

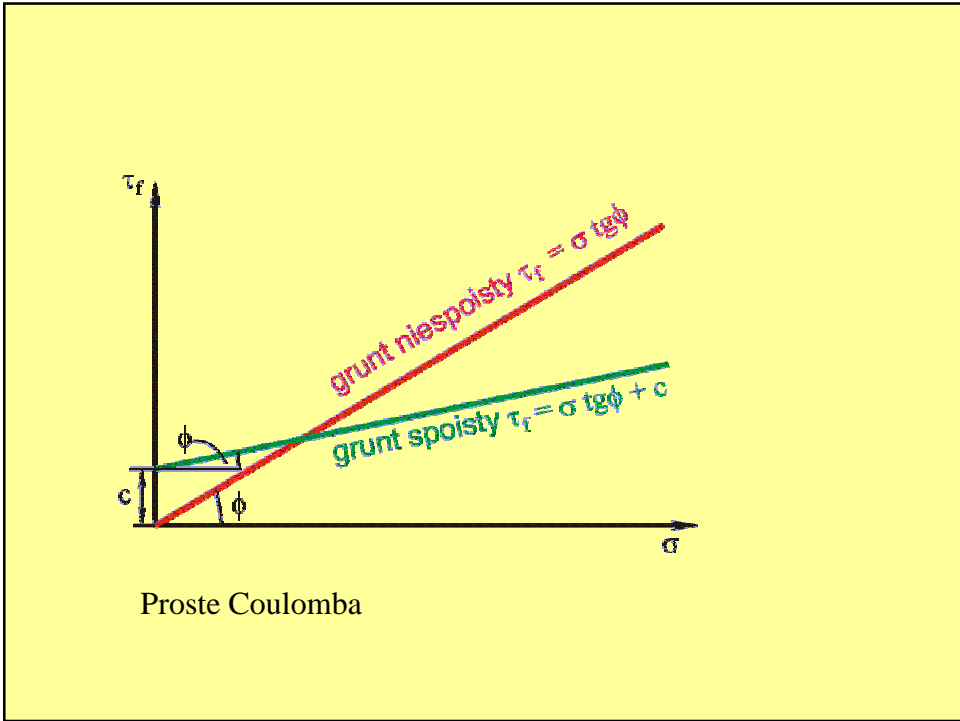
Wytrzymałość gruntów

- definicja, podstawowe informacje o zjawisku,
- podstawowe informacje z fizyki,
- prawo Coulomba,
- parametry wytrzymałościowe gruntów,
- laboratoryjne (i polowe) badania wytrzymałości,
- Stany graniczne w gruncie,
- znaczenie wytrzymałości gruntów w zagadnieniach inżynierii (po co jest to nam potrzebne?).

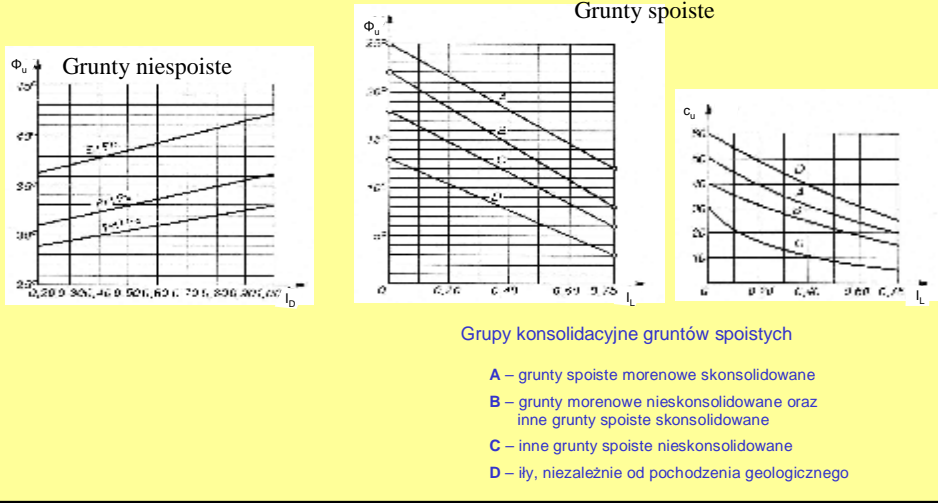
Wytrzymałość gruntów

Wytrzymałość gruntu jest to maksymalny opór stawiany przez grunt naprężeniom stycznym w danym jego punkcie w określonych warunkach obciążenia.

