

Rézsűstabilizáció megtámasztó cölöpökkel

Program: Rézsűállékonyság, Megtámasztó cölöp

Fájl: Demo_manual_19.gst

Bevezetés

A megtámasztó cölöpöket nagyméretű földcsuszamlások stabilizálására használjuk. Ez a szerkezet egy olyan cölöpfal, melyet a rézsű teljesen (vagy majdnem teljesen) magába foglal. A cölöpfal metszi a kialakuló csúszólapot, így segít megelőzni a további csúszásokat. A cölöpök általában nagyméretű, négyzet, vagy kör keresztmetszetűek.

A megtámasztó cölöppel stabilizálni kívánt rézsűnek több követelménynek kell megfelelnie. Először is tudnunk kell a csúszólap elhelyezkedését (felszín alatti mélységét a megtámasztó cölöp vonalában). Másrészt ismernünk kell a csúszólap alatti kőzet (talaj) állapotát. Annak állapota nem lehet erodálódott vagy károsodott, mivel fel kell vennie a cölöp terheit.

A megtámasztó cölöp számítását két részre osztjuk. Először biztosítanunk kell a rézsű globális állékonyságát. Ehhez a *GEO5 – Rézsűállékonyság* programot használjuk. Ezzel a programmal igazoljuk, hogy a cölöpök az igénybevételeknek a megkövetelt biztonsággal megfelelnek. Amennyiben nem tudjuk a csúszólap pontos helyét (például talajvizsgálati jelentésből), meghatározhatjuk azt a programban történő optimalizációval. Az optimalizáció megkeresi a legkedvezőtlenebb helyzetű csúszólapot (a legkisebb biztonsági tényezőhöz tartozót). A számítás második felét a Megtámasztó cölöp programban végezzük. Ebben a programban tervezzük és igazoljuk a cölöpöket. A vizsgálat eredményül igénybevételi ábrákat és a cölöpök vízszintes elmozdulását kapjuk.

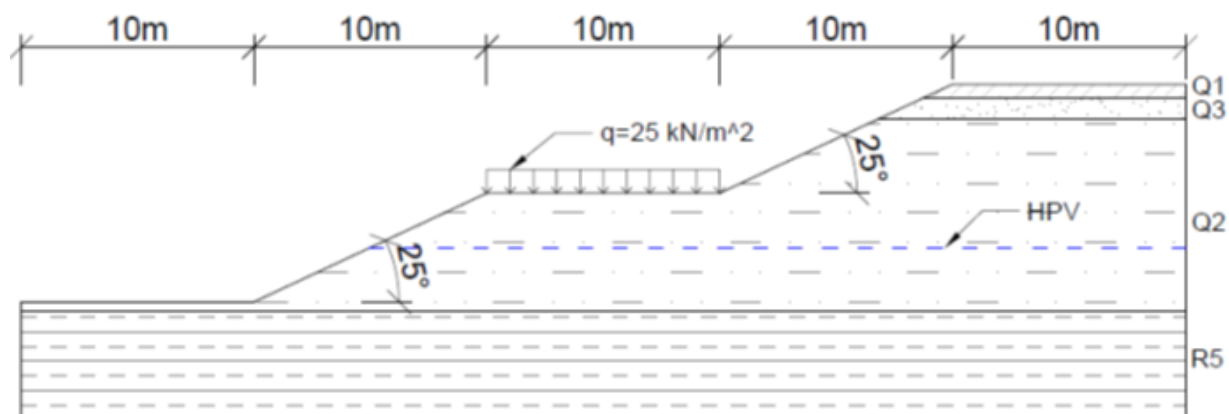
Az alábbi képen egy példát láthatunk megtámasztó cölöppel stabilizált úttöltésre. Ebben a mérnöki kézikönyvben egy ehhez hasonló példát mutatunk be lépésről lépésre.



Megtámasztó cölöp (teljesen a terepszint alatt)

Feladat leírása

Tervezzük meg az alábbi ábra szerinti rézsűstabilizációt megtámasztó cölöpök használatával. A megkövetelt minimális biztonsági tényező $SF=2,0$. A megtámasztáshoz állandó tervezési esetet vegyünk figyelembe.



Feladat ábrája

Az útra ható megoszló teher értéke 25 kN/m^2 .

A vizsgált területre vonatkozó geotechnikai jellemzők a következő táblázatban olvashatók:

Talaj	Mélység (m)	ČSN 73 1001	$\gamma/\gamma_{\text{sat}}$ (kN/m^3)	ϕ_{ef} ($^\circ$)	c_{ef} (kPa)	E_{def} (Mpa)	ν (-)
Alacsony plaszticitású iszap F5/ML0 (Q1)	0,0 - 0,6	F5/ML	21/22	20	14	4	0,4
Agyagos homok (Q3)	0,6 - 1,5	S5/SC	18/18,5	22	5	5	0,35
Homokos agyag (Q2)	1,5 - 9,72	F4/CS	18,5/19,5	26	4	8	0,35
Erősen mállott pala (R5)	9,72 - 17	R5	24/24,2	29	30	15	0,35

Geotechnikai jellemzők

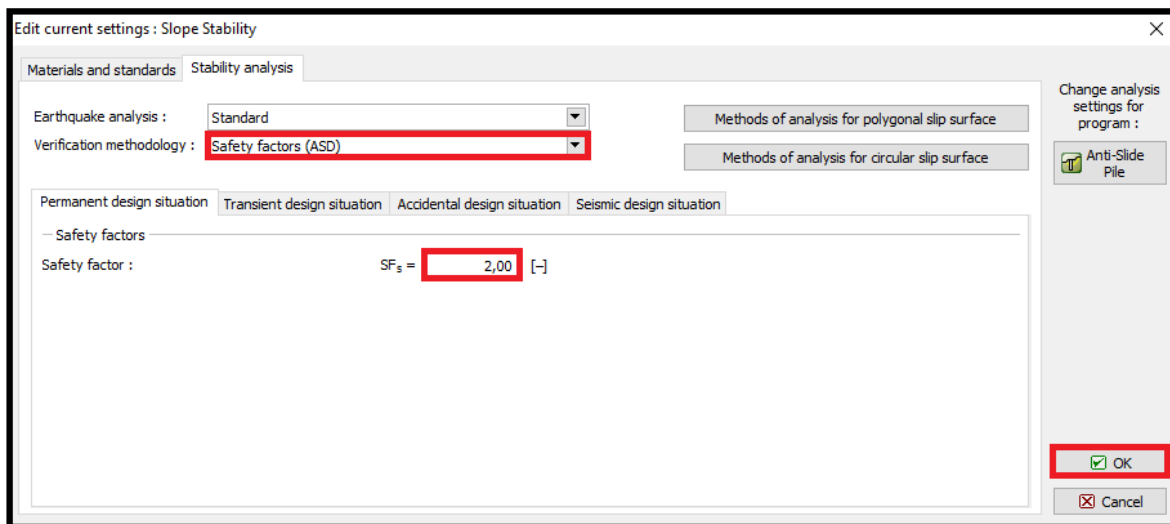
A talajvízszint a felszíntől számított 7 m mélységben található.

Megoldás

A megoldás első fele a feladat teljes modelljének elkészítése GEO5 – Rézsűállékonyság programban. A modellezés lépéseit már bemutattuk a [8. sz. \(Rézsűállékonyság vizsgálata\)](#) mérnöki kézikönyvben. Ezért csak a megtámasztó cölöp számításához kapcsolódó részeket mutatjuk most be.

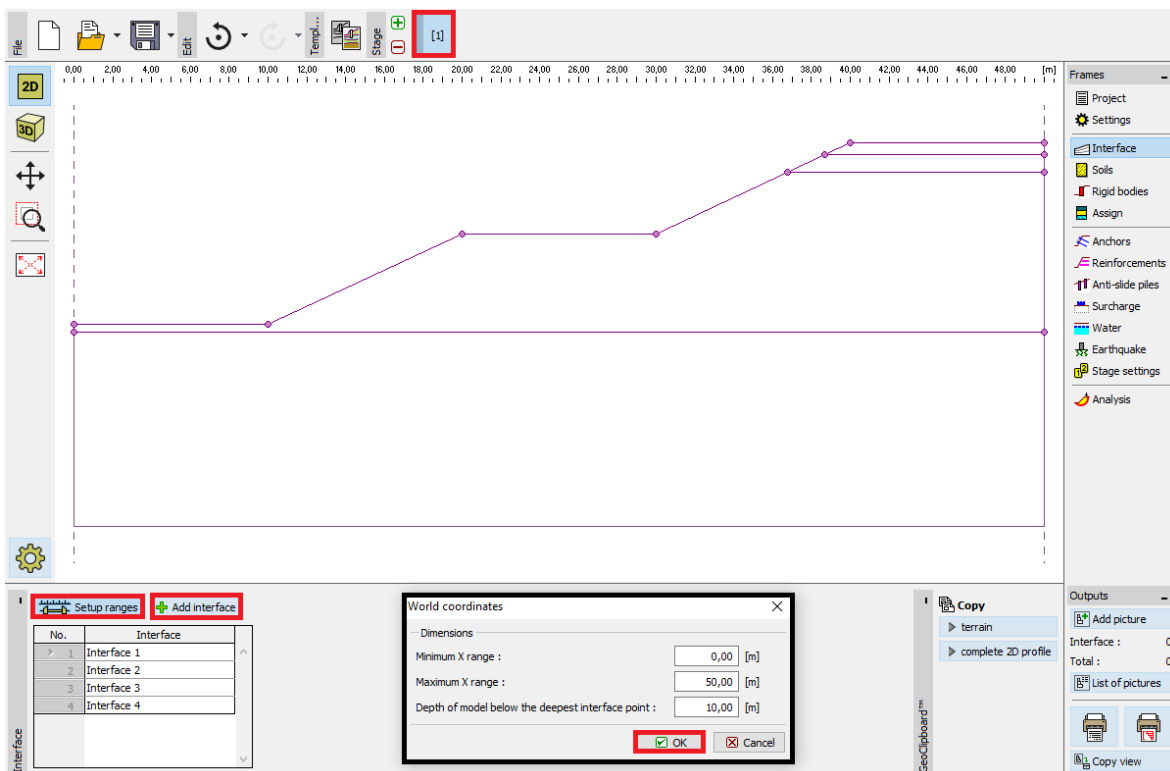
Meglévő rézsű megadása – 1. kivitelezési fázis

