



M6–M60 ÉPÜLŐ NAGY MŰTÁRGYAI



KÖZLEKEDÉSFEJLESZTÉSI
KOORDINÁCIÓS
KÖZPONT

Láncbíd füzetek 11.

M6–M60 ÉPÜLŐ NAGY MŰTÁRGYAI

Szerkesztette:

Kara Katalin

A teljes kötet színes illusztrációkkal letölthető PDF formátumban:

www.elsolanchid.hu

ISSN 1787-257X

A Lánchíd füzetek szakmai kiadványsorozat helyet kíván biztosítani a hidász szakma tematikus és alkalmi kiadványaihoz. Sorozatszerkesztő Hajós Bence. Eddig megjelent korábbi kötetek:

- Lánchíd füzetek 1. Közúti hidász almanach 2004*
- Lánchíd füzetek 2. Közúti hidász almanach 2005*
- Lánchíd füzetek 3. Zsámboki Gábor: Acélszerkezetű közúti hidak építése hazánkban 1945-1969 között*
- Lánchíd füzetek 4. Köszöntés dr. Träger Herbert 80. születésnapja alkalmából*
- Lánchíd füzetek 5. Közúti hidász almanach 2006*
- Lánchíd füzetek 6. Páll Gábor: A budapesti Duna-hidak története*
- Lánchíd füzetek 7. 48. Hídmérnöki konferencia előadásainak gyűjteménye*
- Lánchíd füzetek 8. Közúti és vasúti hidász almanach 2007*
- Lánchíd füzetek 9. Épülő, szépülő hídjaink Budapesten*
- Lánchíd füzetek 10. 49. Hídmérnöki konferencia előadásainak gyűjteménye*

A megjelent Lánchíd füzetek megrendelhetőek a kiadó címén.

A címlapon a Széchenyi lánchíd építését megelőzően készített metszet szerepel, amelyet Széchenyi István készíttetett az országos küldöttség számára, valamint levélpapírra fejlécnek saját célra és a Lánchíd Részvénytársaság részére.

Megjelent 2009-ben, a Közlekedésfejlesztési Koordinációs Központ,
Híd Önálló Osztály gondozásában,
az 5. Hidműhely Szimpózium alkalmából.

Felelős kiadó:

Első Lánchíd Bt.

4235 Biri Vörös Hs. 103.

Készült a Start Rehabilitációs Vállalat és Intézményei

Nyírségi Nyomda Üzemében – 2009 – xxxx

Felelős vezető: Balogh Zoltán vezérigazgató

TARTALOMJEGYZÉK

Göckler Péter: Az M6 Szekszárd – Bóly, M60 Bóly – Pécs autópálya szakaszok építése.....	5
Légrádi László: A 1693 és 1703 jelű völgyhidak.....	10
Sebestény Péter, Oláh Péter: M6 autópálya – 1449-es számú Sió híd építése	20
Sebestény Péter, Deim Zsolt, Horváth Zoltán: M6 autópálya 1769 jelű Szébenyi völgyhíd kivitelezése ..	29
Kolozsi Péter, Kolozsi Gyula: Kivonat a magyar közúti alagútépítés történetéből.....	48

KÖSZÖNTŐ

A Hídműhely Szimpózium szakmai program sorozat 2004-ben indult útjára.

Vastag Sándor kezdeményezésére az országos hídmérnöki konferenciánál kisebb létszámú, ezáltal szakmai konzultációt lehetővé tevő fórum alakult ki. Első alkalommal, 2004. augusztus 24-25-én, (Sárospatak, Cigánd) a cigándi Tisza-híd 10. születésnapja adott alkalmat a hazai folyami hídépítés elmúlt és elkövetkező tíz esztendejének áttekintésére.

A 2. Hídműhely Szimpózium 2005. szeptember 28-29-én volt Párkányban és Esztergomban. A konferencia központjában a 110 éves Mária Valéria híd állt. A szimpózium részeként történt a meghívásos új Duna-híd pályázat bemutatása és eredményhirdetése.

A 3. Hídműhely Szimpózium 2007. április 12-13-án volt Visegrádon „Hidak a magyar-szlovák határon” címmel. A szimpózium kiemelt témája volt a megvalósításra várakozó Ipoly-hidak tervei.

A 4. Hídműhely Szimpózium 2008. május 22-23-án volt a Margit-szigeten, „Épülő, szépülő hídjaink Budapesten” címmel. A szimpózium témáját az építés alatt lévő nagy hídjaink adták.

Az idei, sorrendben az 5. Hídműhely Szimpózium az M6–M60 autópályákon épülő nagy műtárgyakat mutatja be néhány előadás és helyszíni szemlén keresztül. Jelen előadás-gyűjtemény kötet a szimpóziumon elhangzó előadások közül öt szöveges kivonatát tartalmazza. A szimpózium időpontja: 2009. június 4-5.

Az M6 Szekszárd – Bóly, M60 Bóly – Pécs autópálya szakaszok építése

Glöckler Péter

Mecsek Autópálya Koncessziós Zrt.



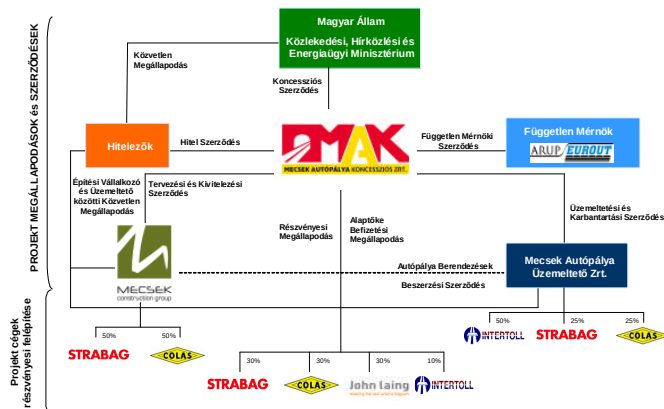
M6 Szekszárd – Bóly, M60 Bóly- Pécs

gyorsforgalmi utak építése
az állami autópálya program része

Építkezés időtartama: 2007. november – 2010. március 31.

© 2008 MECSEK AUTÓPÁLYA KONCESSZIÓS ZRT.

Szerződési rendszer



2



Fő mennyiségek

321 közmű (240 kvátás, 81 saját)	Főpálya földmunka		Pályaszerkezet			Hidak	Alagút	Egyéb		
Szakasz	Bevágás	Töltés	Főpálya, lehajtók, pihenőhelyek	Állami közutak	Egyéb utak			Pihenőhelyek		Mérnökiség
	em3		m2					Komplex	Egyszerű	
M6-M9 csomópont	10	1 150	85 000		6 000	4				
M6-I. 144+200-161+700 km	225	5 200	320 000	70 000	98 000	51			1	
M6-II. 161+700-192+200 km	3 400	2 450	485 000	120 000	216 000		4	1	1	1
M60 0+000-30+200 km	3 900	2 600	580 000	110 000	170 000	32		1	1	1
	7 535	10 400	1 470 000	300 000	490 000	87	4	2	3	2

© 2008 MECSEK AUTÓPÁLYA KONCESSZIÓS ZRT.



Nyári Üzemeltetési Munkák



© 2008 MECSEK AUTÓPÁLYA KONCESSZIÓS ZRT.



Téli Üzemeltetési Munkák



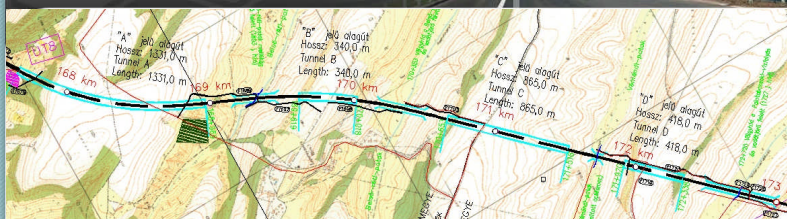
© 2008 MECSEK AUTÓPÁLYA KONCESSZIÓS ZRT.



M6 Szekszárd-Bóly, M60 Bóly-Pécs (80km)

Scope of work/Munkanem	Status/Készüllet	Total/Összesen	Progress/Előrehaladás
Cutting/Bevágás	86,40%	7,568,221 m ³	on programme/Ütemterv szerint
Embankment/Töltésépítés	97,30%	10,400,533 m ³	on programme/Ütemterv szerint
Protection layer/Védőréteg	86,70%	1,671,095 m ³	on programme/Ütemterv szerint
CKT	64,00%	460 178 m ³	on programme/Ütemterv szerint
Asphalt Base Course/Aszfalt alaprég	62,10%	357 862 t	on programme/Ütemterv szerint
Binder Course/Kötőréteg	17,60%	377 580 t	on programme/Ütemterv szerint
Wearing Course/Alaprég	1,80%	216 361 t	on programme/Ütemterv szerint

© 2008 MECSEK AUTÓPÁLYA KONCESSZIÓS ZRT.



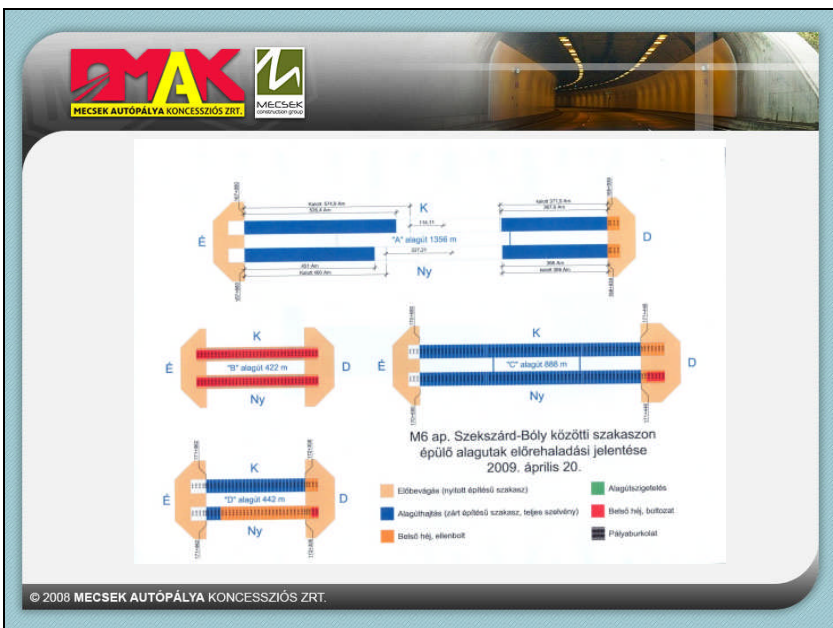
„A” alagút	2 x 1350 m
„B” alagút	2 x 399 m
„C” alagút	2 x 865 m
„D” alagút	2 x 418 m

© 2008 MECSEK AUTÓPÁLYA KONCESSZIÓS ZRT.




	Alagút A	Alagút B	Alagút C	Alagút D
Hossz	1331 m	399 m	865 m	418 m
Fejtés	North/Észak Dél (beomlott szakasz) keletnyugatkeletnyugatújrahajtás: 349m-től			
	kalott: 575 m kalott: 490 m kalott: 372 m fejtés mag ellenbölt: 526m mag ellenbölt: 451m		áttörés 26/05/2008	áttörés 28/02/2009
			áttörés 21/03/2009	
Belső héj	ellenbölt: 8 block, boltozat: 0 block (total: 2x115)	befejezve 31/03/2009	5 blokk (total: 2x73)	2 blokk (total: 2x37)
Jet grouting	~ 8 csőernyőnyi szakasz kész (1 csőernyő ~ 15m)			

© 2008 MECSEK AUTÓPÁLYA KONCESSZIÓS ZRT.



A 1693 és 1703 jelű völgyhidak
Légrádi László
STRABAG-MML Kft. Területi igazgató

Az M6–M60 autópálya Szekszárd–Pécs közötti szakaszán egy Sió-híd, nyolc völgyhíd – köztük a 1693 és 1703 jelű – és további 78 „kishíd”, azaz összesen 87 műtárgy épül. A talajmechanikai környezet miatt e műtárgyakból 61 mélyalapozással készült. Az alapozási munkák elvégzése előtt a tenderterv 96 db statikus próbaterhelés elkészítését irányozta elő. A kivitelezés indításakor felmerült az igény, hogy a statikus cölöp próbaterhelések egy részét gyorsabban és gazdaságosabban elvégezhető dinamikus próbaterheléssel váltsák ki a kivitelezők.

A projekt geotechnikai szaktervezője hatékony munkájának következtében végül több mint 100 db kiegészítő CPT szondázás mellett 47 db statikus és 71 db dinamikus próbaterhelés készült. Ez végül is azt eredményezte, hogy az eredeti programnál nagyobb, ezáltal biztonságosabb vizsgálat sor készült el, úgy hogy az eredeti cél (gyorsaság, gazdaságosság) teljesült.

A 1693 és 1703 jelű völgyhidaknál az eredetileg tervezett három illetve öt statikus próbaterhelés helyett, két statikus és három dinamikus illetve három statikus és négy dinamikus cölöp próbaterhelés valósult meg, kiegészülve 16 db CPT szonda eredménnyel.

