

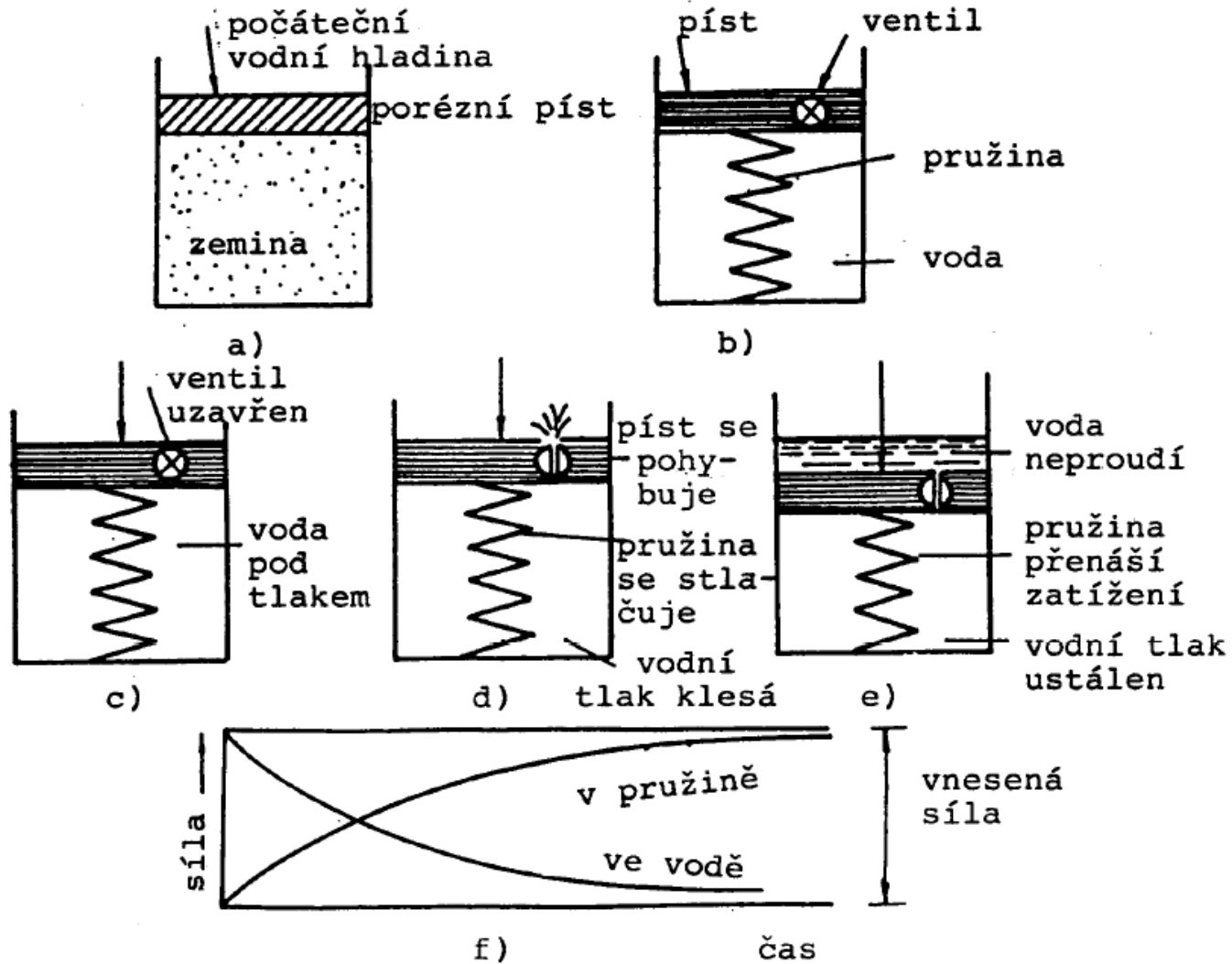
Konzolidace zemin Př. 5

Podklady k distančnímu studiu

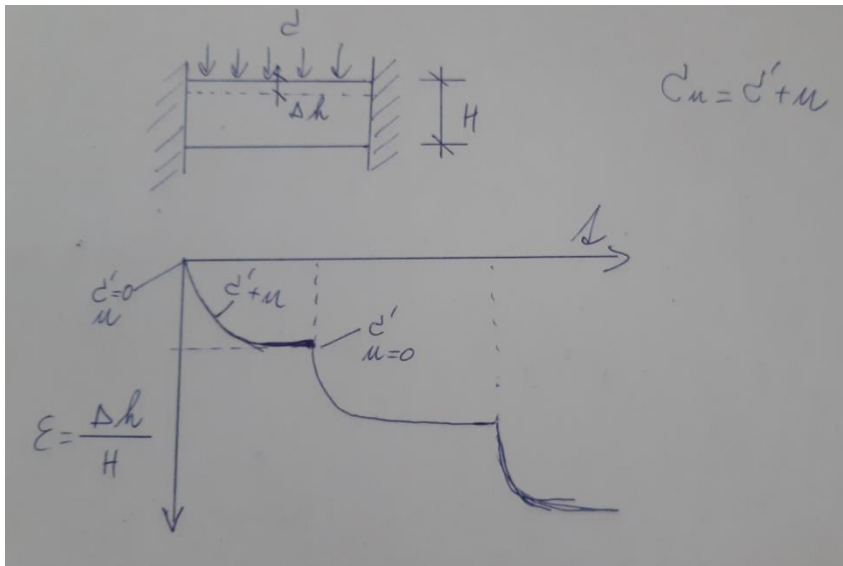