Először megváltoztatjuk a feladat alapbeállítását a „Beállítás” menüben a „Szerkesztés” gombbal. Ellenőrzési módszerre beállítjuk a „Biztonsági tényező (ASD)” lehetőséget, és a biztonsági tényezőt $SF_s=2,0$ értékre növeljük.



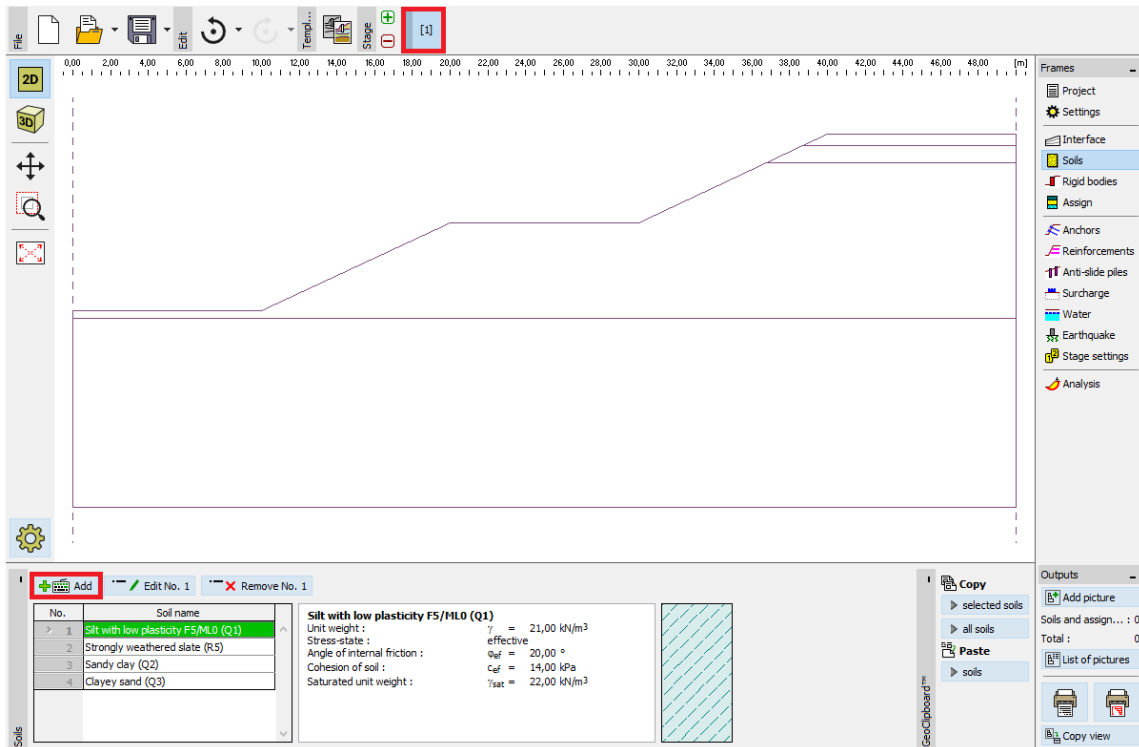
„Beállítások” menü

A „Felület” menüben beállítjuk a tartományokat, megadjuk a terepvonalat és a geológiai rétegek közti felületet az egyes pontok koordinátaival.



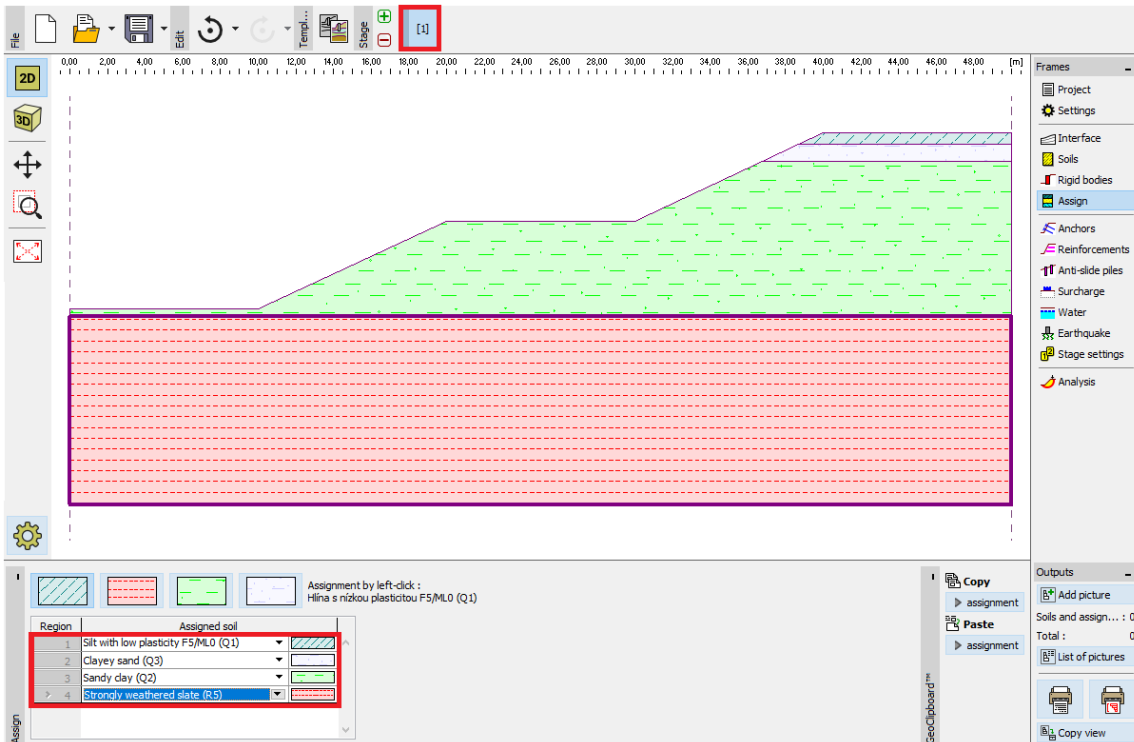
„Felület” menü – tartományok megadása

Ezután megadjuk a talajokat a feladatkiírásnak megfelelően.



„Talajok” menü

A „Hozzárendel” menüben hozzárendeljük a talajokat a geológiai rétegekhez.



„Hozzárendel” menü

A következő lépésben megadjuk az út megoszló terhét. Ezt állandó sávos teherként adjuk meg, melynek értéke 25 kPa.

The screenshot shows the 'New surcharges' dialog box in the GEO5 software. The dialog box contains the following fields:

- Name: road
- Surcharge properties:
 - Type: strip
 - Type of action: permanent
 - Location: on terrain
- Origin:
 - x = 20,00 [m]
- Length:
 - l = 10,00 [m]
- Slope:
 - $\alpha = 0,00$ [°]
- Surcharge magnitude:
 - Magnitude: q = 25,00 [kN/m²]

Below the dialog box, a table lists the surcharge data:

No.	Name	Type	Type of action	Location	Origin z [m]	Length l [m]	Width b [m]	Slope α [°]	Magnitude	unit
1	road	strip	permanent	on terrain	20,00	10,00		0,00	25,00	kN/m ²

„Megoszló teher” menü

A „Víz” menüben megadjuk a TVSZ pontjainak koordinátáit.

