



Katedra geotechniky a podzemního stavitelství

Zakládání staveb – Úvod

doc. Dr. Ing. Hynek Lahuta



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Inovace studijního oboru Geotechnika CZ.1.07/2.2.00/28.0009.

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem ČR.

ÚVOD K ZAKLÁDÁNÍ STAVEB

Významné osobnosti:

C.A.COULOMB (1773) - teorie pevnosti, stability a tlak zemin na konstrukce

K. TERZAGHI - moderní mechanika zemin (1925)

T. Young, L.Prandtl, J.Boussinesq, B.Pascal

V. Mencl, A. Myslivec, J. Eichler, J. Jesenák – mechanika zemin

Z. Bažant, J. Hulla, J. Šimek, I. Trávníček – zakládání staveb

Ve vývoji MZ - společnost ISSMGE (zal. 1936)

Teoretický základ: ing. geologie, hydrogeologie, mechanika zemin a hornin.

Doplňkové znalosti: stavební mechanika, pružnost a pevnost, dynamika, hydraulika, stavební konstrukce i ekonomika.

Dnes: zvýšené požadavky na založení (využití podzemních prostor, nedostatek prostoru v centrech měst)

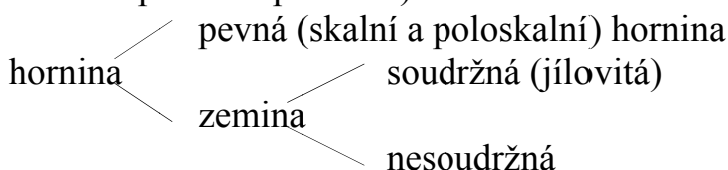
Náplň ZS je řešit 2 úlohy:

- návrh a vytvoření základu
 - základ (plošný, hloubkový)
 - základová půda

- návrh stavební jámy (nezřídka složitější problematika než samotný základ)

ZEMINA JAKO PRACOVNÍ PROSTŘEDÍ

Geotechnické třídění (charakter a podstata pevnosti):



Podstata pevnosti u zemin:

- | soudržných | nesoudržných |
|---------------------------|----------------------|
| • síly H_2O a částicemi | • nepravá soudržnost |
| • cementace částic | • vnitřní tření |
| • tření | • dilatance |
| • dilatance | |

