



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

“Inovace studijního oboru Geotechnika”

reg. č. CZ.1.07/2.2.00/28.0009

Podklady pro cvičení k předmětu
Statika a dynamika geotechnických staveb
pro 1. ročník navazujícího magisterského studia oboru Geotechnika

Doc. RNDr. Eva Hrubešová, Ph.D.

Charakteristická hodnota geotechnického parametru:

Obezřetný (konzervativní) odhad takové hodnoty daného parametru, která ovlivňuje vznik mezního stavu

Hlavní aspekty stanovení charakteristické hodnoty:

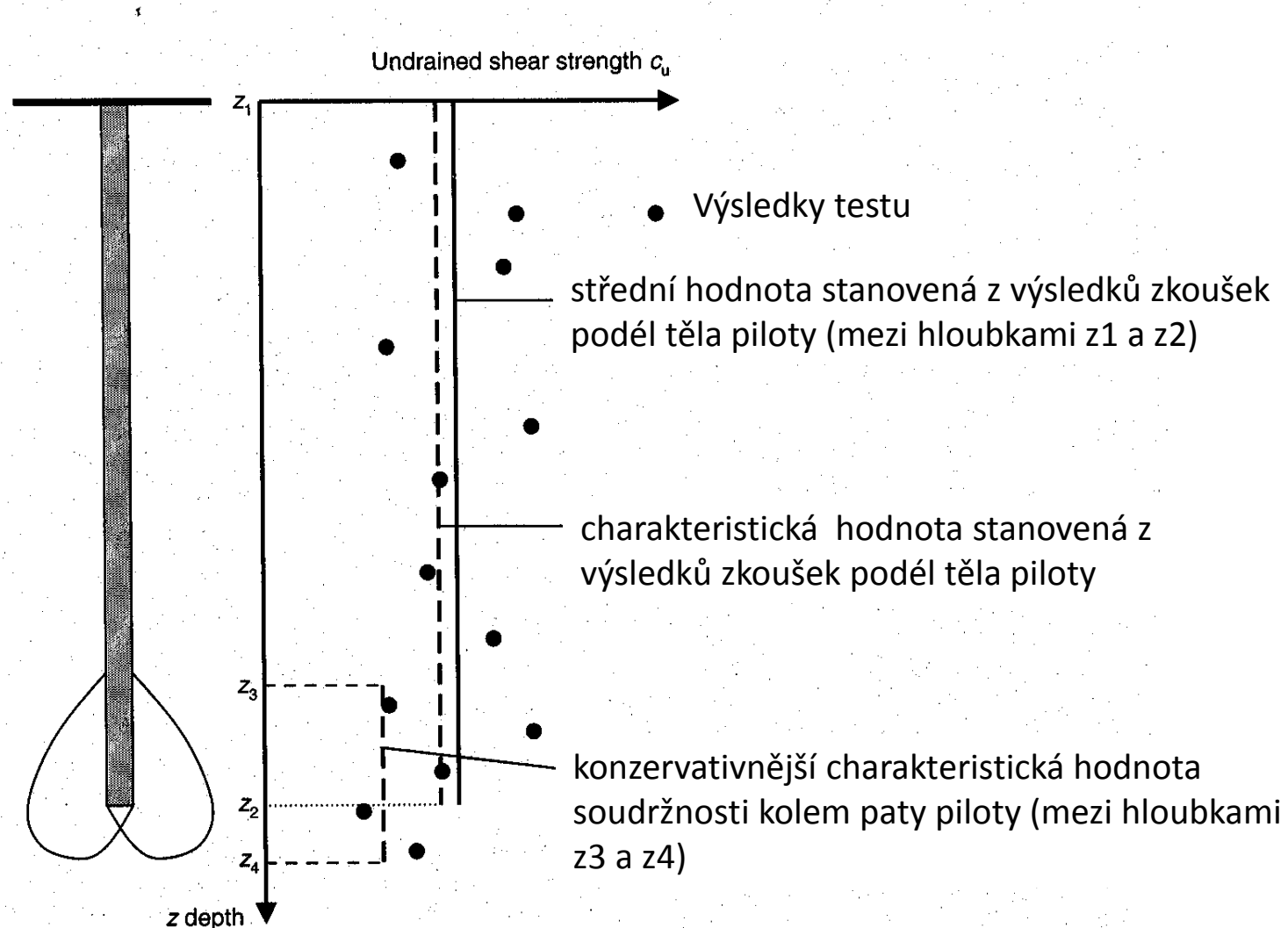
- množství a spolehlivost informací o daném parametru
- objem zeminového prostředí, který je podroben zkouškám a který ovlivňuje dosažení mezního stavu, a dále schopnost struktury přenášet zatížení z oslabených oblastí do oblastí pevnějších (odolnějších)

Množství a spolehlivost informací o daném parametru

- množství informací – výsledky zkoušek přímo v oblasti realizace a další důležité informace (výsledky zkoušek v okolí, databáze, ...)
- rozptyl (variabilita) výsledků

Rozdíl mezi charakteristickou hodnotou a střední hodnotou stanovenou z výsledků zkoušek bude větší v případě malého počtu výsledků zkoušek a vyššího rozptylu daných výsledků.

