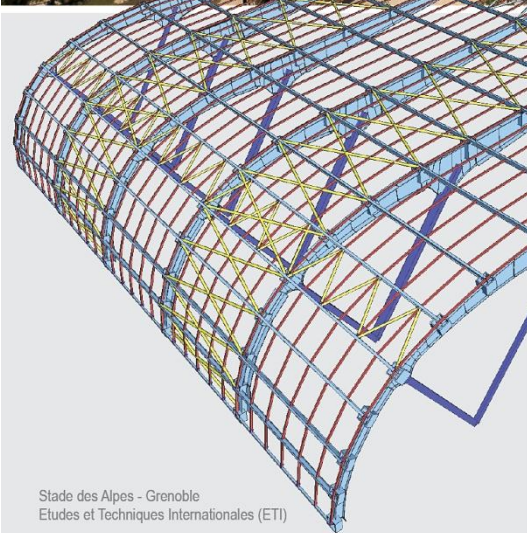
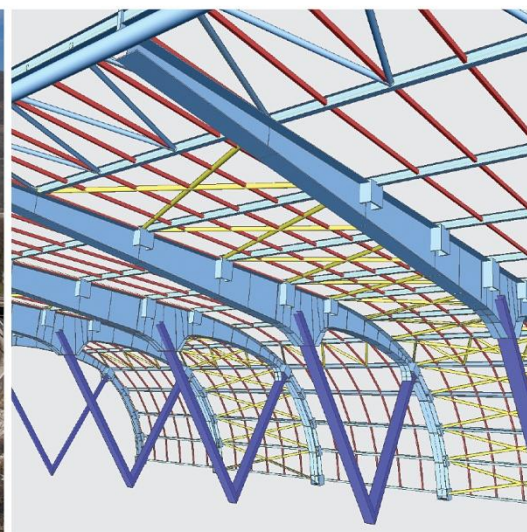
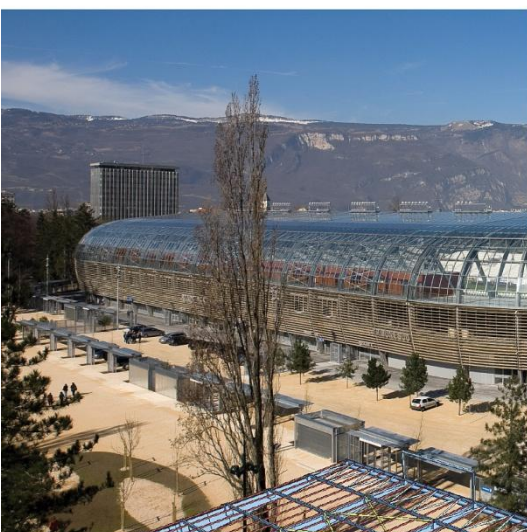




Stade des Alpes - Grenoble
Etudes et Techniques Internationales (ETI)



Soilin

Kalkulace C parametru

Tento dokument je určen pouze uživatelům produktů firmy SCIA s platnou licencí pro informační účely a je poskytován "tak jak je", to je bez jakýchkoliv záruk, ať už psaných nebo předpokládaných. Firma SCIA nezodpovídá za jakékoliv přímé nebo nepřímé škody způsobené nepřesnostmi v dokumentaci a/nebo programu.

Informace v tomto dokumentu podléhají změnám bez předchozího upozornění a nevyvozují zodpovědnost ze strany firmy SCIA. Software popisovaný v tomto dokumentu je poskytován na základě licenčního ujednání. Software může být používán pouze v souladu s podmínkami licenční smlouvy. Kopírování nebo používání software jinak, než v souladu s licenčními podmínkami, je protizákonné.

© Copyright 2011 SCIA. Všechna práva vyhrazena.

Úvod.....	4
Vliv podloží v okolí konstrukce.....	4
Plošná podpora	6
Vlastnosti plošné podpory	7
Podloží ve 3D modelu	8
Profil vrtu	8
Geologický profil	8
Vlastnosti profilu vrtu	12
Vstupní data pro výpočet sedání	12
Aproximace vrstev	12
Základová spára	13
Povrch zeminy	13
Plošná podpora	14
Typ Soilin	15
Typ Jednotlivě	15
Typ Oba	15
Knihovna Podloží	16
Parametry požadované Soilinem	17
Nastavení podloží v Nastavení řešiče	17
Výpočet Soilinu.....	19
Iterační cyklus soilinu.....	19
Kvadratická norma pro porovnání výsledků z poslední a předposlední iterace	20
Teorie o derivačním procesu	21
Výsledky soilinu	23
Zobrazení 2D dat	23
Výsledky.....	24
Výsledky – parametry C	24
Diagram napětí v zemině	25
Tabulka sedání	26
Výsledky pro každý iterační cyklus.....	27
Soilin a modul Návrh pilot	29
Pokročilé tipy	30
Poklesová kotlina vně základu	30
Automatický výpočet okrajových podpor	31
Základové patky a soilin	31
Co dělat pokud je model v pořádku, ale iterace nedoběhnou	33

Úvod

Analýza základových konstrukcí je omezena řešitelností problému modelování části základu, který je v kontaktu s podloží. Nejlepší řešení je použít 2D model podloží, který přibližně představuje deformační vlastnosti celého masívu pod základy pomocí modelu povrchu.

Vlastnosti takového modelu jsou vyjádřeny interakčními parametry označovanými jako C . Tyto parametry jsou určovány přímo na konstrukčních prvcích, které jsou v kontaktu s podloží a ovlivňují matici tuhosti.

Zjednodušeně si můžeme představit, že C je charakteristika pružného, přesněji pseudoelastického, kontaktu nebo povrchových pružinových konstant, jejichž změna odpovídá skutečnému stavu analyzovaného systému. Můžeme tedy použít odborný slang, který toto nazývá „podpora na parametrech C “, která je zevšeobecněním standardní Winklerovy myšlenky o podepření ve formě husté tekutiny $g = C1$ (MN/m³) nebo ve formě nekonečně hustého systému svislých pružin. Zevšeobecnění je velmi důležité a zabývá se hlavně úvahou o významnosti smykového rozložení v podloží, které je opomenuté Winklerovým modelem. Parametry vzájemného působení mezi základem a podloží závisí na rozložení a úrovni zatížení nebo kontaktním napětí mezi povrchem konstrukce a okolním podloží na geometrii základového povrchu a na mechanických vlastnostech zeminy.

Výpočtový modul Soilin bere v úvahu všechny zmíněné závislosti.

Stejně jako parametry C ovlivňují kontaktní napětí, tak i naopak – rozložení kontaktního napětí má vliv na sedání základu a proto se pro parametry C používá iterativní řešení.

Vliv podloží v okolí konstrukce

Modelování interakce mezi konstrukcí a podloží vyžaduje zohlednění vlivu podloží kolem konstrukce. Toto vnější podloží podpírá hrany základové desky díky smykové tuhosti. V minulosti se k modelování tohoto jevu doporučovalo používat speciální postupy. Současné verze systému Scia Engineer využívají sofistikované řešení, jehož princip je popsán v následujícím odstavci.

Program k hraně posuzované základové desky automaticky přidá pružiny, které přibližně nahrazují vliv tzv. podpůrných prvků (1 až 2 metry široký pás podél hran základové desky, jehož hustota se blíží nule). Řešení získané za použití tohoto přístupu zohledňuje vliv podloží vně (v blízkosti) posuzované základové desky.

Ve srovnání s řešením bez takových pružin poskytují výsledky s pružinami menší deformace hran základové desky, což znamená větší ohybové momenty v základové desce. Pružiny orientované ve směru osy z globálního souřadného systému jsou přiřazeny ke všem uzlům hran s výjimkou situace, kdy má daný bod již přiřazenou jinou pružinu nebo je zadáno pootočení uzlu. V takovém případě program předpokládá, že uživatel již definoval speciální typ podpory a že tuto speciální konfiguraci nemá automaticky na pozadí měnit.

Tyto výjimky lze využít k záměrnému potlačení použití pružin na hranách podél určitých čar. Uživatel může podél požadovaných čar (hran) definovat velmi malé liniové pružiny a tím eliminovat vliv okolního podloží (např. v případě použití štětové stěny).

Výstupem soilinu jsou parametry podloží C_{1z} , C_{2x} a C_{2y} . Parametry C_{1x} a C_{1y} jsou vždy definovány uživatelem.

C1z - Odpor prostředí proti w_P (mm) [$C1z$ in MN/m³]

C2x - Odpor prostředí proti w_P/x_P (mm/m) [$C2x$ in MN/m]

C2y - Odpor prostředí proti w_P/y_P (mm/m) [$C2y$ in MN/m]

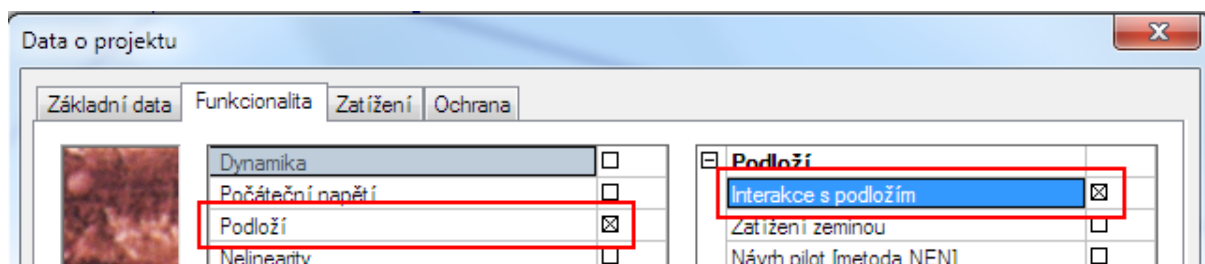
C1x - Odpor prostředí proti u_P (mm) [$C1x$ in MN/m³]

C1y - Odpor prostředí proti v_P (mm) [$C1y$ in MN/m³]

Poznámka

- Obvykle se uvažuje $C2x$ rovno $C2y$ a $C1x$ rovno $C1y$, protože se to počítá tzv. izotropní variantou výpočtu $C2$.

Výpočet lze spustit, když je zapnuta funkcionality Podloží/Interakce s podložím.



Poznámka

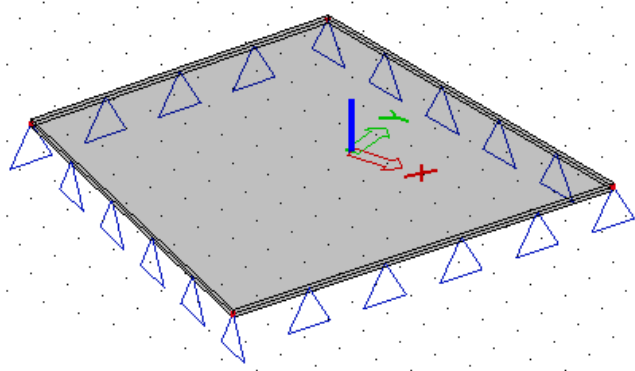
- Použít interakce s podložím je možné u projektů typu Deska XY a Obecná XYZ.

