



Katedra geotechniky a podzemního stavitelství

Zakládání staveb – Návrh základů podle mezních stavů

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.

NÁVR ZÁKLADŮ PODLE MEZNÍCH STAVŮ

EC7

Plošné - ČSN 73 1001 (zrušena)

Pilotové - ČSN 73 1002

MEZNÍ STAVY

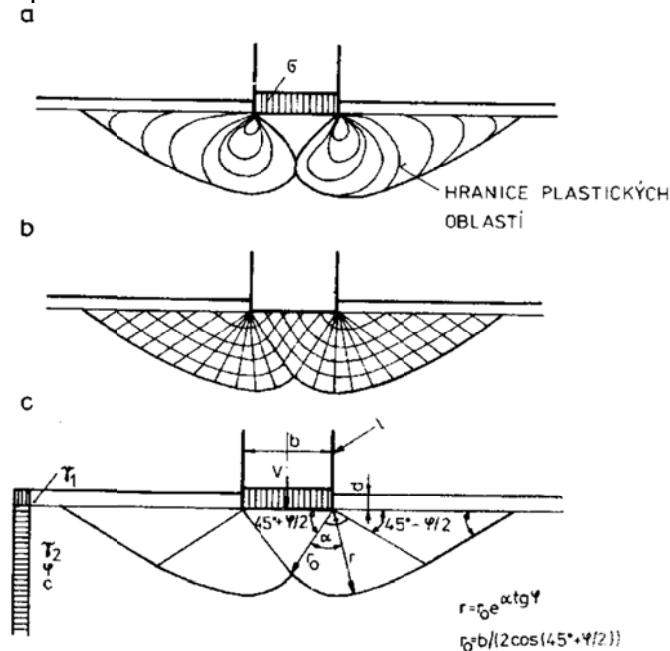
I. skupina
ÚNOSNOST
(ULS)

II. skupina
POUŽITELNOST
(SEDÁNÍ SLS)

I. skupina

Postup: a) ztráta stability základ. půdy

b) přechod do plastického stavu



Obr. 1. Únosnost základové půdy.

a - vývoj plastických oblastí při zvyšování zatížení σ , b - představa o pružení zeminy při dosáhnutí mezního stavu únosnosti, c - označení a definice kluzných ploch

1 Vstupní veličiny pro návrh plošných základů zahrnují:

A. Pro mezní stav únosnosti:

- geologický model podloží, geotechnický model podloží s odvozenými parametry geotechnických vlastností základové půdy, především smykových parametrů podloží
- zatížení, které základová konstrukce bude přenášet – pro mezní stav únosnosti jde o součet stálého zatížení (G) a proměnného zatížení (Q) v souladu s ČSN EN 1990 resp. 1991. (dříve extrémní zatížení)

B. Pro mezní stav použitelnosti – deformace (sedání):

- geologický model podloží, geotechnický model podloží s odvozenými parametry geotechnických vlastností základové půdy, především deformačních parametrů podloží
- zatížení, které základová konstrukce bude přenášet – pro mezní stav použitelnosti jde především o stálé zatížení (G) v souladu s ČSN EN 1990 resp. 1991 (dříve provozní zatížení)
- podklady pro posouzení tuhosti základové konstrukce a to ať již z pohledu výpočtu přitížení v podloží pod základem, tak pro následné posuzování mezního stavu STR vlastní základové konstrukce (v souladu s ČSN EN 1992 resp. 1994)

2 Základní podmínka návrhu plošných základů z pohledu mezního stavu porušení (ULS) typu GEO

(1) Základní podmínku s ohledem na únosnost podloží uvádí EC 7-1 v odstavci 6.5.2.1.

$$V_d \leq R_d$$

kde

V_d návrhová hodnota zatížení V

V svislé zatížení nebo složka celkového zatížení působící kolmo k základové spáře

R_d návrhová hodnota mezní únosnosti k zatížení (kN)

Převedeno na napětí v základové spáře plošných základů se základní podmínka mění na:

$$V_d/A' \leq R_d/A'$$

Kde levá strana nerovnosti vyjadřuje návrhovou hodnotu kontaktního napětí v základové spáře a pravá strana návrhovou únosnost podloží (kN/m^2 , kPa).

A' efektivní plocha základové spáry

Pro výpočet V – zatížení pro mezní stav ULS se vychází jak ze zatížení stálého, tak zatížení nahodilého a doplněné o zatížení od tíhy základu, tíhy jakéhokoliv zasypaného materiálu – viz. též odst. 6.5.2.1.

EC 7-1 uvádí, že při aplikaci analytické metody lze použít běžně používaných metod pro mezní únosnost plošných základů a v příloze D uvádí jednu z těchto možností ve tvaru R/A' . V kap. 4.2.2 je proto navíc uvedena též metoda dosud užívaná v ČSN 731001 s platností od roku 1988 do roku 2010. Obdobně v kap. 4.2.1. bude uvedena běžná metoda výpočtu kontaktního napětí v základové spáře pro ULS.

