

Właściwości mechaniczne gruntów

- Ścisłość
- Wytrzymałość na ścinanie

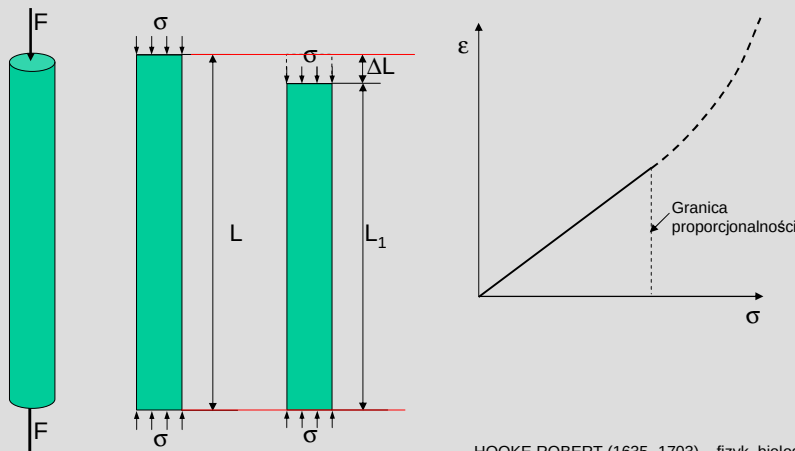
Ścisłość gruntów

- definicja, podstawowe informacje o zjawisku,
- podstawowe informacje z teorii sprężystości,
- parametry ścisłości,
- laboratoryjne i polowe badania ścisłości,
- orientacyjne wartości modułów ścisłości,
- znaczenie ścisłości w zagadnieniach inżynierii (po co jest to nam potrzebne?).

Ścisłość gruntu nazywamy zdolność gruntu do zmniejszania swojej objętości pod wpływem obciążenia. W przypadku rozdrobnionych gruntów mineralnych zmniejszanie się objętości gruntu pod wpływem obciążenia jest wynikiem zmniejszania się objętości porów wskutek wzajemnego przesuwania się ziaren i cząstek gruntu. W procesie tym następuje wyciskanie wody i powietrza wypełniających pory gruntowe.

Ścisłość gruntu zależy głównie od składu granulometrycznego gruntu, porowatości, wilgotności, składu mineralnego (zwłaszcza frakcji ilowej). Miarą ścisłości gruntu jest **moduł ścisłości**, który jest w pewnym sensie odpowiednikiem modułu sprężystości ciał sprężystych. Grunt nie jest jednak ciałem w pełni sprężystym i odkształcenia zachodzące w nim pod wpływem przyłożonych obciążeń są sumą odkształceń sprężystych i trwałych, dlatego wykres ścisłości nie pokrywa się z wykresem odprężenia. Jest wiele możliwości badania ścisłości gruntu zarówno w terenie jak i w laboratorium. Badanie ścisłości w laboratorium wykonuje się w aparacie zwanym **edometrem**, dlatego też parametr uzyskany w wyniku tego badania nazywa się **edometrycznym modułem ścisłości**. Zależność między obciążeniem a odkształceniem jest funkcją wyższego rzędu, ilustracją której jest **krzywa ścisłości**.

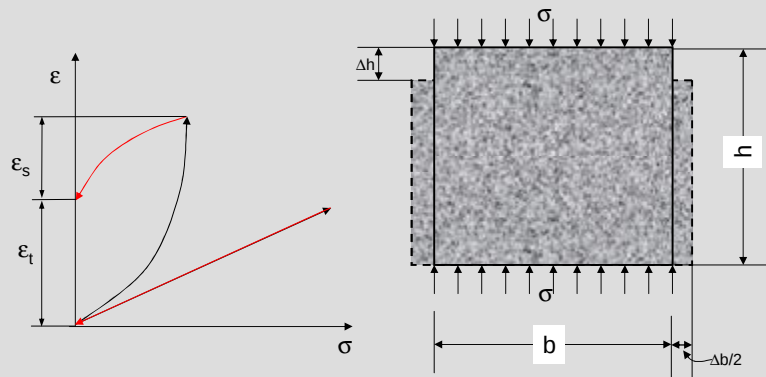
Prawo Hooke'a (1660) i moduł Younga



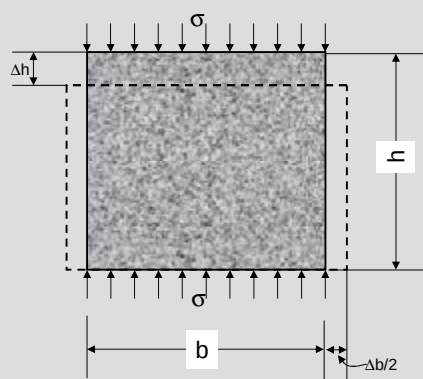
HOOKE ROBERT (1635 -1703) – fizyk, biolog i matematyk angielski.

