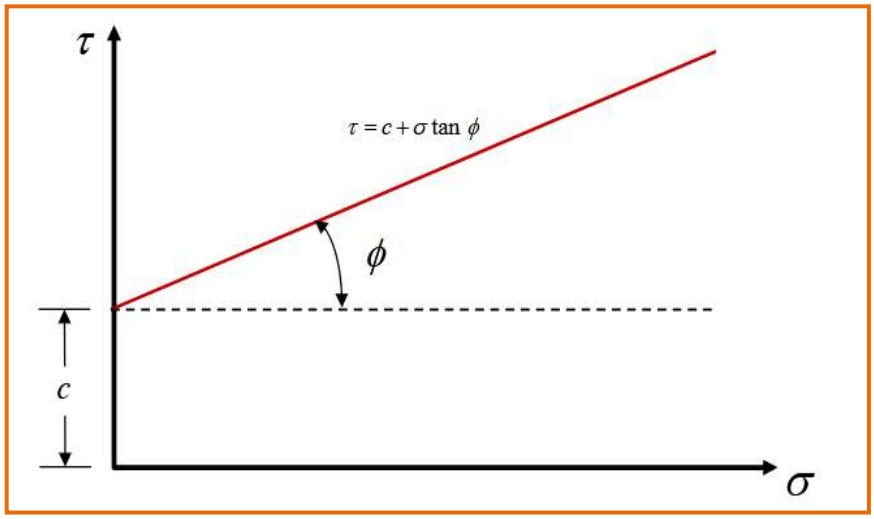
حيث:

τ: مقاومة التربة للقص (كيلوباسكال).

C: تماسك التربة (كيلوباسكال).

σ: الاجهاد الشاقولي المطبق على الهيكل الحبيبي عند مستوي القص (كيلوباسكال).

φ: زاوية الاحتكاك الداخلي للتربة.



الشكل2.1: خط كولون المسمى كذلك خط الإنهيار.

3-1 طرق قياس مقاومة التربة للقص

1-3-1 مدخل

يتم تقدير الخصائص القصية للتربة (إجهاد التلاصق و زاوية الاحتكاك الداخلي) من خلال إجراء تجارب مخبرية. تختلف التجارب الخاصة بقياس الخصائص القصية وفق طبيعة التربة و الظروف العامة التي تحكم اشتغال هذه الأخيرة. من بين الطرق الشائعة المعتمدة لقياس الخصائص القصية للترب، تجربة القص المباشر والقص الدوري والقص الحلقي والقص ثلاثي المحاور. تعطي كل طريقة قياس نتائج مختلفة شيئا ما عن بعضها البعض، مما يدل أن هذه الخصائص ليست ذاتية بالمعنى المطلق.

2-3 القص المباشر

تجرى عادة تجربة القص المباشر على الترب الخشنة، أي ذات النفاذية الكبيرة. ذلك لأن انهيارها يحدث في ظروف مصرفة، وهذه ما يتوافق مع جهاز القص المباشر.

1-2-3 مبدأ التجربة

يتم تطبيق قوة القص على عينة التربة (وهي محتواة في جهاز القص) بواسطة محرك يقوم بدفع نصف من العينة بشكل مماسي مقارنة بنصفها الثاني، مما ينتج عنه إزاحة أفقية بين نصفي العينة قيد التجربة. يتم قياس هذه الإزاحة بخطوات تشوه منتظم، وكذا قوة القص وانضغاط العينة أو تمددها.الشكل(3.1)علبة القص المباشر.

الشكل3.1: علبة القص المباشر (المسمات كذلك علبة كازاڤراند).

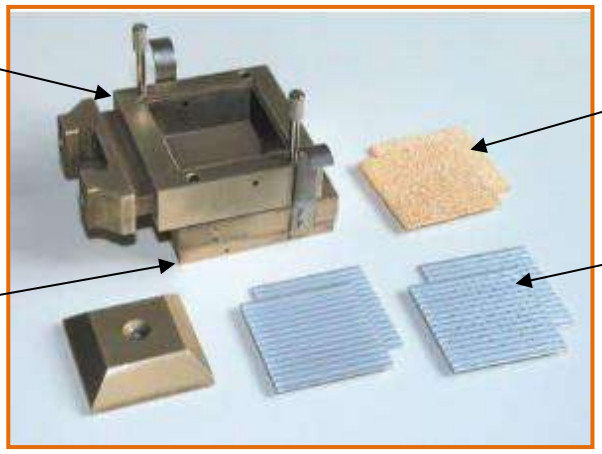
3-2-2 طريقة إجراء التجارب

تجرى تجارب القص المباشر على ثلاث عينات متماثلة من التربة، ثم ينظر إذا ما ينبغي إجراء تجارب أخرى ينبغي أن تكون النتائج المتحصل عليها (أو على الأقل معظمها) متمثلة على استقامة واحدة في المعلم (τ, σ).

يتم في كل مرة تطبيق قيم مختلفة لقيمة الإجهاد الرأسي (الناظمي)، وقياس الإجهاد المماسي الناتج عن ذلك.

الخطوات العامة لإجراء التجارب هي:

- توضع عينة التربة في علبة القص و يوضع أعلى و أسفل العينة أقراص مسامية و ورق الترشيح، ثم يوضع المكبس فوق القرص المسامي العلوي وتوضع كرية معدنية في موضعها فوق المكبس، وهي تهدف إلى تطبيق الحمولة بشكل مركز تماما على محور المكبس، الشكل(4.1) أجزاء علبة **كازاڤراند** للقص.
- تثبت رافعة الأوزان في مكانها و توضع عليها الأحمال المطلوبة مع (توقيف التنفيذ إلى غاية الشروع في التجربة). التحقق من أن ذراع الرافعة أفقيا عند بداية التحميل.
- يتم اختيار سرعة القص حسب نوع الفحص المطلوب (سريع أم بطيء).
- تنفيذ الحمولة الشاقولية ومباشرة تطبيق القوة المماسية على عينة التربة.
- الاستمرار في ذلك على غاية ملاحظة أولى علامات الإنهيار القصي.
- توضح نتائج اختبار القص لعينة التربة الموافقة للحمولات الشاقولية المطبقة في الجدول رقم (1.1) كالتالي:



الشكل4.1: أجزاء علبة كازاغرند للقص.

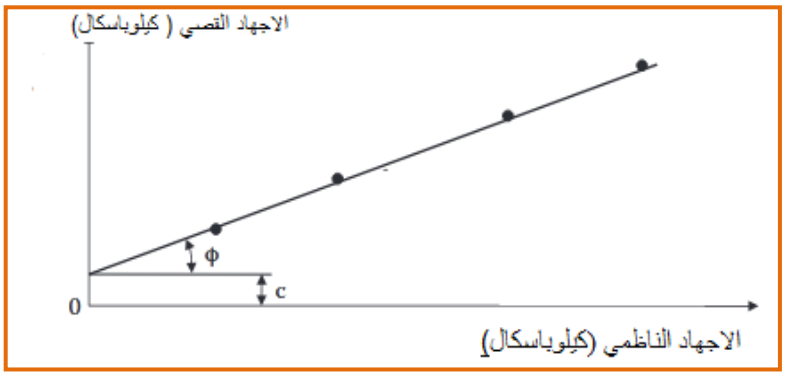
الجدول رقم 1.1 :الجدول النموذجي لتسجيل نتائج تجربة القص المباشر.

التشوه المماسي (مم)	Ac(مم^2)	قراءات(م.ق.)	القوة (كن)	σ(كيلوباسكال)		τ(كيلوباسكال)
0	-	-	-	-	-	-
0.25	-	-	-	-	-	-
0.5	-	-	-	-	-	-
0.75	-	-	-	-	-	-
1	-	-	-	-	-	-

حيث:

- Ac: المساحة الصححة: $Ac = L^*(l - \Delta l)$ (L: عرض علبة القص).
- Δl : الإزاحة (التشوه النسبي بين جزءي العلبة) مم.
- σ: الإجهاد الناظمي. $\sigma = N/A$
- τ :الإجهاد القصي. $\tau = F/A_c$
- A : المساحة الأفقية لعلبة القص.
- **F** : القوة المماسية المطبقة من طرف المحرك.
- **N** : القوة الناظمية المطبقة على عينة التربة.

عند إجراء التجارب اللازمة وملأ جدول القياسات، يتم رسم المنحني البياني الممثل للإجهاد القصي(**τ**) لدى كل تجربة بدلالة الإجهاد الناظمي(**σ**) كما يبين المثال النموذجي في الشكل (5.1):



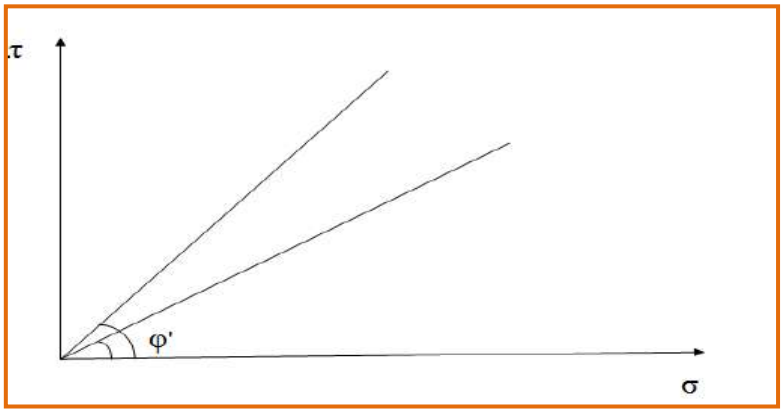
الشكل 5.1: منحني الإجهاد القصي(**τ**) بدلالة الإجهاد الناظمي (**σ**).

وعند رسم المنحني البياني في (الشكل 5.1)، يتم الإستدلال على الخصائص القصية للتربة C و φ .

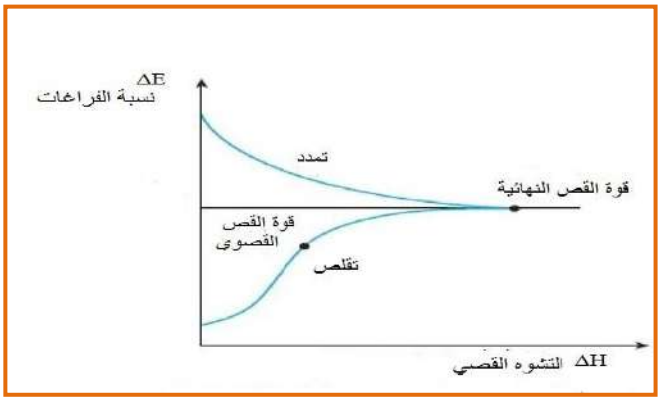
3-2-3 التغيير الحجمي والتشكلات الحادثة في الرمل خلال اختبار القص المباشر

علاوة عن تعين العلاقة بين إجهاد مقاومة القص(**τ**) والإجهاد العمودي (**σ**) لعينة التربة فإنه يمكن قياس مقدار التشوه الذي يحدث في العينة في الاتجاه الرأسي Δl وهو يعبر عن التغيير الحجمي ($V\Delta$) لعينة التربة.

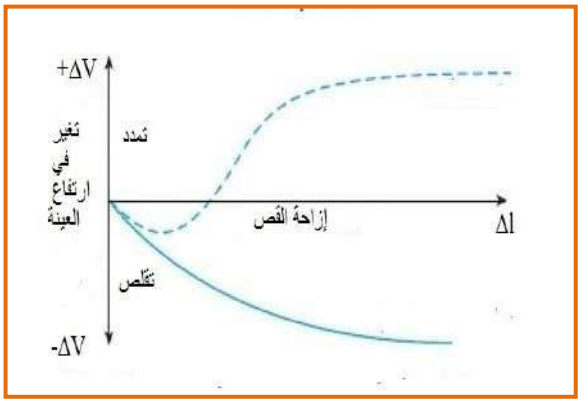
يبين الشكل (6.1) نتائج اختبار القص المختلفة لعينة من تربة رملية وذلك في حالتيها الكثيفة والسائبة.



الشكل 6.1: العلاقة بين إجهاد القص والإجهاد العمودي.



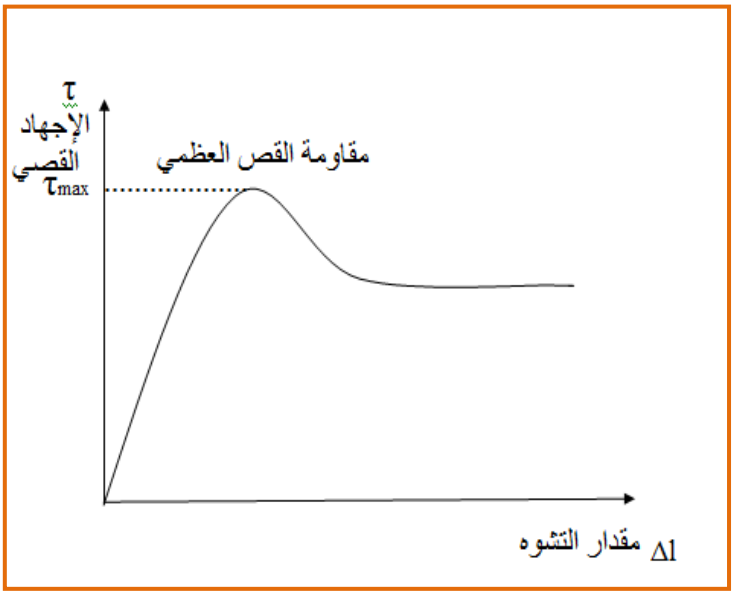
الشكل 7.1: العلاقة بين نسبة الفراغات والتشوه القصي.



الشكل 8.1: العلاقة بين مقدار الشتوه وحجم العينة.