Vliv struktury horninového masívu na tyto vlastnosti: rozdíl v pojmech

$$\sigma_{mas} = \sigma_{hor} \cdot K_s$$

K_s – součinitel strukturního oslabení

VLASTNOSTI ZEMIN

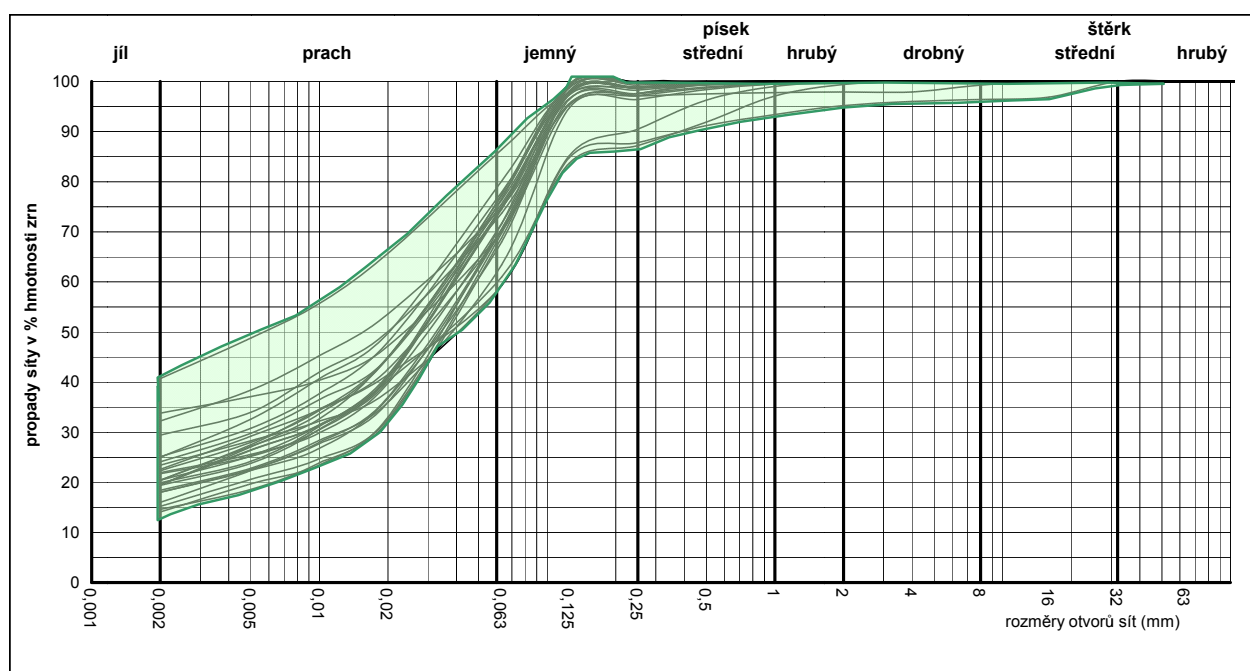
POPISNÉ FYZIKÁLNÍ

Rozměry pevných částic - zrnitost a názvy zemin

% zastoupení zrn - graficky jako „křivka zrnitosti“

zrna < 0,06 mm suspenze;

0,06 mm < zrna < 60 mm síta



Obr. 1. Obalová křivka zrnitosti vzorků spraší (stavba ČD Brno – 1.část odstavného nádraží, 2003)

Hustoměrná metoda

Základ Stokesův zákon pro klesání kulové částice průměru 0,2 až 0,002 mm ve vodě:

$$v = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{18\eta} d^2$$

η - dynamická viskozita /Pas/

Pro stálou teplotu a měrnou tíhu:

$$v = Cd^2$$

Pro teplotu vody 20° C bude $C=916\,667$

Pro známé v dostaneme průměr zrna

$$d \cong 0,001 \sqrt{\frac{s}{t}}$$

Používáme Cassagrandův hustoměr, měření 24 hodin.

Základ názvu - podstatné jméno

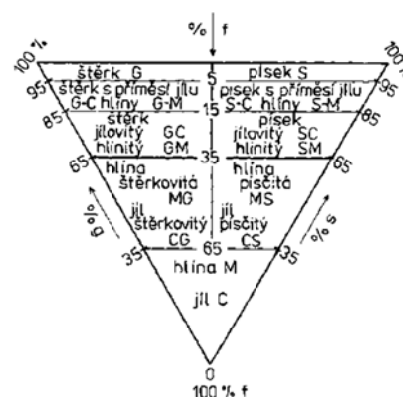
Složka - přídavné jméno (15 - 35 %)

Příměs - 5 - 15 %

Zkratky: první symbol - základ
druhý symbol - přídavná část
příměs - pomlčka

Číslo nestejnozrnatosti $C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}}$

Číslo křivosti $C_c = \frac{(d_{30})^2}{d_{10} \cdot d_{60}}$



Obr. 4.3. Trojúhelníkový diagram pro zatřídění zemin se zrnky do 60 mm

Klasifikační systémy

- ČSN EN ISO 14 688-1, 2 Geotechnický průzkum a zkoušení –Pojmenování a zatřídování zemin (1 – Pojmenování a popis, 2 – Zásady zatřídování), 2004
- ČSN 73 6133 Navrhování a provádění zemního tělesa pozemních komunikací (Příloha A Klasifikace zemin pro pozemní komunikace), 2010
- ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže, 2011