Ilustrativní příklad - charakteristická hodnota totální soudržnosti c_u v okolí piloty



Předpokládejme, že máme k dispozici výsledky laboratorních či terénních zkoušek pro daný geotechnický parametr zeminy.

Statistické stanovení charakteristické hodnoty je pak prováděno v závislosti na dalších faktorech dle dále popsaného variantního postupu pro :

- **Homogenní zeminu, kdy výsledky zkoušek nevykazují výrazný trend**
- **Homogenní zeminu, kdy výsledky zkoušek pro daný geotechnický parametr vykazují lineární trend**

Homogenní zemina, výsledky zkoušek nevykazují výrazný trend

Pokud geotechnický parametr nevykazuje výrazný trend ani v horizontálním směru ani vzhledem k hloubce, charakteristická hodnota X_{ch} se stanovuje na základě vztahů:

$$X_{ch} = X_{mean} (1 - k_n V_x) \quad , X_{mean} = \sum_{i=1}^n X_i / n \quad (1)$$

kde

X_{mean} – aritmetický průměr stanovený na základě získaných hodnot X_i
(hodnot v souboru) daného geotechnického parametru

V_x – variační koeficient parametru X

k_n – statistický koeficient

V situaci, kdy je pro vznik mezního stavu nepříznivá vysoká hodnota daného parametru zemin, počítá se charakteristická hodnota dle analogického vztahu:

$$X_{ch} = X_{mean} (1 + k_n V_x) , X_{mean} = \sum_{i=1}^n X_i / n \quad (2)$$

Obvykle se při statistickém vyhodnocení charakteristické hodnoty předpokládá normální rozložení pravděpodobnosti geotechnického parametru. Tento předpoklad však nemusí v některých případech odpovídat realitě a rozložení pravděpodobnosti může odpovídat spíše lognormálnímu rozdělení.

V těchto případech lze uvažovat transformaci $Y = \ln X$, kde parametr Y má pak již rozdělení pravděpodobnosti normální a lze tedy pro určování charakteristické hodnoty využít výše uvedených vztahů (1) resp. (2).

Stanovování variačního koeficientu V_x

V případě variačního koeficientu uvažujeme dva základní případy:

- variační koeficient není předem (a priori) znám
- variační koeficient je předem znám

Variační koeficient V_x není předem (a priori) znám

je stanovován pouze na základě n výsledků lokálního odběru vzorků dle rovnice

$$V_x = s_x / X_{\text{mean}}, s_x^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - X_{\text{mean}})^2$$

Variační koeficient V_x je předem znám

Tato hodnota variačního koeficientu může být získána z předchozích zkoušek, z databáze, z vyhodnocení variačního koeficientu ve srovnatelném zeminovém prostředí.

V tomto případě se ve výpočtu charakteristické hodnoty nevyužívá variační koeficient stanovený na základě lokálního odběru vzorků, ale do vzorce se dosazuje přímo hodnota známého variačního koeficientu.

DATABÁZE VARIČNÍCH KOEFICIENTŮ- SCHNEIDER

Hodnoty variačních koeficientů pevnostních charakteristik zemin (úhlu vnitřního tření a soudržnosti) byly vyhodnocovány na různých lokalitách ve světě a bylo zjištěno, že se hodnoty variačních koeficientů zemin pohybují v relativně malém rozmezí (Schneider, 1999).

Na základě těchto výzkumů lze konstatovat, že typická hodnota variačního koeficientu pro tangentu úhlu vnitřního tření se pohybuje v rozmezí 0.05-0.15 a pro soudržnost v rozmezí 0.3 – 0.5.

Schneider doporučuje průměrné hodnoty variačního koeficientu pro tangentu úhlu vnitřního tření 0.1 a pro hodnotu variačního koeficientu soudržnosti hodnotu 0.4.

Stanovování statistického koeficientu k_n

Statistický koeficient k_n závisí na :

- počtu n testovacích vzorků
- objemu zeminy, který se podílí na vzniku daného mezního stavu
- typu souboru vzorků- může se jednat pouze o lokální odběr vzorků nebo může být tento lokální odběr doplněn odpovídajícími znalostmi a zkušenostmi z dané lokality

Pokud se na vzniku mezního stavu podílí velký objem zeminy, lze předpokládat, že chování zeminy je určováno střední hodnotou daného zeminového parametru, tzn. charakteristická hodnota daného parametru může být uvažována jako obezřetný odhad střední hodnoty.

V tomto případě charakteristická hodnota odpovídá odhadu skutečné střední hodnoty s 95 % pravděpodobností.

Tuto situaci pak zohledňuje hodnota koeficientu $k_n = k_{n, \text{mean}}$ (viz tabulka 1).