Plošná podpora

Spolupůsobení mezi konstrukcí a podložím je počítáno, pokud je konstrukce položena na podpoře typu "Soilin".

Postup zadání nové podpory Soilin

- 1) Vytvoření konstrukce, která bude podepřena.
- 2) Otevřít servis **Konstrukce**.
- 3) Spustit funkci **Podpory > plošná (pružné podloží)**.
- 4) Nastavení parametrů (viz kapitola Surface support on slab).
- 5) Potvrzení pomocí **[OK]**.
- 6) Výběr plochy (základové desky) nebo ploch, které mají být podepřeny podporou tohoto typu

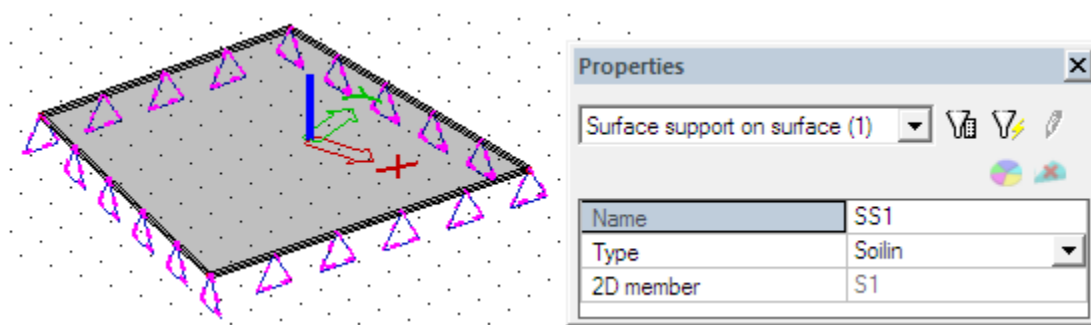


Pokud základová deska není vodorovná, je potřeba si uvědomovat následující:

Správný výpočet parametrů C předpokládá, že konstrukce, která je v kontaktu s podložím, je více či méně vodorovná. Technicky řečeno, náklon základu dosahující k 5 až 8 stupňům nesmí být dovolen. Program je schopný udělat rozdělení základového povrchu do několika úrovní z, ale výsledky jsou přijatelné, pouze pokud úrovně z jsou bez určitých omezení – viz následující literatura:

- Kolář V.: Matematické modelování geomechanických úloh. Skriptum pro postgraduální studium FAST VUT Brno, 1990, 60 str.
- Buček J., Kolář V., Obruča J: Manuál k programu SOILIN, FEM consulting Brno, 1993
- Buček J., Kolář V.: Iterační výpočet NE-XX - SOILIN, FEM consulting Brno, 1995
- Kolář V.: Statické výpočty základových konstrukcí. Knížnice Aktualit České matice technické Praha, ed. plán 1994.
- Kolář V.: Teoretický manuál FEM-Z k programům DEFOR a NE-XX, seminář FEM consulting s.r.o., 5. - 6.10.1993 v Brně.

Vlastnosti plošné podpory



Jméno: Je použito pro označení (identifikaci) podpory.

Typ: Určuje typ podpory – viz níže.

Podloží: Pokud to vybraný typ vyžaduje, určují se zde parametry podloží.

Jednotlivě: Ploše se přiřadí konkrétní typ podloží. Podloží se určuje prostřednictvím parametrů C. Tyto uživatelem definované parametry C slouží k výpočtu. (např. kontaktního napětí v povrchu základu)

Soilin: Pro tento typ podpory se počítá interakce konstrukce s podložím základu za použití programového modulu SOILIN.

Parametry C1z, C2x, C2y vypočítá modul SOILIN.

Obě: Na jedné ploše se uvažuje s oběma výše jmenovanými typy. Uživatel zadá, které parametry C definuje sám a které budou vypočítány modulem SOILIN. Parametry lze definovat ve vlastnostech podloží. Ty parametry C, které jsou zadány v dialogovém okně vlastností podloží jako nulové, budou počítány modulem SOILIN. Nenulové parametry budou uvažovány s vloženými hodnotami.

Podloží ve 3D modelu

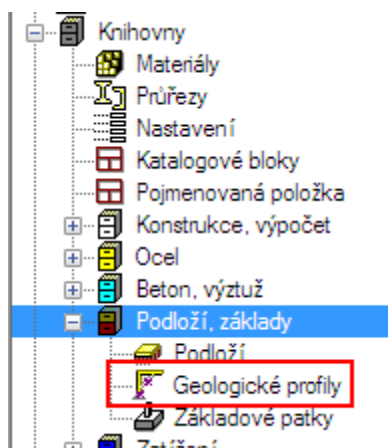
Podloží je ve 3D okně definované jako plocha podloží a profil vrtu. Geologický profil je přiřazen každému vrtu. Podloží je dáno pozicí a složením geologického profilu.

Profil vrtu

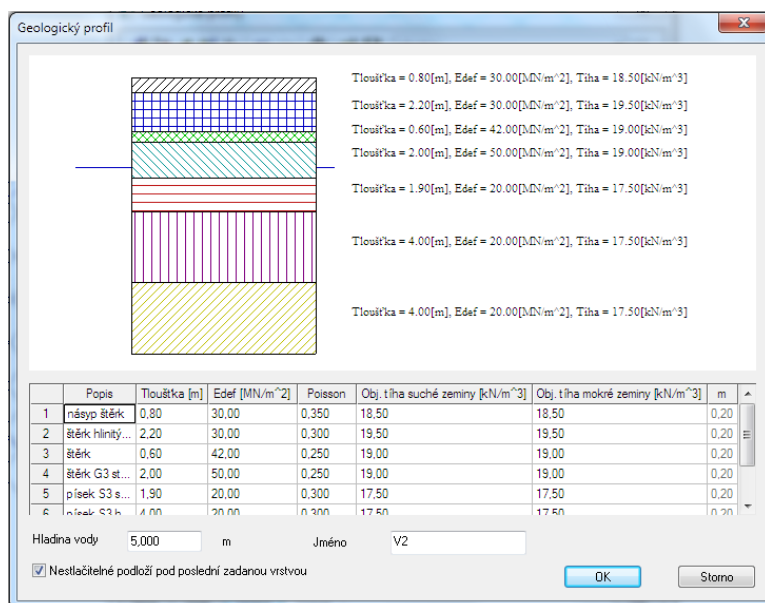
Vrt lze zadat pouze, pokud je aktivní funkce „Interakce se podložím“.

Geologický profil

Všechny profily jsou uloženy v knihovně Geologických profilů. Mohou být importovány a exportovány pomocí formátu DB4.



Profil je definován jednoduchou tabulkou s náhledem. Každý řádek reprezentuje jednu vrstvu zeminy se stejnými vlastnostmi.



Každá vrstva má definované parametry:

- Popis: Definuje jméno vrstvy
- Tloušťka (m): Tloušťka vrstvy

E_{def}: Deformační modul E_{def} je definován jako deformační charakteristika zeminy. Je to poměr přírůstku normálového napětí k přírůstku normálového napětí. Pro geologické

kategorie 1 a 2 mohou být použity hodnoty z ČSN 73 1001, pro kategorii 3 je nutno zjistit hodnoty průzkumem podloží.

E_{def} podle ČSN 73 1001:

Třída podloží	E_{def} (MPa)
F6-F8 (měkká, tuhá konzistence)	1,5-4
F6-F8 (pevná konzistence)	6-8
F6-F8 (tvrdá konzistence)	10-15
F3-F5 (měkká, tuhá konzistence)	3-5
F3-F5 (pevná konzistence)	8-10
F3-F4 (tvrdá konzistence)	založeno na průzkumu
F5 (tvrdá konzistence)	10-20
F1, F2 (měkká, tuhá konzistence)	5-15
F1, F2 (pevná konzistence)	12-25
F1, F2 (tvrdá konzistence)	založeno na průzkumu
S4, S5	5-12
S3	12-19
S2	15-35
S1	30-60
G5	40-60
G4	60-80
G3	80-90
G2	100-190
G1	250-390
R6	10-75
R5	20-250
R4	40-750
R3	70-2500
R2	130-7500
R1	250-25000

E_{def} pro třídu R je odvozen od hodnoty diskontinuální části zeminy.

- Poisson: Poissonovo číslo, koeficient příčné deformace, mohou zde být použity orientační nebo experimentálně určené hodnoty, definované meze jsou 0 – 0.5.

Poisson podle ČSN 73 1001:

Třída podloží	Poisson ν
F8 (měkká, tuhá, pevná konzistence)	0,42
F8 (pevná konzistence)	založeno na průzkumu
F5-F7 (měkká, tuhá, pevná konzistence)	0,40
F5-F7 (pevná konzistence)	založeno na průzkumu
F1-F4 (měkká, tuhá, pevná konzistence)	0,35

F1-F4 (pevná konzistence)	založeno na průzkumu
S5	0,35
S4, S3	0,30
S1, S2	0,28
G4, G5	0,30
G3	0,25
G1, G2	0,20
R6	0,40-0,25
R4, R5	0,30-0,20
R3	0,25-0,15
R1, R2	0,20-0,10

- Objemová tíha suché zeminy: tíha suché zeminy, normální hodnota se pohybuje mezi 18 až 23 kN/m³, povolené rozmezí je 0 – 10000000000 kN/m³
- Objemová tíha mokré zeminy: tíha mokré (nasycené) zeminy, tato hodnota je nejčastěji o 2-3 kN/m³ vyšší než tíha suché zeminy, povolené rozmezí je 10 – 10000000 kN/m³
- m koeficient: koeficient strukturní pevnosti, podle Eurokódu 7 je 0,2 (podle ČSN 73 1001 je definován tabulkou).

Koeficient m podle ČSN 73 1001:

Třída podloží	m
F1-F8 s $E_{def} < 4\text{MPa}$, nepřekonsolidované a měkké nebo tuhé konzistence	0,1
R1, R2 a R4, R5 nezasažené erozí	
F1-F8 ty, které nepatří do první skupiny	0,2
S1, S2, G1, G2 pod hladinou podzemní vody	
R3	
S1, S2, G1, G2 nad hladinou podzemní vody	0,3
S3-S5	
G3-G5	
R4, R5 ty, které nepatří do první skupiny	
R6	0,4
spraš, sprašová hlína	0,5

Poznámka

- Geologický profil musí být definován do takové hloubky, kde je tlak stále ještě aktivní. V opačném případě nemá program dostatek informací k výpočtu.

Definované parametry jsou zobrazeny v knihovně jako vlastnosti profilu.