YOUNGE THOMAS (1773 -1829) – fizyk, fizjolog i lekarz angielski

Krzywe odkształcalności przy ściskaniu „prostym”



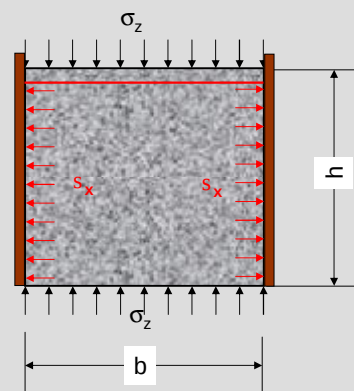
Ściskanie w warunkach możliwości
bocznego odkształcenia próbki



Współczynnik odkształcenia
bocznego (współczynnik Poissona)

$$n = \frac{e_x}{e_z}$$

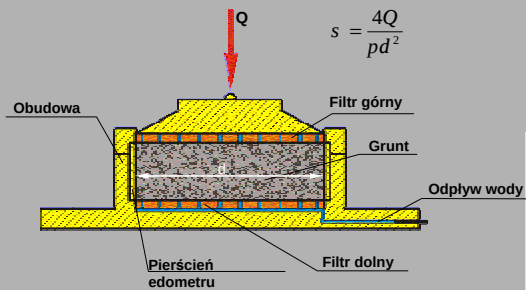
Ściskanie w warunkach niemożliwego
bocznego odkształcenia próbki



Współczynnik naprężenia bocznego
Współczynnik rozporu bocznego
Współczynnik parcia spoczynkowego

$$K_o = \frac{s_x}{s_z} = \frac{n}{1-n}$$

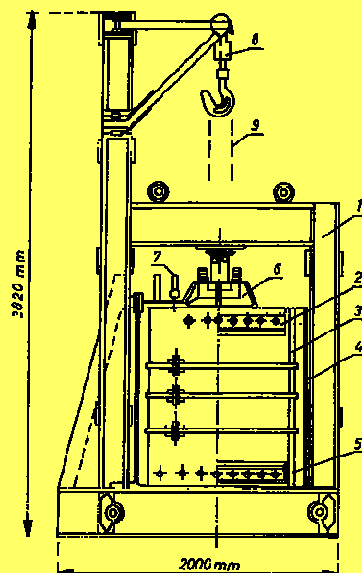
Schemat konstrukcji edometru



Widok aparatu

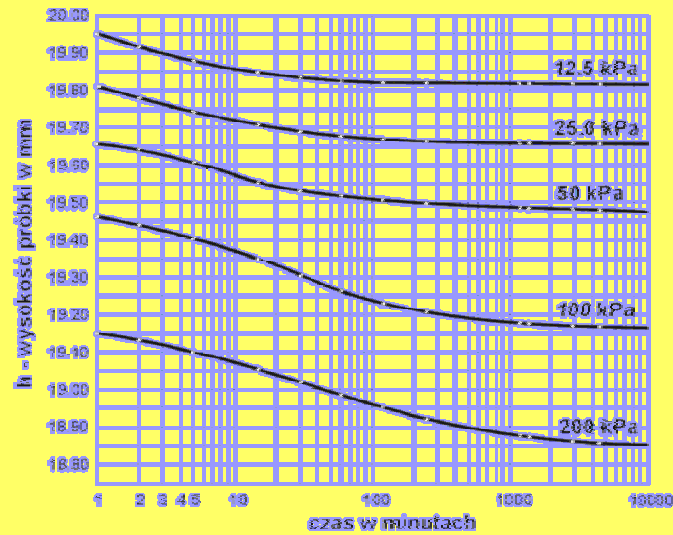


Edometr wielkowymiarowy

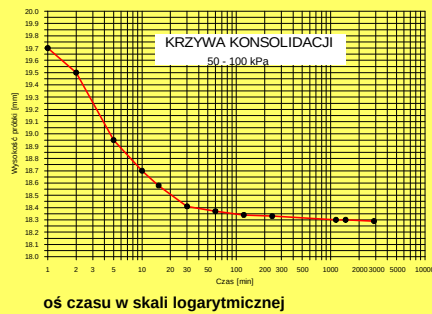


- 1 - rama
- 2 - filtr górny z płytą obciążającą
- 3 - cylinder z gruntem
- 4 - cylinder z wodą
- 5 - filtr dolny
- 6 - siłownik hydrauliczny
- 7 - czujnik przemieszczeń
- 8 - podnośnik łańcuchowy
- 9 - łańcuch