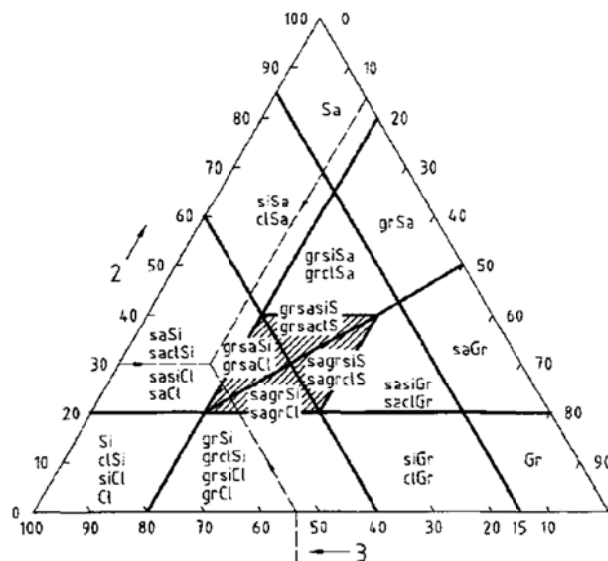
ČSN 73 6133 a ČSN 75 2410 vycházejí z mezinárodní klasifikace USCS (*Unified Soil Classification System*), který je založen na zrnitostní analýze a stanovení Atterbergových mezí.

Neplatné normy obsahující klasifikační systémy

- ČSN 73 1001 Zakládání staveb / Základová půda pod plošnými základy - zrušena 1.4.2010 (klasifikace přejata do ČSN 736133)
- ČSN 72 1002 Klasifikace zemin pro dopravní stavby - zrušena 1.10.2010

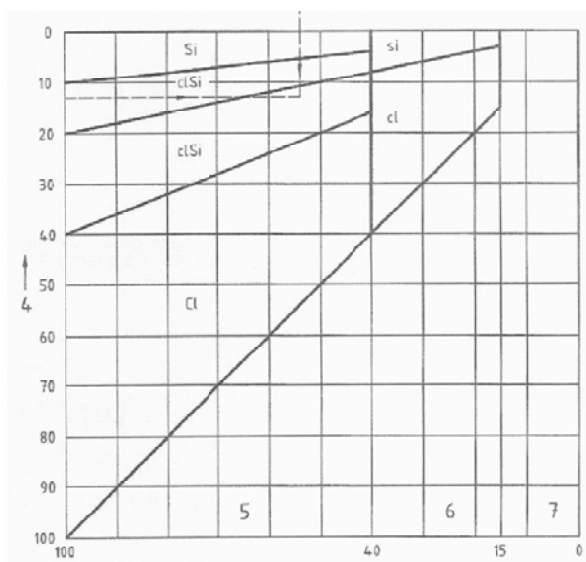
Pojmenování dle EC7:

- písčité štěrky (*sandy gravel*) (saGr)
- hrubě písčité jemný štěrky (*coarse sandy fine gravel*) (csaFGr)
- středně písčité prach (*medium sandy silt*) (msaSi)
- jemně štěrkovitý hrubozrnný písek (*fine gravelly coarse sand*) (fgrCSa)
- prachovitý jemný písek (*silty fine sand*) (siFSa)
- jemně štěrkovitý, hrubozrnně písčité prach (*fine gravelly, coarse sandy silt*) (fgrcsaSi)
- středně písčité jíl (*medium sandy clay*) (msaCl).