A 1693 és 1703 jelű völgyhidak Bátaszéktől dél-nyugatra, nehéz organizációs körülmények között két-két alagút között helyezkednek el.

1693 jelű völgyhíd

A 1693 jelű híd szerkezetiileg hatnyílású, folytatólagos, többtámaszú gerendahíd. A híd alapozása 16,5 m – 21,0 m hosszúságú, Ø80 SOB cölöpökkel valósult meg. Felszerkezete két azonos szélességű, egymástól 11,05 m széles légréssel elválasztott, feszített vasbeton szerkezetből épülő szekrény keresztmetszetű hídpályából áll. (1. kép)



1. kép Az 1693 jelű völgyhíd építése

A feszített felszerkezet az alsó és felső lemezben illetve a bordában vezetett tapadóbetétes feszítőkábelekkel készült. Építési módja szakaszos előretolásos módszer, melynek ciklusideje zömönként átlagosan 7 nap. Mindkét pálya 11-11 db 25 m hosszúságú zömből áll.



2. kép Az 1693 jelű völgyhíd gyártópádja

A hídfők tömőfalas kialakításúak, a közbenső támaszok tömör oszlopos szerkezettel készültek.

A híd a hídfőkön és a közbenső pilléreken, sarukon, csuklós kapcsolattal támaszkodik fel. A híd támaszkiosztása $37,80 + 4 \times 50,00 + 39,00$ m. Az út vízszintes vonalvezetése átmeneti ívből $R=3500$ m sugarú tiszta ívre változik $0,50\%$ hosszesésben. Építéstechnológiai okokból a szerkezet tengelye ettől eltérő, tiszta ívben halad a híd teljes hosszában $R=4750,00$ m sugárral. Az úttengely és a szekrénykeresztmetszet tengelye között eltérés van. A pályalemez keresztirányú esése $2,5\%$ -os.

A kivitelezés során az alábbi zsalurendszeret használtuk:

- Cölöpösszefogó gerenda: PERI VARIO nagytáblás zsalurendszer
- Pillérek: PERI VARIO nagytáblás zsalurendszer magasságilag 3 ütemben, a 2. és 3. ütemben függesztett konzolokra támasztva

- Pillér fejgerendák: PERI VARIO zsalurendszer, MULTIPROP kihúzható állványokra ill. függesztett konzolokra támaszkodva.
- Felszerkezet: a nürnbergi PERI által tervezett egyedi zsalurendszer (2. kép)
- Szegély: 25 m hosszú szerkezet megépítésére alkalmas zsaluzó kocsi (3. kép)



3. kép Az 1693 jelű völgyhíd szegélyzsaluzó kocsija

A két pálya felszerkezete egymást követően épült. A gyártóterület úgy lett kialakítva, hogy a bal pálya elkészültét követően a gyártópad keresztgerendákon áthúzásra került a jobb pálya kiszolgálására. A felszerkezet építéséhez toronydarut telepítettünk. A bordák betonacélját előreszerelő-padon 8,3 m hosszú tagokban gyártottuk elő.

A zömök építése két ütemben történt:

1. ütem: szekrénytartó fenéklemez és bordák,
2. ütem: pályalemez.

Az elemgyártás során használt speciális eszközök:

Gyártópad:	A budapesti hídfők mögött a támasztengelytől 25,00 m távolságban kialakított, a legyártandó szekrény-keresztmetszet geometriai méreteire szabott speciális, vasbeton és acélszerkezetből kialakított gerenda-rácson nyugvó zsalurendszer, amely mozgatása zsaluzáráskor ill. -leengedéskor hidraulikus sajtók segítségével történik.
Szerelőcsőr:	34,00 m hosszú gerinclemezes, tömör gerincű, I szelvényű acélszerkezet (4. kép)
Emelő-toló berendezés:	„Tolópad”-ként az 1. tengelyen épített hídfő szolgál, amelyre telepített EBERSPRACHER AH 123 típusú hidraulikus berendezés segítségével történik a szerkezet támaszok fölé juttatása. Emelőkapacitás: 6.080 kN Tolókapacitás: 15.700 kN Tolási szakaszhossz: 25 cm
Csúsztatósaruk és oldalvezetők:	A szakaszos előretolás folyamán a támaszok felett ideiglenes, króm bevonatú csúsztatósaruk kerültek elhelyezésre, amely csúsztatósaruk felső felülete és a vasbetonszerkezet közé, a tolás során „beetett” teflonlemezek alkalmazásával a szerkezet továbbítását és alsó megtámasztását szolgálják. A pilléreken és a hídfőkön a tengelyirány tartásának érdekében oldalvezető acélszerkezetek kerültek felszerelésre.



4. kép Megkezdődött az 1693 jelű völgyhíd jobb pálya felszerkezetének tolása a 34 m hosszú szerelőcsőrrrel

A szerkezeti cölöpök indítása 2008. május 29-én volt lehetséges, a híd készülsége a Hídműhely Szimpózium ez évi rendezvénye időpontjában kb. 85 %-os lesz, mindkét pálya alépítménye és felszerkezete kész, a híd szigetelése és szegélyépítése folyik a bal pályán.

A bal pályán beépítésre kerültek a végleges saruk. Saruk típusa: ALGAPOT típusú fazéksaru. Támaszonként 2-2 saru került beépítésre. A 4. tengelyben 1 db fix saru és 1 db hosszirányban fix saru, míg a többi tengelyben a fix saru oldalán 1-1 db keresztirányban fix saru, illetve a másik oldalon 1-1 db minden irányban mozgó saru van.

1703 jelű völgyhíd

A 1703 jelű híd szerkezete tíznyílású, folytatólagos, üzemben előregyártott, előfeszített, FCI-120 jelű hídgerendákkal együttdolgozó, átlagosan 25 cm vastag helyszíni vasbeton pályalemezzel került kialakításra. A híd alapozása 17-22 m hosszúságú Ø80 SOB cölöpökkel (5. kép) valósult meg.

A hídfők tömör felmenő fallal, a pillérek áttört, oszlopos szerkezettel készültek. A felszerkezet a hídfőknél és a középső (6.) támasznál sarukon és sarugerendán nyugszik, a többi pillér esetében az oszlopok konzolos szerkezeti gerendába kötnek be, amelyek a felszerkezet kereszttartójával együtt-dolgozónak lettek kialakítva. A hídgerendák a közbenső (együttdolgozó) szerkezeti gerendákon elhelyezett 2 cm vastag műszaki gumilemezre fekszenek fel.



5. kép Az 1703 jelű völgyhíd alapozása Ø80 SOB cölöpökkel

A híd íves kialakítású. Az alépítmények tengelyei az úttengellyel mindenütt 90° -os szöget zárnak be. A híd támaszkiosztása $22,08 + 3 \times 33,32 + 2 \times 33,98 + 33,38 + 33,40 + 33,43 + 22,16$ m.

A völgyfenéki pillérek munkagödreiben a talajvíz a szerkezeti cölöp visszavésési szintje felett kb. 2,5 m magasan jelentkezett, ezért itt vákuumkutas talajvízszint süllyesztést alkalmaztunk.

A pillérek átlag magassága kb. 20 m, a pilléroszlopok átmérője $\varnothing 120$ cm, a felszerkezet megszakításánál a középső, 6. pillér esetében pedig az oszlopok átmérője $\varnothing 150$ cm. A pillérek magasságilag három ütemben kerültek kivitelezésre (6. kép).



6. kép Az 1703 jelű völgyhíd pilléreinek zsaluzása, előtérben a középső 6. támasz 150 cm átmérőjű pilléroszlopainak építése

A 11. sz. hídfőnél a konszolidáció gyorsításának érdekében szalagdrain és szivárgóaplan került beépítésre.



7. kép Az 1703 jelű völgyhíd gerendáinak beemelése

A szerkezeti cölöpök fúrása 2008. május 16-án kezdődhetett meg, és a völgyhidak közül a teljes autópálya szakaszon elsőként 2008. november 16-án elhelyezésre került a hídon az utolsó hídgerenda is (7. kép). A híd készültsége a Szimpózium időpontjában kb. 90 %-os lesz, várhatóan elkészül mindkét pálya pályalemeze, és a szegélyek 50 %-a (8. kép).

A híd mindkét pályáján elhelyezésre kerültek a végleges saruk. Saruk típusa: Freyssinet típusú gumisaruk. A saruk az 1. és 11. hídfőnél, valamint a 6. tengelyen lévő dilatáció két oldalán kerültek elhelyezésre. Így pályánként 4 sorban 3-3 db saru került beépítésre, melyek közül 1-1 db a középső egy irányba mozgó, míg a 2-2 db szélső szabadon álló.



8. kép Az 1703 jelű völgyhíd aktuális állapota

Mindkét híd esetében a felszerkezeten az alábbi rétegrend lesz kialakítva.

Kopóréteg:	mZMA-11-NM	4 cm
Kötőréteg:	mK-22/F-NM	7 cm
Védőréteg:	mÖA-11	4 cm
Szigetelés:	RMA	1 cm

Mindkét völgyhíd komplett befejezését 2009. október végére tervezzük, hozzásegítve Megrendelőnk, a Mecsek Autópálya Koncessziós Zrt-t (MAK) a teljes autópálya szakasz – a „PÉCS 2010 EURÓPA KULTURÁLIS FŐVÁROSA PROGRAM” megnyitója előtti – 2010. március 31-i zökkenőmentes átadásához.

M6 autópálya – 1449-es számú Sió híd építése

Sebestény Péter

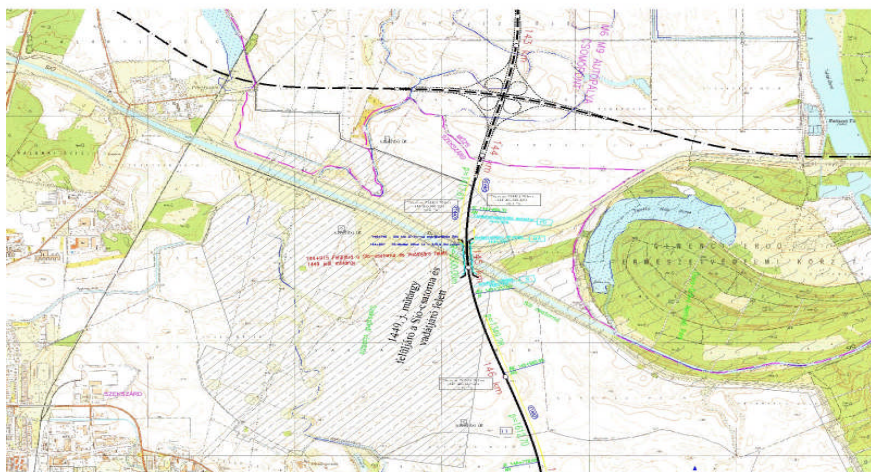
területi igazgató

Oláh Péter

építésvezető

1. Előzmények ismertetése, a híd fő paraméterei

M6 autópálya III. szakasz építését a Colas–Strabag konzorcium nyerte el. Ezen szakasznak a Szekszárdot elkerülő vonalán halad át az autópálya a Sió fölött, mint a szakasz kezdetének legnagyobb műtárgya a maga 240m hosszúságával. A Sió keresztezése részben a szekszárdi ivóvíz bázis, részben a Duna–Dráva Nemzeti Park határán halad.

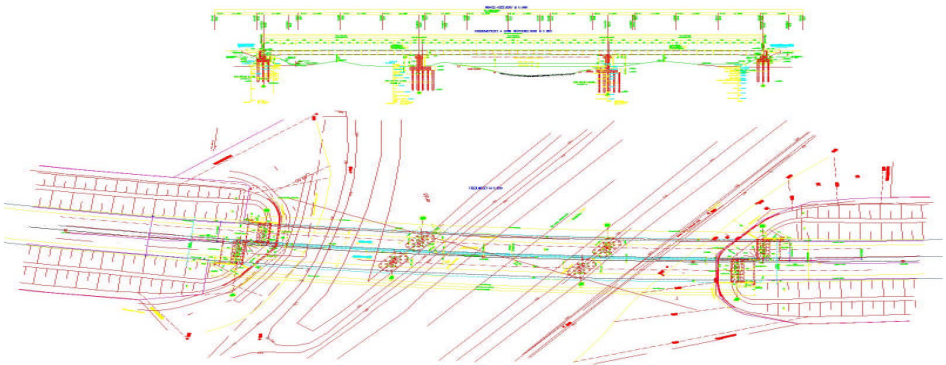


1. kép A Sió-híd elhelyezkedése

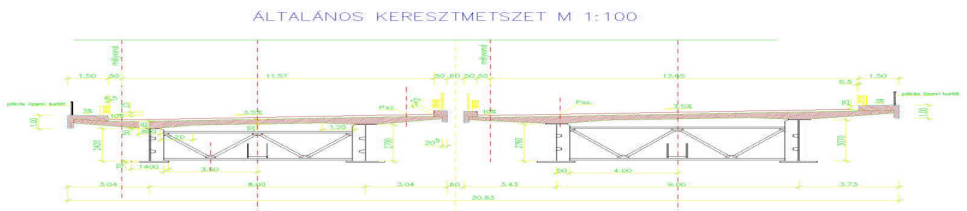
A híd fő paraméterei:

- M6 autópálya 144+900 km szelvény
- Sió 15+794 cskm szelvény
- Hossza: 240m
- Támaszok száma: 4

- Nyílásközök: 75 + 90 + 75 m
- Alaprajzi sugár: 2500 m
- Felszerkezet szélessége: 16,23 m; 14,13 m
- Magassági lekerekítés: 20 000 m
- Keresztkezési szög a Sióval: 52 fok
- Alapozás: D80-as CFA cölöpök
- Felszerkezet: Nyitott kétfőtartós öszvér
- Generáltervező: Unitef Zrt.
- Tervező: Főmterv Zrt.
- Építési technológia tervező: Pont-Terv Zrt.