(2) Základní podmínku s ohledem na odolnost proti usmyknutí v základové spáře uvádí ČSN EN 1997-1 v čl. 6.5.3., kdy se musí splnit nerovnost:

$$H_d \leq R_d + R_{p;d}$$

kde

H_d je návrhová hodnota H , když H je vodorovné zatížení nebo složka celkového zatížení působící rovnoběžně se základovou spárou;

R_d je návrhová hodnota odporu v základové spáře

$R_{p,d}$ návrhová hodnota odporující síly vyvolaná zemním tlakem na stranu základu

2.1 Kontaktní napětí v základové spáře pro posouzení mezního stavu ULS

Pro centrické zatížení se při výpočtu kontaktního napětí v základové spáře (V/A') za efektivní plochu základu A' dosazuje při:

- základovém pase šířka základu b (když zatížení je na stanovené na b_m základového pasu), resp. při obdélníkové patce potom její celková plocha $B \times L$, kde L je delší strana základu.

Pro osově excentrické zatížení potom:

- pro základový pas efektivní šířka b' , kde $B' = B - 2e$, kde e je excentricita zatížení
- pro čtvercovou patku efektivní plocha $A' = B \times (B - 2e)$

Pro obecně excentrické zatížení potom:

- pro obdélníkovou patku efektivní plocha $A' = (B - 2e_1) \times (L - 2e_2)$

Z pohledu excentricity nejsou zvláštní opatření nutná, pokud excentricita je menší než 1/3 šířky obdélníkového základu nebo 0,6 poloměru kruhového základu.

2.2 Mezní únosnost plošných základů

Při výpočtu únosnosti plošných základů je nutné zohlednit krátkodobé a dlouhodobé podmínky únosnosti, především z pohledu jemnozrnných zemin a rychlosti výstavby. V běžných případech se pro únosnost v jemnozrnných zeminách vychází z krátkodobé únosnosti – únosnosti za neodvodněných podmínek, pro písčité či štěrkovité zeminy z dlouhodobé únosnosti – únosnosti za odvodněných podmínek

Speciální přístup vyžadují jemnozrnné zeminy s nízkým stupněm saturace, zde je nutno zohlednit změnu stupně nasycení s časem. Krátkodobá únosnost za neodvodněných podmínek pro jemnozrnné zeminy v tomto případě je na konzervativní straně bezpečnosti.

2.2.1 Modely pro výpočet mezní únosnosti za neodvodněných podmínek

(1) Základní model pro základový pas vychází z řešení Prandla (1920) pro plastické jíly (konzistence měkká a tuhá) kdy $\varphi_u = 0$, $c_u = \text{konst.}$)

$$R/A' = (\pi + 2) \times c_u + q = 5,14 c_u + q$$

kde q je tlak nadloží nebo zatížení v úrovni základové spáry (pro základní případ $q = \gamma \times D$, kde D je hloubka základové spáry pod povrchem terénu).

(2) Obdobný model pro stejný případ uvádí i Bolton (1979):

$$R/A' = 5,7 c_u + q$$

(3) ČSN EN 1997-1 v příloze D uvádí, že únosnost se může počítat ze vztahu:

$$R/A' = (\pi + 2) c_u b_c s_c i_c + q$$

Kde bezdimenzionální součinitel b_c vyjadřuje sklon základové spáry:

$$b_c = 1 - 2 \alpha / (\pi + 2)$$

Když α je úklon základové spáry od vodorovné

Bezdimenzionální součinitel tvaru základu:

$$s_c = 1 + 0,2 (B'/L')$$
 pro obdélníkový tvar

$$s_c = 1,2$$
 pro čtvercový nebo kruhový tvar

Bezdimenzionální součinitel pro šikmost zatížení i_c vyvolanou vodorovným zatížením H :

$$i_c = \frac{1}{2} \left(1 + \sqrt{1 - \frac{H}{A' c_u}} \right)$$

kde $H \leq A' c_u$.

Model uváděný v ČSN EN 1997-1 vychází z Prandlova řešení, neb pro vodorovnou základovou spáru, základový pas a svislé zatížení vztah plně přechází na rovnici Prandla.

(4) ČSN 731001 (1988-2010) do rovnice pro mezní únosnost zavádí kromě součinitele s (vyjadřujícího tvar základu a součinitele i (vyjadřujícího vliv šikmosti zatížení) též součinitel d (vyjadřující vliv hloubky založení) a uvádí, že únosnost se může počítat ze vztahu:

:

Pro případ kdy $\varphi_u = 0$:

$$R/A' = c_u \cdot (\pi + 2) \cdot s_c \cdot i_c \cdot d_c + q \cdot s_q \cdot i_q \cdot d_q$$

Potom pro základový pas a centrické zatížení:

$$R/A' = c_u \cdot (\pi + 2) \cdot d_c + q \cdot d_q$$

Pro malé hloubky založení, kdy hloubka založení D je menší než šířka základu B , je hodnota součinitele d menší než 1,1 a tak jí lze zanedbat. Potom opět vztah přechází v základní rovnici Prynala.

