Nyírbátori COLOPLAST Ipari Park üzemcsarnok alapozási terve

(szakdolgozat)

Készítette: Mészáros Attila
Belső konzulens: Firgi Tibor
Külső Konzulens: Petik Csaba

2018

SZENT ISTVÁN EGYETEM

Dr.Dombay Gábor PhD
intézetigazgató, főiskolai tanár

YBL

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

Mészáros Attila
[redacted]

Nappali Építőmérnök szakos
hallgató részére

A feladat címe:	Nyírbátori Coloplast Ipari Park üzemcsarnok alapozási terve
Belső konzulens:	Firgi Tibor mestertanár
Külső konzulens:	Petik Csaba geotechnikai tervező, Petik és Társai Mérnöki Szolgáltató Kft.

A szakdolgozat beadási határideje: 2015. június 05., péntek 12^{00}

Budapest, 2015. május 26.

Dr. Dombay Gábor
intézetigazgató

SZENT ISTVÁN EGYETEM

Dr.Dombay Gábor PhD.
intézetigazgató, főiskolai tanár

YBL

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

Mészáros Attila

Nappali Építőmérnök
hallgató részére

Nyírbátori COLOPLAST Ipari Park üzemcsarnok alapozási terve

RÉSZLETES FELADATKIÍRÁS

Tervezze meg a címben szereplő épület alapozását Vizsgáljon meg különböző megoldásokat, válasszon ki egy optimális megoldást, és azt dolgozza ki kiviteli terv szinten. Dolgozza fel a témakör szakirodalmát. Értelmezze és elemezze a kapott alapadatokat. A számítást végezze el közelítő módszerrel és gépi megoldással is. Készítse el a Műszaki leírást és a szükséges műszaki rajzokat.

Budapest, 2018. május

Firgi Tibor
belső konzulens

Tartalomjegyzék

1 Szakdolgozat tárgya, előzmények 4
2 Síkalapozás 5
2.1 Síkalapok általánosságban 5
2.2 A síkalapok típusai 5
2.3 Az síkalapok alkalmazásának elvei 7
2.4 Mélyített síkalap 8
3 Mélyalapozás 9
3.1 Résfalas alapozás 9
3.1 ábra: Folyamatos résfal készítése 10
3.2 Kút- és szekrényalapok 10
3.2.1 Kútalap 10
3.2.2 Szekrényalap 10
3.3 Cölöpalapok 11
3.3.1 A cölöpalapok alkalmazási köre 11
3.3.2 A cölöpök statikai szerepe, igénybevétele 12
3.3.3 A cölöpök fizikai jellemzői, osztályozásuk 13
3.3.4 Cölöpözési technológiák 15
3.3.5 A talajhelyettesítéssel készülő cölöpök technológiája 15
3.4 Cölöpök méretezése 18
3.4.1 Méretezés Ferrandoni módszerrel 19
3.4.2 Méretezés hiperbolikus közelítéssel 19
3.4.3 Méretezés Caquot-Kérisel képlet alapján 19
3.5 Süllyedések igazolása 20
3.5.1 Egyedi cölöp süllyedése 20
3.5.2 Cölöpcsoport süllyedése 20
4 Meglévő adatok, állapot 21
4.1 Geológiai állapot 21
4.2 Talajmechanikai állapot 27
4.3 Talajvízviszonyok 31
4.4 Jelenlegi beépítési állapot 33
5 Tervezési feladat ismertetése 33
5.1 Kiindulási adatok 34
5.2 Tervezési alapadatok 34
5.3 Geotechnikai kategória 34

6 Választott cölöpözési technológia ismertetése 34
7 Eredmények bemutatása 36
7.1 Megoldás mélyített síkalappal (pilléralap) 36
7.2 Megoldás Mélyalapozással 44
7.2.1 A cölöpök határteherbírásának meghatározása Ferrandon-módszerrel 44
7.2.2 A cölöpök méretezése Caquot-Kérisel-módszerrel 47
7.2.3 GEO5 eredmények, cölöpcsoportra: 49
8 Összefoglalás 53
9 Műszaki leírás 53
9.1 Biztonságtechnikai leírás 53
9.2 Környezetvédelem 54
9.3 A kivitelezésre vonatkozó általános szabályok 54
10 Felhasznált Irodalom 55

1 Szakdolgozat tárgya, előzmények

A Szent István Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Karán, építőmérnöki szakon geotechnika szakirányon vagyok végzős hallgató. Szakdolgozatomat a Geotechnikai szakcsoport írta ki. Belső konzulensem Firgi Tibor Mestertanár (SZIE, Ybl Miklós Építéstudományi Kar), külső konzulensem Petik Csaba okleveles építőmérnök, ügyvezető (Petik Mérnöki Szolgáltató Kft).

A diplomamunkám célja bemutatni a Nyírbátori COLOPLAST csarnok alapozási lehetőségeit a rendelkezésre álló technológiák segítségével. Ezután az adottságoknak megfelelő alapozási módszert kiválasztva - közben azt részletesen bemutatva – a műtárgy megtervezése.

A kiindulási adatokat, kapcsolodó anyagokat a külső konzulensem bocsájtotta a rendelkezésemre.

A szakdolgozatomban bemutatom a talajadottságokat, végeztem számításokat síkalappal való megoldásra, majd végül cölöpalapozással oldottam meg a feladatot. Elkészítettem a szükséges leirásokat illetve a cölöpcsoport és a cölöpcsoport fejtömbjeinek vasalását.

A tervezés az Eurocode 7, valamint az európai geotechnikai szabványok alapján készült.

A terv elkészítéséhez megkaptam a :

- területhez tartozó talajmechanikai szakvéleményt
- a területhez tartozó rétegszelvényeket és talajfizikai jellemzőket
- az épület alapterheit (AutoCAD ill. Axis formátumban)
- dinamikus szondázás eredményeit
- CPT szondázás eredményeit

2 Síkalapozás

2.1 Síkalapok általánosságban

Az építmények terheit - hacsak lehetséges - síkalapokkal hárítjuk az altalajra, mert általában olcsóbbak, könnyebben elkészíthetők, mint a cölöpöalapok.

Mivel a sík-, ill. a mélyalapok tervezése általában más elvek és előírások alapján történik, fontos, hogy a sík- és a mélyalapokat egymástól egyértelműen megkülönböztessük, fogalmukat egymáshoz viszonyítva tisztázzuk. Három tényezőt emelhetünk ki:

- a síkalapok esetében a teherátadás az alap alsó síkján, az alapsíkon történik, s általában a felszínhez, illetve az építmény legalsó szintjéhez közeli talajrétegre,
- a síkalap függőleges méretét (vastagságát) ezért általában nem a talajrétegződés szabja meg, hanem az, hogy az alap szerkezet képes legyen elviselni a rájutó igénybevételeket,
- a síkalapokat általában úgy építik, hogy a talajt az alapsíkig kiemelik, és onnan felfelé készítik el (szokványos beton, vagy vasbeton szerkezetként) az alaptesteket.

(Szepesházi Róbert (2001): Geotechnika)

2.2 A síkalapok típusai

A síkalapok pontszerű, vonalas, illetve felületi jellegű szerkezetek. Típusukat alapvetően az alapozandó szerkezet geometriája és mozgástűrése határozza meg.

Sávalapokat falszerkezetek alá készítünk (2.1. ábra). Régebben gyakori volt, hogy mint a falat - téglából falazták, ma már mindig beton, ritkán vasbeton. Keresztmetszete téglalap vagy trapéz, attól függően, hogy a zsaluzás- és a betonköltségek, ill. a határidők melyik változatot teszik gazdaságosabbá.

Talpalapot tervezünk az első lépésben a pillérek alá (2.2. ábra). Többnyire vasbetonból készül, keresztmetszete téglalap vagy trapéz. Néha előregyártják, s az ún. kehelyalapba be is fogható a pillér, de kialakítható a kettő közt csuklós kapcsolat is. A magasabb vezetékoszlopokat - mert nyomaték is hat rájuk - le is kell horgonyozni az alapba.

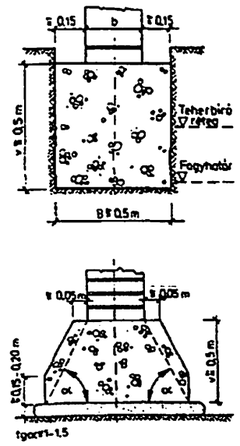
Ha a külön lealapozott pillérek süllyedéskülönbsége egyirányban megengedhetetlenül nagy lenne, akkor szalag- (gerenda-) alapra állítjuk őket (2.3. ábra). Ez mindig

vasbetonból készül, mert hajlító igénybevételt kap. Ha mindkét irányban csökkenteni kell a süllyedéskülönbségeket, akkor gerendarácsra (2.4. ábra) állítjuk őket.

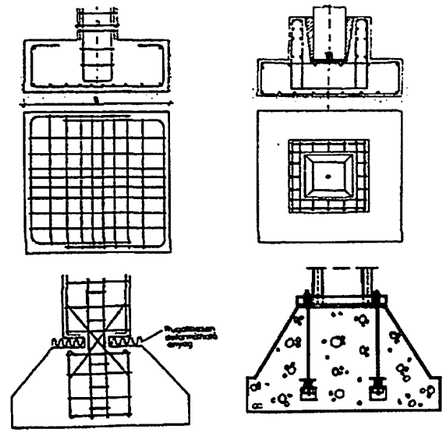
Rács helyett, ha közeik már kicsik lennének, érdemes vb. lemezalapot választani (2.5. ábra), de főleg akkor, ha víznyomás elleni szigetelés is kell. Egy vastagabb lemez már jelentős merevséget biztosít, de esetleg tovább erősítheti bordás lemezként (2.6. ábra). Még tovább csökkenthetők a süllyedéskülönbségek a dobozalapokkal, amelyek tulajdonképpen szekrénytartók (2.7. ábra).

A tornyok alá jobbára köralap (2.8. ábra) kerül, mely gyakran gyűrű (2.9. ábra) lesz. Néha próbálkoznak héjalappal is (2.10. ábra), de munkaigénye és szigorú geometriai követelményei miatt - anyagtakarékossága ellenére is – általában drágának bizonyul.

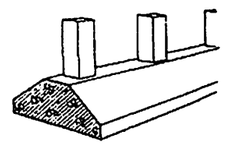
(Szepesházi Róbert (2001): Geotechnika)



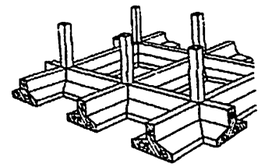
2.1. ábra. Sávalapok.



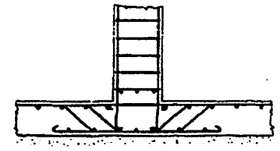
2.2. ábra. Pilléralapok.



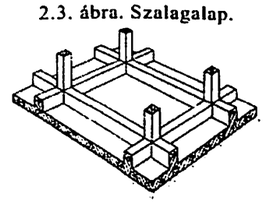
2.3. ábra. Szalagalap.



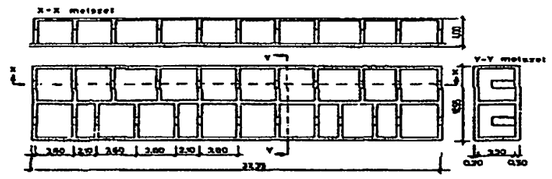
2.4. Gerendarács alap.



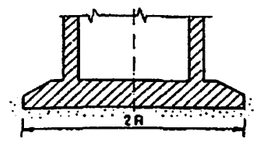
2.5. Lemezalap.



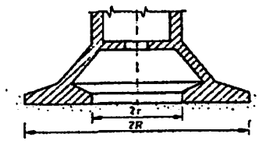
2.6. ábra. Bordás lemez.



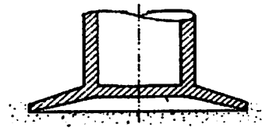
2.7. ábra. Dobozalap.



2.8. Köralap.



2.9. Körgyűrű-alap.



2.10. Héjalap.

2.3 Az síkalapok alkalmazásának elvei

Tervezésükkor, alkalmazásukkor a következő szempontokat kell figyelembe venni:

- az alapozandó építmény jellemzői: méret, elrendezés, szerkezet, szigetelés, rendeltetés, terhelés, speciális tulajdonságok,
- az építési helyszín adottságai: domborzat, természeti elemek, növényzet, beépítettség, megközelíthetőség, korlátozások,
- a talaj- és talajvízviszonyok: teherbíró réteg mélysége, talajvíz szintje, szerves, feltöltött, duzzadó, roskadó talajok,

- építési körülmények: határidő, időjárás, technológia, helyszíni munka-előregyártás, gépesítés-élőmunka, anyag, energia, gazdaságosság, egyeztetések.

Amint a bevezetőben említettük, általában a síkalapot kell előnyben részesíteni, ha a követelményei teljesíthetők. Kizáró ok lehet viszont, ha:

- a teherbíró réteg túlzottan mélyen van;
- vízfolyásoknál fennáll az aláüregelődés veszélye;
- a talajvíz szintje nagyon magasan van, s ezért csak drágán csökkenthető az építés alatt.

Bizonyos konkrét esetekben speciális szempontok esetleg még akkor is gazdaságosabbá tehetik a mélyalapokat, ha e kizáró okok nem állnak fenn.

A síkalapnak - mint más szerkezetnek is - a következő követelményeket kell teljesítenie:

- műszakilag alkalmas, tehát statikailag megfelelő és kivitelezhető legyen,
- gazdaságos legyen aktuálisan, az építési költségeket illetően és tartósan az építmény egész élettartamát tekintve is,
- környezetbarát legyen, az élő és az élettelen környezet kölcsönhatásai mind építés közben, mind a használat során elfogadhatók legyenek.

(Szepesházi Róbert (2001): Geotechnika)

2.4 Mélyített síkalap

Ha az alapok a szerkezetileg megkívánt minimum alapsíknál mélyebbre kerülnek. Tehát egy alápincézetlen épületet legfeljebb 2,5-3,0 m mélységben alapozunk.

3 Mélyalapozás

Amennyiben a terepszint közelében nincs megfelelő teherbírású talaj, illetve a síkalapozás nem megfelelő, akkor az építmény szerkezeti elemei és a mélyebben fekvő, kellő teherbírású altalaj közé közvetítő elemet építünk. Ez a mélyalapozás.

Fajtái:

- cölöpalapozás;
- résfalas alapozás;
- kút-és szekrényalapozás.

Vannak a sík-és a mélyalapok között "átmeneti" alapozások is, nehéz szabatosan kijelölni a csoportok határát (pl. markolt "tömb" alap).

Mélyalapot alkalmazunk, ha:

- a megbízható teherbíró réteg mélyen van;
- magas talajvíz miatt a síkalap költségesebb;
- síkalap esetén kimosás, kiüregelés veszélye áll fenn (pl. hidak);
- elcsúszási veszély állna fenn síkalapnál;
- meg nem engedhető süllyedések keletkeznének síkalap esetén,
- gazdaságosabb a síkalapnál.

3.1 Résfalas alapozás

A korszerű építési gyakorlat az 1960-as évektől használja a függőleges falú árokban, annak kibetonozása útján épülő résfalakat.

Az alaptestek az építmény teherhordó szerkezetének kontúrjával megegyező vonalazású résfal, vagy hosszabb - rövidebb réspillérek (a cölöpökhöz hasonlóan).

A réseléses technológia a tixotróp tulajdonságú bentonitos zagy (résiszap) függőleges falat megtámasztó, talajvizet kizáró hatásán alapul. Vagyis a talajba mélyített függőleges falú réseket bentonitos zaggyal töltik meg.

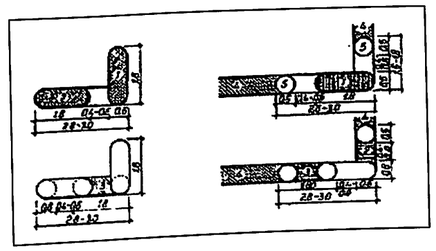
Réselés menete:

- résvezető gerenda készítése;
- réselés zaggyal való megtámasztás;
- vasszerelés elhelyezése;
- betonozás

Rések szélessége általában: 40-120 cm.

Egyszerre elkészített réspillér hossza: max. 8-10 m.

Készülhet folyamatos fal, de pillérszerű kialakítás is. A folyamatos résfalat is rövidebb szakaszokban építik:



3.1 ábra: Folyamatos résfal készítése

(Farkas József (2002): Alapozás)

3.2 Kút- és szekrényalapok

3.2.1 Kútalap

Nagyátmérőjű, rövid cölöphöz hasonlító, alul-felül nyitott körfal, amelynek belsejéből fokozatosan kiemelik a földet, s az a saját súlya alatt besüllyed az így kialakított üregbe. Alkalmazási köre hasonló a cölöpökéhez. Ha a teherbíró réteg 4-8 m mélységben van a térszín alatt (pl. kőzet), akkor versenyképes lehet a cölöppel. A végleges mélység elérésekor a talpat betondugóval zárják le.

3.2.2 Szekrényalap

Lényege azonos a kútalapéval, de míg a kutak pontonként támasztják alá az építményt, és a cölöprácshoz hasonló szerkezet fogja össze őket, addig a szekrény alaprajza azonos az építmény (pl. hídpillér) alaprajzával, így sokkal nagyobb. Benne merevítő-rekeszfalak vannak. Jól kotorható talajban 40-50 m mélységig levihetők. Roskadási tölcsér alakulhat ki a környezetükben.

Anyaguk:

- Általában vasbeton (a kút előregyártott elemekből (kútgyűrű) is készülhet):
- acél (agresszív víz esetén).

3.3 Cölöpalapok

Az elmúlt két évtizedben a cölöpalapok - a síkalapok rovására - előtérbe kerültek. Ennek több okát emelhetjük ki:

- mind gyakrabban kell olyan területeken építkezni, melyek mára éppen kedvezőtlen altalajuk miatt maradtak beépítetlenek,
- mind nagyobb terhelésű és süllyedésre érzékenyebb építményeket kell alapozni, melyek számára csak mélyebben található teherbíró réteg,
- a cölöpözés gépesítésének fejlődése növelte versenyképességét a síkalappal szemben.

A cölöpöknek a síkalapokhoz viszonyított definíciója a következőkben foglalható össze:

- terhüket a mélyebb talajrétegekre adják át éspedig a cölöp csúcsán és a köpenyén,
- függőleges méretüket a teherbíró réteg mélysége, a talajba való befogás szükséges hossza szabja meg, s általában H> 5.D jellemzi,
- készítésük általában valamilyen "célszerszámmal", felülről, a járósíkról lefelé irányuló "manipulációval" történik.

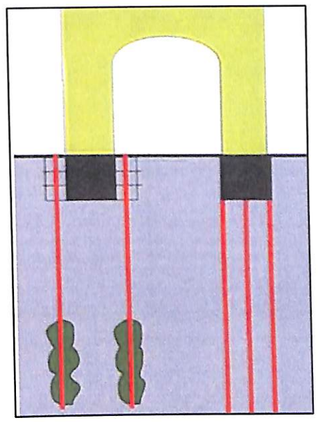
A cölöpök mellett más mélyalapok is vannak, így a kút, a szekrény és a résalapok. Az előbbi kettőt korábban gyakrabban, ma - a cölöpözés fejlődése miatt - egyre ritkábban alkalmazzák.

3.3.1 A cölöpalapok alkalmazási köre

A cölöpalapok alkalmazásának vizsgálatakor általában ugyanazokat a szempontokat, körülményeket kell vizsgálni, mint amelyeket a síkalapokat illetően vázoltunk. Egyes adottságoknak azonban nagyobb súlya lehet, pl. az építési terület megközelíthetősége, a kiszolgáló telep helyigénye itt meghatározóvá válhat.

A cölöpök funkciója, rendeltetése többféle lehet (3.2 ábra).

Az új építmény alapozási szerkezeteként alkalmazzuk természetesen a legtöbbször őket, ha az adott épület számára teherbíró réteg mélyebben van, fennáll a síkalap aláüregelődésének veszélye, magas talajvíz esetén a víztelenítés nehézségeket okozna, ill. megdrágítaná az építkezést, bizonyos okok (leggyakrabban a sürgető határidő) miatt előnyösebb a síkalapnál.



3.2 ábra: Cölöpök alkalmazási lehetőségei

Régi épület megerősítésére is használjuk őket, ha károsodott épület alapozását kell megerősítenünk, ha annyira növeljük egy épület terhelését, hogy már az alapok teherbírásának növelése is szükségessé válik.

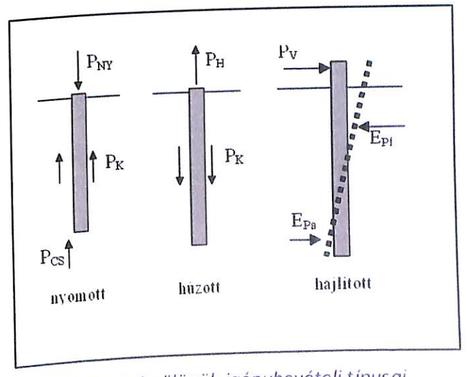
Ezekben az esetekben a terheket mélyebb rétegekre hárítjuk át a régi síkalap (esetleg cölöprács) alá, mellé vagy azt átfúró cölöpök révén.

Talajjavítás céljából is készítenek cölöpöket; a talajt tömörítik a bevert, bevibrált cölöppel, kiszorítva a helyéről a talajt, s javítva környezete állapotát, a nagy átmérőjű cölöpök - pl. kavicsból készítve - tulajdonképpen részleges talajcsereként is funkcionálnak.

Földmegtámasztó szerkezetek is készíthetők cölöpökből, melyek ideiglenes munka-térhatárolásra, végleges lejtőstabilizálásra szolgálhatnak, esetleg építmények végleges oldalfalai lehetnek.

3.3.2 A cölöpök statikai szerepe, igénybevétele

A cölöpök - részben az előbbi alkalmazási területektől függően - többféle statikai szerepet is betölthetnek (3.3 ábra).



3.3 ábra: A cölöpök igénybevételi típusai

Alapozási szerkezetként a cölöpök általában tengelyirányú nyomóerőt kapnak, azt kell átadniuk a talajra. Mint már említettük, a teherátadás a csúcson (nyomással) és a köpenyen (nyírással)

történhet, s ezek arányától függően a nyomott cölöpök háromféle típusa különböztethető meg (3.4. táblázat).

A nyomott cölöpök típusai	
típus neve	teherátadás a talajra
álló	min. 67 % a csúcson
lebegő	min. 67 % a köpenyen
kombinált	33-66 % csúcs és köpeny

3.4. táblázat: A nyomott cölöpök típusai

Tudvalevő azonban, hogy a palástellenállás kb. 0,02D süllyedéssel már teljességgel mobilizálódik, míg a talpellenállás ekkora süllyedéssel végértékének csak kb. 35-40 %-át éri el, teljes értéke pedig csak kb. 0,1D süllyedés hatására jelentkezik. Így a cölöpök az üzemi terheléskor inkább lebegő cölöpként viselkednek.

Esetenként a cölöpök húzottak is lehetnek, amikor is a teherátadás természetesen csak a köpeny mentén történhet. Ez a szokványos alapozási szerkezetek esetében akkor áll elő, ha egy-egy terhelési szituációban a cölöpcsoport olyannyira külpontos terhelést kap, hogy egyes cölöpjei húzottá válnak. Vannak azután olyan szerkezetek is, melyek cölöpjeit eleve lehorgonyzási céllal építik, például a vezetéktartó oszlopok alapjai, cölöp- próbaterhelések lehorgonyzó cölöpjei.

