

Výpočet sedání kruhového základu sila

Program: MKP

Soubor: Demo_manual_22.gmk

Cílem tohoto manuálu je popsat řešení sedání kruhového základu sila pomocí metody konečných prvků a modulu osová symetrie.

Zadání úlohy

Určete sednutí kruhového základu sila (tloušťky 0,5 m a průměru 20,0 m) vyvolané jeho celkovým naplněním, tj. přitížením o velikosti q = 150 kPa. Dále stanovte celkové sednutí sila po následném vyprázdnění. Geologický profil včetně parametrů zemin je stejný jako v předchozí úloze (*21. Výpočet sedání terénu od pásového přitížení*). Pro tento případ využijte **osovou symetrii**. Kruhový základ sila je proveden z vyzrálého ŽB třídy C 20/25.



Schéma zadání úlohy – kruhový základ sila z železobetonu

GEO5

Hodnoty celkové svislé deformace, tj. sednutí $d_z [mm]$ zde budeme uvažovat pouze pro Mohr-Coulombův materiálový model. Porovnání ostatních materiálových modelů s různou hustotou sítě bylo provedeno v předchozí kapitole (*21. Výpočet sedání terénu od pásového přitížení*).

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 (volné body)
- Fáze budování 1: primární geostatická napjatost,
- Fáze budování 2: modelování a zatížení nosníkových prvků, výpočet sedání,
- Fáze budování 3: výpočet sedání terénu (deformace) po odtížení, vnitřní síly.
- Vyhodnocení výsledků: porovnání, závěr.

Poznámka: K výpočtu této úlohy zvolíme postup modelování pomocí nosníkových prvků, kdy základ kruhového sila budeme uvažovat jako ŽB nosník bez přidaných kontaktů. Problematika kontaktních prvků bude více rozebrána v kapitole 24. Numerické řešení pažící konstrukce.

Topologie: zadání úlohy

V rámu "Nastavení" zvolíme typ úlohy s možností "Osově symetrická". Ostatní údaje ponecháme beze změn.

— Charakteristiky úlohy ————————————————————————————————————		— Výpočtové normy ————		— Rozšířené možnosti programu ———	
Geometrie úlohy :	Osově symetrická 🗸 👻	Betonové konstrukce : E	EN 1992-1-1 (EC2) 🔹	Podrobné parametry generování sítě	
Typ výpočtu :	Napjatost 🗾 🗸	— Výpočet primární napj Způsob výpočtu :	jatosti (1. fáze) Geostatická napjatost 🔻	 Podrobné parametry zemin Speciální modely zemin Podrobné výsledky 	



Poznámka: **Osová symetrie** je vhodná pro řešení rotačně souměrných úloh. Tomuto předpokladu musí vyhovovat jak geometrické uspořádání konstrukce, tak i zatížení. Vhodným příkladem je proto řešení této úlohy – kruhového základu sila.

Řešení je vztaženo na 1 rad délky obloku o poloměru x(r). Osa symetrie vždy představuje počátek souřadnice x(r). Smykové složky deformace ve směru rotace lze zanedbat. Vedle složek

napětí a deformace v rovině řezu se uvažuje také vznik obvodové normálové složky napětí a deformace (více viz Help – F1).

V rámu "Rozhraní" nejprve nastavíme nové rozměry světa a poté zadáme souřadnice prvního bodu rozhraní **[10,0]**. Další bod rozhraní (na okraji) program již doplní automaticky.

