جامعة دمشق
كلية الهندسة المدنية
قسم الهندسة الجيوتكنيكية



# ميكانيك التربة 2

# المحاضرة السادسة

# قياس متانة بعض المواد

الفولاذ

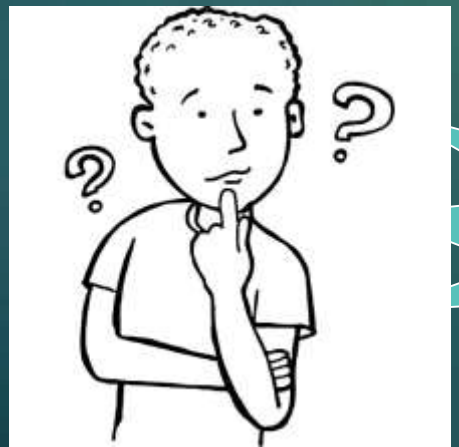
قوى الشد

التربة

قوى القص

بوجود الماء المسامي

سلوك معقد



# المحتويات :

1 – مقدمة

2 – مقاومة التربة للقص وانواع التجارب التي نجريها .

3 - مقاومة الترب المفككة على القص

4 – مقاومة الترب المتماسكة على القص

5 – الخلاصة

## 1 - مقدمة :

1 – كيف تنهار التربة ؟؟؟

2 – ماهي القيم التي تحدد مقاومة التربة للانهيار ؟؟

3 – هل هناك فرق بين انهيار الترب الرملية والترب الغضارية؟

## 2 - مقاومة التربة للقص:

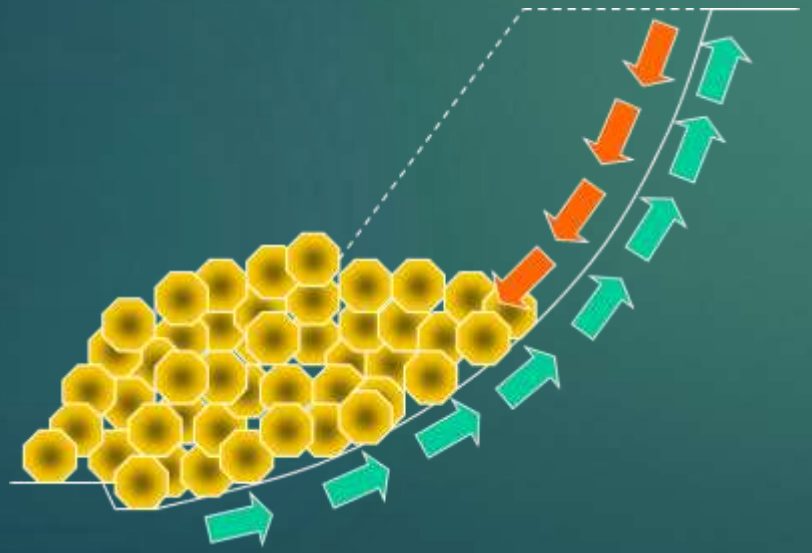
تعتبر مقاومة التربة للقص من أهم الخواص الميكانيكية للتربة وتعرّف بإنها مقاومة التشوه الناتج من القوى القاصة (الاجهادات المماسية) المؤثرة في الكتلة الترابية أو على جزيئاتها ومن الضروري حساب مواصفات مقاومة التربة للقص لأنها المحدد الأساسي لمتانتها حيث تستخدم هذه المواصفات في حسابات ميكانيك التربة الانشائي وأهمها:

- حساب قدرة تحمل التربة تحت الأساس.
- حساب ضغط التربة على الحواجز.
- حساب هبوط الأساسات.

ندرس مقاومة التربة للقص باختبارها بواسطة احدى الطرق التالية:

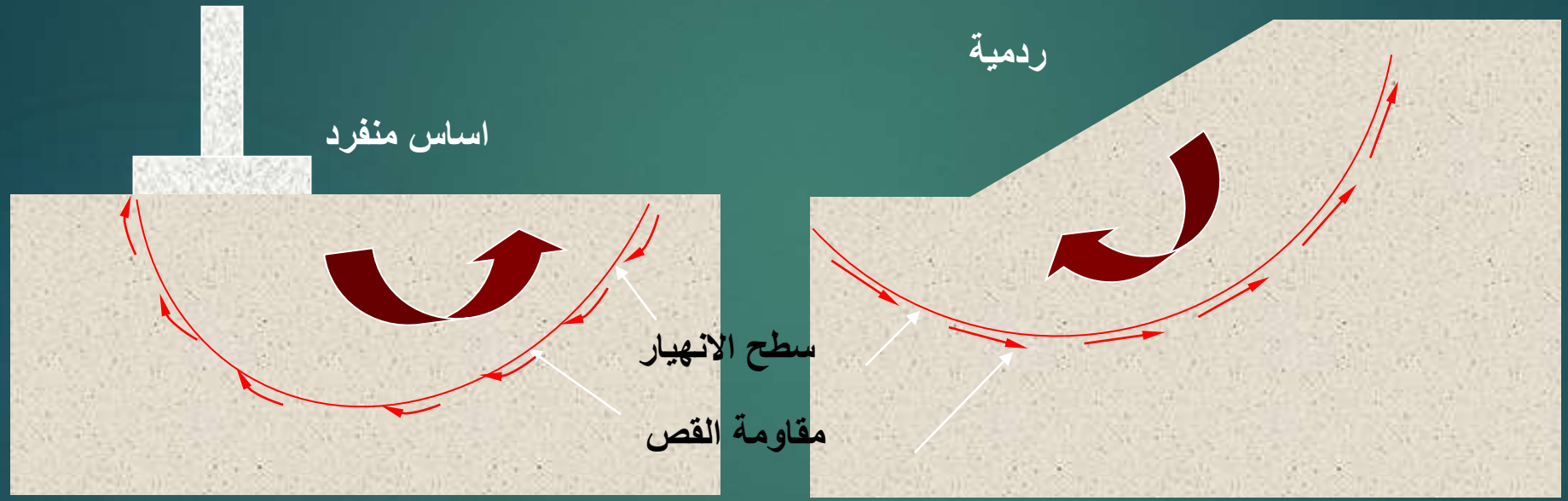
- القص المستوى المباشر.
- الضغط البسيط الحر.
- الضغط باتجاه ثلاثي المحاور.
- طرق حقلية ومخبرية آخرى.

# انهيار التربة على القص :



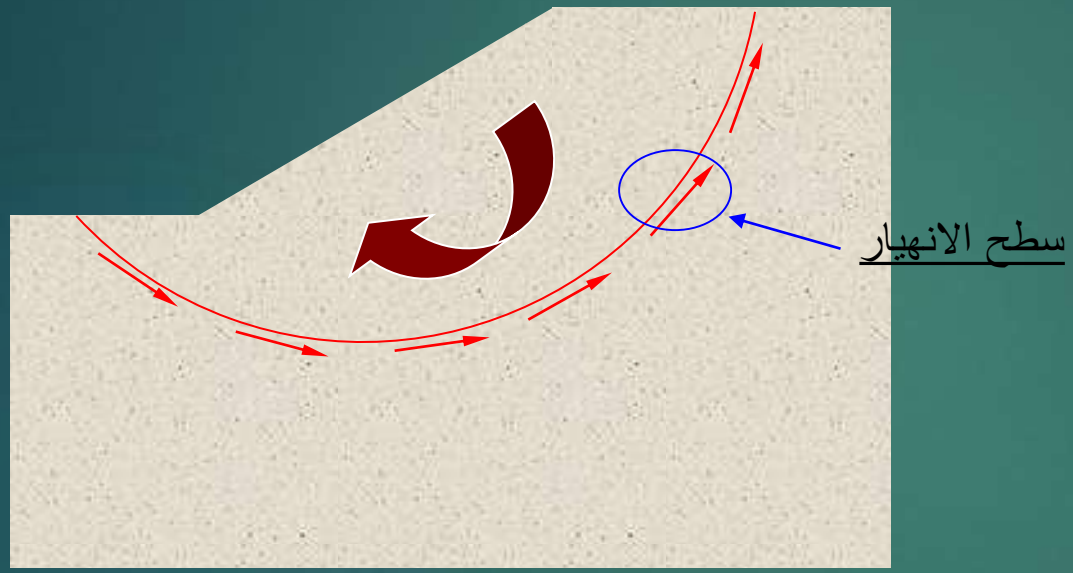
# انهيار التربة على القص:

تنهار التربة عادة على القص

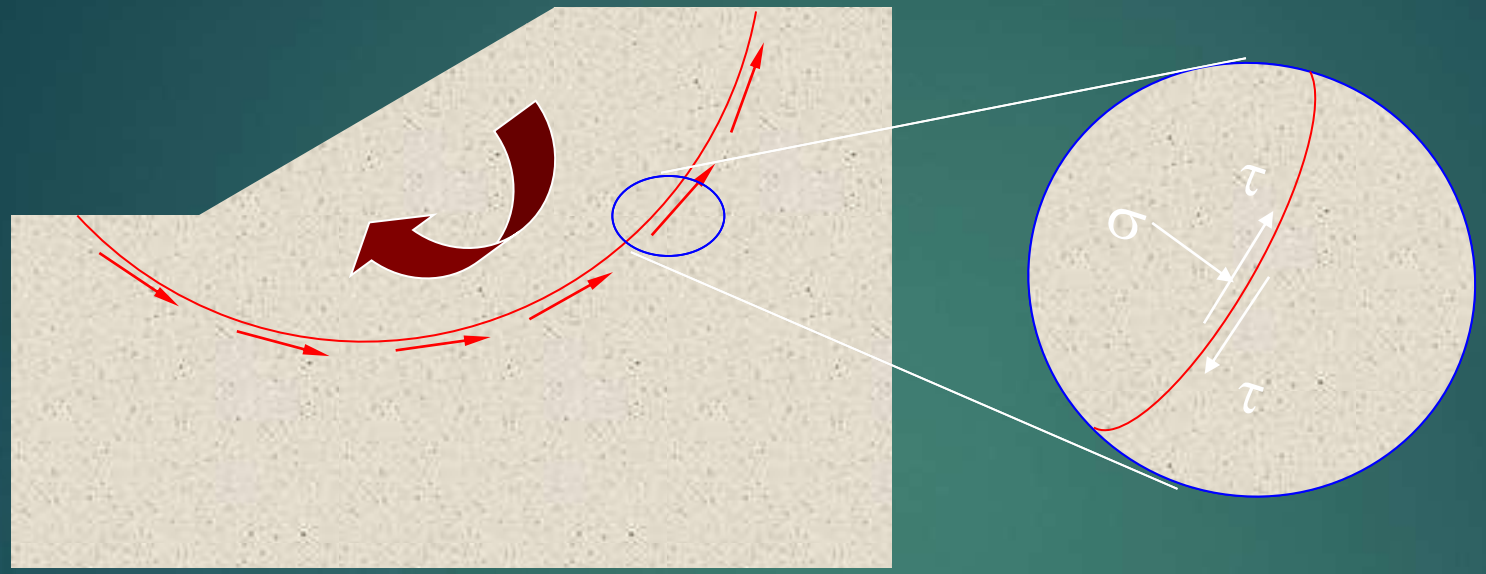



عند الانهيار تصبح الاجهادات التي تسببها الحمولات أكبر من للاجهادات الحدية على القص