The screenshot shows the 'Water' menu in the GEO5 software. The menu contains the following options:

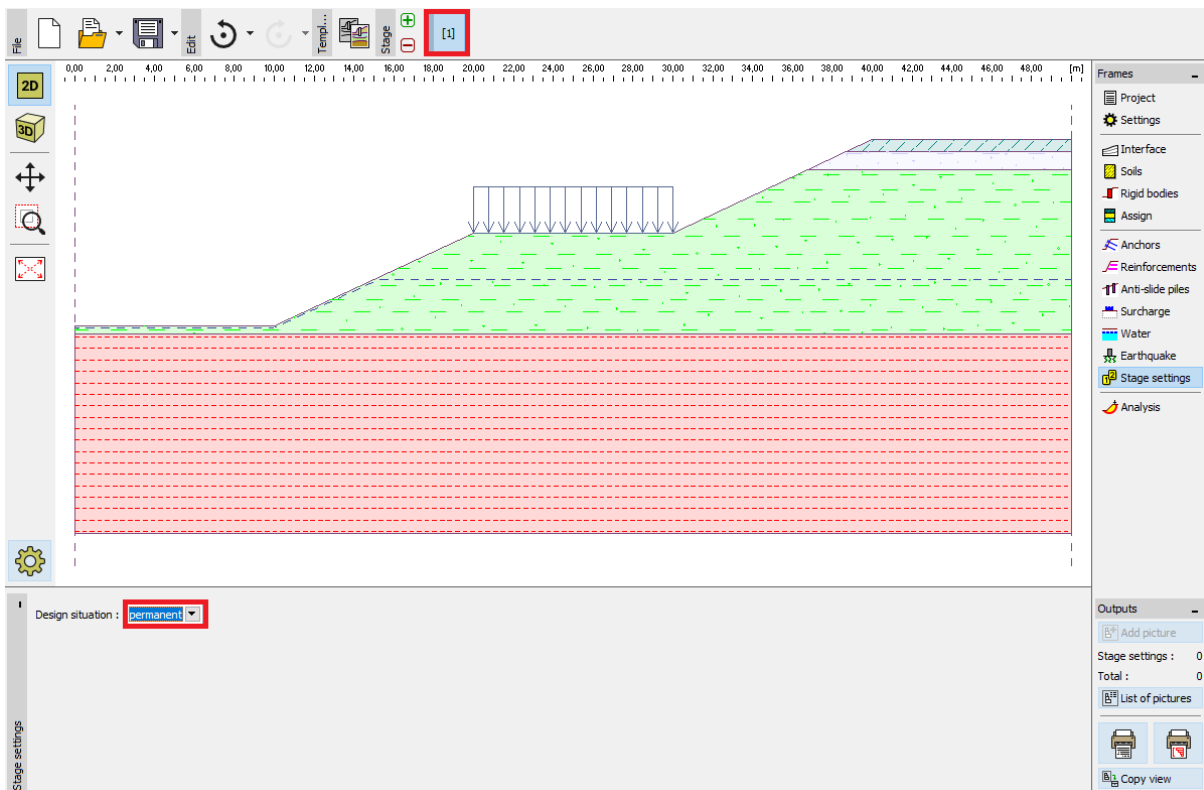
- Water type: GW
- Replace GWT
- Edit GWT
- Remove GWT

Below the menu, a table lists the water table points (TVSZ):

No.	x [m]	z [m]
1	0,00	-0,10
2	10,00	-0,10
3	15,30	2,32
4	50,00	2,32

„Víz” menü

A feladat hosszú lefutású megoldását keressük, ezért „állandó” tervezési esetet állítunk be.



„Fázis beállítás” menü

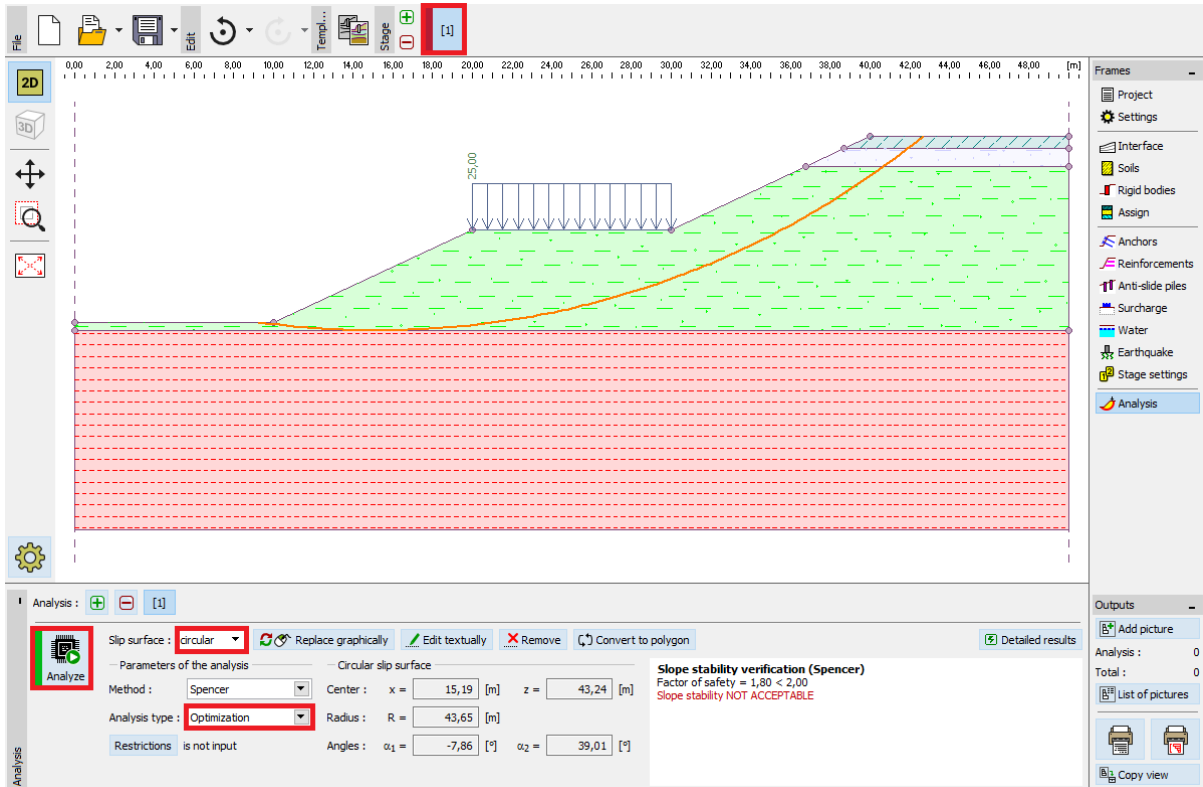
Ezután átlépünk a „Számítás” menübe. Számos különböző rézsűállékonyság számítási mód közül választhatunk. Összehasonlítást és további információt a [8. sz. \(Rézsűállékonyság számítása\)](#) mérnöki kézikönyvben találhat.

A Spencer féle körcsúszólap optimalizációs számítási módot választjuk. Akármilyenre megadhatjuk a kiindulási körcsúszólap alakját. Az optimalizáció megtalálja majd a legkedvezőtlenebb megoldást.

Megjegyzés: A következő számításokhoz fontos tudnunk a cölöpre ható erőket. Nem minden módszerrel tudjuk ezeket az erőket számítani a Rézsűállékonyság programban. A következő módszerek közül kell számítási módot választanunk: Spencer, Janbu, Morgenstern-Price vagy ITFM.

Megjegyzés: A számítási módszer és a csúszólap alakjának megválasztása mindig a tervező döntése, tapasztalata és tudása szerint választhatja meg azokat. A mérnöki gyakorlatban hasznos több különböző módszert kipróbálni, és eredményeiket összehasonlítani.

Megjegyzés: Amennyiben ismerjük a csúszólap helyét, nincs szükség optimalizációra. Számítás típusára kiválasztjuk a „Szabványos” lehetőséget, és manuálisan megadjuk a csúszólap helyzetét.



”Számítás” menü

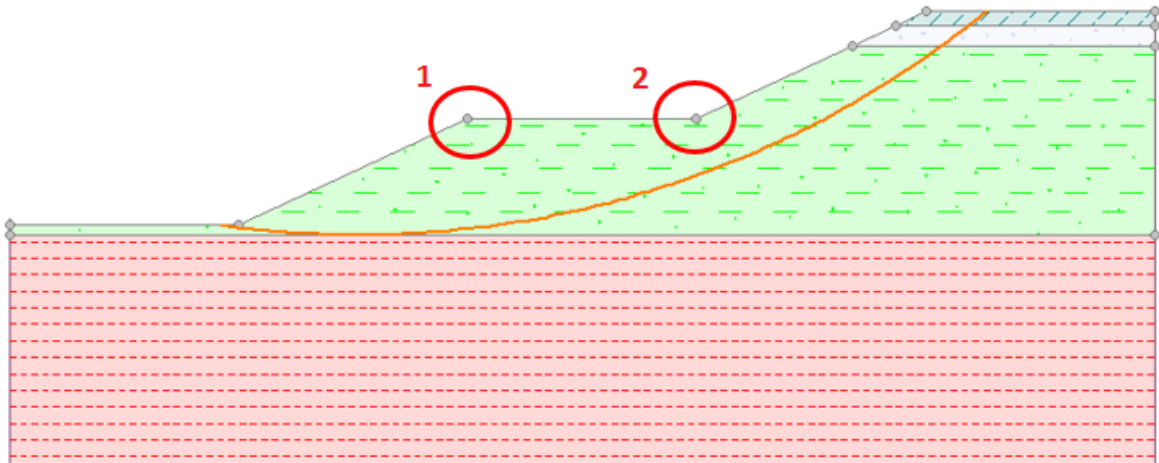
Megtámasztó cölöpök tervezése

Tervezés előtt átlépünk a következő kivitelezési fázisra. Megvizsgáljuk az eredményeket cölöpök nélkül és cölöpökkel.

