

Cölöpalapozások - bemutató

Ennek a mérnöki kézikönyvnek célja, hogy bemutassa a GEO 5 cölöpalapozás számításra használható programjainak gyakorlati alkalmazását.

A GEO 5 szoftver három cölöpalapozás számító programot tartalmaz – ezek a **Cölöp**, **Cölöp CPT**, **Cölöp csoport** programok. Az alábbi szövegben közelebbről bemutatjuk az egyes programok alkalmazási lehetőségeit – az egyes programokkal külön-külön foglalkozunk majd a későbbi fejezetekben.

Cölöpalapozások teherbírását függőleges teherre különböző módszerekkel határozhatjuk meg:

- **statikus próbaterheléssel:** néhány országban ennek elvégzése kötelező, és a statikai számítás csak előzetes közelítésként vehető figyelembe;
- **a talaj nyírószilárdsági paramétereit figyelembe vevő számítással:** NAVFAC DM 7.2, Tomlinson, CSN 73 1002 és hatékony feszültség módszerekkel a Cölöp és Cölöp csoport programokban;
- **CPT szondázást alapul vevő számítással:** Cölöp CPT program;
- **Statikus próbaterhelések eredményeiből megalkotott görbékre alapuló számítással** (Masopust szerint): Cölöp programmal; a megengedett süllyedéshez tartozó függőleges teherbírást a cölöp terhelési görbéjéből kapjuk (a CSN 73 1002 szabvány $s_{lim} = 25.0 \text{ mm}$ süllyedést ír elő).
- **Mohr-Coulomb paraméterek és feszültség-alakváltozási jellemzőket figyelembe vevő számítással:** Cölöp és Cölöp csoport programokban Rugós módszer használatával;
- **Numerikus számítással Végeelem módszert alapul véve:** VEM programmal.

Ebből a listából látszik, hogy a cölöpöket sok módon számíthatjuk, különböző bemenő paramétereket alapul véve. Ebből az következik, hogy a számítások eredménye lehet azonos, de lényegesen eltérő is.

A GEO 5 program nagy előnye, hogy a felhasználó kipróbálhat több változatot, illetve számítási módszert, kiválaszthatja a cölöpalapozásra legjellemzőbb viselkedést, végül meghatározhatja az egyedi cölöp, vagy cölöpcsoport teljes teherbírását, illetve süllyedését.

Cölöpalapozások függőleges teherbírásának GEO 5 programokkal végzett megállapításához (az egyetlen kivétel a Cölöpcsoport – Rugós módszer), csak az alapozásra ható függőleges kell megadnunk. Az alapozásra ható vízszintes erőknek, hajlító- és csavarónyomatéknak nincs bejfolyása a cölöpök függőleges teherbírására.

Egyedi cölöp függőleges teherbírás-számításának menetét GEO5 Cölöp program használatával a 13. és 14. fejezetekben, valamint ugyanennek a cölöpnek CPT szondázásra alapuló tervezését a 15. fejezetben mutatjuk be.

Cölöpalapozás vízszintes teherbírása:

Vízszintesen terhelt cölöp számításának eredményeül a cölöp vízszintes alakváltozási és igénybevételi ábráit kapjuk a cölöp hossza mentén.

Az egyedi cölöp vízszintes alakváltozása és vasalása függ a vízszintes ágyazási tényezőtől, valamint a keresztirányú erő, illetve hajlítónyomaték nagyságától. Ennek számítását a 16. fejezetben tárgyaljuk. A cölöpcsoportra vonatkozó számítással a 18. fejezetben foglalkozunk.

Cölöpalapozás süllyedése:

A cölöp tényleges teherbírását közvetlenül annak süllyedéséből határozzuk meg, mivel minden cölöp süllyed, és szenved hosszirányú deformációt teher hatására.

Egyedi cölöp süllyedésének számítására a következő módszereket találhatjuk a Cölöp programban:

- **Masopust szerint** (nemlineáris): a program köpeny menti és cölöpcsúcs alatti regressziós tényezőkre alapozva számítja ki az egyedi cölöp süllyedését.