# آلية الانهيار على القص




تنزلق حبات التربة على بعضها عند الانهيار وتفقد قوى التماسك والاحتكاك فيما بينها




يحدث الانهيار عندما تتجاوز الاجهادات المماسية التي تسببها الحمولات $\tau$ الاجهادات الحدية $\tau_f$

# 1 - تجربة القص المباشر المستوي :

الغاية من التجربة :

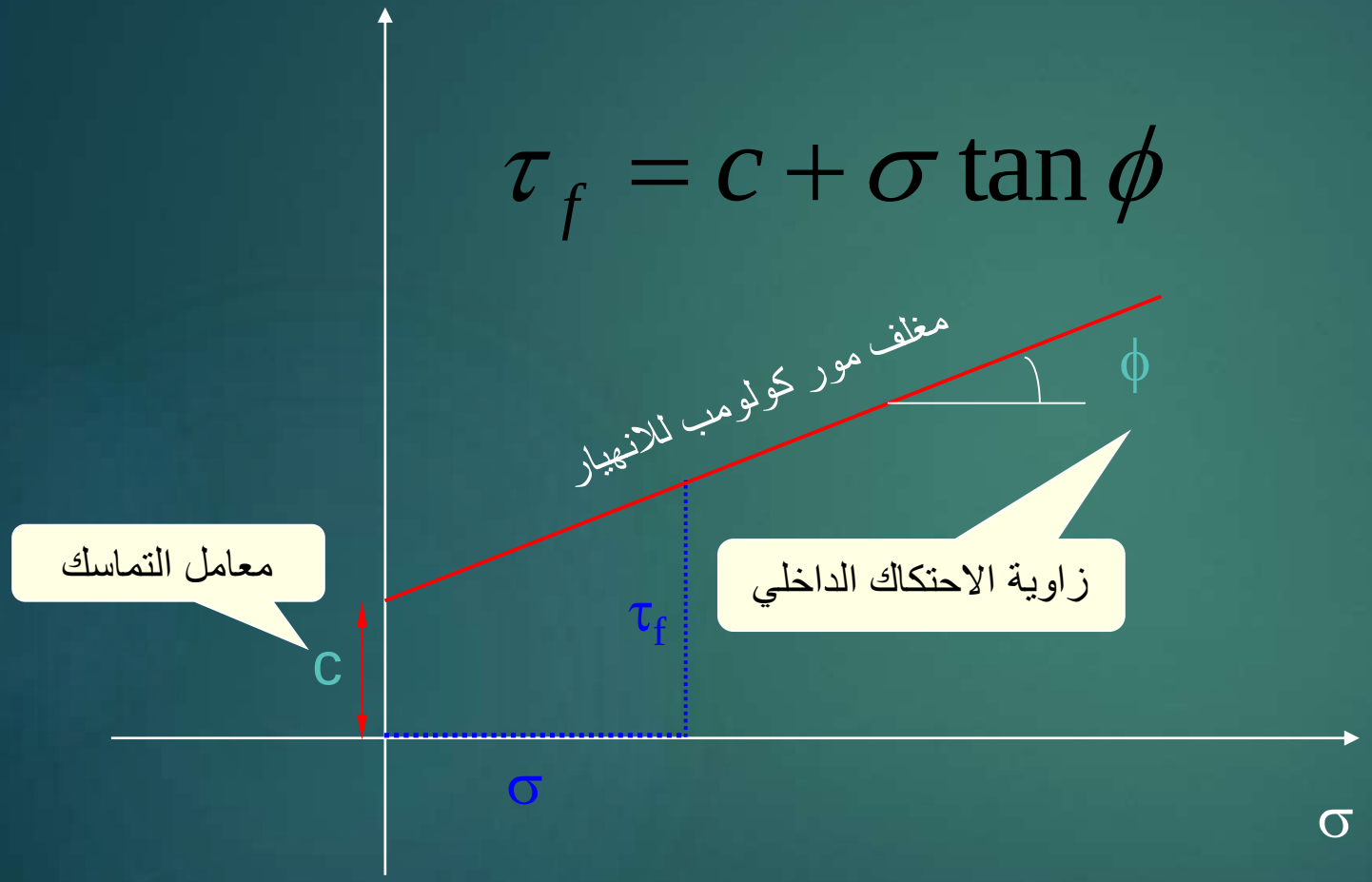
- رسم مغلف مور كولومب للانهيار في التربة
- حساب معاملات القص (زاوية الاحتكاك الداخلي ومعامل التماسك)

**زاوية الاحتكاك الداخلية :** مقياس لمقاومة القص نتيجة الاحتكاك بين ذرات التربة .

**معامل التماسك :** مقياس لمقاومة القص نتيجة التماسك بين ذرات التربة.

# مغلف مور كولومب (حالة اجهادات كلية)

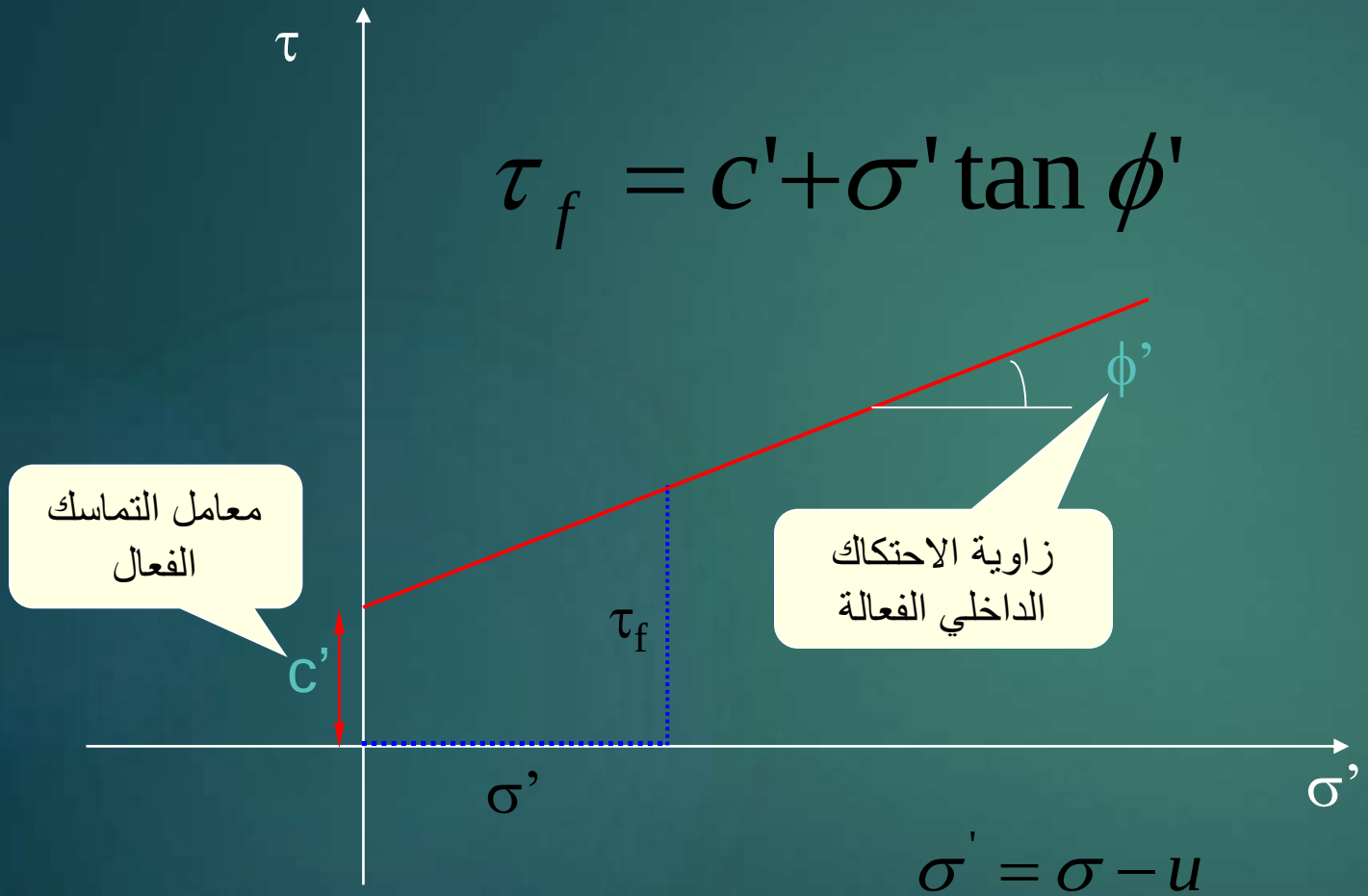
$$\tau_f = c + \sigma \tan \phi$$




c: التماسك بين ذرات التربة " له واحدة الاجهاد ".
ϕ: زاوية الاحتكاك الداخلي للتربة .
σ: الإجهاد الناظمي على سطح الانهيار .
$\tau_f$: ممانعة القص الحدية .