V3
Jméno
Hladina vody [m]
Nestlačitelné podloží
Vrstvy
1
Jméno vrstvy
Tloušťka [m]
Edef [MN/m ²]
Poisson
Obj. tíha suché zeminy [kN...
Obj. tíha mokré zeminy [kN...
m

Úroveň hladiny podzemní vody je definována hodnotou ve vlastnostech. Je to kladná hodnota vyjadřující hloubku.

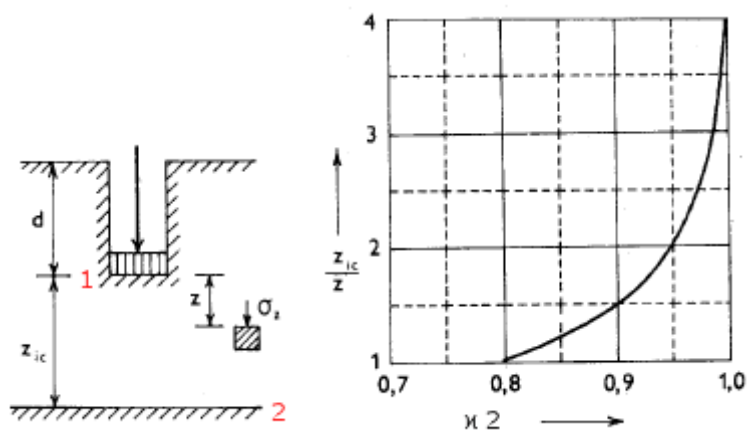
Nestlačitelné podloží pod poslední zadanou vrstvou

☒ Nestlačitelné podloží pod poslední zadanou vrstvou

Zatržítka "Nestlačitelné podloží pod poslední zadanou vrstvou" je možné použít, pokud podloží pod poslední vrstvou je nestlačitelné. Program pak použije koeficient redukce hloubky α_2 (výpočet α_2 lze najít v ČSN 73 1001, čl. 80). Tato volba je doporučena, pokud nestlačitelné podloží je umístěno těsně pod vrtem.

Výpočet α_2 dle ČSN 73 1001:

$$\alpha_2 = 1 - \exp\left(\left(\frac{z_{ic}}{z}\right) \ln 0,25 + \ln 0,8\right)$$



1 – základová spára

2 – nestlačitelná vrstva

z_{ic} – je hloubka od základové spáry po nestlačitelné podloží

z – je hloubka od základové spáry po úroveň podloží, kde má být spočítáno kontaktní napětí σ_z

Kontaktní napětí σ_z je spočítáno pomocí redukované hloubky $z_{r2} = \alpha_2 \cdot z$, kde z je hloubka pod základovou spárou.

Vlastnosti profilu vrtu

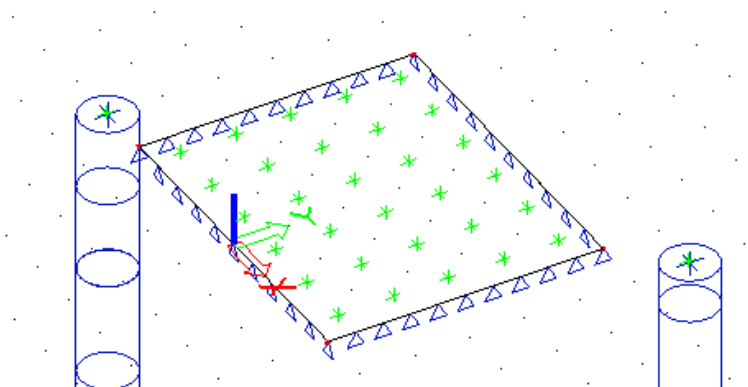
Vlastnosti	
Profil vrtu (1)	
Jméno	BH1
Souř. X [m]	-4,000
Souř. Y [m]	0,000
Souř. Z [m]	0,000
Pouze výsledky	☐
Geologický profil	V3

Vrt je definován jako geologickým profil se vkladacím bodem ve 3D okně. Vlastnosti obsahují pouze jméno, souřadnice, geologický profil a zatržítko „Pouze výsledky“.

Vstupní data pro výpočet sedání

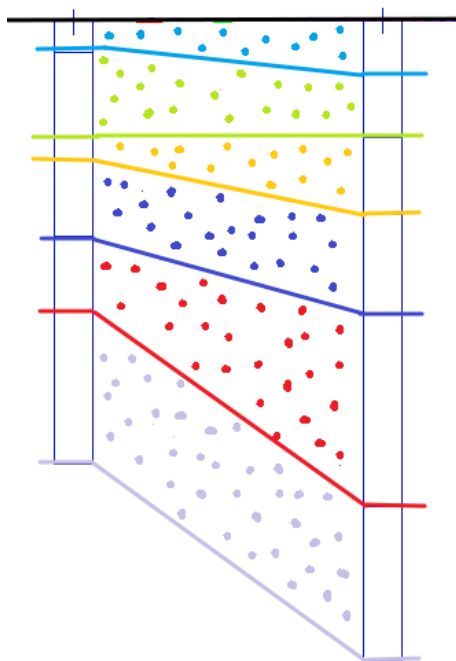
Sedání je počítáno pro každý prvek sítě (v jeho těžišti) a pro každý vkladací bod profilu vrtu. Pokud je použito zatržítko „Pouze výsledky“, není profil použit do vstupních dat. Znamená to, že vkladací bod je použit pro výpočet sedání, ale geologický profil není zahrnut do aproximace podkladních vrstev.

Body pro výpočet sedání (zelené vertexy):



Aproximace vrstev

Pokud je v projektu zadáno více profilů, pak musí splňovat jednu důležitou podmínku – musí mít stejný počet vrstev. Toto je vyžadováno kvůli aproximaci vrstev.



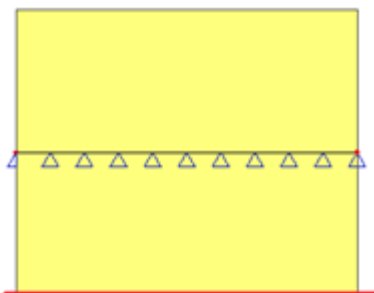
Poznámka

- Pokud ve vrtu nějaká vrstva chybí, pak může být nahrazena vrstvou s minimální tloušťkou, např. 1mm. Tak bude mít výpočet shodný počet vrstev pro aproximaci.

Základová spára

Základová spára je uvažována na spodním povrchu základové desky. Excentricity jsou vzaty v úvahu automaticky.

I pro tento extrémní případ je základová spára uvažována na spodním povrchu



→ Základová spára je značena červeně.

Povrch zeminy

Povrch zeminy je nástroj na výchozí aproximaci povrchu a vrstev pod ním.

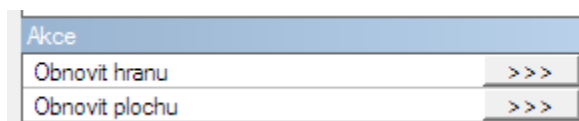
Povrch je automaticky spočítán podle modelu konstrukce a vložených profilů vrtů.

Pokud je smazán, vygeneruje se automaticky před kalkulací.

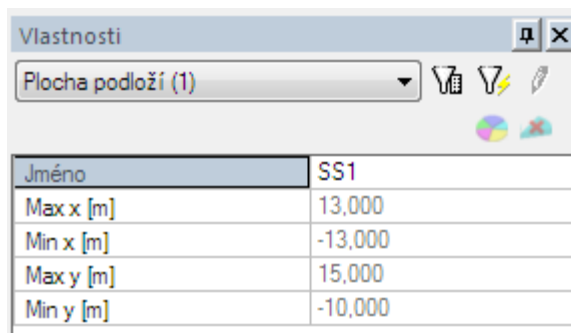
Hranice povrchu jsou minimálně 10m od konstrukce.

Povrch může být editován dvěma akčními tlačítky:

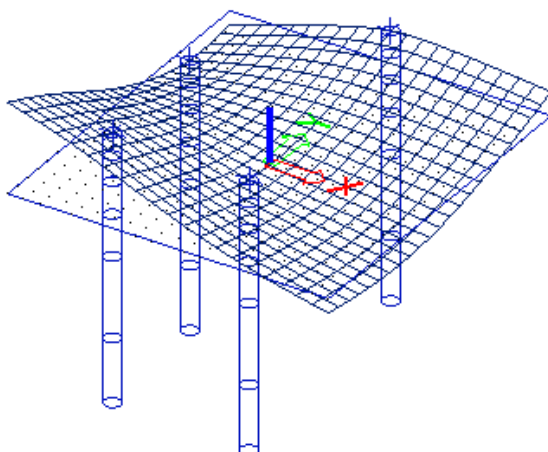
- Obnovit hranu: přepočítá hranice
- Obnovit plochu: přepočítá síť povrchu



Vlastnosti povrchu jsou jednoduché – pouze jméno a velikost:

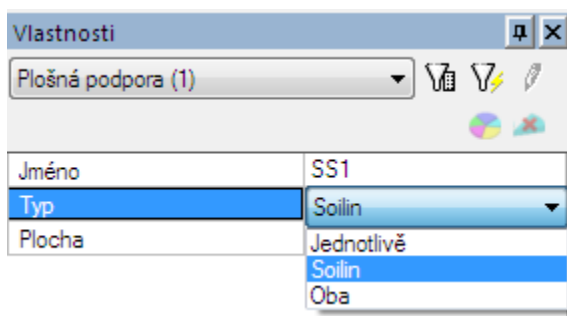


Je možné zobrazit deformovanou plochu podloží. Je tvořena několika vrty s různými hodnotami souřadnice Z. Síť je použita pouze pro zobrazení terénu, ne pro výpočet C parametrů.



Plošná podpora

Plošná podpora je základní prvek pro výpočet soilinu. Typ podpory je možné zvolit použitím roletového menu s třemi položkami.



- **Jednotlivě:** C parametry jsou definované uživatelem v knihovně Podloží (všechny). Slouží poté k výpočtu. (např. kontaktního napětí v povrchu základu)
- **Soilin:** systém spočítá C parametry (C_{1z} , C_{2x} , C_{2y}) – pro kompletní výpočet pomocí modulu Soilin je nutno použít tento typ podpory, C_{1x} a C_{1y} jsou definovány v nastavení řešiče.
- **Oba:** systém spočítá C_{1z} , C_{2x} a C_{2y} pokud jsou v knihovně Podloží nastaveny na nulu, zbytek je definován knihovnou. Tento typ se používá pouze ve speciálních případech.

Typ Soilin

Jedině tento typ nepoužívá data zadaná v knihovně Podloží. Všechny výchozí hodnoty jsou definované v Nastavení řešiče. C_{1x} a C_{1y} jsou brány jako výsledné a zbytek je spočítán Soilinem. Výchozí hodnoty mohou ovlivnit výpočet konvergence, ale důležité jsou hlavně pro zadání tuhostí, která brání stlačení. Tyto hodnoty jsou 100x vyšší než výchozí. Snížením výchozích hodnot (např. 10x) může pomoci s problémy konvergence (větší hloubky, nižší zatížení, atd.)

