

# BKV NAGYPANELES VILLAMOS PÁLYALEMEZEK ALÁINJEKTÁLÁSA ÖNTÖMÖRÖDŐ HABARCCSAL

**HERNÁDI ELEONÓRA, BETONTECHNOLÓGUS - LABORVEZETŐ, BETONPARTNER MAGYARORSZÁG KFT.**  
**CSÉPKE RÓBERT, OKL. INFRASTRUKTÚRA-ÉPÍTŐMÉRNÖK, BUDAPESTI KÖZLEKEDÉSI ZRT.**  
**FŰR KOVÁCS ISTVÁN, ÜGYVEZETŐ, AVERS FIBER KFT.**



A tervezett, teljes átépítés beruházásának időbeli csúszásával keletkezett karbantartási beavatkozás kényszere miatt többek között a Tűzoltó utca és a Mester utca közötti szakaszon visszatértek az évtizedek óta használt előregyártott nagypaneles, tömbsínes, merevlemezes felépítményhez. Azért döntött a BKV a nagypaneles pályaszerkezet visszavezetése mellett, mert az előregyártott vasbeton panelek cseréje lényegesen egyszerűbben, gyorsabban oldható meg, mint a monolit pályalemezek elbontása és helyszíni újraöntése stb., így az életciklus-költség (LCC) elemzések alapján is igen előnyösnek mutatkozik. Az említett helyen azonban csak a projekt elkezdéséig kell szolgálnia a forgalombiztonságot, felbontása után az előregyártott betonlemezecskék, a sínek egy másik beépítési helyen (akár a körúton, akár egy végleges helyszínen) újra beépíthetők! Ez mutatja a gazdasági előnyösségüket is.



A nagykorúti 4-es, 6-os villamosvonal egyes források szerint a világ egyik legforgalmasabb villamosvonala mind az utaslétszámot, mind a járatsűrűséget tekintve (~11 m elegytonna/év/irány). Ez a rendkívüli forgalom jelentős terhet ró a pályára, az átlagosnál gyakoribb nagy karbantartását igényli, ami a gyakorlatban a jelenlegi felépítményi rendszernél a pályaszerkezet teljes cseréjét jelenti. Az 1994-es és a 2006-os pályafelújítások után egy ilyen átfogó rekonstrukció van folyamatban a vonal néhány részén. A BKV 2018. június közepe és augusztus vége között villamospálya-építést hajtott végre a 4-es és a 6-os villamos vonalának több szakaszán. Ez a felújítás a budapesti villamospályák jövőbeni kialakításának újragondolása is lehetőséget adott. Ennek eredménye egy betontechnológiai vonatkozású felújítási kísérlet, amelyre sor is került.

A kísérleti szakaszon történtek megértéséhez röviden vissza kell kanyarodnunk

a múlthoz. A budapesti villamosvonalak zúzottkőves ágyazatról merev lemezes (beton) pályákra való átépítése folyamatosan zajlott, zajlik az 50-es évektől. Ennek során a 70-es évek elejétől nagyon sikeresen és egyre nagyobb hosszban építették be a BKV saját fejlesztésű felépítményi rendszerét, az ún. nagypaneles, tömbsínes, előregyártott vasbeton pályaszerkezeteket, amelyek a mai napig uralják a város jelentős részét. A 90-es évektől napjainkig azonban egyre gyakrabban alkalmazott megoldást jelentenek a helyszínen öntött monolit pályalemezek, különböző típusú sínágyazási rendszerekkel. Ezek a jelenleg legkorszerűbb pályaszerkezetek, rezgéscsillapító tulajdonságuk, rugalmasságuk, viszonylag alacsony szerkezeti magasságuk, egyszerű szerelésük, sokoldalú burkolati kialakíthatóságuk miatt hatékony megoldások, de - pl. a Nagykorúton fekvőnél is - a síncserét is érintő esetleges felújításuk körülményes, hosszadalmas és meglehetősen drága.

A 70-es évek óta folyamatosan fejlesztett felépítményhez új előregyártott betonelemek (víznyelő, kábelösszekötő, sínámeneti) kerültek bevezetésre. Korszerűsödött a betonreceptúra, a sínvályú már horganyzott, de a nagypaneles pályafelépítménynek vitathatatlan előnyei mellett még néhány komoly hátránya maradt, amelyekre ezen a kísérleti szakaszon kerestünk megoldást. Mik ezek a hátrányok?

- A kiszintezett panelek beton alapon fekszenek oly módon, hogy a beton alap és a panelek közötti 0-6 cm-es változó magasságú rést bizonytalan minőségű injektált cementhabarcs tölti ki.
- Az egyes panelelemek között nincs erőzáró kapcsolatot, a panelek együtt dolgozását kizárólag a paneleken átfutó sínek biztosítják. Ezáltal a sínek nemcsak a villamosforgalom jelentette dinamikus terhelésnek, hanem jelentős statikus terhelésnek is ki vannak téve. Ezek eredője olykor jelentős alakváltozást eredményezhet.