Z. Witun, Zarys geotechniki



**NOMOGRAMY DO WYZNACZANIA WARTOŚCI PARAMETRÓW
WYTRZYMAŁOŚCIOWYCH NA PODSTAWIE PN 81/B-03020**



Wzór Brincha, Hansena i Lundgrena (1960) wg. Z. Glazera

$$f = 36^\circ + f_1 + f_2 + f_3 + f_4$$

Kąt korygujący f_1 ze względu na kształt ziarna:

$f_1 = +1^\circ$ dla ziarn nie oboczonych, kanciastych,
 $f_1 = 0^\circ$ dla ziarn częściowo oboczonych,
 $f_1 = -3^\circ$ dla ziarn oboczonych,
 $f_1 = -5^\circ$ dla ziarn kulistych,

Kąt korygujący f_2 ze względu na wymiar ziarn:

$f_2 = 0^\circ$ dla piasków,
 $f_2 = +1^\circ$ dla pospółki,
 $f_2 = +2^\circ$ dla żwirów.

Kąt korygujący f_3 ze względu na wskaźnik różnoziarnistości U:

$f_3 = -3^\circ$ dla gruntów równomiernie uziarnionych $U < 5$,
 $f_3 = 0^\circ$ dla gruntów nierównomiernie uziarnionych $5 \leq U < 15$,
 $f_3 = +3^\circ$ dla gruntów bardzo nierównomiernie uziarnionych $U \geq 15$,

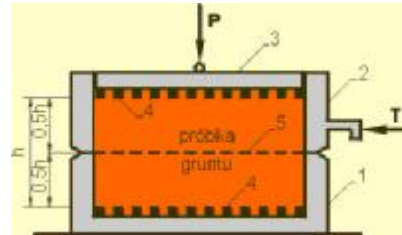
Kąt korygujący f_4 ze względu na stopień zagęszczenia I_D :

$f_4 = -6^\circ$ dla gruntów luźnych $I_D < 0,33$,
 $f_4 = 0^\circ$ dla gruntów średnio zagęszczonych $0,33 \leq I_D \leq 0,67$,
 $f_4 = +6^\circ$ dla gruntów zagęszczonych $I_D > 0,67$.

Badania wytrzymałościowe w aparacie bezpośredniego ścinania



Aparat bezpośredniego ścinania
– widok ogólny

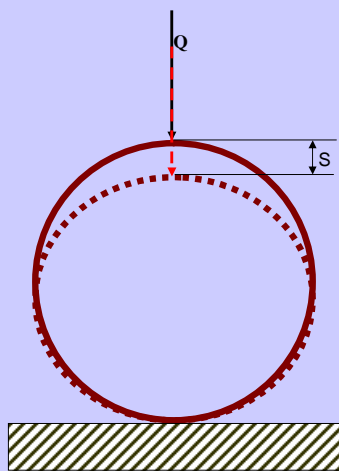


Schemat skrzynki aparatu bezpośredniego ścinania

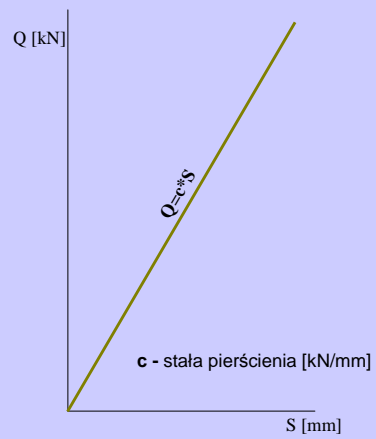
- 1 - skrzynka dolna,
- 2 - skrzynka górna,
- 3 - pokrywa,
- 4 - filtry o ząbkowanej powierzchni,
- 5 - wymuszona płaszczyzna ścięcia

