

Cölöpcsoport függőleges teherbírásának és süllyedésének számítása

Program: Cölöpcsoport

Fájl: Demo_manual_17.gsp

Ennek a mérnöki kézikönyvnek a célja, a GEO 5 – Cölöpcsoport program használatának bemutatása.

Bevezetés

A Cölöpcsoport program számításait két csoportra lehet osztani:

- Rugós módszer,
- Analitikus módszerek.

A **rugós módszerrel** a teljes cölöpalapozás elmozdulásait számítjuk, és egyes cölöpök igénybevételeit határozzuk meg külön-külön, azok hossza mentén. A terhelést $N, M_x, M_y, M_z, H_x, H_y$ hatások kombinációjából határozzuk meg. A cölöp vasalásának méretezéséhez fontos tényező a cölöpfej elmozdulása és elfordulása. A rugós módszert a következő, *18. fejezetben Cölöpcsoport elmozdulás-számítása és méretezése* tárgyalunk.

Az **analitikus számítás** célja a kizárólag függőleges normálerővel terhelt cölöpcsoport függőleges teherbírásának és süllyedésének kiszámítása. A számítás eredményei magukba foglalják a cölöpalapozás függőleges teherbírását és a cölöpök átlagos süllyedését.

Az analitikus számítások talajtípus szerint két csoportra bonthatók:

- kötött talajokat vizsgáló,
- szemcsés talajokat vizsgáló.

Kötött talajban lévő cölöp függőleges teherbírás-vizsgálatakor drénezetlen körülményeket veszünk figyelembe. A függőleges teherbírást egy a FHWA előírásai szerint a cölöpcsoport köré rajzolt talajhasáb teherbírásaként vizsgáljuk. A számításhoz csak a teljes kohéziót (drénezetlen nyírószilárdság) c_u kell megadnunk.

A kötött talajba (drénezetlen körülmények) tervezett cölöpcsoport süllyedését helyettesítő sávalap süllyedésvizsgálatával (ún. *cölöpcsoport konszolidációs süllyedése, röviden kettő az egyben módszer*) végezzük.

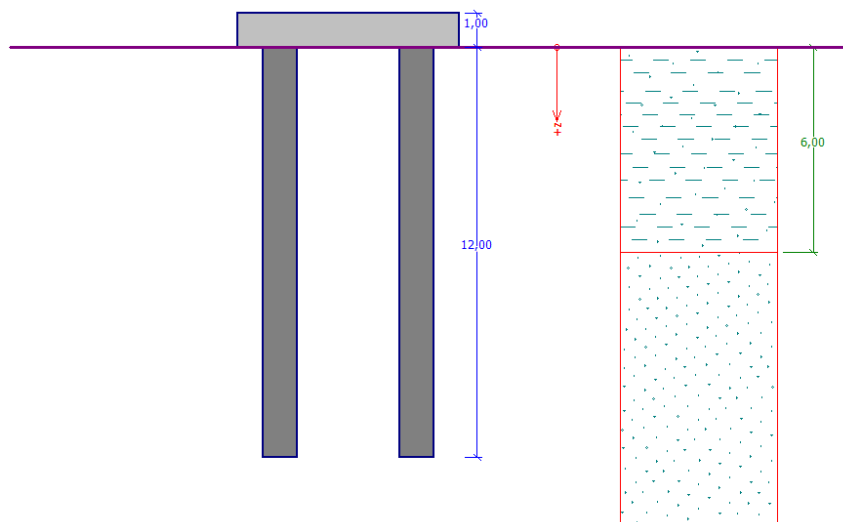
Ebből a célból a cölöpcsoport süllyedésének vizsgálatakor, a síkalap süllyedésszámítási módszeréhez hasonlóan, figyelembe vesszük az alapozási mélységet és az alakváltozott zóna vastagságának hatását. A Cseh Köztársaságban és Szlovákiában lehetséges a *CSN 73 1001 – Síkalapozás alatti talaj* szerint végezni a cölöpcsoport süllyedésszámítását.