Pro případ, kdy $\varphi_u > 0$ (pro jemnozrnné zeminy konzistence pevné až tvrdé se stupněm saturace $S_r > 0,8$):

$$R/A' = c_u \cdot N_c \cdot s_c \cdot i_c \cdot d_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot i_q \cdot d_q + 0,5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma \cdot d_\gamma$$

Kde:

N_c, N_q, N_γ jsou součinitelé únosnosti a jsou funkcí totálního úhlu vnitřního tření φ_u :

$$(4.13a) \quad \text{když: } N_c = (N_q - 1) \cotg \varphi_u \quad \text{pro } \varphi_u > 0$$

$$(4.13b) \quad N_c = 2 + \pi \quad \text{pro } \varphi_u = 0$$

$$(4.13c) \quad N_q = \text{tg}^2 (45 + \varphi_u/2) \cdot \exp (\pi \cdot \text{tg} \varphi_u)$$

$$(4.13d) \quad N_\gamma = 1,5 (N_q - 1) \text{tg} \varphi_u$$

s_c, s_q, s_γ jsou součinitelé tvaru základu:

když:

$$(4.14a) \quad s_c = 1 + 0,2 B/L$$

$$(4.14b) \quad s_q = 1 + B/L \sin \varphi_u$$

$$(4.14c) \quad s_\gamma = 1 - 0,3 B/L$$

když pro čtvercový a kruhový základ $B = L$

i_c, i_q, i_γ jsou součinitelé šikmosti zatížení:

když:

$$i_c = i_q = i_\gamma = (1 - \operatorname{tg} \delta)^2$$

když δ je úhel odklonu výslednice sil od svislice

d_c, d_q, d_γ jsou součinitelé vlivu hloubky založení:

když:

$$(4.16a) \quad d_c = 1 + 0,1 (D/B)^{-1/2}$$

$$(4.16b) \quad d_q = 1 + 0,1 (D/B \cdot \sin 2 \varphi_u)^{-1/2}$$

$$(4.16c) \quad d_\gamma = 1$$

Pozn. 1: Symboly a indexy byly přizpůsobeny symbolům a indexům, které využívá ČSN EN 1997.

Pozn. 2: ČSN 731001 (1988-2010) symbolu R využívala pro vyjádření napětí (kPa), zatímco nyní ČSN EN 1997 využívá R pro sílu (kN), a pro napětí potom výraz R/A . Určitá nejednoznačnost v české verzi ČSN EN 1997-1 vyplývá z anglické verze, kde se termínu „bearing resistance“ používá jak pro výraz R_d (článek 6.5.2), tak i pro výraz R_d/A' (Příloha D.3).

(5) V případě, že základová spára není vodorovná a terén v blízkosti plošného základu je ukloněn, lze pro výpočet mezní únosnosti použít obecné rovnice Hansena, viz Hansen (1970) či Vaníček (1982).

(6) V obecném případě lze pro stanovení mezní únosnosti využít i analytických metod stability po smykové ploše, které jsou uvedeny v kap. **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** Násypy.

2.2.2 Modely pro výpočet mezní únosnosti za odvodněných podmínek

Modely pro výpočet mezní únosnosti za odvodněných podmínek jsou typické pro dobře propustné písčité a štěrkovité zeminy. Lze je však aplikovat i pro zeminy s jemnou příměsí, pokud konsolidace podloží probíhá dostatečně rychle a odpovídá rychlosti výstavby.

(1) ČSN 731001 (1988-2010) doporučovala obecný vztah se zavedením vlivu tvaru základu, šikmosti zatížení a hloubky založení ve tvaru:

$$R/A' = c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot i_c \cdot d_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot i_q \cdot d_q + 0,5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma \cdot d_\gamma$$

kde:

N_c, N_q, N_γ jsou součinitelé únosnosti a jsou funkcí efektivního úhlu vnitřního tření φ' .