# مغلف مور كولومب (حالة اجهادات فعالة)

$$\tau_f = c' + \sigma' \tan \phi'$$




$$\sigma' = \sigma - u$$

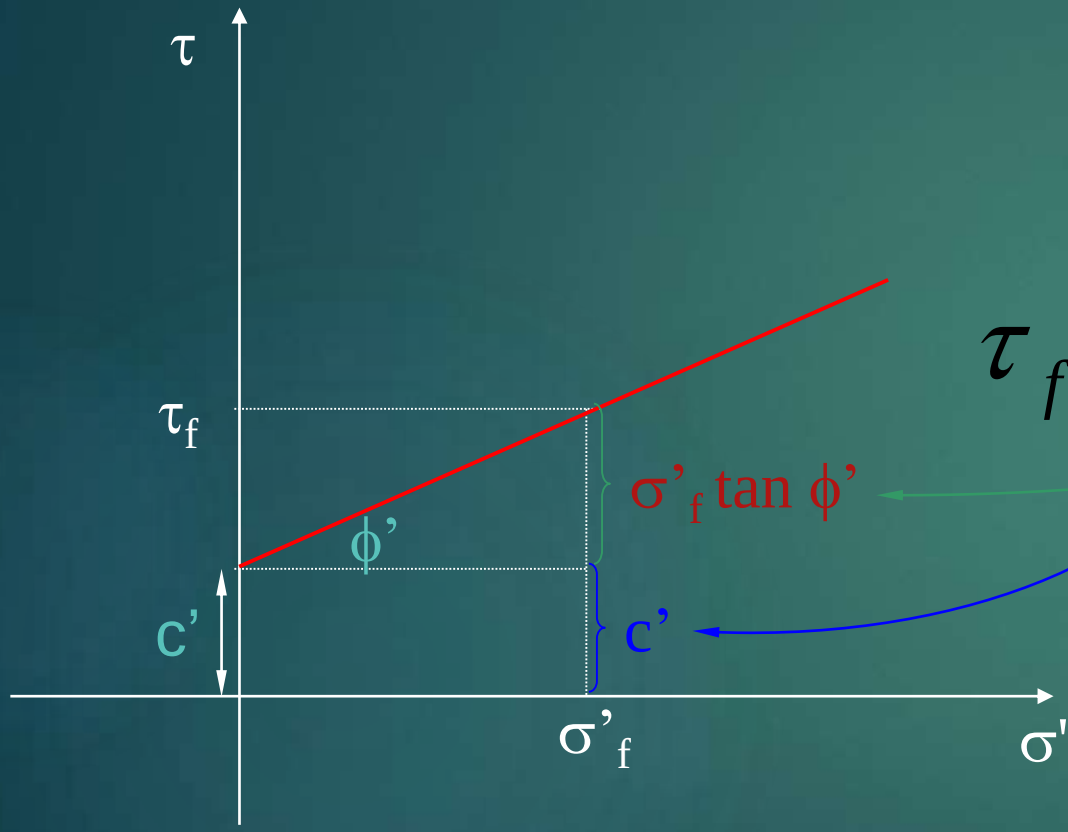
ضغط الماء المسامي = u

c: التماسك الفعال بين ذرات التربة " له واحدة الاجهاد ".

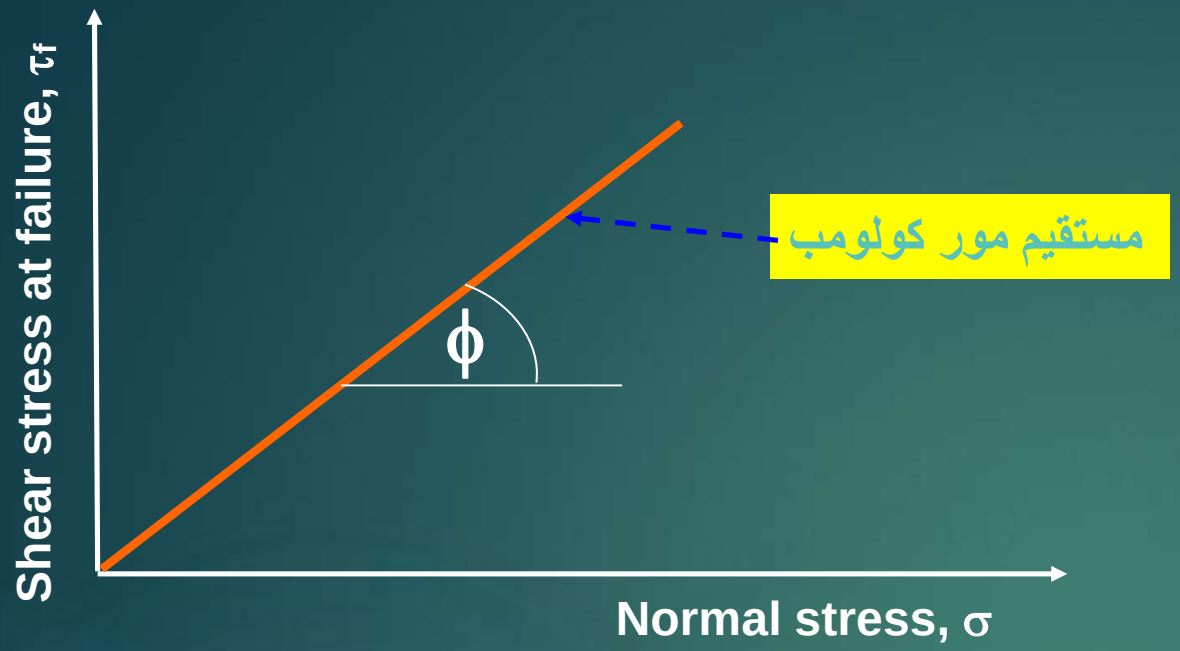
ϕ: زاوية الاحتكاك الفعالة الداخلية للتربة .

σ: الإجهاد الناظمي على سطح الانهيار .

$\tau_f$: ممانعة القص الحدية .

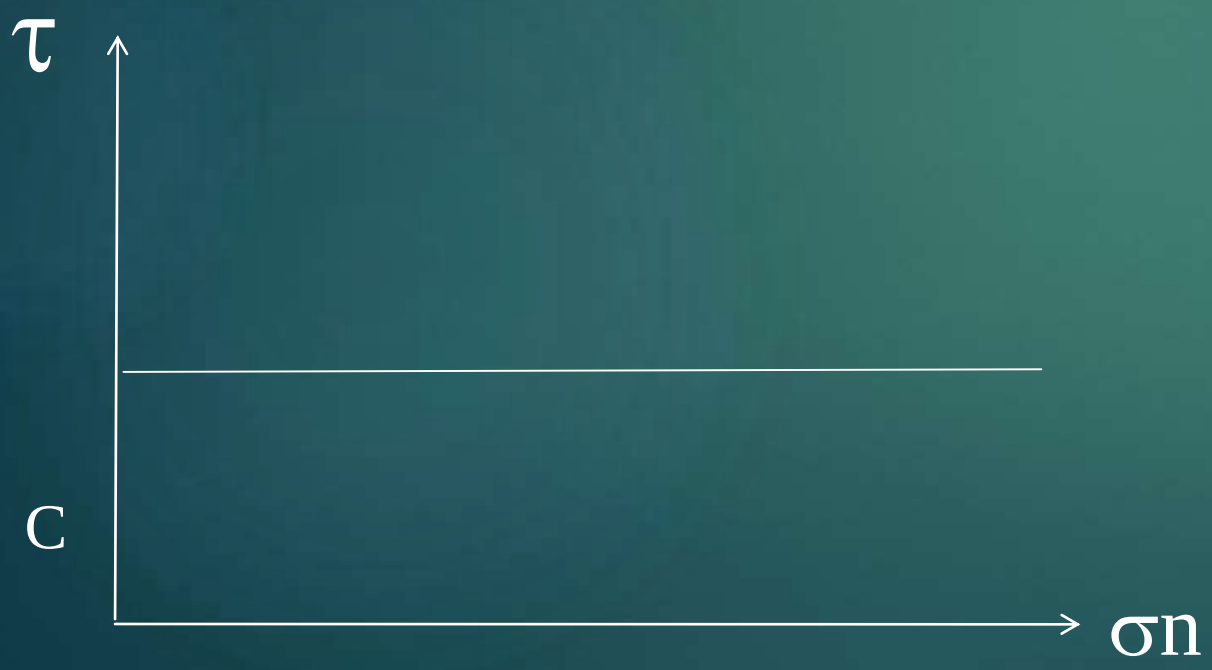



$$\tau_f = c' + \sigma'_f \tan \phi'$$




$$\tau_f = 0 + \sigma_n \times \tan\varphi$$

ترب رملية (مفككة أو مرصوصة)
أو غضار منضغط طبيعياً
" لا يوجد تماسك "