V závislosti na tom, zda se předpokládá a priori znalost variačního koeficientu nebo ne, se koeficientu $k_n = k_{n, \text{mean}}$ přiřazují hodnoty dle vztahů:

$$k_{n, \text{mean}} = t_{n-1}^{0.95} \sqrt{\frac{1}{n}} \quad (\text{v případě, že předem neznáme hodnotu variačního koeficientu})$$

$$k_{n, \text{mean}} = 1.64 \sqrt{\frac{1}{n}} \quad (\text{v případě, že předem známe hodnotu variačního koeficientu})$$

$t_{n-1}^{0.95}$ je t -faktor Studentova rozdělení pravděpodobnosti s $n-1$ stupni volnosti a spolehlivostí 95 % .

Tab. 1 Tabulka koeficientů $k_{n,\text{mean}}$ pro stanovení charakteristické hodnoty jako odhad střední hodnoty daného parametru s 95 % pravděpodobností

počet vzorků v souboru	V_x předem neznámý	V_x předem známý
3	1.69	0.95
4	1.18	0.82
5	0.95	0.74
6	0.82	0.67
8	0.67	0.58
10	0.58	0.52
20	0.39	0.37
30	0.31	0.3
k_n obecně	$k_{n,\text{mean}} = t_{n-1}^{0.95} \sqrt{\frac{1}{n}}$	$k_{n,\text{mean}} = 1.64 \sqrt{\frac{1}{n}}$

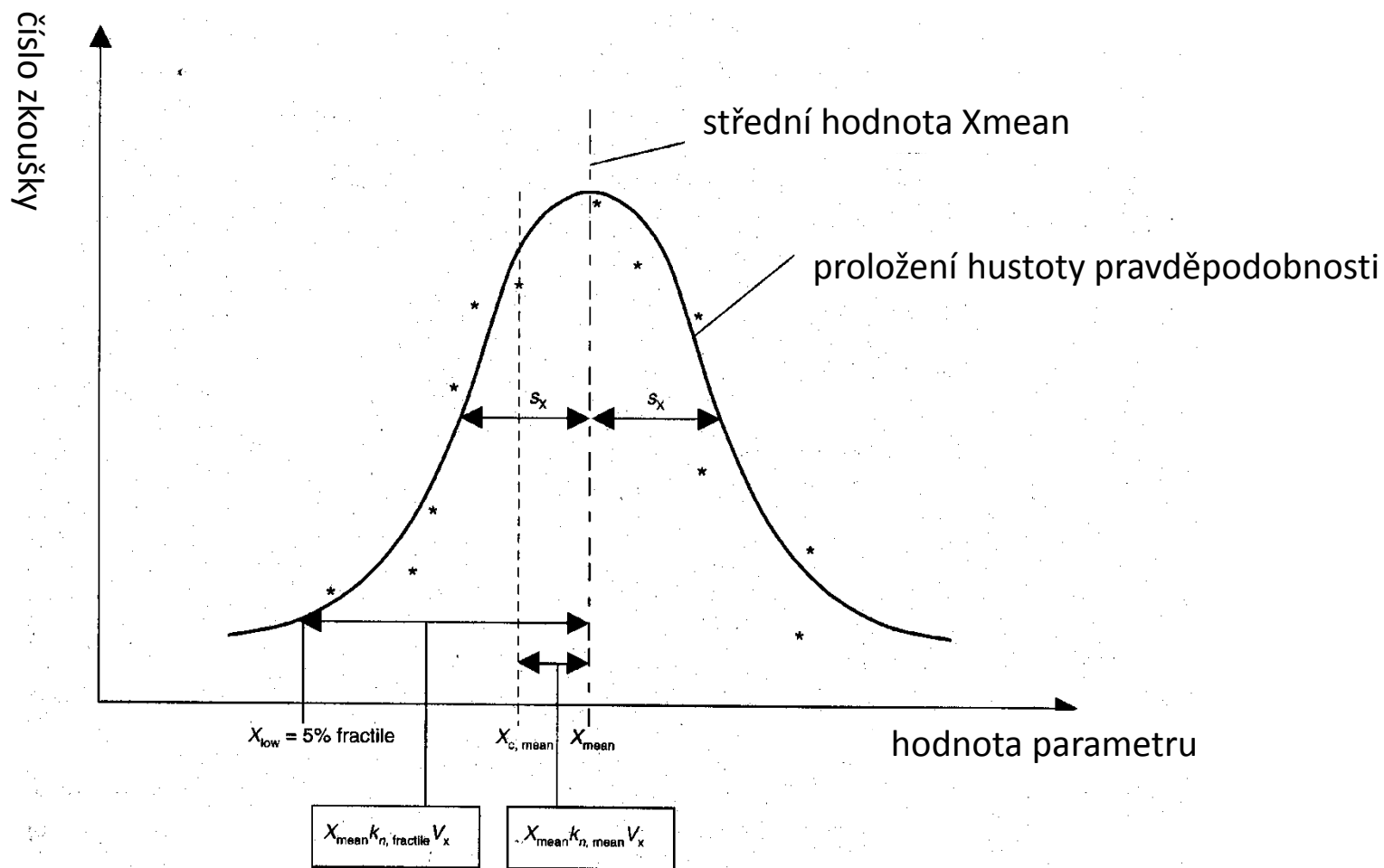
Jestliže se na vzniku mezního stavu podílí malý objem zeminy nebo lze předpokládat, že chování zeminového prostředí je určováno v daném případě lokální minimální hodnotou daného parametru, volí se charakteristická hodnota jako 5 % kvantil.