2. kép A Sió-híd általános terve



3. kép A Sió-híd általános keresztmetszete

2. Alapozás, alépítmény

A hídszerkezet alapozását 14-15m hosszú $D=80$ cm átmérőjű CFA cölöpök alkotják. A híd alapozásaként összesen 2200 fm cölöp készült el. A szélső támaszoknál 8m magas hídfők, illetve a közbenső támaszoknál 6m illetve 8m magas 12m szélességű, ovális alakú tömör falpillérek jelentik a híd alépítményét. Az alépítménynél megemlítenő, a tervezői esztétikai igényből fakadó többszörös íven lekerekített ovális pillérek. Az alépítmény építése a 2008. június-október időszak alatt történt. Az alépítményekbe 3800 m^3 beton került beépítésre.



4. kép A Sió-híd ovális alaprajzú közbenső támasza

3. Ideiglenes támaszok

Az alépítménnyel párhuzamosan készültek a végleges támaszok közötti ideiglenes jármok a felszerkezet gyámolítására. A közbenső támaszok kettős szerepet kaptak. Mind az acélszerkezet tolásakor, mind pedig a pályalemez betonozásakor szükség volt a közbenső támaszok nyújtotta gyámolításra. A támaszok közül a középső nyílást gyámolító acéljárom a Sió meder szélén $D=60\text{cm}$ átmérőjű csőcölöpökkel került kialakításra.



5. kép A Sió-híd középső nyílásának J2 jelű ideiglenes alátámasztó járma

4. Felszerkezet

A felszerkezet rendszere pályánként független, kétfőtartós nyitott öszvérszerkezet. A szerkezeti acél gyártását és helyszíni szerelését, s a hídszerkezet tolását mint alvállalkozó a Közgép Zrt. végezte. Összesen 1700 tonna acélszerkezet kerül beépítésre.

Az acélszerkezet gyártása 2008 augusztusában indult el, a helyszíni szerelése pedig 2008 novemberében. Jelen pillanatban a jobb pálya acélszerkezete már teljes megépítésre került, míg a bal pálya gyártó művi munkálatai napjainkra befejeződtek, a helyszíni szerelésnek pedig még az utolsó nyílása van hátra.



6. kép A Sió-híd jobb pálya acélszerkezete a szerelőtéren

Pályalemez építését a hazai gyakorlatban még nem elterjedt, de külföldön széles körben használt zsalukocsi technológiával készült.

A teljes 240 m hosszú betonpálya 12 betonozási ütemre került felosztásra, így az egy ütemben bebetonozott 20 m hosszú szakaszon $\sim 120\text{m}^3$ pályalemez kerül beépítésre. A zsalukocsi Doka rendszerrel került megépítésre.

A pályalemez teljes mennyisége: 2500m^3 , ~ 850 tonna betonacél beépítésével, mely majd 350kg/m^3 fajlagos vas felhasználást jelent. A pályalemez ilyen mértékű vasalására a híd szerkezeti magasságának nyomott volta volt szükség. (Tervezéskor mind alulról, mind felülről szűk határok közé volt behatárolva a felszerkezet az űrszelvények és a pálya magassági vonalvezetése miatt).

5. Építési technológia

Tolás

Az acél felszerkezetnek a beépítése hosszirányú betolással történik, illetve történt. Ennek két lehetséges változata volt:

A/ behúzás kocsikon: a szerkezet az építendő behúzó pályáknak megfelelő hosszakban előretolva, az alátámasztások szakaszos áthelyezésével kerül a helyére.

B/ behúzás görgőkön: fix helyű alátámasztásokon a szerkezet folyamatosan végiggördül (mivel az alsó él az öv vastagságváltozásokkal együtt is sík, elvileg szóba jöhet).

A betolás tervezésekor a „kocsikon” történő behúzás mellett dönttünk az alábbiak miatt.

A kocsikon való behúzásnál a toló pálya vízszintes, s így a hosszszelvényből és a hídalak túlemeléséből fakadó geometriai eltéréseket a fix helyeken (a kocsiknál) való megfelelő kiegyenlítéssel könnyű kezelni.

A kocsik felhasználásával a betoló pályák megvezetik az acélszerkezetet, s így könnyen biztosítható az íves acélszerkezet íven történő mozgatása, az oldaltámaszok csak az esetleges korrekciók esetén szükségesek.

Tolás két fázisban történt:

1. fázis a 180m hosszú szerelőtéren elkészült 160 m hosszú, kétnyílásnyi acélszerkezet betolásra kerül az első „B” pillérig, majd

2. fázisban az acélszerkezet az utolsó nyílásának a szerelőtéren való hozzáépítése után a híd teljes betolására kerül.

Valójában a szerkezet húzva kerül illetve került végleges helyére.



7. kép A Sió-híd jobb pálya húzása

A behúzás részletes ismertetése a Közgép Zrt. beszámolójában kerül ismertetésre.

Pályalemez betonozása

A pályalemez építése már a szerelőtéren elkezdődött, ugyanis kihasználva az acélszerkezet harmadik nyílásának hozzáépítési idejét – a későbbiekben nehezen megközelíthető – a Sió fölötti szakasznak az elő vasszerelése megtörtént az armatúrán belül elhelyezett merevítő bordák segítségével. Így az acélszerkezet további tolása már az előszerelt betonacél armatúrával történt, meggyorsítva a későbbi betonozási ütemeket.

Miután az acélszerkezet a végleges helyére betolásra került, a felső övre felhegesztett bakokon levő görgőkre feltámasztva a zsalukocsi függesztő műve felhelyezésre került. Ezután történt

meg a zsaluzat felfüggesztése, majd a zsaluzaton belül a vasszerelés elkészítése.

A két főtartó közötti zsaluzat a függesztő műtől függetlenül a közbelső szélrácsokra támasztott síneken épített görgőkön halad az egyes ütemek között. Az acélszerkezeten két zsalukocsi került felépítésre, egy az északi és egy a déli oldalon.

A kocsik a tervező által meghatározott ütemekben először a szélső, majd a középső nyílások mezőiben, végül pedig a „B” és „C” támaszok fölött haladnak.

Jelen pillanatban a 12 ütemből 3 betonozási mező készült el. A kocsik tervezett fogatási sebessége ütemenként egy hét. A pálya-lemezek tervezetten 2009 szeptemberéig készülnek el, majd a további befejező munkákat még az idén kívánjuk végrehajtani, tekintve a jövő év márciusi határidőt.



8. kép A Sió-híd építés közben (2009. május 18.)



9. kép A Sió-híd déli zsaluzó kocsija betonozás előtt

Budapest, 2009. május 22.

M6 autópálya 1769 jelű Szebényi völgyhíd kivitelezése

Sebestény Péter
területi igazgató
Colas Hungária Kft

Deim Zsolt
területi főmérnök
Colas Hungária Kft

Horváth Zoltán
acélszerkezeti főmérnök
Közgép Zrt.

1. Bevezetés

A Szebényi völgyhíd az M6 autópálya III. kivitelezési szakaszán méretei miatt legjelentősebb, elhelyezkedése és építéstechnológiája miatt organizációs szempontból nagy kihívást jelentő, többször áttervezett műtárgya.

Kiviteli terveit az UNITEF 83' Kft. generál-tervezésében az UNITEF '83 Zrt. (alépítmény, felmenő szerkezet) és a Pont-TERV Zrt. (felszerkezet, technológia) végezte.

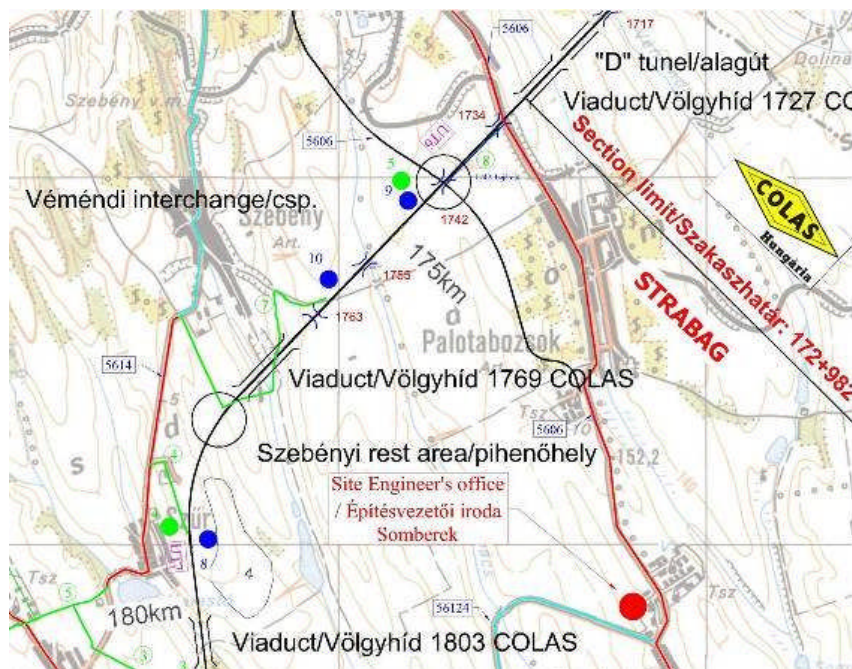
A műtárgy a COLAS Hungária Kft. generál-kivitelezésében készül. A felszerkezetet üzemi előregyártását és helyszíni szerelését, valamint korrózióvédelmét a Közgép Zrt. végzi.

2. Előzmények

A híd Szebény – Mogyorós külterületén, a Szebényi vízfolyás és a Malom-patak völgyében helyezkedik el, az M6-os autópálya 176+582 – 177+ 466 km szelvényei között.

A „C” alagút után Pécs felé haladva ez a második viadukt, 866 méteres hosszával a szakasz leghosszabb hídja. Az építési helyszín festői környezetben található, a környező falvak –

Palotabozsok, Véménd, Szebény – 500-1.000 fős, az évszázados hagyományokat ápoló, főleg mezőgazdasági tevékenységet folytató kistelepülések.



1. kép A Szabényi völgyhíd környezete

A térség már az Ókorban lakott volt, ez a tény döntően befolyásolta a műtárgy szerkezeti kialakítását. A kiviteli tervek előzménye az UNITEF '83 Zrt. engedélyes terve illetve az építési engedély birtokában elkészült ajánlati terv volt.

2006 augusztusában az előzetes archeológiai feltárások keretében a régészek nagy jelentőségű lelőhelyre bukkantak: a késő római kori villagazdaság főépületének maradványai a megvalósuló Szabényi völgyhíd nyomvonalába esnek. A villagazdaság

védendő terület, ahol a leletek megóvása érdekében nem lehet a műtárgy alátámasztását elhelyezni és a későbbiekben építési tevékenység sem folytatható rajta.



2. kép Késő római kori villa padlóburkolatának részlet (Baranya megyei Múzeum Igazgatóság felvétele)

Az új körülményekhez alkalmazkodva és az építési hatóság előírásait figyelembe véve az engedélyes tervben szereplő 50 m-es támaszközzel kialakított vasbeton szekrénytartós híd áttervezésre került, az ajánlati tervdokumentáció már 100 m-es támaszközzel és acél szekrénytartóval együttdolgozó vasbeton pályalemez felszerkezettel tervezett műtárgy rajzait tartalmazta.

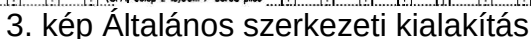
A kiviteli tervezés időszakában a Colas Hungária Kft. tervezési diszpozíciója alapján a műtárgy felszerkezete – alkalmazkodva az autópálya-szakasz kivitelezésének szervezéséhez és ütemezéséhez – áttervezésre és véglegesítésre került.

3. A híd általános bemutatása

A Szebényi völgyhíd kilencnyílású, folytatólagos többtámaszú, orthotróp pályalemezes, zárt szekrénytartós acél felszerkezetű, alaprajzilag egyenes gerendahíd. A szerkezet az 5. ill. a 6. pilléreknel le van kötve, a többi alépítményen szabadon elmozduló. Felszerkezete két azonos szélességű, egymástól 60 cm széles lég-réssel elválasztott acél szekrénytartóból áll. A felszerkezet a műtárgy északi hídfője mögött kialakított szerelőtéren összeszerelve, szakaszos előretolással kerül a helyére.