$$(4.18a) \quad \text{když: } N_c = (N_q - 1) \cotg \varphi'$$

$$(4.18b) \quad N_q = \operatorname{tg}^2 (45 + \varphi'/2) \cdot \exp (\pi \cdot \operatorname{tg} \varphi')$$

$$(4.18c) \quad N_\gamma = 1,5 (N_q - 1) \operatorname{tg} \varphi'$$

s_c, s_q, s_γ jsou součinitelé tvaru základu:

když:

$$(4.19a) \quad s_c = 1 + 0,2 B/L$$

$$(4.19b) \quad s_q = 1 + B/L \sin \varphi'$$

$$(4.19c) \quad s_\gamma = 1 - 0,3 B/L$$

když pro čtvercový a kruhový základ $B = L$

i_c, i_q, i_γ jsou součinitelé šikmosti zatížení:

když:

$$i_c = i_q = i_\gamma = (1 - \tan \delta)^2$$

když δ je úhel odklonu výslednice sil od svislice

d_c, d_q, d_γ jsou součinitelé vlivu hloubky založení:

když:

$$(4.21a) \quad d_c = 1 + 0,1 (D/B)^{-1/2}$$

$$(4.21b) \quad d_q = 1 + 0,1 (D/B \cdot \sin 2 \varphi')^{-1/2}$$

$$(4.21c) \quad d_\gamma = 1$$

(2) ČSN EN 1997-1 uvádí rovnici únosnosti za odvozených podmínek v příloze D.3 a zvažuje vliv tvaru základu a šikmosti zatížení

(3) V případě, že základová spára není vodorovná a terén v blízkosti plošného základu je ukloněn lze pro výpočet mezní únosnosti použít obecné rovnice Hansena, viz Hansen (1970) či Vaníček (1982).

(4) V obecném případě lze pro stanovení mezní únosnosti využít i analytických metod stability po smykové ploše, které jsou uvedeny v kap. Násypy.

2.2.3 Splnění základní podmínky mezního stavu ULS typu GEO

Pro splnění základní podmínky mezního stavu únosnosti plošných základů dle ČSN EN 1997-1 je nutno základní nerovnost:

$$V/A' \leq R/A'$$

kde vstupními hodnotami jsou hodnoty charakteristické a to jak pro zatížení, tak pro parametry zeminy

Převést na podmínku:

$$V_d/A' \leq R_d/A'$$

resp. při aplikaci obecné rovnice z ČSN 73101 /1988-2010) na tvar:

$$(V_{Gd} + V_{Qd} + W_{zd}) / A' \leq c_d \cdot N_c \cdot s_c \cdot i_c \cdot d_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot i_q \cdot d_q + 0,5 \cdot \gamma_d' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma \cdot d_\gamma$$

Kde vstupními hodnotami jsou hodnoty návrhové (design values) s indexem d, a to opět jak pro zatížení, tak pro parametry zeminy (včetně všech součinitelů – únosnosti, tvaru základu, šikmosti zatížení a hloubky založení).

ČSN EN 1997-1 zmiňuje 3 možnosti tohoto převodu, tzv. návrhové přístupy. Pro Návrhový přístup 1 (NP 1) musí být základní podmínka splněna pro následující kombinace dílčích součinitelů na zatížení (A), a na materiál (M):

Kombinace 1: A1 + M1

Kombinace 2: A2 + M2

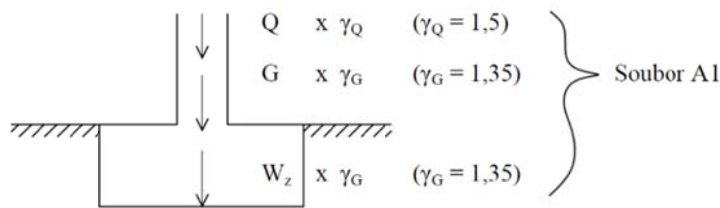
Pozn. ČSN EN 1997-1 v článku 2.4.7.3.4.2 výše uvedený vztah rozšiřuje o odpor R, avšak to zde není třeba neb všechny dílčí součinitele jsou v tomto případě rovny 1.

Pro Kombinaci 1 se zatížení zvyšuje pomocí dílčích součinitelů zatížení $\gamma_G = 1,35$ pro stálé zatížení, resp. $\gamma_Q = 1,5$ pro proměnné zatížení (pro soubor A1) a parametry zeminy (pro soubor M1) se ponechávají ve svých charakteristických hodnotách (dílčí součinitel je roven 1)

Pro Kombinaci 2 se zatížení zvyšuje pouze dílčím součinitelem pro proměnné zatížení $\gamma_Q = 1,30$ (pro soubor A2) a parametry zeminy se (pro soubor M2) snižují pomocí následujících dílčích součinitelů:

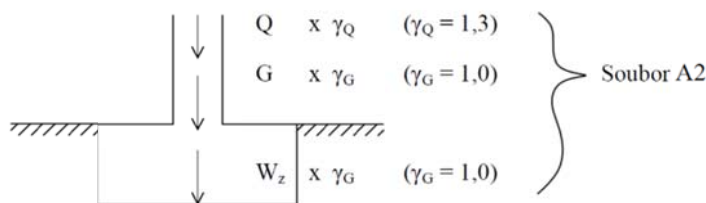
- pro efektivní úhel vnitřního tření φ' $\gamma_{\varphi'} = 1,25$ když tento součinitel se použije pro tg
- pro efektivní soudržnost $\gamma_{c'} = 1,25$
- pro neodvodněnou smykovou pevnost $\gamma_{cu} = 1,4$
- pro pevnost v prostém tlaku $\gamma_{qu} = 1,4$
- pro objemovou tíhu $\gamma_{\gamma} = 1,0$

Postup pro NP1 Kombinaci 1 a 2 je graficky znázorněn na obr. 4.1.



