Szent István Egyetem

Ybl Miklós Építéstudományi Kar

SZAKDOLGOZAT

Martin Béla

2015

Szent István Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Kar

Geotechnika Szakcsoport

A XXII. kerületben található pinceproblémák bemutatása, egy vizsgált pincerendszeren keresztül

Név: Martin Béla

Neptun kó[redacted]

Belső konzulens: Dr. Horváth-Kálmán Eszter adjunktus

Külső konzulens: Kis Herczegh Péter okleveles bányamérnök

Tantárgy: Szakirányú diplomamunka

Dátum: 2015.05.19.

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

Martin Béla

Nappali Építőmérnök szakos
hallgató részére

A feladat címe:	A XXII. kerületben található pinceproblémák bemutatása, egy vizsgált pincerendszeren keresztül
Belső konzulens:	Dr. Horváth-Kálmán Eszter adjunktus
Külső konzulens:	Kis Herczegh Péter, KBFI-ALFA Kft.

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

Budapest, 2015. június 1.

Dr. Dombay Gábor
intézetigazgató

SZENT ISTVÁN EGYETEM

Dr.Dombay Gábor PhD.
intézetigazgató, főiskolai tanár

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

Részletes feladatkiírás

Martin Béla

Nappali Építőmérnök
hallgató részére

A XXII. kerületben található pinceproblémák bemutatása, egy vizsgált pincerendszeren keresztül

című szakdolgozatához

Bevezetés, téma ismertetése
A kerületben található pinceproblémák ismertetése, esettanulmányokon keresztül
Pincerendszerek megerősítési lehetőségeinek áttekintése
Vizsgált pincerendszer helyszíni, geológiai, geotechnikai, hidrogeológiai bemutatása
Vizsgált pincerendszer modellezése, ellenőrzése
Pince megerősítésének terve
Összefoglalás

Beadandó munkarészek

Számítási melléklet	
Átnézeti helyszínrajz	Nem méretarányos (A4)
Geotechnikai helyszínrajz	M=1:500
Vizsgált keresztmetszetek	M=1:200
Lőtt betonos pinceszakasz helyszínrajz	M=1:200
Vasalási terv	M=1:50

Budapest, 2015. június 1.

Dr. Horváth-Kálmán Eszter
belső konzulens

Tartalomjegyzék:

1. Bevezetés 3

2. A vizsgált terület bemutatása 5

2.1. Általános bemutatás 5

2.2. A térségben található kőzetek 8

2.3. A terület földtörténetének bemutatása 12

2.4. A terület hidrogeológiájának bemutatása 16

3. A pinceproblémák bemutatása esettanulmányokon keresztül 20

4. A kiválasztott pincerendszer bemutatása 27

4.1. A kerületben található pincék kialakítási, fejtési módjai 27

4.2. A vizsgált üregrendszer ismertetése 29

5. A geotechnikai, üregállékonysági modell 35

5.1. A végeselemes modellezés 35

5.2. A Mohr-Coulomb modell (MC-modell) 35

5.3. A modellezéshez szükséges paraméterek 36

5.4. A modellezés folyamata 38

5.5. Az eredmények kiértékelése 41

6. Lehetséges megerősítések bemutatása 42

6.1. Lövellt beton 42

6.2. Injektálás 48

6.3. Kőzetcsavarozás 50

6.4. Épített szerkezettel történő erősítés 53

7. Pincemegerősítési javaslat 54

8. Összefoglalás 55

1. Bevezetés

Szakdolgozatom témaköre a XXII. kerületi pincerendszer problémáinak bemutatása, azon belül egy kiválasztott pince állékonyságvizsgálata, modellezése illetve lehetséges megerősítéseinek bemutatása. Továbbá a kiválasztott megerősítési eljárás tanulmányi terv szinten történő kidolgozása. A témaválasztásomat az indokolta, hogy én is a kerületben lakom, már általános iskolás éveim alatt megismerkedtem a kerületben található borospincék szerteágazó járataival és mindig csodálattal figyeltem, hogy miként képesek ekkora nyitott tereket létrehozni a föld alatt. További behatások akkor értek engem az alagútépítéssel kapcsolatban, amikor általános iskola 6. osztályában, tanulmányi úton vettem részt Angliában, és a Csalagúton keresztül közelítettük meg a szigetet. Nehezen tudtam elképzelni, hogy hogyan lehetséges egy tenger alatt úgy átkelni vasúttal, hogy semmi vizet ne lássak. Az egyetemi éveim alatt jobban megismerkedtem a talajjal, a kőzetekkel, mint szerkezeti elemekkel, a legkülönbözőbb féle mélyépítési technológiákkal, és onnan egyenes út vezetett a geotechnika szakirányhoz. Mivel mindig is nagyon érdekeltek ezeknek a földalatti műtárgyaknak az építési technológiájuk nem volt kérdés, hogy miből szeretném a szakdolgozatomat írni. Amiért mégse új műtárgy tervezését, hanem meglévőnek a felújítását választottam, az annak tudható be, hogy Eger mellett a XXII. kerületben található a legnagyobb kiterjedésű pincerendszer, és a pincék nagy része nem megfelelő állapotban van, ezért fokozottan szükségességét érzem a problémák orvosolásának. Továbbá szeretnék rávilágítani arra, hogy a pincék karbantartásának a hiánya milyen további problémákat okozhat.

De miért is kell foglalkozni ezekkel a pincékkel? Több szempontból is meg lehet közelíteni a kérdést, az első és talán legfontosabb hogy magának a kerületnek képvisel rettentő nagy eszmei értéket. Gondoljunk a Veréb utcai barlanglakásokra, ami egy mára már teljesen elfeledett kor emlékét mutatja be nekünk, azt az életvitelt amiben, az 1800-as években a szőlőműveléshez elszegődött zsellérek, majd később a szegényebb gyári munkások éltek. A 19. századi kultúrának egy kis részét ismerhetjük meg a barlanglakások által. Mivel az országban nagyon kevés helyen találunk ilyen jó állapotban megmaradt barlanglakásokat, így nem utolsó sorban a turizmus miatt is fontos, hogy megőrizzük ezeket. Az eszmei értékeken túl, a pincék területhasznosítás

szempontjából is értékesek, gondolhatunk itt például a borospincékre. A felhagyott pincék hasznosítása is kulcskérdés, mert a magára hagyott pincék esetleges állagromlása károkat okozhat mind a felszínen (megsüllyedt útpályaszerkezet), mind a közművekben (csőtörés).

Kitérnék még arra is, hogy a helyi önkormányzat szempontjából miért fontosak ezek a pincék. Mivel nagyon nagy területet fednek le a pincék, könnyen bele lehet futni egy-egy felhagyott pincébe, például csatornaépítés folyamán a megnyitott munkagödör belemetsz az ismeretlen pince főtéjébe. Az önkormányzatnak ezért érdeke, hogy a lehető legtöbb pince legyen feltérképezve, kategorizálva. A pincék állapota azért fontos, hogy tervezni lehessen azzal, hogy a pince környezetében történő esetleges beruházások milyen hatással lennének a pincék állékonyságára. Az önkormányzat kötelezi az építtetőt, hogy amennyiben olyan területen szeretne építkezni ahol pincék vannak, az építtető kötelessége egy mérnöki szakvéleményt csináltatnia az adott pincék állapotáról (312/2012 (XI. 8.) Kormányrendelet). Ezután döntik el, hogy a pincék feletti terület beépíthető vagy sem. Ilyen esetben azt is érdemes meghatározni, hogy megéri e azért megerősíteni a pincét, hogy a felette lévő építmény kellő biztonsággal álljon meg. Ahhoz, hogy megfelelő információk alapján tudjunk dönteni, elengedhetetlen a pincék állapotának felmérése.

A XXII. kerületében található pincerendszer, a mészkőbányászat és a szőlőtermesztés következtében alakult ki. A pincék többsége Budafokon található, de számos pincével találkozhatunk velük Budatétényben is. A kerületben lévő barlangok egy része lakásként funkcionált, de az 1960-as évektől ezeket egészségre károsító hatásuk miatt felszámolták, és az üregeket sok helyen veszélyes hulladékkal töltötték fel (pl. gázgyári salak). Ezeknek a területeknek a kármentesítése 2001-ben kezdődött meg. Manapság a pincék 80%-a szeszipari üzem, gombatermesztő pince, a maradékot betömedékelték vagy felhagytak a hasznosításukkal esetleg lőtérnek használják.

[A pincék a felső-miocén szarmata mészkőben találhatók, egy részük a vízzáró bentonitréteg alatt. A hatalmas üregeket a bentonitcsík alatt mélyítették, ezek szárazak, állékonyság szempontjából kedvezőbbek. A geometriai méretük és alakjuk változatos, általában béleletlenek. A bejáratuk a mélyudvarok burkolatlan sziklafalából indul. Jellemzők a több kamrás, közel négyzet alaprajzú, vízszintes főtéjű lakások, 0,7-1,2 m –

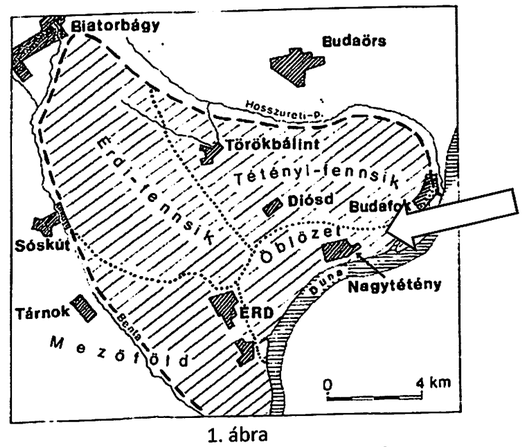
es, keskeny védőpillérek találhatók közöttük. A pincék feletti kőzettakarás 2,5-3,0 m. A pincék többszintesek, gyakorta egymás hatótávolságába esnek.][1]

2. A vizsgált terület bemutatása

2.1. Általános bemutatás

A vizsgált terület bemutatását a Magyarország Kistáj kataszterének felhasználásával készítettem el.

A szakdolgozatomban vizsgált pince a Tétényi-fennsík K-i peremén található, Budatétényben (1. ábra). Ez a kistáj Pest megyében és Budapesten helyezkedik el, amely a tagolatlan fennsíkok kategóriájába sorolható; aprólékos tagoltság csak az É-i fennsíkperemeken mutatkozik és az átlagos relatív relief is a mérsékelt függőleges tagozódást hangsúlyozza (54 m/km^2). Az egységes fennsík képét csupán néhány lepusztulásból visszamaradt kőbörc, szuffóziós mélyedés, lapos völgy élénkíti. Kopár, száraz, egész évben vízhiányos felszíne terméketlen, erdőgazdasági hasznosításra is alkalmatlan, igen mostoha ökológiai adottságú terület.



1. ábra
A Tétényi-fennsík elhelyezkedése[2]

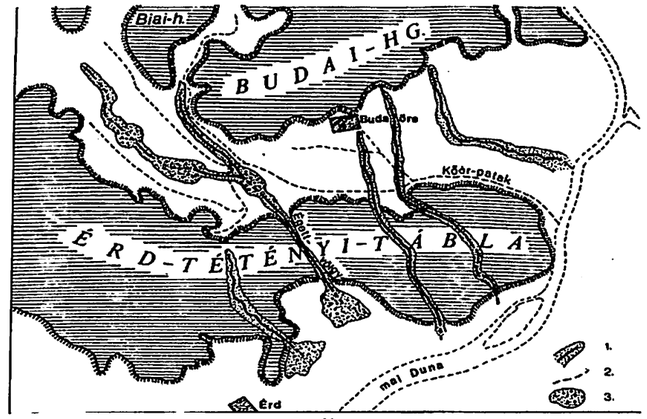
Mérsékelten meleg-száraz éghajlatú kistáj. Az évi napfénytartam 1940 óra. A nyári évnegyedben 765 óra, a téliben 175 óra körüli napfényt élvez. Az évi középhőmérséklet

[1] Mérnökgeológia, Kőzetmechanika 2007, Bódi Anita: Budafok jellemzése és beszivárgás számítása

[2] Dr. Balázs Dénes: Érd és környéke földtörténeti vázlata (1989)

sokévi átlaga 10,0°C körül, a K-i részeken viszont a városi hatás miatt kevéssel meghaladja a 10,0°C-ot. A nyári félév átlaghőmérséklete 16,5°C körüli, de K-en, ugyancsak a város befolyása miatt 17,0-17,5°C. Évente 188-193 napon keresztül, árpilis 9-12. és október 18-20. között magasabb a napi középhőmérséklet, mint 10,0°C. A K-i részeken a fagymentes időszak hossza 205 nap körüli. A legmelegebb nyári napok maximum hőmérsékleteinek sokévi átlaga 33,0-33,5°C közötti, a leghidegebb téli napok minimum hőmérsékleteié -15,0°C, de K-en csak -13,0 és -14,0°C közötti. Évente 550-580 mm csapadék valószínű, ebből a tenyészidőszakban 320-340 mm eső hull. Az ariditási index 1,20 és 1,25 közötti. A leggyakoribb szélirányok a Ny-i és az ÉNy-i, az átlagos szélsebesség 3-3,5 m/s a szélnek kitett kopár helyeken közel 4 m/s. A város közelsége és a hosszabb, meleg tenyészidőszak indokolja a gyümölcs (pl. szőlő) és zöldségnövények termesztését.

Vizeit a Törökbálinti-patak (5 km, 17 km^2) a Hosszúréti (Kőér) - patakba (2. ábra), az érdi Sulák-csatorna (7 km, 48 km^2) pedig közvetlenül a Dunába vezeti le. Egyes területein csak időszakos vízfolyások vannak. Fokozottan vízhiányos terület. Kisvízfolyásai jelentékenyebb vízhozamokat csak havas telek utáni hóolvadásakor, vagy ritka nagy csapadék alkalmával vezetnek. Nyáron gyakran kiszáradnak a vízmedrek.



2. ábra
Az Érd – Tétényi- mészkőtábla ősvízrajzi viszonyai[3]

[3] Dr. Balázs Dénes: Érd és környéke földtörténeti vázlata (1989)

A vízminőség szennyezett, III. osztályú. Valamelyes talajvizet a peremi lejtőkön találunk, 4-6 m mélységben. Mennyisége nem jelentős. A kalcium-magnézium-hidrogénkarbonátos típushoz tartozik. Keménysége É-on és D-en 35 nk° feletti, középen kevesebb. Szulfáttartalma Törökbálint környékén az 1000 mg/l-t, Érd környékén a 600 mg/l-t is meghaladja, máshol 300 mg/l körül van. A rétegvízkészlet csekély, akárcsak az artézi kutak száma. Mélységük 100 m körüli, de a peremeken sokkal mélyebb kutak is vannak, amelyek vízhozama tekintélyes. Annak ellenére, hogy valamennyi településen van csatornahálózat, a közcsatornával ellátott lakások aránya 2008-ban mindössze 33,1%-ot tett ki.

Jelentős részben beépített, ill. felszántott kistáj, a természetesebb vegetációval borított terület nem éri el a 20%-ot, és jelenleg is fogyatkozóban van. A mészkőfennsík nagy részén zárt és ligetes molyhos tölgyes erdők adták az eredeti növényzet nagyobb részét, amelyekhez más tölgyesek csatlakoztak (cseres-, gyertyános- és lösztölgyesek). Ezek maradványait elsősorban a kistáj középső és Ny-i részén találjuk (magyar zergevirág, bajuszos kásafű, nagyezerjófű). Jelentős még a köves talajú száraz gyepek kiterjedése, ezekben a sziklagyepek és a félszáraz, irtásrétek jellegei keverednek.

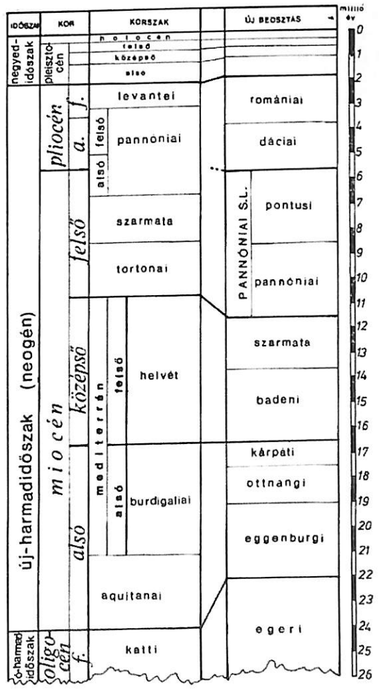
A kistáj jelentős részét (33%) települések foglalják el. A táj területének 20%-át kitevő szarmata pados mészkőfelszíneken barna rendzina talajok találhatók, amelyek Sóskút és Kamaraerdő környékén kb. 50%-ban gyepterületként hasznosíthatók. A kistáj legkiterjedtebb (38%) talajtípusa a löszös üledékeken képződött, vályog mechanikai összetételű barnaföld. A barnaföldek vízgazdálkodása kedvező, termékenységi besorolásuk a 45-60 (int.) termékenységi kategória. Jelentős hányaduk szőlőként (30%) és gyümölcsösként (30%), míg szántóként csupán kb. 5%, erdőként pedig 15% hasznosítható. A területnek mintegy 20%-át település foglalja el.

Csomóponti közlekedési hálózati helyzetű, több forgalmi tengelyű terület. K-Ny irányban szeli át az M0-ás, ÉK-DNy-i irányban az M7-es autópálya, ill. K-i peremét a 7. sz. főút.

Igazi urbanizált kistáj: területének kb. a fele beépített. Hozzá tartozik 1 budai kerület, 3 agglomerációs város (Érd, Diósd, Törökbálint). A kistáj a fővárosi agglomeráció része, rendkívül szorosan összefonódva Budapesttel.

2.2. A térségben található kőzetek

A kiválasztott területem Budapesten a XXII. kerületben található. A kőzetek kora szempontjából a vizsgált terület viszonylag fiatal, a legrégebbi képződmények 30 millió évvel ezelőtt keletkeztek. A földtani korbeosztás szerint (3. ábra) a kőzetek döntő tömege az új-harmadidőszakból és a negyedidőszakból származik. A felszínt a pleisztocén és a holocén kori lepusztulások és szerkezeti mozgások alakították ki. [A kőzetbe zárt ősmaradványok alapján megállapították, hogy a térség legidősebb üledékei néhány száz méter széles, szakadozott sávban az Érd-Tétényi-fennsík É-i letörésén bukkannak elő. A vidék leglátványosabb formákat alkotó kőzetei a mészkövek. Ősmaradványaik alapján a geológusok két fajtáját különböztetik meg: a lajta (4. ábra), és a szarmata mészkő (5. ábra). Mind a lajta mind a szarmata mészkő könnyen faragható, megmunkálható kedvelt építő- és díszítőkő.



3. ábra
A földtörténet új harmad- és negyedidőszakának beosztása[4]

[4] Dr. Balázs Dénes: Érd és környéke földtörténeti vázlata (1989)

A *lajta* (tortonai) *mészkő* az idősebb képződmény, közvetlenül a homokos-kavicsos üledékekre települt (6. ábra). Változatos anyagú és kötésű, porózus kőzet. Körülbelül 13-16 millió éve alakult ki a miocén korszakban.][5]

4. ábra
A lajtamészkő formáció[6]

Gyakori hogy molluszkás homok- és homokkőpadok közbetelepülésével, kavicsrétegekkel tarkított. Mésztartalma körülbelül 60-80%-os, a fennmaradó összetevője főleg homok, az agyagfrakció elenyésző. Rendszerint jól rétegzett, rétegeinek vastagsága 0,5-1,5 m. Változó minősége ellenére közkedvelt építőanyag, mert ősmaradványtartalma szép, rusztikus felület nyújt neki, ezenkívül viszonylag könnyű bányászni. Legfontosabb kőzetfizikai jellemzői az alábbiak:

anyagsűrűség:	2,42 g/cm^3
vízfelvétel:	1,8 – 3,8%
nyomószilárdság:	37-86 MPa (légszáraz állapotban), 36-78 MPa (vízzel telített állapotban)

1. táblázat
A lajta mészkő fontosabb fizikai jellemzői.[7]

[5] Dr. Balázs Dénes: Érd és környéke földtörténeti vázlata (1989)
[6] Bakos Gergely: A Tétényi-plató földtani felépítése, élővilága és környezeti érzékenysége (2014)
[7] Dr. Kleb Béla – Dr. Fodor Tamásné: Magyarország mérnökgeológiai áttekintése (1986)

[A *szarmata mészkő* (vagy más néven durva mészkő) a lajta mészkőnél sokkal nagyobb területen van jelen. Nevét a Fekete-tengertől északra elterülő Szarmáciáról kapta, ahol a történelmi ókorban a szarmata nép élt, először ezen a vidéken vizsgálták ezt a kőzettípust.

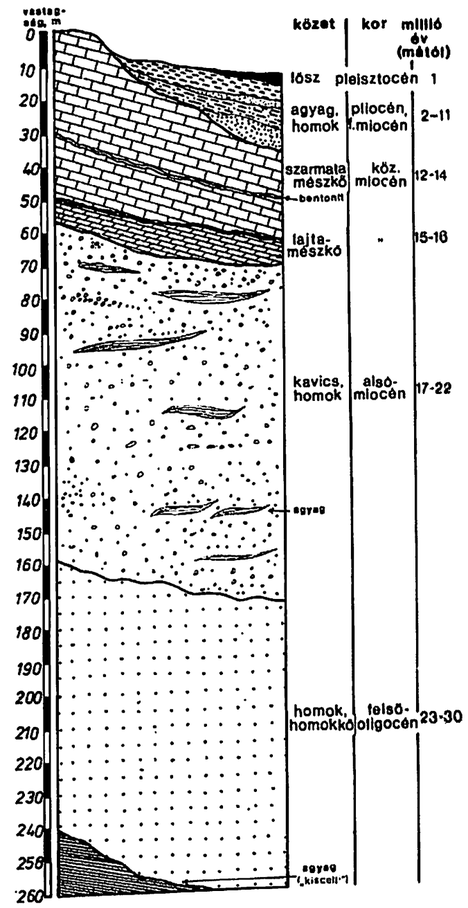
5. ábra
A szarmata üledékek[8]

Anyaga közvetlenül a lajta mészkőre települt (6. ábra) a középső-miocénban, 13-12 millió évvel ezelőtt, ősmaradványokban igen gazdag kőzet.][9] Partszegélyi kifejlődésének megfelelően nem tiszta mészkő, mésztartalma általában 70-90%. A Tétényi fennsíkon 80-95%-ban tartalmaz karbonátot, mellette agyagot és homokot tartalmaz. Erősen porózus kőzet, hézagtérfogata 10-15%. Az üreges szerkezet miatt jó hőszigetelő, kiválóan alkalmas házépítési célra. A felületén a szennyeződést, kormot megköti, ez a nagy vízfelvétellel együtt időállóságát nagymértékben rontja. Rétegezése szembetűnő, a mészkőrétegeket 5-50 cm-es agyag- és bentonit betelepülések tagolják. Legfontosabb kőzetfizikai jellemzői az alábbiak:

testsűrűség:	1,62 g/cm^3
vízfelvétel:	12,0 – 18,0%
nyomószilárdság:	2-9 MPa (légszáraz állapotban), 3-5 MPa (vízzel telített állapotban)

2. táblázat
A szarmata mészkő fontosabb fizikai jellemzői.[10]

[8] Bakos Gergely: A Tétényi-plató földtani felépítése, élővilága és környezeti érzékenysége (2014)
[9] Dr. Balázs Dénes: Érd és környéke földtörténeti vázlata (1989)
[10] Dr. Kleb Béla – Dr. Fodor Tamásné: Magyarország mérnökgeológiai áttekintése (1986)



6. ábra
Az Érdi-Tétényi-fennsík üledéksorozata[11]

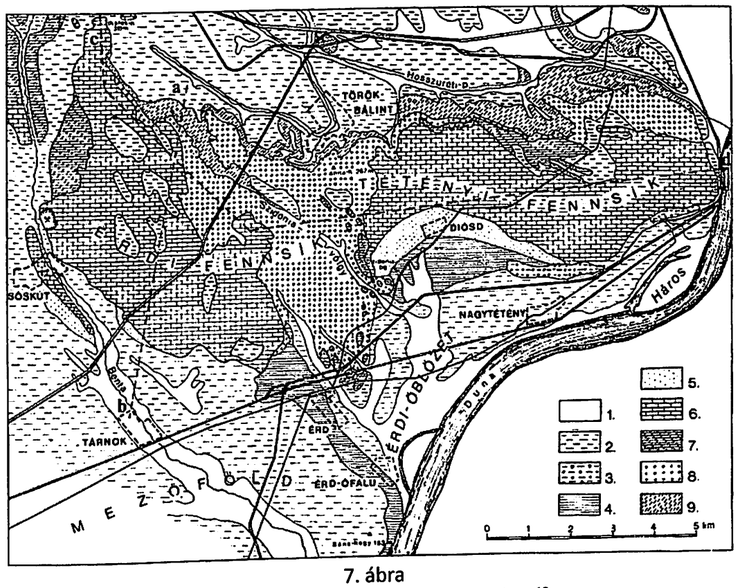
[A terület legkevésbé ismert kőzete a *bentonit*, mivel 10-40 cm vastagságú rétegei megbújnak a mélyben a szarmata mészkő tömegében, s csak nagyobb feltárásokban lehet rábukkanni. Vulkanikus eredetű kőzet, az ún. riolitdácittufa agyagos mállásterméke, amely vulkáni kitörések magasba szállt és a tengerbe hullt poranyagából keletkezett vízalatti elbontódás (halmirolizis) útján. Zsíros tapintású, gyurmaszerűen lágy, világoszöldes színű kőzet. A bentonit sokoldalúan hasznosítható. Budatétény

[11] Dr. Balázs Dénes: Érd és környéke földtörténeti vázlata (1989)

közelében a bentonitrétegek vastagsága helyenként 60-90 cm vastagságot is elért, és 1870-től 1954-ig bányászták.][12]

2.3. A terület földtörténetének bemutatása

A terület földtörténetének bemutatását a másodkori Triász kortól kezdődően, a harmadkori Eocén, Oligocén, Miocén, Pliocén korokon keresztül a negyedkori Pleisztocén és Holocén korokig bezárólag ismertetem a Budapest természeti képe című könyv alapján. Ahhoz, hogy megértsük a Tétényi-fennsík kialakulásának okait, az egész Budai-hegységet egyben célszerű tanulmányozni (7. ábra).



7. ábra

Budafok és környéke földtani térképe [13]

Jelmagyarázat: 1. jelenkori (holocén) ártéri üledék; 2. felső-pleisztocén lösz; 3. felső-pleisztocén kavicsos homok; 4. pliocén és felső-miocén agyag és homok; 5. felső-miocén homok; 6. középső-miocén (szarmata) durvamészkő; 7. középső-miocén (tortonai) lajtamészkő; 8. alsó-miocén kavics; 9. felső-oligocén homok; a c– d földtani szelvény a 10. ábrán

[A Budai-hegység D-i oldalának lépcsőzetesen lezökkent dolomitrögeit völgyekkel és mélyedésekkel tagolt harmadkori üledékekből felépült fennsík övezi. Ez a terület a hegység D-i előtere. K felől a Duna völgye, DNy Ny felől a Tárnoki-medence és a Sóskúti-

[12] Dr. Balázs Dénes: Érd és környéke földtörténeti vázlata (1989)
[13] Dr. Balázs Dénes: Érd és környéke földtörténeti vázlata (1989)

patak völgye határolja. A mintegy 150 km^2-nyi kiterjedésű felszín a Budaörsi-medencét, a *Tétényi-fennsíkot* és az Érd- Sóskúti-fennsíkot foglalja magában. A K-Ny-i irányban elnyúló Budaörsi-medence a Budai-hegység D-i peremét választja el a Tétényi-fennsíktól. A medence átlagos tszf-i magassága 120-140 m.

A Tétényi-fennsík meredek, 50-60 m magas, tájképében és élesen kirajzolódó peremmel emelkedik ki a Budaörsi-medence D-i szélén. A fennsík lépcsőkkel és kisebb völgyekkel tagolt felszíne DK-i irányba lejt.][14]

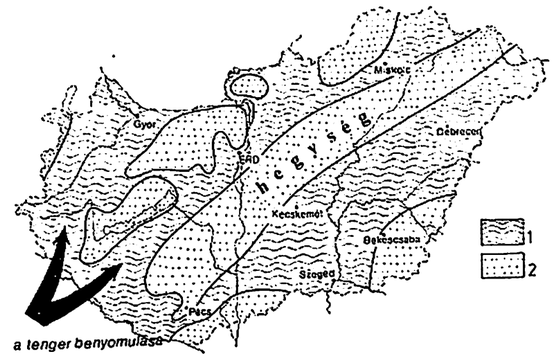
A hegységet alkotó triászkori fődolomit a *krétában* emelkedett ki. Az emelkedést enyhe gyűrődés és töréses szerkezet kísérte, aminek következtében a rögök különböző magasságba kerültek. A felszín további alakítását a külső erőhatások és a lepusztulások végezték.

A harmadkor elején, az *eocénban* a hegység többször is megsüllyedt és a tenger kevés kivétellel az egészet elöntötte. Ekkor rakódott le a nummulinális mészkő, a partmenti lagúnákban a budai márga. A márga közé időnként vulkáni hamu is keveredett.

Az *oligocénban* a vizsgált területen ismét a szárazföldi lepusztulás volt a jellegzetes. Tovább folytatódott az emelkedés-süllyedés váltakozása. A területet az oligocén tenger borította el, ami kékesszürke agyagos üledéket (*kiscelli agyag*) rakott le. A tenger mélysége csökkent, ennek következtében az agyagos rétegekre finom homok rakódott le.

A *miocén* közepéig csak kavicsos homok rakódott le a területre, majd a tortonai és ezt követően a szarmata tenger elöntése (8. ábra) idézte elő a lajta valamint a szarmata (cerithiumos durvamészkő) mészkő kialakulását. A mészkőtakarót a Tétényi-fennsíkon 10-15 m vastagságban tárták fel.

[14] Budapest természeti képe (1958)

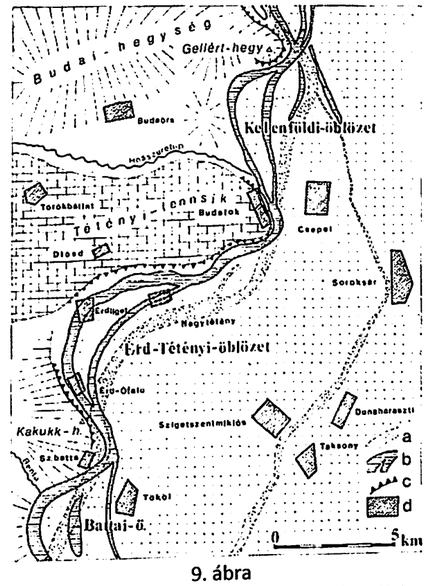


8. ábra
Magyarország ősföldrajzi képe 15 millió évvel ezelőtt[15] (középső-miocén, badeni emelet)
Jelmagyarázat: 1 = tenger, 2 = szárazföld

A *pliocén* korban a terület olyan alacsonyan feküdt, hogy a pannon-tenger üledékei teljesen befedték. A pliocén kéregmozgások a mai kép kialakításában már fontos szerepet játszottak. A kiemelkedett és szárazulattá vált előtér azonban még közel sem volt olyan változatos, mint ahogy ma előttünk áll. Nagyobb területet fedett el a mészkőtakaró és a pannon agyagos, homokos rétegsor, de ekkor még nem volt meg a mai Duna völgye sem.

A Budai-hegység D-i előterének mai arculatának kialakulása a *pleisztocén* és *holocén* folyamán ment végbe. A pleisztocénben különült el egymástól tulajdonképpen a terület fokozatosan kibontakozó két alaktani egysége, a Budaörsi-medence és a Tétényi-fennsík. Az ópleisztocén elején a Tétényi-fennsík még nem emelkedett ki környezete fölé. Lapos lejtős felszín volt a Budaörsi-medencével együtt, melyen át patakok futottak le DK-i irányban a távolabbi Duna felé (9. ábra). Elsősorban a Duna völgyét kitöltő üledékek pleisztocén és részben holocénkori lepusztulásával, illetve a helyenkénti megsüllyedésével alakultak ki fokozatosan a mai szintkülönbségek.

[15] Dr. Balázs Dénes: Érd és környéke földtörténeti vázlata (1989)



9. ábra

A Duna mederváltozásai a felső-pleisztocénben és a holocénban Kelenföld és Százhalombatta között[16]

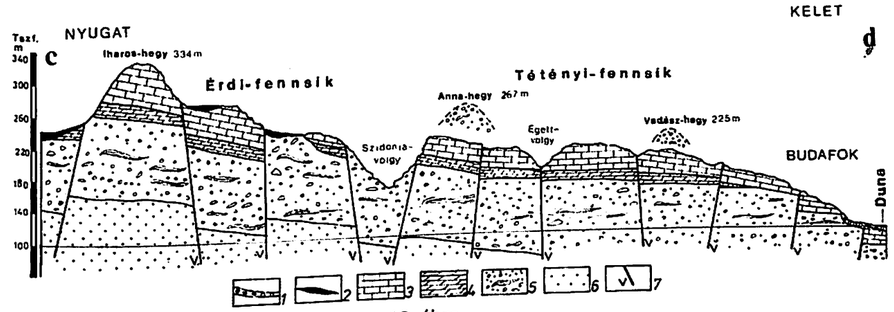
Jelmagyarázat: a = a Duna jelenlegi medre, b = a Duna folyásának legnyugatibb helyzete, c = alávágott magaspart, fennsíkszegély, d = települések magja

Ezen kívül természetesen fiatal szerkezeti mozgások is hoztak létre kisebb-nagyobb méretű emelkedéseket, amelyek a környező területek letarolódása folytán létrejött szintkülönbségeket legalább 80-130 m-rel fokozták. A terület fennsíkká alakulásának fontos tényezője volt a kőzetminőség, az ÉK-DNy-i irányban kivastagodó szarmata- és lajtamészkő-takaró, amely megvédte a lazább üledékeket a lepusztulástól. A Tétényi-fennsík kisebb, de legjellemzőbb formái, az egymás mögött sorakozó, meredek peremmel végződő tereplépcsők a negyedkor folyamán váltak valóban tájképformáló tényezővé. Ezeknek a lépcsőperemek kialakításában a denudáció mellett a szerkezeti mozgásoknak is fontos szerepük volt.

A pleisztocén közepétől kezdve, amikor a fennsík és a környező területek között már nagyobb szintkülönbségek alakultak ki, a peremeket mind É, mind K és DK felé hátravágódó aszók völgyei szabdalták fel, amelyeket azonban később a lösz egy ideig csaknem teljesen kitöltött (10. ábra). A fennsíkot csak helyenként fedi el vékonyabban a

[16] Dr. Balázs Dénes: Érd és környéke földtörténeti vázlata (1989)

lösz. A Duna menti oldalon elsősorban a folyó formálta ki a fennsík lejtőjét. Az újpleisztocénban és a holocén folyamán széles öblözeteket alakított ki Nagytétény és Érd környékén. Ahol a folyó a fennsíkot megközelítette, oldalozó erózióval támadta annak peremét, majd a holocénkori bevágódás során elérte a meder szélén a fennsík megsüllyedt mészkőrétegeit is. Általában azonban a mészkőfalból a Duna csak keveset nyesett le, inkább csak a lejtőkhöz csatlakozó pannon rétegeket és az újpleisztocén teraszok egy részét rombolta el, de ezáltal is helyenként meredekké vált a fennsík K-i és DK-i oldala.



10. ábra

Az Érd – Tétényi-fennsík Ny – K –i földtani szelvénye (c-d metszet)[17]

Jelmagyarázat: 1 = Duna-kavics (pleisztocén teraszok); 2 = pleisztocén lösz; 3 = középső-miocén szarmata mészkő; 4 = középső-miocén lajtamészkő; 5 = alsó-miocén kavics és homok agyagpadokkal; 6 = felső-oligocén homok, homokkő, agyag; 7 = vetődés

2.4. A terület hidrogeológiájának bemutatása

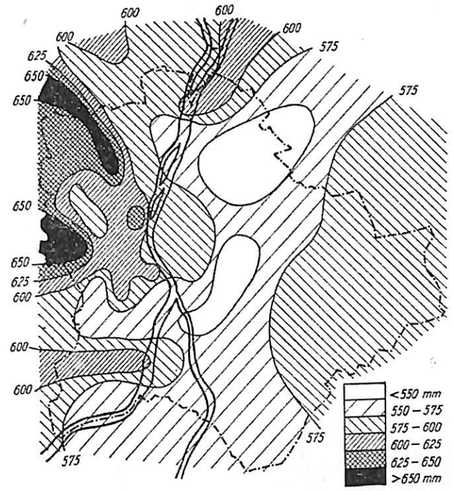
[Környezetéből kiemelt helyzetéből adódóan, önálló vízföldtani egységet alkot a Tétényi- fennsík és környéke (Budafok, Kamaraerdő, Nagytétény). A felszín legnagyobb részén jó vízvezető kőzetek vannak, melyek a csapadékvíz jelentős részét elnyelik, és a mélybe vezetik. Ezért a fennsíkon építéshidrológiai problémák nem várhatók. A peremi területeken, ahol fiatalabb képződmények vannak, már megjelenik a víz 10-20 m mélységben (Tétényi-fennsík északi és déli pereme), majd az erózióbázis felé fokozatosan a felszínközelbe kerül (1-2 m), sőt a mély fekvésű részeken belvizes területek is találhatók (Diósd, Érd). Tehát a terület D-i részén, ahol kapcsolódik a Nagytétényi öblözet dunai alluviumához, kialakultak magas talajvízállású területek.

[17] Budapest természeti képe (1958)

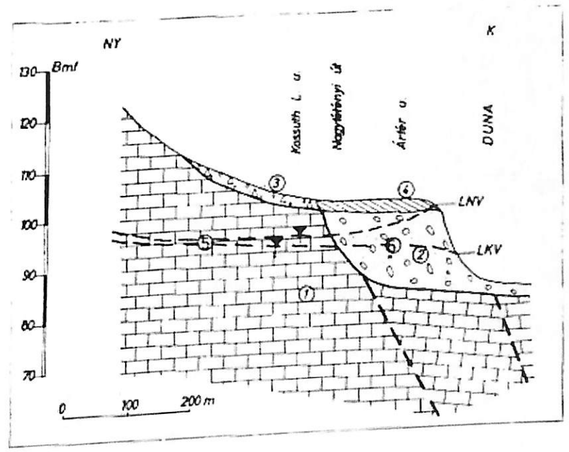
A Tétényi-fennsík keleti peremszakasza alatt dunai eredetű alluviális terület található, itt meredeken lejt a fennsík, és a legjobban itt közelíti meg a folyót. A szarmata mészkőbe bevágódott Nagy-Duna alluviuma azért ilyen keskeny a területen, mivel a szarmata mészkövet csak részben tudta megbontani és elborítani. Mivel a dunai homokos, kavicsos üledékek közvetlenül a szarmata mészkőre települnek, szoros hidrológiai kapcsolat áll fenn a mindenkori Duna vízállás, a talajvíz és a szarmata mészkő kettős porozitású vize között. A dunai LNV esetén a folyó táplálja a kavicsos összleten keresztül a szarmata mészkő vizét. KÖV illetve annál alacsonyabb vízállásnál pedig a Duna leszívó hatást fejt ki a talajvízre illetve a szarmata mészkő kettős porozitású vizére.][18]

[A kerület határán folyik a Duna. Budafok élővízfolyása a Hosszúréti (Kőér) - patak. Nagyobb mesterséges, fedetlen csatorna a Péter Pál utcai esőcsatorna. A csapadékvíz a völgyvonalakat, a fennsík peremén a teraszlépcsőket követi. A területen az átlagos évi csapadékmennyiség 575-600 mm nagyságú (11. ábra). A mészkőhasadékokba bejut, és ott jól közlekedik. A Duna felől erős a leszívó hatás. Az Alsó Sas utcától (korábban Beck utcától) keletre, a sík alluviális területen a talajvíz a dunai hordalékban tárolódik (12. ábra), emiatt korábban nagyszámú ásott kút volt itt, ezek nagy részét mára betemették. A talajvíz mélyen helyezkedik el, 120,0-123,0 mBf, nem alkot összefüggő réteget. A talajba kerülő víz csapadékvíz eredetű, illetve közmű meghibásodásokból származik. A rétegvizek egyensúlyban vannak, jellemző a rossz vízáteresztő rétegek jelenléte.][19]

[18] FTV: Budapest építéshidrológiai atlasza (1988)
[19] Mérnökgeológia, Kőzetmechanika 2007, Bódi Anita: Budafok jellemzése és beszivárgás számítása



11. ábra
Budapest évi csapadékeloszlása[20]



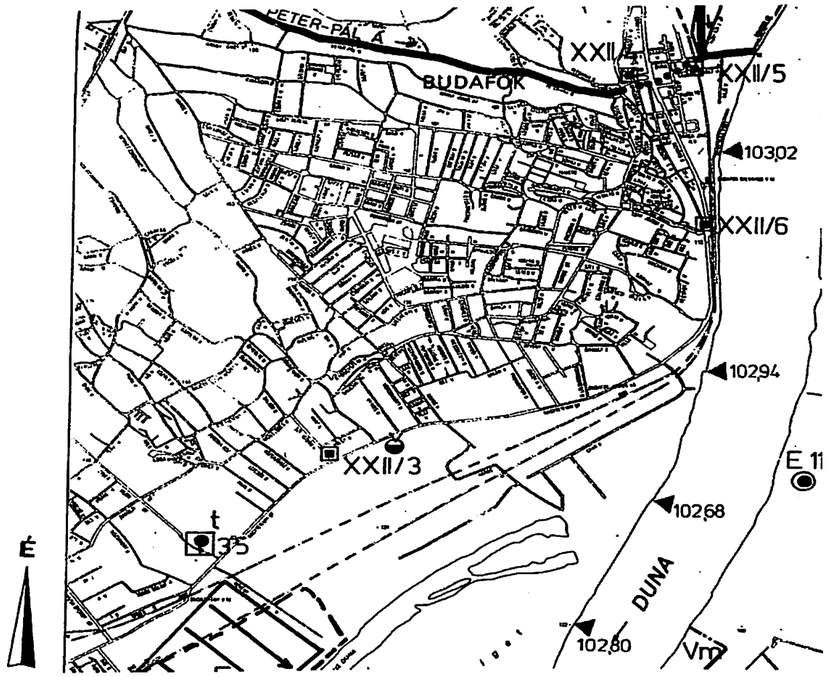
12. ábra
A budafoki parti sáv építéshidrológiai szelvénye[21]
1. szarmata mészkő; 2. dunai szemcsés üledékek; 3. lejtőtörmelék; 4. feltöltés; 5. szarmata mészkő vize, amely a dunai üledéken keresztül csapolódik meg; 6. talajvíz

[20] Budapest természeti képe (1958)
[21] FTV: Budapest építéshidrológiai atlasza (1988)

A kerületben található talajvízfigyelő-kutak (13. ábra) közül három olyan van, ami az én választott területemhez közel van, ezért ezek az adatok mérvadóak csak a számomra.

Kút száma	Kútperem magasság [mBf]	Észlelt maximális talajvízszint		
		[m]	[mBf]	dátum
XXII/3	103,68	4,22	99,46	1980. VIII.
XXII/5	103,39	2,31	100,08	1975. VII.
XXII/6	103,96	2,79	101,17	1975. VII.

3. táblázat
Talajvízszint-figyelő kutak adatai[22]



13. ábra
Vízföldtani észlelési térkép, a talajvízfigyelő-kutak elhelyezkedésével[23]

[22] FTV: Budapest építéshidrológiai atlasza (1988)
[23] FTV: Budapest építéshidrológiai atlasza (1988)

3. A pinceproblémák bemutatása esettanulmányokon keresztül

Elöljáróban szeretném bemutatni a XXII. kerületi pincék kialakulását, felhasználását, elhelyezkedését. Ezután négy különböző esettanulmány segítségével rávilágítok a leggyakrabban előforduló problémákra.

Először a természetes kialakítású barlangokban, a törökök elől menekülő lakosok telepedtek meg a budafoki barlangokban. A XVIII. században fellendült a mészkőbányászat, megjelentek a mesterségesen kialakított földalatti terek. Ezek a járatok elérték a 160 m-es hosszúságot is (Franz Schams 1822). A XIX. század elejére a barlangoknak két típusa létezett, a földalatti lakás és a kőház. [A földalatti lakás 1,5-2,0 m x 3-4 m-es árok, amelyet fával, földdel, kövekkel fedtek el. A kőház: az építési telken lehordták a vékony földréteget középről, ezután a követ körülbelül 2 m mélységig kocka vagy tégla alakban kitermelték, ehhez lépcsőt vájtak, majd lakásokat mélyítettek oldalt.][24] A lakásokat főleg szőlőmunkások lakták, de az 1838. évi dunai árvíz idején nagyon sokan költöztek Pestről, Budafokra (régi nevén Promontor). Megnőtt a szőlő- és kőfejtőmunkások száma, nagyobb lett a kőkitermelés, több lakás készült. Ez a növekedési tendencia egészen a téglagyártás fellendüléséig megmaradt.

Az 1960-as évek elején a barlanglakásokat egészségtelen voltuk miatt felszámolták a bejáratok eltorlaszolásával, illetve tömedékeléssel (KGI 2001). Feltöltésként toxikus gázgyári hulladékot, kevésbé veszélyes építési törmeléket használtak. Később kiderült, hogy a gázgyári salak nagyon nagy környezeti károkat okoz. [A lakók elmondása alapján a feltöltött területek környezetében gyakoribbak lettek a betegségek, a növényzet kipusztult, hóolvadás és nagyobb esők után büdös a levegő, az elfolyó csapadékvíz vöröses, barnás színezetű, a feltöltésben levő acél- és betonszerkezetek tönkrementek.][25]

[Az 1994-es feltártsági viszonyok alapján a belterület alápincézettsége 18%. A pincék, üregek száma 3500 db, összes légterük 680 000 m^3, alapterületük 420 000 m^2, hosszuk 110 km, a tám- és bélésfalak, burkolatlan sziklafalak összhossza 6,5-7,0 km, ebből beavatkozást igényel 2,5-3,0 km, az alápincézett budafoki és nagytétényi terület 4,0 km^2

[24] Hajnal Géza: Városi hidrogeológia (2007)
[25] Hajnal Géza: Városi hidrogeológia (2007)

(Hlatky 1998). A pince ágak szélessége 2,5-3,5 m, a hosszúsága 25-40 m, magasságuk 1,9-2,5 m. A szelvényalak szögletes, a főte vízszintes. Stabilitás szempontjából három kategóriába sorolhatók: jó, közepes és rossz állapotú pincék.

A falazattal biztosított, száraz, rendszeresen karbantartott, repedés- és deformációmentes és a természetes kőbe vájt, béleletlen, kedvező szelvényű, kellő takarású, karbantartott pincék a jó állapotú pincék.

A közepes állapotúaknál kisebb repedések és felületi hiányosságok, oldalfali leválás megengedett.

Rossz állapotú pincék esetén kereszt- és hosszirányú repedések, omlások találhatók. A repedéseken a csapadék- és a közművekből elfolyó víz bemosódik. A főtetakarás kicsi. A dinamikus terhek károsan hatnak az üregre és környezetére. A karbantartás megszűnt. A szellőzés megoldatlan (Hlatky 1998).

A pincék közterületeket keresztezhetnek, közműveket, lakóépületeket veszélyeztethetnek, egymás hatótávolságába eshetnek. A használaton kívüli pincék egy része feledésbe merült. A pincék karbantartásakor elsődleges szempont a közterületek, közintézmények védelme. A közterületek, illetve a közintézmények alatti pincék karbantartásához a helyi erőforrások mellett költségvetési támogatás is szükséges. A nagyhasznosítók pincéi felett a mészkőösszlet védelme miatt szükséges lenne a vizes közművek rekonstrukciója.][26]

A XXII. kerületben gyakran előforduló pinceproblémákat esettanulmányokon keresztül szeretném bemutatni. Ezek az esetek mind valós helyszíneken, saját magam által készített fényképekkel együtt kerülnek ismertetésre.

Az első példában egy közműfelújítás során bekövetkező főte átszúródást láthatunk. Minden valószínűség szerint, nem tudták, hogy az útpálya szerkezete alatt egy felhagyott pince található, vagy esetleg tudták, hogy van azon a területen, de hogy pontosan hol és milyen mélységben azt már nem. A kivitelezés során a munkagéppel, ahogy emelték ki a földet, a pince főtéjét is elhordták így jóval mélyebb lett a

[26] Hajnal Géza: Városi hidrogeológia (2007)

munkagödör, amit minél gyorsabban vissza kellett tölteni, a képeken már csak a valamelyest rekonstruált munkagödör látható.

14. ábra
A javarészt visszatöltött munkagödör

A következő esetben arra láthatunk példát, amikor egy útpályaszerkezet alatt levő pince állagromlásából származó plusz süllyedés miatt az útpályában kialakul egy horpa. Az útpálya aszfaltozott, a közművesítése évekkel ezelőtt megtörtént, a süllyedést minden bizonnyal az alatta húzódó pince idézte elő.

15. ábra
A megsüllyedt útpálya

A harmadik példában azt láthatjuk amint egy nem megfelelően megerősített pincében, hogy válnak el egymástól a különböző kőzetrétegek, valamint hogy mekkora és milyen irányú repedések jelennek meg a főtén. Ebben az esetben a pincének az állékonysága van veszélyeztetve, a repedések és az elválások azt mutatják, hogy a kőzet mozgásban van (süllyed). A pince felett nincsen beépítve a terület, így nem plusz teher hatására következett be az állagromlás, valamint a talajvízzel sem kell számolni.

16. ábra
A kőzetmozgások miatt kialakult elválás illetve a főtén található repedések

Az utolsó esetben egy, még nem hasznosított pincét szeretnék bemutatni. Ez a pince, abból a szempontból különbözik az előző példáktól, hogy nincsenek károsodásai. A járat nincsen megtámasztva és a biztonságát az adja, hogy nagy a takarási vastagsága (kb. 10-12m), ezért át tud boltozódni. A felszínen lévő terület nincsen hasznosítva. Gyakori eset, hogy egy felszíni építkezésnél a nagy takarásra hivatkozva nem ellenőrzik le, hogy a nem megtámasztott pince, a plusz terhelés, valamint a felette levő kisebb kőzettakarás következtében nem fog e károsodni. Az ellenőrzést ma már jogszabály írja elő, az építtetőnek köteles megcsináltatnia, addig az önkormányzat nem adja ki az építési engedélyt.

17. ábra
Repedések alig találhatók a főtén, a mészkő jó állapotban van

Összegzés

A leggyakrabban előforduló pinceproblémákat elsősorban a nem ismert, valamint a felhagyott pincék illetve a pincék elvizesedései okozzák. A feledésbe merült földalatti terek azért veszélyesek, mert a rossz állapotú pincék és üregek lejáratát megszüntették, hasznosításukkal felhagytak, a lejáratokra esetleg ráépítettek, háborús romokkal fedték be, elfalazták, vagy akár a beomlott szakaszokat leválasztották a jó állapotú részektől, így szinte lehetetlen megtalálni ezeket. Ennél fogva az így kialakult problémáknak a megelőzése nagyon nehézkes, mert azokról a pincékről, amik nincsenek kataszterbe véve, csak akkor szerzünk tudomást, amikor beléjük futunk, ezáltal a bajt nem igen lehet megelőzni. Az előzetes üregkutatásban segíthetnek a geofizikai mérések (pl. geoelektromos kutatómódszerek), melyekkel a felszínközeli kőzetek elektromos ellenállását lehet mérni, ezáltal meg lehet találni a nem ismert üregeket.

A felhagyott pincék azért okoznak ugyanúgy rengeteg problémát, mert a pincék állagromlása kihat a felszínre, így a közterületek alatt húzódó járatok kiemelt jelentőséggel bírnak, de mivel ezek a legtöbb esetben magánkézben vannak, nem lehet a tulajdonost arra kötelezni, hogy erősítse meg a pincéjét. Ezeken felül még a pincék elvizesedése, ami sok gondot okoz.

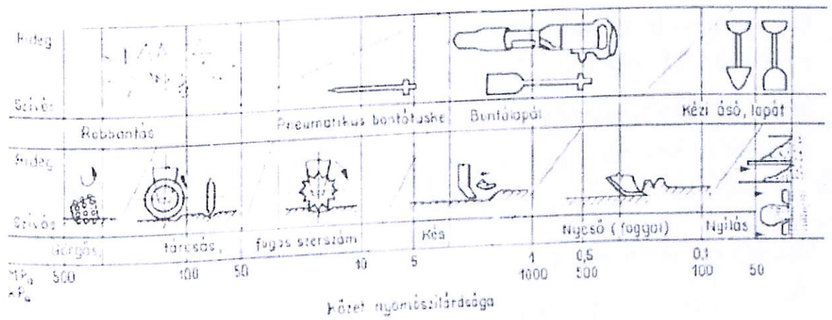
[Az elvizesedés okai a vizes közművek elöregedése, az ivóvízhálózat és a szennyvízhálózat összehangolatlan fejlesztése, a hosszabb időn keresztül nyitott munkagödrök, az átszellőzés nélküli, elfalazott terek (a koncentrált vízbefolyások és a tartós párahatás felpuhítja a kőzetkörnyezetet). A vízzáró bentonitréteg áttörésével (jellemzően munkaárok kiemelésekor) a szigetelőréteg megszakad. A rétegvizek, szenny- és csapadékvizek bejutnak a mészkőbe vájt pincékbe, amelynek következtében a mészkő kőzetfizikai tulajdonságai romlanak. A felszínre kibukkanó mészkő fagy, hóolvadás és víz hatására mésziszappá alakul.][27]

[27] Hajnal Géza: Városi hidrogeológia (2007)

4. A kiválasztott pincerendszer bemutatása

4.1. A kerületben található pincék kialakítási, fejtési módjai

Magyarországon a törökök ideje óta nagy hagyománya volt az építőkövek bányászatának, de ki kell emelni, hogy az építőkövek bányászása mindig komoly szakértelmet és körültekintést igénylő munka volt. Ha jó minőségű, jól faragható, sokmindenre hasznosítható kőhöz akartak jutni, akkor csak fejtés jöhetett szóba. A kőzet tulajdonságai, keménysége határozta meg, hogy milyen fejtési módszerrel érdemes az adott kőzetet kivájni. A különböző eljárásokra mutat példát a 18. ábra. A bányászás általában úgy kezdődött, hogy a változó vastagságú legfelső talajréteget eltávolították, bányász nyelven „leföldelték". A legfelső kőzetréteg az ún. háportyás kő, még nem volt alkalmas teherhordó szerkezetként való beépítésre, ezért ezeket javarészt kőkerítésekhez, járdakövekhez hasznosították. Ezen kőzetréteg alatt jelent meg az értékes terméskő, melynek a fejtését a kőzet keménysége határozta meg.

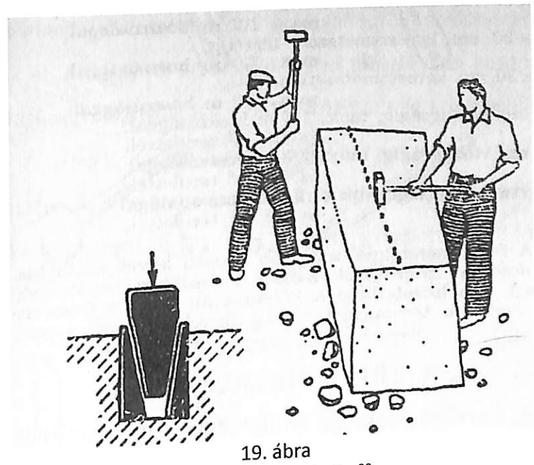


18. ábra
A megfelelő fejtési módszerek az adott kőzet tulajdonságainak megfelelően[28]

Ha könnyen lehetett hasítani a kőzetet, akkor a követ az erek mentén úgy tudták hasítani, hogy a repedésbe egy hosszú nyelű kalapáccsal (samu) vaséket vertek, majd az ékekkel tágították a repedéseket és a kő elhasadt (19. ábra). Hogy jobban feszüljön az ék, melléjük acéllapokat szorítottak, melyeket kisebb kalapáccsal ütögetve feszítette a kőbe. Ezeknek „pléska" volt a neve. A talajjal párhuzamos, vízszintes repedéseket és az

[28] BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék, Kőzetmechanika című tárgy, Online jegyzet

ezek által behatárolt kőtömeget lógernak nevezzük. Az erek tágításával a kőzet az alatta lévő rétegsorig (lógerig) hasadt le.



19. ábra
Az ékeléses technika[29]

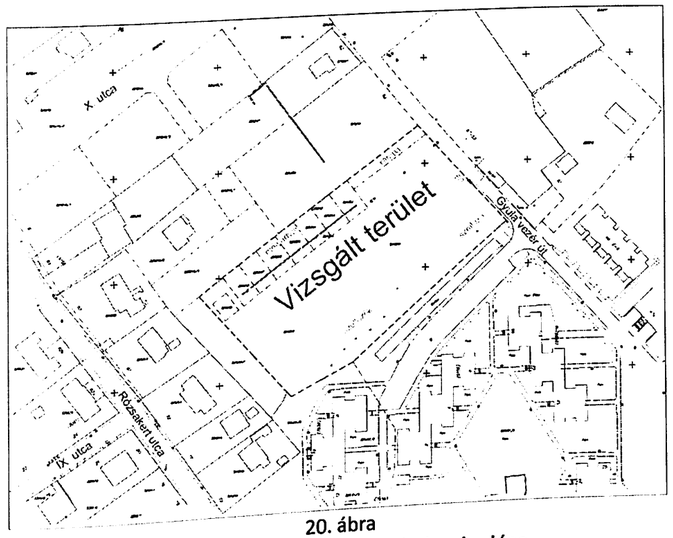
Rosszul hasadó kőzeteknél sámolni kellett. Ez azt jelentette, hogy mesterségesen hozták létre a kőzetben az eret, mégpedig egy csákánnyal 6-10 cm széles 20 cm mély árkot mélyítettek a kőzetbe, majd ebbe ütötték az ékeket egy mélyebbre. És utána már a szokott módon lehetett hasítani a kőzetet. A kövek fejtésére három különböző csákányt: baltás, kapás és picces csákányt, tovább különböző ékeket, vasrudat és irtókapát használtak.

Napjainkban már géppel fúrják a furatokat a kőzetbe, gyémánt élű drótfűrésszel választják le és darabolják a kőzeteket. Ékelést már nagyon ritkán alkalmaznak, inkább csak akkor, ha óvatos fejtést írnak elő, elsősorban szobrászati igények miatt.

[29] http://kohazak.uw.hu/d.htm

4.2. A vizsgált üregrendszer ismertetése

A vizsgált pincerendszerem Budatétényben, a Gyula vezér út 60. szám alatt található (20. ábrán szaggatott vonallal elkerített terület). A vizsgált területen összesen 11 db földalatti járat helyezkedik el, a felszíntől körülbelül 3,9 m mélységben kezdődően. A járatok síkfőtéjű kialakításúak, mélységük 3,4 – 5,0 m közötti, míg szélességük 3,70 – 7,52 m között változik. A pincék hasznosítva vannak, mindegyikben nagy mennyiségben gombákat termesztenek. A bejárat a mélyudvarból érhető el, ahova a felszínről levezető rámpa segítségével juthatunk le (21. ábra), a rámpa melletti rézsű lőtt betonnal van megerősítve.



20. ábra
A vizsgált pincerendszer elhelyezkedése

A pincék bejárata nem a mélyudvarból kezdődik, hanem egy a pincékre merőlegesen futó folyosóról (22. ábra), ahova az előtéren keresztül jutunk be. Ezt az előteret régen lakásként hasznosították, jelenleg irodák, raktárak találhatók benne. A pincerendszer egészét tekintve a folyosón valamint az előtérben levő raktárhelyiségekben találjuk állékonyság szempontjából a legkritikusabb pontokat. Ezekre a helyekre a legideálisabb megerősítés egy lőtt betonos réteg készítése lenne.

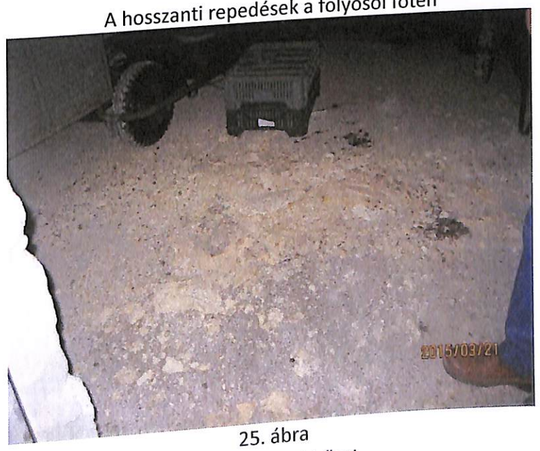
21. ábra
A mélyudvarba vezető rámpa

22. ábra
A folyosó általános képe, jobbra találhatóak a pincék bejáratai

A földalatti térbe a kürtők segítségével juttatják le a friss levegőt, valamint külön hálózat keringteti a lenn lévő levegőt. A folyosó egy részén a megerősítésként szolgáló gerendák korrodálódtak (23. ábra), 2-3 mm-es hosszanti repedések vannak a főtén (24. ábra) és egyes helyeken a mészkő magától hullik le (25. ábra). A folyosón kisebb méretű szállítójárművek is közlekednek, de az ezek által kialakított rezgések olyan kismértékűek, hogy nem károsítják a kőzetet.

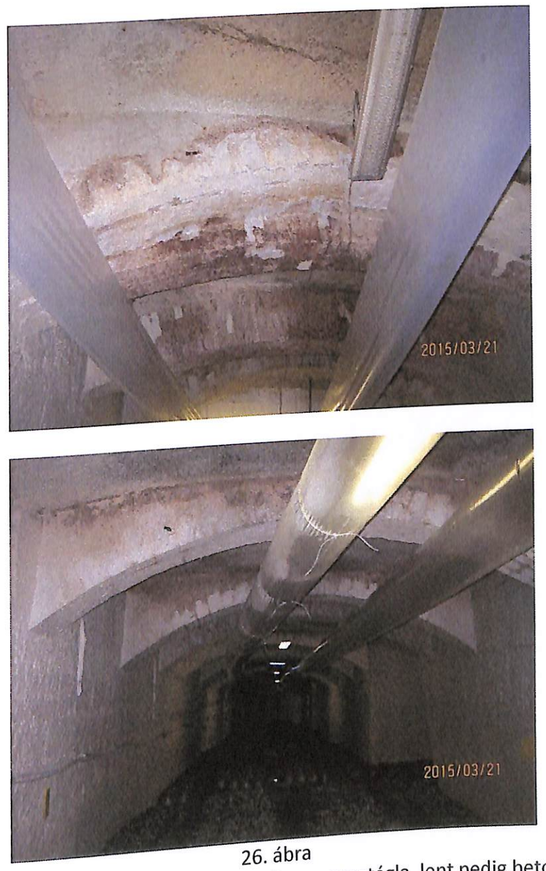
23. ábra
A korrodálódott folyosói főtén lévő gerenda

24. ábra
A hosszanti repedések a folyosói főtén

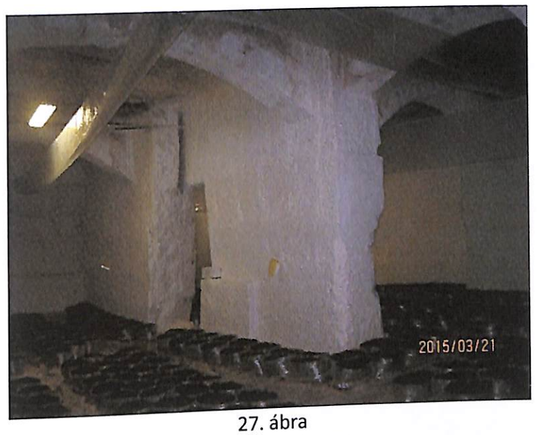


25. ábra
A lepotyogott kőzet

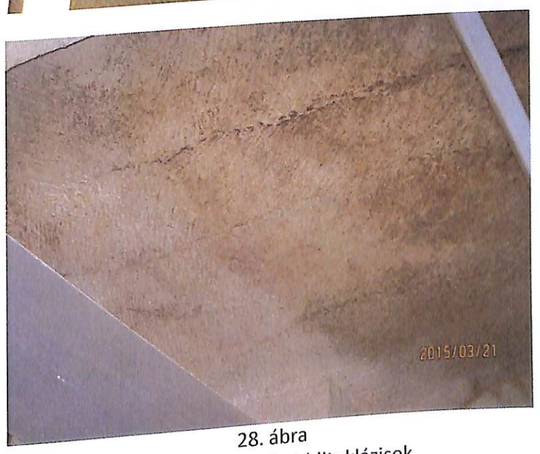
A 11 különböző járatot nem mutatom be külön-külön, általánosságba véve nagyon hasonló állapotúak, a problémák pedig mindegyik járatban ugyanazok. A pincék helyenként alá vannak támasztva boltívvel (gurtnival) (26. ábra), az utólagos megerősítéshez használtak kisméretű téglát, betontéglát, VA-30-as betonidomkövet is. Egyes járatoknál meg lehet figyelni, hogy nagy mértékben át vannak törve a borda pilléreik (27. ábra), ezek állékonyság szempontjából kiemelten kezelendők, mert így a kőzettömeg alátámasztása csökken.



26. ábra
Az utólag beépített boltívek: a fenti képen agyagtégla, lent pedig betontégla



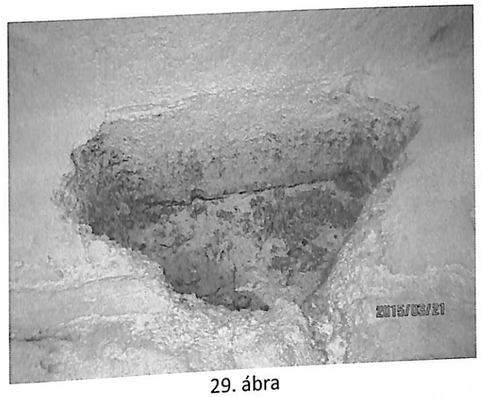
27. ábra
Az áttört bordapillér



28. ábra
A kőzetben található litoklázisok

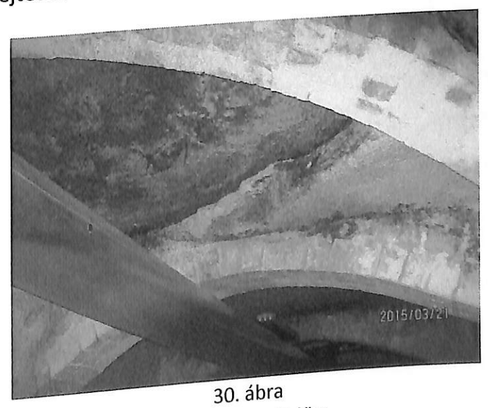
Szinte mindegyik pincében találkozni lehet a Pannon-medencére jellemző ÉK-i - DNy-i törésvonal miatt kialakult litoklázisokkal. Ezek általában ferde irányúak, a repedések tágassága pedig 0,1-5 mm között változik.

A gombák termesztésére különleges környezetet kell biztosítani, a párás levegő alapkövetelmény. Ha esetleg víz jutna be a járatokba, akkor azt arra a célra kialakított zsompok segítségével tudják elvezetni.



29. ábra
Vízelvezető zsomp

A 6. jelű járatban gyakran tapasztalták azt az ott dolgozók, hogy lehullik a kőzet, ezért ott szándékosan fejtették vissza a mészkövet, ezzel akadályozva a későbbi hullásokat.



30. ábra
A visszafejtett főte

5. A geotechnikai, üregállékonysági modell

5.1. A végeselemes modellezés

A geotechnikában a hagyományos számítások mellett egyre nagyobb teret nyernek a számítógépes, véges elemes módszerű eljárások. A geotechnikai modell megalkotásához a GEO5 szoftvercsomag diákverzióját használtam. A GEO5 FEM (Finite Element Method) moduljával végeztem a vizsgálatokat, amely egy végeselemes program. A végeselem módszer egy numerikus módszer parciális differenciálegyenletek közelítő megoldására, a legelterjedtebb számítási eljárás a geotechnikában. A modellalkotásnak az a célja, hogy a valóság egy metszetét minél kezelhetőbben írjuk le. A bevitt modellt minél több véges elemre, általában háromszögekre bontja fel a program. Számos előnye van, például ha felépítettük a modellünket, akkor onnantól könnyen tudunk mind teherbírási, mind használhatósági határállapotokat vizsgálni; lehetséges vele az építési fázisok modellezése; bemutatható az időfüggő anyagi magatartás. A program a számításkor figyelembe veszi a konszolidációt, a talajvíz mozgását, a hagyományos elmozdulás összefüggések használhatók a legtöbb terhelési folyamat elemzésénél. Az egyik legnagyobb előnye pedig, hogy széles körben alkalmazzák és így rengeteg tapasztalat áll már rendelkezésre. A talaj viselkedésére több talajmodell áll a rendelkezésünkre, illetve a talaj és a beépülő szerkezet kölcsönhatását is figyelembe tudja venni. Hátrányai, hogy a vizsgált tartomány felosztott, ezért nagy mennyiségű elő- és utó-feldolgozási munkára van szükség valamint a nagy egyenletrendszerek megoldásához sok idő szükséges. A mindennapi gyakorlatban a *Mohr-Coulomb* anyagmodellt használják legelterjedtebben, a vizsgálataimhoz én is ezt alkalmaztam. A pincerendszer geometriai adatait, a talajrétegződést az ingatlan tulajdonosa bocsájtotta rendelkezésemre. A helyszíni szemle során bizonyosodtam meg a kapott adatok helyességéről.

5.2. A Mohr-Coulomb modell (MC-modell)

[A Mohr-Coulomb modell valójában a jól ismert, a hagyományos számításokban is alkalmazott lineárisan rugalmas, tökéletesen képlékeny viselkedést leíró anyagmodell, melyben a képlékenységi feltétel a közismert Coulomb-féle törvény.][30] A lineárisan

[30] Koch Edina: Töltésalapozási eljárások modellezése, doktori értekezés (2012)

rugalmas viselkedés kezeléséhez öt paramétert kell megadni, ami az *E* rugalmassági tényező, a ν Poisson-tényező, a φ belső súrlódási szög, a *C* kohézió és a Ψ dilatációs szög, továbbá szükséges még a talaj kezdeti feszültségállapotának az ismerete. A szükséges paraméterek triaxiális vizsgálatból határozhatók meg. Az alakváltozások pontossága javítható, ha mélységgel együtt változó rugalmassági modulust viszünk be. A modellel számíthatók az azonnali alakváltozások is. A törési állapot vizsgálatára a Coulomb-féle törvényt alkalmazza a szoftver. Lehet drénezett és drénezetlen terhelést is vizsgálni. [Az MC-modell egyik legnagyobb gyengéje az, hogy folyási feltételként is a Coulomb-féle feltételt használja, azaz úgy tekinti, hogy míg a feszültségek nem elégítik ki a Coulomb-féle feltételt, addig a talaj rugalmasan viselkedik, illetve a feltétel teljesülése utáni képlékeny alakváltozásokat a Coulomb-féle folyási feltétel deriválásával számítja. Valójában a talajok viselkedésére ezek a feltevések nem helyesek.

A tapasztalat szerint az MC-modell mégis elég jó eredményeket ad a monoton tehernövelések esetén, illetve ha jól sikerül felvenni a modellezendő terhelési tartományra az ödométeres modulusokat.][31]

5.3. A modellezéshez szükséges paraméterek

Rugalmassági modulus (E)

A rugalmassági vagy Young-modulus egy anyagra jellemző állandó, az anyag merevségét jellemzi. Jele E, mindig pozitív szám, kiszámítása az (1)-es képlet szerint, mértékegysége N/mm^2 vagy kPa.

$$E = \sigma / \varepsilon \qquad (1)$$

ahol:

σ: a felületen működő nyomófeszültség,

ε: a fajlagos alakváltozás.

[31] Koch Edina: Töltésalapozási eljárások modellezése, doktori értekezés

[Az általános rugalmasságtani megközelítés szerint a talajok rugalmassági modulusa a triaxiális (vagy egytengelyű) vizsgálat során kapott feszültség-alakváltozás görbéből számítható, figyelembe véve a tengelyirányú alakváltozást és a másik két oldalirányban (tengely- és oldalirány) működő feszültségeket.

A klasszikus talajmechanika a rugalmassági modulus helyett inkább a kompressziós (összenyomódási) modulust használja. Talajok esetén a kompressziós kísérlet eredményéből kapjuk meg.][32]

Poisson tényező (ν)

[A Poisson tényező az egytengelyű feszültségtől függő rugalmas anyagban a tengely irányú deformáció hányadosa az átlós deformációra.][33] A Poisson tényező ismerete rendkívül fontos a geotechnikai modellezésnél, a rugalmassági modulussal együtt az egyik legfontosabb bemenő mechanikai paraméter. Ezt az anyagi tulajdonságot statikus és dinamikus módszerekkel lehet meghatározni, a kapott érték szűk tartományban változik. Izotropikus kőzettesteknél a tényező érteke 0 és 0,5 között van. Bár a szakirodalomban található negatív előjelű érték, a gyakorlatban 0,05 alatti értéket nem szoktak használni. Ahogy a Poisson tényező értéke megközelíti a 0,5-ös értéket (gumiszerű anyag, víz), az anyag könnyen nyírási deformációkon megy keresztül, de ellenáll a térfogati deformációnak és összenyomhatatlan lesz.

Belső súrlódási szög (φ) és kohézió (C)

A belső súrlódási szög és a kohézió a talaj nyírószilárdsági paraméterei. Ezek, azok a belső erők, amik a talajra ható külső erőket ellensúlyozzák ((2)-es képlet). A belső súrlódási szög az érintkező talaj szemcsék között az elmozdulással szemben fellépő súrlódási erő, míg a kohézió a szemcséket tömör tömegként összetartó erő, a szemcsék kölcsönös vonzó hatása. A talaj nyírószilárdsága a Mohr-féle törési elmélet Coulomb szerinti egyszerűsített alakjában:

---

[32] Tompai Zoltán: Földművek és kötőanyag nélküli alaprétegek teherbírásának és tömörségének ellenőrzése könnyű ejtősúlyos módszerekkel Ph.D. értekezés (2008)

[33] Mérnökgeológia, Kőzetmechanika 2007, Kara Zsuzsanna - Vásárhelyi Balázs: Kőzettestek Poisson tényezőjének becslése

$$\tau=\sigma \mathrm{tg}\varphi+c \qquad (2)$$

ahol:

τ: felületen működő nyírófeszültség,

σ: felületen működő normálfeszültség,

φ: a talaj belső súrlódási szöge,

C: a talaj kohéziója.

Azt a felületet, amelynek minden pontjában a fellépő normális és nyírófeszültség kielégíti a fenti egyenletet, csúszólapnak nevezzük. A nyírószilárdságot meghatározhatjuk közvetlen nyírókísérlettel, egyirányú nyomókísérlettel és triaxiális kísérlettel is.

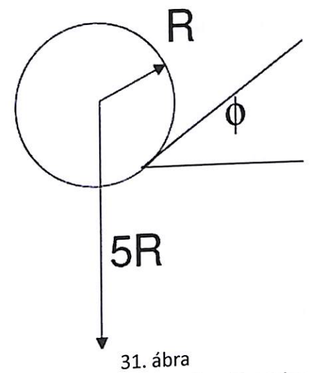
Dilatációs szög (Ψ)

A dilatáció - térfogat növekedés nyírás hatására. A belső súrlódási szög csökkenését a dilatációs szöggel lehet jellemezni. Jáky ajánlására az értékét a $\Psi=\varphi$-30° képletből lehet kiszámolni. A számításaim során nem vettem figyelembe a dilatáció hatását, mert a pincék szilárd kőzetben vannak.

5.4. A modellezés folyamata

A program által végzett számításokat, illetve a kézi számításokat a számítás melléklet tartalmazza.

Első lépésként a geotechnikai modellt építettem fel a programban. Az ehhez szükséges geometriai adatokat a pincerendszer tulajdonosától kaptam meg, ahogy már fentebb említettem. A modell lehatárolását az alagútépítésben használatos összefüggés szerint végeztem (31. ábra). Mivel az én pincerendszeremben különböző mélységű járatok vannak, ezért én a legnagyobbat vettem mértékadónak (h = 500 cm), továbbá mindegyik négyszög keresztmetszetű, átmérő helyett a járat magasságának a felével számoltam.



31. ábra
A számításnál figyelembe vevő terület lehatárolása

A lehatárolt rész szélessége 107,36 m, míg a mélysége 18,90 m. Az egyes járatok közötti távolság, valamint a járatok geometriai adatai a számítási mellékletben láthatók.

Ezután következett a különböző talajok hozzárendelése a modellhez. A felszínről lefele haladva először egy feltöltés, amit egy puhább mészkő követ, ezután egy vékony bentonit (fuller) réteg, majd pedig a szilárd mészkő. A talajok fizikai paramétereit a számítási melléklet tartalmazza.

Ezt követte a járatok térbeni elhelyezése, amit szabad vonalak és szabad pontok segítségével tudtam bevinni a modellbe. Erre azért volt szükség, hogy hogy meg lehessen állapítani az egyes járatok állékonyságát illetve, hogy tudjam modellezni a különböző építési fázisokat.

Miután minden alapadatot, elemet hozzárendeltem, következett a véges elemes háló generálása. A program automatikusan 1 m hosszúságú hálókat generál, ezen nem változtattam.

Első számítási lépésként azt vizsgáltam, hogy mielőtt kialakították volna a járatokat, az adott talajfizikai paraméterekkel milyen volt a talajmodell. Ezután összesen 11 számítási lépés alatt azt a 11 munkafázist modelleztem, ahogy egymás után kialakították a járatokat, itt még nem volt semmilyen megtámasztás, csak maga a szabadon álló mészkő. Majd egy számítás volt a már megerősített járatokra, illetve egy számítás a megerősített plusz felszínen leterhelt járatokra is.

A GEO5 FEM modulja először egy plasztikus számítást végez, ebben megadja a kialakult feszültségek nagyságát, illetve a süllyedések mértékét. A program nem csak a vertikális, hanem a horizontális irányú alakváltozásokat, feszültségeket is megjeleníti. Az állékonyság számítására a Stabilitás vizsgálat modult alkalmaztam. Itt a számítást nagyon precízen be lehet állítani, a Newton-Rapshon módszer került alkalmazásra, és φ/C redukció segítségével állapítottam meg a pincerendszer állékonyságát.

A pincék megtámasztását tégla falazattal modelleztem. A modellezéshez a tégla falazat 30 cm-es feltámaszkodásával számoltam. A falazat szilárdsági számítását a számítási melléklet tartalmazza. Az alábbi táblázatban a különböző járatok tégla falazatainak a bemenő adatai láthatóak:

Pincejárat száma	b [m]	h [m]	A [m^2]	I [m^4]	E [MPa]	G [MPa]	a [1/K]	g [KN/m^3]
1	5,40	3,40	1,350	0,0070	0,2	0,1	9,5E-06	8
2	5,40	3,40	1,350	0,0070	0,2	0,1	9,5E-06	8
3	4,30	3,42	1,075	0,0056	0,2	0,1	9,5E-06	8
4	5,20	4,55	1,300	0,0068	0,2	0,1	9,5E-06	8
5	7,20	4,10	1,800	0,0094	0,2	0,1	9,5E-06	8
6	6,90	4,40	1,725	0,0090	0,2	0,1	9,5E-06	8
7	7,07	5,00	1,768	0,0092	0,2	0,1	9,5E-06	8
8	8,12	4,10	2,030	0,0106	0,2	0,1	9,5E-06	8
9	5,75	3,60	1,438	0,0075	0,2	0,1	9,5E-06	8
10	5,00	3,60	1,250	0,0065	0,2	0,1	9,5E-06	8
11	5,80	3,60	1,450	0,0076	0,2	0,1	9,5E-06	8

4. táblázat
A 250 mm magas téglafalazat numerikus adatai

A felszíni teher értékét 50 KN/m^2-es értéknek vettem, ezzel azt modelleztem, hogy egy esetleges felszíni beépítés (pl. társasházak) hatására, a teljes keresztmetszetben megerősített pincerendszer milyen biztonsággal áll meg.

Külön számítást végeztem a legkritikusabb helyen, a főfolyosó keresztmetszetében is. Az előzőekhez képest ebben a keresztmetszetben módosításra került a modell, nem tégla falazatot, hanem lőtt betonos megerősítést alkalmaztam, valamint kézzel végeztem a számolást.

5.5. Az eredmények kiértékelése

Bár vizsgálataimat a teljes pincerendszerre végeztem, állékonyság szempontjából a 8. számú járat a legkritikusabb, a számításaim eredményei erre a járatra értendőek. Javaslom a járat fokozott figyelmét, évenkénti felülvizsgálatának a szükségességét.

1. Első esetben a megtámasztás nélküli pincerendszer állékonysága 1,69 (a számítási mellékletben található a részletes dokumentáció). Az Eurocode állékonysági vizsgálatoknál a minimum 1,50-es biztonsági tényezőt írja elő, de mivel itt több pincejárat helyezkedik el egymás mellett, így én eltértem ettől, és egy szigorúbb 2,0-ás minimum határértéket állapítottam meg. Mivel ez az érték alatta van az én határértékemnek, így mindenképp szükséges megerősíteni a pincerendszert.

2. Másodjára, a téglafalazattal megerősített járatok állékonyságát számítottam, melynek a biztonsági tényezője 2,72-re adódott. Ez kellő mértékben nagyobb a 2,0-ás határértékemnél, így kellő biztonsággal állnak meg a járatok.

3. A harmadik számításnál egy felszínen megoszló, 50 KN/m^2-es nagyságú terhelést helyeztem a megtámasztott pincerendszerre, ekkor a biztonság 1,81-re adódott. Ebben az esetben a 2,0-s szigorított határértékem alatt van a biztonság értéke, de ez a felszíni teher olyan nagy mértékű, ami nem valószínű, hogy bármikor is a pincerendszer feletti talajra fog kerülni, továbbá még egy ilyen nagy terhelésre is közel 2,0-s biztonsággal áll meg, ami teljes mértékben megfelelő.

6. Lehetséges megerősítések bemutatása

A mélyépítésben az üregek biztosításának a tervezésénél figyelembe kell venni a várható élettartalmukat. Ha az üreg tönkremenetele a várható élettartalma alatt meghaladja az elviselhető mértéket, akkor azokat át kell építeni, pótbiztosításokat kell beépíteni vagy a kőzetkörnyezetet kell megerősíteni. Minden ilyen utólagos munka jelentős többletköltséggel jár, így kihat a létesítmény gazdaságosságára. Jelen szakdolgozat keretében a *lőtt beton*os, az *injektálás*os, a *kőzetcsavar*os illetve a *falazattal történő megerősítés*eket mutatom be.

6.1. Lövellt beton

A lövellt betonos technológia egy speciális betonozási technológia. Magát az eljárást már több mint 100 éve alkalmazzák, az első ilyen célú használata Németországban történt, egy vasúti alagút falazatának építésénél, 1902-ben. Manapság mind új szerkezetek, mind meglévő szerkezetek megerősítéséhez előszeretettel használják. Az eljárásnak az a menete, hogy a betonkeveréket csővezeték segítségével, nagy nyomáson (~ 6 atmoszféra) a beépítés helyszínére szállítják, majd nagy sebességgel (~ 100 m/s) „lövik fel" a felületre.

Előnyök:

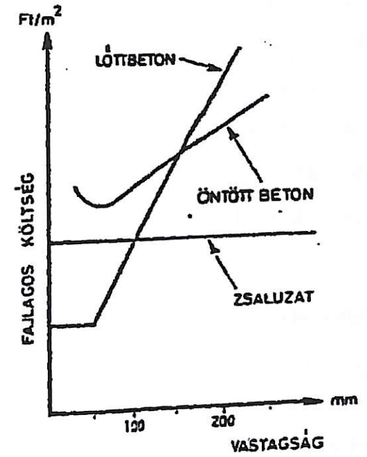
- nehezen hozzáférhető helyeken is alkalmazható,
- csak egy oldali zsaluzatra van szükség,
- felületszerkezetek betonozására is alkalmazható,
- szabályozott vastagság,
- fej fölötti betonozás is lehetséges,
- a beton készítése, szállítása és tömörítése egy munkafázisban történik,
- teljesen automatizált (betonlövellő robot).

Hátrányok:

- visszahullási veszteség,
- nagyon költséges (bár azt meg kell említeni, hogy 150 mm alatt a fajlagos költsége alacsonyabb, mint a hagyományos betonnak: lásd 32. ábra).

A lőttbeton alkalmazásának módszerei:

1. száraz eljárás,
2. nedves eljárás.



32. ábra
A lőttbeton költsége a „hagyományos" betonhoz képest[34]

A száraz eljárás során a szivattyú csak a beton száraz alkotóanyagainak keverékét juttatja a beépítés helyszínére és a víz hozzákeverése csak a nyomócső végénél történik meg. Ennek a módszernek nagy előnye, hogy az állandó keverési arány biztosítható; nagyobb távolságokra szállítható a keverék, mert a kötés nem tud megindulni; adalékszereket könnyen tudnak hozzá adagolni valamint könnyebb a karbantartása az előbb említett ok miatt, hogy a beton nem kezd el kötni a csőben. Ezzel szemben viszont nagyon intenzív szálló por képződik; nagyobb visszahullási veszteség és egyenlőtlen lesz a víz-cement tényező.

A beton felhordásához a csövet kézi vezérléssel vagy automatizált gépi vezérléssel irányítják. Nagyon fontos hogy megfelelő mennyiségű vizet adagoljanak a száraz keverékhez, mert ha túl kevés a víz, akkor nem fog megfelelően tömörödni, de ha több a kelleténél, akkor a beton le tud folyni a felületről illetve a szilárdsága is csökkenhet. Ezért is egyre elterjedtebb a számítógépes vezérlés, mert akkor kiküszöbölhető a kézi vezérlés okozta adagolási bizonytalanság.

[34] BME Hidak és szerkezetek Tanszék, Szerkezetek megerősítése című tárgy, Online jegyzet

A nedves technológiánál lágyabb konzisztenciájú keveréket juttatnak nagy nyomáson a cső végéhez, ahol nagynyomású levegő biztosítja, hogy a beton megfelelően a felületre szóródjon. Ezt az eljárást általában nagyméretű szerkezetek építésénél alkalmazzák. Ennek a módszerek az az előnye, hogy nincs semmi porképződés a betonozáskor; kevesebb a visszahullott veszteség; ellenőrizhető a víz-cement tényező illetve egy ütemben vastagabb réteg is felhordható. Hátránya viszont hogy magasabb víz-cement tényező szükséges a szállításhoz; ezzel a szilárdság csökken, de nő a zsugorodás valamint költségesebb, nagyobb energiaigényű a gépi berendezése, mint a száraz eljárásnál használtnak.

Nedves eljárásnál előre kevert, vagy helyszínen kevert betonkeveréket is használhatunk. A víz-cement tényező értékét 0,45 alatt is lehet tartani, megfelelő képlékenyítő adalékszerek segítségével. Mivel nagyobb mennyiségű cementet adagolunk hozzá (350-450 kg/m^3) nagyobb lesz a szilárdsága, mint a hagyományos betonnak, 28 napos korban 30-60 N/mm^2 a hengerszilárdsága.

Külön ki kell térnem a lőttbeton készítés problémáira, ilyen például a visszahullási veszteség. Azt tekintjük veszteségnek, ami a lövési eljárás következtében visszahullik a földre. Ennek a veszteségnek a nagy része adalékanyag, de fontos megjegyezni, hogy ezt utána már újra felhasználni nem szabad, mert teljesen szétosztályozódik. Azt hogy mennyi a visszahulló anyag mennyisége az alábbi dolgok befolyásolják: a lövőcső átmérője, távolsága a lőtt felülettől; a kilőtt keverék sebessége; a lövőcsőnek a vízszintessel és a zsaluzattal bezárt szöge; a friss beton konzisztenciája (v/c tényező); az adalékanyag maximális szemnagysága, összetétele.

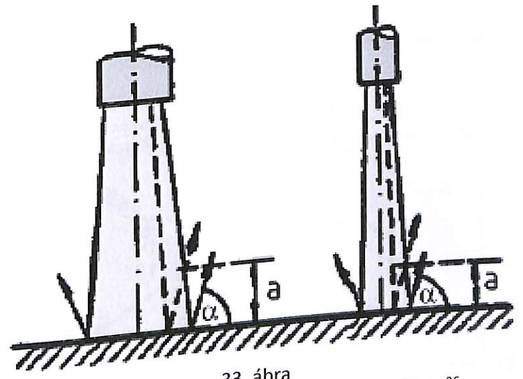
[Ahogy a csőr átmérője növekszik, úgy növekszik az áramlási kerület is, ami magasabb visszahullási hányadot eredményez (lásd 33. ábra).

A lövési sebesség és a visszahullási veszteség kapcsolatát mutatja a 34. ábra, ahol a sraffozott rész jelöli azt a tartományt ahol a lövőgépek működnek. Az ábrán jól látszik, hogy nem ebben a tartományban van a legkisebb visszahullás, de mégis azért ez a helyes, mert így érhető el a legnagyobb nyomószilárdsági érték.

A lövőcsőnek a lőtt felülethez viszonyított helyzetétől is függ a visszahullási veszteség. Ezt mutatja a 35. ábra. Az 1 m körüli optimális távolság megszabja a lövéshez szükséges helyigényt is.

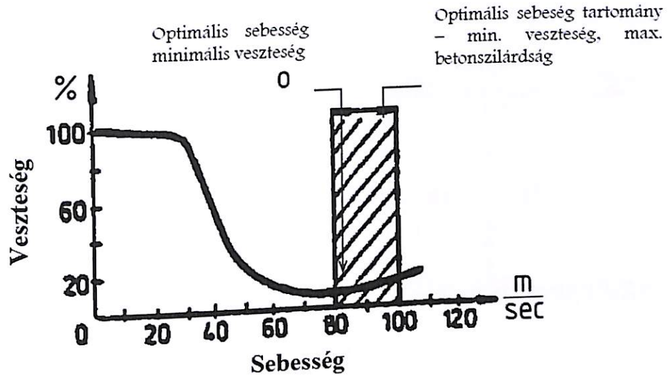
A fej feletti (φ= 90°) lövésnél tapasztalható nagyobb veszteséget az okozza, hogy az új betonréteg teljes súlyát csak a tapadás „rögzíti" az előző réteghez, és így a nagyobb, súlyosabb szemcsék könnyen leeshetnek, növelve a visszahullási veszteséget (lásd 36. ábra).

A lövőcső helyes tartását a 37. ábra mutatja. A felületre merőleges lövőcső-tartásnál lesz a legkisebb a visszahullás, mivel ekkor a visszapattanó szemcsék az anyagsugárba ütközve és újra a lőtt felületre kerülve megtapadhatnak. A bedolgozásra kerülő beton konzisztenciája is befolyásolja a veszteséget. A képlékeny betonról kisebb a visszahullás, mivel a szemcsék mélyebbre hatolnak a betonba, és kevesebb az esély arra, hogy a visszaverődés után kilépjenek belőle, mivel kisebb a visszaverődési út, mint földnedves betonnál (38. ábra).][35]

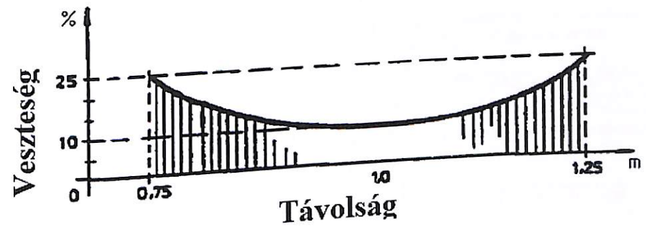


33. ábra
A lövőcső átmérőjének hatása a visszahullásra[36]

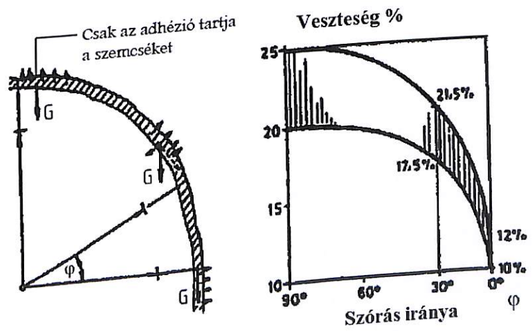
[35] BME Hidak és szerkezetek Tanszék, Szerkezetek megerősítése című tárgy, Online jegyzet
[36] BME Hidak és szerkezetek Tanszék, Szerkezetek megerősítése című tárgy, Online jegyzet



34. ábra
A lövési sebesség és a visszahullási veszteség kapcsolata[37]

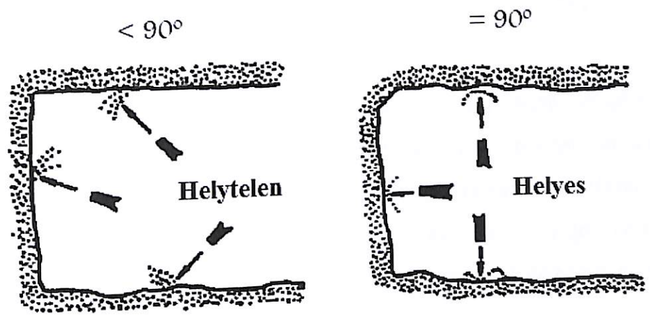


35. ábra
A szórófej távolsága és a visszahullási veszteség kapcsolata[38]

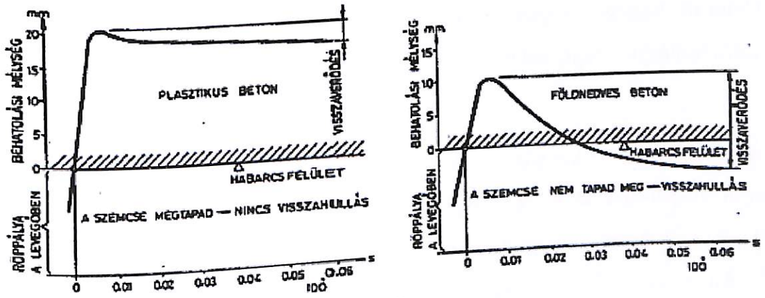


36. ábra
A szórófej iránya és a visszahullási veszteség kapcsolata[39]

[37] BME Hidak és szerkezetek Tanszék, Szerkezetek megerősítése című tárgy, Online jegyzet
[38] BME Hidak és szerkezetek Tanszék, Szerkezetek megerősítése című tárgy, Online jegyzet
[39] BME Hidak és szerkezetek Tanszék, Szerkezetek megerősítése című tárgy, Online jegyzet



37. ábra
A vízszintes szórási szög hatása a visszahullási veszteségre[40]



38. ábra
A beton konzisztenciájának hatása a visszahullási veszteségre[41]

Lőttbeton vasalásánál három típust különböztetünk meg:

1. teherviselő,
2. zsaluzó,
3. friss betonszerkezetet megtámasztó vasalás.

A teherviselő vasalás általában vékony (Φ6-8 mm), közepes szilárdságú (340-380 N/mm^2) betonacél, mert a sűrűbb vasalás miatt kevesebb repedés, illetve kisebb repedéstágasság lesz a szerkezetben, valamint a betonacél jobban be tud ágyazódni. Hálós vasalás alkalmazásánál a betonacélok legkisebb távolsága az alkalmazott

[40] BME Hidak és szerkezetek Tanszék, Szerkezetek megerősítése című tárgy, Online jegyzet
[41] BME Hidak és szerkezetek Tanszék, Szerkezetek megerősítése című tárgy, Online jegyzet

adalékanyag átmérőjének négyszerese, de nem kisebb, mint 50 mm. Egyebekben az MSZ 15022/7 szabvány érvényes.

Zsaluzatként funkcionáló, friss betonszerkezetet megtámasztó vasalásról akkor beszélünk, ha a készítendő szerkezet geometriáját teljes mértékben lekövető, a lövellésből származó igénybevételeknek ellenálló, önmagában állékony vasalást készítünk. Ilyenkor általában nagyobb átmérő vasakat és kifeszített drótfonatokat együtt alkalmaznak. Fontos hogy a vasalást megfelelően kell rögzíteni, hogy a nagy nyomással rálőtt beton ne mozdítsa el, ne hozza rezgésbe a szerkezetet.

6.2. Injektálás

[Injektálás során a kőzet hézagait töltjük ki valamilyen idegen anyaggal. Az injektálás célja, hogy a kőzet valamely fizikai vagy mechanikai tulajdonságát megváltoztassuk (pl. áteresztőképesség, szilárdság stb.).][42]

Injektálni elsősorban a laza-szemcsés és az összeálló kőzeteket lehet, de meg kell említeni, hogy alapvető a különbség a két eljárásnál. A laza-szemcsés anyagok injektálásánál az a cél, hogy a kőzetet ásványi alkotóelemeire bontsuk és az injektáló anyagból és a kőzetszemcsékből minél homogénebb keveréket képezzünk. Ilyen technológia például a jet-grouting eljárás. Repedezett kőzetek esetén a kőzettestet a repedések osztják kőzettömbökre. A repedezett kőzetek injektálásánál az a cél, hogy a repedéseknek a kőzettömb tulajdonságait rontó hatását minél jobban minimalizáljuk, de például az injektálás során nem tudunk elérni a kőzettömb szilárdságánál nagyobb szilárdsági értéket, csak megközelíteni tudjuk azt.

A bányászatban az injektálást kezdetben vízkizárásra használták, de ilyenkor is jelentkezett az eljárásnak a kőzetszilárdító hatása. Direkt módon, kőzetszilárdítási céllal az 1970-es évektől injektáltak Magyarországon.

Az injektálásnak kritikus pontja a megfelelő injektálóanyag kiválasztása, amely eredetileg folyékony halmazállapotú, és a pórusokban szilárdul meg. A vegyi reakcióba lépő anyagok egyesíthetők injektálás előtt vagy injektálás után a kőzetben, az előbbi az

[42] Mérnökgeológia, Kőzetmechanika 2006, Somosvári Zsolt – Debreczeni Ákos: A repedezett kőzettest szilárdsági paramétereinek meghatározása és repedezett kőzetkörnyezetben nyitott vágatok utólagos megerősítésére irányuló kutatások a Miskolci Egyetem Bányászati és Geotechnikai Tanszékén

egyfolyadékos, az utóbbi a kétfolyadékos eljárás. A leggyakrabban alkalmazott vegyi szilárdító anyagok:

- a vizes cementzagy,
- a szervetlen szilikátok vizes oldatai,
- a szerves polimerek, pl. kétkomponensű műgyanták.

Az injektálás végezhető egy ütemben vagy szakaszosan. Együtemű injektálásra leginkább homogén repedezettségű szilárd kőzetek alkalmasak. Inhomogén kőzetekben a szakaszos injektálás gyakoribb. Az injektálás rendszerét, az anyagot és a technológiát egyaránt a kőzetviszonyok határozzák meg. A kőzettörés veszélye miatt figyelemmel kell lenni arra, hogy mekkora nyomással lehet végezni az injektálást.

Repedezett kőzetek tömítésére a repedésméretektől, a kőzet szilárdságától, a résvizek vegyi összetételétől függően kell az injektálandó anyagot kiválasztani:

- szilárd repedezett kőzetekben, pl. mészkőben kisméretű repedések tömítéséhez agyagos, bentonitos zagy, nagyobb repedésekhez cementzagy használatos,
- ha igen kis méretű repedéseket kell tömíteni, a kis viszkozitású vegyi szilárdító-tömítő anyagok jöhetnek számításba.

A bányászatban az alábbi célokra alkalmaznak injektálást:

- kőzetek vízvezető képességének csökkentése,
- vízbetörések elzárása,
- üregek kőzetkörnyezetének megerősítése,
- pillérek megerősítése,
- ki szilárdságú rétegek szilárdítása
- vetők stabilizálása
- kőzethorgonyok megerősítése.

6.3. Kőzetcsavarozás

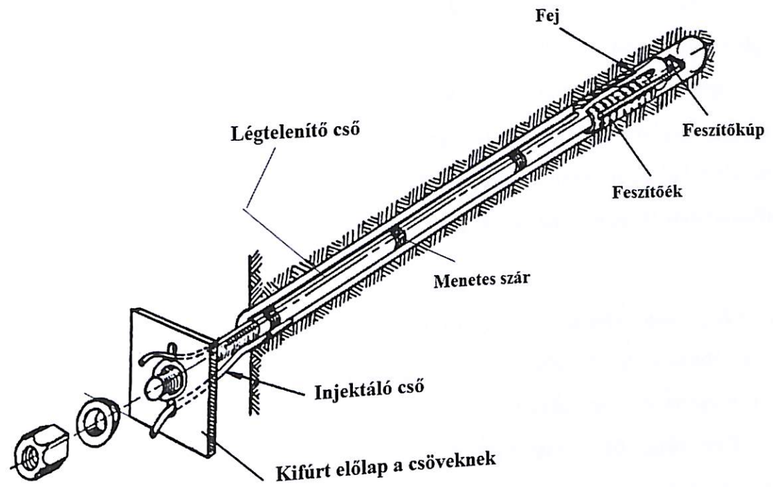
Az üregbiztosítás hagyományosnak tekinthető kívülről támasztó szerkezetei mellett meg kell említeni egy olyan eljárást, amelynél a biztosítóelemeket a kőzetbe fúrt lyukakba erősítik, és ezzel növelik meg az üreg stabilitását, ezt kőzetcsavarozásnak vagy kőzethorgonyzásnak nevezik. Ezt a technológiát először a skandináv országokban alkalmazták, Magyarországon az 1970-es évektől terjedt el, főképp a bányászatban, de az 1980-as évektől előszeretettel használták pinceveszély elhárítás céljából. Emellett még földművek rézsűinek védelménél is gyakran előfordult.

A technológia lényege hogy a kőzetbe hajtott furatokba először acélrudat betonoznak be olyan mélységig, hogy elérjék vele a már stabil kőzetréteget. Ezután injektálnak cementhabarcsot vagy műgyantát a csavarszárak és a rudak közötti résbe. Miután megkötött, a csavarszár végén levő menetre anyát helyeznek, ami a kőzetre fektetett lemezt a falhoz, főtéhez szorítja, ezzel elérve, hogy rászoruljon a felette levő kőzetréteghez.

A kőzetcsavarozás a hagyományos eljárásokkal szemben főként a bányavágatokban alkalmazható előnyösebben, de a kivitelezés sokkal nagyobb figyelmet, jártasságot igényel. A beépítést csak műszeres mérésekkel lehet ellenőrizni. A lyukak, rudazatok átmérőjének, a lyukkiosztás megtervezéséhez nagyon pontos számítások szükségesek.

Többféle kőzetcsavar típus létezik, a tervezés elején meg kell határozni, hogy melyik lesz az ideális az adott körülmények között. Általában három nagy csoportra lehet osztani a kőzetcsavarokat, megkülönböztetünk kialakításuk szerint:

- pontrögzítésű kőzetcsavarok,
- folyamatos rögzítésű kőzetcsavarok,
- kombinált rögzítésű kőzetcsavarok.



39. ábra
A kőzetcsavar általános kialakítása[43]

[A pontrögzítésű kőzetcsavarok eredeti fajtái az ún. mechanikus csavarok, mint a feszítőékes, feszítőhüvelyes, gumihüvelyes kőzetcsavarok. Ma a pontragasztott kőzetcsavarokat tekinthetjük a legelterjedtebbnek. A ragasztás műgyantával vagy cementhabarcs segítségével történhet. A folyamatosan rögzített kőzetcsavarokhoz tartoznak a Split-Set (hasított cső) és a Swellex (zömített cső), amelyeket súrlódásos kőzetcsavaroknak nevezhetünk. A kombinált kőzetcsavarok a pontrögzítésű és folyamatos rögzítésű kőzetcsavarok előnyös tulajdonságait egyesítik. Ilyen horgony pl. a Kiruna-horgony, amelyet ékes fejrögzítés után cementhabarccsal végig ragasztanak, vagy az ún. explóziós horgony, amelynél a csőhorgony végét egy kis töltet elrobbantásával rögzítik, majd cementhabarccsal végigragasztják a horgonyt.][44]

Az alapvető biztosítószerkezeti tulajdonságok, aktivitás-passzivitás, engedékenység-merevség tekintetében különböznek egymástól a kőzetcsavarok. A biztosítószerkezetek aktivitása azt jelenti, hogy miután beépítettük a szerkezetet, nyomást fejt ki azonnal a kőzetfelületre, és ezzel akadályozza, hogy az üregfelület elmozduljon, alakváltozzon.

[43] https://www.rocscience.com Rockbolts and Cables, Online jegyzet
[44] Somosvári Zs. - Németh A.: Kőzetcsavarok erőjátékának meghatározása a biztosítás tervezéséhez és ellenőrzéséhez (1986)

Passzívnak tekintjük a biztosítószerkezetet, ha a beépítés után nyomást nem fejt ki a kőzetfelületre, csak miután bekövetkeztek az üregfelületi kőzetmozgások. A biztosítószerkezet engedékenységén azt értjük, hogy ilyenkor a szerkezet egy meghatározott igénybevétel hatására összecsúszással ki tud térni a terhelések elől. Ezzel a kialakítással azt tudjuk elérni, hogy a biztosítás ne kerüljön nagyobb terhelés alá, mint ami a szerkezet teherbírása. Merev kialakításnál, ha az igénybevétel meghaladja a teherbírást, akkor a szerkezet tönkremegy.

[Az aktív, azonnal teherviselő biztosítószerkezet javítja a kőzetnyomási viszonyokat, ami a kőzet és a biztosítószerkezet szempontjából egyaránt előnyös. Az engedékenység elsősorban a biztosítás szempontjából előnyös, a kőzet számára csak annyiba, hogy elkerülhető a biztosítószerkezet tönkremenetele miatt jelentkező ugrásszerű kőzet igénybevétel.][45] Aktív megtámasztásúnak tekinthetjük a pontrögzítésű és egyes kombinált rögzítésű kőzetcsavarokat, a folyamatosan rögzített kőzetcsavarok, ha nagyon szigorúan nézzük, akkor passzív működésűek. A kőzetcsavaros biztosításnál szerves kapcsolat alakul ki a biztosítás és a kőzet között, ilyenkor a legjobb az együttdolgozás. [A folyamatosan rögzített kőzetcsavarok a legkisebb kőzetexpanzióra aktivizálódnak éppen a szükséges mértékig. Ezért a folyamatos rögzítésű kőzetcsavarokat kvázi-aktív biztosítószerkezetnek tekinthetjük. Engedékeny működésűek a folyamatosan rögzített súrlódásos kőzetcsavarok és egyes kombinált rögzítésű kőzetcsavarok. A pontrögzítésű, a folyamatosan ragasztott kőzetcsavarok merev biztosítószerkezetek.][46]

[45] Mednyánszky Miklós: A pinceveszély-elhárítás módszerei, a megfelelő megoldás kiválasztása, Online cikk

[46] Somosvári Zs. - Németh A.: Kőzetcsavarok erőjátékának meghatározása a biztosítás tervezéséhez és ellenőrzéséhez (1986)

6.4. Épített szerkezettel történő erősítés

A legtöbb pince megerősítésnél ez a típust alkalmazzák. A teherviselő szerepet a beépített falazóelem adja, ez leggyakrabban kő, tégla vagy betonelem. Az idők során több féle falazási módszert, anyaghasználatot találtak ki, de a legjobb a mai napig az úgynevezett betonidomkő vagy más néven bányakő. Ez a falazóelem nagy szilárdságú (4x-ese a hagyományos téglának) betonból készül, akkora méretben hogy egy ember még meg tudja emelni. A betonidomkő kissé kúp alakú, ezért könnyen lehet vele boltíveket is rakni. Nagy előnye a téglával szemben, hogy nedvesség valamint víz hatására nem romlik a szilárdsága. Leggyakrabban alkalmazott a VA-30-as idomkő. További előnye, hogy szinte bármilyen szerkezeti formát ki lehet belőle alakítani. Nem csak boltozatok, hanem falazatok, pillérek, bordák építésére is alkalmas, de fontos hogy a falazóelemek közötti fuga vastagsága mindig az előírt érték legyen, se kevesebb, se több, mert az befolyásolná a szerkezet teherbírását. Hogy a beépített falazóelem ténylegesen dolgozzon, a hátűrt ki kell injektálni. Ha a rés kicsi, akkor cementhabarcsot szoktak alkalmazni, nagyobb űr esetén az építés alatt keletkező törmelék, darabolt falazóanyag kerül a résbe. A nagyobb elemeket ékszerűen illesztik egymáshoz, majd a megmaradt hézagokat cementhabarccsal kitöltik. Mészhabarcsot nem szabad használni, mert a kötéséhez szükséges a levegő szén-dioxidja, ami földalatti szerkezet révén, korlátozottan áll rendelkezésre, így nem tud megkötni megfelelően a habarcs.

A kő a legrégibb anyagok közé tartozik, nagy a szilárdsága, tartós és kifejezetten esztétikus a megjelenése, ezért inkább kisebb épületeknél, műemlékvédelemnél alkalmazzák. A kővel történő megerősítésnél hasonlóan kell eljárni, mint a betonidomkő rakásánál, annyival kiegészítve, hogy a falazatba helyenként a teljes falszélességet átfogó, úgynevezett bekötő köve kövek helyezendők el, egy pontban háromnál több kőhézag ne találkozzon, valamint ha nem rétegesen falazunk, akkor 1,0 – 1,5 m magasságonként célszerű sorkiegyenlítő réteget készíteni.

Az égetett agyagtéglából készült falazat az egyik legjobban elterjedt falazási mód, általában kisméretű tömör téglát használnak hozzá. Az így készült megerősítés beépítési szabályai megegyeznek az idomkőnél leírtakkal.

7. Pincemegerősítési javaslat

Összegyűjtve a leggyakoribb pince megerősítéseket, a vizsgált pincerendszernél az épített szerkezettel történő, valamint a lőtt betonos megerősítést javaslom. A legkritikusabb helyen – a főfolyosó adott részén – a lőtt betonnal történő erősítés indokolt, az üregekben – a változó geometriájú megerősítendő felület miatt – a betonidomkő alkalmazása gazdaságosabb, valamint könnyebben kivitelezhető is. A méretezésnél figyelembe vettem az esetleges jövőbeni felszíni terhelés mértékét is.

A járatoknál 250 mm magas téglaboltozatot terveztem, mindkét oldalon 30 cm-es felfekvéssel. A falazat szilárdsági méretezését a számítási melléklet tartalmazza. A különböző járatokban alkalmazott falazatok numerikus paraméterei a 4. táblázatban találhatóak meg.

A főfolyosónál a tervezett lövellt betonos lemez vastagsága 25 cm, amiket vasbeton gerendák támasztanak alá, illetve a folyosó végén a szilárd mészkőre fekszik fel. A lemez vasalását két irányba teherhordó lemezként terveztem meg. A gerendák pedig 60 cm szélesek és 100 cm magasak. A szilárdsági, illetve alakváltozási számításokat a számítási melléklet tartalmazza.

8. Összefoglalás

A szakdolgozatom elkészítéséhez számos helyről gyűjtöttem adatot. Legelőször a Geotechnikai Adattárban tájékozódtam a vizsgált területem geológiáját, hidrogeológiáját illetően. A MÁFI-ban sikeresen hozzájutottam a szarmata, valamint a lajtamészkő fizikai tulajdonságait tartalmazó kiadványokhoz. A Tétényi-fennsík kialakulásának ismertetésére az érdi Földtani Múzeum egyik folyóiratában akadtam rá, amit a múzeumban meg is tudtam vásárolni. Továbbá az MTA könyvtárában is sok geológiai információt tudtam szerezni a vizsgált területről. Jártam a XXII. kerületi önkormányzat Építésügyi Hatóságán, ahol informálódtam a kerület jelenlegi pincerendszerét illetően. Rengeteg hasznos ábrát és leírást tudtam az internetről is beszerezni, elsősorban Mednyánszky Miklós honlapjáról.

A vizsgált pincerendszer megismeréséhez a külső konzulensem segített hozzá, akivel közösen bejártuk az összes járatot, a pincék feletti területet, valamint a mélyudvarból nyíló kisebb helyiségeket is. Ezen a helyszíni szemlén készített fényképek kerültek bele a dolgozatomba. A járatokról készült digitális rajzokat a részemre bocsájtották. A járatokban, nagy mennyiségben gombát termesztenek, amiatt volt érzékelhető az üregekben a nagy páratartalom.

A pincerendszer megismerése után az esettanulmányokkal foglalkoztam, ebben a részben próbáltam bemutatni a kerületben leggyakrabban előforduló problémákat, amik felismerése döntő fontosságú lehet a bajok megelőzése céljából. Ebben a fejezetben felhasználtam azokat a pincéket, amelyekbe egy ismerősöm által tudtam bejutni. Ő neki több pincéje is van a kerületben, az ott készült képeket szíves felhasználásomra bocsájtotta.

Ezek után kezdtem el a végeselemes programmal történő vizsgálatokat, valamint a tervrajzok elkészítését. A feladatom elsősorban az volt, hogy a pincerendszer állékonyságát határozzam meg, valamint készítsem el a megerősítési javaslatomat. A GEO5 szoftver teljes értékű diákverzióját használtam az állékonysági vizsgálatokhoz, valamint a járatok megerősítésének számításához. A főfolyosó lőtt betonos megerősítését kézzel számítottam, a korábbi tanulmányaimra alapozva. Az állékonysági biztonsági határértéknél eltértem az Eurocode által megszabott határnál. Az egymás

mellett levő 11 járat miatti bizonytalanság miatt a biztonság javára tett módosításként szigorúbb határértékkel számoltam. Az stabilitási vizsgálatoknál a φ/C redukcióval állapítottam meg a biztonsági tényezőket.

A jövőben még nagyobb figyelmet szeretnék fordítani a különböző mélységű és talpszélességű pincerendszerek vizsgálatára, sorozat számításokat szeretnék végezni a különböző szilárdságú mészkövekben. Illetve egy olyan sillabusz megalkotása, aminek a segítségével egyszerűen, gyorsan lehetne pincejáratok állékonyságát közelítőleg meghatározni. Elsősorban az önkormányzatoknak lenne ez nagy segítség, mert így az esetleges felszíni beépítések hatását könnyebben tudnák meghatározni, ha a rendelkezésükre áll egy olyan segédlet, amiben a pincék geometriai adataiból, a pillérvastagságokból valamint a kőzet szilárdsági adataiból egy közelítő biztonsági tényezőt kapnának.

Irodalomjegyzék

Bakos Gergely: A Tétényi-plató földtani felépítése, élővilága és környezeti érzékenysége (2014)

BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék, Kőzetmechanika című tárgy, Online jegyzet

BME Hidak és szerkezetek Tanszék, Szerkezetek megerősítése című tárgy, Online jegyzet

Budapest természeti képe (1958)

Dr. Balázs Dénes: Érd és környéke földtörténeti vázlata (1989)

Dr. Kleb Béla – Dr. Fodor Tamásné: Magyarország mérnökgeológiai áttekintése (1986)

FTV: Budapest építéshidrológiai atlasza (1988)

Hajnal Géza: Városi hidrogeológia (2007)

Koch Edina: Töltésalapozási eljárások modellezése, doktori értekezés (2012)

Magyarország kistájainak katasztere (MTA, 2010)

Mednyánszky Miklós: A pinceveszély-elhárítás módszerei, a megfelelő megoldás kiválasztása, Online cikk

Mérnökgeológia, Kőzetmechanika 2006, Somosvári Zsolt – Debreczeni Ákos: A repedezett kőzettest szilárdsági paramétereinek meghatározása és repedezett kőzetkörnyezetben nyitott vágatok utólagos megerősítésére irányuló kutatások a Miskolci Egyetem Bányászati és Geotechnikai Tanszékén

Mérnökgeológia, Kőzetmechanika 2007, Bódi Anita: Budafok jellemzése és beszivárgás számítása

Mérnökgeológia, Kőzetmechanika 2007, Kara Zsuzsanna - Vásárhelyi Balázs: Kőzettestek Poisson tényezőjének becslése

Tompai Zoltán: Földművek és kötőanyag nélküli alaprétegek teherbírásának és tömörségének ellenőrzése könnyű ejtősúlyos módszerekkel Ph.D. értekezés (2008)

Somosvári Zs. - Németh A.: Kőzetcsavarok erőjátékának meghatározása a biztosítás tervezéséhez és ellenőrzéséhez (1986)

Ábrajegyzék:

1. ábra: A Tétényi-fennsík elhelyezkedése 5

2. ábra: Az Érd – Tétényi- mészkőtábla ősvízrajzi viszonyai 6

3. ábra: A földtörténet új harmad- és negyedidőszakának beosztása.....8

4. ábra: A lajtamészkő formáció 9

5. ábra: A szarmata üledékek.....10

6. ábra: Az Érdi-Tétényi-fennsík üledéksorozata 11

7. ábra: Budafok és környéke földtani térképe 12

8. ábra: Magyarország ősföldrajzi képe 15 millió évvel ezelőtt.....14

9. ábra: A Duna mederváltozásai a felső-pleisztocénben és a holocénban 15

10. ábra: Az Érd – Tétényi-fennsík Ny – K –i földtani szelvénye 16

11. ábra: Budapest évi csapadékeloszlása.....18

12. ábra: A budafoki parti sáv építéshidrológiai szelvénye 18

13. ábra: Vízföldtani észlelési térkép, a talajvízfigyelő-kutak elhelyezkedésével.....19

14. ábra: A javarészt visszatöltött munkagödör 22

15. ábra: A megsüllyedt útpálya 23

16. ábra: A kőzetmozgások miatt kialakult elválás 24

17. ábra: Repedések alig találhatók a főtén, a mészkő jó állapotban van 25

18. ábra: A megfelelő fejtési módszerek 27

19. ábra: Az ékeléses technika 28

20. ábra: A vizsgált pincerendszer elhelyezkedése 29

21. ábra: A mélyudvarba vezető rámpa 30

22. ábra: A folyosó általános képe, jobbra találhatóak a pincék bejáratai 30

23. ábra: A korrodálódott folyosói főtén lévő gerenda 31
24. ábra: A hosszanti repedések a folyosói főtén 31
25. ábra: A lepotyogott kőzet 31
26. ábra: Az utólag beépített boltívek.....32
27. ábra: Az áttört bordapillér 33
28. ábra: A kőzetben található litoklázisok.....33
29. ábra: Vízelvezető zsomp 34
30. ábra: A visszafejtett főte.....34
31. ábra: A számításnál figyelembe vevő terület lehatárolása.....39
32. ábra: A lőttbeton költsége a „hagyományos" betonhoz képest.....43
33. ábra: A lövőcső átmérőjének hatása a visszahullásra 45
34. ábra: A lövési sebesség és a visszahullási veszteség kapcsolata.....46
35. ábra: A szórófej távolsága és a visszahullási veszteség kapcsolata.....46
36. ábra: A szórófej iránya és a visszahullási veszteség kapcsolata.....46
37. ábra: A vízszintes szórási szög hatása a visszahullási veszteségre.....47
38. ábra: A beton konzisztenciájának hatása a visszahullási veszteségre.....47
39. ábra: A kőzetcsavar általános kialakítása 51

Terv- és mellékletjegyzék:

Átnézeti helyszínrajz

Geotechnikai helyszínrajz

A-A, B-B Metszetek

Lőtt beton helyszínrajz

Lőtt beton lemez vasalási terv

Gerenda vasalási terv

Számítási melléklet

Szent István Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Kar

Geotechnika Szakcsoport

Számítási melléklet

Készítette: Martin Béla

Belső konzulens: Dr. Horváth-Kálmán Eszter adjunktus

Külső konzulens: Kis Herczegh Péter okleveles bányamérnök

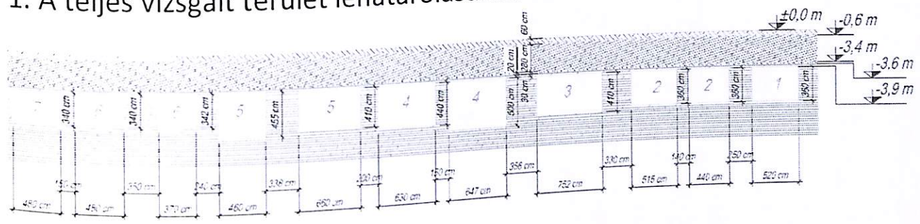
Tárgy: Szakirányú diplomamunka

Dátum: 2015.05.19.

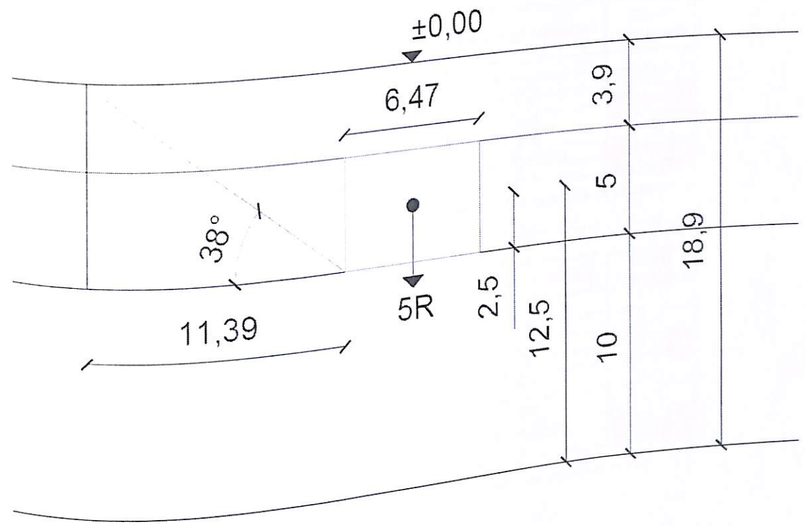
Tartalomjegyzék:

1. A teljes vizsgált terület lehatárolásának számítása 3
2. A téglafalazat szilárdságának meghatározása – Eurocode 6 alapján 4
3. A főfolyosó lőtt beton lemezének számítása 6
   3.1. Teherelemzés 7
   3.2. A statikai váz 7
   3.3. A lemezre jutó teher kétirányú meghatározása Marcus-módszerrel 9
   3.4. A mértékadó nyomatékok meghatározása 11
   3.5. Lemez x-irányú felső vasalásának megtervezése 12
   3.6. Lemez x-irányú alsó vasalásának megtervezése 13
   3.7. L1 lemez y-irányú felső vasalásának megtervezése 14
   3.8. L2 lemez y-irányú felső vasalásának megtervezése 15
   3.9. Lemez y-irányú alsó vasalásának megtervezése 17
4. G3 jelű gerenda méretezése 17
   4.1. Statikai váz 17
   4.2. A mértékadó nyomatékok meghatározása 18
   4.3. A keresztmetszet felvétele 19
   4.4. A gerenda vasalásának tervezése a támaszok felett ($\Phi 32$) 20
   4.5. A gerenda vasalásának tervezése mezőben ($\Phi 28$) 21
   4.6. Gerenda méretezése nyírásra, támasznál ($\Phi 16$) 22
   4.7. Gerenda méretezése nyírásra, mezőben ($\Phi 14$) 23
   4.8. Alakváltozás számítása 23
   4.9. Repedéstágasság korlátozás 23

1. A teljes vizsgált terület lehatárolásának számítása



$\Sigma h = 480 + 150 + 480 + 350 + 370 + 240 + 460 + 338 + 660 + 200 + 630 + 150 + 647 + 356 + 752 + 330 + 515 + 140 + 440 + 250 + 520 = \mathbf{84,58\ m}$



$5R = 5 * 2,5 = \mathbf{12,5\ m}$

$\tan 38° = \frac{8,9}{x} \rightarrow \ x = \mathbf{11,39\ m}$

$\Sigma \mathbf{H} = 84,58 + 2 * 11,39 = \mathbf{107,36 m}$

2. A téglafalazat szilárdságának meghatározása – Eurocode 6 alapján

égetett agyag kisméretű tömör tégla: $f_b = 10N/mm^2$ (II. osztályú)

falazóhabarcs: $f_m = 1\ N/mm^2$ (tetszőleges habarcs)

kivitelezés:3. besorolási osztályú

A falazat nyomószilárdságának karakterisztikus értéke:

- a falazat hajlítószilárdságának karakterisztikus értéke:

A fal síkjára merőleges hajlításra vonatkozóan a következőket kell megkülönböztetni: a fekvőhézaggal párhuzamos tönkremeneteli síkhoz tartozó f_{xk1} hajlítószilárdság; a fekvőhézagra merőleges tönkremeneteli síkhoz tartozó f_{xk2} hajlítószilárdság.

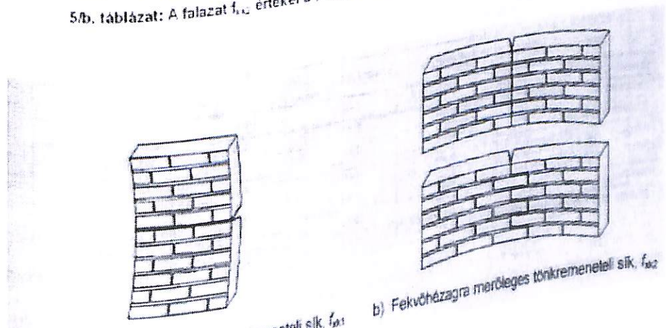
A hajlítószilárdságok jellemző értékeit ld. az 5/a és 5/b. táblázatokban.

Falazóelem	f_{xk1} [N/mm^2]			
	Általános rendeltetésű falazóhabarcs		Vékony rétegű falazóhabarcs	Könnyű falazóhabarcs
	$f_m < 5N/mm^2$	$f_m \geq 5N/mm^2$		
Égetett agyag	0,10	0,10	0,15	0,10
Mészhomok	0,05	0,10	0,20	nem használatos
Adalékanyagos beton	0,05	0,10	0,20	nem használatos
Pórusbeton	0,05	0,10	0,15	0,10
Műkő	0,05	0,10	nem használatos	nem használatos
Méretre vágott természetes kő	0,05	0,10	0,15	nem használatos

5/a. táblázat: A falazat f_{xk1} értékei a fekvőhézaggal párhuzamos tönkremeneteli síkhoz

Falazóelem		f_{xk2} [N/mm^2]			
		Általános rendeltetésű falazóhabarcs		Vékony rétegű falazóhabarcs	Könnyű falazóhabarcs
		$f_m < 5N/mm^2$	$f_m \geq 5N/mm^2$		
Égetett agyag		0,20	0,40	0,15	0,10
Mészhomok		0,20	0,40	0,30	nem használatos
Adalékanyagos beton		0,20	0,40	0,30	nem használatos
Pórusbeton	$\rho < 400$ kg/m^3	0,20	0,40	0,20	0,15
	$\rho \geq 400$ kg/m^3	0,20	0,40	0,30	0,15
Műkő		0,20	0,40	nem használatos	nem használatos
Méretre vágott természetes kő		0,20	0,40	0,15	nem használatos

5/b. táblázat: A falazat f_{xk2} értékei a fekvőhézaggal merőleges tönkremeneteli síkhoz



a) Fekvőhézaggal párhuzamos tönkremeneteli sík, f_{xk1}

b) Fekvőhézagra merőleges tönkremeneteli sík, f_{xk2}

A falazat karakterisztikus értékénél a fekvőhézagra merőleges tönkremenetelt vettem figyelembe, így:

$f_k = 0{,}2\ N/mm^2$ értékre adódott.

A falazat alakváltozási jellemzői:

- **Feszültség-alakváltozás összefüggése:**
  Nyomásra a falazat feszültség-alakváltozás összefüggése nemlineáris és megengedhető, hogy a falazat keresztmetszetének tervezése céljából lineárisnak, parabolikusnak, parabola-téglalalapnak vagy téglalapnak vegyük.

- **Rugalmassági modulus:**
  A rövid idejű szelő E rugalmassági modulust: $E = K_E \cdot f_k$-nak szabad felvenni.
  K_E értékeit ld. a **6. táblázatban**.

A falazóelem anyaga	K_E
Égetett agyag	1000
Mészhomok	700
Normálbeton	1500
Könnyűbeton	1000
Pórusbeton	700
Természetes kő	2000

6. táblázat: A KΞ értékei

A tartós rugalmassági modulust a roved idejű szelő értékére alapozzuk, csökkentve azt a kúszás hatásainak számításba vételére olyan módon, hogy:

$$E_{\text{tartós}} = \frac{E}{1+\phi_\infty}$$, ahol ϕ_∞ a kúszási tényező végértéke.

- **Nyírási modulus:**
  A G nyírási modulus az E rugalmassági modulus 40%-ának vehető fel.

$$E = 1000 * f_k = 1000 * 0{,}2 = \frac{200N}{mm^2} = 0{,}2\ MPa$$

Illetve a nyírási modulus:

$$G = 0{,}4 * E = 0{,}4 * 0{,}2 = 0{,}08\ MPa$$

A falazat hővezetési tényezője:

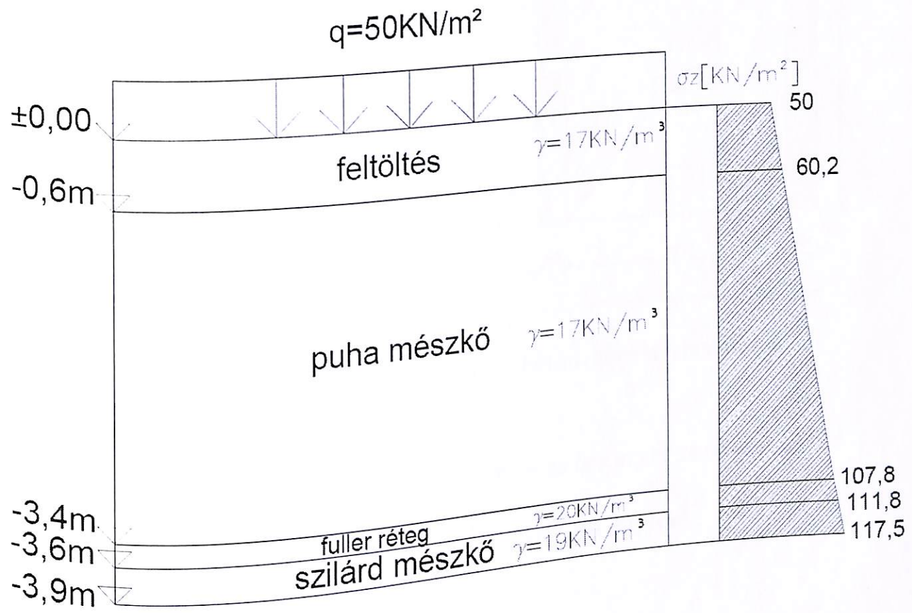
$$\alpha = 0{,}95 * 10^{-5}\,\frac{1}{K}$$

Valamint a térfogatsúlya:

$$\rho = \frac{800kg}{m^3} = \frac{8000N}{m^3} = 8KN/m^3$$

3. A főfolyosó lőtt beton lemezének számítása

3.1. Teherelemzés



$\sigma_{z0} = 50\ KN/m^3$

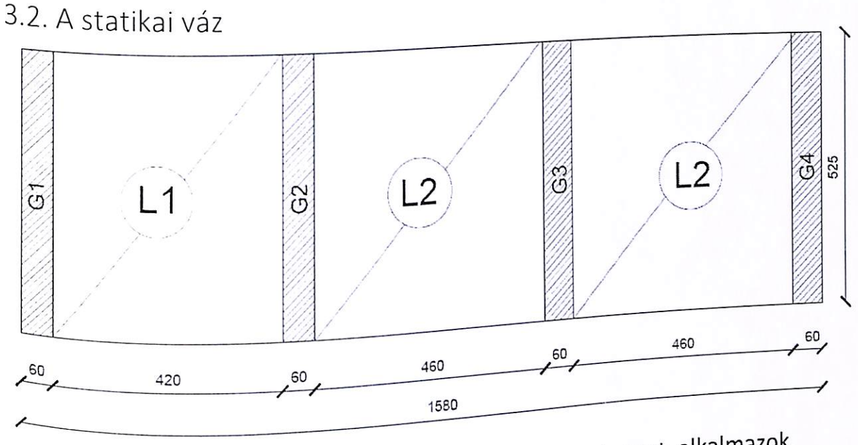
$\sigma_{z1} = \sigma_{z0} + h_1 * \rho_1 = 50 + 0{,}6 * 17 = 60{,}2\ KN/m^3$

$\sigma_{z2} = \sigma_{z1} + h_2 * \rho_2 = 60{,}2 + 2{,}8 * 17 = 107{,}8\ KN/m^3$

$\sigma_{z3} = \sigma_{z2} + h_3 * \rho_3 = 107{,}8 + 0{,}2 * 20 = 111{,}8\ KN/m^3$

$\sigma_{z4} = \sigma_{z3} + h_4 * \rho_4 = 111{,}8 + 0{,}3 * 19 = \mathbf{117{,}5\ KN/m^3}$

3.2. A statikai váz



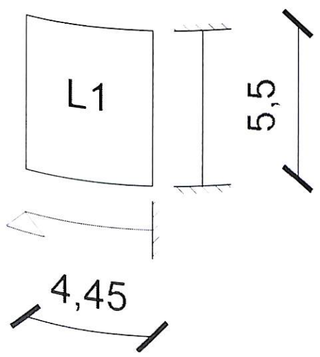
Megerősítésként, két irányba teherhordó vasbeton lemezt alkalmazok, amelyeket gerendákra ültetek fel.

$\frac{l}{30} = \frac{525}{30} = 17{,}5 \rightarrow$ *biztonság javára* $25\ cm$ *– es lemezzel számolok*!

$\boldsymbol{Ped} = 1{,}35 * \left(117{,}5\frac{KN}{m^3} + 0{,}25\ m * 25\frac{KN}{m^3}\right) = \mathbf{167{,}06\ KN/m^2}$

3.3. A lemezre jutó teher kétirányú meghatározása Marcus-módszerrel

L1-es lemez



$l_{effx_1} = 4{,}2 + min\begin{cases}\frac{2h}{2} = \mathbf{25\ cm} \\ \frac{2t}{2} = 30\ cm\end{cases}$ = 4,45 m

$l_{effy_1} = 5{,}25 + min\begin{cases}\frac{2h}{2} = \mathbf{25\ cm} \\ \frac{2t}{2} = 30\ cm\end{cases}$ = 5,50 m

$$f_x = \frac{2}{384} * \frac{P_x * l_x^4}{EI}$$

$$f_y = \frac{1}{384} * \frac{P_y * l_y^4}{EI}$$

$$f_x = f_y$$

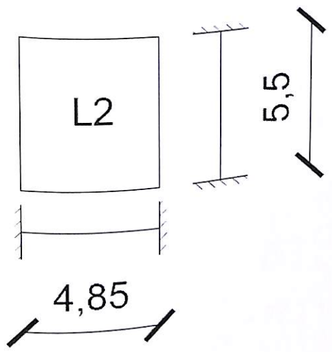
$$2P_x * l_x^4 = (P_{Ed} - P_x) * l_y^4$$

$$2P_x * 4{,}45^4 = (167{,}06 - P_x) * 5{,}5^4$$

$$P_x = 89{,}96\ KN/m$$

$$P_y = (167{,}06 - 89{,}96) = 77{,}10\ KN/m$$

L2-es lemez



$$l_{effx_2} = 4{,}6 + min\begin{cases}\frac{2h}{2} = \mathbf{25\ cm} \\ \frac{2t}{2} = 30\ cm\end{cases} = 4{,}85\ \text{m}$$

$$l_{effy_1} = 5{,}25 + min\begin{cases}\frac{2h}{2} = \mathbf{25\ cm} \\ \frac{2t}{2} = 30\ cm\end{cases} = 5{,}50\ \text{m}$$

$$f_x = \frac{1}{384} * \frac{P_x * l_x^4}{EI}$$

$$f_y = \frac{1}{384} * \frac{P_y * l_y^4}{EI}$$

$$f_x = f_y$$

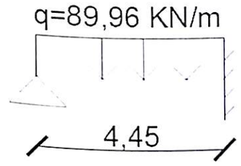
$$P_x * l_x^4 = (P_{Ed} - P_x) * l_y^4$$

$$P_x * 4{,}85^4 = (167{,}06 - P_x) * 5{,}5^4$$

$$P_x = 104{,}11\ KN/m$$

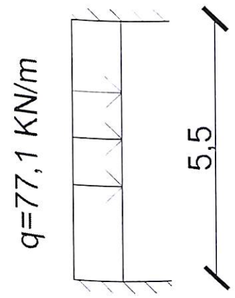
$$P_y = (167{,}06 - 104{,}11) = 62{,}95\ KN/m$$

3.4. A mértékadó nyomatékok meghatározása



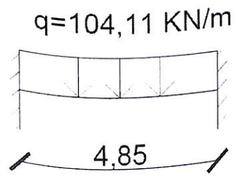
$$m_x^- = -\frac{1}{8} * q * l^2 = -\frac{1}{8} * 89{,}96 * 4{,}45^2 = -222{,}68\ KNm$$

$$m_x^+ = \frac{9}{128} * q * l^2 = \frac{9}{128} * 89{,}96 * 4{,}45^2 = 125{,}26\ KNm$$



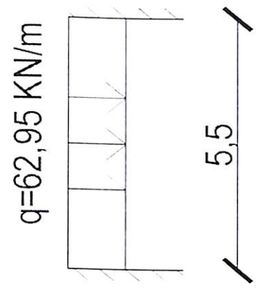
$$m_y^- = -\frac{1}{12} * q * l^2 = -\frac{1}{12} * 77{,}1 * 5{,}50^2 = -194{,}36\ KNm$$

$$m_y^+ = \frac{1}{24} * q * l^2 = \frac{1}{24} * 77{,}1 * 5{,}50^2 = 97{,}18\ KNm$$



$$m_x^- = -\frac{1}{12} * q * l^2 = -\frac{1}{12} * 104{,}11 * 4{,}85^2 = -204{,}08\ KNm$$

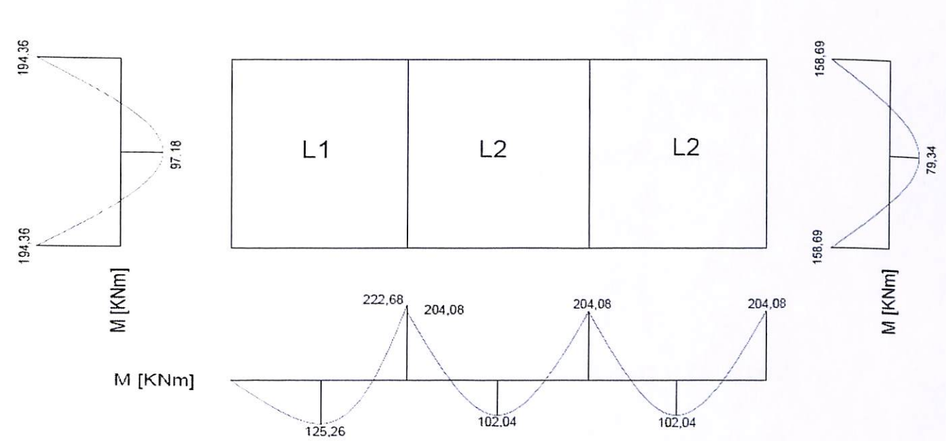
$$m_x^+ = \frac{1}{24} * q * l^2 = \frac{1}{24} * 104{,}11 * 4{,}85^2 = 102{,}04\ KNm$$



$$m_y^- = -\frac{1}{12} * q * l^2 = -\frac{1}{12} * 62{,}95 * 5{,}50^2 = -158{,}69\ KNm$$

$$m_y^+ = \frac{1}{24} * q * l^2 = \frac{1}{24} * 62{,}95 * 5{,}50^2 = 79{,}34\ KNm$$

A lemezben keletkezett nyomatékok:



3.5. Lemez x-irányú felső vasalásának megtervezése

Alkalmazott vasátmérők: $\Phi 16$

Anyagminőség:

Beton: C35/45-XC2-16-F3

Betonacél: B500

Betonfedés:

$$c_{com} = 10 + max\begin{cases} c_{min,b} \\ c_{min,dur} \\ 10\ mm \end{cases} = \begin{cases} 16 \\ \mathbf{25} \\ 10 \end{cases} = 35\ \text{mm}$$

$$d = 250 - 35 - \frac{16}{2} = 207\ mm$$

$$x_{co} = \xi_{co} * d = 0{,}49 * 207 = 101{,}43\ mm$$

$$M_{Ed} \leq M_{Rd}$$

$$M_{Ed} \leq b * x_c * f_{cd} * (d - \frac{x_c}{2})$$

$$222{,}68 * 10^6 \leq 1000 * x_c * \frac{35}{1{,}5} * \left(207 - \frac{x_c}{2}\right)$$

$$x_c^2 - 414x_c + 19086{,}86 = 0$$

$$x_c = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} = \frac{414 \pm \sqrt{414^2 - 4 * 19086{,}86}}{2} = 52{,}85\ mm < x_{co}$$

$$\rightarrow Megfelel!$$

$$A_s = \frac{b * x_c * f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{1000 * 52{,}85 * \frac{35}{1{,}5}}{\frac{500}{1{,}15}} = 2836{,}3\ mm^2$$

$$\Downarrow$$

$$\underline{\Phi 16/70 \rightarrow A_s = 2872\ mm^2 \rightarrow Megfelel!}$$

Ellenőrzés:

$$x_c = \frac{A_s * f_{yd}}{b * f_{cd}} = \frac{2872 * \frac{500}{1{,}15}}{1000 * \frac{35}{1{,}5}} = 53{,}52\ mm < x_{co} \rightarrow Megfelel!$$

$M_{Rd} = b * x_c * f_{cd} * \left(d - \frac{x_c}{2}\right) = 1000 * 53{,}52 * \frac{35}{1{,}5} * \left(207 - \frac{53{,}52}{2}\right) =$
$225{,}09\ KNm > M_{Ed}(222{,}68\ KNm) \rightarrow Megfelel!$

3.6. Lemez x-irányú alsó vasalásának megtervezése

Alkalmazott vasátmérők: Φ14

Anyagminőség:

Beton: C35/45-XC2-16-F3

Betonacél: B500

Betonfedés:

$$c_{com} = 10 + max\begin{cases} c_{min,b} \\ c_{min,dur} \\ 10\ mm \end{cases} = \begin{cases} 14 \\ \mathbf{25} \\ 10 \end{cases} = 35\ \text{mm}$$

$$d = 250 - 35 - \frac{14}{2} = 208\ mm$$

$$x_{co} = \xi_{co} * d = 0{,}49 * 208 = 101{,}92\ mm$$

$$M_{Ed} \leq M_{Rd}$$

$$M_{Ed} \leq b * x_c * f_{cd} * (d - \frac{x_c}{2})$$

$$125{,}26 * 10^6 \leq 1000 * x_c * \frac{35}{1{,}5} * \left(208 - \frac{x_c}{2}\right)$$

$$x_c^2 - 416x_c + 10736{,}57 = 0$$

$$x_c = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} = \frac{416 \pm \sqrt{416^2 - 4 * 10736{,}57}}{2} = 27{,}65\ mm < x_{co} \rightarrow Megfelel!$$

$$A_s = \frac{b * x_c * f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{1000 * 27{,}65 * \frac{35}{1{,}5}}{\frac{500}{1{,}15}} = 1483{,}69\ mm^2$$

$$\underline{\Phi 14/100 \rightarrow A_s = 1539\ mm^2 \rightarrow Megfelel!}$$

Ellenőrzés:

$$x_c = \frac{A_s * f_{yd}}{b * f_{cd}} = \frac{1539 * \frac{500}{1{,}15}}{1000 * \frac{35}{1{,}5}} = 28{,}68\ mm < x_{co} \rightarrow Megfelel!$$

$M_{Rd} = b * x_c * f_{cd} * \left(d - \frac{x_c}{2}\right) = 1000 * 28{,}68 * \frac{35}{1{,}5} * \left(208 - \frac{28{,}68}{2}\right) =$
$129{,}60\ KNm > M_{Ed}(125{,}26\ KNm) \rightarrow Megfelel!$

3.7. L1 lemez y-irányú felső vasalásának megtervezése

Alkalmazott vasátmérők: $\Phi 16$

Anyagminőség:

Beton: C35/45-XC2-16-F3

Betonacél: B500

Betonfedés:

$$c_{com} = 10 + max\begin{cases} c_{min,b} \\ c_{min,dur} \\ 10\ mm \end{cases} = \begin{cases} 16 \\ \mathbf{25} \\ 10 \end{cases} = 35 \text{ mm}$$

$$d = 250 - 35 - \frac{14}{2} = 207\ mm$$

$$x_{co} = \xi_{co} * d = 0{,}49 * 207 = 101{,}43\ mm$$

$$M_{Ed} \leq M_{Rd}$$

$$M_{Ed} \leq b * x_c * f_{cd} * (d - \frac{x_c}{2})$$

$$194{,}36 * 10^6 \leq 1000 * x_c * \frac{35}{1{,}5} * \left(207 - \frac{x_c}{2}\right)$$

$$x_c^2 - 414x_c + 16659{,}43 = 0$$

$$x_c = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} = \frac{414 \pm \sqrt{414^2 - 4 * 16659{,}43}}{2} = 45{,}17\ mm < x_{co} \rightarrow Megfelel!$$

$$A_s = \frac{b * x_c * f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{1000 * 45{,}17 * \frac{35}{1{,}5}}{\frac{500}{1{,}15}} = 2424{,}02\ mm^2$$

$$\underline{\Phi 16/80 \rightarrow A_s = 2513\ mm^2 \rightarrow Megfelel!}$$

Ellenőrzés:

$$x_c = \frac{A_s * f_{yd}}{b * f_{cd}} = \frac{2513 * \frac{500}{1,15}}{1000 * \frac{35}{1,5}} = 46,83\ mm < x_{co} \rightarrow Megfelel!$$

$$M_{Rd} = b * x_c * f_{cd} * \left(d - \frac{x_c}{2}\right) = 1000 * 46,83 * \frac{35}{1,5} * \left(207 - \frac{46,83}{2}\right) =$$
$$200,61\ KNm > M_{Ed}(194,36\ KNm) \rightarrow Megfelel!$$

3.8. L2 lemez y-irányú felső vasalásának megtervezése

Alkalmazott vasátmérők: $\Phi 14$

Anyagminőség:

Beton: C35/45-XC2-16-F3

Betonacél: B500

Betonfedés:

$$c_{com} = 10 + max\begin{cases} c_{min,b} \\ c_{min,dur} \\ 10\ mm \end{cases} = \begin{cases} 14 \\ \mathbf{25} \\ 10 \end{cases} = 35\ \text{mm}$$

$$d = 250 - 35 - \frac{14}{2} = 208\ mm$$

$$x_{co} = \xi_{co} * d = 0,49 * 208 = 101,92\ mm$$

$$M_{Ed} \leq M_{Rd}$$

$$M_{Ed} \leq b * x_c * f_{cd} * (d - \frac{x_c}{2})$$

$$158,69 * 10^6 \leq 1000 * x_c * \frac{35}{1,5} * \left(208 - \frac{x_c}{2}\right)$$

$$x_c^2 - 416x_c + 13602 = 0$$

$$x_c = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} = \frac{416 \pm \sqrt{416^2 - 4 * 13602}}{2} = 35,77\ mm < x_{co} \rightarrow Megfelel!$$

$$A_s = \frac{b*x_c*f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{1000*35{,}77*\frac{35}{1{,}5}}{\frac{500}{1{,}15}} = 1919{,}84\ mm^2$$

$$\underline{\Phi 14/75 \rightarrow\ A_s = 2053\ mm^2 \rightarrow Megfelel!}$$

Ellenőrzés:

$$x_c = \frac{A_s * f_{yd}}{b * f_{cd}} = \frac{2053 * \frac{500}{1{,}15}}{1000 * \frac{35}{1{,}5}} = 38{,}25\ mm < x_{co} \rightarrow Megfelel!$$

$$M_{Rd} = b * x_c * f_{cd} * \left(d - \frac{x_c}{2}\right) = 1000 * 38{,}25 * \frac{35}{1{,}5} * \left(208 - \frac{38{,}25}{2}\right) =$$
$$168{,}57\ KNm > M_{Ed}(158{,}69\ KNm) \rightarrow Megfelel!$$

3.9. Lemez y-irányú alsó vasalásának megtervezése

Alkalmazott vasátmérők: $\Phi 12$

Anyagminőség:

Beton: C35/45-XC2-16-F3

Betonacél: B500

Betonfedés:

$$c_{com} = 10 + max\begin{cases} c_{min,b} \\ c_{min,dur} \\ 10\ mm \end{cases} = \begin{cases} 12 \\ \mathbf{25} \\ 10 \end{cases} = 35\ \text{mm}$$

$$d = 250 - 35 - \frac{12}{2} = 209\ mm$$

$$x_{co} = \xi_{co} * d = 0{,}49 * 209 = 102{,}41\ mm$$

$$M_{Ed} \leq M_{Rd}$$

$$M_{Ed} \leq b * x_c * f_{cd} * (d - \frac{x_c}{2})$$

$$97{,}18 * 10^6 \leq 1000 * x_c * \frac{35}{1{,}5} * \left(209 - \frac{x_c}{2}\right)$$

$$x_c^2 - 418x_c + 8329{,}71 = 0$$

$$x_c = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} = \frac{418 \pm \sqrt{418^2 - 4 * 8329{,}71}}{2} = 20{,}98\ mm < x_{co} \rightarrow Megfelel!$$

$$A_s = \frac{b * x_c * f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{1000 * 20{,}98 * \frac{35}{1{,}5}}{\frac{500}{1{,}15}} = 1125{,}96\ mm^2$$

$$\underline{\Phi 12/100 \rightarrow A_s = 1131\ mm^2 \rightarrow Megfelel!}$$

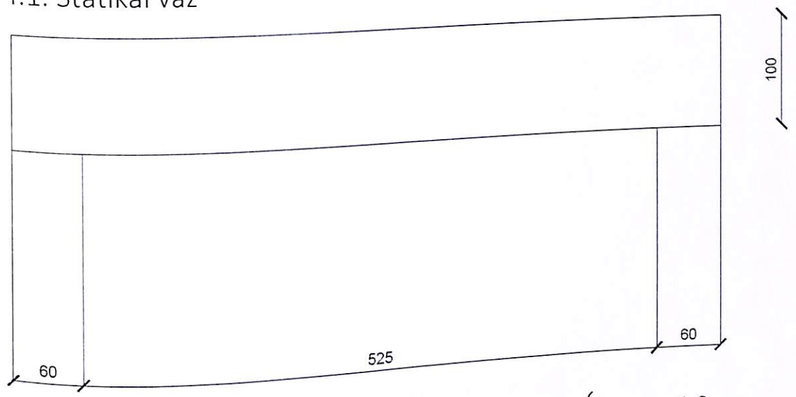
Ellenőrzés:

$$x_c = \frac{A_s * f_{yd}}{b * f_{cd}} = \frac{1131 * \frac{500}{1{,}15}}{1000 * \frac{35}{1{,}5}} = 21{,}07\ mm < x_{co} \rightarrow Megfelel!$$

$$M_{Rd} = b * x_c * f_{cd} * \left(d - \frac{x_c}{2}\right) = 1000 * 21{,}07 * \frac{35}{1{,}5} * \left(209 - \frac{21{,}07}{2}\right) =$$
$$97{,}57\ KNm > M_{Ed}(97{,}18\ KNm) \rightarrow Megfelel!$$

4. G3 jelű gerenda méretezése

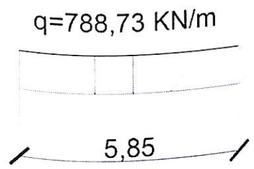
4.1. Statikai váz



$$\boldsymbol{Ped} = 167{,}06\,\frac{KN}{m^2} * \left(\frac{1}{2} * 4{,}6\ m + \frac{1}{2} * 4{,}6\ m\right) + 1{,}35 * \left(0{,}6\ m * 1{,}0\ m * 25\,\frac{KN}{m^3}\right) = \boldsymbol{788{,}73\ KN/m}$$

A biztonság javára történő egyszerűsítésként csak a legnagyobb terhelési sávú gerendát (G3) méreteztem. További egyszerűsítésként végig úgy számoltam mintha a lemez a mészkőre feküdne fel, a valóságban a folyosó végén már egy járat kezdődik.

4.2. A mértékadó nyomatékok meghatározása

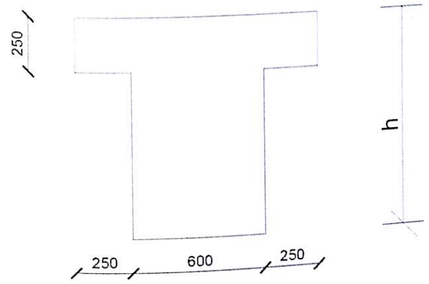


$$l_{eff} = 5{,}25 + min\begin{cases}\frac{2h}{2} = 100\ cm \\ \frac{2t}{2} = \boldsymbol{60\ cm}\end{cases} = 5{,}85\ \text{m}$$

$$m_x^- = -\frac{1}{12} * q * l^2 = -\frac{1}{12} * 788{,}73 * 5{,}85^2 = -2249{,}36\ KNm$$

$$m_x^+ = \frac{1}{24} * q * l^2 = \frac{1}{24} * 788{,}73 * 5{,}85^2 = 1124{,}68\ KNm$$

4.3. A keresztmetszet felvétele



$M_{Ed} = 2249{,}36\ KNm$

$x_c = \xi_c * d = 0{,}35d\ (\xi_c - t\ 0{,}35 - re\ vettem\ fel)$

$M_{Ed} \leq M_{Rd} = b * x_c * f_{cd} * \left(d - \frac{x_c}{2}\right) = b * 0{,}35d * f_{cd} * \left(d - \frac{0{,}35d}{2}\right) =$

$600 * 0{,}35d * \frac{35}{1{,}5} * (d - \frac{0{,}35d}{2})$

$2249{,}36 * 10^6 = 4900d^2 - 857{,}5d^2$

$d = 745{,}94\ mm$

$h = d + c_{com} + \frac{\Phi}{2} = 745{,}94 + 35 + \frac{32}{2} = 796{,}94\ mm$

$\rightarrow \boldsymbol{h_{alk} = 1000\ mm}$ (a nagy teher miatt a km. magasságát növelem, nem a vasmennyiséget!)

Anyagminőség:

Beton: C35/45-XC2-16-F3

Betonacél: B500

Betonfedés:

$c_{com} = 10 + max \begin{cases} c_{min,b} \\ c_{min,dur} \\ 10\ mm \end{cases} = \begin{cases} \boldsymbol{32} \\ 25 \\ 10 \end{cases}$ = 42 mm

4.4. A gerenda vasalásának tervezése a támaszok felett (Φ32)

$M_{Ed} = 2249{,}36\ KNm$

$$M_{Ed} \leq b * x_c * f_{cd} * (d - \frac{x_c}{2})$$

$$x_c = d * (1 - \sqrt{1 - \frac{2M_{Ed}}{b * f_{cd} * d^2}})$$

$d = 1000 - 42 - \frac{32}{2} = 942\ mm \qquad x_{c0} = \xi_{c0} * d = 0{,}49 * 942 = 461{,}58\ mm$

$$x_c = 942 * (1 - \sqrt{1 - \frac{2*2249{,}36*10^6}{600*\frac{35}{1{,}5}*942^2}} = 189{,}65\ mm < x_{c0} \rightarrow Megfelel!$$

$$A_s = \frac{b * x_c * f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{600 * 189{,}65 * \frac{35}{1{,}5}}{\frac{500}{1{,}15}} = 6106{,}81\ mm^2$$

$$\mathbf{8\Phi32} \rightarrow A_s = 6434\ mm^2 \rightarrow Megfelel!$$

Ellenőrzés:

$$x_c = \frac{A_s * f_{yd}}{b * f_{cd}} = \frac{6434 * \frac{500}{1{,}15}}{600 * \frac{35}{1{,}5}} = 199{,}81\ mm < x_{co} \rightarrow Megfelel!$$

$M_{Rd} = b * x_c * f_{cd} * \left(d - \frac{x_c}{2}\right) = 600 * 199{,}81 * \frac{35}{1{,}5} * \left(942 - \frac{199{,}81}{2}\right) =$

$2375{,}2\ KNm > M_{Ed}(2249{,}36\ KNm) \rightarrow Megfelel!$

Szerkesztési szabályok

$A_{s^{min}} = 0{,}0015 * b * d = 0{,}0015 * 600 * 942 = 847{,}8\ mm^2 < A_{s^{alk}} \rightarrow Megfelel!$

$A_{s^{max}} = 0{,}04 * b * h = 0{,}04 * 600 * 1000 = 24000\ mm^2 > A_{s^{alk}} \rightarrow Megfelel!$

$$a = max\begin{cases} \mathbf{32} \\ 20 \\ 16 + 5 = 21 \end{cases} \quad \frac{600 - 2 * 42 - 8 * 32}{7} = 37{,}14\ mm > 32\ mm$$

Elférnek a vasak egy sorban!

4.5. A gerenda vasalásának tervezése mezőben ($\Phi 28$)

$M_{Ed} = 1124{,}68\ KNm$

$$M_{Ed} \leq b * x_c * f_{cd} * (d - \frac{x_c}{2})$$

$$x_c = d * (1 - \sqrt{1 - \frac{2M_{Ed}}{b * f_{cd} * d^2}})$$

$d = 1000 - 38 - \frac{28}{2} = 948\ mm \qquad x_{c0} = \xi_{c0} * d = 0{,}49 * 948 = 464{,}52\ mm$

$$x_c = 948 * (1 - \sqrt{1 - \frac{2*1124{,}68*10^6}{600*\frac{35}{1{,}5}*948^2}} = 88{,}91\ mm < x_{c0} \rightarrow Megfelel!$$

$$A_s = \frac{b * x_c * f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{600 * 88{,}91 * \frac{35}{1{,}5}}{\frac{500}{1{,}15}} = 2862{,}91\ mm^2$$

$\mathbf{5\Phi 28} \rightarrow A_s = 3079\ mm^2 \rightarrow Megfelel!$

Ellenőrzés:

$$x_c = \frac{A_s * f_{yd}}{b * f_{cd}} = \frac{3079 * \frac{500}{1{,}15}}{600 * \frac{35}{1{,}5}} = 95{,}62\ mm < x_{co} \rightarrow Megfelel!$$

$M_{Rd} = b * x_c * f_{cd} * \left(d - \frac{x_c}{2}\right) = 600 * 95{,}62 * \frac{35}{1{,}5} * \left(948 - \frac{95{,}62}{2}\right) =$
$1209{,}08\ KNm > M_{Ed}(1124{,}68\ KNm) \rightarrow Megfelel!$

Szerkesztési szabályok

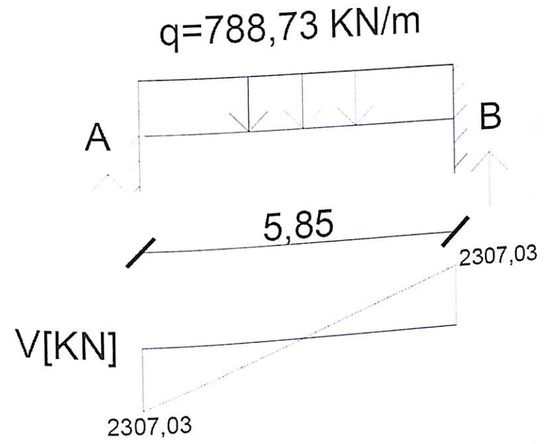
$A_{s^{min}} = 0{,}0015 * b * d = 0{,}0015 * 600 * 948 = 853{,}2\ mm^2 < A_{s^{alk}} \rightarrow Megfelel!$

$A_{s^{max}} = 0{,}04 * b * h = 0{,}04 * 600 * 1000 = 24000\ mm^2 > A_{s^{alk}} \rightarrow Megfelel!$

$$a = max\begin{cases} \mathbf{28} \\ 20 \\ 16 + 5 = 21 \end{cases} \quad \frac{600 - 2 * 35 - 5 * 28}{6} = 65\ mm > 32\ mm$$

Elférnek a vasak egy sorban!

4.6. Gerenda méretezése nyírásra, támasznál (Φ16)



$$\boldsymbol{V_{Ed}} = A = B = \frac{q * l}{2} = \frac{788{,}73 * 5{,}85}{2} = \boldsymbol{2307{,}03\ KN}$$

$$V_{Ed} \leq V_{Rd} = max\begin{cases} V_{Rd,c} \\ V_{Rd,s} \end{cases}$$

$$\boldsymbol{V_{Rd,c}} = c * b_w * d * f_{ctd} = 0{,}25 * 600 * 957 * 3{,}2 = \boldsymbol{458{,}59\ KN}$$

$$c_{com} = 10 + max\begin{cases} c_{min,b} \\ c_{min,dur} \\ 10\ mm \end{cases} = \begin{cases} 16 \\ \mathbf{25} \\ 10 \end{cases} = 35\ \text{mm}$$

$$d = 1000 - 35 - \frac{16}{2} = 957\ mm$$

$$d = 900\ mm \rightarrow c = 0{,}253$$

$$d = 1000\ mm \rightarrow c = 0{,}247$$

Lineáris interpolációval: $c = 0{,}253 + \frac{0{,}247 - 0{,}253}{1000 - 900} * (957 - 900) = 0{,}250$

$$V_{Rd,c} < V_{Ed} \rightarrow szükség\ van\ nyírási\ vasalásra!$$

$$\boldsymbol{V_{Rdmax}} = 0{,}5 * b_w * z * \nu * f_{cd} = 0{,}5 * 600 * 861{,}3 * 0{,}516 * \frac{35}{1{,}5} = \boldsymbol{3111{,}02\ KN}$$

$$\nu = 0{,}6 * \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0{,}6 * \left(1 - \frac{35}{250}\right) = 0{,}516$$

$$z = 0{,}9 * d = 0{,}9 * 957 = 861{,}3\ mm$$

$V_{Rdmax} > V_{Ed} \rightarrow Bevasalható\ a\ keresztmetszet!$

$V_{Ed} < V_{Rd}^{s} = \frac{z}{s_s} * A_{sw} * f_{ywd}$

$s_s = \frac{861{,}3 * 402 * \frac{500}{1{,}15}}{2307{,}03 * 10^3} = 65{,}25\ mm \rightarrow \boldsymbol{s_{alk} = 60\ mm}$

$V_{Rds}^{s} = \frac{z}{s_s} * A_{sw} * f_{ywd} = \frac{861{,}3}{60} * 402 * \frac{500}{1{,}15} = 2509\ KN > V_{Ed}$

$Megfelel!$

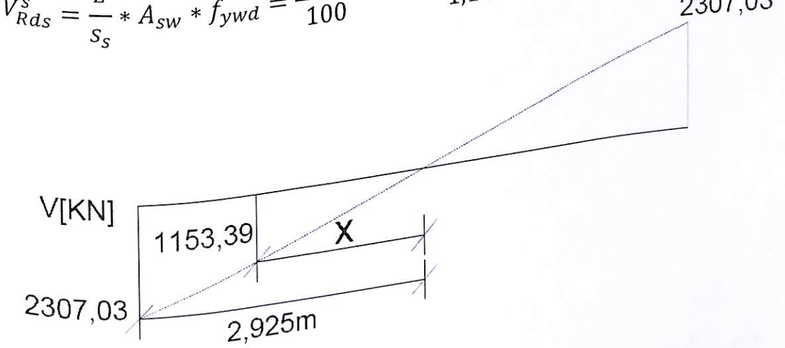
Szerkesztési szabályok

$s_{smax} = min\begin{cases} 0{,}75 * d = 717{,}75\ mm \\ \mathbf{300} \\ 1{,}5 * b_w = 900\ mm \end{cases} = 300\ mm > s_{alk} \rightarrow Megfelel!$

4.7. Gerenda méretezése nyírásra, mezőben (Φ14)

Alkalmazott nyírási vasalás: $\Phi 14/100$

$V_{Rds}^{s} = \frac{z}{s_s} * A_{sw} * f_{ywd} = \frac{861{,}3}{100} * 308 * \frac{500}{1{,}15} = 1153{,}39\ KN$



$x = \frac{1153{,}39}{2307{,}03} * 2{,}925 = 1{,}46\ m$

Tehát a támasz belső síkjától: $2{,}625 - 1{,}46 = \mathbf{1{,}165\ m} -$ $re\ lehet\ a\ kengyel\ \Phi 14/100!$

4.8. Alakváltozás számítása

$w \leq w_{eng}$

$$w = \frac{l_{eff}/K}{d} = \frac{5850/1{,}0}{949} = 6{,}16\ mm$$

$K = 1{,}0 \rightarrow Kéttámaszú\ gerenda, konzol\ nélkül$

$$w_{eng} = \alpha * \left(\frac{l_{eff}}{d}\right) eng$$

$P_{Ed} = 788{,}73\ KN/m$

$P_{qp} = 584{,}24\ KN/m$

$M_{Ed} = 2249{,}36\ KNm$

$M_{Rd} = 2375{,}2\ KNm$

$$\beta = \frac{M_{Rd}}{M_{Ed}} * \frac{500}{f_{yk}} = \frac{2375{,}2}{2249{,}36} * \frac{500}{500} = 1{,}06$$

$$\beta * \frac{P_{Ed}}{b} = 1{,}06 * \frac{788{,}73}{0{,}6} = 1393 \rightarrow \left(\frac{l_{eff}}{d}\right) eng = 13$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{1}{2} * \beta * \frac{P_{Ed}}{P_{qp}}} = \sqrt{\frac{1}{2} * 1{,}06 * \frac{788{,}73}{584{,}24}} = 0{,}844$$

$w_{eng} = 0{,}844 * 13 = 10{,}97\ mm > w \rightarrow Megfelel!$

4.9. Repedéstágasság korlátozás

$w_k \leq w_{k\ eng} = 0{,}4\ mm$

$$w_k = max \begin{cases} S_{r,max} * (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \\ 0{,}6 s_{r,max} * \sigma_s / E_s \end{cases}$$

$$S_{r,max} = 3{,}4c + \frac{0{,}425 k_1 k_2 \phi A_{c,eff}}{A_s}$$

$$= 3{,}4 * 35 + \frac{0{,}425 * 0{,}8 * 0{,}5 * 32 * 76500}{6434} = 183{,}68\ mm$$

$A_{c,eff} = h_{c,eff} * b = 127{,}5 * 600 = 76500\ mm^2$

$$h_{c,eff} = min\begin{cases} 2{,}5(h-d) = 2{,}5*(1000-949) = \mathbf{127{,}5} \\ \dfrac{h-x}{3} = \dfrac{1000-199{,}81}{3} = 266{,}73 \\ \dfrac{h}{2} = \dfrac{1000}{2} = 500 \end{cases} = 127{,}5\ mm$$

$$\varepsilon_{sm} = \frac{\sigma_s - \dfrac{0{,}4 f_{ctm} A_{c,eff}}{A_s}}{E_s} = \frac{305 - \dfrac{0{,}4*3{,}2*76500}{6434}}{200} = 1{,}449*10^{-3}$$

$$\sigma_s = f_{yd} * \frac{P_{qp}}{P_{Ed}} * \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = \frac{500}{1{,}15} * \frac{584{,}24}{788{,}73} * \frac{2249{,}36}{2375{,}2} = 305\ N/mm^2$$

$$\varepsilon_{cm} = 0{,}4 * \frac{f_{ctm}}{E_{cm}} = 0{,}4 * \frac{3{,}2}{34*10^3} = 3{,}764*10^{-5}$$

$$w_k = max\begin{cases} S_{r,max}*(\varepsilon_{sm}-\varepsilon_{cm}) = 183{,}68*(1{,}449*10^{-3}-3{,}764*10^{-5}) \\ \qquad = \mathbf{0{,}26\ mm} \\ 0{,}6 s_{r,max} * \dfrac{\sigma_s}{E_s} = 0{,}6*183{,}68*\dfrac{305}{2*10^5} = 0{,}28\ mm \end{cases}$$

$$w_k = 0{,}26\ mm < w_{k\,eng} = 0{,}4\ mm \rightarrow Megfelel!$$

Számítás végeselem módszerrel

Topológia

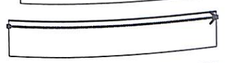
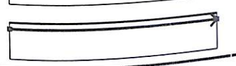
Projekt

Munka : Szakdolgozat
Rész : Pincerendszer állékonysági vizsgálata
Szerző : Martin Béla
Dátum : 2015.04.05.

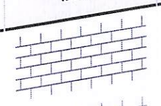
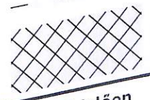
Globális beállítások

Projekt típusa :	Síkbelí alakv.
Számítás típusa :	Feszültség
Alagutak :	igen
Bővített adatbevitel :	nem
Részletes eredmények :	nem
Beton szerkezetek :	EN 1992-1-1 (EC2)

Felület

Sz.	Felület helye	Felület pontjainak koordinátái [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0,00	0,00	11,39	0,00	95,97	0,00
		107,36	0,00				
2		0,00	-0,60	107,36	-0,60		
3		0,00	-3,40	107,36	-3,40		
4		0,00	-3,60	107,36	-3,60		

Talajparaméterek - alapadatok

Sz.	Név	Minta	γ [kN/m³]	E [MPa]	ν [–]
1	szilárd mészkő		19,00	500,00	0,25
2	puhább mészkő		17,00	200,00	0,30
3	fuller réteg		20,00	100,00	0,35
4	feltöltés		17,00	1,00	0,45

Talajparaméterek - adatok a modellnek megfelelően

Sz.	Anyagmodell	c_{ef} [kPa]	φ_{ef} [°]	ψ [°]
1	Mohr - Coulomb	500,00	38,00	0,00
2	Mohr - Coulomb	250,00	32,00	0,00
3	Mohr - Coulomb	130,00	20,00	0,00

Nem üzleti célú felhasználásra

[GEO5 - FEM (diák licensz) | verzió 5.19.8.0 | hardverkulcs 2191 / 1 | Szent István Egyetem Ybl Miklós Építés tudományi Kar |
Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

Sz.	Anyagmodell	c_{ef} [kPa]	φ_{ef} [°]	ψ [°]
		0,00	10,00	0,00
4	Mohr - Coulomb			

Talajparaméterek - felhajtóerő

Sz.	Név	Minta	γ_{sat} [kN/m³]	γ_s [kN/m³]	n [–]
1	szilárd mészkő		19,00		
2	puhább mészkő		17,00		
3	fuller réteg		20,00		
4	feltöltés		17,00		

Talajparaméterek

szilárd mészkő

Anyagmodell :		Mohr - Coulomb
Térfogatsúly :	γ =	19,00 kN/m³
Poisson tényező :	ν =	0,25
Rug. modulus :	E =	500,00 MPa
Belső súrlódási szög :	φ_{ef} =	38,00 °
Talaj kohézió :	c_{ef} =	500,00 kPa
Delta szög :	ψ =	0,00 °
Telített térfogatsúly :	γ_{sat} =	19,00 kN/m³

puhább mészkő

Anyagmodell :		Mohr - Coulomb
Térfogatsúly :	γ =	17,00 kN/m³
Poisson tényező :	ν =	0,30
Rug. modulus :	E =	200,00 MPa
Belső súrlódási szög :	φ_{ef} =	32,00 °
Talaj kohézió :	c_{ef} =	250,00 kPa
Delta szög :	ψ =	0,00 °
Telített térfogatsúly :	γ_{sat} =	17,00 kN/m³

fuller réteg

Anyagmodell :		Mohr - Coulomb
Térfogatsúly :	γ =	20,00 kN/m³
Poisson tényező :	ν =	0,35
Rug. modulus :	E =	100,00 MPa
Belső súrlódási szög :	φ_{ef} =	20,00 °
Talaj kohézió :	c_{ef} =	130,00 kPa
Delta szög :	ψ =	0,00 °
Telített térfogatsúly :	γ_{sat} =	20,00 kN/m³

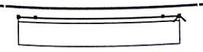
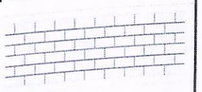
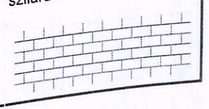
Nem üzleti célú felhasználásra

[GEO5 - FEM (diák licensz) | verzió 5.19.8.0 | hardverkulcs 2191 / 1 | Szent István Egyetem Ybl Miklós Építés tudományi Kar |
Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

feltöltés

Anyagmodell :	Mohr - Coulomb
Térfogatsúly :	γ = 17,00 kN/m^3
Poisson tényező :	ν = 0,45
Rug. modulus :	E = 1,00 MPa
Belső súrlódási szög :	φ_{ef} = 10,00 °
Talaj kohézió :	c_{ef} = 0,00 kPa
Delta szög :	ψ = 0,00 °
Telített térfogatsúly :	γ_{sat} = 17,00 kN/m^3

Hozzárendelések és felületek

Sz.	Felszín pozíciója	Felszín pontjainak koordinátái [m] x	z	x	z	Hozzárendelt talaj
1		107,36 95,97 0,00	-0,60 0,00 0,00	107,36 11,39 0,00	0,00 0,00 -0,60	feltöltés
2		107,36 0,00	-3,40 -0,60	107,36 0,00	-0,60 -3,40	puhább mészkő 
3		107,36 0,00	-3,60 -3,40	107,36 0,00	-3,40 -3,60	fuller réteg
4		0,00 107,36	-3,60 -18,90	0,00 107,36	-18,90 -3,60	szilárd mészkő 

Sz. pontok

Sz.	Hely x [m]	Hely z [m]	Sz.	Hely x [m]	Hely z [m]	Sz.	Hely x [m]	Hely z [m]	Sz.	Hely x [m]
1	11,39	-3,90	2	16,19	-3,90	3	16,19	-7,30	4	11,39
5	17,69	-7,30	6	17,69	-3,90	7	22,49	-3,90	8	22,49
9	25,99	-7,32	10	25,99	-3,90	11	29,69	-3,90	12	29,69
13	32,09	-8,45	14	32,09	-3,90	15	36,69	-3,90	16	36,69
17	40,07	-8,00	18	40,07	-3,90	19	46,67	-3,90	20	46,67
21	48,67	-8,30	22	48,67	-3,90	23	54,97	-3,90	24	54,97
25	56,47	-8,90	26	56,47	-3,90	27	62,94	-3,90	28	62,94
29	66,50	-8,00	30	66,50	-3,90	31	74,02	-3,90	32	74,02
33	77,32	-7,50	34	77,32	-3,90	35	82,47	-3,90	36	82,47
37	83,87	-7,50	38	83,87	-3,90	39	88,27	-3,90	40	88,27
41	90,77	-7,50	42	90,77	-3,90	43	95,97	-3,90	44	95,97
45	11,09	-3,90	46	16,49	-3,90	47	17,39	-3,90	48	22,79
49	25,69	-3,90	50	29,99		51	31,79		52	36,99

Nem üzleti célú felhasználásra

[GEO5 - FEM (diák licensz) | verzió 5.19.8.0 | hardverkulcs 2191 / 1 | Szent István Egyetem Ybl Miklós Építés tudományi Kar |
Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

Sz.	Hely x [m]	Hely z [m]	Sz.	Hely x [m]	Hely z [m]	Sz.	Hely x [m]	Hely z [m]	Sz.	Hely x [m]
53	39,77	-3,90	54	46,97	-3,90	55	48,37	-3,90	56	55,27
57	56,17	-3,90	58	63,24	-3,90	59	66,20	-3,90	60	74,32
61	77,02	-3,90	62	82,77	-3,90	63	83,57	-3,90	64	88,57
65	90,47	-3,90	66	96,27	-3,90					

Sz. vonalak

Sz.	Vonal típusa	Üzemmód bevitel	Vonalak topológiája
1	szakasz		Origó (11,39; -3,90) [m] , vég (11,39; -7,30) [m]
2	szakasz		Origó (11,39; -7,30) [m] , vég (16,19; -7,30) [m]
3	szakasz		Origó (16,19; -7,30) [m] , vég (16,19; -3,90) [m]
4	szakasz		Origó (17,69; -7,30) [m] , vég (17,69; -3,90) [m]
5	szakasz		Origó (22,49; -7,30) [m] , vég (22,49; -3,90) [m]
6	szakasz		Origó (22,49; -7,30) [m] , vég (17,69; -7,30) [m]
7	szakasz		Origó (25,99; -7,32) [m] , vég (25,99; -3,90) [m]
8	szakasz		Origó (29,69; -7,32) [m] , vég (29,69; -3,90) [m]
9	szakasz		Origó (25,99; -7,32) [m] , vég (29,69; -7,32) [m]
10	szakasz		Origó (32,09; -3,90) [m] , vég (32,09; -8,45) [m]
11	szakasz		Origó (32,09; -8,45) [m] , vég (36,69; -8,45) [m]
12	szakasz		Origó (36,69; -8,45) [m] , vég (36,69; -3,90) [m]
13	szakasz		Origó (40,07; -3,90) [m] , vég (40,07; -8,00) [m]
14	szakasz		Origó (46,67; -8,00) [m] , vég (40,07; -8,00) [m]
15	szakasz		Origó (46,67; -8,00) [m] , vég (46,67; -3,90) [m]
16	szakasz		Origó (48,67; -3,90) [m] , vég (48,67; -8,30) [m]
17	szakasz		Origó (48,67; -8,30) [m] , vég (54,97; -8,30) [m]
18	szakasz		Origó (54,97; -8,30) [m] , vég (54,97; -3,90) [m]
19	szakasz		Origó (56,47; -3,90) [m] , vég (56,47; -8,90) [m]
20	szakasz		Origó (56,47; -8,90) [m] , vég (62,94; -8,90) [m]
21	szakasz		Origó (62,94; -8,90) [m] , vég (62,94; -3,90) [m]
22	szakasz		Origó (66,50; -8,00) [m] , vég (66,50; -3,90) [m]
23	szakasz		Origó (66,50; -8,00) [m] , vég (74,02; -8,00) [m]
24	szakasz		Origó (74,02; -8,00) [m] , vég (74,02; -3,90) [m]
25	szakasz		Origó (77,32; -3,90) [m] , vég (77,32; -7,50) [m]
26	szakasz		Origó (77,32; -7,50) [m] , vég (82,47; -7,50) [m]
27	szakasz		Origó (82,47; -7,50) [m] , vég (82,47; -3,90) [m]
28	szakasz		Origó (83,87; -7,50) [m] , vég (83,87; -3,90) [m]
29	szakasz		Origó (83,87; -7,50) [m] , vég (88,27; -7,50) [m]
30	szakasz		Origó (88,27; -7,50) [m] , vég (88,27; -3,90) [m]
31	szakasz		Origó (90,77; -3,90) [m] , vég (90,77; -7,50) [m]
32	szakasz		Origó (90,77; -7,50) [m] , vég (95,97; -7,50) [m]
33	szakasz		Origó (95,97; -7,50) [m] , vég (95,97; -3,90) [m]
34	szakasz		Origó (11,09; -3,90) [m] , vég (16,49; -3,90) [m]
35	szakasz		Origó (17,39; -3,90) [m] , vég (22,79; -3,90) [m]
36	szakasz		Origó (25,69; -3,90) [m] , vég (29,99; -3,90) [m]
37	szakasz		Origó (31,79; -3,90) [m] , vég (36,99; -3,90) [m]
38	szakasz		Origó (39,77; -3,90) [m] , vég (46,97; -3,90) [m]
39	szakasz		Origó (48,37; -3,90) [m] , vég (55,27; -3,90) [m]
40	szakasz		Origó (56,17; -3,90) [m] , vég (63,24; -3,90) [m]
41	szakasz		Origó (66,20; -3,90) [m] , vég (74,32; -3,90) [m]
42	szakasz		Origó (77,02; -3,90) [m] , vég (82,77; -3,90) [m]

Nem üzleti célú felhasználásra

[GEO5 - FEM (diák licensz) | verzió 5.19.8.0 | hardverkulcs 2191 / 1 | Szent István Egyetem Ybl Miklós Építés tudományi Kar |
Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

Sz.	Vonal tipusa	Üzemmód bevitel	Vonalak topológiája
43	szakasz		Origó (83,57; -3,90) [m] , vég (88,57; -3,90) [m]
44	szakasz		Origó (90,47; -3,90) [m] , vég (96,27; -3,90) [m]

Hálógenerálás

Hálógenerálás paraméterei
Élhossz : 1,00 [m]
Hálósűrítés : igen
Többcsomópontú elemek generálása : igen

Hálógenerálás eredménye
A végeselemháló sikeresen elkészült.
Csomópontok száma 12923
Elemek száma 7892 (régió 4680, rúd 803, felület 2409)

Eredmények (Kivitelezési fázis 1)

A feszültségszámítás sikeresen lefutott.
Számítás beállításai : **szabványos**
Tényleges terhelés = 100,00 %
Szélsőértékek

Feszültség (szélsőértékek)

	Hely x [m]	Hely z [m]	Min	Hely x [m]	Hely z [m]	Max
Szigma $_{Z, tot.}$ [kPa]	14,27	-3,40	3,94	96,32	-18,90	8,73
Szigma $_{Z, eff.}$ [kPa]	14,27	-3,40	3,94	96,32	-18,90	8,73
Szigma $_{X, tot.}$ [kPa]	14,29	-3,90	0,26	96,32	-18,90	6,24
Szigma $_{X, eff.}$ [kPa]	14,29	-3,90	0,26	96,32	-18,90	6,24
Tau $_{XZ}$ [kPa]	16,19	-3,90	3,10	11,39	-3,90	5,91

Alakv. (szélsőértékek)

	Hely x [m]	Hely z [m]	Min	Hely x [m]	Hely z [m]	Max
Epszilon $_{eq.}$ [%]	14,01	-8,29	0,01	18,72	0,00	0,16
Epszilon $_{eq., pl.}$ [%]	0,00	-0,60	0,00	18,72	0,00	0,00

Eredmények (Kivitelezési fázis 2)

A feszültségszámítás sikeresen lefutott.
Számítás beállításai : **felhasználói**
Tényleges terhelés = 100,00 %
Szélsőértékek

Elmozdulás (szélsőértékek)

	Hely x [m]	Hely z [m]	Min	Hely x [m]	Hely z [m]	Max
Elmozdulás x [m]	16,68	0,00	-0,8	22,76	0,00	1,0
Elmozdulás z [m]	19,54	-7,30	-1,2	19,46	-3,90	2,8

Feszültség (szélsőértékek)

	Hely x [m]	Hely z [m]	Min	Hely x [m]	Hely z [m]	Max
Szigma $_{Z, tot.}$ [kPa]	20,37	-3,40	4,94	96,32	-18,90	8,71

Nem üzleti célú felhasználásra

[GEO5 - FEM (diák licensz) | verzió 5.19.8.0 | hardverkulcs 2191 / 1 | Szent István Egyetem Ybl Miklós Építés tudományi Kar |
Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

	Hely x [m]	Hely z [m]	Min	Hely x [m]	Hely z [m]	Max
Szigma $_{Z, eff.}$ [kPa]	20,37	-3,40	4,94	96,32	-18,90	8,71
Szigma $_{X, tot.}$ [kPa]	14,29	-3,90	4,45	96,32	-18,90	6,24
Szigma $_{X, eff.}$ [kPa]	14,29	-3,90	4,45	96,32	-18,90	6,24
Tau $_{XZ}$ [kPa]	16,19	-3,90	6,76	11,39	-3,90	9,39

Alakv. (szélsőértékek)

	Hely x [m]	Hely z [m]	Min	Hely x [m]	Hely z [m]	Max
Epszilon $_{eq.}$ [%]	19,88	-7,90	0,00	9,60	0,00	0,17
Epszilon $_{eq., pl.}$ [%]	0,00	-0,60	0,00	9,60	0,00	0,01

Eredmények (Kivitelezési fázis 3)

A feszültségszámítás sikeresen lefutott.
Számítás beállításai : **felhasználói**
Tényleges terhelés = 100,00 %
Szélsőértékek

Elmozdulás (szélsőértékek)

	Hely x [m]	Hely z [m]	Min	Hely x [m]	Hely z [m]	Max
Elmozdulás x [m]	16,68	0,00	-0,8	22,76	0,00	0,7
Elmozdulás z [m]	20,48	-7,30	-1,3	19,46	-3,90	2,7

Feszültség (szélsőértékek)

	Hely x [m]	Hely z [m]	Min	Hely x [m]	Hely z [m]	Max
Szigma $_{Z, tot.}$ [kPa]	20,37	-3,40	5,07	98,33	-18,90	8,69
Szigma $_{Z, eff.}$ [kPa]	20,37	-3,40	5,07	98,33	-18,90	8,69
Szigma $_{X, tot.}$ [kPa]	14,29	-3,90	8,33	98,33	-18,90	6,23
Szigma $_{X, eff.}$ [kPa]	14,29	-3,90	8,33	98,33	-18,90	6,23
Tau $_{XZ}$ [kPa]	16,19	-3,90	7,21	11,39	-3,90	8,34

Alakv. (szélsőértékek)

	Hely x [m]	Hely z [m]	Min	Hely x [m]	Hely z [m]	Max
Epszilon $_{eq.}$ [%]	27,72	-3,90	0,00	23,77	0,00	0,18
Epszilon $_{eq., pl.}$ [%]	0,00	-0,60	0,00	23,77	0,00	0,01

Eredmények (Kivitelezési fázis 4)

A feszültségszámítás sikeresen lefutott.
Számítás beállításai : **felhasználói**
Tényleges terhelés = 100,00 %
Szélsőértékek

Elmozdulás (szélsőértékek)

	Hely x [m]	Hely z [m]	Min	Hely x [m]	Hely z [m]	Max
Elmozdulás x [m]	16,68	0,00	-0,9	36,85	0,00	0,9
Elmozdulás z [m]	33,80	-8,45	-1,4	19,46	-3,90	2,7

[GEO5 - FEM (diák licensz) | verzió 5.19.8.0 | hardverkulcs 2191 / 1 | Szent István Egyetem Ybl Miklós Építés tudományi Kar |
Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

	Hely		Min	Hely		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Szigma $_{Z, eff.}$ [kPa]	20,37	-3,40	4,94	96,32	-18,90	8,71
Szigma $_{X, tot.}$ [kPa]	14,29	-3,90	4,45	96,32	-18,90	6,24
Szigma $_{X, eff.}$ [kPa]	14,29	-3,90	4,45	96,32	-18,90	6,24
Tau $_{XZ}$ [kPa]	16,19	-3,90	6,76	11,39	-3,90	9,39

Alakv. (szélsőértékek)

	Hely		Min	Hely		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Epszilon $_{eq.}$ [%]	19,88	-7,90	0,00	9,60	0,00	0,17
Epszilon $_{eq., pl.}$ [%]	0,00	-0,60	0,00	9,60	0,00	0,01

Eredmények (Kivitelezési fázis 3)

A feszültségszámítás sikeresen lefutott.
Számítás beállításai : **felhasználói**
Tényleges terhelés = 100,00 %
Szélsőértékek

Elmozdulás (szélsőértékek)

	Hely		Min	Hely		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Elmozdulás x [m]	16,68	0,00	-0,8	22,76	0,00	0,7
Elmozdulás z [m]	20,48	-7,30	-1,3	19,46	-3,90	2,7

Feszültség (szélsőértékek)

	Hely		Min	Hely		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Szigma $_{Z, tot.}$ [kPa]	20,37	-3,40	5,07	98,33	-18,90	8,69
Szigma $_{Z, eff.}$ [kPa]	20,37	-3,40	5,07	98,33	-18,90	8,69
Szigma $_{X, tot.}$ [kPa]	14,29	-3,90	8,33	98,33	-18,90	6,23
Szigma $_{X, eff.}$ [kPa]	14,29	-3,90	8,33	98,33	-18,90	6,23
Tau $_{XZ}$ [kPa]	16,19	-3,90	7,21	11,39	-3,90	8,34

Alakv. (szélsőértékek)

	Hely		Min	Hely		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Epszilon $_{eq.}$ [%]	27,72	-3,90	0,00	23,77	0,00	0,18
Epszilon $_{eq., pl.}$ [%]	0,00	-0,60	0,00	23,77	0,00	0,01

Eredmények (Kivitelezési fázis 4)

A feszültségszámítás sikeresen lefutott.
Számítás beállításai : **felhasználói**
Tényleges terhelés = 100,00 %
Szélsőértékek

Elmozdulás (szélsőértékek)

	Hely		Min	Hely		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Elmozdulás x [m]	16,68	0,00	-0,9	36,85	0,00	0,9
Elmozdulás z [m]	33,80	-8,45	-1,4	19,46	-3,90	2,7

Nem üzleti célú felhasználásra

[GEO5 - FEM (diák licensz) | verzió 5.19.8.0 | hardverkulcs 2191 / 1 | Szent István Egyetem Ybl Miklós Építés tudományi Kar |
Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

Feszültség (szélsőértékek)

	Hely x [m]	Hely z [m]	Min	Hely x [m]	Hely z [m]	Max
Szigma z, tot. [kPa]	20,37	-3,40	5,05	98,33	-18,90	8,63
Szigma z, eff. [kPa]	20,37	-3,40	5,05	98,33	-18,90	8,63
Szigma x, tot. [kPa]	14,29	-3,90	1,83	98,33	-18,90	6,20
Szigma x, eff. [kPa]	14,29	-3,90	1,83	98,33	-18,90	6,20
Tau xz [kPa]	16,19	-3,90	7,26	32,09	-3,90	3,58

Alakv. (szélsőértékek)

	Hely x [m]	Hely z [m]	Min	Hely x [m]	Hely z [m]	Max
Epszilon eq. [%]	27,70	-7,32	0,00	23,77	0,00	0,19
Epszilon eq., pl. [%]	0,00	-0,60	0,00	23,77	0,00	0,01

Eredmények (Kivitelezési fázis 5)

A feszültségszámítás sikeresen lefutott.
Számítás beállításai : **felhasználói**
Tényleges terhelés = 100,00 %
Szélsőértékek

Elmozdulás (szélsőértékek)

	Hely x [m]	Hely z [m]	Min	Hely x [m]	Hely z [m]	Max
Elmozdulás x [m]	40,86	0,00	-1,1	46,86	0,00	1,9
Elmozdulás z [m]	42,83	-8,00	-1,6	43,64	-3,90	4,6

Feszültség (szélsőértékek)

	Hely x [m]	Hely z [m]	Min	Hely x [m]	Hely z [m]	Max
Szigma z, tot. [kPa]	20,37	-3,40	5,05	100,34	-18,90	8,55
Szigma z, eff. [kPa]	20,37	-3,40	5,05	100,34	-18,90	8,55
Szigma x, tot. [kPa]	43,64	-3,90	4,48	40,07	-3,90	7,07
Szigma x, eff. [kPa]	43,64	-3,90	4,48	40,07	-3,90	7,07
Tau xz [kPa]	46,67	-3,90	5,14	40,07	-3,90	1,19

Alakv. (szélsőértékek)

	Hely x [m]	Hely z [m]	Min	Hely x [m]	Hely z [m]	Max
Epszilon eq. [%]	34,67	-3,90	0,00	38,86	0,00	0,21
Epszilon eq., pl. [%]	0,00	-0,60	0,00	38,86	0,00	0,02

Eredmények (Kivitelezési fázis 6)

A feszültségszámítás sikeresen lefutott.
Számítás beállításai : **felhasználói**
Tényleges terhelés = 100,00 %
Szélsőértékek

Elmozdulás (szélsőértékek)

Nem üzleti célú felhasználásra
[GEO5 - FEM (diák licensz) | verzió 5.19.8.0 | hardverkulcs 2191 / 1 | Szent István Egyetem Ybl Miklós Építés tudományi Kar |
Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

	Hely		Min	Hely		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Elmozdulás x [m]	40,86	0,00	-1,4	54,98	0,00	1,9
Elmozdulás z [m]	43,75	-8,00	-1,7	43,64	-3,90	4,8

Feszültség (szélsőértékek)

	Hely		Min	Hely		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Szigma $_{Z, tot.}$ [kPa]	20,37	-3,40	-5,06	46,67	-6,78	8,15
Szigma $_{Z, eff.}$ [kPa]	20,37	-3,40	-5,06	46,67	-6,78	8,15
Szigma $_{X, tot.}$ [kPa]	43,64	-3,90	-6,85	40,07	-3,90	8,49
Szigma $_{X, eff.}$ [kPa]	43,64	-3,90	-6,85	40,07	-3,90	8,49
Tau $_{XZ}$ [kPa]	46,67	-3,90	-4,43	40,07	-3,90	0,61

Alakv. (szélsőértékek)

	Hely		Min	Hely		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Epszilon $_{eq.}$ [%]	34,67	-3,90	0,00	38,86	0,00	0,21
Epszilon $_{eq., pl.}$ [%]	0,00	-0,60	0,00	38,86	0,00	0,03

Eredmények (Kivitelezési fázis 7)

A feszültségszámítás sikeresen lefutott.
Számítás beállításai : **felhasználói**
Tényleges terhelés = 100,00 %
Szélsőértékek

Elmozdulás (szélsőértékek)

	Hely		Min	Hely		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Elmozdulás x [m]	40,86	0,00	-1,6	62,93	0,00	2,3
Elmozdulás z [m]	59,72	-8,90	-1,8	59,61	-3,90	5,0

Feszültség (szélsőértékek)

	Hely		Min	Hely		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Szigma $_{Z, tot.}$ [kPa]	58,48	-3,40	-5,32	54,97	-6,88	7,92
Szigma $_{Z, eff.}$ [kPa]	58,48	-3,40	-5,32	54,97	-6,88	7,92
Szigma $_{X, tot.}$ [kPa]	43,64	-3,90	-5,20	40,07	-3,90	1,44
Szigma $_{X, eff.}$ [kPa]	43,64	-3,90	-5,20	40,07	-3,90	1,44
Tau $_{XZ}$ [kPa]	62,94	-3,90	-1,12	56,47	-3,90	6,24

Alakv. (szélsőértékek)

	Hely		Min	Hely		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Epszilon $_{eq.}$ [%]	27,72	-3,90	0,00	47,86	0,00	0,23
Epszilon $_{eq., pl.}$ [%]	0,00	-0,60	0,00	47,86	0,00	0,04

Eredmények (Kivitelezési fázis 8)

A feszültségszámítás sikeresen lefutott.
Számítás beállításai : **felhasználói**
Tényleges terhelés = 100,00 %

Nem üzleti célú felhasználásra

[GEO5 - FEM (diák licensz) | verzió 5.19.8.0 | hardverkulcs 2191 / 1 | Szent István Egyetem Ybl Miklós Építés tudományi Kar |
Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

Szélsőértékek

Elmozdulás (szélsőértékek)

	Hely x [m]	Hely z [m]	Min	Hely x [m]	Hely z [m]	Max
Elmozdulás x [m]	40,86	0,00	-1,6	73,98	0,00	2,6
Elmozdulás z [m]	59,72	-8,90	-1,8	70,16	-3,90	6,0

Feszültség (szélsőértékek)

	Hely x [m]	Hely z [m]	Min	Hely x [m]	Hely z [m]	Max
Szigma $_{Z, tot.}$ [kPa]	58,48	-3,40	5,25	56,47	-7,54	0,16
Szigma $_{Z, eff.}$ [kPa]	58,48	-3,40	5,25	56,47	-7,54	0,16
Szigma $_{X, tot.}$ [kPa]	70,16	-3,90	0,21	66,50	-3,90	'2,01
Szigma $_{X, eff.}$ [kPa]	70,16	-3,90	0,21	66,50	-3,90	'2,01
Tau $_{XZ}$ [kPa]	74,02	-3,90	4,75	56,47	-3,90	:1,14

Alakv. (szélsőértékek)

	Hely x [m]	Hely z [m]	Min	Hely x [m]	Hely z [m]	Max
Epszilon $_{eq.}$ [%]	27,72	-3,90	0,00	64,93	0,00	0,27
Epszilon $_{eq., pl.}$ [%]	0,00	-0,60	0,00	64,93	0,00	0,07

Eredmények (Kivitelezési fázis 9)

A feszültségszámítás sikeresen lefutott.
Számítás beállításai : **felhasználói**
Tényleges terhelés = 100,00 %
Szélsőértékek

Elmozdulás (szélsőértékek)

	Hely x [m]	Hely z [m]	Min	Hely x [m]	Hely z [m]	Max
Elmozdulás x [m]	40,86	0,00	-1,7	72,98	0,00	2,2
Elmozdulás z [m]	59,72	-8,90	-1,8	70,16	-3,90	5,9

Feszültség (szélsőértékek)

	Hely x [m]	Hely z [m]	Min	Hely x [m]	Hely z [m]	Max
Szigma $_{Z, tot.}$ [kPa]	58,48	-3,40	5,25	56,47	-7,54	0,27
Szigma $_{Z, eff.}$ [kPa]	58,48	-3,40	5,25	56,47	-7,54	0,27
Szigma $_{X, tot.}$ [kPa]	70,16	-3,90	3,21	62,94	-3,90	;9,67
Szigma $_{X, eff.}$ [kPa]	70,16	-3,90	3,21	62,94	-3,90	;9,67
Tau $_{XZ}$ [kPa]	74,02	-3,90	6,00	56,47	-3,90	;0,35

Alakv. (szélsőértékek)

	Hely x [m]	Hely z [m]	Min	Hely x [m]	Hely z [m]	Max
Epszilon $_{eq.}$ [%]	27,72	-3,90	0,00	64,93	0,00	0,27
Epszilon $_{eq., pl.}$ [%]	0,00	-0,60	0,00	64,93	0,00	0,07

[GEO5 - FEM (diák licensz) | verzió 5.19.8.0 | hardverkulcs 2191 / 1 | Szent István Egyetem Ybl Miklós Építés tudományi Kar |
Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

	Hely x [m]	Hely z [m]	Min	Hely x [m]	Hely z [m]	Max
Epszilon $_{eq.}$ [%]	27,72	-3,90	0,00	64,93	0,00	0,27
Epszilon $_{eq., pl.}$ [%]	0,00	-0,60	0,00	64,93	0,00	0,07

Eredmények (Kivitelezési fázis 12)

A feszültségszámítás sikeresen lefutott.
Számítás beállításai : **felhasználói**
Tényleges terhelés = 100,00 %
Szélsőértékek

Elmozdulás (szélsőértékek)

	Hely x [m]	Hely z [m]	Min	Hely x [m]	Hely z [m]	Max
Elmozdulás x [m]	40,86	0,00	-2,1	72,98	0,00	2,6
Elmozdulás z [m]	70,23	-8,00	-1,7	70,16	-3,90	7,6

Feszültség (szélsőértékek)

	Hely x [m]	Hely z [m]	Min	Hely x [m]	Hely z [m]	Max
Szigma $_{Z, tot.}$ [kPa]	72,35	-3,60	9,60	54,97	-6,88	2,93
Szigma $_{Z, eff.}$ [kPa]	72,35	-3,60	9,60	54,97	-6,88	2,93
Szigma $_{X, tot.}$ [kPa]	70,16	-3,90	9,54	62,94	-3,90	3,61
Szigma $_{X, eff.}$ [kPa]	70,16	-3,90	9,54	62,94	-3,90	3,61
Tau $_{XZ}$ [kPa]	74,02	-3,90	4,51	56,47	-3,90	4,01

Alakv. (szélsőértékek)

	Hely x [m]	Hely z [m]	Min	Hely x [m]	Hely z [m]	Max
Epszilon $_{eq.}$ [%]	27,72	-3,90	0,00	64,93	0,00	0,30
Epszilon $_{eq., pl.}$ [%]	0,00	-0,60	0,00	64,93	0,00	0,10

Eredmények (Kivitelezési fázis 13)

A feszültségszámítás sikeresen lefutott.
Számítás beállításai : **felhasználói**
Tényleges terhelés = 100,00 %
Szélsőértékek

Elmozdulás (szélsőértékek)

	Hely x [m]	Hely z [m]	Min	Hely x [m]	Hely z [m]	Max
Elmozdulás x [m]	40,86	0,00	-3,4	72,98	0,00	4,1
Elmozdulás z [m]	70,23	-8,00	-1,2	69,95	0,00	20,3

Feszültség (szélsőértékek)

	Hely x [m]	Hely z [m]	Min	Hely x [m]	Hely z [m]	Max
Szigma $_{Z, tot.}$ [kPa]	72,35	-3,60	8,98	54,97	-6,88	1,64
Szigma $_{Z, eff.}$ [kPa]	72,35	-3,60	8,98	54,97	-6,88	1,64
Szigma $_{X, tot.}$ [kPa]	70,16	-3,90	8,81	62,94	-3,90	0,08
Szigma $_{X, eff.}$ [kPa]	70,16	-3,90	8,81	62,94	-3,90	0,08

Nem üzleti célú felhasználásra

[GEO5 - FEM (diák licensz) | verzió 5.19.8.0 | hardverkulcs 2191 / 1 | Szent István Egyetem Ybl Miklós Építés tudományi Kar |
Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

	Hely		Min	Hely		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Tau $_{xz}$ [kPa]	74,02	-3,90	9,46	56,47	-3,90	30,80

Alakv. (szélsőértékek)

	Hely		Min	Hely		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Epszilon $_{eq.}$ [%]	27,72	-3,90	0,00	64,93	0,00	1,89
Epszilon $_{eq., pl.}$ [%]	0,00	-0,60	0,00	64,93	0,00	0,10

Nem üzleti célú felhasználásra

[GEO5 - FEM (diák licensz) | verzió 5.19.8.0 | hardverkulcs 2191 / 1 | Szent István Egyetem Ybl Miklós Építés tudományi Kar |
Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

Számítás végeselem módszerrel

Topológia

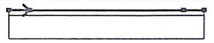
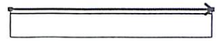
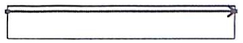
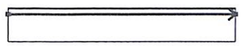
Projekt

Munka : Szakdolgozat
Rész : Pincerendszer állékonysági vizsgálata
Szerző : Martin Béla
Dátum : 2015.04.05.

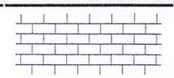
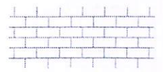
Globális beállítások

Projekt típusa :	Síkbeli alakv.
Számítás típusa :	Rézsűállékonyság
Alagutak :	nem
Bővített adatbevitel :	nem
Részletes eredmények :	nem
Beton szerkezetek :	EN 1992-1-1 (EC2)

Felület

Sz.	Felület helye	Felület pontjainak koordinátái [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0,00	0,00	11,39	0,00	95,97	0,00
		107,36	0,00				
2		0,00	-0,60	107,36	-0,60		
3		0,00	-3,40	107,36	-3,40		
4		0,00	-3,60	107,36	-3,60		

Talajparaméterek - alapadatok

Sz.	Név	Minta	γ [kN/m³]	E [MPa]	ν [–]
1	szilárd mészkö		19,00	500,00	0,25
2	puhább mészkö		17,00	200,00	0,30
3	fuller réteg		20,00	100,00	0,35
4	feltöltés		17,00	1,00	0,45

Talajparaméterek - adatok a modellnek megfelelően

Sz.	Anyagmodell	c_{ef} [kPa]	φ_{ef} [°]	ψ [°]
1	Mohr - Coulomb	500,00	38,00	0,00
2	Mohr - Coulomb	250,00	32,00	0,00
3	Mohr - Coulomb	120,00	18,00	0,00

Nem üzleti célú felhasználásra

[GEO5 - FEM (diák licensz) | verzió 5.19.8.0 | hardverkulcs 2191 / 1 | Szent István Egyetem Ybl Miklós Építés tudományi Kar |
Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

Sz.	Anyagmodell	c_{ef} [kPa]	φ_{ef} [°]	ψ [°]
4	Mohr - Coulomb	0,00	10,00	0,00

Talajparaméterek - felhajtóerő

Sz.	Név	Minta	γ_{sat} [kN/m³]	γ_s [kN/m³]	n [–]
1	szilárd mészkö		19,00		
2	puhább mészkö		17,00		
3	fuller réteg		20,00		
4	feltöltés		17,00		

Talajparaméterek

szilárd mészkő

Anyagmodell :		Mohr - Coulomb
Térfogatsúly :	γ =	19,00 kN/m³
Poisson tényező :	ν =	0,25
Rug. modulus :	E =	500,00 MPa
Belső súrlódási szög :	φ_{ef} =	38,00 °
Talaj kohézió :	c_{ef} =	500,00 kPa
Delta szög :	ψ =	0,00 °
Telített térfogatsúly :	γ_{sat} =	19,00 kN/m³

puhább mészkő

Anyagmodell :		Mohr - Coulomb
Térfogatsúly :	γ =	17,00 kN/m³
Poisson tényező :	ν =	0,30
Rug. modulus :	E =	200,00 MPa
Belső súrlódási szög :	φ_{ef} =	32,00 °
Talaj kohézió :	c_{ef} =	250,00 kPa
Delta szög :	ψ =	0,00 °
Telített térfogatsúly :	γ_{sat} =	17,00 kN/m³

fuller réteg

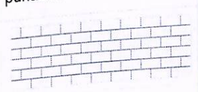
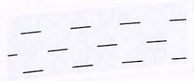
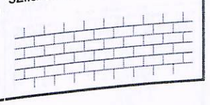
Anyagmodell :		Mohr - Coulomb
Térfogatsúly :	γ =	20,00 kN/m³
Poisson tényező :	ν =	0,35
Rug. modulus :	E =	100,00 MPa
Belső súrlódási szög :	φ_{ef} =	18,00 °
Talaj kohézió :	c_{ef} =	120,00 kPa
Delta szög :	ψ =	0,00 °
Telített térfogatsúly :	γ_{sat} =	20,00 kN/m³

[GEO5 - FEM (diák licensz) | verzió 5.19.8.0 | hardverkulcs 2191 / 1 | Szent István Egyetem Ybl Miklós Építé
Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu] http://www.h

feltöltés

Anyagmodell :	Mohr - Coulomb	
Térfogatsúly :	γ =	17,00 kN/m^3
Poisson tényező :	ν =	0,45
Rug. modulus :	E =	1,00 MPa
Belső súrlódási szög :	φ_{ef} =	10,00 °
Talaj kohézió :	c_{ef} =	0,00 kPa
Delta szög :	ψ =	0,00 °
Telített térfogatsúly :	γ_{sat} =	17,00 kN/m^3

Hozzárendelések és felületek

Sz.	Felszín pozíciója	Felszín pontjainak koordinátái [m] x	z	x	z	Hozzárendelt talaj
1		107,36 95,97 0,00	-0,60 0,00 0,00	107,36 11,39 0,00	0,00 0,00 -0,60	feltöltés
2		107,36 0,00	-3,40 -0,60	107,36 0,00	-0,60 -3,40	puhább mészkő 
3		107,36 0,00	-3,60 -3,40	107,36 0,00	-3,40 -3,60	fuller réteg 
4		0,00 107,36	-3,60 -18,90	0,00 107,36	-18,90 -3,60	szilárd mészkő 

Sz. pontok

Sz.	Hely x [m]	Hely z [m]	Sz.	Hely x [m]	Hely z [m]	Sz.	Hely x [m]	Hely z [m]	Sz.	Hely x [m]
1	11,39	-3,90	2	16,19	-3,90	3	16,19	-7,30	4	11,39
5	17,69	-7,30	6	17,69	-3,90	7	22,49	-3,90	8	22,49
9	25,99	-7,32	10	25,99	-3,90	11	29,69	-3,90	12	29,69
13	32,09	-8,45	14	32,09	-3,90	15	36,69	-3,90	16	36,69
17	40,07	-8,00	18	40,07	-3,90	19	46,67	-3,90	20	46,67
21	48,67	-8,30	22	48,67	-3,90	23	54,97	-3,90	24	54,97
25	56,47	-8,90	26	56,47	-3,90	27	62,94	-3,90	28	62,94
29	66,50	-8,00	30	66,50	-3,90	31	74,02	-3,90	32	74,02
33	77,32	-7,50	34	77,32	-3,90	35	82,47	-3,90	36	82,47
37	83,87	-7,50	38	83,87	-3,90	39	88,27	-3,90	40	88,27
41	90,77	-7,50	42	90,77	-3,90	43	95,97	-3,90	44	95,97

Nem üzleti célú felhasználásra

[GEO5 - FEM (diák licensz) | verzió 5.19.8.0 | hardverkulcs 2191 / 1 | Szent István Egyetem Ybl Miklós Építés tudományi Kar |
Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu] http://www.hungarocad.hu]

Sz. vonalak

Sz.	Vonal típusa	Üzemmód bevitel	Vonalak topológiája
1	szakasz		Origó (11,39; -3,90) [m] , vég (11,39; -7,30) [m]
2	szakasz		Origó (11,39; -7,30) [m] , vég (16,19; -7,30) [m]
3	szakasz		Origó (16,19; -7,30) [m] , vég (16,19; -3,90) [m]
4	szakasz		Origó (17,69; -7,30) [m] , vég (17,69; -3,90) [m]
5	szakasz		Origó (22,49; -7,30) [m] , vég (22,49; -3,90) [m]
6	szakasz		Origó (22,49; -7,30) [m] , vég (17,69; -7,30) [m]
7	szakasz		Origó (25,99; -7,32) [m] , vég (25,99; -3,90) [m]
8	szakasz		Origó (29,69; -7,32) [m] , vég (29,69; -3,90) [m]
9	szakasz		Origó (25,99; -7,32) [m] , vég (29,69; -7,32) [m]
10	szakasz		Origó (32,09; -3,90) [m] , vég (32,09; -8,45) [m]
11	szakasz		Origó (32,09; -8,45) [m] , vég (36,69; -8,45) [m]
12	szakasz		Origó (36,69; -8,45) [m] , vég (36,69; -3,90) [m]
13	szakasz		Origó (40,07; -3,90) [m] , vég (40,07; -8,00) [m]
14	szakasz		Origó (46,67; -8,00) [m] , vég (40,07; -8,00) [m]
15	szakasz		Origó (46,67; -8,00) [m] , vég (46,67; -3,90) [m]
16	szakasz		Origó (48,67; -3,90) [m] , vég (48,67; -8,30) [m]
17	szakasz		Origó (48,67; -8,30) [m] , vég (54,97; -8,30) [m]
18	szakasz		Origó (54,97; -8,30) [m] , vég (54,97; -3,90) [m]
19	szakasz		Origó (56,47; -3,90) [m] , vég (56,47; -8,90) [m]
20	szakasz		Origó (56,47; -8,90) [m] , vég (62,94; -8,90) [m]
21	szakasz		Origó (62,94; -8,90) [m] , vég (62,94; -3,90) [m]
22	szakasz		Origó (66,50; -8,00) [m] , vég (66,50; -3,90) [m]
23	szakasz		Origó (66,50; -8,00) [m] , vég (74,02; -8,00) [m]
24	szakasz		Origó (74,02; -8,00) [m] , vég (74,02; -3,90) [m]
25	szakasz		Origó (77,32; -3,90) [m] , vég (77,32; -7,50) [m]
26	szakasz		Origó (77,32; -7,50) [m] , vég (82,47; -7,50) [m]
27	szakasz		Origó (82,47; -7,50) [m] , vég (82,47; -3,90) [m]
28	szakasz		Origó (83,87; -7,50) [m] , vég (83,87; -3,90) [m]
29	szakasz		Origó (88,27; -7,50) [m] , vég (88,27; -3,90) [m]
30	szakasz		Origó (90,77; -3,90) [m] , vég (90,77; -7,50) [m]
31	szakasz		Origó (90,77; -7,50) [m] , vég (95,97; -7,50) [m]
32	szakasz		Origó (95,97; -7,50) [m] , vég (95,97; -3,90) [m]
33	szakasz		Origó (11,39; -3,90) [m] , vég (16,19; -3,90) [m]
34	szakasz		Origó (17,69; -3,90) [m] , vég (22,49; -3,90) [m]
35	szakasz		Origó (25,99; -3,90) [m] , vég (29,69; -3,90) [m]
36	szakasz		Origó (32,09; -3,90) [m] , vég (36,69; -3,90) [m]
37	szakasz		Origó (40,07; -3,90) [m] , vég (46,67; -3,90) [m]
38	szakasz		Origó (48,67; -3,90) [m] , vég (54,97; -3,90) [m]
39	szakasz		Origó (56,47; -3,90) [m] , vég (62,94; -3,90) [m]
40	szakasz		Origó (66,50; -3,90) [m] , vég (74,02; -3,90) [m]
41	szakasz		Origó (77,32; -3,90) [m] , vég (82,47; -3,90) [m]
42	szakasz		Origó (83,87; -3,90) [m] , vég (88,27; -3,90) [m]
43	szakasz		Origó (90,77; -3,90) [m] , vég (95,97; -3,90) [m]
44	szakasz		

Hálógenerálás

Hálógenerálás paraméterei 1,00 [m]
Élhossz : igen
Hálósűrítés :

Nem üzleti célú felhasználásra

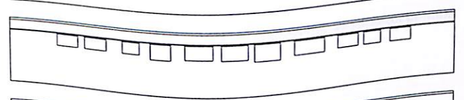
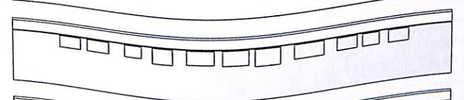
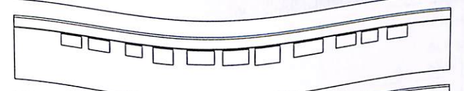
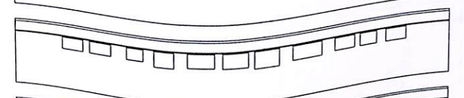
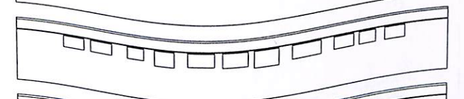
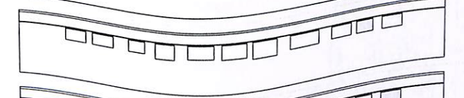
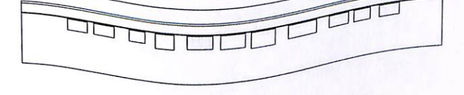
[GEO5 - FEM (diák licensz) | verzió 5.19.8.0 | hardverkulcs 2191 / 1 | Szent István Egyetem Ybl Miklós Építés tudományi Kar |
Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

Többcsomópontú elemek generálása : igen

Hálógenerálás eredménye
A végeselemháló sikeresen elkészült.
Csomópontok száma 12737
Elemek száma 7766 (régió 4642, rúd 781, felület 2343)

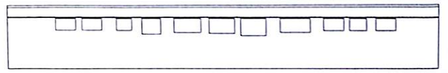
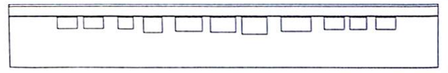
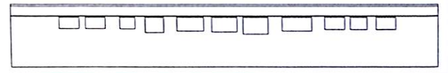
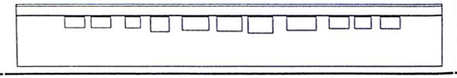
Adatbevitel (Kivitelezési fázis 1)

Hozzárendelés és aktiválás

Sz.	Régió	Aktív / inaktív	Hozzárendelt talaj
1		Aktív	feltöltés
2		Aktív	puhább mészkő
3		Aktív	fuller réteg
4		Aktív	szilárd mészkő
5		Inaktív	
6		Inaktív	
7		Inaktív	
8		Inaktív	
9		Inaktív	
10		Inaktív	
11		Inaktív	

Nem üzleti célú felhasználás

[GEO5 - FEM (diák licensz) | verzió 5.19.8.0 | hardverkulcs 2101 / 1 | Szent Is... Reserve...
Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. ...ad.hu]
[HungaroCAD Informatikai Kft.] | ...

Sz.	Régió	Aktív / inaktív	Hozzárendelt talaj
12		Inaktív	
13		Inaktív	
14		Inaktív	
15		Inaktív	

Vonalmenti támaszok

Sz.	Hely	Támasz	
		X irányban	Z irányban
1	13 sz. háló él	fix	szabad
2	11 sz. háló él	fix	szabad
3	8 sz. háló él	fix	szabad
4	5 sz. háló él	fix	szabad
5	15 sz. háló él	fix	szabad
6	10 sz. háló él	fix	szabad
7	7 sz. háló él	fix	szabad
8	1 sz. háló él	fix	szabad
9	14 sz. háló él	fix	fix

Víz

Víz típusa : Nincs víz

Számítás beállításai

Általános	
Módszer :	Newton - Raphson
Merevségi mátrix megvált. :	maradjon rugalmas
Iterációk maximális száma egy számítási lépésben :	10
Kezdeti számítási lépés :	0,25
Talajparaméterek csökkentése :	c, phi csökkentése
Kezdeti csökkentő lépés :	0,90
Elmozdulási hibahatár :	0,0100
Kiegyensúlyozatlan erők hibahatára :	0,0100
Energia hibahatár :	0,0100
Anyag határfelületeinek figy. vétele :	igen
Newton - Raphson	
Számítási lépés relaxációs tényezője :	2
Számítási lépés maximális relaxációinak száma :	2
Csökkentő lépés relaxációs tényezője :	2
Csökkentő lépés maximális relaxációinak száma :	3
Minimum csökkentő lépés :	0,99
Vonal keresés	
Számítási módszer :	iteráció nélkül
Vonalkeresési korlát - minimum :	0,100
Vonalkeresési korlát - maximum :	1,000
Plaszticitás	

Nem üzleti célú felhasználásra

[GEO5 - FEM (diák licensz) | verzió 5.19.8.0 | hardverkulcs 2191 / 1 | Szent István Egyetem Ybl Miklós Építés tudományi Kar |
Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu] http://www.hungarocad.hu]

Hozzárend. hibák jelzése :	0,00100
Iterációk max. száma egy plaszt. lépéshez :	20

Eredmények (Kivitelezési fázis 1)

A rézsűállékonyság vizsgálat sikeresen befejeződött.
Számítás beállításai : **felhasználói**
Biztonsági tényező FS = 1,69

A számítás lefutott a talajok csökk. paramétereivel		
Régió száma	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]
1	5,90	0,00
2	18,90	147,62
3	10,63	70,86
4	22,44	295,24

Túllépte a csökkentő lépésenkénti maximális relaxációk számát.
Szélsőértékek

Feszültség (szélsőértékek)	Hely		Min	Hely		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Nincsenek kiszámolt értékek						

Alakv. (szélsőértékek)	Hely		Min	Hely		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Epszilon $_{eq.,\ pl.}$ [%]	0,00	-3,40	0,00	69,96	0,00	0,13

Pórusvíznyomások (szélsőértékek)	Hely		Max
	x [m]	z [m]	
Pórusvíznyomás u [kPa]	0,00	-0,60	0,00

Nem üzleti célú felhasználásra
[GEO5 - FEM (diák licensz) | verzió 5.19.8.0 | hardverkulcs 2191 / 1 | Szent István Egyetem Ybl Miklós Építés tudományi Kar |
Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

Számítás végeselem módszerrel

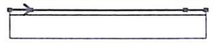
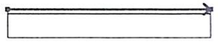
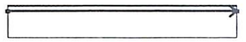
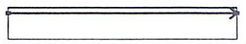
Topológia

Projekt

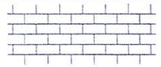
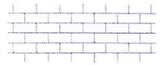
Globális beállítások

Projekt típusa :	Síkbeli alakv.
Számítás típusa :	Rézsüállékonyság
Alagutak :	nem
Bővített adatbevitel :	nem
Részletes eredmények :	nem
Beton szerkezetek :	EN 1992-1-1 (EC2)

Felület

Sz.	Felület helye	Felület pontjainak koordinátái [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0,00	0,00	11,39	0,00	95,97	0,00
		107,36	0,00				
2		0,00	-0,60	107,36	-0,60		
3		0,00	-3,40	107,36	-3,40		
4		0,00	-3,60	107,36	-3,60		

Talajparaméterek - alapadatok

Sz.	Név	Minta	γ [kN/m³]	E [MPa]	ν [–]
1	szilárd mészkő		19,00	500,00	0,25
2	puhább mészkő		17,00	200,00	0,30
3	fuller réteg		20,00	100,00	0,35
4	feltöltés		17,00	1,00	0,45

Talajparaméterek - adatok a modellnek megfelelően

Sz.	Anyagmodell	c_{ef} [kPa]	φ_{ef} [°]	ψ [°]
1	Mohr - Coulomb	500,00	38,00	0,00
2	Mohr - Coulomb	250,00	32,00	0,00
3	Mohr - Coulomb	130,00	20,00	0,00
4	Mohr - Coulomb	0,00	10,00	0,00

Nem üzleti célú felhasználásra

[GEO5 - FEM (diák licensz) | verzió 5.19.8.0 | hardverkulcs 2191 / 1 | Szent István Egyetem Ybl Miklós Építés tudományi Kar |
Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu] http://www.hungarocad.hu]

Talajparaméterek - felhajtóerő

Sz.	Név	Minta	γ_{sat} [kN/m³]	γ_s [kN/m³]	n [–]
1	szilárd mészkő		19,00		
2	puhább mészkő		17,00		
3	fuller réteg		20,00		
4	feltöltés		17,00		

Talajparaméterek

szilárd mészkő

Anyagmodell :		Mohr - Coulomb
Térfogatsúly :	γ =	19,00 kN/m³
Poisson tényező :	ν =	0,25
Rug. modulus :	E =	500,00 MPa
Belső súrlódási szög :	φ_{ef} =	38,00 °
Talaj kohézió :	c_{ef} =	500,00 kPa
Delta szög :	ψ =	0,00 °
Telített térfogatsúly :	γ_{sat} =	19,00 kN/m³

puhább mészkő

Anyagmodell :		Mohr - Coulomb
Térfogatsúly :	γ =	17,00 kN/m³
Poisson tényező :	ν =	0,30
Rug. modulus :	E =	200,00 MPa
Belső súrlódási szög :	φ_{ef} =	32,00 °
Talaj kohézió :	c_{ef} =	250,00 kPa
Delta szög :	ψ =	0,00 °
Telített térfogatsúly :	γ_{sat} =	17,00 kN/m³

fuller réteg

Anyagmodell :		Mohr - Coulomb
Térfogatsúly :	γ =	20,00 kN/m³
Poisson tényező :	ν =	0,35
Rug. modulus :	E =	100,00 MPa
Belső súrlódási szög :	φ_{ef} =	20,00 °
Talaj kohézió :	c_{ef} =	130,00 kPa
Delta szög :	ψ =	0,00 °
Telített térfogatsúly :	γ_{sat} =	20,00 kN/m³

feltöltés

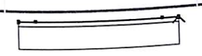
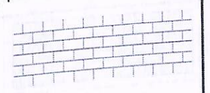
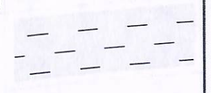
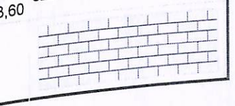
Anyagmodell :		Mohr - Coulomb
Térfogatsúly :	γ =	17,00 kN/m³
Poisson tényező :	ν =	0,45

Nem üzleti célú felhasználásra

[GEO5 - FEM (diák licensz) | verzió 5.19.8.0 | hardverkulcs 2191 / 1 | Szent István Egyetem Ybl Miklós Építés tudományi Kar |
Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu] http://www.hungarocad.hu]

Rug. modulus :	E =	1,00 MPa
Belső súrlódási szög :	φ_{ef} =	10,00 °
Talaj kohézió :	c_{ef} =	0,00 kPa
Delta szög :	ψ =	0,00 °
Telített térfogatsúly :	γ_{sat} =	17,00 kN/m^3

Hozzárendelések és felületek

Sz.	Felszín pozíciója	Felszín pontjainak koordinátái [m] x	z	x	z	Hozzárendelt talaj
1		107,36	-0,60	107,36	0,00	feltöltés
		95,97	0,00	11,39	0,00	
		0,00	0,00	0,00	-0,60	
2		107,36	-3,40	107,36	-0,60	puhább mészkő
		0,00	-0,60	0,00	-3,40	
3		107,36	-3,60	107,36	-3,40	fuller réteg
		0,00	-3,40	0,00	-3,60	
4		0,00	-3,60	0,00	-18,90	szilárd mészkő
		107,36	-18,90	107,36	-3,60	

Sz. pontok

Sz.	Hely x [m]	Hely z [m]	Sz.	Hely x [m]	Hely z [m]	Sz.	Hely x [m]	Hely z [m]	Sz.	Hely x [m]
1	11,39	-3,90	2	16,19	-3,90	3	16,19	-7,30	4	11,39
5	17,69	-7,30	6	17,69	-3,90	7	22,49	-3,90	8	22,49
9	25,99	-7,32	10	25,99	-3,90	11	29,69	-3,90	12	29,69
13	32,09	-8,45	14	32,09	-3,90	15	36,69	-3,90	16	36,69
17	40,07	-8,00	18	40,07	-3,90	19	46,67	-3,90	20	46,67
21	48,67	-8,30	22	48,67	-3,90	23	54,97	-3,90	24	54,97
25	56,47	-8,90	26	56,47	-3,90	27	62,94	-3,90	28	62,94
29	66,50	-8,00	30	66,50	-3,90	31	74,02	-3,90	32	74,02
33	77,32	-7,50	34	77,32	-3,90	35	82,47	-3,90	36	82,47
37	83,87	-7,50	38	83,87	-3,90	39	88,27	-3,90	40	88,27
41	90,77	-7,50	42	90,77	-3,90	43	95,97	-3,90	44	95,97
45	11,09	-3,90	46	16,49	-3,90	47	17,39	-3,90	48	22,79
49	25,69	-3,90	50	29,99	-3,90	51	31,79	-3,90	52	36,99
53	39,77	-3,90	54	46,97	-3,90	55	48,37	-3,90	56	55,27
57	56,17	-3,90	58	63,24	-3,90	59	66,20	-3,90	60	74,32
61	77,02	-3,90	62	82,77		63	83,57		64	88,57

Nem üzleti célú felhasználásra
[GEO5 - FEM (diák licensz) | verzió 5.19.8.0 | hardverkulcs 2191 / 1 | Szent István Egyetem Ybl Miklós Építés tudományi Kar |
Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu] http://www.hungarocad.hu]

Rug. modulus :	E =	1,00 MPa
Belső súrlódási szög :	φ_{ef} =	10,00 °
Talaj kohézió :	c_{ef} =	0,00 kPa
Delta szög :	ψ =	0,00 °
Telített térfogatsúly :	γ_{sat} =	17,00 kN/m^3

Hozzárendelések és felületek

Sz.	Felszín pozíciója	Felszín pontjainak koordinátái [m] x	z	x	z	Hozzárendelt talaj
1		107,36	-0,60	107,36	0,00	feltöltés
		95,97	0,00	11,39	0,00	
		0,00	0,00	0,00	-0,60	
2		107,36	-3,40	107,36	-0,60	puhább mészkő
		0,00	-0,60	0,00	-3,40	
3		107,36	-3,60	107,36	-3,40	fuller réteg
		0,00	-3,40	0,00	-3,60	
4		0,00	-3,60	0,00	-18,90	szilárd mészkő
		107,36	-18,90	107,36	-3,60	

Sz. pontok

Sz.	Hely x [m]	z [m]	Sz.	Hely x [m]	z [m]	Sz.	Hely x [m]	z [m]	Sz.	Hely x [m]
1	11,39	-3,90	2	16,19	-3,90	3	16,19	-7,30	4	11,39
5	17,69	-7,30	6	17,69	-3,90	7	22,49	-3,90	8	22,49
9	25,99	-7,32	10	25,99	-3,90	11	29,69	-3,90	12	29,69
13	32,09	-8,45	14	32,09	-3,90	15	36,69	-3,90	16	36,69
17	40,07	-8,00	18	40,07	-3,90	19	46,67	-3,90	20	46,67
21	48,67	-8,30	22	48,67	-3,90	23	54,97	-3,90	24	54,97
25	56,47	-8,90	26	56,47	-3,90	27	62,94	-3,90	28	62,94
29	66,50	-8,00	30	66,50	-3,90	31	74,02	-3,90	32	74,02
33	77,32	-7,50	34	77,32	-3,90	35	82,47	-3,90	36	82,47
37	83,87	-7,50	38	83,87	-3,90	39	88,27	-3,90	40	88,27
41	90,77	-7,50	42	90,77	-3,90	43	95,97	-3,90	44	95,97
45	11,09	-3,90	46	16,49	-3,90	47	17,39	-3,90	48	22,79
49	25,69	-3,90	50	29,99	-3,90	51	31,79	-3,90	52	36,99
53	39,77	-3,90	54	46,97	-3,90	55	48,37	-3,90	56	55,27
57	56,17	-3,90	58	63,24	-3,90	59	66,20	-3,90	60	74,32
61	77,02	-3,90	62	82,77	-3,90	63	83,57	-3,90	64	88,57

Nem üzleti célú felhasználásra

[GEO5 - FEM (diák licensz) | verzió 5.19.8.0 | hardverkulcs 2191 / 1 | Szent István Egyetem Ybl Miklós Építés tudományi Kar |
Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

Sz.	Hely x [m]	Hely z [m]	Sz.	Hely x [m]	Hely z [m]	Sz.	Hely x [m]	Hely z [m]	Sz.	Hely x [m]
65	90,47	-3,90	66	96,27	-3,90					

Sz. vonalak

Sz.	Vonal típusa	Üzemmód bevitel	Vonalak topológiája
1	szakasz		Origó (11,39; -3,90) [m] , vég (11,39; -7,30) [m]
2	szakasz		Origó (11,39; -7,30) [m] , vég (16,19; -7,30) [m]
3	szakasz		Origó (16,19; -7,30) [m] , vég (16,19; -3,90) [m]
4	szakasz		Origó (17,69; -7,30) [m] , vég (17,69; -3,90) [m]
5	szakasz		Origó (22,49; -7,30) [m] , vég (22,49; -3,90) [m]
6	szakasz		Origó (22,49; -7,30) [m] , vég (17,69; -7,30) [m]
7	szakasz		Origó (25,99; -7,32) [m] , vég (25,99; -3,90) [m]
8	szakasz		Origó (29,69; -7,32) [m] , vég (29,69; -3,90) [m]
9	szakasz		Origó (25,99; -7,32) [m] , vég (29,69; -7,32) [m]
10	szakasz		Origó (32,09; -3,90) [m] , vég (32,09; -8,45) [m]
11	szakasz		Origó (32,09; -8,45) [m] , vég (36,69; -8,45) [m]
12	szakasz		Origó (36,69; -8,45) [m] , vég (36,69; -3,90) [m]
13	szakasz		Origó (40,07; -3,90) [m] , vég (40,07; -8,00) [m]
14	szakasz		Origó (46,67; -8,00) [m] , vég (40,07; -8,00) [m]
15	szakasz		Origó (46,67; -8,00) [m] , vég (46,67; -3,90) [m]
16	szakasz		Origó (48,67; -3,90) [m] , vég (48,67; -8,30) [m]
17	szakasz		Origó (48,67; -8,30) [m] , vég (54,97; -8,30) [m]
18	szakasz		Origó (54,97; -8,30) [m] , vég (54,97; -3,90) [m]
19	szakasz		Origó (56,47; -3,90) [m] , vég (56,47; -8,90) [m]
20	szakasz		Origó (56,47; -8,90) [m] , vég (62,94; -8,90) [m]
21	szakasz		Origó (62,94; -8,90) [m] , vég (62,94; -3,90) [m]
22	szakasz		Origó (66,50; -8,00) [m] , vég (66,50; -3,90) [m]
23	szakasz		Origó (66,50; -8,00) [m] , vég (74,02; -8,00) [m]
24	szakasz		Origó (74,02; -8,00) [m] , vég (74,02; -3,90) [m]
25	szakasz		Origó (77,32; -3,90) [m] , vég (77,32; -7,50) [m]
26	szakasz		Origó (77,32; -7,50) [m] , vég (82,47; -7,50) [m]
27	szakasz		Origó (82,47; -7,50) [m] , vég (82,47; -3,90) [m]
28	szakasz		Origó (83,87; -7,50) [m] , vég (83,87; -3,90) [m]
29	szakasz		Origó (83,87; -7,50) [m] , vég (88,27; -7,50) [m]
30	szakasz		Origó (88,27; -7,50) [m] , vég (88,27; -3,90) [m]
31	szakasz		Origó (90,77; -3,90) [m] , vég (90,77; -7,50) [m]
32	szakasz		Origó (90,77; -7,50) [m] , vég (95,97; -7,50) [m]
33	szakasz		Origó (95,97; -7,50) [m] , vég (95,97; -3,90) [m]
34	szakasz		Origó (11,09; -3,90) [m] , vég (16,49; -3,90) [m]
35	szakasz		Origó (17,39; -3,90) [m] , vég (22,79; -3,90) [m]
36	szakasz		Origó (25,69; -3,90) [m] , vég (29,99; -3,90) [m]
37	szakasz		Origó (31,79; -3,90) [m] , vég (36,99; -3,90) [m]
38	szakasz		Origó (39,77; -3,90) [m] , vég (46,97; -3,90) [m]
39	szakasz		Origó (48,37; -3,90) [m] , vég (55,27; -3,90) [m]
40	szakasz		Origó (56,17; -3,90) [m] , vég (63,24; -3,90) [m]
41	szakasz		Origó (66,20; -3,90) [m] , vég (74,32; -3,90) [m]
42	szakasz		Origó (77,02; -3,90) [m] , vég (82,77; -3,90) [m]
43	szakasz		Origó (83,57; -3,90) [m] , vég (88,57; -3,90) [m]
44	szakasz		Origó (90,47; -3,90) [m] , vég (96,27; -3,90) [m]

Hálógenerálás

Nem üzleti célú felhasználásra

[GEO5 - FEM (diák licensz) | verzió 5.19.8.0 | hardverkulcs 2191 / 1 | Szent István Egyetem Ybl Miklós Építés tudományi Kar |
Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

Hálógenerálás paraméterei

Élhossz :	1,00 [m]
Hálósűrítés :	igen
Többcsomópontú elemek generálása :	igen

Hálógenerálás eredménye

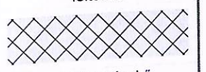
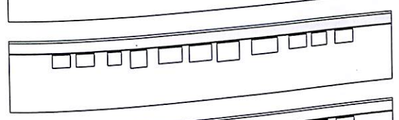
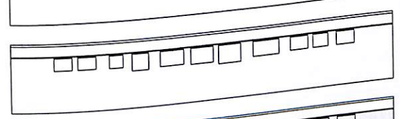
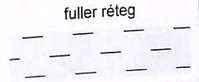
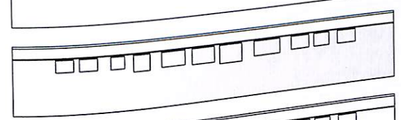
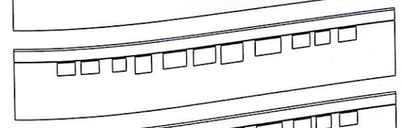
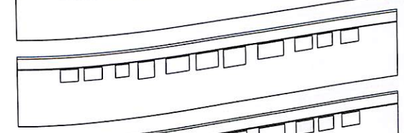
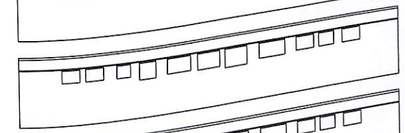
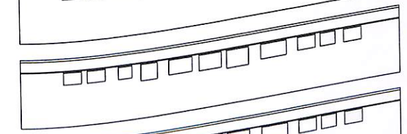
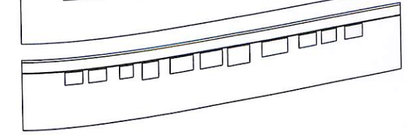
A végeselemháló sikeresen elkészült.

Csomópontok száma 12923

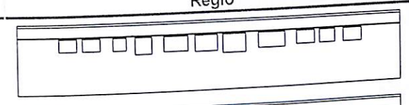
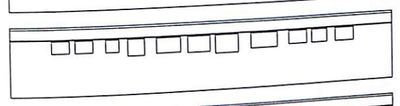
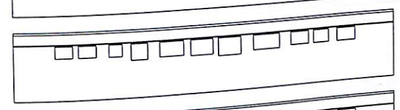
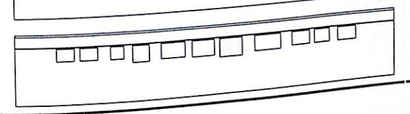
Elemek száma 7892 (régió 4680, rúd 803, felület 2409)

Adatbevitel (Kivitelezési fázis 1)

Hozzárendelés és aktiválás

Sz.	Régió	Aktív / inaktív	Hozzárendelt talaj
1		Aktív	feltöltés 
2		Aktív	puhább mészkő
3		Aktív	fuller réteg 
4		Aktív	szilárd mészkő
5		Inaktív	
6		Inaktív	
7		Inaktív	
8		Inaktív	
9		Inaktív	
10		Inaktív	

[GEO5 - FEM (diák licensz) | verzió 5.19.8.0 | hardverkulcs 2191 / 1 | Szent István Egyetem Ybl Miklós Építés tudományi Kar |
Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

Sz.	Régió	Aktív / inaktív	Hozzárendelt talaj
11		Inaktív	
12		Inaktív	
13		Inaktív	
14		Inaktív	
15		Inaktív	

Rudak

Sz.	Hely	Támasz [m] Kezdőpt.	Támasz [m] Végpt.	Figy.vesz önsúly	eresztmetsz	Anyag	Kapcsolatok bal	Kapcsolatok jobb
1	34 sz. szabad vonal	⊢	⊢	Igen	A = 1,35E+00 m^2/m; I_y = 7,00E-03 m^4/m	E = 0,20 MPa; G = 0,10 MPa; γ = 8,00 kN/m^3	(nincs megadva)	(nincs megadva)
2	35 sz. szabad vonal	⊢	⊢	Igen	A = 1,35E+00 m^2/m; I_y = 7,00E-03 m^4/m	E = 0,20 MPa; G = 0,10 MPa; γ = 8,00 kN/m^3	(nincs megadva)	(nincs megadva)
3	36 sz. szabad vonal	⊢	⊢	Igen	A = 1,07E+00 m^2/m; I_y = 6,00E-03 m^4/m	E = 0,20 MPa; G = 0,10 MPa; γ = 8,00 kN/m^3	(nincs megadva)	(nincs megadva)
4	37 sz. szabad vonal	⊢	⊢	Igen	A = 1,30E+00 m^2/m; I_y = 7,00E-03 m^4/m	E = 0,20 MPa; G = 0,10 MPa; γ = 8,00 kN/m^3	(nincs megadva)	(nincs megadva)
5	38 sz. szabad vonal	⊢	⊢	Igen	A = 1,80E+00 m^2/m; I_y = 9,00E-03 m^4/m	E = 0,20 MPa; G = 0,10 MPa; γ = 8,00 kN/m^3	(nincs megadva)	(nincs megadva)
6	39 sz. szabad vonal	⊢	⊢	Igen	A = 1,73E+00 m^2/m; I_y = 9,00E-03 m^4/m	E = 0,20 MPa; G = 0,10 MPa; γ = 8,00 kN/m^3	(nincs megadva)	(nincs megadva)

Nem üzleti célú felhasználásra

[GEO5 - FEM (diák licensz) | verzió 5.19.8.0 | hardverkulcs 2191 / 1 | Szent István Egyetem Ybl Miklós Építés tudományi Kar
Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu] http://www.hungarocad.hu]

Sz.	Hely	Támasz [m] Kezdőpt.	Végpt.	Figy.vesz önsúly	eresztmetsz	Anyag	Kapcsolatok bal	jobb
7	40 sz. szabad vonal	⊢	⊢	Igen	A = 1,77E+00 m^2/m; I_y = 9,00E-03 m^4/m	E = 0,20 MPa; G = 0,10 MPa; γ = 8,00 kN/m^3	(nincs megadva)	(nincs megadva)
8	41 sz. szabad vonal	⊢	⊢	Igen	A = 2,03E+00 m^2/m; I_y = 1,10E-02 m^4/m	E = 0,20 MPa; G = 0,10 MPa; γ = 8,00 kN/m^3	(nincs megadva)	(nincs megadva)
9	42 sz. szabad vonal	⊢	⊢	Igen	A = 1,44E+00 m^2/m; I_y = 7,00E-03 m^4/m	E = 0,20 MPa; G = 0,10 MPa; γ = 8,00 kN/m^3	(nincs megadva)	(nincs megadva)
10	43 sz. szabad vonal	⊢	⊢	Igen	A = 1,25E+00 m^2/m; I_y = 7,00E-03 m^4/m	E = 0,20 MPa; G = 0,10 MPa; γ = 8,00 kN/m^3	(nincs megadva)	(nincs megadva)
11	44 sz. szabad vonal	⊢	⊢	Igen	A = 1,45E+00 m^2/m; I_y = 8,00E-03 m^4/m	E = 0,20 MPa; G = 0,10 MPa; γ = 8,00 kN/m^3	(nincs megadva)	(nincs megadva)

Sz.	Keresztmetszet I_y [m^4/m]	A [m^2/m]	Anyag E [MPa]	G [MPa]
1	7,00E-03	1,35E+00	0,20	0,10
2	7,00E-03	1,35E+00	0,20	0,10
3	6,00E-03	1,07E+00	0,20	0,10
4	7,00E-03	1,30E+00	0,20	0,10
5	9,00E-03	1,80E+00	0,20	0,10
6	9,00E-03	1,73E+00	0,20	0,10
7	9,00E-03	1,77E+00	0,20	0,10
8	1,10E-02	2,03E+00	0,20	0,10
9	7,00E-03	1,44E+00	0,20	0,10
10	7,00E-03	1,25E+00	0,20	0,10
11	8,00E-03	1,45E+00	0,20	0,10

Vonalmenti támaszok

Sz.	Hely	Támasz X irányban	Z irányban
1	13 sz. háló él	fix	szabad
2	11 sz. háló él	fix	szabad
3	8 sz. háló él	fix	szabad
4	5 sz. háló él	fix	szabad
5	15 sz. háló él	fix	szabad
6	10 sz. háló él	fix	szabad
7	7 sz. háló él	fix	szabad
8	1 sz. háló él	fix	fix
9	14 sz. háló él	fix	

Víz

Víz típusa : Nincs víz

Nem üzleti célú felhasználásra

[GEO5 - FEM (diák licensz) | verzió 5.19.8.0 | hardverkulcs 2191 / 1 | Szent István Egyetem Ybl Miklós Építés tudományi Kar |
Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

Számítás beállításai

Általános	
Módszer :	Newton - Raphson
Merevségi mátrix megvált. :	maradjon rugalmas
Iterációk maximális száma egy számítási lépésben :	100
Kezdeti számítási lépés :	0,25
Talajparaméterek csökkentése :	c, phi csökkentése
Kezdeti csökkentő lépés :	0,90
Elmozdulási hibahatár :	0,0100
Kiegyensúlyozatlan erők hibahatára :	0,0100
Energia hibahatár :	0,0100
Anyag határfelületeinek figy. vétele :	igen
Newton - Raphson	
Számítási lépés relaxációs tényezője :	2
Számítási lépés maximális relaxációinak száma :	2
Csökkentő lépés relaxációs tényezője :	2
Csökkentő lépés maximális relaxációinak száma :	3
Minimum csökkentő lépés :	0,99
Vonal keresés	iteráció nélkül
Számítási módszer :	0,100
Vonalkeresési korlát - minimum :	1,000
Vonalkeresési korlát - maximum :	0,00100
Plaszticitás	20
Hozzárend. hibák jelzése :	
Iterációk max. száma egy plaszt. lépéshez :	

Eredmények (Kivitelezési fázis 1)

A rézsűállékonyság vizsgálat sikeresen befejeződött.
Számítás beállításai : **felhasználói**
Biztonsági tényező FS = 2,72

A számítás lefutott a talajok csökk. paramétereivel		
Régió száma	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]
1	3,68	0,00
2	11,78	92,01
3	7,36	47,85
4	13,99	184,02

Túllépte a csökkentő lépésenkénti maximális relaxációk számát.
Szélsőértékek

Feszültség (szélsőértékek)	Hely		Min	Hely		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Nincsenek kiszámolt értékek						

Alakv. (szélsőértékek)	Hely		Min	Hely		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Epszilon eq., pl. [%]	0,00	-3,40	0,00	73,66	-3,40	0,54

Pórusvíznyomások (szélsőértékek)

Nem üzleti célú felhasználásra

[GEO5 - FEM (diák licensz) | verzió 5.19.8.0 | hardverkulcs 2191 / 1 | Szent István Egyetem Ybl Miklós Építés tudományi Kar |
Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu] http://www.hungarocad.hu]

Számítás végeselem módszerrel

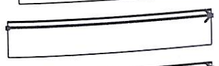
Topológia

Projekt

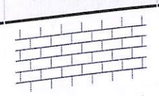
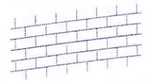
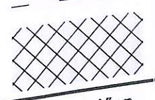
Globális beállítások

Projekt típusa :	Síkbelí alakv.
Számítás típusa :	Rézsűállékonyság
Alagutak :	nem
Bővített adatbevitel :	nem
Részletes eredmények :	nem
Beton szerkezetek :	EN 1992-1-1 (EC2)

Felület

Sz.	Felület helye	Felület pontjainak koordinátái [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0,00	0,00	11,39	0,00	95,97	0,00
		107,36	0,00				
2		0,00	-0,60	107,36	-0,60		
3		0,00	-3,40	107,36	-3,40		
4		0,00	-3,60	107,36	-3,60		

Talajparaméterek - alapadatok

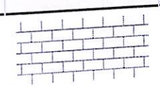
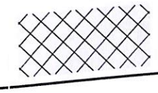
Sz.	Név	Minta	γ [kN/m³]	E [MPa]	ν [--]
1	szilárd mészkő		19,00	500,00	0,25
2	puhább mészkő		17,00	200,00	0,30
3	fuller réteg		20,00	100,00	0,35
4	feltöltés		17,00	1,00	0,45

Talajparaméterek - adatok a modellnek megfelelően

Sz.	Anyagmodell	c_{ef} [kPa]	φ_{ef} [°]	ψ [°]
1	Mohr - Coulomb	500,00	38,00	0,00
2	Mohr - Coulomb	250,00	32,00	0,00
3	Mohr - Coulomb	130,00	20,00	0,00
4	Mohr - Coulomb	0,00	10,00	0,00

[GEO5 - FEM (diák licensz) | verzió 5.19.8.0 | hardverkulcs 2191 / 1 | Szent István Egyetem Ybl Miklós Építés tudományi Kar |
Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu] http://www.hungarocad.hu]

Talajparaméterek - felhajtóerő

Sz.	Név	Minta	γ_{sat} [kN/m³]	γ_s [kN/m³]	n [–]
1	szilárd mészkő		19,00		
2	puhább mészkő		17,00		
3	fuller réteg		20,00		
4	feltöltés		17,00		

Talajparaméterek

szilárd mészkő

Anyagmodell :	Mohr - Coulomb	
Térfogatsúly :	γ =	19,00 kN/m³
Poisson tényező :	ν =	0,25
Rug. modulus :	E =	500,00 MPa
Belső súrlódási szög :	φ_{ef} =	38,00 °
Talaj kohézió :	c_{ef} =	500,00 kPa
Delta szög :	ψ =	0,00 °
Telített térfogatsúly :	γ_{sat} =	19,00 kN/m³

puhább mészkő

Anyagmodell :	Mohr - Coulomb	
Térfogatsúly :	γ =	17,00 kN/m³
Poisson tényező :	ν =	0,30
Rug. modulus :	E =	200,00 MPa
Belső súrlódási szög :	φ_{ef} =	32,00 °
Talaj kohézió :	c_{ef} =	250,00 kPa
Delta szög :	ψ =	0,00 °
Telített térfogatsúly :	γ_{sat} =	17,00 kN/m³

fuller réteg

Anyagmodell :	Mohr - Coulomb	
Térfogatsúly :	γ =	20,00 kN/m³
Poisson tényező :	ν =	0,35
Rug. modulus :	E =	100,00 MPa
Belső súrlódási szög :	φ_{ef} =	20,00 °
Talaj kohézió :	c_{ef} =	130,00 kPa
Delta szög :	ψ =	0,00 °
Telített térfogatsúly :	γ_{sat} =	20,00 kN/m³

feltöltés

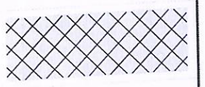
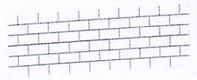
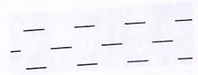
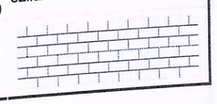
Anyagmodell :	Mohr - Coulomb	
Térfogatsúly :	γ =	17,00 kN/m³
Poisson tényező :	ν =	0,45

Nem üzleti célú felhasználásra

IGEO5 - FEM (diák licensz) | verzió 5.19.8.0 | hardverkulcs 2191 / 1 | Szent István Egyetem Ybl Miklós Építés tudományi Kar |
Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu |
[HungaroCAD Informatikai Kft.] | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

Rug. modulus :	E =	1,00 MPa
Belső súrlódási szög :	φ_{ef} =	10,00 °
Talaj kohézió :	c_{ef} =	0,00 kPa
Delta szög :	ψ =	0,00 °
Telített térfogatsúly :	γ_{sat} =	17,00 kN/m^3

Hozzárendelések és felületek

Sz.	Felszín pozíciója	Felszín pontjainak koordinátái [m] x	z	x	z	Hozzárendelt talaj
1		107,36 95,97 0,00	-0,60 0,00 0,00	107,36 11,39 0,00	0,00 0,00 -0,60	feltöltés 
2		107,36 0,00	-3,40 -0,60	107,36 0,00	-0,60 -3,40	puhább mészkő 
3		107,36 0,00	-3,60 -3,40	107,36 0,00	-3,40 -3,60	fuller réteg 
4		0,00 107,36	-3,60 -18,90	0,00 107,36	-18,90 -3,60	szilárd mészkő 

Sz. pontok

Sz.	Hely x [m]	Hely z [m]	Sz.	Hely x [m]	Hely z [m]	Sz.	Hely x [m]	Hely z [m]	Sz.	Hely x [m]
1	11,39	-3,90	2	16,19	-3,90	3	16,19	-7,30	4	11,39
5	17,69	-7,30	6	17,69	-3,90	7	22,49	-3,90	8	22,49
9	25,99	-7,32	10	25,99	-3,90	11	29,69	-3,90	12	29,69
13	32,09	-8,45	14	32,09	-3,90	15	36,69	-3,90	16	36,69
17	40,07	-8,00	18	40,07	-3,90	19	46,67	-3,90	20	46,67
21	48,67	-8,30	22	48,67	-3,90	23	54,97	-3,90	24	54,97
25	56,47	-8,90	26	56,47	-3,90	27	62,94	-3,90	28	62,94
29	66,50	-8,00	30	66,50	-3,90	31	74,02	-3,90	32	74,02
33	77,32	-7,50	34	77,32	-3,90	35	82,47	-3,90	36	82,47
37	83,87	-7,50	38	83,87	-3,90	39	88,27	-3,90	40	88,27
41	90,77	-7,50	42	90,77	-3,90	43	95,97	-3,90	44	95,97
45	11,09	-3,90	46	16,49	-3,90	47	17,39	-3,90	48	22,79
49	25,69	-3,90	50	29,99	-3,90	51	31,79	-3,90	52	36,99
53	39,77	-3,90	54	46,97	-3,90	55	48,37	-3,90	56	55,27
57	56,17	-3,90	58	63,24	-3,90	59	66,20	-3,90	60	74,32
61	77,02		62	82,77		63	83,57		64	88,57

Nem üzleti célú felhasználásra

[GEO5 - FEM (diák licensz) | verzió 5.19.8.0 | hardverkulcs 2191 / 1 | Szent István Egyetem Ybl Miklós Építés tudományi Kar |
Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu] http://www.hungarocad.hu]

Sz.	Hely x [m]	Hely z [m]	Sz.	Hely x [m]	Hely z [m]	Sz.	Hely x [m]	Hely z [m]	Sz.	Hely x [m]
65	90,47	-3,90	66	96,27	-3,90					

Sz. vonalak

Sz.	Vonal típusa	Üzemmód bevitel	Vonalak topológiája
1	szakasz		Origó (11,39; -3,90) [m] , vég (11,39; -7,30) [m]
2	szakasz		Origó (11,39; -7,30) [m] , vég (16,19; -7,30) [m]
3	szakasz		Origó (16,19; -7,30) [m] , vég (16,19; -3,90) [m]
4	szakasz		Origó (17,69; -7,30) [m] , vég (17,69; -3,90) [m]
5	szakasz		Origó (22,49; -7,30) [m] , vég (22,49; -3,90) [m]
6	szakasz		Origó (22,49; -7,30) [m] , vég (17,69; -7,30) [m]
7	szakasz		Origó (25,99; -7,32) [m] , vég (25,99; -3,90) [m]
8	szakasz		Origó (29,69; -7,32) [m] , vég (29,69; -3,90) [m]
9	szakasz		Origó (25,99; -7,32) [m] , vég (29,69; -7,32) [m]
10	szakasz		Origó (32,09; -3,90) [m] , vég (32,09; -8,45) [m]
11	szakasz		Origó (32,09; -8,45) [m] , vég (36,69; -8,45) [m]
12	szakasz		Origó (36,69; -8,45) [m] , vég (36,69; -3,90) [m]
13	szakasz		Origó (40,07; -3,90) [m] , vég (40,07; -8,00) [m]
14	szakasz		Origó (46,67; -8,00) [m] , vég (40,07; -8,00) [m]
15	szakasz		Origó (46,67; -8,00) [m] , vég (46,67; -3,90) [m]
16	szakasz		Origó (48,67; -3,90) [m] , vég (48,67; -8,30) [m]
17	szakasz		Origó (48,67; -8,30) [m] , vég (54,97; -8,30) [m]
18	szakasz		Origó (54,97; -8,30) [m] , vég (54,97; -3,90) [m]
19	szakasz		Origó (56,47; -3,90) [m] , vég (56,47; -8,90) [m]
20	szakasz		Origó (56,47; -8,90) [m] , vég (62,94; -8,90) [m]
21	szakasz		Origó (62,94; -8,90) [m] , vég (62,94; -3,90) [m]
22	szakasz		Origó (66,50; -8,00) [m] , vég (66,50; -3,90) [m]
23	szakasz		Origó (66,50; -8,00) [m] , vég (74,02; -8,00) [m]
24	szakasz		Origó (74,02; -8,00) [m] , vég (74,02; -3,90) [m]
25	szakasz		Origó (77,32; -3,90) [m] , vég (77,32; -7,50) [m]
26	szakasz		Origó (77,32; -7,50) [m] , vég (82,47; -7,50) [m]
27	szakasz		Origó (82,47; -7,50) [m] , vég (82,47; -3,90) [m]
28	szakasz		Origó (83,87; -7,50) [m] , vég (83,87; -3,90) [m]
29	szakasz		Origó (83,87; -7,50) [m] , vég (88,27; -7,50) [m]
30	szakasz		Origó (88,27; -7,50) [m] , vég (88,27; -3,90) [m]
31	szakasz		Origó (90,77; -3,90) [m] , vég (90,77; -7,50) [m]
32	szakasz		Origó (90,77; -7,50) [m] , vég (95,97; -7,50) [m]
33	szakasz		Origó (95,97; -7,50) [m] , vég (95,97; -3,90) [m]
34	szakasz		Origó (11,09; -3,90) [m] , vég (16,49; -3,90) [m]
35	szakasz		Origó (17,39; -3,90) [m] , vég (22,79; -3,90) [m]
36	szakasz		Origó (25,69; -3,90) [m] , vég (29,99; -3,90) [m]
37	szakasz		Origó (31,79; -3,90) [m] , vég (36,99; -3,90) [m]
38	szakasz		Origó (39,77; -3,90) [m] , vég (46,97; -3,90) [m]
39	szakasz		Origó (48,37; -3,90) [m] , vég (55,27; -3,90) [m]
40	szakasz		Origó (56,17; -3,90) [m] , vég (63,24; -3,90) [m]
41	szakasz		Origó (66,20; -3,90) [m] , vég (74,32; -3,90) [m]
42	szakasz		Origó (77,02; -3,90) [m] , vég (82,77; -3,90) [m]
43	szakasz		Origó (83,57; -3,90) [m] , vég (88,57; -3,90) [m]
44	szakasz		Origó (90,47; -3,90) [m] , vég (96,27; -3,90) [m]

[GEO5 - FEM (diák licensz) | verzió 5.19.8.0 | hardverkulcs 2191 / 1 | Szent István Egyetem Ybl Miklós Építés tudományi Kar |
Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

Hálógenerálás paraméterei

Élhossz :	1,00 [m]
Hálósűrítés :	igen
Többcsomópontú elemek generálása :	igen

Hálógenerálás eredménye

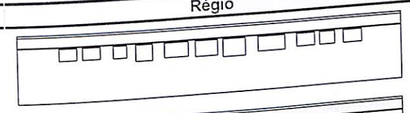
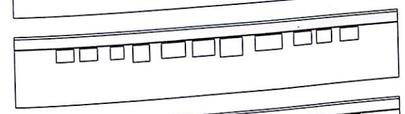
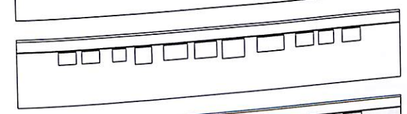
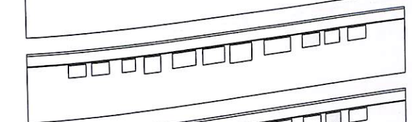
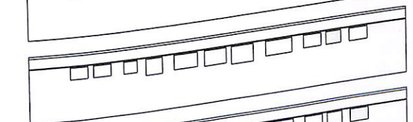
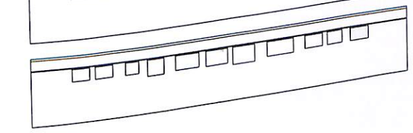
A végeselemháló sikeresen elkészült.

Csomópontok száma 12923

Elemek száma 7892 (régió 4680, rúd 803, felület 2409)

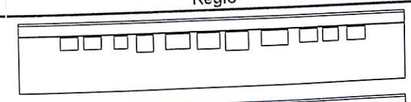
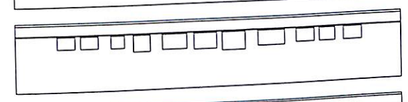
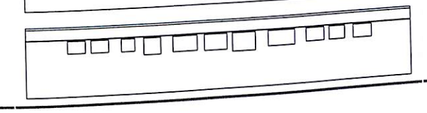
Adatbevitel (Kivitelezési fázis 1)

Hozzárendelés és aktiválás

Sz.	Régió	Aktív / inaktív	Hozzárendelt talaj
1		Aktív	feltöltés
2		Aktív	puhább mészkő
3		Aktív	fuller réteg
4		Aktív	szilárd mészkő
5		Inaktív	
6		Inaktív	
7		Inaktív	
8		Inaktív	
9		Inaktív	
10		Inaktív	

Nem üzleti célú felhasználásra

[GEO5 - FEM (diák licensz) | verzió 5.19.8.0 | hardverkulcs 2191 / 1 | Szent István Egyetem Ybl Miklós Építés tudományi Kar |
Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu] http://www.hungarocad.hu]

Sz.	Régió	Aktív / inaktív	Hozzárendelt talaj
11		Inaktív	
12		Inaktív	
13		Inaktív	
14		Inaktív	
15		Inaktív	

Rudak

Sz.	Hely	Támasz [m] Kezdőpt.	Támasz [m] Végpt.	Figy.vesz önsúly	eresztmetsz	Anyag	Kapcsolatok bal	Kapcsolatok jobb
1	34 sz. szabad vonal	⊢	⊢	Igen	A = 1,35E+00 m^2/m; I_y = 7,00E-03 m^4/m	E = 0,20 MPa; G = 0,10 MPa; γ = 8,00 kN/m^3	(nincs megadva)	(nincs megadva)
2	35 sz. szabad vonal	⊢	⊢	Igen	A = 1,35E+00 m^2/m; I_y = 7,00E-03 m^4/m	E = 0,20 MPa; G = 0,10 MPa; γ = 8,00 kN/m^3	(nincs megadva)	(nincs megadva)
3	36 sz. szabad vonal	⊢	⊢	Igen	A = 1,07E+00 m^2/m; I_y = 6,00E-03 m^4/m	E = 0,20 MPa; G = 0,10 MPa; γ = 8,00 kN/m^3	(nincs megadva)	(nincs megadva)
4	37 sz. szabad vonal	⊢	⊢	Igen	A = 1,30E+00 m^2/m; I_y = 7,00E-03 m^4/m	E = 0,20 MPa; G = 0,10 MPa; γ = 8,00 kN/m^3	(nincs megadva)	(nincs megadva)
5	38 sz. szabad vonal	⊢	⊢	Igen	A = 1,80E+00 m^2/m; I_y = 9,00E-03 m^4/m	E = 0,20 MPa; G = 0,10 MPa; γ = 8,00 kN/m^3	(nincs megadva)	(nincs megadva)
6	39 sz. szabad vonal	⊢	⊢	Igen	A = 1,73E+00 m^2/m; I_y = 9,00E-03 m^4/m	E = 0,20 MPa; G = 0,10 MPa; γ = 8,00 kN/m^3	(nincs megadva)	(nincs megadva)

[GEO5 - FEM (diák licensz) | verzió 5.19.8.0 | hardverkulcs 2191 / 1 | Szent István Egyetem Ybl Miklós Építés tudományi Kar |
Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu] http://www.hungarocad.hu]

Sz.	Hely	Támasz [m] Kezdőpt.	Végpt.	Figy.vesz önsúly	eresztmetsz	Anyag	Kapcsolatok bal	jobb
7	40 sz. szabad vonal	⊢	⊢	Igen	A = 1,77E+00 m^2/m; I_y = 9,00E-03 m^4/m	E = 0,20 MPa; G = 0,10 MPa; γ = 8,00 kN/m^3	(nincs megadva)	(nincs megadva)
8	41 sz. szabad vonal	⊢	⊢	Igen	A = 2,03E+00 m^2/m; I_y = 1,10E-02 m^4/m	E = 0,20 MPa; G = 0,10 MPa; γ = 8,00 kN/m^3	(nincs megadva)	(nincs megadva)
9	42 sz. szabad vonal	⊢	⊢	Igen	A = 1,44E+00 m^2/m; I_y = 7,00E-03 m^4/m	E = 0,20 MPa; G = 0,10 MPa; γ = 8,00 kN/m^3	(nincs megadva)	(nincs megadva)
10	43 sz. szabad vonal	⊢	⊢	Igen	A = 1,25E+00 m^2/m; I_y = 7,00E-03 m^4/m	E = 0,20 MPa; G = 0,10 MPa; γ = 8,00 kN/m^3	(nincs megadva)	(nincs megadva)
11	44 sz. szabad vonal	⊢	⊢	Igen	A = 1,45E+00 m^2/m; I_y = 8,00E-03 m^4/m	E = 0,20 MPa; G = 0,10 MPa; γ = 8,00 kN/m^3	(nincs megadva)	(nincs megadva)

Sz.	Keresztmetszet I_y [m^4/m]	A [m^2/m]	Anyag E [MPa]	G [MPa]
1	7,00E-03	1,35E+00	0,20	0,10
2	7,00E-03	1,35E+00	0,20	0,10
3	6,00E-03	1,07E+00	0,20	0,10
4	7,00E-03	1,30E+00	0,20	0,10
5	9,00E-03	1,80E+00	0,20	0,10
6	9,00E-03	1,73E+00	0,20	0,10
7	9,00E-03	1,77E+00	0,20	0,10
8	1,10E-02	2,03E+00	0,20	0,10
9	7,00E-03	1,44E+00	0,20	0,10
10	7,00E-03	1,25E+00	0,20	0,10
11	8,00E-03	1,45E+00	0,20	0,10

Vonalmenti támaszok

Sz.	Hely	Támasz X irányban	Z irányban
1	13 sz. háló él	fix	szabad
2	11 sz. háló él	fix	szabad
3	8 sz. háló él	fix	szabad
4	5 sz. háló él	fix	szabad
5	15 sz. háló él	fix	szabad
6	10 sz. háló él	fix	szabad
7	7 sz. háló él	fix	szabad
8	1 sz. háló él	fix	fix
9	14 sz. háló él	fix	

[GEO5 - FEM (diák licensz) | verzió 5.19.8.0 | hardverkulcs 2191 / 1 | Szent István Egyetem Ybl Miklós Építés tudományi Kar |
Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu] http://www.hungarocad.hu]

Teher

Sz.	Típus	Hely / 1. Pont z [m] / x_1 [m]	Origó / 1. Pont x [m] / z_1 [m]	Hossz / 2. Pont l [m] / x_2 [m]	Szél. / 2. Pont b [m] / z_2 [m]	Lejtés α [°]	Intenzitás q, q_1, f, F	Intenzitás q_2	Intenzitás egység
1	sávos	terepen	x = 0,00	l = 107,36		0,00	50,00		kN/m²

Számítás beállításai

Általános	
Módszer :	Newton - Raphson
Merevségi mátrix megvált. :	maradjon rugalmas
Iterációk maximális száma egy számítási lépésben :	100
Kezdeti számítási lépés :	0,25
Talajparaméterek csökkentése :	c, phi csökkentése
Kezdeti csökkentő lépés :	0,90
Elmozdulási hibahatár :	0,0100
Kiegyensúlyozatlan erők hibahatára :	0,0100
Energia hibahatár :	0,0100
Anyag határfelületeinek figy. vétele :	igen
Newton - Raphson	
Számítási lépés relaxációs tényezője :	2
Számítási lépés maximális relaxációinak száma :	2
Csökkentő lépés relaxációs tényezője :	2
Csökkentő lépés maximális relaxációinak száma :	3
Minimum csökkentő lépés :	0,99
Vonal keresés	iteráció nélkül
Számítási módszer :	0,100
Vonalkeresési korlát - minimum :	1,000
Vonalkeresési korlát - maximum :	0,00100
Plaszticitás	20
Hozzárend. hibák jelzése :	
Iterációk max. száma egy plaszt. lépéshez :	

Eredmények (Kivitelezési fázis 1)

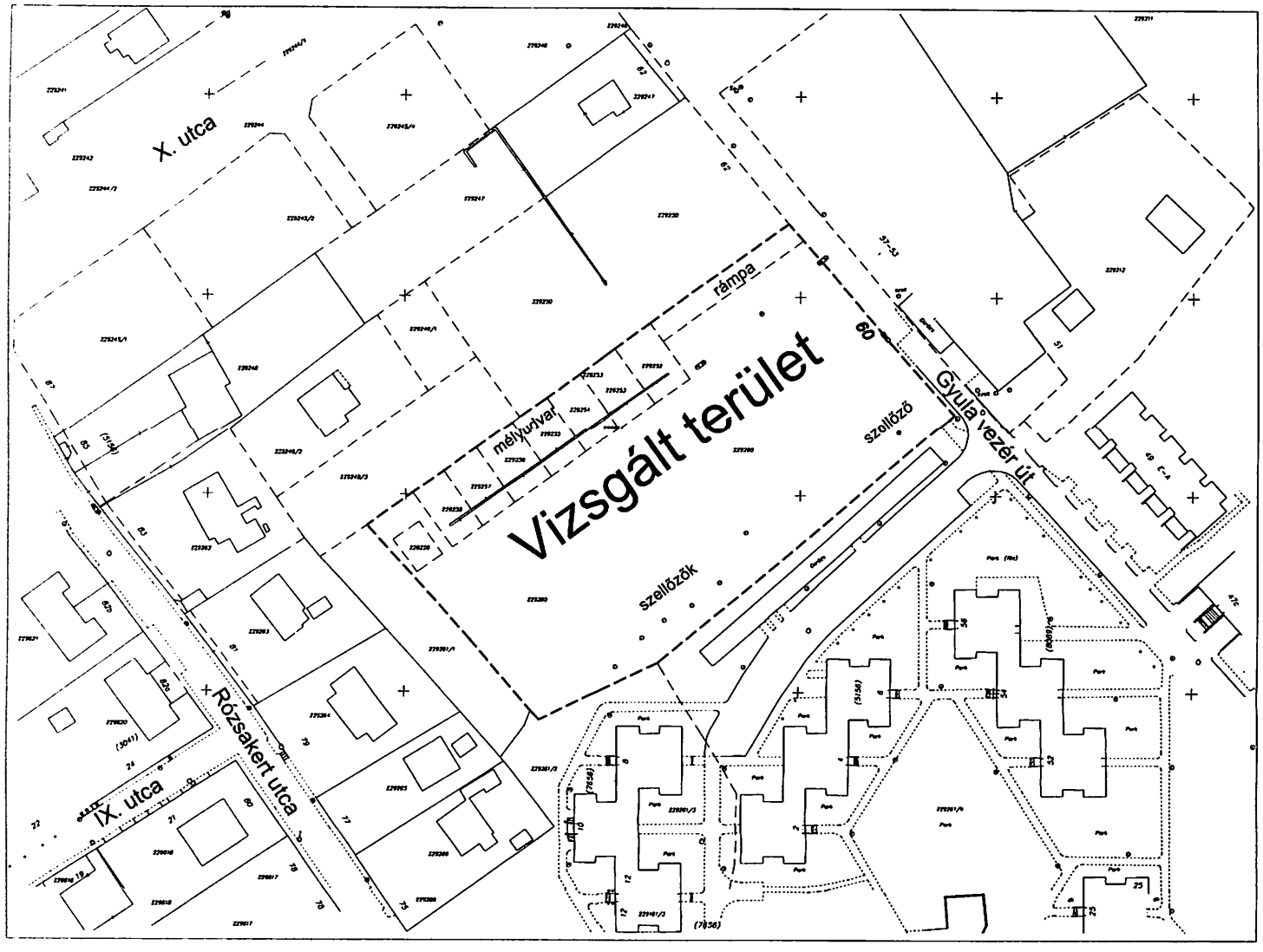
A rézsűállékonyság vizsgálat sikeresen befejeződött.
Számítás beállításai : **felhasználói**
Biztonsági tényező FS = 1,81

A számítás lefutott a talajok csökk. paramétereivel		
Régió száma	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]
1	5,54	0,00
2	17,73	138,49
3	11,08	72,01
4	21,05	276,98

Túllépte a csökkentő lépésenkénti maximális relaxációk számát.
Szélsőértékek

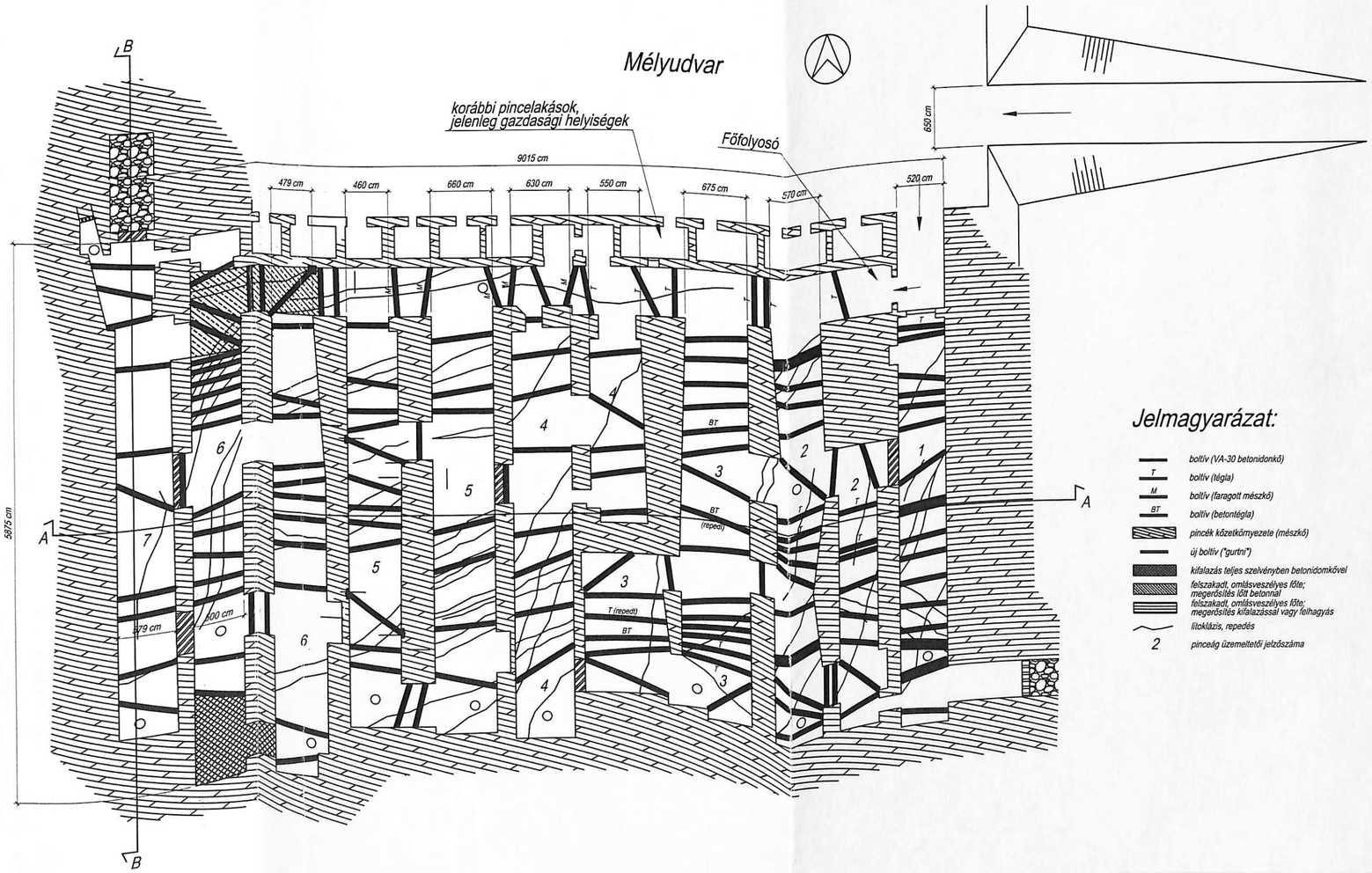
Alakv. (szélsőértékek)	Hely x [m]	Hely z [m]	Min	Hely x [m]	Hely z [m]	Max
	0,00	-3,40	0,00	73,66	-3,40	0,77
Epszilon eq., pl. [%]						!

! [GEO5 - FEM (diák licensz) | verzió 5.19.8.0 | hardverkulcs 2191 / 1 | Szent István Egyetem Ybl Miklós Építés tudományi Kar |
Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu] http://www.hungarocad.hu]



Készítette: Martin Béla	Intézmény: SZIE-YMÉK Geotechnika Szakcsoport
Konzulens: Dr. Horváth-Kálmán Eszter	Rajznév: Átnézeti helyszínrajz
Tárgy: Szakirányú diplomamunka	Méretarány: Nem méretarányos
Dátum: 2015.05.19.	Tervszám: G-1

GEOTECHNIKAI HELYSZÍNRAJZ

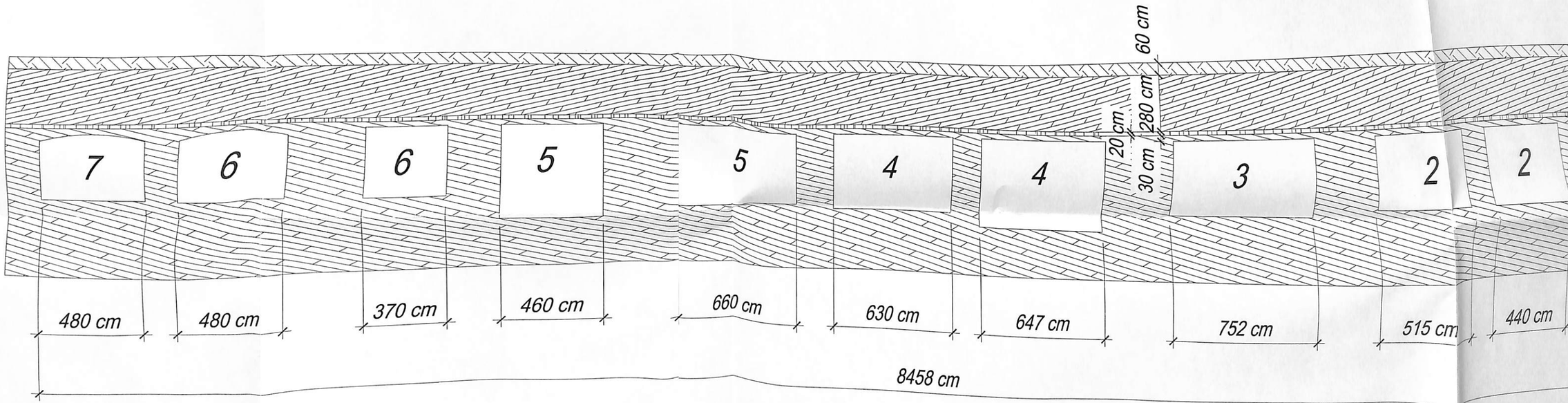


Jelmagyarázat:

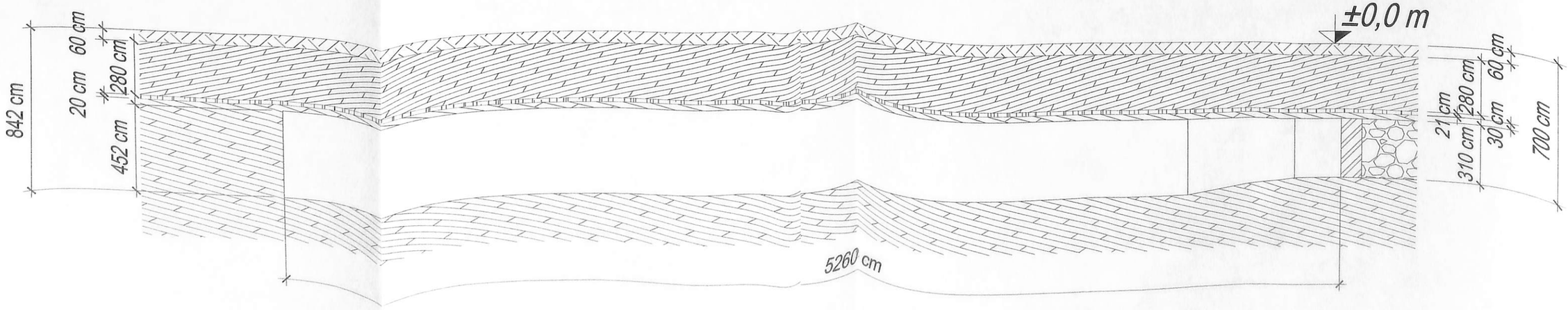
- boltív (VA-30 betonidonkő)
- T — boltív (tégla)
- M — boltív (faragott mészkő)
- BT — boltív (betontégla)
- pincék kőzetkörnyezete (mészkő)
- új boltív ("gurtni")
- kifalazás teljes szelvényben betonidomkővel
- felszakadt, omlásveszélyes főte; megerősítés lőtt betonnal
- felszakadt, omlásveszélyes főte; megerősítés kifalazással vagy felhagyás
- litoklázis, repedés
- 2 — pinceág üzemeltetői jelzőszáma

Készítette: Martin Béla	Intézmény: SZIE-YMÉK Geotechnika Szakcsoport
Konzulens: Dr. Horváth-Kálmán Eszter	Rajznév: Geotechnikai Helyszínrajz
Tárgy: Szakirányú diplomamunka	Méretarány: 1:500
Dátum: 2015.05.19.	Tervszám: G-2

A-A metszet



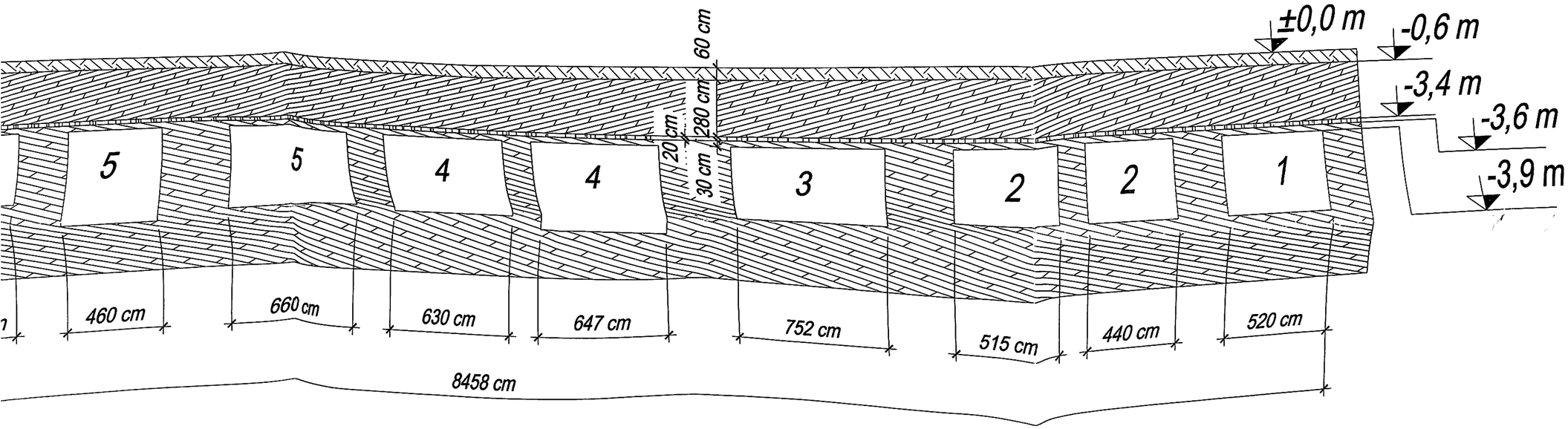
B-B metszet



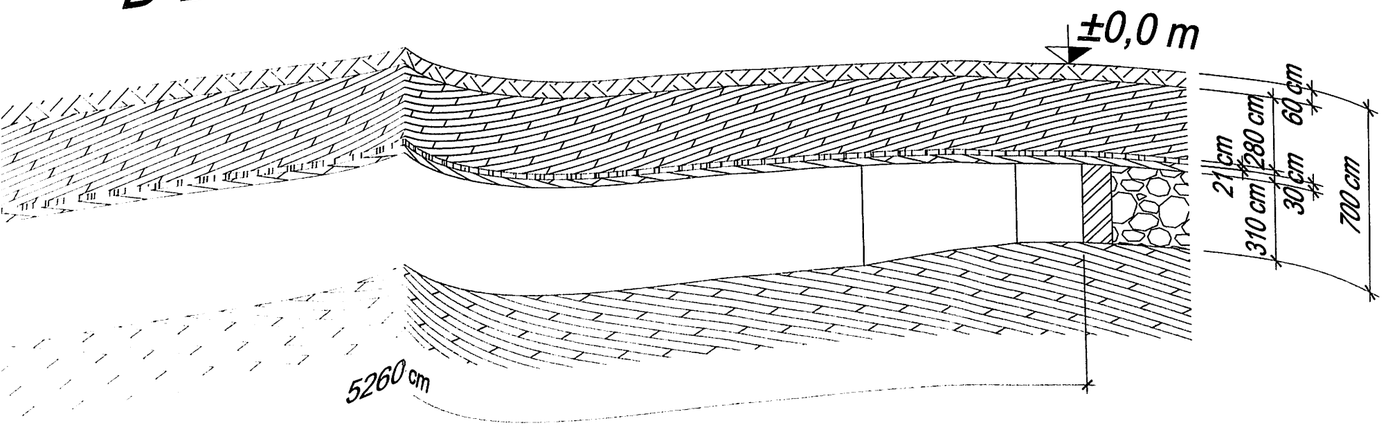
Készítette

Martin Bé

A-A metszet



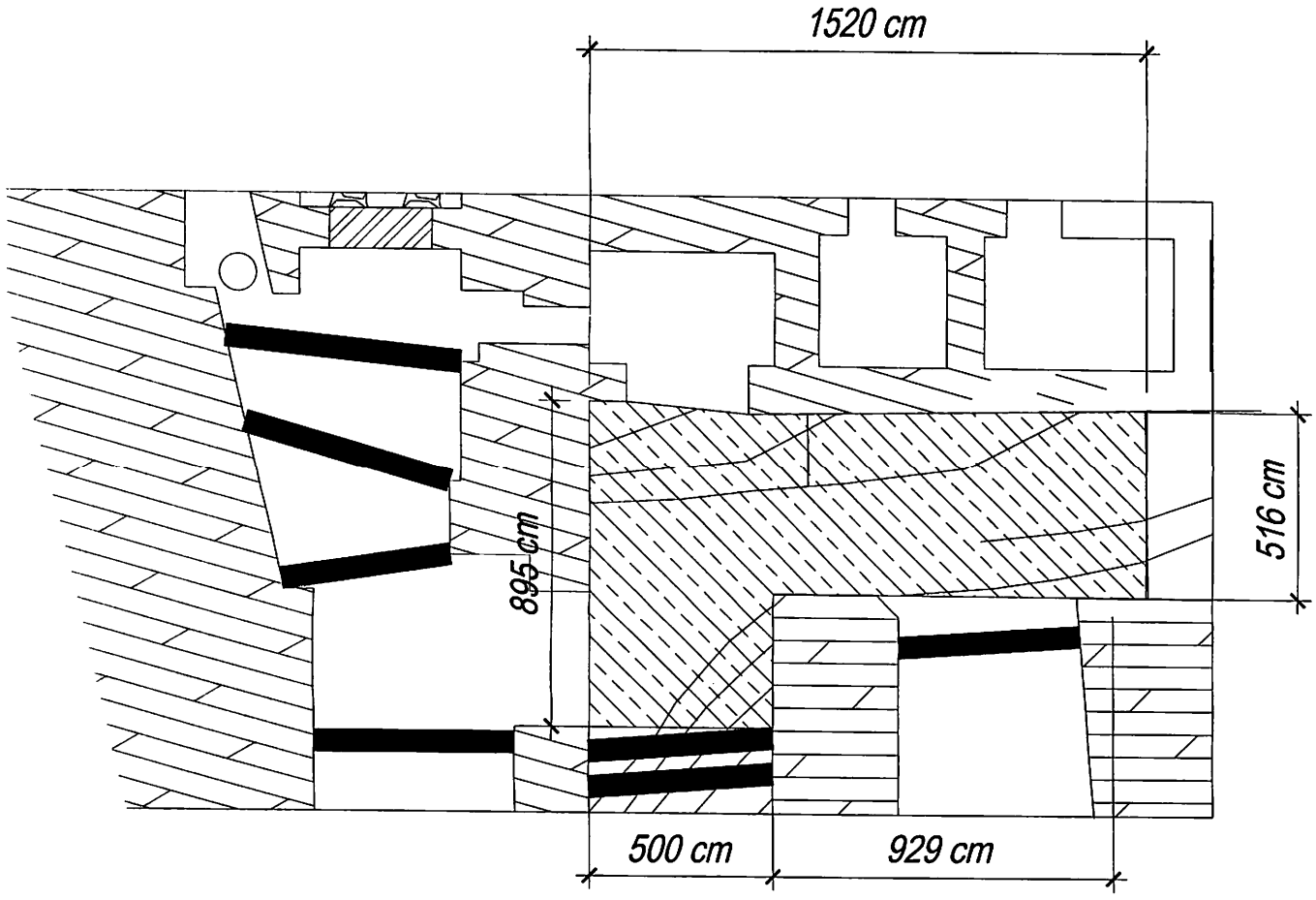
B-B metszet



Jelmagyarázat:

- humuszos feltöltés
- repedezett, rétegzett, kisszilárdságú mészkő
- agyagos, bentonitos, vízre érzékeny betelepülés ("Fuller-réteg")
- kedvezőbb szilárdságú mészkő

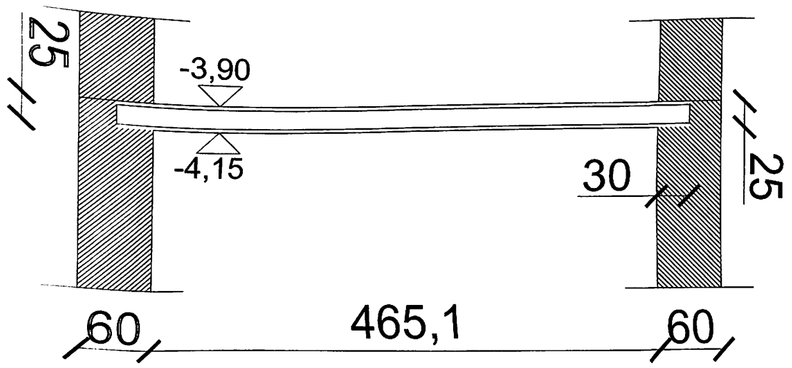
Készítette: Martin Béla	Intézmény: SZIE-YMÉK Geotechnika Szakcsoport
Konzulens:	Rajznév: A-A, B-B Metszetek



Készítette: Martin Béla	**Intézmény:** SZIE-YMÉK Geotechnika Szakcsoport
Konzulens: Dr. Horváth-Kálmán Eszter	**Rajznév:** Tervezett lőtt beton
Tárgy: Szakirányú diplomamunka	**Méretarány:** 1:200
Dátum: 2015.05.19.	**Tervszám:** G-4

Lőtt beton lemez

C-C Metszet



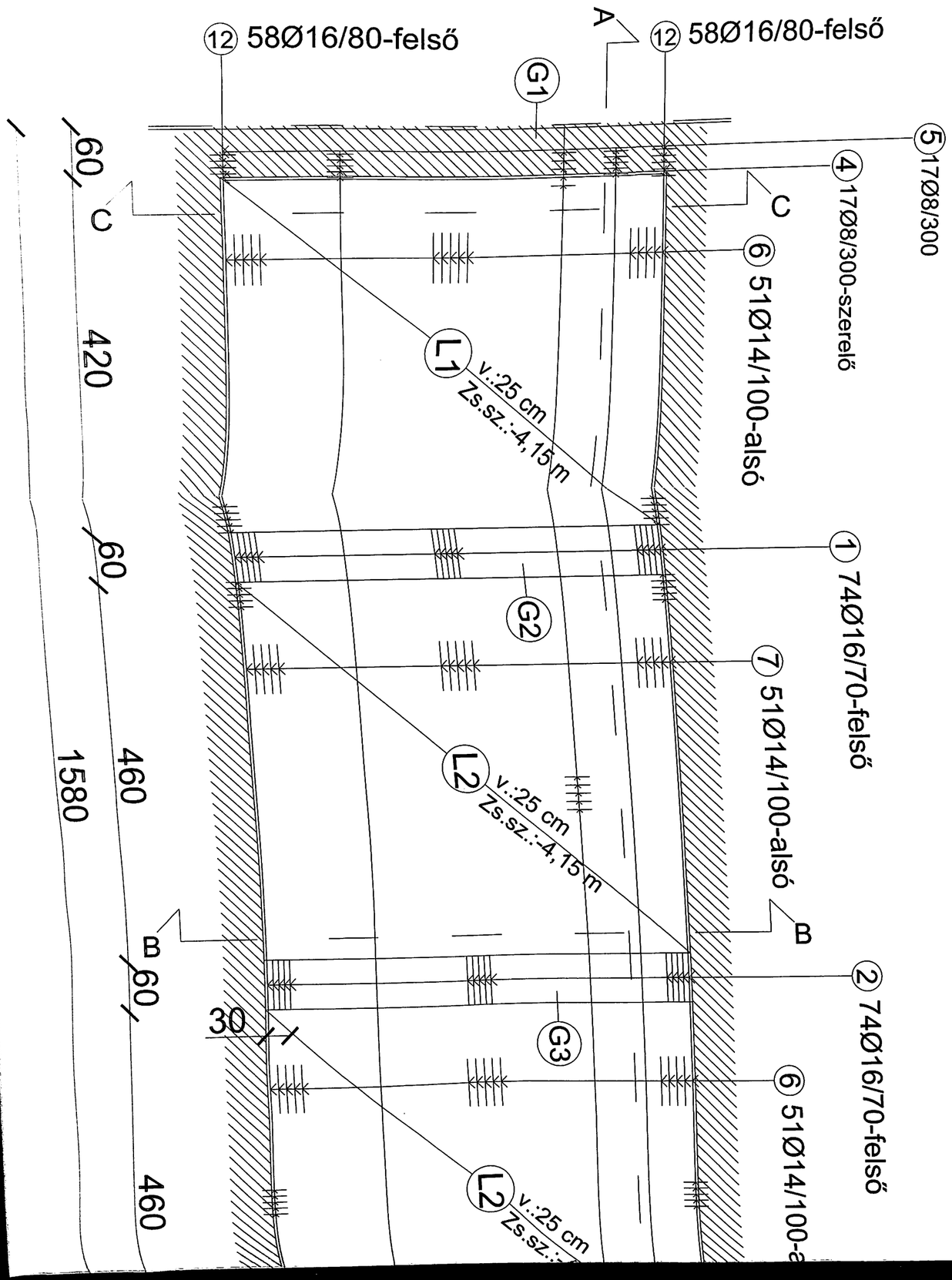
⑫ 62Ø16/80-felső-2,0

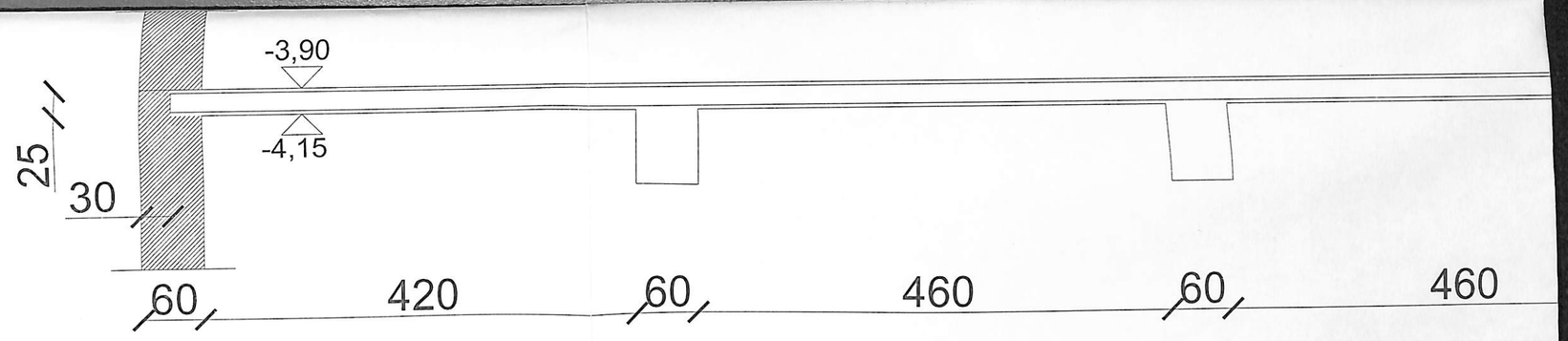
20 160 20

⑫ 62Ø16/80-felső-2,0

20 160 20

A-A Metszet





④ 17Ø8/300-szerelő-1,9

20 | 170

① 74Ø16/70-felső-2,8

20 | 240 | 20

② 74Ø16/70-felső-3,4

20 | 300 | 20

③ 7

8 | 30/30 ⑤ 17Ø8/300

⑥ 51Ø14/100-alsó-6,0 | 26

⑦ 51Ø14/100-alsó-3,9 | 26

⑥ 51Ø14/100-alsó

Betonacél kimutatás

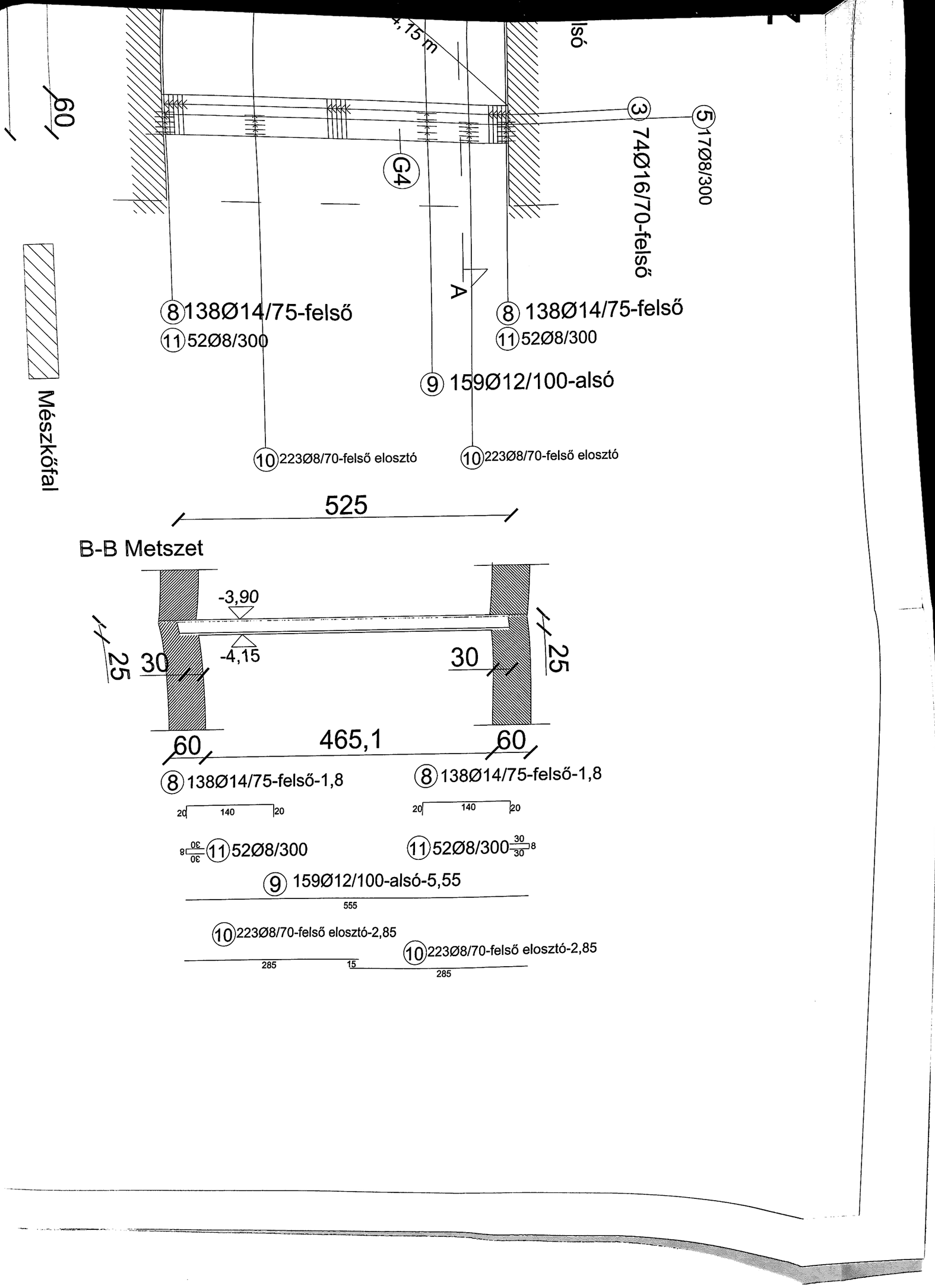
Jel	db	Ø	l	Hossz
[-]	[mm]	[m]	[Ø8]	[Ø12]	[Ø14]	[Ø16]

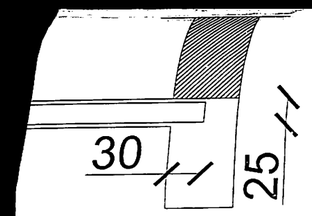
Megjegyzések:

Anyagminőség:

Beton C35/45-XC2-16-F3

Betonacél B 500





Betonacél kimutatás

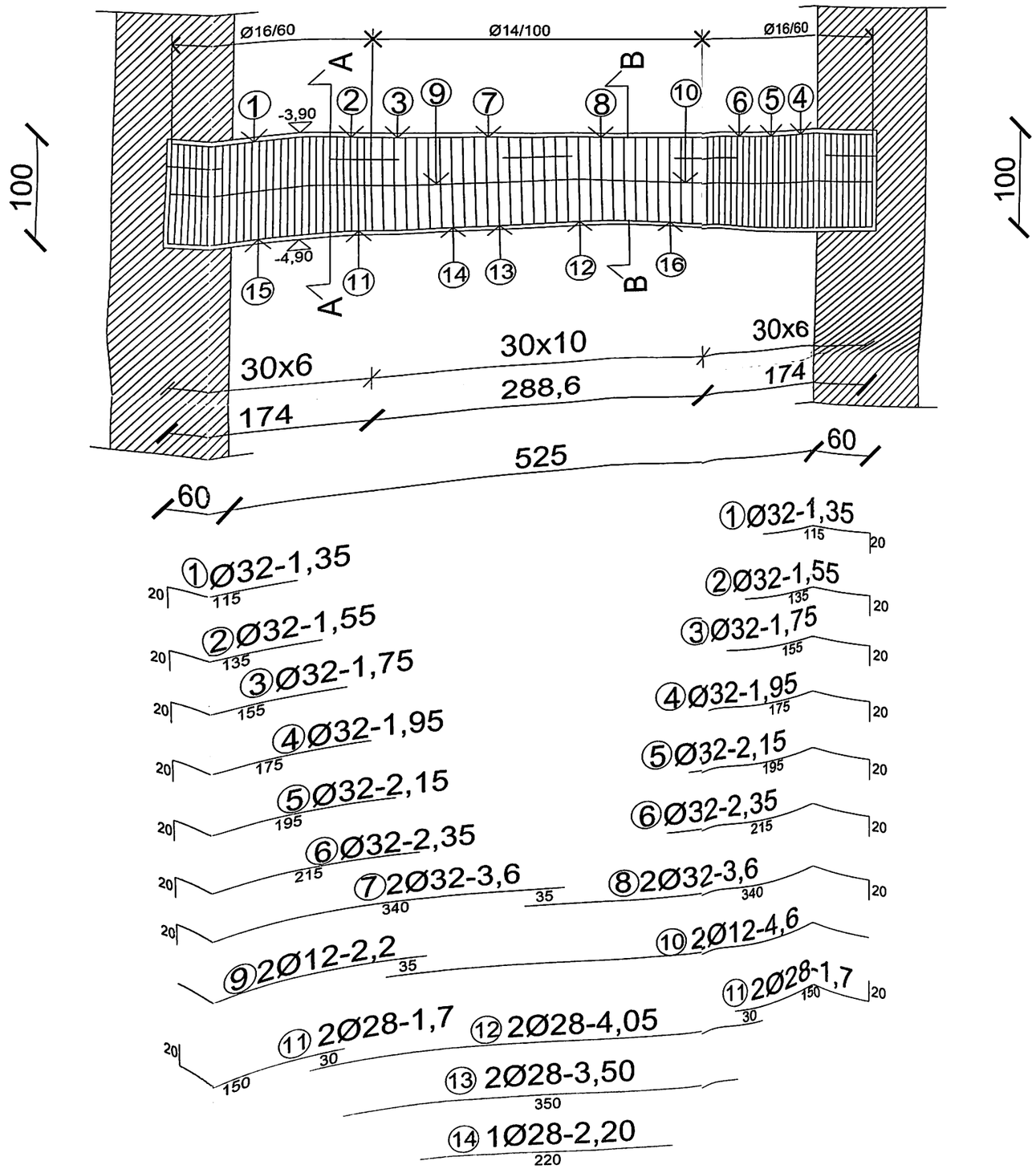
Jel	db	Ø	l	Hossz			
	[-]	[mm]	[m]	[Ø8]	[Ø12]	[Ø14]	[Ø16]
1	74	16	2,8				207,2
2	74	16	3,4				251,6
3	74	16	1,9				140,6
4	17	8	1,9	32,3			
5	17	8	0,68	11,56			
6	102	14	6,0			612,0	
7	51	14	3,9			198,9	
8	276	14	1,8			496,8	
9	159	12	5,55		882,45		
10	446	8	2,85	1271,1			
11	104	8	0,68	70,72			
12	124	16	2,0				248,0
Összes hossz [m]				1385,68	882,45	1307,77	847,40
Tömeg [kg]				0,394	0,887	1,210	1,580
Tömeg átmérőként [kg]				545,96	782,73	1582,40	1338,89
Összes betonacél [kg]				4249,98			

Anyagminőség:
Beton C35/45-XC2-16-F3
Betonacél B 500
Betontakarás: 3,5 cm
A betonozást csak a műszak ellenőr építési naplóba írt engedélyével szabad megkezdeni.
Kapcsolodó tervek: S-2

Készítette: Martin Béla	Intézmény: SZIE-YMÉK Geotechnika Szakcsoport
Konzulens: Dr. Horváth-Kálmán Eszter	Rajznév: Lőtt beton lemez vasalási terv
Tárgy: Szakirányú diplomamunka	Méretarány: 1:50
Dátum: 2015.05.19.	Tervszám: S-1

G3 Gerenda

M=1:50



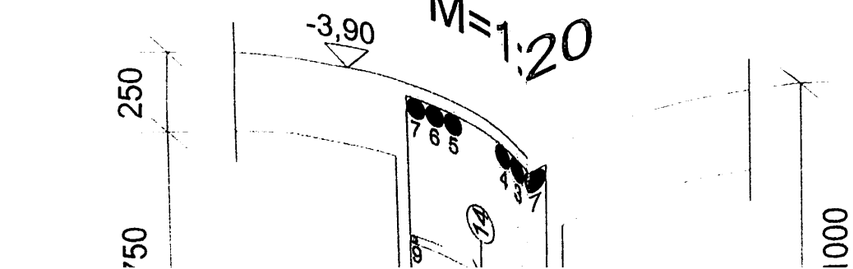
Betonacél kimutatás

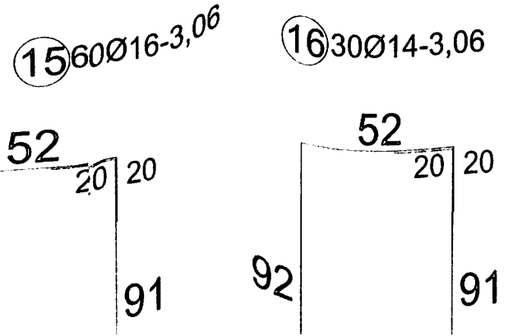
Jel	db	Ø	l	Hossz					
	[-]	[mm]	[m]	[Ø10]	[Ø12]	[Ø14]	[Ø16]	[Ø28]	[Ø32]
1	2	32	1,35						2,70
2	2	32	1,55						3,10
3	2	32	1,75						3,50
4	2	32	1,95						3,90
5	2	32	2,15						4,30
6	2	32	2,35						4,70
7	2	32	3,6						7,20
8	2	32	3,6						7,20
9	4	12	2,2		8,80				
10	2	12	4,6		9,20				
11	4	28	1,7					6,80	
12	2	28	4,05					8,10	
13	1	28	3,5					3,50	
14	15	28	2,2					33,0	
15	60	16	3,06				183,6		
16	30	14	3,06			91,80			
17	15	10	0,70	10,50					
Összes hossz [m]				10,50	18,00	91,80	183,6	51,40	36,60
Tömeg [kg]				0,616	0,887	1,21	1,58	4,83	6,31
Tömeg átmérőként [kg]				6,468	15,97	111,08	290,09	248,26	230,95
Összes betonacél [kg]				902,81					

Megjegyzések
Anyagminőség:
Beton C35/45-XC2-16-F3
Betonacél B 500
Betontakarás: 4,2 cm
A betonozást csak a műszak ellenőr építési naplóbe
engedélyével szabad megkezdeni.
Kapcsolodó tervek: S-1

A-A Metszet

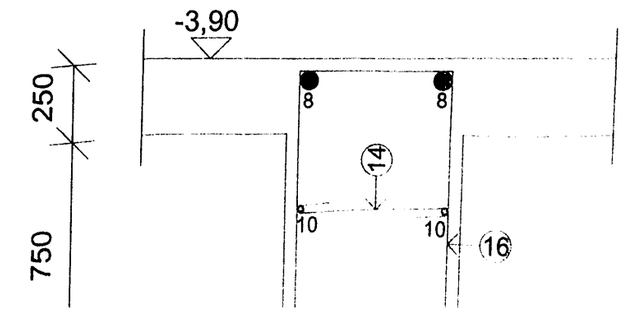
M=1:20





B-B Metszet

M=1:20



a írt

1000

Készítette: Martin Béla	**Intézmény:** SZIE-YMÉK Geotechnika Szakcsoport
Konzulens: Dr. Horváth-Kálmán Eszter	**Rajznév:** G3 jelű gerenda vasalási terv
Tárgy: Szakirányú diplomamunka	**Méretarány:** 1:50
Dátum: 2015.05.19.	**Tervszám:** S-2