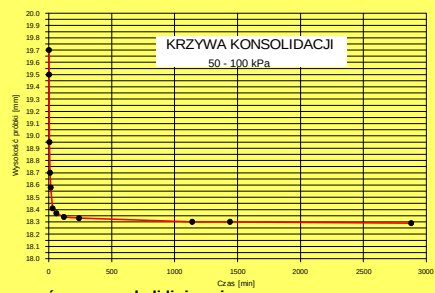
Krzywe konsolidacji



Dwa sposoby przedstawienia krzywej konsolidacji

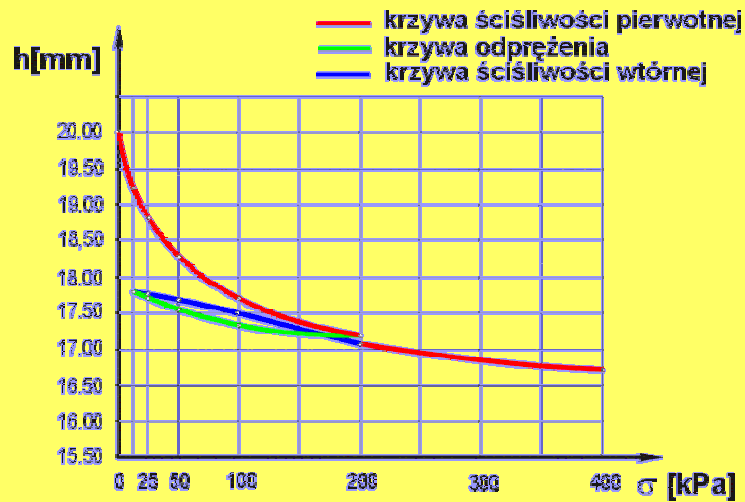


oś czasu w skali logarytmicznej



oś czasu w skali liniowej

Krzywe ścisłości



Wartości parametrów geotechnicznych zależne od rodzaju gruntu
wg PN-81/B-03020

Typ gruntu	Grunty niespoiste			Grunty spoiste			
	Ż, Po	Pr, Ps	Pd, Prc	A	B	C	D
n	0,20	0,25	0,30	0,25	0,29	0,32	0,37
d	0,90	0,83	0,74	0,83	0,76	0,70	0,565
b	1,00	0,90	0,80	0,90	0,75	0,60	0,80
K_o^*	0,25	0,33	0,43	0,33	0,41	0,47	0,59

* Obliczone na podstawie podanych wyżej wartości współczynników Poissona

n - współczynnik odkształcenia bocznego (współczynnik Poissona)

$$d = \frac{E}{M} = \frac{E_0}{M_0} = \frac{(1+n) \cdot (1-2n)}{(1-n)}$$

$$b = \frac{E_0}{E} = \frac{M_0}{M} \quad (\text{wskaźnik skonsolidowania gruntu})$$

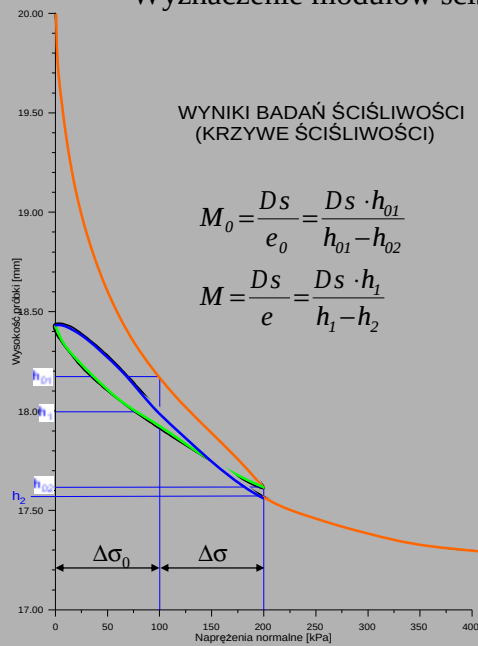
K_o - współczynnik rozporu bocznego (współczynnik parcia spoczynkowego)

$$K_o = \frac{n}{1-n}$$

Grupy konsolidacyjne gruntów spoistych:

- A - grunty spoiste morenowe skonsolidowane
- B - grunty morenowe nieskonsolidowane oraz inne grunty spoiste skonsolidowane
- C - inne grunty spoiste nieskonsolidowane
- D - iły, niezależnie od pochodzenia geologicznego

Wyznaczenie modułów ścisłości



$$h_{01} = 18,17 \text{ mm}$$

$$h_{02} = 17,62 \text{ mm}$$

$$M_0 = 3,303 \text{ MPa}$$

$$h_1 = 18,00 \text{ mm}$$

$$h_2 = 17,57 \text{ mm}$$

$$M_0 = 4,100 \text{ MPa}$$

dla przedziału $\Delta\sigma_0 = 100 \text{ kPa}$

$$M_0 = 1,092 \text{ MPa}$$

$$M = 4,100 \text{ MPa}$$

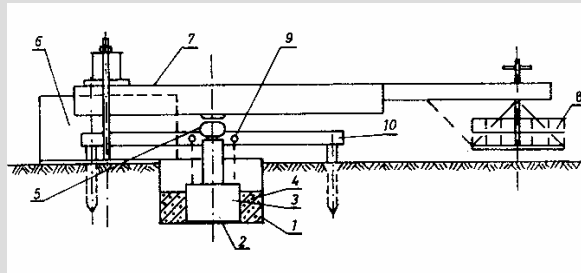
dla przedziału $\Delta\sigma = 100 \text{ kPa}$

$$M_0 = 3,303 \text{ MPa}$$

$$M = 4,1187 \text{ MPa}$$

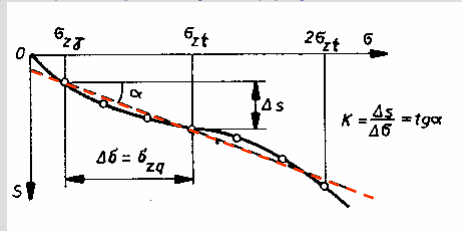
Próbné obciążenie gruntu płytą sztywną

Schemat obciążenia gruntu



- 1 - obudowa wykopu badawczego
- 2 - podsypka piaskowa
- 3 - płyta sztywna
- 4 - zasypka z piasku
- 5 - dynamometr
- 6 - bloki oporowe
- 7 - belka obciążająca
- 8 - obciążniki betonowe
- 9 - czujniki zegarowe
- 10 - belka układu odniesienia

Wykres próbnego obciążenia płytą



$$E_0 = (1 - \nu^2) \omega \frac{B}{K} = (1 - \nu^2) \omega B \frac{Ds}{Ds}$$

ν - współczynnik Poissona

ω - współczynnik kształtu płyty; $\omega=0.79$ dla płyty kołowej i $\omega=0.84$ dla płyty kwadratowej

B - średnica płyty

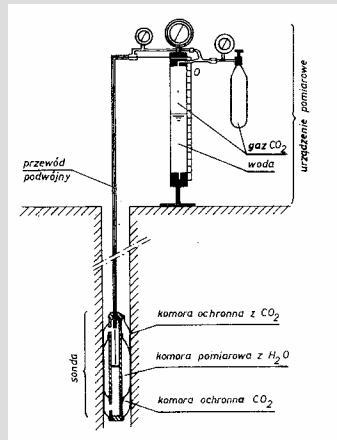
$K = \Delta s / \Delta \sigma$ zasypka z piasku

Płyta VSS

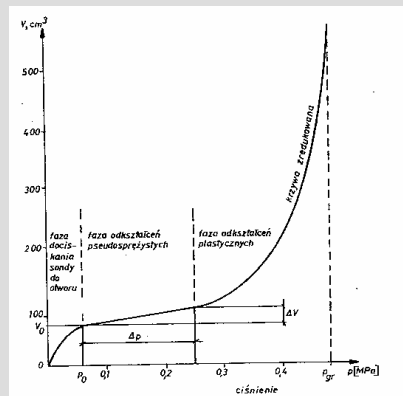


Badanie określa zagęszczenie warstwy nasypu, nośność i zagęszczenie podłoża oraz niektórych typów podbudów. Oznaczenie wykonujemy płytą statyczną (zwaną VSS) o zakresie 100 kN, uzyskując wynik modułu odkształcenia pierwotnego E_0 , wtórnego E i wskaźnika odkształcenia I_0 . Badanie charakteryzuje strefę do głębokości 30-50 cm poniżej płyty.
Cykl pomiarowy w terenie trwa około dwóch godzin.