Jméno	
Řešič	
Součinitel pro výztuž	1
Podloží	
Kombinace pro SOILIN	CO1
Max počet iterací pro SOILIN	10
Velikost prvku pro zeminu [m]	0.500
C1x [MN/m ³]	1.0000e-01
C1y [MN/m ³]	1.0000e-01
C1z [MN/m ³]	1.0000e+01
C2x [MN/m]	5.0000e+00
C2y [MN/m]	5.0000e+00

Typ Jednotlivě

C_{1z} , C_{2x} , C_{2y} parametry jsou definovány knihovnou Podloží. Jsou zadány uživatelem a kalkulace soilinu není v tomto případě spuštěna.

Typ Oba

Soilin spočítá C_{1z} , C_{2x} a C_{2y} pouze pokud jsou definované jako nula. Parametry s jakoukoli jinou hodnotou jsou brány z knihovny.

Příklad s typem Oba:

C1x [MN/m ³]	5.0000e+01
C1y [MN/m ³]	5.0000e+01
C1z	Pružný
Tuhost [MN/m ³]	5.0000e+01
C2x [MN/m]	3.0000e+01
C2y [MN/m]	0.0000e+00

- ➔ V tomto případě je C_{2y} parametr spočítán soilinem. Tento typ lze použít pouze pokud soilin počítá extrémní hodnoty C_2 parametrů. Je to velmi sporadický případ.

Typ Oba není příliš běžný a byl zaveden hlavně ze dvou důvodů:

1. Použijeme typ Soilin, ale chceme mít různé tření v různých částech konstrukce. Pro tento případ není dialogové okno nastavení řešiče dostačující, protože v něm lze nastavit právě jednu

hodnotu pro tření. Proto použijeme typ Oba, kde lze definovat několik podloží s nenulovými konstantami $C1x$ a $C1y$ s ostatními parametry nastavenými na nulu. Když běží modul Soilin, nenulové konstanty $C1x$ a $C1y$ mají vyšší prioritu než konstanty určené řešičem, a jsou proto použity. Ostatní „nulové“ hodnoty ukazují, že jsou použity hodnoty určené řešičem.

2. Někdy může být nutné „potlačit“ vyšší hodnoty smyku ($C2x$, $C2y$) vypočítané modulem Soilin. To se může stát, např. když je nová deska vytvořena na staré desce, která je definována jako první vrstva podloží. To je správné a náležité řešení, ale protože moduly E zeminy a betonu jsou dramaticky rozdílné, modul Soilin vypočítá vyšší parametry $C2$. Následkem toho tuhost základové desky v modelu je vyšší, než kdyby byly dvě desky „spojeny“ dohromady a vloženy jako homogenní monolit. Proto parametry $C2$ mohou být redukovány uměle. Toto lze dosáhnout pomocí typu Oba. Zadáme podloží s nulovým $C1z$ (tento parametr bude určen modulem Soilin) a ostatními nenulovými parametry ($C2$ a tření). Takto bude modul Soilin určovat pouze parametr $C1z$.

Knihovna Podloží

Podloží obsahuje parametry, které mohou být definované uživatelem nebo počítané soilinem. Parametry $C1x$ a $C1y$ jsou vždy definované uživatelem.

Jméno	Sub2
Popis	
$C1x$ [MN/m ³]	5.0000e+01
$C1y$ [MN/m ³]	5.0000e+01
$C1z$	Pružný
Tuhost [MN/m ³]	5.0000e+01
$C2x$ [MN/m]	3.0000e+01
$C2y$ [MN/m]	3.0000e+01
Parametry pro posudek	
Typ	Zvodněný
Voda/vzduch v jílové vrstvě	☐
Specifická hmotnost [kg/m ³]	0.0
ϕ' [deg]	0.00
σ_{oc} [MPa]	0.0
c' [MPa]	0.0
c_u [MPa]	0.0

Parametry požadované Soilinem

Co vše musí být zadáno:

- 1) Projekt s aspoň jedním geologickým vrtem
- 2) Konstrukce s podporou plošnou podporou typu Soilin nebo Oba
- 3) Zatížení
- 4) Kombinace typu Lineární (mez použitelnosti nebo únosnosti)

Nastavení podloží v Nastavení řešiče

Nastavení řešiče	
Úměno	
Řešič	
Spustit jednu nelineární kombinaci	☐
Zanedbat deformaci od smykové síly (Ay, Az >> A)	☐
Teorie ohybu pro výpočet desek/skořepin	Mindlin
Typ řešiče	Eliminace
Počet tloušťek desky do žebra	20
Počet řezů na průměrném prutu	10
Maximální přípustný posun [mm]	1000,0
Maximální přípustné stočení [mrad]	100,0
Tisknout čas v protokolu o výpočtu	☒
Součinitel pro výztuž	1
Podloží	
Kombinace pro SOILIN	CO1
Max počet iterací pro SOILIN	10
Velikost prvku pro zeminu [m]	0,500
C1x [MN/m ³]	1,0000e-01
C1y [MN/m ³]	1,0000e-01
C1z [MN/m ³]	1,0000e+01
C2x [MN/m]	5,0000e+00
C2y [MN/m]	5,0000e+00

- Kombinace pro Soilin: lineární kombinace, která bude použita pro výpočet soilinu.

Přesto, že to není přesné řešení, C parametry z praktických důvodů nepočítají zvlášť pro každý zatěžovací stav nebo pro každou kombinaci. Uživatel musí zadat jednu referenční kombinaci pro výpočet C parametrů. Vypočtené C parametry jsou poté použity pro všechny definované zatěžovací stavy a kombinace.

- Max počet iterací pro Soilin: počet iteračních cyklů (kdy program zastaví výpočet, i když nejsou spočítané C parametry, v případě, že dochází k divergaci výsledků)
- Velikost prvku pro zeminu: definuje velikost prvku pro síť na ploše zeminy. Je použito pro zobrazení terénu.
- C_{1x}: parametr je definován uživatelem
- C_{1y}: parametr je definován uživatelem
- C_{1z}: výchozí hodnota pro výpočet soilinu (pokud je podpora typu Soilin)
- C_{2x}: výchozí hodnota pro výpočet soilinu (pokud je podpora typu Soilin)

- C_{2y} : výchozí hodnota pro výpočet soilinů (pokud je podpora typu Soilin)

Poznámka

- Odkud jsou brány nepočítané parametry, záleží na typu plošné podpory. Systém popisuje předchozí kapitola.

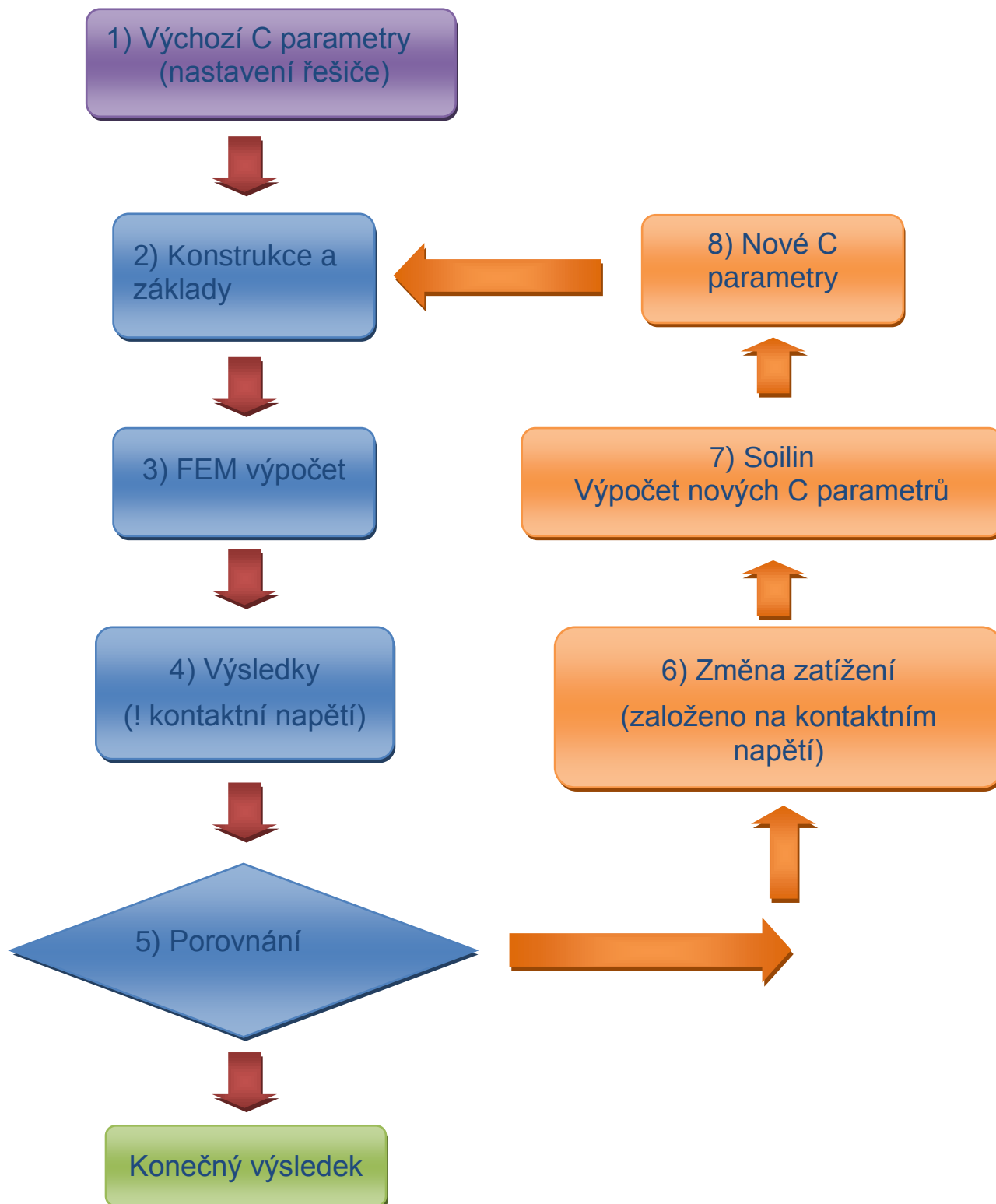
Výpočet Soilinu

Iterační cyklus soilinu

Hodnoty pro horní stavbu a základy jsou počítané FEM. Tyto hodnoty jsou poté použity jako vstupní data pro soilin.