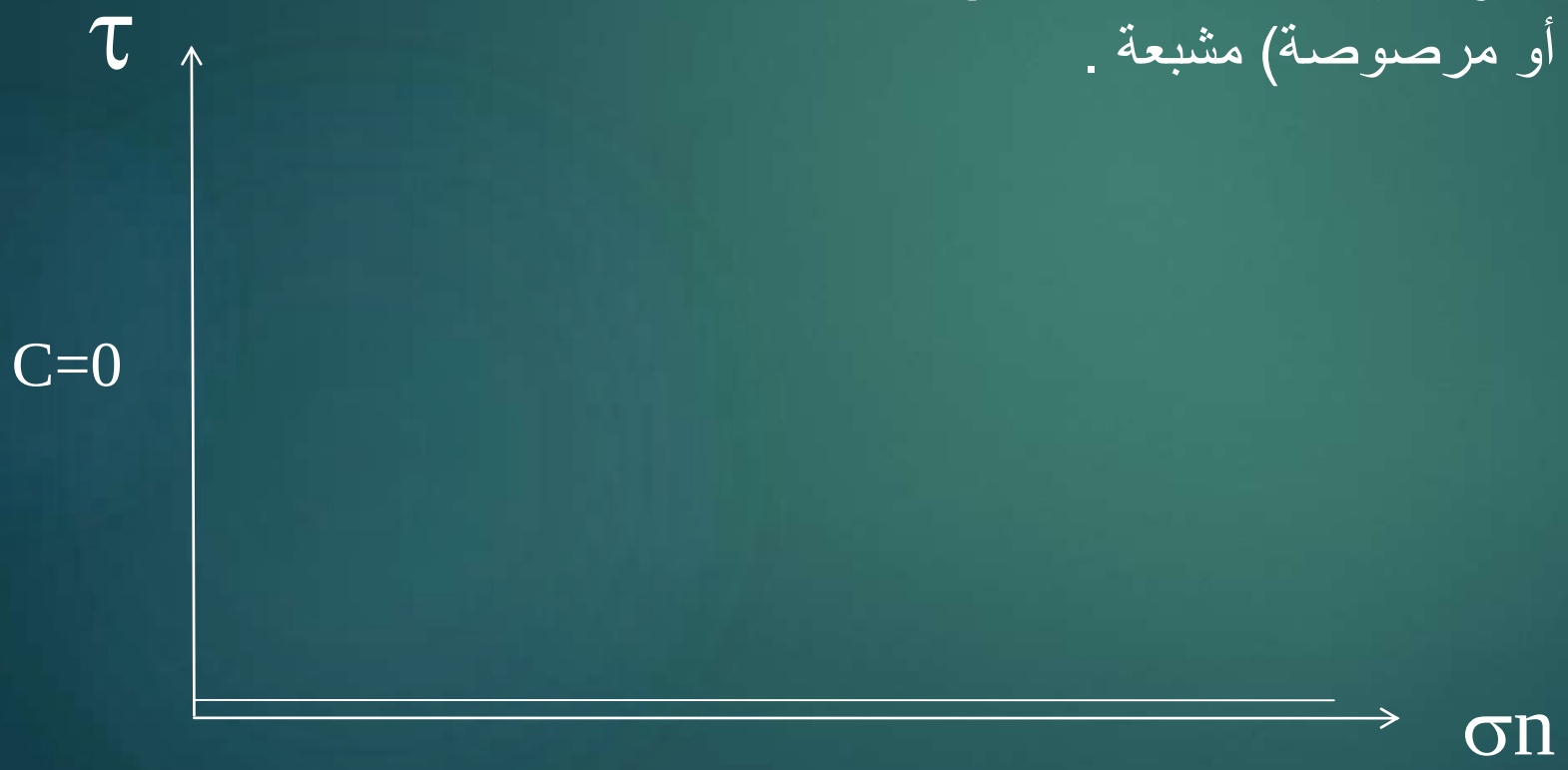

$$\tau_f = C$$

غضار مسبق الانضغاط
" مشبع لا يوجد احتكاك "

وفي حالة الترب الغضارية الناعمة والتي رطوبتها اعلى من حد السيولة يكون

$$\tau_f = 0$$

تزداد قيمة معامل التماسك للتربة الغضارية بدأً من وضعيتها عند حد السيولة وانتهاءاً بوضعيتها عند حد الانكماش .
أو تربة رملية (مفككة أو مرصوصة) مشبعة .



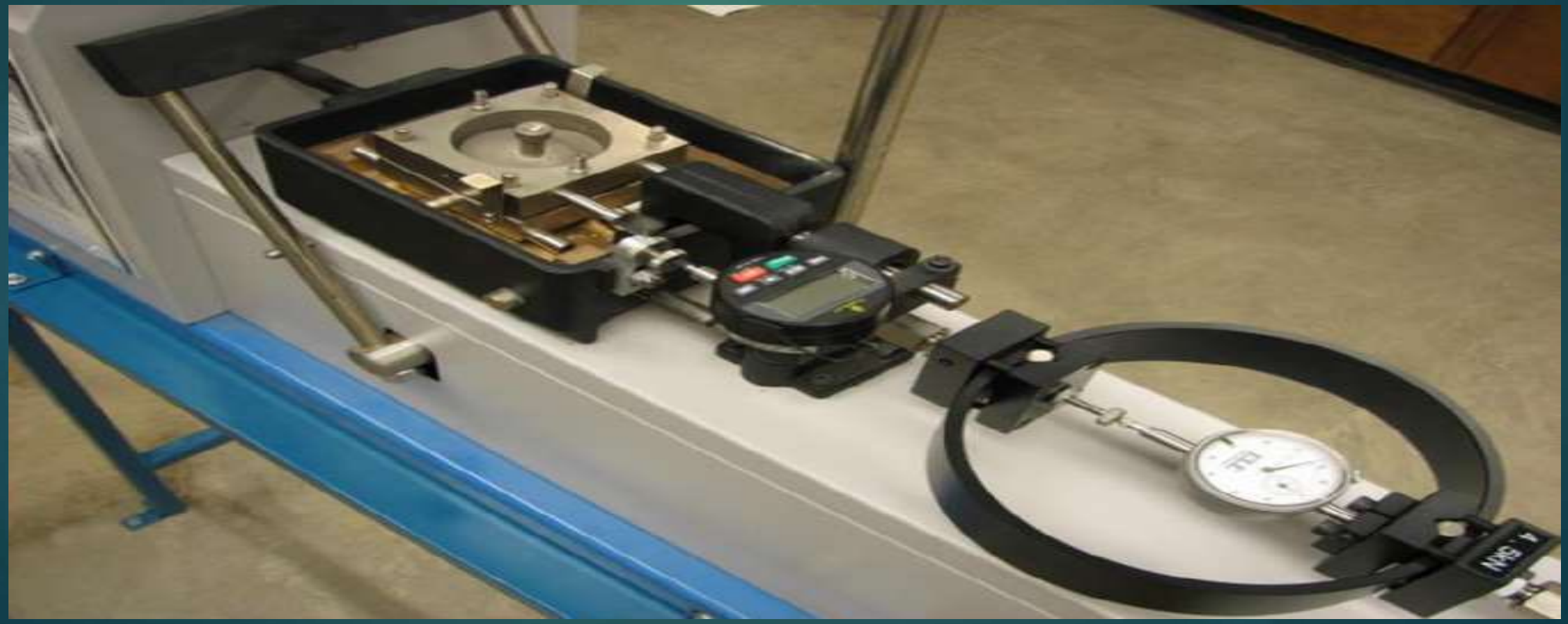
# 1 - تجربة القص المستوي المباشر:

## جهاز القص المباشر:

يتألف من محرك كهربائي يتحرك حركة دورانية يلي هذا المحرك علبة تحويل الحركة والتي تحول الحركة الدورانية إلى حركة مستقيمة, هذه الحركة المستقيمة تظهر في تقدم المحور المحلزن الذي يضغط بدوره على علبة القص بشكل أفقي وبسرعة تقدم ثابتة محددة مسبقاً, وذلك وفقا لنوع التربة ولشكل الحمولات التي ستطبق في الموقع.

## علبة القص:

يوجد داخل علبة القص حلقتين مربعتين 6*6 Cm توضع احدى الحلقتين فوق الآخرى وعندما يتقدم المحور المحلزن يؤثر على العينة بقوة أفقية قاصة تنزلق الحلقتين عن بعضهما مما يؤدي إلى انهيار العينة مع العلم أن مستوى القص محدد مسبقا وهو مستوي التماس بين جزئي العينة في علبة القص.



## طريقة اجراء التجربة :

## تحضير العينة:

بالنسبة للعينات الغضارية لدينا نوعين من العينات :

- سليمة
- مشكَّلة

الفرق بين العينتين السليمة والمشكلة في كيفية توضيع العينة ضمن حلقة القص والتي تمثل الخطوة الاولى في التجربة .

**العينات السليمة :**

نأخذ حلقة جهاز القص ونحاول وضع العينة ضمنها مع الانتباه الى عدم تشويه العينة وتغيير خواصها الفيزيائية .

**العينات المشكلة :**

نقوم بنخل العينة على المنخل 4 ثم نعيد تشكيل العينة بالرطوبة والوزن الحجمي نفسه للعينة السليمة

أما العينات الرملية يتم وضعها ضمن قالب القص بشكل مباشر دون وضعها في حلقة القص .

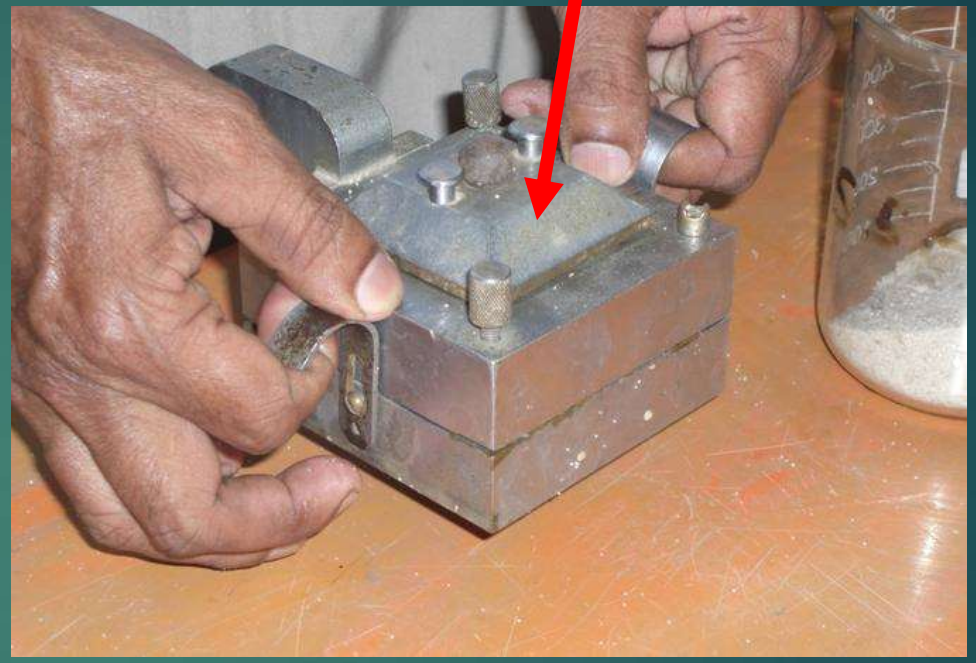
- نضع العينة ضمن قالب القص .
- نطبق عليها حمولة ناظمية ولتكن $N_1$ ونشغل الجهاز فيبدأ بالتحرك أفقيا .
- نسجل مقدار الانتقال الافقي للعينة وقراءة المؤشر ونستمر بأخذ القراءات حتى تنهار العينة .
- نكرر الخطوات السابقة ثلاث مرات باضافة عينة جديدة وتكبير الحمولة الناظمية بحيث نحصل في كل مرة على اجهاد ناظمي جديد موافق لقراءات افقية واجهاد مماسي اعظمي جديد .

