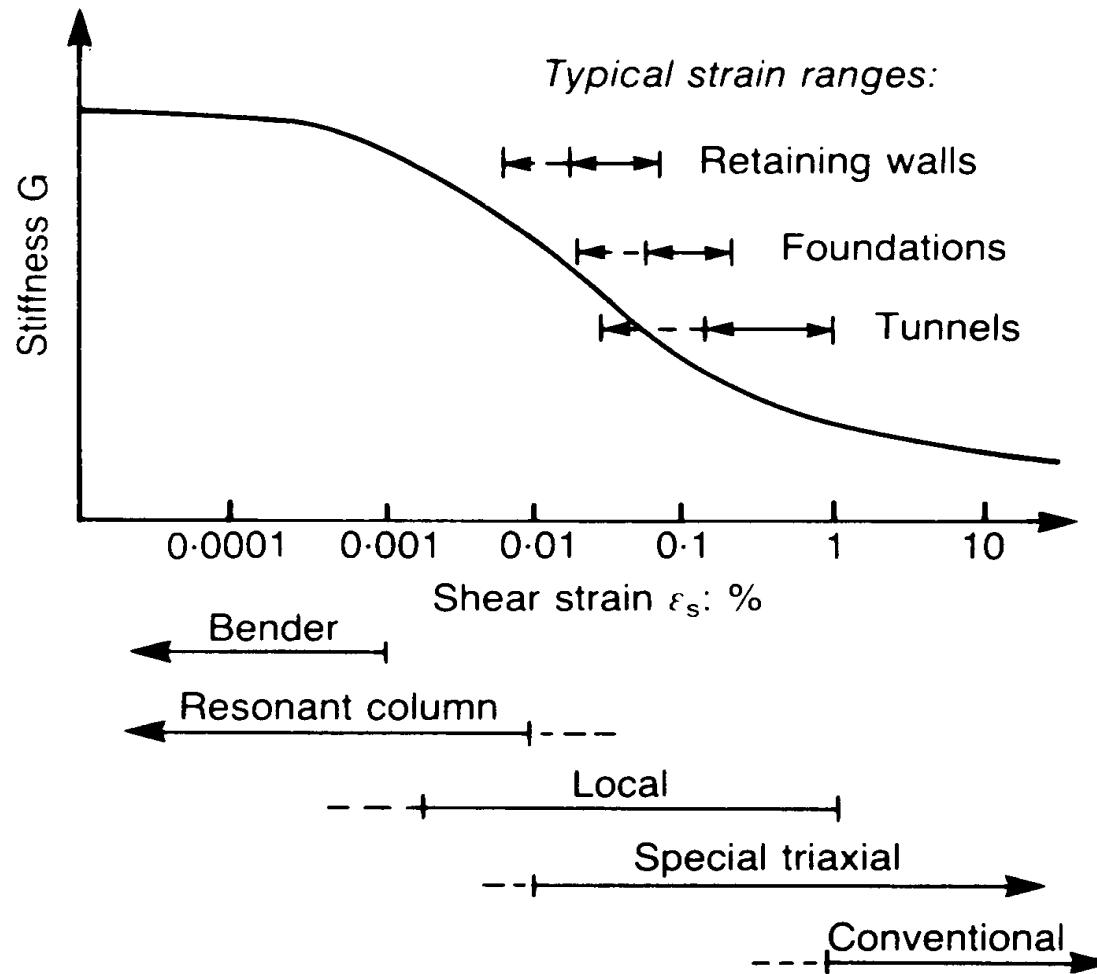

PARAMETRY - LABORATORNÍ ZKOUŠKY

TUHOST ZEMIN

Vybrané kapitoly z geotechniky (VKG)



- do 1970 / 1980

- moduly z laboratoře × zpětné výpočty deformací staveb
- měření modulů dynamickými a statickými metodami
⇒ rozdělení na tzv. “dynamické” a “statické” chování a moduly

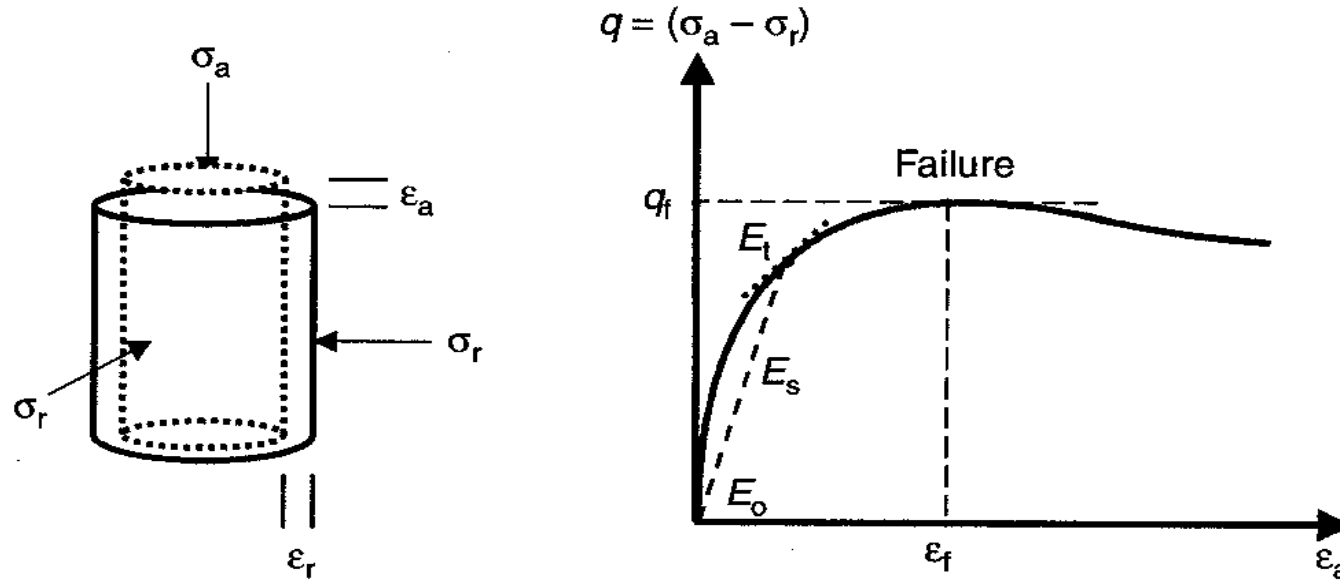
- 1980 -

- laboratorní metody měření deformací
- deformace geotechnických konstrukcí převážně malé
např. pažící konstrukce 10 m, posun 10 mm ⇒ 0,1%

- 1990 -

- Pre-failure deformation
- Small strain stiffness

DEFINICE



$$p = 1/3(\sigma_a + 2\sigma_r)$$

$$\epsilon_a; \epsilon_r$$

$$q = \sigma_a - \sigma_r$$

$$\epsilon_s = 2/3 (\epsilon_a - \epsilon_r)$$

$$dq / d\epsilon_a = E$$

$$dq / d\epsilon_s = 3G$$

$$E_t; E_s;$$

$$G_t; G_s$$

(zanedbání anizotropie)

izotropní pružná zemina:

$$\bullet E_{\max}^u = 2 G_{\max}^u (1 + \nu_{\max}^u)$$

$$\bullet E_{\max}^u = 3G_{\max}^u$$

MĚŘENÍ MALÝCH PŘETVOŘENÍ A TUHOSTI V LABORATOŘI

Homogenní napětí:

odstranění tření

stlačitelnost přístroje

penetrace membrány

....

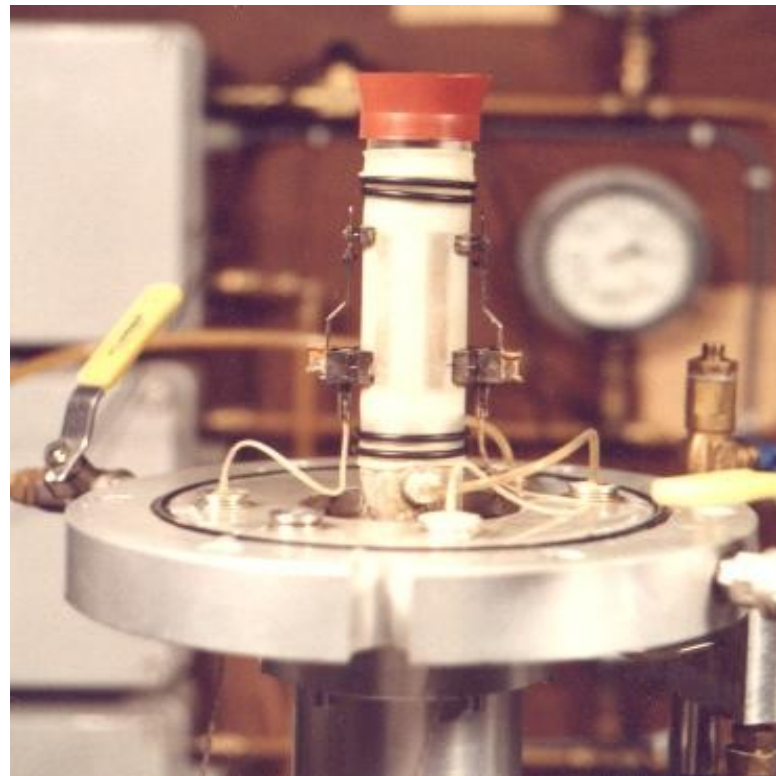
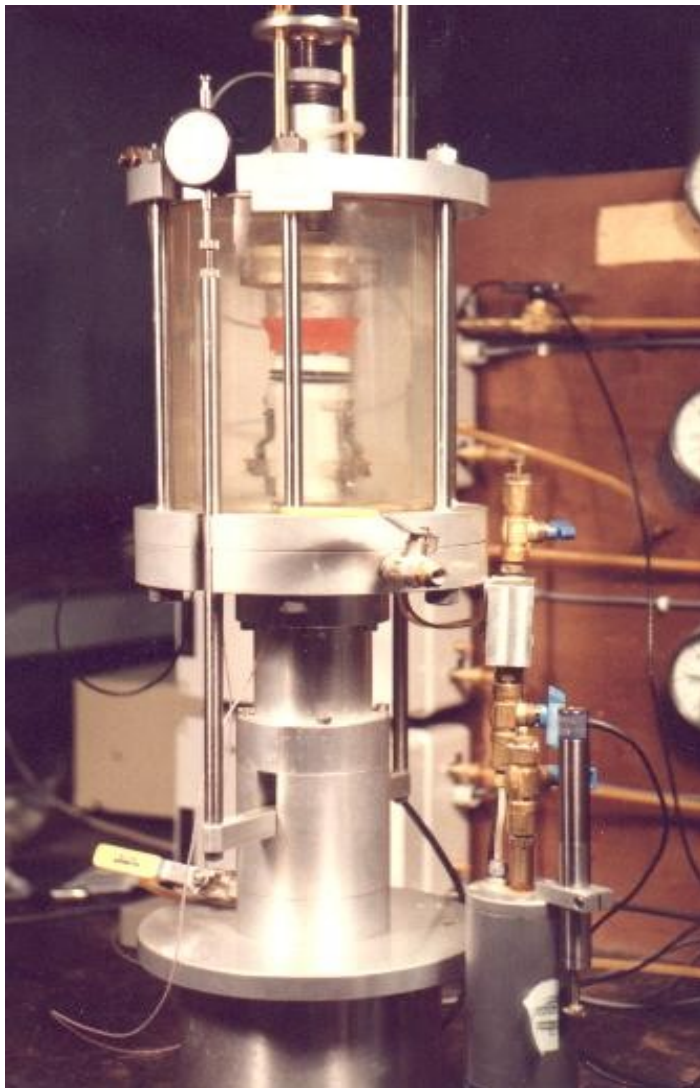
Lokální měření deformací na
vzorku