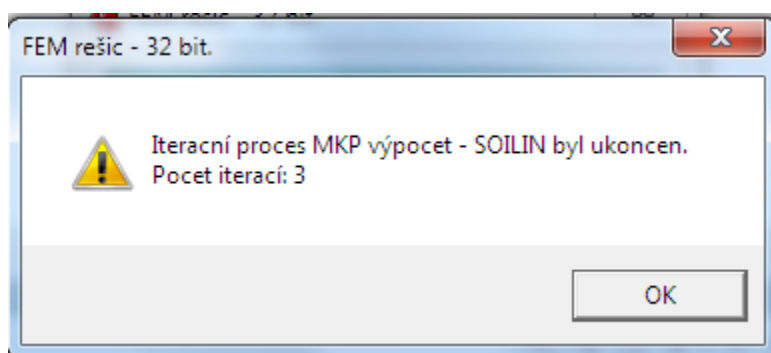
Iterace je zastavena, když se kontaktní napětí σ_z a posun u_z významně neliší ve dvou po sobě následujících cyklech. Pro toto porovnání je použita kvadratická norma, která je spočítána po každém cyklu.

Diagram iteračního cyklu:



- 1) Hodnoty jsou brány z nastavení řešiče, jsou předem definované uživatelem.
- 2) Data horní konstrukce a základů.
- 3) FEM výpočet – Důležité výsledky jsou kontaktní napětí σ_z a posun u_z .
- 4) Výsledky i-té iterace.
- 5) Porovnání kontaktních napětí σ_z s u_z – je založeno na kvadratické normě, ve chvíli, kdy se již výrazně nezmění, je kalkulace hotová a Scia Engineer zobrazí výsledky.
- 6) 1. krok soilinu – kontaktní napětí je přepočítáno na nové zatížení.
- 7) 2. krok soilinu – C parametry jsou přepočítány, nové zatížení se bere z předchozího kroku
- 8) 3. krok – výsledné C parametry ze soilinu jsou nové vstupní parametry.
- 9) Nové C parametry jsou použité v dalším výpočtu FEM.

Po dokončení iterací je zobrazena hláška.



Kvadratická norma pro porovnání výsledků z poslední a předposlední iterace

Výpočet sedání podloží a následné stanovení C parametrů je provedeno standardním způsobem – použitím iteračního cyklu. Výsledky tohoto procesu je stav, kdy se kontaktní napětí nebo posun u_z ve dvou po sobě jdoucích cyklech příliš neliší. Z tohoto důvodu je následující kvadratická norma vyčíslena po každé j-té iteraci:

$$\varepsilon_{\sigma} = \frac{\sum_{i=1}^n (\sigma_{z,i,j} - \sigma_{z,i,j-1})^2 A_i}{\sum_{i=1}^n |\sigma_{z,i,j} \cdot \sigma_{z,i,j-1}| A_i}$$

$$\varepsilon_u = \frac{\sum_{i=1}^n (u_{z,i,j} - u_{z,i,j-1})^2 A_i}{\sum_{i=1}^n |u_{z,i,j} \cdot u_{z,i,j-1}| A_i}$$

Kde:

n	počet uzlů
$\sigma_{z,i}$	kontaktní napětí v uzlu i
A_i	plocha odpovídající uzlu i
$u_{z,i}$	globální posun uzlu i ve směru z

Kalkulace je zastavena když $\varepsilon_{\sigma} < 0,001$ nebo $\varepsilon_u < 0,001$.

Teorie o derivačním procesu

V tomto textu se omezujeme jen na stručnou derivaci za účelem následujícího vysvětlení:

- 1) Vzorec pro potenciální energii vnitřních sil 3D modelu má tuto podobu:

$$\Pi_{3D}^i = \frac{1}{2} \int_V \underline{\sigma}^T \underline{\epsilon} dV = \frac{1}{2} \int_V \underline{\epsilon}^T \underline{D} \underline{\epsilon} dV$$

- 2) Při zanedbání vlivu vodorovných složek deformace dostaneme následující vektory:

$$\underline{\sigma} = [\sigma_z, \tau_{zx}, \tau_{yz}]^T = \underline{D} \underline{\epsilon}$$

$$\underline{\epsilon} = [\epsilon_z, \gamma_{zx}, \gamma_{yz}]^T = \left[\frac{\partial w}{\partial z}, \frac{\partial w}{\partial x}, \frac{\partial w}{\partial y} \right]^T$$

- 3) Z toho vyplývá odpovídající zjednodušení matice fyzikálních konstant $\underline{D}$.

$$\underline{D} = \begin{bmatrix} E_z & 0 & 0 \\ 0 & G & 0 \\ 0 & 0 & G \end{bmatrix}$$

- 4) Abychom mohli problém převést z prostoru do roviny, musíme integrovat vzorec 1) podle osy z. Proto se zavádí určitá „tlumicí funkce“ f_z která je definována poměrem sednutí v dané hloubce k sednutí povrchu $w_0(x,y)$.

$$f(z) = \frac{w(x, y, z)}{w_0(x, y)}$$

- 5) Upravením vektorů 2) dostaneme:

$$\underline{\epsilon} = \left[w_0(x, y) \frac{\partial f(z)}{\partial z}, \frac{\partial w_0(x, y)}{\partial x} f(z), \frac{\partial w_0(x, y)}{\partial y} f(z) \right]^T$$

- 6) Vložením vektoru 5) do vzorce pro výpočet potenciální energie tělesa $V=\Omega H$, kde Ω je rozsah rovinného modelu a H je hloubka deformované zóny prostorového modelu, dostaneme následující vzorec:

$$\begin{aligned} \Pi_{2D}^i &= \Pi_{3D}^i = \frac{1}{2} \int_V [\sigma_z \epsilon_z + \tau_{zx} \gamma_{zx} + \tau_{yz} \gamma_{yz}] dV = \\ &= \frac{1}{2} \int_V [\epsilon_z^2 E_z + (\gamma_{zx}^2 + \gamma_{yz}^2) G] dV = \\ &= \frac{1}{2} \int_{\Omega} \left[w_0^2 \int_0^H E_z \left(\frac{\partial f}{\partial z} \right)^2 dz + \left(\frac{\partial w_0}{\partial x} \right)^2 \int_0^H f^2 G dz + \left(\frac{\partial w_0}{\partial y} \right)^2 \int_0^H f^2 G dz \right] d\Omega \end{aligned}$$

- 7) Integrováním přes z, dostaneme vzorec pro výpočet potenciální energie vnitřních sil rovinného modelu se dvěma parametry C_1^S a C_2^S :

$$\Pi_{2D}^i = \frac{1}{2} \iint_{\Omega} \left[C_{1z}^s w_0^2(x, y) + C_{2x}^s \left(\frac{\partial w_0(x, y)}{\partial x} \right)^2 + C_{2y}^s \left(\frac{\partial w_0(x, y)}{\partial y} \right)^2 \right] d\Omega$$

- 8) Na základě porovnání vektorů 6) a 7), můžeme definovat vztah mezi parametry obecného modelu (3D) a modelu povrchu (2D):

$$C_{1z}^s = \int_0^H E_z \left(\frac{\partial f(z)}{\partial z} \right)^2 dz \quad C_{2x}^s = C_{2y}^s = \int_0^H G f^2(z) dz$$

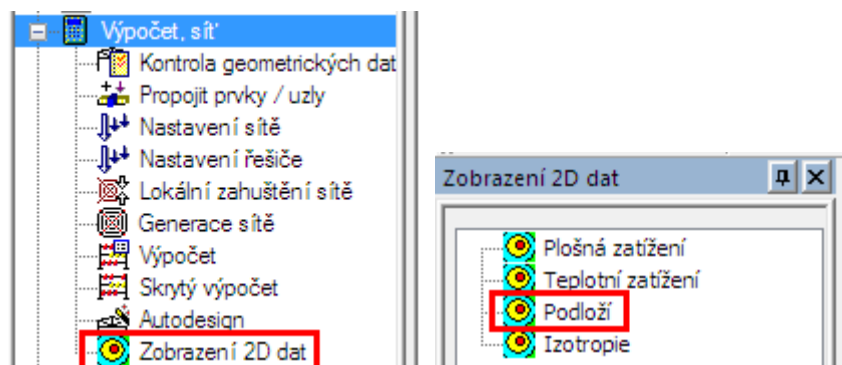
Závěr:

- ➔ Je tedy možné vyloučit automatický výpočet některých parametrů C a zadat je ručně. To lze dosáhnout speciální úpravou parametrů podloží a nastavením typu Oba (!).

Výsledky soilinu

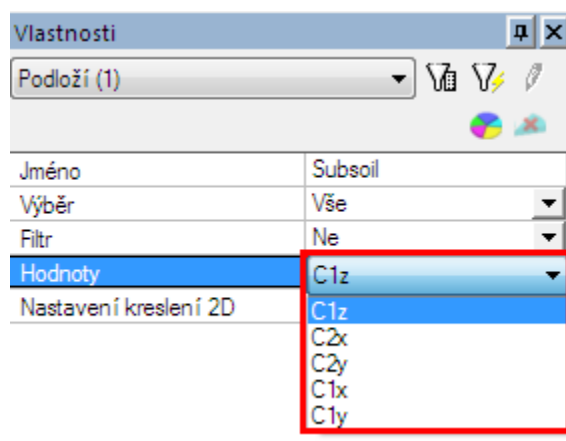
Zobrazení 2D dat

Výsledky soilinu lze prohlížet ve dvou servisech. Ve skupině „Výpočet, síť“ je servis Zobrazení 2D dat. Zde jsou výsledky pro Podloží.

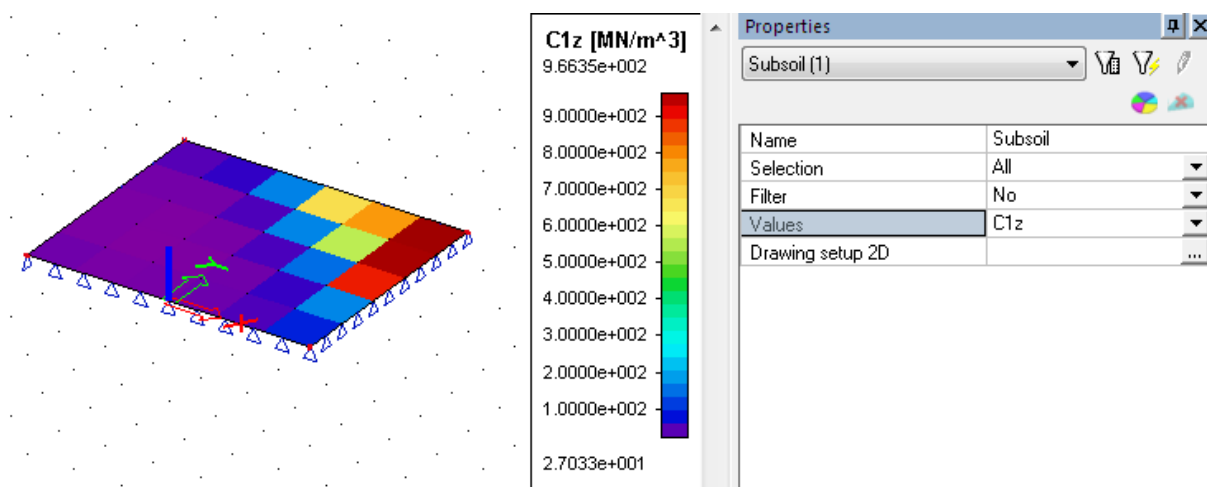


C parametry jsou spočítány na síti 2D prvku. Jsou zobrazeny barevnými plochami

Lze zobrazit výsledky pro každý C parametr.