e

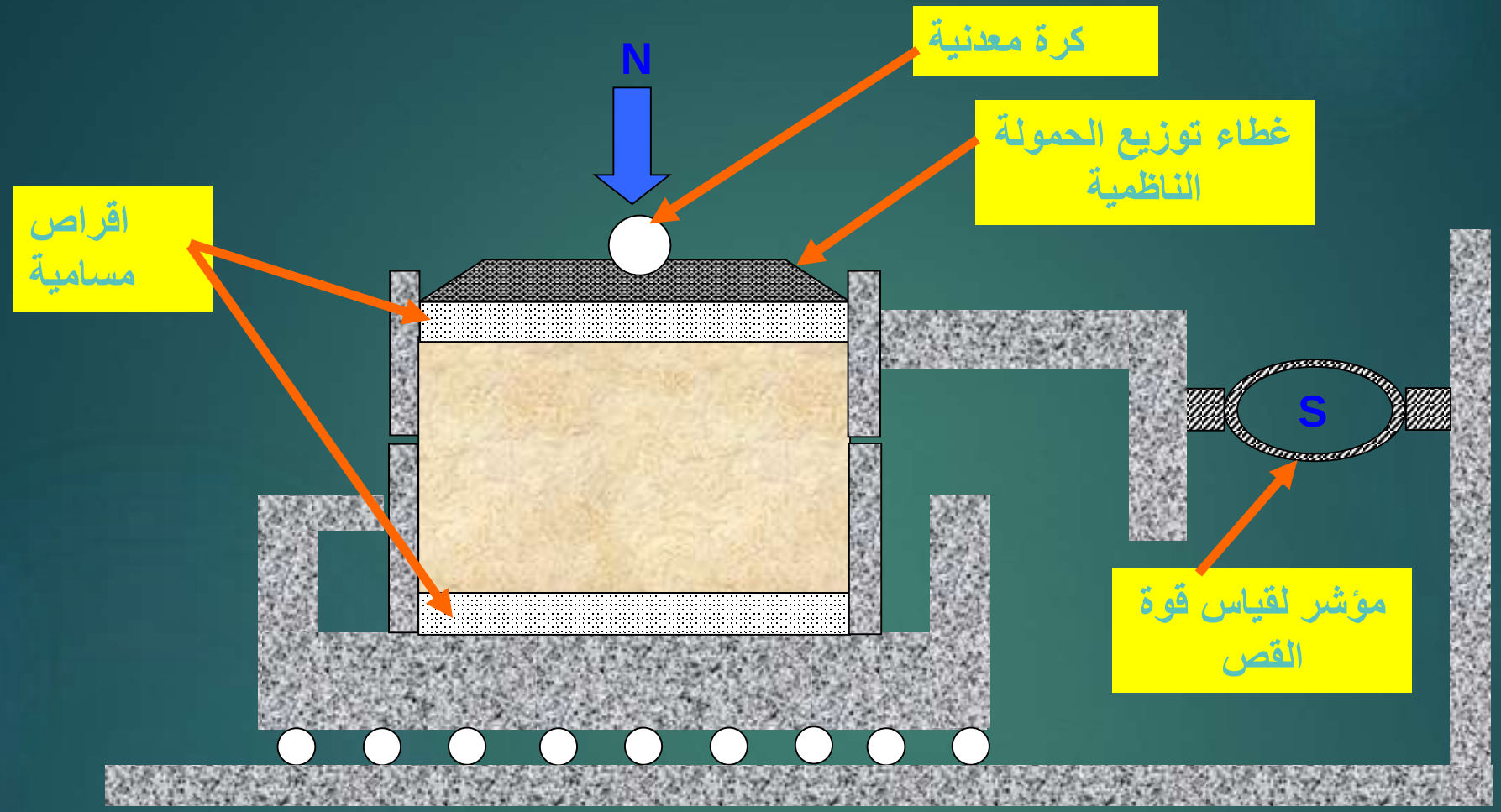
اجزاء علبة القص

اضافة عينة رملية لاجراء تجربة عليها

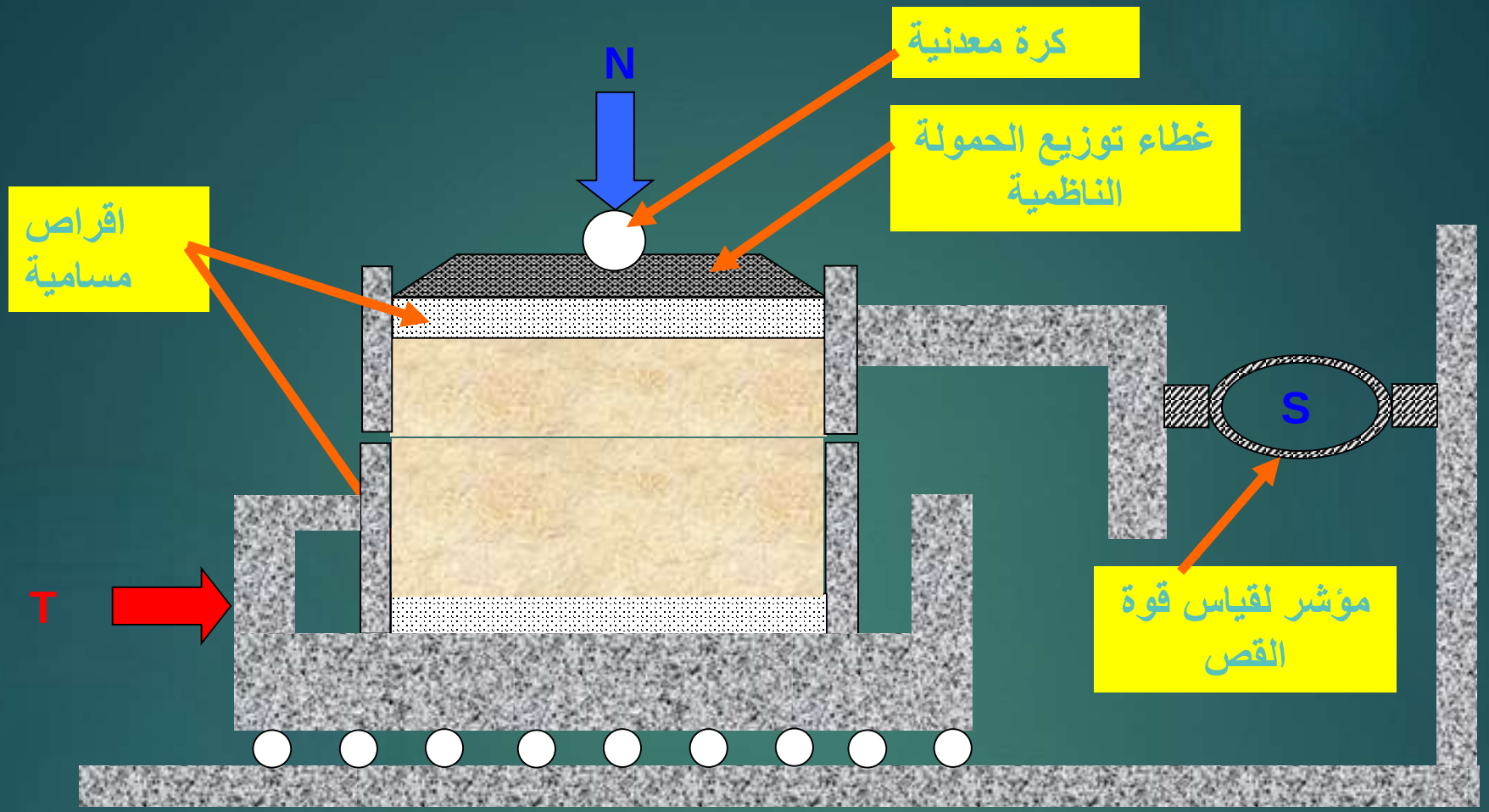
غطاء لتوزع الحمولة الناظمية



تسوية سطح العينة




في العينات الغضارية نقوم بتطبيق الحمولة الناظمية والانتظار حتى تنضغط العينة (حتى انتهاء التشوهات الافقية)




في العينات الغضارية نقوم بتطبيق الحمولة الناظمية والانتظار حتى تنضغط العينة (حتى انتهاء التشوهات الافقية)

بعد انتهاء التشوهات الشاقولية نبدأ بتطبيق القوى القاصة T

## الحسابات :

الاجهاد الناظمي $\sigma_{ni}$ = (Ni* ذراع الجهاز) /A

- نأخذ قراءة المؤشر (والتي هي عبارة عن التشوه الأفقي للعينة والذي نحوله إلى اجهاد مماسي عن طريق معامل الجهاز)

القوة المماسية T = معامل الجهاز * ثابت المؤشر * قراءة المؤشر

ومنها نحصل على الاجهاد المماسي τ.

$$\tau_i = \frac{T_i}{A}$$

ملاحظة : معامل الجهاز هو رقم خاص بكل جهاز يحول القراءة الى قوة ويؤخذ من جداول خاصة بكل جهاز .