3-2-4 منحنى تغير الإجهاد القصي

يبين الشكل(9.1) منحنى العلاقة بين مقدار إجهاد مقاومة القص (τ) على عينة معرضة إلى تشوه قصي، ومقدار التشوه الذي يحدث في العينة نتيجة للإجهاد العمودي (σ)حيث في هذا المنحنى يزداد إجهاد القص مع زيادة التشوه القصي وذلك حتى يصل إلى أقصي قيمة ممكنة في المنحنى وهي التي بعدها تقل مقاومة القص للتربة مع زيادة ملحوظة وكبيرة في مقدار التشوه إلى الحد الذى تثبت عنده المقاومة فى المنحنى.



الشكل 9.1: منحنى الإجهاد القصي ومقدار التشوه بالقص المباشر.

3-3 القص الدوري

3-3-1 الهدف من التجربة

الهدف من إجراء تجربة القص الدوري هو تقييم سلوك المنشأ المنجز في مواقع معرضة لقوة متواترة: زلزال،ذبذبات،آلات ثقيلة، رياح متكررة.

3-3-2مبدأ التجربة

القص الدوري هوا اختبار مناسب لتحديد قوة التواترفي التربة، وهو أداة مناسبة لدراسة الترب المفككة المشبعة.

3-3-3 طريقة إجراء التجربة

عينة التربة المستخدمة ارتفاعها 20-30 مم،قطرها 60-80 مم يتم تعريضها إلى إجهاد شاقولي فعال σv ثم يتم تطبيق إجهاد قص دوري τ.

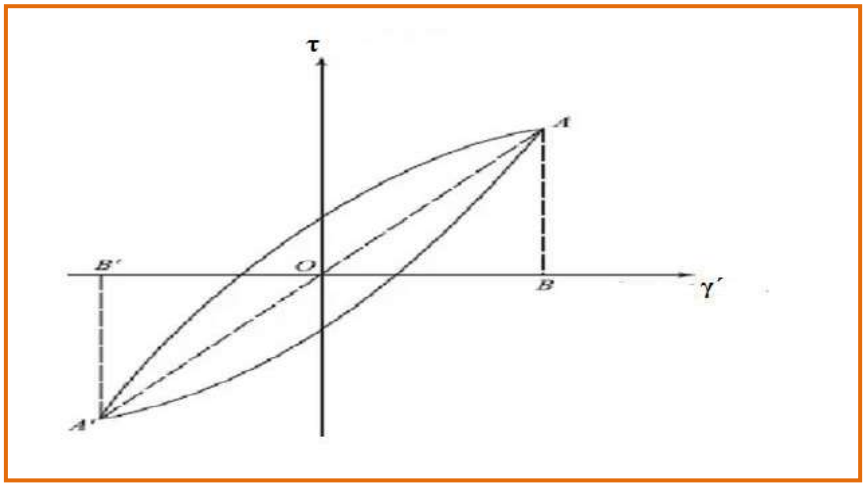
يعطي معامل قص التربة في اختبار القص الدوري بالعلاقة :

$$G = \frac{\tau}{\gamma'}$$

يمكن الحصول على نسبة التخامد من أجل سعة تشوه قص معطاة من المخطط الهيستيري الاجهاد –الانفعال :

مساحة الحلقة الهيسترية

$$D = \frac{1}{2\pi} \frac{\text{مساحة الحلقة الهستيرية}}{\text{مساحة المثلث } OAB \text{ و} OA'B'}$$



الشكل 10.1: العلاقة بين اجهاد القص والانفعال الدوري.

يبين الشكل 10.1العلاقة بين معامل القص G وانفعال القص الدوري γ' من أجل قيمتين.

3-4 القص الحلقي

3-4-1 مبدأ التجربة

يقوم القص الحلقي على مبدأ تطبيق قوة تدوير (أي عزم) على عينة التربة مقسمة إلى نصفين، تماما كما هو الحال في علبة كازاغراند الدائرية. يحدث هذا العزم تشوه قص في شكل فتل. بهذا يمكن تدوير نصفي عينة التربة بشكل نسبي إلى زاوية بقيمة كبيرة (نظريا غير منتهية).

3-4-2 المعدات المطلوبة

1- حاوية نموذج وهي عبارة عن خلية تمتلك حلقتين متطابقتين لحصر النموذج بصلابة شعاعياً مع صمام ماء مرتبط يسمح بغمر النموذج أثناء الفحص، تكون الخلية قابلة للإزالة عن نظام التحميل الشاقولي للسماح بتحضير النموذج أثناء القص، يدور نصف الخلية السفلي في حين يبقى الجزء العلوي ثابتا. ترتبط الحلقتان العليا و السفلى بلوحتين نفاذتين مع أسطح نظيفة مخشنة لمنع الإنزلاق عند سطح تماس

اللوحة مع التربة، يجب أن تكون هتان اللوحتان صلبتان بكفاية لتحمل القوة الشاقولية. يبين الشكلان (11.1) و(12.1) كيفية توضع أجزاء الخلية وكيفية حدوث القص.

الشكل 11.1: منظر جانبي لخلية تجربة القص الحلقي

الشكل 12.1: منظر علوي لخلية القص الحلقي

2- سكينة ذات نصل رفيع.

3- ميزان يقرأ بدقة قدرها0.01غرام.

4- ساعة توقيت تقرأ بدقة قدرها 1 ثانية.

5- معدات محتوى الرطوبة.

6- مجهز ماء بدرجة حرارة المختبر.

7- صحن تبخير.

3-4-3 طريقة إجراء التجربة

1- تحضير العينة:

وزن مجموع الأعضاء التي تكون الخلية فارغة بدقة تساوي على الأقل 0.01 غرام.

تحضير كتلة (أكثر من 400 غ) من التربة المراد إقامة التجربة عليها تكون ممررة عبر الغربال ذي الفتحة 1,18مم.

2- طريقة التجربة:

- إضافة قليل من الماء لكمية التربة المستقدمة للحصول على عجينة متجانسة.
- ملء خلية تجربة القص بهذه التربة عجينة الشكل.
- قياس نسبة التمييه من خلال جزء من العجينة المتبقية.

- قياس كتلة خلية القص (بقرابة 0,1 غ) وهي حاوية للتربة المحضرة.
- ضبط ذراع التحميل في الوضعية الأفقية تماما وتثبيته بالمكبح المعد لهذا الغرض.
- تثبيت مقران قياس التشوه الشاقولي في نقطته المعلمية مع تسجيل القيمة الابتدائية المقروءة به.
- وضع الأوزان التي تناسب الإجهاد (σ'_n) الشاقولي المراد تطبيقه.
- تحرير مكبح ذراع التحميل للسماح بتطبيق الإجهاد الشاقولي، وبداية انضغاط عينة التربة.

3-4-4الحسابات

- **معدل الإزاحة الخطية المصححة**

1. حساب معدل الإزاحة الخطية الظاهرة **D**(مم) لكل مجموعة من القراءات أثناء تجربة القص:

$$D = \frac{Q\,r}{57.3}$$

بحيث:

r– نصف قطر عينة التربة محل التجربة(مم) .

Q– زاوية التدوير (°)

2. حساب معدل الازاحة الخطية للوحة العليا d (مم) لكل مجموعة قراءات مأخوذة أثناء تجربة القص من المعادلة التالية:

$$d = \frac{(A+B)F.r}{L}$$

بحيث:

A-هي القراءة على مقران قياس القوة A (بالتدريجات).

B-هي القراءة على مقران قياس القوة B (بالتدريجات).

F- هو معدل معامل الإزاحة لدى مقران قياس القوة (مم\تدريجة).

L- هي المسافة بين نقطتي تسليط حلقتي القوة على رافدة اللي (مم) .

3. معدل الإزاحة الخطية المصححة D_1(مم):

$$D_1 = D - d$$

4. معدل إجهاد القص:

عند حساب الاجهادات، يفترض كل من الإجهاد الشاقولي والإجهاد المماسي (إجهاد القص) موزعان بانتظام على امتداد مستوي القص.

5. حساب معدل الإجهاد τ(كيلو باسكال) عند مستوي القص لكل مجموعة من القراءات المسجلة أثناء التجربة:

$$\tau = \frac{0.239(A+B)LR_F\ X10^3}{(r_2^3 - r_1^3)}$$

A- هي القراءة على مقران قياس القوة A (بالتدريجات).

B- هي القراءة على مقران قياس القوة B (بالتدريجات).

R_F- معدل معامل حلقة قياس القوة (نيوتن/ تدريجة).

L- المسافة بين نقطتي تسليط حلقتي القوة على رافدة اللي (مم).

3-5جهاز الفيكومتر

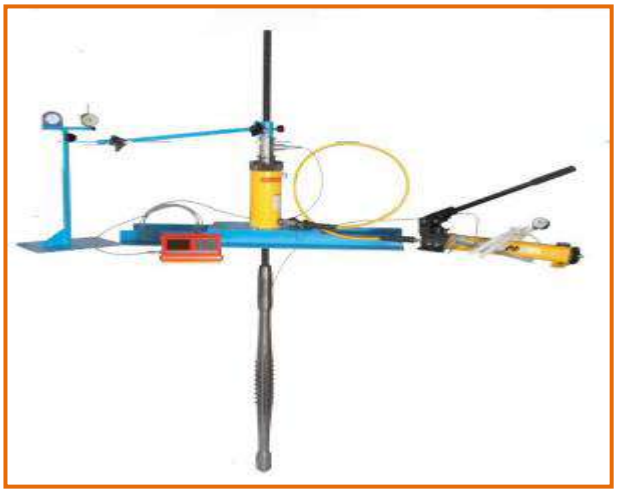
يستعمل جهاز الفيكومتر لقياس الخصائص القصية للتربة وهما زاوية الإحتكاك الداخلي والتماسك (التلاصق) في الموقع، يتم تنفيذ الإختبار بواسطة جهاز الفيكومتر والذي يتألف من مسبار قابل للنفخ مزود بأسنان أو بمخالب معدنية. يتم إدخال المسبار في بئر بقطر (60مم إلى 64مم) .

يتم تطبيق ضغط نفخ على المخالب لجعلها تخترق التربة المحيطة، و يتم سحب المسبار بسرعة إزاحة ثابتة.

تتمثل مزايا هذا الجهاز من ناحية في إمكانية إجراء الاختبارات على التربة التي لا يمكن أخذ عينات منها أويصعب أخذ عينات منها، ومن ناحية أخرى لسرعة إجراء هذه الاختبارات.

3-5-1 الأجهزة المستعملة

- جهاز الفيكومتر يتكون من :
  - ✓ مسبار الفيكومتر.
  - ✓ أجهزة السطح.
  - ✓ وحدة التحكم في الضغط و الحجم.
  - ✓ نظام تطبيق حمل الإستخراج.



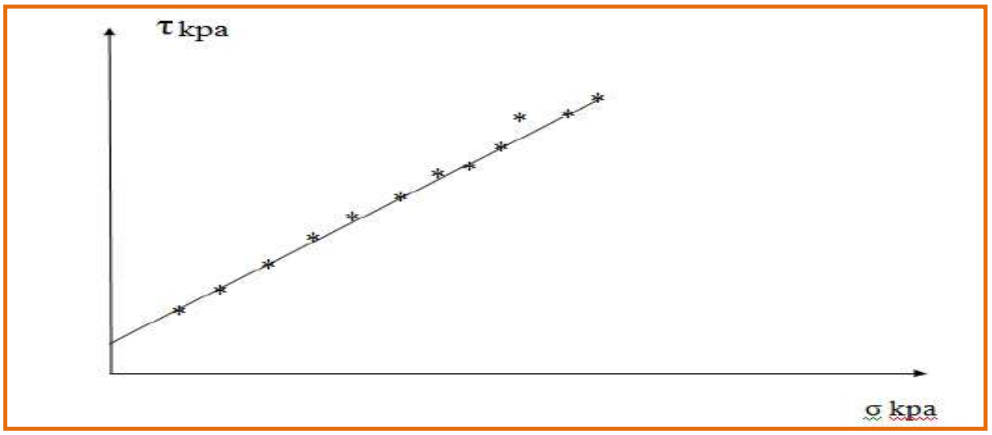
الشكل13.1: جهاز الفيكومتر

3-5-2 طريقة إجراء التجارب

يتم إجراء الإختبار على مرحلتين:

- يتم إدخال مسبار حلقي اسطواني في بئر ثم تطبيق الضغط الشعاعي مما يجعل الأسنان التي تحيط بالمنفاخ تخترق التربة.
- سحب المسبار بسرعة إزاحة ثابتة مع الحفاظ على ثبات الضغط الشعاعي.

ومن ثم يتم رسم المنحني البياني الذي من خلاله يتم استحراج الخصائص القصية C،φ. (الشكل 14.1)



الشكل14.1: العلاقة بين الإجهاد القصي والضغط الشعاعي لدى تجربة الفيكومتر

3-6اختبار القص ثلاثي المحاور

3-6-1 مبدأ التجربة

تخضع عينة أسطوانية من التربة مغلفة في غشاء مطاطي وموضوعة في خلية مملوءة بالماء لضغط جانبي 3σ ، ثم يطبق محوريا إجهاد شاقولي إضافي يدعى إجهاد الفرق. يكبر أجهاد الفرق إلى غاية الحصول على حالة انهيار لعينة التربة، ومنه الاستدلال على قيم الخصائص القصية للتربة: زاوية الاحتكاك φ و إجهاد التماسك C.

3-6-2 الهدف من التجربة

الهدف من تجربة القص ثلاثي المحاور هو تعيين قيم الخصائص القصية للتربة، وهما زاوية الإحتكاك الداخلي للتربة (φ) وإجهاد التماسك (C)، يسمى هذا الأخير كذلك بإجهاد التلاصق. تستعمل هذه الخصائص القصية في كثير من المسائل الجيوتقنية والتصاميم الهندسية.