A sínek kopásának különböző jeleiből és az elemek melletti „vízkipumpálódási nyomokból” arra lehetett következtetni, hogy a panelek alatti rést a cementhabarcsos injektálás nem megfelelően tölti ki. Ezért a vasbeton pályalemezek nem egyformán veszik fel a terhet, így a panelek között átfutó sínek teherátadó elemként funkcionálnak, miközben deformálódnak, így kopásuk egyenetlen és idő előtti tönkremenetelüket eredményezi.

A feladat tehát a cementhabarcsos injektálás áttervezése volt. Először is átnéztük az évtizedek óta alkalmazott injektálási technológiát, főképp annak beton/habarcs technológiáját. Az alkalmazott habarcskeverék a következő:

0/4 OH	1 760 kg
CEMII/A-S 42,5 N	380 kg



Víz	200 kg
Adalékszer:	1 % lignin szulfonát

alapú képlékenyítő

A kialakult munkamódszer szerint egy-egy munkamenetben 5-6 m<sup>3</sup> injektálóanyag kerül felhasználásra. Célszerűen ezt transzportbeton üzemben keverik meg és mixerkocsival szállítják az építési helyszínre, ahol egy csigás injektáló szivattyú tárolótárába folytatják, ahonnan tovább juttatják a tömlőbe. Azután a szállító tömlők végén lévő injektáló csőr segítségével a panelek erre kialakított furatain keresztül a panelek alá sajtolják. Ez jellemzően 3-4 órát is igénybe vesz 5-6 m<sup>3</sup> mennyiség esetén. A transzportbeton üzemből való szállítás idejét, az építési területen való beállást és az átállásokat is figyelembe véve akár az 5-6 órát is elérheti a habarcskeverék mixerben való tartózkodása. Az idő előrehaladtával fokozódó mértékben, az injektálás hatékonyságának javítására jelentős mennyiségű víz adagolása szükséges. Becslésünk szerint a tényleges v/c érték akár 0,7 felett is lehet. Ennyi többletvíz 10% feletti zsugorodást is eredményezhet, amelynek két káros következménye is van:

1. A zsugorodás, vagyis a térfogat csökkenése miatt a panelek alatti rés, üreg nem töltődik ki teljesen, az alátámasztás folytonossága megszakad, az bizonytalanává válik.
2. Az ilyen nagy mérvű zsugorodás rengeteg repedést eredményez. Ezek a repedések a villamosszerelvények áthaladása által keltett dinamikus igénybevétel során további tönkremenetelt okoz és a kitöltő anyag morzsolódásához vezet.

Ezt felismerve tehát adva volt a feladat: olyan habarcsösszetétel kidolgozása, amely a szilárdulás folyamán kis zsugorodást eredményez és a begyakorlott kivitelezési eljárással, a megszokott gépi berendezésekkel beinjektálható a panelek alá. Ehhez az injektáló habarcsnak további kritériumoknak is meg kell felelnie. Legyen:

- könnyen mozgó, lehetőleg folyós,
- ülepedésre nem hajlamos,
- szétosztályozódásra nem hajlamos,
- kötéseksleltetett,
- nagy nyomószilárdságot elérő, már rövid idő után is,
- képes kis repedésekbe és hézagokba bejutni.

Első megoldási javaslatunk egy jól bevált adalékszer-típus használata, egy ún. injektálást segítő adalékszer pótlólagos adagolása volt a meglévő keverékhez. Ez a típusú szer több építéskémiai gyártónál is megtalálható, igen gyakran használják utófeszített vasbetonelemek feszítőpázsma-csatornáinak helyszíni kiinjektálására, de számos más területen is bevált. Az ilyen típusú szerek bekeverés után milliányi mikroszkopikus gázbuborékot fejlesztenek a habarcsban, a betonban, A buborékok egyrészt mint milliányi golyócsapágy-görgők a szemcsék súrlódásmentes mozgását előidézve folyósá teszik a habarcsot, a betont, másrészt megakadályozzák a szemcsék ülepedését. És ami a legfontosabb: a folyamatos gáz-







képződés az üregekbe, a hasadékokba bejutva egy lágy, enyhe expanziót idéz elő a habarcsban. Ezt leggyakrabban mikronizált alumíniumpor bekeverésével érik el, ami a cementtel reagálva hidrogéngázt fejleszt, és ezzel hozza létre térfogatnövelő hatását. A folyamat a beton kb. 2-3 óráig bezárólag lejátszódik. Tehát a kötés további folyamatában nem befolyásol semmit. Ennek a kompenzálás-fajtának már elvileg nincs hatása a beton 4-8 óráig korától, így az normál módon zsugorodik. Az ilyen típusú szer kiváló folyósító tulajdonsága révén kevés keverővíz felhasználása mellett szűk üregekbe is segít bejuttatni a habarcsot, a víz-cement arány akár 0,38 körül is lehet. Javítja a cementfeltáródást és stabilizálja a habarcsot, ami által jelentősen csökkenti a szétosztályozódást és az ülepedést. Az előzetes laborkísérletekből azonban kiderült az ígéretes megoldás nagy hátránya, hogy lassítja a szilárdulási folyamatot. A vizsgálatok azt mutatták, hogy hőmérséklettől függően a panelek leghamarabb 3-4 nap után vehetők igénybe. Ezért a hosszadalmas és alapos előkészítés ellenére a 4-es, 6-os villamosvonal felújításánál a nagyon rövid idejű vágányzár miatt ez a technológia nem kerülhetett alkalmazásra.