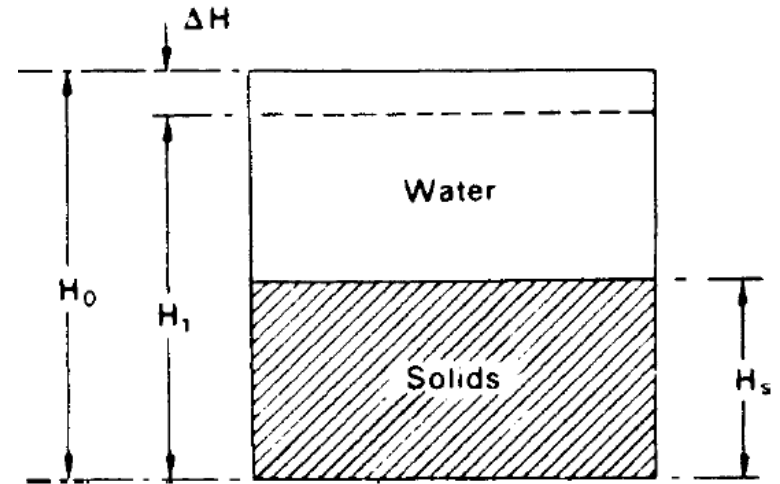
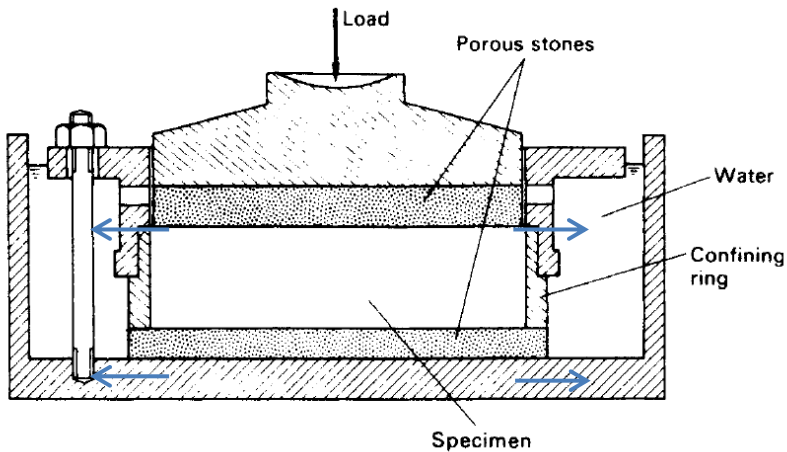
Předmětu ZS02 2020/2021