🕝 GEOS 2020 - MKP (Tunel, Proudění, Konsolidace) [Nepojmenovaný.gmk *]		- 🗆 ×
Soubor Úpravy Zadáváni Výstupy Nastaveni Nápověda		
0.00 0.00 2.00 3.00 4.00 5.00 6.00 7.00 18.00 18.00 2.00	22.00 28.00 28.00 (m)	Reimy _ ■ Projekt ♦ Nastavení ■ Zeminy ■ Tuhá tělesa ■ Průzení ™ Typy kontaků V Volné linie © Zahuštění bodů © Zahuštění linií © Volné zahuštění © Generování stě
		-
Pridat rozhrani	• Kopirovat	Winterne
Číslo- Rozhraní	 verein 	vystupy _
I Kozhrani I	P cery 20 profil	Bozhrapí: 0
		Celkem: 0
		🔠 Seznam obrázků
	ka "	
	chrár	
Kozh	Geos	B₁ Kopírovat pohled

Rám "Rozhraní" + dialogové okno "Rozměry světa"



Poté definujeme parametry zemin a přiřadíme je do oblasti rozhraní č. 1. Tuhá tělesa ani typy kontaktů v tomto případě uvažovat nebudeme.

Přidání nových zemin					×
— Identifikace —		- Model Mohr - Coulomb		- ? -	— Zobrazení ————
Název :	Zemina č. 1	Modul odtížení / přitížení :	E _{ur} = 45,00 [MPa]		Kategorie vzorků :
		Úhel vnitřního tření :	φ _{ef} = 29,00 [°]		GEO 🗸
 Materiálový mo 	del ? -	Soudržnost zeminy :	c _{ef} = 8,00 [kPa]		Hledat :
Materiálový model :	Mohr - Coulomb 👻	Úhel dilatance :	ψ = 0,00 [°]		Podkategorie :
— Základní data —	?				Zeminy (1 - 16) 👻
Objemová tíha :	γ = 19,00 [kN/m ³]				Vzorek :
Modul pružnosti :	E = 15,00 [MPa]				ententententent
Tuhost s hloubkou :	konstantní 🔹				5.10 p(cžtr)
Poissonovo číslo i	0.25 [1				Barva :
- Vztlak	2 - 0,55 [-]				-
Zulan	etanologia -				Pozadí:
					automatické 🔹
Obj.tiha sat.zeminy :	γ _{sat} = 21,00 [kN/m ²]				Sytost <10 - 90> : 50 [%]
Zatřiď	Vymaž				🕂 Přidej 🗙 Storno

Pro generování sítě budeme nejprve uvažovat délku hrany prvků sítě 2,0 m.



Rám "Generování sítě" – Trojúhelníková síť s délkou hrany prvků 2,0 m

Po vyhlazení a vygenerování sítě jsme došli k závěru, že vzhledem k rozsahu dané úlohy je síť příliš hrubá, a proto upravíme délku hrany prvků sítě na 1,0 m.





Rám "Generování sítě" – Trojúhelníková síť s délkou hrany prvků 1,0 m

Poznámka: Pro řešenou oblast pod kruhovým základem sila by bylo vhodné provést zahuštění linií, resp. prvků sítě (více viz Help – F1). Tuto funkci podrobněji popíšeme v následující kapitole 23. Namáhání ostění kolektoru.



Fáze budování 1: primární geostatická napjatost

Po vygenerování sítě KP přepneme do 1. fáze budování a poté provedeme výpočet primární geostatické napjatosti. Nastavení výpočtu ponecháme jako "Standardní" (více viz Help – F1).



Rám "Výpočet" – Fáze budování 1

Fáze budování 2: modelování a zatížení nosníkových prvků

V dalším kroku přidáme 2. fázi budování. Poté v rámu "Nosníky" definujeme následující parametry – umístění nosníku, materiál a třída betonu, výšku průřezu (0,5 m) a uložení konců nosníku (více viz Help – F1).