A „Megtámasztó cölöp” menüben két lehetőségünk van a cölöpök megadási módjára. Lehetőségünk van a cölöpök egérrel való megrajzolására, valamint a cölöpfej koordinátáinak és a cölöp hossz megadásával. Továbbá kombinálhatjuk a két módszert – grafikusán megadjuk hozzávetőlegesen, és utólag módosítjuk a pontos értékre.

Megjegyzés: Általában nem tudjuk a megtámasztó cölöp ideális helyét. A cölöpnek minden esetben metszenie kell a csúszólapot, és le kell hatolnia egy nagyobb teherbírású rétegre. Fontos figyelembe venni a cölöp megvalósításának és horgonyzásának technológiai lehetőségeit. Egy cölöp egy átázott rézsű közepén növelhetné annak állékonyságát, de a kérdés, hogy hogyan kivitelezznék...

Példánkban két módon adjuk meg a megtámasztó cölöpöt. Ezt mutatjuk meg az alábbi képen.



Lehetséges helyek megtámasztó cölöp kivitelezéséhez

Mi az első pont megoldását mutatjuk meg. A megtámasztó cölöp helyének megválasztása mindig a tervező döntése.

Megjegyzés: Túlterhelt cölöp esetében, illetve ha kisebb keresztmetszetű cölöpöt alkalmazunk, lehetséges két sor cölöpöt alkalmaznunk (mindkét pontban).

The screenshot shows the 'New piles' dialog box with the following parameters:

- Point location: x = 20,50 [m], z = 4,66 [m]
- Length: l = 9,00 [m]
- Locate to the terrain:
- Pile spacing: b = 1,00 [m]
- Pile cross-section: Cross-section type: circular, Pile diameter: d = 0,66 [m]
- Pile parameters: Distribution along the pile: constant, Max. bearing capacity: $V_u = 80,00$ [kN], Passive force direction: perpendicular to pile

The 'Anti-slide piles' table at the bottom of the interface contains the following data:

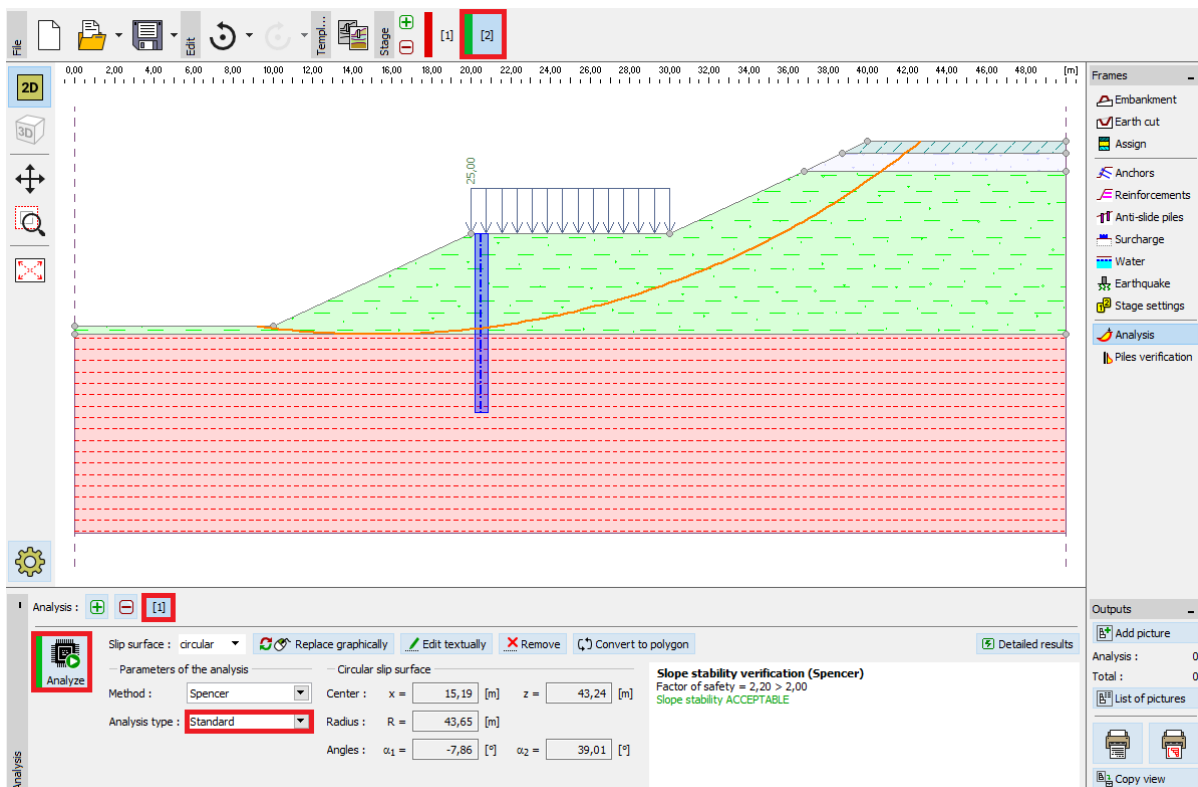
No.	Anti-Slide pile	Point	Length	Pile spacing	Cross-section	Distribution along the pile	Pile bearing capacity	Passive force direction
	new	x [m]	z [m]	l [m]	b [m]		Max. bearing capacity V_u [kN]	Gradient K [-]
1	Yes	20,50	4,66	9,00	1,00 d = 0,66	constant	80,00	perpendicular to p

"Megtámasztó cölöp" menü – új cölöp megadása

Megjegyzés: Az elhelyezés, átmérő és kiosztás mellett egyéb jellemzőket is szükséges megadnunk az egyes cölöpökhöz. A cölöp maximális teherbírása, az az erő, amivel megtámasztja a csuszamlást. Ezt az értéket a „Megtámasztó cölöp” programban fogjuk ellenőrizni. A teherbírást megadhatjuk egy konstans vagy a cölöp aljától felfelé haladva lineárisan növekvő értéként. A passzív erők hathatnak vízszintesen, vagy a csúszólappal megegyező irányban. További információt a Súgóban (F1) találhat.

9 m hosszú, 0,66 m átmérőjű kör keresztmetszetű cölöpöket alkalmazunk. A távolság köztük 1 m, a feltételezett teherbírásuk (V_u) 80 kN.

A cölöpök hozzáadása után átlépünk a „Számítás” menübe. A „Szabványos” számítási módot választjuk ki. Ezzel a számítási módszerrel a program nem számol új csúszólapot. Csak kiszámítja a meglévő csúszólap biztonsági tényezőjét (esetünkben az előző kivitelezési fázisét). A további beállításokat változatlanul hagyjuk.



„Számítás menü” – megtámasztó cölöp hatása

Természetesen a megtámasztó cölöp javítja a rézsúállékonyságot, így a kapott biztonság már megfelelő.

Miután a „Részletesen” gombra kattintottunk, megtekinthetjük a rézsúállékonyság számítási információinak párbeszédablakát.

Slope stability verification (Spencer)	
Factor of safety = 2,20 > 2,00	
Slope stability ACCEPTABLE	
The forces acting on the pile	
Anti-Slide Pile No. 1 (20,50; 4,66 [m])	
Horizontal active force:	95,89 kN/m
Horizontal passive force:	51,00 kN/m
Depth of slip surface:	4,74 m
The length of pile below terrain:	9,00 m

"Részletes eredmények" - párbeszédablak

Megjegyzés: Megkapjuk a csúszólap mélységét a cölöp vonalában, és a cölöpre ható két erő értékét.

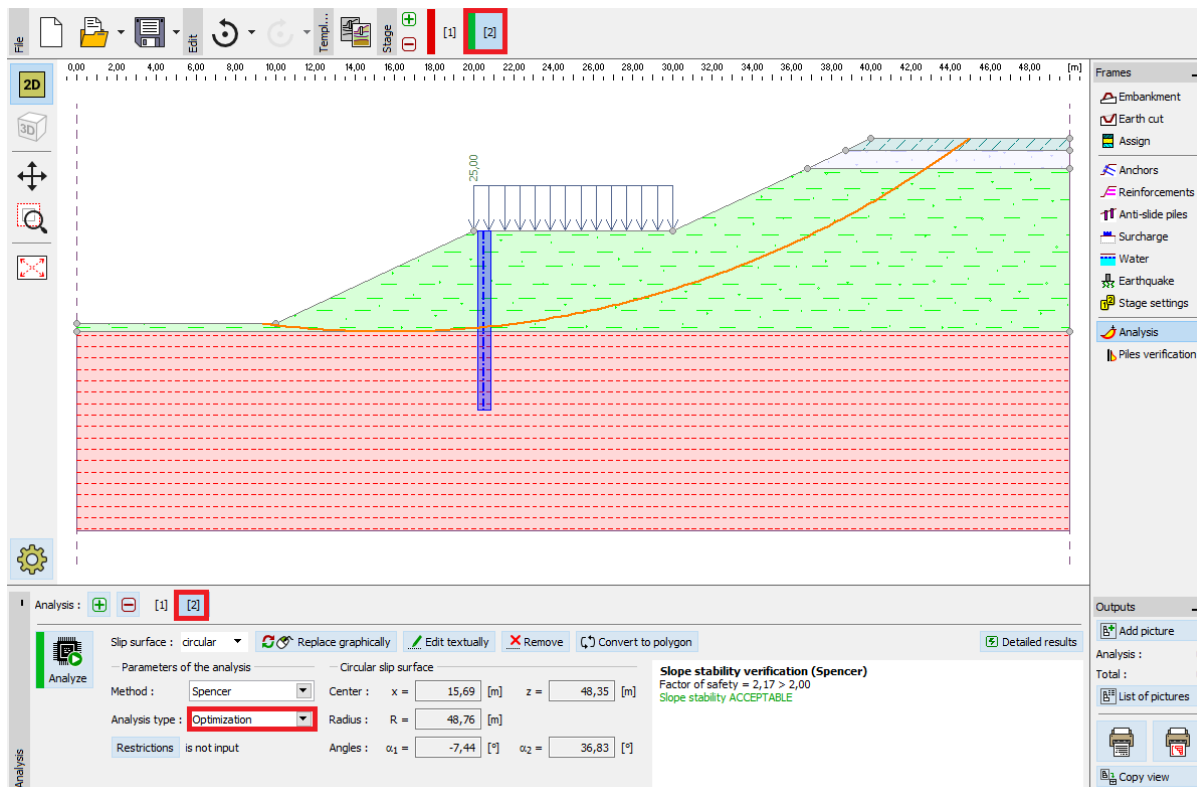
*Az **aktív erő** a lejtőirányban hat a cölöp felső részére. Ez destabilizálja a rézsút.*