Daniel Jirásko

Konzolidace



Konzolidace – oedometrická zkouška



Konzolidace –

časový průběh stlačování zemin,
zmenšování pórovitosti, úbytek vody

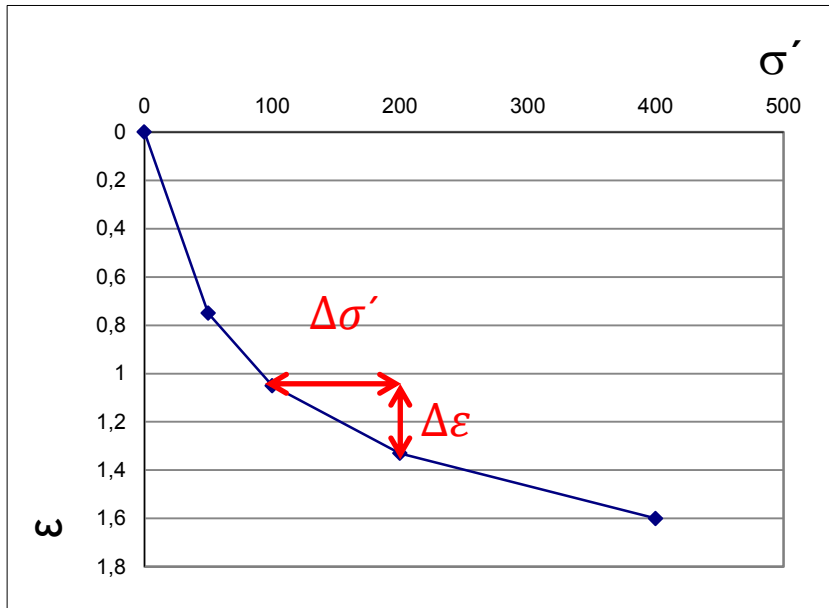
Stupeň konzolidace (%)

$$U = \frac{s_c - s_t}{s_c} \cdot 100$$

0 – ihned po zatížení podloží

100 – dokončená konzolidace

Konzolidace – oedometrická zkouška



$$E_{oed} = \frac{\Delta\sigma'}{\Delta\varepsilon}$$

Součinitel objemové stlačitelnosti [MPa^{-1}]

$$\Delta\varepsilon = m_v \cdot \Delta\sigma_{ef} \quad \Rightarrow \quad m_v = \frac{\Delta\varepsilon}{\Delta\sigma_{ef}} = \frac{1}{E_{oed}}$$

Celkové sedání v $t=\infty$

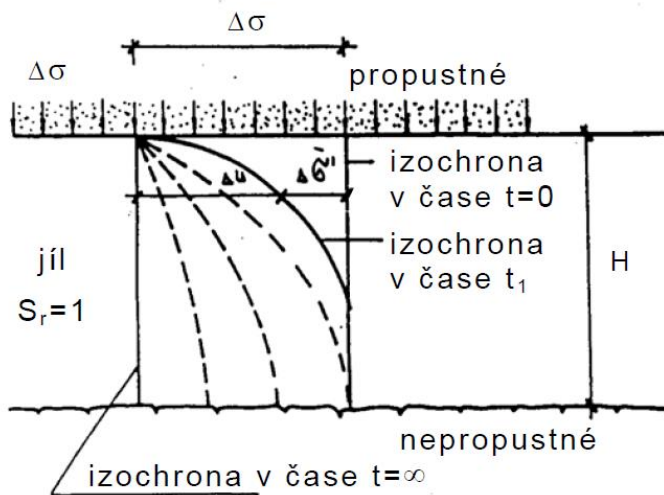
$$s = \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{z,i} - m_i \cdot \sigma_{or,i}}{E_{oed,i}} \cdot h_i$$

- s ... celkové sedání
- h_i ... mocnost i -té vrstvy zeminy v podloží
- $E_{oed,i}$... edometrický modul i -té vrstvy zeminy v podloží
- $\sigma_{z,i}$... svislé přitížení v i -té vrstvě zeminy v podloží
- $\sigma_{or,i}$... svislé geostatické napětí v i -té vrstvě zeminy v podloží
- m_i ... součinitel strukturní pevnosti zeminy v i -té vrstvě (Tab. 3.9)
- n ... počet vrstev zeminy v podloží, kde $\sigma_{z,i} > m_i \cdot \sigma_{or,i}$

Konzolidace – Terzaghiho teorie primární 1D konsolidace

Předpoklady:

1. Filtrační součinitel k a koeficient stlačitelnosti c_v jsou pro celou mocnost vrstvy konstantní.
2. Zemina je plně nasycena vodou
3. Zrna pevné fáze jsou nestlačitelná
4. Proudění vody se řídí Darcyho zákonem.
5. Deformace pevné fáze je způsobována výlučně efektivním napětím, je lineární a nezávislá na čase (tzn. probíhá okamžitě).