Pro stanovení této charakteristické hodnoty se využívá základního výpočetního vztahu pro výpočet charakteristické hodnoty (1), avšak koeficient k_n v tomto vzorci nabývá hodnot $k_n = k_{n, low}$, a to opět v závislosti na tom, zda je variační koeficient předem znám či nikoliv (tabulka 2)

Tab. 2 Tabulka koeficientů $k_{n,low}$ pro stanovení charakteristické hodnoty jako 5 % kvantil

počet vzorků v souboru	V_x předem neznámý	V_x předem známý
3	3.37	1.89
4	2.63	1.83
5	2.33	1.8
6	2.18	1.77
8	2.00	1.74
10	1.92	1.72
20	1.76	1.68
30	1.73	1.67
k_n obecně	$k_{n,low} = t_{n-1}^{0.95} \sqrt{\frac{1}{n} + 1}$	$k_{n,low} = 1.64 \sqrt{\frac{1}{n} + 1}$

Základní schéma pro statistické vyhodnocení charakteristické hodnoty



Homogenní zemina, výsledky zkoušek pro daný geotechnický parametr
vykazují lineární trend

V tomto případě se charakteristická hodnota daného parametru v hloubce
z pod povrchem (předpokládá se lineární trend zeminového parametru na
hloubce) stanovuje na základě vztahu:

$$X_{ch} = [\bar{x} + b(z - \bar{z})] - t_{n-2}^{0.95} s_1$$

$$\bar{x} = \frac{1}{n}(x_1 + x_2 + \dots + x_n)$$

$$\bar{z} = \frac{1}{n}(z_1 + z_2 + \dots + z_n)$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(z_i - \bar{z})}{\sum_{i=1}^n (z_i - \bar{z})^2}$$

$$s_1 = \sqrt{\frac{1}{n-2} \left(\frac{1}{n} + \frac{(z - \bar{z})^2}{\sum_{i=1}^n (z_i - \bar{z})^2} \right) \sum [(x_i - \bar{x}) - b(z_i - \bar{z})]^2}$$

Takto stanovená charakteristická hodnota zeminového parametru není již lineární funkcí hloubky, ale jedná se o závislost hyperbolickou.

Příklad 1: Ilustrační příklad statistického přístupu ke stanovení charakteristické hodnoty

Na základě výsledků triaxiální zkoušky zemin uvedených v tabulce stanovte s využitím statistických metod charakteristické hodnoty parametrů smykové pevnosti zemin, které budou dále využity k posouzení mezního stavu opěrné zdi. Řešte nejprve situaci, kdy jsou k dispozici pouze výsledky zkoušek na vzorcích ze zájmové lokality (lokální soubor vzorků). Dále vyhodnoťte charakteristické hodnoty za předpokladu, že je dále známa variabilita c a $\tan \varphi$ vyjádřena pomocí variačních koeficientů. Oba výsledky porovnejte.

Tabulka výsledků zkoušek

Číslo zkoušky	soudržnost c (kPa)	úhel vnitřního tření φ (°)	tangenta úhlu vnitřního tření $\tan \varphi$ (-)
1	3	31	0.601
2	4	30	0.577
3	1	35	0.700
4	7	28	0.532

Postup stanovení charakteristických hodnot:

- stanovení typu mezního stavu: mezní stav únosnosti
- jaká část zeminového prostředí se podílí na vzniku daného typu mezního stavu?: velký objem zemin → charakteristická hodnota je určována jako obezřetný odhad střední hodnoty daného vyhodnocovaného parametru s 95 % pravděpodobností
- statistické vyhodnocení střední hodnoty, standardní odchylky a variačního koeficientu na základě 4 uvedených výsledků triaxiální zkoušky

vyhodnocení charakteristických hodnot za předpokladu předem
neznámých variačních koeficientů:

$$\tan \varphi_{\text{ch}} = (\tan \varphi)_{\text{mean}} (1 - k_{n,\text{mean}} V_{\tan \varphi}) = 0.603(1 - 1.18 \times 0.118) = 0.519$$

$$c_{\text{ch}} = c_{\text{mean}} (1 - k_{n,\text{mean}} V_c) = 3.75 (1 - 1.18 \times 0.667) = 0.8 \text{ kPa}$$

vyhodnocení charakteristických hodnot za předpokladu předem známých
variačních koeficientů

$$\tan \varphi_{\text{ch}} = (\tan \varphi)_{\text{mean}} (1 - k_{n,\text{mean}} V_{\tan \varphi}) = 0.603(1 - 0.82 \times 0.1) = 0.554$$