Legenda

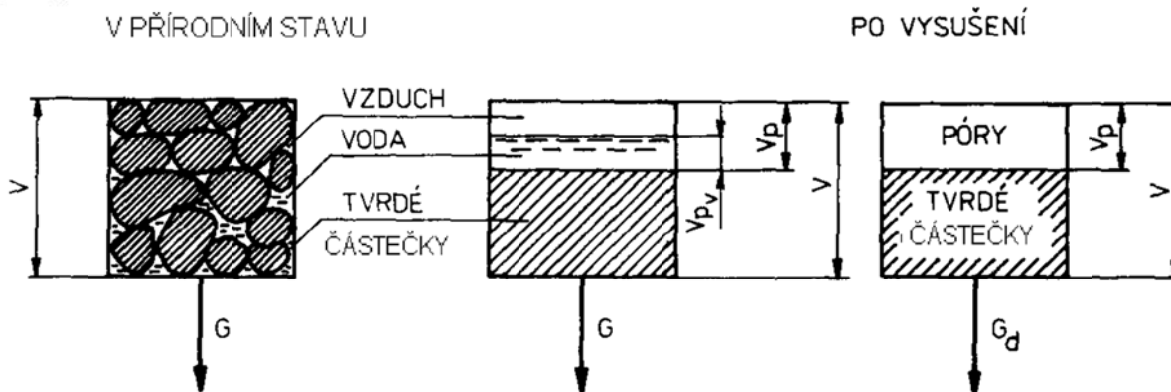
- 1 obsah štěrku (2 mm - 63 mm)
 - 2 obsah písku (0,063 mm - 2 mm)
 - 3 obsah jemnější frakce (< 0,063 mm)
 - 4 obsah jílu v % z celkové hmotnosti hrubé a jemné frakce zeminy (velikost zrna < 63 mm)
 - 5 jemnozrnné zeminy (hlína a jíl)
 - 6 zeminy o různé zrnitosti (hlinité nebo jílovité štěrky a písky)
 - 7 hrubozrnné zeminy (štěrky a písky)
- S zemina



Objemová a měrná tíha:

3 fázový systém

po vysušení 2 fáze.



Obr. 2. Zemina jako 3fázový systém, resp. 2fázový

Objemová tíha: $\gamma = \frac{G}{V}$

Objemová tíha po vysušení: $\gamma_d = \frac{G_d}{V}$

Objemová tíha (efektivní) pod hladinou vody: $\gamma_{SU} = (1 - n) \cdot (\gamma_s - \gamma_w)$

Měrná tíha: $\gamma_s = \frac{G_d}{V - V_p}$

Pórovitost a číslo pórovitosti:

pórovitost

$$n = \frac{V_p}{V} = 1 - \frac{\gamma_d}{\gamma_s}$$

číslo pórovitosti

$$e = \frac{V_p}{V - V_p} = \frac{\gamma_d}{\gamma_s} - 1$$

$$n = \frac{e}{1 + e}$$

Hutnost:

Pro nesoudržnou zeminu - relativní hutnost

$$I_D = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}}$$

kypré
< 0,33

středně hutné
0,33 - 0,67

hutné
> 0,67

Vlhkost a stupeň nasycení:

Vlhkost (důležitá pro Atterbergovi meze)

$$w = \frac{G_w}{G_d}$$

stupeň nasycení

$$S_r = \frac{V_{pw}}{V_p}$$

suché	zavlhnuté	vlhké	mokrý	velmi mokrý	nasycený
0	0,01-0,25	0,25-0,5	0,5-0,75	0,75-0,99	1

Tvar zrn:

Závisí na druhu mateřské horniny a délce transportu

Suchá cesta (gravitačně, činnost větru) rychleji úlomky opracuje než vodní prostředí

Podle tvaru a opracovanosti rozlišíme říční (sklovitý lesk se zachovalými lomovými plochami) a váté (dokonale zaoblené hrany a mléčný lesk obroušených povrchů) jemnozrnné křemité písky

ČSN posuzuje tvar zrn podle zakulacení (sféricita) a zaoblení.

Zakulacení zrn (podle poměru střední osy ke dlouhé):