DYNAMOMETR PIERŚCIENIOWY

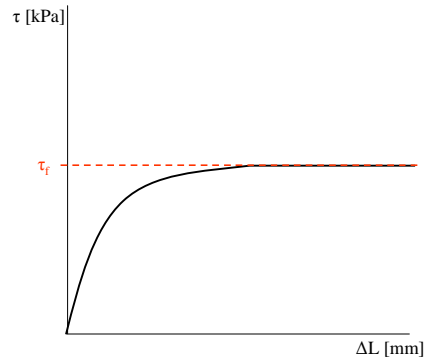
Odształcenie obciążonego pierścienia



Wykres cechowania pierścienia dynamometru



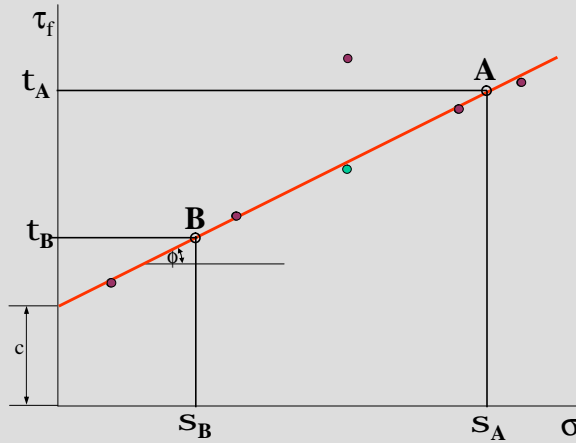
Zależność naprężenia stycznego od odkształcenia w czasie badań w aparacie bezpośredniego ścinania



Widok próbki gruntu po zakończeniu badań w aparacie bezpośredniego ścinania



Wyznaczenie parametrów wytrzymałościowych gruntu na podstawie wyników badań w aparacie bezpośredniego ścinania



Wyznaczenie wartości parametrów wytrzymałościowych w oparciu o aproksymację punktów pomiarowych Metodą Najmniejszych Kwadratów

a) dla gruntów spoiowych

$$f = \arctg \frac{N \sum_{i=1}^N s_i t_{fi} - \sum_{i=1}^N s_i \sum_{i=1}^N t_{fi}}{N \sum_{i=1}^N (s_i)^2 - \left(\sum_{i=1}^N s_i \right)^2}$$

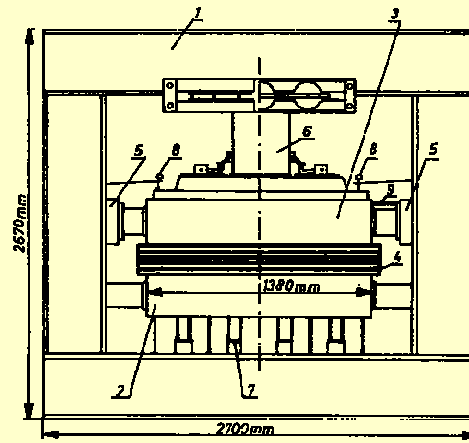
$$c = \frac{\sum_{i=1}^N (s_i)^2 \sum_{i=1}^N t_{fi} - \sum_{i=1}^N s_i \sum_{i=1}^N s_i t_{fi}}{N \sum_{i=1}^N (s_i)^2 - \left(\sum_{i=1}^N s_i \right)^2}$$

b) dla gruntów niespoistych (prosta Coulomba przechodzi przez początek układu współrzędnych)

$$f = \arctg \frac{\sum_{i=1}^N s_i t_{fi}}{\sum_{i=1}^N (s_i)^2}$$

gdzie:

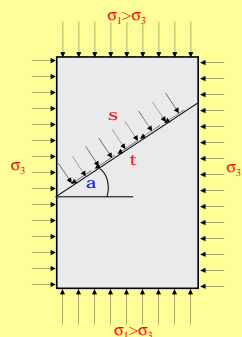
N – ilość punktów pomiarowych (liczba badań)
 s_i – naprężenie normalne dla badania nr i
 t_{fi} – wytrzymałość gruntu w dadaniu nr i