Cölöpcsoport teherbírás-számítását **kohéziómentes** talajkörnyezet esetén ugyanúgy végezzük mint a **szemcsés talajban** lévő egyedi cölöp vizsgálatát (*13. fejezet Egyedi cölöp függőleges teherbírásának számítása*). Az egyetlen különbség a cölöpcsoport hatásfoka, amivel csökkentjük cölöpalapozás függőleges teherbírásának értékét.

A szemcsés talajba tervezett cölöpcsoport terhelési görbéit az egyedi cölöpével azonos módon, Prof. H. G. Poulos szerinti módon számítjuk (*14. fejezet: Egyedi cölöp süllyedésszámítása*). Ez alól kivétel a cölöpcsoport teljes süllyedése, amit megszorozunk egy csoportos süllyedési tényezővel g_f , ami figyelembe veszi az egyedi cölöpök csoporthatását. Ennek a paraméternek a nagysága függ a cölöpcsoport geometriájától.

Feladat megadása

A feladat általános leírását egy korábbi fejezetben megadtuk (*12. Cölöpalapozások - Bevezető*). A cölöpcsoport függőleges teherbírását az EN 1997-1 (DA 2) szerint végezzük, hasonlóan *13. Egyedi cölöp függőleges teherbírásának számítása* feladatban bemutatottakhoz. A terhek a cölöpfej felső síkjában, annak közepén hatnak.



Feladat megadása - cölöpcsoport

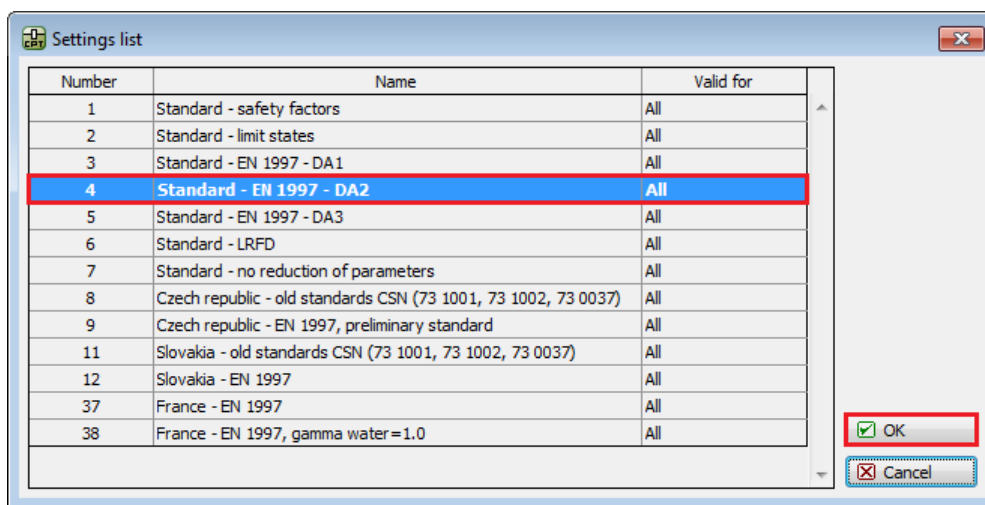
Megoldás

A feladat számításához a GEO5 – Cölöpcsoport programot fogjuk használni. A feladat leegyszerűsítése, és a gyors paraméter beállítás (kialakítás, talaj, hozzárendelés és talajkörnyezet) céljából a *13. fejezet Egyedi cölöp függőleges teherbírásának számítása* feladatából importáljuk az adatokat.

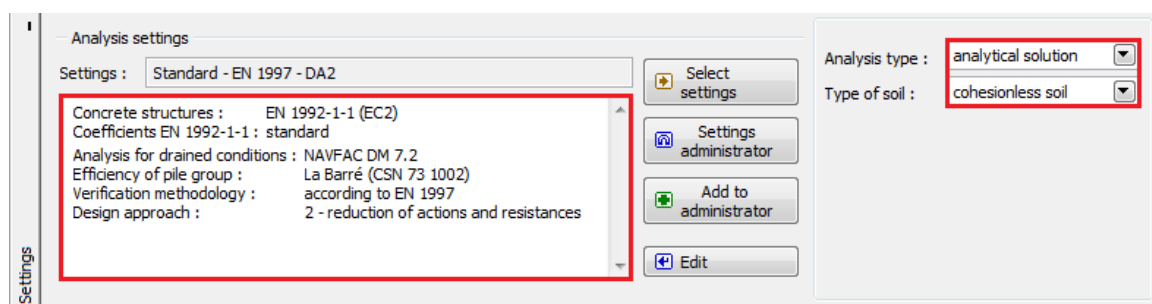
Ebben a számításban az egyedi cölöpszámításnál használttal megegyező analitikus számítási módszereket (NAVFAC DM 7.2, Hatékony feszültség és CSN 73 1002) alkalmazzuk. Figyelemmel kísérjük, hogy a bemenő paraméterek hogy befolyásolják a kapott eredményt.