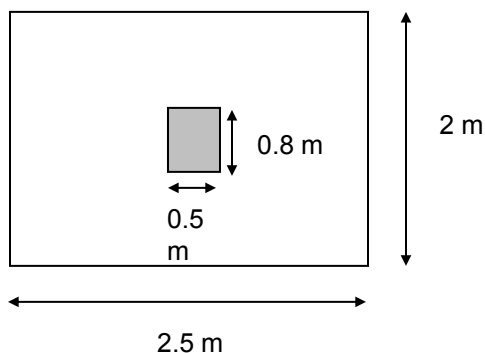
$$c_{\text{ch}} = c_{\text{mean}} (1 - k_{n,\text{mean}} V_c) = 3.75 (1 - 0.82 \times 0.4) = 2.5 \text{ kPa}$$

Ze stanovených hodnot je zřetelně vidět význam znalosti variačního koeficientu pro stanovení charakteristických pevnostních parametrů, a to především soudržnosti. Pokud vycházíme při stanovování charakteristické hodnoty pouze ze 4 výsledků triaxiální zkoušky, je charakteristická hodnota, zejména soudržnosti, cca 3x nižší ve srovnání se situací, kdy je využívána a priori znalost variačního koeficientu.

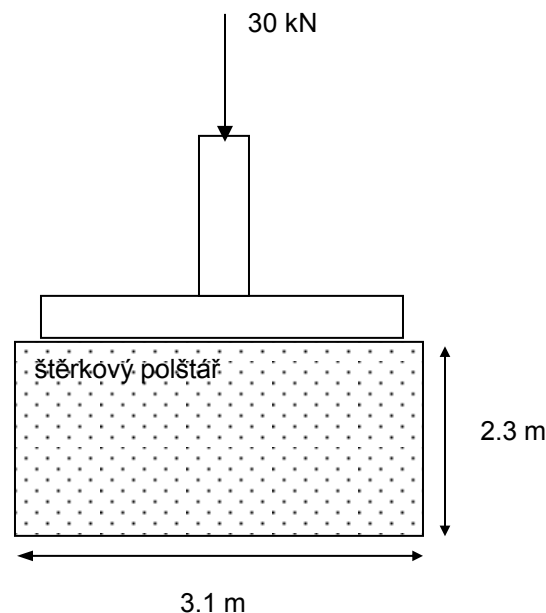
	c_{ch}	$\tan \varphi_{ch}$	φ_{ch}
variační koeficient není a priori znám	0.8 kPa	0.519	27.5 °
variační koeficient je a priori znám	2.5 kPa	0.554	29 °

Příklad 2: Posouzení základové patky

S využitím modulu „Patka“ softwarového systému GEO5 proveďte posouzení plošného základu (patky) obdélníkového tvaru tloušťky 0.5 m centricky zatížené , konstruované z betonu B25 (objemová tíha 23 kN/m³). Hloubka založení je 2.5 m. Hloubka upraveného terénu je 1.1 m.



Geometrie patky a sloupu



Geometrie šterkového polštáře

Posouzení proveďte z hlediska 1. mezního stavu (mezního stavu únosnosti) pod patkou i pod šterkovým polštářem (pokud je použit). Proveďte srovnání výsledků dle tří návrhových přístupů EC7.

Geologický profil:

0-2 m: MS

2-7 m: CS

Vstupní charakteristiky zeminových vrstev v geologickém profilu a v polštáři:

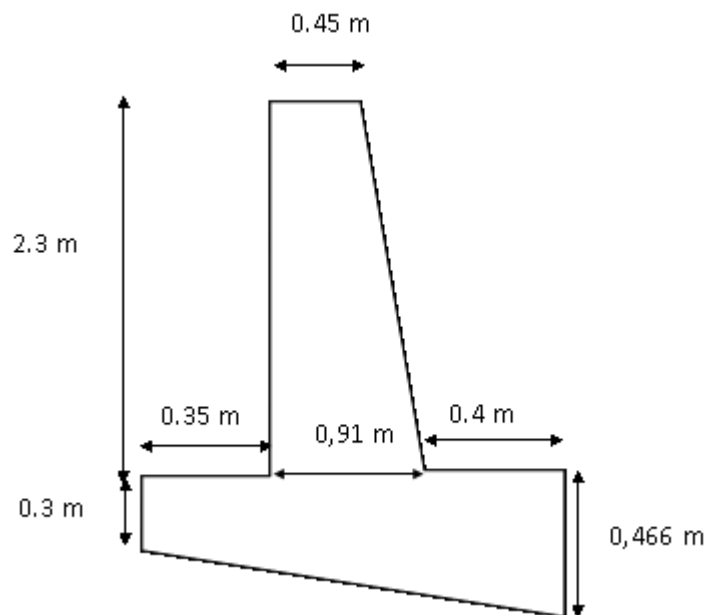
zemina	objemová tíha (kN/m ³)	úhel vnitřního tření (°)	soudržnost (kPa)	Poissonovo číslo	deformační modul (MPa)	koef.struktur. pevnosti
MS	18	26	12	0.35	8	0.2
CS	18.5	23	15	0.35	5	0.3
G	21	40	1	0.23	400	0.2

Příklad 3: Stanovení deformací a vnitřních sil pažící konstrukce metodou závislých tlaků

S využitím modulu „Pažení posudek“ softwarového systému GEO5 (metoda závislých tlaků) stanovte deformaci a vnitřní síly v betonové stěně, která je použita jako pažící konstrukce jámy hloubky 3 m, stěna je vetknuta do hloubky 2.8 m pode dno jámy. Tloušťka stěny je 0.5 m, je použit beton C20/25. Základová půda je tvořena až do hloubky 10 m pískem s parametry: je $\varphi_{ef}=30^\circ$, $c_{ef}=2$ kPa, $E_{def}=30$ MPa, Poissonovo číslo $\mu=0.23$, objemová tíha $\gamma=19$ kN/m³.