- Soubor M1: X_k
- $\varphi'_k \rightarrow \text{tg } \varphi'_k / \gamma_{\varphi'} = \text{tg } \varphi'_d$ ($\gamma_{\varphi'} = 1,0$)
 - $c'_k \rightarrow c'_k / \gamma_{c'} = c'_d$ ($\gamma_{c'} = 1,0$)
 - $c_{u,k} \rightarrow c_{u,k} / \gamma_{cu} = c_{u,d}$ ($\gamma_{cu} = 1,0$)
 - $q_{u,k} \rightarrow q_{u,k} / \gamma_{qu} = q_{u,d}$ ($\gamma_{qu} = 1,0$)
 - $\gamma_k \rightarrow \gamma_k / \gamma_{\gamma} = \gamma_d$ ($\gamma_{\gamma} = 1,0$)

obr.NP1, Kombinace 1



- Soubor M2: X_k
- $\varphi'_k \rightarrow \text{tg } \varphi'_k / \gamma_{\varphi'} = \text{tg } \varphi'_d$ ($\gamma_{\varphi'} = 1,25$)
 - $c'_k \rightarrow c'_k / \gamma_{c'} = c'_d$ ($\gamma_{c'} = 1,25$)
 - $c_{u,k} \rightarrow c_{u,k} / \gamma_{cu} = c_{u,d}$ ($\gamma_{cu} = 1,4$)
 - $q_{u,k} \rightarrow q_{u,k} / \gamma_{qu} = q_{u,d}$ ($\gamma_{qu} = 1,4$)
 - $\gamma_k \rightarrow \gamma_k / \gamma_{\gamma} = \gamma_d$ ($\gamma_{\gamma} = 1,0$)

obr.NP1, Kombinace 2

Obr. 2. Zavedení dílčích součinitelů spolehlivosti pro jednotlivé kombinace NP1

Výsledkem řešení základní podmínky je rozměr základu B, resp. L splňující nejpřísnější podmínku z obou kombinací.

Pozn. Ve většině případů je přísnější podmínkou Kombinace 2, která je nejbližší dosavadní zkušenosti z aplikace ČSN 731001 (1988-2010). Pro neodvodněné podmínky je návrh odvážnější s ohledem na nižší hodnoty dílčího součinitele spolehlivosti pro neodvodněnou soudržnost. Proto v případech, kdy

se plocha porušení pohybuje v oblasti malých normálových napětí (ca do 100 kPa), se doporučuje použít přísnější hodnotu součinitele γ_{cu} (např. 1,6) či se doporučuje porovnání únosnosti za neodvodněných a odvodněných podmínek, když nebezpečnější by měly být podmínky krátkodobé, neodvodněné.

3 Základní podmínka návrhu plošných základů z pohledu mezního stavu porušení (ULS) typu STR

Jelikož ČSN EN 1997-1 stanoví, že podmínka:

$$V_d \leq R_d$$

musí být splněna pro všechny mezní stavy porušení, je postup pro splnění mezního stavu STR následující:

- pro navrženou šířku (plochu) základu za aplikace NP 1 a (většinou po zaokrouhlení na 0,1 m) se základ znovu posuzuje z pohledu Kombinace 1 pro soubor zatížení A1.
- vyhodnocení kontaktního napětí v základové spáře pro tento soubor zatížení, ať již za využití vztahů uvedených v kap. 4.2.1 nebo za jiných předpokladů (např. dle Boussinesqa) a to podle tuhosti základu – viz. např. Šimek a Vaníček (1976)
- výpočet maximálního momentu, kterým je namáhán navržený základ;
- návrh vyztužení betonového základu za pomoci ČSN EN 1992 resp. 1994.

4 Charakteristické hodnoty parametrů zeminy

(1) ČSN EN 1997-1 specifikuje, že výstupem Zprávy o geotechnickém průzkumu je především:

- přehled odvozených hodnot geotechnických parametrů (článek 3.4.3.(1))
- rozsah a jakékoliv seskupení odvozených hodnot geotechnických údajů pro každou litologickou vrstvu (článek 3.4.3.(2)).

(2) Projektant geotechnické konstrukce – projektant zodpovědný za návrh - do svých výpočtů využívá charakteristické hodnoty geotechnických parametrů. Výběr charakteristických hodnot geotechnických parametrů se musí zakládat na výsledcích a odvozených hodnotách z laboratorních a terénních zkoušek doplněných osvědčenou zkušeností (článek 2.4.5.2.(1)P). Charakteristická hodnota geotechnického parametru se musí vybrat jako obezřetný odhad hodnoty ovlivňující výskyt mezního stavu (článek 2.4.5.2.(2)P).