🕝 GEOS 2020 - MKP (Tunel, Proudění, Konsolidace) [Nepojmenovaný.gmk.*]	- 🗆 ×
Soubor Úpravy Zadávání Výstupy Nastavení Nápověda	
↑. 0.00 100 2.00 3.00 4.00 5.00 5.00 7.00 8.00 10.00 10.00 12.00 10.00 4.00 15.00 8.00 17.00 18.00 18.00 20.00 21.00 22.00 22.00 28.00 22.00 28	[m] Režimy _
	Aktivace
Nové nosniky X	
Topologie – – Název –	Voda
Reference Section Section Nazev:	- Nosníky
Úsek terénu : Úsek terénu č.1 - Uložení	Kontakty
8 Začátek:	Liniové podpory
▼ ID	Kotvy
G = 12 - Prárez a materiál	🗇 🎾 🏂 Hřebíky
§ : ID. Typ prů/ezu: obdélníková stěna ▼ Typ materiálu: beton ▼	⊲ ≒ Rozpěry
8 D Wilks mileru: h = 0.50 [m] Nárey: C20/25	√ Výztuhy
Natariy Viasini	I Pružné oblasti
	Výpočet
8:12	Monitory
l _j = 1,04E-02 m ⁴ /m; A = 5,00E-01 m ² /m; E = 30000,00 MPa; G = 12500,00 MPa	
F - Kontakty	7
Uvažovat kontakt vlevo Uvažovat kontakt vlevo	
g i P Typ kontaktu:	
The second secon	
¹ ♦♂ Pridat graficky ♦∰ Pridat textové	
Číslo - Nosník Umístění Ulložení [m] Uvažovat Průřez Materiál Ko	ntak Výstupy _
nový změněný Začátek Konec vlastní tíhu vlevo	B* Přidat obrázek
	Celkem : 0
	📳 Seznam obrázků
and a second	
	B ¹ Kopírovat pohled

Dialogové okno "Nové nosníky" – Fáze budování 2

Následně přejdeme do rámu "Zatížení nosníků", kde zadáme velikost zatížení f = 100 kN/m, které uvažujeme jako tíhu stěn kruhového sila působící na jeho základ.

GEO5 2020 - MKP (Tunel, Proudění, Konsolidace) [C:\Users\tomas\	Desktop\22\výsledky jako EN.gmk *]			- 🗆 ×
Soubor Úpravy Zadávání Výstupy Nastavení Nápověda				
êg 🗋 💾 - 🔚 - Èg 🔨 - 🥕 - 👷	₩ [Topo] [1] [2]			
1 -4,00 -2,00 0,00 2,00 4,00	6,00 8,00 10,00 12,00 14,00 16,00 18,00	20,00 22,00 24,00 26,0	0 28,00 30,00 32,00 34,00	[m] Režimy _
				Aktivace
6				Přiřazení
	xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx			Voda
	Úprava zatížení nosníku		×	R Nosníky
	Zatížený nosník ————		— 1 7	🗯 Kontakty
° ÷ ID	Umístění : Nosník č. 1	•		🛛 Bodové podpory
	- Charakteristiky zatížení			🖍 Liniové podpory
₹- 	Typ zatížení : osamělá síla	_		Kotvy
			×	/ Hřebíky
	Smer zatizeni : kolmo na nosnik		x	≒ Rozpĕry
÷ 12	Úhel: α =	0,00 [*]	,	🔎 Výztuhy
8.	Působiště : x =	0,00 [m]		Přitížení
				📇 Zatížení nosníků
8	- Velikost zatížení			🐺 Pružné oblasti
	Velikost : f =	-100.00 [kN/m]		🗮 Výpočet
		to a red		Monitory
4 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·				🔀 Grafy
		🖌 OK 🛛 🗙 Storno		
<u> </u>				_
👎 🕐 Přidat graficky 🛛 🕂 🗰 Přidat textově 🛛 🗂 Upravit (č	íslo 1) Colstranit (číslo 1)			
Číslo Zatížení nosníku Nosník	Typ zatížení Směr zatížení	Úhel Počátek Délk	a Velikost	Výstupy _
nové změna	eramālā sila	α.[°] x.[m] I.[m]] f, m, q, q ₁ q ₂ jedi	notk
	Koimo na hosnik	-0,00 0,00	- 100,00 [[KIV/	Celkem : 0
				📳 Seznam obrázků
sniki				
р L				
atiže				Ba Kopírovat pohled
N				Bucharter

Dialogové okno "Nová zatížení nosníků" – zatížení stěnami na kruhový základ sila

Dále zde zadáme rovnoměrně spojité zatížení o hodnotě $q = -150 \ kN/m^2$, které představuje naplnění kruhového sila a působí na jeho dno, resp. vrchní hranu základu.