Főbb adatok:

alaprajzi elrendezés:	írányonként elválasztott két önálló híd egyenesben;
támaszközök:	$80 + 7 \times 100 + 92 + 92 = 864$ m
szerkezet hossza:	866 m
magassági vonalvezetés:	0,526%-ot esik
keresztesés:	2,5%
alépítmény:	17,5-19,25 m hosszú $\varnothing 800$ mm CFA cölöpök, 11,2 x 2,2 x 8,8-13,6 m befoglaló méretű cölöpösszefogók;
felmenő szerkezet:	egyirányban változó négyszög keresztmetszetű tömör vasbeton pillérek, fordított koporsót formázó szerkezeti gerendával;
felszerkezet:	orthotrop pályalemezes, ferde gerincű, párhuzamos övű, egycellás acél szekrénytartó,



A völgyhíd kivitelezése 2008 májusában kezdődött $\varnothing 800$ mm átmérőjű CFA rendszerű cölöpök készítésével. A kivitelezés megkezdése előtt a cölöpök teherbírásának végleges megállapítására két statikus és négy dinamikus próbaterhelés készült. A kétféle próbaterhelés kivitelezése és végrehajtása egymástól függetlenül történt.

33

biztosította az alépítményi munkák során a talajvízmentes munkaterületet. A vízfolyások által közrefogott 7. támasz munkagödörének kiemelése LARSEN lemezes munkatérhatárolás védelmében történt.

A legnagyobb cölöpösszefogó gerenda alatt hat sorban mindösszesen 30 db 18 m hosszú cölöp készült. A cölöpösszefogó szerkezet 13,60 x 11,20 méteres befoglaló mérettel és 2,2 méteres magassággal épült meg.



4. kép Cölöpösszefogó szerkezet vasszerelése

5. Felmenő szerkezet

A pillérek építése 2008 augusztusától 2009 márciusáig tartott.



4. kép Felmenő szerkezetek építése

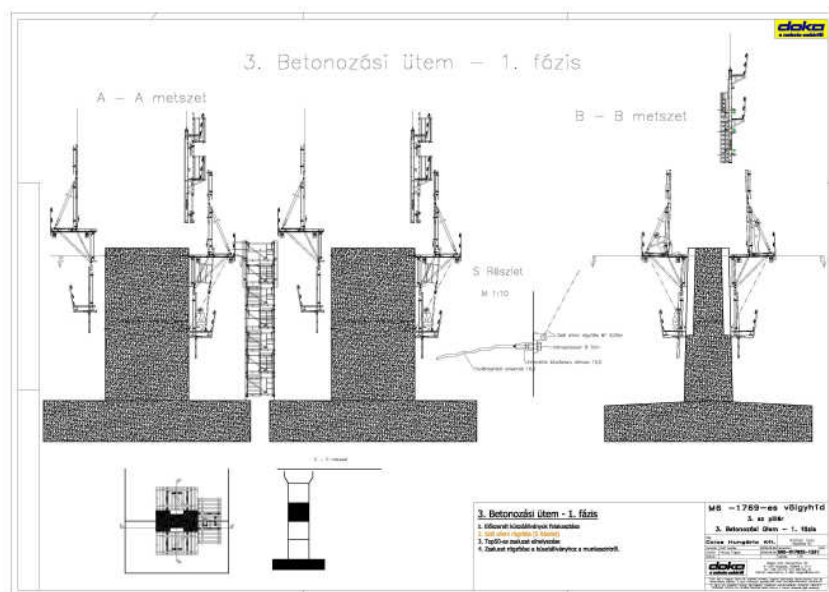
A felmenő szerkezet kivitelezése a Budapest felőli oldalról haladt az országhatár felé, követve a felszerkezet betolásának irányát.

A közbenső pillérek a bal és jobb pálya felszerkezete alatt önállóak, egy irányban változó négyszög keresztmetszetű oszlopokon fordított koporsót formázó szerkezeti gerendával vannak kialakítva.

A felszerkezetet alátámasztó vasbeton oszlopok a felszerkezet és a terepszint egymáshoz viszonyított távolsága függvényében változó magasságúra épültek, a legmagasabb támasz a 7-es jelű pil-

lér, amely fejgerendával együtt 28,625 méter. A fejgerenda tömör vasbeton 3,90 x 6,20 m-es befoglaló méretű, teljes magassága 4,00 m.

A pillérek építése 5-6 méteres ütemekben történt, zsaluzásukhoz DOKA MF kúszózsalus rendszert használtunk néhány egyedi kiegészítéssel, nagy gondot fordítva a kiékelés pozíciójára. A helyszíni anyagmozgatást a magas pillérek esetében toronydaru segítette, az alacsony pillérek esetében mobil autódarukkal oldottuk meg. A pillér szerkezetek helyszíni betonozással, monolitikusan készültek. A kivitelezés során nagy hangsúlyt kapott a munkavédelem: a zsaluzási folyamat lényeges fázisait a zsalurendszer beszállító MAGYAR DOKA Zsalutechnika Kft. kivitelezési segédlet formájában kidolgozta, megkönnyítve ezzel a 'helyszíni tanulási folyamatot', és a szerelés során felmerülő veszélyforrások felismerését.



6. kép Fázisábrák - A DOKA MF kúszózsalu alkalmazása



7. kép A DOKA MF kúszózsalu építés közben

A rövid átfutási idő miatt a pillérépítésben meghatározó volt a jól ütemezett, és szervezett munka, köszönhetően az alkalmazott magas színvonalú eszközöknek és a nagyfokú technológiai fegyelemnek. A megvalósult pillérek esztétikusak, látványosak.



8. kép Elkészült pillérek

6. Acélszerkezetek gyártása

Az acélszerkezet gyártásához, jól hegeszthető, növelt folyáshatárú S355J2G3, S355K2G3, S460N és S460 M minőségű alapanyagokat a Közgép Zrt. több forrásból szerezte be. A lemezanyagok terv szerinti méretben németországi és olaszországi hengerművekben készültek. A kereszttartók övlemezeit Csehországból vásároltuk. A szükséges trapézbordákat 12 m-es hosszakban, a szegélyelemeket terv szerinti hosszban olaszországi cégnél rendeltük meg.

A hídszerkezet gyártása 2008 júliusában kezdődött el a Közgép Zrt. Budapest, Haraszti úti telepén. A helyszíni szerelés – a rövid átfutási idő miatt – kb. két hónappal lemaradva követte a gyártást, ezért a jobb és bal pálya acélszerkezetének gyártását nyílásonként váltogatva kellett megszervezni.

A gyártócsarnokok egyikében készültek a pályapanelek valamint a járda oldali és pályakonzolok.

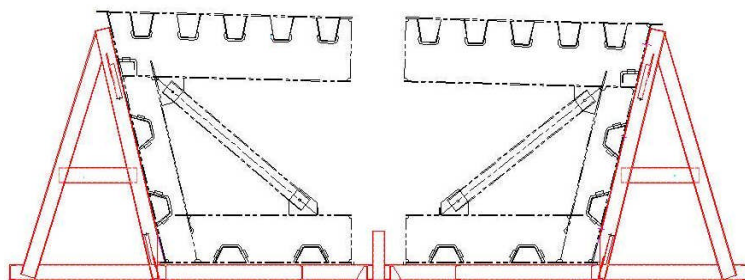
A trapézbordák él előkészítése után, a hosszbordákat a hossz- és szélességi ráhagyással levágott pályalemezekre leszorító padban, sablonok segítségével helyezték el. A hosszbordák nyakvarratait kétféjes, fedettívű hegesztő automatával készítették.

A hosszvarratok okozta deformációk csökkentése érdekében, a hegesztést előfeszítő padban végeztük. Egyengetés, a kereszttartók elhelyezése és hegesztése következett.

Az elkészült panelek méretellenőrzésének, roncsolásmentes varratvizsgálatainak elvégzése után, a konzolokat korrózióvédelemre, míg a főtartó pálya paneleket másik gyártócsarnokba szállítottuk át beépítésre.

A szállítási egységek „C” elemek térbeli összeállításához a másik gyártócsarnokban készüléket készítettünk (9. kép). A készülék biztosította az egymást követő elemek geometriai méretének pontosságát, valamint az előszerelés és helyszíni szerelés fázisában a lemez élek illesztési pontosságát.

”C”-elem összeállító készülék (vázlat)



9. kép Főtartó összeállító készülék

Az összeállított főtartó elemek geometriai méretének ellenőrzése után a vízszintes pozícióban lévő hegesztési varratokat még az összeállító készülékben elkészítették. A teljes kihegesztést gyűrűs forgató berendezésben végeztük, mindig vízszintes pozícióba forgatva az elemeket, biztosítva a termelékenységet és a varratok jó minőségét. (10. kép).



10. kép "C" elem hegesztése a forgatókészülékben

Az elemek kihegesztése után, autogén lánggyenygetés, tisztítás és kikészítés következett. A gyártási ráhagyások levágása, a helyszíni illesztések varrat előkészítéseinek elvégzése után a „C” elemek szerelési helyzetbe összeállítva kerültek MEO ellenőrzésre.

Gyári korrózióvédelem

A korrózióvédelemhez felhasznált festékanyagot a Sika Hungária Kft. szállítja.

A korrózióvédelmi terv szerint a külső felületek korrózióvédelmét egy 320 mikron, míg a belső felületek korrózióvédelmét egy 240 mikron szárazréteg vastagságú bevonattal kell ellátni. Ebből, a gyárban a külső felületekre 240, és a belső felületekre 160 mikron vastagságú bevonat készült el. Első lépésként az elemek szemcseszórásra kerültek (11. kép).



11. kép Szemcseszórás korrózióvédelem előtt

Szemcseszórás után a helyszíni illesztések helyén „maszkolást” végeztünk, 50 mm széles papír ragasztószalaggal takartuk le az egyes rétegek felhordása előtt az előírt részeket. Biztosítva a helyszíni illesztések helyén a festékmentes felületet és a rétegek megfelelő átfesthetőségét. (12. kép)



12. kép Korrózióvédelem

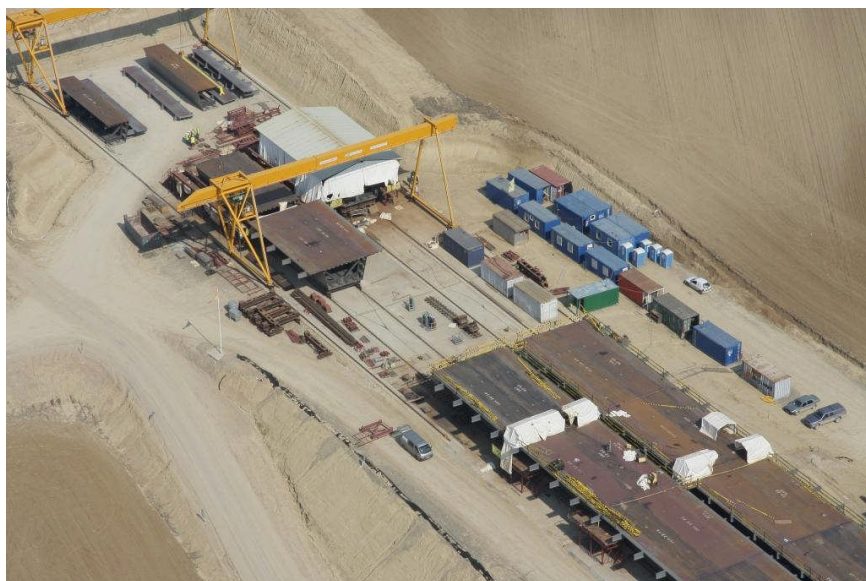
Az elkészült és korrózióvédelemmel ellátott elemeket közúton szállítottuk az építés helyszínén kialakított szerelőtérre.

7. Egyéb specialitások

Az 1-es jelű hídfő mögött a konszolidációs idő gyorsítása vált szükségessé a felszerkezet építési technológia miatt, ezért a műtárgynál szalagdrént helyeztek el.

A Budapest felőli oldalon lévő 1-es jelű hídfő mögött az acél felszerkezet helyszíni összeszereléséhez szerelőtér készült. Az építés közben előkerült leletek miatt azonban az alkalmazott tolási technológiához szükséges 221 m hosszú terület nem állt rendelkezésre, ezért a szerelőtér áttervezésre került. Az 1. hídfő előtt egy 14.000 m³-es előtöltés valósult meg rövid idő alatt biztosítva

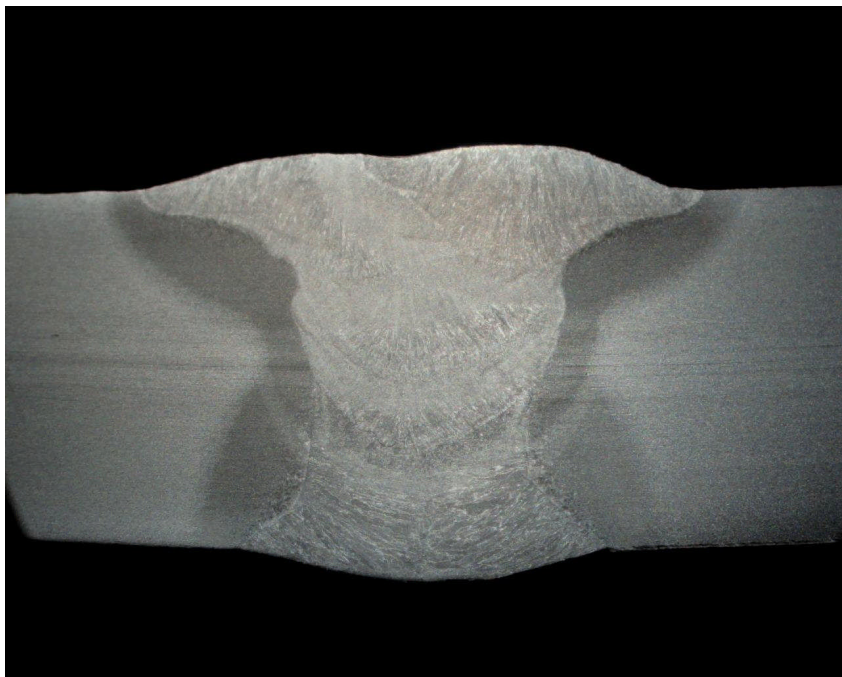
ezzel a kritikus úton levő felszerkezet helyszíni szerelésének megkezdését.