*A **passzív erő** lejtőiránnyal szemben hat, és ez segít stabilizálni a rézsút. (Amennyiben a passzív erő nulla, azt jelenti, hogy a cölöp előtti lejtő instabil, így szükséges annak megtámasztását külön megoldani.)*

Az aktív és passzív erő közti különbség, az a tényleges erő, amit a cölöpnek kell átadni biztosítva a lejtő biztonsági tényezőjét. Egyszerűbben, a cölöp szükséges minimális teherbírása.

A biztonsági tényező mindig a csúszólap helyétől és alakjától függ. A cölöpök nélküli rézsú esetében a kritikus csúszólaphoz tartozó biztonsági tényező **SF=1,8**. Ugyanez a csúszólap megtámasztó cölöpökkel **SF=2,20** eredményt ad. Lehetséges azonban, hogy a stabilizáció után egy olyan csúszólap lesz a kritikus, ami a megtámasztás előtt nem volt mértékadó. Ennek a csúszólapnak a biztonsága cölöpök építése előtt **SF>1,8**, de a stabilizáció után **SF<2,20**.

A következő fázisokban ezt a lehetőséget ellenőrizzük, cölöppel megtámasztott rézsú optimalizációjával.



„Számítás” menü – csúszólap optimalizációja megtámasztó cölöpök telepítése után

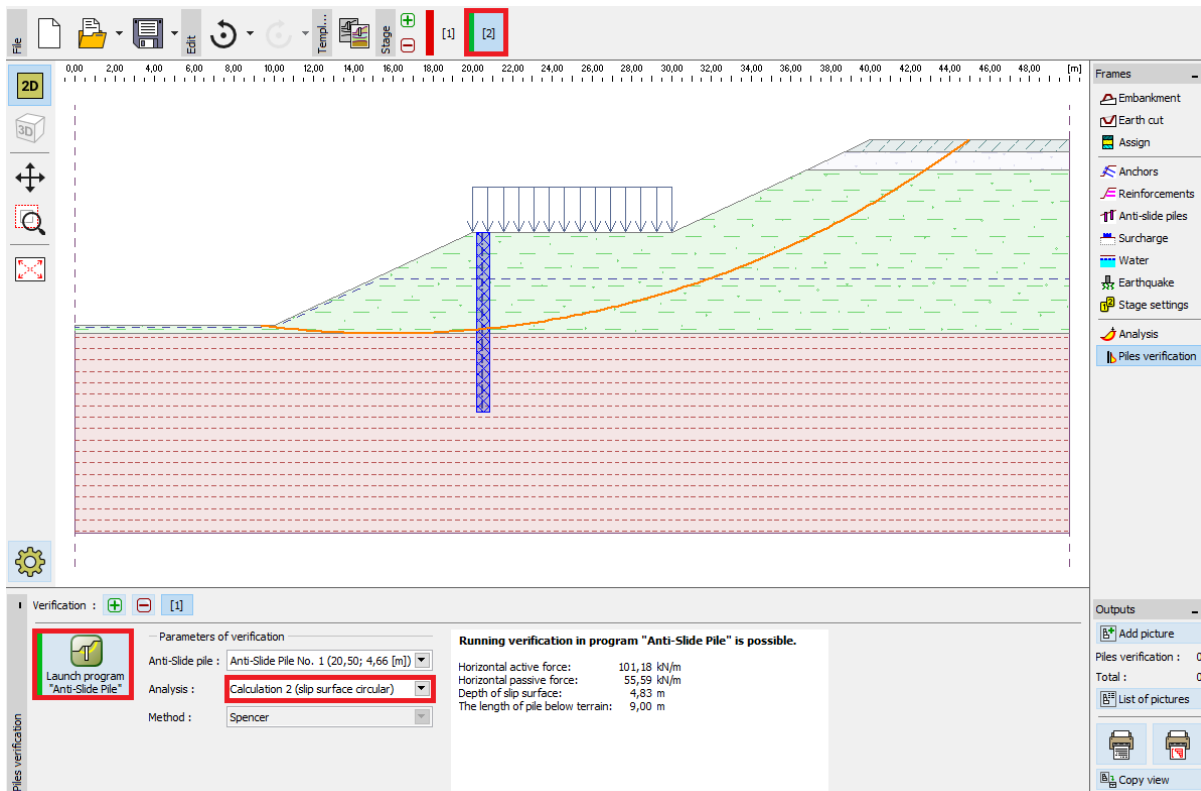
Láthatjuk, ahogy a rézsű stabilitása megfelel a megkövetelt biztonsági tényezőnek ezzel az új csúszólappal is. A különbség az új és a régi csúszólap között esetünkben minimális, de ez nincs így minden esetben. Célszerű mindig leellenőrizni az cölöpök telepítése utáni új mértékadó csúszólapot.

Ez a cölöpök telepítése utáni állapot a kritikus. Ezért ebből indulunk ki a cölöpök vizsgálatához és méretezéséhez.

Cölöpök vizsgálata és méretezése

A „Cölöpök ellenőrzése” menüben kiválasztjuk a 2. sz. számítást, és megnyomjuk a „Megtámasztó cölöp program futtatása” gombot.

Megjegyzés: Amennyiben több sor megtámasztó cölöpünk van, szükséges megadnunk, melyik sorra kívánjuk elvégezni a számítást.



”Cölöpök ellenőrzése” menü

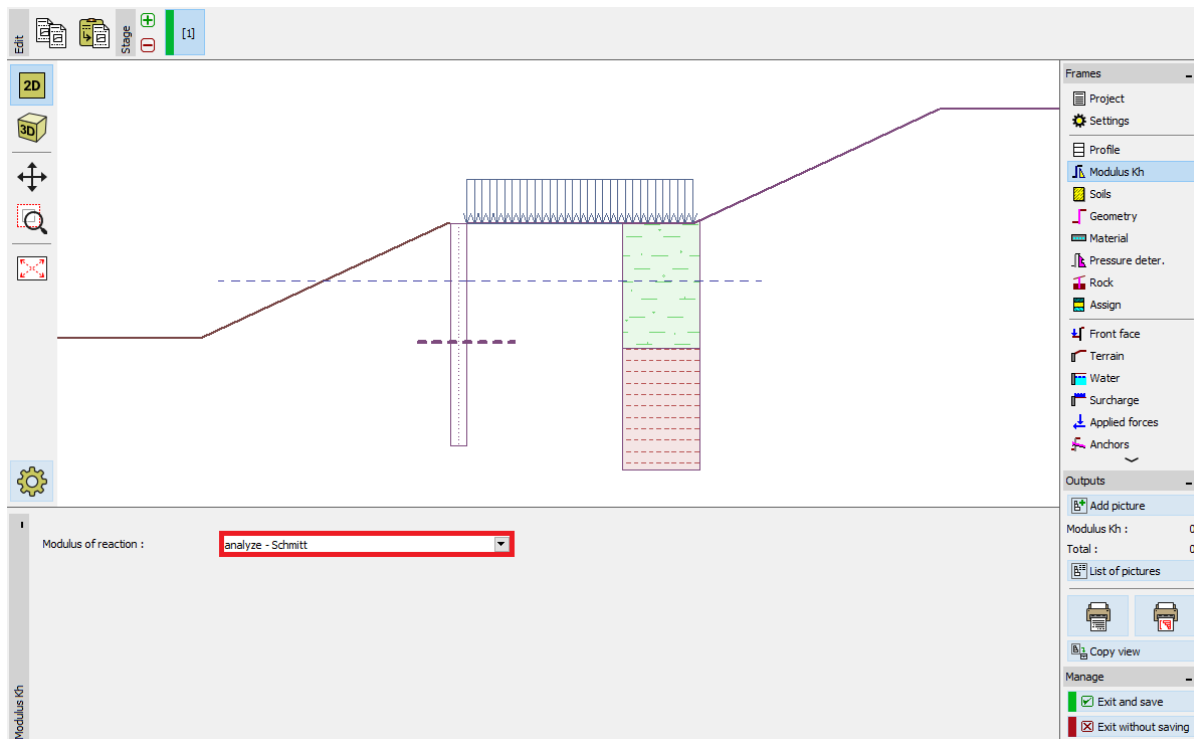
A *Megtámasztó cölöp* programot a cölöpök igénybevételeinek és alakváltozásainak meghatározására használjuk. Ez a program hasonlít a *GEO5 – Szádfal ellenőrzés* programra. A kettő közti fő különbség a cölöpfalra ható erő megadási módja. A *Szádfal ellenőrzés* programban a szerkezeti hossz mentén végig hatnak földnyomások. A *Megtámasztó cölöp* programban a terheket két részre osztjuk. A csúszólap felett a cölöp az aktív és passzív erők különbségével terhelt. A csúszólap alatt a terhet a földnyomások adják.

