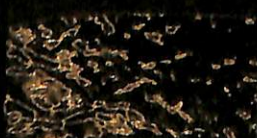


Szent István Egyetem
Ybl Miklós Építéstudományi Kar

SZAKDOLGOZAT

Ferenchegyí Ádám
2015





SZENT ISTVÁN
EGYETEM

Dr.Dombay Gábor PhD.
intézetigazgató, főiskolai tanár



YBL MIKLÓS ÉPÍTÉSTUDOMÁNYI KAR, BUDAPEST

Építőmérnöki Intézet

Cím: 1146 Budapest, Thököly út 74.

Tel.: +36-1-252-1270

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

SZAKDOLGOZAT KIÍRÁS 2015

Ferenchegyí Ádám

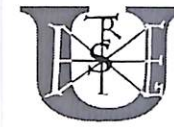
Nappali Építőmérnök szakos
hallgató részére

A feladat címe:	Egri Borvár pincerendszerének ellenőrzése és modellezése
Belső konzulens:	Dr. Horváth-Kálmán Eszter adjunktus
Külső konzulens:	Román Árpád okl. mérnökgeológus, okl. bányaművelő mérnök Czap Zoltán okl. építőmérnök, Budapesti Műszaki Egyetem mestertanár

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

Budapest, 2015. június 1.

Dr. Dombay Gábor
intézetigazgató



Részletes feladatkiírás

Ferenchegy Ádám

Nappali Építőmérnök
hallgató részére

Egri Borvár pincerendszerének ellenőrzése és modellezése

című szakdolgozatához

Bevezetés, téma ismertetése

Pincerendszerek megerősítési vagy felszámolási lehetőségeinek áttekintése

Egri Borvár területének geológiai, hidrogeológiai és szeizmicitás áttekintése

Az Egri Borvár kivitelezésével kapcsolatos munkák bemutatása

A vizsgált pincerendszer modellezése, ellenőrzése

Összefoglalás

Beadandó munkarészek

Számítási melléklet

Átnézetes helyszínrajz M=1:500

Részletes helyszínrajz M=1:150

Jellemző modellezett keresztmetszelvények M=1:100

Vágatbővítés helyszínrajz részlet M=1:100

Budapest, 2015. június 1.


Dr. Horváth-Kálmán Eszter
belső konzulens



SZENT ISTVÁN
EGYETEM



YBL MIKLÓS ÉPÍTÉSTUDOMÁNYI KAR, BUDAPEST

SZAKDOLGOZAT

**Egri Borvár pincerendszerének ellenőrzése és
modellezése**

Készítette: **Ferenchegyí Ádám**

Neptun kód: [REDACTED]

Belső konzulens: **Dr. Horváth-Kálmán Eszter PHD.**

Külső konzulens: **Román Árpád** okl. bányamérnök
Czap Zoltán okl. építőmérnök, mestertanár

2015.

Tartalom

Bevezetés	3 -
1. Általános ismertetés	4 -
1.1. Az Egri borospincék kialakulása és bemutatása napjainkig.....	4 -
1.2. A pincék állapotromlásának okai	6 -
1.3. Pincerendszerek felszámolása, megszüntetése.....	10 -
1.3.1. Omlasztásos megszüntetés:	11 -
1.3.2. Kötőanyaggal készülő tömedékelés:	12 -
1.3.3. Száraz (kőrakatos) tömedékelés:	14 -
1.3.4. A hidromechanizációs, hidraulikus (iszap) tömedékelés:	15 -
1.3.5. Sűrített levegős száraz tömedékelés:	18 -
1.4. Pincék megerősítése	20 -
1.4.1. Épített szerkezettel való megerősítés (idomkő).....	23 -
1.4.2. Lőttbetonos technológia (shotcrete)	25 -
1.4.3. Kőzetcsavarozás (horgonyzás)	33 -
2. A vizsgált helyszín	39 -
2.1. Előzmények.....	39 -
2.2. Helyszíni viszonyok.....	40 -
2.3. Geológia.....	41 -
2.4. Hidrogeológia, éghajlat	46 -
2.5. Szeizmicitás	47 -
3. Kivitelezési munkák	49 -
3.1. Kivitelezés előtti, meglévő pincerendszer ismertetése.....	49 -
3.2. Megvalósult pincerendszer bemutatása.....	50 -
3.2.1. Pince tömedékelések	50 -
3.2.2. Új pinceágak vájása.....	52 -
4. Pince modellezése, ellenőrzése GEO5 szoftverrel	55 -
4.1. Keresztmetszetek felvétele	55 -
4.1. Anyagjellemzők meghatározása.....	56 -
4.1.2. Riodácit ártufa paramétereinek meghatározása:.....	57 -
4.1.3. Kőzetpillér alábetonozás paramétereinek meghatározása:	61 -
4.1.4. Régi pince tömedékelése	62 -
4.1.5. Régi bányaudvari feltöltés.....	63 -
4.1.6. Felső pinceág „feltöltése”	63 -
4.2. Kapott eredmények kiértékelése, összegzése.....	64 -
Összegzés:.....	72 -
Felhasznált irodalom	73 -
Számítási melléklet	76 -

Bevezetés

Magyarország Európában egyedülálló abban, hogy a települések közel 20 %-a alatt pincerendszerek húzódnak. A pincék és földalatti üregek keletkezésének több oka is van. Ahol megfelelő természeti adottságok voltak ott tárolási, hadászati, vagy sok esetben barlanglakásnak fenntartott üregeket alakítottak ki. Jelentős történelmi múltra tekintenek vissza ezek az üregek, pincerendszerek ezért állapotuk megóvása egységes célként kell, hogy a szemünk előtt lebegjen. 1976-2006. között az Országos Pince- és Partfalprogram keretében több mint 270 településen végeztek veszély elhárítási munkákat. A problémák kezelésére olyan gyakorlat alakult ki, mely nemzetközi viszonylatban is egyedülálló volt. Az elmúlt 4 évtizedben rengeteg magyarországi település küzdött a földalatti üregekkel, nem megfelelően kezelt pincék, földalatti tárolótér megerősítésével vagy megszüntetésével. Fontosnak tartom, hogy a városaink alatt húzódó sok esetben több km-es pincerendszereket jó állapotukban megőrizzük, ezzel fejte hajtva nagy történelmi múltjuk előtt. A XX. század második felében a felgyorsult urbanizálódás hatására megsokszorozódtak a problémák, melyek egyaránt hatással vannak a közmű, úthálózatra és a felszínen lévő létesítményekre.

Szakdolgozat témám kiválasztásakor is figyelembe vettem azt a tényt, hogy a pincékkel kapcsolatos munkák a szakma egy félreeső területéhez tartoznak, viszont nagy odafigyelést igényelnek. Külső konzulensem Román Árpád ajánlotta a témát, egy korábban általa felügyelt pince bővítését az Egri Borvárét. Szakdolgozatom két fő részből áll. Első részében Egerre koncentrálni bemutatom a város pincéinek történelmét, valamint a földalatti üregekkel, pincékkel kapcsolatos veszély elhárítási munkákat a pincék megszüntetésétől a megerősítési módokig. Második felében bemutatom az általam végzett kutatómunkát az Egri Borvárra vonatkozóan, valamint végezelem szoftverben történő modellezés fázisait és eredményeit. Külön köszönetet szeretnék mondani konzulenseimnek Dr. Horváth-Kálmán Eszternek, Czap Zoltánnak és Román Árpádnak az általuk nyújtott segítségért.

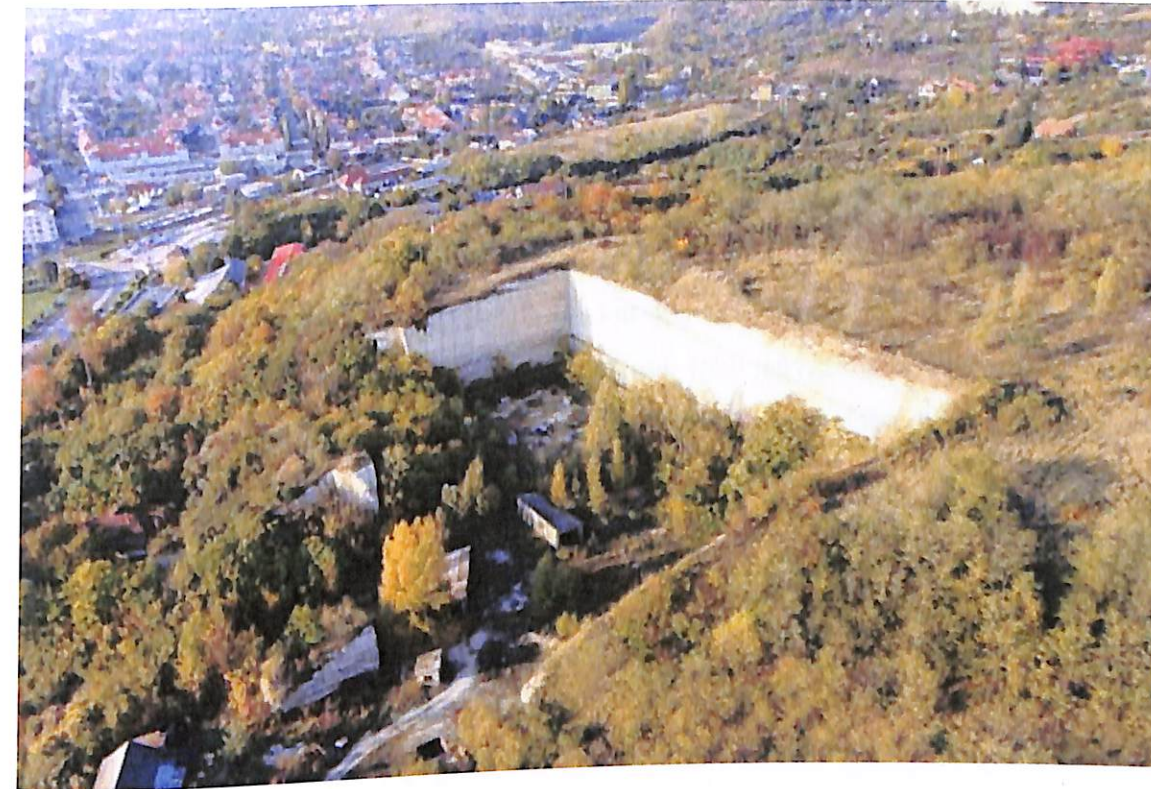
1. Általános ismertetés

1.1. Az Egri borospincék kialakulása és bemutatása napjainkig

Eger (latinul Agria), a Mátra és a Bükk között, az Eger- patak völgyében, közvetlenül a Bükk délnyugati lábánál helyezkedik el. A 2014-es népszámláláskor a város népessége 54527 fő volt, ezzel Észak-Magyarország második legnépesebb városa Miskolc után. Népsűrűsége 613,54 fő/km², területe 92,24 fő/km².

Az Egri pincék kőzetanyaga jellemzően riodácit-, riolittufa, forrásvízi mészkő, homokkő és márga. Szakdolgozatom által vizsgált pincerendszer riodácit ártufába lett mélyítve ezért a későbbiekben főleg az ilyen kőzetanyagú pincékre fókuszálok.

A város határában több száz méter vastagságban csaknem mindenütt megtalálható a miocén kor fő kőzettípusa a *riodácittufa*. Ez a kőzet világossárga színű, porlékony, viszonylag laza kőzet már a legegyszerűbb eszközökkel is könnyen megmunkálható, faragható. A honfoglalást követő időktől kedvelt építőanyaga a városnak és kedvező tulajdonságai hozzájárultak ahhoz, hogy Eger városa alatt minden képzeletet felülmúló üregrendszert építsenek ki az évszázadok alatt. A kőzet rendkívül kedvező adottságokkal üregrendszert építsenek ki az évszázadok alatt. A kőzet rendkívül kedvező adottságokkal bír, száraz állapotában könnyű megmunkálhatósága mellett szilárd. Így a benne kialakított üregek állékonyak és egyenletes hőmérsékletet biztosítanak, ami alkalmas bor és más termékek tárolására. Bomlása révén keletkezett agyagtalajon alakult ki a történelmi borvidékek java része. A tufa kedvező kőzetfizikai tulajdonságait a Kistályai úton lévő felhagyott tufabánya 20 m magas falai is bizonyítják melyek a mai napig stabilan állnak (1. kép). [3] [4]



1. kép: Felhagyott tufabánya a Kistályai úton. Forrás: <http://www.paintballeger.hu>

Történelmi áttekintés

A borvidéki szőlő- és borkultúra közel 1000 éves múlttal rendelkezik ezen a területen, amely alapvetően meghatározta és napjainkban is meghatározza az itt élő emberek életét. A 14. században már az Eger vidéki dombok java részét a szőlő foglalja el. Ebben az időben jelent meg hazánkban a bortömlős szállítás helyébe lépő hordóban el. Ezzel együtt az eddig létező pincéknek is nagyobb szerep jut. A 15. században megindul a bortermelés virágzása és a 16. századra Eger és a környező települések a bor monokultúra helyeivé válnak és beindul a nemzetközi borkereskedelem is. A korábbi időszakokkal ellentétben már nem csak az a fontos, hogy tetemes mennyiséget termeljenek a borból, hanem minőségi követelményeket is támasztanak vele szemben. Rájönnek, hogy a bor minőségére komoly hatással van a pince, ezért a monokultúrális szőlőműveléshez elengedhetetlen a jelentős számú és méretű pince. A 16. században már írásos dokumentumok igazolják, hogy magánkézen is vannak pincék nem csak egyházi tulajdonban. A török hódoltság idején (1596-1687) már az általam vizsgált területen a Tihamérban már több nagyméretű pince létezett, amiből külön kiemelném a Templom-domb kiterjedt pincerendszerét, ami Eger elfoglalása után a

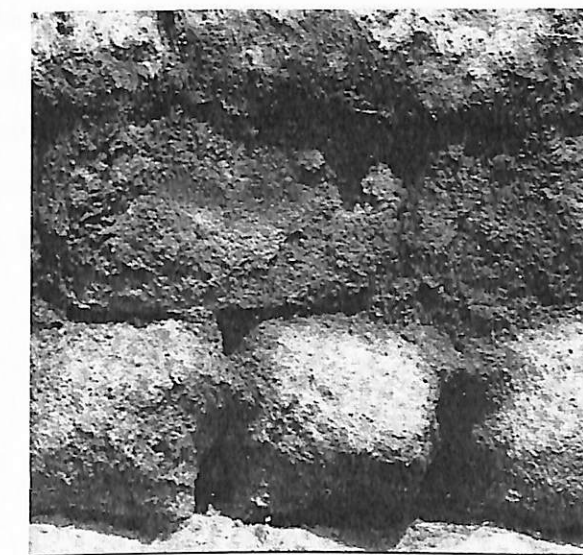
magyar katonáknak adott menedéket. Ezeket az üregeket később a török felszámolta, betöltötte. 1973-ban ezen a területen egy épületkárosodás történt, majd a közút is felszakadt. A vizsgálat során ismeretlen pincejárat tárult fel. A tömedékanyagból előkerült 16. századi agyagedény hitelesítette az itteni pincék korai felszámolását. [4] A 18. század környékén a pincék szerepe megváltozott. Megjelent az igény tágabb helységekre, mivel a pincéket ebben az időben a tárolás mellett fontos szerepet kapott a feldolgozás. Az általam vizsgált pincerendszernél a borház a pince elé van építve, míg a szomszédos pince borháza a sziklafalba lett kialakítva. A pincék eltérő mérete és kialakítására valamint jellegére 18. században már több jegyzék is utal miszerint borház, pinceház, pincelyuk megkülönböztetéssel veszi őket nyilvántartásba. A Tihamér területén már 12 pincét számolnak, míg a teljes belterületen mintegy 600-700 lyukpince volt. A 19. század közepére ez a szám elérte az ezres nagyságrendet. Ki szeretnék még térni arra a tényre, hogy a feudalizmus korában a pincék nem csak bor tárolására és feldolgozásra voltak használva, hanem úgynevezett *lapidea domuncula*, vagy *habitabile cellarium* azaz barlang-lakás szerepet is betöltött. A pincék szaporodásával megjelentek a problémák is. Az egyre elszaporodó pincék építése felszínsüllyedésekhez és ezzel járó épületkárokhoz vezettek, így a város területén már alig maradt lehetőség újabb pincéket mélyíteni.

1.2. A pincék állapotromlásának okai

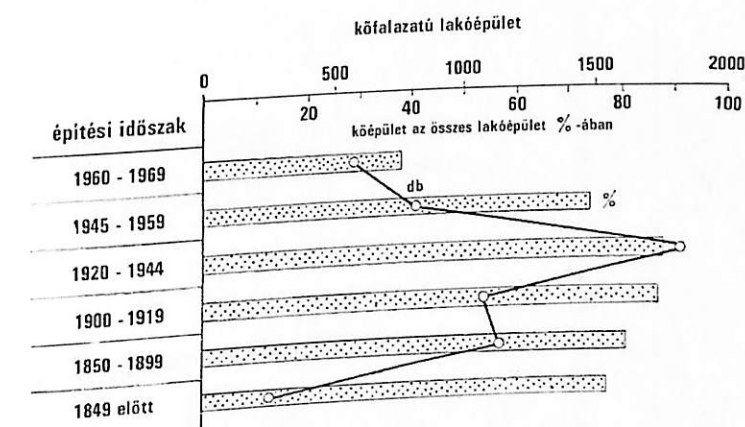
Egerben a pincék mélyítése során kitermelt tufát többek közt a lakóházak építésére is használták. Statisztikai szempontból pozitívként könyvelik ezt el, viszont a riodácit tufa közismerten kiváló nedvszívó képességekkel rendelkezik. A kőházak -kivétel az újabb építésű házak mészke lábazatától – gyakorlatilag szigetelés nélkül épült házak a talajból felszívott nedvesség hatására levetik magukról a vakolatot (2. kép), és ha ez a vizesedés sokáig fenn áll, akkor a tufa tömbök erősebb mállása is bekövetkezik (3. kép). Az épületek állapotmegóvásában ez különösen nagy problémákat okozott. Napjainkban az új, speciális szigetelési technológiákkal ezt a problémát utólag is ki lehet küszöbölni, de amíg ez nem volt, a városnak évről évre gondoskodni kellett az épületek újravakolásáról. A 4. képen jól látható, hogy a város épületeinek milyen nagy hányada épült tufából.



2. kép: Víz hatására a tufa leveti a vakolatot
Forrás: [4. p. 255.]



3. kép: A tufa közettömbök előrehaladottabb mállása Forrás: [4. p. 255.]

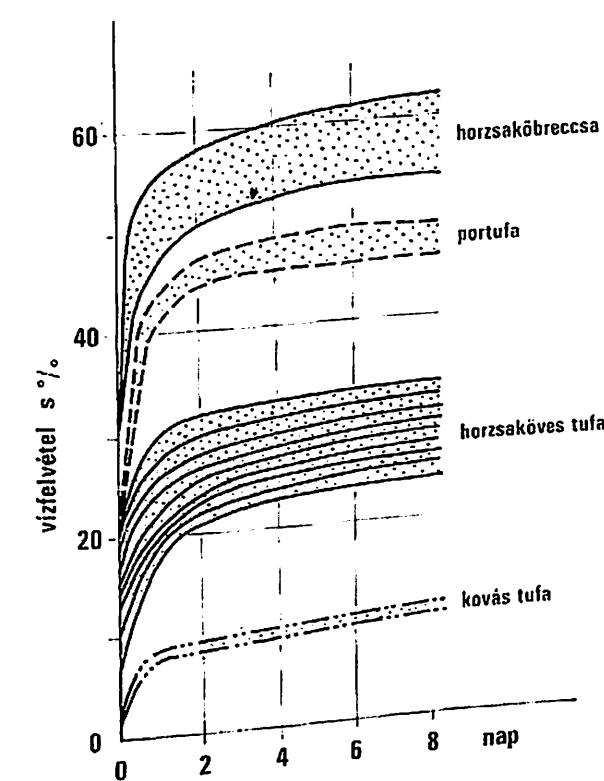


4. kép: A riódácittufa szerepe a város építkezésében. Forrás: [4. p. 254.]

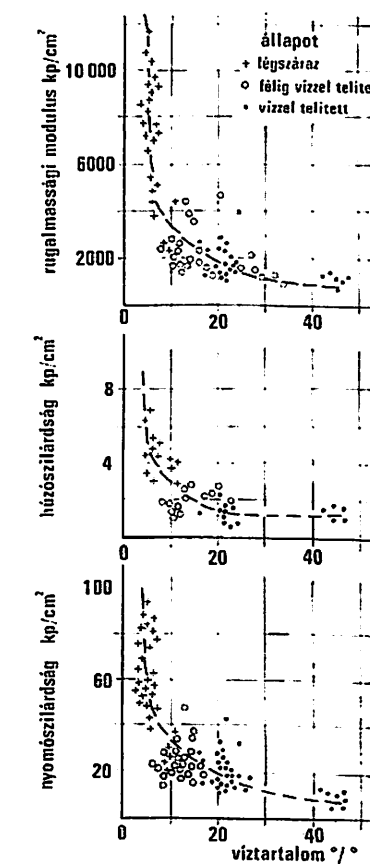
A riódácittufába „számoskőbe” mélyült pincék a város uralkodó pincetípusát képviselik. Általánosságban igaz a tufába vágott pincékre – ez alól nem képeznek kivételt a régi pincék sem – a jól megmunkált felület és eltérő formájú, de majd minden esetben a boltozatos kiképzés. Ilyen kialakítású pincék már a 16. században jelen voltak, de a 18. századra tehető az elterjedésük. Ezek a pincék általában fellazult, legtöbb helyen gyengén áthalmozott felső tufaösszletbe mélyülnek.

A tufa ásványos összetételében kevés kristályos rész van, melyek a következők: kvarc, biotit, amfibol. Ezeken felül jellemző még a horzsakőtartalom, amely gyakran az ököl nagyságot is eléri. A nagy horzsakőtartalom igen kedvezőtlen, mivel nagy (60-70%)

vízfelvétele van (5. kép). A 6. képen jól megfigyelhető, hogy vízfelvétel után milyen drasztikusan csökken a teherbírása ennek a kőzetnek. A riódácit ártufa átlagos összetétele százalékosan a következő: alapanyag 63%, horzsakő 18%, kőzetzárvány 4%, fenokristály (kvarc, biotit, amfibol) 15%. A nagy porozitásából következik, hogy a víz a fő tényező a tufa állapotromlásában. A vizes környezetben, a tufát ferdén átszelő nyitott kőzetrésekben és elválási felületek mentén megindul a kőzet agyagásványos mállása, így a kőzet szilárdsága drasztikusan lecsökken.



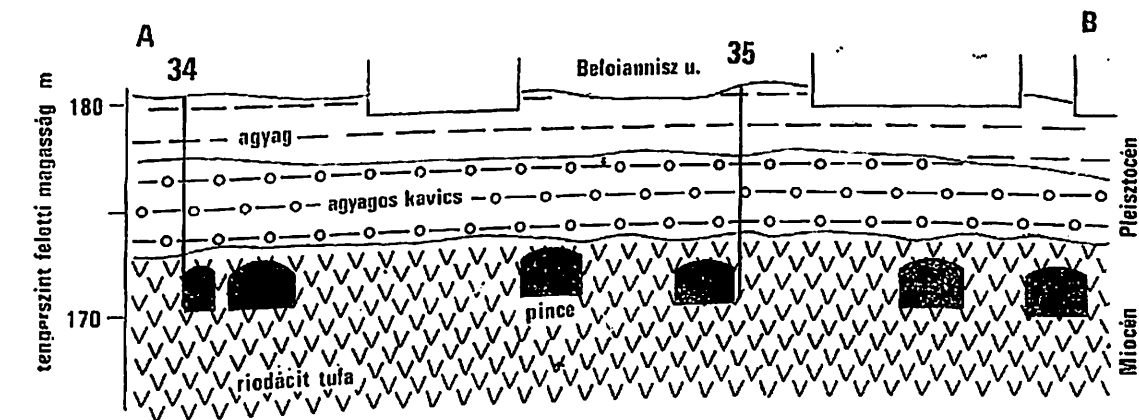
5. kép: A különböző összetételű és típusú riódácittufák vízfelvétele. Forrás: [4. p. 272.]



6. kép: A riódácittufák szilárdságának csökkenése a víztartalom növekedésével. Forrás: [4. p. 272.]

Az állapotromlásban a kőzetmállás, általános előregedési folyamat és az elviesedés mellett fontos tényező a pincék elhelyezkedési módja, egymáshoz viszonyított helyzetük és a felszín alatti mélységük. Ez azért fontos, mert minél közelebb helyezkednek el a pincék a felszínhez, annál érzékenyebbek a felszíni hatásokra, statikus és dinamikus terhelésekre. Mindezek jelentős többletproblémákat okoznak, ráadásul a

mélységi helyzethez kedvezőtlen adottságként kapcsolódik a földtani felépítés. A pincék nagy részének fedőjében alig egy – két méter tufa réteg van. Fedőre általában az Eger patak agyagos teraszkvics hordaléka, majd erre lejtőtörmelékes agyag, vagy néhol mesterséges feltöltés települ (7. kép).



7. kép: A tufapincék mélységi helyzete és földtani környezete [4. p. 288.]

A tufába vágott pincék alaprajzilag két fő csoportba sorolhatóak:

- Egyik jellemző kialakítási mód a *sávpillérek* hagyásával mélyített, egymással csaknem párhuzamosan futó ágak, esetenként egy – két oldalfiókkal. A város bel – és külterületén ez a domináns pincetípus, mérete erősen változó. Az egyházi pincéknek hatalmas méretei voltak.
- *Főtengelyből ujjszerűen szétágazó* pincék, melyek nagyszámú 20 – 30 ágat, fiókot tartalmaznak. Lényegében ezek is sávpillér rendszerűek. Ez a kialakítási mód valószínű, hogy azonos vagyoni helyzetű, egy térségben lakó szegényebb emberek közösen kialakított pincetípusa.

Nagy problémát jelent, hogy ezek a pincék sűrű elhelyezkedése miatt a *sávpillérek csupán 10 – 20 cm vastagságúak*, így az elvizesedés és a mállás miatt leromlott közetállapot, megnövekedett terhelés mellett már nem állékonyak. Ilyen esetekben nem csak főtesszakadással, hanem *pillérek törésével, összeomlásával* is számolni kell. [4.]

1.3. Pincerendszerek felszámolása, megszüntetése

A hatalmas kiterjedésű pincerendszernek a fokozatos állapotromlása az utóbbi időben egyre súlyosabbá vált. A közet előrehaladó mállása, előregedése következtében végbemenő bomlási folyamat általában lassan érzékelhető, de nagy kiterjedésű károkat tud okozni. Napjainkra a járműforgalom növekedésével a statikus és dinamikus igénybevételek jelentősen növekedtek. Csőtörésből eredő átázás miatt általában gyors tönkremenetel tapasztalható az érintett pincéknél. 1970-es években már elindították az leromlott állapotú üregek ideiglenes vagy végleges megtámasztását bányászati módszerekkel. A 70'-es években a városi pincebeszakadások nagy hányada elvizesedés miatt következett be, de általában több tényező együttes megléte – elvizesedés, időbeli romlás, dinamikus hatás – volt a kiváltó ok. [4.] Pinceveszély-elhárításnál fontos kérdés, hogy kinek a tulajdonában van az adott pince, vagy pincerendszer. A helyhatóságok közpénzből gazdálkodnak, mely mindig jóval kevesebb, mint amire szükség lenne egy-egy projekt során. Az omlásveszélyes, vagy már jelenleg is károsodott pincék, földalatti üregek veszélytelenítésének két fő módoszata alakult ki: a pincéket vagy meg kell szüntetni, vagy meg kell erősíteni.

Megszüntetés alatt azt értjük, hogy az üreget, vagy pinceteret teljes mértékben feltöltjük valamilyen anyaggal, mely kitöltés hosszú távon – ez több évszázadot is jelenthet – megfelelő megtámasztást nyújt az oldalfalaknak, és megakadályozza a felső határolósík (főte) süllyedését, beszakadását. Erre a célra a bányászatban régóta ismert két eljárás, az úgynevezett omlasztás és a tömedékelés alkalmas. Az üregek, pincék esetleg mélyművelésű bányaterek felhagyásakor az a cél, hogy ne maradjon a felszín alatt olyan kitöltetlen bányatér, üreg, ami felszínen süllyedést vagy esetleges mozgásokat okozhatna. Ezek a mozgások az épületekben, utakban és közműhálózatokban is egyaránt komoly károkat tudnak okozni. Melyek sok esetben megelőzhetőek lehetnének, viszont a városok alacsony költségvetése miatt, amit fentebb már említettem általában nem a legmegfelelőbb vagy legkorszerűbb technológiákat alkalmazzák.

1.3.1. Omlasztásos megszüntetés:

A bányászati feltárási, fejtési munkálatok nagy hányadát már úgy alakították ki, hogy a haszonanyag (szén, érc) kifejtése után engedték a főte beszakadását egy meghatározott távolságra a fejtési helytől. Ezzel a felhagyott, már nem művelendő járatokban lévő kőzetekben a „folytonossági hiány” megszűnik, kialakul egy összefüggő kőzettest, így a behajlási zóna fölött lévő rétegek nem károsodnak. Sajnos a természet nem mindig úgy cselekszik, ahogy azt mi eltervezzük, ezért az ilyen omlasztások felett sokszor alakul ki felszínsüllyedés. Vannak területek Magyarországon, ahol a bányavágatok felett 2-3 méteres mozgást is mértek. Ennek oka sok esetben a módszer nem megfelelő helyen való alkalmazása (felszínhez túl közel) omlasztottak, vagy hanyag munkavégzés, esetleg nem jól megválasztott technológiát használtak. Az omlasztásos fejtés technológiájára számos módszert kidolgoztak nagynevű elődeink. A keskenyhomlokú fejtéseknél az omlasztást rendszerint a beépített ácsolatok vagy más biztosítószerkezetek „rablásával” „visszarablásával” végzik. Ez azt jelenti, hogy a visszabontandó résztől kellő távolságra, fedezékből kötéllel vagy „rablóberendezéssel” a dúcolatot – amit előzőleg megszabadítottak a kötésektől – kiborítják. Ezáltal beomlik a főte, az omlasztás kitölti az üreget/bányateret és a dúcanyag jelentős hányadát is meg lehet menekíteni, ami később újra felhasználható. Az omlasztás egy másik módja, amikor nem előre haladnak a fejtéssel, hanem egy vagy két vágattal a mező mögé kerülnek és bányász nyelven „hazafelé” művelik a területet. A kitermelt anyagot az oldalvágaton szállítják ki, és haladás közben a védelemre szolgáló ácsolatot át- meg áthelyezik. A mögöttük lévő bányatér így beomlik és megvalósul a térkitöltés.

Az omlasztásos üregmegszüntetés a pinceveszély elhárítási munkáknál ritkán jön szóba mivel általában a feladat pont az, hogy a felszínen lévő épületek, vagy közművek ne szenvedjenek kárt az esetleges talajmozgások miatt. Nem szabad azonban elvetni az ilyen módszerrel tömedékelt üregmegszüntetést mivel akadnak kivételek. Például ilyen lehet egy közpark, vagy olyan terület, amely nem beépített, építési munkát előreláthatólag nem terveznek és egy esetleges föteszakadás következtében keletkező felszíni süllyedés vagy horpa nem akadályozza a terület használhatóságát. Ilyen esetekben a felszíni talajmozgásokat még sokáig figyelni kell (monitoring).

Pincék tömedékelése:

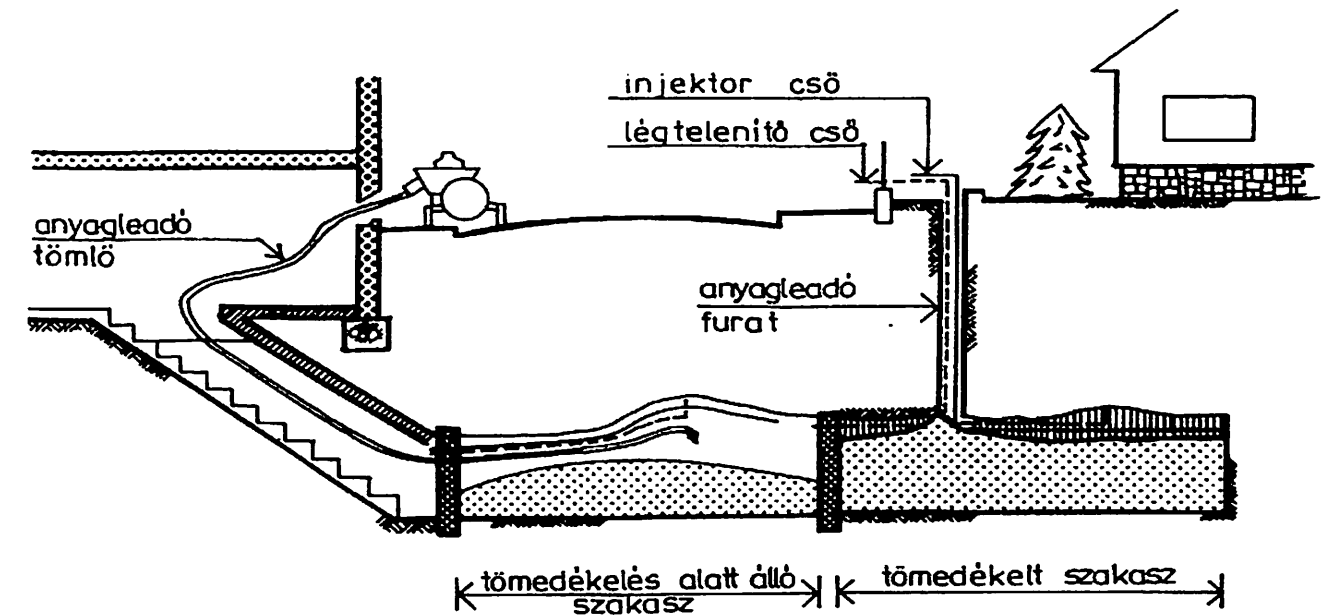
Több módszer is kialakult a pincék megszüntetésére tömedékeléses eljárással.

- kötőanyaggal történő (beton) tömedékelés
- kőrakatos tömedékelés
- hidraulikus vagy hidromechanizációs (iszap) tömedékelés
- Sűrített levegős száraz tömedékelés

Tömedékelés esetén vizsgálni kell azt a kérdést is, hogy ha az üregben már eleve bent lévő hulladék anyag szilárdsági tulajdonságai megfelelőek és bent hagyhatóak-e a végleges tömedék anyag alatt. Már a 70'-es években végeztek tesztek a Bányászati Kutató Intézetben izotópméréssel. Bizonyították, hogy a tömedék anyag fölé nagy nyomással beinjektált cementhabarcs megfelelően tömöríti a bent hagyott hulladék anyagot. Ez tisztán mutatja, hogy ilyen esetben ez hatalmas megtakarításokat eredményez a költségvetésben, mivel nem kell kitermelni és elszállítani az tömedék anyagot. Arra azonban ügyelni kell, hogy minden esetben kielégítsük azt a szabályt miszerint a bekerülő tömedék anyag szilárdsági paraméterei hasonlóak legyenek, mint az eredetileg kifejtett kőzetnek.

1.3.2. Kötőanyaggal készülő tömedékelés:

Magyarországon nagy figyelmet fordítottak a betontömedékeléses, cementinjektálásos pincemegszüntetésre mivel több olyan településünk is van (Pécs, Budafok, Eger), ahol nagy mennyiségű üreg és felszín közeli pince található. Sok esetben már nem lehet megőrizni ezeket tárolóhelyiségként mert állapotromlásuk nagyon előrehaladott és veszélyezteti a felszíni épületek, közműrendszerek biztonságát. Két fő módja alakult ki a betontömedékeléses eljárásnak: Amennyiben az érintett üreg vagy pince megközelíthető, általában *kőrakatos tömedékeléssel*, kézi erővel földnedves betont juttatnak az üregbe, ami megkötése után látja el a funkcióját. Másik eset az, hogy az üreg megközelíthetősége már korlátokba ütközik, ilyenkor sokkal folyósabb konzisztenciájú betonnal, szivattyúval történik a pince feltöltése. Mindkét esetben a tömedékanyag és kötése kazettákkal kerül lehatárolásra, majd szilárdulás után kiinjektálják a maradék rést a főte és a tömedék között. Külszínen megkevert betont, ha csővezetéken keresztül nem lehet szállítani, akkor ennek a módszernek az alkalmazása igen gazdaságtalan. Elengedhetetlen a megfelelő géppark, anyagkeverő és szállító berendezések használata.



8. kép: Injektálásos tömedékelés. Forrás: [5. M. Miklós Pincevesztély.]

Valamivel gazdaságosabb megoldásnak mondható a külszínen megkevert száraz beton csővezetéken történő szállítása sűrített levegő segítségével. Ezt a megoldást alkalmazták a budapesti Váralagút falazata mögött elhelyezkedő több ezer m^3 térfogatú üregek kitöltésére. Ennek a megoldásnak nagy előnye az, hogy még ha korlátozott mértékben is, de figyelmen kívül lehet hagyni a szintkülönbségeket a kivitelezés során. További előnye, hogy szűk vágatszelvények, vagy rosszul megközelíthető helyek esetén az egy – két coll méretű csővezeték könnyedén elhelyezhető. Természetesen hátrányai is vannak a megoldásnak, mégpedig az, hogy kompresszortelep létesítését és működtetését teszi szükségessé.

Kötőanyagossal tömedékelés esetén nagy biztonsággal végleg stabilizálható egy – egy tönkrement vagy használaton kívüli üreg, viszont ezt a módot általában a legvégső esetben érdemes csak alkalmazni mivel kivitelezése rendkívül költséges és időigényes. Sok esetben helyi anyagokból igyekeznek a beton tömedékelés költségeit csökkenteni, így például az általam vizsgált pincénél a régi pince vágatok tömedékelését helyi, olcsó

anyagok – tufa – felhasználásával oldották meg. Így alakult ki Egerben a tufabeton, Pécsen pernyebetont készítettek ezzel rendkívül csökkent az anyagköltség mivel helyben lévő anyag felhasználásával oldották meg a munkákat, amik olcsón beszerezhetőek. Természetesen a beton szilárdságát csökkenti az ilyesfajta anyagok hozzáadása, de a tömedékelésnek az esetek nagy többségében csak térkitöltő szerepe van, az esetleges fal, vagy föteomlások következtében történő mozgásokat csökkentik a minimumra, hogy felszíni süllyedések ne következhessek be.

1.3.3. Száraz (kőrakatos) tömedékelés:

A legrégebben kialakult módszer a pincék, üregek vagy bányák megszüntetésére a száraz, vagy kőrakatos tömedékelés melyet a mai napig alkalmaznak. A kivitelezés során rétegesen, lehetőleg tömörítve nagyobb darabokból álló anyagot helyezünk el ömlesztve oly módon, hogy az kitöltse a szelvényt teljes keresztmetszetében.



9. kép: Ideiglenesen biztosított pince tömedékelése (1974, Eger.). Forrás: [4. p. 340.]

A kőrakatot szakaszolva, 2-3 méterenként gátfalakkal kell lehatárolni. Gátfal készülhet ácsolt kivitelben is, de általában a helyi anyagból kitermelt kőzetből emelik

szárazon rakva, vagy habarccsal. Legjobb megoldás az idomkő, ami lehet téglá, vagy beton is. A pince vagy üreg méretétől függően a kőakat kézi erővel vagy önjáró rakodógéppel is történhet. Általában nehezen megközelíthetők a tömedékelni kívánt pincék ezért túlnyomó többségben kézi erővel történik az anyag behordása, ami rendkívül időigényes. Minden ömlesztett anyag, így a kőakat is ülepedik, tömörödik. A felső síkja és a föte között hézag alakul ki, melynek mértéke jól becsülhető a használt anyag ismeretében. Ezt a hézagot ki lehet injektálni. Az injektálás történhet a pincetér felől, de felszínről fúrt lyukakon keresztül is. Amennyiben lehetőség van rá érdemes utólag fél – egy év után ellenőrizni a tömedék anyagot, és ha már konszolidálódott, csak akkor legyen kiinjektálva a keletkezett hézag. Az utóbbi eljárást minden tömedékelési technológiánál érdemes alkalmazni.

1.3.4. A hidromechanizációs, hidraulikus (iszap) tömedékelés:

„A hidromechanizációs, más néven iszaptömedékelési eljárás kidolgozásának hazánk úttörője volt. Elsőként az 1900-as évek elején, Tatabányán alkalmazták a világon ezt a módszert, melynek lényege, hogy vízzel kevert finom szemcséjű homokot, „iszapot” juttatnak a vágatba, majd a víz leeresztése után az összeálló homok képezi azt a szilárd tömböt, mely megtartja a fötet és a vágatok oldalait.

Az eljárás nemcsak azzal vált „népszerűvé” a bányászatban, hogy az egyéb üregfelhagyási eljárásoknál olcsóbb volt, hanem azzal is, hogy gyorsan kivitelezhető, így a fejtésekkel párhuzamosan a tömedékelés is azonnal végezhető. Tatabányán segítette még a szakembereket az is, hogy a közelben kinyerhető homokanyag tulajdonságai miatt kifejezetten alkalmas volt tömedékelésre.

Később Ajkán, Dorogon, Komlón is alkalmazták e módszert, mivel a zagyt alkotó víz révén az eljárás igen alkalmas a tűzveszélyes bányajaratok megszüntetésére is. Dorogon a keskenyhomlokú fejtések mellett a széles homlokúak tömedékelésére is kidolgoztak technológiát. Itt volt olyan év, amikor több százezer köbméternyi hidraulikus tömedékelés készült. Feltétlenül meg kell említenem, hogy az 1950-es évekre az eljárás legjobb ismerői és alkalmazói Dorogról kerültek ki. Míg a Szovjetunióban, az USA-ban inkább a hajításos, omlasztásos tömedékelés maradt használatban, Lengyelországban, a sziléziai bányákban hamar átvették ezt a magyar eljárást.

