

Numerické řešení pažící konstrukce

Program: MKP

Soubor: Demo_manual_24.gmk

Cílem tohoto manuálu je vypočítat deformace kotvené stěny z ocelových štětovnic a dále zjistit průběhy vnitřních sil pomocí metody konečných prvků.

Zadání úlohy

Určete namáhání (deformace) kotvené opěrné stěny z ocelových štětovnic VL 503 ($500 \times 340 \times 9,7 \text{ }mm$), schéma konstrukce pro jednotlivé fáze budování je patrné z následujících obrázků. Stanovte vnitřní síly, které působí po délce kotvené stěny. Štětovnicová stěna je provedena z oceli EN 10 025 : Fe 360. Délka pažící konstrukce je 10 m.



2. fáze budování – odtěžení zeminy do hloubky 3,5 m



3. fáze budování – přidání kotvy



4. fáze budování – odtěžení zeminy do hloubky 5,5 m

Geologický profil se skládá ze dvou zemin, které mají následující parametry:

- 0,0 až 3,0 m: Písek hlinitý (třída S4, středně ulehlý),
- od 3,0 m: Jíl s nízkou či střední plasticitou (třída F6, konzistence tuhá).

Parametry zemin / Klasifikace (zatřídění)	Třída S4	Třída F6
Objemová tíha zeminy: $\gamma \left[kN/m^3 ight]$	18	21
Modul pružnosti: <i>E</i> [<i>MPa</i>]	10	4,5
Modul pružnosti: E_{ur} [<i>MPa</i>]	20	13
Poissonovo číslo: $oldsymbol{ u} \ [-]$	0,3	0,4
Soudržnost zeminy: $c_{ef} \; [kPa]$	5	12
Úhel vnitřního tření: $oldsymbol{\phi}_{ef}$ [°]	29	19
Úhel dilatance: $oldsymbol{\psi}$ [°]	0	0
Objemová tíha saturované zeminy: $\gamma_{sat} \left[k N/m^3 ight]^{-1}$	20	23

Tabulka s parametry zemin – kotvená stěna z ocelových štětovnic

Řešení

K výpočtu této úlohy použijeme program GEO 5 – MKP. V následujícím textu postupně popíšeme řešení příkladu po jednotlivých krocích:

- Topologie: nastavení a modelování úlohy (rozhraní, kontakty, zahuštění linií)
- Fáze budování 1: primární geostatická napjatost, zadání bodových monitorů
- Fáze budování 2: aktivace oblastí, zadání nosníků, výpočet deformací, vnitřní síly
- Fáze budování 3: zadání kotev
- Fáze budování 4: odtěžení zeminy, výsledky výpočtu + monitory.
- Vyhodnocení výsledků: porovnání, závěr.

Topologie: zadání úlohy

V rámu "Nastavení" ponecháme způsob výpočtu 1. fáze budování jako geostatickou napjatost. Typ výpočtu budeme uvažovat jako *rovinnou napjatost*, resp. deformaci.

— Charakteristiky úlohy ————————————————————————————————————	— Výpočtové normy —		— Rozšířené možnosti programu ———
Geometrie úlohy : Rovinná Typ výpočtu : Napjatost Tunely Umožnit zadat vodu pomocí výpočtu ustáleného proudění Umožnit dynamický výpočet zemětřesení	Betonové konstrukce : — Výpočet primární na Způsob výpočtu :	EN 1992-1-1 (EC2) pjatosti (1. fáze) Geostatická napjatost	 Podrobné parametry generování sítě Podrobné parametry zemin Speciální modely zemin Podrobné výsledky



Dále zadáme rozměry světa, které zvolíme dostatečně velké, aby výsledky nebyly ovlivněny podmínkami na okraji. Pro naši úlohu zvolíme rozměry modelu $\langle -20 m; 20 m \rangle$, hloubku od nejnižšího bodu rozhraní zadáme 10 m.





