

Egyedi cölöp vízszintes teherbírásának számítása

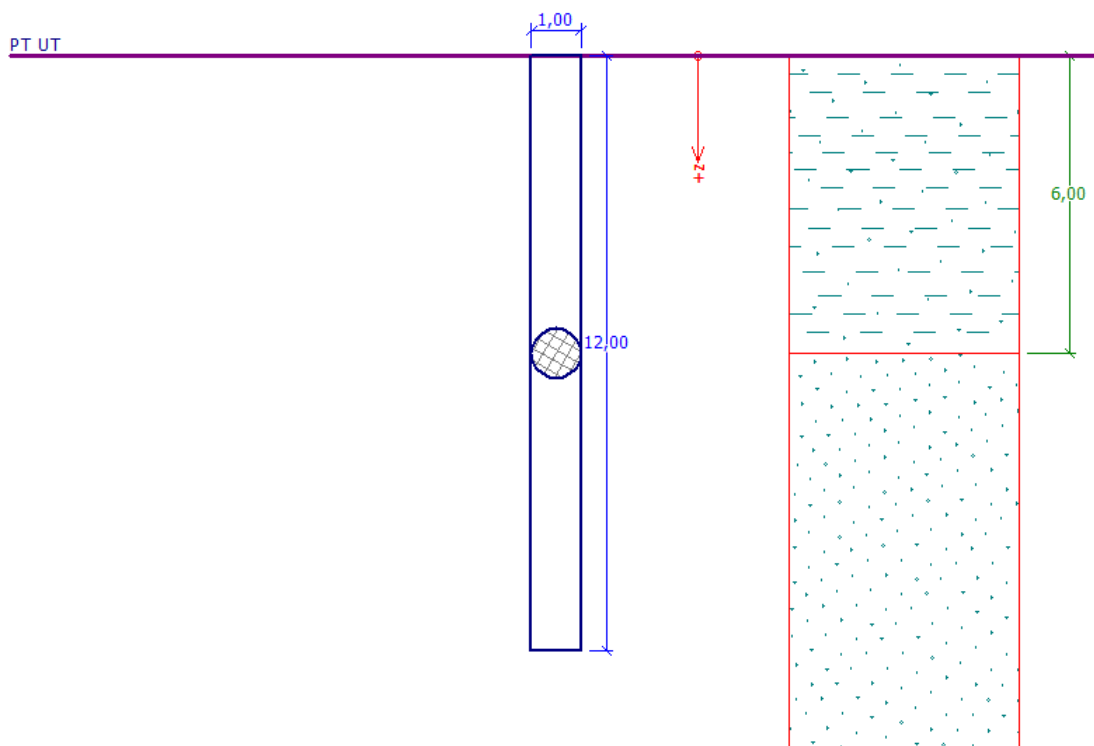
Program: Cölöp

Fájl: Demo_manual_16.gpi

Ennek a mérnöki kézikönyvnek célja egy egyedi cölöp vízszintes teherbírás-számításának bemutatása GEO5 – Cölöp programmal.

Feladat leírása

A feladat általános leírását egy korábbi fejezetben (12. *Cölöpalapozás - Bemutató*) mutattuk meg. Az egyedi cölöp vízszintes teherbírás teljes számításában egy korábbi feladatból, 13. *fejezetben Egyedi cölöp függőleges teherbírásának vizsgálata*, indulunk ki. Az eredő teherkomponensek $N_1, M_{y,1}, H_{x,1}$ a cölöp felső síkjában hatnak. A cölöp méreteinek számítását az EN 1992-1 szerint végezzük.



