

AdvAnch 2015 – 1g
Uživatelský manuál
v. 1.0

Obsah

1. POPIS APLIKACE.....	3
1.1. Pracovní prostředí programu.....	3
1.2. Práce se soubory	4
1.3. Základní nástrojová lišta.....	4
2. ZADÁVÁNÍ HODNOT VSTUPNÍCH PARAMETRŮ.....	5
2.1. Geometrické charakteristiky zemní kotvy	5
2.2. Charakteristiky zemního prostředí v kontaktu s pláštěm kořene kotvy	6
2.3. Nastavení výpočtu.....	7
2.4. Vysokotlaká/tlaková injektáž.....	8
2.5. Sestavení t-z křivek.....	9
2.6. Zadání zatěžovacích stupňů, výsledky výpočtu.....	10
3. PROVEDENÍ VÝPOČTU, VÝSLEDKY	11
Příloha A: Chybové zprávy	12

1. POPIS APLIKACE

1.1. Pracovní prostředí programu

Základní nástrojová lišta

Sada karet pro zadávání hodnot vstupních parametrů

Grafické zpracování výsledků: závislost (a) osové síly, (b) smykového napětí, (c) osové deformace na poloze, (d) pracovní diagram

1. Geometrie zemní kotvy
 1.1 Základní geometrické charakteristiky
 Délka kořene zemní kotvy: 10 m
 Volná délka zemní kotvy: 8 m
 Celková délka zemní kotvy: 18 m
 Průměr vrtu: 156 mm
 1.2 Pozice zemní kotvy
 Sklon zemní kotvy: 90 °
 Hloubka hlavy kotvy pod UT: 0 m
 1.3 Vlastnosti materiálu táhla, injektáže
 Modul pružnosti materiálu injektáže: 2 GPa
 Modul pružnosti materiálu táhla: 210 GPa
 Počet lan táhla zemní kotvy: 6
 Průřezová plocha jednoho lana táhla kotvy: 150 mm²

2. Vlastnosti zemního prostředí
 2.1. Vstupní hodnoty
 Objemová tíha: 20 kN/m³
 Neodvodněná smyková pevnost zeminy: 100 kPa
 Nárůst neodvodněné smykové pevnosti na 1m hloubky: 25 kPa/m
 Efektivní úhel vnitřního tření: 24 deg
 Kritický úhel vnitřního tření: 20 °
 Residuální úhel vnitřního tření: 10 °
 Vrcholový úhel vnitřního tření: 14 °
 Vrcholová koheze: 85 kPa
 Constrained modulus: 80
 Power law: 0,35
 Poissonovo číslo: 0,35
 2.2. Odvozené hodnoty
 Součinitel zemního tlaku v klidu: 1,27
 Souč. zem. tlaku v klidu pro ukloněnou kotvu podle Mecsi (1997): 1,27
 Inclination of CSL line: 0,77

3. Nastavení výpočtu
 3.1 Rozdělení kořene kotvy na dílčí prvky
 Počet prvků: 10
 Délka prvku: 1 m
 3.2 Nastavení iteračních cyklů
 Maximální dovolená chyba pro iterační cyklus 1: 0,01 mm
 Maximální počet iterací pro iterační cyklus 1: 100 mm
 Maximální dovolená chyba pro iterační cyklus 2: 10 kN
 Maximální počet iterací pro iterační cyklus 2: 1000 mm
 Number of steps for shear stiffness iteration: 20
 3.3 Ostatní parametry
 Poloměr zóny vlivu: 2 m

→ Souřadnice uzlů prvků kořene kotvy byly exportovány do souboru: C:\Analýza zemních kotev - Souřadnice_uzlů.txt
 → Souřadnice středů prvků kořene kotvy byly exportovány do souboru: C:\Analýza zemních kotev - Souřadnice_středů_prvků.txt

Sestavené přenosové funkce pro prvky všechny kořene

Výpočetní info (přehled aktuálních hodnot vstupních parametrů)

Výpočetní záznam (informace o průběhu výpočtu)

Obr. 1 Pracovní prostředí aplikace

1.2.Práce se soubory

Projekty vytvořené v aplikaci je možné uložit a opětovně načíst pomocí souboru s příponou *.ac. Jde o textový soubor, ve kterém jsou uloženy vstupní hodnoty výpočtu.