3-6-3 طريقة إجراء التجارب

تجرى تجارب القص ثلاثي المحاور على ثلاث عينات متماثلة من التربة، ثم ينظر إذا ما ينبغي إجراء تجارب أخرى.بمعني كل مرة تغيير الضغط الحصري 3σ المطبق على عينة التربة (مثلا: 100كن\م^2، 200 كن\م^2، 300كن\م^2).

الخطوات العامة لمجموع التجارب هي كالتالي:

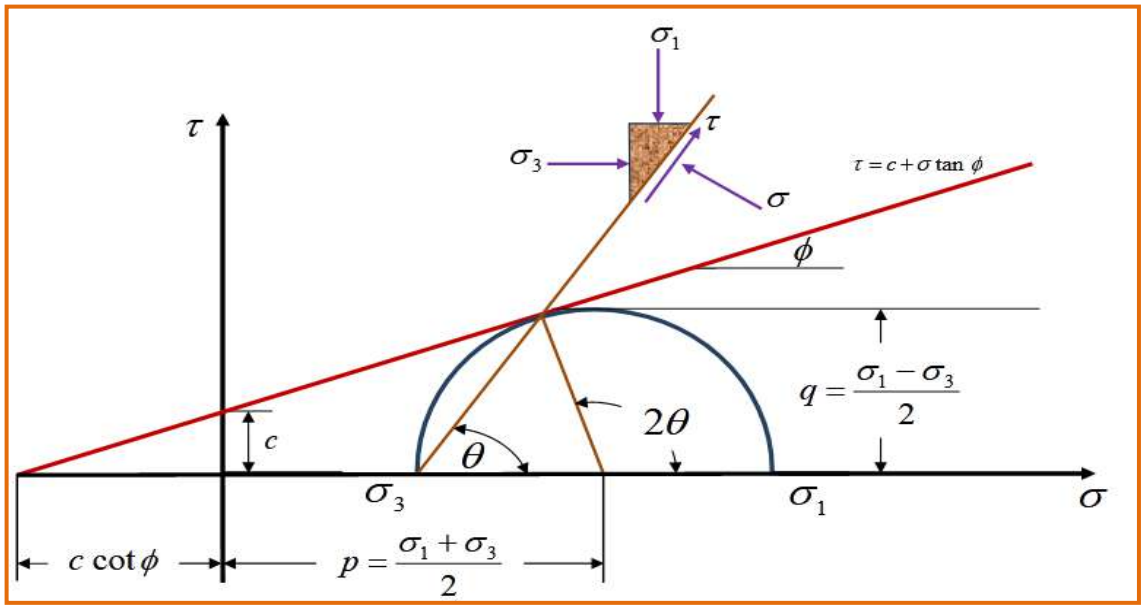
- تحضير عينات من التربة وفق الأبعاد المرجوة.

- وضع عينة التربة في خلية الجهاز: – مغلفة بغشاء مطاطي – موضوعة بين حجرين مساميين – وضع ورق الترشيح – تثبيت الحلقتين المطاطيتين – إغلاق الخلية. كما يوضح (الشكل16.1) و (الشكل17.1).
- ملء الخلية بالماء
- تطبيق ضغط حصر σ_3 .
- وضع الخلية ضمن جهاز الضغط.(الشكل15.1).
- تطبيق الإجهاد إلى غاية الحصول على الإنهيار القصي.
- تدوين النتائج المتحصل عليها و رسم دوائر مور (كما يبينه الشكل 18.1 أدناه) و منه الإستدلال على الخصائص القصية للتربة C و φ.

الشكل15.1: الجهاز الضاغط.

الشكل 16.1: خلية القص ثلاثي المحاور.

الشكل17.1:ملحقات خلية القص.



الشكل 18.1: دائرة مور وخط كولون.

يمكن من خلال دائرة مور استنتاج العلاقات الرياضية التالية:

$$\sin \emptyset = \frac{q}{\mathrm{c} \cot \emptyset + \mathrm{p}} = \frac{\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}}{\mathrm{c} \cot \emptyset + \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2}}$$

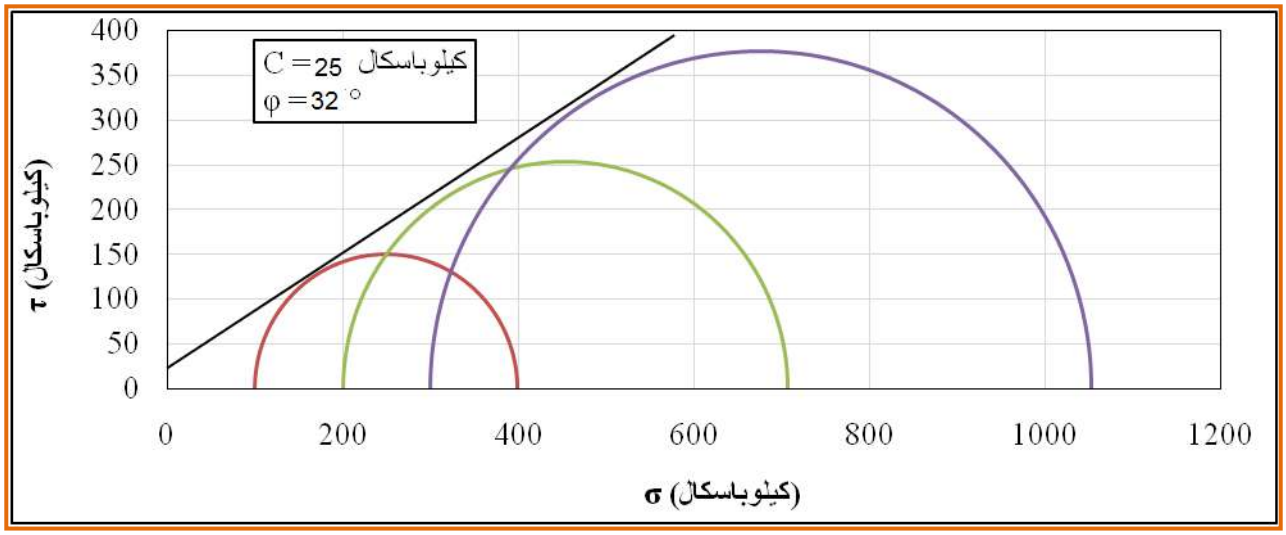
وبإدراج بعض العلاقات الرياضية من حساب المثلثات في العلاقة السابقة فإنه يتم حساب الإجهاد العمودي σ_1 كمايلي:

$$\sigma_1 = \sigma_3 \tan^2\left(45 + \frac{\emptyset}{2}\right) + 2\,c \tan\left(45 + \frac{\emptyset}{2}\right)$$

يعطي الجدول 2.1 نتائج نموذجية عن الإجهاد المحوري وضغط الحصر لثلاث تجارب قص ثلاثي المحاور.

الجدول2.1: الإجهاد الرأسي (σ_1) و ضغط الحصر (σ_3)

التجربة 01	التجربة 02	التجربة 03		
100	200	300	σ_3	ضغط الحصر (كيلوباسكال)
399	707	1053	σ_1	الضغط الرأسي(كيلوباسكال)



الشكل 19.1: دوائر موهر و خط الانهيار

- حيث يتم الاستدلال علي الخصائص القصية للتربة (**C** و**φ**) من خلال رسم دوائر مور وخط الانهيار .يسمى خط الإنهيار كذلك بخط كولون، وهو مماسي على دوائر مور للإجهادات.

التشخيص والممارسة

الفصل الثاني: التشخيص و الممارسة

1.2. مقدمة

يعتبر هذا الفصل من أهم الفصول ضمن هذه المذكرة، وهو يعكس عنوان المذكرة. يعنى الفصل الحالي بتشخيص جهاز القص ثلاثي المحاور. هذا الجهاز مصمم لإجراء تجارب القص ثلاثي المحاور، لكنه يمكن أيضا من إجراء تجارب أخرى كتجربة الضغط و تجربة النفاذية. يتم في هذا الفصل وصف هذا الجهاز ومعرفة كيفية تشغيله واستخلاص النتائج.

تجدر الإشارة إلى أن هذا الجهاز لا يعمل بشكل سليم على الرغم من أهميته البالغة للتجارب الممارسة ضمن إطار مكانيك التربة، مما يعود بالسلب على الرصيد العلمي للطالب. يهدف هذا الفصل أساسا إلى تعيين الأعطال الموجودة بالجهاز وإدراجها في شكل قائمة مستلزمات ليتم إصلاحها وإستغلال هذا الجهاز خدمة للأجيال الطلابية القادمة.

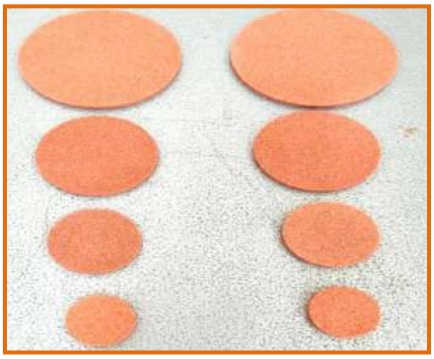
2.2. وصف الجهاز

يتكون جهاز القص ثلاثي المحاور من عدة عناصر أساسية وهي:

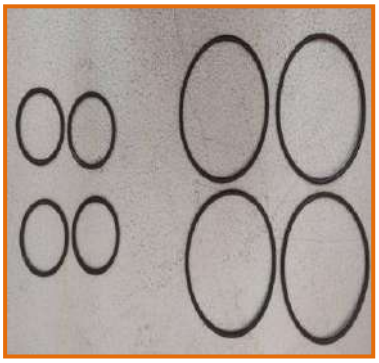
1- خلية القص ثلاثي المحاور: توجد هذه الخلية بأحجام مختلفة وفقا للأقطار المراد إختبارها على سبيل المثال خلية (100مم، 50مم). تحتوي كل خلية على 3 حنفيات للسماح بتعبئة الخلية أو عينة التربة بالماء، و كذا تصريف الماء من التربة المجربة أو تفريغ الخلية من الماء تتكون كل خلية ثلاثية المحاور من:

- حجرين مساميين: يستخدم أحدهما في أعلى عينة التربة و الآخر عند قاعدة العينة. يضمن كل حجر مسامي إمداد عينة التربة بالماء بشكل متكافئ على امتداد كل قاعدة، وكذا تصريف المياه الخارجة من عينة التربة.
- حلقتان مطاطيتان: تستخدم لتثبيت الغشاء المطاطي عند الأسفل و الأعلى.
- غشاء مطاطي: غشاء مقاوم للماء يحفظ عينة التربة من ماء الخلية.
- أوراق الترشيح: تستخدم هذه الأوراق، من جهة لمنع توسخ الأحجار المسامية بمادة التربة، ومن جهة أخرى للإسهام في تصريف الماء الخارج من عينة التربة.
- قاعدة علوية: تكون بقطر يساوي قطر العينة تسمح بالتطبيق المنتظم للقوة الشاقولية على السطح بأكمله.

الشكل1.2:خلايا القص ثلاثي المحاور (100مم،50مم).



الشكل 2.2:أحجام الحجر المسامي.



الشكل 3.2:الحلقات المطاطية بمختلف الأبعاد.

الشكل 4.2:قاعدة علوية بأحجام مختلفة.(100مم، 50مم).

الشكل 5.2:غشاء مطاطي بأحجام مختلفة (100مم، 50مم).

الشكل 6.2: ورق الترشيح.

2- جهاز الضغط لخلية القص ثلاثي المحاور والذي يحتوي على شاشة تحكم ومؤشرات للقراءات. (الشكل 7.2).

3- جهاز الضاغط الهوائي: الذي من خلاله يتم شحن أي ضغط مائي ينبغي تطبيقه. (الشكل 2.8).

4- خلية تحويل الضغط هواء/ماء. (الشكل2.9).

الشكل 7.2:جهاز الضغط لخلية القص ثلاثي المحاور.

الشكل 8.2: جهاز الضغط الهوائي.

الشكل 9.2 : خلية تحويل الضغط هواء/ماء.

5- لوحة التحكم في الصمامات وخزان الماء و مؤشر قراءة الضغط على العينة. (الشكل10.2).

6- لوحة التحكم في صنابير الضغط σ_3 و صمامات الماء الذي يملأ خلية القص ثلاثي المحاور.(الشكل11.2).

الشكل10.2: لوحة التحكم بالضغط الحجمي والضغط المعاكس

الشكل11.2: لوحة قراءة الضغط

7- الأدوات المستعملة لتحضير التجربة:

- أداة وضع الحلقتين المطاطيتين: يستخدم لشد الحلقات المطاطية ووضعها بشكل صحيح لشد الغشاء المطاطي.
- شداد الغشاء المطاطي: تستخدم لوضع الغشاء بشكل صحيح.
- ميزان ($\pm 1 \times 0.01$ غ): يستعمل لوزن عينة التربة.
- ملعقة مسطحة : تسعمل لخلط التربة مع الماء.
- فرشاة : لتنظيف بقايا التربة.
- مدق خشبي: يستعمل لرص التربة.

الشكل 12.2:أداة تساعد في وضع الحلقات المطاطية.

الشكل 13.2: أداة تستحدم لوضع الغشاء المطاطي.

3.2. العيوب الظاهرة

1.3.2. العيوب المطلوب إصلاحها

لجهاز القص ثلاثي المحاور عيوب عديد يجب اصلاحها نذكر منها ما يلي:

- بعض الخلايا بها أعطاب في جزئها المتعلق بالصنابير. بعض الصنابير مسربة للماء، والبعض الآخر متحجر لا يكاد يمرر الماء. تحتاج مثل هذه الصنابير إلى تنظيف وصيانة بتقنيات الترصيص الصحي.
- نقص بعض حنفيات الخلايا كان يجب وجود خمس حنفيات في كل خلية بدلا من ثلاث حنفيات.
- الحلقات المطاطية السوداء التي تمنع تسرب الماء من قاعدة الخلية في حالة غير مضمونة النتيجة الوظيفية.
- تصلب المكبس بسبب استعمال ماء غير مقطر، فماء الحنفية هو المستعمل لتشغيل الجهاز، وهو محتوي على شوائب كالكلس والأملاح المعدنية والعوالق.