Příklad C1z:

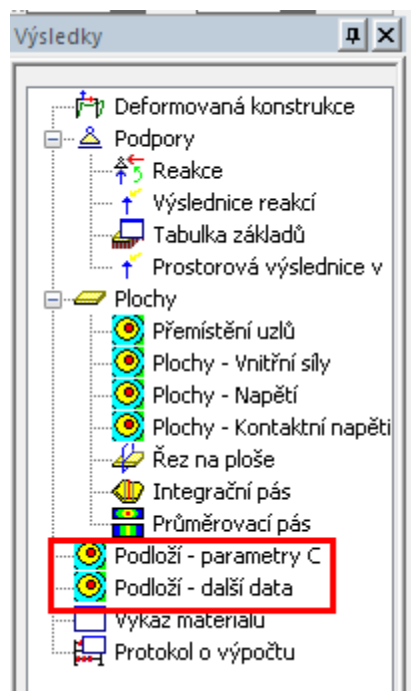


V zobrazení 2D dat lze zobrazit náhled s C parametry v tabulce.

Výsledky

Servis výsledky obsahuje dva typy výstupů:

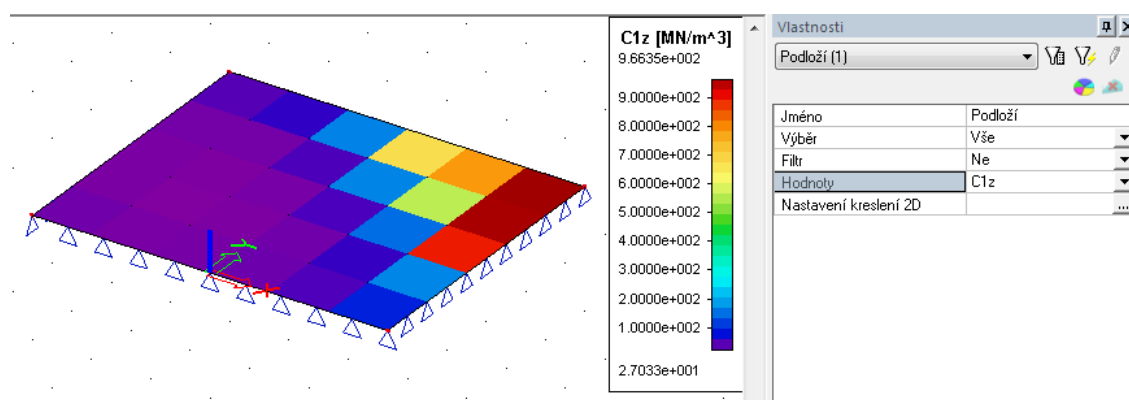
- Podloží – parametry C
- Podloží – další data – zde lze zobrazit sedání (tabulka a diagram pro každý bod)



Výsledky – parametry C

Pokud je vybrán typ podpory Soilin, pak náhled Podloží – parametry C a Zobrazení 2D dat zobrazí stejné výsledky.

Pokud je použita podpora typu Oba, pak Podloží – parametry C zobrazuje výsledky výpočtu soilin a Zobrazení 2D dat zobrazuje obsah knihovny Podloží.



Náhled

Výběr : Vše
Kombinace : CO1

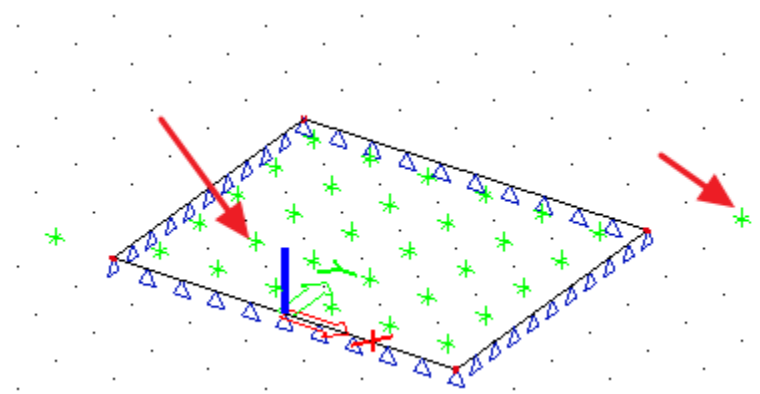
Prvek	C1x [MN/m ²]	C1y [MN/m ²]	C1z [MN/m ²]	C2x [MN/m]	C2y [MN/m]
1	0,0000e+00	0,0000e+00	4,6302e+01	4,2853e+00	4,2853e+00
2	0,0000e+00	0,0000e+00	5,9524e+01	5,1482e+00	5,1482e+00
3	0,0000e+00	0,0000e+00	1,6604e+02	2,3391e+00	2,3391e+00
4	0,0000e+00	0,0000e+00	6,7509e+02	1,1691e+00	1,1691e+00
5	0,0000e+00	0,0000e+00	7,8548e+02	1,7111e+00	1,7111e+00
6	0,0000e+00	0,0000e+00	9,6635e+02	1,6222e+00	1,6222e+00
7	0,0000e+00	0,0000e+00	3,3599e+01	5,4404e+00	5,4404e+00
8	0,0000e+00	0,0000e+00	3,3604e+01	6,6200e+00	6,6200e+00
9	0,0000e+00	0,0000e+00	4,9924e+01	6,3377e+00	6,3377e+00
10	0,0000e+00	0,0000e+00	1,6811e+02	3,5950e+00	3,5950e+00
11	0,0000e+00	0,0000e+00	5,5984e+02	1,1543e+00	1,1543e+00
12	0,0000e+00	0,0000e+00	9,6121e+02	1,6889e+00	1,6889e+00
13	0,0000e+00	0,0000e+00	2,9969e+01	6,0120e+00	6,0120e+00
14	0,0000e+00	0,0000e+00	2,7786e+01	7,2884e+00	7,2884e+00

■ Připraven [cs]

Diagram napětí v zemině

Možnost Podloží – další data umožňuje zobrazit Diagram napětí v zemině pro počítané uzly. Uzly lze zobrazit akčním tlačítkem Diagram napětí v zemině.

Akce	
Obnovit	>>>
Diagram napětí v zemině	>>>
Náhled	>>>

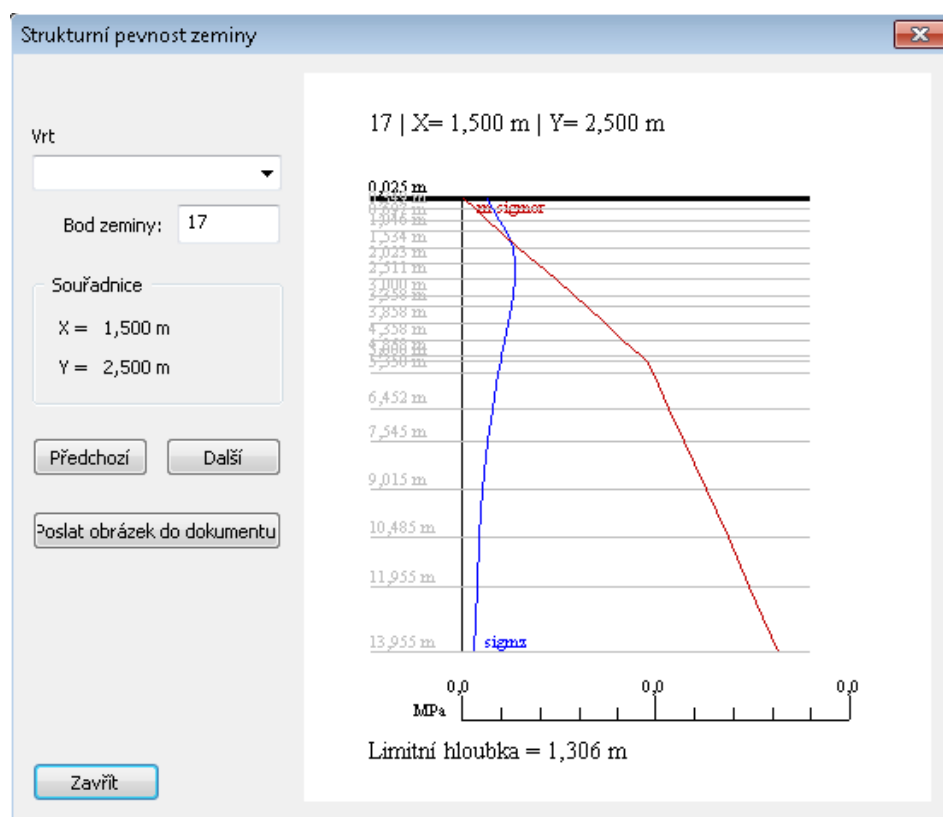


Zelené body na ploše jsou těžiště prvků 2D sítě. Dva zelené body mimo plochu jsou vkládací body vrtů.

Uzly jsou zobrazené zelenými body. Svislé složky napětí a pevnost konstrukce (tedy i hloubka deformované zóny podloží) mohou být zobrazeny pro všechny body plochy a pro vkládací body vrtů. Uživatel musí pouze vybrat bod a diagram se automaticky zobrazí.

Pokud je vrt definován zatržítkem „Pouze výsledky“ pak lze tento bod použít pro zobrazení diagramu.

Příklad dialogu Diagramu napětí v zemině:



- Předchozí: Zobrazí diagram pro předchozí bod
- Další: Zobrazí diagram pro další bod
- Vrt: Zobrazí diagram pro vybraný vkladací bod vrtu
- Bod zeminy: Číslo bodu

Tabulka sedání

- 1) Tabulku lze zobrazit v Podloží – další data. Náhled obsahuje hodnoty w pro každý bod.

Sedání w je jiné než posun u_z základové plochy, protože je spočítáno bez tuhostí konstrukce a z předposlední iterace. Proto je užitečné sledovat hodnoty sedání w pouze mimo základ.