Tuhost pomocí seismických metod



MĚŘENÍ MALÝCH PŘETVOŘENÍ A TUHOSTI V LABORATOŘI

Snímače založené na Hallově jevu (Hall Effect Transducers)

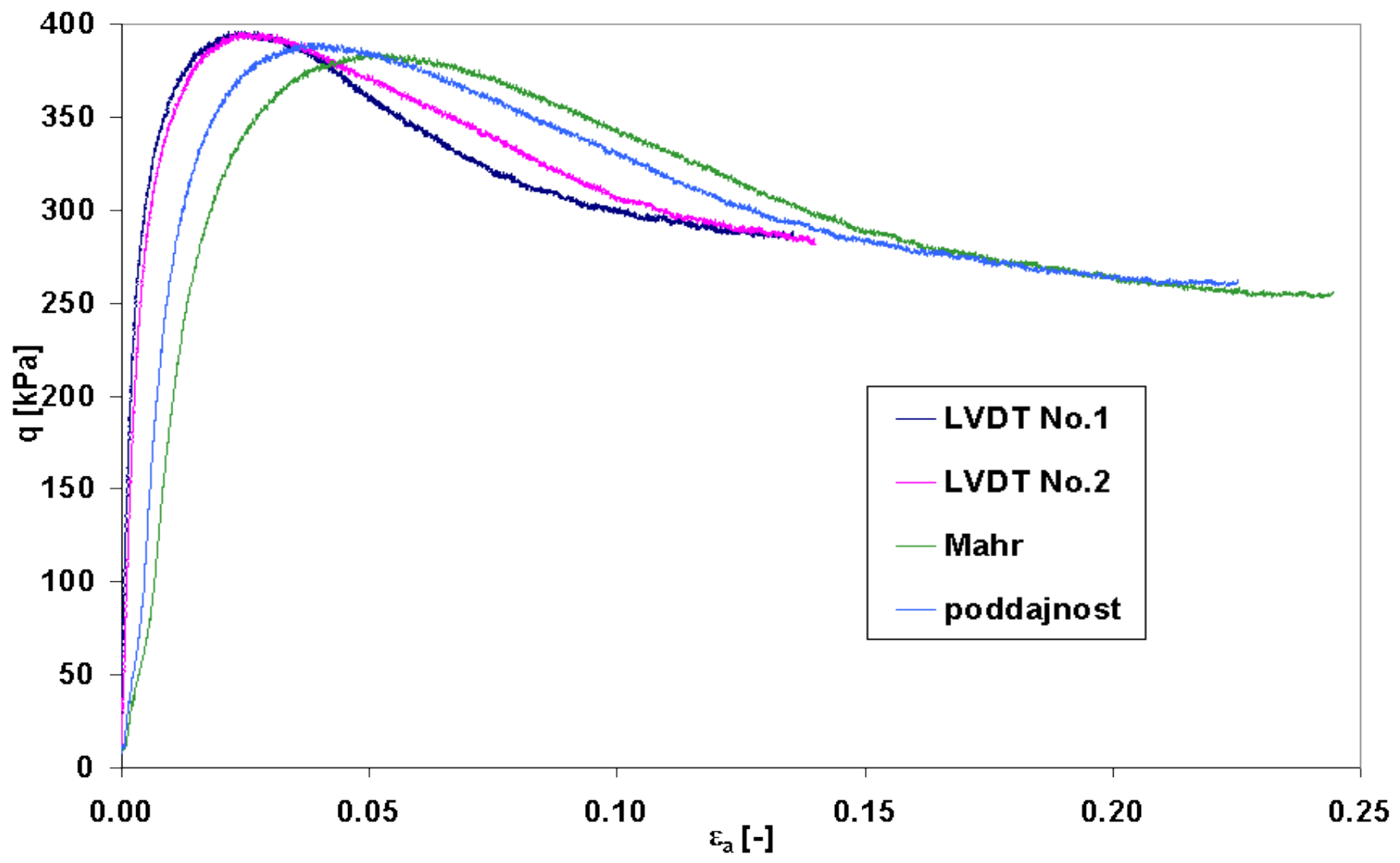


- snadná manipulace (vodiče ; vs LVDT)
- dostupné na trhu

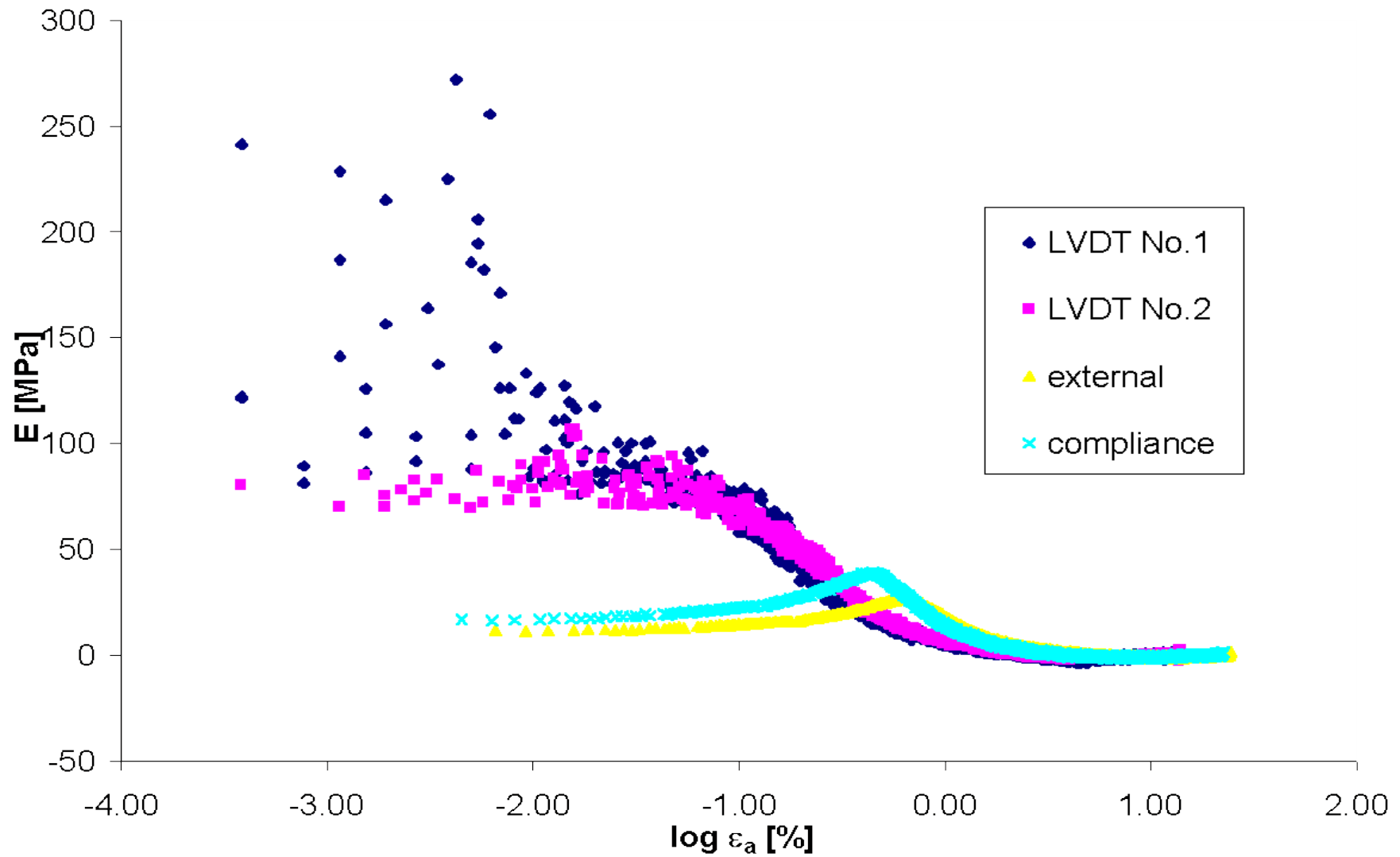
- přesnost 0,002% (Clayton a Khatrush, 1986)
- citlivost na teplotu