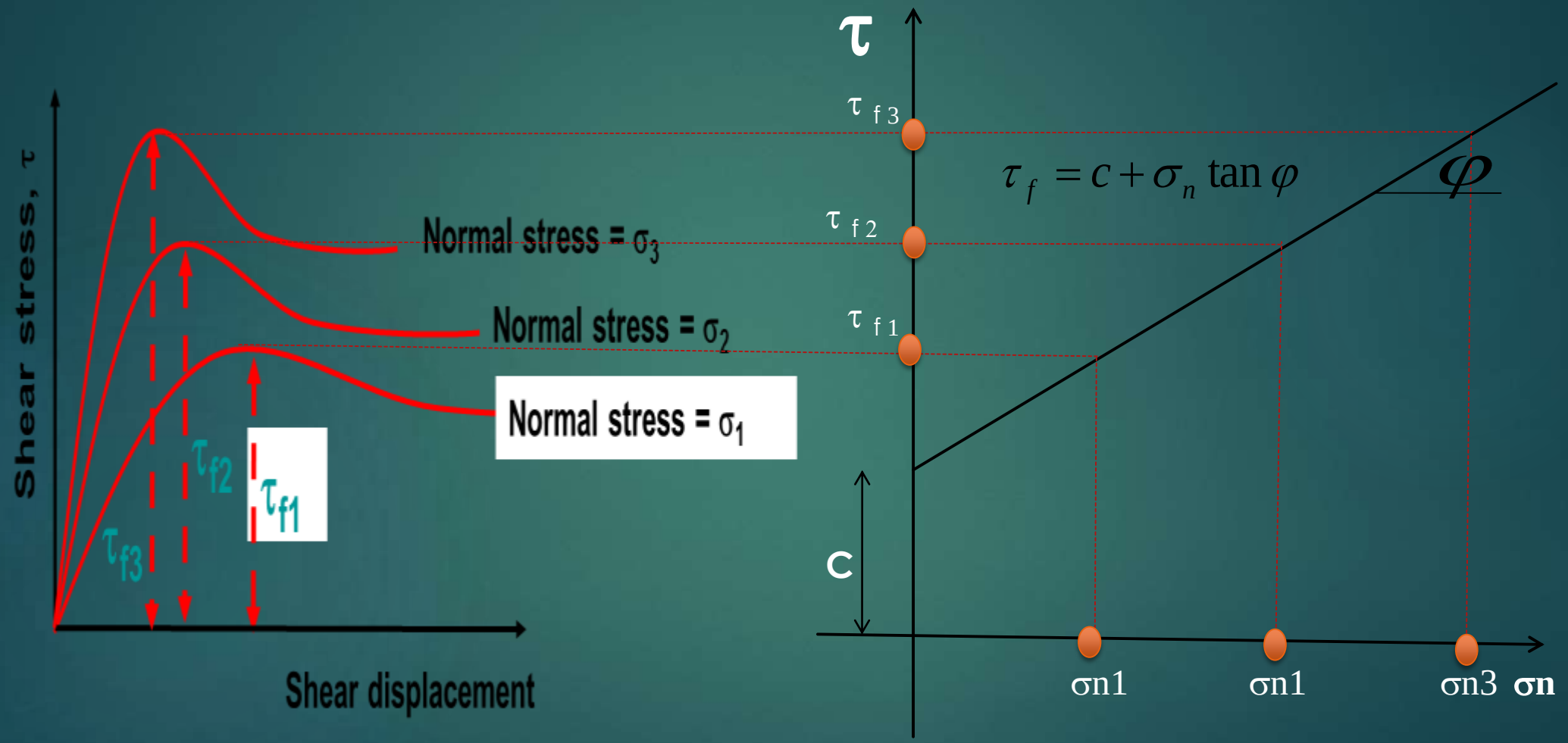
## رسم المخططات :

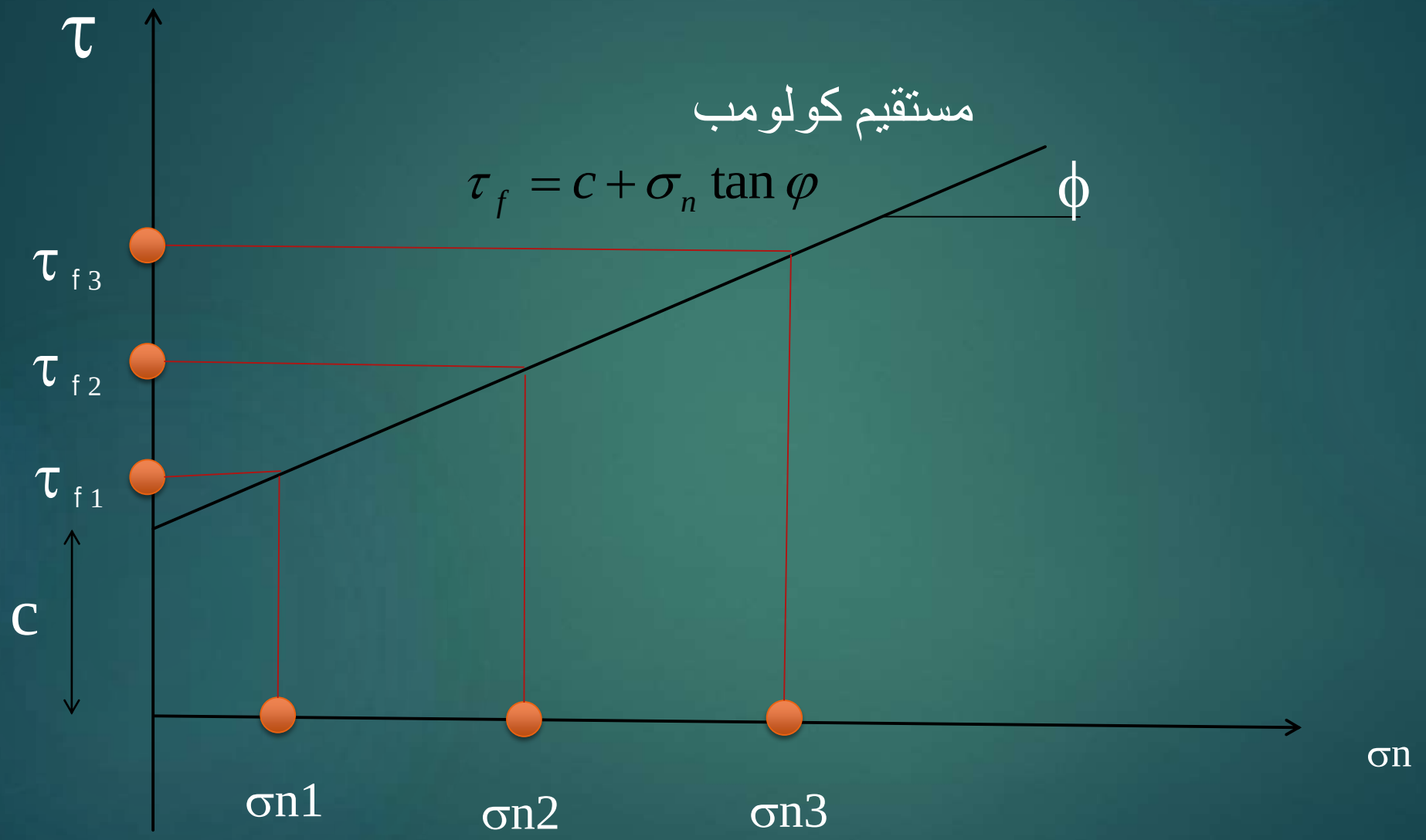
- نرسم علاقة الانتقال الافقي للعينة $\delta$ والاجهادات المماسية $\tau$ لكل حمل ناظمي مطبق ونستنتج من كل منحني قيمة الاجهاد المماسي الاعظمي .
- رسم علاقة الاجهادات الناظمية $\sigma_{ni}$ و الاجهادات المماسية الاعظمية $\tau_{fi}$
- حساب معامل التماسك وزاوية الاحتكاك الداخلي .

معامل التماسك C $kn/m^2$

زاوية الاحتكاك الداخلي $\varphi$

# رسم المخططات :




τ
مستقيم كولومب
$\tau_f = c + \sigma_n \tan\varphi$
ϕ
τ f 3
τ f 2
τ f 1
c
σn
σn1
σn2
σn3

# الأنواع الرئيسية لطرق الاختبار على القص

1. الاختبار بالطريقة المغلقة (الاختبار غير المصرف السريع).
2. الاختبار بالطريقة المفتوحة (الاختبار المصرف).

تعود تسمية اختبار سريع او بطيء نسبة الى سرعة قص العينة حيث تتراوح سرعة جهاز القص 0.003 – 4.22 mm/min

## 1- الاختبار بالطريقة المغلقة (الاختبار غير المصرف السريع).

نضع تحت العينة وفوقها في القالب قرص كتيم وليس قرص مسامي ثم نقص فورا وبزمن قدره (0-10) دقائق كحد أقصى.

وهنا نحصل على أقل قيمة لـ $\phi$ لإنه بوجود الماء والسرعة فإن الحبيبات لاتحتك ببعضها.

## 2- الاختبار بالطريقة المفتوحة (الاختبار المصرف).

حيث نسمح بخروج الماء أثناء القص بوضع أقراص مسامية فوق العينة وتحتها وهنا يوجد نوعان:

- اختبار مصرف سريع.
- اختبار مصرف بطيء.

### الاختبار المصرف السريع:

يسمح للعينة بأن تنضغط تحت تأثير σn حتى ثبات التشوه الشاقولي (ويتم ذلك للعينات المستخرجة من أعماق كبيرة وذلك حتى نقصها في وضع مشابه لوضعها في الحقل) ثم نقصها بسرعة.

### الاختبار المصرف البطيء:

يسمح للعينة بأن تنضغط تحت تأثير σn حتى ثبات التشوه الشاقولي وانتقال كامل الضغط للحبيبات ثم نقص العينة بسرعة بطيئة.

قيمة زاوية الاحتكاك الداخلي والتماسك بالطريقة المفتوحة والبطيئة اعلى من الطريق المفتوحة والسريعة .

# آلية القص أثناء التجربة :

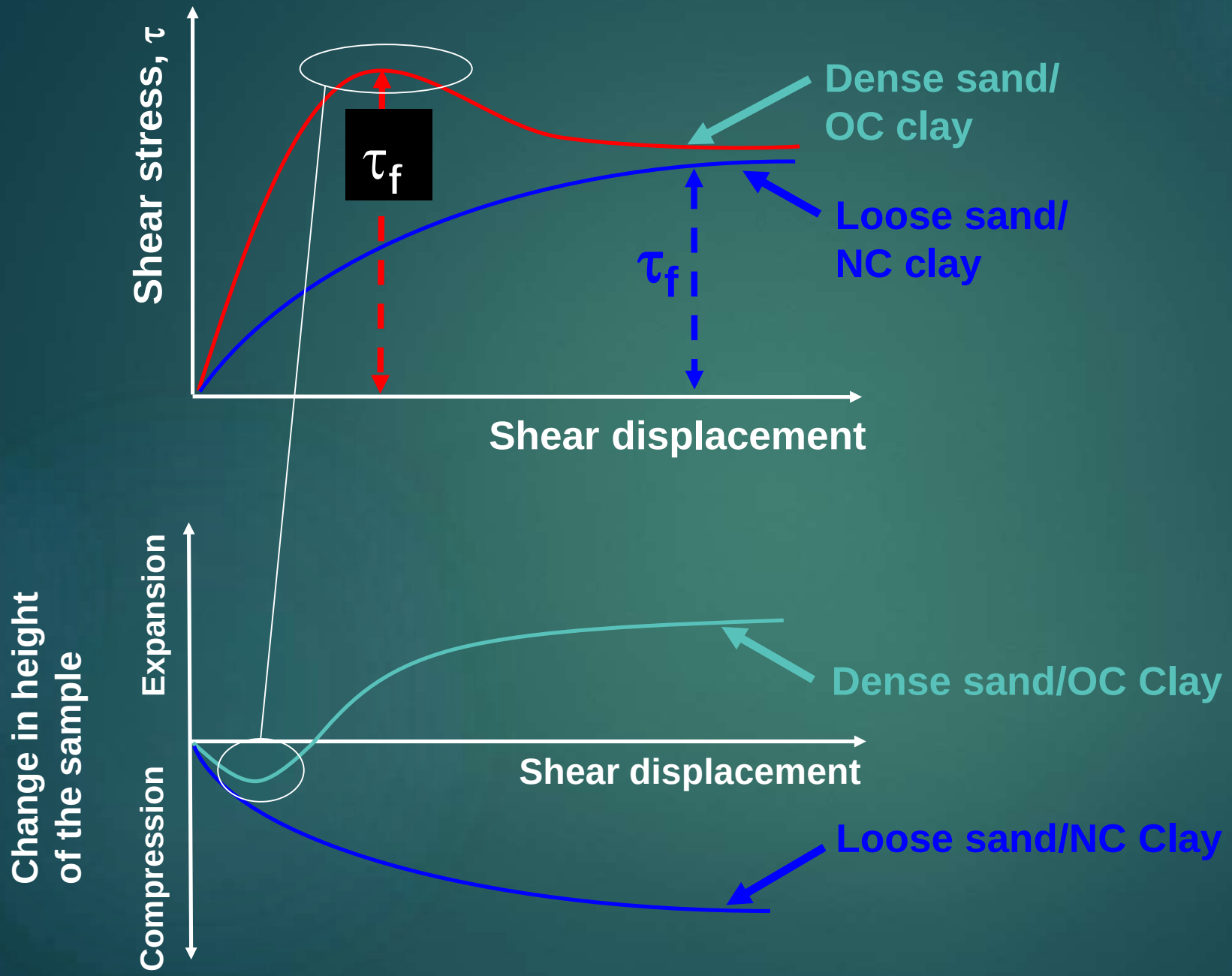
تتم التجربة على نوعين من التربة :
1- رمل مخلخل ، أو غضار منضغط طبيعياً .
2- رمل مرصوص ، أو غضار مسبق الانضغاط .