$$m_v = \frac{\Delta \varepsilon}{\Delta \sigma_{ef}} = \frac{1}{E_{oed}}$$

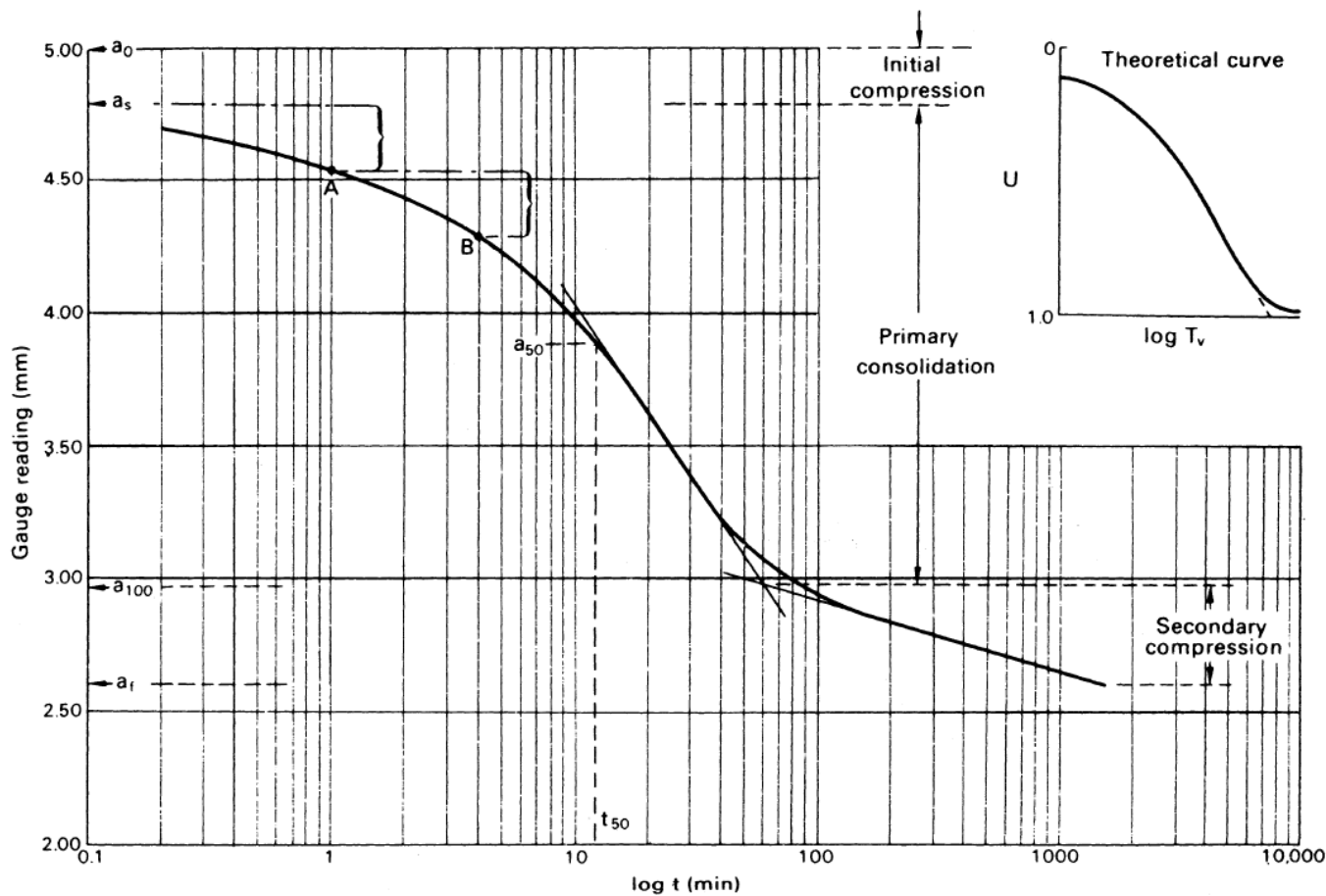
Parciální diferenciální rovnice 2. ř.

$$c_v \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = \frac{\partial u}{\partial z} - \frac{\partial \sigma}{\partial t}$$

součinitel konsolidace ($m^2 \cdot s^{-1}$)

$$c_v = \frac{k}{\gamma_w \cdot m_v} = \frac{E_{oed} \cdot k}{\gamma_w}$$

Stanovení c_v Casangrandeho metodou



$$c_v = \frac{0.196d^2}{t_{50}}$$

ddrenážní dráha (polovina výšky vzorku v oedometru)