Keresztirányú terhelést is kapnak sok esetben a cölöpök, s ekkor egy pont körül elfordulva a köpenyükön nyomófeszültségeket is áthárítanak a talajra, miközben maguk hajlítást és nyírást szenvednek. Gyakori például ez a hídfők alapozásaként épített cölöpök esetében, amikor is a felszerkezetről jelentős vízszintes erők (földnyomások, fékező erők) is jutnak az alapépítményre. Előfordul az is, hogy a cölöpöket eleve vízszintes erők lehorgonyzására készítik.

3.3.3 A cölöpök fizikai jellemzői, osztályozásuk

A cölöpöket sokféle szempont szerint szokás osztályozni, illetve sokféle jelzővel illetjük őket, hogy valamely, a konkrét alkalmazás szempontjából fontos jellemzőjüket hangsúlyozzuk. A cölöp fogalom önmagában viszonylag keveset jelent, mert a cölöpök esetében az anyag, a technológia, a méret, stb. alapvetően befolyásolhatja azt is, miként teljesíti a cölöp tervezett statikai szerepét. Egy cölöpöt sohasem szabad egyszerűen vasbeton "oszlopnak" tekinteni, melynek teherbírását geometriája és anyagminősége

egyértelműen meghatározza, hacsak készítésekor hibát nem követtek el. A cölöpök esetében a készítési technológia meghatározó lehet, illetve a cölöp és a környező talaj között bonyolult kölcsönhatások alakulhatnak ki.

A készítési technológia szerepe tehát a legfontosabb, s eszerint megkülönböztetünk:

- talajhelyettesítéssel készülő cölöpöket, melyek készítéséhez a talajt kiemeljük, s a keletkező üreget töltjük ki a cölöp anyagával, miközben a környező talaj valamelyest lazulhat, ami teherbírás csökkenéssel járhat, viszont nem terheli a környezetet a lehajtáskor sem zaj, sem rezgés
- talajkiszorítással készülő cölöpöket, melyek készítésékor a végleges cölöptestet, vagy egy alul zárt csövet hajtunk le a talajba, s ezzel a környezetet tömörítjük, ami teherbírásnövekedést eredményezhet, viszont a környezetet a lehajtáskori zaj, rezgés veszélyezteti, ill. zavarja.

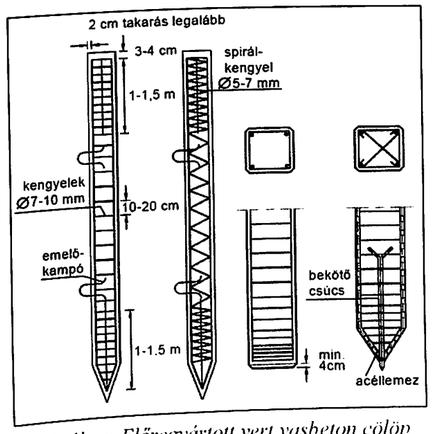
Az előbbit idehaza szokás egyszerűen fúrt, az utóbbit vert cölöpnek nevezni, ami azonban nem fedi pontosan a valóságot mert a fúrás, ill. a verés csak egy-egy - igaz a legjellemzőbb - lehetőség a helyettesítéses, ill. kiszorításos lehajtásra.

Az átmérő szerint osztályozva a cölöpöket a következő elnevezések használatosak:

- mikrocölöpöknek nevezzük a 8-24 (30) cm átmérőjű cölöpöket, melyek általában inkább alapmegerősítési céllal készülnek, speciális technológiákkal,
- nagyátmérőjűnek nevezzük a 80 cm feletti átmérővel készülő cölöpöket, s ezek már csak valamilyen talajhelyettesítéses technológiával készülhetnek,
- amikor külön nem utalunk jelzővel az átmérőre, akkor 30-80 cm-re lehet gondolni.

A cölöpök anyaga lehet

- vasbeton, mely a leggyakoribb, és készülhet helyben (az üregben) bedolgozva vagy előregyártva (egészben vagy darabokban). (3.4 ábra)



3.4 ábra: Előregyártott vert vasbeton cölöp kialakítása

- acél, öntöttvas, mely ritka, de terjedőben van, és a keresztmetszete lehet cső (egyben vagy elemekből összekapcsolva) esetleg hengerelt profil,
- fa (impregnálva), amely régen gyakori volt, de mára szinte eltűnt, esetleg tájvédelmi okokból, vízi építményeken alkalmazzák őket,
- szemcsés anyagok (kő, kavics, salak, mésszel vagy cementtel szilárdított talaj), melyeket inkább talajjavítás esetén alkalmazunk.

3.3.4 Cölöpözési technológiák

A szakirodalom nagyon sok technológiát ismertet, melyek sokszor alig különböznek egymástól. A cölöptípusok neve mögött gyakran egy cég áll, mely szabadalomként védi az eljárást. Gyakori, hogy a különböző néven ajánlott eljárások csak olyan részletekben különböznek egymástól, amelyek igazán csak a technológiát megvásárlók részére lehetnek fontosak. A sokféle módszert hiánytalanul ismertetni tehát lehetetlen és fölösleges is. Éppen ezért elsősorban azt mutatjuk be, hogy a két fő technológiatípus esetében a felmerülő feladatok miként oldhatók meg, s csak példaként ismertetünk egy-két, hazánkban használatos, konkrét módszert, amelyek tulajdonképpen e technológia-elemek egy-egy kombinációját jelentik. Az egyes feladatokat bizonyos eljárások esetében külön gépekkel oldják meg, gyakori azonban az is, hogy olyan célgépeket építenek, amelyek több vagy akár valamennyi feladat megoldására alkalmas szerszámmal el vannak látva.

3.3.5 A talajhelyettesítéssel készülő cölöpök technológiája

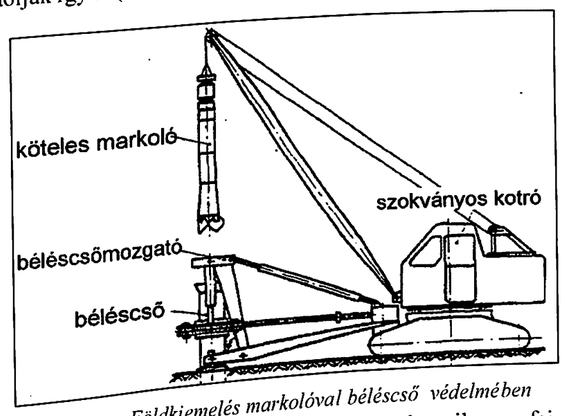
A technológiai feladatok a következők:

- földkiemelés,
- a furatfal biztosítása,
- betonbevitel,
- betontömörítés,
- vasalásbehelyezés.

A földkiemelés fúrással, markolással, esetleg vízöblítéssel történhet.

A leggyakoribb fúrás esetén a szerszámot a talajfajtához igazodóan kell megválasztani. Szemcsés talajokban legjobban a kanál- vagy dobfúró használható, melynek alja fel van hasítva, ahol is a talaj bejut az edénybe, és "beletömörödve" kiemeléskor sem hullik ki. Kötött talajokban a spirálfúró hatékony, mert a talaj kohézió révén rajta marad a spirálon. (Lapos emelkedésű spirálon egyébként a nedves homok is fennmarad.) A spirálfúrók egy speciális változata a "végtelen" (12-25 m hosszú) spirál, melyet egyben hajtanak le s emelnek ki, s amelynek tengelye egyben betonozócső is (ld. még később). Ezzel bármely talaj kihozható. Egyes változatai esetében a tengelycső átmérője alig kisebb a spirál külső átmérőjénél, úgy hogy ez a lehajtás közben valamelyest ki is szorítja a talajt. Víz alatti laza talajokat iszapolóval is ki lehet emelni. Ezek egy csőből állnak melyet alul golyós szelep zár le kiemelés közben.

Markolással is kiemelhető az üreg. Egyes eljárások esetében a teljes mélységig így dolgoznak, máshol esetleg csak a felső, gyakran durva épülettörmeléket is tartalmazó zónákat harántolják így át (3.5 ábra).



3.5 ábra: Földkiemelés markolóval béléscső védelmében

Ritkán, de előfordul, hogy öblítéses fúrással dogoznak, mikor a fej csak feltöri a furattalpat, az anyagot az öblítőfolyadék hozza ki. Ekkor a folyadék egyben a furat falát is megtámasztja.

Kiemeljük, hogy – akárhogy is dolgoznak - gondot kell fordítani arra, hogy a furat alján ne maradjon lazult (leomlott, leülepedett) talaj.

A furatállékonyság biztosítása az egyik legkritikusabb része a munkának, mert a furatfal beomlása számos bajt okozhat. Megakadályozhatja a szerszám kiemelését, folytonossági hiányokat okozhat a cölöptestben, gyengítheti a vasalás és a beton kapcsolatát, növelheti a betonfelhasználást, fellazítva a környező talajt csökkentheti a

palástellenállást. a furat alján pedig kompresszibilis "párnát" eredményezhet. A megtámasztásra a következő lehetőségek állnak rendelkezésre.

Önmagában állékony, kötött talajban a megtámasztás esetleg el is maradhat, de ekkor is ügyelni kell arra, hogy a furatot gyorsan kibetonozzák. A végtelen spirál esetén tulajdonképpen a bennmaradó talajdugó támasztja meg a talajt, tehát ekkor sem kell külön eszközt, eljárást e feladatra felvonultatni, ami nagy előny. Szemcsés talajokban gyakran fúróiszappal (bentonit szuszpenzióval) támasztják meg a furatfalat, melyet a horgonyfúráshoz, réseléshez is használnak. A legbiztosabb megtámasztás béléscsővel biztosítható, de ennek mozgatása meglehetősen nehéz, külön eszközt kíván, s toldása nagyban lassítja a munkát. (Különleges, nagyátmérőjű, hosszú cölöpökhöz már a cölöp körüli talaj előzetes szilárdításával is dolgoztak. Ez akkor lehet kifizetődő, ha a talaj a cölöphossz nagy részében önmagában állékony, csak egyes szakaszai nem.)

A betonbevitel történhet gravitációsan vagy pneumatikusan, azaz nyomással segítve. Az utóbbi természetesen előnyösebb, bár hosszabb cölöpök esetén a folyós beton saját nyomása önmagában is jelentékeny. A nyomás egyben tömörítést is ad, a talpon biztosítja a felfekvést. Fontos, hogy a friss beton mindig a már bennlevő felszíne alá kerüljön, s így maga előtt nyomja fel az esetleg talajjal keveredett első adagot. A bevitelhez külön betonozó tölcsért használnak, vagy a béléscsövön, ill. a fúrószáron át juttatják be a betont, mely általában elég folyós kell, legyen, és csak finomabb adalékot tartalmazhat, hogy a dugulásokat elkerüljék. Különös figyelmet kell fordítani a betonozás folyamatosságára.

A beton tömörítésére több lehetőség van, de ügyelni kell arra, hogy az ne vezessen vízleadáshoz. Mint említettük, a pneumatikus bevitel egyben már tömörítést is biztosít. Emellett lehet a betont csömöszölni beejtegetett döngölővel vagy a béléscső visszaverésével, mely főleg akkor hatékony, ha alján egy ilyenkor visszazárható sapka van. (A csömöszölés persze folyós betonban nem hatékony.) Lehet még tömöríteni vibrációval is, amit merülővibrátorral, vagy a béléscső oszcilláló mozgatásával lehet kifejteni.

A vasalást a betonozás előtt is be lehet állítani a furatba, de szokásos a betonozás utáni levibrálás, lenyomás is. Szárazabb, durvább adalékú beton és sűrűbb, hosszú vasalás esetén azonban ez utóbbi ellehetetlenülhet, és erre már előzetesen gondolni kell.

A technológia kiegészülhet még valamilyen talpszélesítő eljárással. Ilyen lehet valamilyen speciális kinyitható fúrószerszám, a csúcsba bevitt táguló test, injektálás csövön keresztül, stb. Ezek főleg álló cölöpök esetén lehetnek indokoltak.

(3-3.3 ; Dr. Szepesházi Róbert (2001): Geotechnika)

3.4 Cölöpök méretezése

A függőlegesen nyomott egyedi cölöp csúcsánál támaszkodva – nyomófeszültségekkel – a köpenyfelület menti súrlódással, illetve adhézióval – nyírófeszültségekkel – adja át terheit a talajra.

„A cölöp törőterhe az a teher, amelynek kismértékű növelésekor a cölöp teherbírása; akár anyagának tönkremenetele, akár a talaj nagymértékű alakváltozása miatt megszűntnek tekinthető" (Dr.Bartos Sándor – Králik Béla (2006): Mélyépítés III.)

A teherbírás meghatározására háromféle módszert használunk:

- statikus képlet,
- dinamikus képlet,
- próbaterhelés.

A nyomott cölöpalapok tervezésének követelményei:

- valamennyi egyedi cölöp teherbírásának nagyobbnak kell lennie a rájutó tehernél:

  $P_m \leq P_H$ ahol P_m az egyedi cölöp mértékadó terhe
  P_H az egyedi cölöp határereje

- a cölöpcsoportra jutó eredő erőt el kell bírnia a cölöpcsoportnak:

  $R_m \leq R_H$ ahol R_m a cölöpcsoport mértékadó terhe
  R_H a cölöpcsoport határerje

- az egyedi cölöp süllyedése nem lehet nagyobb a megengedettnél:

  $S_I \leq S_H$ ahol S_I az egyedi cölöp süllyedése
  S_H a megengedett süllyedés

- a cölöpcsoport süllyedése is megengedhető legyen:

  $S_{CS} \leq S_{Hcs}$ ahol S_{CS} a cölöpcsoport süllyedése
  S_{Hcs} a cölöpcsoport megengedhető süllyedése

(Dr. Szepesházi Róbert (2001): Geotechnika)

3.4.1 Méretezés Ferrandoni módszerrel

Ezzel a módszerrel általában előtervezünk, elmélete alapján azt az erőt keressük, amellyel a cölöp megterhelhető a talaj bármely pontján, anélkül hogy annak töröterhelésénél nagyobb feszültségeket meghaladnánk.

Az alkalmazott képlet a köpenysúrlódásból és csúcsellenállásból indul ki:

$F_t = F_{cs} + F_K$

$F_{cs} = \sigma_{11} \cdot A = (a \cdot l \cdot \gamma + b \cdot c) \cdot A$

$F_K = \Sigma\, U \cdot l_i \cdot f_i$

Jelmagyarázat:

a,b	a cölöp csúcsámál lévő talaj súrlódási szögétől függő tényező
A	a cölöp keresztmetszeti területe [m^2]
c	a cölöpcsúcsnál lévő talaj kohéziója
$l \cdot \gamma$	a cölöp csúcsánál fellépő geosztatikai nyomás
U	a cölöp kerülete
f_i	a cölöp és talaj közötti súrlódási tényező

3.4.2 Méretezés hiperbolikus közelítéssel

Ebben a módszerben előre felvett cölöphossz segítségével határozzuk meg a hiperbolákat, majd az adott teherhez választunk megfelelő cölöpfajtát.

Kiinduló képlet: $F_t = F_{cs} + F_K$

$F_{cs} = a \cdot s + \frac{s}{s+sH}\, \Sigma\, u \cdot l_i$

$F_K = E_S \cdot \frac{\Delta h}{h} \cdot A$

u	a cölöp kerülete, $u = D \cdot \pi$
l_i	az átharántolt talajréteg vastagsága
f_i	a fajlagos súrlódási tényező a cölöp és az adott talajréteg között [KN/m^2]
s_h	a köpenymenti ellenállás (2,5cm)

3.4.3 Méretezés Caquot-Kérisel képlet alapján

Szokásos módon a köpenysúrlódásból és csúcsellenállásból indulunk ki.

3.5 Süllyedések igazolása

Az empirikus süllyedés meghatározási módszerek az utóbbi években terjedtek el. "Különböző megfigyelések, mérések és modellkísérletek alapján a cölöp süllyedésekre olyan szabályokat állítottak fel, amelyek az általános tájékozódás igényeit kielégítik."

(Bartos Sándor-Králik Béla (2006): Mélyépítés III.)

3.5.1 Egyedi cölöp süllyedése

$$S = \frac{\frac{d}{D}\left(5-\frac{d}{3D}\right)}{\left(1+\frac{1}{b}\right)^2} \cdot s$$

ahol:

S	a cölöp alap süllyedése
d	a cölöptávolság
D	a cölöp átmérője
b	a cölöpsorok száma
s	az egyedülálló cölöp süllyedése

3.5.2 Cölöpcsoport süllyedése

„A cölöpcsúcs alatt 2D mélységben lehet a cölöpcsoportra ható eredő erő R alapértékét egyenletesen megoszló p terhelésként felvenni, ahol az alapfelület szélességét (és hosszúságát is) a szélső cölöpök felső, külső szélétől indított, kb. 5° - kal kifelé hajló egyenes jelöli ki. Az ez alatti összenyomodó zóna vastagságát, az m_0 határmélységet a rétegződés alapján Jáky szerint lehet felvenni. (Dr. Szepesházi Róbert (2001): Geotechnika)

Határmélység:

$$m_0 = 2 \cdot B \cdot \left(1 - \frac{B}{2 \cdot L}\right)$$

Alkalmazott képlet:

$$s = \frac{p}{Es} \cdot B \cdot F$$

ahol:

p	az egyenletesen megoszló terhelő feszültség
Es	a talaj összenyomódási modulusa
B	az alapszélesség
F	süllyedési szorzó

4.29. táblázat

z/B \ L/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

5. táblázat: Süllyedési szorzók

(Szepesházi Róbert (1993): Geotechnika példatár II. 4.29. táblázat)

4 Meglévő adatok, állapot

4.1 Geológiai állapot

A terület geológiai, domborzati viszonyait, valamint szeizmicitását a kapott szakvélemény részletesen elemzi, melyből a legfontosabb részeket, ábrákat átvettem a hivatkozások átsorolásával. (CHM V+VI Geotechnical report (Hungarian version))

„Az építési terület környezete a Magyar Tudományos Akadémia, Földrajztudományi Kutató Intézet szerint:

„Magyarország kistájainak katasztere 1-II. (Budapest, 1990.)" c. kötetében a következő tájbesorolással bír:

- Nagytáj (makrorégió) ..... 1..... Alföld;
- Középtáj (mezorégió)..... 1.10..... Nyírség;
- Kistájcsoport (szubrégió) ..... 1.10.1..... Nyírségi homokvidék;
- Kistáj (mikrorégió)..... 1.10.12..... Eszakkelet-Nyírség."

A kistáj kontúrjait, a kapcsolódó kistájakat és a legfontosabb településeket a 4.1. ábra mutatja, míg a terület földrengés veszélyességét Magyarország szeizmotektonikai térképéről, az 4.3. ábráról olvashatjuk le.

Kimondottan a geológiai eredetre a legjobb és legrészletesebb elemzést, majd összegzést az 4.2 adja, miszerint:

„A terület arculata az újpleisztocén végén és az óholocénben alakult ki, amikor vastag futóhomok borította el. Ezt az üledéket az ÉK-i Kárpátokból lesiető ősi folyók (Tapoly, Ondva) hozták magukkal. Az egykori felszíni homok a későbbiekben futóhomokká alakult át, melynek szemcséi döntően 0,1-0,2 mm átmérőjűek, csak nagyobb mélységben találhatók durvább szemcsék. A homok jól osztályozott, ami közeli származási helyre utal. A löszréteg megjelenése a területen csak a felszínen, a futóhomok takarójaként, vagy a felszín alatt néhány méter mélységben jellemző. A homoksziget mélyebben fekvő szélein lemélyített fúrásokban pár méteres futóhomok alatt gyakran megjelenik egy iszapos, kőzetlisztes vékony réteg, ez azonban nem vehető a valódi löszök megfelelőjének. A völgyekben iszapos homok, holocén deluviális, kolluviális üledék található néhány méteres mélységben. A terület mélyföldtani szerkezetéről már kevesebb információval áll rendelkezésre. A 2 aránylag vékony, kb 200 m negyedidőszaki rétegek alatt 1000-1200 m vastag pannóniai rétegek települnek, azok alatt pedig igen nagy vastagságban harmadkori, főleg vulkáni kőzetek. Vízmozgás, vízbeszerzés szempontjából a negyedidőszaki rétegek a legjelentősebbek. Ezen belül is az alsópleisztocén rétegek, ahol a durvaszemcsés üledékek közé néhol 20-30 m vastag kavicsrétegek települtek. Ebben az alsópleisztocén üledékben a rétegvíz utánpótlódása a kárpáti előtér kavicsos üledékein keresztül biztosított. A középsőpleisztocén rétegsort a tavi elborítás eredményeként az apró és közepes szemű homokon kívül néhol több méter vastag agyagos, iszapos üledékek, míg a felsőpleisztocént inkább a finomszemcséjű folyóvízi lerakódások rendszertelen váltakozása jellemzi."

Összességében azt állapítja meg, hogy:

„A feltárt talajrétegződés változatos. A feltárt talajok túlnyomórészt homoklisztek, illetve homokok, gyakran iszap, néhol agyag közbetelepüléssel." (Itt meg kell jegyezni, hogy az említett homoklisztek, az új hazai talajosztályozási szabályozás szerint iszapos homokok és/vagy homokos iszapok.)

További adatokat lettek átvéve a Magyar Tudományos Akadémia Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete gondozásában (Budapest, 1994.) megjelent Dr. Kádár Imre és

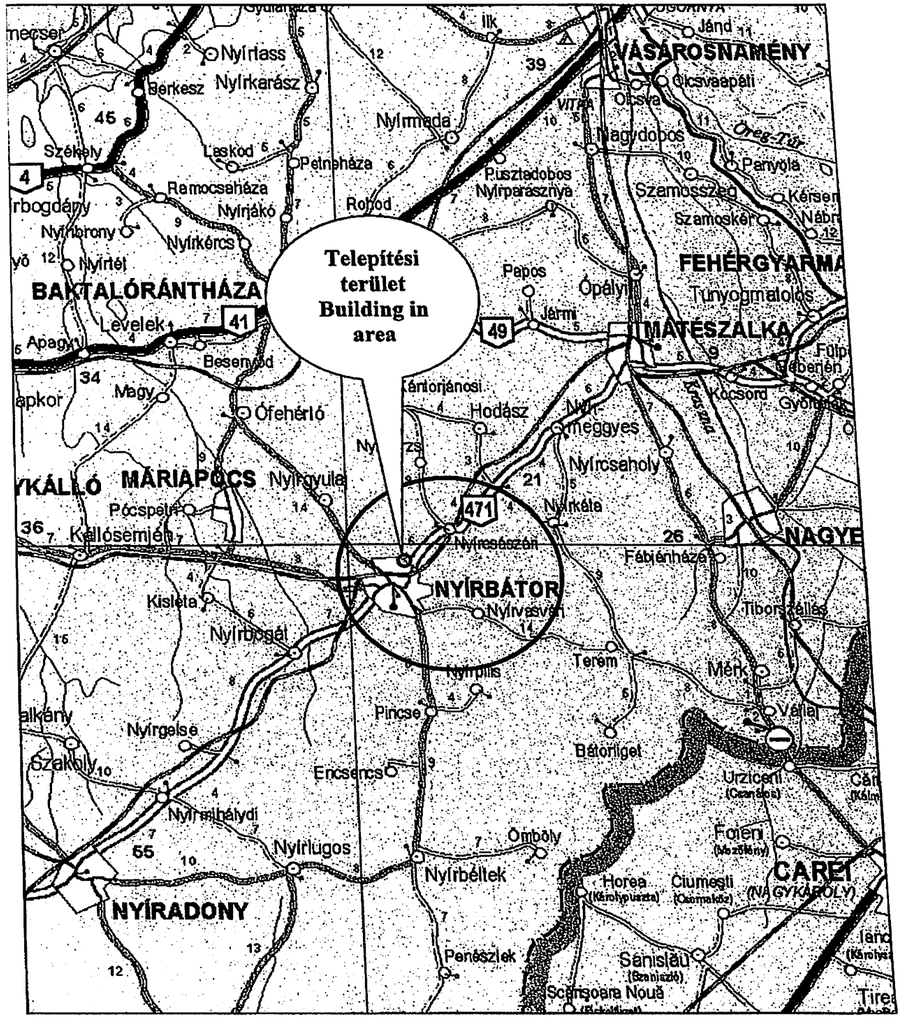
Dr. Szemes Imre: A nyírlugosi tartamkísérlet 30 éve c. művéből, mely részletesen foglalkozik a Nyírség természetföldrajzával.