A tömedék bejuttatását hagyományos eljárással, hidraulikus tömedékeléssel, azaz a szilárd anyag és víz keverésével, gravitációs úton kell elvégezni.

A példaként említett Tatabánya esetében szerencsés körülmény volt, hogy a tömedékelésre használandó homok ott, a helyszínen volt települve. Ezért a felszínen vízsugárral lehetett jöveszteni és közvetlenül a fűrőlyukba engedni, ami lényegesen leegyszerűsítette és olcsóbbá tette az eljárást. A homokjövesztést a korabeli fotón láthatjuk.



10. kép: Homokjövesztés Tatabányán az iszaptömedékeléshez

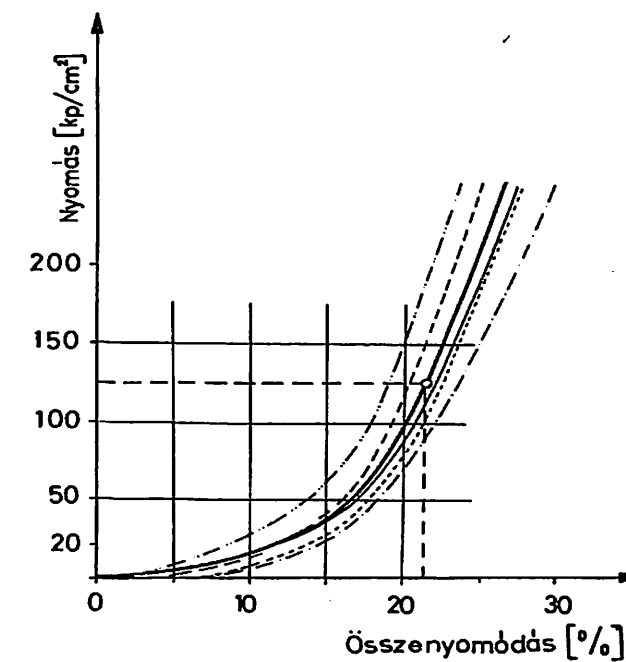
Olyan helyeken, ahol a homok kinyerése nem közvetlenül a tömedékelendő vágatok felett történt, többféle megoldást is alkalmaztak: vasúti kocsikban, rakodógépekkel vagy függőpályán szállították az anyagot a fűrőlyukhoz, de ismert olyan megoldás is, hogy magát a vágatot hosszabbították meg egy folyosóval olyan mértékben, annyira, hogy az a homoknyerő-hely alá fusson és így közvetlenül leereszthető volt a tömedék anyag.” [5.]

A fent idézett szöveg szerzőjével, Mednyánszky Miklóssal a tömedékelési módokról és kivitelezésükről *személyesen* is volt szerencsém konzultálni a Magyar Bányászati és Földtani Hivatalban.

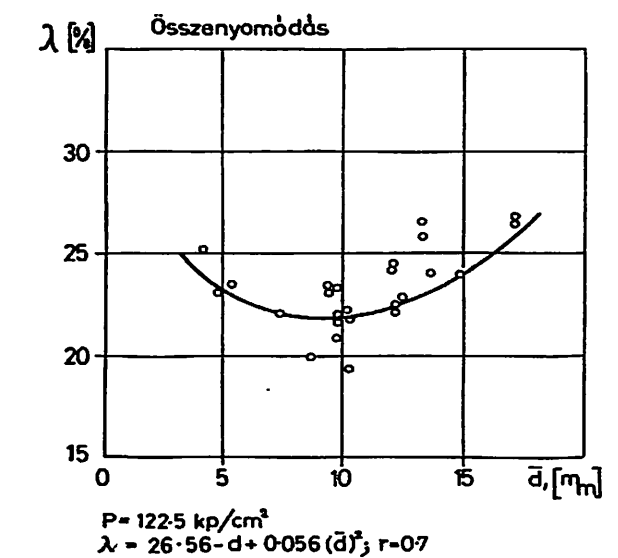
1.3.5. Sűrített levegős száraz tömedékelés:

Az iszaptömedékelésnél kisebb szemnagyságú ($d < 5 \text{ mm}$) anyagot használnak, ami lehet homok, pernye vagy salak. A sűrített levegős száraz tömedékelésnél már a szemnagyság vegyes 50-60 mm-ig mehet fel, az alapanyag általában bányameddő. Mindkét módszernél esetenként cementtejjel szilárdítják a tömedéket. Ezzel nem a teherbíró képesség növelése az elsődleges cél, vagy a tömörödés csökkentése, hanem a bejuttatott tömedék folyásának megakadályozása. A folyamat során a tömedék anyagot bunkerből juttatják a tömedékelő gépbe, amely 1,2-2,0 atmoszféra túlnyomású sűrített levegővel, a csővezeték átmérője 150 mm, óránként 50 -100 m³—es teljesítménnyel kerül a kitöltendő üregbe. A tömedék anyag nyomás hatására történő térfogatváltozása a 11. számú képen látható *(megjegyzés: $1 \text{ kp/cm}^2 \sim 0,0981 \text{ MPa} \sim 0,1 \text{ N/mm}^2$)*. Az ábrán jól látható, hogy már igen kismértékű nyomás hatására is nagy a térfogat csökkenés így például 15 kp/cm²—nál ami a fenti átváltás alapján 1.5 N/mm² már több mint 10 %-os. Ezt a módszert főleg bányák tömedékelésénél alkalmazták így a kísérleteket is a bányakörülményeknek megfelelően végezték. A mintákat 122,5 kp/cm² nyomásnak vetették alá, ami megfelel egy 500 m mélységben kiképzett bányatérség nyomáskörülményeinek. Ekkora nyomáshoz már 22%-os térfogatcsökkenés tartozik.

A szemnagyság változásánál (14. számú kép) a 8 mm átlagos átmérőjű anyagnál találták az optimális tömörséget, illetve ehhez a szemnagysághoz tartozott a legkisebb térfogatcsökkenés. A nedvességtartalomra vonatkozóan a vizsgálatok alapján a 10 % körüli értéknél kapták a legkisebb térfogatváltozást. A tömedékelő cső vége és a tömedék homlok közötti távolság hatását is megfigyelték. Az 1-2 m-es távolságnál a sűrített levegő szétfújja az anyagot ezért itt csökken a tömörség. A legkedvezőbb tömörödést 4-6 m közötti távolságnál kapjuk. Ennél nagyobb távolságnál a tömedék tömörsége gyors ütemben csökken. A szállított tömedékanyag felületére ható levegő nyomása 7-9 kp/cm² és a röptési sebesség kb. 10-12 m/sec.



13. kép: Tömedék anyag összenyomódása (35 mm alá tört homokkő). Forrás: [6. p. 183.]



14. kép: Tömedék anyag összenyomódása az átmérő függvényében. Forrás: [6. p. 184.]

A homok térfogatsúlya laza állapotban $1,173 \text{ Mp/m}^3$, a tömedék fajsúlya pedig $1,791 \text{ Mp/m}^3$ volt azaz 53%-al nagyobb. A vizsgálták továbbá a laza homok terhelés hatására történő térfogatváltozását is. A laza homokot ugyanolyan körülmények között terhelték, mint a tömedékelt homokból vett mintát. A kapott eredmények alapján a konklúzió a következő: „a sűrített levegővel befűvott homok tömörödése olyan mértékű, amelyet kb. 15 kp/cm^2 nagyságú terhelés hoz létre laza homokon, illetve, hogy a befűvott homoktömedék kb. 15 kp/cm^2 fajlagos tergelést képes további deformáció, térfogatváltozás nélkül hordozni.” [6. p. 181.] A sűrített levegős módszerrel ennél nagyobb teherbírás (a vizsgált homokra vonatkoztatva) nem érhető el, de más alapanyaggal is hasonló értékekre lehet számítani. Gyakorlati alkalmazásban realisabb a kapott érték 85%-val számolni, azaz 13 kp/cm^2 értékkel. Nagyobb teherbírás érhető el szilárdító anyag hozzáadásával (pl. cement). 1:15 illetve 1:10 térfogat arányú cement adagolásával 20, illetve 40 kp/cm^2 törőszilárdságot érhetünk el.

Megjegyezném továbbá, hogy a betömedékelendő üreget 6-7 m-re meg kell tudni közelíteni, mégpedig úgy, hogy emberi közlekedésre alkalmas legyen. A gép szétszedhető úgy, hogy egy $0,8 \times 0,8 \text{ m}$ keresztmetszetű nyíláson leadható.

A fent leírt adatokat a sűrített levegős tömedékelési eljárásra vonatkozóan az 1975-ös Városi pincerendszerek konferencia jegyzőkönyvéből vettem ki. [6]

1.4. Pincék megerősítése

Mint már azt korábban is leírtam rengetek olyan üreg, vagy pincetér van, aminek elsődleges szerepe tárolási funkció. Amennyiben lehetséges mindig meg kell őrizni ezeket mivel nem csak funkciójuk lehet hasznos, de sok esetben komoly történelmi múlttal is rendelkezik egy-egy üreg. Megmaradó pinceterek megerősítésének ideiglenes és végleges módozatai az alagútépítésben és a mélyművelésű bányászatban alkalmazott technológiákon alapulnak.

Hazai viszonylatban a következő megerősítési módozatokat alkalmazzák:

- épített szerkezetekkel történő megerősítés (általában beton, téglavagy helyi anyagból –pl. tufa – készülnek)
- löttbetonos technológia
- közetcsavarozás (horgonyzás)

Általánosságban elmondható, hogy az épített szerkezetes módszer szinte minden esetben kivitelezhető, a többi eljárásnak megvannak a maguk korlátai. Ezekre a korlátokra a későbbi részletes leírás során ki fogok térni.

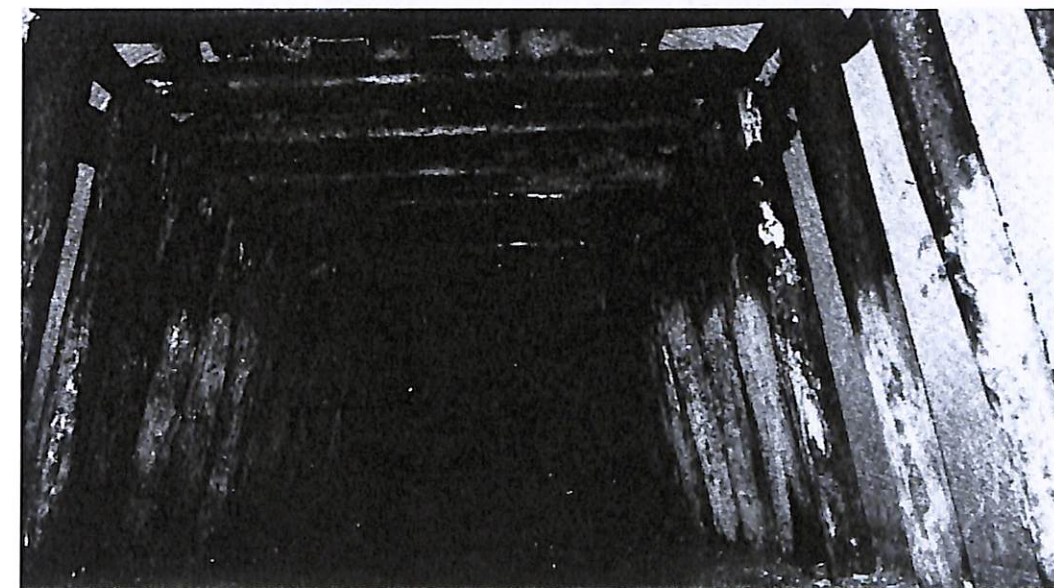
Ideiglenes biztosítási munkákat külön tárgyalnám a végleges megtámasztási módoktól.

A városi pincerendszerekben, a korábbiakban az 1.2.-es pontban már részletezett okok miatt bekövetkező gyors föteszakadások vagy egyéb pinceomlások következtében, ha ezek építményt, közműhálózatot vagy közutat veszélyeztetnek, akkor azonnali beavatkozásra van szükség. Ilyen esetekben a leggyorsabban kivitelezhető módok jöhetnek szóba. A pinceág romlása vagy esetleges szakadás mértékétől függően kell megválasztani a megfelelő biztosítási módot. Egyszerű esetben, kisebb területen bekövetkező károknál lehet *máglya*, de hosszabb vágatszakaszok biztosításánál már *trapéz* – vagy *poligonácsolat* kiépítésével történhet, mely a szelvény méretétől függően normál vagy nagyszelvénnel történik. Költséges biztosítási munkának tudható be mindhárom fajta, viszont szükséges a kiépítése olyan esetekben, ha olyan pincerendszereket vizsgálunk, aminek nagy része tönkrement, esetleg feltáratlan üregek is vannak a területen, akkor nem a komplett tervdokumentáció elkészültéig, esetleg további üregkutatói munkák befejezéséig egy – két éves időszakra nyújtanak megfelelő megtámasztást. A rossz állapotú pincék többnyire el vannak vizesedve, ami a faanyagú ácsolatokra különösen rossz hatással van. Indokolt megoldani szivattyúzással az

ideiglenes víztelenítést is. Sajnálatos módon a szivattyús víztelenítési módszer általában csak ideiglenesen oldja meg a víz problémát.



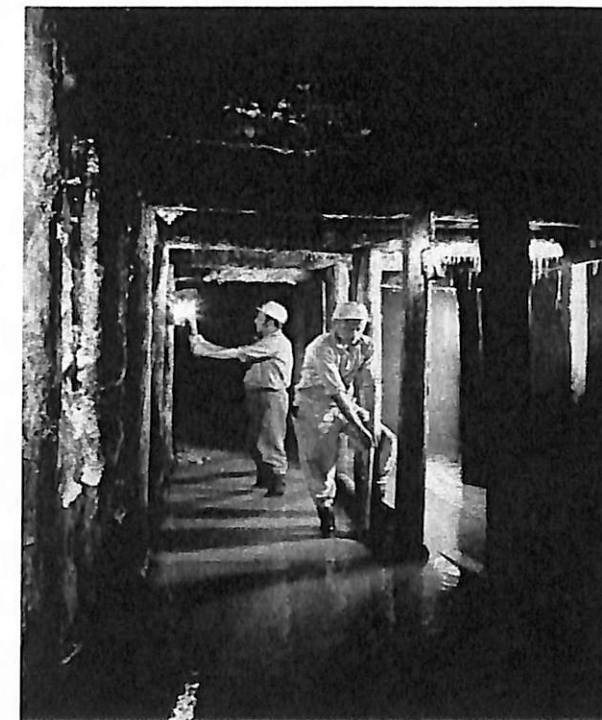
15. kép: Trapézácsolattal biztosított pinceág. Forrás: [4. p. 329.]



16. kép: Nagyszelvényű trapézácsolattal biztosított pince. Forrás: [4. p. 329.]



17. kép: Poligonácsolattal biztosított pince. Forrás: [4. p. 329.]



18. kép: Ideiglenesen biztosított pincevágat elvizesedése. Forrás: [4. p. 330.]

1.4.1. Épített szerkezettel való megerősítés (idomkő)

Nem csak hazánkban, de szerte a világon a megtámasztást igénylő pincék túlnyomó többségében ilyen megtámasztással rendelkeznek. Az Ősemler is használta ezt a módszert, de az ókorban terjedt el igazán. A szerkezetek betonelemekből, téglából, kőből készülhetnek. Egerben jellemzően tufa idomkővet használnak, ha rendelkezésre áll megfelelő helyi anyag célszerű azt alkalmazni. Az idomkőves megtámasztási mód régi alkalmazásából eredően sok pincekárt okoz a szerkezet tönkremenetele miatt (mállás, előregedés). Több kísérlet is volt más falazási rendszerek kifejlesztésére, de a mélyművelésű bányászatban használatos betonidomkőnél vagy bányakőnél jobb eszköz nincs e célra. Az építőelemek nagyszilárdságú betonból készülnek, akkora méretben, hogy egy átlagos ember még meg tudja emelni őket mivel a pincékben az effajta feladatokat nehéz gépesíteni. Az idomkő profilja enyhén kúp alakú, hogy helyszínen már ne kelljen kézi eszközökkel vésni. Törés, faragás nélkül képezhető belőle boltív, de egymásba fordítva normál falazat is készülhet a felhasználásukkal. Nagy előnyük, hogy víz hatására nem mennek tönkre és szilárdságuk 3-4-szer nagyobb, mint egy normál falazótégláé. Súlyuk 14-50kg között van, általában a VA-30-as jelű (30 cm vastag falazat készülhet belőle) idomkővet használják, amiből 33db szükséges egy 4 méteres átmérőjű boltívhez „gurtnihoz”.

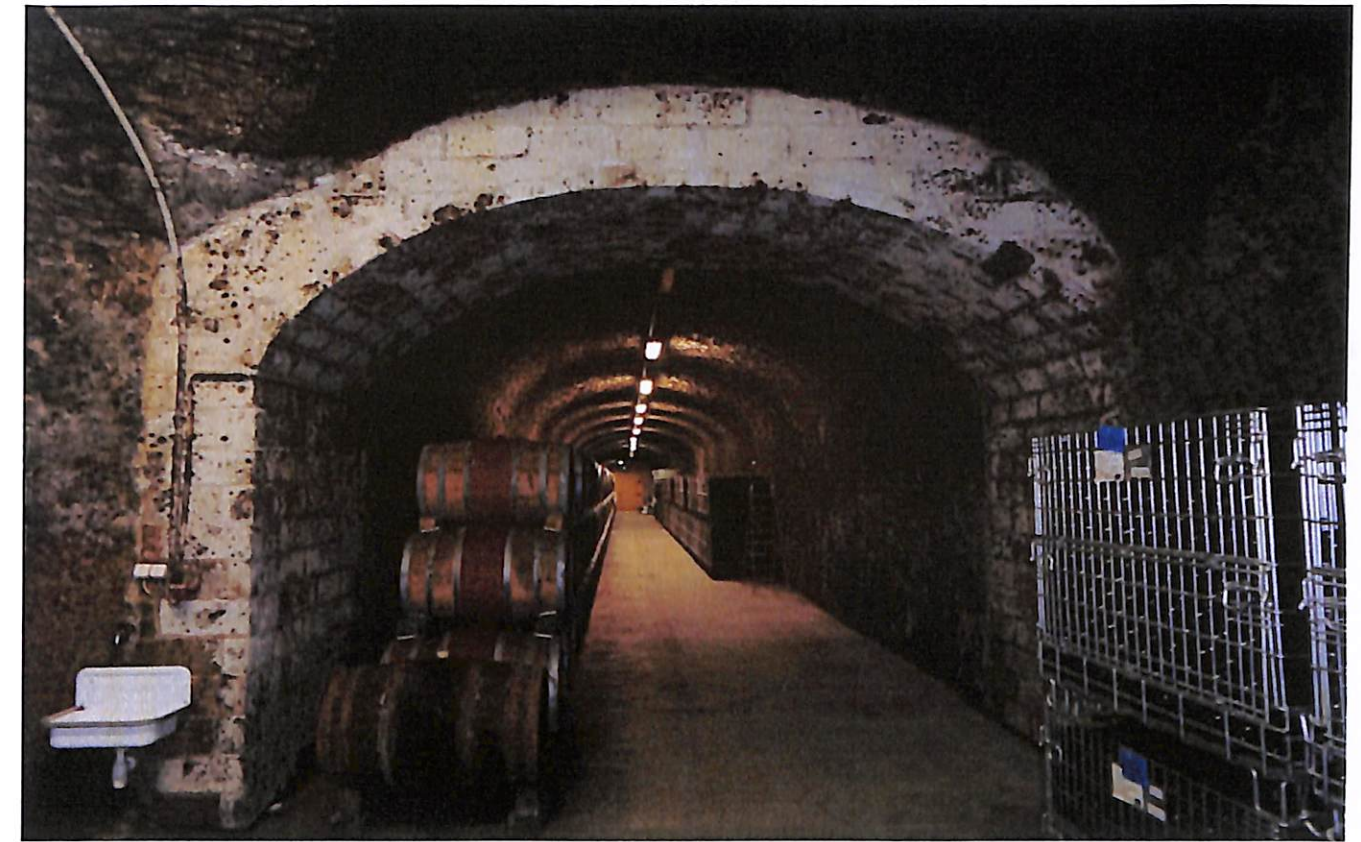
Felhasználásuk nagy előnye, hogy a bonyolultabb szerkezeti formákhoz is jól illeszthetők így például a keresztboltívek és áthatások is megépíthetők alkalmazásukkal. Mint minden építési rendszernél a technológiai utasítások betartása itt is fontos! Kiépítés során a habarcsvastagság nem lehet se vastagabb, se vékonyabb, mint ami elő van írva az adott idomkőre. Továbbá biztosítani kell a kapcsolatot a megtámasztó szerkezet és a természetes kőzet között. Erre az úgynevezett hátúrtöltés szolgál, amit kisebb hézag esetén cementhabarcsos feltöltéssel oldanak meg. Nagyobb hézag esetén helyi kőzetet, vagy darabos falazóanyagot használnak fel a hézag kitöltésére, majd cementhabarccsal vagy soványbetonnal töltik ki a fennmaradó réseket. A megfelelő hátúrtöltés kivitelezése nagyon fontos mivel csak teljes kitöltés esetén jön létre a kapcsolat az épített szerkezet és a természetes kőzet között! Kiemelném, hogy mészhabarcs nem használható mivel a kötéséhez a levegő széndioxidja szükséges és a föld alatt, elzárt szerkezeteknél nem menne végbe teljesen a kötés.



19. kép: Boltív építése betonidomkőből, talpról induló ácsolat és mintaív segítségével. Forrás: [5.]



20. kép: Budai Vár, Kőbánya Óhegy-parkban elkészült betonidomköves szerkezet. Forrás: [5.]



21. kép: Egri Borvár, tufa-idomkő gurti. Forrás: [Saját fotó.]

1.4.2. Lőttbetonos technológia (shotcrete)

A lőttbeton technológiát már több mint 100 éve alkalmazzák megerősítési célokra és új szerkezetekre egyaránt. Ez egy speciális betonozási módszer. A betont nagy nyomással (6 atm) lövellik a szilárd felületre, ahol ütközés hatására feltapad a felületre és megfelelően tömörödik. A jó tömörség miatt nagy szilárdságot érhetünk el (40-50 N/mm²)

Szakdolgozatomban a lőttbetonos eljárást a pinceveszély elhárítás keretein belül szeretném bemutatni ezért az új szerkezetekre vonatkozó alkalmazásokat nem fejtem ki bővebben. Ez a technológia kiválóan alkalmas meglévő szerkezetek megerősítéséhez, aminek felülete lehet beton, vasbeton, falazott, kő vagy acélszerkezet is. Az újonnan felhordott betonréteg együttdolgozik a meglévő szerkezettel, így biztosítható a megfelelő teherbírás. Általánosan elmondható, hogy a lőtt-beton előnye a normál betonnal szemben az, hogy a szerelési és zsaluzási költségek elmaradnak. A földalatti létesítmények, tározók, üreghrendszerek kivitelezésénél lényegesen gyorsítja a végleges biztosítás

kialakulását, ami fontos tényező közetmechanikai, állékonyság és élettartam szempontjából is.

A technológiának éppúgy megvannak az előnye is mint a hátrányai.

Előnyök:

- Nehezen hozzáférhető helyeken is alkalmazható,
- bonyolult zsaluzat készítése nélkül felületszerkezetek betonozásánál is alkalmazható,
- Fej fölötti betonozás is lehetséges
- A beton készítése, szállítása és tömörítése egy munkafázisban történik,
- Az építés teljesen automatizált.

Főbb hátrányai:

- visszahullási veszteség,
- beruházás költségessége.

Két technológia terjedt el, a száraz és a nedves.

Száraz technológia:

A szivattyú a száraz keveréket juttatja el a betonozás helyszínére és a víz hozzákeverése közvetlenül a nyomócső végénél történik. A technológia alkalmazása során a csövet egy munkás kézben tartja és általa kerül fellövésre a keverék. A szórópisztoly kezelő adagolja a vízmennyiséget és irányítja a személyzetet. Itt rendkívül fontos, hogy a kezelő ember tapasztalt legyen, mert túl sok víz hozzáadásával a keverék lefolyhat a felületről és csökkenhet a szilárdság. Kevés víz esetén a tömörség nem lesz megfelelő. Napjainkban a fejlett technológia már lehetővé teszi programozott gépek alkalmazását, ami kiküszöböli a kézi vízadagolás bizonytalanságát.

Az adalékanyag/cement súlyarányt általában 3.5/1 és 4.0/1 között kell megválasztani. A korábban említett visszahullási veszteség jelentős része adalékanyag így a felhordott réteg cementben gazdag lesz.

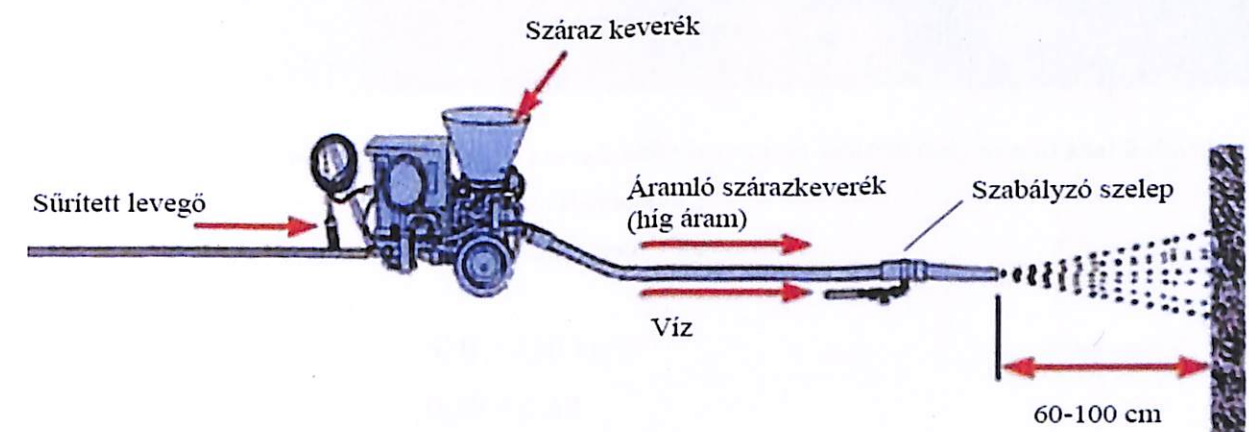
Előnyei:

- A keverék nagyobb távolságra szállítható,
- Egyszerű gépészeti berendezések és könnyebb karbantartás,
- Kötésgyorsítók gyorsabb adagolása,
- Állandó keverési arány,

- Szűk helyeken is alkalmazható (a betonozó cső és a felület között kisebb távolság elegendő).

Hátrányai:

- Nagy keverék veszteség,
- víz kézi adagolása miatt egyenlőtlen a víz-cement tényező,
- Intenzív szálló por a betonozás közben.



22. kép: Szárak technológia sematikus ábrája Forrás: [16] saját fordítás

A következő képen (22.-es számú) jól érzékelhető, hogy mennyit számít a szórópisztoly kezelőjének tapasztalata és képességei. Külföldi irányelvek szerint a szórópisztoly kezelőjének legalább 6 hónapos tanfolyamot kell elvégezni ahhoz, hogy minden munkakörülmény között megfelelően tudja alkalmazni a technológiát.

A szórópisztoly kezelőjének feladatai közé tartozik:

1. Fellövés előtt a felületet víz-levegő keverékkel le kell fújni külön figyelmet szentelve vágatbiztosításoknál a váll felett felületre.
2. A beton fellövése előtt a felületet meg kell tisztítani a laza daraboktól.
3. Szárak eljárásnál a kezdés előtt a víz mennyiségét pontosan be kell állítani, hogy a keverék plasztikus legyen így elérhető a jó sűrűség, tapadás és minimalizálni tudjuk a visszahullási veszteséget.
4. Fellövésakor a lövési távolságot pontosan be kell tartani és a fellövés szögét is.
5. Ügyeljen arra, hogy a fellőtt felület egyenes legyen.
6. Továbbá nem keletkezhethet zárvány, fészkesedés stb.



23. kép: Ugyanaz a beton, ugyanabból a keverékből, viszont más szórópisztoly kezelő által fellöve!

Forrás: [13.]

Példa a száraz módszerhez alkalmazható beton keverékre:

- Cement: 350 – 450 kg/m³
- V/C tényező: 0,35 – 0,40
- Gyorsító: por vagy folyadék
- Adalék: Szilikapor
- Adalék: fém vagy szintetikus szálak

340 kg/m³ alatti kötőanyag adagolás esetén a lövellt beton felületi tapadása jelentősen csökken. Ez igaz a száraz és nedves technológiára is.

Nedves technológia:

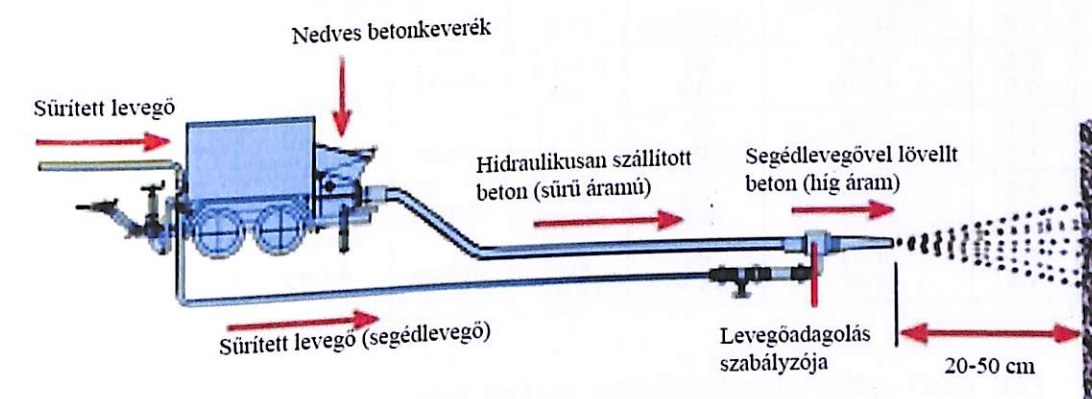
Lágyabb konzisztenciájú, magasabb víztartalmú keveréket juttatnak nagy nyomáson a csőrhöz. A csőrnél hozzáadott nagynyomású levegővel biztosítják a keverék felületre szórását. A nagy nyomásnak és a konzisztenciának köszönhetően a keveréket vízszintes és függőleges felületre egyaránt fel lehet juttatni. Célszerű ezt a technológiát nagyméretű szerkezetek építésénél és megerősítésénél alkalmazni.

Előnyei:

- Nincs porképződés betonozáskor,
- Egyenletes víz-cement tényező és betonszilárdság,
- Vastagabb rétegben hordható fel a beton,
- Kisebb visszahullási veszteség.

Hátrányai:

- Magasabb víz-cement tényező szükséges a szállításhoz, ezzel nő a zsugorodás mértéke és csökken a szilárdság. Ezt pl. akrilát folyósítókkal több mint 30% vízcsökkenés érhető el, továbbá növelhető az eltarthatóság.
- költségesebb gépi berendezés.



24. kép: Nedves technológia sematikus ábrája Forrás: [16] saját fordítás

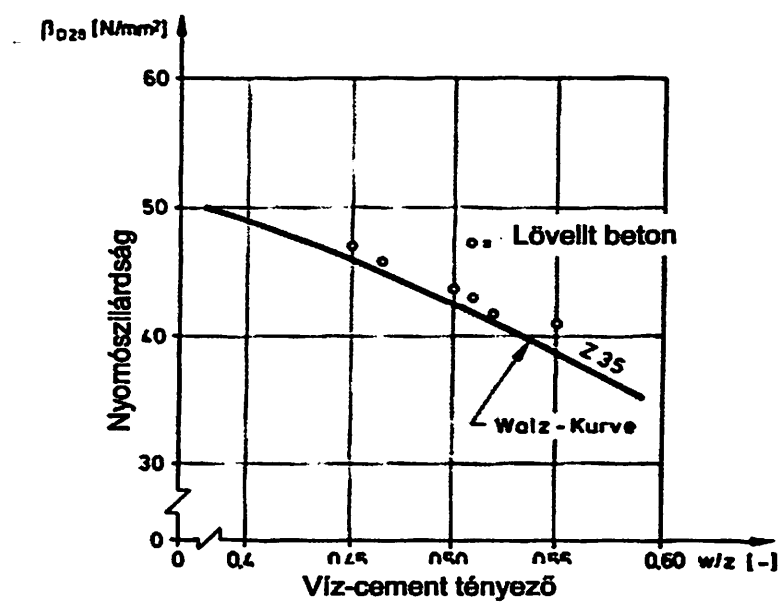
A betonszilárdság a nagyobb cementtartalom miatt ($350\text{--}450\text{ kg/m}^3$) nagyobb, mint a hagyományos betonok esetén. A bedolgozhatóság megfelelő hidratációt biztosító adalékanyagok biztosításával elérheti a 72 órát. Ez lehetővé teszi a módszer széles körű alkalmazását és a csőrendszer tisztításának gyakorisága is csökkenthető. Egy munkafázisban a maximum vastagság 15-20 cm vastag, ha ennél nagyobb vastagságra van szükség, akkor több rétegben kell felhordani a betont.

Példa a száraz módszerhez alkalmazható beton keverékre:

- Cement: $380 - 450\text{ kg/m}^3$
- V/C tényező: $0,45 - 0,50$
- Adalékszerek: folyósító és gyorsító
- Adalékanyag: maximum 8-12 mm átmérő
- Adalék: szilikapor, pernye, stb

Technológia	Géptípus		Szállítási teljesítmény [m³/h]	Csőátmérő [mm]	Levegőigény (a kompresszor által beszívott levegő) [Nm³/min]	Levegő nyomása a kompresszor után [bar]	Víznyomás [bar]
Sűrű áram	Dugattyús betonpumpa		bis 20 2-20	50/65 65/80/100	0.6-1 m³/min pro m³/h Beton 10-12	6 6-7	
Híg áram	Rotoros gép 1	Száraz	4.5-6.0 6-9	50 60	8-13 11-15	2-5 2-5	3-6 3-6
		Nedves	4.5-6.0 6-9	50 60	8-13 11-15	4-7 4-7	
	Rotoros gép 2	Száraz	8-12 13-18	60 65-80	11-15 13-17	2-5 2-5	3-6 3-6
		Nedves	8-12 13-18	60 65-80	11-15 13-17	4-7 4-7	

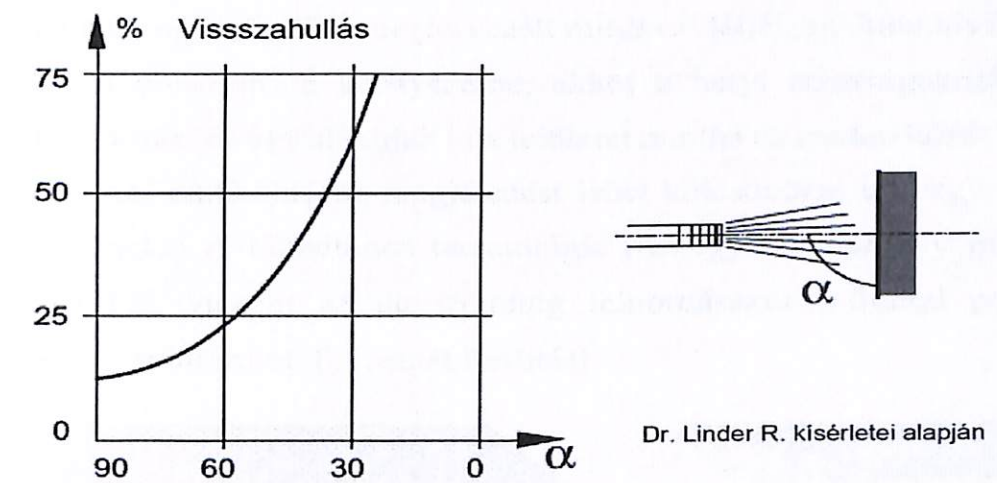
25. kép: Száraz és nedves lött-beton technológia összehasonlítása. Forrás: [15.]



26. kép: Víz-cement tényező hatása a nyomószilárdságra: Forrás: [14.]

Visszahullási veszteséget befolyásoló tényezők a következők:

- A szórócső átmérője (ha a cső átmérője nő nagyobb az áramlási terület így magasabb a visszahullási veszteség),
- A keverék sebessége,
- A szórás iránya (szórópisztoly kezelőtől függ. Felületre merőleges az optimális),
- A keverék konzisztenciája,
- Az adalékanyag átmérője és a keverék összetétele,
- A felület és a cső távolsága. (kb. 1 méter az optimális távolság)



27. kép: Összefüggés a visszahullási veszteség és a hajlásszög között. Forrás: [14.]

A lőttbeton vasalása:

Lőttbetonok esetében általánosan alkalmazott vasalás lehet:

- teherbírasi vasalás,
- vasalás zsaluzatként.

Teherbírasi vasalás

Ez esetben a vasalás csak a beton megszilárdulása után kezd el működni. Kis átmérőjű (6-8mm) és közepes szilárdságú (340-380 N/mm²) vasalást kell alkalmazni a vasak jó beágyazásához és kisebb repedéstágasság biztosítása érdekében. Fontos

tervezési szabály, hogy az acélbetétek közötti távolság ne legyen kisebb, mint az adalékszemcsék maximális átmérőjének a négyszerese, vagy 50 mm.

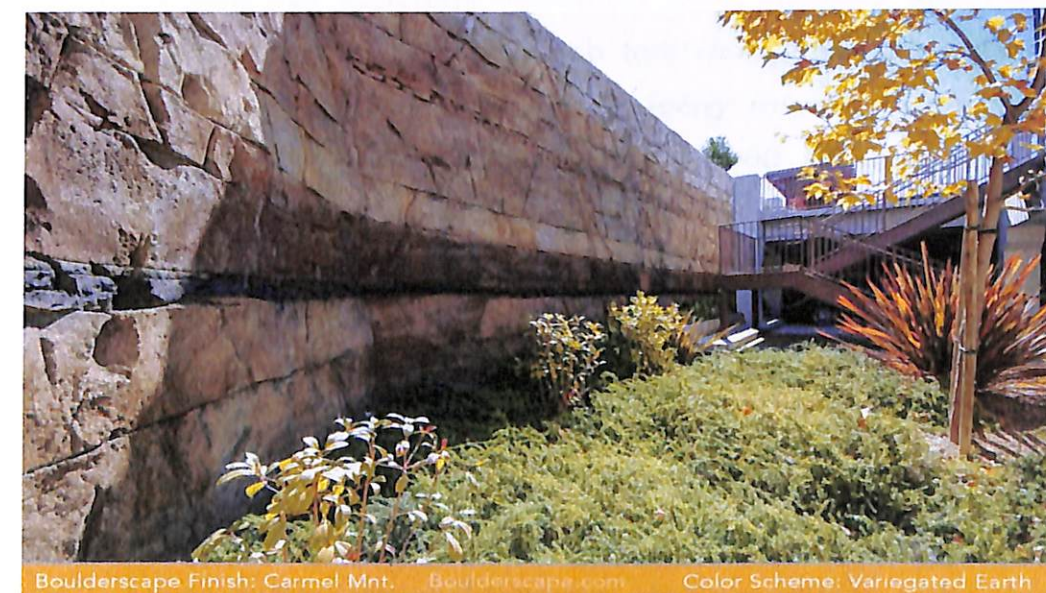
Zsaluzatként alkalmazott vasalás

A betont közvetlenül a vasalatra hordják fel. Nagy átmérőjű betonacélokat kell alkalmazni kiegészítő acélhálóval vagy acélháló nélkül. Ez esetben a vasalásnak önmagában el kell bírnia a szerkezet teljes önsúlyát és a kivitelezéskor fellépő nyomásokat.

[13] [14] [15] [16]

Lőttbeton felületének kialakítása

Az USA-ban található BOULDERSCAPE nevű cég azzal foglalkozik, hogy löttbetonnal készülő támfalak, sziklafalak megerősítése és egyéb löttbetonnal készülő szerkezetek felületét egyedi, előre megtervezett mintával látják el. Amennyiben az a cél, hogy a felület „beolvadjon” a környezetbe, akkor a helyi adottságoknak megfelelő kőzettípust leutánozzák, és úgy alakítják ki a felületet mintha az eredeti kőzet lenne. Ezzel a módszerrel, sokkal esztétikusabb megjelenést lehet kölcsönözni egy-egy löttbetonnal készülő szerkezetnek. A löttbetonos technológia megegyezik bármely más területen használt módszernél, viszont az utolsó réteg felhordásakor művészi pontossággal, alakítják ki a végső mintázatot. [21, saját fordítás]



28. kép: Boulderscape cég által készített támfal felületkialakítása Forrás: [www.boulderscape.com]

1.4.3. Kőzetcsavarozás (horgonyzás)

A gyakorlatban helyet követelt magának ez a módszer a klasszikus, az üregfelületet kívülről támasztó szerkezetek mellett. Ezzel a megoldással az üreget körülvevő kőzetkörnyezetben fűrt lyukakba nagyszilárdságú acélrudakat betonoznak be mindezt olyan mélységben, hogy elérjék a stabil kőzetréteget. Az 1940-es évektől alkalmazták az USA-ban az érc- és szénbányászatban majd Franciaországban az ércbányászatban alkalmazták a mechanikus pontrögzítésű kőzetcsavarokat. A következő fejlesztés a folyamatosan rögzített kőzetcsavar volt, amit előbb cementhabarcsos majd műgyanta ragasztással alkalmaztak. Hazánkban az 1950-es években már végeztek kőzetcsavarokkal kapcsolatos kísérleteket, de nagyon lassan terjedt el a gyakorlati alkalmazása. Az elterjedését több tényező is gátolta. Ez a biztosítási mód megkövetelte a munkafolyamatok gépesítését, amit nem sikerült megoldani. Továbbá a külföldi tapasztalatok szerint lyukfúrás, rögzítés stb. általában jóval nagyobb költséggel járt mint a hagyományos megtámasztási módok, hiába lett volna maga a szerkezet olcsó. A kőzetcsavarozás gazdasági előnyei a nagyszelvényű bányavágatokban dominálnak, viszont hazánkban ebben az időszakban még a vágatok általában kisebb szelvényűek voltak és biztosításuk hagyományos módszerekkel is megoldható volt. A beépítés után nem maradhat el a műszerekkel ellenőrizendő monitoring sem ami utólag is sok munkát jelent. Ezek az okok mind lassították a technológia elterjedését.