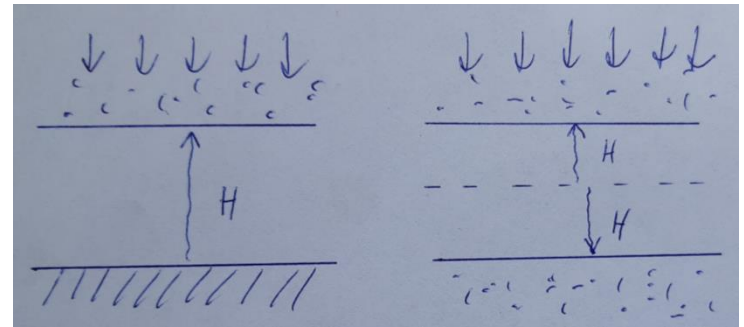
Konzolidace – Terzaghiho teorie primární 1D konsolidace

$$c_v \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = \frac{\partial u}{\partial z} - \frac{\partial \sigma}{\partial t}$$

Řešení pomocí časového faktoru T (-)

$$T = \frac{c_v \cdot t}{H^2};$$

Drenážní dráha



$$T=f(U)$$

Stupeň konzolidace (%)

$$U = \frac{s_c - s_t}{s_c} \cdot 100$$

0 – ihned po zatížení podloží

100 – dokončená konzolidace

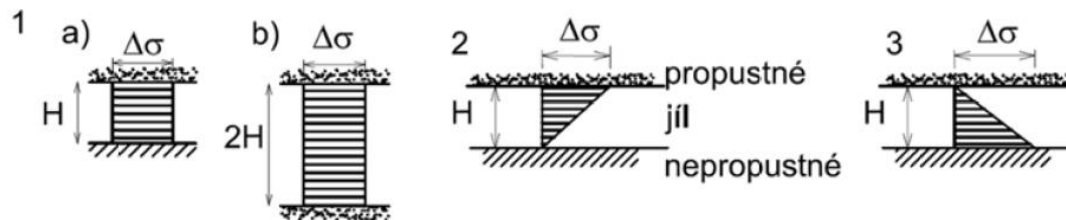
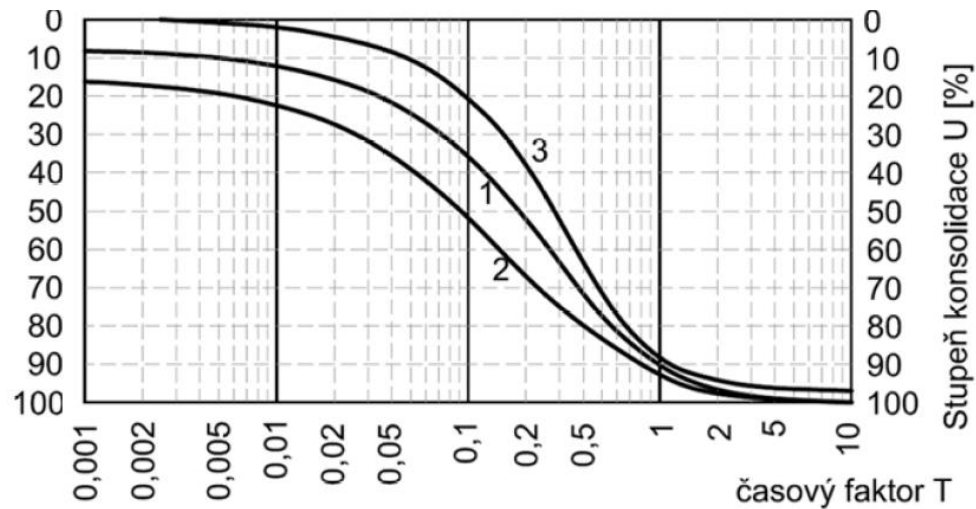
Konzolidace – Terzaghiho teorie primární 1D konsolidace

Řešení pomocí časového faktoru T (-)

$$T = \frac{c_v \cdot t}{H^2};$$


 Drenážní dráha

T=f(U)