Program využívá pro svůj chod adresář C:\Analýza zemních kotev (dále jen pracovní složka). Umístění pracovní složky není možné měnit. Do této složky jsou exportovány některé vstupy, všechny výsledky výpočtů, informace o průběhu výpočtu v podobě následujících souborů:

<i>Souřadnice_uzlů.txt</i>	Souřadnice uzlů prvků kořene kotvy
<i>Souřadnice_středů_prvků.txt</i>	Souřadnice středů prvků kořene kotvy
<i>Radiální_napětí_tuhost.txt</i>	Radiální napětí působící ve středech prvků kořene
<i>Přenosové funkce - Větev_zpevnění.txt</i>	Část zpevnění t-z křivek pro každý prvek kořene kotvy (vztaženo k jeho středu)
<i>Přenosové funkce - Větev_změkčení.txt</i>	Část změkčení t-z křivek pro každý prvek kořene kotvy (vztaženo ke středu prvku)
<i>Přenosové funkce - Celý průběh.txt</i>	Kompletní t-z křivky pro každý prvek kořene kotvy (vztaženo ke středu prvku)
<i>Základní_výsledky.txt</i>	Soubor obsahující výsledky pro sestavení pracovního diagramu: <i>dosažena síla v hlavě kotvy - deformace v hlavě kotvy</i>
<i>Podrobné_výsledky.txt</i>	Soubor obsahující výsledky ve formátu: <i>souřadnice středu + osová síla + celková deformace + mobilizované smykové napětí.</i>
<i>Informace_o_výpočtu.rtf</i>	Přehled výpočetních vstupů
<i>Záznam_o_výpočtu.rtf</i>	Informace o průběhu výpočtu

1.3.Základní nástrojová lišta

Soubor → Nový projekt	Založení nového projektu
Soubor → Otevřít projekt	Otevření stávajícího projektu
Soubor → Uložit projekt	Uložení stávajícího projektu
Pracovní prostory → Výpočetní info → Vymazat	Vymazání prostoru s informacemi o výpočtu
Pracovní prostory → Výpočetní info → Export	Export informací o výpočtu do souboru C:\Analýza zemních kotev\ <i>Informace_o_výpočtu.rtf</i>
Pracovní prostory → Výpočetní záznam → Ukázat	Zobrazení záznamu výpočtu
Pracovní prostory → Výpočetní záznam → Vymazat	Vymazání záznamu výpočtu
Pracovní prostory → Výpočetní záznam → Exportovat	Export informací o výpočtu do souboru C:\Analýza zemních kotev\ <i>Záznam_o_výpočtu.rtf</i>
Nápověda → Manuál	<i>Přístup ke třem návodům: (a) Teorie, (b) Uživatelský manuál, (c) Verifikace, tutoriál</i> Všechny návody jsou ve formě .pdf uloženy ve složce C:\Analýza zemních kotev\Soubory
Nápověda → O aplikaci	Zde je uvedena základní identifikace programu a aktuální verze.

2. ZADÁVÁNÍ HODNOT VSTUPNÍCH PARAMETRŮ

V následujícím textu jsou prezentovány všechny karty pro zadávání hodnot vstupních parametrů. Jsou zde také uvedeny odkazy na relevantní části manuálu *Teorie*, ve kterém jsou všechny veličiny podrobněji popsány.

2.1. Geometrické charakteristiky zemní kotvy

Geometrické charakteristiky a základní deformační charakteristiky materiálů zemní kotvy se zadávají v kartě *Geometrie*. Pro načtení aktuálních dat o geometrii zemní kotvy je vždy potřebné použít příkaz **Geometrie - aktualizace dat**. Je možné také použít příkaz **Aktualizace všech hodnot**, který aktualizuje všechny vstupní údaje výpočtu ve všech kartách.