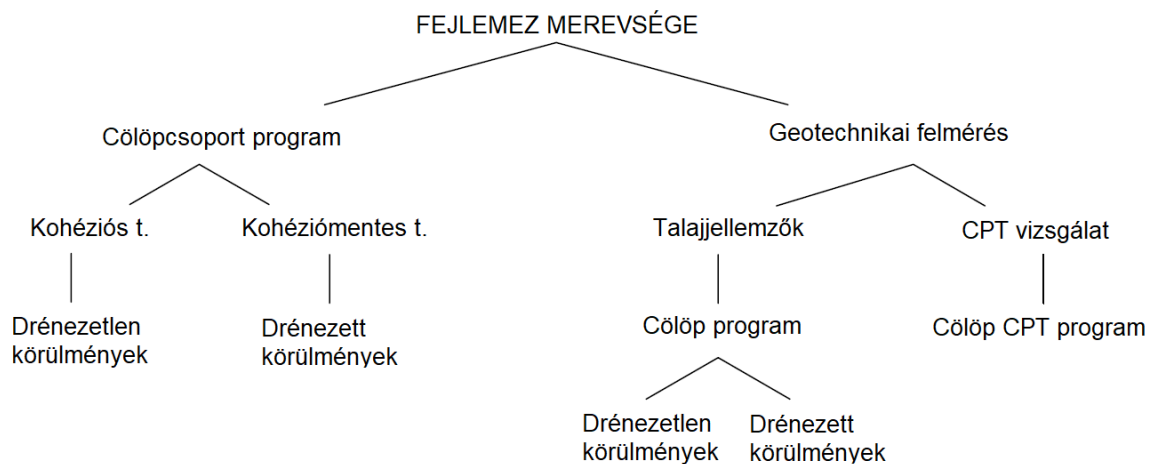
- **Poulos szerint** (lineáris): a program a teljes süllyedést a meghatározott cölöpcsúcs teherbírásból R_b és köpeny menti teherbírásból R_s számítja.
- **Rugós módszer szerint**: a program a terhelési görbét a megadott talajjellemzőkből Végeelem módszerrel számítja ki.

A Cölöp program az összes módszerhez meg tud határozni terhelési görbéket (más néven munkagörbéket).

Cölöpcsoport süllyedésének számítását a 17. fejezetben tárgyaljuk, CPT szondázásra épülő cölöptervezés kapcsán vizsgált süllyedésszámítást a 15. fejezetben mutatjuk be.

Programválasztás

1. **a döntés függ** az alaplemez (fejlemez) merevségétől. Amikor a fejlemez végtelenül merev testként vesszük figyelembe, a Cölöpcsoport programot használjuk. Egyéb esetekben egyedi cölöpöket vizsgálunk.
2. **a döntés függ** továbbá a geológiai felmérés típusától. Amennyiben CPT szondázás áll rendelkezésre, a Cölöp CPT programot használjuk a számításhoz (lásd 15. fejezet). Minden más esetben a Cölöp (vagy Cölöpcsoport) programokat használjuk a megoldásra, talajjellemzők figyelembe vételével.



Vizsgálati mód alapján megkülönböztetünk:

- drénezett eset számítása: a talaj hatékony nyírószilárdsági jellemzőit φ_{ef} , c_{ef} használjuk a Cölöp és Cölöpcsoport programokban a CSN 73 01220 és *Hatékony feszültség* számítási módokban
- dénezetlen eset számítása: a Cölöp és Cölöpcsoport programokban a talaj teljes kohézióját kell csak beállítani. Az egyedi cölöp függőleges teherbírását *Tomlinson* szerinti módon határozzuk meg, míg a cölöpcsoport teherbírását a FHWA szerinti talajhenger (blokk) teherbírásával határozzuk meg.

A NAVFAC DM 7.2 szerinti módszer kombinálja a két fent említett számítási módot. Használata célszerű, ha bizonyos talajrétegeket drénezett (kohéziómentes), míg másokat drénezetlen (kohéziós) esetként vehetők figyelembe.

Feladat általános kiírása:

Számítsuk ki a cölöpalap teherbírását és süllyedését a következő talajkörnyezetben (lásd táblázat), továbbá határozzuk meg az egyes cölöpök vízszintes alakváltozását, illetve szükséges vasalását. A cölöpalap négy darab $d = 1.0\text{ m}$ átmérőjű, és $l = 12.0\text{ m}$ hosszú fúrt cölöpből áll. Az alapozásra ható összes eredő erő N, M_y, H_x a fejlemez (cölöpfej) felső síkjában hat, a lemez közepén. A cölöpök C 20/25 minőségű vasbetonból készülnek.

Cölöpökre ható terhek

A probléma leegyszerűsítése céljából mindig egy teheresetet fogunk vizsgálni a programban.

A cölöpalapra ható erők megadása függ a szerkezet típustól, és a megoldási módtól valamint, hogy egyedi cölöpöt vagy cölöpcsoportot vizsgálunk.