A kőzetcsavarozás nem egy generális biztosítási mód, célszerű más technológiákkal lokálisan alkalmazni egy – egy problémásabb területen. Önállóan csak olyan helyen alkalmazható nagy biztonsággal, ahol a biztosítási igény mértéke (kN/m^2) nem túl nagy. [Tekintettel arra, hogy egy –egy kőzetcsavartól 50-100 kN nagyságú kőzetfelületi biztosításreakciót várhatunk el, továbbá a beépítés sűrűsége gazdaságosan nem lehet nagyobb $1,5 \text{ db/m}^2$ -nél, ezért a maximálisan kifejthető kőzetfelületi biztosításreakció mintegy $75\text{-}150 \text{ kN/m}^2 = 0,075\text{-}0,150 \text{ MPa}$.][7]. Hozzátenném, hogy a fentebb idézet szöveg 1986-os írásból származik, napjainkban használatos, például a *Swellex PM24* folyamatos rögzítésű kőzetcsavar maximum 240 kN terhelést bír elviselni. Ez körülbelül egy átlagos maximum értéknek tekinthető a kőzetcsavarok tekintetében. Amennyiben ennél nagyobb igénybevételek merülnek fel a kőzetcsavaros biztosítási mód önállóan nem alkalmazható. Alkalmazása olyan kőzetkörnyezetben jöhet számításba, ahol a kőzetkörnyezet rugalmas állapotban marad az üregfejtés után, vagy biztosítás nélkül is megáll, viszont hosszútávon ez az állékonyság nem garantált. A kivitelezés során a

fúrásokkal megzavart közetek omlásveszélynek vannak kitéve, ezért nagyon körültekintően, minden technológiai utasítást követve kell alkalmazni ezt az eljárást.

„Az alapvető biztosítószerkezeti tulajdonságok, aktivitás – passzivitás, engedékenységmerevség tekintetében különböznek egymástól a közetcsavarok. Aktív megtámasztást a pontrögzítésű és egyes kombinált rögzítésű közetcsavarok adnak, a folyamatosan rögzített közetcsavarok szigorúan véve passzív működésűek. Itt meg kell jegyeznünk, hogy ezeknek a közetcsavaroknak a passzivitása korántsem olyan mértékű, mint a klasszikusan passzív (pl.TH) biztosítószerkezeteké. A közetcsavaros biztosításnál szerves kapcsolatban van a biztosítás a közettel, itt a legteljesebb az együttműködés. A folyamatosan rögzített közetcsavarok a legkisebb közetexpanzióra aktivizálódnak éppen a szükséges mértékig. Ezért a folyamatos rögzítésű közetcsavarok kvázi-aktív biztosítószerkezetnek tekinthetjük. Engedékeny működésűek a folyamatosan rögzített súrlódásos közetcsavarok és egyes kombinált rögzítésű közetcsavarok. A pontrögzítésű, a folyamatosan ragasztott és egyes kombinált rögzítésű közetcsavarok merev biztosítószerkezetek.” [7]

A közetcsavározás tervezésének alapvető kérdései:

Elsőként vetődik fel a kérdés, hogy egy adott üregnél a piacon kapható sokféle közetcsavarból melyiket célszerű alkalmazni. Mechanikai viselkedés szerint három fő típust lehet elkülöníteni:

- pontrögzítésű közetcsavarok,
- folyamatos közetcsavarok,
- kombinált rögzítésű közetcsavarok.

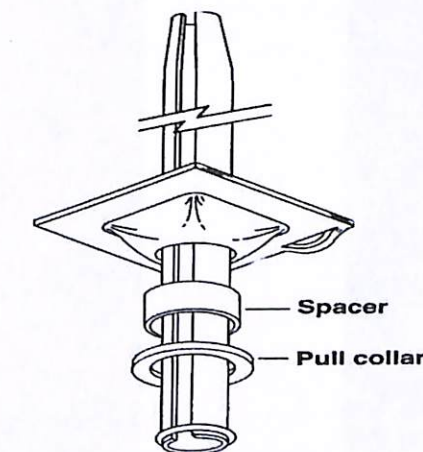
A lyukak és a rudazat átmérőjének, továbbá a rudazat hosszának meghatározásához és a lyukkiosztás megtervezéséhez pontos számítások szükségesek. Szakdolgozatomban általam ellenőrzött pincénél nem kerül alkalmazásra a közethorgonyzás ezért a horgonyok erőjátékát, továbbá a pontos tervezést nem részletezem, viszont a piacon kapható legelterjedtebb közetcsavározási módokat ismertetni szeretném.

A **pontrögzítésű közetsavarok** eredeti fajtái a mechanikus közetsavarok, mint a feszítőékes, feszítőhüvelyes, gumihüvelyes közetsavarok. A ragasztás cementhabarccsal vagy műgyantával történhet.

Folyamatosan rögzített közetsavarok eredeti fajtája a cementhabarccsal ragasztott közetsavar, amit még mindig szívesen alkalmaznak az újabb, műgyantás technológiák mellett is. Másik csoportja ezeknek a közetsavaroknak a *súrlódásos közetsavarok* melyeknek a technológiáját az alábbiakban szeretném bemutatni.

- **SPLIT SET súrlódásos közetsavar:**

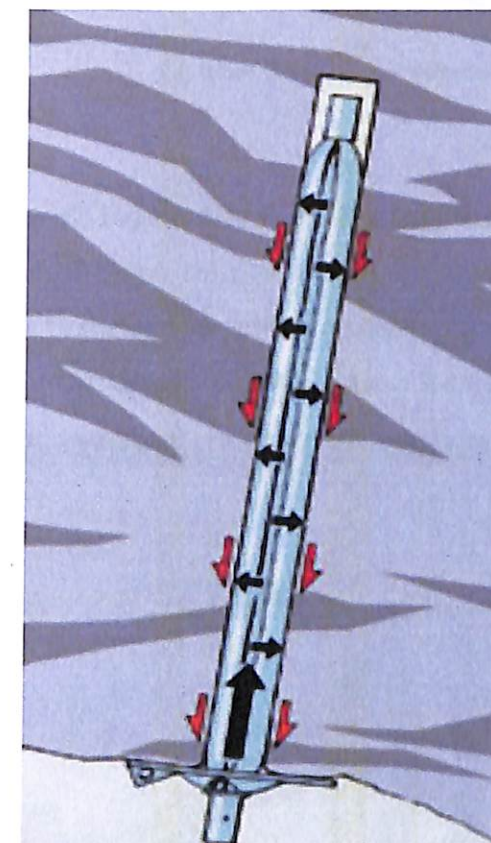
Ez tulajdonképpen egy végighasított cső aminek a végén egy gyűrű helyezkedik el. Ez adja át az erőt a horgonyfejre. Előre fúrt lyukba behelyezik a hasított csövet majd beleütik a betétet ami szétfeszíti a külső köpenyt és létrejön teljes hosszon az erőátadás a közetkörnyezettel.



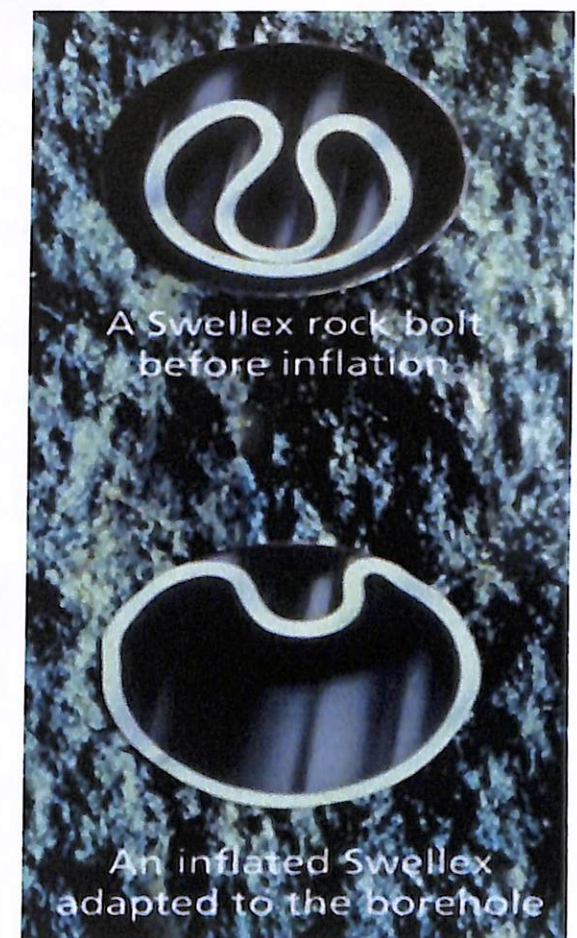
29. kép: SPLIT SET közetsavar. Forrás: [8.]

- SWELLEX súrlódásos kőzetcsavar:

A technológia 25 éve jelent meg a piacon. Ez egy hegesztett cső amit kohászati módszerekkel önmagába visszahajtanak (keresztmetszetében) és az egyik végén lezárják. Fúrt lyukba történő elhelyezés után egy speciális szivattyúval nagy nyomáson – 300 bar - a csövet belefeszítik a furatba és rögtön be tudja tölteni teherhordó szerepét. A technológia maximum 240kN terhelést képes elviselni. (SWX PM 24-es típus). Nagy előnye, hogy manuálisan nagy munkagép nélkül is elvégezhető a kőzetcsavarozás és ráadásul toldható, így kis munkatér esetén is lehet dolgozni vele. Szűk helyeken is lehet alkalmazni.



30. kép: SWELLEX kőzetcsavar erőátadása a kőzetre. Forrás: [9]



31. kép: SWELLEX kőzetcsavar működése. Forrás: [9]

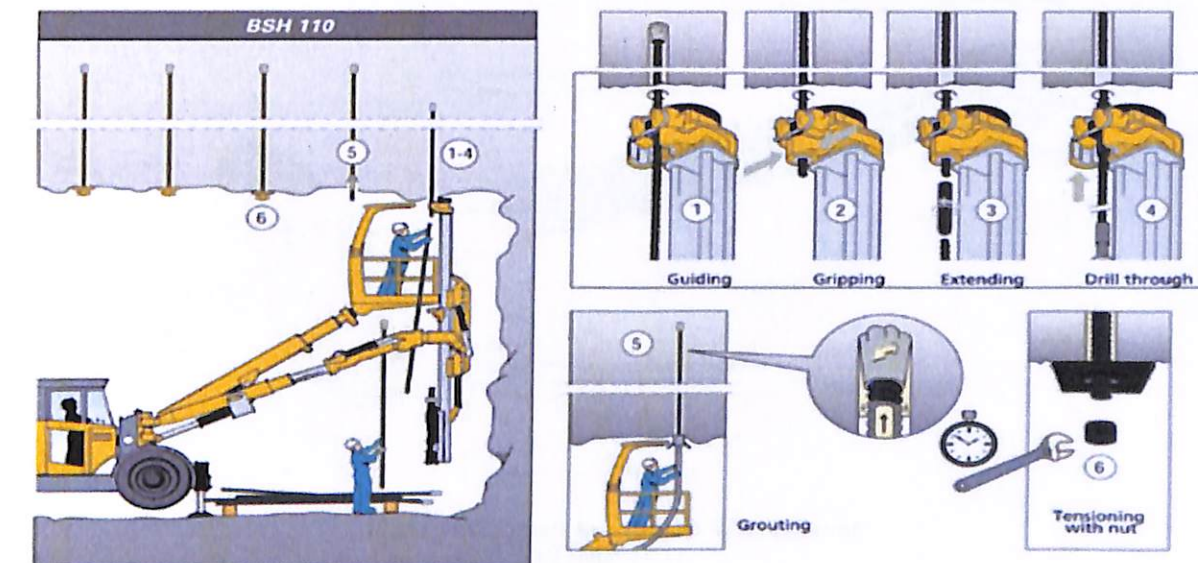


32. kép: SWELLEX kőzetcsavar manuális telepítése „kézi” erővel.
Forrás: [9]

Két példa az **injektált, folyamatosan rögzített** kőzetcsavarokra:

- MAI SDA önmetsző kőzetcsavar:

A technológia előnye a gyors kivitelezésben rejlik. A horgony szár végén van egy bent maradó fúrófej, amin keresztül a furat injektálható is.



33. kép: MAI SDA önmetsző kőzetcsavar telepítésének menete
Forrás: [10]

- Injektált acélsodrony kőzetcsavar

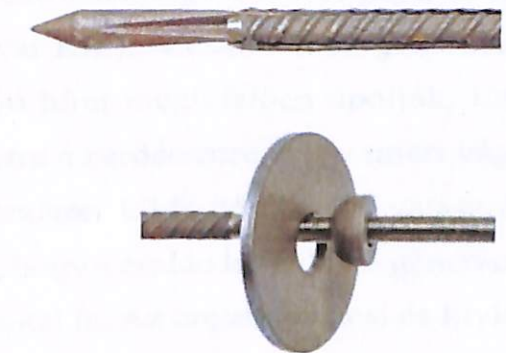
Fúrt lyukba cementhabarcsot vagy műgyantát injektálnak, majd elhelyezik az acélsodronyt, szilárdulás után tudják feltenni a horgonyfejet.

Kombinált kőzetcsavarok:

Egyesíti a pontrögzítésű és folyamatos rögzítésű kőzetcsavarok előnyös tulajdonságait.

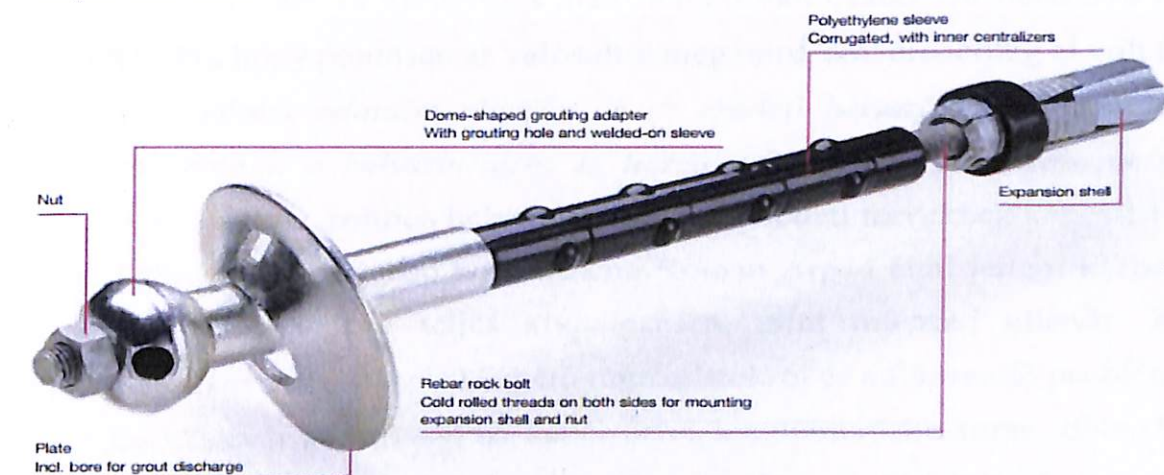
- NMX "The Kiruna Bolt" kombinált kőzethorgony:

Ékes fejrögzítéssel rögzítik a furatban, amit ezután cementhabarccsal végig ragasztanak. A Kiruna bányában, svédországban 40 éve használták először ezt a típust, azóta is tartják az ottani kőzetet. Közel 200 kN-os maximum terhelést képes elviselni mielőtt tönkremegy.



34. kép: Kiruna rock bolt
Forrás: [11]

- CT-Bolt™ kombinált kőzetcsavar:
Maximális terhelhetősége közel 290 kN. Dupla korrózióvédelemmel van ellátva, a furatba helyezés után amint megtörtént a mechanikus befejezés már részben teherhordó a kőzetcsavar, az injektált rész megszilárdulása után képes a teljes teherhordásra.



35. kép: CT-bolt kombinált kőzetcsavar
Forrás: [12]

A kőzetcsavarok típusairól írtakat angol nyelvű gyártói honlapok alapján fordítottam, melyeknek címe a hivatkozásoknál megtalálható.

2. A vizsgált helyszín

2.1. Előzmények

Egerben, a Kistályai út 40.-es szám alatt található szakdolgozatom témája, az Egri Borvár, melynek tulajdonosa Tóth Ferenc (Egri Borvár Kft.). A család több generációja minden nap keményen dolgozik, hogy az egri bor jó hírét megfelelően ápolják. Ezt a pincészetet bátran lehet családi pincészetnek hívni. Arra a kérdésemre, hogy miért vágott bele a meglévő, kisebb légtérű és szelvényű pincerendszer kibővítésébe azt válaszolta, hogy ebben látja „a jövő reménységét”, vagyis reméli, hogy a család következő generációi tovább viszik az üzletet és ezzel együtt a hagyományokat is. Az engedélyezési és kiviteli terveket a tervező cég, a Geoteszt Kft. bocsájtotta rendelkezésemre. A statikai számítás papíron kézzel számolva történt, számítógépes modellezés nem volt. A helyszínrajz és a hozzá tartozó metszetek elkészítése is kézzel valósult meg, melyeket scannelt formában kaptam meg. Kenesei Józseftől, a Geoteszt Kft. mérnökétől hosszas eligazításban részesültem az alkalmazott módszerek és a megvalósult pince kivitelezéséről. Helyszíni szemlémen fotódokumentációval rögzítettem a jelenlegi állapotát a pincerendszernek, valamint a megvalósult pince alaprajzi méreteit saját kezűleg lemértem. Erre azért volt szükség, mert a tervezés és kivitelezés alatt is több változtatás lett beiktatva miszerint nem lehetett tudni, hogy pontosan az valósult-e meg mint, ami eredetileg el volt tervezve. *Saját helyszíni mérési adataim alapján és az eredeti helyszínrajzból készítettem el AutoCad programban a helyszínrajzot és hozzá választott négy darab metszetet.* A metszetek és az alaprajz számos helyen változott az eredeti tervekhez képest! Helyszíni bejárásakor Tóth Ferenc és külső konzulesem, Román Árpád által lettem körbevezetve. Román Árpád jelen volt a teljes kivitelezésen, mint műszaki ellenőr. Részletes tájékoztatást kaptam a kivitelezés közbeni munkálatokról és a felmerülő problémákról.

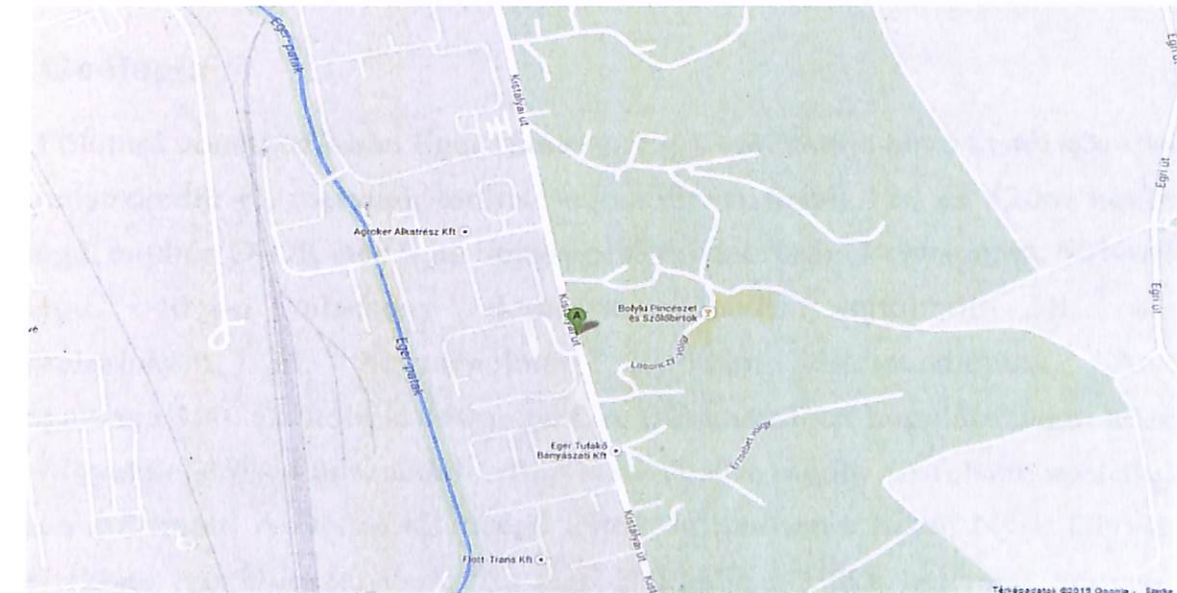
Az Egri Borvár környezetével kapcsolatos kutatómunkám során többször jártam a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet könyvtárában és térképtárában, valamint a Magyar Bányászati és Földtani Hivatal irattárában, ahol elegendő mennyiségű információra akadtam, valamint volt alkalmam konzultálni Mednyánszky Miklóssal a tömedékelési módokról és kivitelezésükről a MBFH-ban.

A helyszíni bejárás során készített fotók a CD mellékletéhez megtalálhatók.

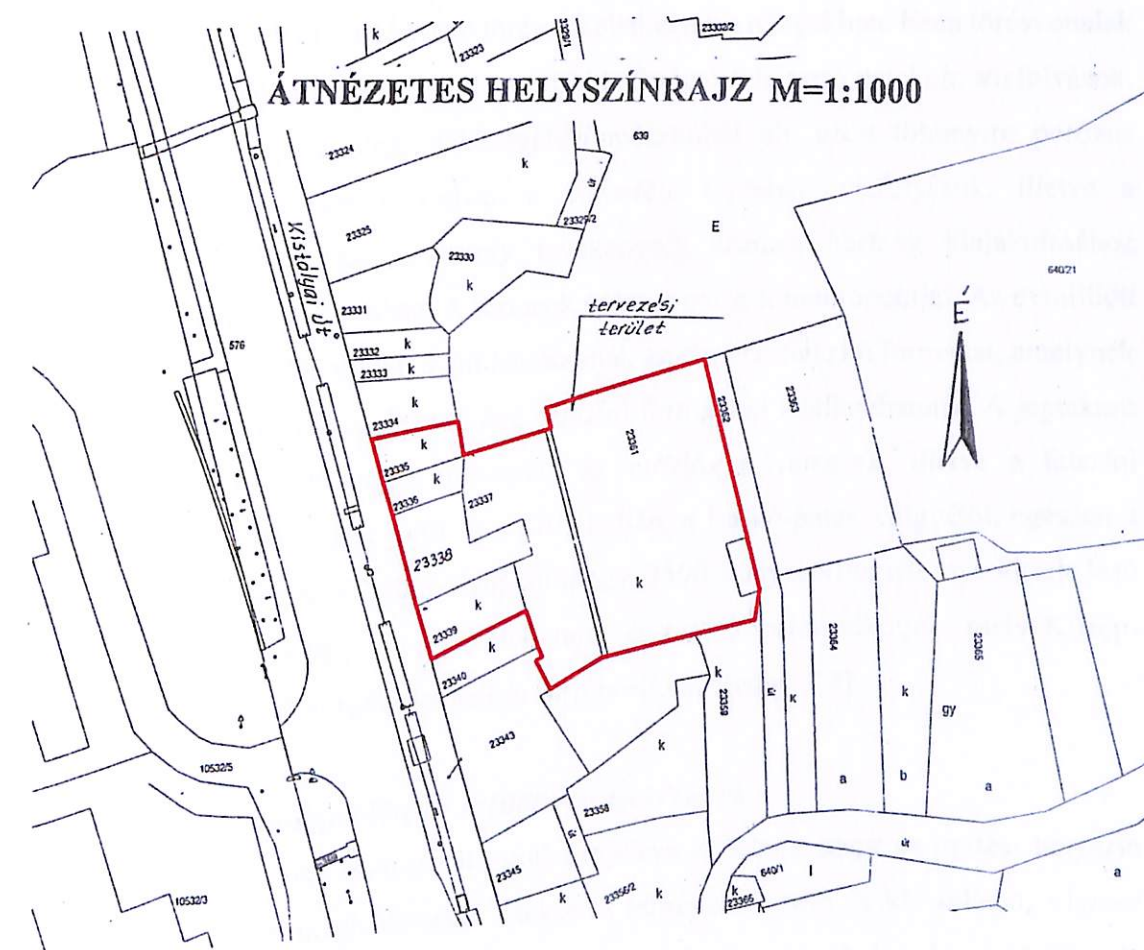
2.2. Helyszíni viszonyok

A vizsgált terület Eger K-i részén-, a Kistályai út melletti felhagyott bányaudvarok közelében lévő alápincézett területen található. Ezt a területet „Tihaméri szőlők”-nek is hívják. Valószínű, hogy a pincék lejárátát képező sziklafalak is egykor bányafalak lehettek. Ezt az is bizonyítja, hogy a terepszint alatt 2-3,5 m vastag feltöltés található, ami az egykori bányaudvar szintje lehetett. Az általam vizsgált ingatlanon korábban már létesült egy borfeldolgozó üzem, melynek építésekor azért kellett szerkezeti pincét létesíteni, mert az épületet nem tudták a feltöltésre lealapozni. Ekkor két kisebb légterű feledésbe merült mélypince is a felszínre került. A szomszédos pincészetben még mindig használják a jelenlegi terepszint alatt lévő mélypincéket. A bővítés 2010-ben történt. A megbízó a meglévő kisebb légterű és szelvényű pincerendszert és a meglévő prэшázat korszerűsíteni, bővíteni kívánta. Több önálló telek összevonásával (23335-23339. és 23361 hrsz.) új telek – alakítás történt, melynek új helyrajzi száma: 23336. A meglévő prэшáz bővítésére külön építészeti terv készült. A pincerendszerre vonatkoztatva a meglévő kis szelvényű pinceágak helyett azonos talpszintű (udvarral megegyező szint) négy azonos hosszúságú, egymással párhuzamos ág-, illetve az ágak végén egy összekötő ötödik keresztág létesült.

(Kapcsolódó rajzi melléklet száma: R1 – M1:500-as Átnézetes helyszínrajz)



36. kép: Eger, Kistályai út 40.
Forrás: [Google maps]



37. kép: Tervezési terület
Forrás: [Geoteszt Kft. tervdok, szerkesztve]

2.3. Geológia

2.3. **Geológia**

Földtani vonatkozásban Eger városa az Egri – Bükkalja nevű kistáj középső északi részén helyezkedik el, melynek területe 426 km². A kistáj 126 és 420m közötti tszf-i magasságú, enyhén D-DK-nek lejtő hegységelőtéri dombság. Felszínének 60%-a közepes magasságú, 40%-a alacsony dombhátaból és lejtőkből áll, amelyeket hegylábfelszínként, ill. hegységelőtéri lejtőként értelmezhetünk. Az előző átlagmagassága 300, az utóbbié 150 m tszf. A Bükkhöz forrt hegylábfelszín közel É-D-i futású völgyekkel erősen felszabdalt, völgyközi hátakra tagolt. A felszín szoliflukcióval¹ jelentősen átformált. A DNy-i kitettségű lejtők, különösen a kistáj Ny-i, DNy-i részén, nagymértékben erózióveszélyesek. Az Egri-Bükkalja a Bükk hegység miocén korban történnő kiemelkedésekor jött létre és a későbbi földtörténeti időszakok alakították ki felszíni formáit olyanra, mint, amilyenek azok napjainkban. A különböző kiemelkedési

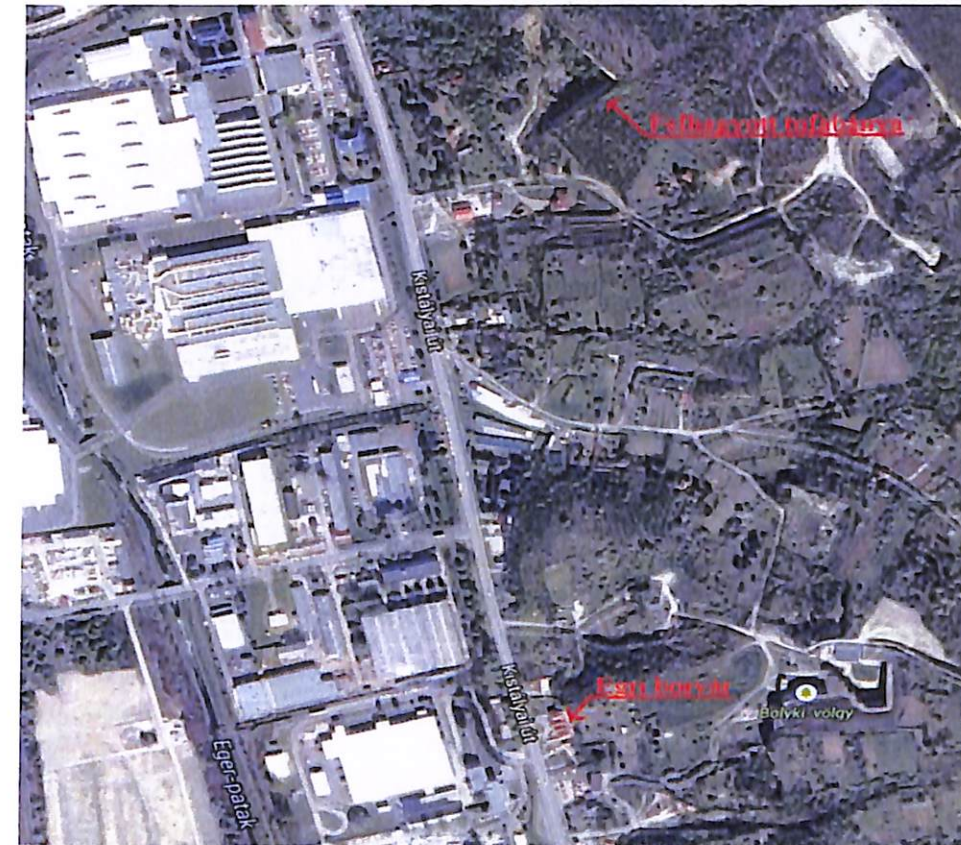
¹ Talajfolyás, a jégtakaró felszínletaroló és tömegáttelepítő munkája

események, az óceánnal való elöntés időszakát követték, majd a felgyűrt rétegekben feszültségek ébredtek és több helyütt törések keletkeztek a rétegekben. Ezen törésvonalak mai árkaiban futnak a hegység felől az Alföld síkságai felé tartó patakok, vízfolyások. Mivel a Bükk hegység döntő többségében mészkőből áll, ezért többnyire porózus karsztfelszín alkotja, amely kedvez a különféle földalatti vízfolyások, illetve a karsztforrások kialakulásához, amely tevékenység számos barlang kialakulásához vezetett a hegyvidék gyomrában. A források számos patak kiindulópontjai. Az évmilliók során a jégkorszaki idők több helyütt lecsiszolták az élesebb felszíni formákat, amelynek nyomán a Bükkalján erősen lekerekített felszíni formákkal találkozhatunk. A jégtakaró erőteljes felszínformáló erejét manapság az eróziós folyamatok, illetve a felszíni vízfolyások tájformáló ereje vette át. A Bükkalján, a Laskó-patak völgyétől, egészen a ma Miskolchoz tartozó Görömbölyig, mintegy 3500 négyzetkilométernyi kiterjedésű többé-kevésbé összesült *riolit*-, *riodácit tufa*, és *tufit* kőzetek alkotják, mely Közép-Európa legnagyobb riolittufa, riodácit és tufit borította térsége. [2]

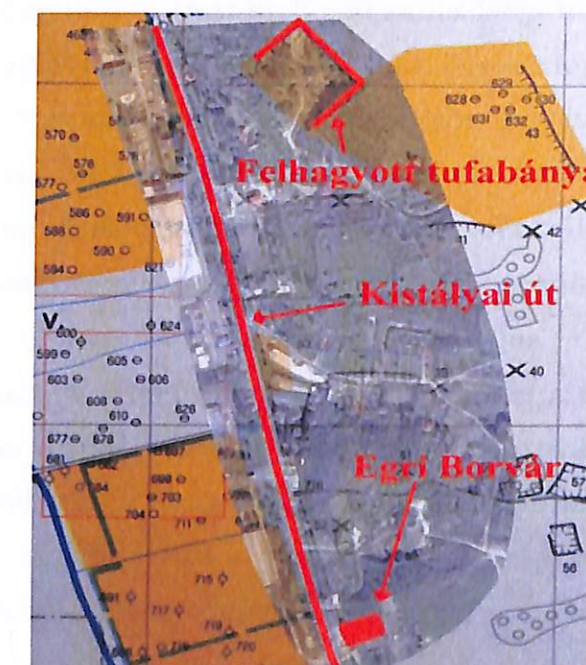
Az építési helyszín megjelölése az 1:10000-es térképeken

Eger Építésföldtani térképsorozatát tanulmányozva rájöttem, hogy az építési helyszín lehető legpontosabb meghatározása ezeken a térképeken nem is kis feladat, viszont nagyon fontos volt, ezt a későbbiekben részletezni fogom. Az általam használt Google Maps térképről lementettem egy műhold képet, ami alapján próbáltam behatárolni, hogy a Földtani Intézetből kihozott 1:10000-es térképén hol található pontosan a keresett pince. Viszonyítási pontot kellett keresnem a két térkép között, hogy azután egymásra illesztve az adott pontok alapján meghatározhasam a pontos helyszínt. Egyedüli támpont egy felhagyott tufabánya és a Kistályai út volt (38. kép). Egymás fölé illesztettem a térképeket és így meg tudtam határozni a pontos helyszínt. Eger Építésföldtani térképsorozatában így kellő pontossággal megjelöltem, hogy a H4-es szektorban pontosan hol helyezkedik el a pince (39. kép). A továbbiakban csatolt képeken csak a H4-es szektort fogom megjeleníteni. Pontos koordinátákkal sajnálatos mód nem rendelkezem, viszont a kutatómunkám fényt derített arra, hogy a kivitelezés során a hátsó kereszt-ág bal oldalánál miért jelenhetett meg agyagos rész fejtés közben. Ezt a tényt az is igazolja, hogy a 40.kép-en lévő térképen a pince elhelyezkedése és a tufa összlet fekvése is egybeesést mutat. Ezt a területet közhorgonyokkal tudták stabilizálni mivel még csak egy agyagos beékelődést lehetett tapasztalni, mögötte szilárd tufát találtak. Véleményem szerint, ha a pince

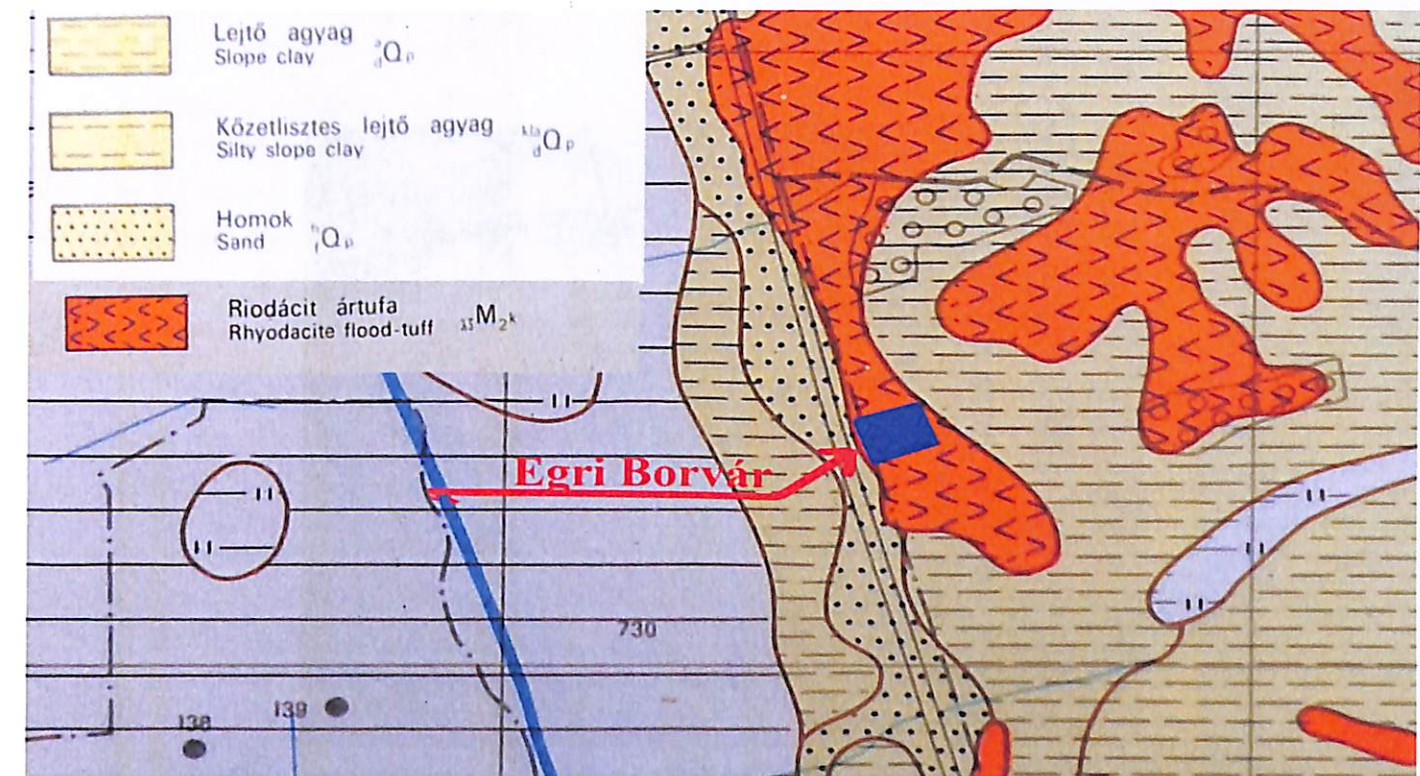
hosszabbra lett volna tervezve úgy komolyabb agyagos területekbe is beleszaladhattak volna a kivitelezés során.



38. kép: Felhagyott tufabánya és a vizsgált pince helyzete egymáshoz képest.
Forrás: [Google Maps]

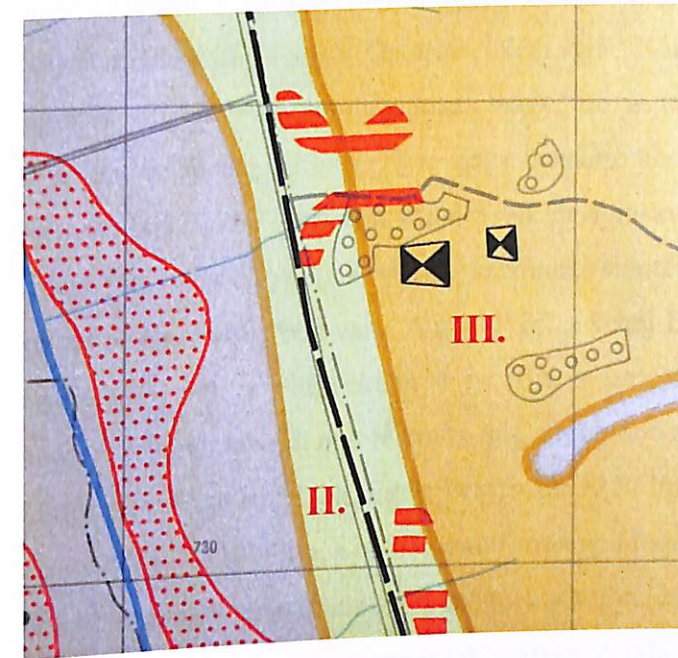


39. kép: Térképek egymásra illesztése



40. kép: Eger-Lajosváros: Felszíni földtani képződmények. Forrás: [16]

40. kép jól mutatja, hogy az építési helyszínen közép-miocén riodácit ártufa található, mely a városban számos helyen megtalálható. A vizsgált pincerendszerben is ez a szálban álló-, jól faragható és igen kedvező szilárdsági tulajdonságokkal rendelkező kőzet jelenik meg. Helyszíni bejárásakor a tulaj, Tóth Ferenc tájékoztatott arról, hogy ezen a területen különösen jó minőségű a tufa és nagyon kevés benne a vető, nincsenek csúszólapok a kőzetben. Eger és környéke szeizmikusan aktív zónába tartozik. A földrengések miatt a sziklaösszlet felszínközeli része tektonikusan töredezett. Mint már korábban említettem szakdolgozatom elején, ez a kőzet rendkívül kedvező szilárdságú-, ezt a Kistályai úton lévő felhagyott tufabánya 20 m magas falai is bizonyítják melyek a mai napig stabilan állnak. A felszín alatt -3,0 – 1,5 m-ig a tufa mállott (iszaposodott) töredezett breccsás kifejlődésű felszíni rétege található, melyet kötörmelékes löszös agyag fed. Ennek felső 60 cm-es része humuszos, gyökérrel átszőtt feltöltésnek minősül. A felszínközeli rétegek indifferensek a vizsgált pince tekintetében ezért a modellezés során nem fogom figyelembe venni ezeket a rétegeket.