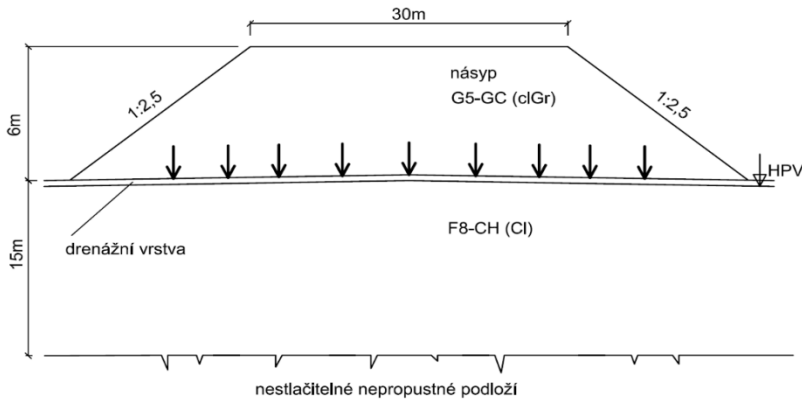


Konzolidace – Terzaghiho teorie primární 1D konsolidace

Nebo řešení pomocí přibližných vzorců – např. Cytovič (1968)

$$U = 1 - \frac{8}{\pi^2} \left(e^{-N} + \frac{1}{9} e^{-9N} + \frac{1}{25} e^{-25N} + \dots \right) , \text{ kde } N = \frac{\pi^2 \cdot c_v}{4H^2} \cdot t$$

Př. 5 sedání násypu v čase

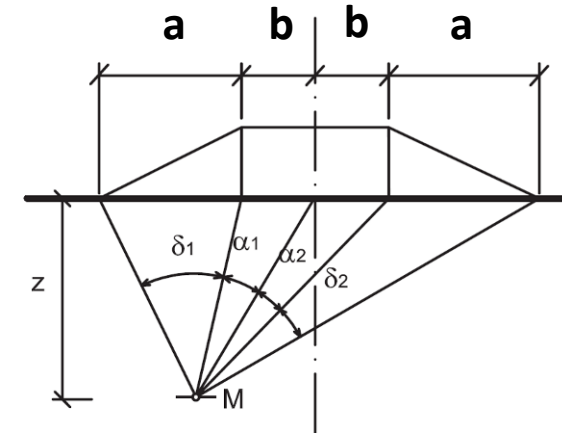
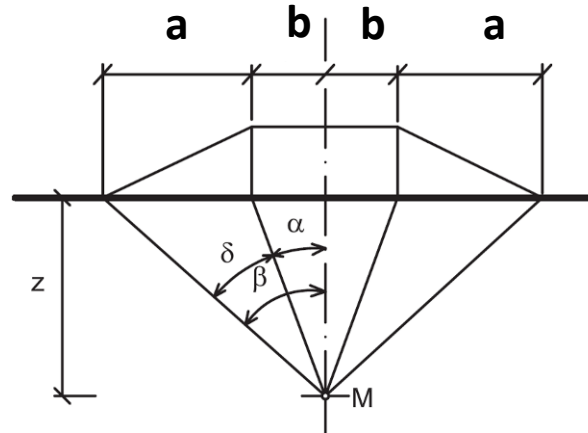


Zadáni:

Stanovte celkové sedání i časový průběh sedání silničního násypu výšky 6 m, šířky v koruně 30m a se sklony svahů 1:2,5, který bude vybudován na měkkém podloží tvořeném 15m mocnou vrstvou tuhého jílu s vysokou plasticitou CH (Cl). Materiálem násypu je ulehlý jílovitý štěrk GC (clGr) s objemovou tíhou $\gamma=20 \text{ kN.m}^{-3}$. Charakteristiky podloží CH (Cl) jsou: pro rozsah napětí 0-120 kPa $E_{oed}=8,5 \text{ MPa}$, $\gamma=20,5 \text{ kN.m}^{-3}$, $\gamma_{sat}=22 \text{ kN.m}^{-3}$, součinitel strukturální pevnosti $m=0,1$, součinitel konsolidace $c_v=1 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. Hladina podzemní vody je v úrovni terénu. V hloubce 15 m pod terénem se nachází skalní podloží, které zjednodušeně uvažujte jako nestlačitelné a nepropustné.