Feltételek megadása

A „Beállítások” menüben kattintsunk a „Beállítások listája” gombra, és válasszuk ki a „Szabvány – EN 1997 – DA2” számítási beállítást. A számítás módjára állítsuk be az *analitikus megoldás* lehetőséget. Mivel esetünkben **szemcsés talajt** vehetünk figyelembe, a cölöpöt *drénezett körülmények* közt vizsgáljuk.

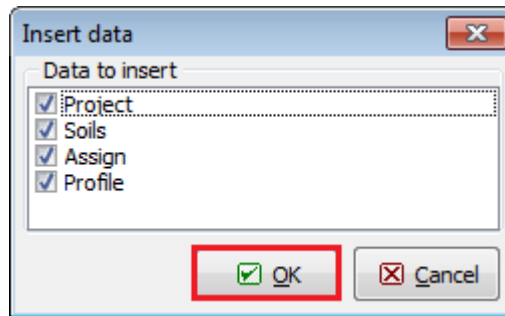


„Beállítások listája” párbeszédablak



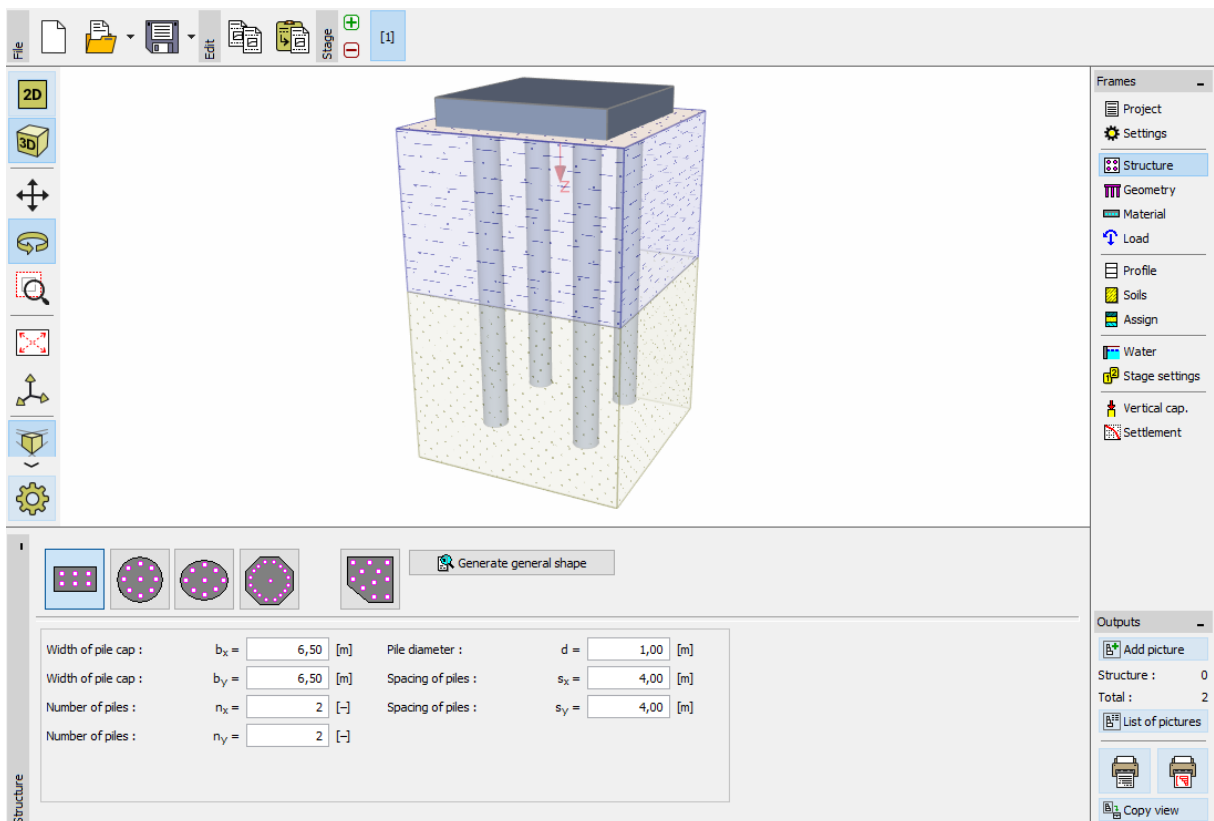
„Beállítások” menü

Elkerülve az adatok újbóli megadását, importálni fogjuk azokat. Megnyitjuk a 13. *Egyedi cölöp függőleges teherbírásának számítása* feladatot GEO 5 - Cölöp programban, majd a felső eszközsoron megnyomjuk a „Szerkesztés” gombot és kiválasztjuk az „Adat másolása” lehetőséget. Ezután, a már megnyitott GEO 5 – Cölöpcsoport programban, újra rákattintunk a „Szerkesztés” gombra, majd kiválasztjuk az „Adat beillesztése” lehetőséget. Ezzel a lépéssel a számításhoz szükséges adatokat átvittük a programba, lényegesen megkönnyítve ezzel a feladat megadását.



„Adat beillesztése” párbeszédablak

Ezután átlépünk a „Szerkezet” menübe. Megadjuk az alaplemez (cölöpfej) méreteit, a cölöpcsoport cölöpjeinek számát, azok átmérőjével és tengelyek távolságával (cölöpök közti x, illetve y irányban).



„Szerkezet” menü

Ezután a „Geometria” menüben megadjuk az alapsík mélységét a terepszinttől mérve, a cölöpfej külpontosságát, vastagságát, valamint a csoport összes cölöpjének hosszát. Az egyes cölöpök átmérője és hossza azonos.