Talán a talajvízzel kapcsolatos leírást fontos még itt kiemelni, melynek mélysége a 4.4. ábra alapján a kistáj déli és keleti részén 2-4 m között van. „A talajvíz a futóhomokban,

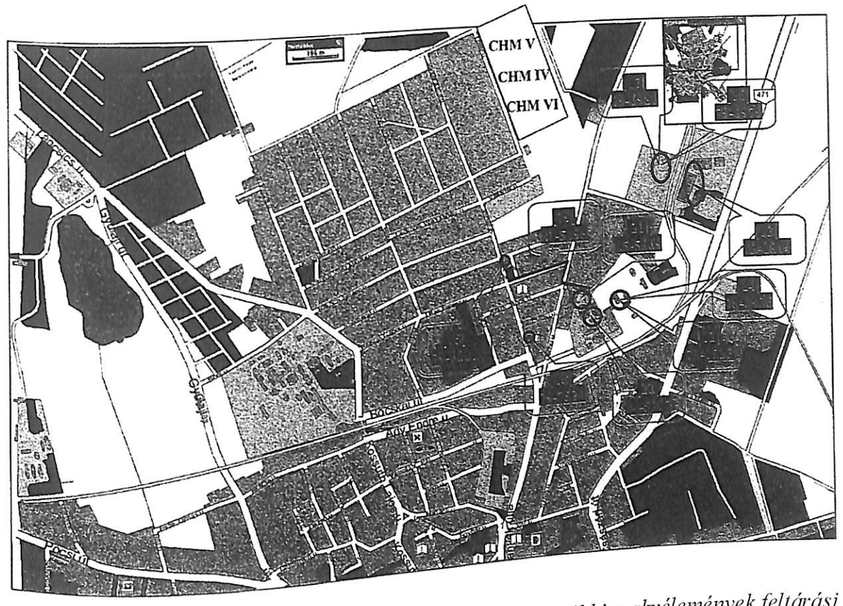
vagy az alatta fekvő folyóvízi rétegekben helyezkedik el és általában követi a felszin nagy vonulatát. Ahol lösz, löszös homok vagy iszap fekszik a futóhomok alatt, ott a talajvíz rendszerint mélyebben található a löszös vagy iszapos réteg alatt. Látható, a talajvízszint közel húzódik a felszínhez a Nyírség nagyobb részén. A víztükröt csak a magasabbra emelkedő homokhátakon nem lehet 10 m-es fúrásokkal elérni. Még a Nyírség tetején fekvő Nyírbéltek, Nyíradony, Nyírbogát környékén sincs azonban a talajvíz 2-3 m-nél mélyebben a buckák között fekvő laposabb felszíneken. A terület legnagyobb részén a talajvíz szintingadozása csekély. Az évi ingadozás általában 1 m-nél kevesebb, a 1,5 m-nél nagyobb változás a táj DK-i részében és a Tiszához közeli kutakban figyelhető meg. A talajvíz szintjének mozgását döntően a lehullott csapadék mennyisége és a párolgás viszonya határozza meg."

„A csapadék évi összege a kistáj D-i részén 580-590 mm", mely adatra a későbbiekben felvételre kerülő alépítményi méretezés induló teherbírási modulusának megválasztásához lesz szükség.

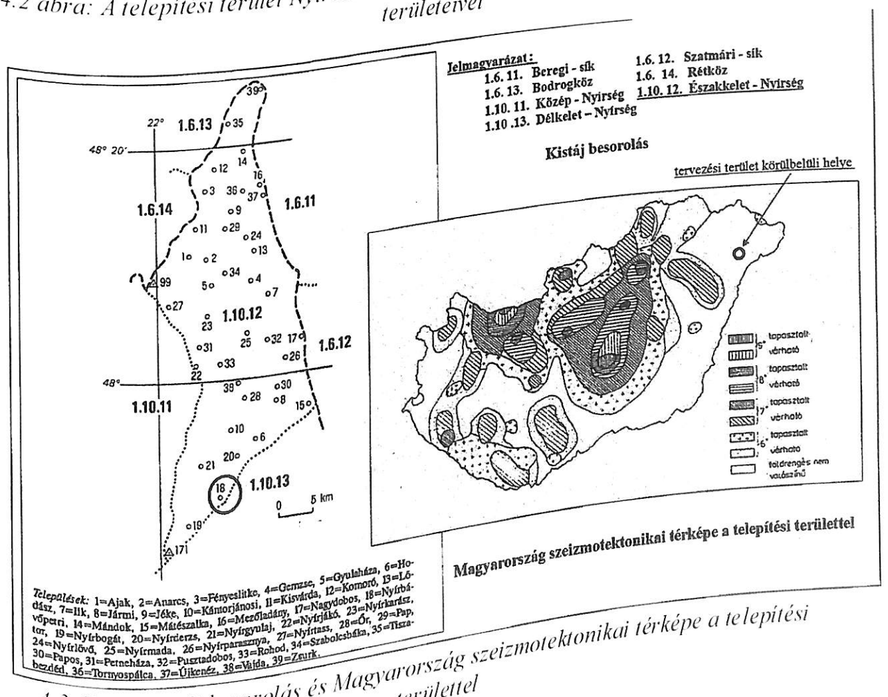
Az építési terület - Nyírbátor és környéke - a „földrengés nem valószínű", legalacsonyabb szeizmicitási besorolással bír a 4.3. ábra alapján. További adatokat, elemzést a Szeidovitz Gy., Gribovszkí K., Hajósy A. (2002): Várható földrengések Érmellék és Nyírség területén. Magyar Geofizika. 43(4). 112-131. old. találhatunk.



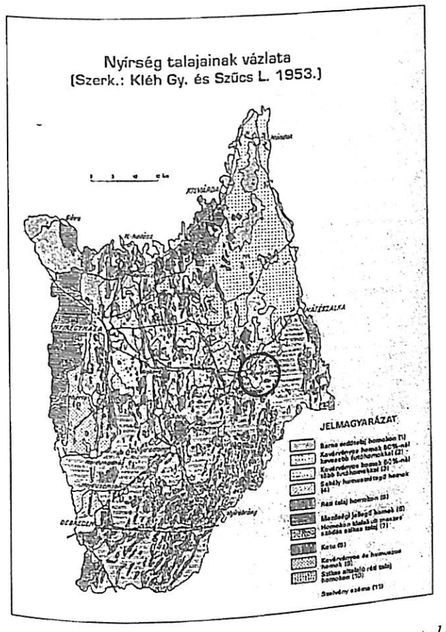
4.1 ábra: Átnézeti helyszínrajz

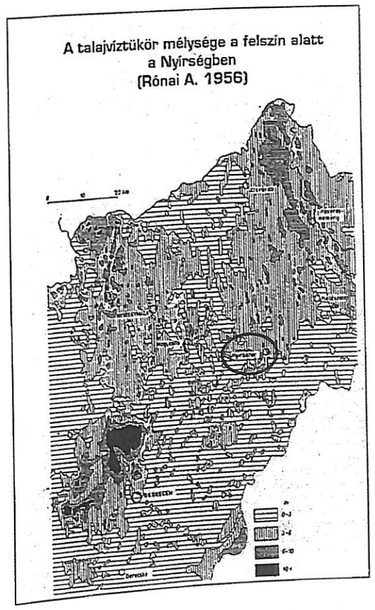


4.2 ábra: A telepítési terület Nyírbátoron belül a közeli korábbi szakvélemények feltárási területeivel



4.3 ábra: Kistáj besorolás és Magyarország szeizmotektonikai térképe a telepítési területtel





4.4 ábra: Nyírség talajainak vázlata és a talajvíz mélysége a felszín alatt a Nyírségben

(CHM V+VI Geotechnical report (Hungarian version))

4.2 Talajmechanikai állapot

Szakvélemény	[12]	[13]	[14]	[15]	[16] [17]		[18]	[19]	[20]	[21]
Tervezési paraméter	(f)	(f)	(f)	-	(f)		(f)	-	-	-
ρ_n [t/m^3]	1,80-1,87 1,79-1,96	1,95-2,06	1,85-2,04 *1,85-2,04*	1,85-2,04 1,68	*1,75-2,06* 1,80-2,00		-	1,70-1,90 *1,70-1,90* 1,70-1,90	-	1,7-1,8 1,7-1,9
k [m/sec]	-	-	-	-	*2×10^{-7}* 8×10^{-6}		2-4×10^{-9}	-	-	-
σ_a [kN/m^2]	280	*200* 200	150-200 *150-200*	200	-	200	300	300 *250* 300	200 200 200	250
c [kN/m^2]	-	-	-	-	-		-	-	-	
ϕ [°]	-	-	-	21 23	*22-30* 24-32		-	30-32 *28-30* 26-28	-	24-28 28-31
F_s [MN/m^2]	-	*10* 8	-	10 10	*12-16* 13-18		-	10-15 *10-12* 8-10	-	11-13,2 15-19,6
max. T_v [mBf]	148,50	148,90	148,83	149,20	149,0		149,80	150,50	150,58	relatív szintek
T_m [mBf]	-	149,40	térszint	150,00	-		150,30	-	-	7,0-7,3
pH [-]	-	6,9	7,0-8,0	7,2	6,8-7,0		7,2	7,0	-	1172-1287
SO_4^{2-} [mg/l]	-	30-70	150-203	325,0	100,9-134,5		70-74	1076-1097	-	
munkagödör megtámasztás	z	z	z vagy r(3/4)	z vagy r(3/4)	-	z	h, r(6/4) 3m-ig majd z	z r(1:1,5)	z vagy r(3/4)	z
víztelenítés	-	ny (3-4dm) majd v	v	-	ny (0,3m) majd v		v	ny (0,5m) majd v	-	-
fejtési osztály	IL	II.	-	IL	III.		II.	II.	II.	IL-III.
tömörítési osztály	„N"	-	-	„K"	„N"		„K"	„K" „J" „K"	„N"	„N"

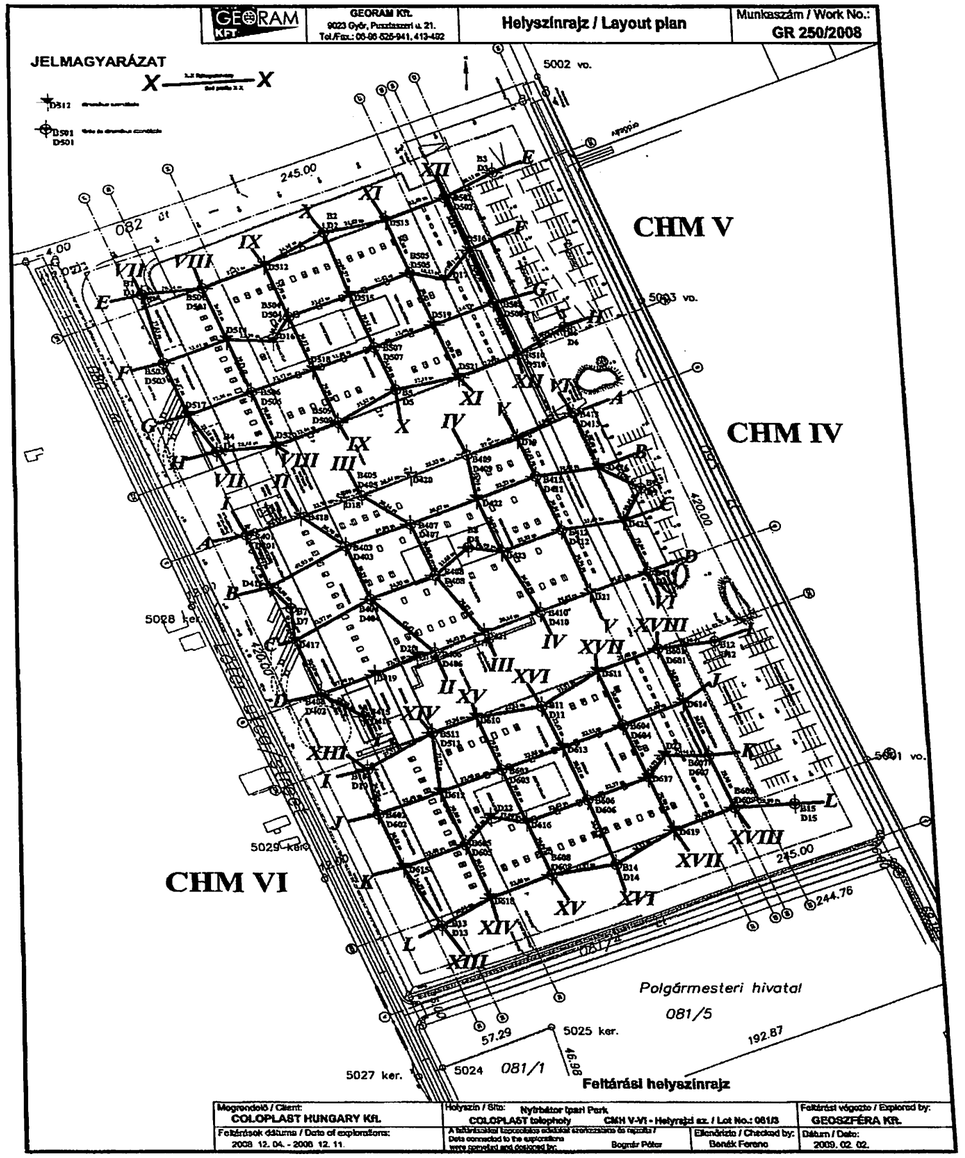
1. táblázat: Az ÉGA adatgyűjtés [12]-[21] dokumentumaiból összeállított geotechnikai tervezési segítő adatok

Előforduló talajtípusok:

finom homok	fh
homoklisztes finom homok	hl-fH
iszapos finom homok	*i-f*H
homokliszt	h-HL
iszapos homokliszt	i-HL

(f) folyósodásra fokozottan hajlamos összletek

ρ_n [t/m^3]	nedves térfogatsűrűség
k [m/sec]	(víz)áteresztőképességi együttható
σ_a [kN/m^2]	határfeszültségi alapérték
φ [°]	belső súrlódási szög
c [kN/m^2]	kohézió
E_s [MN/m^2]	összenyomódási modulus
max.T_v [mBf.]	becsült max. talajvízszint
T_m [mBf.]	mértékadó talajvízszint
pH [-]	hidrogén ion koncentráció
SO_4^{2-} [mg/l]	- szulfátion tartalom
munkagödör megtámasztása	z -zárt pallósorú dúcolás h- hézag dúcolás r (3/4) – rézsűs megtámasztás (ajánlott rézsűhajlása)
víztelenítés	ny (3-4 dm) – nyíltvíztartás (ajánlott leszívási mély.) v – vákuum kutas víztelenítés
fejtési osztály	általában II., III. a vonatkozó régi szabvány szerint
tömörítési osztály	általában „K”,”N” a vonatkozó régi szabvány szerint



4.5 ábra: Feltárási helyszínrajz

A javasolt talajfizikai paramétereket foglaltuk össze, most már az új talajosztályozási rendszernek megfelelő talajmegnevezésekkel, blokkstruktúrával a 2. táblázatban

Emlékeztetőül a blokkok:

1. blokk (kissé iszapos) homok /(i)-H/; iszapos homok /i-H/; agyagos homok /a-H/ - szemcsés talajok
2. blokk homokos iszap /h-1/; homokos, agyagos iszap /h-a-1/; homokos, iszapos agyag /h-i-A/ - szemcsésként azonosított átmeneti talajok gyengén kötött tulajdonságokkal
3. blokk agyagos iszap /a-1/; iszap /1/ - szemcséként azonosított átmeneti talajok
4. blokk iszap /1/; sovány agyag sovA* - gyengén kötött talajok

(*sovány agyag talajt a korábbi feltárásoknál találtak)

Modell	1. blokk	2. blokk	3. blokk	4. blokk
	felső és alsó szemcsés összletek	közbenső szemcsésként azonosított átmeneti talajok gyengén kötött tulajdonságokkal	közbenső szemcsésként azonosított átmeneti talajok erősen kötött tulajdonságokkal	alsó tartományi gyengén kötött talajok
Talajtípus -paraméter	(i)-H; i-H; a-H	h-I; h-a-I; h-i-A	a-I; I	I; SovA
ρ_n [t/m^3]	1,60-1,80$^{(1)}$ / 1,90-2,05$^{(2)}$	1,90-2,05	1,95-2,02	2,00-2,05
ρ_t' [t/m^3]	0,85-0,95$^{(1)}$ / 1,00-1,10$^{(2)}$	1,00-1,10	1,05-1,10	1,05-1,15
σ_a [kN/m^2]	200$^{(3)}$-250	200-220	180-220	150 (Ic=0,5) 250 (Ic=1,0)
k [m/sec]	2×10^{-6}	$5,5\times10^{-8}$	$8,2\times10^{-9}$	$5,5\times10^{-10}$
c [kN/m^2]	8-2	8-2	12-8	10-20(40)
ϕ [°]	23$^{(1)}$-30$^{(2)}$	22-28	21-23	17-11
E_s [MN/m^2]	10$^{(1)}$-25$^{(2)}$	16-20	7-12	5-8 (Ic=0,5) 8-12(Ic=1,0)

(1)Laza – felső zónák; (2)Középtömör-tömör – alsó zónák; (3)Tömörített alapsík mellett

2. táblázat A tervezéshez javasolt talajfizikai paraméterek

A táblázatban megadott talajfizikai paraméterek:

ρ_n [t/m^3] - nedves térfogatsűrűség;
σ_a [kN/m^2] - határfeszültségi alapérték;
c [kN/m^2] - kohézió;
E_s [MN/m^2] - összenyomódási modulus
ρ_t' [t/m^3] - „vízalatti" térfogatsűrűség;
k [m/s] - áteresztőképességi együttható;
ϕ [°] - belső súrlódási szög;

4.3 Talajvízviszonyok

„Az új feltárásokban a két telepítési területre (CHM V, CHM VI) vonatkozó „nyugalmi" talajvíz a 2. táblázatban bemutatottak szerint lett észlelve. A 2008.12.08 és 2008.12.11. közötti feltárási időszakban a CHM V területre a talajvíz észlelt minimuma 145.83 mBf. (B502. fúrás); észlelt maximuma 146.81 mBf (B507. fúrás), CHM VI területre a talajvíz észlelt minimuma 146.19 mBf. (B601. fúrás); észlelt maximuma 146.64 mBf (B602. fúrás) volt.

Érezhető, hogy ezek az értékek bizonytalanok, így a 3. táblázatban lett összefoglalva a valaha észlelőkútként működött, átalakított fúrásokban észlelt - és értelemszerűen sokkal megbízhatóbb - talajvízszint értékeit. A 3. táblázatban először a [3] alapján lett feltüntetve az előzetesen kiképzett kutak (Bl; B3; B8; B15) meglévő adatsorai, mind az I. ütemben végzett észlelések. Továbbá a táblázat középső részén a [4]-hez kapcsolódó két kijelölt észlelő kút (B402; B414) nyugalmi vízszintjei. Ebben az időszakban még mérni lehetett a Bl; B3; B8; BlS kutakat a II. ütemhez kapcsolódva, majd a táblázat legalsó soraiban a jelen dokumentum III. feltárási ütemében mért nyugalmi vízszintek lettek feltüntettve a B504; B605 kutakká átalakított fúrásokhoz kötötten.

(CHM V+VI Geotechnical report (Hungarian version))

dolgozat
tervezés

		I.ütem[3] - GR109/2006				II. ütem [4]-GR 178/2006		III. ütem -GR 250/2008			
feltárás Bi - fúrás	terep abszolút magasság	nyugalmi talajvíz 2006.07. 12-13.	nyugalmi talajvíz 2006,07.21.	nyugalmi talajvíz 2006.07.29.	nyugalmi talajvíz 2006.08.04.	nyugalmi talajvíz 2006.11. 10-13.	nyugalmi talajvíz 2006.12.11.	nyugalmi talajvíz 2008.12. 07-10.	nyugalmi talajvíz 2008.12.19	nyugalmi talajvíz 2008.12.29	
[-]	[mBf.]	[mBf.]	[mBf.]	[mBC.]	[mBf.]	[mBf.]	[mBf.]	[mBf.]	[mBf.]	[mBf.]	
B1	150,02	147,21	146,98	147,07	147	145,8	146,71	-	-	-	
B3	150,54	146,86	kitörve, eldugulva*	146,79	146,67	146,16	146,52	-	-	-	
B8	150,02	147,19	147,44	147,39	147,37	146,64	146,99	-	-	-	
B15	148,81	146,89	147,06	147,01	147,11	146,88	146,95	-	-	-	
B402	152,24	-	-	-	-	147,53	147,49	-	-	-	
B414	149,05	-	-	-	-	146,38	146,94	-	-	-	
B504	150,62	-	-	-	-	-	-	146,12	146,32	146,24	
B605	150,04	-	-	-	-	-	-	146,39	146,56	146,44	[mBf.]
-	min:	146,86	146,98	146,79	146,67	145,80	146,52	146,12	146,32	146,24	146,24
-	max:	147,21	147,44	147,39	147,37	147,53	147,49	146,39	146,56	146,44	147,49
-	átlag	147,04	147,16	147,07	147,04	146,57	146,93	146,26	146,44	146,34	146,83

*2006.07.29-én utánfúrva.kitisztítva

3. táblázat A telepítési területen mért (kutas) talajvízszintek összefoglaló táblázata

dolgozat tervezés

		I.ütem[3] - GR109/2006				II. ütem [4]-GR 178/2006		III ütem -GR 250/2008			
feltárás Bi - fúrás	terep abszolút magasság	nyugalmi talajvíz 2006.07. 12-13.	nyugalmi talajvíz 2006,07.21.	nyugalmi talajvíz 2006.07,29.	nyugalmi talajvíz 2006.08.04.	nyugalmi talajvíz 2006.11. 10-13.	nyugalmi talajvíz 2006.12.11.	nyugalmi talajvíz 2008.12. 07-10.	nyugalmi talajvíz 2008.12.19.	nyugalmi talajvíz 2008.12.29.	
[-]	[mBf.]	[mBf.]	[mBf.]	[mBC.]	[mBf.]	[mBf.]	[mBf.]	[mBf.]	[mBf.]	[mBf.]	
B1	150,02	147,21	146,98	147,07	147	145,8	146,71	-	-	-	
B3	150,54	146,86	kitörve, eldugulva*	146,79	146,67	146,16	146,52	-	-	-	
B8	150,02	147,19	147,44	147,39	147,37	146,64	146,99	-	-	-	
B15	148,81	146,89	147,06	147,01	147,11	146,88	146,95	-	-	-	
B402	152,24	-	-	-	-	147,53	147,49	-	-	-	
B414	149,05	-	-	-	-	146,38	146,94	-	-	-	
B504	150,62	-	-	-	-	-	-	146,12	146,32	146,24	
B605	150,04	-	-	-	-	-	-	146,39	146,56	146,44	[mBf.]
-	min:	146,86	146,98	146,79	146,67	145,80	146,52	146,12	146,32	146,24	146,24
-	max:	147,21	147,44	147,39	147,37	147,53	147,49	146,39	146,56	146,44	147,49
-	átlag	147,04	147,16	147,07	147,04	146,57	146,93	146,26	146,44	146,34	146,83

*2006.07.29-én utánfúrva.kitisztítva

3. táblázat A telepítési területen mért (kutas) talajvízszintek összefoglaló táblázata

Létre lett hozva az adott leolvasási időszakban a minimum, maximum és átlag értékek, majd a még mindig bizonytalan 2006.11.10-13. időszak kihagyásával a minimumok minimuma, a maximumok maximuma és az átlagok átlaga. (Lásd a táblázat jobb alsó részét.) Megállapítható, hogy a viszonylag megbízható észlelési időszakokat figyelembe véve a területen még így is -1,25 m-es vízjátékkal kell számolni. Az átlagos vízszint pedig 146,83 mBf. szintre adódott.