Dialogové okno "Rozměry světa"



Při výpočtech pažících konstrukcí je nutné definovat hloubky, do kterých bude provedeno odtěžení zeminy v jednotlivých fázích budování jako rozhraní zemin. V tomto případě tedy zadáme úroveň terénu o kótě 0,0 m a vodorovná rozhraní o výškových kótách – 3,0 m, – 3,5 m a – 5,5 m). Bod o souřadnicích [0,0; 0,0] tvoří vrchol pažící stěny.



Rám "Rozhraní"

Nyní zadáme příslušné parametry zeminy a následně přiřadíme zeminu do vzniklé oblasti. Pro tuto úlohu zvolíme modifikovaný Mohr-Coulombův model (viz *poznámka*).

Úprava vlastností zen	Úprava vlastností zeminy X							
— Identifikace —			- Model Mohr - Coulomb r	nodifikovaný			— ? · -z	obrazení
Název :	S4		Modul odtížení / přitížení :	E _{ur} =	20,00	[MPa]		Kategorie vzorků :
	Třída S4		Úhel vnitřního tření :	$\phi_{ef} =$	29,00	[*] 28	- 30 GEC	•
— Materiálový mo	del	? ·	Soudržnost zeminy :	c _{ef} =	5,00	[kPa] 0 -	10 Hlee	lat :
Materiálový model :	Mohr - Coulomb modifikovaný 🔹		Úhel dilatance :	ψ =	0,00	[°]		Podkategorie :
— Základní data –		? ·					Zen	niny (1 - 16) 🔹 👻
Objemová tíha :	$\gamma = 18,00 [kN/m^3]$	18,0						Vzorek :
Modul pružnosti : E = 10,00 [MPa] Tuhost s hloubkou : konstantní 🔹								- 10 Písek hlinitý
Poissonovo číslo :	v = 0,30 [-]	0,30						Barva :
- Vztlak								•
Zpusob vyp.vztlaku :	standardni 👻							Pozadí :
Obj.tiha sat.zeminy :	γ _{sat} = 20,00 [kN/m ³]						aut	omatické 🔹
							Syto	st <10 - 90> : 50 [%]
Zatřiď	Vymaž						OK + 🦊	V OK X Storno

Dialogové okno "Přidání nových zemin"

Přidání nových zemin						×
— Identifikace —		- Model Mohr - Coulomb m	nodifikovaný —		- ? - -	– Zobrazení ————
Název :	Třída F6, konzistence tuhá	Modul odtížení / přitížení :	E _{ur} =	13,00 [MPa]		Kategorie vzorků :
		Úhel vnitřního tření :	$\phi_{ef} =$	19,00 [°]		GEO 👻
 Materiálový mo 	del ?	Soudržnost zeminy :	c _{ef} =	12,00 [kPa]	H	fledat :
Materiálový model :	Mohr - Coulomb modifikovaný 🔻	Úhel dilatance :	ψ =	0,00 [°]		Podkategorie :
— Základní data —	~~~~?					Zeminy (1 - 16)
Objemová tíha :	γ = 21,00 [kN/m ³]					vzorek :
Modul pružnosti :	E = 4,50 [MPa]					
Tuhost s hloubkou :	konstantní 🔹					<u></u>
						4 Jii
Poissonovo číslo :	v = 0,40 [-]					Barva :
— Vztlak ———	~~~?					·
Způsob výp.vztlaku :	standardní 🗸					Pozadí :
Obj.tíha sat.zeminy :	γ _{sat} = 23,00 [kN/m ³]					
					S	ytost < 10 - 90> : 50 [%]
Zatřiď	Vymaž					🕂 Přidej 🗙 Storno

Dialogové okno "Přidání nových zemin"

Poznámka: Při výpočtu pažících konstrukcí je nutné zavést kontaktní prvky mezi zeminou a nosníkem. Řešení úloh bez kontaktních prvků vede k naprosto nereálným výsledkům (více viz Help – F1).



Použití kontaktních prvků

Na následujícím obrázku je zobrazeno přiřazení zemin do geologického profilu.



