

SZAKDOLGOZAT

Kovács Attila

2015

1271



SZENT ISTVÁN
EGYETEM

Dr.Dombay Gábor PhD.
intézetigazgató, főiskolai tanár



YBL MIKLÓS ÉPÍTÉSTUDOMÁNYI KAR, BUDAPEST

Építőmérnöki Intézet

Cím: 1146 Budapest, Thököly út 74.

Tel.: +36-1-252-1270

e-mail: epitomernoki.intezet@ybl.szie.hu

SZAKDOLGOZAT KIÍRÁS
2015

Kovács Attila

Nappali Építőmérnök szakos
hallgató részére

A feladat címe:	Hídfő alapozásának tervezése, egyedi cölöpteherbírás számítási módszerek alkalmazásával
Belső konzulens:	Dr. Horváth-Kálmán Eszter adjunktus
Külső konzulens:	Dr. Tompai Zoltán, okl. építőmérnök, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Geotechnikai Tanszék

A szakdolgozat beadási határideje: 2015. június 05., péntek 12⁰⁰

Budapest, 2015. június 1.

Dr. Dombay Gábor
intézetigazgató



SZENT ISTVÁN
EGYETEM

Dr. Dombay Gábor PhD.
intézetigazgató, főiskolai tanár



YBL MIKLÓS ÉPÍTÉSTUDOMÁNYI KAR, BUDAPEST

Építőmérnöki Intézet

Cím: 1146 Budapest, Thököly út 74.

Tel.: +36-1-252-1270

e-mail: epitomernoki.intezet@ybl.szie.hu

Részletes feladatkiírás

Kovács Attila

Nappali Építőmérnök
hallgató részére

Hídfő alapozásának tervezése, egyedi cölöpteherbírás számítási módszerek alkalmazásával
című szakdolgozatához

Bevezetés, téma ismertetése

CFA cölöp tervezési módszereinek elméleti áttekintése

Cölöpteherbírás számítása

Hídfő alapozásának erőtani tervezése Eurocode alapján

Összefoglalás

Beadandó munkarészek

Számítási melléklet

Helyszínrajz (*Általános terv: Helyszínrajz*)

M=1:200

Geotechnikai rétegszelvény

M=1:100

Földnyomások meghatározása (*Földnyomások-, B'' hídfő*)

M=1:200

A-B hídfő, Hosszmetszet (*Általános terv: A-B hídfő, Hosszmetszet*)

M=1:200

Cölöp vasalási terve

M=1:50

Budapest, 2015. június 1.

Horváth-Kálmán Eszter

Dr. Horváth-Kálmán Eszter
belső konzulens



SZENT ISTVÁN
EGYETEM

Dr. Dombay Gábor PhD, Eur Ing
intézetigazgató, főiskolai tanár



YBL MIKLÓS ÉPÍTÉSTUDOMÁNYI KAR, BUDAPEST
ÉPÍTŐMÉRNÖKI INTÉZET
Cím: 1146 Budapest, Thököly út 74.
Tel.: +36-1-252-1270
e-mail: epitomernoki.intezet@ybl.szie.hu

*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Geotechnikai Tanszék
Dr. Tompai Zoltán
okl. építőmérnök
részére*

Tisztelt Mérnök Úr!

A 2014/2015. tanévben a nappali és levelező tagozatos végzős építő szakos hallgatóink a második félévben készítik szakdolgozatukat.

Ezúton felkérjük, hogy *Kovács Attila nappali építőmérnök* hallgató feladatát konzultálni és elbírálni szíveskedjék. Kérjük, hogy a hallgató szakdolgozatának megírásához ajánljon irodalmat, és esetenként a tervezéshez szükséges kiindulási adatokkal lássa el.

A szakdolgozat beadási határideje: 2015. június 5., péntek 12⁰⁰

Kérjük, hogy az osztályzattal ellátott bírálatot, valamint a hallgató konzultálásának igazolását zárt borítékban, a szakdolgozattal együtt intézetünkhöz megküldeni, vagy a hallgatóval eljuttatni szíveskedjék.

A bírálat szempontja:

1. A feladat minősége, a műszaki megoldás helyessége, szakmai színvonala.
2. A műszaki leírás, valamint a számítások értékelése.
3. A hallgató önállósága a tervezés során.

A feladat külalakja, rendezettsége, áttekinthetősége.

A bírálat szokásos terjedelme 1-1,5 oldal, a végére javasolt érdemjegyet kérünk.

A bírálatot két példányban kérjük elkészíteni.

Amennyiben szabadság vagy egyéb elfoglaltság miatt nem felelnek meg Önnek a határidők, kérjük azt a belső konzulenssel időben közölje, hogy az egyedi megoldást közösen kialakítsuk.

Belső konzulens: Dr. Horváth Kálmán Eszter adjunktus
Tel.: 252-12-70

A feladattal kapcsolatos koordináció és adminisztráció a belső konzulens feladata.
Mellékelten megküldjük a hallgató feladatkiírását.
Oktatási munkánkat támogató fáradozását előre is köszönöm.

Budapest, 2015. június 1.


Dr. Dombay Gábor
intézetigazgató

Szent István Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi
Kar

Építőmérnöki Intézet
Geotechnika Szakcsoport

Szakdolgozat:

**Hídfő alapozásának tervezése, egyedi
cölöpteherbírás számítási módszerek
alkalmazásával**

Szerző:

Kovács Attila

Témavezető:

dr. Horváth-Kálmán Eszter

Külső konzulens:

dr. Tompai Zoltán

Budapest,

2015. május

Tartalom

1	BEVEZETÉS	5
1.1	Témaválasztás.....	5
1.1.1	Szakedolgozat témabemutatása	5
1.1.2	Témaválasztás fontossága.....	5
2	ELMÉLETI HÁTTÉR	7
2.1	CFA cölöpalap általános bemutatása	7
2.2	Cölöpalap számításának adatszolgáltatási lehetőségei.....	9
2.2.1	CPT szonda	9
2.2.2	Hagyományos talajvizsgálati módszerek	11
2.3	Számítási elmélet CPT szonda eredmények alapján	12
2.3.1	Eurocode	12
2.3.2	Szepesházi Róbert ajánlása	16
2.4	Számítási elmélet talajvizsgálati eredmények alapján.....	18
2.4.1	Régi magyar szabvány szerint	18
3	CÖLÖPTEHERBÍRÁS SZÁMÍTÁSA.....	20
3.1	Kiindulási adatok	20
3.1.1	Altalaj tulajdonságok.....	20
3.2	Terhek.....	22
3.3	CFA egyedi cölöpteherbírás számítás	23
3.3.1	Szükséges cölöphossz becslése	23
3.3.2	Kritikus mélység	26
3.3.3	Eurocode7 CPT adatszolgáltatás alapján (7.8 képlet alapján)	27
3.3.4	Eurocode7 CPT adatszolgáltatás alapján (7.9.képlet alapján)	29
3.3.5	Szepesházi Róbert ajánlása CPT adatszolgáltatás alapján	31
3.3.6	Régi magyar szabvány szerint	34
3.3.7	Konklúzió	37
4	HÍDFŐ ALAPOZÁSÁNAK ERŐTANI TERVEZÉSE EUROCODE ALAPJÁN.....	40
4.1	Kiindulási adatok	40
4.1.1	Alkalmazott szabványok, irodalmak.....	40
4.1.2	Alkalmazott programok.....	40
4.1.3	Anyagminőségek	40

4.1.4 Talajtulajdonságok	41
4.1.5 Geometriai adatok	41
4.1.6 Modellfelvétel	43
4.1.6.1 Modell felépítése.....	43
4.1.6.2 Ágyazási tényezők meghatározása	45
4.1.7 Terhek.....	45
4.1.7.1 Földnyomások.....	45
4.1.7.2 Hídfőre és az alapozási síkra ható terhek	47
4.1.7.3 Teherkombinációk	49
4.1.7.4 Egyedi cölöpterhek alakulása	50
4.1.7.5 Eredő erő középpontjának meghatározása	51
4.1.7.6 Elmozdulások meghatározásához figyelembe vett terhek	53
4.2 Egyedi cölöpteherbírás.....	54
4.3 Cölöpcsoport teherbírás.....	54
4.3.1 Egyenértékű cölöp módszerrel	54
4.3.2 Egyedi cölöpteherbírások összegzésével	57
4.4 Alaptest süllyedése	58
4.4.1 Egyedi cölöp süllyedése	58
4.4.2 Cölöpcsoport süllyedése (1)	60
4.4.3 Összegzett süllyedés	61
4.4.4 Alaptest süllyedése (2)	61
4.4.5 Mértékadó alaptest süllyedés.....	63
4.4.6 Vízzintes eltolódás	63
4.5 Egyedi cölöp vasalása.....	64
4.5.1 Igénybevételek	64
4.5.2 Geometria	64
4.5.3 Anyagminőségek	65
4.5.4 Szerkesztési szabályok.....	65
4.5.5 Ellenőrzés normálerőre.....	66
4.5.6 Ellenőrzés maximális nyírásra	68
4.5.7 Ellenőrzés maximális nyomatékra.....	68
4.6 Cölöpösszefogó lemez vasalása.....	71
4.6.1 Statikai váz.....	71
4.6.2 Vasalási paraméterek.....	71
4.6.3 Anyagminőségek	71
4.6.4 Igénybevételek	72
4.6.4.1 Vasalási nyomatékok (hosszirányban: lokális y tengely)	72
4.6.4.2 Vasalási nyomaték (keresztirány: transzponált lokális x tengely)	73
4.6.4.3 Fajlagos nyíróerő	74
4.6.4.4 Beton fajlagos nyírási ellenállása.....	74
4.6.5 Alapháló meghatározása.....	75
4.6.5.1 Transzponált keresztirányú alsó vasalás.....	75

4.6.5.2	Transzponált keresztirányú felső vasalás	75
4.6.5.3	Hosszirányú felső vasalás.....	76
4.6.5.4	Hosszirányú alsó vasalás.....	76
4.6.6	Nyírási vasalás meghatározása	77
4.6.6.1	Cölöprács hosszirányú nyírásvizsgálata	77
4.6.6.2	Cölöpök közötti keresztirányú nyírási vizsgálat	77
4.6.7	Repedéstágasság	78
4.6.7.1	Alsó repedéstágasság	78
4.6.7.2	Felső repedéstágasság.....	78
TARTALMI ÖSSZEFOGLALÓ		79
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS		79
TERVJEGYZÉK		80
MELLÉKLETEK.....		80
ÁBRAJEGYZÉK.....		81
DIAGRAMJEGYZÉK		82
TÁBLÁZATJEGYZÉK		82
FELHASZNÁLT PROGRAMOK.....		83
IRODALOMJEGYZÉK		83

1 Bevezetés

1.1 Témaválasztás

1.1.1 Szakdolgozat témabemutatása

Szakdolgozatom témája a Szeged –Röszke közötti vasúti pálya felújítása során, a meglévő 32+37 hm szelvényben található 5. út, vasúti felüljáró (új oszvérszerkezetű híd) „B” hídfőjének CFA cölöpalapozását dolgozza fel. Az elkészítendő hidalapozás a jelenleg hatályos számítási módszer alapján kerül tervezésre, kiviteli tervek csatolásával.

A szakdolgozat a jelenleg hatályban lévő cölöpalapozások számítását szabályozó Eurocode 7, CPT adatokból történő számítása mellett, az egyedi cölöpterhelések, a már hatályát veszített Magyar Szabvány szerint, talajvizsgálati eredményekből, illetve Szepesházi Róbert az Eurocode 7 számítási módszerének változtatására irányuló ajánlásai alapján is megtörténik.

1.1.2 Témaválasztás fontossága

A dolgozat által feldolgozott különböző számítási módszerek által betekintést kapunk a CFA cölöpök egyedi teherbírásának változásáról az alkalmazott számítási módszerek függvényében. A mélyalapozások igazolásának módszerei több, a vizsgálati, talajkörnyezeti és kivitelezési módoktól függő módosító tényezőt tartalmaznak, melyek a számított törési teherbírás és a figyelembe vehető határteherbírás értékeit nagymértékben befolyásolják.

Jelenleg Magyarországon hatályban lévő Eurocode a cölöpalapozások számítását, CPT és-vagy pressziométeres vizsgálat adatszolgáltatása alapján javasolja, illetve próbaterhelési adatok felhasználásával, ám a ma már nem alkalmazott MSZ, a cölöpalapozások teherbírásának számítását, hagyományos talajvizsgálati eredmények alapján is engedélyezte.

A feldolgozott számítási mellékletekben azonos kiindulási adatok szerepelnek, így a számítások végeredményben fellelhető eltérést az elkészítésükhöz alkalmazott szabvány által ajánlott, a kiindulási értékekhez rendelt szorzótényezők és figyelembe vehető határértékek változásai adják, mint: parciális tényezők, anyagtulajdonságokhoz rendelt állandók, modelltényezők, maximum értékek.

A folyamatos kutatások és gyakorlati tapasztalatok a szabványosított eljárásokat időről időre kiegészítésre kényszerítik, a jobb és pontosabb szerkezeti viselkedés leképezésére. A magyarországi gyakorlatban egyre nagyobb jelentőséggel bír, Szepesházi Róbert az Eurocode7 alapján kidolgozott és kiegészített számítási módszere, mely nagyszámú kísérleti eredménnyel alátámasztott vizsgálati lehetőséget biztosít és joggal tekinthető a magyarországi talajviszonyokhoz leginkább idomuló módszernek.

Egy másik nagy probléma, a talajfeltáráson alapuló teherbírás-igazolásnak, hogy sok számításra lehet bukkanni, szakirodalmakban és a köznap mérnöki tervezések során is, melyek nem, vagy csak részben szabványosak. Természetesen a hatályos jogszabály megfelelő környezetet biztosít, a „helyes módszer” alkalmazására, de előfordulhatnak olyan helyzetek, mikor egy szabványosnak mondott számítás közel sem vezet megfelelő biztonságú eredményre. Akármennyire is a tervezés a hatályos szabvány szerint kell, hogy történjen, a mindennapi gyakorlat során elkerülhetetlen, hogy a mérnök, segítségül „külsős irodalomhoz” is nyúljon, pl: oktatási vagy publikációs anyagok, melyekben a leglezserebben kezelt értékek a szorzótényezők. Ezek az értékek befolyásolják legnagyobb mértékben az eredményt, mert a mélyalapozások tervezésének bizonytalansága nagy, ebből kifolyólag az eredmény könnyen befolyásolható.

Az dolgozatban vizsgált szabványos módszerek tényezői sem egyformák – ugyanazon karakterjelölések alkalmazása mellett – és ez a szabványok közötti adatkeveredéshez vezet. Saját meglátásom, hogy ez gyakran előfordul, és az Eurocode, és annak speciális változtatásaira tett javaslatok – melyek csak részben egyeznek az EC-al – keverednek, már-már szétválaszthatatlanok, hogy melyik adat honnan jött. Szerencsére az említett esetek alapját, a jelenleg érvényben lévő szabvány adja, e miatt kisebb problémát okoz, de minden képen figyelmet kell fordítani a megfelelő, akár több, specializált és általános számítás kidolgozására, és azokat módszeresen elkülönítve, beépíteni a mérnöki gyakorlatba.

Mivel a feldolgozott számítások a magyar és európai mérnöktársadalom által elfogadott, vagy egykor elfogadott eljárások, gyakorlati alkalmazás területén, minden tárgyalt eljárás megállja a helyét. Ebből kifolyólag gazdasági szempontból azonos geometria mellett, a legnagyobb biztonságot adó számítás a legmegfelelőbb, hiszen akkor kisebb geometriai méretek mellett is igazolható a teherbírás, de mérnöki szempontból ez nem feltétlenül jelent egyezést, bár megfontolandó alkalmazása.

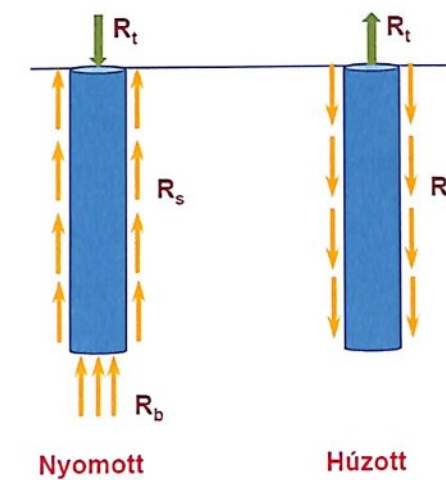
2 Elméleti háttér

2.1 CFA cölöpalap általános bemutatása

A cölöpalapozási módszerek a mélyalapozások családjába tartoznak. Egy alapozási módszert mélyalapozásnak tekintünk, ha az alaptest magassági mérete, a szélességének több, mint az ötszöröse. Teherbírasi és süllyedési értékeik nagyságrendileg kedvezőbben alakulnak, mint a síkalapozásoknál. Kivitelezési költségeik miatt alkalmazásuk csak indokolt esetben nyer létjogosultságot, pl: nagy terhelésű építmények, kedvezőtlen talajtulajdonságok, mélyen fekvő teherbíró talaj esetén.

A mai mélyalapozás-készítés legjelentősebb hányadát a cölöpalapok alkalmazása meríti ki. Jelentőségének mértéke, az alternatív mélyalapozási megoldásokat háttérbe szorítja kedvező gazdasági és műszaki-tervezési tulajdonságainak köszönhetően. Két kivitelezési technológiai csoportba sorolhatók: talaj kiszorításos és talajhelyettesítési eljárás. Mind a két kivitelezési mód magában hordoz előnyös és hátrányos tulajdonságokat. Jellemzően a talaj kiszorításos eljárással készült (vert vagy sajtolt cölöpök) a lokális talajkörnyezet tulajdonságait javítják, a fűrt cölöpözési mód viszont fellazíthatja a cölöp közvetlen környezetében a talajt, mely kedvezőtlen hatást gyakorol a teherbírásra.

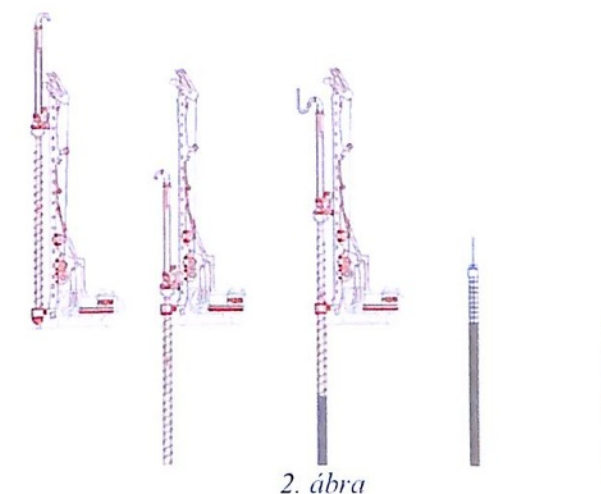
A cölöpteherbírás erőjátékát tekintve két hatás érvényesül, a cölöp csúcsán kialakuló csúcscellenállás és a cölöptest és a talaj érintkező felülete mentén kialakuló súrlódás. E két érték összegéből származtatható egy cölöp teherbírása. Nyomott cölöpök esetén mind a két hatás megjelenhet, húzott cölöp esetén viszont csak a palástellenállás értékére számíthatunk (1. ábra). A két ellenállás mértékének függvényében megkülönböztethetünk álló, lebegő és vegyes teherhordású cölöpöket. Az álló cölöpök, teherbírásának nagy részét a cölöptalp ellenállása adja, jellemzően rövid cölöpök és/vagy a cölöptalp környezetében lévő, a felsőbb rétegekhez viszonyítva jelentősen kedvezőbb teherbírású talajréteg esetén áll elő. Kedvezőtlen teherbírású talajok és hosszú cölöpök esetén a teherbírást főként a palást és a talaj között kialakuló súrlódási erő adja. Amikor a cölöptalp és a palástsúrlódási erő megközelítőleg azonos mértékben részesül a teherbírás kialakulásában, vegyes cölöpről beszélhetünk.



1. ábra

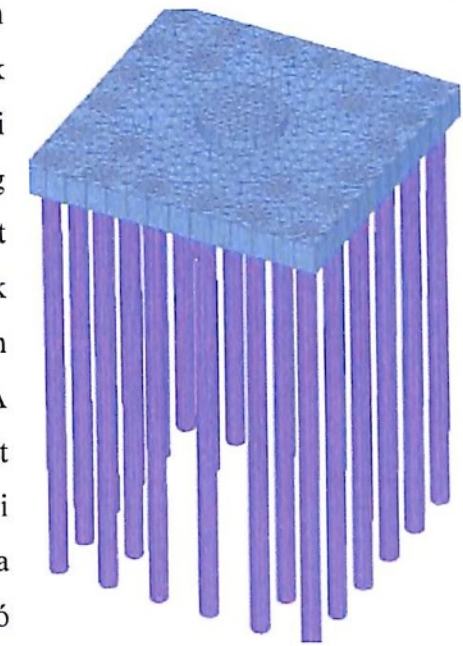
A cölöpalapozások Magyarországon uralkodó vonala a CFA cölöpkészítés mentén húzódik. Talajhelyettesítési módszerrel, végtelenített spirálfúróval készül. Fúrás közben a spirálban maradó talaj és a spirál éle megtámasztást biztosít a furat számára. A kívánt mélység elérése után a fúroszárban elhelyezett csövön keresztül a furatba préselt beton a fúrófejet kifelé nyomja a furatból. Betonozás után a vasalást utólag süllyeszti a nyers betonba, szükség esetén vibrálás alkalmazásával (2. ábra).

Kiszámítható, gyors építési technológiájának, széleskörű alkalmazhatóságának köszönheti elsőbbségét, ezt tovább növeli igen széles mérettartományban való készíthetősége.



2. ábra

Az egyedileg elkészített cölöpöket jellemzően „egymáshoz közel” cölöpcsoportban alkalmazzuk (3. ábra). Egy cölöpcsoportba tartozás, geometriai feltételekhez kötött. Ha a cölöp tengelytávolság kisebb, mint 5 cölöpátmérő, akkor a cölöpöket csoportként is vizsgálni kell, mert az egyes cölöpök egymásra gyakorolt hatása bizonyos esetekben csökkentheti a csoport globális ellenállását. A cölöpcsoport ellenállásának igazolására két párhuzamos számítást kell végezni, ami az egyedi cölöpök summázott teherbírásának értékét, illetve a csoport által közrefogott, a cölöpöket tartalmazó kvázi „pilléralapnak” tekintett tömb vizsgálata. Az Eurocode 7-ben megadott feltételek alapján a csoport, mint „nagy cölöp” vizsgálható egy egyenértékű átmérő származtatásával. Ezek közül a minimumérték tekintendő mértékadónak.



3. ábra

2.2 Cölöpalap számításának adatszolgáltatási lehetőségei

2.2.1 CPT szonda

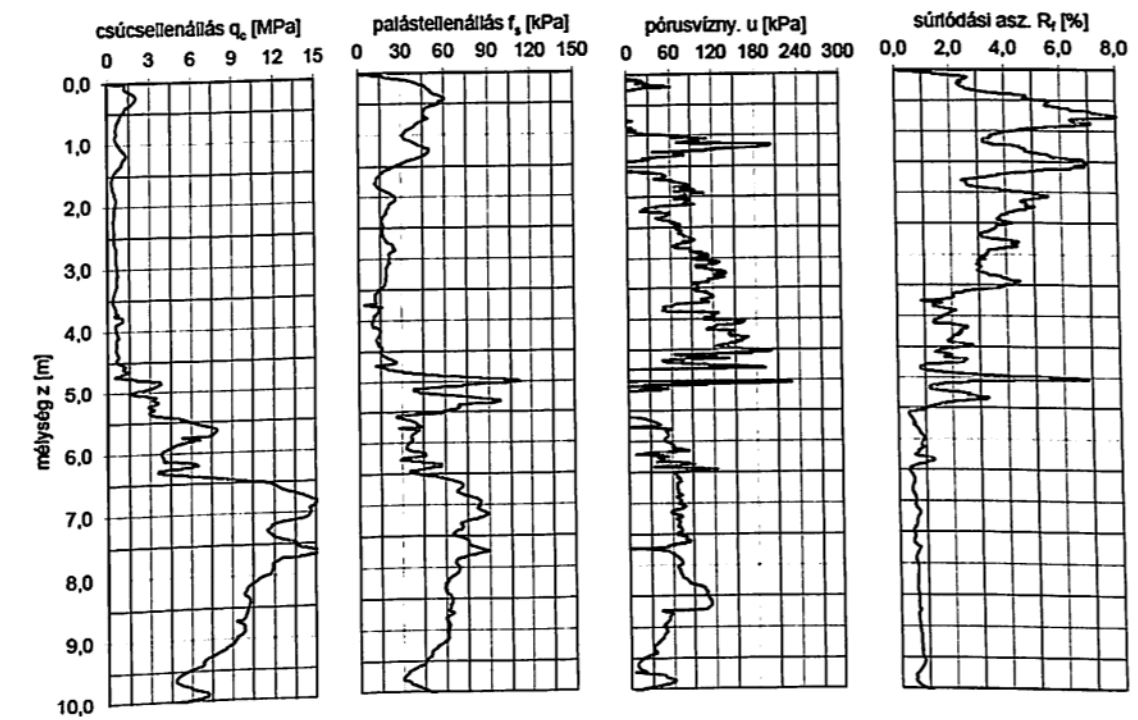
Az Eurocode 7 a cölöpalapozások statikai számításához szükséges talajfizikai jellemzők meghatározására, két elfogadott módszert ajánl a laborvizsgálatok kiegészítésére, a CPT szondás és a pressziométeres vizsgálatot.

A magyar gyakorlatban elterjedt CPT szondás vizsgálattal, a talajban, a szonda által mért csúcsellenállásra, palástsúrlódásra és pórusvíznyomásra, a súrlódási arányszámra kapunk közvetlen adatsort a mélység függvényében (4. ábra). Az eredmények alkalmasak a talaj nyírószilárdsági paramétereinek és egyéb a tervezés során használt talajfizikai tulajdonságok utólagos számítására és a talajtípusok osztályozására, amennyiben a szonda behatolása lehetséges.

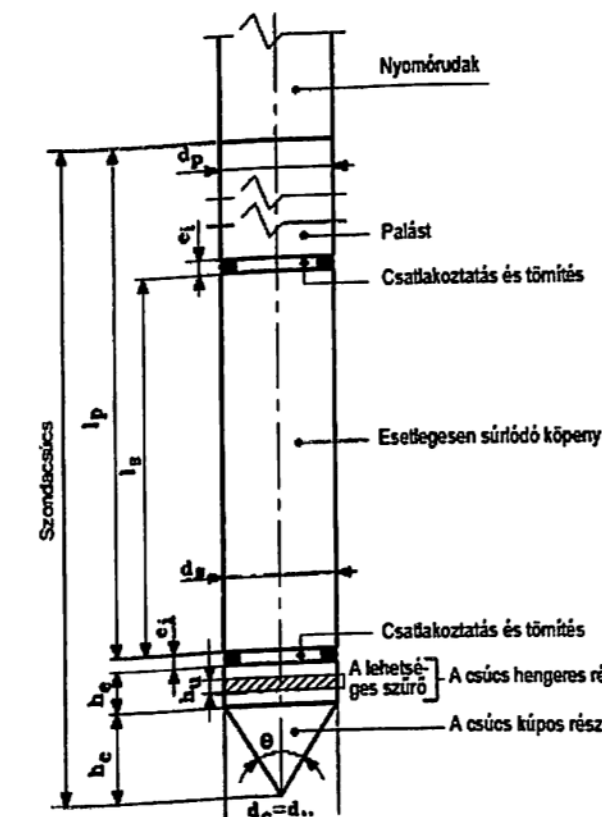
„A nyomószondázás (CPT) lényege az, hogy viszonylag lassan, egyenletes sebességgel, függőlegesen a talajba nyomnak egy olyan, csúcsban végződő rudak sorozatából álló szondát, amely kúp- és hengeres palástból áll, s méri a kúpon fellépő behatolási ellenállást, valamint,

lehetőleg, a hengeres palástra szerelt köpenyen fellépő súrlódást." (MSZ E NV 1997-3:2000 3.1

(1)P 26.old)



4. ábra



5. ábra

„A vizsgálat végrehajtása
(1)P A szondát forgatás, vibráció és ütések nélkül kell lenyomni, és a nyomóerő irányának függőlegesnek kell lennie.
(2) A nyomott rudak tengelye a térszín magasságában legfeljebb 2%-kal térhet el a függőlegestől.
(3)P A behatolás sebessége (20 ± 5) mm/s legyen.
(4)P A kúpbehatolás mélységmérésének pontatlansága nem haladhatja meg a 0,2 m-t, az egyes leolvasások közötti mélységkülönbség pedig a 0,1 m-t." (MSZ E NV 1997-3:2000 3.4.2 30.old)

A kapott mérési eredmények feldolgozására az Eurocode 7-3 ad útmutatást.

2.2.2 Hagyományos talajvizsgálati módszerek

A régi magyar szabvány cölöpteherbírás számítása, laborvizsgálati módszerekkel származtatott talajfizikai paraméterekre épült, illetve táblázatos formában különböző talajtípusokhoz, a térszín alatti mélységük függvényében, egy viszonylag alulbecsült határértéket adott meg a szabvány. A hatályos Eurocode 7 nem tiltja a módszer kizárólagos alkalmazását, de fő irányként, a statikus (CPT) szondaellenállásokra épít.

A vizsgálatok zavart és zavartalan talajmintákból készülhetnek.

Cölöpalapozások tervezéséhez zavartalan talajmintákra, ritkán áll módunk támaszkodni, mert nagy mélységből zavartalan mintát kinyerni, ésszerű keretek között maradvány, gyakorlatilag nem lehetséges. Az említett részletek miatt, érthető az Eurocode állásfoglalása, a CPT-ből nyert adatok tekintetében.

Vizsgálatok zavartalan mintából

Zavartalan talajminta előnye, hogy a talajfizikai tulajdonságokat változatlan formában őrizhetjük meg a vizsgálat megkezdéséig. Lehetőség nyílik a nyírószilárdsági és tömörségi paraméterek pontos mérésére, például kétirányú vagy triaxiális vizsgálatokra, ödométeres vizsgálatra, állandó és változó víznyomású készülékekkel való vízáteresztési képesség mérésére.

A zavartalan minták alkalmasak, a zavart mintákból is elvégezhető kísérleti vizsgálatokra. Hátrányuk, hogy nagyobb körülmények igényel a minták zavartalanításának megőrzése, kinyerésük nagy mélységben (~2 m alatt) nehezen- vagy nem- megvalósítható. A mintavétel csak szabványosított fémhengerekkel végezhető és kohézió nélküli talajoknál nem alkalmazható.

Vizsgálatok zavart mintából

Zavart minták előnyei, hogy nagy mélységből is kinyerhetők fúró segítségével. A talajrétegződések a mintákon jól nyomon követhetők.

Hátránya, hogy a mintavétel során nem őrizhetők meg a talajminták valós fizikai paraméterei, így csak korlátozott vizsgálati lehetőség adódódik a talaj minősítésére.

Zavart és zavartalan mintákból végezhető vizsgálatok: szítási és hidrométeres vizsgálat a szemeloszlás megállapítására, casagrande és penetrációs vizsgálat a plasztikus index (I_p) –talajfajta- meghatározására.

A nyírószilárdsági értékek- konzisztencia, belső súrlódási szög- és összenyomódási modulus, csak referenciaértékek és tapasztalati adatok alapján becsülhetők. Mivel az említett paraméterek, az alaptestek méretezése során elsőrendűek, meghatározásuk pontossága, jelentős befolyásoló tényező a szerkezetek megfelelő méretezéséhez.

2.3 Számítási elmélet CPT szonda eredmények alapján

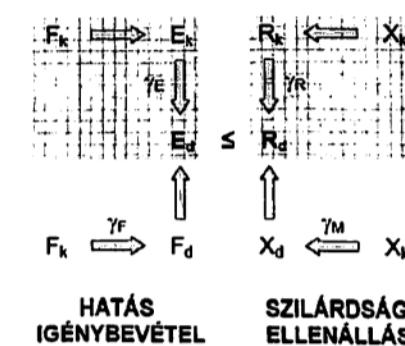
2.3.1 Eurocode

„A tervben igazolni kell, hogy a következő határállapotok bármelyikének túllépése elfogadható mértékben valószínűtlen:

- az egyedi cölöp nyomási vagy húzási ellenállásának kimerülése miatti határállapotok
- a cölöp, mint egész szerkezet nyomási vagy húzási ellenállásának kimerülése miatti teherbírási határállapotok
- a cölöpalap nagy elmozdulása vagy elmozdulás-különbségei által okozott, a tartószerkezet összeomlásával vagy súlyos károsodásával járó teherbírási határállapotok
- a cölöp elmozdulása miatt a tartószerkezetben bekövetkező használhatósági határállapotok”

(MSZ EN1997-1_2006 7.6. 59.old)

A számítás, DA-2* számítási módszer szerint történik. Lényege, hogy a parciális csökkentő tényezők, a teheroldalon jelennek meg, a hatás és az ellenállásoldalon is. A talajfizikai paraméterek, a mért értékükkel vannak figyelembe véve (6.ábra).



6. ábra

Alapvető erőtani feltétel tehát, a hatások ellensúlyozása az ellenállásokkal

$$F.cd \leq R.cd$$

(MSZ EN1997-1_2006 7.6. 59.old 7.1 képlet)

A cölöpalapozások teherbírásának tervezési értéke

$$R.cd = R.bd + R.sd$$

(MSZ EN1997-1_2006 7.6.2.3. 62.old (3)P bekezdés 7.6 képlet)

$$\text{csúcseellenállási komponens} \quad R.bd = \frac{R.bk}{\gamma.d}$$

$$\text{palástsúrlódási komponens} \quad R.sd = \frac{R.sk}{\gamma.s}$$

Egy cölöp, nyomási ellenállásának tervezési értéke ($R.cd$), két képlet szerint határozható meg a szabvány ajánlása szerint, karakterisztikus értékekből, a hozzájuk rendelt parciális és korrelációs tényezők felhasználásával.

$$R.ck = R.bk + R.sk = \frac{R.b.cal + R.s.cal}{\xi} = \frac{R.c.cal}{\xi} = \min\left(\frac{R.c.cal.mean}{\xi.3}, \frac{R.c.cal.min}{\xi.4}\right)$$

(MSZ EN1997-1_2006 7.6.2.3. 62.old 5(P) bekezdés 7.8 képlet)

vagy:

$$R.ck = (R.bk + R.sk)$$

$$R.sk = \sum(A_{s,i} * q_{s,i,k})$$

$$R.bk = A_b * q_{b,k}$$

(MSZ EN1997-1_2006 7.6.2.3. 62.old 8 bekezdés 7.9 képlet)

Utóbbi képletsor alkalmazása esetén, modelltényező beiktatása szükséges, a tervezési ellenállás meghatározásához. A modelltényező a nemzeti mellékletben meghatározott egy 1-nél nagyobb érték. Feladata a biztonság növelése, a bizonytalansági foktól függően. A $q_{s,i,k}$ a palástellenállás rétegenként mért értéke, $q_{b,k}$ pedig a talpellenállás karakterisztikus értéke, a szondaeredmények alapján. A számítás menetére MSZ ENV

1997-3:2000 B4. MELLÉKLET ad tájékoztatást, miszerint az eddig bemutatott képletek adatfeldolgozási ajánlásai $R_{c,d}$ meghatározására a következők:

A cölöpátmérőt (d_{eq}) és a cölöptalp átmérőt (D_{eq}) egy egyenértékű átmérővel veszi figyelembe. Azonban kör keresztmetszetű, nem kiszélesedő cölöpcsúcs esetén az egyenértékű átmérő megegyezik a hagyományos értelemben vett átmérővel.

A fajlagos talpellenállás karakterisztikus értékét a CPT eredmények alapján számíthatjuk, az alábbi képlet segítségével, egy maximális 15 MN/m^2 határérték betartása mellett.

$$q_{bk} = \min \left[15.0 \cdot \frac{\text{MN}}{\text{m}^2}, \beta \cdot \alpha_p \cdot s \cdot 0.5 \cdot \left(q_{cIII} + \frac{q_{cII} + q_{cI}}{2} \right) \right]$$

A képletben „s” és „ β ” a cölöpcsúcs alakját figyelembe vevő tényező MSZ ENV 1997-3:2000 B4. MELLÉKLET B.3 és B.4 ábra alapján, q_{cI} , q_{cII} , q_{cIII} értékei a MSZ ENV 1997-3:2000 B4. MELLÉKLET B.2 ábrája (7. ábra) szerint értelmezhetők. A három érték a cölöpcsúcsra áttörő terhek hatására bekövetkező talajtörési mechanizmust képezi le. A folyamat leírására több elmélet is létezik. Ezekből a szabvány által elfogadott elmélet alapján, a talajban, a cölöpcsúcs környezetében egy „hagymaszerű” feszültségállapotot tételez fel, mely a cölöp alsó síkja alá maximum $4x D$ mélységig és fölé $8x D$ magasságig is kiterjedhet (8. ábra). A figyelembe vett feszültségeket egy d_{crit} kritikus mélységig értelmezzük. A kritikus mélységet $0.8D_{eq}$ és $4D_{eq}$ közötti mélységben kell felvenni, ott ahol $q_{b,k}$ értéke a legkisebb. A feszültségtest felfelé való kiterjedése, a cölöpcsúcs egyenértékű átmérőjének 8-szorosáig van feltételezve.

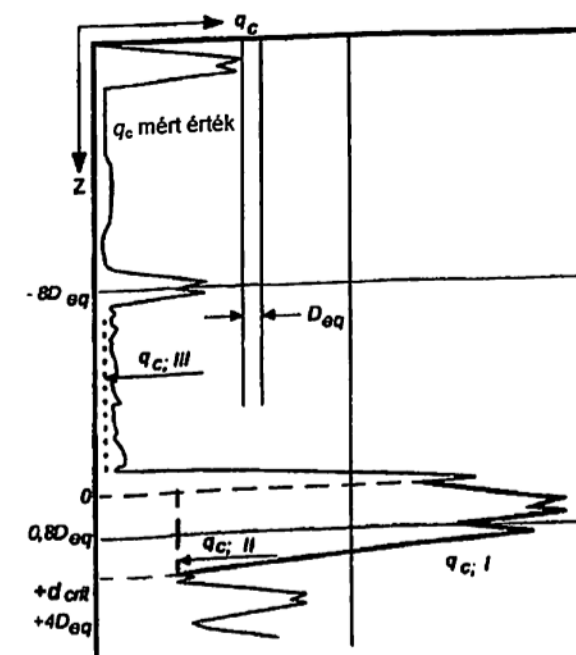
A palástellenállás talajrétegenkénti értékét, az alábbi képlet szerint számíthatjuk, a „z” mélységben mért szondacsúcs-ellenállásból. α_s a MSZ ENV 1997-3:2000 B4. MELLÉKLET B2 és B3 táblázata szerinti, a talajtípust jellemző érték. Határértéket kell figyelembe venni, az egy méternél vastagabb réteg esetén, hogy $q_{c,z,a}$ maximum 15 MN/m^2 , az egy méternél vékonyabb réteg esetén pedig maximum 12 MN/m^2 érték vehető fel.

$$q_{s,k} = \alpha_s \cdot q_{c,z,a}$$

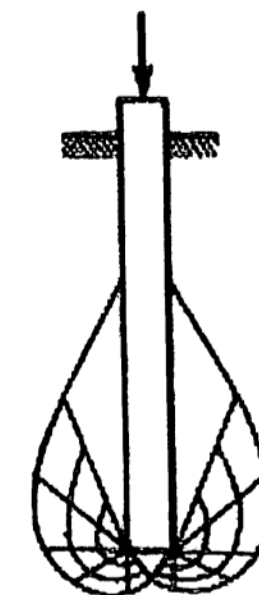
Az Eurocode a számítási bizonytalanságot γ parciális tényezőkön kívül, ξ korrelációs tényezők beiktatásával is kezeli, melynek értéke a feltárt talajszelvények számától függ. ξ tényező két értékkel jelenik meg, az átlag és a minimum értékekhez is tartozik egy érték. A módszer hibája, hogy egy feltárt talajszelvény esetén, mindkét érték azonos (1.40) értékkel van meghatározva, így azonos mértékben módosul a minimum és az átlagokból

számított határ-teherbírási érték, az eredmény tehát a minimum értékből képzett szám lesz, ez azt jelenti, hogy a relatív nagy bizonytalanság esetén a legnagyobb biztonság lesz figyelembe véve, ami túlméretezéshez vezet, és figyelmen kívül marad a nagyobb teherbírású cölöpök kedvező hatása. Több talajszelvény esetén a minimumérték kedvezőbb korrelációs tényezőt kap, így ez az eset nem áll fenn, már jobban közelít a megengedhető valószínűségi alulmaradáshoz az eredményként kapott teherbírás.

A minimum és átlag érték az egy talajszelvényből történő vizsgálat során azonos. Az előzőekben leírtak szerint, a számítás, ezt az értéket minimumértéknek tekinti, mivel ξ is azonos a minimum és átlagértékhez rendelve.



7. ábra



8. ábra

2.3.2 Szepesházi Róbert ajánlása

A kidolgozott számítási ajánlás alapját, az EC7 adja. Nagyszámú próbaterhelési kísérletek alapján ajánlott változtatásokkal. A CPT adatok feldolgozásában is korlátozások bevezetése javasolt, pl.: az 1 m-nél rövidebb szakaszok kiugró q_c értékeit meg kell szűni. A maximált fajlagos teherbírás-komponensek túllépése, csak próbaterheléssel igazolt esetben engedhető meg. Különböző számítási módszert ad kötött és szemcsés talajokra, az Eurocode7-el szemben. Tervezési módszerként DA-2*szerint jár el.

1. táblázat

cölöptípus		talpellenállási szorzó	palástellenállási szorzó	palástellenállás maximuma
		α_s	α_{st}	q_{max} [kPa]
talajkiszorításos	vert (vibrált), előregyártott vasbeton elem	1,00	0,90	150
	vert (vibrált), zárt végű benmmaradó acélcső	1,00	0,75	120
	vert (vibrált), zárt végű visszahúzott cső helyén betonozott	1,00	1,10	160
	zárt véggel lehajított s visszahúzott cső helyén betonozott	0,80	0,75	160
	csavart, helyben betonozott	0,70	0,55	120
talajhelyettesítéses	CFA-cölöp	0,50	0,50	100
	fürt, támasztófoltyadék védelmében	0,50	0,45	80
	fürt, beléscső védelmében			

Szemcsés talajok talpellenállásának számításához ajánlott képlet és ajánlások hasonlóak az EC7-ben ajánlottakkal. λ_b 0.6 kiindulási értékkel vehető figyelembe. 5 MPa-nál nagyobb érték próbaterheléssel igazolt esetben vehető figyelembe és 15 MPa-nál nagyobb érték nem vehető figyelembe.

$$q_{bk} = \lambda_b * \alpha_b * 0.5 * \left(q_{cIII} + \frac{q_{cII} + q_{cI}}{2} \right)$$

A fajlagos palástellenállás számításához ajánlott képlet:

$$q_s = \alpha_{sq} * \sqrt{q_c}$$

CFA cölöpök esetén 120 kPa-ban van korlátozva a szemcsés talajokban maximálisan figyelembe vehető fajlagos palástellenállás. Nagyobb értéket próbaterheléssel kell igazolni. A cölöptípust figyelembe vevő α szorzótényezők értékeit az 1.táblázat mutatja.

Kötött talajban lévő cölöpök ellenállásának meghatározásához elsőként a drénezetlen nyírószilárdságot kell meghatározni.

$$c_u = \frac{q_c}{N_k}$$

A számítás N_k talajtömörési tényezője 12-18 közötti érték, a talaj kötöttségi szintjét jelző tapasztalati érték, átlagosan 15.5-elvehető figyelembe.

$N_k = 17-18$ kövér agyag

$N_k = 15-16$ közepes agyag

$N_k = 13-14$ sovány agyag, iszap

Dr. Szepesházi Róbert: Cölöpalapok méretezése az Eurocode 7 követelményei szerint- doktori PHD értekezés- Miskolc, 2007

A talpellenállás meghatározásához, kötött talajban a feszültségeloszlást, a cölöpcsúcs szintje alatt 3D, felette 1.5D mélységben tételezi fel, Skempton elmélete szerint (9.ábra).



Skempton

9. ábra

$$q_b = \mu_b * N_c * c_u$$

$c_{u, max} = 500 \text{ kPa}$ -al vehető figyelembe.

N_c teherbírési tényező konstans értéke 9. A technológiai szorzók és maximumértékek 2.táblázatban láthatjuk. Fajlagos talpellenállás maximuma 2.5MPa. Ennél nagyobbértéket próbaterheléssel kell igazolni.

2. táblázat

Cölöptípus		talpellenállási szorzó	palástellenállási szorzó	palástellenállás maximuma
		μ_b	μ_s	$q_{max} [\text{kPa}]$
talajkiszorításos	vert (vibrált), előregyártott vasbeton elem	1.00	1.05	85
	vert (vibrált), zárt végű benmaradó acélcső	1.00	0.80	70
	zárt végű lehajtott s visszahúzott cső helyén betonozott	1.00	1.10	90
	csavart, helyben betonozott	0.90	1.25	100
talajhelyettesítéses	CFA-cölöp	0.90	1.00	80
	fürt, támasztófolyadék védelmében	0.80	1.00	80
	fürt, beléscső védelmében	0.80	1.00	80

A fajlagos palástellenállás számításához ajánlott képlet kötött talajban:

$$q_s = \mu_s * q_{s0} * \sqrt{\frac{c_u}{c_1}}$$

A képlet konstans értékei: $q_{s0} = 150 \text{ kPa}$, $c_1 = 1000 \text{ kPa}$. Technológiai szorzókat (μ_s) a 2. táblázat mutatja. A maximum értékek csak próbaterheléssel igazolt esetben léphetők túl.

2.4 Számítási elmélet talajvizsgálati eredmények alapján

2.4.1 Régi magyar szabvány szerint

A régi magyar szabvány cölöpméretezési eljárása laboratóriumi talajvizsgálati eredmények alapján elvégezhető. Az egyedi cölöp határteherbírása az alábbi képlettel számítható:

$$F_H = \alpha_c * m * (A * \sigma * l + K * r * \bar{\sigma} * \sum(H_i * \tau_i) + Q)$$

A meghatározott talajfizikai paraméterekhez (ϕ , c , I_p , I_c) táblázatos értékeket rendel a szabvány. Ebből adódik, hogy a felkínált adatok, egy viszonylag kedvezőtlen értékkel vannak megadva, mivel a szondázási eredményektől eltérően a talaj tömörségi viszonyainak megállapítására korlátozottak a lehetőségek.

Roskadó talajoknál l és r paraméterek figyelembe vételével módosul a teherbírás, egyéb talajok esetén alapértékkel vehetők figyelembe.

$$\sigma = \beta * (a * D * \gamma + b * q)$$

A cölöptalpon figyelembe vehető σ feszültség kötött talajok esetében, a mért konzisztencia indexhez rendelt táblázatos értékekből, a mélység függvényében interpolálhatók. Szemcsés talajok esetén σ talpfeszültség, képlettel számolható.

A β , a , b értékek táblázatból interpolálhatók, q pedig az alapsíkon számított, hatékony függőleges önsúlyfeszültség.

τ nyírófeszültségek az adott réteg középvonalában értelmezett adatok, szemcsés talajoknál talajfajtától, kötött talajok esetén konzisztencia indextől függően. Köztes értékeket interpolálással lehet előállítani.

Az m , a cölöpök számától függő tényező, az $\bar{\sigma}$ pedig, a cölöpözés módját figyelembe vevő tényező. Q tényező kónuszos cölöpcsúcs esetén figyelembe vehető többletteherbírás, jelen esetben nem kerül bemutatásra.

A határteherbírás legmarkánsabb befolyásoló α tényezője, az alábbi képletből számítható.

$$\alpha_c = \alpha_1 * \alpha_2 * \alpha_3$$

Három tagból áll és a kockázati tényezőket veszi figyelembe: mennyire ismert a talajkörnyezet, mekkora az építmény károsodása során bekövetkező gazdasági kár és

életveszély, mennyire megbízhatóak a vizsgálati eredmények. α_c maximum 0.7 értékkel vehető figyelembe.

α_1 értékére MI15005/2-1989 műszaki irányelv ad értéket: 0.8.

α_2 értékére 0.5 és 0.9 érték között felveendő, az építmény esetleges romlása okozta gazdasági kár mértékének és az életveszély nagyságának figyelembe vételével.

α_3 : ha a terület talajviszonyai jól ismertek, a talajrétegződés egyenletes, bizonytalanságot nem tartalmaz, értéke 1.0, egyéb esetben 0.9.

3 Cölöpteherbírás számítása

3.1 Kiindulási adatok

A ± 0.00 szint a CPT szonda mérési pontjának terepszint magassága +81.13 mBf. A fúrási terepszint magasság ettől eltér. A 3. fejezet magassági értelemben +81.13 mBf-i magasságra hivatkozik.

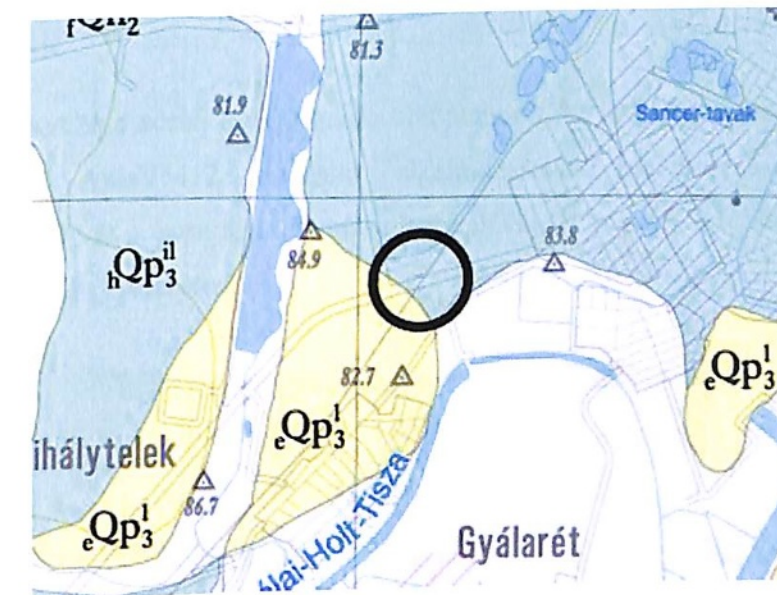
3.1.1 Altalaj tulajdonságok

„Geológiaiilag a tervezett műtárgy a vasúti pályával együtt a „Dél-Tisza völgy” kistáj területén, annak D-i részén található” (K03.2-E-001-32+37-5.sz út- Talajvizsgálati jelentés-2014.10.23)(10.ábra).



10. ábra

„A kistáj 77 és 91 m közötti Balti magasságú, kis relatív reliefű ártéri szintű síkság. A felszíni formák döntő többségükben folyóvízi eredetűek; főként az É-i rész folyómedrekkel, morotvakkal gazdagon behálózott. A kistáj 83 m alatti részei a folyószabályozások előtt általában időszakosan vízzel borítottak voltak. A Tisza gátjain kívüli terület nagy része magas talajvízű, mentesített alacsonyártéri síkság, számos holt medderrel tagolva. Magyarország Fedett Földtani Térképe szerint a vasútvonal környezetében a felszínen pleisztocén korú infúziós lösz (hQ_{p3}^{II}) található.” (K03.2-E-001-32+37-5.sz út- Talajvizsgálati jelentés-2014.10.23) (11.ábra)



11. ábra

A feltárások és kutatások alapján a terület altalaját a Körös-Maros-Tisza öntéstalajai alkotják. Jellemzően folyami iszap, agyag, finomhomokos átmeneti talajok jellemzőek, roszakadási és duzzadási-zsugorodási veszéllyel nem kell számolni. A terepszint alatt ~60 cm humuszos réteg található.

A talajok teherbírás szempontjából nem túl kedvezőek. Alapozási sík 10-12 m alatt javasolt, ahol a szondaellenállások növekedést mutatnak.

A talajvíz a terepszint alatt 2-4 méteren várható. A fúrásban megütött vízszint -6.60m nyugalmi vízszint -4.50m volt. A mértékadó talajvízszint a környező észlelő kutak adatsora alapján +80.50mBf-i szinten lett kijelölve.

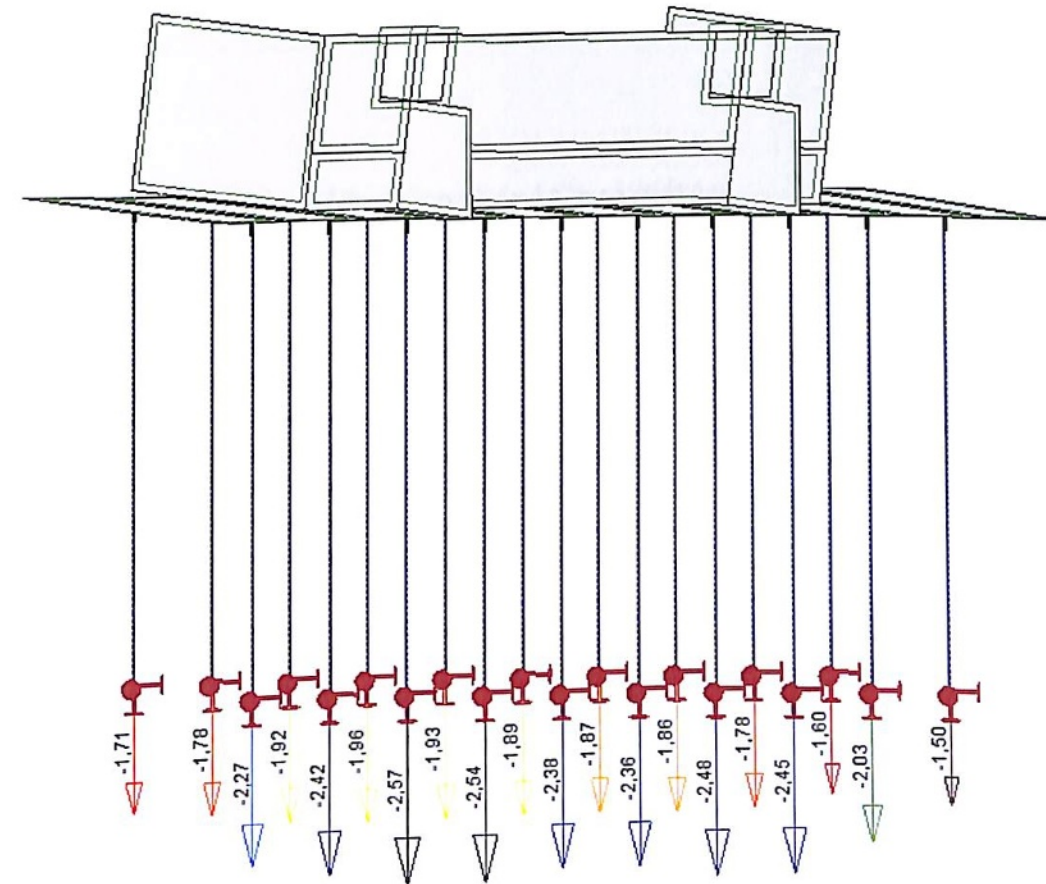
A talajvíz vízkémiai vizsgálata alapján, XA2 kitéti osztályt kell figyelembe venni, a talajvízzel érintkező vasbetonszerkezetek tervezésénél.

3. táblázat

RÉTEG		h	γ	γ.n	φ	c	E.s
		m	kN/m ³	kN/m ³	°	kN/m ²	MN/m ²
töltés maximális magassága		90.50 mBf					
maradó termett talaj szintje		80.76 mBf					
háttöltés	0.1	6,65	19,2	-	34,0	0,0	-
töltés	0.2	3,93	19,2	-	34,0	0,0	-
fúrás (±0.00)		81.36 mBf					
agyagos iszap	1	0,60	17,3	17,3	34,0	13,0	8,70
enyh.agy.fin.hom iszap	2	1,20	20,2	20,5	34,0	13,0	8,70
fin.hom isz. köz. agyag	3	4,00	20,2	20,5	34,0	13,0	8,70
fin.hom isz. köz. agyag	4	1,20	19,1	20,4	5,0	10,0	6,50
fin. hom. kövér agyag	5	3,10	19,1	20,4	5,0	40,0	6,50
fin.hom iszap	6	4,70	19,6	20,0	5,0	40,0	6,50
enyhén fin.hom iszap	7	5,00	19,4	20,4	21,0	105,0	6,70
MTVSZ		80.50 mBf					

3.2 Terhek

A felüljáró tervezése során a mértékadó cölöpteher 2.57 MN. Az egyedi cölöpterhek meghatározása AxisVM12 program alkalmazásával készült, a háttöltés az alépitményönsúly és a saruteher figyelembevételével. A modell felépítését és leírását lásd: [Modellfelvétel](#) fejezetben.



12. ábra

Saruteher: 3720 kN (tervezési érték)

Aktív földnyomás: 113.99 kN/m (a hídfőfal 1/3 részében vett támadásvonallal)
(karakterisztikus érték)

Nyugalmi földnyomás: 112.35 kN/m² (karakterisztikus érték)

Alépitmény önsúly: ~15.10 MN (karakterisztikus érték)

A földnyomási terhek értelmezését lásd [Földnyomások](#) fejezetben.

Az előállt egyedi cölöpterhek az alábbi teherkombinációból adódnak, a karakterisztikus teherértékek parciális tényezővel ($\gamma=1.35$) való szorzás után.

4. táblázat

Egyedi kombinációk teheresetenként

	Név	Típus	saruteher	önsúly (ALL1)	E.a (ALL1)	szigma.z (ALL1)
1	1. Tk	ULS	1,00	1,35	1,35	1,35

3.3 CFA egyedi cölöpteherbírás számítás

3.3.1 Szükséges cölöphossz becslése

Az egyedi cölöpök hosszának becslését Eurocode 7 szerinti képletekkel végeztem.

Mivel maga a számítás csak útmutatás a szükséges alapozási mélység meghatározásához, a számítás menete nem állja meg a helyét a szabványos módszerek körében, csak kiindulási paraméterként szabad figyelembe venni.

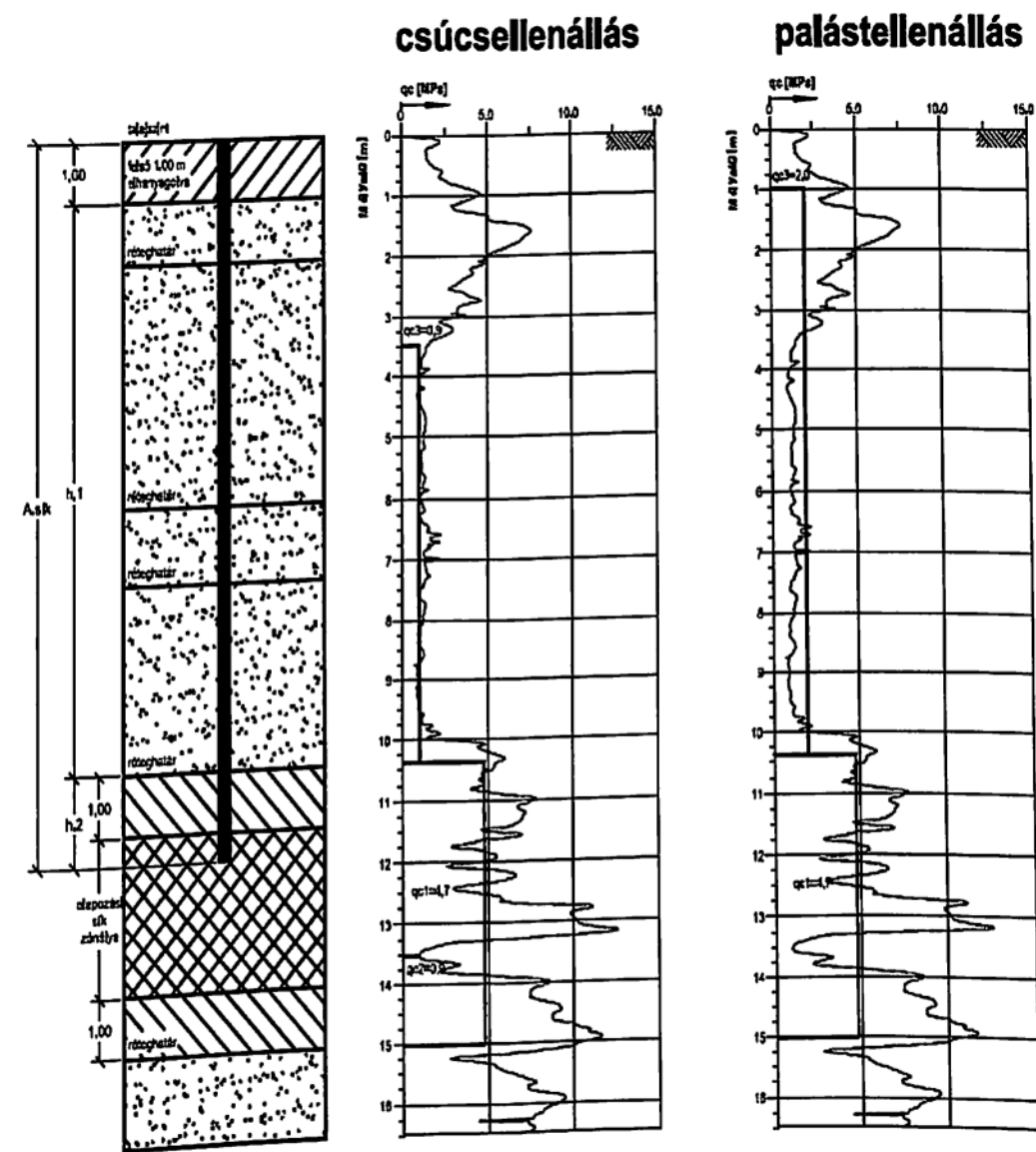
A relatív magasságok megadásánál, a CPT szondázás helyén mért terepszintet veszem referenciaként ($\pm 0.00\text{m}$). Az alapozási sík felvételét a térszíntől mérve ~ 10 méter alatt célszerű felvenni, a szondaeredmények alapján. Alapkövetelményként veszem figyelembe, hogy a réteghatárok- mind alsó, mind felső- az alapozási síktól minimum 1.0 méteres távolságban legyenek.

Csúcsellenállás számításához q.c.2 értékét a legkedvezőtlenebb értékkel veszem fel a biztonság javára. q.c.1 értékét az alapsíknak kijelölt, vélten megfelelő réteg átlagos szondacsúcs ellenállásából származtatom. q.c.3 pedig q.c.2 értékével veszem egyenlőnek.

Mivel a csúcsellenállás értéke a felvett paraméterekkel, a kiválasztott talajzónában mélységtől függetlenül állandó, köszönhetően az átlagértékekkel való számításnak, a cölöp becsült teherbírását a mélység növelésével a palástellenállás befolyásolja.

Palástellenállás számításához két talajzónát tartok célszerűnek elkülöníteni, a jellemző mérési eredmények alapján, és h.1 és h.2 mélységű talajszekció átlagos szondacsúcs-ellenállását veszem figyelembe (13.ábra), jellemzően kötött talaj esetén $\alpha=0.035$ szorzó alkalmazásával.

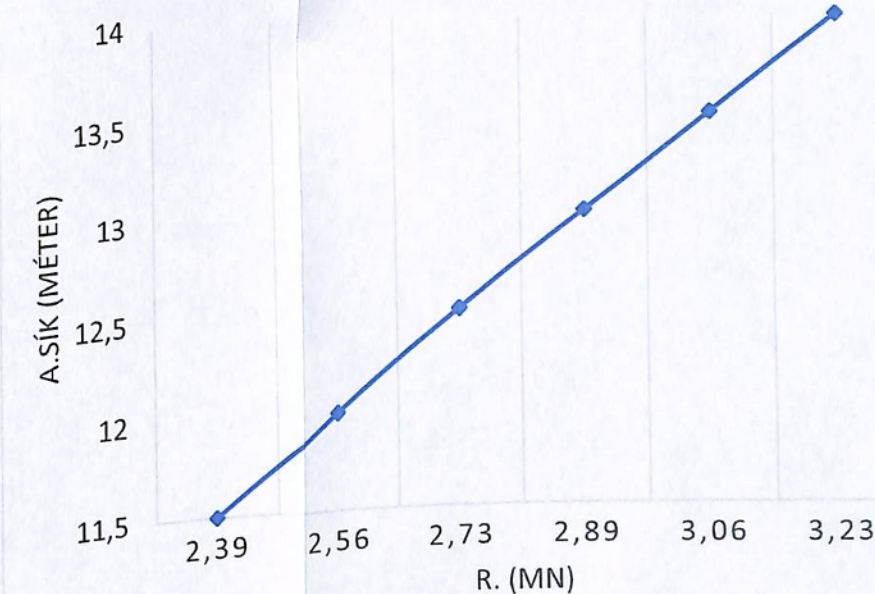
Az cölöppenállás „karakterisztikus” értékét, γ.t globális parciális tényezővel (1.10) és ξ értékével (1.40) módosítom, az igazolandó teherbírás számításához való közelítés érdekében.

13. *ábra*

5. táblázat

Cölöp hosszának becslése										
egyedi cölöpteher (MN)					2,57					
geometriai adatok			alaki tényezők		cölöpgyártási tényező			talajtényező		
D=	100	cm	s=	1	$\alpha.p=$			0,8	$\alpha.s=$	0,035
K=	3,14	m	$\beta=$	0,9						
A.d=	0,79	m ²								
Talpellenállás becslése										
CPT csúcscellenállás átlaga 8D rétegben (cölöpcsúcs felett)			CPT csúcscellenállás átlaga 4D rétegben (cölöpcsúcs alatt)				CPT csúcscellenállás minimuma 4D rétegben (cölöpcsúcs alatt)			
q.c.3	0,9		q.c.1	4,7		q.c.2	0,9			
Fajlagos talpellenállás (q.b.k)(MN/m ²)										
1,33										
Becsült talpellenállás (R.bk) (MN)										
1,05										
Palástellenállás becslése										
q.c.átlag (cölöpcsúcsot tartalmazó réteg felett)								2	Mpa	
q.c.átlag (cölöpcsúcsot tartalmazó rétegben)								4,7	MPa	
felső réteghatár	10,4 m									
mélység(A.s)	h.1 (m)	h.2 (m)	q.bk (Mpa)	q.sk1 (Mpa)	q.sk2 (Mpa)	R.s (MN)	R.b (MN)	$\xi*\gamma.t$	R.c.becs (MN)	
11,5	9,4	1,1	1,33	0,07	0,165	2,64	1,05	1,54	2,39	
12	9,4	1,6				2,89			2,56	
12,5	9,4	2,1				3,15			2,73	
13	9,4	2,6				3,41			2,89	
13,5	9,4	3,1				3,67			3,06	
14	9,4	3,6				3,93			3,23	

CÖLÖPHOSSZ TEHERBÍRÁSÁNAK
VÁLTOZÁSA A HOSSZ FÜGVÉNYÉBEN



1. diagram

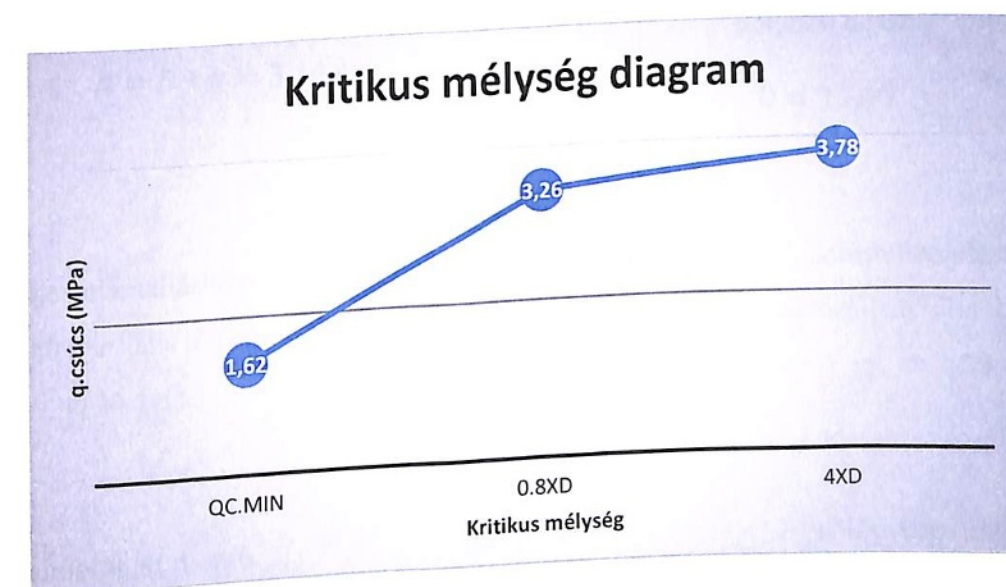
Egyedi cölöpteher ~2,57 MN a cölöp és hídfő önsúlyával. Az **alapozási síkon (-12.0 m)** a becsült teherbírás ~2,56 MN (5.táblázat). További vizsgálatok megkezdéséhez a cölöpcsúcs szintjét, ebben a mélységben javaslom.

3.3.2 Kritikus mélység

Kritikus mélység meghatározása

6. táblázat

	szint	q.c1	q.c2	q.c3	q.c.csúcs
1.eset	qc.min	6,39	0,91	0,86	1,62
2.eset	0.8xD	5,67	5,70	3,36	3,26
3.eset	4xD	6,99	5,72	4,15	3,78



2. diagram

A kritikus mélység meghatározásához 3 eset került vizsgálatra. Kritikus mélységként kell figyelembe venni, azt a 0.8 és 4 D (cölöpátmérő) közé eső szintet, ahol a fajlagos cölöpcsúcs ellenállás minimális. Számítás alapján a kiválasztott alapozási síkhoz tartozó d.crit érték, a rétegben mért legkisebb q.c értéknél adódik (6.táblázat, 2.diagram)

Kritikus mélység

$$d_{crit} = 13.54 \text{ m}$$

3.3.3 Eurocode7 CPT adatszolgáltatás alapján (7.8 képlet alapján)

Alapozási sík

$$A_{sik} = 12.00 \text{ m}$$

Egyedi cölöpteher tervezési értéke

$$E_d = 2.57 \text{ MN}$$

Cölöp geometriai adatai

átmérő	cölöpcsúcs területe
$D = 100 \text{ cm}$	$A_b = D^2 * \frac{\pi}{4} = 0.785 \text{ m}^2$
cölöptörzs kerülete	dolgozó hossz
$k = D * \pi = 3.14 \text{ m}$	$H = 11.00$

Parciális tényezők

teljes ellenálláshoz tartozó parciális tényező	talpellenálláshoz tartozó parciális tényező	palástellenálláshoz tartozó parciális tényező
$\gamma_t = 1.15$	$\gamma_b = 1.20$	$\gamma_s = 1.10$

Álladó jellegű értékek

technológiai szorzó (CFA)	cölöpcsúcs alakítványozója	cölöpcsúcs alakját figyelembe vevő tényező
$\alpha_p = 0.8$	$\beta = 0.9$	$s = 1.0$

Korrelációs tényezők

átlagértékhez tartozó korrelációs szorzó	minimumértékhez tartozó korrelációs szorzó
$\xi_3 = 1.40$	$\xi_4 = 1.40$

Megjegyzés: A teherbírásban figyelembe vett talajrétegek száma öt. Talajrétegtől függő korrelációs tényezők az msz-env-1997-1-2000 103. oldala alapján.

Talpellenállás meghatározásához tartozó fajlagos szondacsúcs ellenállások

$$q_{cl} = 6.39 \frac{MN}{m^2} \quad q_{cII} = 0.91 \frac{MN}{m^2} \quad q_{cIII} = 0.86 \frac{MN}{m^2}$$

Palástellenálláshoz tartozó talajtényező

$$\alpha_s = 0.035$$

Megjegyzés: Az altalaj jellemzően átmeneti talajokból áll, talajtényező szempontjából egy rétegnek tekinthető, msz-env-1997-3-2000 B4 melléklet B.3 táblázatból, relatív mélység korlátozás nélküli, $q_c > 1 MN/m^2$ esete.

Palástellenállás számításához tartozó fajlagos csúcsellenállás átlagértéke

$$q_{c.z.a} = 2.67 \frac{MN}{m^2}$$

Fajlagos csúcsellenállás

$$q_{bk} = \min \left[15.0 * \frac{MN}{m^2}, \beta * a_p * s * 0.5 * \left(q_{cIII} + \frac{q_{cII} + q_{cI}}{2} \right) \right] = 1.62 \frac{MN}{m^2}$$

Fajlagos palástellenállás

$$q_{sk} = \alpha_s * q_{c.z.a} = 0.093 \frac{MN}{m^2}$$

Palástellenállás számított értéke

$$R_{s.cal} = k * (H * q_{sk}) = 3.23 MN$$

Palástellenállás karakterisztikus érték

$$R_{s.k} = \frac{R_{s.cal}}{\xi_3} = 2.31 MN$$

Talpellenállás számított értéke

$$R_{b.cal} = A_b * q_{bk} = 1.28 MN$$

Talpellenállás karakterisztikus értéke

$$R_{b.k} = \frac{R_{b.cal}}{\xi_4} = 0.91 MN$$

Egyedi cölöpteherbírás számított értéke

$$R_{c,cal} = R_{b,cal} * R_{b,cal} = 4.50 \text{ MN}$$

Megjegyzés: $R_{c,cal,mean}$ (átlagérték) és $R_{c,cal,min}$ (minimumérték) jelen esetben azonos $R_{c,cal}$ értékével. (A vizsgálat egy cölöpre terjed ki egy adatsor felhasználásával.)

Egyedi cölöpteherbírás karakterisztikus értéke

$$R_{c,k} = \min\left(\frac{R_{c,cal,mean}}{\xi_3}, \frac{R_{c,cal,min}}{\xi_4}\right) = 3.22 \text{ MN}$$

Egyedi cölöpteherbírás tervezési értéke

$$R_{c,d.7.8} = \min\left(\frac{R_{c,k}}{\gamma_t}, \frac{R_{s,k}}{\gamma_s} + \frac{R_{b,k}}{\gamma_b}\right) = 2.80 \text{ MN}$$

Kihasználtság

$$\eta = \frac{E_d}{R_{c,d.7.8}} = 91.9 \%$$

3.3.4 Eurocode7 CPT adatszolgáltatás alapján (7.9.képlet alapján)

Alapozási sík

$$A_{sík} = 12.00 \text{ m}$$

Egyedi cölöpteher tervezési értéke

$$E_d = 2.57 \text{ MN}$$

Cölöp geometriai adatai

átmérő	cölöpcsúcs területe
$D = 100 \text{ cm}$	$A_b = D^2 * \frac{\pi}{4} = 0.785 \text{ m}^2$
cölöptörzs kerülete	dolgozó hossz
$k = D * \pi = 3.14 \text{ m}$	$H = 11.00 \text{ m}$

Parciális tényezők

teljes ellenálláshoz
tartozó parciális tényező
 $\gamma_t = 1.15$

talpellenálláshoz tartozó
parciális tényező
 $\gamma_b = 1.20$

Modelltényező
 $\gamma_{Rd} = 1.10$

palástellenálláshoz
tartozó parciális tényező
 $\gamma_s = 1.10$

Álladó jellegű értékek

technológiai szorzó
(CFA)
 $\alpha_p = 0.8$

cölöpcsúcs
alaktényezője
 $\beta = 0.9$

cölöpcsúcs alakját
figyelembe vevő
tényező
 $s = 1.0$

Talpellenállás meghatározásához tartozó fajlagos szondacsúcs ellenállások

$$q_{cl} = 6.39 \frac{MN}{m^2} \quad q_{cII} = 0.91 \frac{MN}{m^2} \quad q_{cIII} = 0.86 \frac{MN}{m^2}$$

Palástellenálláshoz tartozó talajtényező

$$\alpha_s = 0.035$$

Megjegyzés: Az altalaj jellemzően átmeneti talajokból áll, talajtényező szempontjából egy rétegnek tekinthető, msz-env-1997-3-2000 B4 melléklet B.3 táblázatból, relatív mélység korlátozás nélküli, $q_c > 1 MN/m^2$ esete.

Palástellenállás számításához tartozó fajlagos csúcsellenállás átlagértéke

$$q_{c.z.a} = 2.67 \frac{MN}{m^2}$$

Fajlagos csúcsellenállás

$$q_{bk} = \min \left[15.0 * \frac{MN}{m^2}, \beta * \alpha_p * s * 0.5 * \left(q_{cIII} + \frac{q_{cII} + q_{cI}}{2} \right) \right] = 1.62 \frac{MN}{m^2}$$

Fajlagos palástellenállás

$$q_{sk} = \alpha_s * q_{c.z.a} = 0.093 \frac{MN}{m^2}$$

Palástellenállás karakterisztikus értéke

$$R_{s,k} = k * (H * q_{sk}) = 3.23 \text{ MN}$$

Talpellenállás karakterisztikus értéke

$$R_{b,k} = A_b * q_{bk} = 1.28 \text{ MN}$$

Teherbírás karakterisztikus értéke

$$R_{c,k} = R_{b,k} + R_{s,k} = 4.50 \text{ MN}$$

Teherbírás tervezési értéke

$$R_{c,d.7.9} = \frac{R_{b,k}}{\gamma_b * \gamma_{Rd}} + \frac{R_{s,k}}{\gamma_b * \gamma_{Rd}} = 3.68 \text{ MN}$$

Kihasználtság

$$\eta = \frac{E_d}{R_{c,d.7.9}} = 69.9 \%$$

3.3.5 Szepesházi Róbert ajánlása CPT adatszolgáltatás alapján

Alapozási sík

$$A_{sík} = 12.00 \text{ m}$$

Egyedi cölöpteher tervezési értéke

$$E_d = 2.57 \text{ MN}$$

Cölöp geometriai adatai

átmérő
 $D = 100 \text{ cm}$

cölöpcsúcs területe
 $A_b = D^2 * \frac{\pi}{4} = 0.785 \text{ m}^2$

cölöptörzs kerülete
 $k = D * \pi = 3.14 \text{ m}$

dolgozó hossz

$$H = 11.00 \text{ m}$$

teljes ellenálláshoz tartozó parciális tényező $\gamma_t = 1.15$	<u>Parciális tényezők</u> talpellenálláshoz tartozó parciális tényező $\gamma_b = 1.20$	palástellenálláshoz tartozó parciális tényező $\gamma_s = 1.10$
technológiai szorzó (CFA-talpellenállás) $\mu_b = 0.9$	<u>Állandó jellegű értékek</u> technológiai szorzó (CFA-palástellenállás) $\mu_s = 1.0$	talajkötöttségi tényező (kötött talajok) $N_k = 14$
teherbírási tényező $N_c = 9$	dimenziótlanjó szorzó $c_1 = 1.00 \frac{MN}{m^2}$	palástsúrlódási képlet konstans értéke $q_{s0} = 0.15 \frac{MN}{m^2}$
drénezetlen nyírósilárdság maximuma $c_{u,max} = 0.5 \frac{MN}{m^2}$	<u>Maximum értékek</u> fajlagos talpellenállás maximuma $q_{s,max} = 0.08 \frac{MN}{m^2}$	fajlagos palástellenállás maximuma $q_{b,max} = 2.50 \frac{MN}{m^2}$

Megjegyzés: a határértékek túlléphetők, az értékeket igazoló kísérleti adatok birtokában.

**A cölöpcsúcs teherbírásában figyelembe vett réteg megszűrt szondacsúcs-
ellenállása**

$$q_c = 6.18 \frac{MN}{m^2}$$

Drénezetlen nyírósilárdság a talpellenállásban figyelembe vett zónában

$$c_u = \frac{q_c}{N_k} = 0.44 \frac{MN}{m^2}$$

Fajlagos csúcsellenállás

$$q_b = \min(q_{b,max}, \mu_b * N_c * c_u) = 2.50 \frac{MN}{m^2}$$

A palástellenállás értékénél figyelembe vett rétegek megszűrt szondacsúcs-

ellenállása (átlag)

$$q_{c, \text{átlag}} = 2.59 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2}$$

Drénezetlen nyírószilárdság a palástellenállásban figyelembe vett zónák átlaga

$$c_{u, \text{átlag}} = \frac{q_{c, \text{átlag}}}{N_k} = 0.19 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2}$$

Fajlagos palástellenállás

$$q_{s, \text{átlag}} = \mu_s * q_{s,0} \sqrt{\frac{c_{u, \text{átlag}}}{c_1}} = 0.065 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2}$$

Palástellenállás számított értéke

$$R_{s, \text{cal}} = k * (H * q_{s, \text{átlag}}) = 2.23 \text{ MN}$$

Csúcsellenállás számított értéke

$$R_{b, \text{cal}} = A_b * q_b = 1.96 \text{ MN}$$

Teherbírási számított értéke

$$R_{c, \text{cal}} = R_{s, \text{cal}} + R_{b, \text{cal}} = 4.19 \text{ MN}$$

Palástellenállás karakterisztikus értéke

$$R_{s, k} = \frac{R_{s, \text{cal}}}{\xi_3} = 1.59 \text{ MN}$$

Csúcsellenállás karakterisztikus értéke

$$R_{b, k} = \frac{R_{b, \text{cal}}}{\xi_3} = 1.40 \text{ MN}$$

Teherbírási karakterisztikus értéke

$$R_{c, k} = \min \left(\frac{R_{c, \text{cal}, \text{mean}}}{\xi_3}, \frac{R_{c, \text{cal}, \text{min}}}{\xi_4} \right) = 3.00 \text{ MN}$$

R_{c, cal, mean} és R_{c, cal, min} jelen esetben azonos R_{c, k} értékével

Teherbírási tervezési értéke

$$R_{c,d} = \min \left(\frac{R_{c,k}}{\gamma_t}, \frac{R_{s,k}}{\gamma_s} + \frac{R_{b,k}}{\gamma_b} \right) = 2.60 \text{ MN}$$

Kihasználtság

$$\eta = \frac{E_d}{R_{c,d}} = 98.7 \%$$

3.3.6 Régi magyar szabvány szerint

Alapozási sík

$$A_{sík} = 12.00 \text{ m}$$

Mértékadó cölöpteher értéke

$$F_M = 2.57 \text{ MN}$$

Cölöp geometriai adatai

cölöpátmérő

$$D = 100 \text{ cm}$$

cölöptest kerülete

$$K = D * \pi = 3.14 \text{ m}$$

cölöptalp felület

$$A_b = D^2 * \frac{\pi}{4} = 0.785 \text{ m}^2$$

Álladó jellegű értékek

létesítmény gazdasági fontosságától, az

talajvizsgálati módtól függő tényező

életveszély nagyságától függő tényező

$$\alpha_2 = 0.8$$

$$\alpha_1 = 0.8$$

a terület ismertségétől függő tényező

$$\alpha_3 = 1.0$$

cölöpszám és cölöprács kialakításától függő tényező

$$m = 1.0$$

talajtípustól függő paraméter

$$\bar{\sigma} = 0.5$$

rozkodási paraméterek (nem rozkodó talaj)

$$l = 2.5$$

$$r = 3.5$$

Kónuszos cölöpcsúcs okozta többletterherbírási

$$Q = 0.0 \text{ MN}$$

Fajlagos csúcsellenállás táblázatos ajánlott értéke 12m mélységhez a talaj konzisztencia idexe I.c=0.71 érték figyelembevételével kétszeresen interpolálva

$$\sigma_{10} = \frac{0.9 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2} - 0.75 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2}}{0.8 - 0.6} * (0.71 - 0.6) + 0.75 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2} = 0.832 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma_{20} = \frac{1.6 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2} - 1.35 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2}}{0.8 - 0.6} * (0.71 - 0.6) + 1.35 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2} = 1.488 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma_{12} = \frac{\sigma_{20} - \sigma_{10}}{10\text{m}} * (2\text{m}) + \sigma_{10} = 0.963 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2}$$

Figyelembe vett talajréteg vastagságok a palástellenállásoknál

$$H_1 = 1.00 \text{ m}$$

$$H_2 = 4.00 \text{ m}$$

$$H_3 = 1.20 \text{ m}$$

$$H_5 = 1.70 \text{ m}$$

$$H_4 = 3.10 \text{ m}$$

Fajlagos palástsúrlódás-maximumok figyelembevételének feltétele

$$H_{\text{alsó}} = \frac{D}{3} = 0.33 \text{ m}$$

Megjegyzés: A rétegvastagság minden esetben nagyobb, mint 33 cm, a fajlagos palástsúrlódás értékek csökkentés nélkül figyelembe vehetők.

Fajlagos palástsúrlódási értékek talajrétegenként, a konzisztencia index függvényében

7. táblázat

talajréteg közepe a térköz alatt(m)	τ_i (kN/m ²)					
	I.c					
	0,8	<u>0,74</u>	<u>0,71</u>	0,7	<u>0,62</u>	0,6
1,0	35,0	<u>28,5</u>	<u>24,2</u>	23,0	<u>16,6</u>	15
<u>1,3</u>	37	<u>29,9</u>	<u>26,3</u>	25,1	<u>18,5</u>	16,8
2,0	42,0	<u>35,5</u>	<u>31,2</u>	30,0	<u>22,8</u>	21
3,0	48,0	<u>41,0</u>	<u>36,3</u>	35,0	<u>27,0</u>	25
<u>4,0</u>	53,0	<u>44,0</u>	<u>39,5</u>	38,0	<u>29,2</u>	27
5,0	56,0	<u>47,4</u>	<u>41,6</u>	40,0	<u>31,2</u>	29
6,0	58,0	<u>47,8</u>	<u>43,6</u>	42,0	<u>33,2</u>	31
<u>6,6</u>	60,4	<u>50,1</u>	<u>44,9</u>	43,2	<u>34,4</u>	32,2
7,0	62,0	<u>52,3</u>	<u>45,8</u>	44,0	<u>35,2</u>	33
<u>8,8</u>	64	<u>52,6</u>	<u>47,0</u>	45,2	<u>35,9</u>	33,6
10,0	65,0	<u>54,7</u>	<u>47,9</u>	46,0	<u>36,4</u>	34
<u>11,2</u>	67	<u>54,9</u>	<u>49,1</u>	47,2	<u>37,4</u>	34,9
15,0	72,0	<u>60,7</u>	<u>53,1</u>	51,0	<u>40,6</u>	38
20,0	79,0	<u>66,6</u>	<u>58,3</u>	56,0	<u>44,0</u>	41

$$\tau_1 = 18.5 \frac{kN}{m^2}$$

$$\tau_2 = 29.2 \frac{kN}{m^2}$$

$$\tau_3 = 50.1 \frac{kN}{m^2}$$

$$\tau_4 = 47.0 \frac{kN}{m^2}$$

$$\tau_5 = 49.1 \frac{kN}{m^2}$$

Palástsúrlódás talajrétegenként

$$H_1 * \tau_1 = 18.50 \frac{kN}{m}$$

$$H_2 * \tau_2 = 116.80 \frac{kN}{m}$$

$$H_3 * \tau_3 = 60.12 \frac{kN}{m}$$

$$H_4 * \tau_4 = 147.70 \frac{kN}{m}$$

$$H_5 * \tau_5 = 83.47 \frac{kN}{m}$$

α_c csökkentő tényező

$$\alpha_c = \min(0.7, \alpha_1 * \alpha_2 * \alpha_3) = 0.64$$

Köpeny ellenállása

$$F_{köpeny} = K * r * \ddot{o} * (H_1 * \tau_1 + H_2 * \tau_2 + H_3 * \tau_3 + H_4 * \tau_4 + H_5 * \tau_5) = 2.33 \text{ MN}$$

Cölöpcsúcs ellenállása

$$F_{csúcs} = A * \sigma * l = 1.89 \text{ MN}$$

Törőteherbírás

$$F_{törő} = F_{csúcs} + F_{köpeny} = 4.23 \text{ MN}$$

Határteherbírás

$$F_H = \alpha_c * m * (F_{törő} + Q) = 2.70 \text{ MN}$$

Kihasználtság

$$\lambda = \frac{F_M}{F_H} = 95.0 \%$$

3.3.7 Konklúzió

A számítások végeredményben közel azonos eredményekre vezettek. Bár az egy talajkörnyezetben való vizsgálat, csak egy hosszabb adatsornak egy pontját adhatja, néhány általános érvényű megállapítást így is tehetünk, mert az Eurocode számított teherbírásértékei a magyar szabványban karakterisztikus, illetve a komponensek összegzése után törőteherbírásaként jelennek meg.

Kiugró értéket az Eurocode 7 7.9-es képletével való számítás ad. A hazai gyakorlatban alkalmazása nem terjedt el, hiszen még a szabvány sem fogalmazza meg megfelelően a használatának feltételeit, tekintve, hogy a másik számítási módhoz rendelt korrelációs tényező jelentősen nagyobb, mint a 7.9-es képlet alkalmazhatóságának feltétele, a modelltényező, mely egy viszonylag kis, egynél alig nagyobb szám.

Az adatokból megfigyelhető, hogy a régi magyar szabvány és Szepesházi Róbert számítása között, főként a kezdeti komponensek, szorosan együtt mozognak. A határteherbírás jelen esetben ugyancsak közel áll egymáshoz, de az MSZ alkalmazásában

szereplő biztonsági tényezők tág határok között mozoghatnak, a befolyásoló paraméterek figyelembevétele mellett, míg Szepesházi Róbert számításában alkalmazott parciális tényezők értéke állandó, és a korrelációs tényező, pedig csak a feltárások számától függ, mely egyéb esetekben a végértékeket egymástól távolabb tolhatják.

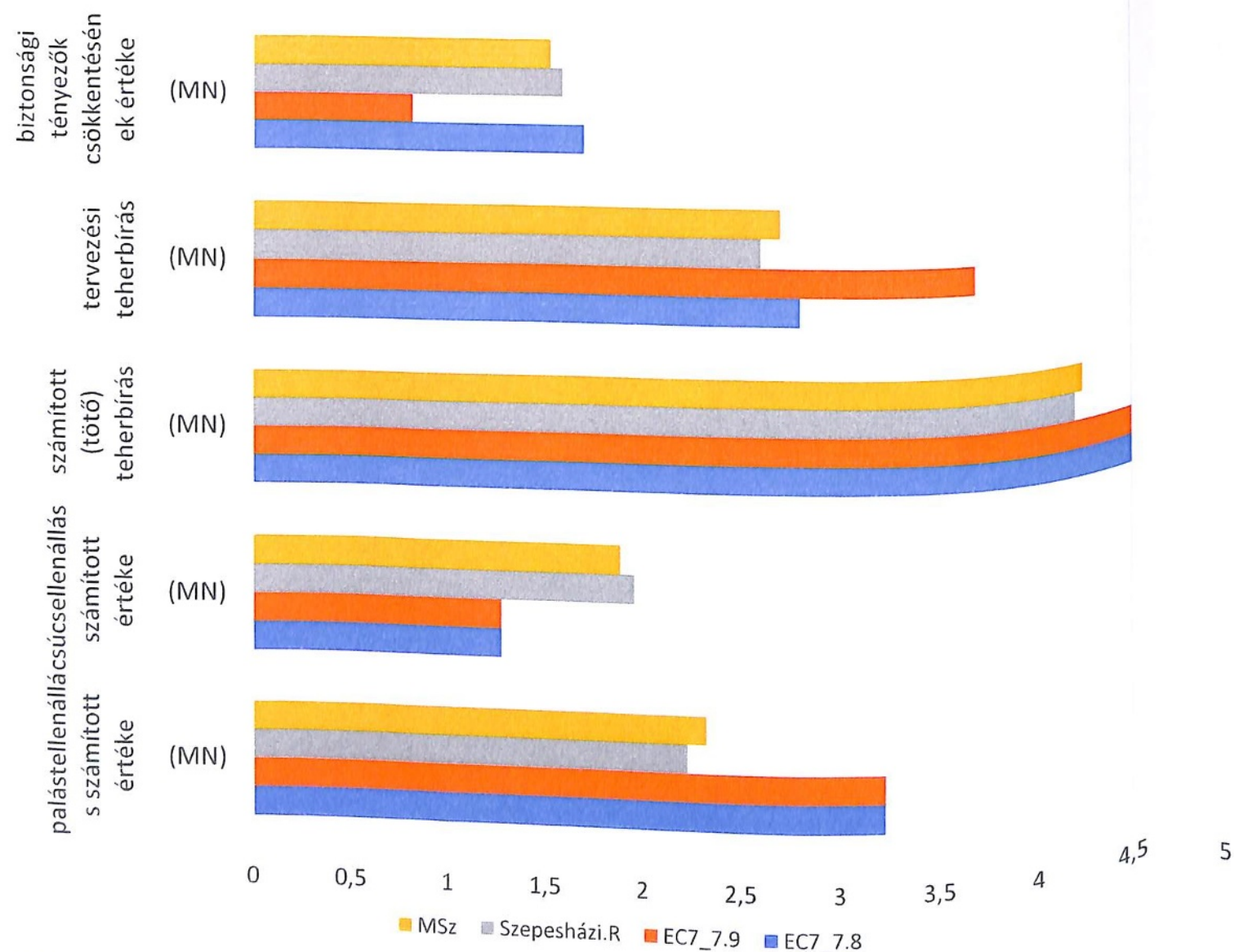
Az Eurocode és Szepesházi Róbert ajánlása között, a kezdeti komponensek jelentősen más értéket mutatnak. Ez főként annak a következménye, hogy a két módszer a kötött talajokra különböző számítást használ. Feltételezhető, hogy a „szepesházi módszer” magyar talajkörülmények között közelebb áll a valósághoz, mint az Eurocode általános módszere.

Végeredményben a kihasználtság értékek közötti különbség (az EC7/7.8 képlet kivételével) elenyészőnek mondható, annak ellenére, hogy a három módszer más eljárást és elméleti háttérrel használ.

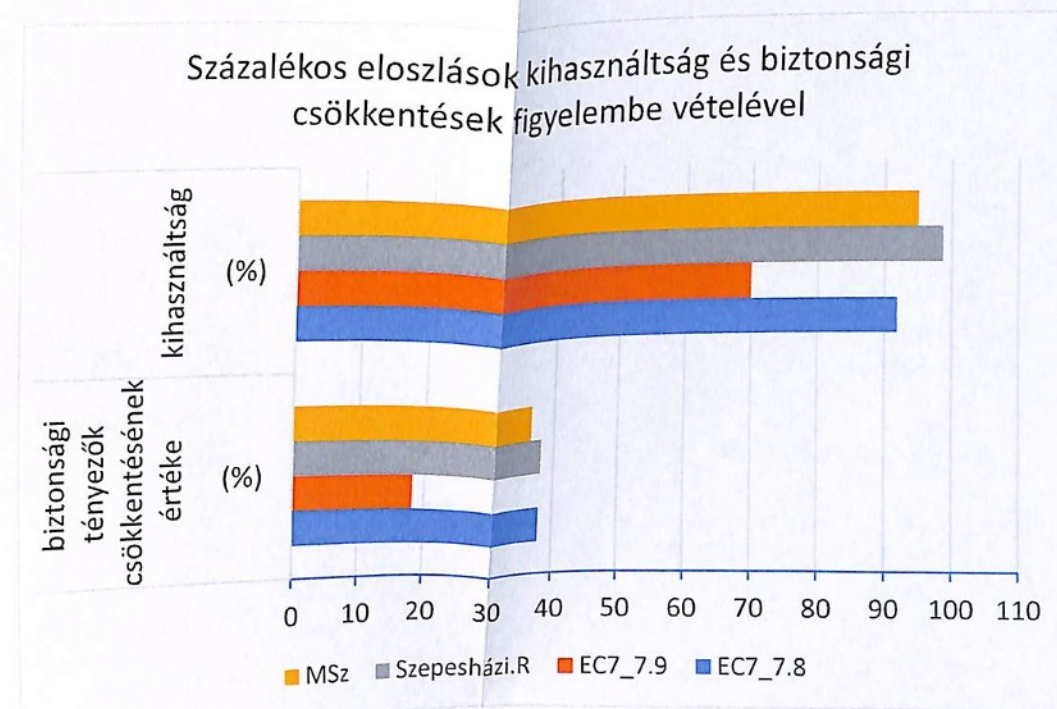
8. táblázat

	palástellenállás számított értéke	csúcsellenállás számított értéke	számított (tötő) teherbírás	tervezési teherbírás	biztonsági tényezők csökkentésének értéke		kihasználtság
	(MN)	(MN)	(MN)	(MN)	(MN)	(%)	(%)
EC7_7.8	3,23	1,28	4,50	2,80	1,70	37,8	91,9
EC7_7.9	3,23	1,28	4,50	3,68	0,82	18,2	69,9
Szepesházi.R	2,23	1,96	4,19	2,60	1,59	37,9	98,7
MSz	2,33	1,89	4,23	2,70	1,53	36,2	95,0

Szabványok szerinti teherbírások és részteherbírások összehasonlítása



4. diagram



3. diagram

4 Hídfő alapozásának erőtani tervezése Eurocode alapján

4.1 Kiindulási adatok

4.1.1 Alkalmazott szabványok, irodalmak

Szabványok: Eurocode 0 - Tartószerkezetek tervezésének alapjai

- MSZ EN-1990

Eurocode 1 - Terhek és hatások

- MSZ EN-1991-1- Általános hatások. Sűrűség önsúly és az épületek hasznos terhei

Eurocode 2: Betonszerkezetek tervezése

- MSZ EN-1992-1 – Általános és az épületekre vonatkozó szabályok
- MSZ EN-1992-2 – Betonhidak. Tervezési és szerkesztési szabályok

Eurocode 7: Geotechnikai tervezés

- MSZ EN-1997-1 – Általános szabályok
- MSZ EN-1997-2 – Geotechnikai vizsgálatok
- MSZ EN-1997-3 – Tervezés terepi vizsgálatok alapján

4.1.2 Alkalmazott programok

- AxisVM12
- MS Office 2013

4.1.3 Anyagminőségek

- Betonminőség:

Szerelőbeton: C20/25-16-XD2-F2

Hídfő: C30/37-24-XD2-F3

Cölöp: C30/37-24-XA2-F4

B500B

- Betonacél:

M1 típusú földműtöltés (kavicsos homok)

- Töltés:

Kavicsos homok háttöltés

- Háttöltés:

4.1.4 Talajtulajdonságok

9. táblázat

RÉTEG	h m	γ kN/m ³	γ_n kN/m ³	φ °	c kN/m ²	E _s MN/m ²
töltés maximális magassága						
maradó termett talaj szintje						
hättöltés	0.1	6,65	19,2	-	34,0	0,0
töltés	0.2	3,93	19,2	-	34,0	0,0
fúrás (±0.00)						
agyagos iszap	1	0,60	17,3	17,3	34,0	13,0
enyh.agy.fin.hom iszap	2	1,20	20,2	20,5	34,0	13,0
fin.hom isz. köz. agyag	3	4,00	20,2	20,5	34,0	13,0
fin.hom isz. köz. agyag	4	1,20	19,1	20,4	5,0	10,0
fin. hom. kövér agyag	5	3,10	19,1	20,4	5,0	40,0
fin.hom iszap	6	4,70	19,6	20,0	5,0	40,0
enyhén fin.hom iszap	7	5,00	19,4	20,4	21,0	105,0
MTVSZ						

Megjegyzés: Az agyagos iszap talajréteget feltöltés helyettesíti.

4.1.5 Geometriai adatok

- Relatív magassági nullpont: +81.36 mBf (A 4. felezet magassági értelemben +81.36 mBf magasságra hivatkozik)
- Alépitmények támasz tengelytávolsága: 55.43 m
- Híd szabad nyílása: 47.93m
- Híd tengelyferdesége: 40.6°
- Alapozási sík: A_{sík} = -11.77 m (±61.36 mBf)
- Hídfoitalp alsó szintje: +83.93 mBf
- Cölöp átmérője: D = 100cm
- Cölöpök száma: n_r = 20
- Cölöpök teljes hossza: h = 14.80 m
- Cölöpök tengelytávolsága hosszirányban: y = 2.50 m
- Cölöpök tengelytávolsága keresztirányban: x = 3.55 m
- Cölöpcsoport hossza a külső cölöpök külső síkjában: L = 23.50 m
- Cölöpcsoport szélessége a külső cölöpök külső síkjában: B = 4.55 m
- Cölöpösszefogó lemez hossza: L_{lemez} = 26.05 m
- Cölöpösszefogó lemez szélessége: B_{lemez} = 5.85 m

- Cölöpösszefogó lemez átlagos vastagsága: $M = 1.25 \text{ m}$
- Hídsaru külpontossága keresztirányban a cölöpcsoport súlyvonalától mérve:
 $e_i = 125 \text{ cm}$
- Saruk közötti távolság: 10.77 m
- Hídőfal vastagsága: 60 cm
- Hídőfal magassága: $h_{\text{fal}} = 5.35 \text{ m}$
- Hídőfal hossza: $L_{\text{fal}} = 16.77 \text{ m}$
- Szárnyfal vastagsága: 40 cm
- Szárnyfal hossza: 8.00 m
- Szárnyfal magassága: 5.35 m
- Dolgozó cölöphossz: $H = 11.00 \text{ m}$
- Az egyedi cölöp és a cölöpcsoport süllyedésének számításánál figyelembe vett
összenyomódó talajréteg vastagsága: $z = 2 * D = 200 \text{ cm}$
- Eredő erőből származó külpontosság a cölöpök súlypontjától mérve (lásd: Eredő
erő középpontjának meghatározása)
 - $e_x \cong 20 \text{ cm}$ ($\frac{e_x}{B} = 4.4\%$)
 - $e_y \cong 37 \text{ cm}$ ($\frac{e_y}{L} = 1.6\%$)
- A cölöpcsoport hatékony szélessége: $B' = (B - 2 * e_x) = 4.15 \text{ m}$
- A cölöpcsoport hatékony hossza: $L' = (L - 2 * e_y) = 22.76 \text{ m}$
- A cölöpcsoport hatékony csökkentett területe: $A' = L' * B' = 94.45 \text{ m}^2$
- A cölöpcsoport hatékony szélessége a cölöpcsoport ellenőrzésénél az alapozási
síkon: $B'' = B' + 2 * H * \tan(\frac{\sigma}{4}) = 6.47 \text{ m}$
- A cölöpcsoport hatékony szélessége a cölöpcsoport ellenőrzésénél az alapozási
síkon: $L'' = L' + 2 * H * \tan(\frac{\sigma}{4}) = 24.42 \text{ m}$
 - talaj és a cölöpök közötti súrlódási szög: $\sigma = 20^\circ$
- A cölöpcsoport hatékony alapterülete a cölöpcsoport ellenőrzésénél az alapozási
síkon: $A'' = L'' * B'' = 158 \text{ m}^2$
- Egyenértékű cölöpátmérő cölöpcsoport vizsgálatához:
 $D_{eq} = 1.13 * a * \sqrt{\frac{b}{a}} = 10.98 \text{ m}$ („a” azonos B' és „b” azonos L')
- Egyenértékű cölöp felülete: $A_{b,eq} = D_{eq}^2 * \frac{\pi}{4} = 94.70 \text{ m}^2$

4.1.6 Modellfelvétel

4.1.6.1 Modell felépítése

A statikai modell AxisVM12 véges elemes program segítségével készült. A mértékadó terhelések vizsgálatához héj-rúdmodell alkalmazásával.

A méretek az általános terv alapján lettek felvéve. A program tengelyben vett méretekkel dolgozik, ehhez mérten változnak helyenként a beviteli adatok. A cölöpök merev testtel lettek kinyújtva a lemezből, a lemezvastagság felével.

Vasbetonszerkezetek önsúlyterhe $\gamma = 25 \frac{kN}{m^3}$ értékkel van figyelembe véve, program által így számításra kerül az önsúlyteher.

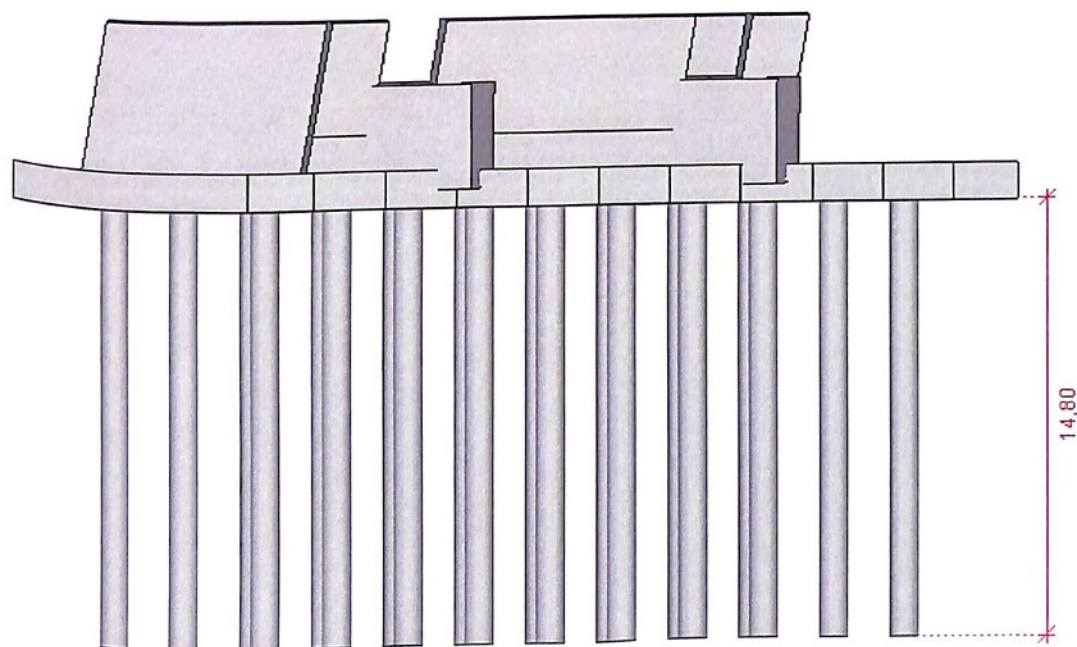
A cölöpösszefogó lemez vastagsága 1.25 m.

A hídfőfal magassága 5.76 m (lemez középsíkjától)

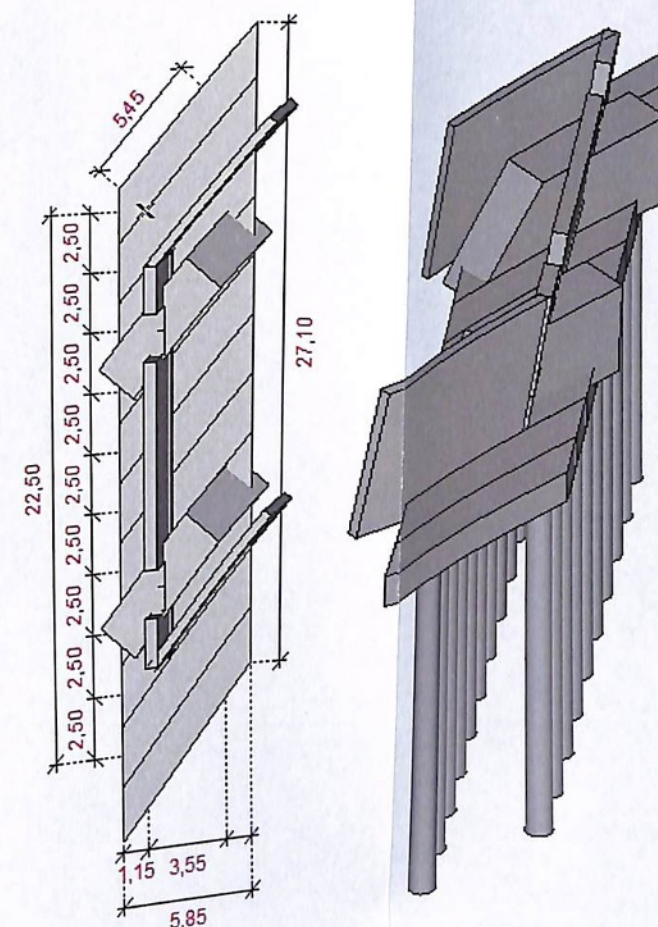
A saru magassága 3.60 m (lemez középsíkjától)

Cölöpök tengelytávolsága: $x = 3.55$ m

$y = 2.50$ m

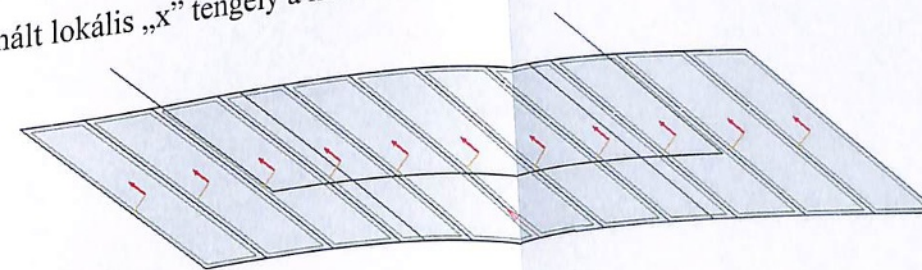


14. ábra



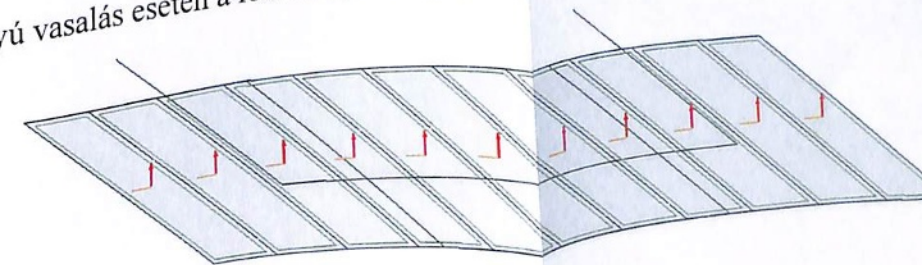
15. ábra

Cölöpösszefogó lemez vasalásának meghatározásához használt modell:
Transzformált lokális „x” tengely a keresztirányú vasmennyiség számításához (16. ábra).



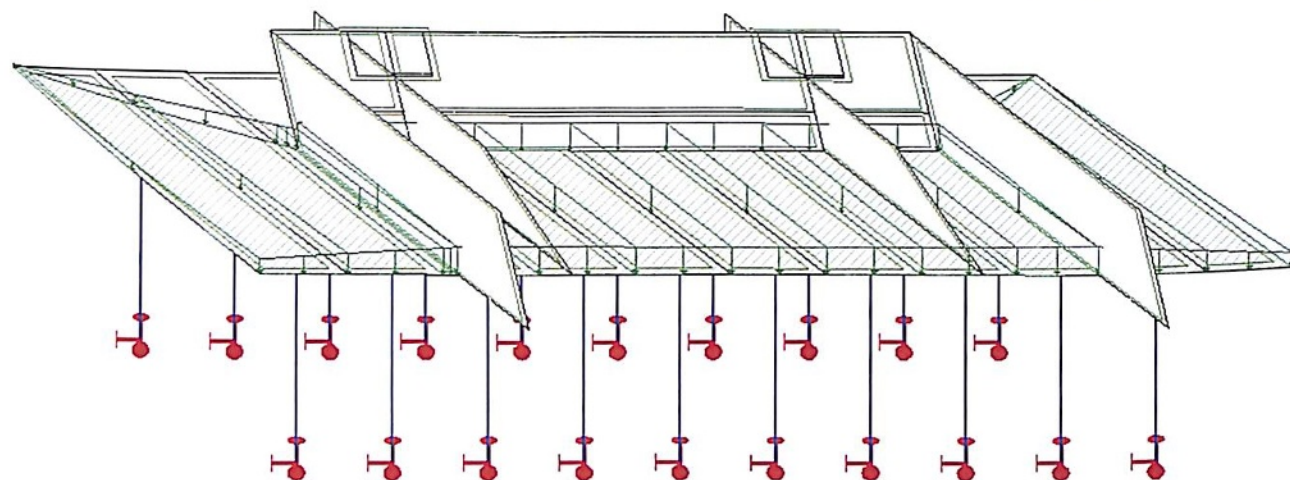
16. ábra

Hosszirányú vasalás esetén a lokális „y” tengely változtatására nincs szükség (17. ábra).

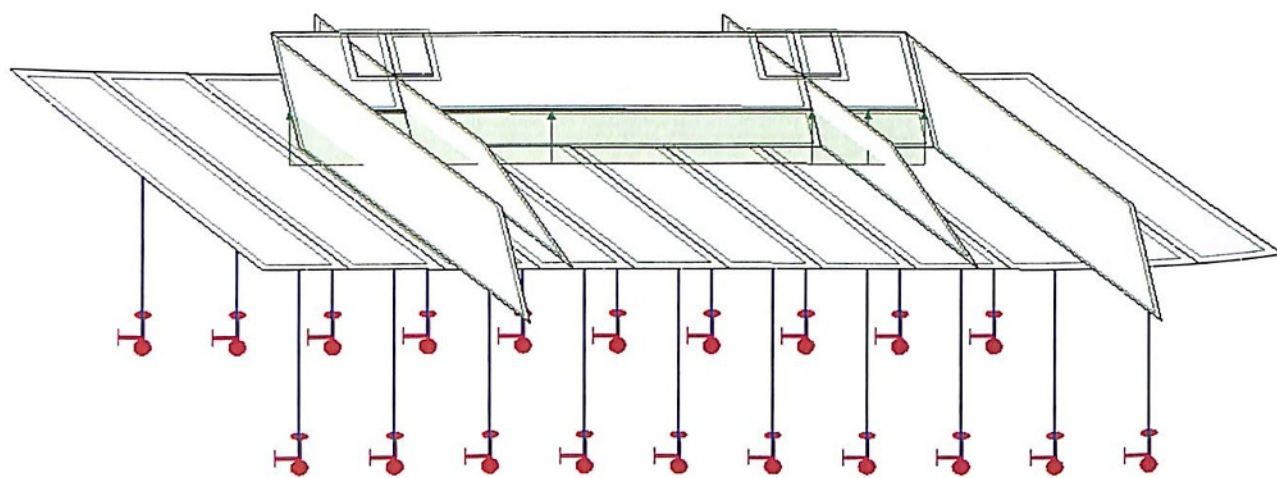


17. ábra

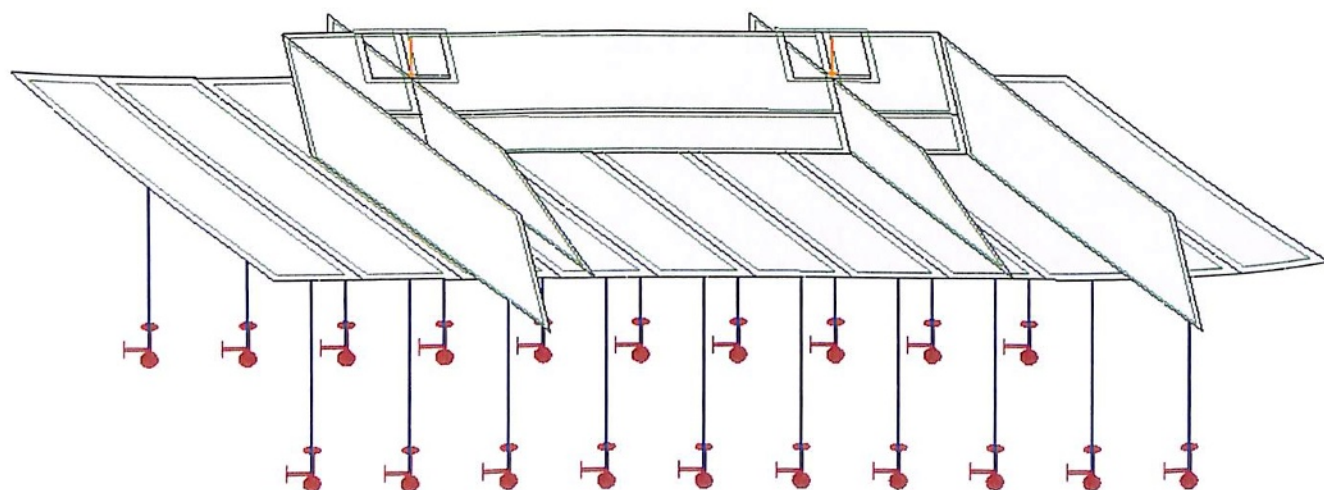
Terhek elrendezését a következő ábrásor szemlélteti. Értékeket lásd: [Terhek](#) fejezetben.



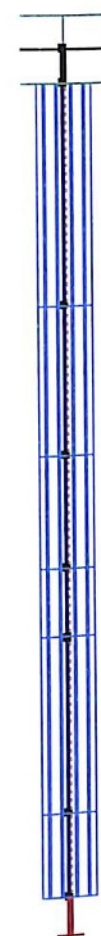
20. ábra



21. ábra



22. ábra

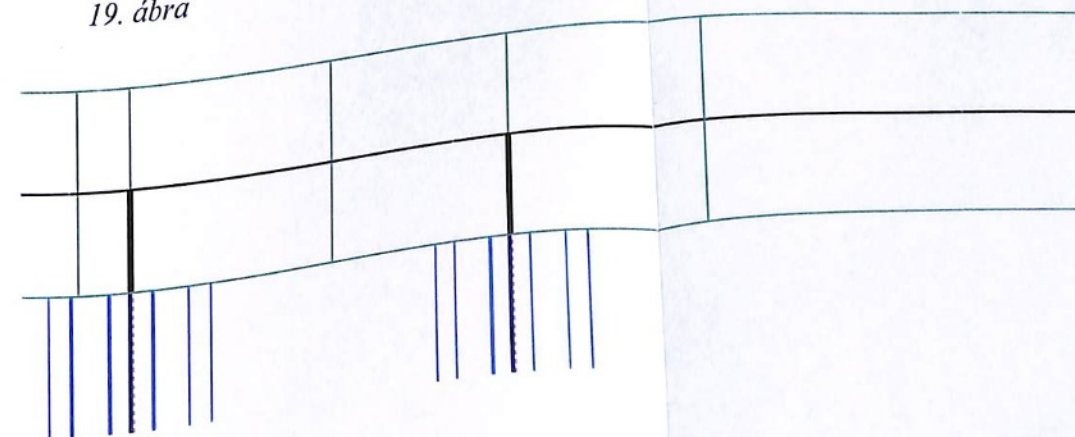


19. ábra

bal oldal	
felső	nyugalmi földnyomás töltésből
közésső	aktív földnyomás háttöltésből
alsó	saruteher
jobb oldal	
felső	cölöp felosztása
alsó	merev test: lemez és cölöp kapcsolata

A cölöpök szakaszos felosztása a talajrétegenéti vízszintes ágyazás megadásához. A modell a köpenyenmenti függőleges súrlódásból kialakuló rugóállandójú szakaszokat nem tartalmaz. A számítás során a függőleges csomóponti megtámasztásra jutó egyedi cölöpter került igazolásra.

A cölöpösszefogó lemezből merev test biztosítja a kapcsolatot és a cölöp külpontosságát a lemez középsíkjától.



18. ábra

4.1.6.2 Ágyazási tényezők meghatározása

- Cölöpök vízszintes megtámasztásának rugóállandója talajrétegenként

$$C_1 = 1E + 04 \frac{kN}{m}$$

$$C_2 = 1.4 * E_{s2} * D = 1.218E + 04 \frac{kN}{m}$$

$$C_3 = 1.4 * E_{s3} * D = 1.218E + 04 \frac{kN}{m}$$

$$C_4 = 1.4 * E_{s4} * D = 1.218E + 04 \frac{kN}{m}$$

$$C_5 = 1.4 * E_{s5} * D = 9.10E + 03 \frac{kN}{m}$$

$$C_6 = 1.4 * E_{s6} * D = 9.10E + 03 \frac{kN}{m}$$

Megjegyzés: C_1 Az Axis kiindulási, vonal menti támasz rugóállandójával van figyelembe véve. Az alkalmazott szorzó (1.4) Terzaghi szerinti ajánlás.

A vízszintes csomóponti megtámasztások a modell instabilitás elkerülése érdekében $1E+0$ kN/m értékkel szerepelnek a modellben.

- Cölöpök függőleges megtámasztásának rugóállandója

becsült egyedi süllyedés:

$$e_{b,max} = 0.05 * 0.1 * D = 5 \text{ mm}$$

a talajrétegben mért átlagos szondacsúcs ellenállás: $q_c = 5.84 \frac{MN}{m^2}$

Becsült maximális cölöptalp ellenállás: $R_{b,max} = q_c * D^2 * \frac{\pi}{4} = 4.59 \text{ MN}$

Rugómerevség a cölöpcsúcsnál: $K_b = \frac{R_{b,max}}{e_{b,max}} = 9.17E + 05 \frac{kN}{m}$

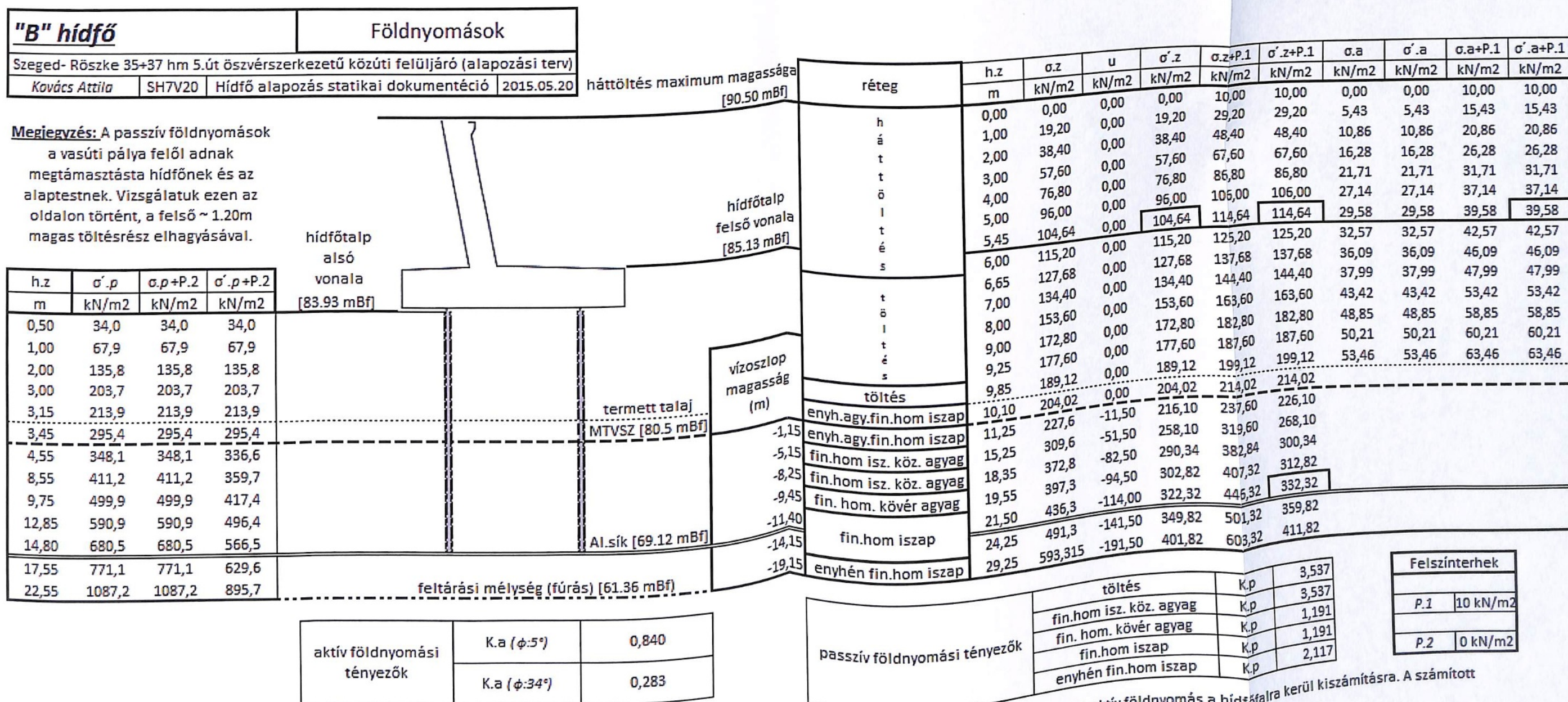
Megjegyzés: A süllyedés a kialakuló gyedi cölöpsüllyedéshez közeli érték, lásd süllyedésszámítás fejezet.

4.1.7 Terhek

4.1.7.1 Földnyomások

A hídfőtálpra terhelő töltésrézszű a statikai modellben egyenletesen változó teherként lett figyelembe véve. A töltés anyaga homokos kavics. A fúrás során feltárt első talajréteg (agyagos iszap) feltöltéssel kiváltásra kerül.

10. táblázat



Megjegyzés: Afeltárási során az "1" talajréteg (agyagos iszap) töltésanyagga kerül kiváltásra. Az aktív földnyomás a hídfőfalra kerül kiszámításra. A számított földnyomásértékek karakterisztikus értékek.

4.1.7.2 Hídfőre és az alapozási síkra ható terhek

Vízszintes erők

Aktív földnyomás a hídfőfalra

$$\sigma_a = 39.58 \frac{kN}{m^2}$$

$$E_a = \frac{\sigma_a * h_{fal}}{2} = 113.99 \frac{kN}{m}$$

$$E_{a.Ed} = E_a * \gamma_G = 153.88 \frac{kN}{m}$$

Vízszintes eredő erő aktív földnyomásból

$$\Sigma H = E_a * L_{fal} = 1.91 MN$$

$$\Sigma H_{Ed} = \Sigma H * \gamma_G = 2.58 MN$$

Egy cölöpre jutó vízszintes erő az aktív földnyomás és annak külpontosságából

Maximális vízszintes erő 161.19 kN (A/1 jelű cölöp)

Függőleges erők

saruteher

$$V = 3720 kN$$

$$\Sigma V = 2 * V = 7440 kN$$

felszínretervezési értéke

$$P_1 = 10 \frac{kN}{m^2}$$

Alépitmény karakterisztikus önsúlya

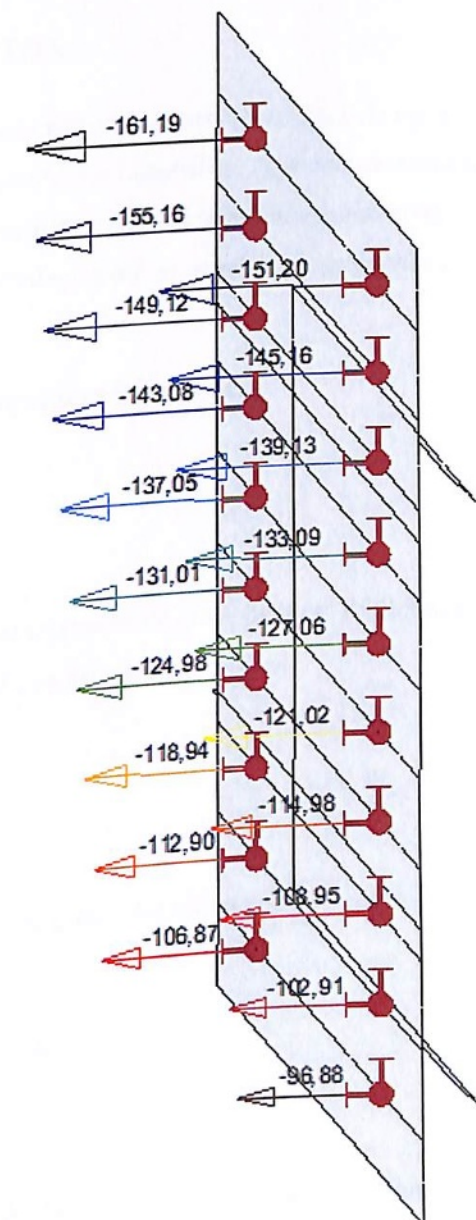
$$G_{k.alépitmény} = 15.10 MN$$

hídfőtálp felső síkjára ható nyugalmi földnyomás felszínretervezési nélkül

$$\sigma_{z.feltöltés} = 104.64 \frac{kN}{m^2}$$

hídfőtálpra ható függőleges eredő erő a nyugalmi földnyomásból

$$t_{sáv} = 3.60 m \quad \text{terhelt sáv szélesség}$$



23. ábra

$$l_{sáv} = 26.05 \text{ m} \quad \text{terhelt hossz}$$

$$T_{talp} = t_{sáv} * l_{sáv} \cong 93.8 \text{ m}^2 \quad \text{terhelt felület}$$

$$E_{z.talp} = T_{talp} * \sigma_{z.feltöltés} + P_1 * T_{talp} \approx 10.73 \text{ MN}$$

Megjegyzés: A rézsűfal a kézi számításban egyenletesen megoszló teherként szerepel. Az egyedi mértékadó cölöpteher meghatározásához használt számítógépes modellben egyenletesen változó teherként van figyelembe véve. A kézi számításban a terhelő felület kis mértékben csökkentett, így megközelítőleg azonos eredő erőhöz vezet. A külpontosság a gépi számítás eredményeiből van visszszámolva.

Az alapozási síkra ható hatékony nyugalmi földnyomás +felszínteher figyelembevételével

$$\sigma'_z = 332.32 \frac{kN}{m^2}$$

Eredő erő a hatékony nyugalmi földnyomásból az egyenértékű cölöpcsoport felületen a hídfőtálpra ható földnyomási erő nélkül (cölöpök közötti talajmag súlya)

$$E_{0eq} = A_{b.eq} * \sigma'_z - E_{z.talp} = 20.75 \text{ MN}$$

$$E_{0.Ed.eq} = E_0 * \gamma_G = 28.00 \text{ MN}$$

Állandó terhekből eredő függőleges erők összege az alapozási síkon a szétterjedési felületen számolva

$$G_{.eq} = E_{z.talp} + E_{0.eq} + G_{k.aléptmény} = 46.58 \text{ MN}$$

$$G_{Ed.eq} = G_{.eq} * \gamma_G = 62.88 \text{ MN}$$

Összegzett függőleges erő tervezési értéke az alapozási síkon a szétterjedt felületen számolva

$$\Sigma Q_{Ed.eq} = \Sigma V + G_{Ed.eq} = 70.32 \text{ MN}$$

Eredő erő az alapozási síkon a szétterjedt felületen számolva

$$R_{Ed.eq} = \Sigma Q_{Ed.eq} = 70.32 \text{ MN} \quad \text{(egyenértékű cölöp mértékadó terhe teherbírási határállapotban)}$$

Eredő erő a hatékony nyugalmi földnyomásból a hatékony alapozási felületen a hídfőtápra ható földnyomási erő nélkül (cölöpök közötti talajmag és a növelt szétterjedési felületen lévő talaj súlya)

$$E_0 = A'' \cdot \sigma'_z - E_{z.talp} = 41.76 \text{ MN}$$

$$E_{0.Ed} = E_0 \cdot \gamma_G = 56.40 \text{ MN}$$

Állandó terhekből eredő függőleges erők összege az alapozási síkon a szétterjedési felületen számolva

$$G = E_{z.talp} + E_0 + G_{k.aléptmény} = 67.59 \text{ MN}$$

$$G_{Ed} = G \cdot \gamma_G = 91.25 \text{ MN}$$

Összegzett függőleges erő tervezési értéke az alapozási síkon a szétterjedt felületen számolva

$$\Sigma Q_{Ed} = \Sigma V + G_{Ed} = 98.69 \text{ MN}$$

Eredő erő az alapozási síkon a szétterjedt felületen számolva

$$R_{Ed} = \Sigma Q_{Ed} = 98.69 \text{ MN}$$

Mértékadó egyedi cölöpteher

$$E_d = 2.57 \text{ MN} \quad (A/8 \text{ cölöp})$$

4.1.7.3 Teherkombinációk

11. táblázat

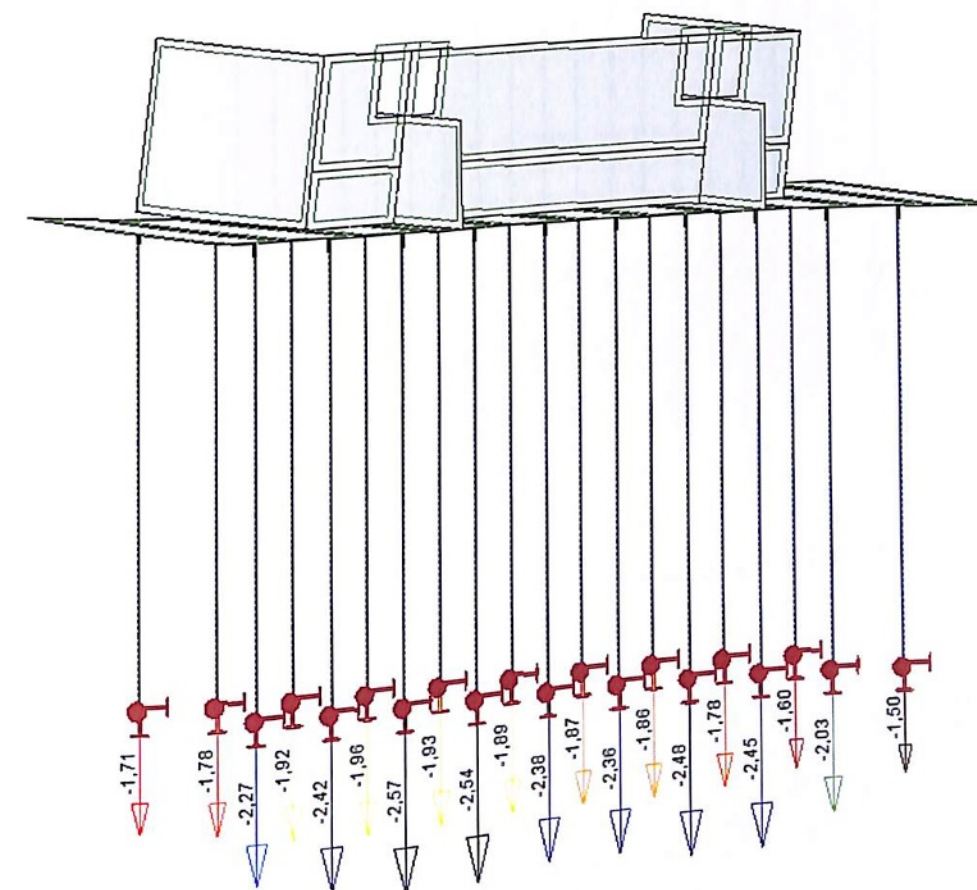
	Név	Típus	saruteher	önsúly (ALL1)	Ea (ALL1)	szigma.z (ALL1)	Megjegyzés
1	1. Tk (ULS)	ULS	1,00	1,35	1,35	1,35	teherbírasi
2	2. Tk (üzemi)	-	0,85	1,00	1,00	1,00	üzemi

Teherkombinációk AxisVm-ben lettek megírva. Üzemi és teherbírasi (ULS) határállapotok vizsgálatához.

Parciális tényezők:

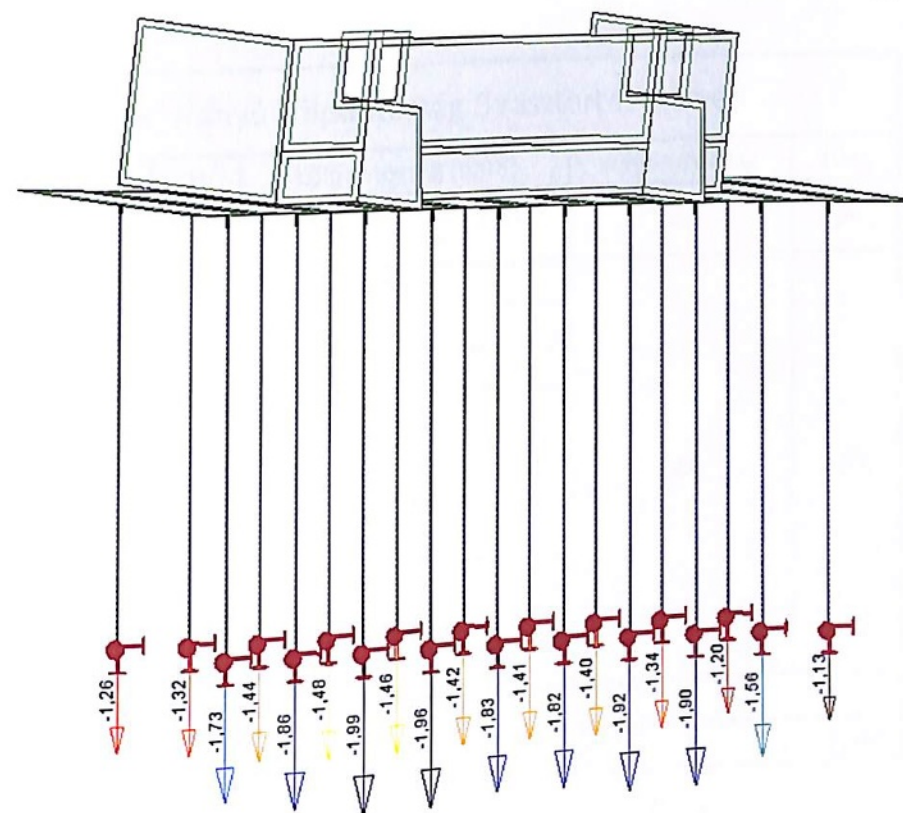
- állandó terhek, földnyomások: $\gamma_G = 1.35$
- Esetleges terhek: $\gamma_d = 1.50$
- Becsült üzemi teherorzó: $\alpha = 0.85$

4.1.7.4 Egyedi cölöpsterhek alakulása



24. ábra

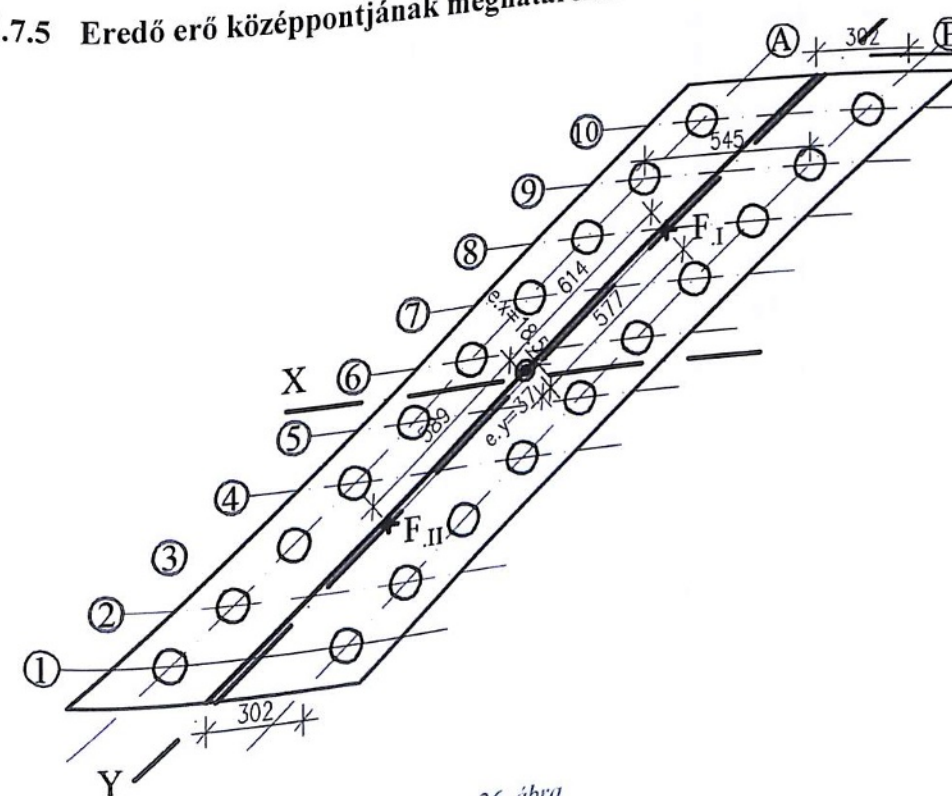
Egyedi cölöpsterhek teherbírási határállapotban ($E_d = 2.57 \text{ MN}$)



25. ábra

Egyedi cölöpterhek üzemi állapotban ($E_{üzemi,max} \cong 2.00 \text{ MN}$)

4.1.7.5 Eredő erő középpontjának meghatározása



26. ábra

12. táblázat

"x" irányú kölpontosság B rásztertől mérve				
Rászter	A	B	kölpontosság (e)[m]	súlyozott átlag
	Cölöperő (MN)		$F_B \cdot e = F_A \cdot (L - e)$	m
1	1,50	1,60	2,64	2,89
2	2,03	1,78	2,90	
3	2,45	1,86	3,10	
4	2,48	1,87	3,11	
5	2,36	1,89	3,03	
6	2,38	1,93	3,01	
7	2,54	1,96	3,08	
8	2,57	1,92	3,12	
9	2,42	1,78	3,14	
10	2,27	1,71	3,11	
L=	5,45 m			~20cm
kölpontosság a tengelytől (szerkesztve)				

(L= cölöp középpontok távolság a (szám) rászterben)

13. táblázat

13. táblázat							
RÉSZ	Raszter	A	B	L	e.I;e.II	F.I;F.II	eltérés F.I-től [m]
		Cölöperő (MN)		m	m	MN	$F_{I.I} \cdot e = F_{I.II} \cdot ((e_{I.I} + e_{I.II}) - e)$
I	1	1,50	1,60	11,25	5,89	19,82	5,77
	2	2,03	1,78	8,75			
	3	2,45	1,86	6,25			
	4	2,48	1,87	3,75			
	5	2,36	1,89	1,25			
II	6	2,38	1,93	1,25	6,14	21,48	37cm
	7	2,54	1,96	3,75			
	8	2,57	1,92	6,25			
	9	2,42	1,78	8,75			
	10	2,27	1,71	11,25			
	Külpontosság a tengelytől (szerkesztve)						

(L= cölöp középpont távolság az „X” tengelytől a (betű) rászterben mérve)

Az eredő erő támadáspontját (a cölöpcsoport súlypontjától mért kölpontosságát) a gépi számítás szerint kapott cölöperőkből határoztam meg. a rászterek szerint összetartozó erők hagyományosan vett arányai szerint (e.x) (kedvezőtlenebb érték) és az „X” tengellyel (5-6 rászter között) elválasztott két rész cölöperőinek súlyozott átlagával (e.y).

4.1.7.6 Elmozdulások meghatározásához figyelembe vett terhek

Az alaptest süllyedése és vízszintes elmozdulásának becslése a híd üzemi terheire lett meghatározva. A földnyomások és a hídfő önsúlyterhe karakterisztikus értékükkel vannak figyelembe véve. Üzemi teher értéke a tervezési érték 85%-ára becsült. Felszínreter nincs figyelembe véve.

Saruteher üzemi értéke

$$V_{\bar{u}} = V * 0.85 = 3162 \text{ kN}$$

$$\Sigma V_{\bar{u}} = 2 * V_{\bar{u}} = 6324 \text{ kN}$$

Eredő a hídfőtálp felső síkjára

$$E_{z.talp.feltöltés} = T_{talp} * \sigma_{z.feltöltés} = 9.81 \text{ MN}$$

Alépitmény karakterisztikus önsúlya

$$G_{k.alépitmény} = 15.10 \text{ MN}$$

Állandó terhekből eredő függőleges erők karakterisztikus összege az alapozási síkon

$$G = E_{z.talp.feltöltés} + G_{k.alépitmény} = 24.91 \text{ MN}$$

Összegzett függőleges erő üzemi értéke az alapozási síkon

$$\Sigma Q_{\bar{u}} = \Sigma V_{\bar{u}} + G = 31.24 \text{ MN}$$

Vízszintes eredő erő karakterisztikus értéke

$$\Sigma H = E_a * L_{fal} = 1.91 \text{ MN}$$

Mértékadó egyedi cölöpteher üzemi értéke

$$E_{\bar{u}zemi} = 1.99 \text{ MN} \cong 2.00 \text{ MN} \text{ (üzemi teherkombinációból)}$$

Süllyedést okozó többletteher az alapozási síkon (a földműtöltés többletterhéből a süllyedések az alapozás építésekor már nagymértékben lejátsszódhatnak, ezért nincs figyelembe véve)

$$\Sigma R_q = \Sigma V_{\bar{u}} + G_{k.alépitmény} + E_{z.talp.feltöltés} = 31.24 \text{ MN}$$

4.2 Egyedi cölöpteherbírás

Alapozási sík

$$A_{sík} = 12.23 \text{ m}$$

Egyedi cölöpteherbírás tervezési értéke

$$R_{c.d.7.8} = \min \left(\frac{R_{c,k}}{\gamma_t}, \frac{R_{s,k}}{\gamma_s} + \frac{R_{b,k}}{\gamma_b} \right) = 2.80 \text{ MN}$$

Kihasználtság

$$\eta = \frac{E_d}{R_{c.d.7.8}} = 91.9 \%$$

MEGFELEL!

A számítás menetét lásd: Eurocode7 CPT adatszolgáltatás alapján (7.8 képlet alapján)
Megjegyzés: A jelenlegi számítás relatív nullpontja +81.36 mBf, a hivatkozott számítás relatív nullpontja +81.13 mBf. Az alapozási sík abszolút magassági síkja megegyezik. Egyéb szükséges magassági paraméterek ehhez mérten kerülnek korrigálásra.

4.3 Cölöpcsoport teherbírás

4.3.1 Egyenértékű cölöp módszerrel

Mértékadó teher az alapozási síkon

$$R_{Ed.eq} = 70.32 \text{ MN}$$

Dolgozó magasság

$$H = 11.0 \text{ m}$$

Külpontosság miatt csökkentett hatékony alapfelület szélessége

$$B' = 4.15 \text{ m}$$

Alaptest hatékony hossza

$$L' = 22.76 \text{ m}$$

Kritikus mélység

$$d_{crit} = 22.28 \text{ m}$$

Megjegyzés: $\pm 0.00 \equiv +81.36 \text{ mBf}$. A CPT szondás feltárás nem elég mély a kielégítő vizsgálathoz sem Eurocode, sem egyéb szabványok számítási módszerei szerint sem. Azonban a tendenciát figyelve a talajtulajdonságok javulnak a mélység növekedésével, feltételezhető további kedvező talajfizikai paraméterek megléte. $0.8 \times D_{eq}$ mélység még vizsgálható a feltárási eredményekből, de minimumérték az említett szint felett található. Kritikus mélységnek a minimumérték szintjét tételezem fel.

Egvenértékű átmérő

$$D_{eq} = 1.13 * a * \sqrt{\frac{b}{a}} = 10.98 \text{ m}$$

(„a” azonos B' és „b” azonos L')

$$d_{eq} = D_{eq}$$

Egvenértékű felület

$$A_{b.eq} = D_{eq}^2 * \frac{\pi}{4} = 94.70 \text{ m}^2$$

Egvenértékű kerület

$$k = D_{eq} * \pi = 34.50 \text{ m}$$

Parciális tényezők

teljes ellenálláshoz tartozó parciális tényező
talpellenálláshoz tartozó parciális tényező
palástellenálláshoz tartozó parciális tényező

$$\begin{aligned}\gamma_t &= 1.15 \\ \gamma_b &= 1.20 \\ \gamma_s &= 1.10\end{aligned}$$

Korrelációs tényezők

átlagértékhez

minimumértékhez

$$\begin{aligned}\xi_3 &= 1.40 \\ \xi_4 &= 1.40\end{aligned}$$

Technológiai szorzó

$$\alpha_p = 0.8$$

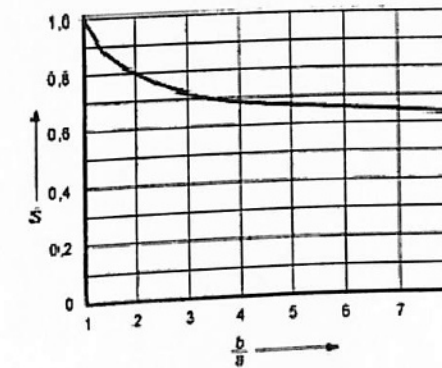
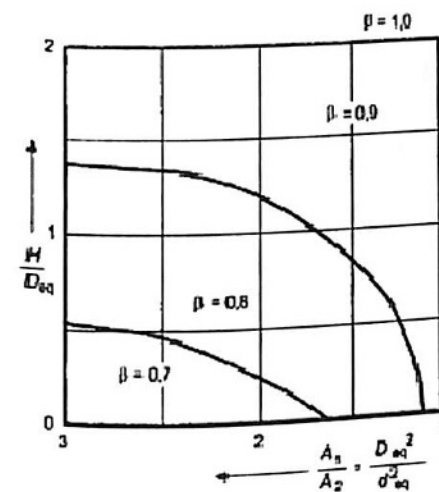
A cölöpcsúcs alakját figyelembe vevő tényezők

$$\frac{H}{D_{eq}} = 0.80$$

$$\beta = 0.9$$

$$\frac{b}{a} = 4.78$$

$$s = 0.68$$



27. ábra

CPT csúcsellenállások átlagai

$$q_{cl} = 7.92 \frac{MN}{m^2}$$

$$q_{cl2} = 1.07 \frac{MN}{m^2}$$

$$q_{cl3} = 0.86 \frac{MN}{m^2}$$

Fajlagos talpellenállás

$$q_{bk} = \min \left[15.0 * \frac{MN}{m^2}, \beta * a_p * s * 0.5 * \left(q_{cl3} + \frac{q_{cl1} + q_{cl2}}{2} \right) \right] = 1.31 \frac{MN}{m^2}$$

Palástellenállás talajtípustól függő tényezője (kötött talaj)

$$\alpha_s = 0.035$$

Szondacsúcs ellenállás átlaga a palástsúrlódás kialakulásának rétegeiben

$$q_{c.z.a} = 2.67 \frac{MN}{m^2}$$

Fajlagos palástellenállás

$$q_{s.k} = \alpha_s * q_{c.z.a} = 0.093 \frac{MN}{m^2}$$

Talpellenállás számított értéke

$$R_{b.cal} = A_{b.eq} * q_{b.k} = 124.18 MN$$

Talpellenállás karakterisztikus értéke

$$R_{b,k} = \frac{R_{b,cal}}{\xi_3} = 88.70 \text{ MN}$$

Palástellenállás számított értéke

$$R_{s,cal} = k * (H * q_{s,k}) = 35.47 \text{ MN}$$

Palástellenállás karakterisztikus értéke

$$R_{s,k} = \frac{R_{s,cal}}{\xi_3} = 25.33 \text{ MN}$$

Ekvivalens cölöp számított teherbírása

$$R_{c,cal} = R_{b,cal} + R_{s,cal} = 159.64 \text{ MN}$$

Ekvivalens cölöp karakterisztikus teherbírása

$$R_{c,k} = \min\left(\frac{R_{c,cal,mean}}{\xi_3}, \frac{R_{c,cal,min}}{\xi_4}\right) = 114.03 \text{ MN}$$

Teherbírás tervezési értéke

$$R_{c,d} = \min\left(\frac{R_{c,k}}{\gamma_t}, \frac{R_{s,k}}{\gamma_s} + \frac{R_{b,k}}{\gamma_b}\right) = 95.94 \text{ MN}$$

Kihasználtság

$$\eta = \frac{R_{Ed,eq}}{R_{c,d}} = 73.3 \%$$

MEGFELEL!

4.3.2 Egyedi cölöpteherbírások összegzésével

Egyedi cölöp határteherbírása

$$R_{c,d} = 2.80 \text{ MN}$$

Összegzett teherbírás

$$R_{csoport,Rd} = R_{c,d} * n_r = 56.0 \text{ MN}$$

Kihasználtság

$$\eta_{csoport} = \frac{\sum V + (G_{k,alépitmény} + E_{z,talp}) * \gamma_G}{0.8 * R_{csoport,Rd}} = 94.6 \%$$

MEGFELEL!

Megjegyzés: Az Eurocode a cölöpcsoport vizsgálatánál nem rendelkezik az összegzett teherbírás csoportosítás miatti csökkentéséről. Biztonság érdekében a csoportos teherbírás 80%-kal van figyelembe véve a régi magyar szabvány ajánlása szerint.

4.4 Alaptest süllyedése

4.4.1 Egyedi cölöp süllyedése

- Köpenysúrlódáshoz tartozó süllyedésdiagram pontok

Köpeny menti ellenállás mobilizálódáshoz szükséges elmozdulás: $s_1 = 10 \text{ mm}$

$$F_1 = 1.0 \text{ MN}$$

$$R_{s,k} = 2.31 \text{ MN}$$

$$s_k = s_1 * \frac{F_1 + R_{s,k}}{2 * F_1} = 16.6 \text{ mm}$$

$$F_{k1} = \frac{R_{s,k}}{3} = 0.77 \text{ MN}$$

$$s_1 = s_k * \left[0.4 * \left(\frac{F_{k1}}{R_{s,k}} \right)^2 + 0.6 * \frac{F_{k1}}{R_{s,k}} \right] = 4.0 \text{ mm}$$

$$F_{k2} = \frac{2R_{s,k}}{3} = 1.54 \text{ MN}$$

$$s_1 = s_k * \left[0.4 * \left(\frac{F_{k2}}{R_{s,k}} \right)^2 + 0.6 * \frac{F_{k2}}{R_{s,k}} \right] = 9.6 \text{ mm}$$

- Talpellénállás süllyedési diagram pontjai

átlagos szondacsúcs ellenállás az összenyomódó talajzónában: $q_c = 5.84 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2}$

$$s_{cs,1} = D * 0.02 = 20 \text{ mm}$$

$$R_{cs,1} = 0.7 * q_c = 4088 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$F_{b,k,1} = R_{cs,1} * A_b = 3.21 \text{ MN}$$

$$s_{cs,2} = D * 0.03 = 30 \text{ mm}$$

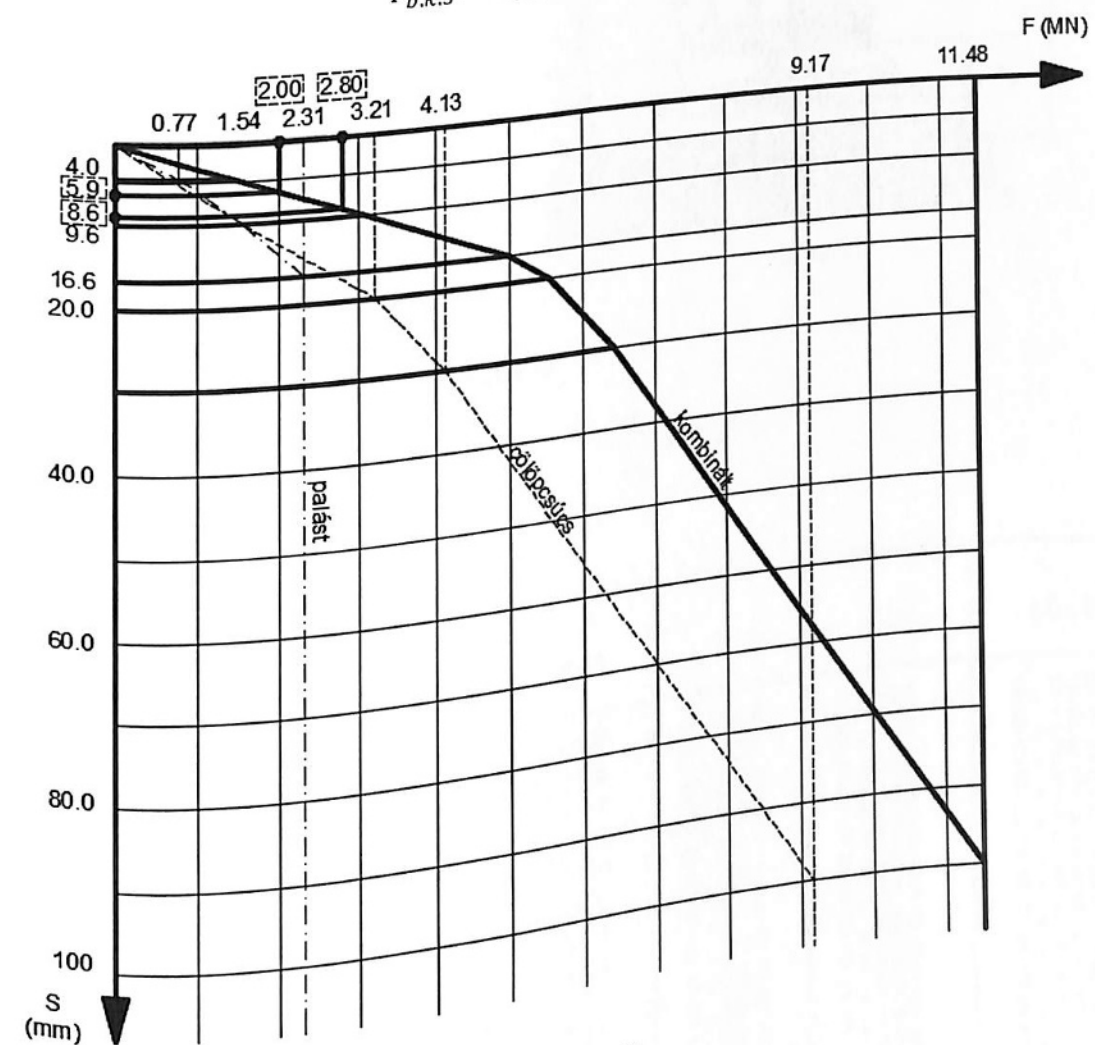
$$R_{cs,2} = 0.9 * q_c = 5256 \frac{kN}{m^2}$$

$$F_{b,k,2} = R_{cs,2} * A_b = 4.13 MN$$

$$s_{cs,3} = D * 0.1 = 100 mm$$

$$R_{cs,3} = 2.0 * q_c = 11680 \frac{kN}{m^2}$$

$$F_{b,k,3} = R_{cs,3} * A_b = 9.17 MN$$



5. diagram

Az egyedi cölöp süllyedése üzemi teherre: $s_I = 5.9 mm$

4.4.2 Cölöpcsoport süllyedése (1)

Az első módszer a süllyedést az alapozási sík alatti „z” vastagságú talajréteg összenyomódásából határozza meg.

A számítás szétterjedt felületet vesz figyelembe az alapozási síkon.

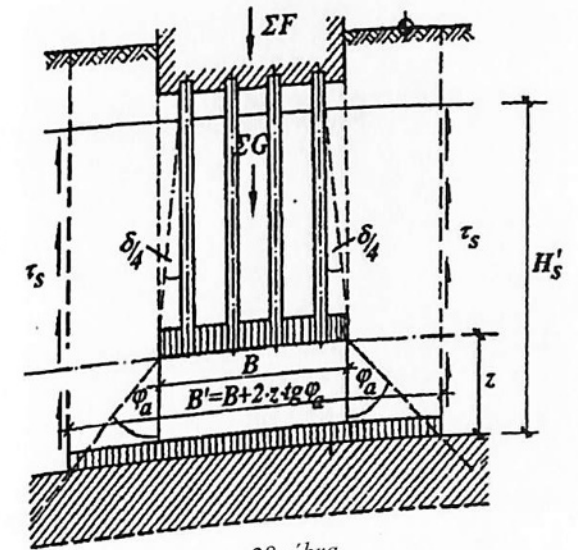
$$B_0 = B'' + 2 * z * \tan(\varphi_5) = 6.82 \text{ m}$$

$$L_0 = L'' + 2 * z * \tan(\varphi_5) = 24.77 \text{ m}$$

$$A_0 = B_0 * L_0 = 168.93 \text{ m}^2$$

feszültség a vizsgált szinten:

$$p = \frac{R_q}{A_0} = 184.93 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$



28. ábra

arányok táblázatos értékmeghatározáshoz:

$$\frac{L_0}{B_0} = 3.632$$

$$\frac{z}{B_0} = 0.293$$

14. táblázat

L/B	1,0	1,6	2,0	3,0	5,0	10,0
z/B						
0,1	0,097	0,098	0,098	0,098	0,098	0,098
0,2	0,176	0,182	0,184	0,186	0,187	0,187
0,3	0,238	0,251	0,257	0,262	0,264	0,265
0,4	0,289	0,308	0,318	0,328	0,333	0,335
0,5	0,333	0,357	0,372	0,387	0,397	0,400
0,7	0,406	0,440	0,462	0,487	0,507	0,517
1,0	0,488	0,537	0,567	0,606	0,643	0,666
1,5	0,580	0,650	0,694	0,750	0,810	0,860
2,0	0,639	0,726	0,782	0,852	0,929	1,003
3,0	0,706	0,812	0,892	0,988	1,091	1,200
4,0	0,742	0,870	0,957	1,072	1,197	1,332
7,0	0,791	0,941	1,050	1,200	1,373	1,563
10,0	0,811	0,971	1,089	1,257	1,458	1,690

$$\frac{0.186 - 0.187}{3 - 5} * (3.632 - 5) + 0.187 = 0.186$$

$$\frac{0.262 - 0.264}{3 - 5} * (3.632 - 5) + 0.264 = 0.263$$

süllyedési tényező:

$$f = \frac{0.186 - 0.263}{0.2 - 0.3} * (0.293 - 0.3) + 0.263 = 0.258$$

Cölöpcsoport süllyedése:

$$s' = \frac{p * B_0}{E_5} * f = 4.89 \text{ cm}$$

4.4.3 Összegzett süllyedés

Alaptest süllyedése: $S = s_I + s' = 5.48 \text{ cm}$

4.4.4 Alaptest süllyedése (2)

A második módszer a süllyedést a dolgozó cölöphossz 2/3-ad részében határozza meg. az összenyomódó talajréteg vastagsága a dolgozó cölöphossz 1/3 része. Jellemzően lebegő cölöpök esetén ezt a módszert kell előnyben részesíteni.

Az összenyomódó talajréteg átlagos összenyomódási modulusa: $E_{s, \text{átlag}} = 6.50 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2}$

1/3 részben vett dolgozó magasság:

$$t_{\frac{2}{3}} = \frac{2 * t}{3} = 7.33 \text{ m}$$

összenyomódó rétegvastagság:

$$z_{\frac{2}{3}} = H - t_{\frac{2}{3}} = 3.67 \text{ m}$$

Növelt alapterület a határsíkon:

$$B_{0, \frac{2}{3}} = (B') + 2 * t_{\frac{2}{3}} * \tan\left(\frac{\sigma}{4}\right) = 5.43 \text{ m}$$

$$L_{0, \frac{2}{3}} = L' + 2 * t_{\frac{2}{3}} * \tan\left(\frac{\sigma}{4}\right) = 24.04 \text{ m}$$

feszültség a vizsgált szinten:

$$p = \frac{R_q}{B_{0,2}^{0,2} * L_{0,2}^{0,2}} = 239,15 \frac{kN}{m^2}$$

arányok táblázatos értékmeghatározáshoz:

$$\frac{L_{0,2}^{0,2}}{B_{0,2}^{0,2}} = 4,43$$

$$\frac{z_2^{0,2}}{L_{0,2}^{0,2}} = 0,675$$

15. táblázat

L/B \ z/B	1,0	1,6	2,0	3,0	5,0	10,0
0,1	0,097	0,098	0,098	0,098	0,098	0,098
0,2	0,176	0,182	0,184	0,186	0,187	0,187
0,3	0,238	0,251	0,257	0,262	0,264	0,265
0,4	0,289	0,308	0,318	0,328	0,333	0,335
0,5	0,333	0,357	0,372	0,387	0,397	0,400
0,7	0,406	0,440	0,462	0,487	0,507	0,517
1,0	0,488	0,537	0,567	0,606	0,643	0,666
1,5	0,580	0,650	0,694	0,750	0,810	0,860
2,0	0,639	0,726	0,782	0,852	0,929	1,003
3,0	0,706	0,812	0,892	0,988	1,091	1,200
4,0	0,742	0,870	0,957	1,072	1,197	1,332
7,0	0,791	0,941	1,050	1,200	1,373	1,563
10,0	0,811	0,971	1,089	1,257	1,458	1,690

$$\frac{0,387 - 0,397}{3 - 5} * (4,43 - 5) + 0,397 = 0,394$$

$$\frac{0,487 - 0,507}{3 - 5} * (4,43 - 5) + 0,507 = 0,501$$

süllyedési tényező:

$$f = \frac{0,394 - 0,501}{0,5 - 0,7} * (0,675 - 0,7) + 0,501 = 0,488$$

alaptest süllyedése:

$$s' = \frac{p * B_{0,2}^{0,2}}{E_{s, \text{átlag}}} * f = 9,53 \text{ cm}$$

Megjegyzés: Az alaptest süllyedése ennél a módszernél megegyezik a csoport süllyedésével.

4.4.5 Mértékadó alaptest süllyedés

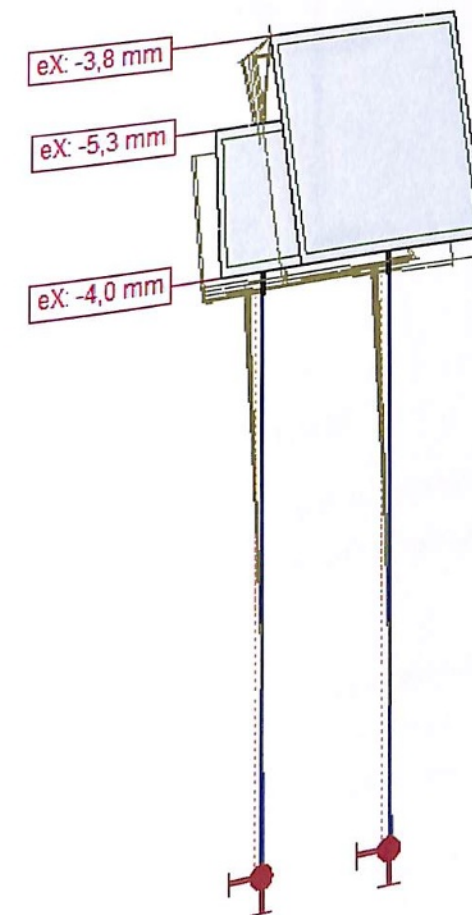
Az alaptest mértékadó süllyedése:

$$s = 9,53 \text{ cm}$$

Megjegyzés: Mivel nem teljes mértékben lebegő cölöpök alkotják az alaptestet, a süllyedés 5.48 cm, 9.53 cm között (~7.5 cm) várható.

4.4.6 Vízszintes eltolódás

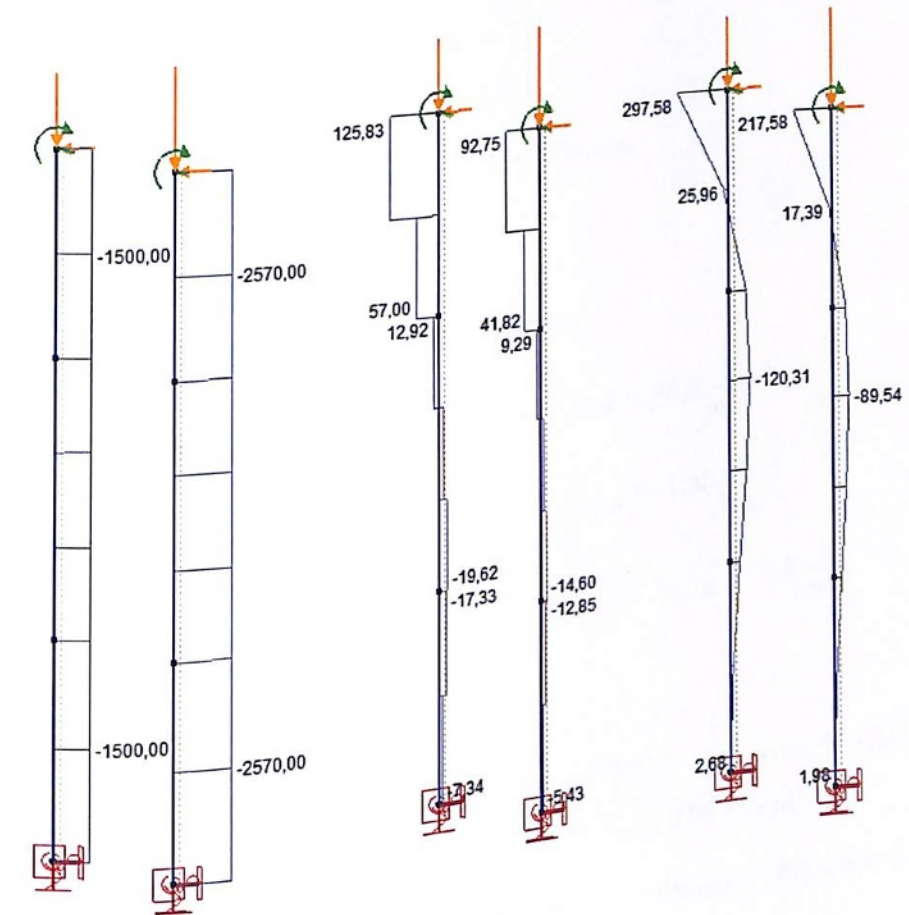
A vízszintes eltolódások becslése AxisVM program segítségével történt, az alépítményre ható vízszintes terhekből. A támaszmerevségek a Modellfelvétel Ágyazási tényezők meghatározása fejezetben számított vízszintes ágyazási tényezőkkel vannak figyelembe véve.



29. ábra

4.5 Egyedi cölöp vasalása

4.5.1 Igénybevételek



30. ábra

Normálerő [kN]

Nyíróerő [kN]

Nyomaték [kNm]

Az vízszintes és függőleges erők kombinációi szerint, két mértékadó cölöp alakulhat ki. A/8 (maximális normálerő jelenléte 2.57 MN) és A/1 (maximális vízszintes erő 169.19 kN) cölöp.

Megjegyzés: A számítás nem veszi figyelembe a cölöpben a palástellenállás hatására csökkenő normálerőt, teljes értékkel szerepel a támaszponttól a támaszig a biztonság javára. Befogási nyomaték alkalmazásával lett elérve a megfelelő nyomatékra alakja. A szükséges befogási nyomaték iterációs közelítéssel lett meghatározva.

4.5.2 Geometria

- cölöpátmérő: $D = 100 \text{ cm}$
- cölöp keresztmetszeti terület: $A_b = 0.785 \text{ m}^2$

- betonfedés: $c_{nom} = 60 \text{ mm}$
- szabad cölöphossz: $H = 14.35 \text{ m}$
- cölöp benyúlása a fejlemezbe: $h = 50 \text{ cm}$
- acélbetét átmérő: $\phi = 25 \text{ mm}$
- $\phi_w = 10 \text{ mm}$
- spirálkengyel menetemelkedés: $s = 200 \text{ mm}$

4.5.3 Anyagminőségek

Kiindulási adatok Anyagminőségek fejezet szerint.

beton nyomó szilárdság tervezési értéke:

$$f_{c.d} = 20.0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

beton húzó szilárdság tervezési értéke:

$$f_{c.t.d} = 1.40 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

betonacél szilárdság tervezési értéke:

$$f_{y.d} = f_{y.w.d} = 435 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

4.5.4 Szerkesztési szabályok

- Minimális vasmennyiség, ha $0.5 \text{ m}^2 \leq A_b \leq 1.0 \text{ m}^2$: $A_{s.min} = 25.0 \text{ cm}^2$
- Maximális vasmennyiség: $A_{s.max} = 0.04 * A_b = 314.15 \text{ cm}^2$
- Minimális acélbetét átmérők:
 - kengyel: $\phi_{w.min} = \max(6 \text{ mm}; \frac{\phi}{4})$
 - fővasalás: $\phi_{min} = 16 \text{ mm}$
- Minimális kengyel menetemelkedés: $s_{min} = D/5 = 200 \text{ mm}$
- Minimális fővas darabszám: 6 db
- Acélbetét vastagságától függő speciális szabályok: átmérő $< 30 \text{ mm}$, speciális szabályok vizsgálata nem szükséges.
- minimális nyírási vashányad: $\rho_{w.min} = 0.088 \%$
- minimális betonfedés, ha $D > 60 \text{ cm}$: $c_{min} = 60 \text{ mm}$
- Maximális tiszta távolság sz acélbetétek között: $a_{max} = 200 \text{ mm}$
- Minimális lehorgonyzási hossz: $l_{min} = \alpha * c * \phi = 36 * \phi$ (teherbírásra dolgozatott acélbetétek esetén $\alpha = 1.5$ Nyomott acélbetétek esetén a lehorgonyzási hossz nem csökkenthető, kampók kialakítása tilos.)
- Méretezett nyomott vasalás esetén a kengyeltávolság maximális távolsága:
 $s_{max} = 15 * \phi$

- Maximális hosszvas iránytörés aránya: 1/12
- A kengyeleket az erő bevezetési pontokon minimum az osztás 0.6 értékével kell osztani
- Adalékanyag maximális szemnagysága: $D_{max} = \max(32\text{mm}; a_{max}/4) = 32\text{ mm}$

4.5.5 Ellenőrzés normálerőre

- 1. eset- maximális normálerő + vízszintes erő

$$N_{Ed,max} = 2.57\text{ MN}$$

$$H_{Ed} = 124.90\text{ kN}$$

$$\phi = 25\text{ mm (12db)}$$

$$A_{s,prov} = 58.90\text{ cm}^2$$

$$s_s = 200\text{ mm}$$

$$\phi_w = 10\text{ mm}$$

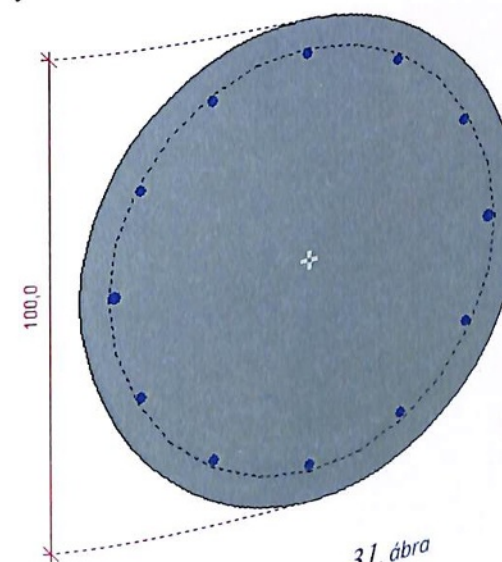
$$A_{s,w} = 3.93\text{ cm}^2$$

$$\alpha = 89.3^\circ$$

Betonmag keresztmetszet: $A_{mag} = (D - 2 * c_{nom})^2 * \frac{\pi}{4} = 0.88\text{ m}^2$

Egyenértékű négyzet keresztmetszet nyírási szélessége: $b_w = \sqrt{A_{mag}} = 0.78\text{ m}$

nyírási vashányad: $\rho_w = \frac{A_{s,w}}{s_s * b_w * \sin \alpha} = 0.253\%$



Eurocode-H
C35/45
Keresztmetszet O 100
Ab [cm ²] = 7852,39
B500B
Vasalás 12
As/Ab [%] = 0,75
Kengyel
sw [mm] = 200
Stabilitási paraméterek
βy = 1
βz = 1
L [m] = 14,800

Kihajlás a talaj megtámasztó hatás miatt nem mértékadó. Külpontosság program által figyelembe vett.

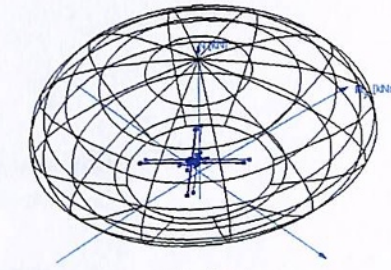
acélbetétek tengelytávolsága: 221 mm

acélbetétek közti tiszta távolság:

$$a = 221 \text{ mm} - \phi = 196 \text{ mm} < a_{\max}$$

Szerkesztési szabályoknak megfelel!

Teherbírási a nyomatékok hatását figyelembe véve az összetartozó igénybevétel párokra MEGFELEL!



32. ábra

16. táblázat

	Kihajlási paraméterek	N_x [kN]	M_{y_a} [kNm]	M_{y_f} [kNm]	Megfelelt
	$\beta_{yy} = 1$				igen
	$\beta_{zz} = 1$				
	$L = 14,750 \text{ m}$				
	$f_{se} = 1$				
		-2570,00	-41,59	-89,54	igen
1. rúd		-2570,00	-89,54	-71,46	igen
		-2570,00	1,98	-40,65	igen
2. rúd		-2570,00	-74,21	217,58	igen
3. rúd					

- 2. eset- maximális vízszintes erő+ normálerő

(geometriai paraméterek megegyeznek az 1. esetben közöltekkel)

$$N_{Ed} = 1.50 \text{ MN}$$

$$H_{Ed,max} = 169.2 \text{ kN}$$

Teherbírási a nyomatékok hatását figyelembe véve az összetartozó igénybevétel párokra MEGFELEL!

17. táblázat

	Kihajlási paraméterek	N_x [kN]	M_{y_a} [kNm]	M_{y_f} [kNm]	Megfelelt
	$\beta_{yy} = 1$				igen
	$\beta_{zz} = 1$				
	$L = 14,800 \text{ m}$				
	$f_{se} = 1$				
		-1500,00	-56,16	-120,31	igen
4. rúd		-1500,00	-120,31	-95,17	igen
		-1500,00	2,68	-54,88	igen
5. rúd		-1500,00	-98,88	297,58	igen
6. rúd					



4.5.6 Ellenőrzés maximális nyírásra

$$V_{Ed,max} = 125.83 kN$$

Megjegyzés: A nyírási ellenállás vizsgálata, a cölöp kengyelek által közrefogott magkeresztmetszetből származtatott nyírási szélességre történik.

$$b_w = \sqrt{A_{mag}} = 0.78 m$$

$$v = 0.6 * \left(1 - \frac{f_{c,d} * 1.50}{250}\right) = 0.528$$

$$V_{Rd,max} = 0.5 * b_w * z * v * f_{c,d} = 3212.03 kN > V_{Ed} \rightarrow \text{bevasalható!}$$

$$c = \left(1.2 - \frac{f_{c,d} * 1.50}{150}\right) * \left(0.15 * \frac{\rho_1}{100} + \frac{0.45}{1 + \frac{0.9 * b_w}{1000}}\right) = 0.264$$

$$(\rho_1 = 0.0)$$

$$V_{Rd,c} = c * b_w * (0.9 * b_w) * f_{c,t,d} = 202.37 kN > V_{Ed}$$

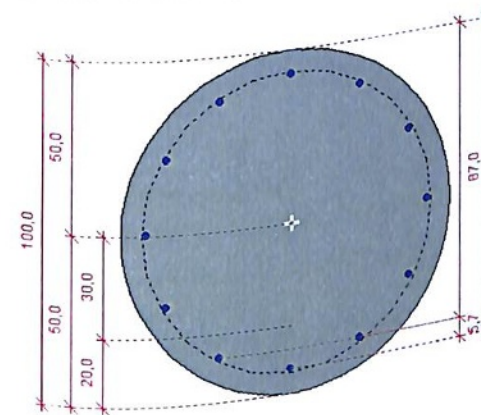
→ Méretezett nyírási vasalás nem szükséges!

MEGFELEL!

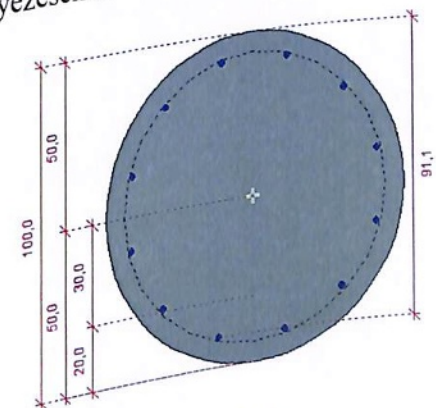
4.5.7 Ellenőrzés maximális nyomatékra

$$M_{Ed} = 297.58 kNm$$

A hajlítási vasalás igazolása az armatúra elhelyezésének variációira.



33. ábra

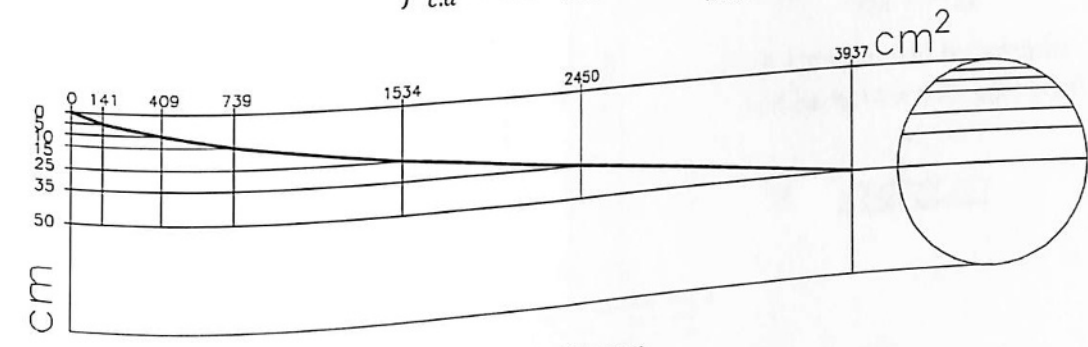


34. ábra

A teherbírást befolyásoló egyéb elhelyezés nem mértékadó. A számításban, a hajlítási teherbírásban szerepet játszó húzott acélbetétként, csak a cölöpátmérő 1/5-öd részébe eső acélbetéteket veszem figyelembe. Nyomott vasalás kedvező hatása a nyomatéki teherbírás igazolásában elhanyagolásra kerül.

A nyomott zóna szélessége a szélső szál felé csökken, $f_{c,d}$ értékét a szabvány szerint 10%-kal csökkenteni kell.

$$f'_{c,d} = 0.9 * f_{c,d} = 18.0 \frac{N}{mm^2}$$



6. diagram

Nyomott zóna területének (A_x) változása a magasságváltozás függvényében

- 1. eset vizsgálata (33.ábra)

dolgozó magasság: $d_1 = 92.8 \text{ cm}$

$d_2 = 87.0 \text{ cm}$

Vasmennyiségek: $A_{s1} = 380 \text{ mm}^2 (1x\phi_{25})$

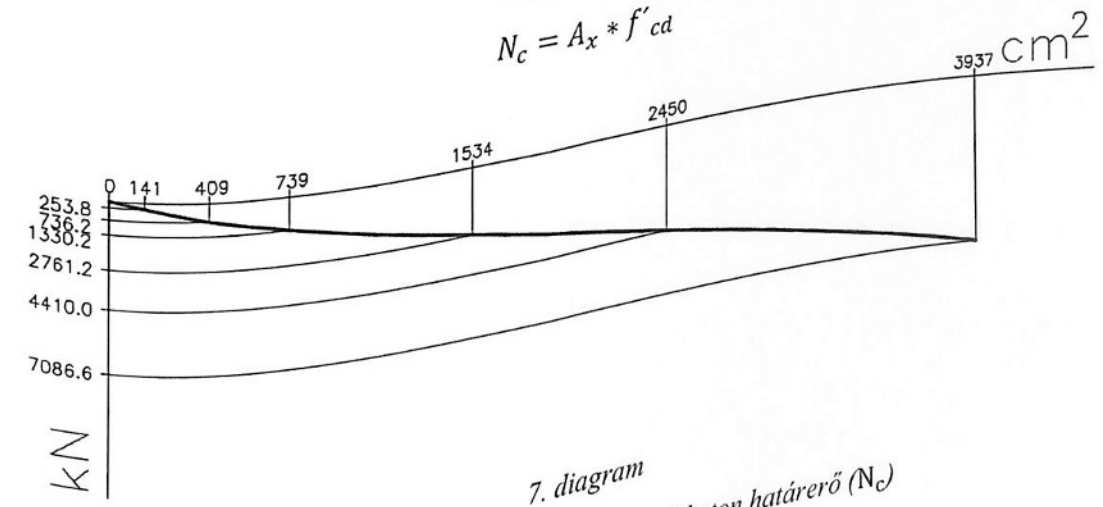
$A_{s2} = 760 \text{ mm}^2 (2x\phi_{25})$

Átlagos dolgozó magasság: $d_{\text{átlag}} = \frac{d_1 * A_{s1} + d_2 * A_{s2}}{A_{s1} + A_{s2}} = 889.3 \text{ mm}$

$$M_{Rd} \geq M_{Ed}$$

$$M_{Rd} = N_c * Z$$

$$N_c = A_x * f'_{cd}$$



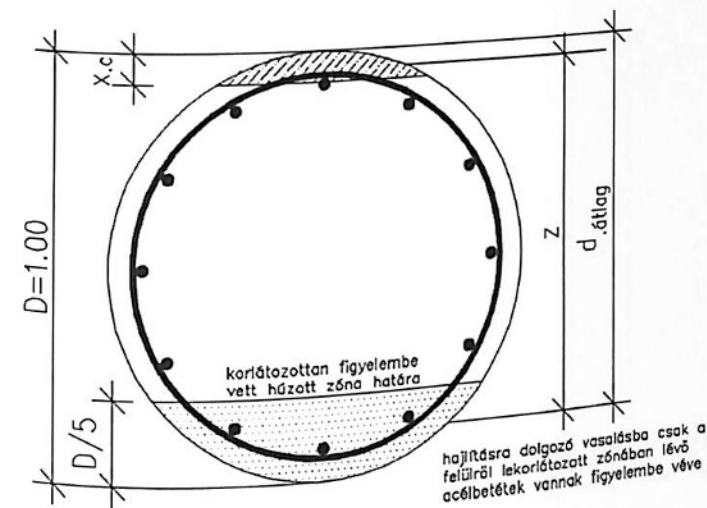
7. diagram

Nyomott betonkeresztmetszettől függő beton határerő (N_c)

$$N_s = A_s * f_{y,d} = 459.9 \text{ kN}$$

$$N_c = 459.9 \text{ kN} \rightarrow A_x = 252.9 \text{ cm}^2 \text{ (diagramból)}$$

$$z = 846.5 \text{ mm}$$



$$M_{Rd} = N_c * z = 389.30 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} > M_{Ed}$$

A korlátozottan figyelembe vett keresztmetszeti adatokkal is

MEGFELEL!

35. ábra

- 2. eset vizsgálata (34. ábra)

$$\text{dolgozó magasság: } d_1 = 91.1 \text{ cm}$$

$$d_2 = 80.0 \text{ cm}$$

$$\text{Vasmennyiségek: } A_{s1} = 760 \text{ mm}^2 (2x\phi_{25})$$

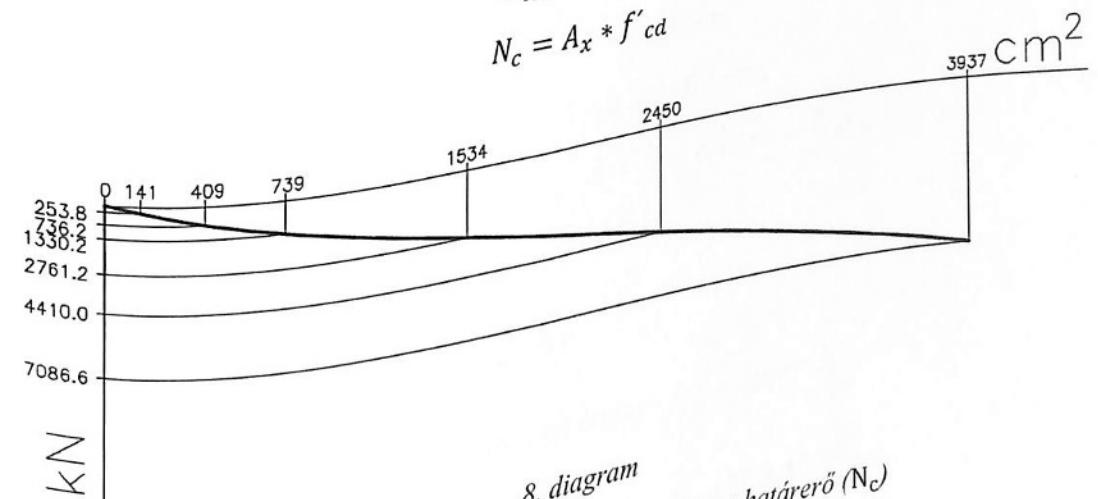
$$A_{s2} = 380 \text{ mm}^2 (2x0.5\phi_{25})$$

$$\text{Átlagos dolgozó magasság: } d_{\text{átlag}} = \frac{d_1 * A_{s1} + d_2 * A_{s2}}{A_{s1} + A_{s2}} = 874.0 \text{ mm}$$

$$M_{Rd} \geq M_{Ed}$$

$$M_{Rd} = N_c * z$$

$$N_c = A_x * f'_{cd}$$



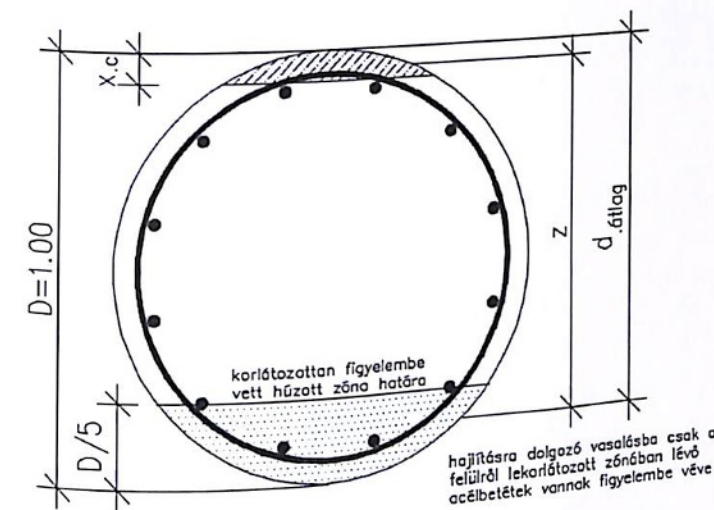
8. diagram

Nyomott betonkeresztmetszettől függő beton határerő (N_c)

$$N_s = A_s * f_{y,d} = 459.9 \text{ kN}$$

$$N_c = 459.9 \text{ kN} \rightarrow A_x = 252.9 \text{ cm}^2 \text{ (diagramból)}$$

$$z = 831.2 \text{ mm}$$



36. ábra

$$M_{Rd} = N_c \cdot z = 382.26 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} > M_{Ed}$$

A korlátozottan figyelembe vett keresztmetszeti adatokkal is

MEGFELEL!

4.6 Cölöpösszefogó lemez vasalása

4.6.1 Statikai váz

A statikai váz lemezszerkezetként lett kialakítva a kiindulási geometriai méretek figyelembevételével. A lemezszerkezet modelljét lásd: [Modell felépítése](#) fejezetben.

4.6.2 Vasalási paraméterek

alkalmazott acélbetét átmérő:

$$\phi = 25 \text{ mm}$$

acélbetét keresztmetszeti területe (1db)

$$A_\phi = 490.87 \text{ mm}^2$$

Szerkezeti magasság

$$h = 120 \text{ cm}$$

betonfedés

$$c_{nom} = 60 \text{ mm}$$

dolgozó magasság

$$d = h - c_{nom} - \frac{\phi}{2} = 112.7 \text{ mm}$$

4.6.3 Anyagminőségek

[Kiindulási adatok](#) [Anyagminőségek](#) szerint.

beton nyomószilárdság szilárdság tervezési értéke: $f_{c,d} = 20.0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

$$f_{c,t,d} = 1.40 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

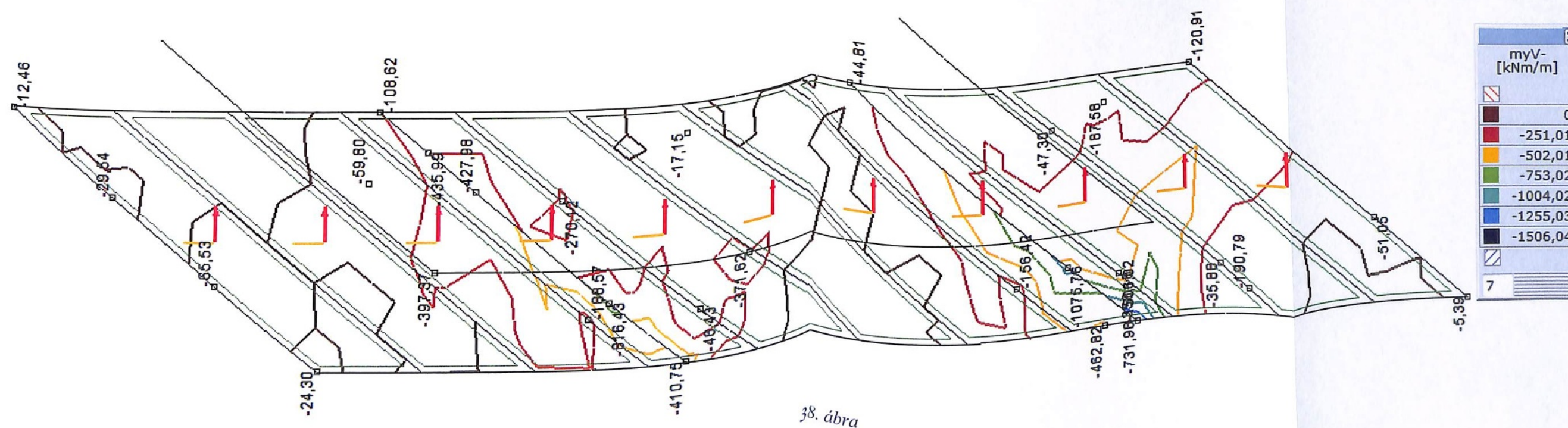
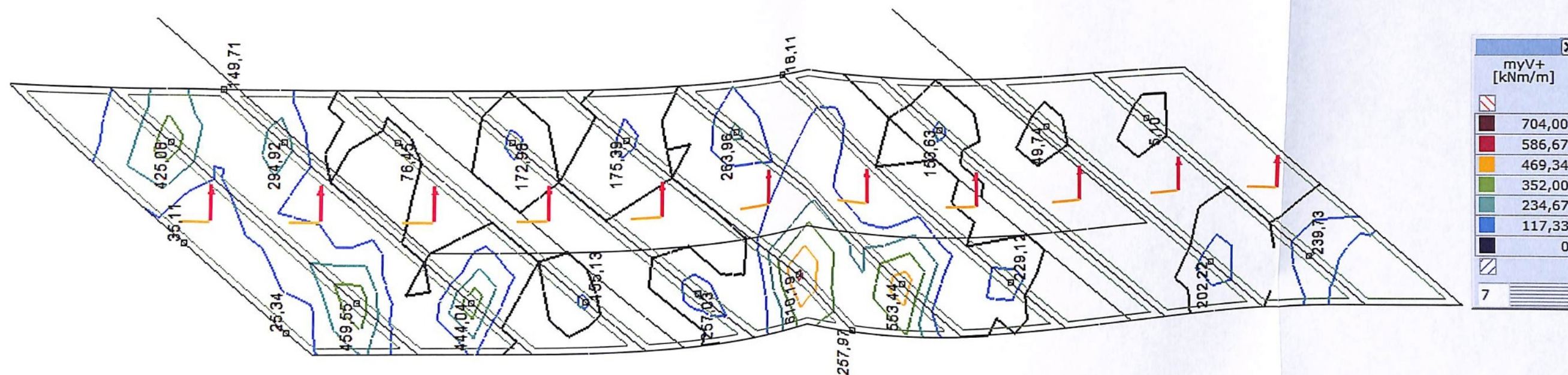
beton húzószilárdságának tervezési értéke

$$f_{y,d} = f_{y,w,d} = 435 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

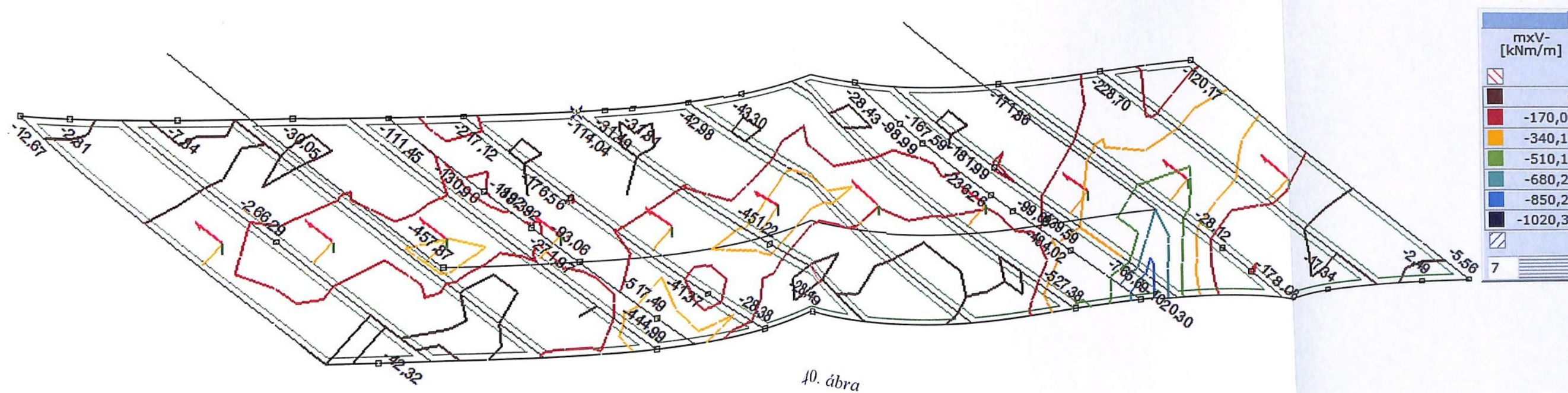
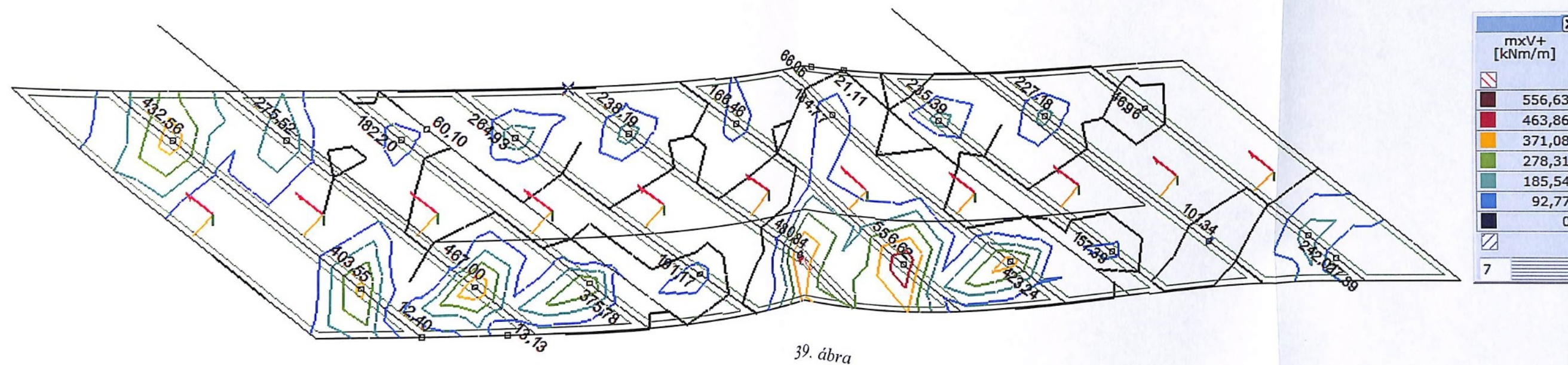
betonacél szilárdság tervezési értéke:

4.6.4 Igénybevételek

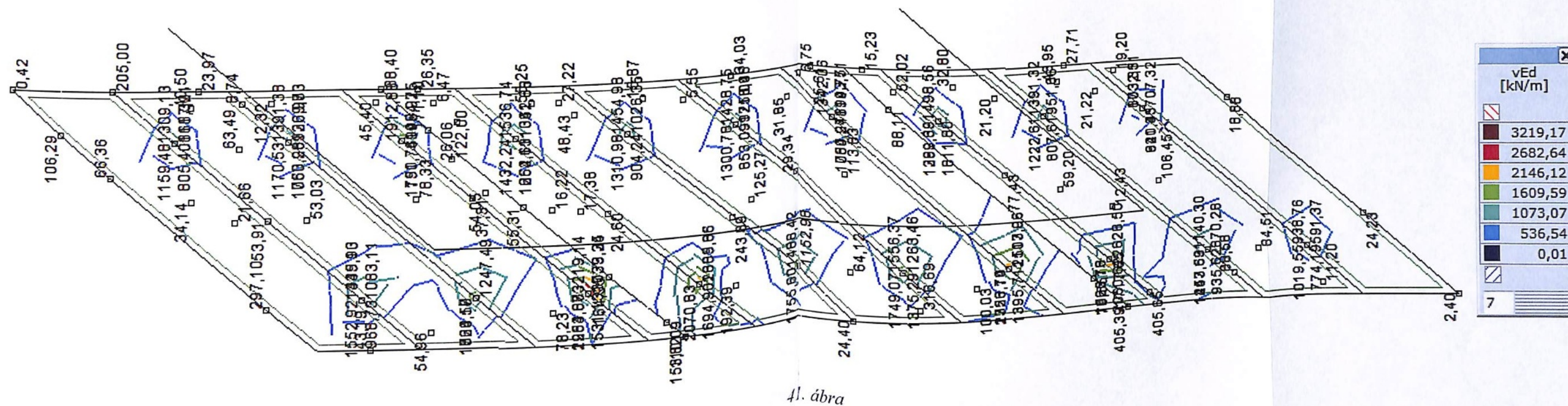
4.6.4.1 Vasalási nyomtérkök (hosszirányban: lokális y tengely)



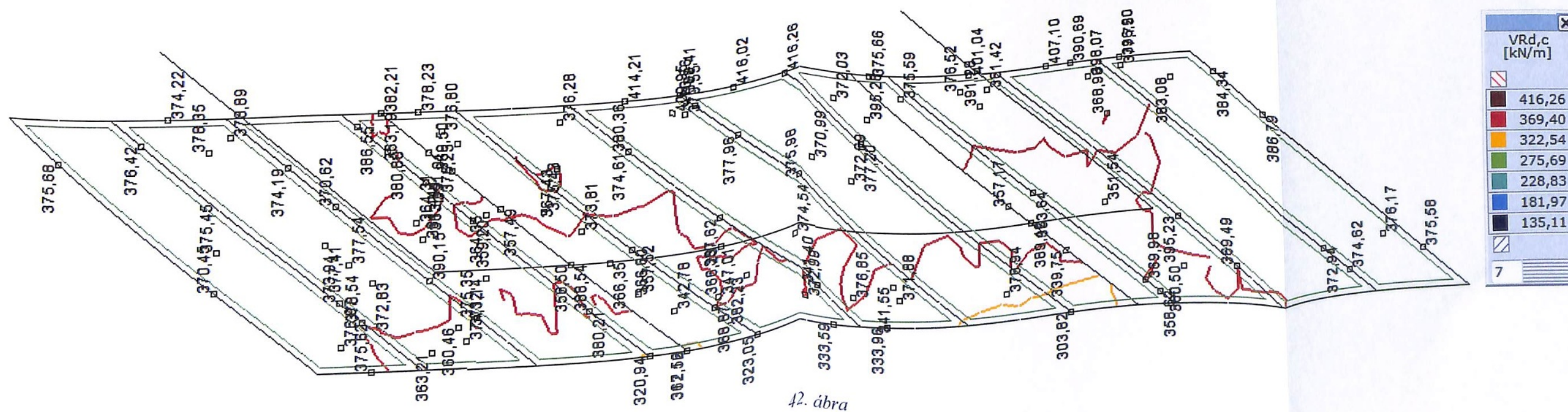
4.6.4.2 Vasalási nyomtérkép (keresztirány: transzponált lokális x tengely)



4.6.4.3 Fajlagos nyíróerő



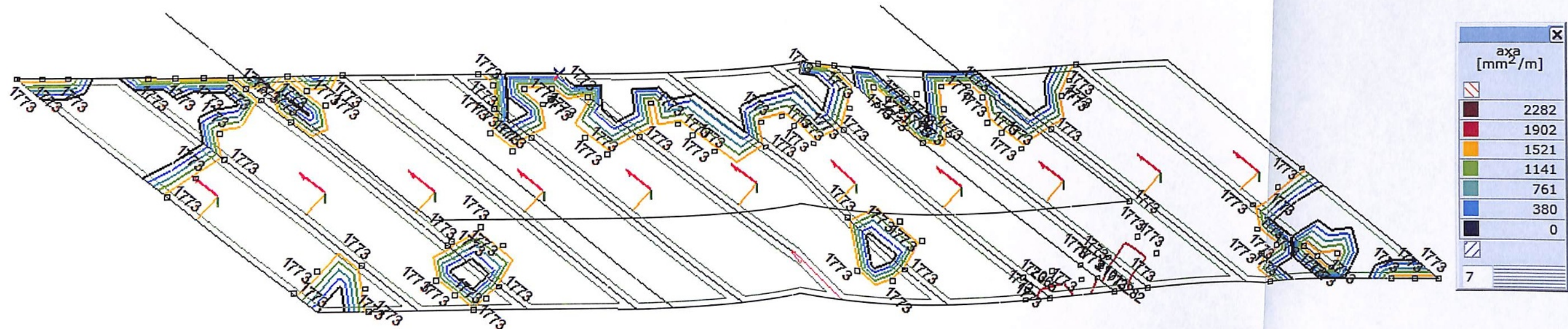
4.6.4.4 Beton fajlagos nyírás ellenállása



4.6.5 Alapháló meghatározása

A lemez szükséges hajlítási vasalása AxisVM12 programrendszer által került meghatározásra, minimális vasmennyiség és a már közölt vasalási paraméterek alapján.

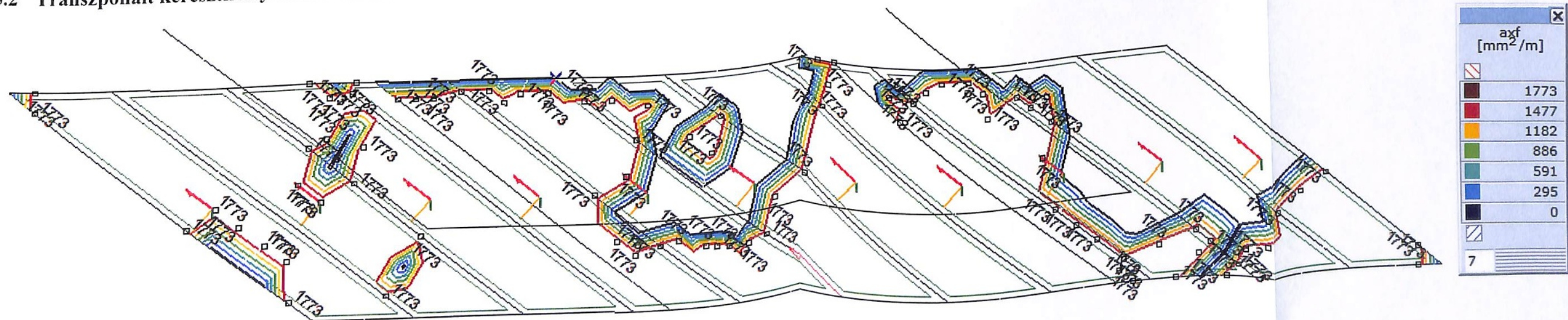
4.6.5.1 Transzponált keresztirányú alsó vasalás



43. ábra

Minimálisan alkalmazandó vasalás $2282 \text{ mm}^2/\text{m}$. Az alaphálóként: $\phi 25/20$ ($2454 \text{ mm}^2/\text{m}$) javasolt.

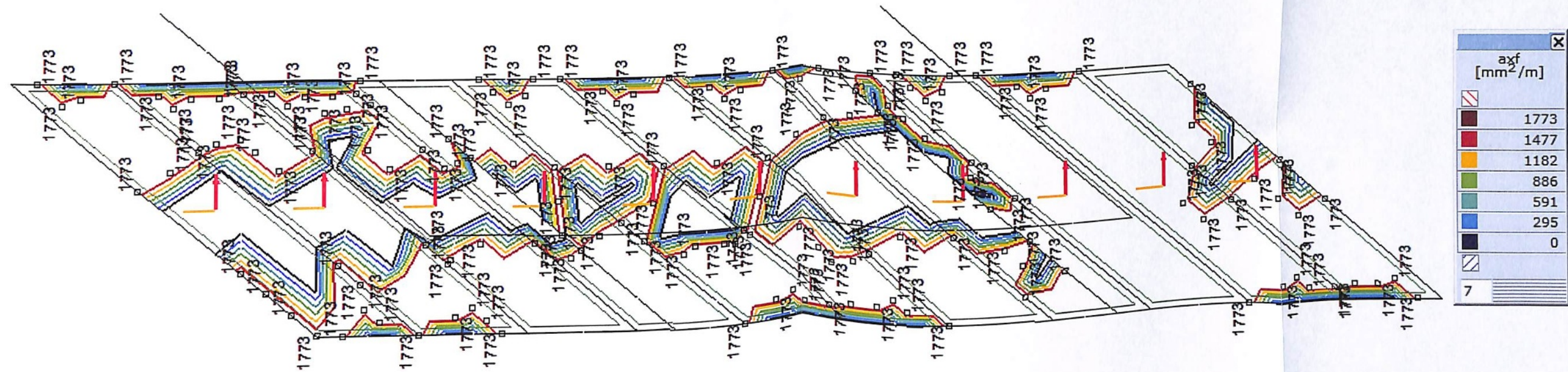
4.6.5.2 Transzponált keresztirányú felső vasalás



44. ábra

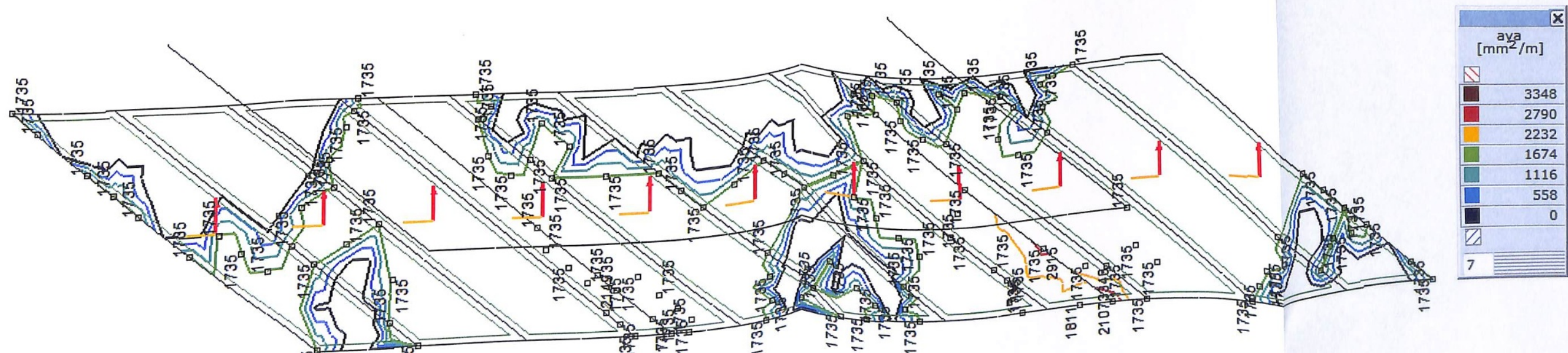
Minimálisan alkalmazandó vasalás $1773 \text{ mm}^2/\text{m}$. Az alaphálóként, ennek $\sim 135\%$ -a, $\phi 25/20$ ($2454 \text{ mm}^2/\text{m}$) javasolt.

4.6.5.3 Hosszirányú felső vasalás

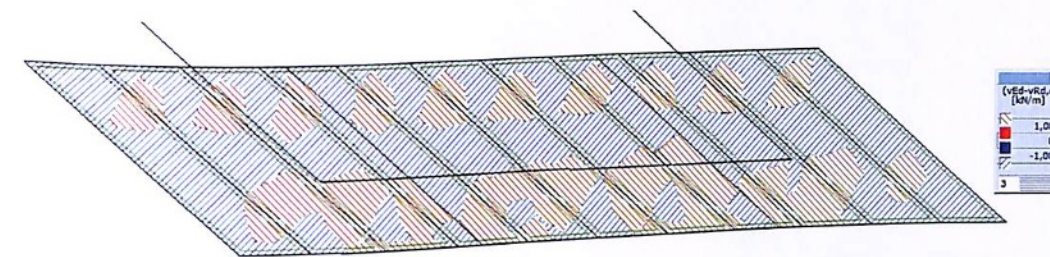


Minimálisan alkalmazandó vasalás $1773 \text{ mm}^2/\text{m}$. Az alapháló ennek $\sim 135\%$ -a, $\phi 25/20$ ($2454 \text{ mm}^2/\text{m}$) kerül kialakításra.

4.6.5.4 Hosszirányú alsó vasalás

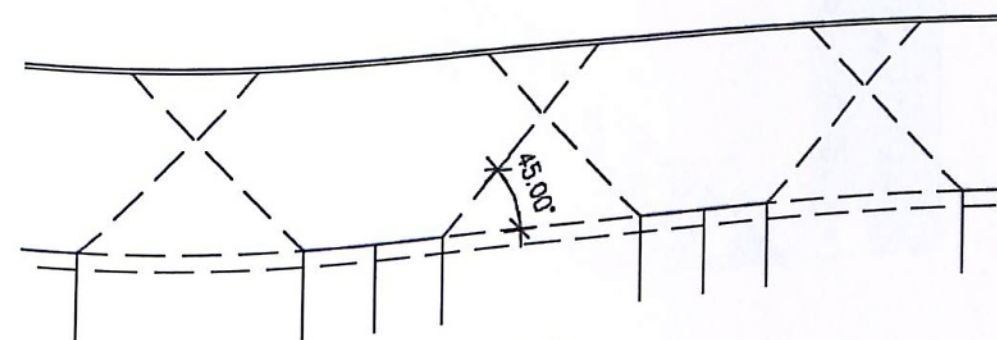


4.6.6 Nyírási vasalás meghatározása



47. ábra

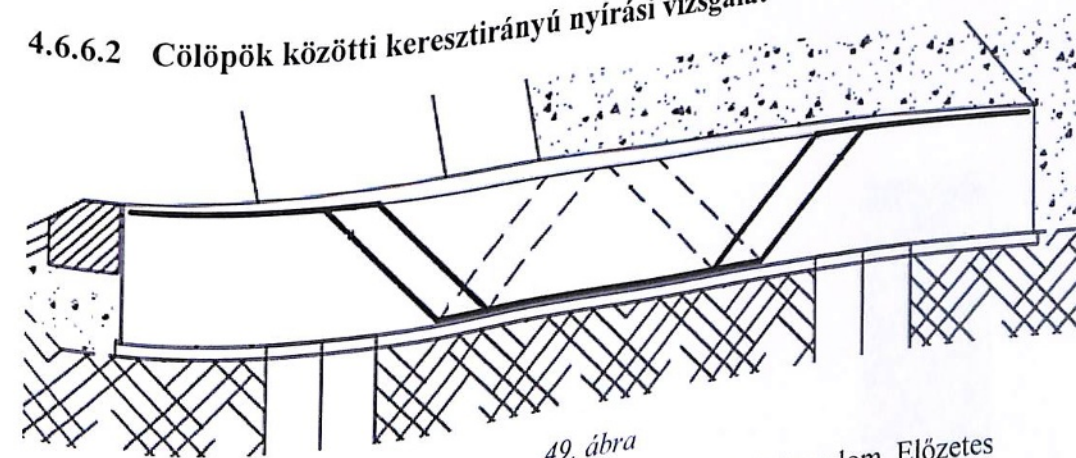
4.6.6.1 Cölöprács hosszirányú nyírásvizsgálata



48. ábra

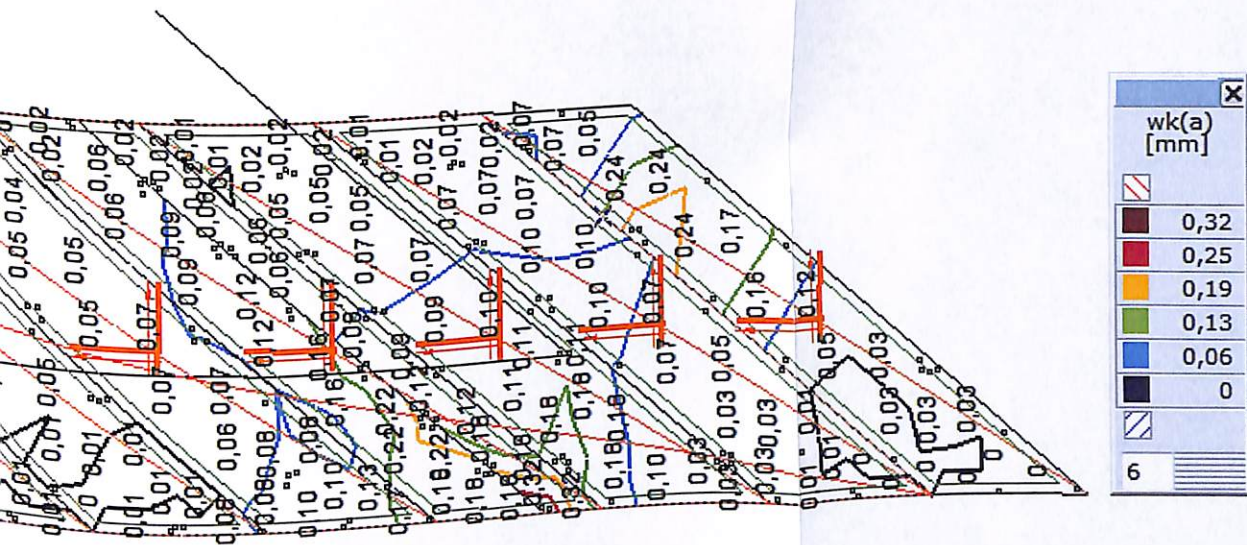
A cölöpök közötti nyírási igénybevételek közvetlen teherátadás miatt leépülnek. Nyírási vasalás nem szükséges.

4.6.6.2 Cölöpök közötti keresztirányú nyírási vizsgálat



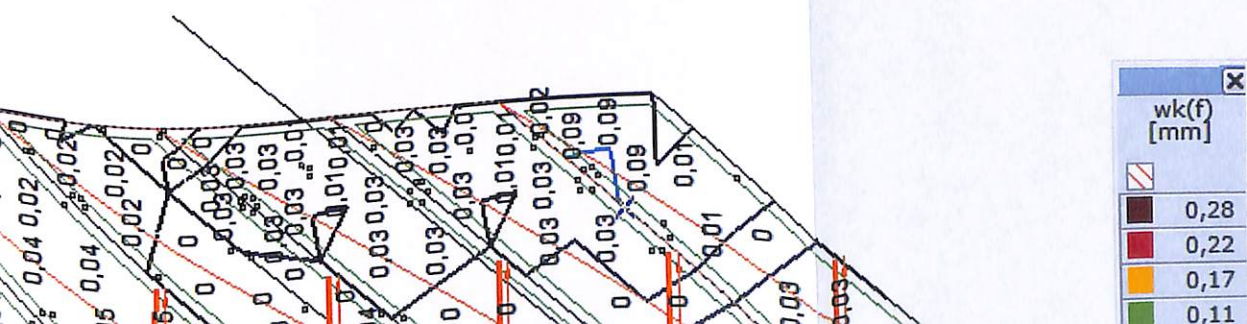
49. ábra

A szükséges helyeken (47. ábra), ferde vasalás alkalmazását javaslom. Előzetes vizsgálatok alapján a ferde vasalás hatástávolsága elegendő a szükséges felületek lefedéséhez (47. ábra).



0. ábra

asság a repedés gátló háló acélbetét tengelyében: $w.a=0.32\text{mm}$ → a repesztágasság a fővasalás tengelyében



Tartalmi összefoglaló

A szakdolgozat a CFA cölöpös mélyalapozás jelenlegi, és a közelmúltban Magyarországon alkalmazott szabványok szerinti egyedi cölöpteherbírás számításai módszereibe nyújt bepillantást, a különböző módszerek által nyert egyedi cölöpteherbírások közötti eltérés vizsgálatával. Feldolgozásra került az Eurocode 7 és Szepesházi Róbert CPT alapú, egyedi cölöpteherbírás számításához kidolgozott módszere, illetve a „rég Magyar Szabvány” (MSZ) vonatkozó eljárása is.

Továbbá a Szeged –Röszke között vasúti pálya felújítása során, a meglévő 32+37 hm szelvényben található 5. út vasúti felüljáró, új öszvérszerkezetű híd „B” hídfőjének CFA cölöpalapozásának erőtani tervezése készült. A hídfőt 20 db egyenként 14.80 m hosszú jellemzően lebegő cölöp támasztja alá. A statikai és geotechnikai számítások, a helyszínen végzett CPT szondázás és talajfúrás adatai alapján készültek, a vonatkozó, 2015 évben hatályos Eurocode és annak nemzeti mellékleteinek útmutatásai alapján. A számítások mellé geotechnikai és statikai kiviteli tervdokumentáció készült, a hídfő környezetének talajrétegződéseiről és a talajokból eredő terhelések eloszlásáról, illetve a cölöpek vasalásáról.

Köszönetnyilvánítás

Fogadják köszönetem, szakdolgozatom elkészítésében való közreműködésükért, türelmükért és szakmai segítségükért, konzulenseim:

dr. Horváth-Kálmán Eszter

dr. Tompai Zoltán

Továbbá, köszönet munkám megkönnyítésében szerepet játszó szakmai segítség nyújtásáért:

Firgi Tibor Tanár Úrnak

Kis Lászlónak

Szabó Balázs Tanár Úrnak

Köszönöm családom türelmét és segítségét, sikeremhez való hozzájárulását.
Nem utolsó sorban kollégáim megértését és munkám eredményességéhez való hozzájárulásukat.

Tervjegyzék

- A-01
- A-02
- G-01
- G-02
- St-01

Mellékletek

- GT-03-FM32+28 (fúrásszelvény)
- Fúrási jegyzőkönyv 32+28 (fúrási napló)
- CPT32+42 (CPT szondadiagram)
- CD – melléklet
 - Szakdolgozat: Hídő alapozásának tervezése, egyedi cölöpteherbírás számítási módszerek vizsgálata.docx/pdf
 - Tervdokumentáció (pdf): A-01, A-02, G-01, G-02, St-01, St-02
 - Digitális tervfájl: Diplomaterv_KovácsAttila(SH7V20)_2015.dwg
 - GT-03-FM32+28 (fúrásszelvény[pdf])
 - Fúrási jegyzőkönyv 32+28 (fúrási napló[pdf])
 - CPT32+42 (CPT szondadiagram[pdf])
 - CPT32_47 (CPT szonda mérési adatsor, Excel táblázat)
 - AxisVM12 számítási fájlok: Hídő(B)_1.axs; Hídő(B)_1.axe; Hídő(B)_2_transzponált.axs; Hídő(B)_2_transzponált.axe; Hídő(B)_3_vízszintes.axs; Hídő(B)_3_vízszintes.axe; cölöp méretezése.axs; cölöp méretezése.axe
 - Excel számítások: Földnyomás számítás.xlsx; Vaskimutató cölöp.xlsx; külpontosság.xlsx; cölöpteherbírás összehasonlító táblázat.xlsx; thau_interpolációs táblázat.xlsx, cölöphossz becslése.xlsx; kritikus mélység.xlsx
 - Szakdolgozat védés (összefoglaló): Szakdolgozat- Geotechnika szakirány(Kovács_Atila_SH7V20_2015).pptx

Ábrajegyzék

1. ábra- Cölöpök teherviselési módjai.....	8
2. ábra- CPT cölöp kivitelezési folyamata.....	8
3. ábra- Sematikus cölöp csoport ábra.....	9
4. ábra- CPT szonda mérési adatsorának szemléltető példája.....	10
5. ábra- CPT szonda mérőfejének ábrája.....	10
6. ábra- DA-2*.....	12
7. ábra- Szondacsúcs ellenállások értelmezése az MSZ ENV 1997-3:2000 B4 Melléklet szerint.....	15
8. ábra-Feszültségek alakulásának sematikus ábrája a cölöp környezetében.....	15
9. ábra- Feszültségek alakulása a cölöp csúcs környezetében Skempton alapján.....	17
10. ábra.....	20
11. ábra.....	21
12. ábra- Egyedi cölöp terhek.....	22
13. ábra- Egyedi cölöphossz becslésének szemléltető ábrája.....	24
14. ábra- Hidfőmodell (1).....	43
15. ábra- Hidfőmodell (2).....	43
16. ábra- Cölöpösszefogó lemez modell (1).....	43
17. ábra- Cölöpösszefogó lemez modell (2).....	43
18. ábra- Merev test kapcsolata a cölöpösszefogó lemezzel.....	44
19. ábra- Cölöptest szakaszos felosztása az ágyazási tényezők eloszlásának figyelembe vételével.....	44
20. ábra- A háttöltés nyugalmi földnyomásának eloszlása.....	44
21. ábra- A háttöltés aktív földnyomásának eloszlása a hidfőfalon.....	44
22. ábra- Saruteher elhelyezkedése.....	47
23. ábra- Vízzintes acióerők az egyedi cölöpökre vonatkoztatva.....	50
24. ábra- Egyedi cölöp terhek ULS teherkombinációból.....	51
25. ábra- Egyedi cölöp terhek üzemi teherkombinációból.....	51
26. ábra- Eredő erő kiépítettségének meghatározása.....	51
27. ábra- Cölöp csúcs alakját figyelembe vevő tényezők diagramjai az MSZ ENV 1997-3:2000 B4. Melléklete alapján.....	56
28. ábra- Cölöp csoport süllyedésénél figyelembe vehető geometria.....	60
29. ábra- Hidfő vízszintes eltolódása.....	63
30. ábra- Egyedi cölöp igénybevételei.....	64
31. ábra- Egyedi cölöp hosszvasalásának sematikus ábrája.....	66
32. ábra- Cölöp teherbírási felület diagramja.....	67
33. ábra- 34. ábra- Vasalás elhelyezésének esetei (1.eset)-(2.eset).....	68
35. ábra- Kialakuló nyomott és húzott zóna (1.eset).....	70
36. ábra- Kialakuló nyomott és húzott zóna (2.eset).....	71
37. ábra- Vasalási nyomaték: $m_y V^+$ (hosszirányban: lokális y tengely).....	72
38. ábra- Vasalási nyomaték: $m_y V^-$ (hosszirányban: lokális y tengely).....	72
39. ábra- Vasalási nyomaték: $m_x V^+$ (keresztirány: transzponált lokális x tengely).....	73
40. ábra- Vasalási nyomaték: $m_x V^-$ (keresztirány: transzponált lokális x tengely).....	73
41. ábra- Fajlagos nyíróerő: v_{Ed}	74
42. ábra- Beton fajlagos nyírási ellenállása: $v_{Rd,c}$	74

43. ábra- Transzponált keresztirányú alsó vasalás: axa.....	75
44. ábra- Transzponált keresztirányú felső vasalás: axf.....	75
45. ábra- Hosszirányú felső vasalás: ayf.....	76
46. ábra- Hosszirányú alsó vasalás: aya.....	76
47. ábra- v.Ed, v.Rd.c különbsége.....	77
48. ábra- Cölöpsor hosszirányú nyírásvizsgálata.....	77
49. ábra- Javaslat keresztirányú nyíróvasalás elhelyezésére.....	77
50. ábra- Cölöpösszefogó lemez alsó repedéstágassága	78
51. ábra- Cölöpösszefogó lemez felső repedéstágassága	78

Diagramjegyzék

1. diagram- Becsült cölöphossz/teherbírás diagram	25
2. diagram- Kritikus mélység/fajlagos csúcscellenállás diagram	26
3. diagram- Százalékos eloszlás a kihasználtság és a biztonsági csökkentések figyelembe vételével	39
4. diagram- Szabványok szerinti teherbírás és részteherbírások összehasonlítása.....	39
5. diagram- Egyedi cölöpsüllyedés diagramja	59
6. diagram- Nyomott zóna területének változása a cölöpkeresztmetszetben, a nyomott zóna magasságának változása következtében.....	69
7. diagram- Nyomott betonkeresztmetszettől függő beton nyomási határerő változása. 69	
8. diagram- Nyomott betonkeresztmetszettől függő beton nyomási határerő változása. 70	

Táblázatjegyzék

1. táblázat- A cölöptípust figyelembe vevő a tényezők	16
2. táblázat- Technológiai szorzók.....	17
3. táblázat- Altalaj tulajdonságok.....	21
4. táblázat- Egyedi teherkombinációk teheresetenként.....	23
5. táblázat- Egyedi cölöphossz becslése	25
6. táblázat- Egyedi cölöphossz alakulása.....	26
7. táblázat- Kritikus mélység alakulása.....	36
8. táblázat- Fajlagos köpenysűrűlőds interpolációs táblázata az MSZ 15005/2-1989 vonatkozó adatsora alapján.....	39
9. táblázat- Szabványok szerinti teherbírás összefoglaló táblázat	41
10. táblázat- Szabványok szerinti teherbírás összefoglaló táblázat	46
11. táblázat- Altalaj tulajdonságok.....	49
12. táblázat- Földnyomások számítása a „B” hidfőre	52
13. táblázat- Teherkombinációk	52
14. táblázat- „x” irányú külpontosság a B rasztertől.....	52
15. táblázat- „y” irányú külpontosság az „X” tengelytől	60
16. táblázat- Süllyedési tényezők táblázata	62
17. táblázat- Süllyedési tényezők táblázata	67
18. táblázat- Süllyedési tényezők ellenőrzése (1.eset)	67
19. táblázat- Cölöpteherbírás ellenőrzése (2.eset)	67

Felhasznált programok

- AxisVM12 (Inter-CAD Kft.)
- Ms Office 2013 programrendszer (Microsoft Corporation)
- AutoCad 2015 (Autodesk Inc.)

Irodalomjegyzék

Eurocode 0 - Tartószerkezetek tervezésének alapjai. MSZ EN-1990. Magyar Szabványügyi Testület, Budapest, 2005

Eurocode 1 – A tartószerkezeteket érő hatások. MSZ EN-1991-1: Általános hatások. Sűrűség, önsúly és az épületek hasznos terhei. Magyar Szabványügyi Testület, Budapest, 2005

Eurocode 2: Betonszerkezetek tervezése. MSZ EN-1992-1: Általános és az épületekre vonatkozó szabályok. Magyar Szabványügyi Testület, Budapest, 2010

Eurocode 2: Betonszerkezetek tervezése. MSZ EN-1992-2: Betonhidak. Tervezési és szerkesztési szabályok. Magyar Szabványügyi Testület, Budapest, 2009

Eurocode 7: Geotechnikai tervezés, MSZ EN-1997-1: Általános szabályok. Magyar Szabványügyi testület, Budapest, 2006

Eurocode 7: Geotechnikai tervezés. MSZ EN-1997-2: Tervezés laboratóriumi vizsgálatok alapján. Magyar Szabványügyi Testület, Budapest, 2001

Eurocode 7: Geotechnikai tervezés. MSZ EN-1997-3: Tervezés terepi vizsgálatok alapján. Magyar Szabványügyi Testület, Budapest, 2000

Eurocode 7: Geotechnikai tervezés. MSZ EN-1997-3: Tervezés terepi vizsgálatok alapján B4. Melléklet: Magyar Szabványügyi Testület, Budapest, 2000

MSZ 15005/1-1989- Alapozások tervezése- Cölöpalapozás tervezési előírásai. Országos Szabvány. Magyar Szabványügyi Hivatal, Budapest, 1990

MSZ 15005/2-1989- Alapozások tervezése- A cölöpalapozás erőtan tervezésének becslési módszerei. Műszaki irányelv. Magyar Szabványügyi Hivatal, Budapest, 1990

Dr. Szepesházi Róbert: A cölöpök törőerejének számítási lehetőségei: PhD-kutatószeminárium, Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Kar, Mikoviny Sámuel Doktori Iskola, Miskolc, 2007

Doktori (PHD) értekezés: dr. Szepesházi Róbert, Cölöpalapok méretezése az Eurocode 7 követelményei szerint, Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Kar, Környezetgazdálkodási Intézet, Hidrogeológiai- Mérnökgeológiai Intézeti Tanszék, Miskolc, 2011

Szepesházi Róbert: Geotechnikai tervezés az Eurocode 7 és a kapcsolódó geotechnikai szabványok szerint, Magyar Mérnök Kamara, Budapest, 2011

Szepesházi Róbert: Geotechnikai Tervezés, Tervezés az Eurocode 7 és a kapcsolódó európai geotechnikai szabványok alapján. Business Media Magyarország Kft. Budapest, 2008

Szép János- Murinkó Gergő- Szepesházi Róbert: Hídálépítmények modellezése, Széchenyi István Egyetem, Győr 2009

Szepesházi Róbert: Geotechnika Példatár 2. Széchenyi István Műszaki Főiskola, Építési Intézet, Tankönyvkiadó, Budapest, 1992

Magyar Mérnöki Kamara Geotechnikai Tagozat és a Magyar Mérnöki Kamara Tartószerkezeti Tagozat: Alapozások és földmegtámasztó szerkezetek tervezése az EN 1997 szerint. Mérnöki Kamara Nonprofit Kft. Budapest, 2012

Dr. Szepesházi Róbert: Cölöpök CPT-alapú méretezése az Eurocode 7 követelményei szerint. Vasbetonépítés (folyóirat), 3. szám, 2011

DKMT Duna- Körös- Maros- Tisza Eurorégiós Fejlesztési Ügynökség Nonprofit Közhasznú Kft, K03.2-E-001-32+37-5.sz út- Talajvizsgálati jelentés-2014.10.23