631. Wielkowymiarowy aparat bezpośredniego ściskania [19]: 1 – rama опорowa, 2 – skrzynia
 dna, 3 – skrzynia górna, 4 – ramki na rolkach, 5 – tłwicznik hydrauliczny poziomy, 1000 kN, 6 –
 tłwicznik hydrauliczny pionowy, 2000 kN, 7 – urządzenie wysuwne skrzyń, 8 – czujnik, 9 – suwmiarka

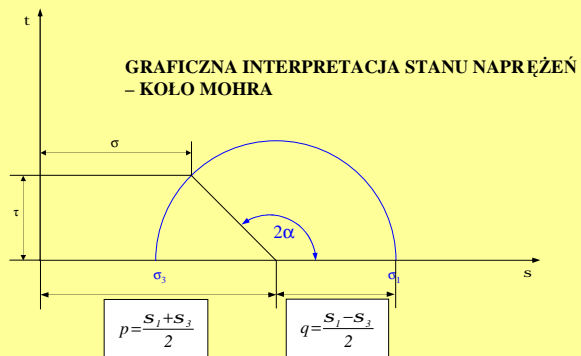
Badania wytrzymałościowe w aparacie trójosiowego ściskania

SCHEMAT OBCIĄŻENIA GRUNTU W APARacie TRÓJOSIOWEGO ŚCISKANIA

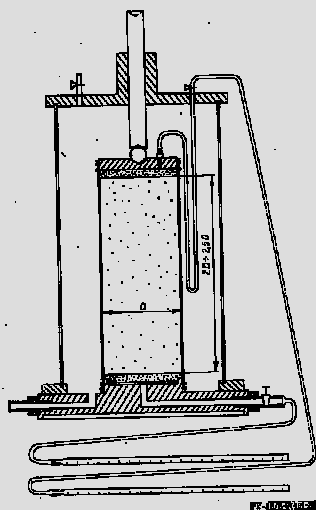


$$s = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} + \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \cos 2a = p + q \cos 2a$$

$$t = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \sin 2a = q \sin 2a$$



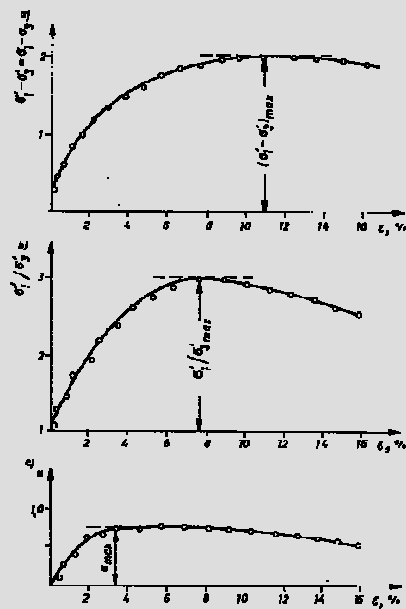
PRÓBKA GRUNTU W KOMORZE APARATU TRÓJOSIOWEGO ŚCISKANIA



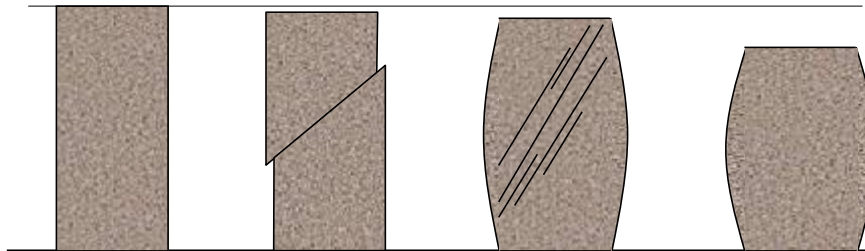
METODY BADAŃ W APARacie TRÓJOSIOWEGO ŚCISKANIA