Preview

100 %

Subsoil - Other data

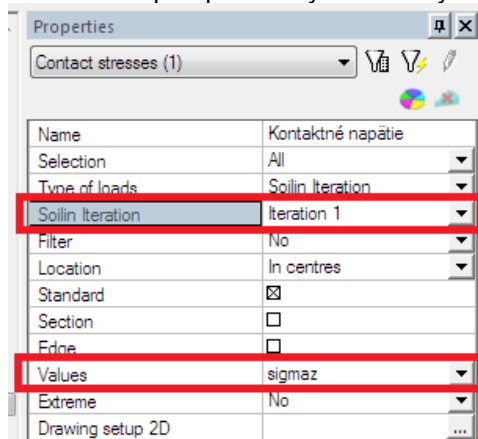
Selection : All
Combinations : CO1

Element	X [m]	Y [m]	w [mm]
1	-2,500	4,500	0,4
2	-1,500	4,500	0,2
3	-0,500	4,500	0,0
4	0,500	4,500	0,0
5	1,500	4,500	0,0
6	2,500	4,500	0,0
7	-2,500	3,500	0,8
8	-1,500	3,500	0,6
9	-0,500	3,500	0,3

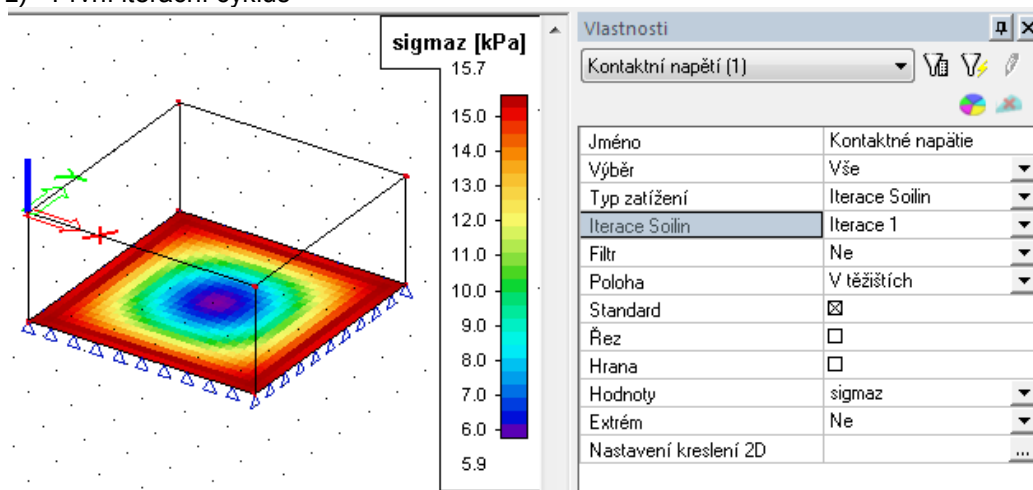
Výsledky pro každý iterační cyklus

Pokud není výpočet soilinu ukončen standardním způsobem, je výpočet ukončen po předem definovaném počtu cyklů (nastavení řešiče). Uživatel si může nechat zobrazit kontaktní napětí na základové ploše pro každý cyklus zvlášť a tak najít problém.

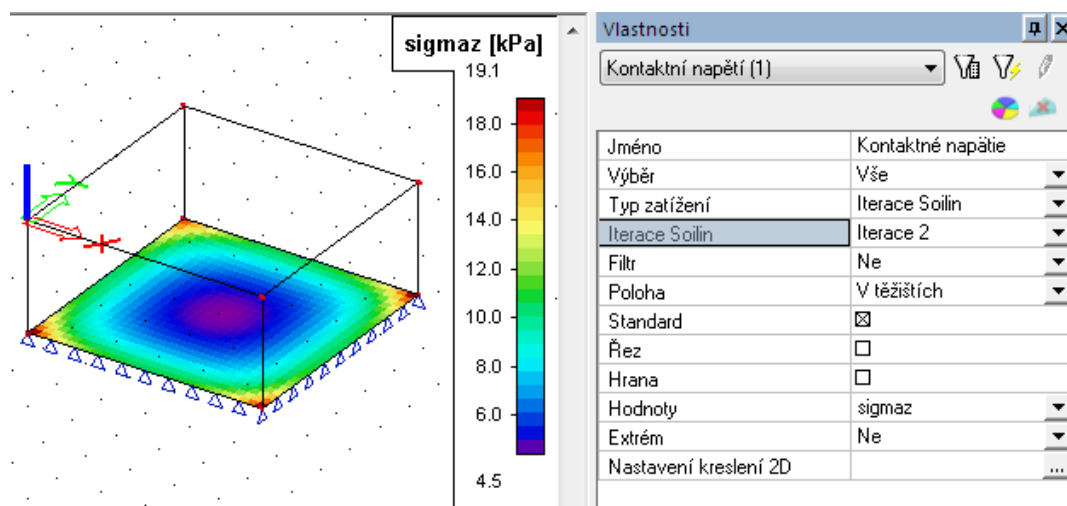
Kontaktní napětí pro každý iterační cyklus lze zobrazit ve výsledcích.



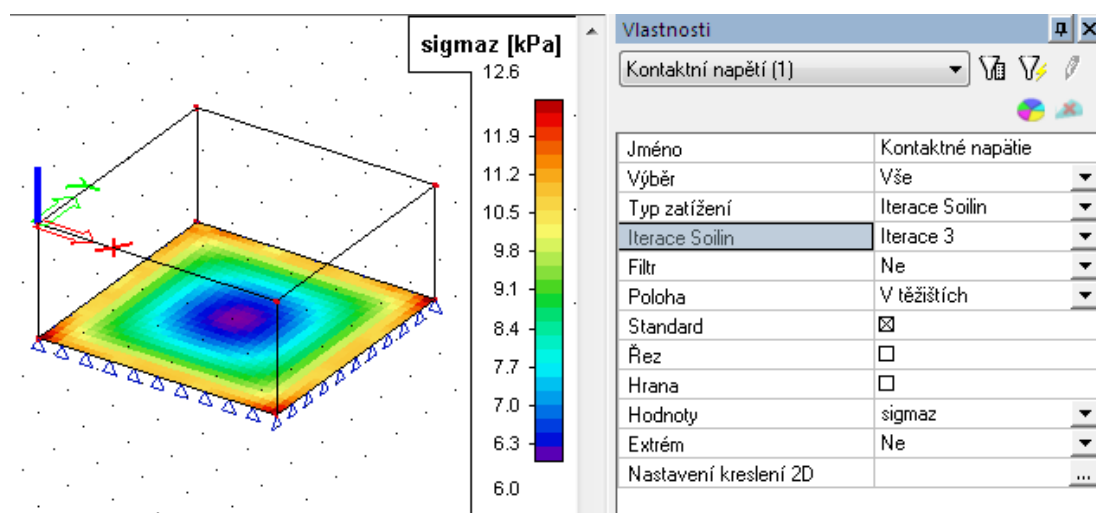
1) První iterační cyklus



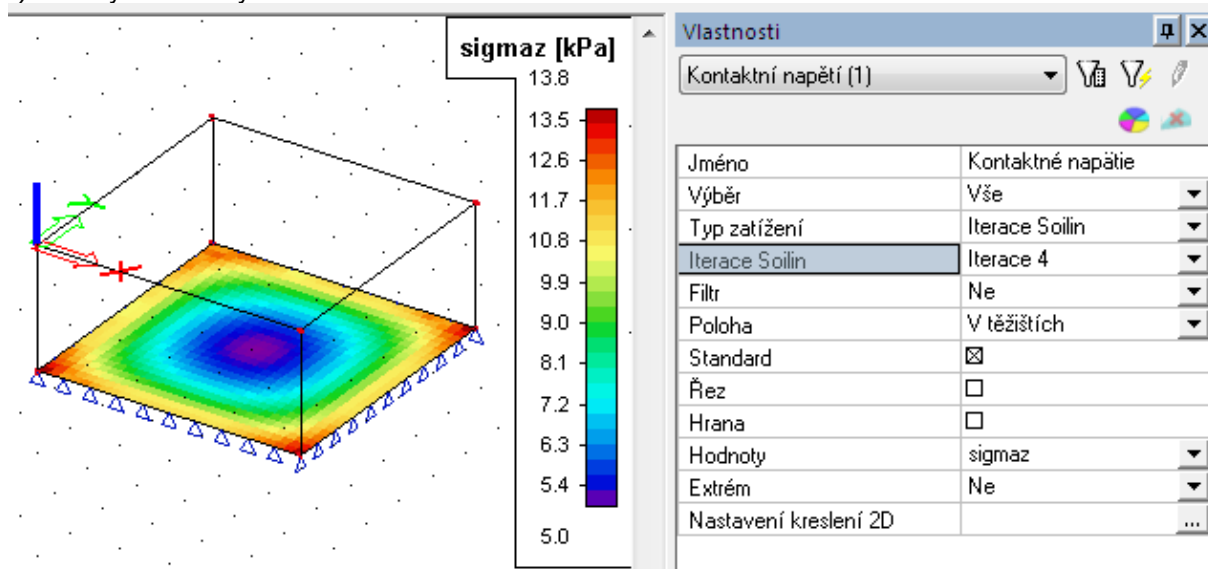
2) Druhý iterační cyklus



3) Třetí iterační cyklus



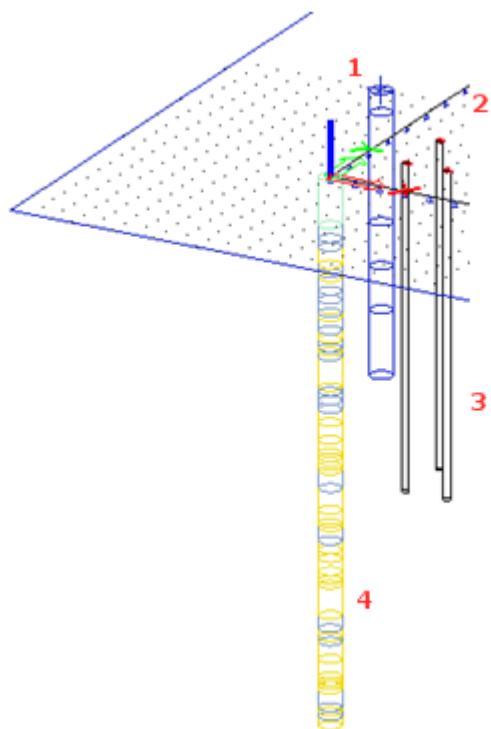
4) Čtvrtý iterační cyklus



Soilin a modul Návrh pilot

Soilin je nástroj pro kalkulaci tuhosti poloprostoru podloží. Pilota je druh podpory. Soilin a piloty mohou být použity v jednom projektu a program je bude počítat obě dohromady.

Soilin a piloty používají různý typ vrtů. Piloty jsou založené na profilu CPT; vrt pro soilin je definován vrstvami a zadán uživatelem. Pokud chce uživatel počítat soilin i piloty musí mít v projektu zadány oba typy vrtů.