Celkové sedání

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



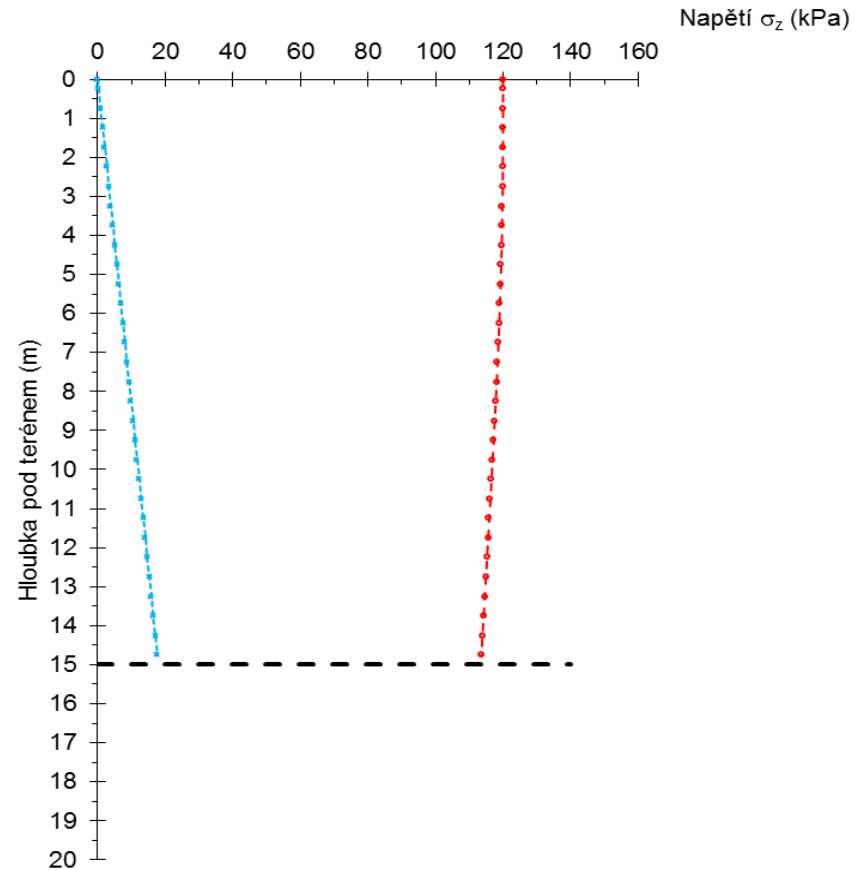
Kézdí:
$$\sigma_z = \frac{2\sigma_{OL}}{\pi} \left(\beta + \frac{b}{a} \delta \right)$$

$$\sigma_z = \frac{\sigma_{OL}}{\pi} \left[(\alpha_1 + \alpha_2) + \frac{a+b}{b} (\delta_1 + \delta_2) + \frac{x}{a} (\delta_2 - \delta_1) \right]$$

Celkové sedání

i	h_i (m)	z_i (m)	γ_i (-)	z_i (m)	σ_{ori} (kPa)	$m\sigma_{ori}$ (kPa)	α (rad)	β (rad)	δ (rad)	σ_{zi} (kPa)	s_i (mm)
1	0,5	0,25	1,00	0,25	3	0,30	1,55	1,56	0,01	120,0	7,0
2	0,5	0,75	1,00	0,75	9	0,90	1,52	1,55	0,02	120,0	7,0
3	0,5	1,25	1,00	1,25	15	1,50	1,49	1,53	0,04	120,0	7,0
4	0,5	1,75	1,00	1,75	21	2,10	1,45	1,51	0,06	120,0	6,9
5	0,5	2,25	1,00	2,25	27	2,70	1,42	1,50	0,07	119,9	6,9
6	0,5	2,75	1,00	2,75	33	3,30	1,39	1,48	0,09	119,9	6,9
7	0,5	3,25	1,00	3,25	39	3,90	1,36	1,46	0,11	119,8	6,8
8	0,5	3,75	1,00	3,74	45	4,50	1,33	1,45	0,12	119,7	6,8
9	0,5	4,25	0,99	4,22	51	5,10	1,30	1,43	0,13	119,6	6,7
10	0,5	4,75	0,99	4,70	57	5,70	1,27	1,42	0,15	119,5	6,7
11	0,5	5,25	0,98	5,17	63	6,30	1,24	1,40	0,16	119,3	6,6
12	0,5	5,75	0,98	5,63	69	6,90	1,21	1,39	0,17	119,1	6,6
13	0,5	6,25	0,97	6,07	75	7,50	1,19	1,37	0,18	118,9	6,6
14	0,5	6,75	0,96	6,50	81	8,10	1,16	1,36	0,20	118,6	6,5
15	0,5	7,25	0,95	6,92	87	8,70	1,14	1,34	0,21	118,4	6,5
16	0,5	7,75	0,95	7,33	93	9,30	1,12	1,33	0,21	118,1	6,4
17	0,5	8,25	0,94	7,72	99	9,90	1,10	1,32	0,22	117,8	6,3
18	0,5	8,75	0,93	8,10	105	10,50	1,08	1,31	0,23	117,5	6,3
19	0,5	9,25	0,92	8,47	111	11,10	1,06	1,30	0,24	117,2	6,2
20	0,5	9,75	0,91	8,83	117	11,70	1,04	1,28	0,25	116,9	6,2
21	0,5	10,25	0,89	9,17	123	12,30	1,02	1,27	0,25	116,6	6,1
22	0,5	10,75	0,88	9,51	129	12,90	1,01	1,26	0,26	116,3	6,1
23	0,5	11,25	0,87	9,83	135	13,50	0,99	1,25	0,26	115,9	6,0
24	0,5	11,75	0,86	10,15	141	14,10	0,98	1,24	0,27	115,6	6,0
25	0,5	12,25	0,85	10,46	147	14,70	0,96	1,24	0,27	115,3	5,9
26	0,5	12,75	0,84	10,75	153	15,30	0,95	1,23	0,28	114,9	5,9
27	0,5	13,25	0,83	11,04	159	15,90	0,94	1,22	0,28	114,6	5,8
28	0,5	13,75	0,82	11,33	165	16,50	0,92	1,21	0,29	114,3	5,8
29	0,5	14,25	0,81	11,60	171	17,10	0,91	1,20	0,29	113,9	5,7
30	0,5	14,75	0,80	11,87	177	17,70	0,90	1,19	0,29	113,6	5,6