- metoda **Q** (quick) lub **UU** (unconsolidated undrained) - polega na ścinaniu próbki bez wstępnej konsolidacji oraz bez odpływu wody z próbki w czasie badania. Badania tą metodą przeprowadza się, gdy badany grunt będzie przenosił obciążenia od budowli dla której obciążenia użytkowe stanowią ponad 70% obciążeń całkowitych np.: silosy, zbiorniki oczyszczalni ścieków itp. W czasie badania najczęściej nie prowadzi się pomiarów ciśnienia porowego wody w próbce. Na podstawie badań wyznacza się parametry wytrzymałościowe (Φ_u oraz c_u) w oparciu o naprężenia całkowite.
- metoda **S** (slow) lub **CD** (consolidated drained) - polega na powolnym ścinaniu próbki wstępnie skonsolidowanej z odpływem wody z próbki w czasie badania ($u=0$). Metodę tą stosuje się, gdy przewidywane obciążenie użytkowe budowli nie przekracza 30% obciążenia całkowitego, a czas budowy jest dostatecznie długi do uzyskania pełnej konsolidacji podłoża, co najczęściej zdarza się dla gruntów o większej przepuszczalności ($k > 10^{-3}$ cm/s).
- metoda **R** lub **CU** (consolidated undrained) - polega na ścinaniu próbki wstępnie skonsolidowanej lecz bez odpływu wody z próbki w trakcie badania. Metodę stosuje się, gdy obciążenie użytkowe budowli stanowi od 30 do 70% obciążenia całkowitego, w praktyce warunki takie występują, gdy po powolnym wznoszeniu obiektu budowlanego wprowadza się obciążenie użytkowe w stosunkowo krótkim czasie. W trakcie badań prowadzi się pomiar ciśnienia porowego wody w próbce, a parametry wytrzymałościowe wyznacza się dla naprężeń całkowitych (Φ_u oraz c_u) lub naprężeń efektywnych (Φ' oraz c').

KRYTERIA OSIĄGNIĘCIA STANU GRANICZNEGO W PRÓBCE



Zachowanie się próbek w aparacie trójosiowym



Wygląd próbki przed badaniem

Ścięcie „kruche”
-głina półzwarta
-piasek zagęszczony

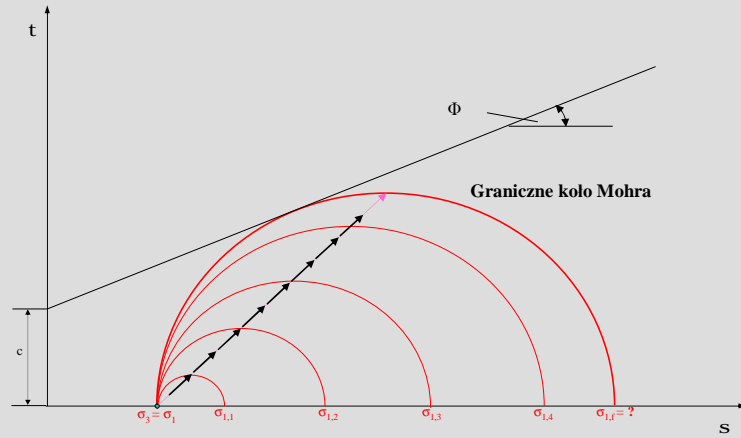
Ścięcie plastyczne

„Płynięcie”

Widok próbki gruntu po zakończeniu badań w aparacie trójosiowego ściskania



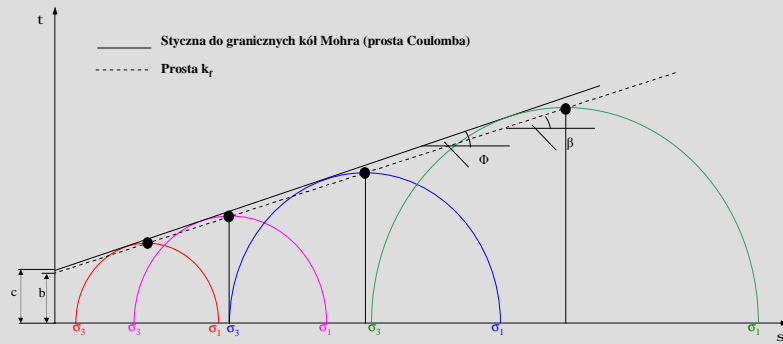
ZMIANA STANU NAPRĘŻEŃ W CZASIE BADAŃ W APARACIE TRÓJOSIOWYM ORAZ GRANICZNY STAN NAPRĘŻENIA