A talajvízzel kapcsolatosan további adatokat kerültek gyűjtésre, melyek a trendeket, megfigyeléseket, érdekességeket mutatják, azonban ezek nyilvánvalóan a telepítési terület tágabb környezetére (kistáj, Nyírség stb.) vonatkoznak."

(CHM V+VI Geotechnical report (Hungarian version))

4.4 Jelenlegi beépítési állapot

A vizsgált terület Nyírbátor külterületén található, a telek közel sík, mellette a környezet részben beépített. A tervezett épület egy három csarnokból álló gyártótelep második tervezett épülete, az első már befejezésre került.

5 Tervezési feladat ismertetése

A megbízást a Szent István Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi karán a Geotechnikai szakcsoporttól kaptam. Feladatom bemutatni a Nyírbátori COLOPLAST csarnok alapozási lehetőségeit a rendelkezésre álló technológiák segítségével. Belső konzulensem Firgi Tibor Mestertanár (SZIE, Ybl Miklós Építéstudományi Kar), külső konzulensem Petik Csaba okleveles építőmérnök, ügyvezető (Petik Mérnöki Szolgáltató Kft). Szakdolgozatom témáját illetve az adatokat, talajmechanikai szakvéleményt és mérési eredményeket a külső konzulensem bocsájtotta rendelkezésemre. A helyszín Nyírbátor külterülete.

5.1 Kiindulási adatok

Az épület Nyírbátor külterületén épül, közel sík terepen (150,20 mBf és 150,98mBf). Pillérvázas épület, a pillérek 140 kN - 1919 kN terhelést adnak az alapra. Az épület a Coloplast Hungary Kft. eszközgyáraként funkciónál, dinamikus terhekkel nem kellett számolnom. A cölöpök számításához a fúrások és a CPT szonda eredményeit külső konzulensemtől kaptam, excel ill. kép formátumokban.

5.2 Tervezési alapadatok

Betonminőségek

- Vasbeton cölöp: C25/30-XC2-XA2-16-S1
- Cölöpösszefogó gerenda: C25/30-XC2-XA2-16-S1
- Betonacélok: B60.50 (B500)

A minimális betonfedés a cölöpök esetén 7,5 cm, a fejtömböknél 5 cm.

5.3 Geotechnikai kategória

A felszíni adottságok jók, közel sík a terep, az épület terhelési szintje közepesnek mondható. Az épület a szerkezeti kialakítása miatt süllyedéskülönbségekre nem érzékeny, a talajadatok értékelése után a terv a 2. geotechnikai kategóriába sorolható. Ez tartószerkezeti tervezővel nem lett egyeztetve, ezért a későbbiekben felülvizsgálandó illetve szükség esetén módosítható.

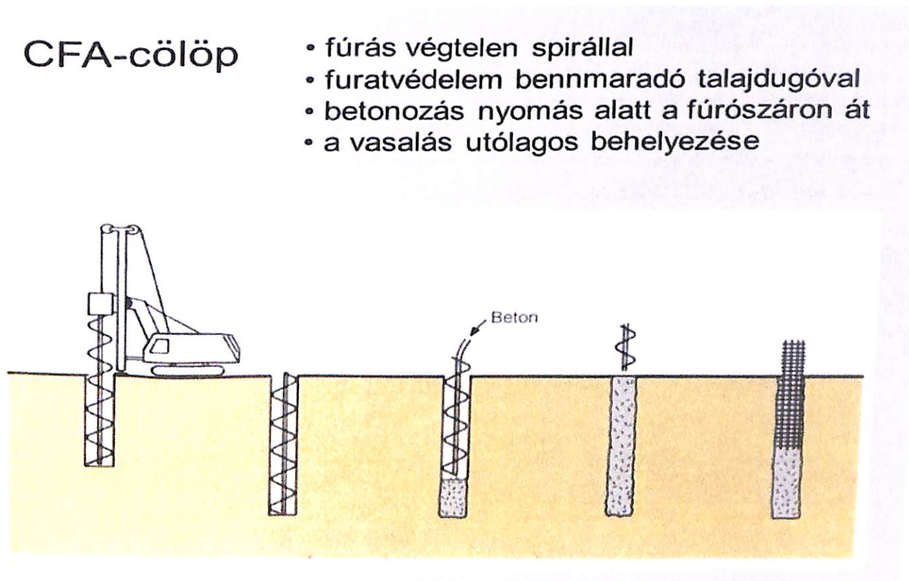
6 Választott cölöpözési technológia ismertetése

CFA cölöp

A CFA név az angol Continuous Flight Auger kezdőbetűiből adódik, (német nyelvterületeken SOB, francia vidékeken STARSOL néven régóta alkalmaznak hasonló eljárást), jelentése: folyamatos, végtelen spirálfúró, amely egyben a betonozó cső is. Lehajtása közben a bennmaradó talajdugó és a spirál élei megtámasztják a furatot. A kívánt mélység elérése után a fúrószáron át a betonszivattyú túlnyomással viszi be a betont, miközben a beton feltolja a spirált és a talajdugót, amit húzással is segítenek. A vasalást utólag vibrálják a folyós betonba. A cölöp átmérője 30-80 (120) cm lehet, hossza 12-25 m. Az eljáráshoz tartozó monitoring jó támpontot ad a talaj ellenállásáról, a betonozási nyomásokról, így jó ellenőrzéssel a cölöp minőségét biztosítani és

tanúsítani lehet. E típus kisebb mélységre alkalmas változatát "dugóalap" néven idehaza régóta alkalmazzák.

6.1 ábra: A CFA cölöp készítése



6.2 ábra: A CFA cölöp készítése

7 Eredmények bemutatása

7.1 Megoldás mélyített síkalappal (pilléralap)

Az EC szerinti törőképlet használatával:

Az egyes pillérekről adódó teher:

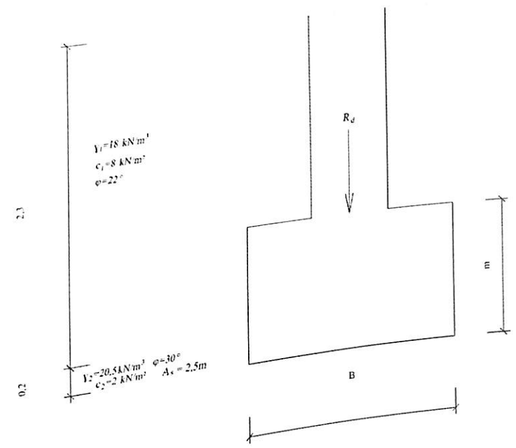
A szélső pillérekről 140 kN. 720 kN $ill.$ 1022 kN $adódik.$

A belső pilléről 1919 kN teher adódik.

Kiindulási képletek:

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma}$$

$$E_d \leq R_d = \frac{R_k}{\gamma}$$



<u>P1 pillér</u>:

$R_d = 140$ kN

$R_k = R_d \cdot \gamma = 140 \cdot 1,4 = 196$ kN

$$c' = \frac{(h_1 \cdot c_1) + (h_2 \cdot c_2)}{\Sigma h} = \frac{(2,3 \cdot 8) + (0,2 \cdot 2)}{2,5} = 7,52\ \text{kN/m2}$$

$$q' = \frac{(h_1 \cdot q_1) + (h_2 \cdot q_2)}{\Sigma h} = \frac{(2,3 \cdot 18) + (0,2 \cdot 20,5)}{2,5} = 18,2\ \text{kN/m3}$$

$$\varphi' = \frac{(h_1 \cdot \varphi_1) + (h_2 \cdot \varphi_2)}{\Sigma h} = \frac{(2,3 \cdot 22) + (0,2 \cdot 30)}{2,5} = 22,64^0$$

N_c, N_q, N_γ : talajtörési ellenállási tényező

$$N_q = e^{\pi \cdot tg\varphi} \cdot \left[tg^2(45° + \frac{\varphi}{2})\right] = e^{\pi \cdot tg22,64} \cdot \left[tg^2(45° + \frac{22,64}{2})\right] = 8,34$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot ctg\varphi = (8,34 - 1) \cdot ctg22,16° = 17,59$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q - 1) \cdot tg\varphi = 2 \cdot (8,34 - 1) \cdot tg22,64° = 6,12$$

Alap ferdeségi tényezők:

bc; bq; bγ:

$\alpha = 0° \rightarrow b_i = 1 \rightarrow b_c = b_q = b_\gamma = 1$

Alaki tényezők:

S_c; S_q; S_γ:

$S_q = 1 + \frac{B'}{L'} \cdot \sin\varphi \rightarrow 1 + \frac{B'}{B'} \cdot \sin 22{,}64° =$ pillér alap esetén $(L' = B') = 1{,}38$

$S_c = \frac{S_q \cdot N_q - 1}{N_q - 1} = \frac{1{,}38 \cdot 8{,}34 - 1}{8{,}34 - 1} = 1{,}43$

$S_\gamma = 1 - 0{,}3 \cdot \frac{B'}{L'} \rightarrow 1 - 0{,}3 \cdot \frac{B'}{B'} =$ pillér alap esetén$(L' = B') = 0{,}70$

erdeségi tényezők

i_c; i_q; i_γ: teher ferdeségének tényezője

$i_c = i_q = i_\gamma = 1$

$R_k = B^2 \cdot (q' \cdot N_q \cdot b_q \cdot S_q \cdot i_q + c' \cdot N_c \cdot b_c \cdot S_c \cdot i_c + 0{,}5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot b_\gamma \cdot S_\gamma \cdot i_\gamma) =$

$B^2 \cdot (18{,}2 \cdot 8{,}34 \cdot 1 \cdot 1{,}38 \cdot 1 + 7{,}52 \cdot 17{,}59 \cdot 1 \cdot 1{,}43 \cdot 1 + 0{,}5 \cdot 20{,}5 \cdot B \cdot 6{,}12 \cdot 1 \cdot 0{,}7 \cdot 1)$

$R_k = 196\ \text{kN} = B^2 \cdot (209{,}47 + 189{,}16 + 43{,}91B)$

$R_k = 196\ \text{kN} = 398{,}63B^2 + 43{,}91B^3$

$4{,}5 = 9{,}08B^2 + B^3$ B => 0.8m B_{alk} = 1.0m

alaptest magassága :

$\frac{(1 - 0{,}6)}{2} = 0{,}2\text{m}$

$\text{tg}\alpha = \frac{m}{0{,}2} = \text{tg}60 \cdot 0{,}2$ => m=0.34m m_{alk}= 0.4m

ellenőrzés: $R_k \leq 1^2 \cdot (209{,}47 + 189{,}16 + 43{,}91 \cdot 1)$

$R_k = 196\text{kN} \leq 442{,}51\text{kN}$ megfelel.

Szakdolgozat
port tervezés

P2 pillér:

$R_d = 720$ kN

$R_k = R_d \cdot \gamma = 140 \cdot 1.4 = 1008$ kN

$R_k = 1008\ \text{kN} = B^2 \cdot (209{,}47 + 189{,}16 + 43{,}91B)$

$R_k = 1008\ \text{kN} = 398{,}63B^2 + 43{,}91B^3$

$22{,}9 = 9{,}08B^2 + B^3$ B => 1.6m $B_{alk} = 1.6$m

alaptest magassága :

$$\frac{(1{,}6 - 0{,}6)}{2} = 0{,}5\text{m}$$

$$\text{tg}\alpha = \frac{m}{0{,}5} => tg60 \cdot 0{,}5 => m{=}1.0\text{m} \quad m_{alk} = 1{,}0\text{m}$$

ellenőrzés: $R_k \leq 1{,}6^2 \cdot (209{,}47 + 189{,}16 + 43{,}91 \cdot 1{,}6)$

$R_k = 1008\text{kN} \leq 1200{,}35\text{kN}$ megfelel.

P3 pillér:

$R_d = 1022$ kN

$R_k = R_d \cdot \gamma = 140 \cdot 1.4 = 1430.8$ kN

$R_k = 1430{,}8\ \text{kN} = B^2 \cdot (209{,}47 + 189{,}16 + 43{,}91B)$

$R_k = 1430{,}8\ \text{kN} = 398{,}63B^2 + 43{,}91B^3$

$32{,}58 = 9{,}08B^2 + B^3$ B => 1.8m $B_{alk} = 1.8$m

alaptest magassága :

$$\frac{(1{,}8 - 0{,}6)}{2} = 0{,}6\text{m}$$

$$\text{tg}\alpha = \frac{m}{0{,}6} => tg60 \cdot 0{,}6 => m{=}1.04\text{m} \quad m_{alk} = 1{,}1\text{m}$$

ellenőrzés: $R_k \leq 1{,}8^2 \cdot (209{,}47 + 189{,}16 + 43{,}91 \cdot 1{,}8)$

$R_k = 1431{,}8\text{kN} \leq 1547{,}65\text{kN}$ megfelel.

Szakdolgozat
port tervezés

P4 pillér:

$R_d = 1919$ kN

$R_k = R_d \cdot \gamma = 140 \cdot 1.4 = 2686.6$ kN

$R_k = 2686{,}6\ \text{kN} = B^2 \cdot (209{,}47 + 189{,}16 + 43{,}91B)$

$R_k = 2686{,}8\ \text{kN} = 398{,}63B^2 + 43{,}91B^3$

$61{,}25 = 9{,}08B^2 + B^3 \quad B \Rightarrow 2.4\text{m} \quad B_{alk} = 2.4\text{m}$

alaptest magassága :

$$\frac{(2{,}4 - 0{,}6)}{2} = 0{,}9\text{m}$$

$$\text{tg}\alpha = \frac{m}{0{,}9} \Rightarrow tg60 \cdot 0{,}9 \Rightarrow m = 1.6\text{m} \quad m_{alk} = 1.6\text{m}$$

ellenőrzés: $R_k \leq 2{,}4^2 \cdot (209{,}47 + 189{,}16 + 43{,}91 \cdot 2{,}4)$

$R_k = 2686{,}6\ \text{kN} \leq 2903{,}12\ \text{kN}$ megfelel.

Süllyedések:

A terhelési méretezés (a törőképlet használata) során kapott „B" méretekkel elvégeztem a süllyedésvizsgálatot (Steinbrenner diagramm).

A süllyedés számítás után kapott eredményekből látható, hogy egyik pillér sem felel meg süllyedés szempontjából. Túllépi a meghatározott süllyedési határt, az építmény nem egységesen süllyed, azaz nagyok a süllyedéskülönbségek.

Az eredmények:

P1 Pillér

F_h=	140,00	kN
P=	**140,00**	kN/m
B=	1,00	m

Talaj rétegződés	E_s [MN/m²]	Részréteg felső határa [mBf]	Részréteg alsó határa [mBf]	h_i [m]	Σh_i [m]	z_i [m]	z_i/B	σ_z/P	σ_z [kN/m²]	s_i [m]
barna agyagos homok	20	148,05	146,85	0,30	0,30	0,15	0,150	**0,886**	123,97	0,0019
				0,30	0,60	0,45	0,450	**0,654**	91,49	0,0014
				0,30	0,90	0,75	0,750	**0,541**	75,67	0,0011
				0,30	1,20	1,05	1,050	**0,456**	63,88	0,0010
szürke iszapos homok	7	146,85	144,85	0,20	1,40	1,30	1,300	**0,403**	56,39	0,0016
				0,20	1,60	1,50	1,500	**0,360**	50,40	0,0014
				0,20	1,80	1,70	1,700	**0,331**	46,37	0,0013
				0,20	2,00	1,90	1,900	**0,302**	42,34	0,0012
				0,20	2,20	2,10	2,100	**0,280**	39,13	0,0011
				0,20	2,40	2,30	2,300	**0,263**	36,75	0,0011
				0,20	2,60	2,50	2,500	**0,246**	34,37	0,0010
				0,20	2,80	2,70	2,700	**0,229**	31,99	0,0009
				0,20	3,00	2,90	2,900	**0,212**	29,61	0,0008
				0,20	3,20	3,10	3,100	**0,198**	27,75	0,0008
				0,20	3,40	3,30	3,300	**0,189**	26,40	0,0004
szürke homokos iszap	12	144,85	143,25	0,20	3,60	3,50	3,500	**0,179**	25,06	0,0004
				0,20	3,80	3,70	3,700	**0,169**	23,72	0,0004
				0,20	4,00	3,90	3,900	**0,160**	22,37	0,0004
				0,20	4,20	4,10	4,100	**0,152**	21,28	0,0003
				0,20	4,40	4,30	4,300	**0,146**	20,44	0,0003
				0,20	4,60	4,50	4,500	**0,140**	19,60	0,0003
				0,20	4,80	4,70	4,700	**0,134**	18,76	0,0004
				0,20	5,00	4,90	4,900	**0,128**	17,92	0,0004
szürke iszap	8	143,25	141,85	0,20	5,20	5,10	5,100	**0,124**	17,33	0,0004
				0,20	5,40	5,30	5,300	**0,121**	16,98	0,0004
				0,20	5,60	5,50	5,500	**0,119**	16,63	0,0004
				0,20	5,8	5,7	5,700	**0,116**	16,28	0,0004
				0,20	6,00	5,90	5,900	**0,114**	15,94	0,0004
				0,20	6,20	6,10	6,100	**0,111**	15,59	0,0005
				0,30	6,50	6,35	6,350	**0,108**	15,16	0,0004
				0,30	6,80	6,65	6,650	**0,105**	14,64	0,0004
szürke homokos agyagos iszap	10	141,85	140,95	0,30	7,1	6,95	6,950	**0,101**	14,11	0,0005
				0,40	7,50	7,30	7,300	**0,096**	13,51	0,0004
				0,40	7,90	7,70	7,700	**0,092**	12,81	0,0004
szürke iszapos homok	12	140,95	139,35	0,40	8,30	8,10	8,100	**0,087**	12,12	0,0004
				0,40	7,90	7,70	7,700	**0,092**	12,81	0,0004

0,0255

Süllyedések:

A terhelési méretezés (a törőképlet használata) során kapott „B" méretekkel elvégeztem a süllyedésvizsgálatot (Steinbrenner diagramm).

A süllyedés számítás után kapott eredményekből látható, hogy egyik pillér sem felel meg süllyedés szempontjából. Túllépi a meghatározott süllyedési határt, az építmény nem egységesen süllyed, azaz nagyok a süllyedéskülönbségek.

Az eredmények:

P1 Pillér

F_h=	140,00	kN
P=	**140,00**	kN/m
B=	1,00	m

Talaj rétegződés	E_s [MN/m²]	Részréteg felső határa [mBf]	Részréteg alsó határa [mBf]	h_i [m]	Σh_i [m]	z_i [m]	z_i/B	σ_z/P	σ_z [kN/m²]	s_i [m]	
barna agyagos homok	20	148,05	146,85	0,30	0,30	0,15	0,150	**0,886**	123,97	0,0019	
				0,30	0,60	0,45	0,450	**0,654**	91,49	0,0014	
				0,30	0,90	0,75	0,750	**0,541**	75,67	0,0011	
				0,30	1,20	1,05	1,050	**0,456**	63,88	0,0010	
szürke iszapos homok	7	146,85	144,85	0,20	1,40	1,30	1,300	**0,403**	56,39	0,0016	
				0,20	1,60	1,50	1,500	**0,360**	50,40	0,0014	
				0,20	1,80	1,70	1,700	**0,331**	46,37	0,0013	
				0,20	2,00	1,90	1,900	**0,302**	42,34	0,0012	
				0,20	2,20	2,10	2,100	**0,280**	39,13	0,0011	
				0,20	2,40	2,30	2,300	**0,263**	36,75	0,0011	
				0,20	2,60	2,50	2,500	**0,246**	34,37	0,0010	
				0,20	2,80	2,70	2,700	**0,229**	31,99	0,0009	
				0,20	3,00	2,90	2,900	**0,212**	29,61	0,0008	
				0,20	3,20	3,10	3,100	**0,198**	27,75	0,0008	
szürke homokos iszap	12	144,85	143,25	0,20	3,40	3,30	3,300	**0,189**	26,40	0,0004	
				0,20	3,60	3,50	3,500	**0,179**	25,06	0,0004	
				0,20	3,80	3,70	3,700	**0,169**	23,72	0,0004	
				0,20	4,00	3,90	3,900	**0,160**	22,37	0,0004	
				0,20	4,20	4,10	4,100	**0,152**	21,28	0,0004	
				0,20	4,40	4,30	4,300	**0,146**	20,44	0,0003	
				0,20	4,60	4,50	4,500	**0,140**	19,60	0,0003	
				0,20	4,80	4,70	4,700	**0,134**	18,76	0,0003	
szürke iszap	8	143,25	141,85	0,20	5,00	4,90	4,900	**0,128**	17,92	0,0004	
				0,20	5,20	5,10	5,100	**0,124**	17,33	0,0004	
				0,20	5,40	5,30	5,300	**0,121**	16,98	0,0004	
				0,20	5,60	5,50	5,500	**0,119**	16,63	0,0004	
				0,20	5,8	5,7	5,700	**0,116**	16,28	0,0004	
				0,20	6,00	5,90	5,900	**0,114**	15,94	0,0004	
				0,20	6,20	6,10	6,100	**0,111**	15,59	0,0004	
szürke homokos agyagos iszap	10	141,85	140,95	0,30	6,50	6,35	6,350	**0,108**	15,16	0,0005	
				0,30	6,80	6,65	6,650	**0,105**	14,64	0,0004	
				0,30	7,1	6,95	6,950	**0,101**	14,11	0,0004	
szürke iszapos homok	12	140,95	139,35	0,40	7,50	7,30	7,300	**0,096**	13,51	0,0005	
				0,40	7,90	7,70	7,700	**0,092**	12,81	0,0004	
				0,40	8,30	8,10	8,100	**0,087**	12,12	0,0004	
				0,40	7,90	7,70	7,700	**0,092**	12,81	0,0004	0,0255

