



Katedra geotechniky a podzemního stavitelství

Únosnost základové půdy – **cvičení**

doc. Dr. Ing. Hynek Lahuta



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.

Mezní stavy základové půdy (ČSN 73 1001)

Mezním stavem nazýváme stav, při kterém dochází k takovým kvalitativním změnám v základové půdě anebo na konstrukci, že stavba přestává vyhovovat kladeným požadavkům. Dle ČSN 73 1001 rozlišujeme mezní stavy:

- **Mezní stavy I. skupiny** (mezní stav únosnosti)
 např.: ztráta stability základu, porušení základové půdy
- **Mezní stavy II. skupiny** (mezní stav přetvoření (použitelnosti))
 např.: přetvoření základové půdy (celkové sednutí, nerovnoměrné sednutí)

Geotechnické kategorie

Podle složitosti základových poměrů a náročnosti stavební konstrukce rozeznáváme 3 geotechnické kategorie (GK).

kategorie	základové poměry	náročnost konstrukce	posouzení I. MS
1. GK	jednoduché	nenáročná	$R_{dt} \geq \sigma_{ds}$ (R_{dt} tabulková výpočtová únosnost)
2. GK	jednoduché	náročná	$R_d \geq \sigma_{de}$ (pro výpočet R_{dt} lze použít SNCH)
	složitě	nenáročná	
3. GK	složitě	náročná	$R_d \geq \sigma_{de}$ (pro výpočet R_{dt} nutno použít hodnot z laboratorních či polních zkoušek)

Posouzení únosnosti základové půdy I. MS

základní podmínka:

$$R_d \geq \sigma_d$$

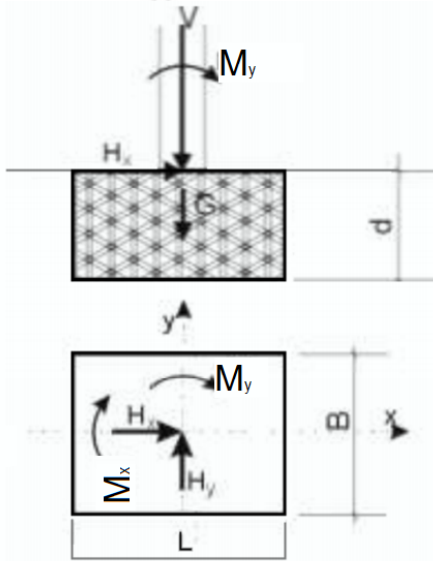
kde R_d - svislá výpočtová únosnost [Pa]
 σ_d - výpočtové kontaktní napětí v základové spáře [Pa]

stanovení kontaktního napětí

$$\sigma_d = \frac{V_d}{A_{ef}}$$

kde V_d - svislá výpočtová síla (včetně tíhy základové konstrukce) [N]
 A_{ef} - efektivní plocha základu [m²]

Výpočet efektivní plochy základu:



$$A_{ef} = b_{ef} \cdot l_{ef}$$

kde: $l_{ef} = l - 2 \cdot e_l$... efektivní délka základu [m]
 $b_{ef} = b - 2 \cdot e_b$... efektivní šířka základu [m]

kde e_l a e_b je excentricita [m]

$$e_l = \frac{M}{V} = \frac{M_{yd} + H_{xd} \cdot d}{V_{de}}$$

$$e_b = \frac{M}{V} = \frac{M_{xd} + H_{yd} \cdot d}{V_{de}}$$

Musí být splněny podmínky:

$$e_b < \frac{1}{3} \cdot b$$

$$e_l < \frac{1}{3} \cdot l$$

Stanovení svislé výpočtové únosnosti zemín (dle BRINCH-HANSENA):

Dle ČSN

$$R_d = c_d \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot g_c \cdot b_c + \gamma_1 \cdot d \cdot N_d \cdot s_d \cdot d_d \cdot i_d \cdot g_d \cdot b_d + \gamma_2 \cdot \frac{b_{ef}}{2} \cdot N_b \cdot s_b \cdot d_b \cdot i_b \cdot g_b \cdot b_b$$

Dle EN

$$R_d = c_d \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c + \gamma_1 \cdot d \cdot N_d \cdot s_d \cdot d_d \cdot i_d + \gamma_2 \cdot \frac{b_{ef}}{2} \cdot N_b \cdot s_b \cdot d_b \cdot i_b$$

kde	c	soudržnost
	N_c, N_d, N_b	součinitele únosnosti, funkčně závislé od úhlu vnitřního tření φ
	s_c, s_d, s_b	součinitele vlivu tvaru základu
	d_c, d_d, d_b	součinitele vlivu hloubky založení
	i_c, i_d, i_b	součinitele vlivu šikmého zatížení
	g_c, g_d, g_b	součinitele vlivu šikmosti terénu
	b_c, b_d, b_b	součinitele vlivu sklonu základové spáry
	γ_1, γ_2	objemová tíha zeminy nad a pod základovou spárou
	d	hloubka založení
	b	šířka základu
	l	délka základu