13. kép Szerelőtér madártávlatból

8. Helyszíni szerelés

A közúton helyszínre érkezett hídelemeket két, egyenként 20 tonna teherbírású bakdaru segítségével vettük le a szállítóeszközökről. A szerelőtérén a teljes keresztmetszet geometriailag helyes összeállítására alkalmas munkaállványzatot készítettünk. Mind a jobb és a bal pálya ~18 méter hosszú teljes keresztmetszetű szakaszait tolópályákon csúszkák alkalmazásával toltuk előre a keresztmetszetek illesztésének helyére. A híd alak korrekcióját minden illesztésnél elvégeztük, a geodéta méréseire épülő tervezői adatszolgáltatás alapján. A hídelemek minden hossz és keresztirányú illesztése hegesztett. A toldóvarratokat a már jól bevált kerámia gyökmegtámasztással, kézi porbeles fogyóelektródás ívhegesztéssel, vagy kézi porbeles gyök, majd fedettívű töltősorok kombinációjával készítettük (14. kép).



14. kép Toldóvarrat makroszkópos képe

Az így kialakított szerelőtér, és az alkalmazott technológiák hatékonyságát mutatja, hogy pályánként három elem (~54 méter) teljes keresztmetszet előállítására és ugyanennyi hozzáépítése a meglévő hídhoz 10-12 napos ciklusidőkkel valósult meg.

A teljes híd 18 tolási fázisban kerül betolásra, melyből 15 már 2009. május végéig elkészült. A tolás a pillérekre telepített tolópályákon az A-Híd Zrt. alvállalkozásában valósul meg.

A jobb és bal híd déli, országhatár felé eső végére egy-egy betolócsőr, és árbóc került elhelyezésre (15. kép).



15. kép Csőr és árbóc

A csőr feszítőkötelekkel két helyen van visszakötve az árbóchoz, illetve a hídelemhez, ezzel biztosítható a legnagyobb konzolosság esetén is a statikailag egyensúlyi állapot.

A rövid átfutási idő feszítése miatt az elkészült hídelemekre tolás közben, a tervező által meghatározott helyen elkezdtek az üzemi járdák és szegélyek elhelyezését.

A munkavégzés jó ütemben halad, így 2009 márciusára elkészültek az alépítmények és felmenő szerkezetek, 2009. június végére betolásra kerül az acél felszerkezet, és ütemterv szerint megkezdődhetnek a befejező munkák (16. kép).



16. kép Az épülő hídszerkezet madártávlatból



Kivonat a magyar közúti alagútépítés történetéből

Kolozsi Péter

gyakornok

VIA-PONTIS Kft.

Kolozsi Gyula

ügyvezető

VIA-PONTIS Kft.

1. Bevezető, alagútépítés Magyarországon

Magyarországra nem jellemző az alagútépítés, részben a geográfiai adottságok miatt, részben, hogy építésüket pénzügyi okokból általában igyekeznek elkerülni, vagy egyszerűen azért, mert sok helyen nincs is rájuk szükség. Főleg kisebb méretű és keresztmetszetű alagutak találhatók, amelyek általában vasúti célt szolgálnak. Ellentétben azokkal az alpesi országokkal, ahol a vonalas létesítményeket gyakran lehetetlen alagutak nélkül a környezetbe beilleszteni, itthon ezt a problémát egyszerűen meg lehet oldani a különböző nyomvonal lehetőségek között való variálással. Annak ellenére, hogy az alagútépítés nem jellemző, szép példákat azért találhatunk.

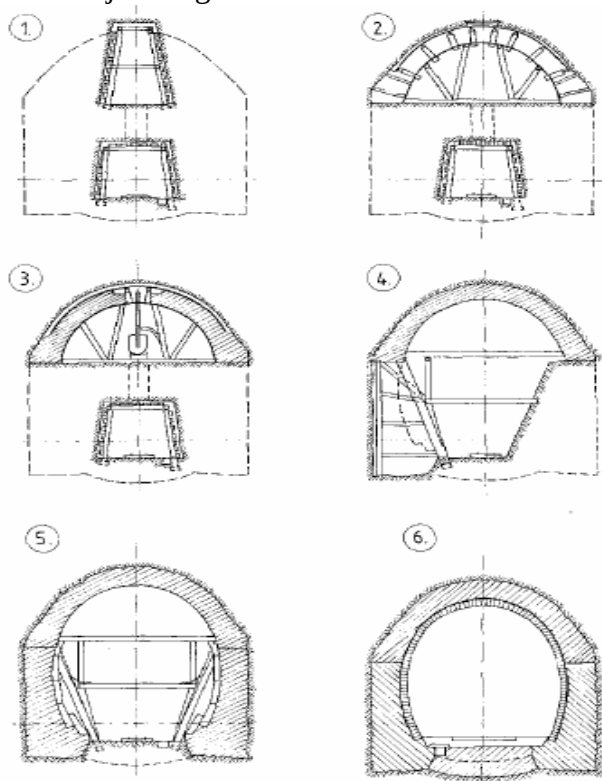
A leghosszabb magyar vasúti alagút a Pilisvörösvár és Piliscsaba közötti vasútvonalon található és mintegy 780 m hosszú. A jelentősebbek közé tartozik a magyar-szlovén vasútvonalon létesített alagút is, amelyet 2000-ben adták át. Ez utóbbi csak 345m, de a legújabb ilyen jellegű építmény az országban.

Nem kell messze menni és példaként említhetjük a Várhegy-alagutat, amely a Lác-híd mellett található. 350 m-es hosszával a korában különlegességnek számító ötletet gróf Széchenyi István vetette fel és William Tierney Clark tervei alapján építették meg 1865-ben. Mint minden földmunkával járó folyamat az alagútépítés is rengeteg pénzt kíván, ráadásul a kitermelt földmennyiség elhelyezése is komolyabb problémát jelenthet, amely külön tervezést igényel. Előnyös, ha a környékén töltést,

vagy más földművet is kell építeni, mivel akkor a kitermelt föld megfelelő vizsgálatok után beépíthető.

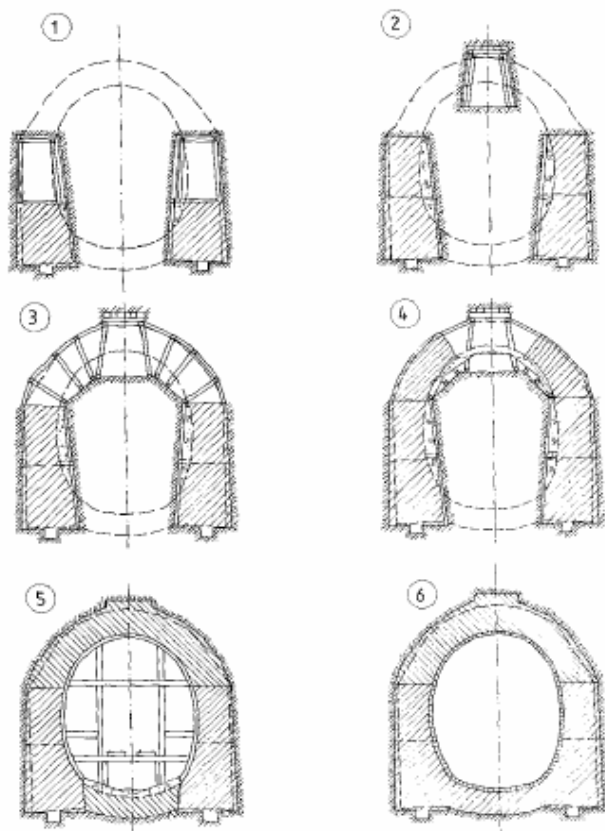
2. Építési eljárások ismertetése

A technológiai választék igen széles körű. A pajzsos technológia magában foglalja a fix köpenyes pajzsos és késes pajzsos módszert. A pajzs nélküli eljárások között a belga és német építési eljárásokat, amelyek hátrányaként a hagyományos dúcolást nevezhetjük meg.



Belga építési mód, (1) gerinc és talptárhoz hajtás, (2) kalott kibontás, (3) felső boltozat építés, (4) aláfalazás az oldalfal részére, (5) oldalfal betonozás, (6) talpboltozat építés

1. ábra Belga építési mód munkafolyamatai

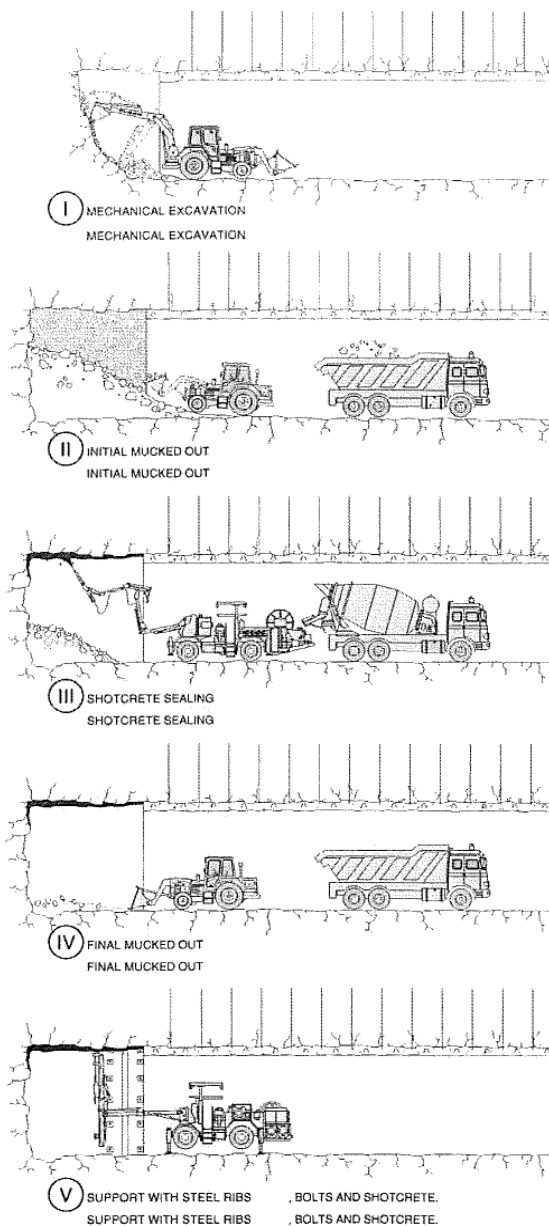


(1) válltárho kihajtás és
betonozás, (2) fejtárho hajtás, (3) kalott kibontás,
(4) boltozat betonozás, (5) magkibontás és talpboltozat
beépítés, (6) belső köpeny építés

7-16. ábra: Német építési mód

2. ábra Német építési mód munkafolyamatai

A szakmai körökben manapság vitatott elnevezésű Új Osztrák Alagútépítési Módszer (németül NÖT, angolul NATM) a magashegyi alagutaknál lévő szilárd kőzeteknél alakult ki, de később iszap és agyagtalajokra is kiterjesztették az alkalmazhatóságát.



3. ábra NATM főbb munkafolyamatai

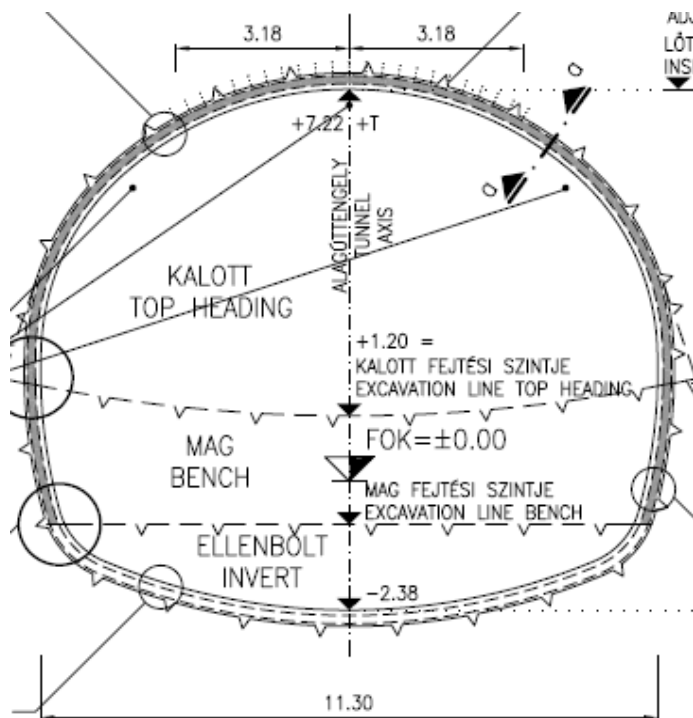
A korábbi technológiáktól eltérően az NATM szerint lövelt-, vagy löttbeton segítségével támasztja meg az alagutat körülvevő talajt, biztosítva ezzel a kellő megtámasztást, így hagyományos dúcolásra nincs szükség.