Rám "Přiřazení"

Dalším krokem je zadání parametrů kontaktu (pomocí tlačítka "Přidat"). Na nosníkové prvky je při výpočtech pažení vždy nutné definovat kontakt s nelineárním materiálovým modelem. V tomto případě vybereme možnost "Mohr-Coulomb", abychom získali reálné výsledky. Redukci parametrů zemin na kontaktu předpokládáme jako $\delta c = \delta \mu = 0,3$ a tuhosti kontaktu ponecháme se standardními hodnotami jako $K_s = K_n = 20\ 000\ kN/m^3$.



Dialogové okno "Nové typy kontaktů"

Poznámka: Kontaktní prvky se používají při výpočtech, kde je nutno zohlednit vzájemné působení konstrukce a okolního prostředí – rozhraní dvou zcela odlišných materiálů (zemina – pažení). Typickým příkladem použití kontaktních prvků je modelování pažících konstrukcí, opěrných zdí či tunelových ostění, kde kontaktním prvkem simulujeme tenkou oblast zeminy či horniny, ve které dochází k intenzivnímu namáhání převážně smykem. Kontakty lze zadávat i samostatně mezi jednotlivými rozhraními zemin. Kontaktní prvek je element s nulovou tloušťkou vyjadřující vztah mezi kontaktními napětími a relativní změnou posunů podél kontaktu (více viz Help – F1).



Schematické znázornění tuhosti kontaktního prvku

Poznámka: Přestože v případě zcela plastického chování kontaktu není volba parametru K_s významná, je velikost této veličiny rozhodující pro úspěšné řešení uvažovaného nelineárního problému. Příliš vysoké hodnoty tuhostí (nad 100 000 kN/m^3) mohou vést k oscilaci numerického řešení. Naopak příliš nízké hodnoty parametrů K_s a K_n (pod 10 000 kN/m^3) vedou k nereálným deformacím konstrukcí. Vlastní hodnoty kontaktních napětí však nejsou volbou tuhostí K_s a K_n zásadně ovlivněny (více viz Help – F1).



Následně v rámech "Volné body" a "Volné linie" zadáme geometrii pažící konstrukce. Princip zadávání volných bodů a linií byl podrobněji popsán v předchozí kapitole 23. Namáhání ostění kolektoru.



Dialogové okno "Nové volné body"

Nejprve zadáme nový volný bod o souřadnicích [0,0; – 10,0]. Volná linie tvořící pažící stěnu vznikne spojením tohoto bodu s bodem rozhraní terénu (více viz Help – F1).



Dialogové okno "Nové volné linie"

Posledním krokem při zadávání topologie je vygenerování sítě konečných prvků. V okolí pažící stěny je vhodné definovat zahuštění sítě KP. V rámu "Zahuštění linií" zvolíme příslušný dosah o poloměru r = 5,0 m a délku hrany prvků l = 0,25 m.



Dialogové okno "Nová zahuštění linií"

Poté přejdeme do rámu "Generování sítě" a vygenerujeme síť s délkou hrany prvků 1,0 m (pomocí tlačítka "**Generuj**"). Program automaticky vyhladí zahuštěnou síť KP.

Poznámka: Následně provedeme vizuální kontrolu, zda je hustota sítě konečných prvků vzhledem k rozsahu a složitosti dané úlohy přiměřená (více viz Help – F1). Podobně jako snížení smykové tuhosti, tak i zahuštění sítě přispívá ke stabilizaci nelineárního výpočtu.



Rám "Generování sítě" – délka hrany prvků 1,0 m (s lokálním zahuštěním sítě v okolí stěny)



Fáze budování 1: primární geostatická napjatost

Po vygenerování sítě přejdeme do 1. fáze budování a v rámu "Voda" zadáme hladinu podzemní vody (dále jen HPV) v hloubce 3,0 m pod úrovní terénu (viz *obrázek*).



Rám "Voda" – Fáze budování 1 (průběh HPV v hloubce 3,0 m)

Provedeme výpočet primární geostatické napjatosti. Nastavení výpočtu ponecháme jako "Standardní" (více viz Help – F1).