TUHOST - PŘÍKLADY DAT

písek

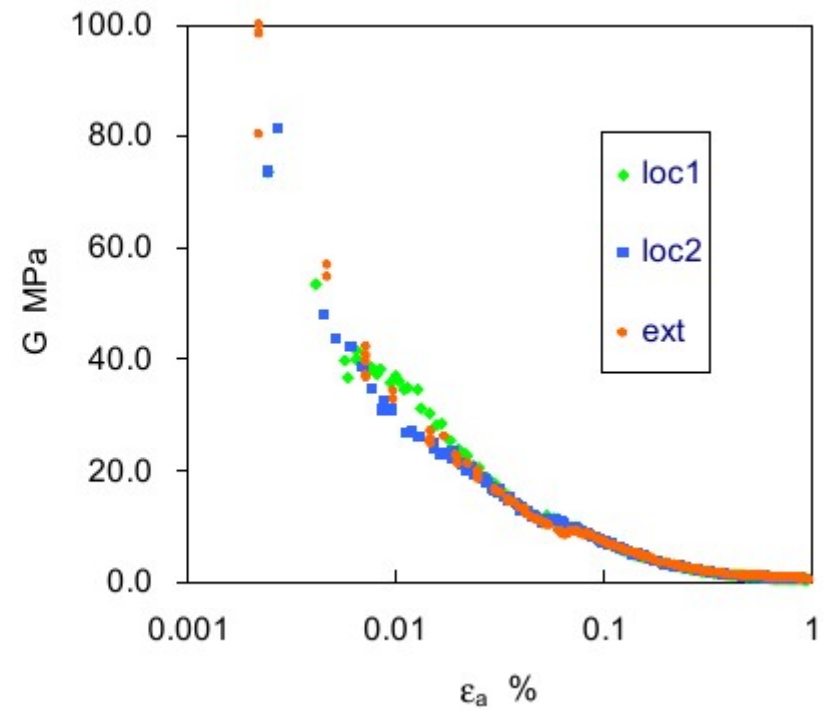
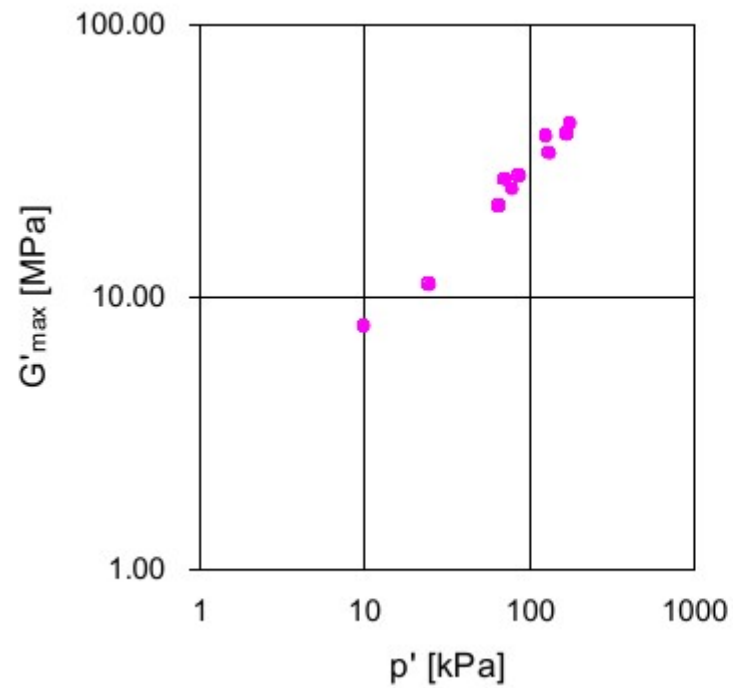


TUHOST - PŘÍKLADY DAT písek

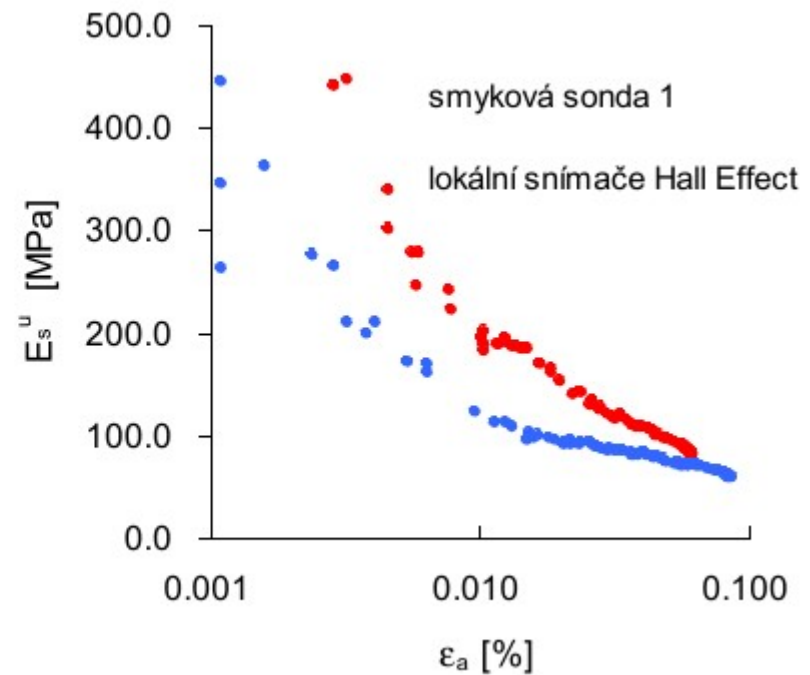
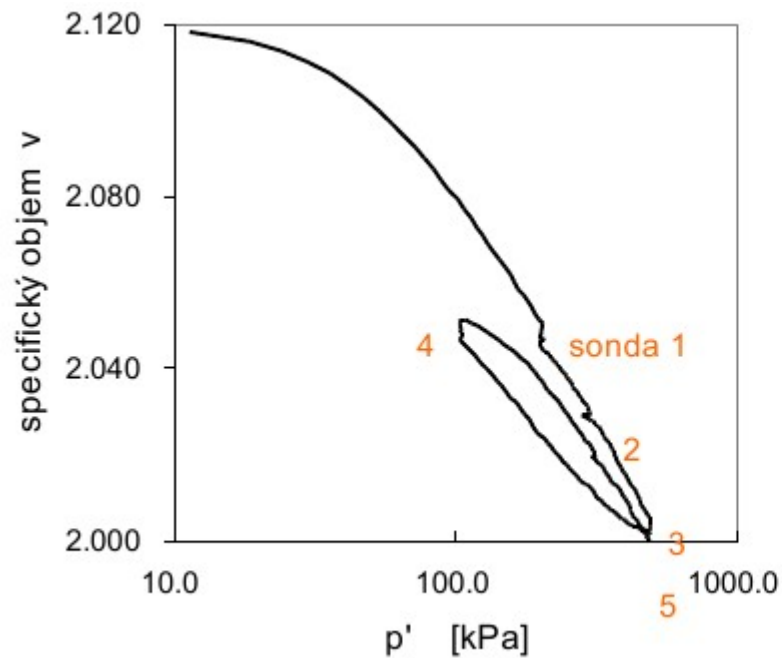


TUHOST - PŘÍKLADY DAT

rekonstituovaná sprašová hlína Sedlec



TUHOST - PŘÍKLADY DAT jíl Brno



MĚŘENÍ MALÝCH PŘETVOŘENÍ A TUHOSTI V LABORATOŘI

Přehled metod měření přímo na vzorku:

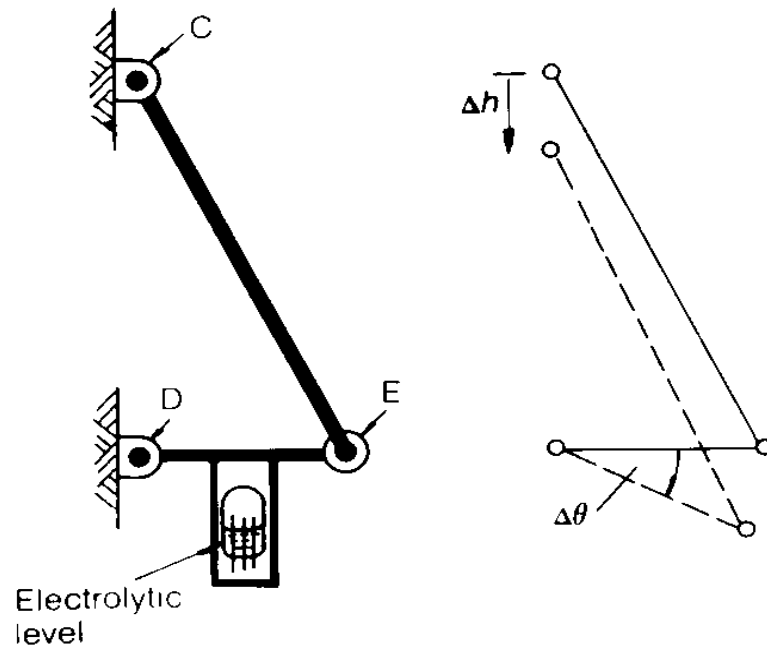
- Hall effect (Clayton and Khatrush, 1986)
- Linear Variable Differential Transformer (LVDT, Brown and Snaith, 1974)
- Local Displacement Transducer (LDT) - pružina s tenzometrem (Goto et al., 1991)
- vodováha, inklinometr (Burland and Symes, 1982)

- bezkontaktní snímače - proximity transducer (např Hird and Yung, 1987)

- optická měření
- Roentgen

MĚŘENÍ MALÝCH PŘETVOŘENÍ A TUHOSTI V LABORATOŘI

Snímače s vodováhou nebo inklinometrem

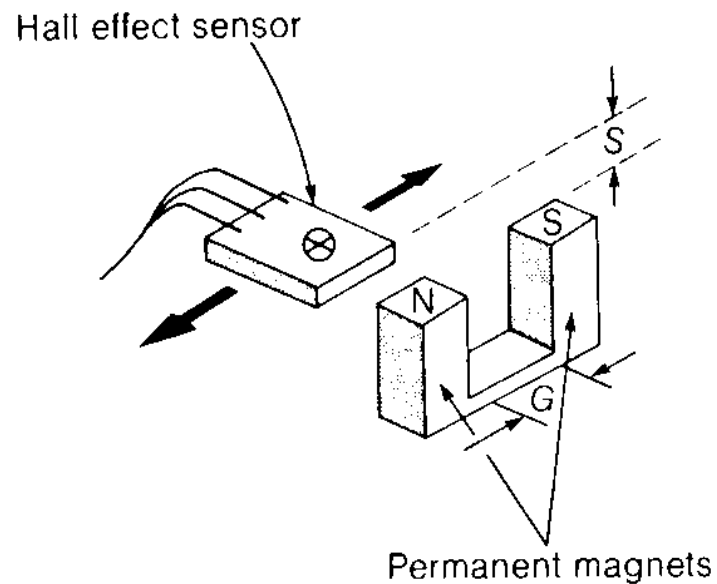


Imperial College, UK
(Burland and Symes, 1982)

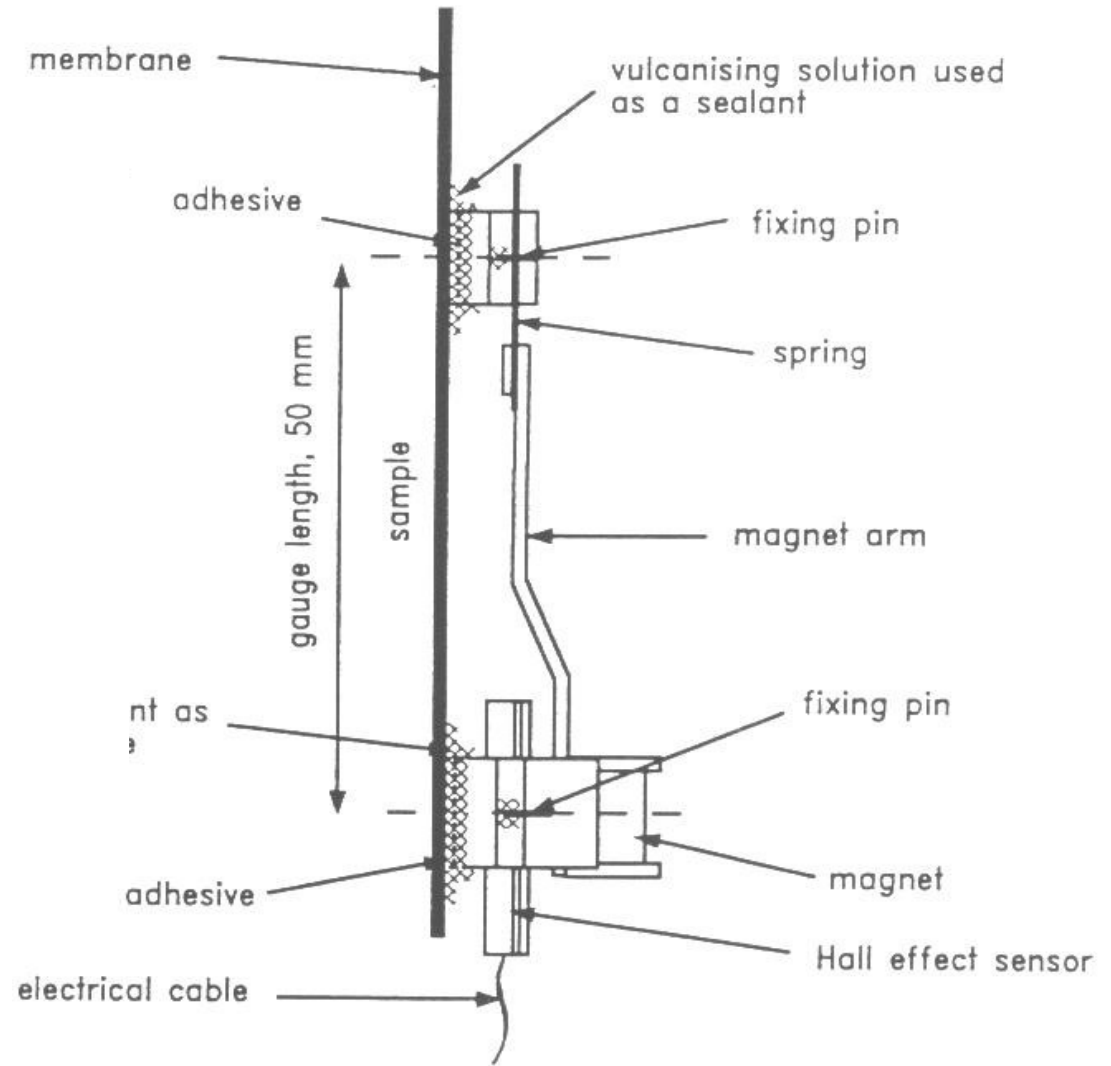
- na vzorku kloubový mechanismus
- při osově deformaci náklon - registrace náklonu a výpočet svislé deformace
- přesnost 0,01% až 0,001%

MĚŘENÍ MALÝCH PŘETVOŘENÍ A TUHOSTI V LABORATOŘI

Snímače založené na Hallově jevu (Hall Effect Transducers)

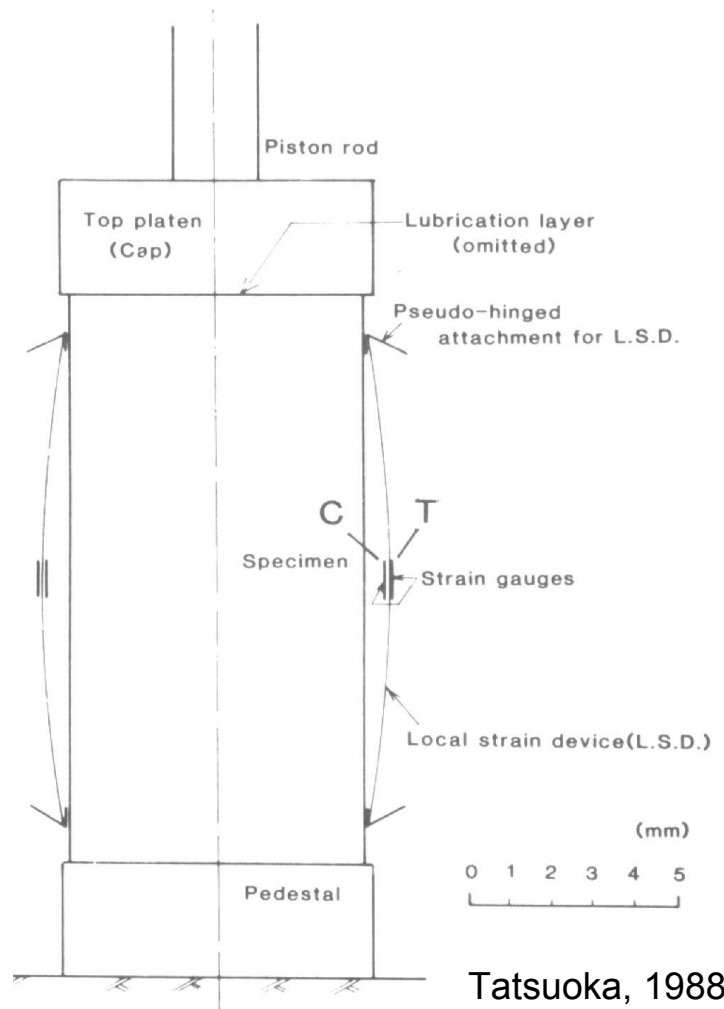


University of Surrey, UK
(Clayton and Khatrush, 1986)

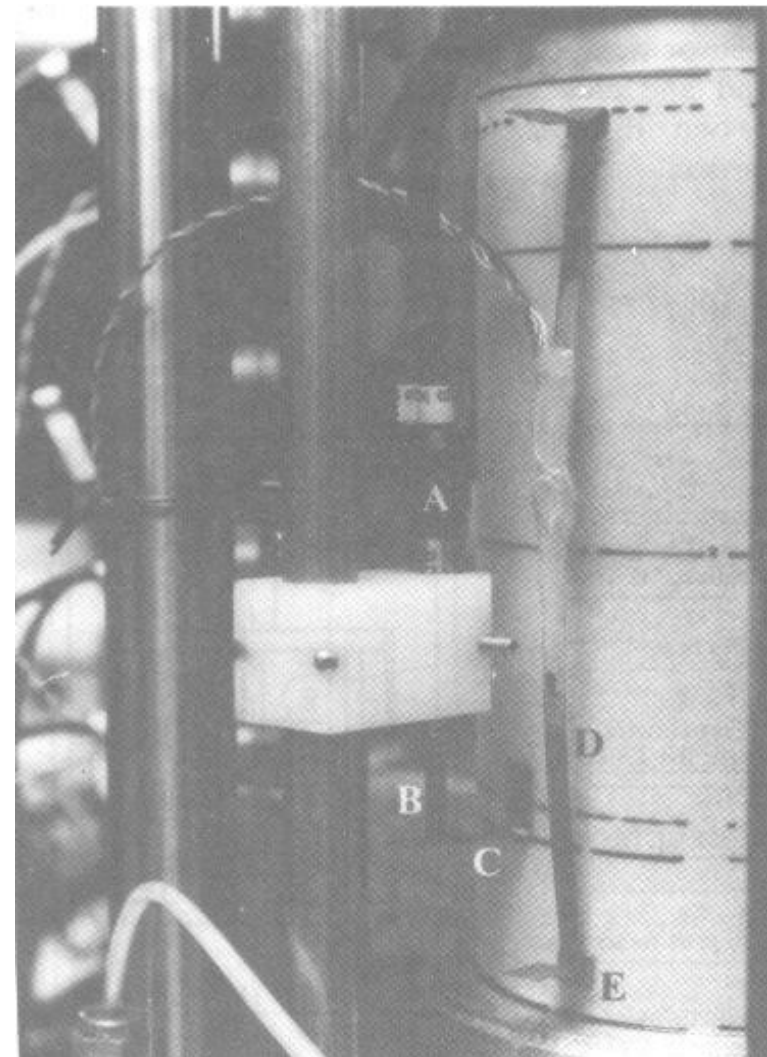


MĚŘENÍ MALÝCH PŘETVOŘENÍ A TUHOSTI V LABORATOŘI

Snímače LDT - kovové pružiny vybavené tenzometry



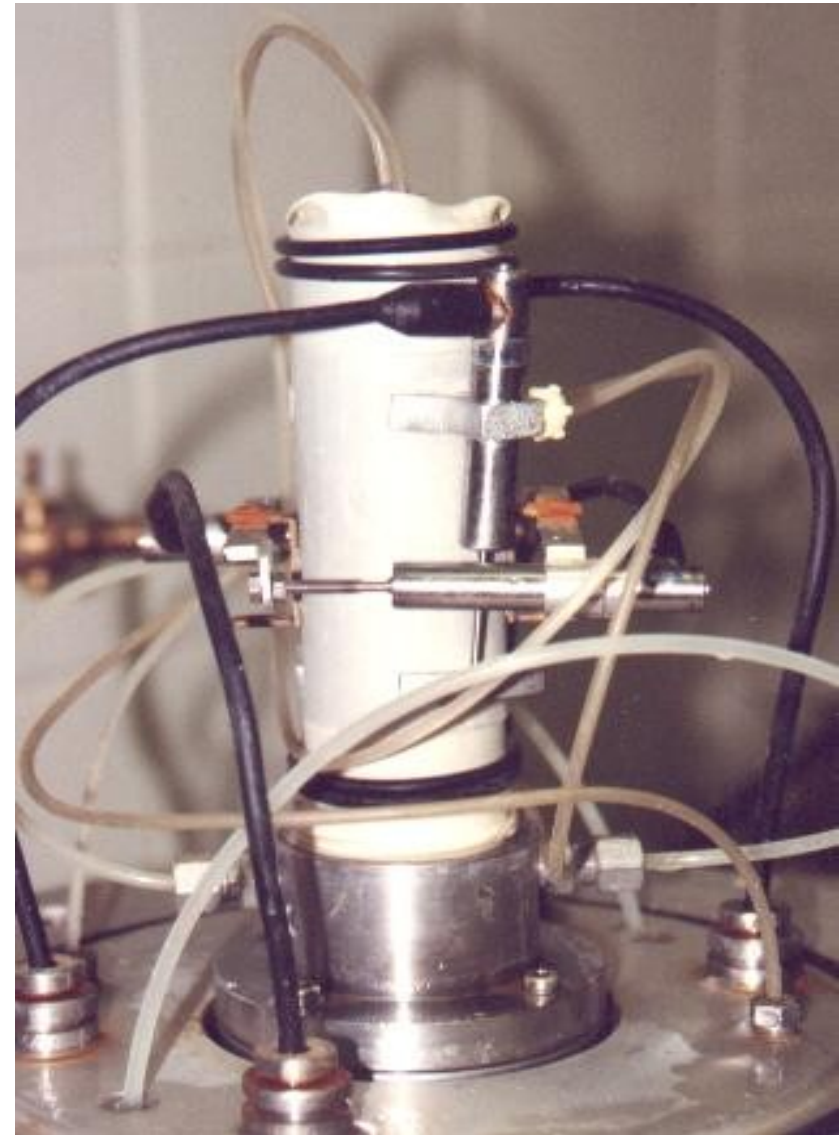
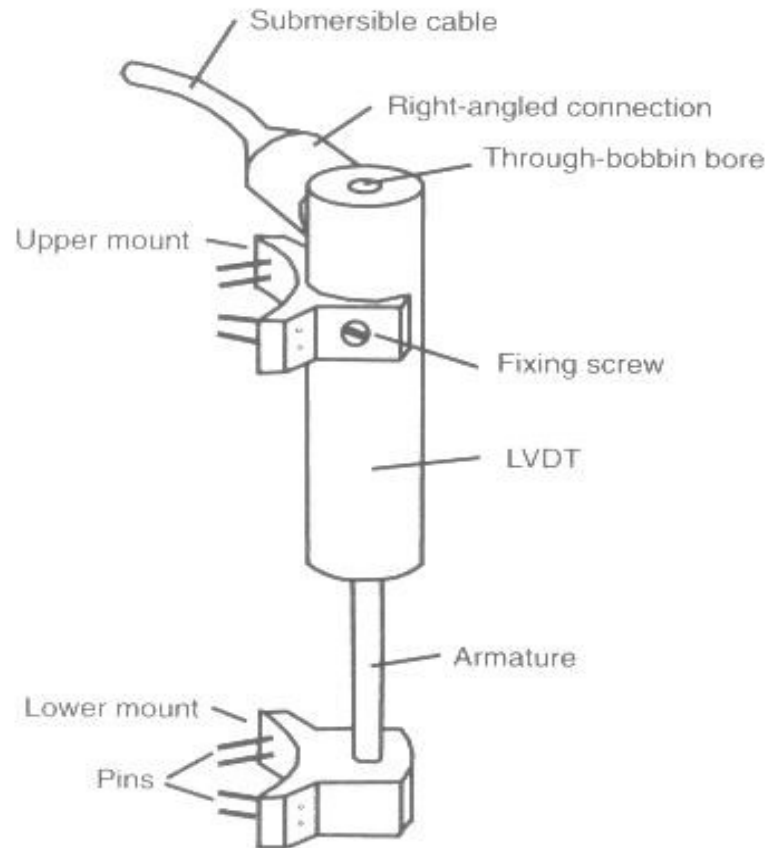
Přesnost až 0,0001%



(Lo Presti et al., 1994)

MĚŘENÍ MALÝCH PŘETVOŘENÍ A TUHOSTI V LABORATOŘI

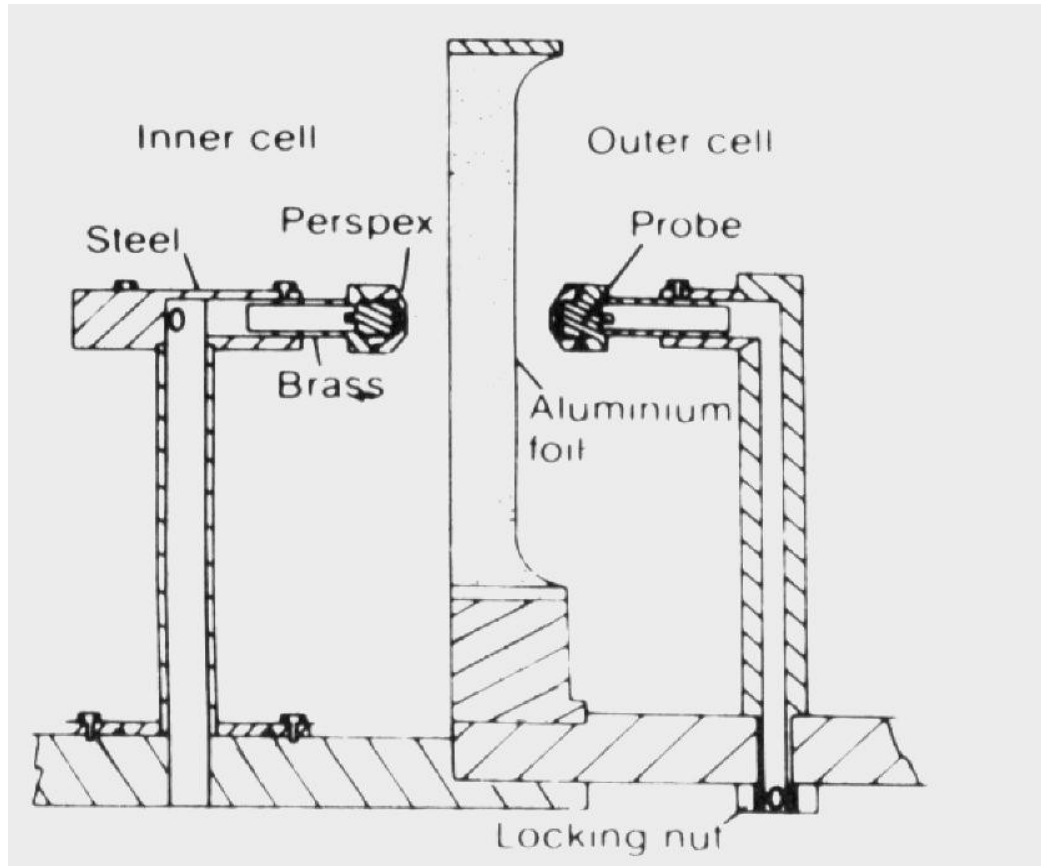
Snímače LVDT - indukční snímače



- na trhu dostupné i pro použití v tlakové kapalině
- přesnost $\pm 0,0001\%$ ($L_0=100\text{mm}$, měří $0,1\mu\text{m}$ $\pm 0,027\mu\text{m}$, Clayton and Heymann, 2001)

MĚŘENÍ MALÝCH PŘETVOŘENÍ A TUHOSTI V LABORATOŘI

Bezkontaktní snímače - Proximity Transducers



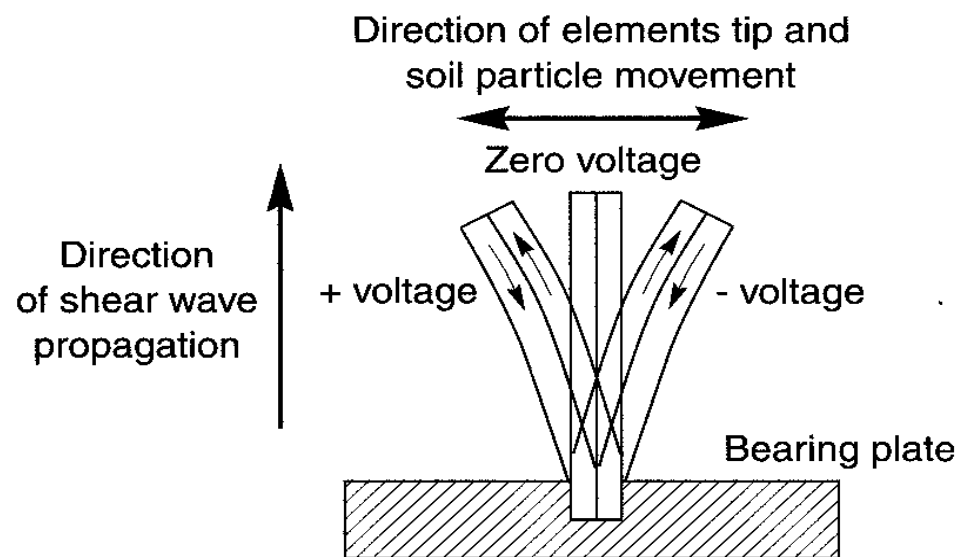
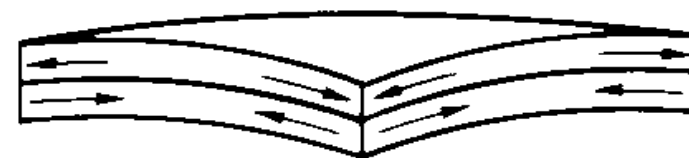
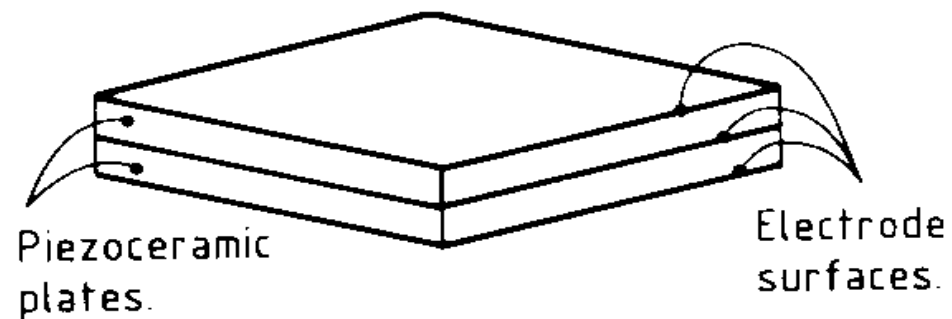
(Hight, et al., 1983)

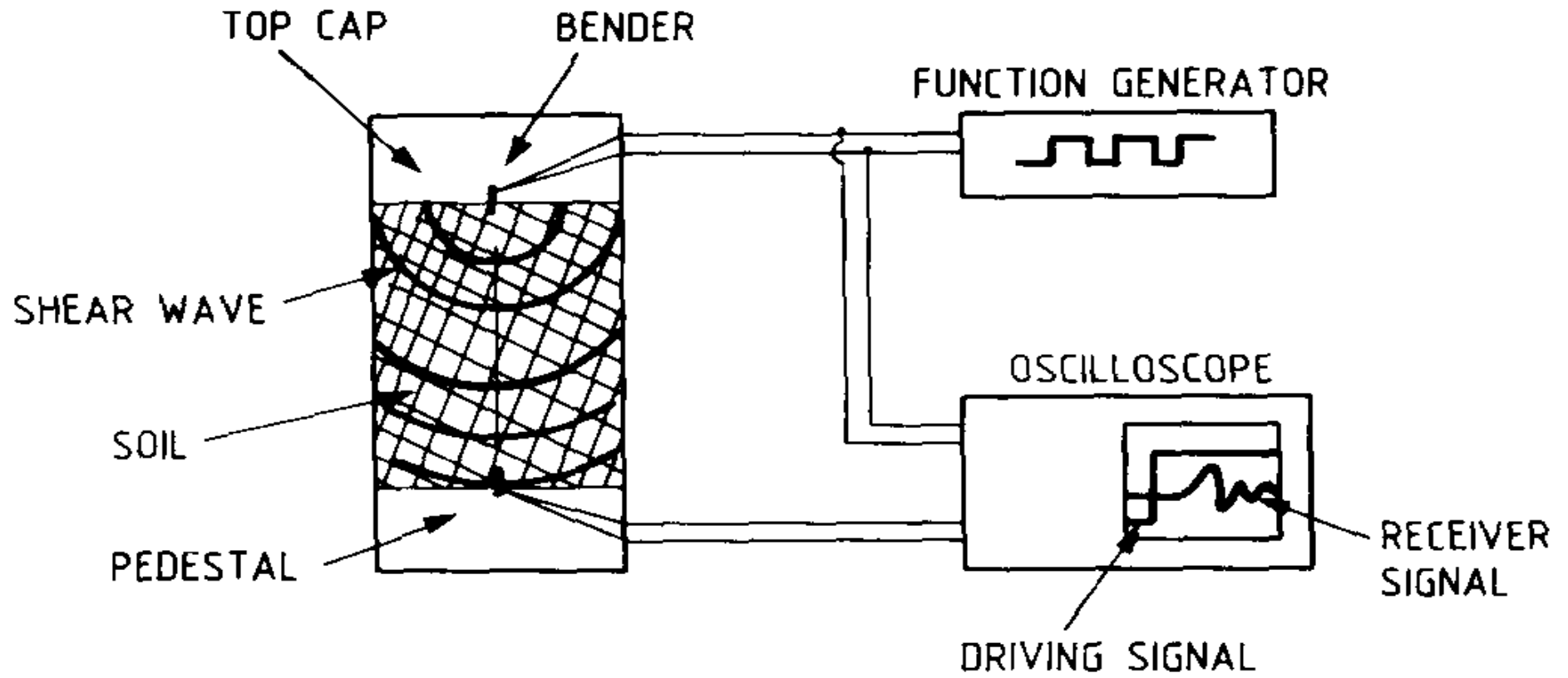
- Rozlišitelnost $0,3\mu\text{m}$ - přesnost $1\mu\text{m}$
tj. přetvoření cca $0,001\%$

(Lo Presti et al, 2000)

MĚŘENÍ MALÝCH PŘETVOŘENÍ A TUHOSTI V LABORATOŘI

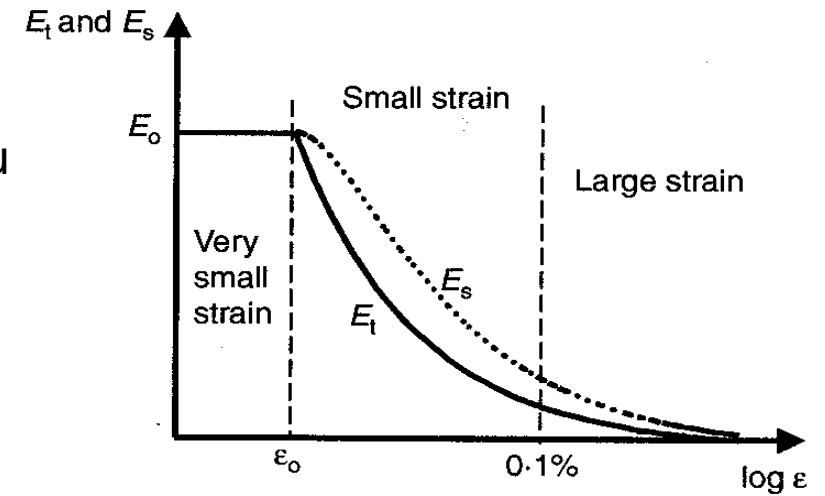
Piezokeramické prvky (Bender Elements)





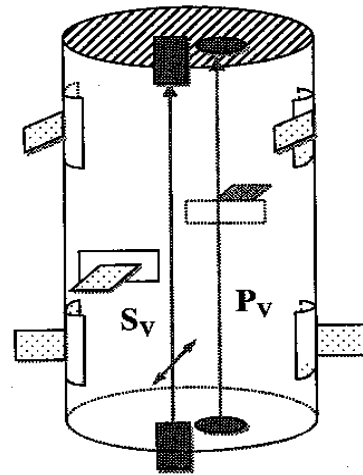
BE ...pokr.

- Vyhodnocení - předpoklad pružného chování vzorku
⇐ LVDT: při 0.0001% se měří v pružné oblasti

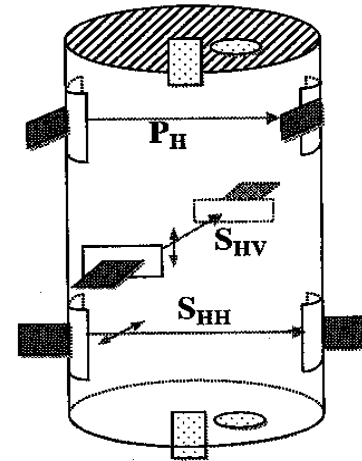


- $G = \rho v_s^2$
- $v_s = L / t$
- určení času???

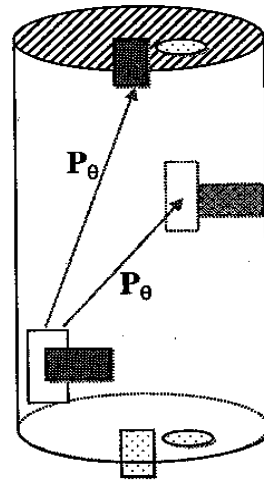
.....PODÍVAT NĚKDY NA INSTALOVANÉ DO
NAŠÍ LABORATOŘE.....



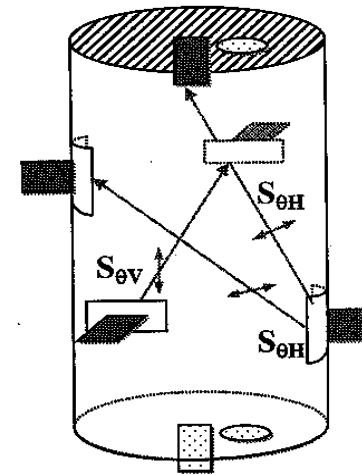
a) vertical waves



b) horizontal waves



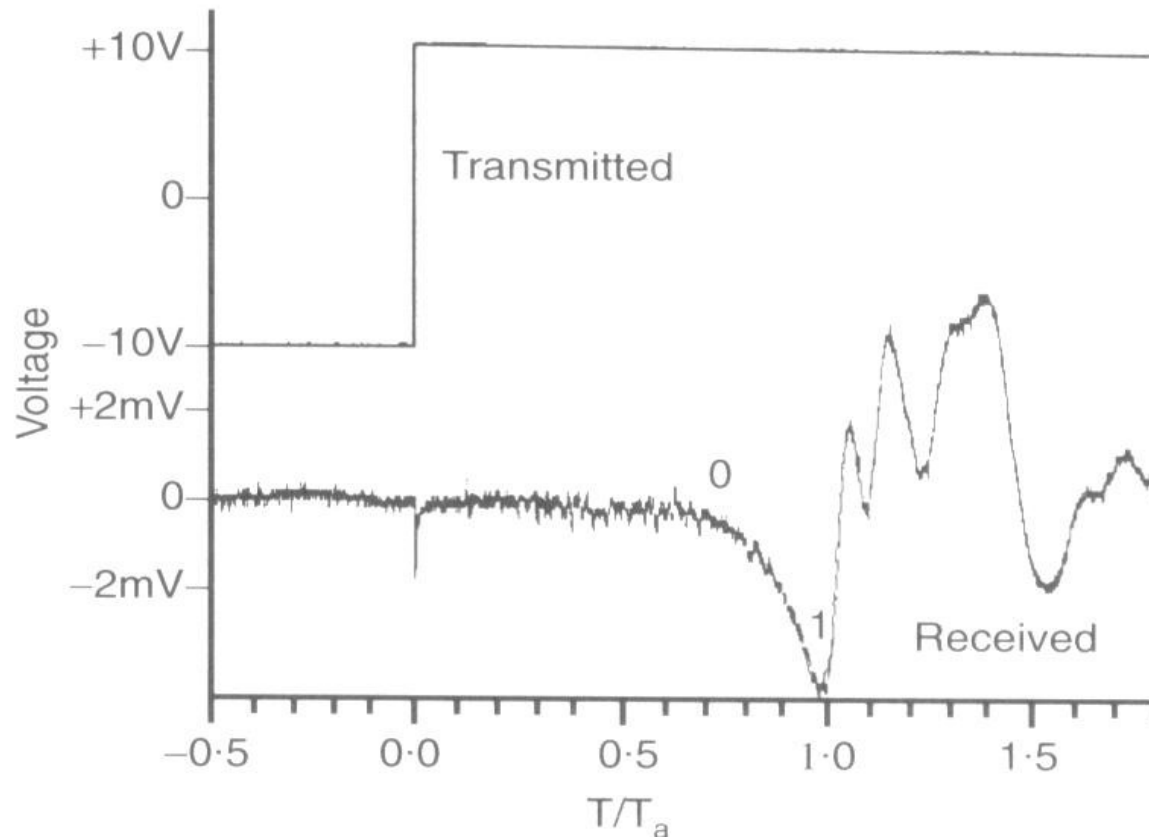
c) oblique compression waves



d) oblique shear waves

Fioravante, 2000

BE ...pokr.

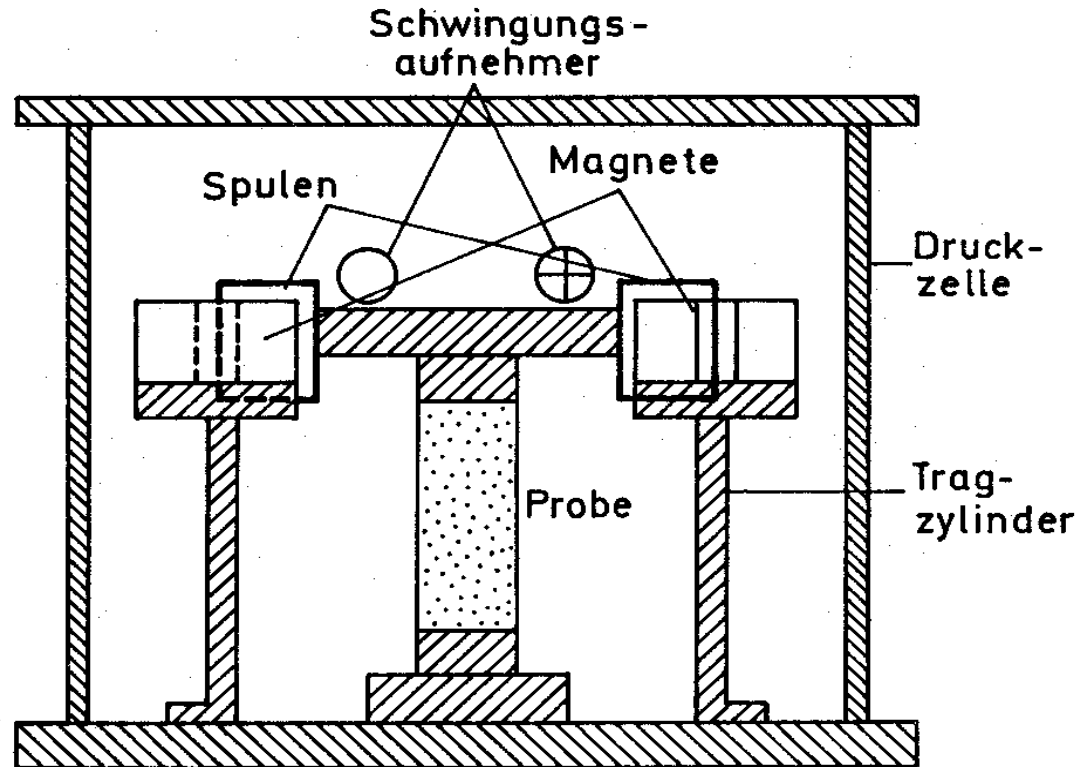


- příchod vlny:
v bodě 0 ?
v bodě 1 ?

- přesnost určení času $\pm 1\%$
(Jovičić et al., 1996)

MĚŘENÍ MALÝCH PŘETVOŘENÍ A TUHOSTI V LABORATOŘI

Vynucené kmitání s měřením frekvence - "Resonant Column"



harmonické buzení - horní
podstava

smykové/tlakové vlny

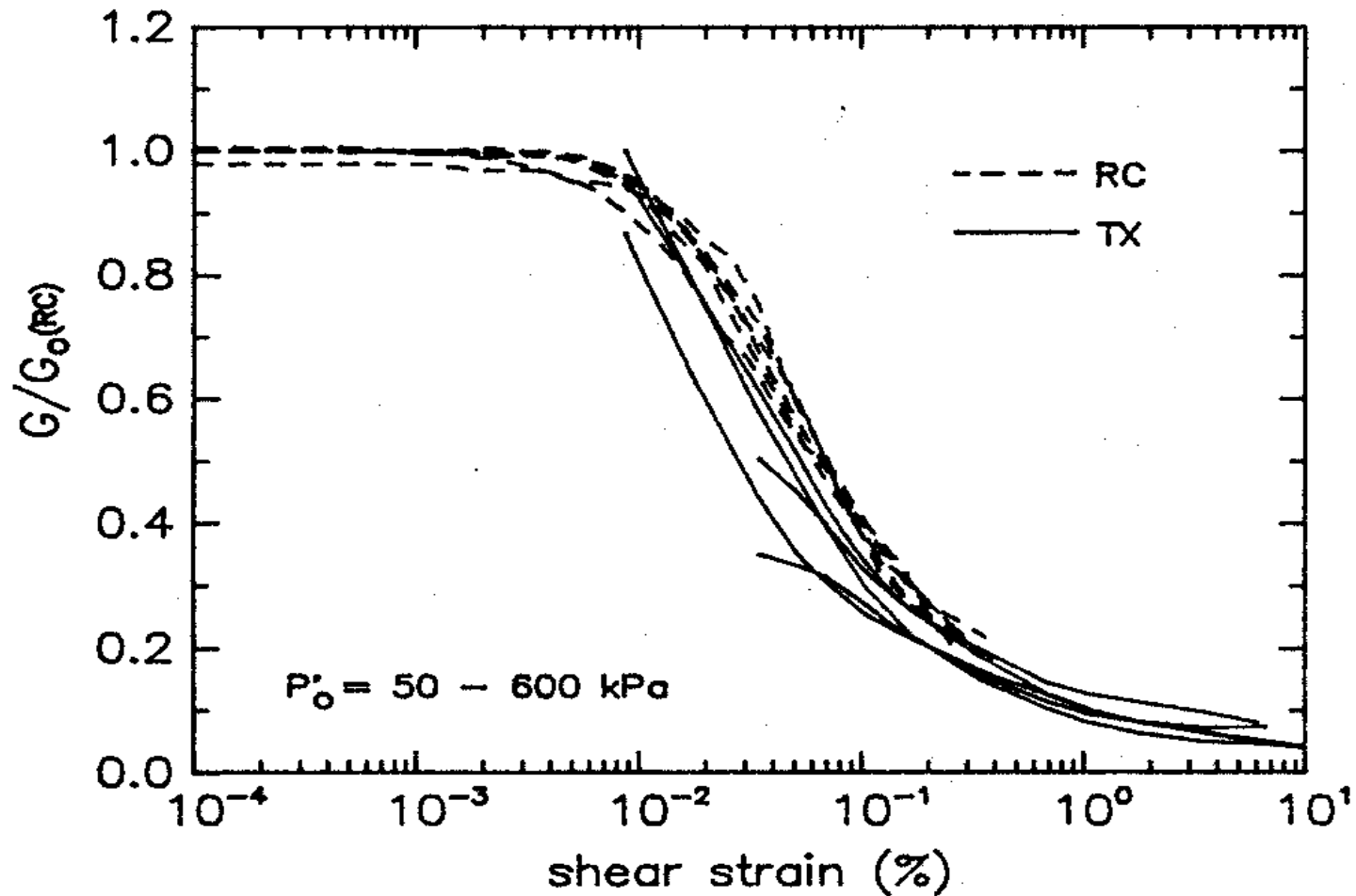
$$E = \rho v_L^2$$

$$G = \rho v_S^2$$

frekvence a amplituda regulovány
- dosažení vlastní frekvence

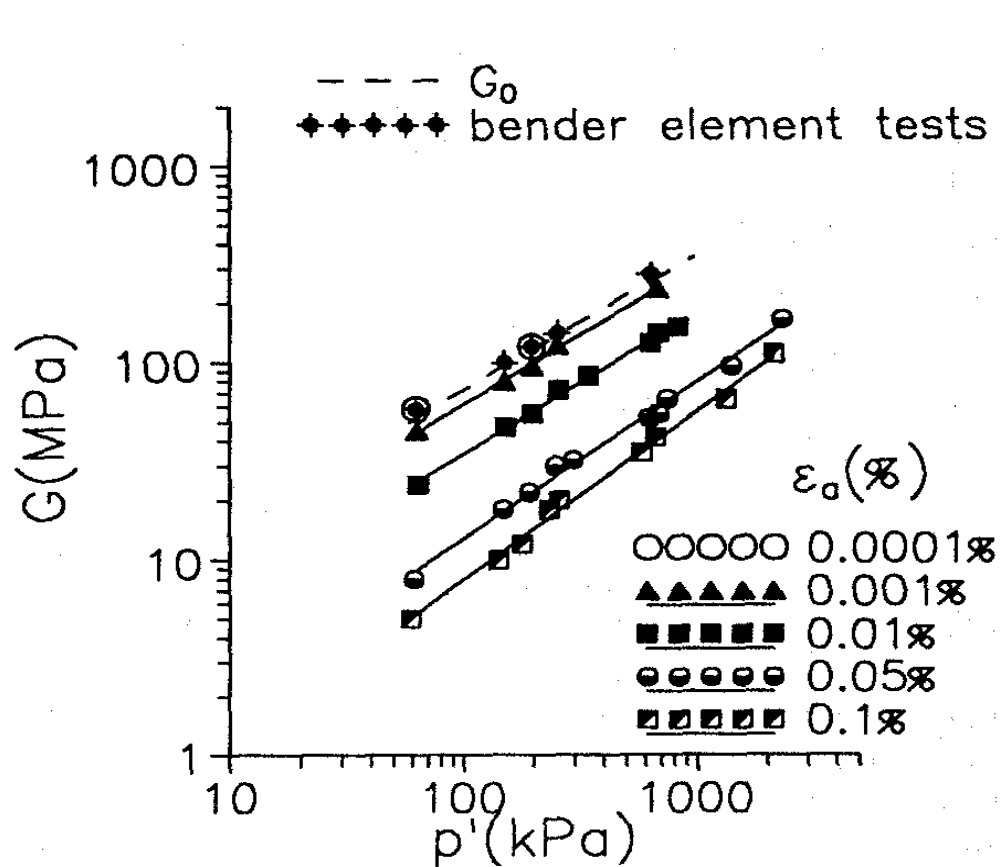
rychlost vln určena z
experimentálně stanovené vlastní
frekvence

SROVNÁNÍ STATICKÉHO A DYNAMICKÉHO MĚŘENÍ

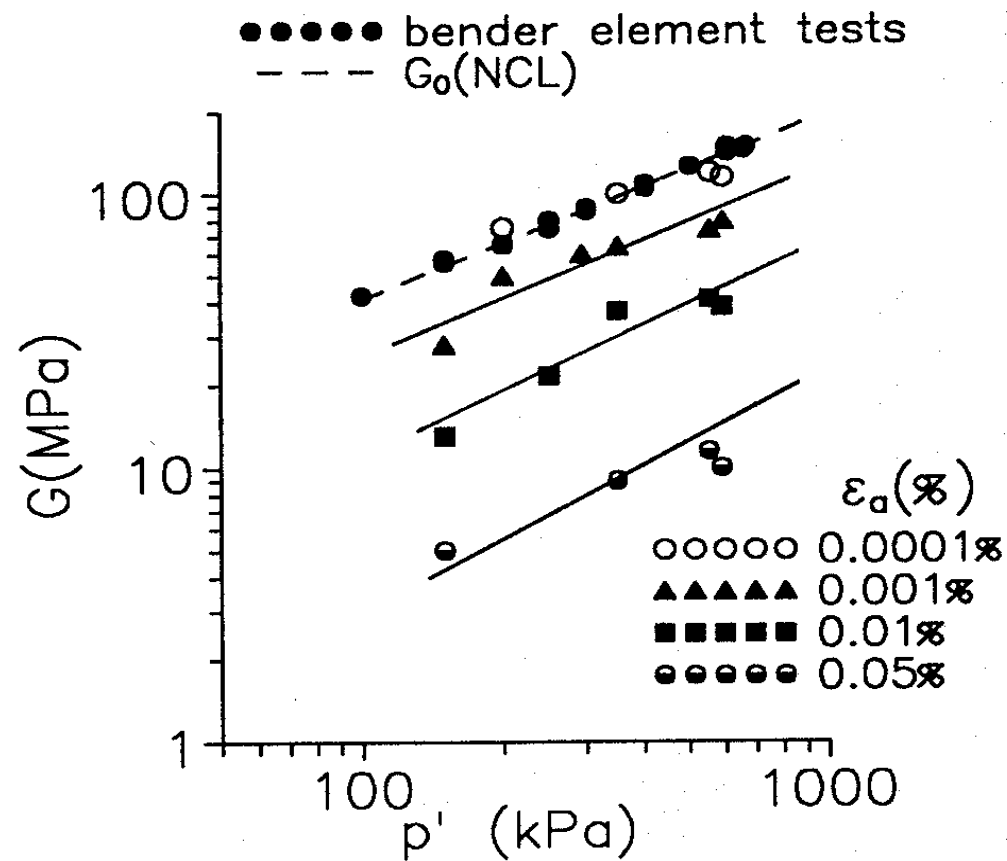


(Todi Clay, Georgiannou et al, 1991)

SROVNÁNÍ STATICKÉHO A DYNAMICKÉHO MĚŘENÍ



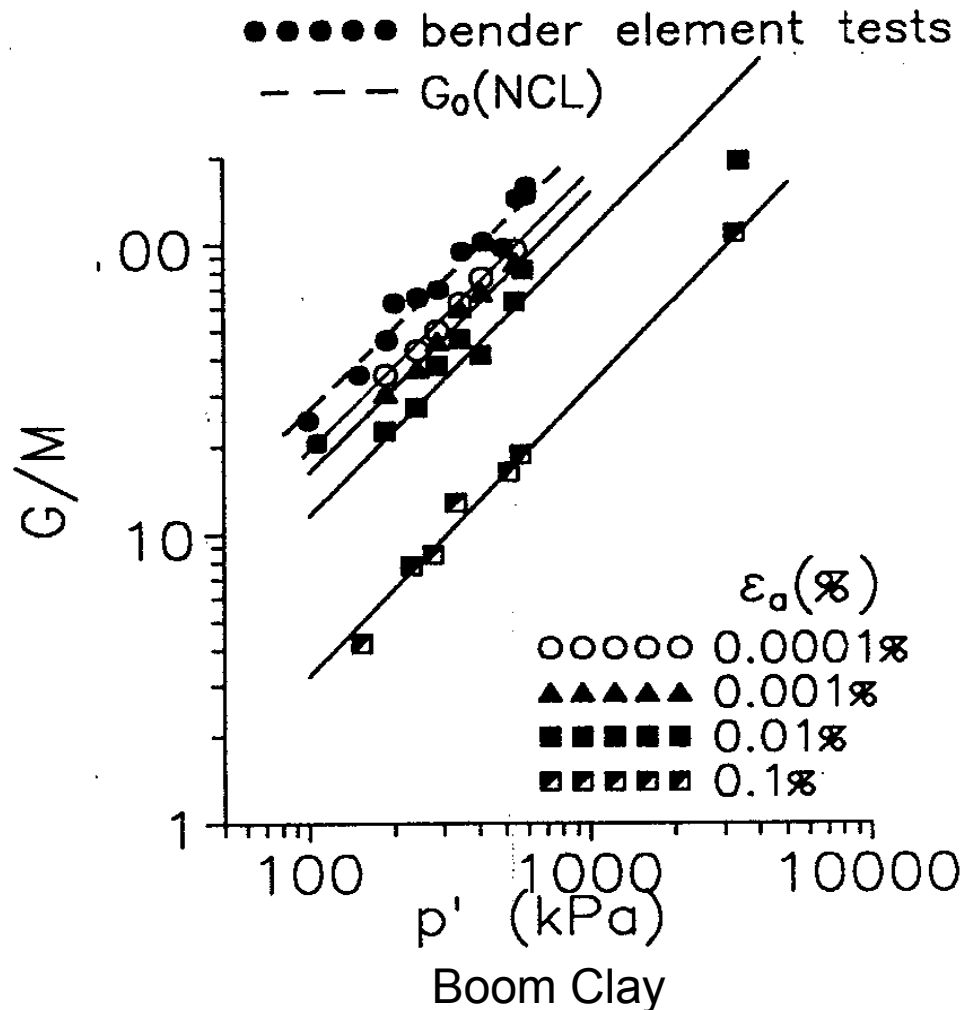
Dogs Bay sand



Kaolin

(Coop et al., 1997)

SROVNÁNÍ STATICKÉHO A DYNAMICKÉHO MĚŘENÍ



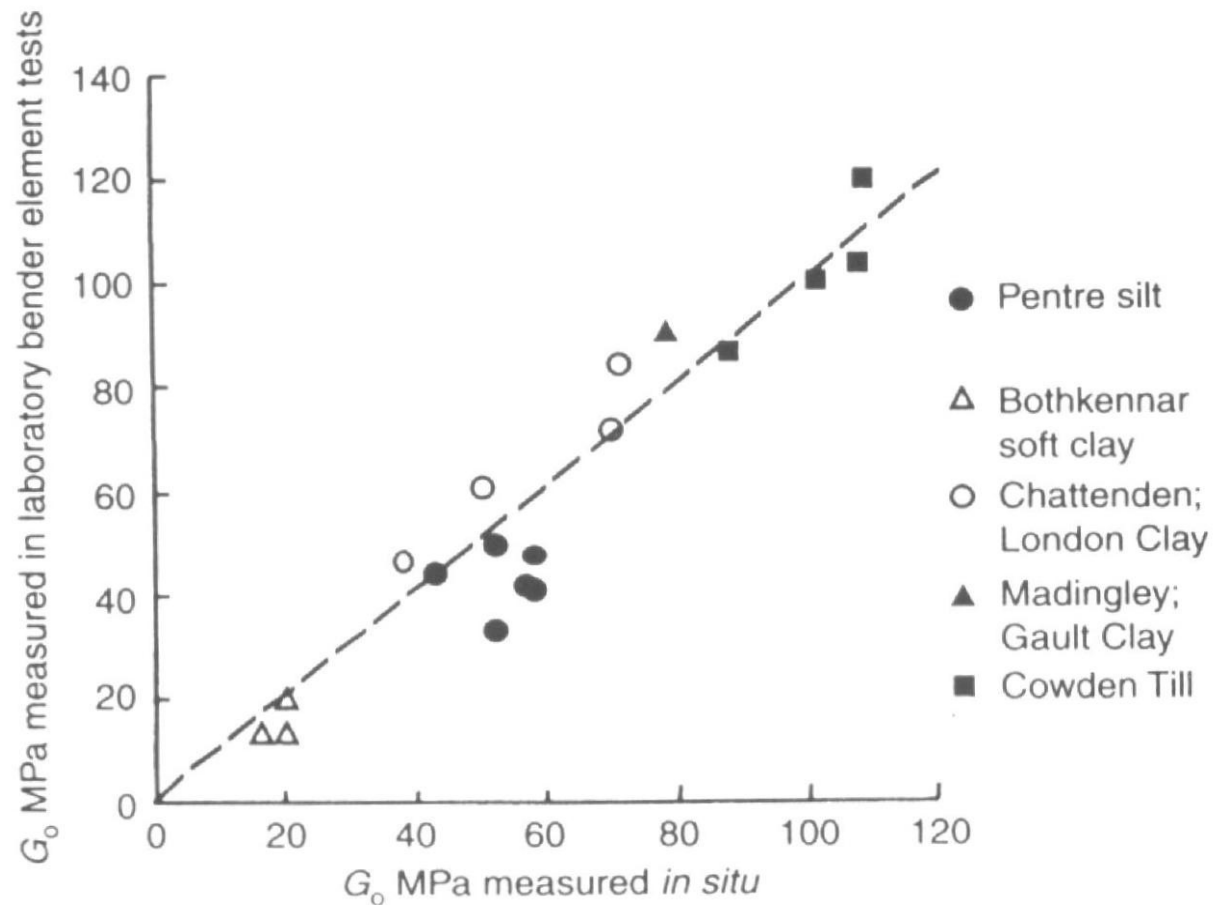
• písky a jíly nízké plasticity - není oblast pružného chování $G_{max} = konst$

• jíly vysoké plasticity - mají oblast pružného chování $G_{max} = konst$
(vliv rychlosti přitěžování?)

• lokální LVDT - 0,0001% - umožnily srovnání statických a dynamických laboratorních měření

(Coop et al., 1997)

SROVNÁNÍ STATICKÉHO A DYNAMICKÉHO MĚŘENÍ laboratoř vs. polní měření



Butcher, 2000 in Atkinson, 2000

SROVNÁNÍ STATICKÉHO A DYNAMICKÉHO MĚŘENÍ

laboratoř vs. polní měření

- Rozdíl mezi “statickou” a “dynamickou” tuhostí vyplývá z různé úrovně přetvoření
- vliv rychlosti přitěžování má podružnou / žádnou roli

SHRNUTÍ POZNATKŮ O TUHOSTI

1. V laboratoři tuhost při plynulém statickém zatížení při přetvoření 0,0001%
2. Tuhosti G_{\max} při statickém a dynamickém zatížení srovnatelné
3. Tuhosti G_{\max} měřené in situ a v laboratoři srovnatelné
4. Tuhost závisí na úrovni přetvoření / napětí
5. Tuhost závisí na stavu zeminy (poloze v rovině $e:p'$)
6. Závislost tuhosti na rychlosti zatěžování podružná
(zjištěna u vysoce plastických jílu?)
7. Použití nelinearity přetváření při numerické analýze je reálné