Az „anyag” menüben megadjuk a szerkezet térfogatsúlyát $\gamma = 23.0 \text{ kN}/\text{m}^3$. Ezután megadjuk a terheket. A cölöpcsoport függőleges teherbírásának számításához a tervezési terhet, a süllyedésszámításához az üzemi terhet használjuk.

New load

Parameters of load

Name: Load No. 1

Vertical force : N = 5680,00 [kN]

Bending moment : M_x = 0,00 [kNm]
M_y = 480,00 [kNm]

Horizontal force : H_x = 310,00 [kN]
H_y = 0,00 [kN]

Torsional moment : M_z = 0,00 [kNm]

Design Service

„Új teher – Tervezési (számítási) teher” – párbeszédablak

New load

Parameters of load

Name: Load No. 2

Vertical force : N = 4000,00 [kN]

Bending moment : M_x = 0,00 [kNm]
M_y = 320,00 [kNm]

Horizontal force : H_x = 240,00 [kN]
H_y = 0,00 [kN]

Torsional moment : M_z = 0,00 [kNm]

Design Service

„Új teher – Üzemi teher” – párbeszédablak

Lefuttatjuk a cölöpcsoport ellenőrzését a „Függőleges teherbírás” menüben. A megbízhatóság igazolásához az R_g értékek nagyobbak kell lennie a tervezési teher V_d értékénél (további részletek a Sűgóban – F1). A **NAVFAC DM 7.2** számítási módszerre, a *La Barré* (CSN 73 1002 szerinti cölöpcsoport hatékonysági tényezővel számítva, a cölöpcsoport függőleges teherbírásának eredménye a következő:

– **La Barré** (CSN 73 1002): $\eta_g = 0.84$.

$$R_g = 7491.90 \text{ kN} > V_d = 6991.86 \text{ kN}$$

Megfelel

The screenshot displays the GEO5 software interface. At the top, a 2D model shows two vertical piles connected by a horizontal pile cap. The pile cap is 1.00 units wide, and the piles are 12.00 units deep. The soil is represented by a patterned area. Below the model, the 'Analysis' panel shows the following parameters:

- Factor determining critical depth: $k_{dc} = 1,00$ [-]
- Coefficient of bearing capacity: input
- Coefficient of bearing capacity: $N_q = 10,00$ [-]

The 'Results' panel shows the following data:

Analysis of bearing capacity of pile group in cohesionless soils	
Max. vertical force includes self-weight of pile cap.	
Pile skin bearing capacity	$R_s = 676,82 \text{ kN}$
Pile base bearing capacity	$R_b = 1542,24 \text{ kN}$
Vertical bearing capacity of single pile	$R_c = 2219,06 \text{ kN}$
Efficiency of pile group	$\eta_g = 0,84$
Vertical bearing capacity of pile group	$R_g = 7491,90 \text{ kN}$
Maximum vertical force	$V_d = 6991,86 \text{ kN}$
$R_g = 7491,90 \text{ kN} > 6991,86 \text{ kN} = V_d$	
Vertical bearing capacity of pile group is SATISFACTORY	

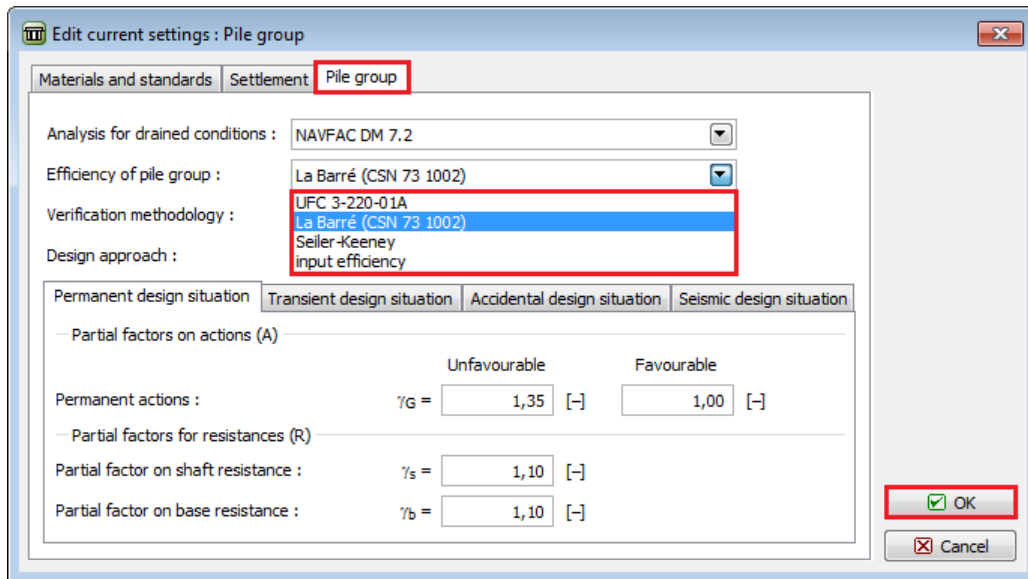
"Függőleges teherbírás" menü

Megjegyzés: A cölöpcsoport számított függőleges teherbírását szemcsés talajban muszáj csökkentenünk, mivel a cölöpök statikai szempontból befolyásolják egymás viselkedését. A program több számítási módot tartalmaz a cölöpcsoport hatásfokának η_g számítására. Ez a mértékegység nélküli tényező (melynek értéke általában 0,5 és 1 között változik), a következő paramétereiktől függően csökkenti a cölöpcsoport függőleges teherbírását R_g :

- cölöpök száma a csoportban n_x, n_y ;
- cölöpök tengelye közti távolság s_x, s_y ;
- cölöpök átmérője d .

A cölöpcsoport hatásfoka η_g egyedül a geometriától függ, a választott számítási módszertől nem.

Továbbá ellenőrizhetjük a függőleges teherbírást a cölöpcsoport hatásfokának η_g más módszer szerint való megadásával. Visszatérünk a „Beállítások” menübe. A képernyő bal alsó sarkában lévő „Szerkesztés” gombra kattintva, a „Cölöpcsoport” fülön kiválaszthatjuk a többi beállítási lehetőséget, mint az „UFC 3-220-01A” és a „Seiler-Keeney”.