A *Rézsúállékonyság* program összes adata automatikusan átkerül a *Megtámasztó cölöp* programba.

Megjegyzés: A legtöbb alapadat megadása ugyanúgy működik a *Megtámasztó cölöp* programban, mint a *Szádfal ellenőrzés* programban. Ezt részletesen ennek a programnak a mérnöki kézikönyvében (6. sz. és 7. sz.) találhatja.

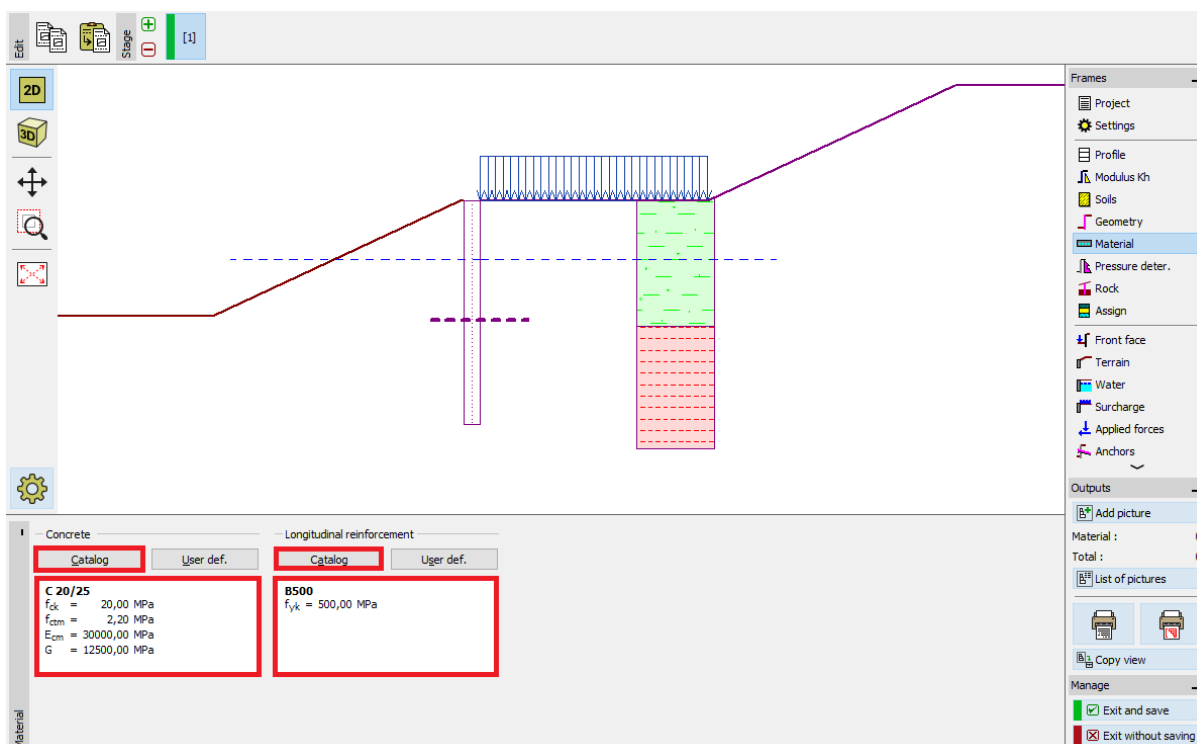
Megjegyzés: Ha néhány számítási beállítást szeretnénk megváltoztatni a *Megtámasztó cölöp* programban (földnyomás számítás, anyagszabványok stb.), azt a *Rézsúállékonyság* program „Beállítások” menüjében tehetjük meg.

A „Kh modulus” menüben megválasztjuk az ágyazási tényező számítási módját. Válasszuk ki a Schmidt szerinti számítási módot. További információt találhatunk a Kh modulusról a Szádfal ellenőrzés program mérnöki kézikönyvében, illetve a program Súgó-jában (F1).



„Megtámasztó cölöp” program – „Kh modulus” menü

A beton minőségét az „Anyag” menüben állítjuk be. Lehetőségünk van anyagválasztásra katalógusból, vagy kézi megadásra. C20/25 betont választunk B500 hosszvasalással.

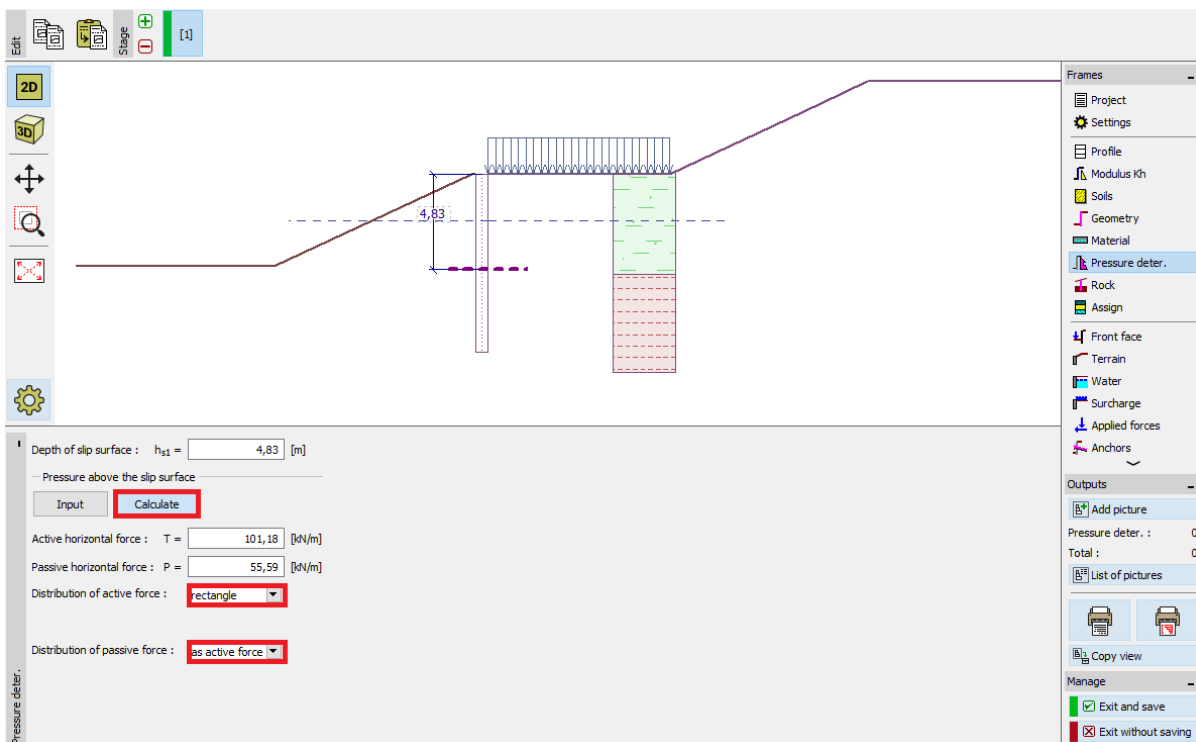


„Megtámasztó cölöp” program – „Anyag” menü

A következő, számunkra fontos menü a „Nyomások meghatározása”. Ebben a menüben láthatjuk az automatikusan beillesztett aktív és passzív erők értékeit a csúszólap mélységében. Ezeket az adatokat a rézsúállékonyság számításból kapjuk.

Három féle módon alakulhat a cölöp csúszólap feletti szakaszán ható nyomások eloszlása. Az aktív erő eloszlása három jellemző alakot vehet fel (háromszög, négyzög, trapéz), a passzív erő eloszlása lehet az aktívával megegyező, vagy egyszerűsített parabola alakú. A nyomások eloszlását bemutatjuk részletesen a GEO5 Súgójában (F1).

Megjegyzés: Általában a nyomások eloszlása a csúszólap feletti talaj típusától függ. Esetünkben a fő talaj homokos agyag – finomszemű talajoknál javasolt a háromszög alakú eloszlás használata. A passzív erő eloszlását a szerkezet tervezője választhatja meg.