## النوع الأول (رمل مخلخل أو غضار منضغط طبيعياً):

يُلاحظ في هذه التُرب حدوث تشوه قص يوافق حصول زيادة في إجهادات القص ويكون المنحني انسيابي , وذلك حتى قيمة ثابتة لإجهاد قص وعند هذه القيمة يزداد التشوه دونما أي زيادة في الإجهاد , ويسمى إجهاد القص هذا ب **الإجهاد الحدي** $\tau cs$.

## النوع الثاني (رمل مرصوص أو غضار مسبق الانضغاط):

يلاحظ في هذه التُرب ازدياد سريع في إجهاد القص الى أن يصل الإجهاد الى قيمته العُظمى $\tau P$ ويقابله تشوه قص صغير مقارنة مع النوع الأول, بعد الوصول القيمة الأعظمية , يحصل تناقص في إجهاد القص مع زيادة كبيرة في التشوه , الى ان يصل الإجهاد الى قيمته الحدية ذاتها للنوعالأول $\tau cs$.


Shear stress, τ
$\tau_f$
Dense sand/
OC clay
Loose sand/
NC clay
$\tau_f$
Shear displacement
Change in height
of the sample
Expansion
Compression
Dense sand/OC Clay
Shear displacement
Loose sand/NC Clay

# 3- مقاومة التربة المفككة على القص

إن المقاومة العظمى للقص في التربة المفككة هي مقاومة احتكاك.

وتتناسب مقاومة الاحتكاك طرداً مع الضغط الشاقولي المؤثر عليها في مستوي القص.

وتكون معادلة مستقيم كولومب في التربة المفككة:

$$\tau_f = 0 + \sigma_n \times \tan\varphi$$

تتراوح قيمة $\phi$ في التربة المفككة (رملية + بحصية)

بين (25-38)deg وقد تصل لـ 40deg في التربة البحصية.

إذا كانت العينة *رملية* فإنها تقاوم اجهاد القص عن طريق الاحتكاك فتكون $\phi$ كبيرة و c صغيرة أو معدومة.

# العوامل المؤثرة على القص في الترب الرملية

- **التدرج الحبى:** كلما كان منحني التدرج الحبي غير متجانس (جيد) يزداد الاحتكاك.
- **شكل الحبيبات وخشونة سطحها:** تزداد $\phi$ كلما كانت الحبيبات حادة وسطوحها خشنة, وتقل $\phi$ كلما كانت الحبيبات دائرية وملساء وناعمة السطح.
- **معامل المسامية(e):** كلما كان أقل كلما كانت الحبيبات قريبة من بعضها وبالتالي احتكاكها أكبر.

## ملاحظات حول معاملات القص للترب الرملية :

اختبار القص المباشر مصرف وضغط الماء المسامي مهمل لذلك

$$u = 0$$

الترب الرملية هي ترب مفككة لذلك :

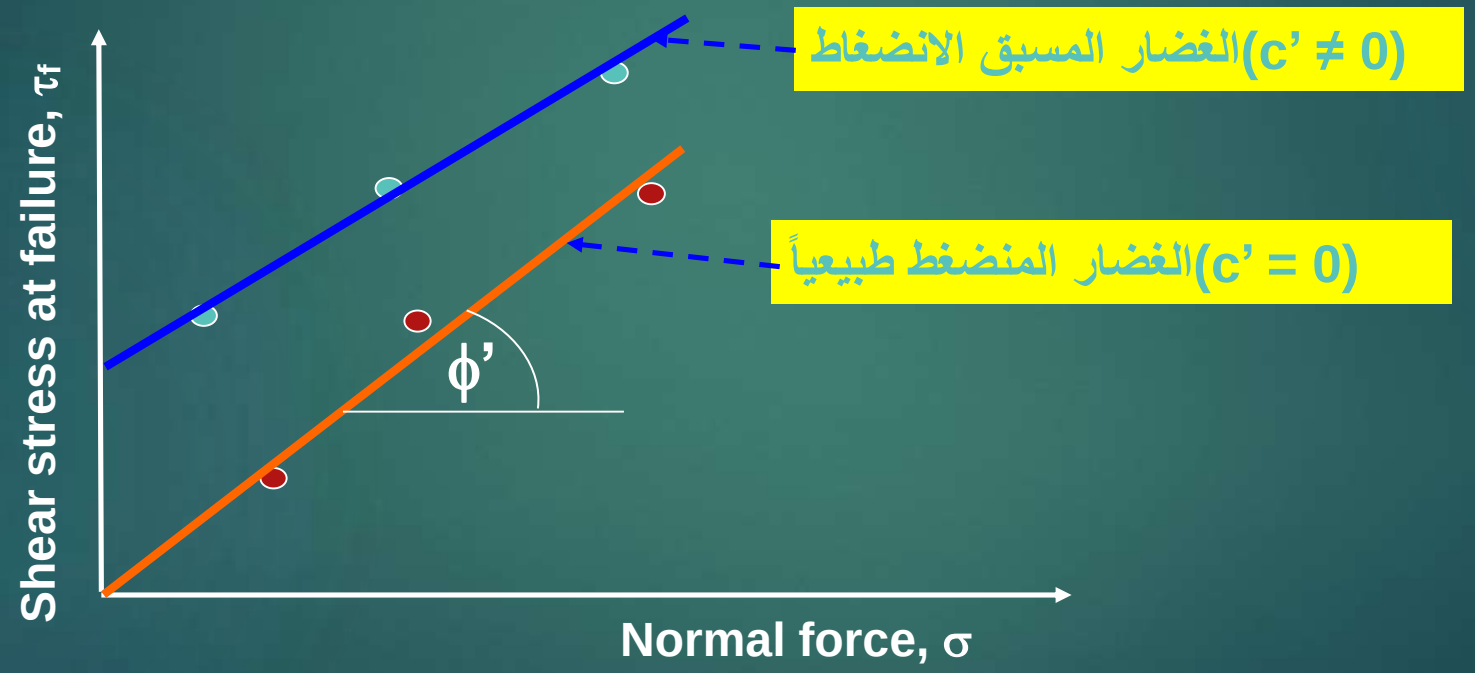
$$c = 0$$

لذلك

$$\phi' = \phi \text{ and } c' = c = 0$$

# 4-اختبارات القص للترب الغضارية :

بالنسبة لاختبارات القص في الترب الغضارية :يجب اجراء الاختبار بسرعات قليلة وذلك حتى نعطي للماء وقت كافي للخروج من العينة . لذلك تحتاج اختبارات القص في الترب الغضارية الى عدة ايام




إذا كانت العينة *غضارية* فإنها تقاوم اجهاد القص عن طريق التماسك فتكون c كبيرة و$\phi$ صغيرة.

# العوامل المؤثرة على القص في الترب المترابطة

**أولاً: طريقة الاختبار:**

إذا كان القص سريع ومغلق لعينة غضارية مشبعة فإن $\phi = 0$

إذا كان القص سريع مفتوح لعينة غضارية مشبعة فإن:

$\phi = (10\text{-}18)deg$

إذا كان القص بالطريقة المفتوحة والبطيئة تكون:

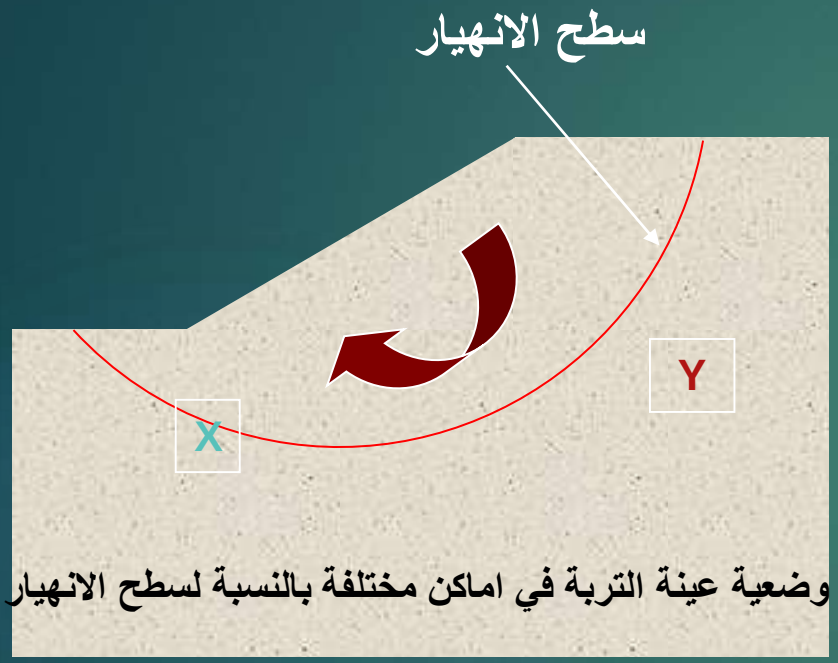
$\phi = (20\text{-}25)deg$

**ثانياً: سرعة القص:**

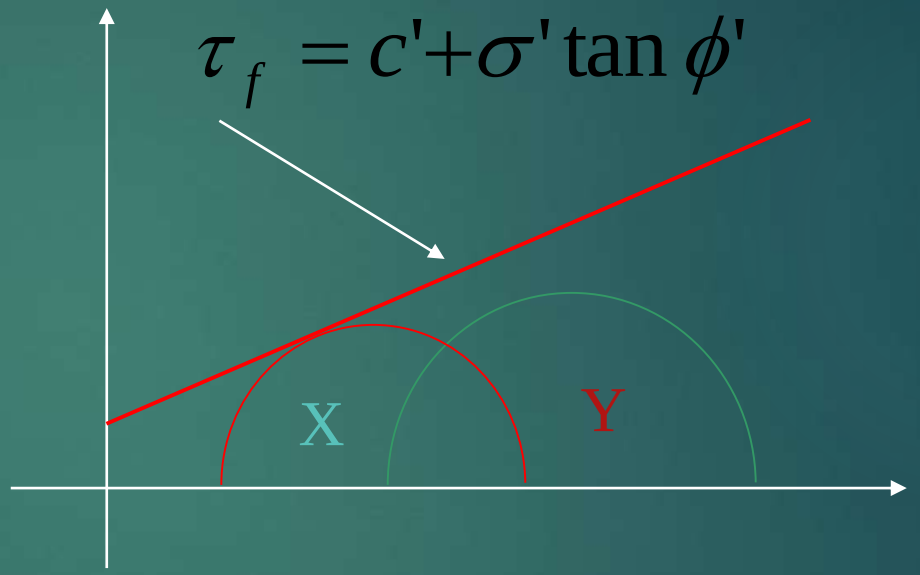
تأثير السرعة غير ايجابي على الاحتكاك $\phi$ في حالة التربة المشبعة المختبرة بالطريقة المصرفة البطيئة (أي عند نقصان السرعة يزداد $\phi$).

قيمة زاوية الاحتكاك الداخلي والتماسك بالطريقة المفتوحة والبطيئة اعلى من الطريق المفتوحة والسريعة .

# دوائر مور ومغلف الانهيار



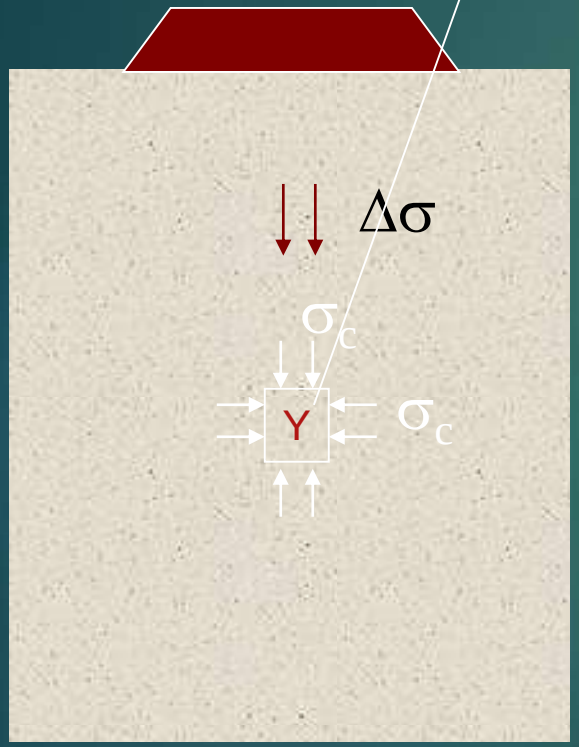

وضعية عينة التربة في اماكن مختلفة بالنسبة لسطح الانهيار

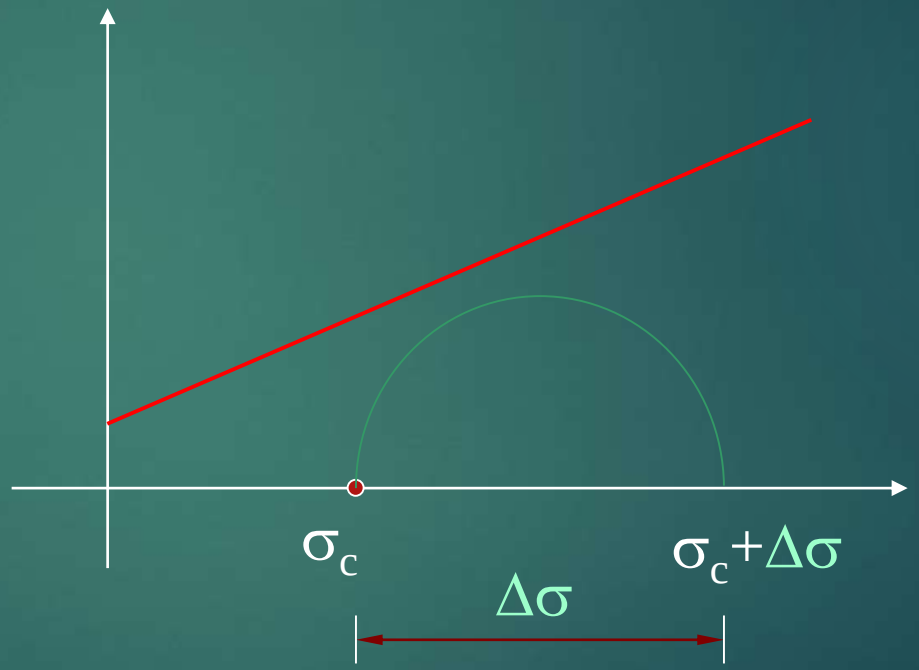



Y ~ مستقرة

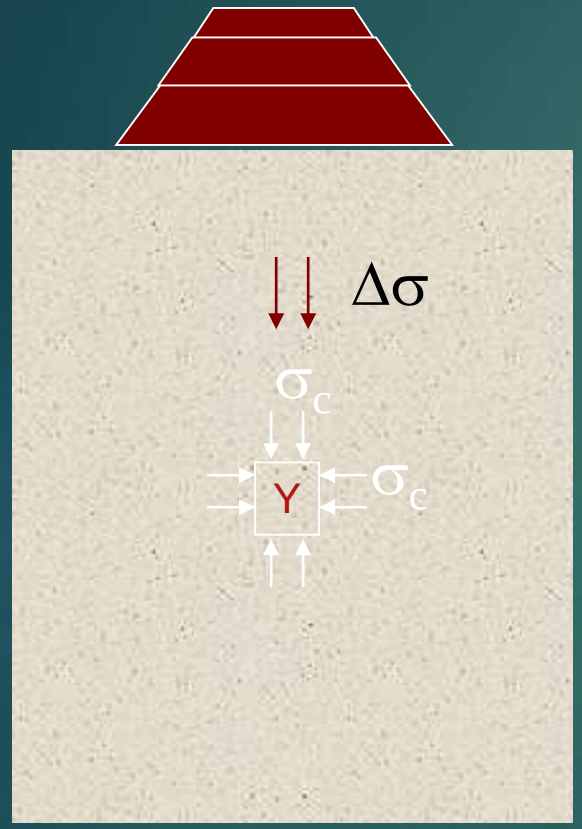
X ~ منهارة

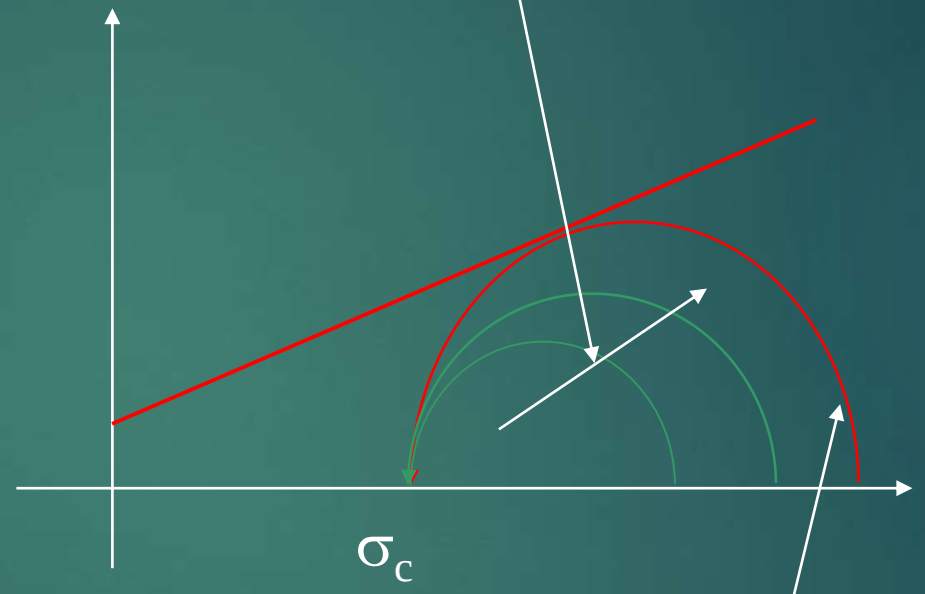
لا يحدث الانهيار لعينة التربة في حال دائرة مور لاجهادات العينة تحت مغلف الانهيار



مع تقدم التحميل تصبح دائرة مور اكبر
وتقترب من مغلف الانهيار(مستقيم كولومب)




يحصل الانهيار عندما تلامس دائرة مور
للاجهادات مغلف الانهيار

# 5-الخلاصة:

مواصفات القص ($C,\phi$) لتربة غضارية معينة ذات رطوبة معينة ليست ثابتة بل تتأثر بطريقة الاختبار (مصرف, مغلق, سريع, بطيء) وبنوع الجهاز المستخدم.

لذلك عند اعطاء النتائج لتجربة القص يجب ذكر طريقة الحصول على هذه النتائج ومبدأ استخراجها وهل هي عينة سليمة أم مشكلة.

# انتهت المحاضرة

أساتذة المقرر