Section	Parameter	Value	Unit
Základní geometrické charakteristiky zemní kotvy	Volná délka kotvy	8,00	m
	Kořenová délka kotvy	10,00	m
	Celková délka kotvy	18,00	m
	Průměr vrtu	156	mm
Pozice a sklon zemní kotvy	Sklon kotvy	90,00	°
	Hloubka hlavy kotvy pod terénem	0,00	m
Charakteristiky materiálu táhla a injektáže	Modul pružnosti materiálu injektáže	2	GPa
	Modul pružnosti materiálu táhla	210	GPa
	Počet lan	6	-
	Průřezová plocha jednoho lana	150	mm ²

1) Základní geometrické charakteristiky zemní kotvy

- Volná délka kotvy; l_v [m]
- Délka kořene kotvy; l_k [m]
- *Celková délka; l_c [m]
- Průměr vrtu; d_v [mm]

2) Pozice a sklon zemní kotvy

- Sklon zemní kotvy; α [°]
- Úroveň hlavy kotvy pod terénem; h_p [m]

3) Vlastnosti táhla a zálivky (injektáže)

- Modul pružnosti zálivky; E_g [GPa]
- Modul pružnosti táhla; E_s [GPa]
- Počet lan kotvy; n_t [-]
- Plocha jednoho lana; A_{t1} [-]

Obr. 2 Karta *Geometrie*

*Vypočte se automaticky.

V následující tabulce jsou uvedeny odkazy na příslušné části manuálu *Teoretické podklady*, kde jsou dané veličiny podrobněji vysvětleny.

Tab. 1 Reference na návod *Teoretické podklady*

l_v	l_k	l_c	d_v	α	h_p	E_g	E_s	n_t	A_{t1}
kap. 1.1, obr. 1-1						kap. 2-2			

2.2. Charakteristiky zemního prostředí v kontaktu s pláštěm kořene kotvy

Charakteristiky zeminy se zadávají v kartě *Geologie*. Pro načtení aktuálních dat kotvy je vždy potřebné použít příkaz **Geologie - aktualizace dat**. Je možné také použít příkaz **Aktualizace všech hodnot**, který aktualizuje všechny vstupní údaje výpočtu ve všech kartách. Předpokládá se homogenní zemní prostředí.

Section	Parameter	Value	Unit
Obecné	Objemová tíha	20,00	kN/m ³
Parametry smykové pevnosti	Neodvodněná smyková pevnost	100,00	kPa
	Nárůst neodvodněné pevnosti	25,00	kPa/m
	Efektivní úhel vnitřního tření	24,00	°
	Vrcholový úhel vnitřního tření	14,00	°
	Vrcholová koheze	85,00	kPa
	Kritický úhel vnitřního tření	20,00	°
	Residuální úhel vnitřního tření	10,00	°
Deformační parametry, ostatní	Exponent deformačního modulu	0,35	-
	Číslo deformačního modulu	80,00	-
	Poissonovo číslo	0,35	-
	Kalibrační konstanta (deformace-napětí)	0,90	-
	OCR	6,50	-

- 1) Základní údaje
 - a) Objemová hmotnost zeminy; γ [kN/m³]
- 2) Pevnostní parametry
 - a) Referenční hodnota neodvodněné smykové pevnosti; c_u^{ref} [kPa]
 - b) Přírůstek neodvodněné smykové pevnosti na 1m hloubky; Δc_u [kPa]
 - c) Efektivní úhel vnitřního tření (pro výpočet K_0); φ' [°]
 - d) Vrcholový úhel vnitřního tření; φ_p [°]
 - e) Vrcholová soudržnost; c_p [kPa]
 - f) Úhel vnitřního tření v kritickém stavu; φ_{crit} [°]
 - g) Úhel vnitřního tření v residuálním stavu; φ_{res} [°]
- 3) Deformační parametry, ostatní
 - a) Exponent deformačního modulu; m [-]
 - b) Číslo deformačního modulu; K [-]
 - c) Poissonovo číslo; ν [-]
 - d) *Kalibrační konstanta; R_f [-]
 - e) Stupeň překonsolidace; **OCR** [-]

Obr. 3 Karta *Geologie*

*Je nastavena doporučena výchozí hodnota tohoto parametru.