Příklad 4: Posouzení tížné zdi

S využitím modulu „Tížná zed“ softwarového systému GEO5 proveďte posouzení tížné zdi dané geometrie, konstruované z betonu B30 (objemová tíha 25 kN/m^3)



Geologický profil:

0-1 m: CG

1-8 m: G

Vstupní charakteristiky zeminových vrstev:

zemina	objemová tíha (kN/m ³)	úhel vnitřního tření (°)	soudržnost (kPa)	Poissonovo číslo
jíl štěrkový	21	19	40	0.34
štěrk	23	25	8	0,25

Únosnost základové půdy je 60 kPa.

Příklad 5: Posouzení piloty

S využitím softwarového systému GEO5 proveďte posouzení únosnosti kruhové piloty o průměru 1.2 m a délce 7.5 m. Pilota je zhotovena z betonu třídy B30 (objemová tíha 24 kN/m³). Hloubka vysazení piloty je 1 m, hloubka upraveného terénu 2.2 m. Pilota je zatížena centricky vertikální silou 500 kN, horizontální zatížení $H_x = H_y = 50$ kN.

Geologický profil:

0-2 m: MS

2-3 m: SM

3-12 m: CL, CI

Vstupní charakteristiky zeminových vrstev v geologickém profilu:

zemina	objemová tíha (kN/m ³)	úhel vnitřního tření (°)	soudržnost (kPa)	Poissonovo číslo	deformační modul (MPa)
MS	18	26,5	12	0.35	6.5
SM	18	29	5	0.3	10
CL,CI	21	19	12	0.4	4.5

Dynamika geotechnických staveb

ČSN EN 1998 přejímá evropskou normu EN 1998

Eurokód 8: Navrhování konstrukcí odolných proti zemětřesení
(zahrnuje šest základních částí)

Součásti EC 8

- EN1998-1: Obecná pravidla , seismická zatížení a pravidla pro pozemní stavby
- EN1998-2: Mosty
- EN1998-3: Hodnocení a zesilování pozemních staveb
- EN1998-4: Zásobníky, nádrže a potrubí
- EN1998-5: Základy, opěrné a zárubní zdi a geotechnická hlediska
- EN1998-6: Věže, stožáry a komíny

Obecná charakteristika programového systému Plaxis z hlediska možností modelování vlivů technické i přirozené seismicity

Obecně lze dynamické úlohy modelované systémem Plaxis rozdělit do dvou základních skupin:

- modelování dynamických vlivů v důsledku bodového (osamělého) zdroje vibrací:
vliv dopravy, beranění pilot, štětovnic, vliv technologie zhutňování apod.
- modelování vlivu zemětřesných jevů:
přirozené zemětřesení, důlně indukovaná seismicita apod.

Modelování dynamických vlivů v důsledku bodového (osamělého) zdroje vibrací:

Dynamický problém tohoto typu je modelován jako axisymetrický problém, vlny se v tomto modelu šíří radiálně, analogicky jako v reálné prostorové situaci.

Vibrační energie se se vzrůstající radiální vzdáleností od zdroje snižuje (geometrické tlumení), není nutno zohledňovat materiálové tlumení.

Modelování přirozené a důlně-indukované seismicity

Dynamické zatížení je v případě tohoto typu úloh aplikováno podél spodní hranice modelu, přičemž smykové vlny se šíří od této hranice směrem nahoru.

Tento typ úloh je modelován pomocí rovinného přetvoření , nezahrnuje tedy geometrické tlumení . Pro získání realistických výsledků modelu je nutno do výpočtu zahrnout materiálové tlumení.

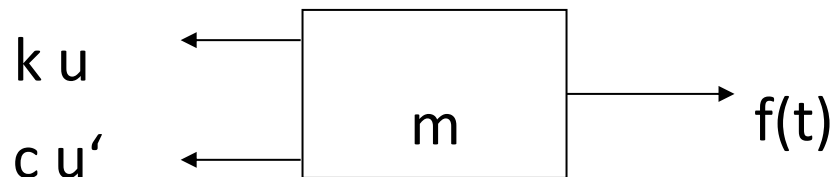
Dynamická analýza vychází z Newtonova pohybového zákona $F=ma$, základní výchozí rovnice má tvar:

$$m u'' = f(t) - ku - cu'$$

k - tuhost, c -tlumení, m - hmota

u -posun, u' - rychlost, u'' - zrychlení

Schéma působících sil:



Pro celou uvažovanou oblast pak platí maticový zápis:

$$Mu'' + Cu' + Ku = F$$

kde M je hmotnostní matice, u je vektor posunů, u' je vektor rychlosti, u'' vektor zrychlení, C je matice tlumení, K je matice tuhosti a F je zatěžovací vektor.