„Jelenlegi beállítások szerkesztése” párbeszédablak

A számítás többi része megegyezik a 13. fejezet *Egyedi cölöp teherbírásának vizsgálata* feladatában használtakkal.

A szemcsés talajban lévő (drénezett körülmények közti) cölöpcsoport függőleges teherbírása, a cölöpcsoport hatásfokának η_g számítása szerint, a következő táblázatban látható:

- **La Barré** (CSN 73 1002): $\eta_g = 0.84$,
- **UFC 3-220-01A**: $\eta_g = 0.80$,
- **Seiler-Keeney**: $\eta_g = 0.99$.

EN 1997-1, DA2 (kohéziómentes talaj) Számítási módszer	Cölöpcsoport hatékonysága η_g [-]	Egyedi cölöp függőleges teherbírása R_c [kN]	Cölöpcsoport teherbírása R_g [kN]
NAVFAC DM 7.2	0.84	2219.06	7491.90
	0.80		7100.98
	0.99		8829.18
HATÉKONY FESZÜLTSEG	0.84	6172.80	20 840.41
	0.80		19 572.96
	0.99		24 560.34
CSN 73 1002	0.84	5776.18	19 501.36
	0.80		18 483.79
	0.99		22 982.28

Eredmények összefoglalása – Cölöpcsoport függőleges teherbírása drénezett körülmények közt

Következtetések (cölöpcsoport függőleges teherbírása)

A cölöpcsoport számított függőleges teherbírását R_g szemcsés talajban muszáj csökkentenünk (a cölöpcsoport hatékonysági tényezőjével η_g), mivel a cölöpök statikai szempontból befolyásolják egymás viselkedését. Ennek következtében minél kisebb a cölöpök közti távolság, annál erősebben hatnak egymásra.

A mérnöknek mindig gondosan kell megválasztania, hogy drénezett, vagy drénezetlen esetet vesz figyelembe a cölöpcsoport függőleges teherbírásának vizsgálatához. A két számítási mód jelentősen különbözik.

Cölöpcsoport süllyedésvizsgálata

A cölöpcsoport süllyedésvizsgálata teljesen megegyezik az egyedi cölöpnél alkalmazottal, azzal kiegészülve, hogy a számított süllyedést egy csoportos süllyedési tényezővel g_f meg kell szorozni.

Megjegyzés: A csoportos süllyedési tényező g_f értéke függ a cölöpcsoport geometriai kialakításától, úgymint a cölöpök átmérője, valamint a cölöpfej szélessége.

A számítás eredményeit a következő táblázatban mutatjuk:

Cölöpcsoport függőleges teherbírásának számítási módszere	Teher a köpenysúrlódás mobilizációjának kezdetén R_{yu} [kN]	Cölöpcsoport süllyedése s [mm] $V = 4000$ kN teherre
NAVFAC DM 7.2	3184,47	34,8
HATÉKONY FESZ.	7274,43	15,3
CSN 73 1002	8057,77	15,3

Eredmények összefoglalása – Cölöpcsoport süllyedése Poulos szerint

Következtetések (cölöpcsoport süllyedése):

Az eredményekből látszik, hogy ahogy a cölöpcsoport függőleges teherbírása változik, úgy változik annak teljes süllyedése is. A szemcsés talajban vizsgált (drénezett körülmények közt) cölöpcsoport süllyedését lineáris süllyedésszámítással számítjuk, melynek legfőbb bemenő adatai a köpenysúrlódás R_s , és a cölöp talpellenállása R_b .

Ezzel szemben a kötött talajban (drénezett körülmények között) lévő cölöpcsoport süllyedésének vizsgálata, helyettesítő síkalap számítására alapszik. Ezt a számítási módszer másképp úgy nevezik, hogy *cölöpcsoport konszolidációs süllyedésszámítása*, vagy *Kettő az egyben* módszer. Ebben az esetben a cölöpcsoport süllyedését befolyásolja az alapozási sík mélysége és az alakváltozott zóna vastagsága, melyet síkalapozások süllyedésszámításával megegyező módon számítunk.

A két számítási mód lényegesen eltér, és teljesen eltérő eredményeket ad. A GEO 5 program alkotói ajánlják a cölöpcsoport teherbírás, és süllyedésszámítását a helyi gyakorlatnak megfelelő módon elvégezni.