V následující tabulce jsou uvedeny odkazy na příslušné části manuálu *Teoretické podklady*, kde jsou dané veličiny podrobněji vysvětleny. Veličiny, které zde nejsou uvedeny jsou buď nastaveny na doporučenou hodnotu, nebo je jejich význam objasněn názvem.

Tab. 2 Reference na návod *Teoretické podklady*

c_u^{ref}	Δc_u	φ'	φ_p	c_p	φ_{cs}	φ_r	m	K	ν	R_f	OCR
(2-36)		(2-26), (2-29)	obr. 2-6, obr. 2-7				(2-20)		(2-21)	(2-18)	(2-26), (2-29)

2.3. Nastavení výpočtu

Parametry nastavení výpočtu se zadávají v kartě *Nastavení*. Pro načtení aktuálních dat kotvy je vždy potřebné použít příkaz **Nastavení - aktualizace dat**. Je možné také použít příkaz **Aktualizace všech hodnot**, který aktualizuje všechny vstupní údaje výpočtu ve všech kartách.

- 1) Rozčlenění na prvky
 - a) Počet prvků kořene kotvy; n_{seg} [-]
- 2) Nastavení iteračních cyklů
 - a) *Tolerance iteračního cyklu 1; Tol_{it-1} [mm]
 - b) *Počet kroků iteračního cyklu 1; N_{it-1} [-]
 - c) *Tolerance iteračního cyklu 2; Tol_{it-2} [kN]
 - d) *Počet kroků iteračního cyklu 1; N_{it-2} [-]
 - e) *Iterace smykové tuhosti; N_G [-]
- 3) Ostatní parametry, pokročilé nastavení
 - a) Zóna vlivu; r_m [m]
 - b) *Dovolená deformace segmentu
 - c) *Násobek zatížení - pokles; M_{Ld} [-]
 - d) *Násobek zatížení - nárůst; M_{Li} [-]

Obr. 4 Karta *Nastavení*

*Je nastavena doporučena výchozí hodnota tohoto parametru.

V následující tabulce jsou uvedeny odkazy na příslušné části manuálu *Teoretické podklady*, kde jsou dané veličiny podrobněji vysvětleny. Veličiny, které zde nejsou uvedeny jsou buď nastaveny na doporučenou hodnotu, nebo je jejich význam objasněn názvem.

Tab. 3 Reference na návod *Teoretické podklady*

Tol_{it-1}	N_{it-1}	Tol_{it-2}	N_{it-2}	r_m
kap. 3				(2-17), (2-19)

2.4. Vysokotlaká/tlaková injektáž

Parametry týkající se tlakové resp. dodatečné vysokotlaké injektáže a tahového namáhání materiálu injektáže se zadávají v kartě *Injektáž* Pro načtení aktuálních dat kotvy je vždy potřebné použít příkaz **Injektáž - aktualizace dat**. Je možné také použít příkaz **Aktualizace všech hodnot**, který aktualizuje všechny vstupní údaje výpočtu ve všech kartách.

Obr. 5 Karta *Injektáž*

* Je nastavena doporučena výchozí hodnota tohoto parametru.

+ Vypočte se automaticky, na základě zadané spotřeby injektované směsi V_g .

Vypočte se v případě využití teorie expanze válcové dutiny.

V následující tabulce jsou uvedeny odkazy na příslušné části manuálu *Teoretické podklady*, kde jsou dané veličiny podrobněji vysvětleny. Veličiny, které zde nejsou uvedeny jsou buď nastaveny na doporučenou hodnotu, nebo je jejich význam objasněn názvem.