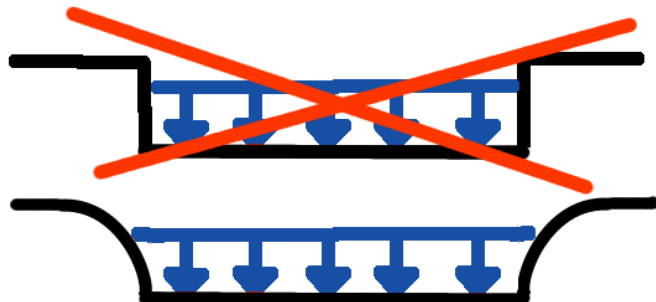


- 1) Vrt pro soilin
- 2) Plošná podpora pro soilin
- 3) Piloty pro Návrh pilot
- 4) Profil CPT pro Návrh pilot

Pokročilé tipy

Poklesová kotlina vně základu

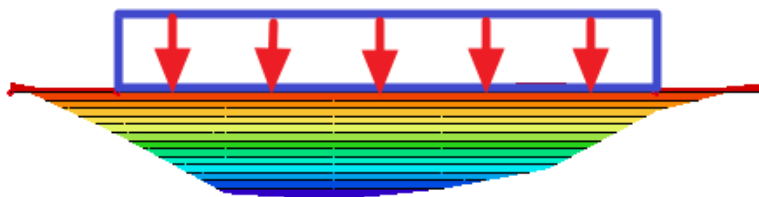
Nejbližší okolí zatížené konstrukce je také ovlivněno sedáním. Lepší vyjádření jak funguje podloží v realitě, nabízí obrázek dole.



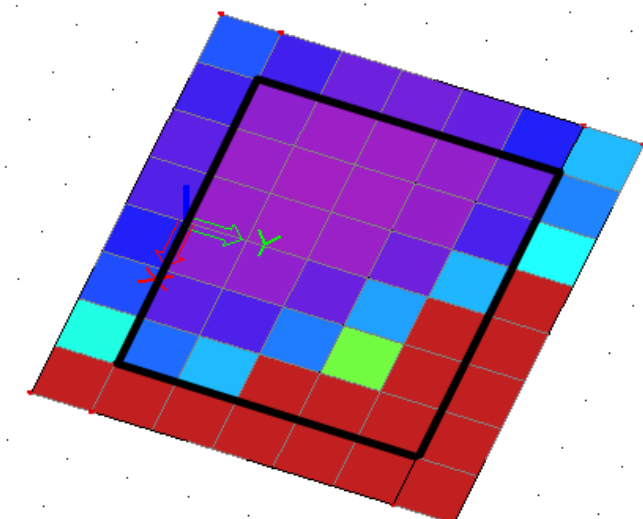
Výpočet podloží v nejbližším okolí je specifický případ. Pro modelování je doporučeno přidat ještě jednu plochu kolem konstrukce – přídavný element pro podloží. Nová plocha by měla být tvořena deskou s minimální tloušťkou (např. 0,01mm) a umístěna vedle základu.

Parametry C jsou tímto způsobem spočítány i pro takto vytvořenou přídavnou konstrukci.

Deformované podloží vypočítané Scia Engineer:



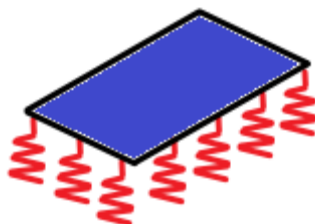
Vypočítané C parametry:



Konstrukce je označena černým obdélníkem a okolo něj je ještě jedna deska – přídavná deska – tloušťky 0,001mm.

Automatický výpočet okrajových podpor

Pokud uživatel nepoužije přídatnou desku, program se následně snaží eliminovat pokles podloží pod okrajem desky tak, že na okraje automaticky přidá svislé podpory.



Výpočet těchto podpor je založen na již známých C parametrech. Program zkouší podepřít desku stejným způsobem jako by byla podepřena podložím ve skutečnosti. To vede k vytvoření přibližného modelu, kde součet reakcí odpovídá kontaktnímu napětí s reakcemi v těchto uzlech.

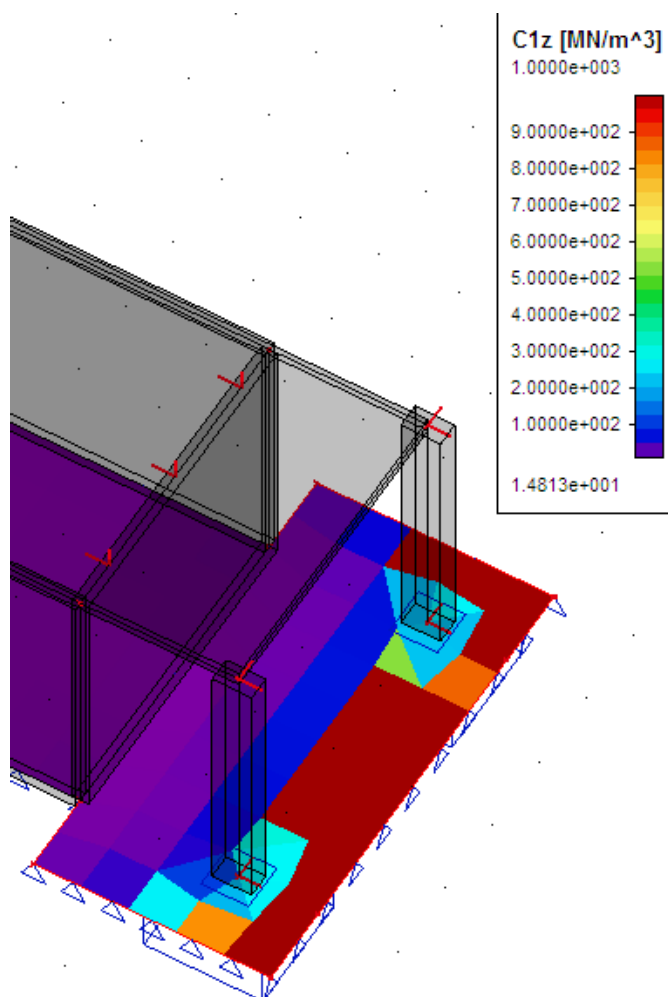
Někdy může být toto řešení nevhodné – například když je poblíž počítaného základu ještě jeden nebo pokud je pod nebo poblíž okraje nějaká podpora.

Toto automatické řešení lze obejít. Uživatel může na okraj desky manuálně vložit pružinu s malou tuhostí a program poté na stejné místo nevloží další podpory. Tato pružina může být simulována přídatným elementem podloží.

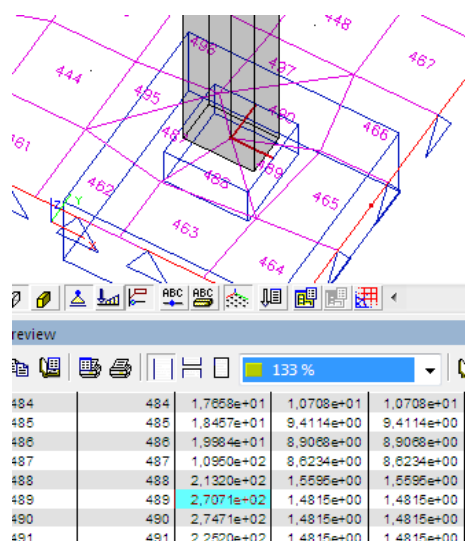
Základové patky a soilin

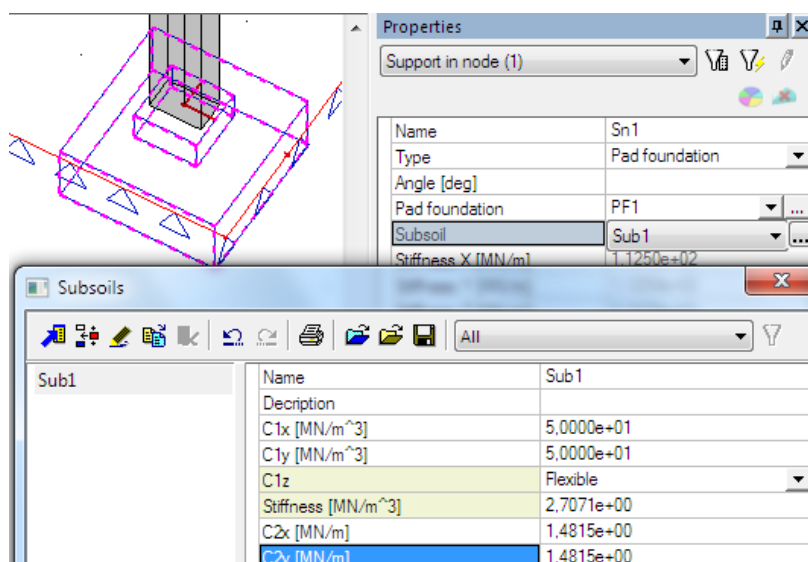
Modul základové patky není automaticky propojen s modulem Soilin. Jak lze použít soilin pro posudek základové patky:

- 1) Vytvořte přídatnou konstrukci pro spočítání parametrů C v okolí (postup najdete v předchozím tipu)



- 2) Vypočítané parametry C na přidavném elementu -> C parametry pro základovou patku
- 3) Vypočítané C parametry lze vložit do knihovny Podloží. Vložte hodnoty z tabulky do knihovny.





- 4) Spustě lineární kalkulaci.
- 5) Spustě posudek pro základové patky standardním způsobem

Podloží	
Kombinace pro SOILIN	C01
Max počet iterací pro SOILIN	5
Velikost prvku pro zeminu [m]	0,500

Co dělat pokud je model v pořádku, ale iterace nedoběhnou

Někdy je model v pořádku, ale nějaké okolnosti způsobí, že iterační proces neskončí. Výsledky v jednotlivých cyklech nevedou k jednomu C parametru, ale naopak výsledky jsou stále rozdílnější.

Toto může být způsobeno tahem v základové desce, použitím specifických komponent a podobně.

Jak řešit tento problém:

- 1) Nejdříve je důležité zkontrolovat model. Musí být v pořádku - prvky sítě nejsou trojúhelníkové, osa Z prvků směřuje nahoru, základová deska je pod povrhem podloží a tak dále.
- 2) Zkontrolujte výsledky iteračních cyklů – kontaktní napětí, typ zatížení – iterace soilin.

Několik prvních iteračních cyklů bude pravděpodobně v pořádku, ale po nějaké době začnou být výsledky chaotické.

Najděte jeden cyklus (mezi těmi správnými), kde se výsledky blíží realitě – například 5. cyklus. Použijte tuto hodnotu pro nastavení maximálního počtu iteračních cyklů.

Vlastnosti

Kontaktní napětí (1)

Jméno	Kontaktné napätie
Výběr	Vše
Typ zatížení	Iterace Soilin
Iterace Soilin	Iterace 4
Filtr	Ne
Poloha	V těžištích
Standard	☒
Řez	☐
Hrana	☐
Hodnoty	sigmaz
Extrém	Ne

Nastavení kreslení 2D

Podloží

Kombinace pro SOILIN	CO1
Max počet iterací pro SOILIN	10
Velikost prvku pro zeminu [m]	0,500

- 3) Spustě lineární výpočet znovu. Nyní skončí po páteém cyklu a výsledky budou nejbližše realitě.

Cykly se správnými výsledky bývají nejčastěji mezi 2. a 5. cyklem.