GEO5 2020 - MKP (Tunel, Proudění, Konsolidace) [C:\Users\tomas\Desktop\22	výsledky jako EN.gmk *]				- 🗆 ×
Soubor Úpravy Zadáváni Výstupy Nastaveni Nápověda					
gg gg	Topo] [1] [2]				
. 3 -4,00 -2,00 0,00 2,00 4,00 6,00	8,00 10,00 12,00 14,00 16,00 18,00	20,00 22,00 24,00	26,00 28,00 30,00	32,00 34,00 [m]	Režimy _
					늘 Aktivace
0					🛃 Přiřazení
8 .					Voda
	Nová zatížení nosníků		×		💻 Nosníky
887	Zatížený nosník				🗯 Kontakty
	Umístění : Nosník č. 1	•	2		📓 Bodové podpory
	— Charakteristiky zatížení —				Liniové podpory
	Typ zatížení : spojité rovno	měrné na celý nosník 💌			Kotvy
8	Směr zatížení : kolmo na no	sník 👻			🚝 Hřebíky
9 ⁴		0.00 (2)			Rozpéry Kíztulu
8	oner: α =	0,00 [] \$			J vyztuny
					📇 Zatížení nosníků
					W. Pružné oblasti
	- Velikost zatížení				
	Velikost : q =	-150,00 [kN/m ²]			Monitory
					Grafy
OAIx		-h Didai	¥ Stormo		
		- Princip			
ی . ا مرگ Pädat graficky مان المحمد					
Číslo – Zatížení nosniku Nosnik	Tvp zatížení Směr zatížení	Úhel Počátek	Délka	Velikost	Výstupy _
nové změna		α[°] x [m]	l [m] f, m, q, q1	q ₂ jednotk	Přidat obrázek
1 Ano Nosník č. 1 osamělá s	la kolmo na nosnik	0,00 0,00	-100,00	[kN/m]	Zatížení nosníků : 0
2 Ano Nosnik č. 1 spojité rov	nomérné na cely nosnik kolmo na nosnik	0,00	-150,00	[kN/m²]	Celkem : 0
niků					- Scenario Brazka
ínos					
ttžer					B) Kopirovat poblad
Ň					-B Kobilovat boilled

Dialogové okno "Nová zatížení nosníků" – zatížení kruhového základu naplněním sila

V této fázi budování opět provedeme výpočet a prohlédneme si výsledky pro sednutí $d_z [mm]$. Z obrázku plyne, že maximální svislá deformace je 101,7 mm. Pro lepší představu o chování konstrukce si zobrazíme deformovanou síť (tlačítko v horní části obrazovky).



Rám "Výpočet" – Fáze budování 2 (svislá deformace d_z s poklesovou kotlinou)

Pro vykreslení poklesové kotliny klikneme na tlačítko "Nastavení" a v záložce "Poklesová kotlina" zatrhneme možnosti "Hodnoty" (více viz Help – F1).



Fáze budování 3: sedání terénu po odtížení, vnitřní síly

V dalším kroku přidáme 3. fázi budování. V této fázi budování odstraníme rovnoměrně spojité zatížení. Dále budeme uvažovat pouze zatížení nosníku od stěn kruhového sila, které je stejné jako v předchozí fázi budování, tj. $f = 100 \ kN/m$.



Rám "Zatížení nosníků" – Fáze budování 3

Poté znovu provedeme výpočet a zjistíme hodnoty deformací. Celkové sednutí d_z po odtížení povrchu terénu je 69,6 mm.



Rám "Výpočet" – Fáze budování 3 (svislá deformace d_z s poklesovou kotlinou)

Nyní si prohlédneme průběhy radiálních momentů $M_r [kNm/m]$ pro 2., resp. 3. fázi budování (pomocí tlačítka "Zobrazit" v záložce "Průběhy") a velikost lokálních extrémů zaznamenáme do tabulky. Na tyto hodnoty lze v libovolném statickém programu (např. FIN EC – BETON 2D) navrhnout a posoudit hlavní nosnou výztuž kruhového základu sila.