- آلة مص الهواء من الماء المستعمل للتجارب غير متوفرة مع أنها عنصر و عضو مهم في التجربة.
- خلية تحويل الضغط هواء/ماء: أقصى حد تتحمله 1000 كيلو باسكال، غشاؤها المطاطي غير قياسي. عوض الغشاء الأصلي بغشاء ترقيعي هو في الحقيقة غرفة هواء لعجلة دراجة نارية. صحيح أن الغشاء المزيف يؤدي شيئا ما وظيفة الغشاء الأصلي لكنه غير قياسي وهو بدوره معرض للعطب.
- أنبوب جهاز الضاغط الهوائي يسرب الهواء عند نهايتيه: الموصولة بالضاغط الهوائي من جهة و الموصولة بجهاز التحكم من جهة أخرى.
- السحاحتين التوأمتين: موجودة لكنها غير قابلة للإستغلال نظرا لعدم توفر مادة وقود الطائرات أو حتى مادة زيت البارافين مضاف إليه ملون أحمر (لقراءة التدريجات).

2.3.2. ظروف العمل

- عدم توفر الماء المقطر و هو مهم في التجربة لأن الماء المستعمل في الوقت الحالي (ماء الحنفية) يسبب الصدأ و التكلس و التآكل.
- عدم وجود خزان الماء المقطر 20 لتر.
- عدم توفر بعض المفاتيح المهمة لفتح و غلق مختلف عناصر الجهاز.
- الضاغط الهوائي مكانه غير مناسب يسبب إزعاج يلزم وضعه في قاعة أخرى.
- عدم توفر الميزان و قدم قلزونية و محرار مع معدات تجربة يجب أن تكون مع كل تجربة المعدات الخاصة بكل تجربة متوفرة دوما.
- فقدان بعض مفاتيح الصيانة المهمة لفتح و غلق مختلف عناصر الجهاز و الخلايا كأداة الرص و مقبض لغلق خلية ضغط الحصر.

3.3.2. المواد الإستهلاكية

عدم توفر بعض العناصر ومواد استهلاكية نذكر منها ما يلي:

- الحجر المسامي: أحيانا تكون مكسورة أو عند إجراء عدة تجارب بها تنكسر.
- الغشاء المطاطي: الذي يحوي العينة و هو مادة إستهلاكية تستهلك بكثرة في إجراء التجارب أحيانا يكون مثقوب و غير صالح أو عند إجراء التجربة يتمزق الغشاء المطاطي بسرعة.

- ورق الترشيح.
- عدم وجود أدوات التنظيف كالصابون و قطعة قماش لتجفيف الماء و فرشاة لمسح التراب و الزيت.
- نقصان في العناصر المساعدة لإجراء التجربة كالقفازات.

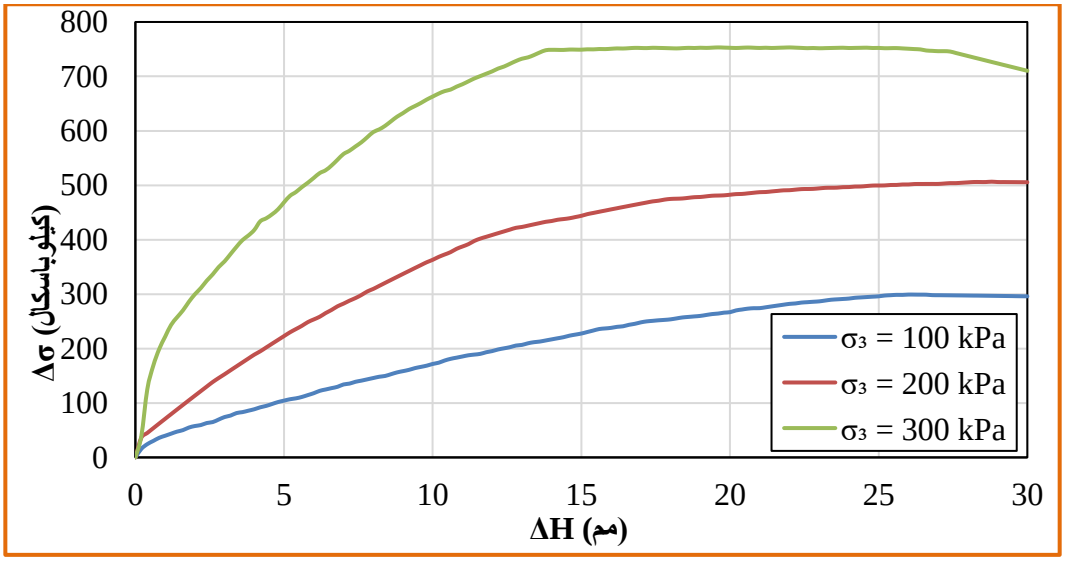
4.2. برنامج التجارب :

البرنامج المسطر هو إجراء تجارب القص ثلاثي المحاور لمعرفة كيفية تغير الخصائص القصية زاوية الإحتكاك و التماسك(التلاصق)(φ، C)مع تغيير المعطيات في كل مرة و مقارنة النتائج فيما بينها، لكن لا يمكن إجراء جميع التجارب التي تدور في العقل لأن المتغيرات كثيرة حيث يمكن التغيير في نسبة تمييه الرمل و طبقات وضع جيونسيج و نمط ثقب الجيونسيج والمتغيرات كثيرة و بالتالي سيكون عدد التجارب كبيرا و نظرا أن تجربة واحدة للقص ثلاثي المحاور تستغرق حوالي يوما كاملا بالتالي الواقع يفرض إجراء بعض من التجارب فقط و في هذه التجارب تم تغيير المعطيات التالية:

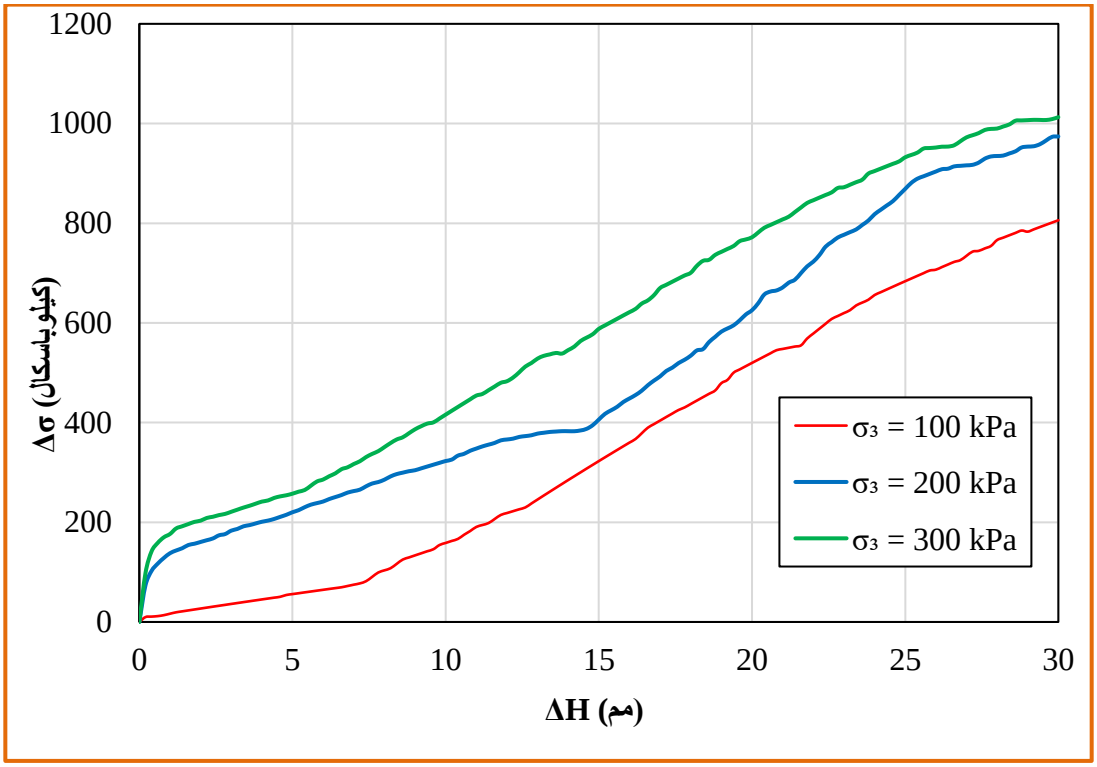
- وضع أو عدم وضع الجيونسيج في عينة التربة مع نسبة تمييه التربة 5%.
- وضع الجيونسيج بزوايا مختلفة.

5.2. النتائج:

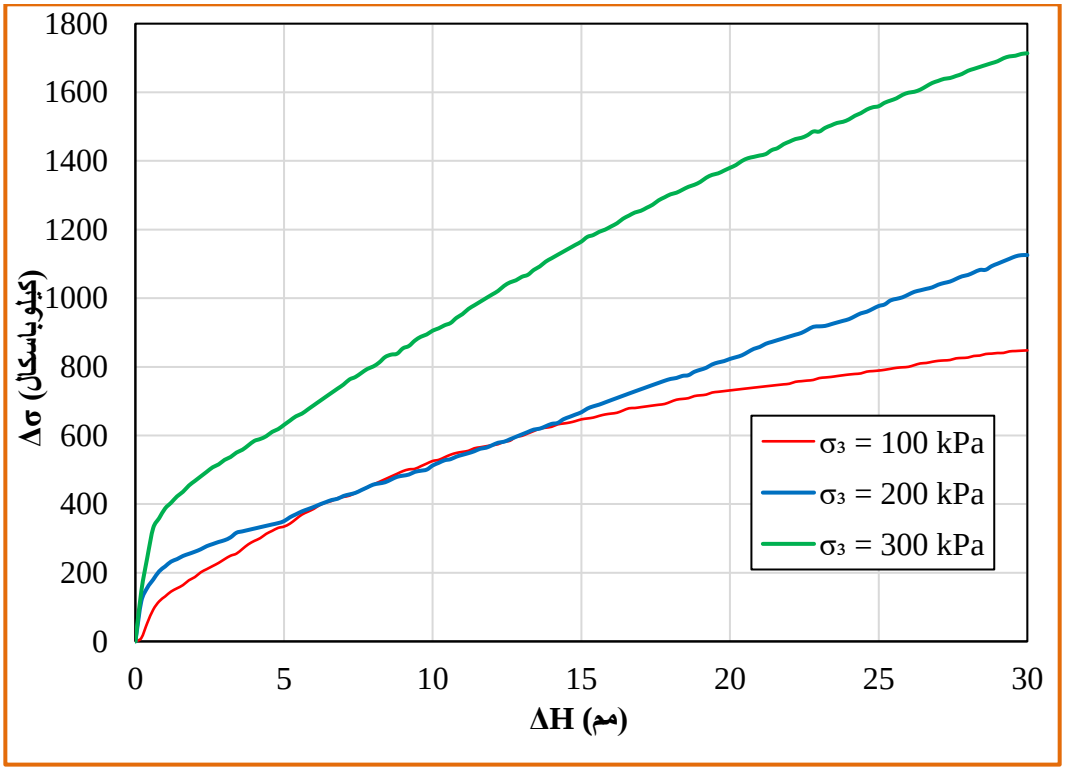
يتم تجميع النتائج التي تم الحصول عليها من التجارب التي تم إجراؤها في هذا القسم. (الشكل14.2) يتعلق باختبار الرمل دون إضافة الجيونسيج. (الأشكال من 15.2 إلى 21.2) هي تلك المتعلقة اضافة طبقة واحدة من الجيونسيج موضوعة في منتصف العينات الرملية وفق زوايا وضع لطبقة الجيونسيج متغيرة من 0° إلى 90°.



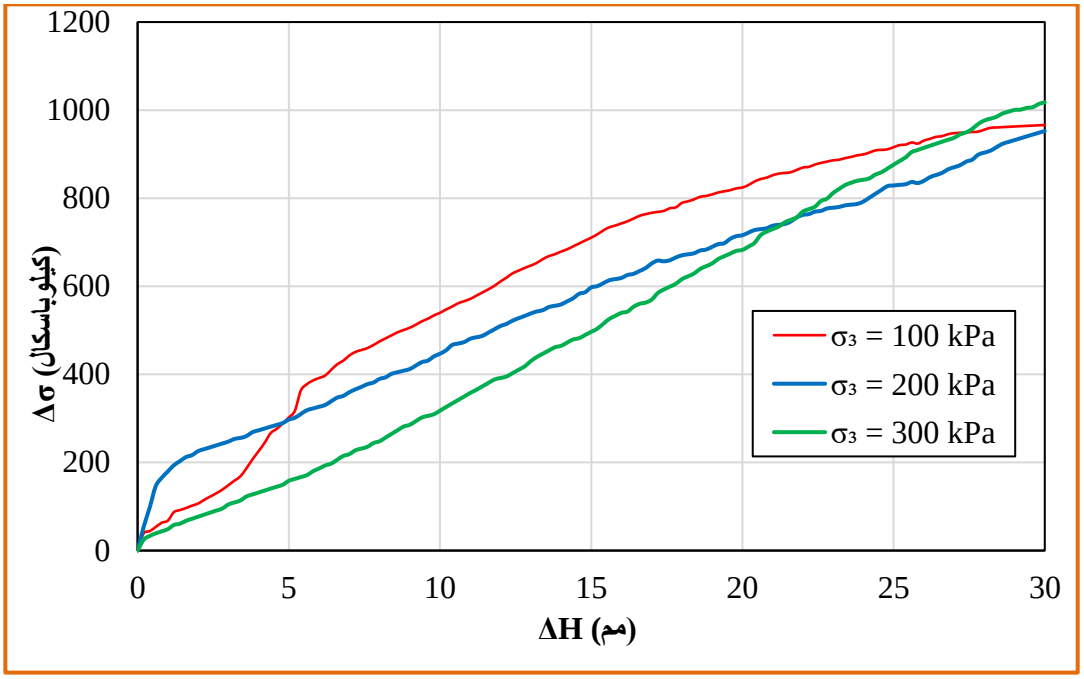
الشكل14.2: Δσ بدلالةΔH (الرمل فقط).