Rám "Výpočet" – Fáze budování 1 (Svislé geostatické napětí $\sigma_{z,ef}$)

Pro sledování hodnot určitých veličin (v průběhu výpočtu jednotlivých fází budování) v programu definujeme tzv. *bodové monitory* (pomocí tlačítka "Přidat"). Sledovaná místa zvolíme v bodech, které budou představovat hlavu a patu modelované pažící stěny, tj. [0,0; 0,0] a [0,0; – 10,0] a dále v oblasti odtěžení zeminy na dně stavební jámy [0,0; – 5,5].



Rám "Monitory" – Fáze budování 1 (Bodové monitory)

Poznámka: Jednotlivé hodnoty veličin, které chceme zobrazovat ve výsledcích, upravíme podle tlačítka "Nastavení" (v pravé dolní části obrazovky). Pro výpočty pažících konstrukcí nás nejvíce zajímá změna geostatického napětí a dále velikost svislé, resp. boční deformace.

Fáze budování 2: modelování nosníkových prvků

V této fázi budování nejprve přejdeme do rámu "Nosníky" a namodelujeme pažící stěnu z ocelových štětovnic. Definujeme následující parametry – umístění nosníku, materiál a třídu oceli, typ průřezu (VL 503), uložení konců nosníku a kontakty (více viz Help – F1).

Nové nosníky						×
— Topologie ————		— Název ——				
Umístění : voli	ná linie 🔻	Název :	Nosník č. 1			
Volná linie : Vol	Iná linie č. 1 🔹	— Uložení —				
- Parametry		Začátek :				
 Uvažovat vlastní tíhu 		Konec :	⊢ -			
— Průřez a materiál ———	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·					
Typ průřezu :	štětovnice		 Typ materiálu : 	ocel		•
Štětovnice : VL 503			Název : El	N 10025 : Fe 360		
	Katalog		b	[Katalog	Vlastní
I _y = 2,12E-04 m ⁴ /m; A = 1,49E-02 m ² /m; E = 210000,00 MPa; G = 81000,00 MPa — Kontakty						
 Uvažovat kontakt vlev 	vo		✓ Uvažovat kontakt	t vpravo		
Typ kontaktu : Ko	ntakt pažení zemina	•	Typ kontaktu :	Kontakt pažení	zemina	•
					🕂 Přidej	🗙 Storno

Dialogové okno "Nové nosníky" – Fáze budování 2

Poté v rámu "Aktivace" nejprve namodelujeme odtěžení zeminy – dané oblasti v programu zadáme kurzorem na myši jako neaktivní (více viz Help – F1).



Rám "Aktivace" – Fáze budování 2

Poznámka: Z předchozího obrázku je patrné, že automatický korektor konstrukce zabudovaný v programu rozdělil rozhraní zemin předělené stěnou na jednotlivé ohraničené oblasti (více viz Help – F1).



Dále v rámu "Voda" zadáme změnu průběhu HPV podle následujícího obrázku. Ostatní parametry se nemění.



Rám "Voda" – Fáze budování 2 (změna průběhu HPV)

Nyní provedeme výpočet 2. fáze budování a prohlédneme si výsledky pro průběhy vnitřních sil po délce nosníku, ekvivalentní plastické deformace a deformovanou konstrukci.



Rám "Výpočet" – Fáze budování 2 (sednutí d_x – deformovaná konstrukce)



Rám "Výpočet" – Fáze budování 2 (ekvivalentní plastická deformace $E_{d,pl}$, vektory posunů)