(3) Projektant geotechnické konstrukce spadající do 2 Geotechnické kategorie může s ohledem na riziko, s kterým je návrh spojen, vycházet při definitivním výběru charakteristických hodnot z následujících tří postupů silně ovlivněných dopadem porušení navrhované konstrukce na okolí (tzv. consequence classes) dle ČSN EN 1990:

- v případě malého rizika na okolí (Třída 1) a při dobrých zkušenostech danou lokalitou lze využít standardních tabulek charakteristických hodnot vztažených k indexovým vlastnostem z geotechnického průzkumu. Opět z těchto tabulek se z uváděného rozsahu musí charakteristická hodnota vybrat jako velmi obezřetná (článek 2.4.5.2.(12)P).
- v případě vysokého rizika na okolí (Třída 3) se výběr opírá o výsledky mechanicko-fyzikálních vlastností zjištěných při laboratorních či terénních zkouškách, jejichž počet pro každou vrstvu je dostatečný pro statistické vyhodnocení. Současná diskuse ke způsobu statistického vyhodnocení dává přednost definovat charakteristickou hodnotu jako hodnotu průměrnou $\pm SD/2$ (standardní odchylka /2).

- v případě středního rizika na okolí (Třída 2) se výběr opírá o výsledky mechanicko- fyzikálních vlastností zeminy zjištěných při laboratorních či terénních zkouškách, jejichž počet není dostatečný pro statistické zpracování. Zjištěné výsledky se tak konfrontují s tabulkovými hodnotami před finálním výběrem.

Ve všech případech se doporučuje orientační citlivostní analýza vstupních charakteristických hodnot na řešené mezní stavy.

4.1 Standardní tabulky charakteristických hodnot geotechnických parametrů

(1) Pro výběr charakteristické hodnoty geotechnických parametrů pro návrh plošných základů lze využít tabulku – Tab. 4.2. Jde v principu o převzetí tabulky z ČSN 731001 (1988-2010), s kterou jsou velmi dobré zkušenosti, a současná diskuse vede k závěru, že dosavadní tabulky označující zde uváděné hodnoty jako směrné či reprezentativní, lze z pohledu ČSN EN 1997-1 uvažovat jako charakteristické.

(2) Pro zatřídění do 5 tříd zemín šterkovitých, 5 tříd zemín písčitých a 8 tříd zemín jemnozrnných je využito trojúhelníkového diagramu tří základních frakcí zemín a plasticitního diagramu. Dělení konzistence jemnozrnných zemín je zřejmé z přednášky č. 2.

Tabulkové charakteristické hodnoty mechanicko - fyzikálních vlastností zemín jemnozrnných zemín, třída F1 – F4

Třída	Symbol	Charakteristik a	Konzistence				
			měkká	tuhá	pevná		tvrdá
			-	-	$S_r > 0,8$	$S_r < 0,8$	$S_r > 0,8$ $S_r < 0,8$
F1	MG	v, β, γ [kNm^{-3}]	$v = 0,35; \beta = 0,62; \gamma = 19,0$				vyšetří se zkouškami
		E_{def} [MPa]	5-10	10-20	12-24	15-30	16-24 vyšetří se zkouškami
		c_u [kPa]	40	70	70	70-80	
		ϕ_u [°]	0	0	10	12-15	
		$c_{e\ell}$ [kPa]	4-12		8-16	16-32	
		$\phi_{e\ell}$ [°]	26-32				
F2	CG	v, β, γ [kNm^{-3}]	$v = 0,35; \beta = 0,62; \gamma = 19,5$				vyšetří se zkouškami
		E_{def} [MPa]	4-8	7-15	10-12	18-25	18-26 vyšetří se zkouškami
		c_u [kPa]	30	60	60	60-70	
		ϕ_u [°]	0	0	10	12-15	
		$c_{e\ell}$ [kPa]	6-14		10-18	18-36	
		$\phi_{e\ell}$ [°]	24-30				
F3	MS	v, β, γ [kNm^{-3}]	$v = 0,35; \beta = 0,62; \gamma = 18,0$				vyšetří se zkouškami
		E_{def} [MPa]	3-6	5-8	8-12	15-15	

		c_u [kPa]	30	60	60	60-70		
		φ_u [°]	0	0	10	12-15		
		c_{ef} [kPa]	8-16		12-20	20-40	20-28 vyšetří se zkouškami	
		φ_{ef} [°]	24-29					
F4	CS	ν, β, γ [kNm^{-3}]	$\nu = 0,35; \beta = 0,62; \gamma = 18,5$				vyšetří se zkouškami	
		E_{def} [MPa]	2,5-4	4-6	5-8	8-12		
		c_u [kPa]	30	50	70	70-80		
		φ_u [°]	0	0	5	8-14		
		c_{ef} [kPa]	10-18		14-22	22-44	22-31 vyšetří se zkouškami	
		φ_{ef} [°]	23-27					