P2 Pillér

F_h=	720,00	kN
P=	**281,25**	kN/m
B=	1,60	m

Talaj rétegződés	E_s [MN/m²]	Részréteg felső határa [mBf]	Részréteg alsó határa [mBf]	h_i [m]	Σh_i [m]	z_i [m]	z_i/B	σ_z/P	σ_z [kN/m²]	s_i [m]	
barna agyagos homok	20	148,05		0,30	0,30	0,15	0,094	**0,951**	267,36	*0,0040*	
				0,30	0,60	0,45	0,281	**0,755**	212,43	*0,0032*	
				0,30	0,90	0,75	0,469	**0,645**	181,32	*0,0027*	
			146,85	0,30	1,20	1,05	0,656	**0,571**	160,72	*0,0024*	
szürke iszapos homok	7	146,85		0,20	1,40	1,30	0,813	**0,520**	146,37	*0,0042*	
				0,20	1,60	1,50	0,938	**0,485**	136,35	*0,0039*	
				0,20	1,80	1,70	1,063	**0,454**	127,58	*0,0036*	
				0,20	2,00	1,90	1,188	**0,427**	120,06	*0,0034*	
				0,20	2,20	2,10	1,313	**0,400**	112,54	*0,0032*	
				0,20	2,40	2,30	1,438	**0,373**	105,01	*0,0030*	
				0,20	2,60	2,50	1,563	**0,351**	98,72	*0,0028*	
				0,20	2,80	2,70	1,688	**0,333**	93,66	*0,0027*	
				0,20	3,00	2,90	1,813	**0,315**	88,59	*0,0025*	
			144,85	0,20	3,20	3,10	1,938	**0,297**	83,53	*0,0024*	
szürke homokos iszap	12	144,85		0,20	3,40	3,30	2,063	**0,283**	79,51	*0,0013*	
				0,20	3,60	3,50	2,188	**0,272**	76,52	*0,0013*	
				0,20	3,80	3,70	2,313	**0,261**	73,53	*0,0012*	
				0,20	4,00	3,90	2,438	**0,251**	70,54	*0,0012*	
				0,20	4,20	4,10	2,563	**0,240**	67,55	*0,0011*	
				0,20	4,40	4,30	2,688	**0,230**	64,56	*0,0011*	
				0,20	4,60	4,50	2,813	**0,219**	61,58	*0,0010*	
			143,25	0,20	4,80	4,70	2,938	**0,208**	58,59	*0,0010*	
szürke iszap	8	143,25		0,20	5,00	4,90	3,063	**0,200**	56,25	*0,0014*	
				0,20	5,20	5,10	3,188	**0,194**	54,56	*0,0014*	
				0,20	5,40	5,30	3,313	**0,188**	52,88	*0,0013*	
				0,20	5,60	5,50	3,438	**0,182**	51,19	*0,0013*	
				0,20	5,8	5,7	3,563	**0,176**	49,50	*0,0012*	
				0,20	6,00	5,90	3,688	**0,170**	47,81	*0,0012*	
			141,85	0,20	6,20	6,10	3,813	**0,164**	46,13	*0,0012*	
szürke homokos agyagos iszap	10	141,85		0,30	6,50	6,35	3,969	**0,157**	44,02	*0,0013*	
				0,30	6,80	6,65	4,156	**0,150**	42,28	*0,0013*	
			140,95	0,30	7,1	6,95	4,344	**0,145**	40,69	*0,0012*	
szürke iszapos homok	12	140,95		0,40	7,50	7,30	4,563	**0,138**	38,85	*0,0013*	
				0,40	7,90	7,70	4,813	**0,131**	36,74	*0,0012*	
				0,40	8,30	8,10	5,063	**0,124**	34,94	*0,0012*	
			139,35	0,40	7,90	7,70	4,813	**0,131**	36,74	*0,0012*	*0,0710*

P3 Pillér

F_h=	1022,00	kN
P=	**315,43**	kN/m
B=	1,80	m

Talaj rétegződés	E_s [MN/m²]	Részréteg felső határa [mBf]	Részréteg alsó határa [mBf]	h_i [m]	Σh_i [m]	z_i [m]	z_i/B	σ_z/P	σ_z [kN/m²]	s_i [m]	
barna agyagos homok	20	148,05		0,30	0,30	0,15	0,083	**0,960**	302,81	*0,0045*	
				0,30	0,60	0,45	0,250	**0,783**	246,83	*0,0037*	
				0,30	0,90	0,75	0,417	**0,669**	211,08	*0,0032*	
			146,85	0,30	1,20	1,05	0,583	**0,597**	188,21	*0,0028*	
szürke iszapos homok	7	146,85		0,20	1,40	1,30	0,722	**0,550**	173,38	*0,0050*	
				0,20	1,60	1,50	0,833	**0,515**	162,29	*0,0046*	
				0,20	1,80	1,70	0,944	**0,483**	152,30	*0,0044*	
				0,20	2,00	1,90	1,056	**0,455**	143,56	*0,0041*	
				0,20	2,20	2,10	1,167	**0,431**	136,06	*0,0039*	
				0,20	2,40	2,30	1,278	**0,408**	128,56	*0,0037*	
				0,20	2,60	2,50	1,389	**0,384**	121,06	*0,0035*	
				0,20	2,80	2,70	1,500	**0,360**	113,56	*0,0032*	
				0,20	3,00	2,90	1,611	**0,344**	108,51	*0,0031*	
			144,85	0,20	3,20	3,10	1,722	**0,328**	103,46	*0,0030*	
szürke homokos iszap	12	144,85		0,20	3,40	3,30	1,833	**0,312**	98,41	*0,0016*	
				0,20	3,60	3,50	1,944	**0,296**	93,37	*0,0016*	
				0,20	3,80	3,70	2,056	**0,283**	89,35	*0,0015*	
				0,20	4,00	3,90	2,167	**0,274**	86,38	*0,0014*	
				0,20	4,20	4,10	2,278	**0,264**	83,40	*0,0014*	
				0,20	4,40	4,30	2,389	**0,255**	80,42	*0,0013*	
				0,20	4,60	4,50	2,500	**0,246**	77,44	*0,0013*	
			143,25	0,20	4,80	4,70	2,611	**0,236**	74,46	*0,0012*	
szürke iszap	8	143,25		0,20	5,00	4,90	2,722	**0,227**	71,48	*0,0018*	
				0,20	5,20	5,10	2,833	**0,217**	68,50	*0,0017*	
				0,20	5,40	5,30	2,944	**0,208**	65,52	*0,0016*	
				0,20	5,60	5,50	3,056	**0,200**	63,19	*0,0016*	
				0,20	5,8	5,7	3,167	**0,195**	61,51	*0,0015*	
				0,20	6,00	5,90	3,278	**0,190**	59,83	*0,0015*	
			141,85	0,20	6,20	6,10	3,389	**0,184**	58,14	*0,0015*	
szürke homokos agyagos iszap	10	141,85		0,30	6,50	6,35	3,528	**0,178**	56,04	*0,0017*	
				0,30	6,80	6,65	3,694	**0,170**	53,52	*0,0016*	
			140,95	0,30	7,1	6,95	3,861	**0,162**	50,99	*0,0015*	
szürke iszapos homok	12	140,95		0,40	7,50	7,30	4,056	**0,153**	48,37	*0,0016*	
				0,40	7,90	7,70	4,278	**0,147**	46,26	*0,0015*	
				0,40	8,30	8,10	4,500	**0,140**	44,16	*0,0015*	
			139,35	0,40	7,90	7,70	4,278	**0,147**	46,26	*0,0015*	*0,0862*

F_h=	1919,00	kN
P=	**333,16**	kN/m
B=	2,40	m

P4 Pillér

Talaj rétegződés	E_s [MN/m^2]	Részréteg felső határa [mBf]	Részréteg alsó határa [mBf]	h_i [m]	Σh_i [m]	z_i [m]	z_i/B	σ_z/P	σ_z [kN/m^2]	s_i [m]
barna agyagos homok	20	148,05	146,85	0,30	0,30	0,15	0,063	**0,979**	326,08	0,0049
				0,30	0,60	0,45	0,188	**0,841**	280,15	0,0042
				0,30	0,90	0,75	0,313	**0,731**	243,62	0,0037
				0,30	1,20	1,05	0,438	**0,659**	219,68	0,0033
szürke iszapos homok	7	146,85	144,85	0,20	1,40	1,30	0,542	**0,613**	204,34	0,0058
				0,20	1,60	1,50	0,625	**0,582**	193,82	0,0055
				0,20	1,80	1,70	0,708	**0,554**	184,65	0,0053
				0,20	2,00	1,90	0,792	**0,527**	175,49	0,0050
				0,20	2,20	2,10	0,875	**0,503**	167,45	0,0048
				0,20	2,40	2,30	0,958	**0,479**	159,54	0,0046
				0,20	2,60	2,50	1,042	**0,458**	152,61	0,0044
				0,20	2,80	2,70	1,125	**0,440**	146,67	0,0042
				0,20	3,00	2,90	1,208	**0,422**	140,73	0,0040
				0,20	3,20	3,10	1,292	**0,405**	134,79	0,0039
szürke homokos iszap	12	144,85	143,25	0,20	3,40	3,30	1,375	**0,387**	128,85	0,0021
				0,20	3,60	3,50	1,458	**0,369**	122,91	0,0020
				0,20	3,80	3,70	1,542	**0,354**	117,94	0,0020
				0,20	4,00	3,90	1,625	**0,342**	113,94	0,0019
				0,20	4,20	4,10	1,708	**0,330**	109,94	0,0018
				0,20	4,40	4,30	1,792	**0,318**	105,94	0,0018
				0,20	4,60	4,50	1,875	**0,306**	101,95	0,0017
				0,20	4,80	4,70	1,958	**0,294**	97,95	0,0016
szürke iszap	8	143,25	141,85	0,20	5,00	4,90	2,042	**0,284**	94,77	0,0024
				0,20	5,20	5,10	2,125	**0,277**	92,41	0,0023
				0,20	5,40	5,30	2,208	**0,270**	90,05	0,0023
				0,20	5,60	5,50	2,292	**0,263**	87,69	0,0022
				0,20	5,8	5,7	2,375	**0,256**	85,33	0,0021
				0,20	6,00	5,90	2,458	**0,249**	82,97	0,0021
				0,20	6,20	6,10	2,542	**0,242**	80,61	0,0020
szürke homokos agyagos iszap	10	141,85	140,95	0,30	6,50	6,35	2,646	**0,233**	77,66	0,0023
				0,30	6,80	6,65	2,771	**0,222**	74,12	0,0022
				0,30	7,1	6,95	2,896	**0,212**	70,58	0,0021
szürke iszapos homok	12	140,95	139,35	0,40	7,50	7,30	3,042	**0,201**	66,97	0,0022
				0,40	7,90	7,70	3,208	**0,193**	64,30	0,0021
				0,40	8,30	8,10	3,375	**0,185**	61,63	0,0021
				0,40	7,90	7,70	3,208	**0,193**	64,30	0,0021
										0,1091

Ezek miatt mind a négy pillérnél módosításra került a „B” méret. A módosítások után a pillérek egyenként illetve együtt is megfelelnek süllyedésre.

P1 = 140kN – s = 0,0240 m

P2 = 720kN – s = 0,0247 m

P3 = 1022kN – s = 0,0246 m

P4 = 1919kN – s = 0,0247 m

7.2 Megoldás Mélyalapozással

Cölöpök kiosztása, szerkesztési szabályok

A cölöpök átmérője

A terhelések függvényében rendre D=0,6 m, D=0,8 m, D=1,0 m és D=1,2 m átmérőjű cölöpöket számítok. A cölöpök hossza 12m.

A cölöpök távolsága

A cölöpök T tengelytávolságára az alábbi összefüggés vonatkozik:

$3D \leq T \leq 5D$

$1{,}80m \leq T \leq 3{,}00m$

Az egyes cölöpökre határteherbírása:

A szélső cölöpökre $140\ kN$. $720\ kN\ ill.\ 1022\ kN$ teher jut.

A belső cölöpre $1919\ kN$ teher jut.

Sorszám	Teher (kN)
C1	140
C2	720
C3	1022
C4	1919

7.2.1 A cölöpök határteherbírásának meghatározása Ferrandon-módszerrel

A képlet a csúcsellenállásból és köpenysúrlódásból indul ki:

Ferrandon szerint egy cölöp határteherbírása:

$P = \sigma \cdot F + f \cdot u \cdot l =$ Ph' + Ph"

$\sigma = a \cdot l \cdot \gamma + b \cdot c$

ahol:

F – cölöp keresztmetszeti területe

f – súrlódási tényező

U – cölöp kerülete

a,b – talaj súrlódási tényezőtől függő tényezők

Szakdolgozat
port tervezés

$$F = \frac{D^2\pi}{4} = \frac{0{,}6^2\pi}{4} = 0{,}28m^2$$

$$a = 1{,}4 + \frac{11-10}{15-10} \cdot (2{,}3 - 1{,}4) = 1{,}58\ (táblázatból\ interpolálva)$$

$$b = 7{,}4 + \frac{11-10}{15-10} \cdot (9{,}3 - 7{,}4) = 7{,}58\ (táblázatból\ interpolálva)$$

<u>C1 cölöp</u>:

a cölöpcsúcs síkjában a geosztatikai nyomás:

$$l \cdot \gamma = 2{,}31 \cdot 18{,}74 + 1{,}4 \cdot 20{,}5 + 2 \cdot 19{,}5 + 1{,}6 \cdot 20{,}2 + 1{,}4 \cdot 20 + 0{,}9 \cdot 20{,}2 + 1{,}6 \cdot 20{,}5 = 220{,}4\ kN/m^2$$

$$\sigma = a \cdot l \cdot \gamma + b \cdot c = 1{,}58 \cdot 220{,}4 + 7{,}58 \cdot 20 = 499{,}83\ kN/m^2 \sim= 500\ kN/m^2$$

$$Ph' = \sigma \cdot F = 500 \cdot 0{,}28 = 140kN\ .\ U = 0{,}6 \cdot \pi = 1{,}88m$$

f súrlódási tényező értékei ($táblázatból\ interpolálva$) ill. talajrétegek magassága:

$f_1 = 32{,}6\ kN/m^2$ $l_1 = 2{,}3m$

$f_2 = 37{,}44\ kN/m^2$ $l_2 = 1{,}4m$

$f_3 = 32{,}6\ kN/m^2$ $l_3 = 2{,}0m$

$f_4 = 36{,}28\ kN/m^2$ $l_4 = 1{,}6m$

$f_5 = 12{,}49\ kN/m^2$ $l_5 = 1{,}4m$

$f_6 = 39{,}38\ kN/m^2$ $l_6 = 0{,}9m$

$f_7 = 25{,}72\ kN/m^2$ $l_7 = 1{,}6m$

$$P_{h''} = U \cdot \sum l_i f_i = 1{,}88 \cdot (32{,}6 \cdot 2{,}3 + 37{,}44 \cdot 1{,}4 + 32{,}6 \cdot 2 + 36{,}28 \cdot 1{,}6 + 12{,}49 \cdot 1{,}4 + 39{,}38 \cdot 0{,}9 + 25{,}72 \cdot 1{,}6 = 648{,}08\ kN$$

$$Ph'' = 648{,}08\ kN$$

C1 cölöp:

$Ph = Ph' + Ph'' = 140 + 648{,}08 = 788{,}08\ kN$

C2 cölöp:

D=0.8 m , $F = 0{,}5m^2$, $l \cdot \gamma = = 220{,}4\ kN/m^2, \sigma = 500\ kN/m^2$

$Ph' = \sigma \cdot F = 500 \cdot 0{,}5 = 250kN$, $U = 0{,}8 \cdot \pi = 2{,}51m$

$P_{h''} = U \cdot \sum l_i f_i = 865{,}26\ kN$

$Ph = Ph' + Ph'' = 250 + 865{,}26 = 1115{,}26\ kN$

C3 cölöp:

D=1.0 m , $F = 0{,}78m^2$, $l \cdot \gamma = = 220{,}4\ kN/m^2, \sigma = 500\ kN/m^2$

$Ph' = \sigma \cdot F = 500 \cdot 0{,}78 = 390kN$, $U = 1 \cdot \pi = 3{,}14m$

$P_{h''} = U \cdot \sum l_i f_i = 1082{,}43\ kN$

$Ph = Ph' + Ph'' = 390 + 1080{,}43 = 1472{,}43\ kN$

C4 cölöp:

D=1.2 m , $F = 1{,}13m^2$, $l \cdot \gamma = = 220{,}4\ kN/m^2, \sigma = 500\ kN/m^2$

$Ph' = \sigma \cdot F = 500 \cdot 1{,}13 = 565kN$, $U = 1 \cdot \pi = 3{,}55m$

$P_{h''} = U \cdot \sum l_i f_i = 1223{,}77\ kN$

$Ph = Ph' + Ph'' = 565 + 1223{,}77 = 1788{,}77\ kN$

7.2.2 A cölöpök méretezése Caquot-Kérisel-módszerrel

A képlet itt is a csúcsellenállásból és köpenysúrlódásból indul ki:

$$P_t = F \cdot [N_1 \cdot (q \cdot tg\varphi + c) + q] + K \cdot \left[\frac{1}{2} \cdot \lambda_1 \cdot \sum (l_i \cdot \gamma_i \cdot N_{2i}) + \lambda_2 \cdot \frac{\sum l_i \cdot c_i}{l}\right]$$

ahol:

N_1: N_2 teherbírási tényezők φ függvényében

q: hatékony geosztatikai nyomás a cölöptalp síkjában

φ: c: a talp alatti talaj belső súrlódási szöge és kohéziója

K: a cölöp palástfelülete ($K = d \cdot \pi \cdot l$)

λ_1: λ_2: a talaj tömörségétől/képlékenységétől függő tényezők

A szélső cölöpökre $140\ kN$, $720\ kN\ ill.\ 1022\ kN$ teher jut.

A belső cölöpre $1919\ kN$ teher jut.

A teherbírásra számított átmérők itt is rendre D=0,6 m, D=0,8 m, D=1,0 m és D=1,2 m.
A cölöpök hossza 12m.

$K = 21{,}06m^2$, $N_1 = 8{,}94$ (táblázatból) , $F = 0{,}28m^2$

$$q = 2{,}31 \cdot 18{,}74 + 1{,}4 \cdot 20{,}5 + 2 \cdot 19{,}5 + 1{,}6 \cdot 20{,}2 + 1{,}4 \cdot 20 + 0{,}9 \cdot 20{,}2 + 1{,}6 \cdot 20{,}5 = 220{,}4\ kN/m^2$$

$tg\varphi = 0{,}19$

$c = 20kN/m^2$

λ_1; $\lambda_2 = 0{,}7$

N_2 - az egyes átharántolt talajrétegek teherbírási tényezője (táblázatból)

$N_{21} = 1{,}29$	$l_1 = 2{,}3m$	$\gamma_1 = 18\ kN/m^2$
$N_{22} = 3{,}21$	$l_2 = 1{,}4m$	$\gamma_2 = 20{,}5\ kN/m^2$
$N_{23} = 1{,}15$	$l_3 = 2{,}0m$	$\gamma_3 = 19{,}5\ kN/m^2$
$N_{24} = 1{,}45$	$l_4 = 1{,}6m$	$\gamma_4 = 20{,}2\ kN/m^2$
$N_{25} = 0{,}72$	$l_5 = 1{,}4m$	$\gamma_5 = 20\ kN/m^2$
$N_{26} = 0{,}5$	$l_6 = 0{,}9m$	$\gamma_6 = 20{,}2\ kN/m^2$
$N_{27} = 0{,}33$	$l_7 = 1{,}6m$	$\gamma_7 = 20{,}5\ kN/m^2$

$$\sum(l_i \cdot \gamma_i \cdot N_{2i}) = 2{,}3 \cdot 18 \cdot 1{,}29 + 1{,}4 \cdot 20{,}5 \cdot 3{,}21 + 2 \cdot 19{,}5 \cdot 1{,}15 + 1{,}6 \cdot 20{,}2 \cdot 1{,}45 + 1{,}4 \cdot 20 \cdot 0{,}72 + 0{,}9 \cdot 20{,}2 \cdot 0{,}5 + 1{,}6 \cdot 20{,}5 \cdot 0{,}33 = 277{,}32\ kN$$

$$\frac{\sum l_i \cdot c_i}{l} = \frac{2{,}3 \cdot 1{,}8 + 1{,}4 \cdot 20{,}5 + 2 \cdot 19{,}5 + 1{,}6 \cdot 20{,}2 + 1{,}4 \cdot 20 + 0{,}9 \cdot 20 + 1{,}6 \cdot 20{,}5}{2{,}3 + 1{,}4 + 2 + 1{,}6 + 1{,}4 + 0{,}9 + 1{,}6}$$

$$= 19{,}68\ kN/m^2$$

$$P_t = F \cdot [N_1 \cdot (q \cdot tg\varphi + c) + q] + K \cdot \left[\frac{1}{2} \cdot \lambda_1 \cdot \sum (l_i \cdot \gamma_i \cdot N_{2i}) + \lambda_2 \cdot \frac{\sum l_i \cdot c_i}{l}\right]$$

$$P_t = 0{,}28 \cdot [8{,}94 \cdot (220{,}4 \cdot 0{,}19 + 20) + 220{,}4] + 21{,}06 \cdot \left[\frac{1}{2} \cdot 0{,}7 \cdot 277{,}32 + 0{,}7 \cdot 19{,}68\right] = 2550.89\ kN$$

$P_h = \nu_1 \cdot \nu_2 \cdot \nu_3 \cdot P_t = 1239.73\ kN$

<u>C2 cölöp</u>: $K = 28{,}11 m^2$, $F = 0.5 m^2$

$P_t = 0{,}5 \cdot 773{,}57 + 28{,}11 * 110{,}84 = 3502{,}49\ kN$

$P_h = \nu_1 \cdot \nu_2 \cdot \nu_3 \cdot P_t = 1702.2\ kN$

<u>C3 cölöp</u>: $K = 35{,}17 m^2$, $F = 0.78 m^2$

$P_t = 0{,}78 \cdot 773{,}57 + 35{,}17 * 110{,}84 = 4501{,}62\ kN$

$P_h = \nu_1 \cdot \nu_2 \cdot \nu_3 \cdot P_t = 2187.79\ kN$

<u>C4 cölöp</u>: $K = 42{,}112 m^2$, $F = 1.13 m^2$

$P_t = 1{,}13 \cdot 773{,}57 + 42{,}112 * 110{,}84 = 5541{,}82\ kN$

$P_h = \nu_1 \cdot \nu_2 \cdot \nu_3 \cdot P_t = 2693.32\ kN$

akdolgozat
rt tervezés

7.2.3 GEO5 eredmények, cölöpcsoportra:

A gépi számítás terjedelmessége miatt ide csak a kiinduló adatokat, illetve az eredményeket illesztettem be, a süllyedésdiagram illetve nézetrajzok a teljes részletes számításban tekinthetők meg a mellékletben, a Geo5 által nyújtott formában.

A szélső cölöpcsoportokra rendre $140\ kN$, $720\ kN$ *ill.* $1022\ kN$ teher jut.

A belső cölöpcsoportra $1919\ kN$ teher jut.

<u>C1 cölöpcsoport</u>:

Szerkezet

Cölöpfej szélessége	b_x	=	2,00 m
	b_y	=	2,00 m
Cölöpátmérő	d	=	0,40 m
Cölöpök száma	n_x	=	2
	n_y	=	1
Cölöpök távolsága	s_x	=	1,00 m
	s_y	=	1,00 m

Geometria

Mélység a terepszintől	h_z	=	2,00 m
Cölöpfej eltolása	h	=	0,50 m
Cölöpfej vastagsága	t	=	0,50 m
Cölöpök hossza	l	=	4,00 m

Szerkezet anyaga

Térfogatsúly γ = 23,00 kN/m^3
A betonszerkezet számítása az alábbi szabványnak megfelelően történt EN 1992-1-1 (EC2) .