Ger G5 2022 - MMP (32 bit) (Tunel, Provideri, Konzoldace, Zemétlesen) (CUIberstavani Desktop/Revice FEM 24 a 34/CS24_mkp/Demo_manual_24_proce z 306, po noonky gmk *] Soubor Uppyy Zedakimi Nyinapy, Ibataveni Napovéda			_ @ X
µ (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1)			
+ Hodnoty: celkové v Velička: Plastické ekvivalentní deviatorické přetvoření E _{n el} v Podrobné výsledky Plašně : (nezobrazovat) v Skř.: (nezobrazovat) v nedeformovaná v			Režimy _
	NE,00 10,00 20,00	2 (m)	Aktivace
			Woda
			- New Av
			Kostakty
	2		X Redové rednery
8:			Liniové podpory
8			5 M
			fr blickder
			Reminy
si anti anti anti anti anti anti anti ant			JE Wiztuhy
			Přitížení
	<11		📇 Zatižení nosníků
s:			E Prutoś oblasti
			Výpočet
8-1 D			Confe
			A Stabilita
	21		
		<0,00 %	Legenda _
4,41;-0,84 [m]		_ 1,32 %>	
* Wypołet Veliciny na neamicich Popipy a kady	Pracovní plocha 🕶 🛛 Uk	ložené pohledy	
piná barva 🗸 🗹 Veličiny na nosnících 🖉 Moment (M)	odstíny šedé 🔹 <26	idné> 👻	Výstupy _
Hodnoty na ploše Napiti na kontaktech Normálová síla - tlak (N-)	✓ Vymezení rozsahu	Ulložit	B* Přidat obrázek
Sklopené řezy Normálová síla - tah (N+)	Méńtko vodorovné	and a shierce	Výpočet: 5
Vektory Posourajej sila (2)	Méńtko svislé		Celkem: 8
Amery Anima otromace (u)			🕒 Seznam obrázků
Porulari tahowi podminky			Správce dodatků
		Výchozí nastavení	
	*	¥ 7	
₫~	*	Zavh	"B Kopirovat gohled

Rám "Výpočet" – Fáze budování 2 (průběh ohybových momentů M)

Fáze budování 3: zadání kotev

Přidáme 3. fázi budování a v rámu "Kotvy" stiskneme tlačítko "Přidat" a v dialogovém okně "Nové kotvy" zadáme ocelovou kotvu s velikostí předpínací síly $F = 185 \ kN$. Kotvu uvažujeme v hloubce 2,9 m pod úrovní povrchu terénu – souřadnice hlavy kotvy tedy zadáme bodem [0,0; – 2,9].

Poznámka: Kotvy jsou v programu modelovány pomocí elastického tyčového prvku s konstantní normálovou tuhostí. Porušení kotevního prvku je dáno zadáním maximální síly. Kotva je uchycena do zeminy ve dvou bodech – na počátku a na konci. Po délce kotvy není působení mezi zeminou a výztužným prvkem uvažováno (více viz Help – F1).

V této úloze budeme uvažovat následující parametry kotvy:

- Délka kotvy: l = 12 m,
- Sklon kotvy: $\alpha = 15$ °,
- Průměr kotvy: d = 10 mm,
- Vzdálenost mezi kotvami: b = 1 m.

Poznámka: Tuhost kotvy uvažovaná ve výpočtu je definována modulem pružnosti, plochou kotvy a vzdáleností kotev. Je potřeba si uvědomit, že v případě rovinné deformace jsou diskrétní kotvy nahrazeny membránou o šířce 1 m. Dalším důležitým vstupním údajem u kotev je předpínací síla a síla

GEO5

na mezi přetržení kotvy. V tomto případě nebudeme uvažovat možnost přetržení výztužného prvku, a proto zadáme dostatečně velkou velikost síly na mezi přetržení F_c (více viz Help – F1).

Nové kotvy				×
— Umístění kotvy —				
Počátek :	přichytit	na terén aktuální f	áze 🔻	₹
	x =	0,00	[m]	b [x,z]
	z =	-2,90	[m]	
Konec :	zadat déll	ku a sklon kotvy	-	
Délka :	I =	12,00	[m]	
Sklon :	α =	15,00	[°]	
Vzdálenost mezi kotva	mi: b=	1,00	[m]	
— Tuhost kotvy ———				
Způsob zadání :	průměr k	otvy	•	
Průměr :	d =	10,0	[mm]	
Modul pružnosti :	E =	120000,00	[MPa]	
Síla na mezi přetržení :	F _c =	1000,00	[kN]	
Uvažovat působen	í v tlaku			
— Síla v kotvě ———				
Síla :	F =	185,00	[kN]	
		÷	Přidej	🗙 Storno

Dialogové okno "Nové kotvy" – Fáze budování 3

Poznámka: Kotva se při výpočtu deformuje. V důsledku deformace kotvy a okolního masivu pak může dojít k poklesu zadané předpínací síly v kotvě. Chceme-li tedy dosáhnout konkrétní předpínací síly, je nutné kotvu v další fázi na tuto sílu dopnout, nebo zadat dostatečně větší předpínací sílu (výsledná síla v kotvě po provedení výpočtu se zobrazuje u hlavy kotvy pod zadanou předpínací silou). V dalších fázích budování nelze parametry kotvy měnit, lze ji pouze dopnout na novou předpínací sílu, popřípadě úplně odstranit z konstrukce.