Feladat leírásának ábrája – egyedi cölöp

Megoldás

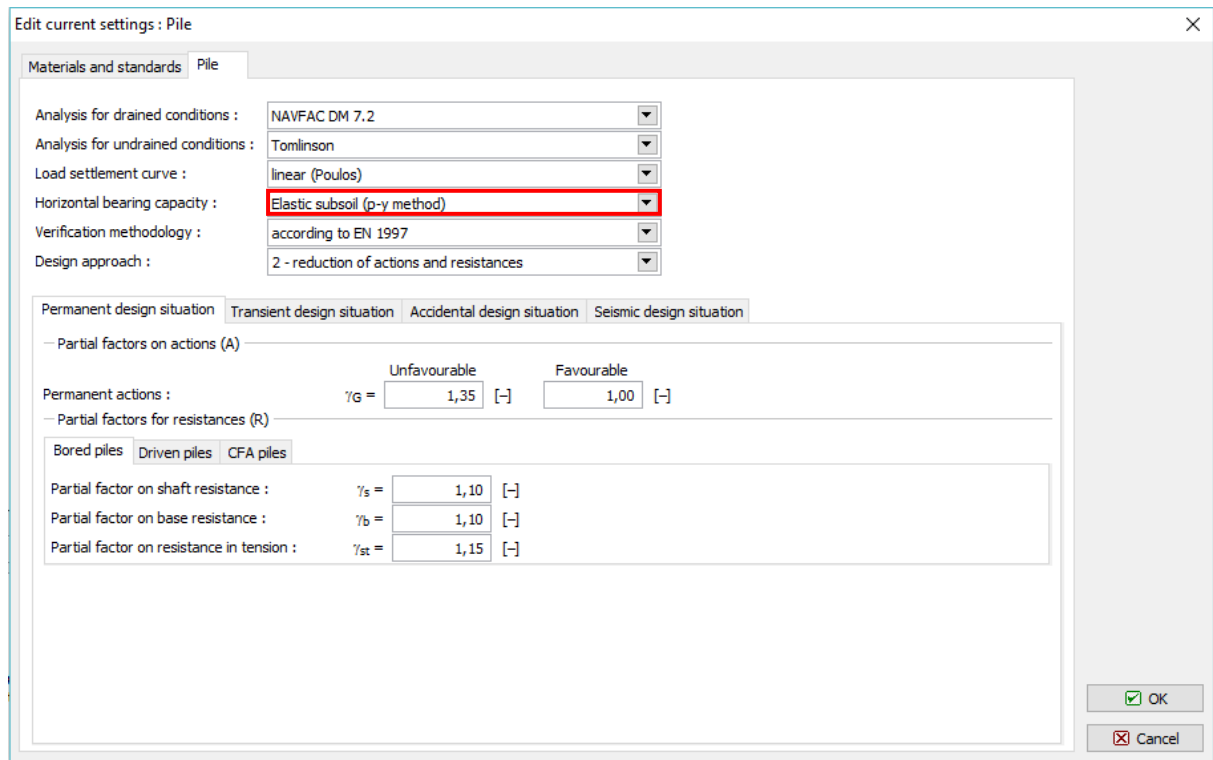
A feladat számítását GEO 5 – Cölöp programmal végezzük. Az alábbi leírásban bemutatjuk a feladat megoldását lépésről lépésre.

A keresztirányban terhelt cölöpöt Végeselem módszerrel egy Winkler féle (rugalmas ágyazás – p-y módszer) közegre fektetett gerendaként számítjuk. A cölöphossz menti talajjellemzőket a vízszintes ágyazási tényezővel jellemezzük.

A program több módszert is tartalmaz a vízszintes ágyazási tényező meghatározására. A lineáris lefutás módszerei (Linear, Matlock and Reese) jól alkalmazhatók szemcsés talajoknál, míg a konstans lefutás módszerei (Constant, Vesic) kötött talajokhoz jobbak. A CSN 73 1004 szerinti k_h modulus számítása a két módszer ötvözte.

A fejezet első részében konstans ágyazási tényezővel számolunk, a második felében megvizsgáljuk a különbségeket a különböző módszerek között.