GEO5 2020 - MKP (Tunel, Proudění, Konsolidace) [C:\Users\tomas\D	Desktop\22\22_CS\cs.gmk *]	– 🗆 X
Soubor Úpravy Zadávání Výstupy Nastavení Nápověda		
Soubs State	 ● [Topo] [1] [2] [3] 	
Hodnoty: celkové - Veličina: Posunutí d	z Podrobné výsledky Plošně : (nezobrazovat) 🔻 Siť : (nezobrazov	at) 🕶 nedeformovaná 💌 💙 Režimy 💶
0 44,00 -2,00 0,00 2,00 4,00 6,	00 8,00 10,00 12,00 14,00 18,00 18,00 20,00 22,00 24,00 28,00 28,00 30,00	32,00 34,00 [m]
	2	Nomic
8.2	www.com/com/com/com/com/com/com/com/com/com/	Kontakty
°:		* Bodové podpory
		Liniové nodnory
No. 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10		<u>2</u> - Embre poupory
	1	Kotvy Kotvy
8		🚰 Hřebíky
		Rozpéry
8. 10		J= Výztuhy
		Přitížení
8		📇 Zatížení nosníků
		🐺 Pružné oblasti
8		🗮 Výpočet
P = 10		Monitory
		📶 Grafy
OAK	2	
		< - 2.0 mm
		101,7 mm> Legenda
1 Mars Zat		Uložené pohledv Mr [kNm/m]
vypocet	Veličiny na nosnících Popisy a šrafy	Vístupy
pina barva 👻 Veirciny na nosnicich	Moment radiální (M _r) odstiny šedé	Zádné> Bt Didat obrázak
Hodnoty na ploše	Normalova sila radialni - tlak (Nr ⁻) Vymezení rozsahu	+ Uložit Správce Výpočet : 0
Skiopené řezy	Porousaijící síla (n) Měřítko vodorovné	Celkem: 0
E Směry	Meřítko svislé	E ^{III} Seznam obrázků
Poklesová kotlina	Normálová síla obvodová - tlak (n ₀ -)	
Ueškerá nastavení výsledků se vykreslují korektně.	Normálová síla obvodová - tah (n ₉ +)	Výchozí nastavení
astav	Kolmá deformace (D)	X Zavň
Z	~	Kopirovat ponied

Rám "Výpočet" – Fáze budování 2 (průběhy radiálních momentů M_r)



Rám "Výpočet" – Fáze budování 3 (průběhy radiálních momentů M_r)



Vyhodnocení výsledků:

V následující tabulce jsou zobrazeny hodnoty celkového sednutí $d_z [mm]$ a radiálních momentů $M_r [kNm/m]$ pro 2. a 3. fázi budování, ve kterých jsme modelovali zatížení, resp. odtížení kruhového základu sila. Tento výpočet jsme provedli pro Mohr-Coulombův materiálový model s délkou hrany sítě trojúhelníkových prvků 1,0 m.

Materiálový	Fáze 2	Fáze 3	Fáze 2	Fáze 3
model	d_{z} [mm]	d_{z} [mm]	$M_r [kNm/m]$	$M_r [kNm/m]$
Mohr-Coulomb	101.7	69.6	+ 169.0	+66
(1,0 m)			- 31.2	- 80.9

Výsledky celkového sednutí d_z a radiálních momentů M_r pro jednotlivé fáze budování

Závěr

Z výsledků zkoumaných veličin lze vyvodit několik následujících závěrů:

- Při naplnění síla (vlivem působení rovnoměrného spojitého zatížení) převládá po délce nosníku kladný ohybový moment, kdy jsou tažena jeho spodní vlákna.
- Při vyprázdnění sila (vlivem následném odtížení) dochází k zatížení kruhového základu pouze od působení jeho stěn. Po délce nosníku převládá záporný ohybový moment, tj. k tahu dochází v jeho horních vláknech.