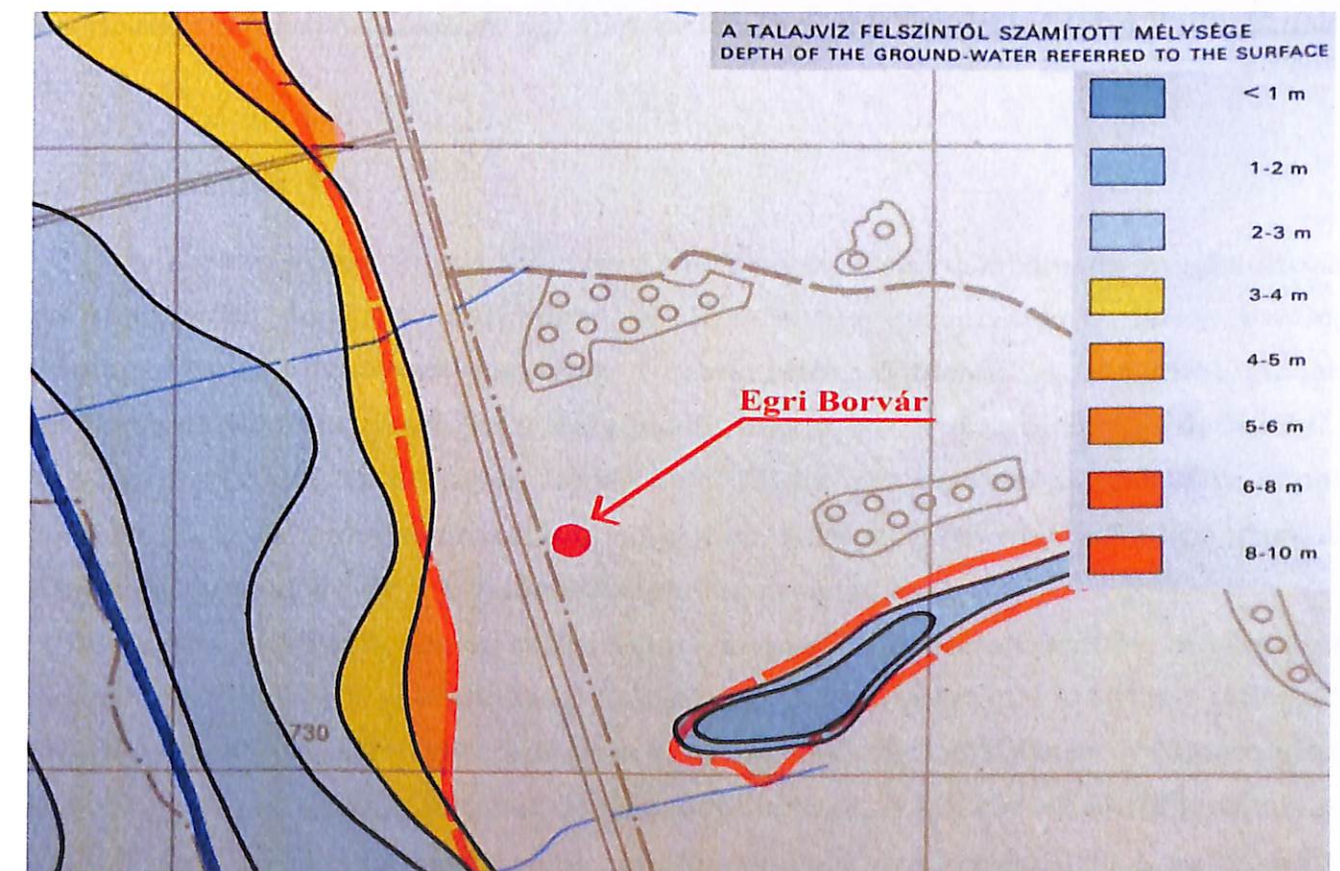
41. kép: Eger-Lajosváros: Építéstervezési és gazdaságföldtani térkép. Forrás: [16]

II Terasz terület, viszonylag meredek peremmel, lankás térszínnel. Vastag pleisztocén lejtőagyaggal, részben terasz kavicsal fedett. A talajvíz általában 5 m-nél nagyobb mélységben helyezkedik el. Az agyag térfogatváltozó, de jó teherbírású, sákalapozásra is alkalmas terület. A kőzetbe vágott pincékkel aláfektetett területen minden esetben altalajvizsgálat szükséges, itt mélyalapozás célszerű.

III Változatos felszínű dombvidék. Jól konszolidálódott fedővel, szilárdabb harmadidőszaki riódácittufa, agyag alapkőzettel. A területre összefüggő talajvíz nem jellemző. A Lejtők nagy területen mozgásveszélyesek, a kőzetek teherbírása jó.

2.4. Hidrogeológia, éghajlat

Egri – Bükkalja kistáját a Tarnába folyó Kígyós-pataktól K-re párhuzamosan D-nek futó kis vízfolyások (Szóláti-, Laskó, Ostoros-, Noszvaji-, Kánya-, Hór-, Nádér-patak) völgyei tagolják fel. A vízhozamingadozás nagy, de a vízállások bizonyos kiegyenlítő hatást is mutatnak. Ez kitűnik Eger nagy hozamú forrásairól is, ahol a Gyógyfürdő forrása csak 6660-1260 l/p között váltakozott, de a noszvaji Síkfőkúton már 955-0,3 l/p-ig fokozódott. A völgytalpak ritkán kerülnek elöntés alá. Jelentősebb feltöltődés a Laskó- és az Eger völgyben van. A „talajvíz” a kistáj D-i részén 6 m alatt összefüggően megtalálható, ami a völgyekben 4 m fölé is emelkedik. Mennyisége azonban nem jelentős. A rétegvíz készlet már jelentős, sőt, a mélyebb rétegek is gazdagok vízben, amiről a kútúrások is tanúskodnak. Eger: Petőfi- tér 1250 l/p, Egerszalók: 1500 l/p 65 C, Andornaktálya: Vízmű 3000 l/p, a bő hozamú források látogatott strandfürdőket táplálnak. Ezek a bővizű rétegek természetesen a mögöttes hegyvidék mélybe szivárgó vizéből táplálkoznak. Az artézi kutak vízhozama is tekintélyes. A talajvíz jellege az Eger-völgyben nátrium- kalcium-hidrogénkarbonátos és különösen kemény és szulfátos.



42. kép: Eger-Lajosváros: A talajvíztükör nyugalmi szintje a felszín alatt.. Forrás:[16]

Éghajlat

Mérsékelt meleg-mérsékelt száraz éghajlatú kistáj. A Napsütés évi összege kevéssel meghaladja az 1850 órát, a nyári időszakban 750-760, a téliben 180 napos órát élvezhetünk. Az évi középhőmérséklet a legmagasabb helyeken 8,0 C körüli, lejjebb 9,0-10 C közötti. A vegetációs időszakban a sokévi átlag 15,0, ill. 16,0-17,0 C között alakul. Ápr. 13-15-től (de D-en már 10-től) számíthatunk 10 C fölötti napi középhőmérsékletre; ez az időszak 180-185 napon át, okt. 14-ig tart. A fagymentes időszak 185 nap körüli, de a D-ies lejtőkön még a 190 napot is meghaladó hosszúságú. A tavaszi határnap ápr. 15-20 között, az őszi okt. 20. körül van. A nyári abszolút hőmérsékleti maximumok sokévi átlaga 30,0-33,0 C, a téli abszolút minimumoké -15,0, -17,0 C. Sokévi átlagban évente 600 mm csapadékkal számolhatunk; ebből a vegetációs időszakra 340-380 mm jut. A 24 órás csapadékmaximum 87 mm (Egerbakta). Átlagosan 40-50 hótakarós nap van a téli félévben, az átlagos maximális hóvastagság D-en alig 20 cm, É-on 25-30 cm. Leggyakrabban ÉNy-i és DK-i szél fúj, a D-i területeken azonban Dny-i. Az átlagos szélsébség 2,5 m/s körüli. A terület É-i része erdős, a középső és D-i részek az egri borvidékhez tartoznak. D-en az éghajlat kedvező egyéb mezőgazdasági kultúráknak is. [2]

2.5. Szeizmicitás

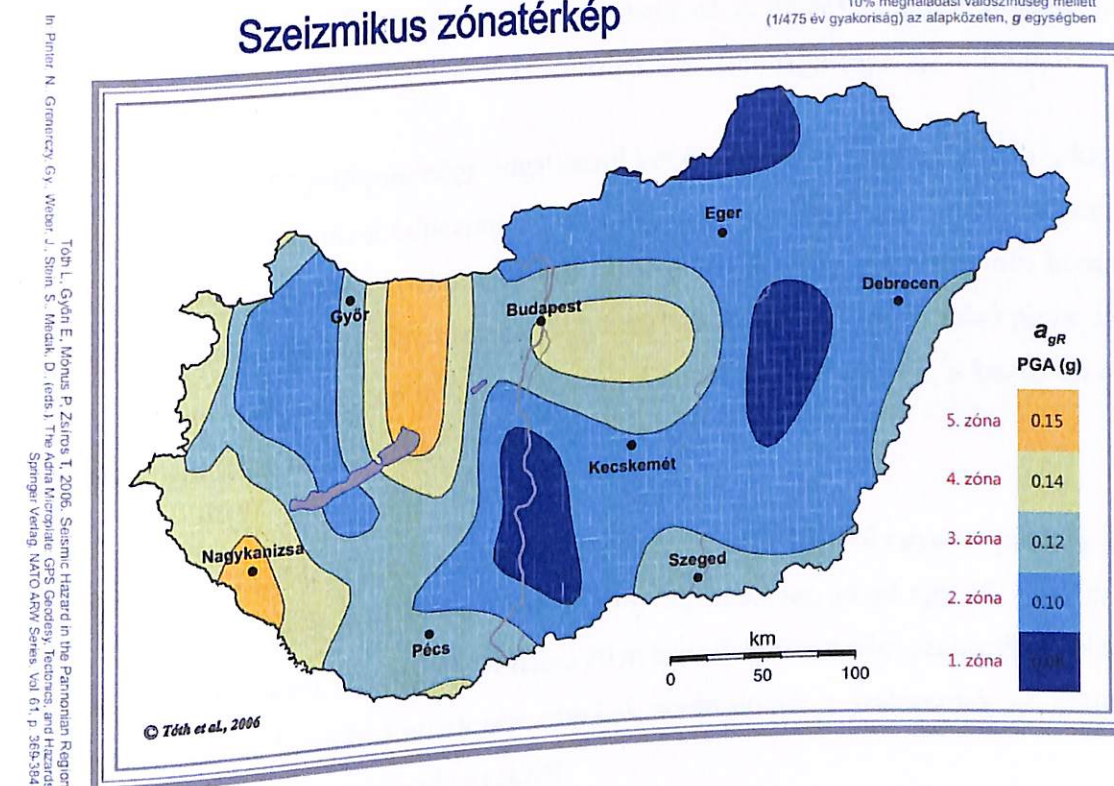
A szeizmológia fontos feladata a földrengés-veszélyeztetettség meghatározása. Erre tekintettel kell lenni minden új létesítmény tervezésekor, hogy esetleges földrengéseknek ellenállóak legyenek a szerkezetek, épületek. A szeizmológiában a veszélyeztetettséget a vízszintes talajgyorsulás maximális értékével szokás definiálni. „A Magyarországon is érvényes Eurocode 8 földrengés-biztonsági szabvány annak a gyorsulásértéknek a meghatározását kívánja meg, amelyet 50 év alatt a földrengések által keltett talajgyorsulás 90%-os valószínűséggel nem halad meg.

A földrengés-veszélyeztetettség számításának alapvetően kétféle számítási módja ismert: a determinisztikus és a valószínűségi módszer. A determinisztikus módszert jellemzően a Föld szeizmikusan aktívabb területein alkalmazzák, ahol jól ismert a földrengéseket generáló geológiai szerkezetek helye, és azok jellemzői. A közepesen aktív területeken – mint például Magyarország – a valószínűségi módszer az elterjedtebb. A valószínűségi módszer a szeizmicitás alapján kijelölt forráshoznak földrengés-aktivitásának statisztikus

jellemzőin alapul. A számítás során figyelembe veszik a földrengések előfordulásának és az egyéb paramétereknek a bizonytalanságait is. A nagyobb területekre vonatkozó veszélyeztetettség térképek számítása általában azzal a feltételezéssel történik, hogy a felszínt keményebb kőzet, az úgynevezett alapkőzet alkotja.” [17.]

MSZ EN 1998-1 (EUROCODE 8) NEMZETI MELLÉKLET

Szeizmikus zónatérkép



43. kép: Magyarország szeizmikus zónatérképe. Forrás: [17]

3. Kivitelezési munkák

3.1. Kivitelezés előtti, meglévő pincerendszer ismertetése

A meglévő pincerendszer valaha négy önálló helyrajzi számú ingatlanról indult. Összesen 6 önálló pince különíthető el a négy telken. Ezek a helyrajzi számok sorrendjében az alábbiak:

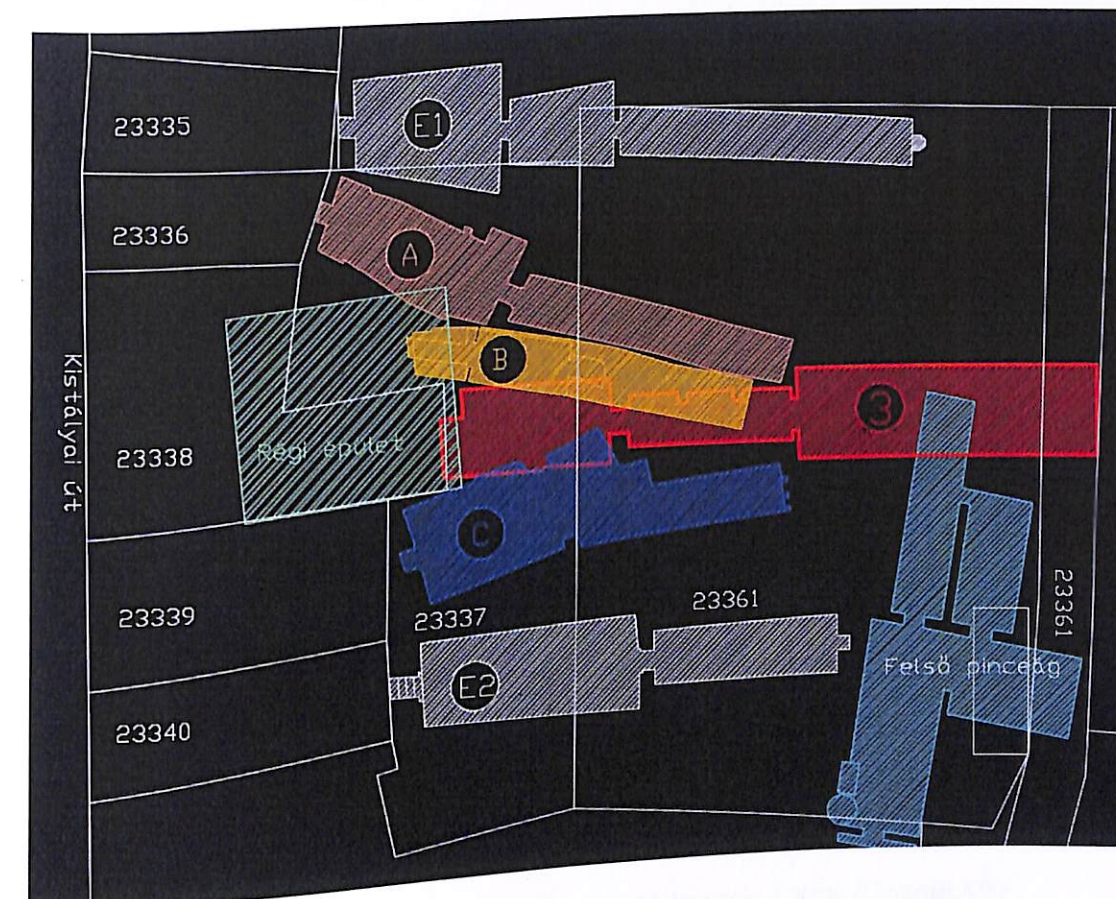
A 23336. hrsz. („A” jelű pinceág) bal oldali ingatlan terméskő falazatából egy jobbra húzó ferde tengelyű egyenes alaprajzú kétkamrás pince indult. Kisebb repedések láthatóak voltak a sziklafalon, de omlás nem volt tapasztalható. Egy átlukadást betonozással szüntettek meg (B. jelű pinceágba lyukadt bele ez a pince) A pince hossza 33m, szélessége az első kamrában 5,6 m, a hátsóban 3,2 m. Belmagassága 2,2 – 2,5 m.

A 23337. hrsz. („B” jelű pinceág) ingatlanról két önálló pince indult. Az alsó -, kisebb pincének a régi bányaudvar talpszintjén volt a bejárata és éppen a felső-, nagyobb légterű pince alatt helyezkedik el. közöttük 20 cm vasbeton födém van. Az alsó pince hossza a pince alatt helyezkedik el. közöttük 20 cm vasbeton födém van. Az alsó pince hossza a hátsó kis kamrával együtt 7 m, szélessége 3,5 m, belmagassága 2 m. A felső pince 19 m hosszú, 3,7 m széles, 2,3-2,5 m belmagasságú. Ez a pinceág is ép volt, a kőzetben csak kisebb repedéseket tapasztaltak.

A 23338. hrsz. („3” jelű pinceág) ingatlanon már egy nagy légterű egyenes pinceág van. Összesen 42,7 m hosszú ez az ág. Első 10 m-e 5,7 m széles, majd egy 12,7 m hosszú szűkebb (3,5) szakasz következik. A hátsó 20 m hosszú és 6 m széles szakaszt körülbelül 17 éve vájták. A későbbi kivitelezési munkák során ennek a szakasznak az iránya a mérvadó az újonnan kialakítandó ágaknál.

A 23339 hrsz. („C” jelű pinceág) sziklafalból szintén két pince indul. Az alsó üreg a felső pince talpának aknájából közelíthető meg, azt részben feltöltötték. Valószínű, hogy ez a pince is a régi bányaudvarból indulhatott valaha. Hossza 7-8 m, szélessége 3,5, pince is a régi bányaudvarból indulhatott valaha. Hossza 7-8 m, szélessége 3,5, belmagassága 2 m. A felső pince három kamrából áll: elől 9,5 m hosszú-, 6,5 m széles elfalazott kádas terem mögött két párhuzamos kisebb ág van: a bal oldali 5,5 m hosszú, 3 m széles és a főtéjébe belemetsz a 23338. új ág beton padozata. A jobb oldali ág 15 m

hosszú, 3 m széles. A pincék belmagassága 2,1 -2,3 m. (Kapcsolódó rajzi melléklet száma: R2)



44. kép: Kivitelezést megelőző viszonyokat bemutató helyszínrajz Forrás: [általam szerkesztett AutoCad rajz]

3.2. Megvalósult pincerendszer bemutatása

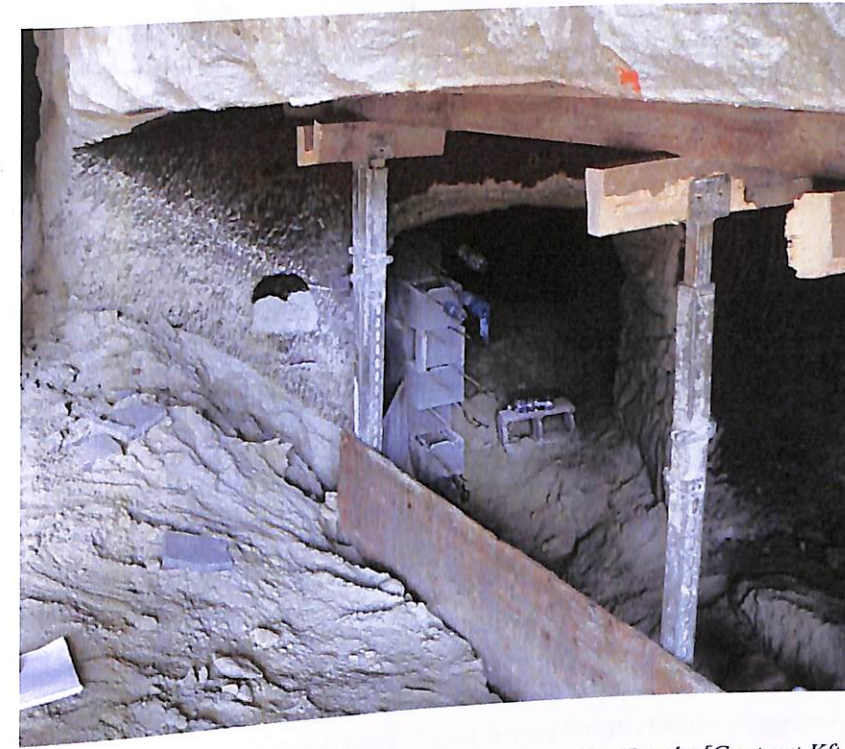
3.2.1. Pince tömedékelések

A régi pinceágak közül a mélyebb talpszintű pincék tömedékelésre kerültek. A tömedékelést viszonylag egyszerűen ki tudták vitelezni mivel a főték a tervezett talpszint közelében vannak, így azokat fel lehetett szakítani. A tömedékanyag bejuttatása betonszivattyúval történt. Alapvetően két féle tömedékelés készült.

Kőztpillérek alatti pinceágak tömedékelése:

Ez esetben a kőztpillér vonalában ZSE 20 zsalukő falat kellett építeni, folyamatos betonacél tüskézéssel és C16/16/K hézag -kibetonozással, valamint be lett réselve a kőzetbe. Ez után a leendő kőztpillért feltöltötték betonszivattyú segítségével

transzportbetonnal aminek a minősége ugyancsak C16/16/K volt. Ahol csak lehetett az új pinceágak vágása előtt töltötték fel az üregeket, nehogy a bővítés miatt a kőztpillérek alátámasztás nélkül maradjanak és a dinamikus hatások miatt megrepedjenek. Ahol ez nem volt kivitelezhető ott kellő alátámasztást biztosítottak és a kitermelt anyagot a vágatból egyből ide termelték be kézi erővel.



45. kép: Kőztpillér tömedékelés, alátámasztás. Forrás: [Geoteszt Kft.]

Betonpillér jele	Beton mennyisége m ³	ZSE20 falazat mennyisége	
		m ²	m ³
	27	25	5
B1	130	135	27
B2	210	160	32
B3	205	130	26
B4	572	450	90
Összesen:			

Új pinceágak alatti üreg tömedékelések:

Azokon a pincszakaszokon, ahol az új pince talpszintje került a régi mélyebb pinceágak fölé, ott egyszerűen a felszakított főtéken át a kibányászott és felaprított tufa anyagot dolgozták be az üregbe. Legalább 50 cm-es töltés-rétegenként híg H-10 cementhabarcsos elárasztás történt, hogy az anyag kellően cementálódjon (injektált cementhabarcsos elárasztás történt, hogy az anyag kellően cementálódjon).

kőrákat -szerű tömedékelési módszer), mivel a tömörítés a darabos közettörmelékben nehézkes. A töltés felső szintjét H-10 cementhabarccsal lezárták. Erre került később a pince saválló bevonatos beton padozata.

Tömedékelendő pincetér jele	Beton mennyisége m ³
A	170
B	140
C	160
Összesen:	470

3.2.2. Új pinceágak vájása

A leendő pillérek alábetonozása és a mélyebb talpszintű pincék tömedékelése után kezdődött el az új pinceágak kialakítása. Valamennyi új pinceág **talpszintje azonos:** **158,40 m.Bf.** a teljes szelvény hosszon 0,2 m-es lejtést adtak neki így az 5. ágnál a talp magassága 158,60 m.Bf. lett. A pince padozata az előírásoknak megfelelően saválló beton (műgyanta bevonat), melyet 5 m -enként dilatáltak. Az egyes pinceágak jellemző méretei a tervezetthez képest jelentősen eltérnek. *Saját helyszíni méréseim alapján* rajzoltam újra az alaprajzot és a metszeteket, felmérésem szerint az egyes pinceágak jellemző méretei, kialakításuk az alábbi: *(Kapcsolódó rajzi melléklet száma: R2)*

„1” jelű főág:

Hossza 54,5 m (az 5. ág széléig) . Szélessége átlagosan 4,10 m, belmagassága 4,0 m, boltozati váll-magassága 3,0 m. A boltozat ív-magassága 1,0 m, ívsugara 2,5 m. A pince első szakaszon a 23335 hrsz. pince közelsége miatt 8,0 m-en a szelvényt 3 m-re le kellett szűkíteni, hogy az 1,5 m-es védőpillér -méret tartható legyen. Valamint beépítésre került egy 1,5 m széles vasbeton fal ami képes felvenni az esetleges többlet terheket az épület fala a 1,m-es falig ugyancsak vasalt beton fal lett. A 2. ág felé eső közetpillér vastagsága 2,0 m. Az 5. ághoz történő csatlakozásnál a közetpillér utolsó a közetpillér végén 1,5 méter széles, a szelvény síkjába besüllyesztett tufa téglából épített bolt öv készült az eredeti szelvénytűzés helyett.

„2” jelű főág:

Hossza 49,20 m (az 5. ág széléig) . Szélessége az 1. ágéval azonosan 4,0 m, belmagassága 4,0 m, boltozati váll-magassága 3,0 m. A boltozat ív-magassága 1,0 m, ívsugara 2,5 m. Az 1. és 3. ágak felé eső közetpillér vastagsága 2,0 m. Az 5. ághoz történő csatlakozásnál a szelvény további szűkítésével a közetpillér tovább lett vastagítva. Az átjáró szélessége így 3,35 m, hossza 3 m, magassága 3,5 m, a szűkítési átmenet hossza 0,5 m.

„3” jelű főág:

„3” jeli főág:
Hossza 47,00 m (az 5. ág széléig) . Szélessége az 6,00 m, belmagassága 4,0 m,
boltozati váll-magassága 3,0 m. A boltozat ív-magassága 1,0 m, ívsugara 4,80 m. A 2. és
4. ágak felé eső közetpillér vastagsága átlagosan meghaladja a 2,0 m-t. Az 5. ághoz
törtető csatlakozásnál a szelvény további kétoldali 1,35 – 1,30 m-es szűkítésével a
közetpillér tovább lett vastagítva. Az átjáró szélessége így 3,30 m, hossza 2,70 m,
magassága 3,5 m, a szűkítési átmenet hossza 0,55 m. A pincetérbe az eredetileg
betervezett két vb gurttni helyett terméskő falazat került beépítésre, mely 5,0 m hosszán
és 0,5 m szélességben épült meg mindkét oldalt. A pinceág első 24,3 m-es szakasza
jelenlegi állapotában változtatlanul megmaradt, csak a pincetalp kerül újra kialakításra a
tervezett szinteknek megfelelően.

„4” jelű főág:

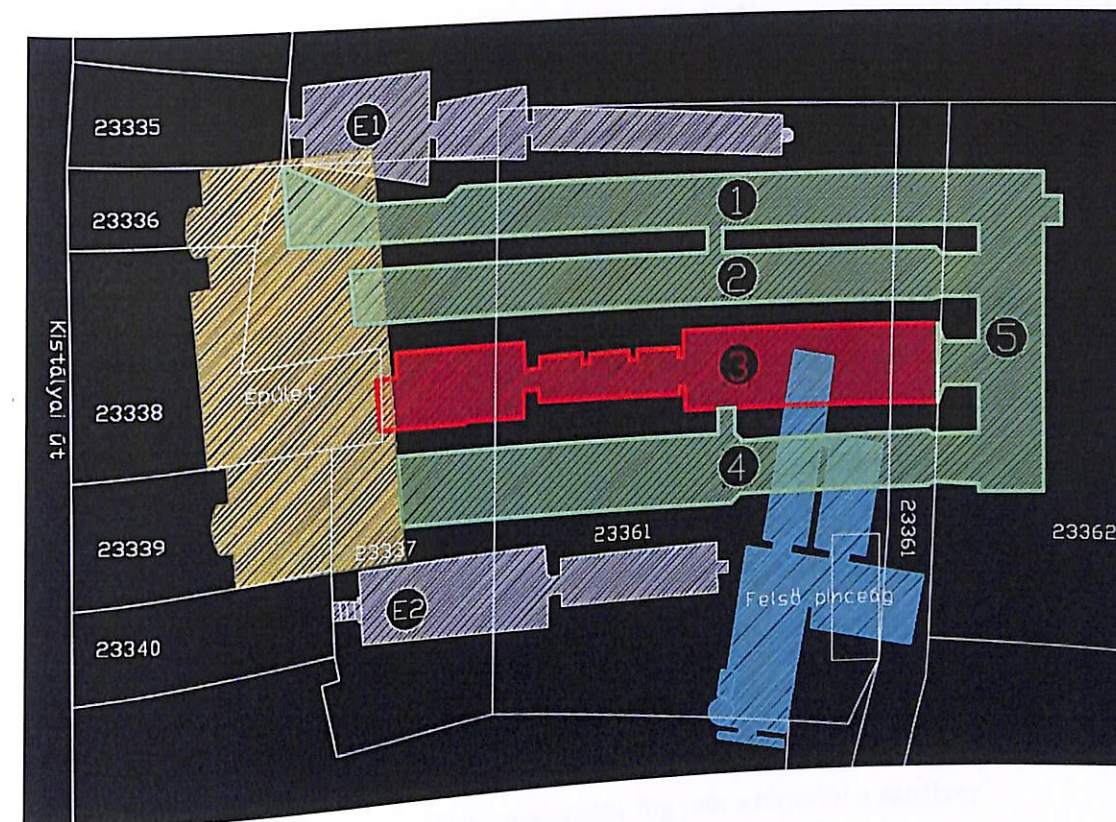
„4” jelű főág:

Az ág átlag 5,30 m-es talpszélességgel készült el. A boltív sugara az első szakaszon 3,60 m, a hátsó 13,3 m-es szakaszon egészen az átjáró szűkületátmenetéig az ívsugár 2,5 m. A pince hátsó szakaszába 15,0 m hosszon a felette elhelyezkedő meglévő pincék miatt egészen az ág végéig tartó 1,30 m-es szelvénytűkítés készült. A szelvény magassága ezen a szakaszon maradt 4,0m. Az 5. ágba vezető átjárónál további 35-35 cm-es szűkítés került kialakításra, a szűkítési átmenet hossza 0,35 m. Az átjáró az 5. ág felől 3,89 m széles, 3,5 m magas, hossza 3,65 m.

„5” jelű főág:

„5” jelű főág:
A négy főágat azok végében egy kereszt ág köti össze. Hossza 24,75 m ,
szélessége 5,00 m, belmagassága 4,00 m, boltozati váll-magassága 3,00 m. A boltozat
ív-magassága 1,0 m, ívsugara 3,60 m.
A vágathajtás az összes ág esetében marófejes vágathajtógéppel történt. A szellőzés
gépesítve van, minden ág elején egy NÁ 200 mm függőleges szellőzőfurat lett kialakítva,
- 53 -

melyek térszíni kicsatlakozását NÁ 300 KG PVC csővel bélelték ki. Az 5. ág végén 1 db szellőző került kialakításra. Az 1-2 ág és a 3-4 ág össze lett kötve egy-egy átjáróval. Az 1-2 ág közötti: 2,0 m * 1,1 m és 20,5 m-re van az 5. keresztág elejétől. A 3-4 ág közötti: 1,90 m * 1,33 m és 19,5 m-re van az 5. keresztág elejétől.



46. kép: Kivitelezés utáni állapotot bemutató helyszínrajz. Forrás: [helyszíni méréseim alapján rajzolt AutoCad rajz]

4. Pince modellezése, ellenőrzése GEO5 szoftverrel

A Fine civil engineering software által fejlesztett GEO5 FEM különféle geotechnikai problémák modellezésére alkalmas végelem módszerrel. Így például többek között terep süllyedés, munkagödör határolás, szerkezetek alátámasztása, rézsűállékonyság, földkiemelések stb. modellezésére is használható. 3 és 6 csomópontú háromszögelemek állnak rendelkezésre a végelem háló generálásakor.

4.1. Keresztmetszetek felvétele

Modellezésem első fázisa a keresztmetszetek bevitele volt a szoftverbe. Ez úgy történt, hogy „szabad pontok” segítségével megadtam az alagút szelvényeim jellemző pontjait, majd ezeket a pontokat „szabad vonalakkal” összekötöttem. AutoCad szoftverben felvettem egy segédkoordináta rendszert, melyben a $z=0$ koordináta a fő ágak talpszintjével volt egyenlő. A GEO5 szoftverben is a pincék talpszintje a $z=0$ koordinátától indul. A vonalaknak a típusát be lehet állítani ív-re, itt meg tudtam adni pontosan a főte ív sugarakat, tehát a bevitt keresztmetszet 100%-ban megegyezik az AutoCad-ben rajzolt keresztmetszettel. Az automatikus végelem háló élhossza alapbeállításként 1,0 m, viszont a pincék közvetlen környezetében 2,0 m-es sugárban besűrítettem 0,15 m-re, így kellő pontossággal fog már számolni a szoftver.

Négy darab jellemző keresztmetszet lett kiválasztva melyek a következők:

I. keresztmetszet

Ebben a keresztmetszetben a terepszint közel van az új pinceágak főtéjéhez, a főték és a terepszint távolsága 3,10 m. A főte fölötti 3 méteres tufa jó állapotú, nem töredezett. Itt a felső humusz réteg és a töredezett tufa korábban elbontásra került a prérház építésekor, így az épület mögött egy sík terepet alakítottak ki vasbeton támfallal.
(Kapcsolódó rajzi melléklet száma: R3)

II. keresztmetszet

A terepszint magasán van (főtéktől 10 m), itt már jelen van a helyszín jellemzésekor tárgyalt felső humusz és az az alatt lévő töredezett tufa réteg. Ezt a felső két réteget modellezés során nem veszem figyelembe a nagy takarás miatt. Még így is 7-9 m jó állapotú tufa található a pincék felett. Továbbá az A,B,C jelű tömedékelt pincék láthatóak.

(Kapcsolódó rajzi melléklet száma: R4)

III. keresztmetszet

„Tiszta keresztmetszet”. A terepszint magasan van (12 m +), valamint csak a négy fő ág és az E1 jelű bal oldali szomszédos pince látszik. (Kapcsolódó rajzi melléklet száma: R5)

IV. keresztmetszet

Az alap metszeten a megvalósult állapot látható, ami a négy fő ágat és a 3-4-es ág fölé benyúló szomszédos pincét mutatja. A terepszint ugyan csak magasan van (15m +), viszont a felső pincerendszer mindössze 1,84 m-re van a fötétől. A megvalósult pincében, mint azt korábban is leírtam ezen a szakaszon szelvénytűkítés történt a 4. ágban, valamint a 3. ágban egy 5,0 m hosszú és 0,5 m széles tufa téglából rakott terméskő falazat került kiépítésre. (Kapcsolódó rajzi melléklet száma: R6)

IV. keresztmetszet (vágatbővítéssel)

Az előző megvalósult IV. számú keresztmetszet lehetséges kialakítási módja, ahol a 4. ág szelvénytűkítését nem iktatom be, hanem marad az eredeti 5,30 m-es szelvény szélesség, valamint a 3. fő ágból is kikerül a terméskő falazat. Itt a vizsgálat célja, hogy megtámasztó szerkezet és szelvénytűkítés nélkül megállt volna e a pince és ha igen, akkor mekkora biztonsággal. (Kapcsolódó rajzi melléklet száma: R7)

4.1. Anyagjellemzők meghatározása

A modellezés során meghatározandó anyagjellemzők a következők:

- riódácit ártufa,
- közetpillér alábetonozás
- régi pince tömedékelése helyi anyaggal, rétegesen elárasztva H10 habarccsal,
- régi bányaudvari feltöltés
- felső pinceág a modell térben nem lehet „üres” mivel ez esetben egy végtelen hosszú üreget feltételeznénk, aminek keresztmetszeti tulajdonságai rendkívül kedvezőtlenek, ezért függőleges értelemben be kell merevíteni.

A GEO5-ben több talajmodell is a rendelkezésemre áll. Ebben a szoftverben Czap Zoltán, külső konzulensem szerint, akinek a numerikus geotechnikai módszerek a kutatási területe a Mohr-Coulomb talajmodell elegendő pontossággal jellemzi a pince erőjatekait. A Plaxis 4D legújabb változata jobb talajmodellel rendelkezik erre a célra, de ahhoz nem

tudtam hozzájutni semmilyen módon (a régi pl. 8.2-es változatban is csak a Mohr-Coulomb talajmodell lett volna használható).

A Mohr-Coulomb talajmodell

A Mohr-Coulomb modell „elsőrendű” közelítést jelent a talajmodelleknek. A modell konstans merevséggel rendelkezik, emiatt a számítás állékonyságvizsgálatnál pontos. Alkalmazásához a modell öt paraméterének (lásd lentebb) és a talaj kezdeti feszültségállapotának ismerete szükséges. Ez a modell tökéletesen rugalmas-képlékeny, vagyis a nyírószilárdsága kimerüléséig rugalmasan, attól kezdve képlékenyen viselkedik. Az öt paraméter, amire szükség van:

E: Összenyomódási modulus [kN/m²]

v: Poisson tényező [-]

ϕ : Belső súrlódási szög [°]

c: Kohézió [kPa]

ψ : Dilatációs szög [°]

4.1.2. Riodácit ártufa paramétereinek meghatározása:

Szakdolgozatomban különös figyelmet fordítottam arra, hogy az adott területre a lehető legpontosabb adatokat tudjam meghatározni, ez jelentős mennyiségű kutatómunkát igényelt. A tervező cég egy az Eger építéshidrologia atlaszában talált adatokkal számolt, ezek a következők voltak:

- térfogatsúly	$\gamma_{tf} = 17,0 \text{ kN/m}^3$
- víztartalom	$w_{tf} = 1,3-4,6 \%$
- vízfelvétel	$s_{tf} = 14,6 \%$
- nyomószilárdság	$\sigma_{ny} = 5-7 \text{ N/mm}^2$
- húzószilárdság	$\sigma_h = 0,5 \text{ N/mm}^2$

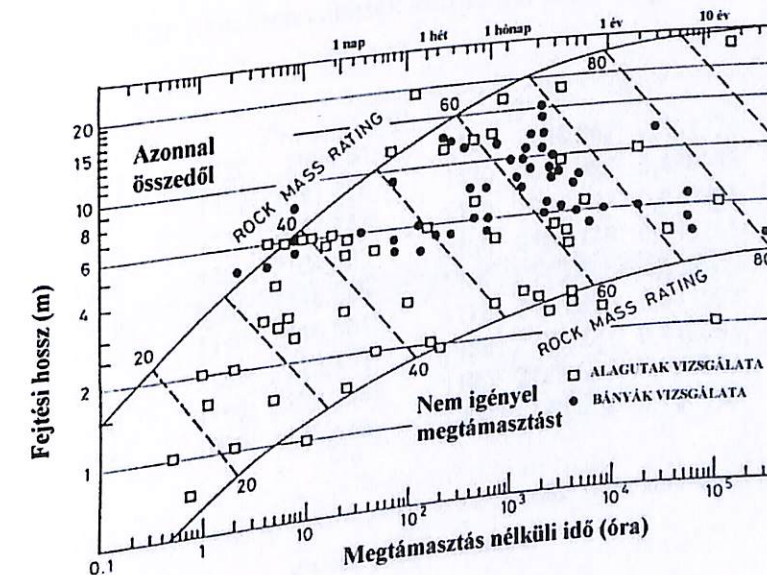
Az általam vizsgált pince a Tihaméri szőlők területén helyezkedik el. Mint azt feljebb írtam (2.3. Geológia) a tulaj tájékoztató, hogy a helyszínen lévő tufa különösen jó minőségű üde kőzet (nem tagolt), a pincék ázása, vizesedése nem jellemző, ha a felszíni

vízvezetés megoldott. A Magyar Bányászati és Földtani Hivatal irattárában két dokumentumot találtam a területre vonatkozóan melyekben az Eger Tihamér-i tufákat tárgyalják.

Ezek szerint a riódácit ártufa közetfizikai minősítő értékei az alábbiak:

- térfogatsúly $\gamma_{tf} = 16 \pm 50 \text{ kN/m}^3$
- víztartalom $w_{tf} = 4-6 \%$
- vízfelvétel $s_{tf} = 15-25 \%$
- nyomószilárdság $\sigma_{ny} = 3,5-5,5 \text{ N/mm}^2$
- húzószilárdság $\sigma_h = 0,5 \text{ N/mm}^2$
- rugalmassági modulus $= 0,68 \pm 0,23 \text{ Mpa}$

Meg kellett továbbá határoznom a kohézióját és belső súrlódási szögét, ezt elsőnek RMR (Rock Mass Rating) módszerrel közelítettem meg. A módszer több összetevőből áll, viszont nekem csak egy első közelítő értékre volt szükségem kiindulási pontnak. RMR táblázat és diagram alapján I. osztályba sorolható.



47. kép: RMR (Rock Mass Rating) módszer. Forrás: [20, p. 95.]

ϕ : Belső súrlódási szög $= > 45^\circ$

c : Kohézió [kpa] $= > 400 \text{ Kpa}$

Tehát a várható értékek 400 Kpa és 45 fok felettié lesznek. Külső konzulensem Czap Zoltán segítségével még pontosabban meg tudtam határozni a kohéziót és a belső súrlódási szöget. Excel táblázatban történt a számítás a Mohr- Coulomb törési feltétel alapján.

Excel tábla lényege:

A nagy kör az egyirányú nyomás Mohr köre, a kis kör az egyirányú húzás Mohr köre (nincs berajzolva) és egy olyan parabolával adjuk meg a törési feltételt, amely simul mind a két körhöz. Az egyeneshez képest a parabola jobban közelíti a közet tulajdonságait. A parabolának az egyenletét kellett megkeresni, és ha ez meg volt, akkor a 0 normálfeszültség, tehát a ksfeszültségek környezetéből kapjuk a feladatnak megfelelő nyírószilárdsági jellemzőket.