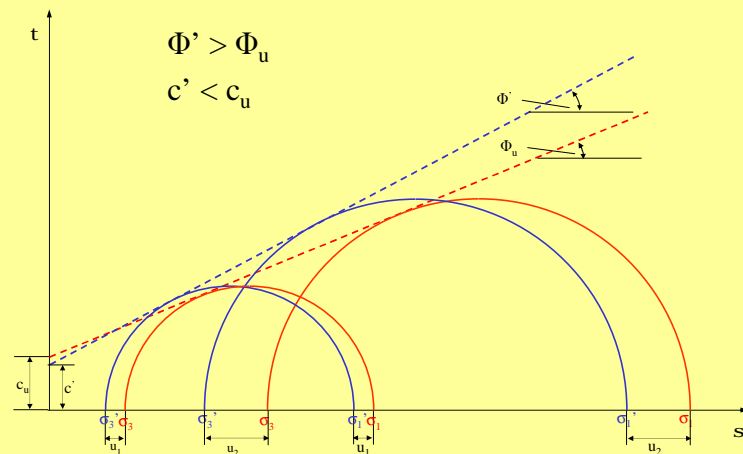
GRANICZNE KOŁA MOHRA DLA KILKU BADAŃ



WYZNACZENIE PARAMETRÓW WYTRZYMAŁOŚCIOWYCH METODĄ STYCZNEJ DO GRANICZNYCH KÓŁ MOHRA ORAZ METODĄ PROSTEJ k_r



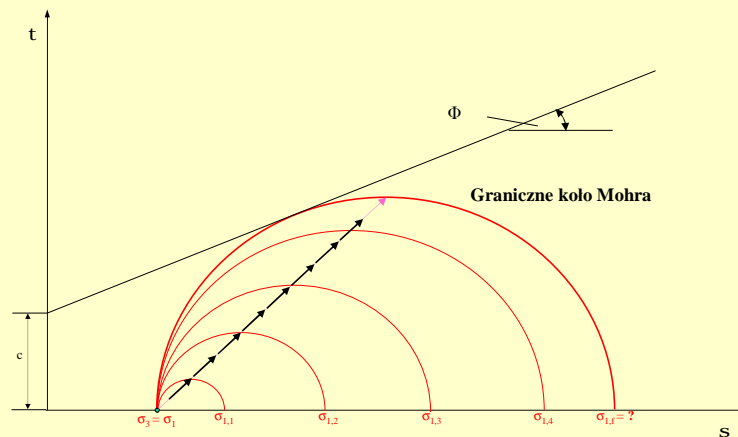
LINIE WYTRZYMAŁOŚCI I PARAMETRY WYTRZYMAŁOŚCIOWE DLA NAPRĘŻEŃ CAŁKOWITYCH I EFEKTYWNYCH



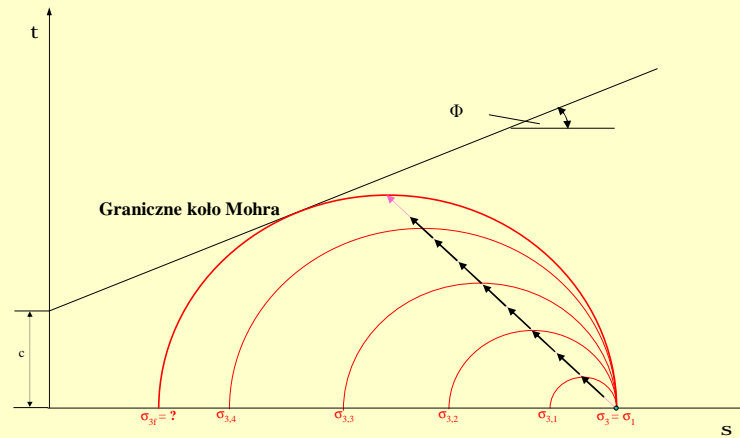
Równania stanów granicznych

Stanem granicznym określamy sytuację, w której w określonym punkcie ośrodka gruntowego naprężenia styczne są równe wytrzymałości gruntu (na ścinanie).