Tab. 4 Reference na návod *Teoretické podklady*

d_k	$\varepsilon_{V,bleed}$	$\varepsilon_{a,lim}$	f_t
(2-27), (2-30)	(2-32)	kap. 2-3	

1) Tlaková injektáž, VTI

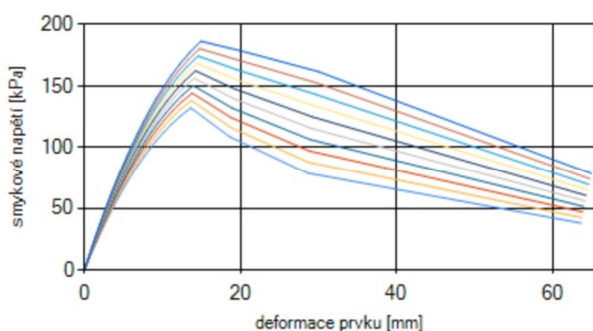
- a) Způsob zahrnutí injektáže
 - Bez vlivu VT
 - Zvětšení průměru kořene
 - Teorie expanze válcové dutiny (Randolph et al., 1979)
- b) Předpokládaný průměr kořene; d_k [mm]
- c) Objem injektované směsi; V_g [l/etáž]
- d) Vzdálenost mezi injekčními etážemi; a_g [m]
- e) Ztráty injekční směsi; Δv_g [%]
- f) *Teoretický průměr kořene; $d_{k, teorie}$ [mm]
- g) #Teoretický injekční tlak; $p_{g, teorie}$ [kPa]
- h) Konsolidace injektáže; $\varepsilon_{V,bleed}$ [%]

2) Materiál injektáže v tahu

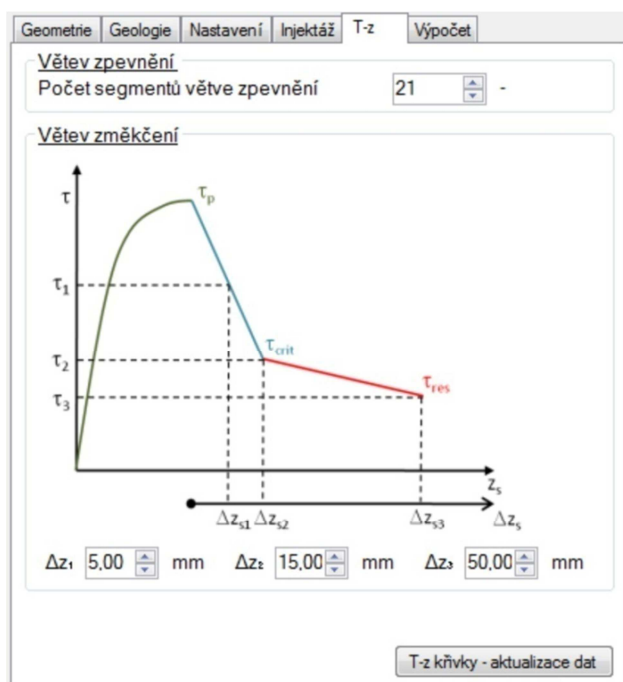
- a) Způsob zahrnutí redukce tuhosti
 - Bez redukce tuhosti
 - Redukce tuhosti jednouchý model
 - Tahové zpevňování - CEB FIP model
 - Tahové zpevňování - ACI 318 model
- b) *Limitní osové přetvoření; $\varepsilon_{a,lim}$ [-]
- c) Tahová pevnost materiálu injektáže; f_t [MPa]

2.5. Sestavení t-z křivek

Tvar větve zpevnění t-z křivek je závislý na hodnotách vstupních parametrů *Geologie* a *Injektáž*. Počet segmentů větve zpevnění a tvar větve změkčení se definují v kartě *T-z*. Pro načtení aktuálních dat kotvy je vždy potřebné použít příkaz **T-z křivky - aktualizace dat**. Je možné také použít příkaz **Aktualizace všech hodnot**, který aktualizuje všechny vstupní údaje výpočtu ve všech kartách. Sestavené t-z křivky pro každý prvek jsou po aktualizaci dat zobrazeny v grafu pod kartou (obr. 7).