Az építés során a dúcolatlan kifejtett szelvény egy nagy szabad tér marad, amely lehetőséget nyújt nagyobb munkagépek alkalmazására is. Ez a módszer egyik legnagyobb előnye, így a kivitelezés nagyfokú gépesítettséggel gyorsan, hatékonyan végezhető.

A fejtési rész általában három fázisból áll. Először a felső boltívet (kalott), majd a magot, és legvégül az ellenboltozatot fejtik ki folyamatosan löttbetonnal és acélhálókkal megerősítve a már feltárt felületeket. Az így kapott szelvény fázisok elkészülése után zárt szelvényként hatékony megtámasztást biztosít, a talajban lejátszódó mozgások pedig idővel lecsillapodnak és kialakul az együtt mozgó teherviselő szerkezet.

Ha a közet megfelelően állékony, gyakori a három fő fázisból a mag és az ellenbolt rész együtt történő kiemelésével két fő fázissá egyesíteni a fejtési folyamatot. Ez jelentősen csökkenti a kivitelezési időt.

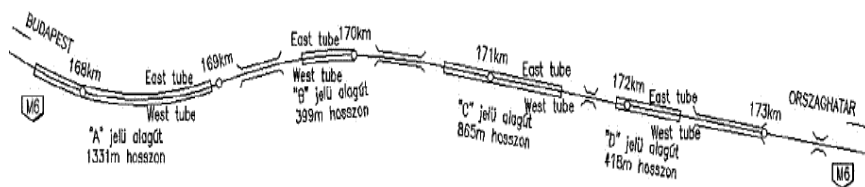
Amennyiben a közet állékonysága nem megfelelő, a fent említett három fő fázison belül azokat több kisebb részre bontva további részfázisokat képezve, „ablakos” fejtést alkalmazhatunk. Az ideiglenes állékonyságot más módszerekkel is lehet fokozni, ezek például a kalott ellenbolt, a homlok lött betonozás biztosítása, a kalott talp alatti rész mikrocölöpös megerősítése, vagy megtámasztása, különböző horgonyok alkalmazása, stb.



4. ábra Alagút keresztmetszévénye (kalott, mag, ellenbölt)

3. M6 autópálya tervezése, nyomvonala és műtárgyai

A Szekszárdot Péccsel összekötő M6 szakasz tervezése a Nemzeti Autópálya Zrt. megbízásából kezdődött 2003-ban, két részre osztva a szakaszt. Két mérnökiroda látja el a generáltervezői feladatokat, a Főmterv Zrt. és az Unitef'83 Zrt. A nyomvonal Bátaszék környékén jelentős akadályba ütközik, ugyanis a terepi viszonyok hirtelen megváltoznak. A Duna menti Sárköz sík felszíne löszös, völgyekkel és dombokkal szabdalult tájba vált át.



5. ábra A, B, C, D alagutak helyszínrajza

Az autópálya tervezésnél megengedett legnagyobb hosszúság (4%) betartása ilyen jellegű terepen problémát jelent, továbbá azt is szem előtt kell tartanunk, hogy az autópálya a történelmi szekszárdi borvidék szőlőterületén halad keresztül.

Eredetileg rézsűs kialakítással tervezett kb. 17-40 m mély bevágások a tervezés során alagutakká módosultak. A döntést a kisajátítási és kitermelési költségekkel indokolták az illetékesek. A tervezés során számos alternatív nyomvonal is szerepelt a tervek között, amelyekkel az alagutak építése elkerülhető lett volna, de ezektől a változatoktól végül elálltak.

A szakaszon összesen négy alagút van, sorban A, B, C és D jelzéssel. Jelen tanulmány az „A” jelű alagút fejtési és ideiglenes megtámasztási problémáival foglalkozik részletesebben, de az eljárások érvényesek a többi alagútra is, mivel azok szinte azonos technológiával épülnek.

4. „A” alagút geotechnikai jellemzőinek ismertetése

A részletes geotechnikai szakvélemény elkészítéséhez az alagút nyomvonalán összesen 29 db, majd később kiegészítésként 6 db CPT statikus szondával végzett változó mélységű (10-60 m) mérést végeztek, majd ezek alapján készült el a rétegszelvény öt jellemző talajréteget meghatározva.

Ennek ismeretében meghatározták az egyes szakaszok fejtési osztályát, amely a skálán A-tól a legszigorúbb H-ig terjed. Az, hogy egy szakaszt melyik fejtési osztály alapján kell megépíteni az adott talajréteg összenyomódási modulusától (E), kohéziójától (c) és a szelvény fölötti földtakarástól függ. A földtakarás az „A” alagút 1330 m-es hossza mentén mintegy 200 m-en haladja csak meg a 40 m-t. Részben ez az adottság is szerepet játszott az alagút déli szakaszán történt omlásban. A fúrások az eredetileg tervezett bevágás szintjéig lettek elvégezve. A vizsgálatok feltárták, hogy az alagút mérnöki szempontból átlagos adottságú talajrétegekkel bíró terepen készül.

Rétegsz.	Réteg megnevezése	Mélység [m] a felülettől	A karakterisztikai paraméterek előrejelzése
1	Felső Pleisztocén Üledék - Homokos üledék	0.00 - 3.50	$\rho = 1.70 - 1.95 \text{ g/cm}^3$ $E_s = 7 - 10 \text{ MPa}$ $\varphi' = 23^\circ / c' = 40 \text{ kPa}$ Kötési arány: -
2	Közép Pleisztocén Üledék és Agyag	3.50 - 17.30	$\rho = 1.80 - 2.05 \text{ g/cm}^3$ $E_s = 8 - 15 \text{ MPa}$ $\varphi' = 22-24^\circ / c' = 50-75 \text{ kPa}$ Kötési arány: -
3	Alsó Pleisztocén Üledék és Agyag	17.30 - 39.20	$\rho = 1.85 - 2.15 \text{ g/cm}^3$ $E_s = 10 - 20 \text{ MPa}$ $\varphi' = 18-28^\circ / c' = 40-80 \text{ kPa}$ Kötési arány: 3.5
4	Közép Pleisztocén Nagyon plasztikus Vörös Agyag	39.20 - 45.90	$\rho = 1.95 - 2.07 \text{ g/cm}^3$ $E_s = 13 - 18 \text{ MPa}$ $\varphi' = 12^\circ / c' = 200 \text{ kPa}$ Kötési arány: 5.0
5	Felső Pannon nagyon plasztikus Vörös Agyag	49.90 -	$\rho = 1.90 - 2.15 \text{ g/cm}^3$ $E_s = 24 - 30 \text{ MPa}$ $\varphi_u = 0^\circ / c_u = 200-300 \text{ kPa}$ Kötési arány: 5.0

1. táblázat A talajok fajtái

A legfelső átlagosan 3,5 m-es réteg főként átmeneti, finomszemcsés talajokból állnak, amelyekre kismértékű roszakási hajlam és makroporozitás jellemző. A átlagosan 14 m vastag

második réteg löszös, agyagos és üledékes talajokból tevődik össze, amelyek az elsőhöz képest már kedvezőbb nyírószilárdsági és alakváltozási paramétereket, azonban kedvezőtlenebb roskadási hajlamosságot mutatnak. A harmadik rétegre telítetlenség, keménység és tömörség jellemző. A 22m átlagos vastagságú réteget iszapos sovány agyag, valamint közepes agyagok jellemzik. Körülbelül 40m-es mélység alatt jellemzően közepes és kövér agyagok változatai, valamint jelentős mennyiségű vörös agyag található. A fúrások eredményeit laboratóriumban feldolgozva és kiértékelve az egymás követő dombok talajrétegei azonos adottságokat mutattak, amely alapján a különböző helyszínek talajfizikai adatait egységes eredményként lehet kezelni. A dombban itt-ott átszivárgó és időszaki vízszivárgásokon kívül állandó talajvíz nincs.

6. Eredeti tervek alapján végzett munkálatok az „A” alagútban

Az „A” alagút bevezető szakaszai „nyitott” építési móddal készülnek, ez esetben bányászati munkákat nem kell végezni.



6. ábra Előbevigás

6.1. Fejtési osztályok ismertetése

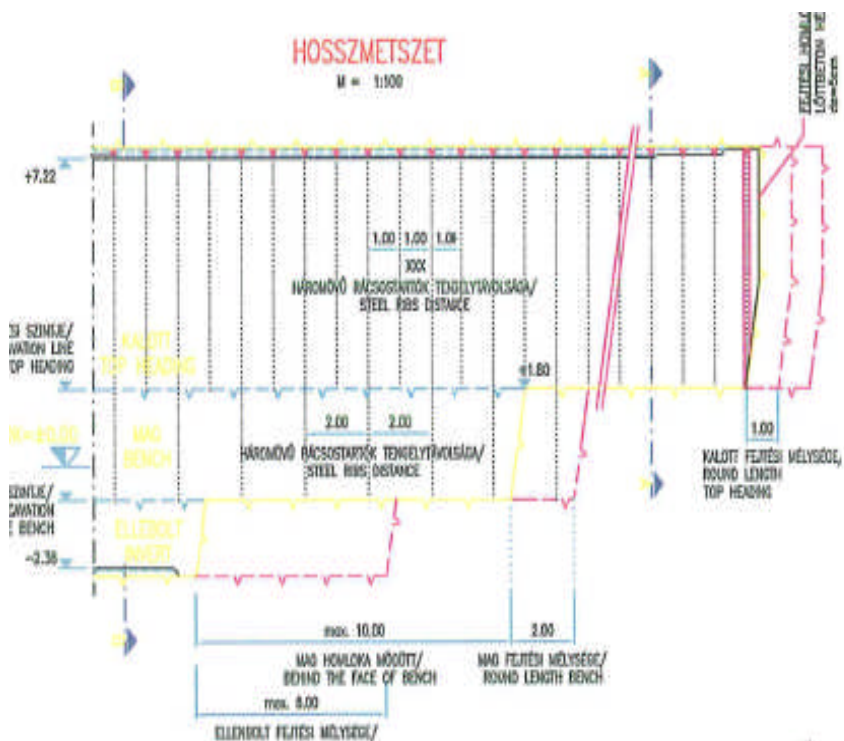
Az északi bejáratnál 50m a délinél pedig 40m-es előbevágás készül és az alagút szerkezet zsaluzó kocsival történő építése után a kitermelt föld visszatöltésre kerül. Az alagút többi szakasza „zárt” építési eljárással épül, amely a szerkezet zárt munkatérben való megvalósítását jelenti.

A fejtésre kidolgozott osztályok a talajfizikai paraméterektől (E, C) és a földtakarás nagyságától, valamint szakértői szemrevételezéstől függenek, amelyeket az építkezés előtt a helyi sajátosságoknak megfelelően dolgoztak ki.

Az előrehaladás során a geológus feladata, hogy a munkaterületen a szelvényfalakat folyamatos megfigyelés alatt tartva elemezze a talajmozgásokat, és ha kell, szigorítsa az alkalmazott fejtés osztályát. Ehhez a független műszaki ellenőr és a tervező hozzájárulása is szükséges.

Az omlás előtt a különböző szakaszokon jellemzően a minimumkövetelmény „D” és „E” osztályú fejtések voltak érvényben. A jellemző „D” osztály az összes szinthez hasonlóan a keresztmetszetet kalottra, magra és ellenboltra osztja fel.

A kalott fejtése 1-2 m-es fogásokkal történik, amelyet követően dupla acélhálóval vasalt és 1 m-es osztásközü háromövé rácstartókkal erősített löttbetonos biztosítási rendszer kerül elhelyezésre. Szükség esetén a rácstartók megtámasztásaként 6m hosszban GEWI típusú mikrocölöpöket fúrnak a talajba, a homlok biztosítása pedig 5 cm löttbetonnal készül.



7. ábra D jelű fejtési osztály tervezési fokozatai az alagút szakaszán

A maximálisan megnyitható szakasz elérése után a mag fejtése következik 2m-es fogásmélységgel és hasonló biztosítási szerkezet beépítésével, de 2 m-es rácsostartó osztásközzel. Az ellenbolt fogásmélysége maximálisan 6 m. A mag és ellenbolt homlokai között a tervezési legnagyobb megengedett távolság 10 m. A talaj állékonysága lehetővé tette, hogy a kivitelezés során a magot és az ellenboltot egy ütemben fejtse ki. A fejtési fázisok befejezésével a külső héj zárt keresztmetszetként képes a ráháruló terheket minimális deformációk mellett viselni. Az „E” osztály a „D”-től eltérően szigorúbb értékeket követel meg. A különbség abban van, hogy az ellenbolt fogásmélysége 4 m, valamint a homlokok közötti legnagyobb megengedett távolság 10 m helyett

8 m, illetve egyéb kiegészítő biztosítási módszereket is alkalmaznak.