Badania presjometryczne



Schemat presjometru



Zależność odkształcenia objętościowego ściany otworu wiertniczego V od ciśnienia p

$$E_p = K \frac{Dp}{DV}$$

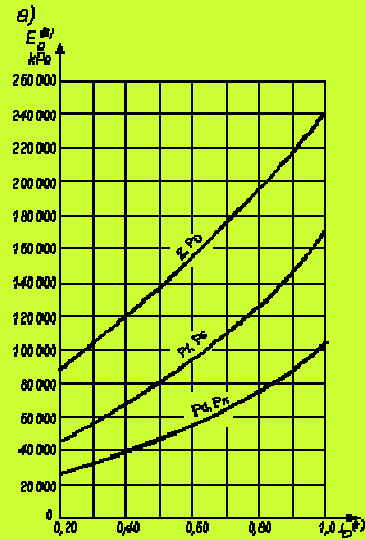
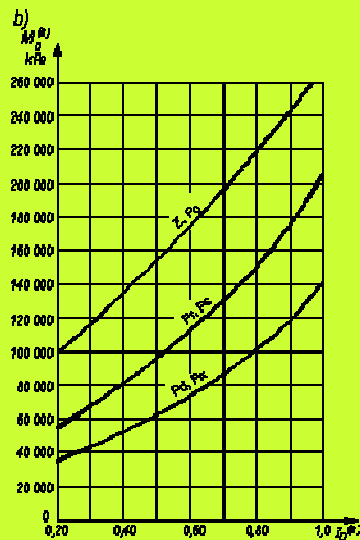
E_p – presjometryczny moduł odkształcenia
 K – stały współczynnik presjometru [cm^3]

$$M_0 = \frac{E_p}{a}$$

α – współczynnik struktury gruntu ($\alpha = 0.25 + 1.0$)

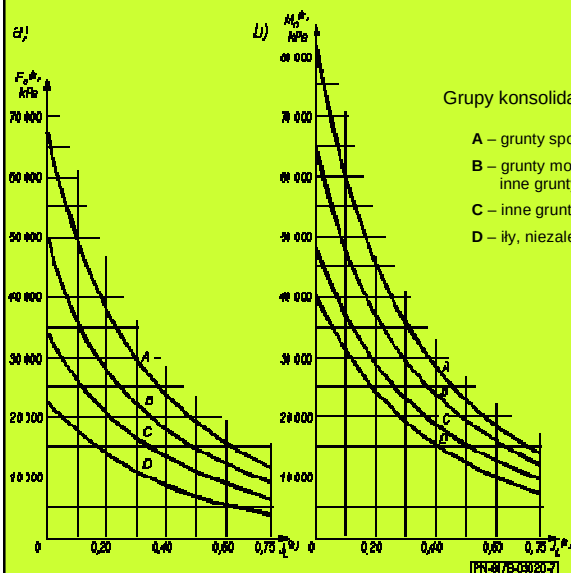
Zależność modułu ścisłości pierwotnej M_0 oraz modułu odkształcenia pierwotnego E_0 od I_D dla gruntów niespoistych

(wykresy z normy PN-B/81-03020)



Zależność modułu ścisłości pierwotnej M_0 oraz modułu odkształcenia pierwotnego E_0 od I_L dla gruntów spoistych

(wykresy z normy PN-B/81-03020)



Po co to jest potrzebne?

- Obliczanie spodziewanego osiadania projektowanych obiektów budowlanych.
- Analiza przebiegu procesu konsolidacji podłoża pod projektowanymi obiektami budowlanymi.

Podsumowanie

- Ścisłością gruntu określa się jego zdolność do zmniejszania objętości pod wpływem obciążenia.
- Parametrami charakteryzującymi ścisłość gruntu są **moduły ścisłości** i **moduły odkształcenia**.
- Parametry ścisłości wyznacza się na podstawie badań eksperymentalnych w laboratorium (**badania edometryczne** – moduły ścisłości) lub w warunkach polowych (**badania presjometryczne, próbne obciążenia gruntu** – moduły odkształcenia).
- Na podstawie literatury należy stwierdzić, że na ścisłość **gruntów niespoistych** decydujący wpływ posiada **rodzaj gruntu** i jego **zagęszczenie** (I_D).
- Decydujący wpływ na ścisłość **gruntów spoistych** wywiera jego „przeszłość **geologiczna**” (grupa konsolidacyjna) oraz jego **stan** (I_L).
- Orientacyjnie moduł ścisłości pierwotnej dla gruntów niespoistych wynosi **$M_o = 120$ MPa**, zaś dla gruntów spoistych **$M_o = 40$ MPa**. Rzeczywiste wartości dla konkretnych przypadków mogą się nawet bardzo istotnie różnić od podanych wartości orientacyjnych.