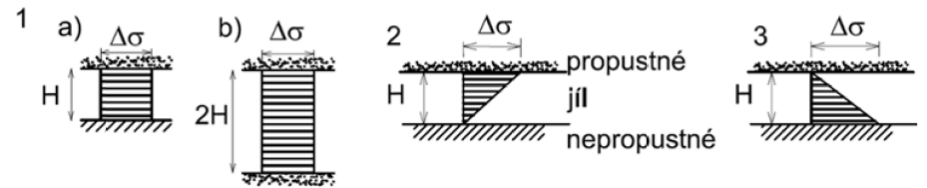
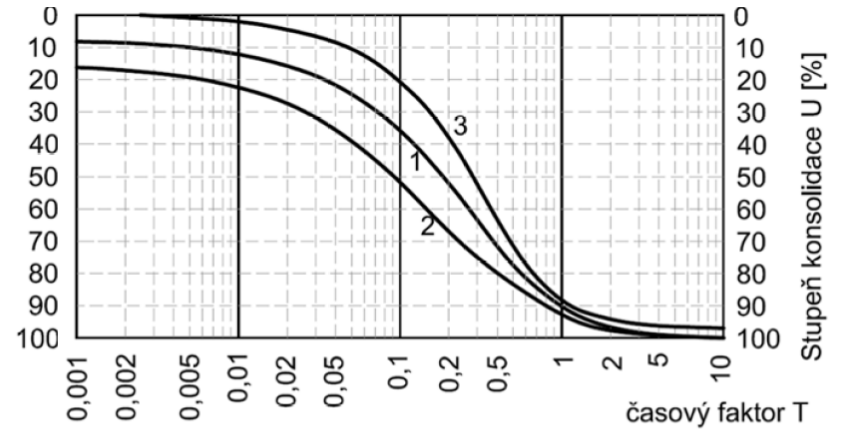
$\sum s_i$ 191,8mm



Sedání v čase

$$T = \frac{c_v \cdot t}{H^2};$$

čas t [roky]	T [-]	U [-]	sedání s(t) [mm]
1	0,014	0,133	25,5
5	0,069	0,297	56,9
10	0,138	0,420	80,5
20	0,276	0,590	113,2
40	0,553	0,793	152,1
60	0,829	0,895	171,7
80	1,106	0,947	181,7
100	1,382	0,973	186,7
120	1,659	0,986	189,2
140	1,935	0,993	190,5
160	2,212	0,997	191,2
180	2,488	0,998	191,5
200	2,765	0,999	191,7
220	3,041	1,000	191,7



$$U = 1 - \frac{8}{\pi^2} \left(e^{-N} + \frac{1}{9} e^{-9N} + \frac{1}{25} e^{-25N} + \dots \right), \text{ kde } N = \frac{\pi^2 \cdot c_v \cdot t}{4H^2}$$