Uložení kotvy v masivu by mělo být dostatečně tuhé (uchycení na prvek), aby nedocházelo k nereálnému vytažení kotvy při vniku významných plastických deformací v okolí kořene kotvy (uchycení na uzel, příliš velké zahuštění v okolí kořene) a tím nereálné ztrátě předpínací síly.



Nyní provedeme výpočet 3. fáze budování a opět si prohlédneme výsledky numerického řešení (obdobně jako v předchozí fázi budování).



Rám "Výpočet" – Fáze budování 3 (průběh ohybového momentu M)

Fáze budování 4: odtěžení zeminy

Přidáme 4. fázi budování a v rámu "Aktivace" odtěžíme zbylou zeminu. Nejprve vybereme danou oblast kurzorem na myši a poté klikneme na tlačítko "Neaktivní".



Rám "Aktivace" – Fáze budování 4



V posledním kroku při zadávání 4. fáze budování změníme hladinu podzemní vody podle následujícího obrázku. Ostatní vstupní parametry zůstávají beze změn.



Rám "Voda" – Fáze budování 3 (změna průběhu HPV)

Nyní provedeme výpočet 4. fáze budování a opět si prohlédneme výsledky numerického řešení (obdobně jako v předchozí fázi budování).



Rám "Výpočet" – Fáze budování 4 (posunutí dx)

Z tohoto obrázku plyne, že maximální boční deformace v okolí pažící stěny provedené z ocelových štětovnic je 34 mm.

GEO	5 2022 - MKP (32 bit)	(Tunel, Proudeni, Konsolidace, Zemétleseni) [C/Users/turan/Desktop)/Revice FEM 24 a 34/CS32_mbp/Demo_manual_24_prace z 30.6, po nosniky.gmk *]			-	σ×
Soubor	Úprgvy Zadáván	(<u>Vitupy</u> <u>Nataveni</u> Nagovéda				
Soubor) 🕒 · 🖪					
,↑,	Hodnoty: celko	vé 💌 Velkčina z Plastické ekvivalentní deviatorické přetvoření E _{d. S} 🔹 📄 Podrobné výsledky Plošně z koplochy 🔹 Stří z (nesobrazovat) 🔹 (nedeformovaná 🔹			Režimy	-
.+.	-22,00	-20,00 -30,00 -30,00 -40,00 -40,0 -40,0 -20,0 0,00 2,00 4,00 4,00 1,00 10,00	20,00 2 [m]	0,00	Akti	/ace
Q	8	0.4		0,45	Phia	zení
-		www.	-11	1,35	Woda	
\geq	2		21	1,80	R Nos	níky
	5-			2,25	W Red	takty
	87-		-11	3,15	A Linic	wé podpory
	8			3,60	5 Katu	
	*		⊲⊨	4,50	f Hret	y uky
	10			4,95	T Rozp	iéry
	6.00		-11	5,43	,≓ Výzt	uhy
	8				📥 Přitů	tení
	8		<11		77	eni nosniku
	4		⊲∣		& Pruž	në oblasti
					Výpe	itee
	0011	De la construcción de la const			Graf	u u u u u u u u u u u u u u u u u u u
	8		<1I		🤙 Stab	, ilita
	ä					
-						
	8.4					
Oate	8		⊲∣	Rovnoměrná 🔻		
10				P + E	Laurada	_
8 6 7	2E			<0,00 %	Legenda	
~~				5,43 %>		
1	应	Výpočet naplatosti skončil úspěšně.		🔁 Kopirovat		
	Počítej	Nastaven vypochu : standardne		spočtenou HPV	Výstupy	-
5	Nastavení	Dosađené zatičení = 100,00 %			B Prid	st obrázek
5	Průběh výpočtu				vypocet : Celkern :	5
	/				A ^{II} Sezo	o am obrázků
					(m) (m)	
			2		IIII Språ	vce dodatků
			ainta			
počet			oschr			
Ϋ́			3		"B Kopi	rovat gohled