Zwiększanie się naprężeń σ_1 (pionowych)

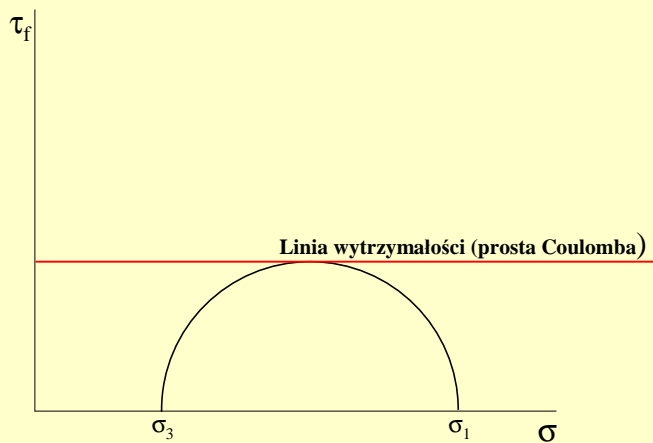


Zmniejszanie się naprężeń σ_3 (poziomych)



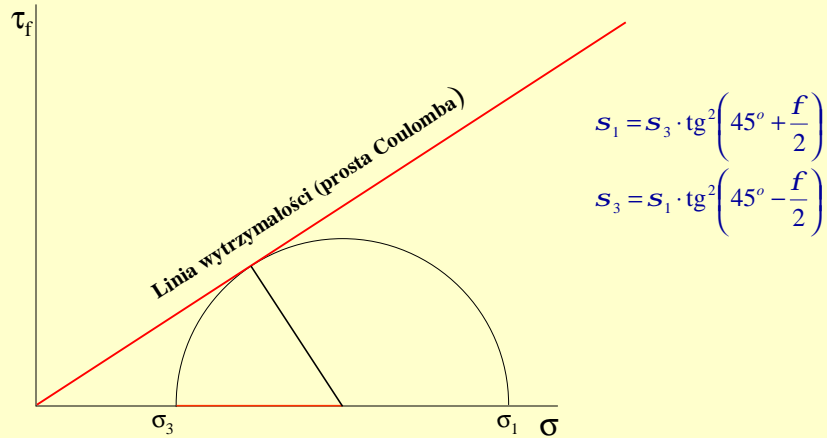
Przypadek I

Materiał (ośrodek) o cechach: $\Phi = 0$ oraz $c > 0$



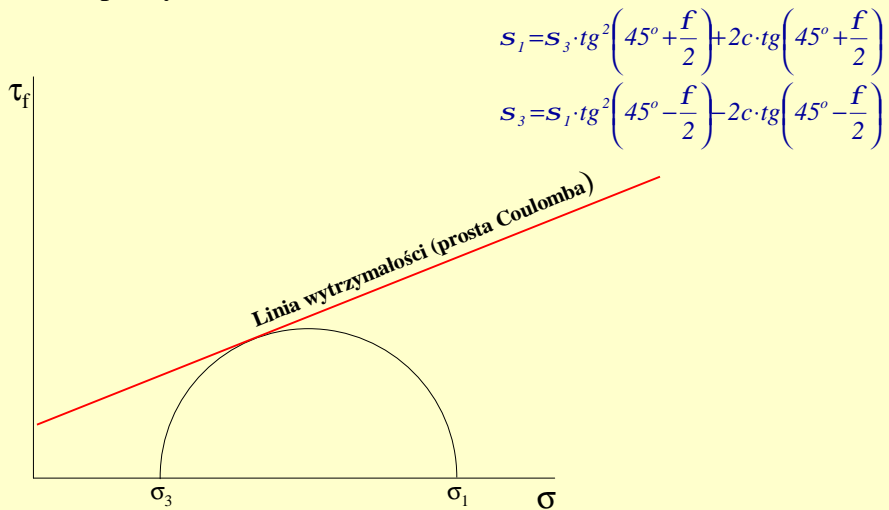
Przypadek II

Grunt niespoisty: $\Phi > 0$ i $c = 0$



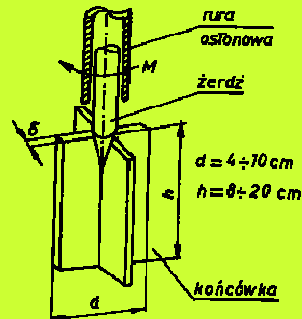
Przypadek III

Grunt spoisty: $\Phi > 0$ oraz $c > 0$



Polowe badania wytrzymałości gruntu na ścinanie

Badanie przeprowadza się stosunkowo rzadko, stosuje się je w przypadku słabo nośnych gruntów spoistych i organicznych (plastycznych oraz miękkoplastycznych glin i ilów, namulów oraz torów), w przypadku trudności pobrania próbki NNS.



Podczas badania mierzy się największą wartość momentu obrotowego (M_{fmax}) przy wykonaniu obrotu oraz ustaloną wartość momentu (M_{fconst}). Na podstawie pomierzonych wartości momentów wylicza się wartości wytrzymałości τ_{fmax} oraz

τ_{fconst}

Najczęściej dla tego rodzaju gruntów przyjmuje się, że $\Phi = 0$ i stąd $c_u = \tau_f$

Rys. 6.32. Schemat działania sondy VT

Po co jest to potrzebne?

- Projektowanie posadowienia obiektów budowlanych.
- Ocena stateczności i projektowanie nachylenia skarp nasypów i wykopów.
- Obliczenia sił działających na konstrukcje oporowe (np. murów oporowych i ścianek szczelnych) i projektowanie tych obiektów.

Kilka zadań

- Zad. 1. W aparacie skrzynkowym przebadano grunt niespoisty. Otrzymano wynik: $\sigma_n = 100$ kPa, $\tau_f = 60$ kPa. Policzyc wartość kąta tarcia wewnętrznego ϕ badanego gruntu, a następnie korzystając z właściwości koła Mohra obliczyć wartości naprężeń głównych σ_1 i σ_3 w badanej próbce.