- stejnorozměrná
- plochá
- ploše protáhlá
- protáhlá

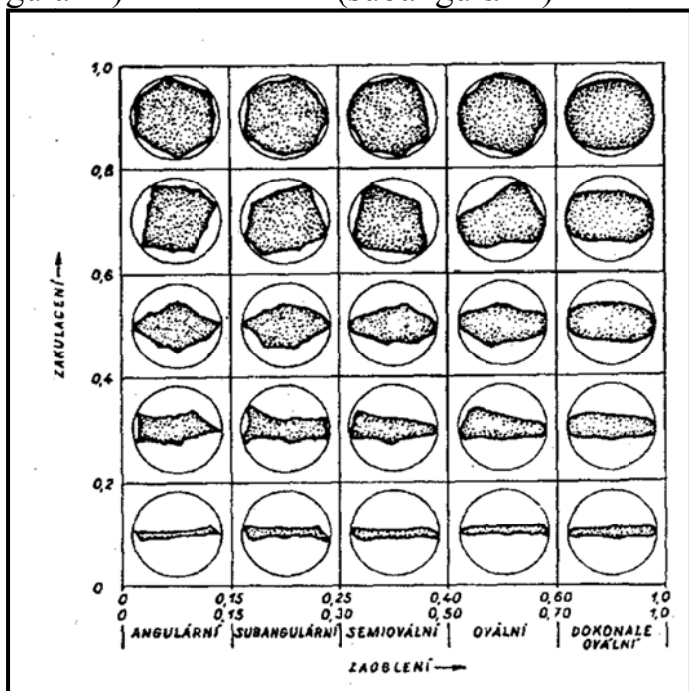
Zaoblení zrn (vizuálně):

ostrohranná
(angulární)

poloostrohranná
(subangulární)

polozaoblená

zaoblená



Tab. 1. Škála pro odhad tvaru klastických zrn.

V případě hrubých frakcí je tvar částice popsán jejich angularitou, tvarem a povrchovou texturou, viz tab. 2.

parametr	tvar částice
angularita/zaoblenost	velmi ostrohranný
	ostrohranný
	slabě ostrohranný
	slabě zaoblený
	zaoblený
	dobře zaoblený
tvar	kvádrový
	plochý
	podlouhlý
povrchová textura	drsňá
	hladká

Tab.2. Názvy pro stanovení tvaru zrna.



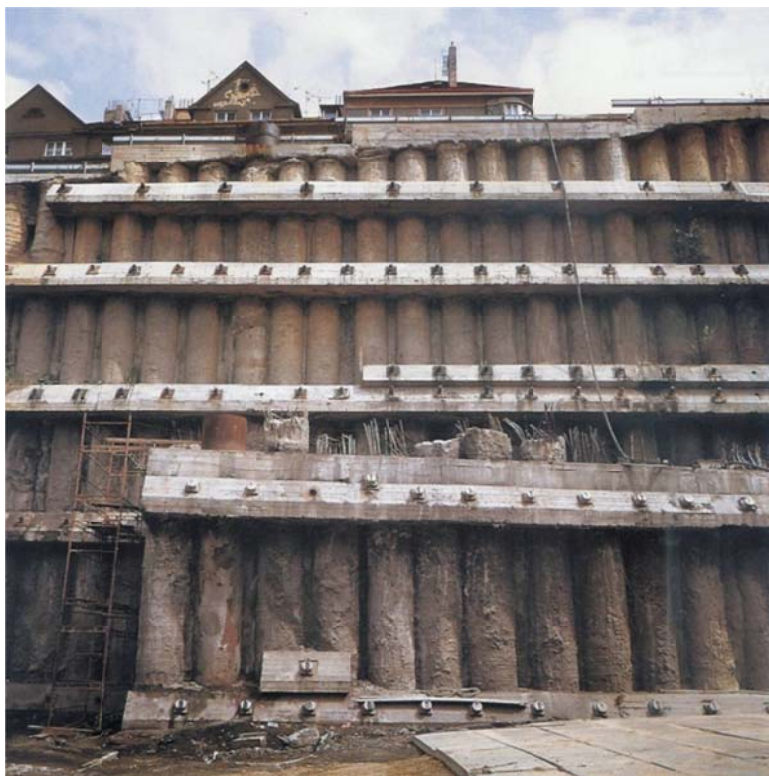
1. Obchodní centrum Mysl bek (1995) – stavební jáma, hluboká 15-17 m, je zajištěna kotvenými konstrukčními podzemními stěnami. Okolní objekty a komunikace byly zabezpečeny tryskovou injektáží a mikropilotovými stěnami.