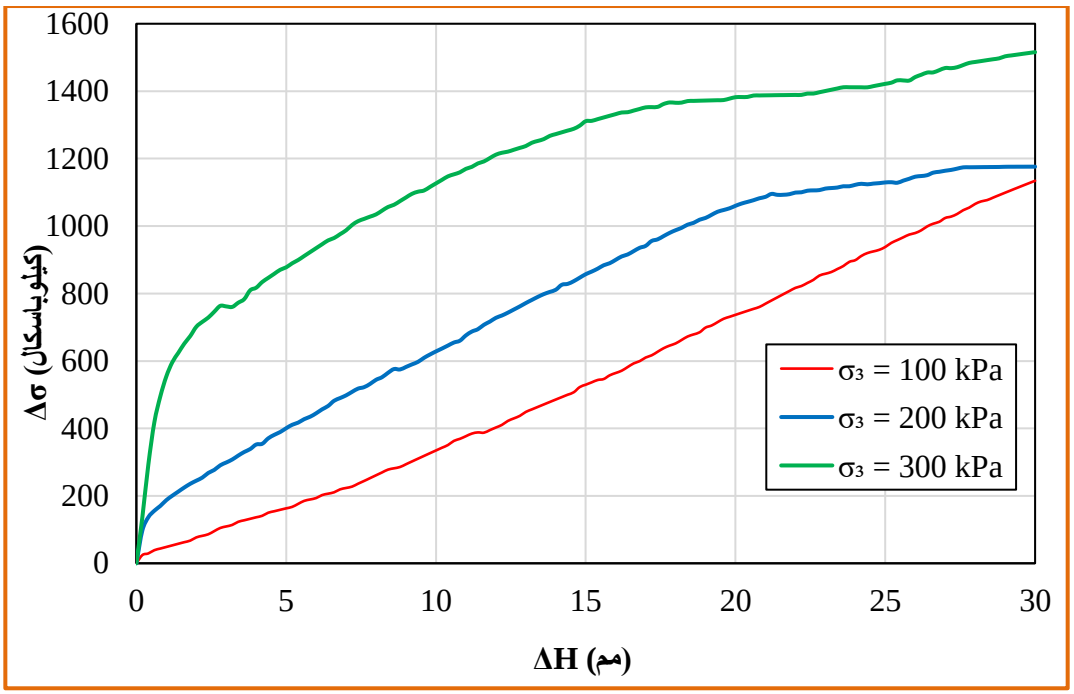
الشكل15.2: $\Delta\sigma$ بدلالةΔH الرمل والجيونسيج بزاوية $0°$



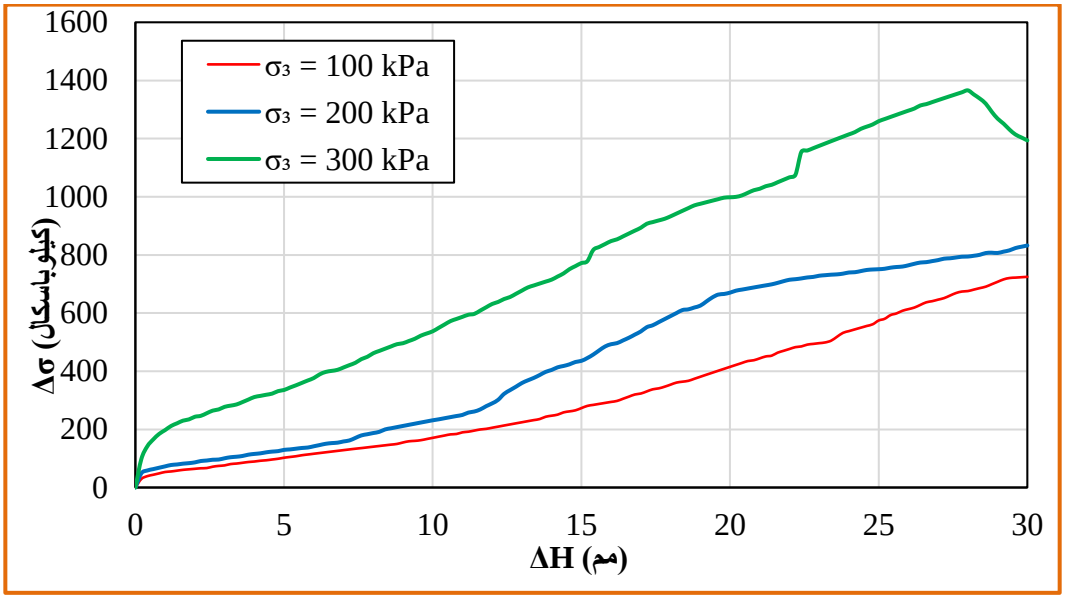
الشكل16.2: $\Delta\sigma$ بدلالةΔH الرمل و الجيونسيج بزاوية $15°$



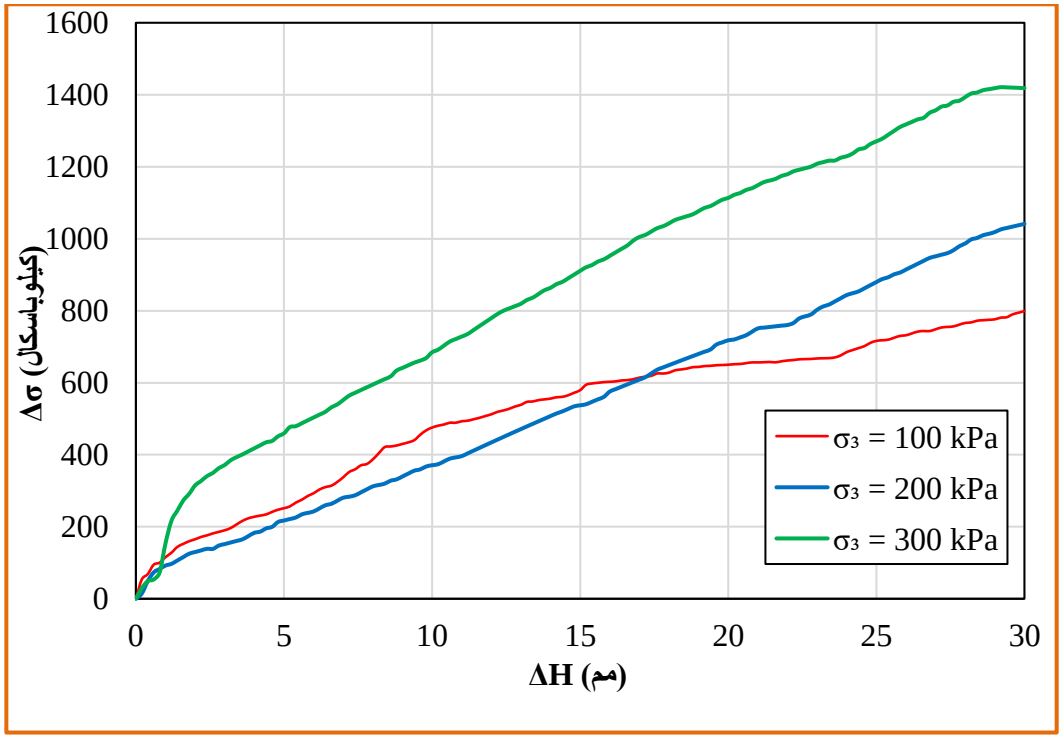
الشكل17.2: $\Delta\sigma$ بدلالة ΔH الرمل و الجيونسيج بزاوية 30°



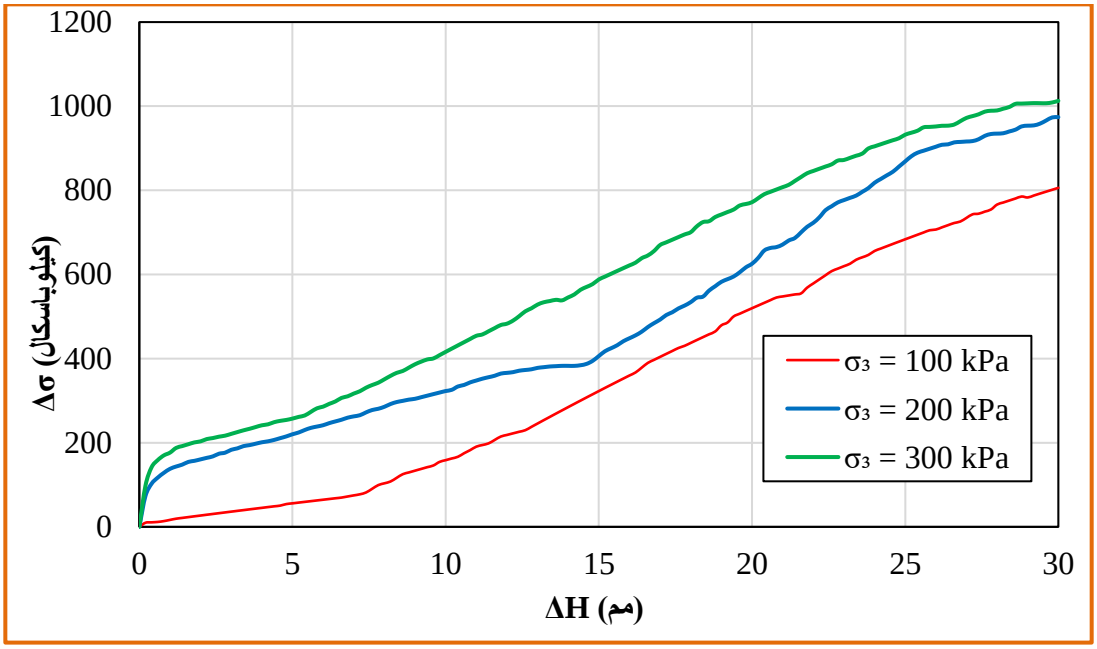
الشكل18.2: $\Delta\sigma$ بدلالة ΔH الرمل و الجيونسيج بزاوية 45°.



الشكل19.2: $\Delta\sigma$ بدلالةΔH الرمل و الجيونسيج بزاوية 60°.



الشكل20.2: $\Delta\sigma$ بدلالةΔH الرمل و الجيونسيج بزاوية 75°.



الشكل2.21: $\Delta\sigma$ بدلالة ΔH الرمل و الجيونسيج بزاوية 90°.

يتم استنتاج القيم القصوى للضغط المحوري لكل عينة باستخدام العلاقة التالية:

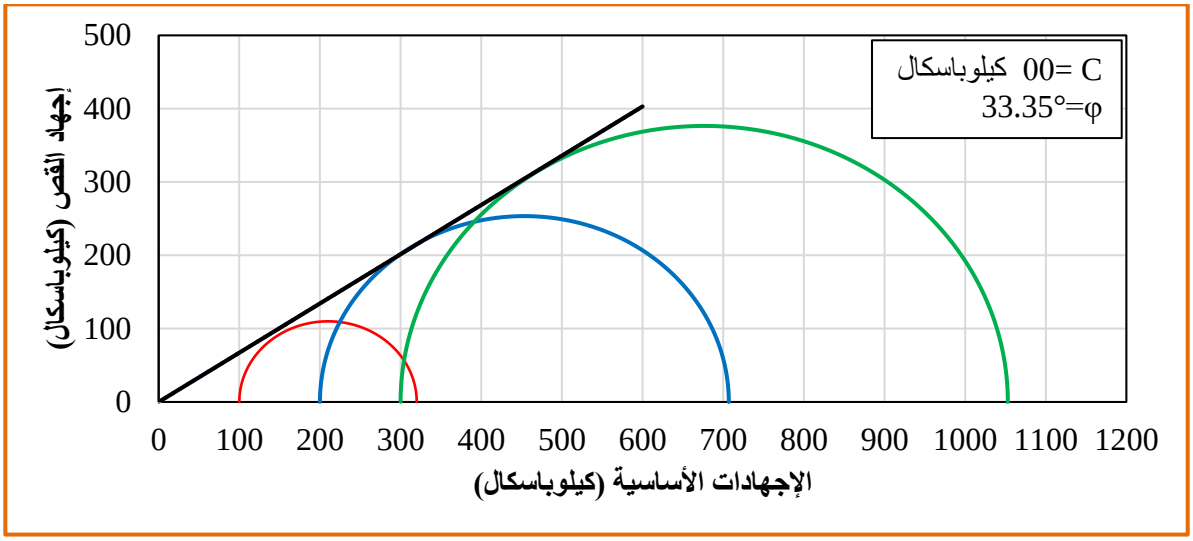
($\sigma_1 = \sigma_3 + \Delta\sigma$) σ_1 يسمى الإجهاد الرأسي(أو الأساسي الأعظمي)، وهو أقصى إجهاد يمكن أن تتحمله العينة عند تعرضها لضغط الحصر σ_3.

يلخص الجدول 1.2الإجهاداتσ_1 المسجلة خلال التجارب التي أجريت على الرمل بمفرده وكذلك عند اضافة طبقة واحدة من الجيونسيج موضوعة في منتصف العينات الرملية وفق زوايا مختلفة.