Már a laborvizsgálatok során másik megoldást kerestünk. Több keverék összetétel vizsgálata után az öntömörödő injektáló habarcsot választottuk. A villamos nagypaneles beépítésnél az injektálhatóság mellett

nehéztényező volt a szokványostól eltérő nagy eltarthatósági idő. A betontechnológiai tapasztalatok alapján az öntömörödő habarcs alkalmazása merült fel, feltételezve a kivitelezési technológia és az eszközök megfelelését a keverék tökéletes beépítésére. Ezért a keverék C30/37-04-F6 öntömörödő habarcs volt, amelynek a következő az összetétele:

0/4 OH	1 690 kg
CEMII/A-S 42,5 N	450 kg
Víz	170 kg
Adalékszerek:	0,6 kg légbuborék-képző, 2,0 kg kötési-késleltető, 6,75 kg folyósítószér

Az öntömörödő tulajdonságú keverékek konzisztencia-tartása és eltarthatósága nagy mértékben eltér a szokványos betonokétól. A keverék extrém meleg időben került a munkaterületre és az azonos tixotrop keverék elérése érdekében elengedhetetlen volt a folyamatos mozgatása, ezért a mixer dobját az injektálás ideje alatt végig lassú ütemben forgatni kellett, hogy megmaradjon az öntömörödő tulajdonság. A keverékben lévő magas szárazanyag-tartalmú folyósító és a kötési-késleltető adalékszere biztosította a jól mozgó homogén keveréket és annak konzisztenciáját. A bedolgozás lassabb ütemben zajlott, hiszen a panelek alatti üreget teljes mértékben ki kellett tölteni a keverékkel. Ez a habarcs a magas testsűrűséggel, az alacsony víztartalommal,



a csekély zsugorodási hajlammal, az adalékszerekkel merőben másképp viselkedett a korábban alkalmazott összetételhez képest. Az öntömörödő habarcs bár lassabban, de a legkisebb keresztmetszetű üregekbe is eljutott. A hidratáció befejeztével az előre gyártott panelek alá zárt, megfelelő pórusszerkezetű tömör beton került. A panelek sínek által közvetített dinamikus teher alatti mozgása, ezáltal tönkremenetele és az injektáló anyag kimorzsolódása nagy mértékben csökkenthető, elkerülhető.

A bemutatott tömsínes, nagypaneles felépítmény igen kedvező műszaki, gazdasági jellemzői úgy tarthatók meg az itt ismertetett technológiai fejlesztés során, hogy megoldást találunk a kísérleti beépítés alatt felmerült nehézségekre.

Az öntömörödő habarccsal való injektálás hosszabb bedolgozási-idő-igényének csökkentésére már a helyszínen körvonalázódott néhány lehetőség:

- Növelni kell a jelenleg Ø52 mm nagyságú injektálási furatokat a betonpanelen, valamint az injektáló csőr méretét. Ennek előzetesen javasolt mérete a Ø80-100 mm között lehet.
- Ugyan így nagyobbítandó az injektáló-gép tömlőjének átmérője is.
- Nagyobb teljesítményű injektáló-gép bevezetése is növelheti a bedolgozási rátát.
- Az injektáló-gép garatját is el kell látni egy vibrációs eszközzel, amely megszünteti az öntömörödő habarcs természetéből adódó időszakos, de részleges kiülepedések bedolgozást lassító jelenségét.

Ezek közül a tömlő átmérőjének növelése azonnal elvégezhető beavatkozás. A többi jelentősebb áttervezést, beruházást igényel mind az eszközökön, mind a betonelemekben, ezért ezek egy esetleges későbbi kísérlet során kerülhetnek kipróbálásra.

A Nagykörúton tervezett felépítményváltás kivitelezésének következő üteme maximum 1-2 év múlva várható. Az akkor elbontásra kerülő kísérleti felépítmény alatti új injektálóanyag bedolgozottsági képének szemrevételezése és az addigi megfigyelések további következtetések levonására nyújtanak majd lehetőséget.

Kedvező eredmények esetén az új, öntömörödő tulajdonságú habarcs a tömsínes, nagypaneles technológia kizárólagos elemévé válhat, így téve teljessé az immár több mint 40 éves fejlesztési folyamatot.