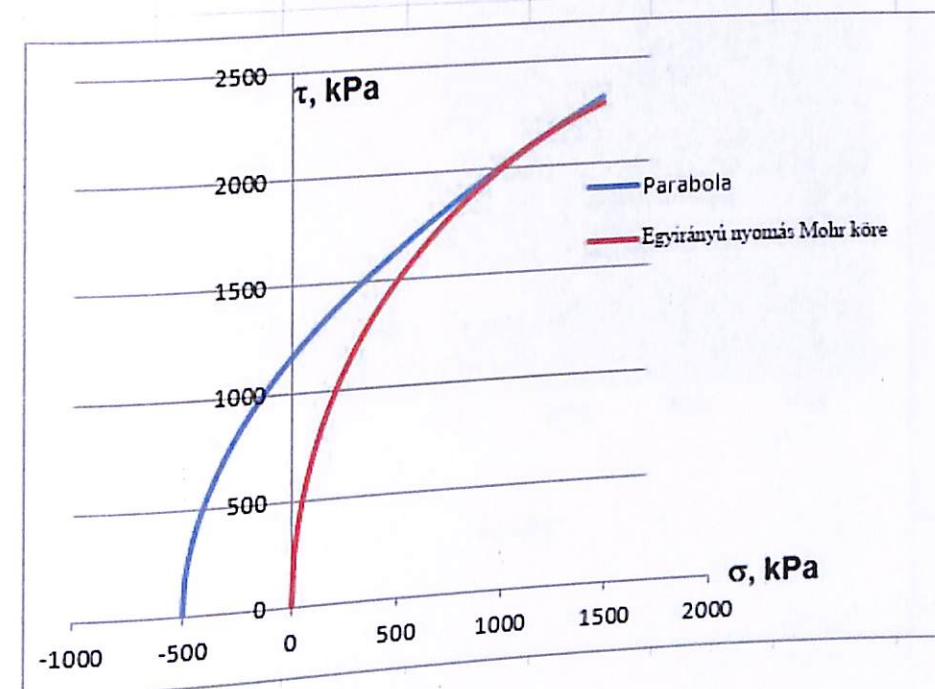
- kohézió értékét (a parabola metszéspontja a τ tengellyel),
- súrlódási szög (a görbe érintőjének meredeksége ugyanezen a helyen),

Itt a Coulomb egyenes helyett egy parabolát vettünk. A parabolának két paramétere van, az egyik a szorzószám („a”), a másik pedig a húzószilárdság. Mivel tudjuk honnan indul, tehát csak azt kell meghatározni, hogy milyen szorzószámot alkalmazzunk. A parabola indulási helye a kisebbik körtől függ (simul hozzá a függőleges érintőnél). Az „a” értékét úgy kell változtatni, hogy a parabola és a kör között lévő függőleges távolság 0 legyen. Ezt az Excelben célérték kereséssel lehet megtenni.

t	xk	yk	xp	yp	D
1620	1120	2084,61	1120	2084,962	0,351374
1630	1130	2091,196	1130	2091,387	0,190986
1640	1140	2097,713	1140	2097,792	0,079264
1650	1150	2104,163	1150	2104,178	0,015751
1660	1160	2110,545	1160	2110,545	4,95E-06
1670	1170	2116,861	1170	2116,892	0,031593
1680	1180	2123,111	1180	2123,221	0,110093
1690	1190	2129,296	1190	2129,531	0,235094
1700	1200	2135,416	1200	2135,822	0,406196

48. kép: Excel tábla részlete, amely az egyirányú nyomószilárdság Mohr körének és a parabolának az érintési pontját mutatja.

$a = 51.80129$
 $\min = 4.95E-06$
 $c = 1158.312 \text{ kPa}$
 $\phi = 49.19513 \text{ fok}$



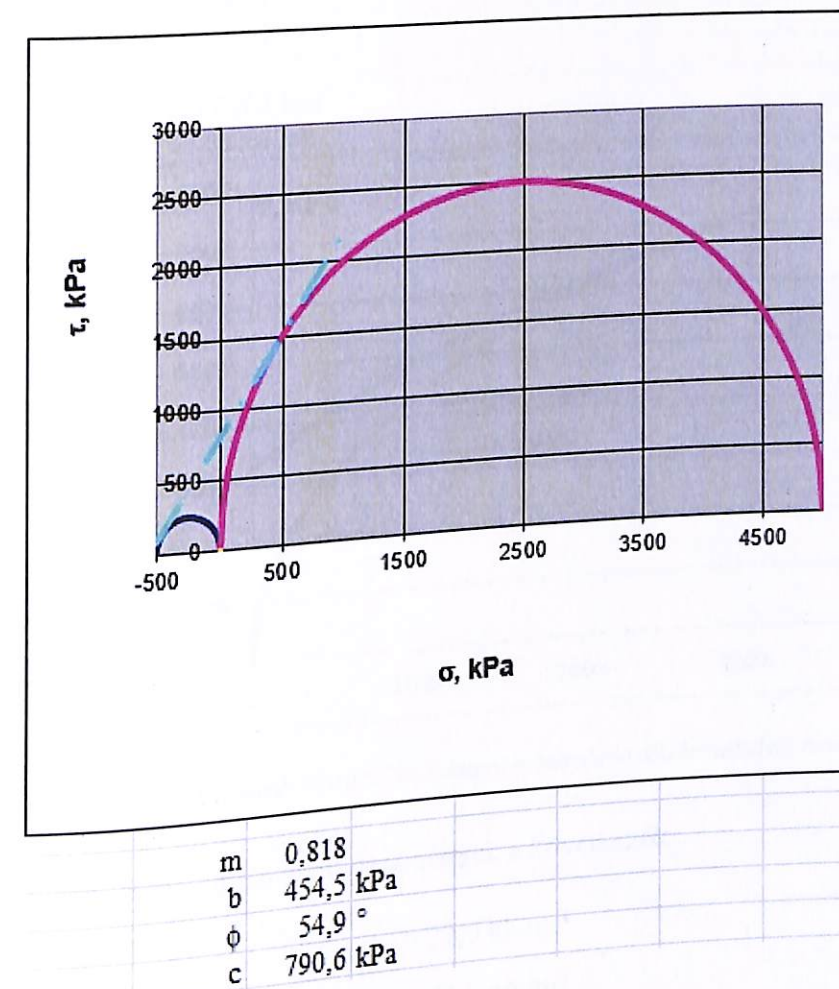
49. kép: Mohr Coulomb törési feltétel diagram, parabola alkalmazásával.

A közetfizikai paramétereket normál Mohr-Coulomb egyenessel is meghatároztam, amelyet a 49. kép ábrázol. Jól látható, hogy a parabolához képest sokkal kisebb kohéziós értéket kaptam (790 kPa). Mint ahogy fentebb is említettem a görbe alkalmazásával jobban lehet közelíteni a kőzet tulajdonságait így a parabola által kiadott értékeket fogom használni a modellezés során (1160 kPa). (Kapcsolódó Excel CD melléklet: „tufa paramétereinek meghatározása”)

A modellhez használt végleges értékek a **riodácit ártufára** vonatkoztatva a következők:

- térfogatsúly	γ	= 16,0 kN/m ³
- telített térfogatsúly	γ_{sat}	= 19,0 kN/m ³
- nyomószilárdság	σ_{ny}	= 5,0 N/mm ²
- húzószilárdság	σ_{h}	= 0,5 N/mm ²
- rugalmassági modulus	E	= 800 Mpa
- belső súrlódási szög	ϕ	= 49 °
- kohézió [kPa]	c	= 1160 Kpa

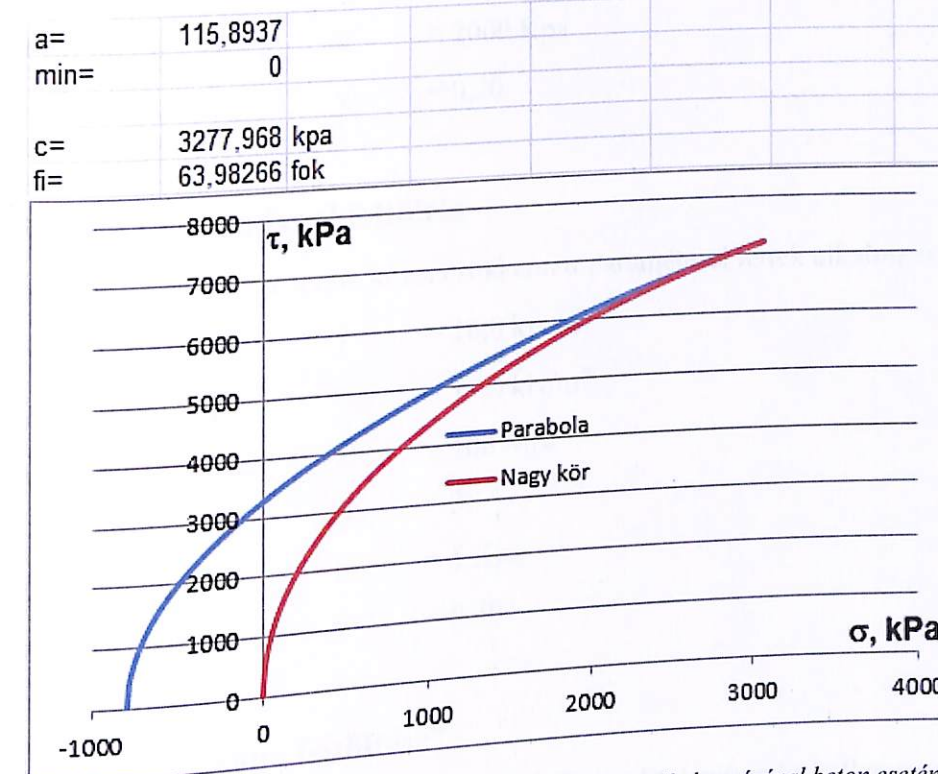
- poisson tényező $\nu = 0,30$



50. kép: Mohr-Coulomb törési feltétel diagram, Coulomb egyenes alkalmazásával.

4.1.3. Kőzetpillér alábetonozás paramétereinek meghatározása:

C16/16-os betonnal számolok melynek rugalmassági modulusa 29000 N/mm^2 , de ezt 0.75 -ös csökkentő tényezővel le kell redukálni így a kapott érték: 21750 N/mm^2 (Mpa). Poisson tényező Czap Zoltán tanár Úr tanácsára $0,2$ -re lett felvéve. A szakirodalomban nem találtam meg a hiányzó paramétereket a betonra vonatkozóan ezért a riodácit ártufához hasonló módon lett kiszámítva a beton kohéziója és belső súrlódási szöge mivel a GEO5 szoftverhez szükségesek voltak ezek a paraméterek. Az számításhoz tartozó diagramot az 50. kép mutatja. (Kapcsolódó Excel CD melléklet: „beton paramétereinek meghatározása”)



51. kép: Mohr Coulomb törési feltétel diagram, parabola alkalmazásával beton esetén.

A modellezés során alkalmazott paraméterek a következők:

- térfogatsúly	γ	$= 22,0 \text{ kN/m}^3$
- telített térfogatsúly	γ_{sat}	$= 22,0 \text{ kN/m}^3$
- nyomószilárdság	σ_{ny}	$= 16 \text{ N/mm}^2$
- húzószilárdság	σ_{h}	$= 0,8 \text{ N/mm}^2$
- rugalmassági modulus	E	$= 21750 \text{ Mpa}$
- belső súrlódási szög	ϕ	$= 63^\circ$
- kohézió [kPa]	c	$= 3250 \text{ Kpa}$
- poisson tényező	ν	$= 0,20$

4.1.4. Régi pince tömedékelése

A régi pince tömedékelésének a H10-es habarcs anyagi jellemzőit vettem alapul.

- térfogatsúly	γ	$= 17,5 \text{ kN/m}^3$
- telített térfogatsúly	γ_{sat}	$= 17,5 \text{ kN/m}^3$
- nyomószilárdság	σ_{ny}	$= 15 \text{ N/mm}^2$
- húzószilárdság	σ_{h}	$= 0,6 \text{ N/mm}^2$
- rugalmassági modulus	E	$= 20000 \text{ Mpa}$

Ferenchegy Ádám

- belső súrlódási szög	ϕ	$= 55^\circ$
- kohézió [kpa]	c	$= 2000 \text{ Kpa}$
- poisson tényező	ν	$= 0,20$

4.1.5. Régi bányaudvari feltöltés

A bányaudvari feltöltésre a tufa közet csökkentett paramétereit lettek alkalmazva.

- térfogatsúly	γ	$= 16,0 \text{ kN/m}^3$
- telített térfogatsúly	γ_{sat}	$= 19,0 \text{ kN/m}^3$
- rugalmassági modulus	E	$= 100 \text{ Mpa}$
- belső súrlódási szög	ϕ	$= 38^\circ$
- kohézió [kpa]	c	$= 5 \text{ Kpa}$
- poisson tényező	ν	$= 0,30$

4.1.6. Felső pinceág „feltöltése”

Mint azt a 4.2.-es pont elején is említettem függőleges értelemben be kellett merevítenem a 3. és 4. új pinceágak fölé benyúló pincét. A 2D keresztmetszetben a felső pince egy 13.30 m széles és 1,9 m magas téglalap alakú szelvény. A modellező szoftver végtelen hosszúnak tekintené ezt az üreget ezért kell feltölteni. Protodjakonov módszer segítségével számítottam ki a csökkentő tényezőt, amit a riodácit ártufára alkalmaztam. A Protodjakonov féle átboltozódási parabola B szélességét a szelvény két alsó sarkából húzott $45^\circ + \phi/2$ egyenessel - melynek dőlésszöge így: $45^\circ + 49/2 = 69,5^\circ$ - határoztam meg.

- átboltozódási parabola szélessége $B=18,77 \text{ m}$
 - felső pincerendszer 4. fölött lévő két db párhuzamos pince közelségük miatt modellezés során egy pincének tekintendők így az alkalmazott szélesség $b = 8 \text{ m}$
- $$b/B = 8 / 18,77 = 0,43$$

Az általam alkalmazott csökkentő tényező tehát 0,43 és így a véglegesen használt tulajdonságok a modellezés során:

- térfogatsúly	γ	$= 16,0 \text{ kN/m}^3$
- telített térfogatsúly	γ_{sat}	$= 19,0 \text{ kN/m}^3$
- nyomószilárdság	σ_{ny}	$= 2,15 \text{ N/mm}^2$
- húzószilárdság	σ_{h}	$= 0,2 \text{ N/mm}^2$

- rugalmassági modulus	E	= 344 Mpa
- belső súrlódási szög	ϕ	= 45 °
- kohézió [kpa]	c	= 500 Kpa
- poisson tényező	v	= 0,30

4.2. Kapott eredmények kiértékelése, összegzése

A következő pontokban összegzem a számítás menetét és megadom az egyes ágak közötti biztonsági tényezők értékét. A Geo5 teljes számítási dokumentuma a mellékletben található meg. A felszínközeli talajrétegek, mint már fentebb is említettem indifferensek az általam vizsgált mélységben. A modellezés az első két keresztmetszetben két fázisban zajlott, amely bemutatja a kivitelezés előtti és utáni állapotot. Valamint a III., IV. keresztmetszetben beiktattam egy 3. kiegészítő fázist is.

I. Keresztmetszet:

1. fázis: az A,B,C jelű alsó pincék és a meglévő 3. fő ág látható, valamint az E1 és E2 jelű szomszédos pincék. A B jelű alsó pince és a 3. fő ág között vasalt beton fal erősítés található. A függőleges elmozdulás elhanyagolható, 1 mm alatti értéket adott ki. A maximális függőleges feszültség $\sigma_{z,max}=970$ kPa, míg a maximális vízszintes feszültség értéke $\sigma_{x,max}=315$ kPa.

2. fázis: beépítésre kerültek a 20 cm vastag vasbeton gátfalak, valamint tömedékelve lettek a régi pinceágak (tömedékelésről bővebben 3.2.1.-es pontban). Kiépítésre került a 4 fő ág. A maximális függőleges elmozdulás mértéke 1 mm. A függőleges és vízszintes feszültségek értéke a közet teherbírásához képest kicsi, ez a jól megválasztott tömedékelési mód és az kellő vastagságú pilléreknek köszönhető. A maximális függőleges feszültség a 3. ág bal szélénél lép fel melynek értéke $\sigma_{z,max}=945$ kPa. A maximális vízszintes feszültség $\sigma_{x,max}=1240$ kPa, amely a közetpillér alatti beton tömedékelésben lép fel. A közetben a jellemző vízszintes feszültség $\sigma_{x,max}=300$ kPa alatt van, ami elhanyagolható. Állékonyágvizsgálat eredménye: $\lambda = 3,19$

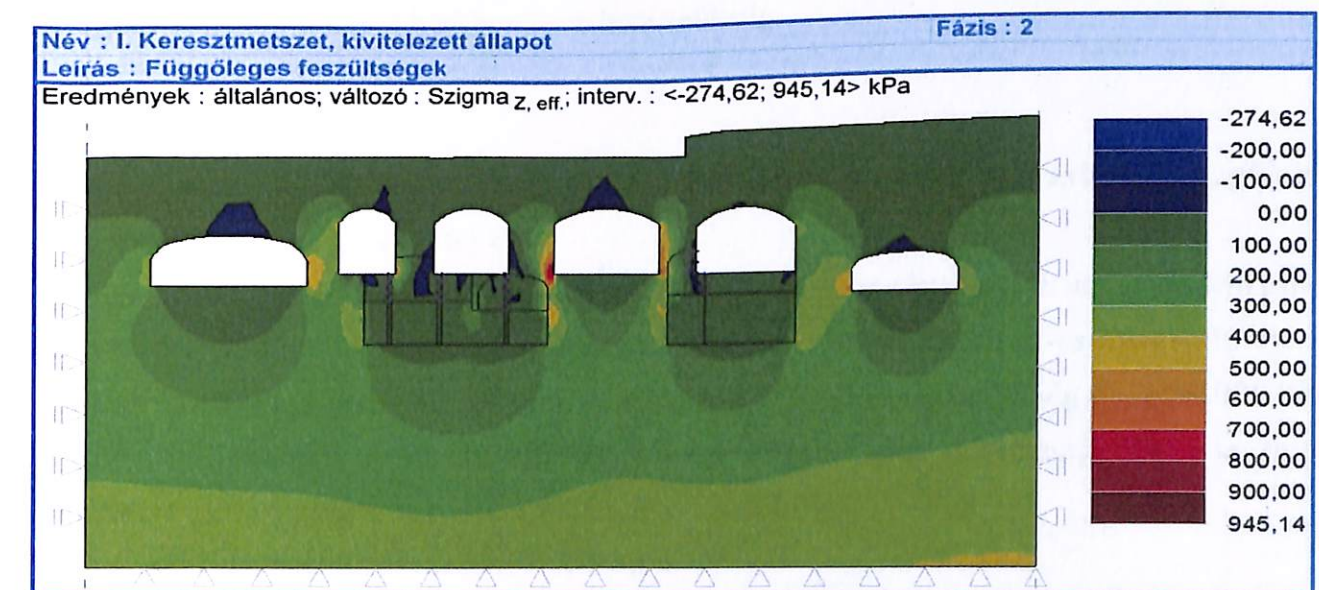
Konklúzió:

Ferenchegy Ádám

A kőzet rendkívül nagy biztonsággal megáll ebben a szelvényben. A valóságban természetesen sokat számít, hogy a ténylegesen megvalósult tömedékelés mindenhol megfelelően kitöltötte-e a régi üregeket vagy maradtak e hézagok a régi főték és a kőzet között. Dr. Kleb Béla Eger múltja a jelenben c. könyvéből idéznék néhány sort mely a következőképp szól: „A gyakorlati – bányászati – tapasztalat szerint az ilyen, kis mélységben létesített, egyszer már állékonnak bizonyult üregekre általánosságban érvényes, hogy ha az üreg boltozatos kiképzésű – a pincék ilyenek – és fedőjükben állékony kőzet helyezkedik el és annak üreg feletti vastagsága nem kisebb, mint a fesztáv félszerese, úgy a maximális felszakadás nem lépi túl az üreg fedőjében helyezkedő kőzetet.” [4. p. 289.] Tehát erre a keresztmetszetre vonatkoztatva a legszélesebb a 3. pinceág ami 5,65 m, az üreg feletti kőzet vastagsága 3,12 m.

$$(5,65/2)=2,83 \text{ m} < 3,12 \text{ m} \rightarrow \text{Megfelel!}$$

Ezt a gyakorlati alkalmazást a 4. keresztmetszetben nem fogom alkalmazni mivel ott a felső pincerendszer csak egy rövid szakaszon van jelen a 3-as és 4-es fő ág fölött.



52. kép: I. Keresztmetszetben ébredő függőleges feszültségek

Ferenchegyí Ádám

II. Keresztmetszet:

1. fázis: az A, B, C jelű alsó pincék és a meglévő 3. fő ág látható. A B és 3-as ág között 20 cm-es vasbeton födém van. Az A-B alsó pincék között korábban a fal átszakadt itt a vasalt betonnal történt a két pince közötti közetpillér javítása. A kis közetpillér miatt itt a legnagyobb a függőleges feszültség, $\sigma_{zmax}=943$ kPa.

2. fázis: az alsó pincék tömedékelésre kerültek (tömedékelésről bővebben 3.2.1.-es pontban). A maximális függőleges feszültségek jellemzően az E1 – 1 – 2 –es jelű pince ágak között alakultak ki a kisebb közetpillér szélesség miatt, $\sigma_{zmax}=888$ kPa. A vízszintes feszültségek átlaga itt is elhanyagolható a közetben, ez átlag 200 kPa. A maximum a 2. fő ág alatt alakul ki közetpillér alábetonozásban. $\sigma_{xmax}=700$ kPa. A maximális süllyedés 1,7 mm ami az 1-es és 2-es fő ág főtéjénél alakult ki. Állékonyságvizsgálat eredménye: $\lambda = 3,54$.

Konklúzió:

A pince ezen szakasza állékonyságra megfelel, amennyiben a felszíni vízelvezetés továbbra is megoldott lesz, akkor a tufa jelenlegi jó állapotában megmarad és megtámasztásra a későbbiekben sem lesz szükség.

III. Keresztmetszet:

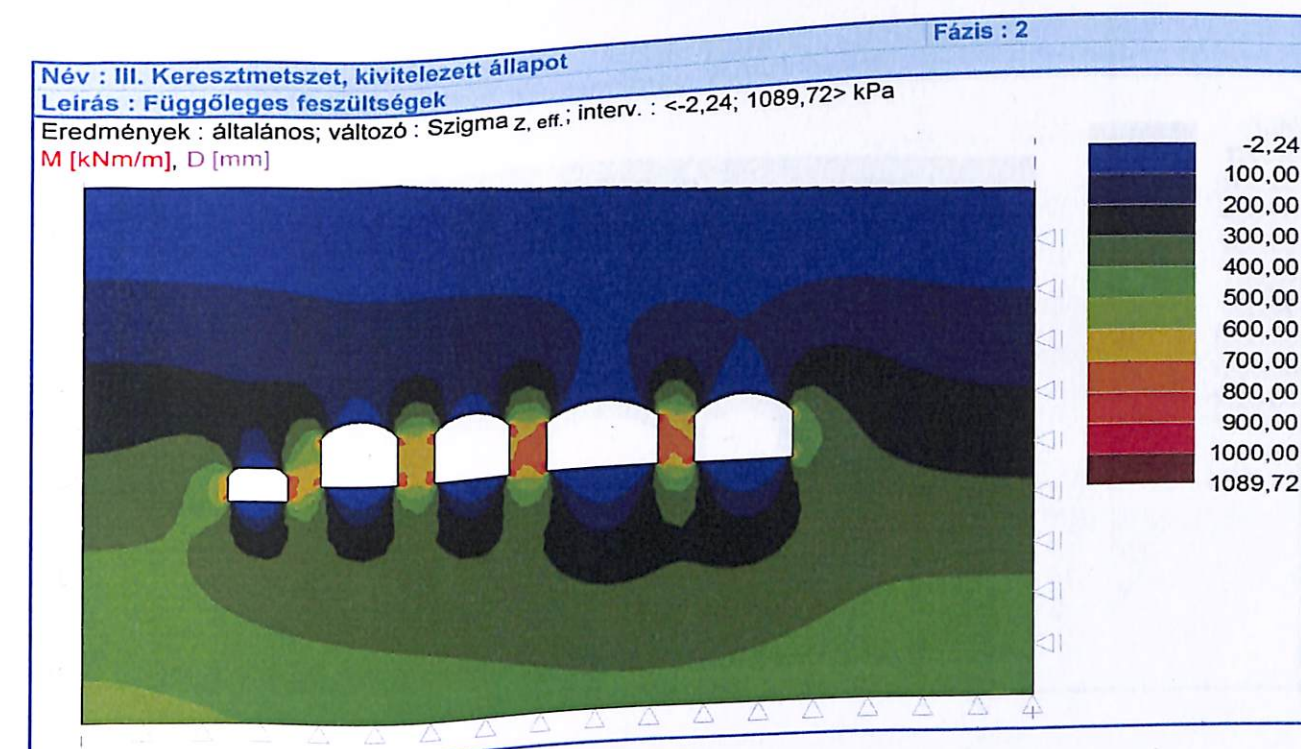
1. fázis: az E1 jelű és a meglévő 3-as fő ág került modellezésre. A maximális függőleges feszültség értéke $\sigma_{z,max} = 763$ kPa

2. fázis: modellezésre került az úgynevezett „tisza keresztmetszet”. Itt az E1-es jelű pince és a 4 fő ág látható. A függőleges elmozdulások maximuma az 1, 2, 4-es fő ágak főtéjénél alakult ki melynek mértéke 2,4 mm. A maximális függőleges feszültség $\sigma_{z,max}=1089$ kPa, amely jellemzően az ágak közötti közetpillérben van. A legnagyobb vízszintes feszültségek a vágatok sarokpontjaiban alakultak ki. $\sigma_{x,max}=500$ kPa.

Állékonyságvizsgálat eredménye: $\lambda = 3,93$

Konklúzió:

Állékonyságra a pincerendszer ezen szakasza is megfelel, továbbá az előző keresztmetszetre levont következtetések itt is érvényesek.



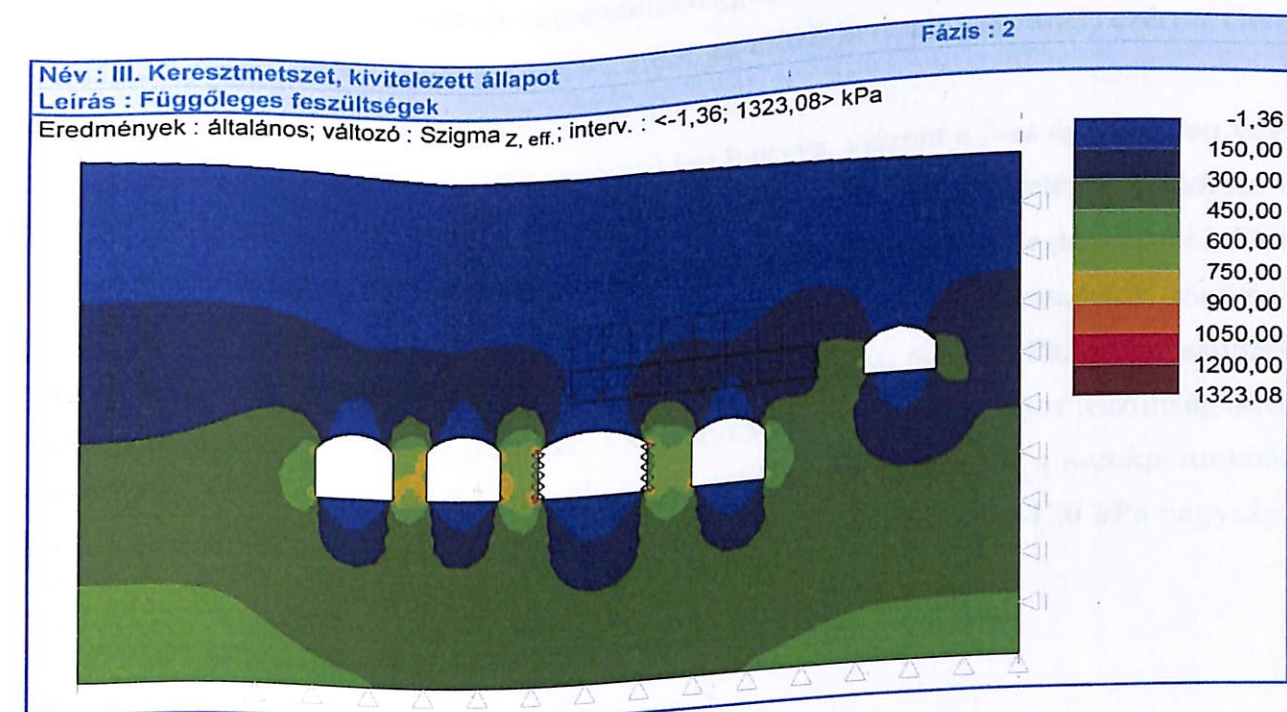
53. kép: III. Keresztmetszetben ébredő függőleges feszültségek

IV. Keresztmetszet:

1. fázis: modellezésre került a 3. meglévő ág és a felette lévő pince. Az anyagjellemzők meghatározásánál tárgyaltak szerint a felső pince be lett merevítve a kedvezőtlen keresztmetszeti tényezője miatt, valamint egy 10 kN/m^2 -es megoszló teher lett rátéve, ami a tárolási célból eredő terheket szimulálja. A legnagyobb vízszintes feszültségek a 3-as, meglévő ág sarkaiban alakulnak ki. $\sigma_{z,\max} = 906 \text{ kPa}$

2. fázis: a 4 fő ág és a felső pince lett modellezve valamint a 3. fő ágban két oldalt $0,5 - 0,5 \text{ m}$ -es tufa fal épült megerősítési célból. A maximális függőleges elmozdulás $2,5 \text{ mm}$, mely az 1,2,4-es fő ágak föltéje fölött keletkezett. A függőleges elmozdulások ábrájából jól kivehető, hogy az 1-es és a 2-es fő ág közelségükből adódóan egy pinceként dolgoznak, a két pince fölött egy szélesebb átboltozódási parabola alakul ki. Ez a függőleges feszültségeknél is látszik mivel a két a pince az együttdolgozásuk miatt a 3. ágra terhelnek rá. $\sigma_{z,\max} = 1323 \text{ kPa}$

Állékonyságvizsgálat eredménye: $\lambda = 2,87$



54. kép: IV. Keresztmetszetben ébredő függőleges feszültségek

3. fázis: a felső pincét nem merevítettem be. Ebben az esetben a szoftver egy 13,3 m széles végtelen hosszú pincének veszi a felső pincét, ami a valóságban csak 3,3 m széles. Így jelentős többlet feszültség keletkezett a 2-3-as ág közötti kőzetszűrésben (~ +30%). A süllyedés maximális értéke közel 5 mm lenne a 2. fő ág fötőjénél. A 3-4-es ág között nem történt változás. Ez a modellezési eset nem teljesen tükrözi hűen a valóságot, viszont mindenképp érdemes figyelembe venni az így kialakuló feszültségeket.

Konklúzió:

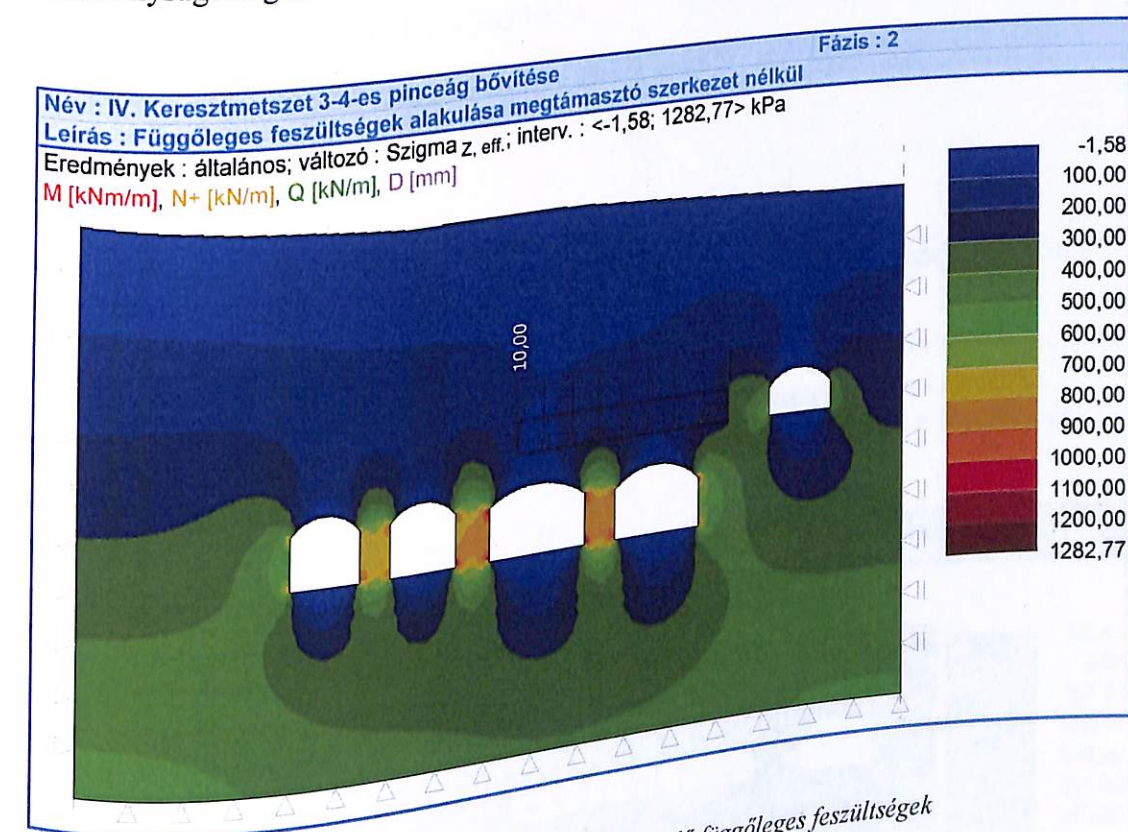
A kivitelezés óta 5 év telt el, helyszíni bejárásakor repedéseket, beázásokat, és szerkezeti károkat nem találtam. A pince ebben a jelenlegi állapotában nagy biztonsággal megáll, beavatkozásra nincs szükség.

IV. Keresztmetszet (megnövelt vágatszélességgel):

1. fázis: a modellezés ugyanúgy zajlott, mint az előző keresztmetszetenél, ezért a Geo5 által nyomtatott dokumentumból is ki lett hagyva.

2. fázis: az 1 és 2-es jelű fő ág változatlanul lett hagyva, viszont a 3-as ágból ki lett véve mindkét oldalról a 0,5 m-es tufa fal és a 4-es jelű fő ág keresztmetszetének szűkítése is kimaradt. Tehát a 3-as ág 6 m széles, a 4-es jelű fő ág 5,30 m széles. Megtámasztás nélkül a 4-es ág főtájánál keletkezett a legnagyobb függőleges irányú elmozdulás, melynek mértéke 3.2 mm. A maximális függőleges feszültség, $\sigma_{z,max} = 1283 \text{ kPa}$, ez a feszültség érték az ágak sarokpontjaiban jellemző, a közetpillérekben ébredő átlagos feszültség érték 1000 kPa. A vízszintes irányú feszültségek maximuma ugyancsak a sarokpontokban jelentkezik. $\sigma_{x,max} = 580 \text{ kPa}$. A közetpillérekben elhanyagolható 60-120 kPa nagyságú vízszintes feszültségek ébrednek.

Állékonyságvizsgálat eredménye: $\lambda = 2,32$



55. kép: Bővített keresztmetszetben ébredő függőleges feszültségek

Ferenchegyí Ádám

További ellenőrzés kézi számítással:

Az Eurocode 7 - 2. tervezési módszer szerinti számítás alapján meg kell határozni a közetpillérek (falakban) ébredő függőleges feszültségek átlagát majd ezt meg kell szorozni 1,35-el az állandó teher parciális tényezőjével ez a terhelés oldal. Az ellenállás oldalon van a közetnek az egyirányú nyomószilárdsága ezt el kell osztani 1,5-el ami a teherbírás parciális tényezője és utána kell a kettőt összehasonlítani, hogy elegendő e a teherbírás a terheléshez képest. Az átlagfeszültségek kiszámításakor a feszültségcsúcsokban kialakult legnagyobb feszültséget is hozzáveszem így a biztonság javára járok el. A 2-3 és a 3-4-es fő ág közötti pillérben a feszültségek közel azonosak így azonosan kezelem ezt a két közetpillért.

$$\sigma_{z, \text{átl.}} = 1100 \text{ kPa} \cdot 1,35 = 1485 \text{ kPa}$$

$$\sigma_{ny, \text{tufa}} = 5000 \text{ kPa} / 1,5 = 3333 \text{ kPa}$$

A kihasználtság mértéke:

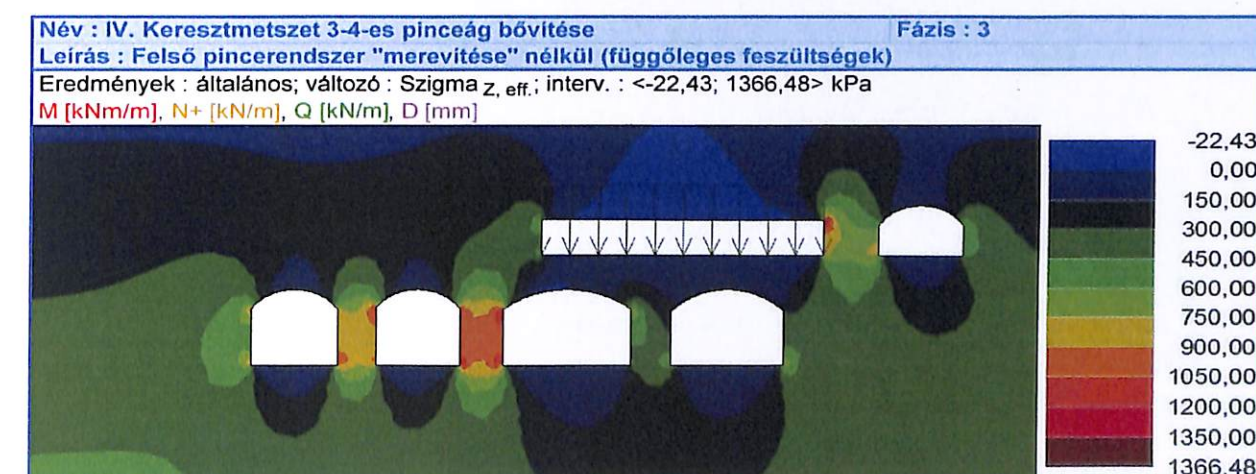
$$\sigma_{z,d} / \sigma_{ny,d} = 1485 / 3333 = 0,44$$

Biztonsági tényező:

$$\lambda = \sigma_{ny,d} / \sigma_{z,d} = 3333 / 1485 = 2,24$$

A GEO5 állékonyságvizsgálat eredménye és a kézi számítás közel azonosak lettek.

3. fázis: kivettem a felső pincerendszer merevítését, hogy a legkedvezőtlenebb esetet is tudjam szimulálni. Ebben az esetben a 2-3-as ág közötti közetpillérben keletkezik többletfeszültség a 2-es fázishoz képest. A 3-4-es ág közötti pillérben a feszültségek csökkennek.



56. kép: Bővített keresztmetszetben ébredő függőleges feszültségek a felső pincerendszer „merevítése” nélkül

További ellenőrzés kézi számítással:

Ebben a modellezési fázisban a kritikus köztetpillér, amiben nagyobb terhelés jelenik meg a 2-3 fő ág közötti, az átlagfeszültség erre a pillérre vonatkozik.

$$\sigma_{z, \text{átl.}} = 1240 \text{ kPa} \cdot 1,35 = 1620 \text{ kPa}$$

$$\sigma_{ny, \text{tufa}} = 5000 \text{ kPa} / 1,5 = 3333 \text{ kPa}$$

A kihasználtság mértéke:

$$\sigma_{z,d} / \sigma_{ny,d} = 1620 / 3333 = 0,5$$

Biztonsági tényező:

$$\lambda = \sigma_{ny,d} / \sigma_{z,d} = 3333 / 1620 = 2,05$$

Konklúzió:

Megnövelt vágatszélességnél a számítási eredmények azt mutatják, hogy kellő biztonsággal megállna így is a pincerendszer, viszont figyelembe kell venni a 3. fázis modellezését is miszerint, ha nincs merevítve a felső pincerendszer, akkor a 2-3-as ág között megnövekszenek a feszültségek. Szakdolgozatomban az elvégzett számítások és modellezések eredménye alapján kijelenthető, hogy a 4 ág bővítésének kivitelezése megvalósítható, viszont célszerű meghagyni a 3. ágban a 2*0,5 m-es tufa alapanyagú megerősítést.

A tulajdonosnak, mint azt már fentebb említettem a 2010-es kivitelezésnél nagy problémája volt, hogy a pince hasznosítható területéből jelentős rész ki lett véve. A 4-es fő ág bővítésével 16,70 m hossz, átlagosan 1,2 m talpszélesség növekedést lehet elérni, ami a bővített szakaszon további 20 m² területet ad. Ezen a részen a köztetpillér szélessége végig 1,9 m maradna. (Kapcsolódó rajzi melléklet száma: R8)

Összegzés:

Szakdolgozatomban az Egri Borvár bővítésének ellenőrzése, és a 4. fő ág bővítésének lehetőségeit vizsgáltam meg. Az első két fejezetben Egerre koncentrálni, bemutatásra került a város pincéinek történelme, valamint a földalatti üregekkel, pincékkel kapcsolatos veszély elhárítási munkák, pincék felszámolásának módjai és részleteztem a megerősítési alternatívákat is. Ebben a témában volt alkalmam személyesen találkozni és konzultálni a Kós Károly-díjas *Mednyánszky Miklóssal* aki 20 éve foglalkozik pinceveszély elhárítási munkákkal és műemlékvédelemmel. Az Egri Borvár kivitelezési munkáiról külső konzulensemtől, *Román Árpádtól* (okl. bányamérnök) kaptam teljes körű tájékoztatást a helyszíni bejárásakor és konzultációk alkalmával. A pincerendszer véglegesen kialakított méreteit saját kezűleg mértem le és ez alapján rajzoltam újra a teljes helyszínrajzot, valamint a jellemző keresztmetszeteket. Az általam felmért méretek jelentősen eltérnek az eredetileg tervezett pincerendszertől. Számítógépes szoftverekben történő modellezés során csak akkor kaphattam megfelelő eredményeket, ha a bemenő adatok a legjobban tükrözik a valóságot. Ezen a téren komoly kutatómunkát végeztem a területre vonatkozóan, aminek során a Magyar Bányászati és Földtani Hivatal irattárában és a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet könyvtárából felhasznált dokumentumok és térképek kerültek feldolgozásra. A kutatómunkám során rájöttem, egy fontos tényre, ami mint kiderült kritikus tényező lehetett volna a kivitelezés során. Másod-külső konzulensem a Budapesti Műszaki Egyetem mestertanára, *Czap Zoldán* (okl. építőmérnök) segítségével meg tudtam határozni a hiányzó bemenő paramétereket, amik a FEM végeelem modellezéshez szükségesek voltak. Modellezésre került a négy jellemző keresztmetszet megvalósult formában, itt a számítási eredmények azt mutatják, hogy a pincerendszer kivitelezése megfelelő, nagy biztonsággal megáll. Továbbá modelleztem azt az esetet, amikor a 4. fő ág 2. szakasza nincs beszűkítve, valamint a 3. fő ágból a terméskő fal megerősítést is kivettem. A kialakuló feszültségek alapján történő kézi számítás és a szoftveres modellezés eredménye szerint a 4. fő ág 2. szakaszának bővítése lehetséges megtámasztás nélkül. Kellő biztonsággal megáll, viszont a 3. fő ágban a terméskő fal megerősítést célszerű NEM elbontani, mivel a felső pincerendszer miatt kialakuló feszültségek egy részét az veszi fel.

Felhasznált irodalom

[1] Egri Bükkalja a Wikipédiából:

URL: <http://hu.wikipedia.org/wiki/Egri-B%C3%BCKkalja>

(Letöltve: 2015-02-20)

[2] Dövényi Zoltán: Magyarország kistájainak katasztere - második, átdolgozott és bővített kiadás Magyar Tudományos Akadémia, 2010, p. 748-750.

[3] Eger a Wikipédiából:

URL: <http://hu.wikipedia.org/wiki/Eger>

[4] Dr. Kleb Béla: Eger múltja a jelenben, 1978

A könyvet a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet könyvtárából kértem ki.

[5] Pinceveszély elhárítás módszerei Mednyánszky Miklós

URL: <http://pinceveszely.uw.hu/p007A002.htm>

(Letöltve: 2015-03-22)

[6] Városi pincerendszerek konferencia Pécs, 1975. Április 24-25.

A dokumentumot a Magyar Bányászati és Földtani Hivatal irattárából kértem ki.

[7] Dr. Somosvári Zsolt, Németh Lajos: Kőzetcsavarok erőjátékának meghatározása a biztosítás tervezéséhez és ellenőrzéséhez

URL: http://www.matarka.hu/koz/ISSN_0324-6620/34k_1-4f_1986/ISSN_0324-6620_34k_1-4f_1986_205-228.pdf

(Letöltve: 2015-04-24)

[8] Splitset kőzetcsavar

URL: <http://www.splitset.com/> (Letöltve: 2015-04-26)

[9] Swellex kőzetcsavar

URL: <http://www.minovausa.com/pdfs/Products/SwellexRockBolts.pdf>

(Letöltve: 2015-04-26)

[10] MAI SDA kőzetcsavar

URL: http://www.minovausa.com/pdfs/Products/MAI_SDABolts.pdf

(Letöltve: 2015-04-26)

[11] Kiruna kombinált kőzetcsavar

URL: http://www.malmfalten.se/wpcontent/uploads/2011/08/mf_bolts_folder_original.pdf

(Letöltve: 2015-04-26)

[12] CT-Bolt™ kombinált kőzetcsavar

URL: http://www.dywidag-systems.at/uploads/media/DSI_ALWAG-Systems_CT-Bolt_Combination_Rock_Bolt_en_01.pdf

(Letöltve: 2015-04-26)

[13] MAPEI löttbeton technológia brossúra

URL: http://www.ita-hun.hu/palyazatok/pontokert/mapei_lottbeton.pdf

(Letöltve: 2015-04-26)

[14] DR. Salem Georges Nehme, LÖVELLT (lött) BETONOK

URL: http://www.epito.bme.hu/eat/dolgozok/feltoltesek/nehmes/lovellt_betonok.pdf

(Letöltve: 2015-04-26)

[15] Dr. Seidl Ágoston, Löttbeton (MAHÍD)

URL: http://www.epito.bme.hu/eat/oktatas/feltoltesek/BMEE OEM9603/20101018_bme_epito_lottbeton_ea.pdf

(Letöltve: 2015-04-26)

[16] BME jegyzet, Megerősítés löttbetonnal

URL: http://www.hsz.bme.hu/hsz/oktatas/feltoltesek/BMEE OHSASA4/lottbeton_magyar.pdf

(Letöltve: 2015-04-26)

[16] Eger Építésföldtani térképsorozata 1:10000, szerkesztette: Dr. Kleb Béla
A Magyar Földtani és Geofizikai Intézet térképtárából kértem ki.

[17] Magyarország szeizmológiai térképe

URL: http://www.georisk.hu/Maps/EC8_zones_A4.pdf

(Letöltve: 2015-05-03)

[18] Tóth Andor, Hetényi Rudolf: Az Eger-Tihaméri riolittufa minták műszaki vizsgálata
A dokumentumot a Magyar Bányászati és Földtani Hivatal irattárából kértem ki.

[19] Kleb Béla, K. Pál: Szakvélemény az Egertihamér-i riolittufa kutatás technológiai vizsgálatának értékeléséről,
A dokumentumot a Magyar Bányászati és Földtani Hivatal irattárából kértem ki.

[20] Gálos – Vásárhelyi: Közzettestek osztályozása az építőmérnöki gyakorlatban

URL: http://www.epito.bme.hu/eat/oktatas/feltoltesek/BMEE OEMAS03/galos_vasarhelyi_kozettest.pdf

(Letöltve: 2015-05-05)

[21] BOULDERSCAPE löttbeton technológia (saját fordítás)

URL: <http://boulderscape.com/> (Letöltve: 2015-05-24)

NYILATKOZAT

Alulírott

Ferenchegy Ádám

a Szent István Egyetem, Ybl Miklós Építéstudományi Karának hallgatója jogi felelősségem tudatában nyilatkozom és aláírással igazolom, hogy

Egri Borvár pincerendszerének ellenőrzése és modellezése
című

2015. május hó 26-án kelt

szakedolgozatom saját készítésű önálló munkám, az abban hivatkozott nyomtatott és elektronikus szakirodalom felhasználása a Geotechnika szakcsoport „Szakedolgozati és záróvizsga tájékoztatójának” és a szerzői jogok szabályainak megfelelően készült. Tudomásul veszem, hogy szakedolgozat esetén plágiumnak számít:

- más publikált ábráinak és gondolatainak sajátként történő feltüntetése,
- szó szerinti idézet közlése idézőjel és hivatkozás megjelölése nélkül,
- tartalmi idézet hivatkozás megjelölése nélkül.

Kijelentem, hogy a plágium fogalmát megismertem, és tudomásul veszem, hogy nem saját készítésű munka vagy plágium esetén szakedolgozatom visszautasításra kerül és a Szent István Egyetem vonatkozó szabályzata szerinti eljárás indítható velem szemben.

Kijelentem továbbá, hogy szakedolgozatom üzleti célú felhasználását *nem* engedélyezem.

Kelt: Budapest, 2015. május 26.

.....
Ferenchegy Ádám

Számítási melléklet

Készítette: Ferenchegyí Ádám

Neptun kód [REDACTED]

Számítás végelem módszerrel

Topológia

Projekt

Munka : Szakdolgozat
Rész : 1. keresztmetszet
Szerző : Ferenchegy Ádám
Dátum : 2015.03.23.

Globális beállítások

Projekt típusa : Síkbeli 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	7,09	10,44	7,14	12,18	7,14
		14,05	7,13	17,00	7,13	17,63	7,06
		19,69	7,12	23,80	7,12	31,15	7,11
		31,15	8,28	33,23	8,54	37,85	8,54
		50,00	8,89				

Talajparaméterek

Riodácit ártufa

Anyagmodell : Mohr - Coulomb
Térfogatsúly : $\gamma = 16,00 \text{ kN/m}^3$
Poisson tényező : $\nu = 0,30$
Rug. modulus : $E = 800,00 \text{ MPa}$
Belső súrlódási szög : $\varphi_{ef} = 49,00^\circ$
Talaj kohézió : $c_{ef} = 1160,00 \text{ kPa}$
Delta szög : $\psi = 0,00^\circ$
Telített térfogatsúly : $\gamma_{sat} = 19,00 \text{ kN/m}^3$

Régi bányaudvar feltöltése

Anyagmodell : Mohr - Coulomb
Térfogatsúly : $\gamma = 16,00 \text{ kN/m}^3$
Poisson tényező : $\nu = 0,30$
Rug. modulus : $E = 100,00 \text{ MPa}$
Belső súrlódási szög : $\varphi_{ef} = 38,00^\circ$
Talaj kohézió : $c_{ef} = 5,00 \text{ kPa}$
Delta szög : $\psi = 0,00^\circ$
Telített térfogatsúly : $\gamma_{sat} = 19,00 \text{ kN/m}^3$

Kőzetpillér alábetonozás (úsztatott kőbeton)

Anyagmodell : Módosított Mohr - Coulomb
Térfogatsúly : $\gamma = 22,00 \text{ kN/m}^3$
Poisson tényező : $\nu = 0,20$
Rug. modulus : $E = 21750,00 \text{ MPa}$
Belső súrlódási szög : $\varphi_{ef} = 63,00^\circ$
Talaj kohézió : $c_{ef} = 3250,00 \text{ kPa}$



Nem üzleti célú felhasználásra



Delta szög : $\psi = 0,00^\circ$
Telített térfogatsúly : $\gamma_{\text{sat}} = 22,00 \text{ kN/m}^3$

Régi pince tömedékelése rétegesen H10 habarccsal elárasztva

Anyagmodell : Mohr - Coulomb
Térfogatsúly : $\gamma = 17,50 \text{ kN/m}^3$
Poisson tényező : $\nu = 0,20$
Rug. modulus : $E = 20000,00 \text{ MPa}$
Belső súrlódási szög : $\varphi_{\text{ef}} = 55,00^\circ$
Talaj kohézió : $c_{\text{ef}} = 2000,00 \text{ kPa}$
Delta szög : $\psi = 0,00^\circ$
Telített térfogatsúly : $\gamma_{\text{sat}} = 18,00 \text{ kN/m}^3$

Hálógenerálás**Hálógenerálás paraméterei**

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

Hálógenerálás eredménye

A végelelemháló sikeresen elkészült.

Csomópontok száma 14638

Elemek száma 8981 (régió 5333, rúd 912, felület 2736)

Adatbevitel (Kivitelezési fázis 1)**Rudak**

Sz.	Hely	Támasz [m]		Figy.vesztés / önsúly	Keresztmetszet / Degradáció a jelenlegi fázisban [%]	Anyag / Rúdelem jelenlegi aktivitás [%]	Kapcsolatok	
		Kezdőpt.	Végpt.				bal	jobb
1	76 sz. szabad vonal	—	—	Igen	1,00 (b) x 0,20 (h) m	C 16/20	(nincs megadva)	(nincs megadva)
2	62 sz. szabad vonal	—	—	Igen	1,00 (b) x 0,20 (h) m	C 16/20	(nincs megadva)	(nincs megadva)

Sz.	Keresztmetszet		Anyag	
	$I_y \text{ [m}^4\text{/m]}$	$A \text{ [m}^2\text{/m]}$	$E \text{ [MPa]}$	$G \text{ [MPa]}$
1	6,67E-04	2,00E-01	29000,00	12083,00
2	6,67E-04	2,00E-01	29000,00	12083,00

Számítás beállításai**Általános**

Módszer : Newton - Raphson
Merevségi mátrix megvált. : minden iteráció után
Iterációk maximális száma egy számítási lépésben : 100
Kezdeti számítási lépés : 0,25
Elmozdulási hibahatár : 0,0100
Kiegyensúlyozatlan erők hibahatára : 0,0100
Energia hibahatár : 0,0100
Anyag határfelületeinek figy. vétele : nem

Newton - Raphson

Számítási lépés relaxációs tényezője : 2
Számítási lépés maximális relaxációinak száma : 2

! Nem üzleti célú felhasználásra !

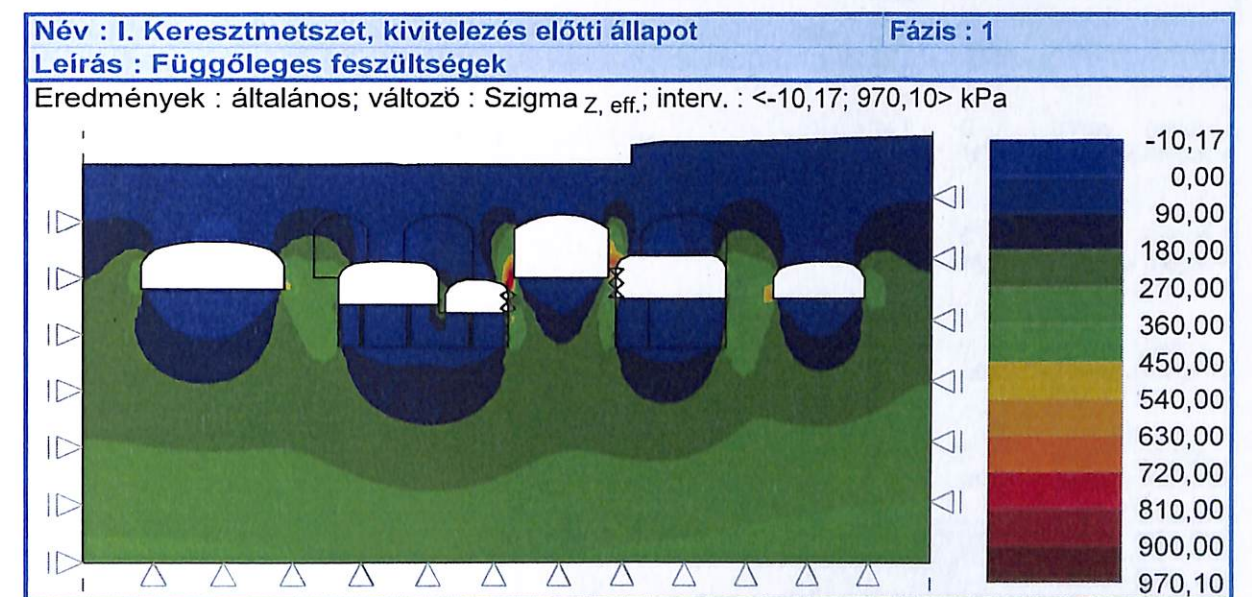
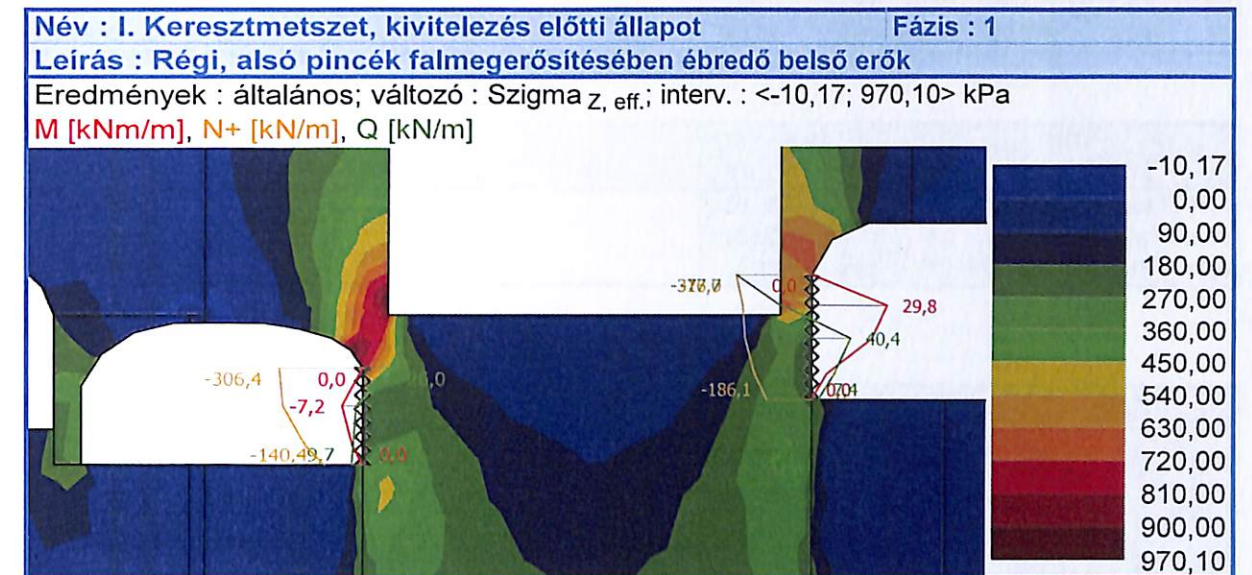
Egy szám. lépés min. iterációinak száma : 1
Vonal keresés
Számítási módszer : iteráció nélkül
Vonalkeresési korlát - minimum : 0,100
Vonalkeresési korlát - maximum : 1,000
Plaszticitás
Hozzárend. hibák jelzése : 0,00100
Iterációk max. száma egy plaszt. lépéshez : 20

Eredmények (Kivitelezési fázis 1)

A feszültség számítás sikeresen lefutott.

Számítás beállításai : szabványos

Tényleges terhelés = 100,00 %



Szélsőértékek



Nem üzleti célú felhasználásra



Feszültség (szélsőértékek)

	Hely		Min	Hely		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Szigma z, tot. [kPa]	21,31	-0,12	0,17	24,14	0,18	0,10
Szigma z, eff. [kPa]	21,31	-0,12	0,17	24,14	0,18	0,10
Szigma x, tot. [kPa]	27,95	0,00	5,30	29,63	0,00	5,13
Szigma x, eff. [kPa]	27,95	0,00	5,30	29,63	0,00	5,13
Tau xz [kPa]	23,64	-0,53	5,94	29,63	0,00	3,06

Alakv. (szélsőértékek)

	Hely		Min	Hely		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Epsilon eq. [%]	6,01	2,27	0,00	20,27	-2,24	0,60
Epsilon eq., pl. [%]	40,06	0,00	0,00	20,27	-2,24	0,58

Eloszlások rúdelemen (szélsőértékek)

	Hely		Min	Hely		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
N [kN/m]	30,26	0,63	16,0	23,80	-2,24	40,4
M [kNm/m]	23,80	-1,37	-7,2	30,26	0,16	29,8
Q [kN/m]	30,26	0,63	77,7	30,26	-0,35	40,4

Adatbevitel (Kivitelezési fázis 2)

Rudak

Sz.	Gerenda		Hely	Támasz [m]		Figy.vesz / önsúly	esztmetsz / egradáci a jelenlegi fázisban [%]	Anyag / Rúdelem jelenlegi aktivitás [%]	Kapcsolatok	
	Új	módosított		Kezdőpt.	Végpt.				bal	jobb
1	Igen		40 sz. szabad vonal	├─	├─	Igen	1,00 (b) x 0,20 (h) m	C 16/20	(nincs megadv.	(nincs megadv.
2	Igen		70 sz. szabad vonal	├─	├─	Igen	1,00 (b) x 0,20 (h) m	C 16/20	(nincs megadv.	(nincs megadv.
3	Igen		72 sz. szabad vonal	├─	├─	Igen	1,00 (b) x 0,20 (h) m	C 16/20	(nincs megadv.	(nincs megadv.
4	Igen		54 sz. szabad vonal	├─	├─	Igen	1,00 (b) x 0,20 (h) m	C 16/20	(nincs megadv.	(nincs megadv.
5	Igen		33 sz. szabad vonal	├─	├─	Igen	1,00 (b) x 0,20 (h) m	C 16/20	(nincs megadv.	(nincs megadv.

Sz.	Keresztmetszet		Anyag	
	I _y [m ⁴ /m]	A [m ² /m]	E [MPa]	G [MPa]
1	6,67E-04	2,00E-01	29000,00	12083,00
2	6,67E-04	2,00E-01	29000,00	12083,00

Sz.	Keresztmetszet		Anyag	
	I_y [m ⁴ /m]	A [m ² /m]	E [MPa]	G [MPa]
3	6,67E-04	2,00E-01	29000,00	12083,00
4	6,67E-04	2,00E-01	29000,00	12083,00
5	6,67E-04	2,00E-01	29000,00	12083,00

Számítás beállításai

Általános

Módszer : Newton - Raphson
Merevségi mátrix megvált. : minden iteráció után
Iterációk maximális száma egy számítási lépésben : 100
Kezdeti számítási lépés : 0,25
Elmozdulási hibahatár : 0,0100
Kiegyensúlyozatlan erők hibahatára : 0,0100
Energia hibahatár : 0,0100
Anyag határfelületeinek figy. vétele : nem

Newton - Raphson

Számítási lépés relaxációs tényezője : 2
Számítási lépés maximális relaxációinak száma : 2
Egy szám. lépés min. iterációinak száma : 1

Vonal keresés

Számítási módszer : iteráció nélkül
Vonalkeresési korlát - minimum : 0,100
Vonalkeresési korlát - maximum : 1,000

Plaszticitás

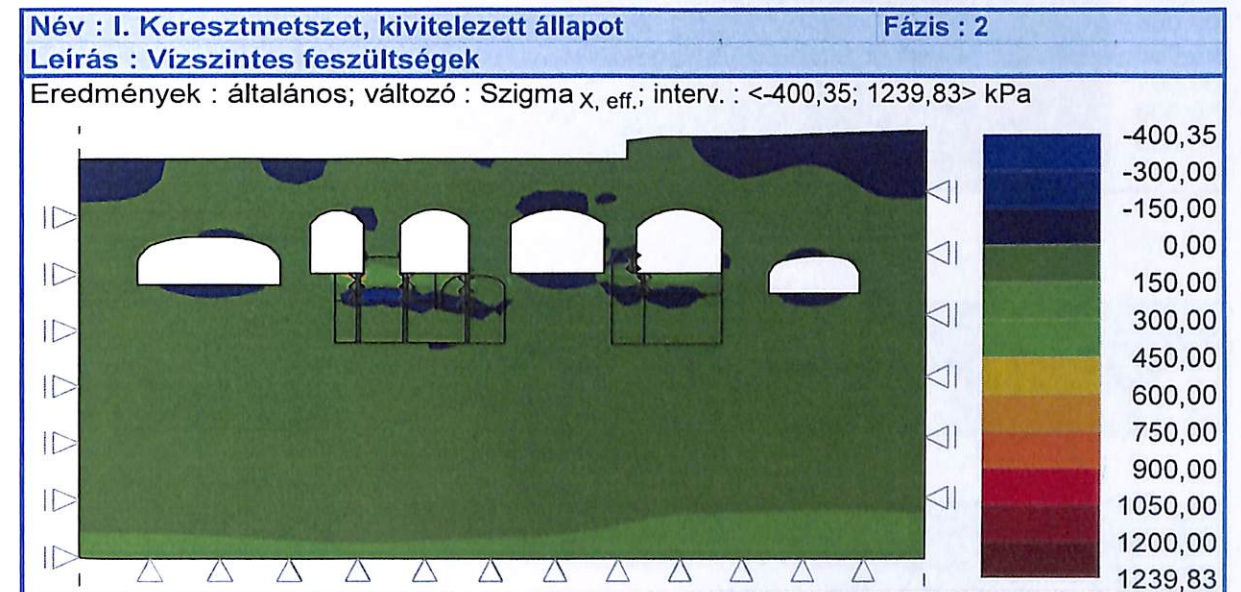
Hozzárend. hibák jelzése : 0,00100
Iterációk max. száma egy plaszt. lépéshez : 20

Eredmények (Kivitelezési fázis 2)

A feszültségszámítás sikeresen lefutott.

Számítás beállításai : szabványos

Tényleges terhelés = 100,00 %



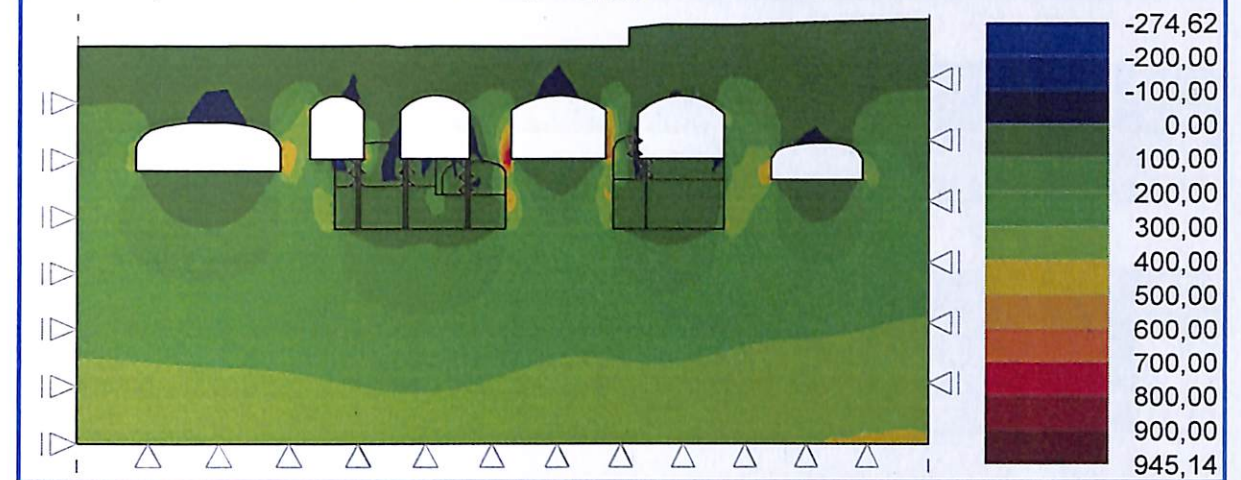
Nem üzleti célú felhasználásra



Név : I. Keresztmetszet, kivitelezett állapot

Fázis : 2

Leírás : Függőleges feszültségek

Eredmények : általános; változó : Szigma z_{eff} ; interv. : <-274,62; 945,14> kPa

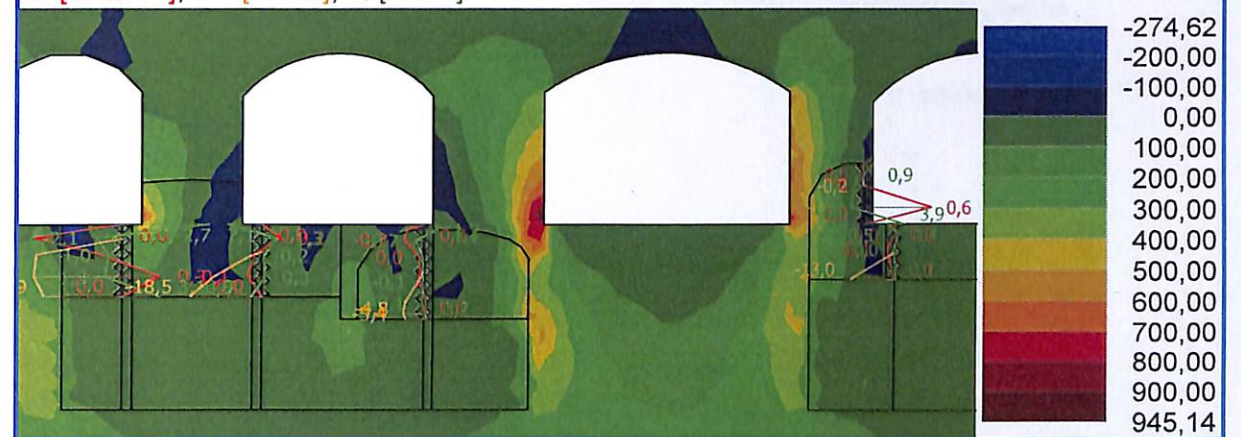
Név : I. Keresztmetszet, kivitelezett állapot

Fázis : 2

Leírás : Kőzetpillér alábetonozást megtámasztó gátfalakban ébredő belső erők

Eredmények : általános; változó : Szigma z_{eff} ; interv. : <-274,62; 945,14> kPa

M [kNm/m], N+ [kN/m], Q [kN/m]



Szélsőértékek

Elmozdulás (szélsőértékek)

	Hely		Min	Hely		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Elmozdulás x [m]	12,66	0,66	-0,4	21,71	1,87	0,4
Elmozdulás z [m]	13,25	0,00	-0,6	15,19	3,65	0,8

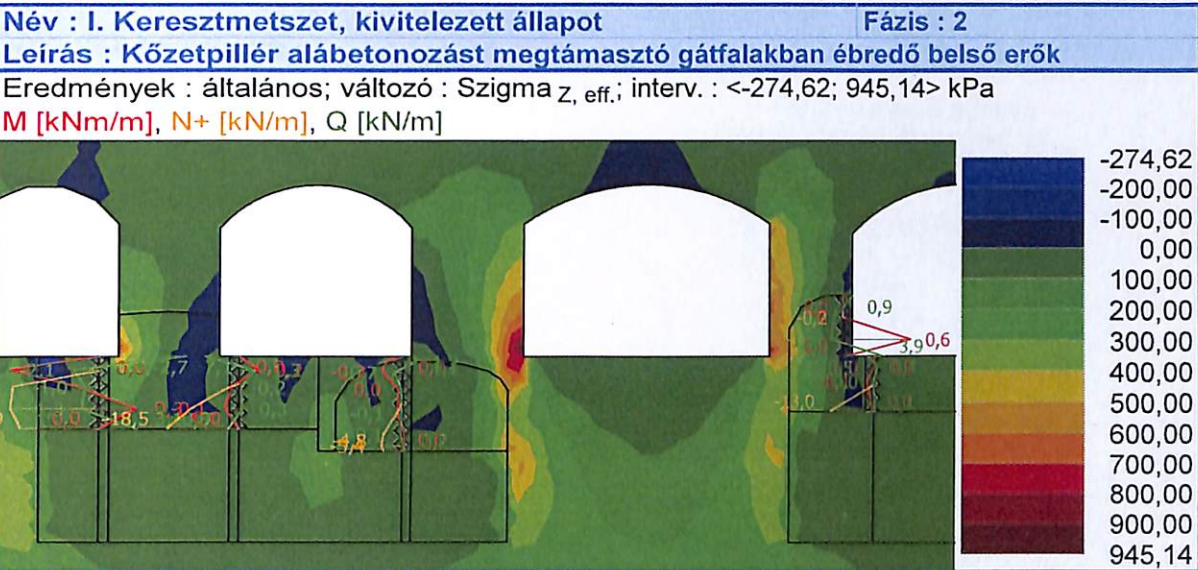
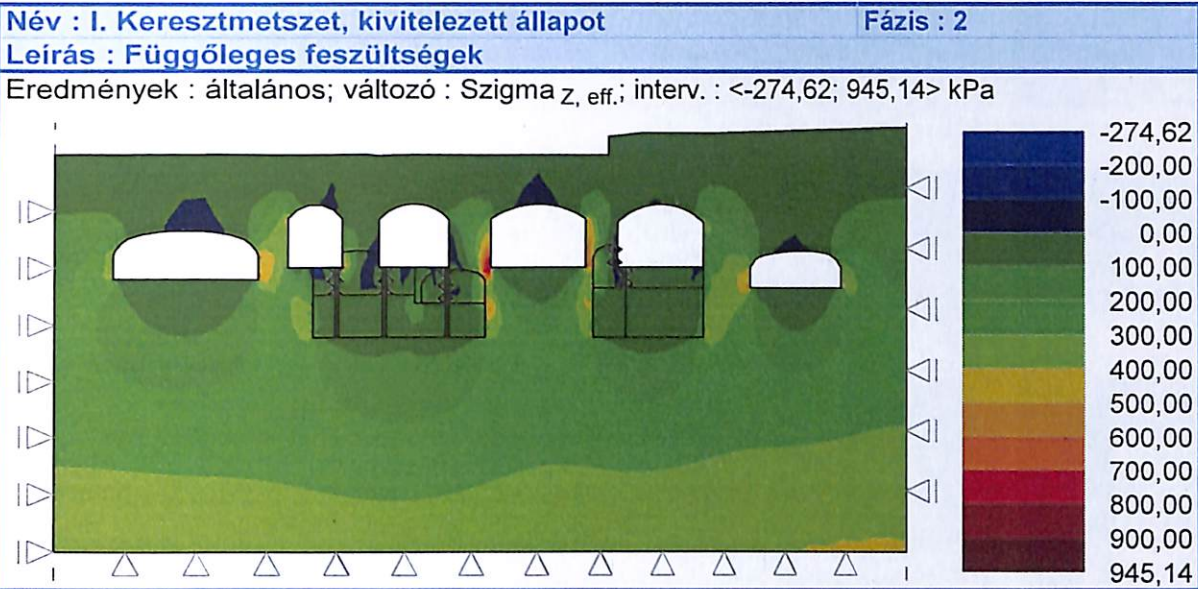
Feszültség (szélsőértékek)

	Hely		Min	Hely		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Szigma z_{tot} [kPa]	14,28	0,00	4,62	24,14	0,18	5,14
Szigma z_{eff} [kPa]	14,28	0,00	4,62	24,14	0,18	5,14
Szigma x_{tot} [kPa]	15,46	-1,43	0,35	15,46	0,00	9,83
Szigma x_{eff} [kPa]	15,46	-1,43	0,35	15,46	0,00	9,83



Nem üzleti célú felhasználásra





Szélsőértékek

Elmozdulás (szélsőértékek)

	Hely		Min	Hely		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Elmozdulás x [m]	12,66	0,66	-0,4	21,71	1,87	0,4
Elmozdulás z [m]	13,25	0,00	-0,6	15,19	3,65	0,8

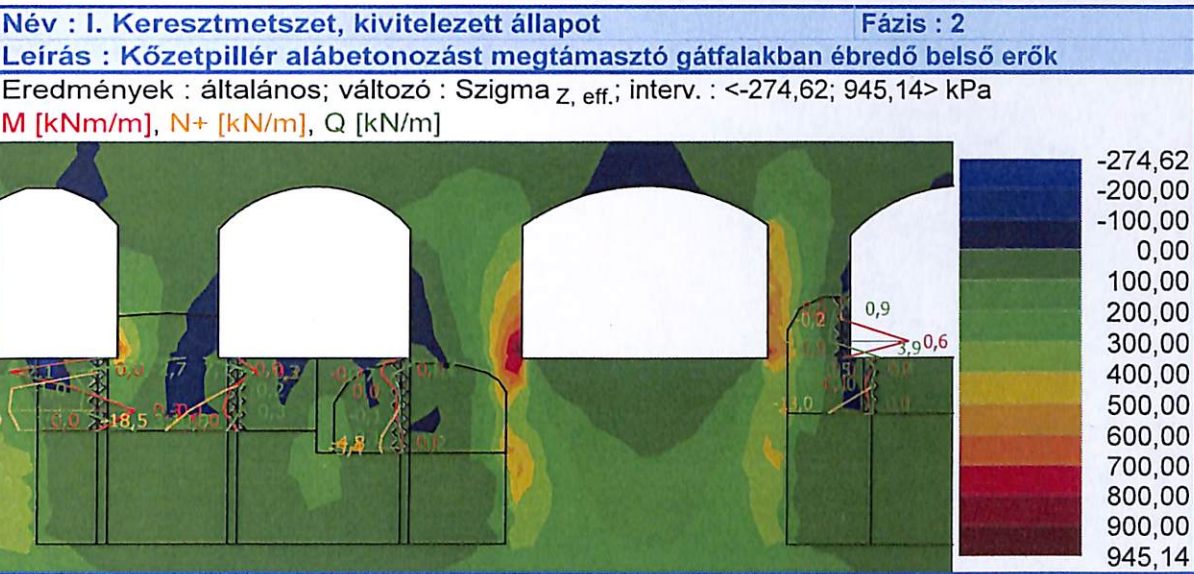
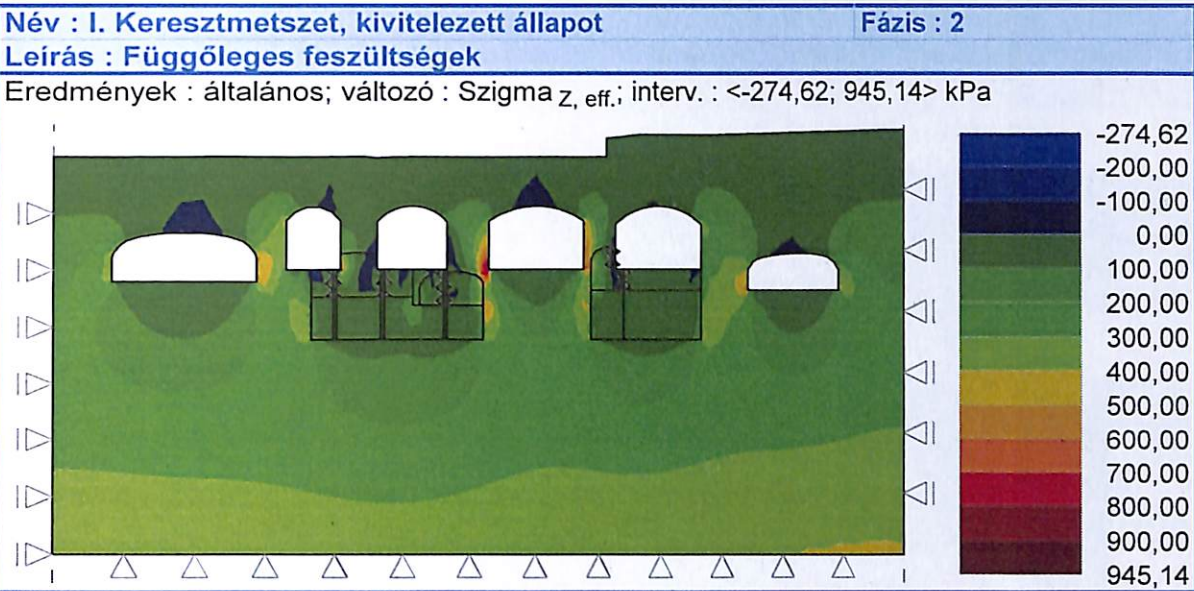
Feszültség (szélsőértékek)

	Hely		Min	Hely		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Szigma z, tot. [kPa]	14,28	0,00	4,62	24,14	0,18	5,14
Szigma z, eff. [kPa]	14,28	0,00	4,62	24,14	0,18	5,14
Szigma x, tot. [kPa]	15,46	-1,43	0,35	15,46	0,00	9,83
Szigma x, eff. [kPa]	15,46	-1,43	0,35	15,46	0,00	9,83

!

Nem üzleti célú felhasználásra

!



Szélsőértékek

Elmozdulás (szélsőértékek)

	Hely		Min	Hely		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Elmozdulás x [m]	12,66	0,66	-0,4	21,71	1,87	0,4
Elmozdulás z [m]	13,25	0,00	-0,6	15,19	3,65	0,8

Feszültség (szélsőértékek)

	Hely		Min	Hely		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Szigma z, tot. [kPa]	14,28	0,00	4,62	24,14	0,18	5,14
Szigma z, eff. [kPa]	14,28	0,00	4,62	24,14	0,18	5,14
Szigma x, tot. [kPa]	15,46	-1,43	0,35	15,46	0,00	9,83
Szigma x, eff. [kPa]	15,46	-1,43	0,35	15,46	0,00	9,83

!

Nem üzleti célú felhasználásra

!

Ferenchegy Ádám	Szakdolgozat 1. keresztmetszet
-----------------	-----------------------------------

	Hely		Min	Hely		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Tau _{xz} [kPa]	23,80	-2,24	8,01	15,66	0,00	4,19

Alakv. (szélsőértékek)

	Hely		Min	Hely		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Epszilon _{eq.} [%]	21,51	-1,35	0,00	20,32	-2,58	0,35
Epszilon _{eq., pl.} [%]	40,06	0,00	0,00	20,27	-2,24	0,29

Eloszlások rúdelemen (szélsőértékek)

	Hely		Min	Hely		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
N [kN/m]	15,26	-1,24	22,5	15,26	0,00	21,7
M [kNm/m]	15,26	-0,31	-0,7	31,55	0,40	0,6
Q [kN/m]	18,11	0,00	-2,7	15,26	0,00	7,1

Rézsűállékonyságok

Adatbevitel (Kivitelezési fázis 1)

Számítás beállításai

Általános

Módszer :	Newton - Raphson
Merevségi mátrix megvált. :	maradjon rugalmas
Iterációk maximális száma egy számítási lépésben :	50
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

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 = 3,19

Számítás végeelem módszerrel

Topológia

Projekt

Munka : Ferenchegy Ádám Szakdolgozat
Rész : II. Keresztmetszet modellezése
Megrendelő : Szent István Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Kar
Szerző : Ferenchegy Ádám
Dátum : 2015.03.23.

Globális beállítások

Projekt típusa : Síkbeli 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	15,86	9,24	15,72	19,59	15,43
		26,96	14,44	29,81	14,30	35,53	14,44
		44,50	13,69	50,00	13,57		

Belső súrlódási szög :

φ_{ef} = 55,00 °

Talaj kohézió :

c_{ef} = 2000,00 kPa

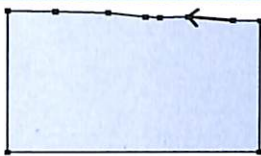
Delta szög :

ψ = 0,00 °

Telített térfogatsúly :

γ_{sat} = 17,50 kN/m³

Hozzárendelések és felületek

Sz.	Felszín pozíciója	Felszín pontjainak koordinátái [m]				Hozzárendelt talaj
		x	z	x	z	
1		44,50	13,69	35,53	14,44	Riodácit ártufa
		29,81	14,30	26,96	14,44	
		19,59	15,43	9,24	15,72	
		0,00	15,86	0,00	-16,43	
		50,00	-16,43	50,00	13,57	

Adatbevitel (Kivitelezési fázis 1)

Rudak

Sz.	Hely	Támasz [m]		Figy.vesz önsúly	eresztmetsz	Anyag	Kapcsolatok	
		Kezdőpt.	Végpt.				bal	jobb
1	16 sz. szabad vonal	├─	├─	Igen	1,00 (b) x 0,25 (h) m	C 25/30	(nincs megadva)	(nincs megadva)
2	39 sz. szabad vonal	├─	├─	Igen	1,00 (b) x 0,20 (h) m	C 16/20	(nincs megadva)	(nincs megadva)

Sz.	Keresztmetszet		Anyag	
	I_y [m ⁴ /m]	A [m ² /m]	E [MPa]	G [MPa]
1	1,30E-03	2,50E-01	31000,00	12917,00
2	6,67E-04	2,00E-01	29000,00	12083,00

Számítás beállításai

Általános

Módszer :

Newton - Raphson

Merevségi mátrix megvált. :

minden iteráció után

Iterációk maximális száma egy számítási lépésben :

100

Kezdeti számítási lépés :

0,25

Elmozdulási hibahatár :

0,0100

Kiegyensúlyozatlan erők hibahatára :

0,0100

Energia hibahatár :

0,0100

Anyag határfelületeinek figy. vétele :

nem

Newton - Raphson

Számítási lépés relaxációs tényezője :

2

Számítási lépés maximális relaxációinak száma :

2

Egy szám. lépés min. iterációinak száma :

1

Vonal keresés

Számítási módszer :

iteráció nélkül

Vonalkeresési korlát - minimum :

0,100

Vonalkeresési korlát - maximum :

1,000

Plaszticitás

Hozzárend. hibák jelzése :

0,00100

Iterációk max. száma egy plaszt. lépéshez :

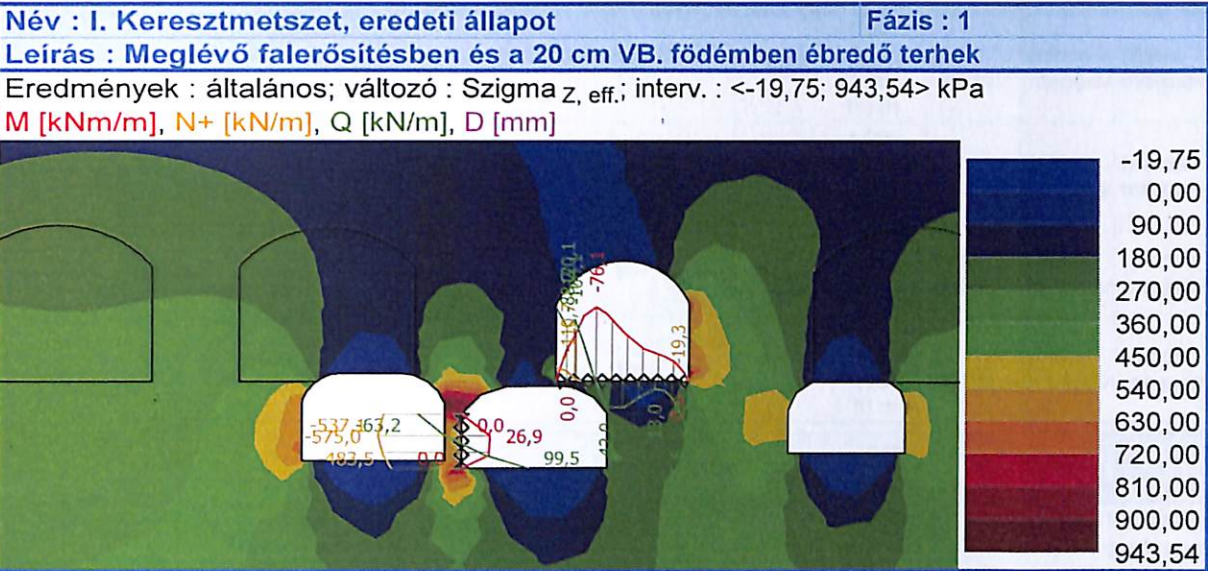
20

Eredmények (Kivitelezési fázis 1)

A feszültségszámítás sikeresen lefutott.

Számítás beállításai : szabványos

Tényleges terhelés = 100,00 %



Sz.	Gerenda		Hely	Támasz [m]		Figy.vesz önsúly	esztmet	Anyag	Kapcsolatok	
	Új	módosított		Kezdőpt.	Végpt.				bal	jobb
2	Igen		44 sz. szabad vonal	├─	├─	Igen	1,00 (b) x 0,20 (h) m	C 16/20	(nincs megadv	(nincs megadv
3	Igen		51 sz. szabad vonal	├─	├─	Igen	1,00 (b) x 0,20 (h) m	C 16/20	(nincs megadv	(nincs megadv
4	Nem	Nem	39 sz. szabad vonal	├─	├─	Igen	módosít nélkül	módosít nélkül	(nincs megadv	(nincs megadv
5	Igen		16 sz. szabad vonal	├─	├─	Igen	1,00 (b) x 0,20 (h) m	C 25/30	(nincs megadv	(nincs megadv

Sz.	Keresztmetszet		Anyag	
	I _y [m ⁴ /m]	A [m ² /m]	E [MPa]	G [MPa]
1	6,67E-04	2,00E-01	29000,00	12083,00
2	6,67E-04	2,00E-01	29000,00	12083,00
3	6,67E-04	2,00E-01	29000,00	12083,00
4	6,67E-04	2,00E-01	29000,00	12083,00
5	6,67E-04	2,00E-01	31000,00	12917,00

Számítás beállításai

Általános	
Módszer :	Newton - Raphson
Merevségi mátrix megvált. :	minden iteráció után
Iterációk maximális száma egy számítási lépésben :	100
Kezdeti számítási lépés :	0,25
Elmozdulási hibahatár :	0,0100
Kiegyensúlyozatlan erők hibahatára :	0,0100
Energia hibahatár :	0,0100
Anyag határfelületeinek figy. vétele :	nem
Newton - Raphson	
Számítási lépés relaxációs tényezője :	2
Számítási lépés maximális relaxációinak száma :	2
Egy szám. lépés min. iterációinak száma :	1
Vonal keresés	
Számítási módszer :	iteráció nélkül
Vonalkeresési korlát - minimum :	0,100
Vonalkeresési korlát - maximum :	1,000
Plaszticitás	
Hozzárend. hibák jelzése :	0,00100
Iterációk max. száma egy plaszt. lépéshez :	20

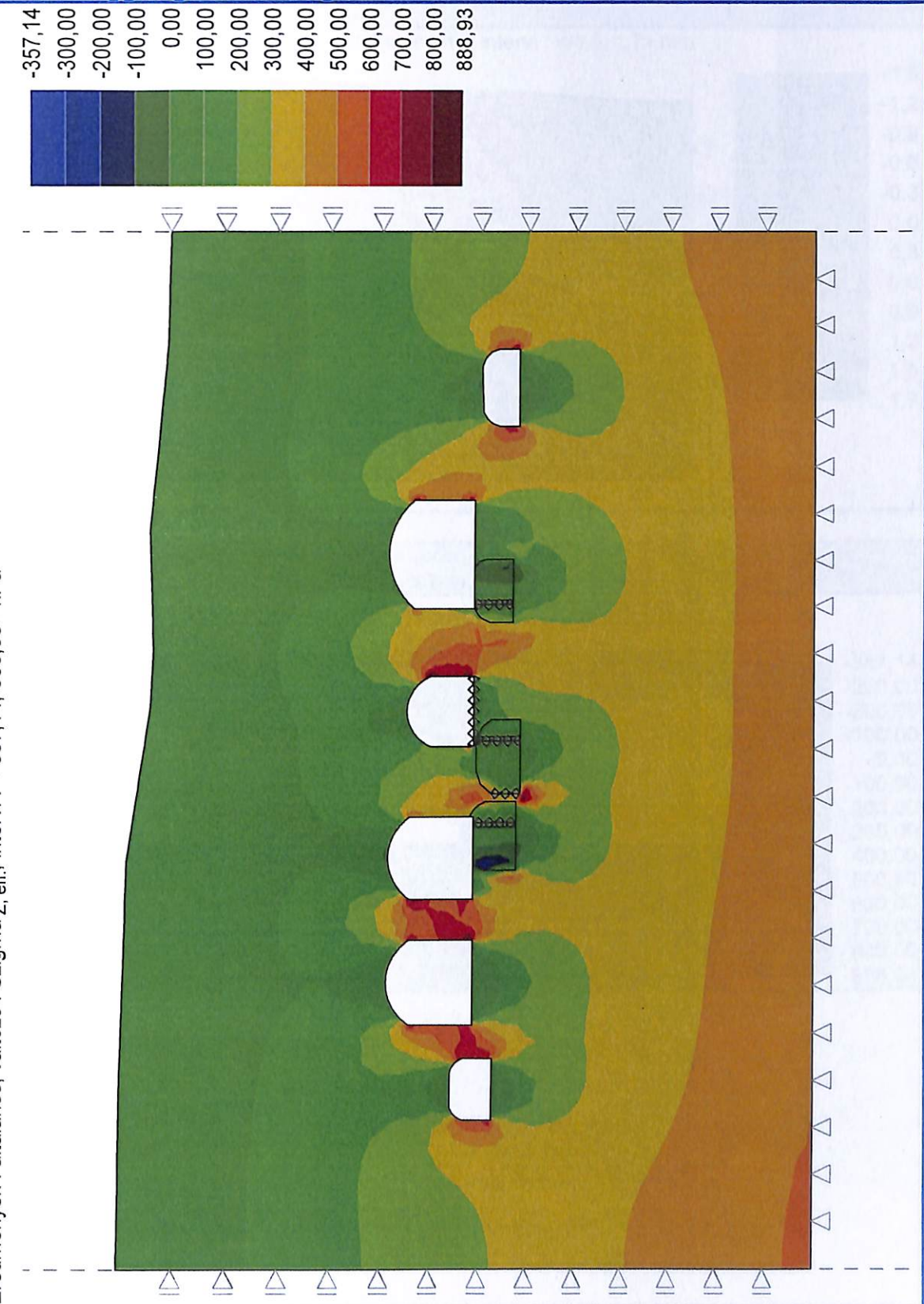
Eredmények (Kivitelezési fázis 2)

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

Név : I. Keresztmetszet, kivitelezett állapot

Fázis : 2

Leírás : Függőleges feszültségek

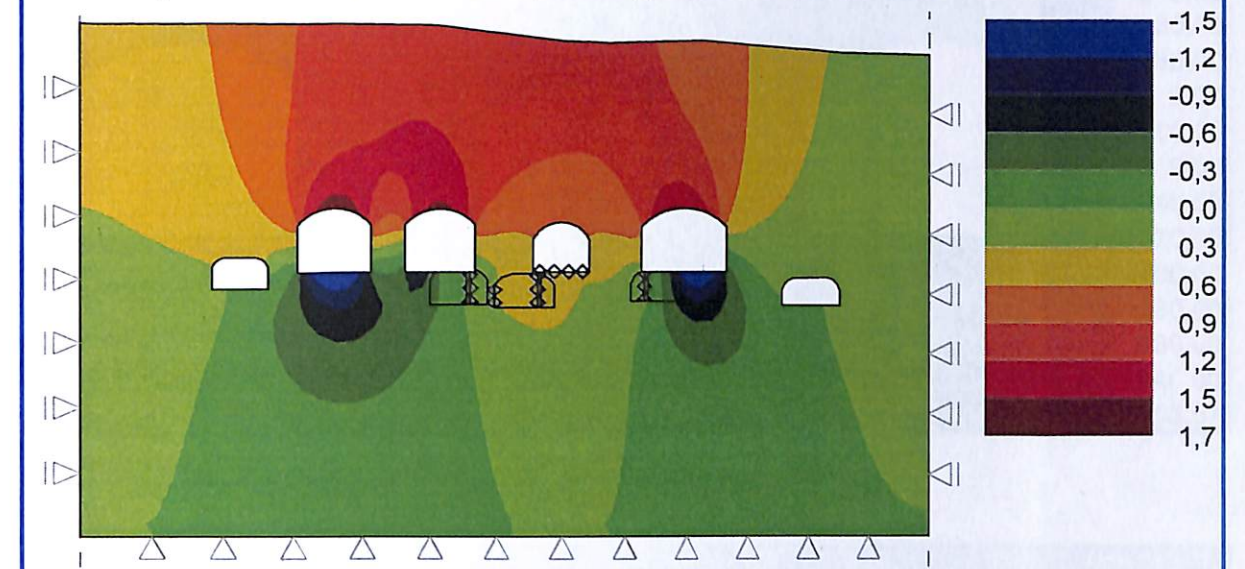


Nem üzleti célú felhasználásra

Név : I. Keresztmetszet, kivitelezett állapot

Fázis : 2

Leírás : Függőleges elmozdulások

Eredmények : általános; változó : Süllyedés d_z ; interv. : $\langle -1,5; 1,7 \rangle$ mm

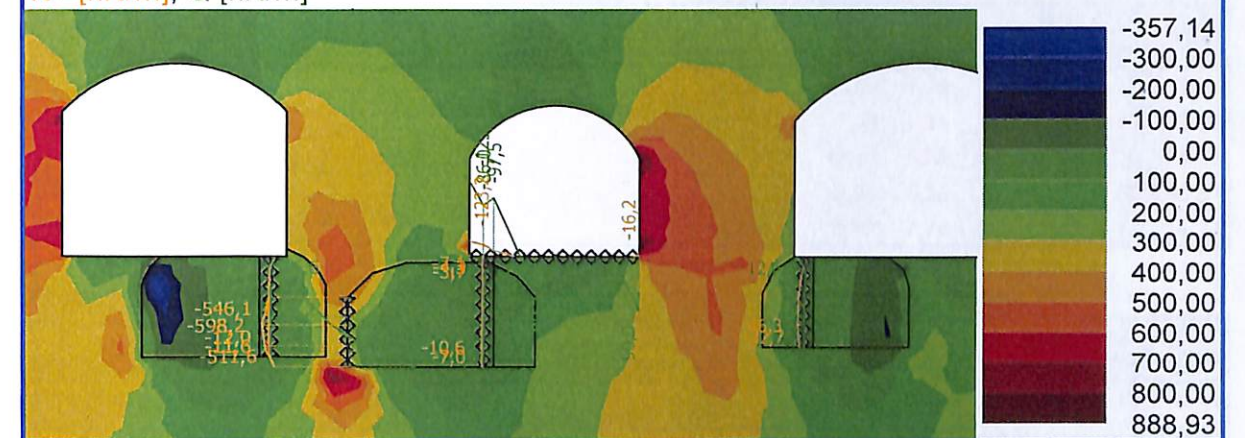
Név : I. Keresztmetszet, kivitelezett állapot

Fázis : 2

Leírás : Alsó, tömedékelt pincék gátfalaiban ébredő feszültségek

Eredmények : általános; változó : Szigma $\sigma_{z, eff}$; interv. : $\langle -357,14; 888,93 \rangle$ kPa

N+ [kN/m], Q [kN/m]



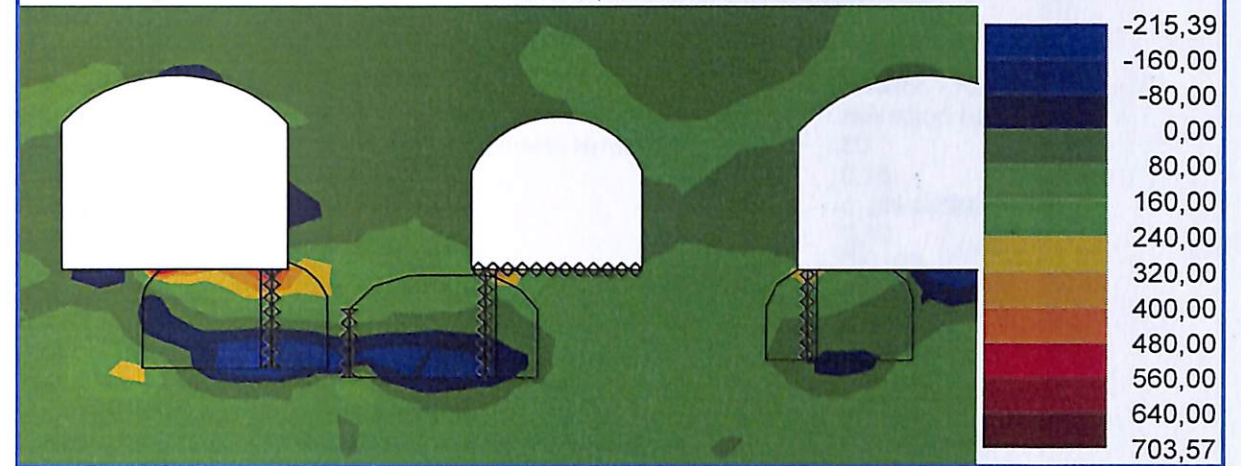
Nem üzleti célú felhasználásra



Név : I. Keresztmetszet, kivitelezett állapot

Fázis : 2

Leírás : Vízszintes feszültségek

Eredmények : általános; változó : Szigma χ_{eff} ; interv. : <-215,39; 703,57> kPa

Szélsőértékek

Elmozdulás (szélsőértékek)

	Hely		Min	Hely		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Elmozdulás x [m]	31,75	1,62	-0,5	33,94	0,00	0,7
Elmozdulás z [m]	13,92	0,00	-1,5	14,10	4,05	1,7

Feszültség (szélsőértékek)

	Hely		Min	Hely		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Szigma z_{tot} [kPa]	19,44	-0,59	7,14	28,55	0,19	8,93
Szigma z_{eff} [kPa]	19,44	-0,59	7,14	28,55	0,19	8,93
Szigma χ_{tot} [kPa]	21,29	-2,05	5,39	21,49	0,00	13,57
Szigma χ_{eff} [kPa]	21,29	-2,05	5,39	21,49	0,00	13,57
Tau χz [kPa]	28,49	2,15	7,78	17,87	3,12	4,27

Alakv. (szélsőértékek)

	Hely		Min	Hely		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Epsilon $eq.$ [%]	23,68	-1,09	0,00	28,49	2,15	0,15
Epsilon $eq., pl.$ [%]	40,80	-2,14	0,00	40,80	-2,14	0,00

Eloszlások rúdelemen (szélsőértékek)

	Hely		Min	Hely		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
N [kN/m]	22,90	-1,40	98,2	27,39	0,00	78,6
M [kNm/m]	26,20	0,00	74,8	22,90	-1,40	26,9
Q [kN/m]	25,19	0,00	25,7	22,90	-2,25	01,9



Nem üzleti célú felhasználásra



Rézsűállékonyságok**Adatbevitel (Kivitelezési fázis 1)****Számítás beállításai****Általános**

Módszer : Newton - Raphson
Merevségi mátrix megvált. : maradjon rugalmas
Iterációk maximális száma egy számítási lépésben : 50
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

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 = 3,54

A számítás lefutott a talajok csökk. paramétereivel		
Régió száma	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]
1	13,84	327,62
8	17,79	917,90
9	17,79	917,90
10	13,84	327,62
11	13,84	327,62
12	13,84	327,62
13	15,53	564,86
14	17,79	917,90
15	17,79	917,90
16	17,79	917,90
17	15,53	564,86



Nem üzleti célú felhasználásra



Számítás végeselem módszerrel

Topológia

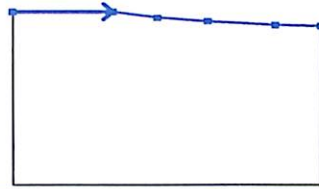
Projekt

Munka : Ferenchegy Ádám Szakdolgozat
Rész : III. Keresztmetszet modellezése
Megrendelő : Szent István Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Kar
Szerző : Ferenchegy Ádám
Dátum : 2015.03.23.

Globális beállítások

Projekt típusa : Síkbeli 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	18,21	15,90	18,21	23,01	17,11
		31,17	16,44	42,29	15,77	50,00	15,60

Talajparaméterek

Riodácit ártufa

Anyagmodell : Mohr - Coulomb
Térfogatsúly : $\gamma = 16,00 \text{ kN/m}^3$
Poisson tényező : $\nu = 0,30$
Rug. modulus : $E = 800,00 \text{ MPa}$
Belső súrlódási szög : $\varphi_{ef} = 49,00^\circ$
Talaj kohézió : $c_{ef} = 1160,00 \text{ kPa}$
Delta szög : $\psi = 0,00^\circ$
Telített térfogatsúly : $\gamma_{sat} = 19,00 \text{ kN/m}^3$

Hálógenerálás

Hálógenerálás paraméterei

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

Hálógenerálás eredménye

A végeselemháló sikeresen elkészült.

Csomópontok száma 13108

Elemek száma 7511 (régió 5395, rúd 529, felület 1587)

Adatbevitel (Kivitelezési fázis 1)

Számítás beállításai

Általános

Módszer :
Merevségi mátrix megvált. :

Newton - Raphson
minden iteráció után



Nem üzleti célú felhasználásra



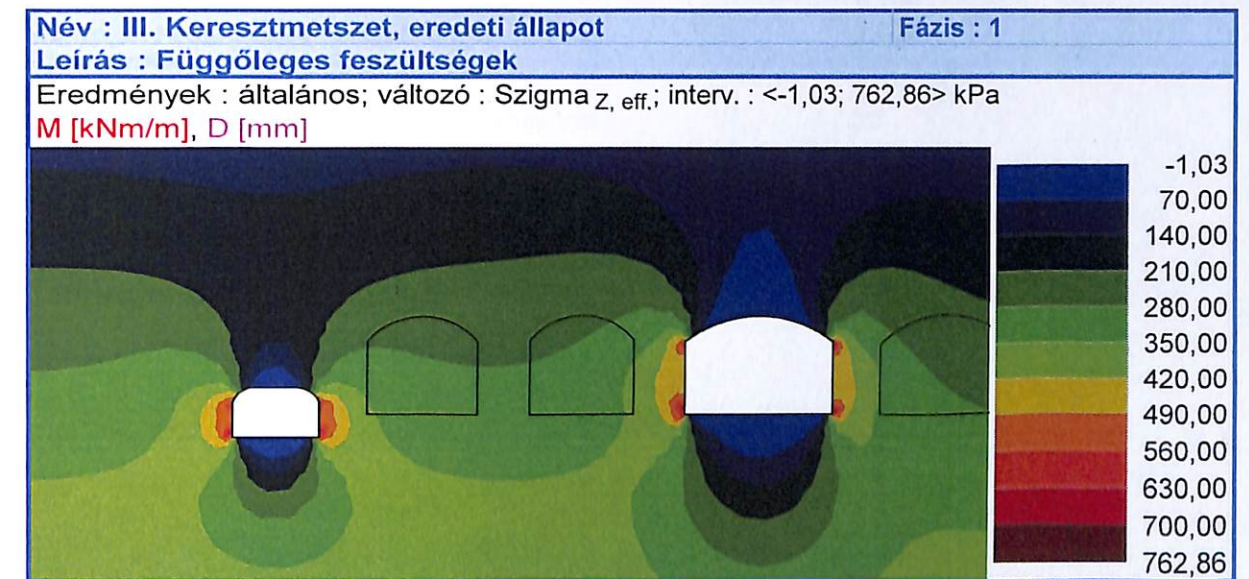
Iterációk maximális száma egy számítási lépésben :	100
Kezdeti számítási lépés :	0,25
Elmozdulási hibahatár :	0,0100
Kiegyensúlyozatlan erők hibahatára :	0,0100
Energia hibahatár :	0,0100
Anyag határfelületeinek figy. vétele :	nem
Newton - Raphson	
Számítási lépés relaxációs tényezője :	2
Számítási lépés maximális relaxációinak száma :	2
Egy szám. lépés min. iterációinak száma :	1
Vonal keresés	
Számítási módszer :	iteráció nélkül
Vonalkeresési korlát - minimum :	0,100
Vonalkeresési korlát - maximum :	1,000
Plaszticitás	
Hozzárend. hibák jelzése :	0,00100
Iterációk max. száma egy plaszt. lépéshez :	20

Eredmények (Kivitelezési fázis 1)

A feszültségszámítás sikeresen lefutott.

Számítás beállításai : **szabványos**

Tényleges terhelés = 100,00 %



Szélsőértékek

Feszültség (szélsőértékek)

	Hely		Min	Hely		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Sigma z, tot. [kPa]	26,80	4,14	-1,03	23,81	0,20	2,86
Sigma z, eff. [kPa]	26,80	4,14	-1,03	23,81	0,20	2,86
Sigma x, tot. [kPa]	27,01	0,00	0,87	23,97	0,00	-0,60
Sigma x, eff. [kPa]	27,01	0,00	0,87	23,97	0,00	-0,60
Tau xz [kPa]	29,69	3,04	3,48	23,93	3,04	-1,42

Alakv. (szélsőértékek)

	Hely		Min	Hely		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Epsilon eq. [%]	14,14	18,21	0,00	23,81	0,20	0,13
Epsilon eq., pl. [%]	31,75	2,83	0,00	31,75	2,83	0,00

Adatbevitel (Kivitelezési fázis 2)

Számítás beállításai

Általános

Módszer :	Newton - Raphson
Merevségi mátrix megvált. :	minden iteráció után
Iterációk maximális száma egy számítási lépésben :	100
Kezdeti számítási lépés :	0,25
Elmozdulási hibahatár :	0,0100
Kiegyensúlyozatlan erők hibahatára :	0,0100
Energia hibahatár :	0,0100
Anyag határfelületeinek figy. vétele :	nem

Newton - Raphson

Számítási lépés relaxációs tényezője :	2
Számítási lépés maximális relaxációinak száma :	2
Egy szám. lépés min. iterációinak száma :	1

Vonal keresés

Számítási módszer :	iteráció nélkül
Vonalkeresési korlát - minimum :	0,100
Vonalkeresési korlát - maximum :	1,000

Plaszticitás

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

Eredmények (Kivitelezési fázis 2)

A feszültségszámítás sikeresen lefutott.

Számítás beállításai : **szabványos**

Tényleges terhelés = 100,00 %

Ferenchegyí Ádám

Ferenchegyí Ádám Szakdolgozat
III. Keresztmetszet modellezése

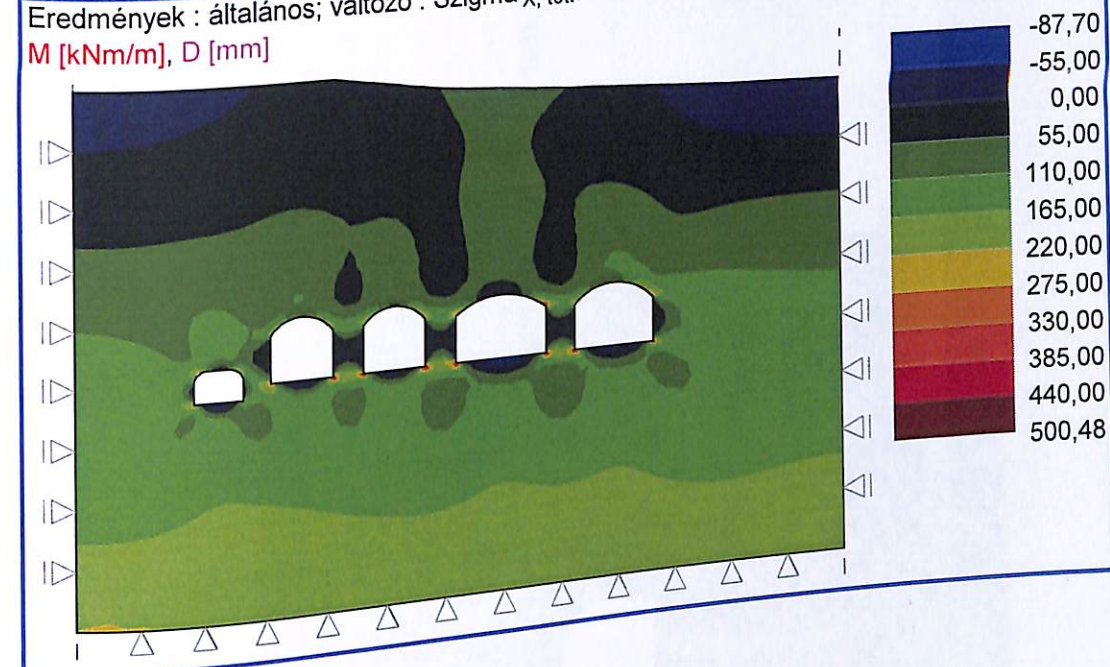
Fázis : 2

Név : III. Keresztmetszet, kivitelezett állapot

Leírás : Vízszintes feszültségek

Eredmények : általános; változó : Szigma x, tot.; interv. : <-87,70; 500,48> kPa

M [kNm/m], D [mm]



Nem üzleti célú felhasználásra

[GEO5 - FEM (diák licenz)] | verzió 5.19.4.0 | hardverkulcs 2180 / 1 | Szent István Egyetem Ybl Miklós Építészeti Kar |
Copyright © 2015 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu |
[HungaroCAD Informatikai Kft.] | info@hungarocad.hu | http://www.hungarocad.hu

Ferenchegyí Ádám

Ferenchegyí Ádám Szakdolgozat
III. Keresztmetszet modellezése

Fázis : 2

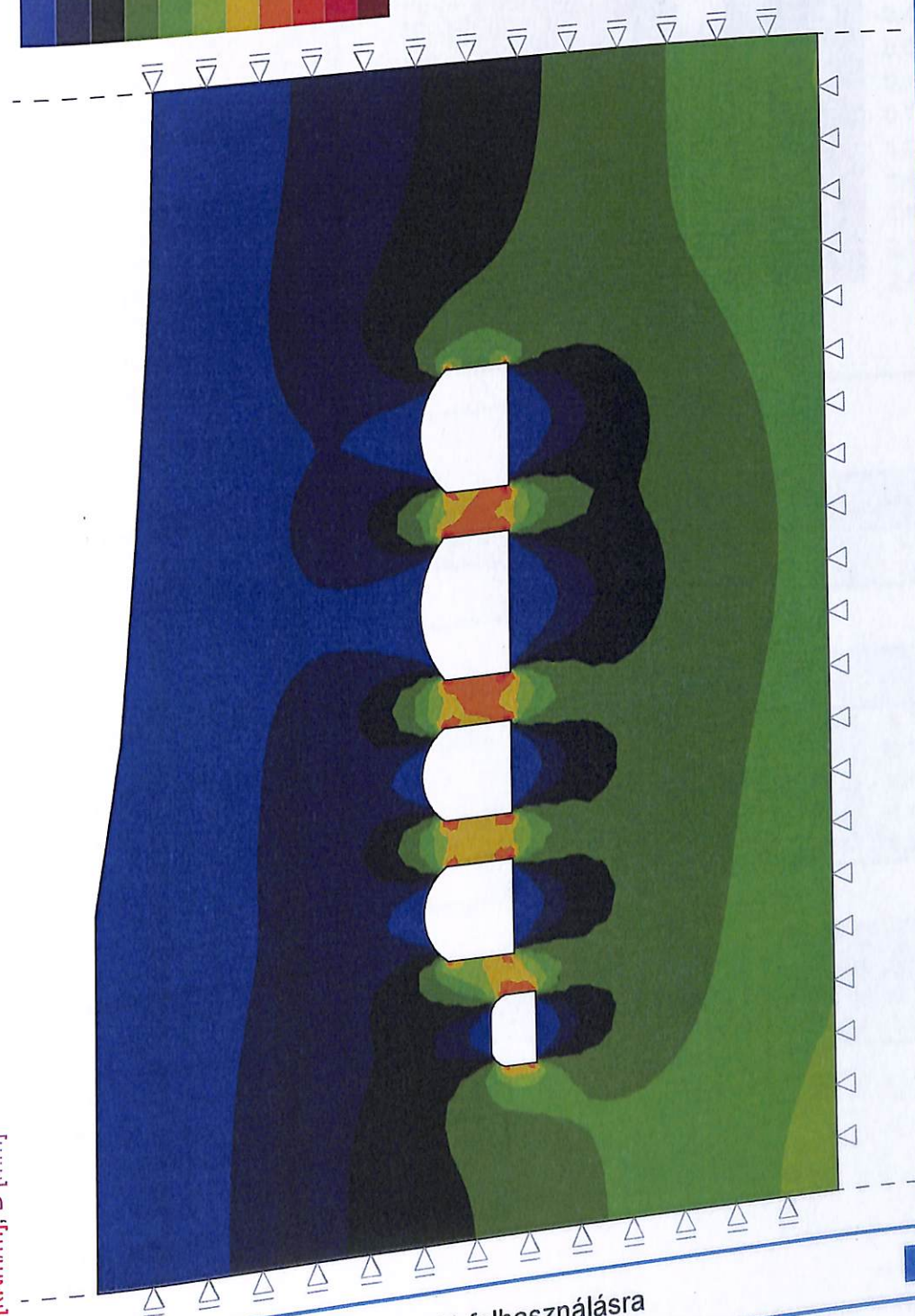
Név : III. Keresztmetszet, kivitelezett állapot

Leírás : Függőleges feszültségek

-2,24
100,00
200,00
300,00
400,00
500,00
600,00
700,00
800,00
900,00
1000,00
1089,72



Eredmények : általános; változó : Szigma z, eff.; interv. : <-2,24; 1089,72> kPa
M [kNm/m], D [mm]



Nem üzleti célú felhasználásra

[GEO5 - FEM (diák licenz)] | verzió 5.19.4.0 | hardverkulcs 2180 / 1 | Szent István Egyetem Ybl Miklós Építész 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]

Ferenchegy Ádám

Ferenchegy Ádám Szakdolgozat
III. Keresztmetszet modellezése

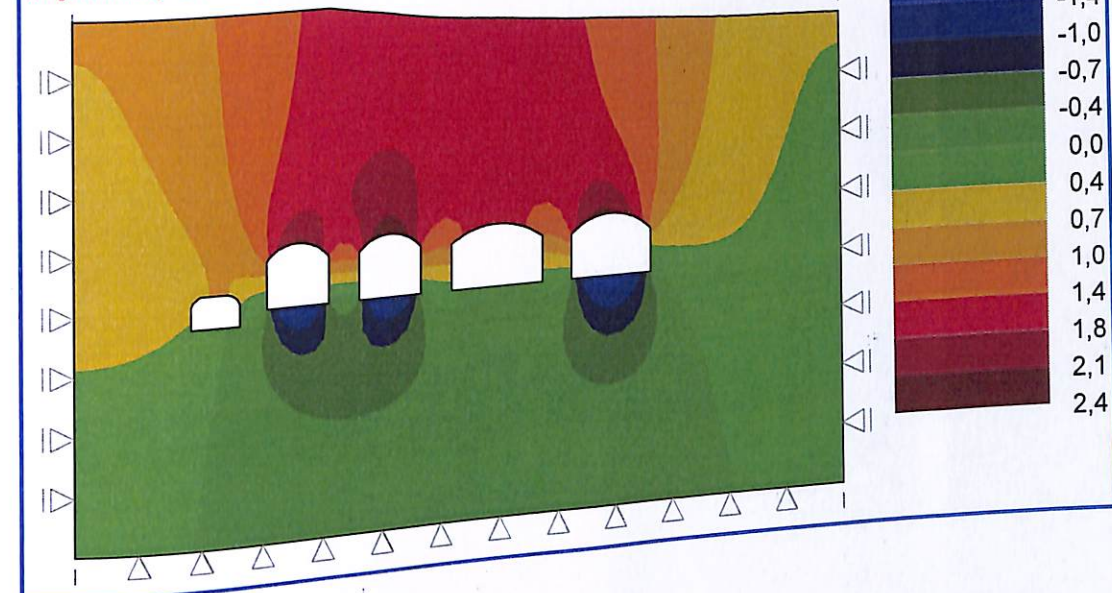
Név : III. Keresztmetszet, kivitelezett állapot

Fázis : 2

Leírás : Függőleges elmozdulások

Eredmények : általános; változó : Süllyedés d z; interv. : <-1,6; 2,4> mm

M [kNm/m], D [mm]



Szélsőértékek

Elmozdulás (szélsőértékek)

	Hely		Min	Hely		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Elmozdulás x [m]	31,75	2,07	-0,5	21,78	1,31	0,5
Elmozdulás z [m]	34,39	0,00	-1,6	19,71	4,00	2,4

Feszültség (szélsőértékek)

	Hely		Min	Hely		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Sigma z, tot. [kPa]	26,62	4,16	2,24	31,75	0,15	19,72
Sigma z, eff. [kPa]	26,62	4,16	2,24	31,75	0,15	19,72
Sigma x, tot. [kPa]	27,01	0,00	7,70	17,91	0,00	10,48
Sigma x, eff. [kPa]	27,01	0,00	7,70	17,91	0,00	10,48
Tau xz [kPa]	29,69	3,04	9,08	23,93	3,04	16,30

Alakv. (szélsőértékek)

	Hely		Min	Hely		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Epsilon eq. [%]	11,44	18,21	0,00	31,75	0,15	0,17
Epsilon eq., pl. [%]	31,75	2,83	0,00	31,75	2,83	0,00

Rézsűállékonyságok

Eredmények (Kivitelezési fázis 1)

A rézsűállékonyság vizsgálat sikeresen befejeződött.

Számítás beállításai : felhasználói

Biztonsági tényező FS = 3,93

Nem üzleti célú felhasználásra

6

Ferenchegyí Ádám

Ferenchegyí Ádám Szakdolgozat
III. Keresztmetszet modellezése

A számítás lefutott a talajok csökk. paramétereivel		
Régió száma	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]
1	12,46	294,86

Nem üzleti célú felhasználásra

[GEO5 - FEM (diák licenz)] | verzió 5.19.4.0 | hardverkulcs 2180 / 1 | Szent István Egyetem Ybl Miklós Építész 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

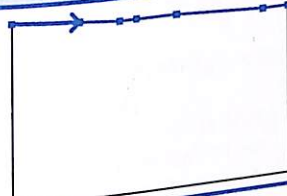
Projekt

Munka : Ferenchegy Ádám Szakdolgozat
Rész : IV. Keresztmetszet modellezése (2010-ben kivitelezett állapot)
Megrendelő : Szent István Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Kar
Szerző : Ferenchegy Ádám
Dátum : 2015.03.23.

Globális beállítások

Projekt típusa : Síkbeli 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
1		0,00	20,56	11,87	20,00
		22,00	19,55	29,30	19,51
		50,00	18,60		
				19,00	19,48

Talajparaméterek

Riodácit ártufa
Anyagmodell :
Térfogatsúly :
Poisson tényező :
Rug. modulus :
Belső súrlódási szög :
Talaj kohézió :
Delta szög :
Telített térfogatsúly :
Mohr - Coulomb
 $\gamma = 16,00 \text{ kN/m}^3$
 $\nu = 0,30$
 $E = 800,00 \text{ MPa}$
 $\varphi_{ef} = 49,00^\circ$
 $c_{ef} = 1160,00 \text{ kPa}$
 $\psi = 0,00^\circ$
 $\gamma_{sat} = 19,00 \text{ kN/m}^3$

Felső pince "merevítése"
Anyagmodell :
Térfogatsúly :
Poisson tényező :
Rug. modulus :
Belső súrlódási szög :
Talaj kohézió :
Delta szög :
Telített térfogatsúly :
Mohr - Coulomb
 $\gamma = 16,00 \text{ kN/m}^3$
 $\nu = 0,30$
 $E = 344,00 \text{ MPa}$
 $\varphi_{ef} = 45,00^\circ$
 $c_{ef} = 500,00 \text{ kPa}$
 $\psi = 0,00^\circ$
 $\gamma_{sat} = 19,00 \text{ kN/m}^3$

Hálógenerálás

Hálógenerálás paraméterei
Élhossz :
Hálósűrítés :

1,00 [m]
igen

Nem üzleti célú felhasználásra

Többcsomópontú elemek generálása : igen

Hálógenerálás eredménye

A végelelemháló sikeresen elkészült.