Obr. 7 T-z křivky sestavené pro 10 prvků kořene kotvy



Obr. 6 Karta *T-z křivky*

- 1) Větev zpevnění
 - a) Počet segmentů větve zpevnění
- 2) Větev změkčování
 - a) Přírůstek deformace pro dosažení smykového napětí τ_1 ; Δz_1 [mm]
 - b) Přírůstek deformace pro dosažení smykového napětí τ_2 ; Δz_2 [mm]
 - c) Přírůstek deformace pro dosažení smykového napětí τ_3 ; Δz_3 [mm]

V následující tabulce jsou uvedeny odkazy na příslušné části manuálu *Teoretické podklady*, kde jsou dané veličiny podrobněji vysvětleny. Veličiny, které zde nejsou uvedeny jsou buď nastaveny na doporučenou hodnotu, nebo je jejich význam objasněn názvem.

Tab. 5 Reference na návod *Teoretické podklady*

Δz_1	Δz_2	Δz_3
obr. 2-6		

2.6. Zadání zatěžovacích stupňů, výsledky výpočtu

	Zatěžovací krok VSTUP [kN]	Zatěžovací krok VÝSTUP [kN]	Vypočtená deformace [mm]
▶	87	78,02	1,9
	200	208,15	5,68
	300	294,96	8,51
	400	404,93	12,23
	500	508,92	16,62
	550	558,24	19,6
	600	594,86	21,28
	650	642,1	25,77
*			

- *Předpokládaná trvalá deformace v hlavě kotvy pro první zatěžovací stupeň
- Zatěžovací stupně - vstupní hodnoty
- Zatěžovací stupně - výstupní (vypočtené) hodnoty
- Vypočtené trvalé deformace v hlavě kořene kotvy pro každý zatěžovací stupeň

Obr. 7 Karta *Výpočet*

*Je nastavena doporučená výchozí hodnota tohoto parametru

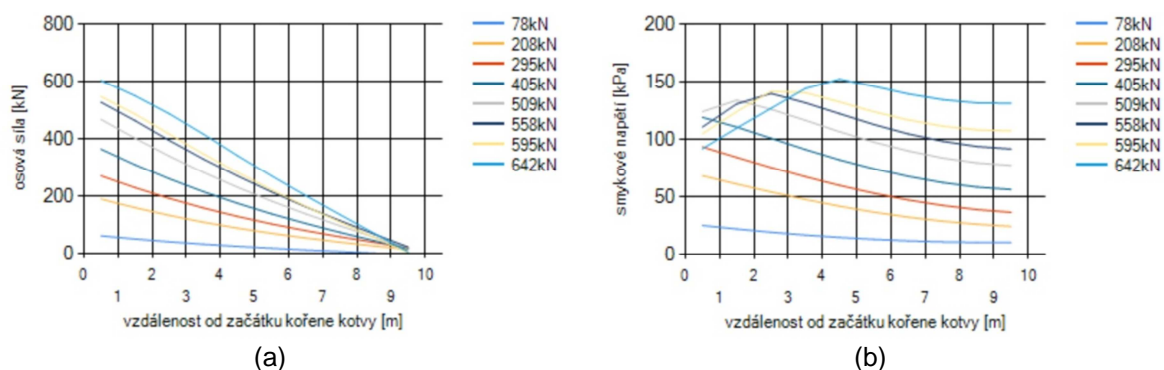
3. PROVEDENÍ VÝPOČTU, VÝSLEDKY

3.1. Zpuštění výpočtu

Před samotným zpuštěním výpočtu je vhodné zaktualizovat hodnoty všech vstupních parametrů příkazem **Aktualizace všech hodnot**. Výpočet se spouští příkazem **Výpočet** v kartě *Výpočet*. Úspěšný výpočet je zakončen zobrazením vypočtených sil a odpovídajících trvalých deformací v kartě *Výpočet*. Podrobné informace o průběhu výpočtu lze zobrazit příkazem **Pracovní prostory** → **Výpočetní záznam** → **Exportovat**.