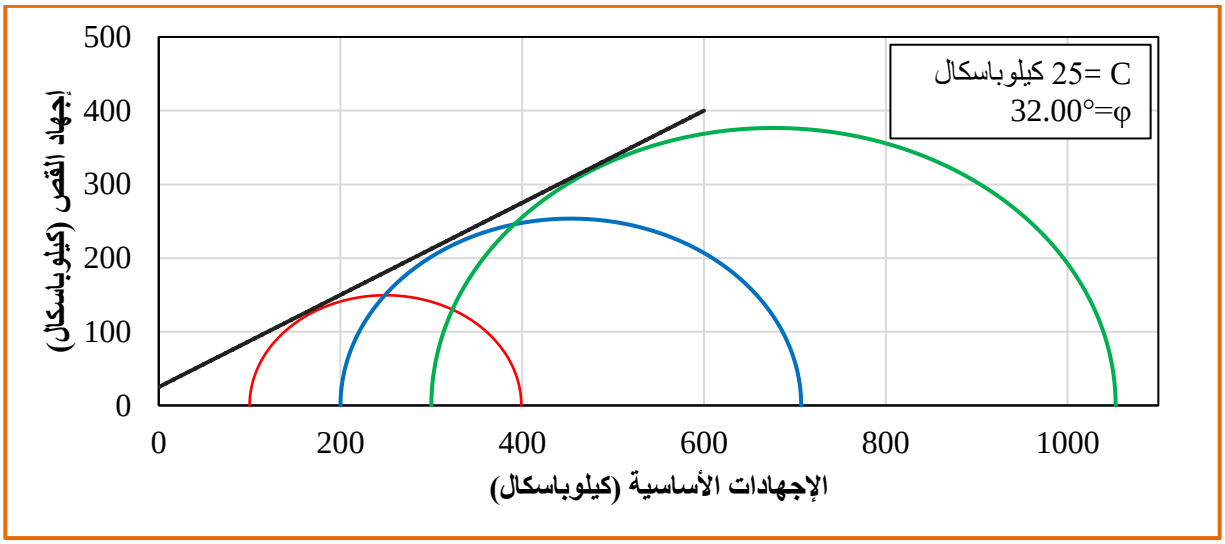
الجدول1.2: الإجهادات σ_1 على الرمل بمفرده و المركب رمل – الجيونسيج.

الزوايا (°)	ضغط الحصر σ_3(كيلوباسكال)	الإجهاد المحوري σ_1(كيلوباسكال)
الرمل بمفرده	100	315
	200	707
	300	1053
0	100	452
	200	848
	300	1206
15	100	655
	200	989
	300	1301
30	100	784
	200	1059
	300	1329
45	100	1166
	200	1553
	300	1918
60	100	999
	200	1341
	300	1730
75	100	910
	200	1231
	300	1621
90	100	806
	200	1131
	300	1500

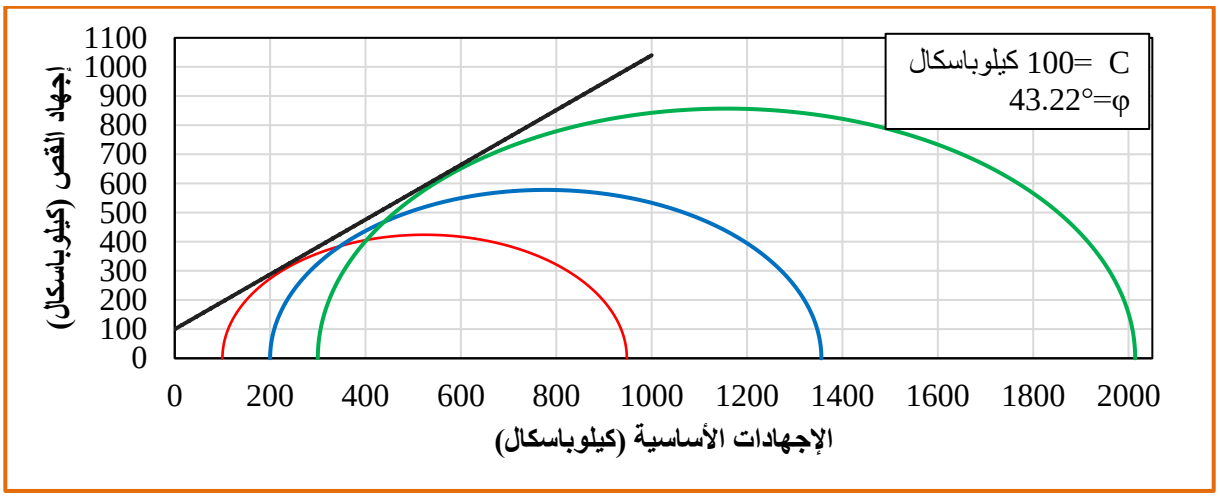
بعد تسجيل قيم σ_3 وσ_1 ، يتم استنتاج الخصائص الميكانيكية C وφ بواسطة رسم دوائر مور (الأشكال من22.2 إلى29.2).



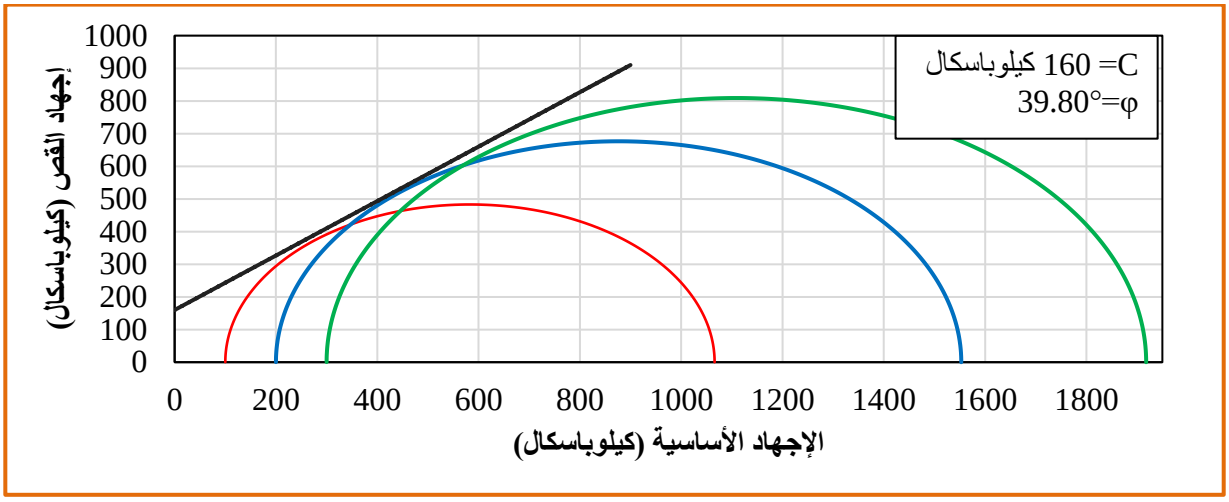
الشكل22.2: دوائر مور المتعلقة بالرمل فقط.



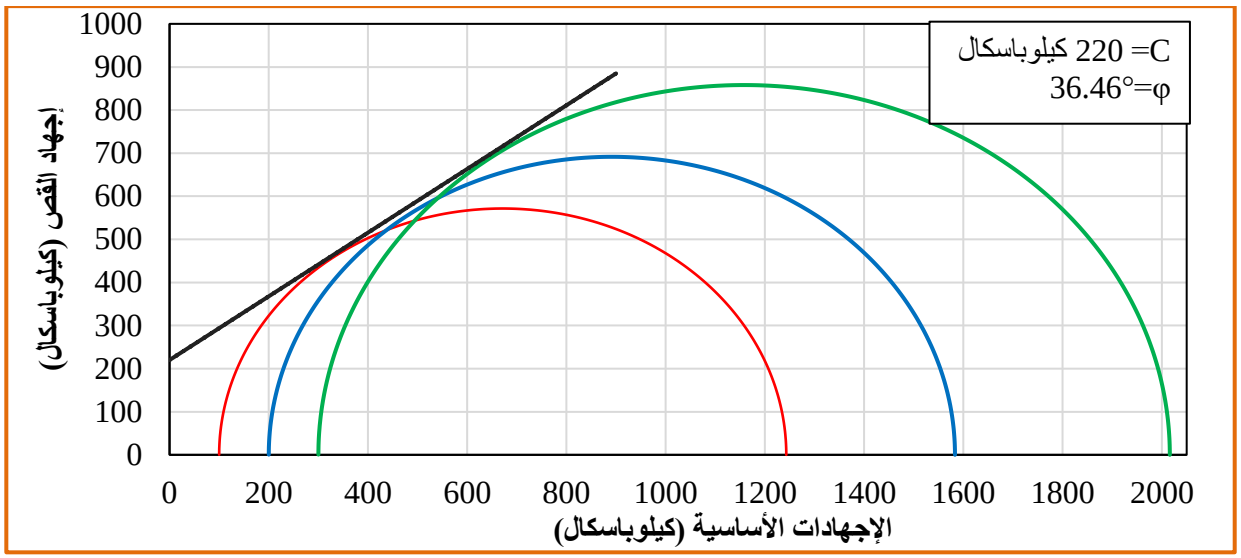
الشكل23.2: دوائر مور المتعلقة بالرمل مع إضافة الجيونسيج بزاوية 0°.



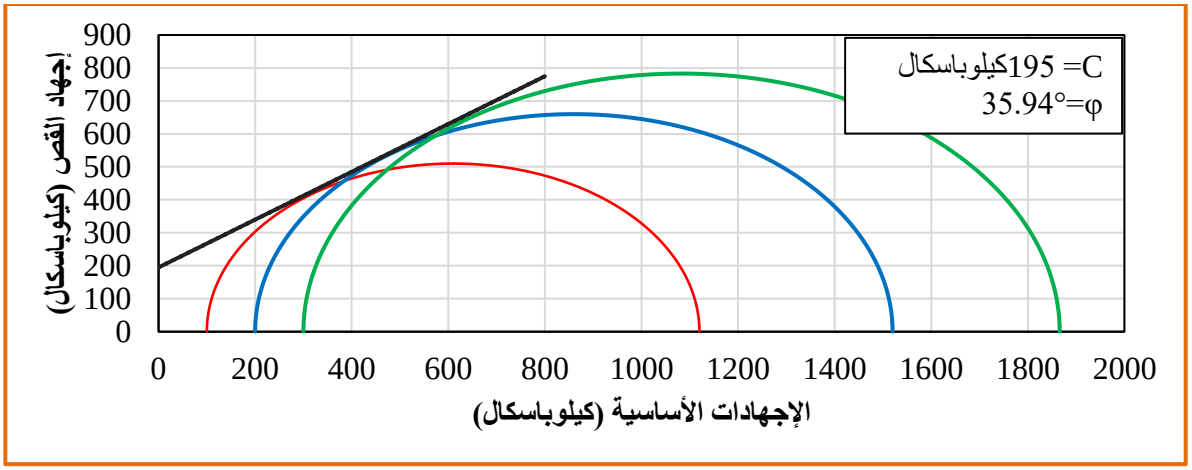
الشكل24.2: دوائر مور المتعلقة بالرمل مع إضافة الجيونسيج بزاوية 15°.



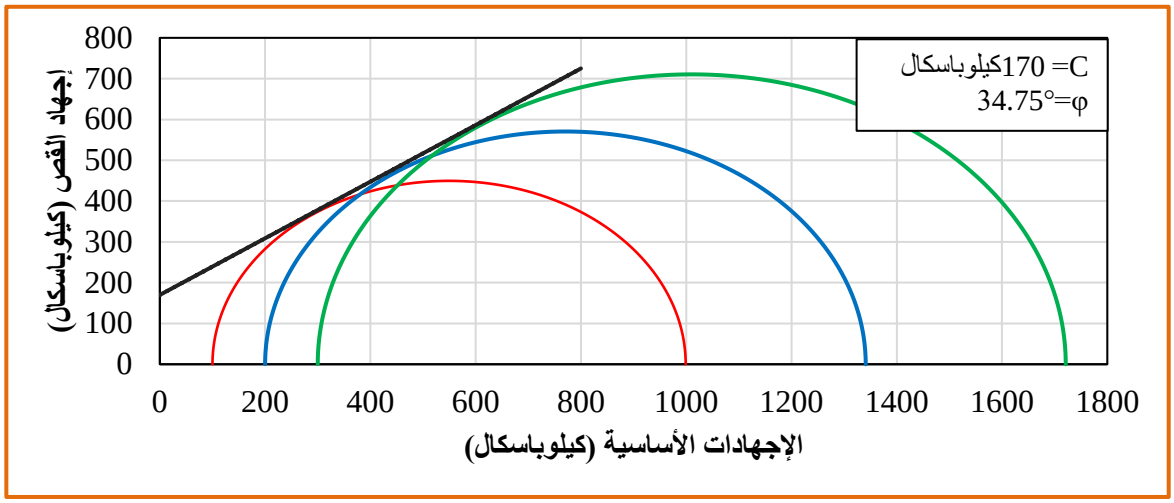
الشكل25.2: دوائر مور المتعلقة بالرمل مع إضافة الجيونسيج بزاوية 30°.



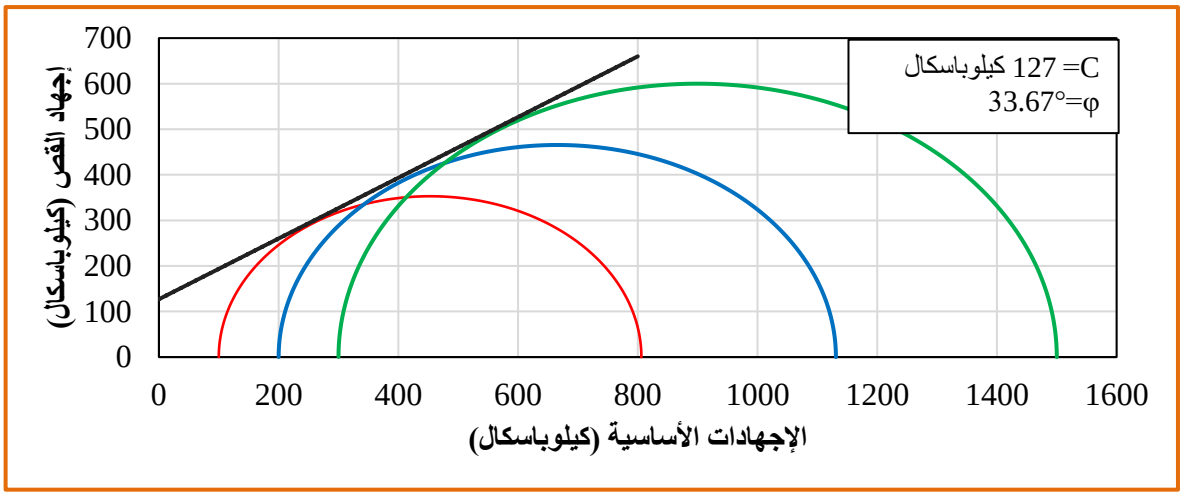
الشكل26.2: دوائر مور المتعلقة بالرمل مع إضافة الجيونسيج بزاوية 45°.