Beton : C 20/25			
Hengeres próbatest nyomószilárdsága	f_{ck}	=	20,00 MPa
Szakítószilárdság	f_{ctm}	=	2,20 MPa
Rugalmassági modulus	E_{cm}	=	30000,00 MPa
Nyírási modulus	G	=	12500,00 MPa
Hosszvas : B500			
Képlékeny határ	f_{yk}	=	500,00 MPa
Kereszt vas: B500			

R_g = 564,36 kN > 202,10 kN = V_d

akdolgozat
rt tervezés

C2 cölöpcsoport:

Szerkezet

Cölöpfej szélessége	b_x	=	2,00 m
	b_y	=	4,00 m
Cölöpátmérő	d	=	0,60 m
Cölöpök száma	n_x	=	1
	n_y	=	2
Cölöpök távolsága	s_x	=	1,00 m
	s_y	=	2,00 m

Geometria

Mélység a terepszintől	h_z	=	2,00 m
Cölöpfej eltolása	h	=	0,50 m
Cölöpfej vastagsága	t	=	0,50 m
Cölöpök hossza	l	=	6,00 m

Szerkezet anyaga

Térfogatsúly γ = 23,00 kN/m^3
A betonszerkezet számítása az alábbi szabványnak megfelelően történt EN 1992-1-1 (EC2) .

Beton : C 20/25			
Hengeres próbatest nyomószilárdsága	f_{ck}	=	20,00 MPa
Szakítószilárdság	f_{ctm}	=	2,20 MPa
Rugalmassági modulus	E_{cm}	=	30000,00 MPa
Nyírási modulus	G	=	12500,00 MPa
Hosszvas : B500			
Képlékeny határ	f_{yk}	=	500,00 MPa

Kereszt vas: B500

R_g = 1258,93 kN > 844,20 kN = V_d

akdolgozat
rt tervezés

C3 cölöpcsoport:

Szerkezet

Cölöpfej szélessége	b_x	=	3,00 m
	b_y	=	3,00 m
Cölöpátmérő	d	=	0,60 m
Cölöpök száma	n_x	=	1
	n_y	=	2
Cölöpök távolsága	s_x	=	1,50 m
	s_y	=	1,50 m

Geometria

Mélység a terepszintől	h_z	=	2,00 m
Cölöpfej eltolása	h	=	0,50 m
Cölöpfej vastagsága	t	=	0,50 m
Cölöpök hossza	l	=	6,00 m

Szerkezet anyaga

Térfogatsúly γ = 23,00 kN/m^3
A betonszerkezet számítása az alábbi szabványnak megfelelően történt EN 1992-1-1 (EC2) .

Beton : C 20/25			
Hengeres próbatest nyomószilárdsága	f_{ck}	=	20,00 MPa
Szakítószilárdság	f_{ctm}	=	2,20 MPa
Rugalmassági modulus	E_{cm}	=	30000,00 MPa
Nyírási modulus	G	=	12500,00 MPa
Hosszvas : B500			
Képlékeny határ	f_{yk}	=	500,00 MPa
Kereszt vas: B500			

R_g = 1346,20 kN > 1161,72 kN = V_d

C4 cölöpcsoport:

Szerkezet

Cölöpfej szélessége	b_x	= 6,00 m
	b_y	= 4,00 m
Cölöpátmérő	d	= 0,60 m
Cölöpök száma	n_x	= 3
	n_y	= 2
Cölöpök távolsága	s_x	= 2,00 m
	s_y	= 2,00 m

Geometria

Mélység a terepszintől	h_z	= 2,00 m
Cölöpfej eltolása	h	= 0,50 m
Cölöpfej vastagsága	t	= 0,50 m
Cölöpök hossza	l	= 6,00 m

Szerkezet anyaga

Térfogatsúly γ = 23,00 kN/m^3
A betonszerkezet számítása az alábbi szabványnak megfelelően történt EN 1992-1-1 (EC2) .

Beton : C 20/25		
Hengeres próbatest nyomószilárdsága	f_{ck}	= 20,00 MPa
Szakítószilárdság	f_{ctm}	= 2,20 MPa
Rugalmassági modulus	E_{cm}	= 30000,00 MPa
Nyírási modulus	G	= 12500,00 MPa
Hosszvas : B500		
Képlékeny határ	f_{yk}	= 500,00 MPa
Kereszt vas: B500		

R_g = 2581,85 kN > 2291,60 kN = V_d

akdolgozat
rt tervezés

8 Összefoglalás

Az épület alapozási lehetőségeit megvizsgáltam síkalapra, majd ezt követően mélyalapra. A terv során elkészítettem a terület jellemző hossz-szelvényét illetve keresztszelvényét majd pedig a geotechnikai helyszínrajzot is. A kézi számítás során kiderült, hogy a kivitelezés megvalósítható lenne mélyített síkalappal is, de a konzulenseim tapasztalatain alapuló javaslatot figyelembe véve a mélyített síkalap helyett cölöpalapozással oldottam meg a feladatot. Az érvek miszerint a síkalap sokkal időigényesebb valamint hogy a cölöpözés jobban gépesíthető, a mai világban eléggé meggyőzőek. Ezután az összehasonlíthatóság kedvéért elkészítettem a cölöpök kézi számítását két módszer szerint (Ferrandon, Caquot-Kérisel), de a tervezés a Geo5 program segítségével készült.

A programmal számításra került egyedi cölöp is – mintegy érdekességként – adatai megtekinthetőek a mellékletben, de a vasalási tervet és a cölöpkiosztási tervet a cölöpcsoporthoz készítettem el.

9 Műszaki leírás

9.1 Biztonságtechnikai leírás

A kivitelezés időtartama alatt a biztonságtechnikai és tűzvédelmi előírásokat, az építéstechnológiai és az alkalmazástechnikai utasításokat kötelezően be kell tartani. Szigorúan betartandó az Építőipari Kivitelezési Biztonsági Szabályzat (ÉKBSZ) és az 1993. évi XCII. 1-es munkavédelmi előírás a cölöpözési munkáknál. Védőfelszerelés – sisak illetve védőkesztyű – kötelező mindenki számára. Gépesített munkavégzés csak a gyári előírások betartásával szabad, a gépet magasfeszültségű vezeték alá nem szabad telepíteni, a biztonsági távolság a gép és a vezeték között minimum 6 m. A felelős műszaki vezető köteles a munkagépek munkáját úgy összehangolni, hogy a fúróberendezés veszélyzónájában ürítéskor sem személyzet, sem másik munkagép ne tartózkodjon. A munka megkezdése előtt kötelező baleset-elhárítási és tűzvédelmi oktatást tartani, kihangsúlyozva a lokális veszélyforrásokat.

Szakdolgozat
pport tervezés

9.2 Környezetvédelem

Környezetbarát technológiát alkalmazunk, ebből kifolyólag speciális környezetvédelmi előírásokat nem kell alkalmaznunk. A gépesítés miatt, az esetleges javítások és karbantartásokból eredő olajfolyás a földet szennyezheti, ezt, illetve az egyéb kapcsolódó segédanyagokat műanyagzsákba gyűjtve az arra kijelölt lerakóhelyre kell szállítani.

9.3 A kivitelezésre vonatkozó általános szabályok

A cölöpök tengelypontjait alsórendű geodéziai méréssel határozzuk meg. A kitűzés pontossága ± 1cm-rel legyen végrehajtva. A magassági kitűzés a munkaterület ± 1cm-es kialakításával és cölöpönként egy fix magassági pont megadásával történjen. A kitűzést követően a fúrógép a cölöp tengelypontjára ± 2cm-es pontossággal álljon. A műszaki ellenőrnek vizsgálnia kell, hogy az építmény a leírtaknak megfelelően valósul meg, ennek gyakoriságát előre meg kell szabni. A tervtől eltérő bármely módosítást dokumentálni kell, ezen dokumentációt minimum 10 évig, ha lehetséges az épület élettartamáig meg kell őrizni. A helyszíni szemlék alkalmával feljegyzést kell vezetni a talaj és talajvíz jellemző adatairól, a munka haladásáról és az esetleges váratlan eseményekről. A kivitelezés megkezdése előtt a talajvízáramlást és pórusvíznyomásokat érdemes ellenőrizni, majd építés közben az építmény talajvízre gyakorolt hatásait is.

10 Felhasznált Irodalom

- Bartos Sándor – Králik Béla (2006): Mélyépítés III. (Alapozás) (J 15-511)
- Szepesházi Róbert (2001): Geotechnika
- Szepesházi Róbert (1993): Geotechnika példatár II. (J-15-666/a)
- Szepesházi Róbert (1998): Geotechnika tervezés – tervezés az Eurocode 7 és a kapcsolódó geotechnikai szabványok alapján
- Szűcs Sándor – Wehner Péter (1990): Tartószerkezetek példatár
- Farkas József (2002): Alapozás
- Farkas József (1998): Alapozás (Gyakorlati útmutató)
- Geotechnika - Faur Krisztina Beáta, Szabó Imre (2011)
- Miskolci Egyetem Földtudományi Kar Honlapja
- CHM V+VI Geotechnical report (Hungarian version)
- Magyar Állami Földtani Intézet honlapja
- Keller Grundbau Mélyépítő Kft. honlapja
- Antal Ákos – Dr. Szabó Lászlóné – Szentmihályi Tiborné (2006): Segédletek a mechanika és tartószerkezetek c. tárgyhoz (J-15-535)
- Különböző Internetes anyagok
- tankonyvtar.hu

Használt szabványok:

- MSZ EN 1997-1:2006
- MSZ EN 1536:2001
- MSZ EN 1997-2:2008

A diplomamunka során használt számítógépes programok:

- Microsoft Word 2007
- Microsoft Excel 2007
- GEO 5 (diákverzió)
- AutoCAD 2015 (diákverzió)

Az egyes építményekkel, építési munkákkal és építési tevékenységekkel kapcsolatos dokumentációk tartalmáról szóló 37/2007. (XII.13.) ÖTM rendelet, az építészeti–műszaki tervezési jogosultság általános szabályairól szóló 104/2006. (IV.28.) Korm. rendelet, valamint az építészeti–műszaki tervezési jogosultság részletes szabályairól szóló 34/2002. (IV.27.) FVM rendelet és az építésügyi hatósági engedélyezési eljárásokról szóló 193/2009. (IX.25.) Korm. rendelet alapján az alábbi nyilatkozatot teszem:

ÉPÍTÉSI ÉS TERVEZÉSI TEVÉKENYSÉG JELLEMZŐI

Építtető:	YBI Miklós Építéstudományi Kar Építőmérnöki Intézet
Építési hely:	4300 Nyírbátor, Coloplast utca2.
Építési tevékenység:	Nyírbátori COLOPLAST Ipari Park üzemcsarnok alapozási terve
Tervezési feladat, tervszint:	Cölöpalpozás tervezése, kiviteli terv.
Szakági munkarész:	cölöpalapozás kialakításának elvi megoldása és bemutatása
Környezeti jellemzők:	részben beépített külterület
Jogszabályi védettség:	Nem áll fent. (építési, műemléki, régészeti, stb.)
Szakági felelős tervező:	Firgi Tibor, Petik Csaba

TERVEZŐI NYILATKOZAT

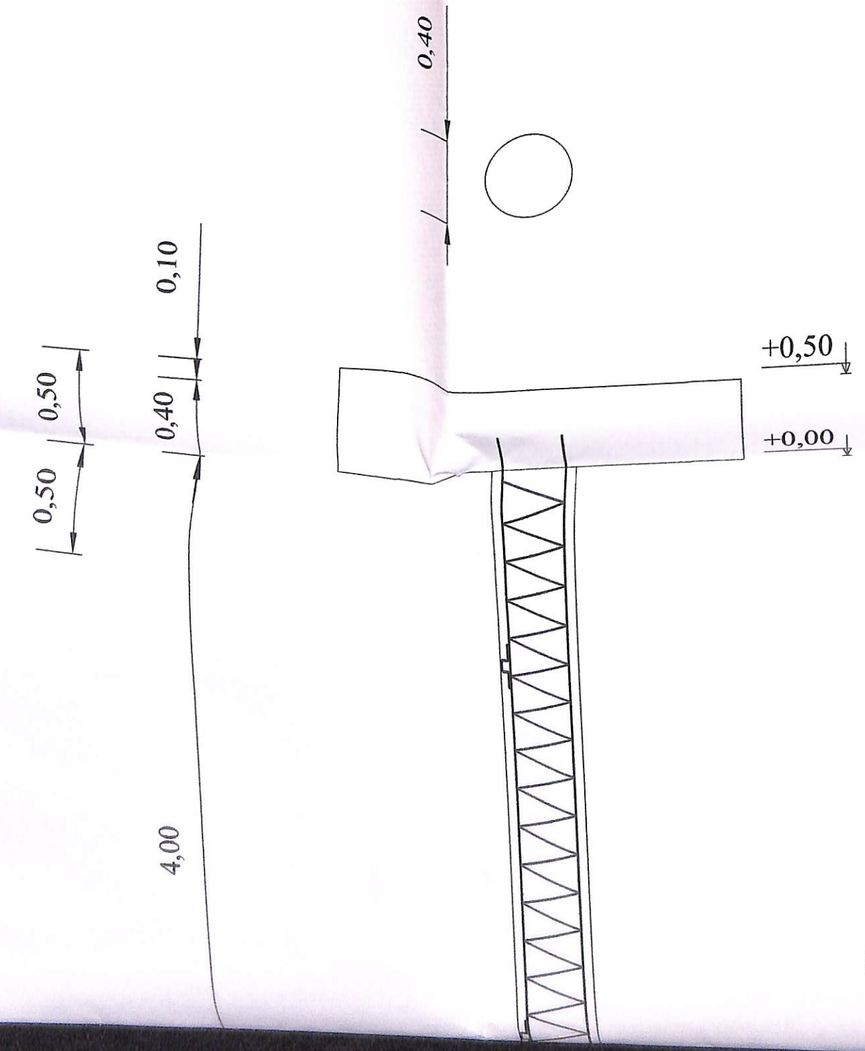
Az építőipari kivitelezési tevékenységről szóló 191/2009. (IX.15.) Kormány rendelet alapján az alábbi tervezői nyilatkozatot teszem:

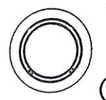
1. A stabilitási számítások és a megtámasztás műszaki megoldása során a vonatkozó jogszabályok, így különösen az 1997. évi LXXVIII. Törvény (Étv) 31. §. által meghatározott követelmények; valamint a 253/1997. (XII.29.) Kormányrendelet (OTÉK) és a 191/2009. (IX.15.) Kormányrendelet; továbbá az általános érvényű és az eseti hatósági előírások; illetőleg a környezetvédelmi, a statikai és az életvédelmi követelmények; végül a hatályos szakági Szabványok (az EUROCODE-7-el kompatibilis MSZ) és műszaki irányelvek szerint, azoknak megfelelően jártam el.
2. Az 1993. évi XCIII. sz. munkavédelemről szóló törvények előírásainak megfelelően a tervek az érvényben lévő munkavédelmi, balesetelhárítási és biztonságtechnikai előírások betartásával készültek.
3. A munkavédelmi előírások alapján a kivitelezőnek a munkálatokra vonatkozó kockázatértékelést és balesetvédelmi tervet kell készíttetnie.
4. A tervdokumentáció műszaki tartalmát és az alkalmazott megoldásokat a tervezés folyamán a társtervezőkkel egyeztettem. A Szakhatóságokkal folytatott egyeztetésre és az érvényes előírások alóli felmentésre, illetőleg a jogszabályokban meghatározottaktól való eltérésre nem volt szükség.
5. Az adott tervezési feladat esetében a terv egészére vonatkozóan érvényes, azzal megegyező módszereket alkamaztam a hatások (terhek) és az ellenállások (teherbírás) megállapítására.
6. Az építési engedélyezési terv és a kivitelezési terv összhangban van.
7. A dokumentáció elkészítése során a külön jogszabály szerinti biztonsági és egészségvédelmi koordinátor közreműködésére, továbbá az örökségvédelmi hatóság engedélyére sem volt szükség.
8. A betervezett építési termékek és anyagok a kivitelezési gyakorlatban általánosan ismertek és használatosak, műszaki paramétereik a tervezési feladat igényeinek megfelelnek, azokat kielégítik.

9. A bontási és építési–szerelési munkák során veszélyes hulladék (pl. azbeszt) nem keletkezik és ilyen anyag beépítésére sem kerül sor.
10. Kijelentem, hogy a szerzői jogokra vonatkozó törvény előírásait jelen tervezési munka során betartottam.
11. Mint a kiviteli tervdokumentáció szakági részének készítője a Magyar Mérnöki Kamara tagja vagyok és rendelkezem a megfelelő tervezői jogosultsággal.

.....

szigorló építőmérnök





① 4 Ø20-4,20

② 1 Ø8

④ 1 Ø8 - külső merevitő gyűrű

③ Ø12 - belső merevitő gyűrű

③ 8 Ø12-0,86

③ 8 Ø12-0,76

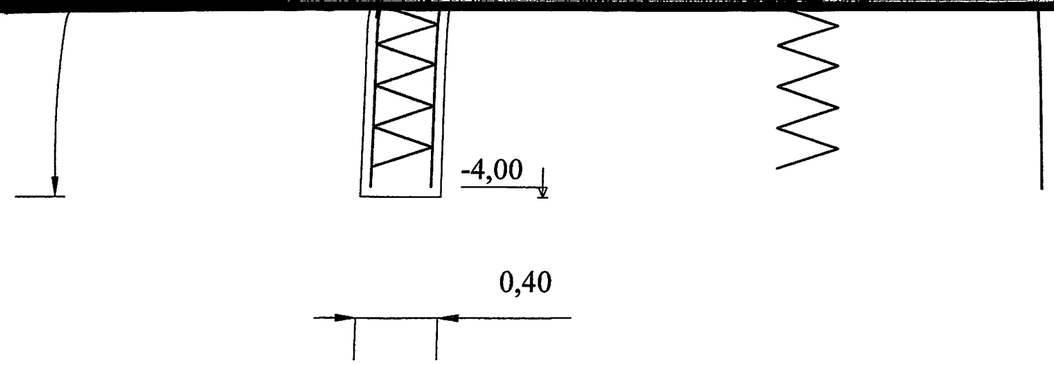
⑤ 8 Ø12-0,55 - távtartó

② ⌀16/20-12,1

① 4 ⌀20-4,20

Megjegyzés:

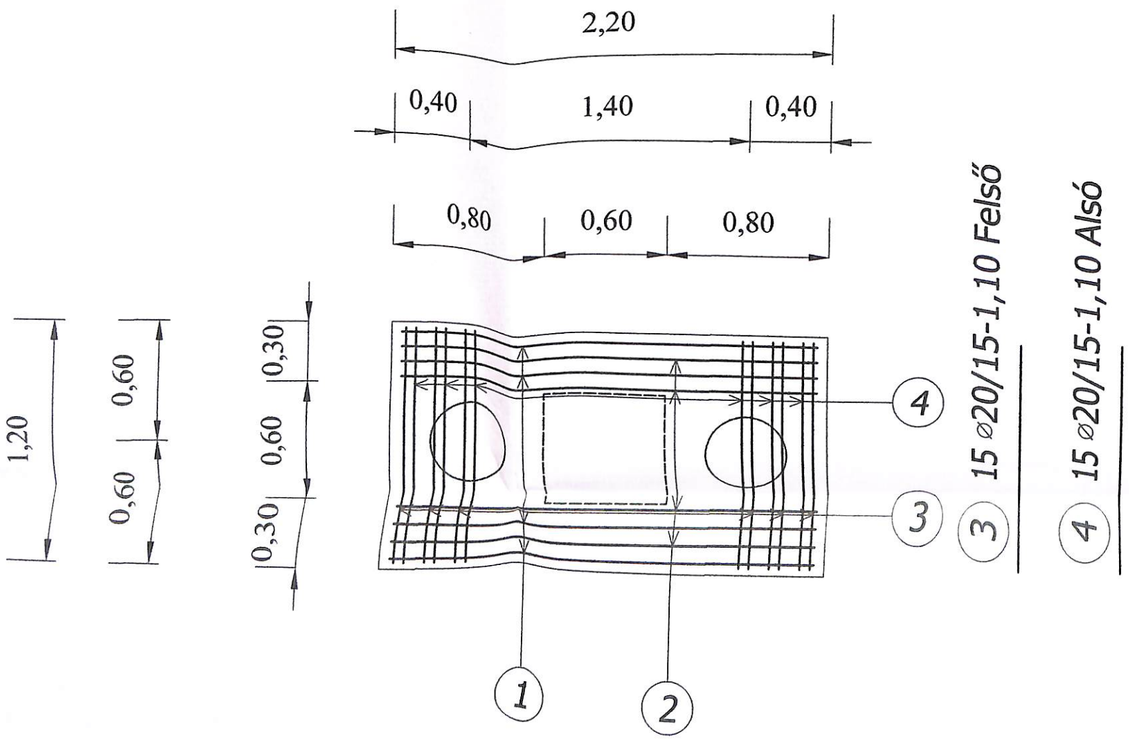
1. Anyagminőségek:
   Betonacél: B60.50 (B500)
   Betonfedés 50mm
2. ± 0,00 = 150,45mBf
3. Készül : 46 db



jele	db	vas				B. 60.50			
		pozíció	db	átmérő (mm)	hossz (m)	Ø8	Ø10	Ø16	Ø20
C2	1	1	4	20	4,20	0,00	0,00	0,00	16,80
	1	2	1	16	12,10	0,00	0,00	12,10	0,00
	1	3	5	10	4,60	0,00	23,00	0,00	0,00
	1	4	22	8	0,62	13,64	0,00	13,64	0,00
		összhossz Ø szerint [m]				13,64	23,00	25,74	16,80
		fajlagos tömeg Ø szerint [kg/m]				0,395	0,617	1,580	2,470
		össztömeg Ø szerint [kg]				5,39	14,19	40,67	41,50
		össztömeg minőség szerint [kg]				**101,74**			

YBI Miklós Építéstudományi Kar
Építőmérnöki Intézet

Tárgy: Szakdolgozat		Rajz Száma: 1C
Projekt: Nyírbátori COLOPLAST Ipari Park üzemcsarnok alapozási terve		Dátum: 2018.05.30
Terv: 1. cölöp vasalása		Méretarány: M = 1:25
Készítette: Mészáros Attila	Konzulensek: Firgi Tibor, Petik Csaba	



1 8 ⌀20/20-2,10 Felső

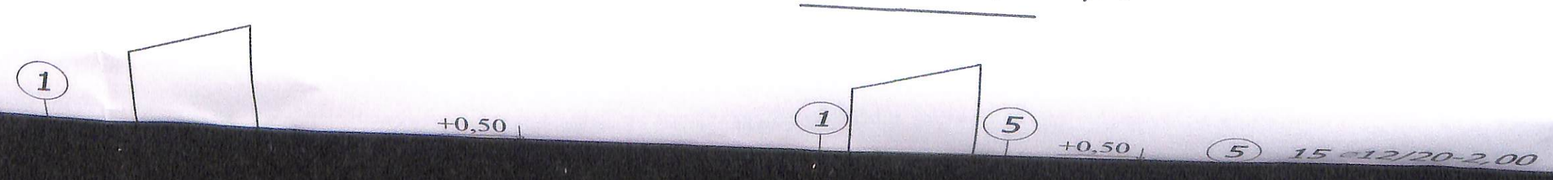
2 6 ⌀20/20-2,10 Alsó

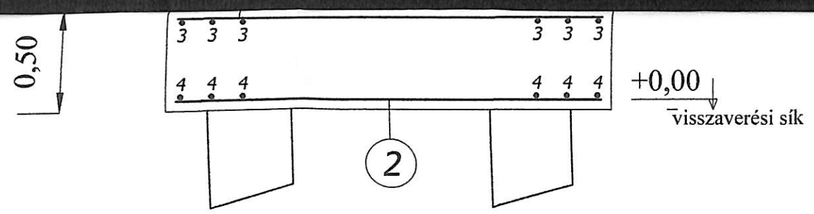
Megjegyzés:

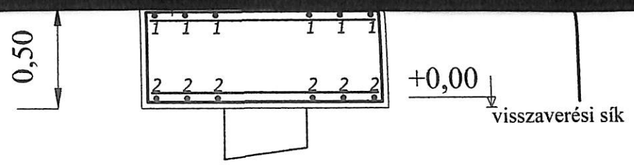
1. Anyagminőségek:
   Betonacél: B60.50 (B500)
   Betonfedés 50mm
2. ± 0,00 = 150,45mBf
3. Készül : 23 db

jele	db	vas				B. 60.50	
		pozíció	db	átmérő (mm)	hossz (m)	Ø12	Ø20
CF1	1	1	8	20	2,10	0,00	16,80
	1	2	6	20	2,10	0,00	12,60
	1	3	15	20	1,10	0,00	16,50
	1	4	15	20	1,10	0,00	16,50
	1	5	30	12	2,00	60,00	0,00
		összhossz Ø szerint [m]				60,00	62,40
		fajlagos tömeg Ø szerint [kg/m]				0,888	2,47
		össztömeg Ø szerint [kg]				53,28	154,13
		össztömeg minőség szerint [kg]				207,41	

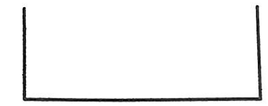
3 15 ⌀20/15-1,10



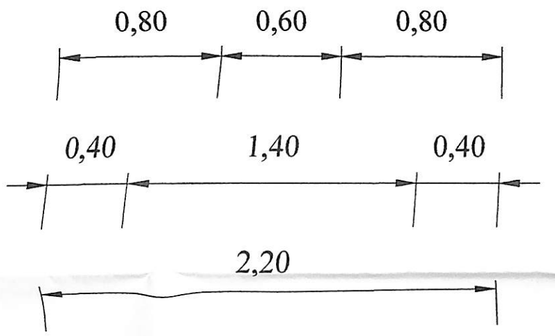


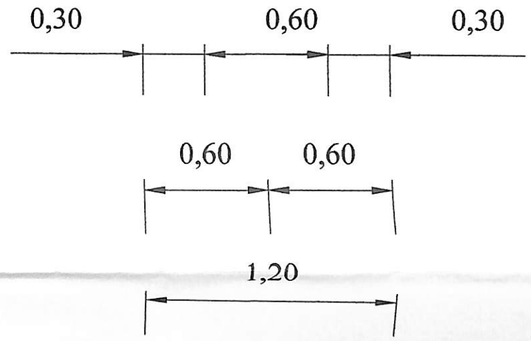


4 15 ⌀20/15-1,10

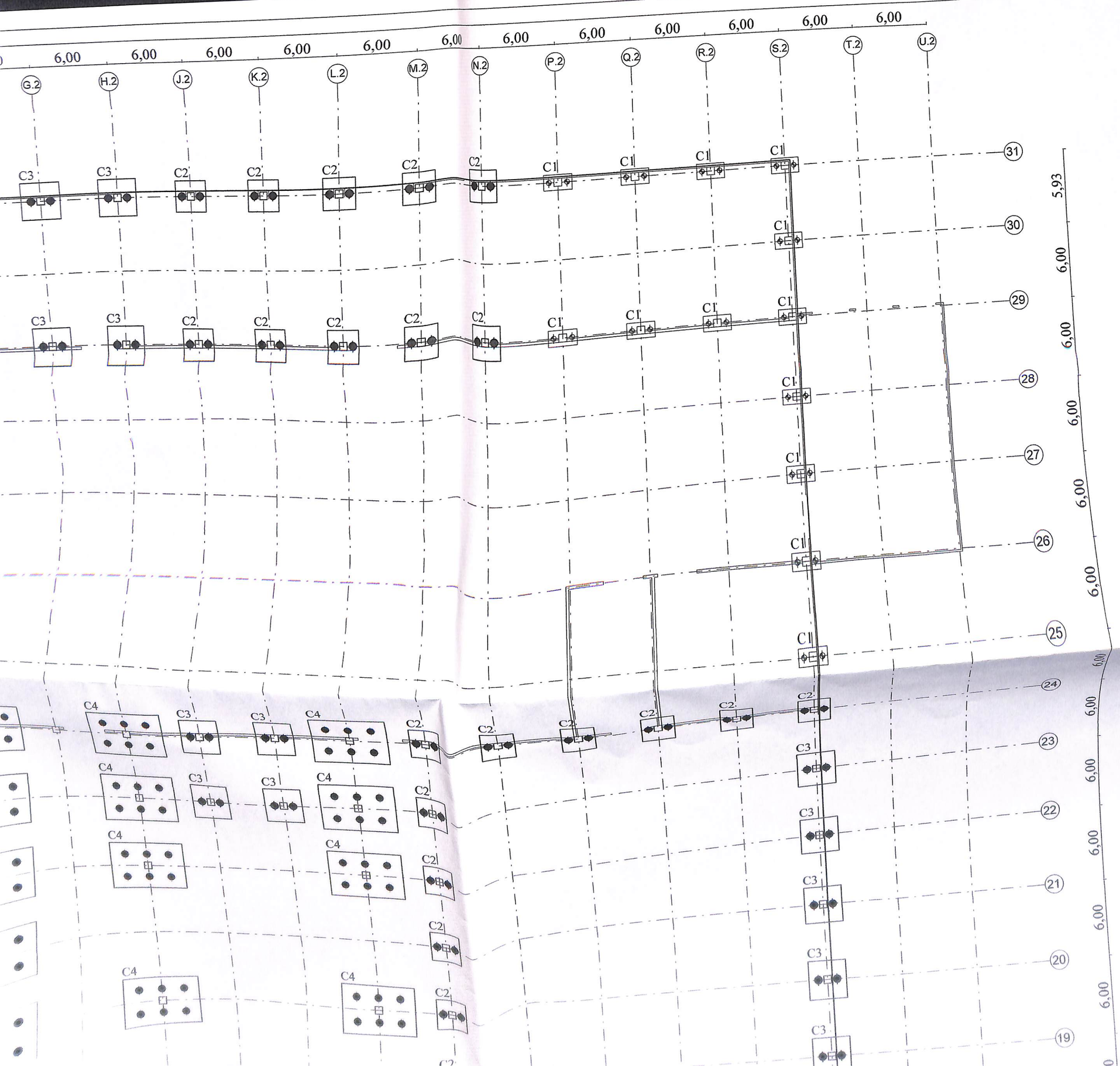


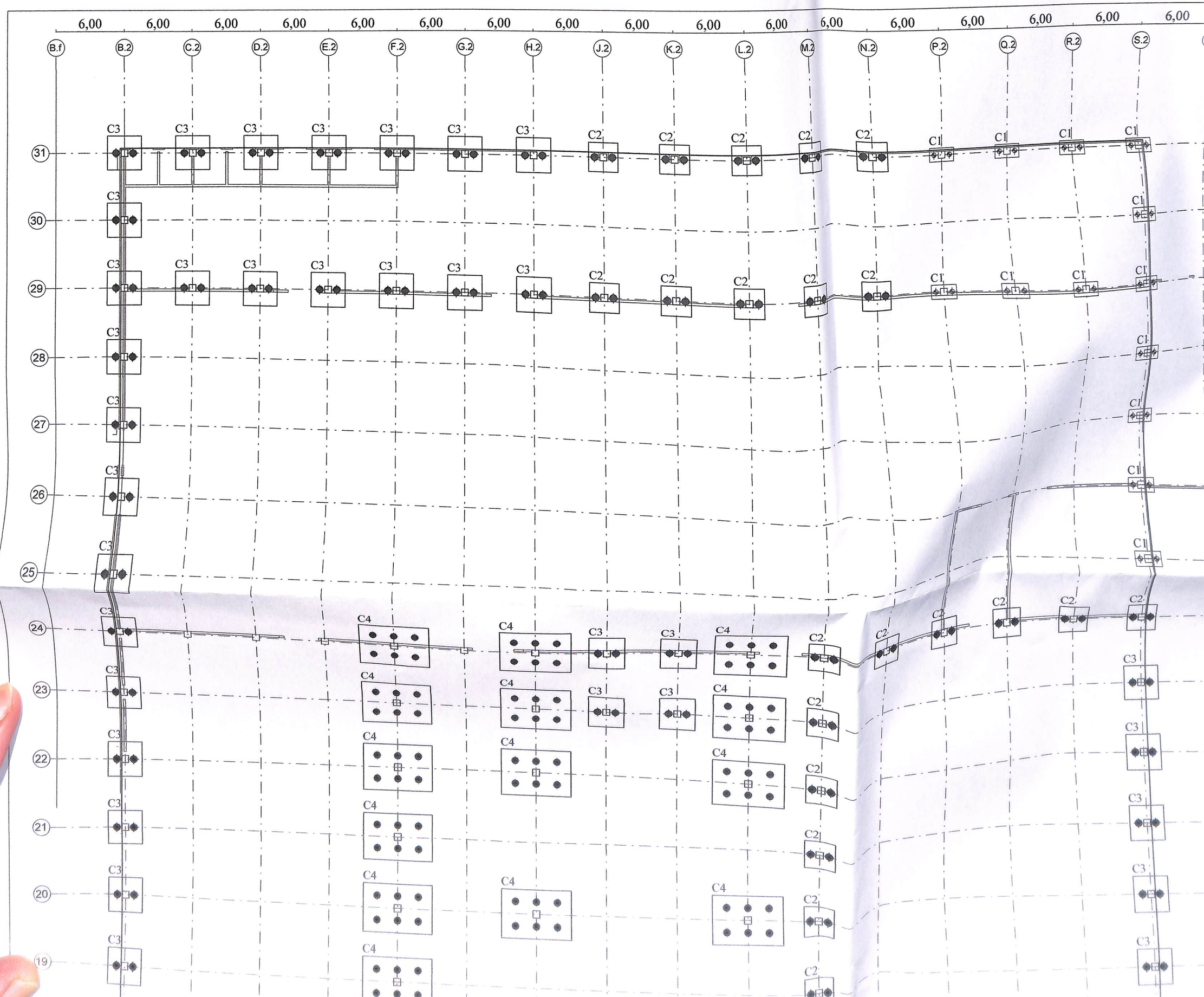
5 15 ⌀12/20-2,00

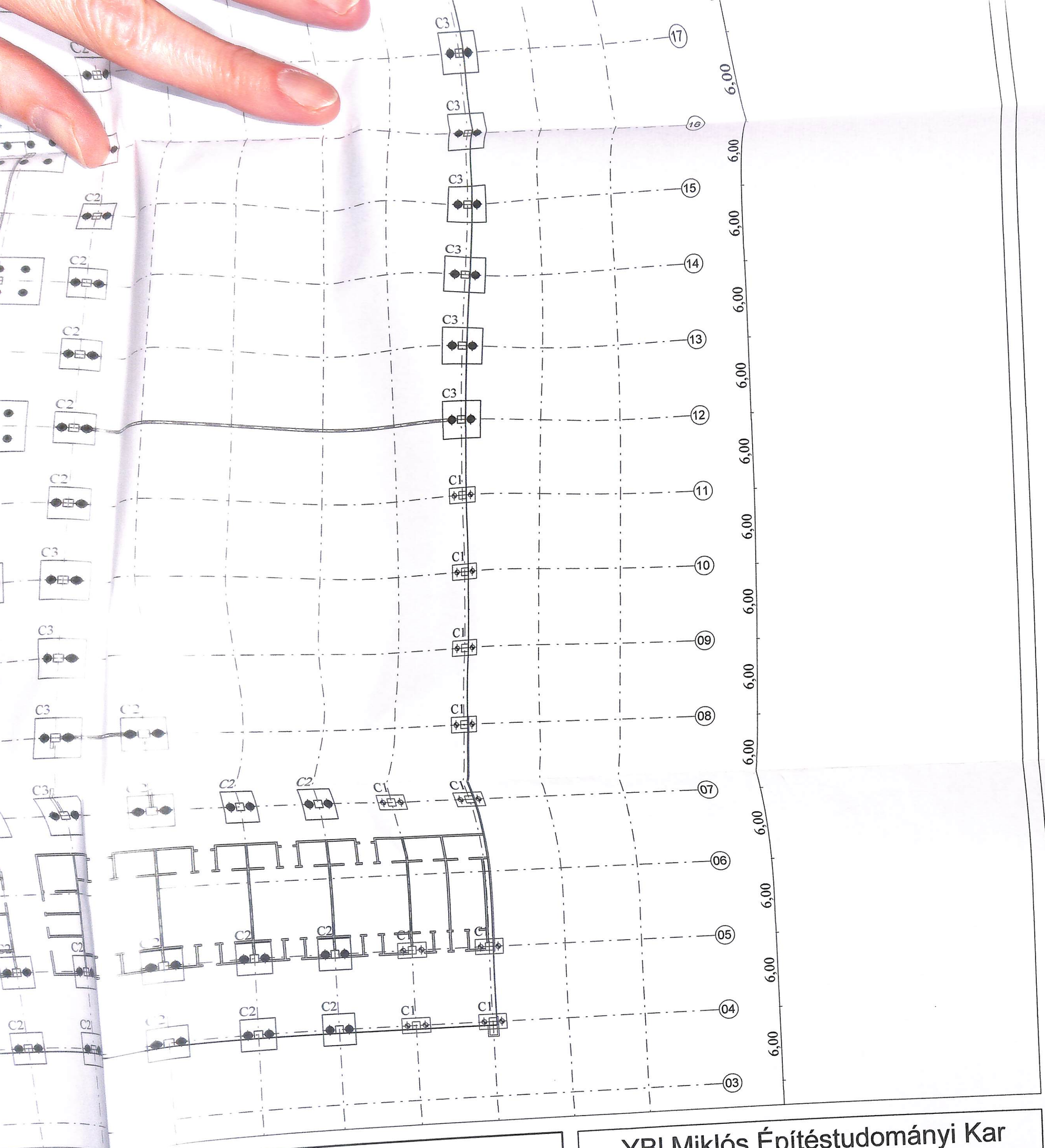




YBI Miklós Építéstudományi Kar Építőmérnöki Intézet		
Tárgy: Szakdolgozat		Rajz Száma: CCS1
Projekt: Nyírbátori COLOPLAST Ipari Park üzemcsarnok alapozási terve		Dátum: 2018.05.30
Terv: C1 cölöp csoport vasalása		Méretarány: M = 1:25
Készítette: Mészáros Attila	Konzulensek: Firgi Tibor Petik Csaba	


6,00
G.2
H.2
J.2
K.2
L.2
M.2
N.2
P.2
Q.2
R.2
S.2
T.2
U.2
C1
C2
C3
C4
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
5,93


6,00
B.f
B.2
C.2
D.2
E.2
F.2
G.2
H.2
J.2
K.2
L.2
M.2
N.2
P.2
Q.2
R.2
S.2
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
C1
C2
C3
C4

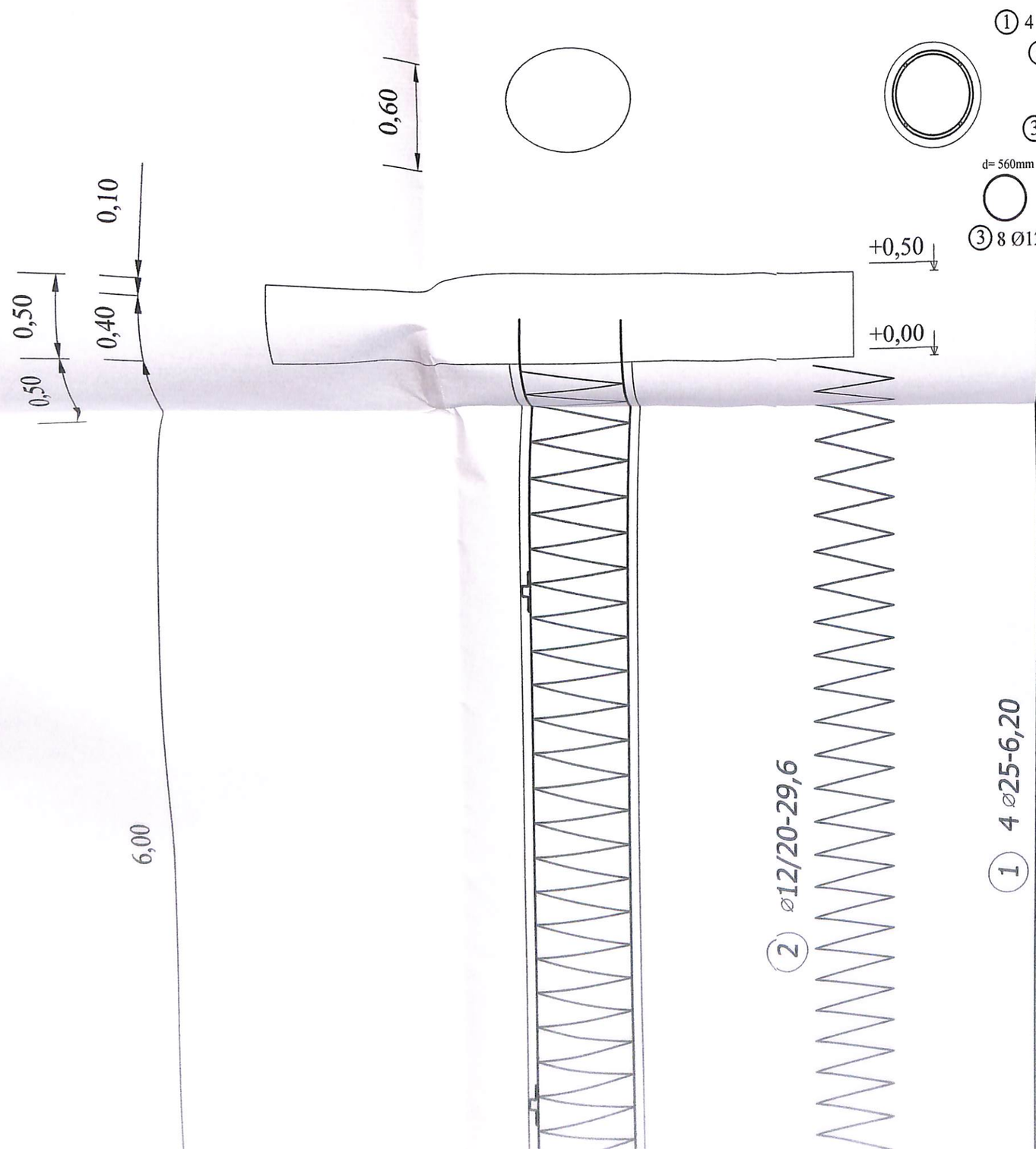


Megjegyzés:

1. Anyagminőségek:
   Betonacél: B60.50 (B6
   Betonfedés 50mm
2. ± 0,00 = 150,45mBf

YBI Miklós Építéstudományi Kar
Építőmérnöki Intézet

Tárgy: Szakdolgozat		Rajz Száma: CK
Projekt: Nyírbátori COLOPLAST Ipari Park üzemcsarnok alapozási terve		Dátum: 2018.05.30
Terv: Cölöp kiosztás		Méretarány: M= 1:25
Készítette: Mészáros Attila	Konzulensek: Firgi Tibor, Petik Csaba	



1 4 Ø20-6,20

2 1 Ø8

4 1 Ø8 - külső merevitő gyűrű

3 Ø12 - belső merevitő gyűrű

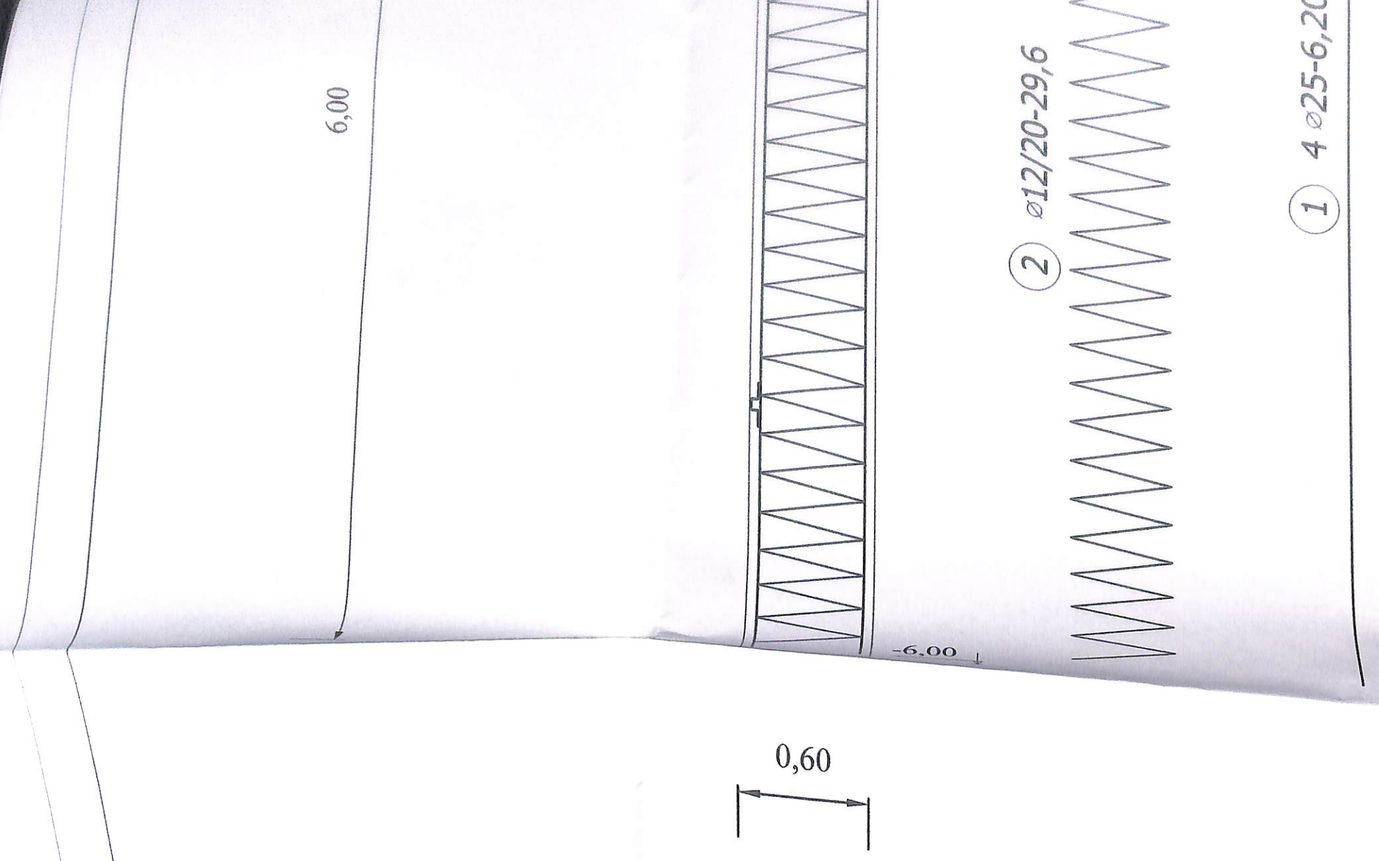
3 8 Ø12-0,86 3 8 Ø12-0,76

5 8 Ø12-0,55 - távtartó

Megjegyzés:

1. Anyagminőségek:
   Betonacél: B60.50 (B500)
   Betonfedés 50mm
2. ± 0,00 = 150,45mBf
3. Készül : 490 db

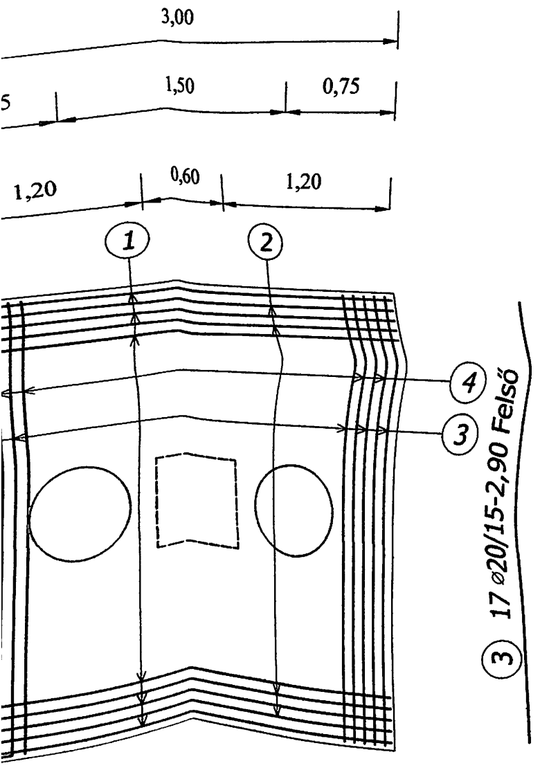
jele	db	vas				B. 60.50			
		pozíció	db	átmérő (mm)	hossz (m)	Ø8	Ø12	Ø20	25
C2	1	3	8	12	4,20	0,00	33,60	0,00	0,00
	1	2	1	20	29,60	0,00	0,00	29,60	0,00
	1	1	4	25	6,20	0,00	0,00	0,00	24,80
	1	4	30	8	0,86	0,00	0,00	25,80	0,00
		összhossz Ø szerint [m]				0,00	33,60	55,40	24,80
		fajlagos tömeg Ø szerint [kg/m]				0,395	0,888	2,470	3,850
		össztömeg Ø szerint [kg]				0,00	29,84	136,84	95,48
		össztömeg minőség szerint [kg]				262,15			



jele	db	vas				B. 60.50			
		pozíció	db	átmérő (mm)	hossz (m)	Ø8	Ø12	Ø20	25
C2	1	3	8	12	4,20	0,00	33,60	0,00	0,00
	1	2	1	20	29,60	0,00	0,00	29,60	0,00
	1	1	4	25	6,20	0,00	0,00	0,00	24,80
	1	4	30	8	0,86	0,00	0,00	25,80	0,00
		összhossz Ø szerint [m]				0,00	33,60	55,40	24,80
		fajlagos tömeg Ø szerint [kg/m]				0,395	0,888	2,470	3,850
		össztömeg Ø szerint [kg]				0,00	29,84	136,84	95,48
		össztömeg minőség szerint [kg]				262,15			

YBI Miklós Építéstudományi Kar
Építőmérnöki Intézet

Tárgy: Szakdolgozat	Rajz Száma: 2C
Projekt: Nyírbátori COLOPLAST Ipari Park üzemcsarnok alapozási terve	Dátum: 2018.05.30
Terv: 2.cölöp vasalása	Méretarány: M = 1:25
Készítette: Mészáros Attila	Konzulensek: Firgi Tibor, Petik Csaba



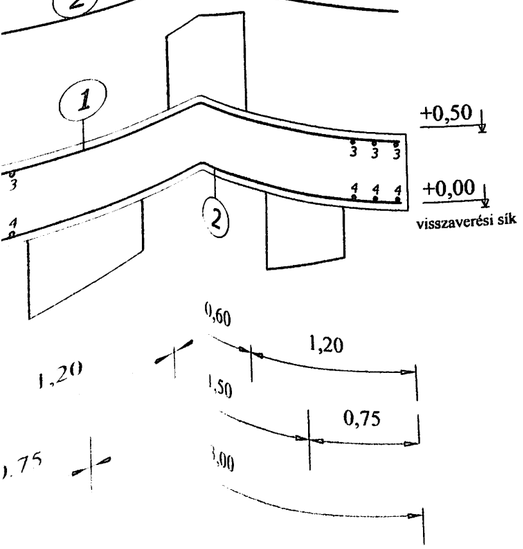
Megjegyzés:

1. Anyagminőségek:
   Betonacél: B60.50 (B500)
   Betonfedés 50mm
2. ± 0,00 = 150,45mBf
3. Készül : 85 db

jele	db	vas				B. 60.50	
		pozíció	db	átmérő (mm)	hossz (m)	Ø12	Ø20
CF3	1	1	17	20	2,90	0,00	49,30
	1	2	15	20	2,90	0,00	43,50
	1	3	17	20	2,90	0,00	49,30
	1	4	15	20	2,90	0,00	43,50
	1	5	32	12	3,80	121,60	0,00
		összhossz Ø szerint [m]				121,60	185,60
		fajlagos tömeg Ø szerint [kg/m]				0,888	2,47
		össztömeg Ø szerint [kg]				107,98	458,43
		össztömeg minőség szerint [kg]				566,41	

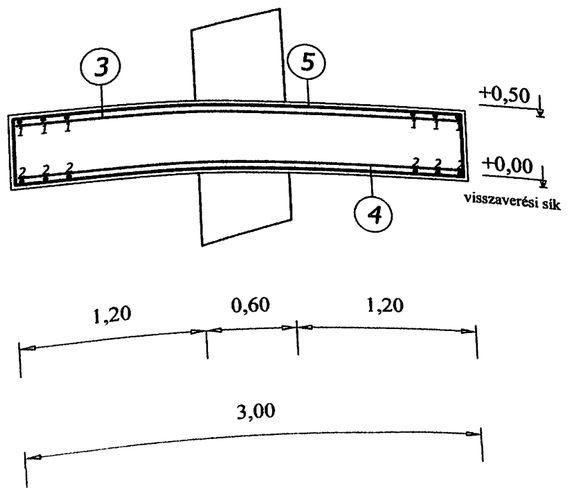
1 17 ⌀20/15-2,90 Felső

2 15 ⌀20/15-2,90 Alsó



4 20 ⌀20/15-2,90

3 20 ⌀20/15-2,90

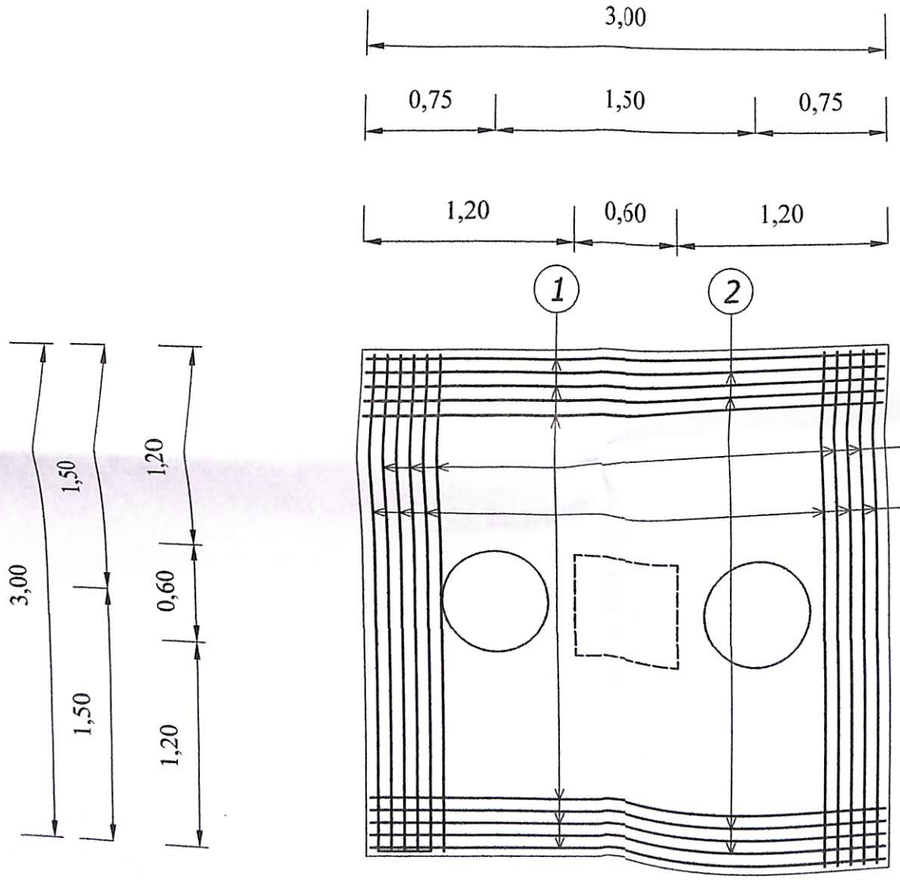


5 16 ⌀12/20-3,80

YBI Miklós Építéstudományi Kar
Építőmérnöki Intézet

Tárgy

Rajz Száma



Megjegyzés:

1. Anyagminőségek:
   Betonacél: B60.50 (B500)
   Betonfedés 50mm
2. ± 0,00 = 150,45mBf
3. Készül : 85 db

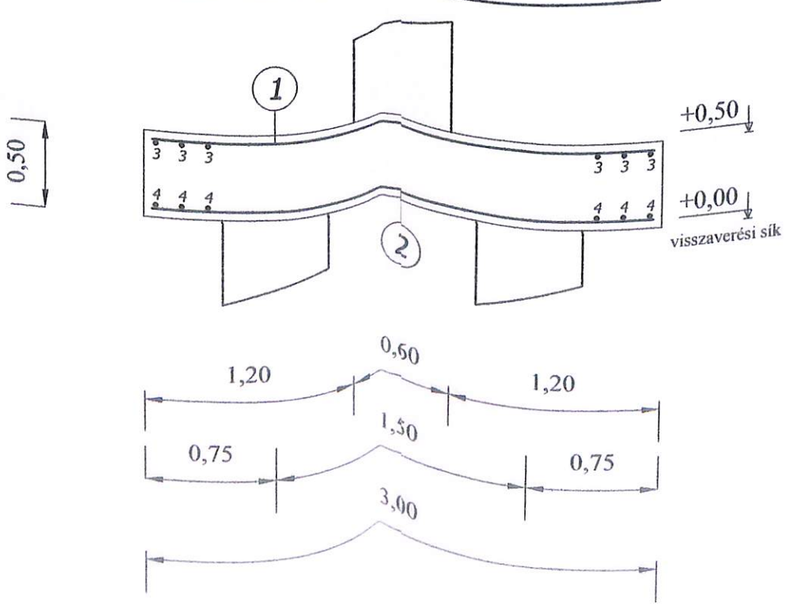
③ 17 ⌀20/15-2,90 Felső

④ 15 ⌀20/15-2,90 Alsó

jele	db	vas				B. 60.50	
		pozíció	db	átmérő (mm)	hossz (m)	Ø12	Ø20
CF3	1	1	17	20	2,90	0,00	49,30
	1	2	15	20	2,90	0,00	43,50
	1	3	17	20	2,90	0,00	49,30
	1	4	15	20	2,90	0,00	43,50
	1	5	32	12	3,80	121,60	0,00
		összhossz Ø szerint [m]				121,60	185,60
		fajlagos tömeg Ø szerint [kg/m]				0,888	2,47
		össztömeg Ø szerint [kg]				107,98	458,43
		össztömeg minőség szerint [kg]				566,41	

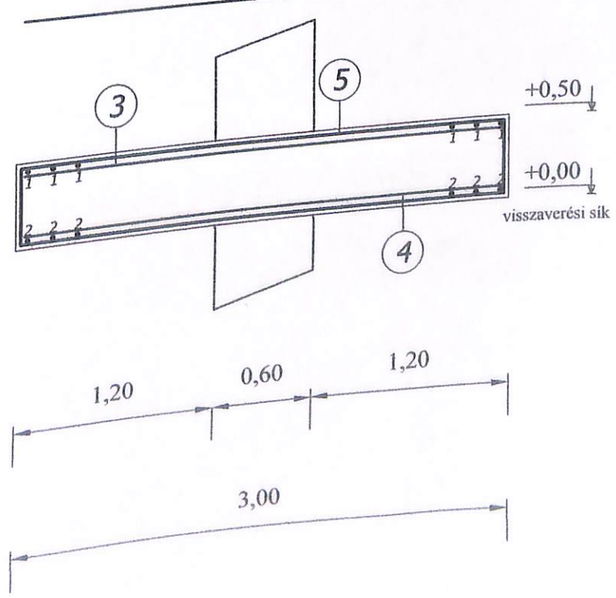
① 17 ⌀20/15-2,90 Felső

② 15 ⌀20/15-2,90 Alsó

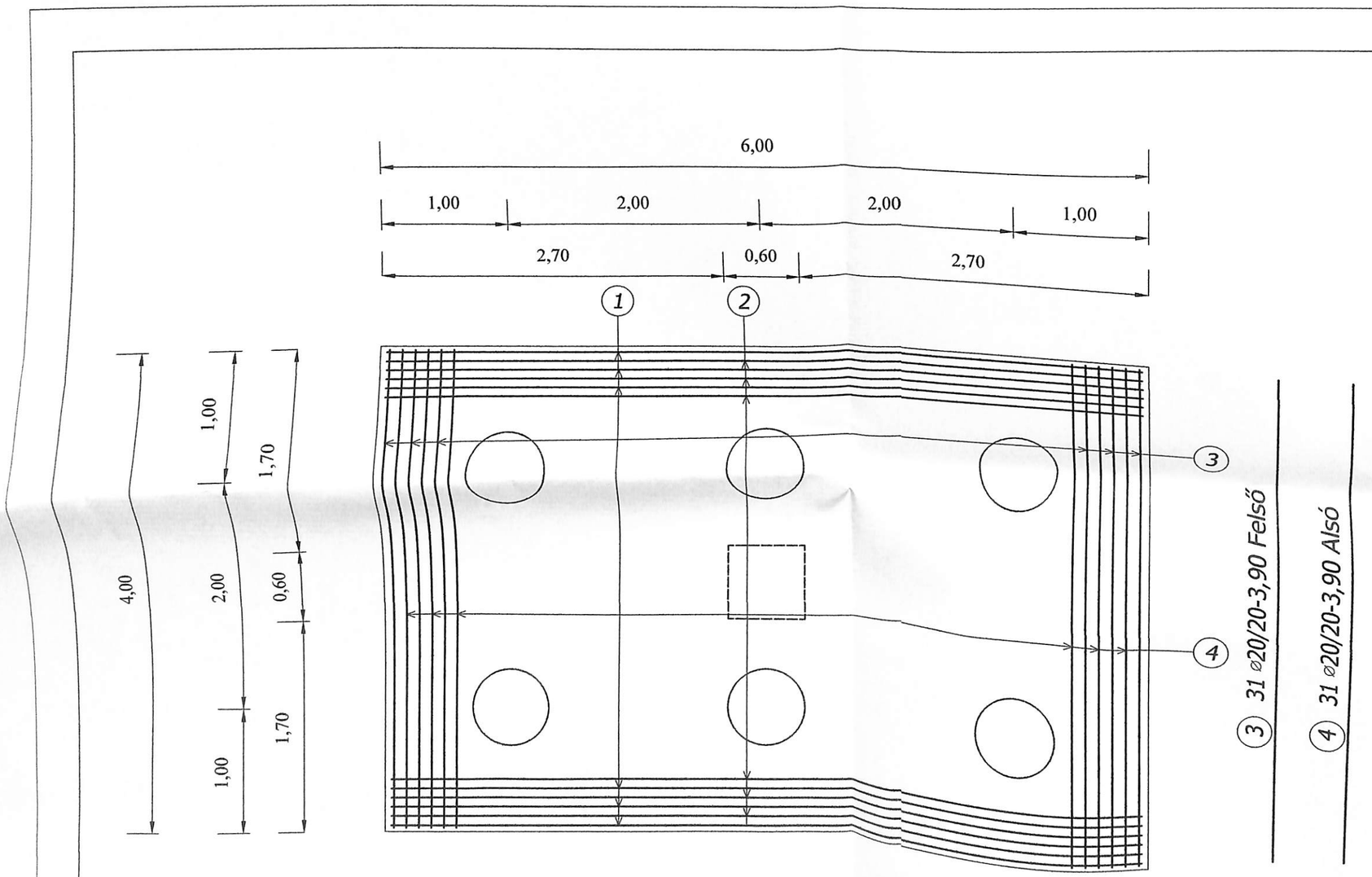


④ 20 ⌀20/15-2,90

③ 20 ⌀20/15-2,90



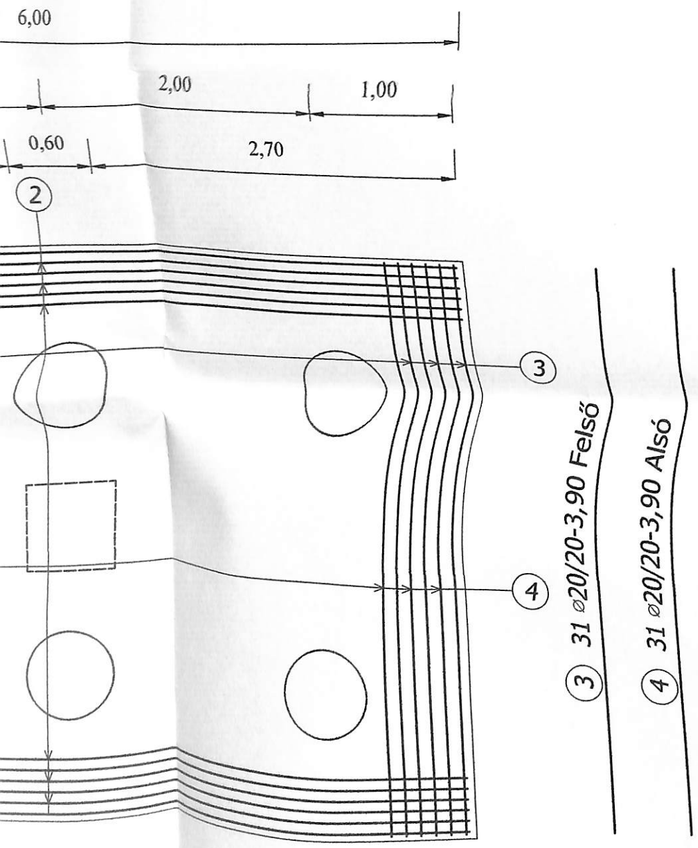
⑤ 16 ⌀12/20-3,80



Megjegyzés:

1. Anyagminőségek:
   Betonacél: B60.50 (B500)
   Betonfedés 50mm
2. ± 0,00 = 150,45mBf
3. Készül : 30 db

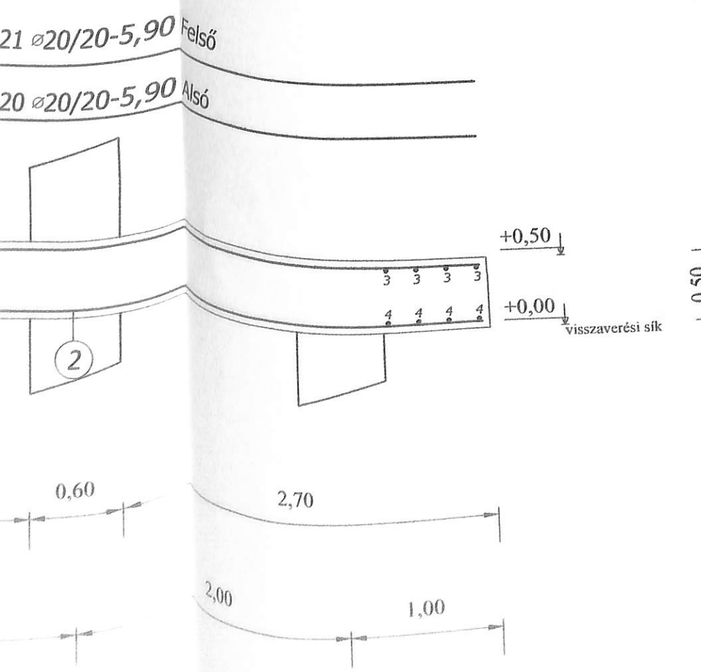
jele	db	vas				B. 60.50	
		pozíció	db	átmérő (mm)	hossz (m)	Ø12	Ø20
CF4	1	1	21	20	5,90	0,00	123,90
	1	2	20	20	5,90	0,00	118,00
	1	3	31	20	3,90	0,00	120,90
	1	4	31	20	3,90	0,00	120,90
	1	5	42	18	4,80	201,60	0,00
		összhossz Ø szerint [m]				201,60	483,70
		fajlagos tömeg Ø szerint [kg/m]				0,888	2,47
		össztömeg Ø szerint [kg]				179,02	1194,74
		össztömeg minőség szerint [kg]				1 373,76	

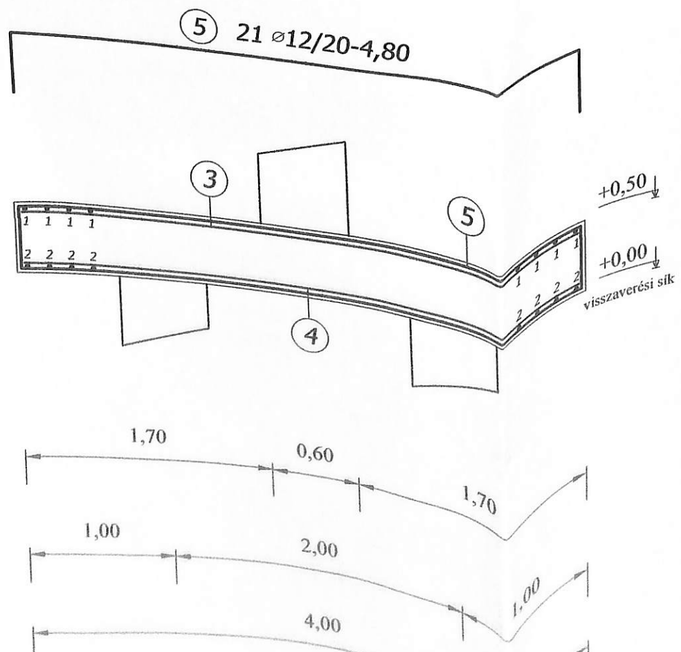


Megjegyzés:

1. Anyagminőségek:
   Betonacél: B60.50 (B500)
   Betonfedés 50mm
2. ± 0,00 = 150,45mBf
3. Készül : 30 db

jele	db	vas				B. 60.50	
		pozíció	db	átmérő (mm)	hossz (m)	Ø12	Ø20
CF4	1	1	21	20	5,90	0,00	123,90
	1	2	20	20	5,90	0,00	118,00
	1	3	31	20	3,90	0,00	120,90
	1	4	31	20	3,90	0,00	120,90
	1	5	42	18	4,80	201,60	0,00
		összhossz Ø szerint [m]				201,60	483,70
		fajlagos tömeg Ø szerint [kg/m]				0,888	2,47
		össztömeg Ø szerint [kg]				179,02	1194,74
		össztömeg minőség szerint [kg]				1 373,76	





YBI Miklós Építéstudományi Kar
Építőmérnöki Intézet

Tárgy: Szakdolgozat

Rajz Száma: CCS4