Depth of slip surface : $h_{s1} = 4,83$ [m]

Pressure above the slip surface

Input **Calculate**

Active horizontal force : $T = 101,18$ [kN/m]

Passive horizontal force : $P = 55,59$ [kN/m]

Distribution of active force : **rectangle**

Distribution of passive force : **as active force**

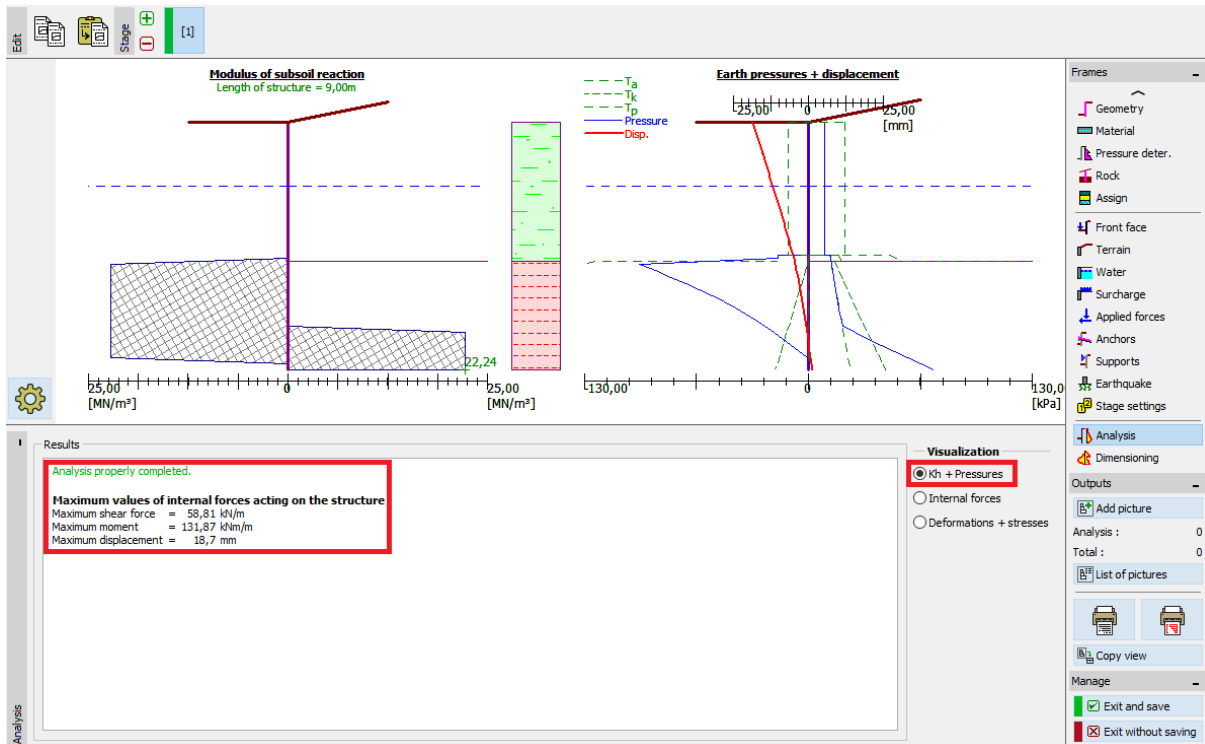
„Megtámasztó cölöp” program – „Nyomás meghatározása” menü

Megjegyzés: Lehetőségünk van a csúszólap feletti nyomások kézi megadására is. Akkor használjuk, ha a cölöpre ható terhet nem az aktív és passzív erők különbségéből kívánjuk számítani.

Megjegyzés: Amennyiben kőzetrétegbe befogott cölöpöt feltételezünk, a „Kőzet” menüben kell beállítanunk azt. Abban az esetben meg kell adnunk a kőzetbe befogott cölöphosszt és a kőzet teherbírását. Ebben az esetben a maximum feszültséget nem, mint a passzív földnyomást vesszük

figyelembe, hanem bármilyen értéket megadhatunk rá. Ezt a feszültséget vetjük majd össze a kőzet teherbírásával a „Számítás” menüben. Ebben a példában nem használjuk ezt a menüt.

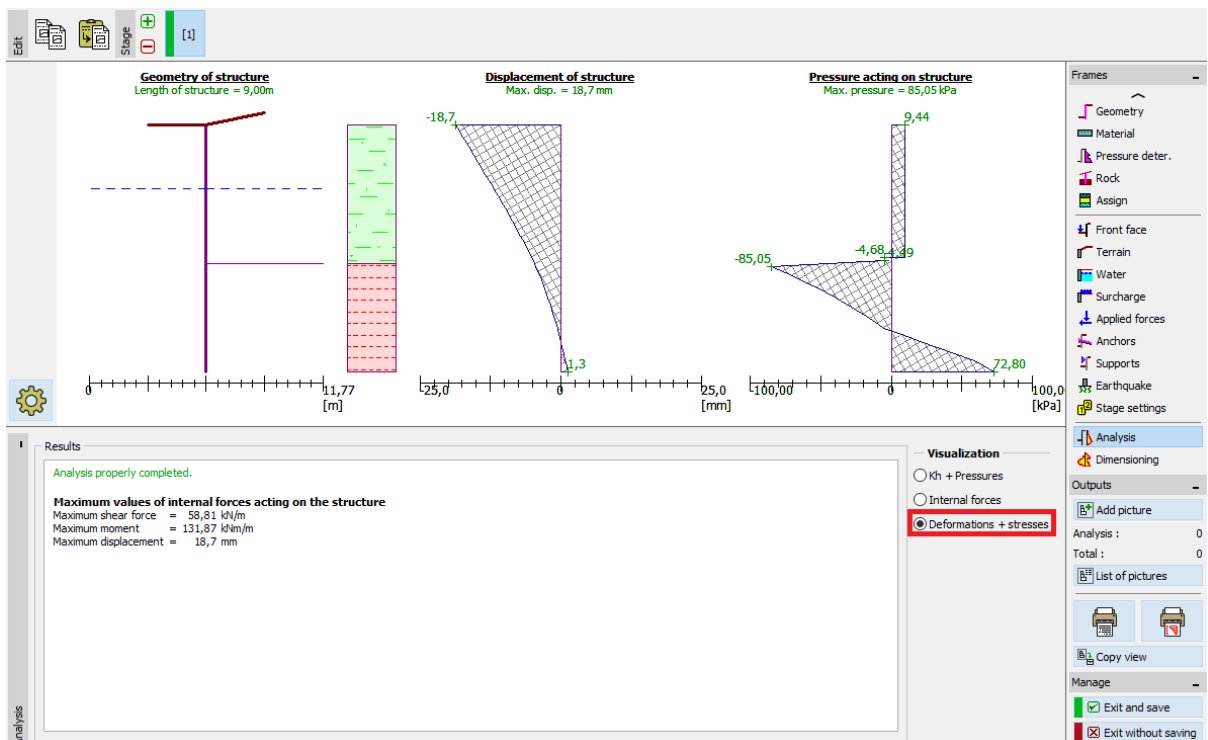
Most továbblépünk a „Számítás” menüre.