Výpočtové charakteristiky zemín:

Dle ČSN

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{\gamma_{m\gamma}} \quad \text{kde } \gamma_{m\gamma} = 1$$

$$c_d = \frac{c_{ef}}{\gamma_{mc}} \quad \text{kde } \gamma_{mc} = 2$$

$$\varphi_d = \frac{\varphi_{ef}}{\gamma_{m\varphi}} \quad \text{kde } \gamma_{m\varphi} = \frac{\varphi_{ef}}{\varphi_{ef} - 4} \text{ je pro } \varphi_{ef} > 12^\circ, \text{ a pro } \varphi_{ef} < 12^\circ \text{ je } \gamma_{m\varphi} = 1,5$$

Dle EN: viz tabulka

Přístup	Součinitel γ_F			Součinitel γ_m					Součinitel γ_R	
	stálé		proměnné	tg φ	c'	c _u	q _u	γ	zaboření	usmyknutí
	nepříznivé	příznivé	nepříznivé							
^a 1-GEO	1,00	1,00	1,30	1,25	1,25	1,40 (1,60)	1,40	1,00	1,00	1,00
^b 1-STR	1,35	1,00	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2]	1,35	1,00	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,40	1,10
3	1,00 (1,35)	1,00 (1,00)	1,30 (1,50)	1,25	1,25	1,40	1,40	1,00	1,00	1,00

GEO – porušení nebo nadměrná deformace základové půdy

STR – porušení nebo nadměrná deformace konstrukce nebo konstrukčních prvků

q_u – pevnost v prostém tlaku

$$\text{např.: } tg\varphi_d = \frac{tg\varphi_{ef}}{\gamma_{m,tg\varphi}}$$

Součinitelé únosnosti:

$$N_c = [e^{\pi \cdot tg\varphi_d} \cdot k_p - 1] \cdot \cot g\varphi_d \quad \text{pro } \varphi_d > 0$$

$$N_c = 2 + \pi \quad \text{pro } \varphi_d = 0$$

$$N_d = e^{\pi \cdot tg\varphi_d} \cdot k_p$$

$$N_b = 1,5 \cdot [e^{\pi \cdot tg\varphi_d} \cdot k_p - 1] \cdot tg\varphi_d$$

$$k_p = tg^2 \left(45 + \frac{\varphi_d}{2} \right)$$

Součinitelé tvaru základu:

$$s_b = 1 - 0,3 \cdot \frac{b_{ef}}{l_{ef}}$$

$$s_d = 1 + \frac{b_{ef}}{l_{ef}} \cdot \sin \varphi_d$$

$$s_c = 1 + 0,2 \cdot \frac{b_{ef}}{l_{ef}} \quad \text{Dle ČSN}$$

$$s_c = \frac{s_d \cdot N_d - 1}{N_d - 1} \quad \text{Dle EN}$$

Součinitel vlivu hloubky založení:

$$d_b = 1$$

$$d_c = 1 + 0,1 \cdot \sqrt{\frac{d}{b_{ef}}}$$

$$d_d = 1 + 0,1 \cdot \sqrt{\frac{d}{b_{ef}} \cdot \sin 2\varphi_d}$$

Součinitel vlivu šikmosti terénu: spáry:

$$g_c = g_d - \frac{1 - g_d}{N_d - 1}$$

$$g_d = g_b = (1 - 0,5 \cdot tg\beta)^5$$

, kde β je úhel sklonu terénu od horizontály
 horizontály

Součinitelé vlivu šikmosti základové

$$b_b = e^{-2,7 \cdot \text{arc}\alpha \cdot tg\varphi_d}$$

$$b_d = e^{-2 \cdot \text{arc}\alpha \cdot tg\varphi_d}$$

$$b_c = 1 - \left(\frac{1 - b_d}{N_d - 1} \right)$$

, kde α je odklon zákl. spáry od

Součinitel vlivu šikmého zatížení:

Dle ČSN:

$$i_c = i_d = i_b = (1 - \operatorname{tg} \delta)^2$$

kde δ je odklon zatížení od svislice

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{H_{xd}}{V_d} \quad \text{nebo} \quad \operatorname{tg} \delta = \frac{H_{yd}}{V_d} \quad (\text{méně příznivý stav})$$

Dle EN:

Pro H rovnoběžné s délkou základu (l_{ef}):

$$i_d = i_b = 1 - \frac{H_{xd}}{V_d + A_{ef} \cdot c_d \cdot \cot g \varphi_d} \quad i_c = \frac{i_d \cdot N_d - 1}{N_d - 1}$$