Rám "Výpočet" – Fáze budování 4 (ekvivalentní plastická deformace E_{d.,pl.})

Z vykreslení ekvivalentních plastických deformací je patrné, že k největšímu zplastizování zeminy dochází v okolí paty pažící stěny. Ve druhé fázi budování docházelo ke zplastizování zeminy v okolí místa budoucí kotvy (více viz Help – F1).



Rám "Výpočet" – Fáze budování 4 (průběh ohybových momentů M)

Z obrázku průběhu ohybových momentů po délce pažící stěny zjistíme lokální extrémy a zaznamenáme je do tabulky, která je uvedena v předposlední části této kapitoly.



🕒 • 🔲 • 🙀 able... ouber ÷ Q 🏪 Al 8. \ge 8 $\Box \Box \Box$ 82 10,00 ŝ -6,88; -0,60 [m 🔚 🔹 🕂 🍼 Přídat graficky 🕇 🚔 Př B* Pr 151 **III** :

Nyní si prohlédneme výsledky pro monitory a zjistíme deformace v hlavě pažící stěny.

Rám "Monitory" – Fáze budování 4 (Bodové monitory)

Vyhodnocení výsledků

V následující tabulce jsou vypsány extrémy vnitřních sil na po délce štětovnicové stěny pro 2. a 3. fázi budování. Jedná se o hodnoty ohybových momentů. Tento výpočet jsme provedli nejprve pro modifikovaný Mohr-Coulombův materiálový model s lokálním zahuštěním linií a poté jsme tyto výsledky porovnali s programem GEO 5 – Pažení posudek.

Materiálový	Fáze 2	Fáze 4 – pole	Fáze 4 – kotva
model / program	$M\left[kNm/m\right]$	$M\left[kNm/m\right]$	$M\left[kNm/m\right]$
MCM (modifikovaný M-C)	9,60	-49,00	104,40
Pažení posudek * (analytické řešení)	29,16	- 28,91	110,57

Souhrnný přehled výsledků – ohybové momenty po délce pažící konstrukce

Poznámka *: Pro analytické řešení jsme uvažovali výpočet modulu vodorovné reakce podloží podle Schmitta (více viz Help – F1). Doplňující parametry zemin jsme definovali takto:

_	Třída S4, středně ulehlá:	výpočet tlaku v klidu – nesoudržná zemina,
		úhel tření mezi konstrukcí a zeminou $\delta=17$ °,
		modul přetvárnosti zeminy $E_{def} = 10 MPa$.
_	Třída F6, tuhá konzistence:	tlak v klidu – soudržná zemina ($ u=0,4$),
		úhel tření mezi konstrukcí a zeminou $\delta=14$ °,
		modul přetvárnosti zeminy $E_{def} = 4,5 MPa.$

Nastavení výpočtu jsme uvažovali jako "Standardní – mezní stavy". Vlastní výpočet zemních tlaků byl proveden bez redukce parametrů zemin. Při výpočtu jsme dále neuvažovali hodnotu minimálního dimenzačního tlaku (více viz Help – F1).

Závěr

Z výsledků numerického výpočtu lze vyvodit následující závěry:

- Lokální zahuštění sítě KP v okolí pažící stěny vede k přesnějšímu zjištění výsledků vnitřních sil.
- Pro výpočty pažících stěn je zapotřebí používat kontaktní prvky a nelineární materiálové modely, které zohledňují vznik plastických deformací a lépe vystihují reálné chování konstrukcí v okolním masivu.
- Maximální ekvivalentní plastické deformace $E_{d,pl.}$ vyjadřují místa, kde dochází ke zplastizování zeminy a představují potenciální oblast porušení (vlivem překročení podmínky plasticity materiálu).