الشكل27.2: دوائر مور المتعلقة بالرمل مع إضافة الجيونسيج بزاوية 60°.

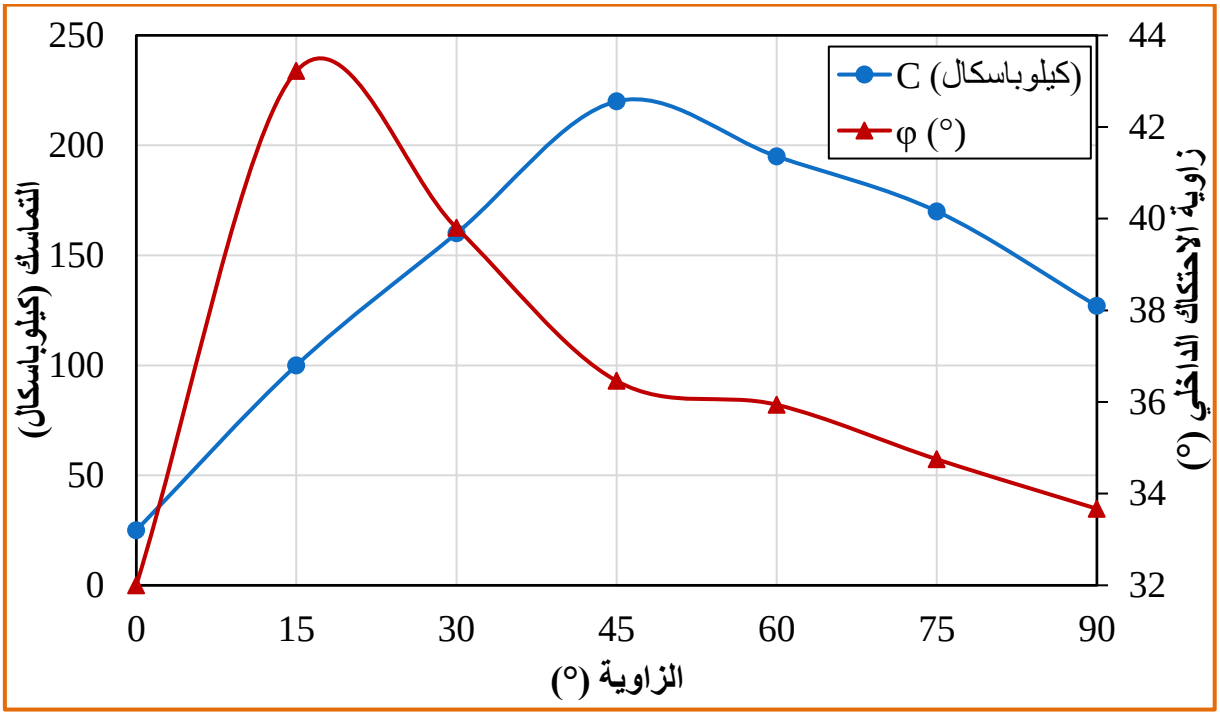


الشكل28.2: دوائر مور المتعلقة بالرمل مع إضافة الجيونسيج بزاوية 75°.



الشكل29.2: دوائر مور المتعلقة بالرمل مع إضافة الجيونسيج بزاوية 90°.

من خلال التجارب التي أجريت على التربة (على الرمل بمفرده، و عند وضع الجيونسيج في عينة التربة مع تغيير زوايا وضعه) تم الحصول على النتائج الموضحة في (الشكل 30.2):



الشكل30.2: منحنى تغير قيم التماسك وزاوية الاحتكاك الداخلي بدلالة تغير زوايا وضع الجيونسيج.

- عند استخدام الرمل فقط دون وجود الجيونسيج يكون معامل التماسك يساوي صفر، وزاوية الاحتكاك حوالي 33°.
- في حالة التماسك:

✓ عند وضع الجيونسيج في الزوايا(0°،15°،30°،45°) لوحظ كلما زادت زوايا وضع الجيونسيج في عينة التربة زاد التماسك.

✓ عند وضع الجيونسيج في الزوايا(60°،75°،90°) لوحظ كلما زادت زوايا وضع الجيونسيج في عينة التربة انخفض التماسك.

- في حالة زاوية الاحتكاك الداخلي:

✓ عند وضع الجيونسيج في الزوايا (0°،15°) لوحظت زيادة في زاوية الاحتكاك الداخلي للتربة

✓ عند وضع الجيونسيج في الزوايا(30°،45°،60°،75°،90°) لوحظ كلما زادت زوايا وضع الجيونسيج في عينة التربة انخفضت زاوية الاحتكاك الداخلي للتربة.

الخاتمة

من خلال تشخيص جهازالقص ثلاثي المحاور و ممارسة التجارب عليه تم التوصل إلى:

- العيوب المطلوب إصلاحها، و العناصر التي يجب جلبها، وكذلك توفير ظروف عمل مناسبة من أجل عمل الجهاز بشكل سليم و الإستفادة من خدماته.
- وضع الجيونسيج في التربة يؤثر في تحسين خصائصها الميكانيكية كالتماسك وزاوية الاحتكاك الداخلي ويعزز التربة على مقاومة القوى وبالتالي تعزيز استقرارية التربة وذلك يعتمد على زوايا وضع لجيونسيج.

منهجية إجراء الأعمال التطبيقية

الفصل الثالث: منهجية إجراء الأعمال التطبيقية

3-1- مقدمة

يبين هذا الفصل كيفية إجراء التجارب على جهاز القص ثلاثي المحاور الموجود في مخبر قسم الهندسة المدنية و الري بجامعة قاصدي مرباح ورقلة، ذلك أنه رغم وجود هذا الجهاز منذ أكثر من 15 سنة بمخبر ميكانيك التربة (قسم الهندسة المدنية و الري)، إلا أنه غير مستعمل تقريبا و لا يتم إجراء التجارب و الأعمال التطبيقية عليه نظر للأعطاب التي به، وكذا لعدم توفر عناصره الكافية والظروف الملائمة لاستغلاله. من جهة أخرى، فإن تجربة القص ثلاثي المحاور غير مبرمجة ضمن الأعمال التطبيقية المقررة للطلبة ضمن تكوينهم، مما ساهم بشكل كبير في عدم استغلال هذا المورد البيداغوجي الهام منذ تاريخ اقتنائه.

3- 2- المعدات اللازمة لإجراء التجارب

لإجراء تجربة القص ثلاثي المحاور يلزم توفر العتاد التالي:

- لوحة التحكم في الماء و الهواء. مشار إليها في الشكل10.2.
- خزان ماء لا يحتوي على الماء المقطر.
- السحاحتين التوأمتين.
- جهازضغط لخلية القص ثلاثي المحاور. مشار إليه في الشكل7.2.
- خلية الضغط الحصري. مشار إليها في الشكل9.2.
- لوحة قراءة الضغط الحصري. مشارإليها في الشكل11.2.
- جهاز الضاغط الهوائي: بحيث يلزم أن يكون أقصي ضغط فيه يفوق 20 كيلوباسكال. مشار إلى الجهاز في الشكل8.2.
- الخلايا بكل أجزاءها: الحجر المسامي، الحلقات المطاطية، الغشاء المطاطي، ورق الترشيح، يلزم توفير05 خالايا على الأقل. موضح في الأشكال1.2، 2.2، 3.2، 5.2، 6.2.
- **المواد الإستهلاكية :**
  - ✓ الماء المقطر.
  - ✓ غشاء مطاطي.

- ✓ حلقات مطاطية.
- ✓ ورق الترشيح.

- **المفاتيح (الأدوات المساعدة):**
  - ✓ مواد التنظيف.
  - ✓ الصابون.
  - ✓ منشفة
  - ✓ قفازات.
  - ✓ الماء (للغسيل بعد الإنتهاء من العمل).
  - ✓ مقبض.
  - ✓ مفتاح البراغي.
  - ✓ فرشات (للتنظيف).

4- 3 تحضير التجربة

للتمكين من استغلال الوقت المتاح لإجراء الأعمال التطبيقية، ينبغي القيام ببعض الأعمال التحضيرية قبل بداية حصة الأعمال التطبيقية. يمكن تلخيص الأعمال المندرجة ضمن هذا التحضير إلى مرحلتين:

1- المرحلة الأولى

تحضير ما يمكن تحضيره ما قبل بداية التجربة و الشروع في العمل التطبيقي:

تتم جملة العمليات المنطوية ضمن هذه المرحلة قبل البدء في استخدام جهاز القص ثلاثي المحاور. تتلخص هذه الإجراءات في:

- التأكد من أن جميع المكونات موجودة كالخلايا، ورق الترشيح، حجر مسامي، الغشاء المطاطي.
- التحقق من السيرورة العادية للأجهزة وتوصيلها بالطاقة كتوصيل جهاز الضاغط الهوائي و جهاز التحكم في الضاغط بالكهرباء.
- الحصول على عينة التربة و تحضيرها وفقا للمعايير المطلوبة كوزن العينة المطلوبة و قياس نسبة تمييها.
- وضع عينة التربة في مكانها بداخل خلية الجهاز.

2- المرحلة الثانية

تحضير ما يمكن تحضيره ضمن التجربة:

تتم جملة العمليات المنطوية ضمن هذه المرحلة قبل البدء في استخدام جهاز القص ثلاثي المحاور. تتلخص هذه الإجراءات في:

- تطبيق الضغط الحصري على العينة (σ_3).
- وضع الخلية على الجهاز الضاغط.

3- 4 التعامل و التحكم بالجهاز

للتعامل و التحكم بجهاز القص ثلاثي المحاور يتم إتباع الخطوات التالية:

- عند تجهيز العينة و وضعها في الخلية يتم ملء الخلية بالماء من خلال الصنبور الذي يقوم بإدخال الماء وغلق الصنابير الأخرى.
- توصيل الخلية بالأنبوب الآتي من لوحة التحكم بالماء و الهواء و فتح الصنبور (B) للسماح بمرور الماء للخلية الموجود في لوحة التحكم لضغط الحصر.
- إغلاق الصنبور(B) و فتح الصنبور(C) الموجودين في لوحة التحكم بضغط الحصر.
- وضع الخلية في جهاز التحكم بالضاغط، ووضع الكرية الحديدية في مكانها المناسب فوق المكبس و الضغط على الزر (RUN) إلى غاية تحرك العقربفي المقران ثم تشغيل الجهاز الضاغط و تطبيق الضغط المطلوب.
- تشغيل جهاز الضاغط الهوائي إلى غاية قراءة الضغط المطلوب في لوحة الحصر.
- ضبط المقران الموجود في وسط الحلقة و المقران الموصول بجانب الحلقة عند الصفر.
- يتم الضغط على الزر(RUN) و تسجيل القراءات و النتائج إلى غاية نهاية التجربة.

5-3 تطبيق الإجهاد الحجمي

لتطبيق الإجهاد الحجمي σ_3 في تجربة القص ثلاثي المحاور ينبغي اتباع الخطوات المبينة أدناه. كل أعضاء وأقسام الجهاز المشار إليها مبينة في الشكل 1.3.

الشكل 1.3: كيفية تطبيق الإجهاد الحجمي على العينة.

- غلق الصنبور B عند لوحة التحكم و فتح الصنابير C، D، وF.
- فتح صنبور ضغط الهواء و صنبور الماء (P121، و P122) الخاص بالخلية الموصولة بلوحة التحكم في جهة الضغط الحصري (σ_3).بحيث تحتوي لوحة التحكم على:
  - الضغط المائي U.
  - ضغط الحصر σ_3.
  - ضغط الهواء.
- توصيل الأنبوب الموصول بصنبور الماء الخاص بضغط الحصر بخلية العينة (P122)، ويتم إيصال الأنبوب بصنبور إدخال الماء إلى الخلية و غلق الصنابير الأخرى في الخلية.

تشغيل الجهاز الضاغط للهواء إلى غاية تعبئة لوحة التحكم بالكم من ضغط الهواء الكافي لتطبيق الضغط σ_3.

- غلق الصنبور الخاص بالماء في لوحة التحكم (P122) و كذا صنبور الخلية لضمان عدم فقدان ضغط الحصر.

يمكن إستعمال الإجهاد الحجمي عند مرحلة تشبيع بعض أنواع الترب التي تكون متماسكة و ضعيفة النفاذية. يكون ذلك بإدخال ضغط مائي داخل عينة التربة بطريقة تدريجية، لكن يجب مرافقة ذلك بضغط حصري أكبر بقليل لتفادي تفتيت عينة التربة.

6-3 تطبيق الإجهاد الرأسي

يتم تطبيق الإجهاد الرأسي من خلال تكبير فارق الإجهاد ($\Delta\sigma$)، والإستمرار كذلك حتى حدوث الإنهيار القصي، وعندها تسجل قيمة الإجهاد الرأسي (σ_1) المعتمدة للحسابات. لأجل هذا، ينبغي اتباع الخطوات التالية:

- وضع الخلية ثلاثية المحاور، وهي حاوية لعينة التربة ومطبق عليها إجهاد الحصر في موضعها ضمن الجهاز الضاغط.
- ضبط مكبس الخلية بشكل متوافق مع نقطة تطبيق القوة مع مراعات إدراج الكرية الحديدية بين المكبس و نقطة الضغط.
- تشغيل جهاز الضغط الرأسي مع ضبط السرعة المناسبة لإجراء التجربة.