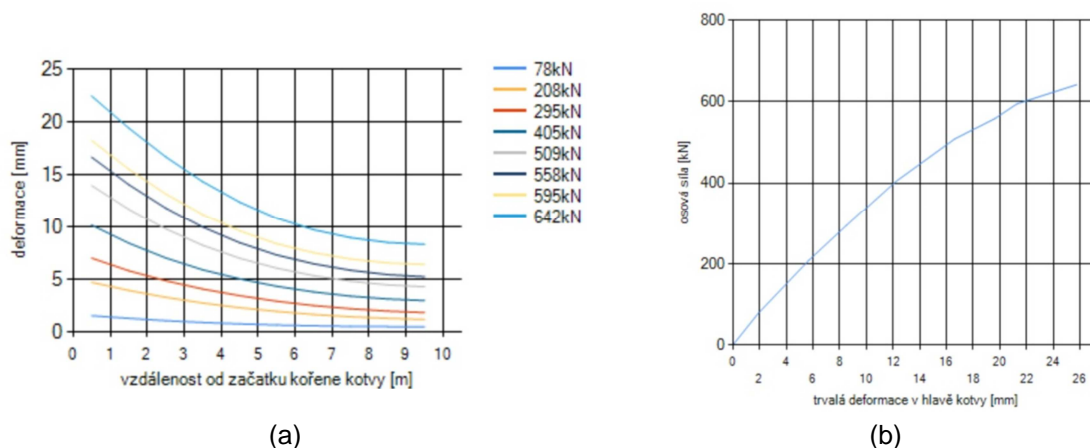
3.2. Získané výstupy

- Vypočtené hodnoty zatížení a odpovídajících trvalých deformací v hlavě kořene kotvy. Tyto hodnoty jsou zobrazeny v tabulce v kartě *Výpočet* (obr. 7). Data jsou taktéž exportována do souboru *Základní_výsledky.txt*.
- Závislost mezi osovou silou a vzdáleností od hlavy kořene kotvy pro všechny zatěžovací stupně (obr. 8a).
- Závislost mezi smykovým napětím na plášti kořene kotvy a vzdáleností od hlavy kořene kotvy pro všechny zatěžovací stupně (obr. 8b).



Obr. 8 Příklad závislosti osově síly (a), smykového napětí (b) na vzdálenosti od hlavy kořene kotvy pro 8 zatěžovacích stupňů

- Závislost mezi trvalou deformací kořene kotvy a vzdáleností od hlavy kořene kotvy pro všechny zatěžovací stupně (obr. 9a).
- Pracovní diagram: závislost mezi zatížením a odpovídající trvalou deformací v hlavě kořene kotvy (obr. 9b).



Obr. 9 Příklad (a) závislosti mezi trvalou deformací kořene kotvy a vzdáleností od hlavy kořene kotvy pro 8 zatěžovacích stupňů, (b) pracovního diagramu

Příloha A: Chybové zprávy

- "Chyba (1): Radiální napětí je menší než 0. Pokles radiálního napětí v důsledku konsolidace injektáže je příliš vysoký!"

Tento problém lze vyřešit snížením hodnoty parametru $\epsilon_{V,bleed}$ (poměrné objemové přetvoření - snížení objemu materiálu injektáže v důsledku její konsolidace) v kartě *Injektáž*.

- "Chyba (2): Maximální počet iterací pro úroveň zatížení: kN byl dosažen. Upravte zatížení!"

Není splněna podmínka (tolerance) pro ukončení iteračního cyklu. K tomu nejčastěji dochází v případě, kdy je zadaná úroveň zatížení vyšší než kořenová únosnost.

- "Chyba (3): Maximální počet iterací pro výpočet elastické deformace segmentu: byl dosažen. Změňte úroveň zatížení nebo zvyšte hodnotu parametru Tol_{it-1} ."

Není splněna podmínka (tolerance) pro ukončení iteračního cyklu. K tomu nejčastěji dochází v případě, kdy je zadaná úroveň zatížení vyšší než kořenová únosnost.