Cölöpcsoport

Feltételezzük, hogy a cölöpfej a cölöpökhöz mereven kapcsolódik. Esetünkben a cölöpfej vastagságát $t = 1.0\text{ m}$ mérettel vesszük figyelembe. A feladatban feltételezzük, hogy az összes erő a cölöpfej közepében hat.

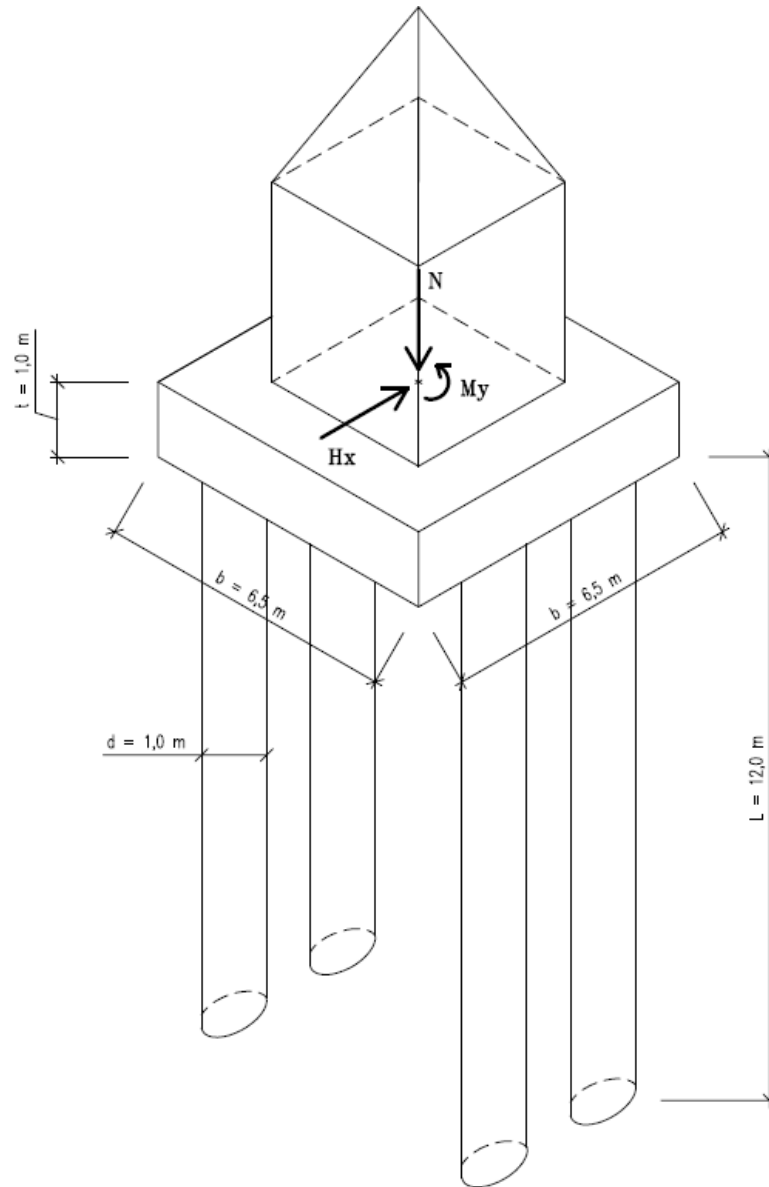
Megjegyzés: A Cölöpcsoport program súgójában ["Cölöpcsoport terheinek meghatározása"](#) bemutatjuk, hogy lehet egy egyszerű módszerrel bármely statikai program eredményeit használni cölöpcsoport tervezéséhez.

a) Tervezési (számítási) terhek:

- *Függőleges normálerő:* $N = 5680 \text{ kN}$,
- *Hajlítónyomaték:* $M_y = 480 \text{ kNm}$,
- *Vízszintes erő:* $H_x = 310 \text{ kN}$.

b) Működő terhek:

- *Függőleges normálerő:* $N = 4000 \text{ kN}$,
- *Hajlítónyomaték:* $M_y = 320 \text{ kNm}$,
- *Vízszintes erő* $H_x = 240 \text{ kN}$.



Kiírt feladat ábrája - cölöpalapozás

Egyedi cölöpök

Amennyiben a lemez hajlékony (nem merev), vagy az épület közvetlenül a cölöpökhöz kapcsolódik, a statikai ábra más, így a statikai programokból az egyedi cölöpökre kell meghatározni a terhelést pl.: (GEO 5 – Plate, FIN 3D, SCIA Engineer, Dlubal RStab stb.).