- Zad. 2. W aparacie skrzynkowym przy badaniu piasku pod naprężeniem normalnym $\sigma_3 = 100$ kPa otrzymano wytrzymałość na ścinanie $\tau_f = 55$ kPa. Jakie powinno być zadane naprężenie główne σ_1 (ciśnienie wody w komorze) w aparacie trójosiowym, aby dla tego samego piasku otrzymać wytrzymałość na ścinanie równą $\tau_f = 100$ kPa. Wykorzystać konstrukcję i właściwości koła Mohra.
- Zad. 3. W aparacie trójosiowym przebadano próbkę gruntu spoistego o spójności $c = 30$ kPa. Dla ciśnienia wody w komorze $\sigma_3 = 100$ kPa otrzymano naprężenie graniczne w próbce $\sigma_1 = 250$ kPa. Obliczyć wartość kąta tarcia wewnętrznego ϕ badanego gruntu oraz naprężenia na powierzchni ścicia: σ_n i τ_f .
- Zad. 4. W aparacie trójosiowym wykonano dwa badania próbek tego samego gruntu spoistego. Otrzymano następujące wyniki:
 - dla badania 1: $\sigma_3 = 50$ kPa, $\sigma_1 = 250$ kPa
 - dla badania 2: $\sigma_3 = 150$ kPa, $\sigma_1 = 450$ kPaPoliczyc parametry wytrzymałościowe badanego gruntu: ϕ i c .
- Zad. 5. W czasie badania w aparacie trójosiowym gruntu spoistego o $\phi = 15^\circ$ przy ciśnieniu wody w komorze $\sigma_3 = 100$ kPa otrzymano wytrzymałość na ścinanie $\tau_f = 60$ kPa. Ile wynosi spójność gruntu c i przy jakim ciśnieniu σ_3 jego wytrzymałość na ścinanie wyniesie $\tau_f = 120$ kPa.
- Zad. 6. W aparacie trójosiowym przebadano próbkę piasku. Otrzymano następujące wyniki: $\sigma_3 = 70$ kPa, $\sigma_1 = 200$ kPa. Przy jakich naprężeniach głównych σ_3 i σ_1 wytrzymałość na ścinanie tego samego piasku będzie wynosiła $\tau_f = 100$ kPa?