Pro H rovnoběžné s šířkou základu (b_{ef}):

$$i_d = \left[1 - \frac{0,7 \cdot H_{yd}}{V_d + A_{ef} \cdot c_d \cdot \cot g \varphi_d} \right]^3, \quad i_b = \left[1 - \frac{H_{yd}}{V_d + A_{ef} \cdot c_d \cdot \cot g \varphi_d} \right]^3,$$

$$i_c = \frac{i_d \cdot N_d - 1}{N_d - 1}$$

(Stačí posoudit méně příznivý stav)

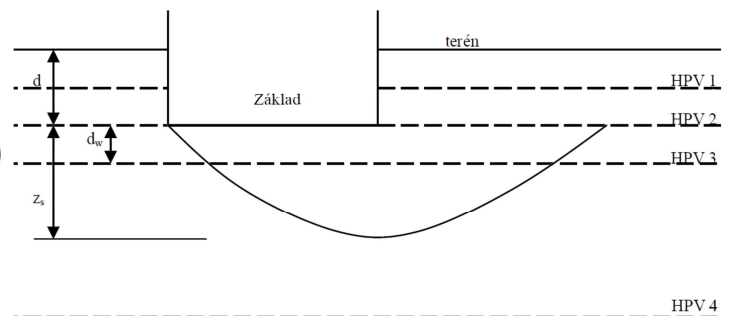
Vliv podzemní vody:

HPV1 - $d_w < 0 \Rightarrow \gamma_2 = \gamma_{su}$, dojde ke změně γ_1

HPV2 - $d_w = 0 \Rightarrow \gamma_2 = \gamma_{su}$

HPV3 - $0 < d_w < z_s \Rightarrow \gamma_2 = \gamma_{su} + \frac{d_w}{z_s} * (\gamma - \gamma_{su})$

HPV4 - $d_w > z_s \Rightarrow \gamma_2 = \gamma_d$



Hloubka a dosah smykové plochy pod základem dle Prandtla:

Hloubka z_s :

$$z_s = \frac{b_{ef}}{2} \cdot \frac{\cos \varphi_d}{\cos \left(45 + \frac{\varphi_d}{2} \right)} \cdot e^{\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\operatorname{arc} \varphi_d}{2} \right) \operatorname{tg} \varphi_d} \quad [\text{m}]$$

Dosah a_s :

$$a_s = \frac{b_{ef}}{2} \cdot \left(1 + 2 \cdot \operatorname{tg} \left(45 + \frac{\varphi_d}{2} \right) \cdot e^{\frac{\pi}{4} \operatorname{tg} \varphi_d} \right) \quad [\text{m}]$$

- lze určit i orientačně

$$z_s = 2 \cdot b, a_s = 6 \cdot b \quad \text{pro třídy S1 až S3 a G1 až G3}$$

$$z_s = b, a_s = 2,5 \cdot b \quad \text{pro ostatní třídy}$$

kde b šířka základu

Stanovení svislé výpočtové únosnosti zemin (dle Terzaghiho):

$$R_m = \gamma_1 \cdot d \cdot N_d + \frac{1}{2} \cdot \gamma_2 \cdot b \cdot N_b + c \cdot N_c$$

kde: $\gamma_1 \cdot d$ vliv hloubky zatížení

γ_1, γ_2 objemová tíha zeminy nad a pod základovou spárou

b šířka základu

c soudržnost zeminy

N_d, N_b, N_c součinitele únosnosti závislé na úhlu vnitřního tření zeminy

součinitele únosnosti:

$$N_d = \frac{1}{2} \sec\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right) \cdot e^{(1,5\pi - \varphi)tg\varphi}$$

$$N_b = (N_d - 1) \frac{1}{2 \cos\varphi} \cdot e^{(45 - \varphi)tg\varphi}$$

$$N_c = (N_d - 1) \cdot \cotg\varphi$$

Stanovení svislé výpočtové únosnosti skalních hornin (ČSN 73 1001):

$$R_d = \frac{\sigma_c}{r \cdot p}$$

kde σ_c - výpočtová pevnost horniny v prostém tlaku [MPa] ($\gamma_m = 1$)

r - součinitel kvality horninového podloží (vyjadřuje vliv pevnosti)

p - součinitel hustoty diskontinuit

Třída	pevnost horniny v prostém tlaku	součinitel r
R1	> 150	15
R2	50 – 150	15
R3	15 – 50	10 – 15
R4	5 – 15	6 – 10
R5	1,5 – 5	2,5 – 6
R6	0,5 – 1,5	1 – 2,5

hustota diskontinuit	součinitel p
velmi malá až malá	1
střední až velká	1,8
velmi velká až extrémní	3