Tabulkové charakteristické hodnoty mechanicko - fyzikálních vlastností jemnozrnných, třídy F5 – F8

Třída	Symbol	Charakteristik a	Konzistence					
			měkká	tuhá	pevná		tvrdá	
					-	-	$S_r > 0,8$	$S_r < 0,8$
F5	ML	ν, β, γ [kNm^{-3}]	$\nu = 0,40; \beta = 0,47; \gamma = 20,0$				vyšetří se zkouškami	
	MI	E_{def} [MPa]	1,5-3	3-5	5-8	7-10	10-15	12-20
		c_u [kPa]	30	60	70	70-80	200	80-90
		φ_u [°]	0	0	5	8-14	0	15-20
		c_{ef} [kPa]	8-16		12-20	20-40	20-28	vyšetří se zkouškami
		φ_{ef} [°]	19-23					
F6	CL	ν, β, γ [kNm^{-3}]	$\nu = 0,40; \beta = 0,47; \gamma = 21$				vyšetří se zkouškami	
	CI	E_{def} [MPa]	1,5-3	3-6	6-8	8-12	10-15	12-20
		c_u [kPa]	25	50	80	80-90	170	80-90
		φ_u [°]	0	0	0	4-12	0	14-18
		c_{ef} [kPa]	8-16		12-20	20-40	20-28	vyšetří se zkouškami

		φ_{ef} [°]	17-21				
F7	MH	ν, β, γ [kNm^{-3}]	$\nu = 0,40; \beta = 0,47; \gamma = 21$				vyšetří se zkouškami
	MV	E_{def} [MPa]	1-3	3-5	5-7	7-10	10-15 12-20
	ME	c_u [kPa]	25	50	80	80-90	170 80-90
		φ_u [°]	0	0	0	4-12	0 14-18
		c_{ef} [kPa]	4-10		8-16	14-28	16-24 vyšetří se zkouškami
		φ_{ef} [°]	15-19				
F8	CH	ν, β, γ [kNm^{-3}]	$\nu = 0,42; \beta = 0,37; \gamma = 20,5$				vyšetří se zkouškami
	CV	E_{def} [MPa]	1-2	2-4	4-6	6-8	8-10 10-15
	CE	c_u [kPa]	20	40	80	80-90	150 80-90
		φ_u [°]	0	0	0	3-10	0 12-16
		c_{ef} [kPa]	2-8		6-14	14-28	14-22 vyšetří se zkouškami
		φ_{ef} [°]	13-17				

Tabulkové charakteristické hodnoty mechanicko fyzikálních vlastností – zeminy písčité třídy S1 – S5

Třída	Symbol	ν	β	γ [kNm^{-3}]	E_{def} [Mpa]		φ_{ef} [°]		c_{ef} [kPa]	Činitele ovlivňující stanovení charakteristik v rámci rozpětí třídy
					$I_D =$ 0,33-0,67	$I_D =$ 0,67-1,0	$I_D =$ 0,33-0,67	$I_D =$ 0,67-1,0		
S1	SW	0,2 8	0,7 8	20	30-60	50-100	34-39	37-42	0	$I_D, w, \%g,$ tvar zrn, angularita
S2	SP	0,2 8	0,7 8	18,5	15-35	30-50	32-35	34-37	0	
S3	S-F	0,3 0	0,7 4	17,5	12-19	17-25	28-31	30-33	0	

S4	SM	0,3	0,7	18	5-15	28-30	0-10	podíl jemných částic a konzistence zeminy
S5	SC	0,3	0,6	18,5	4-12	26-28	4-12	
		5	2					

Tabulkové charakteristické hodnoty mechanicko fyzikálních vlastností - šterky, třídy G1 – G5

Třída	Symbol	v	β	γ [kNm ⁻³]	E _{def} [Mpa]		φ _{ef} [°]		c _{ef} [kPa]	Činitele ovlivňující stanovení charakteristik v rámci rozpětí třídy
					I _D = 0,33-0,67	I _D = 0,67-1,0	I _D = 0,33-0,67	I _D = 0,67-1,0		
G1	GW	0,2	0,9	21	250-390	360-500	36-41	39-44	0	I _D , w, %g, tvar zrn, angularita
G2	GP	0,2	0,9	20	100-190	170-250	33-38	36-41	0	
G3	G-F	0,2	0,8	19	80-90	90-100	30-35	33-38	0	
G4	GM	0,3	0,7	19	60-80		30-35		0-8	podíl jemných částic a konzistence zeminy
G5	GC	0,3	0,7	19,5	40-60		28-32		2-10	
		0	4							