Posuny u , rychlosti a zrychlení se mění s časem.

V případě statické analýzy jsou matice M a C nulové.
Hmotnostní matice zahrnuje hmotu materiálu (zemina+voda+případný konstrukční prvek).

Základní parametry dynamického modelu v programu PLAXIS v.8

V závislosti na typu řešené úlohy (zemětřesení nebo osamělý zdroj vibrací) se volí základní typ modelu (rovinné přetvoření nebo axisymetrický model).

Do základního nastavení patří rovněž zadání parametrů určujících délku a výšku modelu , zadání hodnoty gravitačního zrychlení, typu elementů a používaných fyzikálních jednotek.

Charakteristika hraničních podmínek modelu v případě dynamického zatížení

Při modelování seismických vlivů je vždy nutno do výpočtu kromě standardních geometrických hraničních podmínek (nejčastěji tzv. tuhá vana) , omezujících na hranici posuny v příslušném směru, zavést rovněž **podmínky absorpce na hranici**.

Absorpční podmínky umožňují absorbovat přírůstky napětí v důsledku dynamického zatížení na hranici modelu. Bez zavedení těchto absorpčních hraničních podmínek by totiž docházelo k nereálnému odrazu seismických vln zpět do modelu a k jejich vzájemné interakci.

Absorbovaná normálová a smyková napětí závisí na rychlostech šíření podélných a příčných vln V_p , V_s , na hustotě materiálu ρ a na příslušných stanovených rychlostech $\dot{u}_x, \dot{u}_y$ a mají tvar:

$$\sigma_n = -C_1 \rho V_p \dot{u}_x$$

$$\tau = -C_2 \rho V_s \dot{u}_y$$

kde C_1 , C_2 jsou relaxační koeficienty zlepšující absorpční efekt.

Pro typ úlohy s izolovaným zdrojem vibrací (axisymetrický model) se tento typ hraničních podmínek zadává pro pravou a spodní hranici modelu.

V případě modelování zemětřesných jevů (rovinné přetvoření) se pak uvedené hraniční podmínky zadávají na obou bočních a na spodní hranici modelu. Na této spodní hranici modelu jsou v tomto typu úloh ještě dále předepsány tzv. standardní hranice pro zemětřesné jevy - hodnoty posunů v horizontálním směru jsou na hranici jednotkové, hodnoty posunů ve vertikálním směru jsou nulové.

Materiálové charakteristiky

V případě modelování dynamických vlivů je nutno kromě základních charakteristik horninového prostředí (přetvárné, pevnostní, popisné parametry) zadat dále **rychlosti šíření vln v horninovém prostředí a charakteristiky materiálového tlumení.**

Rychlosti šíření vln (V_p – rychlost podélných vln, V_s – rychlost příčných vln) lze buď zadávat přímo nebo je možno tyto parametry spočítat na základě modulu pružnosti E , Poissonova čísla μ a objemové tíhy γ dle vztahů:

$$V_p = \sqrt{\frac{E_{oed}}{\rho}}, \quad E_{oed} = \frac{(1 - \mu)}{(1 + \mu)(1 - 2\mu)}, \quad \rho = \frac{\gamma}{g}$$

$$V_s = \sqrt{\frac{G}{\rho}}, \quad G = \frac{E}{2(1 + \mu)}$$

Dále je třeba pro zohlednění materiálového tlumení zadat tzv. **Rayleighovy parametry tlumení alfa a beta**. Materiálové tlumení vyplývá především z viskózních vlastností, tření a vývoje plasticity. V programovém systému Plaxis je zabudován následující vztah pro zohlednění materiálového tlumení:

$$C = \alpha_R M + \beta_R K,$$

kde M je hmota, K tuhost, α_R, β_R jsou **Rayleighovy koeficienty tlumení**.

Zadání těchto parametrů tlumení je nezbytné v případě řešení úlohy pro modelování vlivu zemětřesných jevů, pro axisymetrický model je mnohdy dostačující pouze geometrické tlumení, plynoucí z radiálního šíření vln prostředím.

Obecně platí, čím větší je hodnota parametru α_R , tím nižší frekvence jsou tlumeny, čím je vyšší hodnota β_R parametru, tím vyšší frekvence jsou tlumeny.

Charakteristiky dynamického zatížení a jeho aktivace

Dynamické zatížení může být v tomto výpočetním systému zadáno:

1) charakteristikami harmonického kmitání (amplituda a frekvence kmitání)

2) načtením příslušných časových hodnot posunů, rychlostí, případně zrychlení z ASCII souboru nebo ze souboru SMC

Kromě těchto uvedených charakteristik se dále zadává časový interval Δt , po který působí toto dynamické zatížení.

Vstupní zadávací okno pro parametry harmonického kmitání

Dynamic loading - Load System A

☒ Harmonic load multiplier

Amplitude multiplier: 10,0000

Frequency: 10,0000 Hz

Initial phase angle: 0,0000

☐ Load multiplier from data file

Browse...