الضغط على زر تشغيل الجهاز الضاغط إلى غاية ملاحظة تحرك عقرب مقران القوة، و من ثمة ضبطه عند التدريجة الصفر.

- ضبط عقرب مقران التشوه (ΔH) عند التدريجة الصفر.
- الضغط على الزر الأخضر (RUN) في لوحة التحكم بالجهاز الضاغط و البدء في تسجيل قياسات التجربة، وهذا إلى غاية حدوث الإنهيار.

تتمثل معايير إنهاء التجربة (معايير الإنهيار) في أحد المظاهر و الأعراض التالية:

- تقلص قيمة σ_1 بدلالة ΔH بعد بلوغ قيمة قصوى.
- ظهور خط مائل على عينة التربة خلال مرحلة الضغط عليها، وهو يمثل مستوي الإنهيار
- التشوه الكبير لعينة التربة خلال مرحلة الضغط.

7-3 تقرير النتائج

تسجل نتائج كل تجربة قص كما في نموذج الجدول 1.3. المبين أسفله:

الجدول 1.3: نموذج لنتائج تجربة القص ثلاثي المحاور.

LA(ΔH)	ΔH(مم)	Ac (مم^2)	LA(F)	القوة(ن)	Δσ(كيلوباسكال)	σ_1 (كيلوباسكال)
0	0	A_0	0	0	0	0
20	0,2	-	-	-	-	-
40	0,4	-	-	-	-	-
60	0,6	-	-	-	-	-
80	0,8	-	-	-	-	-
100	1	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-

حيث:

- ΔH: التشوه الشاقولي للعينة المجربة خلال مرحلة القص (مم).
- A_o: المساحة القاعدية الابتدائية لعينة التربة (مم).
- H_o: الارتفاع الابتدائي لعينة التربة (مم).
- A_c: المساحة المصححة (مم^2).
- LA(F): القراءة على مقران القوة الشاقولية.

8-3 الحسابات

✓ كيفية حساب المساحة المصححة (Ac):

$$A_C = \frac{V_0 \times \Delta V_S - \Delta V_i}{H_0 - \Delta H_S - \Delta H_i} \times \left[1 + \frac{\Delta H_i}{2(H_0 - \Delta H_S)}\right] = \ldots\ldots\ldots \text{ (مم}^2\text{)}$$

حيث:

- V_0: حجم العينة قبل الإبتدائي.
- H_0: ارتفاع العينة قبل الإبتدائي.
- ΔV_S: التغير في حجم العينة.
- ΔH_S: التغير في ارتفاع العينة وتعطي بالعلاقة التالية:

$$\Delta H_S = \frac{1}{3} \times \frac{\Delta V_S}{V_S} \times H_0$$

- ΔV_i: التغير في حجم العينة أثناء القص.
- ΔH_i: التغير في ارتفاع العينة أثناء القص.

✓ كيفية حساب $\Delta\sigma$:

$$\Delta\sigma = \frac{F}{A_c} = \text{.....} \text{ (كيلوباسكال)}$$

✓ كيفية حساب (F):

$$F = \text{القراءة} \times k \text{ ..... (نيوتن)}$$

حيث أن k هو معامل تشوه حلقة الضغط، وهو معطى في شكل جدول مرفق بحلقة الضغط. لكل مجال قراءات لتشوه حلقة الضغط، قيمة معينة للمعامل k (*الجدول*2.3).

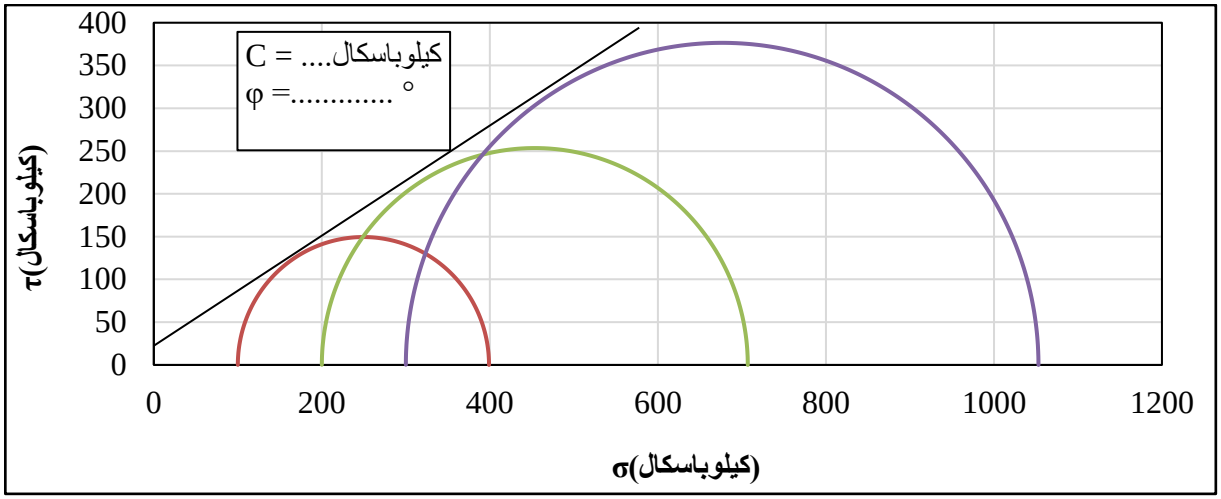
الجدول2.3: قيم K والقراءات المقابلة لها على المقران.

قيمة k	القراءات على المقران (من – إلى)
3.8486	(0-155.9)
3.8406	(155.9-208.3)
3.8216	(208.3-314)
3.8058	(314-420.4)
3.7972	(420.4-526.7)
3.7884	(526.7-633.5)
3.7889	(633.5-739.0)
3.7793	(739.0-846.7)
3.7720	(846.7-954.4)
3.7675	(954.4-1061.7)
3.7606	(1061.7-1196.6)

9-3 عرض النتائج

خلال حصة الأعمال التطبيقية، شرح و إجراء تجربة واحدة يفهم الطالب من خلالها كيفية الحصول على قيم الإجهادات الأساسية (σ_1وσ_3). بعدها يمكن للطالب أن يعرف كيفية إجراء أي تجربة بقيمة مختلفة لـσ_3.

يتم رسم دوائر مور و تمثيل مماس تقريبي لها، ومنه يمكن الاستدلال على قيم C و φ كما هو موضح في الشكل 2.3.



الشكل2.3: دوائر مور وخط كولون.

خلاصة:

تبدأ عملية تشغيل جهاز القص ثلاثي المحاور بإعداد عينة التربة المراد اختبارها، يتم قطع العينة بشكل أسطواني وفق الأبعاد المناسبة لخلية الاختبار، ثم وضعها بشكل قياسي في مكانها داخل الخلية ثلاثية المحاور.

تمر تجربة القص ثلاثي المحاور بأربع مراحل أساسية، وهي:

- تحضير عينة التربة ووضعها في مكانها داخل الخلية ثلاثية المحاور
- تشبيع عينة التربة بالماء
- تطبيق الضغط الحصري على العينة
- تطبيق الضغط الراسي على العينة إلى غاية أحداث الإنهيار القصي

تتمثل معايير إنهاء التجربة (معايير الإنهيار) في أحد المظاهر و الأعراض التالية:

- تقلص قيمة σ_1 بدلالة ΔH بعد بلوغ قيمة قصوى.
- ظهور خط مائل على عينة التربة خلال مرحلة الضغط عليها، وهو يمثل مستوي الإنهيار.
- التشوه الكبير لعينة التربة خلال مرحلة الضغط.

من أجل إستغلال الوقت المتاح لإجراء الأعمال التطبيقية، يجب القيام بالتحضيرات اللازمة قبل بداية حصة الأعمال التطبيقية. يتضمن ذلك تحضير ما يمكن تحضيره قبل بداية التجربة و تحضيرات ضمن التجربة.

التذكير بوجوب تأمين كل الظروف الإيجابية لإجراء الأعمال التطبيقية: تصليح الأعطاب توفير المعدات، توفير المواد الإستهلاكية، الظروف المناسبة لحصة الأعمال التطبيقية.

الخاتمة

بناءً على الدراسة والتحليل الشامل للمذكرة تم تشخيص جهاز القص ثلاثي المحاور و توضيح أهمية الجهاز في إجراء التجارب القصية، وضمان دقة النتائج واستخدام الجهاز بكفاءة. ينبغي اتباع الإجراءات الموصى بها في منهجية إجراء الأعمال التطبيقية. كما ينبغي الاهتمام بتدريب الطلاب والباحثين على استخدام الجهاز بشكل صحيح. ومن خلال هذه الدراسة تم التوصل إلى النقاط التالية:

- تم فهم مقاومة القص للتربة و أهميتها في التصميم الإنشائي.
- تعلم كيفية إجراء تجارب القص ثلاثي المحاور.
- الحصول على نتائج الخصائص القصية للرمل بمفرده، و كذا الرمل مدعم بمادة الجيونسيج.
- بعد تحليل النتائج المتوصل إليها عند وضع الجيونسيج في التربة تم التوصل أن الجيونسيج يؤثر على التربة بتحسين خصائصها زاوية الاحتكاك الداخلي و التماسك (التلاصق).
- لضمان سيرورة عادية لإجراء التجارب ينبغي توفير ظروف ملائمة لعمل التجربة.
- العيوب الظاهرة على الجهاز و التي يجب إصلاحها لعمل الجهاز بشكل سليم.
- عدم توفر العناصر الكافية والظروف الملائمة لاستغلال الجهاز.
- من أجل إستغلال الوقت المتاح لإجراء الأعمال التطبيقية ، يجب القيام بالتحضيرات اللازمة قبل بداية حصة الأعمال التطبيقية.
- كيفية التعامل و التحكم بجهاز القص ثلاثي المحاور لقسم الهندسة المدنية و الري.

المراجع

BEDDA R et KABDI F., (2018), « Renforcement d'un sable de dunes par géotextile » , Mémoire de Master, UKM Ouargla.

HASSANI F., (2015), « Expérimentations sur les géosynthétiques », Mémoire de Master, UKM Ouargla.

HASSANI F., (2013), « Mise en service de l'essai traxial laboratoire MDS », Rapport de stage en génie civil, UKM Ouargla.

HAMANA H et KOUININI N., (**2016),** « Recherche de l'équivalent sable-cellule en substitution d'une chaussée en tuf compacté », Mémoire de Master, UKM Ouargla.

V. Malandraki and D.G. Toll., (2001), «Triaxial tests on weakly bonded soil with changes in stress path». Journal of geotechnical and geoenvironmental engineering.

Luc Sibille., (2011), «TP-Essai de cisaillement direct à la boite de casagrande /Essai triaxial » Licence. France. Cel-01795697.

Poul V. Lade., (2016), «Triaxial Testing of Soils ». this edition fist published by JOHN Wiley and Sons, Ltd**.**

Phuong Thao Nguyen Pham., (2013),« Etude en place au laboratoire du comportement en petites déformations des sols argileux naturels". Atelier national de reproduction des thèses.

أحمد عثمان رفه الجماعي، (2020). « الدليل العلمي لاختبارات التربة » دار الجنان للنشر والتوزيع.

الملخص

تهتم الدراسة الحالية بتشخيص عام لجهاز القص ثلاثي المحاور التابع لقسم الهندسة المدنية و الري بجامعة ورقلة، وهذا بغرض تعلم إجراء التجارب القصية، وكذا التعرف على الأعطال الموجودة به و تحديد قائمة للأدوات والمستلزمات الواجب توفرها لضمان الإشتغال الصحيح والسليم للجهاز المذكور. الهدف الأسمى من خلال ذلك هو استفادة الطلبة المستقبليين وكذا الأساتذة والباحثين من الخدمات العلمية والبيداغوجية للجهاز المذكور. حيث تم إجراء تجارب بواسطة هذا الجهاز على الرمل والجيونسيج وتم التوصل إلى النتائج التي تم من خلالها إظهار العيوب بجميع أنواعها، وقياس الخصائص القصية للرمل وكذلك المدعم بالجيونسيج.

الكلمات المفتاحية: القص ثلاثي المحاور – جيونسيج – رمل– الزوايا.

Résumé

La présente étude porte sur un diagnostic général du dispositif de cisaillement Triaxial du Département de Génie Civil et Hydraulique de l'Université d'Ouargla. Il s'agit d'apprendre à effectuer les tests, à identifier les défauts et à établir une liste d'outils et d'exigences pour assurer le bon fonctionnement du l'appareille. Le but ultime à travers cela est de faire bénéficier les futurs étudiants ainsi que les professeurs et chercheurs des services scientifiques et pédagogiques de ce dispositif, où des expériences ont été menées par le dispositif sur le sable et des géotextiles et des résultats ont été atteints par lesquels des défauts de toutes sortes ont été montrées et les propriétés de cisaillement ont été mesurées pour le sable seule ainsi que renforcé avec un géotextile.

Mots clés: Cisaillement Triaxial, Géotextile, Sable, Angles.

Abstract

This study focuses on the general diagnosis of the triaxial shear device of the Civil Engineering and hydraulics Department at Ouargla University, to learn to conduct shearing experiments and also identify defects, the list of tools and requirements to be made available for the proper functioning device. The ultimate objective is to benefit future students as well as professors and researchers from the scientific and pedagogical services of this device. Experiments were carried out by this device on dune sand alone, and the compound sand/geotextile, and results were obtained through which defects of all kinds were shown, and the shear parameters of sand alone as well as reinforced by geotextile were measured.

Keywords: Triaxial – Geotextile – Sand – Angles.