„Megtámasztó cölöp” program – „Számítás” menü - Kh + nyomások

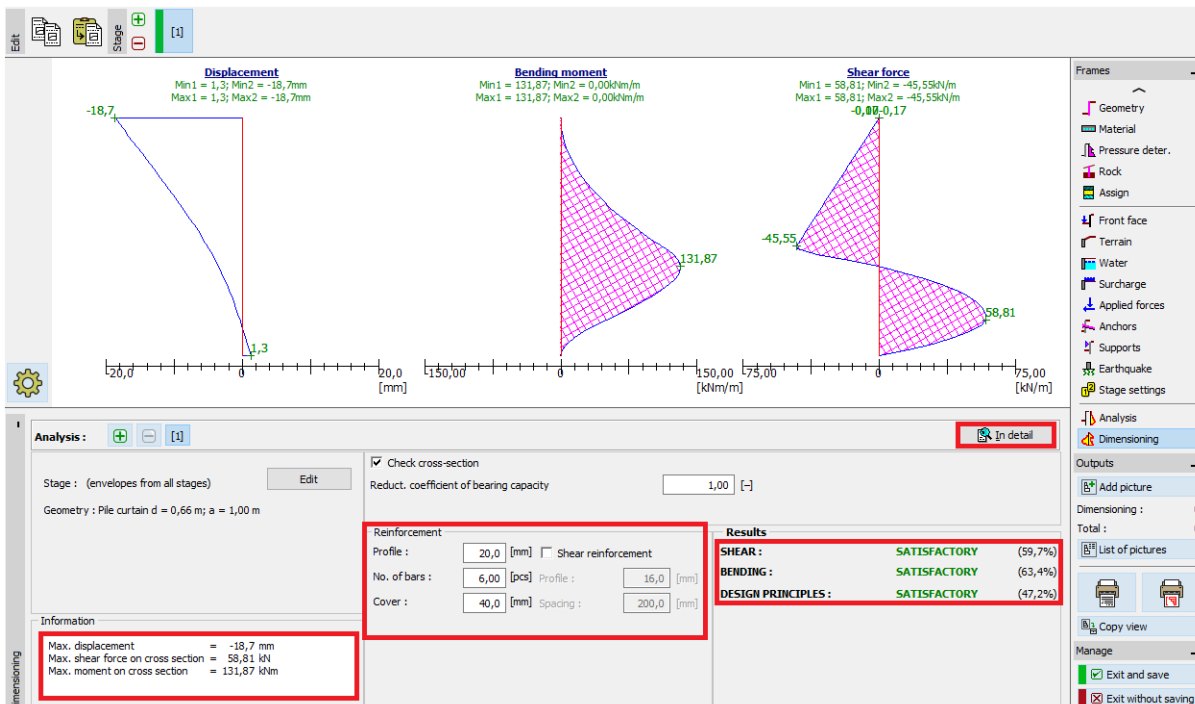


„Megtámasztó cölöp” program – „Számítás” menü - Igénybevételek



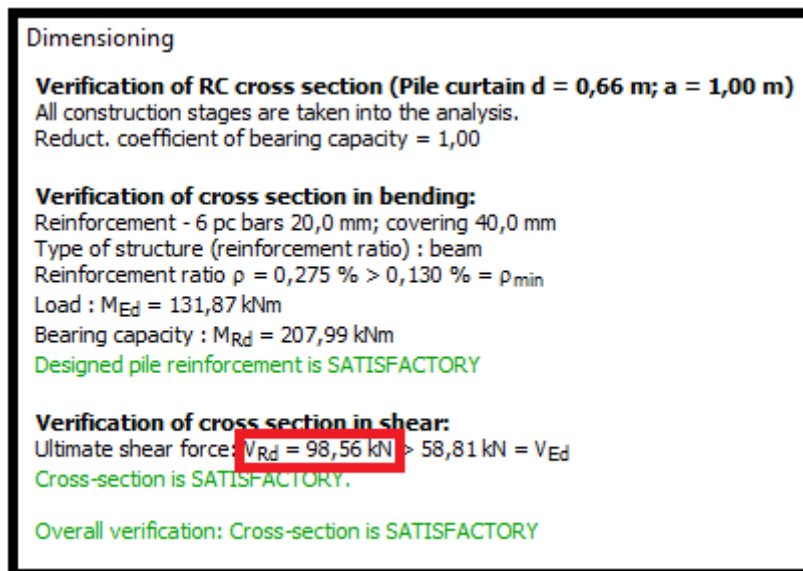
„Megtámasztó cölöp” program – „Számítás” menü – Alakváltozások + feszültségek

A „Méretezés” menüben megtervezzük a cölöp vasalását.



„Megtámasztó cölöp” program – „Méretezés” menü

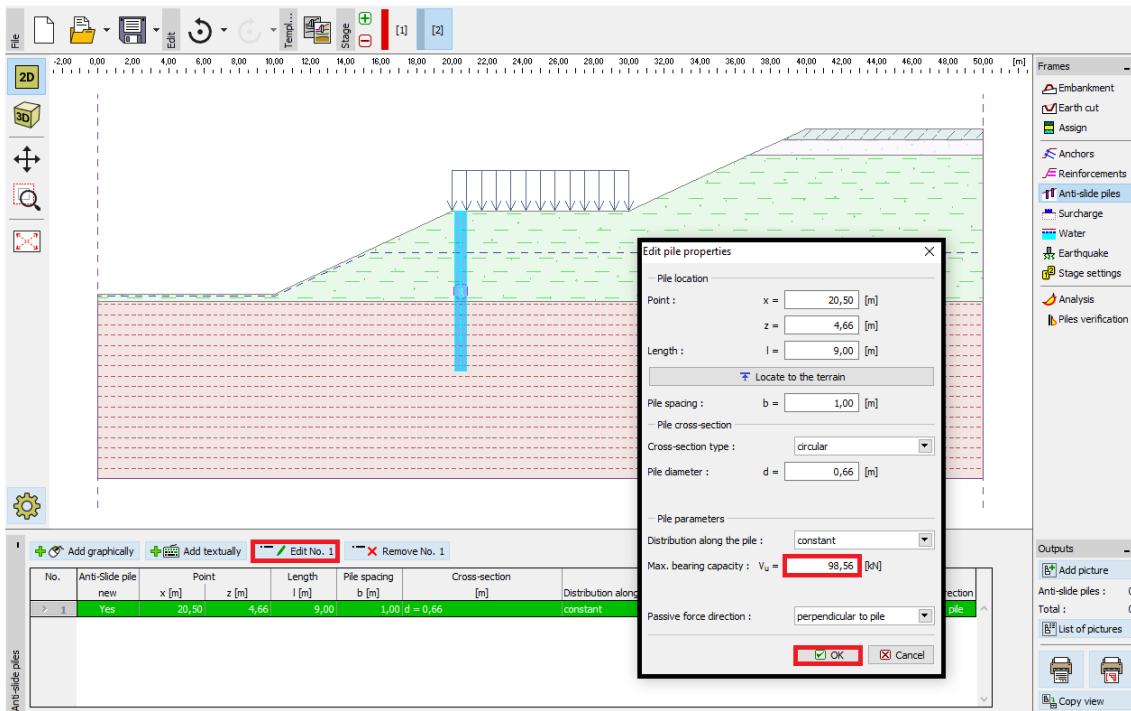
A cölöpünk kialakítása minden ellenőrzésre megfelel. Amennyiben tudni szeretnénk a cölöp maximális nyírási teherbírását, nyissuk meg a „Részletesen” párbeszédablakot.



„Megtámasztó cölöp” program – „Méretezés” menü - Részletesen

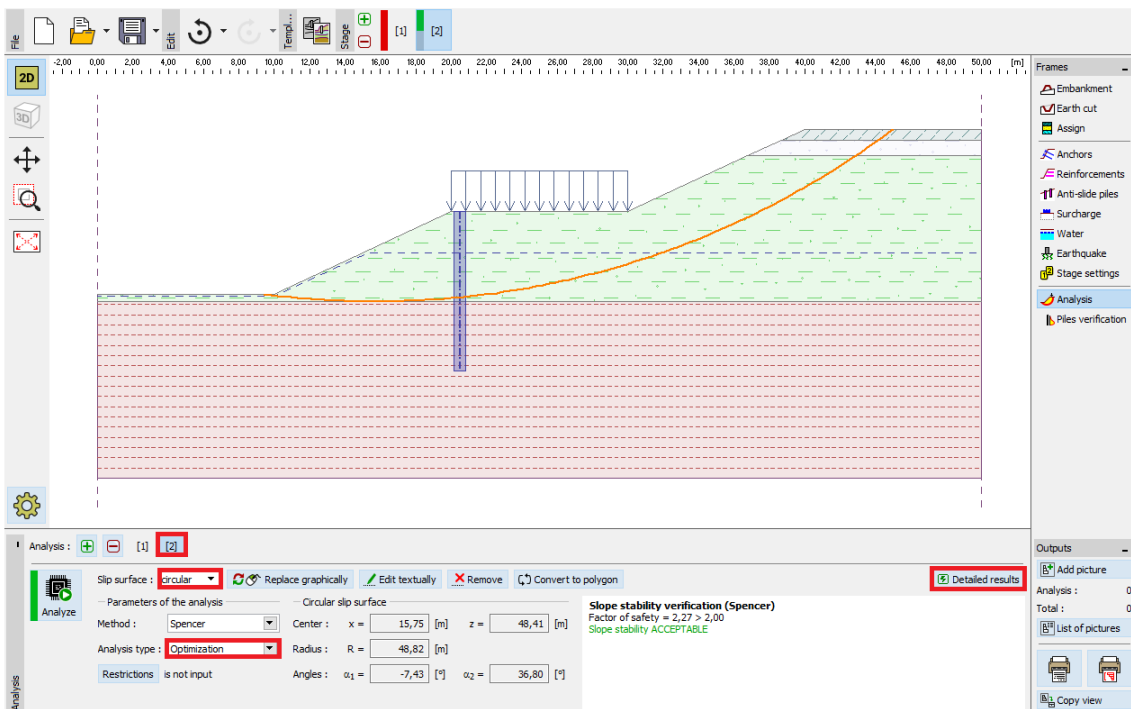
A cölöp maximális teherbírására $V_u=80$ kN-t feltételeztünk a *Rézsúállékonyság* programban. Ezt ellenőrizzük le most, és láthatjuk, hogy a tényleges teherbírás ennél nagyobb (98,56 kN). Ha a rézsú

tényleges biztonsági tényezőjét akarjuk tudni, vissza kell térnünk a *Rézsúállékonyság* programba, és a V_u értékét 80 kN-ról 98,56 kN-ra változtatni.



„Rézsúállékonyság” program – cölöp paramétereinek szerkesztése

Most futtassuk le a számítást ezzel a változtatással.



„Rézsúállékonyság” program – számítás a cölöpök tényleges teherbírásával

Megjegyzés: A mértékadó csúszólap helyzete és alakja változhat a cölöpök teherbírásának megváltoztatása után. A cölöpre ható erők értékei megváltoznak. A mi esetünkben a változás minimális, és az erők majdnem egyformák. Amennyiben a változás nagyobb, a Megtámasztó cölöp programot újra le kell futtatni.

Következtetés

A rézsű megkövetelt biztonsági tényezője **SF=2,0** volt. Megtámasztó cölöp alkalmazásával a rézsűállékonyság biztonsági tényezőjét **SF=1,8-ról SF=2,27-re** növeltük.

A cölöp kialakítása megfelelő (nyírásra és hajlításra) és a cölöpök maximális elmozdulása 18,7 mm. Ez az érték megengedhető.