OK Cancel

F^* (amplituda)

F (frekvence)

Φ_0 (fázový posun)

$$F = F^* \sin(\omega t + \Phi_0), \quad \omega = 2\pi f$$

Načtení příslušných časových dynamických záznamů ze souboru

- ASCII soubory - v příslušném ASCII souboru musí být zapsány na každém řádku aktuální čas a odpovídající hodnota posunů, rychlostí nebo zrychlení (údaje jsou odděleny alespoň jednou mezerou). Nejsou vyžadovány konstantní časové intervaly.
- Soubory formátu SMC - soubory formátu SMC (Strong Motion CD-ROM) jsou užívány U.S. Geological Survey National Strong-motion. Jedná se rovněž o ASCII soubory, které kromě textového komentáře, udávajícího popisnou charakteristiku zemětřesení a použitého seismického přístroje, obsahují souřadnice a odpovídající hodnoty seismické odezvy. Hodnotami odezvy jsou obvykle zrychlení, ale mohou zde být zaznamenány rovněž rychlosti, popř. posuny.

Aktivace dynamického výpočtu

- Aktivace dynamické analýzy se pak provádí v kalkulačním modulu programu Plaxis v.8 zadáním volby **Dynamic analysis** a charakteristiky příslušného dynamického zatížení jsou zadány prostřednictvím multiplikátorů zatížení .
- Dynamické zatížení je přitom superponováno s hodnotami statického zatížení, které může být zadáno rovněž nepřímo pomocí předepsaných posunů.
- V případě modelování zemětřesných jevů je celý model zatížen předepsanými hodnotami posunů, stanovených z příslušných záznamových souborů zemětřesení. Hodnoty rychlostí a zrychlení jsou přepočítávány na hodnoty posunů.

Zadávací okno pro zadání multiplikátorů dynamického zatížení

Total multipliers

Σ -Mdisp:	1,0000	+	
Σ -McontrA:	0,0000		
Σ -McontrB:	0,0000		
Σ -MloadA:	0,0000	+	
Σ -MloadB:	0,0000	+	
Σ -Mweight:	1,0000		
Σ -Maccel:	0,0000		
Σ -Msf:	1,0000		

Aktivace dynamického zatížení

Příklad 6: Posouzení stability svahu zatíženého dynamickým zatížením

S využitím softwarového systému GEO5 proveďte stabilitní posouzení svahu zatíženého dynamickým zatížením.

Svah je vysoký 10 m, sklon svahu je 30° . Parametry zemin: $\varphi=8^\circ$, $c=45$ kPa, $\gamma=18.5$ kN/m³. Maximální naměřená hodnota vodorovného zrychlení je 100 mm/s².

Proveďte srovnání stupně stability pro variantu s vlivem dynamického zatížení a bez vlivu dynamického zatížení.

Příklad 7: Posouzení dynamické odezvy budovy na seismické zatížení

S využitím softwarového systému PLAXIS posudte odezvu čtyřpatrové budovy na seismické zatížení. Využijte dostupných časových záznamů naměřených rychlostí seismického jevu. Šířka budovy je 6 m, výška 25 m. Výška nadzemní části budovy je 12 m, sklep je hluboký 2 m. Podlaha každého poschodí je vystavena zatížení 5 kN/m^2 . Podloží je tvořeno měkkými jíly tloušťky 20 m, pod těmito jílovými vrstvami se již nachází pevné skalní podloží. Vliv podzemní vody není v modelu uvažován.

Materiálové charakteristiky zemin v podloží

	Jíly
Model	Pružný
Objemová tíha (kN/m^3)	17
Modul pružnosti (kPa)	30 000
Poissonovo číslo	0.3
Rayleighovy parametry tlumení	0.01

Materiálové charakteristiky nosníkových prvků konstrukce budovy

Normálová tuhost (kN/m)	5 000000
Ohybová tuhost (kN/m ² /m)	9000
Tíha 1 m (kN/m/m)	5
Poissonovo číslo	0.2
Rayleighovy parametry tlumení	0.01

Příklad 8: Posouzení dynamické odezvy horninového prostředí vystaveného vibračním účinkům

S využitím softwarového systému PLAXIS vyhodnoťte dynamickou odezvu horninového prostředí na vibrování betonové piloty délky 11 m o průměru 0.4 m. Geologický profil v místě realizace piloty je tvořen 11 m jílu, pod touto vrstvou se nachází písčitá vrstva o mocnosti 7 m, dále již následuje skalní podloží. Dynamické zatížení je modelováno jako harmonické kmitání s maximální amplitudou 5000 kN a frekvencí 50 Hz.

Materiálové charakteristiky zemin v podloží a piloty

	Jíly	Písky	Pilota
Model	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Lineárně pružný
Objemová tíha (kN/m ³)	16	17	24
Modul pružnosti (kPa)	15000	50000	$3 \cdot 10^7$
Poissonovo číslo	0.3	0.2	0.1
Soudržnost (kPa)	2	1	-
Úhel vnitřního tření (°)	24	31	-