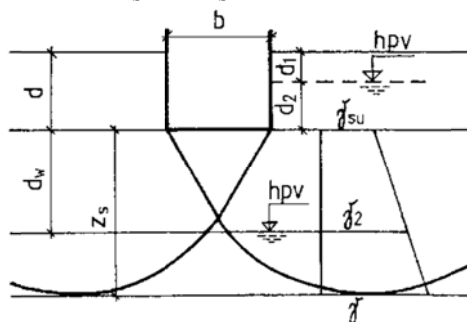
Hloubka z_s a dosah a_s smykové plochy pod základem dle Prandtlova vzorce:

$$z_s = \frac{b}{2} \frac{\cos \varphi}{\cos \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right)} e^{\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\text{arc} \varphi}{2} \right) \text{tg} \varphi}$$

$$a_s = \frac{b}{2} \left(1 + 2 \text{tg} \left(45 + \frac{\varphi_d}{2} \right) e^{\frac{\pi}{2} \text{tg} \varphi_d} \right)$$

přibližné určení: u S1 až S3; G1 až G3: z_s = 2b, a_s = 6b.

u ostatních tříd: z_s = b, a_s = 2,5b.



Obr. 3. Vliv vody podle ČSN 73 1001

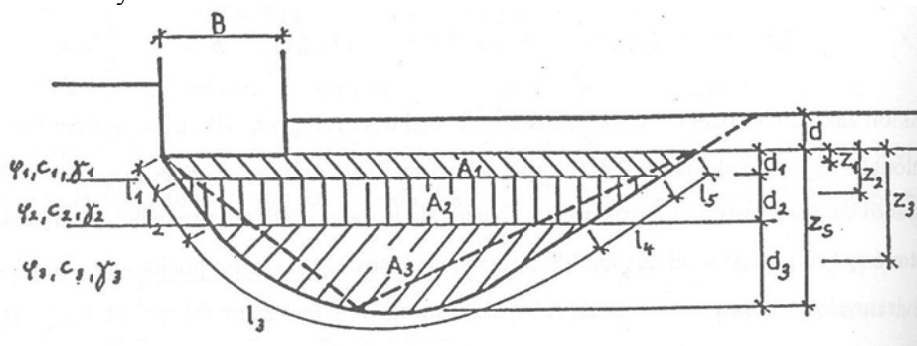
Možnosti pro výpočet γ_2 :

- 1) HPV v hloubce z_s nebo hlouběji: $\gamma_2 \Rightarrow \gamma$ přirozeně vlhká zemina
- 2) HPV v úrovni zákl. spáry: $\gamma_2 \Rightarrow \gamma_{su}$
- 3) $d < \text{HPV} < z_s$: $\gamma_2 \Rightarrow \gamma_2 = \gamma_{su} + \frac{d_w}{z_s}(\gamma - \gamma_{su})$
- 4) HPV nad úrovní zákl. spáry: $\gamma_2 \Rightarrow \gamma_{su}$; $\gamma_1 \Rightarrow \gamma d_1 + \gamma_{su} d_2$

Omezení tohoto druhu výpočtu (otázka homogenity v oblasti dosahu smykové plochy)

SVISLÁ ÚNOSNOST NEHOMOGENNÍHO PODLOŽÍ

a) použití prům. vážených hodnot



Obr. 4. K výpočtu svislé únosnosti vrstevnatého prostředí
případ 3í vrstev: délky l_i a plochy A_i

b) náhrada tvaru smyk. plochy trojúhelníkem

$$\varphi_m = \frac{\varphi_1 d_1 + \varphi_2 d_2 + \varphi_3 d_3}{d_s} \quad c_m = \frac{c_1 d_1 + c_2 d_2 + c_3 d_3}{d_s}$$

$$\gamma_m = \frac{\gamma_1 d_1 (d_s - z_1) + \gamma_2 d_2 (d_s - z_2) + \gamma_3 d_3 (d_s - z_3)}{d_s^2}$$

c) výpočet pro každou vrstvu zvlášť a pak

$$R_d = \sum_{i=1}^n R_{d_i} \cdot \frac{l_s}{l_i}$$

SVISLÁ ÚNOSNOST SKALNÍHO PODLOŽÍ

ovlivňuje: pevnost, kvalita a hustota diskontinuit

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

Obr. 5. Stabilita proti převržení základu

Ke klopné hraně základu, pro obě hrany zvlášť

$$M_d = H_d \cdot d + M$$

$$M_n = \gamma_{stp} \frac{L}{2} (G_d + V_{de})$$

3) Vynoření

podmínka: $V_d \leq V_u$ pro objekty dočasně nebo trvale pod HPV

$$V_u = (G_d + V_{de}) \cdot \gamma_{stp}$$

$$V_d = \gamma_n \cdot \gamma_{sú} \cdot \gamma_f \cdot V_w \cdot \gamma_w$$