6.2. Vasalás szerelése

A háromötvű rácsostartók íveit különálló részekből összezsavarozva, geodéta ellenőrzése mellett dúcok megtámasztása mellett állítják be megfelelő helyükre, majd speciális szerelvényekkel rögzítik őket.

A kalott alsó 40 cm-es részét ideiglenesen kihagyják a betonozásból, hogy később a mag rácsostartói összeszerelhetők legyenek a kalottéval. Az első réteg hegesztett betonacél hálót (Q257 A - $\phi 7/150 \times 150$) – kötöződrótokkal – 40cm átfedéssel rögzítik az előző fogás megfelelő rétegéhez, majd belövik betonnal. A betonnál közelítőleg egy darab per négyzetméter kötöző drót lóg ki, amelyhez a második réteg acélhálót rögzítik hozzá. A hálók beépítéséhez szükség esetén kosaras emelőszerkezetet alkalmaznak.

6.3. Lőttbeton réteg felhordása

A lőttbetonozó gépet a fejtési homlok elé állítják. A gép a már biztosított előző fogás alatt van és onnan nyúl ki a frissen fejtett szelvénybe. A betonszállítás mixerkocsikkal történik a helyszínen telepített betongyárból. Az alagút szelvényének megerősítéséhez SpC 25/30 szilárdsági osztályú lőttbetont alkalmaznak, amely a szulfát-ion ($SO_4 = 370\text{mg/l}$), kloridion ($Cl = 57\text{mg/l}$) tartalom és pH érték ($pH = 7$) alapján az XA1 környezeti kitéti osztályba sorolható. A kötés-, dermedésgyorsító és tapadást segítő adalékszerek miatt a fellőtt betonrétegnek 6-8 óra elteltével minimum 3 N/mm^2 szilárdságúnak kell lennie, 1 napos korában pedig már 5 N/mm^2 szilárdsággal bírt.



8. ábra Szórófej és az ellenboltozat betonozása

A lőttbeton technológia lényege, hogy az adalék komponenseket (cement, adalékanyag, víz) szállítás előtt összekeverik, majd a lőttbeton szivattyúba juttatva annak tömlőjével nagy nyomáson juttatják a kívánt helyre. A gép utolsó eleme a szórófej, amelyben a betonkeverék és adalékszerek keveredése zajlik le. A nagy nyomás miatt a kellő tömörség biztosított.



9. ábra Lőttbeton szivattyú kijelzője

6.4. Monitoring rendszer

Az építkezés során a biztonság elsődleges szerepet tölt be. A követelmények teljesítésére részletes előírásokat dolgoztak ki. A felszín alatt 6 óránként kötelező az alakváltozások mérése grafikus ábrázolása, valamint napi szinten történő kiértékelése. A mérések alapján a koronater és felszín süllyedését, oldalirányú alakváltozásokat és hosszirányú alakváltozásokat kell ábrázolni.

Az alagút pár mindkét járatának felméréseit fel kell dolgozni ahhoz, hogy az eredmények megfelelőképpen összehasonlíthatóak legyenek egymással. Az alagútban 10 m-ként minimum három mérési pontot kell felvenni, amely kis prizmák a betonba való beágyazását jelenti. A prizmákra jó rálátást biztosító helyről folyamatosan dolgozó lézeres automata mér rá, amelyhez hasonló a Gellért téri metróállomás építése során használnak az CH épület süllyedésének ellenőrzésére. A tervezés során az adott geológiából és az abszolút alakváltozásra vonatkozó idő-süllyedésből kalibrációs számításokat és állékonysági vizsgálatokat végeztek. Ezek alapján állapították meg az alakváltozási határértékeket és a riasztási szinteket.

	Kalott süllyedés	Oldalirányú süllyedés	Felszíni süllyedés
határérték	120mm	60mm	60mm
riasztási érték	90mm	40mm	40mm
információs érték	50mm	30mm	30mm

2. táblázat Az alakváltozási határértékek

Az információs szint elérésekor a felszínen az érintett alagútszakasz előtt és után 20-20m-t le kell zárni és folyamatos vizsgálatok alá helyezni. A riasztási érték elérésekor folyamatos mérések és szemrevételezés szükséges, a gyűrűzárast minél

gyorsabban be kell fejezni és a továbbiakban szigorúbb, a megváltozott adottságokhoz igazított fejtési osztályt kell alkalmazni. Ha a mozgások elérik a határértékeket, a munkatér azonnali kiürítése szükséges.

7. Beomlás menete és annak lehetséges okai

A szigorú intézkedések ellenére az „A” alagút déli oldalán mindkét járatban 2008. július 24-én hajnalban omlás következett be. A baleset a keleti járatban hozzávetőlegesen 120 m, a nyugati járatban 90 m hosszúságban történt. Az evakuáció sikeresen megtörtént, mivel az omlást hangos recsegés és szemmel is látható alakváltozások előzték meg.

A beomlási folyamat során olyan erős légnyomás keletkezett, hogy az alagút bejáratánál várakozó munkásokat is feldöntötte. Később az utóomlás következtében a két járatban újabb 80 m-80 m-es szakasz szakadt be. Az első feltételezések szerint a két járat beomlása egymással szorosan összefüggött. A történetek után időszakos jelleggel a négy alagútban teljesen leállították a munkafolyamatokat és részletes vizsgálatokat kezdeményeztek annak érdekében, hogy megállapítsák a baleset okát.

Szakértői elemzések alapján arra a következtetésre jutottak, hogy az alagutak a jelenlegi technológiával a biztonsági szintek növelésével továbbbépíthetők. Továbbá megerősítést nyert az is, hogy a tervezett belső végleges teherhordó héj statikailag megfelelő, tehát azon jelentős változtatást nem kell eszközölni.

A vizsgálat során figyelembe kellett venni, hogy az NATM módszerének munkafázisai más-más hatással vannak a talajkörnyezetre. Fontos tényező a talaj ún. „emlékező” képessége is. Ez azt jelent, hogy a kifejtett alagútszakaszon fellépő földnyomás a megtámasztás rugalmassága miatt

lecsökken, de a környező talajtömegekre többletterhelés jut ezért az alagút környezete egy átrendeződő erőjáték következtében felveszi az ideiglenes megtámasztással biztosított üreg körüli megnövekedett feszültségeket, átboltozódik.

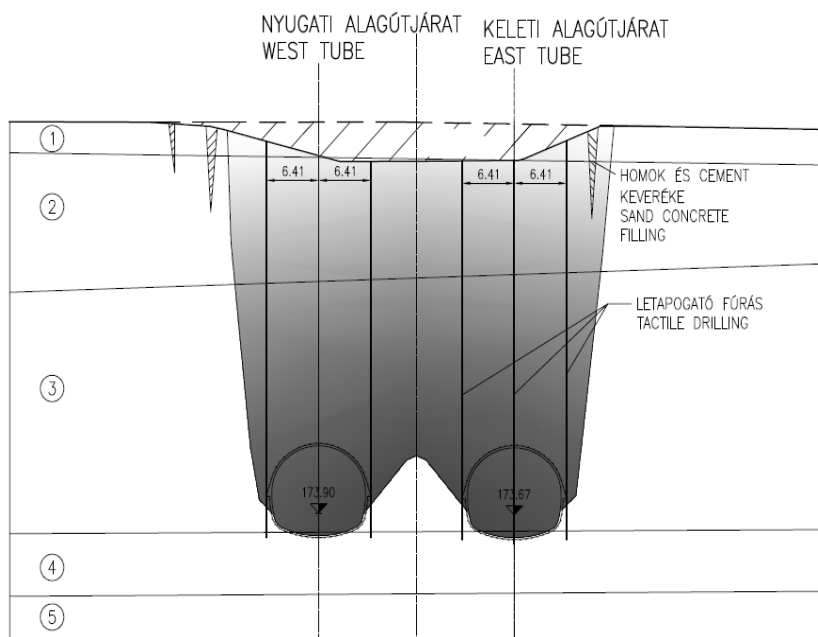


10. ábra Beomlás hatása a felszínre

A folyamat olyan talajviszonyok között játszódott le, amely inhomogén kialakulása következtében ferde rétegzettségű, kis nyírószilárdsággal rendelkező, erősen vízvezető és gyenge teherbírású löszös talaj.

A talajkörnyezetben nagy mennyiségben fordul elő vörösayag is, amely erősen térfogatváltozó, víz hatására gyors duzzadással reagáló anyag. Elképzelhető, hogy a fejtés során a kedvezőtlen tulajdonságú agyagos talaj tehermentesítésével az ideiglenes teherviselő héjra ható igénybevételek a szerkezeti elemek stabilitásának csökkenését okozták.

További feltételezett ok lehet az omlásra az alacsonyabb fejtési szint alkalmazása miatti túl gyors fejtési sebesség is, amely során a hatékony nyírófeszültségek nem alakulhattak ki megfelelően. Más teóriák szerint az omlás létrejöttében közrejátszott, esetleg a megtámasztási rendszer elégtelensége, a talajtömeg fellazulása, amely a talaj víztartalmának megnövekedése miatt következhetett be. Mint ismeretes, a baleset előtti időszakban, a régióban az átlagosnál jóval nagyobb mennyiségű csapadék esett le, melynek során az altalaj jelentősen átázott.



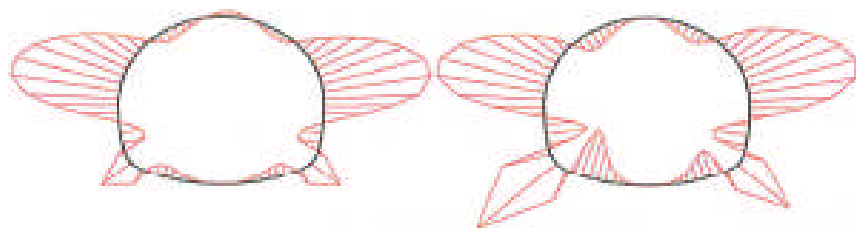
11. ábra A beomlás keresztmetszete

A beomlott területet átvizsgálva a két alagútjárat között és az omlás észak-keleti végénél végzett kitöltetlen kutatófuratokat találtak, amelyen keresztül a víz néhol 44 m mélyre is lejuthatott egészen a vörösesbarna agyagrétegig, valamint az ellenbolt szintjén elhelyezkedő lösz rétegig. Amennyiben a felszíni víz

lejutott a löszig, akkor erős a gyanú, hogy a talaj mindkét járat környékén fellazulhatott.

7.1. Statikai analízis

A történések után független szakértők a szerkezetet végeselemes programmal történő vizsgálatnak vetették alá, valóságként modellezve az omlás idején fennálló állapotokat és alapul véve az alagútszelvények terv szerinti „D” fejtési osztály által előírt-geometriáját. A program alapján az ideiglenes hég igénybevételeit a 12. ábra mutatja.

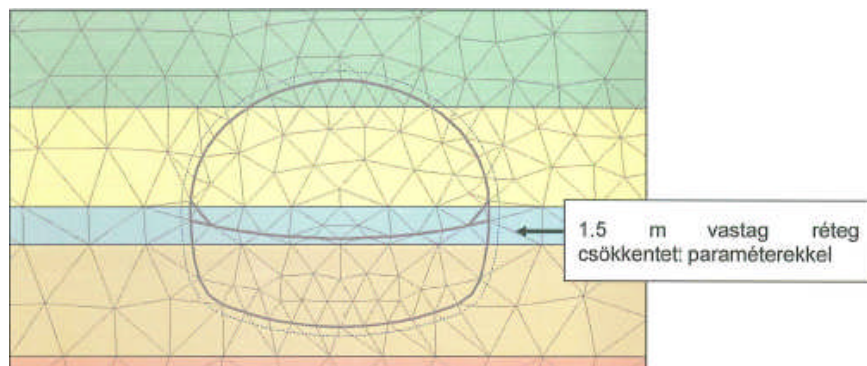


12. ábra A szelvények mértékadó igénybevételei

Az ábrákon jól látható, hogy a legnagyobb hajlítónyomatékok a kalottnal keletkeznek, amelyek a hégázat plasztikussá válását is okozzák, de mivel a kifelé hajló szerkezetet a talaj megtámasztja, a számítás szerint a tönkremenetel nem itt következik be, hanem a bal járat fejtésének előrehaladása során rohamosan növekedő jobb járat alsó sarkában kialakuló pozitív nyomaték környékén. Az egymás melletti két járat közötti talajtömeg pillérként viselkedik.

Víz beszivárgása és a terhek rohamos megnövekedése esetén a pillér a nyírószilárdsága és kohéziója drasztikusan lecsökkenhet, csúszólapok kialakulását indítva ezzel el. A talajrétegek ismeretében a már említett kitöltetlen kutatófuratokon keresztül beáramló víz csak azokon a részekon csökkenti le a nyíró paramétereket, ahol az áteresztő lösz és vízzáró agyagréteg

találkozik egymással. Ez a 1,5 m-es réteg jól látható a 13. ábrán is a kalott alsó keresztmetszetének területén. Az említett csúszzólapok tehát víz hatására itt alakulhatnak ki.