Csomópontok száma 14483

Elemek száma 8396 (régio 5880, rúd 629, felület 1887)

Adatbevitel (Kivitelezési fázis 1)

Sz.	Típus	Hely / 1. Pont	Origó / 1. Pont	Hossz / 2. Pont	Szél. / 2. Pont	Lejtés	Intenzitás		
		z [m] / x ₁ [m]	x [m] / z ₁ [m]	l [m] / x ₂ [m]	b [m] / z ₂ [m]		q, q ₁ , f, F	q ₂	egység
1	sáv	z = 5,87	x = 25,60	l = 13,30		0,00	10,00		kN/m ²

Számítás beállításai

Általános

Módszer :

Merevségi mátrix megvált. :

Iterációk maximális száma egy számítási lépésben :

Kezdeti számítási lépés :

Elmozdulási hibahatár :

Kiegyensúlyozatlan erők hibahatára :

Energia hibahatár :

Anyag határfelületeinek figy. vétele :

Newton - Raphson

Számítási lépés relaxációs tényezője :

Számítási lépés maximális relaxációinak száma :

Egy szám. lépés min. iterációinak száma :

Vonal keresés

Számítási módszer :

Vonalkeresési korlát - minimum :

Vonalkeresési korlát - maximum :

Plaszticitás

Hozzárend. hibák jelzése :

Iterációk max. száma egy plaszt. lépéshez :

Newton - Raphson

minden iteráció után

100

0,25

0,0100

0,0100

0,0100

nem

2

2

1

iteráció nélkül

0,100

1,000

0,00100

20

Eredmények (Kivitelezési fázis 1)

A feszültség számítás sikeresen lefutott.

Számítás beállításai : szabványos

Tényleges terhelés = 100,00 %

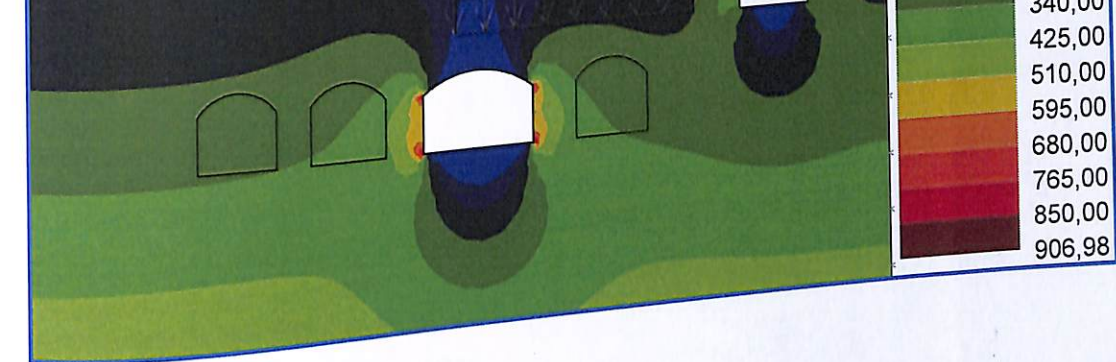
Fázis : 1

Név : III. Keresztmetszet, eredeti állapot

Leírás : Függőleges feszültségek

Eredmények : általános; változó : Szigma z, eff.; interv. : <-0,65; 906,98> kPa

M [kNm/m], N+ [kN/m], Q [kN/m], D [mm]



Szélsőértékek

Feszültség (szélsőértékek)	Hely		Min	Hely		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
	26,74	4,00	0,65	29,82	0,15	16,98
	26,74	4,00	0,65	29,82	0,15	16,98
Szigma z, tot. [kPa]	27,04	0,00	8,06	29,66	0,00	17,21
Szigma z, eff. [kPa]	27,04	0,00	8,06	29,66	0,00	17,21
Szigma x, tot. [kPa]	29,70	3,04	9,68	23,94	3,04	2,78
Szigma x, eff. [kPa]						
Tau xz [kPa]						

Alakv. (szélsőértékek)	Hely		Min	Hely		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
	40,19	18,89	0,00	29,82	0,15	0,15
	43,50	8,55	0,00	43,50	8,55	0,00

Epsilon eq. [%]

Epsilon eq. pl. [%]

Adatbevitel (Kivitelezési fázis 2)

Rudak	Sz.	Gerenda Új	Hely	Támasz [m]		Figy.vesz. önsúly	esztmet	Anyag	Kapcsolatok	
				Kezdőpt.	Végpt.				bal	jobb
	1	Igen	9 sz. szabad vonal	└─	└─	Igen	1,00 (b) x 0,50 (h) m	C 16/20	(nincs megadv.)	(nincs megadv.)
	2	Igen	11 sz. szabad vonal	└─	└─	Igen	1,00 (b) x 0,50 (h) m	C 16/20	(nincs megadv.)	(nincs megadv.)
Keresztmetszet		Anyag		E [MPa]		G [MPa]				
Sz.		I _y [m ⁴ /m]		A [m ² /m]		E [MPa]		G [MPa]		
1		1,04E-02		5,00E-01		29000,00		12083,00		
2		1,04E-02		5,00E-01		29000,00		12083,00		

Nem üzleti célú felhasználásra

Teher

Sz.	Teher		Típus	Hely / 1. Pont	Origó / 1. Pont	Hossz / 2. Pont	Szél. / 2. Pont	Lejtés α [°]	Intenzitás		
	Új	vált.		z [m] / x_1 [m]	x [m] / z_1 [m]	l [m] / x_2 [m]	b [m] / z_2 [m]		$q, q_1,$ f, F	q_2	egység
1	Nem	Igen	sávós	$z =$ 5,87	$x =$ 25,60	$l =$ 13,30		0,00	10,00		kN/m ²

Számítás beállításai

Általános

Módszer :

Merevségi mátrix megvált. :
Iterációk maximális száma egy számítási lépésben :

Kezdeti számítási lépés :

Elmozdulási hibahatár :

Kiegyensúlyozatlan erők hibahatára :

Energia hibahatár :

Anyag határfelületeinek figy. vétele :

Newton - Raphson

Számítási lépés relaxációs tényezője :

Számítási lépés maximális relaxációinak száma :

Egy szám. lépés min. iterációinak száma :

Vonal keresés

Számítási módszer :

Vonalkeresési korlát - minimum :

Vonalkeresési korlát - maximum :

Plaszticitás

Hozzárend. hibák jelzése :

Iterációk max. száma egy plaszt. lépéshez :

Newton - Raphson
minden iteráció után

100

0,25

0,0100

0,0100

0,0100

nem

2

2

1

iteráció nélkül

0,100

1,000

0,00100

20

Eredmények (Kivitelezési fázis 2)

A feszültségszámítás sikeresen lefutott.

Számítás beállításai : szabványos

Tényleges terhelés = 100,00 %

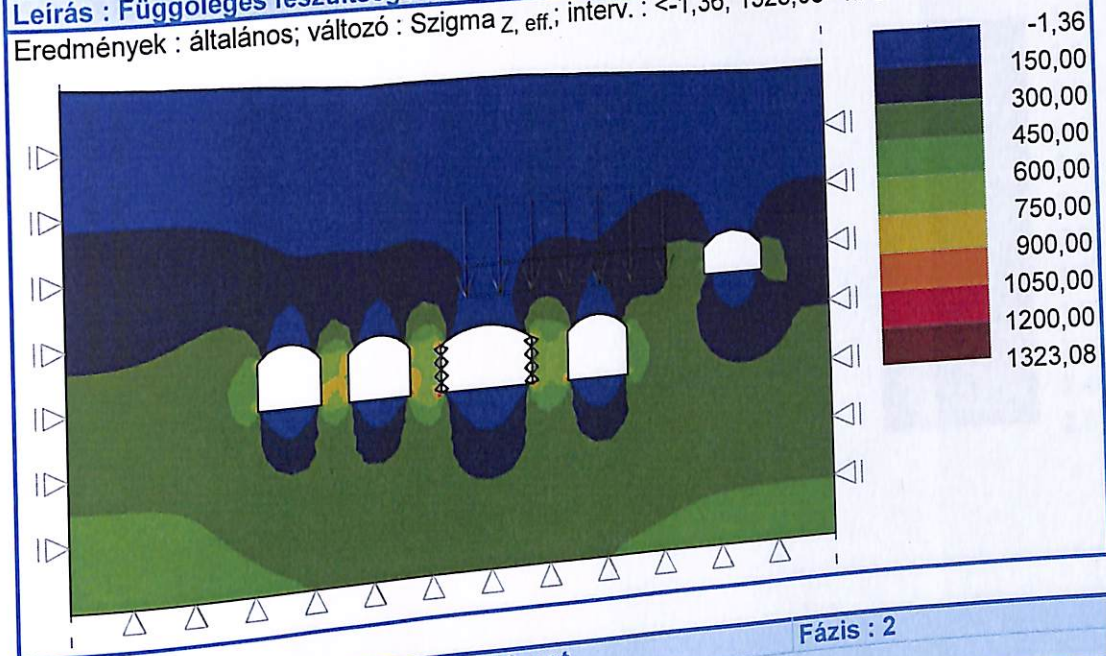
Ferenchegy Ádám

Ferenchegy Ádám Szakdolgozat
IV. Keresztmetszet modellezése (2010-ben kivitelezett állapot)

Fázis : 2

Név : III. Keresztmetszet, kivitelezett állapot
Leírás : Függőleges feszültségek

Eredmények : általános; változó : Szigma z, eff.; interv. : <-1,36; 1323,08> kPa

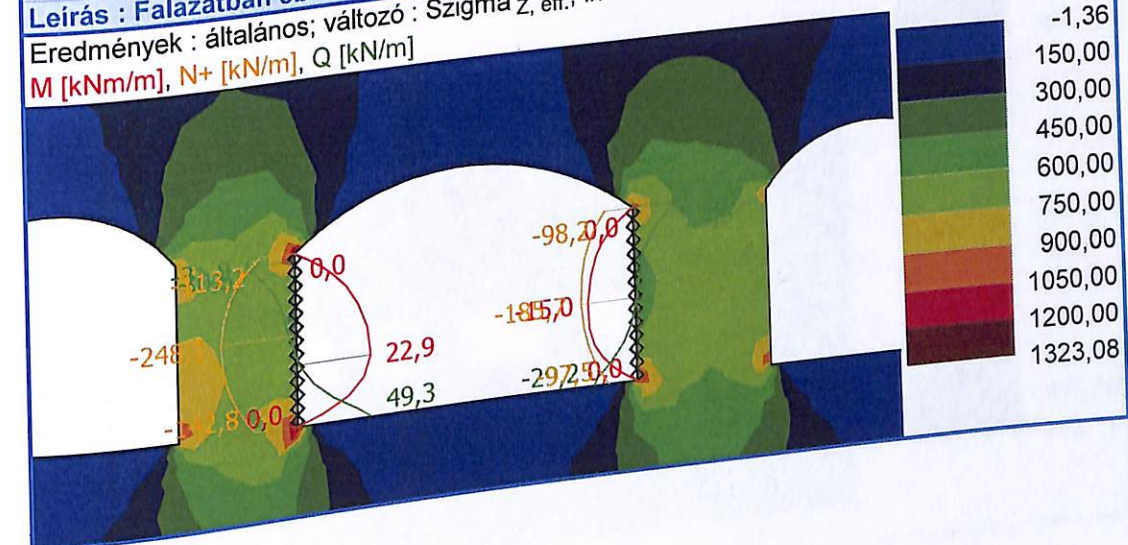


Fázis : 2

Név : III. Keresztmetszet, kivitelezett állapot
Leírás : Falazatban ébredő belső erők

Eredmények : általános; változó : Szigma z, eff.; interv. : <-1,36; 1323,08> kPa

M [kNm/m], N+ [kN/m], Q [kN/m]



Nem üzleti célú felhasználásra

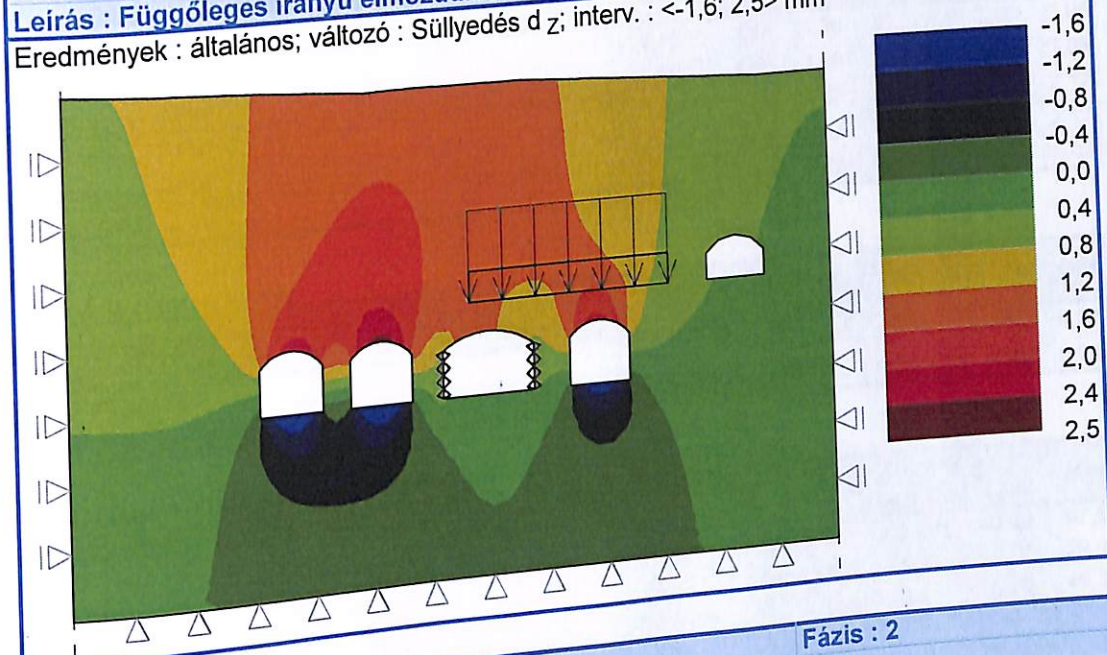
5

Fázis : 2

Név : III. Keresztmetszet, kivitelezett állapot

Leírás : Függőleges irányú elmozdulások

Eredmények : általános; változó : Süllyedés d z; interv. : <-1,6; 2,5> mm

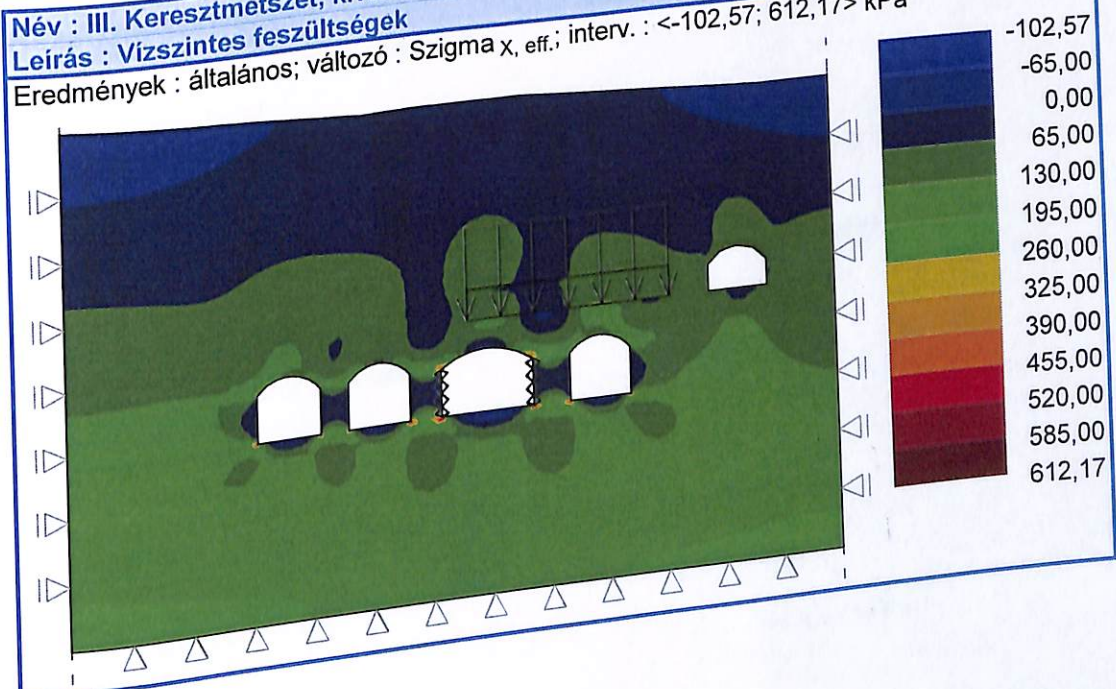


Fázis : 2

Név : III. Keresztmetszet, kivitelezett állapot

Leírás : Vízszintes feszültségek

Eredmények : általános; változó : Szigma x, eff.; interv. : <-102,57; 612,17> kPa



Táblázatok
Szélsőértékek

Elmozdulás (szélsőértékek)	Hely		Min	Hely		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Elmozdulás x [m]	32,23	1,76	-0,4	36,23	1,22	0,4
Elmozdulás z [m]	19,64	0,00	-1,6	19,71	4,00	2,5

Nem üzleti célú felhasználásra

Feszültség (szélsőértékek)	Hely		Min	Hely		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Sigma z, tot. [kPa]	26,59	4,00	1,36	23,82	2,95	3,08
Sigma z, eff. [kPa]	26,59	4,00	1,36	23,82	2,95	3,08
Sigma x, tot. [kPa]	27,04	0,00	2,57	29,66	0,00	2,17
Sigma x, eff. [kPa]	27,04	0,00	2,57	29,66	0,00	2,17
Tau xz [kPa]	29,70	3,04	6,26	23,94	3,04	8,02

Alakv. (szélsőértékek)	Hely		Min	Hely		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Epsilon eq. [%]	38,21	19,00	0,00	23,94	3,04	0,22
Epsilon eq., pl. [%]	43,50	8,55	0,00	43,50	8,55	0,00

Eloszlások rúdelemen (szélsőértékek)	Hely		Min	Hely		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
N [kN/m]	23,82	1,55	48,1	29,82	0,00	-97,5
M [kNm/m]	29,82	1,44	15,0	23,82	1,06	22,9
Q [kN/m]	23,82	2,82	31,8	23,82	0,00	49,3

Rézsűállékonyságok

Adatbevitel (Kivitelezési fázis 1)

Számítás beállításai	
Általános	Newton - Raphson
Módszer :	maradjon rugalmas
Merevségi mátrix megvált. :	50
Iterációk maximális száma egy számítási lépésben :	0,25
Kezdeti számítási lépés :	c, phi csökkentése
Talajparaméterek csökkentése :	0,90
Kezdeti csökkentő lépés :	0,0100
Elmozdulási hibahatár :	0,0100
Kiegyensúlyozatlan erők hibahatára :	0,0100
Energia hibahatár :	igen
Anyag határfelületeinek figy. vétele :	2
Newton - Raphson	2
Számítási lépés relaxációs tényezője :	2
Számítási lépés maximális relaxációinak száma :	3
Csökkentő lépés relaxációs tényezője :	0,99
Csökkentő lépés maximális relaxációinak száma :	iteráció nélkül
Minimum csökkentő lépés :	0,100
Vonal keresés	1,000
Számítási módszer :	
Vonalkeresési korlát - minimum :	
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 $FS = 2,87$ **A számítás lefutott a talajok csökk.
paramétereivel**

Régió száma	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]
1	17,09	404,47
3	15,69	174,34

Számítás végeselem módszerrel

Topológia

Projekt

Munka : Ferenchegy Ádám Szakdolgozat
Rész : IV. Keresztmetszet 3-4-es ág vágatbővítése
Leírás : Nagyobb szelvények kialakításának vizsgálata
Megrendelő : Szent István Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Kar
Szerző : Ferenchegy Ádám
Dátum : 2015.03.23.

Globális beállítások

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

Sz.	Felület helye	Felület pontjainak koordinátái [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0,00	20,56	11,87	20,00	19,00	19,48
		22,00	19,55	29,30	19,51	45,30	18,60
		50,00	18,60				

Talajparaméterek

Riodácit ártufa (2)

Anyagmodell : Mohr - Coulomb
Térfogatsúly : $\gamma = 16,00 \text{ kN/m}^3$
Poisson tényező : $\nu = 0,30$
Rug. modulus : $E = 800,00 \text{ MPa}$
Belső súrlódási szög : $\varphi_{ef} = 49,00^\circ$
Talaj kohézió : $c_{ef} = 1160,00 \text{ kPa}$
Delta szög : $\psi = 0,00^\circ$
Telített térfogatsúly : $\gamma_{sat} = 19,00 \text{ kN/m}^3$

Felső pince "merekítése"

Anyagmodell : Mohr - Coulomb
Térfogatsúly : $\gamma = 16,00 \text{ kN/m}^3$
Poisson tényező : $\nu = 0,30$
Rug. modulus : $E = 344,00 \text{ MPa}$
Belső súrlódási szög : $\varphi_{ef} = 45,00^\circ$
Talaj kohézió : $c_{ef} = 500,00 \text{ kPa}$
Delta szög : $\psi = 0,00^\circ$
Telített térfogatsúly : $\gamma_{sat} = 19,00 \text{ kN/m}^3$

Nem üzleti célú felhasználásra

Ferenchegy Ádám

Ferenchegy Ádám Szakdolgozat
IV. Keresztmetszet 3-4-es ág vágatbővítése

Hozzárendelések és felületek

Sz.	Felszín pozíciója	Felszín pontjainak koordinátái [m]				Hozzárendelt talaj
		x	z	x	z	
1		45,30	18,60	29,30	19,51	Riodácit ártufa (2)
		22,00	19,55	19,00	19,48	
		11,87	20,00	0,00	20,56	
		0,00	-11,40	50,00	-11,40	
		50,00	18,60			

Adatbevitel (Kivitelezési fázis 2)

Teher

Sz.	Teher		Típus	Hely / 1. Pont	Origó / 1. Pont	Hossz / 2. Pont	Szél. / 2. Pont	Lejtés α [°]	Intenzitás		
	Új	vált.		z [m] / x ₁ [m]	x [m] / z ₁ [m]	l [m] / x ₂ [m]	b [m] / z ₂ [m]		q, q ₁ , f, F	q ₂	egység
1	Igen		sáv	z = 5,87	x = 25,60	l = 13,30		0,00	10,00		kN/m ²
2	Nem	Nem	sáv	z = 5,87	x = 25,60	l = 13,30		0,00	10,00		kN/m ²

Terhek

Sz.	Név
2	Megoszló teher

Számítás beállításai

Általános

Módszer :
Merevségi mátrix megvált. :
Iterációk maximális száma egy számítási lépésben :
Kezdeti számítási lépés :
Elmozdulási hibahatár :
Kiegyensúlyozatlan erők hibahatára :
Energia hibahatár :
Anyag határfelületeinek figy. vétele :
Newton - Raphson
Számítási lépés relaxációs tényezője :
Számítási lépés maximális relaxációinak száma :
Egy szám. lépés min. iterációinak száma :
Vonal keresés
Számítási módszer :
Vonalkeresési korlát - minimum :
Vonalkeresési korlát - maximum :
Plaszticitás
Hozzárend. hibák jelzése :
Iterációk max. száma egy plaszt. lépéshez :

Newton - Raphson
minden iteráció után
100
0,25
0,0100
0,0100
0,0100
nem
2
2
1
iteráció nélkül
0,100
1,000
0,00100
20

Eredmények (Kivitelezési fázis 2)

A feszültség számítás sikeresen lefutott.
Számítás beállításai : szabványos
Tényleges terhelés = 100,00 %

Nem üzleti célú felhasználásra

Ferenchegy Ádám

Ferenchegy Ádám Szakdolgozat
IV. Keresztmetszet 3-4-es ág vágatbővítése

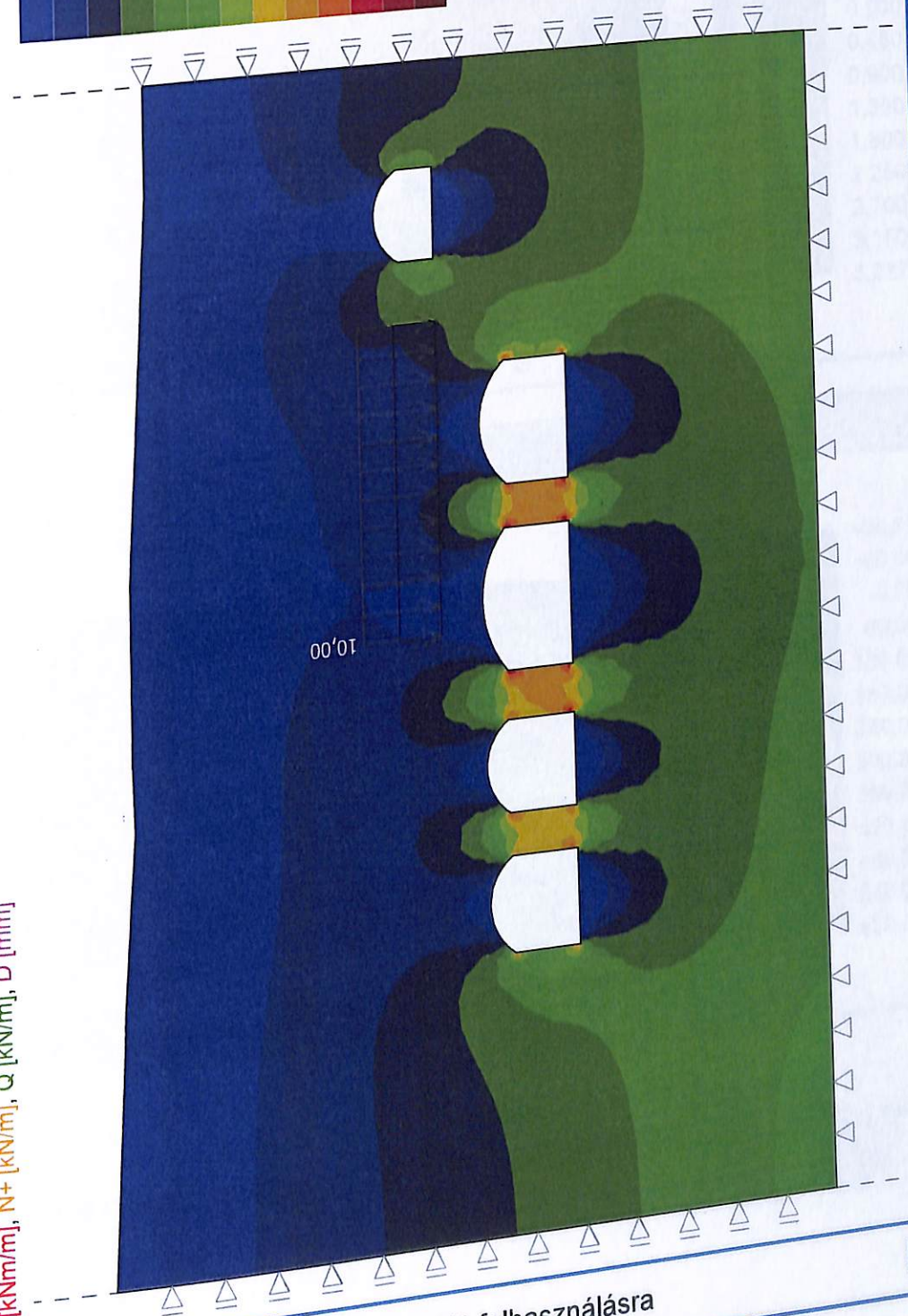
Név : IV. Keresztmetszet 3-4-es pinceág bővítése
Leírás : Függőleges feszültségek alakulása megtámasztó szerkezet nélkül

Fázis : 2

-1,58
100,00
200,00
300,00
400,00
500,00
600,00
700,00
800,00
900,00
1000,00
1100,00
1200,00
1282,77

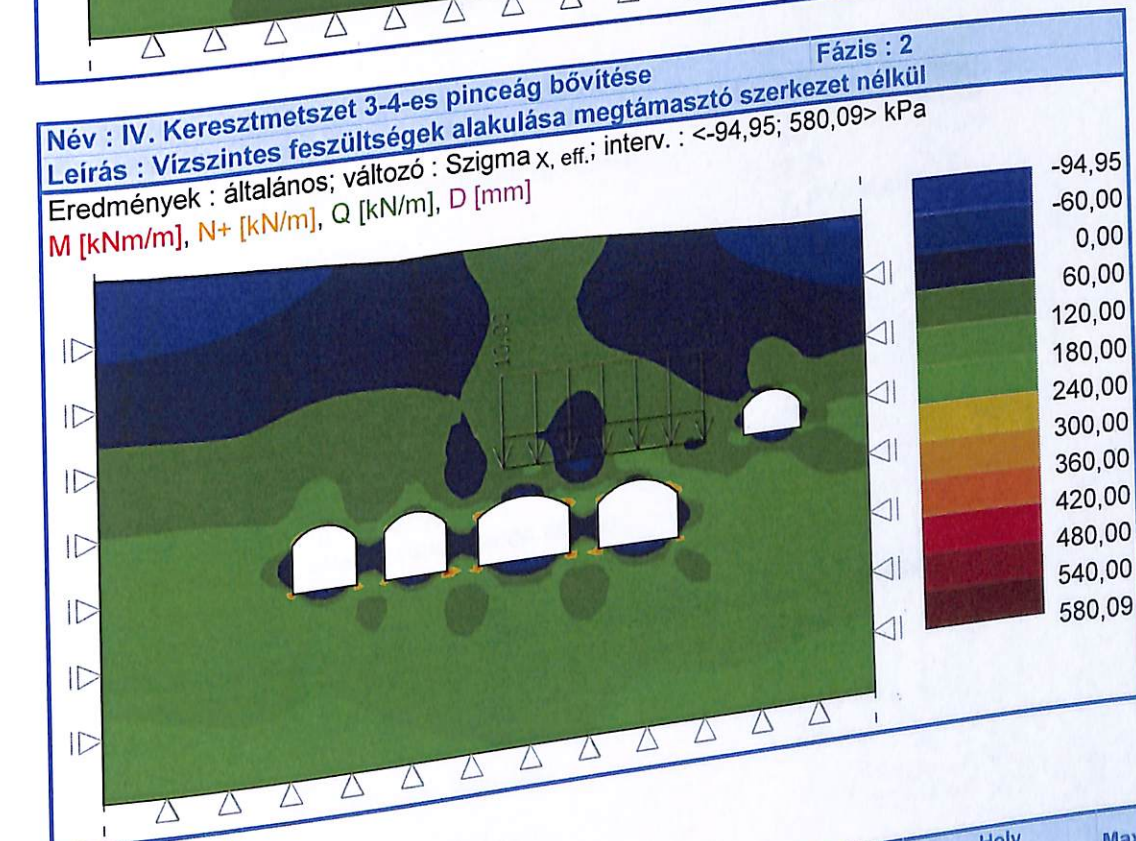
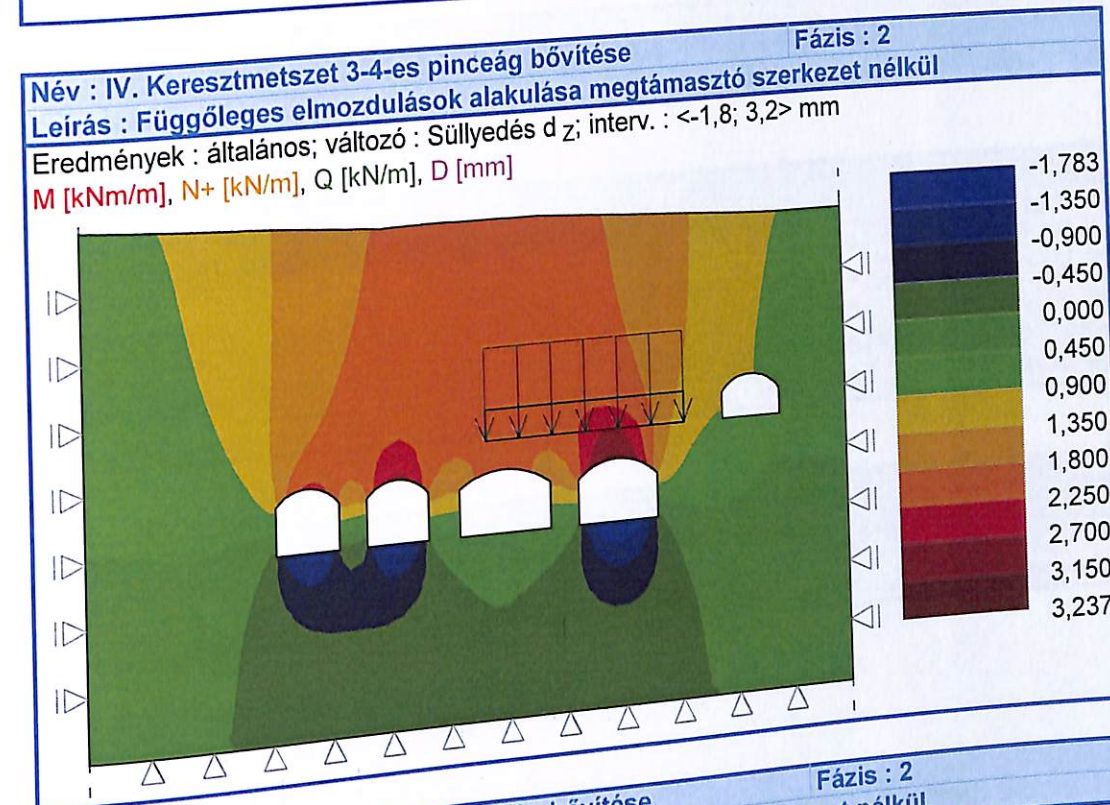


Eredmények : általános; változó : Szigma z, efi; interv. : <-1,58; 1282,77> kPa
M [kNm/m], N+ [kN/m], Q [kN/m], D [mm]



Nem üzleti célú felhasználásra

3



Szélsőértékek

Elmozdulás (szélsőértékek)

Elmozdulás x [m]

Hely		Min	Hely		Max
x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
31,71	1,83	-0,4	21,78	1,83	0,7

Nem üzleti célú felhasználásra

	Hely		Min	Hely		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Elmozdulás z [m]	34,23	0,00	-1,8	34,07	3,99	3,2

	Hely		Min	Hely		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Szigma z, tot. [kPa]	26,90	4,00	1,58	29,82	0,15	2,77
Szigma z, eff. [kPa]	26,90	4,00	1,58	29,82	0,15	2,77
Szigma x, tot. [kPa]	27,06	0,00	4,95	21,65	0,00	0,09
Szigma x, eff. [kPa]	27,06	0,00	4,95	21,65	0,00	0,09
Tau xz [kPa]	29,70	3,04	8,46	23,94	3,04	0,16

	Hely		Min	Hely		Max
	x [m]	z [m]		x [m]	z [m]	
Epsilon eq. [%]	34,22	4,00	0,00	29,82	0,15	0,21
Epsilon eq., pl. [%]	43,50	8,55	0,00	43,50	8,55	0,00

Rézsűállékonyságok

Adatbevitel (Kivitelezési fázis 1)

Számítás beállításai

Általános
Módszer :
Merevségi mátrix megvált. :
Iterációk maximális száma egy számítási lépésben :
Kezdeti számítási lépés :
Talajparaméterek csökkentése :
Kezdeti csökkentő lépés :
Elmozdulási hibahatár :
Kiegyensúlyozatlan erők hibahatára :
Energia hibahatár :
Anyag határfelületeinek figy. vétele :
Newton - Raphson
Számítási lépés relaxációs tényezője :
Számítási lépés maximális relaxációinak száma :
Csökkentő lépés relaxációs tényezője :
Csökkentő lépés maximális relaxációinak száma :
Minimum csökkentő lépés :
Vonal keresés
Számítási módszer :
Vonalkeresési korlát - minimum :
Vonalkeresési korlát - maximum :
Plaszticitás
Hozzárend. hibák jelzése :
Iterációk max. száma egy plaszt. lépéshez :

Newton - Raphson
maradjon rugalmas
50
0,25
c, phi csökkentése
0,90
0,0100
0,0100
0,0100
igen

2
2
2
3
0,99

iteráció nélkül
0,100
1,000

0,00100
20

Eredmények (Kivitelezési fázis 1)

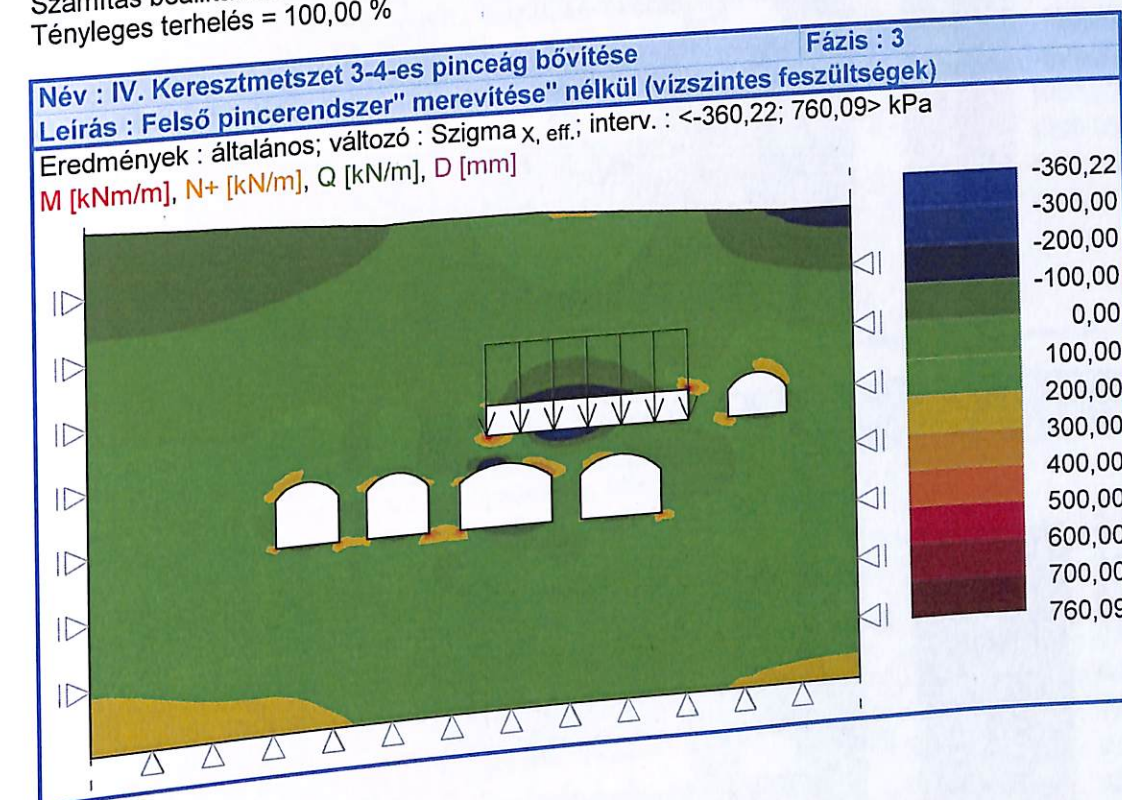
A rézsűállékonyság vizsgálat sikeresen befejeződött.
Számítás beállításai : **felhasználói**
Biztonsági tényező FS = 2,32

Nem üzleti célú felhasználásra

A számítás lefutott a talajok csökk.
paramétereivel

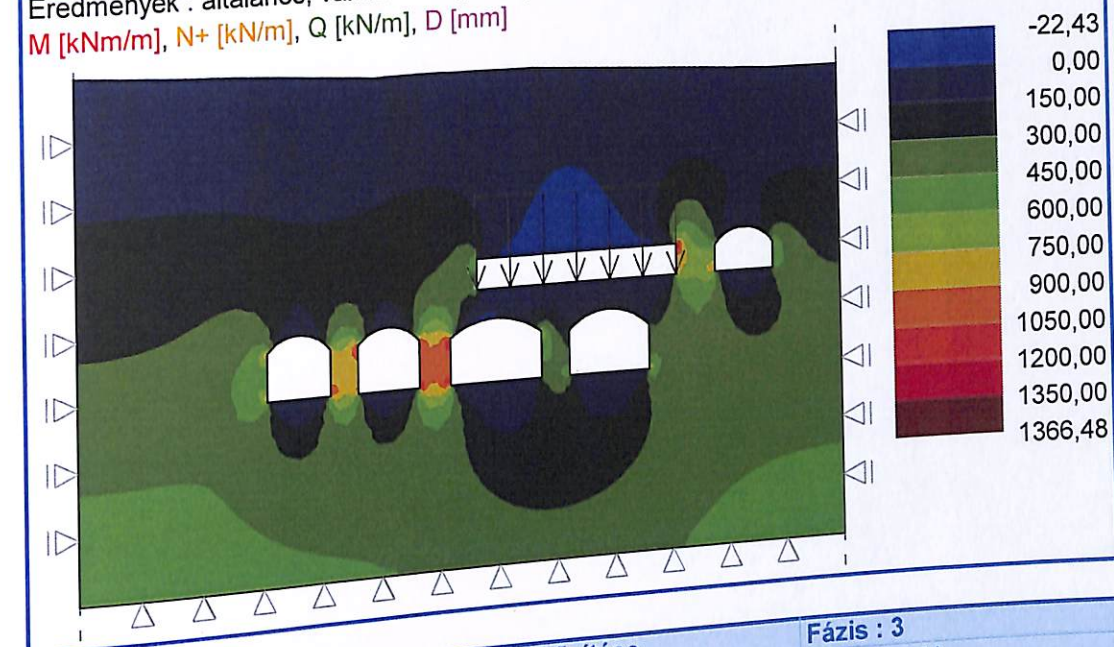
Régió száma	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]
1	21,09	499,34
3	19,37	215,23

Eredmények (Kivitelezési fázis 3)

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

Név : IV. Keresztmetszet 3-4-es pinceág bővítése Fázis : 3
Leírás : Felső pincerendszer "merevítése" nélkül (függőleges feszültségek)

Eredmények : általános; változó : Szigma z, eff.; interv. : <-22,43; 1366,48> kPa
M [kNm/m], N+ [kN/m], Q [kN/m], D [mm]



Név : IV. Keresztmetszet 3-4-es pinceág bővítése Fázis : 3
Leírás : Felső pincerendszer merevítése nélkül (függőleges elmozdulások)

Eredmények : általános; változó : Süllyedés d z; interv. : <-2,3; 6,5> mm
M [kNm/m], N+ [kN/m], Q [kN/m], D [mm]