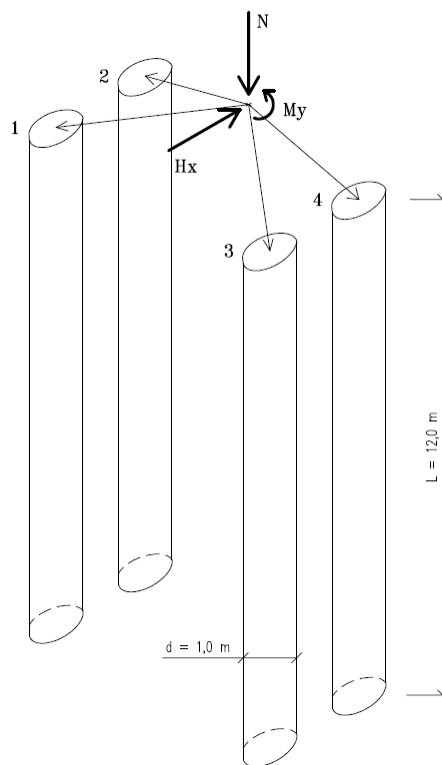
Ebben a példában az egyszerűség kedvéért csak egy teheresetre vonatkozó cölöpteherbírást számítjuk ki.

a) Tervezési teher:

- Függőleges normálerő: $N_1 = 1450 \text{ kN}$,
- Hajlítónyomaték: $M_{y,1} = 120 \text{ kNm}$,
- Vízszintes erő: $H_{x,1} = 85 \text{ kN}$.

b) Üzemi teher:

- Függőleges normálerő: $N_1 = 1015 \text{ kN}$,
- Hajlítónyomaték: $M_{y,1} = 80 \text{ kNm}$,
- Vízszintes erő: $H_{x,1} = 60 \text{ kN}$.



Teherábra – tehereloszlás az egyes cölöpök között

Megjegyzés: Amennyiben feltételezzük, hogy a cölöpök egyforma méretűek és vasalásúak, leírhatjuk az összes cölöpöt egy cölöpként, de az összes cölöpre ható teherkombinációkkal.

Talajkörnyezet

- 0.0-tól 6.0 m-ig: Homokos agyag (CS, merev konzisztencia),

- 6,0 m alatt: Finomrész tartalmú homok (S-F, közepesen tömör talaj).

Megjegyzés: A fő talajjellemzők azonosak az egyedi cölöp számításánál, és a cölöpcsoport ellenőrzésénél. Értékeik a következő táblázatban találhatóak.

Talajjellemzők / Osztályozás	Homokos agyag (CS) merev konzisztencia	Finomrész tartalmú homok (S-F) közepesen tömör talaj
Térfogatsúly γ [kN/m^3]	18,5	17,5
Telített térfogatsúly γ_{sat} [kN/m^3]	20,5	19,5
Talaj kohéziója c_{ef} / c_u [kPa]	14,0 / 50,0	0 / 0
Belső súrlódási szög φ_{ef} [$^\circ$]	24,5	29,5
Adhéziós együttható α [-]	0,6	–
Teherbírési tényező β_p [-]	0,3	0,45
Poisson tényező ν [-]	0,35	0,3
Összenyomódási modulus E_{oed} [MPa]	8,0	21,0
Alakváltozási modulus E_{def} [MPa]	5,0	15,5
Talajtípus	Agyag (kohéziós talaj)	Homok, kavics (kohéziómentes)
Szóródási szög β [-]	10,0	15,0
k együttható [MN/m^3]	60,0	150,0
Vízszintes összenyom. tény. n_h [MN/m^3]	–	4,5
Rugalmassági modulus E [MPa]	5,0	15,5

Talajjellemzők táblázata – cölöpalapozás (összegzés)

Cölöpalapozással foglalkozó fejezetek:

- 12. fejezet: Cölöpalapozások
- 13. fejezet: Egyedi cölöp függőleges teherbírásának számítása
- 14. fejezet: Egyedi cölöp süllyedésszámítása

- *15. fejezet:* Cölöp számítása CPT szondázás alapján
- *16. fejezet:* Egyedi cölöp vízszintes teherbírása
- *17. fejezet:* Cölöpcsoport függőleges teherbírása és süllyedésszámítása
- *18. fejezet:* Alakváltozás számítása és cölöpcsoport méretezése