2. Nový silniční most v Ústí n-Labem (1998) – vlevo: jediný pylon mostu je založen v jímce z podzemních stěn vyhloubené až na pevný skalní podklad. Vpravo: pohled na dokončenou mostní konstrukci



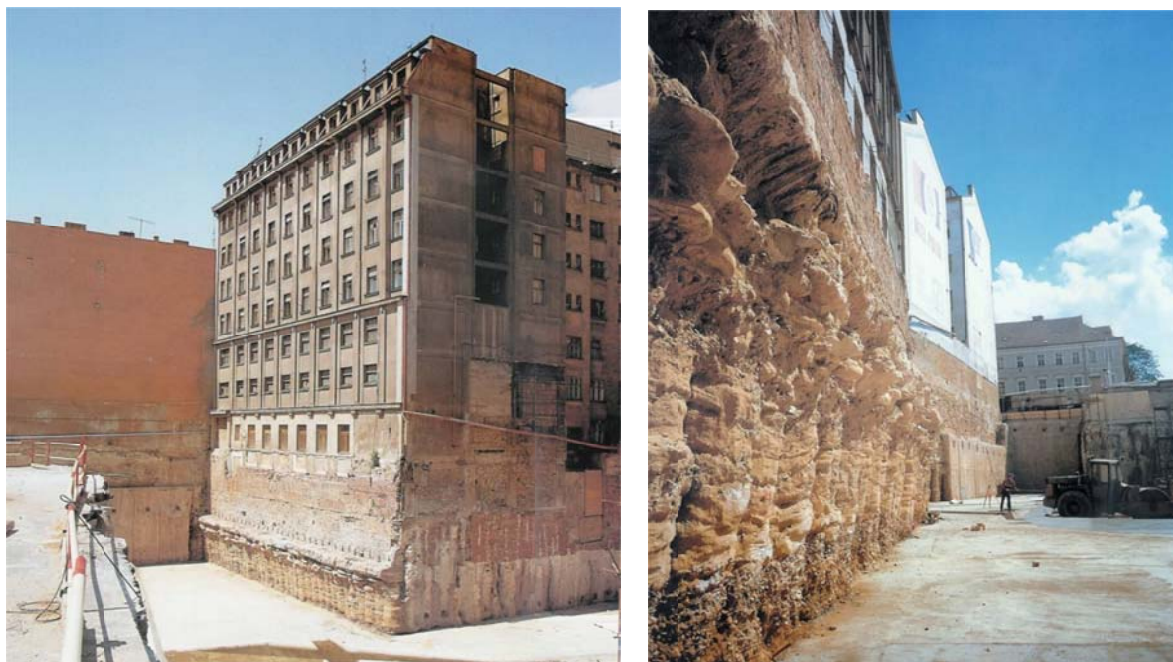
3. Most přes vodní nádrž Skalka u Chebu (1994) – opěry i pilíře mostu mezinárodní silnice E48 jsou založeny na elementech železobetonových podzemních stěn.



Obr. 4. Strahov (1986-1989) – kotvení severního portálu tunelu, tvořeného pilotovou stěnou, reinjektabilními pramencovými kotvami v délkách 45-50 m.



Obr. 5. Elektrárna Mělník, výklopník vápence (1994) - zapažení stavební jámy



Obr. 6. Stavební jáma pro hotel Renaissance (1990-1991) – zajištěná kotvenými podzemními stěnami a tryskovou injektáží (vlevo). Stavební jáma pro hotel Renaissance (1990-1991) – detailní pohledy na sloupky tryskové injektáže, které zpevnily zeminu přímo pod základy okolních objektů a dovolily otevřít stavební jámu až k jejich nosným obvodovým zdem (vpravo).



Obr. 7. Zajištění stavební jámy v Brně kotveným záporovým pažením (1996)



Obr. 8. Famírova ulice (1989-1990) – úprava komunikace prefabrikovanými podzemními stěnami



Obr. 9. Slánského ulice, podchod pro pěší (1990) – vybudovaný pod frekventovanou vozovkou z prefabrikovaných podzemních stěn



Obr. 10. Porušení pilotového základu