13. ábra Rétegek és csúszzólap

Az alagút feltárása során talált töréseképek alapján –melyekből a pillérek felől történő beszakadás bizonyítható– ez a tönkremeneteli feltételezés látszik igaznak. A beszakadás hatására a további omlások láncreakcióként futottak végig az érintett szakaszokon teljesen eltömve a járatokat.

8. Beomlás után kidolgozott új technológia ismertetése

8.1. Monitoring rendszer szigorítása

A terv mind a felszíni és felszín alatti mérésekre is kitér. Az érintett szakasz felszínén 10 m-ként az alagút hossz tengelyére merőleges keresztmetszetekben elhelyezve öt egymástól 12 m-re lévő mérési pontot kell kialakítani, amelyeket naponta egyszer geodéta mér fel és értékeli ki a kapott eredményeket.

Felszín alatt a geodéta naponta kétszer, az eredetileg is üzemben lévő lézeres mérőberendezés pedig 30 percenként egymástól függetlenül ellenőrzi a keresztmetszetek alakváltozásait. Az eredményeket grafikusan ábrázolják és kiértékelik. A riasztási értéket 50 mm/24 órában, vagy az összes deformáció 80 mm-es értékében rögzítették. Az abszolút határérték 80mm, vagy 100mm/24óra. Amennyiben a süllyedések elérik ezt a szintet a korábbiakban ismertetett evakuáció szükséges.

8.2. Talajszilárdítás Jet Grouting cölöpök fúrásával

A fejtési munkálatok folytatásának biztonságos körülményeket kell teremteni és a kifejtésre váró talajt bizonyos szilárdság megkövetelése mellett homogenizálni kell. Ezért úgy határoztak, hogy a beszakadt rész alagútjainak minkét járatában egy-egy cementes talajstabilizáló cölöpsort (Jet Grouting cölöp) alakítanak ki.

A fúrások a felszíntől körülbelül 43 m mélységben indulnak és az erősített talajcölöpök egyenként 8 m hosszúak. A terve szerinti minimális cölöpátmérő 150 cm, egytengelyű nyomószilárdságuk pedig átlagosan 3 N/mm². A fejtés során erre a mesterségesen kialakított –a környező talajoknál lényegesen nagyobb teherbírású– oszlopsorra támaszkodik fel a biztonságos fejtést garantáló csőernyő.



14. ábra Jet Grouting készítése a felszínről



15. ábra Talajszilárdítás a mélyben

A munka során a kivitelező két lehetséges technológia közül választhat:

1. 200 mm fúrófej kombinálva 114 mm külső átmérőjű nagynyomású fúrórudazattal és rotációs fúrással.
2. 220-250 mm külső átmérőjű rotációs fúrással és a fúrórudazat utólagos száraz beépítésével.

A Jet Grouting folyamat előtt száraz, fúrófolyadék nélküli csigafúrófejes előfúrást végeznek, majd ezután a fúrófejet ismét leeresztve a célszintre elvégzik a jetelést. A fúrások imperfekcióit a fúrórudazat alján elhelyezett inklinométer méri folyamatosan. A mérést a fentről lefelé végzett fúrás közben végzik 3 méterenként. Ez alapján a minőség-ellenőrzés céljából háromdimenziós képet készíthetnek az elkészült cölöpökről.

A jetelés során alkalmazott $v/c = 1$ tulajdonságú cementstabilizátort 12s/4cm sebességgel 400 bar nyomáson a fúrófejet körkörösén forgatva sajtolják a talajba. A felhasznált cement minősége CEM II 42,5.

8.3. Csőernyő építése

A beomlott szakaszon a további fejtés csőernyő védelme alatt végzik, amely 139 mm átmérőjű és 8 mm falvastagságú S355 anyagminőségű acélcsövekből áll. A 33 db acélcsövet béléscsövekkel egymás mellett körülbelül 45 cm távolságokban fúrják a betonnal erősített homlokatba, majd kiinjektálják a hézagokat.

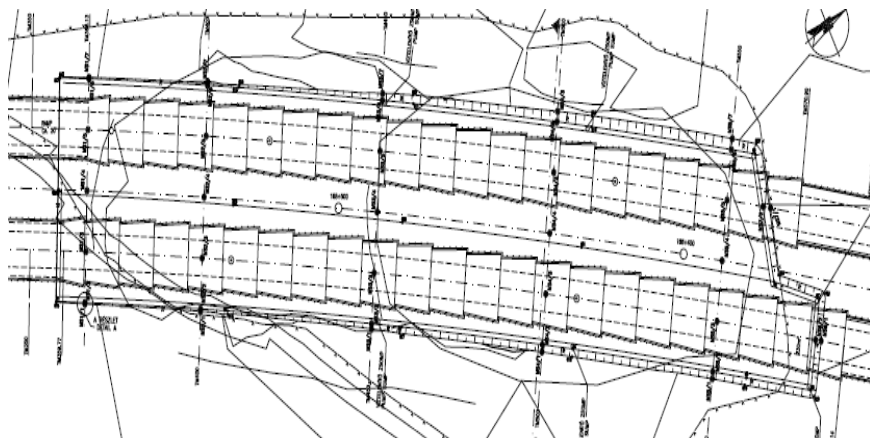
A talajerősítés miatt a csövek között a talaj injektálása nem szükséges. A csőernyő hosszúsága 15 m és 10 m hosszú fejtés után be kell építeni a következő csőernyő szakaszt, így a szakaszok között 5 m-es átfedés adódik.

A műveletet az AT-Casing System (egyidejű fúrás és csőbeépítés) nevű technológia alkalmazásával építik be, amelyet kifejezetten földalatti csőernyők fúrására fejlesztettek ki.



16. ábra Csőernyő fúrása

A rendszer nagy előnye a nagyfokú fúrási pontosságában rejlik, amivel biztosítani lehet a csőernyő rúdjaiknak pontos sorba való beépítését, továbbá az azonnali furatmegtámasztás miatt az elmozdulások mértéke is csekély. Öblítő közegként vizet használnak, amely a béléscsőbe kerülő törmelék eltávolítására is szolgál anélkül, hogy a környező talajba jutna.



17. ábra Csőernyő az omlás teljes hosszán

8.4. Fejtési osztály újratervezése

A beomlott szakasz építését a baleset előtt a „D” fejtési osztály szerint végezték. Már az előzetes vizsgálatok során sejthető volt, hogy a további munkát szigorúbb feltételek között szabad csak folytatni, ezért a leállási idő alatt a fejtési technológiát a jóval szigorúbb „R” speciális fejtési osztályba sorolták.

A kalott fejtése 1m, a mag 2m, az ellenbolt fejtése 2m mély fogásokban történik, azonban a keresztmetszetet a csőernyő és merevítő gyűrűk beépítése miatt bővíteni kell. Az ideiglenes megtámasztás két réteg hegesztett betonacél hálóval (Q 257 A) és háromövű rácsostartókkal (90/20/30) vasalt 40 cm vastag SpC 30/37 szilárdsági osztályú löttbetonnal történik. A fejtési homlokot egy támasztó földmaggal és egy vékony löttbeton réteggel biztosítjuk. Az ideiglenes ellenbolt megtámasztás két réteg Q 257 A hegesztett hálóval vasalt 25cm vastag löttbetonnal készítik el. 20-30 méterenként a fejtési homlok mögött a teljes alagút gyűrű megerősítését építik be, amely egy esetleges omlás esetén megakadályozza a beszakadások láncreakcióként történő továbbterjedését.

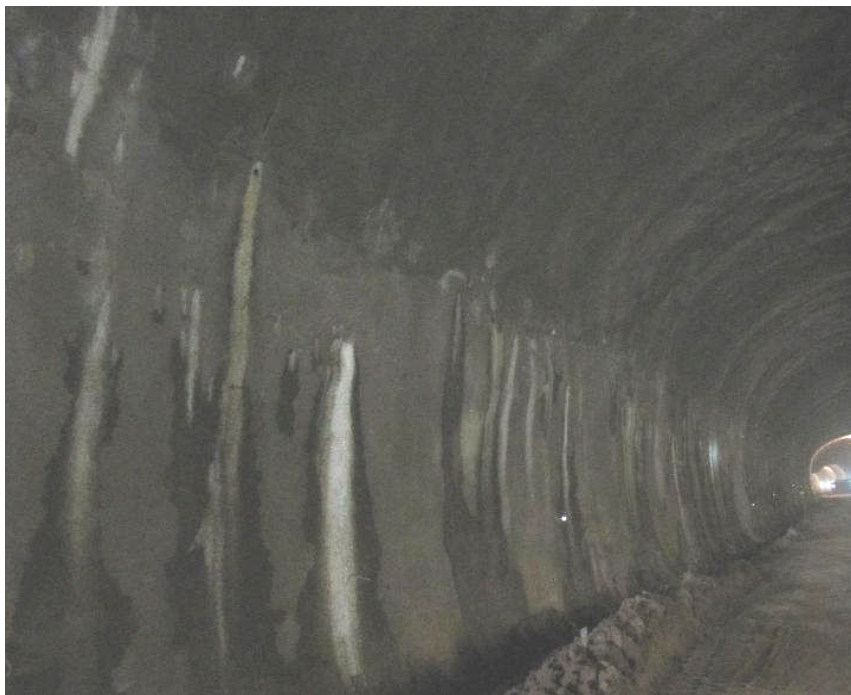


18. ábra Gyűrűmegerősítés 20-30 méterenként

Az párhuzamosan elkészült járatokat szakaszonként az egymáshoz legközelebb eső héjfelületeken fűrt IBO BST 500 típusú horgonyokkal kapcsolják össze, amely tovább javítja a szerkezetek teherbírását.

8.5. Víztelenítés

Az ideiglenes támasztófelületeken kialakuló hatalmas víznyomás elkerülése, valamint a talajrétegek víztelenítésének érdekében a héjszerkezetekre apró lyukakat fúrnak, így a talajban található víz a munkatérbe szabadon beszívároghat, ahonnan a keresztmetszet szélein ásott árkokban elvezetésre kerül.



20. ábra Vízbeeresztés a munkatérbe

A módszer segítségével elkerülhető a talajrétegek tartós átnedvesedése, amely során a nyírószilárdság lecsökkenhet. Így elejét tudják venni a további omlások bekövetkezésének.

A tanulmányban vázolt eljárás a helyszíni alkalmazás során több kisebb módosítással kerül alkalmazásra, a mindenkorl fejtési körülményekhez igazodóan. Az „A” alagút fejtése a tanulmány készítése során az omlással érintett szakaszon folyt. A „B”; „C” és „D” jelű alagutak megnyitása korábban sikeresen megtörtént, 2009 májusában a belső szerkezeti beton elemek épültek.

9. Jövőbeli közúti alagutak Magyarországon

A magyar domborzati viszonyok néhány helyen szükségessé tehetik a jövőben alagutak építését. A lehetséges helyszíneken tervezés-előkészítés alatt van több kisebb, a bemutatott alagutakhoz hasonló méretű alagút az M0 Északi és Nyugat szektorban vagy a Sopron elkerülő út nyomvonalán. Mindezekén túl, a távoli jövőben esetleg szükségessé válhat alagút építése a dunántúli dombságon, valamint egy-két város belső közlekedési hálózatának korszerűsítése során.

A hazai alagutak építése jelentősen eltér a környező országokban épült alagutak esetében alkalmazott technológiáktól, alapvetően az eltérő geológiai viszonyoknak köszönhetően. Összefoglalva megállapítható, hogy ugyan a magyar alagutak kisebbek mint külföldi társaik, összetettségükben, bonyolultságukban mindenképpen egyedi odafigyelést, kívánnak.

Mindazok a tapasztalatok, amelyek a jelenleg folyó 4x2 db összesen mintegy 6,2 km hosszú alagút-járat építése során megszerezhetők voltak, a jövőben épülő alagutak tervezése, előkészítése, lebonyolítása és kivitelezése során nagymértékben felértékelődhetnek. Csak remélni lehet e tapasztalatok mielőbbi hasznosulását.

10. Irodalomjegyzék

- Unitef'87 Zrt, Strabag Zrt. eredeti tervek és technológiai utasítások kódjai:

F_M-6_2_167+625_TU_TA-002_056_TD_03

F_M-6_2_167+625_TU_TA-002_172_TD_03

F_M-6_2_167+625_TU_TA-002_163_TD_02

STR_70000_MS_0103_02

STR_70000_MS_0074_02

STR_70000_MS_0060_01

STR_70000_MS_0096_04

Geoplan Kft: Talajvizsgáló jelentés TSZ:55/07

Szakértői véleményezés: Prof. Dr. Mecsi József

Dipl.-Ing. Bernd Gebauer Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jürgen Schwarz

-Unitef'87 Zrt. eredeti tervek alapján:

F_M-6_2_167+625_H3_TA-003_004_XS_02 –

Rétegszelvény

F_M-6_2_167+625_TU_TA-002_161_DL_02 – Feltáró kutatás

F_M-6_2_167+625_TU_TA-002_160_DL_02 – Lavírsík kialakítása

F_M-6_2_167+625_TU_TA-002_168_DD_03 – R fejtési osztály terve

- HEFOP/2004/3.3.1/0001.01 – Földalatti műtárgyak című tárgyból

- Internet

Jegyzetek:

Jegyzetek:

Jegyzetek:

Jegyzetek:

Jegyzetek: