

## Vzorový příklad 6a : individuální zadání pro $n = 29$

### 1 Sedání základu - teorie

Sedání základu je svislá složka přetvoření základové půdy vlivem přitížení stavbou. Je třeba zajistit, aby rovnoměrné sednutí stavby bylo menší než povolené mezní sednutí, a aby také nerovnoměrné sedání (naklonění nebo relativní průhyb) nebylo větší, než je přípustné. Mezní hodnoty sednutí stavby jsou předepsány normou a podle druhu stavby je mezní rovnoměrné sednutí stavby 50 až 120 mm.

#### 1.1 Výpočet sedání

Vztah pro výpočet sedání lze odvodit ze vztahu pro stanovení edometrického modulu přetvárnosti při měření jednoosé deformace v edometru:

$$E_{oed} = \frac{\Delta\sigma'}{\Delta\varepsilon_z} = \frac{\Delta\sigma'}{\frac{\Delta h}{h}},$$

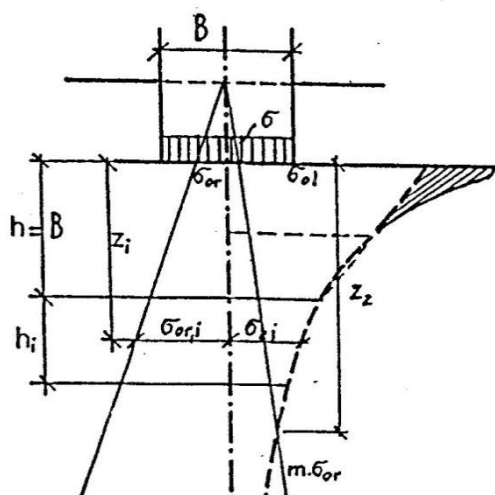
kde  $E_{oed}$  je edometrický modul přetvárnosti,  $\Delta\sigma'$  je změna efektivního napětí,  $\Delta\varepsilon_z$  je přírůstek svislé poměrné deformace,  $\Delta h$  je stlačení vzorku během edometrické zkoušky a  $h$  je výška měřeného vzorku.

Úpravou tohoto vztahu lze získat vzorec pro výpočet sednutí vrstvy zeminy jako stlačení vrstvy zeminy namáhané přírůstkem svislého napětí:

$$s_i = \Delta h = \frac{\Delta\sigma'}{E_{oed}} * h$$

kde  $s_i$  je sednutí 1 vrstvy zeminy. Působící napětí  $\Delta\sigma'$  odpovídá **napětí od přitížení**  $\sigma_z$  (viz př. 4) a s hloubkou se snižuje. Při malém  $\sigma_z$  však nenastává předpokládané stlačení zeminy. Na kontaktech částic působí tzv. **strukturní pevnost**, což je odpor proti vzájemnému posunutí daný třením a vazbami mezi částicemi.<sup>1</sup> Vliv strukturní pevnosti  $\sigma_s$  se do výpočtu zavádí v závislosti na geostatickém napětí

$$\sigma_s = m * \sigma_{or} \quad m = 0,2,$$



Obr. 1: Výpočtový model sednutí  
(Lamboj, Štěpánek, 2008)

kde  $\sigma_{or}$  je geostatické napětí a  $m$  je součinitel strukturní pevnosti, který lze do výpočtu zavést hodnotou 0,2.<sup>2</sup>

Velikost strukturní pevnosti se s hloubkou zvětšuje (úměrně geostatickému napětí). Protože se velikosti působících napětí  $\sigma_z$  a  $\sigma_s$  s hloubkou mění (nejvíc při malých hodnotách  $z$ ), a protože ve vrstevnatém podloží se mění také edometrické moduly zastižených zemín, počítá se sednutí po jednotlivých vrstvách a celkové sednutí se stanoví jako součet sednutí jednotlivých vrstev:

$$S = \sum_{i=1}^n s_i = \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{z,i} - m * \sigma_{or,i}}{E_{oed,i}} * h_i,$$

kde  $s_i$  je sednutí  $i$ -té vrstvy,  $\sigma_{z,i}$  je napětí od přitížení působící ve středu  $i$ -té vrstvy,  $\sigma_{s,i}$  je strukturní pevnost vyčíslená pro střed  $i$ -

<sup>1</sup> Lamboj, L., Štěpánek, Z.: Mechanika zemin a zakládání staveb, str. 196. Praha, ČVUT, 2008.

<sup>2</sup> Součinitel strukturní pevnosti se podle jiné metodiky zavádí do výpočtu jako  $m = 0,1$  až  $0,5$ , podle typu zeminy, konzistence, ulehlosti a míry konsolidace;

té vrstvy,  $E_{oed,i}$  je edometrický modul zeminy  $i$ -té vrstvy a  $h_i$  je mocnost<sup>3</sup>  $i$ -té vrstvy.

**Deformační zóna:** Největší deformace vznikají zpravidla v přímém podzákladí stavby, kde působí největší  $\sigma_z$ . Napětí od přitížení  $\sigma_z$  s rostoucí hloubkou klesá, strukturální pevnost  $\sigma_s$  s rostoucí hloubkou roste. V určité hloubce se vyrovnají

$$\sigma_{z,i} - m * \sigma_{or,i} = 0$$

Od této hloubky hlouběji už deformace vlivem přitížení nevznikají, protože strukturální pevnost je větší než napětí od přitížení.<sup>4</sup> Tato hloubka  $z_z$  tedy vymezuje spodní hranici, po kterou vznikají deformace základové půdy. Oblast podloží stavby do hloubky  $z_z$ , ve které vznikají deformace, se nazývá **deformační zóna**. Výpočet sedání je třeba provést přes celou deformační zónu.

## 2 Vzorový příklad 6a: Sedání tuhého základu: individuální zadání pro $n = 29$

### Zadání:

Vypočítejte celkové konečné sednutí budovy založené na tuhé železobetonové základové desce založené v hloubce  $d = 2$  m pod původním terénem. Vykreslete průběh napětí  $\sigma_z$  od přitížení  $\sigma_{ol}$ , průběh strukturální pevnosti  $\sigma_s$  a hloubku deformační zóny  $z_z$ . Výpočet a vykreslení proveďte pro hloubky  $z = 1, 3, 5, 7, 9, 11, 14$  a  $18$  m pod základovou spárou. Půdorysné rozměry základu  $B$  (šířka) a  $L$  (délka), rovnoměrné kontaktní napětí od stavby  $\sigma$  a vlastnosti zeminy v podloží pro jednotlivá individuální pořadová čísla  $n$  jsou uvedeny v následující tabulce:

Šířka základu:	$B = 8 - 0,1 * n$ (m)	= 5,1 m;
Délka základu:	$L = 8 + 0,1 * n$ (m)	= 10,9 m;
Hloubka založení:	$d = 2$ m p. p. t.	
Rovnoměrné kontaktní napětí:	$\sigma = 202 + 2 * n$ (kPa)	= 260 kPa;
Objemová tíha zeminy:	$\gamma = 18,5$ kN/m <sup>3</sup> ;	
Edometrický modul přetvárnosti:	$E_{oed} = 15$ MPa	

### 2.1 Výpočet

Geostatické napětí v úrovni základové spáry

$$\sigma_{or} = \gamma * d = 18,5 * 2,0 = 37 \text{ kPa}$$

Přítížení v základové spáře

$$\sigma_{ol} = \sigma - \sigma_{or} = 260 - 37 = 223 \text{ kPa}$$

Výpočet pro jednotlivé hloubky je proveden v Tab. 1.

$$s = \sum_{i=1}^n s_i = \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{z,i} - m * \sigma_{or,i}}{E_{oed,i}} * h_i,$$

Prvních 12 sloupců tabulky je převzato z př. 4b – napětí od přitížení obdélníkového základu pod charakteristickým bodem (sloupce 3 - 5 a 9 - 11 jsou skryté). Ve sloupci 12 je vypočítáno výsledné napětí  $\sigma_z$ . Ve sloupci 14 je vypočítáno geostatické napětí v řešené hloubce  $z$  pod základem (geostatické napětí se počítá od terénu), ve sloupci 15 je uvedena strukturální pevnost, ve které je součinitel strukturální pevnosti zaveden jako  $m = 0,2$ . Ve sloupci 16 je vyčísleno napětí ve středu řešené vrstvy, od kterého se

<sup>3</sup> Mocnost vrstvy = „tloušťka“ vrstvy;

<sup>4</sup> Prostým dosazením do vzorce sednutí vrstvy vychází  $s_i$  jako záporné. Tyto vrstvy se však nedeformují, jejich sednutí = 0 a tyto záporné hodnoty je třeba z výpočtu eliminovat.

počítá sednutí vrstvy. Ve sloupci 17 je uvedena mocnost řešené vrstvy, v 18. sloupci edometrický modul přetvárnosti  $E_{oed}$  dané vrstvy<sup>5</sup>. Ve sloupci 19 je vypočítané sednutí dané vrstvy si podle vzorce viz kap. 1.1 a 2.1. Ve vrstvách, kde je strukturní pevnost větší než napětí od přitížení, deformace nevznikají (viz teorie v kap. 1), a proto jsou sednutí těchto vrstev nulová.

Tab. 1: Výpočet sednutí plošného základu

## Sedání základu

č. sloupce								Přítížení $\sigma_d = 223$ kPa				
1	2	6	7	8	12	13	14	15	16	17	18	19
			Rozměry základu		$\sigma_z$	$\sigma_{or\ v\ hl.\ z}$			Strukturní pevnost			
Poř. č. bodu	Hloubka pod zákl. spárou z (m)	Náhradní hloubky $z_{r1}$ (m)	Délka základu L (m)	Šířka základu B (m)	Napětí $\sigma_z$ pod charakt. bodem (kPa)	Hloubka od terénu $z_{od\ terénu}$ (m)	$\sigma_{or} = \gamma^* z_{od\ terénu}$	Strukturní pevnost $\sigma_s = m^* \sigma_{or} = 0,2^* \sigma_{or}$	$\sigma_z - \sigma_s$	Mocnost vrstvy h (m)	$E_{oed}$ (MPa)	Sednutí vrstvy $s_i$ (mm)
1	1,0	1,44	10,9	5,1	153,9	3,0	55,5	11,1	142,8	2,0	15	19,0
2	3,0	3,84	10,9	5,1	87,0	5,0	92,5	18,5	68,5	2,0	15	9,1
3	5,0	5,95	10,9	5,1	60,2	7,0	129,5	25,9	34,3	2,0	15	4,6
4	7,0	7,98	10,9	5,1	44,6	9,0	166,5	33,3	11,3	2,0	15	1,5
5	9,0	10,08	10,9	5,1	35,7	11,0	203,5	40,7	-5,0	2,0	15	0
6	11,0	12,10	10,9	5,1	22,3	13,0	240,5	48,1	-25,8	2,0	15	0
7	14,0	15,12	10,9	5,1	17,8	16,0	296,0	59,2	-41,4	4,0	15	0
8	18,0	19,08	10,9	5,1	13,4	20,0	370,0	74,0	-60,6	4,0	15	0
<b>Celkové sednutí <math>s = \sum s_i</math> (mm)</b>											<b>34,2</b>	

Pozn.: Výpočet napětí pod charakteristickým bodem  $s_z$  je převzatý z př. 4b – napětí od přitížení pod charakteristickým bodem tuhého obdélníkového základu

V posledním řádku tabulky je provedena sumace dílčích sednutí jednotlivých vrstev. Výsledné sednutí základu je

$$s = \sum_{i=1}^n s_i = 34,2 \text{ mm.}$$

Mezní hodnoty sednutí stavby jsou předepsány normou a podle druhu stavby je mezní rovnoměrné sednutí stavby 50 až 120 mm. Např. mezní konečné celkové průměrné sednutí staticky neurčité železobetonové konstrukce je  $s_{m,lim} = 60$  mm. Sednutí řešené konstrukce

$$s = \sum_{i=1}^n s_i = 34,2 \text{ mm} < s_{m,lim} = 60 \text{ mm.}$$

vyhovuje této podmínce.

<sup>5</sup> V tomto řešeném případě jsou  $E_{oed}$  všech vrstev stejné, ale je možné ve vrstevnatém prostředí zavést do výpočtu různé hodnoty  $E_{oed}$  pro jednotlivé vrstvy.