Megjegyzés: Homogén talajkörnyezetben lévő cölöp vízszintes teherbírásának vizsgálatakor használhatjuk a [Broms módszert](#) (további részletek a Súlyban – F1) is.

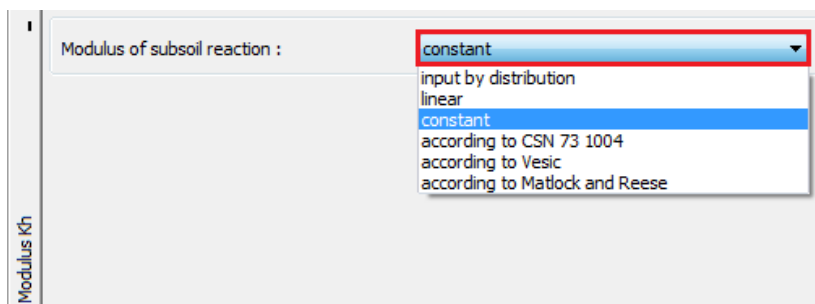


Számítási beállítások

Kikötések megadása

Az általános számítási beállításokat, a megadott terheket és a talaj szilárdsági paramétereit változtatlanul hagyjuk.

A k_h ágyazási tényező menüben kiválasztjuk az „állandó” lehetőséget.



“ k_h ágyazási tényező” menü

Megjegyzés: Az állandó ágyazási tényező függ a talaj rugalmassági modulusától E_{def} [MPa], és a csökkentett cölöpszélességtől r [m] (további részletek a Súgóban – F1)

Következőnek a talajjellemzők között megadjuk a szóródási szöget β [°], $\frac{\varphi_{ef}}{4} - \varphi_{ef}$ tartományon belül. Ezt a tényezőt a belső súrlódási szöghöz viszonyítva adjuk meg (további információ a Súgóban – F1).

Talaj (Talajosztályozás)	Térfogatsúly γ [kN/m ³]	Belső súrlódási szög φ_{ef} [°]	Szóródási szög β [°]	Talajtípus
CS – Homokos agyag, merev konzisztencia	18,5	24,5	10,0	Kohéziós
S-F – Finomrész tartalmú homok, közepesen tömör	17,5	29,5	15,0	Kohéziómentes

Talajjellemzők táblázata – egyedi cölöp vízszintes teherbírása

Az „Anyag” menüben megadjuk a cölöp tulajdonságait – a szerkezet térfogatsúlyát, a használt betonminőséget és a hosszirányú vasalást a cölöparmatúra méretezéséhez.

Unit weight of structure : $\gamma = 23,00$ [kN/m³] Material of structure : concrete

Concrete

Catalog Own

C 20/25
 $f_{ck} = 20,00$ MPa
 $f_{ct} = 2,20$ MPa
 $E_{cm} = 30000,00$ MPa
 $G = 12500,00$ MPa

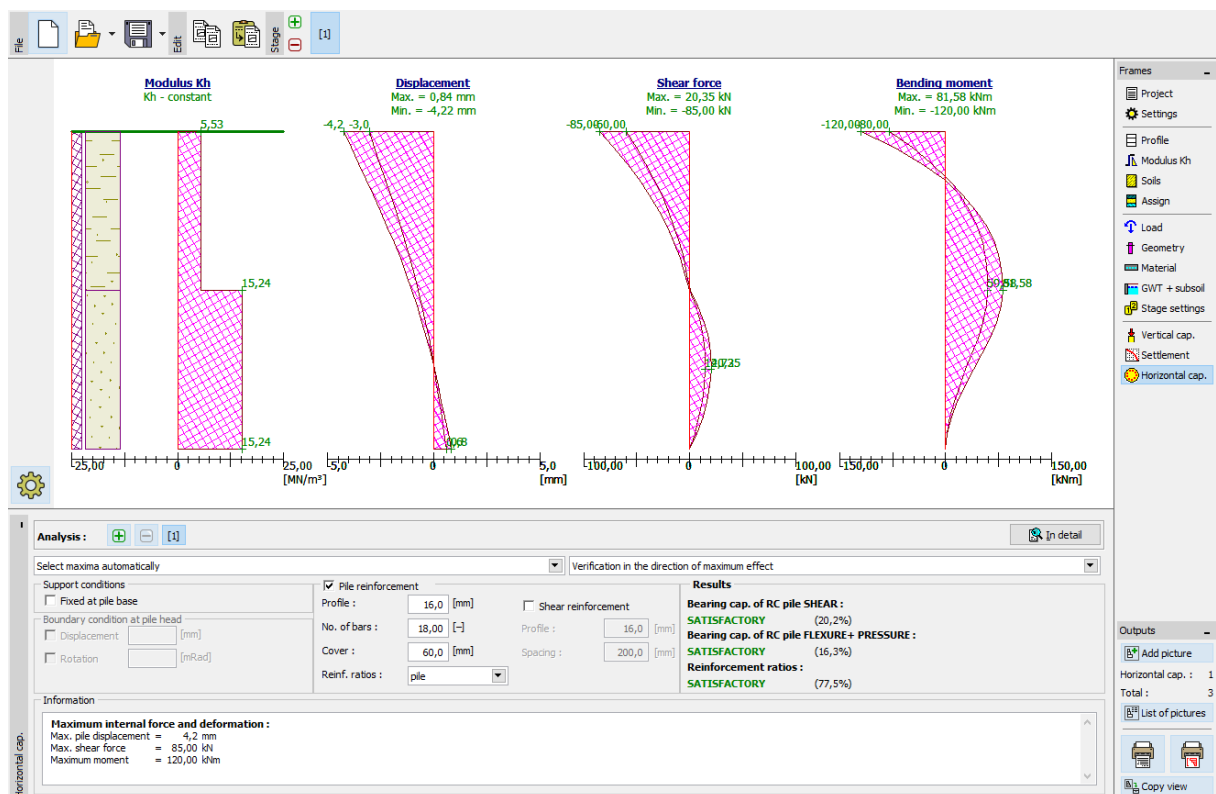
Longitudinal reinforcement

Catalog Own

B500
 $f_{yk} = 500,00$ MPa

„Anyag” menü

Most továbblépünk a „Vízszintes teherbírás” menübe ahol megkapjuk a cölöpfej maximális elmozdulásának értékét, a cölöp hossz menti igénybevételeket, és a vasalás megfelelőségének igazolását a leginkább igénybevett irányban.



„Vízszintes teherbírás” menü – konstans ágyazási tényező k_h feltételezésével

Megjegyzés: A cölöptalp megtámasztását elsőre közetbe, vagy köves altalajba befogott cölöpként veszi figyelembe a program (a mi esetünk nem ilyen). A cölöpfej peremfeltételeit akkor adhatjuk meg,

ha elmozdulási terhet adunk meg, ebben az esetben csak a megadott elfordulással és elmozdulással számol a program erőjellegű terhek nélkül (további részletek a Súgóban – F1).

Ebben a menüben hajtjuk végre a vasalás méretezését. Megtervezzük a hosszirányú vasalást – **18 pcs Ø 16 mm**, és az XC1 környezeti kitéti osztálynak megfelelően minimum **60 mm** betonfedést.

Esetünkben a keresztirányban terhelt cölöp alkalmazott vashányadára a CSN EN 1536: *Különleges geotechnikai szerkezetek kivitelezése – Fúrt cölöpök* (4. táblázat – Fúrt cölöp minimális vasalása) szerinti értéket veszünk figyelembe. Ezt a lehetőséget jelenti a „cölöp” beállítás.

Cölöp keresztmetszeti területe: $A_c [m^2]$	Hosszirányú vasalás keresztmetszeti területe: $A_s [m^2]$
$A_c \leq 0.5 m^2$	$A_s \geq 0.5 \% \cdot A_c$
$0.5 m^2 < A_c \leq 1.0 m^2$	$A_s \geq 0.0025 m^2$
$A_c > 1.0 m^2$	$A_s \geq 0.25 \% \cdot A_c$

“EN 1536: 4. táblázat – Fúrt cölöpök minimális vasalása”

Megjegyzés: Nyomott elemekre szerencsésebb az „oszlophoz” tartozó vashányad használata, annak ellenére, hajlítási szempontból jobb lenne a „gerendához” tartozó. Függőleges és keresztirányú terhelés kombinációja esetén, a CSN EN 1536 írja elő a fúrt cölöp minimális vashányadát a betonacél keresztmetszeti területe és a beton területének arányában (további részletek a Súgóban – F1).

Megfigyeljük a hajlított cölöpkeresztmetszet kihasználtságát, és a minimális vashányad vizsgálatát a cölöpméretezés eredményeiben.

Verification	
Maximum internal force and deformation :	
Max. pile displacement	= 4,2 mm
Max. shear force	= 85,00 kN
Maximum moment	= 120,00 kNm
Verification of cross section in bending and compression:	
Reinforcement - 18 pc bars 16,0 mm; covering 60,0 mm	
Type of structure (reinforcement ratio) : pile	
Reinforcement ratio $\rho = 0,461 \% > 0,357 \% = \rho_{min}$	
Load : $N_{Ed} = -1450,00$ kN (compression) ; $M_{Ed} = 120,00$ kNm	
Bearing capacity : $N_{Rd} = -8897,88$ kN; $M_{Rd} = 736,38$ kNm	
Designed pile reinforcement is SATISFACTORY	
Verification of cross section in shear:	
Ultimate shear force: $V_{Rd} = 419,94$ kN $> 85,00$ kN = V_{Ed}	
Cross-section is SATISFACTORY.	

„Eredmények” (részletes) - párbeszédablak

Számítási eredmények

A keresztirányban terhelt egyedi cölöp vizsgálatakor kíváncsiak vagyunk a a cölöphossz mentén kialakuló igénybevételekre, a maximális elmozdulásra és a cölöpkeresztmetszet kihasználtságára. Az **állandó lefutású** vízszintes ágyazási tényező k_h esetében az eredmények a következőképp alakulnak:

– Maximális cölöpelmozdulás:	$u_{max} = 4.2 \text{ mm}.$	
– Maximális nyíróerő:	$Q_{max} = 85.0 \text{ kN}.$	
– Maximális hajlítónyomaték:	$M_{max} = 120.0 \text{ kNm}.$	
– VB cölöp teherbírása (nyomás+hajlítás):	16.3 %	MEGFELEL
– VB cölöp teherbírása (nyírás):	20.2 %	MEGFELEL
– Cölöp vashányada:	77.5 %	MEGFELEL

Eredmények összehasonlítása a különböző ágyazási tényező megadási módszerek esetében

A vízszintes ágyazási tényezők k_h értékei és alakulása különbözőképp függenek az alkalmazott számítási módtól és a megadott talajjellemzőktől. Így függenek:

- ÁLLANDÓ: szóródási szög $\beta [-]$,
- LINEÁRIS (Bowles): szóródási szög $\beta [-]$,
talajtípustól függő $k [MN/m^3]$ együttható,
- CSN 73 1004 szerint: kötött vagy szemcsés talaj,
vízszintes összenyomódási modulus $n_h [MN/m^3]$,
- VESIC szerint: rugalmassági modulus $E [MPa]$.

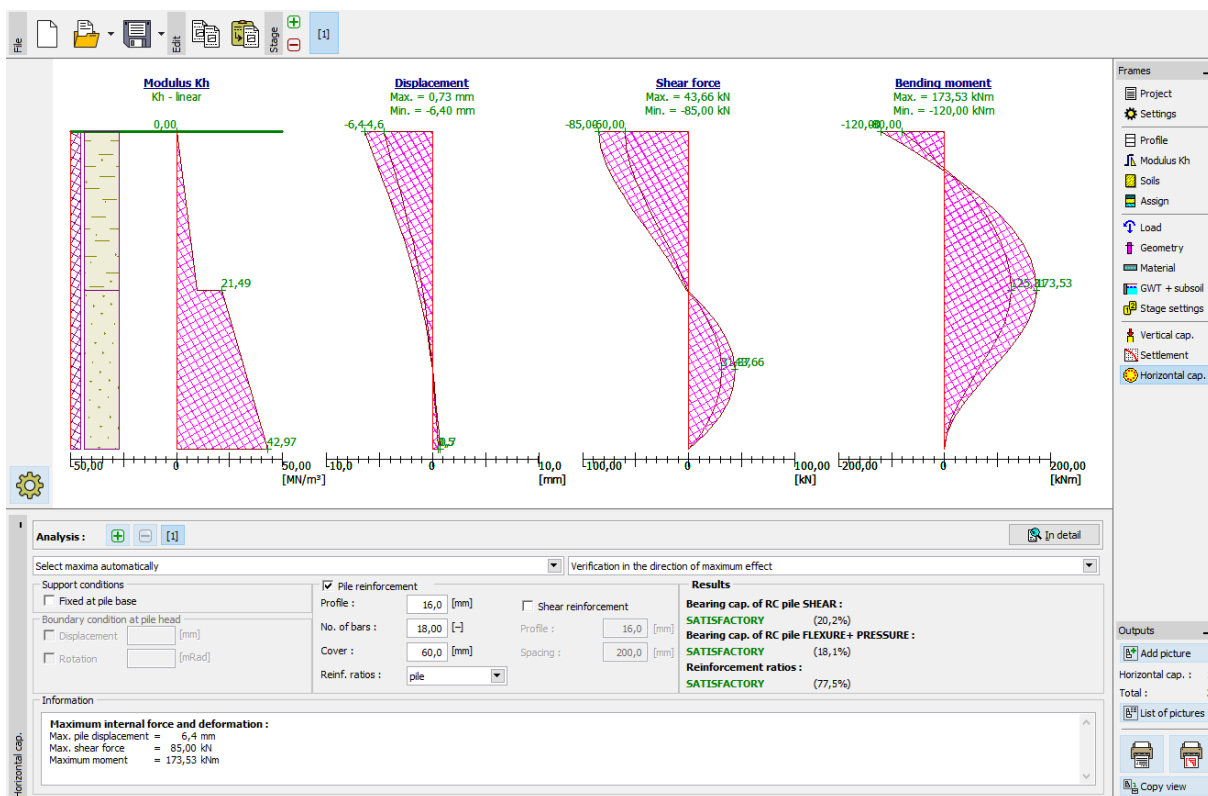
Számításunkhoz a Sűgő (F1) segítségével adjuk meg a programban a szükséges értékeket, a következők szerint:

Ágyazási tényező $k_h \left[MN/m^3 \right]$	Szóródási szög $\beta \left[- \right]$	$k \left[MN/m^3 \right]$ együttható	Rugalmassági modulus $E \left[MPa \right]$	Vízszintes összenyomódási modulus $n_h \left[MN/m^3 \right]$
ÁLLANDÓ	10 – CS	---	---	---
	15 – S-F			
LINEÁRIS (Bowles)	10 – CS	60 – CS	---	---
	15 – S-F	150 – S-F		
CSN 73 1004	Kohéziós talaj – CS, merev konzisztencia			---
	Kohéziómentes talaj – S-F, közepes tömörség			4,5
VESIC	---	---	5,0 – CS	---
			15,5 – S-F	

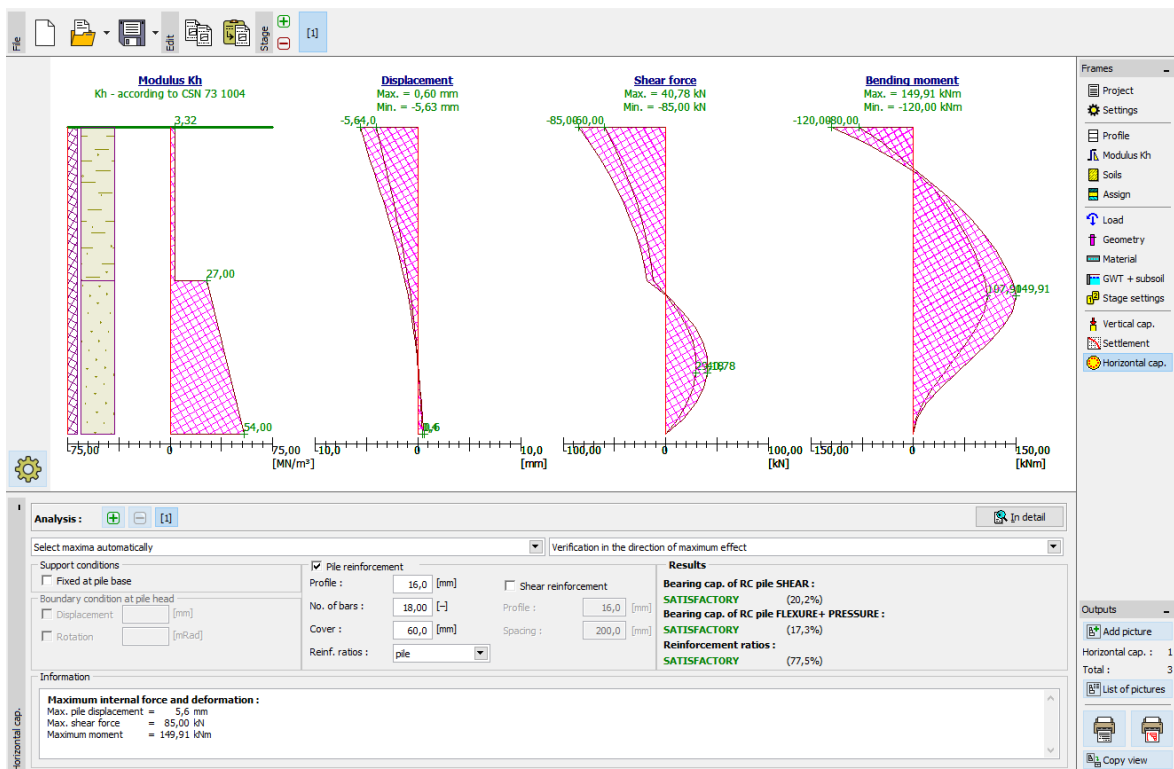
Egyedi cölöp vízszintes teherbírásához szükséges talajjellemzők összefoglaló táblázata

Visszatérünk az adatmegadás beállításokhoz. Minden esetben a vízszintes ágyazási tényező számításnak módját változtatjuk, és megadjuk a további szükséges talajjellemzőket. Lefuttatjuk a számítást a következő módszerekre:

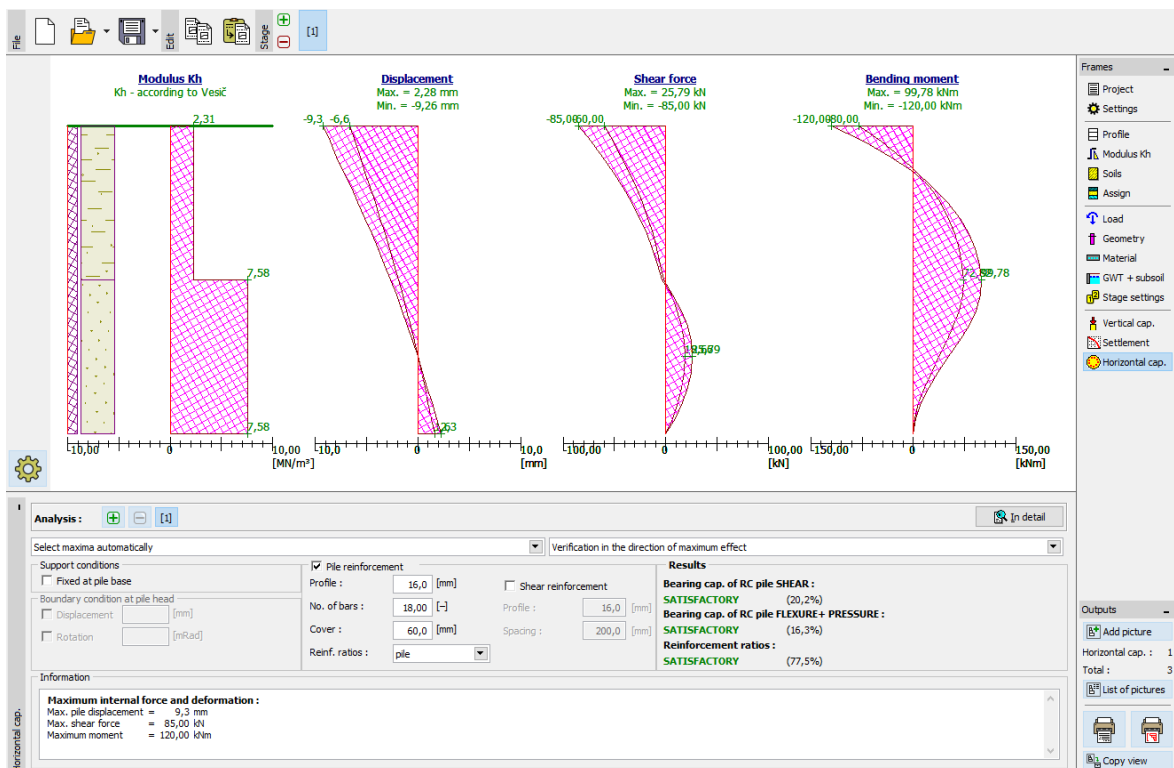
- lineáris lefutást használva (Bowles szerint),
- CSN 73 1004 szerint,
- Vesic szerint.



Lineáris lefutású vízszintes ágyazási tényező k_h , elmozdulások és igénybevételek



Vízszintes ágyazási tényező k_h CSN 73 1004 szerinti lefutása, elmozdulások és igénybevételek



Vízszintes ágyazási tényező k_h Vesic szerinti lefutása, elmozdulások és igénybevételek

Egyedi cölöp vízszintes teherbírás-számításának eredményei:

A vízszintes teherbírás-számítás eredményeit a vízszintes ágyazási tényező k_h számítási módszerei szerint csoportosítva a következő táblázatban mutatjuk meg:

Ágyazási tényező $k_h [MN/m^3]$	Max. cölöpelmozdulás $u_{max} [mm]$	Max. hajlítónyomaték $M_{max} [kNm]$	VB cölöp teherbírása [%]
ÁLLANDÓ	4.2	120.0	16.3
LINEÁRIS (Bowles)	6.4	173.53	18.1
CSN 73 1004	5.6	149.91	17.3
VESIC	9.3	120.0	16.3

Eredmények összefoglalása – Egyedi cölöp vízszintes teherbírása és méretezése

Következtetések

Az eredményekből látszik, hogy cölöphossz menti igénybevételek és a cölöpfej maximális elmozdulásai enyhén eltérőek, de az ágyazási tényező számítási módjának megválasztása nem meghatározó az eredmény szempontjából.